

Wu Kung Chang The Strategies and Applications of Creative Art Teaching	01
Yu-Tsung Liu Designs of Broadband Normal-Incidence Visible Antireflection Coating	21
Ming-Yi Chou The Symbol and Cultural Connotation of Phoenix Tree	35
Hsin-lan Chen Case Study of Students' Performance in Creativity Teaching Based on Knowles's Self-directed Learning	51
Yuan Fang Yang The Correlation Study between Intrinsic Leisure Motivation and Optimal Experience— Serious Leisure Traits is a Medium-Variable	65
Ming-Kan Huang Hsiao-Fang Kao Wei-Chieh Hsiang Street Popular Culture- Hip-Hop Dance	77
Hsiu-Chen Liao An Analysis of the Development of the Confucian thoughts about the Heaven and Man through 'Punishment and Virtues' on 'the Bamboo-Slips'	83
Liang-Tau Chang Tzu-I Chuang Chih-Chao Yen Studies on the Preparation and Properties of EMI Shielding Materials	91
Chii-Wen Chen Wei-Qi Chen Silicon on Insulator Analysis and Application	103
Tsung-Ying Lee Jun-Long Chen Rong-Mao Jan The Effects of Hydro Units and Pumped Storage Units on Optimal Generation Scheduling of a Competitive Market in Power Systems	117
Chun-Li Hou Chao-Fu Chuang The Design of Waveform Generators Using Current-Mode Active Components	131
Ming-Fa Tsai Chia-Jung Chou Fu-Ching Ke Yi-Fan Zhang Yan-Teng Huang Jui-Kum Wang Learning the Principle of Single-Phase Controlled Rectifier via Simulink Linked with ModelSim and Experimental Verifications	141
Wen-Ching Hsieh Shich-Chuan Wu Fuh-Cheng Jong Hong-sheng Xu Silicon-Insulator-Silicon "SIS" device with various dielectric for Nano Optical Nonvolatile Memory	157
Chien-Chung Tsai Shang-Che Tsai Yi-Cheng Huang Zhen-Hao Fan Bing-Mau Chen Motion Behavior Investigation of a Novel Elevating Structure with Fine Tuning for Micro Optical Devices	169
Huey-Jian Uang Chin-Chuan Lien Mixed $H_2/H_\infty$ Control Design for Time Delay Systems : An LMI Approach	183
Shuo-Cheng Hu Sen-Ren Jan An Efficient FIFO-based Buffer Management Strategy for TCP over GFR	203
Cheng-Hsueh Yang Pei-Jun Gi A Study on the Leadership of Nonprofit Organizations : Model Building and Case Studies	221
H.W. JAN I Ping Chen The Research of the Employment Situation and Career Planning with Graduate Students from TVES : Department of Business Administration of Ming Hsin University of Science and Technology	237
Chun-Hsiung Lan Wu-Nien Peng Construct an APS System for Diverse Order Deadline	255
Chentang Lee Shih-Kai Chung Applying Non-Real-Time Rendering to Improve the Image Quality of Virtual Studio	271
Sheng-Hung Chang Nan-Hao Sung Ying-Mei Tu Establish Robust Project Management System by Using Critical Chain Methodology	289
Sheng-Hung Chang Hsiao Ching Yeh The Problem Analysis and Solving by Using TOC Thinking Processes and Balanced Scorecard—A case study	311
Nien Chen Jian-Peng Chen Shu-Zhen Chen Li-Ying Chen Ya-Han Xie Zi-Ling Huang Foot Problems of The Elderly in Hsin-Chu, Taiwan	331
Yi-Chin Lin Study on Full Time and Part Time Employees' Awareness of Job Satisfaction in Tourism Hotels	343
Yumi Kurihara Comparative Study: Topic between Mandarin and Japanese	359
Chao-Lian Shih A Discussion of Student's Learning Strategies and Learning Adaptation at Minghsin University of Science and Technology	379

## 目錄

張武恭 創意藝術教學之策略與實務	01
劉裕聰 廣波域之正射可見抗反射蒸鍍設計	21
周明儀 古典詩文中的桐樹意象與文化意涵	35
陳欣蘭 從諾爾斯的自我導向學習看成人學習者在創意教學中的學習成效之個案研究	51
楊原芳 內在休閒動機與最適體驗的關係研究—以認真型休閒特性為中介變數	65
黃明甘 高小芳 向薇潔 論街頭流行運動文化—街舞運動	77
廖秀珍 由簡牘帛書中的「刑德」觀探析儒家天人思想之變化	83
張良濤 莊子儀 顏志超 電磁波遮蔽材料的製備及其性質之研究	91
陳啓文 陳韋祺 絕緣層上矽分析及應用	103
李聰穎 陳俊隆 詹榮茂 水力及抽蓄電廠對電力系統競價市場最佳機組發電排程之影響	117
侯俊禮 莊肇富 以電流式主動元件設計之波型產生器	131
蔡明發 周家榮 柯富濤 張逸凡 黃彥騰 王瑞坤 藉由Simulink結合ModelSim學習單相相控整流器原理與其實驗驗證	141
謝文親 吳世全 蔣富成 許鴻昇 以不同介電質之矽—絕緣體—矽電晶體作奈米非破壞性計讀之光儲存元件	157
蔡健忠 蔡尚哲 黃奕澄 范振豪 陳炳茂 具精細調整功能之微光學元件的運動模式探討	169
汪惠健 連金全 針對時間延遲系統的混合型 $H_2/H_\infty$ 控制設計：線性矩陣不等式處理	183
胡碩誠 詹森仁 在結合TCP與GFR下一個有效率的以先進先出方式服務之緩衝區管理方法	203
楊政學 紀佩君 非營利組織領導之探討：模式建構與個案分析	221
詹慧雯 陳依萍 技職體系畢業生生涯規劃暨就業狀況之研究—以明新科技大學企管系為例	237
藍俊雄 彭武年 建構不同交期下之先進規劃系統	255
李振棠 鐘世凱 應用非即時算圖技術提昇虛擬攝影棚之影像品質	271
張盛鴻 宋南豪 杜瑩美 應用關鍵鏈方法建立穩健專案管理系統	289
張盛鴻 葉曉菁 應用思維程序與平衡計分卡於企業之問題分析與解決—個案探討	311
陳年 陳建鵬 陳淑真 陳俐穎 謝雅涵 黃子綾 一般老人及糖尿病老人之足部狀況調查	331
林怡君 觀光旅館全職及兼職員工之工作滿意度探討	343
栗原祐美 中日話題的對比分析	359
石兆蓮 明新科技大學學生學習狀況探討	379



明新學報  
Minghsin Journal

32 期

Volume 32, August 2006

明新科技大學

明新學報 32 期

明新科技大學印行

明新科技大學  
明新學報編輯委員會

發行人 林世明

主編 葉玉莉

執行編輯 李東明

校內編輯委員

翁文爐 張淑珠 曹愉生 陳水竹 陳啟文 陳義揚 楊承達 廖信德  
(依姓氏筆劃順序排列)

校外編輯委員

方維倫 (清華大學) 江長周 (中原大學) 吳武忠 (銘傳大學)

吳佳儒 (雲林科技大學) 程南洲 (開南大學) (依姓氏筆劃順序排列)

助理編輯 陳邦淑

出版者 明新科技大學 新竹縣 30401 新豐鄉新興路 1 號

出版日期 中華民國九十五年八月

---

Publisher Lin, Shih-Ming

Editor-in-Chief Yeh, Ruth Yu-Li

Executive Editor Lee, Tung -Ming

Board of Editors

Weng, Wen-Lu Chang, Shu-Chu Tsao, Yu-Sheng Chen, Shoei-Jwu

Chen, Chii-Wen Chen, Yih-Young Yang, Cheng-Ta Liao, Hsin-Te

Fang, Weileun Chiang, Chang-Chou Wu, Wu-Chung Wu, Chia-Ju

Chen, Nan-Chou

Edit-Assistant Chen, Bang-su

Publishing Office

Minghsin University of Science and Technology

No.1, Xinxing Rd., Xinfeng Shiang, Hsinchu County 30401, Taiwan (R.O.C.)

TEL : 886-3-5593142 Ext. 2218、2220

FAX : 886-3-5595142

Website : <http://www.must.edu.tw>

# 主編的話

明新學報第三十二期出版，正值學校40週年校慶。學報自此期開始與國家圖書館簽訂「遠距圖書服務系統授權合作協議書」，在合法取得著作權人授權後，透過國家圖書館將期刊數位化，讓使用者能夠經由「遠距圖書服務系統」取得文獻傳遞的服務，此合約簽訂不但提高本學報使用率及全文取得的及時性，更進而增加刊物之知名度。

學報本期來稿共有45篇論文，通識教育學領域有7篇，工程學領域有8篇，管理學領域15篇，服務學領域15篇，經初審、外審、修改後複審等程序，共有20篇通過(錄用率為44%)。另外，第三十一期延後作業之稿件，通過可予以刊載的計有6篇，本期出版之篇數因此達26篇，為歷年來最多篇數之一期，成為本校40週年校慶之最佳獻禮。

三十二期中有一篇校內電機系汪惠健老師之論文，此文在待修稿和校稿前，汪老師不幸因病已於四月離世，經徵詢外審委員同意，謹依原文刊出，並致上追悼和紀念之意，在此特予以說明。

葉玉利

## 創意藝術教學之策略與實務

張武恭\*

明新科技大學通識教育部

### 摘要

大學之藝術教育，就藝術形式之學習而言，但求學生能對整體藝術之各個形式，作全盤之了解；並對各個不同之藝術領域從事創意整合訓練。

就藝術內容之學習而言，則強調內容重於形式之教學法，其目的在於使學生具備足以與現代藝術思惟接軌的藝術內涵。

據此論點，是則本論文提出：「符合現代精神之藝術內容」之三要件為：

1. 對人類之心靈具有啓迪的作用；
2. 具有文化上的特殊意義；
3. 具有美學上的價值。

而為達到上述之教學目標，本論文所採用之教學策略為：

1. 利用作者所創之聯想力、想像力與組織力等三力合一的三力整合教學法以進行藝術創作，藝術欣賞與藝術批評等藝術活動。
2. 利用創意「轉化」技巧，讓各藝術觀念得以在從事藝術整合之活動時，產生跨領域的教學功效。

本論文並羅列數則創意藝術教學實例，以為佐證與教學上之參考，文末則為結論與建議。

**關鍵字：**三力整合教學法、轉化、跨領域教學。

## The Strategies and Applications of Creative Art Teaching

Wu Kung Chang

Division of General Education, Minghsin University of Science and Technology

### Abstract

The learning of, in particular, the art form of college art education requires the overall understanding of all different types of art and to practice creative integration of different types of art.

The learning of the substance of art emphasizes the teaching approach of substance over form. The objective is to lead students to the artistic connotation that compared to the contemporary artistic way of thinking.

As a result, by this thesis: three so-called essential components required to achieve modern art substance: 1) able to inspire human internal spirit, 2) with cultural significance and 3) with esthetics value. in order to achieve the above teaching objective, the strategies used by the thesis are: 1) applying the original Triple Teaching

---

\* 通識教育部兼任講師 地址：新竹縣新豐鄉新興路 1 號 Tel:03-5593142 E-mail:t0080902@seed.net.tw

Approach designed by the author which integrated the association power, imagination power and organization power, to experience all different kind of art designs, to appreciate and criticize in all art activities and, 2) use the techniques of creative “transformation” to allow each art concept to produce the interdisciplinary effectiveness when performing art integration activities.

A number of creative art teaching examples are also listed at the second half of this thesis for verification and teaching references. The conclusion and suggestions are listed at the end of the thesis.

**Keywords : The Integrated Triple Teaching Approach, transformation, Interdisciplinary Teaching Approach.**

## 壹、前言

不論是藝術本科系或非藝術本科系的學生，在從事不同的藝術領域，諸如文學、繪畫、音樂、攝影、電影、舞蹈、戲劇、雕塑、建築等等的活動時，必會企及藝術之形式與內容之範疇。

據此，本論文之研究動機，即在於探討如何讓學生藉由創意教學策略之引導而激發其藝術潛能與興趣；也讓學生了解藝術之形式與內容之真義，進而知悉內容重於形式之藝術核心價值所在。

在從事藝術活動時，固然是內容優先於形式，然而就藝術內涵之整體性而言，二者依是不可偏廢，以是本論文提出二種創意教學策略，以為入門之法。此二教學策略為：1·聯想力、想像力、與組織力合一之「三力整合」教學法 2·「轉化」教學法。前者肩負「內容」部分的啟發任務，後者則致力於藝術形式的轉換或拓展，以達成跨領域教學之效。

本論文特由藝術之形式原理之通用例證論起，再依序論及形式與內容之關係；藝術觀念與人格的關係；三力整合法與轉化技法；以及創意教案與學生習作數則，以就教於各相關領域之學者、專家。

## 貳、藝術之形式原理與運用

所謂藝術形式，是指為表現某一藝術內容而建構的一種藝術樣態。就造形美術而言，此一樣態，是由點、線、面、體、質感、色彩等的造形元素所組合而成的；就其他藝術領域而言，諸如時間、音符、文字、動作等等，則是另一類的造形元素。

不同的藝術類別，各有其不同的表現形式，而表達形式的技巧，學者稱之為形式原理。

傳統上形式原理可區分為：反覆、漸層、對稱、均衡、調和、對比、比例、律動、統一等類別，不過就現代藝術之表現手法而言，有些是與傳統造形原理相異者，例如觀念藝術之某些新奇的表現手法等等，然而卻不能因此而認定那些就不是藝術或是歸類為次等的藝術。茲將此九種原理之特徵及其轉化於各個不同藝術領域之例，分述於下：

### 一、反覆 (repetition)

所謂反覆，是以相同的造形元素，如相同的形狀、色彩、光線、文字、圖片、音符、語言、動作、情節或影片等等，作一種重複性的排列或重複動作之謂。

反覆的形式，可加強觀者之印象，其重複的特質，予人以一種有秩序的單純統一感，然而過度的重複行為，也易造成單調感。茲舉數則反覆之例：

1. 普普藝術大師安迪沃荷(Andy Warhol,1928-1987)，即喜歡利用反覆的形式反映現代商品規格化與大量生產的實情。另如行動畫派的連續性重複動作、新印象畫派的重複色點之描繪等等皆屬之。
2. 樂曲中反覆出現的旋律或歌詞，如 Holiday 歌曲之結尾：  
Then you are throwing stones, throwing stones,  
throwing stones. dee dee dee dee  
dee dee dee dee dee dee dee dee .....  
3. 重複排列的電線桿、旗桿、廊柱。  
4. 「左右」二方以及「上下左右」四方連續圖案。  
5. 影片中一再重複出現之相同畫面、廣告影片的重複播出或重要訊息在螢幕上以跑馬燈的方式連續播放等等皆屬之。  
6. 光線的重複；如燭光晚會中群燭齊亮之「光景」。  
7. 文字的重複：  
如《詩經·召南》十四篇中之「鵲巢」篇  
維鵲有巢，爲鳩居之。之子于歸，百兩御之。  
維鵲有巢，爲鳩方之。之子于歸，百兩將之。  
維鵲有巢，爲鳩盈之。之子于歸，百兩成之。  
這是一篇描寫貴族嫁女的詩。全詩總計四十八字中，有四十二字是由「維鵲有巢」、「維鳩」、「之子于歸」、「百兩」以及「之」字所重複。  
8. 語言的重複：  
(1) 謠言的重複：如「曾參殺人」。  
(2) 謊言的重複：如「狼來了」。

## 二、漸層 (graduation)

「反覆」的形式若呈現依固定比例漸次變化的情況時，稱之爲「漸層」。

「反覆」和「漸層」看似相同實相異。「反覆」是一成不變的重複；「漸層」則是將反覆的形式予以逐層變化，因之漸層形式較反覆形式更具韻律美感。

漸層之例：

1. 日光或燈光（如舞台燈光等）由亮漸暗或由暗漸亮。
2. 形狀由大漸小或小漸大。
3. 下寬上窄的多層次寶塔建築。
4. 影像之淡出 (fade out)、淡入 (fade in)、拉近 (zoom in)、拉出 (zoom out)。
5. 重量的輕重漸次變化。
6. 音量的漸強或漸弱之變化。
7. 戲劇或小說之情節，逐漸推移至高潮之過程。
8. 心情由激情逐漸回復平靜之過程。
9. 花開花謝之過程。

### 三、對稱(symmetry)

所謂對稱，是指在某一物體或圖樣之中央拉引出一條作為分界之用的假想中心軸線，在此線的左右或上下之形狀相同之謂。譬如人體結構，就是標準的對稱造形。

另如蝴蝶翅上的對稱紋飾、螃蟹之對稱造形、對稱的葉脈、對生的葉片、商周時期銅器上的對稱圖案、對稱字體如「王」、「鼎」等屬之。

對稱之造形，具有莊嚴、穩定、合諧之特性；然而其工整的特性也隱藏著僵化之弊。

在原始人類時期，也有以對稱形式製造器物者，據德國藝術家史家格羅塞（Eynst Grosse, 1862-1927）表示，此乃是居於實用的理由而採用的造型樣式。

### 四、均衡（balance）

均衡是指相比之事或物，其質、量或勢皆有所差異卻猶能保持平衡之謂。

均衡形式較之對稱形式，更具張力與變化之美。

人類對均衡感的要求，或許是源於自身想站穩在地面的原始安全欲求有關；事實上，「均衡」即是大自然運轉的重要法則。

舉如食物鏈現象；萬物之生死榮枯；日出日落；潮起潮退；四季交替等等，皆有其定律，且循環不息。究之，無非是要保持一種均衡的有機狀態。

### 五、調和（harmony）

「調和」，是指將類似的構成元素，予以組合，即會產生一種和諧感之謂。而所謂調和形式，乃是指具有此種美感要素的造形樣式。因其同質性高，各元素之間很自然地會產生一種類如血緣上的認同感，所以相處融洽。組合後之形式，具有柔和、文雅、平靜、圓融等美感。

就色彩的調和而言，色環上相鄰或相近的色相之配對，易產生調和的美感。例如：赤與橙、青與綠、即屬調和的配色。

用之於音樂領域，則藉類似音色的調和，可產生美妙的「和聲」效果。

### 六、對比（contrast）

對比，是指兩件事物相互反對，排斥的狀態。因之「對比」形式，即是將兩種屬性、構造完全不同的造形要素予以並列排比，藉其強列的對照，產生一種深具爆發力與活力，極富動感與刺激感的美學形式。

在線形方面：舉如曲直、長短、方圓之對；在色彩方面：紅配綠、紫配黃、橙配青、赤紫配黃綠等對比配色；戲劇領域方面：例如故事情節中之悲歡對比、人物性格之忠奸對比；音樂領域：有快板、慢板之對比與聲音的大小、強弱之對比；以及詩詞或對聯中的「對仗」字句等等皆屬之。茲舉「對仗」二例以為參考：

#### 1. 海陽望海亭：

海水潮 朝朝潮 朝潮朝落  
波浪漲 長長漲 長漲長消

#### 2. 李白詩「行路難」：

且樂生前一杯酒，

何須身後千載名。

### 七、比例 (proportion)

比例是指在一個結構體之內，部分與部分或部分與整體之間的比例關係而言。

任何物體都有其形狀，就美學的角度而言，美的造形當有其符合美學原理的形式比例。

觀之古希臘的建築與雕刻，可以發現當時的藝術家們創作時都是以一種特殊的美學比例形式去完成其作品。

其中被公認為最美的比例形式是「黃金比例」(Golden Section)。其比例形式為短邊與長邊之比須是 1:1.618。據此法則：三比五、五比八、八比十三……等，均是合於黃金比例的形式。

然若以現代之藝術眼光視之，任何的比例形式，皆有其存在的價值，例如名片、書本、電視螢幕、電影銀幕、字體等之形式，各有其實用與美學的考量，並非一定要符合黃金比例才是最佳的樣式。

### 八、律動 (rhythm)

律動，就字義而言，隱含節奏與動態之意，是一種頗具韻律感的美感形式，常應用於各藝術領域之間。例如運用於美術造形上，即是將「反覆」與「漸層」的形式加以變化成具有視覺動感的圖形。歐普藝術家就常運用此法以表現出一種視覺上的律動感；另如西班牙名建築師高弟 (Antoni Gaudí Cornet, 1852-1926) 亦常將此律動美感融入於建物造形之中。

### 九、統一 (unity)

統一是指將複雜多樣的構成元素，利用線條、色塊、音節、動作、人物、事件等等元素予以統整，以產生一種整體感的構成形式。這是一種「變化中有統一」的構成原理以電影為例，譬如以意識流手法剪輯而成的影片，由於時間、地點、事件常呈現無秩序的跳接，因此在情節的連貫上，較難掌控，這時就需以主要人物、主題曲或主要事件去貫穿那些早已失序的畫面。黑澤明在其影片「白痴」中，以雪景及「視覺暴力」串場；在「夢」片中的「烏鴉」及「水車村」二片段，以帽子之戴上、脫下的反覆動作串場；畫家米羅常以色塊來凝聚各個小造形等等，皆屬「統一」技巧的運用。

## 參、藝術之內容

藝術家對自然或人生有所體悟，乃藉由繪畫、文學、戲劇、音樂、雕塑、電影、舞蹈或建築等等不同的藝術形式抒發其情感。因此所謂之「藝術內容」，無非是在訴說藝術與天、人交集之實況。而其創作題材，或取之於自然，如動植物、礦物、天象、地理等；或取自於人世。取材於人世者，此乃現實人生的複雜與多變，對藝術家而言，正是取之不盡的題材；亦有取材於超現實界者，例如超現實主義的畫作、科幻電影或神話故事等等。

藝術之內容，筆者以為至少應符合以下三條件，才較為完整。

1. 對人類的心靈有所啓迪作用；
2. 具有文化上的特殊意義；
3. 具有美學上的價值。

一個符合時代脈動的藝術觀念，應該也會符合上述之三要件。

## 肆、內容重於形式之藝術教學內涵

劉勰在《文心雕龍》中的〈情采〉篇，論及內容與形式之關係，有其獨到見解。此雖是文學範疇之例，然因其論猶可通用於其他各個藝術之領域，故摘錄於此以為學習參考之用。

〈情采〉篇云：「夫能設模以位理，擬地以置心。心定而後結音，理正而後擒藻，使文不滅質，博不溺心。正采耀乎朱藍，間色屏於紅紫，乃可謂雕琢其章，彬彬君子矣。」

所謂「質」、「文」，分指「內容」與「形式」而言。「文不滅質，博不溺心」，是指形式和內容相輔相成之意。

又說：「水性虛而淪漪結，木體實而花萼振，文附質也。虎豹無文，則鞞同犬羊。犀兕有皮，而色資丹漆，質待文也。」

所謂「文附質」、「質待文」，係指形式與內容具有密不可分的關係。可見劉勰是認為唯有內容與形式兼備，才足以成就一件優質的藝術作品。因之劉勰極反對六朝文學之重形式輕內容的形式主義風格，所以他說：「言與志反，文豈足徵？」；「采濫辭詭，則心理愈翳。」；「固知翠綸餌，反所於以失魚。」

所謂「言與志反」有心口不一之意，即形式與內容不相稱；而「采濫」、「辭詭」；「翠綸」、「桂餌」則指太重外在形式的雕飾，用來比喻駕空立說的行文情形。

劉勰雖強調形式與內容必須兼顧，才得以建構一件完美的作品，然而就其優先次序而言，卻是內容優先於形式。此一觀點，劉勰在〈情采〉篇中也有明示：

「故情者，文之經；辭者，理之緯；經正而後緯成，理定而後辭暢，此立文之本源也。」

所以他主張「為情造文」，反對「為文造情」。

關於劉勰之形式與內容必需兼備以及更進一步闡明內容重於形式之論點，運用於藝術活動中的創作、欣賞與批評之中，也頗為適用。

居於此一觀點，是則引申出以下關於藝術觀念與人格特質之相關課題。

## 伍、藝術觀念與人格之關係

觀念，是指心中的意念或概念；也可稱之為是一種心象。

在藝術領域中，藝術觀念之受到重視，是逐漸演變而來的。這是由於隨著時代的演進，藝術一詞的定義已由早期的技藝之層次逐漸轉變為當前之以思想為重的成層次。

1960-1970年間所興起的觀念藝術（Conceptual Art），就是在這樣的思潮演變之中誕生的。

二十世紀藝術的開拓者杜象(Marcel Duchamp, Marce Duchamp, 1887-1968)，對觀念藝術的產生，有很大的貢獻。

他認為藝術最重要者，在於作者的思想與觀念，所謂繪畫或雕塑，只不過是觀念的表現而已。（西洋美術辭典，雄獅，1988）

藝術發展至今，「觀念」一詞，在現代藝術的整體結構中，已然居於核心價值的地位。藝術觀念已成為辨別現代藝術作品是否具有藝術價值的重要指標之一，因此，讓學生了解藝術觀念的實質內涵與重要，確有其必要性。

然而如何才能有效的表現或欣賞藝術觀念呢？有學者以為具備「人格之美」的特質，是必備的要件。所謂人格，是指一個人的心理特質，此特質是經由個人生理與心理需求加上外在環境的影響所產生而來的一種品格。

茲羅列三位學者之論點以為參考：

羅馬學者普洛丁(Plotinus,205-270)認為：至高的美，需要靠崇高的心靈始能體會；因此，若想觀照到那至高無上的大美，首先得使自己變得神聖以及具備高尚的心靈。

希臘哲人德謨克利特 (Democritus,約 460-370B.C)也強調：審美能力與人的品格有關。

劉勰也以人格與道德作為其審美之標準。在其序志篇云：「君子處世，樹德建言」；「文果載心，余心有寄」。由此可見他對人格和修養的重視。

他認為真、善兩合是為大美，所以藝術家不可無道德與智慧，否則將無法領略那至真與至善合一的大美之情。

綜合上述各家論點，可見某些學者是認為人格特質，足以影響審美之能力。然而亦有學者認為藝術發展至今，呈現的是多元、繽紛的現代藝術新局，身處當代的人們，當以多元的視角觀之，並予以尊重與關懷，任何單一、絕對的審美觀點，恐已不符時代潮流。

## 陸、創意教學策略

前文提及藝術之形式與內容之內涵及相互間的關係，本段論文即是為完成有關形式或內容的藝術活動而研發的一種執行手段。

同時作者也認為經由有系統的創造力訓練之後，創意是可以被啟發的；且源源不絕的創意，可使創作者更加充滿自信，心靈上得到莫大的滿足感。

心理學家馬斯洛(Abraham Maslow,1908-1970)也認為創造是一種心理健康的表現，是自我實現的結果；此外陳龍安教授在其《創造思考教學的理論與實際》中也指出，根據國內外相關文獻顯示，學生的創造思考能力，可經由教學的歷程獲得增進。

居於以上之理由，作者乃研發出一套簡單，有趣又有效的創意教學策略，以作為完成有關形式或內容之藝術活動時的一種執行方法。

本論文提出之創意教學策略有二：1.「三力整合」教學法；2.「轉化」教學法。

前者之策略目標是針對藝術內容而言；後者則是為達成跨領域整合教學效果而研創之策略。

茲介紹如下：

### 一、三力整合教學法

所謂「三力」，是指聯想力、想像力與組織力而言。

以下分別探討此「三力」之理論基礎與運用。

#### (1) 聯想力：

1) 理論基礎：張世賢教授在其「創見的可能」(朱宏源，2001)一文中，指出創見的特質為：新穎、獨特、敏感、流暢、變通。其中「流暢」的部份，具有五種表現方式：1.文字的流暢；2.表達的流暢；3.聯想的流暢；4.概念化的流暢；5.理論化的流暢。

其中之一的「聯想的流暢」(Associational Fluency)，正是本「三力整合」教學法中所企及者。

2) 運用：首先將聯想的對象（例如繪畫、詩、文章、小說、影片等等）之名稱寫在紙上，再依此名稱進行類如造句之工作，再將這些與題目相關的詞句，逐一記錄於該題目項目下，以為備用。

### (2) 想像力：

1) 理論基礎：所謂「想像」，是指經由內在心理的作用將某一意象予以視覺化之謂。其結果或以圖像化表現，或呈現出一種事件發展的情境，不一而足。

想像力，是一種具有天馬行空特質的創意思考力，其與聯想力之之差別在於「聯想」是一種有所根據之擴散式思考法，「有中生有」是其特點。而「想像」則是在全然自由、開放的心境之下，作一種「空想式」、「翱翔式」的思考，「無中生有」是其特點。

美國學者威廉斯(Williams,1920)，認為「創造」在情意態度方面，具有好奇、冒險、挑戰與想像等心理特質（張玉成 2003）。其中之一的「想像」部份，正是本段論文所探討者，可見「想像力」的運用，在從事創意思考活動時，也是極為重要的一環。

2) 運用：想像，又可分為切題之想像；以及離題之想像。前者是利用所聯想出的與主題相關之詞、句，逐一予以觀想出一幅畫面；後者則是以突發奇想的方式，隨意觀想出任與主題無關的畫面。創作者可以擇取其一以為觀想之法；亦可二者混用。觀想後所得之畫面，須儘速以文字記錄實況，以為備用。

### (3) 組織力

1) 理論基礎：此處所謂之「組織」是指自前文所述之已進行創意擴散思考的「聯想」與「想像」二項內容中，篩選出切題者，再予以組合。這是一種從事創意活動時，不可或缺的整合的能力。易言之，創造力，乃是將可聯結的要素，加以結合成新的關係，這是一種整體的綜合表現。(毛連塹，2003)

一個有創造思考力的人，大抵是具有：獨立思考能力，知變通、富想像，富察於冒險，富直覺的，有統整能力的，非理性的，具整體感的，勇於表達的，自信的…等等的特質。

其中之「統整能力」與「整體感」正是本段論文所云之「組織力」了。

### 2) 運用：

步驟一：寫下欲創作之題目，及所欲表達的藝術觀念。。

步驟二：自早已寫就之「聯想」與「想像」之內容中，擷取與自訂之「藝術觀念」吻合者，統整之於「組織」之項下。至此，則符合主題之主旨的內容大綱，已經創作完成。

步驟三：將內容大綱擴展成形式與內容兼備的藝術作品。

以上所述之「三力整合法」，概屬創作之層面而言，若將此法應用於藝術欣賞或藝術批評領域，則只需就已創作完成之作品之主題，進行與上述相同的運作步驟模式，是則可以分析出此作對於主旨的闡述之精確度，以及形式與內容合一之完成度。

## 二、轉化教學法

### 1. 理論基礎：

轉化(Transformation)，可指是由一個已知的資料經過轉變而成另一資料，亦即將原有的東西，予以重新界說、或修正、改變形式而成新的東西。(陳龍安，2004)

轉化，隱含「變化」、「轉變」、「轉移」之意。

本論文，則是利用「轉移」的技巧，將同一藝術觀念，予以「轉移」應用於其他各個藝術之領域，亦即可以在不同的藝術形式之中，展現其相似的藝術內涵，於是拓展了藝術形式之表現；其後，再將所產生不同藝術形式的相似內容，加以兩種以上的整合，是則形成獨具跨領域整體教學效果的藝術內涵。這在當前 E 世代中，多媒體之運用，已成為極普遍的藝術展現方式的大環境之下，轉化技巧的運用就特顯其重要了。

張玉成博士在其《思考技巧與教學》，序中言及「教學不徒重傳遞知能，更須兼備轉化知能的功夫。」；此外，在中國古籍「易經」中，亦可看出其中之有關於「Change」的探討之大智慧。

轉化之技巧，可能因其轉化標的設定之不同而有所不同，然其「轉化」之求「變」的精神則是相同的。而此一轉化精神，正是本論文為配合因實施創意「三力整合教學法」而設計出的創意「轉化」教學技法之理論基石所在。

## 2. 應用

由於本論文所設計之創意轉化教學法，主要是針對藝術跨領域整合教學而設計者，因之有關其轉化之應用的部份，特擇錄作者所自行設計之創意「轉化」思考題，以及某些學生之作品於下一段落之中。此處則另擇數例，以示轉化教學法在藝術與非藝術領域的多重應用能力。

### 1) 反轉之應用：

例如利用冷氣機的冷凍原理，將原本循環於室外側散熱器冷媒的流向，與室內側冷卻器冷媒的流向反轉過來，使其熱器往室內吹，就成為冬日專用的暖氣了，此即是利用反轉之思惟而有了暖氣機的發明，（黃秉鈞、葉忠福，2005），此例屬理工領域。

### 2) 藝術內容之轉化應用：

茲列出七則相異之藝術內容之主題的轉化應用如下：

#### （一）錯覺

紅樓夢第五回「假作真時真亦假，無為有處有還無。」所謂錯覺，隱含此意。

「錯覺」可發生在任何人身上，因之所謂「眼見為憑」「親耳所聞」之真實性，當受質疑。在日常生活中可見各式各樣的錯覺之例，如：色彩、文字、聲音、形狀、表狀、時間等等的錯覺。

茲將「錯覺」在各方面之應用，擇例述之如下：

1. 應用於繪畫：例如新印象派的點描技法或歐普藝術，皆是將視覺上之錯覺現象，表現於作品之中。
2. 應用於電影：利用人的視網膜有「視覺暫留」的現象而產生銀幕上的影像會動的錯覺，此為技術層面的應用；在電影內容的應用上，例如二〇年代兩位默片喜劇泰斗卓別林(Charlie Chaplin, 1889-1977)與基頓(Buster Keaton, 1895-1966)，在其影片中皆常運用「錯覺」的原理而編出令人驚嘆而爆笑的情節。例如：基頓於「代罪羔羊」影片中在領取救濟物品時，竟因一時的「錯覺」，而誤排在服飾店前的二位假人後面之情節。
3. 應用於文學：例如德國作家褚威格(Steven Zweig, 1881-1942)之小說「同情的罪」，主題即是在描述一種錯覺的愛：一種誤將「同情」當作「愛情」之錯覺。
4. 應用於美工設計：例如攝影棚內的大型襯底實景照片或舞台上的虛擬造景等。
5. 應用於商品行銷：例如以「名人」作為產品的代言人，使消費者產生見「名人」思齊的心理作用；

另外產品價格的訂定亦常運用錯覺原理以產生一種比較便宜的心理效果，例如：「99 元吃到飽」、「49 元飯包」等等。而廣告詞中隱藏「錯覺」之陷阱更是屢見不鮮，例如「一坪 6 萬元起」，故意把「起」字寫得很小；另如有些商品刻意選用具有「偉大感」者為名，諸如：羅馬、巴黎、凱薩、博愛等等，這也是一種運用錯覺原理的行銷手法。

## (二) 顛倒

水中倒影、反向思考、大智若愚等，皆屬顛倒之例。

1. 應用於戲劇：例如：由作者所自編自導的舞台劇「休洗夜」之第五夜「無夜的春天」中的台上、台下互為顛倒之情節。(張武恭，1993)

2. 應用於電影：例一：超現實主義電影大師布紐爾(Luis Bunuel,1900-1983)，在其一九七二年拍攝的「中產階級拘謹的魅力」影片中，有這樣的一個場面：一群虛矯的暴發戶，被邀請至一處由劇院舞台偽裝成的大廳裏聚餐，彼等不察，正在花天酒地，劣性百出之際，幕簾突然被拉開，台下觀眾齊噓之。此情此景，與前文「夜五」中的台上台下之地位顛倒的情節，實具有異曲同工之妙。

例二：前文提及之卓別林與基頓，亦常以「顛倒」的理念編、導影片。

基頓在其影片「蒼白的臉孔」片首，採用倒敘法表達白人搶走印第安人土地文件的原委，這就是一種「時間之顛倒」技法；而基頓在「蒼」片中由一名被印第安酋長通緝追殺的角色，最後卻成為部落的小隊長，宛若地下酋長，劇末還與酋長之女兒結婚，此謂「情節之顛倒」；基頓編寫此劇，其隱喻者，乃在表明印第安人之聰慧與良善，冀以扭轉當時白人普遍對印第安人的負面印象，此可謂「觀念之顛倒」。

在「稻草人」片中，基頓竟以倒立之姿渡溪，此為「肢體之顛倒」。

卓別林在「銀行」一片中，片首畫面顯示他輕鬆將保險櫃解秘，然而他自櫃中取出的竟然不是貴重之物，而是掃把與水桶，此舉明與觀眾預期的想法顛倒，這是一種「認知的顛倒」；片尾處更發展出一段「顛倒事實」的情節，因為卓別林正在自我編織一段英雄救美的白日夢。

基頓在「護士小姐，晚安」片中有一段男扮女裝的表演；卓別林的「一個女人」，片名所指之「女人」，實則由卓別林所反串，諸如此類男女互變，謂之「性別顛倒」。

3. 應用於詩：美國女詩人 Emily Dickinson(1830-1886)的詩“I had no time to hate”中的愛與恨的對比，就是「顛倒」的應用。

4. 應用於小說：如「紅樓夢」中的人物賈寶玉，「賈」與「假」諧音；甄寶玉，「甄」與「真」諧音。而「真」與「假」，其義顛倒。

5. 應用於哲理：例一：老子，擅於逆向思考。在其「道德經」中，隨處可見其運用「顛倒」理念之例。諸如：有、無；難、易；長、短；前、後；虛、實；強、弱；輕、重；躁、靜；雌、雄；大、小；上、下等等字義相對之「顛倒字組」。

6. 應用於故事情節：童話故事「仙履奇緣」中之女主角「灰姑娘」(Cinderella)，最後因為得到仙女的

協助，使她受到白馬王子的垂青而過著幸福快樂的日子。這種命運大轉折的情節，也是一種「顛倒」技法的運用。影片「麻雀變鳳凰」的故事情節亦屬之。

- 7.應用於創意記憶法：wild 與 mild 字形相似卻字義相反。取其字首「M」與「W」之字形顛倒而其字義亦顛倒，則記誦其音與義，變為容易。
- 8.應用於設計領域：撲克牌之牌面圖文，上下顛倒。
- 9.應用於雕版藝術：舉凡各類版畫、印章、民俗紅龜粿壓印模板、灌漿用石膏模塊等等，其雕版或模板上之形，必與原形左右相反或凹凸相對，此屬「造形顛倒」的創作技法。
- 10.應用於發明：例一：印刷術的發明：鉛字字體與正字顛倒。  
例二：火箭升空時所運用的反作用力原理，是一種反其道而行的「顛倒」理論之應用。  
例三：縫衣針，前尖後鈍。尖與鈍的組合，正是一種「顛倒」理念的實用化之例。
- 11.應用於各類藝術流派：各種藝術流派的產生，大抵是對舊有藝術觀念的一番「顛倒」激盪而成。  
例如：印象畫派、地景藝術、觀念藝術等等。
- 12.應用於創意思維之訓練：例：試續編某部小說之情節，其結局與原故事「顛倒」。

### (三) 歸零

數理歸零：碼錶數字歸零、股票下市，股價歸零等屬之；心理歸零：老子所云之「空」、「無」哲理；宗教上追求心靈之平靜；或如晉·陶潛作《歸去來辭》以明歸隱之志等，皆屬之。

「歸零」觀念之應用：

- 1.應用於雕刻與繪畫：「歸零」具有「減法」的特性，而「雕」就是一種「減法」的運用。(雕塑之「塑」，則具「加法」之特性。)  
另如極限藝術，也具有歸零之意涵。極限藝術(Minimal Art)，一九六〇年代源於美國，也可稱為「極簡藝術」，意即不論繪畫或雕刻作品之構成元素，皆予以簡約至「本質」的層次，內容樸實無華，形式冷峻嚴酷。
- 2.應用於音樂：如「休止符」。另如美國鋼琴家約翰·凱吉(John Cage, 1912-1992)於1952年發表「4分33秒」(4'33")，演奏者在此一樂曲中不發一聲，這也是一種聲音的歸零之運用。
- 3.應用於電影：如畫面由喧嘩急切入靜寂或由動態中急停的「定格」畫面，皆具「歸零」意涵。
- 4.應用於詩詞：例如唐詩人劉禹錫詩「烏衣巷」所描述的那種由貴族轉為平民百姓的景況，即具「歸零」的意象。  
烏衣巷  
朱雀橋邊野草花，烏衣巷口夕陽斜；  
舊時王謝堂前燕，飛入尋常百姓家。
- 5.應用於小說：如「紅樓夢」中的賈寶玉，終究是看破紅塵而遁入空門，其追求太虛清靜的世界是一種心靈上的「歸零」。
- 6.應用於哲理：例如「先知總是寂寞的」，這是一種知音的歸零傾向，所謂知音難尋之謂。
- 7.應用於文字：禪宗有所謂不立文字之智慧承傳法則，此處之「不立文字」可說是「文字歸零」的結

果。今仍流通所謂「口頭禪」之語詞，或亦可顯其強調口語傳播之特性。

8.應用於教育：例：零歲教育。

9.應用於情緒控管：例：情緒歸零。

#### (四) 慢

慢，具有怠慢、傲慢、輕忽、遲緩等義。本帖欲探討之「慢」字，乃相對於「快」而言，偏指動作之「慢」。

「慢」之觀念，應用於各藝術領域，各有風貌：

1.應用於繪畫：人體四肢之動作，以慢動作方式呈現，是未來派畫家專屬的表現法。

2.應用於靜態攝影：慢快門之技法屬之。慢快門之使用，可使移動之物體在底片上留下模糊之影，深具動感，超寫實畫家以相機為輔助工具時，喜歡捕捉此類畫面。

3.應用於動態影片拍攝：慢動作之拍攝技法屬之。此技法在商業廣告影片中之洗髮精系列影片頗為常見。

4.應用於音樂：例如慢板、慢詞。

5.應用於文學：例一：孔子：「欲速則不達」

例二：老子：「大器晚成」、「不敢為天下先」、「舍後且先，死矣！」。

例三：詞曲之牌名，如李清照「聲聲慢」。

例四：文學書籍中，亦不乏以「慢」意為名者，如「笨鳥慢飛」、「等她二三秒」等等。

例五：應用於「慢讀」。如王文興教授在其「家變」小說新版序中指出「理想的讀者應該像一個理想的古典樂聽眾，不放過每個音符（文字），甚至休止符（標點符號）。任何文學作品的讀者，理想的速度應該在每小時一千字上下。一天不超過二小時。」

6.藝術創作態度：例如：蛋雕或毫雕之創作過程，皆有其「慢道理」。此類藝術創作者若能具備「慢雕」的創作度，是則慢工必可出細活。

7.應用於表演藝術：例如舞蹈或默劇中之肢體慢動作，甚至魔術表演者也常以慢動作的手勢營造其「不欺」之錯覺。

8.應用於建築藝術：例如比薩斜塔之建造過程頗為漫長，因建造年代不同而呈現不同之建築風格。而其緩慢傾斜的過程，更是神巧地與「慢」之特質穩合。

#### (五) 夢

何謂夢？茲列數則釋例以為參考：

1.睡眠中意識朦朧時，身體內外受到各種刺激所產生的種種幻象謂之「夢」。(大辭典，三民，1985)

2.所謂夢，乃是在睡眠之中，部分腦機能活動的精神現象。人在睡眠時，大腦皮層部，即主管判斷、推理等高層思考活動的部分休息了，而較原始的腦機能卻仍在繼續活動，因而產生夢的境界。(曾炆煜，1986)

3.夢是一種感情的產物。——柏拉圖

夢是一重持續到睡眠狀態中的思想。——亞里斯多德

夢是白天失卻的快樂與美感的補償——尼采（Friedrich Nietzsche, 1844-1900）

夢是願望的達成。——佛洛伊德（Sigmund Freud, 1856-1939）

（賴其萬、符傳孝,1986）

「夢」之應用：

（1）詩：李白：「夢遊天姥吟留別」

（2）畫：例如夏卡爾的超現實繪畫。

（3）電影：以「夢」為主題的電影，例如：

「夢」——黑澤明導。

「安達魯之犬」——達利與布紐爾合拍

「自由的幻影」——布紐爾導。

「第七封印」——柏格曼導。

（4）童話：例如：《愛麗絲夢遊記》。

（5）歌曲：例如西洋歌曲：All I have to do is dream。

（六）「一」

說文解字：一，惟初太極，道立於一，造分天地，化成萬物。

孔子：吾道一以貫之。

老子：道生一，一生二，二生三，三生萬物。

石濤：著《一畫論》

以上之「一」理論，應用於各藝術領域之例如下：

- 1.馬諦斯的作品「紅色的畫室」，畫面「一」以貫之，「一」可指紅色而言。
- 2.米羅作品，以大色塊統御小造形，此處的色塊就是前述之「一」了。此畫因之可解釋為是用「色塊」以貫之。
- 3.一些零亂的小造形，也可以用「線條」來貫之。是則「線條」就是「一」了。
- 4.荒謬劇泰斗「貝特克」的戲劇作品「禿頭女高音」，從「一」而終，此處之「一」可指從頭到尾只有二演員在舞台上呦呦不休之意。
- 5.其他之「一」例：
  - 藝術風格定於一。
  - 招牌定於一。
  - 政治定於一。
  - 制服定於一。
  - 表情定於一。

（七）戰爭

以戰爭為題材的各類藝文作品，茲擇數例於下：

1.歌曲：殘酷的戰爭。

2.電影：越戰獵鹿人、殺戮戰場、鐵十字勳章、第一滴血...等。

- 3.小說：戰爭與和平。
- 4.歌劇：西貢小姐(Miss Saigon)。故事描述一九七五年美軍撤離越南前夕，在西貢一家酒巴所發生的美國大兵與酒巴小姐之間的愛戀情事。
- 5.繪畫：(1)哥雅(Francis de Goya,1746-1828)的「1808年5月13日」；(2)達利(Salvador Dali,1904-1989),在一九三六年完成的「內戰的預兆」；(3)畢卡索(Pablo Picasso,1881-1973)在一九三七年完成的「格爾尼卡」(Guernica)畫作等等。
- 6.雕塑：越戰紀念雕像。
- 7.建築：越戰紀念碑。
- 8.詩：茲舉唐詩數例如下：
  - (1) 陳陶的隴西行：「誓掃匈奴不顧身，五千貂錦喪胡塵；可憐無定河邊骨，猶是深閨夢裡人。」
  - (2) 王昌齡的「出塞」中有「萬里長征人未還」之句。
  - (3) 祖詠「望薊門」中的「沙場烽火連胡月」。
  - (4) 王翰的「涼州詞」：「葡萄美酒夜光杯，欲飲琵琶馬上催。醉臥沙場君莫笑，古來征戰幾人回？」
  - (5) 白居易在其「烏江十五兒，兼示符離及下邳弟妹」詩中云：「田園寥落干戈後，骨肉流離道路中」。
  - (6) 盧綸「晚次鄂州」云：「舊業已隨征戰盡，更堪江上鼓鼙聲！」
  - (7) 杜甫「閣夜」詩云「野哭千家聞戰伐」，「月夜憶舍弟」詩云「寄書長不達，況乃未休兵」；在「春望」詩中，亦提及戰亂中寄家信詩句：「烽火連三月，家書抵萬金」。
  - (8) 李頎「古從軍行」寫及「年年戰骨埋荒外」。
  - (9) 高適「燕歌行」云「相看白刃血紛紛，死節從來豈顧勳？君不見沙場征戰苦？至今猶憶李將軍」。
  - (10) 李白「關山月」：「由來征戰地，不見有人還」。
  - (11) 張喬「書邊事」詩云：「大漠無兵阻，窮邊有客遊」。

### 3) 藝術形式原理之轉化應用：

本段落所學之藝術形式原理之轉化運用的諸項例子，只是取傳統上學者所統整出的一些造形原理作為轉化應用之教學範例，並非造形原理就只這些而已。觀之現代藝術之屢創嶄新的形式語言，即可知「形式」之於現代藝術是極其多樣，就藝術潮流之演變而言，亦佔有重要的地位，因之對於現代藝術中的諸多創意形式語言，也應多加以認識與理解。

本文取用傳統形式原理為例，方便論述而已。(詳見本論文(貳)「藝術之形式原理與應用」中之各項例證。)

### 4) POP 技法之轉化應用：

POP 是 POP 廣告 (Point of Purchase Advertising) 的簡稱。

其技法，原屬文字造形之範疇，然而予以「轉化」應用，之後，某些技巧，則可通用於其他藝術領域。例如其技法中的「心理視覺線」可應用之於小說或電影中之高潮轉折動線；「整體感」可應用於所有之藝術領域；「口字放大」之空間概念，則可應用於雕塑與建築領域；「韻味感」則可應用於電影，稱之

為「電影感」(Film Sense)；「輔助線」則類如電影中男、女配角的功用……等等。

5) 文字學中造字原理的轉化應用：

文字學中的「會意字」，例「口犬」字，是由「口」+「犬」集成另一具有新義的文字，其本質上與電影中的「蒙太奇」(Montage)理論<sup>1</sup>相通；「指事字」，例如「爽」字，意指兩腋下之處極為涼爽；「旦」字，意指太陽從地平線升起等屬之。各指事字之中，其「意有所指」的特性，與戲劇、小說、或電影中的隱喻、伏筆技巧相通；希區考克之影片，在其懸疑氣氛中所鋪設的「蛛絲馬跡」亦與指事字中所隱藏在字行間的「線索」之功能類似。

6) 詩與攝影、電影之轉化應用：

詩中之空間的壓縮與連結，與攝影或電影中的鏡頭之運作，常可互為轉化應用。例如唐朝詩人柳宗元的「江雪」詩，其詩中之空間上的推移，則類如攝影術中的伸縮鏡頭(Zoom Lens)之作用：千山鳥飛絕(大遠景)→萬徑人蹤滅(中景)→孤舟蓑笠翁(近景)→獨釣寒江雪(特寫)。

## 柒、創意教案與學生習作

### 一、創意藝術思考題：

#### 1. 聯想力訓練(一)

例題：從「可歌可泣」想起。

##### 1) 悲歌

<史記·項羽本紀第七>

「於是項王乃悲歌忼慨，自為詩曰：力拔山兮氣蓋世，時不利兮騅不逝，騅不逝兮可奈何，虞兮虞兮奈若何。」<sup>2</sup>

##### 2) 大風歌

<史記·高祖本紀第八>

高祖擊筑，自為歌詩曰：「大風起兮雲飛揚，威加海內兮歸故鄉，安得猛士兮守四方。」

朱熹曰：大風歌，正楚聲也，亦名三侯之章，自千載以來，人主之詞，未有若是壯麗而奇偉者也。

##### 3) 正氣歌

南宋末年，忠臣文天祥因堅拒屈辱降元，於牢中為自明其志，而寫下此作。

##### 4) 畢業歌

畢業歌，亦符合可「歌」可「泣」之題旨。

試尋出歌詞中那些字的發音，較易刺激淚腺？

<sup>1</sup> 蒙太奇(Montage)的理論，始於俄國電影學者愛森斯坦(Sergei Eisenstein, 1898-1948)，其理論基礎，類似於中國「六書」中的「會意」文字。這種將兩個無關的文字，結合成另一個具有新義的字體，其結合過程，就已具有蒙太奇的作用了。

蒙太奇的字義，源自法文中的 Monter 一字，含有組合、組織的意思。就廣義而言，可視為是一種鏡頭的連接，與剪輯同義。

<sup>2</sup> 在司馬遷所著之《史記》一書中，不但將敗將項羽也名列在「本紀」之中，還特置於高祖本紀之前，此正是所謂「不以成敗論英雄」的寫照。

## 2. 聯想力訓練（二）

例題：何謂生命之舞？試舞之吟之。

參考：

1) 靜心體會人世間的一些本能現象，例如含羞草的「自閉」、地球的「自轉」、向日葵的「自動」與心臟的「跳動」等。

2) 觀想人居地球，而地球漂浮在太虛之狀。配合轉化訓練（一）之 3

3) 天、地、人共舞，舞出莫名的天地玄黃，旋出人類天長地久的歷史悲歡交集之舞。

## 3. 轉化訓練（一）

題：試將「空」轉化為為各類形式之藝術作品。

參考：

1) 由孫悟「空」想起；

2) 由老子之「空」想起；

3) 由地球在宇宙之中懸「空」想起；

4) 傳統戲劇中某些去繁入簡的動作及舞台背景，正是一種「空」的表現。

例如為表達騎馬的動作，僅需手執一馬鞭，抖動並繞走之即可；開門之動作，更簡化到有如闖「空門」似的，只象徵性地比劃推、開之動作即完成。

5) 股票術語：放空與軋空。

## 4. 轉化訓練（二）

例題：以「項莊舞劍<sup>3</sup>，桃花舞春風」為題，試入畫、入樂、入舞、或入詩。

方法：綜合運用「三力整合教學法」中之聯想力與想像力等之創意思考法以衍生出各式內容，再依題旨篩選出切題者，並以符合美學原理之結構法則予以組合成一件形式與內容兼備的作品。

5. 「轉化」教學法中之「反轉」（逆向思考）之訓練：

例題一：常聽音樂有副作用嗎？

例題二：攻乎異端，斯害也矣？試舉「無害」之例。

6. 想像與轉化訓練：

例題一：試描述「超音速」音樂之可能內涵。

例題二：試以生肖屬鼠之戴隱形眼鏡的小花貓為主角，編一則饒富推理精神且充滿趣味性之童話故事大綱，並改編為舞台劇本。

7. 試將諾貝爾文學獎得主艾略特 (T.S.Eliot: 1888-1965) 之詩作〈The Hollow Men〉轉化為雕塑作品。

## 二、學生創意習作：

1. 期中考題：每位學生獲贈香瓜一粒，食之，並寫下以香瓜為題之極短篇小說。

寶瓜屠龍記      交通大學應化系      洪世修

建安 3 年，天下大亂，群雄並起，江湖中流傳一句話：「武林至尊，倚天屠龍，號令天下，莫敢不從，

<sup>3</sup> <史記·項羽紀>「項莊拔劍起舞，項伯亦拔劍起舞，常以身翼蔽沛公，莊不得擊。」今引申之為：「項莊舞劍，志在沛公。」比喻在行動之中，隱藏著陰謀。

寶瓜不出，誰與爭鋒」。武林中人人皆知，倚天劍是武林中最鋒利的寶劍，而且傳說中裡面暗藏著天大的秘密，因此，所有人莫不對其投注最大的關心。但是，為什麼寶瓜也有秘密呢？至今仍是一個謎呀，他到底是什麼？是什麼瓜呢？冬瓜、南瓜、西瓜…裡面藏著什麼呢？一個大密寶、一本絕世武功秘集、失蹤已久的傳國玉璽……眾說紛紜呀，但從來沒有人懷疑過句話的真實性。在 20 多年前，一個稱霸武林的獨孤求敗大俠，搶遍大江南北，擁有絕世武功，相傳在他仙逝的時後，說了這句話，從此之後，成了一個大尋瓜世代。江湖上再沒有一日的寧靜，只要一跟寶瓜扯上絲毫關係，無論你是白道、黑道、天道、地道、鬼道，家破人亡還算是好的，總之，經過一番腥風血雨的你爭我奪，寶瓜呢？到底在哪裡呢，其實，我也不知道……。

## 2. 名畫改編內容（轉化訓練）：

### 1) 烏鴉（梵谷）→ 夸父 交通大學管科系 邱慧萍 改編

我由東方化為羽翼，追尋那刺眼的火球，我穿過炙熱的柏油路面，空氣對流中還殘留著焦黃的餘味，同伴們還在爭奪第一快，而我，暈眩在一大片顫動的黃，風吹拂我僵直的雙翼，那千百年來的征戰仍未完定論……我不怕金光刺瞎我的雙眼，我只要追！追！追！

### 2) 下樓梯的女人（杜象）→ 騎士

我踏著碎石坡，胸口被鐵甲束縛，我感到胃的一陣緊縮，用力一甩頭，我遺留自己在身後，因為現在的每一步，都將引領我走向不歸路，巍巍峨峨……，左腳鞭答著右腳，腳跟緊抵著鞋尖，我拿著融彎的茅，誓死出戰……。

### 3) 蒙娜麗莎的微笑（達文西）→ 女強人

看什麼看啊？你以為我在這裡很閒是不是？拜託，我可沒那麼多時間喝下午茶，或吃小蛋糕，我有一堆公文要處理，許多建設要巡視，沙龍開幕還要我剪綵……，我那兒來的空啊！要不是那個小畫家，成天「認真的女人最美麗」的一直巴結，我也不會特地撥空，讓他細細的臨摹我……。什麼？你說我每個角度都美？笑話…身為市長，當然要面面俱到啊……。

### 4) 紅色的房間（馬諦斯） 交通大學管科系 蘇志娟 改編

我們只能在這裡相會～在我的遐想，我的夢，我們的紅色房間，也許有一扇開窗的門，但是我們可以鎖住它，封閉它，不讓任何人打擾，不讓任何人知道～而我的心…正在這裡，大膽的出軌！

### 5) 維納斯的誕生 交通大學管料系 邱彥蓉 改編

某王國的國王因由於一時衝動，和官女生下了一名長相姣好貌美的小公主，這引起皇后的忌妒心裡，因此，她下的一個詛咒，讓這位小公主受困在貝殼之中永遠無法逃脫，除非魔法解除。一直到百年以後，一群善良的天使經過，解了貝殼的魔法，才使美麗的公主得以重生，並且由於公主長年吸收貝殼的日月精華，變的更加貌美，而成爲最美麗的女神維納斯。

## 3. 組織力訓練： 明新科技大學技化三乙 陳正文彙整

題：由「那年的春天」起頭，全班作電影劇本創作接龍訓練。

那年的春天，豔陽高照，我站在岸邊，揮著汗水，想到這次期中考成績非常的差，回想著當初為何不努力念書？因為期中考成績不好，半夜開車到處走，跟著心愛的人遊山玩水，但心中仍想著考試的事，想著讀書時愛人總來打擾我，導致考試考不好，就對她說：「你要給我重修費」，心愛的女友想了想，然

後開口說：我們分手吧！感覺有一群烏鴉飛過，於是關上車門快速離開，鳳山溪的風很涼，於是就停了下來，望著溪水，想起了過往的種種，忽然看見了一條吳郭魚，點起了一根煙，想起了媽媽做的菜，仰天一望，看見了外星人，並說著：「我要去加油了」，突然，外星人請我上船去遨遊天際，看見了滿天星光，到了夢幻星球，他看見了另一個世界的自己，成績是很好的，他見了自己原是日本人，才一想，就到了日本，為的只是想找回他自己，在日本他看見了龜田這個人，於是想起了「白痴」這部影片，原來我的家鄉在富士山的山腳，隔壁村是龜田的家鄉，忽然驚醒，原來這是一場夢。又想起明天要考試，忽然眼前出現了一群小孩的嬉鬧，眼神流露出關愛和純真的心，於是他又點了一根煙，手指著上天，外星人快來吧！而外星人果真出現了，他希望外星人能將他變回小孩，變成小孩之後就回到跟龜田類似成長的歲月，所以他每天都跟小孩在玩耍，非常的快樂。最後他終於發現：當小孩才是最快樂的。

4.三力整合訓練 育達商業技術學院 應用英文系 彭慧茹

題目：戰地鐘聲

1) 聯想：戰爭、戰鬥、戰車、戰略、戰場、戰友、戰亂、戰士、戰袍、戰利品、戰役、戰勝、戰歌、戰火、戰馬；音樂、喇叭、音響、金鐘、寺廟、鼓、吉他、和尚、尼姑、木魚、念經、吃素、化緣、剃頭。

2) 想像：(貓咪→與主題無關之想像)(一個和尚在彈吉他)(一台摩托車跟一匹戰馬，在戰場上賽車…) (一群身穿戰袍的戰士們在街頭化緣)(一群尼姑在戰場上騎著戰馬…邊敲木魚)

3) 組織：摩托車→戰馬 街頭→戰場 敲木魚→戰爭

4) 故事大綱：一個和尚正在彈吉他，宣告眾人，戰爭即將開始了。突然衝出了一台摩托車正準備要跟戰馬賽車，這時一群身穿戰袍的戰士們竟在街上化緣，恰好遇見了一群尼姑騎著戰馬邊敲著木魚……。

5.三力整合訓練

題目：白日夢 交通大學 電控系 林育堃

1) concept：現實與理想

2) 聯想：白日→黑暗→罪惡 夢→虛假→理想

白日夢→大象→木業→原始→安靜→和平→宇宙→時間→終結→輪迴

3) 想像：在一座已廢棄的公園裡，女孩坐在鏽蝕的鞦韆上搖盪，不時傳來鋼鐵的悲鳴。

4) 組織：罪惡、理想、和平

5) 影片大綱：AD2432年，人類的科技發展到高峰，在大量能源的浪費與環境污染下，地球正步入死亡，人類可居住的地區所剩無幾，但人類的自私心依舊未改，戰爭在世界各地發生，只是為了爭取最後的聖地。狄達是一位歲的小女孩，她和爺爺一起住在廢棄已久的社區，這個社區即將被輻射汙染，他們能夠逃過這次的災難嗎？人類的希望何在？

### 捌、結論與建議

本論文提出之二項創意策略，在藝術教學上，得以讓學生快速又有效的進行藝術的創作，其中包含知悉藝術內容以及從事藝術跨領域整合教學之秘訣；而在藝術欣賞與批評方面，也很自然地就因此而提

升了學生對於藝術作品的鑑賞能力。

此二項創意教學策略，其法簡單、易學、且饒富趣味性，深受學生喜愛，而其學習效果，經過課後作業之評量，不論創造力，或道德層面的認知，皆具有實際成效。

本論文僅就「質」的研究，提出創意教學方法，至於「量」的評量方面，當另為文發表。

關於「創意教學」之評量，事實上，已有不少的學者專家證實經由教學或訓練是可以增進創造性思考能力的。

本論文也強調：就藝術之整體性而言，是內容與形式兼備；但在次序上，是內容優先於形式的正確教學方向。

同時教師在從事創意教學時，在教學心態上，以及教材與教法，皆需符合創意之精神。尤其對於創造思考教學活動設計以及創造思考教學之評量，更需用心經營、全力以赴。

但願本論文之提出，能在教育部近年來積極倡導的創造思考教學之推廣上，略盡一份心力。

## 參考書目

### 一、中文：

- 王更生（1984）《文心雕龍研究》，台北：文史哲。
- 王雅倫（2000）《光與電·影像在視覺藝術中的角色與實踐》，台北：美學書房。
- 毛連塏、郭有遙、陳龍安、林幸台（2003），《創造力研究》，台北：心理。
- 台北市立美術館，《達達與現代藝術》，台北：台北市立美術館。
- 史作樺（1982），《形上美學導言》，新竹：仰哲。
- 朱光潛（1983），《西方美學家論美與美感》，台北：丹青。
- 佛洛伊德（1988），《夢的解析》，賴其萬、符傳孝譯、曾炆煜序，台北：志文。
- 林慶彰（1983），《詩經研究論集》，台北：學生。
- 胡寶林（1987），《繪畫與視覺想像力》，台北：遠流。
- 徐復觀（1982），《石濤之一研究》，台北：學生。
- 莫詒謀（1987），《叔本華的美學倫理》，台北：水牛。
- 郭有遙（2002），《創造性的問題解決法》，台北：心理。
- 黃壬來（1988），《幼兒造形藝術教學—綜合理論之應用》，台北：五南。
- 黃秉鈞、葉忠福（2005），《創新管理》，台北：揚智。
- 許慎，清段玉裁註（1984），《說文解字》，台北：南嶽。
- 陳瓊花（2004），《視覺藝術教育》，台北：三民。
- 許素甘（2004），《展出你的創意》，台北：心理。
- 張玉成（2003），《思考技巧與教學》台北：心理。
- 陳龍安（2004），《創造思考教學的理論與實際》，台北：心理。
- 郭有遙（1994），《創造性的問題解決法》，台北：心理。
- 郭有遙（1993），《創造心理學》台北：正中。

- 張武恭（1993），《素水流年》，新竹：新竹市立文化中心。
- 張武恭（2005），《藝術與創意觀念》，台北：文京。
- 張武恭（2004），《創意藝術觀念之學術價值與教學應用》，新竹：國立交通大學通識教育中心。
- 張武恭（2005），《創意藝術教學中的轉化技巧之理論與實務》，台北：國立政治大學教育學系。
- 單文經（1988）《道德討論教學法》，載黃光雄教學原理。台北：師大書苑。
- 劉綱紀、范明華（2001），《易學與美學》，台北：大展。
- 劉文潭（1984），《西洋美學與藝術批評》，台北：環宇。
- 謝水南（2003），《實用彈性思考法——思考放輕鬆》，台北：心理。
- 龔鵬程（1986）《文學與美學》，台北：業強。

## 二、西文：

- Benton,Janetta Rebold Di Yanni,Robert,（1999）,Arts and culture,New Jersey,prentice Hall.
- Blagg N.et.al.,（1988）,Somerset thinking skills course：Handbook Oxford：Basil Blackwell.
- Blagg,N.et.al.,（1990）,Somerset thinking skills course：Understanding Analogies,Oxford：Basil Blackwell.
- Blagg,N.et.al.,（1991）,Somerset thinking skills course：patterns in time and space Oxford：Basil Blackwell.
- Bruner.J.S（1964）course of Cognitive growth, American Psychologist.
- Di Yanni,Robert（1986）,Literature, Reading Fiction, Poetry,Drama,and the Essay,New York：Random House.
- Guilford.J.P（1968）,Intelligence,creativity and their educational implications. San Diego:Robert R. Knapp.
- Guilford.J.p（1967）The nature of Human intelligence,New Youk:McGraw-Hill,Inc.
- Mednick,S.A.（1962）,The associative basis of the creative process.Psychological Review.
- Preble,Duane、Preble,Sarah Frank,patrick（1999）,Art Forms, New York,Longman.
- Sporre,Dennis J.,（2000） The creative Impulse,New Jersey,Prentice Hall.
- Sayre,Henry M.,（2000）A World of Art ,New Jersey, prentice Hall.
- Stiles,Kristine、selz,peter（1996）,Theories and Documents of Contemporary Art, California,U.S.A.
- Torrance,E.p（1962）.Guiding creative talent.Englewood Cliffs,NJ：Prentice Hall.
- Torrance,E.P.& Orlow,E,B（1984）Torrance Tests Creative Thinking Streamlined(Revised)manual. Illinois：Scholastic Testing service .Inc.
- Torrance,E.P.& Torrance, J.P.（1973）Is Creativity teachable? Bloomington,Indiana：the phi Delta kappa Educational foundation.
- Warren,T.F.（1971）Creative thinking technigues:Four methods of tinulation original ideas in sixth grade students.The Wisconsin Research and Development Center for Cognitive Learning.The University of Wisconsin.
- Williams.F.E.（1972）.Identifying and measuring creative portential.NJ:Educational Technology publications.

# Designs of Broadband Normal-Incidence Visible Antireflection Coating

Yu-Tsung Liu\*

General Education Center, Nan Jeon Institute of Technology

## Abstract

A design algorithm based on an additional iteration of a modified minimizing search technique is applied to design a broadband normal-incidence antireflection coating over the visible spectral region. The minimizing search design approach consisting of tuning and minimizing operations is effective in improving the antireflective performance and simplifying the design structure. An additional iteration of the minimizing search is utilized to further refine the visible antireflective performance of the desired solution. It is shown that the average visible spectral reflectivities for two-material 50-layer AR coating designs, obtained by different types of the 2-iteration minimizing search technique, are very good and comparable to each other, which are reduced to approximately 0.026-0.030%, and the final designs are reduced to 22-28-layered structures.

**Keywords :** minimizing search, iteration exchanging search, broadband antireflection coating, design algorithm, visible spectral region

## 廣波域之正射可見抗反射蒸鍍設計

劉裕聰

南榮技術學院通識教育中心

## 摘要

一個以額外循環之簡化搜尋技巧為基礎的設計演算法，被應用來設計可見光區之廣波域的正射抗反射。此簡化搜尋設計方法包含了調整操作及簡化操作能夠有效地改善抗反射成效及簡化設計結構，而額外循環之簡化搜尋則可進一步用以精煉可見抗反射成效。結果顯示，以不同搜尋方式之 2-循環簡化搜尋技巧來設計兩種-物質、50-層之抗反射蒸鍍，其抗反射成效非常良好，而彼此間的成效亦相當，可使得平均可見反射率約降低至 0.026-0.030%，且最終設計減少至 22-28 層結構。

**關鍵字：**簡化搜尋、循環交換搜尋、廣波域抗反射蒸鍍、設計演算法、可見光區域

## 1. Introduction

Antireflection (AR) coating plays an important role in thin-film technique for reducing the undesirable reflection loss from the surface of optical devices and/or increasing the transmittance of the optical systems. The

---

\* 通識教育中心講師      地址：台南縣鹽水鎮朝琴路 178 號  
E-mail : liu1231@mail.njtc.edu.tw

Tel : 06-6530069

reflection loss is mainly due to the sharp change of the refractive index at the air-substrate interface; for instance, the reflecting component of an uncoated glass substrate is approximately 4.2% with a refraction index of 1.52 of the glass. Another important reason for using AR coatings in modern optical systems is to improve the image contrast by eliminating the ghost images caused by the multiple reflections of the surfaces of optical devices in the system.

Many numerical design techniques<sup>1-9)</sup> have been applied for normal-incidence AR coatings, where refinement method<sup>1-3)</sup> and synthesis method<sup>4-9)</sup> are the two fundamental digital approaches. In general, the refinement method requires a starting point with a performance close to the desired solution, and the construction parameters are gradually adjusted to refine the performance to obtain the final solution. However, the performance of final design is heavily dependent on the starting point, and a suitable starting point is not easy to select in some complex cases. Contrary to the refinement method, the synthesis method can generate its own starting points, and tune the construction parameters subsequently to improve the performance and then yield the final solution.

In this research, a design algorithm based upon an additional iteration process of a minimizing search technique<sup>6)</sup> is applied to achieve a very low loss normal-incidence AR coating design for visible spectral region. The method first makes use of a tuning operation of layer thickness of a multilayer system, and second, unites a minimizing operation for reducing layer number to simplify the design structure and also to improve the AR performance of the system. An additional iteration process consisting of tuning and minimizing operations is afterward applied for the further refinement of the AR performance. It is shown that the average visible spectral reflectivities for different types of iteration minimizing search AR coating designs of a two-material 50-layer system are reduced to lie in the range of 0.026-0.030% and final designs are reduced to 22-28-layered structures.

## 2. Design Method

To design a very low loss normal-incidence AR coating over the visible spectral region, a two-material  $N$ -layer thin-film assembly with a binary code of high and low refractive indices as  $n_H-n_L-n_H-n_L-\dots$  is assumed to be designed for a glass substrate with index  $n_s=1.52$ , and the incident medium is air with refractive index  $n_o=1$ . To simplify the calculation in the searching process of the optimal construction parameters of the multilayer system, the refractive indices of the coating materials, incident medium and substrate are assumed non-dispersive.

The design process for searching the optimal construction parameters of visible AR coating includes the reduction of the visible spectral reflectivity over 400-750 nm region and the simplification of the design structure. The design algorithm consists of a 2-iteration of a modified minimizing search procedure and is described as follows.

A) Select a total physical thickness  $D$  of the  $N$ -layer assembly and set all layers initially with an equal thickness  $d=D/N$ .

B) Tune the physical thickness of all layers one by one from the substrate to the incident medium to yield a lower minimum mean reflectivity ( $MR$ ) of the visible spectral region. The layer thickness is replaced by a value that results in a lower minimum  $MR$ ; otherwise, restore the original layer thickness and tune the next layer. The tuning operation of layer thickness is completed if  $MR$  stabilizes in a pass in all layers.

During each tuning operation of layer thickness, the merit function  $MR$  defining the average visible spectral reflectivity over 351 wavelengths of 400-750 nm regions is calculated by

$$MR = \frac{1}{351} \sum_{\lambda=400}^{750} R(\lambda), \quad (1)$$

where the reflectivity  $R(\lambda)$  at wavelength  $\lambda$  is obtained by<sup>10)</sup>

$$R(\lambda) = \frac{\left| \frac{Y_0 - Y_E}{Y_0 + Y_E} \right|^2}{\left| \frac{BY_0 - C}{BY_0 + C} \right|^2}, \quad (2)$$

in which  $Y_0 = 1/377$  S is the optical admittance of free space and  $Y_E = C/B$  is the input optical admittance of the multilayer system, respectively, and  $B$  and  $C$  are determined from the matrix theory of the product as

$$\begin{pmatrix} B \\ C \end{pmatrix} = \left( \prod_{j=1}^N M_j \right) \begin{pmatrix} 1 \\ n_s Y_0 \end{pmatrix}, \quad (3)$$

where

$$M_j = \begin{pmatrix} \cos \theta_j & \frac{i}{n_j Y_0} \sin \theta_j \\ in_j Y_0 \sin \theta_j & \cos \theta_j \end{pmatrix}, \quad (4)$$

is the characteristic matrix of the  $j$ th sublayer and  $\theta_j = 2\pi n_j d_j / \lambda$  is its optical thickness with the refractive index  $n_j$  and the physical thickness  $d_j$ , respectively, and  $i = \sqrt{-1}$  is the imaginary unit.

C) Simplify the design structure and further refine the AR performance with a minimizing operation by eliminating the layers one by one. Once a layer is eliminated, restart the tuning operation of layer thickness to yield a lower minimum  $MR$ . If the  $MR$  is not refined in a minimizing operation, restore the original eliminated layer, and eliminate the next layer. The minimizing operation is carried out in the following different manners:

- (a) First, from the high-index layers in the direction from the substrate to the incident medium, and then from the low-index layers.
- (b) First, from the low-index layers in the direction from the substrate to the incident medium, and then from the high-index layers.
- (c) First, from the high-index layers in the direction from the incident medium to the substrate, and then from the low-index layers.
- (d) First, from the low-index layers in the direction from the incident medium to the substrate, and then from the high-index layers.

If the  $MR$  stabilizes in one pass in all layers, then finish the minimizing operation.

D) An additional iteration process consisting of the tuning and minimizing operations is reused to further refine the visible AR performance. Add a period of the design in the last step of the minimizing operation, and restart the tuning and minimizing operations to obtain a superior visible AR performance. The desired solution is

considered to be achieved when the iteration process is finished.

### 3. Results and Discussion

To exhibit the design algorithm of the iteration minimizing search method, we first design a broadband visible AR coating for a glass substrate with a two-material 50-layer system at a starting total physical thickness of 700 nm. The layers are binary coded of alternating of high and low refractive indices as  $n_H-n_L-n_H-n_L-\dots$ , where the coating materials are ZnS and  $MgF_2$  with indices  $n_H=2.35$  and  $n_L=1.38$ , respectively. The tuning thickness for the tuning operation is 0.1 nm. After a 2-iteration minimizing search, the results are shown in Figs. 1-4.

In Figs. 1(a)-4(a), the broadband visible AR coating designs, obtained by different types of minimizing operation, are reduced to 22-, 26-, 26- and 28-layered structures with the total physical thicknesses of 1481.3 nm, 1483.8 nm, 1571.6 nm and 1515.2 nm, respectively, and their corresponding average visible reflectivities, shown in Figs. 1(b)-4(b), are reduced to less than 0.030%, 0.026%, 0.029% and 0.026%. It is shown that even if start with the same initial points, different types of minimizing search method lead to different final designs. However, the visible AR performances of the final designs are very good, comparable and similar to each other. During the tuning operation, the thickness of a layer may be tuned increase (or decrease) in one pass and may be tuned decrease (or increase) in the other pass. Some layers may vanish when their thicknesses are decreased to zero by the tuning operation or layers may be eliminated by the minimizing operation, and then some layers with same index are merged to a new layer; as a result, the layer number is reduced. Not only the design structure is simplified during the tuning and minimizing operations, but also the visible AR performance is refined with the *MR* moving from a minimum to a lower minimum in each pass of tuning and minimizing operations. It is shown that the visible AR performance is much improved by the tuning operation and the design structure is obviously simplified by the minimizing operation. Furthermore, an additional iteration of the minimizing search can be effective applied to further improve the AR performance. It is found that the *MRs* obtained by different types of the 1-iteration minimizing search designs are reduced to 0.033%, 0.033%, 0.032% and 0.033%, respectively. The improved percentage of visible AR performance for the 2-iteration minimizing search design with respect to the 1-iteration minimizing search design is approximately 9.1-21.2% as compared to the *MRs*, 0.030%, 0.026%, 0.029% and 0.026%, obtained by the 2-iteration minimizing search. Thus, it is worthwhile to apply an additional iteration minimizing search to achieve a superior visible AR performance, even if it needs some more treatments to obtain the final design.

To compare the visible AR performance yielded by the iteration exchanging search technique,<sup>7)</sup> a second attempt of the visible AR coating is designed by the iteration exchanging search method with the same starting point mentioned above that using a two-material 50-layer system of 700 nm total physical thickness. The layers indices are coded with high and low refractive indices as  $n_H-n_L-n_H-n_L-\dots$ , where the refractive indices are  $n_H=2.35$  and  $n_L=1.38$ , respectively. After a 2-iteration exchanging search, the results obtained by different manners of the exchanging operation are shown in Figs. 5-8.

The two-material 50-layer iteration exchanging search universal AR coating designs by exchanging layers from the thin layer to the thick layer, from the thick layer to the thin layer, in the direction from the substrate to the incident medium and from the incident medium to the substrate are shown in Figs. 5(a)-8(a). These designs

were reduced to 38-, 36-, 28- and 26-layered structures with the total physical thicknesses of 1511.7 nm, 1655.2 nm, 1658.4 nm and 1456.1 nm, respectively, and the corresponding average visible reflectivities shown in Figs. 5(b)-8(b) are reduced to less than 0.026%, 0.030%, 0.031% and 0.027%. It is shown that the visible AR performances obtained by different types of the iteration exchanging search technique are quite comparable to those obtained by the iteration minimizing search method, but the design structure achieved by the former method is somewhat more complex than the latter method proposed in this study.

#### 4. Conclusion

We have applied the iteration minimizing search method to design a very low-loss normal-incidence AR coating over the 400-750 nm spectral region. It is shown that the average visible spectral reflectivities for two-material 50-layer AR coating designs, obtained by the 2-iteration minimizing search technique, are comparable to each other and reduced to approximately 0.026-0.030%, and the final designs are reduced to 22-28-layered structures.

#### References

- 1) J. A. Aguilera, J. Aguilera, P. Baumeister, A. Bloom, D. Coursen, J. A. Dobrowolski, F. T. Goldstein, D. E. Gustafson and R. A. Kemp : *Appl. Opt.* **27** (1988) 2832.
- 2) J. A. Dobrowolski and R. A. Kemp : *Appl. Opt.* **29** (1990) 2876.
- 3) A. Premoli and M. L. Rastello : *Appl. Opt.* **31** (1992) 1597.
- 4) W. H. Southwell : *Appl. Opt.* **24** (1985) 457.
- 5) Y. Y. Liou : *Jpn. J. Appl. Phys.* **42** (2003) 6879.
- 6) Y. Y. Liou : *Jpn. J. Appl. Phys.* **43** (2004) 1343.
- 7) Y. Y. Liou : *Jpn. J. Appl. Phys.* **43** (2004) 6065.
- 8) A. V. Tikhonravov and J. A. Dobrowolski : *Appl. Opt.* **32** (1993) 4265.
- 9) J. A. Dobrowolski and B. T. Sullivan : *Appl. Opt.* **35** (1996) 4993.
- 10) H. A. Macleod : *Thin-Film Optical Filters* (Macmillan, New York, 1986) 2nd ed., Chap. 2, p. 36.

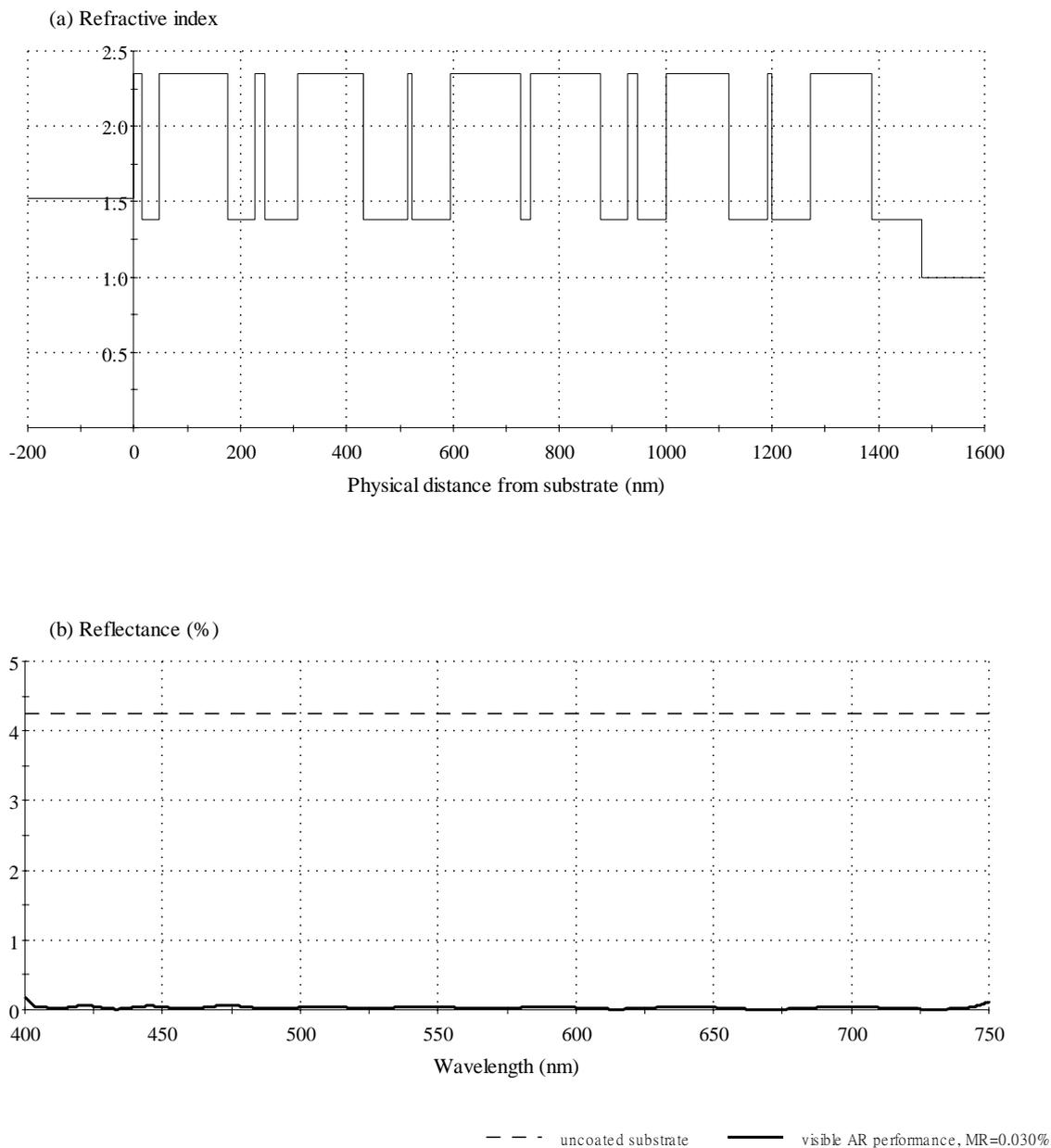


Fig. 1. (a) Refractive index profile and (b) broadband visible spectral reflectance of a two-material 50-layer iteration minimizing search AR coating design with the minimizing operation proceeding first from the high-index layers in the direction of the substrate to the incident medium, and then from the low-index layers. The final design is a 22-layered structure with a physical thickness of 1481.3 nm and the average visible spectral reflectivity is reduced to less than 0.030%.

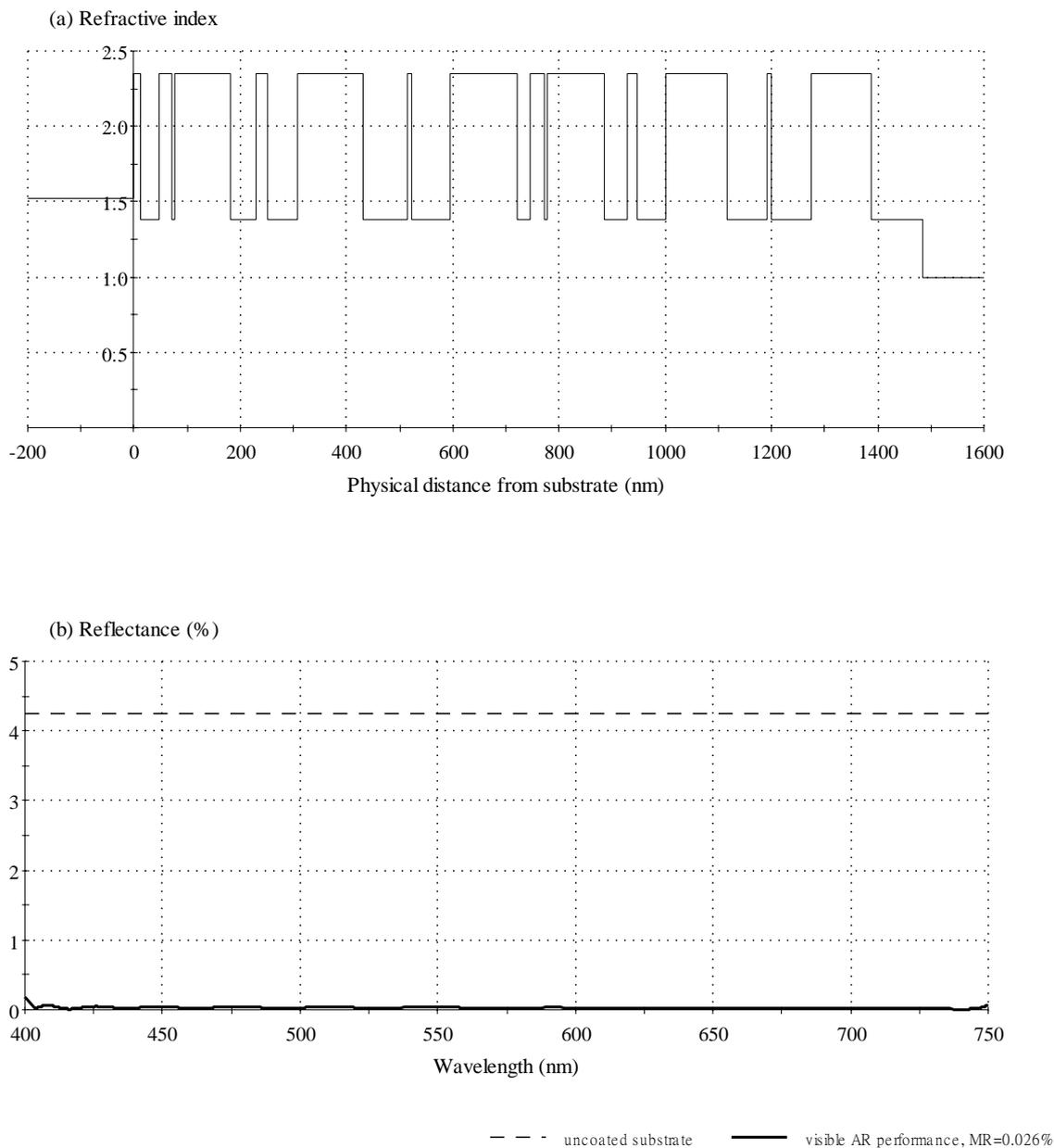


Fig. 2. (a) Refractive index profile and (b) broadband visible spectral reflectance of a two-material 50-layer iteration minimizing search AR coating design with the minimizing operation proceeding first from the low-index layers in the direction of the substrate to the incident medium, and then from the high-index layers. The final design is a 26-layered structure with a physical thickness of 1483.8 nm and the average visible spectral reflectivity is reduced to less than 0.026%.

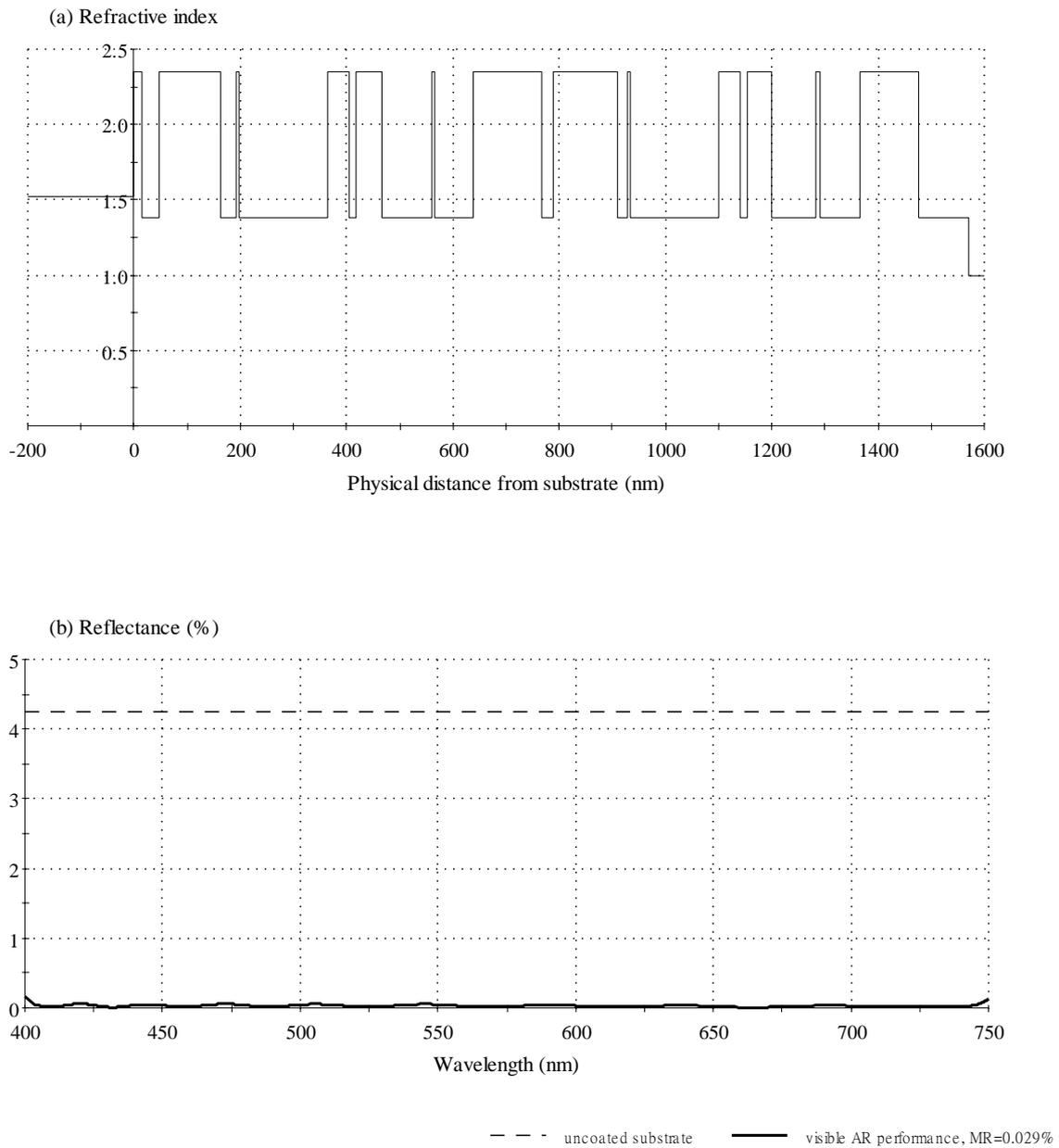


Fig. 3. (a) Refractive index profile and (b) broadband visible spectral reflectance of a two-material 50-layer iteration minimizing search AR coating design with the minimizing operation proceeding first from the high-index layers in the direction of the incident medium to the substrate, and then from the low-index layers. The final design is a 26-layered structure with a physical thickness of 1571.6 nm and the average visible spectral reflectivity is reduced to less than 0.029%.

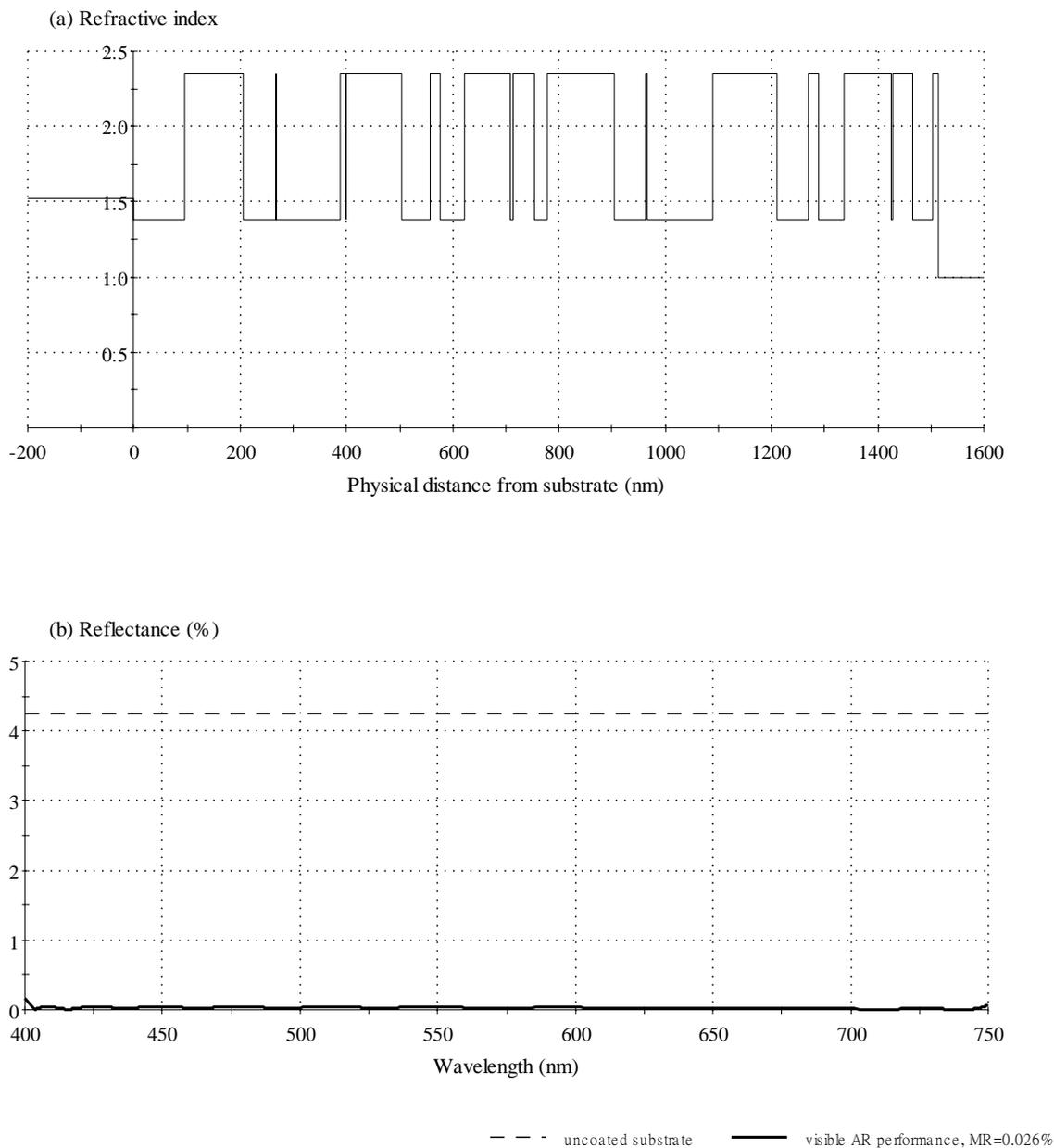


Fig. 4. (a) Refractive index profile and (b) broadband visible spectral reflectance of a two-material 50-layer iteration minimizing search AR coating design with the minimizing operation proceeding first from the low-index layers in the direction of the incident medium to the substrate, and then from the high-index layers. The final design is a 28-layered structure with a physical thickness of 1515.2 nm and the average visible spectral reflectivity is reduced to less than 0.026%.

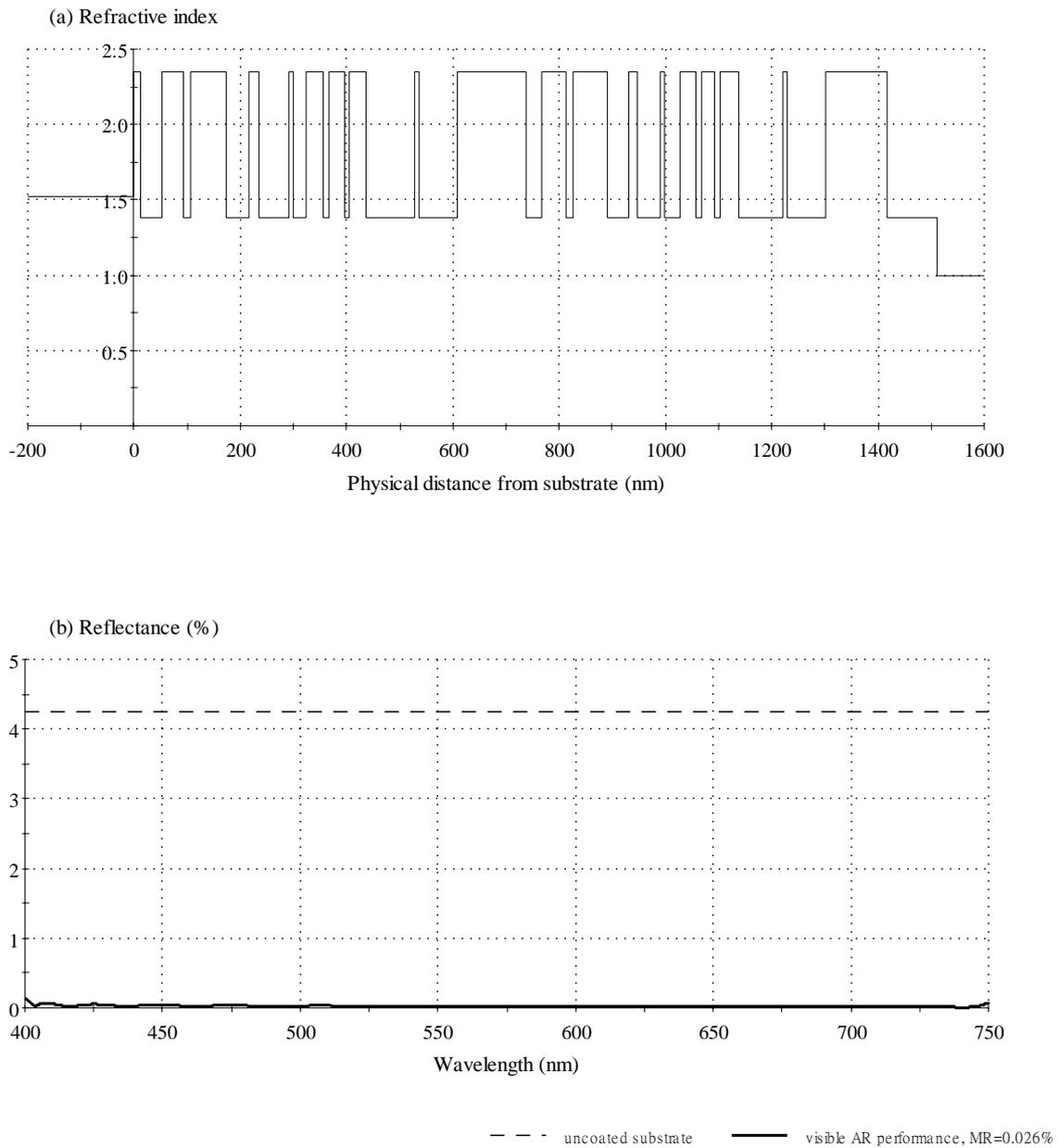


Fig. 5. (a) Refractive index profile and (b) broadband visible spectral reflectance of a two-material 50-layer iteration exchanging search AR coating design with the exchanging operation of layers from the thick layer to the thin layer. The final design is a 38-layered structure with a physical thickness of 1511.7 nm and the average visible spectral reflectivity is reduced to less than 0.026%.

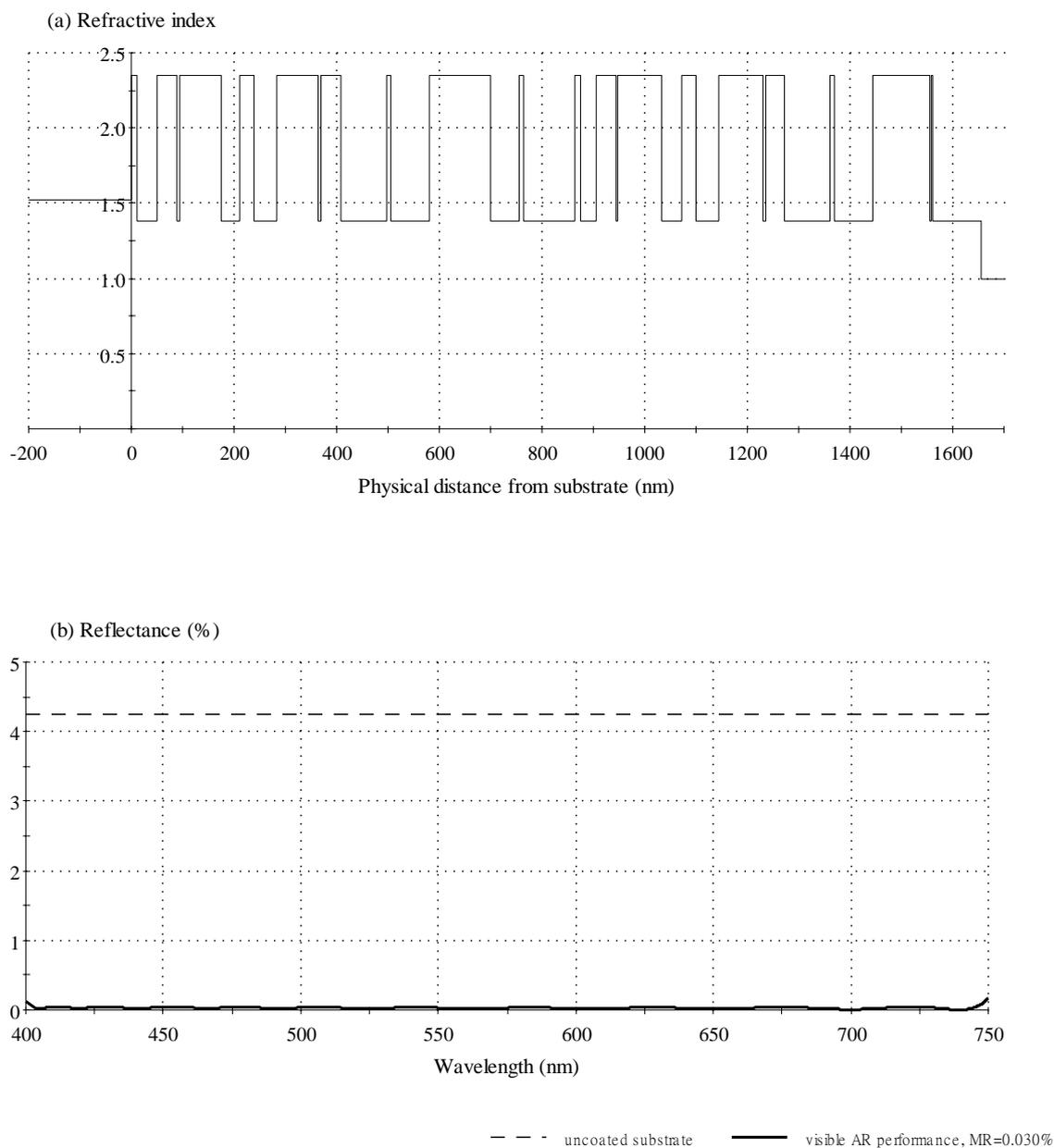


Fig. 6. (a) Refractive index profile and (b) broadband visible spectral reflectance of a two-material 50-layer iteration exchanging search AR coating design with the exchanging operation of layers from the thin layer to the thick layer. The final design is a 36-layered structure with a physical thickness of 1655.2 nm and the average visible spectral reflectivity is reduced to less than 0.030%.

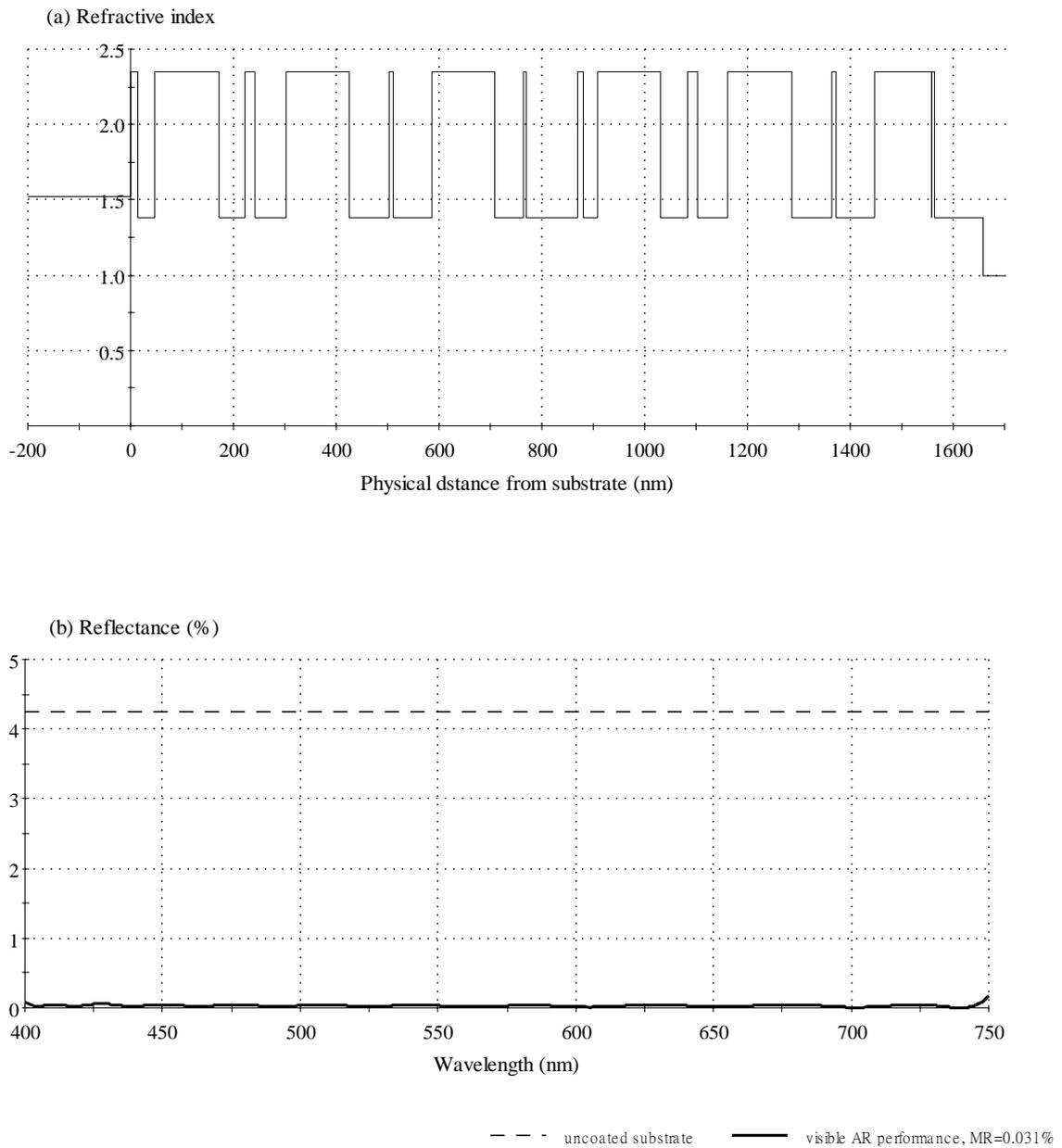


Fig. 7. (a) Refractive index profile and (b) broadband visible spectral reflectance of a two-material 50-layer iteration exchanging search AR coating design with the exchanging operation of layers in the direction from the substrate to the incident medium. The final design is a 28-layered structure with a physical thickness of 1658.4 nm and the average visible spectral reflectivity is reduced to less than 0.031%.

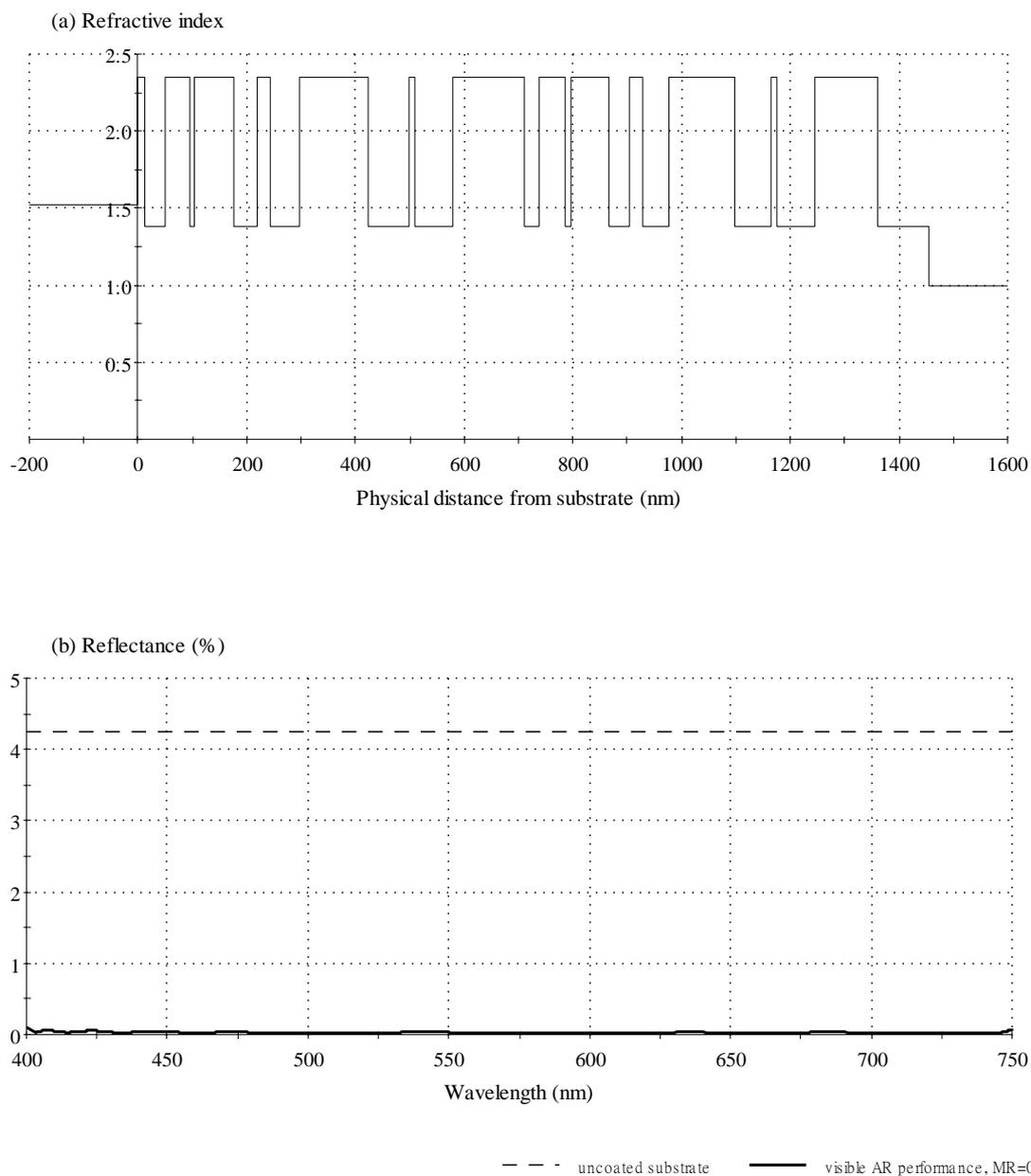


Fig. 8. (a) Refractive index profile and (b) broadband visible spectral reflectance of a two-material 50-layer iteration exchanging search AR coating design with the exchanging operation of layers in the direction from the incident medium to the substrate. The final design is a 26-layered structure with a physical thickness of 1456.1 nm and the average visible spectral reflectivity is reduced to less than 0.027%.

## 古典詩文中的桐樹意象與文化意涵

周明儀\*

台南女子技術學院通識教育中心

### 摘要

中國古典詩文中，桐樹常為騷人墨客取以為譬喻或象徵之植物素材，然而古籍中有僅稱桐，亦有梧桐、青桐、白桐、紫桐、刺桐、海桐、岡桐、油桐、罌子桐、胡桐、蘋桐等，名類甚多屢易令人混淆，雖迭有經傳箋註之詮解，或農書、醫藥、草木圖說之分類，卻眾說紛紜，展辨轉惑。而古籍中又有許多源自桐樹之生長特性、外形特徵、功能用途或諧音取譬之故事傳說與藝文典故、詩賦題詠，沿用以來已然形成特定象徵，且深具文化意涵，因而本文由桐樹之名類辨異入手，繼而綜理相關故事傳說、藝文典故或詩賦題詠，藉以探討桐樹於古典詩文中之意象及所象徵之文化意涵。

**關鍵詞：**桐樹、藝文典故、象徵、名稱變異、文化意涵

## The Symbol and Cultural Connotation of Phoenix Tree

Ming-Yi Chou

Lecturer, General Education Center, Tainan Woman's College of Arts and Technology

### Abstract

The various terms used to refer phoenix tree have caused much confusion. Regardless of the illustrations on classical works, agricultural handbooks, medical references, and plants books, the types of phoenix tree are still widely divided. The legends of phoenix tree in ancient books have defined the symbols of phoenix tree. In order to clarify the types of phoenix tree, this study aim to classify phoenix tree based on the characteristics of growth, features, and functions to probe into the changes of the names in the history, and review the legends about phoenix tree to interpret the cultural connotation of phoenix tree.

**Keywords :** phoenix tree, legends, symbol, the changes of the names , cultural connotation

### 壹、緒論

中國古典文學作品中，有不少關於桐樹之傳說故實與藝文典故，例如周成王桐葉封弟戲而成真，以梧桐落葉意味秋意蕭索，或藉梧桐夜雨以點染愁懷難寐，或藉碧梧棲鳳以示祥瑞，或得爨下餘桐製成名琴，或藉桐葉題詩發抒深宮幽怨，亦有生性好潔靜者命僕洗桐，愛桐成癡者為之著桐譜，更有許多專詠桐樹之詩詞歌賦或與桐樹有關之誌怪傳奇、讖緯瑞應之說。然而古籍中有所謂桐、梧桐、青桐、白桐、紫桐、刺桐、海桐、岡桐、油桐、罌子桐、胡桐、蘋桐等不同名類，究竟彼此之間有何異同？曾有不少

---

\* 通識教育中心講師 地址：台南縣永康市中正路 529 號 Tel：06-2532106  
E-mail：t00025@ms.twcat.edu.tw

經籍箋註或與農業、醫藥、草木圖說有關之典籍曾將桐樹加以分類區別，然而因古代農業著眼於「衣食」，糧食生產以外除蠶桑二字，均被視為「農餘」，故林業極不發達，<sup>1</sup>而醫藥本草之書則以載明藥材之藥性療效為主，且自賈思勰《齊民要術·序》昭示：「花草之流，可以悅目，徒有春華而無秋實，匹諸浮僞，蓋不足存」之後，<sup>2</sup>著書談論花卉似為有閑文人之雅事，爾後遂形成以怡情遣興之「花史」與關乎民生大計之「農經」分道揚鑣之局面。而以怡情遣興為主之著作，多著重于品評、欣賞，或輯錄相關藝文掌故，且各地生長條件不同，縱使同類植物，作者所見亦恐有品種差異，加以科學未臻昌明，植物分類標準及相關學理研究亦未建立，<sup>3</sup>故各家說法紛紜，甚至南轅北轍。本文係以《古今圖書集成·草木典》與《四庫全書·子部·譜錄類》所收錄，記載植物之古籍為檢索範圍，就其所述，對照今之植物圖鑑與植物學分類以釐清名類異同及其生長特性、功能用途，復綜理《藝文類聚》、《淵鑑類函》與《古今圖書集成·草木典》所收錄，與桐樹有關之歷代詩話、筆記小說、傳說故實等記載及歷代文人題詠，藉以管窺古典詩文中桐樹所象徵之意蘊與文化意涵。

## 貳、意象、象徵與文化意涵

中國文學作品中「意象」一詞最早出現於劉勰《文心雕龍·神思》篇，<sup>4</sup>而詩歌理論批評之「意象論」則始自司空圖《二十四詩品》，<sup>5</sup>此後宋代及明清時期各類詩話迭有闡發，<sup>6</sup>西方學者亦分從心理學、哲學、美學或行為科學等不同角度加以探討，儘管古今中外各家對「意象」之解說紛紜，然而都十分重視意象於創作過程中之特殊作用。誠如學者葉嘉瑩所言：

中國文學批評對於意象方面雖然沒有完整的理論，但是詩歌實在能有可具感的意象，則是古今中外所同然的。在中國詩歌中，寫景的詩歌固然以『如在目前』的描寫為好，而抒情述志的詩歌則更貴在能將其抽象的情意概念，化成為可具感的意象。<sup>7</sup>

詩詞之能事，更在將人內心的一種理想之意境與抽象之情思，作意象化之表現，而且要使讀者得到同樣具體同樣真切的感受。<sup>8</sup>

<sup>1</sup> 參見王毓瑚《中國農書書錄·序》（北京：中華書局，1957年）及〈關於中國農書〉一文。（北京：北京農業大學圖書館，1963年1月）

<sup>2</sup> 見賈思勰《齊民要術·序》，頁3（臺北：藝文印書館，1997年）

<sup>3</sup> 據安德列·喬治·奧德里古爾與喬治·梅泰理合著〈論中國的植物圖〉（《法國漢學》第一輯，頁222-249，北京清華大學出版社，1996年8月）一文中指出：中國人始終沒有獨立的植物學概念，直至1858年，植物學一詞才首次出現於一本由英文改寫之科學論著標題中，相關論述可參見喬治·梅泰理〈第一部用中文出版的西方植物學論文中的專業詞彙〉，（巴黎：《科學詞彙資料史彙編》，國家研究中心出版社，1981，第二卷，頁65-73）；另見潘吉星〈談植物學一詞在中國和日本的由來〉，（北京：《大自然探索》，第三期，頁167-172，大自然探索雜誌社，1984）

<sup>4</sup> 《文心雕龍·神思》篇：「然後使玄解之宰，循聲律而定墨，獨照之匠，窺意象而運斤」，見周振甫譯注《中國名著選譯叢書·文心雕龍》，頁124（臺北：錦繡出版社，1992年）。

<sup>5</sup> 司空圖《二十四詩品·縝密》篇：「是有真跡，如不可知。意象欲出。造化已奇」。見《叢書集成·二十四詩品》（臺北：新文豐出版社，1989年）

<sup>6</sup> 劉勰之後，唐王昌齡、白居易、司空圖；宋梅聖俞、明胡應麟、何景明；清沈德潛等均曾論及，參見吳曉《詩歌與人生—意象符號與情感空間》，頁18。（台北：書林出版社，1995年）

<sup>7</sup> 見葉嘉瑩《迦陵論詩叢稿·從比較現代的觀點看幾首中國舊詩》，頁232。（北京：中華書局，2005年）

<sup>8</sup> 見葉嘉瑩《迦陵論詩叢稿·由「人間詞話」談到詩歌的欣賞》，頁290。（北京：中華書局，2005年）

學者李元洛亦指出：

詩人將內在之意融化於外在之象，而讀者亦可循詩人所創造的外在之象去循索、領會詩人創作之初的內在之意，進而透過美的意象刺激讀者的生活經驗、藝術修養與想像能力，使讀者在審美活動中去補充、豐富和發展詩人所完成的意象，在再創作與再評價中和作者共同進行意象的創造。<sup>9</sup>

綜合葉嘉瑩與李元洛之說，簡言之，詩歌意象可說是指詩人將自己內在之情意概念，化為具體可感的外在之象，目的在於使讀者亦能循詩人所創造的外在之象去循索、領會詩人創作之初的內在之意，進而刺激讀者的生活經驗、藝術修養與想像能力，使讀者進一步去補充、豐富和發展詩人所完成的意象；而詩歌之外，其他文學創作亦然，作者主觀之情意常藉外在具體可見可感之物象作為傳達媒介以分享個人內心興發之情感、或用以曉諭讀者。至於具體可見可感的外在物象，可能是作者真實經驗所耳聞目見，也可能源於想像力所陶冶之印象再現。

而所謂象徵，意指不直接指明抽象之觀念、情感或事物，而藉由理性之關聯、社會之約定，從而透過某種意象之媒介，間接加以陳述。<sup>10</sup>因此作品中象徵素材的運用，應是在作者完成意象的創造活動之後更進一步的心靈創作活動。

人類在進行各種訊息交流或情感表達時，常借助具體可見可感的外在物象以作為形容、比喻，或因而有所感發、聯想，而自然界常見之動植物被引用之機率自是頗高，尤其中國自古以農立國，文人以植物作為摹寫或譬喻素材，或因植物之生長特質、外型特徵、功能用途而有所感發、聯想者尤其常見。而詩人將其感性情思或理性哲思透過植物而傳達表現，亦因而賦予植物除自然生命力之外的另一種意義，且隨不同時空背景、不同性情觀念、不同價值判斷之不同文人之不同詮釋，亦因而使植物之意涵更形豐富多元，從而形成特殊之文化意涵。

因此本文桐樹之名類辨異入手，並概述其生長特質、外形特徵或功能用途，進而綜理與桐樹有關之藝文典故、騷人題詠或傳說故實，藉以探討中國傳統社會基於對桐樹之認知或概念，如何成為文人創作時傳達情意之意象，或成為一種象徵；並管窺相關題詠或傳說故實輾轉流傳沿用後所演繹而成之文化意涵。

### 參、桐樹名類辨異

《詩經》中有單稱梧、單稱桐，或梧桐並稱者，〈鄘風·定之方中〉：「樹之榛栗，椅桐梓漆，爰伐琴瑟」，毛〈傳〉云桐即梧桐也；〈小雅·湛露〉：「其桐其椅，其實離離」，鄭玄〈箋〉曰桐即椅也，同類而異名；〈大雅·卷阿〉：「鳳凰鳴矣，于彼高岡，梧桐生矣，于彼朝陽」，鄭玄〈箋〉曰鳳凰之性，非梧桐不棲，非竹實不食，孔穎達〈疏〉引毛〈傳〉之說，稱梧桐，柔木也，可以為琴瑟，即《爾雅·釋木》所謂之「櫟」，或郭璞《爾雅注》所稱之「榮桐」，故言梧、桐一木耳。<sup>11</sup>

<sup>9</sup> 此觀點引用自李元洛《詩美學》第四章〈論詩的意象美〉（台北：東大圖書有限公司，1990年），頁173。

<sup>10</sup> 此觀點引用自楊昌年《現代詩的創作與欣賞》第一章〈創作論〉論象徵（台北：文史哲出版社，1992年），頁62。

<sup>11</sup> 《詩經》〈鄘風·定之方中〉、〈小雅·湛露〉、〈大雅·卷阿〉之毛〈傳〉、鄭〈箋〉與孔〈疏〉分見清阮元《十三經注疏本詩經》（台北：藝文印書館，1955年），頁115、350、629。

三國陸璣《毛詩草木鳥獸蟲魚疏》分桐為青桐、赤桐、白桐、岡桐四種，稱白桐宜琴瑟；梓實桐皮為椅，即梧桐。<sup>12</sup>

晉陶弘景《本草集注》分桐為青桐、梧桐、白桐、岡桐四種，青桐葉皮青似梧而無子；梧桐色白，葉似青桐而有子；白桐與岡桐無異，唯有花、子；岡桐無子，材中琴瑟。<sup>13</sup>

南北朝賈思勰《齊民要術》據《爾雅》及郭璞《爾雅》注之說，以榮桐、襯、梧皆梧桐也，分桐為青桐、白桐、岡桐三類，謂白桐無子，冬結似子者乃明年之花房，材質可製樂器；梧桐又名青桐，以其皮青，故名之，其子可食，味似菱芡，而材不中琴瑟，然白、青二桐均可供車板、盤盒、木屨之用；<sup>14</sup>岡桐即油桐，生於高岡，蓋梧桐性偏濕，不生於岡，故此樹種有岡桐之號。

唐陳藏器《重輯本草拾遺》稱桐除青桐、白桐、赤桐、岡桐外，又有罌子桐、郢桐。<sup>15</sup>

宋蘇頌《圖經本草》分桐為白桐、梧桐、岡桐、楨桐、紫桐，取陸璣之說，稱白桐宜琴瑟；並稱雲南牂牁人取花中白毳淹漬，績以為布，謂之華布；又據陸璣之說，稱椅即梧桐；岡桐即江南人作油者，有子大於梧子；江南有楨桐，秋開紅花，無實；紫桐，花如百合，實堪糖煮以噉；刺桐生嶺南，花色深紅。<sup>16</sup>

宋陳翥《桐譜》分桐為白花桐、紫花桐、油桐、刺桐、梧桐、楨桐。稱白花桐紋理粗而體性慢，喜生朝陽之地，花白色；紫花桐紋理細而體性緊，亦生朝陽之地，然未若白花桐之易長，花色紫；油桐，又名膏桐，其實大而圓，可榨油塗佈以防水防腐；刺桐：紋理細密，花側敷如掌，體有巨刺，實如楓；楨桐：身青，葉圓大而長，高三四尺即有花，花色紅如火，宜植於階壇庭樹，以為夏秋之榮觀，又名真桐；梧桐：枝不入用，身葉具滑，多植于庭階之下門牆之外，其子可噉，雖名梧桐，然與《詩經》所謂

<sup>12</sup> 梧桐與椅應為二物，椅，據潘富俊《詩經植物圖鑑》（台北：貓頭鷹出版社，2001年）之推論，當為今紫葳科之楸樹（詳見該書頁89），梧桐則為梧桐科植物，二者不同。

<sup>13</sup> 陶氏之說，明毛晉《陸氏詩疏廣要》糾其謬，謂青桐即梧桐；白桐又與岡桐全異，白桐無子，才中琴瑟；岡桐子大有油。今植物學分類，梧桐又名青桐，故毛氏之說無誤；然毛氏稱白桐材中琴瑟而無籽，實則其籽甚小，位於蒴果內，唯未若岡桐籽大且可取以榨油；青桐之籽似白桐，亦小而非無籽也，參見潘富俊《詩經植物圖鑑》頁89、章錦瑜《喬木賞花圖鑑》頁234。

<sup>14</sup> 賈氏分白桐、青桐、岡桐三類，較晉陶弘景《本草集注》之說正確，唯白桐非無籽，（見註13）賈氏所謂「冬結似子者是乃明年之花房」，實誤以其蒴果為花房；此外，青桐材質雖不及白桐，然亦可製樂器，非不中用。

<sup>15</sup> 陳氏稱罌子桐生山中，形似梧桐，以其實狀如罌子粟（即今罌粟），故名之。郢桐生山谷間，狀似青桐，葉有漚，人取皮以漚絲，並可治蠶咬、毒氣入腹；郢桐之名未見他說，今亦不知所指，唯陳氏稱可取皮以漚絲，或即毛晉《陸氏詩疏廣要》所謂之赤桐，毛晉稱雲南牂牁人績以為布，謂之毛布；而陳氏所謂之赤桐，或即蘇頌所謂之紫桐、陳翥所謂之紫花桐，考諸唐代詩文，如白居易〈答桐花〉詩，盛讚桐花「況此好顏色，花紫葉青青」、李德裕〈畫桐花鳳扇賦序〉：「成都夾岷江，磯岸多植紫桐。每至暮春，有靈禽五色，小於玄鳥，來集桐花」，是以唐代已有紫桐之名，蓋以花色淡紫之故而名之，而紫出於赤，或即陳藏器所謂之赤桐。而罌子桐今又名日本油桐、光桐，為大戟科油桐屬之一（參見章錦瑜《喬木賞花圖鑑》頁247）。

<sup>16</sup> 蘇頌與陸璣皆謂椅即梧桐，誤矣，古之椅樹應即今之楸樹（參見註1）；至於今植物學分類中別名椅桐者，則為大風子科之山桐子，其材質未若白桐具經濟價值；至於楨桐則為今馬鞭草科龍船花，可參見陳貴廷主編《本草綱目通釋》（北京學苑出版社，1992年），頁1640，注釋3）。唯除紅花品種外，亦有珍貴之白花品種，二者根、幹皆可入藥；紫桐應即陳藏器所謂之紫花桐，亦即今之毛泡桐，今又名日本泡桐（詳見陳貴廷主編《本草綱目通釋》頁1640）。

之梧桐不同。<sup>17</sup>

宋寇宗奭《圖經衍義本草》稱桐有四種：白桐可斲琴者，開白花，不結子；荏桐早春先開淡紅花，花成筒子，子作桐油；梧桐四月開淡黃小花，一如棗花，枝頭出絲，墮地成油，霑衣履，五六月結子，時人取炒為果，此即《禮記·月令》所謂清明之日，桐始華者。岡桐無花，其質性體重而不中作琴瑟。<sup>18</sup>

明李時珍《本草綱目》分白桐、岡桐、荏桐、海桐、青桐、罌子桐六類，稱白桐即泡桐，古謂之椅桐，先花後葉，故《爾雅》謂之榮桐，葉大徑尺，最易生長，皮色粗白，木輕虛不蛀，宜作器物屋柱，二月開花，如牽牛花而色白，結實大如巨棗，長寸餘，殼內有子片，輕虛如榆莢葵實之狀；花紫者岡桐；荏桐即油桐，枝幹花葉類岡桐而小，實大而圓，為油為時所需，以其油似荏，故名荏桐；海桐皮有巨刺，或云即刺桐；青桐即梧桐之無實者；罌子桐，以其實狀如罌子故名之，又因子有毒如虎，誤食足以致死，故亦名虎子桐。<sup>19</sup>

明毛晉《陸氏詩疏廣要》稱郭璞《爾雅注》、《詩經》鄭玄《箋》之說皆不足據，椅、桐、梓當是三種，大同而小別，但梧桐別為一物，蓋種類太多，如青桐、白桐、赤桐、岡桐、楨桐、紫桐、荏桐、刺桐、胡桐、<sup>20</sup>罌子桐、海桐之類，不可枚舉，其實各各不相同，諸家紛紜，至辨展轉惑。

古代有關「桐」之分類，實依地理環境不同，所見品類亦有別，且科學未臻昌明，探討植物知識多就其外形特徵略加敘述，或著重於民生致用功能，而非深入學理研究，故分類未臻細密嚴謹，亦屢見眾說紛紜情形。

綜觀上述古籍所描述之桐類植物特徵、功能或習性，再對照今之植物學分類，則所謂白桐、紫桐應皆為今之泡桐屬植物，<sup>21</sup>其材質輕虛不蛀，經濟價值最高，可作屋柱、家具、箱篋或樂器；青桐即今之梧

<sup>17</sup> 陳翥《桐譜》所謂白花桐、紫花桐，應即賈思勰、陳藏器等所謂之白桐，皆屬今之泡桐屬植物；楨桐則為今馬鞭草科龍船花（參見註 16）；而陳氏所謂之梧桐，身葉具滑然材不堪用，籽可實，多植於庭階門牆之下，因未明言其葉形、花色、果實大小形狀，亦未見其他古籍列此一類，故不知所指。

<sup>18</sup> 白桐亦有籽，已見前述。而荏桐花色淡紅，應即今花心淡紅色之油桐屬光桐；至於岡桐亦屬油桐屬，或即油桐屬之皺桐，然寇氏稱其無籽，非也。

<sup>19</sup> 白桐與椅桐有別，已見前述；而陶弘景、賈思勰、陳藏器、蘇頌、陳翥所謂之岡桐皆指油桐，然李時珍所謂之岡桐似即陳藏器所謂之紫花桐，即今之毛泡桐，又名日本泡桐（參見註 16）；荏桐、罌子桐則皆屬油桐屬而品種稍異，參見註 14、註 15；雞桐之名未他見，唯今之刺桐別名雞公樹（花紅艷如公雞雞冠），然其葉為三出複葉，又與棟之羽狀複葉有別（參見章錦瑜《喬木賞花圖鑑》頁 16，所列表格詳述各種刺桐屬植物之特徵），且李時珍所謂之海桐即刺桐屬植物，故不知雞桐所指究竟為何，據李時珍所述，生嶺南山間，或亦刺桐屬植物之一。

<sup>20</sup> 椅、桐有別已見前述，而梓樹屬紫葳科落葉喬木，葉對生，有時輪生，寬卵形至近圓形，長 10-25 公分，寬 7-20 公分；先端突尖，基部圓形或心型，常 3-5 淺裂或不分裂；掌狀五出脈，圓錐花序，花冠淡黃色，內有黃色條紋及紫色斑點。蒴果，種子長橢圓形，木質輕而加工易，可供印刷、建築或製作樂器，自古即為重要經濟樹種，是以椅、桐、梓形略似然分屬三種不同樹種。明毛晉《陸氏詩疏廣要》所謂之胡桐，為漢西域鄯善國所出，蟲食其木，則沫出其下，俗名為胡桐淚，李珣曰胡桐淚即胡桐樹脂。今別名胡桐之植物，則為藤黃科之瓊崖海棠（參見章錦瑜《喬木賞花圖鑑》頁 264），其黃色樹脂可供藥用。

<sup>21</sup> 古籍所稱白花之白桐、紫花之紫桐，多可供器用或製琴瑟，材質佳，應即今經濟價值較高之泡桐屬植物。據潘富俊《詩經植物圖鑑》之推論，《詩經》中所稱之桐殆為毛泡桐、蘭考泡桐、楸葉泡桐或梧桐（詳見該書頁 91）。陳貴廷主編《本草綱目通釋》稱陸璣所謂白桐、陶弘景所謂椅桐、《本草圖經》所謂黃桐、陳翥所謂白花桐，皆為泡桐；而陳翥所謂紫花桐、李時珍所謂岡桐則為毛泡桐（參見註 16）。

桐，<sup>22</sup>材質稍次於泡桐屬，性喜高溫多陽，抗潮性亦佳，且樹型優美，樹冠隱蔽，故古人多栽植以美化庭園。此外，其質軟而輕，可製箱篋、家具、樂器，樹皮纖維可製繩、造紙，種子可食並入藥，用途甚為廣泛。岡桐、油桐、膏桐、荏桐、罌子桐同屬油桐屬植物，<sup>23</sup>子可榨油供塗佈以防水防腐，而材質亦不如泡桐；海桐乃今之刺桐屬植物，<sup>24</sup>材質經濟價值不高，今多作景觀樹種；胡桐則屬藤黃科、今名瓊崖海棠之常綠中喬木；<sup>25</sup>楨桐則今馬鞭草科之小灌木龍船花；<sup>26</sup>是以古籍中所指桐樹，涵蓋今大戟科之油桐屬、蝶型花科之刺桐屬、梧桐科之青桐、藤黃科之瓊崖海棠（胡桐）及馬鞭草科龍船花（楨桐）等植物，其特徵、生長型態、功能用途互有異同。

古籍有關植物之記載，或因交通不便，地理、氣候及植物科學之研究亦未發達，且傳統價值觀取向係以農桑生產技術為重而輕林牧，至於怡情悅性之作則以品評、賞鑑或匯集藝文掌故為主，故相關典籍或重名物訓詁，或強調農業生產技術，或側重器用、藥用功能探討，而於各地品種具體差異、生長型態特徵、客觀分類標準等則缺乏深入之分析。<sup>27</sup>

### 肆、與桐樹有關之傳說故實與藝文題詠

古典詩文中有許多與桐樹之生長特質、外形特徵或功能用途有關之傳說故實與藝文典故或題詠，輾轉流傳、沿用以來，不僅意涵愈趨豐富，部分意象已然形成特定象徵。茲依桐樹生長特質、外形特徵、功能用途或諧音取譬而衍生之傳說故實與藝文典故加以分析歸納如下：

#### 一、與生長特質有關者：

##### （一）托孤生危

《尚書·禹貢》：「羽畎夏翟，嶧陽孤桐」，陸農師：「桐性便濕地，不生於岡」；<sup>28</sup>然《詩·大雅·卷阿》：「鳳凰鳴矣，于彼高岡，梧桐生矣，于彼朝陽」，毛傳：「梧桐不生於高岡，太平而後生朝陽，以此觀之，生山陽難得，而生孤者尤難得也」，意指梧桐生性喜濕，故少生於向陽處或高

<sup>22</sup> 如《齊民要術》所云，以其皮青，故名青桐。

<sup>23</sup> 古籍所稱之岡桐、油桐、膏桐、荏桐、罌子桐均可取籽榨油供用，今植物學分類皆屬大戟科油桐屬植物。

<sup>24</sup> 陳翥《桐譜》稱刺桐紋理細密，性喜折裂，花側敷如掌，體有巨刺；李時珍《本草綱目》稱海桐體有巨刺，又名刺桐；今枝幹或葉背具刺而名為「桐」類植物均為刺桐屬植物，據植物學家分類考證，台灣海桐為海桐科植物，係本地自生種，其枝幹花葉特徵、生長習性皆與大戟科油桐屬或梧桐科梧桐屬植物不同，參見章錦瑜《喬木賞花圖鑑》，頁 326。

<sup>25</sup> 瓊崖海棠又名胡桐，屬熱帶海漂植物，性喜高溫多濕環境，耐鹽及耐旱性均佳，抗風力亦強，且生長緩慢，壽命長，材質緻密堅重，經久耐用，可製船艦或家具；種子榨油可作染料、潤滑油；黃色樹脂則可治牙痛出血及淋巴結核，參見章錦瑜《喬木賞花圖鑑》頁 264。

<sup>26</sup> 楨桐今名龍船花，為馬鞭草科小灌木，故陳翥稱其高三四尺即有花，然除陳翥所謂花色紅如火，宜植於階壇庭樹，以為夏秋榮觀之紅色品種外，另有珍貴罕見之白花品種，二者根、幹皆可入藥，民間用以治婦女病及腳氣病，參見陳貴廷主編《本草綱目通釋》，頁 1640，注釋 3。

<sup>27</sup> 如賈思勰《齊民要術》著重於民生致用；《爾雅》、陸璣《毛詩草木鳥獸蟲魚疏》、毛晉《陸氏詩疏廣要》等側重於名物訓詁；陶弘景《本草集注》、陳藏器《重輯本草拾遺》、蘇頌《圖經本草》、寇宗奭《圖經衍義本草》、李時珍《本草綱目》等則側重植物之藥用說明；《群芳譜》、《廣群芳譜》《桐譜》等各種譜錄則各家著錄標準不一亦未賅備；而《藝文類聚》、《淵鑑類函》、等類書收錄雖豐，則以藝文掌故為主。

<sup>28</sup> 見清阮元《十三經注疏本尚書·禹貢》（台北：藝文印書館，1955 年），頁 82。

崗，亦絕少孤生者，實則就今之植物學學理而言，梧桐性喜高溫多濕，光線充足處生長較為良好，耐陰性不佳。而自漢枚乘〈七發〉形容龍門之桐，百尺無枝，其中鬱結輪囷，扶疏以分離，「上有千仞之峯，下臨百丈之谿」，其根半死半生；<sup>29</sup>爾後崔琦〈七蠲〉亦形容梧桐「生於北谿，傳根朽壤，託險生危」；<sup>30</sup>張協〈七命〉寫寒山之桐，出自大冥，「含黃鍾以吐幹，據蒼岑以孤生」，<sup>31</sup>崔駰〈七依〉寫洞庭椅桐，亦稱其「依峻岸而傍生」，<sup>32</sup>因而嶧陽、龍門或寒山孤桐託孤生危的意象便屢為後世所沿用，如唐崔鎮〈尚書省梧桐賦〉：「豈與夫龍門半死，嶧陽孤植，齊萬籟而混吹，合千巖以共色，勁質冰摧而朽人莫識」、<sup>33</sup>明潘榛〈嶧陽孤桐〉詩：「亭亭獨自傲霜風，不與尋常桃李同。盛世工師求木久，嶧陽猶自有孤桐」，<sup>34</sup>即典出《尚書·禹貢》與枚乘〈七發〉；又如鮑照〈山行見孤桐〉詩：「桐生叢谷裡，根孤地寒陰，未霜葉已肅，不風條自吟」、<sup>35</sup>唐王昌齡〈段有廳孤桐〉：「鳳凰所宿處，月映孤桐寒。槁葉零落盡，空柯翠葉殘。虛心誰能見，直影非無端。響發調尚苦，清商勞一彈」<sup>36</sup>藉孤桐獨生、秋葉凋殘譬喻處境之困厄，並以桐之虛心挺拔隱喻自身操守，盼獲知音賞識得一展抱負；白居易〈雲居寺孤桐〉詩：「四面無附枝，中心有通理，寄言立身者，孤直當如此」<sup>37</sup>亦借孤桐喻立身處事之道以自勉與示人。因此梧桐孤生或托根於高危之處的物象，為文人取譬之後遂形成一種遺世而獨立的意象，進而成為文人立身處事孤高自持的象徵。

## (二) 碧梧棲鳳

《詩·大雅·卷阿》：「鳳凰鳴矣，于彼高岡，梧桐生矣，于彼朝陽」，鄭玄箋：「鳳凰之性，非梧桐不棲，非竹實不食」，以鳳凰棲於梧桐指太平盛世；《莊子·秋水》：「南方有鳥，其名為鵷鷖，……發於南海而飛於北海，非梧桐不止，非練實不食，非醴泉不飲」，<sup>38</sup>鵷鷖即鸞鳳之屬，係以之喻己志之遠大；《韓詩外傳》卷八亦載黃帝即位，鳳乃止於東園梧樹之上，食竹實，沒身不去。鳳凰為古代傳說中之瑞鳥，喜棲息於梧桐，非盛世不得見，後人遂視梧桐為能招來祥瑞之聖雅植物，或作為高人所處之環境表徵，如晉傅咸〈梧桐賦〉：「瞻華實之離離，想儀鳳之來翔」<sup>39</sup>；隋魏澹〈詠桐詩〉：「未求裁作瑟，何用削成圭；願寄華庭裡，枝橫待鳳棲」<sup>40</sup>；唐杜甫〈秋興〉八首之八：「香稻啄餘鸚鵡粒，碧梧棲老鳳凰枝」；<sup>41</sup>宋徐積〈蘇州太守花園〉詩：「去是梧桐且栽取，丹山相次鳳凰來」；<sup>42</sup>陸游〈寄鄧志宏〉：「自慚不是梧桐樹，安得朝陽鳴鳳來」，均隱含此意象而

<sup>29</sup> 見《昭明文選·七發》（台北：藝文印書館，1983年），頁4880。

<sup>30</sup> 見《漢魏六朝百三名家集》（台中：松柏出版社，1964年），頁754。

<sup>31</sup> 見《漢魏六朝百三名家集》（台中：松柏出版社，1964年），頁479。

<sup>32</sup> 同註31，頁2177。

<sup>33</sup> 轉引自《古今圖書集成·草木典·桐部藝文》（台北：鼎文書局，1967年），頁67104。

<sup>34</sup> 同註33。

<sup>35</sup> 見王紹曾、劉心明譯注《中國文學總欣賞·謝靈運、鮑照詩》（台北：錦繡出版社，1992年），頁246。

<sup>36</sup> 見《全唐詩·冊二》（台北：盤庚出版社，1979年），頁1453。

<sup>37</sup> 見《全唐詩·冊七》，頁4657。

<sup>38</sup> 見郭正藩輯《莊子集釋·秋水》（台北：華正出版社，1982年），頁605。

<sup>39</sup> 見《漢魏六朝百三名家集》（台中：松柏出版社，1964年），頁726。

<sup>40</sup> 轉引自《古今圖書集成·草木典·桐部藝文》67106。

<sup>41</sup> 見《全唐詩·冊三》，頁2520。

<sup>42</sup> 轉引自《古今圖書集成·草木典·桐部藝文》67107。

以梧桐自況，藉朝陽鳴鳳、儀鳳來翔暗喻用世之心，盼受識拔。

而後世文人書畫或園林佈局造景亦援此意象，<sup>43</sup>如蘇州「怡園」園林造景，植梧桐與鳳尾竹交相掩映，即取意於「碧梧棲鳳」；「殘粒園」之匾額題記，亦典出杜甫〈秋興〉：「香稻啄餘鸚鵡粒，碧梧棲老鳳凰枝」之句意。

又因鳳凰為罕見之瑞鳥，後世遂有歇後語「鳳凰飛上梧桐樹——自有旁人話短長」，如元鄭廷玉〈後庭花〉第二折：「你休那裡雨淚如珠，可不道鳳凰飛上梧桐樹」，<sup>44</sup>意指事非尋常，則必有人說長道短一番。

### （三）倪瓚洗桐

自《尚書·禹貢》與枚乘〈七發〉等漢賦形塑出嶧陽、龍門之桐生孤托危的意象；《詩·大雅·卷阿》與《莊子·秋水》稱鳳凰鸞鷟非梧桐不棲，後世遂視梧桐為招來祥瑞之聖雅植物，或為高人所處之環境表徵，亦為園林所雅好栽植樹種，文人雅士更有視之為心靈或精神寄託者。據吳肅公《明語林》所載：「倪瓚性好潔，庭前有六桐，命童日汲水洗之」，<sup>45</sup>倪瓚為元代四大畫家之一，性狷介，淡薄名利，孤高自許，元末散鉅款廣造園林，並築清閨閣以藏書，閣前廣植碧梧，蔚然成林，故號雲林。明王錡《寓圃雜記·雲林遺事》更詳載其「洗桐」經過，謂曾有徐氏慕其清閨閣而往謁，懇之方得入。夜中徐氏偶出一唾，翌日元鎮令家童遍尋無所得，遂自出覓，於梧桐葉根見似唾痕者，乃命僕扛水洗其樹不已。<sup>46</sup>此後，洗桐遂成文人潔身自好之象徵，如元末常熟曹善誠慕其意，於宅中建梧桐園，植桐百株，名為「洗梧園」；明王問有〈洗桐〉詩：「揖取葉上露，為予洗其心……何以報爾德，激泉濁朝林。永日影相對，勿使塵浣侵」；<sup>47</sup>明末清初，孤高自重之畫家崔子忠亦繪有〈雲林洗桐圖〉以明志；清王士禛亦有〈抱琴洗桐圖卷〉；康熙皇帝有「洗桐山房」寶璽，均源自倪雲林洗梧遺事，取其潔身自好之意也。

### （四）一葉知秋

古人分一年為二十四節氣，立秋為二十四節氣之第十三，每年8月7日或8日太陽到達黃經135度時為立秋，意謂時節已入秋季。立秋以後，每降雨一次，天候即轉涼少許，因而俗諺有“一場秋雨一場寒”之說。《禮記·月令》載周朝逢立秋當日，天子親率三公九卿諸侯大夫至西郊祭祀迎秋；<sup>48</sup>宋代立秋當日，據說宮內將栽於盆中之梧桐移入殿內，待“立秋”時辰一到，太史便高聲奏報。奏畢，梧桐應聲落一兩葉，以寓報秋之意。

《淮南子·說山訓》：「以小明大，見一葉落而知歲將暮」；<sup>49</sup>羅願《爾雅翼》稱梧桐極易繁殖，

<sup>43</sup> 如陳湜子《花鏡》稱梧桐「藤蘿掩映，梧竹致清，宜深院孤庭，好鳥閑觀」；明陳繼儒《太平清話》：「凡靜室須前栽碧梧，後植翠竹。前檐放步，北用暗窗，春冬閉之，以避風雨，夏秋可以開通涼爽。然碧梧之趣春冬落葉，以舒負暄融和之樂；夏秋交蔭，以避炎煉蒸烈之威」。

<sup>44</sup> 轉引自教育部電子辭典「鳳凰飛上梧桐樹」條。

<sup>45</sup> 轉引自《古今圖書集成·草木典·桐部記事》（台北：鼎文書局，1967年），頁67112。

<sup>46</sup> 見王錡《寓圃雜記·卷六雲林遺事》（北京：中華書局 元明史料筆記叢刊，1984年6月第一版），頁51。

<sup>47</sup> 轉引自《古今圖書集成·草木典·桐部藝文》67107。

<sup>48</sup> 見清阮元《十三經注疏本禮記·月令》（台北：藝文印書館，1955年），頁302。

<sup>49</sup> 見《淮南子·說山訓》（台灣：中華書局聚珍本，1969年）。

鳥銜子墮輒生，但晚春生葉，早秋即凋；陳湜子《花鏡》亦稱桐木能知歲時，清明後始開花，若屆清明而未開花，是年必大寒，且立秋是何時，至期一葉先墮；李漁《閑情偶寄》卷五更稱梧桐是草木中一部編年史，有節可紀，生一年紀一年。<sup>50</sup>因梧桐發芽遲、落葉早之物候特性，後世文人遂常用梧桐葉落點明時節、鋪寫秋景或渲染悲秋氣氛，藉以發抒內心傷懷，如李白〈秋登宣城謝朓北樓〉寫景抒懷有：「人煙寒橘柚、秋色老梧桐」之句；<sup>51</sup>宋強幼安〈唐子西文錄〉：「山僧不解數甲子，一葉落知天下秋」；司馬光〈梧桐〉詩：「初聞一葉落，知是九秋來」；<sup>52</sup>李清照〈憶秦娥〉：「斷香殘酒情懷惡，西風催襯梧桐落。梧桐落，又還秋色，又還寂寞」；<sup>53</sup>金丁鶴年〈梧桐〉詩：「井梧徹夜下霜風，錦繡園林瞬息空」；<sup>54</sup>鄭允端〈梧桐〉詩：「梧桐葉上秋先到，索索蕭蕭向樹鳴」<sup>55</sup>等，均寫梧桐入秋早凋之象，營造蕭瑟氛圍。鮑照〈山行見孤桐〉詩：「未霜葉已肅，不風條自吟。幸願見彫斲，為君堂上琴」，<sup>56</sup>寫山行所見孤桐，點染時節呈顯蕭瑟氣象之外，更藉孤桐喻己之孤直，而秋桐待琢為琴瑟，則喻己深恐蹉跎歲月，冀能用世之心。王昌齡〈段有廳孤桐〉：「槁葉零落盡，空柯蒼翠殘。虛心誰能見，直影非無端」，藉梧桐入秋葉落而根幹挺拔喻處境雖劣而孤直自持；宋蘇轍〈和鮮于子駿桐軒詩〉：「秋飈一凌亂，淅瀝驚蔥蒨。朝日失繁陰，青苔覆遺片，空使座中人，慨然驚物變」<sup>57</sup>更由物候之變而使詩人思及自身之不遇而心生感傷。

## 二、與外形特徵有關者：

### (一) 梧宮巨樹

梧桐、泡桐、油桐、刺桐等均可長成高大喬木，劉向《說苑·奉使》載有一則與梧桐有關，卻針鋒相對之外交辭令，謂楚使奉聘於齊，齊王饗之梧宮，楚使盛贊梧樹之大，齊王遂以「江漢之魚吞舟，大國之樹必巨」自誇，楚使不甘示弱，便以昔日燕國伐齊，齊王敗而走莒之事回應以譏刺之；<sup>58</sup>齊臣刁勃隨即還以顏色，亦以伍子胥將吳兵破郢復讎，掘平王塚之事反諷。<sup>59</sup>你來我往之間雖是縱橫家辭令，卻可想見當時齊宮必是巨梧巍巍，楚使方興讚嘆。〈齊地記〉稱「城北十五里有桐臺，即梧宮也」，<sup>60</sup>故宋吳淑〈桐賦〉有「擢元谿以托險，生齊地而為宮」之語，<sup>61</sup>即指齊宮之巨梧。

然而此「桐臺」、「梧宮」並非「桐宮」，「桐宮」位於今山西省榮河縣，因商湯之長孫太甲暴

<sup>50</sup> 見李漁《閑情偶寄》（臺北：廣文書局 國學珍集彙編，1977年）卷五。

<sup>51</sup> 見《全唐詩·冊三》，頁1839。

<sup>52</sup> 二首均轉引自《歷代詠物詩辭典》，頁928。

<sup>53</sup> 見高明編審《中國名著選譯叢書·李清照》（台北：錦繡出版社，1992年），頁109。

<sup>54</sup> 轉引自《歷代詠物詩辭典》，頁929。

<sup>55</sup> 同註54

<sup>56</sup> 參見註35。

<sup>57</sup> 見《樂城集》（上海：中華書局 四部備要，1936年）卷八，頁12。

<sup>58</sup> 見《說苑》（上海：中華書局 四部備要，1936年）卷十二〈奉使〉，頁9。

<sup>59</sup> 詳見瀧川龜太郎《史記會注考證·卷八十·樂毅列傳》（台北：洪氏出版社，1983年）頁988；〈卷八十二·田單列傳〉頁997-998；〈卷三十一·吳太伯世家〉頁542；〈卷六十·伍子胥列傳〉頁871-873。

<sup>60</sup> 轉引自《古今圖書集成·草木典·桐部記事》（台北：鼎文書局，1967年），頁67113。

<sup>61</sup> 同註42。

虐亂德，不遵法紀，伊尹乃於商湯之墓地建造宮室，稱為「桐宮」，使太甲居之以思過。

## (二) 桐葉封弟

梧桐因葉形較大，小兒或取之為遊戲，據《史記·晉世家》所載，周成王與弟叔虞戲，援桐葉剪圭以告之曰：「以此封汝」，虞喜以告周公，周公以君無戲言，遂請封虞於晉。<sup>62</sup>柳宗元曾作〈桐葉封弟辨〉，以為周公輔成王必以正道，於從容優樂間歸之大中，必不逢其失而為之辭，故以為該說不可信。<sup>63</sup>叔虞封晉之真正原因是否真起源於兄弟間之遊戲故難定論，然而此後「桐圭」傳說卻成「君無戲言」之最佳註腳，如梁沈約〈詠梧桐〉詩：「微葉雖可賤，一剪或成珪」；<sup>64</sup>唐白居易〈答桐花〉詩：「戒君無戲言，剪葉封弟兄」，<sup>65</sup>均是化用《史記·晉世家》所載桐葉封弟典故。

## (三) 桐葉題詩

梧桐因葉形較大，小兒或取之為遊戲，亦有文人於葉上題詩之傳說，唐孟榮〈本事詩〉載顧況嘗于御溝水上得桐葉，上題：「一入深宮裏，年年不見春；聊題一片葉，寄予有情人」，況亦題詩於葉：「愁見鶯啼柳絮飛，上陽宮女斷腸詩；君恩不禁東流水，葉上題詩寄予誰」泛之流中。後十餘日，況又得一詩，似答況者。<sup>66</sup>雖未知記載可否確信，然君權時代，深宮寂聊則不難想見。元黃清老〈梧桐雨〉：「病綠滴殘猶有淚，題紅流去更無詩」即援用此典。<sup>67</sup>另如杜甫〈重游何氏五首〉之三：「石闌斜點筆，桐葉坐題詩」<sup>68</sup>、韋應物〈題桐葉〉「參差剪綠綺，瀟灑覆瓊柯，憶在灋東寺，偏書此葉多」，<sup>69</sup>均指題書桐葉，殆因葉大宜書，可代箋帛也。唐宋榮《本事詩》另載一異事，謂蜀侯繼圖倚大慈寺樓，偶飄一大桐葉，葉上有詩，意謂題詩桐葉，願逐秋風以覓有心人，後繼圖卜任氏為婚，始知詩出任氏，<sup>70</sup>堪稱一段殊緣，此皆與桐葉題詩有關之藝文傳說。

## (四) 滴露聽雨

梧桐葉大，除可蔽暑添涼，葉上滴露聽雨，亦如聆天籟而別具逸趣，如宋朱熹〈夜〉：「獨宿山房夜氣清，一窻涼月共虛明。鄰雞未作人聲寂，時聽高梧滴露聲」；<sup>71</sup>方岳〈暑中雜興〉：「是非不到野溪邊，只就梧桐聽雨眠。睡熟不知溪水長，鷺鷥飛上釣魚船」<sup>72</sup>均是閒適自得之生活體驗；然亦不免因傷心人別有懷抱，桐葉滴露聽雨而動人愁懷，如唐杜牧〈齊安偶題〉：「秋聲無不攪離心，夢澤蒹葭楚雨深。自滴階前大梧葉，干君何事動哀吟」<sup>73</sup>、溫庭筠〈更漏子〉詞：「梧桐樹，三更雨，不道離情正苦，一葉葉，一聲聲，空階滴到明」<sup>74</sup>、宋李清照〈聲聲慢〉詞「梧桐更

<sup>62</sup> 詳見瀧川龜太郎《史記會注考證·晉世家》，頁 620。

<sup>63</sup> 見《中國文學總欣賞·柳宗元（上）》（台北：錦繡出版社，1992 年），頁 65。

<sup>64</sup> 見《漢魏六朝百三名家集·冊五》（台中：松柏出版社，1964 年），頁 3900。

<sup>65</sup> 見《全唐詩·冊七》，頁 4682。

<sup>66</sup> 見《四庫全書·本事詩》（臺北縣板橋市：藝文印書館，1974 年），頁 1478—234。

<sup>67</sup> 同註 47。

<sup>68</sup> 見《全唐詩·冊四》，頁 2398。

<sup>69</sup> 見《全唐詩·冊四》，頁 1995。

<sup>70</sup> 同註 66，頁 1478—240。

<sup>71</sup> 見《朱子大全》（上海：中華書局 四部備要，1936 年）卷七，頁 11。

<sup>72</sup> 同註 47。

<sup>73</sup> 見王鷗譯註《中國名著選譯叢書·杜牧詩文》，頁 127。

<sup>74</sup> 見亦冬譯註《中國名著選譯叢書·唐五代詞》，頁 103。

兼細雨，到黃昏，點點滴滴，這次第，怎一個愁字了得」<sup>75</sup>、清李雯〈南鄉子·秋桐〉：「昨夜清商叩哀玉，<sup>76</sup>聲幽，盡在雲屏角枕頭。清露向晨流，淚珠點點滴新愁」<sup>77</sup>或因羈旅愁懷，或因懷才不遇，或因國破家亡之感，或因閨怨深濃之苦，聞聲倍添愁懷。而最膾炙人口者，莫過於唐白居易〈長恨歌〉寫唐明皇於安史亂作，貴妃死後觸景傷情之感，藉「春風桃李花開日，秋雨梧桐葉落時」，表達無論春秋更替，風雨晨昏之深摯思念；元曲家白樸更據此衍為〈梧桐雨〉一劇，<sup>78</sup>藉秋景之蕭瑟、秋雨之淒涼以映襯唐明皇晚景，而被譽為元曲傑作。

#### (五) 桐花滿樹

《禮記·月令》載：「季春之月……桐始華」；《本草衍義》稱白桐開白花；荏桐早春先開淡紅花，狀如鼓子，花成筒子；梧桐四月開淡黃小花，一如棗花，枝頭出絲，墮地成油，霑漬衣履，即月令清明之日，桐始華者。此外如陳翥《桐譜》所稱之紫花桐；開紅花，體有巨刺之刺桐；花色如火之楮桐等，其花形色各有可觀，而古典詩文中亦屢見文人以桐花起興或專詠桐花之作，如元稹〈三月二十四日宿曾峰館夜對桐花寄樂天〉，即在山館見滿地桐花而有「微月照桐花，月微花漠漠」、「是夕遠思君，思君瘦如削」<sup>79</sup>的睽違之慨；白居易聞暗香隨風而足踏花影，月下屏營，遂有〈答桐花〉詩，盛讚桐花「況此好顏色，花紫葉青青」<sup>80</sup>、又見巴峽桐花十月盛開，與北地有別，而作〈桐花〉詩一首，闡明「豈伊物理變，信是土宜別」<sup>81</sup>之理；清王夫之〈岡桐〉：「紫沁侵鉛粉，青蜉藉綠茵。似憐芳草弱，飛覆玉麒麟」寫紫花之岡桐，花粉如女子化妝用鉛粉、桐實如錢散落草地；<sup>82</sup>宋丁謂〈詠泉州刺桐〉：「聞得鄉人說刺桐，葉先花發始年豐。我今到此憂民切，只愛青青不愛紅」<sup>83</sup>藉刺桐花寫己憂心民事，盼年年豐收，儘管昔居北地從未睹紅艷之刺桐花芳姿，仍願葉能先花而發之用心。

### 三、與功能用途有關者：

#### (一) 焦桐為琴

《後漢書·蔡邕傳》載蔡邕至吳，聞吳人有燒桐以爨者，邕聞火烈聲，曰此良材也，因請之，削以為琴，果有美音，而其尾焦，故名焦尾琴，<sup>84</sup>後遂用以泛指名琴。《齊民要術》：「梧桐生山石間者，為樂器更鳴響也」；陳翥《桐譜·序源》篇稱琴瑟之材，雖皆用桐，必須擇其可堪者：「周

<sup>75</sup> 見高明編審《中國文學總欣賞·李清照詩詞》(台北：錦繡出版社，1992年)，頁107。

<sup>76</sup> 指秋風吹桐葉發出哀聲。潘岳〈悼亡〉詩：「清商應秋至，滯暑隨節聞」，清商指秋風。古人以為玉發哀聲，如杜甫〈奉酬薛十二丈判官見贈〉詩：「清文動哀玉，見道發新硯」。

<sup>77</sup> 轉引自《歷代詠物詩辭典》，頁928。

<sup>78</sup> 見《元曲選》(上海：中華書局 四部備要，1936年)丙集上。

<sup>79</sup> 見《全唐詩·冊六》，頁4657。

<sup>80</sup> 見《全唐詩·冊六》，頁4482。

<sup>81</sup> 見《全唐詩·冊六》，頁4451。

<sup>82</sup> 青蜉本指昆蟲，干寶《搜神記》：稱青蜉「生子必依草葉。取其子，母即飛來，不以遠近。雖潛取其子，母必知處。以母血塗錢八十一文，以子血塗錢八十一文，每市物，或先用母錢，或先用子錢，皆復飛揚，輪轉無已」，後因稱錢為青蜉。王夫之以桐實青綠色，小而圓，又成串如錢，故以青蜉喻桐實。詩中所稱岡桐花紫，實成串如錢，則應即李時珍《本草綱目》所謂之岡桐，為今之泡桐屬植物，而與賈思勰、陳藏器、蘇頌所謂之岡桐(油桐屬)不同。

<sup>83</sup> 轉引自《歷代詠物詩辭典》，頁928。

<sup>84</sup> 見《後漢書·蔡邕傳》(台北：藝文印書館二十五史叢刊，2001年)，頁711。

禮取雲和龍門空桑之桐爲琴瑟；陶隱居云惟岡桐與白桐堪作琴瑟；書曰：『嶧陽孤桐』，《風俗通》云生巖石之上，採東南孫枝以爲琴，是擇其泉石向陽之材，自然其聲清雅而可聽。蔡伯喈聞爨下桐聲，取以爲琴，號曰焦尾，則知桐之材有有賢不肖，若混而無別，唯賞音者識之耳。凡白花桐之材以爲器燥，濕破而用之則不裂，今多以爲甌杓之類，其性理慢之故也。紫花桐之材，文理如梓而性緊，而不可爲甌，以其易折故也。餘桐之材，但有名耳，不入棟樑棺槨器具之用」，<sup>85</sup>意指白桐、紫花桐等泡桐屬植物爲製琴良材，但以生長於向陽處者爲佳。琴之好壞，泰半取決於木頭材質，古琴多以泡桐、梧桐之屬做琴面，以其性軟，久置則樹脂揮發、質地變輕、細胞間空隙增大，共鳴效果佳；而梓（硬木）爲琴底，以反射絃聲，故稱「桐天梓地」。因琴面張設七弦，故又名「絲桐」或「七弦琴」，或以「桐君」爲琴之代稱，如唐李白〈怨歌行〉：「寒苦不忍言，爲君奏絲桐」；<sup>86</sup>宋陳師道〈次韻蘇公西湖觀月聽琴并涉穎詩二首之一〉：「人生亦何須？有酒與桐君」<sup>87</sup>；元王實甫〈西廂記〉第三本第一折：「一個絲桐上調弄出離恨譜，一個花牋上刪抹成斷腸詩」<sup>88</sup>，即以「絲桐」、「桐君」作爲琴之代稱。

因蔡邕焦尾琴來自爨下餘桐，後世遂以能識桐材者喻知音，如鮑照〈山行見孤桐〉詩：「未霜葉已肅，不風條自吟。幸願見彫斲，爲君堂上琴」，藉桐木孤生之意象暗喻己身之孤高耿直，但盼能爲匠人所識，裁爲琴瑟，則流露用世之心；隋陸季覽〈詠桐〉：「搖落依空井，生死尙餘心；不辭先入爨，惟恨少知音」<sup>89</sup>寫井邊孤桐兀自零落，甚至不辭先入爨爲薪，亦暗指君子無懼處境奸險困厄，但求用心與才能爲上所知所用；唐崔嶺〈尙書省梧桐賦〉：「豈與夫龍門半死，嶧陽孤植，齊萬籟而混吹，合千巘以共色，勁質冰摧而杼人莫識，高標風折，爲樵人所得，求知音於爨然，論分理於繩墨」<sup>90</sup>稱龍門、嶧陽孤桐具冰摧風折之高標勁質，但求爲梓人所識，亦藉孤桐寫用世之心；王起〈焦桐入聽賦〉：「聽之微者，不必五音，伊焦桐之逸韻，契伯喈之明心……則知桐之成器，待其人而克定，桐之有聲，非其人而靡聽……感知音者，願是效而是則」<sup>91</sup>，則藉蔡邕能辨聲識材以強調知音之重要，一如先有伯樂而後有千里馬也；又如唐王昌齡〈段有廳孤桐〉：「段有廳孤桐」：「鳳凰所宿處，月映孤桐寒。槁葉零落盡，空柯翠葉殘。虛心誰能見，直影非無端。響發調尙苦，清商勞一彈」、宋王安石〈孤桐〉：「歲老根彌壯，陽驕葉更陰；明時思解慍，願斲五絃琴」<sup>92</sup>、清孔尚任〈桃花扇〉小引：「轉思天下大矣，後世遠矣。特識焦桐者，豈無中郎乎」<sup>93</sup>，亦皆藉桐樹虛直孤生、高挺俊拔、老根彌壯、陽驕益茂等生長特質隱喻君子之人格操守，隱然流露作者潔身自好，並引頸以盼知音之慨。

## （二）桐棺三寸

<sup>85</sup> 轉引自《古今圖書集成·草木典·桐部記事》（台北：鼎文書局，1967年），頁67095。

<sup>86</sup> 見《全唐詩·冊三》，頁1700。

<sup>87</sup> 轉引自《歷代詠物詩辭典》，頁928。

<sup>88</sup> 見郭雲龍校定《中國歷代戲曲選》（台北：宏業出版社，1990年），頁147。

<sup>89</sup> 同註87。

<sup>90</sup> 同註87。

<sup>91</sup> 同註87。

<sup>92</sup> 同註87。

<sup>93</sup> 見清孔尚任《桃花扇》（台北：里仁出版社，1996年）小引，頁1。

陳翥《桐譜·序源》篇稱桐樹其體濕則重，乾則愈輕，生時以斧，斧之甚易，乾乃輕而拒斧；〈器用〉篇亦指出桐樹採伐不時而不蛀蟲，漬濕所加而不腐敗，風吹日曝而不拆裂，雨濺泥淤而不乾蘚，乾濡相間而其質不變，除可為棟樑桁柱，亦宜為棺槨。《左傳·哀公二年》載趙鞅率兵禦敵，並立誓云此戰若敗則「絞縊以戮，桐棺三寸，不設屬辟」<sup>94</sup>；《莊子·天下》：「墨子生不歌，死無服，桐棺三寸而無槨」<sup>95</sup>、《史記·太史公自序》論六家要旨亦稱墨子「其送死，桐棺三寸，舉音不盡其哀」<sup>96</sup>，均以桐木所製之棺，厚僅三吋比喻薄葬，後世遂以桐棺三寸喻節葬，或以桐棺作為棺木之泛稱。

### （三）梧桐斷角

梧桐雖可栽植賞玩遮蔭，或製樂器箱櫃，然材質性緊緻不易揉彎，不宜製弓弩，故《淮南子·說山訓》有「智者有所不及，故桐木不可以為弩」、「兩堅不能相合，兩強不能相服，故梧桐斷角，馬鬣截玉」之說<sup>97</sup>，蓋物性本各有所宜，難以兼具；人性亦然，天賦本各有短長，卻難賅備，故不得妄自菲薄，亦不應妄自尊大。又梧桐材質不及犀角堅硬，而能斷之，意指柔能克剛。

## 四、諧音取譬：

### （一）六合同春

古人觀念中，梧桐除可招來鳳凰，被視為聖潔之植物外，「桐」與「同」同音，於中國傳統民俗吉祥物中常與喜鵲並列，意謂「同喜」，或與梅花鹿（鹿與六諧音）、仙鶴（鶴與合諧音）構成「六合同春」圖案，以徵祥瑞，<sup>98</sup>是以桐樹於傳統觀念中既具經濟價值，又象徵祥瑞之吉兆。

綜上所述，古代與桐樹有關之傳說故實、藝文典故或騷人墨客筆下之題詠所稱之「桐」，以梧桐居多，而所頌詠之特質，由生長環境而衍生出「託孤生危」、「遺世獨立」之意象；而其植株挺拔、向陽生長之特質與儀鳳來翔之傳說，進而形成君子高風亮節之象徵；又因高風亮節之操守象徵而有文人雅士藉洗桐以示潔身自好之興寄；而入秋落葉之生長特質則屢為文人用以點染蕭瑟紛圍；又因葉形較大，夜雨之聲動人愁懷遂成感傷情調。而周成王封虞叔之傳說，剪桐葉為圭，遂有君無戲言之意；桐葉題詩則可窺閨怨之一斑。因梧桐、泡桐之樹材可製琴瑟棺槨，因而「桐君」、「絲桐」可作琴瑟代稱；「桐棺」可泛指棺木，「桐棺三寸」則有節葬之意。蔡邕焦尾琴來自爨下餘桐，因而待雕之桐可用以比喻「企盼知因」之感；梧桐材質不及犀角堅硬，而能斷之，用以比喻「柔能克剛」。而民俗吉祥物中梧桐與喜鵲並列，意謂「同喜」，梧桐與梅花鹿、仙鶴構成「六合同春」圖案，則因諧音以徵祥瑞。因此有關桐樹之描寫，多與其生長特質、外形特徵、功能用途、諧音取譬有關，因而形塑出高潔、悲秋、感傷、閨怨、誠信、節葬、懷才、柔能克剛、祥瑞等意象。

<sup>94</sup> 見清阮元《十三經注疏本左傳·哀公二年》（台北：藝文印書館，1955年），頁995。

<sup>95</sup> 見郭正藩輯《莊子集釋·秋水》（台北：華正出版社，1982年），頁1075。

<sup>96</sup> 見瀧川龜太郎《史記會注考證·太史公自序》，頁1075。

<sup>97</sup> 見《淮南子·說山訓》（台北：中華書局聚珍本，1969年）卷十六，頁15。

<sup>98</sup> 見韓振武、郭林濤編注《中國民間吉祥物》（北京：中國旅遊出版社，1995年），頁63。

## 伍、結論

- 一、古代與農政有關之譜錄及歷代詩文所稱之「桐」，對照今之植物學分類，涵蓋今大戟科之油桐屬、玄參科之泡桐屬、蝶型花科之刺桐屬、梧桐科之青桐、藤黃科之瓊崖海棠及馬鞭草科龍船花等植物，其中泡桐屬植物其材質經濟價值最高；青桐次之，可堪器用或作琴瑟。而岡桐、油桐、膏桐、荏桐、罌子桐同屬油桐屬植物，早期子可榨油供工業用途，雖材質不如泡桐、梧桐，然開花時節清芬可掬，並蔚為榮觀。古名海桐者乃今之刺桐屬植物，花色紅艷但材質經濟價值不高，古籍中稱嶺南方可見，今多作景觀樹種；胡桐則屬藤黃科、今名瓊崖海棠之常綠中喬木，因生長緩慢、材質堅緻數量又稀少，在台灣屬國寶級樹種；楨桐為馬鞭草科之小灌木龍船花，如蘇頌所言，僅江南可見，古籍中少有提及者。
- 二、古籍有關桐樹之品種具體差異、生長型態特徵、客觀分類標準等缺乏深入分析：古代有關植物之探討，因交通不便，地理、氣候及植物科學之研究亦未發達，且傳統價值觀取向係以農桑生產為重，而怡情悅性之作則以品評、賞鑑或匯集藝文掌故為主，故相關典籍或重於名物訓詁，或強調農業生產技術，或側重器用、藥用功能探討，於各地植物品種具體差異、生長型態特徵、客觀分類標準等則缺乏深入分析，是以各以所見所聞輯錄，而屢有名類歧異，展辨轉惑情形。
- 三、古代與桐樹相關之傳說典故或藝文題詠，若題字於葉或栽植於庭園以納涼添幽，或取其祥瑞、孤高意象者多指今別名青桐之梧桐屬植物；稱頌其材質堅韌，用以製琴為棺者多指今之泡桐屬植物。詠桐花者則以花色淡紫之泡桐屬及花色艷紅之刺桐屬居多。
- 四、古典詩文有關桐樹之描寫，多與其生長特質、外形特徵、功能用途、諧音取譬有關，因而形塑出誠信、高潔、祥瑞、懷才、感傷、悲秋、節葬、柔能克剛等意象：歷代典籍中有關桐樹、桐葉、桐花、桐材之描寫，有桐圭封弟戲而成真之美談，或詠桐託孤生危，高潔自持；或取碧梧棲鳳、六合同春以徵祥瑞；或藉焦桐待斲喻懷才待識；或藉桐葉題詩以抒閨怨愁懷；或詠花思人而傷感；或取材供用而別有觸發；或寫葉落知秋點染愁懷；或因滴露聽雨倍增淒清；或藉洗桐別有興寄……，相關傳說故實與藝文題詠輾轉流傳沿用，形塑而成之意象既深化詩文情韻，亦可見桐樹於古典詩文中深寓文化意涵，足堪玩味尋思。

## 參考文獻

### 一、專書

- 干寶，(1999)，《搜神記》，(上海：上海古籍出版《漢魏六朝筆記小說大觀》)
- 毛晉，(1986)，《陸氏詩疏廣要》，(臺北：世界書局)
- 王紹曾、劉心明譯注，(1992)，《中國文學總欣賞·謝靈運、鮑照詩》(台北：錦繡出版社)
- 王錡，(1984)，《寓圃雜記》，(北京：中華書局《元明史料筆記叢刊》)
- 王鷗譯註，(1992)，《中國名著選譯叢書·杜牧詩文》(台北：錦繡出版社)
- 孔尚任，(1996)，《桃花扇》(台北：里仁出版社)
- 司空圖，(1989)，《二十四詩品》(台北：新文豐出版社)

- 亦冬譯註，(1992)，《中國名著選譯叢書·唐五代詞》，(台北：錦繡出版社)
- 李元洛，(1990)，《詩美學》，(台北：東大圖書有限公司)
- 李時珍，(2001)，《本草綱目》，(臺北縣新店市：國立中國醫藥研究所)
- 李漁，(1977)，《閒情偶寄》，(臺北：廣文書局)
- 易開、孫奮揚、余琰等，(1968)，《詳註歷代分類詠物詩選》，(台北：廣文書局)
- 吳曉，(1995)，《詩歌與人生—意象符號與情感空間》，(臺北：書林出版社)
- 吳肅公，(1989)，《明語林》，(臺北：新文豐書局《叢書集成》)
- 房玄齡等，(1957)，《晉書》，(臺北：藝文印書館)
- 周振甫譯注，(1992)，《中國名著選譯叢書·文心雕龍》，(臺北：錦繡出版社)
- 孟榮，(1966)，《本事詩》，(臺北：藝文印書館《百部叢書集成》)
- 胡士行，(1986)，《尚書詳解》，(臺北：世界書局)
- 高明編審，(1992)，《中國名著選譯叢書·李清照詩詞》，(台北：錦繡出版社)
- 宮兆麟修，(1929)，《同治莆田縣志》，(福建：莆田縣)
- 阮元，(1955)，《十三經注疏·尚書》，(台北：藝文印書館)
- 阮元，(1955)，《十三經注疏·左傳》，(台北：藝文印書館)
- 郭正藩輯，(1982)，《莊子集釋》，(台北：華正出版社)
- 陶今雁主編，(1992)，《中國歷代詠物詩辭典》，(江西：江西教育出版社)
- 寇宗奭，(1962)，《圖經衍義本草》，(臺北：藝文印書館)
- 清聖祖，《全唐詩》，(1979)，(台北：盤庚出版社)
- 清聖祖，(1978)，《淵鑑類函》，(台北：新興書局)
- 張集益，(1998)，《樹木家族》，(臺北：晨星出版社)
- 張溥，(1964)，《漢魏六朝百三名家集》，(臺中：松柏出版社)
- 章錦瑜，(2004)，《喬木賞花圖鑑》，(臺北：晨星出版社)
- 范曄，(2001)，《後漢書》，(臺北：藝文印書館《二十五史叢刊》)
- 潘富俊，《詩經植物圖鑑》，(台北：貓頭鷹出版社，2001年)
- 賈思勰，(1997)，《齊民要術》，(臺北：藝文印書館)
- 楊昌年，(1992)，《現代詩的創作與欣賞》，(台北：文史哲出版社)
- 歐陽詢，(1986)，《藝文類聚》，(上海：上海古籍出版社)
- 葉嘉瑩，(2005)，《迦陵論詩叢稿》，(北京：中華書局)
- 郭正藩輯，(1982)，《莊子集釋》，(台北：華正出版社)
- 郭雲龍校定，(1990)，《中國歷代戲曲選》，(台北：宏業出版社)
- 劉向，(1965)，《說苑》，(臺北：台灣商務印書館)
- 劉安，(1969)，《淮南子》，(台北：中華書局聚珍本)
- 劉棠瑞著/陳建鑄繪，(1960)，《台灣木本植物圖誌》，(臺北：國立台灣大學)
- 陳士珂，(1989)，《韓詩外傳疏證》，(臺北：新文豐書局《叢書集成》)

- 陳湔子，(1962)，《花鏡》，(北京:中國農業出版社出版)
- 陳貴廷主編，(1992)，《本草綱目通釋》，(北京：北京學苑出版社)
- 陳翥，(1985)，《桐譜》，(臺北：新文豐書局)
- 陳夢雷，(1967)，《古今圖書集成》，(臺北：鼎文書局)
- 陳藏器，(1988)，《重輯本草拾遺》，(臺中：華夏文獻出版社)
- 鄭雲鄉，(1992)，《草木蟲魚世界》，(臺北：台灣商務印書館)
- 簡錦玲，(2003)，《詩情花意－中國花卉事典》，(臺北：大樹文化事業)
- 韓振武 郭林濤 編著，(1995)，《中國民間吉祥物》，(北京：中國旅遊出版社)
- 蕭統，(1983)，《昭明文選》，(台北：藝文印書館)
- 羅願，(1986)，《爾雅翼》，(臺北：世界書局)
- 瀧川龜太郎，(1983)，《史記會注考證》，(台北：洪氏出版社)
- 蘇轍，(1936)，《欒城集》，(上海：中華書局《四部備要》)

## 二、期刊論文

- 王毓瑚 (1963) <關於中國農書> 《北京農業大學圖書館館刊》
- 安德列·喬治·奧德里古爾、喬治·梅泰理 (1996) <論中國的植物圖> 《法國漢學》，第一輯
- 喬治·梅泰理 (1981) <第一部用中文出版的西方植物學論文中的專業詞彙> 《巴黎國家研究中心科學詞彙資料史彙編》第二卷
- 潘吉星 (1984) <談植物學一詞在中國和日本的由來> 《大自然探索》 第三期

# 從諾爾斯的自我導向學習看成人學習者在創意教學中的學習成效 之個案研究

陳欣蘭\*

南開技術學院應用外語科

## 摘要

創意教學異於傳統教學，是一種活潑、有創意的教學，能激發每個學生產生新的點子或作品。在成人教學上，諾爾斯的自我導向學習是成人學習者最重要的特質。本研究假設，成人學習者英語程度普遍不佳，但是在創意教學中，卻能運用自我導向學習的特質來進行創意學習活動，並增進其英文能力。本研究試者從諾爾斯的自我導向學習觀點，來看進修學院的成人學習者在改編英語話劇創意教學中的學習成效。研究結果顯示，成人學習者具有自我概念，在創意教學中是一種「任務為中心」、「學習者為中心」的學習。成人學習者透過創意教學可以有效地提高學習興趣和學習動機，並且自我提升英文程度和能力。

**關鍵字：**創意教學、創意、成人學習者、自我導向學習

## Case Study of Students' Performance in Creativity Teaching Based on Knowles's Self-directed Learning

Hsin-lan Chen

Department of Applied Foreign Language, Nan Kai Institute of Technology

## Abstract

Creativity teaching different from traditional teaching has an active and creative way to encourage individual student to develop new idea or work. In adult learning, the most important characteristic of adult learner by M. S. Knowles is self-directed learning. The assumption of this case study is that adult learners in the Affiliated College of Continuing Education have strong motivation to learn by themselves though most of their English is very poor. The purpose of the study is to examine Knowles's self-directed learning in the creativity teaching. The results of the study demonstrate that adult learners are of self-directed concepts and their learning is "task-centered" and "learner-centered". Besides, the creativity activities make adult learners develop the ability of innovation, arouse the interest and motivation, and upgrade four skills in English.

**Key words :** creativity teaching, creativity, adult learner, self-directed learning

---

\* 應用外語科講師 地址：南投縣草屯鎮中正路 568 號 Tel：049-2563489 E-mail：cindyc@nkc.edu.tw

## 一、前言

二十一世紀在全球化的時代背景下，各國爲了搶奪先機，不論在經濟、教育、社會，或個人、組織、產業、國家等方面，都積極掌握未來致勝的關鍵。這個關鍵，就是知識。正如彼得·克拉克(Peter Clarke)所言，未來世界，誰掌握了知識，誰就掌握了未來。

基於對知識經濟中的創新與創造能力的重視，教育部於 2003 年 1 月正式發表「創造力教育白皮書」，宣示打造台灣爲創造力國度的願景，並針對我國創造力教育發展與推動現況提出分析與建議，提及目前相關資源普遍不足，從學校行政到課程教材都有諸多需要加強之處。因此，在教學的場域，教師如何進一步將創意教學融入教學中，激發學生的創造力與創意，以提升學習成效，是未來教學的重點。創意教學有別於僵化的傳統式教學，是一種「以學生爲中心」的教學，學生藉由經驗與知識爲基礎，在教師的引導下，產生創意思想與行爲(陳龍安, 1995)。

傳統制式的教學內容比較無法滿足成人學習者的需求，甚至與其生活或工作脫節，尤其是在英語課程上的學習。值得注意的是，成人學生的英文程度參差不齊，或因爲自信心不足，或因爲沒有有效的學習，或因爲欠缺英語學習環境，故在聽與說方面的能力十分不足。但是，成人學習者之所以選擇再進修，乃是一種自發的動機，一種自我導向的學習需求。這種自我導向學習的特質，正是成人教育學者諾爾斯(M. S. Knowles) 所強調的成人學習者的特質。因此，本文試著從諾爾斯的自我導向學習觀點，來看創意教學如何引導成人學習者發揮想像力與創造力，來改編話劇並且呈現創意。本研究的目的是希望成人學生能透過自我導向學習，經歷從腦力激盪、改編劇本、排練、準備道具到正式演出的歷程，最後創意地在舞台上營造一種互動、回饋及溝通的情境，有效地增強閱讀、寫作、聽力、及口語能力。

## 二、文獻探討

### (一) 諾爾斯對成人學習者的假設

成人學習者就是成人學生，係指已完成基本教育或第一階段教育，再參與有組織的學習活動者，目的在增進新知，獲得技能或造成態度的改變。在成人教育領域，較偏好使用「學習者」一詞來代替「學生」，此乃爲了避免刻板印象中的傳統師生關係所呈現的上下、高低、尊卑、施受的情形。而且學習者除了受教者，尚包括進行自我學習的人(成人教育學會編, 1995)。

諾爾斯(M. S. Knowles) 可說是成人教育學之父。諾爾斯(Knowles, 1989)認爲成人學習者具有以下假設或特性：

1. 成人學習者知道爲什麼學。
2. 成人學習者具有自我導向學習的自我概念，能對自己負責，了解自己的需求，能自訂學習計劃。
3. 成人學習者具有豐富的經驗，是學習的重要資源。
4. 成人學習者的學習準備度與其發展任務有關，從事學習是爲了滿足社會角色發展任務的需求，乃在於適應環境的變遷。
5. 成人學習者的學習取向是以「生活爲中心」、「任務爲中心」、「問題爲中心」。
6. 成人學習者的學習動機來自內、外在誘因，尤以內在動機爲強。

由此可見，成人學習者所從事的學習和一般傳統學生的學習是完全不同的。成人學習是指成人進行學習時所經歷的過程，是一種行為和態度改變的過程(Merriam and Caffarella, 1999)。由以上成人學習者的特性，可看出成人學習是一種主動的學習、自我導向的學習；成人學習者因其異質性大，故傾向於目標導向的學習，以達成某一目標或滿足某一需求為主；成人經驗可成為學習的助力；成人學習乃在完成發展任務；成人學習以「立即應用」為主；成人學習的目的在適應社會的變遷。

## (二) 諾爾斯對自我導向學習的觀點

成人教育學和自我導向學習(self-direct learning) 是成人學習理論的兩大支柱，藉由他們可以更了解現代的成人學習(Merriam, 2001)。自我導向學習最早是由塔富(Tough, 1971)所提出，諾爾斯也寫了一本「自我導向學習」的書來探討。

諾爾斯(Knowles, 1975)認為成人教育學的模式設計，應偏重過程的設計(process design)，因為成人學習主要是以「問題為中心」、「任務為中心」；在學習的過程中成人學習者是學習的中心，教師的角色是協助者，協助成人學習者解決學習困境。諾爾斯認為每一個個體都具有自我導向的學習能力，能從事主動的學習，所以將自我導向學習定義為「一種沒有他人幫助，由個體自我引發，以評斷自己的學習需求，形成學習目標，尋求資源，選擇適當的學習策略和評鑑結果的過程 (Knowles, 1975, p.18)。」

林德曼(Lindeman, 1961)、塔富(Tough, 1971)及史密斯(Smith, 1983)等人，也一致認為成人學習者具有自我導向的學習需求。個體自我導向學習過程的具體化，正如布盧爾(Bruner, 1966)在教學理論中主張的學習行為，即獲得新知識、將知識轉化以應付新工作所需、評估新知識是否真能滿足新工作的需求。

諾爾斯認為自我導向的學習在學習上效果較好，相當符合成人獨立成長的心理需求，也符應現代新教育模式的發展需求，更重要的是能滿足社會變遷的需求。所以，諾爾斯認為只要個體存在，就必須從事自我導向學習。

黃富順(2000)綜合各學者的論點，提出自我導向學習的特色為：(1)自我導向的學習者具有獨立的人格特質(2)自我導向的學習是一種自我教育(3)自我導向的學習並非是一種完全獨立的行為。自我導向學習的好處如下：「(1)具有良好自我概念的成人，能肯定自己的學習經驗，提供進一步豐富的學習資源。其次，(2)成人現實自我與理想自我概念的調和，可減少成人內在衝突，能悅納自己，悅納他人。(3)成人是自我學習者，透過角色學習過程，可提高學習動機，使之主動、積極的學習(鄧運林，1995：3)。」這種自我導向的學習，誠如諾爾斯(Knowles, 1975)所言，目的在達成自我肯定、自我成就、及追求美好的生活品質。再者，羅伯森和梅瑞恩(Roberson and Merriam, 2005)也認為自我導向學習可以解決任何生命週期的發展任務。

綜上得知，面對日新月異的社會，成人選擇再學習，大部份是發自內在，想藉「再學習」彌補已遺忘的知識，或補充自己所欠缺的知識。成人學習者被視為一個成熟的個體，具有積極的自我概念，能主動的、有效率的參與各種學習活動。自我導向的學習，簡單地說，就是學習者知道自已的需要，能把握機會規劃學習，並且能自我評鑑是否真正學會。自我導向的學習是一種主動學習，符合人類自然的心理發展過程，不受時間的限制，十分有彈性，具有經濟性，能滿足學習者的個別需求。成人學習者利用自我導向學習的特質，能有效地進行學習活動。

## (三) 創意教學

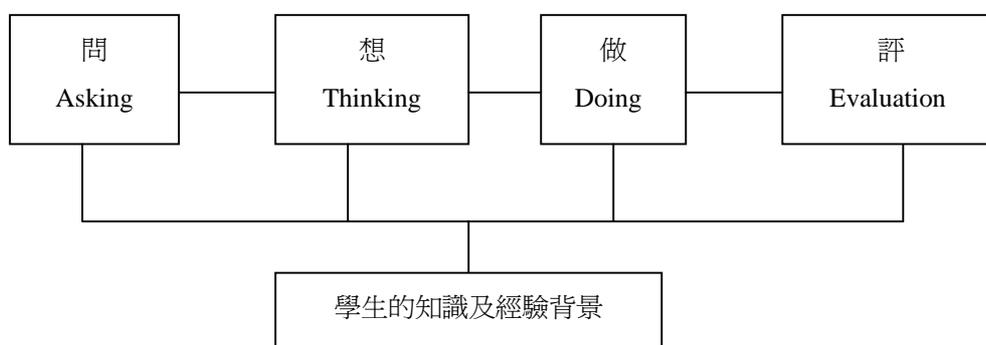
吳武典（2003）認為現今的時代是屬於「三多」的新世代—多元智能、多元發展、及多元創意。在多元創意教育方面，「創意教學」尤具意義，這可從政府積極鼓勵發展創造力教育便能知悉。「創意教學」是一種很活潑、生動的教學，也是目前政府部門積極推動的教學活動，可以藉由各種教學法來詮釋，用以啟發學生的創意與創造力。創意教學的目的為使學生在自由、安全、和諧、快樂的情境中，能夠發揮創意，創新發展。教學者透過腦力激盪的教學環境，容許學習者表達各種不同的意見與犯錯，無形中將增進其創造思考能力（陳龍安，1995）。在全球化的時代裡，唯有不斷的創新、發明，才能具有競爭力，所以「創意教學」在現代教育中，頗受重視。

「創意教學」可以從教師的角度切入，也可以從學習者的角度切入。從教師的角度來看，「創意教學」是教師在教學過程中，發揮創造力，運用各種新奇且有價值的教學策略，以提昇學生的學習興趣、動機與創造力，並達成教學目標（吳清山，2002）。從學習者的角度來看，「創意教學」係在教學過程中，學生們藉由創造性的活動，運用創造性思維方法，發揮想像力和潛能，探索未知的世界，目的在激發其創意，發揮創造力（Fryer, 1996）。

「創意教學」模式是一種結構化的組織架構，用以發展創意學習活動和教育環境（陳龍安，1995）。創意教學的目的在使學生透過「腦力激盪」發揮創意，創新發展。所謂「腦力激盪」，是由英文 **brainstorming** 翻譯而來，意指透過成員集思廣益，各出奇想而產生相互激盪的效果，因此任何意見都受到同樣的歡迎（林振春，1999）。

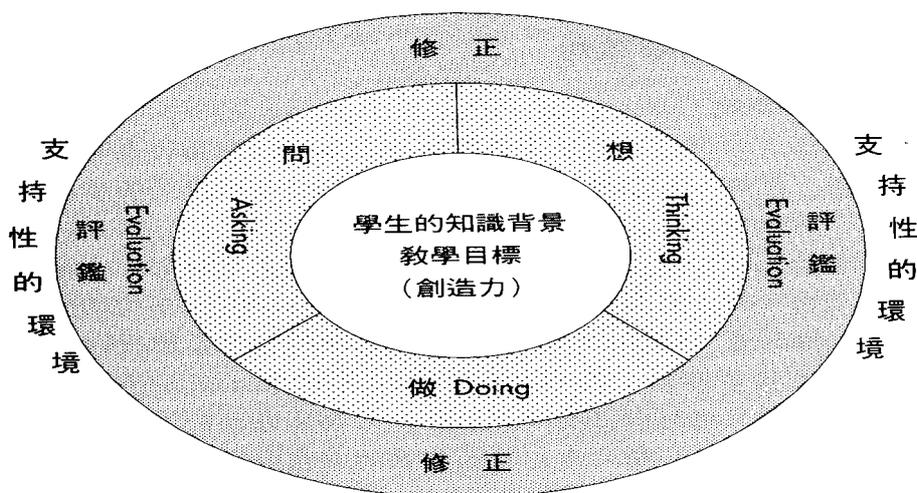
「創意教學」必須依賴良好的教學模式來進行，這種教學模式是一種結構化的組織架構，需具備適當的環境，彈性，實用性等，即「愛的模式（ATDE）」。所謂「愛的模式（ATDE）」，係由問(Asking)、想(Thinking)、做(Doing)及評(Evaluation)等四個要素所組成。問，就是教師提出創造思考的問題，以供學生思考；想，就是教師鼓勵學生思考；做，就是教師引導學生做中學；評，就是師生共同擬定評估標準，共同評鑑（陳龍安，1995：87）。如圖一和圖二所示：

除此，「創意教學」需營造一個有助於學習的氣氛。如何營造有助於學習的氣氛？首先，每個人都要勇於表達自己的想法，每個人的意見都要受到重視，也就是營造一個自由、開放、溫馨、尊重的氣氛來凝聚共識，展現創意（Fryer,1996）。



圖一 愛的(ATDE)創意思考教學模式

(資料來源：陳龍安，1995：87)



圖二 愛的(ATDE)創意思考教學模式  
(資料來源：陳龍安，無日期)

綜上得知，創意教學營造一個富有彈性、自由自在的學習空間，學習者必須依賴知識和經驗為基礎，才能發揮想像力與創造力，以產生創新。成人學習者具有豐富的經驗和知識，是進行創意教學最富便利性和豐富性的資源，也是激發創意的觸媒。因此，成人創意教學的氣氛，需要營造一個有助於成人學習的氣氛和組織，即具備以下特色：尊重個人、參與決策、自由表達、充裕的資訊。在界定目標、規劃、設計活動與評鑑時師生能相互尊重(魏惠娟，2001)。除此，成人學習是一種以「學習者為中心」的學習，因此在創意教學的學習氣氛上，必須更重視以下要素：相互尊重、合作的氣氛、相互依賴的氣氛、支持的氣氛、開放的氣氛、愉快的氣氛及人性化的氣氛(Knowles, 1975)。

由此可見，「創意教學」是一種用來啟發學生創意的教學，如果用於成人學習者，相信更具效果，因為成人的經驗豐富，是學習的重要資源，成人也具有自我導向的學習能力，在這種條件和愉快的學習情境下，更能幫助成人激發新的想法，發揮創意。換句話說，成人學習者在創意教學中，是一種主動的學習，自發的學習，和增進創新能力的學習。

### 三、研究設計與實施

#### (一) 研究對象

本文之研究對象為「進修專校的學生」，係指具有高中或同等學歷且繼續接受教育的非傳統學生，也就是俗稱的成人學生或成人學習者；他們生理已達成熟，能擔負成人生活角色，具有成人權利和義務，多已從事工作。他們再參與有組織的學習活動，目的乃在增進新知，獲得技能或造成態度的改變。

本研究的對象為南開技術學院附設進修專校 XX 科一年級 X 班的學生，人數共有 50 人，年齡的分佈則從 20 歲至 57 歲。他們大部分是藍領階級，受雇於公司或工廠，但也有些人是廠長、老闆、幼稚園老師、公務人員，甚至是茶農。他們具有成人學習者的特質，即彼此的異質性高，擁有豐富的生活經驗或工作經驗，傾向實用取向、問題為中心的學習(Knowles, 1975)。他們之所以利用部分時間參與學習，乃

是爲了獲得適應各種角色轉換所需的知能所致，有的是爲了拓展人際關係，有的是爲了工作的晉升，有的是爲了彌補以前的失學，有的是爲了充實生活。其中，工作晉升的需求是大部分成人學習者參與學習的最主要動機。

## (二) 研究設計

英文課程是近專學生必修的科目，雖然他們的程度參差不齊，但是都希望在期末能順利通過考試，英文程度獲得提升。研究者本身爲教授進修專校英文課程的教師，爲了有別於傳統以「教師爲中心」的教學方式，因此在課程內容的規劃上，力求實用、有趣與以「學生爲中心」，故選擇以話劇教學創作，來進行創意教學，並且利用成人學生具有自我導向學習能力的特質，激發其創意行爲表現。研究設計，即整個教學過程的設計，包含實施準備、實施教學、及教學評鑑。實施準備，乃是指教學大綱的擬定，包含時間的安排及教學內容的呈現；實施教學，乃指教學活動的進行，由教師每兩星期介紹一個簡易劇本給學生，每一劇本的進行過程爲，先進行劇本的了解，接著從改寫的角度提出問題、自由聯想、腦力激盪、到綜合歸納，並從中激發學生的創意；教學評鑑，乃是指學生參與教學活動的省思與滿意度之測量。

## (三) 研究實施

英語話劇創意教學就是依據「創意教學」的原則來擬定教學活動，首先是劇本的選擇，研究者基於進修專校學生英語程度普遍低落，故選擇簡易的劇本，包括坊間相關的兒童話劇文本，於第一節課將劇本帶至課堂，與學生們共同討論，挑選出他們所喜歡的故事，作爲導讀的文本。

在教學活動的設計上，研究者則依各劇本內容，強化教學與發展學習單。在強化教學方面，重視腦力激盪 (brainstorm) 及角色扮演的實地演練，並且兼顧溝通式教學法的「接受性的」(receptive) 語言技能如：聽與讀之教學，及「產出性的」(productive) 語言技能如：講與寫之教學 (韋金龍, 2001; Littlewood, 1981)。在發展學習單方面，則側重心得與創意的闡述。

接著，請每組學生就教師所介紹的劇本選出最想改編的戲劇，要求學生除了繳交腳本，還要上台演出，發表成果。雖然成人學生的學習程度不一，特質性大，但若能彼此同台賣力演出，想必其中折衝協調過程及發揮創意過程的自我導向學習，頗值得肯定。除此，英語聽、說、讀、寫的能力，也將在潛移默化中提升。

最後，研究者從文獻探討、研究動機與目的、及進修專校學生的課堂表現及課後訪談，做成問卷調查初稿，如附錄一。接著，研究者就學生之平時成績表現，徵選 40 分以下、40~70 分、70 分以上之有意願接受初稿問卷調查的學生各一名，若有意願者甚多，則挑其座號順序在前者。譬如，70 分以上有意願受測者有兩位，其座號分別爲 4 號和 16 號，則挑 4 號來受測。之所以以低、中、高級成績分別取樣，乃是基於話劇的演出是團隊合作與努力的結果，所有程度的學生都能獲得進步之假設。最後，再經同時任教進修專校的英文老師提供意見，做成正式問卷，如附錄二。

在問卷調查的初稿測試中，學生們普遍肯定問卷的內容，但是提出幾個較難以從字面理解的字詞，譬如問題 3 的「人力、物力問題」、問題 4 的「經驗重整」及問題 5 的「任務爲中心」等。其他英文教師的意見爲問題 3 句意不清楚，問題 9、10、11 偏重英語學習的成效，非自我導向學習的成效，問題 14、15 與自我導向學習成效較無關，建議刪去。研究者彙整以上意見，將原有的 15 題問卷內容修改成爲 10 題的正式問卷調查。首先，將問題 3 修正成句意較清楚的句子爲「在改編話劇之過程中，舉凡劇本、道

具、服裝、角色等問題，我會利用既有的經驗積極主動去解決」；問題 4 修正為較淺顯易懂的句子「在改編話劇之創意教學中，話劇中的創意大都來自己身經驗的靈感」；問題 5 則在「任務為中心」之後加註解釋為「在改編話劇之創意教學中，這種以「任務為中心（把話劇表演視為任務去完成）」的學習使我更專注」；問題 12 的內容已涵蓋了問題 9、10、11 的意義，加上本文主要聚焦於自我導向學習成效之探討，因此決定刪去問題 9、10、11；問題 14、15 與自我導向學習成效的評估較無關，因此也決定刪去。

在問卷調查的實施方面，本研究擬在期末全部學生上台表演後發放實施。之後，將回收之問卷整理並去除無效問卷，再經分析比較，找出認同意見（包括非常同意和同意）的百分比，作為評估學生自我導向學習成效之依據。

#### 四、研究結果分析

本研究的問卷調查，是在全班同學表演完話劇後所實施的，所以回收率是百分之百，受試人數和研究對象的人數相符合，共有 50 份。去除無效問卷 2 張（全部填答同意和無意見者各一張），共有 48 份有效問卷。接著，研究者統計五種意見（非常同意、同意、無意見、不同意、非常不同意）的人數，將各意見的人數除以總人數再化為百分比，取其贊同人數的總百分比，即非常同意的百分比和同意的百分比合，作為評估。譬如問題一非常同意的人數有 19 人，百分比數為 39.6 %，同意的人數有 27 人，百分比數為 56.9 %，因此贊同問題一的受試者共佔 95.8%，小數點之後經四捨五入成為 96%。其餘問題的百分比，依此類推，詳見表一。

表一、問卷調查統計分析表

問題	非常同意		同意		無意見		不同意		非常不同意	
	人數	百分比	人數	百分比	人數	百分比	人數	百分比	人數	百分比
1	19	39.6	27	56.3	2	4.2	0	0	0	0
2	20	41.7	23	47.9	3	6.3	2	4.2	0	0
3	19	39.6	23	47.9	2	4.2	3	6.3	1	2.1
4	18	37.5	23	47.9	1	2.1	5	10	1	2.1
5	17	35.4	24	50	2	4.2	3	6.3	2	4.2
6	23	47.9	24	50	1	2.1	0	0	0	0
7	20	41.7	24	50	3	6.3	1	2.1	0	0
8	18	37.5	25	52.1	2	4.2	2	4.2	1	2.1
9	23	47.9	18	37.5	4	8.3	2	4.2	1	2.1
10	19	39.6	25	52.1	4	8.3	0	0	0	0

本研究從問卷調查的結果可看出成人學生在創意教學過程中自我導向學習的顯著成效，由此可見，從改編劇本到創意演出的學習模式，能激發學習者主動、積極的學習態度，提高其對英文的信心與興趣。顯然地，這種以「學習者為中心」的生動、活潑、主動式學習，優於傳統上以「教師為中心」、學生處於

被動之僵化式的學習。問卷調查結果之分析，詳而言之，如下所述：

#### 1. 對話劇課程能自我規劃與負責

從問卷調查中發現，成人學習者對話劇課程能自我規劃與負責的人有百分之九十六。由此可見，成人學習者具有自我概念，了解自己的需求和程度，面對課程的要求，會選擇合適的組員，一起擬定學習目標與學習計劃，一起克服學習歷程所發生的困難，一起完成話劇的演出。

#### 2. 改編話劇文本能激發自我的想像力與創造力

本研究的話劇課程，要求學生發揮創意，改編英語劇本。目的就是希望學生藉著改編劇本，能激發出想像力和創造力，因為劇本的選擇是由學生所主導，所以讓學生感到興趣的劇本一定也能激發學生改編的動機與興趣。從問卷調查中，有百分之九十的成人學生，自認話劇之改編讓他們充分發揮創意。

#### 3. 創意學習過程的困難能自我克服

本研究的話劇課程，要求學生上台呈現改編過的話劇，因此學生除了語言學習與演練外，還需要與他人的合作或協調，尤其是創意的呈現，更需要人力、物力的支援與配合。從問卷調查發現，成人學生在面對話劇所需之人力、物力方面的需求，具有相當主動的精神，能迅速解決問題。這方面或許是因為他們的工作經驗豐富，因此對於舞台上的道具、服裝、人的問題，乃至創意的呈現都能設想周到。

#### 4. 創意活動能使自我學會經驗重整

雖然說成人學習者的經驗可能是學習的助力，也可能是學習的阻力，但是在話劇課程中，由於是團隊學習，所以在創意的呈現上，必然經過腦力激盪，折衝協調。因此，團隊所呈現的創意將是成人學習者最豐富、最寶貴的經驗所累積而成。問卷調查中贊成「話劇中的創意大都來自己身經驗的靈感」者，佔百分之八十五，涵蓋了大部分的學生。

#### 5. 以「任務為中心」的學習使自我更專注

這種以「任務為中心」的學習，就是目標導向的學習。所謂目標導向的學習，就是將任務視為目標所做的努力。在創意教學的情境中，學生學習的終極目標，就是創意地呈現話劇，這種學習目標促使學生專注於所要表演的話劇，所以在問卷調查中，有百分之八十五的人，認為自己非常認真地在學習，比以往上英文課的情形還要專注，投入的精力與時間也比較多。

#### 6. 以「學習者為中心」的過程使自我學會如何掌控學習

這種話劇教學從改編劇本到呈現劇情，全部是由學生來規劃與執行，老師只是在旁協助，所以這種學習，也可說是一種以「學生為中心」的學習。話劇表演是一種很特別的藝術，學生們溶於其中，藉由推理、想像、構思等步驟來進行創意思考。所有的主控權都是學生。問卷調查的結果顯示，有百分之九十八的人同意這種學習是一種以學生為中心的學習。

#### 7. 創意教學使自我發揮創新能力

創意乃源自於豐富的想像力，成人學習者具有豐富的生活與工作的經驗，這些經驗是創意的基礎，從改編話劇到話劇的呈現，都可運用想像力和經驗來呈現創意。在成人學生呈現話劇之前，每組的組員需經過「腦力激盪」的歷程。藉由腦力激盪，各出新奇的想法，最後再整合成共識，作為話劇改編的基礎。由於腦力激盪是沒有任何限制的，因此學生們可以天馬行空地想出最適合的劇情，透過這樣的過程，每個學生都能盡情發揮創意。創意就是運用獨特原創的思考，產生新事物的能力(Sternberg, 1989；1996)，

經問卷調查的結果，有百分之九十二的人認為這種教學法讓他們展現創意，產生創新的能力。

#### 8. 透過創意教學能自我提高學習興趣和學習動機

成人學生選擇話劇的文本是依照自己的意願來決定，話劇要如何改編的主控權也在學生本身，呈現話劇的主宰權也是由學生控管。學生為了呈現最佳的創意表演，莫不卯足了勁主動學習，也由於一切學習過程是以「學生為中心」、「寓教於樂」的學習，因此無形中激發了學生的學習興趣和學習動機。這種情形也表現在問卷調查中，幾乎有百分之九十的學生，肯定創意教學能有效地激發他們的學習興趣和動機。

#### 9. 透過創意教學能自我提升英文程度和能力

創意話劇教學使學生同時重視英語的「溝通能力」與「語用能力」。「語用能力」包含了語法規則、語用規則及言談技能，使學生能獲得技能。「溝通能力」則是指能以目標語與他人溝通、互動，使學生能使用技能。

換句話說，透過改編劇本的學習，學生可自我提升英文閱讀寫作的的能力。話劇的演出，提供學生創意語言的練習機會，使學生自我提升英語聽、說的溝通能力。亦即，透過話劇的創意教學，學生能自我深化英語學習。除此，創意教學營造一個讓成人學生自由發揮的情境，無形中降低學生學習英語的心理障礙，增加學習者學習英語的信心。所以也有幾乎百分之八十五的學生，在問卷調查中，肯定創意教學在自我提升英語能力方面的成效。

#### 10. 透過創意教學能增進自我與人交際溝通的能力

戲劇的呈現仿如人生事件的發生，劇場的情境讓成人學生有機會反思人生的問題及其解決之道。希蒙和非勒尼(Seaman & Felleny, 1998)認為成功的角色扮演，需賴演出者融合個人背景和經驗而來。透過角色扮演，學生有機會體驗不同的人格特質，設身處地為他人設想，也有機會去體驗不同的人生過程。整齣戲劇演出的成功則有賴組員們的團結合作。雖然成人學生的異質性大，但是為了圓滿演出，學生們必須彼此協調，無形中增進了與人交際溝通的能力。所以有百分之九十二的同學贊同創意教學能增進與人交際溝通的能力。

## 五、結論與建議

本研究旨在驗證諾爾斯自我導向學習之理論在成人創意教學活動中的成效，以下分別從結論和建議兩部分來論述：

### (一) 結論

在知識經濟的時代裡，創意教學是未來值得開發的教育產業。創意教學適合各門學科，教學者應將這種創意思考教學用來啟發學生的創造潛能，使其具備創新能力。本研究發現利用話劇進行成人創意教學，能使學習者掌握學習的主控權；能廣泛使用各種資源來增強知識能力，並依自己的興趣和能力去選擇學習目標；能運用時間安排學習，對整個工作能予以計劃；能享受學習的樂趣；能盡情發揮創意；能結合所學的知識和經驗來達成更有效的學習；能體驗生命經驗，並試著解決生命困境。這也驗證了諾爾斯自我導向學習理論應用於實務的成效。

這種自我導向學習的能力，使成人學習者具有獨立學習及自動自發的學習精神，使成人學習者能藉

以發展提升自我的知識和技能，並作為終身學習的準備。成人教育工作者必須幫助成人學習者，藉著創意學習活動，成功地轉換角色，自我提升，自我成長。成人學習者培養了終身學習的態度、能力、和習慣，才能營造學習社會，提高國家的競爭力。

## (二) 建議

本研究主要在評量創意教學中成人學習者自我導向學習之成效，但礙於只是個案的研究，是否能類推至其他班級，頗值得再研究。調查研究之進行，雖是無記名投票，但是由於研究者就是成人學生的任課教師，是否將影響成人學生作答之客觀性，也是本研究之限制，值得未來研究者深思。其次，在本研究中，研究者並未將性別、職業、年齡等因素加以考量，統計的方法也只是用簡單的百分比，因此建議未來的研究者可以在統計方法的運用與分析上再做更深入的探討。另外，建議未來的研究者可朝實驗組與控制組的比較著手，以進一步驗證成人學習者自我導向學習之成效。

## 六、參考文獻

- 中華民國成人教育學會 (1995)，《成人教育辭典》，(台北：中華民國成人教育學會)。
- 吳清山 (2002)，〈創意教學的重要理念與實施策略〉，《臺灣教育》，第 614 期，pp.2-8。
- 吳武典 (2003)，〈多元智能與學校經營〉，《教育研究月刊》，第 110 期，pp.20-40。
- 林振春 (1999)，〈團體技巧在成人教學上的應用〉，《有效的成人教學》，(中華民國成人教育學會主編，台北市：師大書苑)，pp.37-69。
- 韋金龍 (2001)，〈多媒體網路電腦在英語教學的應用〉，《英語教學雜誌》，第 25 卷第 3 期，pp.55-63。
- 黃富順 (2000)，《成人心理與學習》，(台北：師大書苑)。
- 陳龍安 (無日期)，《創意思考教學模式》，2006 年 5 月 26 日，取自 [http://cte.chna.edu.tw/children/designs7\\_3.htm](http://cte.chna.edu.tw/children/designs7_3.htm)。
- 陳龍安 (1995)，《創意思考教學的理論與實際》，(台北：心理出版社)。
- 鄧運林 (1995)，《成人教學與自我導向學習》，(台北：五南圖書公司)。
- 魏惠娟 (2001)，《成人教育方案發展—理論與實際》，(台北：五南圖書出版社)。
- Bruner, J. S. (1966), *Toward a theory of instruction*, (Cambridge: Press of Harvard University).
- Fryer, M. (1996), *Creative teaching and learning*, (London: Chapman).
- Knowles, M. S. (1975), *Self-directed learning: a guide for learners and teachers*, (New York: Association Press).
- Knowles, M. S. (1989), *The making of an adult educator*, (San Francisco: Jossey-Bass, 2nd Ed).
- Lindeman, E. C. (1961), *The meaning of adult education*, (Norman: Okla).
- Littlewood, W. (1981). *Communicative language teaching: An introduction*, (England: Cambridge University Press).
- Merriam, S. B. and Caffarella, R. S. (1999), *Learning in adulthood: a comprehensive guide*, (San Francisco: Jossey-Bass, 2nd Ed).
- Merriam, S. B. (2001), *The new update on adult learning theory*, (San Francisco: Jossey-Bass).
- Roberson, D. N. and Merriam, S. B. (2005), "The self-directed learning process of older, rural adults", *Adult Education Quarterly*, 55(4):269-287.

- Smith, R. M. (1983), *Learning how to learn: applied theory for adults*, (Milton Keynes: Open University Press).
- Sternberg, R. J. (1989). *The triarchic mind: A new theory of human intelligence*. ( New York: Penguin).
- Sternberg, R. J. (1996), *Successful intelligence: how practical and creative intelligence determines success in life*, (New York: Simon & Schuster).
- Seaman, D. F. and Felleny, R. A. (1989), *Effective strategies for teaching adults*, (Toronto: Merrill).
- Tough, A. M. (1971), *The adult's learning projects: A fresh approach to theory and practice in adult learning*, (Toronto: The Ontario Institute for Studies in Education).

## 附錄一 成人學習者在創意教學中之自我導向學習成效問卷調查初稿

1. 在改編話劇之創意教學中，我能自我規劃與負責一切學習活動  
 非常同意  同意  無意見  不同意  非常不同意
2. 改編話劇文本，能讓我運用想像力與創造力，發揮創意  
 非常同意  同意  無意見  不同意  非常不同意
3. 在改編話劇之創意教學中，我能積極主動解決人力、物力的問題  
 非常同意  同意  無意見  不同意  非常不同意
4. 改編話劇之創意教學使我學會經驗重整  
 非常同意  同意  無意見  不同意  非常不同意
5. 在改編話劇之創意教學中，這種以「任務為中心」的學習使我更專注  
 非常同意  同意  無意見  不同意  非常不同意
6. 在改編話劇之創意教學中，以「學習者為中心」的學習使我學會如何掌控學習  
 非常同意  同意  無意見  不同意  非常不同意
7. 改編話劇之創意教學使我發揮創新能力  
 非常同意  同意  無意見  不同意  非常不同意
8. 透過創意教學使我提高學習英語的興趣和動機  
 非常同意  同意  無意見  不同意  非常不同意
9. 為了改編劇本，我廣泛地閱讀與收集資料，無形中提升了閱讀能力  
 非常同意  同意  無意見  不同意  非常不同意
10. 在劇本改寫的過程中，我增加了字彙能力與寫作能力  
 非常同意  同意  無意見  不同意  非常不同意
11. 在創意話劇表演的過程中，我學會了用英語表達的能力，無形中提升了聽與說的能力  
 非常同意  同意  無意見  不同意  非常不同意
12. 透過創意教學使我提升英文程度和能力  
 非常同意  同意  無意見  不同意  非常不同意
13. 透過創意教學使我增進與人交際溝通的能力  
 非常同意  同意  無意見  不同意  非常不同意
14. 我認為創意話劇教學比傳統式教學生動活潑  
 非常同意  同意  無意見  不同意  非常不同意
15. 我贊同以創意話劇方式來上英文課  
 非常同意  同意  無意見  不同意  非常不同意

## 附錄二 成人學習者在創意教學中之自我導向學習成效正式問卷調查

同學們：

這份問卷是老師用來了解同學在創意教學中之自我導向學習成效，由於是無記名調查，因此請暢所欲言，以作為老師改善教學之參考！

英文老師

20050615

- 男       女
- 18~25 歲     26~35 歲     36~45 歲     45~50 歲     50 歲以上
- 農  工  商  公教  服務業  自由業  其他

1. 在改編話劇之創意教學中，我能自我規劃與負責一切學習活動  
 非常同意     同意     無意見     不同意     非常不同意
2. 改編話劇文本，能讓我運用想像力與創造力，發揮創意  
 非常同意     同意     無意見     不同意     非常不同意
3. 在改編話劇之過程中，舉凡劇本、道具、服裝、角色等問題，我會利用既有的經驗積極主動去解決  
 非常同意     同意     無意見     不同意     非常不同意
4. 在改編話劇之創意教學中，話劇中的創意大都來自己身經驗的靈感  
 非常同意     同意     無意見     不同意     非常不同意
5. 在改編話劇之創意教學中，這種以「任務為中心（把話劇表演視為任務去完成）」的學習使我更專注  
 非常同意     同意     無意見     不同意     非常不同意
6. 在改編話劇之創意教學中，以「學習者為中心」的學習使我學會如何掌控學習  
 非常同意     同意     無意見     不同意     非常不同意
7. 改編話劇之創意教學使我發揮創新能力  
 非常同意     同意     無意見     不同意     非常不同意
8. 透過創意教學使我提高學習英語的興趣和動機  
 非常同意     同意     無意見     不同意     非常不同意
9. 透過創意教學使我提升英文程度和能力  
 非常同意     同意     無意見     不同意     非常不同意
10. 透過創意教學使我增進與人交際溝通的能力  
 非常同意     同意     無意見     不同意     非常不同意

# 內在休閒動機與最適體驗的關係研究 —以認真型休閒特性為中介變數

楊原芳\*

明新科技大學體育室

## 摘要

休閒活動是開發中及已開發國家的人們必要之生活調劑品，因為其可以舒解生活上、工作上的壓力並且釋放不安定的情緒，而「內在休閒動機」則是驅動休閒活動的重要因素。從參與休閒活動之中的研究發現，參與類屬於「認真型休閒特性」的活動，確實可以達到「最適體驗」的感受。如研究結果：「認真型休閒特性」與「最適體驗」之間的徑路關係，達到顯著的正相關( $p < .001^{***}$ )；「內在休閒動機」與「認真型休閒特性」之間的徑路關係，達到顯著的正相關( $p < .001^{***}$ )；也就是「內在休閒動機」→「認真型休閒特性」→「最適體驗」的徑路關係，所以「認真型休閒特性」可以視為「內在休閒動機」與「最適體驗」之間的中介變數。

**關鍵字：**內在休閒動機，最適體驗，認真型休閒特性，中介變數

## The Correlation Study between Intrinsic Leisure Motivation and Optimal Experience—Serious Leisure Traits is a Medium-Variable

Yuan Fang Yang

Lecturer of Department of Physical education, Minghsin University of Science and Technology

## Abstract

In developed and developing countries, leisure activities are necessary for people to enrich their life, because it can release the pressure of life and work, and stabilize people's emotion. "Intrinsic Leisure Motivation" is the important factor in promoting leisure activities. The results of the study are as the following (1) The correlation analysis between "Serious Leisure Traits" and "Optimal Experience" shows a very strong correlation ( $p < .001^{***}$ ). (2) The correlation analysis between "Intrinsic Leisure Motivation" and "Serious Leisure Traits" shows a very strong correlation ( $p < .001^{***}$ ). (3) Through this study we find a route, that is "Intrinsic Leisure Motivation" → "Serious Leisure Traits" → "Optimal Experience". It shows the "Serious Leisure Traits" is a Medium-Variable (MV).

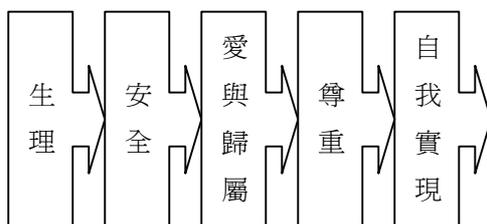
**Keyword :** Intrinsic Leisure Motivation, Optimal Experience, Serious Leisure Traits, Medium-Variable

---

\* 體育室講師 地址：新竹縣新豐鄉新興路 1 號 Tel：03-5593142 轉 2345 E-mail：yfy@must.edu.tw

## 一、前言

在人類行為研究的領域中，已提出許多關於人們參與休閒活動提供的益處，有如內在報酬、自我支持，都已經受到了證實，休閒活動對於人們的益處具有一種意義深長的重要性 (Iwasaki and Mannell, 1999)。也就是參與休閒活動所獲得的內在報酬、或是自我支持，即是一項促進人們參與休閒活動的內在行為動機。Weissinger and Bandalos (1995) 認為內在動機，就像一種具有個別差異的變數，其定義趨向於尋求休閒行為的內在報酬。尋求休閒行為的內在報酬，就像是Maslow在1970年的「需求層次」理論，「需求層次」理論，也就是從生理的需求→安全的需求→愛與歸屬的需求→尊重的需求→自我實現的需求五個層次的需求，如圖一。



圖一 「需求層次」理論(Maslow,1970)；引述自張春興(1996)

在Maslow理論之中的休閒需求，其包括了美與認知的需求，也就是對於知識的了解、正面的正義、正面的美麗、自我調整等的需求，其就像是在需求自我實現，而從休閒活動之中去獲得休閒活動即是人類五大需求的最高層次。

開發中及已開發國家的人們，因為物質生活上比較不缺乏，反而是心理層面上的空虛或是精神層面上缺乏滿足感；所以人們有了錢、有了空閒，更加促使人們趨向於追求休閒活動，來獲得與滿足心靈上的需求，而最終的目的，更希望能夠從參與休閒活動之中，可以達到休閒的「最適體驗」感受。而追求休閒活動來促進最適體驗的感受，則以參與類屬於認真型(serious)的休閒活動項目，最容易達到這種「最適體驗」的感受。

Stebbins (1992)認為認真型休閒活動的項目特性，其具有自我掌控、自主性、自我挑戰及追求完美等共同特質。因為有了這些特質，所以能夠讓心靈或是精神上的感受層次向上攀升。而相關於類屬認真型休閒的領域或是休閒活動項目，則包括了高爾夫、網球、魚釣的消遣及滑雪等(Stebbins, 1997)的休閒活動，也就是從事這些休閒活動項目，常常會讓自己逐漸認真的參與，而且不間斷。

所以本研究以從事高爾夫休閒運動之消費者為研究對象，探討其內在休閒動機與最適體驗之間的關係，並且以認真休閒特性為中介變數，以了解獲得休閒活動的最適體驗，是否經由參與類屬於認真型休閒的活動更能到達休閒的最適體驗感受。

## 二、文獻回顧與假設推導

### (一)內在休閒動機的意涵

探討「內在休閒動機」之前，我們先了解何謂「動機」？所謂動機(motivation)，是指引起個體的活動，讓那一種活動，朝向某一個目標進行的一種內在過程(張春興，1996)。然而從事休閒活動個別不同的動機是什麼？一個人有了穩定的工作，有了足夠的金錢，多餘的時間，即會開始尋求休閒活動，其就是動機的起始。動機(motivation)是由拉丁語「movere」而來，是引起動作或是內在力量(inner force)驅使的意思，它是行為的原動力，有了它才能促進有機體產生行為(陸君約，1984)。從心理學的觀點，就是有機體在心理上與生理上有了需求(need)或是驅力(drive)，於是開始朝向環境中相關的目標或是刺激(stimulus)，啟發持續性的活動，以滿足需求，紓解情緒上的不安，解除壓力，讓身心達到平衡(張春興，1996)。所以「內在休閒動機」的起始，即在驅使個體的行為產生休閒活動，也就是潛在性滿足需求的察知，其就是內心的需求與欲望。

在休閒行為中，人們對於「內在休閒動機」，即是在尋求內在報酬的一種感受 (Deci and Ryan, 1985; Kobasa, 1979)，這即是促進了內在的動機，參與休閒活動。本研究引用了 Weissinger and Bandalos (1995)之內在休閒動機 24 個題項為評量內在休閒動機量表。

## (二)內在休閒動機與最適體驗之間的相關

本研究是以參與高爾夫休閒活動項目為主要探討內容，所以研究偏向於高爾夫參與動機的行為情境，也就是驅使參與高爾夫休閒活動的內在休閒動機，其內在休閒動機與最適體驗之間相關的趨向。

了解參與高爾夫休閒活動動機之前，必須先了解高爾夫球友之個人背景，有如職業、薪資及社會交際需求等；其次，能否達到最適體驗的境界，則需更進一步的了解，高爾夫球友的參與程度、體驗的程度(林煒迪，2001)，其中也包括了預期的服務品質、預期的休閒活動目的。有如價值的獲得(Csikszentmihalyi, 1990)、心靈層次的提昇(Iwasaki and Mannell, 2000)；又如 Kaplan (1975)認為休閒的功能，像是提供了機會，可以在遊憩活動、個人成長及服務他人之中，展現自我能力的肯定與勇敢承諾的決定。

而內在動機對於休閒活動，同時影響了心理社會的發展(翁招玉，2004)，所以內在休閒動機其最終目的，能夠得到最好的休閒感受，也就是最適體驗。Csikszentmihalyi and LeFevre (1989)研究工作和休閒活動參與的最適體驗結果，提出個人流暢的體驗，大多來自工作，來自休閒活動參與的流暢體驗則較少。其原因應該是人們在自由的時間，不懂得安排自己的休閒活動，只是在工作中認真的投入，才能獲得最適體驗。另一種考量，其實應該以 Maslow 的「需求層次」理論來討論，也就是剛剛得到「基本需求」的心理需求，也就是因為工作結果，獲得滿意的報酬，而尚未到達「成長需求」的心理上及生理上的需求，尚未追求心靈上或是精神上更高層次的需求。

經由以上的探討，提出研究假設 H1

H1：「內在休閒動機」與「最適體驗」有直接顯著的相關

從事高爾夫活動，也就是有了穩定的工作，有了足夠的金錢，多餘的時間，即啟發了內在休閒動機，開始追求心靈上或是精神上更高層次的需求「成長需求」，其同時也是在追求最適體驗的感受。江中皓(2002)在運動觀光高爾夫假期遊客參與動機與滿意度之研究，討論到運動消費的行為模式，參與休閒活動的行為動機包括「環境因素」有如氣候、交通等；「個人因素」有如態度、認知、學習等兩大因素的需求，要達到最適體驗感受的前題，即先要有「需求」。

就像是參與高爾夫的一些情境，球場周邊各式各樣的景色(依各場地興建的位置)的佈置，包括了遼闊

的視野、平畛的草地、高山或是湖泊或是靠近海邊或是瀑布流水等，像是走在一個大花園裡看風景，並且從事了休閒活動，在內心裡常常有再度重遊的潛在動機，去感受最適體驗。這也是人們為何參與高爾夫休閒活動之後，常常擁有愛不釋手的感覺，即是一種需求。參與高爾夫休閒活動，其就像自我肯定、自我挑戰、對自己承諾及自我能力練習的感受一般，其最終目的更能達到最適體驗的感受。

經由以上的探討，提出研究假設 H2

H2：「內在休閒動機」與「認真型休閒特性」有直接顯著的相關

本研究並引用了 Walker, Bruce Hull, and Roggenbuck (1998) 以內容包括：1.讓我樂不思蜀，常常忘了時間；2.參與休閒活動，像是活在當下，可以忘卻俗世的羈絆；3.我深深地被休閒活動體驗吸引，忘了其它的雜念。三個題項為最適體驗評量量表。

### (三)認真型休閒與最適體驗之間的相關

Stebbins 在西元 1992 年把認真型休閒活動種類，區分為三類，包括：一項業餘(amateur)愛好、一種嗜好(hobbyist)，或是類似一種志工(career volunteer)的活動。Stebbins 於 1993 年更提出參與認真型休閒者，具有六項的特性，其包括「堅持不懈」、「生涯性或是職業」、「持久利益」、「個人努力」、「次文化」及「認同感或是身份證明」，等六項因素 16 個題項，作為衡量認真型休閒特性的量表。本研究亦引用為評量認真型休閒特性的量表。並探討 Stebbins (1992, 1993) 對於認真型休閒提出的三種類型之六種特性因素，是否能夠達到最適體驗，做如下的討論。

1、志工活動，從社會的觀點，其並不限於工作的世界，而是在生命過程中由於角色的差異，有不同的階段發展，其主要由個人具有特殊的生命機緣或是事件、或是生命轉換期，以及不斷的投入努力學習的結果(Stebbins, 1998)。

林淑芬(2002)探討彰化縣女性保健志工的人格特質、組織承諾與神馳體驗之關係，其對 412 位女性保健志工進行問卷調查。結果發現，志工年齡越低者，神馳的體驗中，對於「服務即是目的」、「專注力」、「忘我」等因素的感受較為強烈；已婚的志工在「服務即是目的」、「專注力」兩個因素比未婚的志工高；家庭主婦在「服務即是目的」、「專注力」兩個因素比學生來的強烈；受訪者家庭子女數越多者在「忘我」的因素體驗越高。

另外，志工參與服務機構越多者，在「肯定自我效能」、「服務即是目的」、「專注力」等因素的體驗程度較深入。這一篇即在探討「志工」人員在最適體驗的「神馳」感受，包括「服務即是目的」、「專注力」、「忘我」、「肯定自我效能」等因素，其結果相關於認真型休閒之六個特性，同樣地，即參與認真型休閒能夠達到最適體驗的感受。

2、嗜好活動，Chen, Wigand and Nilan (1999)研究網路瀏覽中的流暢體驗，發現在網路使用上，到達流暢體驗狀態的情境，常常是在搜尋資料的時候，其次則是閱讀與書寫，而使用者通常不會感受到自己楚於控制或是面臨挑戰之下。

陳偉睿(2002)探討玩家的上網玩遊戲行為，結果發現超過半數的玩家均為高上癮，而且都達到流暢體驗，心理狀態也是楚於高度的焦慮，以及高度的滿足感受。以上即在探討「嗜好」活動的參與，有如高度上癮(生涯性或是職業)、處於控制(自我能力的實現或是努力不懈)、面臨挑戰(堅持不懈)等，能達到流暢體驗，也就是最適體驗的感受。

3、業餘愛好，常常在電視體育運動台，對於高爾夫球賽的轉播，業餘愛好這個名詞常常出現在轉播主持人的口中。一般人在工作之餘的時間，即會尋求自己的休閒生活，於是產生業餘愛好，當以認真型六個特性投入的時候，就是正在進入最適體驗的時候。

周秀華(2002)認為其目標導向，需求有系統的與認真的投入一項業餘愛好，在追求過程中，追求者隨著生涯階段的發展，而有不同的目標，因而發展出不同的技能，成為其終身的興趣。業餘愛好的發展過程中，會覺得充實有趣，並且，隨時計畫與評估，以達成自我實現目標的一種休閒方式(余嬪, 1998)。業餘愛好的種類包羅萬象，有如宗教、戶外遊憩的冒險活動(例如：攀岩、泛舟、飛行傘等)、觀光業的旅行參訪活動、閱讀、藝術創作、體育運動(例如：高爾夫球、網球、羽球)的各項活動等等。而業餘愛好以認真型六個特性投入的時候，大部分都是以個人即可以從事的休閒活動。業餘愛好者嘗試持續努力達成這些休閒活動的要求，並且加以做比較，所以會有一定的水準表現，因此能得到相當程度的認同感或是身份證明(Stebbins, 1998)。

從「成長需求」理論來說明，即是能使心靈上或是精神上有更高層次的需求；也就是視休閒為一種自由舒暢的心境，一種全心忘我的投入，甚至是一種超越真實生活的狀態(莊斐瑜, 2001)，其就是最適體驗。由以上三種類型的休閒活動動機取向，締造出認真型休閒的特性，也因為具「認真型休閒特性」，所以更能達到「最適體驗」。

經由以上的探討，提出研究假設 H3

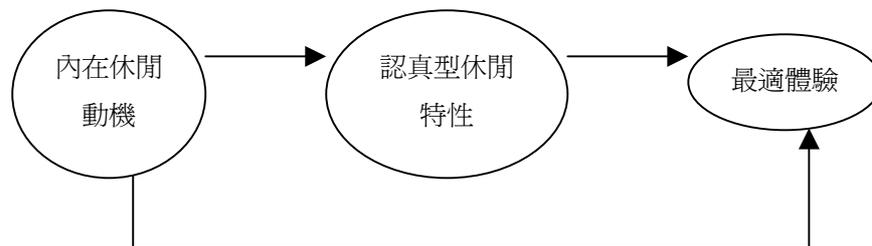
假設 H3：「認真型休閒特性」與「最適體驗」有直接顯著的相關。

綜合上述的文獻討論，本研究推論內在休閒動機與最適體驗之間有相關的存在，並且經由參與認真型休閒特性活動項目的中介結果，突顯參與休閒活動最適體驗的感受程度。於是提出假設 H4。

假設 H4：「內在休閒動機」經由「認真型休閒特性」的中介，突顯「最適體驗」。

### 三、研究方法

(一)研究架構：經由相關文獻的探討與研究假設的推論，推導出本研究的研究架構，如圖二。



圖二 研究架構圖

(二)問卷設計與調查

本研究方式對於台灣居民參與高爾夫休閒活動者，以問卷調查進行，問卷設計以 Weissinger and Bandalos (1995) 之內在休閒動機 24 個題項的量表、Stebbins (1993)的認真型休閒特性 16 個題項的量表及 Walker, Bruce Hull, and Roggenbuck (1998)提出的最適體驗量表，採李克特六點量表以「完全不符合」、

「不符合」、「不太符合」、「還算符合」、「符合」、「完全符合」依序為 1~6 分測量之。

以隨機抽樣進行，共抽出施測球場包括幸福球場(台北)、新淡水球場(台北)、揚昇球場(桃園)、長安球場(新竹)及新豐球場(新竹；其又稱之新竹球場)，合計五個球場進行問卷施測，每個球場問卷調查施測 80 份，合計施測 400 名參與高爾夫休閒活動者為樣本。正式施測於 2005 年 4 月 11 日發放。2005 年 4 月 20 日追蹤問卷施測情況，並且開始問卷施測回收。2005 年 4 月 27 日問卷施測回收結束，合計回收問卷 350 份，回收率 87.5%，開始一一過濾問卷結果，剔除無效問卷合計 36 份(包括：填答不完整者、選項同一答案者等)，合計有效問卷 314 份，有效問卷率為 78.5%。

#### 1、內在休閒動機量表

內在休閒動機量表經由項目分析(前 27%低分組與後 27%高分組)，其 CR 值達顯著者，並且比較量表總分之相關係數，如表一。由表一發現，內在休閒動機量表 24 個題項如 t 值，均具有鑑別度(\*\*p<.01)，都能鑑別出不同受試者的反應程度。與量表總分之相關係數，亦達到顯著的差異水準(\*\*p<.01)。

表一 內在休閒動機量表項目分析

題目內容	平均數	t 值	與量表總分之相關係數
1.在休閒時間，我可以按照自己的方式生活。	4.8217	-14.670**	.632**
2.可以像生活中其它重要的活動一樣，投入同樣的心力參與休閒活動。	4.6911	-11.334**	.599**
3.我知道我想要從休閒活動中得到什麼。	4.8248	-10.913**	.593**
4.追求自己的休閒活動時，我盡可能讓自己有效率。	4.7643	-10.970**	.575**
5.我喜歡那些稍微超出我能力水準的休閒活動。	4.3854	-8.604**	.491**
6.在休閒時間裡，我好像覺得自己無法做自己想做的事。	4.3822	-3.573**	.188**
7.我覺得我有很好的能力，來運用自己的休閒時間。	4.5255	-11.508**	.609**
8.我的休閒活動，吸引了我全部的注意力。	4.3726	-8.331**	.506**
9.我的朋友認為我擅長於從事休閒活動。	4.3790	-10.328**	.587**
10.在休閒時間裡，我喜歡接受挑戰。	4.5796	-13.448**	.651**
11.休閒活動是我生活中，重要的一部份。	4.6338	-11.048**	.615**
12.休閒活動是我最擅長的事情。	4.3312	-9.774**	.574**
13.休閒活動雖然不錯，但是我的生活中還有比休閒活動更重要的事情。	4.5287	-3.114**	.147**
14.在休閒活動時間，我非常樂意對一些尚未經歷過的事物做嘗試。	4.6083	-12.618**	.638**
15.當休閒活動挑戰我的能力的時候，我感覺到很好。	4.6752	-14.646**	.698**
16.從事休閒活動，讓我覺得自己是有能力的人。	4.6369	-13.867**	.624**
17.休閒時間令我最喜歡的理由，即是做自己想做的事。	4.8599	-14.003**	.662**
18.若是休閒活動挑戰了我的能力，我就無法享受休閒的感覺。	4.3025	-4.518**	.222**
19.我不願意讓其它事情，妨礙我的休閒活動計劃。	4.3408	-8.622**	.482**
20.休閒活動的時間，對我的生活是重要的。	4.6019	-11.275**	.558**
21.我好像知道該怎樣做，才能讓我的休閒更滿意。	4.5701	-13.372**	.682**
22.在休閒活動裡所做的事情，讓我覺得自己的能力不錯。	4.5510	-13.774**	.648**
23.參與休閒活動，讓我覺得自己是有效率的人。	4.5764	-11.891**	.588**
24.我會根據自己的需求，安排休閒活動時間。	4.7834	-13.480**	.631**

\*\*p<.01

## 2、認真型休閒特性量表

認真型休閒特性量表，經由項目分析(前 27%低分組與後 27%高分組)其 CR 值達顯著者，並且比較量表總分之相關係數，如表二。由表二發現，認真型休閒特性量表 16 個題項如 t 值，均具有鑑別度(\*\*p< .01)，都能鑑別出不同受試者的反應程度。與量表總分之相關係數，亦達到顯著的差異水準(\*\*p< .01)。

## 3、最適體驗量表

最適體驗量表經由項目分析(前 27%低分組與後 27%高分組)，其 CR 值達顯著者，並且比較量表總分之相關係數，如表三。由表三發現，最適體驗量表 3 個題項如 t 值，均具有鑑別度(\*\*p< .01)，都鑑別出不同受試者的反應程度。與量表總分之相關係數，亦達到顯著的差異水準(\*\*p< .01)。

表二 認真型休閒特性量表項目分析

題目內容	平均數	t 值	與量表總分之相關係數
1、工作之餘，我會排除萬難持續參與高爾夫運動。	4.3503	-15.407**	.728**
2、即使面對高爾夫運動需求多項的技巧，我仍會堅持參與。	4.6146	-14.017**	.690**
3、即使心情面臨低潮，我仍會堅持參與高爾夫運動。	4.3567	-12.050**	.643**
4、高爾夫運動是我生活的一部份。	4.5064	-16.728**	.755**
5、生活中若是缺乏高爾夫運動，我會感到更無趣乏味。	4.2293	-15.107**	.707**
6、在休閒活動的世界，我願意投資一輩子的時間，從事高爾夫運動。	4.2611	-14.746**	.711**
7、爲了從事高爾夫運動，我投入許多自己的努力。	4.5510	-15.356**	.728**
8、爲了增加高爾夫運動的技能，我願意投入更多的時間與金錢，參加相關的訓練課程。	4.2484	-13.026**	.654**
9、爲了增加高爾夫運動的技能，我願意花費更多的金錢，購買相關的書籍或是教學相關的影片。	4.1943	-12.306**	.679**
10、參加高爾夫運動，可以讓我心理獲得回饋的感受。	4.3981	-13.184**	.645**
11、從事高爾夫運動，我認識了更多的朋友。	4.8471	-11.558**	.607**
12、我會購買經由高爾夫明星廣告代言的產品。	3.7771	-10.505**	.536**
13、我認爲沒有其他的休閒活動項目可以取代高爾夫運動。	3.8280	-12.840**	.645**
14、我喜歡觀賞高爾夫運動相關的球賽節目。	4.5605	-12.545**	.661**
15、若是我有組織高爾夫運動球隊，團結和諧是第一優先的考量。	4.9013	-7.981**	.470**
16、經由長期與高爾夫球友的相處，不知不覺中，已經擁有了共同價值觀。	4.5223	-10.433**	.607**

\*\*p< .01

表三 最適體驗量表項目分析

題目內容	平均數	t 值	與量表總分之相關係數
1.讓我樂不思蜀，常常忘了時間。	4.3726	-8.346**	.464**
2.參與休閒活動，像是活在當下，可以忘卻俗世的羈絆。	4.8248	-11.515**	.604**
3.我深深地被休閒活動體驗吸引，忘了其它的雜念。	4.7261	-12.937**	.667**

\*\*p< .01

(三)資料分析方法

運用SPSS for Window 10.0，並以多元逐步迴歸分析法(stepwise)對內在休閒動機、認真型休閒特性及最適體驗做整體的檢定。以項目分析(CR值)進行內在休閒動機、認真型休閒特性及最適體驗量表的題項分析，並進行信、效度分析。以徑路(path)分析驗證假說。

四、研究結果與分析

本研究以三個量表結合的問卷，測試參與高爾夫球休閒運動者之內在休閒動機、認真型休閒特性與最適體驗之間的關係，其結果如下。

徑路(path)分析驗證假說

由各量表之分析結果，獲知量表均具有鑑別度。並繼續進行徑路(path)分析驗證假說。

(一)複迴歸分析一：表四複迴歸分析一模式分析摘要表之決定係數=.580，殘差係數 $\sqrt{(1-.580)}=.648$ ，也就是自變數(Independent Variable)之內在休閒動機與認真型休閒特性，無法解釋依變數(Dependent Variable)最適體驗的部份達到值=.648。表五複迴歸分析一係數徑路分析徑路圖之徑路係數，為標準化迴歸係數值(Beta 值)，以最適體驗為效標變項，內在休閒動機、認真型休閒特性為預測變項，兩個預測變項的標準化迴歸係數分別為 .769、-.013。

表四 複迴歸分析一模式分析摘要表(Model Summary)

模式	迴歸係數	迴歸係數平方值	迴歸係數平方值校正	估算標準誤	統計值變化		
					估算迴歸係數平方值	F值	p值
1	.762	.580	.578	1.0070	.580	214.946	.000**

\*\*p< .01, 預測變數:常數(Constant),內在休閒動機,認真型休閒特性

表五 複迴歸分析一係數(Coefficients)

模式	未標準化的迴歸係數		標準化的迴歸係數		t值	p值
	B	標準誤	Beta	標準誤		
1常數(Constant)	1.412	.607			2.326	.021*
內在休閒動機	.114	.007	.769		17.014	.000**
認真型休閒特性	-2.171E-03	.007	-.013		-.295	.768

\*p< .05; \*\*p< .01, 依變數(Dependent Variable): 最適體驗

(二)複迴歸分析二：表六複迴歸分析二模式分析摘要表之決定係數=.340，殘差係數 $\sqrt{(1-.340)}=.812$ ，也就是自變數(Independent Variable)之內在休閒動機，無法解釋依變數(Dependent Variable)認真型休閒特性的部份達到值=.812。表七，複迴歸分析二係數，以內在休閒動機為效標變項，認真型休閒特性為預測變項，此預測變項的標準化迴歸係數為.583。

表六 複迴歸分析二模式分析摘要表(Model Summary)

模式	迴歸係數	迴歸係數平方值	迴歸係數平方值校正	估算標準誤	統計值變化		
					估算迴歸係數平方值	F值	p值
1	.583	.340	.338	7.7512	.340	160.754	.000**

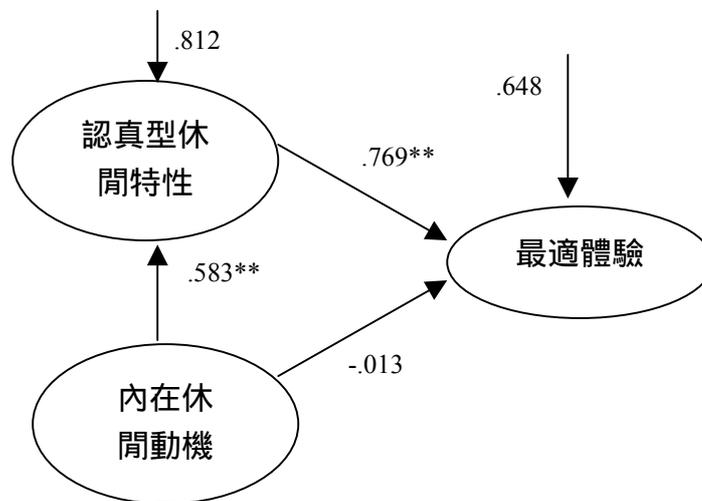
\*\*p< .01, 預測變數:常數(Constant), 內在休閒動機

表七 複迴歸分析二係數(Coefficients)

模式	未標準化的 迴歸係數	標準誤	標準化的 迴歸係數	t值	p值
1常數(Constant)	11.785	4.624	Beta	2.549	.011*
內在休閒動機	.532	.042	.583	12.679	.000**

\*p< .05; \*\*p< .01,依變數(Dependent Variable): 認真型休閒特性

經由表四~七的結果，獲知如圖三，影響最適體驗之徑路分析圖。由圖三了解，第一條顯著路徑「內在休閒動機」→「認真型休閒特性」之間的相關值為.583 (p<.01\*\*)，達到顯著的相關水準，實證研究假設H2：「內在休閒動機」與「認真型休閒特性」有直接顯著的相關；也就是內在休閒動機是認真型休閒特性必要的條件。也就是「內在休閒動機」直接影響「認真型休閒特性」，其之間有顯著的正相關。



圖三 影響最適體驗之徑路分析圖

第二條顯著路徑「認真型休閒特性」→「最適體驗」之間的相關值為 .769 (p<.01\*\*)，達到非常顯著的相關水準，實證研究假設H3：「認真型休閒特性」與「最適體驗」有直接顯著的相關。「認真型休閒特性」直接影響「最適體驗」，其之間有顯著的正相關。也就是「最適體驗」因為具有「認真型休閒特性」，更能達到休閒活動的「最適體驗」境界。

第三條路徑「內在休閒動機」→「最適體驗」之間(相關值-.013)沒有顯著的相關，推翻假設H1：「內在休閒動機」與「最適體驗」有直接顯著的相關。也就是僅僅有「內在休閒動機」並不能直接達到休閒活動的「最適體驗」境界。

而第四條路徑發現「內在休閒動機」(相關值.583\*\*)→經由「認真型休閒特性」(相關值.769\*\*)→影響「最適體驗」；既然「內在休閒動機」直接影響「認真型休閒特性」，而「認真型休閒特性」直接影響「最適體驗」。也就是「內在休閒動機」可以透過「認真型休閒特性」對於「最適體驗」有間接的影響。實證了假設H4：「內在休閒動機」經由「認真型休閒特性」的中介，突顯「最適體驗」。也就是「認真型休閒特性」在「內在休閒動機」與「最適體驗」之間，確實扮演了中介的角色。

## 五、結論與建議

### (一)結論

- 1、休閒活動是開發中及已開發國家的人們必要之生活調劑品，也因為物質上、金錢上的不缺乏，才會有「內在休閒動機」；而「內在休閒動機」其重要在調整忙碌生活的工作壓力、釋放情緒上的不安等等，所以需求休閒活動。而參與具有「認真型休閒特性」活動的項目，從其中享受更多的休閒樂趣，更能解除壓鬱的情緒。本研究以屬於「認真型休閒特性」的休閒活動—高爾夫為調查對象，最後獲知參與「認真型休閒特性」休閒的活動項目，「內在休閒動機」在「最適體驗」的感受上，確實有直接正面的相關影響。也就是「最適體驗」的感受，能由參與「認真型休閒特性」活動的項目來提昇 ( $p < .001^{**}$ )。
- 2、另一方面從結果的顯示，雖然無法實證「內在休閒動機」與「最適體驗」之間直接的顯著關係；然而從結論(一)、(二)可以獲知，「內在休閒動機」可以透過「認真型休閒特性」來達到「最適體驗」，有如「內在休閒動機」影響→「認真型休閒特性」影響→「最適體驗」。也就是「內在休閒動機」與「最適體驗」之間，還是有間接的相關，儼然「認真型休閒特性」對於「內在休閒動機」與「最適體驗」之間有中介的效果。也就是「內在休閒動機」的驅動，需求透過「認真型休閒特性」活動的項目的中介，才能達到最佳的「最適體驗」感受。也就是類屬於「認真型休閒特性」活動的項目是「內在休閒動機」與「最適體驗」之間的中介變數。
- 3、至此，本研究最終目地，在於獲知參與休閒活動除了能夠享受休閒樂趣之外，更希望從參與休閒活動之中求得「最適體驗」的感受。這種感受程度，有如獲得精神上的幸福感受 (wellbeing)，也像是獲得一種心理上或是生理上的滿足感受。精神上的幸福感受，誠如一些理論家及研究者，已經在一般休閒生活問題的處理策略與應用策略上，證實了具有精神上的幸福感受，也就是參與休閒活動，可以有效地幫助人們應付精神上的壓力(Iwasaki and Mannell, 2000)。

### (二)建議

- 1、因為有「內在休閒動機」的驅動，所以從事了休閒活動，也就是參與兩種休閒類型之一，隨興型(casual)休閒活動或是認真型(serious)休閒活動。從隨興型休閒的釋義，Kelly (1990)以三種重要的成分定義隨興型休閒活動，(1)其是一般的遊戲，孩童較喜好的方式或是一種「天真單純」輕快的方式，而行為上卻似成年人；(2)這種遊戲的表現有豐富性，而本質上具有積極的態度；(3)這種遊戲涉入一種非認真型的結果，是一種自己世界的意義，是一種短暫性的創造，通常是類似少許「真實世界」陰影的影射」。從認真型休閒活動的釋義，Stebbins (1997)將其區分為三類，包括：「一項業餘的愛好(amateur)、一種嗜好(hobbyist)，或是類似一種志工(career volunteer)的活動。」明白了隨興型與認真型的休閒活動的區別，再從研究的結果，獲知「內在休閒動機」對於「認真型休閒特性」有直接的影響，其之間有顯著的相關( $p < .001^{**}$ )。所以要參與類屬於「認真型休閒特性」的活動，更容易達到「最適體驗」的效果。
- 2、本研究建議參與休閒活動者，若是能夠參與類屬於「認真型休閒特性」活動的項目，更能達到「最適體驗」的感受。這些「認真型休閒特性」，就是參與一項能夠具備堅持不懈(perseverance)、生涯性或是職業(career)、持久利益(long-lasting benefits)、個人努力(personal effort)、次文化(subculture)及認同感或是身份證明(identification) 等六項特性 Stebbins (1992)的休閒活動，這些活動有如高爾夫、網球、羽球、

釣魚等；或是有如冒險性的活動，例如：汎舟、攀岩、滑雪等等。

## 參考文獻

### 一、中文文獻

江中皓(2002)，在運動觀光高爾夫假期遊客參與動機與滿意度之研究，國立體育學院體育研究所未出版碩士論文。

余嬪(1998)，學習社會與休閒教育，學習社會，台北：中華民國成人教育學會。

林煒迪(2001)，高爾夫球友擊球動機及體驗之研究，國立中正大學企業管理研究所未出版碩士論文。

林淑芬(2002)，女性保健志工人格特質、組織承諾與神馳經驗關係之探討：以彰化縣市為例，大葉大學休閒事業管理學系未出版碩士論文。

周秀華(2002)，深度休閒者學習經驗之研究，國立高雄師範大學成人教育研究所未出版碩士論文。

張春興(1996)，教育心理學－三化取向的理論與實踐，台北：東華。

莊斐瑜(2001)，台北市高中職學生休閒學習情況與休閒教育需求之研究，國立台灣師範大學社會教育研究所未出版碩士論文。

陸君約(1984)，心理學，台北：中國行為科學社。

陳偉睿(2002)，網際網路之流暢經驗之初探性研究，國立中山大學資管系未出版碩士論文。

### 二、英文文獻

Chen, H., Wigand, T. R., & Nilan, S. M. (1999). Optimal experience of web activities. *Computers in Human Behavior, 15*(5), 585-608.

Csikszentmihalyi, M., & LeFevre, J. (1989). Optimal experience in work and leisure. *Journal of personality and Social Psychology, 56*(5), 815-822.

Csikszentmihalyi, M. (1990). *Flow: The psychology of optimal experience*. New York: Harper.

Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1985). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*, New York : Plenum.

Iwasaki, Y., & Mannell, R. C. (1999). Situational and personality influences on intrinsically motivated leisure behavior: Interaction effects and cognitive processes. *Leisure Sciences, 21*, 287-306.

Iwasaki, Y., & Mannell, R. C. (2000). Hierarchical dimensions of leisure stress coping. *Leisure Sciences, 22*, 163-181.

Kaplan, M. (1975). *Leisure: theory and policy*. New York: Wiley.

Kelly, R. J. (1990). *Leisure*. (2<sup>th</sup>ed.). Englewood cliffs, NJ: Prentice-Hall

Kobasa, S. (1979). Stressful life events, personality: An inquiry into hardiness, *Journal of Personality and Social Psychology, 37*, 1-11.

Stebbins, R. A. (1992). *Amateur, Professionals, and Serious Leisure*. McGill-Queen's University Press, Montreal and Kingston.

Stebbins, R. A. (1993). *Social world, life-style, and serious leisure: Toward a mesostructural analysis*. Quebec: McGill-Queen's University Press.

Stebbins, R. A. (1997). Casual Leisure: A conceptual statement. *Leisure Studies, 16*, 17-25.

- Stebbins, R. A. (1998). *After work : the search for an optimal leisure lifestyle*. Canada : Detselig Enterprise Ltd.
- Walker, G. J., Bruce Hull , R., & Roggenbuck, J. W. (1998). On-site optimal experiences and their relationship to off-site benefits, *Journal of Leisure Research*, 30(4), 453-471.
- Weissinger, E., & Bandalos, D. L. (1995). Development, reliability and validity of a scale to measure intrinsic motivation in leisure. *Journal of Leisure Research*, 27(4), 379-400.

## 論街頭流行運動文化-街舞運動

黃明甘\* 高小芳 向薇潔

明新科技大學體育室

### 摘要

「街頭流行運動文化」一詞，最常被聯想到的往往是休閒娛樂活動，但街頭流行運動文化並不僅僅是娛樂運動或商品，它同時夾帶著一陣陣強而有力、所向披靡的主流思潮。街頭流行運動文化所觸及的對象自幼及長、童叟無欺，不僅媒體時常報導的流行文化包含在內，周休二日所引發的休閒風，皆為街頭流行運動文化的一部分。

街舞運動，因其創造的專屬流行語、迥異於他人的穿著打扮與特殊的運動器材與音樂而受矚目；但街舞運動事實上並不僅僅是商業機制運作的結果，也牽涉到人的心理與生理需求。參與流行文化、討論流行議題，實際上便是人們以文化消費的形式參與社會活動，在此同時並獲得參與感及成就感。而這樣的現象對年輕人而言，其影響力與重要性是值得探討的。

本研究主要是以文獻與媒體報導來探討街頭流行運動文化-街舞。

**關鍵字：**街頭流行運動文化，街舞

## Street Popular Culture- Hip-Hop Dance

Ming-Kan Huang Hsiao-Fang Kao Wei-Chieh Hsiang

Mingshin University of Science and Technology

### Abstract

When it comes to “Street Popular Culture”, the first thing that comes to most people’s minds is entertainment. However, it’s not just entertainment or merchandise, but a strong mainstream culture. Street Popular Culture includes any range of age, and it’s can even include to children and seniors. Street Popular Culture is not just the fashionable trends that the media often reports, but also the entertainment fever caused by extended weekend.

The exclusive terms, unique dressing style, special sports and music are the reasons it is so notable. Street Popular Culture is not only the resulting in business, but involved a mental and physical aspect. In fact, people obtain the feeling of accomplishment by taking part in the current culture and discussing fashion issues. For this reason, the influence and significance to young people ought to be noticed.

This study is based on literature and media report to the Street Popular Culture — Hip-Hop Dance.

**Key words :** Street Popular Culture, Hip-Hop Dance

---

\* 體育室講師 地址：新竹縣新豐鄉新興路 1 號 Tel：03-5593142 E-mail：mkh3612003@yahoo.com.tw

## 壹、緒論

街頭流行運動文化同時也代表了時興的社會話題、看法與感覺，當我們與他人一起討論著 Hello Kitty 或者是 Spa、佩帶天珠、減重、塑身...等共同話題時，人們的價值往往隨之成形；並且在參與討論或活動（如排隊購買 Hello Kitty）的同時，生活的步調及時間的安排也隨之運作。（自由新聞網 <http://www.libertytimes.com.tw/2004/new/aug/23/today-int0.htm>。）

街頭流行文化傳統上被視為威脅精緻文化的低俗文化，特徵為「規格化」（量大即美）、刻板印象化、速食化、重複主流價值、造假虛幻化與物質取向。然而自 1960 以來，隨著社會的開放與階層的消弭，街頭流行文化也可被視為社會民主化的多元現象。街頭運動流行文化主要依賴大眾媒體廣大通路的本質而達到「催眠」的效果—無意識順服地養成主流的文化品味與消費。

全世界年輕人生活中延燒，並帶領流行風潮的 HIP HOP，是一種結合塗鴉藝術、街舞、DJ 以及饒舌音樂的多層次街頭流行文化。而這股多層次的前衛流行文化，也在運動中漫延開來，特別是從街舞、籃球運動中，從美國 New York 街頭，穿著隨性、穿耳洞、身上或臂膀上偶有一兩個刺青，球場邊牆或籃版上可隨處看到城市塗鴉的作品，配合著街舞運動的律動，Hip Hop 的音樂讓整個街舞更自由、超我。而這樣的一股另類運動就叫 HIP HOP DANCE。

隨性 HIP HOP DANCE 可謂 HIP HOP 文化的元素，這股元素從 New York 街頭向外滲透到 NBA，到全球喜歡街頭流行運動的人生活中。預期另類的街頭流行運動將成為人們休閒運動文化的基本發展元素。

本文從街舞的由來與演變探討其對青少年的影響及在台灣的發展現況，希望台灣能發展出具有台灣特色的街舞。

## 貳、街舞的由來

街舞，英文稱為 Hip Hop Dance，是一種起源於七十年代美國紐約的即興舞蹈（蔡慧萍，2002），追溯到美國的哈林區在美國紐約市較低層的黑人社區 Bronx 發源，是所謂的有色人種次等公民如黑人、西班牙裔、猶太裔...的社區。這一區的生活水準和公共福利往往不如道地的老美來的好，這些種族的小孩子們成天無所事事在街上混，因為太無聊了，所以跳舞來解悶，漸漸的出現各種不同舞蹈種類，各個種類也延生出不一樣的舞蹈風格。由於這種舞蹈出現在街頭、不拘於場地器械，所以稱為街舞，並且具有極強的參與性、表演性和競賽性。所以...為了得到自我認同和族群溝通，為了抒發情緒和休閒消遣，而發展出的舞蹈，Hip 就是屁股，而 Hop 就是跳躍，也就是跳舞！而它也是代表著一種精神以及勇於嚐試的生活態度，因為這樣子的精神，於是乎 Hip-Hop 文化逐漸形成，從單純的舞蹈型態涉及到生活方式和精神。（林怡潔，2000b），漸漸的 Hip-Hop 文化在美國植下了根，成功的結合了娛樂、商業、音樂，甚至政治。

## 參、街舞的 style 與演變

### 一、街舞的 style

HIP-HOP 舞蹈包含著 LOCKING（鎖舞），POPING（機械舞），BREAKING（霹靂舞），WAVE（電流）這些東西起源於美國街頭的舞者的即興舞蹈動作。

Popping（機械舞）：顧名思義是肢體像機械人般的舞步。

Breaking（霹靂舞）：一般人對街舞的印象大概都是 Breaking，也就是我們常說的霹靂舞，很多地板動作和特技。

Locking（鎖舞）：重點在手部的旋轉和定格動作。

Wave（電流）：有很多表現出傳電導電的動作。

## 二、街舞的演變

### （一）HIP-HOP DANCE 的演變

OLD SCHOOL 演變至 NEW SCHOOL 的關鍵，這可追溯至早期 OLD SCHOOL 的音樂，其具有非常快的節拍來配合這 BREAKING 的動作，而後隨著 HIP-HOP 音樂的演進，人們開始瞭解 BREAKING 並不適合這些 NEW SCHOOL HIP-HOP 的音樂（NEW SCHOOL 的音樂比較慢）此時 OLD SCHOOL 與 NEW SCHOOL 的舞蹈就開始分家了，那是在 1986 年左右早期 NEW SCHOOL 的舞步非常簡單，如耳熟能詳的『滑步』這在以前 MC HAMMER 及巴比布朗的 VIDEO 的中均可見到，或許我們可以稱當時這種風格的 HIP-HOP 舞蹈為 FUNKING DANCE。

### （二）NEW SCHOOL HIP-HOP 的出現

就以現在的眼光來看這些 MC HAMMER 及巴比布朗時期所流行的街舞，也漸漸變成了 OLD SCHOOL，因為在 92 年初期時，出現了一個叫做 MOP TOP(ELITE FORCE) 的黑人舞蹈團體（由 HENRY LINK，LOOSE JOINT，BUDDHA STRETCH 組成），他們發展出一種新風格的 HIP-HOP，我稱他為『原地性的 HIP-HOP』，他不像 MC HAMMER 及巴比布朗時期的大動作，勁爆，大範圍式的移動，更沒有霹靂舞中那些在地上類似體操的動作，他獨有風格在於他注重身體的協調性（我們所謂的律動），他重視身體上半身的律動及增加了許多手部的動作，不再像那些舊風格的 HIP-HOP 注視大範圍的移動以及腳步的動作，或許 HENRY 剛開始時只是一位默默無名的街頭舞者，但是當麥克傑克森的一首 MTV 出現時，大家首次看到這種我所謂的原地性舞蹈，這種新風格的舞蹈在這位世界流行音樂之王的 MTV 出現，馬上就掀起了一股風潮，我們不敢說是甚麼原因使這位 HENRY 先生一炮而紅，但是這首 MTV 中的舞蹈正是他的傑作，後來馬麗亞凱利的 Dream lover 歌曲 MTV 中，我們看到了一片草原上有一群只穿著褲子的黑人跳著奇怪風格的舞蹈，這些舞蹈中夾雜著 HIP-HOP，LOCKING（鎖舞），POPING（機器舞），WAVE（電流）這些東西，卻配合著是 Dream lover 這種 R&B 式曲風的 HIP-HOP 音樂，我們很難相信我們所看到的東西，當時我們很難去斷定這是甚麼樣的舞蹈，但是，這卻是 NEW SCHOOL HIP-HOP 發展史上很重要的一節，他是全世界開始流行 NEW SCHOOL 的起源。

### （三）NEW SCHOOL HIP-HOP 的成熟階段

正所謂的 NEW SCHOOL HIP-HOP，就是將各種不一樣類型的舞蹈串聯在一起，以一首輕快慢板的 HIP-HOP 或 R&B 表現出來，（這也是 NEW SCHOOL 初期的一種型態）我們看到這首 Dream lover 中這群由 Henry 帶領的黑人舞群，做出了令人難以理解的舞蹈動作，他們把以往只能搭配快節奏的 LOCKING（鎖舞）在 R&B 的慢式舞曲節奏中以一種新的感覺去表現它，他們不再做這種一定要類似雙節棍般甩手挽般的動作去表現 LOCKING（鎖舞），他們簡化了許多 LOCKING（鎖舞）的動作，並且以標準的 HIP-HOP

左右式律動去表現 POPING（機器舞）和 LOCKING（鎖舞），也不時的在舞蹈中加上 WAVE（電流）的東西，簡單的說，就是用新的感覺去詮釋這些舊的舞步，馬上，日本的知名街舞團體兼歌手 ZOO 所發行的新單曲中，也用了這種 NEW SCHOOL HIP-HOP 來表現 MTV 中的舞蹈，一不注意，這種新風格的街舞已經在全世界流行開來了。

#### （四）現在的 NEW SCHOOL HIP-HOP DANCE

當這種 NEW SCHOOL HIP-HOP 在日本開始流行時，日本人發展出它們自己的另一套舞風，同樣的這也是另大家難以理解的事情，這些日本的 HIP-HOP 舞者開始用 OLD SCHOOL 的音樂跳 NEW SCHOOL 的 HIP-HOP 了，NEW SCHOOL 的發源在以新的音樂風格表現舊的舞蹈，現在卻變成以舊的音樂風格來詮釋新的舞蹈，真的是很奇怪的一件事。在動作上，近期的 NEW SCHOOL HIP-HOP 變化更多，尤其是在加上 WAVE（電流）的東西時，它變得更沒有規律，如果以觀眾的眼光來看，似乎跳這些 NEW SCHOOL 的舞者都是『小兒麻痺』患者，因為身體的扭曲更加厲害，越來越沒有在舞蹈中所謂的規律性。街舞擁有零零碎碎的歷史與分類，不論是 NEW SCHOOL、OLD SCHOOL 甚至最新發展出有包含律動的 HIP-HOP JAZZ，我們可以從越來越多的街舞活動與參與人潮看出新世代對街舞的喜愛與狂熱，揮汗表演的街舞團體總是大家眼中的焦點，台下每一隻眼睛都不希望錯過任何一段肢體的創意，誰說表現自己一定要胡作非為？就是現在，跳個街舞吧！（林怡潔，2000c）

### 肆、街舞在臺灣的發展現況

街舞在台灣已經是學生的全民運動，除了 MTV 裡面明星擺邀扭臀，大跳特跳地推波助瀾，還有各高中大學一年到頭都有的舞會，可以讓同學大展身手。而且舞會時 DJ 所選的，絕大部分都是屬於街舞性質的舞曲，會跳街舞的同學尬起舞來讓人直呼過癮，當然成為眾人焦點，剩下的人當然只能氣得牙癢癢的，下定決心一定要學會跳舞，不然只能跟壁花、壁草、壁紙為伍。難怪幾乎每個大學社團都有熱舞社，高中熱舞社的規模也愈來愈大，連國中課外活動都開始加入熱舞課程了。

#### 一、政府方面

青少年流行文化將和升學管道更靠近一點！台北市教育局副局長陳益興（引自陳世偉，2003）表示，時下青少年熱衷的「街舞」活動，未來將納入全民運動會的比賽項目中，並考慮在升學管道中，給予在「街舞」項目表現優異者優惠。

教育局目前初步擇定增設的「街舞」活動場地，包括捷運站、華納威秀、西門町，或青少年育樂中心、中正紀念堂、國父紀念館廣場等地點。

除了舉辦第一屆「市長盃青少年街舞邀請賽」以外，陳益興（引自陳世偉，2003）指出，教育局還會進一步輔導各級學校成立「街舞」社團，以及協助推動「街舞」相關活動；另教育局已針對優秀的「街舞」團體或個人，研訂獎勵評審辦法，未來並會考慮是否在升學管道中給予優惠。

#### 二、民間團體方面

有心人更將它發揚光大，結合媒體與企業贊助舉辦許多比賽或研習營，例如像新港文教基金會就將街舞結合民間的民俗技藝（八家將），讓三太子八家將文化正面化，並且結合「哪吒」形象如何把三太子、八家將的動作融入街舞，發展出「新港舞步」臺灣街舞，而不只是抄襲美國街舞的形式，跳出台灣文化

的街舞。

基金會邀請擅長跳街舞在地教師江季鴻，專程到台北拜師學三太子腳步，江季鴻老師不負眾望，不只編舞還用電腦融合鑼鼓嗩吶作曲。(陳世偉，2003)

江季鴻帶領新港舞步代言人張文文與陳見亨，在立法院記者會首次公開跳舞，在現代節奏感的鑼鼓聲中，文建會主委陳郁秀也跟著現學現跳，出席立委們也跟著跳，一旁吶喊助興的徐中雄立委，差點跳起八仙李鐵拐舞步。

讓三太子八家將文化正面化，並且結合「哪吒」形象，陳郁秀(引自楊家琪，2003)表示，新港舞步反映青少年的活力與健康，它將民俗文化的韻律和趣味融入舞蹈中，這是值得全民參與的舞步。

### 伍、全球化(globalization)下的街舞國際觀

從文化的角度看，全球化意味著一種全球文化的誕生。一種觀點認為，全球文化是被西方統治的文化，本土文化有被同化的危險。(謝育貞，2004)，文化全球化實際上就是本土文化的西方化。也有觀點認為，這種不對稱關係不是絕對的。民族國家仍然有其自主性，本土文化仍可以與西方文化抗衡(引自陳韜文，2000)。全球化(globalization)無疑代表著一種重要的趨勢，但全球化並不能脫離本土化，全球化與本土化都是相對的，是同一個硬幣的兩面。Robertson(引自陳芸芸譯，James Lull 著，2004)提出的「全球化」這個概念很好地概括和實現了個中兩者的相對性和辯證關係。誰說年青人沒有國際觀？耳聽美國嘻哈樂跳著展現自我風格的街舞，F 世代的年輕人超愛這種美國嘻哈文化。然而年輕人追求的流行文化，是否對提升國際觀有正面效應？社會觀察家吳若權(謝育貞，2004)表示，至少年輕人願意開放心胸接受外來事物就是一種接受國際觀的表現。政治大學外交系黃奎博教授表示，年輕人會因為喜歡哪一國流行文化進而去瞭解該國的文化等面向，對於國際視野也會有拓展。不設限的青春最有活力了！保持開放的胸襟，欣賞不同文化，用心去品味，就能體會、欣賞多元的文化藝術，做個有國際觀的活力青年。(吳得錫譯，Jean-Pierre Warier 著，2003)

### 陸、結語

追溯現代流行的嘻哈歌舞和年輕人熱愛的街舞，都是來自美國低收入的黑人社區，黑人青少年因為沒有遊憩空間，在街頭唱跳玩樂，逐漸發展出滿地翻滾跳躍的街頭舞姿(林怡潔，2000a)。隨著黑人文化抬頭，饒舌歌街舞歌陸續引領時代風騷，街舞反映街頭文化的生命力。

以同樣角度來反省台灣，在現代化過程，台灣人忽略了台灣街頭的的生命力，例如八家將、法鼓陣也是在街頭邊自發性地練習，如同黑人街舞來自街頭，其實台灣人也有街頭的生命的。從另類的角度來看，三太子迎神的舞步，八家將開路驅邪迎神的架步，難道不是街頭展演的街舞嗎？

八家將的步路，從戲劇舞蹈的觀點來看，更是包容了武術戲路角色故事等情節張力，雖然它是宗教儀式性的展演，有其嚴謹的宗教文化規定不容隨便，從舞蹈的來看，家將腳步就是精緻的街舞。

把三太子、八家將拿到美國黑人的街舞群中展演，相信會獲得熱烈的掌聲的。如果愛好街舞的人能夠吸收更多的本土街頭藝術和中國人傳統的民俗文化再結合全球化國際觀，發揮創造力，創造新舞步，持續發展研究，進而發展出代表台灣特色的街舞，或許有朝一日也能像美國街舞一樣傳播到世界各地。

### 參考文獻

1. 自由新聞網 <http://www.libertytimes.com.tw/2004/new/aug/23/today-int0.htm>.
2. 蔡惠萍 (2002), 〈嘻哈少年的文化權 聯合筆記〉, 《聯合報》。  
<http://intermargins.net/intermargins/YouthLibFront/YouthHumanRights/hr14.ht>.
3. 江冠明 (2002), 〈八家將 創造新港舞步〉, 新台灣雜誌。  
<http://www.newtaiwan.com.tw/bulletinview.jsp?period=344&bulletinid=10116>
4. 林怡潔(2000)a, 〈舞出健康 跳出流行〉專題報導, 《聯合報》。
5. 林怡潔(2000)b, 〈撕下不良標籤 還街舞一個清白〉 專題報導, 《聯合報》。
6. 林怡潔(2000)c, 〈活力 學藝何處去? 舞林門派現身〉 專題報導, 《聯合報》。
7. 陳世偉(2003), 〈青少年的街舞---運動和音樂的結合〉, 《臺北縣少年輔導委員會》。
8. 楊家琪(2003), 〈采風少年-神秘的街頭舞者淺談八家將〉, 《臺北縣少年輔導委員會》。
9. 謝育貞(2004), 〈拓展世界觀 要多面向關心〉, 《星報》。
10. 陳韜文 (2000), 〈文化轉移: 中國花木蘭傳說的美國化和全球化〉, 《第六屆傳播學研討會發表》。
11. 吳得錫譯, Jean-Pieree Warie 著 (2003), 〈文化全球化〉, 《城邦文化》。
12. 陳芸芸譯, James Lull 著 (2004), 〈文化全球化下的傳播與文化〉, 《台北: 韋伯文化》。

## 由簡牘帛書中的「刑德」觀探析儒家天人思想之變化

廖秀珍\*

明新科技大學通識教育部

### 摘要

本文擬就刑德觀之源起，及其轉變，以及如何與陰陽說結合的過程，期能更充分了解儒家天人思想的變化。

自 1973 年發現湖南長沙馬王堆漢墓簡帛，至 1993 年湖北荊門郭店楚簡出土，及 1994 年收購入藏上海博物館楚簡，迅速地引起一波接一波的研究風潮。除了進一步了解黃老之學的發展，也解開了思孟“五行”之謎之外，最重要的是對漢初儒法思想融合有了更清楚的認識。

「陰陽五行」與「天人感應」相通，是兩漢學術的最大特色。筆者曾在〈陰陽五行與兩漢學術初探〉一文有了粗淺探討，唯對「刑德」與「陰陽」之間的轉折與相合，尙未能逐一探析，因此本文針對簡牘帛書中的「刑德」說與先秦典籍的相對照，來說明「刑德」理念的變化，方能明瞭〈漢書〉、〈後漢書〉中的「陰陽災異說」及「四時禁忌說」之因由。

陰陽五行相結合是在鄒衍時所完成的，如今回頭檢視其說在發展的過程中，思孟“五行”對傳統“五行”有了另一種儒家式的詮釋，但真正對兩漢「災異譴告」造成至深至鉅影響的，卻是「刑德」理念的變化與陰陽的相結合，因此「刑德」說的變化，扮演著關鍵的角色！

**關鍵詞：**刑德、陰陽、簡牘帛書

## An Analysis of the Development of the Confucian thoughts about the Heaven and Man through ‘Punishment and Virtues’ on ‘the Bamboo-Slips’

Hsiu-Chen Liao

Division of General Education, Mingshin University of Science and Technology

### Abstract

This study tries to further explain analysis the Confucian thoughts about the Heaven and Man based on the origin and the derivation of ‘Punishment and Virtues’ and the combination with the ying-yang.

Since 1973, when the bamboo-slips were found in Han tombs at Ma Wang Tui of Changsha, Hunan province, and the Guodian slips of Jingmen, Hubei province, were excavated and collected by Shanhai Museum of Art and History in 1993 and in 1994 respectively, the related research was mushrooming. Not only have the doctrines of Yellow Emperor and Lao Tsu been further learned, but the mystery of Ssu-Mung ‘Wu-Hsing’ has

---

\* 人文藝術組講師 地址：新竹縣新豐鄉新興路 1 號 Tel：03-5593142 E-mail：lia@must.edu.tw

also been solved. Most importantly, we've perceived that the Confucianism-Legalism thoughts were merged together during the early Han Dynasty.

The similarity between the Ying-Yang Wu-Hsing and the harmony of the Heaven and Man is the main academic characteristics of the two Han Dynasties (East Han and West Han). The author had a preliminary discussion about it in the article, the Ying-Yang Wu-Hsing and two Han's Academics. However, the turning point and the combination between 'Punishment and Virtues' and the Ying-Yang have not been analyzed thoroughly. Thus, this paper will explore the development of 'Punishment and Virtues' via a contrast of 'Punishment and Virtues' on the bamboo-slips and the pre-Qin books so as to clarify 'Ying-Yang Tzai Yi Shuo' and 'the Four-Season Avoidance' in 'Han Shu' and 'Later Han Shu.'

It was at the times of Zou Yan when the Ying-Yang and Wu-Hsing were combined together. Today, when going back to inspect the development of it, we found that the Wu-Hsing of Ssu-Mung has different explanation from that of the traditional 'Wu-Hsing.' What is the most influential on 'Tzai Yi Condemnation' of the two Hans is the development of 'Punishment and Virtues' and its association with the 'Ying-Yang'. Therefore, the derivation of the 'Punishment and Virtues' thoughts is playing an important role.

**Keywords : Development of the Confucian, ying-yang, the Bamboo-Slips**

## 一、前言

對學術界而言，20 世紀是一個劃時代的世紀，因為各地陸陸續續發現了不少的出土文物，王國維先生因此還提出了“二重證據法”，簡牘帛書的出現，無論是研究者或者是學術史皆深受其影響！尤其是近三十多年來，發現之簡牘帛書數量之多、內容之豐富，真是前所未有，真是給學術界帶來了新生命，新的觀點。其價值不下於「孔壁書」或「汲冢書」，其所帶來的震撼自不在話下。

50 年代發現的戰國簡帛，目前以子彈庫楚帛書最為完整且為唯一面世的資料，內容分為三篇，李學勤先生題為《四時》、《天象》、《月忌》，最特別的是書中所蘊含的是楚國流行的古史傳說和宇宙論，充滿了陰陽家的思想，李學勤先生同時提到《天象》雖不使用《尚書·洪範》特有的名詞，其內容強調天人感應，有明顯的陰陽五行色彩<sup>1</sup>。至於郭店楚簡的出土，龐樸先生提出郭店楚簡為道家思想提出了新觀點，為儒家思想提出了新資料，以為道儒之間的關係最開始是和睦共處的，後來二者之間出現的爭鬥，是道家和儒家的弟子們互相爭地位的結果，也是當時社會狀況一個側面的反映<sup>2</sup>；李學勤先生也明確的指出：郭店楚簡與上博楚簡二書內涵以儒、道兩家為大宗<sup>3</sup>，由此可知戰國時代雖然興起諸子百家思想，仍以儒、道二家為主流。郭店楚簡所言的五行，已是儒家化的五行—仁、義、禮、智、聖，五行已有儒家式的轉變。此時儒、道二家與原始面貌已開始不同！

到了 70 年代發現的秦簡，無論是睡虎地秦簡或是放馬灘秦簡，其中皆有《日書》的文獻。雖然放馬灘秦簡《日書》中所言帶有強烈的政治特徵，而睡虎地秦簡《日書》，通篇充滿了鬼神觀，但都是為占候

---

<sup>1</sup> 李學勤《簡帛佚籍與學術史》江西教育出版社 頁 44

<sup>2</sup> 劉祖信·龍永芳《郭店楚簡綜覽》萬卷樓圖書公司頁 22

<sup>3</sup> 李學勤《新出土文獻與先秦思想重構》國際學術研討會會議論文 頁 1-4

時日，推擇吉凶的工具書<sup>4</sup>。李學勤先生指出《日書》體現的是楚國的傳統信仰，反映了楚人尊尚巫鬼的習俗，即使佔領楚地的秦人，也不能不受楚文化的浸潤<sup>5</sup>。當然國情不同，風格自是有異，秦人是以自然神崇拜為核心的多神崇拜體系，與商、周對祖先神明的恭敬，是大不相同的。

至於漢簡，張家山漢簡仍有《日書》的記載；《蓋廬》內容強調的是“四時五行，以更相攻，天地為方圓，水火為陰陽，日月為刑德”的兵陰陽家思想<sup>6</sup>；而馬王堆帛書，沒有《日書》之名，但其中《陰陽五行》亦是推擇吉凶時日的術數之言<sup>7</sup>，也有儒家式的《五行》記載；馬王堆帛書《刑德》甲、乙、丙三篇是屬於兵陰陽家的內容；但《黃帝四經》所言的刑德是陰陽刑德之說，也就是說，在馬王堆帛書《刑德》概念上就有兩種迥然不同的用法。

此外，李學勤先生於銀雀山漢簡的《庫勒·小言賦》文中“一陰一陽，道之所貴；小往大來，《剝》、《復》之類也，卑高相配而天地位，三光并照則大小備。”“卑高相配而天地位”本於《繫辭上》“天尊地卑，乾坤定矣”、“小往大來”是《泰卦》的卦辭。李學勤先生因此推論《易傳》在宋玉的時期，在楚地應當已經流行了。加上馬王堆帛書《易傳》出土於楚地，且傳《易》的繆和、昭力，都是楚人。換言之，《易傳》的成書不會晚於戰國中期<sup>8</sup>。陳鼓應先生贊同朱伯崑先生的觀點：《易傳》的天道觀屬於道家，倫理思想屬於儒家，也贊同馮友蘭先生：倫理思想在《易傳》中並非居於主體的部分，而是在它的宇宙觀和辯證法思想<sup>9</sup>。並以《繫辭》中的多處特殊用語，如：「天尊地卑」「貴賤位矣」等觀念與《黃帝四經》非常接近，甚至吸收《黃帝四經》的思想內容<sup>10</sup>，這些都是受到黃老思想的影響。在《彖傳》更具體講到天道、地道、人道的一致性，而且是以人效法天地為基礎。<sup>11</sup>

綜合以上所有資料，無論是戰國的簡牘帛書、秦朝的簡牘帛書，甚至是漢代的簡牘帛書，都可以明顯的發現，其中充滿著楚文化的蹤跡，而且遍佈著陰陽五行的色彩，及稷下所產生的黃老之學，再加入《易傳》的思維，時至漢初，不但是政治上的大變動，當時人的觀天地、論時事都是另一種新論點、呈現出新的風貌。

## 二、刑德觀之源起

「德」—說文：德，升也。但升的本義，在上古文獻中非常少用。《釋名·釋言語》「德：得也；得事宜也」。「德」常用的反而是「得」的意思，如卜辭中常見的用語「有德」、「無德」，其「德」就是借為「得」<sup>12</sup>，老子一書借「德」言「得」，更是多到不可勝數，《周易》經文出現五次「德」，釋「得」之義就有四次，但是到了《易傳》的詮釋，幾乎都是人倫規範意義了。但是，把「德」釋為道德規範，在周代就已經發展的非常成熟了。由此可見，「德」字在起源上，已有「德」、「得」運用的不同了。

<sup>4</sup> 馬今洪《簡帛發現與研究》上海書店出版社 頁 45-47

<sup>5</sup> 李學勤《簡帛佚籍與學術史》江西教育出版社 頁 17

<sup>6</sup> 李學勤《簡帛佚籍與學術史》江西教育出版社 頁 185

<sup>7</sup> 馬今洪《簡帛發現與研究》上海書店出版社 頁 58

<sup>8</sup> 李學勤《簡帛佚籍與學術史》江西教育出版社 頁 378

<sup>9</sup> 陳鼓應《道家文化研究第 12 輯》北京三聯書店 頁 4

<sup>10</sup> 陳鼓應《易傳與道家思想》臺灣商務印書館 頁 215

<sup>11</sup> 陳鼓應《易傳與道家思想》臺灣商務印書館 頁 17

<sup>12</sup> 李孝定《甲古文字集釋第二》中央研究院歷史語言研究所 頁 563

殷商之滅亡，造成“國之大事，在祀與戎”的思維起了變化，君權神授、王權天定之說備受考驗，周人採取“維新”觀點出發，因而興起敬天保民的思考方向。從殷人萬事求卜中，發展到「天命靡常」的文獻出現，已可看出天消人長的趨勢。周人如何敬天保民呢？「德」在《尚書》中出現的頻率很高，幾乎每篇都有以德配天的記錄；但是在《夏書》或《商書》是把天與德或民與德聯繫起來，到《周書》才把天與民真正聯繫起來，發展至此，天、人、德三位一體，周朝統治者把天治與民意統一起來，如：《尚書·泰誓上》“民之所欲，天必從之”；《尚書·泰誓中》“惟天惠民”；《尚書·多方》“天惟時求民主”，《尚書·皋陶謨》“天聰明，自我民聰明。天明畏，自我民明威。”因此這種德治思維，成為儒家天人思想的根基。

刑—說文：剄也，是斷頸橫絕之義，引申有刑罰、典刑、儀刑等等的涵義。「德」「刑」原是分開使用，直至《尚書》一書，「德」「刑」二字就經常出現，換句話說，尚德之外，同時提出慎刑的觀點，《尚書·堯典》“惟刑之恤”；《尚書·康誥》“明德慎罰”；《尚書·多方》“罔不明德慎罰”；《尚書·呂刑》“惟敬五刑刑，以成三德”“朕敬于刑，有德惟刑”，這種尚德慎刑思想的興起，不論是個人道德上的修養，或是在政治面的規範，對後世都造成了深遠的影響。

### 三、刑德觀之發展

春秋前期，《左傳·桓公六年》季梁的“夫民，神之主也，是以聖王先成民而後致力於神。”以及《左傳·僖公十九年》子魚的“民，神之主也”，民、神並舉，且主宰權是在民不在神，觀念上已突破殷周時代，大大向前邁進了一大步。此外尚有《左傳·莊公三十二年》史過的“國之將興，明神降之，監其德也；將亡，神又降之，觀其惡也。”；《左傳·僖公五年》宮之奇的“鬼神非人實親，惟德是依。”因此君王依德而行否，成為禍福之關鍵。《左傳·僖公十六年》叔興的“吉凶由人”。由以上諸例看來，重民、重德思想大大提升。

春秋後期，孔子的看法當然是站在人倫規範上。《論語·為政》子曰：「道之以政，齊之以刑，民免而無恥；道之以德，齊之以禮，有恥且格。」《論語·里仁》子曰：「君子懷德，小人懷土；君子懷刑，小人懷惠。」孔子把刑德用在治國上，同時也用在個人修身上。

《左傳·襄公二十六年》聲子的“古之治民者，勸賞而畏刑，恤民不倦。賞以春夏，刑以秋冬。”德刑，賞罰已有與四季相應之記載，這可是另類發展，也由此開啓了災異譴告的先河！

《左傳》在昭公二十五年，昭公二十九年，昭公三十二年裏，皆有提到五行，都是指金、木、水、火、土，一如《尚書》所述傳統的五行，尚未參雜其他理念，即是尚未與刑德觀相結合。綜上所述，周以德配天行事，時至春秋，《左傳》有許多預言且應驗之例，而有「其失也巫」之譏，似乎開啓了讖緯的先聲。但綜覽全書，凡典章制度，臧否人物，莫不以禮裁斷，甚而預言吉凶，鄭玄《六藝論》就盛贊左氏「善於禮」。此外，《左傳》已有德刑，賞罰與四時相應之記錄。

### 四、刑德觀之轉折

《黃帝四經》中，一方面「德」釋為「德行」之義，如〈經法·君正〉「一年從其俗，二年用其德，三年而民有得」、〈經法·六分〉「天下大平，正以明德...」、〈十大經·果童〉「地俗德以靜...」、〈十大經·

原道)「好德不爭...」,〈稱〉「時極未至,而隱於德;既得其極,遠其德...」,〈稱〉「地德安徐正靜...」<sup>13</sup>。一方面「德」釋為「賞」與「刑」連用來行文,如〈十大經·姓爭〉「凡謹之極,在刑與德」,〈十大經·姓爭〉「刑德相養,逆順若成。刑晦而德明,刑陰而德陽...」,〈十大經·姓爭〉「德則無有,措刑不當...」<sup>14</sup>,《黃帝四經》把四時和陰陽刑德聯繫起來,這部分正是重大的轉變處。《十大經·觀》云:「羸陰布德...不靡不黑,而正之以刑與德。春夏為德,秋冬為刑,先德後刑以養生...凡謹之極,在刑與德。刑德皇皇,日月相望,以明其當...」〈姓爭〉也說:「天德皇皇,非刑不行,穆穆天刑,非德必傾。刑德相養,逆順若成,刑晦而德明,刑陰而德陽,刑微而德章。」陳鼓應先生舉出種種證據,肯定的推論《黃帝四經》成書年代在戰國中期之前,公元前4世紀前後<sup>15</sup>。陳鼓應先生亦舉出種種論述說明《黃帝四經》深受稷下道家及黃老思想影響,就是撇開受到儒家思維影響,但就「德」的論述,在《黃帝四經》全文中,仍佔有重要成分,換言之,儒家思想在《黃帝四經》中的地位,也不應視而不見。

接著《管子》這一部「稷下叢書」匯集了戰國中後期,在齊國首都稷下學宮百家爭鳴時各家各派的論文中,《管子·四時》「刑德者,四時之合也。刑德合於時,則生福;詭則生禍。」「日食則修德,月食則修刑」,也都把四時和陰陽刑德聯繫起來。無怪陳鼓應先生驚呼《黃帝四經》的問世,它和《管子》有太多的相似之處,並提出《管子》是沿襲《黃帝四經》的。<sup>16</sup>《黃帝四經》與《管子》四篇都有[道生法]的觀念,值得注意的是:道法思想為稷下道家的重要特色。這個生於道的法的具體內容是什麼呢?就是陰陽刑德的交替使用。天道的循環表現為「四時代正,終而復始」。<sup>17</sup>但以刑德行文而論,《管子》全書,較少刑德連用行文,習用刑賞行文,如:《管子·九守》「用賞者貴誠,用刑者貴必」《管子·版法解》「乘夏方長,審治刑賞」《管子·版法解》「刑賞信必,則勸善而奸止」等等<sup>18</sup>。其目的是在強調「有功必賞,有罪必誅」及《管子·幼官》「明賞不費,明刑不暴,賞罰明則德之至者也。」<sup>19</sup>。其德之涵養多是「德政」義,甚少談個人修身之事,如:《管子·重令》「德不加於弱小, ...而求霸諸侯,不可得也, ...德不能懷遠國, ...而求王天下,不可得也。」<sup>20</sup>《管子·幼官》「畜之以道則民和,養之以德則民合」<sup>21</sup>比較特別的是提出「先德後刑」的觀點:《管子·勢》「先德後刑」<sup>22</sup>,作用在《管子·版法解》「法天合德」<sup>23</sup>,此處明顯承襲了《黃帝四經》的觀點,《黃帝四經·觀》「先德後刑以養生」「先德後刑順於天」<sup>24</sup>。

總而言之,刑德說又加入了稷下道家的思維。其實也就是司馬談在《論六家要旨》中所說:道家使人精神專一,動合無形,瞻足萬物。其為術也,因陰陽之大順,采儒、墨之善,撮名、法之要,與時遷

<sup>13</sup> 陳鼓應《黃帝四經今註今譯》臺灣商務印書館 頁 104、138、300、322、393、429、464

<sup>14</sup> 陳鼓應《黃帝四經今註今譯》臺灣商務印書館 頁 263、325、329

<sup>15</sup> 陳鼓應《黃帝四經今註今譯》臺灣商務印書館 頁 35-41

<sup>16</sup> 陳鼓應《黃帝四經今註今譯》臺灣商務印書館 頁 6

<sup>17</sup> 陳鼓應《黃帝四經今註今譯》臺灣商務印書館 頁 41

<sup>18</sup> 劉柯·李克和《管子譯註》黑龍江人民出版版社 頁 360、417、419

<sup>19</sup> 劉柯·李克和《管子譯註》黑龍江人民出版版社 頁 78

<sup>20</sup> 劉柯·李克和《管子譯註》黑龍江人民出版版社 頁 100

<sup>21</sup> 劉柯·李克和《管子譯註》黑龍江人民出版版社 頁 121

<sup>22</sup> 劉柯·李克和《管子譯註》黑龍江人民出版版社 頁 294

<sup>23</sup> 劉柯·李克和《管子譯註》黑龍江人民出版版社 頁 419

<sup>24</sup> 陳鼓應《黃帝四經今註今譯》臺灣商務印書館 頁 276、282

移，應物變化，立俗施事無所不宜，指約而易操，事少而功多。尚德慎刑觀又黃老化了。

由於李學勤先生提出《郭店簡》、《上博簡》年代在戰國中期後段以下，約公元前 340 年以後，是依據其出土的陶盃、陶斗，形制差異細微；同形的銅器有菱形鏃、害轄等；漆木器有木枕；尤其是漆繪銅鏡，兩墓所出「如同一範」，何況《上博簡》的形制、字體與郭店簡沒有突出的差別，所以李學勤先生把時代定在戰國中期後段。<sup>25</sup>也就是說《黃帝書》在前，《郭店簡》、《上博簡》在後。我們就來看看《郭店簡》、《上博簡》的相關資料。

《郭店楚簡》

1. 賞與罰，禍福之基也，或前之者矣。《郭店楚簡·尊德義》
2. 刑不逮於君子，禮不逮於小人。《郭店楚簡·尊德義》
3. 未刑而民畏，有心畏者也。《郭店楚簡·性自命出》
4. 知己所以知人，知人所以知命，知命而後知道，知道而後知行，由禮知樂，由樂知哀。有知己而不知命者。無知命而不知己者。有知禮而不知樂者，無知樂而不知禮者，善取，人能從之，上也。《郭店楚簡·尊德義》
5. 生德，德生禮，禮生樂，由樂知刑。知己而後知人，知人而後知禮，知禮而後知行。其知博，然後知命。知天所為，知人所為，然後知道，知道然後知命。《郭店楚簡·語叢一》
6. 知禮然後知刑。《郭店楚簡·語叢一》
7. 天人之分思想一有天有人，天人有分。察天人之分，而知所行矣。《郭店楚簡·窮達以時》

由以上羅列有關刑德的資料來分析，君子、小人，知命、知天的論述，是非常接近孔子的思路，唯獨天人之分之說，顯然是荀子之言，足見已受道家思想的影響。

《上博楚簡》〈魯邦大旱〉

魯邦大旱。哀公謂孔子：「子不為我圖之？」孔子答曰：「邦大旱，毋乃失諸刑與德乎？」唯...之何哉？孔子曰：「庶民知說之事鬼也，不知刑與德，如毋愛珪璧帛於山川政刑與(德)，...出，遇子貢，曰：「賜，爾聞巷路之言，毋乃謂丘之答非歟？」子貢曰：「否也，吾子如重名其歟？如夫政刑與德，以事上天，此是哉！如夫毋愛珪璧

幣帛於山川，毋乃不可。夫山，石以為膚，木以為民，如天不雨，石將焦，木將死，其欲雨又甚於我，又必待吾命乎？夫川，水以為膚，魚以為民，如天不雨，水將涸，魚將死，其欲雨又甚於我，又必待吾命乎？」孔子曰：「於乎！...

公豈不飽梁食肉哉？無如庶民何？」

〈魯邦大旱〉談論刑德凡三次，兩次是孔子與哀公談論，子貢對孔子一次。全文闡述天災與人事的對應態度。

廖名春先生前後提出“人事有誤，上天就降災，邦則“大旱”。要想弭災止旱，唯一的辦法就是“正刑與德”，在政治賞罰上撥亂反正。以此事奉上天，上天才會感而止旱。”<sup>26</sup>邦大旱本是自然現象，魯哀公

<sup>25</sup> 李學勤《新出土文獻與先秦思想重構》 國際學術研討會會議論文 頁 13

<sup>26</sup> 朱淵清等《上博館藏戰國楚竹書研究續編》上海書店出版社 p.113

問計于孔子，孔子不從“天道”解釋，卻以人事答之，認為是魯哀公“失諸刑與德”。人間出現了政不在君、政出大夫的怪事，自然界才有了“大旱”的異象。這種以人事說天道的方式，顯然是建構在“天人合一”的天人感應觀上的<sup>27</sup>。淺野裕一“如此，一邊承認上天或天道的權威本身，維持天人相關的架構，一邊只有否定使用巫術企圖影響上天或天道的方法。在這一點上，（魯邦大旱）與子產、晏嬰、縣子等人的立場如出一轍。這種思維提倡「從依賴巫祝之巫術的政治，轉為重視君主之德的政治」之轉換，藉由主張「唯有君主之德能夠影響上天或天道」的形式，企圖使原本即為最高巫祝的君主，回復並且獨占對上天或天道的神通力量。此一思想動向是春秋後期、公元前六世紀—即鄭之子產、晉之叔向、齊之晏嬰等，以貴族身份輔佐君主之賢人政治家們活躍的時代—所興盛的新思潮。”<sup>28</sup>

兩位學者專家所言，無論在天人合一的觀察上，或是吉凶由德的說法，從各種專文的闡述中是相合的。依照李學勤先生提出郭店簡、上博簡年代在戰國中期後段以下；陳鼓應先生推論《黃帝四經》成書年代在戰國中期之前，但以刑德資料內容的完整性，以及思考邏輯的縝密性，郭店簡、上博簡，並不如《黃帝四經》與《管子》書中陳述四時和陰陽刑德聯繫的緊密性及全面性。也就是說郭店簡、上博簡的完成時間應該要在《黃帝四經》與《管子》之前才合理。二簡唯獨在五行的認知是相近的，都是儒家式的闡述。

## 五、影響

尚德慎刑思想的興起，不論是個人道德上的修養，或是在政治面的規範，《尚書》多有記載，《左傳·襄公二十六年》賞罰已有與四季相應之記載，如前所述，在《郭店楚簡》、《上博楚簡》亦有論及，到了《黃帝四經》與《管子》，更是論述完整，《淮南子》書中無一處提到《呂氏春秋》，但兩書在思想上承續相因，脈絡清晰，以至幾乎可以稱它們為姐妹篇<sup>29</sup>。《淮南子·時則訓》和《呂氏春秋·十二紀》的〈月令〉文字幾乎相同，到了《春秋繁露·治亂五行》與《淮南子·時則訓》一對照，可以說董仲舒全盤吸收了劉安的說法，不只有接收陰陽五行之說，刑德觀、天人相應，董仲舒充分利用了《淮南子》的思想材料<sup>30</sup>，改以儒家式的轉換其面貌，來建構天人合一的新儒家。

「刑」之詮釋，無論是指「法度」之刑，或是韓非的「殺戮之謂」，倒是可以看出尚德慎刑觀的發展脈絡。李學勤先生：「老子之後，下開保守的莊列一派、積極的黃老一派」<sup>31</sup>；胡家聰先生：「稷下黃老學屬官學，為“君人南面”為政作哲學論證，可以說是用世派；而列莊之學屬私學，倡導“齊物”“心齋”，神遊物外，超升到逍遙遊的境界，可以說是遊世，逃世的逍遙派」<sup>32</sup>，並提出：「黃老道論由老子哲學反對“禮、法”轉變為“禮、法、儒”融合，從而崇尚“禮、法”，這種政治上的轉變至關重要。」<sup>33</sup>及「以齊法家著作《管子·禁藏》和陰陽家著作《管子·四時》對讀，可以發現齊法家學說與陰陽家學說是互

<sup>27</sup> 廖名春《出土簡帛叢考·上博館魯邦大旱札記》湖北教育出版社 p.85

<sup>28</sup> 淺野裕一《戰國楚簡研究·魯邦大旱》萬卷樓圖書公司 頁 129-144

<sup>29</sup> 朱永嘉、蕭木《新譯呂氏春秋》三民書局 頁 49

<sup>30</sup> 朱永嘉、蕭木《新譯呂氏春秋》三民書局 頁 49-50

<sup>31</sup> 李學勤《新出土文獻與先秦思想重構》國際學術研討會會議論文 頁 1-7

<sup>32</sup> 胡家聰《管子新探》中國社會科學出版社 頁 94

<sup>33</sup> 胡家聰《管子新探》中國社會科學出版社 頁 95

相交流、互相滲透的。」<sup>34</sup>及「出於田齊稷下學的《管子》中的陰陽五行諸篇，天人感應說更居於重要地位。」<sup>35</sup>《呂氏春秋·十二紀》五行相生的完備型態，是由《幼官》、《四時》的雛形發展而來的，因為以五行方位配，四時節令均加了中央土，而且《四時》還有“務時而寄政”的四時教令。從《幼官》、《四時》的雛形到《呂氏春秋·十二紀》的定型，其基本的內容仍以四時教令為主體，但由季擴展到月。換言之，讓國家機器跟著天體運行的節序而運轉，從而“天、地、人”聯繫為一個總體，構成世界圖式。<sup>36</sup>

尙德慎刑的思想，進而把“天、地、人”聯繫為一個總體，構成世界圖式。董仲舒提出「德主刑輔」，是全盤接受了《黃帝四經·觀》「先德後刑以養生」「先德後刑順於天」及《管子·勢》「先德後刑」、《管子·版法解》「法天合德」的觀點，更擴大天人相應的思維—天道人事相應合的發展脈絡，一一清楚可見，其後再衍生成災異譴告的模式來約束當政者的行為！影響最大的當然就是兩漢，也因此開啓了專記災害志的先河《漢書·五行志》。使得後生小輩知此原由，下詔罪己的不必是君王或在高位的掌權者，直至今日，無論是對主政者或就個人而言，尙德慎刑仍是一帖心靈良藥。尙德慎刑的思想，從周代把以德配天，多言人事為主，到了戰國再至漢朝，則談天道、四時的成份增加了很多，把自然界的天、時予以陰陽五行化了，《呂氏春秋》、《淮南子》、《春秋繁露》，更是一路相隨，司馬遷不禁要說出「究天人之際」了！

#### 主要參考書目：

##### 一、書籍類：

- 李孝定（1974），《甲古文字集釋第二》，（臺北：中央研究院歷史語言研究所，初版）p563
- 劉祖信·龍永芳（2005），《郭店楚簡綜覽》，（臺北：萬卷樓圖書公司，初版），p22
- 李學勤（2004），《簡帛佚籍與學術史》，（江西教育出版社，第二版）p44，p17
- 馬今洪（2002），《簡帛發現與研究》，（上海書店出版社，初版），p45-47
- 陳鼓應（1998），《道家文化研究第12輯》，（北京三聯書店，初版），p4
- 陳鼓應（1999），《易傳與道家思想》，（臺灣商務印書館，第三版）p17
- 朱淵清等（2004），《上海館藏戰國楚竹書研究續編》，（上海書店出版社，初版），p113
- 廖名春（2004），《出土簡帛叢考》，（湖北教育出版社，初版），p8
- 淺野裕一（2004），《戰國楚簡研究》，（萬卷樓圖書公司，初版），p129-144
- 朱永嘉、蕭木（2000），《新譯呂氏春秋》，（三民書局，第二版），p49
- 胡家聰（2003），《管子新探》，（中國社會科學出版社，初版），p94，p95，p114，p118，p121
- 劉柯·李克和（2003），《管子譯註》，（黑龍江人民出版版社，初版），p78、p360、p417、p419

##### 二、期刊類：

- 李新霖（1992），〈左傳原始禮意初探〉，《台北工專學報》，第23期
- 吳車（1992），〈左傳論禮之重要性〉，《靜宜人文學報》，第19卷，第4期
- 張幼良（2000），〈《尚書》德治思想原論〉，《徐州師範大學學報》，第26卷，第4期
- 房慧真（2003），《陰陽刑德研究》，（臺灣：國立師範大學碩士論文）
- 李學勤（2005），〈孔孟之間與老莊之間〉，《新出土文獻與先秦思想重構》，臺北國際學術研討會會議論文

<sup>34</sup> 胡家聰 《管子新探》中國社會科學出版社 頁 121

<sup>35</sup> 胡家聰 《管子新探》中國社會科學出版社 頁 114

<sup>36</sup> 胡家聰 《管子新探》中國社會科學出版社 頁 118

## 電磁波遮蔽材料的製備及其性質之研究

張良濤<sup>1\*</sup> 莊子儀<sup>2</sup> 顏志超<sup>1</sup>

1：明新科技大學化工系

2：明新科技大學化工所碩士班研究生

### 摘要

本研究是利用置換法來製備表面金屬化導電性測試片，將較低還原電位的鋁粉末和鋁薄片分散於酚醛樹脂中，經熱壓成型後，將此測試片浸漬於較高還原電位的硝酸銀水溶液中，硝酸銀溶液中的銀離子被還原成銀於測試片表面，因而製得金屬化導電性聚合物測試片並將還原前及還原後的測試片進行電磁波遮蔽效率之比較，並探討鋁粉末含量、鋁薄片含量、鋁薄片展弦比對電磁波干擾遮蔽效應的影響，從中製得具有良好電磁波遮蔽效果的材料。研究發現隨著鋁薄片展旋比的增加，其遮蔽效果也隨之增加。

**關鍵字：**鋁粉末，鋁薄片，還原電位，電磁波遮蔽效果

## Studies on the Preparation and Properties of EMI Shielding Materials

Liang-Tau Chang Tzu-I Chuang Chih-Chao Yen

Department of Chemical Engineering, Minghsin University of Science and Technology

### Abstract

In this research, aluminum powders and aluminum flakes with lower reduction potential were dispersed in phenol-formaldehyde resin, then compressed to test sheet by compression molding. These test sheets were immersed in silver nitrate solution and silver ion were reduced to silver on the sheets surface, then metallized conductive polymers were obtained and measure the shielding effectiveness of electromagnetic interference(EMI).

**Keywords :** aluminum powders, aluminum flakes, reduction potential, EMI shielding effectiveness

### 一、緒論

昔日使用收音機聽廣播節目，能了解到“雜音”的存在，當汽車經過時，收音機總是會發出同步於汽車點火系統的雜音，到了視訊傳播年代，在家中觀賞電視，當飛機經過時，往往會有不愉快的畫面出現，能感受到“雜訊”的問題，直至現今科技發達，這些問題依然存在，電腦開機會使收音機出現雜音，使用大哥大會使電視或電腦螢幕出現雜訊，收音機、音響出現奇怪聲音，現在我們了解到這些問題不再只是雜音或雜訊能足以描述，我們將它稱之為電磁波干擾（Electro-Magnetic Interference，EMI），它亦有

---

\* 化學工程系講師 地址：新竹縣新豐鄉新興路 1 號 Tel：03-5593142 E-mail：clt@must.edu.tw

許多不同的名稱如無線電雜訊 (Radio Noise)，電子雜訊 (Electronic Noise) 或無線電頻率干擾 (Radio-Frequency Interference, RFI) 等【1】。

EMI 是近幾十年來發現的一種新污染—電子污染，是一種看不見、聽不到、摸不著的無形污染，它隨著現今社會發達，日趨嚴重，已經到達不能忽視的地步，必須將它對人體的傷害及對精密儀器的影響等減至最低。目前有許多學術界及業界人士積極投入研究，也有業界開始將其研究成果商業化，但主要還是以導電性表面處理為主，已有不錯的成果，雖然此遮蔽法效果良好，但由於易磨損、剝落、怕氧化、加工複雜等缺點，目前開發也到了一個階段，相對的潛力也降低許多。雖然金屬具有良好的遮蔽效果，但重量大、複雜形狀不易加工、易腐蝕等問題，不合乎所要求的輕、巧、薄、短、小，所以綜合考量遮蔽效果、質量輕巧、加工成本等因素，仍以導電性填充材料添加在高分子材料內部使成爲一導電性複合材料，相當有前瞻性，而遮蔽方法的一些加工技術其後述之。【2-14】

EMI 發生的範圍一般在 10Hz~100GHz 之間，但一般而言電子產品所產生的電磁波或受電磁波干擾的頻率都有較一重要的範圍，如電腦組件所較敏感的電磁波爲 450KHz~1GHz 之間，而一般其他電子工業則較敏感於 500KHz~10MHz。EMI 依傳送方式可分爲傳導性 (Conducted) 和輻射性 (Radiated) 兩種，此兩種 EMI 有時單獨發生，亦有同時互相發生。【15】

EMI 遮蔽的定義爲當電磁波經過一導電遮蔽物時，會因遮蔽物使其發生反射 (Reflection) 或吸收 (Absorption) 作用而衰減，因此遮蔽效果 (Shielding Effectiveness, SE) 可表示成：【7,16,17】

$$SE (dB) = A + R + B$$

式中：

A：吸收耗損：由於能量在導體內之傳送所轉換成熱能而衰減。

R：表面反射損失：導體表面與空氣邊界面非連續性感抗所產生之反射耗損。

B：多重反射損失：導體兩面之間重複反射所導致之損失，一般吸收耗損  $A > 10dB$  時，則 B 可忽略不計。此外，能量場爲電場或平面波，B 亦可忽略。

dB：分貝可定義爲輸入與輸出功率或電壓之遮蔽效應。

EMI 遮蔽效果亦可定義爲：當一個入射波 (b)，受到材料遮蔽後所得到的穿透波 (a)，此時材料的遮蔽效果 SE 之計算方式如下：

$$SE = 10 \log (P_b/P_a)$$

P：能量場強度 (Watts/m)

入射訊號減弱程度越高代表遮蔽效果越佳。由上述公式所得之遮蔽效果以 dB 表示，其代表意義如表一所示，一般來說，具 30~60dB 的遮蔽效果就可供使用，而一般的法規可接受的遮蔽效果也必須在 30dB 以上。

表一、不同 dB 值所代表之遮蔽效果【7】

dB 值	遮蔽效果 (%)	遮蔽程度
0-10	90	低或沒有遮蔽效果
10-30	90-99.9	最低限度遮蔽效果
30-60	99.9-99.9999	平均值遮蔽效果
60-90	99.9999-99.9999999	平均值之上遮蔽效果
90-120	99.9999999-99.999999999	最佳遮蔽效果

隨著電子工業的蓬勃發展，電子產品朝向輕、巧、薄、短、小的方向發展，電子元件相對的必須高密度化，極易受到電磁波干擾及產生電磁波干擾源，影響到其它電子產品，甚至是傷害人體，因此需要進行對於電磁波干擾的遮蔽處理，所以從元件的製造至成品均需要防護材料，其可使用導電性良好的遮蔽材料，如金屬、導電性高分子等。雖然金屬本身具有良好的遮蔽效果，但重量大、複雜形狀不易加工等問題，不符合現今輕、巧、薄、短、小的趨勢，因此導電性高分子作為遮蔽材料的運用相對提高。表二為一些導電性高分子材料之 EMI 遮蔽處理加工方式之比較。

表二、導電性高分子材料之 EMI 遮蔽處理加工方式之比較【7】

處理方法		優點	缺點
外部加工	金屬板	遮蔽效果好、結構不易破壞	重量太重難以成形加工
	電鍍	遮蔽效果好、適合各種形狀、低勞工成本、自動化	薄、易刮傷而失敗，易有碎片而造成短路、污染大、過程長
	金屬濺鍍	遮蔽效果好、適合各種形狀、低投資成本	需表面處理、碎片易造成短路
	導電塗佈	遮蔽效果好、適合各種形狀、低投資成本、易加工	碎片易剝落、使用在低頻遮蔽、處理成本大、有污染問題
內部添加	添加導電填充劑	遮蔽效果好、容易做新設計、不需二次加工處理	物性強度損失較大、成形加工分散不均的問題，色澤及表面外觀較粗糙

本研究是利用置換法來製備表面金屬化導電性測試片，將較低還原電位的鋁粉末和鋁薄片分散於酚醛樹脂中，經熱壓成型後，將此測試片浸漬於較高還原電位的硝酸銀水溶液中，硝酸銀溶液中的銀離子被還原成銀於測試片表面，因而製得金屬化導電性聚合物測試片並將還原前及還原後的測試片進行電磁波遮蔽效率之比較，並探討鋁粉末含量、鋁薄片含量、鋁薄片展弦比對電磁波干擾遮蔽效應的影響，從中製得具有良好電磁波遮蔽效果的材料。【6】

## 二、實驗方法

### (1) 聚合物/金屬粉末測試片之製備方法

取適量的的電木粉（酚醛樹脂）（長春人造樹脂新竹廠提供）分別加入不同量金屬粉末，經攪拌均勻

後，使金屬粉末完全均勻分散於電木粉中，將此混合粉末放入厚為 2 mm 之中空不銹鋼四方板框 (16 cm × 16 cm)，上下夾以厚為 3mm 之不銹鋼板，將上述四方不銹鋼模具放入熱壓成型機中，溫度 170℃，壓力為 100 kg/cm<sup>2</sup>，先保壓 12 秒後，予以洩壓，使之排氣，再加壓到壓力為 100 kg/cm<sup>2</sup>，保壓 60 秒後，洩壓後取出，並拆開模具，即得聚合物/金屬粉末測試片(長 16cm、寬 16 cm、厚 2 mm)。金屬粉末為 Al，粒徑大小為 60-120 μm。

#### (2) 聚合物/金屬粉末及金屬薄片測試片之製備方法

在上述電木粉中除了添加金屬粉末外，並加入金屬薄片並改變不同展弦比(aspect ratio)及不同含量，以了解不同展弦比(aspect ratio) 及不同含量對電磁波遮蔽效率的影響。【12】

#### (3) 表面金屬化之導電測試片之製備

將上述測試片裁成 1cm×3cm 的測試片，將此測試片浸入 60℃ AgNO<sub>3</sub> 溶液中，適當時間後取出，以蒸餾水清洗，乾燥後以四端子方法(four terminal method)測其表面電阻。【18】

#### (4) X-ray 繞射儀的分析

將還原後的表面金屬化測試片表面做 X-ray 做繞射的分析，擬測出其 2 θ 值，再經由布拉格 (Bragg) 方程式計算出 d 值，進而判斷還原後測試片表面的成分。本實驗使用銅靶當作光束，操作條件為 30KV，20mA，掃描範圍從 10<sup>0</sup>~80<sup>0</sup>，繞射儀掃描速度為每分鐘 4 度。

#### (5) 電磁波遮蔽效率的測試

還原前後的測試片之電磁波屏蔽效率測試樣品係依據 ASTM D4935-89 之方法量測，此量測方法利用垂直入射的遠場平面波長量測平板材料，需分別量測 reference 與 test 兩片試片，經計算求得電磁屏蔽效率值。委託台中漢翔航空股份有限公司的儀器進行電磁屏蔽效率量測，量測之頻率範圍由 30MHz 到 1500MHz。

### 三、結果與討論

如表一及圖一所示，當 wt% 等於 10 或大於 10 時，電木粉/鋁粉測試片經硝酸銀溶液處理後的表面，顯示良好的導電性。而當 wt% 等於 5 時還原後的表面雖有銀白色的銀粒子析出來，但由於銀粒子無法形成連續導電路徑，所以無法獲得良好導電性。【19】

本研究除了要製備具有良好導電性材料外，另外的重要主題是放在電磁波遮蔽效果的研究。由於鋁粉價格便宜，所以先針對此方面做探討。由表二及圖二可看出尚未經過硝酸銀溶液處理的電木粉/鋁粉測試片隨著鋁粉含量的增加，其遮蔽效果也增加，即使當鋁粉含量高達 35wt%，但其遮蔽效果最好只能達到 18.90dB，也就是頂多只能遮蔽掉 98.71 % 電磁波，而一般要能商業化的產品，其遮蔽效果必須達到 30dB 以上才能遮蔽掉 99.9% 的電磁波。當電木粉/鋁粉測試片經過硝酸銀溶液處理後的測試片，如表二及圖二所示，隨著鋁粉含量的增加，其遮蔽效果也增加，特別是到了 20wt% 以上，其遮蔽效果顯著增加，主要是測試片表面附著一層緻密的銀層，使得測試片獲得良好的導電性。一般而言，導電性愈好，電磁波遮蔽效果愈好。雖然當鋁粉含量高達 30~35%，遮蔽效果高達 35~67dB 之間，也就是可以去除 99.968%~99.99998% 的電磁波，但是由於鋁粉添加量過多，相對的也會使測試片本身的物性變差。因此本研究改以鋁薄片(Aluminum Flakes)當填充材料，由於鋁薄片價格較碳纖維、不鏽鋼纖維或鍍鎳纖維來得便宜，

而且易配色、比重低，且可得較佳遮蔽效果，但其缺點是要達到 30~50dB 之遮蔽效果需加入高含量鋁片，如此則易造成伸長率、衝擊強度、拉伸強度及彎曲強度等機械性質下降等缺點，爲了克服此一缺點，本研究使用低含量鋁片。同時也加入少量鋁粉，一方面鋁粉和鋁片可以作爲電磁波遮蔽效果，另一方面部分鋁粉和硝酸銀溶液反應，使銀離子還原成銀於試片表面。由於內部鋁薄片填充材料形成內部導電通路，再加上試片表面金屬化形成內外皆具有良好導電情形，使得電磁波遮蔽效果可大幅提升。

由表三及圖三的結果得知，當只加入低含量鋁薄片及鋁粉，而沒有進行硝酸銀溶液還原時，其遮蔽效果雖比只加入鋁粉來得好，但仍然無法達到 30dB 以上，此乃因爲鋁薄片含量太低，因此無法形成良好導電通路，不過該表可看到展旋比愈大，其遮蔽效果也愈好。當這些測試片經過硝酸銀溶液還原後，由表三及圖三可看出，其遮蔽效果雖然比未還原前來得好，但仍無法達到 30dB 以上，造成此種原因，乃是測試片內部的鋁薄片含量太少，無法形成良好導電通路，雖然該測試片表面有優異的導電性，但是鋁粉和硝酸銀溶液還原後的銀層太薄，以致於雖可提高遮蔽效果，但提升不多。

在表四及圖四中，本研究降低鋁粉量，但提升鋁薄片含量，但鋁粉和鋁薄片的總重(5.25g)與表三(5.25g)一樣時，可以發現未還原的測試片，其鋁薄片較多時，隨著展旋比的增加，其遮蔽效果也隨之提升，且遮蔽效果也比表三較低含量鋁薄片來得好，可見鋁薄片愈多且展旋比愈大，形成內部導電通路情形愈好，因此遮蔽效果也較好，不過遮蔽效果仍未能達到 30dB 以上。但由表四及圖四可發現在相同展旋比時，還原後的測試片要比未還原前的遮蔽效果來得好，且隨著展旋比的增加，同樣的遮蔽效果也隨之提升，特別在展旋比爲 15 時，其遮蔽效果爲最好，在各頻率下皆能達到 30dB 以上(35~39dB 之間)，會有如此優異的結果，乃是內部高展旋比的鋁薄片填充材料形成較佳的導電網路，而另一方面測試片內部鋁粉和硝酸銀溶液反應形成表面緻密的銀層，使得測試片內外皆具有良好導電情形，使得電磁波遮蔽效果能夠大幅提升。

在表五及圖五中，當鋁粉和鋁薄片的含量提高時，未經硝酸銀溶液處理的測試片隨著展旋比的增加，其遮蔽效果也隨之增加，在展旋比爲 15 時，其在 900MHZ 及 1.8GHZ 可以達到 30dB 左右的遮蔽效果，而且與表三、表四比較可看出在相同展旋比下，鋁薄片含量愈多，其遮蔽效果也愈好。在表五及圖五中，當測試片經硝酸銀溶液處理後，可看出隨著展旋比的增加，其遮蔽效果也隨之增加，而且遮蔽效果也比未經硝酸銀溶液處理來得好，特別是在較高展旋比時，例如 10 及 15 時，其遮蔽效果爲 40~55dB，幾乎可以完全遮蔽掉電磁波。【12】

爲了確認電木粉／鋁粉經硝酸銀溶液處理後的測試片是否在表面形成一層緻密的銀層，以 x-ray 繞射儀分析，其結果確認測試片表面爲銀金屬，如表六所示。

#### 四、結論

本研究得到下列幾點結論：

- 1、本研究是利用置換法來製備表面金屬化導電性測試片，將較低還原電位的鋁粉末和鋁薄片分散於酚醛樹脂中，經熱壓成型後，將此測試片浸漬於較高還原電位的硝酸銀水溶液中，硝酸銀溶液中的銀離子被還原成銀於測試片表面，因而製得導電性良好之金屬化導電性聚合物測試片。
- 2、尚未經過硝酸銀溶液處理的鋁粉／電木粉測試片隨著鋁粉含量的增加，其遮蔽效果也增加，即使當鋁

粉含量高達 35wt%，但其遮蔽效果最好只能達到 18.90dB，也就是頂多只能遮蔽掉 98.71 % 電磁波。當鋁粉／電木粉測試片經過硝酸銀溶液處理後的測試片，隨著鋁粉含量的增加，其遮蔽效果也增加，特別是到了 20wt% 以上，其遮蔽效果顯著增加，主要是測試片表面附著一層緻密的銀層，使得測試片獲得良好的導電性。但是由於鋁粉添加量過多，相對的也會使測試片本身的物性變差。

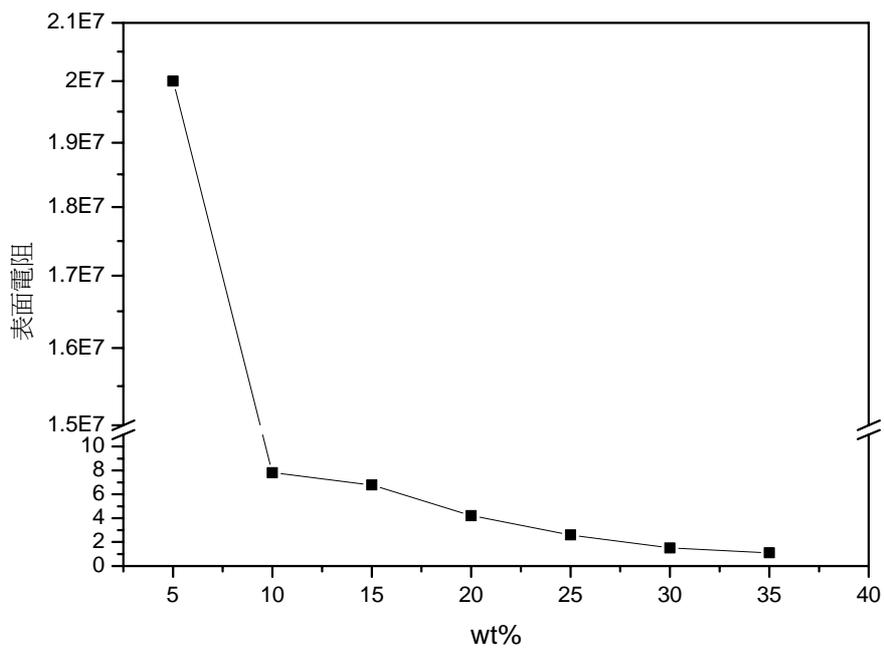
- 3、本研究在電木粉中加入低含量鋁薄片，同時也加入少量鋁粉，一方面鋁粉和鋁片可以作為電磁波遮蔽效果，另一方面部分鋁粉和硝酸銀溶液反應，銀離子還原成銀粒子披覆在測試片表面。由於內部鋁薄片填充材料形成內部導電通路，再加上試片表面金屬化形成內外皆具有良好導電情形，使得電磁波遮蔽效果可大幅提升。當測試片經硝酸銀溶液處理後，可看出隨著展旋比的增加，其遮蔽效果也隨之增加，而且遮蔽效果也比未經硝酸銀溶液處理來得好，特別是在較高展旋比時，例如 10 及 15 時，其遮蔽效果為 40~55dB，幾乎可以完全遮蔽掉電磁波。

## 五、參考文獻

1. 林國榮, 1987.4, “電磁波干擾及控制”, 初版, P2~P11。
2. 張坤煌, 1999.10, “EMI 與導電複合材料”, 工業材料, 154 期, P94~P101。
3. 劉文隆, 1992.10, “複合材料電磁遮蔽膠粒之製作與加工”, 材料與社會, 70 期, P63~P69。
4. 鄭國彬等, 1999, “不銹鋼複合針織物補強熱可塑性複合材料之製造與電磁波屏蔽效應之研究”, 台灣電磁相容研討會, P105~P111。
5. 馬振基, 1998. 8, “EMI/RFI 遮蔽用導電性高分子複合材料”, 塑膠資訊, NO.33, P1~P14。
6. 劉文隆, 1992. 7, “複合材料技術在電磁干擾遮蔽產品的應用”, 材料與社會, 67 期, P89~P95。
7. 工業技術研究院化學工業研究所, 1998. 6, “導電性高分子專題調查報告”。
8. 高信敬, 1996. 11, “資訊電子產品外殼塑件防電磁波技術”, 塑膠中心培訓班講義。
9. R.M.Gresham, 1998 Feb, “EMI/RFI Shielding of Plastics”, Plating and Surface Finishing, P63~P69。
10. K. Wenderoth and J. Petermann, 1989 Feb, “Synergism on Electro-magnetic Interference (EMI) – Shielding in Metal – and Ferroelectric- Particle Filled Polymers ”, Polymer Composites, Vol.10, No.1, P52~P56。
11. 周文祥等, 1999, “塑膠成型構裝雷射模組之電磁干擾研究”, 1999 台灣電磁相容研討會, P93~P96。
12. 蔣志明, 1998.6, “防電磁波干擾鋁箔填充塑膠產品研製”, 台大材料所碩士論文。
13. 劉文隆, 1994, “複合材料技術在電磁干擾遮蔽產品的應用”, 台北國際自動化機具大展專刊, P361~P381。
14. 沈永清, 1998. 9, “導電性塑膠材料”, 化工資訊, P6~P13。
15. 吳萬章, 1999, “用於電磁干擾遮蔽效用的導電性塑膠”, 高分子工業, 2 期, P20~P23。
16. M. T. Kortschot and R. T. Woodhams, 1985 Oct, “Electromagnetic Interference Shielding with Nickel-Coated Mica Composites”, Polymer Composites, No.4, P269~P332。
17. 盧敏彥, 1998. 9, “導電塑膠應用-電磁干擾屏蔽”, 化工資訊, P15~P23。
18. 顏志超, 1990. 11, “導電性聚合物的製備及其性質的研究”, 中原化工所博士論文。
19. M. T. Kortschot and R. T. Woodhams, 1988 Feb, “Computer Simulation of the Electrical Fillers”, Polymer Composites, Vol. 9, No.1, P60~P71。

表一 電木粉／鋁粉測試片經硝酸銀溶液處理後的表面電阻

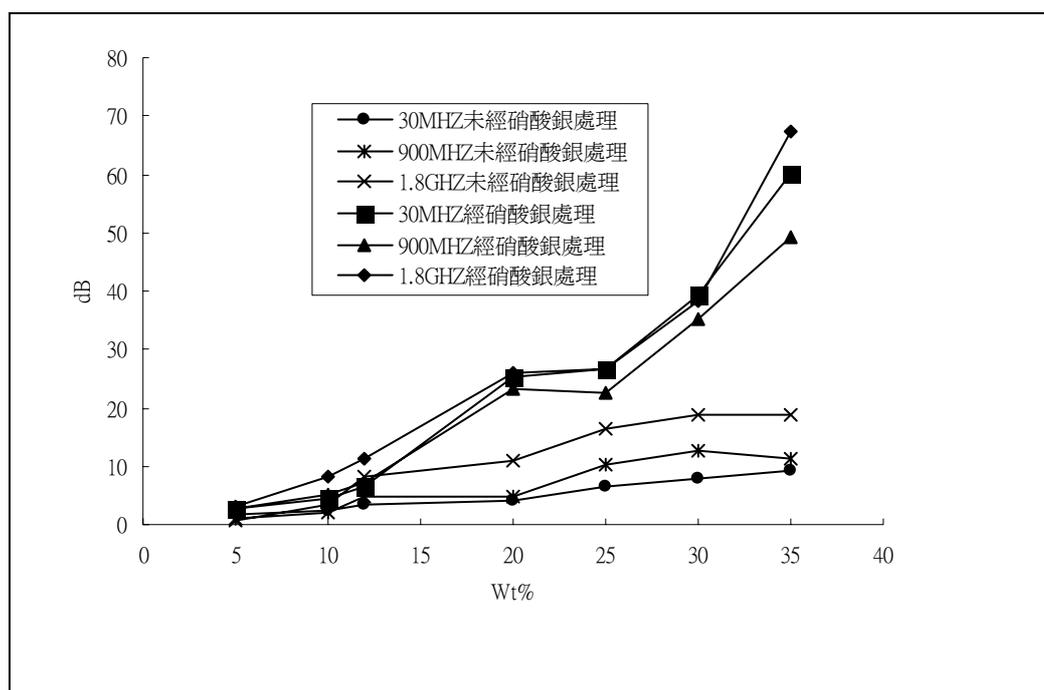
電木粉(g)	鋁粉(g)	wt%	表面電阻( $\Omega/\text{cm}^2$ )
33.25	1.75	5%	$>2 \times 10^7$
31.50	3.50	10%	$7.8 \times 10^0$
29.75	5.25	15%	$6.8 \times 10^0$
28.00	7.00	20%	$4.2 \times 10^0$
26.25	8.75	25%	$2.6 \times 10^0$
24.50	10.50	30%	$1.5 \times 10^0$
22.75	12.25	35%	$1.1 \times 10^0$



圖一 電木粉／鋁粉測試片經硝酸銀溶液處理後的表面電阻

表二 電木粉／鉛粉未經硝酸銀溶液及經硝酸銀溶液處理後之電磁波遮蔽效應

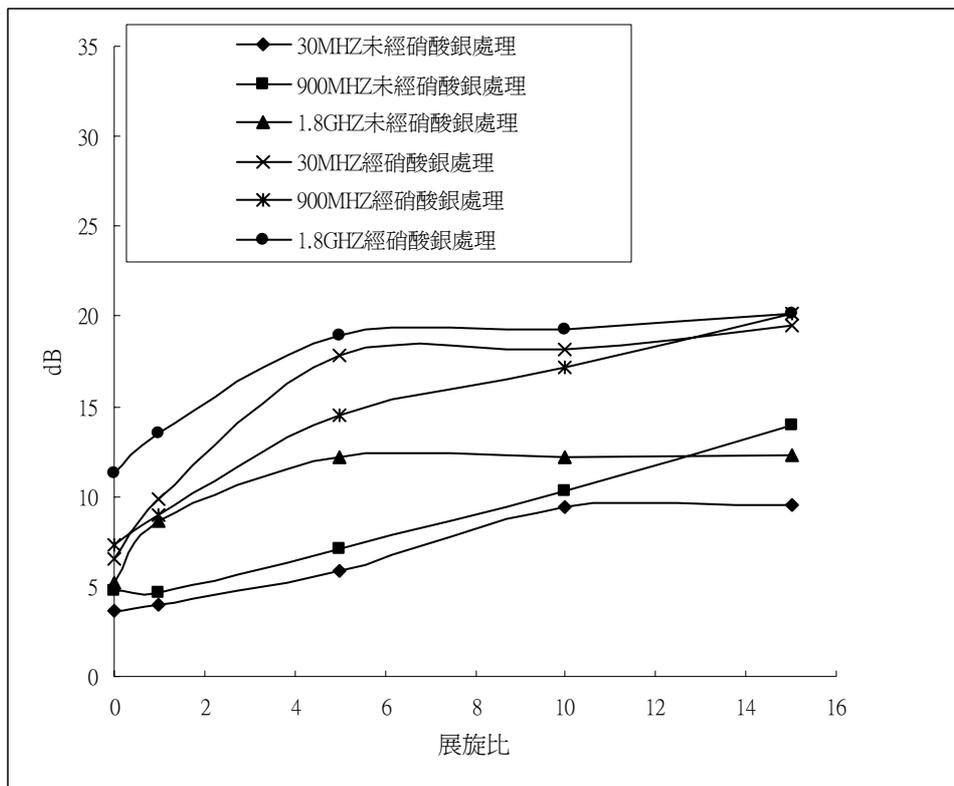
電木粉 (g)	鉛粉 (g)	wt%	未經硝酸銀溶液之處理			經硝酸銀溶液之處理		
			30MHZ	900MHZ	1.8GMZ	30MHZ	900MHZ	1.8GMZ
33.25	1.75	5%	1.84	0.94	0.60	2.63	2.81	3.17
31.50	3.50	10%	2.33	1.94	3.49	4.52	5.18	8.33
29.75	5.25	12%	3.47	4.71	8.36	6.56	7.35	11.26
28.00	7.00	20%	4.20	4.95	11.07	25.15	23.12	25.98
26.25	8.75	25%	6.64	10.20	16.50	26.75	22.69	26.57
24.50	10.50	30%	8.02	12.62	18.84	39.25	35.11	38.19
22.75	12.25	35%	9.27	11.37	18.90	60.11	49.23	67.18



圖二 電木粉／鉛粉未經硝酸銀溶液及經硝酸銀溶液處理後之電磁波遮蔽效應

表三 電木粉／鋁粉／鋁薄片未經硝酸銀溶液及經硝酸銀溶液處理後之電磁波遮蔽效應

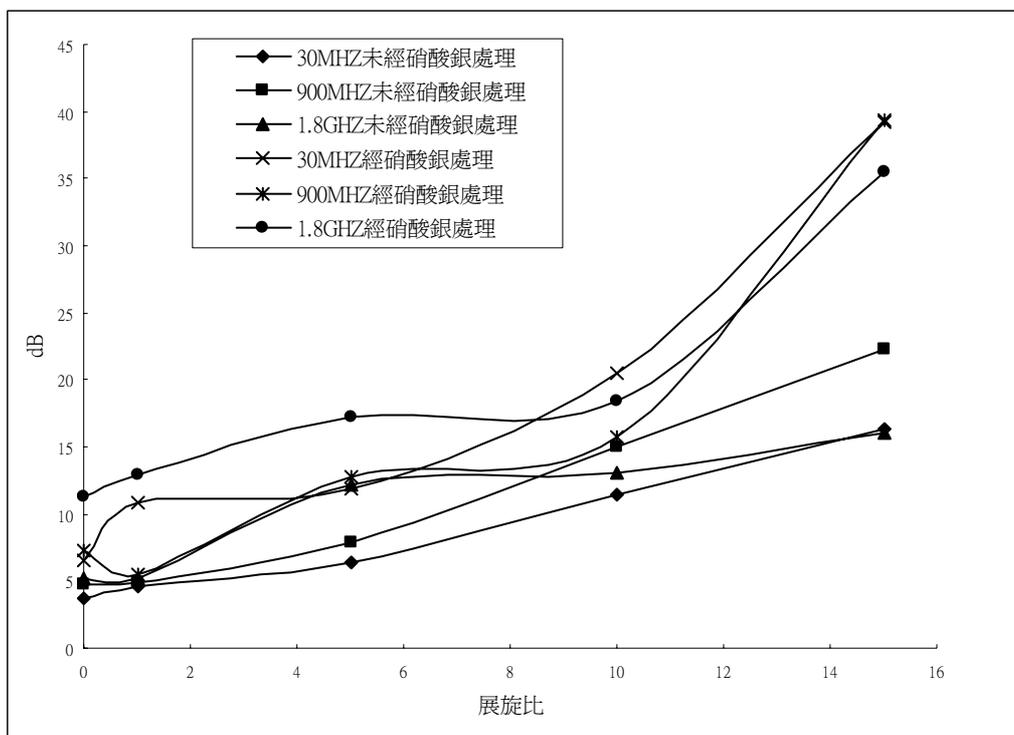
電木粉 (g)	鋁粉 (g)	鋁薄片 (g)	展旋比	未經硝酸銀溶液之處理			經硝酸銀溶液之處理		
				30MHZ	900MHZ	1.8MHZ	30MHZ	900MHZ	1.8MHZ
29.75	5.25	0	0	3.67	4.71	5.25	6.56	7.35	11.26
29.75	4.50	0.75	1	4.01	4.61	8.69	9.89	8.95	13.50
29.75	4.50	0.75	5	5.87	7.07	12.20	17.85	14.50	18.90
29.75	4.50	0.75	10	9.44	10.27	12.20	18.21	17.15	19.30
29.75	4.50	0.75	15	9.51	13.95	12.30	19.53	20.21	20.15



圖三 電木粉／鋁粉／鋁薄片未經硝酸銀溶液及經硝酸銀溶液處理後之電磁波遮蔽效應

表四 電木粉／鋁粉／鋁薄片未經硝酸銀溶液及經硝酸銀溶液處理後之電磁波遮蔽效應

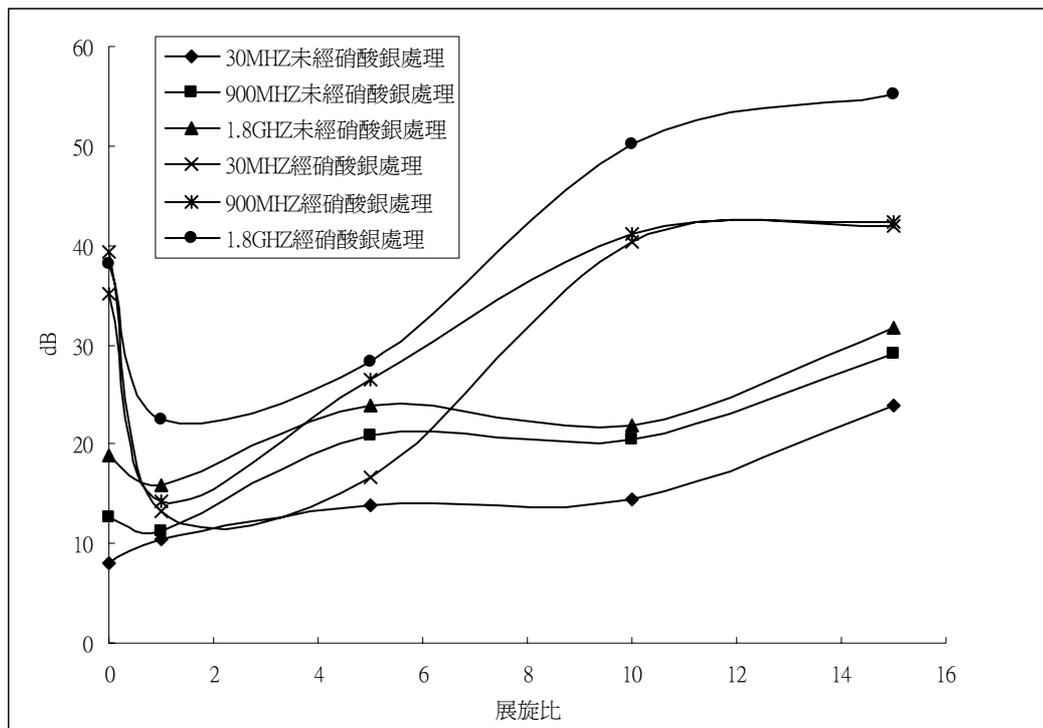
電木粉 (g)	鋁粉 (g)	鋁薄片 (g)	展旋比	未經硝酸銀溶液之處理			經硝酸銀溶液之處理		
				30MHZ	900MHZ	1.8GMZ	30MHZ	900MHZ	1.8GMZ
29.75	5.25	0	0	3.67	4.71	5.25	6.56	7.35	11.26
29.75	3.00	2.25	1	4.57	4.89	5.13	10.87	5.52	12.90
29.75	3.00	2.25	5	6.45	7.83	12.12	11.86	12.73	17.28
29.75	3.00	2.25	10	11.43	15.07	13.14	20.55	15.74	18.36
29.75	3.00	2.25	15	16.40	22.24	15.98	39.22	39.36	35.44



圖四 電木粉／鋁粉／鋁薄片未經硝酸銀溶液及經硝酸銀溶液處理後之電磁波遮蔽效應

表五 電木粉／鋁粉／鋁薄片未經硝酸銀溶液及經硝酸銀溶液處理後之電磁波遮蔽效應

電木粉 (g)	鋁粉 (g)	鋁薄片 (g)	展旋比	未經硝酸銀溶液之處理			經硝酸銀溶液之處理		
				30MHZ	900MHZ	1.8GMZ	30MHZ	900MHZ	1.8GMZ
24.50	10.50	0	0	8.02	12.62	18.84	39.25	35.11	38.19
24.50	6.00	4.50	1	10.52	11.20	15.82	13.22	14.22	22.50
24.50	6.00	4.50	5	13.76	20.90	23.78	16.69	26.51	28.20
24.50	6.00	4.50	10	14.42	20.54	21.82	40.43	41.23	50.22
24.50	6.00	4.50	15	23.84	29.12	31.74	41.93	42.41	55.22



圖五 電木粉／鋁粉／鋁薄片未經硝酸銀溶液及經硝酸銀溶液處理後之電磁波遮蔽效應

表六 電木粉／鋁粉測試片經硝酸銀溶液處理後的表面之 x-ray 繞射儀分析結果

電木粉／鋁粉經硝酸銀溶液處理後的測試片		純 銀	
2 $\theta$	d	2 $\theta$	d
38.2	2.354	38.14	2.359
44.4	2.039	44.33	2.034
64.6	1.442	64.50	1.445
77.6	1.229	77.61	1.230

## 絕緣層上矽分析及應用

陳啓文\* 陳韋旗

明新科技大學電子工程系

### 摘要

此研究主要是針對絕緣層上矽金氧半電晶體 (Silicon on Insulator MOS) 進行理論分析，進而利用 Silvaco TCAD 模擬程式做電性參數模擬；文中我們將採用 200 Å、500 Å、1000 Å 和 2000 Å 四種矽層厚度絕緣層上矽電晶體(SOI MOS)進而比較探討傳統金氧半電晶體(Bulk MOS)之間的電性差異和優缺點及應用。其中，絕緣層上覆矽電晶體的主要優點—低消耗功率上的量測，主要是探討漏電流的多寡；在各相近的環境下依不同的絕緣層上覆矽厚度電晶體和一般金氧半電晶體做比較，其漏電流越小者相對的消耗功率越小。而在元件的操作速度上，我們主要是以導通電壓(Threshold Voltage)和寄生電容值為依據，導通電壓越小或寄生電容越小相對的在元件的操作速度上有較佳的表現，這也是絕緣層上矽電晶體的主要優點之一。

**關鍵字：**絕緣層上矽，金氧半電晶體，漏電流，消耗功率

## Silicon on Insulator Analysis and Application

Chii-Wen Chen Wei-Qi Chen

Department of Electronic Engineering, Minghsin University of Science and Technology

### Abstract

This is a research about Silicon on Insulator MOS, and then using Silvaco TCAD program to do electricity parameter simulation. In this article, we will use four thickness of Silicon on Insulator MOS: 200 Å, 500 Å, 1000 Å and 2000 Å, and compare between the Bulk MOS in the electricity parameter and application. In which, the advantage of Silicon on Insulator MOS – the measure of low power cost is to confer the leakage current number. We will take it to compare with the SOI MOS and Bulk MOS at different SOI thickness in near environment, and the leakage current is smaller that the opposite power cost is smaller. At the device performance, we major in accordance with Threshold Voltage ( $V_t$ ) and the parasitic capacitance, and the threshold voltage or the parasitic capacitance is smaller that the opposite performance will better. It is one of the advantages of Silicon on Insulator MOS.

**Keyword :** Silicon on Insulator , Metal Oxide Semiconductor , Leakage Current , Power Cost

### 一、前言

隨著科技的發展，製程技術的進步，近年來金氧半元件 (MOS) 逐步縮小，其主要目的便是在改善金氧半元件的特性，進而改善金氧半電路設計的效能。藉由金氧半元件的縮小，元件本身的寄生雜散電

---

\* 電子工程系副教授 地址：新竹縣新豐鄉新興路 1 號 Tel：03-5593142 E-mail：cwchen@must.edu.tw

容 (parasitic capacitance) 都會有改善，元件操作速度進而可以提昇，電路封裝的密度也可以有效提高，使電路的成本降低。但魚與熊掌不能兼得，隨著縮短元件的尺寸，進而提昇元件的速度，相對的我們就得付出消耗功率也跟著提升的代價；且也由於綠色能源的提倡，及「摩爾定律」學說及製程技術上所遇之瓶頸，在往後高速及低消耗功率上，必定是我們所需加以研究和深思的，這也是我研究分析該主題的主要原因。

近年來絕緣層上覆矽 (Silicon on Insulator, SOI) 金氧半元件已經越來越受到重視；除了具有元件密度高的優點外，臨界電壓較小，抗輻射能力強，二次效應小，沒有 Latch-Up 現象、寄生電容小、消耗功率低、速度快等等的優點。所以，在元件往深次微米的發展中，絕緣層上覆矽製程技術將會成為主流技術。

## 二、SOI CMOS 元件

### 2.1 SOI 晶圓技術

SOI 係指在晶圓頂層表面以及底部的矽元件 (Base Silicon) 之間嵌入一層絕緣材料，以生產出比傳統批次矽元件 (Bulk Silicon) 速度更快、功率消耗更低的元件。

一般而言，絕緣層上覆矽金氧半元件 (SOI MOS) 製程技術和傳統一般金氧半元件 (Bulk MOS) 沒有太大的差異，除了製程一開始選用的晶圓有所不同外，傳統金氧半元件的製程技術都可以沿用到絕緣層上覆矽金氧半元件 (Silicon on Insulator, SOI) 的製程。以下我們將介紹目前常見的 SOI 晶圓製造技術：

#### A、SIMOX

如圖 1 所示，SIMOX 技術主要是將大量的氧離子  $O^+$  以高能量的方式打到矽晶圓中，使高能植入的氧離子能分布在矽晶圓表面下方。接著經由高溫退火 (anneal)，植入的氧離子會和矽產生化學反應，在晶圓表面下方形成一層氧化層。而在此氧化層的上方則會產生一層矽的結晶層，形成所謂的絕緣層上矽結構。如果氧化層上方的矽結晶層厚度無法達到所需，則可以在矽結晶層上方，利用 CVD 的方式再長上一層磊晶 (Epitaxial) 矽層。最後，利用 CMP 的方法將晶圓表面磨平，其主要的目的是除去因為氧離子植入時所造成的晶圓表面缺陷或是長晶過程中表面產生的雜質，以增加表面光滑提高元件的特性。

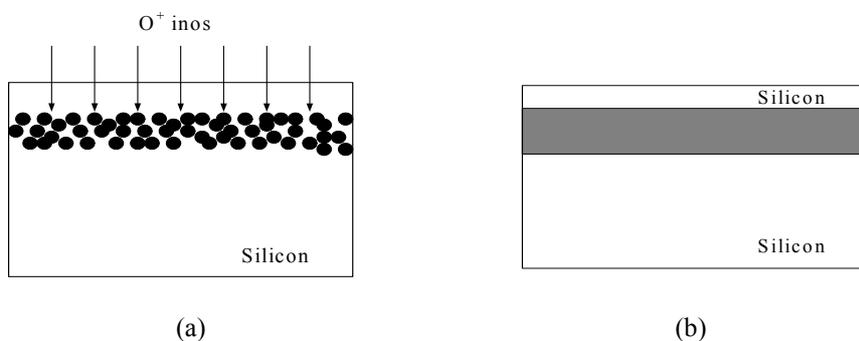


圖 1：SIMOX – Separation by Implantation Oxygen

#### B、BESOI

如圖 2 所示，一開始時先準備兩塊矽晶圓：元件晶圓 (Device Wafer) 和操作晶圓 (Handle Wafer)；首先，在元件晶圓上方長一層矽磊晶準備當蝕刻終止層 (etch stop layer)，而在操作晶圓上則是利用高溫

氧化，產生一層氧化層，控制氧化環境溫度使氧化層和矽層介面為低缺陷低雜質。當兩個晶圓都處理過後，利用凡得爾力 (Vander Walls force) 的作用將元件晶圓和操作晶圓進行鏈結。同時利用熱退火 (Thermal annealing) 強化兩個晶圓的鏈結，接著利用機械式擠壓和蝕刻來除去元件晶圓上多餘的矽層，最後再經由退火及磨平的步驟產生平滑清潔無雜質的 BESOI 晶圓表面。

C、Smart-Cut

如圖 3 所示，Smart-Cut 技術是從 BESOI 衍生而來，先準備兩塊晶圓，一個是用來當基板 (Wafer B)；一個則用來提供矽薄膜層 (Wafer A)。首先，先將要當矽薄膜層的晶圓 (Wafer A)，利用熱氧化的方法長上一層氧化層，接著以氫離子進行離子佈植，將大約  $2 \times 10^{16} \sim 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  的氫離子植入，完成 Wafer A 的處理之後，用來當基板的晶圓 (Wafer B) 和 Wafer A 以親水性鏈結 (hydrophilic bonding) 進行鏈結。經由  $400 \sim 600 \text{ }^\circ\text{C}$  的熱反應，有植入氫離子的 Wafer A 會因為氫離子的緣故而從離子植入的位置產生斷裂，並在斷裂面和氧化層間會形成一層單晶矽層。最後，利用  $1100 \text{ }^\circ\text{C}$  的高溫環境對產生的單晶矽層進行化學鍵的強化，提升單晶矽層的品質，同時，也對表面進行拋光的工作。

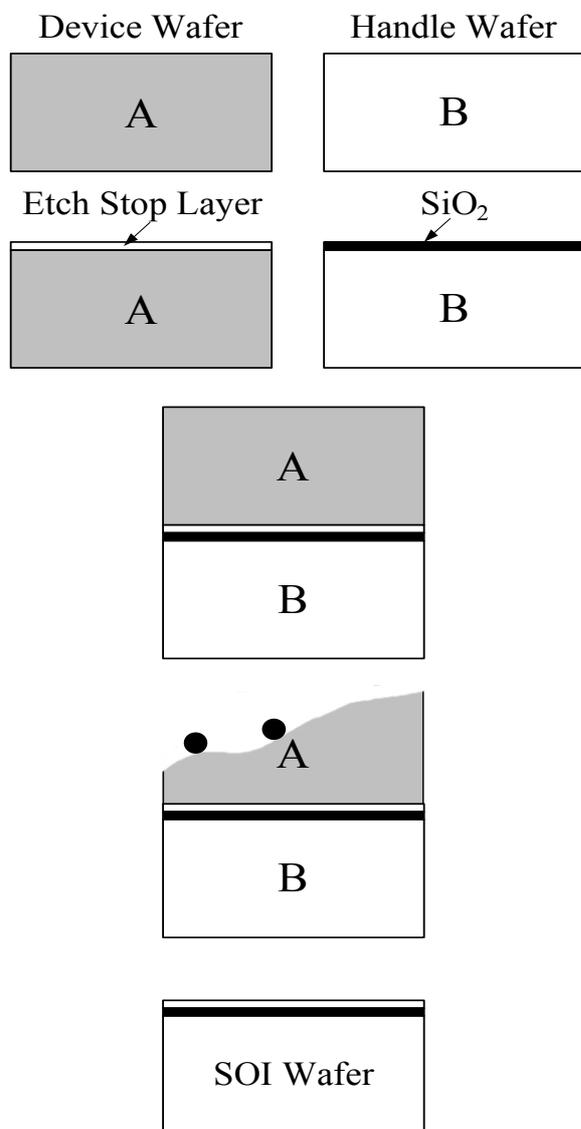


圖 2：BESOI—Bond and Etch Back

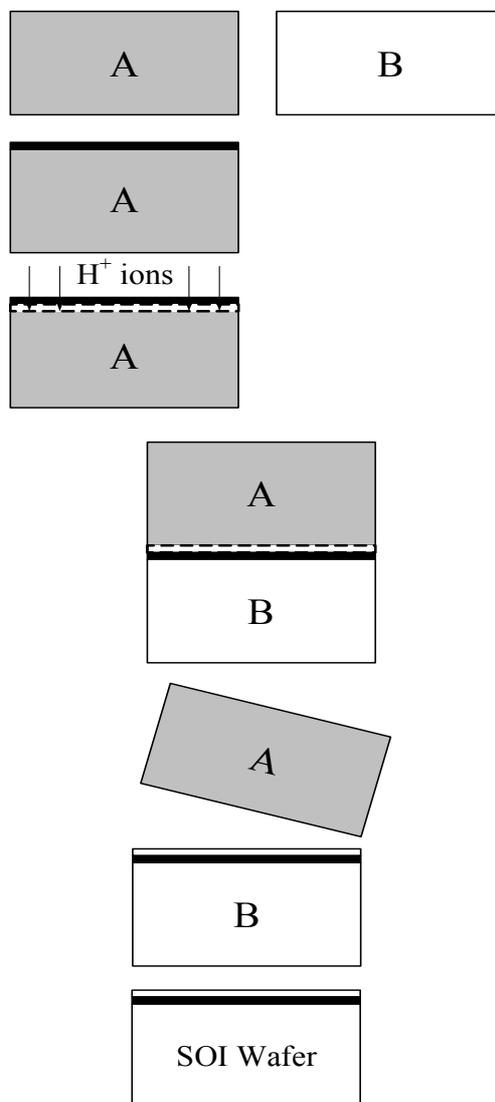


圖 3：Smart-Cut

## 2.2 元件結構

如圖 4 及表 1 所示，這是我們將使用 TCAD 模擬的 SOI 金氧半電晶體元件結構及參數。我們預設是 SOI NMOS 結構，閘極通道長度  $L_g = 1\mu m$ ，其閘極氧化層厚度  $t_{ox} = 200\text{ \AA}$  且絕緣層也是我們所稱的埋入氧化層厚度  $t_{BOX} = 0.2\mu m$ ，在埋入氧化層上方的 SOI 層厚度，我們即將分析其電性差異，因此  $t_{SOI}$  我們分別設定為  $500\text{ \AA}$  及  $2000\text{ \AA}$ ，而源極和汲極植入深度  $X_j = 0.2\mu m$  且參雜濃度為  $1 \times 10^{20} cm^{-3}$ ，在最後的基底濃度  $N_{ba}$  則為  $1.75 \times 10^{17} cm^{-3}$ 。

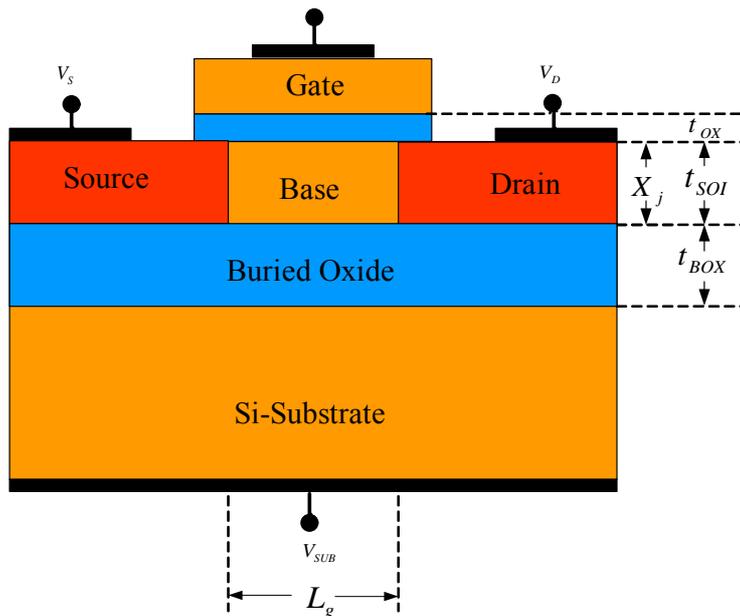


圖 4：SOI MOS 元件結構

表 1：元件參數

Parameters	SOI MOS	Bulk MOS	Unit
Gate Length ( $L_g$ )	1	1	$\mu m$
Gate Oxide Thickness ( $t_{ox}$ )	200	200	$\text{\AA}$
Buried Oxide Thickness ( $t_{box}$ )	0.2	-----	$\mu m$
Silicon Layer Thickness ( $t_{soi}$ )	200 , 500 , 1000 , 2000	-----	$\text{\AA}$
Drain/Source junction ( $x_j$ )	0.2	0.2	$\mu m$
Drain/Source Concentration ( $N_d$ )	$1 \times 10^{20}$	$1 \times 10^{20}$	$cm^{-3}$
Base Concentration ( $N_{ba}$ )	$1.75 \times 10^{17}$	$1.75 \times 10^{17}$	$cm^{-3}$

如圖 5 及表 1 所示，這是我們即將取用比較的传统金氧半電晶體 (Bulk MOS) 結構，在尺寸及參雜濃度上都和 SOI MOS 一樣，只是缺少 Buried Oxide 埋入氧化層，我們將探討其相異及優缺點。

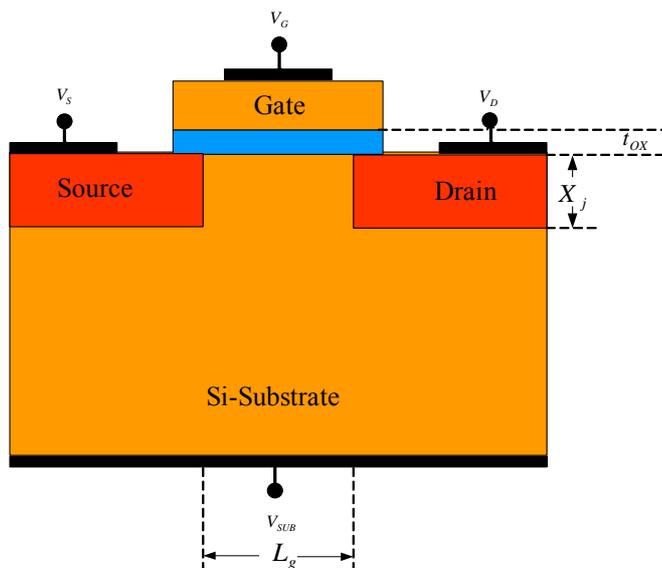


圖 5：Bulk MOS 元件結構

### 三、分析與模擬結果

此節主要是針對這次研究進行元件的設計，以 Silvaco 公司 Virtual Wafer Fabrication (VWF) 旗下的 Atlas TCAD 模擬軟體，使用表 1 各參數進行元件繪製並加以分析，藉由分析了解各元件電性特徵。

#### 3.1 實際元件模擬濃度分布

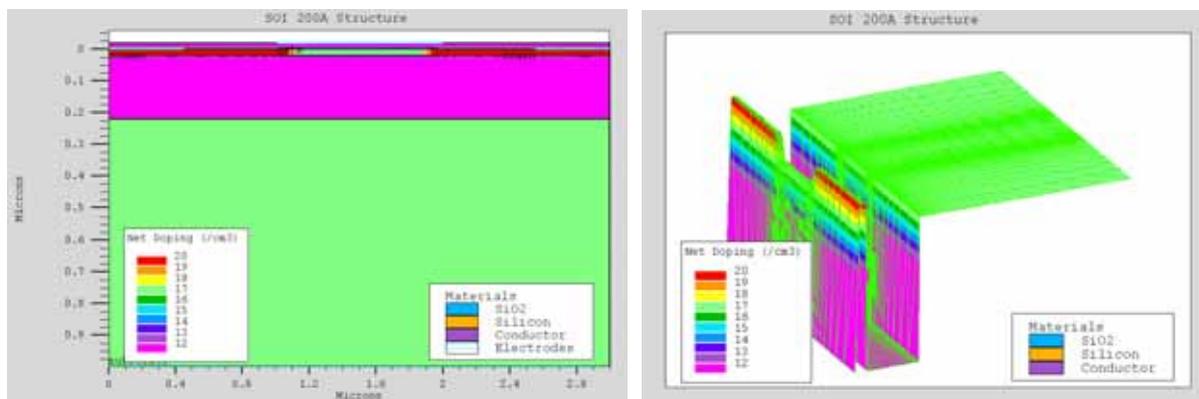


圖 6： $t_{SOI} = 200 \text{ \AA}$  結構

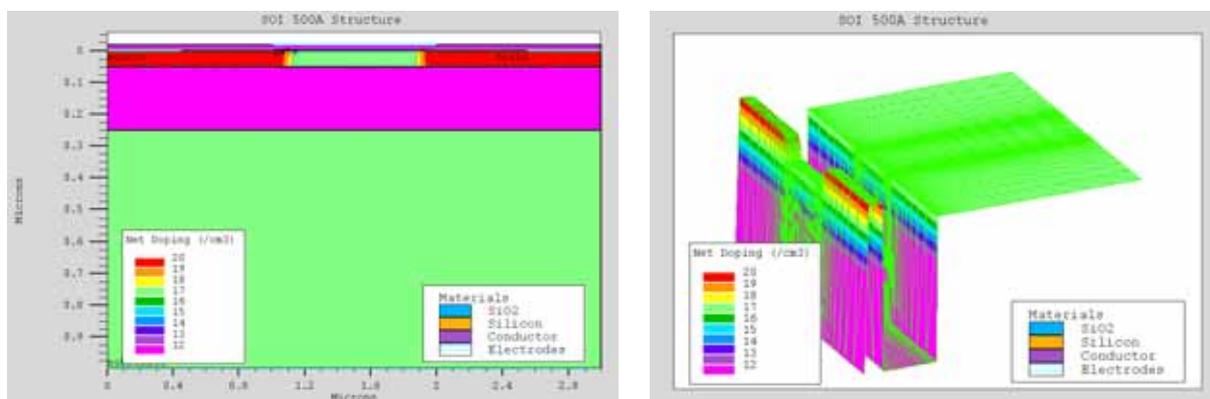


圖 7： $t_{SOI} = 500 \text{ \AA}$  結構

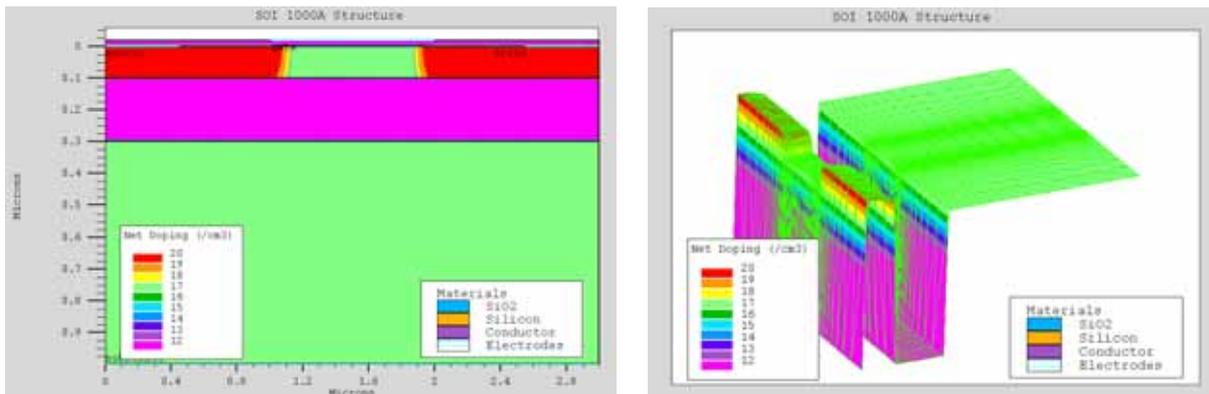


圖 8 :  $t_{SOI} = 1000 \text{ \AA}$  結構

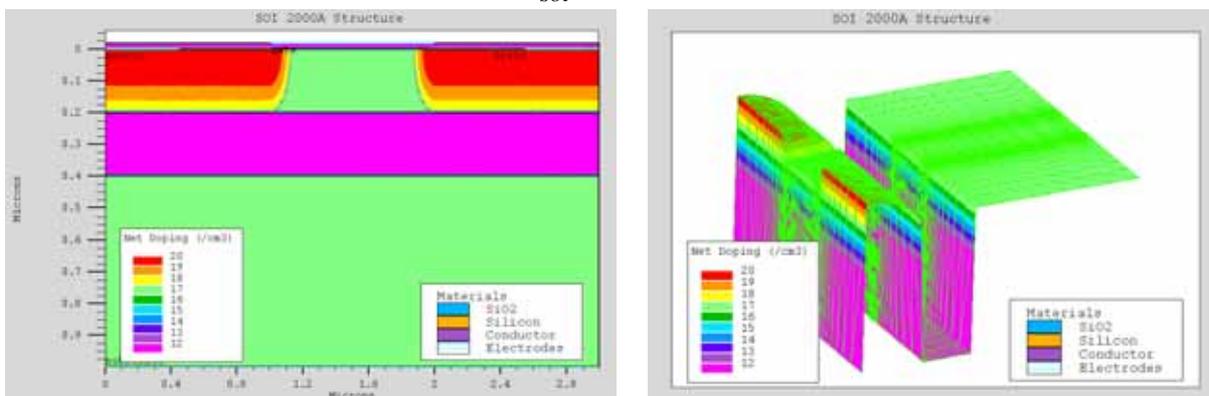


圖 9 :  $t_{SOI} = 2000 \text{ \AA}$  結構

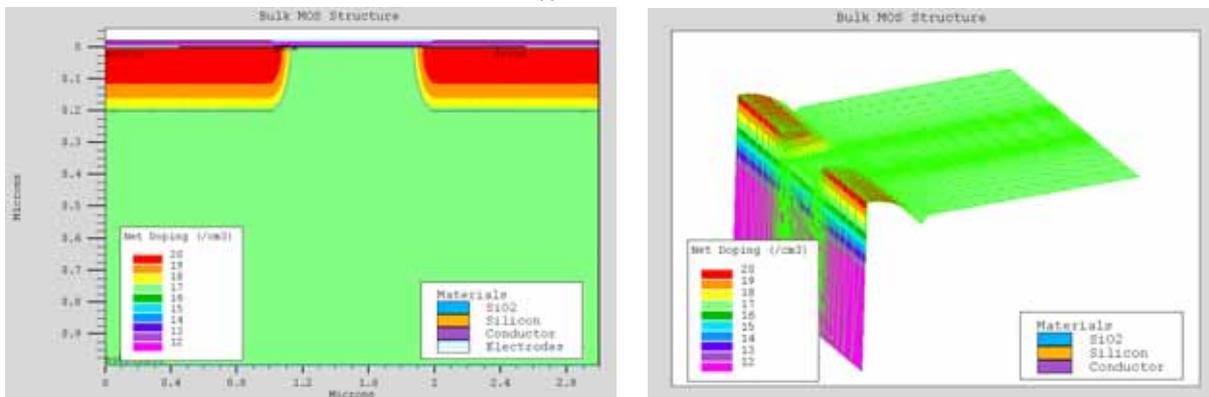


圖 10 : Bulk MOS 結構

如圖 6 至圖 10 所示，因為我們所設定的參數相同一致，因此在元件濃度的分佈也幾乎相同，僅 SOI 埋入氧化層之有無及 SOI 層厚度之差異；其中，閘極我們是直接開在氧化層上定義金屬接點，在圖中並沒有一般有沉積多晶矽的閘極，其電性模擬上並不影響。

### 3.2 Threshold Voltage 門檻電壓分析

如下圖 11，我們可清楚的看出在 SOI 厚度為  $200\text{\AA}$  的門檻電壓為最低，其中主要是受限於表面空乏區最大寬度  $W_m$  [式(1)]的影響，

$$V_T = \frac{qN_A W_m}{C_o} + \psi_s(inv) \cong \frac{\sqrt{2\epsilon_s q N_A (2\psi_B)}}{C_o} + 2\psi_B \quad \text{式(1)}$$

在 SOI 厚度為 200Å 時，由於 SOI 層厚度的縮小，使的空乏區最大寬度受限於絕緣埋入氧化層而縮小，因而使  $V_T$  門檻電壓為所測最低。當 SOI 矽的厚度從低於 400 Å ~500Å，閘極下的空乏區就會把矽空乏掉 (FD-SOI)，在極薄的矽區內，閘極對通道的控制力將變大，因此使  $V_T$  門檻電壓下降。如圖 12 所示，我們進而針對 600Å ~900Å 也做分析，由圖上我們大概得知其最大空乏區寬度  $W_m$ ，約在 SOI 層厚度為 800Å 時，所以我們原先的 1000Å、2000Å 及 Bulk MOS 絲毫不受影響，因此  $V_T$  門檻電壓相異不大。

$$P = CV^2 \quad \text{式(2)}$$

由上[式(2)]，我們得知，元件的操作電壓對元件本身的功率消耗影響深遠，在 SOI 元件中擁有較低的操作電壓，這也將使元件在消耗功率上大大的改善。

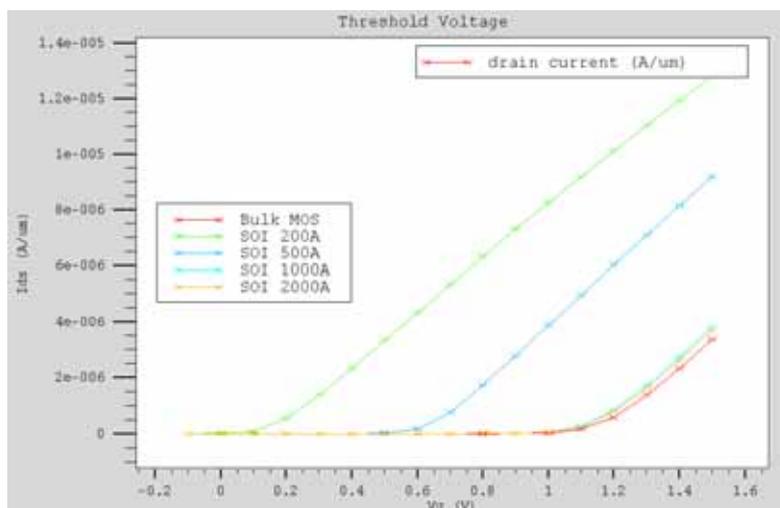


圖 11：Bulk MOS、SOI200Å、SOI500Å、SOI1000Å、SOI2000Å  $V_T$  門檻電壓

$$V_{ds} = 0.1V, V_G \text{ 範圍從 } 0V \text{ 至 } 1.5V$$

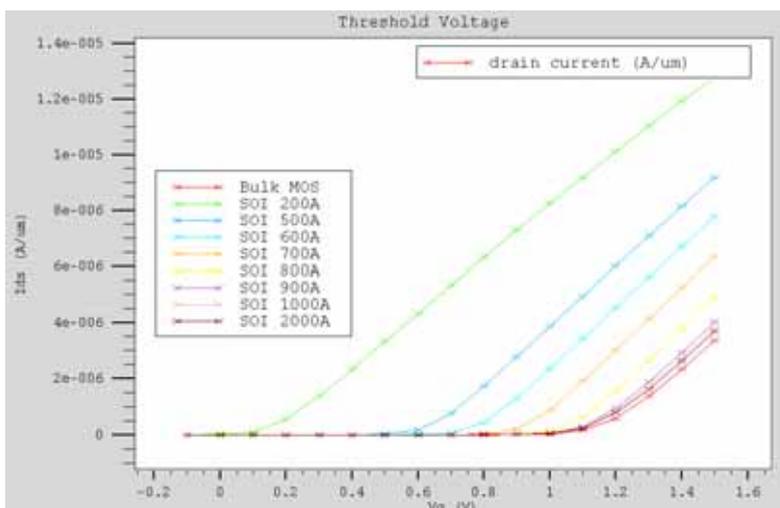


圖 12：Bulk MOS、SOI200Å ~ SOI2000Å  $V_T$  門檻電壓

$$V_{ds} = 0.1V, V_G \text{ 範圍從 } 0V \text{ 至 } 1.5V$$

### 3.3 $I_{DS} - V_{DS}$ 轉換特性

閘極電壓  $V_g$  為 2.25 V，汲極電壓  $V_d$  從 0V 至 3.3V 作直流掃描；對一已知的  $V_g$  而言，汲極電流一開始會隨著汲極電壓線性增加（線性區），然後逐漸持平，趨近一飽和值（飽和區）。由[式(3)]線性區及[式(4)]飽和區汲極電流，由於我們在通道長度及寬度和閘氧化層都一致下，唯一能改變汲極電流為  $(V_G - V_T)$  電壓差；因此如圖 13，這個比較證明了因不同絕緣層上矽，造成不一樣的  $V_T$  門檻電壓因而使  $I_D$  不同，無論是線性還是飽和都有相同特性，因此此實驗在 SOI 厚度為 200Å 時， $I_D$  都大於同一量級  $V_G$ 。

$$I_D = \frac{W}{L} \mu_n C_o (V_G - V_T) V_D \quad V_D \ll (V_G - V_T) \quad \text{式(3)}$$

$$I_{Dsat} \cong \left(\frac{1}{2} \mu_n C_o \frac{W}{L}\right) (V_G - V_T)^2 \quad \text{式(4)}$$

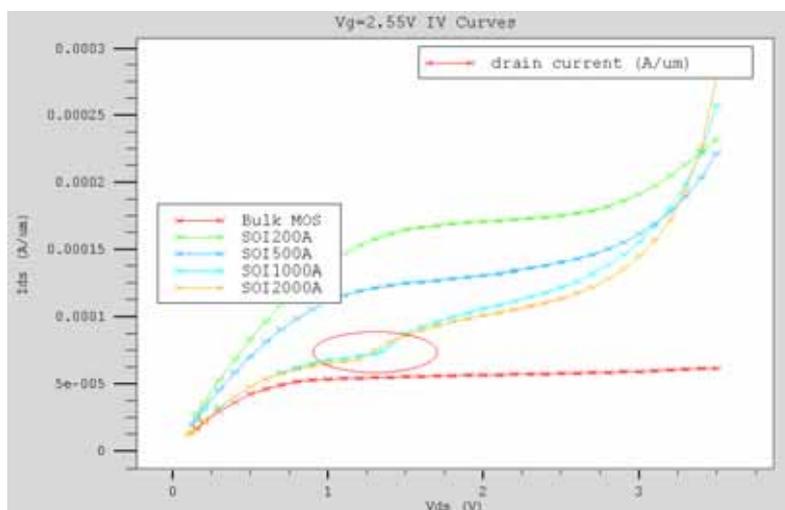


圖 13：Bulk MOS、SOI200Å、SOI500Å、SOI1000Å、SOI2000Å  $I_{DS} - V_{DS}$  轉換曲線

$V_G$  分別為 2.25V， $V_{ds}$  範圍從 0V 至 3.3V

在 IV 特性曲線中，由於 SOI1000Å 和 SOI2000Å 因矽層厚度較厚而沒有完全空乏（PD-SOI），因此通道下將有中性區（neutral region），當汲極電壓加到某一值時，汲極電流增加並造成衝擊離子化產生電子電洞，而造成電流突增（Kink effect），如圖 13 圈起來部份，這將使類比 IC 元件造成很大困擾；而將絕緣層上的矽層參雜濃度降低，以使電流突增現象較晚發生。

### 3.4 Ron 導通電阻的量測

在導通電阻的量測上，我們主要是以  $R = V/I$  觀念去做量測，因此套用  $I_{DS} - V_{DS}$  轉換曲線去做分析；在相同的電壓下，如所得電流較大，相對的電阻值小，反之則為阻值大；導通電阻將關係到我們的元件操作速度及功率消耗等問題。如圖 14 所示，SOI 元件擁有較低的阻值；SOI 元件由於埋入氧化層的緣故，元件的操作區僅在那薄薄的矽層，又以 SOI 200Å 最為明顯，矽層厚度遠低於一般傳統的 MOS，因此阻值也有所落差，因此在效能及消耗功率上，SOI 元件要比傳統元件有較優秀的表現，在此實驗中，以  $t_{SOI} = 200 \text{ \AA}$  時表現最優秀。

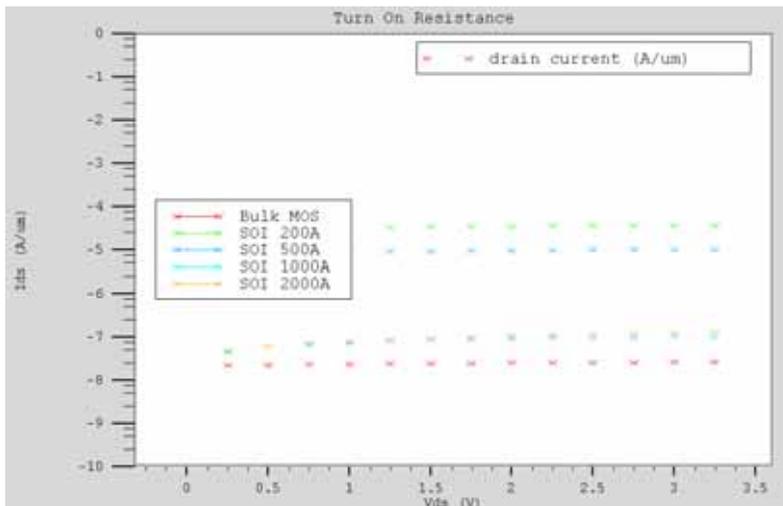


圖 14：Ron 導通電阻特性曲線； $V_G = 2.25V$ ， $V_{ds}$  範圍從 0V 至 3.3V

### 3.5 $g_m$ 轉移電導分析

在轉移電導的實驗中，我們以掃描  $V_G$  以分析其  $I_D$  特性[式(5)]，進而探討次臨界特性（Subthreshold characteristic）。

$$g_m \equiv \left. \frac{\partial I_D}{\partial V_G} \right|_{V_D = c} = \frac{W\mu_n \epsilon_{OX}}{dL} \tag{5}$$

如圖 15，受限於表面空乏區最大寬度  $W_m$  之影響，導致  $t_{SOI} = 200 \text{ \AA}$  有較大的次臨界特性，因此相對所得汲極電流也較大。

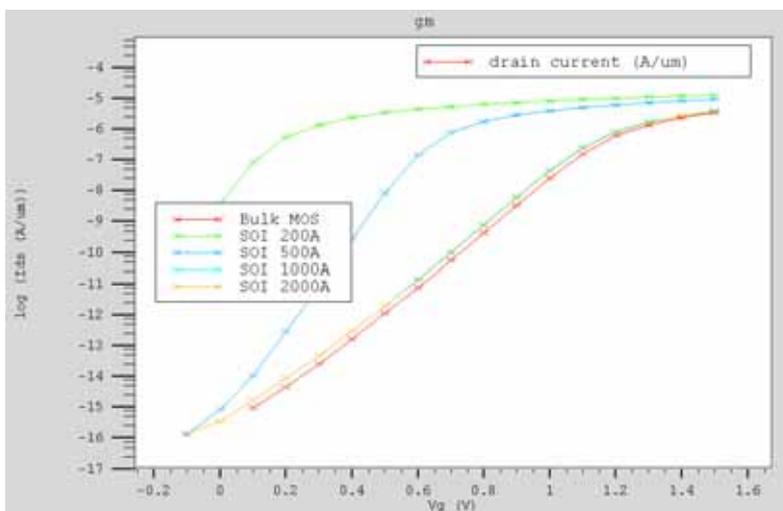


圖 15： $g_m$  轉移電導分析； $V_{ds} = 0.1V$ ， $V_G$  範圍從 0V 至 3.3V

處於次臨界時，該電流將隨  $(V_t - V_{GS})$  成自然指數成長，截然不同於 MOSFET 正常操作時之漂移電流。反言之，當  $V_{GS} > V_t$  時，MOSFET 之次臨界電流將隨  $(V_{GS} - V_t)$  成自然指數衰減，最後只剩明顯的漂移電流成分。

### 3.6 $I_{off}$ Drain-Substrate 漏電流分析

在漏電流的分析中，我們主要是以不導通電晶體做  $I_{ds}$  的量測；由於 SOI 在次門檻電壓有極低的電壓值，因此我們是固定  $V_{ds} = 0.5V$ ，閘極則由  $0.1V$  遞減至  $-2.0V$ ，以確保電晶體處於關閉狀態進而量測。

由圖 16 我們可清楚看出，由於埋入氧化層的絕緣作用，SOI 元件的漏電流較一般傳統電晶體低，這將直接反映在元件的消耗功率上，進而影響元件的穩定度。

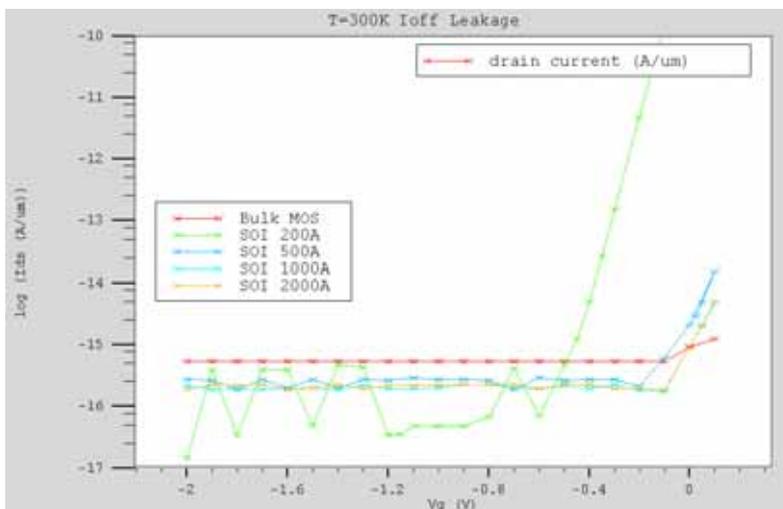


圖 16：T=300K  $I_{off}$  特性曲線圖； $V_{ds} = 0.5V$ ， $V_G$  範圍從  $0.1V$  至  $-2.0V$

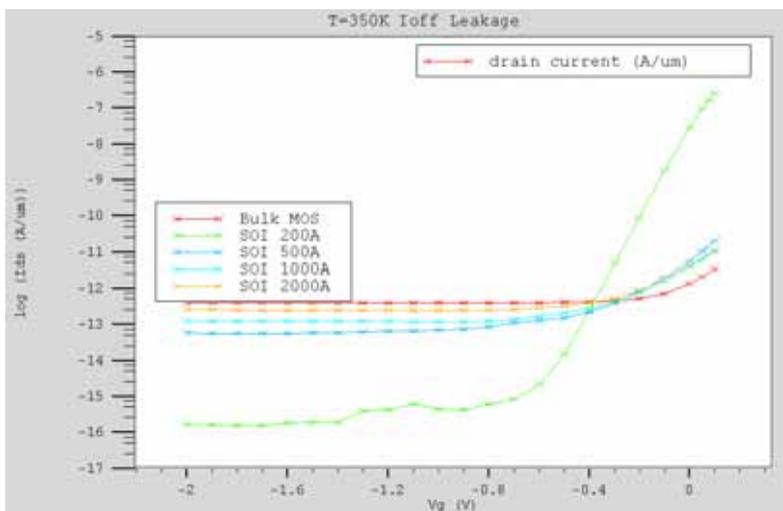


圖 17：T=350K  $I_{off}$  特性曲線圖； $V_{ds} = 0.5V$ ， $V_G$  範圍從  $0.1V$  至  $-2.0V$

在上圖 17 中，我們將模擬測試溫度提高至絕對溫度  $350K$ ，傳統 Bulk MOS 其漏電流遠大於 SOI MOS 元件，在此 SOI 則展現他的低漏電流而低消耗功率的優點。

### 3.7 Capacitance 電容特性分析

元件寄生電容也將是影響元件效能的主要原因，就如[式(2)]  $P = CV^2$  和  $\tau = CV/I$ ，因此我們知道，如要增加元件的效能或減少元件所需的功率消耗與我們的電容電荷有相當的關係。

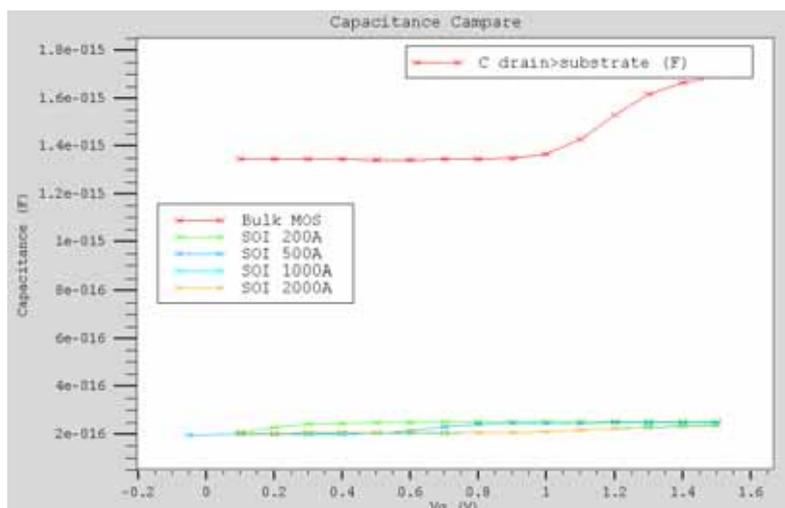


圖 18：Capacitance 電容特性分析； $V_{ds} = 0.1V$ ， $V_G$  範圍從 0V 至 1.5V

$$\frac{1}{C_{Bulk}} = \frac{1}{C_{ox}} + \frac{1}{C_d} \quad \text{式(6)}$$

$$\frac{1}{C_{SOI}} = \frac{1}{C_{ox}} + \frac{1}{C_{box}} + \frac{1}{C_b} \quad \text{式(7)}$$

其中  $C_{ox}$  為閘極氧化層寄生電容， $C_d$  為元件空乏層電容， $C_{box}$  為 SOI 埋入氧化層寄生電容， $C_b$  為 SOI 埋入氧化層下方的基材寄生電容。

由於 SOI 的埋入氧化層，而這層氧化層的寄生電容正好與上方的閘化層和下方的基板寄生電容形成串連；由[式(6)]及[式(7)]我們可清楚得知，電容的串聯將使電容總值下降，因此如圖 18，SOI 的寄生電容值將比傳統 MOS 小很多，這也將直接影響元件的速度及消耗功率，這也將是未來元件越做越小，SOI 技術將被重視的關鍵問題。

#### 四、結論

表 2：各參數特性比較

	Bulk MOS	SOI 200Å	SOI 500Å	SOI 1000Å	SOI 2000Å
$V_t$ 門檻電壓	High	Low	Low	High	High
$SubV_t$ 次門檻導通	High	Low	Low	High	High
$R_{on}$ 導通電阻	High	Low	Low	Moderate	Moderate

$I_{off}$ 漏電流	<b>High</b>	<b>Low</b>	<b>Low</b>	<b>Low</b>	<b>Low</b>
C 電容電荷值	<b>Very High</b>	<b>Low</b>	<b>Low</b>	<b>Low</b>	<b>Low</b>
SW-Speed 切換速度	<b>Low</b>	<b>High</b>	<b>High</b>	<b>Moderate</b>	<b>Moderate</b>
Power 功率消耗	<b>Very High</b>	<b>Low</b>	<b>Low</b>	<b>Low</b>	<b>Low</b>

由於 SOI 較傳統元件有良好絕緣隔離效果，因此有更低的漏電流，元件密度也因被提升，在往後晶片發展 SOC 上的數位和類比之間的干擾更低，本體 CMOS 電路中與生俱來的閃鎖（Latch-up）現象亦被消除，源極與汲極區的寄生接面電容（junction capacitance）也因埋入氧化層絕緣基板而大幅降低，使元件性能上更加提升，在高頻無源元件裡的損失更低。此外，SOI 可有效改善本體 CMOS 在輻射損傷方面的容忍度；此乃因受輻射時，僅有少量體積的矽會產生電子電洞對，此特性在太空應用上特別重要。

基於以上的各項優點，現今 SOI 技術已有被廣泛的使用，如高性能微處理器及伺服路由器、低功率可攜式通訊裝置、智慧型功率開關、寬頻區域網路播放系統、光訊號處理需用之微光電元件、高溫感測器及控制器、顯示器及微機電元件等這些當紅技術的發展；目前大量使用 SOI 技術的莫過於美商超微（AMD）與 IBM 技術合作的微處理器生產，這個技術不但克服超微多年來微處理器的高溫，更使所生產的微處理器性能大幅改善。但礙於 SOI 晶圓良率及高成本受限，使的這優異的製程無法普及，我相信在未來高效能低功耗的需求，必定在 SOI 晶圓良率上會有所改善，使人類帶來更多福祉。

## 五、致謝

本研究首先要感謝 Silvaco 台灣分公司的 KC Chang 經理及他們的工程師，於一開始技術性及許多問題上的支援。再來則是系上周靜娟老師及黃孝祖老師實驗室環境的提供和許多觀念上的加強。當然還有我的專題指導陳啓文教授，於一開始給我們很自由的方向及規劃，且由於 94 學年擔任系上主管，忙的天昏地暗，但也抽空來分析及協助，才使研究得以完成。

## 六、參考文獻

- [1] 施敏, "SEMICONDUCTOR DEVICES Physics and Technology 2nd"
- [2] 林世佳, NTUEE National Taiwan University Department of Electronical Engineering, "Compact Modeling of SOI and Bulk CMOS VLSI Devices"
- [3] Wacker Siltronic AG, "Silicon on Insulator – A Mainstream Technology in the Making"
- [4] Yoshiki Hayasaki, Hitomichi Takano and Masahiko Suzumura, "BACK CHANNEL EFFECT ON SOI CMOS FOR HIGH VOLTAGE POWER ICs,"
- [5] MAKOTO YOSHIMI, MEMBER, IEEE, MINORU TAKAHASHI, TETSUNORI WADA, KOUICHI KATO,

- SHIGERU KAMBAYASHI, ' MASATO KEMMOCHI, AND KENJI NATORI, MEMBER, IEEE, "Analysis of the Drain Breakdown Mechanism in Ultra-Thin-Film SOI MOSFET's"
- [6] J. Hartwich, L. Dreeskomfeld, F. Hofmann, J. Kretz, E. Landgraf, R.J. Luyken, M. Specht, M. Stadel, T. Schulz, W. Rosner, and L. Risch, "Off Current Adjustment in Ultra-Thin SOI MOSFETs"
- [7] Shoichi Masui and Masaharu Tachimori "AN ANALYSIS OF THRESHOLD VOLTAGE VARIATION IN THIN-FILM SOI MOSFETs"
- [8] Badih El-Kareh', Timothy Stanley<sup>2</sup>, Bomy Chen', "Silicon on Insulator - An Emerging High-Leverage Technology"
- [9] A. J. Auberton-Hervé. "SOI : Materials to Systems"

## 水力及抽蓄電廠對電力系統競價市場最佳機組發電排程之影響

李聰穎\* 陳俊隆 詹榮茂

明新科技大學電機工程系

### 摘要

本研究探討水力及抽蓄電廠對電力系統競價市場最佳機組發電排程之影響，提出一個可以解出在自由化競價市場運轉模式下的機組最佳發電排程的方法，並考慮傳統水力及抽蓄機組仍為國營機組的狀況下，傳統水力及抽蓄機組的最佳調度方式及對系統整體調度的影響，使得系統的總供電成本最低；此外，本研究亦以解制後的台電系統為例，探討在競價市場模式下系統運轉的結果，並與過去在電力系統水、火力機組調度協調的研究成果比較，探討解制前後系統運轉成本的變化，作為國內推動電業自由化的參考。

**關鍵詞：**競價市場、水力機組、抽蓄機組、解制

## The Effects of Hydro Units and Pumped Storage Units on Optimal Generation Scheduling of a Competitive Market in Power Systems

Tsung-Ying Lee Jun-Long Chen Rong-Mao Jan

Department of Electrical Engineering, Mingshin University of Science and Technology

### Abstract

This research investigates the effects of hydro units and pumped storage units on optimal generation scheduling of a competitive market in power systems. The conventional hydro units, pumped storage units and nuclear units were suggested to be committed by utility; all thermal units were operated under a competitive market. A new algorithm was proposed to solve the optimal generation schedule of fossil units, conventional hydro units and pumped storage units in a deregulated competition market power system. The total generation cost will be minimized when the optimal generation schedules of all generation units were reached. Furthermore, a numerical example compared the operating results of the deregulated Taiwan power system with the operating results of Taiwan power system before deregulation. Comparison results will be used as a reference for Taiwan power system deregulation evaluation.

**Keywords:** competition market, hydro generation unit, pumped storage unit, deregulation

---

\* 電機工程系副教授 地址：新竹縣新豐鄉新興路 1 號 Tel：03-5593142 E-mail：tylee@must.edu.tw

## 1. 簡介

電力事業為一公用事業，因此電力系統運轉時除了應就經濟因素加以考慮之外，最重要的是如何維持穩定的電源供應。為了提高電業間的競爭、降低供電成本及提高供電品質，電力系統的運轉已由傳統發電、輸電及配電垂直整合的運轉方式，朝向較為自由的水平分割發電、輸電及配電系統的運轉方式[1]。國內在政府電業自由化的政策導向及預期電業法修正通過的環境下[2,3]，電力系統自由化已是必然的趨勢；但是由於現有系統各種不同機組的特性不同，成本差異亦大，且除了火力電廠之外，尚有核能電廠、傳統水力電廠及抽蓄電廠，再加上在第一、第二及現階段核准設立的民營電廠與電力公司之間簽有二十五年的購售電合約[4]，因此未來如何妥善的移轉現有合約、如何兼顧系統中原有的老舊機組、考量核能電廠的安全因素、各型水力電廠及抽蓄電廠的運轉方式，進而建立適合現況、未來發展及適合我國的電力自由化競價市場及相關調度規則，是學術界及電力公司必須加以正視的問題。

關於解制後電力系統運轉的研究成果有很多，例如，大型水力機組在解制後電力系統之可靠度分析[5]，解制後電力系統機組運轉排程[6]，世界各國電力系統解制後之價格分析[7]，以虛功率做為輔助服務之價格分析[8]及競價市場之機組排程分析[9]等。

本研究的目的即針對競價市場中各型火力機組的調度方式，以及傳統水力與抽蓄機組仍為國營的狀況下，傳統水力及抽蓄機組的最佳調度方式及對系統的影響加以探討，並提出一套結合動態規劃法(Dynamic Programming, DP)、多途徑動態規劃法(Multi-Pass Dynamic Programming, MPDP)[10]的演算法，解出一天內各機組最佳發電排程的方法，使得電力系統的總購電成本最低，同時考慮備轉容量的區域分佈及線路傳輸限制與擁塞問題，使得系統的穩定及可靠度儘可能的提高。此外，本研究更進一步探討電力系統解制前後運轉特性及發電成本的差異，作為國內推動電力自由化的參考。

## 2. 目標函數及限制條件

本研究探討傳統水力、抽蓄及各型火力機組在自由化競價市場的機組調度方式，以及傳統水力和抽蓄電廠對競價市場機組調度之影響。並提出一套有效的演算法，解出一天內各機組最佳發電排程的方法，使得電力系統的總購電成本最低，因此目標函數可表示成：

$$\text{Minimize Cost} = \sum_{j=1}^{j_{\max}} \left[ \sum_{i=1}^{n_j} F1_i(PF_{i,j}) + \sum_{k=1}^{m_j} F2_k(PB_{k,j}) \right] \quad (1)$$

$$F1_i(PF_{i,j}) = [A_i \times (PF_{i,j})^2 + B_i \times PF_{i,j} + C_i] \times FP_i \quad (2)$$

$$F2_k(PB_{k,j}) = \begin{cases} FM_k + \lambda_{k,1} \times (PB_{k,j} - P_{\min_k}) + VC_k \times PB_{k,j}, & P_{\min_k} \leq PB_{k,j} \leq P_{k,1} \\ FM_k + \lambda_{k,1} \times (P_{k,1} - P_{\min_k}) + \lambda_{k,2} \times (PB_{k,j} - P_{k,1}) + VC_k \times PB_{k,j} \\ \quad , & P_{k,1} \leq PB_{k,j} \leq P_{k,2} \\ FM_k + \lambda_{k,1} \times (P_{k,1} - P_{\min_k}) + \lambda_{k,2} \times (P_{k,2} - P_{k,1}) + \lambda_{k,3} \times (PB_{k,j} \\ \quad - P_{k,2}) + VC_k \times PB_{k,j}, & P_{k,2} \leq PB_{k,j} \leq P_{k,3} \end{cases} \quad (3)$$

其中：

$Cost$ ：電力系統在調度期間的總發電成本

$J_{\max}$ ：調度期間的總小時數，例如一年有 8760 小時

$n_j$ ：第  $j$  小時上線運轉的火力及核能機組數

$PF_{i,j}$ ：火力機組  $i$  在第  $j$  小時的出力

$F1_i(PF_{i,j})$ ：火力機組  $i$  的成本函數

$FP_i$ ：機組  $i$  每單位燃料用量(噸、公秉或千立方公尺)單價

$A_i, B_i, C_i$ ：常數

$m_j$ ：第  $j$  小時上線運轉的投標式機組數

$PB_{k,j}$ ：投標式機組  $k$  在第  $j$  小時的出力

$F2_k(PB_{k,j})$ ：投標式機組  $k$  的成本函數(三段運轉成本)

$FM_k$ ：機組  $k$  的固定雜項成本

$VC_k$ ：機組  $k$  每發 1MWH 的固定單價

$\lambda_{k,n}$ ：機組  $k$  的第  $n$  段成本函數的斜率

$P \min_k$ ：機組  $k$  的最小發電量限制，即  $P_0$

$P_{k,n}$ ：第  $n-1$  段及第  $n$  段成本函數的分界點

限制條件有：

(1)負載平衡：系統中各發電機組的出力和必須隨時與電力系統的總負載相同，亦即

$$\sum_{a=1}^{n_j} PF_{a,j} + \sum_{b=1}^{m_j} PB_{b,j} + \sum_{f=1}^T PR_{f,j} + \sum_{g=1}^U PD_{g,j} + \sum_{n=1}^V PP_{n,j} = Load_j \quad (4)$$

其中：

$T$ ：川流式水力機組數

$U$ ：水庫式水力機組數

$V$ ：抽蓄電廠數

$PR_{f,j}$ ：川流式水力機組  $f$  在第  $j$  小時的出力

$PD_{g,j}$ ：水庫式水力機組  $g$  在第  $j$  小時的出力

$PP_{n,j}$ ：抽蓄電廠機組  $n$  在第  $j$  小時的出力，當運轉模式為發電時，出力為正值；當運轉模式為抽水時，出力為負值

$Load_j$  : 電力系統在第  $j$  小時的負載

(2) 電力系統備轉容量

$$\sum_{a=1}^{n_j} PF \max_a + \sum_{b=1}^{m_j} PB \max_b + \sum_{g=1}^U PD \max_g + \sum_{n=1}^V PP \max_n \geq Load_j + Spin_j \quad (5)$$

$$Spin_j = \left[ \sum_{a=1}^{n_j} \min(PF \max_a, PF_{a,j} + T10 \times RU_a) \right] + \left[ \sum_{b=1}^{m_j} \min(PB \max_b, PB_{b,j} + T10 \times RUB_b) \right] + \sum_{g=1}^U PD \max_g + \sum_{n=1}^V PP \max_n - Load_j \quad (6)$$

其中：

$PF \max_a$  : 火力機組  $a$  的額定淨出力

$PB \max_b$  : 投標式機組  $b$  的額定淨出力

$PD \max_g$  : 水庫式機組  $g$  的額定淨出力

$PP \max_n$  : 抽蓄機組  $n$  的額定淨出力

$Spin_j$  : 電力系統在第  $j$  小時的 10 分鐘備轉容量

$RU_a$  : 火力機組  $a$  的出力提升率 (MW / min)

$RUB_b$  : 投標式機組  $b$  的出力提升率 (MW / min)

$T10$  : 10 分鐘

(3) 機組發電量限制：系統中各型機組的發電量皆需限制在額定淨出力及最小出力之間，除此之外，較為特殊的是抽蓄機組的出力限制，由於抽蓄機組的運轉分為抽水及發電，在發電時其出力必須介於最大及最小出力限制之間，在抽水時則只能作 on 或 off 的運轉，且基於整廠調度的限制，機組在抽水時，整廠的抽水機組數只能隨時間漸增，亦即在抽水時整廠自電力系統輸入的功率只能隨時間漸增。

(4) 水庫式水力機組可用水量限制：水庫式水力機組的運轉除了考慮經濟性外，亦需考量水庫存量的限制，本研究為了簡化水庫式水力機組的調度，採用水力機組的週平均發電量來設定機組在調度期間的各週總輸出能量，因此若機組在第  $k$  週的平均發電量為  $PDave_{n,k}$ ，則各小時發電量和需滿足，

$$\sum_{j=ks}^{ke} PD_{n,j} = PDave_{n,k} \times (ke - ks) \quad (7)$$

其中，

$ks$ : 第  $k$  週的啓始小時數

$ke$ : 第  $k$  週的終了小時數

(5)抽蓄電廠下池儲水量限制：在調度期間，抽蓄電廠上池及下池儲水量必須隨時保持在允許的範圍內，亦即，

$$DRV \min_n \leq DRV_{n,j} \leq DRV \max_n \quad (8)$$

$$URV \min_n \leq URV_{n,j} \leq URV \max_n \quad (9)$$

抽蓄電廠的運轉分為發電及抽水模式，當運轉為發電模式時，

$$DRV_{n,j} = DRV_{n,j-1} + QP_{n,j} + RIP_{n,j} \quad (10)$$

$$URV_{n,j} = URV_{n,j-1} + URIP_{n,j} - QP_{n,j} \quad (11)$$

當運轉為抽水模式時，

$$DRV_{n,j} = DRV_{n,j-1} + RIP_{n,j} - QPR_n \times PN_{n,j} \quad (12)$$

$$URV_{n,j} = URV_{n,j-1} + URIP_{n,j} + QPR_n \times PN_{n,j} \quad (13)$$

其中：

$DRV_{n,j}$ ：抽蓄電廠  $n$  在第  $j$  小時的下池儲水量

$URV_{n,j}$ ：抽蓄電廠  $n$  在第  $j$  小時的上池儲水量

$DRV \max_n$ ：抽蓄電廠  $n$  的下池儲水量上限

$DRV \min_n$ ：抽蓄電廠  $n$  的下池儲水量下限

$URV \max_n$ ：抽蓄電廠  $n$  的上池儲水量上限

$URV \min_n$ ：抽蓄電廠  $n$  的上池儲水量下限

$QP_{n,j}$ ：抽蓄電廠  $n$  在第  $j$  小時，由上池流往下池的水量

$RIP_{n,j}$ ：抽蓄電廠  $n$  在第  $j$  小時的下池進水量

$URIP_{n,j}$ ：抽蓄電廠  $n$  在第  $j$  小時的上池進水量

$QPR_n$ ：抽蓄電廠  $n$  每一部機組每小時的抽水量

$PN_{n,j}$ ：抽蓄電廠  $n$  在第  $j$  小時運轉的機組數(抽水模式)

(6)火力機組運轉時間限制：火力機組運轉時除了發電量受到限制外，其最小上線運轉時間(Minimum Up Time)及最小離線時間(Minimum Down Time)亦受到限制。

(7)區域運轉限制：包括區域間電力流量限制，以及區域備轉容量限制的要求。系統在任一區域發生最大出力機組容量的電源故障時，區域間的電力流量仍必須在限制值之內。

### 3.演算法

由於在自由化初期，傳統水力、抽蓄及核能皆仍為國營電廠，因此其運轉方式仍以維持系統穩定及降低供電成本為首要目標，但由於傳統水力及抽蓄機組的可用水量受到限制，因此如可將有限的水量作最適當的分配是很重要的問題。本研究以快速截峰法(Fast Peak Shaving)，作為傳統水力機組調度的策略；抽蓄電廠的調度則考慮下池容量、機組發電及抽水之限制條件(抽水時以各部機滿載容量為單位、發電則受發電量上下限的限制)，以多途徑動態規劃法(MPDP)[10]解出其最佳運轉策略。至於火力電廠的調度，則根據電廠提報的啟動成本、遞增成本及無載成本，計算其邊際價格(Marginal Price)，並考慮備轉容量(Spinning Reserve)及其分佈、區域間輸電線傳輸限制等問題，依循競價市場決標規則，以動態規劃法解出各機組的最佳發電排程。

由於解火力電廠最佳排程之前，需先知道火力系統的總負載，因此本研究所提出的方法將分為三個階段；第一個階段先根據預測的系統負載值，以快速截峰法解出各傳統水力機組的最佳發電排程，使系統的尖峰負載儘可能的抑低，並將各清算時段(Settlement Period)傳統水力系統的總出力自原始負載中扣除，得到剩餘負載曲線；第二階段以最小化各清算時段剩餘負載平方和為目標函數，以 MPDP 解出滿足運轉限制條件的抽蓄電廠初始最佳發電排程，並將各清算時段抽蓄系統的總出力自負載中扣除，得到新的剩餘負載曲線；第三階段以新的剩餘負載曲線、各火力電廠的報價資料及系統備轉容量需求，計算各電廠的邊際成本，接著根據系統各清算時段的剩餘負載決定得標機組及的系統的邊際成本( System Marginal Price, SMP)，最後使用直流負載潮流(DC Power Flow)快速核算線路是否超載及是否有擁塞的現象，並根據核算結果調整機組出力及決定是否增加得標機組。此過程類似電力交易所(Power Exchanger, PX)的競標功能，及電力調度中心(Independent System Operator)的第一次試算。

由於在執行階段二的運算時，並不知道系統火力電廠的出力及總體運轉成本，所得到僅是各抽蓄電廠的概略出力，因此需再以階段三得到的各火力電廠發電排程及系統的初始邊際成本值，再一次估算各抽蓄電廠的發電排程，並以最小化系統總購電成本為目標函數。

接著再一次依據新的抽蓄電廠發電排程核算新的得標機組名單及系統的邊際成本。如此，階段二及階段三的過程一直重覆疊代，直到兩相鄰疊代的總購電成本變化小於設定值為止，此時結果收斂，各電廠的發電排程即為滿足限制條件的最佳發電排程。圖 1 為本研究所提出方法的流程圖。

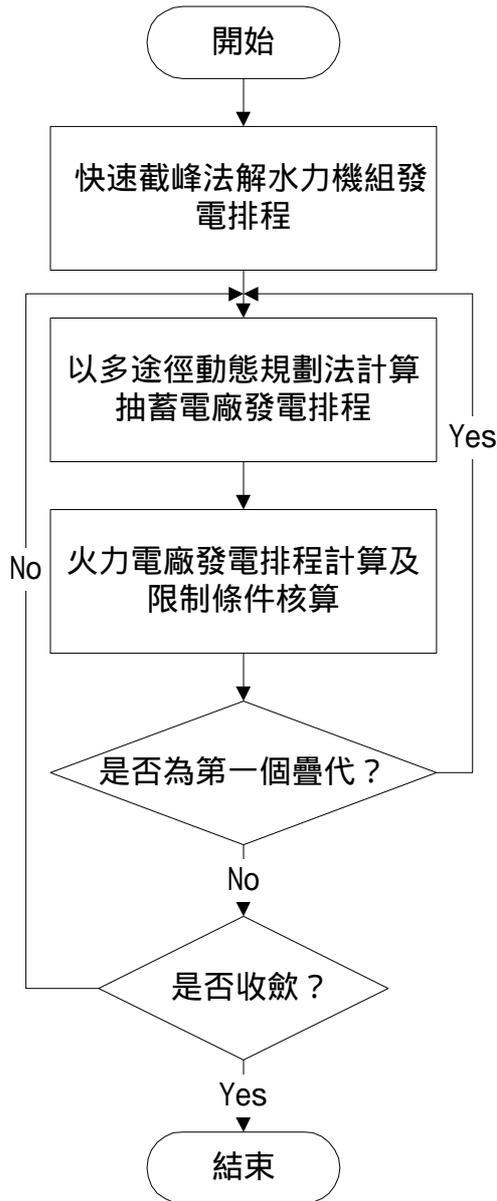


圖 1. 解包含傳統水力、抽蓄及火力電廠之電力競價市場機組最佳發電排程方法流程圖

以下針對圖 1 之重要步驟加以說明：

(一) 快速截峰法解傳統水力機組發電排程：根據機組的可用水量及出力限制，儘可能的抑低系統的尖峰負載值，使電力系統購電成本降低。以下為此方法的概略步驟如下：

(1)將各清算時段負載值由大到小排列得  $L_1, L_2, \dots, L_{j_{\max}}$ 。

(2)根據各機組預定的平均發電量  $P_A$  計算各機組在調度期間可提供的總能量  $E$ ，且

$$E = P_A \times j_{\max} \tag{14}$$

(3)計算  $L_1, L_2, \dots, L_{j_{\max}}$  間的差值，得

$$D_1 = L_1 - L_2 \tag{15}$$

$$D_2 = L_2 - L_3 \tag{16}$$

:

$$D_{j_{\max}-1} = L_{j_{\max}-1} - L_{j_{\max}} \tag{17}$$

$$D_{j_{\max}} = L_{j_{\max}} \tag{18}$$

(4) 設定時間  $n = 1$ ，各清算時段機組出力  $P_1, P_2, \dots, P_{j_{\max}}$  為零。

(5) 判斷  $\sum_{i=1}^n D_i \leq P_{\max}$ ，若是則

$$P_k = P_k + D_n, \quad k = 1, 2, \dots, n \tag{19}$$

$$E = E - D_n \times n \tag{20}$$

$$L_k = L_k - D_n, \quad k = 1, 2, \dots, n \tag{21}$$

若在  $i = 1$  至  $h$  間無法滿足(5)之條件，則

$$L_m = L_m - (P_{\max} - P_m), \quad m = 1, 2, \dots, h \tag{22}$$

$$L_r = L_r - D_n, \quad r = h + 1, \dots, n \tag{23}$$

$$P_r = P_r + D_n, \quad r = h + 1, \dots, n \tag{24}$$

$$P_m = P_{\max}, \quad m = 1, 2, \dots, h \tag{25}$$

$$E = E - (n - h) \times D_n - \sum_{q=1}^h (P_{\max} - P_q) \tag{26}$$

(6)  $n$  加 1，並重複(5)(6)直到  $E$  為零，即所有可用能量皆已適當分配至各清算時段。

(7) 繼續下一部機組的能量  $E$  分配，亦即重複(2)~(6)直到所有機組的  $E$  皆適當分配至各清算時段。

將計算所得的新的  $L_1, L_2, \dots, L_{j_{\max}}$  回復到原來的時段(因在(1)已作過排序)，得到經各機組修整過的新負載曲線。

(二) 抽蓄電廠發電排程計算：關於抽蓄機組最佳調度方面，本研究提出一個以多途徑動態規劃法[10]為基礎的方法，解抽蓄機組在各清算時段的最佳發電排程，並以下水池存水量為問題的狀態變數。抽蓄機組的運轉分為發電及抽水兩種模式，發電時機組的出力需介於發電量上下限之間，而在抽水時則只能作 on 及 off 的操作，且由於受到電廠機組運轉特性限制，抽水時的機組數只能漸增。

解抽蓄機組最佳發電排程分為以下幾個步驟：

- (1) 依據下池的存水量限制及機組出力限制，決定的各小時下池存量可行區域。
- (2) 設定下池水位存量初始行程。
- (3) 各清算時段之水位狀態值訂定(第一個疊代時，以該清算時段的水位存量初始值為狀態 2，狀態 1 及 3 則分別為狀態 2 加減一個狀態增量；第二個疊代以後則以上一疊代的最佳狀態為狀態 2，

且每次皆將狀態增量減半)。

- (4)計算各狀態間之抽水或發電量。
- (5)根據目標函數以動態規劃法及漸近趨近法解各時段最佳狀態。
- (6)重覆步驟(3)至(5)直至收斂。

(三) 火力電廠發電排程計算及限制條件核算：此部分的概略步驟如下，

- (1)根據各火力電廠的報價資料計算各電廠的邊際成本。
- (2)將各電廠的邊際成本由小至大排序，決定大略的得標優先順序。
- (3)根據系統各清算時段的負載、系統的備轉容量需求及分佈、各投標機組可供調度容量及可提供的備轉容量，決定得標機組及系統的邊際成本(SMP)。
- (4)根據傳輸線參數及各得電廠參與競標的可供調度容量，以直流負載潮流(DC Power Flow)快速核算線路是否超載及是否有擁擠的現象，並根據核算結果，參照國外有關於使用擁擠線路的計價方式，以動態規劃法計算不同得標機組狀態下，系統整體購電成本，選擇使系統整體購電成本最低之投標機組組合，以此結果調整機組出力及決定是否增加得標機組。

此過程類似電力交易所(Power Exchanger, PX)的競標功能，及電力調度中心(Independent System Operator, ISO)對電力系統運轉可行性及穩定度的核算功能。

#### 4. 結果與討論

本研究完成了一套電腦程式系統，其功能是模擬英國的電力池調度程式或美國的 PX 及 ISO 的組合，但只針對機組調度的部分模擬，有關於輔助服務、電力直購、堆高費用計算..等功能，並不包含在此程式中。此程式可以分析自由化市場中，傳統水力、火力及抽蓄機組的運轉方式，使得系統的總購電費用最低，同時滿足區域間電力流量限制，以及區域備轉容量限制的要求。

以下以一個實例測試來說明所發展電腦程式系統的功能。此測試系統共有 88 部各式發電機組，其中有 6 部核能機組，68 部火力機組(三段式報價)，2 座抽蓄電廠(10 部機組)、3 部等效川流式水力機組及 9 部水庫式水力機組；其中，火力機組皆為報價機組，其售電費用分成三段報價；抽蓄機組的調度則依據現場實際要求，限制抽水時各部機組只有 on 及 off 的操作模式，且抽水機組的運轉在一天中只能漸增及漸減一次，而發電時則限制各部機組的出力必須在機組額定出力的上下限之間；系統分為北、中及南三個區域，區域間以輸電線連接。所發展的電腦程式，只需在 Pentium III 550 個人電腦即可執行計算一天內各水火機組各小時發電排程；所需的時間約只需 2 分鐘，證明此方法甚為有效率，且所需的計算機資源也很少。

由於考慮自由化以後系統的運轉安全及成本，在此研究中我們假設核能電廠、抽蓄電廠及傳統水力電廠仍為國營，隨時接受系統調度，且核能電廠設定為 must run 機組。區域間電力流量限制設定為 4436MW(中部至北部)及 4652MW(南部-中部)，系統備轉容量限制為 10 分鐘備轉容量至少為最大上線運轉機組出力的 1 倍，且系統在任一區域發生最大出力機組容量的電源故障時，區域間的電力流量仍必須在限制值之內。

表 1 為系統各區域的負載及機組的裝置容量，表 2 為本測試中，各型機組的售電成本估算值，此表

的估算值係自由化以前，根據電力公司運轉實績，並根據機組種類及容量得到的近似值[11]。由表 1 知，北部區域的負載百分比大於發電容量百分比，因此是裝置容量較不足的區域。

表 1 區域負載及裝置容量

	北部	中部	南部
發電容量百分比	0.3171	0.2947	0.3882
負載百分比	0.3740	0.2855	0.3405

表 2 各型機組的售電成本估算值[11] (NT\$/kWh)

	售電成本(NT\$/kwh)
核能	1.633
煤	1.806
油	1.806
天然氣	1.910
氣渦輪	6.193

由於電力的傳輸受限於輸電線的容量，且各區域的發電容量與負載百分比並不相同，因此有必要針對不同區域的平均電價及邊際電價加以分析，表 3 為各區域電價。圖 2 為系統及各區域的邊際成本。

表 3 各區域的邊際電價及系統平均電價(NT\$/kWh)

	北部	中部	南部	全系統
平均邊際電價	2.2082	2.8600	2.8492	2.9445
平均電價	1.092943			

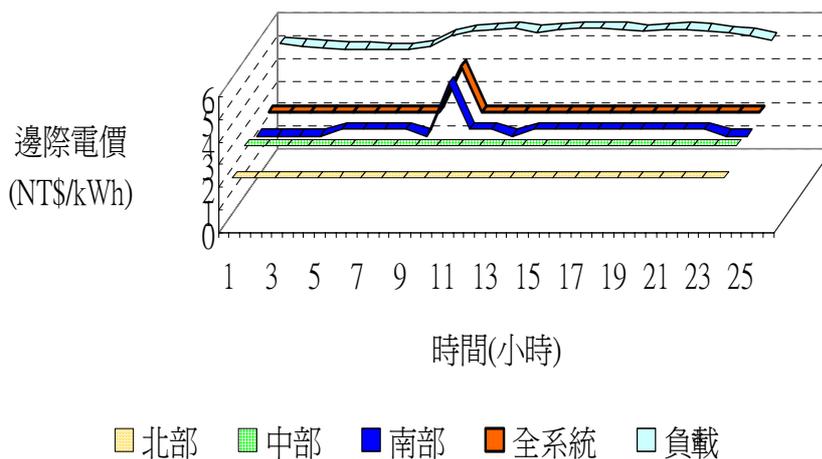


圖 2. 系統及各區域的邊際成本

圖 3 為各區域間的電力流量圖，其中「負載\*0.1」係指全系統負載(包含所有機組)的 1/10，由此圖可知所有流量皆在限制值以內，但北部的電力仍需由中部或南部支援，尤其是系統尖峰負載時段更為明顯。

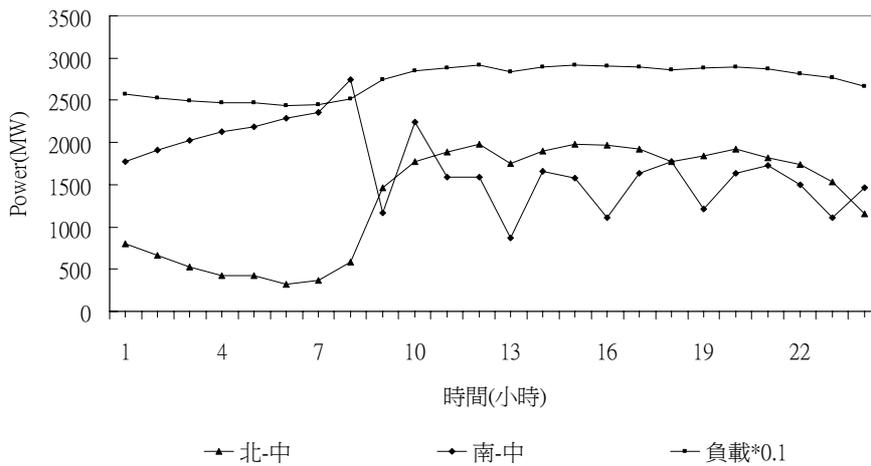


圖 3. 各區域間的電力流量圖

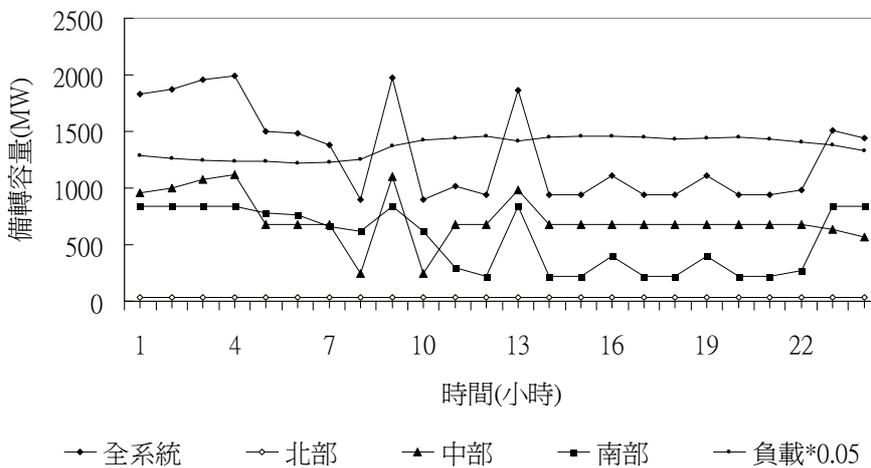


圖 4. 系統及各區域的備轉容量圖

圖 4 為系統及各區域的備轉容量圖，其中備轉容量係指電力系統 10 分鐘以內可以提供的發電容量，如方程式(6)所示，「負載\*0.05」係指全系統負載(包含所有機組)的 1/20，由此圖可知，中部區域為系統備轉容量的主要來源；此外，第 8、10 及 12 小時的備轉容量雖較小，但仍可滿足該時段最低備轉容量需求，亦即大於該時段上線運轉最大機組出力值(900MW)。

為了分析傳統水力及抽蓄機組對系統運轉費用及電價的影響，表 4 列出三種不同運轉模式下，系統及各區域的平均電價及邊際價格。

第一種狀況為傳統水力及抽蓄機組皆參與系統的運轉。第二種狀況為僅傳統水力機組參與系統(抽蓄不動作)。第三種狀況為僅抽蓄機組參與系統(傳統水力不動作)。

由表 4 可知，第二種狀況的系統平均電價最低，主要原因是傳統水力機組可提供部分尖峰負載，抑低系統的邊際成本及平均成本；而第三種狀況的電價較高的原因為系統的基載不足，導致抽蓄的抽水能源費用太高，但又受限於系統的安全限制，使得抽蓄即使在不經濟的狀況下仍需做抽水的動作。由此處的分析顯示，抽蓄電廠對於自由化市場的經濟運轉並不一定具有正面的效能，但基於系統運轉安全考量，

抽蓄機組快速的反應力，對系統的運轉有很大的助益，因此在自由化前如何針對系統的特性，訂定適於抽蓄機組運轉的規範，是值得重視的。

此外，中部及南部的邊際成本較北部高的主要原因是系統本身區域間的電力融通能力很強，沒有擁擠的問題，因此，中南部的機組為了因應北部的需求，需大量發電，導致區域本身的邊際成本上升。

表 4 傳統水力及抽蓄機組對自由化系統運轉費用的影響(NT\$/kWh)

	狀況一	狀況二	狀況三
系統平均電價	1.0929	1.0673	1.1324
系統平均邊際電價	2.9445	3.7917	3.8006
北部平均邊際電價	2.2082	2.2082	2.6659
中部平均邊際電價	2.8600	2.6932	2.8600
南部平均邊際電價	2.8492	3.7678	3.7061

此外，為了分析自由化前後抽蓄及傳統水力電廠對系統運轉成本的影響，本研究亦針對自由化前後抽蓄及傳統水力電廠對系統運轉成本的經濟效益加以分析，表五列出自由化前後抽蓄及傳統水力電廠對系統運轉成本的經濟效益。在此表中，自由化前係指所有火力發電機組皆接受電力公司調度，所有火力發電機組的燃料成本皆以二次多項式表示，如方程式(2)所示，其平均售電成本則如表 2 所示；自由化後係指除了核能電廠外，所有火力發電機組皆為方程式(3)所示之三段式報價機組，其第一段投標價格為表 2 所示之 80%，第二段投標價格為表 2 所示之 90%，第三段投標價格為表 2 所示之 100%。

表 5 自由化前後抽蓄及傳統水力電廠對系統運轉成本的經濟效益

	自由化前	自由化後
抽蓄可減少的平均成本(%)	-4.26%	-3.61%
抽蓄可減少的邊際成本(%)	-0.87%	-29.07%
傳統水力可減少的平均成本(%)	5.44%	2.34%
傳統水力可減少的邊際成本(%)	1.47%	-28.77%

由表 5 可知，傳統水力及抽蓄機組在市場自由化後的表現似乎較自由化前還差。但由於自由化以後，機組的報價成本取決於發電機組的固定成本、變動成本(近似正比於燃料成本)及電廠財務風險等因素，計算方式相當複雜，且由於報價成本近似正比於機組的燃料成本，因此，本研究為求簡化，在本測試中只考慮燃料成本。由於上述的假設，因此上述的結果並不意味傳統水力及抽蓄不適用於自由化市場的運作，只是根據本研究所使用的調度規則及測試系統特性會得到此種結果，如果系統特性改變或使用不同的調度規則，所得到的結果就可能不相同了。此點提供一個訊息，自由化的目的固然是利用市場自由競爭的機制，提高能源的使用效率，降低用戶電費支出，但是否真能達到此目的則與所訂定的規則及系統的電源狀況有很大的關係。因此，在自由化前如何徵詢各方的意見，擬定一套適宜的規則，關係自由化的成敗。

## 5. 結論

本研究提出一個解電力競價市場中，傳統水力、抽蓄及各型火力電廠最佳發電排程的方法。此方法結合動態規劃法、多途徑動態規劃法及直流負載潮流，考慮電力系統備轉容量需求及區域平衡及線路流量等限制條件，並探討傳統水力及抽蓄電廠對競價市場運作的影響，使得電力系統的總購電成本最少。此外，所發展的方法將甚有效率，所需的電腦資源亦不多，只需在個人電腦上，即可模擬解制後之台灣電力系統的運轉結果，對於自由化之後電力競價市場運轉模式的建立有很大的幫助。

本研究主要發現包括，抽蓄電廠對於自由化市場的經濟運轉並不一定具有正面的效能，但基於系統運轉安全考量，抽蓄機組快速的反應力，對系統的運轉有很大的助益，因此在自由化前應針對系統的特性，訂定適於抽蓄機組運轉的規範。中部及南部的邊際成本可能較北部高，原因是系統本身區域間的電力融通能力很強，沒有擁擠的問題，因此，中南部的機組為了因應北部的需求，需大量發電，導致區域本身的邊際成本上升，未來系統若使用區域電價，需將此點納入考慮。傳統水力及抽蓄機組在市場自由化後的表現會依系統特性或使用不同的調度規則而有很大的差異，因此，在自由化前應擬定一套適宜的規則，以利於自由化的推動。

## 6. 參考文獻

- [1] S. Hunt and G. Shuttleworth, *Competition and Choice in Electricity*, John Wiley & Sons, 1984.
- [2] 電業法修正草案，經濟部能委會。民國 85 年 1 月。
- [3] 設立發電廠申請須知。經濟部能委會。民國 84 年 8 月。
- [4] 陳瓊瑤，「由英國電業民營化探討我國電業面臨之挑戰」，能源季刊，第 28 卷，第一期，第 2 至 17 頁。
- [5] C. Gonzalez, J. Juan, J. Mira, F.J. Prieto and M.J. Sanchez, "Reliability analysis for systems with large hydro resources in a deregulated electric power market," *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 20, No. 1, pp. 90-95, February 2005.
- [6] E. Ni, P.B. Luh and S. Rourke, "Optimal integrated generation bidding and scheduling with risk management under a deregulated power market," *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 19, No. 1, pp. 600-609, February 2004.
- [7] Y. Li and P.C. Flynn, "Deregulated power prices: changes over time," *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 19, No. 2, pp.565-572, May 2005.
- [8] X.J. Lin, C.W. Yu and C.Y. Chung, "Pricing of reactive support ancillary services," *IEEE Proceedings-Generation, Transmission and Distribution*, Vol. 152, No. 5, pp. 616-622, September 2005.
- [9] R. Billinton and M. Ran, "Composite system maintenance coordination in a deregulated environment," *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 20, No. 1, pp.485-492, February 2005.
- [10] T.Y. Lee and N. Chen, "The Effect of pumped storage and battery energy storage systems on hydrothermal generation coordination," *IEEE Transactions on Energy Conversion*, Vol.7, No.4, pp.631-637, December 1992.
- [11] 張忠良，台灣電力系統現況與展望，台電工程月刊，第 577 期，民國 85 年 9 月。

## 以電流式主動元件設計之波型產生器

侯俊禮\* 莊肇富

私立中原大學電子工程學系

### 摘要

本論文主要是應用現成的第二代電流傳輸器(Second-Generation Current Conveyor II ; CCII) 做成的積分器(Integrator) 電路和第二代電流控制傳輸器(Second-Generation Current Controlled Conveyor ; CCCII)做成的開關(Switch) 電路，而提出兩個不同的應用；(1)三角波產生器(Triangle-wave Generator)，(2)階梯波產生器(Staircase-wave Generator)，這兩者電路的好處就是比用運算放大器(Operational Amplifier ; OP)所做的類似功能電路速率快，並在最後我們從模擬結果證明本論文所提之電路可行性。

**關鍵詞：**電流傳輸器、積分器、開關、三角波產生器、階梯波產生器

## The Design of Waveform Generators Using Current-Mode Active Components

Chun-Li Hou Chao-Fu Chuang

Department of Electronic Engineering, Chung Yuan Christian University

### Abstract

In this thesis, the object of this study proposed two applications of an integrator using a second-generation current conveyer II and a switch using a second-generation current controlled conveyer II : (1)Triangle-wave generator, (2) Staircase-wave generator, both of them have higher speed than those using an operational amplifier.

In the end, simulation results are given to demonstrate the feasibility of the proposed circuits.

**Keywords :** Current Conveyer, Integrator, Switch, Triangle-wave Generator, Staircase-wave Generator

### 一、序論

一般類比電路大多是以電壓方式(voltage mode)來處理信號，而電壓式運算放大器(Operational Amplifier ; OP Amp.)因為價格低廉且技術穩定，使得電壓式運算放大器被一般電路設計者廣泛使用，但是電壓式電路受限於增益頻寬積(GBP)為定值且回轉率(slew rate)不夠高，使得電路設計者在處理高頻訊號時受到了許多限制。

而近年來電流式(current mode)電路受到許多電路設計者的矚目，是因為電流式電路具有較大的線性範圍、較佳的動態範圍以及電路結構較簡單等等，而成為各界學者專家研究之對象。

---

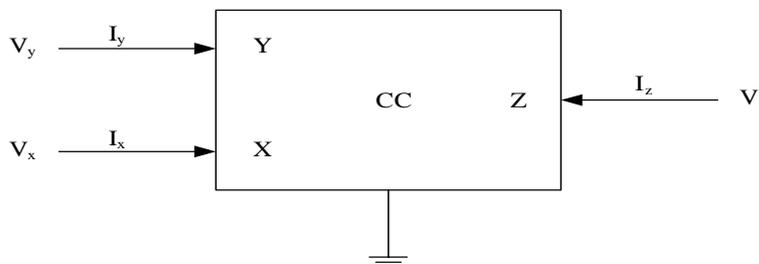
\* 電子工程系副教授 地址：中壢市中北路 200 號 Tel : 03-2659999 E-mail : clhou@cycu.edu.tw

目前通用的電流式主動元件有下列幾種:運算轉導放大器(Operational Transconductance Amplifier ; OTA)、電流傳輸器(Current Conveyor ; CC)、電流回授放大電路(Current Feedback Amplifier ; CFA)等等。

傳統電路上使用電壓式運算放大器串接電容器做反相積分器(Integrator)電路，本篇論文主要是應用現已有的第二代電流傳輸器做的積分器，此積分器電路設計上使用一個接地電容器，其作法能夠使其更利於積體電路化，且應用第二代電流控制傳輸器設計一個開關電路(Switch)，最後內容以主題應用方式設計出三角波產生器(Triangle-wave Generator)，並以此延伸做出階梯波產生器(Staircase-wave Generator)，並對論文中所提之電路做了 SPICE 模擬，讓理論與分析相符合。

## 二、電流式主動元件電流傳輸器簡介

電流傳輸器(Current Conveyor) [1]，是一個三埠的電流模式元件如圖(一)，其中 X 端和 Y 端為輸入端，Z 端為高阻抗的電流輸出端。與電壓式運算放大器相比較，以電流傳輸器為主動元件設計電流模式處理 (current mode approach) 的電路，一般都具有較大的頻寬、及較高的精確度。



圖一 電流傳輸器方塊圖

電流傳輸器一般都能滿足(2-1)所定義之矩陣、 $V_x = V_y$  代表 X 端和 Y 端式電壓追隨的關係； $I_z = \pm I_x$  表示 X 端電流傳輸至 Z 端的關係，正負符號控制 Z 端電流方向、及區分正型或負型的電流傳輸器； $\alpha$  值一般等於零或是 $\pm 1$ ，代表 Y 端電流與 X 端電流的比例關係，分別定義不同性質之電流傳輸器。

電流特性矩陣方程式：

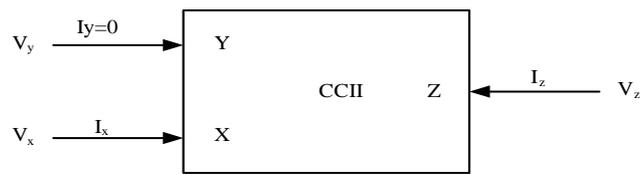
$$\begin{bmatrix} I_y \\ V_x \\ I_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & \alpha & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & \pm 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_y \\ I_x \\ V_z \end{bmatrix} \quad (2-1)$$

第二代電流傳輸器(Second-Generation Current Conveyor; CCII)[2]於 1970 年由 K. C. Smith 和 A. Sedra 所提出，圖(二)為 CCII 的元件符號，其主要是讓電流傳輸器能夠呈現更多變化的設計。CCII 其電路特性矩陣方程式如下(2-2)：

$$\begin{bmatrix} I_y \\ V_x \\ I_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & \pm 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_y \\ I_x \\ V_z \end{bmatrix} \quad (2-2)$$

其 $\pm$ 號表示第二代正型電流傳輸器(CCII+)與第二代負型電流傳輸器(CCII-)，將方程式展開如式(2-3)：

$$I_y = 0, V_x = V_y, I_z = \pm I_x \quad (2-3)$$



圖二 第二代電路傳輸器方塊圖

第二代電流控制傳輸器(Second-Generation Current Controlled Conveyor ; CCCII)[3]於 1995 年由 Fabre 等幾位學者提出，圖(三)為 CCCII 的元件符號，其主要是利用 CCII 之 X 端的寄生電阻加以推導出來，CCCII 其電路特性矩陣方程式如下(2-4)：

$$\begin{bmatrix} I_y \\ V_x \\ I_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & R_x & 0 \\ 0 & \pm 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_y \\ I_x \\ V_z \end{bmatrix} \quad (2-4)$$

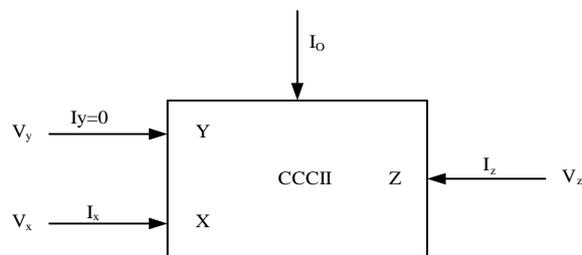
其±號表示第二代正型電流控制傳輸器(CCCII+)與第二代負型電流控制傳輸器(CCCII-)，將方程式展開如式(2-5)：

$$I_y = 0, V_x = V_y + R_x I_x, I_z = \pm I_x \quad (2-5)$$

而矩陣中的  $R_x$  可由偏壓電流來控制的 X 端寄生電阻，其關係可表示如下(2-6)：

$$R_x = \frac{V_x - V_y}{I_x} = \frac{V_T}{2I_O} \quad (2-6)$$

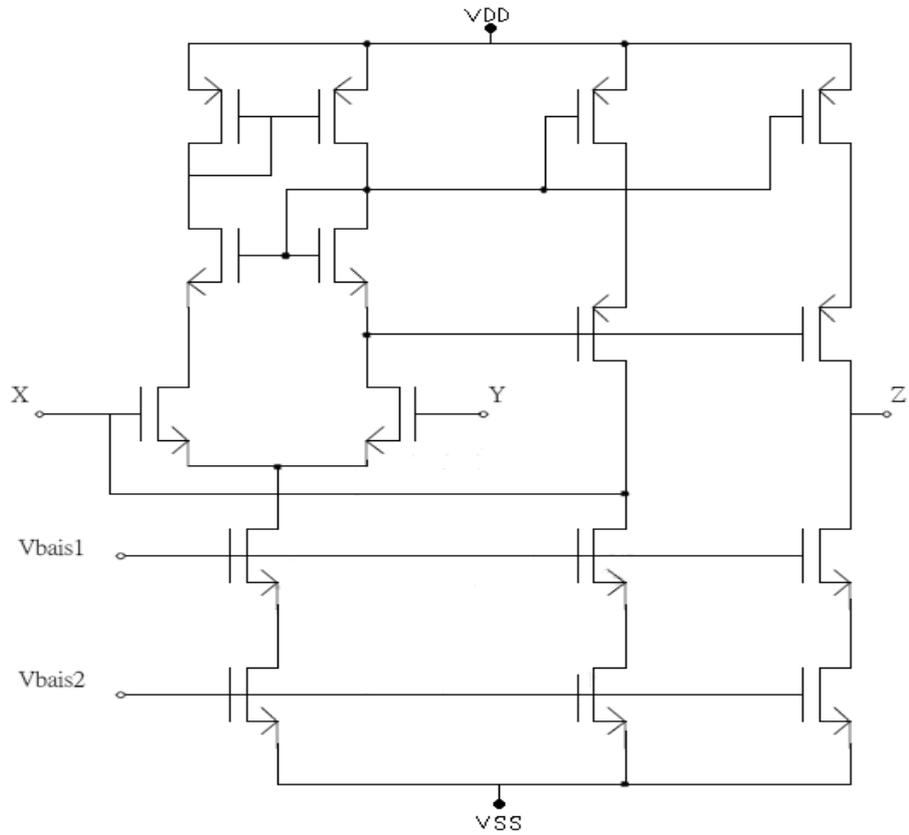
其中上式中  $V_T$  是熱電壓，而  $I_O$  是 CCCII 的偏壓電流。



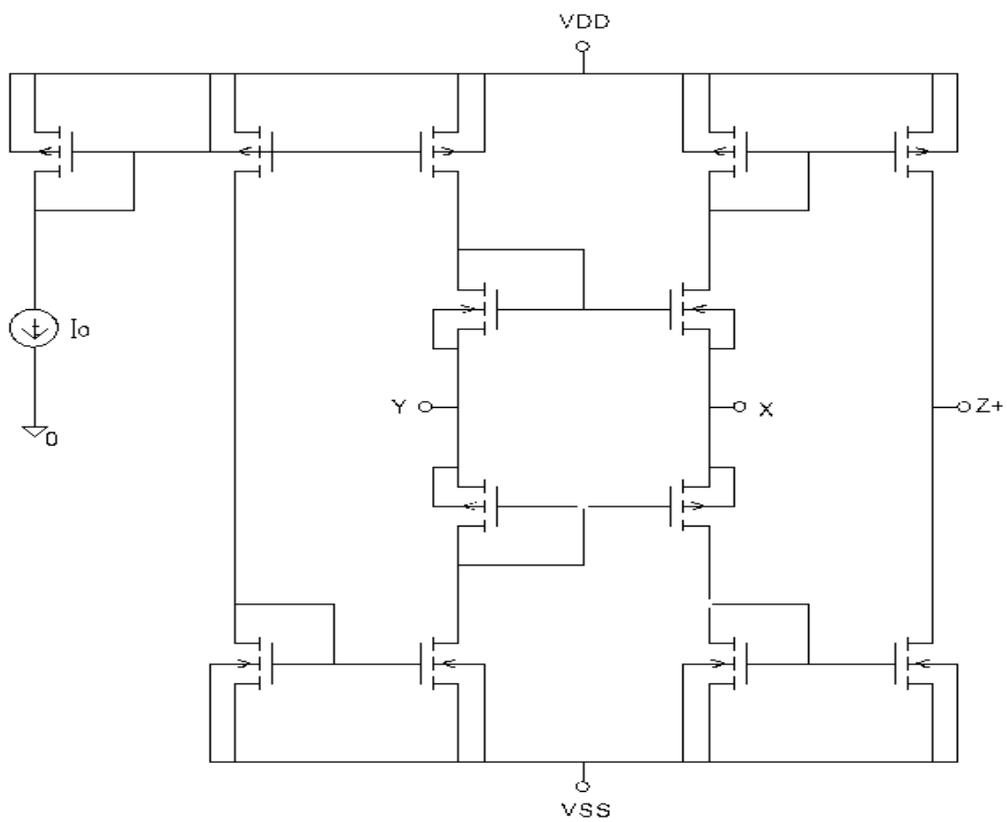
圖三 第二代電流控制傳輸器方塊圖

### 三、電壓式積分器電路與電流式開關電路合成

爲了驗證本論文所提之電路正確性與可行性，因此兩者應用電路中主動元件中的 CCII+採用台大劉深淵教授所提之 CMOS 元件 CCII+電路[4]，圖(四)，而 CCCII-採用 2001 年 IEEE 由 Ali Toker, Ece O. G. and Serder Ö.三位所提出之 CMOS 電路[5]，圖(五)，MOS 元件使用 TSMC .35um SPICE MODEL 作爲模擬。



圖四 台大劉深淵教授所提之 CCII+ 電路



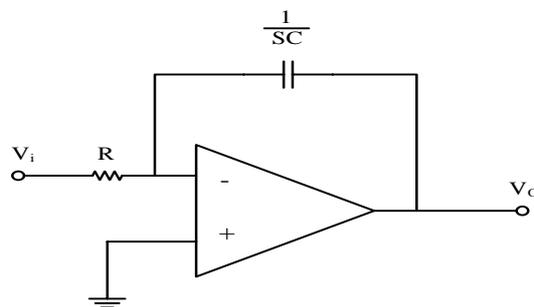
圖五 Ali Toker, Ece O. G. and Serder Ö.三位所提之 CCCII-電路

### 3-1. 電壓式積分器電路

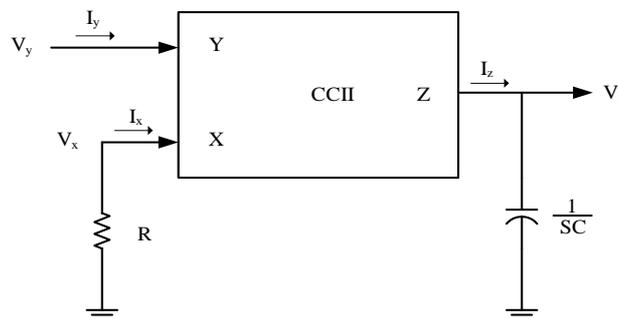
一般最簡單的積分器是使用一個運算放大器及一個浮接式電容器來做積分電路如圖(六)所示，其方程式為(3-1)式。在 1970 年 A. Sedra 和 K. C. Smith 提出使用一個接地電容器，一個電阻器和一個電流式主動元件設計出積分器[2]，其最大的好處便是使用一個接地電容器，使其更容易於積體電路化實現。其方塊圖如圖(七)所示。分析電路之後可以推導出公式(3-2)(3-3)(3-4)證明所提之電路符合理論為一個積分電路。

$$v_o(t) = -\frac{1}{CR} \int_0^t v_i(t) dt + v_o(0)$$

$$\frac{V_o}{V_i} = -\frac{1}{sCR} \tag{3-1}$$



圖六簡單的米勒積分器



圖七 CCII 的電壓式積分器

根據電流傳輸電路特性由公式(2-2)(2-3)可以得出(3-2)

$$V_x = V_y \quad I_z = \pm I_x \tag{3-2}$$

代入電路並取拉式轉換( Laplace Transform ) 並取  $V_z$  之初值為 0 以利計算

$$V_z = I_z \cdot \frac{1}{sC}$$

$$I_x = \frac{V_x}{R} = \frac{V_y}{R}, \quad V_y = I_x \cdot R = (\pm I_z) \cdot R$$

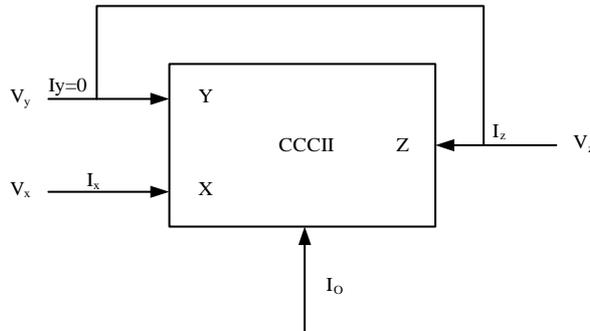
$$\frac{V_z}{V_y} = \frac{I_z \left( \frac{1}{sC} \right)}{\pm I_z (R)} = \pm \frac{1}{sCR} \tag{3-3}$$

將上式取反拉式轉換使其返回時域(Time domain)，得到積分方程式

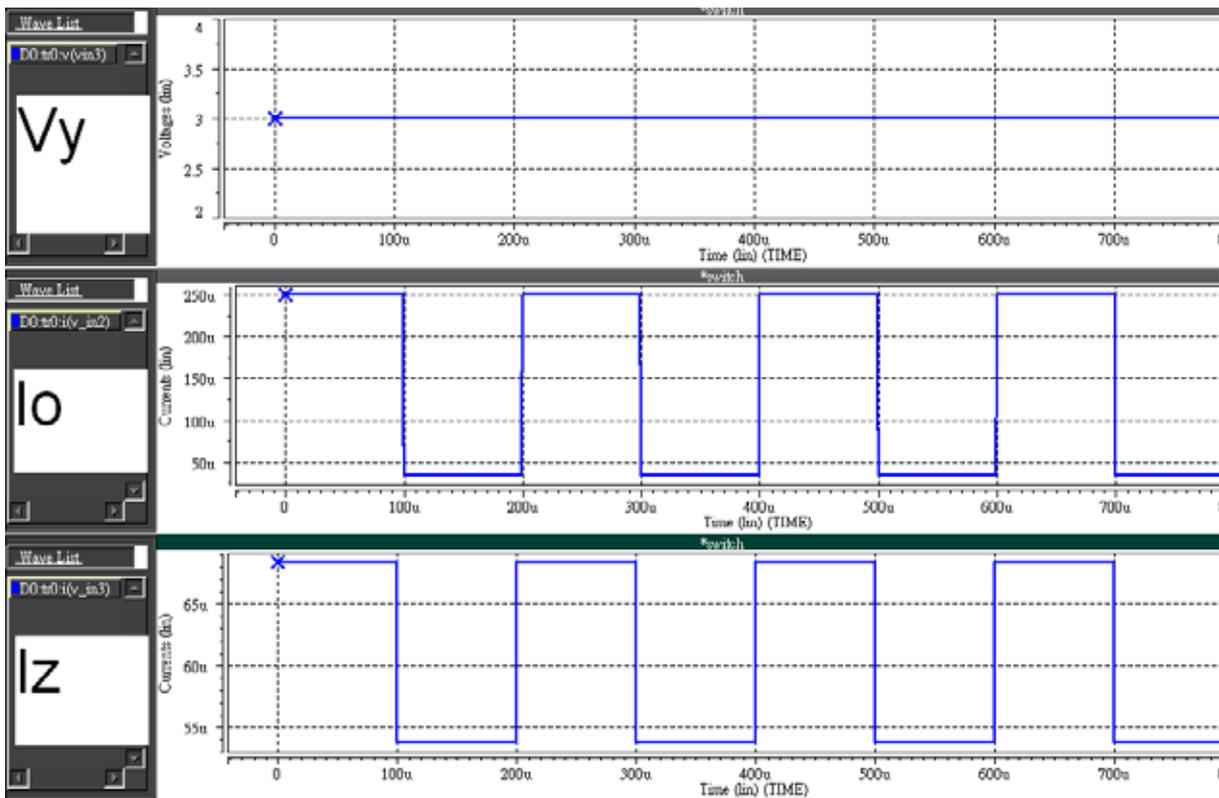
$$V_z(t) = \pm \frac{1}{CR} \int_0^t V_y(t) dt + V_z(0) \quad (3-4)$$

### 3-2. 電流式開關電路

本文使用 CCCII 做出一個開關電路，其方塊圖如圖(八)所示，模擬輸出結果顯示於圖(九)，分析電路之後可以推導出公式(3-5)(3-6)(3-7)證明所提之電路符合理論為一個開關電路。



圖八 CCCII 的電流式開關



圖九 CCCII-開關模擬結果

根據電流傳輸電路特性由公式(2-5)(2-6)可以得出(3-5)

$$R_x = \frac{V_T}{2I_O} = \frac{V_X - V_Y}{I_X}, \quad V_X = V_Y + R_x I_X, \quad I_Z = \pm I_X \quad (3-5)$$

因此令  $V_y$  = 定值，當  $I_o=0$  時  $R_x=\infty$  可視為開路

$$R_x = \infty, \quad I_x = I_z = 0 \quad (3-6)$$

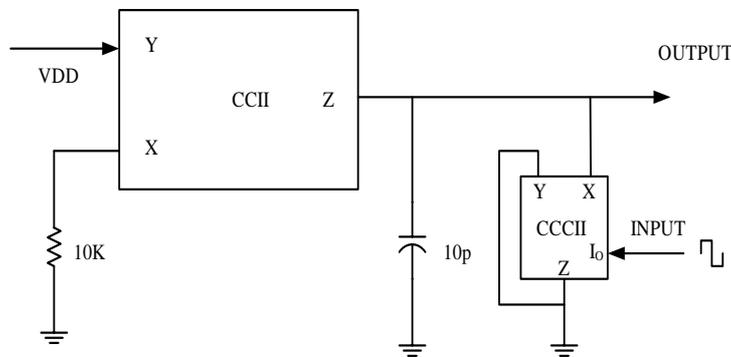
再令  $V_y = \text{定值}$ ，而當  $I_o > 10V_i$  時  $R_x \doteq 0$  可視為短路

$$R_x = 0, I_x = \pm I_z \quad (3-7)$$

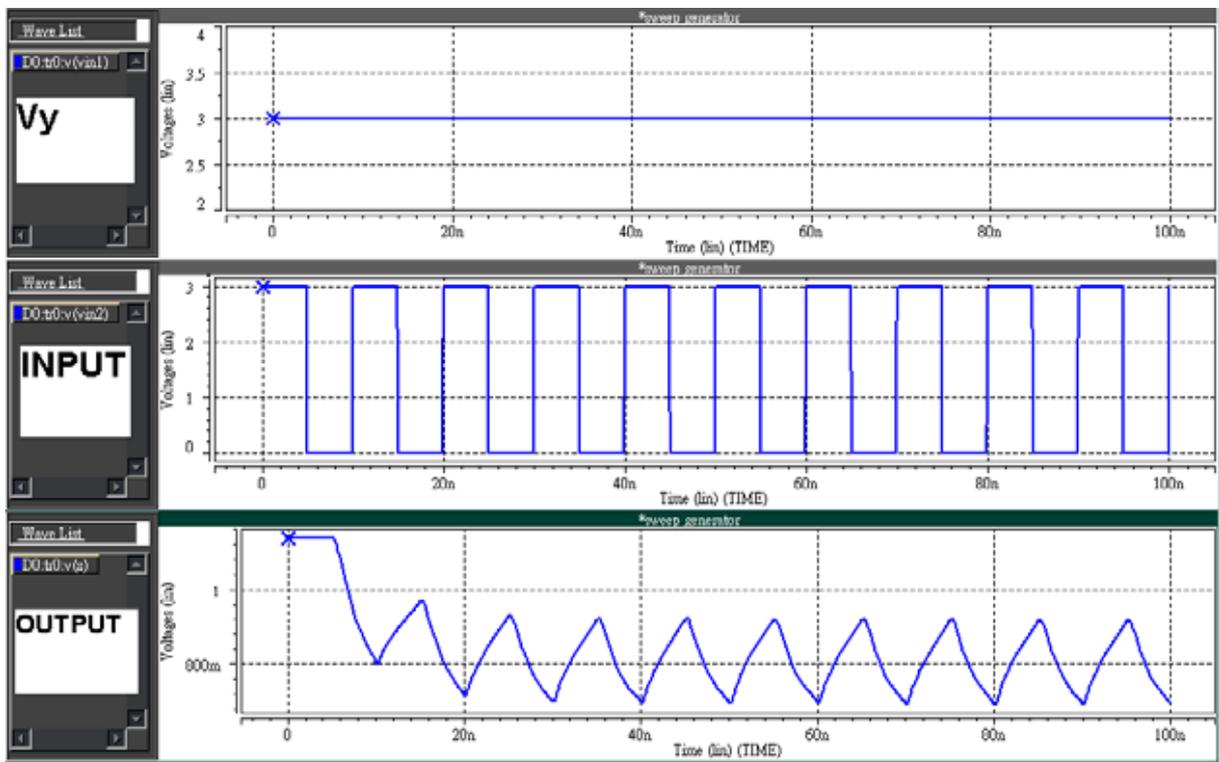
#### 四、電壓式積分器電路與電流式開關電路應用

##### 4-1. 三角波產生器(Triangle-wave Generator)

本文使用 CCII 積分器設計出一個新型的三角波產生器，並只需在接地電容器旁並接一個 CCCII 開關電路既可設計出三角波產生器，此時  $V_{in}$  接到高電位，CCCII 開關由輸入脈波控制，脈波頻率為 100MHz，在脈波為 Low 時電容器充電(CCCII 開關為 OFF)，電容器在脈波為 High 時放電(CCCII 開關為 ON)，Z 為輸出端，可得出所需的三角波，圖(十)所示為新的三角波產生器其電阻值為 10KΩ 電容器值為 10pF，模擬輸出結果顯示於圖(十一)。



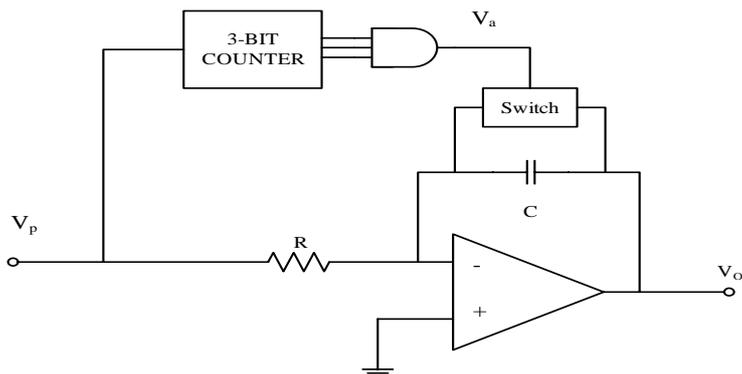
圖十 新的三角波產生器



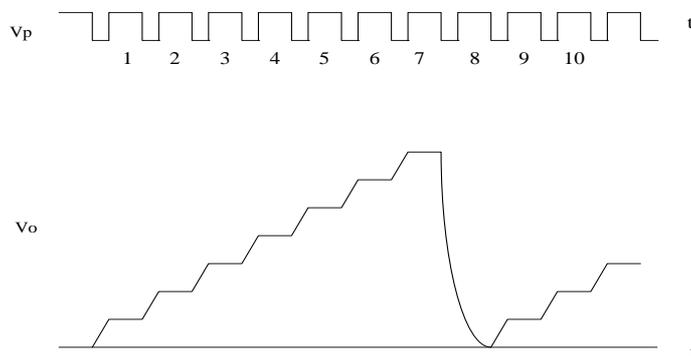
圖十一新的三角波產生器輸出波形

### 4-2. 階梯波產生器(Staircase-wave Generator)

一簡單的階梯波產生器圖(十二)所示，參考 Jacob Millman 和 Arvin Grabel 的微電子學[6]，它是由一個運算放大器及一個浮接式電容器所做的積分器，一個 3 位元計數器(Counter)，一個 AND GATE 一個開關及一個浮接電阻器所構成，當  $V_p$  為 High 時電容充電，而  $V_p$  為 Low 時電流流經 R 電阻的電流等於零，此時電容器不放电，電容器累積電荷而產生階梯電壓波，當  $V_a$  端輸出的 COUNTER 計數到 7 時，AND GATE 輸出為 High，開關 ON 電容器放电，如圖(十三)所示。

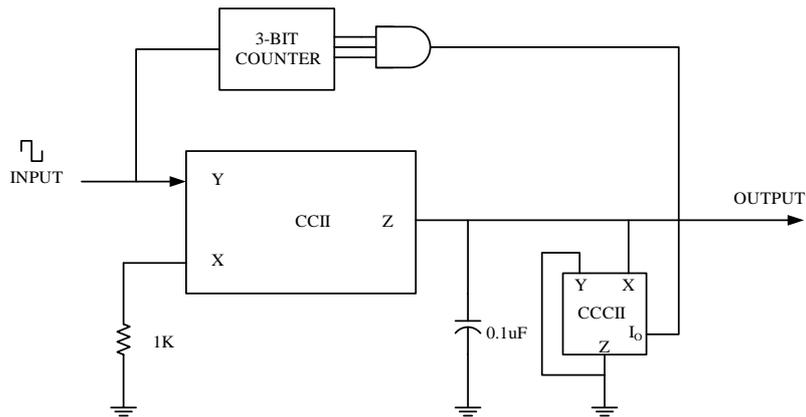


圖十二 階梯波產生器

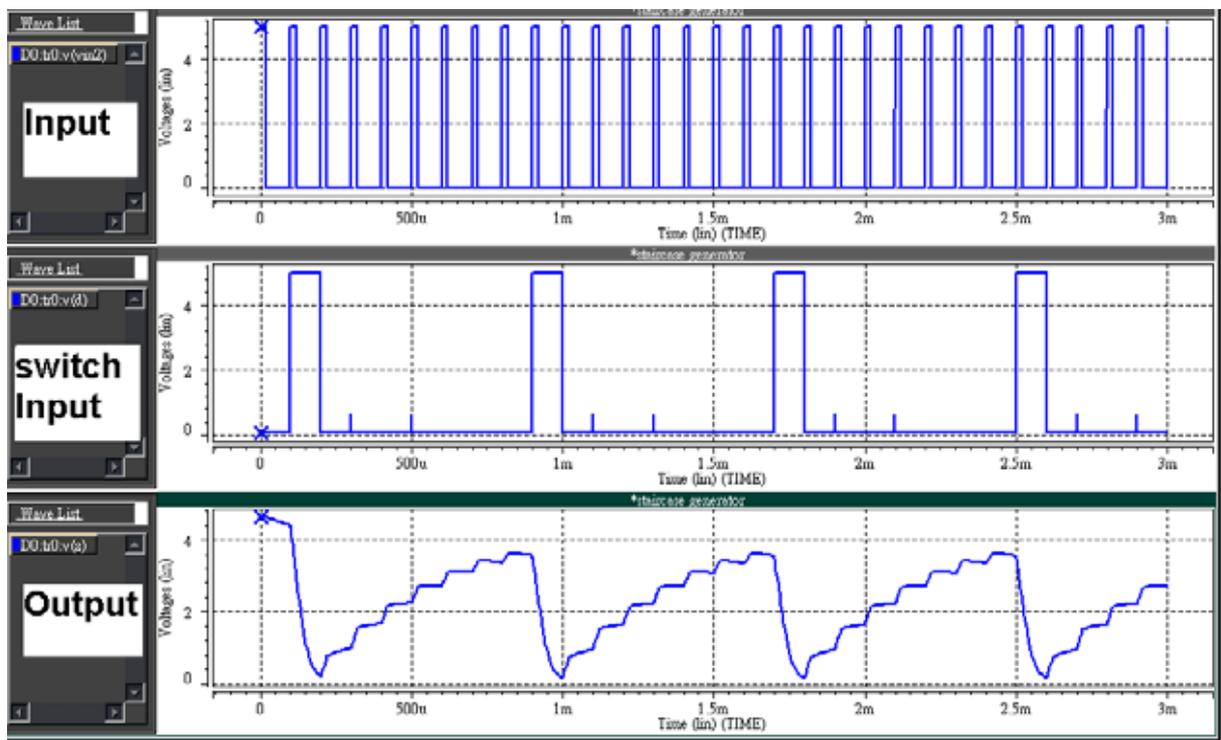


圖十三 理想階梯波產生器輸出波形

而本文使用 CCII 積分器設計出一個八階階梯波產生器，是以 4-1 節所提出新的三角波產生器之電路原理延伸設計，其主要再多加上一個 3 位元計數器(Counter)，一個 AND GATE，一個接地電阻和一個接地電容器設計出，其中 Y 為輸入端，輸入波型為方波，當 COUNTER 自 0 數到 7 時 AND GATE 的輸出為 Low，CCCII 開關為 OFF，Y 為輸入方波的 High 時，電容器上累積電荷而產生階梯電壓波，自 Z 端輸出的 COUNTER 計數到 7 時，AND GATE 輸出為 High(但有延遲)，CCCII 開關 ON 電容器放电，如圖(十四)所示其中電阻值為  $1K\Omega$  電容器值為  $0.1\mu F$ ，模擬輸出結果如圖(十五)所示。



圖十四 階梯波產生器



圖十五 階梯波產生器輸出波形

## 五、結論

使用電流式主動元件設計電路，因為有較佳的頻寬、較寬的動態範圍、較大的線性範圍、較高的回轉率、較小的功率損耗以及設計簡單，因此被更多的使用者來設計出電路以取代電壓式運算放大器。

本論文所提出之三角波產生器輸入頻率可以在 100MHz 仍然可以正常動作，而一般以電壓式運算放大器所製作的三角波產生器在與本文相同的電阻值和電容值下只能工作在 1KHz 以下[7]，證明電流式主動元件其在高頻信號下的好處，並且本論文的所提出的應用電路是以較少的主動元件及被動元件來設計，使用較少的元件來設計電路意味著有著較低的電路成本，而且所設計的電路將被動元件都接地也意味著更容易積體電路化或更容易調整。

參考文獻

- [1] K. C. Smith and A. Sedra, (1968), "The current conveyor- a new circuit building block", IEEE Proc, vol.56, pp1368-1369.
- [2] A. Sedra and K. C. Smith, (1970), "A second-generation current conveyor and its applications", IEEE Trans on Circuit Theory, CT-17, pp. 132-134
- [3] A. Fabre, O. Saaid, F. Wiest and C. Boucheron, (1995), "Current controlled bandpass filter based on translinear conveyor", Electron. Lett.,31,20, pp.1727-1728
- [4] Shen-Iuan Liu, Hen-Wai Tsao, Jingshown Wu, and Tung-Kwan Lin, (1990), "MOSFET-Capacitor Filters Using Unity-Gain CMOS Current Conveyors", Electronics Letters, vol. 26, pp. 1430-1431,
- [5] Ali Toker, Ece O. G. and Serder Ö. (2001) ,"New high-Q bandpass filter configuration using current conveyor based all-pass filters," IEEE Trans. Circuit Theory, 0-7803-7057-0.165-168
- [6] Jacob Millman and Arvin Grabel, (1992), "Step (Staircase) Generators" Microelectronics, Second edition, pp.697-698
- [7]Sedra and Smith, (1998), "Generation of Triangular Waveforms" Microelectronic Circuits, Fourth edition, pp.1005-1006

# 藉由 Simulink 結合 ModelSim 學習單相相控整流器原理與其實驗 驗證

蔡明發\* 周家榮 柯富瀾 張逸凡 黃彥騰 王瑞坤

明新科技大學電機工程系

## 摘要

學習相位控制整流器原理是電力電子與電動機控制課程重要的一環，本文藉由 Simulink 與 ModelSim 連結之模擬軟體工具，學習相位控制整流器的工作原理，文中分別建構單相相控整流器之類比與數位控制模型，進行模擬與分析，並分別利用類比運算放大器與 Altera Flex8282 FPGA 可程式數位邏輯元件設計相控整流器控制電路，來進行實驗驗證。學生們可藉此 Simulink 與 ModelSim 連結之共同模擬環境，配合硬體實作與實驗結果，更能清楚地瞭解相控整流器驅動原理。

**關鍵字：**相控整流器、Simulink 模擬軟體、ModelSim 模擬軟體、FPGA 可程式邏輯元件

## Learning the Principle of Single-Phase Controlled Rectifier via Simulink Linked with ModelSim and Experimental Verifications

Ming-Fa Tsai Chia-Jung Chou Fu-Ching Ke Yi-Fan Zhang Yan-Teng Huang Jui-Kum Wang

Department of Electrical Engineering, Mingshin University of Science and Technology

## Abstract

Learning the principle of phase-controlled rectifier is one important aspect in the courses of power electronics and electrical motor control. In this paper, the application of Simulink linked with ModelSim is developed for simulation and learning the phase-control rectifier technique. The single-phase controlled rectifier simulation model for analog and digital control has been constructed, respectively. For experimental verifications, the phase-controlled rectifier circuits based on analog operational amplifiers and an Altera Flex 8282 FPGA programmable digital logic device have also been designed, respectively. Students can then use the simulation model together with the experimental results to learn the driving principle of the phase-controlled rectifier more easily.

**Keyword :** Phase-Control Rectifier, Simulink, ModelSim, FPGA Programmable Logic Device.

## I. 前言

相控整流器工作原理的學習，是電力電子與電動機控制課程中重要的一環，其中以閘流體全橋相位控制整流轉換器來取代傳統的二極體全橋整流器，將市電交流信號經由相位控制，轉換為不同的直流平

---

\* 電機工程系助理教授 地址：新竹縣新豐鄉新興路 1 號 Tel : 03-5593142 E-mail : mftsai@must.edu.tw

均電壓輸出，其應用如直流馬達驅動器、粒子加速器(particle accelerator)與磁界定熔合反應爐(magnetically confined fusion reactor)等之高功率電源供應器[1]-[3]。

欲讓學生了解相控整流器工作原理，利用模擬軟體工具進行系統的模擬與分析是非常重要的，Matlab/Simulink[4][5]是目前最常採用的控制系統模擬軟體工具，因為它不但提供了豐富的元件庫，以便使用者可以建構多種不同運算與機電整合之動態模擬系統模型；且可與數位IC設計模擬軟體ModelSim相連結，形成一個共同模擬環境[6][7]。一個實際的單相相控整流器系統如圖一所示，其基本的架構可分為閘流體全橋相控整流轉換器與相移觸發控制電路兩部份，使用者可在Simulink與ModelSim相連結的共同模擬環境下，建構以上兩個部份之模型方塊(model block)並做連接，以便進行模擬分析。

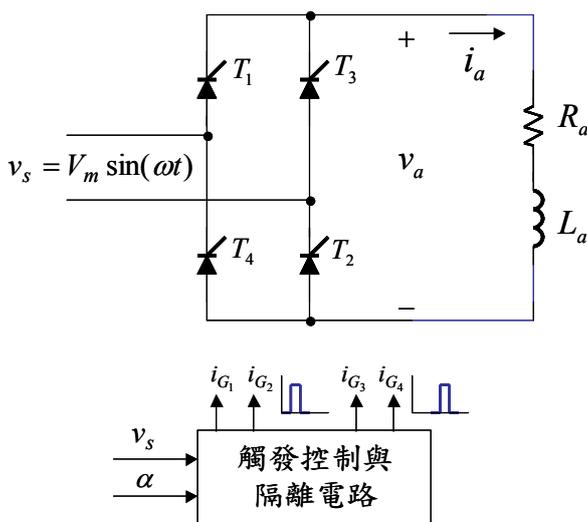
雖然文獻上已有不少應用Matlab/Simulink於各種轉換器與馬達控制器設計的報導[8]-[13]，但卻未見其結合ModelSim模擬軟體應用於相控整流器的例子，本文的目的即在提出在Simulink與ModelSim之共同模擬環境下，建構單相相控整流器之模擬模型方塊，進行類比與數位控制之模擬與分析，其中在數位控制方面，作者使用VHDL硬體描述語言來設計數位控制IC電路[14]。之後，利用類比運算放大器與FPGA可程式數位邏輯元件，分別實現類比與數位控制電路，來進行實驗驗證。如此可做為電力電子學或電動機控制實習課程之教材，亦可做為FPGA數位電路設計應用之教材，使學生能藉由模擬與硬體實作後，更容易瞭解相控整流器工作原理，以收到事半功倍的學習效果。

## II. 相控整流器與其觸發控制原理

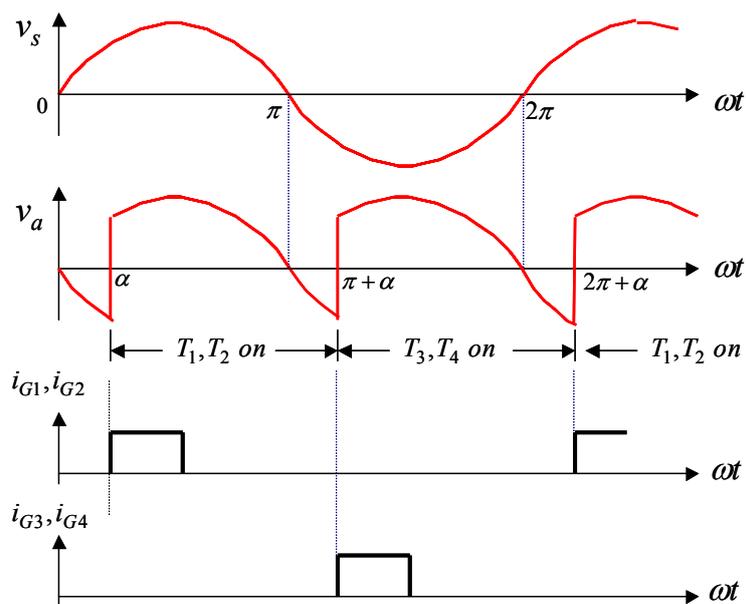
相控整流器的目的，即是將市電交流信號轉換為不同的平均直流電壓輸出。一個單相相控整流器電路如圖一所示，輸入信號為市電交流電源

$$v_s = V_m \sin \omega t \tag{1}$$

其中  $V_m$  為市電單相交流信號振幅， $\omega$  為角頻率，其工作原理為利用一個觸發控制電路，設定相角延遲



圖一 單相相控整流器系統架構



圖二 相控整流器輸出與觸發波形示意圖

命令  $\alpha$ ，使得閘流體  $T_1$  與  $T_2$  在輸入波形  $v_s$  的正零交越點(positive zero-crossing)之後延遲  $\alpha$  角度導通，並持續導通半週期時間，在此時段  $T_3$  與  $T_4$  截止；之後，在  $v_s$  的負零交越點(negative zero-crossing)之後延遲  $\alpha$  角度，再切換觸發閘流體  $T_3$  與  $T_4$ ，使其導通另半週期時間，在此時段  $T_1$  與  $T_2$  被強迫換相截止，如此反覆運作，可得輸入信號  $v_s$  與輸出信號  $v_a$  的關係示意圖如圖二之上半部所示，輸出信號  $v_a$  的平均值如下：

$$V_{dc} = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi+\alpha} V_m \sin(\omega t) d(\omega t) = \frac{2V_m}{\pi} \cos \alpha \quad (2)$$

因此，改變  $\alpha$  值，可得到不同的整流輸出波形與其平均值。由(2)可知當  $0 \leq \alpha \leq \pi/2$ ，則  $V_{dc} \geq 0$ ；當  $\pi/2 \leq \alpha \leq \pi$ ，則  $V_{dc} \leq 0$ 。但因閘流體開關電流為單向流動，故輸出電流恆大於等於零( $i_a \geq 0$ )，且整流器負載必需為電感性負載，否則，若為電阻性負載，因輸出電流恆大於等於零，則輸出負載電壓不可能為負值。

相控整流器輸出電流之微分方程式如下：

$$L_a \frac{di_a}{dt} + R_a i_a = V_s \sin \omega t, \quad \alpha \leq \omega t < \pi + \alpha. \quad (3)$$

此輸出電流波形方程式之解包含齊次解(homogeneous solution)與特解(particular solution)如下：

$$i_a = i_h + i_p. \quad (4)$$

其中齊次解

$$i_h = k_1 e^{-R_a/L_a t}, \quad (5)$$

特解

$$i_p = k_2 \sin \omega t + k_3 \cos \omega t, \quad (6)$$

$k_1$ 、 $k_2$  及  $k_3$  為待解之常數，先將特解  $i_p$  代入(3)式後可得

$$(L_a \omega k_2 + R_a k_3) \cos \omega t + (R_a k_2 - L_a \omega k_3) \sin \omega t = V_s \sin \omega t. \quad (7)$$

由(7)式利用等號兩邊比較係數，可得

$$L_a \omega k_2 + R_a k_3 = 0, \quad (8)$$

$$R_a k_2 - L_a \omega k_3 = V_s. \quad (9)$$

可解得  $k_2 = R_a V_s / Z^2$ ， $k_3 = -L_a \omega V_s / Z^2$ ，其中  $Z = \sqrt{L_a^2 \omega^2 + R_a^2}$ ，再代入(6)式後得

$$i_p = \frac{V_s}{Z} \sin(\omega t - \theta) \quad (10)$$

其中

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{L_a \omega}{R_a} \right). \quad (11)$$

整合(5)及(10)式得

$$i_a = k_1 e^{-\frac{R_a t}{L_a}} + \frac{V_s}{Z} \sin(\omega t - \theta). \quad (12)$$

因在穩態時，輸出電流之起始值  $i_a(\omega t = \alpha)$  與終止值  $i_a(\omega t = \pi + \alpha)$  相同，可解得

$$k_1 = \frac{-\frac{2V_s}{Z} e^{\frac{R_a \alpha}{L_a \omega}} \sin(\alpha - \theta)}{1 - e^{-\frac{R_a \pi}{L_a \omega}}}. \quad (13)$$

代回(12)式得

$$i_a(t) = \frac{-\frac{2V_s}{Z} e^{\frac{R_a \alpha}{L_a \omega}} \sin(\alpha - \theta)}{1 - e^{-\frac{R_a \pi}{L_a \omega}}} e^{-\frac{R_a t}{L_a}} + \frac{V_s}{Z} \sin(\omega t - \theta). \quad (14)$$

由(14)式知，此輸出電流將隨輸入電壓的變化而波動起伏，當整個半週期輸出電流大於零時，整流器工作在連續導通模式(continuous conduction mode, CCM)，否則，若有一段輸出電流下降至零，整流器工作在不連續導通模式(discontinuous conduction mode, DCM) [15]。

當工作在不連續導通模式時，輸出電流之起始值與終止值為零，故由(12)式當  $\omega t = \alpha$  時，令  $i_a = 0$ ，則  $k_1$  可寫成

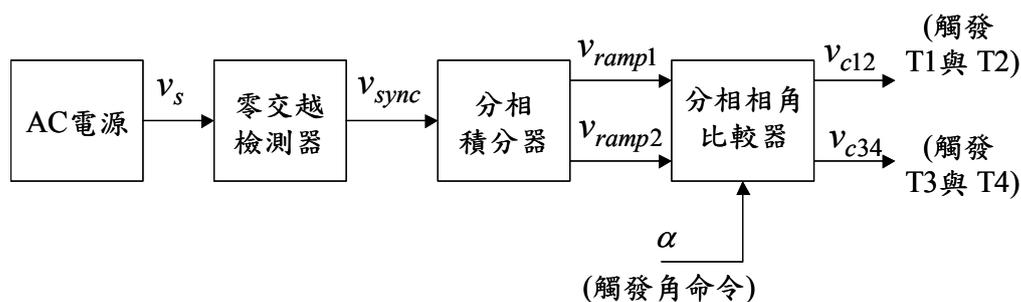
$$k_1 = -\frac{V_s}{Z} e^{\frac{R_a \alpha}{L_a \omega}} \sin(\alpha - \theta). \quad (15)$$

再代回(12)式，得出在不連續導通模式輸出電流方程式為

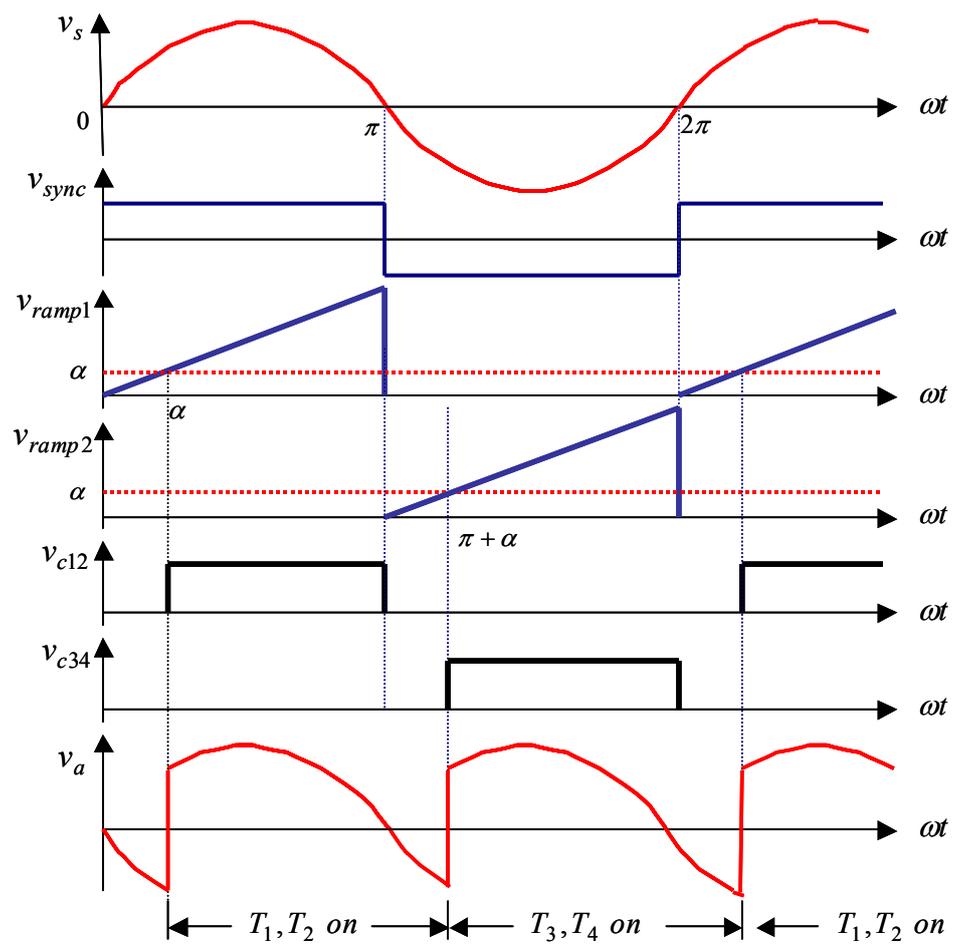
$$i_a(t) = \frac{V_s}{Z} [-e^{-\frac{R_a t}{L_a}} \sin(\alpha - \theta) + \sin(\omega t - \theta)]. \quad (16)$$

在觸發控制電路方面，雖然目前市面上已有相控 IC 可取得，如西門子公司提供之 TCA 785 [16]，本文提出與其不同之架構，如圖三所示，其工作原理說明如下：首先利用一個零交越檢測器來檢測交流

輸入電源信號  $v_s$  之極性，當  $v_s$  為正半週時，輸出信號  $v_{sync}$  為一正值常數；當為負半週時，輸出為一負值常數。此輸出信號再經一個分相積分器，使得  $v_{sync}$  在正值常數時經積分產生三角鋸齒波信號  $v_{ramp1}$ ；在負值常數時經積分產生另一個三角鋸齒波信號  $v_{ramp2}$ ，此兩個三角鋸齒波信號再分別與相角命令  $\alpha$  比較，以分別產生  $v_{c12}$  與  $v_{c34}$  之觸發控制信號，使得  $v_{c12}$  在  $\omega t = \alpha$  時同時觸發閘流體  $T_1$  與  $T_2$  導通，此時  $T_3$  與  $T_4$  強迫換相截止；而  $v_{c34}$  則在  $\omega t = \pi + \alpha$  時同時觸發閘流體  $T_3$  與  $T_4$  導通，此時  $T_1$  與  $T_2$  強迫換相截止

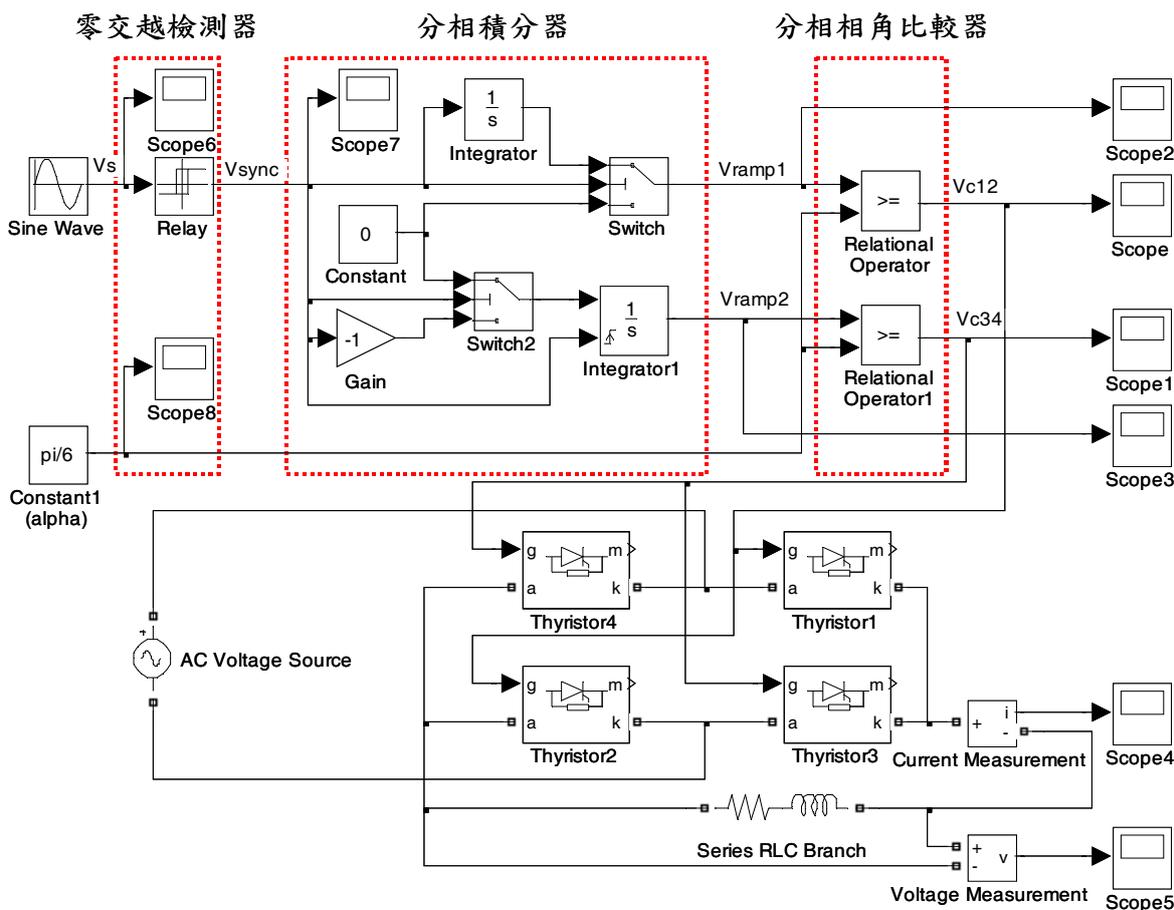


(a)



(b)

圖三 相控整流器觸發控制電路：(a)方塊圖，(b)內部與輸出波形示意圖



圖四 利用Simulink建構之類比控制單相相控整流器模擬模型

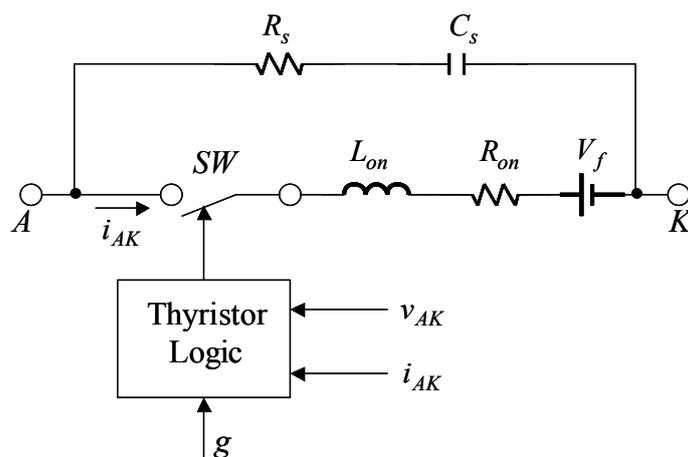
止，如此週而復始，每隔半個週期，即交互觸發一組配對閘流體導通，而另一組配對閘流體被迫換相截止。

### III. 類比控制模型建構、模擬與實驗驗證

#### A. 類比控制模型建構與模擬分析

依據上述之工作原理，藉由 Simulink 建構之類比控制單相相控整流器的模擬模型如圖四所示，圖上半部為類比觸發控制電路模擬方塊模型；下半部為全橋式閘流體電路與其 R-L 負載模型。

在上半部之觸發控制模擬方塊中，零交越檢測器是由一個繼電器(Relay)模型來完成，其中之切換點 (switch on point) 設定為零，當  $v_s > 0$ ，繼電器 switch on， $v_{sync}$  輸出為 377；當  $v_s < 0$ ，繼電器 switch off， $v_{sync}$  輸出為 -377，使得右方之分相積分器上半部在積分正半週期時間後，產生 0 至  $\pi$  之三角鋸齒波 ( $v_{ramp1}$ )；分相積分器之下半部之功能，乃是使得輸入信號  $v_s$  在通過負零交越點(負半週)時才開始積分，當  $v_s$  在正半週時，此積分器為 reset 狀態，當  $v_{sync}$  在負半週積分前，先經過一反相器再積分，使得同樣產生 0 至  $\pi$  之三角鋸齒波 ( $v_{ramp2}$ )。

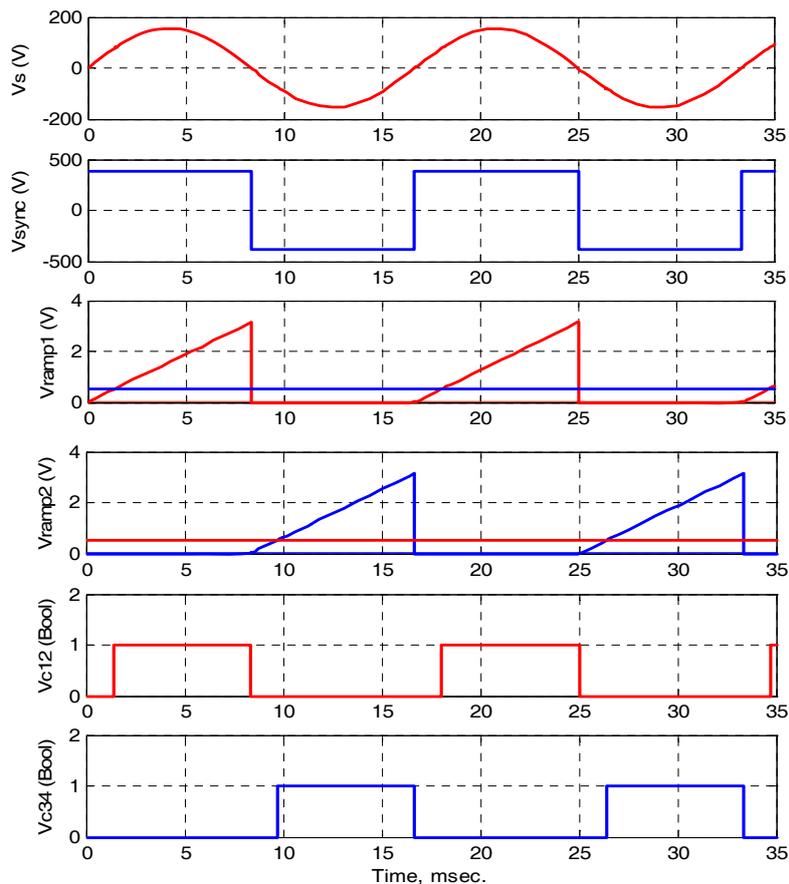


圖五 Simulink內建之閘流體等效電路模型

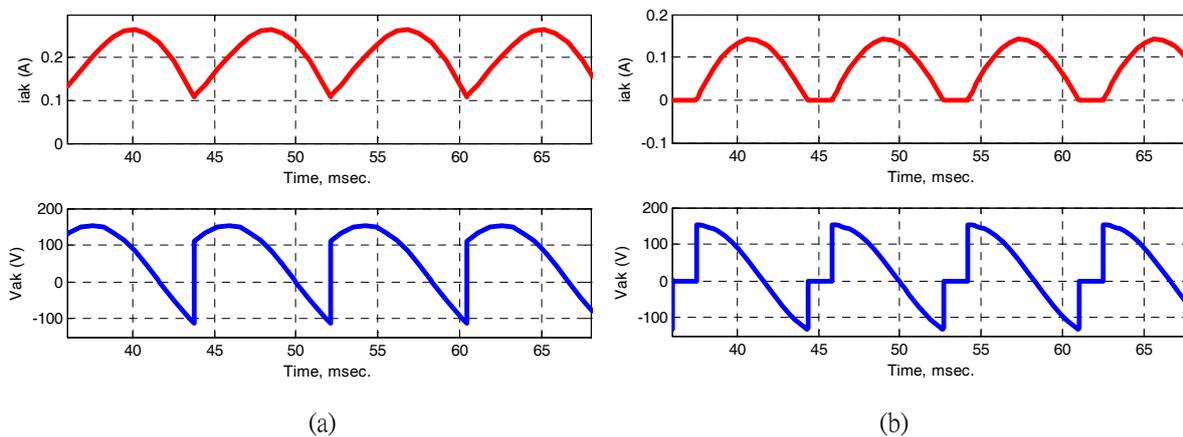
如前所述，此兩個三角鋸齒波信號再分別與相角命令  $\alpha$  比較，以分別產生  $v_{c12}$  與  $v_{c34}$  之觸發控制信號，之後將  $v_{c12}$  接至全橋式閘流體電路模型元件  $T_1$  與  $T_2$  的閘極；並將  $v_{c34}$  接至模型元件  $T_3$  與  $T_4$  的閘極，此四個閘流體模型元件是從 Simulink 的 SimPowerSysytems 內之 Power Electronics 元件庫所叫出，其等效電路模型如圖五所示，是由一個電阻、電感、一個順向電壓源  $V_f$  以及一個理想開關元件相串聯後，再與一個 RC 緩震電路(snubber circuit)並聯起來而成，使用者可設定此閘流體模型內部之順向電壓降  $V_f$  與啓始電流  $I_c$  之參數值，當端電壓  $v_{AK} \geq V_f$ ；且維持  $v_g > 0$  在一段時間，使得  $i_{AK} > I_c$  時，則閘流體模型導通；反之當  $i_{AK} = 0$ ，且維持  $v_{AK} < 0$  在一段截止時間(turn-off time)  $T_q$  時，則閘流體模型截止。此外，使用者可依實際閘流體之資料(data sheet)，在此閘流體模型之參數表設定  $R_{on}$  與  $L_{on}$  之值，為方便起見，在一般應用上可將  $L_{on}$  設定為零。

### B. 類比控制模擬分析

當設定閘流體參數為  $R_{on} = 0.001\Omega$ ， $L_{on} = 0H$ ， $V_f = 0.8V$ ， $I_c = 0A$ ， $R_s = 1M\Omega$ ， $C_s = 1.0\mu F$ ，以及 RL 負載之電阻  $R = 333\Omega$ 、 $L = 2H$ ，且設定相角命令  $\alpha = \pi/6$ ，所得觸發控制電路模擬結果如圖六所示，可看出其中觸發電路內部波形  $v_{sync}$ 、 $v_{ramp1}$ 、 $v_{ramp2}$  與輸出波形  $v_{c12}$ 、 $v_{c34}$  和前面圖三之示意圖是一致的。圖七(a)是觸發相角  $\alpha = \pi/4$  之 RL 負載輸出端電流與電壓波形，可看出輸出電流大於零，故在連續導通模式下工作，峯值電流約 0.26A；圖七(b)為觸發相角  $\alpha = \pi/2$  時之 RL 負載輸出端電流與電壓波形，可看出其電流在後段週期下降至零且保持為零，直到下一次換相觸發時間電流才漸增，故是在不連續導通模式下工作，可知在相角增加時，因平均電壓變少，輸出電流亦變小，將會進入不連續導通模式

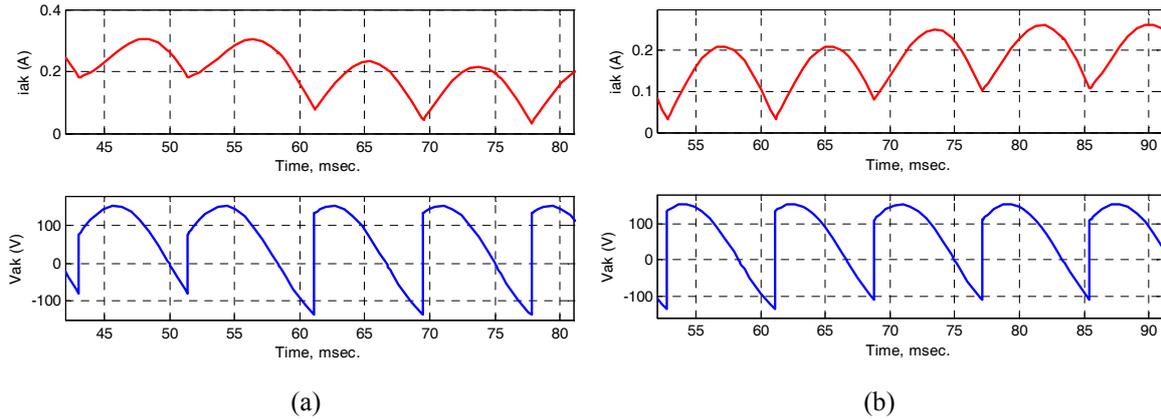


圖六 相控整流器輸出與觸發電路內部模擬波形( $\alpha=\pi/6$ )

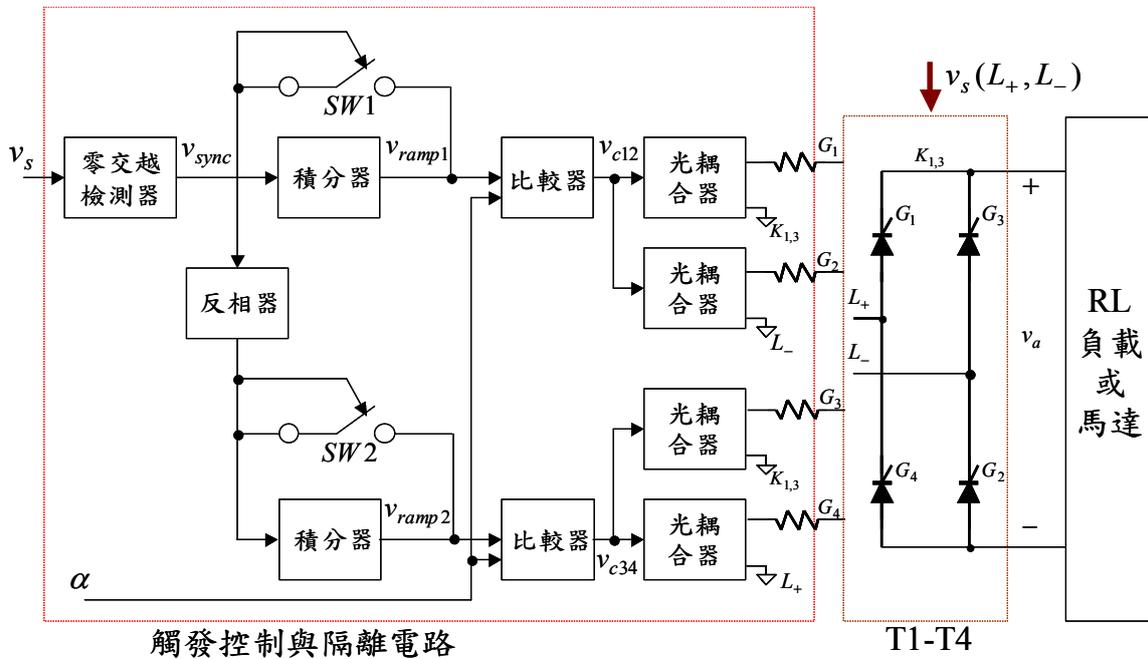


圖七 整流器電流與電壓輸出波形: (a)  $\alpha=\pi/4$  (連續導通模式), (b)  $\alpha=\pi/2$  (不連續導通模式)

下工作，從圖七(b)中亦可看出當電流下降至零時，其電壓波形亦由負值快速地回復至零。圖八所示為瞬間改變觸發角時，整流器輸出電流與電壓波形之動態行為，由圖八(a)可看出當觸發角 $\alpha$ 從  $30^\circ$  瞬間變化至  $60^\circ$  時，約經過一個週期後，輸出電流之峯值約從  $0.3\text{A}$  漸漸下降至  $0.21\text{A}$ ；由圖八(b)可看出當觸發



圖八 瞬時改變觸發角整流器電流與電壓輸出波形: (a) 當 Time=55ms,  $\alpha = 30^\circ \rightarrow 60^\circ$ , (b) 當 Time=65ms,  $\alpha = 60^\circ \rightarrow 45^\circ$

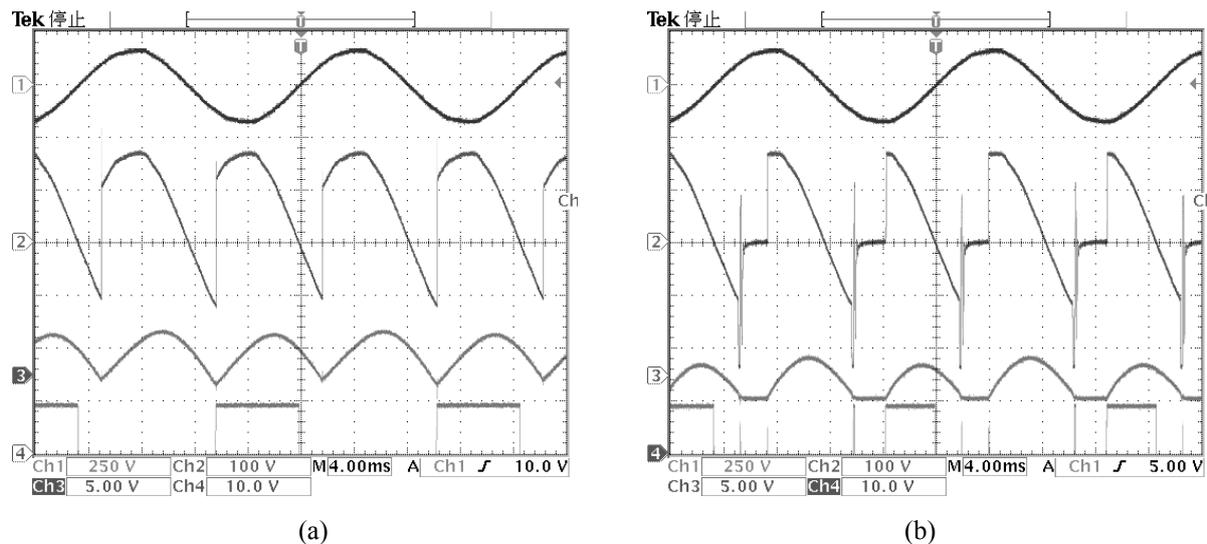


圖九 相控整流器電路方塊圖

角  $\alpha$  從  $60^\circ$  瞬間變化至  $45^\circ$  時，約經過一個週期後，輸出電流之峯值約從 0.21A 漸漸上升至 0.26A。

### C. 類比控制電路設計與實驗驗證

經由前述之相控整流器中觸發控制與閘流體換相工作原理，利用運算放大器之類比相控整流器電路其方塊圖如圖九所示。類比電路相角命令以一個電位計(可變電阻)來設定，電位計輸出分別與觸發控制電路中之上、下兩個積分器產生的三角鋸齒波比較，以產生觸發脈波，再利用四個光耦合器 TLP250 [17]，或一個四通道光耦合元件 PC847[18] (PC847 較便宜，但其輸出為反相)，產生觸發四個閘流體



圖十 類比控制實驗波形：Ch1：輸入電壓  $v_s$ ，Ch2：輸出電壓  $v_a$ ，Ch3：輸出負載電流  $i_a$  ( $0.05A/V$ )，Ch4：觸發控制信號  $v_{cl2}$ ，(a)  $\alpha = \pi/4$ ，(b)  $\alpha = \pi/2$ 。

TYN690 (耐壓 600V、耐流 20A) 的控制信號[19]，其中光耦合器需另外以三組隔離電源(12V)來供應其電源，三組隔離地線分別為  $K_{1,3}$ 、 $L_+$  與  $L_-$ ，其中  $L_-$  亦是輸入交流電源與觸發控制電路地線。但若為更精簡電路起見，可用脈衝變壓器(pulse transformer)取代光耦合器，此時可以省略該三組隔離電源。在觸發控制電路方塊中兩個開關(SW1 與 SW2)是以電晶體來實現，此電路架構簡單，很容易在連續三小時的實習課中完成，並進行實驗。

圖十為分別在連續導通模式( $\alpha = \pi/4$ )與不連續導通模式( $\alpha = \pi/2$ )之輸入、輸出電壓、輸出電流與觸發控制( $v_{cl2}$ )實驗波形，可看出當觸發相角增加，負載電流峯值變小，且進入不連續導通模式，與前面圖七之模擬結果相一致。

#### IV. 數位控制模型建構、模擬與實驗驗證

##### A. 數位相位觸發控制器設計

在數位觸發控制電路設計方面，圖九中之積分器與比較器可分別利用8位元計數器與數位比較器取代，圖十一(a)所示為使用VHDL硬體描述語言所設計之數位觸發控制電路，其單體宣告(entity)包括3個輸入信號( $clk$ 、 $V_{sync\_in}$ 、 $\alpha$ )與2個輸出信號( $V_{c12\_out}$ 、 $V_{c34\_out}$ )，輸入時脈( $clk$ )為3.6864 MHz， $V_{sync\_in}$ 為經零交越檢測電路產生的相位同步信號， $\alpha$ 為數位相角命令，架構(architecture)由三個

```

library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;
use ieee.std_logic_unsigned.all;
entity phase_ctrl_5 is
    port( clk,Vsync_in:in std_logic;
          alpha:in std_logic_vector(7 downto 0);
          Vc12_out,Vc34_out:out std_logic);
end phase_ctrl_5;
architecture behav of phase_ctrl_5 is
    signal counter_clk:std_logic:= '0';
    signal cnt:std_logic_vector(6 downto 0):="0000000";
    signal Vramp1_cnt:std_logic_vector(7 downto 0):=
        "00000000";
    signal Vramp2_cnt:std_logic_vector(7 downto 0):=
        "00000000";
begin
    process(clk) --clk freq=3.6864MHz,div by 120
    begin
        if (clk'event and clk='1')then
            if cnt = 120 then
                counter_clk <= not counter_clk;
                cnt <= "0000001";
            elsif cnt = 60 then
                counter_clk <= not counter_clk;
                cnt <= cnt + '1';
            else cnt <= cnt + '1';
            end if;
        end if;
    end process;

    process(counter_clk,Vsync_in)
    Begin
        if (counter_clk'event and counter_clk='1')then
            if Vsync_in='1' then
                Vramp2_cnt <= "00000000";
                if Vramp1_cnt < 255 then
                    Vramp1_cnt <= Vramp1_cnt + '1';
                else Vramp1_cnt <= "00000000";
                end if;
            else
                Vramp1_cnt <= "00000000";
                if Vramp2_cnt < 255 then
                    Vramp2_cnt <= Vramp2_cnt + '1';
                else Vramp2_cnt <= "00000000";
                end if;
            end if;
        end if;
    end process;
end behavior;
end phase_ctrl_5;

```

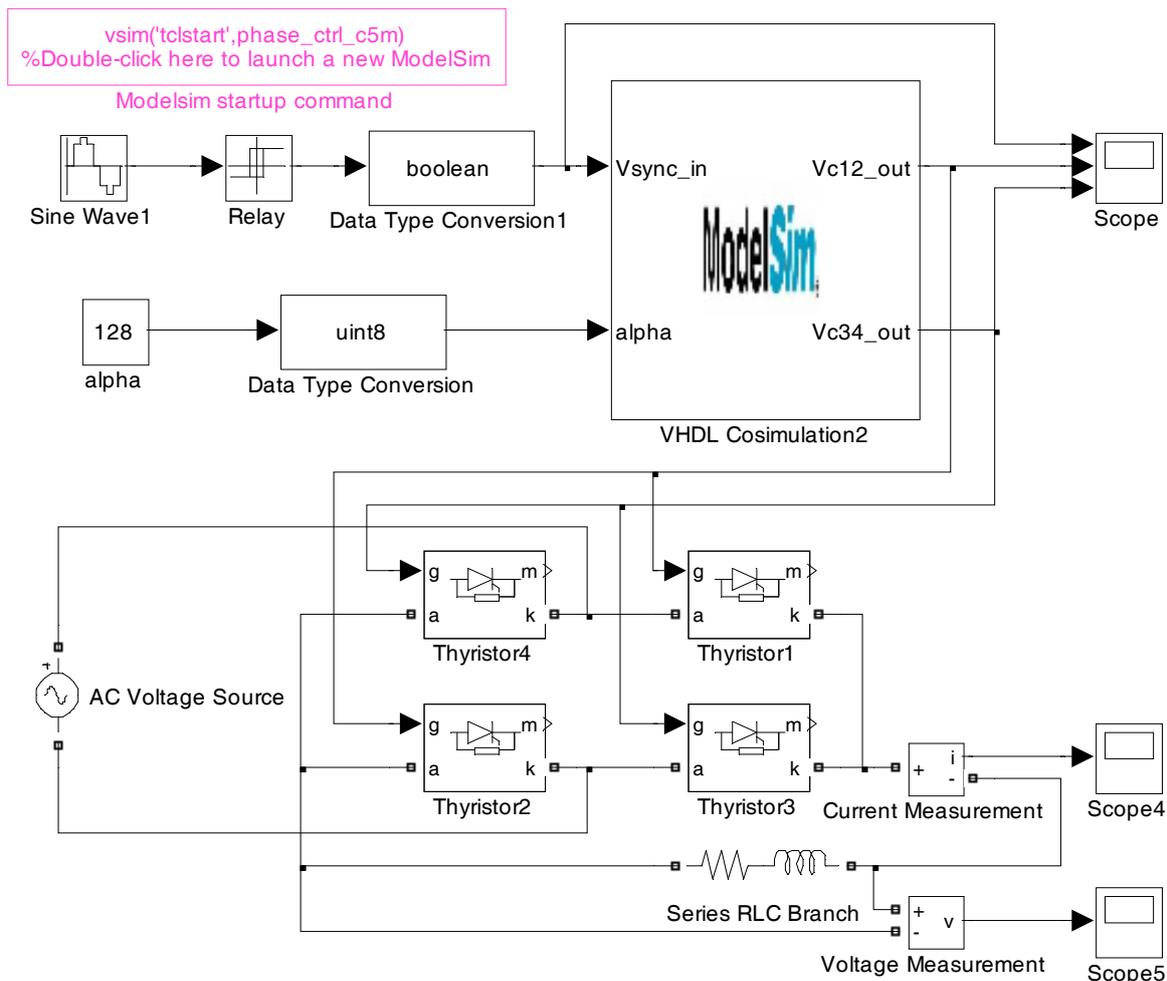
(a)



(b)

圖十一 (a) 使用VHDL之數位觸發控制電路設計，(b) 模擬結果(alpha=128，即 $\alpha=\pi/2$ )

process組成，分別執行計數器時脈產生、雙計數器交互計數以及比較之功能。系統時脈(clk)先經一個除以120之除頻器，以產生8位元雙計數器(Vramp1\_cnt與Vramp2\_cnt)之輸入時脈(counter\_clk)，其頻率為30.72KHz，當相位同步信號Vsync\_in為”1”時，計數器Vramp1\_cnt從0向上開始計數至255止，而此時段計數器Vramp2\_cnt停止在起始計數為0之狀態；反之，當相位同步信號Vsync\_in為”0”時，計數器Vramp2\_cnt亦從0向上計數至255止，此時段計數器Vramp1\_cnt清除且停止在計數為0之狀態。如此兩個計數器交互計數，其輸出信號頻率為60Hz，並與零交越檢測信號Vsync\_in同步。此雙計數器之輸出分別

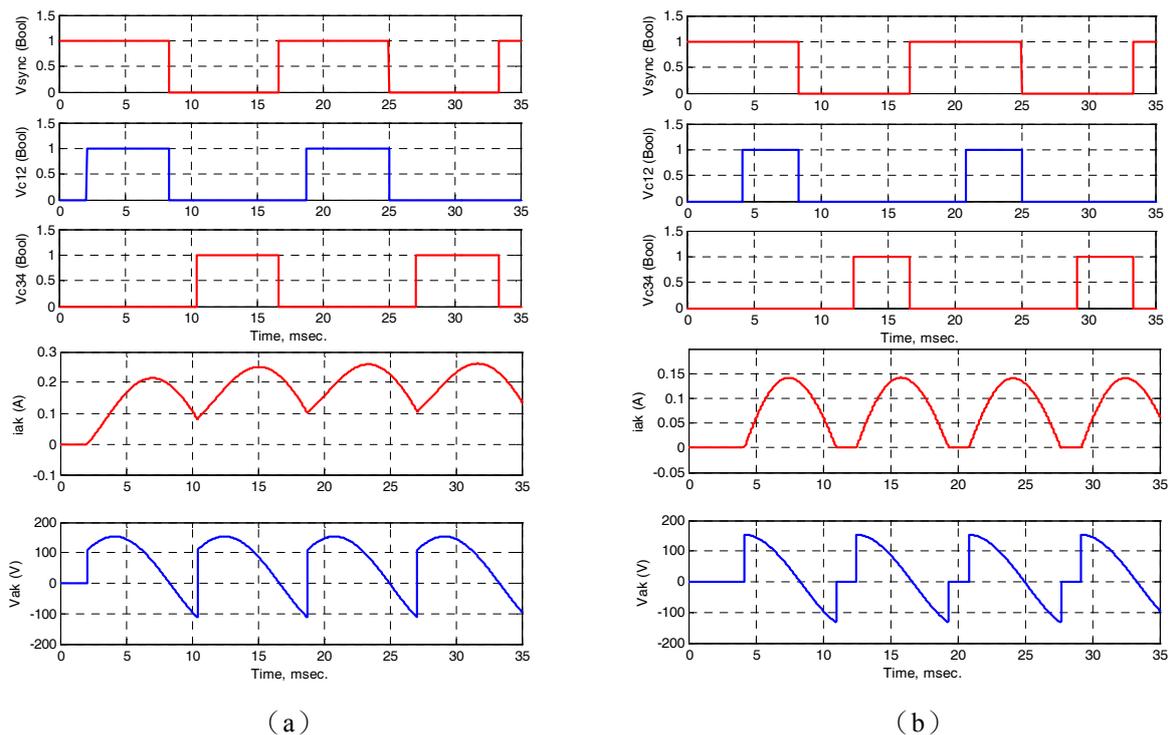


圖十二 Simulink 結合 ModelSim 建構之數位控制單相相控整流器模擬模型

與觸發相角命令alpha做比較，即產生觸發控制輸出信號Vc12\_out及Vc34\_out。本文利用Altera Max+Plus II發展系統軟體模擬，當設定alpha=128(相當類比命令 $\alpha = \pi / 2$ )之模擬結果如圖十一(b)所示，可看出Vc12\_out及Vc34\_out分別在同步相位信號之上緣與下緣延遲四分之一週期後產生脈衝信號。

### B. Simulink與ModelSim共同模擬

因為Simulink提供了與數位IC設計模擬軟體ModelSim相連結的界面[6][7]，圖十二為在共同模擬環境下所建構之數位控制單相相控整流器模擬模型，其中標示ModelSim之方塊即為Simulink與前述之VHDL觸發控制電路相連結之部份，內部可設定輸出入接腳名稱與其屬性；並設定系統時脈clk之頻率為3.6864MHz，另需在Matlab視窗命令下開設一個.m file，如圖左上角ModelSim startup command方塊內所示之檔名為phase\_ctrl\_c5m.m，在此檔案內建立一個tclcmd function，當點選圖中之ModelSim startup command方塊後，ModelSim模擬軟體即進行該VHDL觸發控制電路的編譯(compiling)，並載入相關連

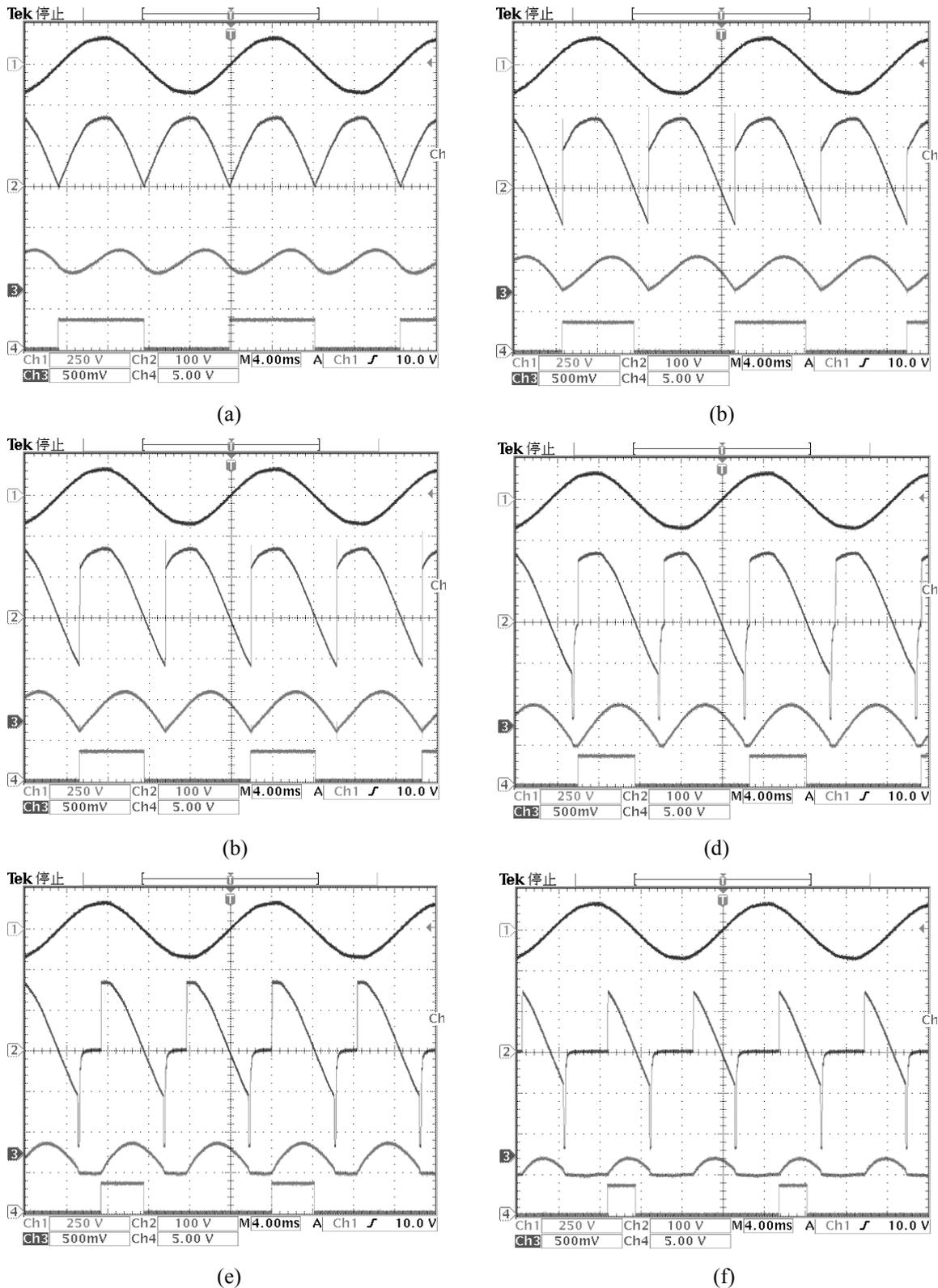


圖十三 數位相控整流器電流與電壓輸出模擬波形: (a)  $\alpha=\pi/4$  (連續導通模式), (b)  $\alpha=\pi/2$  (不連續導通模式)

結, 使得ModelSim與Simulink二者之時間單位一致, 如此便可在Simulink環境下進行整合模擬, 當設定  $\alpha = \pi/4$  與  $\alpha = \pi/2$  之模擬結果如圖十三所示, 可看出在穩態時與前述圖七之類比模擬結果是相一致的。

### C. 數位控制實驗與結果

所設計之 VHDL 觸發控制電路程式經過以上之 Simulink 與 ModelSim 共同模擬環境驗證正確後, 即可下載至一個 FPGA 可程式邏輯元件(Altera Flex8284)進行測試, 觸發相角命令  $\alpha$  由一個電位計(可變電阻)設定, 再經由一個 8 位元 A/D 轉換器(ADC0804)轉成數位輸入命令資料[20], 相位同步信號的產生如同圖九, 以一個類比運算放大器做檢測, 得出數位相位同步信號( $V_{sync\_in}$ ), 圖十四分別為觸發角  $\alpha=0$ 、 $\alpha=\pi/6$ 、 $\alpha=\pi/4$ 、 $\alpha=\pi/3$ 、 $\alpha=\pi/2$  與  $\alpha=2\pi/3$  之實驗結果, 可看出負載電流之峯值隨著觸發角  $\alpha$  之增加而漸減, 並且約在  $\alpha > \pi/3$  時, 系統進入不連續導通模式工作。



圖十四 數位控制實驗波形：Ch1：輸入電壓  $v_s$ ，Ch2：輸出電壓  $v_a$ ，Ch3：輸出負載電流  $i_a$  (0.5A/V)，Ch4：觸發控制信號  $v_{cl2}$ ，(a)  $\alpha = 0$ ，(b)  $\alpha = \pi/6$ ，(c)  $\alpha = \pi/4$ ，(d)  $\alpha = \pi/3$ ，(e)  $\alpha = \pi/2$ ，(f)  $\alpha = 2\pi/3$ 。

## V. 結論

本文使用 Simulink 與 ModelSim 相結合之模擬軟體，分別建構一個單相相控整流器之類比與數位控制模擬方塊模型，進行相控整流器推動一個RL負載的模擬分析，探討在連續導通模式與不連續導通模式下之模擬結果，可知在相角命令增加時，因平均輸出電壓變少，輸出電流亦變小，此時相控整流器將會進入不連續導通模式下工作。作者並分別設計類比與數位觸發控制電路，進行實驗來驗證，所得實驗結果與模擬結果相一致。

本研究可作為電力電子學或電動機控制實習課程之教材，由於電路架構簡單，很容易在連續三小時的實習課中完成，在數位觸發控制電路部份，亦可作為FPGA數位電路設計應用之教材，使學生能藉由模擬與實作後，更容易瞭解相控整流器工作原理，將可收到事半功倍的學習效果。以此為基礎，未來可進一步設計相控電流源以及相控直流馬達之電流控制與伺服控制器[1]。

## 參考文獻

- [1] Krishnan, R. (2001). *Electric Motor Drives, Modeling, Analysis, and Control*, Prentice Hall.
- [2] Pomilio, J. A., Wisnivesky, D., and Lira, A. C. (1992). "A novel topology for the bending magnets power supply at LNLS", *IEEE Trans. Nuclear Science*, vol. 39, no. 5.
- [3] Kassakian, J. G., Schlecht, M. F., and Verghese, G. C. (1991), *Principles of Power Electronics*, Addison Wesley.
- [4] Xu, J. and Grotzbach, M. (1993), "Time-domain analysis of half-wave zero-current switch quasiresonant converters by using SPICE", *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 40, pp. 577-579.
- [5] Chau, K. -T. (1996), "A software tool for learning the dynamic behavior of power electronics circuits", *IEEE Trans. Educ.*, vol. 39, pp. 50-55..
- [6] Mathworks Inc.(2003), Link for ModelSim User's Guide.
- [7] Hatnik, U. and Altmann, S. (2004), "Using ModelSim, Matlab/Simulink and NS for simulation of distributed systems", International Conference on Parallel Computing in Electrical Engineering (PARELEC'04), pp. 114-119.
- [8] Su, J. -H, Chen, J. J., and Wu, D. -S, (2002), "Learning feedback controller design of switching converters via MATLAB/SIMULINK", *IEEE Trans. Educ.*, vol. 45, no. 4, pp. 307-314.
- [9] Allen, E., LaWhite, N., Yoon, Y., Chapman, J., and Ilic, M., (2001), "Interactive object-oriented simulation of interconnected power systems using SIMULINK", *IEEE Trans. Educ.*, vol. 44, pp. 87-95..
- [10] Ang, S. S., (1996), "A practice-oriented course in switching converters", *IEEE Trans. Educ.*, vol. 39, pp. 14-18.
- [11] Logue, D., Krein, P. T. (2000), "Simulation of electric machinery and power electronics interfacing using MATLAB/SIMULINK," in *7<sup>th</sup> Workshop Computers in Power Electronics, (IEEE COMPEL2000)*, pp. 34-39.
- [12] Wade, S., Dunnigan, M. W., and Williams, B. W., (1997), "Modeling and Simulation of induction machine vector control with rotor resistance identification," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 12, no. 3, pp. 495-506.

- [13] Sloane, T. H., (1995), "Laboratories for an undergraduate course in power electronics", *IEEE Trans. Educ.*, vol. 38, pp. 365-369.
- [14] Roth, C. H. (1998), *Digital Systems Design Using VHDL*, PWS.
- [15] Mohan, N., Undeland, T. M., and Robbins, W. P., (2003), *Power Electronics*, Wiley International Edition.
- [16] Siemens data sheet, (1994), TCA 785 Phase Control IC, Semiconductor Group.
- [17] TOSHIBA data sheet, (2004), TLP250 photocoupler, pp. 06-25.
- [18] SHARP data sheet, PC817 Series high density mounting type photocoupler.
- [19] SGS-THOMSON data sheet, (1995), TYN682→TYN692 SCR.
- [20] Intersil data sheet, (1997), ADC0802, ADC0803, ADC0804 8-bit microprocessor-compatible A/D converters.

# 以不同介電質之矽-絕緣體-矽電晶體作奈米非破壞性計讀之光儲存元件

謝文靚<sup>1\*</sup> 吳世全<sup>2</sup> 蔣富成<sup>3</sup> 許鴻昇<sup>4</sup>

明新科技大學光電系<sup>1</sup> 國家奈米實驗室<sup>2</sup> 南台科技大學電子系<sup>3</sup> 明新科技大學電子所<sup>4</sup>

## 摘要

本論文為研究製造以  $\gamma$  射線處理過的具有不同閘極介電層的矽-絕緣體-矽電晶體元件 Silicon-Insulator-Silicon (SIS) 作奈米非破壞性計讀之光儲存元件；其特點為 (1)體積微小(2)可同時進行照光且計讀光劑量之元件 (3)光偵測能量範圍可從紅外光到 X-ray (4)可作長時間連續描述光劑量或選擇做瞬間描述光訊號強度 (5)可作光資料非破壞性計讀之光劑量計〔1〕。本人所研製的“SIS”元件作奈米非破壞性計讀之光儲存元件；元件照射光後被光所激發的電荷，注入閘介電層內的電荷捕獲陷阱，使元件電容值“C”，汲極電流值“ $I_D$ ”及臨限電壓值“ $V_{TH}$ ”發生變化。讀取“SIS”元件的“C”值，“ $I_D$ ”值及“ $V_{TH}$ ”值發生的變化，不會破壞原有儲存於閘介電層內的電荷，因此不會破壞原有儲存於元件內光劑量記錄〔2〕。實驗所用不同閘介電層的“SIS”元件有 (a) Silicon-Silicon Dioxide-Silicon (Si-SiO<sub>2</sub>-Si) “SOS”元件 (b) Silicon-Silicon Dioxide-Silicon Nitride--Silicon Dioxide -Silicon (Si-SiO<sub>2</sub>-Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>-SiO<sub>2</sub>-Si) “SONOS”元件 (c) 閘介電層摻有鐵雜質之“SONOS”元件。但實驗結果以有鐵摻雜之“SONOS”元件作奈米非破壞性計讀之光儲存元件有最顯著的記錄光劑量響應。

**關鍵詞：**SIS、光儲存、奈米元件

## Silicon-Insulator-Silicon “SIS” device with various dielectric for Nano Optical Nonvolatile Memory

Wen-Ching Hsieh<sup>1</sup> Shich-Chuan Wu<sup>2</sup> Fuh-Cheng Jong<sup>3</sup> Hong-sheng Xu<sup>1</sup>

Minghsin University of Science and Technology<sup>1</sup> National Nano Device Laboratories<sup>2</sup> Southern Taiwan University of Technology<sup>3</sup>

## Abstract

A Silicon-Insulator-Silicon (SIS) device processed by  $\gamma$ -ray radiation can be a candidate for nano optical nonvolatile memory. The characteristics of “SIS” based nonvolatile memory include: (1) optical non-volatility (2) high optical sensitivity (3) non-destructive reading access.

This paper is to study the characteristics of “SIS” device with various gate oxide dielectrics for optical nonvolatile memory. The various types of “SIS” device in this study include: (a) Si-SiO<sub>2</sub>-Si “SOS” device, (b) Si-SiO<sub>2</sub>- Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>- SiO<sub>2</sub>-Si “SONOS” device and (c) “Fe doped SONOS” device. The “Fe doped SONOS” device

\* 光電系助理教授 地址：新竹縣新豐鄉新興路1號 Tel：03-5593142 E-mail：Graceww@ms24.hinet.tw

showed best optical memory response than the others after laser writing. The SONOS device with Fe doped showed best performance for optical nonvolatile memory application.

**Keywords : SIS, Optical Nonvolatile Memory**

## 一、緣由與目的

偵測光的元件隨著光電產業發展而被重視。常用光偵測元件有受光二極體偵測器 (photodiode)及金屬氧化半導體電容器攝像元件 (metal-oxide-semiconductor diode, “MOS diode”)。受光二極體偵測器計讀的電流訊號較小且只能測光強度，但無法儲存光劑量；不是光儲存元件。而“MOS diode”攝像元件雖具有感光積蓄光電荷功能，此種光儲存元件信號輸出雖然比較大但卻有電子電動對復和問題；而且所積蓄的光電荷會隨著信號轉送而流失，不是非破壞性計讀之光儲存元件。

本人研製以  $\gamma$  射線處理過的矽-絕緣體-矽電晶體元件 (Silicon Insulator Silicon, “SIS”)作奈米非破壞性計讀之光儲存元件。此“SIS”元件作奈米非破壞性計讀之光儲存元件，有很多特點：(1)體積微小 (2)可同時進行照光且計讀光劑量之元件 (3)光偵測能量範圍可從紅外光到 X-ray (4)可作長時間連續描述光劑量或選擇做瞬間描述光訊號強度 (5)可作光資料非破壞性計讀之光劑量計。

此“SIS”式元件感測光後，受光激發而游離的電荷陷於“SIS”元件閘介電層內電荷陷阱中，使得“SIS”元件電性特性發生變化；如電容值“C”，汲極電流值“ $I_D$ ”及臨限電壓值“ $V_{TH}$ ”發生變化。故量測“SIS”元件電性特性改變，如“C”，“ $I_D$ ”及“ $V_{TH}$ ”值的改變，便可計讀出儲存於元件內光劑量記錄。讀取“SIS”元件的“C”，“ $I_D$ ”及“ $V_{TH}$ ”值的變化，不會破壞原有儲存於閘介電層內的電荷，因此不會破壞原有儲存於元件內光劑量記錄〔1〕。此閘介電層內電荷陷阱中受陷電荷 (1)低溫下不易被釋放 (2)可被持續累積於閘介電層中 (3)累積量與光照射劑量有關 (4)不易受計讀量測影響(只要量測時所加電壓不很高) (5)可選擇以回火方式(加溫方式)來消除受陷電荷。故量測“SIS”元件電性特性改變，如電容值，電流值，電壓值的改變，便可計讀出儲存於元件內光劑量記錄。“SIS”式光劑量儲存元件照 1mW 紅外雷射二極體 (波長 830nm) 後，取汲極飽和電流相對改變量與雷射二極體照射能量總累加量，兩者關係作比較分析：汲極飽和電流相對減少量和雷射二極體照射能量總累加量成比例關係，當雷射二極體照射能量總累加量為某種範圍時，汲極飽和電流相對減少量和雷射二極體照射能量總累加量成線性比例關係。即是“SIS”光劑量計對雷射二極體照射能量總累加量有線性輸出。

實驗用到三種不同閘極介電層的“SIS”元件：(a) Silicon-Silicon Dioxide-Silicon (Si-SiO<sub>2</sub>-Si) “SOS” 元件 (b) Silicon-Silicon Dioxide-Silicon Nitride--Silicon Dioxide -Silicon (Si-SiO<sub>2</sub>-Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>-SiO<sub>2</sub>-Si) “SONOS” 元件 (c) 閘介電層攙有鐵雜質之“SONOS”元件。但實驗結果以有鐵攙雜之“SONOS”元件作奈米非破壞性計讀之光儲存元件有最顯著的記錄光劑量響應。本論文研究結果顯示以閘介電層攙有鐵雜質之“SONOS”元件比沒有攙雜之“SONOS”元件可有更好的作光儲存元件響應。將閘介電層攙入鐵雜質可增加閘介電層電荷陷阱數目，而使得陷於閘介電層陷阱內的光游離電荷數目增加，故可增加元件記錄光劑量的響應。

## 二、研究方法及過程

實驗使用“SIS”元件作為測試元件；比較“SIS”元件照光前後的汲極電流相對汲極電壓特性曲線變化“ $I_D-V_D$ ”，以及汲極電流相對閘極電壓的特性曲線變化“ $I_D-V_G$ ”，來計讀儲存在元件內的光劑量記錄。但是“SIS”元件在作為劑量計前，必需先以 1Mrad  $Co^{60}$   $\gamma$  射線作處理，增加介電層內的電荷捕獲中心缺陷 [19]。否則元件照光前後的電流-電壓曲線沒有將不會有任何的變化。實驗用到三種不同閘極介電層的 SIS 元件：(a) “SOS” 元件 (b) “SONOS” 元件 (c) 有鐵摻雜之“SONOS”元件。實驗使用的第一種元件為 p 型“SOS”元件作為測試元件，採用晶格方向(100)，阻值介於 15 ~ 25  $\Omega$ -cm 之間的 p-型六吋矽晶片。使用區域氧化(Local Oxidation) “LOCOS” 的隔離結構，製程成長的閘極二氧化矽介電層厚度為 100 Å。實驗使用的第二種元件為 n 型“SONOS” 元件作為測試元件，採用晶格方向(100)，阻值介於 15 ~ 25  $\Omega$ -cm 之間的 p-型六吋矽晶片。使用“LOCOS” 的隔離結構，製程成長的閘極介電層  $SiO_2-Si_3N_4-SiO_2$  厚度為 70Å-70Å-80Å。實驗使用的第三種元件為 n 型閘極介電層摻有鐵雜質之“SONOS” 元件作為測試元件，採用晶格方向(100)，阻值介於 15 ~ 25  $\Omega$ -cm 之間的 p-型六吋矽晶片。使用“LOCOS” 的隔離結構，製程成長的摻有鐵雜質之閘極介電層  $SiO_2-Si_3N_4-SiO_2$  厚度為 70Å-70Å-80Å。在此研究中閘極介電層  $SiO_2-Si_3N_4-SiO_2$  摻雜之金屬雜質計有鐵元素。其中鐵雜質濃度約為  $10^{11} \text{ cm}^{-2}$ 。

劑量計照光的實驗步驟如下：“SIS”半導體光劑量儲存元件照 1mW 紅外光雷射二極體（波長 830nm）。“SONOS”汲極與源極都接零電位，閘極加固定偏壓“ $V_G$ ”，元件以 1mW 紅外光雷射二極體（波長 830nm）照射激發產生電子電洞對，使激發的電荷受電場加速後注入閘極介電層中。 [14]

量測劑量的實驗步驟如下：(1)閘極加固定偏壓 ( $V_G=2.5V$ )，改變汲極電壓量測汲極電流；比較“SIS”元件照光前後的汲極電流相對汲極電壓特性曲線“ $I_D-V_D$ ”變化，來計讀儲存在元件內的光劑量記錄。(2) 汲極加固定偏壓 ( $V_D=0.1V$ )，改變閘極電壓量測汲極電流“ $I_D-V_G$ ”；比較“SIS”元件照光前後的汲極電流相對閘極電壓的特性曲線“ $I_D-V_G$ ”變化，來計讀儲存在元件內的光劑量記錄。因照光後，光激發的電荷注入元件閘極介電層，並受限於離子化後的閘極介電層的離子電荷捕獲陷阱中，使得閘極介電層陷住電荷數目改變，造成汲極電流相對汲極電壓特性曲線“ $I_D-V_D$ ”變化，以及汲極電流相對閘極電壓特性曲線“ $I_D-V_G$ ”變化 [15]~ [18]。

“SIS”半導體光劑量儲存元件照 1mW 紅外光雷射二極體（波長 830nm）後，汲極飽和電流相對減少改變量和雷射二極體照射能量累加量成比例關係，當雷射二極體照射能量累加量為某種範圍時，汲極飽和電流相對減少量和雷射二極體照射能量累加量成線性比例關係。即是“SIS”光劑量計對雷射二極體照射能量累加量有線性輸出。

只要計讀電流所加的電壓不高，使得受陷電荷不會獲得釋放，則計讀過程將不會消除劑量計內的劑量記錄。但若要消除劑量記錄，對於“SONOS”元件可以注入相反電性的電荷方式將介電層陷阱中被捕電荷中和掉，對於“SOS”元件可以低溫回火來消除劑量計記錄；使劑量計累積劑量回復成原始無劑量記錄狀態，則此劑量計又可再重新被使用[8]~ [13]、 [20]~ [21]。

### 三、實驗結果與討論：

#### 1. “PMOS”元件

- (1) 如圖1，“PMOS”半導體光劑量儲存元件響應以1mW紅外光雷射二極體（波長830nm）照射後量測汲極電流-汲極電壓特性曲線“ $I_D-V_D$ ”（ $V_G=2.5V$ ）改變。量測結果顯示汲極飽和電流“ $I_{DSAT}$ ”變小。由汲極飽和電流變小，推測其原因可能為：雷射照射“PMOS”元件後，“PMOS”元件受雷射照射激發產生電子電洞對後；P型“MOS”元件有較多的游離電洞注入 $SiO_2$  閘極介電層中，並被受陷於離子化之 $SiO_2$ 閘極介電層電洞捕獲陷阱中心，因閘極介電層內陷有電洞，故P型“MOS”元件汲極飽和電流變小。
- (2) 如圖2，“PMOS”半導體光劑量儲存元件照1mW紅外光雷射二極體（波長830nm）後，取汲極飽和電流相對改變量與雷射二極體照射能量總累加量關係比較分析，汲極飽和電流相對減少量和雷射二極體照射能量總累加量成比例關係。當雷射二極體照射能量範圍為4~ 18 nJ 時，“PMOS”汲極飽和電流減少量和雷射二極體照射能量總累加量成線性比例關係。“PMOS”半導體光劑量計能偵測1mW紅外光雷射二極體照射能量總累加量線性範圍為4~ 18 nJ。
- (3) 如圖3，“PMOS”半導體光劑量儲存元件照以1mW紅外光雷射二極體（波長830nm）後，再用不同溫度回火，汲極飽和電流“ $I_{DSAT}$ ”有不同的回昇效果；(即半導體光劑量儲存元件內劑量紀錄有不同的消除效果)。當元件加溫即是給予捕捉陷阱內被捕捉電荷能量，被捕捉電荷獲得能量後因而逃離捕捉陷阱，汲極飽和電流“ $I_D$ ”就回昇了。當回火溫度為50<sup>0</sup>C時已有94%的消除劑量紀錄效果。當回火溫度為250<sup>0</sup>C時有100%的消除劑量紀錄效果。

#### 2. “SONOS”元件

- (1) 如圖 4，“SONOS”半導體光劑量儲存元件以 1mW 紅外光雷射二極體（波長 830nm）照射後“ $I_D-V_D$ ”特性曲線改變( $V_G=2.5V$ )。量測結果顯示汲極飽和電流變小。由汲極飽和電流變小，推測其原因可能為：雷射照射 N 型“SONOS”元件後，N 型“SONOS”元件受雷射照射激發產生電子電洞對後；N 型“SONOS”元件有較多的游離電子注入  $SiO_2$  閘極介電層中，並被受陷於離子化之  $SiO_2$  閘極介電層電子捕獲陷阱中心，因閘極介電層內陷有較多電子，故 N 型“SONOS”元件汲極飽和電流明顯變小。
- (2) 如圖 5，“SONOS”半導體光劑量儲存元件照 1mW 紅外光雷射二極體（波長 830nm）光後，汲極飽和電流相對減少量和雷射二極體照射能量總累加量成比例關係。“SONOS” 半導體光劑量計能偵測 1mW 紅外光雷射二極體照射能量總累加量線性範圍為為 2~ 20 nJ。
- (3) 如圖 6，1mW 紅外光雷射二極體（波長 830nm）光照射“SONOS”半導體光劑量儲存元件後“ $I_D-V_G$ ”特性曲線（ $V_D=0.1V$ ）有平移的變化。量測結果顯示臨限電壓值“ $V_{TH}$ ”增加。由臨限電壓值“ $V_{TH}$ ”增加，推測其原因可能為：雷射照射 N 型“SONOS”元件後，N 型“SONOS”元件受雷射照射激發產生電子電洞對後；N 型“SONOS”元件有較多的游離電子注入  $SiO_2$  閘極介電層中，並被受陷於離子化之  $SiO_2$  閘極介電層電子捕獲陷阱中心，因閘極介電層內陷有電子，故 N 型“SONOS”元件臨限電壓值“ $V_{TH}$ ”增加。

#### 3. 有鐵攙雜之“SONOS”元件

- (1) 如圖 8，比較有鐵攙雜之“SONOS”元件以 1mW 紅外光雷射二極體（波長 830nm）照射後

“ $I_D-V_G$ ”(  $V_D=0.1V$ ) 特性曲線明顯改變；如圖 8 顯示有鐵摻雜之“SONOS”元件以雷射照射後“ $I_D-V_G$ ”(  $V_D=0.1V$ ) 特性曲線有向右平移及斜率變小的明顯改變；即當  $V_G=3V$  時有汲極電流變小 15% 的變化。由汲極飽和電流明顯變小，推測其原因可能為：雷射照射 N 型“SONOS”元件後，N 型“SONOS”元件受雷射照射激發產生電子電洞對後；N 型“SONOS”元件有較多的游離電子注入  $SiO_2$  閘極介電層中，並被受陷於離子化之  $SiO_2$  閘極介電層電子捕獲陷阱中心，因閘極介電層內陷有電子，故 N 型“SONOS”元件汲極飽和電流明顯變小。

- (2) 如圖 9，比較“SOS”，“SONOS”及有鐵摻雜之“SONOS”光劑量計以 1mW 紅外光雷射照射後  $I_D$  ( $V_G=3V, V_D=0.1V$ ) 改變量。顯示有鐵摻雜之“SONOS”元件雷射照射後汲極電流變小最明顯；即是有鐵摻雜之“SONOS”元件雷射照射後有最好的感測光劑量響應。推測其原因可能為：雷射照射元件後，有鐵摻雜之“SONOS”有最多之離子化之閘極介電層電荷捕獲陷阱中心，使得有鐵摻雜之“SONOS”元件受光而游離的電荷陷於閘極介電層電荷捕獲陷阱中的數目最多，故元件記錄光劑量的響應最好。推測有雜質植入閘極介電層可增加閘極介電層電荷陷阱數目，使得有鐵摻雜之“SONOS”元件受光而游離的電子陷於閘極介電層電子捕獲陷阱中心的數目增加，故可增加元件記錄光劑量的響應。圖 9 顯示“SONOS”元件以雷射照射後汲極電流變小比“SOS”元件以雷射照射後汲極電流變小明顯；即是雷射照射後“SONOS”比“SOS”元件有較好的感測光劑量響應。推測  $SiO_2-Si_3N_4-SiO_2$  閘極介電層比  $SiO_2$  閘極介電層有更多界面電荷缺陷，即有更多電荷捕獲陷阱中心，使得“SONOS”元件受光而游離的電荷陷於閘極介電層電荷捕獲陷阱中的數目增加，故可增加元件記錄光劑量的響應。 $SiO_2-Si_3N_4-SiO_2$  閘極介電層有  $SiO_2-Si_3N_4$  界面電荷缺陷及  $SiO_2-Si$  界面電荷缺陷，而  $SiO_2$  閘極介電層只有  $SiO_2-Si$  界面電荷缺陷 [7]。雷射照射 N 型有鐵摻雜之“SONOS”元件後，N 型有鐵摻雜之“SONOS”元件受雷射照射激發產生電子電洞對後；N 型有鐵摻雜之“SONOS”元件有最多的游離電子注入  $SiO_2-Si_3N_4-SiO_2$  閘極介電層中，並受陷於離子化之  $SiO_2-Si_3N_4-SiO_2$  閘極介電層電子捕獲陷阱中心；因閘極介電層內陷有電子，故 N 型有鐵摻雜之“SONOS”元件汲極飽和電流變小最明顯。
- (3) 如圖 10，有鐵摻雜之“SONOS”光資料儲存計以 1mW 紅外光雷射二極體（波長 830nm）照光後，相對“ $I_D$ ”(  $V_G=3V, V_D=0.1V$ ) 與雷射二極體照射能量總累加量關係圖，有鐵摻雜之“SONOS”光資料儲存計能偵測 830nm 雷射二極體照射能量總累加量線性範圍為 8~16 nJ。
- (4) 如圖 11，以雷射照射有鐵摻雜之“SONOS”元件後，量測比較 (a) “ $I_D$ ”(  $V_G=3V, V_D=0.1V$ ) 值變化 (b) “ $I_{DSAT}$ ”值變化 (c) “ $V_{TH}$ ”值變化；如圖顯示“ $V_{TH}$ ”值變化較明顯。

#### 四、結論

傳統二極體光偵測器計讀的電流訊號較小且只能測光強度，但無法儲存光劑量，不是光儲存元件。而傳統“MOS diode”（即 CCD）攝像元件雖具有感光積蓄光電荷功能，信號輸出雖然比較大但卻有電子電動對復和問題；而且所積蓄的光電荷會隨著信號轉送而流失，不是非破壞性計讀之奈米光儲存元件。本人研製以  $\gamma$  射線處理過的“SIS”元件作奈米非破壞性計讀之光儲存元件，均有顯著的作奈米非破壞性計讀之光儲存元件響應。以 1Mrad  $Co^{60}$   $\gamma$  射線處理過的三種不同閘極介電層的“SIS”元件作奈米非破壞性計

讀之光儲存元件，實驗結果三種不同閘極介電層的“SIS”元件作奈米非破壞性計讀之光儲存元件均有顯著的記錄光劑量響應。三種不同閘極介電層的“SIS”元件(a)“SOS” (b)“SONOS” (c)有鐵摻雜之“SONOS”，以紅外光雷射照射後的變化：三種元件汲極飽和電流“ $I_{DSAT}$ ”均變小，且臨限電壓值“ $V_{TH}$ ”值均增加。有鐵摻雜之“SONOS”元件汲極電流變化最多。有鐵摻雜之“SONOS”元件汲極電流變化較“SONOS”汲極電流變化明顯許多。有雜質植入閘介電層可增加閘介電層電荷陷阱數目，而使得“SONOS”元件受光而游離的電子陷於閘介電層電子捕獲陷阱中的數目增加，故可增加元件記錄光劑量的響應，故有鐵摻雜之“SONOS”元件較“SONOS”元件可增加元件記錄光劑量的響應明顯許多。有鐵摻雜之“SONOS”光資料儲存計以 1mW 紅外光雷射二極體（波長 830nm）照光後，相對“ $I_D$ ”（ $V_G=3V, V_D=0.1V$ ）與光照射總能量關係圖，有鐵摻雜之“SONOS”光資料儲存計能偵測 830nm 雷射照射能量線性範圍為 8~16 nJ。

## 五、致謝

感謝明新科大校內專題計劃補助及國家奈米實驗室計劃支援。

## 六、參考文獻

- [1] Hsieh Wen-Ching et al. “半導體光劑量計非破壞性計讀的研究” 2001 ”OPT” Optics and Photonics Taiwan '01 PROCEEDING II P914
- [2] Hsieh Wen-Ching et al. “The study of photo dosimeter with nonvolatile data reading by using Cu doped MOS device” 2003 IEDMS Proceedings international Electron Devices and Materials Symposia S10-3 P157
- [3] Hsieh Wen-Ching et al. “The study of photo dosimeter with nonvolatile data reading by using Cu doped MOS device” 2003 ”OPT” Optics and Photonics Taiwan '03PROCEEDING S III PA2-9 P86
- [4] Hsieh Wen-Ching et al. “Cu doped SNOS device using Radiation Treatment for Optical Nonvolatile Memory” SNTD005” symposium on Nano Device Technology 2005 P06 p263 p305
- [5] Hsieh Wen-Ching et al. “摻有銅雜質之 SONOS 元件作資料非破壞性計讀之光劑量計 2004” ”OPT” Optics and Photonics Taiwan '04 PROCEEDINGS PA-SA1-87
- [7] Hsieh Wen-Ching et al. “摻有銅雜質之 SONOS 元件作資料非破壞性計讀之光劑量計” 2005 EDMS Proceedings international Electron Devices and Materials Symposia
- [8] Wen-Ching Hsieh and Ching-shen Su, “Thermo-luminescence in  $ZrO_2$  with Impurity of ZnO Induced by UV”, Applied Physics A, 1993.
- [9] Wen-Ching Hsieh and Ching-Shen Su, “UV Induced Thermo-luminescence in  $ZrO_2$  doped by  $Er_2O_3$ ”; journal of Physics D: Applied Physics, 1994.
- [10] Ching-Shen Su and Wen-Ching Hsieh, “A New Method to Prepare  $ZrO_2$  Film for the Thermo-luminescence” Radiation Effects and Defects in Solids, 1993, Vol. 25.
- [11] Wen-Ching Hsieh and Ching-Shen Su, “The Studies of Zn Ion in  $ZrO_2$  by UV Induced Thermo-luminescence”, International Conference on Luminescence 1993, Storrs, Connecticut, USA.
- [12] Ching-Shen Su and a Wen-Ching Hsieh, “The Effects of Rare – Earth Ions in  $ZrO_2$  Studied by UV Induced

- Thermo-luminescence”; International Conference on Luminescence 1993, Storrs, Connecticut, USA.
- [13] Ching-Shen Su and Wen-Ching Hsieh, “The New Discovered Thermo-luminescence Peak Induced in  $ZrO_2$  after UV Irradiation”; submitted to Radiation Effects and Defects in Solids, 1994.
- [14] T. H. Ning and H. N. Yu. “Optically induced injection of hot electrons into  $SiO_2$ ” J. Apply. Phys., vol. 45, p. 5373, 1974.
- [15] A. V. Schwerin, M. M. Heyns, and W. Weber. “Investigation on the oxide field dependence of hole trapping and interface state generation in  $SiO_2$  Layers using homogeneous non-avalanche injection of holes.” J. Apply. Phys., vol. 67, p. 7595, 1990.
- [16] S. M. Sze, “Physics of semiconductor Devices”, 2<sup>nd</sup> ed., Wiley, New York, 1981.
- [17] Hsieh Wen-Ching ,et al. “計非破壞性計讀的研究” Optics and Photonics Taiwan '01 PROCEEDING ,Vol. II,p914 (2001)
- [18] A.M. COWLEY and S. M. Sze, “Surface State and Barrier Height of Metal semiconductor System,” J. apply. Phys.,36, 3212 (1965)
- [19] F. B. McLean. “A framework for understanding radiation-induced interface states in  $SiO_2$  MOS-structures.” IEEE Trans. Nuc. Sci., vol. NS-27, p. 1651, 1980.
- [20] A Halperin and A.A. Braner, “Evaluation if thermal activation energies from glow curves” Phys. Rev.117, 408 (1960)
- [21] P. L. Land, “New methods for determining electron trap parameters from TL or conductivity glow curves”, J. Phys. Chem. Solids 30, 1681 (1969)
-

八、附圖

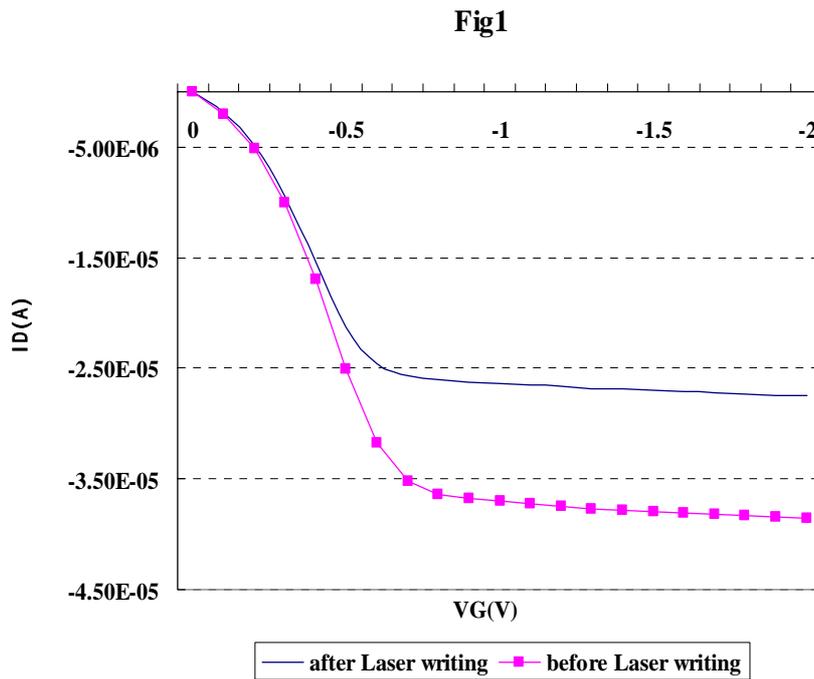


Fig1.比較 PMOS 光劑量計以雷射照射前後  $I_D$ - $V_D$  ( $V_G=2.5V$ )特性曲線改變圖。

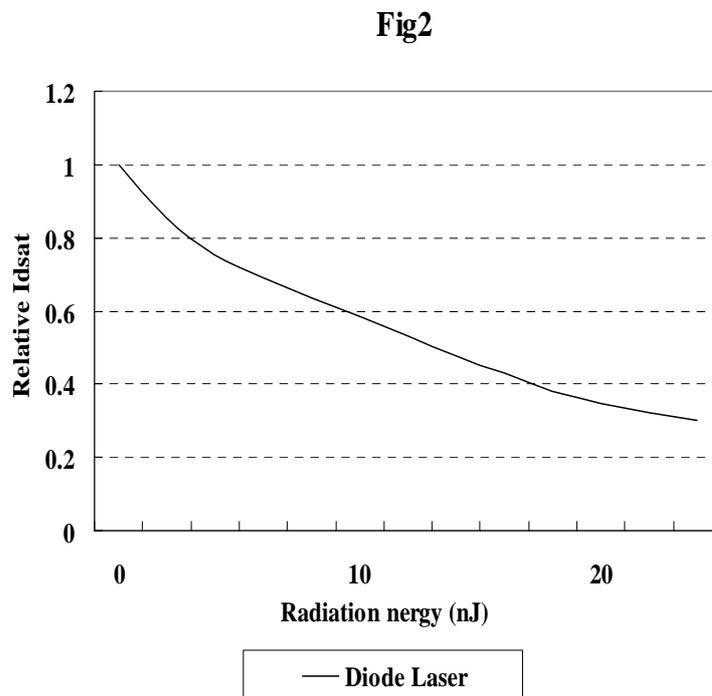


Fig2. PMOS 光劑量計以雷射照光後相對汲極飽和電流與雷射照射能量總累加量關係圖。

Fig3

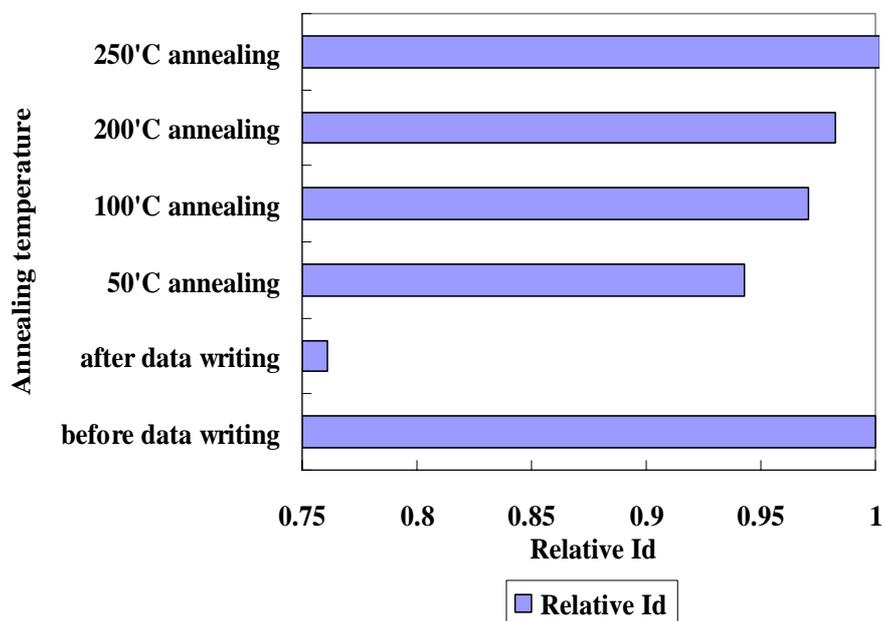


Fig3. PMOS 半導體光劑量儲存元件照以 1mW 紅外光雷射二極體（波長 830nm）後，再用不同溫度回火，相對汲極飽和電流有不同的回昇效果。

Fig4

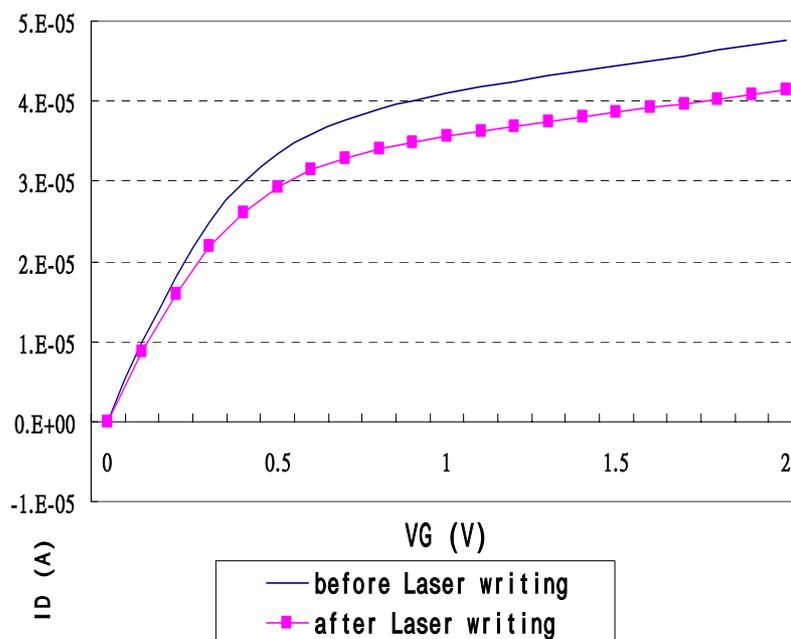


Fig4. SONOS 光劑量計以雷射照射前與後  $I_D$ - $V_D$  ( $V_G=2.5V$ )特性曲線改變圖。

Fig5

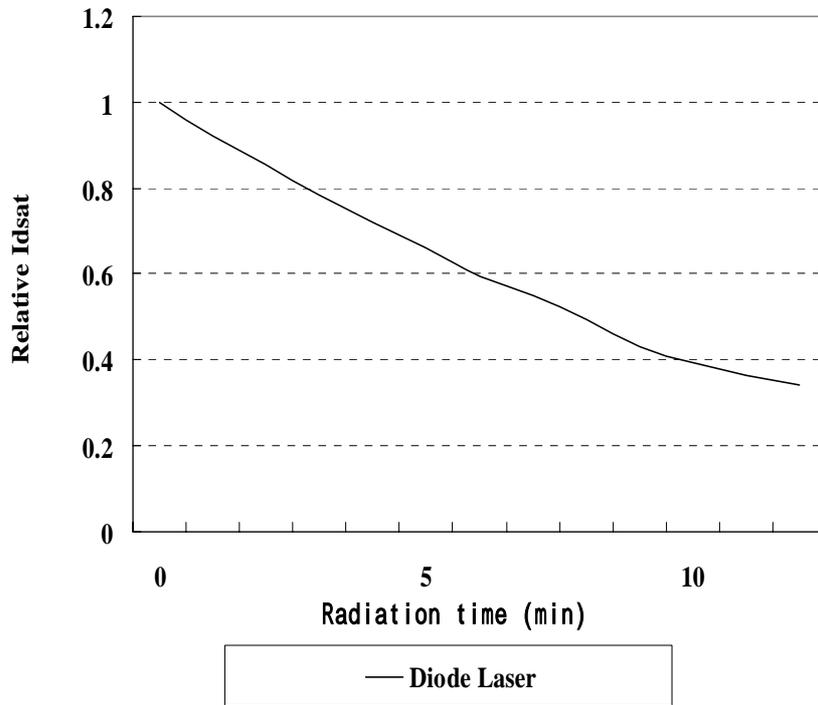


Fig5. SONOS 光劑量計以雷射照射後相對汲極飽和電流與雷射照射能量總累加量關係。

Fig6

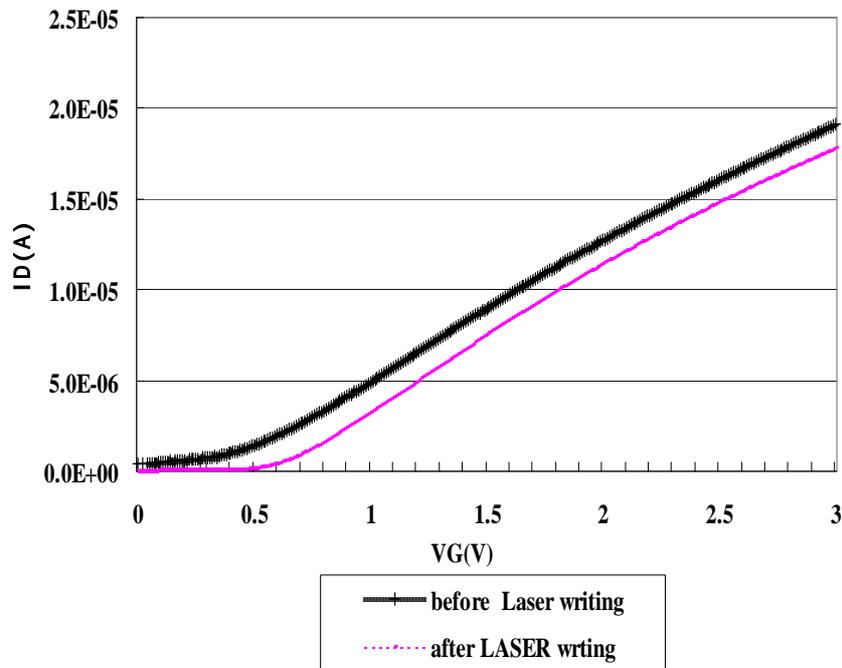


Fig6. SONOS 光劑量計以雷射照射前與後  $I_D$ - $V_G$  ( $V_D=0.1V$ )特性曲線改變圖。

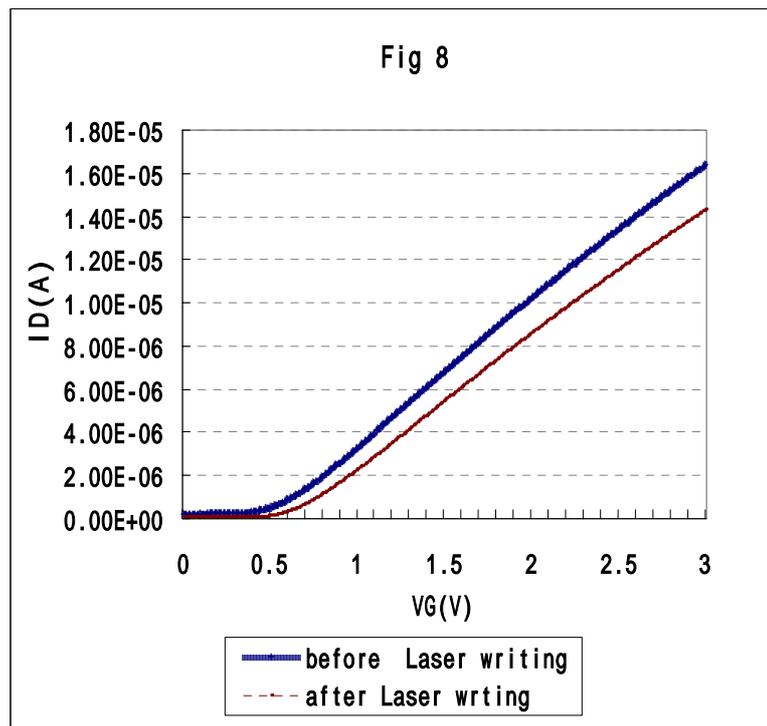


Fig8.有鐵摻雜之 SONOS 光劑量計以雷射照射前與後  $I_D$ - $V_G$  ( $V_D=0.1V$ )特性曲線改變。

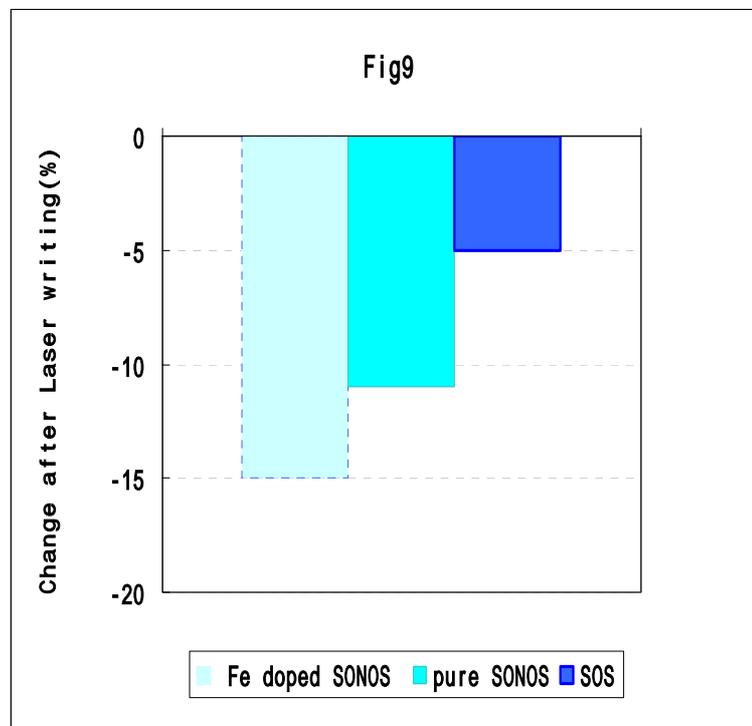


Fig9.比較 SOS, SONOS 及有鐵摻雜之 SONOS 光劑量計以雷射照射後  $I_D$  ( $V_G=3V, V_D=0.1V$ )改變圖。

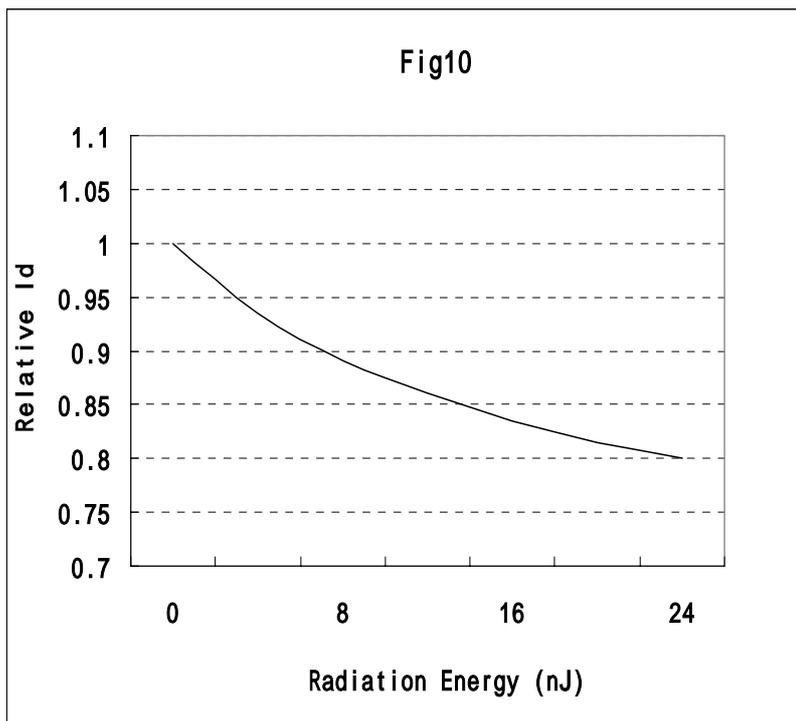


Fig10.有鐵摻雜之 SONOS 光劑量計以雷射照射後相對  $I_D(V_G=3V, V_D=0.1V)$  與雷射照射能量總累加量關係。

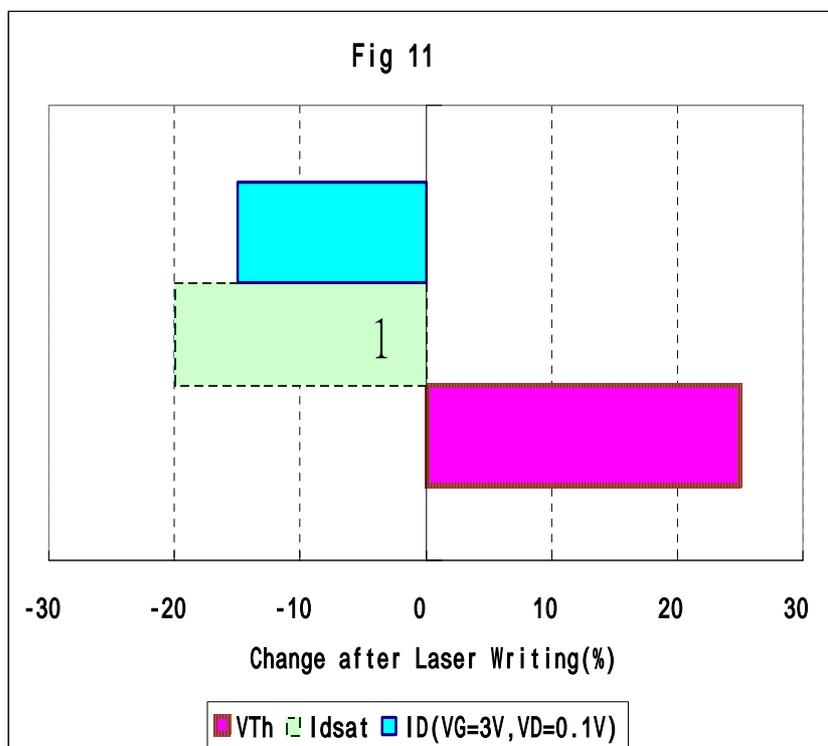


Fig11.有鐵摻雜之 SONOS 光劑量計以雷射照射前與後(a) $I_{DSAT}$  (b) $I_D (V_G=3V, V_D=0.1V)$  (c) $V_{TH}$  改變量。

## 具精細調整功能之微光學元件的運動模式探討

蔡健忠\* 蔡尚哲 黃奕澄 范振豪 陳炳茂

明新科技大學光電系統工程系

### 摘要

本文藉由結合微陣列式熱致動器(Micro Array Thermal Actuator, MATA)做為抬升結構及牽制微面鏡傾斜結構的驅動元件，再依照國家晶片系統設計中心(National Chip Implementation Center, CIC)之製程設計元件規範，設計微光學元件，經元件結構的運動性能模擬分析，並逐步修正本微光學元件抬升結構在運動效益上的缺點，以完成最佳設計。由{1×2}平行式與{2×1}對接式微陣列式熱致動器對負載之位移運動分析，其結果顯示對接式微陣列式熱致動器的指向性較佳，而抬升結構與微面鏡連接處設計一“U”型微結構，以推動微面鏡使其抬升；經微陣列式熱致動器之型式在抬升結構連結上的運動性能影響及微調功能的模擬分析後，選擇了兩組{2×3}對接式微陣列式熱致動器做為抬升結構的連結以驅動微面鏡抬升，並以一組{2×2}對接式微陣列式熱致動器牽制微面鏡傾斜並形成微調結構，當施予操作電壓時可使微光學元件具精細調整的功能。本元件經模擬分析，在最佳尺寸設計下，當操作電壓於 7V 時，元件最大位移約為 19μm，並具有微調的性能為 0.12μm/V。

**關鍵詞：**微陣列式熱致動器，微面鏡，微光學元件，微調結構

## Motion Behavior Investigation of a Novel Elevating Structure with Fine Tuning for Micro Optical Devices

Chien-Chung Tsai Shang-Che Tsai Yi-Cheng Huang Zhen-Hao Fan Bing-Mau Chen

Department of Optoelectronic System Engineering, Minghsin University of Science and Technology

### Abstract

This paper proposed a novel structure with fine tuning for elevating the micro optical devices by the driving force of micro array thermal actuator, MATA. The device is designed by the guide rule of Chip Implementation Center, CIC, and will be fabricated by Taiwan Semiconductor Manufacture Cooperation, TSMC, based upon CMOS-MEMS process. The effects of loading on the maximum displacement for a {1×2} parallel type MATA and a {2×1} opposite type MATA varied with operation voltage are investigated. The results demonstrate the opposite type MATA is a better adoption for driving the elevation structure than the parallel type MATA due to the less bias displacement. There is an “U” shape designed as a novel elevation structure connected two MATAs, which are in opposite. The opposite type MATA is also an optimum constrained structure for a micro mirror by the displacement analysis varied with operation voltage. When the operation voltage is applied on the constrained structure, which is an opposite type MATA. And that results in a fine

\* 光電系副教授 地址：新竹縣新豐鄉新興路 1 號 Tel：03-5593142 E-mail：cctsai@must.edu.tw

tuning performance on the elevating micro mirror. Finally, two  $\{2 \times 3\}$  and a  $\{2 \times 2\}$  opposite type MATAs are adopted for driving the elevation structure and the constrained structure with a function of fine tuning, respectively, due to each die area limitation of CIC. When the operation voltage is 7V, the maximum displacement and fine tuning resolution of the proposed micro optical device are  $19\mu\text{m}$  and  $0.12\mu\text{m/V}$ , respectively.

**Keywords : Micro Array Thermal Actuator, MATA, Micro Mirror, Micro Optical Devices, Fine Tuning Structure**

## 一、前言

隨著電晶體的發明並取代真空管，造就了積體電路的快速發展，而使電腦的普及一日千里。在傳統工業面臨著極需轉型為精密工業的時刻，矽晶體技術已成功帶動電子系統(Electronic systems)微小化及電腦革命性的發展，並促使製造技術朝向精密化、細微化及高密度化演進，因而衍生出次世代產業需求之微機電系統(micro-electro-mechanical system, MEMS)技術 [1]。CMOS MEMS 製程是直接從一般 IC 製造中的 CMOS 製程加上微加工技術，不僅具有一般微機電加工技術的優點，也因為與一般 IC 製程完全相容的特性，十分容易與現有的 IC 電路整合，形成一個完整的微機電系統 [2]。此技術整合光、機、電、控制、化學等多重科技，將微感測器 [3]、微致動器 [4]、微處理器等元件模組化於單一晶片(chip)上，提高微機電系統的應用性與附加價值，降低生產成本，減小尺寸與重量，增高速度，因此慢慢地受到歐美日等國家的重視 [5]；CMOS-MEMS 製程所構成的微機電系統及其元件，其微小化可與電路訊號整合在單一晶片上，同時配合半導體製程進行大量生產，具有高精密度及高可靠度之特性 [6, 7]。

近年來，微光機電(Optical MEMS, MOEMS) [8] 技術日漸成熟，其利用微機電製程及相關之微加工技術 [9]，在光學領域發展出各種高精度、高穩定性之微光機電元件，如微面鏡系統、光纖切換器和微光學移動系統 [10, 11] 等，並擴展其應用到投影顯示器、光掃描器以及光通訊元件 [12, 13]。由於元件設計與製程技術日新月異，加上目前研究多利用共用製程(Common Process)平台發展，使元件於研發階段便可進行大量生產，加快研究者的腳步，不斷將更新穎的科技開發出來。

## 二、研究動機

日常生活中，甚至是微觀的世界裡，「微調」的功能是不可缺少的，例如高倍數的顯微鏡、電子顯微鏡，都必須經過微調這步驟，來找尋待測物最清晰的影像。本實驗室從基本的“微陣列式熱致動器在微光機電之應用”[14]、“微陣列式熱致動器應用在微光學元件的運動模式探討”[15] 及“新型微光學元件之抬升結構的研究”[16]，藉著這三項基本要素的研究後，本實驗室再提出更進一步的研究項目—具精細調整功能之微光學元件的抬升結構。

本研究利用積體電路設計輔助軟體(Tanner EDA)和微機電設計模擬軟體(IntelliSuite)設計具精細調整功能之微光學元件的雛型與抬升結構，並制定參數，經各項分析後，將最佳設計送至國家晶片中心，以 CMOS MEMS 共用製程製作設計之元件，日後將透過場發射式掃描式電子顯微鏡觀測微光學元件之結構，再以探針通入操作電壓觀察元件是否能進行面鏡抬升運動；有鑑於現今產業趨勢傾向微小化、低成

本與高精密度，未來本實驗室的研究將會朝著結構簡單及高運動性能的方向邁進 [17, 18]，並且加入結構與材料應力的考量，以提高元件的穩定性及結構的剛性。

### 三、微抬升結構之光罩尺寸設計

本章節針對所設計之元件進行探討，在元件光罩設計方面使用 Tanner L-Edit 軟體，依照國家晶片系統設計中心所提供的光罩技術檔案繪製光罩，繪製完成後將轉入微機電輔助設計分析軟體 IntelliSuite-IntelliFab 模擬實際製程步驟並建立模型，觀察結構上的排列與層疊方式是否完善，再匯入 IntelliSuite-Thermo Electro Mechanical Module 進行結構運動性能的模擬，修正設計上的缺點。

#### 3.1 微陣列式熱致動器

本實驗室於 29、30 期明新學報 [14, 15] 已探討微陣列式熱致動器的運動行為模式，在對接式微陣列式熱致動器與平行式微陣列式熱致動器上施予操作電壓與位移量之關係分析中，研究結果顯示，欲得到微陣列式熱致動器最大位移量，在考慮元件熔點的情況下，此時元件最高溫度之值僅與微結構層材料—複晶矽(Poly-Silicon)材料性質有直接關連，其熔點約 1410°C，因此最高操作電壓之極限為 10V。在 CIC 的 CMOS-MEMS 製程中，微陣列式熱致動器使用鋁為電極或導線時，因鋁的熔點僅為 660.3°C，故必須將最高操作電壓極限降至 8V，使溫度降至鋁的熔點 [19, 20] 以免結構遭到破壞。所設計單體之場發射式電子顯微鏡之照片及單一熱致動器平面尺寸規格詳述於 30 期明新學報第 139 頁。

#### 3.2 抬升結構與微調結構

抬升結構示意圖包含 U 型微結構與抬升結構及其細部放大側視圖，如圖 1 (a)、(b)、(c)所示，其利用層疊的方式，由 Metal 1、Metal 2 堆疊後經連接層與 Metal 3 之微面鏡結合形成抬升結構，並搭配兩旁的 2 組{2×3}對接式微陣列式熱致動器朝 U 型微結構推擠，使微面鏡抬升。微調結構其示意圖，如圖 2 (a)所示，利用 1 組{2×2}對接式微陣列式熱致動器及牽制臂來與微面鏡連接，當施予操作電壓後，熱致動器透過牽制臂進行微調，如圖 2 (b)所示。本研究之微光學元件運動模式示意圖，如圖 3 所示，可以清楚地看到，當元件施予操作電壓時，兩組{2×3}對接式微陣列式熱致動器分別由左右向中間的微抬升結構推擠，以推動微抬升結構使微面鏡向上抬升，而使微面鏡具出平面的運動。本微光學元件幾何尺寸示意圖，如圖 4 所示。

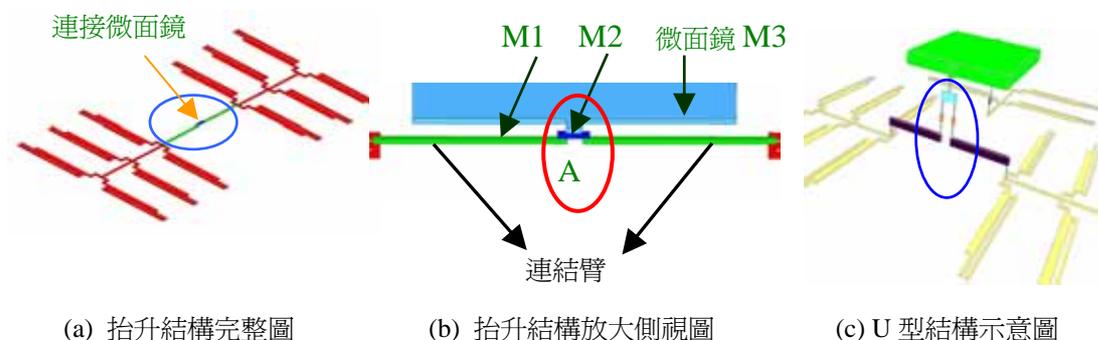


圖 1 抬升結構示意圖

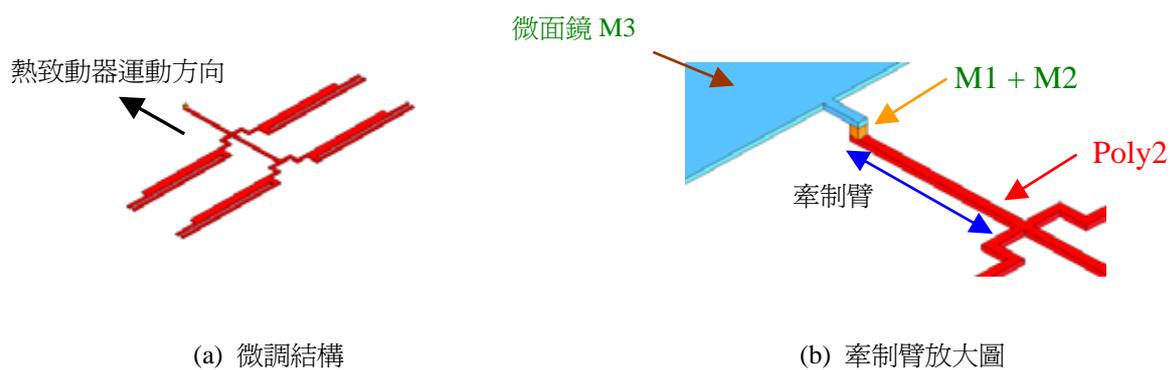


圖 2 微調結構示意圖

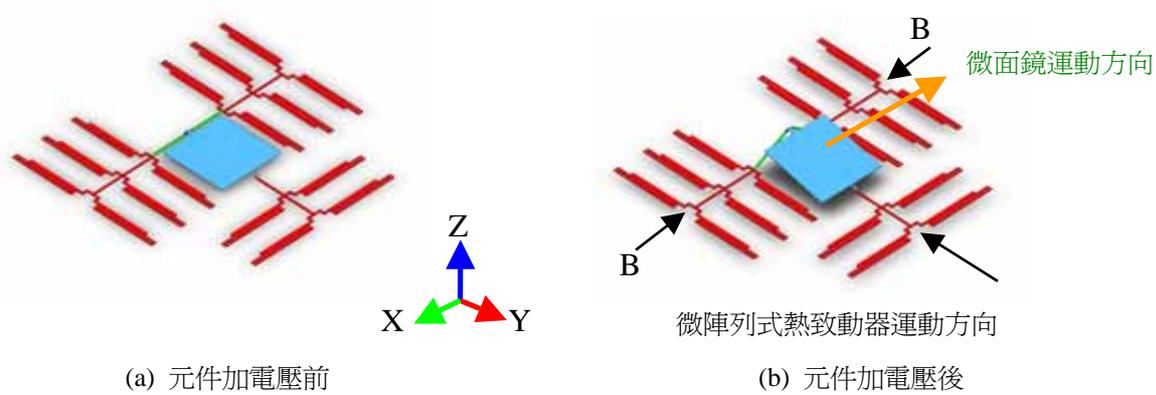


圖 3 元件運動模式示意圖

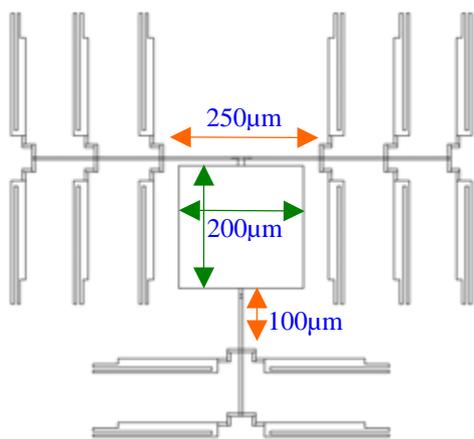


圖 4 微光學元件幾何尺寸(不含微陣列式熱致動器尺寸)

#### 四、分析與模擬結果

本節針對推動微光學元件的平行式與對接式微陣列式熱致動器之負載運動，牽制微面鏡傾斜結構、抬升結構及微調結構的變化，微陣列式熱致動器數量的變化，透過微機電輔助設計分析軟體 IntelliSuite-IntelliFab 並參考元件材料特性 [21] 模擬實際製程步驟並建立模型，再匯入 IntelliSuite-Thermo Electro Mechanical Module 進行元件運動性能分析，藉著各項模擬分析的數據來探討元件之位移量，並設計出最佳化的微光學元件抬升結構與牽制結構及微調結構。

##### 4.1 平行式與對接式微陣列熱致動器之負載運動分析

由明新學報 30 期的研究結果可知，微陣列式熱致動器推動在無負載結構時，平行式微陣列式熱致動器之出平面位移較高，但偏方向之位移量也較大，無法如對接式微陣列式熱致動器能準確地推動目標，所以本實驗室進一步對平行式與對接式微陣列式熱致動器就不同負載之出平面與水平位移量進行模擬分析。改變負載的大小，即改變 metal 2 及 metal 3 的尺寸，並固定抬升結構連結臂的間距為  $50\mu\text{m}$  下，其負載在致動器另一邊的連結臂的端點邊界條件設為自由端，如圖 5 所示，在連結臂的總長固定為  $250\mu\text{m}$  時，將負載置於連結臂之中點；而將微陣列式熱致動器連結抬升結構的部份依  $\{1\times 2\}$  平行式與  $\{2\times 1\}$  對接式，如圖 6 (a)、(b) 所示，進行水平方向(X 軸)與出平面(Z 軸)位移量的運動模擬分析。

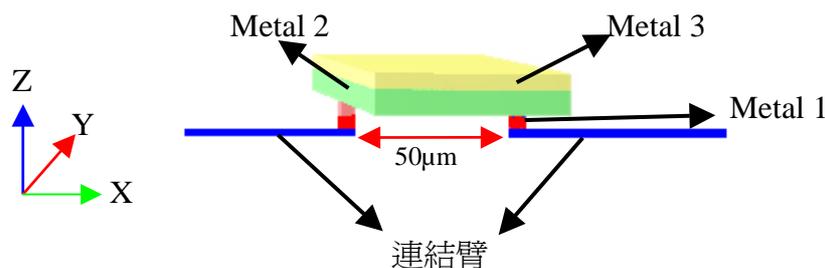


圖 5 連結臂與負載相對位置立體示意圖

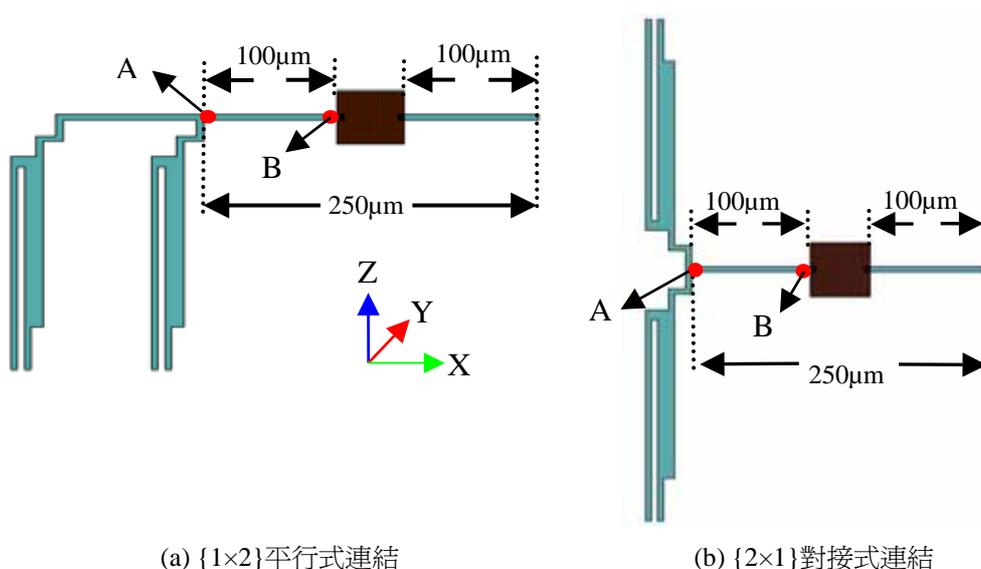


圖 6 連結臂與負載位置平面幾何尺寸示意圖

#### 4.1.1 對接式微陣列式熱致動器連結抬升結構之負載運動分析

以{2×1}對接式微陣列式熱致動器為連結抬升結構時，改變連結臂上之負載尺寸分別為  $50\mu\text{m} \times 50\mu\text{m}$ 、 $75\mu\text{m} \times 75\mu\text{m}$  及  $100\mu\text{m} \times 100\mu\text{m}$  時，如圖 7 (a)、(b)、(c)所示，經改變操作電壓下比較熱致動器對不同負載之水平方向位移量與出平面位移量的影響。在相同操作電壓下，不同負載在水平方向位移量與出平面位移量之模擬結果，如圖 8 (a)、(b)所示，可知負載尺寸越大，水平方向位移越大，但當操作電壓高於 3V 時，其出平面位移量較小，然由於 X 軸位移量數值較小，故將單位改為 nm 以利標示，如圖 8 (a) 所示。

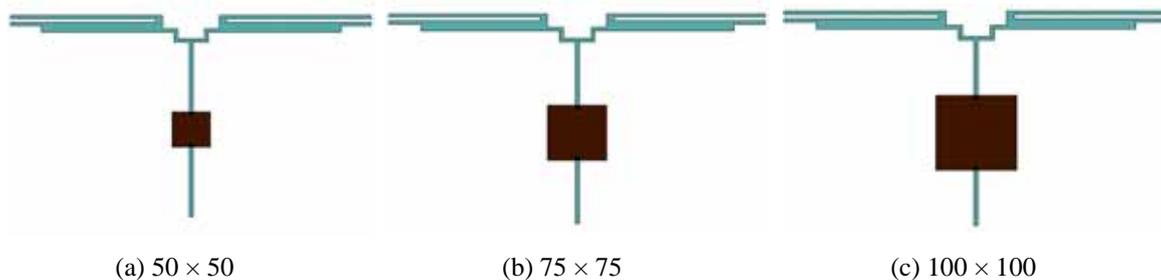


圖 7 負載尺寸配置圖 (單位： $\mu\text{m}$ )

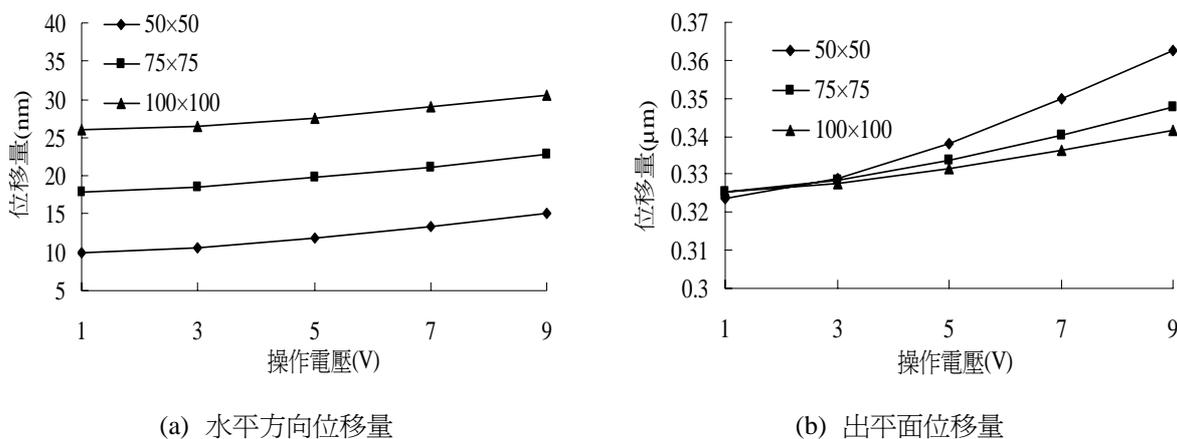


圖 8 對接式微陣列式熱致動器為連結抬升結構之負載運動分析圖

#### 4.1.2 平行式微陣列式熱致動器連結抬升結構之負載運動分析

以{1×2}平行式微陣列式熱致動器為連結抬升結構時，改變負載大小為  $50\mu\text{m} \times 50\mu\text{m}$ 、 $75\mu\text{m} \times 75\mu\text{m}$ 、 $100\mu\text{m} \times 100\mu\text{m}$ ，如圖 9 (a)、(b)、(c)所示。經進行水平方向位移量與出平面位移量之運動模擬分析，當相同操作電壓時，其位移量比較之結果，如圖 10 (a)、(b)所示，可知負載越大，水平方向的位移量也較高，但當操作電壓高於 3V 時，出平面的位移卻因為負載越大而降低，結果與 4.1.1 之模擬結果相似。

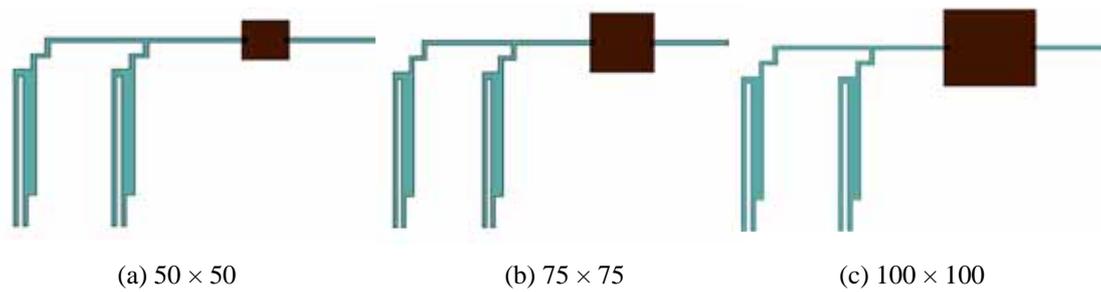
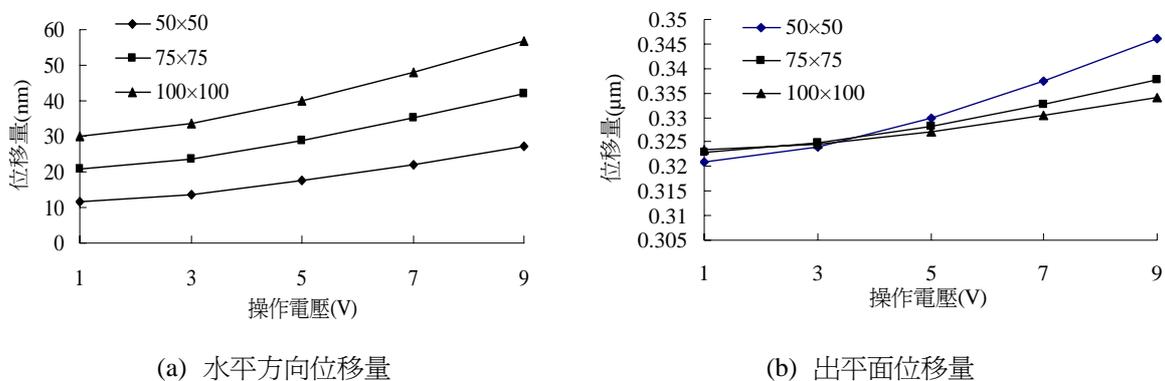
圖 9 負載尺寸配置圖(單位： $\mu\text{m}$ )

圖 10 平行式微陣列式熱致動器為連結抬升結構之負載運動分析圖

#### 4.1.3 微陣列式熱致動器連結抬升結構之負載偏方向位移分析

由上述兩小節的分析，可以知道微陣列式熱致動器在有負載的情形下，平行式微陣列式熱致動器較對接式微陣列式熱致動器有較佳的水平方向位移，然數值上遠小於出平面的位移量，為確認當施予電壓於微陣列式熱致動器時，因抬升結構的設計，可使水平位移有效的轉為出平面位移，故仍須了解兩種微陣列式熱致動器連結在水平偏方向(Y 軸)位移量之影響，模擬結果如圖 11 所示。在連結臂靠近微陣列式熱致動器之端點取為 A，靠近負載端則為 B，如圖 7 所示，經模擬結果顯示，在固定負載為  $100\mu\text{m} \times 100\mu\text{m}$  下，以對接式微陣列式熱致動器連結抬升結構在施予電壓後，產生之偏方向位移量明顯小於以平行式微陣列式熱致動器做為連結的抬升結構之偏方向位移量，如圖 11 (a)所示，且經連結臂上 A、B 兩端點之偏方向位移量之差異比較，如圖 11 (b)所示，更可確認，對接式微陣列式熱致動器連結抬升結構，於驅動時在指向性上優於平行式。

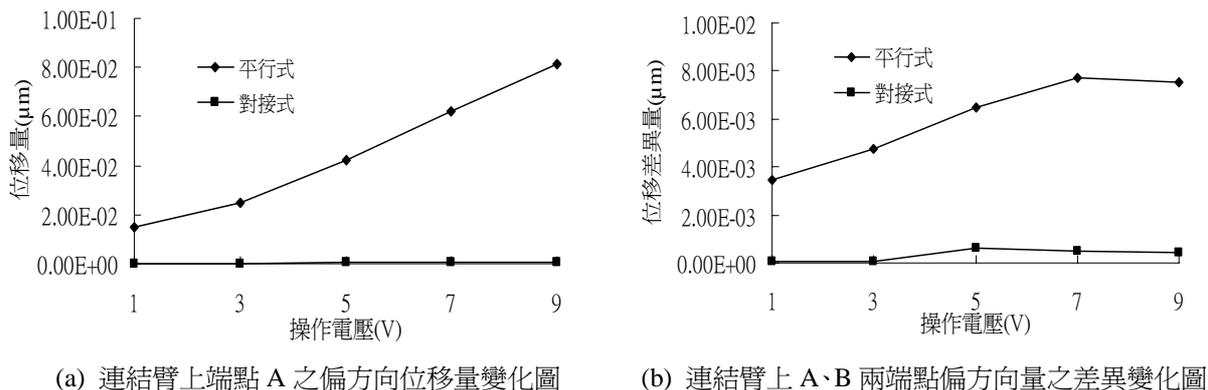


圖 11 微陣列式熱致動器連結抬升結構之負載偏方向位移分析圖

綜合上述之模擬數據，可以發現當操作相同電壓下，平行式微陣列式熱致動器之出平面位移量較對接式微陣列式熱致動器稍高，但由水平方向位移量與偏方向位移量可以了解到，對接式微陣列式熱致動器施力的指向性較平行式微陣列式熱致動器佳，固本次設計以偏方向量較小的對接式微陣列式熱致動器為主軸，搭配抬升結構與微調結構的型式，完成具精細調整功能之微光學元件的設計。

#### 4.2 牽制微面鏡傾斜的設計型式分析

有關牽制微面鏡傾斜的設計，本文列出主要的三種型式，其設計型式分別為單支臂、對接式微陣列式熱致動器，此處以{2×2}為例，以及彈簧結構等，如圖 12 (a)、(b)、(c)所示；當施予操作電壓 1 至 9 伏特時，比較牽制微面鏡傾斜結構與微面鏡抬升位移量之關係，由圖 13 可知彈簧結構的位移量最少，而{2×2}對接式微陣列式熱致動器與使用單支臂做為牽制微面鏡的結構時位移差異變化並不大，因此進一步將操作電壓固定在 7 伏特下，比較兩者微面鏡抬升的位移量分佈情形，如圖 14 所示，由圖中微面鏡抬升時高、低之差值(Δ)可得知，以{2×2}對接式微陣列式熱致動器為微面鏡傾斜的牽制結構比以單支臂為牽制結構佳。

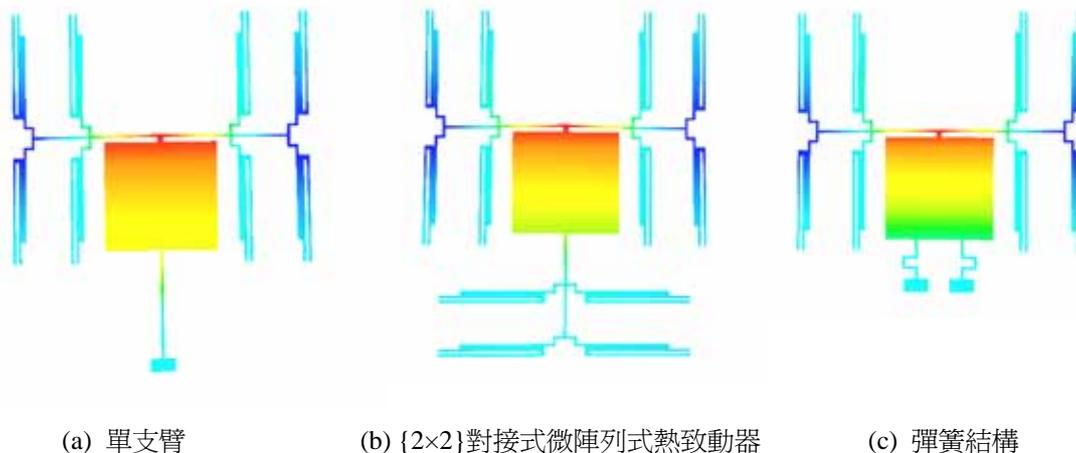


圖 12 牽制微面鏡傾斜的三種結構形式

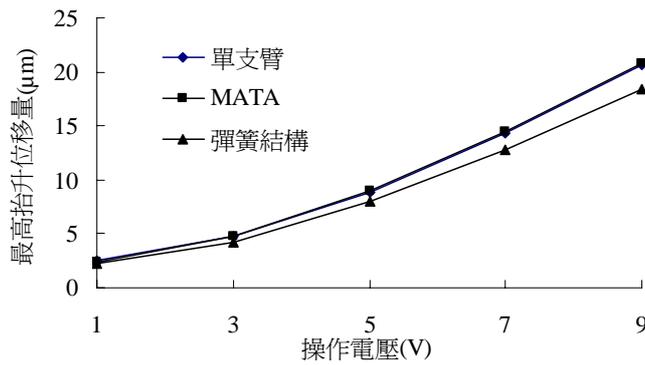


圖 13 微面鏡最高抬升位移量變化圖

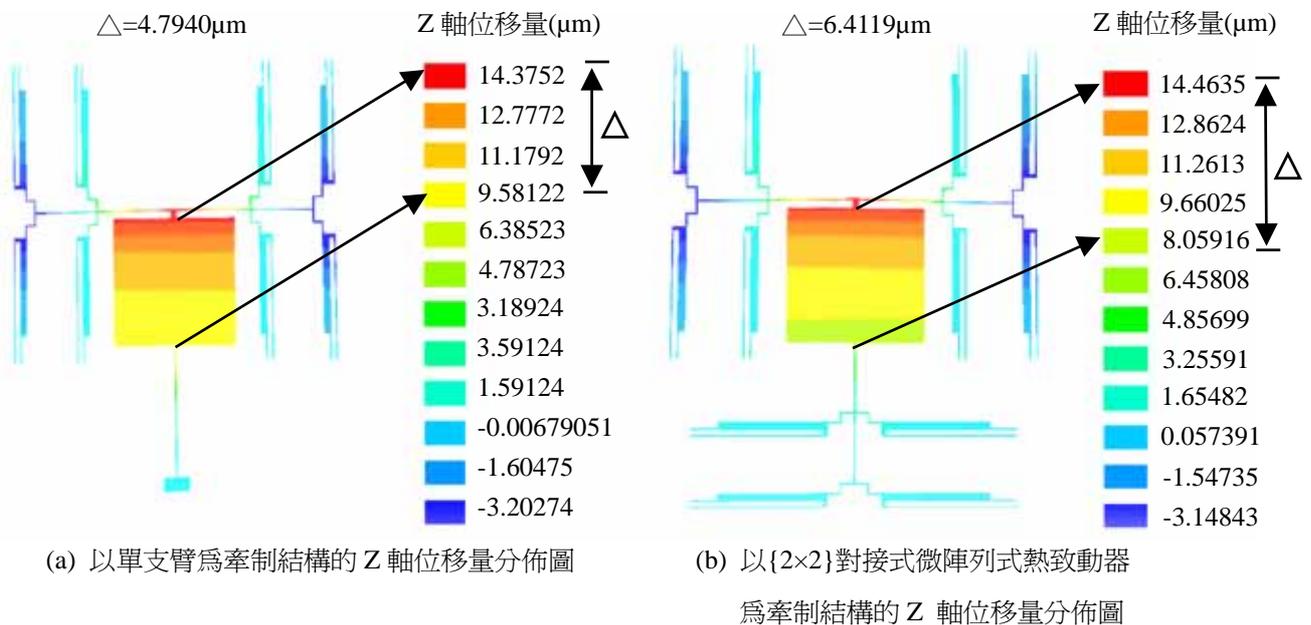
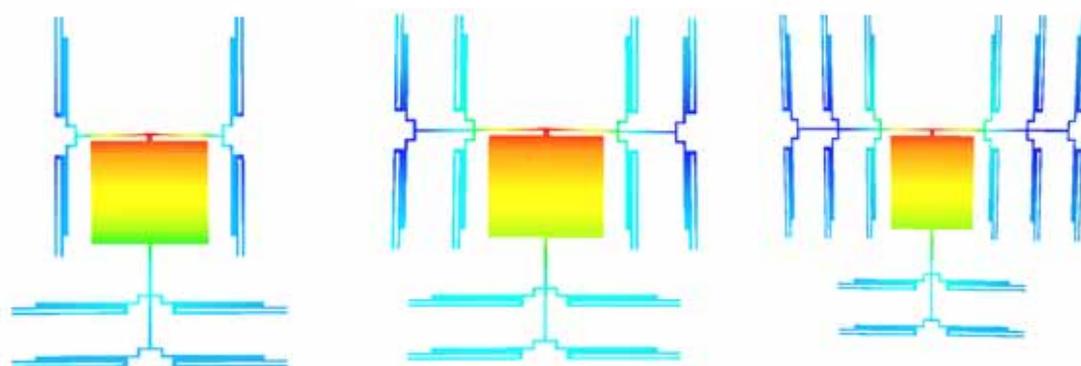


圖 14 牽制結構之位移比較圖

### 4.3 微陣列式熱致動器數量之影響

經前面的分析結果顯示，對接式微陣列式熱致動器為最佳抬升結構的驅動型式，並為最佳的牽制結構，本節進一步要探討連結抬升結構之微陣列式熱致動器的數量對微面鏡抬升效益之影響。改變微陣列式熱致動器之數量為{2x1}微陣列式熱致動器、{2x2}微陣列式熱致動器以及{2x3}微陣列式熱致動器，如圖 15 (a)、(b)、(c)所示，在相同牽制結構下，將微陣列式熱致動器施予 1 至 9 伏特的操作電壓，比較熱致動器數量的多寡與微面鏡抬升位移量之關係，如圖 16 可知，結果顯示對接式微陣列式熱致動器數量愈多，其微面鏡抬升之最高位移量也會愈大。



(a) {2×1}微陣列式熱致動器 (b) {2×2}微陣列式熱致動器 (c) {2×3}微陣列式熱致動器

圖 15 微陣列式熱致動器的數量

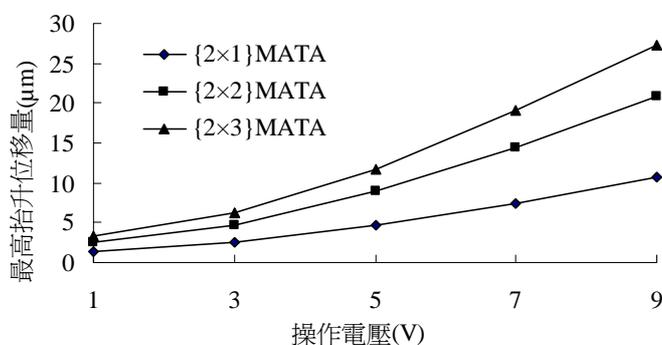


圖 16 熱致動器數量與位移量變化之關係圖

#### 4.4 微調結構之性能分析

經 4.2 節的分析，本次微光學元件以對接式微陣列式熱致動器為牽制結構，其微面鏡之運動效益最佳，然微陣列式熱致動器本身經施予操作電壓後亦可使牽制臂致動，進而使元件有微調的功能。根據 4.3 節分析結果，並考慮到 CIC 允許的下線面積限制，選擇{2×3}對接式微陣列式熱致動器為連結抬升結構的型式，如圖 17 (a)所示 A 部份，在施予固定操作電壓 7V 下，於 B 部份{2×2}對接式微陣列式熱致動器所組成的牽制暨微調結構，個別施予操作電壓，分析其調整抬升位移結果，如圖 17 (b)所示，在微調結構上改變操作電壓時，所加的操作電壓越高，微面鏡上最高位移量也越大，當操作電壓由 0V 變化至 9V 時，微面鏡在連結臂側最大位移量由 18.68μm 變化至 19.19μm，另一方面在牽制臂側之位移量變化，由 9.27μm 變化至 8.53μm。

考量整體微面鏡之傾斜高度差及熱致動器之鋁電極熔點限制下，本元件在連結抬升結構之微陣列式熱致動器，固定其操作電壓為 7V 下，調整本元件微調牽制結構之微陣列式熱致動器的操作電壓，由 0V 至 7V，其微面鏡傾斜高度差由 9.38μm 變化至 10.22μm，如圖 17 (b)所示，本元件微調的性能約為 0.12μm/V。

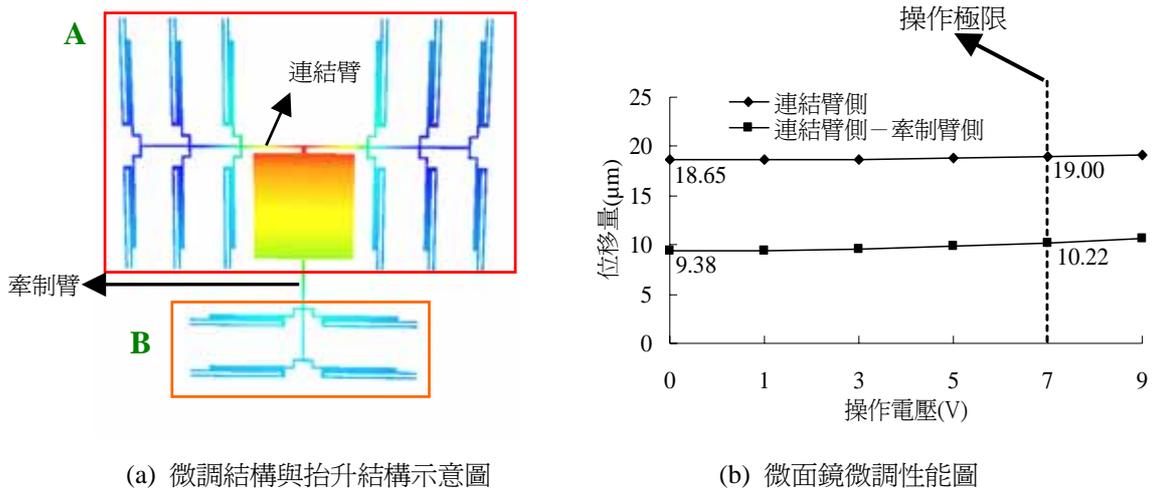


圖 17 微調結構示意與性能圖

#### 4.5 微面鏡平整度之模擬分析

在抬升結構、牽制微面鏡傾斜結構與微調結構皆有了最佳化的模擬分析後，本文最後進行微面鏡平整度之模擬分析。在微面鏡上選取九個點進行 Z 軸方向位移量的模擬，如圖 18 (a)所示，在操作電壓為 1V 到 7V 時，如圖 18 (b)所示，明顯的顯示此次所提之具精細調整功能之微光學元件，其微面鏡抬升時並不會有鏡面不平整之問題。另就微面鏡上位移變化分析，其標示點位置如圖 19 (a)所示，在操作電壓為 7V 時，微面鏡上各點 Z 軸位移的分佈圖，如圖 19 (b)所示，結果顯示位移變化為線性，各點差異量亦接近定值，即微面鏡的曲率半徑接近無窮大，表示微面鏡抬升時表面應很平整。綜合模擬結果顯示微面鏡平整度很高，可確實地應用在各種微光學系統上。

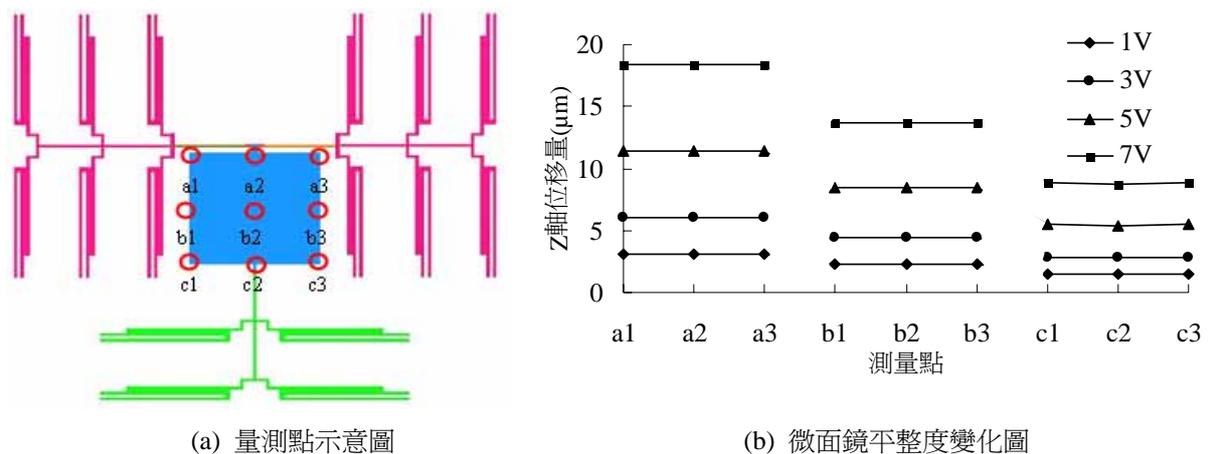


圖 18 微面鏡抬升時平整度變化圖

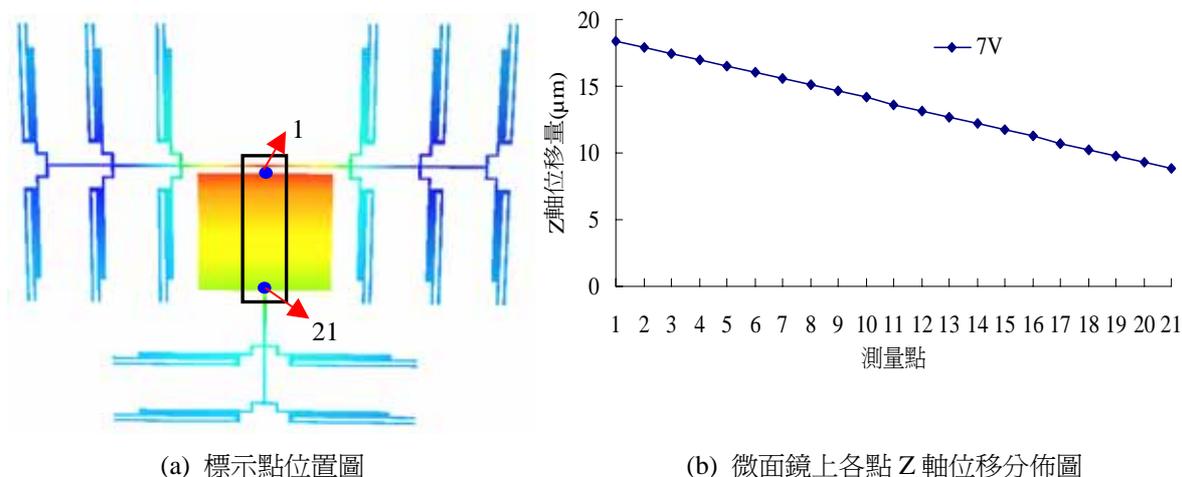


圖 19 微面鏡抬升時平整度變化圖

## 五、結論

本文藉由微機電模擬分析軟體 *IntelliSuite* 建立具精細調整功能之微光學元件的模型，以探討不同操作電壓時，抬升結構、牽制微面鏡傾斜暨微調結構之最佳設計與微面鏡之最佳運動性能。由平行式與對接式微陣列式熱致動器之負載應用分析，其水平位移量與偏方向位移量結果可知，對接式微陣列式熱致動器對負載的指向性較平行式微陣列式熱致動器佳，若將此結構與微面鏡結合，其出平面之抬升高度的運動效能將達到最好的表現，因此對接式微陣列式熱致動器是本次微光學元件連結抬升結構的主要驅動型式；在牽制微面鏡傾斜的型式設計分析中，由微面鏡最大位移量的模擬結果中顯示，以{2×2}對接式微陣列式熱致動器為牽制結構較單支臂牽制結構佳，且有助於微面鏡抬升之最大位移量。在探討微陣列式熱致動器數量的變化影響中，其結果可知微陣列式熱致動器的數量越多，當操作電壓增加，微面鏡抬升的位移量亦提高。在微調性能模擬分析的結果中顯示，當施予電壓於微調結構上，且由 0V 變化至 7V 時，其微面鏡之微調性能約為  $0.12\mu\text{m}/\text{V}$ 。最後，經微面鏡平整度之模擬分析，結果顯示本元件抬升時並無鏡面翹曲的疑慮，微面鏡平整度極佳，可確實地應用在各種微光學系統上。綜合研究結果可得到微面鏡最大之抬升位移量，在操作電壓的最高極限為 7V 時，約為  $19\mu\text{m}$ 。

## 六、致謝

本研究感謝國科會及明新科技大學專題研究計畫之經費補助以及國家晶片中心計畫的支持，才使研究得以完成。

## 七、參考文獻

- [ 1 ] 張志誠(2002)，微機電技術，商周出版。
- [ 2 ] 梁凱智(2004)，CMOS 製程整合電熱致動與壓阻感測之元件開發，國立清華大學碩士論文。
- [ 3 ] 林俊仁(2004)，微型光纖費比裴洛式感測器之設計、製造與應用，國立清華大學。
- [ 4 ] 連英傑(2004)，新型壓電微致動器之模擬分析及設計，國立交通大學碩士論文。
- [ 5 ] 黃財丁(2000)，微機電技術之世界趨勢，臺北市：國科會科資中心。
- [ 6 ] 歐憲章(1997)，熱動式微致動器尺寸最佳化之探討，國立成功大學碩士論文。
- [ 7 ] 余志誠(1998)，三層多晶矽電熱式微致動器與微滑桿致動系統之製作、分析與研究，國立交通大學碩士論文。
- [ 8 ] M. Mehregany (1993), Microelectromechanical Systems, IEEE Circuits and Devices, pp. 14-22.
- [ 9 ] Guo-Dung J. Su, Shi-Sheng Lee, and Ming C. Wu (1995), IEEE, Optical Scanners Realized by Surface-Micromachined Vertical Torsion Mirror, IEEE Photonics Technology Letters, Vol. 11, No. 5.
- [ 10 ] 郭耀輝(2001)，新型微致動閃耀式光柵之研究，國立臺灣大學應用力學研究所碩士論文。
- [ 11 ] 游李興(2002)，微機電製程技術於光通訊元件之應用研究，工業技術研究院產業經濟與資訊服務中心出版，臺北市：電腦商業同業公會經銷。
- [ 12 ] 陳永霖(2004)，伺服控制之光通訊大型光學開關之設計與製作，國立清華大學。
- [ 13 ] 國科會精儀中心(2003)，微機電系統技術與應用 Micro electro mechanical systems technology & application，新竹市。
- [ 14 ] 蔡健忠(2003)，微陣列式熱致動器在微光機電之應用研究，明新學報 29 期，27-36 頁。
- [ 15 ] 蔡健忠(2004)，微陣列式熱致動器應用在微光學元件運動模式之探討，明新學報 30 期，137-147 頁。
- [ 16 ] 蔡健忠(2005)，結合微陣列式熱致動器之新型微光學元件抬升結構的探討，明新學報 31 期，101-116 頁。
- [ 17 ] 李國賓(2001)，微型致動器之設計製作及其在光學及微爪之應用，國立成功大學。
- [ 18 ] 鄭英周、張培仁(2003)，「淺談 CMOS-MEMS 之發展與未來」，電子月刊 0090 期。
- [ 19 ] Sara E. Rosenberg, Peter Y. Wong, and Ioannis N. Miaoulis (1996), Rapid Thermal Annealing of High-Melting-Point Films on Low-Melting-Point Substrates, IEEE Transactions On Semiconductor Manufacturing, pp. 249-256.
- [ 20 ] J. W. Judy, T. Tamagawa, and D. L. Polla (1990), Surface Micromachined Linear Thermal Microactuator, IEEE, pp. 26.5.1-26.5.4.
- [ 21 ] M. Gad-el-Hak (2001), The MEMS Handbook, CRC Press, Chapter 3.

# Mixed $H_2/H_\infty$ Control Design for Time Delay Systems: An LMI Approach

Huey-Jian Uang and Chin-Chuan Lien

Department of Electrical Engineering, Ming-Hsin University of Science and Technology

## Abstract

This study introduces a mixed  $H_2/H_\infty$  control design for uncertain time delay systems with guaranteed control performance. Based on Lyapunov criterion and Krasovskii stability theorem, a sufficient condition is derived under the uncertain parameters and external disturbances. By Schur complement, the sufficient condition can be easily transformed into the problems of linear matrix inequality (LMI). The mixed  $H_2/H_\infty$  performance problems in this study is characterized in terms of two eigenvalue problems (EVPs). The EVPs can be solved very efficiently by the convex optimization techniques. Simulation results indicate that the desired mixed  $H_2/H_\infty$  performance for uncertain time delay systems can be achieved via the proposed method.

**Keyword:** delay systems, linear matrix inequality, mixed  $H_2/H_\infty$  control, Lyapunov-Krasovskii functional

## 針對時間延遲系統的混合型 $H_2/H_\infty$ 控制設計：線性矩陣不等式處理

汪惠健 連金全

明新科技大學電機工程學系

## 摘要

本篇論文針對不確定性時間延遲系統介紹混合型  $H_2/H_\infty$  控制設計以保證控制性能。根據 Lyapunov 準則與 Krasovskii 穩定定理，在不確定參數與外來干擾下，一個充分條件被導出。藉由 Schur 補數，充分條件很容易轉換成線性矩陣不等式 (LMI) 的問題。本論文中混合型  $H_2/H_\infty$  性能問題可以特性化為兩個特徵值型式的問題。而特徵值可以充分藉由凸形最佳化技巧求解。模擬結果指出不確定時間延遲系統所要求的混合型  $H_2/H_\infty$  性能藉由所陳述的方法能夠被達成。

**關鍵字：**延遲系統，線性矩陣不等式，混合型  $H_2/H_\infty$  控制，Lyapunov-Krasovskii 函數

\* 電機系副教授

地址：新竹縣新豐鄉新興路 1 號

Tel：03-5593142

## I. INTRODUCTION

Time delay is encountered in many fields of engineering and science, such as communication networks, manufacturing systems, chemical processes, rolling mill systems, hydraulic systems, turbojet engine, microwave oscillator, nuclear reactor, long transmission lines, life science and economics. The systems with time delayed state, perturbation and external disturbance are problems of theoretical and practical interest, since the existence of delay, perturbation and disturbance are often sources of instability.

In the past decade, many researchers have paid a great deal of attention to various control methods in time delay systems and criteria for the stability of time delay systems. Stability criteria for time delay systems can be classified into two categories: 1) there is no information about the size of delay, i.e., delay-independent criteria [1, 2, 3, 8]; 2) there is some information about the size of delay, i.e., delay-dependent criteria [4, 5, 6, 9, 10].

In [7]-[10], the control design for time delay systems via Lyapunov-Krasovskii functional approach, and their conditions are expressed in terms of finite-dimensional Riccati equations [12], finite-dimensional Lyapunov equations [11], or matrix inequalities [8, 9, 10, 13]. The derived conditions guarantee the delay-independent [8, 13] or delay-dependent [9, 10, 12] asymptotic stability of the closed-loop system.

Recently, the robust  $H_\infty$  control problem for time delay systems has been proposed. The existing results for robust control of time delay systems deal with either one of two types of stabilization: delay-dependent stabilization and delay-independent stabilization. In [8], the  $H_\infty$  memoryless control and  $\alpha$ -stability constrained for time delay systems via Lyapunov-Krasovskii functional and LMI approach has been proposed. In [10], the delay dependent robust  $H_\infty$  control for uncertain time delay systems are developed.

The primary contribution of this paper is that the mixed  $H_2/H_\infty$  control design and the robust performance for the time delay systems is guaranteed. A robust stabilization technique is also proposed to override the bounded nonlinear perturbation. Furthermore, an LMI optimization technique is developed to solve the mixed  $H_2/H_\infty$  control problem.

Simulation examples are provided to illustrate the design procedure and the performance of the proposed method. The simulation results show that the robustness performance can be achieved by the proposed method.

The paper is organized as follows. The problem formulation is presented in Section II. In Section III, a mixed  $H_2/H_\infty$  control design is introduced. In Section IV, simulation examples are provided to demonstrate the design effectiveness and to confirm the desired performance. Finally, concluding remarks are made in Section V.

## II. PROBLEM FORMULATION

Consider the following uncertain linear system with delayed state as follows:

$$\dot{x}(t) = (A + \Delta A)x(t) + (A_d + \Delta A_d)x(t - \tau) + (B_u + \Delta B_u)u(t) + B_w w(t) \quad (1)$$

where  $x(t) = \Psi(t)$ ,  $t \in [-\tau, 0]$ , and  $A$ ,  $A_d$ ,  $B_u$  and  $B_w$  are constant matrices with appropriate dimensions,  $x(t) \in R^n$  is the state vector,  $u(t) \in R^m$  is the input vector,  $w(t) \in R^w$  is the external disturbance vector and  $\Psi(t)$  is the initial condition of the state,  $\Delta A$ ,  $\Delta A_d$  and  $\Delta B_u$  are bounded nonlinear perturbation matrices.

Suppose the following robust  $H_\infty$  controller is employed to deal with the above time delay system as follows

$$u(t) = -Kx(t) \quad (2)$$

Substituting (2) into (1) yields the closed-loop time delay system as follows:

$$\begin{aligned}\dot{x}(t) &= (A + \Delta A)x(t) + (A_d + \Delta A_d)x(t - \tau) + (B_u + \Delta B_u)u(t) + B_w w(t) \\ &= (A - B_u K)x(t) + A_d x(t - \tau) + \Delta A x(t) + \Delta A_d x(t - \tau) \\ &\quad - \Delta B_u K x(t) + B_w w(t)\end{aligned}\quad (3)$$

Suppose that there exist bounding matrices  $A_p$ ,  $A_{dp}$  and  $B_p$  such that

$$\|\Delta A x(t)\| \leq \|A_p x(t)\|, \quad (4)$$

$$\|\Delta A_d x(t - \tau)\| \leq \|A_{dp} x(t - \tau)\|, \quad (5)$$

and

$$\|\Delta B_u K x(t)\| \leq \|B_p K x(t)\|, \quad (6)$$

for all trajectory  $x(t)$ .

According to assumption above, we get

$$\begin{aligned}(\Delta A x(t))^T (\Delta A x(t)) &\leq (A_p x(t))^T (A_p x(t)), \\ (\Delta A_d x(t - \tau))^T (\Delta A_d x(t - \tau)) &\leq (A_{dp} x(t - \tau))^T (A_{dp} x(t - \tau)),\end{aligned}$$

and

$$(\Delta B_u K x(t))^T (\Delta B_u K x(t)) \leq (B_p K x(t))^T (B_p K x(t)).$$

**Assumption :** We assume the initial condition as follows

$$\Psi(t) = x(0), \forall t \in [-\tau, 0]. \quad (7)$$

In this study, we assume that  $w(t)$  is uncertain but bounded. However, the effect of  $w(t)$  will deteriorate the control performance of the control system and even lead to instability of the time delay control system. Therefore, how to eliminate the effect of  $w(t)$  to guarantee control performance is also an important design purpose of robust control systems. Since  $H_\infty$  control is the most important control design to efficiently eliminate the effect of  $w(t)$  on the control system, it will be employed to deal with the robust performance control in (1). Let us consider the following  $H_2$  and  $H_\infty$  control performances.

■  $H_\infty$  Performance: An  $H_\infty$  performance is considered as follows [14, 15]:

$$\frac{\int_0^{t_f} x^T(t) Q x(t) dt}{\int_0^{t_f} w^T(t) w(t) dt} < \rho^2 \quad (8)$$

or

$$\int_0^{t_f} x^T(t) Q x(t) dt < \rho^2 \int_0^{t_f} w^T(t) w(t) dt \quad (9)$$

where  $t_f$  denotes the terminal time of control,  $\rho$  is a prescribed value which denotes the worst case effect of  $w(t)$  on  $x(t)$ , and  $Q$  is a positive-definite weighting matrix. The physical meaning of (9) is that the effect of  $w(t)$  on  $x(t)$  must be attenuated below a desired level  $\rho$  from the viewpoint of energy, no matter what  $w(t)$  is, i.e., the  $L_2$  gain from  $w(t)$  to  $x(t)$  must be equal to or less than a prescribed value  $\rho^2$ . In general,  $\rho$  is chosen as a positive small value less than 1 for attenuation of  $w(t)$ .

The inequality in (9) can be seen as bounded-disturbance and bounded-state but with a prescribed gain  $\rho$ . If the initial condition is also considered, the inequality (9) can be modified as

$$\int_0^{t_f} x^T(t) Q x(t) dt \leq x^T(0)(P + \tau S)x(0) + \rho^2 \int_0^{t_f} w^T(t) w(t) dt \quad (10)$$

where  $P$  is some symmetric positive-definite weighting matrix, and  $S = S^T > 0$  is a weighting matrix.

From the analysis above, the design purpose of the proposed control system is to specify a linear control (2) such that both the stability of linear control system and the  $H_\infty$  control performance in (10) with a prescribed attenuation level  $\rho$  are guaranteed.

The robustness optimization is to achieve a minimum  $\rho^2$  in (10) to obtain maximum elimination of the effect of  $w(t)$ . For time-delay system (1), this design problem is how to specify a stabilizable linear control in (2) to minimize  $\rho^2$  subject to the constraint (10).

- $H_2$  Performance: An LQ performance related to the tracking error and control action is considered as followings:

$$J_2 = \int_0^{t_f} [e^T(t)Q_2e(t) + u^T(t)R_2u(t)] dt \quad (11)$$

where  $Q_2 > 0$  and  $R_2 > 0$ . A straightforward objective is to minimize this performance. However, this objective is not easily tractable, since uncertainties involve in tracking error dynamics. Therefore, in this study, a suboptimal approach is taken by minimizing the upper bound of performance index.

### III. MIXED $H_2/H_\infty$ CONTROL DESIGN

The design purpose in this study is to specify the control in (2) to achieve the mixed  $H_2/H_\infty$  control performance in (11) and (10) simultaneously. The design procedure is discussed step by step as the following. First, robust  $H_\infty$  control design and the  $H_2$  control design procedure is discussed. Then, the problem of mixed  $H_2/H_\infty$  control design is parameterized in terms of two EVP's.

#### A. Robust $H_\infty$ Control Design

From the analysis above, the first step in the design process of the time delay systems is to specify a controller such that the system is robustly stabilized and the effect of external disturbance  $w(t)$  is efficiently attenuated, thus achieving  $H_\infty$  control performance in (10) with a prescribed attenuation level  $\rho$ .

Let us consider the following Lyapunov-Krasovskii functional candidate:

$$V(t, x(t)) = x^T(t)Px(t) + \int_{t-\tau}^t x^T(\theta)Sx(\theta)d\theta \quad (12)$$

where the weighting matrices  $P$  and  $S$  are the same as that in (10).

From (12), we obtain

$$\begin{aligned} & \int_0^{t_f} x^T(t)Qx(t)dt \\ = & V(0, x(0)) - V(t_f, x(t_f)) + \int_0^{t_f} [x^T(t)Qx(t) + \dot{V}(t, x(t))]dt \\ = & V(0, x(0)) - V(t_f, x(t_f)) + \int_0^{t_f} [x^T(t)Qx(t) \\ & + \dot{x}^T(t)Px(t) + x^T(t)P\dot{x}(t) + x^T(t)Sx(t) - x^T(t-\tau)Sx(t-\tau)]dt \\ = & V(0, x(0)) - V(t_f, x(t_f)) + \int_0^{t_f} [x^T(t)Qx(t) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & +x^T(t)(A - B_u K)^T P x(t) + x^T(t - \tau) A_d^T P x(t) + x^T(t) \Delta A^T P x(t) \\
 & +x^T(t - \tau) \Delta A_d^T P x(t) - x^T(t) K^T \Delta B_u^T P x(t) + w^T(t) B_w^T P x(t) \\
 & +x^T(t) P (A - B_u K) x(t) + x^T(t) P A_d x(t - \tau) \\
 & +x^T(t) P \Delta A x(t) + x^T(t) P \Delta A_d x(t - \tau) - x^T(t) P \Delta B_u K x(t) \\
 & +x^T(t) P B_w w(t) + x^T(t) S x(t) - x^T(t - \tau) S x(t - \tau)] dt \\
 = & V(0, x(0)) - V(t_f, x(t_f)) + \int_0^{t_f} \{x^T(t)[Q + S + (A - BK)^T P + P(A - BK)]x(t) \\
 & +x^T(t - \tau) A_d^T P x(t) + x^T(t) P A_d x(t - \tau) - x^T(t - \tau) S x(t - \tau) \\
 & +(x^T(t) \Delta A^T P x(t) + x^T(t) P \Delta A x(t)) + (x^T(t - \tau) \Delta A_d^T P x(t) + x^T(t) P A_d x(t - \tau)) \\
 & -(x^T(t) K^T \Delta B_u^T P x(t) + x^T(t) P \Delta B_u K x(t)) \\
 & +x^T(t) P B_w w(t) + w^T(t) B_w^T P x(t) - \rho^2 w^T(t) w(t) - \frac{1}{\rho^2} x^T(t) P B_w B_w^T P x(t) \\
 & +\rho^2 w^T(t) w(t) + \frac{1}{\rho^2} x^T(t) P B_w B_w^T P x(t)\} dt \\
 \leq & V(0, x(0)) + \int_0^{t_f} \{x^T(t)[Q + S + (A - B_u K)^T P + P(A - B_u K) + \frac{1}{\rho^2} P B_w B_w^T P]x(t) \\
 & +x^T(t - \tau) A_d^T P x(t) + x^T(t) P A_d x(t - \tau) - x^T(t - \tau) S x(t - \tau) \\
 & +(x^T(t) A_p^T A_p x(t) + x^T(t) P P x(t)) + (x^T(t - \tau) A_{dp}^T A_{dp} x(t - \tau) + x^T(t) P P x(t)) \\
 & +(x^T(t) P P x(t) + x^T(t) K^T B_p^T B_p K x(t)) - \left(\rho w(t) - \frac{1}{\rho} B_w^T P x(t)\right)^T \left(\rho w(t) - \frac{1}{\rho} B_w^T P x(t)\right) \\
 & +\rho^2 w^T(t) w(t)\} dt \\
 \leq & V(0, x(0)) + \int_0^{t_f} \{x^T(t)[Q + S + (A - B_u K)^T P + P(A - B_u K) + \frac{1}{\rho^2} P B_w B_w^T P \\
 & +3PP + A_p^T A_p + K^T B_p^T B_p K]x(t) \\
 & +x^T(t - \tau) A_d^T P x(t) + x^T(t) P A_d x(t - \tau) + x^T(t - \tau) A_{dp}^T A_{dp} x(t - \tau) \\
 & -x^T(t - \tau) S x(t - \tau) + \rho^2 w^T(t) w(t)\} dt \tag{13}
 \end{aligned}$$

Then, we get the following result.

**Theorem :** In the time-delay system (1), suppose there exists a positive definite matrix  $P = P^T > 0$  is the solution of following linear matrix inequalities(LMIs) are satisfied

$$\left[ \begin{array}{cc} \left( \begin{array}{c} A^T P + P A - K^T B_u^T P - P B_u K + S + Q \\ + \frac{1}{\rho^2} P B_w B_w^T P + 3PP + A_p^T A_p + K^T B_p^T B_p K \end{array} \right) & P A_d \\ A_d^T P & -S + A_{dp}^T A_{dp} \end{array} \right] < 0 \tag{14}$$

Then the  $H_\infty$  control performance of (10) is guaranteed for a prescribed  $\rho$ . ■

For the proof of Theorem, the following lemma is necessary.

**Lemma [21]:** For any matrices (or vectors)  $X$  and  $Y$  with appropriate dimensions, we have

$$X^T Y + Y^T X \leq X^T E X + Y^T E^{-1} Y \tag{15}$$

where  $E$  is any positive-definite symmetric matrix. ■

**Proof of Theorem:** By (13) and (15), we obtain

$$\begin{aligned}
& \int_0^{t_f} x^T(t)Qx(t)dt \\
\leq & V(0, x(0)) + \int_0^{t_f} \{x^T(t)[Q + S + (A - B_uK)^T P + P(A - B_uK) + \frac{1}{\rho^2}PB_wB_w^T P \\
& + 3PP + A_p^T A_p + K^T B_p^T B_p K]x(t) \\
& + x^T(t - \tau)A_d^T Px(t) + x^T(t)PA_d x(t - \tau) + x^T(t - \tau)A_{dp}^T A_{dp} x(t - \tau) \\
& - x^T(t - \tau)Sx(t - \tau) + \rho^2 w^T(t)w(t)\}dt \\
\leq & V(0, x(0)) + \int_0^{t_f} \left\{ \begin{bmatrix} x(t) \\ x(t - \tau) \end{bmatrix} \right\}^T \\
& \begin{bmatrix} \left( \begin{array}{c} A^T P + PA - K^T B_u^T P - PB_u K + S + Q \\ + \frac{1}{\rho^2} PB_w B_w^T P + 3PP + A_p^T A_p + K^T B_p^T B_p K \end{array} \right) & PA_d \\ A_d^T P & -S + A_{dp}^T A_{dp} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x(t) \\ x(t - \tau) \end{bmatrix} \\
& + \rho^2 w^T(t)w(t)\}dt
\end{aligned}$$

From (14), we get

$$\begin{aligned}
& \int_0^{t_f} x^T(t)Qx(t)dt \\
\leq & V(0, x(0)) + \rho^2 \int_0^{t_f} w^T(t)w(t)dt \\
= & x^T(0)Px(0) + \int_{0-\tau}^0 x^T(\theta)Sx(\theta)d\theta + \rho^2 \int_0^{t_f} w^T(t)w(t)dt \\
= & x^T(0)Px(0) + \tau x^T(0)Sx(0) + \rho^2 \int_0^{t_f} w^T(t)w(t)dt
\end{aligned}$$

Therefore, the  $H_\infty$  control performance is achieved with a prescribed  $\rho$ . ■

By introducing a new matrix

$$Z = \begin{bmatrix} W & 0 \\ 0 & I \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P^{-1} & 0 \\ 0 & I \end{bmatrix} \quad (16)$$

where  $W = P^{-1}$  and multiplying it into (14), we get

$$\begin{bmatrix} \left( \begin{array}{c} WA^T + AW - WK^T B_u^T - B_u KW + \frac{1}{\rho^2} B_w B_w^T \\ + W(S + Q + A_p^T A_p)W + 3I + WK^T B_p^T B_p KW \end{array} \right) & A_d \\ A_d^T & -S + A_{dp}^T A_{dp} \end{bmatrix} < 0 \quad (17)$$

With  $Y = KW$  and by the Schur complements [19], the matrix inequality (17) can be re-

arranged as the following forms:

$$\left[ \begin{array}{cccc} \left( \begin{array}{c} AW + WA^T - B_u Y - (B_u Y)^T \\ + \frac{1}{\rho^2} B_w B_w^T + 3I \end{array} \right) & W & B_p Y & A_d \\ W & -(S + Q + A_p^T A_p)^{-1} & 0 & 0 \\ (B_p Y)^T & 0 & -I & 0 \\ A_d^T & 0 & 0 & -S + A_{dp}^T A_{dp} \end{array} \right] < 0 \quad (18)$$

By the change of variable  $\nu = -\frac{1}{\rho^2}$ , (18) is equivalent the following LMI:

$$\left[ \begin{array}{cccc} \left( \begin{array}{c} AW + WA^T - B_u Y \\ -(B_u Y)^T - \nu B_w B_w^T + 3I \end{array} \right) & W & B_p Y & A_d \\ W & -(S + Q + A_p^T A_p)^{-1} & 0 & 0 \\ (B_p Y)^T & 0 & -I & 0 \\ A_d^T & 0 & 0 & -S + A_{dp}^T A_{dp} \end{array} \right] < 0 \quad (19)$$

The parameters  $W$  and  $Y$  (thus  $P^{-1} = W$  and  $K = YW^{-1}$ ) can be obtained by solving the LMIP in (18) for a prescribed attenuation level  $\rho^2$ .

To obtain better robust  $H_\infty$  performance in (10), we can minimize  $\nu$  subject to (19) as the following EVP:

$$\begin{aligned} & \min_{\{W, Y\}} \nu \\ & \text{subject to } P = P^T > 0, \nu < 0 \text{ and (19)}. \end{aligned}$$

## B. $H_2$ Control Design

An LQ performance related to the state and control action is considered as

$$J_2(0, t_f) = \int_0^{t_f} (x^T(t) Q_2 x(t) + u^T(t) R_2 u(t)) dt \quad (20)$$

where  $Q_2 > 0$  and  $R_2 > 0$ . A straightforward objective is to minimize this performance. However, this objective is not easily tractable, since uncertainties involve in state dynamics. Therefore, in this study, a suboptimal approach is taken by minimizing the upper bound of performance index. In this case of  $w(t) = 0$ , we obtain

$$\begin{aligned} & J_2(0, t_f) \\ = & V(0, x(0)) - V(t_f, x(t_f)) + \int_0^{t_f} [x^T(t) Q_2 x(t) + u^T(t) R_2 u(t) + \dot{V}(t, x(t))] dt \\ = & V(0, x(0)) - V(t_f, x(t_f)) + \int_0^{t_f} \{x^T(t) Q_2 e(t) + x^T(t) K^T R_2 K x(t) + x^T(t) (A - B_u K)^T P x(t) \\ & + x^T(t) P (A - B_u K) x(t) + x^T(t) \Delta A^T P x(t) + x^T(t) P \Delta A x(t) + x^T(t - \tau) A_d^T P x(t) \\ & + x^T(t) P A_d x(t - \tau) + x^T(t - \tau) \Delta A_d^T P x(t) + x^T(t) P \Delta A_d x(t - \tau) - x^T(t) K^T \Delta B_u^T P x(t) \\ & - x^T(t) P \Delta B_u K x(t) + x^T(t) S x(t) - x^T(t - \tau) S x(t - \tau)\} dt \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&\leq x^T(0)Px(0) + \tau x^T(0)Sx(0) + \int_0^{t_f} \{x^T(t)[Q_2 + K^T R_2 K + P(A - B_u K) + (A - B_u K)^T P]x(t) \\
&\quad + x^T(t)PA_d x(t - \tau) + x^T(t - \tau)A_d^T Px(t) + x^T(t)\Delta A^T \Delta Ax(t) + x^T(t)PPx(t) \\
&\quad + x^T(t - \tau)\Delta A_d^T \Delta A_d x(t - \tau) + x^T(t)PPx(t) \\
&\quad + x^T(t)K^T \Delta B_u^T \Delta B_u Kx(t) + x^T(t)PPx(t) + x^T(t)Sx(t) - x^T(t - \tau)Sx(t - \tau)\}dt \\
&\leq x^T(0)Px(0) + \tau x^T(0)Sx(0) + \int_0^{t_f} \{x^T(t)[Q_2 + K^T R_2 K + P(A - B_u K) + (A - B_u K)^T P \\
&\quad + S + 3PP]x(t) + x^T(t)PA_d x(t - \tau) + x^T(t - \tau)A_d^T Px(t) + x^T(t)A_p^T A_p x(t) \\
&\quad + x^T(t - \tau)A_{dp}^T A_{dp} x(t - \tau) + x^T(t)K^T B_p^T B_p Kx(t) - x^T(t - \tau)Sx(t - \tau)\}dt \\
&= x^T(0)Px(0) + \tau x^T(0)Sx(0) + \int_0^{t_f} \left\{ \begin{bmatrix} x(t) \\ x(t - \tau) \end{bmatrix}^T \right. \\
&\quad \left. \begin{bmatrix} \left( \begin{array}{c} Q_2 + K^T R_2 K + P(A - B_u K) + A_p^T A_p \\ + K^T B_p^T B_p K + (A - B_u K)^T P + S + 3PP \end{array} \right) & PA_d \\ A_d^T P & -S + A_{dp}^T A_{dp} \end{array} \right\} \begin{bmatrix} x(t) \\ x(t - \tau) \end{bmatrix} \} dt
\end{aligned}$$

Note that if

$$\left[ \begin{array}{cc} \left( \begin{array}{c} Q_2 + K^T R_2 K + P(A - B_u K) + A_p^T A_p \\ + K^T B_p^T B_p K + (A - B_u K)^T P + S + 3PP \end{array} \right) & PA_d \\ A_d^T P & -S + A_{dp}^T A_{dp} \end{array} \right] < 0, \quad (21)$$

then we obtain

$$J_2(0, t_f) \leq x^T(0)Px(0) + \tau x^T(0)Sx(0) \quad (22)$$

where  $x(0)$  are initial value of  $x(t)$ .

Since the latter term  $\tau x^T(0)Sx(0)$  in (22) is some constant and according to analysis above, we can formulate the suboptimal control problem with  $H_2$  performance by minimizing the upper bound of  $J_2(0, t_f)$  subject to (21) as follows:

$$\begin{aligned}
&\min_P \quad x^T(0)Px(0) \\
&\text{subject to} \quad P = P^T > 0 \text{ and (21)}
\end{aligned} \quad (23)$$

By introducing a new matrix

$$Z = \begin{bmatrix} W & 0 \\ 0 & I \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P^{-1} & 0 \\ 0 & I \end{bmatrix} \quad (24)$$

where  $W = P^{-1}$  and multiplying it into (21), we get

$$\left[ \begin{array}{cc} \left( \begin{array}{c} WA^T + AW - WK^T B_u^T - B_u KW + WK^T R_2 KW \\ + W(S + Q_2 + A_p^T A_p)W + 3I + WK^T B_p^T B_p KW \end{array} \right) & A_d \\ A_d^T & -S + A_{dp}^T A_{dp} \end{array} \right] < 0 \quad (25)$$

With  $Y = KW$  and by the Schur complements [19], the matrix inequality (17) can be rearranged as the following forms:

$$\begin{bmatrix} \begin{pmatrix} WA^T + AW - B_u Y \\ -Y^T B_u^T + 3I \end{pmatrix} & W & B_p Y & Y & A_d \\ W & -(S + Q_2 + A_p^T A_p)^{-1} & 0 & 0 & 0 \\ (B_p Y)^T & 0 & -I & 0 & 0 \\ Y^T & 0 & 0 & -R_2^{-1} & 0 \\ A_d^T & 0 & 0 & 0 & -S + A_{dp}^T A_{dp} \end{pmatrix} < 0 \quad (26)$$

Therefore, the suboptimal  $H_2$  problem in (23) can be reformulated as

$$\begin{aligned} \min_{\{W, Y\}} \quad & e^T(0)W^{-1}e(0) \\ \text{subject to} \quad & W = W^T > 0 \text{ and (26)}. \end{aligned} \quad (27)$$

Note that the minimization problem in (27) is not the standard form of the LMI problem. However, the minimization problem in (27) can be transformed into an LMI problem as the following procedure. By introducing a new variable  $\sigma$  such that

$$e^T(0)W^{-1}e(0) < \sigma \quad (28)$$

Note that (28) is equivalent to the following LMI:

$$\begin{bmatrix} \sigma & e^T(0) \\ e(0) & W \end{bmatrix} > 0 \quad (29)$$

Therefore,  $J_2(0, t_f) < \sigma + \tau x^T(0)Sx(0)$  and the minimization problem in (27) can be transformed into the following LMI problem:

$$\begin{aligned} \min_{\{W, Y\}} \quad & \sigma \\ \text{subject to} \quad & W = W^T > 0, \sigma > 0, (23) \text{ and (29)}. \end{aligned} \quad (30)$$

### C. Mixed $H_2/H_\infty$ Control Design

The mixed  $H_2/H_\infty$  Control Design can be characterized as the following EVP:

$$\begin{aligned} \min_{\{W, Y\}} \quad & e^T(0)W^{-1}e(0) \\ \text{subject to} \quad & W = W^T > 0, (??) \text{ and (30)} \end{aligned} \quad (31)$$

From the analysis above, the most important task in this study is to find the  $W$  and  $Y$  by solving the EVP in (31) for mixed  $H_2/H_\infty$  control.

The mixed  $H_2/H_\infty$  control design is summarized as follows.

**Design Procedure:**

**Step 1:** Select weighting matrices  $Q$ ,  $Q_2$ ,  $R_2$  and  $S$  according to the design purpose.

**Step 2:** Select the bounding matrices  $A_p$ ,  $A_{dp}$  and  $B_p$ .

**Step 3:** Solve the EVP for mixed  $H_2/H_\infty$  controller in (31) to obtain  $W$  and  $Y$  (thus  $P = W^{-1}$  and  $K = YW^{-1}$  can also be obtained).

**Step 4:** Check the assumptions of

$$\begin{aligned}\|\Delta Ax(t)\| &\leq \|A_p x(t)\|, \\ \|\Delta A_d x(t - \tau)\| &\leq \|A_{dp} x(t - \tau)\|,\end{aligned}$$

and

$$\|\Delta B_u K x(t)\| \leq \|B_p K x(t)\|.$$

If they are not satisfied, adjust (expand) the bounds for all elements in  $A_p$ ,  $A_{dp}$  and  $B_p$ , and then repeated Steps 3-4.

**Step 5:** Obtain the mixed  $H_2/H_\infty$  controller in (2).

#### IV. SIMULATION EXAMPLE

##### A. Example 1

To illustrate the proposed mixed  $H_2/H_\infty$  control approach, we consider the second-order example as follows [8]:

$$\begin{aligned}\dot{x}(t) &= Ax(t) + A_d x(t - \tau) + B_u u(t) + \Delta Ax(t) + \Delta A_d x(t - \tau) \\ &\quad + \Delta B_u u(t) + B_w w(t)\end{aligned}\tag{32}$$

where

$$\begin{aligned}x(t) &= \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{bmatrix}, A = \begin{bmatrix} -2.0 & 0 \\ 0.6 & 1 \end{bmatrix}, A_d = \begin{bmatrix} -0.8 & 0 \\ -0.6 & -2.4 \end{bmatrix}, \\ B_u &= \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}, B_w = \begin{bmatrix} 0 \\ 0.2 \end{bmatrix}, \\ \Delta A &= \begin{bmatrix} 0.5x_1(t) \sin(x_1(t)) \\ 0.2x_1(t)x_2(t) \end{bmatrix}, \Delta B_u = \begin{bmatrix} 0 \\ 0.3x_2(t) \sin(x_1(t)) \end{bmatrix}, \\ \Delta A_d &= \begin{bmatrix} -0.1x_1(t) \sin(x_1(t)) \\ 0.2x_2(t) \sin(x_2(t)) \end{bmatrix},\end{aligned}$$

and

$$\tau = 2.4731.$$

Now, following the Design Procedure in the above section, the mixed  $H_2/H_\infty$  control design is given by the following steps.

**Step 1:** Select weighting matrices  $Q$ ,  $Q_2$ ,  $R_2$  and  $S$  as follows:

$$Q = Q_2 = \begin{bmatrix} 0.01 & 0 \\ 0 & 0.01 \end{bmatrix}, R_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix},$$

and

$$S = \begin{bmatrix} 0.1 & 0 \\ 0 & 0.1 \end{bmatrix}.$$

**Step 2:** The bounding matrices are chosen as

$$A_p = 0.3 \times \begin{bmatrix} -2.0 & 0 \\ 0.6 & 1 \end{bmatrix},$$

$$B_p = 0.3 \times \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix},$$

and

$$A_{dp} = 0.2 \times \begin{bmatrix} -0.8 & 0 \\ -0.6 & -2.4 \end{bmatrix}.$$

The assumptions of

$$\|\Delta Ax(t)\| \leq \|A_p x(t)\|,$$

$$\|\Delta A_d x(t - \tau)\| \leq \|A_{dp} x(t - \tau)\|,$$

and

$$\|\Delta B_u Kx(t)\| \leq \|B_p Kx(t)\|$$

are satisfied (refer to Fig. 4).

**Step 3:** Solve the EVP using the LMI optimization toolbox in Matlab [20]. In this case,  $\rho_{\min} = 0.1417$ ,

$$W = \begin{bmatrix} 1.7996 & -0.2928 \\ -0.2928 & 0.0950 \end{bmatrix},$$

and

$$P = \begin{bmatrix} 1.1142 & 3.4327 \\ 3.4327 & 21.0969 \end{bmatrix}.$$

**Step 4:** The control parameter is found to be

$$K = \begin{bmatrix} 39.2549 & 237.2479 \end{bmatrix}.$$

Figs. 1 to 4 present the simulation results from initial conditions assumed to be  $(x_1(0), x_2(0))^T = (2, -1)^T$ .

Fig. 1 shows the trajectories of the states  $x_1(t)$  and  $x_2(t)$ . The control signal  $u(t)$  is presented in Fig. 2. Fig. 3 shows the external disturbance  $w(t)$ . The simulation example results have

shown that the mixed  $H_2/H_\infty$  control design can be easily accomplished by the proposed design procedure and the robust performance of time delay systems can be efficiently achieved by the proposed mixed  $H_2/H_\infty$  control scheme.

In this example, we consider the system with uncertain parameters. With the same amount of time delay,  $\tau = 2.4731$ , our method can guarantee the system's robustness. Notice that the method proposed in [8] do not allow any uncertain parameters.

## B. Example 2

To illustrate the proposed mixed  $H_2/H_\infty$  control approach, we consider the second-order example as follows [9]:

$$\begin{aligned} \dot{x}(t) = & Ax(t) + A_d x(t - \tau) + B_u u(t) + \Delta A x(t) + \Delta A_d x(t - \tau) \\ & + \Delta B_u u(t) + B_w w(t) \end{aligned} \quad (33)$$

where

$$\begin{aligned} x(t) &= \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{bmatrix}, A = \begin{bmatrix} -2.0 & 0 \\ 0 & -2.5 \end{bmatrix}, A_d = \begin{bmatrix} -1.0 & 0 \\ -1.0 & -1.0 \end{bmatrix}, \\ B_u &= \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}, B_w = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}, \\ \Delta A &= \begin{bmatrix} 0.5 \cos(t) & 0 \\ 0 & 0.6 \sin(t) \end{bmatrix}, \Delta B_u = \begin{bmatrix} 0 \\ 0.3x_1(t) \sin(t) \end{bmatrix}, \\ \Delta A_d &= \begin{bmatrix} 0.5 \cos(t) & 0 \\ 0 & 0.6 \sin(t) \end{bmatrix}, \end{aligned}$$

and

$$\tau = 15 \text{ sec.}$$

Now, following the Design Procedure in the above section, the mixed  $H_2/H_\infty$  control design is given by the following steps.

**Step 1:** Select weighting matrices  $Q$ ,  $Q_2$ ,  $R_2$  and  $S$  as follows:

$$Q = Q_2 = \begin{bmatrix} 0.01 & 0 \\ 0 & 0.01 \end{bmatrix}, R_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix},$$

and

$$S = \begin{bmatrix} 0.1 & 0 \\ 0 & 0.1 \end{bmatrix}.$$

**Step 2:** The bounding matrices are chosen as

$$A_p = 0.28 \times \begin{bmatrix} -2.0 & 0 \\ 0 & -2.5 \end{bmatrix},$$

$$B_p = 0.45 \times \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix},$$

and

$$A_{dp} = 0.5 \times \begin{bmatrix} -1.0 & 0 \\ -1.0 & -1.0 \end{bmatrix}.$$

The assumptions of

$$\begin{aligned} \|\Delta Ax(t)\| &\leq \|A_p x(t)\|, \\ \|\Delta A_d x(t-\tau)\| &\leq \|A_{dp} x(t-\tau)\|, \end{aligned}$$

and

$$\|\Delta B_u Kx(t)\| \leq \|B_p Kx(t)\|$$

are satisfied (refer to Fig. 8).

**Step 3:** Solve the EVP using the LMI optimization toolbox in Matlab [20]. In this case,  $\rho_{\min} = 0.020004$ ,

$$W = \begin{bmatrix} 1.5616 & -0.1128 \\ -0.1128 & 32.0734 \end{bmatrix},$$

and

$$P = \begin{bmatrix} 0.6405 & 0.0023 \\ 0.0023 & 0.0312 \end{bmatrix}.$$

**Step 4:** The control parameter is found to be

$$K = \begin{bmatrix} 3.2465 & 43.3555 \end{bmatrix}.$$

Figs. 5 to 8 present the simulation results from initial conditions assumed to be  $(x_1(0), x_2(0))^T = (2, -1)^T$ .

Fig. 5 shows the trajectories of the states  $x_1(t)$  and  $x_2(t)$ . The control signal  $u(t)$  is presented in Fig. 6. Fig. 7 shows the external disturbance  $w(t)$ . The simulation example results have shown that the mixed  $H_2/H_\infty$  control design can be easily accomplished by the proposed design procedure and the robust performance of time delayed systems can be efficiently achieved by the proposed mixed  $H_2/H_\infty$  control scheme.

Applying our method to this uncertain time delay system, it is found that this system remain robust stability even when the time delay is equal to 15 sec. We note that the result is much better than [9] for time delay between  $0 \leq \tau(t) \leq 11.0136$  sec.

## V. CONCLUSIONS

In this paper, the mixed  $H_2/H_\infty$  control technique has been provided to achieve robust performance for uncertain time delay systems. Actually, the proposed robust control can be applied to any robust control design of uncertain time delay system. By employing the  $H_\infty$  attenuation technique, the performance of robust control design for uncertain time delay systems can be significantly improved. Furthermore, the robust control scheme is also developed to eliminate as

much as possible the effect of the external disturbance. Therefore, the proposed design algorithm is appropriate for practical control design with bounded external disturbances. The outcome of the mixed  $H_2/H_\infty$  performance problems in this study is characterized in terms of two eigenvalue problems (EVPs). The EVPs can be solved very efficiently by the convex optimization techniques.

The proposed design procedures are very simple and can be performed efficiently by the Matlab toolbox. Simulation results indicate that the desired mixed  $H_2/H_\infty$  performance for uncertain time delay systems can be achieved via the proposed method.

## REFERENCES

- [1] H. Trinh and M. Aldeen, "On the stability of linear systems with delayed perturbations," *IEEE Transactions on Automatic Control*, vol. 39, pp. 1948-1951, 1994.
- [2] T. J. Su, T. S. Kuo and Y. Y. Sun, "Robust stability for linear time-delay systems with linear parameter perturbation," *Int. J. Syst. Sci.*, vol. 119, pp. 2123-2129, 1988.
- [3] J. H. Kim, "Robust stability of linear systems with delayed perturbations," *IEEE Transactions on Automatic Control*, vol. 41, pp. 1820-1822, 1996.
- [4] K. K. Shyu and J. J. Yan, "Robust stability of uncertain time-delay systems and its stabilization by variable structure control," *Int. J. Control*, vol. 57, pp. 237-247, 1993.
- [5] T. J. Su and C. G. Huang, "Robust stability of delay-dependent for linear uncertain systems," *IEEE Transactions on Automatic Control*, vol. 37, pp. 1656-1659, 1992.
- [6] S. I. Niculescu, C. E. De Souza, L. Dugard and J. M. Dion, "Robust exponential stability of uncertain systems with time-varying delays," *IEEE Transactions on Automatic Control*, vol. 43, no. 5, pp. 743-748, 1998.
- [7] N. N. Krasovskii, *Stability of Motion*. Stanford, CA: Stanford Univ. Press, 1963.
- [8] S. I. Niculescu, " $H_\infty$  memoryless control with an  $\alpha$ -stability constraint for time-delay systems: An LMI approach," *IEEE Transactions on Automatic Control*, vol. 43, no. 5, pp. 739-743, 1998.
- [9] T. J. Su, C. Y. Lu and J. S. H. Tsai, "LMI approach to delay-dependent robust stability for uncertain time-delay systems," *IEE Proc.-Control Theory Appl.*, vol. 148, no. 3, pp. 209-212, 2001.
- [10] N. J. Su, H. Y. Su and J. Chu, "Delay-dependent robust  $H_\infty$  control for uncertain time-delay systems," *IEE Proc.-Control Theory Appl.*, vol. 150, no. 5, pp. 489-492, 2003.
- [11] M. Ikeda and T. Ashida, "Stabilization of linear systems with time-varying delay," *IEEE Transactions on Automatic Control*, vol. 24, pp. 369-370, 1979.
- [12] S. I. Niculescu, C. E. de Souza, J. M. Dion and L. Dugard, "Robust stability and stabilization for uncertain linear systems with state delay: single delay case (I)," in *Proc. IFAC Workshop Robust Control Design*, Rio de Janeiro, Brazil, pp. 469-474, 1994.
- [13] A. Feliachi and A. Thowsen, "Memoryless stabilization of linear delay-differential system," *IEEE Transactions on Automatic Control*, vol. 27, pp. 586-587, 1981.
- [14] B. S. Chen, C. H. Lee, and Y. C. Chang, " $H_\infty$  tracking design of linear systems: Adaptive fuzzy approach," *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, vol. 4, pp. 32-43, Nov. 1996.

- [15] B. S. Chen, T. S. Lee, and J. H. Feng, "A nonlinear  $H_\infty$  control design in robotic systems under parameter perturbation and external disturbance," *Int. J. Control*, vol. 59, pp. 439-461, 1994.
- [16] M. R. James and J. S. Baras, "Robust  $H_\infty$  output feedback control for nonlinear systems," *IEEE Transactions on Automatic Control*, vol. 40 no. 6, pp. 1007-1017, 1995.
- [17] H. K. Khalil, *Nonlinear systems*, Prentice-Hall, Inc. 1996.
- [18] J. E. Slotine and W. Li, *Applied Nonlinear Control*, Prentice -Hall, Inc. 1991.
- [19] S. Boyd, L. El Ghaoui, E. Feron, and V. Balakrishnan, *Linear Matrix Inequalities in System and Control Theory*. SIAM, Philadelphia, 1994.
- [20] P. Gahinet, A. Nemirovski, A. J. Laub and M. Chilali, *LMI Control Toolbox*, Natick, MA: The MathWorks, 1995.
- [21] K. Zhou and P. P. Khargonekar, "Robust stabilization of linear systems with norm bounded time varying uncertainty," *Sys. Contr. Lett.*, vol. 10, pp. 17-20, 1988.

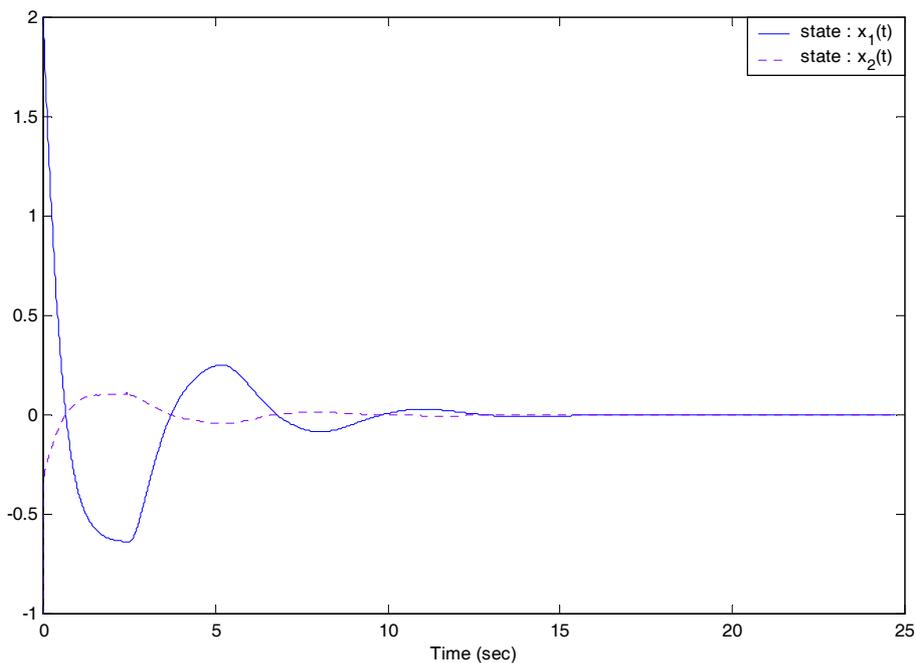


Fig. 1 The trajectories of the states  $x_1(t)$  and  $x_2(t)$ .

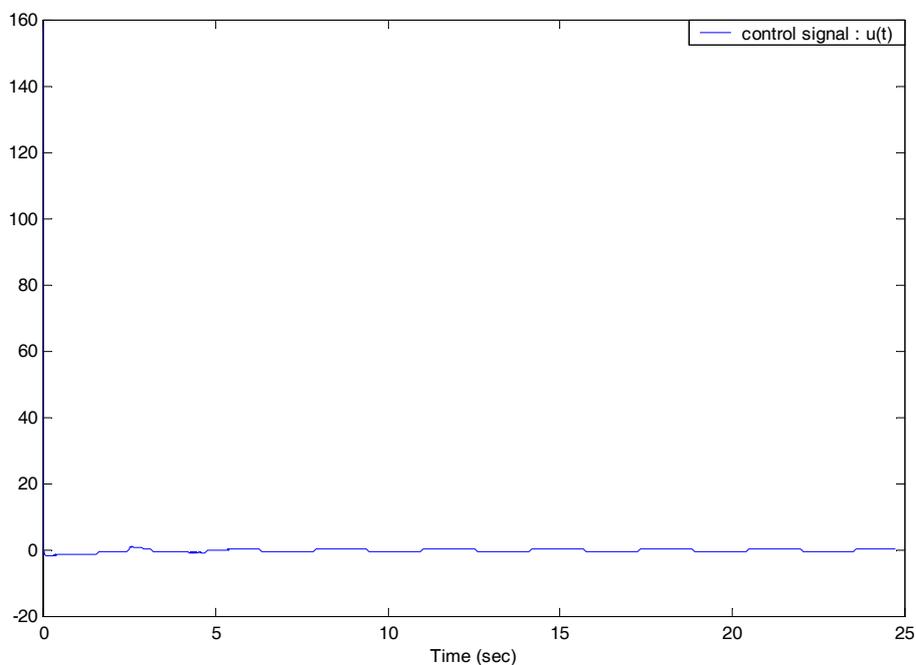


Fig. 2 The control input  $u(t)$ .

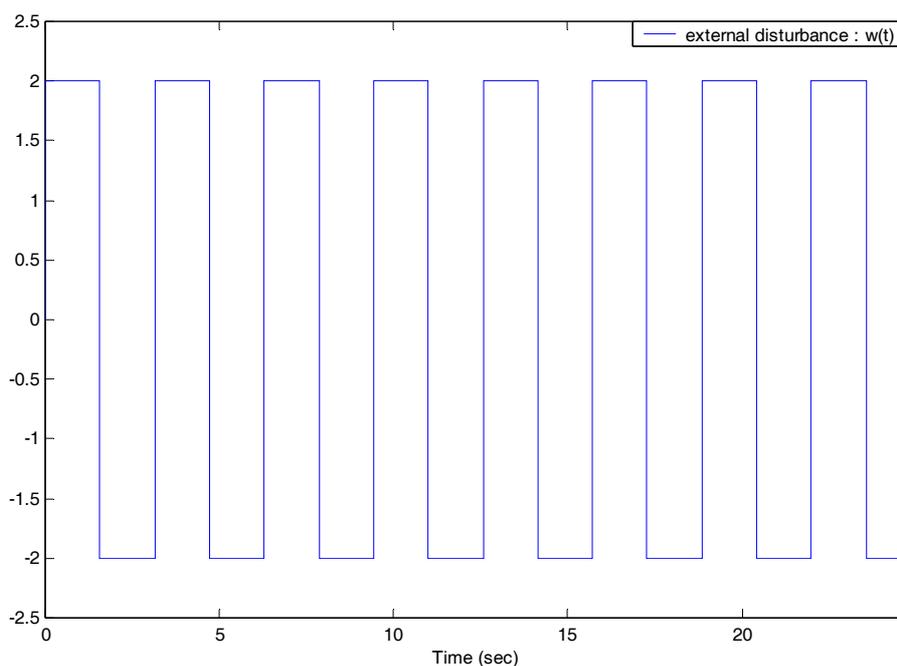


Fig. 3 The external disturbance  $w(t)$ .

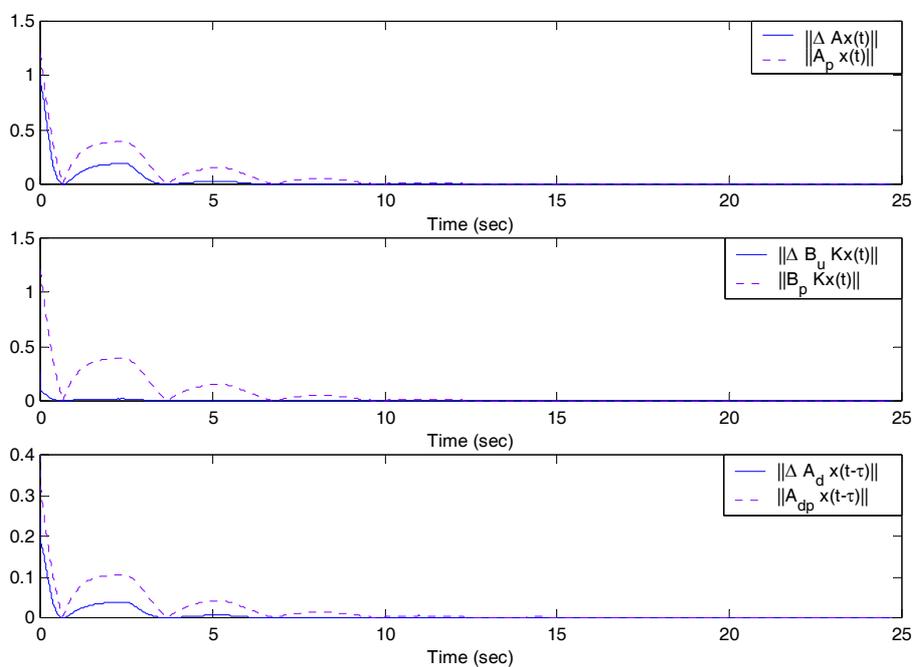


Fig. 4 The plots  $\|\Delta Ax(t)\|$  and  $\|A_p x(t)\|$ ,  $\|\Delta B_u Kx(t)\|$  and  $\|B_p Kx(t)\|$ ,  
 $\|\Delta A_d x(t-\tau)\|$  and  $\|A_{dp} x(t-\tau)\|$ .

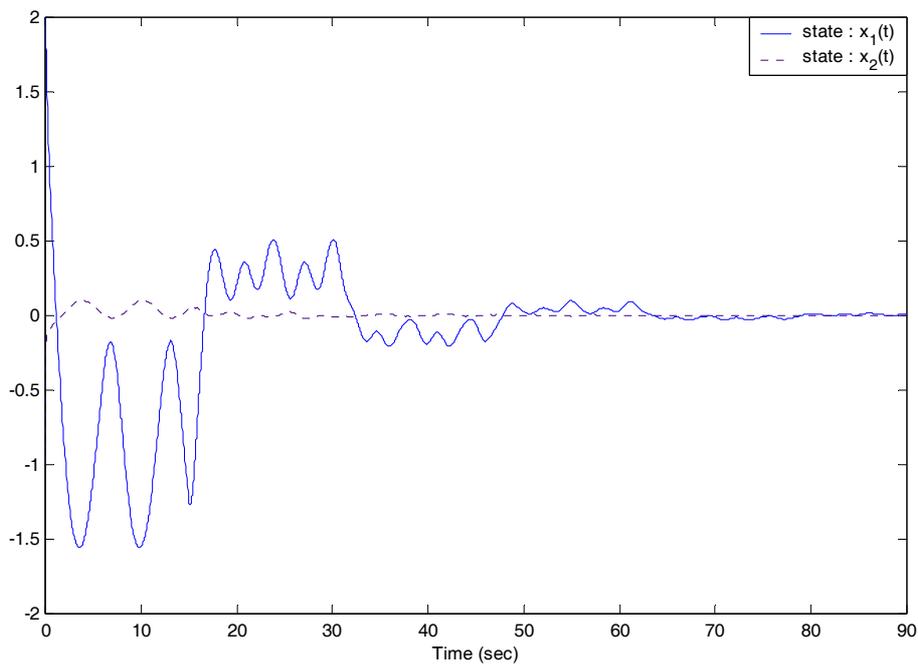


Fig. 5 The trajectories of the states  $x_1(t)$  and  $x_2(t)$ .

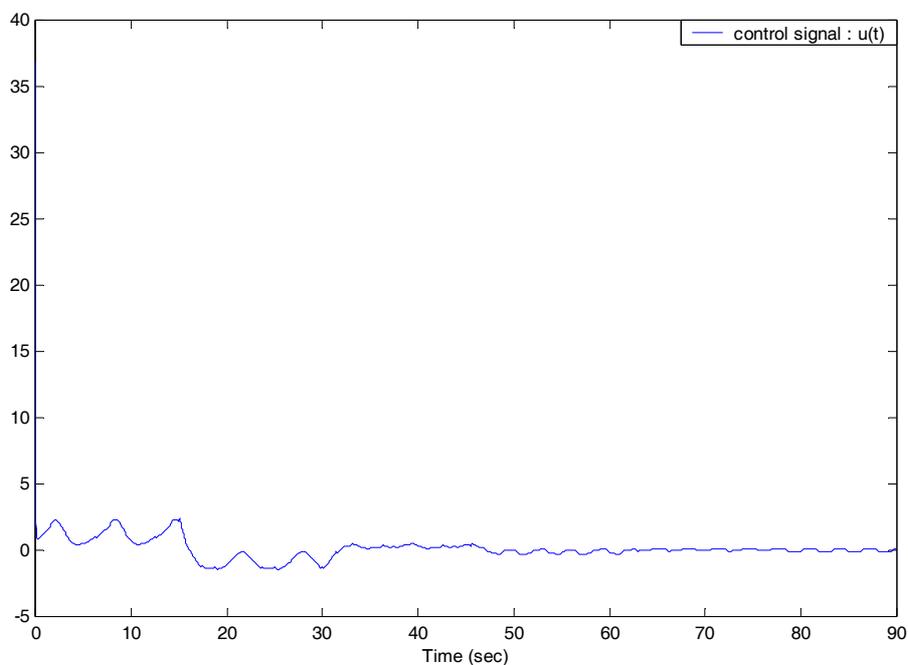


Fig. 6 The control input  $u(t)$ .

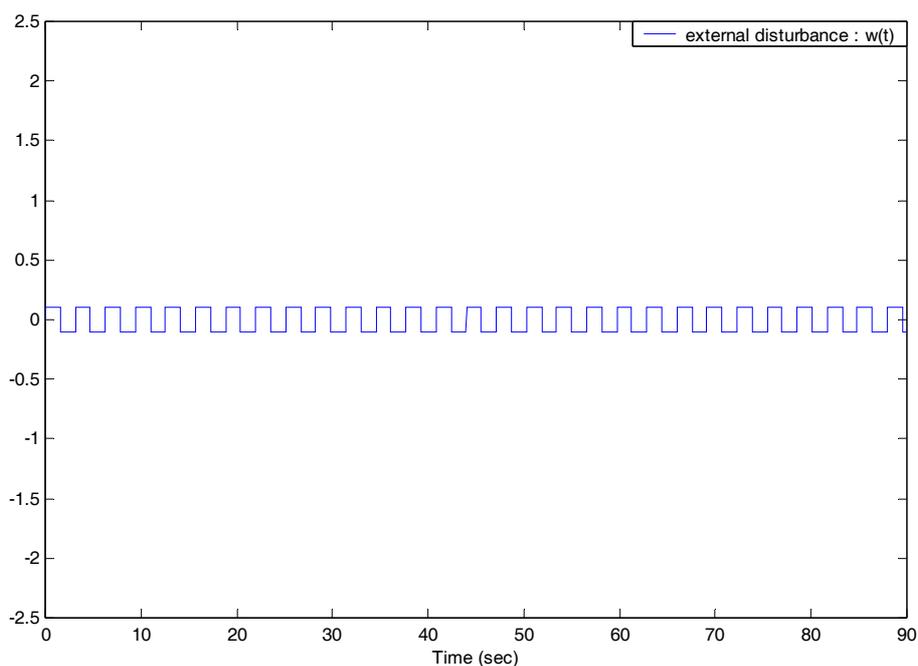


Fig. 7 The external disturbance  $w(t)$ .

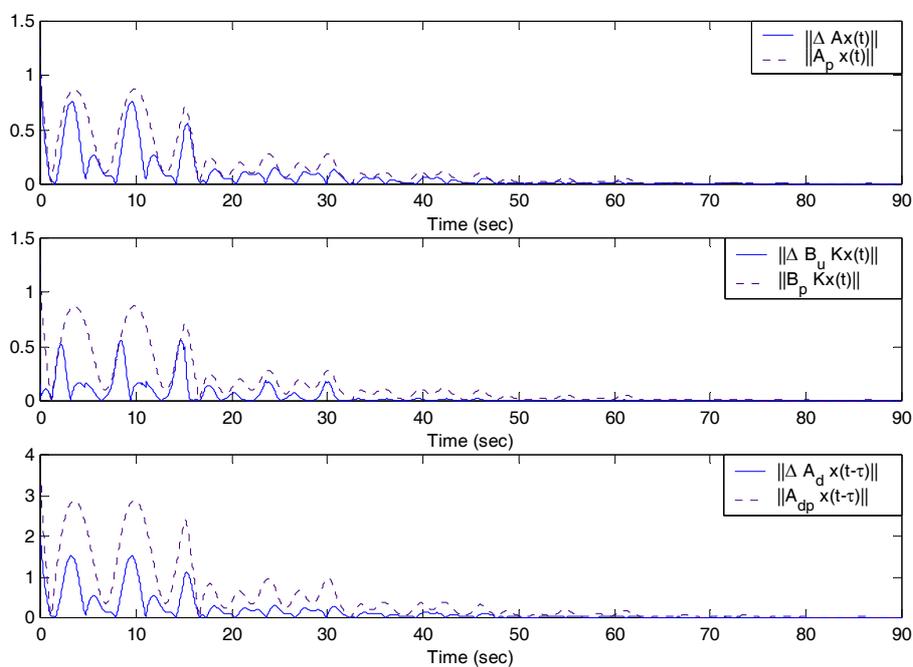


Fig. 8 The plots  $\|\Delta Ax(t)\|$  and  $\|A_p x(t)\|$ ,  $\|\Delta B_u Kx(t)\|$  and  $\|B_p Kx(t)\|$ ,  
 $\|\Delta A_d x(t-\tau)\|$  and  $\|A_{dp} x(t-\tau)\|$ .

# An Efficient FIFO-based Buffer Management Strategy for TCP over GFR

Shuo-Cheng Hu<sup>1\*</sup> Sen-Ren Jan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Information Management, Shih-Hsin University

<sup>2</sup>Department of Information Management, Minghsin University of Science and Technology

## Abstract

The Guaranteed Frame Rate (GFR) service is positioned as an intermediate alternative between Available Bit Rate (ABR) service, which uses a closed-loop feedback control framework, and Unspecified Bit Rate (UBR) service, which provides no assurance whatsoever. The GFR service is expected to be useful for TCP/IP based applications. The aim of the GFR service is to provide each ATM VC with a minimum service rate guarantee at the frame level and a fair access to excessive bandwidth. In this paper, we propose an efficient buffer management approach called Virtual Buffering Strategy (VBS) that provides both Minimum Cell Rate (MCR) guarantees and fair sharing of GFR VCs in a FIFO queue. VBS is composed of an emulation of per-VC queuing with Weighted Round Robin (EWRR) and the Differential Packet Discarding (DPD) buffer management scheme. From the simulation results, we demonstrate that VBS fulfills the requirements of GFR service as well as improves the TCP throughput.

**Keywords :** TCP/IP, GFR, FIFO queue, VBS

## 在結合 TCP 與 GFR 下一個有效率的以先進先出方式 服務之緩衝區管理方法

胡碩誠<sup>1</sup> 詹森仁<sup>2</sup>

世新大學資訊管理系

明新科技大學資訊管理系

## 摘要

保證框架速率服務(GFR)是在使用封閉迴路回饋控制架構之可利用位元速率服務(ABR)與不提供任何保證的非指定位元速率服務(UBR)間,另一種可選擇的傳輸服務。保證框架速率服務被期望能用於以TCP/IP為基礎的應用。保證框架速率服務的目標在於針對每一個ATM虛擬傳輸線路都能提供在框架層次的最低保證傳輸速率以及公平分享多餘的頻寬。在本篇論文中,將提出一個有效率的緩衝區管理方法,稱為虛擬緩衝策略。它能在以先進先出方式服務的佇列中對每一個保證框架速率的虛擬連線提供最低速率保證與公平的頻寬分享。虛擬緩衝策略是結合模擬在分別虛擬線路佇列下利用之加權式循環排程方法

\* 資訊管理系助理教授 地址: 台北市木柵路一段 17 巷 1 號 Tel: 02-22368225  
E-mail: schu@cc.shu.edu.tw

(WRR)與差別封包丟棄式緩衝區管理方法。從模擬實驗中能證明虛擬緩衝策略不僅能滿足保證框架速率服務的要求，同時也能提升 TCP 的有效傳輸量。

**關鍵字：**TCP/IP，保證框架速率服務，先進先出方式服務的佇列，虛擬緩衝策略

## 1. INTRODUCTION

The Asynchronous Transfer Mode (ATM) networks have been deployed as backbones over various parts of the Internet. The issues regarding how TCP/IP can operate efficiently on top of an ATM infrastructure are crucial. The Traffic Management group in ATM Forum has been fairly focused on developing a new service called Guaranteed Frame Rate (GFR) [1], [2]. This service allows applications which are neither able to specify the traffic parameter values, nor able to comply with the behavior rules required by existing ATM service. IP routers connected via ATM networks can set up GFR VCs between them for data transport so that TCP/IP traffic can benefit from ATM GFR services. In GFR service, traffic shaping/marketing is frame-based, and complete frames are either accepted or discarded. The goal is to minimize policing and signaling process, to avoid feedback, and to achieve the minimum rate guarantees through simple buffer management and scheduling at switches.

On the establishment of a GFR connection, the ATM end-system specifies a Peak Cell Rate (PCR) and a Minimum cell rate (MCR) which is defined along with a Maximum Burst Size (MBS) and a Maximum Frame Size (MFS). The GFR service can be specified with a MCR of zero. The user may always send cells at a rate up to PCR, but the network only commits to carry cells in complete frames at MCR. Traffic beyond MCR will be delivered under the restriction of available resources. There are two versions of GFR, GFR.1 and GFR.2 [1]. With GFR.1, the network conveys the CLP (cell loss priority) bit transparently for frames that consist entirely of CLP=0 cells or of CLP=1 cells. Tagging is not applicable. With GFR.2, the identification of frames to which the service guarantee applies is based on the F-GCRA test [1]. Non-eligible cells of a frame are tagged through the F-GCRA. In this article, we only consider the GFR.2 service definition.

A desirable implementation of GFR is to use a single queue for all GFR VCs. In this study, we propose a GFR traffic control scheme called Virtual Buffering Strategy (VBS) to provide QoS for GFR service through FIFO queueing discipline. VBS is composed of two major components, the Emulated Weighted Round Robin (EWRR) scheduling algorithm and the Differential Packet Discarding (DPD) buffer management scheme. EWRR maintains the per-VC virtual buffer occupancy which is used by DPD to fairly allocate buffer space to GFR VCs. The merits of VBS are the improvements in both transmission efficiency and fair sharing of network resources. We demonstrate its excellence through simulation.

The organization of this paper is as follows. Section 2 gives an overview of GFR implementation alternatives and an insight into the problems of the proposed schemes. In Section 3, we present the functional approaches of our proposed strategy. We then present the simulation results with TCP traffic over LANs interconnected via an ATM network in Section 4. Finally, Section 5 gives concluding remarks.

## 2. OVERVIEW OF BUFFER MANAGEMENT SCHEMES

### 2.1 GFR Implementation Alternatives

Several mechanisms have been proposed in the literature to support the GFR service in ATM switches [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [17]. The proposed mechanisms can be grouped in three main categories. The most complicated mechanisms are those utilizing both per-VC accounting and per-VC scheduling. An example from this group is the mechanism proposed in [3]. It maintains one logical queue for each GFR VC and these queues are served with a rate of at least their MCR through a WFQ-like scheduler [16]. In addition to the per-VC scheduling, it also uses a buffer acceptance algorithm to allocate buffer space among competing VCs. The main drawback of this scheme is the high processing overhead, especially the per-VC queueing, which complicates the switching system design.

Double FPD proposed in [3] is the simplest mechanism that neither uses per-VC accounting nor uses per-VC scheduling, but it designates two thresholds based on the packet priorities. When the global queue length exceeds the first threshold, packets tagged as lower priority (CLP=1) are dropped. When the queue occupancy exceeds the second threshold, EPD [13], [15] is performed on all packets. The scheme neither provide per-connection throughput guarantee nor be fair in allocating bandwidth to competing VCs.

The Differential Fair Buffer Allocation (DFBA) buffer management scheme proposed in [7] requires per-VC accounting instead of per-VC scheduling. It maintains two discard thresholds, tagged packets are discarded when the buffer occupancy exceeds the first threshold  $LBO$ , and EPD is performed on all packets when the buffer occupancy overpasses the second threshold  $HBO$ . Between the two thresholds, the incoming untagged packets (CLP=0) of  $VC_i$  are dropped according to a probabilistic manner if  $VC_i$  has larger buffer occupancy than its fair share. The simulation in [7] shows that it can provide MCR guarantee to GFR VCs, however, excessive bandwidth cannot be shared in proportional to MCR.

## 2.2 Observation

In ATM networks, data traffic supported by GFR is usually mixed with other higher priority CBR/VBR traffic. Consequently, the available bandwidth allocated to GFR VCs varies dynamically. However, it is expected that the network administrator should map out a minimum bandwidth  $C_{GFR}$ , which is available for GFR services. The GFR traffic should be served in a manner that achieves the configured service rate over a time scale TGFR. Since GFR guarantees a minimum cell rate for each VC, we shall assume that before admitting a connection, the network will perform certain admission control and bandwidth reservation procedure to ensure that the available bandwidth  $C_{avail}$  (in cells/sec,  $C_{avail} \geq C_{GFR}$ ) is always no less than the sum of the MCR of every VC, i.e.,  $C_{avail} \geq \sum_{i=1}^N MCR_i$ , where  $MCR_i$  (in cells/sec) is the minimum cell rate of  $VC_i$ , and N is the number of GFR VCs.

Most of the previous studies have examined TCP traffic with a single TCP per VC. However, in the real network the edge switch of the IP-ATM network will multiplex multiple TCP connections over a single VC. The traffic control on VC level is unaware of each TCP in the VC. The proposed scheme will assume that each VC carries multiple TCP connections.

DFBA drops all tagged packets when the buffer occupancy exceeds the first threshold. The simulation result in [9] has demonstrated that the discarding policy would cause the global synchronization syndrome and as a consequence, lowering the TCP throughput. Furthermore, a tagged packet is dropped regardless the actual buffer occupancy of its associated VC. It causes the scheme failed to allocate excess bandwidth fairly, especially

when the GFR VCs have a wide range of round-trip times.

### 3. THE VIRTUAL BUFFERING SCHEME

Two fundamentals of a robust GFR implementation are the provisions of fair bandwidth sharing and efficient frame-level throughput. A fair queueing strategy, which determines how cells are scheduled at the egress of the queue, can guarantee fair sharing of available bandwidth. Furthermore, a buffer management policy which controls the entry of cells as well as features both fair buffer-space allocation and high buffer utilization, is conducive to reach the ultimate goals. The integration of above two traffic control techniques is usually implemented on the per-VC queueing architecture. In this section, we describe the Virtual Buffering Scheme (VBS), which is based on a FIFO queue. VBS integrates a fair scheduling algorithm with an efficient buffer management scheme.

#### 3.1 The Emulated Weighted Round Robin Scheduling Algorithm

The Virtual Queueing (VQ) technique is proposed in [11], [12] to emulate the roundrobin service of per-VC queueing on a FIFO queue for improving the performance of TCP over ATM-UBR. An enhancement to VQ, called MCR scheduling [11], proposes the emulation of a weighted scheduler to provide MCR guarantees to ATM connections. A difference between the algorithm in [11] and our proposed method is that the former complies with *MCR plus equal share* fairness criteria, while the latter conforms to *allocation proportional to MCR* fairness criteria [1]. Besides, the implementation of MCR scheduling [11] involves the update of the weighted variable for each VC after every time interval  $T$ , and this increases the complexity of the scheme. The proposed method uses a fixed and predetermined weight for each VC and consequently, is feasible to implement.

The weighted round robin (WRR) scheduling based on per-VC queueing selects a fixed time frame  $T$  (in cell-time-slot) and attaches a weight ( $W_i$ ) to each  $VC_i$ ,  $1 \leq i \leq N$ . The sum of these  $N$  weights satisfies  $\sum_{i=1}^N W_i = T$ . The scheduler will serve  $W_i$  cells for each  $VC_i$  in each period  $T$ . We now apply the virtual queueing technique to emulate the per-VC WRR scheduler. Since the available bandwidth allocated to GFR VCs would vary with time, the number of cells to be served during different period  $T$  is inconsistent. Instead of selecting a fixed time interval  $T$ , we define  $\tilde{T}$  to be a number of service chances. That is, the total number of cells from the GFR VCs that can be served throughout  $\tilde{T}$  service chances is  $\tilde{T}$  and  $\tilde{T} \geq T_{GFR} \times C_{GFR}$ . The per-VC weighted variable ( $W_i$ ) is defined as follows:

$$W_i = \tilde{T} \times \frac{MCR_i}{\sum_{j=1}^N MCR_j} \quad (1)$$

Each VC is assigned a credit counter ( $CC_i$ ), while a frame counter (FC) is associated with the FIFO queue. Initially,  $CC_i$  and FC are set to  $W_i$  and  $\tilde{T}$  respectively. To simplify the implementation, the value  $\tilde{T}$  is selected such that all  $W_i$ s are integer. Besides, a state variable  $\tilde{X}_i$  is maintained for each  $VC_i$ ,  $\tilde{X}_i$  represents the queue occupancy of  $VC_i$  as if per-VC queueing and weighted round robin scheduling are implemented. Note that  $\tilde{X}_i$

does not correspond to the actual queue occupancy. Moreover,  $SL$  denotes a service list containing the identifiers of the eligible VCs. We define  $VC_i$  as eligible if both  $\tilde{X}_i > 0$  and  $CC_i > 0$  are satisfied. When the head-of-line cell of the FIFO queue is transmitted,  $FC$  decrements by one, and the first connection identifier in  $SL$ , says  $j$ , is removed from  $SL$ . Subsequently, our algorithm reduces  $\tilde{X}_j$  to  $\tilde{X}_j - 1$  and  $CC_i$  to  $CC_i - 1$ , regardless of which VC the transmitted cell actually belongs to. When  $FC$  is equal to zero or  $SL$  becomes empty, reset  $FC$  to  $\tilde{T}$  and  $CC_i$  to  $W_i$ , where  $i = 1, 2, \dots, N$ . Meanwhile, eligible connections are appended to the tail of  $SL$  in sequence.

### 3.2 The Differential Packet Discarding Buffer Management

Since TCP reacts to packet losses by reducing its congestion window and hence its sending rate, TCP throughput can be controlled by appropriately dropping packets. In the following, we present the Differential Packet Discarding (DPD) buffer management scheme based on EWRR. DPD controls TCP rates based on both per-VC accounting and threshold. The scheme stores the *virtual* buffer occupancy ( $\tilde{X}_i$ ) as the state variable to indicate the number of cells of each active VC ( $VC_i$ ), where *active* VCs are those satisfy  $\tilde{X}_i > 0$ . Note that we only consider the GFR.2 conformance definition with DPD.

The Differential Packet Discarding policy uses the current buffer occupancy as an indication of network load. The scheme tries to maintain an optimal load so that the network is efficiently utilized, yet not congested. Figure 1 [14] illustrates the performance of a network in response to increasing load. The shadowed portion represents the operation region of VBS. When the load is low, increasing the load increases the throughput, but it does not significantly increase the delay. When the load reaches the capacity of the network, further increasing the load increases delay but not throughput. The increase in delay is due to queueing in the network. An excessive increase in load results in a decrease of effective throughput and a drastic increase in delay. This is because of queue overflow which leads to packet loss and thus retransmission, and a decrease in throughput will be experienced by the higher layer user. In the graph, the point on which the load equals to the capacity is called the knee. The point where the throughput falls is called the cliff [19]. Figure 2 illustrates three global thresholds on the output queue, where  $L$ ,  $M$  and  $H$  represent the low threshold, the middle threshold and the high threshold respectively and  $B$  is the queue size. The high threshold ( $H$ ) and the low threshold ( $L$ ) represent the cliff and the knee of the load corresponding to the delay/throughput graph respectively. When the total buffer occupancy ( $X$ ) falls below  $L$ , the network is unlikely to be congested and all incoming packets are admitted. When  $X$  grows to higher than  $H$ , EPD is performed for congestion control. When  $X$  is between  $L$  and  $H$ , the policy drops tagged (CLP=1) packets according to the total buffer occupancy, the per-VC dynamic thresholds and the virtual buffer occupancy of the VC. In order to provide MCR guarantees to GFR VCs, untagged (CLP=0) packets are always accepted unless  $X$  exceeds  $H$ .

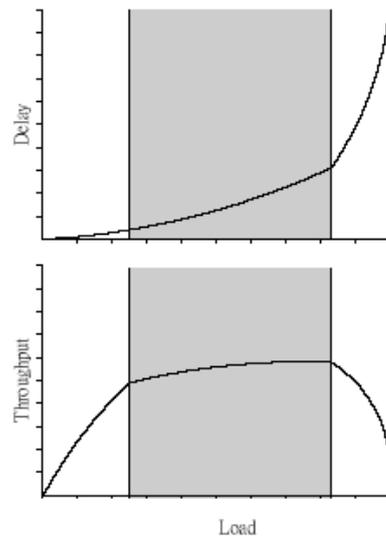


Fig. 1. Load versus delay and throughput.

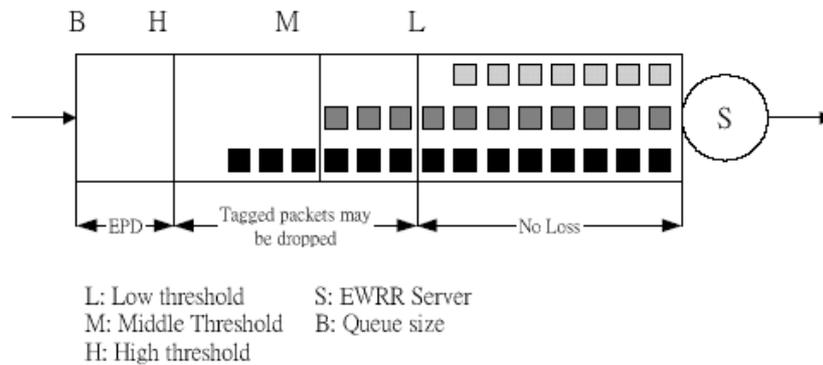


Fig. 2. The three thresholds for the output queue.

Among the active flows, a VC is assigned one of the three levels of drop precedence (DP0, DP1, DP2). To ease the description, we denote  $DP_i$ , which is an integer and  $0 \leq DP_i \leq 2$ , as the drop precedence of  $VC_i$ . In addition,  $TH_i$  represents the per-VC dynamic threshold for  $VC_i$ , defined as follows:

$$TH_i = H \times \frac{W_i}{\sum_{j=1}^{N_a} W_j} \tag{2}$$

where  $N_a$  is the number of active VCs. Assume  $F_i$  is a flag bit, the combinations of  $DP_i$  and  $F_i$  form four different states, as shown in Figure 3.  $VC_i$  may fall into one of the four states and the state transition only occurs at the arrival of a new packet. Initially,  $VC_i$  is in state 1 ( $DP_i = 1, F_i = 1$ ). It would transit to state 2 ( $DP_i = 2, F_i = 0$ ) if  $\tilde{X}_i \geq Z \times TH_i$ , where  $Z$  is a parameter and  $0 \leq Z \leq 1$ , and to state 3 ( $DP_i = 0, F_i = 1$ ) if  $X \geq H$ . In case that

$VC_i$  is in state 2 and  $\tilde{X}_i < Z \times TH_i$ , it gets back to state 1. On the other hand, it changes  $VC_i$ 's state from state 3 to state 4 ( $DP_i = 1, F_i = 0$ ) supposing that  $\tilde{X}_i < Z \times TH_i$ . Subsequently,  $VC_i$  in state 4 transits to state 1 if  $X \geq M$  or to state 2 if  $\tilde{X}_i > TH_i$ . Now we can discuss the packet discarding policy if  $X$  is between  $L$  and  $H$ . When  $L \leq X < M$ , the network is in mild congestion, discarding the newly arriving tagged packets from VCs in state 2. When  $X \geq M$ , the previous discarding operation cannot relieve congestion, hence the tagged packets from VCs in either state 2 or state 4 will be dropped.

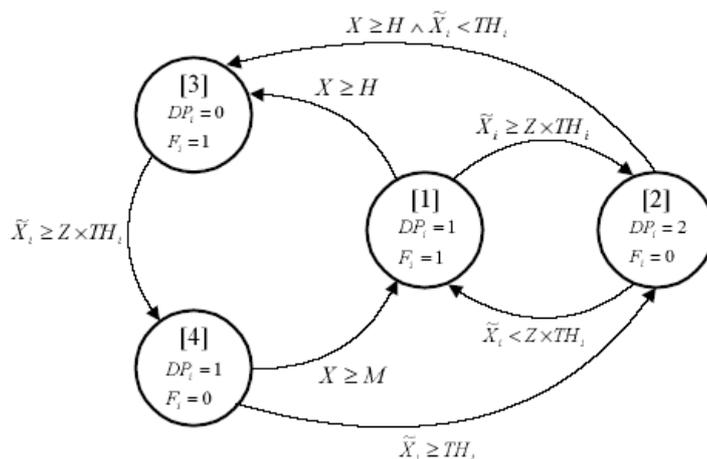


Fig. 3. The state transition diagram of  $VC_i$

The main application of the GFR service is to carry TCP traffic over ATM. It is a well-known fact that when TCP flows with different round-trip times (RTTs) traverse the same link, flows with larger RTT flows get less than their fair share of link resources. We say  $VC_i$  gets less buffer space than its fair share if  $VC_i$  is in either state 1 or state 3. As described in above paragraphs, VCs in state 1 and state 3 are given precedence in buffer allocation over others. DPD will admit more tagged packets from those VCs to achieve better fairness. As a consequence the effect of different RTTs can be mitigated to a certain extent.

### 3.3 VBS Thresholds and Parameter

The operation of VBS is based on three global thresholds ( $L, M$  and  $H$ ), the per-VC dynamic thresholds  $TH_i$  and the parameter  $Z$ . Among the thresholds and parameter,  $H$  is a static EPD threshold and  $TH_i$ s are derived from Equation 2.  $L, M$  and  $Z$  are assigned dynamically to maintain high throughput as well as good fairness.

Before describing how to determine  $L, M$  and  $Z$ , we propose the so-called time-sliding window rate estimator (TSWRE), which provides a smooth estimate of the arrival rate and the service rate. TSWRE estimates the service rate upon the departure of every  $Q_{out}$  cells and estimates the arrival rate upon the arrival of every  $Q_{in}$  cells. To estimate the average service rate, TSWRE maintains two state variables -  $C_{avg}^{out}$ , the average service rate, and  $T_{pre}^{out}$ , which is the time of last  $Q_{out}$  cells departure. While three variables are maintained for the average arrival rate estimation -  $C_{avg}^{in}$ , the average arrival rates,  $C_{agg\_avg}^{in}$ , the aggressive average arrival rate and  $T_{pre}^{in}$ ,

which is the time of last  $Q_{in}$  cells arrival. The length of the time-sliding window  $Win\_length$ , which is measured in units of cell time slots, is a constant. The TSWRE estimates the arrival rate as shown in the following algorithm. We omit the service rate estimation algorithm because it can be figured out from the arrival rate estimation algorithm.

**Initially:**

$Win\_length$  is a constant;

$$C_{initial} = MAX\left(C_{GFR}, \sum_{i=1}^N MCR_i\right);$$

$$C_{agg\_avg}^{in} = C_{avg}^{in} = C_{avg}^{out} = C_{initial};$$

$$T_{pre}^{in} = T_{pre}^{out} = 0;$$

**Upon every  $Q_{in}$  cells arrival, the state variables are updated as follows:**

$$Cells\_in\_Win\_1 = C_{avg}^{in} \times Win\_length;$$

// The following two lines are not required for the service rate estimation //

$$Cells\_in\_Win\_2 = C_{agg\_avg}^{in} \times Win\_length;$$

$$Temp = C_{avg}^{in};$$

$$C_{avg}^{in} = MAX\left(C_{initial}, (Cells\_in\_Win\_1 + Q_{in}) / (now - T_{pre}^{in} + Win\_length)\right);$$

// The following two lines are not required for the service rate estimation //

If  $(C_{avg}^{in} > Temp)$ ;

$$C_{agg\_avg}^{in} = (Cells\_in\_Win\_2 + Q_{in}) / (now - T_{pre}^{in} + Win\_length);$$

$$T_{pre}^{in} = now;$$

Assume the current buffer occupancy is  $X$  cells, the arrival rate should be reduced if the buffer is to be overflow before  $X$  cells can be served. That is

$$\left(\frac{X}{service\_rate}\right) \times arrival\_rate \leq B \Rightarrow X \leq B \times \frac{service\_rate}{arrival\_rate}$$

Therefore, we define the thresholds  $L$  and  $M$  as follows:

$$L = B \times \frac{C_{avg}^{out}}{C_{agg\_avg}^{in}} \quad \text{and} \quad M = B \times \frac{C_{avg}^{out}}{C_{avg}^{in}} \tag{3}$$

The parameter  $Z$  is defined as

$$Z = \frac{C_{avg}^{out}}{C_{agg\_avg}^{in}} \times \frac{B}{H} \tag{4}$$

Both the dynamic thresholds  $L$  and  $M$  are inverse proportional to the estimated traffic loads which are derived from the results of TSWRE. Intuitively, TSWRE remembers  $Win\_length$  of past history. Both the average service rate ( $C_{avg}^{out}$ ) and the average arrival rate ( $C_{avg}^{in}$ ) are smooth estimates of the service rate and the arrival rate respectively over a period of time. The estimated load  $\frac{C_{avg}^{in}}{C_{avg}^{out}}$  can smooth out the fluctuation in traffic load. Persistent congestion in the switch is reflected by a high average load. The aggressive average arrival rate  $C_{agg\_avg}^{in}$  averages the peaks of the average arrival rate sawtooth,  $C_{agg\_avg}^{in} \geq C_{avg}^{in}$ .  $C_{agg\_avg}^{in}$  can be viewed as a conservative estimation of the average arrival rate. We use  $C_{agg\_avg}^{in}$  to calculate  $L$  in order to prevent an over-descent of the low threshold because of a long-term small arrival rate.

In sum, DPD starts to drop some tagged packets earlier under excessively heavy load, and in consequence more buffer space is available for untagged packets and for tagged packets from VCs in state 1 and state 3. On the contrary, when the traffic load is just slightly heavy, DPD can improve the throughput by admitting more tagged packets from all VCs. The flowcharts of DPD and EWRR are illustrated in Figure 4 and Figure 5 respectively.  $PS_i$  is the packet state bit of  $VC_i$  and the incoming cell except the first cell of a packet of  $VC_i$  is to be dropped if  $PS_i = 1$ .

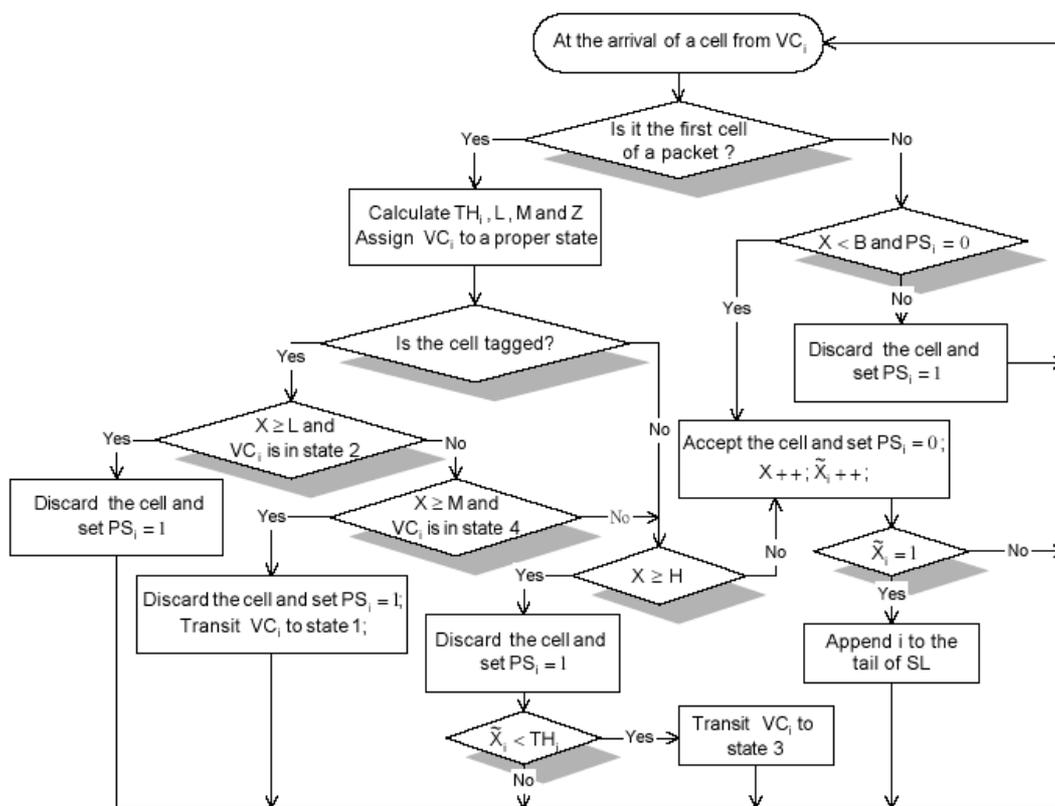


Fig. 4. The flowchart of DPD.

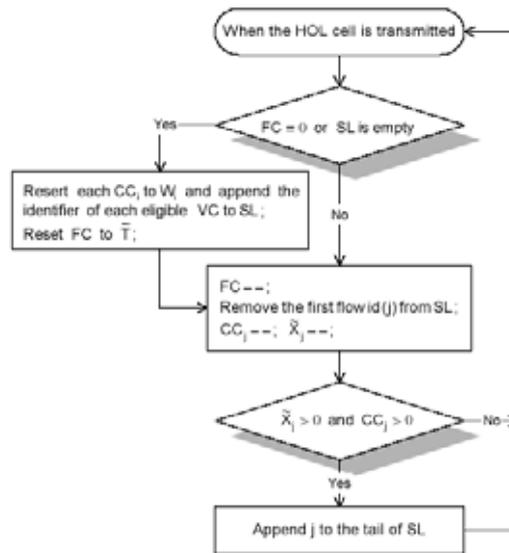


Fig. 5. The flowchart of EWRR.

## 4. SIMULATION AND PERFORMANCE EVALUATION

### 4.1 Simulation Environment

A simple network configuration is chosen to illustrate the effect of our proposed strategy, it is shown in Figure 6. The figure shows that 5 local IP/ATM edge switches connected to backbone ATM switches. Each edge switch carries traffic of 10 TCP connections as shown in the figure. The backbone link carries 5 GFR VCs, one from each local network. Each GFR VC carries traffic from 10 TCP connections. All sources are greedy TCP sources. The version of TCP used is New-Reno TCP. All network links are 150 Mbps and therefore the cell transmission time is about  $2.83 \mu s$  which is defined as a cell time slot.

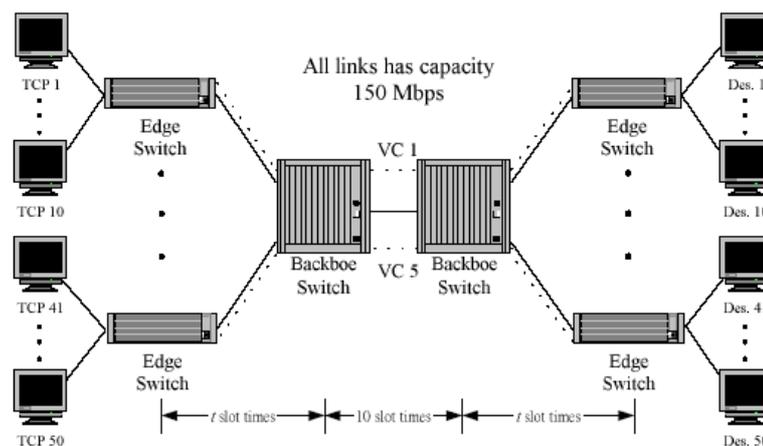


Fig. 6. The simulation configuration.

All required TCP/IP and ATM layer are implemented in our simulation. The maximum TCP segment size is 512 bytes which results in 568 bytes of AAL5 PDU. The AAL5 PDU is padded to produce 12 cells at the ATM layer. On the receiving side, the received cells are re-assembled and restored into IP packets, and then passed to

the TCP layer.

In the simulations, we investigate and compare the performance characteristics of our proposed strategy with DFBA scheme. The GFR capacity is fixed to the link rate. We use TSWRE to estimate the arrival rate and  $L$ ,  $M$  and  $Z$  can be derived hereby. The high threshold  $H$  is set to  $B - 3 \times PL$ , where  $PL$  is the packet size. The time-sliding window has length of 1,000 cell time slots and  $Q_{in}$  is chosen to be 36 cells. The parameters used in DFBA are based on the simulation model proposed in [7]. The peak cell rate (PCR) for each VC is 50 Mbps for both schemes. The major performance measures considered here are the throughput and the fair sharing of the network resource when we adjust the following parameters:

- **Per-VC MCR allocations:** Two sets of MCR allocations are employed for per-VC MCR allocation. In the first set, the MCR values for VCs 1...5 are approximately 5,10,15,20 and 25 Mbps respectively, giving a total MCR allocations of 50% of the GFR capacity. In the second set, the MCR values for VCs 1...5 are approximately 8.5,17,25.5,34 and 42.5 Mbps respectively. As a consequence, it results in a total MCR allocation of 85% of the GFR capacity.
- **Buffer size:** We first used a large buffer size of 25K cells in the bottleneck backbone switch. We also compare the performance of DFBA and VBS with buffer size of both 6K cells and 3K cells.
- **Heterogeneous round trip time:** In most cases, we test the performance of DFBA and VBS for VCs with identical RTTs. All RTTs are 40 slot times ( $t = 5$ ). Since TCP throughput is inherently dependent on the RTT, we test the performance of VBS for VCs having heterogeneous RTTs, by increasing the RTT of VC5 to 220 slot times ( $t = 50$ )

## 4.2 Simulation Results

The throughput and fairness comparisons between DFBA and proposed VBS under different buffer sizes and different per-VC MCR allocations are shown in Figure 7 through Figure 12 and Table 1. The fairness measure is based on the Fairness Index defined as  $\left(\sum_{i=1}^N c_i / f_i\right)^2 / \left(n \times \sum_{i=1}^N (c_i / f_i)^2\right)$ , where  $c_i$  is the achieved throughput of  $VC_i$  and  $f_i$  is the fair share of  $VC_i$  throughput. The  $f_i$ s are 10 Mbps, 20 Mbps, 30 Mbps, 40 Mbps and 50 Mbps for  $VC_1$  through  $VC_5$  respectively.

### 4.2.1 Comparison of throughput and fairness with different buffer sizes and MCR allocations

Figure 7(a) and Figure 8(a) illustrate the performance of DFBA and VBS when 50% and 85% of the GFR capacity is allocated as the MCR values respectively. Although both schemes can achieve MCR guarantees, our proposed scheme provides better throughput than DFBA. As shown in Figure 7(b) and Figure 8(b), VBS improves the total throughput by approximately 6.74 Mbps and 3.67 Mbps respectively. It is attributed to the fact that VBS discards some tagged packets when the buffer occupancy overpasses  $L$ , which is adaptive to the traffic load. However, DFBA drops all incoming tagged packet when the buffer occupancy exceeds  $LBO$ . Therefore, VBS enhances the buffer utilization and reduce the number of retransmitted packets, and consequently, increases the total throughput.

The performance of DFBA with 85% MCR allocation is much better than that with 50% MCR allocation. The main reason is that DFBA performs EPD on tagged packets when the buffer occupancy exceeds  $LBO$ . Since

F-GCRA is used to tag those non-eligible AAL5-PDUs at the ingress of the ATM backbone, there are more tagged packets for 50% MCR allocation. Therefore, more packets are dropped and this results in inferior throughput.

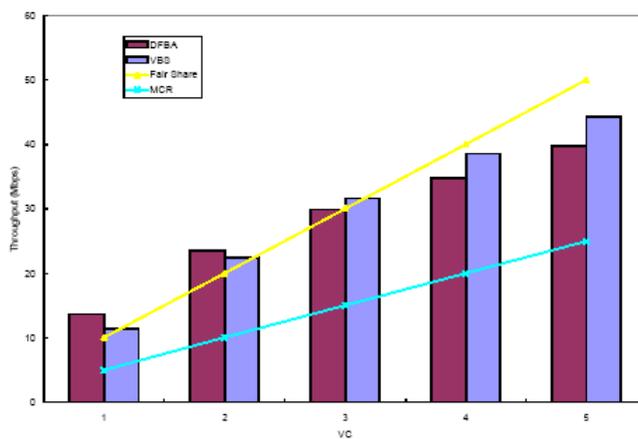
The fairness index shown in the bottom rows of Figure 7(b) and Figure 8(b) indicates the VBS can maintain the fair share of buffer space. We attribute the merit to the combined action of EWRR, which maintains the per-VC virtual buffer occupancy, and DPD, which fairly allocate buffer space to competing VCs based on the virtual buffer occupancy and the dynamic thresholds. As to DFBA, it admits all incoming packets when the buffer occupancy is below *LBO* and discards all tagged packets once the buffer occupancy exceeds *HBO*, regardless the actual buffer occupancy of each VC. When the buffer occupancy is between *LBO* and *HBO*, DFBA intends to maintain fairness by dropping untagged packets in a probabilistic manner. When there is no enough amount of untagged packets, DFBA will suffer inferior fairness. It is clear that DFBA achieves better fairness for 85% MCR allocation than for 50% MCR allocation, as shown in Figure 7(b) and Figure 8(b).

By setting the buffer size of the bottleneck backbone switch to 6K cells and 3K cells, Figure 9 through Figure 12 show the effect of buffer size on the performance of both schemes. These four figures show that both DFBA and VBS can provide MCR guarantees even when the bottleneck backbone-switch has small buffer. Obviously, the total throughput decreases as the buffer size is reduced. From Figure 9(b) and Figure 11(b), the total throughput degradation is approximately 8.7 Mbps and 8.8 Mbps in DFBA, and 3.7 Mbps and 5.4 Mbps in VBS respectively. It is clear that DFBA has more serious throughput degradation than VBS when the buffer size is reduced from 25K cells to 6K cells and 3K cells. Similar results can be observed in Figure 10(b) and Figure 12(b), in which the total MCR allocation is 85% of the GFR capacity. The proposed VBS scheme has smaller throughput degradation for 50% MCR allocation and the difference is much smaller for 85% MCR allocation.

Table 1. Effect of heterogeneous RTTs ( 50% MCR allocation, Buffer size=6K cells ) .

VCs	Achieved Throughput (Mbps)			
	DFBA		VBS	
	Identical RTTs	Different RTTs	Identical RTTs	Different RTTs
1	12.993	13.12	11.114	11.627
2	21.721	22.631	21.779	22.359
3	27.565	29.138	30.94	31.27
4	32.96	34.159	37.92	38.117
5	37.591	33.81	42.814	41.172
Total	132.83	132.858	144.567	144.545
Fairness	0.961005	0.953029	0.991321	0.986047

在結合 TCP 與 GFR 下一個有效率的以先進先出方式服務之緩衝區管理方法

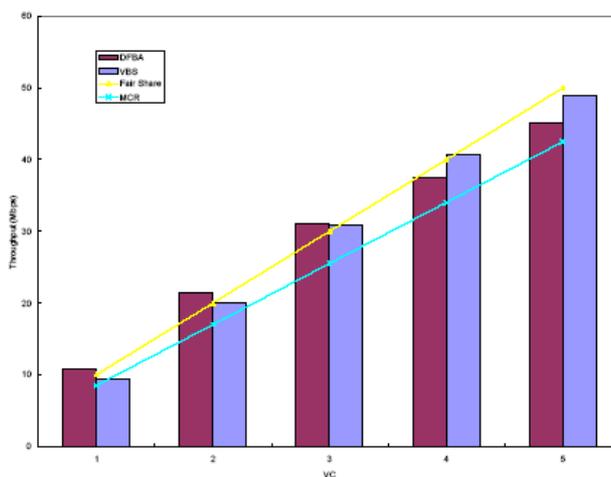


(a)

	DFBA	VBS
Total Throughput	141.553	148.29
Fairness Index	0.961566	0.99149

(b)

Fig. 7. (a) Per-VC throughput. (b) Comparison of DFBA and VBS. (50% MCR allocation, Buffer size=25K cells)

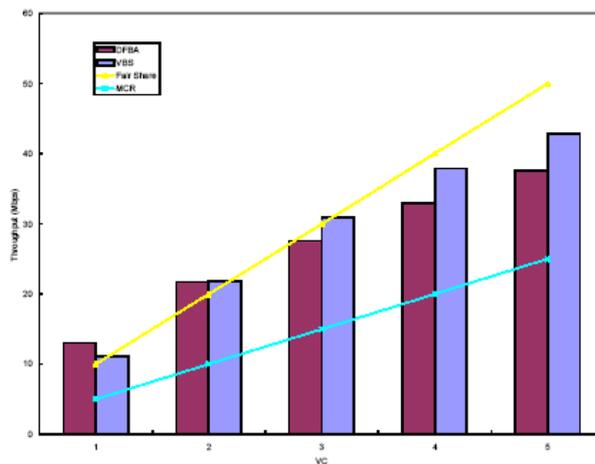


(a)

	DFBA	VBS
Total Throughput	146.04	149.702
Fairness Index	0.994637	0.999029

(b)

Fig. 8. (a) Per-VC throughput. (b) Comparison of DFBA and VBS. (85% MCR allocation, Buffer size=25K cells)

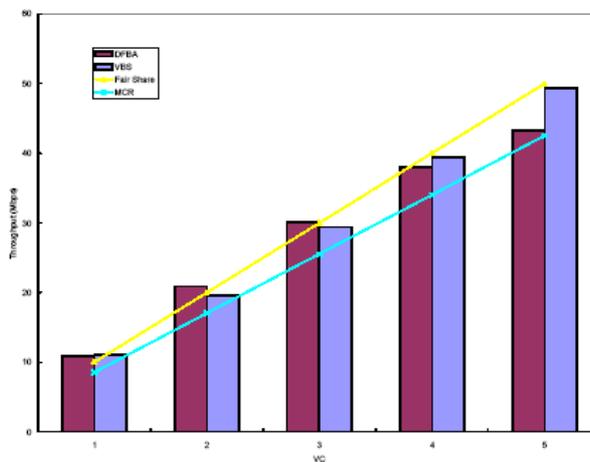


(a)

	DFBA	VBS
Total Throughput	132.83	144.567
Fairness Index	0.961005	0.991321

(b)

Fig. 9. (a) Per-VC throughput. (b) Comparison of DFBA and VBS. ( 50% MCR allocation, Buffer size=6K cells )



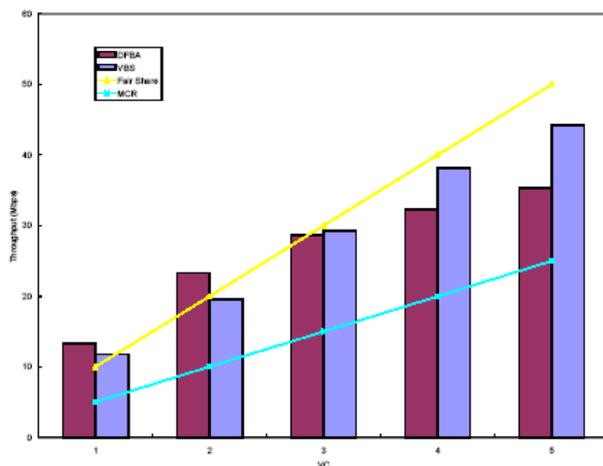
(a)

	DFBA	VBS
Total Throughput	143.149	148.636
Fairness Index	0.993828	0.997768

(b)

Fig. 10. (a) Per-VC throughput. (b) Comparison of DFBA and VBS. ( 85% MCR allocation, Buffer size=6K cells )

在結合 TCP 與 GFR 下一個有效率的以先進先出方式服務之緩衝區管理方法

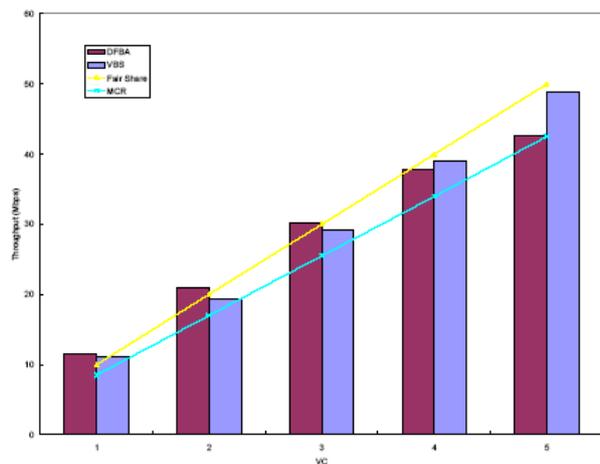


(a)

	DFBA	VBS
Total Throughput	132.771	142.945
Fairness Index	0.949308	0.99049

(b)

Fig. 11. (a) Per-VC throughput. (b) Comparison of DFBA and VBS. (50% MCR allocation, Buffer size=3K cells)



(a)

	DFBA	VBS
Total Throughput	142.882	147.65
Fairness Index	0.990279	0.996866

(b)

Fig. 12. (a) Per-VC throughput. (b) Comparison of DFBA and VBS. (85% MCR allocation, Buffer size=3K cells)

#### 4.2.2 Heterogeneous round trip time

In this configuration, VC5 has a RTT of 220 slot times and all other RTTs are with 40 slot times. We use a buffer size of 6K cells and an MCR allocation of 50% of the GFR capacity. The throughput of each VC for both heterogeneous RTTs and homogeneous RTTs are shown in Table 1. Although both DFBA and VBS can provide MCR guarantees and similar total throughput for these two simulations. The table demonstrates that the throughput degradation of VC5 is 3.781 Mbps for DFBA, however, it is only 1.642 Mbps for VBS. The bottom row of Table 1 shows that VBS achieves better fairness. Therefore, VBS can mitigate the effect of different RTTs.

From the simulation results presented above, we can observe that VBS possesses higher throughput as well as better fairness under different simulation environments. We can conclude that VBS is more efficient than DFBA. From an implementation point of view, both VBS and DFBA need to maintain per-VC states. The difference is that VBS keeps track of virtual buffer occupancy and the additional complexity is to maintain the service list as described in section III.A. While VBS leaves out the process of indentifying the VC the newly departure cell belongs to. Another noticeable extra work of VBS is the rate estimator ( TSWRE ) . However, the design of TSWRE is extremely simple and no per-VC state is required. Consider the advantages of VBS over DFBA, the additional work is cost effective.

### 5. CONCLUDING REMARKS

The GFR service may be the key solution for providing the TCP traffic over ATM networks. In this work, we have shown that it is possible to fulfill the requirements of GFR service with FIFO buffer. We have presented the Virtual Buffering Strategy that is composed of two major schemes: the Emulated Weighted Round Robin scheme and the Differential Packet Discarding buffer management scheme. VBS uses per-VC accounting and FIFO queueing to provide minimum rate guarantees as well as fair sharing of bandwidth to VCs carrying TCP traffic. VBS can also mitigate the effect of heterogeneous RTTs. The simulation results demonstrate that VBS outperforms DFBA in both throughput and fairness.

In this paper, we concern VCs with several aggregated TCPs because individual TCPs are usually not visible in an ATM network. Therefore, the fair sharing of the VC throughput among the TCPs within the VC is not addressed in this article. As described in [19], the fairness issue can be solved by deploy FRED [18] at the edge of the ATM network and a different instance of FRED would exist for each VC.

### REFERENCES

- [1] ATM Forum *Traffic Management Specification Version 4.1*, December 1998.
- [2] S. Kalyanaraman *An Update on ATM Traffic Management*, IEEE Network, May/June 1998, pp. 5-7..
- [3] R. Guerin and J. Heinanen, *UBR+Service Category Definition*, ATM Forum/96-1598, December 1996.
- [4] S. K. Pappu and D. Basak, *TCP over GFR Implementation with Different Service Disciplines: A Simulation Study*, ATM Forum/97-0310, May 1997.
- [5] D. Basak and S. K. Pappu, *GFR Implementation Alternatives with Fair Buffer Allocation Scheme*, ATM Forum 97-0528, July 1997.
- [6] R. Goyal, R. Jain, S. Fahmy, B. Vandalore and S. Kalyanaraman, *GFR-Proving Rate Guarantees with FIFO*

- Buffer to TCP Traffic*, ATM Forum 97-0831, September 1997.
- [7] R. Goyal, R. Jain, S. Fahmy and B. Vandalore, *Buffer Management for the GFR Service*, ATM Forum/98-0405.
- [8] O. Bonaventure, *Providing Bandwidth guarantees to Internetwork Traffic in ATM Networks*, Proceedings of ATM'98, May 1998, pp. 269-278.
- [9] O. Elloumi and H. Afifi, *Evaluation of FIFO Based Buffer Management Algorithms for TCP over Guaranteed Frame Rate Service*, Proceedings of ATM'98, May 1998, pp. 65-74.
- [10] D. Wu and H. J. Chao, *TCP/IP over ATM-GFR*, Proceedings of ATM'98, May 1998, pp. 261-268.
- [11] K. Y. Siu, Y. Wu and W. Ren, *Virtual Queueing Techniques for UBR+ Service in ATM with Fair Access and Minimum Bandwidth Guarantee*, Proceedings of Globecom'97, 1997, pp.1081-1085.
- [12] Y. Wu, K. Y. Siu and W. Ren, *Improved Virtual Queueing and Dynamic EPD Techniques for TCP over ATM*, Proceedings of ICNP'97, pp. 212-219, 1997.
- [13] A. Romanow and S. Floyd, *Dynamic of TCP Traffic over ATM Networks*, IEEE Journal on Selected Area in Communications, Vol. 13, No. 4, May 1995, pp. 633-641.
- [14] D. Chiu and R. Jain, *Analysis of Increase/Decrease Algorithms for Congestion Avoidance in Computer Networks*, Journal of Computer Networks and ISDN Systems, June 1989, pp. 1-14.
- [15] M. Casoni and J. S. Turner, *On the Performance of Early Packet Discard*, IEEE Journal on Selected Area in Communications, Vol. 15, No. 5, June 1997, pp. 892-902.
- [16] H. Zhang, *Service disciplines for guaranteed performance service in packet-switching networks*, Proceedings of the IEEE, Vol.83, No 10, October 1995, pp. 1374-1396.
- [17] J. Heinanen and K. Kilkiki, *A Fair Buffer Allocation Scheme*, Computer Communications 21 ( 1998 ) , pp. 220-226.
- [18] D. Lin and R. Morris, *Dynamics of Random Early Detection*, Proceedings of SIGCOMM97, 1997, pp. 127-137.
- [19] R. Goyal, *Traffic Management for TCP/IP over Asynchronous Transfer Mode (ATM) Networks*, PhD Dissertation, The Ohio State University, 1999.

## 非營利組織領導之探討：模式建構與個案分析

楊政學\* 紀佩君

明新科技大學企業管理系

### 摘要

本文結合質化與量化研究方法之特質，以文獻分析及深度訪談為基礎，輔以問卷設計與調查，來建構非營利組織之領導實務模式；再配合初級訪談記錄、問卷調查資料，以及次級文獻檔案資料，來進行實務命題的驗證，以探討非營利組織領導角色之行為、類型與定位。在研究對象上，選擇公共服務組織中，伊甸與陽光社會福利基金會進行實務的探討與分析。本研究結論發現，兩基金會領導者之領導理念與組織使命成一致的方向，精神領袖之魅力領導模式會逐漸從潮流中褪去轉換，兩者皆為高體恤高結構的領導方式。由統計檢定結果發現，部屬屬性的不同，會影響部屬對領導者的滿意度。在領導魅力來源上，陽光執行長屬於轉型式領導，伊甸總幹事屬於奇魅式領導，而以組織成員之關係來看，兩者皆是服務式領導。另在領導角色定位上，陽光偏向協調者，而伊甸偏向於革新者。本研究建議：宜強化專業養成教育及人才培育，激發部屬工作興趣與創意；宜成立專案小組訂定目標，凝聚組織成員共識；基金會領導角色扮演應兼顧均衡與彈性調整。

**關鍵詞：**非營利組織、公共服務組織、領導定位、領導行為。

## A Study on the Leadership of Nonprofit Organizations: Model Building and Case Studies

Cheng-Hsueh Yang Pei-Jun Gi

Department of Business Administration, Mingshin University of Science and Technology

### Abstract

This paper integrated the qualitative and quantitative research methods, which were the analyzing documentary realities, the in-depth interview and the questionnaire survey to build the practical model. We also integrated the primary and secondary data sources to study on the leadership of nonprofit organizations. The study cases were the Eden social welfare foundation and Sunshine social welfare foundation. This paper found: The first, the leaderships of leaders were consistent to foundation mission, but the charming leadership was declined. They were both high initiation structure and high consideration. The second, the followers' different characteristics would influence the satisfaction with leaders. The third, in the patterns of leaderships, the Sunshine leader was transformational leadership, but the Eden leader was charming leadership. Both were belonged the servant leaderships. The fourth, in the position of leadership, the Sunshine leader was the coordinator orientation, but the Eden leader was the innovator orientation. This paper suggested: The first, the

---

\* 企管系副教授 地址：新竹縣新豐鄉新興路 1 號 Tel：03-5593142 E-mail：chyang@must.edu.tw

foundations should cultivate the professional human capital and arouse the interest of working. The second, the foundations should set up the specific team to condense the common ground. The third, the leadership position of foundations should be balanced and flexible.

**Keywords : Nonprofit Organizations, Public Servant Organizations, Leadership Position, Leadership Behavior.**

## 壹、前言

### 一、研究動機與目的

現今國家政經結構急劇變遷與社會問題層出不窮，社會工作專業制度及社會工作人員的角色功能愈來愈受到重視，而非營利組織亦成爲消弭社會問題，增進社會和諧不可或缺的工作。隨著民間力量投入社會重建工程，非營利組織的形成與參與，更是扮演重要的角色。組織效能之良好與否，常取決於主管之領導行爲，所以良好有效的領導便是促使部屬有效工作的手段，其集合眾人之力邁向組織的共同目標。同時，如何落實領導模式於非營利組織，是學者與領導者共同關切的議題。在組織永續經營理念下，原先藉由所謂精神領袖之「奇魅式」領導模式，勢必會呈現出接班人能否平穩延續的疑問。因而引發本文想去探討此問題，期能整合領導理論之學理基礎，結合質化與量化研究方法之特質，以及兼顧理論與實務相互之驗證，以思考組織領導角色可能的發展途徑，因應未來社會變遷與維繫組織永續經營發展。

本文除欲瞭解目前非營利機構主管之領導方式外，更針對陽光社會福利事業基金會與伊甸社會福利事業基金會兩者之領導角色進行分析。在理論基礎與文獻探討的部份，將根據領導的定義、功能與發展，以及非營利機構的基礎概念與理論，予以系統性分析和整理，更藉由實地訪談與問卷調查等方式，深入瞭解兩基金會中領導角色實際運作之問題，以及各個成員間對組織領導風格的認知與態度，以便瞭解各變項之間所存在的關係。因此，本文較爲具體的研究目的，如下列示：(1) 探討非營利組織與領導的基礎概念與理念；(2) 建構非營利組織領導之實務運作模式；(3) 比較與分析研究個案中領導的實務運作模式；(4) 歸結研究結論與建議。

### 二、研究方法與步驟

本研究是採用由質化走向量化研究的型式，以質化研究做爲開始，屬探索性研究，經由對個人或焦點團體的觀察與開放式訪談，定義出概念與可能的假設。在研究的第二個階段，採取量化研究的方式，對由質化分析中，所產生的概念進行操作化，以及對假設命題進行檢驗。首先，本研究利用文獻分析法 (analyzing documentary realities) 蒐集相關文獻資料，以瞭解非營利機構中，領導角色之定位與演變。再者，利用立意抽樣 (purposive sampling) 針對研究個案中，組織領導人或重要行政主管，採用非結構性深度訪談 (in-depth interview)，以實地瞭解其領導角色實際運作之問題。最後，再輔以研究個案中部屬問卷調查 (questionnaire survey) 之統計分析，以探討部屬間對組織領導者之領導風格的認知、態度及滿意度。本文係以個案研究 (cases studies) 的方式進行，在研究方法上，同時採用文獻分析、深度訪談與問卷調查等方法，而同時在資料蒐集上，運用了問卷調查與訪談記錄等初級資料，以及文獻檔案等次級資料，是爲研究方法與資料蒐集三角測定 (triangulation) 程序的實務應用 (Cavana, Delahaye & Sekaran, 2001; 楊政學、邱永承, 2001; 楊政學, 2005)。

本研究步驟流程上，首先，在確立研究問題，設立研究目標與範圍之後，即進行大量相關文獻之蒐集與整理的工作，確認深度訪談及問卷調查對象，繼而將資料整合分析後，設計調查問卷及擬訂訪談大綱。再者，發放問卷與回收追蹤，在此同時進行研究個案之訪談。最後，依據問卷分析結果與次級資料進行綜整與比較，且結合本研究實務架構的建置，歸結提出本文之研究結論與建議。

## 貳、實務模式建構學理

關於領導實務模式建構之學理基礎，本文擬由研究議題定義開始，繼而討論領導角色定位、領導行為理論與近代領導理論，期能綜整擬訂出本文進行深度訪談的大綱，並萃取出建構領導實務模式所需的組成要素。

### 一、研究議題定義

#### (一) 非營利組織

非營利組織已成爲公部門與私部門之外的第三部門，然而，究竟何謂非營利組織呢？事實上，非營利組織的定義是因人因性質而異的，且難有定論。在許多情況下，一個組織是否屬於非營利組織，還是很難嚴格區別的。如許士軍（2001）認爲非營利組織，主要包括有：（1）醫藥及衛生機構，例如醫院、診所、檢驗室及其他公共衛生服務單位；（2）教育文化機構，例如大、中、小學、圖書館及資訊服務單位，技術學院、補習班等等；（3）會員組織，如同業公會、學會、協會、社團、慈善事業、宗教及政治組織等等；（4）非營利性研究機構。Hansmann（1980）則認爲「非營利組織本質上，是一種限制將淨盈餘分配給任何監督者與經營該組織的人，諸如組織之成員、董事與理事等」，亦即非營利組織受到不分配盈餘的限制，故定義爲「不分配的限制」；Salamon（1995）則主張「具有正式結構的民間組織，它是由許多志願人士組成的自我管理的團體，其組織之目的是爲公共利益服務，而非爲自身的成員謀利」（姜誌貞，1998；蘇洺賢，2000）。

依 Anthony 與 Herzlinger（1975）的歸納，可將非營利組織的特色，列示如下：（1）缺乏利潤衡量標準；（2）屬於服務性組織；（3）市場作用較小；（4）專業人員（professionals）居於主要地位；（5）所有權無明顯歸屬；（6）政治性較濃厚；（7）傳統上缺乏良好之管理控制。或許上述特色未必全部同時適用於所有各種的非營利組織，但其種種管理問題都直接與間接和以上所列特色有關。

由上述文獻探討可知，各學者所著重表達的層面不同，也因而形成定義上的差異。歸納上述各種討論，本文綜合界定爲：「非營利組織不以營利爲目的，而是以公共服務爲使命，享有免稅優待。組織盈餘不分配給內部成員，並具有民間獨立性質之組織」。

#### (二) 領導

過去研究文獻中，對於「領導」有不同的定義，一般認爲領導是一種影響部屬的過程。如 Terry（1960）認爲「領導是影響人們自願努力以達成群體目標所採之行動」；Tannenbaum、Weschler 與 Massarik（1961）認爲「領導是在某種情境中的人際互動影響，透過溝通歷程可引導團體行動，達成某些特定目標」。以上兩個定義均強調：（1）人際關係程序，（2）影響他人之自動行爲，以及（3）有助於達成群體目標。或由反面來看，領導並非指正式權力結構：強制行爲與漫無目標的行爲。同時領導並不限於那一類機構，只要有人群存在，有人企圖影響他人行爲以達成某種目標，這時就有領導的行爲會發生（許士軍，2001）。

領導作用能否發生，以及效果大小，仍然要看是否能引起其他份子的反應並加以接受，因此領導乃是領導者與被領導者，或是說影響者與被影響者間的互動過程。其實所謂被影響者也有若干影響作用，只不過相較之下其影響作用較小而已，因此其會朝向被影響之方向移動（Cohen, Fink, Gadon & Willits, 1976）。

一般而言，管理者較為關心事情的處理方式（how），而領導者則較關心事情的意義（what）；管理者是把事情做好（do things right），而領導者則是做對的事情（do the right things）；管理的工作是處理「複雜」，領導則是在處理「改變」，領導工作主要是確認願景以建立方向，並以溝通的方式讓部屬瞭解，激勵他們朝著目標前進（江明修，1994；林琨堂，1997；韓詠蘭，1999；林靜鈺，2000）。

較為普遍性的領導定義，似可謂為：在一特定情境下，為影響一個人或一群人之行為，使其趨向於達成某種群體目標之人際互動程序。換言之，領導程序乃係：領導者、被領導者與情境等三方面變項之函數（Hersey & Blanchard, 1977）。綜觀上述各學者就「領導」一詞的解釋，雖然紛雜，但本質上相互矛盾並不多，因此本文認為領導：「是一種影響力，也是一種活動的過程，其最終目的在於達成組織目標」。

## 二、領導理論發展

大體而言，現有之領導理論，可分為三大類：（1）領導者屬性理論（trait theory），（2）行為模式理論（behavioral pattern theory），以及（3）情境理論（contingency theory）；而情境理論係為前二項理論的綜合。領導者屬性理論認為，成功的領導乃是由於其領導者擁有某些個人屬性或特質，包括其生理、人格、智力及人際關係各方面（Stogdill, 1948；Mahoney, Jerdee & Nash, 1960；Ghiselli, 1963）。行為模式理論認為，領導效能如何，並非由於領導者是怎樣的人，而是取決於他怎樣去做，亦即是他的行為。例如，White 與 Lippett（1953）所提出的三種領導方式理論：權威式（authoritarian）、民主式（democratic）與放任式（laissez-faire）。Tannenbaum 與 Schmidt（1958）提出的經理者與非經理者的行為連續構面；McMurry 的「仁慈專制」（benevolent autocracy）理論（McMurry, 1958）；Likert 的工作中心式（job-centered）與員工中心式（employee-centered）理論（Likert, 1961）。較為有名的情境理論，是為費德勒的「情境模式」（contingency model）（Fiedler, 1967）；領導參與模型（leader participation model）（Vroom & Yetton, 1973）；「路徑－目標理論」（path-goal theory）（House & Mitchell, 1974）；以及 Hersey-Blanchard 情境領導理論（Hersey and Blanchard's situational leadership theory）（Hersey & Blanchard, 1977）。

在領導角色定位上，邱昌其（1998）依競值途徑（competing values approach）下主管角色的研究，由於其指標基本上具有衝突與競爭之性質，而劃分有八種領導角色如下：（1）指導者（director）；（2）生產者（producer）；（3）經紀人（broker）；（4）革新者（innovator）；（5）教練（mentor）；（6）輔助者（facilitator）；（7）監督者（monitor）；（8）協調者（coordinator）。同時認為卓越的領導者，在此八種角色上具有均衡的能力。

在領導行為理論上，俄亥俄州立大學之雙構面領導理論，在 1945 年起校內研究中心，發展出「領導行為描述問卷」（Leadership Behavior Description Questionnaire，簡稱 LBDQ）進行領導行為研究，而提出了雙構面的領導理論（Fleishman, Harris & Burt, 1955）。此理論將領導行為區分為「結構」（initiation structure）及「體恤」（consideration）兩個基本層面。「結構」層面描述領導者明確界定每位成員所扮演的角色，依循組織規範指派工作，訂定工作程序，強調工作及組織目標的達成等行為，是一種任務取向；

「體恤」層面則描述領導者深切關心部屬的福利與需要，提供成員更多參與決定的機會，尊重並信任部屬，同時設法解決成部屬作上的困難等行爲，是一種關係取向（鍾琳惠，1990）。再者，Blake 與 Mouton（1964）提出的「管理方格理論」（managerial grid theory）；Reddin（1970）進而提出三構面理論（three dimensional theory），即任務導向（task-oriented）、關係導向（relationships-oriented）與領導效能（leadership effectiveness）。

在近代領導理論上，從1970年代以來的新興領導理論來看，其研究趨勢有別於傳統一般領導理論之處，乃在於此新近的領導研究，注重領導者的內在特質及理念動機，並且關切領導歷程中相關的要素。例如：部屬與領導者之互動關係成爲重要的論題；領導的社會脈絡及其與組織文化的關係也受到重視。茲介紹三種當代的領導方法，包括轉換型－交易型領導（transformational-transactional leadership）、魅力型－願景型領導（charismatic-visionary leadership），以及團隊型領導（team leadership）（Robbin & Coulter，2003）。

在轉換型－交易型領導理論中，領導者透過清楚的角色與任務需求，來指引或激勵部屬朝既定的目標前進。但有另一種領導者會激勵其部屬超越自己的利益而以組織利益爲重，且能對其部屬產生深遠的影響。在魅力型－願景型領導理論中，所謂魅力型領導者具有熱情與自信，其個性與行動會影響到他人的行爲；而願景型領導者比魅力型領導者更進一步，其可創造並清楚表達一種能改善現況，並且是實務、可信與具有吸引力的未來願景。愈來愈多的領導行爲是以團隊型態產生，當愈多的組織採用工作團隊，領導者擔任引導成員的角色就顯得愈加重要。

綜合以上的論述，本研究主要集中在「奇魅式領導」（charismatic leader）、「交易式領導」（transactional leader）、「轉型式領導」（transformational leader）與「服務式領導」（servant leader）等四類典型的新興領導理論的探討，如表一所示（江明修，1994）。

奇魅式領導者靠個人魅力而不靠職權或管理技能，就能激勵部屬工作、完成目標，這些魅力來自能給與追隨者美好的遠景、能充分信任追隨者，而且獲得追隨者的信回報。他們能給與追隨者特殊的精神感召。交易型領導者根據職位規範執行所要求的管理功能，就像交易一樣扮演該扮演的角色：釐清部屬應做的工作、啓動工作結構、提供合理報償、體恤部屬、滿足部屬需求。他們盡責地做好每一項管理功能：企劃、組織、激勵、控制等，使所經手的工作都能順利有效運作，他們通常都很賣力工作、忍辱負重、沒有私心。

轉型式領導者啓動組織變革，所憑藉的不是交易型領導者所運用的規則、程序、報酬、控制，而是建立組織願景、共享價值、理念等無形價值，對組織進行改造，改變組織的結構、任務、資源配置，使組織再生。服務式領導者是一種由下到上的領導，由體恤追隨者的需求開始，認爲工作是爲了培養員工而存在，與員工爲工作而存在一樣重要。他們激勵追隨者有更好的工作動機，並將這份動機帶到組織的任務與目的上，因此，一方面讓追隨者實踐個人目標，一方面也實現組織目標（洪明洲，1997）。

表一 以個人特質與影響力為核心的領導理論及其比較

領導類型	奇魅式領導	轉型式領導	交易式領導	服務式領導
個人特質的來源	天生賦與人格； 社會差距 (先天天賦)	領導者訓練與技巧  (後天學習)	專業才能與 管理技巧 (外在能力)	謙卑； 心靈的洞悉力 (內在修養)
領導的展現方式	以幻想解決部屬的匱乏；採大膽強烈方式推動理念； 推動 (push)	為組織建立遠景；領導者擅長於人力資源管理； 引領 (pull)	提供部屬可具體獲得報酬，並以各種誘因與監督方式表示； 控制 (control)	能將服務的觀念身體力行；工作與生活融於一體； 服務 (service)
情境系絡	部屬處於社經上的匱乏狀態； 宰制、壓抑 (權威式)	單向權力 (階層性) 重視分享理念的文化和參與過程	單向權力 (階層性) 強調達成結果的權變手段與交換關係	關係性權力 (相互性) 去權威中心化及相互成就
部屬的反應	無條件地接受領導者的領導，而失去個人自主性 高度依賴領導者	高度受到內在報酬的激勵，能付出額外的努力；自主性的建立	努力依報酬的多寡而定； 部屬與領導者斤斤計較所能獲得的報酬	仿效領導者的服務取向；從行動中自覺；成員彼此影響
領導的影響	建立領導者的不朽地位；部屬處於精神催眠下的服從狀態	為達成領導者或組織的目標；部屬獲得個人的發展	部屬與領導者彼此互惠，各得其所利；強化共同目標	部屬擁有自主性與道德發展

資料來源：江明修 (1994)。

### 參、領導實務模式建構

#### 一、訪談大綱與命題推演

本研究目的在於探討領導者的人格特質、領導型態、領導能力，以及探討領導者如何使組織達成使命，因此訪談問題皆環繞在領導的相關問題上。訪問內容包括三個主要部份：(1) 領導者人格特質、領導能力及領導型態；(2) 使命的實踐；(3) 領導角色定位與組織發展。為使建構的實務模型能夠更加具有價值性，以便於往後實務研究之假設命題驗證，故整理成以下幾項假設命題的建立。

##### (一) 領導者人格特質、領導能力及領導型態

根據文獻得知不同的非營利組織之領導者，有不同的人格特質，而這些不同的人格特質又會影響其領導者與組織其他部屬間的關係。因此，本研究從領導者之人格特質、領導能力及領導型態建立以下命題，來瞭解領導者之領導風格、運用的權威情形、以及與部屬之間的關係。

茲將本研究針對領導者人格特質、領導能力及領導型態，所推演之實務性命題，列示如下：[命題 1-1]：基金會之領導者個人風格是以人際關係至上。[命題 1-2]：基金會之領導者是充份授權的。[命題 1-3]：基金會之領導者會給部屬適時的激勵。[命題 1-4]：基金會之領導者對每個部屬很公平。[命題 1-5]：基金會之領導者兼顧任務的完成及人員的滿足。[命題 1-6]：基金會之領導者領導魅力來源是天生的。[命題 1-7]：基金會之領導者會適時給予部屬指引方向。[命題 1-8]：基金會之領導者通常在領導過程中，遇到最大的困境在於專業知識不足。[命題 1-9]：基金會之領導者對領導的定義是相同的。[命題 1-10]：基金會之領導者的角色定位是協調者。

##### (二) 使命的實踐

為瞭解基金會部屬對使命認知程度，以及其領導者的領導風格與使命落實之關係與衝突點，因此建立以下命題，來瞭解使命轉換成實際行動的過程。茲將本研究針對使命的實踐所推演之實務性命題，列示如下：[命題 2-1]：基金會之領導者會讓部屬清楚瞭解使命。[命題 2-2]：基金會之領導者領導理念與組

織使命成一致的方向。

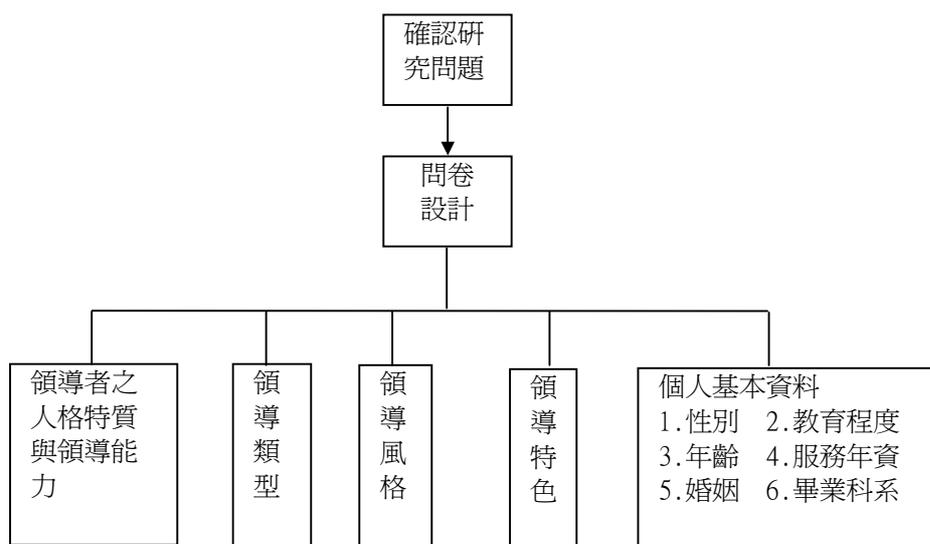
(三) 領導角色定位與組織發展

領導者的領導角色定位會影響整個組織氣候，在決策與活動推展方式上也会有所差異，因此建立以下命題，來瞭解領導角色定位與組織發展之間的影響。茲將本研究針對領導角色定位與組織發展，所推演之實務性命題，列示如下：[命題 3-1]：基金會之領導者領導角色定位會影響組織發展。[命題 3-2]：基金會之領導者領導角色定位會影響組織決策。[命題 3-3]：基金會之領導者領導角色定位會影響組織活動推展。

二、問卷設計與假設建立

本文採用之統計方法，將以次數分配為主，兼及卡方檢定、T 檢定及交叉分析等。過程中首先，利用次數分配百分比，來瞭解社會福利機構領導角色之個人特質與部屬對領導者之滿意度。其次，使用 T 檢定，以決定準則變數與每一個複測變數間，是否有顯著的直線關係存在，主要是在探討不同的變項，是否會因不同基金會的部屬而有所改變。再者，利用卡方檢定，來檢定兩（名目尺度）變項之間關係的顯著程度，主要是在探討不同的變項，是否會因部屬的性別、年齡、教育程度、婚姻狀況、年資及畢業科系不同而有所改變。

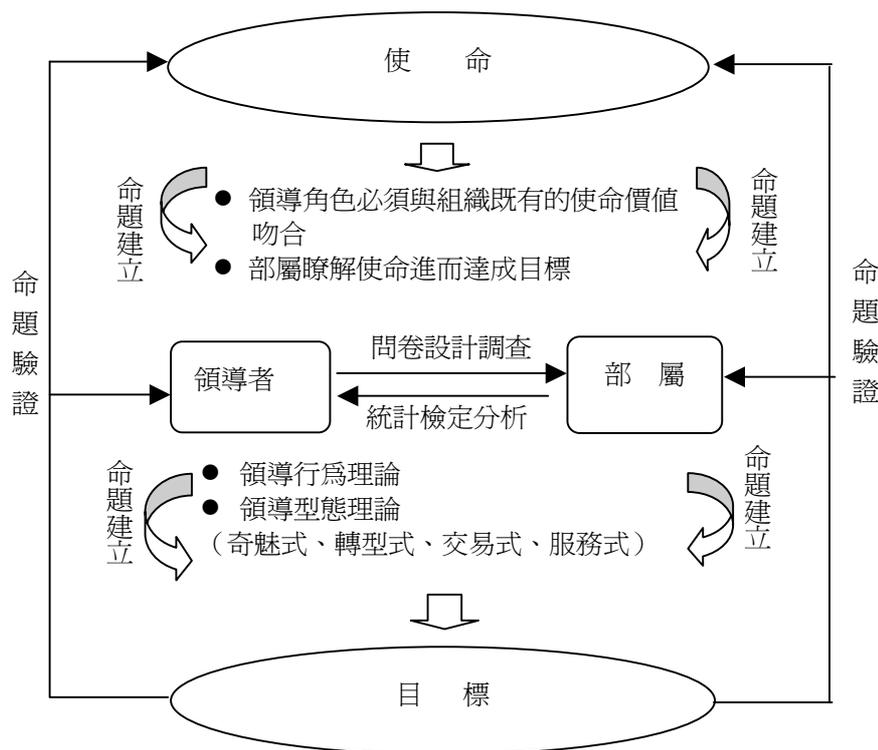
本研究問卷設計之目的，在於瞭解部屬對領導者的滿意度為何。根據前述有關領導行為文獻資料分析，在調查研究的第一部份中，運用了領導行為理論的概念，包括有領導者之人格特質與領導能力、領導類型、領導風格及領導特色。考慮了情境因素對有效領導方式的影響，其中含蓋：上司是否對每個部屬都很公平；是否關心工作也關心部屬；是否充份授權；是否強調上對下的關係；是否會給予部屬適時的激勵；是否主管的領導方式會影響部屬的工作滿意度等。第二部份的基本條件中，除了所得水準外，部屬之性別、年齡、婚姻、教育程度、服務年資等變項與主管之領導方式間，有無達到顯著相關。根據問卷調查研究所得到的結果，進行統計分析，以驗證所欲探討的研究議題。茲將本研究之問卷設計架構，列示如圖一所示。



圖一 本研究問卷設計架構  
資料來源：本研究

### 三、實務模式架構

本研究領導實務模式架構，如圖二所示。在此實務模式建構中，依前述領導理論文獻資料，加以整合領導角色定位、領導行為理論與近代領導理論概念，考慮了使命、領導者、部屬與目標等四項因素的交互影響。組織必須透過正式的過程，以界定其所要完成的使命，並將此使命陳述清楚的列示出來，讓組織各個成員充分知道、明白與接納。組織的領導者利用此使命陳述做基點，以訂定各具體可行的目標（程香儒，1990）。目標反應了組織的使命，因此組織領導者必須將使命轉換為可達成與可測量的目標，如此組織成員才能確實明瞭所欲達成的任務，並且願意盡全力完成，而這些目標亦將作為組織內部資源分配及方案評估的根據。



圖二 本研究領導實務模式架構  
資料來源：本研究

組織使命有可能維持長遠，但目標會因任務完成而改變，因此領導者必須回顧調整、創新工作內容與方法。本研究實務模式架構內四項因素，每一項在管理上都有必須注意的地方，每一項亦都有它所面對的環境變化與機會，而彼此之間的互動與配合，也是非營利組織永續經營管理上的重要課題。

### 肆、領導實務模式分析

領導實務模式之分析，係將前述文獻分析、深度訪談及問卷調查等方法，應用於本文所研究個案的實務分析，以下依序討論問卷調查分析、實務命題驗證及個案比較分析，來綜整研究方法與蒐集資料的三角測定結果。

#### 一、問卷調查分析

本研究於 2001 年 8 月 6 日至 26 日期間，分別赴陽光與伊甸基金會進行訪談，同時進行發放問卷與

收回。本研究所調查之樣本數為陽光 7 人、伊甸 18 人，由於受調者皆是訪談中領導者的直接部屬，故其樣本數有限，唯足以代表其對領導者的看法。問卷大致分為兩大部分，第一部分是針對部屬對領導者滿意度之調查，使用分析之方法為次數分配法、T 檢定以及卡方檢定；第二部分為基金會部屬之個人基本資料，使用分析方法為次數分配百分比法。

### (一) 次數分配與 T 檢定

#### 1. 次數分配分析

表一研究結果說明，兩基金會在次數分配與 T 檢定分析下的相同性與差異性。以部屬屬性來看，陽光以男性為主（57%），伊甸以女性為主（83%）外，其餘皆為 30 歲以下（陽光 58%、伊甸 72%）、大專以上（陽光 71%、伊甸 89%）、未婚（陽光 100%、伊甸 78%）、年資一年以下（陽光 66%、伊甸 50%），以及非社會科系畢業者（陽光 100%、伊甸 83%）居多。

#### 2. 滿意度分析

在部屬對領導者的滿意度上，分別是陽光與伊甸兩團體，針對問卷第一部份 18 個問題，如表二所示，個別進行部屬對領導者滿意度的調查。本研究依據 Likert 量度表，將滿意程度予以區間數值化，並以 1 至 5 來區別部屬對其領導者滿意度之強弱，數值愈大表示滿意程度愈強；反之，則表示滿意程度愈弱。

表二 問卷題項說明－部屬對領導者的滿意度

項目	內 容 說 明
1	當我圓滿完成工作時，他會稱讚我
2	他重視我的福利
3	他用信賴、尊重的態度和我商量事情
4	他能為我講話，替我爭取權益和發展的機會
5	他會和我噓寒問暖，分享我的快樂和悲傷
6	他是友善，而且容易親近的
7	他會找時間聽聽我的心理感受和想法
8	為達成目標，他會提供新的構想來幫助我
9	他會考慮我們的能力和興趣來分配工作
10	他重視我的工作需求
11	他是充分授權的
12	他設下的預期目標會對我產生激勵作用
13	他會依部屬的不同特性，採取不同對待方式
14	他鼓勵我用新的思考模式來解決工作問題
15	他對每個部屬都很公平
16	他重視工作也關心部屬
17	他會提供消息給我，讓我瞭解機構的動向
18	他會站在平行的立場上，與我就事論事

資料來源：本研究。

表三滿意度分析說明：陽光是以「會聽我的感受與想法」與「會鼓勵我用新的思考模式來解決問題」之滿意度的平均值 4.57 為最高，以「設下的目標會對我產生激勵作用」與「依部屬的不同特性採不同的對待方式」之滿意度的平均值 4.00 為最低，由於最高與最低的差距並不大，各個項目的平均值皆在滿意這個部份，故陽光的部屬對於執行長的滿意度是很高的。伊甸則以「會找我商量事情」之滿意度的平均

值 3.67 為最高，以「對每個部屬都很公平」之滿意度的平均值 2.67 為最低，可見林總幹事是一個會依部屬不同特性，採取不同對待方式的領導者，故在機構中部分的部屬會覺得總幹事不是一個很公平的人。

由統計資料顯示，陽光的部屬對於這 18 個題項的滿意程度，大致分佈於 4 至 5，即介於滿意與非常滿意之間；伊甸則大致分佈在 3 至 4，即介於無意見與滿意之間。再從數值上看來，由於陽光最高與最低的差距較小，僅 0.57 而已，伊甸則為 1，故推判陽光的各項評比較為平均。綜合上述可得知，陽光的部屬對領導者的看法較為一致，而伊甸的領導者對於部屬是採取不同的對待方式，故伊甸的部屬對領導者的滿意度會有較大的偏差。

表三 陽光與伊甸次數分配、T 檢定之比較分析

特點 項目		相同性	差異性	
			陽光	伊甸
部屬屬性		30 歲以下 (陽光 58%、伊甸 72%) 大專以上 (陽光 71%、伊甸 89%) 未婚居多 (陽光 100%、伊甸 78%) 年資一年以下 (陽光 66%、伊甸 50%) 非社會科系畢業 (陽光 100%、伊甸 83%)	男性居多 (57%)	女性居多 (83%)
部屬對領導者的滿意度	最高	無	「會聽我的感受與想法」(4.57)、「會鼓勵我用新的思考模式來解決問題」(4.57)	「會找我商量事情」(3.67)
	最低	無	「設下的目標會對我產生激勵作用」(4.00)、「依部屬的不同特性採不同的對待方式」(4.00)	「對每個部屬都很公平」(2.67)
兩基金會部屬對其領導者滿意度之關連性		「用信賴尊重的態度和我商量事情」(0.018**)、 「會和我嘯寒問暖，分享我的快樂和悲傷」(0.104**)、 「是友善的且容易親近」(0.021**)、 「會找時間聽聽我的心理感受和想法」(0.028**)、 「重視我的工作需求」(0.004**)、 「充分授權」(0.016**)、 「鼓勵我用新的思考模式來解決工作問題」(0.018**)、 「對每個部屬都很公平」(0.001**)、 「會提供消息給我，讓我瞭解機構的動向」(0.001**)、 「會站在平行的立場上，與我就事論事」(0.008**)	「當我圓滿完成工作時會稱讚我」(0.055)、 「重視我的福利」(0.099)、 「能為我講話，替我爭取權益和發展的機會」(0.104)、 「為達成目標會提供新的構想來幫助我」(0.166)、 「會考慮我們的能力和興趣來分配工作」(0.136)、 「設下的目標會對我產生激勵作用」(0.096)、 「會依部屬的不同特性採取不同的對待方式」(0.324)、 「重視工作也關心部屬」(0.051)  (註：兩基金會之差異處)	

註：部屬屬性欄位小括號內數值為次數分配百分比率；滿意度欄位小括號內數值為 Likert 五點刻度量表分數，滿分為五分；關連性分析之欄位小括號內數值，為 T 檢定的 P-value 值大小，\*\*代表在顯著水準 0.05 檢定下具顯著差異。

資料來源：本研究。

### 3. 關連性分析

本研究主要是在探討不同的變項，是否會因不同基金會的部屬而有所改變，故採行 T 檢定：兩個母體平均數差的檢定，假設變異數不相等。本研究設定  $H_0$ ：陽光和伊甸部屬對其主管領導方式的滿意度是無差異。 $H_1$ ：陽光和伊甸部屬對其主管領導方式的滿意度是有差異。

首先假設顯著水準為 0.05，由表三之 T 檢定得知，項目為 3、5、6、7、10、11、14、15、17 及 18 的 P 值皆小於 0.05，故判定兩者間具有顯著關係，意即在兩基金會部屬對其領導者滿意度關連性上，「用信賴尊重的態度和我商量機會」、「會和我噓寒問暖，分享我的快樂和悲傷」、「是友善的且容易親近」、「會找時間聽聽我的心理感受和想法」、「重視我的工作需求」、「充分授權」、「鼓勵我用新的思考模式來解決工作問題」、「對每個部屬都很公平」、「會提供消息給我，讓我瞭解機構的動向」、「會站在平行的立場上，與我就事論事」是無差異的；在「當我圓滿完成工作時會稱讚我」、「重視我的福利」、「能為我講話，替我爭取權益和發展的機會」、「為達成目標會提供新的構想來幫助我」、「會考慮我們的能力和興趣來分配工作」、「設下的目標會對我產生激勵作用」、「會依部屬的不同特性採取不同的對待方式」與「重視工作也關心部屬」等項目中，陽光和伊甸兩組織之部屬對其主管的滿意度是存有差異的。

#### (二) 卡方檢定

為探討研究個案中不同的變項，是否會因部屬的性別、年齡、教育程度、婚姻狀況、年資及畢業科系不同而有所改變。原定分別以陽光與伊甸個別進行分析，但在分析過程中，發現陽光的樣本數過小，無法執行卡方檢定，而改以伊甸單獨及兩家合併進行分析。茲將伊甸與合併之卡方檢定之比較分析，列示如表四。

表四 伊甸與合併之卡方檢定之比較分析

特點 項目		有顯著關係		
		相同性	差異性	
			伊甸	合併
部屬對其領導者滿意度會應部屬屬性不同而有所改變	性別	「充分授權」 (0.00288*) [0.04039*]、 「鼓勵我用新的思考模式來解決工作問題」 (0.00184*) [0.03457*]。	「會提供消息給我，讓我瞭解機構的動向」 (0.02024*)。	無
	年齡	「會和我噓寒問暖，分享我的快樂和悲傷」 (0.06271*) [0.06278*]。	無	「設下的目標會對我產生激勵作用」[0.09039*]、 「會站在平行的立場上，與我就事論事」[0.09788*]。
	教育程度	無	無	「設下的目標會對我產生激勵作用」[0.04830*]。
	婚姻狀況	無	「會找時間聽聽我的心理感受和想法」(0.07643*)、 「重視我的工作需求」 (0.07643*)。	無
	年資	無	無	無

	畢業 科系 「會提供消息給我，讓我瞭 解機構的動向」 (0.00184*) [0.00109*]。	「是友善的且容易親近」 (0.05910*)。	「當我圓滿完成工作時會稱 讚我」[0.03713*]、 「對每個部屬都很公平」 [0.02672*]。
--	--	----------------------------	--

註：小括號數值為伊甸單獨卡方檢定的機率值；中括號數值為伊甸與陽光兩家合併卡方檢定的機率值；  
\*代表在顯著水準 0.1 檢定下具顯著關係。

資料來源：本研究。

由表四比較分析結果中可看出，在部屬的屬性上，以性別而言，在「充分授權」與「鼓勵我用新的思考模式來解決工作問題」，伊甸與合併均會受其影響，在「會提供消息給我，讓我瞭解機構的動向」僅只有伊甸具有顯著關係；以年齡來看，「會和我嘔寒問暖，分享我的快樂和悲傷」，伊甸與合併均受其影響，在「設下的目標會對我產生激勵作用」與「會站在平行的立場上，與我就事論事」只有合併具有顯著關係；以教育程度而言，在合併分析上可看出在「設下的目標會對我產生激勵作用」下，具有顯著關係；以婚姻狀況而言，在伊甸分析上可看出「會找時間聽聽我的心理感受和想法」與「重視我的工作需求」下，具有顯著關係；以年資而言，伊甸與合併均不受此影響；以畢業科系而言，在「會提供消息給我，讓我瞭解機構的動向」，伊甸與合併均會受其影響，在「是友善的且容易親近」僅只有伊甸具有顯著關係，在「當我圓滿完成工作時會稱讚我」與「對每個部屬都很公平」僅只有合併具有顯著關係。

綜合上述統計檢定結果，可看出在性別方面，伊甸與合併分析（同時包括陽光和伊甸）主要差別在於伊甸比合併分析多了項目 17（讓我瞭解機構的動向）；在年齡方面，合併分析比伊甸多了項目 12（設下的目標會對我產生激勵作用）與項目 18（會與我就事論事）；在教育程度方面，合併分析則比伊甸多了項目 12（設下的目標會對我產生激勵作用）；在婚姻狀況方面，伊甸反而較合併分析多了項目 7（領導者會傾聽我心理的想法）與項目 10（重視我的工作需求）；在年資方面，伊甸和合併分析的結果是相同的；最後，在畢業科系方面，伊甸比合併分析多了項目 6（領導者是友善的且容易親近），但比合併分析少了項目 1（領導者會稱讚我）與項目 15（對每個部屬都很公平）。故此，本研究發現，陽光與伊甸兩機構的部屬對其主管的滿意度，是不會因年資的不同而有所改變，而在性別、年齡、教育程度、婚姻狀況，以及畢業科系上，則兩者間皆有明顯的差異。

## 二、實務命題驗證

本文依研究發現及訪談內容，並輔以問卷分析結果予以佐證，以試圖大膽驗證實務命題成立與否。在客觀證據的需求上可能不是很足夠來證明命題，但本研究希望試著運用訪談與問卷資料來合併檢證，以便讓質化與量化研究的方法得以相互連結運用。茲將對研究個案所建立命題之驗證結果，彙整列示於表五，以比較兩個案領導模式之實務運作情形與差異。

由表五命題驗證結果可知，從第一部份領導之領導特質、領導能力及領導型態中可看出[命題 1-4]、[命題 1-6]、[命題 1-10]不成立。在[命題 1-4]基金會之領導者對每個部屬很公平之命題上，可從訪談中得知，陽光領導者對每個部屬是很公平的，而伊甸則無法對每個部屬很公平。在[命題 1-6]基金會之領導者領導魅力來源是天生的此命題中，可從訪談得知，陽光認為後天培養較為重要。在[命題 1-10]基金會之領導者的角色定位是協調者的命題上，可從訪談中得知，伊甸總幹事是偏向為革新者。第二部份使命的實踐，[命題 2-1]與[命題 2-2]命題驗證結果皆是成立的。在第三部份領導角色定位與組織發展中可看出，陽光方面無法從訪談與問卷中予以驗證。

表五 陽光與伊甸假設命題之驗證結果

命題	驗證結果	
	陽光	伊甸
[1-1]基金會之領導者個人風格是以人際關係至上。	◎	◎
[1-2]基金會之領導者是充份授權的。	◎	▲
[1-3]基金會之領導者會給部屬適時的激勵。	◎	◎
[1-4]基金會之領導者對每個部屬很公平。	▲	×
[1-5]基金會之領導者兼顧任務的完成及人員的滿足。	◎	◎
[1-6]基金會之領導者領導魅力來源是天生的。	×	▲
[1-7]基金會之領導者會適時給予部屬指引方向。	◎	◎
[1-8]基金會之領導者通常在領導過程中，遇到最大的困境在於專業知識不足。	▲	▲
[1-9]基金會之領導者對領導的定義是相同的。	▲	▲
[1-10]基金會之領導者的角色定位是協調者。	▲	×
[2-1]基金會之領導者會讓部屬清楚瞭解使命。	▲	▲
[2-2]基金會之領導者領導理念與組織使命成一致的方向。	▲	▲
[3-1]基金會之領導者領導角色定位會影響組織發展。	△	▲
[3-2]基金會之領導者領導角色定位會影響組織決策。	△	▲
[3-3]基金會之領導者領導角色定位會影響組織活動推展。	△	▲

註：◎命題驗證成立（問卷與訪談皆成立） ▲只能從單一的訪談驗證得知

△現有資料無法佐證

×訪談驗證不成立

資料來源：本研究

### 三、個案比較分析

本文擬針對兩家基金會做詳細比較與分析，並依前述建構之領導實務模式架構中，所建構的四項主要組構要素，來探討其領導執行方式與要素的共通性與差異性，茲彙總如表六所示。

由表六比較分析結果可知，在使命方面陽光是服務、關懷、防治，伊甸則是服務弱勢、見證基督、建立雙福、引人歸主，兩基金會之領導者的領導理念與組織使命是相吻合的。在領導者方面，依領導型態理論之魅力來源，可看出陽光是屬於轉型式領導，伊甸則是奇魅式領導；而領導者與成員間關係，皆屬於服務式領導。另依領導行為理論模式，兩基金會皆屬高體恤高結構之人際關係取向；依領導角色定位而言，陽光之領導者是以使命作為領導的依據與決策的方向，並非以個人魅力為號召，其領導定位偏向於協調者，而伊甸的領導者則會因部屬的屬性不同，而給予不同的對待方式，其領導定位偏向革新者。

在部屬方面，陽光的部屬對領導者是高度滿意的，而伊甸則是中度滿意。兩基金會之部屬年齡皆偏向年輕化，具高學歷且素質整齊，教育背景皆為非相關科系畢業，專業知識也較為不足。陽光的目標為全方位、社會資源運用、全國性、專業性；伊甸的目標為社區化、本土化、國際化、專業化，可看出兩基金會相同的目標，均在達到專業性。

表六 陽光與伊甸領導實務模式之比較分析

特 點 建構要素		相 同 性	差 異 性	
			陽 光	伊 甸
使 命		領導者之領導理念與組織使命是相吻合的	服務、關懷、防治	服務弱勢、見證基督、建立雙福、引人歸主
領 導 者	領 導 行 為	依領導行為理論模式，皆屬高體恤高結構之人際關係取向。	以使命作為領導的依據與決策的方向，非以個人的魅力為號召。	會因為部屬的屬性不同，給予不同的對待方式。
	領 導 型 態	依領導型態理論之領導者與成員間關係皆屬服務式領導。	依領導型態理論之領導魅力來源來看，屬於轉型式領導。	依領導型態理論之領導魅力來源來看，屬於奇魅式領導。
	角 色 定 位		依領導角色定位偏向協調者。	依領導角色定位偏向革新者。
部 屬		* 年齡偏向年輕化 * 具高學歷、素質整齊 * 專業知識不足 * 教育背景皆非社會相關科系	對領導者是高度滿意的	對領導者是中度滿意的
目 標		專業性	全方位、社會資源運用、全國性	社區化、本土化、國際化

資料來源：本研究。

## 伍、結論與建議

### 一、研究結論

本文整合理論與實務的分析，從領導層面來瞭解社會福利服務機構主管之領導模式，以及其部屬對領導者滿意度的情形，以提供社會福利服務機構有效運用領導方式，提昇部屬工作滿足與工作績效的參考。在實證研究上，針對陽光及伊甸之領導者進行訪談，同時對兩基金會之部屬進行問卷調查。茲將本研究實證分析結果，綜整列示如下幾點：

第一、在組織使命的落實上，依建構之領導實務模式，且由訪談結果發現，兩基金會領導者之領導理念與組織使命呈一致的方向，其目標決策呈現由下而上的決策歷程。

第二、問卷調查分析結果發現，非營利組織部屬的年齡偏向於年輕化，且大部份具高學歷未婚。

第三、問卷調查分析得知，兩基金會部屬之屬性不盡相同，因而造成部屬對領導者滿意度也有所差異；陽光部屬對領導者是屬於高滿意度，而伊甸則屬於中滿意度。

第四、由訪談內容中可知，兩基金會均以組織使命作為領導的依據及決策的方向，而非以領導者個人的魅力為號召，可見組織中精神領袖的個人魅力會逐漸從潮流中褪去與轉換。

第五、在領導者與部屬對目標的達成上，依命題驗證結果得知，陽光與伊甸領導者皆為高體恤高結構的領導方式，均注重工作目標的達成與部屬需求的滿足。

第六、依領導型態理論模式觀點，發現領導魅力來源上，陽光執行長屬於轉型式領導型態；伊甸總幹事屬於奇魅式領導型態。在領導者與成員之關係上，兩基金會領導者皆是屬於服務式領導型態。

第七、在領導角色定位上，發現陽光執行長較以使命做為領導依與決策方向，故較偏於協調者的角色；

伊甸總幹事會因部屬屬性的不同，而給予不同的對待方式，故較偏向革新者的角色。

## 二、研究建議

茲延伸本研究實證分析結果，可提出如下幾點研究建議：

### 第一、強化專業養成教育及人才培育，激發部屬工作興趣與創意。

從問卷調查中，我們得知兩基會的部屬，大多數教育背景皆不是本科系。因此本文建議可經由專業學習的培訓管道，從中培育所需的專業人才，雖然專業養成訓練是一個漫長的過程，但就公共服務組織著重使命與理念的特性來說，這種對於激發人員本身的工作興趣與創意，進而使有志者能投入於公共服務組織的培育，才是根本解決之道。

### 第二、成立專案小組訂定目標，凝聚組織成員共識。

基金會的決策歷程皆為由下而上的運作方式，其缺點是常會形成多頭馬車的狀況，因此本文建議領導者可成立專案小組，以凝聚基層各成員的意見，讓更多成員參與且能減少各部門的分歧。

### 第三、領導角色扮演應兼顧均衡與彈性調整。

領導角色定位會因組織架構、型態與職務性質的不同而有所差異，惟本文認為且建議，最適領導角色之扮演，應同時具備多元領導角色的均衡扮演。因此建議此基金會領導者，可兼顧各個角色的均衡扮演。

## 參考文獻

- 江明修(1994)，《非營利組織領導行為之研究》，國科會專題研究，未出版。
- 林琨堂(1997)，《企業主管領導型態與部屬溝通滿足及領導效能之關係研究－以台糖公司為例》，國立成功大學企業管理學系碩士學位論文，未出版。
- 林靜鈺(2000)，《企業主管領導型態、激勵語言對部屬工作滿足之影響研究》，國立成功大學企業管理學系碩士學位論文，未出版。
- 邱昌其(1998)，《台灣企業界中領導者特質與角色扮演相關之研究－以台北市扶輪社為例》，國立中興大學企業管理學系碩士學位論文，未出版。
- 洪明洲(1997)，《管理》，台北：科技圖書公司。
- 姜誌貞(1998)，《非營利組織政策倡導之研究－以婦女團體為例》，東吳大學政治學研究所碩士學位論文，未出版。
- 許士軍(2001)，《管理學》，台北：東華書局，第十版。
- 程香儒(1990)，《組織使命的志工組織永續諾相關影響因素之研究：以高雄三家非營利機構為例》，國立中山大學人力資源管理研究學碩士學位論文，未出版。
- 楊政學(2005)，《實務專題製作：企業研究方法的實踐》，台北：新文京公司，第二版。
- 楊政學、邱永承(2001)，〈壽險業知識管理實務模式探討〉，《第三屆永續發展管理研討會論文集》，pp.261-285，屏東：國立屏東科技大學管理學院。
- 蘇洺賢(2000)，《我國非營利組織跨國組織合作關係類型及管理機制之研究》，靜宜大學企業管理研究所碩士學位論文，未出版。
- 韓詠蘭(1999)，《企業主管領導型態、組織生命週期、部屬人格特質與領導效能關係之研究－以台灣食品

- 業為例》，國立成功大學國際企業研究所碩士學位論文，未出版。
- 鍾琳惠(1990)，《台北市社會福利服務機構主管之領導方式與其部屬工作滿足之研究》，國立政治大學社會研究所碩士學位論文，未出版。
- Anthony, R. N. and R. E. Herzlinger (1975), *Management Control in Nonprofit Organizations*, Homewood, Ill.: Richard D. Irwin.
- Blake, R. R. and J. S. Mouton (1964), *The Managerial Grid*, Houston: Gulf.
- Cavana, R. Y., Delahaye, B. L. and U. Sekaran (2001), *Applied Business Research: Qualitative and Quantitative Methods*, New York: John Wiley & Sons, Inc, 3<sup>rd</sup> (ed.).
- Cohen, A. R., S. L. Fink, H. Gadon and R. D. Willits (1976), *Effective Behavior in Organizations*, Homewood, Ill.: Richard D. Irwin.
- Fiedler, F. E. (1967), *A Theory of Leadership Effectiveness*, N. Y.: McGraw-Hill.
- Fleishman, E. A., E. F. Harris and H. E. Burt (1955), *Leadership and Supervision in Industry*, Columbus, Ohio: Bureau of Business Research, Ohio State University.
- Ghiselli, E. (1963), "The Validity of Management Traits Related to Occupational Level", *Personnel Psychology*, 16, 467-476.
- Hansmann, H. (1980), "The Role of Nonprofit Enterprise." *Yale Law Journal*, 89(5), 835-901.
- Hersey, P. and K. H. Blanchard (1977), *Management of Organizational Behavior*, 3<sup>rd</sup> (ed.), Englewood Cliffs. N. J.: Prentice-Hall.
- House, R. J. and T. Mitchell (1974), "Path-Goal Yheory of Leadership", *Journal of Contemporary Business*, Autumn, 81-97.
- Likert, R. (1961), *New Patterns of Management*, N. Y.: McGraw-Hill.
- Mahoney, T. A., T. A. Jerdee and A. N. Nash (1960), "Predicting Managerial Effectiveness", *Personnel Psychology*, 13, 147-163.
- McMurry, R. N. (1958), "The Case for Benevolent Autocracy", *Harvard Business Review*, 36, 82-90.
- Reddin, W. J. (1970), *Managerial Effectiveness*, N. Y.: McGraw-Hill.
- Robbins, S. P. and M. Coulter (2003), *Management*, 7th (ed.), Hwa-Tai Publishing Company.
- Salamon, L. M. (1995), *Partners in Public Service : Government-Nonprofit Relations in the Modern Welfare State*, Baltimore, Maryland : The Johns Hopkins University Press.
- Stogdill, R. M. (1948), "Personal Factors Associated with Leadership", *Journal of Applied Psychology*, 25, 35-71.
- Tannenbaum, R. I., R. Weschler and F. Massarick (1961), *Leadership and Organization: A Behavioral Science Approach*, N. Y.: McGraw-Hill.
- Tannenbaum, R. I. and W. H. Schmidt (1958), "How to Choose a Leadership Pattern", *Harvard Business Review*, 36, 95-101.
- Terry, G. R. (1960), *Principle of Management*, 3<sup>rd</sup> (ed.), Homewood, Ill.: Richard D. Irwin.
- Vroom, V. H. and P. W. Yetton (1973), *Leadership and Decision-Making*, Pittsburgh: University of Pittsburgh Press.
- White, R. and R. Lippett (1953), "Leader Behavior and Member Reaction in Three 'Social Climates'", in D. Cartwright and A. Zander. (eds.), *Group Dynamics": Research and Theory*, N. Y.: Harper & Row, 385-611.

# 技職體系畢業生生涯規劃暨就業狀況之研究 -以明新科技大學企管系為例

詹慧雯\* 陳依萍

明新科技大學企業管理系

## 摘要

在景氣低迷失業率居高不下的時代下，技職體系的畢業學生在找工作上面臨了更多困難。本研究欲了解明新科技大學企管系的畢業生在職場上就業情況、以便提供在校生成生涯規劃之參考。故針對日間部 90 學年度以前的畢業生進行全面普查，在調查中顯示有 82%受訪者是有工作的，工作性質為會計、業務助理居多；只有 4%是正在找工作的，大部分的人會以人力銀行為尋找工作管道的第一考量。專科畢業生平均薪資為 26,872 元，大學畢業生平均薪資為 28,405 元，年資每增加一年薪資調高 589 元。至於調查「畢業系友對證照看法」可知以語文證照是職場上最重要的證照，對系上所開的「專業課程」以商業套裝軟體、會計學、商用英文為最實用課程。

**關鍵詞：**技職體系，就業情況，生涯規劃，證照。

## The Research of the Employment Situation and Career Planning with Graduate Students from TVES: Department of Business Administration of Ming Hsin University of Science and Technology

H.W. JAN I Ping Chen

Department of Business Administration of Mingshin University of Science and Technology

## Abstract

In the year of low inflation and high unemployment rate, it is much more difficult of TVES graduates to find jobs. In order to provide a reference of career planning for students, this research investigates the employment situation of graduates from Department of Business Administration in MUST. From the data, 82% have jobs, mainly accounting assistant and sales assistant. Only 4% are looking for jobs. Human resource bank is the first choice of them to find jobs. The average month salary of college graduates is NT\$ 26872 and that of university graduates is NT\$ 28405. Average raise per year is NT\$ 589. The polling of certificate effectiveness shows "language certificate" is the most important one on job. The most practical courses in school are Business Software Package, Accounting, Business English.

**Keyword:** Technical and Vocational Education Systems(TVES), Employment Eituation, Career Planning, Certificates.

---

\* 企管系副教授 地址：新竹縣新豐鄉新興路 1 號 Tel：5593142 ext3583 E-mail：hwjan@must.edu.tw

## 一 前言

本國初設技職體系之教育宗旨與教學目標，是為傳授學生就業之技藝，通識教育、人文精神，其中以就業技藝為優先。但是近年來，在教育部大力提倡技職大學化下，技術學院也紛紛爭取改制為科技大學，並且加入了許多有關升學的課程，無形間消弱了科技大學畢業生之就業能力。因此，科技大學之課程規劃是目前令人急欲探討的新問題。本研究的主要目的是調查明新科技大學企管系的畢業生在職場上就業情況、以便提供在校生做生涯規劃之參考，文中內容包含以下問題之探討：

- 1、畢業生在職場上就業情況。
- 2、何種證照對就業者未來升遷及待遇最有幫助。
- 3、在求職時須具備的能力，以及就業後使人致勝的關鍵能力。
- 4、準畢業生在面臨求職時應如何著手及由何處取得就業資訊。
- 5、個人在職場上年資及學歷是否為影響個人薪資之因素。
- 6、系上所開設之課程是否在就業市場具備實用性。

## 二 文獻探討

生涯是甚麼？又應該如何做好規劃呢？下列兩位學者對生涯的解釋非常傳神，林幸台(1987)對生涯的解釋為：個人一生所從事的工作，以及其擔任的職務、角色，但同時也涉及其他非工作或職業的活動。金樹人(1990)的註解為：生涯即人生的發展道路，亦即指個人一生中所扮演的系列角色與職位。又 Supper(1980)的生涯發展理論讓我們對生涯各階段切割有一清楚的概念；他認為人生的整體發展可以分成三個構面，即時間(time)、範圍(breadth or scope)和深度(depth)。而一個人生命旅程依照年齡分為五個階段：生長期(growth，出生-14 歲)主要任務是經由家庭與學校發展自我概念；試探期(exploration，15-24 歲)主要任務是自我探索與職業概念的形；建立期(establishment，25-44 歲) 主要任務是確定前一階段職業選擇與決定是否正確；維持期(maintenance，45-64 歲) 主要任務是守住這份工作以及衰退期(decline，65 歲以後) 主要任務是由職場退休後的規劃。不同的發展階段有不同的主要角色扮演，同一時間內也可扮演不同的角色，只是每個角色投入深、淺不同而已；而技職體系的學生正處於試探期，他們應該如何自我探索以便選擇合適的職業，這是本研究所關心的問題。

所謂「就業」(Employment)是指個人從事某種職業，尤其是指從事有報酬之職業。早期 Maslow (1943) 提出需求層級理論：認為只要是人就有生理需求、安全需求、社會需求、自尊需求以及自我實現需求。有了這些基本需求，於是人就有就業需求。而企業僱用人力條件包括教育程度、工作經驗以及足以擔任相當職位的入行技能、個人特徵與人格特質等有關的就業能力(張善智譯，2003)。在就業之後、如何增強工作績效， Locke (1960)以及 Skinners (1971)分別提出目標設定理論(Goal-Setting Theory)和增強理論(Reinforcement Theory)。兩者差異在於目標設定理論是指特定、具體明確且略有難度的目標，可以比一般性目標更容易提升員工的工作績效；但增強理論則是提供雇主管理員工行為一個有效的獎懲方法，例如：提案即給予提案獎金(正面增強)或者遲到則處以扣除全勤獎勵(負面增強)等方法。因此，上司的態度及其用以激勵在每個人工作績效方法，也影響著人在目前工作的去留情形，進而影響每個人對工作滿意情形，

於是一連串就業活動問題由此衍生。所以，本研究關心技職體系的畢業生應該如何面對就業問題以及技職體系的在校生應該如何提早做生涯規劃。

近來探討技職體系學生生涯規劃，進行就業情況調查及人力資源調查的文獻茲列述如下：李秋菊(2002)以德霖專科學校調查顯示：二專制的畢業生受制於學歷因素，而傾向以升學來提高就業機會及薪資，就業資訊多數從報章雜誌、大眾傳播媒體以及網路獲得；而沈純如等(2002)以南台科技大學財金系歷屆畢業生做調查顯示：畢業生畢業後直接進入職場的人較多，以男性、大學以上且從事金融服務業者，通常有較高的薪資，但仍有少數人傾向升學，主因是碩士的就業機會及起薪較大學畢業者的人高。高彩雲(2003)針對 92 學年度科技大學應屆畢業生調查其升學與就業意願得知：科技大學學生對於就讀科系不太有興趣且對所學技能不太有信心；在選擇工作時是以待遇、環境與升遷發展為主要考量因素；並且對於畢業後繼續升學的意願相當強烈。周春美與沈健華(2004)利用 104 人力銀行的求職資料庫資料分析商專人力供需顯示：未來五年(民 93-98 年)專科學校的商管科系中的企業管理科系學生未來可能面臨就業機會短缺的困境，而商業事務、會計及金融等科系則有較多的就業機會。對於英文應用能力及 Office 軟體應用能力，尤其是中文輸入能力，以及積極的工作態度與配合度，是僱主對於專科人力應具備就業能力的期待。周春美與沈健華(2004)分析商業技職人力僱用條件需求結果發現，事業單位對應徵者應具備的就業能力項目方面，以基本技能、資訊應用、個人管理技能以及團體工作能力為主；雇主聘用專科以上學歷的應徵者時，係以畢業科系、證照與經歷等三項，作為甄選人力的主要條件限制。

綜合上述研究得知：科技大學學生對於就讀科系不太有興趣且對所學技能不太有信心；且未來五年內商管科系中的企業管理科系學生最可能面臨就業機會短缺的困境，又上述文獻資料分析對象沒有針對企管系歷屆畢業生做就業調查；因此本研究以明新科技大學企業管理學系歷屆畢業生做調查，分析結果可提供企業管理科系在校生做生涯規劃的參考。由於研究背景與對象和沈純如等(2002)所做的調查比較相似，所以以下的資料分析會比較兩者的異同處。

### 三 研究方法

為達到研究目的，本研究利用問卷對明新科技大學企業管理學系 90 學年度以前日間部之歷屆畢業系友進行全面普查，調查時間為民國 93 年暑假。茲將本研究步驟、研究對象、問卷設計與資料分析方法分述如下。

#### (一) 研究步驟

- 1、擬定研究主題及目的。
- 2、蒐集相關資料：包含相關文獻以及各屆畢業生通訊錄和學校授權之畢業生原始基本資料，如：通訊地址、電話和 e-mail 等。
- 3、問卷設計：依研究目的並參考相關文獻、經小組討論且修正整理後，編製問卷。同時，對學校授權之資料進行整理及電腦建檔，此為畢業生之系友原始基本資料。
- 4、進行預試：選取明新科大企管系某一班為預試樣本，進行問卷預試並在預試後修正定稿。
- 5、實施問卷調查：第一階段先以普查方式進行郵寄問卷，在確定郵寄回收人數後，第二階段對於未收到問卷的人進行電話訪談，若受訪者工作繁忙，再進行 e-mail 問卷的寄發訪問。

- 6、原始系友資料之更新與訪談資料建檔：在問卷回收後，對於有誤之原始資料進行更新，同時整理問卷訪談結果與電腦化建檔。
- 7、資料分析與統計檢定：對於回收完成之完整問卷進行資料分析與統計檢定。
- 8、在分析統整後，進行結論與建議。

## (二) 研究對象

本研究之對象以明新科大企管系 90 學年度以前日間部之歷屆畢業系友為主。其中包含五專部畢業生 4 屆(87~90 年畢業生)、7 屆二專部畢業生(84~90 年畢業生)、1 屆二技部畢業生(90 年畢業生)，共計 1013 名。所有校友基本資料經明新科技大學授權取得，在研究完畢之後所有建檔資料會留存於明新科技大學企管系上，以供後續研究和系上聯繫系友之資料庫。

## (三) 問卷設計

### 1、基本資料調查

本問卷首先進行基本資料之調查，用以了解受訪者目前狀況。調查內容包含：性別、婚姻、最高學歷及再進修情形、與明新科大企管系上聯繫情形(是否得知 93 學年企研所開始招生)、系友彼此間之聯繫情況、就業情況分佈。

### 2、目前有工作者，含兼職及工讀生

此一部份問卷設計是為了解目前在職之受訪者就業情形，例如求職管道、行業類別、工作時數、工作性質以及薪資等；學歷以及年資是否為影響「薪資」多寡的重要因素。此外，透過畢業校友寶貴意見尚可得知：在學校所學的專業知識對目前的工作而言有那些是較實用的？且所學與目前工作是否具相關性；目前職場上重要的技能和影響待遇提升及未來升遷最有幫助證照為何？最後一部分是以 Likert 五點量表探討畢業系友對目前工作的滿意程度與重要程度調查，其項目分為「工作內容、性質」、「工作環境」、「待遇與福利」、「升遷制度」、「在職進修」、「人際關係」及「上司的態度」等七大項，進而了解系友對目前工作各方面的評價是否符合心中所期許的程度。以上研究結果除了可以讓在學學生以及即將畢業的學生提早為個人的生涯規劃做完善的準備外，還可提供資訊給系上做好課程規劃，使得未來畢業生就業時，能有效掌握自我在職場上的競爭力。

### 3、沒有工作，正在找工作

此部份的設計，是為了解企管系畢業生有多少人是尚在求職的，並且期望由問卷中得知正在求職的畢業生對於求職的一些看法。

### 4、沒有工作且不想找工作

配合受訪者的基本資料用以了解受訪者目前沒有工作或不想工作的原因為何。

## (四) 資料分析方法

以郵寄、電話訪談及 e-mail 回收調查的問卷之後，接著進行刪除廢卷並將資料輸入整理成 Excel 檔案。然後使用 Excel 及 spss10.5 進行各種敘述統計計算及表格圖形的繪製，並且針對不同類型的研究假設，使用卡方檢定、Z 檢定以及迴歸分析等統計方法對先前假設做驗證，最後運用 word 軟體完成撰寫編輯的工作。

#### 四 資料分析

本研究之問卷回收由表一得知完整部分有 508 人，佔受訪人數的 50%；不完整部分(包括不願意作答、在外地工作、已結婚等聯絡不到本人的情形者)有 397 人，佔受訪人數的 39%；完全無法聯絡數(包括原始校友基本資料遺失、失誤、已變更等情形者)有 108 人，佔受訪人數的 11%。

表一. 樣本回收統計表

問卷回收情形	人數	百分比(%)
完整問卷	508	50
不完整問卷	397	39
無法聯絡數	108	11
總樣本數	1013	100

資料來源：本研究

##### (一)、基本資料的敘述分析

###### 1. 性別與婚姻狀況

由本研究分析可得男性受訪者有 93 人，佔 18%；女性受訪者有 415 人，佔 82%。因企管系屬商科體制，故系上之女性畢業生多於男生畢業生，但就讀企管系的男性有逐年增加的趨勢。因受訪者的年齡介於 25~29 歲之間，所以調查顯示未婚比率高達 90%。

###### 2. 學歷及再進修情況

本研究將學歷區分為專科、大學及碩士，其中包括再進修(含正在進修)取得學士及碩士學位的人。由表二分析可得：86 年以前的畢業生以二專為主，在早期社會環境下，大學學歷已具足夠的競爭力，所以進修碩士比例較少，再進修的情形以插大及大學同等學歷的技術學院為主，但依然持續在商學領域。又 87 至 90 學年度專科與大學畢業生的人數不相上下，且取得學士學位後再進修碩士者逐年有提升。另外，沈純如等(2002)所做的調查顯示財金系的畢業生最高學歷為大學學歷者有 57%，碩士學歷也有 2.68%。此現象與高彩雲(2003) 調查應屆畢業生畢業後有強烈的升學意願相符，不直接就業繼續升學也漸漸成為技職體系畢業學生的另一選擇。

表二. 最高學歷統計表

畢業年度 最高學歷	85 以前		86		87		88		89		90		合計	
	人數	(%)	人數	(%)	人數	(%)	人數	(%)	人數	(%)	人數	(%)	人數	(%)
專科	6	33	17	59	43	49	44	44	59	53	67	42	236	46
大學	12	67	10	34	42	48	53	53	47	42	89	55	253	50
碩士	0	0	2	7	3	3	3	3	6	5	5	3	19	4
合計	18	100	29	100	88	100	100	100	112	100	161	100	508	100

資料來源：本研究

###### 3. 是否知道 93 學年企研所開始招生

由資料分析可知：受訪者中已知明新科大 93 學年開設企研所訊息的人數有 207 人，佔四成，而不知道的人有 300 人佔六成。又在已知招生訊息者中，多數是因地緣關係而注意此消息，如：住在新竹者、在新竹工作及希望在新竹再進修的人。而在其他地區的人，得知此訊息並不多，此現象顯示出系上與畢

業生聯繫管道並不暢通。目前系上與畢業生聯繫的管道是透過學校的明新新聞報及系友網頁，但是這兩種聯繫管道的成效都不佳；本研究以電訪的方式詢問住在新竹以外地區的人是如何得知訊息，受訪者大都是由本校的明新新聞報上得知；但由於明新新聞報所寄發的地址為畢業系友於當年在註冊組所登錄資料，所以若受訪者在外地工作或受訪者家的住址改變或遷移，雖然明新新聞報仍定時寄發，但依然無法令校友得知明新的訊息。此外，雖然企管系於近年有規劃系友網頁，但因知道的系友不多且網頁為封閉式，所以此網頁與系友連繫互動之功能亦已喪失。

#### 4. 畢業後是否有再和系友聯絡

有 69%的畢業生有和系友聯絡，聯絡的方式皆以電話聯絡居多，其次是 e-mail。其中有聯絡的受訪者大多是與同班同學聯絡；而有 31%的畢業生並沒有和系友聯絡，由此可見畢業的系友沒有充分利用系友資源來拓展自己的人脈網絡。

綜合上述兩點建議系上可以多多主動舉辦系友座談會或邀請優秀系友回娘家傳遞社會經驗給予學弟妹。再者，聘請專人好好重新規劃系上網頁並廣為宣傳，讓系友能有一個即時又方便的互動管道、可以知道系上訊息、提供意見給在校的學弟妹，並且也可以是明新企管人尋找建立人脈資源的好地方。

#### 5. 目前的就業狀況

由表三得知大部分的畢業生畢業後都以就業為主，升學的人佔少部分；有工作者為 82%，其中 86 學年以前畢業的受訪者就業情況穩定，無失業情況。但從 87 至 90 學年之受訪者中，因女性結婚、男性兵役和升學的人數漸多，非受迫性無工作者增加；又根據主計處人力資源調查統計結果 94 年 7 月的失業率 4.32%，由此數據顯示企管系的畢業生就業狀況還算不錯。

表三.畢業系友就業狀況統計表

就業狀況 \ 畢業年度	85 以前		86		87		88		89		90		合計	
	人數	(%)	人數	(%)	人數	(%)	人數	(%)	人數	(%)	人數	(%)	人數	(%)
目前有工作，含兼職及工讀生	18	100	25	86	81	92	81	81	88	79	122	76	415	82
無工作，正在找工作	0	0	0	0	2	2	3	3	5	4	9	6	19	4
目前無工作，且不想工作	0	0	4	14	5	6	16	16	19	17	30	19	74	15
合計	18	100	29	100	88	100	100	100	112	100	161	100	508	101

資料來源：本研究

#### (二)、有工作者的敘述分析

就目前在職者的工作情況來看，可分成兩類：以全職 406 人為主，佔就業人數的 98%；其餘兼職及工讀生則是少數，佔就業人數的 2%。因兼職及工讀生人數少，故下列分析皆以全職工作的受訪者做為探討對象。

##### 1. 目前的工作為第幾份工作

由表四得知目前畢業系友多數人的工作幾乎已是第二份(36%)或第三份工作以上(35%)，其中已畢業 3 到 4 年的系友，目前工作以第二份工作為主；畢業 4 年以上的系友，目前工作是以第三份工作以上分佈為主。其中值得特別注意的是 89 年及 90 年度畢業的系友目前的工作是第一份者分別佔 30%及 47%，顯

然剛畢業兩到三年的系友會換工作的比例超過一半。且周春美與沈健華(2004)研究發現對於應徵者的經歷年資要求也以三年以內為原則。所以本研究建議，即將畢業的在校生找工作的態度可將第一份工作重點放在吸取經驗及摸索興趣上，不必計較薪水多寡、認真學習職場生態、等待經驗足夠便可以增加工作競爭力，並且依照自己的興趣找到合適的工作。

表四. 工作份數統計表

年度 \ 工作份數	85		86		87		88		89		90		總計	
	人數	%	人數	%	人數	%								
第一份	1	6	3	12	19	23	14	18	26	30	54	47	117	29
第二份	6	35	9	36	22	27	41	51	35	40	35	30	148	36
第三份以上	10	59	13	52	40	49	25	31	26	30	27	23	141	35
總計	17	100	25	100	81	100	80	100	87	100	116	100	406	100

資料來源：本研究

## 2. 尋找工作的管道及工作性質

在全職的受訪者中，大多從人力銀行(47%)、親友介紹(26%)、報章雜誌(16%)等管道尋找到工作。而利用人力銀行的管道找尋工作的人佔第一名，約是第二名的 1.8 倍；顯示在網路的進步下，擁有更方便、

表五. 全職者工作性質統計表

工作性質	次數	百分比
會計	81	20
財務、金融、保險	69	17
業務助理	61	15
生管	33	8
人事	33	8
行銷	27	7
國貿	10	2
總務	9	2
其他	83	20
總計	406	100

資料來源：本研究

快速的找尋管道，愈能受到求職者的喜愛。有工作者從事的工作性質以會計、財務金融保險、業務助理三者為多，參見表五。沈純如等(2002)所做的調查顯示財金系畢業生的工作性質以財務金融保險(32%)為主、會計(28%)次之，顯見商管科系的畢業生在選擇工作性質上是差不多的；只是財金系畢業生選擇財務金融保險的比例比較高，顯然財金系畢業生大都能學以致用，而企管系畢業的學生可以選擇工作性質較廣泛。

## 3. 一週工作時數

在現今就業市場上，普遍採用週休二日制度，以每日 8 小時計算，每週正常不加班的工時應為 40 小

時，而本研究分析顯示企管系的畢業生，平均一週工作時數以 41-50 小時之間的人數佔 46%為最多，其次以 40 小時以下的人數佔 38%為第二。沈純如等(2002)所做的調查顯示財金系畢業生的每週工時 40 小時以下的人只佔 3.8%，平均一週工作時數以 41-48 小時之間的人數佔 69.3%為最多；整體而言，兩系系友每週的平均工作時數都大約為 46 小時，由此可知大部分的工作者有加班情形。

#### 4. 月薪及年資

企管系畢業生的每月薪資以 25,000 元到 35,000 元之間的人數為最多,其比例佔 63%(參見表六)，每月平均薪資為 29,747 元；而畢業系友受訪者中，年資未滿一年(21%)佔排名第一，其次年資為二年至三年有 20%。沈純如等(2002)所做的調查顯示財金系畢業生的月薪以 20,000 元到 30,000 元之間的人數為最多,其比例佔 58%，每月平均薪資為 24,478 元；而畢業系友受訪者中，年資未滿一年(5.16%)佔少數，年資為一年至二年佔比例最多有 24.73%。顯然在不同的科系以及不同的年資其平均薪資是有差別的。

表六. 全職者工作月薪統計表

薪資(元)	人數	百分比(%)
15000 以下	1	0
15001~20000	6	1
20001~25000	81	20
25001~30000	153	38
30001~35000	103	25
35001~40000	17	4
40001~45000	15	4
45001~50000	8	2
50001 以上	12	3
拒答	10	2
總計	406	100

資料來源：本研究

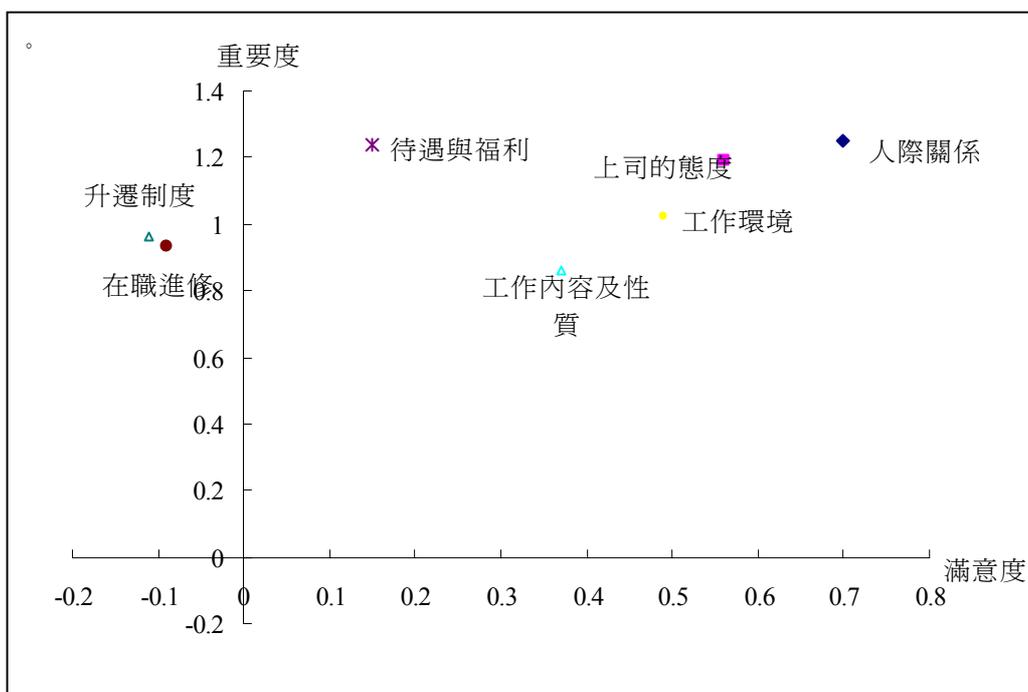
#### 5. 工作滿意與重要程度之分析

從表七及圖一得知，「人際關係」是受訪者在職場上最重視的因素也是最滿意的因素，可見目前正在工作的受訪者覺得與同事間互動趨近於滿意且最重要。滿意程度與重要程度排名差異較大的是「待遇與福利」，受訪者認為公司「待遇與福利」是重要的，僅次於「人際關係」，但對目前工作所得之待遇與福利卻不甚滿意，所以根據 Skidders(1969)所提出來的增強理論中的正面增強可知，公司若以激勵方式來增加員工的待遇及福利，是留住好人才方法之一。由於早期專科畢業的受訪者有許多是投入電子業當技術員，其職位少有「在職進修」及「升遷」的制度，所以對於「在職進修」及「升遷制度」雖不滿意，但也沒有換工作的意願。此外，有工作的受訪者對選擇工作的重要因素考量與高彩雲(2003)針對應屆畢業生調查結果不盡相同：差別比較大的是有工作經驗的人重視人際關係，應屆畢業生比較重視的是升遷發展，兩者相同的是在選擇工作時會以待遇與環境為主要考量因素。

表七. 全職者工作滿意及重要程度之分析

項目	滿意程度		重要程度	
	平均	排名	平均	排名
人際關係	0.70	1	1.25	1
上司的態度	0.56	2	1.19	3
工作環境	0.49	3	1.02	4
工作內容及性質	0.37	4	0.86	7
待遇與福利	0.15	5	1.24	2
在職進修	-0.09	6	0.93	6
升遷制度	-0.11	7	0.96	5

資料來源：本研究



圖一. 全職者工作滿意及重要程度之矩陣圖

資料來源：本研究

### (三)、正在找工作者的敘述分析

從受訪者找工作時間的長短來看，大約從幾個禮拜到六個月，但大多數人都是平均在 1~2 個月間，主因是多數的人想轉換工作的環境，而少部分的男生是剛退役，尚未找到工作。在求職者中有 68%的受訪者是以人力銀行為尋求工作的管道，取代以往利用報章雜誌尋求工作，但是仍有 21%的人還會以報章雜誌來尋求工作。所以即將畢業的學生可以開始留意人力銀行的求職訊息以備畢業後可以順利找到工作。

受訪者認為找工作所遇到的情形最多是薪水太低及其他選項各佔 21%。在其他選項部分，受訪者認為要有工作經驗及社會經歷才容易找到工作；還有 16%的受訪者，自認為學歷太低，還需要再進修，找

工作才會更容易。其次，因為目前社會經濟變化大，教育及公職的工作遠比金融服務業穩定性及福利高，所以選擇教育及公職的人高於金融服務業。另外，在求職者中想找尋行業類型以電子業居多；想找的工作性質以生管職務為最多、佔總人數的 32%，其次為會計、人事、總務佔 21%。

#### (四)、比較有無工作者對課程、證照、技能之看法

##### 1. 專業課程分析

本研究目的之一是在了解企管系畢業生，認為工作中或找工作過程中，那些在校所學之相關專業課程是應具備的，以提供在校生選課及系上開課之參考。

由表八分析結果得知，以專業課程大類評比：有工作者或無工作正且在找工作者都選擇資訊相關課程是在校所學最需具備的專業課程，而排名第二名的專業課程分別為，有工作者認為是商用基礎課程，無工作且正在找工作者則認為是輔導課程。若以專業課程細項評比：有工作者認為商業套裝軟體、會計學原理和商用英文分別佔該細項相關課程中前三名；無工作且正在找工作者認為商業套裝體、商用英文佔前二名。沈純如等(2002)所做的調查顯示財金系有無工作的畢業生約有一半的人認為會計學最有用，其他課程所佔比例均不高；顯然兩系的畢業生在選擇實用的專業課程並不相同。

##### 2. 畢業系友對證照重要性的看法

周春美與沈健華(2004)調查認為雇主聘用專科以上學歷的應徵者時，係以畢業科系、證照與經歷等三項，作為甄選人力的主要甄選限制。為了解有無工作的受訪者在職場上最需的證照為何？本研究經由調查結果得知有工作和正在找工作的受訪者中，都認為語文證照最為重要，平均得分為 57 和 5.25。表九明顯得知有無工作者皆認為語文類證照是最重要的，且語文證照中又以全民英檢和多益 TOEIC 為最重要，該二項證照皆為英文證照。顯然企業在國際化的情形下，需要擁有國際語言能力的人才。其次有工作者對電腦、財務金融、會計證照的重要性看法差異不大。此外，技職體系大都著重於專業能力的訓練，公職考試的項目與技職體系所學之專業科目相差甚遠，所以考公職考試的畢業生並不多。又近年來，金控事業蓬勃發展，相對的人才需求量大增，也因此提高了金融類證照的重要性，但早期就業市場並無此趨勢，所以此類型的證照平均得分並不高。另外，沈純如等(2002)所做的調查顯示財金系有無工作的系友有半數以上認為持證照與否對找工作並非重要的，這點在強調證照時代是非常不同的。

##### 3. 重要技能分析

周春美與沈健華(2004)調查結果發現，事業單位對應徵者應具備的就業能力項目方面，以基本技能、資訊應用、個人管理技能以及團體工作能力為主。到底哪些基本技能是較有用的呢？由表十可知，正在找工作者與有工作者在有用的基本技能認知上是不同的；正在找工作者認為英文、電腦軟體與網路應用及文書處理為優先考慮具備的技能；可見現在的求職者想要找到工作應該盡量擁有以上的專業技能。又目前有工作者認為擁有較好的溝通技巧、人際關係及英文在工作職場上是比較佔便宜的。這個結果與沈純如等(2002)所做的調查是差不多的，財金系有工作的畢業生認為文書處理最重要(44%)，次之是溝通技巧與人際關係(40%)，第三名是英文(36.68%)。

表八. 有無工作者對專業課程的看法

課程大類及細項		就業狀況	目前在國內有工作者，不含兼職及工讀生(406 人)	目前沒工作，正在找工作者(19 人)
			人數	人數
資訊相關課程	商業套裝軟體		153	13
	會計資訊系統		30	7
	商用程式設計		15	2
	資訊科技導論		16	2
	<b>分項總合</b>		<b>214</b>	<b>24</b>
	<b>分項平均</b>		<b>53.5</b>	<b>6</b>
商用基礎課程	會計學原理		107	7
	商用英文		98	11
	管理學		69	3
	經濟學		34	4
	統計學		31	5
	企業概論		26	0
	貨幣銀行學		25	3
	心理學概論		22	0
	電子商務導論		18	0
	<b>分項總合</b>		<b>430</b>	<b>33</b>
	<b>分項平均</b>		<b>47.8</b>	<b>3.67</b>
進階管理課程	財務管理		74	5
	行銷管理		69	4
	生產與作業管理		70	2
	人力資源管理		50	2
	中級會計學		40	3
	成本會計		38	1
	策略管理		24	2
	個體經濟學		12	0
	企業研究方法		11	1
	<b>分項總合</b>		<b>388</b>	<b>20</b>
	<b>分項平均</b>		<b>43.1</b>	<b>2.2</b>
輔導課程	商業證照		32	6
	專題製作		25	5
	<b>分項總合</b>		<b>57</b>	<b>11</b>
	<b>分項平均</b>		<b>28.5</b>	<b>5.5</b>

資料來源：本研究

表九. 有無工作者對證照的看法

證照分類		就業狀況	目前在國內有工作者，不含兼職及工讀生(406 人)	目前沒工作，正在找工作者(19 人)
證照種類	證照細項		選取次數	選取次數
語文	全民英檢		99	10
	多益 TOEIC		61	7
	日本語檢定測驗		35	0
	托福 TOEFL		33	4
	分項總合		<b>228</b>	<b>21</b>
	分項平均		<b>57</b>	<b>5.25</b>
電腦	電腦軟體乙級技術士		32	4
	電腦軟體丙級技術士		20	3
	分項總合		<b>52</b>	<b>7</b>
	分項平均		<b>26</b>	<b>3.5</b>
財務金融	理財規劃人員		44	4
	投信投顧業務員		23	0
	期貨商業業務員		21	0
	證券商業業務員		20	1
	人身保險業務員		19	1
	證券商高級業務員		17	0
	分項總合		<b>144</b>	<b>6</b>
	分項平均		<b>24</b>	<b>1</b>
會計	會計事務乙級技術士		34	10
	電腦會計		26	2
	會計事務丙級技術士		13	2
	分項總合		<b>73</b>	<b>14</b>
	分項平均		<b>24.33</b>	<b>4.67</b>
公職人員	普考		9	1
	高考		6	0
	初等特考		4	1
	基層特考		3	1
	分項總合		<b>22</b>	<b>3</b>
	分項平均		<b>5.5</b>	<b>0.75</b>

資料來源：本研究

表十. 有無工作者對技能的看法

技能種類	就業狀況	目前在國內有工作者，不含兼職及工讀生(406 人)		目前沒工作，正在找工作者(19 人)	
		人數	排名	人數	排名
溝通技巧		265	1	6	5
人際關係		224	2	5	7
英語		209	3	17	1
電腦軟體與網路應用		189	4	10	2
文書處理		169	5	9	3
中英打		131	6	8	4
日語		24	7	5	6
其他		15	8	0	8

資料來源：本研究

(五)、統計檢定

1.卡方檢定

本研究利用卡方檢定驗證：不同性別在選擇行業別上、在找尋工作的管道上以及在選擇工作性質上是否相同。結果顯示不同性別在選擇行業別上與在找尋工作的管道上是沒有差異的，參見表十一及表十二。但是根據表十三了解男性畢業系友選擇的工作以金融機構性質類和生管為主；女性畢業系友選擇的工作為會計及業務助理居多，所以男生、女生對選擇工作性質方面是不同的。

表十一. 性別與選擇行業別之交叉分析

性別 行業別	男	女	總計
服務業	21	121	142
製造業	25	168	193
其他行業	6	65	71
總計	52	354	406
P 值 = 0.425			

資料來源：本研究

表十二. 性別與尋找工作的管道之交叉分析

性別 工作管道	男	女	總計
人力銀行	27	164	191
其他	25	190	215
總計	52	354	406
P 值 = 0.45			

資料來源：本研究

表十三. 性別與工作性質之交叉分析

性別 工作性質	男	女	總計
財務、金融、保險	12	57	69
會計	1	80	81
生管	9	24	33
人事	2	31	33
行銷	7	20	27
業助	2	59	61
其他	19	83	102
總計	52	354	406
P 值 = 0.00**			

資料來源：本研究

此外，由表十四的卡方檢定 P 值得知：不同學歷所選擇的公司類型是一致的。從表中可以看出，無論是專科和大學的受訪者，他們所選擇的公司類型幾乎一致，都是以製造業為主，其次是服務業。在表十五中卡方檢定 P 值顯示：不同學歷的人尋求工作管道是不一致的，大學以上的畢業生還是比專科畢業生較喜愛使用人力銀行找工作。

表十四. 學歷與選擇的行業別之交叉分析

最高學歷 \ 行業別	專科	大學以上	總計
服務業	74	68	142
製造業	96	97	193
其他行業	34	37	71
總計	204	202	406
P 值 = 0.829			

資料來源：本研究

表十五. 學歷與找尋工作管道之交叉分析

最高學歷 \ 工作管道	專科	大學以上	總計
人力銀行	82	109	191
其他	122	93	215
總計	204	202	406
P 值 = 0.005**			

資料來源：本研究

## 2. Z 檢定

利用 Z 檢定來檢定男性平均薪資是否大於女性平均薪資。由表十六得知 Z 檢定之 P 值=0.001，顯示畢業系友中男性的平均薪資是比女性平均薪資顯著的多 7551 元，大約為 1.26 倍。此數據與 1111 人力銀行調查的 1.27 倍相近。而沈純如等(2002)所做的調查顯示財金系男性平均薪資也是大於女性平均薪資約 3,446 元。女性薪資之所以處於弱勢，顯示女性會因分娩、扶育幼童等因素而影響工作，社會趨向以男性勞動型態為主；亦男性勞動者升遷較女性容易，所以畢業系友男女性別差異會顯示出薪資的高低。

表十六. 性別和薪資之 Z 檢定

項目 \ 性別	平均薪資	標準差	人數	Z 統計	臨界值(單尾)	P 值
男	36416	10685	52	4.991	1.645	0.001**
女	28865	5981	354			

資料來源：本研究

從表十七之 P 值=0.020 可知，已婚平均薪資大於未婚平均薪資。根據本研究結果推測，畢業系友中已婚者會因某些因素正向影響薪資的提升，例如：已婚者年齡較大，進入市場較早，相對年資較高而普遍薪資亦較高、已婚者給人有穩重印象，適交付重大任務而升遷容易，相對薪資高。

表十七. 婚姻狀況與薪資之 Z 檢定

項目 婚姻狀況	平均薪資	標準差	人數	Z 統計	臨界值： 單尾	P 值
已婚者	32667	9237	39	2.06	1.645	0.020*
未婚者	29531	6904	367			

資料來源：本研究

### 3.迴歸分析

一般而言，大家認為學歷和工作年資是影響薪資的重要因素，學歷愈高相對薪資愈高，工作年資愈長相對薪資也跟著調整。我們藉由表十八之迴歸分析看出，年資( $X_1$ ) 和學歷( $X_2$ )對薪資(y)皆有顯著的相關性，其中迴歸最適線為  $\hat{y}=26,872+589X_1+1,533X_2$ ， $R^2=0.68$ 。從迴歸最適線可看出專科畢業生( $X_2=0$ ) 平均起薪為 26,872 元，而大學畢業生( $X_2=1$ )平均起薪為 28,405 元，高出專科畢業生 1,533 元，而年資每增加一年，薪資調整 589 元。又從汎亞人力銀行針對 2004 年調查社會新鮮人平均起薪得知，專科畢業生起薪 26,269 元，大學畢業生起薪為 28,297 元，與本研究所調查出二種學制的起薪差異不大。但與沈純如等(2002)所做的調查就有差別，其結果為財金系專科畢業生平均起薪為 20,638 元，而大學畢業生平均起薪高出專科畢業生 2,827 元，而年資每增加一年，薪資調整 1,374 元。

表十八. 年資及學歷對薪資的迴歸分析

模式	$\beta_i$ 之估計值	標準誤	t	顯著性
薪資 (y)	26872.44	614.99	43.70	0.00**
年資 ( $X_1$ )	589.018	128.94	4.57	0.00**
學歷 ( $X_2$ )	1533.38	590.86	2.60	0.02*

資料來源：本研究

此外由表十九分析結果看出從事行銷者的薪資 32,130 元為最高，其次是從事財務金融保險者的薪資 31,695 元，只有這兩類工作性質的薪資在 30,000 元以上，其餘的工作薪資都是在 27,000 元到 30,000 元之間，依序是業務助理、生管、國貿、會計、總務和人事，基本上差異是不大的。但若是以最高薪資和最低薪資來比較的話，相差近 5,000 元，顯示不同性質的工作者，所得到的薪酬也會有所不同。再者，本研究欲得知在各工作性質平均薪資的差異，利用變異係數觀察，當變異係數愈小，表示此類工作薪資愈穩定，差異不大；所以由表十九結果可得從事業務助理的薪資差異最小，又從事財務金融保險者的薪資差異最大。

表十九. 工作性質與平均薪資之分析

工作性質 項目	行銷	財金保	業務助理	生管	國貿	會計	總務	人事
平均薪資(元)	32,130	31,695	29,713	28,864	28,500	28,355	28,056	27,273
標準差 (元)	5270.46	7737.06	4135.68	4553.97	4594.68	6020.53	5270.46	5875.12
變異係數	0.16	0.24	0.14	0.16	0.16	0.21	0.19	0.22

資料來源：本研究

#### (六)、 明新企管系與南台財金系畢業生看法之比較

兩系畢業生均屬商管科系，所以女生佔大部分；大部分的畢業生都是 30 歲以下，未婚的比例比較高；畢業的系友大部分選擇直接就業；有工作者從事的工作性質大都以財務金融保險以及會計為主；有工作者認為以擁有較好的溝通技巧、人際關係及英文在工作職場上是比較佔便宜的；每周平均工作時數約 46 小時；男性薪資高於女性；大學畢業生薪資高於專科畢業生；畢業後再進修的比例都有三四成、且進修碩士的人數有逐年增加的傾向。

又兩系畢業生調查結果比較不同的有五點，這可能是因為調查時間、環境背景以及科系不同而造成結果不同，若要驗證不同還需收集更多的數據來證明；以下就敘述統計所得之不同點有企管系畢業生的失業率(4.38%)較低財金系(7.07%)；有工作者從事的工作性質以企管系畢業生的選擇性較多元化、而財金系畢業生的選擇較專精；企管系畢業生較財金系的畢業生平均薪資較高約 5269 元；在專業課程方面，企管系畢業生認為商業套裝軟體課程最實用、而財金系的畢業生則認為會計最實用；在證照重要性的看法方面，企管系畢業生認為找工作時有英文證照(全民英檢和多益)最有用、而財金系的畢業生則認為證照對就業、待遇與升遷沒有幫助。

## 四 結論與建議

就明新企管系畢業生的就業情況而言：大部分的畢業生畢業後都會選擇直接進入職場工作，但是由於商職體系競爭情形愈來愈激烈，且專科畢業生平均起薪比大學畢業生平均起薪為低，學歷愈高相對薪資愈高；所以有越多的畢業生會選擇繼續進修，以提昇自己進入職場的競爭力。又各種不同工作的平均薪資是不同的，其中從事行銷者的薪資最高 32,130 元，從事財務金融保險的薪資也有 30,000 元以上。此外，以往報章雜誌是尋求工作管道的主流，但是現在的求職者都會以人力銀行為尋求工作管道的第一考量，可見其重要性已逐漸被人力銀行所取代。

畢業系友對證照重要性的看法以及對職場上應具備之重要技能看法，無論是有無工作的受訪者皆認為語文證照及英文最為重要，可知企業在國際化的情形下，對擁有國際語言能力的人才之需求較大，顯示在就業市場上外語能力的重要性。另外，除英文外，求職者普遍認為須要具備的專業技能如：電腦軟體、網路應用與文書處理等，而正在工作者則認為人際關係和溝通技巧比較重要，此結果顯示擁有前面的專業技能是求職之門檻，而擁有後者是在就業後能使人致勝的關鍵技能。

另外，在校同學可以參考畢業系友對系上所開「專業課程」看法來決定選修課程。在分類評比中顯示，資訊相關課程中所學習到的專業知識，在就業市場是最具實用性者；但有工作者皆認為商用基礎課

程及進階管理課程實用性均優於輔導課程，而無工作者則認為輔導課程實用性大於商用基礎課程。在各大類細項中，有無工作者皆認為資訊相關課程以商業套裝軟體最具實用性；商用基礎課程以會計學原理及商用英文最具實用性，就進階管理課程中，有工作者以財務管理、行銷管理及生產與作業管理最具實用性；而無工作者則對輔導課程中的商業證照課程覺得較具有實用性。

根據主計處公佈自 91 年度國內的失業率達到最高峰後，就持續下滑，到民國 94 年 7 月人力資源調查統計結果失業率 4.32%。此數據顯示社會新鮮人要進入職場的機會變多了，所以建議在校的同學要進入職場者可以提早在人力銀行網站搜集就業市場上資訊，找尋自己有興趣的相關職業訊息，以掌握市場趨勢。若要繼續進修者，也可以參照自己的興趣以及職場欠缺的人力，選擇適合的進修方向。此外，在選修課程也要考量具有實用性，平時也要和同學師長多聯以便繫累積良好的人際關係、確實做好個人生涯規劃。

### 致謝

感謝前註冊組林清隆組長、前企管系主任楊政學教授及前企管系助理李育燕小姐幫忙取得系友聯絡資料使得我們能順利完成問卷調查；再者感謝明新企管系給予經費補助。

### 參考文獻

#### (1) 期刊類：

1. Maslow, A.H.( 1943), < A Theory of Human Motivation >, < Psychological Review > 50, P370~396。
2. Locke, E. A.(1968), <Toward a Theory of Task Motivation and Incentives >, <Organizational Behavior and Human Performance>, May 1968, P157~189。
3. Supper, D.C.(1980), < A Life-span , Life-Space Approach to Career Development >, <Journal of Vocational Behavior > 16, P282-298。
- 4 沈純如、黃計華、許雅惠、劉雅先、趙文華和柯乃云 (2002)，〈財金系畢業生之生涯發展與就業調查-以南台科技大學為例〉，《南台科技大學財金系研究專題》。
- 5 李秋菊(2002)，〈二年制專科學生升學與就業意向之調查研究-以德霖技術學院二年制專科學生為例〉，《台北市市立師範學院國民教育研究所碩士論文》。
- 6 高彩雲(2003)，〈我國科技大學應屆畢業生升學與就業意願之調查研究〉，《國立台灣科技學技術及職業教育研究所碩士論文》。
- 7 周春美、沈健華(2004)，〈商專人力供需預測及業界需求之分析〉，《教育學刊》，第 22 期，P177-198。
- 8 周春美、沈健華(2004)，〈商業技職人力僱用條件需求分析〉，《教育研究集刊》，第五十輯，第 2 期，PP.147-177。

#### (2) 書籍類：

1. Skinner, B. F. (1969), < *Contingencies of Reinforcement* >, (Appleton-Century-Crofts)。
2. 林幸台(1987)，< 生計輔導的理論與實施 >，(五南圖書)。
3. 金樹人(1990)，< 生計發展與輔導 >，(天馬出版社)。
4. 張善智譯 (2003)，Ivancevich J.M.著，<人力資源管理>，(台北：學富書局)。

## 建構不同交期下之先進規劃系統

藍俊雄\* 彭武年

南華大學管理科學研究所

### 摘要

在消費者需求型態的改變及科技快速的進步下，要如何在此競爭激烈和日新月異的環境下創造競爭優勢，必成爲企業經營的核心議題。故本研究嘗試建構一先進規劃排程 APS (Advanced Planning and Scheduling)系統。本研究針對多產品訂單、多工廠生產、多物料採購與持有、成品庫存、限制訂單交期、製成品良率及生產的設定成本等考量因素下建構一以最小成本爲目標的整數非線性規劃 INLP (Integer Nonlinear Programming)模型。本模式可供企業在針對多訂單多廠多物料之生產規劃上做一全盤性的考量及即時性之分析。此外，本模式在求解方面則利用 Lingo 9.0 extended version 套裝軟體內建之 Global Solver 進行運算，並舉一數值範例進行求解說明。本研究乃針對各種實務上所面臨的種種問題如成本、品質、時間等加以設計與構建以 APS 爲基礎所建構的數學模式，並透過 Lingo 9.0 加以成功地取出其全域最佳解。且具有高度的重現特性和符合實務上的應用，因此本研究可爲企業在執行生產與採購規劃上扮演重要之參考依據同時可爲具有卓越眼光的決策者提供有價值之參考工具。

**關鍵詞：**先進規劃、生產規劃、交期規劃、良率

## Construct an APS System for Diverse Order Deadline

Chun-Hsiung Lan Wu-Nien Peng

Graduate Institute of Management Sciences, Nanhua University, Taiwan

### Abstract

The business core issue of an enterprise is to create its competitive advantage under the fast changes of customer desire. Based on the APS (Advanced Planning and Scheduling) perspect. This study not only considers the multi-product order, multi-factory production, multi-material purchase, diversified order deadline, production yield, product inventory cost, and production set-up cost, but also provides the material holding cost to construct an Integer Nonlinear Programming (INLP) mathematical model with the least cost. This model can function as a decision-making tool for focusing on the overall and real-time analyses of multi-order for multi-factory production planning. In addition, the proposed mathematical model is constructed by the syntax of Lingo 9.0 extended version, and then selects the built-in global slover as its solving method. A numerical example is then followed. This study is focused on various kinds of practical problems, such as cost, quality, time, etc. to build an APS-based mathematical model, and then the built-in solver of Lingo 9.0 extended version is selected for

---

\* 管理科學研究所教授 地址：嘉義縣大林鎮中坑里中坑 32 號 TEL：05-272100 轉 2070  
E-mail：chlan@mail.nhu.edu.tw

obtaining the optimal solution. In addition, this work creates a highly repeated characteristic because of the application of the package software (Lingo 9.0), and therefore it can treat as a valuable decision tool.

**Keywords : Advanced Planning and Scheduling (APS), production planning, deadline planning, production yield.**

## 1. 前言

所謂供應鏈管理(Supply Chain Management, SCM)就是同步考慮物料供應、採購、持有、產能設備、配銷等資訊的一套管理哲學(Stevens, 1989)；Gould (1998) 指出在 SCM 裡的決策支援系統(Decision Support System, DSS)中，業界目前最為重視的即為先進規劃與排程系統(Advanced Planning and Scheduling, APS) (1998)。使用 APS 概念來制訂決策和規劃，必須配合有效的資訊共享與整合，才能真正落實供應鏈管理中所謂的專業分工、協調合作與利益共享(Lee, 2001)。

APS常考量複雜的決策與規劃問題，學者Yang 和 Sum (1994) 提到常見規劃分配的規則可分為以時間為基礎的規則(Time-based Rules)、與以成本為基礎的規則(Cost-based Rules)為評量依據進行規劃以面對產品需求多樣化與客製化的現今社會。由於產品和物料種類的愈趨複雜，產品和物料的不當庫存，皆不合經濟效益，並依實際問題來看，規劃制定時應同時考量時間與成本，因此APS之設計應結合上述兩類規則以進行探討。對於多廠生產問題所下的定義為具相同生產流程的多工廠區生產規劃之問題(Vercellis, 1999)。學者Bhatnagar *et al.* (1993) 亦指出，企業在多廠區之間的協調製造系統，著重於企業間的整合關係與各廠區彼此間的協調，更希望可以藉由協調以降低各廠區的庫存量與訂單製造的前置時間進而有效地減少物料持有量和成品之倉儲成本。而APS除了具有同步規劃(synchronized concurrent planning)、最佳化規劃(optimization planning)、即時性規劃(real-time planning)以及支援決策能力(decision support capability)等四項特點(Bermudez, 1998; Layden, 1999; Fleischmann *et al.*, 2000)，並可完全協助決策者對企業所擁有之資源作整體有效的規劃。更進一步來談，APS主要是進行最佳化的供需平衡規劃與生產排程處理，以提供決策者即時且有效的決策參考。因此，以APS觀點為基礎所構建的模式總是傾向處理現今多元化的實務問題。

找出滿足訂單交期且較少生產成本的多廠訂單問題，一直以來是討論的重點，也正如學者Yang 和 Sum (1994) 提到的規劃分配的規則之前項；交期規劃的意義即是使所設定的交貨期具有可預測性(Predictability)和可控制性(Controllability)兩種特性(蔡志弘, 1997)。所謂可預測性，指訂單的交期符合產品在廠內實際的生產時間。但對於工廠內外環境不可避免或無法預期的隨機變動因素，如停水、停電和機器故障等的應變能力，則代表可控制性的高或低。此外學者Veeramani (1997) 認為，顧客選擇供應商以考量具備快速且有效率的即時回應訂單交期規劃者為優先，若企業無法即時回應客戶交貨日期即等於喪失其競爭優勢進而失去其市場；該研究並同時指出，對於一企業而言，實際約僅有5% ~ 30%的訂單可達成客戶的交期需求，因此如何有效地結合生產採購並達成交期需求，亦為現今企業所面臨的實務問題之一。再者近年來多位學者如Kane (1986)、Benson *et al.* (1995)、Meyersdorf and Yang (1997)和Gering (1999)等學者均提及製成品之良率好壞實為影響生產規劃之一重要因素。

Kerschbamer 和 Tournas (2003)指出一個多廠區的企業，面對客戶隨機的訂單需求，若營運總部無法

即時獲得各製造廠區之間的生產資訊以進行生產與採購規劃，將會減低企業的作業效率。此外Vercellis (1999) 乃利用LP (Linear Programming)方式解決具相同生產流程的多廠區生產規劃問題，並考慮設備設置時間與各廠區之生產成本等因素，以求得符合訂單需求量下的最低成本。另外，Timple 和 Kallrath (2000) 利用混合整數線性規劃，針對供應鏈環境中各廠間的生產規劃提出解決方法，包括物料運送、生產及持有以求得各廠區的最佳生產量。而Jayaraman 和 Pirkul (2001) 探討在供應商與多製造工廠間彼此的產能限制下，建構一混合整數規劃模式以求出成本最低的生產規劃。有鑑於此本研究嘗試同時考慮多產品訂單、多工廠生產、多物料採購、正常工時、加班工時、不同期各工廠之產能限制、不同的訂單交期、隨機的製成品良率及成品倉儲成本、物料採購價格、物料持有、物料採購限制以及生產設定成本等有關之情況在本研究中加以討論，並依據上述種種情況建構出一以最小成本為目標的整數非線性規劃(Integer Nonlinear Programming, INLP)數學模型。

根據上述並符合實務情境，本研究之APS模式乃使用Lingo9.0 extended version套裝軟體語法建構，而此構建後之APS模式乃歸屬為一複雜的整數非線性規劃(INLP)問題。有關INLP問題，Lingo 9.0內建之Global Solver為一特殊之求解法且專門為搜尋此類複雜問題之全域最佳解而設計。因此本研究採用Global Solver施行求解。最後本研究舉一數值範例進行求解說明與結果分析探討。本APS模式可供企業在實務上針對多廠生產及多訂單規劃上做一快速且有效率的決策參考。

## 2. 假設及符號說明

本研究乃針對以一擁有多間生產製造工廠之企業集團為主，而該企業集團接獲多張分屬生產不同產品的訂單，其中有某些訂單客戶分別要求在不同期完成且出貨，本研究中的生產與採購規劃之總期間為一多期之生產規劃。並以 APS 模式建構，以期達到以最小成本為目標之規劃。而所有有關本研究的假設及符號說明如下所述。

### 2.1 研究假設

茲將本研究之假設羅列如下：

1. 假設各工廠內的生產線及人工調配均可隨時進行移轉與調整，無任何限制。
2. 在本模式中，各工廠之設定成本包含了生產設備的更換或設置(set-up)所需之成本，因此在同一工廠中每更換生產不同產品時，必須再計入一筆生產該產品的設定成本。且本研究假設同一工廠中對同一產品在每段期間之設定成本均維持不變。
3. 本研究所討論的生產線均已完成生產線平衡。
4. 假設產品皆是以MTO (Make To Order)生產，不會有預先生產以備接單之情形。
5. 假設各期所採購的物料均將在期初時全數送達，而未使用完畢的部分則為該期之期末存貨。

### 2.2 符號說明

$i$ :產品訂單編號(每張訂單生產一特定產品),  $i = 1, 2, \dots, K$ 。

$j$ :工廠編號,  $j = 1, 2, \dots, W$ 。

$t$ :生產規劃間隔時間, 其中總規劃間隔時間數設為  $T$ ,  $t = 1, 2, \dots, T$ 。

$r$ :物料編號,  $r = 1, 2, \dots, M$ 。

$\vec{qc}_{ijt}$ :為單位生產成本向量, 定義為  $\vec{qc}_{ijt} = (pc_{ijt}, ot_{ijt})$ ; 其中  $pc_{ijt}$  表示  $j$  工廠在第  $t$  規劃期時以正常工時生產  $i$  訂單產品所需之單位生產成本, 而  $ot_{ijt}$  則表示  $j$  工廠在第  $t$  規劃期時加班生產  $i$  訂單產品所需之單位生產成本。此外, 本研究假設  $ot_{ijt} > pc_{ijt}$ 。

$sc_{ij}$ :  $j$  工廠對  $i$  訂單產品之設定成本。

$ic_{ij}$ : 在第  $j$  廠商中第  $i$  張訂單產品, 每單位成品存放一期時間長度所需的單位倉儲成本。

$pp_r$ : 原料  $r$  在第  $t$  期之採購價格。

$y$ :  $y$  為一百分比, 當期購入物料的單價乘上此百分比即表示一單位該物料在當期之持有成本。

$r_i$ : 預計每生產一單位  $i$  訂單產品所需耗用的工作小時。

$ncap_{jt}$ : 正常工時之  $j$  工廠在第  $t$  期之最大產能限制(以工作小時衡量)。

$ocap_{jt}$ : 加班工時之  $j$  工廠在第  $t$  期之最大產能限制(以工作小時衡量)。

$b_{ir}$ : 係物料清單矩陣(Bill of Material Matrix, BOM)  $B$  中之一元素, 表示訂單編號  $i$  中每單位產品所

$$\text{需要 } r \text{ 物料之數量; 其中 } B = \begin{bmatrix} b_{11} & \cdots & b_{1r} & \cdots & b_{1M} \\ \vdots & \ddots & \vdots & & \vdots \\ b_{i1} & \cdots & b_{ir} & \cdots & b_{iM} \\ \vdots & & \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{K1} & \cdots & b_{Kr} & \cdots & b_{KM} \end{bmatrix}。$$

$l_{rt}$ :  $j$  工廠在第  $t$  期對  $r$  物料之最大採購量。

$dq_i$ : 為  $i$  訂單產品的需求量。

$\vec{A}_{ij}$ : 為生產良率向量, 定義為  $\vec{A}_{ij} = (u_{ij}, v_{ij})$ ; 其中  $u_{ij}$  表示對  $i$  訂單產品而言,  $j$  工廠正常工時的製程良率,  $v_{ij}$  表示對  $i$  訂單產品而言,  $j$  工廠加班的製程良率。其中  $u_{ij}$  為平均值  $m_1$ , 標準差  $s_1$  之常態分配下, 所產生的隨機數;  $v_{ij}$  為平均值  $m_2$ , 標準差  $s_2$  之常態分配下, 所產生的隨機數。

### 決策變數(Decision Variables):

$\vec{q}_{ijt}$ : 為產量向量, 表示  $j$  工廠在第  $t$  規劃期間利用正常工時或加班工時完成  $i$  訂單之產品數量, 並定義為  $\vec{q}_{ijt} = (nq_{ijt}, oq_{ijt})$ ; 其中  $nq_{ijt}$  表示  $j$  工廠在  $t$  規劃期利用正常工時所生產  $i$  訂單產品之數量,  $oq_{ijt}$  則表示  $j$  工廠在  $t$  規劃期利用加班工時所生產  $i$  訂單產品之數量。

$Q_{ijt}$ :  $Q_{ijt} = nq_{ijt} + oq_{ijt}$ , 表示  $j$  工廠在第  $t$  期對  $i$  訂單產品所生產的總數量(包含不良品)。

$\bar{Q}_{ijt}$ :  $\bar{Q}_{ijt} = \vec{A}_{ij} \cdot \vec{q}_{ijt}$ , 表示  $j$  工廠在第  $t$  期對  $i$  訂單產品所生產的良品總數量。

$d_{ijt}$  :  $d_{ijt}$  為一二元變數，當  $d_{ijt} = 1$  時代表  $j$  工廠在第  $t$  規劃期有排定生產第  $i$  訂單之產品；當  $d_{ijt} = 0$  時代表  $j$  工廠在第  $t$  規劃期時無排定生產  $i$  訂單之產品。

$pq_{rjt}$  :  $j$  工廠在第  $t$  規劃期初所需購買  $r$  物料的數量。

$iq_{rjt}$  :  $j$  工廠在  $t$  規劃期末時  $r$  物料的持有量。

$is_{ijt}$  :  $i$  訂單產品在  $j$  工廠第  $t$  期之平均倉儲量。即  $is_{ijt} = \frac{1}{2} \bar{Q}_{ijt} + \sum_{k=0}^{t-1} \bar{Q}_{ijk}$  。

### 3. 模式構建

以下將建構一以先進規劃排程(APS)為基礎之資源分配與生產規劃模型。

$$\left\{ \begin{array}{l} \min_X \sum_{j=1}^W \sum_{t=1}^T \left[ \sum_{i=1}^K (\vec{q}_{ijt} \cdot \vec{qc}_{ijt} + sc_{ij} d_{ijt} + is_{ijt} ic_{ij}) + \sum_{r=1}^M [pp_r (pq_{rjt} + iq_{rjt} y)] \right] \quad (1) \\ s.t. \\ X = \left\{ \vec{q}_{ijt}, Q_{ijt}, \bar{Q}_{ijt}, d_{ijt}, pq_{rjt}, iq_{rjt}, is_{ijt} \right\} \quad (2) \\ \sum_{i=1}^K (nq_{ijt} \times r_i) \leq ncap_{jt} \quad \forall j, t \quad (3) \\ \sum_{i=1}^K (oq_{ijt} \times r_i) \leq ocap_{jt} \quad \forall j, t \quad (4) \\ \left( \sum_{i=1}^K Q_{ijt} \times b_{ir} \right) + iq_{rjt} = pq_{rjt} + iq_{rj(t-1)} \quad \forall r, j, t \quad (5) \\ pq_{rjt} \leq l_{rjt} \quad \forall r, j, t \quad (6) \\ \left. \begin{array}{l} \text{若 } i \text{ 訂單需在 } t' \text{ 期結束時交貨則 } \sum_{j=1}^W \sum_{t=1}^{t'} \bar{Q}_{ijt} = dq_i, \text{ 其中 } t' < T ; \\ \text{否則 } \sum_{j=1}^W \sum_{t=1}^T \bar{Q}_{ijt} = dq_i \end{array} \right\} \quad (7) \\ d_{ijt} \in \{0, 1\} \quad \forall i, j, t \quad (8) \\ Q_{ijt}, \bar{Q}_{ijt}, iq_{rjt}, pq_{rjt} \geq 0 \text{ 且為整數} \quad (9) \end{array} \right.$$

方程式(2)式表示集合  $\vec{q}_{ijt}, Q_{ijt}, \bar{Q}_{ijt}, d_{ijt}, pq_{rjt}, iq_{rjt}, is_{ijt}$  這七個決策變數所組成的  $X$  集合，即本模式期以決定出  $j$  工廠在  $t$  時期之最佳產品生產量、物料採購量、物料持有量以及產品平均倉儲量等。第(3)、(4)式為產能限制式，表示在正常工時和加班工時之第  $j$  家工廠於第  $t$  期時生產所耗用之工作時數不得超過該工廠在該時期之工時(產能)限制；式(5)表示  $j$  工廠在第  $t$  期之期初採購  $r$  物料之數量加上該工廠前一期(即  $t-1$  期)期末之該物料持有量之總和須等於第  $t$  期該物料在  $j$  工廠用於生產所耗費之量加上該期期末該物料持有量之和；而第(6)式為購買限制式，亦即供應商所供應之原料有其上限存在，因此對於  $j$  工廠在第  $t$  期所採購之  $r$  物料數量應不超過該物料之最大供應量。式(7)為不同訂單可允許不同交期之限制

式。(8)式為生產判斷式，若  $j$  工廠在  $t$  時期不生產  $i$  訂單產品時， $d_{ijt}$  為 0；否則  $d_{ijt}$  為 1。式(9)為非負且為整數的限制式，表示總產品生產量  $Q_{ijt}$  (含不良品)、良品生產量( $\bar{Q}_{ijt}$ )、物料持有量( $iq_{ijt}$ )及物料採購量( $pq_{ijt}$ )皆為正整數。最後建構由(1)式表示的目標函數式即考量在總生產成本(包括生產成本、設定成本、採購成本、物料持有成本以及產品倉儲成本)最小化下之最佳決定。綜言之，由式(1)~(9)可得知，本模式為一整數非線性規劃(INLP)問題。

#### 4. 數值範例與分析探討

可知各項與生產有關之成本因素將可能會成為影響整個規劃決策的關鍵，因此對企業而言，在施行生產規劃時須考量各種實際所面臨的狀況，以做出最適的規劃和最佳決策。在前節中，本研究對以APS為基礎所建構的數學模式做完整的描述與介紹，接著本節將藉由一擁有多製造廠之企業在規劃不同交期之多訂單生產與多物料採購上所面臨的各種實際狀況為本研究之數值範例，透過Lingo 9.0 extended version 的語法加以建模並實施整個模式的全域最佳解之求解操作。本研究期望透過數值範例的介紹和計算，對企業面臨相同問題時，提供在生產與採購規劃上的指導施行方向。

本範例乃以一擁兩間生產製造工廠之企業集團為例，該企業集團接獲四張分屬生產不同產品的訂單，其中有兩張訂單客戶分別要求在第2個月和第3個月內完成且出貨，而另外兩張訂單之產品須在五個月內完成且出貨。此四種不同的產品可由五種不同的物料依不同的比例組合製成。本研究中的生產與採購規劃之總期間共為五期(每一期間長度為一個月)且製成品的良率以隨機的方式處理。表4.1顯示生產  $i$  訂單產品時  $j$  工廠各  $t$  期間所需之單位生產成本。其中第1家製造廠因設備不足無法生產第3張訂單，因此無法取得該部分之參數值。

表4.2中的  $sc_{ij}$  為  $j$  工廠生產  $i$  訂單產品之設定成本(此成本為每生產一項產品設定一次即可)；而  $u_{ij}$  ( $v_{ij}$ ) 表示  $j$  工廠生產  $i$  訂單產品使用正常(加班)工時生產時之隨機良率； $ic_{ij}$  乃表示  $i$  訂單產品在  $j$  工廠之每期每單位之倉儲成本。表4.2中之隨機良率的設定乃是依據該企業之兩製造工廠對該四項產品由正常或加班工時生產良率的歷史資料(假設資料呈常態分配)之平均值與標準差(其中  $u_{ij}$  之平均值為  $m_1=0.9$ ，標準差  $s_1=0.015$ ； $v_{ij}$  之平均值為  $m_2=0.8$ ，標準差  $s_2=0.07$ )，再藉由 Excel 亂數產生器將隨機數產生。

表4.3中的  $r_i$  代表每生產一單位  $i$  訂單產品所需耗費的工作小時，而  $dq_i$  表示客戶對  $i$  訂單產品的訂購量。此外，表4.4中數值表示在正常工時和加班工時之各工廠在各時期時該工廠可提供的最大工時限制。表4.5表示各訂單  $i$  中每單位產品所需要  $r$  物料之數量，若有某一產品不須使用某物料時，該數值即為0。表4.6表示  $j$  工廠在不同期間時對  $r$  物料之最大允購量。

表4.1  $pc_{ijt}$ 、 $ot_{ijt}$  表示各月生產  $i$  訂單產品所需之單位生產成本

		$t$				
		1	2	3	4	5
$i$	$j$					
$pc_{ijt}$	1	18(元)	18(元)	20(元)	20(元)	24(元)
	2	24(元)	24(元)	24(元)	24(元)	30(元)
	3	(N/A)	(N/A)	(N/A)	(N/A)	(N/A)
	4	20(元)	20(元)	20(元)	22(元)	22(元)
	1	20(元)	20(元)	22(元)	22(元)	25(元)
	2	35(元)	35(元)	35(元)	35(元)	50(元)
	3	28(元)	28(元)	28(元)	28(元)	56(元)
	4	22(元)	22(元)	22(元)	24(元)	24(元)
$ot_{ijt}$	1	21.6(元)	21.6(元)	24(元)	24(元)	28.8(元)
	2	28.8(元)	28.8(元)	28.8(元)	28.8(元)	36(元)
	3	(N/A)	(N/A)	(N/A)	(N/A)	(N/A)
	4	24(元)	24(元)	24(元)	26.4(元)	26.4(元)
	1	24(元)	24(元)	26.4(元)	26.4(元)	30(元)
	2	42(元)	42(元)	42(元)	42(元)	60(元)
	3	33.6(元)	33.6(元)	33.6(元)	33.6(元)	67.2(元)
	4	26.4(元)	26.4(元)	26.4(元)	28.8(元)	28.8(元)

表4.2  $sc_{ij}$  工廠生產設定成本、 $u_{ij}$ 、 $v_{ij}$  的隨機良率與  $ic_{ij}$  單位倉儲成本

	$ij$							
	11	12	21	22	31	32	41	42
$sc_{ij}$	2250(元)	2750(元)	2250(元)	2750(元)	(N/A)	2750(元)	2250(元)	2750(元)
$u_{ij}$	0.90394351	0.887594	0.92085773	0.909158	(N/A)	0.893264	0.90623544	0.868931
$v_{ij}$	0.72719415	0.730001	0.8336718	0.658364	(N/A)	0.843243	0.84333805	0.824524
$ic_{ij}$	3.1(元)	3.2(元)	3.5(元)	3.6(元)	(N/A)	3(元)	3.9(元)	3.4(元)

表4.3  $r_i$  表示預計每生產一單位  $i$  訂單產品所需耗用的工作小時與  $dq_i$  為  $i$  訂單產品的訂購量

	$i$			
	1	2	3	4
$r_i$	1(小時)	1.5(小時)	1(小時)	2(小時)
$dq_i$	1000	2000	3000	2600

表4.4  $cap_{jt}$  表示在正常工時和加班工時之  $j$  工廠在第  $t$  期之最大工時限制(以工作小時衡量)

		$t$				
		1	2	3	4	5
	$J$					
$ncap_{jt}$	1	800(小時)	990(小時)	1180(小時)	1370(小時)	1560(小時)
	2	500(小時)	800(小時)	1100(小時)	1400(小時)	1700(小時)
$ocap_{jt}$	1	250(小時)	360(小時)	470(小時)	580(小時)	690(小時)
	2	200(小時)	250(小時)	300(小時)	350(小時)	400(小時)

表4.5  $b_{ir}$  表示訂單編號  $i$  中每單位產品所需要  $r$  物料之數量

	$i$	$r$				
		1	2	3	4	5
$b_{ir}$	1	10	2	7	2	5
	2	7	8	0	0	4
	3	6	5	1	1	0
	4	2	2	2	4	2

表4.6  $l_{ijt}$  表示  $j$  工廠在每期對  $r$  物料之最大採購量、 $pp_{rt}$  表物料採購價格

	$t$	$r$				
		1	2	3	4	5
$l_{ijt}$	1	48000	40000	25000	18000	27000
	2	48000	40000	25000	18000	27000
	3	48000	40000	25000	18000	27000
	4	48000	40000	25000	18000	27000
	5	48000	40000	25000	18000	27000
$pp_{rt}$	1	38(元)	36(元)	36(元)	38(元)	40(元)
	2	35(元)	36(元)	38(元)	38(元)	40(元)
	3	42(元)	42(元)	45(元)	49(元)	49(元)
	4	50(元)	45(元)	45(元)	50(元)	52(元)
	5	40(元)	42(元)	46(元)	52(元)	60(元)

將上述的資訊輸入 Excel 中，接著用 Lingo 9.0 extended version 之語法建構出一以 APS 為基礎之數學模型(詳見附錄)，並藉由該軟體內建之 Global Solver 進行全域最佳解的搜尋。本範例模型中變數共有 300 個，其中非線性變數為 80 個、整數變數 180 個；限制式共有 328 條，其中非線性限制式有 80 條，此模式歸類為一整數非線性規劃(INLP)模式；本範例歷經 10,394 次搜尋始得出全域最佳解，其最佳成本為 6,091,798 元。茲將決策變數之最佳解整理並列於表 4.7 中。在表 4.7 中可以看出符合一般常理，正常工時有生產產品時加班工時才會施行生產；且因加班工時比正常工時之成本為高且可用的加班工時比正常工時為少，因此加班工時的產量並沒有大於正常工時的產量。最佳解中亦顯示出，第 1、2 張訂單的產品，成功地在客戶要求期間內結束前完成其需求量(因在表 4.7 中，第 1 張訂單在第 4 期之後的產量為 0，第 2 張訂單在第 5 期產量也為 0)。接著本研究依據最佳解，將部分結果繪製成圖 4.1~圖 4.4 以利後續的探討與說明。

表4.7 各決策變數之最佳解

				<i>t</i>				
		<i>i</i> ( <i>r</i> )	<i>j</i>	1	2	3	4	5
<i>nq<sub>ijt</sub></i>	1	1	1	0	990	78	0	0
		2		533	0	421	691	0
		3		(N/A)	(N/A)	(N/A)	(N/A)	(N/A)
		4		0	0	235	166	780
	2	1	2	0	39	0	0	0
		2		331	201	0	0	0
		3		0	458	1100	1400	0
		4		0	0	0	0	850
<i>oq<sub>ijt</sub></i>	1	1	1	0	0	0	0	0
		2		0	0	0	0	0
		3		(N/A)	(N/A)	(N/A)	(N/A)	(N/A)
		4		0	0	235	163	345
	2	1	2	0	0	0	0	0
		2		0	0	0	0	0
		3		0	250	175	0	0
		4		0	0	0	0	200
<i>q̄<sub>ijt</sub></i>	1	1	1	0	895	70	0	0
		2		491	0	388	636	0
		3		(N/A)	(N/A)	(N/A)	(N/A)	(N/A)
		4		0	0	411	288	998
	2	1	2	0	35	0	0	0
		2		301	184	0	0	0
		3		0	620	1130	1250	0
		4		0	0	0	0	903
<i>d<sub>ijt</sub></i>	1	1	1	0	1	1	(N/A)	(N/A)
		2		1	0	1	1	(N/A)
		3		(N/A)	(N/A)	(N/A)	(N/A)	(N/A)
		4		0	0	1	1	1
	2	1	2	0	1	0	(N/A)	(N/A)
		2		1	1	0	0	(N/A)
		3		0	1	1	1	0
		4		0	0	0	0	1
<i>iq<sub>rjt</sub></i>	1	1	1	0	0	7745	2250	0
		2		14880	12900	8436	2250	0
		3		0	4394	2908	2250	0
		4		0	0	5816	4500	0
		5		13636	8686	5672	2250	0
	2	1	2	0	0	10500	2100	0
		2		20701	15457	9100	2100	0
		3		0	4775	3500	2100	0
		4		0	0	5600	4200	0
		5		3099	2100	2100	2100	0
<i>pq<sub>rjt</sub></i>	1	1	1	3731	9900	12412	0	0
		2		19144	0	0	0	0
		3		0	11324	0	0	0
		4		0	1980	7852	0	0
		5		15768	0	0	0	0
	2	1	2	2331	6045	18150	0	0
		2		23365	0	0	0	0
		3		0	5756	0	0	0
		4		0	786	6875	0	0
		5		4431	0	0	0	0

生產量

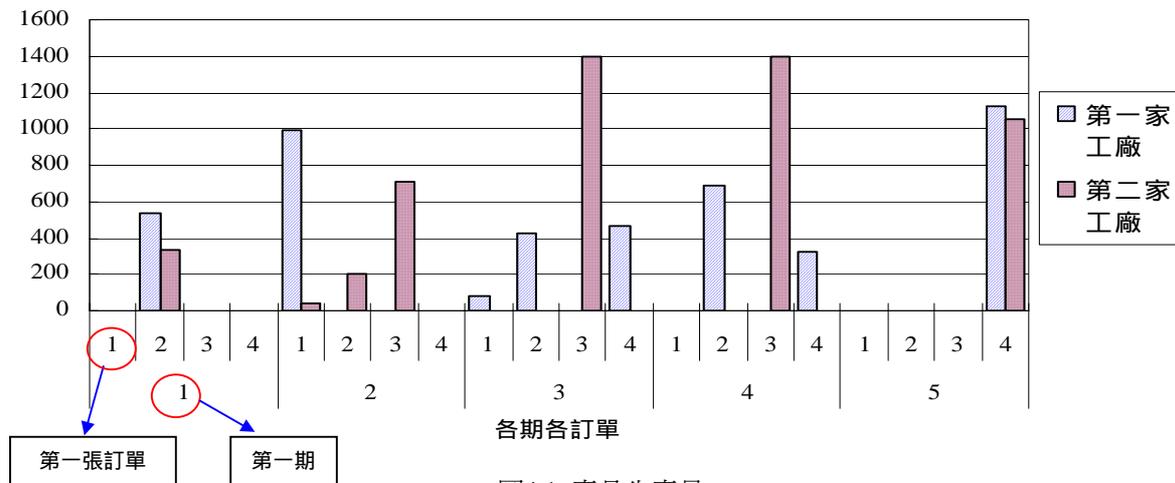


圖4.1 產品生產量

累積倉儲量

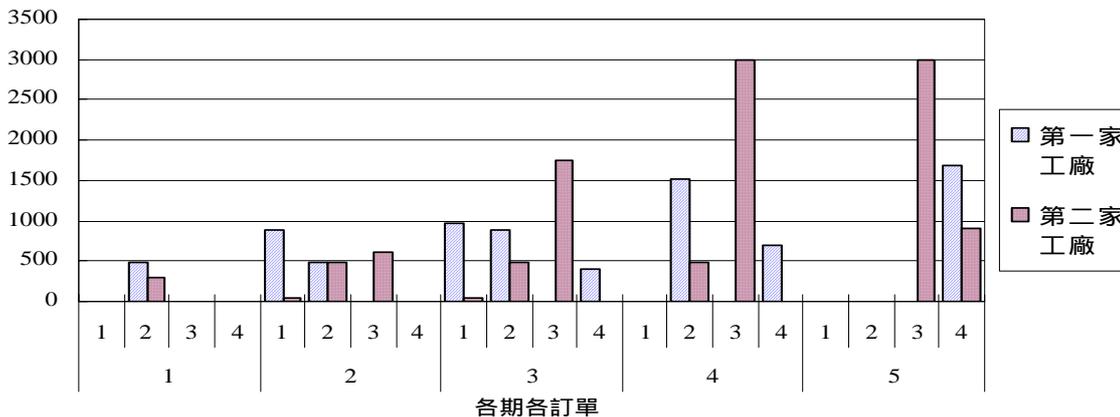


圖4.2 產品累積倉儲量

採購量

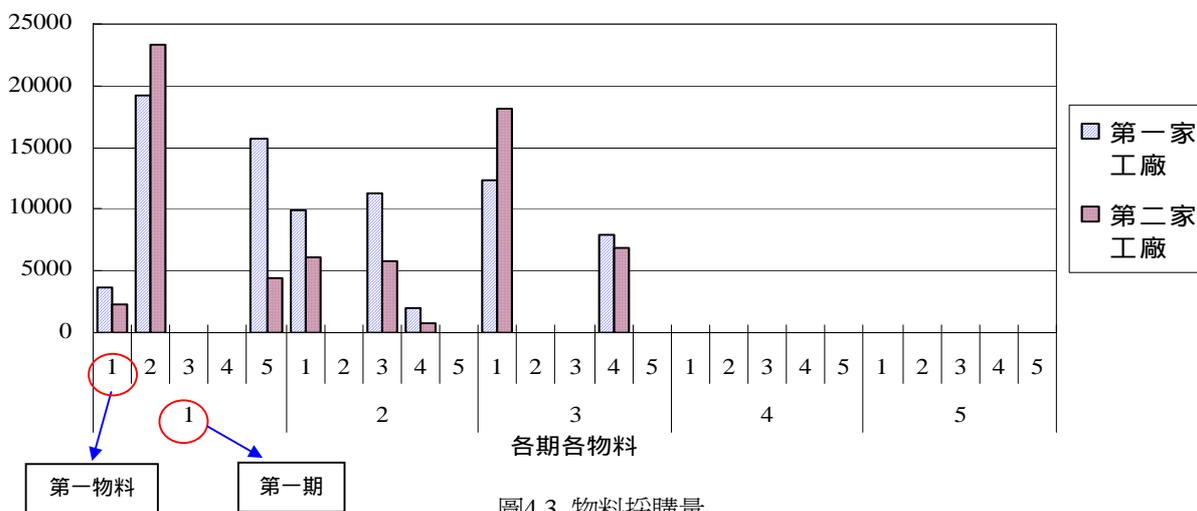


圖4.3 物料採購量

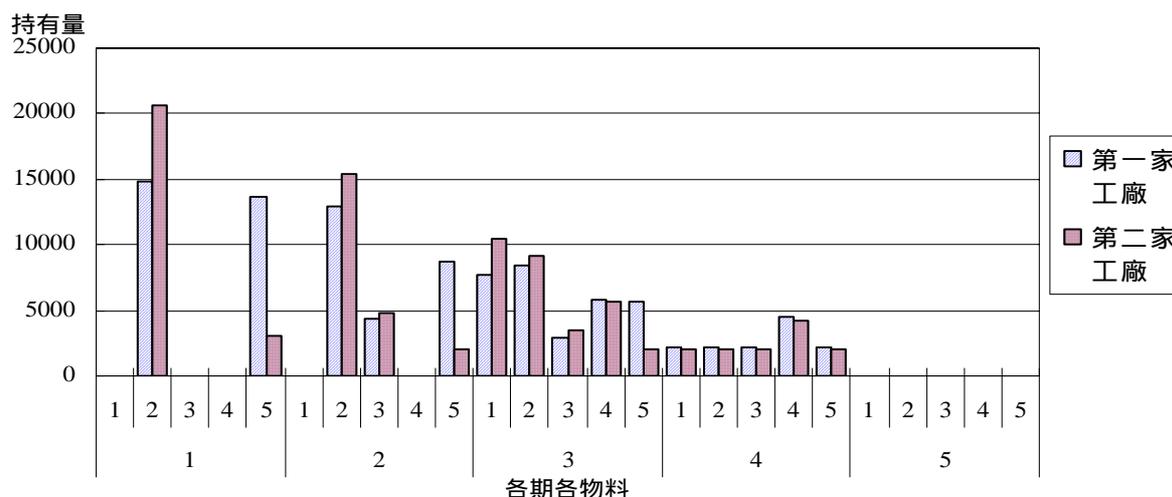


圖4.4 物料持有量

在產能運用部份，經輸出報表中資訊可得(參照表 4.4  $cap_{jt}$  之工時上限和表 4.7 之  $nq_{ijt}$  和  $oq_{ijt}$  換算出之產能使用工時時數)各工廠之最適規劃在第 5 期時兩家工廠正常工時和加班工時之總和產能使用時數各為 2,250 和 2,100 皆為最大產能來施行生產且除了在第 5 期外其餘時期在第 1 家工廠在正常工時產能使用時數前四期分別為 799.5、990、1179.5、1368.5、1560；加班工時產能使用時數前四期分別為 0、0、470、326、690 及第 2 家工廠在正常工時產能使用時數前四期分別為 496.5、798.5、1100、1400、1700；加班工時產能使用時數前四期分別為 0、250、175、0、400，正常工時和加班工時之總和均未使用最大產能來施行生產，且在加班工時有寧可不生產以降低成本的做法，其餘的加班工時約保持著五成以上的產能時數使用率，而在正常工時皆保持著九成以上的產能時數使用率。容其可能原因如下，因第 5 期時不用考慮倉儲和持有成本故發揮最大產能以達客戶需求。

由圖 4.1 到 4.4 裡可以看出兩家工廠在各期各訂單的生產量、倉儲量與各期各物料的採購量、持有量之情形。圖 4.1 中顯示各產品在各期時的生產量，且可看出因第 1 家工廠對無法生產第 3 張訂單產品故皆由第 2 家工廠生產第 3 張訂單產品之所有需求量，而此生產規劃模式達到最小化製造成本的目的。而圖 4.2 說明各工廠對各產品在各時期之累積倉儲量(此倉儲量已將不良品加以排除)。由以上兩個可共同看出本研究之重點所在，即第 1 張訂單產品和第 2 張訂單產品必須分別在第 3 和第 4 期時完成製造並交貨。而此生產規劃模式也達到最小化產品倉儲成本的目的。

就物料採購量(圖 4.3)而言，各工廠在各期幾乎皆在物料採購之單位價格較低，如物料 1 在第 2 期和第 3 期、物料 2 在第 1 期、物料 3 在第 2 期、物料 4 在第 2 期和第 3 期、物料 5 在第 1 期時之採購價格最小(見表 4.6)，故以大量採購物料以方便生產和降低採購成本；其中工廠 1 和工廠 2 在第 3 期時對物料 1 之採購量為 12,412 和 18,150 以及第 3 期對物料 4 之採購量為 7,852 和 6,875 皆出現了比前兩期更大量的採購量，究其原因為工廠 1 和工廠 2 在第 3 期對產品 3 施行比前兩期更大量之生產，而物料 1 和物料 4 正為產品 3 之主要組成成份(見表 4.5)且就物料採購價格而言是為相同價格(見表 4.6)，且在考量物料持有成本下以後期買進物料為優。圖 4.4 說明各工廠對各物料在各時期末之持有量，在考量物料持有成本和物料採購價格下，且第 5 期之採購價格變動甚大，所以提前一期採購為最佳方法。而上述物料之持有規劃

和採購規劃模式皆達到最小化物料之持有和採購成本的目的。而所建構的 APS 模型不僅成功扮演即時性、同步性的規劃並也成功的獲得最小化之生產和採購規劃成本。

## 5. 結論

近年來在科技不斷創新的輔助下，新一代更優質化的企業資源規劃系統得以快速地成長且更完善。這對於許多實際生產規劃上所面臨的情境(如不同時期有不同的工時限制(包括正常工時與加班工時)、產品生產之設定成本、成品與物料兩者的庫存問題、不同步的訂單交期及成品製造良率的隨機性以等等)，茲將其加以考量後，將會使整個APS系統趨向一更複雜的INLP模式，有關如此複雜的整數非線性規劃(INLP)模式常受限於先前軟體的求解功能與效率的不足，因此鮮少在前人的研究中同時被加以探討。在物料訂購數量決策面來談，單一物料之採購有較多研究的著墨，然現實中的採購常屬多物料之採購問題；因此本研究乃考量多物料的採購之實務情況。此外本研究更將物料持有成本與產品庫存成本有關之情況同時引進本研究中加以討論。

以下為本研究主要的貢獻：首先，本研究主要乃針對各種實務上所面臨的種種問題如成本、品質、時間等加以設計與構建以APS為基礎所建構的數學模式以追求考量實務情境下最少成本之規劃。此模式乃屬一複雜之整數非線性規劃(INLP)問題，但透過本研運用Lingo 9.0 extended version語法的設計，使此一複雜困難的問題得以落實成數學模式，並透過Lingo 9.0內建之Global Solver加以成功地取出其全域最佳解。同時，因本研究的設計針對實務上真實的問題，冀以減輕企業在施行決策上的負擔並同時滿足顧客的需求並可真正有效地為企業在實務上之生產與採購規劃上提供一參考方向。再者，本研究所建構的數學模式乃運用套裝軟體加以建構與求解，因此本研究具有高度的重現性(repetitivity)，亦即當企業擁有的接獲的訂單數、製造廠數、生產規劃期間長度、產品需求量、交期時間、生產良率、多物料採購資訊以及各項規劃所需的參數決定後，可輕易地套用本研究之語法加以規劃求解。換言之，本研究因具有高度的重現性(repetitivity)，故在實務應用上具有可觀的價值。

未來研究的方向可針對所謂的動態APS進行探討，例如物料採購上的數量折扣享有更多不同的折扣、當物料突然發生缺料的情況、當各期可供給之工時上限臨時改變、規劃期中新訂單的突然加入時要如何動態並即時地全面性調整企業的規劃以及當生產能力不敷負載時，內製或發放外包的等情況下的決策。有關此類動態APS都是未來值得探索的議題。此外，當企業輸入較為龐大資料量時(如訂單數量、物料數量、時間期數等)，將會導致本研究所建構的數學模式求解運算所需的時間遽增，因此未來研究者可嘗試將計算智慧CI(Computational Intelligence)導入或發展啟發式解法(Heuristic Method)以縮短求解之時間與減少搜尋全域最佳解的複雜度。

## 參考文獻

1. 蔡志弘(1997)，〈零工型工廠交期設定模式之構建〉，《交通大學工業工程研究所》，博士論文。
2. Benson, R. F, Conningham S. P. and Leachman, R. C. (1995) "Benchmarking manufacturing performance in semiconductor industry", *Production and Operations Management*, 38, 3, 201-216.

3. Bermudez, J. (1998), *What is APS ?* , (APS), pp.50-52.
4. Bhatnagar, R, Pankaj, C. and Suresh, K. G. (1993), “Models for multi-plant coordination”, *European Journal of Operational Research*, 67, 1, 141-160.
5. Caroloin, T, Pascal, B, Dinitri, G. and Gernar, B. (1995), “Multi-site planning: non flexible production units and set-up time treatment”, *Proceedings of the Emerging Technologies and Factory Automation*, 3, 261-269.
6. Errington, J. (1997), “Advanced planning and Scheduling (APS):a powerful emerging Technology”, *IEE Colloquium*, 315, 3/1~3/6.
7. Fleischmann, B, Meyer, H. and Wagner, M. (2000), *Advanced Planning*, edited by Stadler, H. and Kilger, C, (Springer), pp.75-77.
8. Gering, M. (1999) “Activity based costing and performance improvement” , *Management Accounting*, March, 24-25.
9. Gould, S. L. (1998), “Introducing APS: Getting Production in Lock Step with Customer Demand”, *Automotive Manufacturing & Production*, May, 54-58.
10. Jayaraman, V. and Pirkul, H. (2001), “Planning and coordination of production and distribution facilities for multiple commodities”, *European Journal of Operational Research*, 133, 394-408.
11. Kane, V. E. (1986), “Process Capability Indices ”, *Journal of Quality Technology* , 18, 1, 41-52.
12. Kerschbamer, R. and Tournas, Y. (2003), “In-house competition, organizational slack, and the business cycle”, *European Economic Review*, 47, 505-520.
13. Layden, J. (1999), “APS is Here to Stay”, *Manufacturing Systems*, Feb, 66-68.
14. Lee, C. S. (2001), “Modeling the business value of information technology”, *Information & Management*, 39, 191-210.
15. Meyersdorf, D. and Yang, T. (1997), “Cycle time reduction for semiconductor wafer fabrication facilities”, *Advanced Semiconductor Manufacturing Conference and Workshop, IEEE/SEMI*, pp.418 –423.
16. Stevens, G. (1989), “Integrating the Supply Chain”, *International Journal of Physical Distribution and Materials Management*, 19, 8, 3-8.
17. Timple, C. H. and Kallrath, J. (2000), “Optimal planning in large multi-site production networks”, *European Journal of Operational Research*, 126, 422-435.
18. Veeramani, D. and Joshi, P. (1997), “Methodologies for Rapid and Effective Response to Requests for Quotation (RFQs)”, *IIE Transactions*, 2, 825-838.
19. Vercellis, C. (1999), “Multi-plant production planning in capacitated self-configuring two-stage serial systems”, *European Journal of Operational Research*, 119, 451-460.
20. Yang, K. K. and Sum, C. C. (1994), “A comparison of job shop dispatching rulestotal cost criterion”, *International Journal of Production Research*, 32, 4, 807-820.

## 附錄:LINGO 語法範例

Sets:

Order: Rate, Demand;

Factory: Setupcost;

Time;

Material: Limit;

Link1(Order, Factory, Time): Normalquantity, Overquantity, Dummy, Inventoryquantity, Inventorystock;

Link2(Material, Factory, Time): Purchasequantity, Inventory ;

Link3(Order, Time): Pcost1, Pcost2, Overtime1, Overtime2;

Link4(Factory, Time): Capacity1, Capacity2;

Link5(Order, Material): BOM;

Link6(Material, Time): Pprice;

Link7(Material, Factory): Initialstock;

Link8(Order, Factory): u, v, Inventoryprice;

Endsets

Data:

Order,Factory,time,demand,Setupcost,Material,Overtime1,Overtime2,BOM,Y,Capacity1,Capacity2,Limit,Pcost  
1,Pcost2,rate,Initialstock,u,v,Inventoryprice,Pprice=

@OLE('C:\i4r5k5-k345.xls','Order','Factory','time','demand','Setupcost','Material','Overtime1','Overtime2','BOM',  
'Y','Capacity1','Capacity2','Limit','Pcost1','Pcost2','rate','Initialstock','u','v','Inventoryprice','Pprice');

Enddata

Min=@Sum(Link3(i,t):Pcost1(i,t)\*Normalquantity(i,1,t))  
+@Sum(Link3(i,t):Pcost2(i,t)\*Normalquantity(i,2,t))  
+@Sum(Link3(i,t):Overtime1(i,t)\*Overquantity(i,1,t))  
+@Sum(Link3(i,t):Overtime2(i,t)\*Overquantity(i,2,t))  
+@Sum(Link1(i,j,t):@Sum(Factory(j):Setupcost(j)\*Dummy(i,j,t)))  
+@Sum(Link2(r,j,t):Pprice(r,t)\*Purchasequantity(r,j,t))  
+@Sum(Link2(r,j,t):Pprice(r,t)\*Y\*Inventory(r,j,t))  
+@sum(Link1(i,j,t):Inventorystock(i,j,t)\*Inventoryprice(i,j));

@for(Link1(i,j,t):Dummy(i,j,t)=@if(Normalquantity(i,j,t) #NE# 0, 1, 0));

@for(Link1(i,j,t):Overquantity(i,j,t)=@if(Normalquantity(i,j,t) #EQ# 0, 0, Overquantity(i,j,t));

@for(Link1(i,j,t):Normalquantity(i,j,t)>=Overquantity(i,j,t));

@For(Link4(j,t):@Sum(Order(i): Normalquantity(i,j,t)\*Rate(i))<=Capacity1(j,t));

@For(Link4(j,t):@Sum(Order(i): Overquantity(i,j,t)\*Rate(i))<=Capacity2(j,t));

@For(Order(i)|i #eq# 1:@Sum(Link1(i,j,t)|t #eq# 4: Normalquantity(i,j,t)\*u(i,j)+Overquantity(i,j,t)\*v(i,j))=0;  
 @Sum(Link1(i,j,t)|t #eq# 5: Normalquantity(i,j,t)\*u(i,j)+Overquantity(i,j,t)\*v(i,j))=0);  
 @For(Order(i)|i #eq# 2:@Sum(Link1(i,j,t)|t #eq# 5: Normalquantity(i,j,t)\*u(i,j)+Overquantity(i,j,t)\*v(i,j))=0);

@For(Order(i):@Sum(Link4(j,t): Normalquantity(i,j,t)\*u(i,j)+Overquantity(i,j,t)\*v(i,j))>=Demand(i));

@For(Link2(r,j,t)|t #EQ# 1:@sum(Order(i):  
 Normalquantity(i,j,t)\*BOM(i,r)+Overquantity(i,j,t)\*BOM(i,r))+Inventory(r,j,t)  
 =Purchasequantity(r,j,t)+Initialstock(r,j));

@For(Link2(r,j,t)|t #GE# 2:@sum(Order(i):  
 Normalquantity(i,j,t)\*BOM(i,r)+Overquantity(i,j,t)\*BOM(i,r))+Inventory(r,j,t)  
 =Purchasequantity(r,j,t)+Inventory(r,j,t-1));

@For(Link2(r,j,t):Purchasequantity(r,j,t)<=Limit(r));

@for(Link1(i,j,t):Inventoryquantity(i,j,t)=Normalquantity(i,j,t)\*u(i,j)+Overquantity(i,j,t)\*v(i,j));  
 @for(Link1(i,j,t)|t #eq# 1:Inventorystock(i,j,t)=1/2\*Inventoryquantity(i,j,t));  
 @for(Link1(i,j,t)|t #ge# 2:Inventorystock(i,j,t)=Inventoryquantity(i,j,t-1)+(1/2\*Inventoryquantity(i,j,t));

@for(Link1(i,j,t):@gin(Normalquantity(i,j,t));  
 @for(Link1(i,j,t):@gin(Overquantity(i,j,t));  
 @for(Link2(r,j,t):@gin(Purchasequantity(r,j,t));  
 @for(Link2(r,j,t):@gin(Inventory(r,j,t));

End

## 應用非即時算圖技術提昇虛擬攝影棚之影像品質

李振棠<sup>1\*</sup> 鐘世凱<sup>2</sup>

1：國立台灣藝術大學多媒體動畫藝術研究所研究生

2：國立台灣藝術大學多媒體動畫藝術研究所助理教授

### 摘要

隨著高畫質電視及數位電視時代的來臨，未來電視節目將更能呈現細微的光影及材質，虛擬攝影棚的適時出現，提供了許多節目製作的新方向，它成爲最近幾年來在電視製作上較具突破性發展的數位產品之一，充分結合了最新科技及藝術，也改變了傳統節目製作及畫面呈現的方式。雖然它解除許多製作節目的限制，然而畫面品質的提昇，仍是目前虛擬攝影棚首先必須克服的難題。由於受限於電腦即時運算的能力，往往爲了良好的執行效能而犧牲畫面品質，然而畫面品質的提昇方式，除了等待軟硬體的效能提昇外，非即時算圖方式是一個相當值得研究的方向。

本研究以虛擬攝影棚的原理及相關技術爲基礎，分析及研究以非即時算圖的方式，進行提昇製作品質爲研究範疇，期望能對於國內的學界及業界有所助益。

**關鍵字：**虛擬攝影棚、非即時算圖、數位製作、光影、材質。

## Applying Non-Real-Time Rendering to Improve the Image Quality of Virtual Studio

Chentang Lee<sup>1</sup> Shih-Kai Chung<sup>2</sup>

1：Department of Multimedia and Animation, National Taiwan University

2：Department of Multimedia and Animation, National Taiwan University

### Abstract

With the coming of HDTV and digital TV, TV programs will have subtle light and texture in design of the content. The coming of the Virtual Studio has recently become one of the most developmental digital products, which not only offers a new direction for many TV programs to be designed, but also combines the arts and the new technologies to make it more efficient and easier to create a scene that is difficult to make it happen by traditional methods. However, there is a critical problem needed to be solved for using Virtual Studio in creating TV contents - the improvement of the image quality of the scenes. The reason is the performance limitation of computing hardware available. In order to get better production efficiency, most of the time the designers will have sacrificed the image quality of the scenes to ease the computation load. Thus, except for waiting for the advancement of the software and hardware, using non-real-time rendering provides a new direction of study in this field.

---

\* 多媒體動畫藝術研究所研究生 地址：板橋市大觀路一段 59 號 TEL：02-22722181  
E-mail：kyle@mail.ntua.edu.tw

The study is based on the theory of Virtual Studio and other related technologies. The possible non-real-time rendering technologies are analyzed and then integrated to the production pipeline to improve the image quality of a Virtual Studio. This study is expected to be helpful to the groves of academe and industrial markets.

**Keywords : Virtual Studio, non-real-time rendering, digital production, lighting, texturing.**

### 壹、緒論

隨著電視畫面品質的提昇，未來高畫質的節目將可看到更細緻的材質及光影變化，傳統節目製播的流程及方式也必須改變，以符合現在及未來趨勢。然而目前的虛擬攝影棚雖然呈現新的錄影製播方式，但影像品質還有相當大的進步空間，好的節目構想及企劃，必須有好的技術及品質作為基礎，本篇論文以最高階的即時運算 3D 虛擬攝影棚為研究目標，除了更深入了解國外最新的虛擬攝影棚技術外，另外以非程式設計的方式來研究如何提昇影像品質。然而所能參考的相關文獻相當稀少，因為最新的相關技術，幾乎都環繞在軟硬體的開發與新的理論架構，幾乎沒有從其它角度去探討如何讓整個虛擬攝影棚呈現更完美的相關研究，而且虛擬攝影棚的使用者，大多只應用軟體所提供的功能設計場景，鮮少嘗試其他的可能性。由於台灣在這方面的研究相當稀少，期望能累積這方面的相關研究，以開創嶄新的運用方式，甚至引導相關技術的開發。

### 貳、研究架構

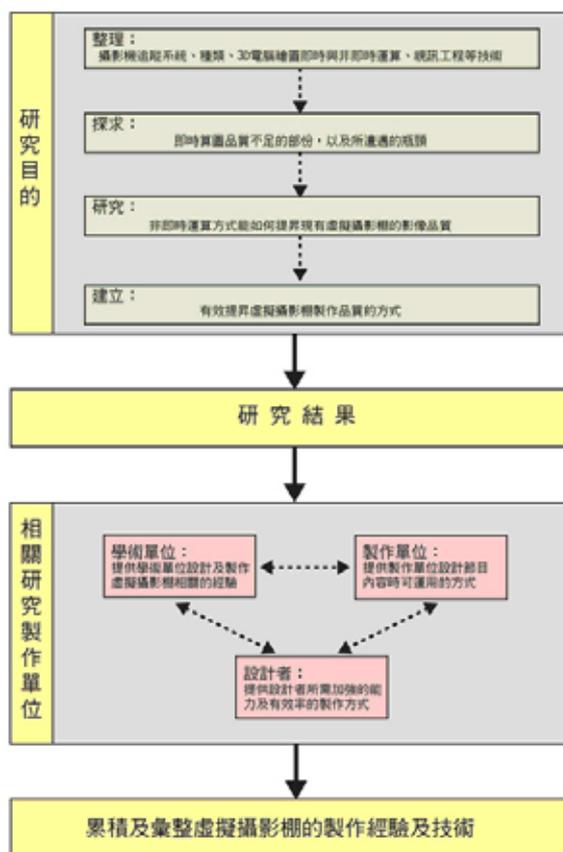


圖 1：研究架構圖

本研究在整合出一有效改善現有虛擬攝影棚之影像品質的作法，研究架構如圖 1 所示。研究首先整理虛擬攝影棚相關之運用及 3D 電腦繪圖畫面即時與品質提升的技術，透過文獻的整理與虛擬攝影棚實務的操作，探討出目前虛擬攝影棚影像品質所遭遇的困難，進行影像品質提昇的研究，並整合出以非即時算圖技術為架構之改善影像品質作法。

研究目的溯源自作者虛擬攝影棚實務操作所遭遇之瓶頸，透過業界製作單位與設計者實務上的探討，歸納出研究的主要方向與可行的作法。最後研究之結果再與學術、製作單位與使用者進行整合，以期彙整累積虛擬攝影棚的製作經驗及技術。

## 參、文獻探討

### 一、即時運算基本原理

由於負責虛擬攝影棚即時運算的部份是 OpenGL，在應用時必需對它有一定程度的瞭解，才能達到最佳的效率。OpenGL 並非程式語言，它的前身是視算科技的 IRIS GL。OpenGL 是一種應用程式設計師介面 (Application Programmer's Interface, API)，它的正式定義是繪圖硬體的軟體介面，目前是即時 3D 繪圖的業界標準，OpenGL 是程序式 (Procedural) 而非描述式 (Descriptive) 的繪圖 API。程式設計師不需描述場景，而必須規定出達到外觀某個特定效果的步驟，這些步驟就是對整套 API 的呼叫，其中包含了可攜性極高，超過 200 個指令與函數，這些指令可畫出點線面等基本圖形，也支援燈光、陰影、材質貼圖、混合、透明度、動畫以及其他許多特效。基本上它是 3D 繪圖的模型程式庫，它提供許多包裝好的功能函數以供呼叫，既迅速又可移植 (Richard Wright, 1999)，可廣泛的運用在許多不同層面。

### 二、光源與模型表面的相互關係

在即時運算的環境下，光源主要用途是提供照明，擬真的程度並不是很好，主要是軟硬體的设计上為了達到即時計算的要求，基本上所採取的都是區域照明 (Local Lighting) 的方式，光源照射到模型表面後就直接進入經過剪裁的矩形投影平面，而不去計算光源的能量在不同表面的反射。然而在真實環境中，有許多的光源來自物體表面的反射。要更精準呈現全部的光源時，我們會採用全域照明的方式。全域照明時，光源照射到模型表面後，光子會在具有反射能力的材質表面進行反射，直到衰減至難以計算，最後才進入攝影機。由於全域照明的燈光模擬方式，可大幅提高真實程度，但是對於目前的軟硬體而言，還是需要經過非即時的算圖著色方式才能完成。

OpenGL 支援四種基本光源：環境光源 (Ambient light)、點光源 (Point light)、聚光燈 (Spotlight) 與方向光 (Direct light)，並且允許使用至少八個光源。因為材質的屬性不同，燈光與材質表面之間的關係主要分成三大類：反射表面 (Specular surface)、散射表面 (Diffuse surface) 與半透明表面 (Translucent surface)。Shading 是計算物體表面亮度及顏色的程序，OpenGL 主要採用了三種不同的模式，包括以面為計算單位的 Flat Shading、以頂點為計算單位的 Gouraud Shading 和使用頂點內插法以像素為計算單位的 Phone Shading。

燈光在真實及虛擬場景中都是相當重要的部份，它除了照明的作用讓我們看見物體及顏色之外，它的亮度、顏色、強度、照明範圍、燈光分佈等不同因素，會對整個場景的氣氛營造造成戲劇性的變化，除了要瞭解真實燈光的效果外，也需搭配藝術家的美感及所需要的技巧，才能讓整個場景所呈現的效果，

達到預定的目標。

頂點(Vertex)是模型的最小單位，它可同時具有燈光、顏色及透明度的屬性，頂點燈光(Vertex lighting)是模仿燈光效果的方法之一，頂點的數目愈多，燈光效果愈準確，但所需的模型面數更多。模型頂點的數量與分佈，對於光源品質有直接的影響，頂點越少則越不能呈現燈光真實的照明效果，頂點越多則燈光照明效果越準確。當照射角度小，表示光源與點的法線接近平行，則因直接照射而使得點被照亮，反之照射角度大，表示光源與點的法線接近垂直，則點呈現未被照亮的陰暗狀態。

個別像素照明方式(Per-Pixel lighting)是針對畫面中的每一個像素來作色彩處理，而像素是螢幕顯示的最小單位，個別像素照明方式比頂點照明方式的燈光效果更為精準，已可大幅提昇即時算圖的品質，但伴隨而來的代價是它會消耗相當多的記憶體及中央處理器效能，電玩製作常採用個別像素照明方式及頂點照明方式這兩種方式的混合模式。現今即時運算的材質部份已陸續採用個別像素照明方式，例如法線貼圖(Normal maps)就是採用個別像素照明方式，虛擬攝影棚也將陸續採用這種照明方式。

### 三、畫面品質與效能的最佳化

即時運算的首要考量要素有兩點，分別為材質記憶體的與中央處理器的承受能力與極限，在確定極限之後，盡可能的找出整體效能的最佳化，目前的即時運算速度不停的提昇，但是對於模型面數與材質大小還有許多限制，所以在電玩遊戲製作及虛擬實境部份，往往為了執行速度而犧牲畫面品質。然而虛擬攝影棚除了畫面更新速度要達一定程度之外，因為是主要的播出平台是電視，就必須至少達到廣播級的品質，才能為市場所接受。若在不超過硬體負荷，又想要超越目前即時運算品質的極限，除了軟體功能的增強外，如何竭盡所能運用美術設計的方式來達成，則是另一種思考及製作方向。

虛擬攝影棚的效能考量與一般的線上遊戲不同，遊戲製作時常要設定較為低標準的硬體執行效率為測試平台，因為大多數使用端個人電腦的配備並非都是頂尖產品，包括顯示卡、中央處理器、螢幕解析度、網路頻寬等因素。然而虛擬攝影棚與大型遊戲機台的硬體考量方向類似，由於只需考量單機執行的最大效率，可採用當前可取得最新最好的各種硬體設備及技術，現今的硬體廠商無不致力於提昇硬體的效能及即時運算速度，然而目前最常採用的方式仍為支援一層的貼圖方式，不像目前主流的3D繪圖軟體可提供多層次的貼圖方式，包括顏色、透明度、反射、凹凸貼圖等許多部份都可用貼圖的方式，再經由算圖方式達到擬真的效果。硬體效能的再提昇，讓影格更新速率(Frame rate)達到正常播放速度，則可讓目前許多需要經由算圖的影像，例如多層次的貼圖方式，未來可以即時運算的方式，呈現同樣的效果。

材質貼圖大概是過去十多年來，電腦繪圖界最大的進步之一。當貼圖紋理指定給幾何模型時，是把一個二維的圖形包覆在三維的模型上，將紋理用包覆或投射的方式貼圖到模型上。單純運用高面數的模型來產生光影效果，用以模擬真實的物件，除了效果不好之外，也同時造成硬體的不必要負擔。充分的運用材質對應(Texture mapping)的方式，將木紋等不同材質的影像加諸於多邊形上，除了可大幅降低多邊形的面數外，更可提高真實程度，然而硬體在即時運算的材質貼圖有記憶體的容量限制，超過限制會產生Texture Swapping的現象，影響即時運算的效能。

UV是幾何模型上的貼圖座標，U及V是簡單的參考點，用0到1來定義U及V的紋理空間，經由模型與貼圖軸上點的對應，達成幾何模型的貼圖。然而在把材質影像畫到多邊形上之前，我們必須先定義該影像，OpenGL標準中要求材質影像的長寬必須是2的整次方，2、4、8、16、32、64、128、256、

512、1024、2048、4096 等。

爲了減少材質記憶體(Texture Memory)的負擔，使用具有重覆性的連續貼圖，是最簡便且可有效降低材質記憶體的負擔，這種可重複拼貼的方式也常稱爲無接縫貼圖(Seamless Texture)，如何避免規律的貼圖造成視覺重複不自然的現象，連續貼圖的紋理需比較沒有特性，因爲特定的紋理會在拼貼時會非常明顯。降低及隱藏重覆性是使用連續貼圖時非常重要的觀念。

製作好的材質可依照 UV 的軸向，做重複(Repeat)或鏡射(Mirror)兩種連續貼圖的方式，採用這種貼圖的好處是可使用一小塊的貼圖紋理，涵蓋到非常大的面積，例如地板、牆面、草地等具有重覆性質的材質(如圖 2)。



圖 2：連續貼圖的應用

#### 四、模型與貼圖的相互搭配

在即時運算的虛擬攝影棚，模型面數與材質貼圖有一定的限制，然而模型面數的多寡取決於相當多的因素，包括 Polygon 的大小、點線面數的數量、物件透明度、燈光的數量等。

爲了減少貼圖材質的變形與扭曲，模型的投影貼圖有以下常用的方式(如圖 3)，包括平面貼圖法(Planar mapping)、箱型貼圖法(Box mapping)、圓柱貼圖法(Cylindrical mapping)、球型貼圖法(Spherical mapping)。在比較複雜的一體成型的模型會同時採用多種投射貼圖的方式(如圖 4)。

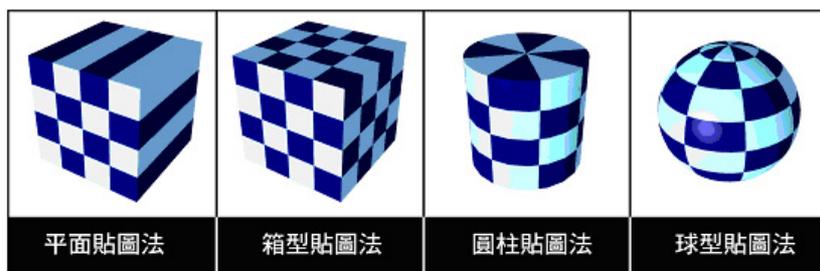


圖 3：投影貼圖常見的方式

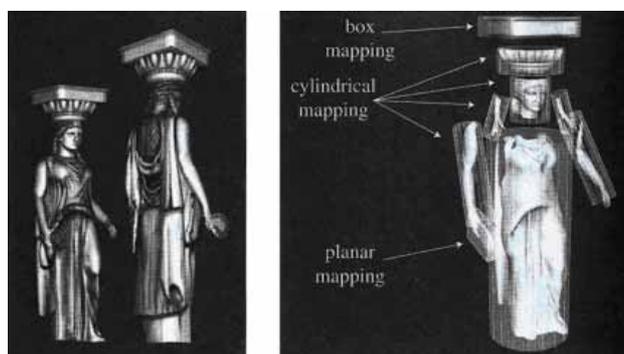


圖 4：多種投射貼圖方式的綜合使用

圖片來源：Tomas Akenine-Moller & Eric Haines, 2002

在材質記憶體有限制的即時運算環境，如何有效率的運用材質貼圖是非常重要的一件事，依照幾何模型的重要性及可視程度決定貼圖的大小，越重要的或距離鏡頭越近的部分，可運用更高的模型面數與更精細的貼圖，然而模型與貼圖之間的互相搭配也是非常重要的部份，運用預先設計好的網格，可在製作模型階段就發現網格的排列是否產生扭曲現象，儘可能保持幾何物體為平均分布的網格狀，否則會增加貼圖編輯及打燈的困難度，也儘可能降低貼圖的扭曲與變形，保持貼圖與模型形狀的一致性，任意三個不共線的頂點能決定一個三角形及所在平面，軟硬體通常在支援三角面型態，其著色速率及正確性遠比多邊形所構成的面好的多，在建構多邊形模型時，儘量有規律的建構模型，避免網格不必要的扭曲現象，建構一致性的網格面可使燈光效果更趨近自然燈光效果的一致性。

OpenGL 在即時運算方面只能提供到 Gouraud Shading 的算圖方式及效果，所以模型表面會呈現明顯的多邊形，當邊線遇到頂點時，它們可有共用或不共用頂點法向量，這可造成多邊的不同表面特徵。若是輸出的模型共用頂點的法向量 (Vertex Normal)，OpenGL 則會運用內插法計算出 Phone Shading 般平滑的多邊形表面，若未共用頂點法向量則因每個頂點都有四個不同的頂點法線，則可明顯呈現多邊形刻面的構成狀態。

## 五、陰影的呈現

陰影的呈現對於場景中物件的空間配置關係，有著極佳的註解。在虛擬攝影棚的應用中，多數需倚賴前景、背景的影像合成(Image Composition)，而前景物件陰影的呈現，對於前景、背景的聯結便有甚大助益。然而高畫質的陰影，如柔邊化的半影效果，在電腦繪圖學來說，通常需藉由全域照明(Global Illumination)來達成，而這類的打光照明方式意謂著昂貴的計算資源消耗。針對即時運算的柔化陰影，Hasenfratz 在其研究論文(Hazenfratz, 2003)廣泛的探討各式的陰影計算方法。Laine et. al. (Laine et. al., 2005)更以改良簡化的光跡追蹤方式，成功的快速計算出高畫質的柔化陰影。

縱然即時的柔化陰影計算方法已日趨成熟，但這些作法或有其應用的限制，而所謂的”即時”通常意謂著僅限於陰影的計算，對於虛擬攝影棚的應用則有其限制，因為虛擬攝影棚的製作與運用涉及多方面的電腦繪圖運算，不可能一味地追求陰影效果而犧牲其他重要的畫面效果。

## 肆、研究方法

### 一、研究對象

虛擬攝影棚有 2D、2.5D 及 3D 不同的種類，由於 2D 及 2.5D 的技術門檻較低，為了使研究更具價值，遂選定 3D 即時運算的虛擬攝影棚為研究對象，然而虛擬攝影棚這方面的研究，卻集中於軟體及硬體效能的提昇，鮮少研究以其他的方式來提昇影像品質，故本篇論文以應用及研究非即時算圖方式，提昇虛擬攝影棚影像品質為研究的對象。

### 二、研究方法與設計

整個研究方法與設計，可分為兩個主要的階段：

#### (一)、資料收集與整理階段

由於虛擬攝影棚是運用新的科技呈現方式，與其相關的專業領域相當多，故在研究初期大量收集及整理許多與虛擬攝影相關的文獻資料，包括資料如下：虛擬攝影棚相關技術理論的研究、即時運算的原

理與限制、非即時運算的原理與應用、攝影機追蹤系統、虛擬實境、數位電視與高畫質電視、電視工程、即時電玩遊戲。

由於研究者本身服務於電視台從事動畫設計及製作方面的工作，於是就近請教許多相關領域的專業人士，包括製作單位、研發廠商的系統工程師、電視工程人員、電玩遊戲製作人員等，並從其中獲得許多相關專業知識與經驗。整個研究的重點環繞在即時運算技術與非即時運算技術兩個主要的主題上，由於這些部份需要許多技術及觀念的輔助，在整理相關的文獻時，運用相當多方面不同的資料，以期獲得最新最正確的資料，例如運用網路討論區可得到許多相關使用者的非正式資料，其中不乏一些值得參考的建議。

## (二)、理論的運用及實作階段

在資料的收集與整理階段，整理出可提昇影像品質的非即時運算方式，進入研究實作及驗證的部份，研究者從歸納的資料中，以研究觀察及實作的方式，驗證方式或原理的可行性及結果的正確性，研究過程中若有疑慮的部份，則直接與相關的專業人士以電話或網路直接討論，以降低研究的偏差與錯誤。

## 伍、研究分析

虛擬攝影棚若能產生更多細膩的真實度，將有助於提高被接受度，有許多小方法可以改善畫面品質，為了有效率的研究，遂採取直接定義研究範圍，針對主要的方式做研究，包括陰影效果、即時反射、頂點色彩、烘焙紋理、透明貼圖的運用、繪製貼圖及真實照片的運用，六項主要研究範圍。

### 一、陰影效果的處理

光源因為有方向性而產生亮部與暗部的視覺立體感，即時的陰影效果，可讓 3D 模型產生重量感與立體感，若無陰影產生的場景，會產生模型之間並無實際接觸的滑動或漂浮感。而光源的距離與方向，決定了影子的形狀與大小，就視覺上的效果來說，一個不完全正確的陰影效果，比完全沒有陰影產生的場景真實度更高。

一般來說，影子分為全陰影（umbra）和半陰影（penumbra）。全陰影具有明顯的邊緣線，是被物體遮住，完全不受光源的照射，所以顏色最為黑暗；半影則會因為光量的不同，而產生由暗到亮不同色階的漸層，色階越多表示陰影越柔和。在真實世界中，由於光源都有不同的尺寸，因此能產生比較柔和的陰影，而且光源的尺寸越大，陰影越柔和（如圖 5）所示，有些區域完全位於陰影中，有些區域則位於部分陰影中。

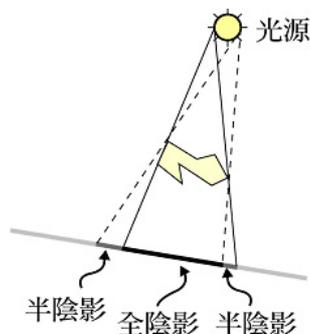


圖 5：具有尺寸的光源所產生的陰影

現在的軟硬體技術要做到即時運算的陰影，若場景中有許多模型都要產生陰影，則相當的耗費系統資源，所以虛擬攝影棚軟體採取以指定模型的方式產生陰影，只針對較容易被注目的模型產生陰影，以減輕系統的負擔，然而所產生硬邊的陰影 (Hard-edged shadow) 真實感並不足夠，雖然即時運算的柔化陰影 (Soft-edged shadow) 效果 (Hasenfratz et. al. 2003, Laine et. al. 2005) 的研究已有相當成效，但與現有軟硬體作直接有效的整合，則尚未見諸於虛擬攝影棚的應用。一般程式設計常採用三種製造陰影的方式：Stencil buffer shadowing、Projected textures、Shadow maps (depth map)。為了解決陰影問題，本研究運用了以下三種不同的非即時運算的解決方式：

(一)、運用燈光群組產生柔邊陰影

可運用多盞水平位移的燈光群組，以模擬一個有尺寸的光源，每一個光源都產生硬邊的陰影，當數個光源的陰影重疊時，可產生陰影的色階，仿如陰影的柔邊 (如圖 6)，理論上燈光數目越多，所產生的陰影效果越柔和，但受限於 OpenGL 的燈光限制，最多可同時使用 8 盞燈光。

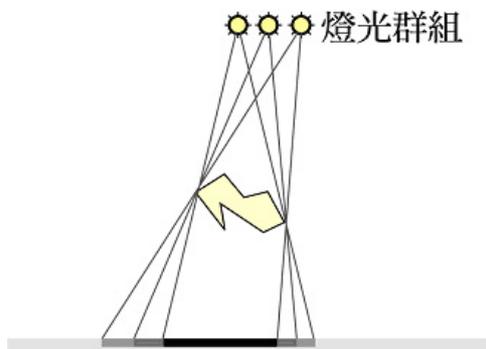


圖 6：運用燈光群組所產生的陰影色階

(二)、以透明貼圖製造假陰影

在程式設計時，會採用將物體壓扁成平面的方式，模擬陰影的產生，然而在即時著色的環境中，也可以用類似的原理模擬陰影的產生，步驟如下：

- 1、在 3D 軟體中的上視圖，以算圖的方式取得模型的透明遮罩 (Alpha channel)，裁切至最佳化的大小 (如圖 7)。
- 2、在投射陰影的平面上方，以些微垂直位移的方式建立一多邊型。
- 3、至影像處理軟體中針對透明遮罩做模糊效果，以模擬柔邊現象。
- 4、至 3D 軟體中，將此貼圖貼於地板上多邊形，運用些微的錯位模擬光源的方向將陰影以透明貼圖方式呈現。
- 5、將檔案輸出至虛擬攝影棚即告完成 (如圖 8)。



圖 7：上視圖模型與上視圖模型的透明遮罩

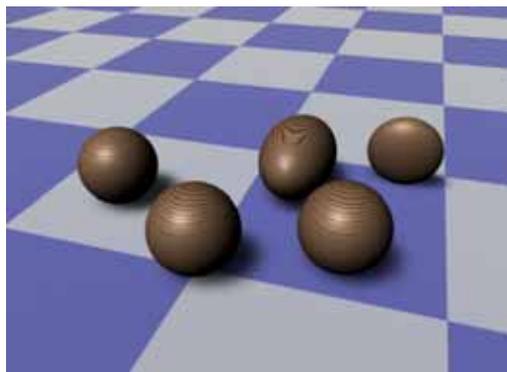


圖 8：陰影效果的呈現

(三)、以模型取代陰影

運用與方法二類似的方式，所不同處是運用模型來模擬陰影的呈現，而陰影衰減的效果可運用頂點的色彩或透明度產生。

二、即時反射的運用

(一)、使用或模擬環境貼圖

環境貼圖法 (Environment Mapping) 是模擬對環境即時反射的方式之一，立方體環境貼圖法 (Cube Environment Mapping) 在 1986 年提出 (如圖 9)，比球體環境貼圖法 (Spherical Environment Mapping) 還早，但由於計算較為複雜，故球體環境貼圖法率先採用於即時運算的應用，但是立方體環境貼圖法卻首先受到硬體的支援，這兩種不同的貼圖法適用於不同形狀的模型，以減少變形及扭曲為原則。

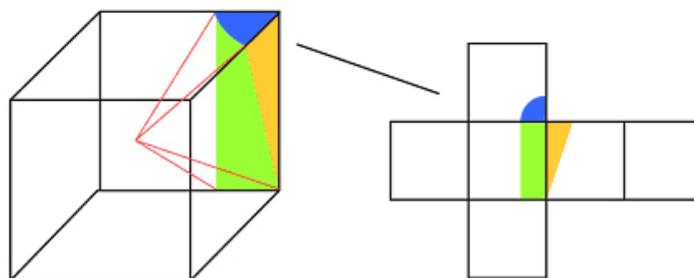


圖 9：立方體的環境反射貼圖方式與展開示意圖

有些虛擬攝影棚的軟體有提供環境反射貼圖的功能，用以模擬周遭的環境，若軟體未提供此功能，可於高反差的物件外複製平行位移的模型，用透明度高的貼圖或使用頂點透明度來模擬對週圍環境的反射 (如圖 10)。

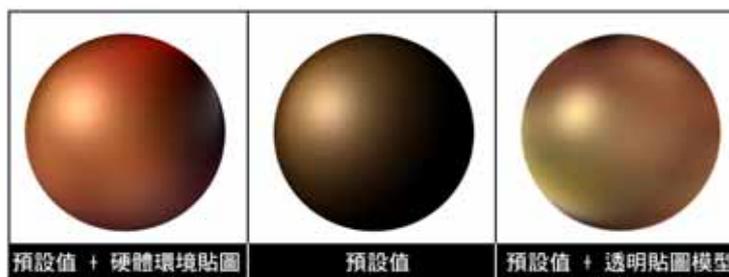


圖 10：兩種不同方式的即時反射模擬比較圖

(二)、複製模型鏡射模擬即時的反射效果

平面鏡射 (Planar reflection)是指提供反射的平面，有如鏡子般的反射效果，這是較簡單且容易模擬的反射效果之一，由於倒影也是真實模型，故攝影機可自由拍攝而無穿幫之虞。一個完美的鏡射環境，以反射平面的法向量為中心，入射角等於反射角，其基本原理（如圖 11）所示。

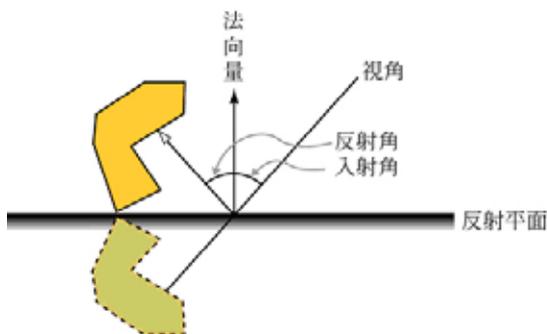


圖 11：平面鏡射的原理

以反射平面作為鏡射模型的軸心，複製且鏡射真實的幾何模型，在反射平面上使用少許的透明度，除了可以產生即時反射的假像，更可同時降低鏡射模型的彩度及亮度，更提高模擬的真實程度，這適用於反射性高的地板、鏡面、靜態的湖面等（如圖 12、13）。

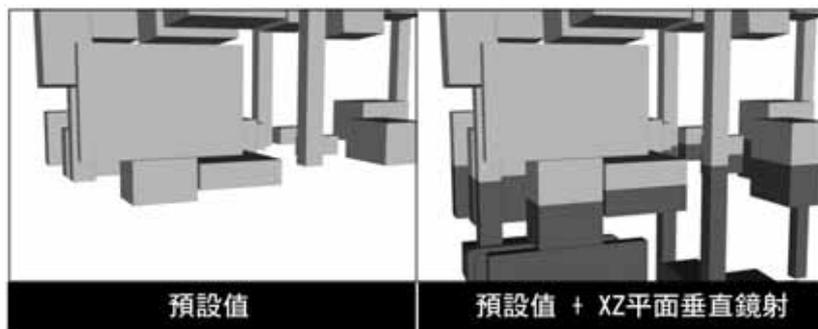


圖 12：平面鏡射模型示意圖



圖 13：平面鏡射模型與烘焙紋理

由於用模型產生的倒影較為銳利，在系統效能可負擔的情況下，在反射平面下，指定垂直方向黑色或深色霧的效果，用以模擬真實倒影效果，隨著與反射平面距離的增加，越遠則彩度越低、明度越低，模糊程度越大。

### (三)、以預先算圖的鏡射貼圖模擬反射

運用相同的原理，所不同的部份是運用材質貼圖來模擬反射效果，可將反射面上的模型，利用算圖的方式算成一張貼圖，在影像處理軟體中處理水紋等不同的扭曲效果。用這張貼圖當成倒影即可，優點是可產生更真實的倒影，缺點則是因為是採用一張 2D 貼圖作為倒影，最好整個反射模型有整齊的平面以供對齊，攝影機在運用上有角度上的限制以避免穿幫。

### 三、頂點色彩 (Vertex color)的運用

在 OpenGL 中，每一個頂點都可以有個別的颜色，如果一線段的兩端點顏色不同，OpenGL 會在顯示此線段時會以內插法 (Interpolation)的方式決定顏色，同樣方式也用來處理多邊形（如圖 14）。

在一般從事製作電影特效或動畫的使用者，是很少有機會接觸到頂點色彩部份，因為在非即時運算的製作環境，幾乎沒有存在模型面數、貼圖量與燈光數量的問題，而且頂點色彩只能經由顯示卡的即時運算方式顯現，一般的非即時運算並不能計算出頂點的色彩資訊。



圖 14：未指定頂點色彩與指定頂點色彩的三角面模型

頂點色彩與幾何物件上的材質可同時存在，它像是在材質上放置有顏色的玻璃一般，兩者顏色有相加的作用（如圖 15）。在許多的遊戲中，頂點色彩是經常應用於光影模擬的方式，這種便宜的模擬方式，非常有效的將顏色燒到幾何物件上，因為每一個頂點原本就包含了頂點資訊，大多的軟體以白色或灰色當作預設值，所以是不會耗費系統資源，就可以達到相當好的效果呈現。

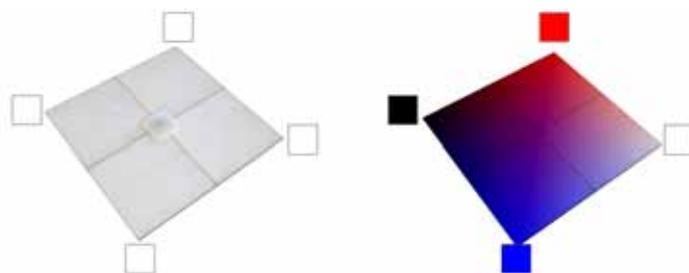


圖 15：頂點色彩與材質的相加效果

藉由給予不同的頂點不同的色彩屬性，以模擬真實場景中的亮暗及色彩的變化，如果我們能使用頂點色彩來模擬燈光照明的視覺效果，將可省下大量的記憶體（如圖 16）。日常生活的光源來自各個不同方向，所以能產生許多的細微光影變化，頂點色彩也可用於模擬自然現象的不規律性，避免一般電腦繪圖所產生太過乾淨與完美的畫面，它也可產生同一材質的不一致性，例如用來破壞重覆貼圖的連續性。



圖 16：頂點色彩的光影效果呈現

#### 四、烘焙紋理(Baking-Texture)的運用

烘焙紋理是採用即時算圖的方式中，燈光效果最準確且效果最好的方式之一，它有許多不同的類似名稱，如燈光貼圖 (Lightmaps)、陰影貼圖 (Shadowmaps)、燈光烘焙 (Light baking) 等不同名稱，它是將經由算圖過後的光影效果，以貼圖的形式貼於幾何物件上。在真實的環境中，有許多不同的光源來照亮整個場景，除了直射的光源外，不同材質的物件對光源的反射、吸收、漫射及折射也讓整個場景多了許多的細節，透明度、反射及陰影都是全域照明的特性。全域照明即是為了模擬真實環境所採用的算圖方式，目前已發展出相當多樣化的全域照明 (Global Illumination) 方式，其中光跡追蹤法與熱輻射演算法是全域照明初期相當具有代表性的算圖方式。

在即時運算的環境下，以未使用任何燈光時，最能呈現準確的烘焙紋理的效果，可用來呈現全域照明的真實燈光模擬，例如熱輻射演算、影像照明 (Image-base Lighting) 等不同算圖效果，適用於不會產生動態的模型，例如建築物、地面及靜止的物件，若物件會移動則不適合採用此法，因為光影並不會隨著物件的移動而有所改變，例如物體已經產生位移，影子卻還停留在原地等非常不合邏輯的畫面。在即時運算時，可同時採用烘焙紋理和燈光的運用，以增進真實的互動性，例如使用照明範圍小且光源衰減值高的燈光，用以模擬物體之間即時的光源變化。以下是運用 MentalRay 算圖引擎做烘焙紋理的測試，經由非即時運算的全域照明的方式，計算光子在不同物體表面反射以及能量衰減所產生的照明狀況 (如圖 17)。

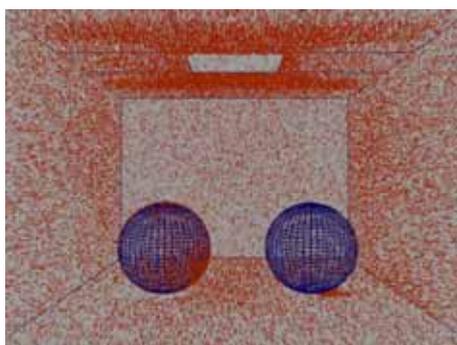


圖 17：光子在不同物體表面反射所產生的照明方式

在製作烘焙紋理的貼圖之前，很重要的部份就是模型網格編排 (UV Layout)，盡可能的避免網格產生不必要的扭曲現象，也盡可能有效率的運用整張貼圖的最大面積，經由烘焙紋理後可將整體的光影變化，變成一張張的 UV 貼圖 (如圖 18)，直接將烘焙好的材質指定給模型，再將檔案輸出至虛擬攝影棚即可 (如圖 19)。

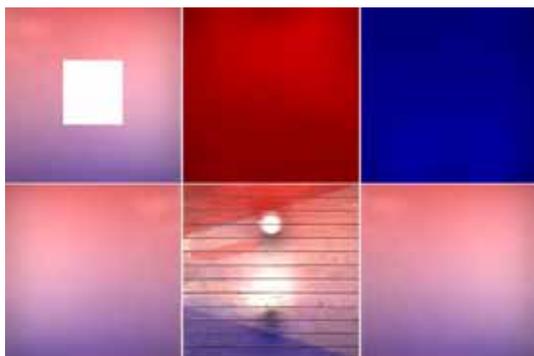


圖 18：立方體空間的烘焙貼圖展開圖

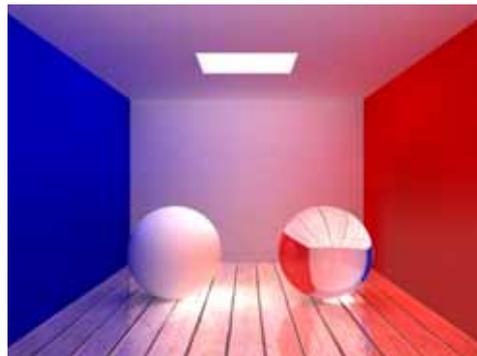


圖 19：烘焙紋理效果呈現

在沒有光源的即時運算環境，烘焙貼圖可幾乎完全呈現非即時運算的效果（如圖 20）。目前有些功能強大的非即時運算的算圖著色引擎，為了提供即時運算的應用，都有提供烘焙紋理的輸出方式，包括材質貼圖的透明度也可一同輸出。

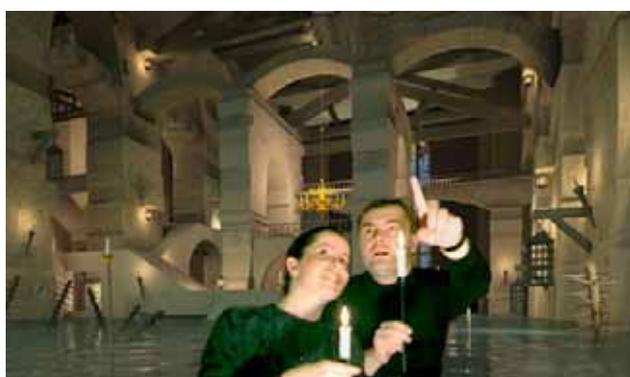


圖 20：烘焙紋理於虛擬攝影棚的應用

圖片來源：<http://www.aga3d.com>

## 五、透明貼圖的運用

在顏色的加法原理中，紅綠藍三原色可混合成任何一種顏色，然而四色（RGBA）系統中的第四種顏色，即是我們習慣稱之為透明貼圖的 alpha channel（如圖 21）。透明貼圖雖然只是灰階的畫面，白色的部分 alpha=1，表示完全不透明；黑色的部分 alpha=0，表示完全透明，它的優點是非常容易使用，並且可大幅加強及豐富整體場景的複雜程度及真實程度，電影或動畫在製作大場景的畫面時，也大量運用透明貼圖的方式來提昇真實程度與降低模型面數，如果使用透明貼圖的位置夠小或夠遠，而且攝影機不會近距離穿越或產生大角度的變化，一般是不容易發現幾何模型是用透明貼圖所取代。

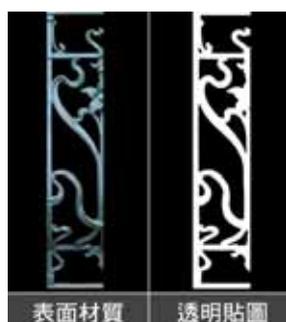


圖 21：透明貼圖使用方式

透明貼圖可運用在許多不同的場合，因使用上的不同可分為以下三種主要的用途：

(一)、取代高面數的幾何模型

即時運算由於有模型面數的限制，在製作場景時常有許多高面數的幾何模型，例如樹木、動物、鋼鐵支架等，在這種情況下，可採用透明貼圖的方式取代高面數的模型，特別是具有重覆性的模型，更可僅用少數的貼圖來完成相當複雜的模型（如圖 22）。



圖 22：透明貼圖用於取代高面數的幾何模型

(二)、模擬光源及粒子效果 (Particle Effect)

採用多邊形的建模方式，可以建構許多現實生活的物件，然而採用這種方式所建構的模型都有明顯的邊緣，有許多自然的效果很難用多邊形的模型來模擬，例如雲、毛髮等。目前的虛擬攝影棚大多具有粒子特效的部份，包括煙、火、爆炸、噴泉等不同效果，只是真實度上無法與經由軟體算圖的效果相比，其中的一種方式即是採用一群面向攝影機，帶有透明貼圖的廣告看板 (Billboard)，以控制生命週期、大小、速度及重力等方式來模擬粒子效果。

在即時運算的虛擬攝影棚的操作軟體中，雖然提供了 OpenGL 的光源可照亮場景，包括方向燈光 (Directional Light)、環境燈光 (Ambient Light)、聚光燈 (Spotlights)、點光源 (Point Lights)，但是光源的光暈、光斑、光環、亮度衰減等真實效果，卻無法以即時方式呈現，透明貼圖因為具有灰階的特性，同時使用混合不同透明貼圖及動態貼圖，可用於模擬光源的特性以產生例如火炬、爆炸等特效，往往有非常擬真的效果（如圖 23）。



圖 23：光源的呈現效果  
圖片來源：Matthew Omernick, 2004

### (三)、群體的模擬

廣告看板只是一個非常簡單的平面，重點是它的法線平行於攝影機，會隨著攝影機角度的改變而產生即時的改變，永遠面對攝影機，可避免因為攝影機角度及位置的改變，而造成穿幫的現象。透明貼圖運用時常與廣告看板搭配使用。然而運用與粒子效果類似的方式，也可運用一些大小、位置不同的廣告看板，以帶有透明貼圖的方式來模擬群體，例如雲層、樹林、都市、人群等不同效果（如圖 24）。

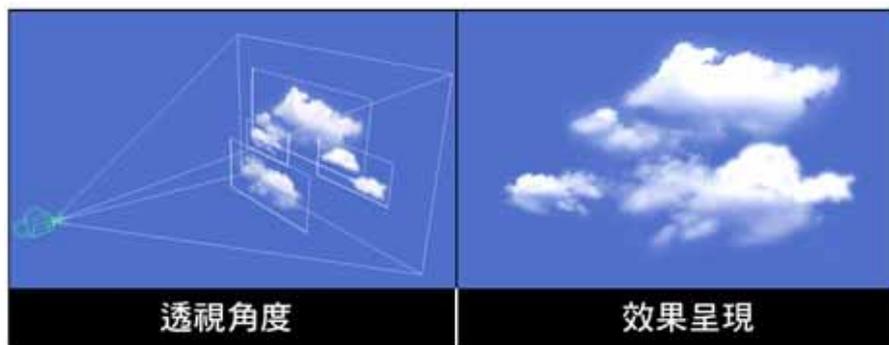


圖 24：雲層的模擬

### 六、繪製貼圖及真實照片的運用

在電腦即時繪圖能力尚未達到所要求的水平前，直接繪製材質貼圖，仍然是一種非常有效且重要的提昇畫面品質的方式，不用複雜的光源及著色方式，也不用製作許多高面數的模型，非常簡單的多邊形就可產生如此多的細節。直接運用影像合成的方式，將已拍攝或掃描過的真實材質，使用影像處理軟體來製作細節的部分，如畫家一般的作畫方式，依靠視覺經驗直接繪製光影的變化（如圖 25）。

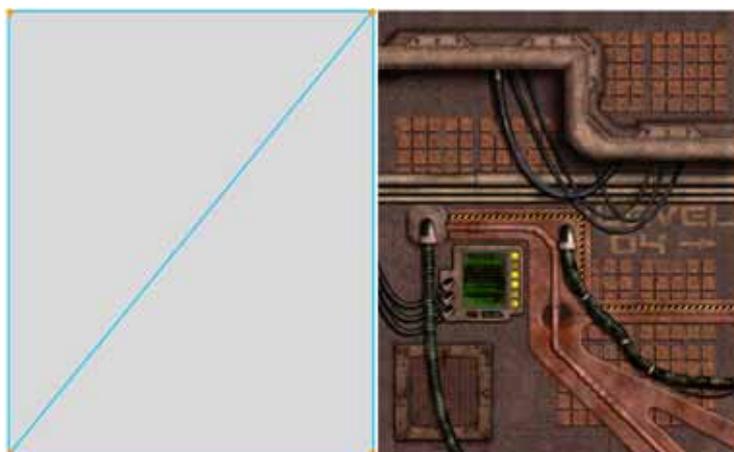


圖 25：運用貼圖繪製的方式製作場景

圖片來源：David Franson, 2004

電腦繪圖中增加真實度的方法有許多，其中一種非常有效且簡單的方式，就是以照片或真實影像來增加真實度，在虛擬攝影棚中以真實影像可用來取代許多細部模型的製作，除了減少模型製作量外，往往對於整體的真實度有加分效果，（如圖 26）以非常簡單的幾何模型，運用真實照片當作多邊形的貼圖所呈現的即時效果。



圖 26：運用真實照片的效果呈現

## 陸、結論

目前的硬體限制，OpenGL 在即時運算方面只能提供到 Gouraud Shading 或 Phone Shading 的算圖方式及效果，而且基本上是採取一次貼圖的方式，以這相當簡易的即時運算方式，要媲美功能強大且需經算圖過程的 3D 繪圖軟體，是相當不容易的挑戰。軟體只是應用的工具，好的創意不應該受限於軟硬體的功能，本研究在整合出一有效改善現有虛擬攝影棚之影像品質的作法。研究首先整理虛擬攝影棚相關之運用及 3D 電腦繪圖畫面即時與品質提升的技術，透過文獻的整理與虛擬攝影棚實務的操作，探討出目前虛擬攝影棚影像品質所遭遇的困難，進行影像品質提昇的研究，並整合出以非即時算圖技術為架構之改善影像品質作法。

本研究以非即時運算的方式，嘗試以非程式設計的方式來突破影像品質的限制，也許能提供非程式背景的藝術應用者，除了創作外另一種方向的思維。許多從事電腦藝術工作者，都各自有不同解決問題的方式，然而這些方式卻相當可惜沒有進一步的匯集整理，成為一些原理或原則，期望本篇的研究結果能對學界或業界有所助益。

## 參考文獻

### 一、中文部份

- 大新資訊（2000）。"OpenGL 超級手冊"（Richard S.Wright,Jr.和 Michael Sweet 原著,2000 年出版）。台北市：碁峰資訊,9-43。
- 王建柱（2002）"室內設計學"。台北市：藝風堂出版社,43-69。
- 朱柔若（2002）"社會研究方法質化與量化取向"（W. Lawrence Neuman 原著,1997 年出版）台北市：揚智文化事業股份有限公司,605-709。
- 黃加佩（1998）"互動式電腦繪圖與 OpenGL 實作"（Edward Angel 原著,1998 年出版）。台北市：儒林圖書,20-47。
- 葉春華（1999）"錄影製作觀念、原理與科技"（Herbert Zettl 原著,1998 年出版）。台北市：亞太圖

書出版社, 234-315。

蔡駿康 (1997) : "電視工程"。台北市：中華民國電視學會, 57-122。

賴柏洲 (2003) : "數位電視廣播與製作系統"。台北市：全華科技圖書股份有限公司, 1-46。

蕭明 (1999) : "NAB SHOW VR (虛擬實境) 報告"。台北市：公共電視。

## 二、外文部份

T. Akenine-Moller & E. Haines (2002) . "Real-time rendering". 313-344. A K Peters.

J. Birn (2000) . "Digital lighting & rendering".193-220. New Riders.

L. Blond' e (1996) . " A virtual vstudio for live broadcasting:The Mona Lisa Project. " Institution of Electrical Engineers,18-28.

D. Brooker (2003) . "Essential cg lighting techniques". 75-119, Focal Press.

D. Franson (2003) . "2d artwork and 3d modeling for game artists". 606-629. Premier Press.

D. Franson (2004) . "The dark side of game texturing". 83-117, Premier Press.

S. Gribbs (1998) . "Virtual studios: an overview" Institution of Electrical Engineers,18-35.

E. Hanson (2003) . "Maya 5 killertips". 58-70. New Riders.

J. Hasenfratz, M. Lapierre, N. Holzschuch, and F. Sillion, (2003). "A Survey of Real-Time Soft Shadows Algorithms". Computer Graphics Forum 22, 4, 753-774.

M. Hayashi (1998) . "Image compositing based on virtual cameras" Institution of Electrical Engineers, 36-48.

S. Laine, T. Aila, U. Assarsson, J. Lehtinen and T. Akenine-M"oller (2005). "Soft Shadow Volumes for Ray Tracing". Computer Graphics, 24, 1156-1165.

R. Linde (2005) . "Game art:creation,direction,and careers". 186-227. Charles Ruver Media.

R. Lowell (2000) . "Matters of light & depth". 66-113, Lowell-light Manufacturing, Inc.

M. Mckinley (2005) . "The game artist's guide to maya".87-117. SYBEX.

T. Mcreynolds & David Blythe (2005) . "Advanced graphics programming using opengl". 403-480. Elsevier.

M. Moshkovitz (2000) . "The virtual vstudio vechnology & techniques". 1-79. Focal Press

M. Omernick (2004) . "Creating the art of the game".175-195.New Riders.

M. Rothaler (1996) . "Virtual Studio Technology:An Overview of The Possible Applications in Television Poogramme Production" . EBU Technical Review.

A. Watt (2000) . "3d computer graphics (3rd ed)". Addison-Wesley.

## 應用關鍵鏈方法建立穩健專案管理系統

張盛鴻<sup>1\*</sup> 宋南豪<sup>1</sup> 杜瑩美<sup>2</sup>

1：明新科技大學工程管理研究所

2：中華大學工業管理學系

### 摘要

專案管理在現代化的組織裡獲得相當重要的地位，且為現今的企業帶來競爭優勢。然而其廣泛應用於專案時程規劃與管制的技術—PERT/CPM，卻自50年代發展以來就沒有進一步的修正，專案的時程、預算、內容經常掌控不佳，無法符合最初的期望。Dr. Goldratt 根據其TOC之思維程序發展出來的「關鍵鏈專案管理 (CCPM)」，在專案的時程管控上有顯著的成效，應用於企業上已被證明相當成功。

本研究藉由專案管理技術基礎及 CCPM 之應用下，以既有之專案軟體及應用程式建立數種不同專案型態及風險水準，將現有之 PERT/CPM 專案時程管理方法與 CCPM 做模擬比較。經由實驗驗證之結果顯示，應用 CCPM 對於單一專案與多專案環境，在相同的專案網路結構複雜度上，當專案的不確定因素愈趨於高風險時，CCPM 改善傳統專案管理管控核心問題的能力呈正向的線性趨勢；從相等的專案風險程度來看，當專案型態的結構愈趨於複雜時，其提升專案執行力的績效就越顯著，整體的績效能力也呈直線上升的趨勢。顯示 CCPM 控管機制在單一或多專案的環境下，於不同特性之專案(專案網路複雜度、專案執行不確定因素的風險程度)有其可用性與適合性，對於專案執行在交期達成率、平均延遲及平均延誤的績效都有較佳的表現，且顯著的縮短專案的工期，對於專案的交期可以做出非常準確的承諾。

**關鍵字：**限制理論、關鍵鏈專案管理、專案評核術、要徑法

## Establish Robust Project Management System by Using Critical Chain Methodology

Sheng-Hung Chang<sup>1</sup> Nan-Hao Sung<sup>1</sup> Ying-Mei Tu<sup>2</sup>

1：Mingshin University of Science and Technology

2：Chung Hua University

### Abstract

Project management has gained an increasingly important position in modern organizations. Of all the skills, this can give a company a competitive advantage in today's market. The most widely used technique for managing project schedule since its origin in the 1950s, the well known as Program Evaluation and Review Technique/Critical Path Method (PERT/CPM), has not been significantly modified and improved either in its application or its assumptions. Either the project scope was reduced (changed the original specifications), the

---

\* 工程管理研究所教授 地址：新竹縣新豐鄉新興路1號 Tel：03-5593142 轉 3224 Fax：03-5595142  
E-mail：shchang@must.edu.tw

project was delivered late (compared to the original due date), or the budget was exceeded (actual project costs exceeded projected costs). The actual results of at least one of the three objectives of the project didn't meet original expectations. Critical Chain Project Management (CCPM) applies Theory of Constraints (TOC)-based thinking process developed by Dr. Goldratt to project management. Application of CCPM in industries has been proven as successful.

This research is with the application of administrative skill foundation of the project and CCPM, set up several kinds of different special project type attitudes and risk levels for project software and application program that have already had, do with CCPM and traditional techniques of project management – PERT/CPM to compare. The simulation result shows a better performance was obtained for rate of due date commitment, average tardiness, average lateness, usability, suitability and the core problems can be resolved and the project due date commitment can be kept when combining Critical Chain Scheduling, Synchronization and Buffer Management in the project (the network complexity of project, project carry out the risk degree of the uncertain factor) of different characteristics under the environment of the single and multi-project.

**Keywords : Theory of Constraints, Critical Chain Project Management, Program Evaluation and Review Technique (PERT), Critical Path Method (CPM)**

## 一、緒論

專案時程管理技術主要用途是在於專案執行的掌控，專案時程之達成有賴於時程管理技術的輔助。自1950年要徑法(Critical Path Method, CPM)及專案評核術(Program Evaluation and Review Technique, PERT)兩項主要的時程管理技術相繼發展完成後，隨即就迅速應用於各類型的專案計畫的規劃與控制上，至目前為止仍然是產學各界倚重的時程管理技術之一。但是PERT/CPM從二次世界大戰後出現，沿用至今，在專案管理這個領域上一直沒有重大的突破，應用或假設上也都不曾被顯著地修正過[15]；而工程延誤、專案嚴重超出預算或經常犧牲設計內容，都是目前專案的共通問題[3][10][14]，著名的例子如北海鑽油台、連接英國和法國火車的海峽隧道都是典型專案管理失敗的例子[3]。雖然他們也是依循PERT/CPM的技術來控管專案，但是上述常見的專案管理問題依舊存在，研究者開始探討PERT/CPM的規劃或運作上是否有其導致專案失敗的因子。

綜觀傳統專案管理的技術PERT與CPM，其規劃與管理的方法經常無法符合專案時程、預算、設計內容的實際需求。因此，Dr. Goldratt在1997年以其最暢銷的企業小說「關鍵鏈 (Critical Chain)」[2]，提出限制理論 (Theory of Constraints, TOC) 於專案管理上的應用概念，為專案管理開創了新的方法。關鍵鏈專案管理 (Critical Chain Project Management, CCPM) 的技術是落實限制理論的管理邏輯於專案管理上，以有限的資源與消除不良的工作行為概念進行專案時程的規劃，並利用集中管理專案的緩衝時間 (Time Buffer) 的觀念保護整個專案的執行，以期能順利或提早專案的達成。

CCPM 應用在企業上，被證明相當的成功[2]，先後有許多應用成功的案例，例如：英特爾(Intel)在愛爾蘭興建的工廠、Harris Corporation 晶圓廠的興建等[3]。CCPM 理論的本身是將舊有的管理技術做創新的應用，並以緩衝管理 (Buffer Management) 進行專案的管控，其不需具備艱深的理論基礎與統計背景，即可進行排程的規劃與運算[6]。而自 PERT/CPM 發展以來，一些研究學者發現 CCPM 能夠明顯地改善專

案和公司的績效，相信它將在專案管理上成為最重要的改善方法[6][8]。

本研究認為，雖然 CCPM 為目前考量資源限制的最佳專案時程控管技術之一，同時也可能是最簡易而有效的方法；但是 CCPM 在不同的專案特性（網路複雜度）及不同的風險程度下是否有不同的表現，對於提供不同產業的可用性或適合性的有用資訊上，仍然付之闕如；因此，本研究將應用關鍵鏈專案管理機制在單一/多專案環境與不同專案特性(專案網路型態、風險水準)之影響因子等問題下做專案時程的規劃與管控，並將現有之 PERT/CPM 專案管理方法與 CCPM 做模擬比較，確認 CCPM 對於不同專案環境(單/多專案)之網路複雜度、風險程度的執行績效，並說明其改善傳統專案管理方法執行任務的績效能力。

## 二、文獻回顧

雖然專案管理在現今組織裡扮演一個重要的角色，但是專案規劃和管控技術的方法仍是不完善。大部分的專案管理文章都源於1950~1960年，PERT/CPM依然被廣泛地使用在管理專案上，但是它的適用性或是假設都沒有被明顯地修正和改進過[15]。所有發展中的專案，大多數都不能符合他們原先的時間和成本目標，而且都超出原先規劃的40%-200%[11]。幾乎每天都有專案超出的例子被發現在其中[10]。

近年來的專案管理學術研究上，PERT/CPM被喻為經常導致專案無法正常運作[10][12]。著名的例子如北海鑽油台，專案嚴重超支，為原本規劃的四倍；連接英、法火車的海峽隧道，成本大幅超出預算，數以十億計，完工時間比預計的日期晚了幾個月，而且當時仍未能通車。這些都是典型的專案管理失敗例子[3]。

是不是PERT/CPM控管專案的方法有其致命的盲點所在呢？根據研究顯示，其中之一就是它們隱含著資源可無限供應之假設，以致於所規劃之時程經常與實際執行的時程相差甚遠，也低估了計畫預算及資源使用沒有效率對專案的影響力[3]。Street[13]更指出PERT與CPM最容易產生錯誤的兩點問題，一個是不切實際的作業工期，另一個是未確實執行時程更新。

研究調查實務上的專案執行成果也顯示，有23%的IT專案在完工前即被取消或停止，已完成的專案64%未能符合原交期，而專案平均成本超出45%，專案平均時程超出63%[4]；另有學者指出，將近30%的專案在完成之前即被迫取消，不但耗費時間、金錢，更造成管理上的挫敗；即使專案僥倖未被取消，不是無法履行既定的專案範疇，就是未能準時地完工，或超出預算。因為專案逾時或超出預算很多，造成每年在專案上耗盡以數十億美元計價的成本[5][6]。此結果很明顯的指出傳統的專案時程管理技術執行績效不彰，也間接說明了長久以來被廣泛利用於專案管理的PERT/CPM控管技術的效用仍未達到眾所期盼的標準。

Dr. Goldratt在1997年首先限制理論於專案管理上的應用概念，解決專案長期存在的問題：遲延完工，花費超支，設計內容被更改，和其他專案管理者都熟悉的不良因素[12]，為專案管理開創了新的方法。

在實務的應用上有許多成功案例說明關鍵鏈於專案管理應用的成效。以色列政府明文規定，想接國防研發合約或訂單的企業，必須受過關鍵鏈正式的訓練，否則沒有資格競逐[3]。由此可知，以關鍵鏈為基礎的專案管理，已經獲得廣泛的重視。英特爾（Intel）在愛爾蘭興建的一家工廠，工程執行未到一半，專案進度落後、支出成本出現危機，運用TOC的專案管理後，專案在規劃中完成，而且沒有超支。以色列飛機工業有限公司導入TOC在其管控後，將飛機維修的工期由三個月縮減至兩星期。Harris Corporation

在美國賓夕凡尼亞州興建一間晶圓廠時，業界估計他們需要二十八至三十六個月才能建成，而根據關鍵鏈原則制訂出來的計畫，實際上只用了十三個月[3]。以上案例足以說明依TOC所發展的關鍵鏈專案管理方法於專案進度管理方面確實有一定的功效。

由文獻探討我們可以了解到，傳統的專案管理隱藏著不合理的假設，導致專案人員執行任務時產生不良的工作行為；而 CCPM 所提出的三大機制（關鍵鏈排程、多專案同步化排程與緩衝管理）則可以克服專案管理存在已久的核心問題[1][3][6][8]。因此，本研究藉由應用 CCPM 專案管理系統，探討這些問題對於專案任務執行的影響，並模擬單一專案環境/多專案環境中網路結構的複雜性與不確定因素的風險程度的實驗，將現有之傳統專案管理方法與 CCPM 做模擬對照，確認 CCPM 對於不同專案環境(單/多專案)之網路複雜度、風險程度的執行績效，並說明其改善傳統專案管理方法執行任務的績效能力，並以交期相關之績效指標驗證其確為專案規劃應用時，對於不同特性之專案有其可用性與適合性。

### 三、實驗架構與模擬

由於專案的重現性低，且對於傳統專案管理方法與 CCPM 改善的比對耗費的成本與時間過高、過長，以致於無法進行實證研究，因此本研究採用電腦模擬分析法為主要的研究方法，以專案的完工時程作為績效的衡量；且為使專案模擬具代表性，以 Goldratt 在 PmSim 專案模擬軟體的專案，及依本研究的實驗環境增加專案複雜度之情境，在三種不同的專案複雜度的型態及四種風險水準下，以有限資源，探討不良的工作行為對於專案時程所造成的影響程度；然後以 Goldratt 所提出專案管理之關鍵鏈方法，運用其三大機制進行管理，分析對於不良工作行為的消弭效果，並藉由模擬實驗顯示應用 CCPM 來建構穩健的專案管理系統成效，且對關鍵鏈方法在不同環境因子下的可用性與適合性做一剖析。

#### 3.1 績效指標

為探討傳統之PERT/CPM專案管理方法問題在單一/多專案環境與不同專案特性(專案網路型態、風險水準)之影響因子下，對於專案任務執行的影響；說明如何應用CCPM管控技術導入於不同的專案型態、不同的風險水準在不同的專案環境的專案管理上，將現行專案在時程管控上的核心問題消弭；本研究以交期相關之績效指標作為驗證標的。將以下績效指標進行定義：

1. 交期達成率：代表專案的完工時間滿足客戶所指定交期的反應能力，達成率越高則反應能力越好。
2. 平均差異：在專案完工時間與交期日之差異稱之為差異，若差異小於零則稱之為提早，若延遲大於零則稱之為延遲(lateness)，平均差異描述專案完工時間滿足交期的準確性。
3. 平均延遲：所謂的延遲為專案的完工時間，落於交期之後完工稱為延遲(tardiness)。延遲所造成之成本相當的大且不易估算。所以一個專案欲降低成本，必須準確的控制時程於交期之內完成。
4. 工期 (Duration) 或週期時間：相當於 WIP (Work in Process)

#### 3.2 實驗假設

本實驗有關專案排程之基本假設與適用性如下：

1. 本研究僅針對專案的排程績效作探討，其他有關成本與品質則不予討論。
2. 由於實驗所使用專案乃沿用 Dr. Goldratt 在 PmSim 專案模擬軟體的專案，因此其結果僅適用於產品開發或 IC 設計等小型專案。
3. 專案各項任務的網路順序與其關聯性及資源指派在規劃時已確定，前續任務未完成前，下一項任務即無法開始作業。多專案環境中之子專案依優序開工，若無規劃子專案優序，則所有子專案同時開工。
4. 每項任務所需工期以「天」為單位，由定義的分配範圍亂數產生；此外，每項任務於開始後，不能中斷或停止，須執行至完工為止。但是當資源是多工作業時，工作在一任務至少五天才會換到另一個新任務。多工作業的切換是從這些多工任務之間隨機選擇來等待資源。所以每一次回到一個不完整的任務時，必須增加一天的設定時間。
5. 各任務須等待所需要之資源到達時，才可以開工。
6. 專案所需之緩衝區時間，納入專案時程完工時間內考量。
7. 多專案內的子專案皆屬於同一複雜度與風險度。

### 3.3 實驗架構

本研究設計有二種不同的專案環境(單一專案與多專案環境)、三種不同的網路複雜度( $S = 0.10/0.15/0.20$ )、四種不同的風險水準(很低/低/高/很高)、與二種專案管理方法(傳統專案管理方法與 CCPM)，共計有四十八種專案情境。應用 Microsoft Project 2000 English version、ProChain version 7.1 等專案管理軟體與 PmSim version 1.0 專案模擬軟體，並加入模擬參數(提早完工不報告、多工作業與學生症候狀等三種不良工作行為之參數)，在 90% 的信心水準下，將四十八種專案情境各模擬一千次，探討在不同的專案環境、不同專案網路複雜度、及不同風險程度下，運用不同的專案管理方法，進行專案執行之績效分析。

### 3.4 專案的網路結構設計

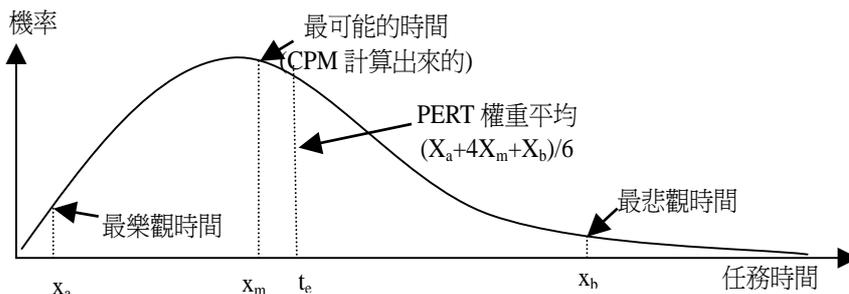
在代表不同屬性的專案型態中，複雜度代表著專案網路的結構，包含任務數目及任務間的順序與關聯。Anthony A. Mastory [6] 曾就專案排程上的最佳化進行模擬，並對專案排程網路的結構，依據不同之複雜度進行分類， $S$  的值愈大表示專案工作間的關係愈複雜，但過大的  $S$  值卻不符合實際專案計劃的情況。由於複雜度的廣度大，所以本實驗採用「複雜度」代表不同型態的專案。其中設計專案網路任務間順序的複雜度為  $S=0.10$ 、 $S=0.15$ 、 $S=0.20$  三種型態的專案網路圖，代表著不同類型的專案。依照本實驗所設定的專案任務數 20 個，分別在複雜度為  $S=0.10$ 、 $S=0.15$ 、 $S=0.20$  三種型態的專案，求出專案任務間順序的限制數依序為 19、29、38 個關聯數。

### 3.5 專案的風險水準模型

專案風險是一種不確定的事件或狀況，當該事件或情況發生，對專案的目標將發生正面或負面的影響，一個風險具有一個肇因及其發生的後果[8]。本研究所指的專案風險程度的影響，乃是指專案任務執行時所可能因不確定因素導致專案時程的延宕。一般專案的時程估計皆採用右偏的  $\beta$  分配，本研究之專案時程分配亦採用傳統 PERT 技術的  $\beta$  分配，因為專案任務執行的不確定性或變異，將可能造成專案無法

在規劃時程內完工，而專案任務的時程不確定性愈高，代表專案所面臨的風險越高亦即  $\beta$  分配的右尾將拖曳越長，所規劃出的緩衝時間也會因為專案的變異有所不同(如圖一所示)。

專案的不確定性代表風險程度的高低，不同的風險程度影響著  $\beta$  分配的右尾拖曳的長度，Yongyi Shou and K T Yeo[12]指出有些專案任務執行時有很大的變異， $t_b$ 的機率面積遠大於  $x_b$ ，甚至為其的兩倍；變異較小的專案， $t_e$ 與  $x_b$ 是相當接近的，因此將專案的風險程度分成很低、低、高、很高等四種類型，其分類如下表一所示。本研究依 Yongyi Shou and K T Yeo[11]將專案的風險程度分成很低、低、高、很高等四種類型來呈現較符合現況的專案型態。



圖一、作業的時間的估計[12]

表一、專案風險程度的分類[12]

類型	專案風險程度	機率誤差範圍	
		下界 (相對於圖一 $X_a$ )	上界 (相對於圖一 $X_b$ )
A	很低	-5%	+20%
B	低	-10%	+30%
C	高	-15%	+40%
D	很高	-20%	+50%

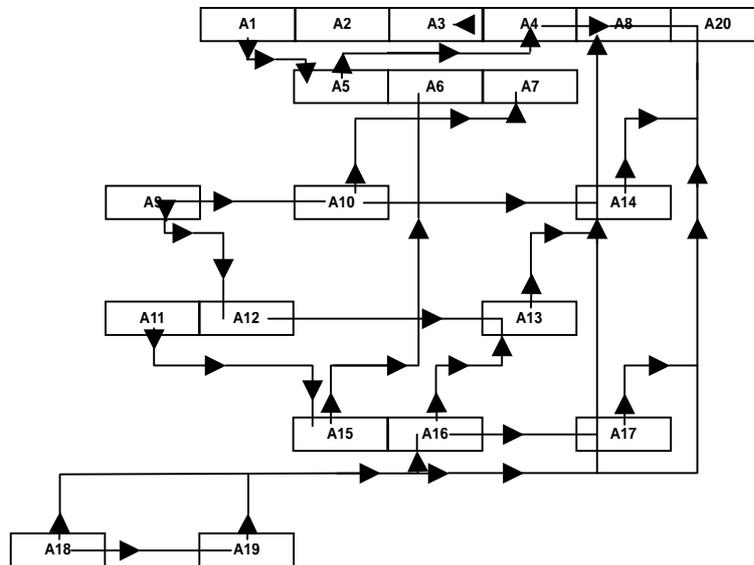
### 3.6 單一專案模擬實驗

本實驗以傳統專案管理與 CCPM 二種管理模式做比較，其中網路皆以 ALAP(As Late As Possible)規劃，且都已撫平資源衝突問題，在三種專案複雜度及四種專案風險程度下模擬；每一組專案有二十個任務(傳統專案管理方法下每一個任務時間皆為二十天；CCPM 的任務時間依其專案風險程度，以 50-50 法則設置一關鍵鏈排程所需緩衝時間使用 50-50 法則[2]，假設專案的每個作業時間皆已經減掉 50%，每個緩衝時間長度皆用前路徑時間的 50%)，與其有十個資源(以顏色藍、黃、深黃、淺藍、紅、粉紅、紫羅蘭、綠、亮綠、灰色，代表十種資源)可用，專案風險程度依模擬參數做調整，主要探討的是專案的時程的完工時間。

#### 3.6.1 傳統專案管理規劃—單一專案

傳統專案之時程管理最常用的工具有 CPM、PERT 等技術。CPM/PERT 兩類方法雖然均為個別獨立發展，但今日兩類技術均已相互輔助使用。其關於時間的表示原則有：1.單一時間表示法(指該任務於正常情況完成所需的時間)；2.三時估計法(樂觀時間、最可能的時間、悲觀時間)。

本研究採用單一時間表示法作為任務的時間估計，依網路關聯性連結各任務建立專案網路圖，及各任務所需指派資源，以 ALAP 方式撫平資源衝突。有關傳統專案管理規劃之三種複雜度之單一專案網路圖、資源資訊，如下圖二及附錄表二～表四所示。



圖二、網路複雜度 0.15 下傳統專案管理的單一專案網路

### 3.6.2 CCPM 規劃－單一專案

CCPM 改善傳統專案管理的做法是：考慮到資源以及作業的相依性，選擇最長路徑定義為關鍵鏈，本研究執行步驟如下[1]：

步驟一：確認關鍵鏈；

- (1) 以 50-50 法則縮短任務的時間；
- (2) 確認專案的網路；
- (3) ALAP(愈晚開工越好)；
- (4) 化解資源衝突；
- (5) 找出相依事件中最長的鏈－關鍵鏈。

步驟二：保護關鍵鏈－以整體的專案緩衝 (Project Buffer, PB) 來保護專案的交期；

步驟三：所有非 Critical Chain 任務、路徑及資源皆全力支援步驟二所做的決策；

- (1) 加入匯流緩衝 (Feeding Buffer, FB) 來保護關鍵鏈；
- (2) 化解加入 FB 後的資源衝突。

步驟四：以增加資源的方式 (在某一時間內)，化解衝突任務，縮短專案時間；

步驟五：回到步驟一，不要讓惰性成為限制。

為了實驗的公平性，上述僅執行步驟一～三，步驟四所言增加資源乃適用於實際狀況的運作。

有關 CCPM 規劃之三種複雜度之單一專案網路圖、資源資訊，如附錄表五～表七所示。

### 3.7 多專案模擬實驗

本節以傳統專案管理與 CCPM 二種管理模式在多專案環境下做比較，其中網路皆以 ALAP 規劃，且都已撫平資源衝突問題。三種專案複雜度(S=0.10/0.15/0.20)之多專案環境在四種專案風險程度下模擬，每一組多專案環境皆有二個相同複雜度之單一專案的子專案，其子專案的網路圖與資源資訊表同本實驗之單一專案(圖二、附錄表二~表四)。

#### 3.7.1 傳統專案管理規劃—多專案

本研究之傳統專案管理規劃的多專案方法，子專案的網路規劃同本實驗之傳統專案管理規劃的單一專案，且同一專案複雜度內的子專案皆同時開工。有關傳統專案管理規劃之三種複雜度之多專案環境網路圖、資源資訊，如附錄表八~表十所示。

#### 3.7.2 CCPM 規劃—多專案

本研究執行CCPM規劃之多專案步驟如下[1]：

步驟一：決定專案的先後次序；

步驟二：找出限制資源（可能就是跨專案負荷最重的資源）；

步驟三：根據專案的先後次序，將跨專案中的限制資源錯開；

步驟四：加入產能緩衝 (Capacity Buffer, CB)。在前後兩個專案中的限制資源之間所加入的緩衝稱之 CB，其目的是讓專案之間不要互相影響。產能緩衝的大小視公司專案變動（或插單）的程度而定；

步驟五：將限制資源，依照先前找出關鍵鏈及加入專案緩衝和匯流緩衝的關係，放回至各專案中步驟一找出限制資源的位置，再次化解各專案內的資源衝突。

有關 CCPM 規劃之三種複雜度之單一專案網路圖、資源資訊，如附錄表十一~表十三所示。

## 四、模擬結果與分析

本章首先說明單一專案在傳統專案管理方法與 CCPM 下，專案複雜度分別為 0.10、0.15、0.20 及專案風險水準高低環境下的模擬結果；第二節說明傳統多專案管理方法與 CCPM 多專案管理機制下，在多專案環境網路結構的複雜度與不確定因素的風險程度中說明模擬實驗的結果。由此兩節探討不良工作行為對於傳統專案管理的影響，以及進行傳統專案管理與 CCPM 兩種模式的規劃控管比較分析。

### 4.1 單一專案環境的模擬分析

#### 4.1.1 導入傳統專案管理方法於單一專案環境下之模擬分析

在傳統專案管理所規劃出來本研究的三種專案複雜度之專案時程，依專案複雜度 0.10、0.15、0.20 分別為 140 天、160 天、180 天；相同專案複雜度下，不同專案風險程度，所規劃出之專案時程皆是一致的。而專案的不良工作行為，在傳統專案管理的規劃模式下、專案複雜度為 0.1，分別在很低、低、高、很高的專案風險水準時，對於專案的執行影響結果顯示，每一個風險水準所模擬出 90%機率的完工時間皆超出專案期初所規劃的時程；然而在 1000 次的模擬實驗，規劃的專案時程在交期達交率只達 33.8%、6.1%的績效(如附錄表十四)，甚至在風險程度高的專案環境中，專案的規劃時程根本無法達成；在平均差異與平均延誤時間的專案交期評估指標中顯示，專案風險度愈高傳統專案管理方法的績效就愈差。其餘

專案複雜度為 0.15 及 0.20 時、不同的專案風險水準下，專案的交期達交率更不如預期，且專案完工時間與交期日的差異和超過交期日的延遲程度更趨嚴重。

傳統專案管理方法所模擬出的 90% 機率的專案完工時間，在同一專案複雜度裡，會因為風險程度的升高而造成專案的完工時間更長；在同一專案風險水準裡，專案網路結構越是複雜，專案的交期就越晚。在同一個專案風險水準下，本研究依照傳統專案管理方法所規劃期初專案時程，因網路複雜度高低，在考慮資源撫平後的工期分別為 180、160、140 天；以同一專案網路複雜度為例，不同風險水準的專案，其工期卻是一樣，因此造成風險不確定因素越高的專案，其衝擊專案的執行績效就越大。顯示出傳統專案管理方法所規劃之時程經常與實際執行的時程相差甚遠，且欠缺考量資源使用沒有效率對於專案的影響力，使得學生症候狀、提早完工不報告及不良的多工作業等不良的工作行為，將每個工程師加在各個任務內的安全時間消耗殆盡，導致專案因此而延宕。

#### 4.1.2 導入 CCPM 於單一專案環境下之模擬分析

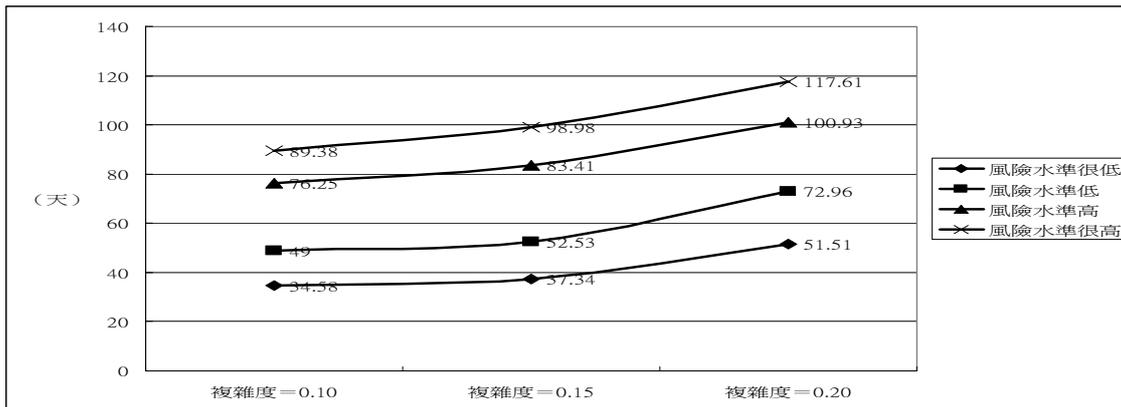
CCPM 的關鍵鏈排程運用 TOC 的五大聚焦觀念，以 50-50 法則縮短各任務的時間，並找出專案中的關鍵鏈，將各任務的安全時間設置成緩衝時間，用來保護專案整體及關鍵鏈。

CCPM 在於緩衝管理機制的建立，對於專案管控有很大的作用，而緩衝管理的動態決策性質讓本模擬研究很難進行，但是模擬結果顯示專案皆能在規劃時程內完成，且專案交期達交率都能在九成以上(如附錄表十四)；亦即表示在實際執行面，當緩衝區消耗至行動區時，藉由補救措施，諸如加班、增加資源或外包等行動而確保專案在交期之前完工，專案的執行績效及交期將因此有更佳的呈現，顯示 CCPM 的管理機制能有效抑制不確定因素對於專案執行的衝擊，使得專案能夠如期或提早完工。

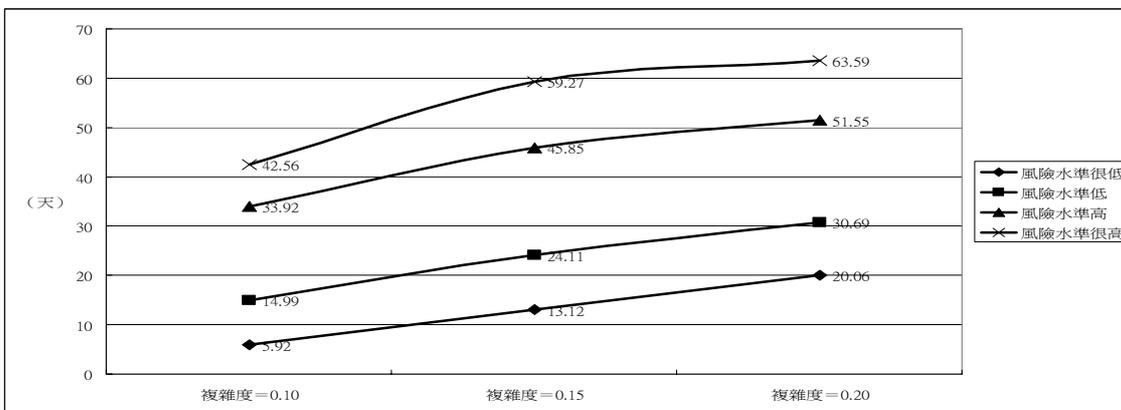
然而 CCPM 會依照專案的風險水準高低調整專案的時程，模擬結果顯示依專案複雜度的簡繁，在不同風險水準下，或是當固定專案風險水準，不同複雜度，運用 CCPM 技術的專案，皆有九成以上的交期達交率(如附錄表十四)。就整體而言，CCPM 運用的管理技術能規劃出適合各類型專案的時程，且有效率的控管專案執行，平均差異時間與平均延遲時間的績效指標顯示，在 90% 的信心水準下，專案皆能如期完成或是提早完工。

#### 4.1.3 CCPM 改善傳統專案管理方法的績效成果

平均差異時間和平均延遲時間兩個績效指標對於傳統專案管理模擬的結果，顯示其根本無法有效管控網路結構複雜與不確定性高的專案；而在導入 CCPM 改善專案的執行績效後，模擬結果顯示在專案的控管上有明顯的成效，應用 TOC 的五大聚焦步驟，與 50-50 法則、關鍵鏈排程、緩衝管理成功的解決傳統專案管理上的不良工作行為，依專案風險程度規劃出適宜的專案時程，且加上「風險共擔」而不會浪費安全保護時間，讓專案更能有效率的管控。在固定的專案複雜度下，CCPM 對於傳統專案管理的改善績效，平均差異時間和平均延遲時間的績效指標會因專案風險水準的升高呈現正向的趨勢(如圖三、圖四所示)；其平均的改善績效也會依專案的複雜度低高有上升的趨勢(如圖三、圖四所示)。



圖三、單一專案環境導入 CCPM 後可縮短的平均差異時間



圖四、單一專案環境導入 CCPM 後可縮短的平均延遲時間

## 4.2 多專案環境的模擬分析

### 4.2.1 導入傳統多專案管理方法於多專案環境下之模擬分析

傳統專案管理所規劃出來本研究的三種專案複雜度之多專案環境，其三個子專案之專案時程皆一致，依專案複雜度 0.10、0.15、0.20 分別為 140 天、160 天、180 天；相同專案複雜度底下，有不同專案風險程度，規劃出之專案時程皆是一致的。每一個多專案環境，在傳統專案管理方法下，為避免陷入子專案優先順序的衝突，通常就是三個子專案同時開始，彼此互相競爭資源。若是沒有正確的資訊讓資源知道其執行任務的優先順序，當執行中的任務進度達到一半或是剛開始，因為必須銜接另一專案任務的開始，而必須停止目前的任務；多專案進行同時，也視各子專案經理的需要，資源到其他子專案進行工作的調動，造成資源的多工作業；亦使得資源必須浪費些許的換線時間(Set-Up)，來重新設定、瞭解任務。對於多專案環境的執行影響結果顯示，專案優序的不明確，使得每一個專案害怕無法如期完成，大部分的專案人員皆認為任務及早開始比較保險，造成專案失焦，亦即產生更多的不良多工作業；加上原本的專案管理模式就出現問題，使得不良的工作行為對於多專案的執行衝擊更大，以致於在每一個風險水準所模擬出 90% 機率的專案完工時間遠超出專案期初所規劃的時程，交期達交率全都為零(如附錄表十五)。代表著傳統多專案環境的管理方式，無法掌控各個子專案的資源分配調度，專案內的任務因此無法照規劃進度進行，而在專案間失焦，任務延遲執行，影響到子專案的管控，因此造成多專案環境整體嚴重的

延宕，由擬結果顯示與規劃完工日差異的績效指標和平均延遲天數為 142.39 至 307.11 天(如附錄表十六、十七)；呈現出在同一專案複雜度裡，會因為風險程度的升高而更趨嚴重；在同一專案風險水準裡，專案網路結構越是複雜，延宕的趨勢也是有升高的狀況呈現。

#### 4.2.2 導入 CCPM 方法於多專案環境下之模擬分析

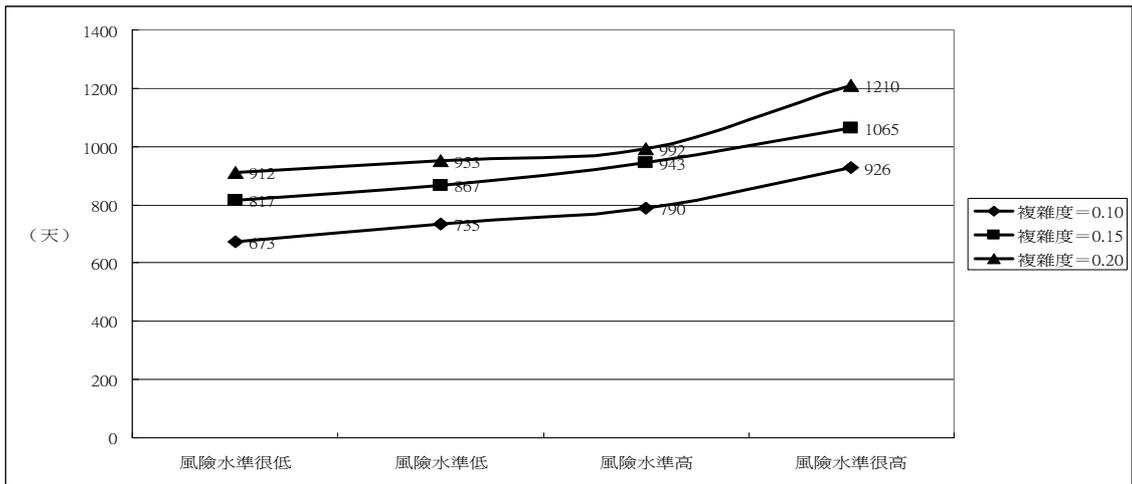
CCPM 的同步化機制將多專案環境的子專案依其重要性排定專案的優先順序，即專案依時間分階段執行，將明顯的減少資源相依所造成的多工任務。依據負荷最重的限制資源來錯開專案，將多專案的各個子專案照優序時間分階段執行。為確保每個專案都能準時完成，透過關鍵鏈排程解決專案內的不良工作行為，以專案緩衝與匯流緩衝吸收專案執行時可能產生的不確定因素；避免一個專案影響到下一個專案的完成日，在同步化錯開專案同時，在專案與專案間加入產能緩衝，保護著專案間的銜接，目的是讓專案不要互相影響。本研究所建構的多專案在不同專案類型環境(專案網路複雜度=0.10/0.15/0.20 與專案風險水準為很低、低、高、很高)裡皆能如期完成且提早完成，交期達交率皆在九成以上的成效(如附錄十五)；表中的平均差異績效指標都呈現為負值天數(如附錄表十七)，顯示多專案環境內的子專案都能在規劃時程內提早完成；且平均延遲天數都不足一天(如附錄表十八)，代表子專案的執行進度幾乎都在規劃時程內，鮮少會有超出規劃的專案完工時間。模擬的結果顯示出 CCPM 的管理機制在不同的專案複雜度與專案風險度的多專案環境底下，有相當卓越的成效，不僅減少不良工作行為的產生，也使專案因此能聚焦，有效的管理資源的分配，消除多工任務的產生，讓專案能依照規劃時程順利完工。

#### 4.2.3 CCPM 改善傳統多專案管理方法的績效成果

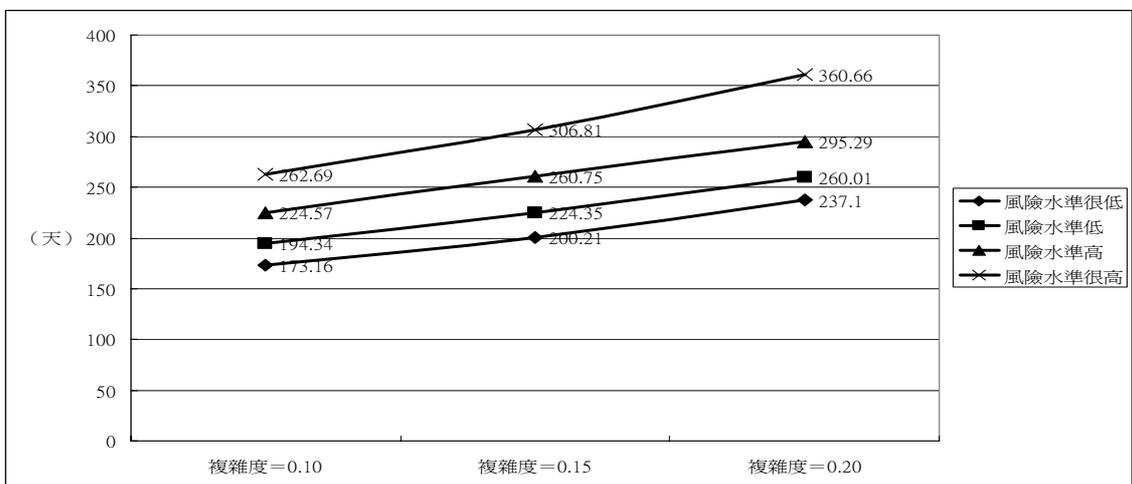
經本研究的多專案環境模擬，由表十六顯示以專案複雜度為 0.1、專案風險水準很低時，傳統多專案管理方法的三個子專案同時由第 0 天開工，承諾的專案完工日皆為 140 天，結果顯示多專案的三個子專案的總執行工期為 997 天(開工至完工)，專案完工日遠大於原先承諾交期的兩倍以上；另外 CCPM 規劃的機制依專案的優先順序將三個子專案個別開工，多專案環境的三個子專案的總執行工期為 324 天(開工至完工)。在此例裡導入 CCPM 機制於多專案環境的管控，縮短了同一專案環境裡使用傳統方法管控執行的總工期 673 天；本研究其他不同類型的多專案環境亦有如此的改善績效(如圖五)。另外由圖六、圖七顯示(專案網路複雜度由簡到繁，或專案風險度由低到高)，CCPM 導入多專案環境，比起原先由傳統多專案控管之專案工期縮短了與專案交期日的平均差異時間 173~360 天(如圖六)；讓專案完成時間超過交期日程度的平均延遲時間縮減了 143~307 天(如圖七)。在固定的專案複雜度下，CCPM 對於傳統多專案管理的改善績效，縮短多專案環境的工期、平均差異時間和平均延遲時間的績效指標會因專案風險水準的升高呈現正向的趨勢(如圖五、圖六、圖七所示)；其平均的改善績效也會依專案的複雜度低高有上升的趨勢(如圖五、圖六、圖七所示)。

模擬結果證明 CCPM 比傳統專案規劃與管理方法更有非常顯著的效率，原因在於導入 CCPM 的同步化機制及關鍵鏈排程後，多專案環境所有專案除了依照關鍵鏈排定個別排程外，還必須視資源的可用性排定專案開工時間；亦即依其重要性排定專案的優先順序，依據負荷最重的限制資源來錯開專案即專案依時間分階段執行。專案內本著「風險共擔」的理念應用 CCPM 的關鍵鏈規劃方法，以 50-50 法則縮短各任務的時間，並找出專案中的關鍵鏈，將各任務的安全時間設置成緩衝時間，用來保護專案整體及關

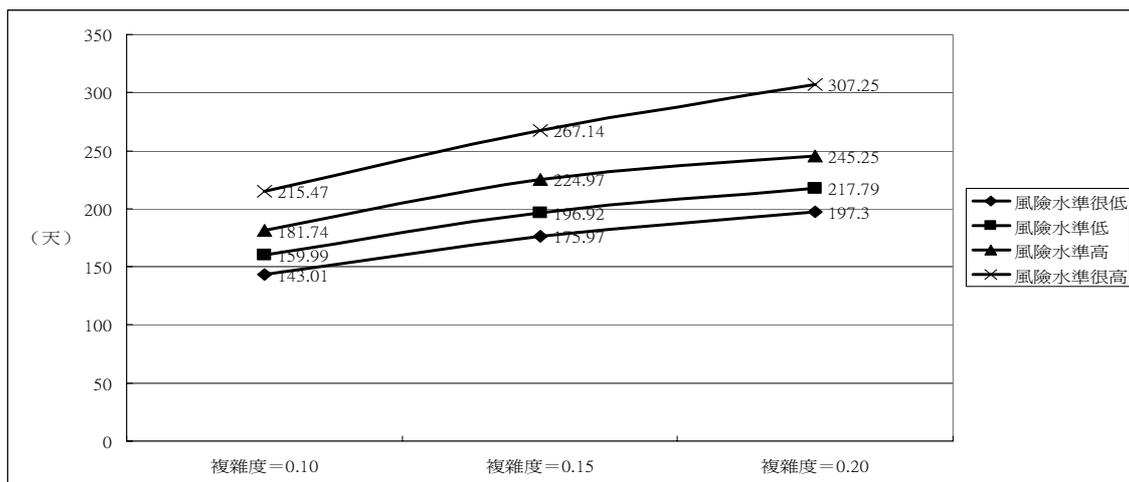
鍵鏈，將其放在保護專案最有效的地方—交期之前及匯入關鍵鏈之匯流點（前者就是專案緩衝，後者就是匯流緩衝。），吸收專案執行時可能產生的風險；在前後兩個專案中的限制資源之間加入產能緩衝，其目的是讓專案之間不要互相影響。關鍵鏈排程不僅防止學生症候狀與提早完工不報告的發生，同時因為「風險共擔」而不會浪費安全保護時間；同步化排程則使得不良的多工作業降到最低，也讓專案間的資源衝突減到最低。而其會依專案風險程度的高低設定適當的專案規劃時程，使得專案能夠順利而不延宕的完成。



圖五、多專案環境導入 CCPM 後可縮短的專案執行總工期



圖六、多專案環境導入 CCPM 後可縮短的平均差異時間



圖七、多專案環境導入 CCPM 後可縮短的平均延遲時間

## 五、結論與建議

本研究主要的目的在於藉由應用 CCPM 專案管理系統，探討傳統之 PERT/CPM 專案管理方法問題對於專案任務執行的影響。說明如何應用 CCPM 管控技術導入於不同的專案型態、不同的風險水準在不同的專案環境的專案管理上，將現行專案在時程管控上的核心問題消弭，透過模擬實驗驗證對於不同特性之專案有其可用性與適合性。實驗結果顯示，CCPM 方法不僅能夠消除專案成員的不良工作行為，在不同特性之專案交期達成率、平均差異、平均延遲的績效都有較佳的表現。對於單一專案與多專案環境，在相同的專案網路結構複雜度上，當專案的不確定因素愈趨於高風險時，CCPM 改善傳統專案管理管控核心問題的能力呈正向的線性趨勢；從相等的專案風險程度來看，當專案型態的結構愈趨於複雜時，其提升專案執行力的績效就越顯著，整體的績效能力也呈直線上升的趨勢。顯示 CCPM 控管機制在單一或多專案的環境下，於不同特性之專案(專案網路複雜度、專案執行不確定因素的風險程度)有其可用性與適合性，且在專案的工期上有顯著的縮短，對於專案的交期也可以做出非常準確的承諾。

## 致謝

本研究感謝國家科學委員會計畫編號 NSC 93-2213-E-159-008 在研究經費上之協助。

## 參考文獻

1. 李榮貴與張盛鴻 (2005), 《TOC 限制理論》, (中國生產力中心出版)。
2. Cook, S. C. (1998), *Applying critical chain to improve the management of uncertainty in project*, (MIT Master Thesis).
3. Goldratt, Eliyahu M. (1997), *Critical Chain*, (North River Press).
4. <http://www.SoftwareMag.com>(2003).
5. Leach, Larry P. (1999), "Critical Chain Project Management Improves Project Performance", *Project Management Journal*, 30, 2, 39-51.

6. Leach, Lawrence P. (2000), *Critical chain project management*, (Artech House Inc.).
7. Mastor, Anthony A. (1970), "An Experimental Investigation and Comparative Evaluation of Production Line Balancing Techniques", *Management science*, 16, 11, 728-746.
8. Newbold, Robert C. (1998), *Project Management in Fast Lane - Applying the Theory of Constraints*, (St. Lucie Press).
9. Rand, Graham K. (2000), "Critical chain: the theory of constraints applied to project management," *International Journal of Project Management*, 18, 3, 173-177.
10. PMI (Project Management Institute) (2004), *PMBOK: Project management body of knowledge*, (PMI Press).
11. Roberts, E. B. (1995), "Benchmarking the Strategic Management of Technology", *Research-Technology Management*, 38, 1, 44-56.
12. Shou, Yongyi and Yeo, K. T. (2000), "Estimation of project buffers in critical chain project management", *Proceedings of the 2000 IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology (ICMIT)*, 1, 162-167.
13. Street, I. S. (2000), "The pitfalls of CPM scheduling on construction projects", *Cost Engineering*, 42, 8, 35-37.
14. Umble, Michael and Umble, Elisabeth (2000), "Manage your projects for success: an application of the theory of constraints", *Production and Inventory Management Journal*, 41, 2, 27-32.
15. Walker, E. D. (1998), "Planning and controlling multiple, simultaneous independent projects in a resource constraints environment", *Doctoral Dissertatio*.

## 附錄

表二、網路複雜度 0.10 下傳統專案管理規劃之單一專案網路、資源表

任務	後續任務	使用資源	任務	後續任務	使用資源
A1	A2	藍	A11	A12	紅
A2	A3	黃	A12	A13	黃
A3	A4	深黃	A13	A14	粉紅
A4	A20	淺藍	A14	A20	亮綠
A5	A6	紅	A15	A16	粉紅
A6	A7	黃	A16	A17	紫羅蘭
A7	A8	紫羅蘭	A17	A20	紅
A8	A20	綠	A18	A19	紅
A9	A10	藍	A19	A20	粉紅
A10	A14	深黃	A20		灰

註：1. 要徑：A1-A2-A6-A12-A13-A14-A20

2. 專案規劃總時程：140 天(風險程度：很低/低/高/很高皆是)

表三、網路複雜度 0.15 下傳統專案管理規劃之單一專案網路、資源表

任務	後續任務	使用資源	任務	後續任務	使用資源
A1	A2,A5	紅	A11	A12,A15	紅
A2	A3	黃	A12	A13	黃
A3	A4	深黃	A13	A14	粉紅
A4	A8,A20	淺藍	A14	A20	亮綠
A5	A4,A6	藍	A15	A6,A16	粉紅
A6	A7	黃	A16	A13,A17	紫羅蘭
A7	A8	紫羅蘭	A17	A20	紅
A8	A20	綠	A18	A8,A19	紅
A9	A10,A12	藍	A19	A16,A20	粉紅
A10	A7,A14	深黃	A20		灰

註：1. 要徑：A18-A11-A12-A2-A3-A4-A8-A20

2. 專案規劃總時程：160 天(風險程度：很低/低/高/很高皆是)

表四、網路複雜度 0.20 下傳統專案管理規劃之單一專案網路、資源表

任務	後續任務	使用資源	任務	後續任務	使用資源
A1	A2,A5,A9	藍	A11	A12,A15	紅
A2	A3	黃	A12	A4,A13	黃
A3	A4	深黃	A13	A6,A14	粉紅
A4	A8,A20	淺藍	A14	A20	亮綠
A5	A4,A6,A10	紅	A15	A6,A16	粉紅
A6	A7	黃	A16	A13,A17	紫羅蘭
A7	A8,A14	紫羅蘭	A17	A14,A20	紅
A8	A20	綠	A18	A8,A10,A19	紅
A9	A6,A10,A12	藍	A19	A8,A16,A20	粉紅
A10	A7,A14	深黃	A20		灰

註：1. 要徑鏈：A18-A19- A15-A16-A13-A6-A7-A8-A20

2. 專案規劃總時程：180 天(風險程度：很低/低/高/很高皆是)

表五、網路複雜度 0.10 下 CCPM 規劃之單一專案網路、資源表

任務	後續任務	使用資源	任務	後續任務	使用資源
A1	A2	藍	A15	A16	粉紅
A2	A3	黃	A16	A17	紫羅蘭
A3	A4	深黃	A17	FB6	紅
A4	FB1	淺藍	A18	A19	紅
A5	FB2	紅	A19	FB7	粉紅
A6	A7	黃	A20	PB	灰
A7	A8	紫羅蘭	FB1	A20	Feeding Buffer 1
A8	FB3	綠	FB2	A6	Feeding Buffer 2
A9	A10	藍	FB3	A20	Feeding Buffer 3
A10	FB4	深黃	FB4	A14	Feeding Buffer 4
A11	FB5	紅	FB5	A12	Feeding Buffer 5
A12	A13	黃	FB6	A20	Feeding Buffer 6
A13	A14	粉紅	FB7	A20	Feeding Buffer 7
A14	A20	亮綠	PB		Project Buffer

註：1. 關鍵鏈：A1-A2-A6-A12-A13-A14-A20

2. 專案規劃總時程 119、126、142、149 天(依風險程度很低/低/高/很高規劃)

表六、網路複雜度 0.15 下 CCPM 規劃之單一專案網路、資源表

任務	後續任務	使用資源	任務	後續任務	使用資源
A1	A2,A5,FB1	紅	A15	A6,A16	粉紅
A2	A3	黃	A16	A13,A17	紫羅蘭
A3	A4	深黃	A17	A20,FB6	紅
A4	A8,A20	淺藍	A18	A8,A19	紅
A5	A4,A6,FB2	藍	A19	A16,A20,FB7	粉紅
A6	A7	黃	A20	PB	灰
A7	A8,FB3	紫羅蘭	FB1	A2	Feeding Buffer 1
A8	A20	綠	FB2	A4	Feeding Buffer 2
A9	A10,A12,FB4	藍	FB3	A8	Feeding Buffer 3
A10	A7,A14	深黃	FB4	A10	Feeding Buffer 4
A11	A12,A15	紅	FB5	A20	Feeding Buffer 5
A12	A13	黃	FB6	A20	Feeding Buffer 6
A13	A14	粉紅	FB7	A20	Feeding Buffer 7
A14	A20,FB5	亮綠	PB		Project Buffer

註：1. 關鍵鏈：A18-A11-A12-A2-A3-A4-A8-A20

2. 專案規劃總時程 147、154、175、182 天(依風險程度很低/低/高/很高規劃)

表七、網路複雜度 0.20 下 CCPM 規劃之單一專案網路、資源表

任務	後續任務	使用資源	任務	後續任務	使用資源
A1	A2,A5,A9	藍	A16	A13,A17	紫羅蘭
A2	A3	黃	A17	A14,FB9	紅
A3	A4	深黃	A18	A8,A10,A19	紅
A4	FB1,FB2	淺藍	A19	A8,A16,A20	粉紅
A5	A4,A10,FB3	紅	A20	PB	灰
A6	A7	黃	FB1	A20	Feeding Buffer 1
A7	A8,A14	紫羅蘭	FB2	A8	Feeding Buffer 2
A8	A20	綠	FB3	A6	Feeding Buffer 3
A9	A10,A12,FB4	藍	FB4	A6	Feeding Buffer 4
A10	A14,FB5	深黃	FB5	A7	Feeding Buffer 5
A11	A12,FB6	紅	FB6	A15	Feeding Buffer 6
A12	A4,FB7	黃	FB7	A13	Feeding Buffer 7
A13	A6,A14	粉紅	FB8	A20	Feeding Buffer 8
A14	FB8	亮綠	FB9	A20	Feeding Buffer 9
A15	A6,A16	粉紅	PB		Project Buffer

註：1. 關鍵鏈：A18-A19- A15-A16-A13-A6-A7-A8-A20  
2. 專案規劃總時程 167、175、199、207 天(依風險程度很低/低/高/很高規劃)

表八、網路複雜度 0.10 下傳統多專案管理規劃之多專案網路、資源表

任務	後續任務	使用資源	任務	後續任務	使用資源
A1	A2	藍	A11	A12	紅
A2	A3	黃	A12	A13	黃
A3	A4	深黃	A13	A14	粉紅
A4	A20	淺藍	A14	A20	亮綠
A5	A6	紅	A15	A16	粉紅
A6	A7	黃	A16	A17	紫羅蘭
A7	A8	紫羅蘭	A17	A20	紅
A8	A20	綠	A18	A19	紅
A9	A10	藍	A19	A20	粉紅
A10	A14	深黃	A20		灰

註：1. 子專案的要徑鏈都為：A1-A2-A6-A12-A13-A14-A20  
2. 子專案規劃總時程都為 140 天(風險程度：很低/低/高/很高皆是)  
3. 三個子專案皆從第 0 天開工，亦即同時開工

表九、網路複雜度 0.15 下傳統專案管理規劃之多專案網路、資源表

任務	後續任務	使用資源	任務	後續任務	使用資源
A1	A2,A5	紅	A11	A12,A15	紅
A2	A3	黃	A12	A13	黃
A3	A4	深黃	A13	A14	粉紅
A4	A8,A20	淺藍	A14	A20	亮綠
A5	A4,A6	藍	A15	A6,A16	粉紅
A6	A7	黃	A16	A13,A17	紫羅蘭
A7	A8	紫羅蘭	A17	A20	紅
A8	A20	綠	A18	A8,A19	紅
A9	A10,A12	藍	A19	A16,A20	粉紅
A10	A7,A14	深黃	A20		灰

- 註：1. 子專案的要徑鏈都為：A18-A11-A12-A2-A3-A4-A8-A20  
 2. 子專案規劃總時程都為 160 天(風險程度:很低/低/高/很高皆是)  
 3. 子專案皆從第 0 天開工，亦即同時開工

表十、網路複雜度 0.20 下傳統專案管理規劃之多專案網路、資源表

任務	後續任務	使用資源	任務	後續任務	使用資源
A1	A2,A5,A9	藍	A11	A12,A15	紅
A2	A3	黃	A12	A4,A13	黃
A3	A4	深黃	A13	A6,A14	粉紅
A4	A8,A20	淺藍	A14	A20	亮綠
A5	A4,A6,A10	紅	A15	A6,A16	粉紅
A6	A7	黃	A16	A13,A17	紫羅蘭
A7	A8,A14	紫羅蘭	A17	A14,A20	紅
A8	A20	綠	A18	A8,A10,A19	紅
A9	A6,A10,A12	藍	A19	A8,A16,A20	粉紅
A10	A7,A14	深黃	A20		灰

- 註：1. 子專案的要徑鏈都為：A18-A19- A15-A16-A13-A6-A7-A8-A20  
 2. 子專案規劃總時程都為 180 天(風險程度:很低/低/高/很高皆是)  
 3. 子專案皆從第 0 天開工，亦即同時開工

表十一、網路複雜度 0.10 下 CCPM 規劃之多專案網路、資源表

任務	後續任務	使用資源	任務	後續任務	使用資源
A1	A2	藍	A15	A16	粉紅
A2	A3	黃	A16	A17	紫羅蘭
A3	A4	深黃	A17	FB6	紅
A4	FB1	淺藍	A18	A19	紅
A5	FB2	紅	A19	FB7	粉紅
A6	A7	黃	A20	PB	灰
A7	A8	紫羅蘭	FB1	A20	Feeding Buffer 1
A8	FB3	綠	FB2	A6	Feeding Buffer 2
A9	A10	藍	FB3	A20	Feeding Buffer 3
A10	FB4	深黃	FB4	A14	Feeding Buffer 4
A11	FB5	紅	FB5	A12	Feeding Buffer 5
A12	A13	黃	FB6	A20	Feeding Buffer 6
A13	A14	粉紅	FB7	A20	Feeding Buffer 7
A14	A20	亮綠	PB		Project Buffer

註：1. 子專案的關鍵鏈皆為：A1-A2-A6-A12-A13-A14-A20

2. 子專案規劃總時程 119/126/142/149 天(依風險程度很低/低/高/很高規劃)

3. 子專案的優序為專案一/專案二/專案三

4. 子專案一的開工時間皆為第 0 天開工(依風險程度很低/低/高/很高規劃)

5. 子專案二的開工時間為第 120/126/142/149 天(依風險程度很低/低/高/很高規劃)

6. 子專案三的開工時間為第 168/176/200/208 天(依風險程度很低/低/高/很高規劃)

表十二、網路複雜度 0.15 下 CCPM 規劃之多專案網路、資源表

任務	後續任務	使用資源	任務	後續任務	使用資源
A1	A2,A5,FB1	紅	A15	A6,A16	粉紅
A2	A3	黃	A16	A13,A17	紫羅蘭
A3	A4	深黃	A17	A20,FB6	紅
A4	A8,A20	淺藍	A18	A8,A19	紅
A5	A4,A6,FB2	藍	A19	A16,A20,FB7	粉紅
A6	A7	黃	A20	PB	灰
A7	A8,FB3	紫羅蘭	FB1	A2	Feeding Buffer 1
A8	A20	綠	FB2	A4	Feeding Buffer 2
A9	A10,A12,FB4	藍	FB3	A8	Feeding Buffer 3
A10	A7,A14	深黃	FB4	A10	Feeding Buffer 4
A11	A12,A15	紅	FB5	A20	Feeding Buffer 5
A12	A13	黃	FB6	A20	Feeding Buffer 6
A13	A14	粉紅	FB7	A20	Feeding Buffer 7
A14	A20,FB5	亮綠	PB		Project Buffer

註：1. 子專案的關鍵鏈皆為：A18-A11-A12-A2-A3-A4-A8-A20

2. 子專案規劃總時程 147/154/175/182 天(依風險程度很低/低/高/很高規劃)

3. 子專案的優序為專案一/專案二/專案三

4. 子專案一的開工時間皆為第 0 天開工(依風險程度很低/低/高/很高規劃)

5. 子專案二的開工時間為第 120/126/142/149 天(依風險程度很低/低/高/很高規劃)

6. 子專案三的開工時間為第 168/176/200/208 天(依風險程度很低/低/高/很高規劃)

表十三、網路複雜度 0.20 下 CCPM 規劃之多專案網路、資源表

任務	後續任務	使用資源	任務	後續任務	使用資源
A1	A2,A5,A9	藍	A16	A13,A17	紫羅蘭
A2	A3	黃	A17	A14,FB9	紅
A3	A4	深黃	A18	A8,A10,A19	紅
A4	FB1,FB2	淺藍	A19	A8,A16,A20	粉紅
A5	A4,A10,FB3	紅	A20	PB	灰
A6	A7	黃	FB1	A20	Feeding Buffer 1
A7	A8,A14	紫羅蘭	FB2	A8	Feeding Buffer 2
A8	A20	綠	FB3	A6	Feeding Buffer 3
A9	A10,A12,FB4	藍	FB4	A6	Feeding Buffer 4
A10	A14,FB5	深黃	FB5	A7	Feeding Buffer 5
A11	A12,FB6	紅	FB6	A15	Feeding Buffer 6
A12	A4,FB7	黃	FB7	A13	Feeding Buffer 7
A13	A6,A14	粉紅	FB8	A20	Feeding Buffer 8
A14	FB8	亮綠	FB9	A20	Feeding Buffer 9
A15	A6,A16	粉紅	PB		Project Buffer

註：1. 子專案的關鍵鏈皆為：A18-A19- A15-A16-A13-A6-A7-A8-A20  
2. 子專案規劃總時程 167/175/199/207 天(依風險程度很低/低/高/很高規劃)  
3. 子專案的優序為專案一/專案二/專案三  
4. 子專案一的開工時間皆為第 0 天開工(依風險程度很低/低/高/很高規劃)  
5. 子專案二的開工時間為第 120/126/142/149 天(依風險程度很低/低/高/很高規劃)  
6. 子專案三的開工時間為第 168/176/200/208 天(依風險程度很低/低/高/很高規劃)

表十四、兩種專案管理方法在單一專案環境下的交期達交率

專案類型	複雜度											
	0.10				0.15				0.20			
風險度	很低	低	高	很高	很低	低	高	很高	很低	低	高	很高
運用傳統專案管理下的交期達交率(%)	33.80	6.10	0	0	13.70	2.80	0	0	4.40	0	0	0
運用 CCPM 下的交期達交率(%)	98.10	99.70	99.10	99.20	94.30	96.60	96.60	97.70	99.80	99.60	99.80	99.90

表十五、兩種專案管理方法在多專案環境下的交期達交率

專案型態	複雜度											
	0.10				0.15				0.20			
風險度	很低	低	高	很高	很低	低	高	很高	很低	低	高	很高
運用傳統多專案管理下的交期達交率(%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
運用 CCPM 下的交期達交率(%)	97.83	99.13	99.23	99.27	93.03	95.30	97.13	98.00	99.30	99.70	99.60	99.80

表十六、兩種專案管理方法在多專案環境下的專案執行總工期

專案型態	複雜度											
	0.10				0.15				0.20			
風險度	很低	低	高	很高	很低	低	高	很高	很低	低	高	很高
運用傳統多專案管理下專案執行的總工期(天)	997	1066	1146	1295	1179	1244	1349	1485	1334	1394	1481	1718
運用 CCPM 下專案執行的總工期(天)	324	331	356	369	362	377	406	420	422	441	489	508

註 1：專案執行的總工期代表多專案環境下三個子專案執行工期的總和。

表十七、兩種專案管理方法在多專案環境下的平均差異時間

專案型態	複雜度											
	0.10				0.15				0.20			
風險度	很低	低	高	很高	很低	低	高	很高	很低	低	高	很高
運用傳統多專案管理下的平均差異時間(天)	143.17	160.06	181.79	215.50	176.68	197.48	225.23	267.38	197.37	217.82	245.26	307.27
運用 CCPM 下的平均差異時間(天)	-29.99	-34.28	-42.79	-47.19	-23.53	-26.86	-35.55	-39.43	-39.73	-42.19	-50.03	-53.38

表十八、兩種專案管理方法在多專案環境下的平均延遲時間

專案型態	複雜度											
	0.10				0.15				0.20			
風險度	很低	低	高	很高	很低	低	高	很高	很低	低	高	很高
運用傳統多專案管理下的平均延遲時間(天)	143.17	160.06	181.79	215.50	176.68	197.48	225.23	267.38	197.37	217.82	245.26	307.27
運用 CCPM 下的平均延遲時間(天)	0.16	0.07	0.05	0.03	0.71	0.56	0.26	0.24	0.07	0.03	0.01	0.03

## 應用思維程序與平衡計分卡於企業之問題分析與解決—個案探討

張盛鴻<sup>1\*</sup> 葉曉菁<sup>1</sup>

1：明新科技大學工程管理研究所

### 摘要

策略管理在企業的管理上扮演著關鍵性的角色，策略管理方法如 SWOT、五力分析與關鍵成功因素等已經被廣泛的應用於策略規劃與問題分析之決策；但是這些方法對大部分企業而言，並無法有效地解決企業的核心問題。根據 Dr. Goldratt 所發展的限制理論思維程序，在企業經營之各項管理領域上具良好之成效，並可獲致問題的關鍵因素，但是此方法傾向於憑空想像及直覺反應，相對的無法讓問題思考的方向與考量有其完整性。而 Robert Kaplan 與 David Norton 所提出的平衡計分卡，將績效評估分為四個重要構面—顧客構面、財務構面、內部程序構面，以及學習與成長構面，對思維程序所欠缺的方向性與完整性有其互補作用；然而其實施之步驟與標準亦過於籠統，無法針對企業策略核心問題做一有效的界定。本研究提出限制理論之思維程序與平衡計分卡之整合應用，針對兩大管理決策方法，截長補短，建構出一套新的管理架構，並應用實際案例導入此架構，以驗證其可行性。

**關鍵詞：**限制理論、思維程序、平衡計分卡

## The Problem Analysis and Solving by Using TOC Thinking Processes and Balanced Scorecard—A case study

Sheng-Hung Chang<sup>1</sup> Hsiao Ching Yeh<sup>1</sup>

1：Mingshin University of Science and Technology

### Abstract

Strategy management plays an important role in modern organizations. The most widely used in strategic planning and problem solving tools, such as SWOT, Five-Power Analysis and Key Success Factor etc., are not to produce a remarkable effect. Theory of Constraint's (TOC) Thinking Processes (TP) developed by Dr. Goldratt has been proven successful in problem solving. However, as a new approach, TP method as its current stage of development is still not a perfect solution to strategic management. Balanced Scorecard (BSC) proposed by Robert Kaplan and David Norton provides a framework for managing strategy that enables organizations to clarify their vision and strategy and translate them into action in 1990s. But only part of original BSC theory has been put into practice step. In this research, the management framework will be established of Thinking Processes and BSC management systematically. A real world case will be used to verify the feasibility of this framework.

**Keywords :** Theory of Constraints, Thinking Processes, Balanced Scorecard

---

\* 工程管理研究所教授 地址：新竹縣新豐鄉新興路 1 號 Tel：03-5593142 轉 3224 Fax：03-5595142  
E-mail：shchang@must.edu.tw

## 一、緒論

美國哈佛大學教授錢德勒(Alfred Chandler)於 1962 年在其名著《策略和結構》(Strategy and Structure)中對策略有其明確的定義，策略即：「企業基本長期目標的決定，以及為實現這些目標所採取的一連串資源分配和行動。」[Alfred Chandler,1962] 現今企業普遍運用之策略管理的分析工具，如：SWOT 分析、BCG (Boston Consulting Group)分析、五力分析與關鍵成功因素等，這些方法雖然為企業規劃之主軸，但對企業管理之效用卻無法彰顯，大部分企業並無法有效地分析關鍵問題所在。當代管理大師 Dr. Goldratt 認為，企業運用策略需要的是了解企業之核心能力，予以建構出永續競爭能力，而成功企業的特質，唯有一個共通點，即擁有明確的願景、行動和績效評估 [Goldratt,2002]。

而針對企業策略及企業問題所需改善與企業目標的相關性為何？又該如何銜接企業的目標願景及策略？Dr. Goldratt 於 1986 年創立新管理方法—限制理論 (Theory of Constraints, TOC) 係以因果邏輯 (Cause-and-Effect logic) 解釋實體關係，採系統化觀點分析非理想現況及其限制所在，藉理想目標具體呈現未來狀況，解決組織制度、或管理決策等系統問題造成的限制，逐步打破組織限制、規劃改善藍圖繼而提出改善方案，有效解決許多企業之問題。思維邏輯的管理方式與應用成效，確實能完整反應問題核心所在，相較於其他研究方法，限制理論的運用不需使用電腦等輔助程式工具，即可進行一連串的推論，亦不需任何數學基礎作數據分析與解釋，是個簡單易懂且易用的直覺式思考程序方法 [胡琇瑜，2002]。思維程序 (Thinking Processes, TP) 之邏輯架構雖有以上之優點，卻無法讓使用思維程序者有其思考的方向與其思維的完整性，較為憑空想像及直覺反應，如何能讓問題改善與策略規劃之初，便有其一思維的方向能讓其考量完整性，卻是思維程序所不足的地方。

Robert Kaplan 與 David Norton 於 1990 年提出平衡計分卡 (Balance Scorecard, BSC) 是一項可將組織策略加以落實並活絡的管理制度，其根據多數企業長年表現突出的績效，經過反覆的驗證，從中探討出其成功的經營之道，進而歸結出可以提升企業競爭能力及落實策略願景的架構，BSC 係將績效評估指標分為四個重要的構面—顧客構面、財務構面、內部程序構面、學習與成長構面。以平衡觀念來驅動組織績效的量度，可以透過 BSC 將公司組織內部的策略及企業願景努力達成。且 BSC 也是哈佛商業評論評定為過去七十五年來最具影響力的企業管理觀念之一。雖然 BSC 有其執执行程序，與其一套應用方法，但其評估準則並沒有一項標準，實施之步驟與標準太過於籠統，並無法針對企業策略核心問題，做一有效的界定，且對於 BSC 之四大構面，並沒有一套完整的整合，對企業問題的界定沒有完整的構思，無法快速的找出企業根本問題，且並非所有資料皆可量化…等問題是 BSC 程序之不足之處 [Ittner et al,1998] [伍忠賢，2002] [張家鳳，2001]。

有鑑於 TP 與 BSC 對於核心問題的分析與解決有其不足之處，本研究即採用 TP 與 BSC 之優點，建構 TP 與 BSC 之整合應用方法。利用 TOC 縝密的邏輯思考，快速正確的找出企業核心問題，明確了解相關部門之需求與困難點，指出預期理想方向，編繪結果藍圖，以 BSC 之四大構面作為推衍思維指標方向，而此績效衡量指標可以適當地含括整個企業所需要的資訊，但也不流於複雜的窘況之管理系統架構。

本研究主要目的在於建構一個穩健的改善管理架構，擬應用 TOC 思維程序之概念與平衡計分卡之觀念，建立一套問題分析與解決程序，並透過個案公司實際案例的推演，以驗證其架構之可行性，並對其中各項步驟與其應用程序做一探討，包括核心問題之剖析、未來策略之計劃以及短期計劃之進程序。

本研究專注的焦點在 TP 與 BSC 結合執行的導入，以 TP 做為本研究的主軸，而 BSC 只運用四構面作為思維程序之基礎，並對 BSC 之導入程序建議運用 TP 作為其 BSC 計劃策略執行的步驟主軸，所以對於 BSC 的實際導入本研究不加以探討。至於其他有關企業品質、成本、安全、人力資源、文件管理、時間規劃、團體士氣等，都不在本研究範圍之內。

## 二、文獻探討

本節將進行相關文獻之回顧與整理，以發展本研究之觀念架構，有助於本研究建構思維程序與平衡計分卡架構機制之推導。首先以策略觀點介紹企業問題決策與改善分析管理的定義與其特性，並探討傳統問題決策改善分析管理的手法，以了解是否確實改善企業整體的問題核心與其執行績效。再者探討 TOC 與思維程序之發展以及應用。最後以平衡計分卡應用管理之相關文獻，探討其對企業的影響與發展。

### 2.1 策略的意義

美國哈佛大學教授錢德勒(Alfred Chandler)於 1962 年在其名著《策略和結構》(Strategy and Structure)中對策略有其明確的定義，即是：「企業基本長期目標的決定，以及為實現這些目標所採取的一連串資源分配和行動。」[Alfred Chandler,1962]而 Dr.Goldratt 在經營管理策略方面認為，組織現在與未來想要走的方向。即現在與未來賺更多錢；提供員工在現在與未來有保障且滿意的工作環境；現在與未來對市場提供滿意的服務[Goldratt,2002]。換言之，企業運用策略是需要了解企業之核心能力，予以建構出永續競爭能力，而成功企業的特質，唯有一個共通點，即擁有明確的願景、行動和績效評估。

策略分析方法為形成策略前的作業，在 1980 年代以前，SWOT 分析是策略管理最主要的分析工具，應用於企業策略規劃為最普遍的方法之一，利用 SWOT 分析知道企業在於外部、內部、產業上的優勢、劣勢、機會與威脅，作為企劃之參考依據。但湯明哲教授卻認為，SWOT 分析固然能幫助企業指引長期策略發展的方向，但卻也只能形成長期的策略，且企業的優勢與劣勢並非明顯立見，必須要視企業的條件和產業的關鍵成功因素是否契合而定 [湯明哲，2003]。麥可·波特為現任哈佛商學院教授，當代經營策略大師，以「競爭策略」的研究聞名於世，他在“策略是什麼？”一書中也提到：「企業策略的基礎在於一套環環相扣的作業系統，絕非少數的核心競爭力可以包括的」[Porter，1998]。

因此，綜合上述對策略之見解認為，策略的制定是必須全方位的了解企業各系統的相關作業與問題點，必須了解每個問題背後之原因及其關連性，思考各種策略問題之可行性、困難點及阻礙企業達成目標策略的問題點，否則就會如同司徒達賢教授所認為的打高空、不切實際的略策規劃[司徒達賢，1998]。這也是現今企業對於策略方向之思考，所需面對的問題。

### 2.2 限制理論與思維程序

高德瑞特博士 (Dr.Eliyahu M Goldratt) 於 1986 年提出限制理論，其基本精神為：凡任何阻礙組織達到績效目標的限制因素(Constraints)均稱之。每一企業必有其限制存在，因此，若要提升組織績效，就必

須找出其限制所在並致力於改善限制；反之，若將其改善放於非限制上，非但無助於組織，更可能對組織帶來危機。Blackstone 提到：「限制理論為企業持續改善的方法。有別於傳統說法認為限制為可能限制(limit)系統的事物。限制理論中所謂的限制(Constraint)是影響系統績效的任何事物。」[Blackstone, 2001]。限制理論對於解決問題的方法提出五個專注步驟(Five Focusing Steps)，第一步驟：找出其系統之核心問題，第二步驟：如何利用限制改善系統績效；第三步驟：其他資源全力配合，第四步驟：提升系統限制，第五步驟：回到第一步驟找出瓶頸[Goldatt, 1994]。

Dr. Goldratt 以科學的邏輯推導出思維程序的五個邏輯樹，發展至今，雖已達成熟的階段，也證明其管理方面之貢獻，找出並解決系統核心問題所在，其方法受到許多學者之推崇與應用，有效解決許多企業之問題。產業界有諸多應用實務已使用限制理論管理方法分析問題，諸如美國 APICS 等研究機構 [McMullen,1998]。Dr.Smith 則是以實務上之應用方式，提出策略政策或方案發生衝突時，限制理論對不同類型問題之處理[Smith,2000]。但其中如何訂定一個全公司一致性的改善計劃系統架構，將是本研究之重點，藉著正確可行的系統架構，不但可以促使新的管理機制的運作順暢，同時對於凝聚共識、全員配合將產生重大影響，進而提升機制導入的成功機會。

TOC 基於「改善限制，持續提升績效」之理念、運用直覺架構(Intuitive Framework)思考程序處理問題、說服他人(buy-in)，為一套追求整體最佳化而導出之系統化思維程序與系列方法，用以解決組織問題至為恰當。TOC 以因果邏輯解釋實體關係，採系統化觀點分析非理想現況及其限制所在，藉理想目標具體呈現未來狀況，解決組織制度、或管理決策等系統問題造成的限制，TOC 提供三大步驟達到變革及改善，其步驟如：要改變什麼？(What to Change?) 以現況圖(Current Reality Tree, CRT)確認並分析問題所在。要改變成什麼？(To what to change?) 以衝突圖與未來圖(Future Reality Tree, FRT)尋找、建構出解決方案。如何做改變？(How to cause change?) 以必要圖(Pre-requisite Tree, PRT)與行動圖(Transition Tree, TT)來設計出實行之方案[Goldatt, 1994]。

Dr. Goldratt 以其思維程序所發展應用之領域包括：生產與作業管理、財務與績效、工程與專案管理、配銷與供應鏈管理、市場、銷售與說服、人事、策略管理等，證明了其管理方面之貢獻，有效解決許多企業之問題。其他研究應用，如 Klein & DeBruine 應用“Full Thinking Process Analysis, FTPA”找出企業組織在管理上之核心問題，並針對核心問題，找出解決方案與擬定相關政策 [Klein & DeBruine ,1994]。Roadman et al. 應用 TP，分析軍隊醫療服務設施使用程序，找出核心問題，並提出解決方案，使得相關醫療設施之利用率提昇 [Roadman et al.,1995]。Peach 應用 TP’CRT 找出製程方面之核心問題，並應用衝突圖找出雙贏解，解決核心問題，提升製程品質與效率[Peach,1996]...等，皆證明了思維邏輯的管理方式與應用成效，確實能完整反應問題核心所在，相較於其他研究方法，TOC 的運用不需使用電腦等輔助程式工具即可進行一連串的推論，亦不需任何數學基礎作數據分析與解釋，可說是簡單易懂且易用的直覺式思考程序方法[胡琇瑜，2002]。但在 TP 之邏輯架構下，雖有以上之優點，但確無法讓使用思維程序者有其思考的方向與其思維的完整性，較為憑空想像及直覺反應，如何能讓問題改善與策略規劃之初，便有一思維的方向能讓其考量完整性，卻是 TP 所不足的地方。

## 2.3 平衡計分卡

平衡計分卡是一項可將組織策略加以落實並活絡的管理制度，其觀念是由美國 KPMG 公司委託 Robert Kaplan 與 David Norton 於 1990 年，研究「未來的組織績效衡量方法」，針對十二家較先進的公司進行績效評估方法的研究，經過反復的驗證，從中探討出其成功的經營之道，進而歸結出可以提升企業競爭能力及落實策略願景的架構[Robert S.Kaplan, David P. Norton,1996]。Kaplan & Norton 對 BSC 提出其觀點，認為：「BSC 是一種將策略轉換成行動的有利工具」。乃是以平衡觀念來驅動組織績效的度量，訴求的是企業內部績效短期和長期目標之間的平衡、財務和非財務量度之間的平衡、落後及領先指標之間的平衡、外界和內部績效構面的平衡等狀態。BSC 的觀念，將績效評估指標分為四個重要的構面——顧客構面、財務構面、內部程序構面、學習與成長構面。並依其構面分別設計出績效衡量指標，而此績效衡量指標可以適當地涵括整個企業所需要的資訊，但也不流於複雜的窘況。最為確切的是可以透過 BSC 將公司組織內部的策略及企業願景戮力達成 [Robert S.Kaplan, David P. Norton,1996]。

但其 BSC 的四大構面如何具體的與願景、策略互相結合，Kaplan & Norton 並無確切建構出可行的應用系統。而在 2000 年發展出的 BSC 策略圖(Strategy map)，也仍舊無法讓企業界可以遵循及運作。目前企業推行 BSC 雖已達成熟階段，而其評估績效與改善企業體制方面，所運用包括 SWOT 分析、QFD 與 KANO 等方法，雖然可以讓高階管理人以四構面去評量企業狀況，但其實施之步驟與標準太過於籠統，並無法針對企業策略核心問題做一有效的界定，由於各種分析指標對於其產生的原因沒有依據，如 SWOT 分析，其採納之準則在於企業整體觀而言，過於主觀判定其優勢、劣勢、機會與威脅等問題。而 QFD 與 KANO 之評估準則皆以顧客滿意度為其指標，但顧客滿意度指標只能說明企業發展所衍生出來的結果，並不能成為企業改善指標，改善必須針對其主因做一適當的調整，以達改善之成效，且對於 BSC 之四大構面，並沒有一套完整的整合，對企業問題的界定沒有完整的構思，無法快速的找出企業根本問題，且並非所有資料皆可量化。此外 BSC 並無法導出策略“因”，所謂的領先指標或顧客滿意度皆只能表現出策略的結果，且在四大構面的指標，並非完全正相關的發展，由於其因果關係之運用順序為：學習和成長、企業內部流程、顧客、財務獲利，以學習成長為出發點，無法有效完整利用企業內部的資源；又如高度的顧客滿意度，無法證明企業市場的占有率，卻將顧客視為策略的評估指標[伍忠賢，2002]。又 Ittner and Larcker 根據 Perrin 之調查結果認為：實施平衡計分卡過程，有六大問題必須解決：1.需投入的時間與費用太多；2.難以評估績效指標的相對重要性；3.需將質性資料加以量化；4.大量的績效指標將稀釋整體影響力；5.難以將目標細分給組織之基層人員；6.需高度發展資訊系統[Ittner *et al.*,1998]。

## 2.4 小結

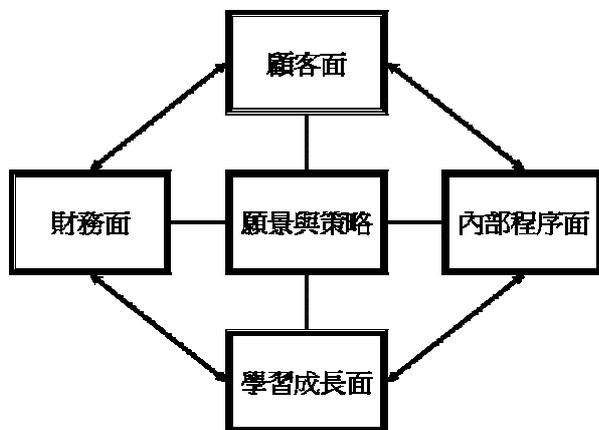
從以上的文獻探討，我們可以發現在 TP 之邏輯架構下雖有以上之優點，但卻無法讓使用思維程序者有其思考的方向與其思維的完整性，較為憑空想像及直覺反應。如何能讓問題改善與策略規劃之初，便能讓問題思考的方向有其完整性，以補足思維程序所不足的地方，此方向對思維程序而言是非常重要的。而 BSC 在其完善的四構面下，雖有其執行程序與其一套應用方法，但其評估準則，並沒有一項標準。雖然可以讓高階管理人以四構面去評量企業狀況，但對於其實施之步驟與標準太過於籠統，並無法針對企

業策略核心問題做一有效的界定，各種分析指標對於其產生的原因沒有依據，企業問題界定沒有完整的構思，無法快速的找出根本問題，且並非所有資料皆可量化。

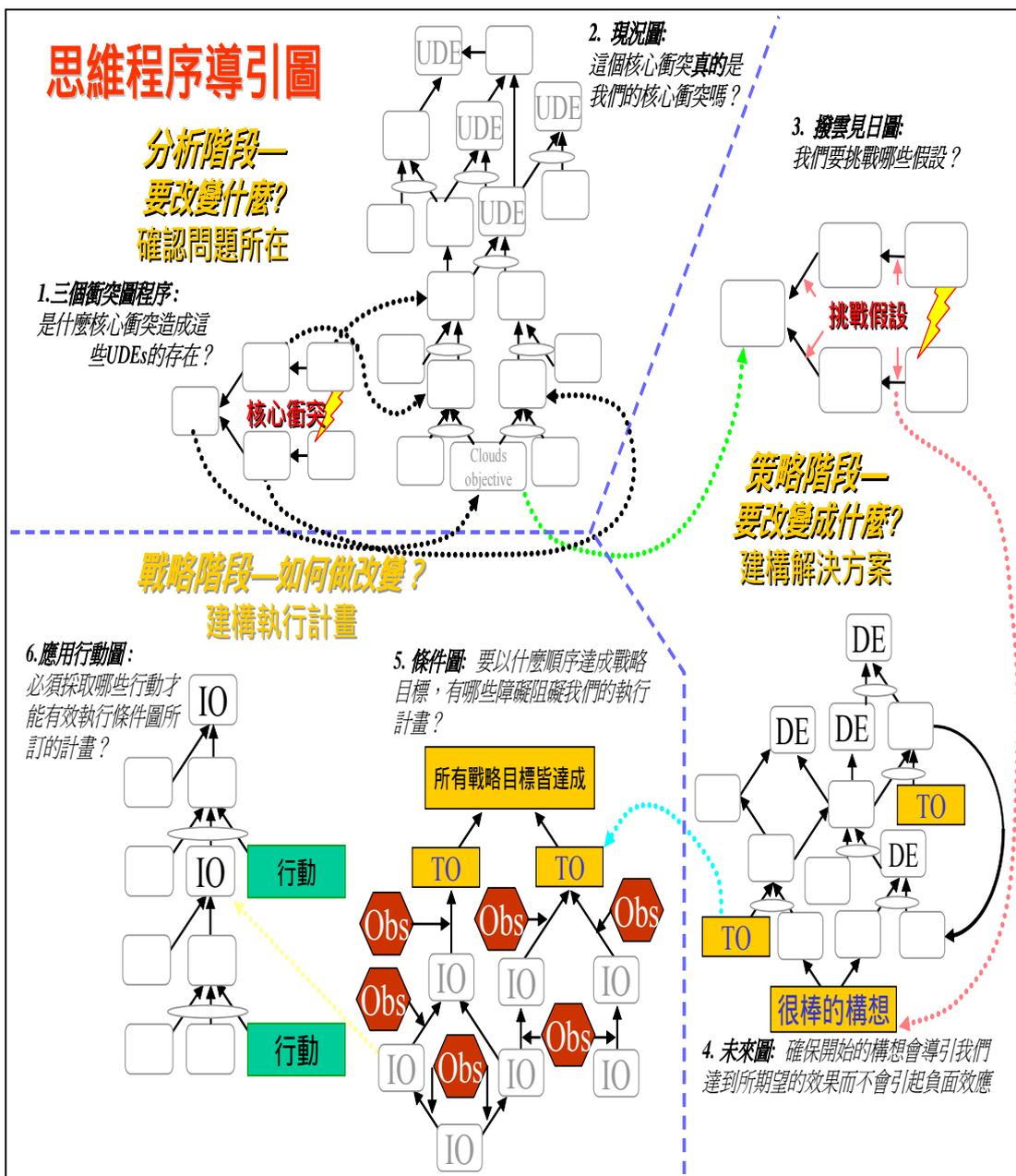
針對此兩大管理決策方法，本研究建構出一套新的管理架構，運用思維程序與平衡計分卡之優點，建構 TOC’TP&BSC 管理系統，利用 TP 縝密的邏輯思考快速正確的找出企業核心問題，指出預期理想的方向，編繪結果藍圖；以 BSC 之四大構面作為推衍思維指標方向，此績效衡量指標可以適當地含括整個企業所需要的資訊，但也不流於複雜的窘況之管理系統架構，使企業在改善問題上有合理之程序。

### 三、研究方法

本研究利用 BSC 之四大構面做為應用基礎，如圖一所示，BSC 的觀念係將績效評估指標分為四個重要的構面，並依其構面分別設計出績效衡量指標，財務面是指企業經營的直接目的和結果是為股東創造價值；客戶面是指如何向客戶提供所需的產品和服務，從而滿足客戶需要提高企業競爭力；內部流程面是指企業是否建立起合適的組織、流程與管理機制，在這些方面存在哪些優勢和不足；學習與創新面則是指企業的成長與員工能力素質的提高息息相關，惟有不斷學習與創新，才能實現長遠的發展；而此績效衡量指標可以適當地涵括整個企業所需要的資訊並與企業之願景、策略互相結合；以 Dr. Goldratt 所發展出的思維程序做為核心問題解決方案之主軸，如圖二所示，思維程序之三大步驟：階段一：要改變什麼？以組織中之可察覺的問題集裡找出負面效應(Undesirables Effects, UDE)，運用因果關來找出潛在的原因，會發現組織內常有無法解決的衝突存在，利用衝突圖推衍出核心衝突，進而運用 CRT 來清楚確認核心衝突所在，予以了解組織現況之因果關係；階段二：要改變成什麼？找出並打破核心衝突存在的構想，由於每個衝突皆應有其背後的假設，因此必須找出其解決的方案，而其解決方案為策略的起點，是可解決所有相關的不良效應；構思所有不良效應之策略構想、且將 UDE 轉換為所期望之結果與核心構想建構 FRT，但必須確認 FRT 策略目標之執行不再有負面效應(Negative Branch Reservation, NBR)出現為止；階段三：如何做改變？必須考慮組織內之政策、文化等因素，通常會成為策略執行的阻礙，因此在期望達成目標前，必須將所有阻礙目標達成的因素一一列出予以建構出 PRT，來了解策略執行上的中繼目標 (Intermediate Objectives, IO)係為解決阻礙之方案；在執行中繼目標中必須擬定許多行動計劃以達成中繼目標，因此必須分別建構達成中繼目標的行動方案計劃，予以建構出 TT。

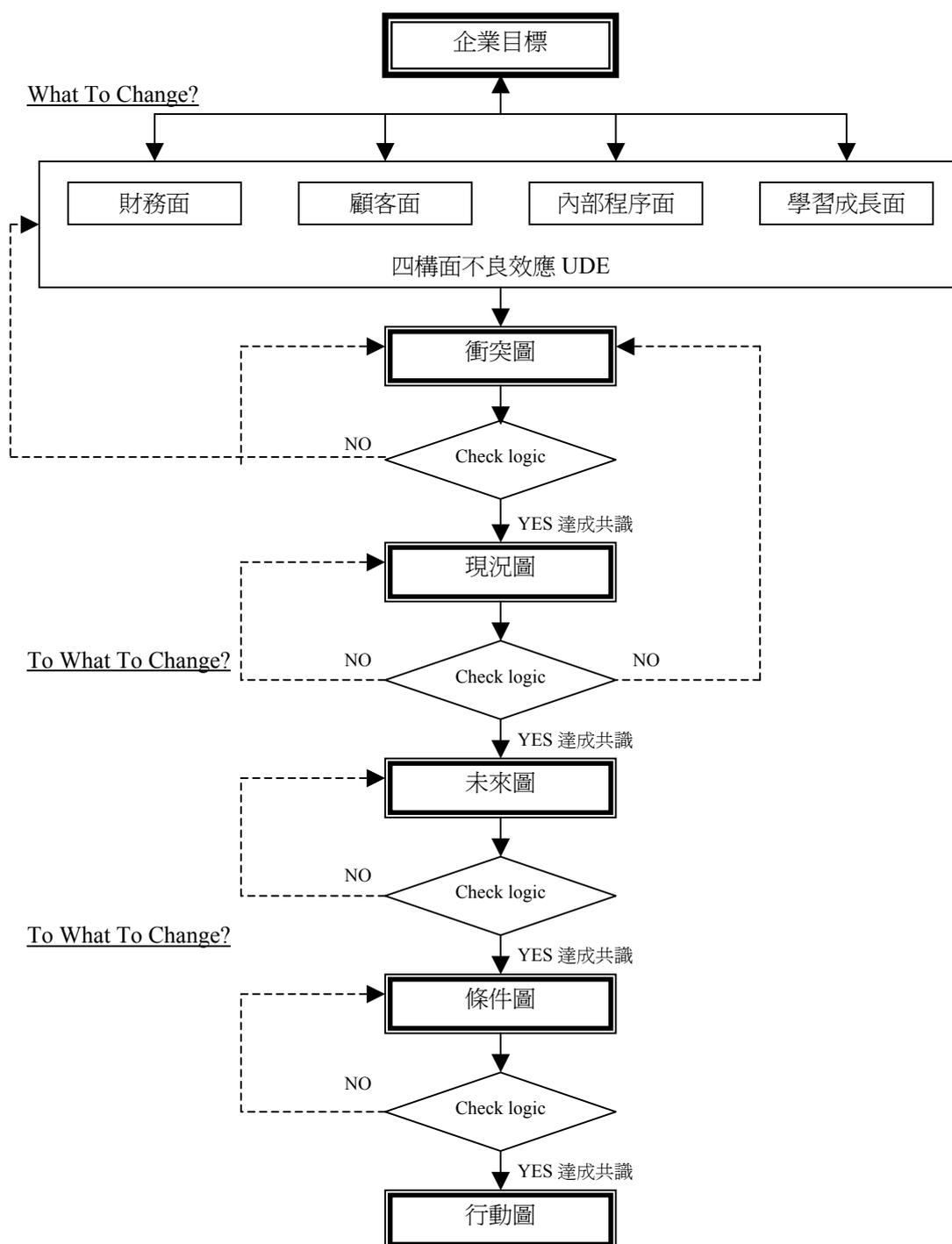


圖一 平衡計分卡四大構面圖



圖二 思維程序導引圖 [李榮貴與張盛鴻, 2005]

本研究整合 TP 與 BSC 研究架構，首先個案公司設定企業目標，再應用 BSC 所提出之四構面：財務面、顧客面、內部程序面、學習成長面做為思考 UDE (Undesirables Effects)之方向，進而應用思維程序依序尋求問題核心及解決方針；各階段之詳細作法分述如下。



圖三 研究架構圖

### 3.1 階段一：要改變什麼？(What to Change?)

第一階段分析並確認問題所在。其步驟如下：

1. 首先了解企業目標與願景，以 BSC 四大構面：財務面、顧客面、內部程序面、學習成長面，思維企業現有問題或抱怨，予以了解企業所需改善之處。
2. 利用四大構面所提出之問題方向，找出其衝突所在，分析其衝突。

3. 應用所提出之數個衝突找出其共同特性為其核心衝突，若未達成個案討論者之共識，則必須重新思考企業問題。
4. 利用衝突圖發展出核心衝突並達成討論者的共識後，利用核心問題發展 CRT。
5. 若發展出之 CRT 無法大部份問題或抱怨相互連結，或其核心衝突無法展現企業之問題癥結，則其核心衝突並非企業核心問題，必須回到步驟 1.2.重新分析企業問題找出其核心衝突。

以圖形化的、邏輯化的方法去研討問題，運用現況圖來驗證問題的邏輯性，藉由問題存在的因果關係，判定會使系統的核心問題，找出其核心問題視為改善的目標；透過 CRT 的應用，可連接不良影響問題症狀且可定義主要的原因。

### 3.2 階段二：要改變成什麼？(To what to change?)

第二階段建構問題解決方案。其步驟如下：

1. 利用衝突圖現況圖所找出企業之核心問題並達成共識後提出其構想。
2. 將四構面所提出之問題抱怨轉化為所想要之結果。
3. 應用核心衝突所提出之構想，依序找出想要結果之構想與策略。
4. 對應 CRT 的政策、測量方法、行為等因素，加入可達 DE 的實際狀況。
5. 將策略性目標(Strategic Objectives, SO)與核心策略構想之因果關係連結，並視可能情況加入其他預期效應。
6. 檢查是否有負面因素存在並修正 FRT，若未達成共識則重新為建構 FRT，若達成共識則進行下一階段。

在了解個案公司問題核心後，尋找問題解決的方針提出構想建構 FRT，了解其構想對企業可能帶來的效應並解決可能發生之負面因素，予以完整構想之可行性，對於問題的解答則透過 FRT 做邏輯驗證，將構想注入 FRT 中求出可行解答。

### 3.3 階段三：如何產生改變？(How to cause the change?)

第三階段建構設計出構想之實行方案。其步驟如下：

1. 將 FRT 所提出之策略方向與戰略目標找出其達成順序。
2. 將執行策略方向中可能阻礙(Obstacles, Obs.)戰略目標之問題一一列出，訂定出克服阻礙的解決方案作為中繼目標，予以建構出 PRT，在達成個案人員共識後則進行下一步驟，若未達成共識則重新擬定 PRT。
3. 在擬定解決阻礙的中繼目標後，訂立達成 IO 之行動方案執行準則(Initiator's Action, IA)並建構 TT，必須按其中繼目標程序建構執行計劃。

在確認解決個案公司問題的方向後，必須詳細規劃其實行步驟，完成各階段的任務，至完成目標，因此建立 PRT 將 IO 與 Obs.達成目標一一列出，並予以克服至達成目標，此步驟的建立必須了解實行的先後順序，可以讓人充份明白達成目標可能的困難，爾後建構達 TT，是為完成中繼目標之短期計劃。

#### 四、個案探討

個案公司 A 科技股份有限公司係屬於代理商產業，公司經營主要在整體業務性之作業流程；組織結構、作業程序與公司經營成敗息息相關，由於所需面對上游與下游廠商之產品供需問題，其所關連層面較廣，不論是產品交期、品質、價格與資金等皆會影響公司的營運，不僅內部作業流程，外部作業程序也關乎著企業整體之經營，因此公司作業結構流程穩定對代理產業而言是非常重要的，但卻發現此個案公司無完善組織規劃導致作業不順暢，企業內部組織結構不健全導致員工的教育訓練缺乏、無法適所、流動率高等問題。因此本研究與個案公司藉由 TP&BSC 邏輯思考程序與個部主管探討企業四構面之 UDE 予以分析問題核心，再運用 CRT 之思維邏輯推導並能含括所有四構面問題，讓企業高層了解公司現況，進而與主管探討並尋求策略目標與中期、短期目標計劃，以 FRT、PRT 與 TT 讓各主管同意並了解所需執行之計劃，而此計劃步驟能完整包含且促使四構面之計劃目標之達成，予以幫助企業釐清紛雜的流程與管理問題改善企業問題核心。

##### 4.1 要改變什麼？

本研究與個案公司高階主管以 BSC 四構面(財務面、顧客面、內部程序面及學習成長面)思考企業現有之不良效應與結果。其不良效應 UDE 即四構面所含之抱怨問題結果，並依其分析不良效應結果之原因找出主要 UDE，主要 UDE 為個案公司確認最為重要且與本研究分析認為並無相同性者。主要 UDE 以黑底表示，其中 UDE#8 整合為組織機制不健全。

表一 四構面 UDE 與因素分析表

	不良效應 UDE	因素分析
財務面	資金取得不易(對銀行)	小企業貸款不易，資金取得不易，導致現金週轉出現問題
	應收帳款問題，週轉不靈(對下游)	付款時間到期，卻不願意交款
	應付帳款問題，週轉不靈(對上游)	由於下游顧客不願意按時付款，導致企業現金週轉不靈。
	資金調度不流暢...UDE#3	由於金資來源動向不易掌控，因此造成企業資金調度不流暢。
顧客面	產品交期延遲...UDE#1	由於上游供應商的交期延遲，導致對下游顧客產品交期延遲。
	品質負責權責不清...UDE#8	工作交替不清，導致顧客權責不清
	價格定訂起伏不定	受上游供應商的價格伏動
內部程序面	事務設備不足...UDE#4	企業內部為降低成本，因此不願意採買事務設備(印表機)
	代理人機制不全問題...UDE#8	組織程序的不健全，導致無代理人負責相關事務
	簽呈時間長...UDE#5	表單流程繁瑣，導致簽呈時間過長
	內部溝通不良...UDE#7	角度觀念不同，導致對事情的考量不同觀念有偏差
	服務成本超支...UDE#2	顧客服務之成本過高，導致不必要的支出
學習成長面	教育訓練缺乏	為節省企業營運成本，而無提供員工教育訓練
	人員素質不佳	教育訓練缺乏
	組織功能權責不清...UDE#8	無明確的規章，導致組織功能權責不清
	選才不易	許多人才不願意選擇小型公司
	人員流動率高 UDE#6	對於人員的培訓不重視，福利不佳，導致員工不願長期留任
	無適才適所	職位安排不適，使員工無適才適所

由上述之四構面之主要 UDE，本研究與個案公司相互討論出企業內一直無法解決的衝突，予以建構衝突圖。其衝突圖由四構面分別找出，系由 UDE 所產生之關聯行動，即個案公司與他方之衝突點。如

UDE#3 之衝突圖：由於本企業體與顧客間之收付款總是延遲，造成我方資金調度不良，形成我方與顧客間之衝突；UDE#6 之衝突圖：由於老闆為減少費用支出，且認為員工不需要教訓練，但員工卻需要教育訓練來提昇工作技能，因此造成老闆與員工之間的衝突。下圖四 四構面 UDE 圖所示。

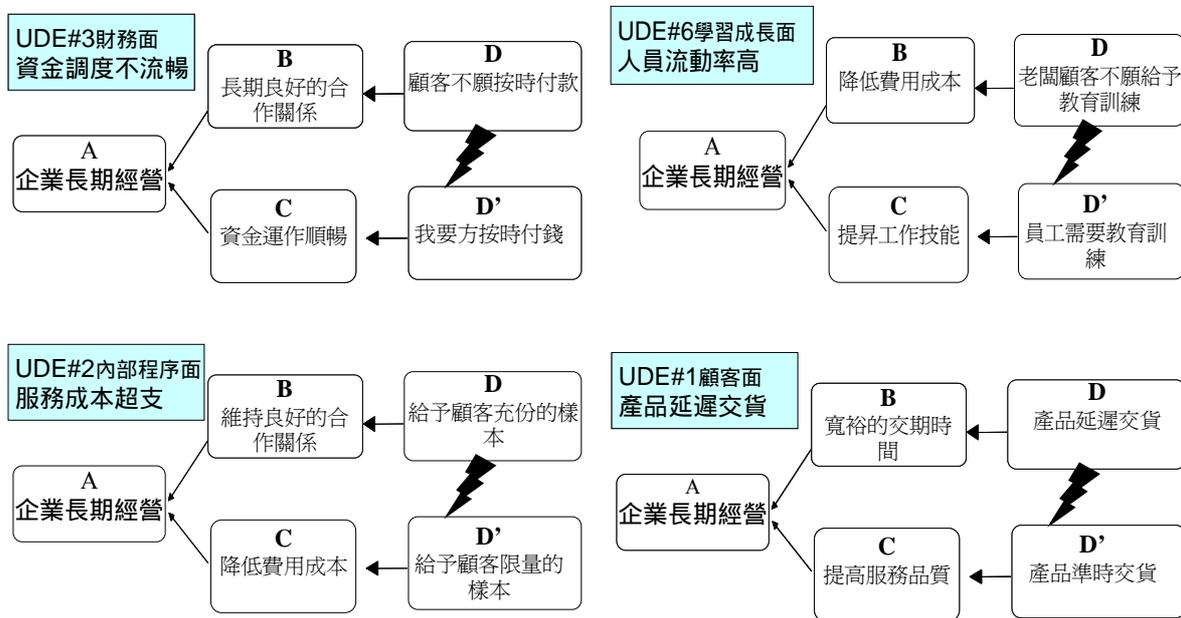


圖 四 四構面 UDE 圖

依上述之四個衝突圖，本研究依 TP 之步驟任意選擇三個衝突圖結合為一個核心衝突圖做為企業核心衝突，本研究與個案公司研討找出資金調度不流暢、服務成本超支與產品延遲交貨之衝突予以結合，發現此三個衝突重複出現相同的議題予以建構出核心衝突圖，如圖五所示。

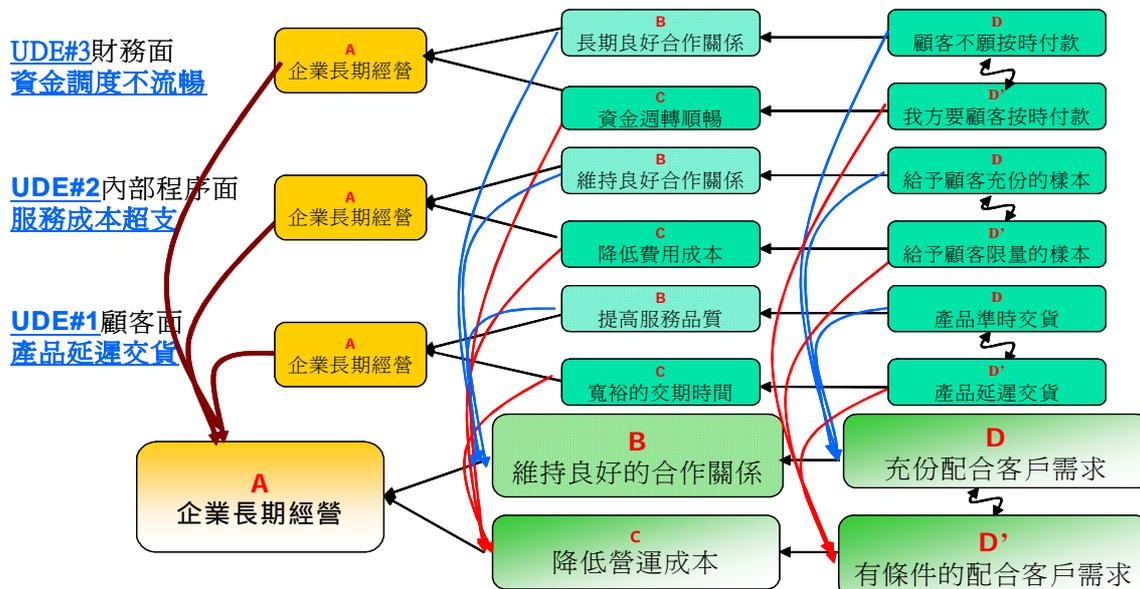
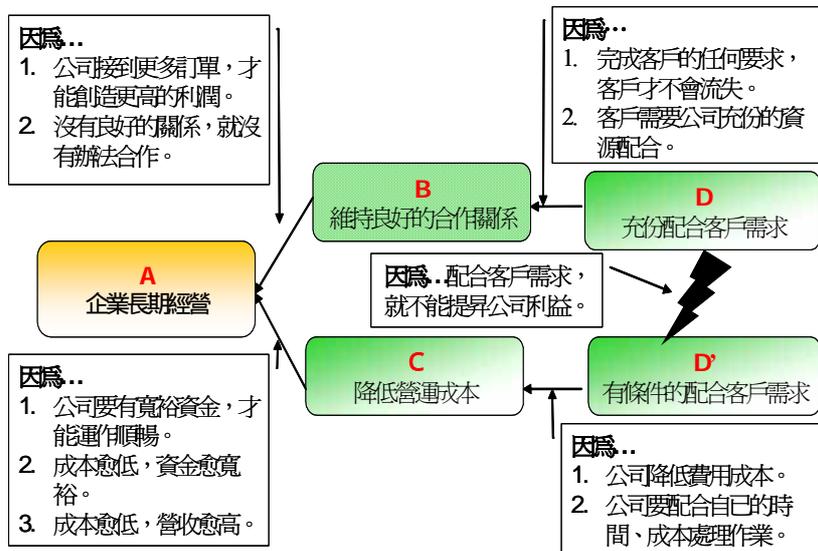


圖 五 Three-Cloud Process

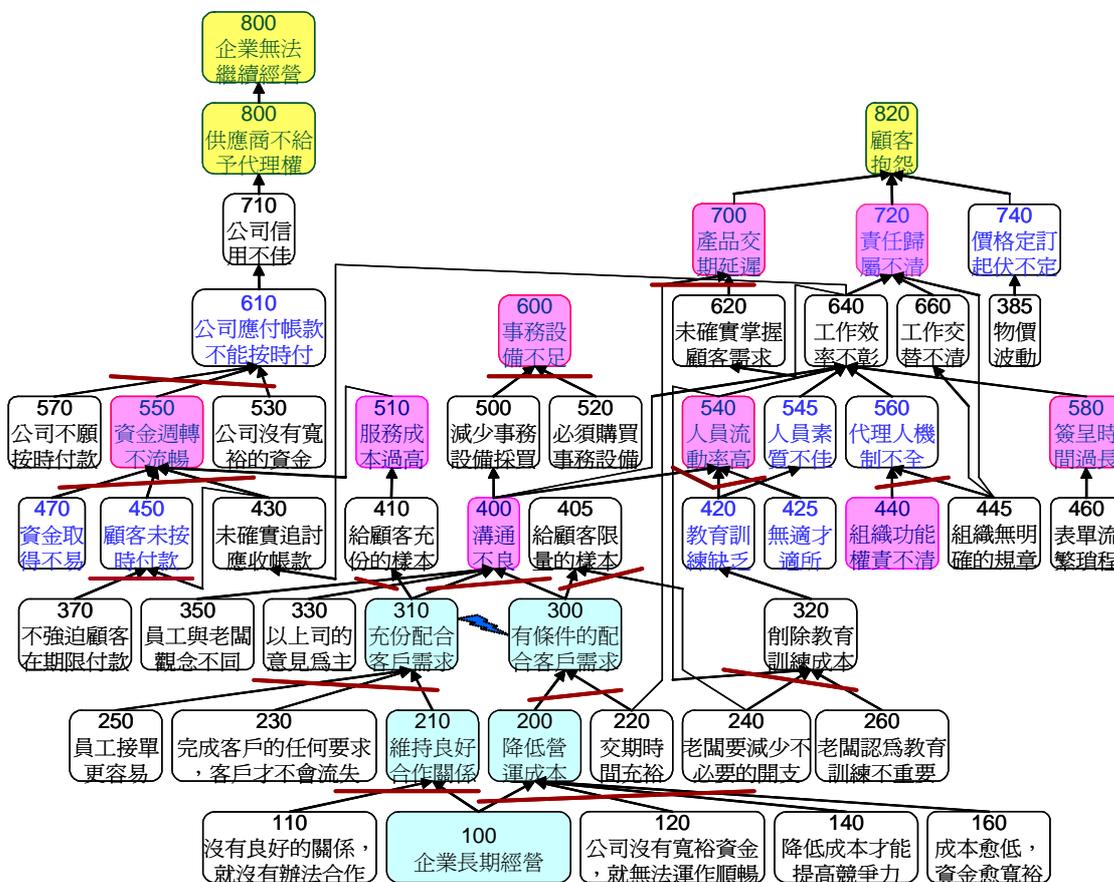
在本研究與個案公司確認此核心衝突的重要性後，必須了解核心衝突之後的假設，由於我們打破此核心衝突，我們就能化解公司 UDE 的機會，因此仔細檢查核心衝突圖，發現在諸實體間最少各具有一

個基本假設。其衝突的假設為：因為配合客戶需求，就不能提昇公司利益，因此造成的衝突為 D 方為充分配合客戶需求，D'方為有條件的配合客戶需求。如圖六基本假設與核心衝突圖。



圖六 基本假設與核心衝突圖

將前面所述之不良效應定義為個別實體，以核心問題為基礎，根據企業內不良效應之政策、評估方法、管理行為及上述不良效應等因果實體發展分支，詳細建構出個案公司的 CRT 來驗證核心衝突與作業流程間的因果關係，如圖七現況圖。



圖七 現況圖

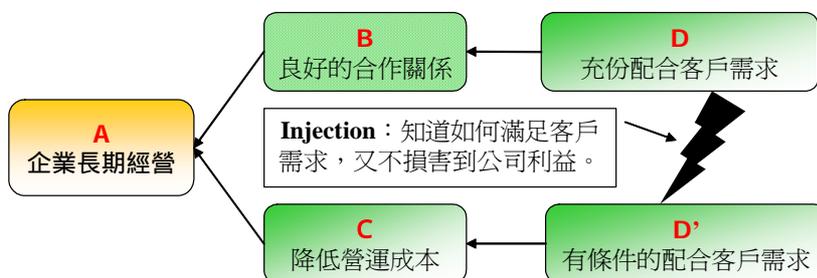
CRT的解讀方法為：『350 存在，同時 330，或者 310 存在且 300 的存在，則造成 400 之結果。』以此類推。CRT 之部份敘述如下：

- 『260 老闆認為教育訓練不重要』AND『240 老闆要減少不必要的支出』AND『540 人員流動率高』，『造成 320 削除教育成本』。
- 『470 資金取得不易』AND『450 顧客未按時付款』AND『430 未確實追討應收帳款』，『造成 550 資金週轉不流暢』。
- 『570 公司不願按時付款』AND『550 資金週轉不流暢』AND『530 公司沒有寬裕的資金』AND『510 服務成本過高』，『造成 610 公司應付帳款不能按時付』。
- 『370 不強迫顧客在期限付款』AND『430 未確實追討應收帳款』，『造成 450 顧客未按時付款』。
- 『350 員工與老闆的觀念不同』AND『330 公司必須以上司的意見為主』，『造成 400 溝通不良』。
- 『400 溝通不良』AND『420 教育訓練缺乏』AND『425 無適才適所』，『造成 540 人員流動率高』。

經由反覆的驗證 CRT 因果關係之正確性與個案公司高階主管達成共識並識主管們了解企業之問題現況與核心後，則進行下一步驟。

#### 4.2 要改變成什麼？

建構個案公司之 CRT 後開始尋找問題解決的方針，建立 FRT 構思出想法並了解想法對企業可能帶來的效應與驗證方法的可行性，對於問題的解答透過 FRT 做邏輯驗證，將構想注入 FRT 中求出可行解答。如圖八所示，Injection 為個案公司高階主管們所解決問題之策略構想：知道如何滿足客戶需求，又不損害到公司利益。



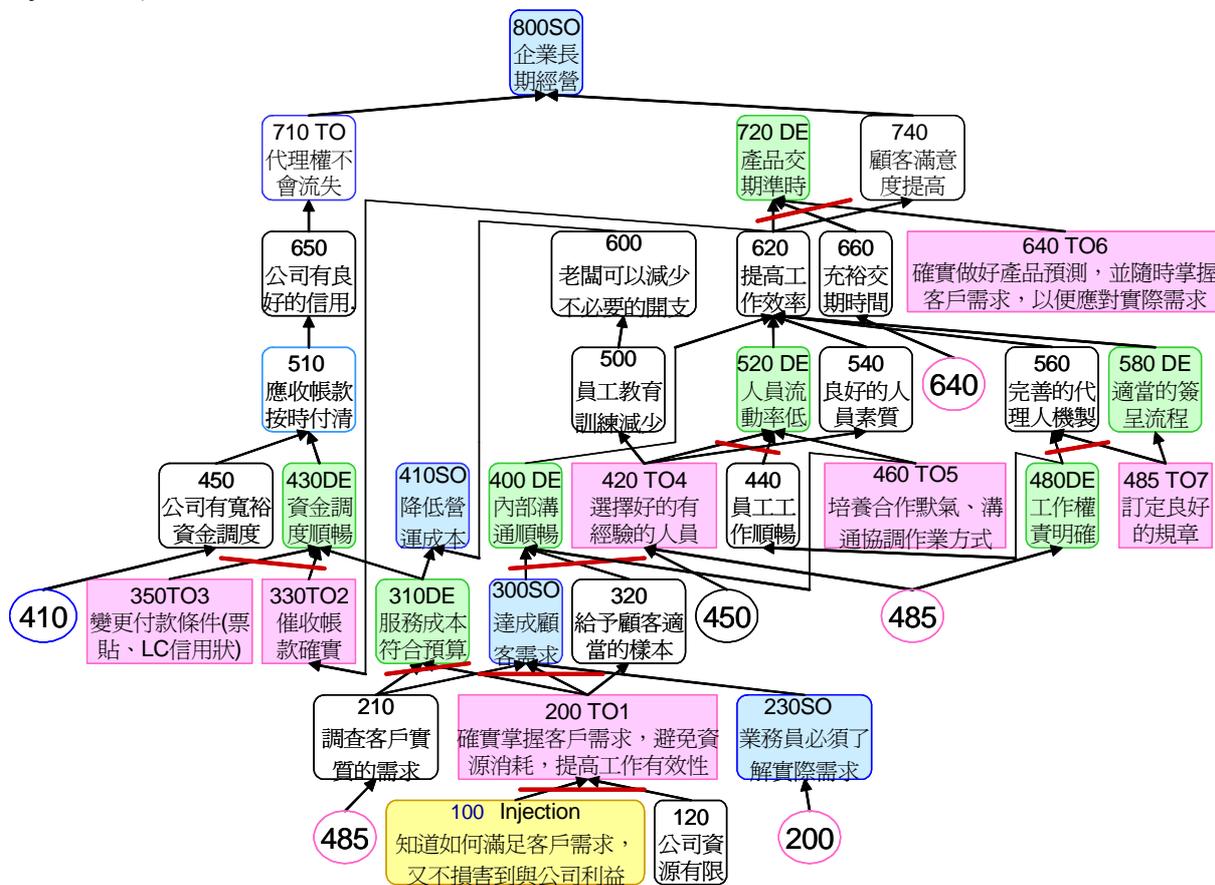
圖八 Core Conflict Cloud 策略構想圖

確認主要激勵方案為「配合客戶需求與公司的利益」後，本研究針對個案公司四構面之衝突圖，共同研討出數個因應 UDE 的策略目標(Tactical Objectives, TO)。如表二 UDE 策略目標表。

表二 UDE 策略目標表

不良效應(UDE)	策略目標(TO)
UDE#3 財務面(資金調度不流暢)	TO2.催收帳款確實。 TO3.變更付款條(票貼、LC 信用狀)
UDE#6 學習成長面(人員流動率高)	TO4.選擇好的員工、有經驗的人員。 TO5.培養合作默契，溝通協調作業方式。
UDE#2 內部程序面(服務成本超支)	TO1.確實掌握客戶需求，避免資源消耗，提高工作有效性。
UDE#1 顧客面(產品延遲交貨)	TO6.確實做好產品預測，並隨時掌握客戶需求，以便應對實際需求，定期改變預測數量、滿足客戶交期。
UDE#8 內、學、顧面(工作權責不清)	TO7.訂立良好組織規章。

在確認其 TO 後，將先前所討論出之主 UDE 應轉化為 DE。利用 DE 與 TO 繪製 FRT，即連結 DE 與 TO，連結成因果圖，在必要時需另外附加其他所需補充之方案構想與因素。FRT 開始的構想(Starting Injection, SI)必須引導我們達成所期望的效果並可解決其它 UDE 即為核心衝突之構想，如圖九未來圖。



圖九 未來圖

上圖之 FRT 必須經過因果邏輯的檢核找出新的戰略目標，但在繪製 FRT 時會有 NBR 的產生，此時，必須提出另一個新的方案，將 FRT 所延伸出來的 NBR 消除。若再延伸出另一個 NBR，則再提出新的戰略目標直到 NBR 完全消除，建構出新的 FRT，上圖之 FRT 為消除所有個案公司認為無負面效應之 FRT。

FRT 之部份敘述如下：

- 『300 達成顧客需求』 AND 『320 給予顧客適當的樣本』 AND 『460 培養合作默契、溝通協調作業方式』，『達到 400 內部溝通順暢的效果』。
- 『310 服務成本符合預算』 OR 『330 催收帳款確實』 AND 『350 變更付款條件(票貼、LC 信用狀)』，『達到 430 資金調度順暢的效果』。
- 『450 公司有寬裕資金』 OR 『485 訂定良好規章』，『達到 420 選擇好的員工有經驗的人員的效果』。
- 『420 選擇好的員工有經驗的人員』 AND 『440 員工工作順暢』 OR 『460 培養合作默契、溝通協調作業方式』，『達到 520 人員流動率低』。
- 『400 內部溝通順暢的效果』 OR 『520 人員流動率低』 OR 『580 適當的簽呈流程』，『達到 620 提高工作效率的效果』。

6. 『620 提高工作效率的效果』 AND 『640 確實做好產品預測、並隨時掌握顧客需求，以便應對實際需求』 AND 『660 充裕交期時間』，『才能達到 720 產品交期準時』。

經由反覆的驗證 FRT 因果關係之策略構想與方案並與個案公司高階主管達成共識了解企業之策略目標後，則進行下一步驟。

#### 4.3 如何產生改變？

在確認解決個案公司問題的方向與策略目標後，必須詳細規劃其實行步驟至完成各階段的任務，此時我們必須將達成策略目標之阻礙一一列出並提出解決阻礙之 I.O.。此步驟的建立必須了解實行的先後順序，可以讓人充份明白達成目標可能的困難。

表三 策略目標中繼目標表

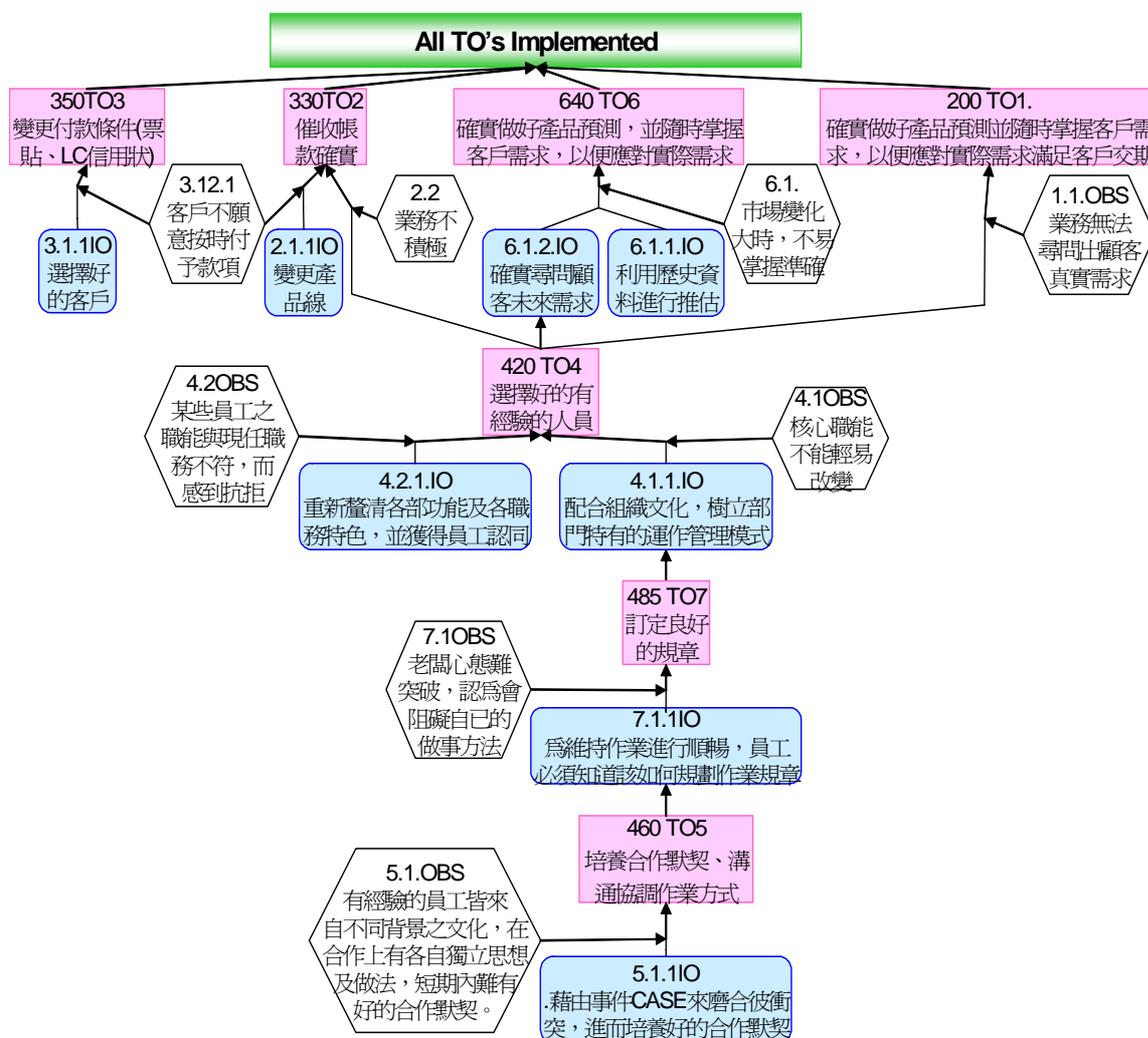
策略目標(T.O.)	阻礙(Obstacles)	中繼目標(I.O.)
1.確實掌握客戶需求，避免資源消耗，提高工作效率	1.1.業務無法尋問出顧客真實需求	1.1.1.選擇好的有經驗的人員。
2.催收帳款確實。	2.1. 3.1.客戶不願意按時付予款項	2.1.1.變更產品線。
3.變更付款條(票貼 LC 信用狀)		3.1.1.選擇好客戶。
4.選擇好的有經驗的人員。	4.1.核心職能不能輕易改變	4.1.1.配合組織文化，樹立部門特有的運作管理模式。
	4.2.某些員工之職能與現任職務不符，而感到抗拒	4.2.1.重新釐清各部功能及各職務特色，並獲得員工認同。
TO5.培養合作默契，溝通協調作業方式	5.1.有經驗的員工份來自不同背景之文化，在合作上有各自獨立思想及做法，短期內難有好的合作默契。	5.1.1.藉由 CASE 來磨合彼此衝突，進而發展好的合作默契。
TO6.確實做好產品預測，並隨時掌握客戶需求，以便應對實際需求，定期改變預測數量、滿足客戶交期。	6.1.市場變化大時，不易掌握準確。	6.1.1.利用歷史資料進行推估。
		6.1.2.確實尋問顧客未來需求。
TO7.訂立良好組織規章。	7.1.老闆心態不願意。(阻礙自己的做事方法)	7.1.1.為維持作業進行順暢，員工必須向老闆報告，取得工作上之最佳平衡點，使雙方可接受。

將 FRT 所提出之策略方向與戰略目標找出其達成順序，執行目標前必須考慮個案公司內之政策、文化等因素，通常這些因素會成為策略執行的阻礙，因此在期望達成目標前，本研究與個案公司討論出所有阻礙目標達成的因素與解決方針，予以建構出 PRT，來了解策略執行上的 I.O.係為解決阻礙之方案。其 PRT 之輯邏驗證之讀法為：因為有(六角形 2.1)阻礙，所以要達到 TO2，須先完成 2.1.1。如圖十條件圖所示，其 PRT 之部份敘述如下：

1. 因為有『2.1 客戶不願意按時付於款項』的阻礙，所以要達到『330 催收帳款確實』，必須先完成『2.1.1 變更生產線』。
2. 因為有『3.1 客戶不願意按時付於款項』的阻礙，所以要達到『350 變更付款條件(票貼、LC 信用狀)』，必須先完成『3.1.1 選擇好的客戶』。

3. 因為有『5.1 有經驗的員工接來自不同背景之文化，在合作上有各自獨立思想及作法，短期內難有好的合作默契』的阻礙，所以要達到『460 培養合作默契、溝通協調作業方式』，必須先完成『5.1.1 藉由事件 case 來磨合彼此衝突，進而培養好的合作默契』。
4. 因為有『7.1 老闆心態難突破，認為會阻礙自己的做事方法』的阻礙，所以要達到『485 訂定良好的規章』，必須先完成『7.1.1 為維持作業進行順暢，員工必須知道該如何規畫作業規章』。
5. 因為有『4.2 某些員工之職能與現任職務不符，而感到抗拒』的阻礙，所以要達到『420 選擇有經驗的人員』，必須先完成『4.2.1 釐清各部功能及各職務特色，並獲得員工認同』。
6. 因為有『6.1 市場變化大時，不易掌握準確』的阻礙，所以要達到『640 確實做好產品預測，並隨時掌握客戶需求，以便應對實際需求』，必須先完成『6.1.2 確實詢問顧客未來需求』。

經由反覆的驗證 PRT 中繼目標的可行性與因果邏輯性並與個案公司高階主管達成共識且讓主管們了解企業計劃實行之阻礙後，則進行下一步驟。



圖十 條件圖

在擬定好 PRT 之中繼目標實行步驟後，接下則必須對 I.O.擬定 I.A.構思短期行動方案，即個案公司所需達成 I.O.之短期行動方案，因此本研究與各個高層主管研討，在達成中繼目標各部門所需執行配合的

行動準則與各企業所需改變的政策方針，並讓各部門與各個執行計劃人員了解計劃實行之重要性，進而了解其施行計劃可達到四構面的需求層次與計劃施行步驟，如表四 中繼目標行動方案表。

表四 中繼目標行動方案表

中繼目標(Intermediate Objectives,IO)	需求層次	行動方案(Initiator's Action)
2.1.1.變更產品線	財務面需求	2.1.1.1.選擇強勢產品
3.1.1.選擇好客戶	財務面需求	3.1.1.1.明訂定顧客評估標準
4.1.1.配合組織文化，樹立部門特有的運作管理模式。	學習成長面需求	4.1.1.1.確立企業文化，塑造組織氣候。
4.2.1.重新釐清各部功能及各職務特色，並獲得員工認同。	學習成長面需求	4.2.1.1.建立部門自己的內部運作規則、進行職位訪談
1.1.1.選擇好的有經驗的人員	內部程序面需求	1.1.1.1.訂立各職所需之員工條件。
6.1.1.利用歷史資料進行推估。	顧客面需求	6.1.1.1.建立顧客資料庫
6.1.2.確實顧客尋問未來需求。	顧客面需求	6.1.2.1.進行長期、中期、短期預測，依據市場需求與顧客需求，來變更預測值。
7.1.1.為維持作業進行順暢，員工必須向老闆報告，取得工作上之最佳平衡點，使雙方可接受。	顧客面、學習成長面、內部程序面需求	7.1.1.1.與上級不斷針對作業之進行程序加以溝通。
5.1.1.藉由 CASE 來磨合彼此衝突，進而發展好的合作默契。	學習成長面需求	5.1.1.1 安排合作機會
		5.1.1.2 進行 Case 的問題分析，了解雙方的想法。

在確認中繼目標之行動方案後必須詳細規劃其實行步驟完成各階段的任務至完成目標，為此建立 TT 此步驟所需思考行動的必要步驟，如圖十一行動圖所示，其 TT 之部份敘述如下：

- 由於有『100 需要運用工作合作的機會，來了解彼此的工作方式』的需求 AND 『110 每個人的工作方式與經驗不同』的事實 AND 『5.1.1.1 安排合作機會』的行動，才能達成『5.1.1 藉由事件 case 來磨合彼此衝突，進而培養良好合作默契的目標』。
- 由於有『5.1.1 需要藉由事件 case 來磨合彼此衝突，進而培養良好合作默契』的需求 AND 『200 直接的工作接觸，是了解彼此工作方式最好方法』的事實 AND 『5.1.1.2 進行 case 的問題分析，瞭解雙方的想法』的行動，才能達『460 到培養良好合作默契、溝通協調作業方式的目的』。
- 由於有『4.1.1 需要配合組織文化，樹立部門特有的運作管理模式』的需求 AND 『4.2.1 需要釐清各部功能及各職務特色，並獲得員工認同』的需求 AND 『600 訂定人才甄選標準』的事實，才能達成『420 選擇有經驗的人的目的』。
- 由於有『420 需要選擇有經驗人員的需求』AND 『2.1.1 需要變更產品線的需求』AND 『700 好的人員可提高工作效率』的事實 OR 『3.1.1 需要選擇好的客戶』的需求，才能達成『330 催收帳款確實的目的』。
- 由於有『840 需要有經驗的人才，對各加廠商作產品需求量查詢與預測』的需求 AND 『420 需要選擇有經驗人員』的需求 AND 『6.1.2.1 進行長期、中期、短期預測，依據市場需求與顧客需求，來變更預測值』的行動，才能達成『6.1.2 確實詢問顧客需求的目標』。
- 由於有『6.1.1 需要利用歷史資料進行推估』的需求 AND 『6.1.2 需要確實詢問顧客需求』，才能達成『640 確實做好產品預測，並隨時掌握客戶需求，以便應對實際需求的目的』。

經由反覆的驗證 TT 之可行性與因果關係正確性並讓個案公司高階主管與各部門主管達成共識，並了解企業計劃實行之步驟與未來可達到之成果。

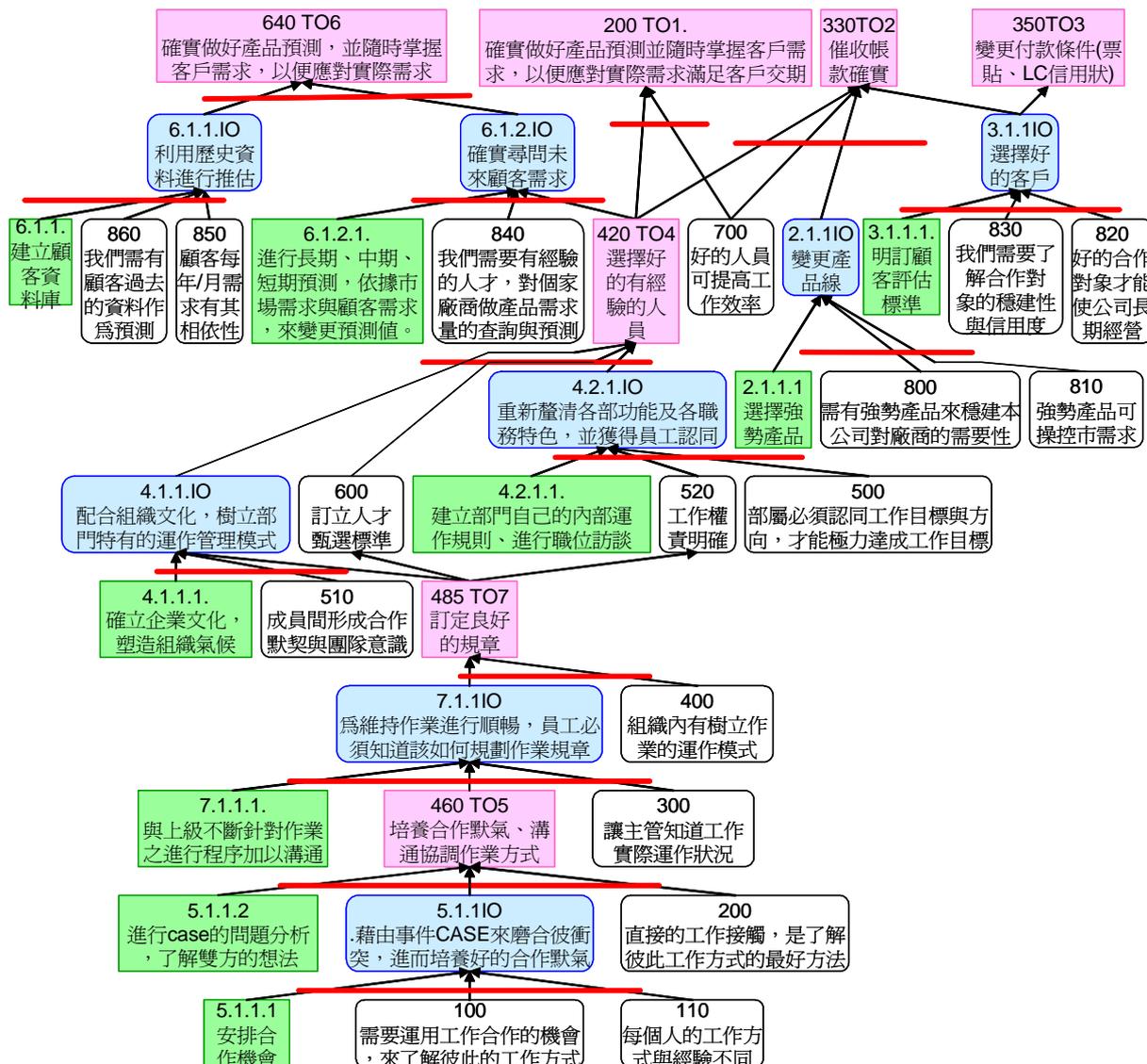


圖 十一 行動圖

#### 4.4 小結

本研究將 TP&BSC 架構導入本個案公司，利用平衡計分卡之四構面與各階層主管討論出核心問題，以思維程序之 CRT 與衝突圖，解決了許多存在已久的問題，並歸結出企業問題所在導引出核心問題，在 CRT 中分析出個案公司之現況，讓企業內部人員了解其實許多問題的因素之原由，才導致企業之惡性循環；另外本研究利用 FRT 將企業希望解決之現有的問題與企業政策、文化相互結合，找出企業未來發展目標，清楚的指出負面影響與策略方向的重要性，剷除抗拒改變的恐懼；運用 PRT 讓各階主管相互討論達成目標之阻礙與解決方法，可明確了解相關部門之需求與執行上之困難點，使執行者有受重視的感覺且樂於討論，並利用 TT 來執行方針，逐一地說明行動準則，使其他執行者漸進地接受其方案並積極執行，解決改善了企業問題。

## 五、結論

本研究建構補足 TOC 之思維程序與 BSC 之管理系統，利用 TOC 縝密的邏輯思考幫助 BSC 快速正確的點出問題所在，可明確了解相關部門之需求與困難點；指出預期理想方向，使人認同策略方向需求性重要性，進而願意參與討論；編繪之結果藍圖，使各部門相信其可行性；清楚指出負面影響及可能阻礙，使人存有心理準備，可防範於未然；剷除抗拒改變的恐懼；逐一地說明行動準則，使他人漸進地接受解決方案並積極執行，以補足 BSC 之缺點，並利用 BSC 之四大構面，推衍思維指標方向，而此績效衡量指標可以適當地含括整個企業所需要的資訊，但也不流於複雜的窘況。在 TP 之邏輯架構下，讓使用思維程序者有其思考的方向與其思維的完整性，較為有依據的想法與直覺反應，能問題改善與策略規劃之初，便有一思維的方向能讓其考量完整性，補足思維程序所不足的地方。

在此本研究獲致的結果如下：

1. 結合思維程序與 BSC，建構出企業解決問題與決策的架構。
2. 充份的說明思維程序與 BSC 應用之程序。
3. 應用個案公司確認結合思維程序與 BSC 架構的可行性並解決個案公司沈積已久之問題。

## 致謝

本研究感謝明新科技大學計畫編號 MUST-94-IEM-08 在部分研究經費上之協助。

## 六、參考文獻

1. Michael E, Porter 著，周旭華譯(1998)，《競爭策略》，（天下遠見出版社）。
2. 司徒達賢(1998)，《策略管理》，（遠流出版）。
3. 伍忠賢(2002)，《策略管理》，（三民書局）。
4. 胡琇瑜(2002)，《限制理論在高科技產業留才策略之應用》，交通大學工業工程與管理碩士論文。
5. 張家鳳(2001)，《企業建立平衡計分卡以落實策略管理之個案研究》，東吳大學企業管理碩士論文。
6. 李榮貴與張盛鴻(2005)，《TOC 限制理論》，（中國生產力中心出版）。
7. 湯明哲(2003)，《策略精論》，（天下遠見）。
8. Blackstone, J.H. (2001), "Theory of Constraints-A Status Report ", *International Journal of Production Research*, 39, 6, 1053-1080.
9. Chandler, Alfred. (1962), *Strategy and Structure: Chapters in the History of American Industrial Enterprise*, Cambridge: Massachusetts: M. I. T Press.
10. Goldratt, Eliyahu M. (1994), Jeff Cox, *The goal: a process of ongoing improvement*, North River Press.
11. Goldratt, Eliyahu M. (1994), Jeff Cox, *It's Not Luck*, North River Press.
12. Goldratt, Eliyahu M. (2002), *TOC on Strategy and Tactics*, Goldratt's Marketing Group.
13. Tracey, Buton-Houle (2001), *The Theory of Constraints and its Thinking Process*, AGI Goldratt Institute.
14. Klein, D. J. and DeBruine, M. (1994) "A Thinking Process for Establishing Management Policies", *Review of Business*, Vol.16, No.3, pp.31-37.

15. McMullen, Jr., Thomas B. (1998), "Theory of Constraints (TOC) Management System", *The St.Lucie Press/APICS Series on Resource Management*.
16. Peach, B. (1996), "The Use of the Theory of Constraints Thinking Processes at Courtaulds Coatings NZ. Technology for Manufacturing. Integrating Manufacturing Research With Industry's Needs", Vol.2 of *Proceedings of the Technology for Manufacturing Conference*. Masey University, Palmerston North, New Zealand, pp.383-396.
17. Porter, Michael E. (1980), "*Competitive Strategy: techniques for analyzing industries and competitors*", Free Press, New York.
18. Kaplan, Robert S. and Norton, David P. (1996), "*The Balanced Scorecard: Translating Strategy into Action*, Boston: Harvard Business School Press".
19. Roadman, H. C., Benge, J. M., McGinnis, L. P., Yurkosky, T. P. D., Adams, V., Cockerham, G. C., & Flowers, S. H. (1995), "Theory of Constraints and The United States Air Force Medical Service", *APICS Constraints Management Symposium and Technical Exhibit: Proceedings Phoenix, AZ*. pp.107-115 .
20. Smith, Debra. (2000), "*The Measurement Nightmare*", The St. Lucie Press/APICS Series on Resource Management.
21. Ittner,C. D., and Larcker, D. F. (1998), "Innovations in performance measurement: trends and research implications", *Journal of Management Accounting Research*, Volume 10,p10-238.

## 一般老人及糖尿病老人之足部狀況調查 以新竹某地區醫院為新竹地區 93 年度老人體檢為例

陳年<sup>1\*</sup> 陳建鵬<sup>2</sup>  
陳淑真<sup>1</sup> 陳俐穎<sup>1</sup> 謝雅涵<sup>1</sup> 黃子綾<sup>1</sup>

1：明新科技大學老服系

2：新竹馬偕紀念醫院復健科

### 摘要

糖尿病位居台灣地區十大死亡原因的第四位，而其所引起的足部病變更是老年人行動不變甚至截肢的主要原因。本研究以結構式問卷抽樣訪談了 140 位老年人，初步結果發現一般老年人在足部問題上，以皮膚乾燥龜裂與灰趾甲最多，各有 33.6%，其次為足趾感覺麻木，19.3%。而糖尿病老年人則以麻木感最多，33.3%，其次為乾燥龜裂與灰趾甲分別有 28.6%與 23.8%。經足底壓力儀(Tek Scan)檢查顯示糖尿病老年人的足底壓力異常比率為 76%，遠高於一般老年人的 45%。此研究將繼續探討有關老年人足部病變的各項因子，進行交叉分析，並比較其與糖尿病之關聯性。

**關鍵字：**老年人、足部狀況、足部照護能力、足底壓力檢查儀(Tek Scan)

## Foot Problems of The Elderly in Hsin-Chu, Taiwan

Nien Chen<sup>1</sup> Jian-Peng Chen<sup>2</sup>  
Shu-Zhen Chen<sup>1</sup> Li-Ying Chen<sup>1</sup> Ya-Han Xie<sup>1</sup> Zi-Ling Huang<sup>1</sup>

1：Department of Gerontology, Minghsin University of Science and Technology

2：Department of Rehabilitation, Mackay Memorial Hospital

### Abstract

The global prevalence of the diabetic foot was reported to be ranging from 11% to 25.6%. About half of all non-traumatic lower extremity amputations are performed on diabetic patients. We investigated 140 senior citizens in Hsin-Chu, Taiwan, regarding their foot problems. Preliminary results indicated that partial numbness (unsympathetic), dry and/or fission, and ember-gray nails (leuconychia) are mostly found. Based on Tek Scan examination, the diabetes showed higher rate (76%) of abnormal foot pressure distribution than that of the others (45%). Studies are in progress to determine the major contributory factors for foot problems, especially in diabetic patients.

**Key Words：** Elderly, Foot Health, Foot Care, Tek Scan Examination

---

\* 老服系副教授 地址：新竹縣新豐鄉新興路 1 號 Tel：03-5593142 E-mail：nienchen@must.edu.tw

## 前言(Introduction)

隨著人口老化及生活型態的改變，糖尿病在台灣地區盛行率(Prevalence)逐年增加，糖尿病現已晉升為台灣十大死亡原因的第四位(1)。同時，糖尿病所引起的足部問題更是一項導致老年人行動不便甚至截肢(Amputation)的主要原因之一(2,3)。

全球糖尿病患者中有足部病變者平均已高達 13%(3,4,5)，美國白人族群中，15%的糖尿病者在有生之年會引發足部潰瘍(Foot Ulcer)(6,7,8,9)，而其中有 6--43%足部潰瘍者終需截肢(10,11,12)，在美國，非創傷性下肢截除的人數中，糖尿病者佔一半(13,14)。在台灣，糖尿病者中有足部問題的比率為 2.9%(2)，而其中足部潰瘍者大概有 26%將導致壞疽(Gangrene)而需截肢(2)。根據最近的報導，台灣糖尿病者截肢的機率是一般人的 25 倍，一年內因糖尿病截趾、斷腿的病例超過四千例，佔全部非創傷性下肢截除之半數(15)，此數據與美國相似。

本研究之目的是以新竹地區為例，探討有關老年人足部病變之各項因子，並比較其與糖尿病者在此問題上的差異性。

## 研究方法(Methods)

本研究主要為描述性調查研究，以結構式問卷收集資料，瞭解老年人的足部狀況以及足部照護能力等，針對新竹某地區醫院 93 年度老人體檢之老年人，以問卷抽樣訪談 140 位老年人，收集並所需之資料，如健康史、足部評估、足部照護能力等，應用 Excel 程式以及 Chi-Square and/or Fisher's Exact Test 等進行統計分析，探討老年人與糖尿病老年人之足部異常情況。同時更進一步，利用足底壓力變化儀(Tak Scan)檢查老年人足底壓力之變化，參照 Cavanagh(17)靜態足弓指標(Arch Index, AI)法，將足部分成六個區塊，以足底壓力點數判讀出壓力的大小，呈現不同的顏色，並比較一般老年人與糖尿病老年人足部病變的比率。

## 研究結果 (Results)

### 1.基本資料的探討

本研究總共訪談 140 位老年人，以男性居多，有 82 位(58.6%)。平均年齡介於 70-80 歲。教育程度以次小學(含識字)居多，達 43 人(30.7%)。婚姻狀況以已婚有配偶佔最多，高達 123 人(87.6%)。籍貫則以外省籍居多，有 62 人(44.3%)。經濟來源則以退休金俸為最，有 78 人(55.7%)。鞋子價位以 600 元以下居多，約佔 56.4%。而大部分受訪者則不抽煙，比率高達 78.6%。(表 1)

表 1.基本資料的探討

受檢老年人之基本資料(N=140)	人次	百分比
性別		
男	82	58.6
女	58	41.4
年齡		
60 歲以下	1	0.7
61~65 歲	4	2.9
66~70 歲	30	21.4
71~75 歲	38	27.1
76~80 歲	46	32.9
81~85 歲	20	14.3
86 歲以上	1	0.7
教育程度		
不識字	12	8.6
小學(含識字)	43	30.7
初中(職)	23	16.4
高中(職)	24	17.1
大專以上	37	26.4
其他	1	0.7
婚姻狀況		
已婚有配偶	123	87.6
未婚	1	0.7
離婚	2	1.4
喪偶	9	6.4
分居	0	0
其他	5	3.6
籍貫		
閩南人	42	30
客家人	34	24.3
外省籍	62	44.3
原住民	1	0.7
其他	1	0.7
居住情況		
獨居	6	4.3
與配偶同住	48	34.3
與子孫同住	11	7.9
與配偶和子孫同住	72	51.4
與親友同住	1	0.7
其他	2	1.4
經濟來源		
薪資(工作)所得	6	4.3
個人積蓄	16	11.4
退休金俸	78	55.7
家人供給	31	22.1
政府補助	8	5.7
其他	1	0.7
鞋子價位		
300 元以內	42	30
301~600 元	37	26.4
601~1000 元	15	10.7
10001~2000 元	32	22.6
2001 元以上	13	9.3
其他	1	0.7
抽煙情況		
從未抽煙	110	78.6
過去有已戒煙	20	14.3
有抽煙	10	7.1

## 2.老年人的健康史

受訪老年人中曾被醫生診斷的疾病，以罹患高血壓 59 人(42.1%)最多，其次為關節炎 43 人，佔 30.7%，

其中腰椎退化性關節炎 35 人(25%)，而糖尿病則為居第三位，有 21 人(15%)；無足部手術及足部住院的老年人居多，各為 136 人(97.1%)；足趾感覺以麻木感 27 人(19.3%)佔最多；趾甲方面以灰趾甲居多，有 33 人(23.6%)；皮膚方面乾燥龜裂最多，有 33 人(23.6%)；而足部未使用藥物者居多，有 133 人(95%)；因腳的問題而行動不便佔少數，僅 11 人(7.9%)；無需協助並能獨立行走者居多，有 135 人(96.4%)。(表 2)

表 2. 老年人的健康史

受檢老年人之健康史(N=140)	人次	百分比
曾被醫師診斷有下列疾病(複選)		
關節炎	43	30.7
腰椎退化性關節炎	35	25
糖尿病	2	15
周邊血管疾病	1	0.7
周邊神經疾病	0	0
心臟疾病	25	17.9
高血壓	59	42.1
視力缺損	12	8.6
痛風	6	4.3
截肢	1	0.7
腎臟病	0	0
腦中風	8	5.7
其他疾病	23	16.4
足部手術		
無	136	97.1
有	4	2.9
足部住院		
無	136	97.1
有	4	2.9
足趾感覺		
疼痛	3	2.1
灼痛	2	1.4
冰冷	4	2.9
針刺感	2	1.4
麻木感	27	19.3
沒感覺	2	1.4
其他	3	2.1
血管方面		
間歇性跛行	3	2.1
靜脈曲張	3	2.1
水腫	1	0.7
趾甲方面		
灰趾甲	33	23.6
趾甲內生	3	2.1
皮膚方面		
黴菌感染	4	2.9
雞眼	14	10
硬繭	15	10.7
乾燥龜裂	33	23.6
水泡	0	0
潰爛	0	0
濕疹	1	0.7
骨骼變形		
趾屈曲	4	2.9
拇指外翻	8	5.7
扁平足	0	0
空凹足	0	0
足部是否使用藥物		
否	133	95
是	7	5
是否因腳的問題而行動不便		
否	129	92.1
是	11	7.9

能否獨立行走		
無需協助	135	96.4
需使用輔具	5	3.6

### 3. 老年人的足部照護

老年人的足部照護能力，包含：足部清潔狀況、修剪趾甲能力、足部運動狀況、鞋襪合適性評估、去除硬繭或雞眼方式、足部檢查狀況等。足部照護能力各項目百分比，描述如下：

足部外觀清潔者 138 人(98.6%)；足部每日清潔者有 139 人(99.3%)；清洗腳後，會使用柔軟的毛巾擦乾(包括趾縫者)有 114 人(81.4%)；預防足部皮膚過於乾燥而使用潤滑劑者僅 39 人(27.6%)；能自行修剪趾甲者 134 人(95.7%)；以安全修剪趾甲工具修剪趾甲者有 136 人(97.1%)；每日運動 30 分鐘以上有 119 人(85%)；大部分時間以穿著鞋子為最多，有 130 人(92.9%)；尤其以穿拖鞋最多，44 人(31.4%)；127 人(90.7%)有兩雙以上鞋隔日換穿；有 97 人(69.3%)穿著吸汗襪子；106 人(75.7%)的鞋襪是合適的；有 125 人(89.3%)鞋子外觀未變形；鞋底未異常磨損的有 82 人(58.6%)；後跟套牢固的有 125 人(89.3%)，穿著鞋子為透氣材質的有 107 人(76.4%)，而鞋跟低於 2.5 公分的有 76 人(54.3%)，受訪問卷中無人穿著治療性鞋；鞋子合腳不脫滑有 89 人(63.6%)；去除雞眼或硬繭方式以不作處理為最多，高達 118 人(84.3%)，會進行足部檢查的僅 67 人(47.6%)；而有問題會尋求醫師處理者有 117 人(83.6%)。(表 3)

表 3. 老年人的足部照護

受檢老年人之足部照護(N=140)		
	人次	百分比
足部外觀		
清潔	138	98.6
不潔有異味	2	1.4
足部每日清潔		
是	139	99.3
否	1	0.7
足部洗後擦乾		
是	114	81.4
否	26	18.6
足部使用潤滑劑		
是	39	27.6
否	101	72.1
修剪趾甲能力		
自行修剪	134	95.7
無法自行修剪	6	4.3
修剪趾甲工具		
趾甲刀、銼刀	136	97.1
小刀、刀片、刮鬍刀	4	2.9
每日運動 30 分鐘		
是	119	85
否	21	15
大部分時間穿著		
赤足	9	6.4
只穿襪子	1	0.7
有穿鞋	130	92.9
否	23	16.4
常穿的鞋子款式		
拖鞋	44	31.4
涼鞋	28	20
休閒鞋	23	16.4
運動鞋	23	16.4
皮鞋	19	13.6
其他	3	2.1

兩雙以上鞋隔日換穿		
是	127	90.7
否	13	9.3
穿著吸汗襪子		
是	97	69.3
否	43	30.7
鞋襪是否合適		
是	106	75.7
否	34	24.3
鞋子外觀未變形		
是	125	89.3
否	15	10.7
鞋底未異常磨損		
是	82	58.6
否	58	41.4
後跟套牢固		
是	125	89.3
否	15	10.7
否	23	16.4
透氣材質		
是	107	76.4
否	33	23.6
鞋跟低於 2.5 公分		
是	76	54.3
否	64	45.7
穿著治療性鞋		
是	0	0
否	140	100
鞋子合腳不脫滑		
是	89	63.6
否	51	36.4
去除雞眼或硬繭方式		
足浴和用浮石或銼刀摩擦	9	6.4
使用刀片刮除	11	7.9
使用化學藥劑浸泡	2	1.4
不管他	118	84.3
足部檢查		
是	67	47.9
否	73	52.1
足部檢查頻率		
每天	14	10
隔幾天	15	10.7
每週一次	4	2.9
想到才做	41	29.3
無	66	47.1
否	23	16.4
有問題尋求醫師處理		
是	117	83.6
否	23	16.4

#### 4. 足底壓力檢查儀測試結果

本研究主要根據 Cavangh 1987(17)檢定靜態足弓指標(Arch Index , AI)的做法，以足部壓力檢查儀(Tek Scan)檢測老年人足底壓力之變化，利用電腦上的有限元素軟體分析足部壓力點之分佈，呈現出足底立體壓力分佈圖，平面分佈圖，壓力中線軌跡，對稱分佈圖等，測定之結果，由專業醫師判讀，將足底分成六個區塊，以 F,H,M 壓力區劃分，透過電腦解讀，轉化成足底壓力點數後，確定壓力點區域，再以不同的顏色，代表足部壓力大小分佈的情形，並由足壓測量之影像去除腳趾後，由第二趾與足跟中點連線，得到足印之中軸線，將此中軸線之等分，沿前後均分各劃一線，垂直於中軸線，此兩線將足印分為前足區(Forefoot Area)，中足區(Middlefoot Area)，及後足區(Hindfoot Area)，再將中足區面積除以足印面積所

得之值，即為靜態足弓指標(Arch Index, AI)。

測試結果，以足跟部及第一、二趾骨頭部位所受壓力最大，亦即在足壓圖上紅色區域分應分布於 F1、2 及 H1、2 部位。(圖 1)

若紅色區域出現在其他部分，亦即足部壓力分布不正常，可能的情形包括有足弓過高或過低，足底局部位置變形或骨頭突出形成壓力點。足底壓力檢查的結果顯示無糖尿病者與有糖尿病的老年人差異甚大(圖 2,圖 3)。

異常壓力點出現的位置，通常為足底易發生傷口病變的位置，特別是有糖尿病等周邊神經病變患者，腳底感覺不靈敏，常在異常壓力點發生足底潰瘍而不自知，甚至最後導致截肢命運，故需及早運用鞋墊及糖尿病鞋等方式減輕局部壓力，預防相關病變。

圖 1

- 由顏色代表不同壓力分布情形
- 紅色為壓力最大部位，綠色區域之壓力較小
- F1-F5 分別位第一至第五趾骨頭位置
- M2 代表中足外側
- H1 代表後足內側，H2 代表後足外側

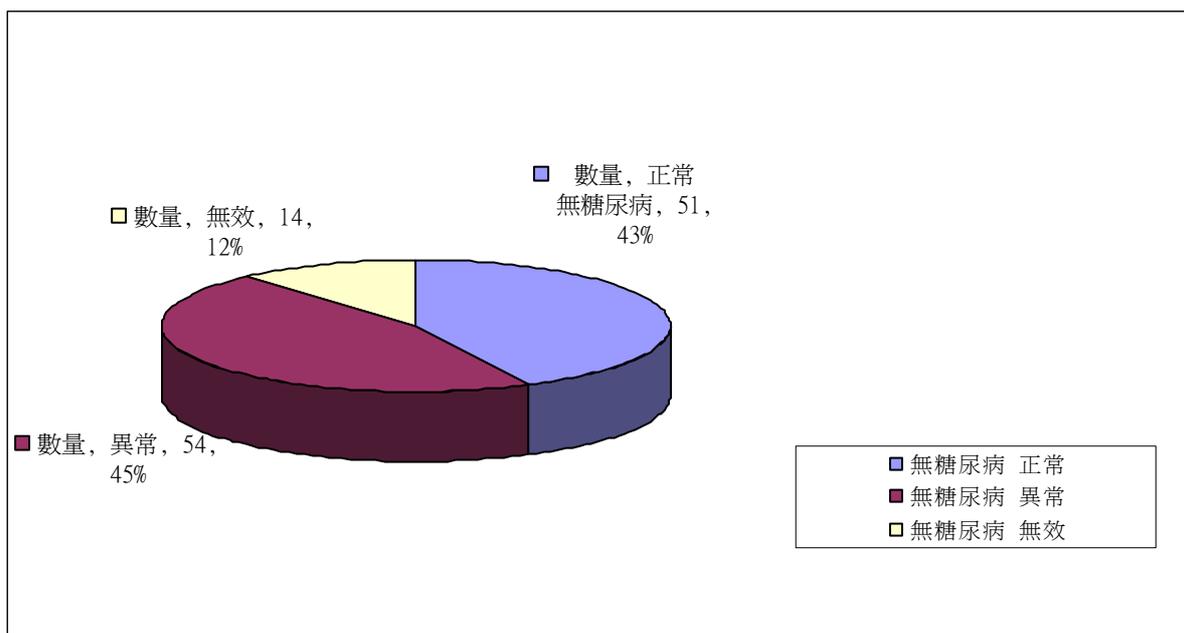
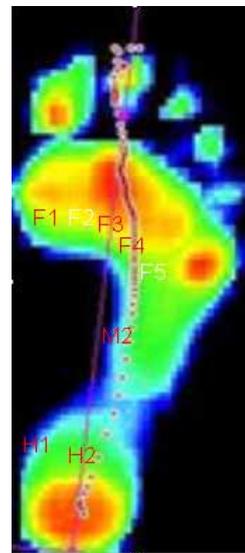


圖 2. 無糖尿病者足部篩檢統計圖

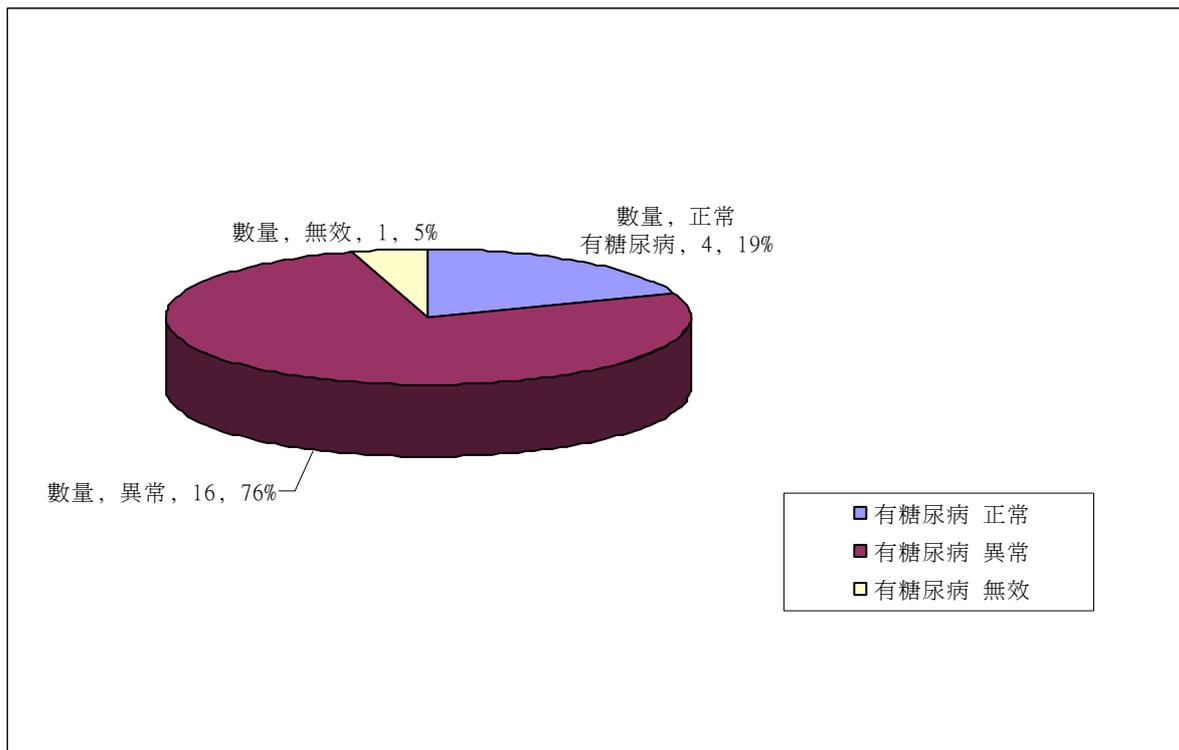


圖 3. 有糖尿病患者足部篩檢統計圖

## 討論(Discussion)

糖尿病足部病變之生理與病理機制(Pathophysiological Mechanism)極為複雜並多元化，包括神經病變(Neuropathy)，局部缺血(Ischemia)，感染(Infection)以及不正常之足部組織關節與骨骼結構異常(Foot Biomechanics)等(13,18)，換言之，糖尿病的發病率年齡的增長而增長，此病所造成的系統器官併發症中，以神經病變，血管病變為主，其中糖尿病的足部潰瘍起於神經病變，造成足部的感覺變差，足內肌萎縮以致足底壓力分佈不均勻，復加上足部的小血管病變，足部缺血等多項原因所致，而足部的血液循環不佳，更會影響足部潰瘍愈合之時間(19,20,21)。神經病變包括自律、感覺及運動神經，自律神經病變造成腳掌出汗減少，致使表皮含水量不足，皮膚乾燥，亦造成裂縫(Fissure)。感覺神經病變則減少病人的感覺反應，在缺乏疼痛的警告下易受傷害，例如不合腳鞋子的摩擦。運動神經病變會造成腳部骨頭小肌肉(Interosseous Muscle)萎縮形成“爪狀趾”(Claw Toe)的足部變形，以致產生高壓點而易得潰瘍(22,23,24)。

本研究之 140 位受訪老人中，未經歷過足部手術，或未因足部原因而住院者佔 136 人(97.1%)。在足部相關問題中，結果顯示足趾感覺以麻木感占最多(27 人，19.3%)，趾甲方面以灰趾甲居多(33 人，23.6%)，皮膚方面以乾燥龜裂最多(33 人，23.6%)，而足部未使用藥物者佔多數(133 人，95%)，因腳的問題而行動不便者不多(11 人，7.9%)，大部分為無需協助能獨立行走者(135 人，96.4%)。也就是說，老年人較普遍之足部問題包括表皮過度角質化(如雞眼，皮膚乾燥等)，趾甲問題(如灰趾甲，趾甲變厚變硬等)，以及足部關節骨骼結構問題(如拇趾外翻，腳屈曲等)，此與外國研究報導大致相似(25)。

受訪中有 21 人患有糖尿病，其基本資料部分如性別比例，婚姻狀況，經濟來源，抽煙史等與一般老

年人差異不大，然而在足部照護方面，糖尿病患者每日清潔率極高；一般老年人為 99.3%，糖尿病老年人為 100%，表示受訪的老人都有做每日之足部清潔。而在足部洗後會以柔軟乾毛巾擦乾者，一般老年人中有 18.6% 未做到，相對的，在糖尿病者老年人中，僅 4.8% 忽略此事(呈現統計顯著性,  $P < 0.01$ )。而在足部使用潤滑劑方面，糖尿病老人的 38.1% 則高於一般老年人的 27.6% (無顯示統計差異,  $P = 0.34$ )。在趾甲修剪能力方面，一般老年人有 95.7% 自行修剪腳趾甲，與糖尿病老年人的 90.5% 相差不多。至於每日運動 30 分鐘，一般老年人所佔的比率僅 85%，而糖尿病老年人 100% 每日以做規律運動。由此可見糖尿病老年人對於足部的照護比一般老年人較為注重。

關於鞋襪方面，大部分穿著鞋子(90%)，一般老年人有兩雙以上的鞋子隔日換穿者高達 90.7%，然而糖尿病老年人卻僅有 61.9%，呈現統計顯著性 ( $P < 0.01$ )，這部分的差異對於足部健康之意義值得深入探討。在是否穿著吸汗襪子問題上，兩者比率相似，分別是一般老年人有 69.3%，糖尿病老年人有 71.4%。鞋襪的合適度，以糖尿病老年人的 85.7% 略高於一般老年人的 75.7%。鞋子外觀兩者大都未變形(89.3% 與 90.5%)。糖尿病老年人鞋底無異常磨損者是 76.2%，而一般老年人則僅有 58.6%。後跟套牢固方面，一般老年人有 89.3% 稍高於糖尿病老年人的 81%。鞋子是否透氣材質方面以糖尿病老年人的 85.7% 略高於一般人的 76.4% ( $P = 0.35$ )。糖尿病老年人所穿鞋子大都要比一般老年人的來得高。而在足部問題會尋求醫師處理方面，糖尿病老年人所佔的比率僅有 23.8%，遠低於一般老年人的 83.6% ( $P < 0.01$ )，呈現統計顯著差異。我們懷疑糖尿病老年人有足部問題時是否常被忽略，經常是由較小，較不重要的問題演變產生嚴重的足部疾病。

美國足踝整形外科協會(American Orthopedic Foot and Ankle Society)之糖尿病委員會(Diabetes Committee)最近提出一個糖尿病足部保健的指導原則(Guidelines)(26)，其中在足部檢視部份，包括足部有無週邊神經病變(Peripheral Neuropathy)，皮膚是否完整健康(Skin Integrity)，有沒有潰瘍或創傷(Ulcer or Wound)，是否變形(Deformity)，有無血管缺損現象(Vascular Insufficiency)及關於鞋子類別(Footwear)等。在足部保健教育方面，針對週邊神經病變者提出了自我檢查與自我保健的具體方法。醫療團隊則應整合血管外科(Orthopedic Surgeon)，足科醫師(Podiatrist)，內分泌/糖尿病專家(Endocrinologist/Diabetologist)，傳染病諮詢者(Infections Disease Consultant)，及放射科專家(Radiologist)等。以上的指導原則值得參考，而如何讓老年人儘早就醫，可能要透過質性研究，做進一步的分析研究了解(19,26,27,28,29)。

另外，在趾感覺部分，糖尿病老年人的麻木感較高(33.3%)，一般老年人只有 19.3%，但未達統計顯著差異( $P = 0.15$ )。足部皮膚乾燥龜裂者，糖尿病老年人比率為 28.6%，亦稍高於一般老年人的 23.6% ( $P = 0.62$ )。其他如灰趾甲、雞眼、以及骨骼變形等方面，兩者並無顯著不同。

最後在足底壓力儀(Tek Scan)檢測部分，受訪的老年人過去無人做過此檢查，亦無接受過其他足部壓力檢測的經驗。

本次檢測出壓力異常比率的結果，一般老年人有足部異常壓力變化者佔 45% (圖 2)，糖尿病老年人則佔 76% (圖 3) ( $P = 0.02$ , 統計顯著差異)。很明顯地，糖尿病人的足部壓力異常變化之比率較一般老年人為高。

## 結論(Conclusion)

老化對於老年人足部生理性造成的變化，尤其在糖尿病患者更為顯著，因此需積極推廣與建立足科

醫學之概念，若能透過非侵襲性檢查，如足底壓力檢查儀，及早發現預防老年人之足部問題，除了在早期有效預防足部疾病之發生外，更可得到適度之改善與治療，有效減少老年人足部之疼痛，進而改善其生活品質，從公共衛生預防保健觀點，將有助於達到整體之健保之醫療費用之節省，對財政方面來說實為一大助益 (8,25,30,31,32,33)。

## 致謝(Acknowledgment)

研究過程中，承本系老師，黃旒濤、陳永德、黃久秦、徐慶發、謝於真等老師，賜予珍貴的意見，特此致謝。

## 參考文獻(References)

1. 衛生署 2004 年統計報告.
2. Tseng C-H (2003). "Prevalence and Risk Factors of Diabetic Foot problems in Taiwan", *Diabetic Care* 26:3551.
3. 劉淑媛(2004), (實用老年護理學), 華格那, 台北市.
4. Abbas ZG, Archibald L(2005)."Epidemiology of the diabetic foot in Africa. *Med Sci Monit II: RA* 262-270.
5. Tchakonte B, Ndip A, Aubry P, Malvy D, Mbanya JC(2005)."The diabetic foot in Cameroon. *Bull Soc Pathol Exot* 98: 94-8.
6. Reiber GE, Lipsky BA, Gibbons GW(1998)."The burden of diabetic foot ulcers". *Am J Surg* 176 (Suppl 2A): 5S-10S.
7. Zucchi P, Ferrari P, Spina ML(2005). " Diabetic foot: from diagnosis to therapy". *G Ital Nefrol Suppl* 31: S20-2.
8. Singh N, Armstrong DG, Lipsky BA(2005). "Preventing foot ulcers in patients with diabetes". *JAMA* 293:217-8.
9. Margolis DJ, Allen-Taylor L, Hoffstad O, Berlin JA(2005). " Diabetic neuropathic foot ulcer and amputation". *Wound Repair Regen* 13:230-6.
- 10.Moss SE, Klein R, Klein B (1996). "Longterm of incidence of low-extremity amputations in a diabetic population". *Arch Fam med* S: 391-398.
- 11.Larsson J, Agardh CD, Apelqvist, Stenstrom A(1995)."Clinical Characteristics in relation to final amputation level in diabetic patient with foot ulcers : a prospective study of healing below or above the ankle in 187 patients". *Foot Ankle Int* 16:69-74.
- 12.Apelqvist J, Ragnarson-Tennvall G, Persson U, Larsson J(1994)."Diabetic foot ulcers in a multidisciplinary setting: an economic analysis of primary healing and healing with amputation". *J Intern Med* 235:463-471.
- 13.Tseng Ch, Tai TY, chen BJ(1994). " Ten-year clinical analysis of diabetic leg amputees" . *J Formos Med Assoc* 93:388-392.
- 14.The Global lower Extremity Amputation Study Group. " Epidemiology of lower extremity amputation in centers in Europe, North America and East Asia". *Br J Surg* 87:337.
- 15.鄭心媚，黃庭郁，張璿 (2005), (台灣糖尿病患截肢年逾四千),中國時報 2005 年 7 月 11 日第 A1 與 A3

版.

16. Boulton AJM, Kirsener RS, Vileikyte L(2004). "Neuropathic Diabetic Foot Ulcers. *New Eng J Med* 351:48-55.
17. Cavanagh PR, Rodgers MM(1987). "The arch index: a useful measure from footprints". *J Biomechanics* 20:547-551.
18. Van Damme H, Limet R(2005) 'The diabetic foot'. *Rev Med Liege* 60:516-25.
19. 陳雅玲, 林銘川(1997), (糖尿病患者足部神經血管功能之評估), 當代醫學 24:19-22.
20. 財團法人糖尿病關懷基金會(2004), (糖尿病足部照護), 健康出版, 台北.
21. Plummer ES, Albert SG(1996) "Focused assessment of foot care in older adults". *J Am Geriat Soc* 44:310-313.
22. Corrad D(1997). "Foot education and screening for the elderly". *J Geront Nursing* 3:11-15.
23. Abbott CA, Vileikyte L, Williamson S, Carrington AL, Boulton AJM(1998) "Multicenter study of the incidence of and predictive risk factors for diabetic neuropathic foot ulceration". *Diabetic Care* 21:1071-5.
24. Abbott CA, Carrington AL, Ashe H et al(2002) "The North-West Diabetes Foot Care Study: incidence of, and risk factors for, new diabetic foot ulceration in a community-based patient cohort". *Diabet Med* 19:377-84.
25. Ramsey SD, Newtonk, Blough D et al(1999). "Incidence, outcomes, and cost of foot ulcers in patients with diabetes". *Diabetes Care* 22:382-9.
26. Pinzur MS, Slovenkai MP, Trepman E, Sbiels NN, Diabetes Committee of American Orthopedic Foot and Ankle Society." Guidelines for diabetic foot care: recommendation endorsed by the Diabetes Committee of American Orthopaedic Foot and Ankle Society". *Foot Ankle Int* 26:113-9.
27. Peters EJ, Lavery LA, Armstrong DG(2005). "Diabetic lower extremity infection: influence of physical, psychological, and social factors". *J Diabes Complications* 19:107-12.
28. Viswanathan V, madhavan S, Rajasekar S, Chamukuttan S, Ambady R(2005). "Amputation Prevention initiative in South India: Positive impact of care education". *Diabetes care* 28:1019-21.
29. Willrich A, Pinzar M, Mc Neil M, Juknelis D, Lavery L(2005). "Health related quality of life, cognitive function, and depression in diabetic patients with foot ulcer or amputation". A preliminary study. *Food Ankle Int* 26:128-34.
30. Ragnarsur TG, Apelqvist J(2004). "Health economic consequences of diabetic foot lesions". *Clin Infect Dis* 39 Supp 12:S132-9.
31. Lipsky BA(2004) "A report from the international consensus on diagnosing and treating the infected diabetic foot". *Diabetes Metab Rev* 20 Sup 1:S68-S77.
32. Schraer CD, Weaver D, Naylor JL, Provost E, Mayer AM(2004). "Reduction of amputation rates among Alaska Native with Diabetes following the development of a high-risk foot program". *Int J Circumpolar Health* 63 Sup 2:114-9.
33. Ramachandran A(2004) "Specific problems of the diabetic foot in developing countries". *Diabetes Metab Res* 20 Sup:S19-22.

## 觀光旅館全職及兼職員工之工作滿意度探討

林怡君\*

中國文化大學國企所博士候選人；大華技術學院觀光管理系講師

### 摘要

本研究之目的在於探討觀光旅館中全職與兼職之員工對工作環境之工作滿意度認知是否有差異，以台灣北、中、南、東四區各選出的四家旅館做為研究對象，針對其全職與兼職員工在工作中的滿意度差別探討，分別從對工作中的「薪資」、「獎勵」、「同事」、「主管」、「工作」等五方面來分析工作中所帶給全職與兼職員工的滿意度是否有所差別。採用問卷調查法，由訪員親自至旅館訪問並當場收回，共發出 200 份問卷，扣除掉填答不完全的 4 份，共回收有效問卷 196 份，有效問卷回收率為 98%。研究結果發現 (1) 兼職員工認為在工作升遷上的滿意認同度高於全職員工。(2) 兼職員工認為主管會聽取其意見的滿意認同度高於全職員工。(3) 兼職員工認為其工作是有趣的滿意認同度高於全職員工。將此研究結果提供給觀光旅館業者參考，以期提高組織於人力資源管理上的營運效率。

**關鍵字：**全職及兼職員工、工作滿意度、觀光旅館

## Study on Full Time and Part Time Employees' Awareness of Job Satisfaction in Tourism Hotels

Yi-Chun Lin

Candidate, Graduate Institute of International Business Administration, Chinese Culture University ;

Lecturer, Department of Tourism Management, Ta Hwa Institute of Technology

### Abstract

The purpose of this study is to empirically explore the full-time and part-time employees' awareness of job satisfaction in tourism hotels. Some researchers suggested that part-time and full-time employees may value different things and rewards and incentives may not work in the same way for both groups. Therefore, we explore full-time and part-time employees' perceptions on various facets of job satisfaction (pay, promotions, co-workers, supervisors, and work itself). The data is collected by 200 questionnaires. Completed questionnaires were returned by 196 contact-employees (98% response rate); of these, 4 employees were unusable because they were incomplete. The results of this study brought up three differences between the two groups. First, part-time employees were more satisfied with the rate of advancement. Second, part-time employees were more satisfied with that superiors listened to them. Third, part-time employees were more satisfied with their job is interesting.

**Key words :** full-time and part-time employees, job satisfaction, tourism hotels

---

\* 觀光管理系講師 地址：新竹縣芎林鄉大華路 1 號 Tel: 03-5927700 E-mail: g88133036@yahoo.com.tw

## 壹、緒論

觀光旅館為典型的服務性產業，其服務的對象是「人」，而服務品質的優劣，也取決於「人」，故人力乃觀光旅館業最重要的資源，也是觀光旅館中運用及支配其他資源之首，舉凡旅館內任何工作和服務均由人來規劃、組織、執行、協調與統籌。但在實務上「人」的表現卻也是不穩定的，管理者很難將之長期控制在一致的服務水準下，尤其在觀光旅館，服務接觸是由客人與許多不同部門( front desk , restaurant, housekeeping ,etc.) 的員工或團體所形成的互動接觸，所以旅館中的員工是維繫顧客對觀光旅館良好服務認知的關鍵人物。余聲海(1987)在其研究中指出旅館的最主要關鍵成功因素是服務人員。Crosby, Evans and Cowels(1990)也都認為服務人員和消費者在服務過程中所建立的關係品質是影響服務品質的最重要因素，他們共同認為服務人員和消費者之間的互動會影響消費者對服務的認知，進而影響了服務在消費者心中的品質地位。Keaveney(1995)亦指出，代表公司所提供服務的員工的態度及行為，是影響顧客滿意與否及對服務品質認知，和忠誠度的重要影響因素。由此可看出組織為了爭求生存、強化競爭力，更應投入資源於人力資源管理上。

在觀光旅館的工作環境中，組織以完善的人力資源管理制度期望維繫住員工的向心力，提高員工的工作滿意度，期盼員工們能因此帶給顧客更好的服務品質。所以，如何善待組織內的資產~人力資源，亦正是旅館管理者極需要認真思考的方向。

目前普遍存在於觀光旅館業的人力問題為員工流動率大，管理者為了應付平日及假日人力上的需求不均，大多僱用許多的兼職人員充當人力，這群未被正式編列於組織之中的人員亦是服務品質決定的重要關鍵人物，以往的研究卻乏人探討或重視這群人力，本研究則將觀光旅館兼職人員納入為研究的重要內容。故而，如何使員工在工作上有所動力，並且對工作環境滿意，實為旅館在人力資源管理上值得重視的課題，良好的人力資源管理不僅可以讓組織擁有可以生存的機會，更可使組織持續地成長、增加競爭力和獲利。基於上述研究背景，本研究之主要研究目的如下：

- 一、針對觀光旅館員工之工作滿意度認知做一探究。
- 二、探討觀光旅館中全職與兼職之員工對工作環境中工作滿意度認知是否有所差異。
- 三、將此研究結果提供給觀光旅館業者參考，以期提高組織於人力資源管理上的營運效率。

## 貳、文獻回顧

### 一、觀光旅館

#### (一) 觀光旅館的定義(吳勉勤，2004)

依據我國發展觀光條例所載，台灣地區的旅館業可區分為觀光旅館業及一般旅館業。依據我國現行“發展觀光條例”第二條第一項第七款，觀光旅館業係指經營國際觀光旅館或一般觀光旅館，對旅客提供住宿及相關服務之營利事業。又依照“觀光旅館業管理規則”規定之建築及設備標準，再區分為國際觀光旅館與一般觀光旅館。

#### (二) 觀光旅館之特質(楊上輝，2004；吳勉勤，2004)：

- 1.服務性：旅館每位從業人員的服務都是直接出售商品，服務品質的好壞直接影響全體旅館的形

象；旅館經營客房出租及餐飲供應，並提供會議廳等有關設施，主要是為了服務旅客，以旅客最大滿意為依歸。

- 2.綜合性：觀光旅館賦有家庭的功能，主要是讓旅行者在投宿時，就像回到自己的家一樣方便；除住宿、三餐飲食之外，並維護旅客生命財產之安全。另一方面，旅館也是社交、文化活動中心、娛樂場所等，可謂包羅萬象之小天地，故其功能為綜合性。
- 3.豪華性：觀光旅館係以接待觀光客為主，故其建築的壯觀宏偉與內部陳設的華麗舒適，代表一地區或一國家之文化藝術外，更是吸引觀光客的最佳誘因。
- 4.公用性：旅館的主要任務，是對旅客提供住宿與餐食，而觀光旅館另有提供集會或開會用之公共場所，及任何人都可前往的大廳。
- 5.無歇性：觀光旅館的服務是一年三百六十五天，一天二十四小時全天候服務，不論是深更半夜或是例假節慶或氣候如何惡劣，其所提供的服務不僅需要安全可靠，並且要熱誠及親切，使顧客體驗到愉快和滿足。
- 6 地區性：旅館的建築物興建在某地，就是永久性的，它無法隨著住宿人數之多寡而移動至其他位置，所以旅館銷售房間，受地理上的限制很大。
- 7.季節性：旅館業的主要任務是提供旅客住宿及餐飲，而旅客出外旅遊有季節性，因此旅館的營運須顧及季節之需求。

(三)觀光旅館組織架構(吳勉勤，2004)

觀光旅館之組織主要可區分為對外營業的外部營業單位及對內經營管理的內務部門。



圖 1 觀光旅館組織架構圖

## 1.營業單位

員工任職於此相關單位之主要職責任務是以提供客人滿意的住宿設施及其他相關的服務為主，包含櫃檯、大廳、商務中心、旅館內所有客房、附屬之餐廳(外場)及其他附屬設施(如：健身房、游泳池、商店等)。此等相關部門亦稱為旅館的前場單位，員工服務於此相關營業單位即有機會直接與顧客們面對面服務接觸(service encounter)。

## 2.管理單位

內務部門負責旅館內相關行政支援工作，妥善提供各項服務工作，讓客人有賓至如歸的感覺，屬於管理單位，亦稱為是旅館的後場單位，其部門包括：人力資源、財務、會計、總務、工務等等。

## 二、工作滿意

### (一) 工作滿意之定義

Hoppock (1935) 所著「工作滿意度 (Job satisfaction)」一書，首度提出了工作滿足的概念，認為工作滿足是工作者心理與生理兩方面對環境因素的滿足感受，亦即工作者對工作情境的主觀反應。之後學者 Locke(1973) 也將工作滿意度定義為「個人評價其工作或工作經驗而產生的正向或愉悅的情緒狀態」。因此，工作滿意度主要指的是個人對工作的主觀情緒反應，而這種對工作的感覺受到許多因素影響，形成一種整體的工作滿足感受。

### (二) 工作滿意相關理論

#### 1.需求層級理論(Need Hierarchy Theory)

Maslow(1943)認為人類的行為不是偶然發生的，乃是由於需求不滿足而引發動機，動機進而產生了行為，並將人類的需求分為五項需求：生理需求、安全需求、社會需求、尊敬需求以及自我實現需求；而需求層次理論主要是描述當較低層次的需求(生理需求與安全需求)獲得適度的滿足之後，才會繼續追求較高層次的需求(社會、尊敬與自我實現需求)。因此，管理者可根據員工所欠缺的需求，用激勵的方法使員工獲得需求並同時達成公司目標。

#### 2.雙因子理論(Two-Factor Theory)

Herzberg(1957)認為影響工作滿足的因素為保健因子(Hygiene Factors)與激勵因子(Motivators)；而保健因子是指能滿足員工基本需求的項目，如公司政策、員工保障，且若提供保健因子給員工，員工不一定會滿足，但是若不提供給員工，則員工一定會產生不滿足的狀況；而激勵因素係指能夠激勵員工滿足的項目，如升遷、讚賞等，且若不提供激勵因子給員工，則員工不一定會不滿足，但是若提供給員工，則員工一定會滿足，但是必須員工的保健因子得到足夠滿足後，才能給予激勵因子。

#### 3.公平理論(Equity Theory)

Adams(1963)認為員工的滿足程度，是取決於員工的付出(Input)與工作所得(Output)，且 Input 與 Output 會形成 O/I 比率，而員工會以自己的 O/I 比率與他人的 O/I 比率相互比較，若認為自己的 O/I 比率與他人的不等時則員工會有認知失調的現象發生，此時員工會調整自己的 Input 或 Output，來降低認知失調。

#### 4.差距理論(Discrepancy Theory)

Locke(1973)認為員工對工作某些方面的滿足與不滿足，乃是員工認為實際所得到的與認為應該得到的兩者之間差距而定；如果員工認為應該得到的與其實際所獲得之間，沒有差距的情況下，將會獲得滿

足；假若實際獲得的少於想要的，則將產生工作不滿足。

### (三) 工作滿意度相關實証研究

Schneider and Bowen(1985)提出，當員工認知企業有健全的管理系統及提供良好的升遷發展機會等人力資源管理實務功能，則員工會較願意去提供服務給顧客。Bettencourt and Brown(1997)發現若員工對工作滿意，則表現出來的服務行為是較佳的。Morrison(1996)亦認為企業的人力資源管理政策該致力於創造一種員工工作滿意的環境，進而方能提升服務品質。Hallowell, Schlesinger and Zornitsky(1996)在其針對保險公司的經理人、一線員工及顧客所做的調查中，發現員工工作滿意與顧客的滿意度是相關聯的。Zerbe, Dobni and Harel(1998)以北美航空業的員工為樣本，研究指出員工對人力資源管理實務的認知顯著的影響員工服務行為，特別是對主管領導及工作本身的滿意，是預測員工服務行為的最重要因子。Testa, Skraruppa and Pietrzak(1998)以 9 艘遊輪中與顧客有接觸的部門員工及旅客來探討員工工作滿意與顧客滿意之間的關係，發現員工的工作滿意認知與顧客滿意是有相關的。國內王傑明 (2003)提出主管領導行為對於員工工作滿意度有顯著影響。張焱江(2002) 亦指出員工的工作滿意度會影響到員工的工作表現績效。

### (四) 餐旅業工作滿意度相關實證研究

Hartline and Ferrell(1996)以旅館業為樣本，研究出員工對工作的滿意程度是顧客對服務品質認知的影響因素。林溢琳(1997)以國內中西式速食業店長為對象，指出店長的工作滿意與服務熱忱呈現正相關，而與離職傾向呈現負相關。趙惠玉(1998)指出由於國際觀光旅館的服務特性，使得員工成為國際觀光旅館經營成敗之關鍵。該研究以國際觀光旅館的員工為對象，調查大台北地區 18 家國際觀光旅館之員工，研究結果顯示工作標準化確實與員工工作滿意度成正相關。潘亮如(2003)研究發現餐廳主管對薪資報酬構面的滿意度最低，偏向不滿意；其餘對工作的滿意度由高至低分別為同單位工作伙伴構面、主管構面、工作構面及升遷狀況構面，均偏向滿意。巫嘉玲(2004)探討出咖啡連鎖店兼職人員的工作滿足與工作表現之間有顯著正相關。

以上相關文獻說明若企業組織可以創造一種讓員工滿意的工作環境，則進而可以提升服務的品質。也就是說，員工與工作環境之間的滿意關係，會影響到員工的服務行為，並且員工的服務行為對服務品質而言，又是關鍵的因素，強調員工工作滿意的重要性。餐旅業為服務業之代表，員工工作滿意的重要性更是無庸置疑。

## 參、研究方法

### 一、研究架構

本研究的研究架構如圖 1 所示，是針對觀光旅館全職與兼職第一線員工，探討他們工作中對薪資，對獎勵，對同事，對主管，及對工作等五方面的工作滿意度是否有所差異。全職員工乃指於旅館組織中納入正式組織人員編制之員工；兼職員工則為不納入組織正常編制之員工，所領薪酬為鐘點計費之方式；第一線員工指於工作場所中有機會與顧客直接面對面接觸的服務人員。

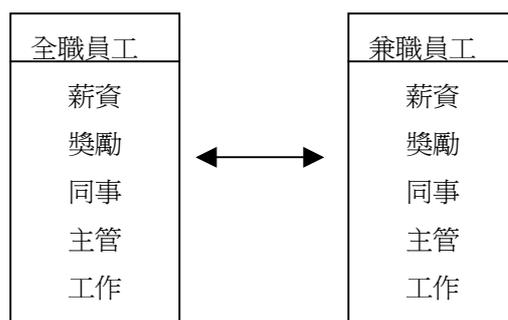


圖 2 研究架構圖

## 二、問卷設計

本研究欲瞭解觀光旅館工作環境中第一線全職與兼職員工所認知的工作滿意度，問卷內容分為以下二大部份。

- (一) 第一部份主要欲了解觀光旅館第一線全職與兼職員工對工作環境滿意度認知情況。乃依據 Deshpande(1996)發展出來的量表編制而成，包含員工於組織環境中對薪資、獎勵、同事、主管與工作本身五大構面的認同。採用 Likert 李克特五點量表的方式供員工判斷選填，尺度分為非常不同意、不同意、普通、同意、非常同意等五個評分水準，因為量表中包含正向題與負向題，所以正向題給分方式是非常同意 5 分到非常不同意 1 分；而負向題則是非常同意 1 分到非常不同意 5 分，分數愈高代表對工作愈滿意。
- (二) 第二部分為全職與兼職第一線員工的相關資料，主要目的在了解員工的個人基本資料。

## 三、問卷之信度與效度

### (一)信度分析

為求問卷之準確性，本研究以某間旅館之 50 份樣本進行前測，用以檢測問卷所使用量表之內部一致性及用詞之清晰明確度；量表中工作滿意度變數五構面之信度(Cronbach  $\alpha$ 係數)分別為薪資構面是 0.7230、獎勵構面為 0.8152、同事構面為 0.7789、主管構面為 0.8542 與工作構面是 0.8431(皆達 0.7 以上)，表示問卷之信度堪稱良好，達到適宜之內部一致性要求(陳順宇，1998)。

### (二)效度分析

利用因素分析法，驗證工作滿意度認知問卷之建構效度。以因素分析萃取出變數之主要因素構面。故針對旅館工作環境中第一線員工的工作滿意度認知，運用主成分分析法(Principal components analysis)萃取共同因素，並以最大變異數進行轉軸，選取特徵值(eigen value)大於 1 的因素構面及因子負荷量(factor loading)超過 0.4，且共通性大於 0.5 之變數來解釋對旅館工作環境中工作滿意之重要解釋變數。刪除因素負荷量絕對值小於 0.4 之因素，故刪除薪資構面 1 題「工作所得的薪水可使生活過的舒適」；獎勵構面之 1 題「公司給的獎勵不少」，共 2 題。

## 四、樣本與資料收集

本研究以國內北部-新竹老爺飯店、中部-台中長榮桂冠酒店、南部-台南大億麗緻酒店、東部-花蓮美

會飯店，共四間觀光旅館的第一線全職及兼職服務人員為研究對象。由於研究探討的議題涉及員工個人對組織的觀感，必須獲得填答者高度配合意願，因此本研究選取此四間旅館為便利取樣方式。採用人員訪問問卷調查法，以問卷為研究工具，由訪員於民國 94 年 3 月 1 日至 5 月 30 日為期三個月之間，經聯絡與相關主管溝通本研究之旨趣，配合該觀光旅館的經營狀況，親自到此四家旅館進行訪談調查。每間旅館各發放 50 份問卷(包含餐飲及客房部門員工)，其中全職與兼職第一線服務人員各 1/2，亦即每間旅館針對全職員工發放 25 份問卷，兼職員工亦發放 25 份問卷。訪員在進行調查之前，會先對全職及兼職第一線服務人員進行問卷的說明，於受訪者填答過程中隨時給予解說。問卷回收部份，共發出 200 份問卷，扣除掉填答不完全的 4 份，共回收有效問卷 196 份，其中全職員工有效問卷為 99 份，兼職員工有效問卷為 97 份，有效問卷回收率為 98%。

## 肆、研究結果

### 一、個人特性分析

受訪全職員工中的性別以女性居多，佔 61.62%，男性佔 38.38%。年齡以 21~30 歲年齡組最多，佔 67.68%，其次 31~40 歲，佔 31.31%。學歷以大學/技術學院最多，佔 35.35%，其次專科佔 29.29%。婚姻狀況以單身較多，佔 70.71%，其次是已婚而有小孩者佔 16.16%。每天平均工作時數以 7.1~9 小時最多，佔 69.70%，其次是 9.1~11 小時，佔 16.16%。工作年資以二年以上(含)最多，佔 30.30%，其次是半年以上~一年，佔 23.23%。工作薪資以 20001~30000 最多，佔 53.54%，其次為 20000 元以下(含)，佔 16.16%。工作部門以餐飲部門為多，佔 78.79%，客房部門佔 21.21%。參見表 1。

表 1 全職員工資料分析表

變 項	樣本數	累積次數	百分比	累積百分比
<b>性別</b>				
男	38	38	38.38	38.38
女	61	99	61.62	100.00
<b>年齡</b>				
20 歲以下 (含)	0	0	0.00	0.00
21~30 歲	67	67	67.68	67.68
31~40 歲	31	98	31.31	98.99
41~50 歲	1	99	1.01	100.00
51~60 歲	0	99	0.00	100.00
61 歲以上 (含)	0	99	0.00	100.00
<b>學歷</b>				
國中 (含) 以下	4	4	4.04	4.04
高中/高職	30	34	3.30	34.34
專科	29	63	29.29	63.64
大學/技術學院	35	98	35.35	98.99
碩士	1	99	1.01	100.00
<b>婚姻狀況</b>				
單身	70	70	70.71	70.71
已婚，無小孩	13	83	13.13	83.84
已婚，有小孩	16	99	16.16	100.00
<b>每天平均工作時數</b>				
3 小時以下 (含)	0	0	0.00	0.00
3.1~5 小時	6	6	6.06	6.06
5.1~7 小時	8	14	8.08	14.14
7.1~9 小時	69	83	69.70	83.84
9.1~11 小時	16	99	16.16	100.00
11.1 小時以上	0	99	0.00	100.00
<b>工作年資</b>				
半年以下 (含)	16	16	16.16	16.16
半年以上~一年	23	39	23.23	39.39
一年以上~一年半	17	56	17.17	56.57
一年半以上~二年	13	69	13.13	69.70
二年以上 (含)	30	99	30.30	100.00
<b>工作薪資</b>				
20000 以下 (含)	16	16	16.16	16.16
20001~30000	53	69	53.54	69.70
30001~40000	21	90	21.21	90.91
40001 以上	9	99	9.09	100.00
<b>工作部門</b>				
餐飲部	78	78	78.79	78.79
客房部	21	99	21.21	100.00

受訪兼職員工的性別以女性居多，佔 67.01%，男性佔 32.99%。年齡以 21~30 歲年齡最多，佔 76.29%，其次 31~40 歲，佔 13.40%。學歷以大學/技術學院最多，佔 56.70%，其次高中/高職為佔 30.93%，專科，佔 10.31%，國中 (含) 以下，佔 2.06%。婚姻狀況為以單身較多，佔 89.69%，已婚而有小孩者佔 6.18%。每天平均工作時數以 3.1~5 小時最多，佔 28.87%，其次是 7.1~9 小時，佔 24.74%。工作年資以 3.1~6 個月最多，佔 31.96%，其次是 1.1 年以上，佔 23.71%。工作薪資以 3001~6000 最多，佔 28.87%，其次為

6001~9000，佔 19.59%。工作部門以餐飲部門為多，佔 71.13%，客房部門佔 28.87%。參見表 2。

表 2 兼職員工資料分析表

變 項	樣本數	累積次數	百分比	累積百分比
<b>性別</b>				
男	32	32	32.99	32.99
女	65	97	67.01	100.00
<b>年齡</b>				
20 歲以下 (含)	10	10	10.31	10.31
21~30 歲	74	84	76.29	86.60
31~40 歲	13	97	13.40	100.00
41~50 歲	0	97	0.00	100.00
51~60 歲	0	97	0.00	100.00
61 歲以上 (含)	0	97	0.00	100.00
<b>學歷</b>				
國中 (含) 以下	2	2	2.06	2.06
高中/高職	30	32	30.93	32.09
專科	10	42	10.31	43.30
大學/技術學院	55	97	56.70	100.00
碩士	0	97	0	100
<b>婚姻狀況</b>				
單身	87	87	89.69	89.69
已婚，無小孩	4	91	4.12	93.81
已婚，有小孩	6	97	6.18	100.00
<b>每天平均工作時數</b>				
3 小時以下 (含)	22	22	22.68	22.68
3.1~5 小時	28	50	28.87	51.55
5.1~7 小時	18	68	18.56	70.10
7.1~9 小時	24	92	24.74	94.85
9.1~11 小時	4	96	4.12	98.97
11.1 小時以上	1	97	1.30	100.00
<b>工作年資</b>				
3 個月以下 (含)	16	16	16.49	16.49
3.1~6 個月	31	47	31.96	48.45
6.1~9 個月	18	65	18.56	67.01
9.1~12 個月	9	74	9.28	76.29
1 年以上	23	97	23.71	100.00
<b>工作薪資</b>				
3000 以下 (含)	9	9	9.28	9.28
3001~6000	28	37	28.87	38.14
6001~9000	19	56	19.59	57.73
9001~12000	13	69	13.40	71.13
12001~15000	16	85	16.49	87.63
15001 以上	12	97	12.37	100.00
<b>工作部門</b>				
餐飲部	69	69	71.13	71.13
客房部	28	97	28.87	100.00

## 二、全職與兼職員工工作滿意度變數之基本屬性

### (一)全職員工問卷題項分析

受訪全職員工對各工作滿意度認同之基本統計如表 3 所示，受調查之全職第一線員工在工作滿意度

問項上，對工作滿意的認同度都在平均分數 3 分左右。問卷分為五大構面，第一項對薪資方面，以第一題「工作付出和所領的薪水是成正比的」，平均分數是 2.87，第三題「公司給的紅利、獎金分配是令人滿意的」平均分數是 2.84，第二題「工作量超過薪水支付的範圍」平均分數是 1.62，然此題項為反向問題，故事實上之滿意認同分數該為 3.38，是此構面問項中認同程度最高的。故在對薪資方面，全職員工普遍並不認為工作量超出薪水所得，顯示員工對所得的認同，然而有趣的是，全職員工雖然認同工作量和薪資所得，卻對工作付出所得的薪水和紅利獎金方面的認同度只呈現在平均水準 3 分之下，也提供給旅館業者在薪酬方面的努力空間。

第二項對獎勵方面，以第二題「如果我把工作做好，很可能會被晉升」，平均分數是 2.98 分最高，其次是第一題「我認同組織中提拔人才的晉升基礎」，平均分數是 2.94，最後為第三題「我滿意我職務的晉升幅度」，平均分數是 2.79。故在獎勵方面，旅館全職員工也認同只要工作表現好，就有升遷的機會。但此構面是滿意度五構面中唯獨三個題項的認同度皆在平均值 3 分以下的構面，故而也呈現出全職員工對旅館獎勵面的認同有待加強，為旅館管理者最該重視的方向。

第三項對同事方面，以第二題「當我對工作困惑時，同事間會有人幫忙我解決」最高，平均分數是 3.63，其次是第三題「我很喜歡一起在這工作的同事」，平均分數是 3.59，依次為第四題「我是和有責任感的人一起工作」，平均分數是 3.47，最後為第一題「我工作時可以得到適時的支持與幫助」，平均分數是 3.38。故在同事方面的滿意度，全職員工普遍認同事彼此互相協助的旅館企業文化，只要工作呈現困難時，同事間會互相幫忙，此構面各題項的認同分數皆在平均值 3 分之上。

第四項對主管方面，第一題「主管在工作上支持我的」平均分數是 3.28 分，其次是第四題「主管待我是公平的」，平均分數是 3.16，依次為第三題「主管會聽取我的意見」，平均分數是 3.15，至於第二題「我的部門主管是高標準要求的人」，平均分數是 1.47，然此題項為反向問題，故事實上之滿意認同分數該為 3.53，是此構面問項中認同程度最高的。故在主管方面的認同滿意情形上，受訪的全職員工多數認同自己的主管。倒是主管在聽取員工的意見上，員工較沒那麼認同，但也還呈現在平均值 3 分之上。

第五項對工作方面，第一題「我覺得我的工作是有興趣的」認同分數最高，平均分數是 3.42 分，其次是第二題「我很滿意自己工作中所需負的責任」，平均分數是 3.25，依次為第四題「我在工作上可獲得成就感」，平均分數是 3.20，最後為第三題「我寧願做別的工作」，平均分數是 1.84，因此題項為反向問題，故事實上之滿意認同分數該為 3.16。故在對工作本身方面，受訪全職員工皆普遍能認同自身的工作，覺的自身的工作是有興趣的，並且也較不願去從事別的工作。

若以工作滿意度之五大構面分析之，全職第一線員工則是以「對同事」同意分數最高，平均分數為 3.52，依次為「對主管」平均分數為 3.28，「對工作」平均分數為 3.26，「對薪資」平均分數為 3.03，最低則為「對獎勵」平均分數為 2.90。

## (二) 兼職員工問卷題項分析

受訪兼職員工對各工作滿意度認同問項之敘述性統計亦如表 3 所示。問卷分為五大構面，第一構面為對薪資方面，第三題「公司給的紅利、獎金分配是令人滿意的」，平均分數是 2.97，第一題「工作付出和所領的薪水是成正比的」，平均分數是 2.90，第二題「工作量超過薪水支付的範圍」，平均分數是 1.73，然此題項為反向問題，故事實上之滿意認同分數該為 3.27，是此構面問項中認同程度最高的。故在對薪

資方面，兼職員工普遍並不認為工作量超出薪水所得，顯示兼職員工對所得的認同，然而兼職員工卻對工作付出所得薪水和紅利獎金方面的認同度只呈現在平均水準 3 分之下，或許是因為兼職員工不是屬於旅館企業內的正式編制內人員，故而無法感受到公司的紅利獎金等問題。

第二項對獎勵方面，以第二題「如果我把工作做好，很可能會被晉升」最高，平均分數是 3.31 分，其次的是第三題「我滿意我職務的晉升幅度」，平均分數是 3.11，再者為第一題「我認同組織中提拔人才的晉升基礎」，平均分數是 3.09。故在獎勵方面，旅館兼職員工也認同只要工作表現好，就有升遷的機會，然而由於是兼職人員，故而受訪兼職員工可能認為若工作表現好，即有可能成為正式的員工。

第三項對同事方面，以第二題「當我對工作困惑時，同事間會有人幫忙我解決」最高，平均分數是 3.68 分，其次的是第三題「我很喜歡一起在這工作的同事」，平均分數是 3.66，依次為第四題「我是和有責任感的人一起工作」，最後為第一題「我工作時可以得到適時的支持與幫助」，平均分數是 3.56。故在同事方面的滿意認同，兼職員工亦普遍認同旅館內互相協助的企業文化，同事間相處合諧，此構面各題項的認同分數皆在平均值 3 分之上。

第四項對主管方面，第三題「主管會聽取我的意見」平均分數是 3.38 分，其次是第一題「主管在工作上支持我的」，平均分數是 3.26，依次為第四題「主管待我是公平的」，平均分數是 3.24，最後為第二題「我的部門主管是高標準要求的人」，平均分數是 1.53，然此題項為反向問題，故事實上之滿意認同分數該為 3.47，是此構面問項中認同程度最高的。故在主管方面的認同滿意情形上，受訪的兼職員工多數認同自己的主管，並不認為單位主管是過於高度要求的主管。

第五項對工作方面，以第一題「我覺得我的工作是有興趣的」最高，平均分數是 3.76 分，其次是第二題「我很滿意自己工作中所需負的責任」，平均分數是 3.35，依次為第四題「我在工作上可獲得成就感」，平均分數是 3.33，最後為第三題「我寧願做別的工作」，平均分數是 1.98，然此題項為反向問題，故事實上之滿意認同分數該為 3.02。故在對工作本身方面，受訪兼職員工皆普遍能認同自身的工作，甚至認為這份工作是有趣的，可從中獲得成就感與學習責任感。

若以工作滿意度之五大構面分析之，兼職第一線員工則是以「對同事」同意分數最高，平均分數為 3.50，依次為「對主管」平均分數為 3.34，「對工作」平均分數為 3.37，「對獎勵」平均分數為 3.17，最低則為「對薪資」平均分數為 3.05。

表 3 受訪員工工作滿意認同度資料

問 項		全職員工			兼職員工		
		平均數	標準差	排序	平均數	標準差	排序
1 對薪資	1.工作付出和所領的薪水是成正比的	2.87	0.93	4	2.90	0.77	5
	2.工作量超過薪水支付的範圍	1.62	0.89		1.73	0.81	
	3.公司給的紅利、獎金分配是令人滿意的	2.84	0.88		2.97	0.81	
2 對獎勵	1.我認同組織中提拔人才的晉升基礎	2.94	0.89	5	3.09	0.87	4
	2.如果我把工作做好，很可能會被晉升	2.98	0.94		3.31	0.74	
	3.我滿意我職務的晉升幅度	2.79	0.92		3.11	0.81	
3 對同事	1.我工作時可以得到適時的支持與幫助	3.38	0.80	1	3.56	0.84	1
	2.當我對工作困惑時，同事間會有人幫忙我解決	3.63	0.79		3.68	0.88	
	3.我很喜歡一起在這工作的同事	3.59	0.90		3.66	0.78	
	4.我是和有責任感的人一起工作	3.47	0.90		3.62	0.82	
4 對主管	1.主管在工作上支持我的	3.28	1.01	2	3.26	0.87	2
	2.我的部門主管是高標準要求的人	1.47	0.85		1.53	0.77	
	3.主管會聽取我的意見	3.15	0.90		3.38	0.74	
	4.主管對待我是公平的	3.16	0.82		3.24	0.72	
5 對工作	1.我覺得我的工作是有興趣的	3.42	0.88	3	3.76	0.72	3
	2.我很滿意自己工作中所需負的責任	3.25	0.82		3.35	0.66	
	3.我寧願做別的工作	1.84	0.96		1.98	0.84	
	4.我在工作上可獲得成就感	3.20	0.87		3.33	0.87	

註：平均數採 Likert 五尺度量表,分數 1 為非常不同意；分數 5 為非常同意

由受訪全職與兼職員工對工作滿意五構面的認同度排序顯示，全職與兼職員工認同的前三項排序皆相同，依次皆為第一「對同事」、第二「對主管」、第三「對工作」，唯全職員工認同的第四是「對薪資」，第五是「對獎勵」，而兼職員工認同的第四是「對獎勵」，第五才是「對薪資」。

### 三、全職與兼職員工工作滿意度認知之比較分析

由 3 可得知全職與兼職第一線員工之工作滿意度認知有差異，但這樣的差異可由表 4 更明顯呈現，亦即檢定全職員工與兼職員工之工作滿意認知差異是否達到統計學上之顯著差異。研究結果顯示如表 4，全職與兼職第一線員工工作滿意度之認知在以下三構面之四題題項上達到顯著差異，亦即以 0.01 的統計顯著水準來看，為構面二「對獎勵」的第三題「我滿意我職務的晉升幅度」，全職員工工作滿意度認知為 2.79，而兼職員工為 3.11。

表 4 全職與兼職員工工作滿意度認知之比較分析

問 項		全職	兼職	T 值	P 值
1.對薪資	1.工作付出和所領的薪水是成正比的	2.87	2.90	-0.18	0.128
	2.工作量超過薪水支付的範圍	1.62	1.73	1.03	0.698
	3.公司給的紅利、獎金分配是令人滿意的	2.84	2.97	-1.08	0.703
2.對獎勵	1.我認同組織中提拔人才的晉升基礎	2.94	3.09	-0.79	0.421
	2.如果我把工作做好，很可能會被晉升	2.98	3.31	-1.97*	0.017*
	3.我滿意我職務的晉升幅度	2.79	3.11	-2.69**	0.006**
3.對同事	1.我工作時可以得到適時的支持與幫助	3.38	3.56	-1.36	0.745
	2.當我對工作困惑時，同事間會有人幫忙我解決	3.63	3.68	-0.18	0.128
	3.我很喜歡一起在這工作的同事	3.59	3.66	-0.54	0.258
	4.我是和有責任感的人一起工作	3.47	3.62	-1.17	0.674
4.對主管	1.主管在工作上支持我的	3.28	3.26	0.24	0.148
	2.我的部門主管是高標準要求的人	1.47	1.53	0.47	0.287
	3.主管會聽取我的意見	3.15	3.38	-2.22*	0.014*
	4.主管待我是公平的	3.16	3.24	-0.65	0.294
5.對工作	1.我覺得我的工作是有興趣的	3.42	3.76	-1.81*	0.034*
	2.我很滿意自己工作中所需負的責任	3.25	3.35	-0.91	0.507
	3.我寧願做別的工作	1.84	1.98	1.04	0.615
	4.我在工作上可獲得成就感	3.20	3.33	-0.93	0.512

註：平均數採 Likert 五尺度量表,分數 1 為非常不同意；分數 5 為非常同意

\*表示達  $p \leq 0.05$  之顯著水準

\*\*表示達  $p \leq 0.01$  之顯著水準

若以 0.05 之統計水準來看，第二構面之「對獎勵」的第二題「如果我把工作做好，很可能會被晉升」，達到統計學上的顯著差異，全職員工工作滿意度認知為 2.98，兼職員工為 3.31；第四構面之「對主管」的第三題「主管會聽取我的意見」，達到統計學上的顯著差異，全職員工工作滿意度認知為 3.15，兼職員工為 3.38；第五構面之「對工作」的第一題「我覺得我的工作是有興趣的」，達到統計學上的顯著差異，全職員工工作滿意度認知為 3.42，兼職員工為 3.76。故此三構面之四題題項上全職員工與兼職員工之工作滿意度認知達到顯著差異。

## 伍、結論與建議

### 一、結論

本研究針對觀光旅館第一線員工之工作滿意度認知做一探究，探討觀光旅館中全職與兼職之第一線員工之工作滿意認知是否有差異。研究結果發現全職員工除了在「對同事」的滿意認同度高於兼職員工外，(平均分數全職員工 3.52 > 兼職員工 3.50)；其餘皆為兼職員工之滿意認同度高於全職員工，「對薪資」(3.05 > 3.03)、「對獎勵」(3.17 > 2.90)「對主管」(3.34 > 3.28)、「對工作」(3.31 > 3.26)。

至於工作滿意五構面中，達到統計學上顯著差異的為構面二「對獎勵」的第三題「我滿意我職務的晉升幅度」，全職員工工作滿意度認知為 2.79，兼職員工工作滿意度認知為 3.11，及第二題「如果我把工作做好，很可能會被晉升」，全職員工工作滿意度認知為 2.98，兼職員工工作滿意度認知為 3.31，突顯出兼職員工的工作滿意認同度顯著的高於全職員工。至於另外兩構面為「對主管」的第三題「主管會聽取我的意見」，全職員工工作滿意度認知為 3.15，兼職員工為 3.38；第五構面之「對工作」的第一題「我覺得我的工作是有興趣的」，全職員工工作滿意度認知為 3.42，兼職員工為 3.76，亦是兼職員工顯著的工作滿意認同度高於全職員工。

探究原因討論如下：

- (一) 在對獎勵方面，兼職員工在工作晉升及晉升機會上的滿意認同度高於全職員工，推論其原因可能是因為對兼職人員而言，工作表現好即有可能成為正職的全職人員，所以兼職員工的滿意認同度會比全職員工來得高。再者，第一線兼職員工是採時薪制，上下班的時間比全職員工來的自由，較沒有加班問題（以外場服務人員為例），通常客人會有拖台的問題，而在此時，主管會要求兼職人員先下班，以降低人力成本，所以比較起來正職人員需負較多的責任，而兼職人員大多只需將工作做好即可，故在對獎勵的滿意感受上，比起全職人員較容易得到滿足。
- (二) 在對主管方面，兼職員工認為主管會聽取其意見的滿意度認知平均分數高於全職員工，推究其原因可能因為兼職人員是有空才排班來上班，因此有時兼職人員對主管不滿意就可以不續任此職務，但全職員工則不行；再者，全職員工工作時間較長，與主管接觸的次數較頻繁，或許反應意見的次數多，被接納的意見就相對而言感覺少了，也因為如此，兼職員工滿意度認同度會比全職員工來得高。
- (三) 在對工作方面，兼職員工認為自身工作是有興趣的滿意度認知平均分數高於全職員工，推究其原因可能因為兼職人員並非只到此單一工作場所工作，工作環境可以稍有變化，故在心境上可以覺得比較不單調；甚至有可能因為兼職員工會選擇此份工作當作兼職，即是以興趣為出發點，而全職員工視工作為工作，故相較之下，兼職員工較認同自己的工作是有興趣的。

故本研究探究出觀光旅館中第一線全職及兼職之服務人員對工作環境內組織的滿意認同度項目評比；並將全職及兼職員工的認知做一比較，發現其中差異及提供企業可強加讓員工工作滿足感提升的激勵，使員工對觀光企業組織產生更高的認同。

## 二、建議

本研究強調出兼職員工也該是另一群該受到觀光旅館重視的工作人員，有助於觀光旅館業者在進行組織人力資源管理規劃時之重要參考依據。由於目前觀光旅館的人力流動量大，大部份的第一線服務員工事實上都來自於臨時的兼職人員，故在人力管理上建議業者亦要花更多的時間來了解兼職員工的心態及其工作滿意度狀況。再者，如果旅館管理人員們肯多用心於關心兼職人員，或許兼職員工也會是未來旅館有潛力的全職員工。

並且，本研究調查發現全職員工的工作滿意度相對低於兼職員工，或許旅館業全職員工的工作壓力比兼職員工來得大，主管們該費心去傾聽全職員工們的心聲，並改善員工的不滿之處。再者，在對兼職員工方面，最好也可比照全職員工來管理並教育，有助於兼職員工在有機會轉任為全職員工之前，就先

對所服務的企業有相當的向心力。

觀光旅館業中不論是全職人員還是兼職人員，員工除了能盡本份將自己的工作做好外，如果能樂在工作，對工作滿意，如此也才能於無形中表現出正面的態服務度，如：工作面帶微笑、主動關懷顧客、讓顧客有賓至如歸，對顧客有同理心...等，以提升服務的品質。所以，不管是全職或是兼職員工，觀光旅館業者都該用心去對待，建議觀光業者可用心瞭解第一線全職及兼職服務人員之工作滿意度認知差異，並從中發掘組織中降低員工流動率的因素，傾聽員工對工作環境的期望，讓全職與兼職員工同時感受到企業對其之重視，將員工的心聲納入管理制度擬定時的依據並據以改善之。畢竟與顧客第一線接觸的就是這些基層人員，有好的人員素質及品德都是能吸引顧客再次光臨的催化劑，而這些都必須靠滿意的員工才能表現出專業的服務，創造出滿意的顧客。觀光旅館業者實應重視這些第一線與顧客接觸的服務人力，在人力資源管理上多從本研究探討的對「薪資」、「獎勵」、「同事」、「主管」、「工作本身」等五大方向多加努力之，使所有第一線面對顧客的員工都能因工作滿足而樂在服務，提高觀光旅館的服務品質。

### 參考文獻

- 王傑明(2003)，「主管領導行為、工作特性、工作滿意度與離職傾向之關係研究~以高科技產業員工為例」，國立成功大學企業管理學系未出版碩士論文。
- 巫嘉玲(2004)，「台北市咖啡連鎖店兼職人員工作表現與工作滿足之相關研究」，私立中國文化大學生活應用科學研究所未出版碩士論文。
- 余聲海(1987)，「我國觀光旅館業行銷策略之研究」，私立中原大學企業管理研究所未出版碩士論文。
- 吳勉勤(2004)，*旅館管理理論與實務*，台北：華立書局，第一版。
- 林溢琳(1997)，「中西式速食業店長工作滿意度之研究」，私立東海大學食品科學系未出版碩士論文。
- 陳順宇(1998)，*多變量分析*，台北：華泰書局，第一版。
- 張焱江(2002)，「兩岸員工工作價值觀、工作滿意與工作績效關係之研究--以定期貨櫃運送業為例」，國立成功大學交通管理學系未出版碩士論文。
- 楊上輝(2004)，*旅館事業概論—二十一世紀兩岸發展新趨勢*，台北：揚智出版社，第一版。
- 趙惠玉(1998)，「國際觀光旅館工作標準化與員工工作滿意度關係之研究」，私立中國文化大學觀光事業研究所未出版碩士論文。
- 潘亮如 (2003)，「國際觀光旅館餐廳主管工作滿足之研究」，私立東海大學食品科學系未出版碩士論文。
- Adams, J. S.(1963). Toward an understanding of inequity. *Journal of Abnormal and Social Psychology*, 67(2), 424-436.
- Bettencourt, L. A., & Brown, S. W. (1997). Contact employee: Relationships among workplace fairness, job satisfaction and prosocial service behaviors. *Journal of Retailing*, 73(1), 39-61
- Crosby, L. A., Evans, K. R., & Crowels, D. (1990). Quality in service selling: An interpersonal influence perspective. *Journal of marketing*, 54(July), 68-81.
- Hallowell, R., Schlesinger, L. A., & Zornitsky, J. (1996). Internal service quality, customer and job satisfaction: Linkages and implications for management. *Human Resource Planning*, 19, 20-31.

- Hartline M. D., & Ferrell, O. C. (1996). The management of customer-contact service employees: An empirical investigation. *Journal of Marketing*, 60, 52-70.
- Herzberg, F. (1957) , *Job Attitudes: Review of Research and Opinion*, Pittsburgh: Psychological Service of Pittsburgh.
- Hoppock , R.(1935). *Job Satisfaction*. New York: Harper & Row Inc.
- Keaveney, S. M. (1995). Customer switching behavior in service industries: An exploratory study. *Journal of Marketing*, 59(April), 71-82.
- Locke, E. A. (1973). Satisfactors and Dissatisfactors among White Collar and Blue Collar Employees, *Administrative Science quarterly*, 22, 57-75.
- Maslow, A. H (1943). A theory of human motivation , *Psychological Review*, 3(7), 52-70.
- Morrison, E. W. (1996). Organizational citizenship behavior as a critical link between HRM practices and service quality. *Human Resource Management*, 35(4), 493-512.
- Schneider, B., & Bowen D. E., (1985). Employee and customer perceptions of service in banks: Replication and extension. *Journal of Applied Psychology*, 70(3), 423-433.
- Testa, M. R., Skraruppa C., & Pietrzak D. (1998). Linking job satisfaction and customer satisfaction in the cruise industry: Implications for hospitality and travel organizations. *Journal of Hospitality & Tourism Research*, 22 (1), 4-14
- Zerbe, W. J., Dobni, D., & Harel, G. H., (1998). Promoting employee service behavior: The role of perceptions of human resource management practices and service culture. *Canada Journal of Administrative Sciences*, 15(2), 165-179.

## 中日話題的對比分析

栗原祐美\*

明新科技大學旅館事業管理系

### 摘要

雖然中文和日文都是使用漢字的語言，但中文屬於漢藏語系，日語則是阿爾泰語系的語言，因此兩者的語言差距不小。例如，中文沒有任何主語、賓語等格標記(marker)。而日語則是幾乎所有的名詞之後都要有標誌，例如「は」(WA)一般認為其表示話題、「が」(GA)則表示主語。正由於中日文兩者之間的差異，因而造成中籍學習者學習日語時的障礙。

本文將中文話題(topic)分為五：「賓語提前型」、「主語兼任話題型」、「部分主語提前型」、「動詞省略型」和「無移位型」，並進行中日話題的對比分析。這樣可以預測中籍學生學日語話題時容易犯錯的地方。

**關鍵字：**中日對比分析、話題、日語教育

## Comparative Study; Topic between Mandarin and Japanese

Yumi Kurihara

Department of Hotel Management, Minghsin University of Science and Technology

### Abstract

Kanji (Chinese character) is used in Mandarin and Japanese. However, there are some differences between them; Mandarin belongs to the China-Tibetan language family; while the Japanese belongs to the Altaic language family. Moreover, Mandarin doesn't have any case markers, subject, and object marker. On the other hand, the Japanese has many case markers: For example, WA is used as a topic marker, and Ga as a subject marker. Therefore, Chinese students often make errors when they speak Japanese.

In this study, in terms of some topics which are divided into five categories: "object-transfer style", "both subject-topic style", "part of subject transfer style", "verb-ellipsis style" and "non-transfer style", the Mandarin and Japanese language will be compared. Thus, the Chinese learner's error will be predicted.

**Keyword: Comparative study, Topic, Teaching Japanese as a second language**

### 一、緒論

#### 1.1 研究動機與目的

中文的一大特色是主語(Subject)、賓語(Object)等都沒有任何格標誌(Case Marker)。而日語幾乎所有的

---

\* 旅館事業管理系講師 地址：新竹縣新豐鄉新興路 1 號 Tel：03-5593142 轉 3776  
E-mail：kuriharayumi96@must.edu.tw

名詞後面都要有助詞(particle)<sup>1</sup>，例如「は」(WA)一般認為表示話題、「が」(GA)則表示主語。因此這兩種語言之間的差異造成台灣學生學習日文的障礙。筆者教日文時常看到如下的錯誤：

(1) \*<sup>2</sup> いま流行しているパソコンが よく売れている。

【現在很流行的那個電腦賣得很好】

(2) \* ミラー先生が とてもやさしい先生です。 【米勒老師是很溫柔的老師】

這種錯誤是以中文為母語的學生常犯的。上面兩個句子如果沒有任何語境的情況下，最自然的說法是「今流行しているパソコンはよく売れている」、「ミラー先生はとてもやさしい先生です」。日語主語後面通常要放助詞「は」或「が」，使用哪一種助詞由上下文而決定。這二者有時可以互換，有時不能互換，因此對學習日語的中籍學生來說相當困難，也是教師在教導日語時感到相當困擾的地方。上面兩種病句的錯誤在於該放「は」的地方都寫成「が」。中籍學生為何犯這樣的錯誤呢？看一下(1)和(2)的中文對應：

(3) \* いま 流行している パソコンが よく売れる。

現在 很流行的 那個電腦  $\emptyset$  賣得很好

(4) \* ミラー先生が とてもやさしい先生です。

米勒老師是  $\emptyset$  很 溫柔的 老師

例句(3)，日文助詞「が」的部分中文沒有對應的助詞（以“ $\emptyset$ ”表示），因此學生不知道到底該使用「は」還是「が」；例句(4)也如此，中文主語「米勒老師」後面沒有任何助詞。本文假設這些中日語的不同之處產生各種錯誤而進行以下研究。

雖然有些學者認為中文和日文的結構差不多，但二者畢竟是不同的兩種語言，因此應該有很多不同之處，所以這一問題有研究的價值。本文希望透過這次中日主語的對比研究找出兩種語言不同之處，並提出中籍學習者學習日語時容易犯錯的地方，俾有助於日語教學。

## 1.2 名詞定義

有關話題的一些術語，往往沒有統一的中文翻譯，學者的翻譯不盡相同。為了避免此方面的困擾，本文相關術語的翻譯及說明條列於下：

主語                   : subject

一般指在句子中位於主要動詞前的名詞、代名詞、片語。如：

我 吃 蘋果。

主語

話題                   : topic

“topic is what we are talking about”：話題是談話所涉及的内容，不同於主語。指篇章(discourse)中的概念。

蘋果，我吃了。

<sup>1</sup> 日語助詞的定義為「出現於名詞後面，將名詞和謂語或名詞和名詞連接起來」（庵功雄等：2000）。

<sup>2</sup> 本文中的「\*」表示病句。

話題

1.3 研究範圍

本文的研究重點為「話題」的中日對比分析。由於篇幅的關係，本文不討論「主語」，因此這並非本文所要討論的範圍。

二、文獻探討

2.1 「は」和「が」

跟據淺山(2004)，日語助詞「は」和「が」都可出現在主語後，一般認為「は」表示話題，「が」則是主語，二者有時可以互換，有時不能互換，因此對學習日語的外國人來說相當困難，也是教師在教導日語時感到相當困擾的地方。

- (5) a. 月 は 美しい ですね。  
 TsukiWA utsukushii desu ne.  
 月亮 漂亮 耶  
 月亮很漂亮
- b. 月 が 美しい ですね。  
 TsukiGA utsukushii desu ne.  
 月亮 漂亮 耶  
 月亮很漂亮
- (6) a. ?雨は 降っています。  
 AmeWA hutteimasu  
 雨 下 著  
 下著雨
- b. 雨が 降っています。  
 AmeGA hutteimasu  
 雨 下 著

例句(5)a 和 b 命題上沒有很大的差異，該句表示「月亮很漂亮」這件事，「は」和「が」可以互換。但有些情況下「は」和「が」不能互換：如(6)b 的**が**是非常自然的；a 的「は」，在沒有語境的情況下則不自然。那麼「は」(WA)和「が」(GA)的差別何在？以下表格為 Kuno (1973b：38)的分析：

【表 1 Kuno (1973b)對「は」和「が」的解釋】

助詞	功能	例句
【は】 (WA)	は 1 【話題】(topic)	太郎は 学生 です。 TaroWA gakusei desu. 太郎 學生 是【太郎是學生。】
	は 2 【對比】 (contrast)	雨は 降っていますが、雪は 降っていません。 AmeWA hutteimasuga, yukiWA hutteimasen. 雨 下 雪 沒下 【下著雨，但沒下雪。】
	が 1 【中立敘述】 (neutral descriptions)	おや、 <u>太郎が</u> 来ました。 Oya, Taro GA kimashita. 喔， 太郎 來了 【喔，太郎來了】 ※ 說話者所觀察到的動作、暫時狀態。

<p>【が】 (GA)</p>	<p>が 2 【總記】 (exhaustive listing)</p>	<p>太郎が 学生 です。 TaroGA gakusei desu. 太郎 學生 是 【太郎是學生。】 ※ 現在所提到的話題當中，只有太郎是學生。</p>
	<p>が 3 【受格】 (object marking)</p>	<p>僕は 花子が 好きだ。 Bokuwa hanako GA sukida. 我 花子 喜歡 我喜歡花子。</p>

「は 1」表示「話題」，例如，上面例句「太郎は学生です」(太郎是學生)中的「太郎」為話題，「は 1」出現於話題的後面。對於話題的基本要求，將在 2.1.2 進一步深入探討。

「は 2」則表示「對比」<sup>3</sup>，例如，上面例句「雨は降っていますが、雪は降っていません」(下著雨，但沒下雪)中的「雨」和「雪」是相對的，於是有對比的關係。

「が 1」是「中立敘述」(neutral descriptions)，所謂的「中立敘述」表示主語一時的狀態。例句如下：

- (7) 手紙が 来た。  
TegamiGA kita.  
信 來了  
來信了。
- (8) 雨が 降っている。  
AmeGA hutteiru.  
雨 下著  
下著雨。
- (9) 大変だ、太郎が 病気だ。  
Taihenda, TaroGA byokida.  
糟糕， 太郎 生病。  
糟糕， 太郎 生病了。

(7)的「来た」(來了)表示主語「手紙」(信)的一時的狀態；(8)也是如此，謂語「降っている」(下著)是主語「雨」暫時的狀態；(9)的「病気だ」(生病)是一時生病，並非永恆的狀態。

至於「が 2」表示「總記」(exhaustive listing)，其語義是“X(and only)X…”、“It is X that…” ，表示「現在說話者和聽話者討論的人物(或事項)中，只有…」。譬如：

- (10) 太郎が 学生 です。  
TaroGA gakusei desu.  
太郎 學生 是  
太郎是學生。
- (11) 僕が 寿司が 食べたい。  
BokuGA sushiga tabetai.  
我 壽司 想吃  
我想吃壽司。

上面例句(10)，現在說話者和聽話者討論的人物當中只有太郎是學生，表示其他人不是學生<sup>4</sup>。此句中

<sup>3</sup> 「對比」可分為明示和暗示，【表 1】中的例句為明示。

<sup>4</sup> (10)和(11)句中中文翻譯無法顯示日語原來的意思，只能以重音來表現「太郎是學生」、「我想吃壽司」。

太郎是主語。例句(11)也如此，說話人和聽話人談話時，現場有「太郎、次郎、花子」等人物，說話者主張想吃壽司的人就是「我」，而排斥其他人「想吃壽司」的可能性。

「が」則是表示「受格」(object marking)。此一類的謂語部分一般有及物性的狀態動詞(transitive verbs)，例如，できる(會)、解る(懂)或及物性的形容詞(transitive adjectives)，例如，欲しい(想要)、好き(喜歡)等。

- (12) 太郎は 花子が 好きだ。  
 Tarowa HanakoGA sukida.  
 太郎 花子 喜歡  
 太郎喜歡花子。

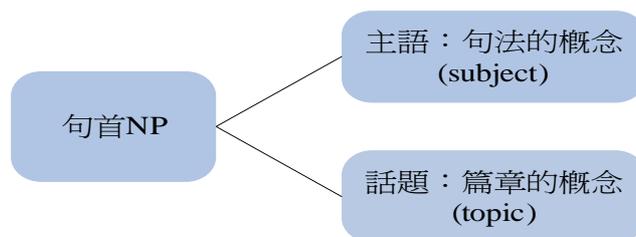
- (13) 家が 欲しい。  
 IeGA hoshii.  
 房子 想要  
 想要一棟房子。

綜合以上所述，「は(WA)」的功能有二：話題和對比，「が(GA)」則有三：中立敘述、總記和受格。

## 2.2 話題和主語

討論話題時產生一個問題：如何區分「話題(topic)」和「主語(subject)」？這是語言學界爭論不休的問題，因為中日語的話題和主語都常出現於句首，這兩個概念很容易混淆。以下探討 Li and Thompson 的分析。

Li and Thompson (1976,1981)詳細討論「話題」和「主語」的差別：「主語(subject)」是句法(syntax)中的概念，跟該句動詞持有選擇關係(selectional relations)，主語和動詞必須一致(verb-agreement)；「話題」則是一種篇章(discourse)中的概念，「句子所討論的對象(what the sentence is about)」(Li and Thompson,1981:91-95)。因此二者屬於不同的語法層次，兩個不同的概念。下面例句表示解釋和例句：



【圖 1 Li and Thompson (1976,1981)對主語和話題的分析】

- |      |                                   |      |
|------|-----------------------------------|------|
| (14) | John is easy to please.           | (主語) |
| (15) | John appears to be angry.         | (主語) |
| (16) | 張三打我了。                            | (主語) |
| (17) | 那所房子好貴。                           | (主語) |
| (18) | <u>那場火</u> <sup>5</sup> 幸虧消防隊來得快。 | (話題) |
| (19) | <u>那些樹木</u> 樹身大。                  | (話題) |
| (20) | <u>那隻狗</u> 我已經看過了。                | (話題) |

<sup>5</sup> 例句中的底線表示話題。

Li and Thompson (1976,1981) 解釋主語和動詞的關係：譬如，以英文為例，例句(14)和(15)的“John”和謂語“be easy”和“appear”必須一致，這就是選擇關係。但中文這二者的選擇關係不明顯。

Li and Thompson (1976,1981)從「功能」和「結構」的兩方面整理二者的差異：

#### 1.功能：

話題在本質上是一種談話(discourse)要素，而且在談話中具有特殊的功能；主語是句法的成分，表示主語和該句動詞之間有選擇關係(selectional relations)，主語和動詞必須要一致(verb-agreement)。

#### 2. 結構：

話題總是在句首，但主語並非如此。所有語言的「話題」一定出現在句子的開頭部分；主語並非如此（因為有阿拉伯語等 VSO 語言主語不一定在句首）。

### 三、結構的比較

本文的目標為從中日對比分析的角度研究「話題」，因此本節從結構(Structure)、功能(Function)的兩方面進行對比分析。本節首先在 3.1 和 3.2 分別將中日話題分成幾個類型，最後根據 3.1 和 3.2 的分類比較兩種語言的結構，說出中籍學習者學日語時容易出錯的地方。

#### 3.1 日語話題的結構

對於日語話題的結構分類，Kuroda(1965)<sup>6</sup>提出兩類結構；野田(1996)在 Kuroda(1965)的基礎上進一步分成五類。

Kuroda(1965)從句法的角度分析日語話題，其分類有二：「移位<sup>7</sup>」(movement)的和「無移位」的。

##### 1. 「移位型話題」

「移位型話題」是經過「移位」而產生的話題，從深層結構(DS)轉變到表層結構(SS)<sup>8</sup>的過程中賓語等名詞組轉為話題。例如，下面例句「この本は太郎が読んだ」(這本書，太郎看過)的深層結構是「太郎がこの本を読んだ(こと)<sup>9</sup>」(太郎看過這本書)。其變化經過如下 a-e 的過程而產生：

- (21) この本は<sup>10</sup> 太郎 が 読んだ。  
Kono honWA Taro ga yonda.  
這本書 太郎 讀過  
這本書，太郎讀過
- a. [太郎] [この本] [読んだ]  
太郎 這個書 讀過
- b. [太郎] [この本] [読んだ]+は (主格及受格標記(marking))  
太郎 這本書 讀過
- c. [太郎]-が [この本]-を-は [読んだ] (加「は」)  
太郎 這本書 讀過
- d. [この本]-を-は [太郎]-が [読んだ] (賓語的移位)

<sup>6</sup> 轉引自 KUNO, 1973b:62。

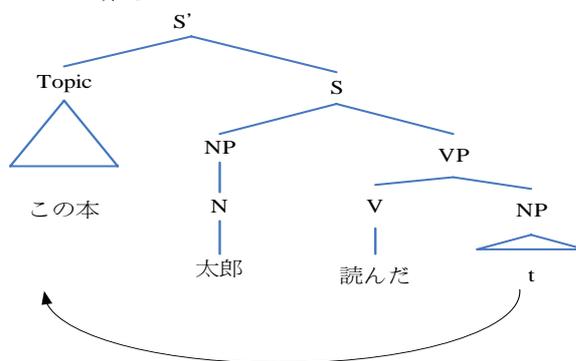
<sup>7</sup> 「移位」(movement)：轉換語法中，指句子中的一部份移到另外一部份。

<sup>8</sup> 早期的轉換語法中，每個句子都被認為有兩層結構：深層結構，(deep structure, DS)和表層結構，(surface structure, SS)。

<sup>9</sup> 本文中「こと」代表深層結構。

<sup>10</sup> 例句的底線表示話題。

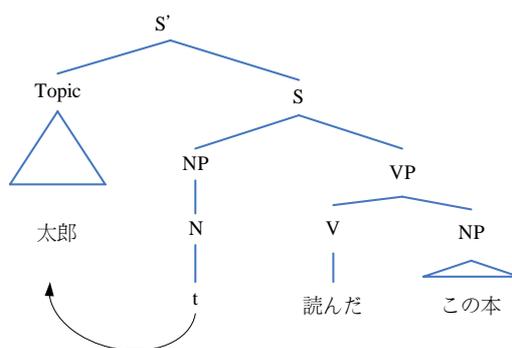
這本書 太郎 讀過  
 e. [この本]-は [太郎]-が [読んだ] (刪除助詞「を」)  
 這本書 太郎 讀過



【圖 2 「この本は太郎が読んだ」樹狀圖】

除了賓語以外，還有主語移位的情況，例如，「太郎はこの本を読んだ」(太郎(啊)，讀過這本書)的深層結構是「太郎がこの本を読んだ(こと)」(太郎看過這本書)，主語「太郎」移到句首變成話題。

(22) 太郎はこの本を読んだ (太郎(啊)，讀過這本書)



【圖 3 「太郎はこの本を読んだ」樹狀圖】

上面例句，深層結構(DS)中沒有話題(topic)，「太郎」本來在主語的位置，後來由於移位移到句首來，則轉變成話題。

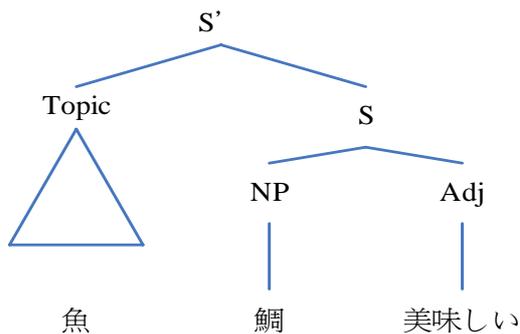
2. 「無移位型話題」

Kuroda(1965)<sup>11</sup>的第二類「無移位型話題」是假設深層結構中本來就存在話題：

(23) 魚は 鯛が 美味しい。  
 SakanaWA Taiga oishii.  
 魚 鯛魚 好吃  
 魚，鯛魚最好吃。

Kuroda(1965)認為這種類型的例句，深層結構中就存在話題(topic)。樹狀圖如下：

<sup>11</sup> 轉引自 KUNO(1973a:36)



【圖 4 「魚は鯛が美味しい」樹狀圖】

此一類和第一類話題最大的差別在於是否有經過移位變形。Chafe(1976)認為英語等印歐族語言沒有這種無移位的結構，可說是中文獨特的，所以將它稱為「漢語風格話題」(topic, Chinese-style)，但其實不只是中文，日語也有同樣的結構，因此將此一類話題句稱為「無移位型話題」。

野田(1996)在 Kuroda(1965)的研究基礎上將話題結構分類再細部化，其分類有五：1. 「父はこの本を買ってくれた/この本は父が買ってくれた」型（父親將此書買給我/這本書是父親買給我）；2. 「象は鼻が長い」型（象鼻子很長）；3. 「牡蠣料理は広島が本場だ」型（牡蠣做的菜，廣島最道地）；4. 「新聞は小銭をご用意ください」型（買報紙，請準備零錢）；5. 「魚は 鯛が美味しい」型（魚，鯛魚最好吃）。野田(1996)的分類名稱，對不懂日語的人來說不易了解，因此為了讀者閱讀方便，本文於下面加註中文名稱和解釋：

1. 「賓語提前型」與「主語兼任話題型」
2. 「部分主語提前型 1」
3. 「部分主語提前型 2」
4. 「動詞省略型」
5. 「無移位型」

1. 「賓語提前型」與「主語兼任話題型」

這一類型有兩個小類：「賓語提前型」和「主語兼任話題型」。「賓語提前型」是賓語部分由於移位，移到句首變成話題；「主語兼任話題型」是主語部分提前移到句首，所以本來主語的成分兼任話題。雖然野田(1996)也認為這二者屬於同一類，但本文認為此二者分開來討論更清晰易懂，因此在此視為兩個不同的結構來處理。

1-1 「賓語提前型」

(24) この本は 父が 買ってくれた。

KonohonWA Chichiga kattekureta.

這本書 爸爸 買給

這本書，爸爸給我買。

1-2 「主語兼任話題型」

(25) 父は この本 を 買ってくれた。

ChichiWA Konohon o kattekureta.

爸爸 這本書 買給

爸爸給我買這本書。

- (26) 太郎、彼は とても 頑張り屋だ。  
 Taro karewa totemo ganbariya da.  
 太郎，他 很 努力的人 是  
 太郎，他很努力。

例(24)的深層結構為「父がこの本を買ってくれた」，其實語部分「この本」移到句首。例(25)的深層結構也是「父がこの本を買ってくれた」，其主語部分「父が」往前移，變成話題。

## 2. 「部分主語提前型 1」

- (27) 象は 鼻が 長い。  
 ZouWA Hanaga nagai  
 象 鼻子 長  
 象鼻子長。

這一類型和 1-2「主語兼任話題型」的話題本來都是主語，乍看之下其結構很相似，但二者的差別在於「整體」和「部分」的移位：1-2「主語兼任話題型」是整個主語移到句首；但此一類只有主語的一部分的移位而已。例如，「象は鼻が長い」(象鼻子很長)的深層結構是「象の鼻が長い(こと)」(象的鼻子很長)：

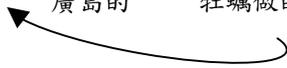
- (28) [象の鼻] [長い] (こと)  
 象的鼻子 長
- 

深層結構中，「象の鼻」是主語，而「象」(象)是「鼻」(鼻子)的修飾部分，在表層結構中移到句首變成話題。

## 3. 「部分主語提前型 2」

- (29) 牡蠣料理は 広島が 本場だ  
 KakiryoriWA Hiroshimaga honba da.  
 牡蠣做的菜 廣島 道地 是  
 牡蠣做的菜廣島最道地。

這一分類大致上和上面「部分主語提前型 1」一樣，主語的一部份提前到句首。二者的差別在於「部分主語提前型 1」是修飾部分提前；「部分主語提前型 2」則是被修飾部分提前：

- (30) [広島の] [牡蠣料理] [本場だ]。  
 廣島的 牡蠣做的菜 最道地
- 

深層結構中，「広島の牡蠣料理」(廣島之牡蠣做的菜)是主語，其中的被修飾部分「牡蠣料理」(牡蠣做的菜)移到句首當話題。本文認為雖然「部分主語提前型 1」和「部分主語提前型 2」有一點差別，但二者都是由「部分主語提前」而來的話題句，因此本文將這二者視為同一類型比較恰當。

4. 「動詞省略型」

(31) 新聞は 小錢を ご用意ください。

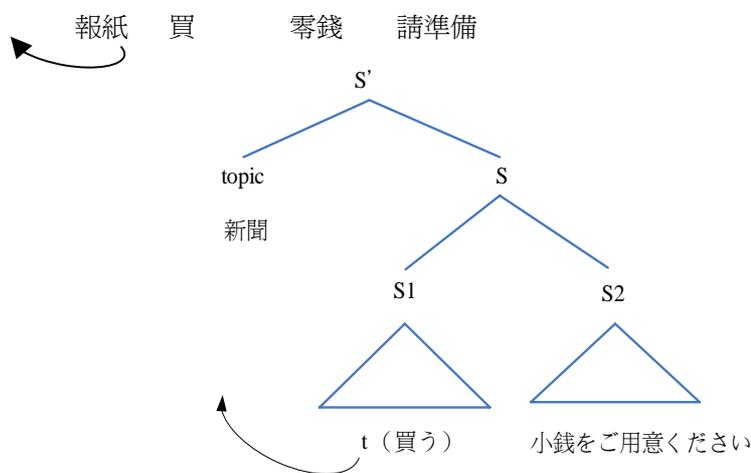
ShinbunWA kozeni o goyoi kudasai.

報紙 零錢 準備 請

買報紙，請準備零錢。

(31)的直譯是「\*報紙，請準備零錢」，中文卻沒有這種說法。這一句本來是複句「新聞を買うには、小錢をご用意ください」(買報紙，請準備零錢)，但日語可以省略動詞部分「買う」。因此本文將此一類型叫做「動詞省略型」話題。(31)的深層結構是，「新聞を買うには、(客は)小錢を用意する(こと)」(買報紙，請準備零錢)，其話題部分「新聞を買う時」的動詞部分「買う時」(買的時候)被省略。

(32) [S1 新聞を 買う][S2 小錢をご用意ください]



【圖 4 「新聞は小錢をご用意ください」樹狀圖】

中文不允許「\*報紙，請準備零錢」這種結構，但日語的例子卻不勝枚舉：

(33) 特急は 先に 指定券を 購入します。

TokkyuWA sakini shiteiken o konyu shimasu.

特快車 首先 對號票 購買

搭特快車，首先得買對號票。

(34) スパゲティは 時間が かかる。

Spaghetti WA jikan ga kakaru.

義大利麵 時間 花

煮義大利麵，要花很多時間。

上面例句(33)也一樣，日語話題可以只有名詞「特急は」(特快車)，中文卻需要用動詞「搭特快車」；例句(34)也是如此，日語話題不需要動詞「スパゲティは」(義大利麵)，但中文必須要有動詞「煮」義大利麵。

5. 「無移位型」

- (35) 魚は 鯛が 美味しい。  
 SakanaWA tai ga oishii.  
 魚 鯛魚 好吃。  
 魚，鯛魚最好吃。

(36) [魚]<sub>theme</sub> [鯛] [美味しい]

此一類深層結構中本來就存在話題（請見(38)），因此沒有移位，相當於 Chafe(1976)所謂的「漢語風格話題(topic, Chinese-style)」，但此結構不只是中文，日語也允許這種結構，因此本文將它稱為「無移位型」話題。

由上面的兩位學者的分析來看，其分類方法有所不同：Kuroda(1965)分成兩類，野田(1996)則分成五類。但兩位學者有一個共同點：他們都認為話題句可分為兩大類：第一，「移位」，如(24)「この本は父が買ってくれた」（這本書，爸爸給我買）；第二，「無移位」，如(23)「魚は鯛が美味しい」（魚，鯛魚最好吃）。野田(1996)的分類當中 1、2、3 和 4，雖然其結構上有些差別，但這些都是由移位而來的話題句，因此本文認為都可歸入「移位」類，5 則是「無移位」類。

以上面的分析為基礎，重新將日語話題分成兩大類，在細分為五類，並整理成以下這一張表格。

【表 2 本文對日語話題結構的整理】

	例句
移 位	<p><b>1.賓語提前型</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <u>この本は</u> 父が 買ってくれた。                      KonohonWA Chichiga kattekureta.                      這本書 爸爸 買                      這本書，爸爸給我買。</li> </ul> <p><b>2.主語兼任話題型</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <u>父は</u> この本を 買ってくれた。                      ChichiWA Konohono kattekureta.                      爸爸 這本書 買                      爸爸給我買這本書。</li> </ul> <p><b>3. 部分主語提前型</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <u>象は</u> 鼻が 長い。                      ZouWA Hanaga nagai                      象 鼻子 長                      象鼻子很長。</li> <li>● <u>牡蠣料理は</u> 広島が 本場だ。                      KakiryoriWA Hiroshimaga honba da.                      牡蠣做的菜 廣島 道地 是                      牡蠣做的菜廣島最道地。</li> </ul> <p><b>4. 動詞省略型</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <u>新聞は</u> 小銭を ご用意ください。                      ShinbunWA kozeni o goyoi kudasai.</li> </ul>

	報紙 零錢 準備 請 買報紙，請準備零錢。
無 移 位	5. 無移位型 ● 魚は 鯛が 美味しい。 SakanaWA tai ga oishii. 魚 鯛魚 好吃。 魚，鯛魚最好吃。

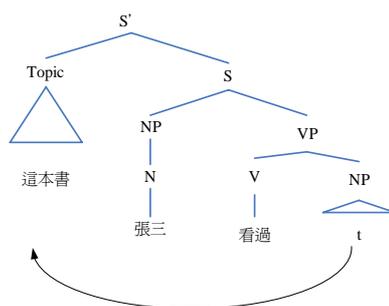
### 3.2 中文話題的結構

中文話題的結構是如何形成的？對於這個問題，漢語語言學家的意見大致上可分兩派：「移位說」(Huang,1982)和「無移位說」(徐烈炯和劉丹青，1992)。另外，望月(1984)根據日語話題的觀察，提出有趣的中文話題分類方式。以下探討三位學者的分析。

#### 1. 「移位說」

首先觀察 Huang(1982)<sup>12</sup>等「移位說」派的分析：話題是由移位(movement)而形成的。譬如：

(37) 這本書，張三看過。



【圖 5 「這本書張三看過」樹狀圖】

Huang(1982)認為「這本書，張三看過」的深層結構是「張三讀過這本書」，其派生過程中賓語「這本書」移動到句首才形成的。

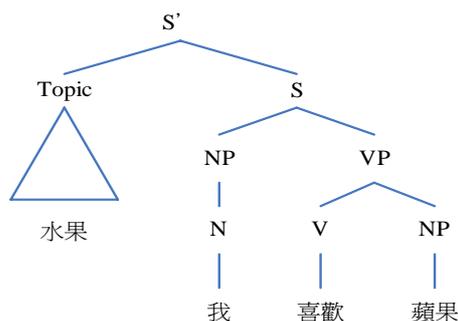
#### 2. 「無移位說」

徐烈炯和劉丹青(1992:44-50)反對 Huang(1982)的「移位說」，主張例句(37)的話題「這本書」並非由「移位」而來的，而是「無移位」的。其理由是「移位說」不能解釋「漢語風格話題」(topic, Chinese-style)。所謂的「漢語風格話題」，也就是本文所謂的「無移位型話題」，英語、德語等印歐族語言沒有的形式，如「水果，我喜歡蘋果」、「魚，鯛魚最好吃」等例句，英語不能說“\*Fruits, I like apples”、“\*Fish, I like bream fish”。

(38) 水果， 我 喜歡 蘋果。

[水果]<sub>theme</sub> [我] [喜歡] [蘋果]

<sup>12</sup> 轉引自徐烈炯和劉丹青(1992:44-50)



【圖 6 「水果我喜歡蘋果」樹狀圖】

徐烈炯和劉丹青(1992)認為上面話題「水果」並非由移位而產生的，而是深層結構中就存在的話題。根據他們，所有的話題都以 Chomsky(1957)<sup>13</sup>的「孤島條件」(island conditions)可以解釋。所謂的「孤島條件」，簡而言之，「有些結構形成一個封閉區，好比一個孤島，處於封閉區域的詞語不能移出區域之外」(徐烈炯和劉丹青，1992)。例如，「無移位型」的話題是一個封閉區，這種話題不能移到別的地方去，舉例來說例句(38)的「水果」並不是從主語或賓語的位置移位而來的，它本來就在句首話題的位置。

望月(1984)的分類方式和上述漢語學者們有點不同，他從日語觀察中文話題：以中文譯成日語時是否出現「は(WA)」為線索，列舉二十一種結構加以探討。以下為望月(1984)的分類：

- |                    |                             |
|--------------------|-----------------------------|
| 1. 帶語氣助詞           | : 他呀，精神很好/他呀，明天來好。          |
| 2. 賓語移首            | : 這本書已經看過了/懶惰的學生讓他留級/中餐回家吃。 |
| 3. 省掉介詞            | : 這個問題上司還沒有做決定/我的婚事，自己作主。   |
| 4. 狀語移位            | : (在)院子裡我種了一棵樹/明天我到學校去。     |
| 5. 出現於動詞「是」前       | : 我是今天去的。這枝筆是壞了。            |
| 6. 準分裂句            | : 昨天來的是我的老師。                |
| 7. 出現於動詞「在」前面      | : 那本書在桌子上。                  |
| 8. 「有」前            | : 學生有三個。                    |
| 9. 一部分「存現句」        | : 王冕死了父親。                   |
| 10. 出現於助動詞前面       | : 你應該今天去。老師必須決定一切。          |
| 11. 雙主語句           | : 象鼻子長。這次旅行收穫不少。            |
| 12. 「總分複指」         | : 他的兩個姊姊，一個是醫生，一個是演員。       |
| 13. 帶狀語補語          | : 馬跑得很快。馬比牛跑得快。             |
| 14. 出現於在一部份副詞、連詞前面 | : 我只好自己去。他的傷因為治療及時，所以很快就好了。 |
| 15. 出現於其他一部份複句裏    | : 他是不知道，不是故意/他不是日本人，就是中國人。  |
| 16. 「緊縮句」          | : 這個人不問不開口。                 |
| 17. 對「是非問句」的答句     | : 你去嗎？我去。                   |
| 18. 對「疑問詞問句」的答句    | : 你吃什麼？我吃麵。                 |
| 19. 對「反復問句」的答句     | : 你是去還是不去？我去？               |

<sup>13</sup> 轉引自徐烈炯和劉丹青(1992:44-47)

20.對「選擇問句」的答句                   ：你是去還是不去？我去。

21.「呢」問句的答句                    ：我去，你呢？我去。

望月(1984)認為，中日文雖然在句法結構上有很大的不同，但不妨假設中日文的話題結構應該是大同小異的，因此從日文觀察中文的話題，並分類。

現在我們來看看，三位學者的論證有沒有道理，是不是有說服力。雖然漢語學家可分為兩派：「移位派」(Huang, 1982)或「無移位派」(徐烈炯和劉丹青, 1992)，但本文認為中文話題結構就是有兩個次類：「移位」和「無移位」來推論比較合理。因為如例句(37)等的賓語提前型，賓語顯然經過移位到句首的話題句，作為「移位」來理解對教學較容易；另外，例句(38)「水果，我喜歡蘋果」等「漢語風格話題」(topic.Chinese-style)理解為深層結構中就存在著話題(topic)比較易於理解，因為「水果」不是從主語、賓語等某個格成分出來的，本文認為「水果」本來在話題的位子是最自然，最合理的。至於望月(1984)的二十一種話題，其分類太細膩，而且「話題」和「對比」的界線問題也未處理，因此本文在「移位」和「無移位」的標準上再進一步簡化，從而得到更清晰易懂的了解。

本文試圖在 Huang(1982)、徐和劉(1992)及望月(1984)三位學者不同說法中梳理出幾類話題結構，並整理成下面表格：

【表 3 本文對中文話題結構的整理】

	例句
移位	<p><b>1. 賓語提前型</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 這本書，張三看過。</li> <li>● 電腦，我已經買好了。</li> </ul> <p><b>2. 話題和主語兼任型</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 老張（啊），當過海軍。</li> <li>● 張三，他去買東西了。</li> </ul> <p><b>3. 部分主語提前型</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 象，鼻子很長。</li> <li>● 台灣，烏龍茶最道地。</li> </ul>
無移位	<p><b>4. 無移位型</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 水果，我喜歡吃蘋果。</li> <li>● 魚，鯛魚最好吃。</li> </ul>

### 3.3 結構的比較

從日語和中文的結構對應表來看，中日文的結構乍看之下有一對一的對應。但仔細分析其實存在些微的差異。

日語有「動詞省略型話題」，中文卻沒有對應的形式。例如，「買報紙，請準備零錢」用日語表達時，動詞「買」可省略：「新聞は小錢をご用意ください」（\*報紙，請準備零錢）但中文不允許這種說法。兩種語言間出現不同之處，對學習者來說比較困難。

至於「賓語提前型」，「主語兼任話題型」、「部分主語提前型」和「無移位型」，中日語都能很好地對

應，日語和中文有相同的結構，中籍學生學習時依靠母語正遷移即可，不會產生太大的困難。

由上表的分析假設，以中文為母語的學生在學習日語話題句時，對於表示「主語兼任話題型」、「部分主語提前型」和「無移位型」的結構應該最為容易，因為和中文的對應上相差不大。「動詞省略型」則稍有難度，中籍學生學習這種用法比較難。

【表 4 話題結構的中日對應表】

	日語	中文
移 位	「賓語提前型」 この本は父が買ってくれた。 (這本書，爸爸給我買)	「賓語提前型」 這本書，他看過。 電腦，我已經買好了。
	「主語兼任話題型」 父はこの本を買ってくれた。 (爸爸給我買這本書)	「話題和主語兼任型」 老張(啊)，當過海軍。 張三，他去買東西了。
	「部分主語提前型」 象は鼻が長い。 (象鼻子很長)	「部分主語提前型」 象，鼻子很長。 烏龍茶，台灣最道地。
	「動詞省略型」 新聞は小銭をご用意ください。 報紙，請準備零錢。	
無 移 位	「無移位型」 魚は鯛が美味しい。 (魚，鯛魚最好吃)	「無移位型」 水果，我喜歡吃蘋果。 魚，鯛魚最好吃。

#### 四、功能的比較

##### 4.1 日文話題的功能

何謂日語話題的功能？野田(1996)提出兩種：「子句連接功能」(clause-linking)和「有關功能」(aboutness)<sup>14</sup>的功能。

第一個功能，「子句連接功能」是指承接上文的功能。下面例句(39)中，話題承接上文中的 NP 當話題。例如：

- (39) A: 子供達 が いませんね。  
Kodomotachi ga imasen ne.  
孩子們 不在 啊

<sup>14</sup> 野田(1996)的原文中為「文脈の継続」和「話題の導入」，本文譯成屈承熹(1997)的「子句連接功能」(clause-linking)和「有關功能」(aboutness)。

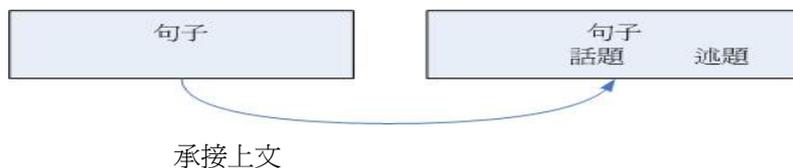
孩子們怎麼不見了？

B: 子供達は 今向こうでカレーを作っています。  
 KodomotachiWA ima mukoude curry o tukutte imasu.  
 孩子們 現在 在那兒 咖哩 做 著  
 他們現在在那兒做咖哩。

B1: 彼らは 今向こうでカレーを 作っています。  
 KareraWA ima mukoude curry o tukutte imasu.  
 他們 現在 在那兒 咖哩 做 著  
 他們現在在那兒做咖哩啊。

(40) A: 子供達 が いません ね。  
 Kodomotachi ga imasen ne..  
 孩子們 不在 啊  
 孩子們怎麼不在啊？

B: \*カレーは今向こうで 子供達が 作っています  
 Curry WA ima mukoude kodomotachiga tukutte imasu.  
 咖哩 現在 在那兒 孩子們 做著 啊  
 咖哩，現在孩子們在那兒做著。



【圖 7 子句連接功能】

例句(39)的對話中，問話人 A 的台詞中出現「子供達」(孩子們)。所以 B 回答時，承接「子供達」為話題，這樣的例句是很自然的；B1 是承接「子供達」，以「彼ら」(他們)為話題。所以，話題有「子句連接功能」；(40)的對話卻不成立。因為 B 的話題沒有承接上文中的「子供達」(孩子們)，而迎接和上文完全無關的「カレー」(咖哩)為話題，所以(40)句是不成立的。

第二個「有關功能」是指啓發後面述題(predicate)的功能。例句如下：

(41) 象は 鼻が 長い。  
 ZouWA Hanaga nagai  
 象 鼻子 長  
 象鼻子很長。

(42) 牡蠣料理は 広島が 本場だ  
 KakiryoriWA Hiroshimaga honba da.  
 牡蠣做的菜 廣島 道地 是  
 牡蠣做的菜廣島最道地

(43) 魚は 鯛が 美味しい。  
 SakanaWA tai ga oishii.  
 魚 鯛魚 好吃。  
 魚，鯛魚最好吃。



【圖 8 有關功能】

例句(41)的話題「象」(象)提供語義所涉及的範圍，說話者用話題表明這一句所涉及語義內容，即後面的述題「鼻が長い」(鼻子長)在內容上跟話題有關；又如，例句(42)的說話者想要說明「牡蠣料理」(牡蠣做的菜)，所以先提出此一句，再進一步解釋和牡蠣有關的「広島が本場だ」(廣島最道地)；再如，(43)說話者以「魚」為話題，這樣聽話者容易知道談話內容和魚有關。

綜合上面的討論，日語話題有雙功能(dual function)：「子句連接功能」(clause-linking)和「有關功能」(aboutness)。前者是指承接前面的名詞組；後者則是啓發後面的名詞組。以下本文簡稱為「承先啓後」功能。

#### 4.2 中文話題的功能

上節討論日語話題的功能，討論結果顯示其功能有二：「承先」和「啓後」。對於中文的話題，徐烈炯和劉丹青(1992)認為只有一個功能；屈(1996)在徐烈炯和劉丹青的研究基礎上提出兩個功能。

徐烈炯和劉丹青(1992:210)認為話題的核心功能是「啓後」<sup>15</sup>(aboutness)，其意思是談話中提供語義相關性的索引，說話者用「話題」表明所涉及的內容，即後面的述題在內容上跟話題有關，並表明篇章內只在這語義範圍內有效，超出該語義範圍就無效。

- (44) a. 年度計畫的事，我沒有什麼意見。<sup>16</sup>  
 b. 象，鼻子很長。  
 c. 那場火，幸虧消防隊來得快。  
 d. \*那場大雨，我們應該吃飯了。

(44)的話題「年度計畫」表明後面的內容「我沒有什麼意見」所涉及的範圍。b 的「象」也如此，說話者首先顯示話題句的內容所涉及的範圍，再提出對於「象」的解釋；c 的「那場火」和後面的「幸虧消防隊來得快」看來沒有明顯的關係，但通過一般常識知道消防隊的任務就是滅火，所以這一句的話題和述題在內容上也是有關係的；d 的「那場大雨」和「我們吃飯了」卻在內容上沒有關係，超出該語義範圍了，所以這樣的例句是不成立的。

屈承熹(1997,1999)除了徐烈炯和劉丹青(1992)的「啓後」功能以外，提出另外一個功能：「承先」(clause-linking)。

「啓後」則是承接前面的名詞，將前後兩個句子連接起來。例如：

- (45) A: 孩子們去哪裡了？  
 B: 他們 (啊)，已經去學校了。

B 中的代名詞「他們」指的是「孩子們」。「他們」有照應性，在(45)中就起了將 A 和 B 句連接在一

<sup>15</sup> 「啓後」原文中是「話語內容之所關」。這兩個用語指同一個功能，因此本文自行換成前者。

<sup>16</sup> 例句中的底線表示「話題」。

起的作用。「孩子們」和「他們」有前後呼應的關係(anaphoricity)，起了「子句連接」的作用。最明顯的是零代詞的承先能力，也就是曹逢甫(1978,謝天蔚譯)所謂的話題串(topic chain)。

- (46) a) 昨天有個朋友借給我一本書 (i)<sup>17</sup>，  
 b) 我以為一定 0 (i) 很好看，  
 c) 結果 0 (i) 一點意思也沒有， (話題)  
 d) 所以，0 (i) 我 (j) 看了幾頁  
 e) 0 (j) 就不看了。 (話題)

上面 a) -e) 的 5 個句子的連貫，完全由零代詞來擔任。例如，b)、c) 和 d) 中的(i)都承接 a) 句的「一本書」；同樣地，e)句的(j)承接「我」。其中，c)和 e)中，零代詞擔任話題。所以由(45)和(46)的例句來看，代名詞和零代詞都有「承先」的功能。

綜合上面的討論，中文話題有雙功能(dual function)：「承先」和「啓後」。

### 4.3 功能的比較

由 4.1 和 4.2 的討論可知，中日話題都有雙功能(dual function)：「承先」(clause-linking)和「啓後」(aboutness)。下面表格表示中日語間功能的對應。

「承先」功能，日語和中文都能很好地對應，所以用箭頭表示一對一的關係。具有此一功能的話題詞類大部分都是代名詞或零代詞(zero anaphora)。

「啓後」是指啓發後面述題(predicate)的功能，中日對應有一對一的關係。具有這個功能的話題都是以實際名詞。因為日語和中文有相同的成分，對中籍學習者來說沒有困難。

【表 5 話題功能的中日對應表】

	日文	中文
功能	「承先」 A: 子供達がないね。 孩子們怎麼不見了啊？ B: <u>子供達</u> は今向こうでカレーを作っているよ。 他們現在在那兒做咖喱啊。	「承先」 A: 孩子們怎麼不見了啊？ B: 他們去學校了。
	「啓後」 <u>牡蠣料理</u> は広島が本場だ 象は鼻が長い <u>あの火事</u> は幸いにも消防隊が早く駆けつけてくれた。	「啓後」 <u>牡蠣</u> 做的菜，広島最道地。 象，鼻子很長。 <u>那場火</u> ，幸虧消防隊來得快。

## 五、結論

綜合以上的結構和功能比較發現，雖然中日話題在這方面的表現似乎很相近，可說是其結構和功能大同小異的；對於「功能」的對比，中日文話題都有「承先」和「啓後」功能，兩種功能都能很好地對

<sup>17</sup> (i)和(j)代表同一個東西，譬如例句(46)的「一本書(i)」和「0(i)」指同一個東西。

應，對中籍學習者來說，應該沒有很大的困難。但其實仔細分析，在結構上存在著些微差異：日語有「動詞省略型話題」，中文卻沒有此結構。因為中文沒有這一類，所以中籍學習者學習日語話題時，要多學習一個話題類型，因此其學習困難度應該高。若在教學時教師注意到這些差異，一方面可以預測並防止學習者的錯誤，一方面也較易於理解為何學習者會犯這樣的錯誤。

此研究可應用到針對中籍學習者的教學語法(pedagogical grammar)。收集中籍學生和以日文為母語的人之話題的使用情況，比較一下兩者之間的差異，觀察是否有母語的影響。

截至目前為止，語言學者對中日語的話題對比分析研究得還不多，所以應該付出更多的努力及心血來研究，使中籍學生避免在溝通上產生障礙，是我們日語教師的責任。

## 參考文獻

### 中文

- Richards, Jack C. 等. 1998. 語言教學及應用語言學辭典. English-Chinese edition 朗文出版社中國有限公司 p.513
- 屈承熹. 1996. 華語的主題，焦點，其信息量. 於第五屆世界華語文研討論文集. 世界華語文教育學會. P.1-13
- 屈承熹. 1999. 漢語認知功能語法. 台北：文鶴出版社. P.112-129
- 徐烈炯、劉丹青. 1992. 話題的結構與功能. 上海：上海教育出版社. P.32-218
- 曹逢甫、謝天蔚譯. 1995. 主題在漢語中的功能研究. 北京：新華書店. P.4-80
- 望月八十吉. 1984. <從日語看華語的主題> 於第一屆世界華語問教學研討會論文集-語法組. 世界華語文教育學會. P.111-123

### 日文

- 望月八十吉、望月圭子. 1999. いわゆる「多主語構文」の日中対照. 現代中国語研究論文集. 現代中国語研究会. P.312-345
- 野田尚史. 1996. 「は」と「が」. ころしお出版. P.18-82
- 浅山友貴. 2004. 「は」と「が」の意味と機能. 第一書房. P.77-143

### 英文

- Chafe, Wallace. L. 1976. "Givenness, Contrastiveness, Definiteness, Subjects, Topics, and Point of View. in Subject and Topic. New York : Academic Press. P.27-55
- Kuno, Susumu. 1973b. The structure of Japanese language. Massachusetts : MIT press. P.37-95
- Kuroda, S.-Y. 1965. Generative Grammatical Studies in the Japanese Language. Ph.D. dissertation, MIT, Cambridge, Mass P.45

## 明新科技大學學生學習狀況探討

石兆蓮\*

明新科技大學幼兒保育系

### 摘要

本研究之目的在瞭解明新科技大學學生的學習策略，並探討其學習適應問題。以日間部四技二年級學生各系隨機抽樣一班，共 571 名學生為研究樣本，利用調查法及訪談法蒐集資料，研究工具為「大學生學習與讀書策略量表」及焦點團體訪談大綱。以描述性統計、獨立樣本 t 檢定、單因子變異數分析、Scheffe 事後比較等統計方法處理量表資料，將焦點團體訪談所得資料加以質性分析。結果顯示，受試學生之學習策略，以「解決學習困難策略」的表現較好，以「時間管理」和「專心」的表現較差。女生在「學習輔助術」的使用上優於男生、在「焦慮」量表的分數高於男生。受試者中服務事業學院的學生在「焦慮」量表的分數高於工學院及管理學院的學生，工學院的學生在「自我測驗」量表的分數高於服務事業學院的學生。以受試學生之大二學業成績為效標，其學習策略與學習成績有正相關，相關較高的分量表是「動機」、「考試策略」與「解決學習困難策略」。在學習適應方面大多數學生以應付考試為其學習目標，而且受環境及同儕之影響付諸於學校課業學習之心力不多，易受其他活動引誘分心。最後依研究結果提出提升學生學習策略之改進建議。

**關鍵詞：**學習策略、學習適應

## A Discussion of Student's Learning Strategies and Learning Adaptation at Minghsin University of Science and Technology

Chao-Lian Shih

Dept of Child Development and Education, Minghsin University of Science and Technology

### Abstract

The present study intends to understand the learning strategies and learning adaptation of the college students at the university where the researcher teaches. 571 sophomores were recruited as participants from each department of the university. Data collection methods include surveys and interviews. The result of the test of *Learning and Study Strategies Inventory* showed that students performed better on the strategies of solving learning difficulties; nevertheless, they had lowest scores on skills of time management and concentration. The comparison made between male students and female students showed that female students had higher scores on the skills of assisted learning than those of male students. However, female students had higher scores than those of male students on items related to anxiety. In terms of the comparison made among different schools of the university, the students from the School of Service Industries had higher scores on items

---

\* 幼兒保育系副教授 地址：新竹縣新豐鄉新興路 1 號 Tel：03-5593142 E-mail：stone@must.edu.tw

related to anxiety than those of the students from the School of Engineering. Moreover, the students from the School of Engineering scored higher on self-test than students from the School of Service Industries. Using student's academic performances as the references to understand the relationship between their learning strategies and performances on academic subjects, the scores on motivation, strategies on examination, and strategies on solving learning difficulties were relatively higher than those of other items. The researcher also recruited eleven students from different departments for focused group interviews. The qualitative results were analyzed to understand their problems in learning adaptation. The results are helpful to the teachers of the university and can be used as the guide for improving the learning strategies of college students.

**Key word : Learning strategy, Learning adaptation.**

## 壹、研究動機與目的

### 一、研究背景

學習是學生生活中重要的部份，學生的學習意願如何、是否勤於學習，取決於學習者個人內在的學習意願是否強烈。意願強則勤於學習，表現出來的行為則是求知動機強、作業認真...等，反觀學習適應欠佳者，表現出來的則是不專心上課、學習進度落後、功課遲交等，學業上的表現便不理想(何秀珠，1994)。大學生最主要的適應問題大都與「學校課業學習」有關，學習困擾是我國各大學學生普遍的現象之一(吳政道，1995)，大學已進入專業知識學習的階段，需要更多的學習技巧，唸書時間及用功程度與學業成績不再成正比，學習策略就扮演著重要的角色(朱錦鳳，2000)。所以要提高大學生的學習效率，首先必須要了解大學生的學習策略以及學習適應狀況，據以提供適切的協助，進而提高學習效果，將是相當具有價值的(趙曉美、潘淑芬，2003)。研究者在本校執教一年後，對有些學生缺乏學習動機、未具有效學習方法、以致學習成績低落的情形感到憂心，想要對科技大學學生之學習策略有所了解，以作為協助學生改進學習狀況和提供教師教學之參考，是進行本研究的主要動機。

### 二、研究目的

本研究在瞭解本校學生的學習狀況，並以其學習策略與學習適應現況為重點，研究之目的如下：

- (一) 了解本校學生的學習策略。
- (二) 分析本校學生學習策略與學業成績的關係。
- (三) 探究本校學生的學習適應問題。

### 三、名詞界定

- (一) 明新科技大學學生：係指九十三學年度，就讀明新科技大學日間部四技二年級學生，共計十四系，每系隨機抽取一班為樣本。
- (二) 學習策略：學習策略係指學習者用來促進知識獲得、保留、提取與統整的學習行為、思考與態度(何宗翰，1998)。本研究以「大學生學習與讀書策略量表」上的得分來說明其學習策略的情形。
- (三) 學習適應：指學生之學習方法、學習習慣、學習態度對學習環境身心適應的狀態，在本研究中以焦點團體訪談的內容進行質性分析，作為學生學習適應的指標。

- (四) 背景變項：本研究所界定之背景變項是指日間部四技二年級學生之個人背景基本資料，包含：性別、院別（包括工學院、管理學院、服務事業學院）、系別（機械系等十四系）等三個變項。
- (五) 學業成績：係指日間部四技二年級學生九十三學年度學年總平均分數。本研究進行統計分析時，先以班級為單位予以標準化，轉化成為 Z 分數作相關研究處理。

## 貳、文獻探討

### 一、學習策略

對學習策略(learning strategies)的定義，中外學者都不同。Mayer (1987) 指出：學習過程中任何被學習者用來促進學習效能的活動都是學習策略。張新仁 (1989)認為學習策略是指學習者用來從事知識的獲得、保留與提取的行為與思考。郭郁智(2000)主張學習策略是學習者在學習的過程中運用有助於知識的獲得、統整、保留和回憶的任何行為或思考的活動，此種活動可以促進學習效能，是一種高層次的運思能力。黃淑娟 (2003) 將學習策略定義為：學習者在學習過程中運用統整、記憶、保留等行為或透過自我覺察、主動、規畫等活動，以有效運作或統整訊息，以促進學習效果，達到特定學習目標的有組織的思想或行為。學習策略是影響學生學習表現的重要因素。

依據學習策略與學業成就的相關實證研究，大多數學者認為學習策略與學業成就呈正相關。如：鄭英耀(1987)發現多數大學生的學習習慣、態度與學業成就有顯著相關。洪寶蓮(1990)以大學生為研究也發現，學習策略和學習成就間有顯著正相關。且年級愈高學習策略也愈好。Yu(1999)以603位修習化學領域課程的低成就女大學生為對象，研究指出，先備知識、動機以及學習策略的使用，對於學生在課程的成就上，具有明顯的預測力。Wenger(2002)研究發現，動機、專注、選擇要點、時間管理、自我測驗、考試策略與訊息處理等學習策略與成功有顯著的相關。Simbo(1988)研究發現，經老師提示大綱後，學生所作的筆記效果極佳，且作筆記不僅可以提高學業成就，並有助於學習遷移。可見學習策略在學生的學習過程中是相當重要的，學習的策略和學業成就之間亦分別低有中、高不等的正相關（黃淑娟，2003）。

我國大學生學習策略的表現，以「選擇要點」與「考試策略」為佳；以「時間管理」和「專心」表現最差（洪寶蓮，1990）。游敏玲（2003）則指出，國內大一大二學生的閱讀策略使用以因應考試策略使用最多，較少使用控制時間環境、尋求他人或筆記的輔助學習。整體而言，我國一般大學生的學習策略較多採用考試策略，在時間管理與尋求他人協助等資源經營策略方面則有待加強。（趙曉美、潘淑芬，2003）

### 二、學習適應

學習是一種適應的過程，是個人在學習過程之中和學習環境之互動，且是動態與靜態兼具的情形（王姿文，2003）。具有良好學習適應的學生，能採取因應策略以解決問題，達到學習環境的要求；學習適應欠佳的學生無法尋求適當方法來解決問題，在學習過程中會遭受到挫折和困難（黃湘淳，2000）。學習適應的涵義包含甚廣，陳英豪、林正文、李坤崇（1989）將學習適應定義為：個人在學習歷程與環境互動所產生的調適狀態。所發展的學習量表中，將學習適應分為學習方法、學習習慣、學習態度、學習環境與身心適應。張景媛（1988）則認為學習適應包括學生認知學習、學習態度和師生關係三方面適應。學習適應是一個多面向的結合體，它至少包括學習方法、學習習慣、學習態度等面向。陳正德（2003）認為更重要的是，學習適應是個人在學習歷程中與環境所產生的交互作用與調適狀態。而在這交互作用中，

學生發展出合宜的學習行為，以滿足個體自我成長之需求。在本研究中，將學習適應的內涵歸納為學習方法、學習習慣、學習態度、學習環境以及身心適應等。

個人的學習適應主要受到三種因素的影響，即學校方面、家庭方面及個人方面（王姿文，2003）。在學校方面，包括學校規模、硬體設備、師生關係、課程教材、教學方法、師資水準、教師人格特質、教師自我效能、同儕關係...等(李坤崇，1992； Barbara&Martha，1987；Mushi，1999；Pierce，Hamm&Vandell，1999)。在家庭方面，包括家庭物質環境、家長社經地位、父母婚姻狀況、親子關係、家庭氣氛、家庭教養特質...等(林進財，1992)。在個人方面，生理因素有：大腦損傷、視覺缺陷、聽覺缺陷、語文缺陷...等(李坤崇，1992)；心理因素有：智力、學習態度、學習興趣、學習動機、自我觀念、人格特質、焦慮...等(李坤崇、邱美華，1991； Barbara& Martha，1987)。

常見的學習適應評量方式有四種(郭佳哲，2001)：1.自評方式：透過學生自我評量，通常採用自陳量表的方式，了解學生的適應情形。2.他評方式：透過其他人例如教師、家長、同儕和其他相關輔導人員的評定。3.觀察及晤談：透過對於學習適應之行為的觀察和晤談，了解學生之適應情形，可以有效檢視出學生之適應良好與否。4.軼事紀錄及行為日誌：透過學生的軼事紀錄及行為日誌也可用來作為評量學習適應的依據。在本研究中將採用焦點團體訪談方式了解大學生學習適應問題。

### 三、學習策略與學習適應

劉信雄(1991)認為學習策略是指學習者對自己的學習活動有相當的認識，進而可操弄自己的認知行為，以達到成功有效的學習。有效的學習者與效果差的學習者之間最大的差別，是前者有較多的學習策略，並且懂得靈活運用這些學習策略（廖美惠，2003）。而學習適應取決於個體和環境的關係，良好的學習適應者能夠善用各種資源、解決所遭受的問題，以達到學習環境的要求，克服學習的困難；而學習適應欠佳的學生則無法善用各種方法來解決所遭遇的問題，因此在學習過程中較易遭逢挫折(賴玉粉，1995)。

黃淑娟（2003）歸納出良好的學習策略應包括：

#### （一）運用訊息策略：

指個體對訊息的注意、選取、組織、編選等。學者所提的具體方法有：一般記憶術、複誦、摘錄重點、組織化、闡述意念、形成心象、精進化及提綱契領等。

#### （二）建立情境策略：

學習時對目標的瞭解、動機的產生及期望等都是情意的一部分。它主要有：善用休閒、學習動機、自我概念、歸因方式、放鬆心情、減少焦慮、避免環境的干擾等。

#### （三）統合的技能：

學習者能知道自己所使用的學習技巧，適時監控，並靈活調整學習策略。對於自己所使用的時機、條件都能自我認知和監控。

以上內容與本研究中學習適應的內涵（學習方法、學習習慣、學習態度、學習環境以及身心適應）息息相關：運用訊息策略、統合的技能即良好的學習方法與學習態度，建立情境策略即包含學習習慣、師生關係、學習環境及身心適應的良好適應狀態；正如廖美惠（2003）主張：學習策略的靈活使用，導致成功的學習。再依前述學習策略的實證研究中，學者多認為學習策略與學業成就呈正相關，可說明學習策略有效運用與良好學習適應之間是有密切的關係。

目前國內有關學習策略的主要量表有學習方法效率量表、學習適應量表、學習態度測驗以及大學生學習與讀書策略量表，本研究將藉由「大學生讀書與學習策略量表」(李咏吟、張德榮、洪寶蓮，1991)之施測，並透過與學生的訪談，了解學生的學習策略與學習適應問題。

## 參、研究方法

### 一、研究對象

#### (一) 問卷調查部分

本研究以明新科技大學日間部四技二年級學生為研究對象，自工學院機械工程系、電機工程系、電子工程系、土木工程系、化學工程系、光電工程系等七系，管理學院工業工程與管理系、資訊管理系、國際企業系、企業管理系等四系以及服務事業學院旅館事業系、幼兒保育系、休閒事業系、老人服務事業系等四系，共計十四系，由各系二年級中隨機抽樣一班，實施「大學生學習與讀書策略量表」施測，剔除填答不完全之無效問卷 21 份，有效樣本為 571 名，包括男生 280 名、女生 291 名。有效樣本分佈情形如表 1 所示：

表 1 本研究樣本人數一覽表

系別		男	女	合計
工學院	機械	38	3	41
	電機	46	3	49
	電子	44	2	46
	土木	25	3	28
	化工	13	8	21
	光電	41	4	45
	小計	207	23	230
管理學院	工管	31	20	51
	資管	17	23	40
	國企	7	49	56
	企管	5	36	41
	小計	60	128	188
服務事業學院	旅館	7	27	34
	幼保	1	44	45
	休閒	3	41	44
	老服	2	28	30
小計	13	140	153	
合計	280	291	571	

#### (二) 焦點團體訪談

研究者於各班進行量表施測時，邀請願意了解自己學習策略的學生留下通訊資料，並於施測工作完全結束，且量表分數統計後，以電話邀請願意參加焦點團體訪談同學進行訪談，採自願性質。訪談地點為幼保系，共計進行兩次(94年6月23日及24日，時間為12:00-14:00)，參加同學共計11位。

### 二、研究工具

#### (一) 大學生學習與讀書策略量表 (Learning and Study Strategies Inventory)

大學生學習與讀書策略量表係由李咏吟、張德榮、洪寶蓮（1991）所編製，包括「態度」、「動機」、「時間管理」、「焦慮」、「專心」、「訊息處理」、「選擇要點」、「學習輔助術」、「自我測驗」、「考試策略」和「解決學習困難策略」等十一個分量表，用以評量大學生學習狀況，各項得分愈高，表示個人的學習狀況愈好，反之，表示學習愈困難。全量表共八十七題，採 Likert 式五點量表。量表信度 Cronbach  $\alpha$  係數介於.62 到.82 之間，隔三到四週的重測信度介於.70 到.86 之間。以「閱讀方法問卷」、「自評的學習策略」、學業成績和年級為效標來驗證同時效度；以因素分析考驗建構效度，結果顯示，本量表的信、效度頗佳。評量內容如下：

1. 態度(Attitude)：係指個人在大學中的態度與興趣。
2. 動機(Motivation)：係指個人努力用功的意願及是否勤勉與自律。
3. 時間管理(Time Management)：係指對課業、課程時間安排的情形。
4. 焦慮(Anxiety)：係指學生對學校或課業的擔心程度。
5. 專心(Concentration)：係指對學校課業能否集中注意的能力。
6. 訊息處理(the Information Processing)：係指如何將資料有效的分類、意義化、綜合控制、合理化的能力。
7. 選擇要點(Selecting Main Ideas)：係指能否在讀書時找出重要的資料或重點的能力。
8. 學習輔助術(Study Aids)：係指能否使用支持性的技巧或材料來幫助學習和記憶的方法。
9. 自我測驗(Self Testing)：係指對課程及考試複習時的準備情形。
10. 考試策略(Test Strategies)：係指準備考試及考試時的技巧。
11. 解決學習困難的策略：係指在面對學習困難時的思考操作。

## (二) 焦點團體訪談大綱

研究者依研究目的設計半結構式訪談大綱，讓參與者依據自己的想法與經驗回答問題。訪談綱要如下：

1. 請談一談個人對於讀書與學習的感受。
2. 進入大學以後，您自己對學習的期待為何？
3. 在學習的過程中，讓您感到最有成就感的是什麼？
4. 在學習的過程中，讓您感到最困擾的問題是什麼？
5. 您認為造成自己學習困擾的主要因素是什麼？
6. 當您遇到學習困難時，您曾使用何種方法來解決問題？
7. 當您遇到學習困難時，您覺得各科的任課教師能提供您何種協助？
8. 當遇到學習困難時，您認為身為學生的自己應有的態度與做法為何？
9. 您認為學校可實施何種學習輔導方案，以協助學生有效的學習？
10. 您還想說什麼？

## 三、資料處理

### (一) 量化資料部分

本研究以描述性統計、獨立樣本 t 檢定、單因子變異數分析、Scheffe 事後比較等統計方法處理量化

的資料。

## (二) 質化資料部分

以編碼方式處理質化的資料。於訪談結束後將錄音帶進行逐字稿轉謄，於完成逐字稿後，進行編號，第一碼以 1、2、3 當代號，分別代表院別（工學院 1、管理學院 2、服務學院 3）。第二、三碼以阿拉伯數字 01~14 為代號，代表受訪者之系別；第四、五碼以 01~20 為代號，代表受訪者；第六、七碼，分別以 01~50 為代號，代表受訪者的發言次序號。研究者依所提及之學習困擾、學習適應狀況、學習輔導策略與其他相關建議進行編碼，然後將編碼屬性相同的歸為同一類，進行統整、刪修，找出其間的脈絡與關係。

## 肆、結果與討論

### 一、明新科技大學學生的讀書與學習策略使用狀況

#### (一) 全體受試學生

本研究透過明新科技大學日間部四技大二受試學生在「大學生學習與讀書策略量表」上的自陳反應，了解其學習策略的狀況，調查分析結果如表 2：

表 2 受試學生在「大學生學習與讀書策略量表」各分量表之得分情形摘要表(N=571)

分量表	平均數			標準差			排序		
	男	女	全體	男	女	全體	男	女	全體
態度	3.08	3.18	3.13	.69	.60	.65	8	7	7
動機	3.19	3.26	3.23	.57	.53	.54	5	5	5
時間管理	2.52	2.61	2.57	.61	.61	.61	11	10	10
焦慮	2.70	2.88	2.79	.76	.70	.73	9	9	9
專心	2.55	2.56	2.55	.60	.59	.59	10	11	11
訊息處理	3.41	3.34	3.37	.63	.49	.56	3	4	4
選擇要點	3.44	3.44	3.43	.60	.56	.58	2	3	2
學習輔助術	3.33	3.53	3.42	.57	.51	.55	4	1	3
自我測驗	3.11	3.08	3.09	.56	.48	.52	6	8	8
考試策略	3.09	3.20	3.15	.64	.55	.60	7	6	6
解決學習困難策略	3.49	3.46	3.48	.58	.50	.56	1	2	1
總量表	3.07	3.13	3.10	.41	.37	.39			

由表 2 資料顯示，受試學生在學習策略方面的表現，整個量表的平均數為 3.10，顯示受試學生自陳學習策略的表現，維持在中上程度。若從學習策略各分量表平均得分加以比較，其得分高低依序為：「解決學習困難策略」(M=3.48)，「選擇要點」(M=3.43)、「學習輔助術」(M=3.42) 再次之為「訊息處理」(M=3.37)、「動機」(M=3.23)、「考試策略」(M=3.15)、「態度」(M=3.13)、「自我測驗」(M=3.09)；得分較低的是「焦慮」(M=2.79)、「時間管理」(M=2.57) 和「專心」(M=2.55)。表示受試學生的學習策略，以「解決學習困難策略」的表現較佳，而表現較差的學習策略是「時間管理」和「專心」。顯示學生在面

對學習困難時的思考操作表現較好，但在對學校課業集中注意的能力及對課業、課程時間安排的情形均較差，且對學校課業的擔心程度不高。

### (二)男生

受試男生在學習策略方面的表現，整個量表的平均數為 3.07，顯示受試學生自陳學習策略的表現，維持在中上程度。若從學習策略各分量表平均得分加以比較，其得分高低依序為：「解決學習困難策略」(M=3.49)、「選擇要點」(M=3.44)、「訊息處理」(M=3.41) 次之為「學習輔助術」(M=3.33)、「動機」(M=3.19)、「自我測驗」(M=3.11)「考試策略」(M=3.09)、「態度」(M=3.08)；得分較低的是「焦慮」(M=2.70)、「專心」(M=2.55)和「時間管理」(M=2.52)。顯示受試男生在面對學習困難時的思考操作表現較佳，但在對學校課業集中注意的能力及對課業、課程時間安排的情形均較差，且對學校課業的擔心程度不高。

### (三)女生

受試女生在學習策略方面的表現，整個量表的平均數為 3.13，顯示受試女生自陳學習策略的表現，維持在中上程度。若從學習策略各分量表平均得分加以比較，其得分高低依序為：「學習輔助術」(M=3.53)「解決學習困難策略」(M=3.46)、「選擇要點」(M=3.44)次之為「訊息處理」(M=3.34)、「動機」(M=3.26)、「考試策略」(M=3.20)、「態度」(M=3.18)、「自我測驗」(M=3.08)；得分較低的是「焦慮」(M=2.88)、「時間管理」(M=2.61)和「專心」(M=2.56)。顯示受試女生在使用支持性的技巧或材料來幫助學習和記憶的方法的策略上表現較佳，但在對學校課業集中注意的能力及對課業、課程時間安排的情形均較差，且對學校課業的擔心程度也不高，與受試男生相同。

由以上結果顯示全體受試不論男女生均在「解決學習困難策略」、「選擇要點」和「學習輔助術」等策略上表現較好，在「焦慮」、「時間管理」和「專心」得分較低。受試男生在面對學習困難時的思考操作表現較佳而受試女生在使用支持性的技巧或材料來幫助學習和記憶的方法的策略上表現較佳，但在對學校課業集中注意的能力及對課業、課程時間安排的情形均較差，且對學校課業的擔心程度不高，男女生皆然。

## 二、受試學生的學習策略與學業成績的關係

為了解擁有較好學習策略的大學生，其學業成績是否會有較好的表現，本研究取得受試學生九十三學年度第一學期與第二學期之學業成績資料，計算出其學年總平均分數，依照性別、院別、系別進行分析。茲將量表總分和十一個分量表得分，分別與學業成績求相關，結果如表 3。

由表 3 中得知，受試學生的學習策略與學業成績之間有正相關存在；與學業成績有較高相關的學習策略是「動機」、「考試策略」與「解決學習困難策略」，而「焦慮」、「訊息處理」二者與學業成績的相關較低。

就受試男生而言，學習策略與學業成績之間有正相關存在；與學業成績有較高相關的學習策略是「動機」、「選擇要點」、「自我測驗」與「解決學習困難策略」，而「焦慮」、「訊息處理」與「學習輔助術」三者與學業成績的相關較低。

就受試女生而言，學習策略與學業成績之間有正相關存在；與學業成績有較高相關的學習策略是「動機」、「時間管理」與「解決學習困難策略」，而「焦慮」、「訊息處理」與「學習輔助術」三者與學業成績的相關較低，與男生相同。

本研究的目的之一在了解擁有較好學習策略的學生，其學業成績是否亦會有較好的表現。全體受試學生的學習策略與學業成績之間具有正相關 ( $r=.39$  達到  $P=.01$  之顯著水準)。與學業成績有較高相關的學習策略是動機、考試策略、解決學習困難及時間管理、與選擇要點策略，而焦慮、訊息處理、學習輔助術三者與學業成績的相關較小。整體而言，學習策略與學業成績的相關，以管理學院學生的相關較大，就系別而言，以旅館系最高，次之為國企、企管、工管及化學系，而休閒系與幼保系學生的學習策略與學業成績的相關均為低相關。

表3 受試學生在「大學生學習與讀書策略量表」得分與學業成績的相關 (N=571)

	態 度	動 機	時 間 管 理	焦 慮	專 心	訊 息 處 理	選 擇 要 點	學 習 輔 助 術	自 我 測 驗	考 試 策 略	解 決 學 習 困 難	總 量 表
男生	.19**	.50**	.27**	.13*	.23**	.17**	.35**	.17**	.34**	.30**	.37**	.40**
女生	.25**	.42**	.30**	.16**	.27**	.12*	.28**	.16**	.24**	.28**	.30**	.38**
工學院	.18**	.48**	.29**	.16*	.24**	.16*	.28**	.20**	.29**	.31**	.37**	.39**
管理學院	.34**	.37**	.33**	.11	.32**	.17*	.43**	.26**	.42**	.38**	.43**	.51**
服務學院	.13	.41**	.26**	.09	.18*	.07	.17*	.18	.21**	.11	.14	.27**
機械	.25	.46**	.00	.06	-.06	.11	.38*	.18	.31*	.27	.38*	.30
電機	.18	.60**	.29*	.08	.30*	.28*	.37**	.09	.48**	.33*	.48**	.44**
電子	.22	.39**	.29	.41**	.36*	.38**	.46**	.36*	.27	.48**	.46**	.53**
土木	.12	.47*	.32	.04	.27	.38*	.19	.12	.36	.24	.46*	.43*
化學	.15	.79**	.53*	.11	.36	.31	.20	.57**	.38	.22	.52*	.50*
光電	.28	.39**	.34*	.29	.36*	-.12	.27	.00	.04	.32*	.25	.33*
工管	.31*	.66**	.25	.28*	.28*	.21	.43**	.07	.26	.43**	.42**	.52**
資管	.15	.56**	.18	.09	.28	-.06	.41**	.23	.35*	.36*	.33*	.41**
國企	.44**	.51**	.47**	.15	.40**	.21	.58**	.27*	.49**	.31*	.45**	.55**
企管	.34*	.59**	.45**	-.01	.38*	.42**	.24	.24	.47**	.32*	.57**	.53**
旅館	.23	.65**	.59**	.24	.42*	.16	.55**	.18	.53**	.42*	.49**	.62**
幼保	.16	.29	.38*	.04	.23	.07	.04	.20	.13	.03	.15	.24
休閒	-.13	.38*	-.08	-.06	-.01	-.01	.02	.11	.12	-.09	.02	.02
老服	.36	.68**	.44*	.04	.41*	.22	.35	.27	.21	.13	.14	.46*
全體受試	.23**	.45**	.29**	.19**	.23**	.11**	.29**	.22**	.26**	.31**	.30**	.39**

\*  $P<.05$  \*\*  $P<.01$

### 三、大學生背景變項在學習策略上的差異比較

本研究所界定之背景變項是指受試學生之個人背景基本資料，包含：性別、院別（包括工學院、管理學院、服務事業學院）、系別（機械系等十四系）等三個變項。茲分別分析如下：

#### （一）性別

根據本研究的調查結果發現，受試學生的學習策略在量表總分及各分量表的得分上，「學習輔助術」及「焦慮」分量表的  $t$  值達到了顯著水準，女生的平均數高於男生，顯示女生在「學習輔助術」的學習策

略使用上優於男生，女生較能使用支持性的技巧或材料來幫助學習和記憶，而女生對學校課業的學習也較為擔心。結果如表 4 所示：

表 4 不同性別受試學生在「大學生學習與讀書策略量表」得分之比較

學習與讀書策略量表	男 生 (N=280)		女 生 (N=291)		t 值 (df=569)	事後 比較
	平均數	標準差	平均數	標準差		
態度	3.08	.70	3.18	.60	-1.77	
動機	3.19	.57	3.27	.53	-1.58	
時間管理	2.52	.61	2.61	.61	-1.74	
焦慮	2.70	.76	2.88	.70	-2.82**	女>男
分專心	2.54	.60	2.56	.59	-.26	
量 訊息處理	3.41	.63	3.34	.49	1.43	
表 選擇要點	3.44	.60	3.43	.56	-.003	
學習輔助術	3.32	.57	3.53	.51	-4.47**	女>男
自我測驗	3.11	.57	3.08	.48	.65	
考試策略	3.09	.64	3.20	.55	-2.37	
解決學習困難策略	3.49	.59	3.48	.54	.39	
總 量 表	3.07	.41	3.13	.37	-1.69	

\* P<.05 \*\* P<.01

## (二)院別

在學習策略的表現上，工學院、管理學院及服務學院受試學生在「學習與讀書策略量表」的總分及分量表得分之平均數及標準差如表 5。

表 5 不同院別受試學生在「大學生學習與讀書策略量表」各分量表之得分情形摘要表

學習與讀書策略量表	工學院 (N=230)		管理學院 (N=188)		服務學院(N=153)	
	平均數	標準差	平均數	標準差	平均數	標準差
態度	3.11	.70	3.12	.63	3.18	.60
動機	3.23	.60	3.24	.50	3.21	.53
時間管理	2.57	.65	2.53	.61	2.61	.55
焦慮	2.67	.79	2.77	.71	2.30	.63
分專心	2.55	.62	2.58	.59	2.52	.56
量 訊息處理	3.41	.64	3.38	.54	3.33	.47
表 選擇要點	3.44	.63	3.43	.57	3.43	.51
學習輔助術	3.37	.57	3.47	.56	3.46	.49
自我測驗	3.16	.54	3.07	.54	3.02	.46
考試策略	3.10	.66	3.12	.57	3.25	.51
解決學習困難策略	3.51	.60	3.46	.51	3.44	.48
總 量 表	3.09	.43	3.09	.37	3.12	.34

為了解不同院別受試學生在學習策略的表現上有無差異存在，以量表總分及各分量表得分進行單因子變異數分析得知（如表 6），不同學院受試學生在學習策略量表整體表現上無顯著差異存在。而在分量表的得分上，不同學院受試學生在「考試策略」「自我測驗」「焦慮」學習策略的表現上有顯著差異存在，進行事後比較發現，工學院學生在「自我測驗」策略得分高於服務事業學院學生，顯示工學院受試學生對課程及考試複習時的準備情形優於服務事業學院受試學生，而服務事業學院受試學生在「焦慮」的分數高於工學院及管理學院受試學生，顯示服務事業學院受試學生對學校課業的學習結果較為擔心。

表 6 不同學院受試學生在「大學生學習與讀書策略量表」得分之單因子變異數分析摘要表

學習與讀書策略	變異來源	平方和	自由度	平均平方和	F	事後比較
態度	組間	.48	2	.24	.57	
	組內	241.42	568	.43		
動機	組間	.06	2	.03	.10	
	組內	171.10	568	.30		
時間管理	組間	.57	2	.29	.77	
	組內	211.10	568	.37		
焦慮	組間	10.18	2	5.09	9.74**	服>工 服>管
	組內	296.97	568	.52		
專心	組間	.30	2	.15	.42	
	組內	201.41	568	.36		
訊息處理	組間	.58	2	.29	.92	
	組內	180.77	568	.32		
選擇要點	組間	.03	2	.02	.05	
	組內	191.07	568	.34		
學習輔助術	組間	1.15	2	.58	1.92	
	組內	170.13	568	.30		
自我測驗	組間	2.07	2	1.03	3.82*	工>服
	組內	153.751	568	.271		
考試策略	組間	2.23	2	1.12	3.16*	無任何兩組 差異達顯著
	組內	200.86	568	.35		
解決學習困難策略	組間	.29	2	.14	.46	
	組內	180.05	568	.32		
總量表	組間	.09	2	.04	.29	
	組內	86.10	568	.15		

\* P&lt;.05 \*\* P&lt;.01

### (三) 系別

在學習策略的表現上，分別計算十四個系的日間部四技二年級學生在「學習與讀書策略量表」的總分及分量表得分之平均數及標準差(表略)。為了解不同系別學生在學習策略的表現尚有無差異存在，以量表總分及各分量表得分進行單因子變異數分析，其結果如表 7 所示：各系學生在學習策略量表之「時間管理」、「焦慮」、「學習輔助術」、「自我測驗」分量表上差異達顯著水準，但經事後比較發現，並無任何兩組達顯著。因此，可視為各系學生之學習策略無顯著差異存在。

由以上研究結果可知：明新科技大學日間部四技二年級受試學生在「解決學習困難策略」、「選擇要點」和「學習輔助術」等策略上表現較好，在「焦慮」、「時間管理」和「專心」得分較低。與洪寶蓮(1990)研究大學生學習策略的表現，以「選擇要點」與「考試策略」為佳；以「時間管理」和「專心」表現最差結果相似。亦如游敏玲(2003)所指，國內大一大二學生的閱讀策略使用以因應考試策略使用最多，較少使用控制時間環境、尋求他人或筆記的輔助學習。即如趙曉美、潘淑芬(2003)所言我國大學生的學習策略較多採用考試策略，在時間管理方面有待加強。

受試學生的學習策略與學業成績的關係分析結果顯示學習策略與學業成績之間有正相關存在；與鄭英耀(1987)、洪寶蓮(1990)、Yu(1999)及 Wenger(2002)等研究結果相符，本研究中與學業成績有較高相關的學習策略是「動機」、「考試策略」與「解決學習困難策略」，而「焦慮」、「訊息處理」二者與學業成績的相關較低，即學習策略和學業成就之間分別有低、中、高不等的正相關(黃淑娟, 2003)。

表 7 不同系別受試學生在「大學生學習與讀書策略量表」之單因子變異數分析摘要表(N=571)

學習與讀書策略	變異來源	平方和	自由度	平均平方和	F
態度	組間	8.37	13	.64	1.54
	組內	233.53	557	.42	
動機	組間	3.19	13	.25	.81
	組內	167.97	557	.30	
時間管理	組間	11.10	13	.85	2.37**
	組內	200.57	557	.36	
焦慮	組間	16.40	13	1.26	2.42**
	組內	290.76	557	.52	
專心	組間	5.30	13	.41	1.16
	組內	196.41	557	.35	
訊息處理	組間	5.52	13	.43	1.35
	組內	175.83	557	.32	
選擇要點	組間	4.10	13	.32	.94
	組內	187.01	557	.34	
學習輔助術	組間	7.28	13	.56	1.90*
	組內	164.01	557	.30	
自我測驗	組間	8.01	13	.62	2.32**
	組內	147.811	557	.265	
考試策略	組間	4.94	13	.38	1.07
	組內	198.15	557	.36	
解決學習困難策略	組間	6.17	13	.48	1.52
	組內	174.17	557	.32	
總量表	組間	2.50	13	.19	1.28
	組內	83.69	557	.15	

\* P&lt;.05 \*\* P&lt;.01

#### 四、大學生學習適應狀況

邀請願意參加焦點團體訪談同學進行訪談，於訪談結束後將錄音帶進行逐字稿轉謄，依據訪談大綱整理如下：

##### (一) 個人對於讀書與學習的感受

讀書就是為了學習，不過學習也有很多種方式。(1020101)

在課業上會跟不會會有很大的差別。(3130101)

以前會跟同學做比較，現在比較不會。(1030201)

##### (二) 進入大學後，對自己學習的期許

考一些證照，多學一點一技之長。(2100101)

把自己想學的學好，對專業科目方面再下工夫。(2080102)

先找到自己想要做什麼吧，清楚自己的目標。(3130302)

還在考慮中。(3130104)

讀完大學要考研究所，繼續進修。(1020103) (1060101) (3130201)

##### (三) 學習的過程中，最有成就感的是

學習每一科都不錯，沒遇到什麼困難，第一次如果遇到困難，第二次也會立刻突破。(1020104)

我覺得成就感越大的話，感覺也越大，有時候會感覺到壓力。(1050105)

在表演藝術課程上有分組設計活動，可以和朋友一起玩，可以一起討論、期末表演，感覺很開心。

(3130202)

(四) 在學習的過程中，感到最困擾的是

人事問題比較嚴重，在相處時，每個人都有不同意見，不管自己怎麼做，感覺都會做不完美。(1050106)

因為分組報告有時會比較麻煩。(2080103)

跟同一組同學分組討論時或決定報告的分工方面都很容易有問題，單獨做報告反而較不會有這種情況發生。(3130105)

報告太多了，每一科都有報告，有時候除了報告還有考試，很累人！(3130203)

會遇到誘惑。像是遊戲之類的，會沒辦法專注。(1060205)

時間還很充裕的時候就不會很用功，等到考試時間快到的時候才會開始努力。(1060206)

覺得會有太多好玩的事情，容易分心。(1030205)

反正老師不考試的話就不唸書，遊戲太吸引了。(1030206)

(五) 造成學習困擾的主要因素

自己沒給自己很清楚的計畫，到考試時候就趕快應付一下。(1060207)

講光抄，也就是老師光是一直講，而我們只要照著抄就是，不過有些人不做筆記，就會請別人代筆，或是乾脆拿別人的筆記去影印。(1050101)

(六) 遇到學習困難時，使用何種方法來解決問題

硬背，考題還蠻簡單的，老師基本上也會講一下考題走向。(3130206)

同學會一起讀書，不會的話也會問同學。(3130303)

因為大家環境不同，我較喜歡獨自學習。(3130109)

沒路可走才會去問，目前還沒有去問過老師。(3130111) (3130304)

問同學，一起討論。(3130112)

會自己看書，如果不會再私底下問同學。(2080105)

問老師。(1020109) (1020110) 我覺得有問題直接問老師比較快，最直接也最正確。(1050109)

在課堂上會發問。(1060208)

(七) 當您學習遇到困難時，您覺得任課教師能提供的協助是

在課堂上聽不懂可能會問一下，有時候會問老師以後的出路。(1020111)

在唸原文書時，有的老師會跟你說哪裡需要唸哪裡不需要唸。(1050110)

有些老師會舉生活例子，比較好。(1050112)

有的老師會講完一小段就問「有沒有問題？」(1060116)

有些老師會準備講義或一些資料，然後會把講義的內容帶到課本來。(2100104)

(八) 當學習遇到困難時，您覺得身為學生的自己應有的態度與做法是

對於自己的課業，70%應該自己負責，30%老師也要負責。(3130115)

我覺得一半一半。(3130308)

差不多都要負責吧，有的老師太鬆、有的老師太嚴。(3130214)

假如你自己會的話，老師也不需要硬性規定你事項。(2080108)

這應該都要看自己，是自己的問題。(2080106)

由以上訪談結果分析，受訪學生在學習策略與學習適應上的問題，可綜合為以下四點：

- 1.在學習態度上：受訪學生在大學中的學習各有其目標，有些能把握技職院校的特色在證照及專業科目上下工夫，部分受試學生已立定志向要考研究所，繼續進修，也有人認為學習是多面向，正在摸索，尋求發展。
- 2.在學習方法與習慣上：時間管理是受試學生難以掌握的策略，專心也是想做但無法實踐的策略，在訊息處理及選擇要點上沒有有效的方法。在學習動機上自己沒有清楚的計畫，到考試時候才應付，考試策略也因考題簡單採硬背方法過關。
- 3.在解決學習困難上：遇到學習困難時，最常使用的方法是同儕輔導，同學會一起讀書，不會的話會問同學，少數受試學生也會請教老師及在課堂上會發問。
- 4.在學習成就歸因上：受試學生中有人認為自己的課業是自己的問題應該要看自己，有主張 70%應該自己負責，30%老師也要負責，也有人認為一半一半。

此次訪談結果，受訪學生的學習適應問題集中於其個人之學習態度、學習方法與習慣、學習困難解決方面，在學習方法與習慣上可以看出，有計畫且會管理時間、專心讀書的學生實為少數，大多數學生均以應付考試為其學習目標，而且受環境及同儕之影響付諸於學校課業學習之心力不多，易受其他活動引誘分心。正如洪寶蓮（1990）、游敏玲（2003）及趙曉美、潘淑芬（2003）的研究所指：我國一般的大學生在時間管理、專心向學與尋求他人協助等資源經營策略方面均有待加強。也有學生提出校園讀書風氣不盛、教師教學無趣、分組學習的人際相處等學習困擾，所以受試學生的學習適應問題多為王姿文（2003）之歸類屬於學校及個人方面，家庭方面較少提及。

## 伍、結論與建議

本研究在瞭解科技大學學生的學習策略，並探討其學習適應問題。以明新科技大學日間部四技二年級學生為研究對象，利用問卷調查法及訪談法蒐集資料。茲將研究結果歸納成結論，並據此提出具體建議，以作為教學及輔導之參考。

### 一、結論

（一）受試學生之學習策略，以「解決學習困難策略」、「選擇要點」及「學習輔助術」的表現較好，以「時間管理」和「專心」的表現較差。顯示學生在面對學習困難時的思考操作表現較佳，也能在讀書時找出重要的資料或重點且使用支持性的技巧或材料來幫助學習和記憶的方法。但在對學校課業集中注意的能力及對課業、課程時間安排的情形均較差，且對學校課業的擔心程度不高。因此如何協助學生有效的時間管理及提高專心的能力，並對自己的學業適度關心是教師與輔導人員應深入研究的主题。

（二）學習策略的分量表中，與學業成績相關較高的分量表是「動機」、「考試策略」與「解決學習困

難策略」，協助學生運用有效的學習策略以提升學習成果，相當重要，尤其是激發學習動機提升學生個人努力用功的意願，培養勤勉與自律的讀書態度應為最有效的策略。

(三) 不同背景變項的學生，其學習策略的差異情形如下：

1. 學生的學習策略因性別的不同而有顯著差異，女生「學習輔助術」學習策略的使用上優於男生。因此對於不同性別的學生，可考慮不同的學習輔導方案，以協助男生更有效的學習。而女生在「焦慮」量表的分數高於男生，顯示對學習的焦慮較高，可給予調適焦慮的建議方法，使女生的焦慮程度能在不影響學習成果的狀態下，適度關心自己的學業。
2. 學生的學習策略因院別的不同而有顯著差異，服務事業學院的學生在「焦慮」量表的分數高於工學院及管理學院的學生，顯示服務事業學院學生對學校課業的學習結果較為擔心。工學院的學生在「自我測驗」量表的分數高於服務事業學院的學生，顯示工學院學生對課程及考試複習時的準備情形優於服務事業學院學生。
3. 以十四系的學生來比較，學生的學習策略不因系別的不同而有差異。如分別以同一學院來分析，工學院土木系學生在「時間管理」的得分高於電子系，管理學院國企系學生在「學習輔助術」及「自我測驗」分量表的得分高於資管系。

(四) 學生的學習適應問題

1. 學生的學習困擾在學生本身方面有自己無法專心讀書、學習內容艱深不易理解與讀書只為應付考試等。易受其他活動引誘分心、時間管理不當是造成學習困擾的主要因素。
2. 學生的學習困擾在學習環境方面有校園讀書風氣不盛、教師教學無趣、分組學習的人際相處等。提升讀書風氣、改善教學方法、倡導合作學習模式及教導讀書策略都是有效改善學習適應問題的方法。

## 二、改善策略

依據研究的結果與結論，提出改善策略，提供學生、教師及學校參考，以建立學生之有效學習策略及解決學習適應之困擾。茲分述如下：

(一) 成立學習策略工作坊，協助學生學習效能提升。

1. 教導學生學習策略：通識教育部開設與學習策略或時間管理有關的課程，幫助學生有效的學習。
2. 實施學習策略輔導方案：學生輔導中心設計有關學習策略的輔導方案，如「時間管理」、「有效學習方法」等學習團體，提供學生學習。
3. 舉辦提升學習效能系列活動：舉辦座談會、相關研習活動或進行個別輔導，增進學生有效運用學習策略的能力。
4. 鼓勵學生閱讀、自學：落實圖書館利用教育，舉辦長期獎勵活動，鼓勵學生養成閱讀習慣，並充分運用網路學習。
5. 營造學習風氣：各系所廣設讀書自習空間，營造有利於學習的環境，學校增設學業優良獎學金，激發學生對學習的重視及提高學習風氣。

(二) 舉辦教師在職進修，提升教學品質，使教師成為學生學習之重要輔導者。

- 1.提升教師教學知能：舉辦有關教學策略、學習方法研習，使教師均具備生動有效的教學能力，激發學生學習興趣。
- 2.設計合適教材：教師規劃合宜課程，了解學生的起始能力，以激發學生的學習動機。
- 3.改善評量方式：增加形成性評量次數，以協助學生規劃讀書時間。
- 4.落實學習輔導：教師表現積極接納與鼓勵的態度，擔任學生學習解惑的要角。

### (三) 運用導師輔導制度，激勵學生自我提升學習效能。

- 1.突顯學習問題：利用導師時間說明學習狀況，提高學生對學業的關切，改善學習適應問題。
- 2.學生自我學習態度改變：提升個人學習動機、建立積極的學習態度，對學業能抱持關心的態度以提高學習效果。
- 3.培養良好的學習習慣：妥善管理時間，規劃讀書計畫，將學業與其他活動的時間分配做適當安排。
- 4.有效學習策略之運用：把準備考試也規劃為有效學習，透過同學互助學習與問題解決，有計畫的充實各科專業知能。

## 陸、參考文獻

- 王姿文(2003)。國小資源班回歸學生在普通班的學習適應研究-以台中縣的一所國小為例。台中師範學院國民教育研究所碩士論文，未出版。
- 朱錦鳳(2000)。大學生學習策略量表的編製。測驗與輔導，162期，p.3409-3413。
- 何宗翰(1998)。主修領域背景對大學生知識信念與學習策略的影響。國立政治大學教育研究所碩士學位論文，未出版。
- 李坤崇、邱美華(1991)。國中國小學生學習因素之個人因素探討。輔導月刊，27(3、4)，p.8-20。
- 李坤崇(1992)。國小學生學習適應及其相關因素之延續研究。台南師院學報，25，p.83-122。
- 何秀珠(1994)。國小男女教師性別角色與學生學校適應，學業成就之研究。國立政治大學教育研究所博士論文，未出版。
- 李咏吟、張德榮、洪寶蓮(1992)。大學生學習與讀書策略量表之修訂報告。測驗年刊，39輯，p.117-138。
- 林進財(1992)。城郊地區國小高年級學生學校適應比較研究。國立台灣師範大學教育研究所碩士論文，未出版。
- 吳政道(1995)。大學生生活適應問題之相關研究。國立中正大學心理學研究所碩士論文，未出版。
- 洪寶蓮(1997)。內在動機與情意學習方案之發展及其團體輔導效能。國立彰化師範大學輔導研究所博士論文，未出版。
- 陳正德(2003)。以項目為基礎的協同過濾應用於網路教材瀏覽推薦之研究。銘傳大學資訊工程學系碩士論文，未出版。
- 陳英豪、林正文、李坤崇(1989)。國小學生學習適應量表編製報告。中國測驗學會測驗年刊，36，1-12。
- 張景媛(1991)。大學生認知風格、動機與自我調整因素、後設認知與學業成就關係之研究。教育心理學報，24期，p.145-161。
- 張新仁(1989)。學習策略訓練之初探。教育文粹，18，p.86-94。

- 郭郁智(2000)。國民中學學生學習策略、批判思考能力與學業成就之相關研究。國立高雄師範大學教育研究碩士論文，未出版。
- 郭佳哲(2001)。讀書會方案對國小高年級學生學校適應之研究。國立彰化師範大學教育研究所碩士論文，未出版。
- 黃淑娟(2003)。原住民國中生的學習動機、學習策略與學業成就關係之研究。彰化師範大學教育研究所碩士論文，未出版。
- 黃湘淳(2000)。國中生英語學習適應之相關因素研究--以台南地區為例。國立成功大學教育研究所碩士論文，未出版。
- 游敏玲(2003)。大學生後設認知閱讀策略之研究。國立彰化師範大學輔導與諮商研究所碩士論文，未出版。
- 趙曉美、潘淑芬(2003)。台北市立體育學院職前教師學習策略與學習適應之研究。*北體學報*，11，p.127-142。
- 廖美惠(2003)。教導學習策略對國中學生數學科的學習成效研究。國立高雄師範大學物理學系碩士論文，未出版。
- 賴玉粉(1995)。花蓮縣原住民、非原住民國小學童學習適應與自我觀念之比較研究。國立花蓮師範學院初等教育研究所碩士論文，未出版。
- 鄭英耀(1987)。大學生學習習慣及態度與學業成就關係之研究。*高雄師院教育研究*，1期，p.157-180。
- 劉信雄(1991)。國小學生認知風格、學習策略、自我效能與學業成就關係之研究。國立政治大學教育研究所博士論文，未出版。
- Barbara, M.B., & Martha, J.G.(1987).School adaptation : a triangular process. **American Education Research Journal** , 36(2) , 345-370.
- Mayer , R.E.(1987).Educational Psychology : A cognitive Approach.
- Mushi , S.L.P.(1999).A comparative analysis of educating young children in Tanzania parent's perspectives.**Early Child Development and Care** , 156 , 15-33.
- Pierce , K.M. , Hamm , J.V. , &Vandell , D.L.(1999).Experiences in after-school programs and children's adjustment in first—grade classrooms.**Child Development** , 70(3) , 756-767.
- Simbo , F.K.(1988).The effects of no tetaking approaches on student achievement in secondary school geography. **Journal of Educational Research** , 81(6) , 377-381.
- Wenger,G.A.(2002).Learning and study strategies as they relate to success in an open-entry/open-exit college deelopment reading course. Andrews University PhD.
- Yu, S. L. (1999). Women's motivation and strategy use in college science classes. **Journal of Staff, Program, & Organization Development**, 16(2), 93-101. (ERIC, No. EJ586476)