

應用關鍵鏈方法建立穩健專案管理系統

張盛鴻^{1*} 宋南豪¹ 杜瑩美²

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 Chang¹ Nan-Hao Sung¹ Ying-Mei Tu²

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

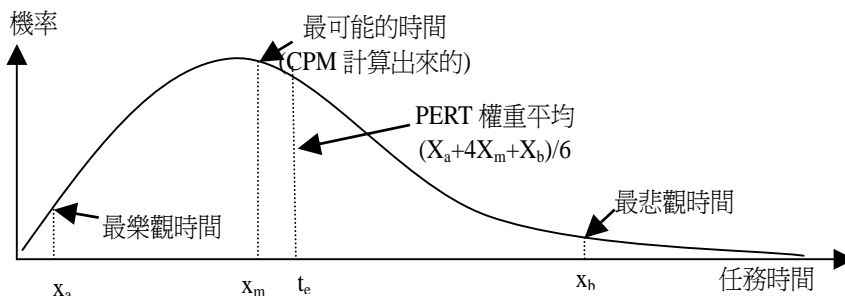
在代表不同屬性的專案型態中，複雜度代表著專案網路的結構，包含任務數目及任務間的順序與關聯。Anthony A. Mastory [6] 曾就專案排程上的最佳化進行模擬，並對專案排程網路的結構，依據不同之複雜度進行分類， S 的值愈大表示專案工作間的關係愈複雜，但過大的 S 值卻不符合實際專案計劃的情況。由於複雜度的廣度大，所以本實驗採用「複雜度」代表不同型態的專案。其中設計專案網路任務間順序的複雜度為 $S=0.10$ 、 $S=0.15$ 、 $S=0.20$ 三種型態的專案網路圖，代表著不同類型的專案。依照本實驗所設定的專案任務數 20 個，分別在複雜度為 $S=0.10$ 、 $S=0.15$ 、 $S=0.20$ 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 β 分配，本研究之專案時程分配亦採用傳統 PERT 技術的 β 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 β 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 β 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%

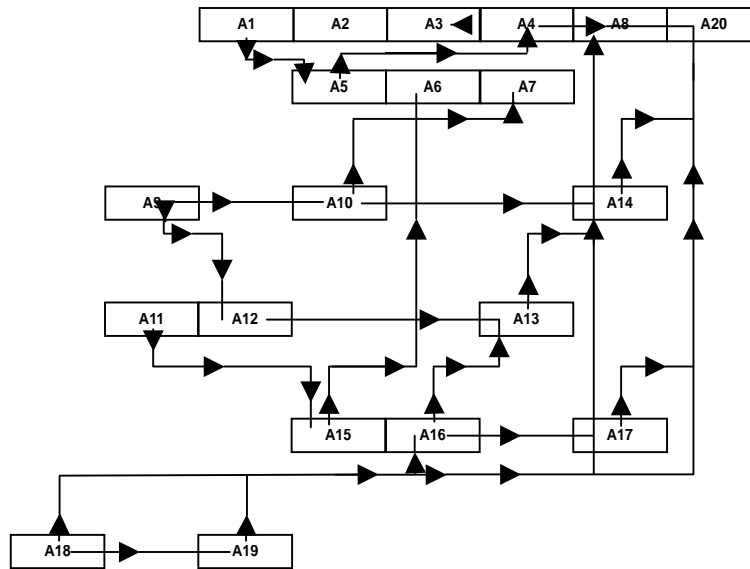
3.6 單一專案模擬實驗

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

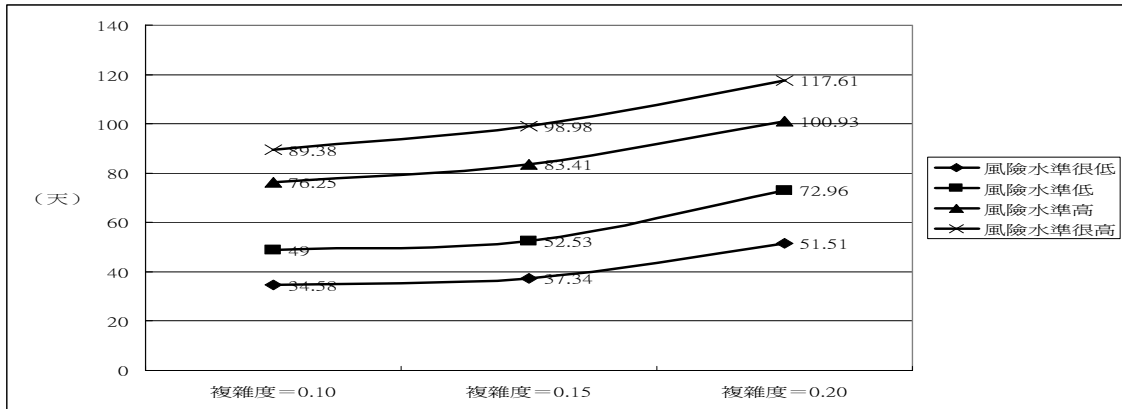
CCPM 的關鍵鏈排程運用 TOC 的五大聚焦觀念，以 50-50 法則縮短各任務的時間，並找出專案中的關鍵鏈，將各任務的安全時間設置成緩衝時間，用來保護專案整體及關鍵鏈。

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。

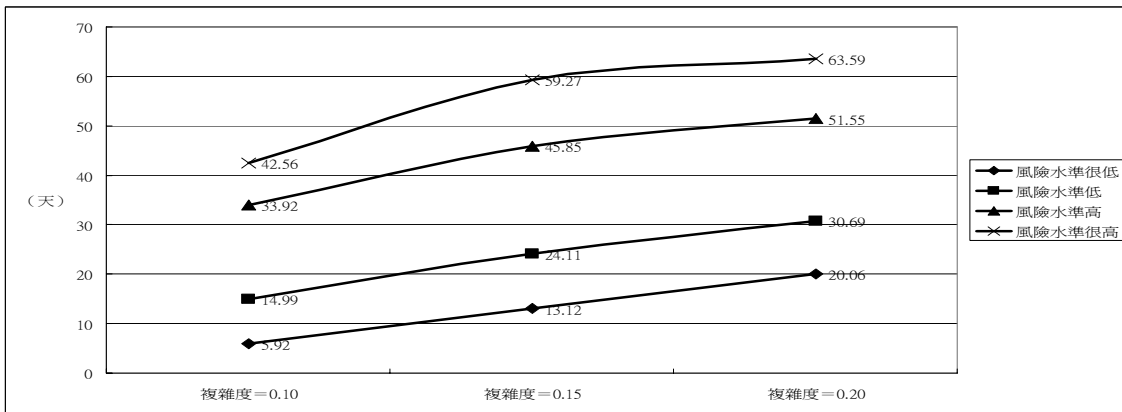
然而 CCPM 會依照專案的風險水準高低調整專案的時程，模擬結果顯示依專案複雜度的簡繁，在不同風險水準下，或是當固定專案風險水準，不同複雜度，運用 CCPM 技術的專案，皆有九成以上的交期達交率(如附錄表十四)。就整體而言，CCPM 運用的管理技術能規劃出適合各類型專案的時程，且有效率的控管專案執行，平均差異時間與平均延遲時間的績效指標顯示，在 90% 的信心水準下，專案皆能如期完成或是提早完工。

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

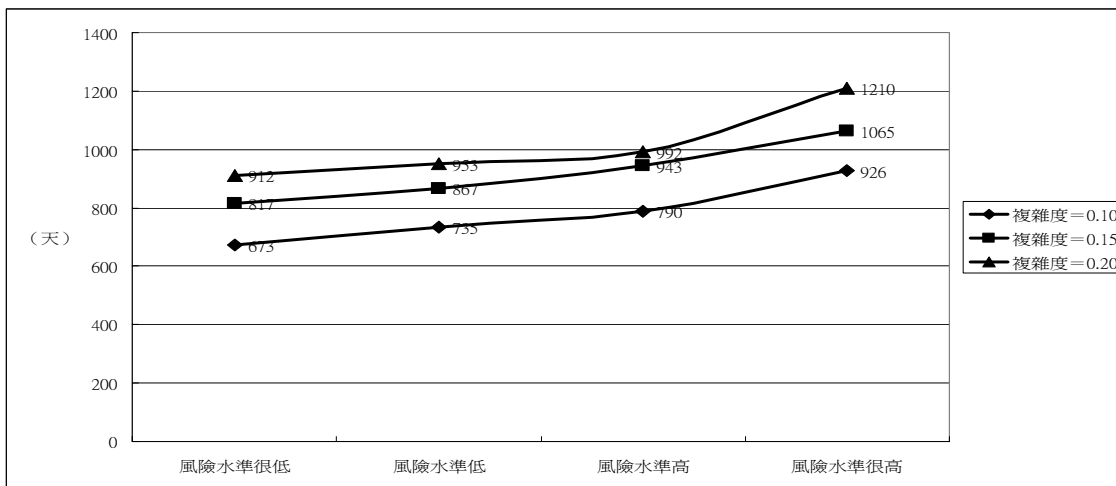
CCPM 的同步化機制將多專案環境的子專案依其重要性排定專案的優先順序，即專案依時間分階段執行，將明顯的減少資源相依所造成的多工任務。依據負荷最重的限制資源來錯開專案，將多專案的各個子專案照優序時間分階段執行。為確保每個專案都能準時完成，透過關鍵鏈排程解決專案內的不良工作行為，以專案緩衝與匯流緩衝吸收專案執行時可能產生的不確定因素；避免一個專案影響到下一個專案的完成日，在同步化錯開專案同時，在專案與專案間加入產能緩衝，保護著專案間的銜接，目的是讓專案不要互相影響。本研究所建構的多專案在不同專案類型環境(專案網路複雜度=0.10/0.15/0.20 與專案風險水準為很低、低、高、很高)裡皆能如期完成且提早完成，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

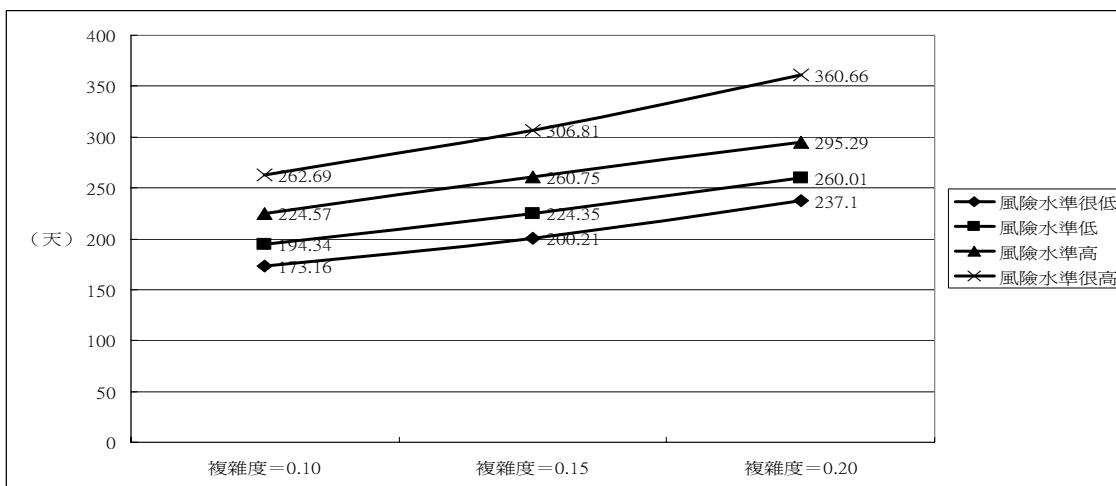
經本研究的多專案環境模擬，由表十六顯示以專案複雜度為 0.1、專案風險水準很低時，傳統多專案管理方法的三個子專案同時由第 0 天開工，承諾的專案完工日皆為 140 天，結果顯示多專案的三個子專案的總執行工期為 997 天(開工至完工)，專案完工日遠大於原先承諾交期的兩倍以上；另外 CCPM 規劃的機制依專案的優先順序將三個子專案個別開工，多專案環境的三個子專案的總執行工期為 324 天(開工至完工)。在此例裡導入 CCPM 機制於多專案環境的管控，縮短了同一專案環境裡使用傳統方法管控執行的總工期 673 天；本研究其他不同類型的多專案環境亦有如此的改善績效(如圖五)。另外由圖六、圖七顯示(專案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

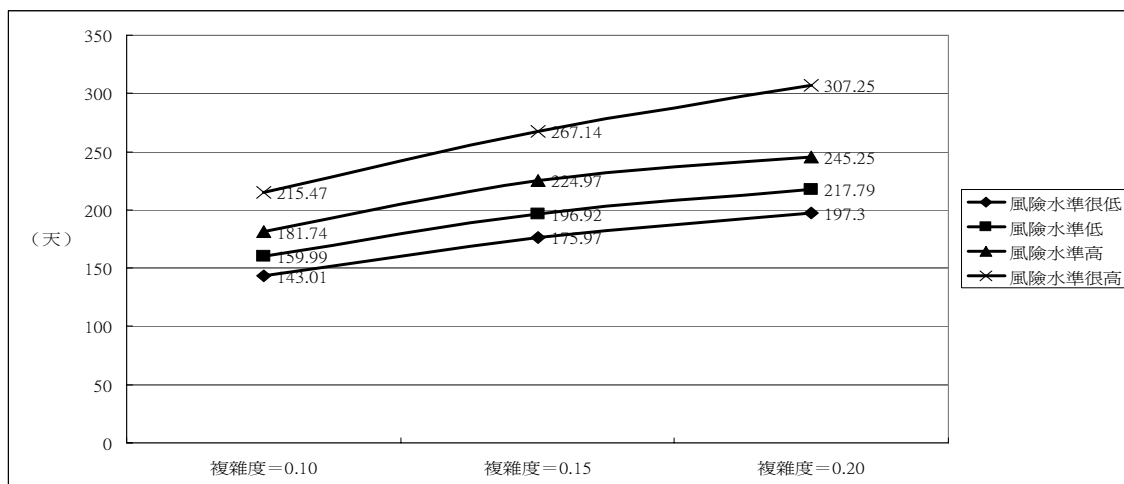
鍵鏈，將其放在保護專案最有效的地方—交期之前及匯入關鍵鏈之匯流點（前者就是專案緩衝，後者就是匯流緩衝。），吸收專案執行時可能產生的風險；在前後兩個專案中的限制資源之間加入產能緩衝，其目的是讓專案之間不要互相影響。關鍵鏈排程不僅防止學生症候狀與提早完工不報告的發生，同時因為「風險共擔」而不會浪費安全保護時間；同步化排程則使得不良的多工作業降到最低，也讓專案間的資源衝突減到最低。而其會依專案風險程度的高低設定適當的專案規劃時程，使得專案能夠順利而不延宕的完成。



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