

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

透過實驗證明為什麼供應鏈 flow 改善是如此的困難 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型
計畫編號：NSC 98-2221-E-009-088-
執行期間：98年08月01日至99年07月31日
執行單位：國立交通大學工業工程與管理學系(所)

計畫主持人：李榮貴

計畫參與人員：博士班研究生-兼任助理人員：黃佳玲

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 99 年 10 月 04 日

透過實驗證明阻礙供應鏈 flow 的主因

目 錄

壹. 前言	1
貳. 生產管理	6
一. 生產管理遊戲設計	6
二. 資料收集與分析	12
三. 結論與建議	23
參. 庫存管理	25
一. 庫存管理遊戲設計	25
二. 資料收集與分析	33
三. 結論與建議	38
肆. 專案管理	43
一. 專案管理遊戲設計	43
二. 資料收集與分析	48
三. 結論與建議	58

壹.前言

供應鏈裡有三個重要的流量(flow 等於前置時間(lead time))需要改善縮短:
(1)新產品開發流量, (2) 產品生產流量, (3)庫存流量. 過去數十年, 數以百計的研究文獻(請參考文獻)提出各種不同的解決方案想要改善此三個重要的流量, 但是實際結果仍然不好, 為什麼? 根據我們對實務界人士的訪談, 詢問是什麼重要因素阻礙此三個重要流量, 大部分的受訪人士(約 80%)會告訴你: 新產品開發過程因有太多的不確定性因素會阻礙流量, 產品生產過程中因有太多變異會阻礙流量, 庫存管理流程中因預測不準貨品堆積或缺貨會阻礙流量, 因此導入精益(Lean), 六標準差降低變異, 要求 ERP 公司該善預測準確度成為熱潮, 但是流量改善成效仍然有限, 為什麼?

Goldratt 博士在 2008 年所發表的文章裏將兩位生產管理巨人(Henry Ford 與 Taiichi Ohno)的管理理念歸納為下列四項重要供應鏈管理觀念:

1. 改善流量(等同於前置時間)是任何營運管理(Operations Management)系統的首要目標
2. 這個首要目標的達成必需要有一個知道何時指導營運管理系統不要生產的管理機制(預防生產過多)
3. 追求局部效率觀念必須揚棄
4. 必須要有一個能平衡流量的聚焦改善程序

Goldratt 博士認為阻礙流量的主要原因不是不確定性因素太多, 生產變異太多, 預測不準, 而是公司的供應鏈管理思維與機制沒有依循此四個重要觀念。以產品生產為例, Goldratt 博士認為阻礙產品生產流量, 太多變異固然是重要原因, 但是主要是我們沒有把改善流量當作一項主要目標(觀念一), 我們缺乏一套管理機制知道何時不要生產(觀念二), 我們追求局部資源效率(觀念三), 我們沒有專注於對的地方改善流量(觀念四)。 Goldratt 博士分析 Henry Ford 的 flow line 與 Taiichi Ohno 的 TPS 兩系統, 認為此兩位巨人皆把改善流量當作一項主要目標

Ford 以空間，Ohno 以庫存或看板作為控制何時不要生產的管理機制。兩位巨人皆放棄追求資源效率同時皆專注於流量的持續改善。Ford 以觀察方法，Ohno 以快速換模，持續減少看板數與每張看板的量的方法專注於對的地方改善流量。Goldratt 博士認為他所發展的 DBR/SDBR 方法也是以此四個重要觀念所發展出來的。Goldratt 博士更進一步認為公司應當將此四個重要觀念向兩端延伸到新產品開發流量改善與庫存管理流量改善。例如新產品開發流量改善，要把改善流量當作一項主要目標。要有避免開案太多(何時不要做/避免不良多工)的管理機制，要放棄追求資源效率，同時要有專注於流量的持續改善方法。同樣，庫存管理流量改善，一樣要把改善流量當作一項主要目標，要有避免有些貨品太多有些貨品缺貨的管理機制(何時不要拉貨或何時不要買材料)，要放棄追求資源效率，同時要有專注於流量的持續改善方法。Goldratt 博士也以此四個重要觀念發展出關鍵鏈(CCPM)專案管理方法與 Demend-Pull 庫存管理方法。Goldratt 博士再次強調聲明阻礙流量的主要原因不是不確定性因素太多，生產變異太多，預測不準，而是公司的供應鏈管理思維與機制沒有依循此四個重要觀念，Goldratt 博士並認為以此四個重要觀念所發展的 DBR/SDBR,CCPM 與 Demend-Pull 三個管理機制可以有效且快速的改善流量。

問題是誰的看法是對的呢？實務界人士的看法：不確定性因/變異/預測不準？或是 Goldratt 博士的看法：公司的供應鏈管理思維與機制沒有依循此四個重要觀念發展？我們雖然無法在公司實際做測試，但是我們可以設計實驗來驗證誰的論點是正確的，以供學術界與業界改善流量的參考依據，此乃本項研究的主要目的。

本研究是根據科學實驗方法進行，首先提出假設，根據假設設計遊戲實驗與情境，做實驗收集資料，資料分析與假設簡定證明假設的正確性。同時為了驗證我們的研究結果，我們會將結果再對參與者作發表徵詢他們對結果的看法。研究進行步驟與內容將包括：

1. 遊戲(Game)設計：因為需要驗證三個流量，所以需要設三個遊戲，分別為：工

廠生產管理遊戲，新產品開發專案管理遊戲與庫存管理遊戲設計。

2. 實驗情境設計: 不同流量造成阻礙其流量順暢的主因不同需要以不同的管理機制管理，因此需針對不同遊戲設計實驗情境，並以此情境實驗收集資料驗證。
3. 實驗測試: 為確保所設計的實驗沒有問題，我們先以交大學生進行實驗預測，發現問題進行修正。
4. 邀請業界人士進行實驗與資料收集: 每個遊戲將邀請三十組業界人士參與，除了配銷庫存管理遊戲一組三人外，其它兩個遊戲一組皆需七個人，所以總共需要五百一十人參與。每個遊戲約需五小時，由於此遊戲具有很高的教育學習價值，我們將以書面邀請業界人士 (或親自至其工廠)，告知此實驗的目的與參與可獲的的價值，實驗參與者免費參加但須自付交通與午餐費
5. 實驗資料分析與假設檢定

每項子計畫遊戲設計，進行方式與分析結果說明如下:

貳. 生產管理

一. 生產管理遊戲設計

本遊戲設計參考 James Holt 【1】於 2000 提出的 Job Shop 演練，經過修改後模擬了一個接單式的加工站式生產(Job Shop)的環境，因此，訂單卡【表 2-1】設計所考量收集的資料內容如下：

1. 交貨日：以接單日起算，加上設定的標準交貨天數，即為交貨日。
2. 生產天數：以下線日投料，至最終製程完成日所需的天數。
3. 製造流程：說明訂單製造流程與加工時間，記錄各工作站生產日期。

訂單卡		產品 # 1			
接單日	交貨天數	承諾出貨日			
下線日	完成日	生產天數			
製程					
A	C	B	B	D	
<input type="checkbox"/>					

【表 2-1】 訂單卡

基於簡化演練演練的考量，但也能模擬出在相同資源群組生產的現況環境，本遊戲設計 4 種不同的產品，產品間基本的製造流程類似，但使用資源時間各有所不同，其中有 4 種不同的工作站，各工作站有 1~2 部機台的資源，資源數的設計，基本上則是依主要產品的生產時間所配置的。

為了收集課程中的數據資料，本遊戲設計一份生產管理績效記錄表【表 2-2】，做為每次演練後的績效統計，其中的交貨準時率與生產天數分布資料，將是日後資料分析的主要數據來源。

第一次演練績效(現況)				現場績效				生產天數		財務績效	
訂單績效				現場績效							
出貨數量				期末存貨							
產品	數量	毛利	產出(\$)	產品	數量	成本	金額	生產天數	完成訂單數	有效產出(T)	0
#1				#1				4		作業費用(OE)	3,000
#2				#2				5		淨利(NP)	
#3				#3				6		期末存貨(I, \$)	
#4				#4				7			
合計	0	-	0	合計	0	-	0	8			
								9			
								10			
								11			
								12			
								13			
								14			
								>=15			
完成訂單數	_____									Max-Q	
遞交完成訂單	_____										
應交未交訂單	_____										
準時交貨率	<input type="text"/>										

【表 2-2】生產管理績效記錄表

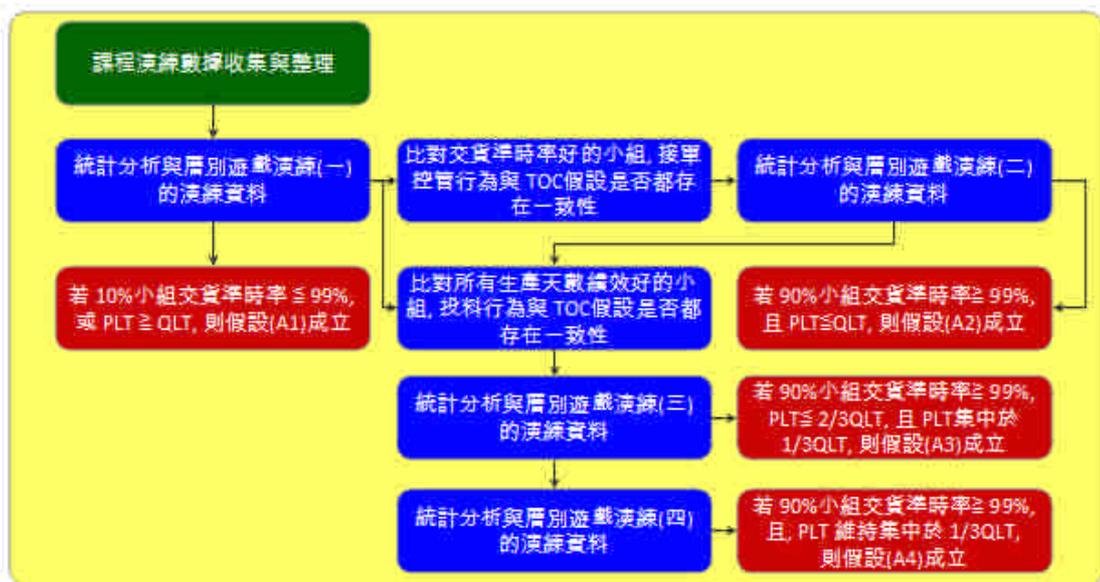
本遊戲將以限制管理的四個假設【2】為主要探討架構，也以這些假設去設計出 4 個不同的情境，用以分析影響訂單交期與生產天數績效的可能原因，是否與限制管理所提的假設有一致性，若存在有一致性的情況，則再以設計情境驗證演練以收集資料，驗證限制管理的假設是否成立。以下是限制管理在 3R S&T Tree 及相關文件中，所提及與生產管理有關的假設：

1. 假設(A1)- 生產變異不是生產管理績效不好的主因。
2. 假設(A2)- 根據 CCR(Capacity Constrained Resource)工作負荷量決定交期日可能會導致較短的前置時間。
3. 假設(A3)- 當生產現場有太多訂單時，會容易做錯優先順序，引起追求局部最佳的行為，因此拉長生產所需時間(Lead-Time)，同時嚴重的瓦解訂單的交貨準時績效。
4. 假設(A4)- 即使調節投料管理的很好，沒有訂單優先順序系統也會導致某些訂單仍然會延遲交貨。

如資料驗證流程【圖 2-1】所示，首先，我們將以沒有生產變異的環境(也就是已進行改善活動的公司)，進行現況的模擬演練(R1)，透過驗證限制管理的假設(A1)是否成立，以探討許多已不斷進行現場改善的業者，何以未見明顯的成

效，接著再比對不同績效表現的小組，進一步分析兩者的管理行為，是否有存在著限制管理假設(A2)與假設(A3)所主張的情況，再以同樣沒有生產變異的環境，逐步進行驗證演練(R2)與(R3)，以驗證假設(A2)與假設(A3)是否成立。

在完成模擬演練(R1)以及驗證演練(R2)與(R3)之後，我們試著探討一些仍未啟動現場改善的業者，是該先關注於現場改善的活動，還是同時要有一套好的管理方法，因此，我們在驗證演練(R4)之中，加上資源不能穩健使用的情境，進行限制管理的假設(A4)的驗證，以探討一套好的管理方法，不但能在有生產變異去穩健生產管理績效，也能為業者在進行現場改善時，提供更明確的改善目標，而不會虛耗資源，卻得不到好的管理績效。



【圖 2-1】資料驗證流程圖

本遊戲以六小時做為設計的基準，主要以透過演練演練的方式，讓參與遊戲學員去觀察演練的過程，並分享演練的心得，再配合限制管理方法的簡要說明，以逐步進行各情境的演練，在取得實驗數據的同時，也讓學員能真正獲得有用的管理思維與方法。

本遊戲每小組六人，分別扮演廠長、生管以及四個工作站的領班，在遊戲中，將先與學員探討他們在管理生產時，所經常遇到的問題與困難，接著對演練

的規則進行說明，並給予各小組一定的時間，以進行討論如何去取得好的管理績效，最後由小組廠長代表小組設定淨利潤、期末庫存、交貨準時率以及生產天數等績效目標【圖 2-2】。



【圖 2-2】遊戲進行流程

每次演練演練 30 天，分為六期(每期 5 天)，每期的期初由講師釋出不同的產品組合與數量的訂單，每期釋放訂單量為 4~6 張。生產管理績效計算方式如下：

1. 淨利潤：由 30 天完成的訂單，所產生的總毛利(總有效產出, Throughput)扣除作業費用(Operation Expense)後，即得當次演練的淨利潤(Net Profit)。
2. 期末庫存：期末半成品乘以材料成本，即得當次演練的期末庫存。
3. 交貨準時率：已完成訂單數減去遲交訂單數，除以完成訂單與應交未交訂單的總數，即得當次演練的交貨準時率。
4. 生產天數：記錄所有完成的訂單，各生產天數的訂單數分布。

基於驗證限制管理關於生產管理的 4 個假設，設計演練情境與規則如下說明：

1. 假設(A1)- 生產變異不是生產管理績效不好的主因。
 - ◆ 演練情境 R1：在無生產變異的環境下，會否就能得到很好的生產管理績效。
 - ◆ 演練規則：在演練說明之後，不給予任何管理方法的提示，而是讓各小組基於自行訂定的生產管理績效目標，由小組進行績效目標的設定與討論演練的管理方式。
2. 假設(A2)- 根據 CCR 工作負荷量決定交期日可能會導致較短的前置時間。
 - ◆ 演練情境 R2：接單時若控管 CCR 工作負荷，會否同時提高交貨準時率與縮短生產天數。
 - ◆ 演練規則：在給予提示限制管理的計畫負荷方法後，於每期的期初，由講師統一給予已考量受限產能的計畫負荷(Planned Load) 的產品訂單，同時給予訂單的接單日與承諾出貨日，以確定本次驗證演練，各組都在接單負荷的控管中。
3. 假設(A3)- 當生產現場有太多訂單時，會容易做錯優先順序，引起追求局部最佳的行為，因此拉長生產所需時間(Lead-Time)，同時嚴重的瓦解訂單的交貨準時績效。
 - ◆ 演練情境 R3：以 DBR 管理 CCR 與投料，會否能讓生產更快(天數縮短)與更穩(天數集中)。
 - ◆ 演練規則：在給予提示限制管理的抑制投單與 CCR 管理方法後，於每期的期初，由講師給予各組已衡量過計畫負荷的產品訂單，同時給予訂單下線日、接單日與承諾出貨日，以確定本次驗證演練，各組都在投料下線的控管中，於本次演練時，講師同時也做 CCR 生產順序的提示。

4. 假設(A4)- 即使調節投料管理的很好，沒有訂單優先順序系統也會導致某些訂單仍然會延遲交貨。

- ◆ 演練情境 R4：即使在有變異的環境，TOC 管理方法(DBR+BM) ，會否能維持很高的交貨準時率與很穩健的生產天數。
- ◆ 演練規則：在給予提示限制管理的緩衝管理(BM, Buffer Management)方法後，設定工作站機台有不可用的情況，在 R3 的演練基礎上，再加以訂單 BM 狀態的提示，由廠長(緩衝管理員)對訂單進行監控與必要的行動。

本遊戲預計收集 300 人次(每組 6 人，共 50 小組)，預計得到 50 組以上的數據以做為資料分析與驗證假設。

二.資料收集與分析

本遊戲自 2009/12~2010/4 共計辦理 9 個場次，總計參加遊戲人數為 305 人，共取得 53 組有效數據。

遊戲回收所有訂單卡【表 2-1】以及生產管理績效記錄表【表 2-2】，於遊戲後再次逐筆比對資料的正確性之後，將演練(R1)~(R4)的資料彙集至生產管理績效記錄彙總表【表 2-3】。

DOF	組別	生產天數 (平均)	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
91.7%	A-1	7.79	1	2	2	3	3	3	1	1				1
100.0%	A-2	6.56		4	6	4	2	2						
78.5%	A-3	9.88		1		3	1	1	3	4	2	1	1	
78.5%	A-4	9.05	1		1	3	1	4	2	2	1		1	1
90.5%	A-5	8.59			2	1	4	6	3	1				
87.0%	A-6	9.42	1			1	1	6	7		3			
91.5%	B-1	10.33		1		1	1	3	2	3	3	2		
54.5%	B-2	12.05		1	1		1	1	1	1	3	1	4	3
100.0%	B-3	7.33		1	4	3	8	2		1				
68.2%	B-4	9.60			1	4	2	2	6	0	2	2	1	
73.8%	B-5	10.32	1				2	3	1	6		2	1	1
54.5%	B-6	12.12			1		1		2	1	3	4	2	3
56.5%	C-1	10.59		1		1	1	2	1	3	6	1	1	
68.2%	C-2	9.68		2	3	1	1	2	1	4		3		2
100.0%	C-3	6.72	1	3	4	2	2	2	2					
76.0%	C-4	9.94		1	1	2	2	3		3		3		
68.2%	C-5	9.89			1	1	1	3	3	3	3	1		
100.0%	C-6	7.23		3	2	7	2	2	1	1				
90.8%	C-7	9.35	1	1	1	2		4	2		3		1	
91.3%	C-8	8.90			1	2	6	3	3	3				
81.0%	D-1	10.28		1	1	2	3	3	3	3	1	3		1
72.7%	D-2	10.91			1	2	6	1		7	1			3
82.6%	D-3	10.19	1				2	1	3	3	3	1		
81.6%	D-4	9.17			1	3	2	3	2	3	2			
78.3%	D-5	10.20		1	1	2	1	2		2	3		1	2
73.8%	D-6	11.72			1	1	3	1	2	2	2	3	1	4
61.8%	D-7	11.94		1		1	1	2	1	3	3	3	2	2
68.2%	E-1	10.26		2		1	1	4	2	3			1	3
83.3%	E-2	8.63	1	2	1	3	3	2	2		4	1		
43.5%	E-3	11.35	2		1	2	1					2	4	3
100.0%	E-4	6.83	1	2	7	3	2	2			1			
83.3%	F-1	9.35	2		1	2	3	3		4	3	1		
100.0%	F-2	7.06		2	2	8	4		1					
100.0%	F-3	7.00	1	6	3	1		4	2	1				
77.3%	F-4	8.38	1	2	3	1		3		3	2		1	
100.0%	F-5	8.28			3	6	4	3						
63.6%	F-6	9.72	1		1		3	1	6	2	2	2		
100.0%	F-7	7.06		3	3	4	1	2	1	1				
51.7%	G-1	10.37	1	2	1	1	1	2	3	3		3		3
91.3%	G-2	9.74		1	1	2		6	1	3	1		1	1
100.0%	G-3	7.12	1	2	3	3		3		1				
90.5%	G-4	7.47		3	1	6	3		4					
89.5%	G-5	9.11		1	1	3	1	3	3	3	1			
82.6%	H-1	8.06	1	2	1	2	3	4	2	1	1			
89.7%	H-2	7.95		2	1	7	2	2	3	2				
93.5%	H-3	6.33	2	6	2	3	1	2						
93.7%	H-4	7.80		2		3	7	3	1					
100.0%	H-5	7.63			4	4	7	3	1					
93.7%	H-1	7.38	1	2	4	3	4		2	3				
91.7%	H-2	8.11		1		3	7	4		2				
68.6%	H-3	10.33			2	1	2	4	3	3	1	1		
87.0%	H-4	8.50			1	3	6	2	6					
69.4%	H-5	9.88			2	2	3	3				1		2

【表 2-3】生產管理績效記錄彙總表

在彙集於生產管理績效記錄彙總表【表 2-3】中，我們再依每組生產速度與生產天數分布(穩健度) 二項特性進行大分類：

1. PLTmax(最長的生產天數) 小於或等於 QLT(交貨天數)：

- ◆ Type-I: 生產天數分布在 1/3QLT 內。
- ◆ Type-II: 生產天數分布超出 1/3QLT。

2. PLTmax 大於 QLT：(交貨準時率必無法達成 100%)

- ◆ Type-III: 生產天數分布在 1/3QLT 內。
- ◆ Type-IV: 生產天數分布超出 1/3QLT。

在完成生產管理績效記錄彙總的分類後發現，沒有一組的資料能表現出 Type-III 類型的特性，可以推論 PLT 的表現不好，則生產天數必不穩健(收斂)。

■ 模擬演練(R1)資料分析：

為了深入了解學員的管理思維，在本遊戲在進行模擬演練之前，學員提出造成他們在生產管理績效不好的原因如下：

- ◆ 客戶急件多(5次); 客戶變更規格(4次); 客戶臨時變動交期(2次); 客戶提供資料異常; 客戶臨時改變出貨要求;
- ◆ 客製化選配件設計多又急(2次); 設計變更改圖多; 產品技術設計不佳; 設計出圖不及設計; BOM 正確性不佳; 新產品急件多
- ◆ 供應商交期延誤(5次); 原物料品質異常(4次); 原物料缺貨; 進口品時間難以掌握;
- ◆ 倉庫材料庫存不足(2次); 倉庫備料錯誤; 成品庫存不足
- ◆ 工廠週轉空間不足(在製品過多佔用空間); 治/工/載具不足
- ◆ 前製程品質異常(3次); 產品品質異常(2次);
- ◆ 排程與機台不匹配; 生管排程經常變動、插單
- ◆ 機台經常故障(3次); 設備老舊產出不穩定
- ◆ 部門間溝通不佳或資訊傳遞經常中斷(4次)
- ◆ 人員流動率過高(3次); 人力不足(2次); 人員出勤異常; 人員工作習慣不佳; 訓練度不夠; 員工不配合加班
- ◆ 業務預測不準(2次); 客戶給的交貨時間過短(2次); 生產總類過多;

製程過長; 生產未依(或未制定) SOP; 產出不如預期(工作性質辛苦...);

從以上學員所提的原因中，我們不難發現管理者所關注的，大多數仍在類型不同的生產變異上，因此，本次模擬演練的資料分析重點，在於驗證限制管理的假設(A1)是否成立，以及進一步分析，在不同績效小組之間的管理行為，是否有存在著與限制管理假設(A2)、假設(A3)所提及的差異性。

- ◆ 驗證假設(A1) – 生產變異不是生產管理績效不好的主因。
- ◆ 驗證條件：若有 10%的小組，交貨準時率 $\leq 99\%$ 或 $PLT_{max} \geq QLT$, 則假設(A1)成立。

在生產管理績效統計表(R1)【表 2-4】可以看出，本次模擬演練(R1)的生產管理績效並不理想，若生產變異是生產管理績效不佳的主因，則在生產變異已消失的情況下，應該就能得到很好的生產管理績效，但本次模擬演練(R1)僅有 1.9%的小組，能同時得到高的交貨準時率與相對穩健的生產天數。

在本次模擬演練(R1)中，平均交貨準時率僅 82.6%，其中只有 30.2%的小組，在本次模擬演練交貨準時率可達 95%(僅 20.8%的小組可達 99%)，而有 39.6%的小組，在本次模擬演練的交貨準時率低於 80%(最低為 43.5%)。

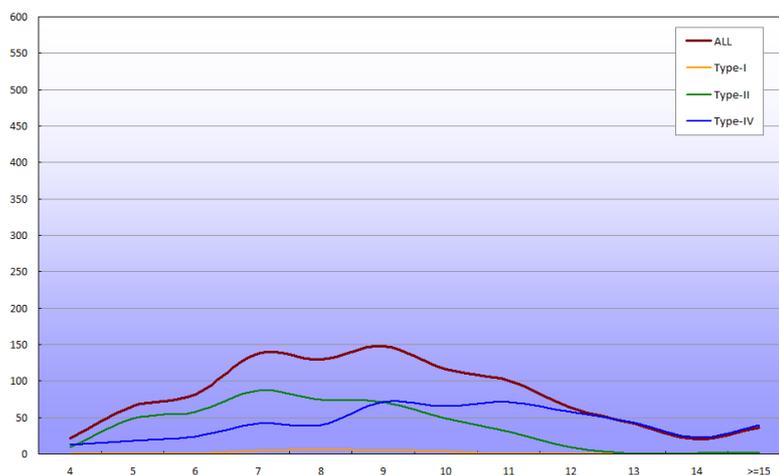
R1

Type	DDP (平均)	總組數	生產天數 (平均)	生產天數分布											
				4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	≥ 15
ALL	82.6%	53	8.97	21	65	81	138	180	148	116	100	63	42	20	36
Type-I	100.0%	1(1.9%)	8.28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Type-II	94.7%	24(45.3%)	7.83	9	48	58	87	74	71	49	30	9	0	1	1
Type-III		0													
Type-IV	71.7%	28(52.8%)	10.14	12	18	24	42	40	71	65	71	57	43	23	40

【表 2-4】生產管理績效記錄統計表(R1)

模擬演練(R1)在生產天數的表現上，平均生產天數是 8.97 天，但有 52.8%的小組 $PLT_{max} > QLT$ ，其平均的生產天數則多達 10.14 天，此外從生產天數分布圖(R1)【圖 2-3】可以看出，有 98.1%的小組，其生產天數的表現得相當不穩健(分散)，最高生產天數(PLT_{max})與最低生產天數(PLT_{min})的時間區間達 17 天，(PLT_{min}, PLT_{max})=(4,20)

此外經過群組 Type-II 與 Type-IV 的資料發現，Type-II 的平均生產天數遠低於 Type-IV 達 2.31 天，Type-II 的準時交貨率也比 Type-IV 高出 17.0%。由此可推論，當生產天數降低，可以同時有利於交貨準時率的表現。



【圖 2-3】生產天數分布圖(R1)

從模擬演練(R1)的演練資料分析可以明顯看出，大多數的小組並未能因生產變異消除，而能將生產管理績效提升至令人滿意的程度(交貨準時率 $\geq 99\%$ 、 $PLT_{max} \leq QLT$)。

在無變異的環境，生產管理績效也仍然不佳，可以推論限制管理的假設(A1)成立，生產變異只是影響訂單績效的原因而非主因。

再進一步的分析模擬演練(R1)的演練資料，我們以準時交貨率來進行群組分析，將準時交貨率 $\geq 95\%$ 與準時交貨率 $\leq 80\%$ 分為 2 個群組，計算各小組每期接單日的期末計畫負荷天數，彙整在受限產能計畫負荷分析表(接單日期末)【表 2-5】。

從資料分析中發現，交期績效高的群組，相較於交期績效差的群組，在接單日的期末，其受限產能的總負荷天數(包含接單未投料以及已投料但受限產能未完工)，所有組別都相對的穩定且較低，與限制管理假設(A2)所主張的特性存

在一致性，因此我們將再以限制管理的計畫負荷管理方式進行驗證演練(R2)，以確認限制管理假設(A2)是否成立。

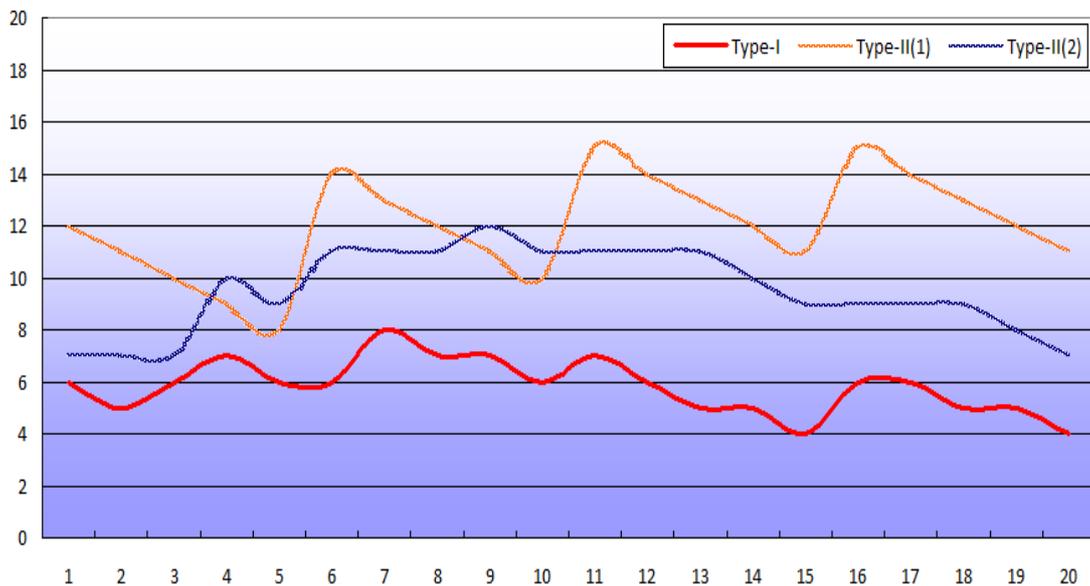
	Loading(B) R1					
	1	6	11	16	21	26
A-2	9	7	6	6	7	6
B-3	10	10	11	11	10	11
C-3	10	10	8	8	7	6
C-6	10	8	7	7	8	7
E-4	10	8	7	7	6	6
F-2	10	9	9	10	9	10
F-7	10	9	10	10	9	10
G-3	9	7	6	6	5	4
G-5	10	10	10	12	11	10
H-2	10	10	11	9	8	7
H-3	10	9	8	8	7	8
H-5	8	9	11	9	8	7
I-1	8	8	9	11	10	9

(DDP ≥ 95%)

	Loading(B) R1					
	1	6	11	16	21	26
A-3	12	10	13	14	15	16
A-4	14	12	11	9	8	7
B-2	12	14	15	13	12	11
B-4	12	12	13	13	14	13
B-5	12	12	13	11	10	9
B-6	12	14	15	16	14	13
C-1	10	12	15	17	20	21
C-2	14	13	12	10	9	10
C-4	12	12	14	18	21	22
C-5	12	14	13	11	12	11
D-2	14	12	15	13	12	11
D-5	10	12	16	14	15	14
D-6	14	14	13	15	14	13
D-7	12	14	14	12	11	12
E-1	16	16	16	14	13	12
E-3	18	16	17	15	14	13
F-6	12	12	11	9	10	9
G-1	12	14	23	25	24	23
I-3	10	12	13	15	14	14

(DDP ≤ 80%)

【表 2-5】受限產能計畫負荷分析表(接單日期末)



【圖 2-4】受限產能日負荷推移圖(R1)

接著我們再從 Type-I 與 Type-II 二個群組資料，挑選在交貨準時率同樣有較佳的表現，但生產天數穩健度不同表現的三組資料，進行受限產能的日負荷分析，從受限產能日負荷推移圖(R1)【圖 2-4】可以看出，生產天數穩健度較佳的

組別(Type-I)，其受限產能在已投料的工作負荷天數上，比較另 2 組 Type-II 的組別低且穩定，也就是其訂單投放量較低，這也與限制管理假設(A3)所主張的特性存在一致性，因此我們將再以限制管理抑制投料的管理方式進行驗證演練(R3)，以確認限制管理假設(A3)是否成立。

▪ **驗證演練(R2)資料分析：**

本次驗證演練的資料分析重點，在於驗證若在接單時，若採用限制管理的計畫負荷方法【3】，能否得到如限制管理假設(A2)的生產管理績效。

- ◆ 驗證假設(A2) – 根據 CCR 工作負荷量決定交期日可能會導致較短的前置時間。
- ◆ 驗證條件：若有 90%的小組，交貨準時率 $\geq 99\%$ 且 $PLT_{max} \leq QLT$ ，則假設(A2)成立。

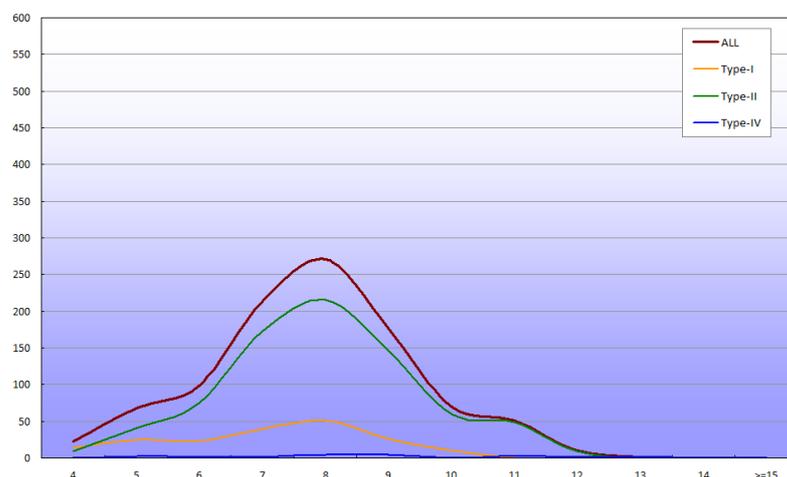
在生產管理績效統計表(R2)【表 2-6】中，我們所統計本次驗證演練(R2)的平均交貨準時率達 99.7%，相較於模擬演練(R1)提高 17.1%，在採用限制管理的計畫負荷方法，以受限產能負荷進行接單的控管，可以很明顯的提高交貨準時率。

R2															
Type	DDP (平均)	總組數	生產天數 (平均)	生產天數分布											
				4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	≥ 15
ALL	99.7%	53	7.81	23	68	98	213	271	177	70	51	10	1	0	0
Type-I	99.5%	10 (18.9%)	7.10	14	25	22	39	51	26	10	0	0	0	0	0
Type-II	99.9%	42 (79.2%)	7.95	9	41	75	173	215	147	60	48	9	0	0	0
Type-III		0													
Type-IV	95.5%	1 (1.9%)	8.72	0	2	1	1	5	4	0	3	1	1	0	0

【表 2-6】生產管理績效記錄統計表(R2)

在生產天數方面的績效，本次驗證演練(R2) 的平均生產天數為 7.81 天，相較於 R1 降低 1.19 天，從天數特性的群組來看，Type-I 與 Type-II 群組的總組別數佔 98.1%，較 R1 提高 50.9%，也就是有 98.1%的小組， PLT_{max} 都已低於或等於 QLT，從生產天數分布圖(R2)【圖 2-5】可以看出，生產天數的穩健度也比 R1【圖 2-3】要改善許多，最高生產天數(PLT_{max})與最低生產天數(PLT_{min})的時間區間從 16 天減少為 10 天，(PLT_{min}, PLT_{max})=(4,13)。

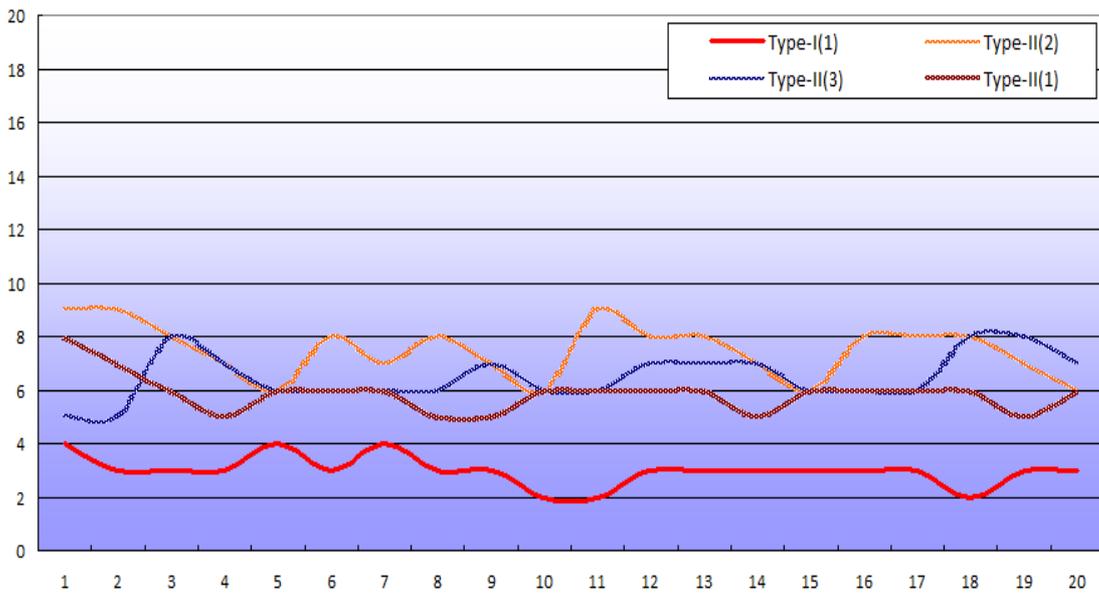
由上述統計可推論，當以受限產能的工作負荷進行接單的控管後，能明顯的提高交貨準時率，也能有效的去縮短與穩健生產天數績效，由此可推論限制管理的假設(A2)成立，根據 CCR 工作負荷量決定交期日將會導致較短的前置時間。



【圖 2-5】生產天數分布圖(R2)

在本次驗證演練(R2)，交貨準時率已達令人滿意的程度，但在生產天數績效方面，雖也較 R1 有明顯的改善，但以 R2 生產天數績效的表現，仍難以應對任何有生產變異的環境，因此，我們再從以 R2 的 Type-I 與 Type-II 二個群組的資料，挑選在交貨準時率同樣有較佳的表現，但生產天數穩健度不同表現的 4 組資料，再次進行受限產能的日負荷分析。

從受限產能日負荷推移圖(R2)【圖 2-6】可以得出與 R1 相同的分析結果，生產天數穩健度較佳的組別(Type-I)，其已投料的受限產能負荷天數，比較另 3 組 Type-II 的組別低且穩定，也就是其訂單投放量較低，這也與限制管理假設(A3)所主張的特性存在一致性，因此我們將再以限制管理抑制投料的管理方式進行驗證演練(R3)，以確認限制管理假設(A3)是否成立。



【圖 2-6】受限產能日負荷推移圖(R2)

但從這 4 組資料中，我們發現 Type-II(1) 與 Type-II(3)雖在投料負荷上並無明顯差異，但生產天數穩定性的表現卻不同，生產天數時間區間(PLTmin, PLTmax)分別為 (7,11)與 (5,12)，以訂單卡日期記錄表(R2)【表 2-7】做進一步分析發現，Type-II(3)除了投料波動略大於 Type-II(1)，主要的差別則在於其 CCR 的生產順序，Type-II(3)的投料時間順序並未能像 Type-II(1)一般，能相對維持與 CCR 生產順序的一致性，從資料推定，生產天數績效的穩健，也可能與 CCR 生產順序有關(假設 A3)，因此生產天數績效，除了加強投料的控管之外，也需加以控管 CCR 生產順序的方式再次進行驗證。

Type-II(1) 產品 #1					#2					#3					#4						
訂單	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1																					
2	1	5	12	10	11	2	1	8	7	3	1	9	8	1	1	10	8	8			
3	8	10	17	15	14	8	8	13	12	6	7	15	14	11	11	22	20	21			
4	18	20	27	25	24	11	12	19	18	6	9	16	14	21	25						
5	21	23		28	30	16	16	23	22	11	11	20	17								
6	26	29				16	17	24	23	11	11	21	19								
7						19	18	25	24	20	20	29									
8						21	21	28	27	26	27										
9																					
10																					

Type-II(1) 產品 #1					#2					#3					#4						
訂單	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1																					
2	1	3	11	9	10	1	1	12	11	5	2	10	8	1	1	10	8	8			
3	6	9	17	15	14	6	6	15	14	6	7	16	14	11	11	24	23	22			
4	18	18	25	23	24	11	11	22	21	6	8	14	12	21	24						
5	21	23		29	30	16	16	26	25	11	11	20	18								
6	26	26				16	17	27	26	11	11	25	20								
7						16	19	28	27	26	27										
8						21	22	29	28	26	28										
9																					
10																					

【表 2-7】訂單卡日期記錄表(R2)

■ **驗證演練(R3)資料分析：**

本次驗證演練的資料分析重點，在於驗證若在接單時，若採用限制管理的 DBR 方法，管理受限產能的生產順序，並以受限產能的工作負荷，抑制訂單的投放，以控制在生產現場的訂單量，能否得到再更進一步的提昇生產天數績效(更短、更穩健)，以能維持很高的交貨準時績效。

- ◆ 驗證假設(A3)-當生產現場有太多訂單時，會容易做錯優先順序，引起追求局部最佳的行為，因此拉長生產所需時間(Lead-Time)，同時嚴重的瓦解訂單的交貨準時績效。
- ◆ 驗證條件：若有 90%的小組，交貨準時率 $\geq 99\%$ 且 $PLT_{max} \leq 2/3QLT$ 且 PLT 集中在 $1/3QLT$ ，則假設(A3)成立。

在生產管理績效統計表(R3)【表 2-8】中，我們所統計本次驗證演練(R3)的平均交貨準時率達 99.6%，與 R2 同樣有令人滿意的表現，更有 90.6%的小組，平均交貨準時率高達 99.9%。

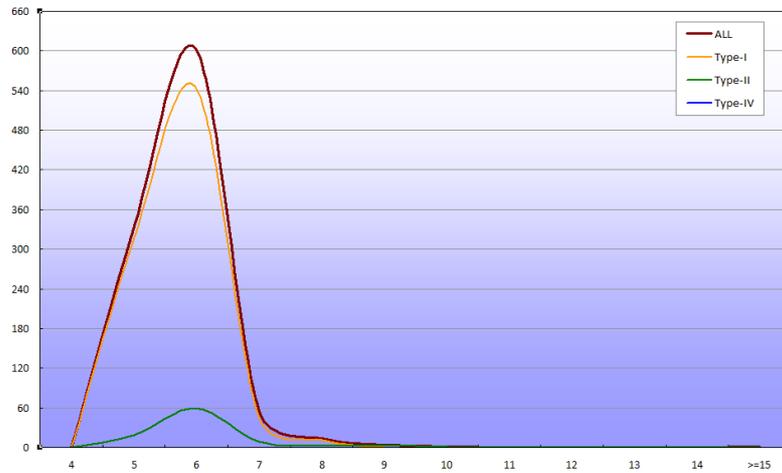
R3															
Type	DDP (平均)	總組數	生產天數 (平均)	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	>=15
ALL	99.6%	53	5.77	0	335	602	54	14	4	1	0	0	0	0	1
Type-I	99.9%	48 (90.6%)	5.73	0	317	543	45	11	0	0	0	0	0	0	0
Type-II	96.3%	5 (9.4%)	6.23	0	18	59	9	3	4	1	0	0	0	0	1
Type-III		0													
Type-IV		0													

【表 2-8】生產管理績效記錄統計表(R3)

在生產天數方面的績效，本次驗證演練(R3) 的平均生產天數為 5.77 天，相較於 R2 再降低 2.04 天(相較於 R1 則降低 3.2 天)，從天數特性的層別群組來看，Type-I 的總組別已佔 90.6%，也就是有 90.6%的小組，生產天數都能穩健在 $1/3QLT$ (4 天)的時間內，從生產天數分布圖(R3)【圖 2-7】可以看出，生產天數的穩健度比 R2【圖 2-5】要再改善許多，最高生產天數(PLT_{max})與最低生產天數(PLT_{min})的時間區間從 10 天進一步降低為 6 天，(PLT_{min}, PLT_{max})=(5,10)。

由上述統計數據可推論，當以 TOC DBR 去管理受限產能的工作順序，並抑制訂單的投放後，在維持極高的交貨準時率的同時，能更進一步的去縮短與穩

健生產天數績效，由此可推論限制管理的假設(A3)成立，根據 TOC DBR 方法除了能維持很高的交貨準時率，也能導致極短且穩健的生產前置時間。



【圖 2-7】生產天數分布圖(R3)

■ 驗證演練(R4)資料分析：

在以上三次的演練，都是基於相同的資源與訂單，以理想的無變異環境下進行，先排除變異因素，以看出不同管理方式對生產管理績效的影響，然而在現實的環境中，由於各種變異原因，造成資源與訂單的變動，要有效維持生產的優先順序，的確是一件相當令人困擾的事情，也因此讓許多業者，在執行生產管理時得不斷地救火，生產管理經常未能如事前規劃的順利執行。

因此，一套好的管理機制，不僅在理想的環境上能順利執行計畫，也要能讓管理人員能適時地得到預警，並知道處理生產變異的優先順序，在驗證演練(R4)，我們加入生產變異在演練中，同時在 DBR 計畫的方法上，再加入緩衝管理(BM, Buffer Management)這項計畫執行的管理方法，讓學員能在生產變異發生時，知道如何維持去對的生產優先順序，並對交貨準時上，適時得到採取行動的預示。

本次驗證演練的資料分析重點，在於驗證若在有生產變異的環境時，若採用限制管理的 DBR+BM 方法，能否維持很高的生產管理績效。

- ◆ 驗證假設(A4)－ 即使調節投料管理的很好，沒有訂單優先順序系

統也會導致某些訂單仍然會延遲交貨。

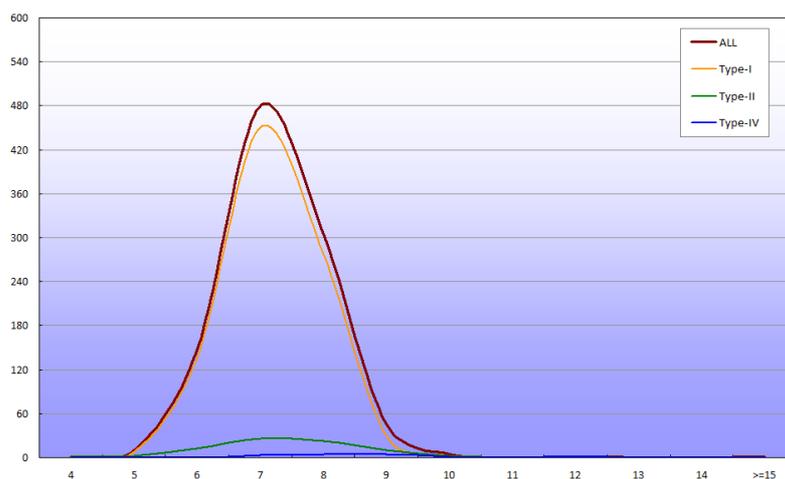
- ◆ 驗證條件：若有 90%的小組，交貨準時率 $\geq 99\%$ 且 PLT 維持集中在 1/3QLT, 則假設(A4)成立。

在生產管理績效統計表(R4)【表 2-8】可以看出，驗證演練(R4)的平均交貨準時率達 98.9%，相較於模擬演練(R1)高出 16.3%，也就是代表，在 TOC DBR+BM 的管理方法，平均交貨準時率能高出至少 16.3%以上(可以預期 R1 若在相同變異的條件下，平均交貨準時率的績效會更不理想)。其中有 90.6%的小組，即使在有生產變異的情境下，仍能維持 99.3%的交貨準時率。

R4															
Type	DDP (平均)	總組數	生產天數 (平均)	4	5	6	7	8	生產天數分布						
				4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	≥ 15
ALL	98.9%	53	7.26	1	10	146	479	305	46	5	0	1	0	0	1
Type-I	99.3%	48 (90.6%)	7.22	0	3	134	450	278	31	2	0	0	0	0	0
Type-II	97.7%	4 (7.5%)	7.39	1	2	12	25	22	10	2	0	0	0	0	0
Type-III	0	0													
Type-IV	80.0%	1 (1.9%)	8.94	0	0	0	3	5	5	1	0	1	0	0	1

【表 2-8】生產管理績效記錄統計表(R4)

在生產天數績效的表現上，本次演練的平均生產天數為 7.26 天，也相較於模擬演練(R1)降低 1.71 天，也就是代表生產速度至少能加快 1.71 天以上，而且仍有 90.6%的小組，仍能保持生產的穩健度在 1/3QLT 內。



【圖 2-8】生產天數分布圖(R4)

從生產天數分布圖(R4)【圖 2-8】可以看出，生產天數的穩健度仍能維持與無變異環境演練(R3)【圖 2-7】的水準，最高生產天數(PLTmax)與最低生產天數

(PLTmin)的時間區間仍為 6 天，(PLTmin, PLTmax)=(5,10)，並未受生產變異的影響而降低。

由上述統計數據可推論，當以 TOC DBR+BM 去維持受限產能在變異環境的工作順序，能同時穩健生產天數績效以及維持極高的交貨準時率，由此可推論限制管理的假設(A4)成立，根據 TOC DBR+BM 方法除了能維持穩健的生產前置時間，也能維持很高的交貨準時率。

三. 結論與建議

綜合上一章節的資料分析，我們彙整了 4 次演練的管理績效比較表【表 2-9】，可以很明顯看出限制管理對生產管理的有效性，經由本次的學研計畫，看到我們過去在管理生產上的一些迷思，也充分驗證 TOC 管理方法假設的正確性，證明 TOC 管理方法能有效的將生產資源做最佳的運用，以得到更好的生產管理績效。

	無生產變異				有生產變異	
	R1(現況)	R2(接單控管)	R3(TOC DBR)	R3-R1	R4(TOC DBR+BM)	R4-R1
平均準時交貨率 (%)	82.6%	99.7%	99.6%	17.0%	98.9%	16.3%↑
平均生產天數 (天)	8.97	7.81	5.77	-3.2	7.26	-1.71↑
$\frac{PLT_{max}-PLT_{min}}{(PLT_{min}, PLT_{max})}$	17 (4,20)	10 (4,13)	6 (5,10)	-11	6 (5,10)	-11↑
Type-I 組數 (%)	1.9%	18.9%	90.6%	88.7%	90.6%	88.7%

【表 2-9】管理績效比較表

在本研究計畫，我們可以看到許多產業，仍有許多潛在的獲利空間，正等待有心的企業去挖掘與整合。因此，台灣產業界在致力於產品技術提昇的同時，若能更全面性以限制管理方法，進行生產管理方式的變革，將能為台灣企業，提供一項國外競爭對手所無法追隨的決定性競爭優勢，讓國內產業能在國際市場，

創造更高的產值與利潤。

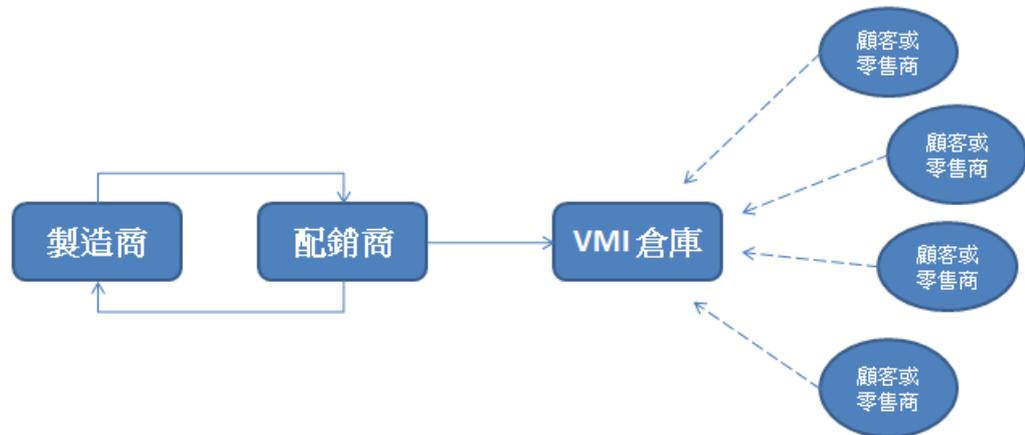
參考文獻

1. Holt, J. R. 2000. *Job shop game*. Washington State University-Vancouver, Vancouver, Washington.
2. Goldratt Consulting, 2007. Reliable Rapid Response S&T tree Template
3. Schragenheim, E. (2006). *Using SDBR in Rapid Response Projects..*

參. 庫存管理

一. 庫存管理遊戲設計

本遊戲模擬一個三階段供應鏈：包含製造商、配銷商及零售商如【圖 3-1】



【圖 3-1】典型的供應鏈管理系統

本實驗參與者扮演配銷商之供應商角色，零售商要求配銷商將倉庫設立於靠近零售商的區域，當零售商產生需求時，可直接至倉庫取貨。倉庫庫存由配銷商管理，採用供應商管理存貨(Vender Managed Inventory；VMI)。配銷商可向上游製造商下單訂貨，實驗者可自由決定訂貨數量並管理庫存，目標是以最低庫存滿足下游顧客需求。

情境假設：

實驗進行五回合，時間為連續，每一回合 52 週。配銷商只銷售一種產品，此產品處於產品生命週期成熟階段。零售商每週都可能產生需求，若配銷商當週無法供應則失去銷售機會，缺貨不候補。製造商接到配銷商之訂單後才開始生產，生產及運送至配銷商的時間為 4 週，故第 1 週下單後，第 6 周可用。補貨時間為 5 週。製造商交期 100%可靠

遊戲參數：

需求參數，最小需求：0，最大需求：1800，平均數：800，標準差：600。預測參數—本實驗將預測期間設定為 6 週，第 1 週預測：4800(平均需求 800*6 週)，

第 2 週預測： $4800+(800-\text{第 1 週實際需求})$ ，第 3 週預測： $4800+[1600-(\text{第 1 週}+\text{第 2 週實際需求})]$ ，以此類推…。此遊戲之預測參數準確率可達百分之七十。【圖 3-2】為庫存管理遊戲介面。各欄位說明：欄位 A(期初庫存)，第 1 週為實驗者所設定，第 2 週開始之期初庫存為上週之期末庫存。欄位 B(本期入庫)，當週入庫量，第 1 週訂購之數量於第 6 週入庫；第 2 週訂購之數量於第 7 週入庫，以此類推。欄位 C(本期需求)，當週客戶需求，由講師告知實驗者。欄位 D(歷史需求)，上一年之實際需求。欄位 E(實際 6 期需求)，累積 6 期實際需求加總，第 6 週之累積需求為第 1 週~第 6 週知單期需求加總，以此類推…。欄位 F(實際 6 期需求與預測差距)，欄位 G(未來 6 期預測)，實驗時由講師告知實驗者。欄位 H(本期出貨)--當週實際出貨量，當週期初庫存+本期入庫量 $>$ 當週需求，則本期出貨量=當週需求，當週期初庫存+本期入庫量 $<$ 當週需求，本期出貨量=期初庫存+本期入庫量。欄位 I(本期訂購量)，由使用者自行填入。欄位 J(在途庫存，已訂購但尚未入庫之數量加總。欄位 K(期末庫存)，若期初庫存+本期入庫量-當週需求 >0 ，則此值為期末庫存，若期初庫存+本期入庫量-當週需求 <0 ，則期末庫存為 0。欄位 L(缺貨量)，若期初庫存+本期入庫量-當週需求 >0 ，則缺貨量為 0，若期初庫存+本期入庫量-當週需求 <0 ，則此值為缺貨量。欄位 M(在途+在庫庫存)，當週累積已訂購但尚未入庫庫存+期末庫存。欄位 N(目標庫存)，在途庫存+在庫庫存+本期訂購量，若當週無下單訂貨，則目標庫存不變，仍為上一期之目標庫存。

1	1	前置時間	4	期初庫存量		下層/生產頻率	1	持有成本	1						
2		ERP資訊						出貨	訂貨/計算目標庫存	請點					
3	期間	A 期初庫存量	B 本期入庫量	C 本期需求庫量	D 去年歷史需求	E 實際5期需求	F 實際-預測需求差距	G 未來6期預測	H 本期出貨量	I 本期訂購量	J 在途庫存	K 期末庫存	L 缺貨量	M 在途+在庫庫存	N 目標庫存
4	1														
5	2														
6	3														
7	4														
8	5														
9	6														
10	7														
11	8														
12	9														
13	10														
14	11														
15	12														
16	13														
17	14														
18	15														
19	16														
20	17														
21	18														
22	19														
23	20														
24	21														
25	22														
26	23														
27	24														
28	25														
29	26														
30	27														
31	28														
32	29														
33	30														
34	31														
35	32														
36	33														
37	34														
38	35														
39	36														
40	37														
41	38														
42	39														
43	40														
44	41														
45	42														
46	43														
47	44														
48	45														
49	46														
50	47														
51	48														
52	49														
53	50														
54	51														
55	52														

第一年、第一年模擬-平均在庫+在途、第一年模擬-期望目標庫存、第一年模擬-適當目標庫存、第二年、IDD比較圖、Summary

庫存管理遊戲情境操作說明：

先將參與人員分為三組，下單週期分別為一週、兩週以及三週。給予各實驗組 15 分鐘討論管理策略(下單策略)並決定期初庫存。遊戲開始時：

1. 輸入各組所決定之期初庫存【圖 3-3】
2. 實驗者鍵入教師告知的當週預測及需求資料【圖 3-3 B 與 C】
3. 按出貨鍵【圖 3-3 D】
4. 決定訂購數量後按”訂貨/計算目標庫存”鍵(不輸入或輸入 0 視為不訂購)【圖 3-3 E】，然後進行模擬並分析比較結果



【圖 3-3】遊戲輸入說明

遊戲進行至最後一期(第 52 週)時，無論有無訂購，請按下“訂貨/計算目標庫存”按鍵以計算最終之在途量，在庫+在途量與目標庫存量，按下“訂貨/計算目標庫存後”，程式會自行運算最大需求、缺貨次數及數量。此時程式依電腦不同，可能會產生延遲現象，請耐心等待。遊戲結束之資料蒐集，每次遊戲進行結束之後都會以【圖 3-4】之表格收集績效指標。

出貨量	0			訂購次數	0
平均在庫庫存量	0			次數轉換	#DIV/0!
庫存週轉率	0	下單方式(B)	期初庫存(A)	最大需求	0
缺貨次數	0	0	0	IDD	0
缺貨數量	0	0	0		
缺貨率	0.00%	0.00%	0.00%		
平均在庫+在途	#DIV/0!				
期望目標庫存	#DIV/0!				

【圖 3-4】遊戲結束後所收集的資料

出貨量:52 週的總出貨量。平均在庫庫存量:52 週之在庫庫存量加總平均。庫存

週轉率：出貨量/平均在庫庫存量。缺貨次數、缺貨數量：52週之總缺貨次數、數量，(A)區：因期初庫存數量決定所造成的缺貨，(B)區：因下單方式所造成的缺貨。平均在庫+在途：52週之平均在庫+在途量的加總平均。期望目標庫存：52週之目標庫存的加總平均。訂購次數：每次遊戲之總下單次數。最大需求：依照下單週期(1、2或3週)+前置時間的最大需求

另外，五次遊戲之績效指標都會儲存在記錄表做為五次遊戲進行完畢後的整體比較如【圖 3-5】

期初庫存					平均在庫+在途庫存					期望目標庫存				
S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5
0	0	0	0	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!

出貨量					平均在庫庫存					庫存週轉率					訂購次數				
S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

缺貨數量														
S1			S2			S3			S4			S5		
A	B	A+B	A	B	A+B	A	B	A+B	A	B	A+B	A	B	A+B
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

【圖 3-5】五次結果比較紀錄表

模擬遊戲之進行：

本模擬將進行三次至四次之遊戲，逐步驗證造成物料管理績效不佳之主要原因、驗證改變管理方法後可能獲得之效果、以及限制理論拉式補貨之管理方法可獲得之績效，配合課程之說明，提供參與者認清目前物料管理績效不佳之原因及可能之改善方法。本遊戲將模擬一個『供應商庫存管理』的情境，由參與者實際扮演供應商的角色，其目標為同時希望在相對較低庫存下，維持對客戶的不缺貨供貨服務。

第一次遊戲：

由於一般認為庫存管理績效不佳之最主要原因是預測不準、供應商不可靠、供應之前置時間過長、供應商之品質議題等因素所造成。因此為了驗證這些因素並非造成績效不佳之主要原因，而是管理庫存的方法所造成，故模擬之條件將上

述一般認知的原因加以排除，以操作者目前管理方法實際操作庫存管理。如果在遊戲假設條件下，也就是排除操作者認為導致庫存管理績效不佳之所有因素，然後以操作者本身目前之管理方法及概念進行模擬，其結果若是仍舊出現缺料以及庫存過高之現象，則可以證明是管理者本身之管理方法造成之結果，與供應商以及預測無關。藉此讓參與者體認要改善物料管理績效，首要之因素不是外界之環境，而是本身之管理方法。

首先透過講師之課程說明目前庫存管理之現況，引導參與者得到共識：『造成物料管理績效不佳之主要原因是預測不準、供應商議題等等外界因素』。接著說明遊戲將排除這些可能因素，由操作者目前之作法實際操作模擬軟體，驗證操作者之管理方法在一個完美的供應鏈供貨系統下可能出現之績效。第一次遊戲結束，預期將看到參與者之績效仍舊會出現缺貨比例或是次數過高，或是庫存過高之現象，藉此可以驗證出造成物料管理績效不佳之主要原因，並非前述之認知(模擬軟體已經排除)，而是管理者本身對於庫存管理之方法所造成。

因此，結束第一次模擬遊戲之後，可以作出一個假設，在與第一次模擬相同條件下，只改變庫存配銷管理決策模式，應該就可以得到較佳績效。

第二次遊戲（系統自動模擬）：

延續使用第一次模擬遊戲之資料，第二次模擬遊戲主要在於驗證，在與第一次遊戲相同情境下，所有條件都不改變之情況下，以第一次遊戲結束後平均在庫及在途數量，作為期初庫存並且將管理模式之下單行為改變為『用多少補多少』，如此即維持系統中之在庫及在途數量維持一致，採用與第一次遊戲相同之採購頻率次數，僅僅改變一個行為，就是出貨多少即下單採購多少，以電腦自動執行得到之最後結果驗證：在其他條件不變之情況下，採用與第一次相同之全年平均庫存水位，僅僅改變下單模式即可以獲得改善之效果。

第二次電腦自動模擬之結果，也可能出現相較於第一次較差之績效，此時應該檢視下單頻率，如果是每週下單者，基本上第二次之績效會比第一次好，如果是下單頻率為兩次及三次者，可能會出現第二次績效較差之現象，其主要原因

可能是第一次的過程遇到缺料狀況時，使用者會依據缺料狀況一次採購較多數量，以避免再次缺料，而第二次電腦模擬績效可能較差之原因在於，僅僅是用多少補多少，自然可能出現缺貨次數或是數量可能較多之現象。當遇到此狀況時，應該檢視系統中之 IDD 數值，若是 IDD 數值較高者代表物料之週轉較差，同樣也可以證明改變行為後之績效應該是正面的。

另外，第二次電腦自動模擬可能出現缺貨狀況，也可以透過績效表檢視該缺貨狀況是由期初庫存不足造成、或是採購下單行為造成，若是因為期初庫存無法滿足下一次補貨時間內之最大需求造成之缺貨，則可以透過第三次電腦自動模擬加以驗證。

第三次遊戲（系統自動模擬）：

在第二次電腦自動模擬的基礎上，可以驗證改變下單模式（用多少補多少）將會得到較佳績效，但是如果是期初庫存或是整體目標庫存無法滿足下一次補貨時間內之最大需求之情況下，縱使改變行為仍就會出現缺貨狀況，因此，第三次電腦自動模擬之境況，修改第二次模擬之條件，以第一次模擬之結果找出持續滾動六週（一個補貨時間）的最大需求，以此作為目標庫存，然後進行用多少補多少之下單模式。同樣以電腦自動模擬進行，預期最後之結果可以比第二次之結果更佳。

此次之模擬主要在於驗證，在目標庫存可以滿足下一個補貨週期內最大需求量之情況下（仍舊與第一次及第二次模擬相同之下單頻率），維持用多少補多少之下單行為，其結果會較第一次及第二次之績效更好。

第四次遊戲（與第一次相同，由參與者自行操作）：

前面三次之模擬，第一次驗證了下單行為才是影響庫存管理績效不佳之第一首要原因，第二次模擬驗證了，用多少補多少的下單行為是一個簡單不複雜且有效之模式，第三次驗證了只要目標庫存可以滿足下一個補貨週期內之最大需求量，以用多少補多少之下單模式，可以得到比第一次及第二次更佳的績效。

第四次模擬，主要在於驗證在目標庫存可以滿足最大需求之前提下，並且

採用與第二次、第三次相同的下單行為（用多少補多少），將會得到最佳的庫存管理績效（平均庫存相對較低、並且保證完全不缺貨）。作法是：

1. 先確認第一年的歷史資料，找出補貨期間內可能之最大需求：用補貨時間內（下單週期時間加上供應商生產運輸時間）的平均需求乘上 1.5 作為目標庫存之概估數量。
2. 找出前一年尚未入庫之在途數量加上期末在庫庫存數量，加總成為目前之整體庫存，與上述第一點計算所得之目標庫存比較，當整體庫存高於目標庫存時，在重新開始的第二年需求中暫時不執行用多少補多少行為，直到整體庫存（在庫加在途）與目標庫存相同時，才開始進行用多少補多少下單行為。相同的，當整體庫存低於目標庫存時，在再重新開始的第二年第一次下單中，除了滿足第一次需求之數量之外，還需要增加期初整體庫存與目標庫存不足之差額，在第一次下單時即補足達到目標庫存之數量。爾後開始執行用多少補多少行為。

本庫存管理模擬遊戲主要在於驗證目前普遍存在的庫存、配銷管理績效不佳之原因來自於管理者的決策模式，而非預測不準或是供應商等外部因素，透過四次之模擬可以驗證出這個結果，限制理論提出一個簡單可操作之管理模式，下單頻率越高越好、在滿足下一個補貨週期時間內可能之最大需求作為目標庫存前提下，以用多少補多少之下單行為，即可以輕鬆的達到以相對較低平均庫存情況下，滿足對下游客戶完全不缺貨之供貨表現。

二. 資料蒐集及分析

資料之蒐集：

依照原計劃之規劃希望透過公開課程方式蒐集業者與資材及生產管理相關人員之管理模式，由於公開課程參與人數並未如預期，計劃則改以針對相關業者內訓方式，提供相關參與公司一天的教育訓練，並透過此機會進行庫存模擬遊戲之演練及資料蒐集。模擬軟體於 98 年 12 月完成設計及初次之驗證，並於 99 年

1 月至四月進行資料蒐集之課程及企業內訓，合計蒐集 59 組資料，一組人數通常 2~6 人，全部蒐集之人數資料超過 300 人次。

質性資料之分析：

透過質性問卷調查所得之結果，可以確認接受調查之公司，決大部分公司之生產型態都是採用以預測作生產計劃，依據計劃以標準機型進行預先生產（在製品）接單後進行局部客製化出貨，同時定期的配合實際接單狀況進行生產之調整，因此對於大部分之物料乃是採用計劃性採購及庫存，因此物料之管理很大一部分是在預測的基礎上進行管理，屬於『推式』之管理模式。而拉式生產模式則是以下游（市場）實際需求拉動上游之物料，確保在系統中保持固定之庫存（原物料、在製品、成品），並機動調整庫存數量，維持需求被滿足之作法。在 59 組資料中顯示，其中有 30 組（51%）認為該公司之模式屬於『推式生產』，28 組（47%）則自認為屬於『拉式生產』，另有一組則是完全接單式生產。然而，經過庫存模擬遊戲之結果分析比對，59 組中僅僅有 4 組的行為符合『拉式生產』之模式，有超過 90% 以上之經理人及現場物料管理實務之操作人員，其表現之行為與推式生產模式一致，此一結果也說明大部分參與者對於『推式生產』、『拉式生產』之觀念及理解仍是非常含糊籠統。此一結果剛好如下文之說明，與現況非常相符！

質性資料調查結果同時顯示大部分之受訪廠商都存在著典型的物料管理議題，物料庫存（原物料、在製品、成品）過高，庫存周轉率過低，庫存過高但是缺料狀況依舊嚴重，資材人員疲於奔命仍無法滿足生產或是出貨需要，在傳統管理模式下此不良現象週而復始出現，因此結論是在目前現狀下，缺乏突破性改善之穩健機制可以有效處理物料管理之議題，這些週而復始的不良現象被現有之管理者認定為管理的宿命！

量化資料之分析：

本研究主要希望透過庫存模擬軟體以遊戲方式進行，將一般認為是造成庫存管理績效不彰的因素排除，例如供應商品質、供貨可靠度、成本議題、或是供

貨時間過長以及其他各種變異因素，僅剩下操作者主觀的管理概念主導採購行為，如果在這種情況下依舊無法將庫存管理績效提升，也就是在不缺料之前提下讓庫存維持在相對低檔水準，則可以驗證出造成庫存管理績效不彰之首要原因應該不是外界之變異，而是管理者本身之管理方法造成。

59 組參與者的庫存管理行為及概念，均會在第一次的結果顯示出來，因此本研究僅針對第一次的結果進行統計及分析說明。由於庫存管理之主要績效設定為在不缺料之前提下，希望讓整體庫存維持在相對低檔水準，因此資料之分析將優先檢視各組缺料之現象及原因分析，接著分析量化數據背後所顯現之管理意義。

第一次模擬數據之分析：85%第一次就缺貨（50/59）

其中 61%（36/59）是因為期初庫存不足：顯示管理者對於庫存形成因素之認識不清。78%（46/59）是因採購行為模式造成：顯示管理者目前之作法（公司制度）是不良現況之主因。有 14 組即使期初庫存數量足夠，仍舊出現缺貨，亦顯示採購行為所造成。50 組第一次缺貨之分析（占全部參與組數之 85%）如【表 3-1】

【表 3-1】缺貨分析結果

現象	組數及百分比	說明
期初庫存不足	36 組（61%）	管理者對於庫存形成因素之認識不清
採購行為造成	46 組（78%）	管理者目前公司制度是不良之主因
14 組即使期初庫存數量足夠，仍舊出現缺貨，亦顯示採購行為所造成		

將缺貨組數中分別以採購週期時間為區隔進一步分析可以發現：以一週為採購週期時間者，其中 48%（12/25）是因為期初庫存不足：顯示管理者對於庫存形成因素之認識不清。88%（22/25）是因採購行為模式造成：顯示管理者目前之作法（公司制度）是不良現況之主因。即使已經縮短採購週期時間（實際上應

該反映在庫存數字上)仍舊出現缺貨(或是高庫存),指出一週採購仍缺貨,但是平均庫存卻高於二、三週採購週期之組數→22組。說明將縮短的時間因素並未充分反映在庫存數字上,顯示成本考量驅動之行為或是行為慣性。採購週期時間為一週者,合計25組如【表3-2】說明:

【表3-2】採購週期時間為一週者之結果

現象	組數及百分比	說明
期初庫存不足	12組(48%)	管理者對於庫存形成因素之認識不清
採購行為造成	22組(88%)	管理者目前公司制度是不良之主因
採購週期一週,但平均庫存卻高於二、三週採購週期者有22組。說明將縮短的時間因素並未充分反映在庫存上,顯示成本考量驅動之行為或是行為慣性。		

以兩週為採購週期時間者有16組:其中68%(11/16)是因為期初庫存不足:顯示管理者對於庫存形成因素之認識不清。63%(10/16)是因採購行為模式造成:顯示管理者目前之作法(公司制度)是不良現況之主因。二週採購週期者仍缺貨,但是平均庫存卻高於三週採購週期之組數有11組,說明將縮短的時間因素並未充分反映在庫存數字上,顯示成本考量驅動之行為或是行為慣性。採購週期時間為兩週者,合計16組如【表3-3】說明:

【表3-3】採購週期時間為二週者之結果

現象	組數及百分比	說明
期初庫存不足	11組(68%)	管理者對於庫存形成因素之認識不清
採購行為造成	10組(63%)	管理者目前公司制度是不良之主因
採購週期兩週,但平均庫存卻高於三週採購週期者有11組。說明將縮短的時間因素並未充分反映在庫存上,顯示成本考量驅動之行為或是行為慣性。		

以三週為採購週期時間者有 18 組：其中 72% (13/18) 是因為期初庫存不足，顯示管理者對於庫存形成因素之認識不清，78% (14/18) 是因採購行為模式造成：顯示管理者目前之作法（公司制度）是不良現況之主因。對於大多數公司來說，採購數量品項眾多，通常大多採取固定一段時間針對固定項目進行採購（固定時間區間）。採購週期時間為三週者，合計 18 組如【表 3-4】說明：

【表 3-4】採購週期時間為二週者之結果

現象	組數及百分比	說明
期初庫存不足	13 組 (72%)	管理者對於庫存形成因素之認識不清
採購行為造成	14 組 (78%)	管理者目前公司制度是不良之主因
對於大多數公司來說，採購數量品項眾多，通常大多採取固定一段時間針對固定項目進行採購（固定時間區間），並未真正思考採購週期時間對於庫存管理之影響。		

由上述分析可以得到一個簡單結論是，參與資料蒐集之人員對於庫存的管理目標仍舊存在傳統成本觀念，希望在預測之基礎上配合公司採購制度，以及個人管理經驗進行採購行為及庫存管理，並沒有真正體會庫存扮演之角色應該是要能夠確保生產及銷售不受到庫存及採購之影響，在進一步思考如何降低庫存，反而是將管理之優先順序倒置，先要求降低庫存再來滿足生產及銷售之需求，如此觀念當然形成目前庫存管理普遍之共同現象，那就是庫存高但是依舊缺貨嚴重。

另外可以透過數據及行為看出，參與者對於形成庫存之主要因素（供應時間、需求數量、服務水準）並沒有真正理解，透過數據顯示，短週期採購時間之平均庫存仍普遍高於長週期時間者，但是依舊與長週期時間同樣之缺貨狀況，顯見參與者對於供應前置時間縮短後應該可以較低庫存滿足需求之結論不甚清楚，對於改善後無法將改善之績效顯現在整體績效表現上，這樣也是一種浪費之

行為。

第二次模擬遊戲改善後之數據分析：

依照前述模擬軟體設計之說明，本研究採用參與者第一次實際之數據，在不改變需求狀況、以相同之平均庫存數量、相同之下單週期時間及供貨前置時間條件下，僅僅改變採購行為，以『用多少補多少』之採購方式進行，所得之結果為，整體之缺貨數量由 4378 降為 1888，改善幅度達 57%。組數由 50 組缺貨，降為 22 組缺貨，改善幅度達 56%。

第三次模擬遊戲改善後之數據分析：

依照系統設計之原理，同樣以第一次實際之數據為基礎，此次模擬同樣由電腦自動執行，但是除了『用多少補多少』行為之改變之外，另外修正目標庫存數字，所得之結果為整體之缺貨數量由 4378 降為 703，改善幅度達 84%，組數由 50 組缺貨，降為 11 組缺貨，改善幅度達 78%。與第二次模擬相較又有更多進步空間。

第四次模擬遊戲改善後之數據分析：

庫存形成之主要因素為供應前置時間及供應時間內可能之需求數量，同時加入考量該物料缺貨可能造成之害或是嚴重性，乘上一個服務水準之因子，同時確保在庫及在途庫存之系統庫存數量保持不變，以用多少補多少之行為進行採購，在需求趨勢不變之情況下可以確保庫存維持不缺貨。在達到庫存永遠滿足不缺貨之首要目標前提下，再配合動態緩衝管理進行目標庫存之調整，(說明如下一段內容)，可以使庫存管理之績效顯著之提升。

在進行第四次之模擬過程前，以限制理論之拉式補貨配銷管理解決模式向參與人員說明，並與第一次模擬遊戲進行方式相同，由參與者親自負責目標庫存之設計及自行決定採購行為，只不過此次之模式以限制理論之拉式補貨配銷管理方法進行。所有參與者都可以輕鬆做到完全不缺貨並且平均庫存相對於第一次更低。

參與者相較於第一次之模擬過程，可以發現一個極其顯著之改變，就是整

個庫存管理作業有一個穩健之模式，而且是可以重複操作，降低管理者主觀的決策及判斷，以一個穩健之制度可以輕鬆做好庫存管理工作，並且績效良好。

三. 結論及建議

限制理論在生產製造方面以 SDBR 為解決方案，強調以市場為系統之限制，滿足市場需求的前提下，以達成傑出的準交率為目標，利用時間作為槓桿的緩衝管理建立生產穩健之機制，進一步將此生產優勢賣到市場上爭取更多訂單，當生產系統內部穩健之後，限制理論以建立物料（原物料、半成品及完成品）的可得性（availability）為目標，提出拉式補貨的供應鏈管理概念。

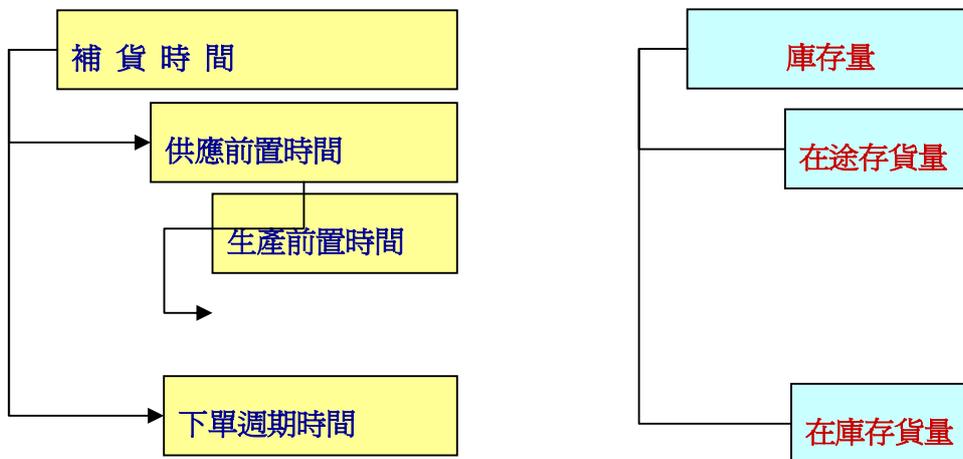
Schragenheim et al. (2009) 指出，縱使有市場需求也不能就此認定完成生產就等於確保銷售，如果無法透過銷售拉動庫存送到客戶手中，對製造而言最終仍將造成該產品之停止生產，但是銷售在供應鏈中的衝突是庫存及缺貨議題。

銷售跟生產一樣仍強調資源之利用率，但是在銷售的資源重點在於運輸、空間、倉儲及展示以及現金，但是卻也因為資源的有限而經常出現缺貨及庫存過高的衝突現象；受到現金、存放及展示空間因素之限制，不得不希望降低庫存而導致經常會出現缺貨之現象，另一方面又因為成本議題的集批行為、供應商的不可靠、拉長物料獲得之時間，同時希望以更多品項吸引市場增加銷售，加上預測的不準確又造成庫存過高之現象，最後的結果就是在高庫存及低庫存之間妥協擺盪，永遠無法達成以相對較低庫存滿足銷售需求之目標。

庫存在供應鏈系統中扮演緩衝的角色，面對不穩定的供應時，庫存可以確保需求不會受到傷害，同時面對不穩定的需求時，庫存同樣扮演保護供應的角色，不管在供應鏈中的哪一區間，庫存在供應鏈中的目標對原物料庫存來說，是希望滿足生產需求，在正確時間、在符合品質以及成本的前提下，提供正確數量的物料，讓生產可以順利進行作業；對於生產線上之在製品來說，扮演下一個生

產工序不受到上一工序變異之影響，確保生產流程之順暢；對成品庫存來說，是希望滿足市場需求，在正確時間準備符合客戶需求之正確數量產品，確保公司銷售及利益得到保障。所以庫存永遠受到兩方面因子之影響，一個是需求的數量，另一個則是供應的時間，如果供應鏈的目標是要滿足需求，在考慮需求的可能變異前提下，探討庫存的議題，應該將重點專注在跟時間有關的面向上進行探討。

一般對於庫存的認知，通常只認定在庫之庫存，經常忽略在途庫存也應列入庫存的一部份，整體的庫存都受到供應的補貨時間影響，補貨時間越長系統的績效則會越依賴預測的準確度，當預測越不準，則系統的可靠度就越低，而不幸的是預測通常都是不準確的，同時補貨時間越長，系統對實際需求的反應能力也會越差，而需求的可靠性通常也是無法有效掌握的，因此，補貨時間就成為影響庫存的主要因子，而補貨時間可以分成三個主要成分，分別是下單週期時間、製造前置時間及運輸時間，其中下單週期時間影響在庫庫存，在途庫存則受到製造及運輸時間的影響。庫存與時間因子之關係如【圖 3-6】說明：



在庫庫存水準決定於下單週期時間內的需求量--下單週期時間愈長，在庫庫存水準愈高

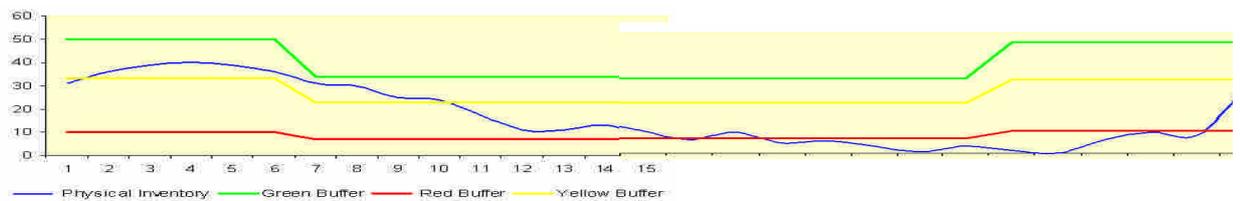
在途庫存水準決定於供應前置時間內的需求量--供應前置時間愈長，在途庫存水準愈高

【圖 3-6】庫存與時間因子之關係

Schrageheim et al. (2009)【1】對於庫存管理提出四個主要的觀察及見解：

1. 縮短補貨時間：其中縮短下單週期時間是最容易做到且效果最顯著的，至於製造前置時間可以利用限制理論提出的生產改善工具 SDBR，依據文獻統計 (Mabin et al. 2000)【2】平均縮短 70% 生產前置時間，至於運輸時間的縮短，可使用空運的方式縮短海運、陸運的時間改成，並針對庫存下降獲得之經營利益與運輸方式改變造成成本增加之間加以權衡，選擇適當方式為之。
2. 將縮短的補貨時間反映在庫存的表現：越短的補貨時間代表越低的庫存，代表系統的反應能力越佳，如果僅僅縮短補貨時間但是卻沒有將時間的改善在庫存數量上表現出來，則是一種對於改善的最大浪費，因此必須將縮短的補貨時間充分反應在庫存數目之表現上，才能將改善之結果在整體財務績效上顯現。
3. 穩定庫存水位，不隨著系統細微變異而頻繁調整：當充分反應補貨的時間因子，滿足補貨時間內可能之最大需求所建立的目標庫存，不應過於頻繁的更動該目標庫存，否則將陷入隨著系統雜訊而不斷震盪的管理惡夢。如果目標庫存數字隨著供應以及需求的正常變異下而卻過於頻繁的調整，將因為供應及需求的些微變異累積成更大之系統震盪，對於系統穩定是一種傷害。限制理論提出的建議是，建立目標庫存後依據實際需求的拉動，在已經縮短的補貨時間前提下，以『用多少補多少』的拉式補貨觀念進行庫存管理。
4. 採用在庫庫存作為調整目標庫存之依據：將目標庫存均分成三等份，100%~67%為綠色的安全區，68%~34%為黃色的警示區、33%~0 則為紅色之危險區，在『用多少補多少』、『縮短下單週期時間』之前提下，依照時間軸檢視在庫庫存位於目標庫存之顏色區域，進行動態之調整。Goldratt【3】建議在一個補貨週期時間內，當在庫庫存持續高檔的維持在目標庫存綠色區域，且累積超過 1/3 目標庫存量時，則調整降低目標庫存 1/3，此時則暫停『用多少補多少』之政策，當整體庫存（在庫加上在途總量）下降到達新的

目標庫存時，又重新開始『用多少補多少』之補貨政策；當在庫庫存持續落在目標庫存低檔的紅色區域一段時間，在一個補貨週期時間內，累積穿越紅色區的數量達到 1/3 目標庫存數量時，則提高目標庫存 1/3，此實在維持『用多少補多少』之原則下，必須新增採購 1/3 庫存量，在新增的採購量尚未入庫時，即使在庫庫存持續落入危險之紅區，仍不宜持續調高目標庫存或是新增採購需求，等待調整目標庫存之新增採購入庫後，才開始重新監控目標庫存是否滿足現況需求。在實際之供應及需求動態變化下進行目標庫存調整之作法，稱之為目標庫存的動態緩衝管理如【圖 3-7】(Dynamic Buffer Management, DBM)，可以有效的反應市場實際之動態需求，同時維持庫存在相對合理的數量。



【圖 3-6】動態緩衝管理

限制理論之供應鏈庫存管理概念，除了可以應用在面對市場需求的成品庫存管理之外，同樣也可以應用在工廠內部之供應鏈管理，針對原物料庫存及在製品的管理亦可採用相同之管理觀念為之，庫存之多少及其合理性必須視供應之時間而定。

本研究針對工具積極相關機械業者在資材及生產管理之作業人員進行資料蒐集及課程說明，透過質性及量化之數具分析，已經充分證明現有之庫存管理觀念是造成庫存管理績效不彰之主要原因，也是必須首要進行改善之重點，透過限制理論提出的庫存配銷管理方法及概念，可以有效的解決此一議題，並且快速的獲得改善績效，也獲得決大部分參與廠商人員之贊同。

但是改善概念從認知到理解作法，進一步要在公司內形成制度，仍就是需要由上而下的改變程序，本計劃透過政府資源提供協助，以一年時間對於業者作

出普遍之訪查及現況瞭解，同時提供改善目前管理不良現況之解決方案，初期已經獲得顯著之效果，也就是參與廠商的認同，但是要能將改善概念真正落實在企業管理獲得最終的系統整體績效，建議可以將本研究之結論延續，聚焦在主要的廠商進行實質之改善方案，建立改善模式之後可以進一步複製作法擴大影響範圍，提昇國內業者管理之能力。

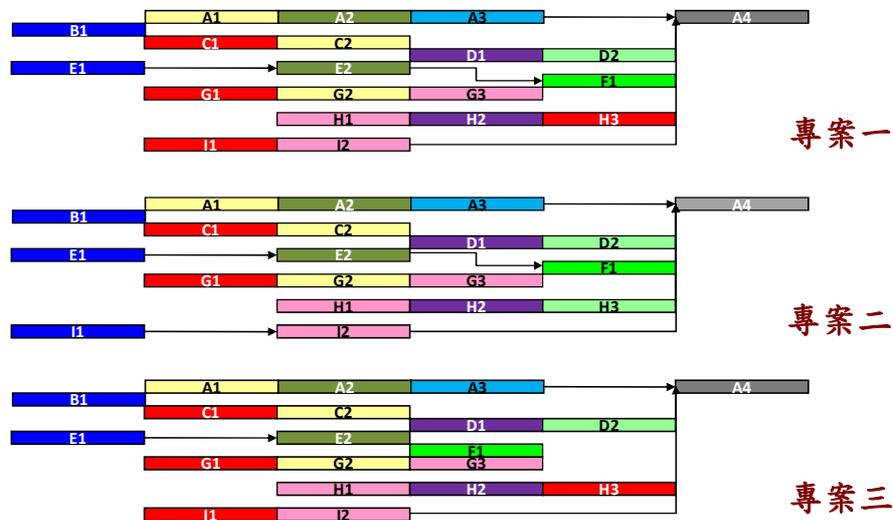
參考文獻

1. Schragenheim, E. And H. W. Dettmer, 2000. *Manufacturing at warp speed: optimizing supply chain financial performance*. Boca Raton, Florida: St. Lucie Press
2. Mabin, V. J. and S. J. Balderstone, 2000. *The world of the theory of constraints: a review of the international literature*. Boca Raton, Florida: St. Lucie Press
3. Goldratt, E. M., & Goldratt, A. R. (2003). TOC Insights-supply chain & distributionmanagement

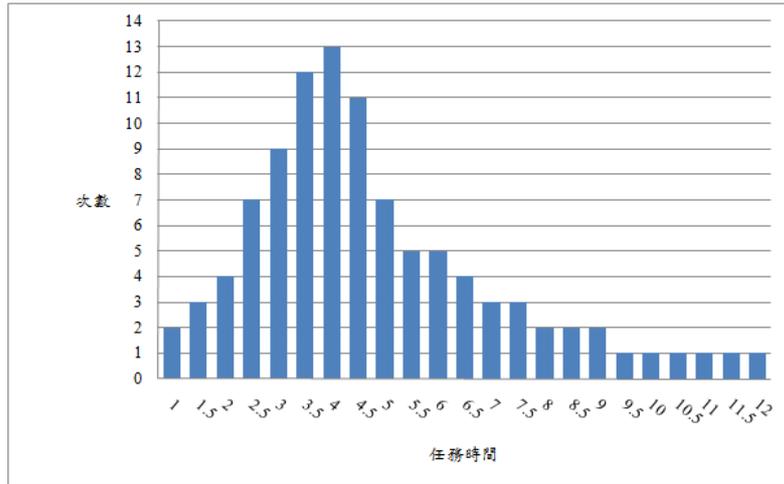
肆. 專案管理

一. 專案管理遊戲設計

本研究使用的多專案管理遊戲是由高德拉特博士所研發【1】，因應本研究的需求做了小幅修正，修正的多專案管理遊戲包含3個專案如【圖4-1】所示。每一個專案有七條路徑、二十項任務及十種類型的資源（工程師）。每個任務都必須等其前置任務完成，才可以進行後續作業，如任務B1完成後，任務A1及任務C1才可以開始作業，任務A2必須在任務A1完成後才可以開始作業，任務A3、任務D2、任務F1、任務H3和任務I2都完成後，才可以繼續執行任務A4，而當A4任務完工代表專案完工。每項任務理論的平均完成天數為4天，百分之九十的信心8天可以完成如【圖4-2】所示，所以每一個專案的計劃完成天數為56天，每一類型的資源只有一位工程師並且負責3個專案，客戶要求第104天完成3個專案。



【圖4-1】多專案環境示意圖



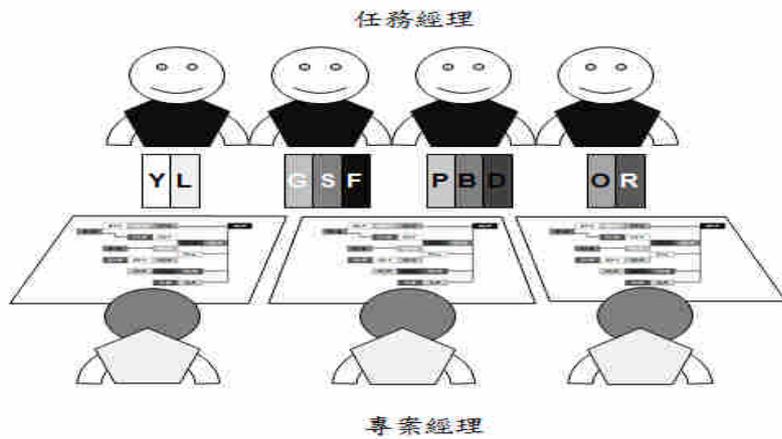
【圖 4-2】理論估計的任務時間

每項任務的工單設計，如【圖 4-3】所示，工單的顏色代表任務所需資源的類型，每張工單的任務時間最大值為 12 天，每個空格代表 1 天，由於變異因素，所以事先計劃的任務天數（由電腦產生）為 1 至 12 天。【圖 4-4】為遊戲的佈局，每組共 7 個人，3 位專案經理及 4 位任務經理，每位專案經理負責一個專案，每位任務經理負責 2 至 3 位工程師，專案優先順序為專案一、專案二及專案三，遊戲開始進行之前，每一組要先討論及決定每個專案的完成日。

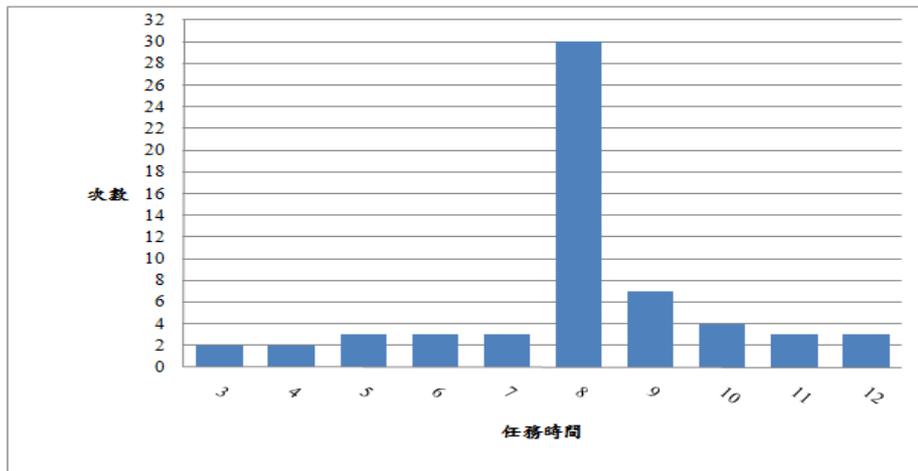
將不良多工的行為設計於遊戲中：當工程師手上不只一項任務時，每項任務至多工作 3 天，就必須換下一項任務，當工程師手上只有一項任務才可以專心完成手上的任務。其次，將帕金森定律與學生症候群呈現於事先計劃的任務天數，因此大部份會大於或等於 8 天，請參考【圖 4-5】。

專案一 派工於第 _____ 天					
B1-B 實際工作 _____ 天					
1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12

【圖 4-3】任務卡

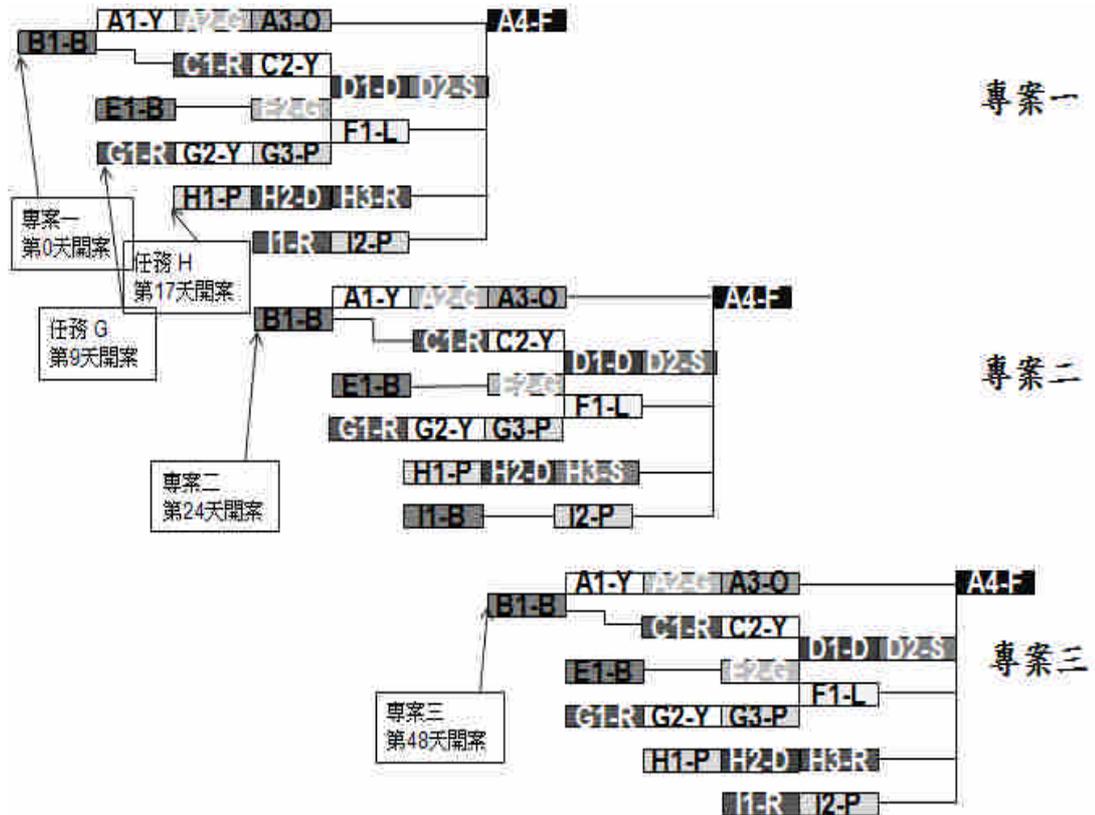


【圖 4-4】遊戲的佈局



【圖 4-5】真實的任務時

為了有基準做比較分析，我們需要建立完美的計劃執行 3 個專案【圖 4-6】以產生控制組。控制組每個專案事先計劃的任務天數與實驗組相同，完美計劃步驟如下：(1) 確認每個專案的關鍵鏈，3 個專案相似，故有相同的關鍵鏈 B1-A1-G2-C2-D1-D2-A4。(2) 確認負荷最重的資源，為紅色工程師。(3) 根據紅色資源錯開專案。(4) 根據完美計劃執行 3 個專案。控制組執行結果請參考表 1，30 組的平均交期績效達 88%，平均專案完成天數為 58.9 天。

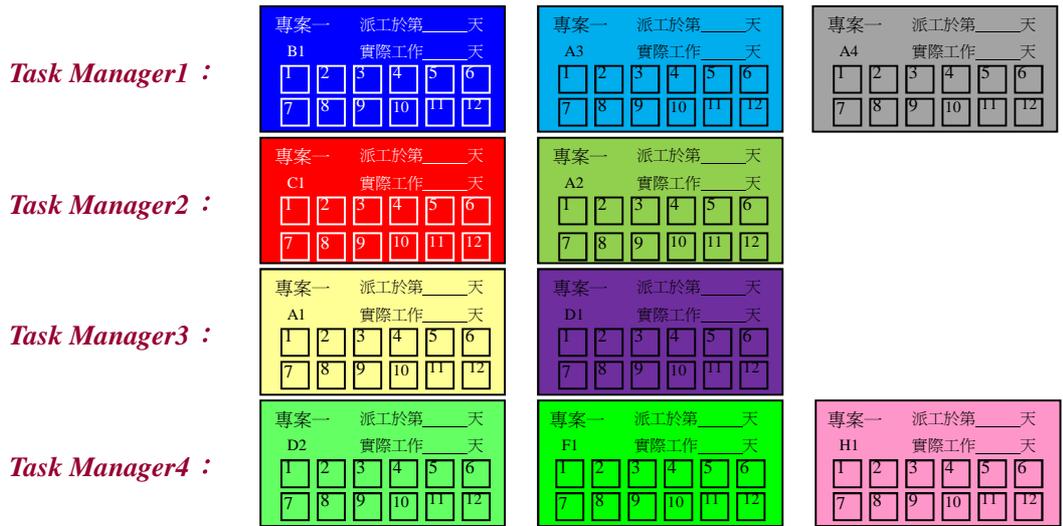


-Y: 黃 -G: 綠 -O: 橘 -F: 螢光綠 -B: 藍 -R: 紅 -D: 紫 -S: 銀 -L: 淡綠 -P: 粉紅

【圖 4-6】完美的專案計劃

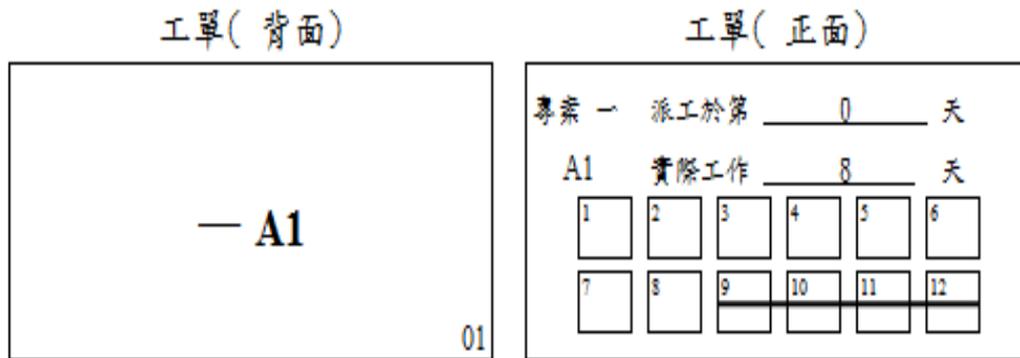
本專案實驗以小組方式進行，每組需要 7 位參與者，參與實驗的 7 人各扮演不同角色，包含：三位「專案經理」(Project Manager)，四位「任務經理」(Task Manager)，三位專案經理各自負責一個專案，必須對各自負責的專案負責，而四位任務經理則各自負責 2 至 3 個資源(負責項目分別為 TM1、TM2、TM3、TM4)，如圖【圖 4-7】所示。

在專案實驗開始前，遊戲負責人會先說明此專案實驗的假設，並告知實驗參與者專案執行優先順序(專案一優先、專案二次之、專案三最後)，並將化解資源衝突後的專案計畫圖發與專案經理，在專案執行時，專案經理根據自己的實務經驗決定何時指派任務，並隨時監督專案任務的執行進度，當專案進度落後時，可以與任務經理協商，調整自己所負責的專案優先順序。



【圖 4-7】 任務經理負責資源示意圖

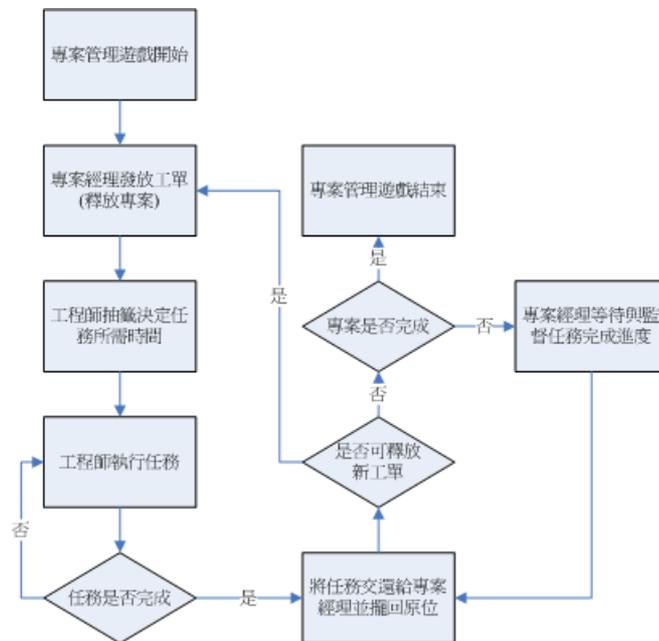
遊戲從第 0 天開始，專案經理必需決定是否將任務指派給任務經理，當決定任務開始執行，才能看到此任務的工單背面【圖 4-8】及知道事先計劃的任務天數。每位任務經理由手上的任務選定一個，從第一個空格開始填入主持人給的天數，當空格填滿，代表此任務完成，一直到每組 3 個專案都完成才停止遊戲。



【圖 4-8】 工單（背面與正面）

任務經理的職責為在專案實驗進行的每一天中，確實填寫手上的任務工單卡，注意單一資源一天只能填寫一張任務工單卡，並在手上有超過一項任務時，每一任務連續工作三天就必須更換，當任務工單卡填滿空格表示任務完工，當任務完工後將工單卡交還給所負責之專案經理，專案經理拿到完成的任務工單卡後

放回專案計畫圖上，並於完工當日便可繼續指派其後續任務，專案實驗持續至三個專案完成，實驗流程【圖 4-9】



【圖 4-9】專案遊戲實驗流程

二.實驗結果分析

30 組的實驗結果請參考【表 4-1】，欄位 1 至 3 的每 1 欄位包含 3 個子欄位，分別為預估交期、實際開案時間及實際交期，欄位 4 為 3 個專案的交期績效，實際交期等於或早於預估交期為準時完工，欄位 5 為平均專案完成天數，欄位 6 為專案執行相關資料，包含 6 個子欄位：平均提早開案天數（與完美專案計劃比較，請參考【圖 4-6】）、多工增加任務天數（實際完成天數減事先計劃天數）、做錯順序次數（任務未依順序執行）、關鍵鏈中斷天數（關鍵鏈上的任務未依接力方式執行）、延遲遞延天數及平均任務天數。30 組的平均交期績效為 30%，平均專案完成天數為 84 天，與控制組比較，實驗組的表現相當不好。

專案計劃可靠度分析

用 PMsim 【2】 模擬 3 個專案 1000 次，結果請參考【表 4-2】，專案一的預估交期為 60 天，代表這個專案在 60 天內完成的可靠度為 99%。結果證明【表 4-3】高及中交期績效組（除了第 26 及 29 組的專案二）的專案具有高可靠度，

這些

【表 4-1】實驗結果

組別	專案一			專案二			專案三			交期績效*	平均專案完成天數	專案執行相關資料					
	預估交期	實際開始時間	實際交期	預估交期	實際開始時間	實際交期	預估交期	實際開始時間	實際交期			平均提早開始天數	多工增加任務天數	做錯順序次數	關鍵鏈中斷天數	延遲延誤天數	平均任務時間
1	80	0	80	90	0	100	104	0	107	0.33	95.7	24	49.3	15	22	33	8.1
2	52	0	86	76	0	90	90	0	116	0	97.3	24	47.7	6	10	17	8.2
3	88	0	90	96	2	100	104	8	108	0	96	20.7	38.3	12	11	13	7.9
4	60	0	60	92	16	90	104	48	104	1	62	2.7	0	2	0	8	8.2
5	62	0	73	90	12	93	104	12	103	0.33	81.7	16	29.7	24	38	71	7.8
6	60	0	72	92	0	90	102	0	118	0.33	93.3	24	22.7	12	8	21	7.7
7	64	0	60	90	0	94	104	20	110	0.33	81.3	17.3	54.3	10	10	22	7.8
8	65	0	60	85	0	94	104	16	106	0.33	81.3	18.7	47.7	6	0	11	7.6
9	90	0	92	90	0	92	100	8	124	0	94.7	21.3	50.3	18	22	54	7.9
10	58	0	58	92	20	88	104	36	106	0.67	68	5.3	0	6	3	9	7.8
11	66	0	66	88	24	84	104	42	104	1	60.7	2	0	4	0	12	7.9
12	60	0	92	92	4	80	96	36	110	0.33	80.7	10.7	5	10	9	24	8.1
13	56	0	56	88	24	100	104	36	104	0.67	66.7	4	1	4	5	11	7.4
14	80	0	88	90	11	95	100	24	107	0	84.7	12.3	4.4	20	31	61	7.9
15	78	0	81	90	0	95	100	8	107	0	91.7	21.3	46.5	17	23	51	8.1
16	64	0	79	88	0	100	104	8	108	0	93	21.3	75.3	14	18	39	8.2
17	68	0	67	92	0	100	104	6	112	0.33	91	22	21.3	11	17	29	8.1
18	80	0	90	90	0	104	100	0	108	0	100.7	24	10.8	25	42	77	7.9
19	72	0	60	92	12	88	104	22	105	0.67	68	12.7	6	6	8	16	7.6
20	70	0	81	80	0	90	90	0	126	0	99	24	49	11	17	31	7.8
21	70	0	70	90	18	95	100	40	118	0.33	75	4.7	2	6	4	16	8.1
22	68	0	62	78	0	104	88	8	114	0.33	90.7	21.3	19.7	15	21	39	7.6
23	78	0	79	92	0	94	98	12	108	0	89.7	20	56.7	18	15	36	8.1
24	72	0	79	84	6	95	90	25	113	0	85	13.7	9.2	12	14	52	8.1
25	82	0	89	90	0	99	100	0	102	0	96.7	24	61.7	19	26	44	7.3
26	70	0	68	84	10	72	104	16	104	1	67.7	10.7	3	8	0	12	8.1
27	90	0	90	100	0	104	104	0	108	0.33	100.7	24	57.7	25	29	81	7.7
28	54	0	77	70	16	80	92	24	105	0	78.7	15.3	13.3	20	22	57	7.9
29	60	0	60	90	12	71	104	24	108	0.67	67.7	12	2	6	5	15	8.2
30	70	0	63	80	0	91	90	0	122	0.33	82	14	23.3	14	21	32	8.1
平均	69.6	0	74.3	88.0	6.2	92.4	99.9	15.9	109.8	0.3	84	16.3	27.2	12.5	15	33.4	7.9

和: 0個專案準時完工
 0.33: 1個專案準時完工
 0.67: 2個專案準時完工
 1 : 3個專案準時完工

【表 4-2】模擬結果

專案一		專案二		專案三	
預估交期	模擬可靠度	預估交期	模擬可靠度	預估交期	模擬可靠度
42	0.1%	74	0.2%	92	0.2%
44	0.5%	76	0.8%	94	0.5%
46	13.1%	78	14.5%	96	13.7%
48	32.9%	80	24.8%	98	25.9%
50	51.3%	82	36.0%	100	43.0%
52	73.7%	84	53.0%	102	57.7%
54	81.3%	86	62.3%	104	74.7%
56	96.2%	88	76.7%		
58	97.6%	90	80.4%		
60	99.0%	92	84.8%		
62	99.1%	94	87.4%		
64	99.7%	96	90.9%		
66	99.8%	98	92.9%		
68	99.8%	100	95.0%		
70	99.9%	102	95.8%		
72	99.9%	104	97.1%		
74	99.9%	106	97.9%		
76	100.0%	108	98.7%		
		110	99.3%		
		112	100.0%		

【表 4-3】 實驗結果根據交期績效分類

Teams	Project A			Project B			Project C			OTD		Average project lead time	
	Planned project completion day	Reliability	Actual results	Planned project completion day	Reliability	Actual results	Planned project completion day	Reliability	Actual results	Experimental group	Control group	Experimental group	Control group
High OTD teams													
4	60	99.0%	60	92	84.8%	90	104	74.7%	104	1	1	62	60.7
11	66	99.8%	66	88	76.7%	84	104	74.7%	104	1	1	60.7	58.7
26	70	99.9%	68	84	53.0%	72	104	74.7%	104	1	1	67.7	58.7
Sub-Average	65.3	99.6%	64.7	88	71.5%	82	104	74.7%	104	1	1	63.5	59.4
Medium OTD teams													
10	58	97.6%	58	92	84.8%	88	104	74.7%	104	0.67	1	68	58.7
13	56	96.2%	56	88	76.7%	100	104	74.7%	104	0.67	1	66.7	58.7
19	72	99.9%	60	92	84.8%	88	104	74.7%	105	0.67	1	68	58.7
29	60	99.9%	68	90	53.0%	72	104	74.7%	104	0.67	1	67.7	58.7
Sub-Average	64	98.4%	60.5	89	74.8%	87	104	74.7%	104.25	0.67	1	67.6	58.7
Poor OTD teams													
1	80	100.0%	80	90	80.4%	100	104	74.7%	107	0	1	95.7	57.3
2	52	73.7%	86	76	0.8%	90	90	0.0%	116	0	1	97.3	58.7
3	88	100.0%	90	96	90.9%	100	104	74.7%	108	0	1	96	58.7
5	62	99.1%	73	90	80.4%	93	104	74.7%	103	0.33	1	81.7	58.7
6	60	99.0%	72	92	84.8%	90	102	57.7%	118	0.33	0.67	93.3	60.7
7	64	99.7%	60	90	80.4%	94	104	74.7%	110	0.33	1	81.3	58.7
8	65	99.7%	60	85	53.0%	94	104	74.7%	106	0.33	1	81.3	58.7
9	90	100.0%	92	90	80.4%	92	100	43.0%	124	0	0.67	94.7	60.7
12	60	99.0%	92	92	84.8%	80	96	13.7%	110	0.33	1	80.7	54.7
14	80	100.0%	88	90	80.4%	95	100	43.0%	107	0	1	84.7	58.7
15	78	100.0%	81	90	80.4%	95	100	43.0%	107	0	1	91.7	58
16	64	99.7%	79	88	76.7%	100	104	74.7%	108	0	0.33	93	60
17	68	99.8%	67	92	84.8%	100	104	74.7%	112	0.33	1	91	58.7
18	80	100.0%	90	90	80.4%	104	100	43.0%	108	0	0.33	100.7	61
20	70	99.9%	81	80	24.8%	90	90	0.0%	126	0	0.33	99	60.7
21	70	99.9%	70	90	80.4%	95	100	43.0%	118	0.33	1	75	54.3
22	68	99.8%	62	78	14.5%	104	88	0.0%	114	0.33	1	90.7	58.7
23	78	100.0%	79	92	84.8%	94	98	25.9%	108	0	1	89.7	58.7
24	72	99.9%	79	84	53.0%	95	90	0.0%	113	0	1	85	58.7
25	82	100.0%	89	90	80.4%	99	100	50.1%	102	0	0.67	96.7	60.7
27	90	100.0%	90	100	95.8%	104	104	74.7%	108	0.33	0.67	100.7	61
28	54	81.3%	77	70	0.0%	80	92	0.1%	105	0	1	78.7	58.7
30	70	99.9%	63	80	24.8%	91	90	0.0%	122	0.33	0.67	82	61
Sub-Average	71.5	97.8%	78.3	87.6	65.1%	94.7	98.6	45.3%	111.3	0.14	0.6	89.6	58.9
Average	69.6	98.1%	74.5	83.0	67.0%	92.4	99.9	49.4%	109.6	0.3	0.88	84.0	58.96

專案計劃符合真實；但低交期績效的組別，專案二及三的預估交期的可靠度低，這些專案計劃不符合真實。預估交期與交期績效用線性迴歸方程式(1)及(2)表示， Y_1 代表實驗組的交期績效， Y_2 代表控制組的交期績效， X 為交期可靠度(預估交期)， β_0 為截距， β_1 為迴歸係數，虛無假設 $H_0: \beta_1 = 0$ 。

$$Y_1 = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon \quad (1)$$

$$Y_2 = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon \quad (2)$$

假設檢定結果，請參考【表 4-4】。表【表 4-4a】(控制組)顯示交期可靠度與交期績效具有顯著線性相關，即專案計劃越符合真實，交期績效越高；但是，表【表 4-4b】(實驗組)交期可靠度與交期績效卻沒有顯著線性相關。兩組具相同的預估交期，為什麼檢定結果不相同？問題的關鍵為專案執行方法。

【表 4-4a】 控制組假設檢定

控制組				
線性迴歸依變數: 交期績效				
R=.81844273 R2=.66984850 Adjusted R2=.65805737				
N=30	Coefficient	Standard Error of Coefficient	t(28)	p-value
截距	-0.296369	0.135047	-2.19457	0.036654
交期可靠度	1.378262	0.182861	7.53721	0.000000

【表 4-4b】 實驗組假設檢定

實驗組				
線性迴歸依變數: 交期績效				
R=.35168387 R2=.12368155 Adjusted R2=.09238446				
N=30	Coefficient	Standard Error of Coefficient	t(28)	p-value
截距	-0.146354	0.231515	-0.632159	0.532411
交期可靠度	0.623185	0.313485	1.987927	0.056678

專案執行結果資料分析

分析專案執行相關資料，請參考【表 4-5】，顯示交期績效高的資料數值小於（或遠小於）交期績效不好的組別，表示即使交期可靠度相同，但專案執行資料數值增加，則交期績效惡化。因此排除交期可靠度，只對專案執行相關資料進行主成份分析。首先，30 組根據相同專案計劃完成天數（專案一於第 56 天完成，專案二為第 88 天，及專案三為第 104 天）執行，結果實驗組的平均交期績效為 10%，控制組仍為 90%，實驗組及控制組的平均專案完成天數仍分別為 84 天及 58.9 天，請參考【表 4-6】。用【表 4-6】中專案執行資料的六個自變數進行主成份分析，由表【表 4-7a】特徵值（eigenvalues）得知，第一主成份的特徵值為 3.559068，解釋資料總變異的 59.3%，前 3 個主成份共解釋資料總變異的 94.4%。

由表【表 4-7b】的特徵向量（Eigenvector），可得前 3 份主成份與專案執行資料的六個自變數線性關係，請參考方程式(3)、(4)及(5)，其中 Prin1、Prin2 及 Prin3 為新變數， X_1 至 X_6 為原始資料的六個自變數。

$$\text{Prin1} = -0.41329 X_1 - 0.317968 X_2 - 0.504377 X_3 - 0.489788 X_4 - 0.473518 X_5 + 0.097881 X_6 \quad (3)$$

$$\text{Prin2}=0.489375 X_1 + 0.700365 X_2 - 0.226290 X_3 - 0.28696 X_4 - 0.367427 X_5 - 0.03801 X_6 \quad (4)$$

$$\text{Prin3}=0.054355 X_1 - 0.066725 X_2 - 0.020792 X_3 - 0.027805 X_4 - 0.06226 X_5 - 0.993736 X_6 \quad (5)$$

【表 4-5】 專案執行資料分析

Group	Average days of releasing project too early	Total task days increased by bad multi-tasking	Total number of times working on wrong priority	Total interruption time of the critical chain path	Total amounts of time of late start caused by cascading effect	Average task time	OTD	
							Experimental group	Control group
High OTD teams								
4	2.7	0	2	0	8	8.2	1	1
11	2	0	4	0	12	7.9	1	1
26	10.7	3	8	0	12	8.1	1	1
Average	5.1	1	4.7	0	10	8.1	1	1
Medium OTD teams								
10	5.3	0	6	3	9	7.8	0.67	1
15	4	1	4	5	11	7.4	0.67	1
19	12.7	6	6	8	16	7.6	0.67	1
29	12	2	6	5	15	8.3	0.67	1
Average	5.5	2.25	5.5	5.25	12.75	7.7	0.67	1
Poor OTD teams								
1	24	49.3	15	22	33	8.1	0	0.67
2	24	47.7	6	10	17	8.2	0	0
3	20.7	38.3	12	11	13	7.9	0	1
5	16	29.7	24	38	31	7.8	0.33	1
6	24	22.7	12	8	21	7.7	0.33	0.67
7	17.3	54.3	10	10	22	7.8	0.33	1
8	18.7	47.7	6	0	11	7.6	0.33	1
9	21.3	50.3	18	22	54	7.9	0	0.67
12	10.7	5	10	9	24	8.1	0.33	0.67
14	12.3	4.4	20	31	61	7.9	0	0.67
15	21.3	46.5	17	23	51	8.1	0	0.67
16	21.3	75.3	14	18	39	8.2	0	0.33
17	22	21.3	11	17	29	8.1	0.33	1
18	24	10.8	25	42	77	7.9	0	0.33
20	24	49	11	17	31	7.8	0	0.33
21	4.7	2	6	4	16	8.1	0.33	0.67
22	21.3	19.7	15	21	39	7.6	0.33	0.33
23	20	56.7	18	15	36	8.1	0	0.67
24	13.7	9.2	12	14	52	8.1	0	0.33
25	24	61.7	19	26	44	7.3	0	0.67
27	24	57.7	25	29	81	7.7	0.33	0.67
28	15.3	13.3	20	22	57	7.9	0	0
30	14	23.3	14	21	32	8.1	0.33	0.33
Average	19.1	34.6	14.8	18.7	39.6	7.915	0.14	0.60

【表 4-6】新交期績效（根據計劃完成天數）

Teams	Average days of releasing project too early	Total task days increased by bad multi-tasking	Total number of times working on wrong priority	Total interruption time of the critical chain path	Total amounts of time of late start caused by cascading effect	Average task time	OTD		Average project lead time	
							Experimental group	Control group	Experimental group	Control group
1	24	49.3	15	22	33	8.1	0	1	95.7	57.3
2	24	47.7	6	10	17	8.2	0	1	97.3	58.7
3	20.7	38.3	12	11	13	7.9	0	1	96	58.7
4	2.7	0	2	0	8	8.2	0.33	1	62	60.7
5	16	29.7	24	38	71	7.8	0.33	1	81.7	58.7
6	24	22.7	12	8	21	7.7	0	0.67	93.3	60.7
7	17.3	54.3	10	10	22	7.8	0	1	81.3	58.7
8	18.7	47.7	6	0	11	7.6	0	1	81.3	58.7
9	21.3	50.3	18	22	54	7.9	0	0.67	94.7	60.7
10	5.3	0	6	3	9	7.8	0.33	1	68	58.7
11	2	0	4	0	12	7.9	0.67	1	60.7	58.7
12	10.7	5	10	9	24	8.1	0.33	1	80.7	54.7
13	4	1	4	5	11	7.4	0.67	1	66.7	58.7
14	12.3	4.4	20	31	61	7.9	0	1	84.7	58.7
15	21.3	46.5	17	23	51	8.1	0	1	91.7	58
16	21.3	75.3	14	18	39	8.2	0	0.33	93	60
17	22	21.3	11	17	29	8.1	0	1	91	58.7
18	24	10.8	25	42	77	7.9	0	0.33	100.7	61
19	12.7	6	6	8	16	7.6	0.67	1	68	58.7
20	24	49	11	17	31	7.8	0	0.33	99	60.7
21	4.7	2	6	4	16	8.1	0	1	75	54.3
22	21.3	19.7	15	21	39	7.6	0	1	90.7	58.7
23	20	56.7	18	15	36	8.1	0	1	89.7	58.7
24	13.7	9.2	12	14	52	8.1	0	1	85	58.7
25	24	61.7	19	26	44	7.3	0.33	0.67	96.7	60.7
26	10.7	11	8	0	19	8.1	0.33	1	67.7	58.7
27	24	57.7	25	29	81	7.7	0	0.67	100.7	61
28	15.3	13.3	20	22	57	7.9	0	1	78.7	58.7
29	12	2	6	5	15	8.2	0	1	67.7	58.7
30	14	23.3	14	21	32	8.1	0	0.67	82	61
Average	16.3	27.2	12.5	15.0	33.4	7.9	0.1	0.9	84.0	58.9

【表 4-7a】 特徵值

Value number	<u>Eigenvalues of correlation matrix</u>			
	<u>Eignvalue</u>	<u>% Total variance</u>	<u>Cumulative Eignvalue</u>	<u>Cumulative %</u>
1	3.559068	59.31780	3.559068	59.3178
2	1.125719	18.76199	4.684787	78.0798
3	0.976357	16.27262	5.661144	94.3524
4	0.215057	3.58428	5.876201	97.9367
5	0.076267	1.27112	5.952468	99.2078
6	0.047532	0.79220	6.000000	100.0000

【表 4-7b】特徵向量

變數	Eigenvectors of correlation matrix					
	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6
平均提早開案天數	-0.413290	0.489375	-0.054355	0.734908	0.206912	0.062016
多工增加任務天數	-0.317968	0.700365	-0.066725	-0.617705	-0.134663	0.065116
做錯順序次數	-0.504377	-0.226290	-0.020792	-0.121255	0.193109	-0.801231
關鍵鏈中斷天數	-0.489788	-0.286960	-0.027805	0.121766	-0.793479	0.180422
延遲遞延天數	-0.473518	-0.367427	-0.062260	-0.220498	0.521413	0.562505
平均任務時間	0.097881	-0.038010	-0.993736	0.014224	-0.016782	-0.031291

由表【表 4-7c】的負荷值 (Loading) 得知：變數 X_3 、 X_4 及 X_5 與第一主成份呈現高度負相關， X_3 (做錯優先順序)、 X_4 (關鍵鏈中斷) 及 X_5 (延遲效果)，因此將第一主成份命名為「執行順序問題指標」，第一主成份值越大，執行順序問題越小。變數 X_1 及 X_2 與第二主成份呈現高度正相關，變數 X_1 (前早開案) 及 X_2 (多工)，因此將第二主成份命名為「資源爭奪問題」。變數 X_6 (平均任務時間) 與第三主成份呈現高度負相關， X_6 為實驗的任務時間變異，因此第三主成份命名為「任務時間變異問題」。

【表 4-7c】負荷值

變數	Factor-variable correlations(factor loadings)					
	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6
平均提早開案天數	-0.779693	0.519227	-0.053708	0.340808	0.057142	0.013521
多工增加任務天數	-0.599861	0.743087	-0.065932	-0.286456	-0.037189	0.014196
做錯順序次數	-0.951532	-0.240093	-0.020544	-0.056231	0.053330	-0.174683
關鍵鏈中斷天數	-0.924009	-0.304465	-0.027475	0.056468	-0.219131	0.039335
延遲遞延天數	-0.893314	-0.389839	-0.061520	-0.102254	0.143996	0.122636
平均任務時間	0.184657	-0.040328	-0.981918	0.006596	-0.004635	-0.006822

30 組的標準化因素分數 (standardized factor scores)，請參考【表 4-8】，用來判斷這 3 個新的變數是否與交期績效及專案完成天數具有相關性，並建立兩個線性迴歸方程式，請參考方程式(6)及(7)，其中 Y_1 為專案交期績效， Y_2 為平均專案完成天數， X_1 、 X_2 與 X_3 分別為第一、第二與第三主成份， β_0 為截距， β_1 、 β_2 與 β_3 為

迴歸係數。

【表 4-8】標準化因素分數

Case	Factor scores		
	Factor 1	Factor 2	Factor 3
1	-0.60921	0.85143	-0.97202
2	0.24873	1.63767	-1.13242
3	0.14394	1.04179	-0.07296
4	1.74122	-0.56236	-0.76694
5	-1.48166	-1.46153	0.38813
6	0.07873	0.78798	0.94780
7	0.09472	1.24487	0.56684
8	0.58470	1.72279	1.39129
9	-0.93637	0.28889	-0.41608
10	1.34115	-0.56130	0.68151
11	1.59163	-0.70849	0.03363
12	0.72884	-0.63820	-0.73470
13	1.29453	-0.56868	2.44652
14	-0.70506	-1.98187	-0.19583
15	-0.83459	0.22407	-0.80219
16	-0.62910	1.43020	-1.50618
17	-0.02002	0.24413	-0.83830
18	-1.77052	-1.72662	-0.05578
19	0.82618	-0.11757	1.52337
20	-0.36109	1.16421	0.14492
21	1.29519	-0.71960	-0.42779
22	-0.46177	-0.16521	1.08142
23	-0.54521	0.83139	-0.82861
24	0.06593	-0.95855	-0.60038
25	-1.24863	0.91147	2.12269
26	1.02951	-0.10332	-0.64051
27	-1.89712	-0.12293	0.57419
28	-0.62050	-1.24694	0.06063
29	1.10062	-0.28672	-1.22861
30	-0.04478	-0.45100	-0.74363

$$Y_1 = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \varepsilon \quad (6)$$

$$Y_2 = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \varepsilon \quad (7)$$

交期績效的假設檢定結果，請參考【表 4-9a】與方程式(8)，依變數 Y 與第一及第二主成份具顯著線性相關，與第 3 主成份沒有相關。交期績效與第一主成份為正相關，意即「執行順序問題指標」值愈大（執行順序問題越小），則交期績效愈高；與第二主成份為負相關，即「資源爭奪問題」愈大，則交期績效愈差；而與普遍的看法相反，任務時間變異與交期績效無顯著相關。

$$Y_1 = 0.299333 + 0.243054X_1 - 0.07781X_2 + 0.056799X_3 \quad (8)$$

【表 4-9a】交期績效假設檢定

N=30	線性迴歸依變數：交期績效 R=.78748852 R2=.62013818 Adjusted R2=.57630796			
	Coefficient	Standard Error of Coefficient	t(28)	p-value
截距	0.299333	0.039456	7.58658	0.000000
主成份一	0.243054	0.040130	6.05666	0.000002
主成份二	-0.077810	0.040130	-1.93894	0.063434
主成份三	0.056799	0.040130	1.41538	0.168824

平均專案完成天數假設檢定結果，請參考【表 4-9b】與方程式(9)，依變數 Y 與第一及第二主成份具顯著線性相關，但與第 3 主成份則無相關。平均專案完成天數與第一主成份為負相關，意即「執行順序問題指標」值愈大，則平均專案完成天數愈短；與第二主成份為正相關，即「資源爭奪問題」愈大，則平均專案完成天數愈長；而與普遍的看法相反，任務時間變異與平均專案完成天數無顯著相關。

$$Y_2 = 84.01567 - 9.9684X_1 + 4.71514X_2 - 1.33734X_3 \quad (9)$$

【表 4-9b】平均專案完成天數假設檢定

N=30	線性迴歸依變數：平均專案完成天數 R=.90616719 R2=.82113897 Adjusted R2=.80050116			
	Coefficient	Standard Error of Coefficient	t(28)	p-value
截距	84.01567	0.999635	84.04637	0.000000
主成份一	-9.96840	1.016724	-9.80443	0.000000
主成份二	4.71514	1.016724	4.63758	0.000000
主成份三	-1.33734	1.016724	-1.31534	0.199877

三. 結論

本研究透過實驗證明為什麼多專案環境達成高交期績效是如此的困難，實驗結果確認造成交期績效不好的真正原因是專案計劃及執行的方法。歸納與交期績效及專案完成天數特別有顯著相關的 3 個主要因素為：(1) 不切實際的計劃，沒有考慮到跨專案的資源爭奪。(2) 缺乏明確優先順序，使工程師做錯優先順序，導致關鍵鏈中斷，以致造成其他任務的延遲效果，最終無法在交期內達交。(3) 不良多工，大幅增加任務和專案的完成天數。所以，交期績效改善計劃，最重要的是專注於改善專案的計劃及執行方法。

參考文獻

1. Goldratt EM (1997a). *Critical Chain*. The North River Press Publishing Corporation: Great Barrington .
2. Goldratt EM (1997). *Project Management the TOC Way*. The North River Press Publishing Corporation: Great Barrington. Mabin, V. J. and S. J. Balderstone, 2000. *The world of the theory of constraints: a review of the international literature*. Boca Raton, Florida: St. Lucie Press

行政院國家科學委員會補助國內專家學者出席國際學術會議報告

99年 9 月 30 日

報 告 人 姓 名	李榮貴	服務機構 及 職 稱	交通大學工業工程管理系
會 議 時間 地 點	2010/6/16-19 美國拉斯維加斯	本會核定 補助文號	
會 議 名 稱	(中文)TOCICO 2010 年國際研討年會 (英文)TOCICO 2010 International Conference		
發表論文題目	(中文) (英文)		
<p>報告內容應包括下列各項：</p> <p>一、參加會議經過</p> <p>本次研討年會主要分兩階段，前兩天由國際 TOC 創始者高德拉特博士分享過去一年他所研究的 TOC 新知識與應用。後兩天則是 TOC 應用個案與知識的發表。總共約有 30 天個案與文章發表</p> <p>二、與會心得</p> <p>此次因與去年在東京舉行相較近，所以未有較新的 TOC 知識發表。主要主軸在 TOC Handbook 的發行與討論。另外依個重點是 TOC 在醫療體系的應用</p> <p>三、考察參觀活動（無是項活動者省略）</p> <p>四、建議</p> <p>TOC 在國外所受到重視程度越來越多，尤其是日本。TOC 是一套全方位的企業營運管理改善方法，先進國家(像日本)企業嘗試應用 TOC 改善其營運管理體質，建立決定性競爭優勢，所得到的成果是受肯定的。國內企業接觸 TOC 仍是少數，但是導入後所得到成效也是驚人的，此值得政府與企業注意。期望生產力中心，中衛與相關重負輔導企業改善的組織能過對 TOC 進一步的學習與了解，協助企業作全方位的改善，建立決定性競爭優勢。</p> <p>五、攜回資料名稱及內容</p> <p>研討會論文 PDF 檔</p> <p>六、其他</p>			

參加目的：

TOCICO 年會是國際上 TOC 知識與應用的最高殿堂，參予者可以獲得三大收穫：1. 學習高德拉特博士(TOC 創始者)過去一年對 TCO 新的發展與新的體驗，對學習與應用 TOC 的人士而言此學習經驗是無價之寶。2. 學習各國企業導入 TOC 的經驗，了解成功與失敗經驗。3.跟各國 TOC 的菁英交流 TOC 新知識。

對本計劃的效益：

1. 此次有兩家公司介紹其建立決定性競爭優勢的過程與成果，尤其是一家印度汽車零組件廠，在 2008-2009 金融風暴下因為導入 TOC 決定性競爭優勢方案，不只業績沒有受到影響還逆勢成長 50%，此個案值得工具機產業參考。
2. 此次也有兩家跟工具機產業有關的產商發表 TOC 應用個案，一家是日本 Hitach Tooling 公司，另外一家是韓國工具機製造商 Hwacheon，兩家公司導入 TOC 皆得到顯著的改善。尤其是韓國工具機製造商 Hwacheo 透過 TOC 的改善的到顯著成果後，已開始在進一步思考如何在既有的改善基礎下建立決定性競爭優勢。韓國是我們工具機產業的競爭對手，值得我們注意。

無研發成果推廣資料

98 年度專題研究計畫研究成果彙整表

計畫主持人：李榮貴		計畫編號：98-2221-E-009-088-					
計畫名稱：透過實驗證明為什麼供應鏈 flow 改善是如此的困難							
成果項目		量化			單位	備註（質化說明：如數個計畫共同成果、成果列為該期刊之封面故事...等）	
		實際已達成數（被接受或已發表）	預期總達成數（含實際已達成數）	本計畫實際貢獻百分比			
國內	論文著作	期刊論文	0	0	100%	篇	
		研究報告/技術報告	1	0	100%		
		研討會論文	1	0	100%		
		專書	0	0	100%		
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（本國籍）	碩士生	1	0	100%	人次	
		博士生	1	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		
國外	論文著作	期刊論文	1	0	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	0	0	100%		
		專書	0	0	100%	章/本	
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（外國籍）	碩士生	0	0	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		

<p>其他成果 (無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)</p>	<p>已有業者有意導入 TOC 方法</p>
----------------------------------------------------------------------------------------	------------------------

	成果項目	量化	名稱或內容性質簡述
科 教 處 計 畫 加 填 項 目	測驗工具(含質性與量性)	0	
	課程/模組	0	
	電腦及網路系統或工具	0	
	教材	0	
	舉辦之活動/競賽	0	
	研討會/工作坊	0	
	電子報、網站	0	
	計畫成果推廣之參與(閱聽)人數	0	

國科會補助專題研究計畫成果報告自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現或其他有關價值等，作一綜合評估。

1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

達成目標

未達成目標（請說明，以 100 字為限）

實驗失敗

因故實驗中斷

其他原因

說明：

2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形：

論文： 已發表 未發表之文稿 撰寫中 無

專利： 已獲得 申請中 無

技轉： 已技轉 洽談中 無

其他：（以 100 字為限）

擬投國際學術期刊，業者有興趣導入 TOC 方法

3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）（以 500 字為限）

此研究透過業界人士實際參予實驗，證明無法阻礙供應鏈的流量(Flow)的主因是管理模式而變異。研究結果除了已撰寫三篇學術論文外，也對業界發表結果，已有業者有興趣導入所介紹的 TOC 方法。