

國立交通大學

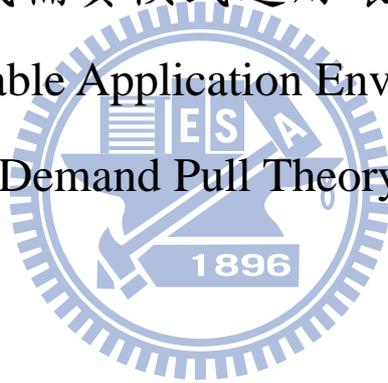
工業工程與管理學系碩士班

碩士論文

TOC 拉式補貨模式適用環境之研究

Discuss the Suitable Application Environment of TOC

Demand Pull Theory



研究生：賴詩婷

指導教授：洪瑞雲 博士

中華民國九十九年六月

TOC 拉式補貨模式適用環境之研究

Discuss the Suitable Application Environment of TOC

Demand Pull Theory

研究生：賴詩婷

Student : Shih-Ting Lai

指導教授：洪瑞雲

Advisor : Dr. Ruey-Yun Horng

國立交通大學

工業工程與管理學系碩士班



Submitted to Department of Industrial Engineering and Management

College of Management

National Chiao Tung University

In Partial Fulfillment of the Requirements

For the Degree of Master of Science

In

Industrial Engineering

June 2010

Hsin-Chu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十九年六月

TOC 拉式補貨模式適用環境之研究

研究生：賴詩婷

指導教授：洪瑞雲 博士

國立交通大學工業工程與管理學系碩士班

摘要

高德拉特博士提出拉式補貨模式概念，將傳統依據預測進行補貨的「推式」修正為依據實際消耗量決定補貨數量的「拉式」。過去文獻中已充分證明拉式補貨模式能有效改善缺貨率、降低平均庫存且增加產品可得性，是一種好的補貨機制。然而任何管理方法要能有效發揮效用就必須在適當環境中應用，而目前研究中鮮少探討拉式補貨模式之適用環境，故本研究藉由模擬實驗與真實企業數據說明「補貨前置時間」與「產品壽命週期」之最佳適用比例。此外，在拉式補貨模式之不適用環境，提出改善方案，如在供應鏈環境中建立中央倉庫，改善拉式補貨模式之應用效果。

【關鍵詞】：拉式補貨模式、補貨前置時間、產品壽命週期

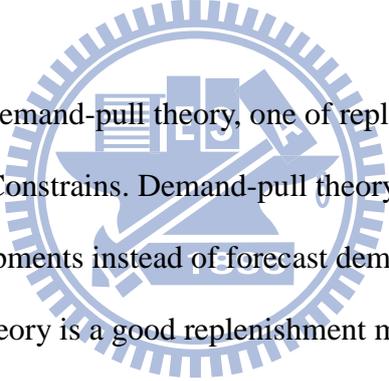
Discuss the Suitable Application Environment of TOC Demand Pull Theory

Student : Shih-Ting Lai

Advisor : Dr. Ruey-Yun Horng

Department of Industrial Engineering and Management College of Management
National Chiao Tung University

Abstract



Dr. Goldratt proposed Demand-pull theory, one of replenishment methods developed from Theory of Constraints. Demand-pull theory sets the number of replenishment by actual shipments instead of forecast demands. Previous studies have proved that Demand-pull theory is a good replenishment mechanism, which improves the rate of out of stock, reduces the average inventory, and increases the product availabilities effectively. However, any management approach must apply in the right environment to be effective. There are still few studies about an applicable environment for Demand-pull theory. This study proposes the best applicable ratio of "replenishment lead time" and "product life cycle" by simulations and real business data. In addition, the author suggests to establish a central warehouse for improving effectiveness in the unsuitable environment.

Keywords : Demand-pull 、 Replenishment Lead Time 、 Product Life Cycle

誌謝

終於邁向畢業，在此特別表達對恩師洪瑞雲教授與李榮貴教授最高的敬意，這兩年研究所的學習期間在學術研究上給予許多建議、指導與鼓勵，並培養我簡明有邏輯性的思考能力，細心指出研究的問題所在，協助我順利完成碩士學位。在此由衷感謝恩師的悉心教導。

另外，感謝在研究所的同窗：彥叡、詩淵、淳民、弘易、政宏、政峰、育昇、佑任、宏彬、杰運在課業、論文、生活上的互相扶持，累積許多快樂回憶，讓我感激在心。經過這兩年的洗禮，相信在今後出社會之時定能帶來著實的幫助。

最後，要感謝我的家人，沒有他們的付出與鼓勵，不會有現在的我，我要將這份碩士學位的榮耀與你們一同分享。



賴詩婷 于交大 MB007

中華民國九十九年七月五日

目錄

中文摘要.....	i
英文摘要.....	ii
誌謝.....	iii
目錄.....	iv
圖目錄.....	v
表目錄.....	vi
第一章 研究動機與目的.....	1
第二章 文獻探討.....	2
第三章 研究方法與驗證.....	6
3.1 研究方法與情境設定.....	6
3.2 模擬結果與分析.....	8
3.3 實例驗證.....	12
3.4 拉式補貨模式在不適用環境下之改善與驗證.....	15
3.4.1 建立中央倉庫之模擬平台.....	16
3.4.2 模擬結果與分析.....	18
第四章 結論與未來研究方向.....	20
參考文獻.....	21
附錄一：模擬平台操作方式.....	23
附錄二：加入中央倉庫模擬平台操作方式.....	24

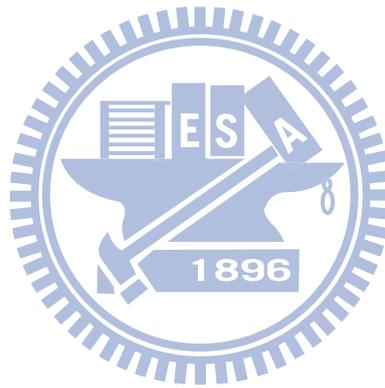
圖目錄

圖 1 供應源頭預測變異較小.....	2
圖 2 拉式補貨模式示意圖.....	4
圖 3 各緩衝區示意圖.....	5
圖 4 模擬流程.....	6
圖 5 推式系統之庫存表現.....	9
圖 6 拉式補貨模式之庫存表現.....	10
圖 7 拉式補貨模式之庫存週轉率.....	10
圖 8 兩補貨模式之平均在庫+在途表現.....	13
圖 9 兩補貨模式之滯銷數量.....	13
圖 10 增加補貨前置時間與產品壽命週期比例之示意圖.....	15
圖 11 建立中央倉庫及聚集之供應鏈示意圖.....	16
圖 12 建立中央倉庫模擬平台之模擬流程.....	17



表目錄

表 1 補貨前置時間定義.....	3
表 2 參數設定.....	7
表 3 推式系統之模擬績效表現.....	8
表 4 拉式補貨模式之模擬績效表現.....	9
表 5 拉式補貨模式與推式系統模擬績效表現之比較.....	11
表 6 兩補貨模式之出貨量及缺貨表現比較.....	12
表 7 兩補貨模式之庫存表現比較.....	13
表 8 未建立中央倉庫之績效表現.....	19
表 9 建立中央倉庫後之績效表現.....	19
表 10 有無建立中央倉庫之績效比較.....	19
表 11 Pair-t 檢定結果列表.....	19



第一章 研究動機與目的

Goldratt 博士在「絕不是靠運氣」一書中【4】，初次提出拉式補貨模式(Demand Pull) 概念，是由限制理論中發展出來的一套配銷系統補貨方式，將傳統依據預測進行補貨的「推式」模式，修正為依據實際消耗數量來決定生產及補貨數量的「拉式」(Pull) 概念，藉此改善整體存貨問題。過去許多文獻已充分證明拉式補貨模式能有效降低庫存並減少缺貨發生【7】【10】【15】【21】，並且透過實務案例像是歐洲流行服飾 WE 公司、真實企業庫存數據也獲得相同驗證【19】【20】。

然而任何管理方法皆存在其應用限制，若不了解應用限制則該方法將無法發揮效用。Goldratt (2008) 在「站在巨人的肩膀上」提及豐田生產系統 (Toyota Production System, TPS) 雖然是很好的生產系統，但因許多企業環境不符合豐田生產系統的應用假設而無法成功帶來改善【6】。雖然拉式補貨模式已被充分證明為良好的運作機制，不過其應用限制為何目前鮮少探討，例如在執行拉式補貨模式時，績效會受產品壽命週期及補貨前置時間的影響，產品壽命週期短者，若補貨前置時間長，可能會來不及補貨造成銷售損失(Lost sales)或欲補貨的數量到庫時產品已被市場淘汰導致倉庫堆積大量滯銷品(銷售期過後未被售出的貨品)，最後必須折價拋售避免增加庫存成本。然而補貨前置時間與產品壽命週期兩者的何種比例才算是拉式補貨模式的適用範圍目前並未加以定義，因此本研究針對補貨前置時間與產品壽命週期的比例關係進行探討，找出拉式補貨模式之適用範圍。

為達成此目的，本研究首先建立一個兩階的供應鏈環境，模擬在不同比例下分別以兩種不同補貨模式(推式系統及拉式補貨模式)進行補貨，分析其績效優劣，藉此了解何種比例為拉式補貨模式之適用範圍。其次進一步分析真實的企業庫存數據，來驗證本研究提出之適用比例在實務應用上仍為可行。最後針對拉式補貨模式之非適用環境，提出改善方法，像是在供應鏈環境如供應商到零售商之間另外建立中央倉庫以縮短補貨前置時間，放大比例使有效執行拉式補貨模式。

第二章 文獻探討

高德拉特博士在「絕不是靠運氣」一書中【4】，初次提出拉式補貨模式概念，將傳統依據預測進行補貨的推式（Push）作法改成依據實際消耗數量來決定生產及補貨數量的拉式（Pull）概念。

拉式補貨模式之所以能有效改善整體存貨及缺貨問題，原因在於背後有四個重要概念做為運作依據，分別為聚集、增加補貨頻率、拉式補貨機制以及緩衝管理，以下說明這四個概念：

1. 聚集：

傳統存補貨方法認為產品應放在離消費者最近的地方以利銷售，然而這種作法易使存貨分配不恰當，部份產品缺貨，而部份產品卻滯銷的情況產生，為了解決這個問題，拉式補貨模式提出聚集的概念，將大部分庫存留在供應鏈的源頭處，有利於分配滿足下游最為迫切需求點的需求。另外，根據統計原理，個別計算變異一定遠高於整體計算的變異，因此若能把主要庫存放在供應源頭處，使整體變異較低，穩定供應鏈的存貨。

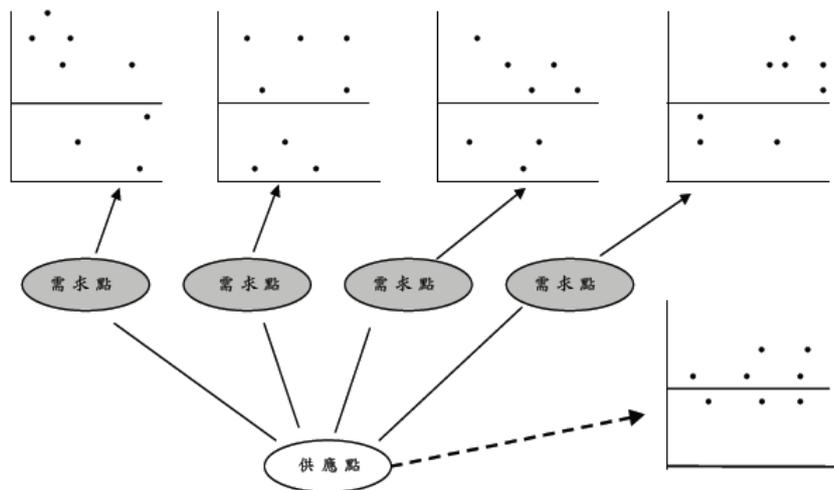


圖 1 供應源頭預測變異較小

2.增加補貨頻率

執行拉式補貨模式時，必須先訂定目標庫存量的多寡，目標庫存量包含在庫庫存與在途庫存的總和，其中在庫庫存必須能夠滿足訂購前置時間的預期消耗量，在途庫存必須能夠滿足生產及運輸前置時間的預期消耗量。以安全存量為考量，兩者皆以最大消耗量為目標存量之估算，因此須先依據過去歷史資料與未來市場需求來推算最大消耗率，再將補貨前置時間（包含訂購、生產及運輸前置時間）列入考慮，可得目標庫存量之設定。

因此目標庫存量的設定會受到補貨前置時間長短而影響，例如補貨前置時間為一個月，則目標庫存至少備有一個月內的消耗量，若補貨前置時間為一星期，則目標庫存僅需備有一星期內的消耗量。在限制理論中，補貨前置時間定義為三種時間的加總，分別為訂購前置時間、生產前置時間及運輸前置時間，這三種時間各自的定義說明可見表 1。因此若能降低補貨前置時間，目標庫存量就能減少。

限制理論認為有效降低補貨前置時間有一方法，即是增加補貨頻率，此做法能使訂購前置時間縮短，在庫庫存亦減少。舉例來說，若每月需求為 20 單位，每月補貨一次，則在庫庫存最多為 20 單位；若增加補貨頻率，為每週補貨一次，每次訂 5 單位，則庫存大部分會在運送的途中，因此在庫庫存會降低。

表 1 補貨前置時間定義

補貨前置時間	定義
訂購前置時間 (Order Lead Time)	從一件產品賣出到一張補貨訂單被發出的時間，即發出補貨訂單的頻率。
生產前置時間 (Production Lead Time)	製造商/供應商從決定發出工單直到完成生產的時間。
運輸前置時間 (Transportation Lead Time)	成品從供應商運送到訂購庫存地的時間。

3.拉式補貨機制

拉式補貨模式是以下游消耗多少貨品就向上游訂購多少貨品的機制，此做法能克服市場預測的不準確，同時避免預測誤差帶來的長鞭效應，達到整體存貨有效降低等表現。其運作步驟說明如下：

- (1) 零售商儲存足夠庫存涵蓋可靠補貨期間內的需求，零售商用掉多少數量就對上游(配銷商/批發商)訂購多少。
- (2) 配銷商/批發商儲存足夠庫存涵蓋可靠補貨期間內的需求，配銷商運送多少數量到下游商(零售商)，就對上游(製造商)訂購多少。
- (3) 製造商儲存足夠庫存涵蓋可靠補貨期間內的需求，製造商運送多少數量到下游商(配銷商/批發商)，就對上游(供應商)訂購多少。

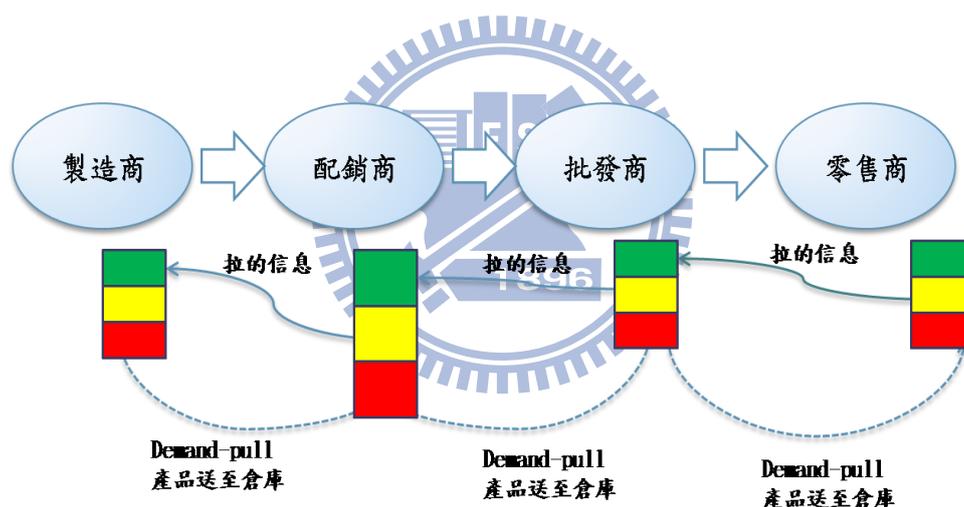


圖 2 拉式補貨模式示意圖

4.緩衝管理 (Buffer Management)

緩衝管理是限制理論中的一個監控庫存量的方法。將目標庫存量三等份為三個緩衝區，分別為紅色、黃色及綠色緩衝區，代表趕工、警告及忽略。當連續數個補貨週期的庫存狀態都處於紅色緩衝區，代表目標庫存水位設定可能過低，無法確保滿足需求的風險大增，便須考慮提高目標庫存；反之，當連續數個補貨週期的庫存狀態都處於綠色緩衝區，代表目標庫存水位設定可能過高，長期而言庫存成本過高，便須考慮降低目標庫存。至於目標庫存之調整幅度，限制理論並未

明確規範，一般而言以 1/3 的目標庫存量作為調高與調降比率參考，因各種產業特性而有所不同。當需求型態產生變動時透過緩衝管理可簡易調整參數，依需求趨勢改變而做調整，避免存貨過高。

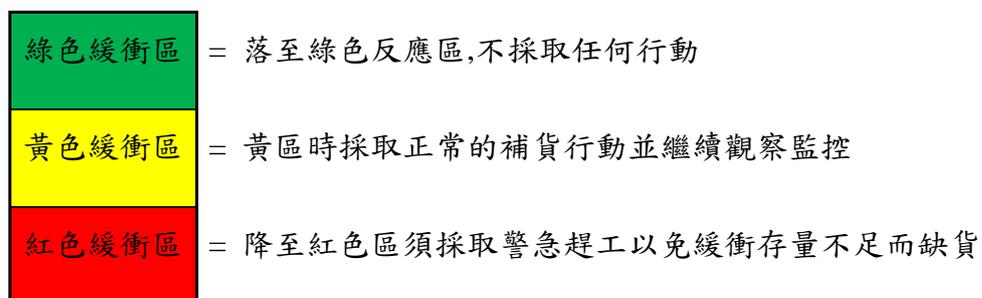


圖 3 各緩衝區示意圖



第三章 研究方法與驗證

3.1 研究方法與情境設定

本研究目的為探討補貨前置時間與產品壽命週期之比例關係，為達到此目的，透過 Excel VBA 建立模擬平台並將模擬環境簡化為兩階的供應鏈，包含供應商及零售商，零售商發出需求給供應商，供應商根據零售商的需求出貨。此外，假設此供應鏈僅銷售一種商品且缺貨不後補，即零售商發出需求而供應商無法滿足時就失去銷售機會。研究進行的流程與步驟如圖 4 所示，模擬平台操作方法可見附錄一。

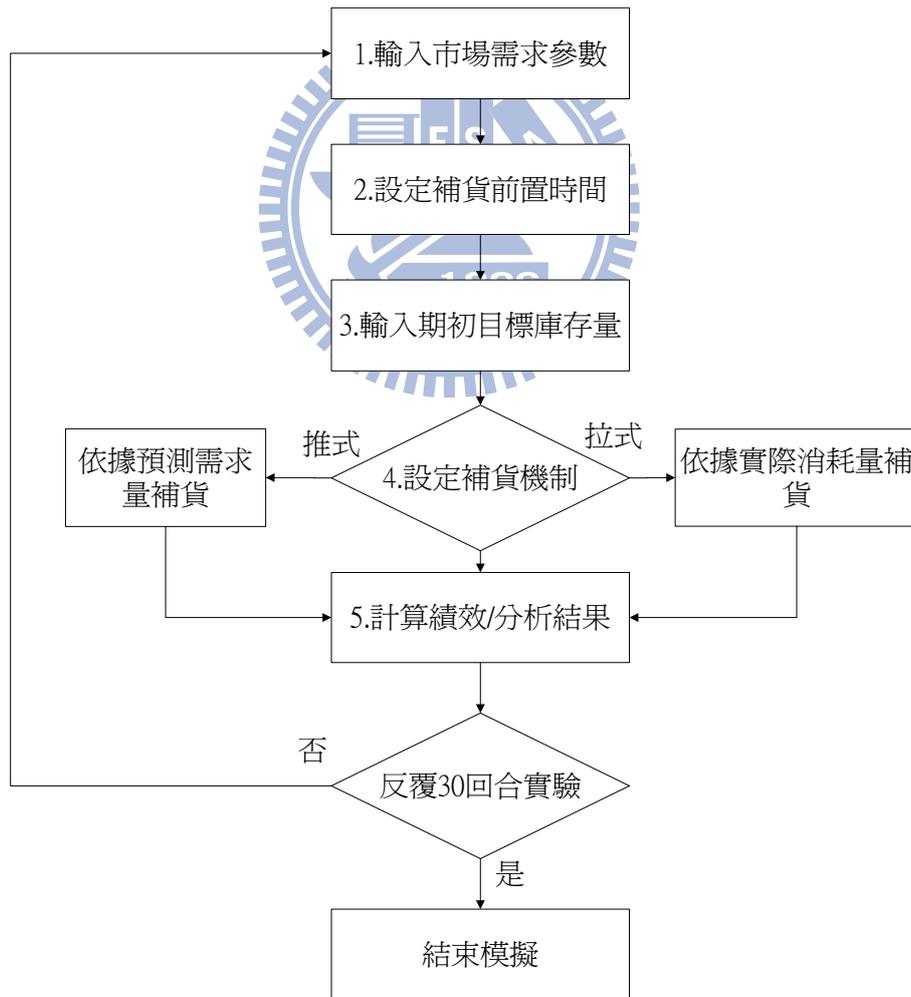


圖 4 模擬流程

本研究假設市場需求為常態分配，輸入參數(1)平均數：800、(2)標準差：80、(3)最小需要：0、(4)最大需要：1600。此外本研究將產品壽命週期固定為24週，故依各比例關係僅需決定補貨前置時間，如補貨前置時間與產品壽命週期比例為1:3者補貨前置時間定為8週，比例為1:4者則為6週。接著設定期初目標庫存量，參數值整理見表2。

步驟四依不同補貨方式決定補貨數量，推式系統是根據每期提供之預測需求量來決定訂貨數量，其中預測工具採用單指數平滑法，原因在於該法可透過平滑參數的調節來反應實際市場銷售的變化，再者指數平滑法在使用上容易，僅需以最近一期之預測值為基礎，所需歷史資料數量較其他方法少，為廣泛應用的預測方法之一【11】；拉式補貨模式則是以每期實際消耗數量來決定。不管使用哪種補貨方式，目標都是以最低庫存滿足下游顧客需求。步驟五是討論兩補貨方式在各種比例下的結果，以出貨量、平均在庫庫存量、平均在庫+在途庫存量、滯銷量、庫存週轉率、缺貨量作為績效衡量指標，進一步從中分析出何種比例為拉式補貨模式之適用環境。

表2 參數設定

比例	市場需求	補貨前置時間 ¹	產品壽命週期	期初目標庫存 ³
1:3	$Normal(800,80^2)$	$8(1+7)^2$	24	6927
1:4	$Normal(800,80^2)$	$6(1+5)$	24	5257
1:6	$Normal(800,80^2)$	$4(1+3)$	24	3573
1:8	$Normal(800,80^2)$	$3(1+2)$	24	2723
1:12	$Normal(800,80^2)$	$2(1+1)$	24	1864

註1：補貨前置時間與產品壽命週期單位皆為週

註2：補貨前置時間括號內數字表示為補貨頻率+生產運輸前置時間

註3：期初庫存目標計算為

$$\text{補貨前置時間} * \text{平均需求} + 95\% \text{服務水準} * \text{需求標準差} * \sqrt{\text{補貨前置時間}}$$

3.2 模擬結果與分析

本節就兩種補貨方式的模擬結果做說明與分析：

(1) 推式系統：

推式系統是根據每期提供之預測需求量來決定訂貨數量，其中預測工具採用指數平滑法。指數平滑法（Exponential smoothing）最常見的有單指數平滑法及雙指數平滑法。單指數平滑法為設定一個平滑參數值 α （smoothing parameter）供作調節預測值之用，反應實際銷售之變化， α 越高代表越能反應最近銷售的變化；而雙指數平滑法則是透過兩個平滑參數值 α 、 β 的設定來做調節。若資料顯示具有趨勢及季節性因素的話，則可考慮使用雙指數平滑法進行預測，而本研究假定市場需求符合常態分配，並未有趨勢及季節性變動，故採用單指數平滑法作為本研究之預測工具，並設定 $\alpha=0.5$ 。模擬所得結果整理如表 3、圖 5，從中可看出在出貨量水準相近的情況下，無論在何種比例下都有缺貨情況發生，隨著比例的增加，庫存表現(平均在庫、平均在庫+在途)及滯銷數量愈趨減少，庫存週轉率也隨著比例增大的同時表現更佳。

表 3 推式系統之模擬績效表現

比例	推式系統						
	出貨量	平均在庫	平均在庫 +在途	滯銷	庫存週 轉率	缺貨次數	缺貨數量
1:3	19315.34	1420.24	5702.17	457.66	13.72	0.23	14.19
1:4	19286.29	923.46	4537	426	21.15	0.43	28.37
1:6	19283.02	544.28	3223	361	36.35	0.67	40.65
1:8	19225.85	438.84	2548	370	46.26	0.53	29.55
1:12	19225.10	313.25	1785	297	66.36	0.87	43.90

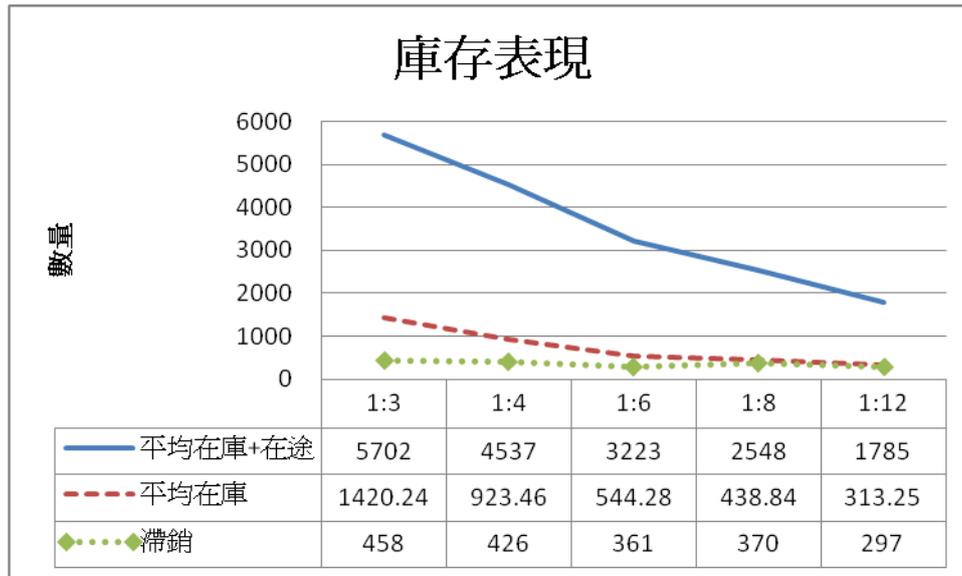


圖 5 推式系統之庫存表現

(2) 拉式補貨模式：

執行拉式補貨模式的步驟是以每期實際消耗數量來做為訂購數量，以此步驟進行模擬，所得結果整理如表 4、圖 6 及圖 7，從中可看出在出貨量水準相近且無任何缺貨的情況下，隨著比例的增加，庫存表現亦趨良好，不僅滯銷數量變少，平均在庫庫存和平均在庫+在途量也趨於減少，同時庫存週轉率隨著比例的增加而表現更佳。接下來將詳盡比較兩補貨方式之模擬結果並加以分析討論。

表 4 拉式補貨模式之模擬績效表現

比例	Demand pull						
	出貨量	平均在庫	平均在庫 +在途	滯銷	庫存週 轉率	缺貨次數	缺貨數量
1:3	19238.60	1448.88	5735.60	548.83	13.41	0	3.90
1:4	19254.00	962.93	4579.73	470.17	20.46	0	0
1:6	19246.36	566.75	3241.03	372.13	34.50	0	0
1:8	19245.27	417.73	2519.93	295.63	46.82	0	0
1:12	19250.93	292.73	1762.63	251.73	66.81	0	0

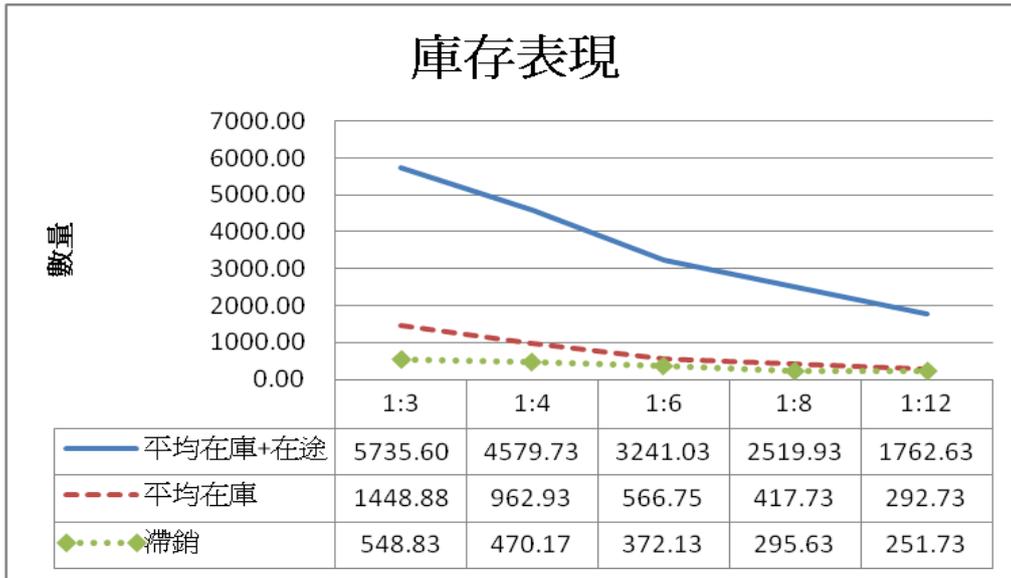


圖 6 拉式補貨模式之庫存表現

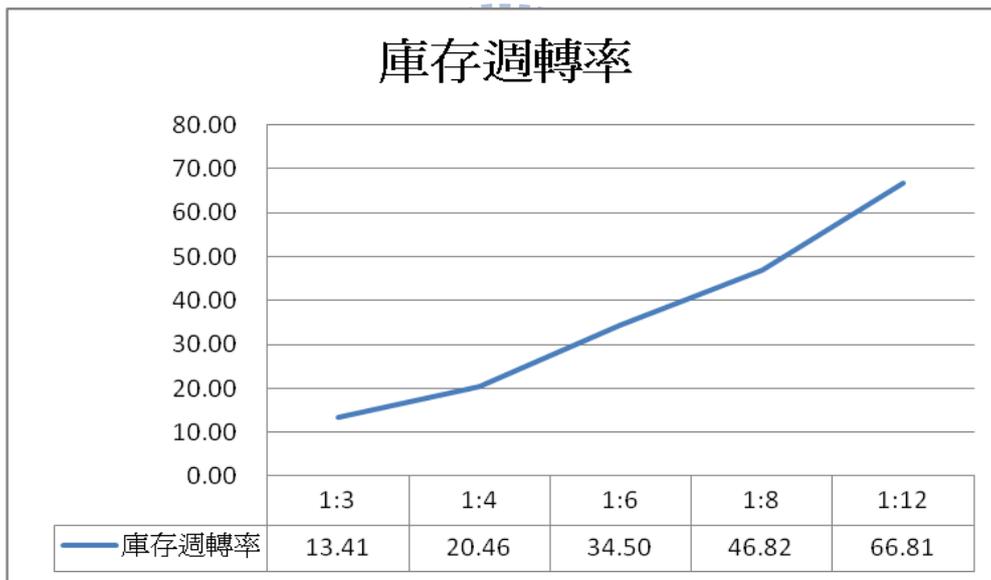


圖 7 拉式補貨模式之庫存週轉率

(3) 拉式補貨模式與推式系統之比較

將上面各情境模擬之結果相比較，整理如表 5 所示。發現在比例 1:3、1:4 和 1:6 下，拉式補貨模式績效表現除了缺貨表現(缺貨次數和數量)較佳外，其它績效表現皆不如預測補貨方式來得理想，不僅出貨量較少於預測補貨方式，平均在庫量、平均在庫+在途量、滯銷量皆多於預測補貨。

表 5 拉式補貨模式與推式系統模擬績效表現之比較

比例	出貨量				平均在庫			
	推式	拉式	推式-拉式		推式	拉式	推式-拉式	
1:3	19315.34	19238.60	76.75	↑	1420.24	1448.88	(28.63)	↓
1:4	19286.29	19254.00	32.29	↑	923.46	962.93	(39.46)	↓
1:6	19283.02	19246.36	36.66	↑	544.28	566.75	(22.47)	↓
1:8	19225.85	19245.27	(19.42)	↓	438.84	417.73	21.11	↑
1:12	19225.10	19250.93	(25.83)	↓	313.25	292.73	20.52	↑

比例	平均在庫				平均在庫+在途			
	推式	拉式	推式-拉式		推式	拉式	推式-拉式	
1:3	1420.24	1448.88	(28.63)	↓	5702.17	5735.60	(33.43)	↓
1:4	923.46	962.93	(39.46)	↓	4537.23	4579.73	(42.50)	↓
1:6	544.28	566.75	(22.47)	↓	3222.77	3241.03	(18.27)	↓
1:8	438.84	417.73	21.11	↑	2547.93	2519.93	28.00	↑
1:12	313.25	292.73	20.52	↑	1784.77	1762.63	22.13	↑

比例	庫存週轉率			缺貨次數				缺貨數量				
	推式	拉式	推式-拉式	推式	拉式	推式-拉式		推式	拉式	推式-拉式		
1:3	13.72	13.41	0.31	↑	0.23	0	0.07	↑	14.19	3.90	10.28	↑
1:4	21.15	20.46	0.69	↑	0.43	0	0.43	↑	28.37	0.00	28.37	↑
1:6	36.35	34.50	1.85	↑	0.67	0	0.67	↑	40.65	0.00	40.65	↑
1:8	46.26	46.82	(0.56)	↓	0.53	0	0.53	↑	29.55	0.00	29.55	↑
1:12	66.36	66.81	(0.44)	↓	0.87	0	0.87	↑	43.90	0.00	43.90	↑

註：()表示此數值為負值

1:3、1:4 和 1:6 的比例情況，因補貨次數較少，幾乎只能靠期初設定的目標庫存來滿足需求，隨著補貨前置時間與產品壽命週期比例增大時，如 1:8、1:12，其補貨次數增加，補貨數量又依據實際消耗數量來決定，使庫存數量保持在目標水位，若再配合緩衝管理機制調降目標水位，則能使庫存有效降低。在比例增大的應用環境中，因補貨次數增加以及拉式補貨模式仰賴預測的程度低，當預測不準確或市場需求有所變動時，拉式補貨模式仍比推式系統更有足夠的反應能力。總結來說，補貨前置時間與產品壽命週期比例小者相對於比例大者較不適用拉式補貨模式。故本研究建議補貨前置時間與產品壽命週期比例少於 1:6 的環境下較不適用拉式補貨模式。

3.3 實例驗證

為了加強本研究提出適用比例之可靠度，本節將利用真實的企業庫存數據進行分析，驗證此適用比例在實務應用上仍為合理。首先蒐集業界管理者進行實驗之真實數據，實驗流程與 3.1 節相同，總計蒐集共 16 組數據，比較各比例使用推式系統與拉式補貨模式下之績效差異。其次實驗規劃之補貨前置時間為 5 週(補貨頻率 1 週+生產運輸前置時間 4 週)，分別觀察產品壽命週期在 5、10、...、50 週，即補貨前置時間與產品壽命週期比例為 1:1、1:2、...、1:10 時各績效之表現。最後將 16 組實驗數據結果整理如表 6、表 7 所示。

觀察表 6 可看出無論在何種比例下，使用拉式補貨模式之出貨量皆高於推式系統補貨，同時改善缺貨表現(缺貨次數和數量)。即採用拉式補貨模式進行補貨，能保有高出貨量且不缺貨的優良績效。

表 6 兩補貨模式之出貨量及缺貨表現比較

比例	出貨量			缺貨次數				缺貨數量				
	推式	拉式	推式-拉式	推式	拉式	推式-拉式	推式	拉式	推式-拉式			
1:1	5268	5449	(181)	↓	0.08	0	0.08	↑	31.93	0	31.93	↑
1:2	8332	8522	(190)	↓	0.10	0	0.10	↑	34.20	0	34.20	↑
1:3	8351	13503	(5152)	↓	0.07	0	0.07	↑	23.23	0	23.23	↑
1:4	9824	16216	(6392)	↓	0.08	0	0.08	↑	28.39	0	28.39	↑
1:5	11102	20300	(9198)	↓	0.06	0	0.06	↑	23.86	0	23.86	↑
1:6	12170	26226	(14056)	↓	0.07	0	0.07	↑	30.47	0	30.47	↑
1:7	13089	28845	(15756)	↓	0.06	0	0.06	↑	26.12	0	26.12	↑
1:8	13939	34230	(20291)	↓	0.06	0	0.06	↑	24.13	0	24.13	↑
1:9	14948	37933	(22985)	↓	0.06	0	0.06	↑	22.95	0	22.95	↑
1:10	14981	40488	(25507)	↓	0.05	0	0.05	↑	20.65	0	20.65	↑

註：()表示此數值為負值

表 7 兩補貨模式之庫存表現比較

比例	平均在庫+在途				滯銷				平均在庫			
	推式	拉式	推式-拉式		推式	拉式	拉式-推式		推式	拉式	推式-拉式	
1:1	5661	5947	(286)	↓	1016	1100	(84)	↓	873	1090	(217)	↓
1:2	5654	5947	(293)	↓	2316	2874	(558)	↓	837	852	(16)	↓
1:3	5778	5947	(169)	↓	1561	966	595	↑	827	900	(73)	↓
1:4	5891	5947	(56)	↓	3070	0	3070	↑	814	811	3	↑
1:5	5900	5947	(47)	↑	2924	1863	1061	↑	794	812	(18)	↓
1:6	5941	5947	(6)	↑	899	21	878	↑	842	874	(32)	↓
1:7	6249	5947	302	↑	3619	3328	291	↑	825	824	1	↑
1:8	6321	5947	374	↑	1933	562	1371	↑	834	856	(21)	↓
1:9	6347	5947	400	↑	2781	2244	537	↑	831	843	(12)	↓
1:10	6420	5947	473	↑	4263	3392	871	↑	813	810	3	↑

註：()表示此數值為負值

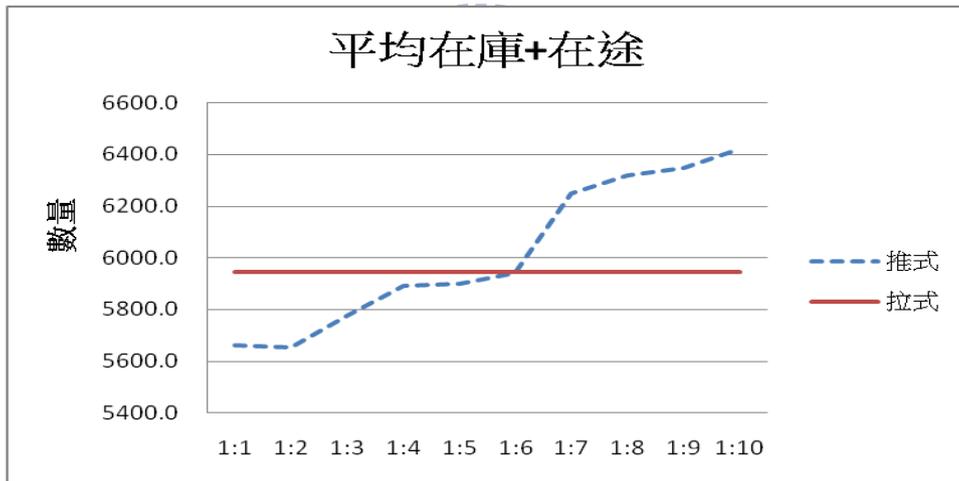


圖 8 兩補貨模式之平均在庫+在途表現

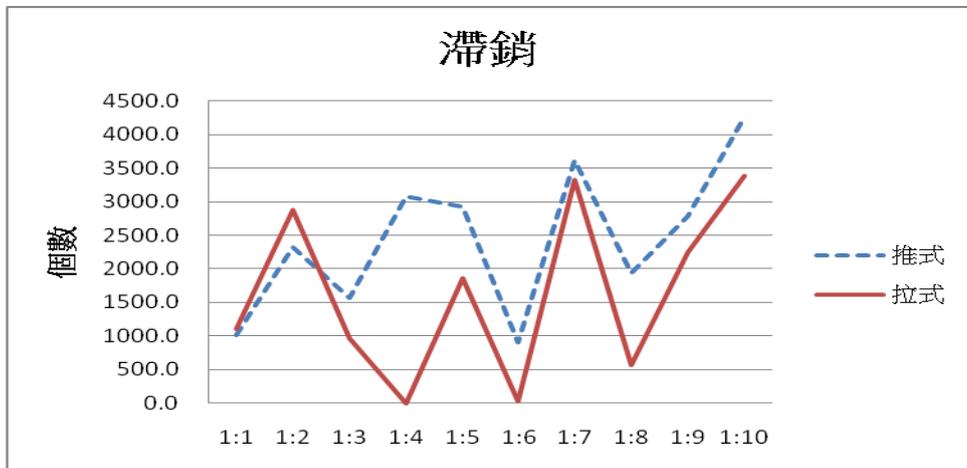


圖 9 兩補貨模式之滯銷數量

由表 7 發現在比例較小的情況，如 1:1、...、1:6 等，拉式補貨模式之平均在庫+在途數量較推式系統多，不如推式系統來得理想，而當比例變大時，如 1:5、...、1:10 等，拉式補貨模式平均在庫+在途才有較推式系統少量的表現。滯銷量同樣在比例較小的情況，如 1:1、1:2，拉式補貨模式比起推式系統有較多的滯銷數量，隨著比例變大滯銷量愈趨優於推式系統。在庫庫存量表現方面，雖說拉式補貨模式在各比例並未有顯著少於推式系統，但由於推式系統有缺貨情況，而本研究假設缺貨不後補，故當期若有缺貨時在庫庫存數量相較起來會少一些。整體而言，補貨前置時間與產品壽命週期比例小者各績效表現皆無法顯著比推式系統來得理想，較不適用拉式補貨模式，在比例達到 1:6 以上者才是非常合適的應用環境。

1:1、...、1:4 的比例情況，補貨次數較少，幾乎只能依據期初設定之目標庫存來滿足需求，同時因為壽命週期較短，產品完成補貨時就已結束銷售期的機會較其他比例來得高，故使用拉式補貨模式之平均在庫量、平均在庫+在途量、滯銷量等庫存表現並無法顯著優於推式系統。隨著補貨前置時間與產品壽命週期比例增大時，如 1:8、1:9、...，因補貨數量依據實際消耗數量來決定，庫存數量保持在目標水位，整體庫存不會多於目標水位，配合緩衝管理機制調降目標水位，使庫存有效降低。在比例增大的應用環境中，因補貨次數增加以及拉式補貨模式仰賴預測的程度低，若預測不準確或市場需求有所變動時，拉式補貨模式仍有足夠的反應能力，保有良好績效。故補貨前置時間與產品壽命週期比例小者相對於比例大者較不適用拉式補貨模式。此外，在實際供應鏈中有許多環境落入本研究之非適用範圍內，若在此情況下欲使用拉式補貨模式進行補貨時，必須改善操作模式來加以改善，下節提出改善方法，在供應鏈環境中建立中央倉庫以縮短補貨前置時間，放大比例使有效執行拉式補貨模式。

3.4 拉式補貨模式在不適用環境下之改善與驗證

在供應鏈環境中，有許多情況必須跨國運送，運輸前置時間長，使得補貨前置時間與產品壽命週期比例落入不適用範圍，例如 Goldratt(2006)在 The Choice 一書中提及運動服飾產業之零售商 BigBrand 運作拉式補貨模式的案例【5】。運動服飾產業跟流行服飾一樣，產品壽命週期通常為六個月，補貨前置時間相當長，在此環境下，拉式補貨模式的績效受到影響，不如預期來得適用。另外，因為運動服飾產品有 30% 為暢銷品(High-runner)，30% 為滯銷品(Slow-runner)此特性，事先以預測六個月銷售期中的需求做為生產依據是不可行且不合理的。

若要讓拉式補貨模式亦能有效應用在 BigBrand 這種非適用環境下，則需改變操作模式，例如 Goldratt 提出中央倉庫之建立及聚集概念，將各配銷端預測的數量先置放於中央倉庫，保留少許數量在配銷端，配銷端再依拉式補貨模式補貨。因聚集概念，供應商根據預測所供給的產品總量不會變多，而補貨前置時間僅剩中央倉庫至配銷點的運輸時間，縮短補貨前置時間，使有足夠的比例來使用拉式補貨模式。例如供應商至配銷端之補貨前置時間在未設立中央倉庫前需 8 週，產品壽命週期為 24 週，比例為 1:3 (8:24)，並非在本研究提出之適用範圍內。建立中央倉庫後，補貨前置時間縮短僅剩中央倉庫至配銷點的時間為 3 週，此時比例放大到 1:8 (3:24)，即符合拉式補貨模式適用範圍。

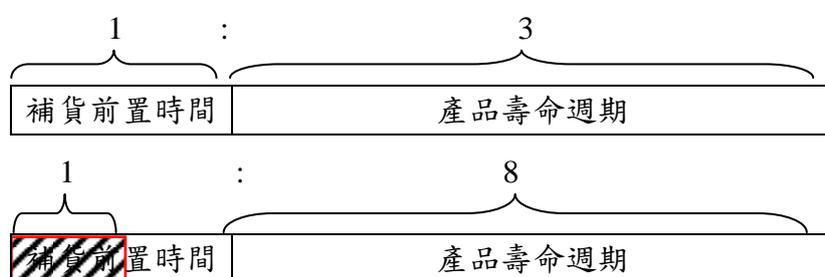


圖 10 增加補貨前置時間與產品壽命週期比例之示意圖

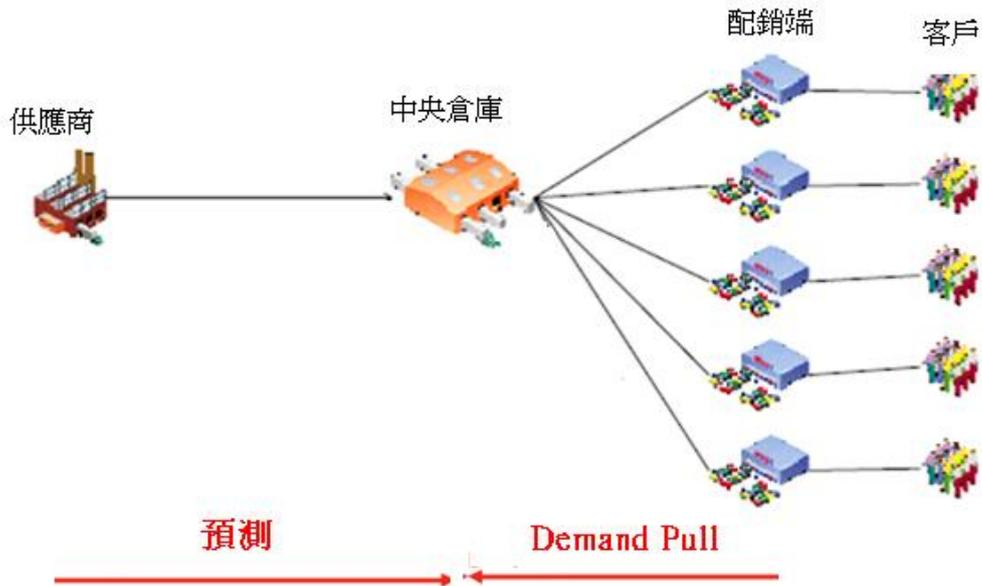


圖 11 建立中央倉庫及聚集之供應鏈示意圖

3.4.1 建立中央倉庫之模擬平台

為了驗證建立中央能改善拉式補貨模式在非適用環境下的應用效果，本研究透過 Excel VBA 建立模擬平台並將模擬環境假設為三階的供應鏈，包含 1 個供應商、一座中央倉庫及 5 個配銷端，配銷端發出需求並向中央倉庫拉貨，供應商供給產品給中央倉庫。供應鏈僅銷售同一種產品，共進行 30 回模擬實驗。詳細研究流程與步驟如圖 12 所示，模擬平台操作方法可見附錄二。

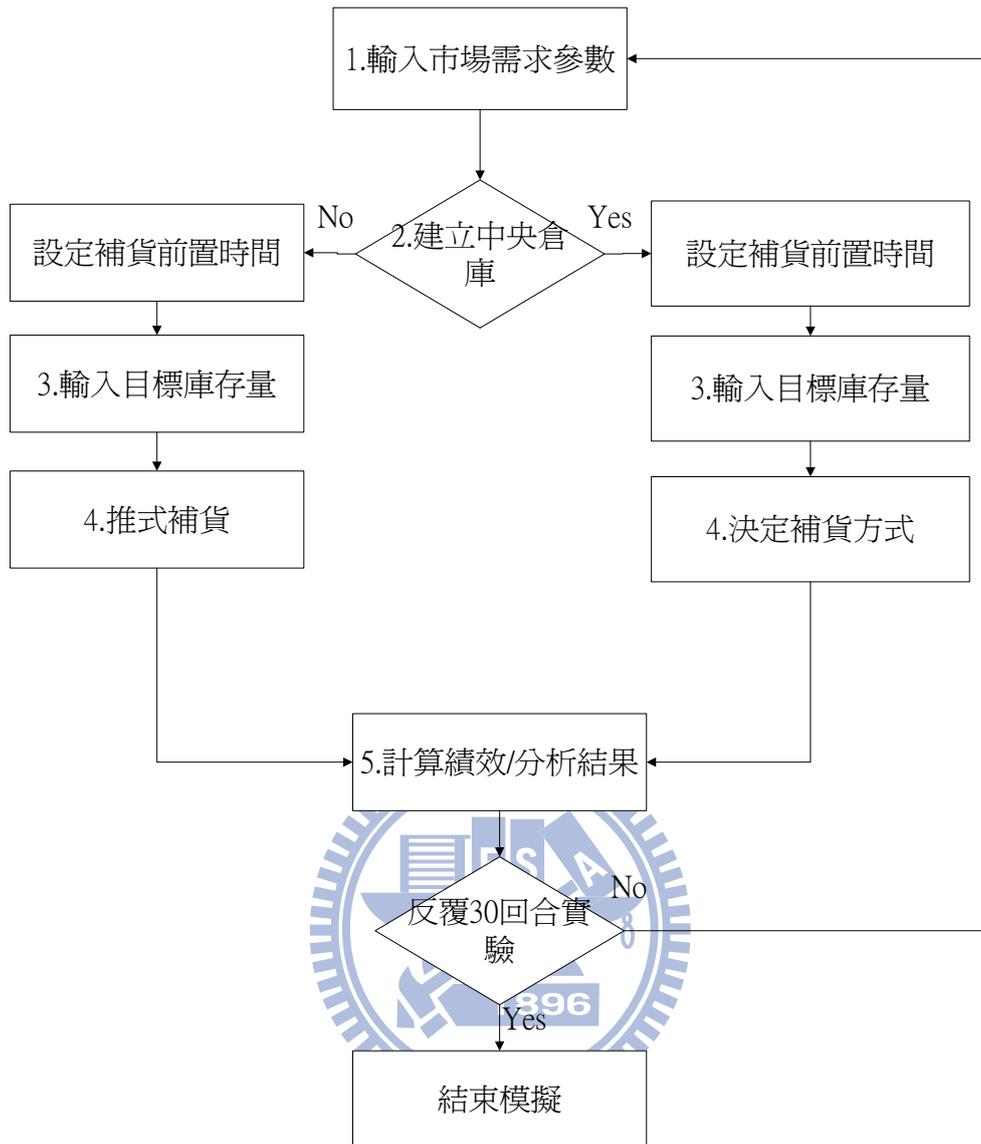


圖 12 建立中央倉庫模擬平台之模擬流程

步驟一、輸入市場需求參數：

本研究假設市場需求為常態分配，輸入參數(1)平均數：800、(2)標準差：80、(3)最小需要：0、(4)最大需要：1600。

步驟二、依據有無建立中央倉庫設定補貨前置時間：

(1) 若模擬有中央倉庫的情境，則補貨前置時間為：銷售端至中央倉庫之補貨前置時間為 2 週(補貨頻率 1 週+生產運輸前置時間 1 週)，中央倉庫至供應商之補貨前置時間為 7 週(補貨頻率 1 週+生產運輸前置時間 6 週)，產品壽命週期為 24 週。

(2) 若無中央倉庫者，則補貨前置時間設定為 8 週(補貨頻率 1 週+生產運輸前置時間 7 週)，產品壽命週期為 24 週。

步驟三、決定期初目標庫存量：

期初庫存目標=補貨前置時間*平均需求+95%服務水準*需求標準差* $\sqrt{\text{補貨前置時間}}$

步驟四、決定補貨數量：

(1) 有中央倉庫者：銷售端至中央倉庫依實際總消耗數量決定補貨數量，中央倉庫至供應商依預測需求量決定補貨數量，預測工具與 3.1 節同。

(2) 無中央倉庫者：整段供應鏈採用推式補貨，依預測需求量決定補貨數量。

步驟五、計算總出貨量、總庫存量、滯銷量、缺貨量作為績效衡量並加以分析。

3.4.2 模擬結果與分析

供應鏈中建立中央倉庫的模擬方式為配銷端依拉式補貨模式補貨，供應商供給產品給中央倉庫，中央倉庫置放數量為各配銷端預測之需求總量，簡言之即配銷端到中央倉庫採用拉式補貨模式，中央倉庫到供應末端用推式方式進行補貨。若供應鏈中不建立中央倉庫的模擬方式為配銷端到供應末端皆使用推式方式進行補貨，不管為何種補貨方式，目標都是以最低庫存滿足下游顧客需求。以此進行模擬後，可得結果如表 8 至表 10 所示。

將模擬結果進行 Pair-t 檢定，結果可見表 11，發現在建立中央倉庫後之平均在庫庫存量、平均在庫+在途庫存量和滯銷量此三個績效有顯著改善，其他指標雖無顯著改善，但相對於原本尚未建立中央倉庫時之表現，不僅銷售量提高，缺貨表現(缺貨次數和數量)亦較佳。

總結來說，建立中央倉庫縮短補貨前置時間，能使原本不適用拉式補貨模式之供應鏈環境改善其使用效果。實行中央倉庫概念已在業界逐漸被接受，像是歐洲流行服飾 WE 公司即為成功案例之一，該公司貫徹拉式補貨模式和中央倉庫概

念，達到損失銷售(Lost sales)降低、改善庫存週轉率並減少平均庫存水準等效果。

表 8 未建立中央倉庫之績效表現

地點	需求	銷售量	在庫庫存	在庫+在途	滯銷	缺貨次數	缺貨數量
銷售點 1	19566	19450	1324.2	5654.8	469.5	1.6	116.0
銷售點 2	18812	18812	1601.7	5726.4	489.1	0	0
銷售點 3	19495	19495	1458.0	5760.2	339.5	0	0
銷售點 4	19286	19264	1389.8	5668.2	498.1	0.4	21.4
銷售點 5	19276	19264	1439.0	5697.4	437.6	0.2	11.8
平均	19287	19257	1442.5	5701.4	446.7	0.44	29.8

表 9 建立中央倉庫後之績效表現

地點	需求	銷售量	在庫庫存	在庫+在途	滯銷	缺貨次數	缺貨數量
銷售點 1	19461	19443	287	1764	144	0.6	17.8
銷售點 2	19378	19366	286	1766	258	0.4	12
銷售點 3	18950	18950	316	1763	276	0	0
銷售點 4	19453	19442	285	1767	202	0.4	11.2
銷售點 5	19216	19199	305	1767	207	0.2	17.2
平均	19291	19280	295.73	1765.2	217.4	0.32	11.6

表 10 有無建立中央倉庫之績效比較

中央倉庫	需求	銷售量	在庫庫存	在庫+在途	滯銷	缺貨次數	缺貨數量
無	19287	19257	1442.5	5701.4	446.7	0.44	29.8
有	19291	19280	295.73	1765.2	217.4	0.32	11.6

表 11 Pair-t 檢定結果列表

績效指標	T-value	P-value
銷售量	-0.45	0.340
平均在庫	48.14	0.000*
平均在庫+在途	382.5	0.000*
滯銷	8.01	0.001*
缺貨次數	0.42	0.349
缺貨數量	1.2	0.148

* P < 0.05

第四章 結論與未來研究方向

本研究之目的是要找出拉式補貨模式的適用環境，針對「補貨前置時間」與「產品壽命週期」比例關係進行研究。透過一個供應鏈的模擬系統及實例說明，可得結論如下：

1. 以最低庫存滿足顧客需求是首要目標，但由模擬結果，傳統依據預測方式進行補貨者有缺貨情況發生並無法確保顧客需求被滿足，而拉式補貨模式則無缺貨情況。
2. 在補貨前置時間與產品壽命週期比例小者，傳統依據預測方式補貨的在庫存表現(包含在庫庫存量、在庫+在途量、滯銷量)較拉式補貨模式佳，但隨著比例增加，拉式補貨模式則優於傳統依據預測方式。
3. 補貨前置時間與產品壽命週期比例小者相對於比例大者較不適用拉式補貨模式。本研究建議補貨前置時間與產品壽命週期比例少於 1:6 的環境下較不適用拉式補貨模式。
4. 在上述非適用拉式補貨模式之應用環境中，建立中央倉庫以縮短補貨前置時間，能使原本不適用之供應鏈環境改善其使用效果。

本研究系統中所提出的驗證方法與假設條件，仍有未盡完善之處，值得後續研究，在此整理如下：

1. 現實供應鏈有高度複雜性，其環境變化不僅在「補貨前置時間」與「產品壽命週期」兩者，可考慮更多的影響因子來加以探討。
2. 本文探討的銷售商品僅有一種，然而零售商擺放的產品種類多樣化時執行拉式補貨模式是否有影響是本研究未考慮的部份，值得進行後續研究。

參考文獻

1. Archibald, B. and E.A. Sliver,“(s, S) Policies under Continuous Review and Discrete Compound Poisson Demands with Lost Sales”,Management Science, 24(9), pp. 899-909, 1978.
2. Federgruen, A. and Zipkin, P,“An Efficient Algorithm for Computing Optimal (s, S) Policies”, Operation Research, 32(6), pp. 1268-1285, 1984.
3. Goldratt, E.M., and Cox, J. , The Goal, 2nd edition, North River Press, 1992.
4. Goldratt, E.M., , It's Not Luck, North River Press, 1994.
5. Goldratt, E.M., The Choice, North River Press, 2008.
6. Goldratt, E.M.,“Standing on the Shoulders of Giants”, Goldratt group, 2008.
7. Lin, C.C., Shieh, S.C., Kao, Y.H., Chang, Y.T., Chen, S.S.,“The Simulation Analysis of Push Shelf Replenishment Policies for Retail Supply Chain”, 2008 International Conference on Machine Learning and Cybernetics, pp.3964-3969, 2008.
8. Lee, H. L., V. Padmanabhan, & Whang, S.,“The Bullwhip Effect in Supply Chains”, Sloan Management Review/Spring , pp. 93-102, 1997a.
9. Lee, H. L., V. Padmanabhan, & Whang, S., “Introduction Distortion in a Supply Chains”, Management Science, pp. 546-558, 1997b.
10. Masuchun, W., Davis, S., Patterson J. W.,“Comparisons of Push and Pull Control Strategies for Supply Network Management in a Make-to-stock Environment,”Journal of Production Research, 42(20), pp. 4401-4419, 2004.
11. Matteo Coppini, Chiara Rossignoli, Tommaso Rossi and Fernanda Strozzi, “Bullwhip Effect and Inventory Oscillations Analysis Using the Beer Game Model ”, International Journal of Production Research, pp. 3943-3956, 2010.

12. Smith, D.A.,“Linking the Supply Chain Using the Theory of Constrains Logistical Applications and a New Understanding of the Role of Inventory/Buffer Management”, Premier Issue TOC Review , pp. 50-54, 2001.
13. Simchi-Levi , D., Kaminsky, P. and Simchi-Levi, E., Designing & Managing the Supply Chain, McGraw-Hill, New York, 2003.
14. Ward, J.B.,“Determining Reorder Points When Demand is Lumpy”, Management Science, 24(6), pp. 623-632, 1978.
15. Zhang , X.H., Lv, L.,“Performance Comparisons of Supply Chain Between Push and Pull Models with Competing Retailers”, Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, 2008. WiCOM 08.4th International Conference on, pp. 12-14, 2008.
16. 李榮貴，「製造管理專題上課講義」，國立交通大學工業工程與管理研究所課程，民國 98 年。
17. 李榮貴，張盛鴻，「TOC 限制理論：從有「限」走向無限」，中國生俺理中心出版，民國 94 年。
18. 高振方，「流行產業供應鏈改善研究與模擬平台設計」，國立交通大學，碩士論文，民國 96 年。
19. 傅豪，「IC Design House 之庫存管理改善-試行限制理論於 M 公司之研究」，國立交通大學，博士論文，民國 94 年。
20. 蔡佳玲，「TOC 配銷管理模擬器之開發」，國立交通大學，碩士論文，民國 97 年。
21. 蔣易殷，「Demand-pull 手法應用在啤酒遊戲之可行性研究」，國立交通大學，碩士論文，民國 97 年。

附錄一：模擬平台操作方式

1	前置時間	7	期初庫存量	6927	下單/生產排單	1	持有成本	1						
			需求	ERP資訊				出貨	訂貨/計算目標庫存	清除				
期間	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
	期初庫存量	本期入庫量	本期需求	去年歷史需求	實際6期需求	實際-預測需求差距	未來6期預測	本期出貨量	本期訂購量	在途庫存	期末庫存	缺貨量	在途+在庫庫存	目標庫存
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
⋮														
20														
21														
22														
23														
24														

參數設定

平均訂單量	800
標準差	80
最大訂單量	1600
最小訂單量	0



出貨量	
平均在庫存	
庫存週轉率	下單方式(B) 期初庫存(A)
缺貨次數	
缺貨數量	
缺貨率	

訂購次數	
次數轉換	
最大需求	
IDD	

平均在庫+在途	
滯銷	
平均出貨量	
期望目標庫存	

模擬步驟：

1. 輸入市場需求分配、補貨前置時間、期初目標庫存等設定。
2. 依補貨機制輸入訂購量，並按下出貨。
3. 按下訂貨/計算目標庫存，產生之數據會回傳至結果輸出工作表。
4. 如需重新模擬，須按下清除鍵方可再次模擬。

附錄二：加入中央倉庫模擬平台操作方式

1		前置時間	1	期初庫存量	1864	下單/生產 標準	1	持有成本	1				
		需求			ERP資訊				出貨	訂貨/計算目標庫存	清除		
期間	A 期初庫存量	B 本期入庫量	C 本期需求 量	D 去年歷史需求	E 實際2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	
1	1864		780					780	780	780	1084	0	
2	1084		811		1591			811	811	1591	273	0	
3	273	780	722		1533			722	722	1533	331	0	
4	331	811	826		1548			826	826	1548	316	0	
5	316	722	914		1740			914	914	1740	124	0	
6	124	826	854		1768			854	854	1768	96	0	
7	96	914	889		1743			889	889	1743	121	0	
8	121	854	784		1673			784	784	1673	191	0	
9	191	889	802		1586			802	802	1586	278	0	
10	278	784	823		1625			823	823	1625	239	0	
∴	239	802	767		1590			767	767	1590	274	0	
22	95	890	676		1555			676	676	1555	309	0	
23	309	879	663		1339			663		676	525	0	
24	525	676	724		1387			724		0	477	0	

模擬步驟：

1. 輸入市場需求分配、補貨前置時間、期初目標庫存等設定。
2. 依補貨機制輸入訂購量，並按下出貨。
3. 按下訂貨/計算目標庫存，產生之數據會回傳至結果輸出工作表。
如需重新模擬，須按下清除鍵方可再次模擬。
4. 依步驟 1-3 反覆完成 5 個配銷端之模擬後。
5. 再重回步驟 1 輸入不同資訊執行中央倉庫端之模擬。若欲模擬無建立中央倉庫之情境則無需執行此步驟。
6. 將模擬結果工作表彙整。