

國立交通大學

工業工程與管理學系

博士論文

強化限制理論 Demand-Pull 補貨模式之研究

Enhancement of TOC Demand-Pull Replenishment



研究生：袁國榮

指導教授：李榮貴 教授

中華民國九十三年七月

強化限制理論 Demand-Pull 補貨模式之研究

Enhancement of TOC Demand-Pull Replenishment

研究生：袁國榮

Student：Yuan Kuo-Jung

指導教授：李榮貴

Advisor：Dr. Rong-Kwei Li

國立交通大學

工業工程與管理學系

博士論文

A Dissertation

Submitted to Institute of Industrial Engineering

College of Management

National Chiao Tung University

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Doctor of Philosophy

in

Industrial Engineering

July 2004

Hsinchu, Taiwan, Republic of China.

中華民國九十三年七月

強化限制理論 Demand-Pull 補貨模式之研究

研究生：袁國榮

指導教授：李榮貴 博士

國立交通大學工業工程與管理學系

摘 要

TOC demand-pull 與緩衝管理是觀念相當不錯的供應鏈解決方案。但因缺乏嚴謹的的程序與方法來做好緩衝管理所需考慮的三要素，使得 TOC demand-pull 的應用變成黑盒子。許多學者與實務應用者也因此質疑 TOC demand-pull 觀念的可行性，並對其使用效果優於目前廣為使用方法也產生懷疑，同時也造成將此方法電腦化應用的障礙。因此，本研究的目的是在於提出更嚴謹的緩衝管理法則與方法來強化 TOC demand-pull，同時修正 TOC 產出天·元(Throughput Dollars-Days, TDD)/IDD 存貨天·元(Inventory Dollars-Days, IDD)指標與提出 EVD(Exposure Dollars-Days, EVD)指標，使 TOC demand-pull 在供應鏈管理的實務應用上更加完備，並能獲得比現在廣為使用的方法更為有效。

本研究首先針對緩衝管理三要素做探討，提出目標庫存量決定法則與方法、補貨頻率與補貨數量、緩衝監控程序與目標庫存量調整準則。其次修正 TOC 的 TDD 與 IDD 二個績效指標並提出缺貨 EVD 指標，以評估缺貨機率與存貨高低，使其更適用於供應鏈緩衝績效的評估，強化 TOC 緩衝管理機制在供應鏈管理的實務應用，最後為了證明此研究所提的觀念、法則與方法是可行且有效的，以一個實際個案來做驗證。

關鍵字：限制理論，緩衝區管理，

TDD 產出天·元指標(Throughput Dollars-Days)，

IDD 存貨天·元指標(Inventory Dollars-Days,)，

EVD 缺貨指標(Exposure Dollars-Days, EVD)。

Enhancement of TOC Demand-Pull Replenishment

Student: Kuo-Jung Yuan

Advisor: Dr. Rong-Kwei Li

Department of Industrial Engineering and Management
National Chiao Tung University

ABSTRACT

TOC buffer management and Demand-Pull replenishment is an outstanding and effective model critical to support the concept and knowledge of inventory management by conscientious processes and methods. Imperfection of perfectible discussion on the three key elements of buffer management would result in questionable Demand-Pull inventory system. Ineffectual and visible barriers of computerize in various practices. Furthermore, implementers would significantly suspect the practice of TOC demand-pull concept.

Typically to meet perfectible practices of TOC demand-pull practice and implement it in supply chain management, this thesis proposes a heuristic buffer management methodology to enhance the Demand Pull replenishment and modify the buffer management performance index. Furthermore, consolidation of TOC Demand-Pull is practiced significantly and effectively in supply chain management.

In connection with the probe for the three key elements of buffer management, the thesis provides critical rules of inventory decisions. Firstly, target rules are provided for inventory decision methods including replenishment frequency, replenishment quantity, the concept of monitoring window is proposed to detect the level of inventory and criterion of inventory adjustment. Secondly, propose the EVD and modify the TDD (Throughput Dollar-Days) and IDD (Inventory Dollars-Days, IDD) based on the Throughput Dollars-Days index proposed by Goldratt to measure the buffer management performance and to enhance the TOC buffer management model of perfectible practice. Finally, real cases are simulated to assess the performance enhancement through the proposed methodology.

Key Words : TOC (Theory of Constraints) , Buffer management,
TDD (Throughput Dollars-Days), IDD(Inventory Dollars-Days),
EVD(Exposure Dollars-Days),Demand Pull Replenishment.

誌 謝

終於畢業了，在此特別表達對恩師李榮貴教授最崇高的敬意，在這麼多年的博士學習期間在學術研究上給我許多建議、指導與鼓勵，協助我順利完成漫長博士學業。回首博士來路，汲汲奔勞於職場與課堂，夙夜苦讀，若非恩師之激勵與關懷，實難以完成，由衷感謝恩師的悉心指導。

在課堂學習上特別要感謝沙永傑教授、鍾淑馨教授與李慶恩教授的啟發與教導，獲益良多。而同窗好友葉忠、黃俊寧、廖士榮、賴慶祥、韓慧林與張子筠，以及羅文陽學長的熱心幫忙，併此言謝。

論文審查要特別謝謝盧淵源教授、沙永傑教授、駱景堯教授與蔡志宏教授對於審查時給予寶貴的修正建議，使本論文更加完善，也要感謝張盛鴻博士在撰寫論文與投稿上的協助。

回顧多少夜，與愛妻及三個心愛女兒在燈下，老少學生，或埋首書卷，或振筆疾書，其間和樂，亦為支持我完成學業之驅動力。此外，感謝愛妻的全力支持與體諒，讓我得以全力以赴。

最後最重要的是謹將這分榮耀獻給一生辛勞的敬愛母親。

袁國榮

2004年7月

目 錄

中文摘要	i
英文摘要	ii
目錄	iii
表目錄	iv
圖目錄	v
符號說明	vi
第一章 研究動機與目的	1
第二章 問題分析與文獻探討	7
2.1 供應鏈的存貨角色	7
2.2 供應鏈振盪	9
2.3 傳統存貨方法	12
2.3.1 連續檢視系統	12
2.3.2 定期檢視系統	12
2.4 整體存貨規劃	21
2.5 文獻探討結論	26
第三章 TOC Demand-Pull 供應鏈管理模式	28
第四章 TOC 緩衝管理的強化	32
4.1 緩衝管理目標庫存量的決定	34
4.2 監視視窗	38
4.2.1 監視視窗的設定	39
4.2.2 緩衝庫存的調整模式	43
4.2.3 監視視窗在 Demand-Pull 運作說明	43
4.3 緩衝管理的適用性	46
第五章 緩衝管理績效指標修正	50
5.1 產出天·元 TDD 指標修正	51
5.2 存貨天·元 IDD 指標修正	52
5.3 缺貨價值 EVD 指標	53
5.4 TDD、IDD、EVD 評量指標應用說明	54

第六章 實例模擬與驗證	55
6.1 個案背景說明	55
6.2 個案公司現在運作模式與 Demand pull 補貨模式比較.....	58
6.3 Demand-pull 與傳統補貨策略比較	60
6-4 停售產品的運作模式	62
第七章 結論與未來研究方向.....	64
參考文獻	65
附錄一	71



表 目 錄

表 2-1	長鞭效應成因彙整表.....	.11
表 2-2	存貨系統分類.....	..16
表 2-3	四種存貨控制比較.....	..17
表 2-4	補貨參數的探討彙整表.....	..20
表 2-5	存貨管理政策準則.....	..22
表 2-6	整體存貨政策的方法選擇.....	..23
表 2-7	VMI 與 CRP 比較24
表 2-8	VMI 對零售商和供應商的優點彙整表.....	..25
表 3-1	銷售數量與訂購量.....	..32
表 5-1	需求數據及運算結果.....	..55
表 6-1	停售產品運作結果.....	..62
附表一	傳統存貨補貨之參數值.....	..72



圖目錄

圖 1-1	傳統產銷系統的惡性循環關係.....	1
圖 1-2	Demand-pull補貨方式示意圖.....	4
圖 1-3	TOC 緩衝管理：固定三區反應.....	5
圖 2-1	供應鏈各環節的衝突點.....	8
圖 2-2	供應鏈體系的衝突網.....	8
圖 2-3	需求擴大惡性循環圖.....	10
圖 2-4	連續檢視(s,Q) policy 系統.....	14
圖 2-5	連續檢視(s,S) policy 系統.....	14
圖 2-6	定期檢視(R,S) policy 系統.....	15
圖 2-7	定期檢視(R,s,S) policy 系統.....	16
圖 3-1	典型的供應鏈衝突.....	29
圖 3-2	供應源頭預測變異較小.....	30
圖 3-3	Demand-pull 模式示意圖.....	31
圖 3-4	Demand-pull 方式的運作結果.....	32
圖 4-1	存貨量與前置時間關係.....	35
圖 4-2a	從需求累積分佈圖，訂出紅色管制線.....	36
圖 4-2b	從直式需求累積分佈圖，訂出啟始存貨目標大小.....	36
圖 4-3	需求淡、旺季下的啟始存貨目標值.....	37
圖 4-4	利用緩衝區監控存貨水準的存貨目標管理示意圖.....	38
圖 4-5	監視視窗設定示意圖.....	40
圖 4-6	監視視窗執行調整步驟流程圖.....	42
圖 4-7	監視視窗在 Demand-Pull 運作說明.....	44
圖 4-8	透過 Buffer 調整 Demand-Pull 補貨量.....	45
圖 4-9	以 Buffer 調整 Demand-Pull 方式的運作比較.....	45
圖 4-10	存貨追蹤表示意圖.....	46
圖 4-11	緩衝存貨水準移動圖.....	47
圖 4-12	生產工單移動圖.....	47
圖 4-13	緩衝區管理使用限制.....	48
圖 5-1	TDD 的評量值示意圖.....	51
圖 5-2	IDD 的評量值示意圖.....	52
圖 5-3	EVD 的評量值示意圖.....	54
圖 5-4	緩衝區存貨管理的評量指標說明.....	55
圖 5-5	TDD、IDD、EVD 評量值的案例說明圖.....	56
圖 6-1	以平均存貨比較實例公司與 Demand-Pull 補貨方式.....	59

圖 6-2	以 IDD 值比較實例公司與 Demand-Pull 補貨方式	59
圖 6-3	Demand-Pull 與各傳統補貨方式的平均存貨比較.....	60
圖 6-4	Demand-Pull 與各傳統補貨方式 TDD 值的比較	61
圖 6-5	Demand-Pull 與傳統補貨方式 IDD 值的比較	61



符 號 說 明

EDI	電子資料交換技術(Electronic Data Interchange)
EOQ	經濟訂購量 (Economic Order Quantity)
TOC	限制理論(Theory of Constraints)
SCM	供應鏈管理 (Supply Chain Management)
QR	快速反應 (Quick Response)
ECR	有效客戶反應(Efficient Consumer Response)
CRP	連續補貨系統 (Continuous Replenishment Program)
VMI	供應商存貨管理 (Vender Management Inventory)
LT	前置時間 (Lead-Time)
d	需求(demand)
S_{LT}	供應時間(Supply Lead Time)
O_{LT}	訂單前置時間 (Order Lead Time)
R_{LT}	補貨前置時間 (Replenish Lead Time)
T_{LT}	運送時間(Transportation Lead Time)
P_{LT}	生產前置時間(Production Lead Time)
MW	監視視窗(Monitoring Window)
K_Q	補貨量(Replenishment Quantity)
G_I	存貨目標的調整量
U	紅色管制線水準為
G	存貨目標水準
W_i	現有存貨量
TDD	產出天•元(Throughput Dollar-Days)
IDD	存貨天•元(Inventory Dollar-Days)
EVD	缺貨價值指標((Exposure Value Days)

第一章 研究動機與目的

傳統上供應鏈的運作模式，是由最末端的零售商以預測方式下訂單，區域或配銷中心再將訂單彙整變成工廠的生產訂單。工廠依訂單生產後再送至區域或配銷中心，再轉配送至零售商，此運作模式稱為推式 (Push) 運作方式。然而我們知道預測通常是不準的，加上訂單設定批量化、價格的波動，分配與短缺的競逐化，生產與補貨時間太長等導致需求波動的现象。此现象愈往系統上游 (供應源頭)，需求受扭曲的幅度就愈擴大，最後形成所謂的「長鞭效應」 (Lee *et al.*, 1997)。造成該有的沒有，不該有的一堆，存貨雖高，但卻非所需的貨品。此導致常常需以急單生產或緊急跟催 (expediting) 來滿足實際需求，造成供應鏈的運作更加不穩定。最後導致供應鏈系統運作如圖 1-1 所示的惡性循環關係。

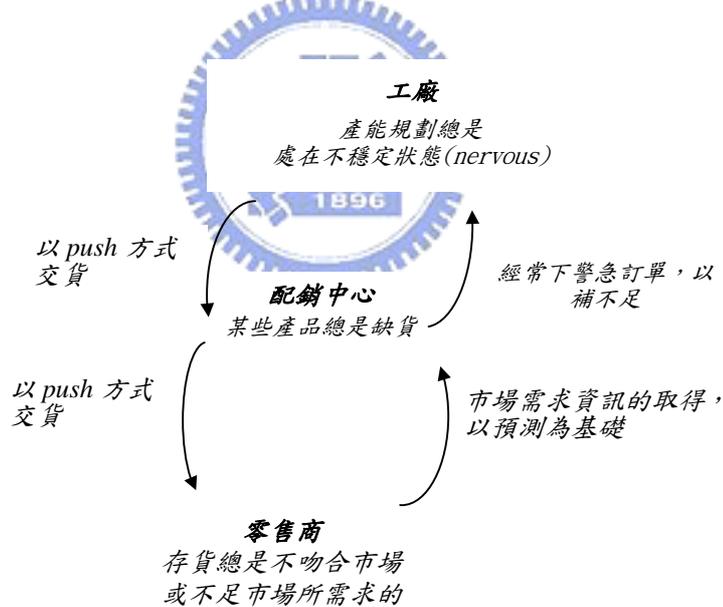


圖 1-1. 傳統產銷系統的惡性循環關係

此惡性循環使整個供應鏈管理系統出現下列不良結果 (Undesirable Effects, UDEs) 或問題 (Tsai, 1998) :

- (1). 客戶經常買不到所要的產品，

- (2). 為提高客戶服務滿意，需備高存貨方式因應，然因產品壽命有限導致經常退貨或形成滯銷庫存 (dead stock) 或報廢品 (scrap)，
- (3). 零售商所訂的產品，配銷或倉儲中心常常無法按時送達，
- (4). 某些產品在配銷或倉儲中心經常缺貨(stock-out)、某些產品在配銷或倉儲中心則庫存太高，
- (5). 工廠供給配銷或倉儲中心的產品常與市場(客戶)實際需求不合，
- (6). 工廠為提高生產效率，以大批量生產，造成製造前置時間的拉長，導致該交的貨無法準時交貨，而工廠卻經常沒有足夠的產能滿足目前的需求。

上述問題過去許多學者皆透過存補貨政策的研究試著解決。存補貨政策的研究大多是透過補貨啟動機制的設定，在適當的時機補貨以維護存貨水準滿足客戶需求；例如從早期的 EOQ 發展到(s,Q) 補貨策略、(s, S) 補貨策略、(R, S) 補貨策略與(R, s, S) 補貨策略等。這些補貨策略參數的設定受到需求的影響。在需求確定性(的環境下，通常可輕易設定參數值啟動下單補貨。但是當面對不確定性需求時，就很難透過設定參數值作為補貨的啟動。針對這些參數的設定，過去許多研究曾提出以數學、啟發式或模擬等不同方法找尋最佳的參數設定值 (Anupindi, *et al.*, 1996；Vargas and Metters 1996；Platt, *et al.*, 1997；Silver, Pyke and Peterson 1998)。但是這些方法通常只針對「局部」的存貨問題，在找尋過程中又過於複雜，同時沒有考慮及時資訊的輸入，因此難以適用於動態環境下的存貨管理。

拜資訊技術(Information Technology, IT)的進步，透過資訊的分享使快速回應系統(Quick Response, QR)成為可行。傳統成衣製造業因為 QR 系統的使用縮短了產品上市時間，提昇市場反應能力，使流行服飾業者獲取不少競爭優勢 (Mullin, 1994；Iyer 1997)。Kurt Salmon Associates (1992)則根據 QR 系統發展比 QR 系統更容易理解的 ECR (Efficient Consumer Response)模式，使配銷商與供應商運作更邁向符合市場需求的境界。在此之後從 ECR 觀念被衍生出連續補貨系

統(Continuous Replenishment Program, CRP)與供應商管理存貨系統(Vender Management Inventory, VMI)兩種。採行 CRP 補貨方式的供應商必需每期以零售商的訂購量為主，結合其他相關因素的考量後，調整訂購數量後才進行補貨分配，因此必須等待零售商下訂單時才開始啟動。而採用 VMI 方式的供應商則是透過本身所擁有的資訊判斷零售商未來的需求，再做補貨量的調整，提升存貨管理的成效。CRP 與 VMI 兩方式皆必須建築於完整的資料與供應鏈成員的相互信任上，同時系統的維護較為複雜 (Johnson *et al.*, 1995; Cottrill, K. 1997; Waller *et.al.*, 1999; Matthew, A.W. *et al.*, 1999; 劉婉儀, 2000; Parker, R. 2001; Chaouch, 2001; 盧舜年 等,2002; Disney *et.al.*, 2003)。

導入現代資訊技術確實可以加速資訊的傳遞以及整合了產銷鏈，但是仍然沒有解決供應鏈的核心問題，因此仍然是不足夠的。此可以從(蔡翠旭, 1998; 林宜萱, 2002)兩書與其他文獻上得到驗證(Lummus, 1997; Lee *et.al.*,2000; Parker, 2001)。

一般人皆認為造成供應鏈問題最大核心原因是預測不準、供應商不可靠與補貨時間太長所致，同時不易克服。限制理論(Theory of Constraints, TOC)認為這些原因表面看起來是不太容易克服，然而如果我們從不同的思維去思考，問題就能夠迎刃而解(Goldratt, 1992; Smith,2001)。

TOC 認為由於統計變異的計算上可知，個別計算的變異一定遠高於整體計算的變異，因此若愈往上游的需求匯集處(aggregation)作預測，則其準確率就遠高於散佈各處銷售點所做預測的總和。Fisher(1994)亦在其研究中印證了此點。TOC 認為既然在上游的需求匯集處作預測是最準確的，我們就應該將主要庫存放在預測最正確的地方(匯集處源頭)，將供應鏈的運作模式由推式改為拉式，下游消耗多少再跟上游拉多少。此不但有利於分配滿足下游最為迫切需求點的需求，同時可將不穩定的獨立需求與提供滿足此需求的供應系統分離(de-couple)，進而使補貨時間只剩運輸時間，大大的縮短補貨時間並提高補貨可靠度。Kumar(1998)在其「risk pooling」研究中也呼應此觀點。

TOC 稱此推式改為拉式的運作模式為Demand-Pull供應鏈管理模式，此模式的運作方式是(1). 下游商儲存足夠庫存涵蓋可靠補貨期間內的需求，下游商用掉多少就對上游（區域發貨中心/倉庫）訂購多少。(2). 上游（區域發貨中心/倉庫）儲存足夠庫存涵蓋可靠補貨期間內的需求，上游運送多少到下游商，就對上游（工廠倉庫）訂購多少。(3) 工廠倉庫儲存足夠庫存涵蓋可靠補貨期間內的需求，工廠倉庫運送多少到區域發貨中心/倉庫，就生產多少。(4). 做好每一庫存點的緩衝管理(Buffer Management)。「Demand-pull」補貨方式如圖 1-2 所示。

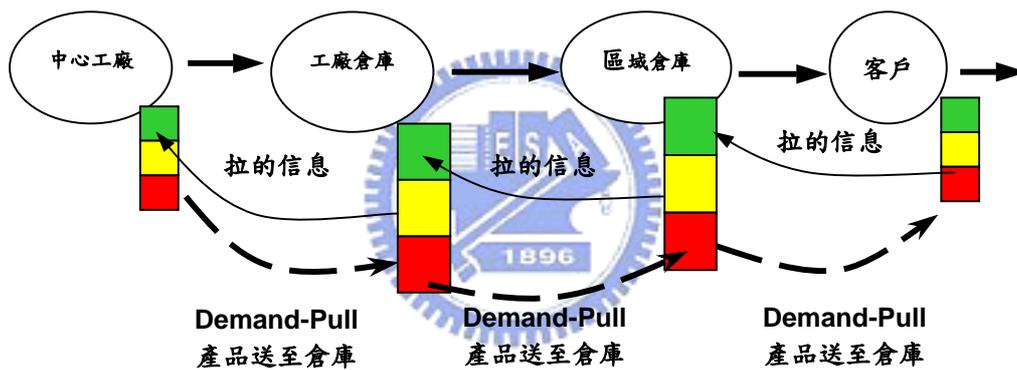


圖 1-2 Demand-pull補貨方式示意圖

每一庫存點的緩衝管理運作的好壞是 TOC Demand-Pull 運作能否順利成功執行的關鍵。緩衝管理觀念與方法在 TOC 生產管理應運上已有相多的探討，對於用在 Demand-Pull 系統上，TOC 仍延續生產管理觀念將緩衝分為近乎相等的三個反應區（綠、黃、紅）作為補貨啟動原則的依循。當緩衝存貨水準落至綠色反應區，不採取任何行動，降至黃區時採取正常的行動並繼續觀察監視，但當降至紅區時必須採取緊急趕貨以免緩衝庫存量不足而造成(如圖 1-3 所示)。

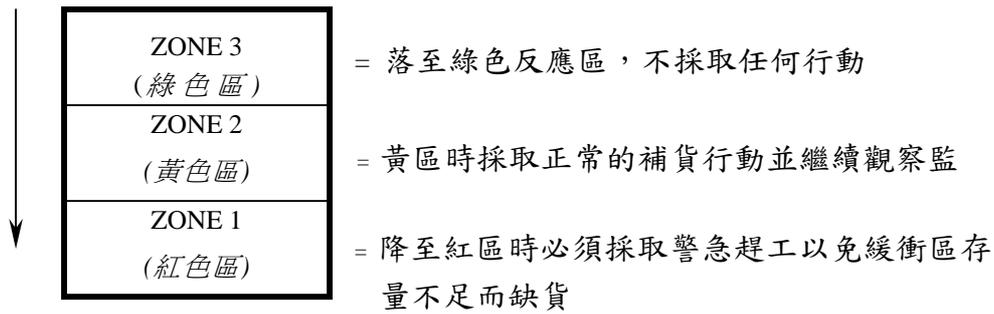


圖 1-3. TOC 緩衝管理：固定三區反應

雖然 TOC 緩衝管理觀念與說明簡潔易懂，但是如何實際運作，TOC 並未提出嚴謹的的程與方法來回答做好緩衝管理所需考慮的三要素：(1). 如何決定每個緩衝管理點的目標庫存量（緩衝存貨大小）？(2). 如何補貨？補貨的頻率與數量如何決定？(3). 如何監控緩衝？需求改變時如何調整目標庫存量？缺乏嚴謹的的程與方法使得 TOC Demand-Pull 的應用變成黑盒子。許多學者與實務應用者也因此質疑 TOC Demand-Pull 觀念的可行性，並對其使用效果優於目前廣為使用方法也產生懷疑。另外對需要將此方法電腦化的使用環境，缺乏嚴謹的法則與方法來決定緩衝管理三要素，使得應用障礙也大大的增加。

傳統上供應鏈庫存管理績效是以存貨週轉率(inventory turnover rate)與缺貨率為主。TOC 認為存貨週轉率與缺貨率並未考慮金額與時間的相乘關係，容易落入做錯決策與改善。TOC 雖也將在生產管理所提的兩績效評估方法：TDD(Throughput Dollar Day)與 IDD (Inventory Dollar Day)應用在供應鏈管理上。一樣 TOC 只說可以將 TDD 與 IDD 應用在供應鏈管理上，但是如何有效建立供應鏈環境的 TDD 與 IDD 的績效評估方法？TOC 也未有進一步的說明。

因此本研究的目的在於提出更嚴謹的法則與方法來強化 TOC 緩衝管理機制與修正 TDD/IDD 績效指標，使其在實務應用上更加完備，穩健，簡單與可行，並能獲得比現在廣為使用的方法更為有效。

本研究首先針對緩衝管理三要素做探討，提出目標庫存量決定法則與方法，補貨頻率與補貨數量，緩衝監控程序與目標庫存量調整準則。其次修正 TOC 的 TDD 與 IDD，使其更適合於應用於供應鏈環境，確保缺貨機率與避免過度重視 IDD 反而傷害 TDD 的績效。最後為了證明此研究所提的觀念，法則與方法是可行且有效的，我們以一個案實例來做驗證。

本論文在各章節安排如下：第一章說明研究的動機與目的，第二章回顧相關文獻的研究。第三章闡釋 TOC Demand-Pull 供應鏈管理觀念與方法，第四章構建強化 TOC 緩衝管理所需的法則，方法與程序，使緩衝管理更加的完備，穩健，簡單與可行。第五章修正 TOC 的 TDD 與 IDD 績效指標使其適用於評估供應鏈管理績效。第六章以一實際案例做為說明與驗證比較。第七章做結論並提出未來的研究方向供有興趣者做參考。



第二章 文獻探討

2.1 供應鏈的問題

傳統供應鏈經營法則(business rules)是供應商(vendors)接到客戶(client)一定數量的訂單後，經過一段所需作業時間後，運交給客戶，而此訂單後續責任轉由此客戶負責再售出給其下層客戶，而供應商基本上對於此原先訂購數量的決定正確是否，是無法得知(Robert, 1999)。下層客戶是否能順利銷售事實上會影響供應商(vendor)的績效，但在傳統經營法則下，供應商無法掌握實際的需求，只能扮演供給角色而已，對於實際銷售資訊與市場趨勢資訊全由需求端掌握。對供應商而言這些資訊在時效上的受用性(availability of information)非常有限，導致供給作業與需求的脫節，衍生出供應鏈管理上的許多問題。

在供應鏈不同層級(stage)追求不同的績效目標下，往往造成在作業上衝突(conflict)；如零售商希望製造商能在數量的供給以及時間上彈性，然而多數製造商希望產能穩定；但另一方面製造商又必須因應需求及市場變化的彈性，造成零售商與製造商對於彈性的要求目標產生衝突。在本位主義與自我保護的立場下，以「局部」優化的考量結果，在執行上往往出現如圖 2-1 所示的衝突點。

而當供應鏈體系愈趨複雜，在以局部優化政策及追求不同績效時，將導致供應鏈體系形成如圖 2-2 所示的複雜衝突網(conflict web)；這些成因環環相扣，造成供應鏈管理上極大挑戰。

在供應鏈中，下游層級基本上可視為上游供應廠的客戶，須仰賴上游供應商的準確交期。由於客戶的善變、交期不定(提前、延後、取消)、數量改變(追加、減量、取消)以及甚至連規格內容都會隨時變，使整個供應鏈體系處於動態環境中。當前置時間足夠時，客戶通常舉棋不定，而當前置時間不足時，客戶卻才臨時要改變，客戶的善變讓生產規劃遭逢極大的不確定性。客戶不僅善變，等待容忍時間(tolerance time)更有限。以客戶滿意的角度而言，客戶愈沒耐心，代表供

應商可用的前置時間就愈短，反應的速度就要愈快(蔡翠旭 88；盧舜年等 91)。

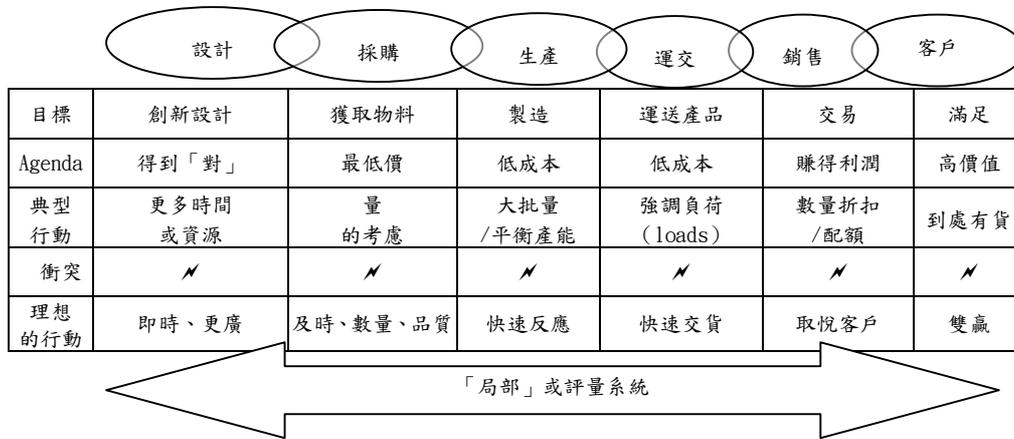


圖 2-1 供應鏈各環節的衝突點

(資料來源：<http://www.TOC-Goldratt.com>)

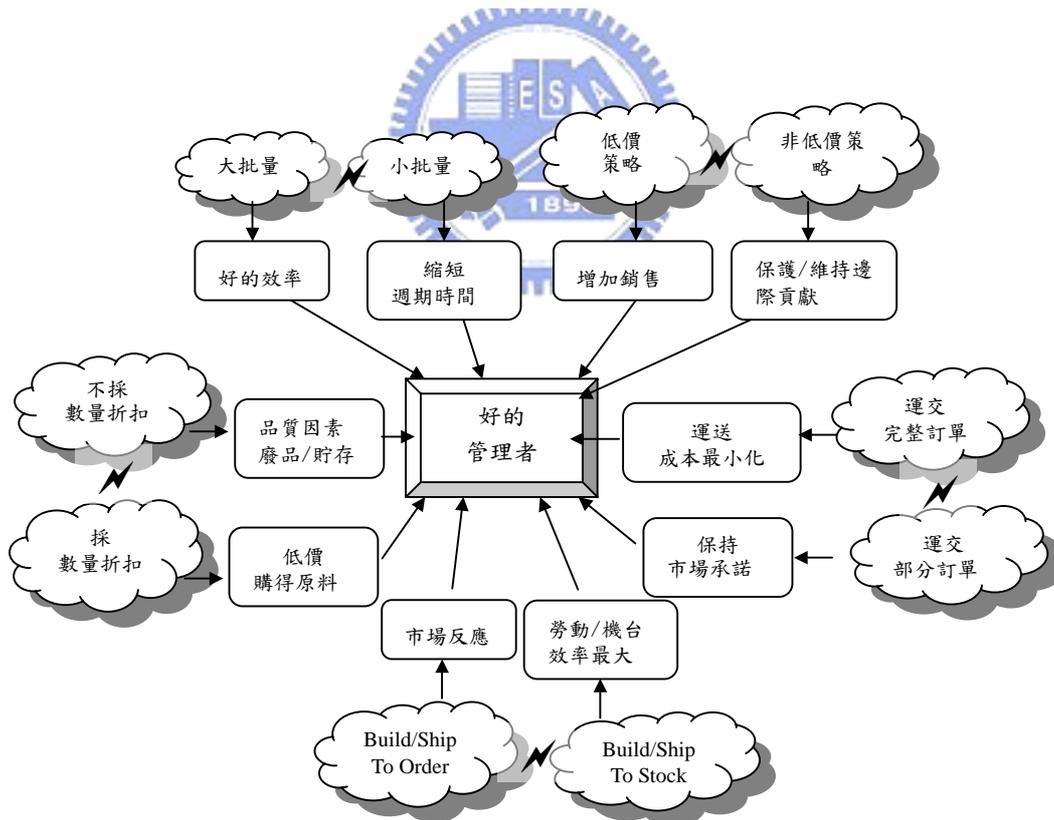


圖 2-2 供應鏈體系的衝突網

(資料來源：<http://www.TOC-Goldratt.com>)

為了保護產出，供應者皆希望提前知道需求的型態，因此當零售商想要預測消費者需求型態；批發商想要預測零售商的需求型態；製造商想要預測批發商的需求型態；供應商也想要預測製造商的需求型態下。一層層在預測時，都會將上一層的預測誤差計算進去。在以整個供應鏈來看時，預測的誤差就擴大，造成預測與實際需求往往有很大的落差，造成供應鏈的振盪。

2.2 供應鏈振盪(oscillation)

1961 Forrester以三階供應鏈研究*Industrial Dynamics*指出即使是零誤差預測也會造成二階(stage)之間二星期的時間延遲，促使二星期後訂單在工廠足足增加50%比率，而系統則持續15個月的振盪(oscillation)。造成供應鏈振盪的原因很多且相互糾纏，振盪效應又稱為「長鞭效應」現象(Lee *et.al.*, 1997a, 1997b)。而以未規劃存貨(unplanned inventory)作緩衝系統振盪，在過去一直視為常態而且也被計算在正常訂購週期(order-to-delivery cycle)的緩衝時間內。

系統所發生振盪現象，Towill 1996 解釋是受Forrester effect及Burbidge effect二個效應所影響，Forrester effect解釋了需求擴大是系統連接的結構問題；如相關資訊與物流的決策延遲與不良，因此提出必須整合供應鏈；而Burbidge effect則揭露因不良的訂單系統設計造成的超額變動，亦即需求若是以一系列的存貨控管政策來滿足，則每經一次的轉換(transfer)就增加需求的變異。

Lee *et.al.*, (1997a, 1997b)也指出由於需求預測重複(multiple demand forecast updates)、訂購批量大小(order batching)、價格穩定化(stabilize price)、分派與缺貨競逐(rationing and shortage gaming)等問題促成所謂的「長鞭效應」。尤其愈到上游擴大(amplification)情形愈大形成如圖 2-3 所示的惡性循環。最後導致供應鏈中將最不樂見的現象：

1. 低銷售額或商機損失 (Lost or Low Sales)，
2. 存貨持有太高 (High Inventories)，
3. 反應速度太慢 (Unresponsiveness)。

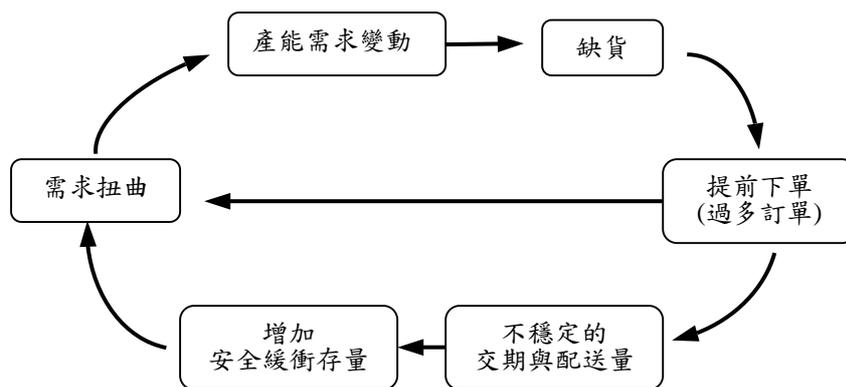


圖 2-3 需求擴大惡性循環圖

對於「長鞭效應」的成因探討過去已有許多學者針對各方面提出研究彙整於表 2-1。從彙整表可歸納出造成長鞭效應的主要成因為需求預測、時間延遲、批量作業、反應速度、缺貨、價格變動及資訊透明度等因素。



表 2-1 長鞭效應成因彙整表

研究者	探討方式	成因
Forrester, 1961	供應鏈系統動態學	1.各階層資訊回饋困難。 2.系統複雜改善不易。 3.工廠產能限制因素
Towill, Naim and Wikner, 1994	供應鏈動態模擬	1.時間滯延。 2.供應鏈階層。 3.決策機制 4.資訊透明度不夠.
Berry, Naim, 1996	重新設計供應鏈策略 效益比較	1.時間滯延。 2.反應速度。 3.過多供應商管理複雜
Metters, 1997	改善長鞭效應所帶來的 量化績效	1.需求的週期性。 2.預測誤差
Lee 1997	分析長鞭效應可能成 因	1.需求預測。 2.批量訂購。 3.價格變動 4.訂單缺貨
Kelle 1999	供應鏈存貨策略	1.需求預測。 2.批量訂購。

【資料來源：本研究整理】

對於降低長鞭效應的研究也有許多學者提出研究探討(Lee *et al.*, 1997b, 2000; Simchi-Levi *et al.*, 2000 ; Chen *et al.*, 2000, Disney *et al.*, 2003)，其研究探討方向可

歸納為：

- (1). 如何降低不確定性(reducing uncertainty)？
- (2). 如何減少不必要的價格波動(reducing variability)？
- (3). 如何降低前置時間(reducing Lead-time)？
- (4). 建立策略性夥伴關係 (strategic partnerships)。

降低不確定性可藉由需求資訊的集中，讓供應鏈上的每一位成員均能獲得完整而可靠的顧客需求訊息，消除過去單純憑藉下游訂單推測終端需求所產生之不確定性。而減少不必要價格波動以 EDLP (everyday low price) 的策略取代固定的降價促銷，減少促銷期間顧客需求劇烈的波動。需求變異在實務上可以應用時間壓縮的策略來緩和，藉由時間落差的縮短可降低所需的緩衝存貨(Mettters, 1997)。降低前置時間則以電子資料交換(EDI 技術)等資訊技術降低訂單的處理時間，進而減少下游廠商訂購前置時間，以增加預測的準確性(Lee *et al.*, 1997b, 2000)。建立夥伴關係則可透過，例如藉由供應商庫存管理系統(Vendor-Managed Inventory, VMI)或連續補貨系統(Continuous Replenishment Planning, CRP)的建立，讓供應商可以主動掌握銷售資訊及庫存量，作為市場需求預測及自動補貨的依據(Disney *et al.* 2003)。

消除長鞭效應成因的幾個方向，在資訊傳遞的時間問題上，是透過資訊技術改善資訊透明度縮短資訊傳遞時間，有些則是透過結合資訊系統的補貨方式建立夥伴關係，另外則是以每日低價策略來改善價格波動現象。但對於配合這些改善措施，實際物流的存貨緩衝實際運作如何配合缺乏詳細說明。存貨管理重要課題是構建存、補貨機制。因此，下節將回顧過去有關存貨規劃中存、補貨機制發展的相關文獻探討與分析。

2.3 傳統存貨管理方法

存貨管理中補貨是策略性地保護供應系統的作業能力，雖然透過進步的資訊

技術，客戶及時需求資訊可以迅速獲取。然而在物流的實際運作上冗長配銷系統中仍須藉助存貨緩衝的設立來調節(亦即做好存貨的管理)以維持物流順暢。維護物流順暢的存貨緩衝管理，決定於以下構面：(1).存貨應放在何處？(2).如何決定存貨水準？(3).何時下單補貨？(4).補貨訂單量應該多少？這些問題要能獲得合理與妥善的管理，才能使物流順暢進行(Monczka, *et.al.*, 1997; Silver, *et.al.*, 1998)。

對於存貨緩衝管理的何時下單補貨？補貨量應該多少？存貨水準？等因素的決定通常是透過補貨啟動機制設計來啟動補貨。補貨啟動機制的設計類似控制原理(control theory)中的幫浦系統(pumping system)與電加熱器原理(electrical heating system)。幫浦系統(pumping system)是當壓力低於某設定值即啟動加壓，到達某設定高點值即停止加壓；而電加熱器系統(electrical heating system)則是當室內溫度低到某值時，啟動加熱一段時間後停止加熱將室內維持一定的常溫(Axsater S. 1985, Grubstrom, *et.al.*, 1996)。補貨啟動透過補貨訂單參數的設定來決定補貨啟動的時機與補貨量亦如同控制原理的設定。

在確定性需求下，因為知道每一時點的存貨狀態，透過經濟訂購模式(economic order quantity, EOQ)可輕易決定出存貨水準；而何時下補貨單則只要存貨下降至事先設定存貨水準參數值便啟動下單；但當面對不確定性需求時，三個問題的解就很難透過設定參數值作為補貨的啟動(Silver, Pyke and Peterson 1998)。

啟動的設定可分為定期檢視系統及連續檢視系統二類，而參數通常以 s 表示再訂購水準(re-order point)、 S 表示最大訂量上限(order-up-to-level)、 Q 為固定訂購量及 R 為檢視存貨水準的間隔期間。檢視系統與參數組合說明如下：

2.3.1 連續檢視系統

- (s, Q) 補貨策略

任何時點當可用存貨量降至 s ，則發出 Q 的訂單量。此方法類似 Two-bin 系統， Q 的訂單量至少要大於於補貨前置時間內的平均需求量，不然易導致缺貨發生。其優點是簡單、易懂、易操作，供給量可預測，但缺點是無法有效應付

當交易(transaction)量很大的情境。此時即使以 Q 量補貨，也無法將存貨水準提升回到再訂購點(s)的水準，必須將訂單量加大為 nQ 的量才足以應付需求(如圖 2-4 所示)。

- (s, S) 補貨策略

任何時點當可用存貨量降至 s ，則發出補貨訂單使存量回至最大量上限 S 。補貨量是變動的，此系統又稱為最小-最大系統(min-max system)，存貨水準一直維持在再訂購點 s 與最大存量 S 之間。因補貨量是變動的容易造成上游供應數量的錯誤，同時若再訂購點 s 訂的太低而無法滿足補貨前置時間內需求時則容易導致缺貨(如圖 2-5 所示)。

2.3.2 定期檢視系統

- (R, S) 補貨策略

在固定檢視期間 R 的檢視點，訂購足夠的數量使存貨量回到最大上限量 S 。此系統又稱為補貨週期系統。不過當需求型態隨時間而改變時，在定期檢視期 R 才有機會調整最大上限量 S 。此缺點是一旦在檢視期間與補貨前置時間內($R+LT$)的總需求超過最大上限量 S 時，在一個檢視循環末端容易時發生缺貨機會(如圖 2-6 所示)。

- (R, s, S) 補貨策略

此為 (s, S) 與 (R, S) 兩補貨策略的結合，在固定檢視期間 R 的檢視點，可用存貨量小於或等於 s 則訂購足夠量使存貨量回至最大上限量 S ，若未達 s 則等到下一固定檢視期間 R 再檢視是否低於再訂購點 s (如圖 2-7 所示)。四種補貨策略匯整如表 2-2。

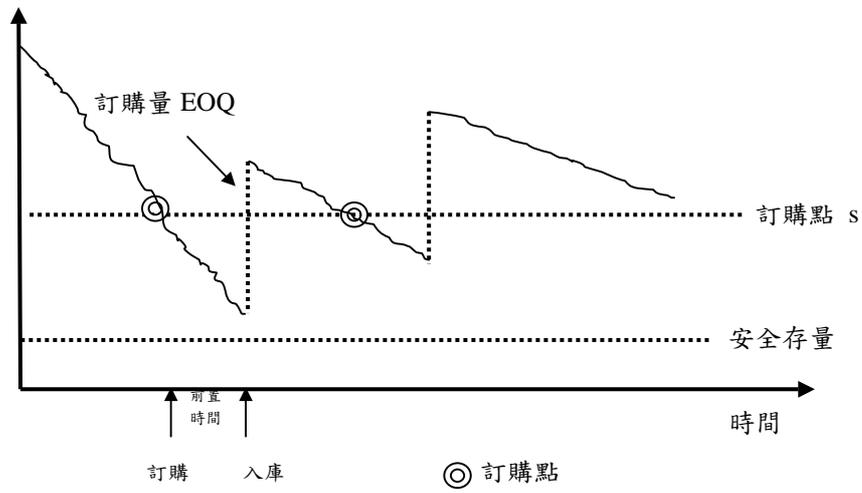


圖 2-4 連續檢視(s, Q) policy 系統

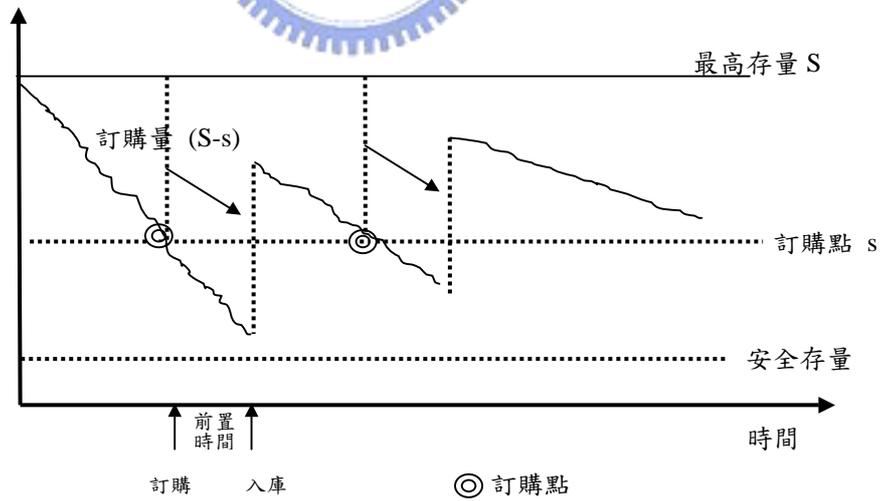


圖 2-5 連續檢視(s, S) policy 系統

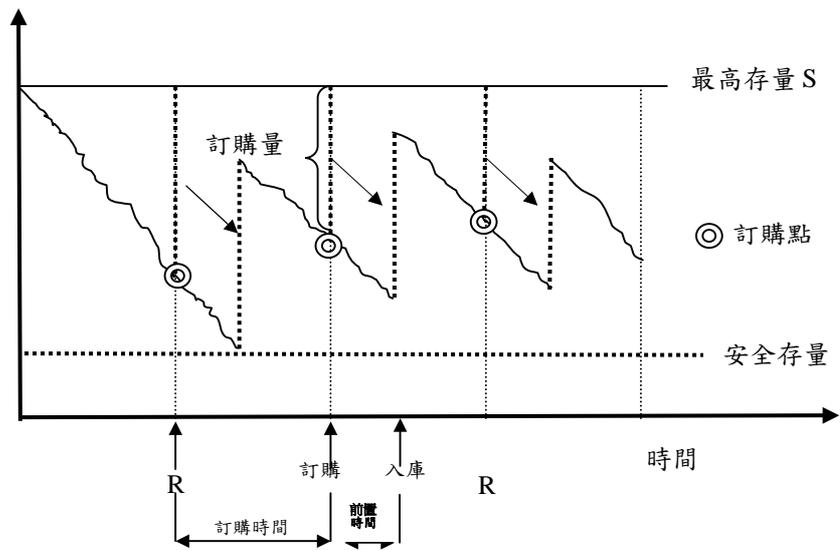


圖 2-6 定期檢視(R,S) policy 系統

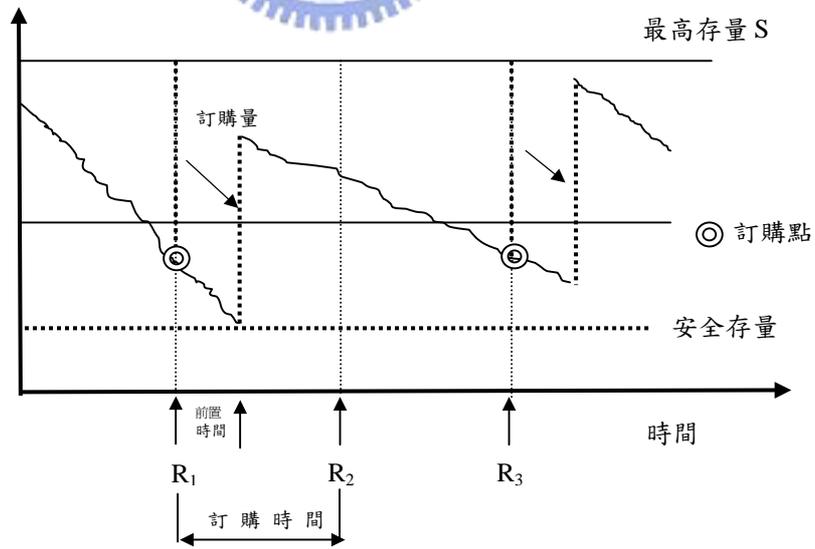


圖 2-7 定期檢視(R,s,S) policy 系統

表 2-2 存貨系統分類

存貨系統	檢視期	執行補貨機制
(s, Q)	連續式	當存貨水準降至再訂購點 s 時，訂購一定數量 Q。
(s, S)	連續式	當存貨水準降至再訂購點 s 時，訂購數量 q 使存量增至 S。S=s+q
(R, S)	定期式	每隔 R 時間單位，訂購數量 q 使存量增至 S。
(R,s,S)	定期式	每隔 R 時間單位檢視可用庫存量，當存貨水準低於再訂購點 s 時，訂購數量使存量回到 S。

【本研究整理】

Chiang and Gutierrez (1996)的研究指出採用定期檢視的優點如 (1).避免檢視成本過高，(2).可整合不同項目訂單，節省訂購與運送成本，(3).對於工作的負荷 (workload)容易預測可獲得事先的規劃。但其缺點是只適用於獨立需求型態的物料、或是以 ABC 分析法中的 B 或 C 類物料，同時必須擁有大量安全庫存，否則接近下一期而正常訂單未到時，容易發生缺貨，必須仰賴緊急訂單來彌補，尤其是檢視期間設定越長時更為明顯。而連續檢視系統優點是其安全存量只需應付補貨前置時間內的需求即可，安全存量較小。

連續檢視系統不論是(s, Q)或是(s, S)，當再訂購點 s 訂得太高時，訂貨頻率增加；再訂購點 s 訂得太低時，則可能無法滿足補貨前置時間內的總需求而導致缺貨機率的提高。一般而言，若補貨前置時間為常態分佈，在補貨前置時間內的總需求小於再訂購點 s，當存貨水準降到再訂購點 s 發出訂單，則發生缺貨的機率會很小。若補貨前置時間內的期望需求等於再訂購點 s 則發生缺貨的機率為一半。若再訂購點 s 水準大於補貨前置時間總需求，則發生缺貨機率將很小，但相對地存貨量會變高。四種存貨控制比較如表 2-3.

表 2-3 四種存貨控制比較

控制政策	優點	缺點	說明
(s, Q) policy	系統簡單、訂購量固定	無法處理需求大幅變動	EOQ 計算不可靠
(s, S) policy	維持最大存貨水準的再訂購點與 EOQ 相同	需要繁雜計算	是常用的控制政策，但其中可能會有多變的參數
(R, S) policy	需要協調相關品項的補貨、有定期機會修正最大存貨水準	存貨持有成本比連續檢視系統來得高	適用於需求型態有固定變化型態的品項
(R, s, S) policy	整體所需的控制成本最低	需要過多計算不易瞭解	對於 B、C 級品項的計算成本過高

【本研究整理】

而對於再訂購點 s 的決定受制於補貨前置時間(lead-time, LT)與需求率(demand, d)的影響，常用的決定方式如下：

(一) 當補貨前置時間(lead-time, LT)與需求率(demand, d)固定下：

$$s = d \times LT$$

d = 需求量

LT = 補貨前置時間

(二) 當補貨前置時間(lead-time, LT)固定，而需求率(demand, d)變動下：

需求率變動將影響安全存量的設定，需求率變異愈大，安全存量愈高。因此，須視期望的服務水準而定，其關係如下：

$$s = \bar{d} \times LT + SS$$

$$= \bar{d} \times LT + \sqrt{LT} \times \sigma_d \times z$$

LT = 補貨前置時間

SS = 安全存量

\bar{d} = 平均需求量

σ_d = 需求量標準差

z = 安全係數 (依服務水準決定)

(三) 當補貨前置時間(lead-time, LT)變動，而需求率(demand, d)固定下：

$$s = d \times \overline{LT} + z(d \sigma_{LT})$$

\overline{LT} = 平均前置時間

σ_{LT} = 前置時間標準差

(四) 當補貨前置時間(lead-time, LT)變動，而需求率(demand, d)也變動下：

$$s = \bar{d} \times \overline{LT} + z \sqrt{\overline{LT} \times \sigma_d^2 + \bar{d}^2 \times \sigma_{LT}^2}$$

對於存貨管理中 s 與 S 或 Q 數值設定的探討尚有如 Archibald and Sliver (1978) 以搜尋的方式找出 (s, S) 最佳的配對值，類似搜尋方式的研究也見於 Ward (1978), Federgruen and Zipkin (1984)，但缺點是搜尋方式過程複雜。Silver (1978) 以滾動時程(檢視期及前置時間為時間幅度)方法探討在時窗內的變動需求率，以安全存貨考量決定何時訂購，以啟發式模型選擇補貨的大小，Silver, Askin (1981) 也延伸此問題的研究。Enrhardt and Mosier (1984) 則用啟發式解法，在考量訂單履行率下，以試算表建構對 s 與 Q 的估計。

Federgruen and Zheng (1992)則以總成本試算表方式找尋最佳值，但複雜的公式也使得在實際應用上受限。Baganha, et.al., (1996)則考慮當需要下訂單時，

計算存貨水準與再訂購點 s 的差距大小來決定 (s, S) 的值；Janssen, Heuts and de Kok (1996b) 也提出量測存貨水準與再訂購點 s 的差距大小與考慮需求前置時間來設定再訂購點 s 。Natarajan and Goyal (1994) 以最小相關成本決定安全存量與 Q ，討論設定安全存量以及說明 s 與 Q 的相關性，但是這些公式相當複雜，同時當需求趨勢改變時必須重新做複雜的計算，在實際的使用上相當困難。對於需求趨勢改變時 Platt, *et.al.*, (1997) 發展一套近似最佳值的尋找方式透過試算表計算 s 與修正 Q 的值，以符合需要。透過修正 Q 的值以符合需求的改變也見於 Zheng and Chen (1992) 以及與 Gallego (1996) 這方面的討論。

結合 (s, S) 與 (R, S) 的 (R, s, S) 補貨策略是希望彌補其個自的缺點，但要決定此三個參數的最佳值相當困難。Zheng and Federgruen (1991) 在固定 R 與間斷需求分佈的條件下，以程式語言計算尋找最佳值，不過此方法在尋找上相當耗時。當需求隨時間而改變時， R, s, S 也會隨時間而變，若 R 更動頻繁將造成使用的不便，因此大部分研究討論是透過需求資訊先將檢視期間與補貨前置時間 $(R + LT)$ 固定，再調整 s 與 S 的值，然後以滾動 $R + LT$ (rolling horizon of length $R + LT$) 的方式構建，這方面早期研究如 Silver (1978)、Askin (1981)、Vargas (1994) 等。

Bollapragada and Morton (1993) 則發展出以預先計算平均需求的 (s, S) 值，然後再比對選擇，不過，當需求突然快速降低時此方式無法適用。Vargas and Metters (1996) 則發展以 Wagner-Whitin model 隨機觀念對此領域的探討，不過，這些模型過於複雜有其實用上的缺點 (drawbacks)。Banerjee and Burton (1994, 1996) 提出採用一些啟發式方法在連續檢視下決定再訂購點，並且利用啟發式模擬程序設計補貨啟動機制延伸此方面研究。啟發式模擬有關探討尚有如：Ernst and Powell (1995)、Morton and Pentico (1995)、Anupindi, *et.al.*, (1996) 等的研究。補貨參數的探討彙整表如表 2-4。

表 2-4 補貨參數的探討彙整表

探討方式	研究者
啟發式	Archibald and Sliver(1978)、 Ward (1978)、 Federgruen and Zipkin (1984)、 Gallego (1996) Enrhardt and Mosier (1984)、 Silver, Askin (1981)、 Zheng and Federgruen (1991) Banerjee and Burton (1994, 1996)、 Ernst and Powell (1995)、 Morton and Pentico (1995)、 Ernst and Powell (1995)、 Morton and Pentico (1995)、 Anupindi, <i>et.al.</i> , (1996) Platt, <i>et.al.</i> , (1997)
滾動時程方式	Silver (1978)、 Askin (1981)、 Zheng and Chen (1992)、 Vargas(1994)。
計算成本方式	Federgruen and Zheng (1992)、 Natarajan and Goyal (1994)
計算存貨水準與 再訂購點水準	Baganha, <i>et.al.</i> , (1996)、 Janssen, Heuts and de Kok (1996b)

【本研究整理】

由以上述文獻對於存貨量與再訂貨點的尋找，不論是以啟發式、模擬搜尋方式、成本試算表方式、或是量測存貨水準與 s 距離方法，大多只是以單一存貨點計算各點的補貨量與再訂購點的水準。

供應鏈以單點存貨決策方式運作，忽略整體的運作考量，如在以各階獨立的存貨狀況及局部績效目標為建構基礎，除了各局部目標衝突外，同時在缺乏互信的合作存貨管理(*coordinated inventory management*)模式，容易導致「長鞭效應」現象。愈往上游需求變異擴大現象愈嚴重，造成存貨過高、誤導產能規劃、無效運送、生產排程失誤及降低客戶服務水準；何況位於供應鏈上游的供應商需要時間來認知(*perceive*)市場需求變動，使得整體供應鏈對客戶需要反應變慢(Christopher, 1992；Lee *et.al.*, 1992；Fisher, 1997)，供應鏈反應力變慢，對於首重客戶服務重要的成熟市場(*mature market*)是相當危險的；而對創新市場(*innovative*

market)而言(如流行市場、資訊產品),缺乏反應力將導致商機的損失或過時品的增加。因此,許多研究者提出整體存貨規劃觀念(Chen, 1998; Haria *et.al.*,2003)。

2.4 整體存貨規劃

整體運作考量將會使系統更為複雜,在 Sterman (1989)「啤酒遊戲」(Beer Distribution Game)中,在遊戲進行時,消費者需求的小幅變動將使得上游廠商在訂單及存貨量呈現劇烈變化,驗證供應鏈中需求變異擴大化的現象確實存在。加上錯誤或不適當的回饋資訊,一旦消費者有些需求改變時,上下游間訂單與存貨產生明顯的波動變化,造成系統的不穩定(Thomas, *et.al.*, 1992; Towill and Del Vecchio 1994)。需求誤差在實務上可以應用時間壓縮的策略來緩和,藉由時間落差的縮短可將誤差降低為原先的一半而降低存貨(Metters 1997)。

以整體為考量的存貨管理,Cohen, *et.al.*, (1990), Petovic *e.t al.*, (1999)提出多階層(multi-echelon)存貨系統。此系統以下層級庫存點歷史資料為建構需求預測的模式,但是補貨前置時間卻是受到上層級補貨決策的影響,因此在前置時間內,零售端只能視區域倉庫是否有足夠存貨來履行其訂單。若存貨足夠,則前置時間只有運送時間(transportation time)加上訂單處理時間(order processing time),但若區域倉庫缺貨,前置時間變為區域倉庫的本身所需補貨前置時間加上送到零售商的運送所需時間。此缺點若以分散式存貨控制,則中央倉庫必須擁有很大數量的安全存貨以對抗低訂購頻率的大量需求。若採用集中式的存貨控制,則必須仰賴各存貨點的快速、可靠的需求與存貨水準資訊,不過現代資訊技術的進步,對於資訊分享的建構已無問題,重點在於如何在獲取資訊後的整體協調。

Zimmermann (2000)認為以不確定的過時數據(past data)透過統計機率分配模型的分析是值得商榷的。Haria (2003)引伸此觀念提出以 Fuzzy set 理論建構模型,同時依存貨管理準則整理供應鏈的存貨管理分類如 2-5 表,透過模型討論,

歸納出表 2-6 依存貨管理準則採用整體存貨的方法選擇。

表 2-5 供應鏈存貨管理政策準則分類

存貨管理準則	可選擇方法
目標最佳化 (Optimization goal)	Local : global
控制型態 (Control type)	分散式(decentralized)：集中式(centralized)
存貨控制 (Inventory control)	定期(Periodic)：連續(continuous)：混合型(hybrid)
配合資訊技術應用 (Temporal information requirement)	時基(Time-phased)：即時(instantaneous)
部分資訊應用 (Spatial information requirement)	定點(installation)：階層(echelon)

【資料來源：Haria Giannoccaro, 2003】

表 2-6 整體存貨政策的方法選擇

存貨管理準則	可選擇方法
目標最佳化 (Optimization goal)	Gobal
控制型態 (Control type)	集中式(centralized)
存貨控制 (Inventory control)	定期(Periodic)
配合資訊技術 (Temporal information requirement)	即時(instantaneous)
部分資訊 (Spatial information requirement)	階層(echelon)

【資料來源：Haria Giannoccaro, 2003】

Chen, *et al.*, (2000) 回顧傳統配銷模型的研究，大多存有以下的假設：(1). 無限產能假設；(2). 已知的需求模式；(3). 局部優化假設(Myopic assumption)。其中前二個假設的目的在於建立一個穩定的供需環境，以取得局部優化假設中的最佳分配，在穩定的需求情況下，上述的假設尚可行，但是不符合需求變動激烈與產品生命週期益短的今日現實環境。因為局部的最佳化不一定等於全面的最佳化，於是提出將供給與需求的情境列入系統限制因素的供應鏈配銷模型中，導入市場區隔與結合供應商管理庫存(Vendor-managed Inventory, VMI)的概念以掌握

需求，再以不同時間點下，考慮供應商產能與客戶的需求找出最佳補貨計畫。

供應鏈的目標，是希望廠商在最短的時間內將產品完成，交到消費者的手中，達到顧客滿意。為達到上述目標，開放資訊分享是必要的手段。資訊的不透明化，最後的結果就是長鞭效應。為求資訊的彼此分享，上下游廠商彼此制定了許多協調機制，其中成效較佳的有持續補貨規劃系統(CRP)及供應商管理存貨系統(VMI)。採用 CRP 方式的供應商必需每期以零售商的訂購為主，再考量其他相關因素後，必須等待零售商下訂單時才開始調整數量進行分配。而採用 VMI 方式的供應商則是透過本身所擁有的資訊判斷零售商未來的需求，再做補貨量的調整，以提升存貨管理的成效。二個系統的特性比較如表 2-7 所示(劉婉儀, 2000)。

表 2-7 VMI 與 CRP 比較

	CRP	VMI
決策者	依上下游廠商之協定而訂定各自知決策範圍	由供應商主導規劃
訂單機制	有	無
應用技術	資訊技術、需求預測、存貨控制	資訊技術、需求預測、配送規劃
零售商所提供的資訊	補貨頻率、預期需求、前置時間、批量大小、安全存貨量	實際銷售資料、預期需求、存貨水準、前置期間、運速模式
資訊透明化的程度	供應商對零售商的資訊有充足的了解，例如：訂購量、市場預期需求、各期存貨水準等。	供應商對零售商的資訊有充足的了解，例如：市場預期需求、各期存貨水準等。
分配機制	供應商每期依據零售商所訂購的數量並參考零售商的需求、存貨狀況等資訊分配其手上現有之存貨。	零售商並不對供應商下訂單，而是由供應商參考零售商之需求等訊調節每期分配的數量。
達成效益	<ul style="list-style-type: none"> ● 有效反映市場需求。 ● 提升存貨管理的成效，尤其是顧客服務水準和存貨週轉率。 ● 降低供應鏈總成本，尤其是存貨相關成本。 	

【資料來源：劉婉儀，2000】

由於供應商管理存貨機制為供應商接收到下游顧客的銷售資料及現在的存貨水準後，在依據預先制訂的存貨水準來補充下游客戶的存貨。此方法強調由供

應商直接管理並取得下游需求者的需求及存貨資訊，並做出適時的補貨決策，降低了資訊的不確定性，簡化補貨作業。透過資訊共享、共同參與規劃可以減少存貨壓力，提高供應鏈效率。上游廠商若對下游的需求、銷售資訊能夠有效掌握，將有助於其對下游規劃出最有效的補貨分配，可以提升整體服務水準。(Cottrill, 1997；Matthew *et al.*, 1999；Parker, 2001)。

VMI 也是一種決策支援系統，供應商對每一個下游零售商，共同設定想要達成的顧客服務水準和存貨周轉率目標(Achabal, *et.al.*, 2000)。Dong and Xu (2002)探討 VMI 對供應鏈的影響，指出 VMI 方案的實施可有效提升買方的利潤，而對供應商而言，利潤卻是變動的。短期來看，在確定買方及供應商的成本下，VMI 能減少供應鏈的總體成本且降低購買成本；長期而言，供應商將會增加更多的利潤。因此，在一個整合的供應鏈中應用 VMI 是有益於供應鏈的。實務上 VMI 是一個成效不錯的存貨管理系統，採用 VMI 的優缺點彙整如表 2-8。



表 2-8 VMI 對零售商和供應商的優點彙整表

零售商	供應商
1. 有效率的存貨管理、提高存貨周轉率、降低成本及提升服務水準。	1. 可更合理依照顧客需求作計畫及排程工作。
2. 導入此系統發展模型與客製化較容易達到經濟規模。	2. 可控制庫存及增加銷售、改善服務水準，增加庫存周轉率。
3. 能及時、正確數量及確定成本下配送貨物。	3. 利用共同系統管理預測及補貨計畫，隨著銷售趨勢保持相對的配銷存貨
4. 降低誤差、成本及退貨，增加銷售。	4. 供應商更能確實掌握下游顧客訂單。產生更精準預測帶來較佳生產計畫及降低作業成本。
5. 消除一些內部作業成本。	5. 供應商與零售商伙伴關係更為密切。
6. 較低庫存水準，增加庫存周轉率。	

【資料來源：整理自 Achabal *et al.*, 2000 及王裕文 1998】

資訊技術的發展也使得 Just-in-time (JIT)的交期及存貨得以依 JIT 的理念運作(Lummus, 1995, Baykoc,1998,Lai *et al.*, 2003)。JIT 以看板作業模式採取由後製

程到前製程去領取，前製程只生產後製程提取的數量，JIT 的拉式系統補貨類似 (s,Q) 系統，在實務使用上此拉式系統在某些環境下不是很理想，例如在多層級系統當終端產品需求變動非常大時，看板系統的補貨作業難以執行，即使是終端產品的需求相當平穩，但是對於上層元件需求也會因批量決策的作業模式而造成變動，只要批量問題存在相依需求的變動就存在，因此 JIT 的拉式補貨如同 (s,Q) 補貨策略不適用此種類似的環境 (Muckstadt, 1995, Price, 1995)。JIT 的拉式系統補貨只適用於量產的作業環境，屬於反應式的拉式補貨系統並不適用於變動很大的需求環境，反而較適用於預測環境的補貨。

2.5 文獻探討結論

供應鏈存貨管理是以整合方法 (integrated approach) 來規劃及控制存貨。供應鏈存貨著重終端客戶需求及改善客戶服務，期望增加產品多樣性與降低成本。因此，供應鏈的存貨策略 (inventory policy) 是期望透過存貨規劃穩定供應鏈振盪，提供一個高品質、順暢的物流服務給客戶。

從過去文獻可歸納供應鏈存貨管理大致五個方向：

一·存貨政策：局部 (local) 或是整體 (global) 目標。局部政策是以自身績效為考量的獨立存貨決策，而整體存貨政策以整體績效為考量。

二·管理策略：集中式 (centralized) 或是分散式 (decentralized)。集中式的決策透過有效的合作、溝通，追求供應鏈整體成本最小化。分散式則每一階段監控自己存貨水準再依自己目標向前下單。

三·存貨控制型態：定期檢視 (periodic review) 或連續檢視 (continuous review) 或混合式 (hybrid)。透過補貨機制設定啟動補貨，可分為 (s, Q) 補貨策略、(s, S) 補貨策略、(R, S) 補貨策略及 (R, s, S) 補貨策略。

四·管理物流方式：主動式 (proactive) 或反應式 (reactive) 規劃方法。主動式規劃方法以每一時基 (time base) 的未來需求資訊及估計所需存貨水準作規劃，類

似 MRP 規劃方法。而反應式規劃方法則以即時(instantaneous)需求與現況存貨水準作為規劃例如 JIT、VMI、CRP。

五·庫存水準評估方法(stock level measurement approach)：定點式(installation)或是層級式(echelon)政策。定點式(installation)為局部政策以局部存貨水準評量，而層級式存貨(類似集中式存貨)則以往下的所有庫存點存貨總和作為評量。

這些方法的採用，在執行上有下列困難點：

1. 四種基本的存貨控制型態(s, Q) 補貨策略、(s, S) 補貨策略、(R, S) 補貨策略及(R,s,S) 補貨策略，如何決定存貨控制控制參數 s, S, Q, R，學者有相當多的討論，現今並無法得到正確值。而以收集過時的不確定數據透過統計方法模型分析是值得商榷的，而其結果信賴度更備受質疑。而以數學動態規劃模型(dynamic model)或模擬方法來解決，很難將屬於非線性與整數關係的真實環境與邏輯關係很清楚地表示出，因此在實務應用上不適用。

2. 若採整體(global)、集中式或是層級(echelon)存貨策略如供應商存貨管理模式(VMI)、CRP、JIT 等，則須仰賴供應鏈成員共享資訊方能達成，但此有賴彼此間互信的建立，同時系統的維護較為複雜。

對於存貨緩衝區管理 Goldratt 曾提出用在生產管理的存貨緩衝區管理分為三區的控管方式簡單地啟動補貨。落在綠區表示存貨足夠不必補貨，落在黃區則正常補貨，落在紅區則必須採取立即補貨行動。此方法的存補貨控管雖然簡單而易懂是不錯的方法，但是忽略需求的情境變遷，需求趨勢變動時，很容易造成存貨過高或過低現象，而造成存貨管理的失敗。但是如何使存貨緩衝區的管理獲得妥善規劃而能滿足需求情境變遷是緩衝存貨管理的重要工作，而驅動補貨運作的方式是影響緩衝區的補貨啟動。以上過去存、補貨策略的缺點，Goldratt 認為必須改變補貨方式的進行，提出應該以用多少才補多少的 Demand-Pull 供應鏈管理模式，克服這些缺點，因此，在第三章將探討 Demand-Pull 模式的運作與說明。

第三章 TOC Demand-Pull 供應鏈管理模式

限制理論是以色列的物理學家及企管顧問 Dr. Goldratt 於 80 年代初創，其原本主要是應用於生產方面，而現今限制理論已經擴展到其他層面，包括作業管理、財務管理與績效評估、專案管理、配銷與供應鏈管理、行銷、銷售、人員管理及公司策略和戰略等八個層面。

在供應鏈管理方面，Dr. Goldratt 認為普遍存在著如圖 3-1 所示的衝突。每一位經理人的目標都是要做好供應鏈管理，而做好管理必須要做到成本或是總庫存金額控制到最低以及盡可能賣出最多的貨品或是降低缺貨次數，但是為了讓成本控制到最低，就必須備較小的庫存；同時，為了盡可能賣出最多的貨品或是降低缺貨次數，就必須備較大的庫存，因此產生了衝突。Dr. Goldratt 認為衝突產生時，不是在衝突中尋找妥協解決方案，而是去尋找衝突背後存在的假設，並設法打破假設激發解決方案，雙贏打破衝突。

檢視此衝突發現，為了要盡可能賣出最多的貨品或是降低缺貨次數，就必須備較大的庫存的假設是因為補貨時間長、供應商不可靠以及預測不準確所造成。表面看起來這些假設是牢不可破，但是這假設是對的嗎？有沒有辦法在不尋找更正確的預測系統，不投入更多的資本與不更換供應商之下，可以改善補貨時間、供應商可靠度與預測準確度呢？

由圖 3-1 的衝突圖可以了解要打破此衝突圖，首先要挑戰的是補貨時間長、供應商不可靠以及預測不準確三假設的有效性：TOC 認為由於統計變異的計算上可知，個別計算的變異一定遠高於整體計算的變異，因此若愈往上游的需求匯集處(aggregation)作預測，則其準確率就遠高於散佈各處銷售點所做預測的總和(如圖 3-2 所示)，Fisher(1994)亦在其研究中印證了此點。

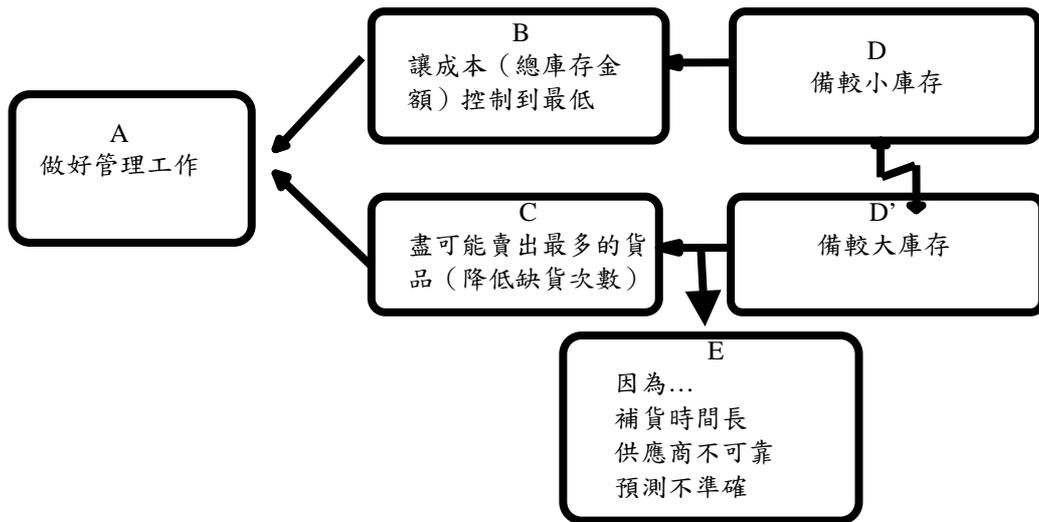


圖 3-1 典型的供應鏈衝突

TOC 認為既然在上游的需求匯集處作預測是最準確的，我們就應該將主要庫存放在預測最正確的地方(匯集處源頭)，此不但有利於分配滿足下游最為迫切需求點的需求，同時也可將不穩定的獨立需求與提供滿足此需求的供應系統分離 (de-couple)，進而使補貨時間只剩運輸時間，大大的縮短補貨時間並提高補貨可靠度，Kumar(1998)在其「risk pooling」研究中也呼應此觀點。

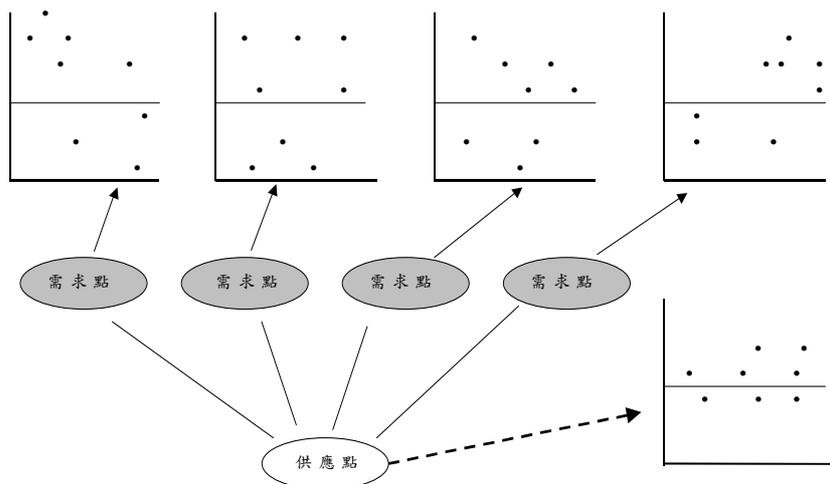


圖 3-2 供應源頭預測變異較小

其實補貨時間是由訂單前置時間、生產前置時間以及運輸前置時間所構成，在不增加成本的情況下，最有效縮短補貨時間的方法就是從訂單前置時間與生產前置時間著手，目前造成補貨時間長的主要原因是因為許多的企業都習慣以批量的方式做管理，以訂單前置時間而言，因為大批量可以獲得較多的折扣以及不需花費太多的時間決定訂購數量，所以企業往往等存貨到達訂購點時才發出訂單，以致於補貨時間拉長；另外在生產前置時間方面，工廠為了追求作業效率及節省準備時間，在生產時也以批量生產方式進行，這些都是造成補貨時間拉長的原因。TOC 認為降低批量與增大補貨頻率可以縮短補貨時間，降低庫存，提高補貨可靠度。

TOC 稱此推式改為拉式的運作模式為 Demand-Pull 供應鏈管理模式。此方法打破過去公司將產品放在離消費者最近地方的觀念，將大部分的產品回流至源頭也就是工廠內，而區域倉庫只需持有補貨前置時間內所要的需求量，當客戶向區域倉庫下訂單的同時區域倉庫再向工廠訂購其所銷售的數量，而工廠則以最迅速的方式將產品送至區域倉庫，如圖 3-3 所示。

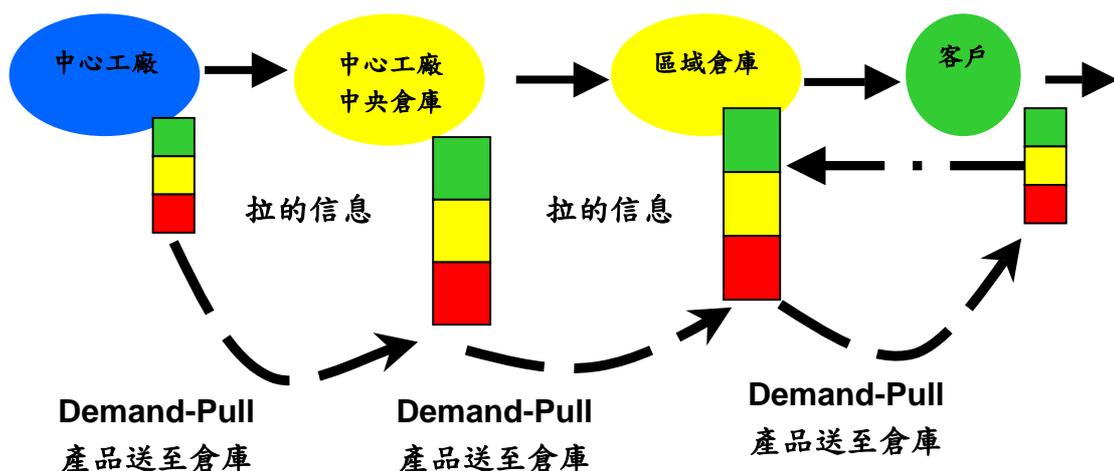


圖 3-3 Demand-pull 模式示意圖

每一庫存點的緩衝管理運作的好壞是 TOC Demand-Pull 運作能否順利成功執行的關鍵。TOC 將緩衝分為三個控制管理區—綠色、黃色、紅色，每一區的大小約為緩衝大小的三分之一。當緩衝在綠色管制區則不採取任何行動，但若降至黃色區則採取必須發出警告（warning）及規劃行動，然而若降至紅色管制區則必須採取立即的行動（immediate action）。

依三區分法的控管，若最大緩衝設定太大時則緩衝水準的大多時間將落在綠色管制區，此表示應可降低緩衝存量。但若設定的太小則緩衝水準將落於紅色管制區，更糟的情況甚至是緩衝區存貨穿透紅色的管制區而完全被耗盡，此表示必須增加緩衝水準的量，TOC 強調經反覆的調整即可得到符合需求情境的緩衝大小設定。TOC 所主張的緩衝管理也是降低作業費用的工具，若落在紅色管制區的次數太多，則必須增加緩衝量以減少緊急訂單的行動，因為緊急訂單的交貨成本大於正常的交貨成本。

Demand-pull 的運作方式可以依下例子做進一步說明：某產品一個月的銷售數量如表 3-1 所示，當公司採取兩天訂購一次以及訂單的補貨前置時間為 4 天，以 Demand-pull 方式運作時第 2 天需訂購 9 個，第 4 天訂購需訂購 4 個。

表 3-1 銷售數量與訂購量

日期	銷售量	訂購量	日期	銷售量	訂購量	日期	銷售量	訂購量
1	4		11	6		21	2	
2	5	4+5=9	12	3	9	22	6	8
3	1		13	5		23	6	
4	3	1+3=4	14	3	8	24	3	9
5	4		15	6		25	2	
6	5	5+4=9	16	3	9	26	6	8
7	3		17	4		27	2	
8	5	8	18	1	5	28	1	3
9	3		19	3		29	3	
10	1	4	20	2	5	30	5	8

Demand-pull 方式運作結果如圖 3-4 所示，雖然本案例說明 Demand-pull 運作而其庫存量一直處於低水位，但並沒有造成缺貨。不過對於實務上應用上而言，過低的庫存量一旦當需求趨勢增加時勢必造成缺貨。因此，Demand-pull 方式運作，必須藉助 TOC 的緩衝管理配合才能完整。有關緩衝管理的規劃將在下一章中，作詳細說明。

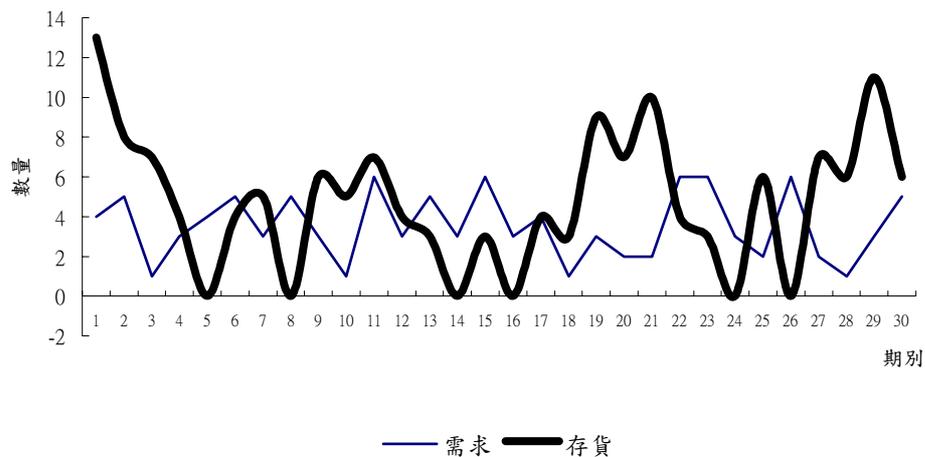


圖 3-4 Demand-pull 方式的運作結果

在績效衡量方面 Dr. Goldratt 將過去配銷常用的績效衡量指標如存貨週轉率、缺貨率等等，修正為有效產出天·元(Throughput-Dollar-Days, TDD)與存貨天·元(Inventory-Dollar-Days, IDD)，其基本定義如下：

一、有效產出天·元(Throughput-Dollar-Days, TDD)：

主要是考慮可靠度，也就是事情應該做的很好但是卻沒有，因此當公司或部門間對顧客訂單所承諾的交期無法達成時，便開始計算 TDD 的值來顯示沒有達成的程度。計算的方式為(有效產出的價值x訂單延誤天數的總和)，當 TDD 值愈大時表示訂單延遲過久，對公司會造成嚴重的損失，因此公司或部門必須追求 TDD 的值為零。

二、存貨天·元(Inventory-Dollar-Days, IDD)：

主要是考慮效率，也就是事情不需做的很好但是卻做的很好，因此當公司生產過多的存貨就是沒有效率，因為這樣不僅造成原物料的浪費，同時使得存貨費用提升。計算的方式為(存貨的價值 \times 再倉庫停留時間的總和)，當 IDD 值愈大時表示該部門或公司堆積了過多的存貨，造成存貨費用的增加以及造成其他產品因為沒有原物料可供生產而產生延遲交貨的情形，所以公司或部門必須降低 IDD 的值。

對於評估緩衝績效的有效產出天·元(Throughput-Dollar-Days, TDD)與存貨天·元(Inventory-Dollar-Days, IDD)用在供應鏈的緩衝顯然不是很充分，無法實質評估供應鏈緩衝存貨的時效性，必須予以修正，此部分將在第五章提出詳細說明。

TOC Demand -Pull 的運作簡單而易行，避免補貨量決定與補貨啟動時機的繁瑣設定程序，是不錯的緩衝存貨系統，供應鏈上每一節點存貨緩衝透過用多少向上層級拉多少的補貨，可將整體存貨獲得管控，而不需依賴不準的預測作為補貨依據，使供應鏈的補貨能與實際的需求貼近。但是在本章的案例運作說明可知，沒有完善的緩衝區管理配合，補貨的進行雖然簡單，但是對於需求的變動仍然無法有效的配合，為此系統的一大缺憾。為彌補此一系統上的缺憾，下一章將針對強化緩衝管理提出方法，使 Demand -Pull 的運作在需求變動時能獲得有效的配合。

第四章 TOC 緩衝管理的強化

如研究動機所言，TOC 緩衝管理觀念與說明簡潔易懂，但是如何實際運作，TOC 並未提出嚴謹的的程序與方法來回答做好緩衝管理所需考慮的三要素：(1). 如何決定每個緩衝管理點的目標庫存量（緩衝存貨大小）？(2). 如何補貨？補貨的頻率與數量如何決定？(3). 如何監控緩衝？需求改變時如何調整目標庫存量？本章將提出方法與程序來強化緩衝管理三要素。

4.1 緩衝管理目標庫存量的決定

傳統目標庫存量的決定是平均需求量作為規劃，以平均需求量作為目標庫存量，其缺貨風險很會相當的高。例如每週需求介於 200 到 500 之間，其平均需求為 350，若補貨時間(Replenishment lead time, R_{LT})為 2 週（從下單到收到貨），當需求超過 500 時，將面臨缺貨。目標庫存量的決定必須以可靠補貨前置時間內的**最大**需求量（最大消耗量）為考量。目標庫存量為在庫量（on-hand quantities）與在途訂單量(on-order quantities)二著之總和。何者應持有數量較多，取決於補貨頻率多寡。

例如若需求點每週需求 4 個，供給時間(Supply lead time, S_{LT})為一個月（等於 4 週），若補貨頻率(Order lead time, O_{LT})為每月一次（等於 4 週），則在庫量必須準備至少 16 個，目標庫存量至少為 32 個(在庫量 16 個加上在途量 16 個)。但若改為每週補一次，則在庫量只要 4 個即可，目標庫存量為 20 個(在庫量 4 個加上在途量 16 個)。

由此可知，在途訂單量決定於供應時間內的預期消耗，而在庫量水準則是由訂單前置時間內的預期消耗（現有存貨扣除持續消耗）所決定；目標庫存量等於在途訂單量加上庫存緩衝點存貨水準。目標庫存量只要維持在補貨時間內的「最大」消耗量即可，如圖 4-1 所示。因此，補貨頻率高低，會影響庫存點的庫存目標設定，補貨頻率越高目標庫存量越低。

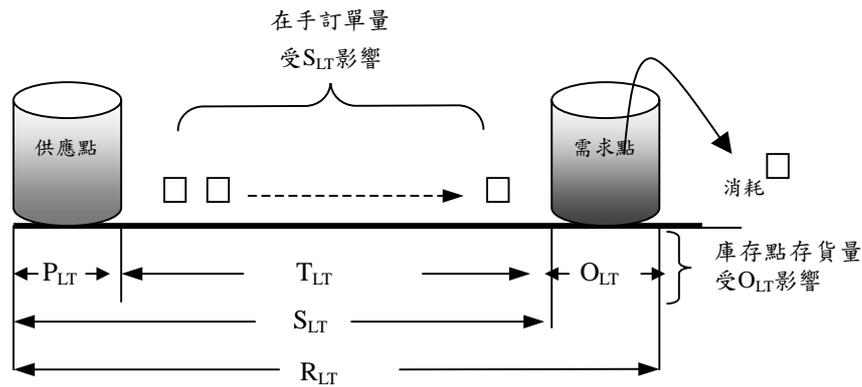


圖 4-1 存貨量與前置時間關係

目標庫存量決定的理論基礎相當容易，但是實務上有兩大應用情境存在：一是有歷史資料可參考，一是無歷史資料供參考。前者為既有的產品，後者為新產品。新產品仍需依預測來決定其目標庫存量，既有產品則針對需求平穩下以及需求出現淡、旺季的二種型態分別有不同的設定方法：

a). 需求平穩(需求為常態分配，無需求淡、旺季)：

需求累積分佈圖(cumulative frequency chart)可表現出數據累積特性，判讀出高於某一特定值的所佔百分比大小。針對移動累加所得的需求數據而透過其累積分佈曲線就可以訂定出管制線而決定出存貨目標的大小，其步驟如下：

1. 先計算移動累加數據，再以此數據繪出其累積需求分佈圖，
2. 訂出安全存量的最低門檻值作為安全存量管制線，再從累積分佈圖中找出所對應的數據大小，如圖 4-2a 所示設定滿足 90 % 的訂單履行率下的紅色管制線，亦即系統能滿足 90 % 訂單履行率下的安全存貨管制線，紅色安全存貨管制旨在保護 90% 的訂單達成率。
3. 當將累積需求分佈曲線轉向為直式圖形如圖 4-2b，便可訂出最大的緩衝存量管制線，而位於最大的緩衝存量管制線與紅色安全存貨管制的存貨目標大小可輕易決定出。

需求機率分佈

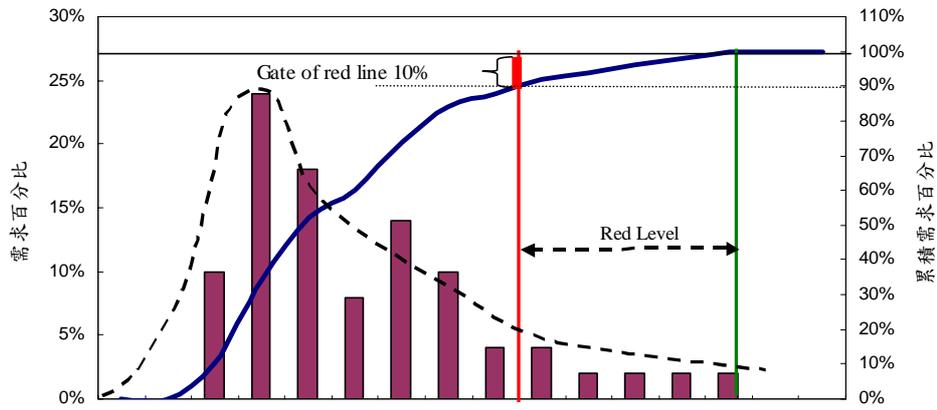


圖 4-2a 從需求累積分佈圖，訂出紅色管制線

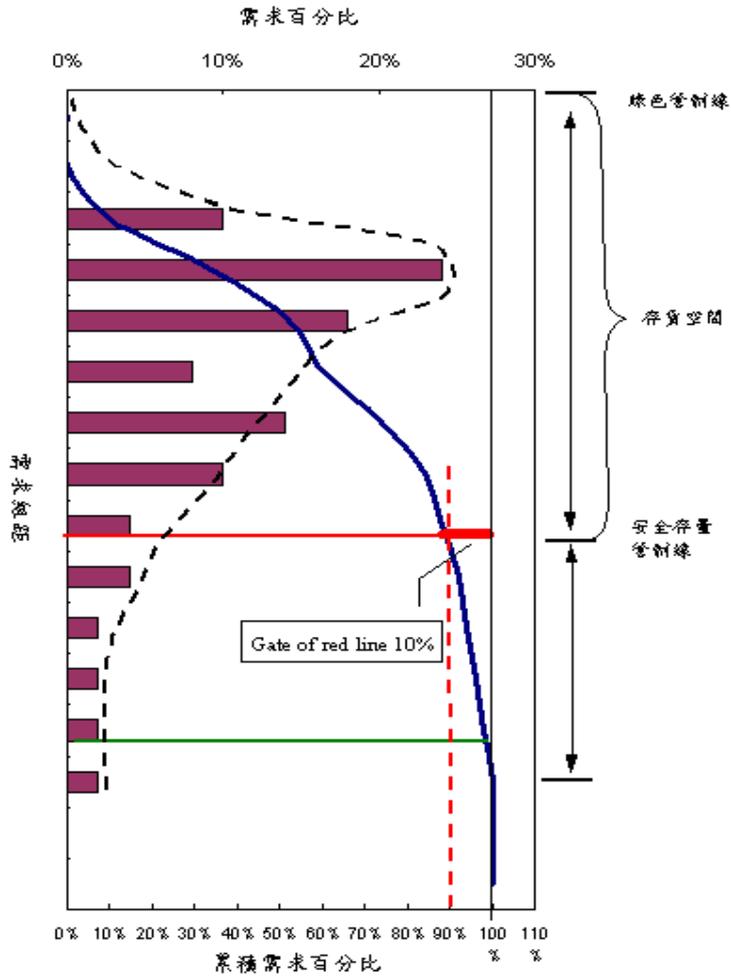


圖 4-2b 從直式需求累積分佈圖，訂出啟始存貨目標大小

b). 需求具淡、旺季情況：

由於需求具淡、旺季情況，必須調整存貨目標使存貨水準維持適當部位。因此，對於需求有淡、旺季情況下的最大存貨量必須要設定不同的存貨目標。最簡單的方式是取旺季情況下的需求數據移動累加最大值定為存貨目標，淡季也是依此相同方式設定如圖 4-3 所示，至於選擇多少期數作為累加，則視補貨能力與需求量之間而定。

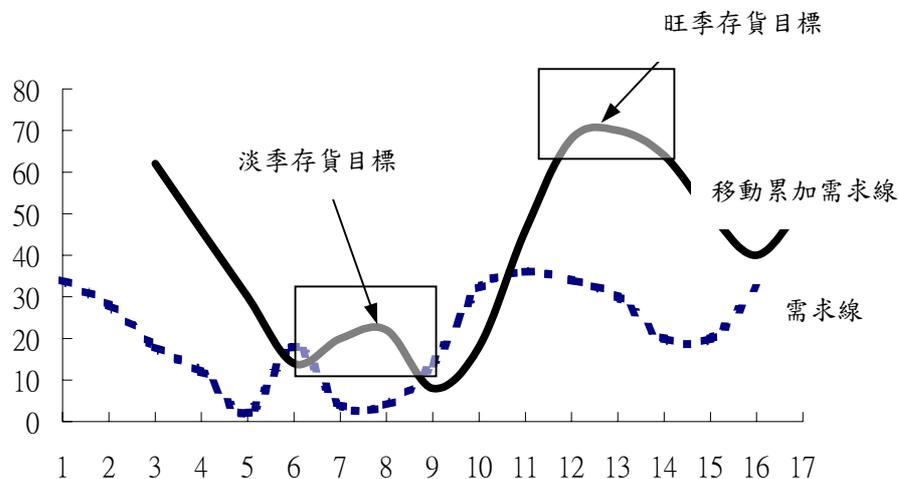


圖 4-3 需求淡、旺季下的啟始存貨目標值

例如以補貨前置為三天，採取每天補貨方式，補貨數量為每天的消耗量，其運作說明如下圖 4-4，每天補貨而在第三天時貨到。而當目標庫存量有調整時，補貨量需加上目標庫存量的調整量。

目標庫存量的調整受需求行為所影響，其調整主要是能符合需求的趨勢與需求變動。但要在何時進行調整？調整量多少？則必須要有比對的軌跡作為調整參考依據。因此，下節提出藉助監視視窗(monitoring window, MW)概念作為調整的參考時窗，依據前一監視視窗中緩衝存貨的軌跡，來決定是否需要調整目標庫存量或管制線水準。

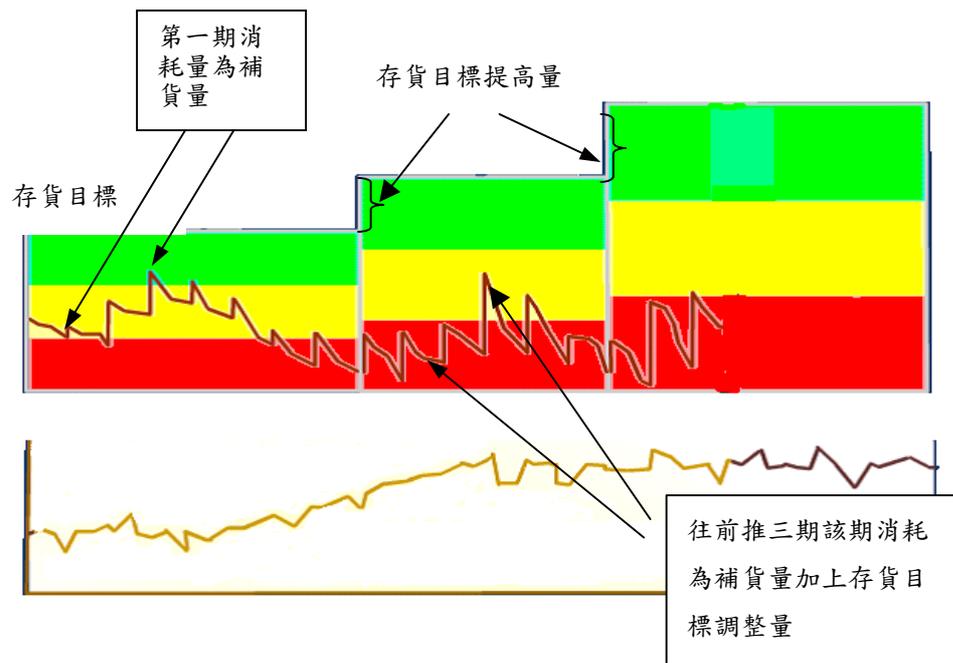


圖 4-4 利用緩衝區監控存貨水準的存貨目標管理示意圖

4.2 監視視窗

由第二章研究文獻探討可知，要隨需求情境變動而調整最大存貨上限量 S 與再訂購點 s 其過程相當複雜。緩衝管理是由目標庫存大小與如何監控緩衝與需求改變時如何調整目標庫存量兩管理機制所組成。二者的配合才能使作業順利進行，缺少其中之一，將使緩衝管理失控而增加存貨的困擾問題。

監控緩衝與目標庫存量調整必須將執行實際需求的結果回饋而作為往前修正的參考，才能抓住需求的脈動。因此，針對此提出透過監視視窗作為參考時窗，目標庫存量的調整依前一個視窗的緩衝存貨運作結果，作為調整(adjustable) 目標庫存量與管制線的比例的參考，使緩衝管理的存、補貨政策在面對需求趨勢變動時，可適時獲得調整。

4.2.1 監視視窗的設定

監視視窗的功能主要是審視緩衝區的存貨執行實際需求的結果，回饋作為修

正的參考，抓住需求的脈動，才能即時對緩衝區採取保護手段。監視視窗目的是希望緩衝存貨能被控制在合理數量以滿足需求趨勢。

為有效監視存貨水準對需求趨勢的反應，監視視窗的長度必須涵蓋正常一次補貨時間，以免失去對前期補貨量是否合適的監控。初期監視視窗設定，可以涵蓋大於數個以上的正常補貨週期的視窗長度。經審視緩衝管理作業的結果與修正調整後，再逐漸縮減視窗長度至有效掌握目標庫存符合需求趨勢。不過最小視窗長度必須包含一次的正常補貨週期，調整至不會發生緩衝存貨耗盡，或者在視窗中存貨水準低於安全警示管制線，造成的緊急補貨次數是可接受的程度如圖 4-5 所示。

以設定監視視窗作為調整的參考時窗是希望藉著前一監視視窗中發生存貨不足或是存貨過高的現象時，表示管制線設定水位對於需求的特性已無法配合，必須在下一個監視視窗中作有效調整，使緩衝區的目标庫存量維持合理水準。

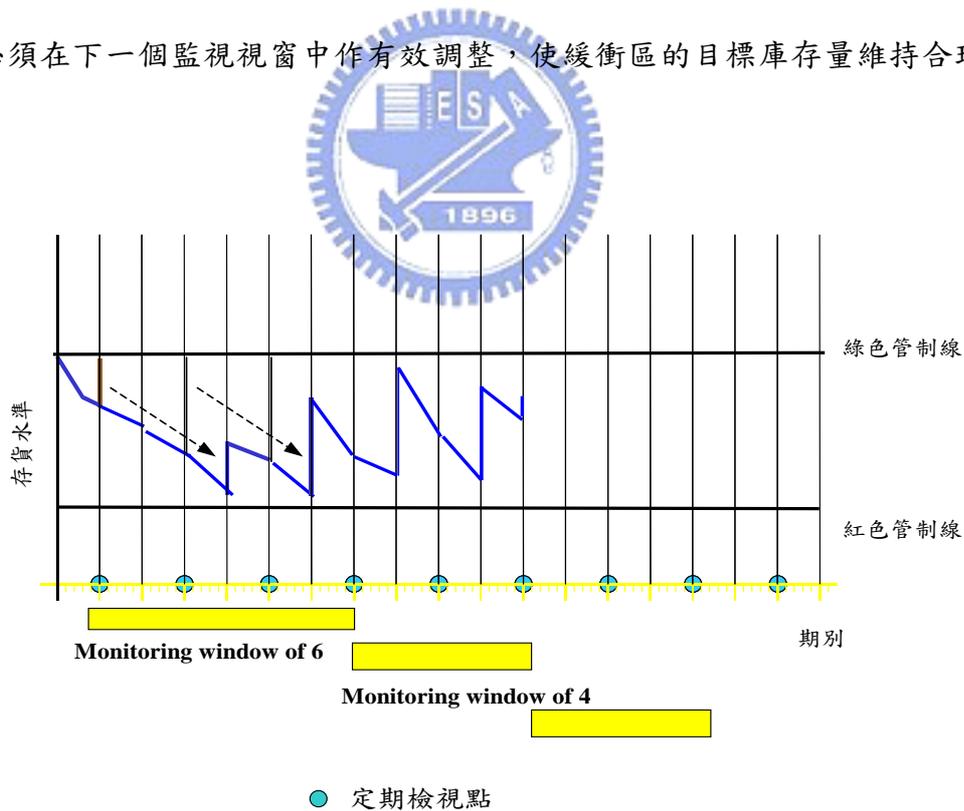


圖 4-5 監視視窗設定示意圖

調整目標庫存量可以避免缺貨的發生及緊急補貨次數過多，維持一個合理的目標庫存量水準，使緩衝區能獲得足夠的補貨量，避免存貨維持太高，增加存貨的持有成本。此種對於緩衝區的管理方法彌補了過去對於再訂購點與最大存量需經過複雜而耗時的演算或模擬才能獲得調整參考依據來得方便許多。

對於調整的準則(rules) 依服務水準而定，但會依策略而有所不同，因此，在本研究中所介紹的調整準則屬於一般性(general)準則作為說明，如下所述：

- (a) 在前一監視視窗中，若無發生存貨水準低於安全存量紅色管制線的狀況，此顯示所原設定的存貨目標相對於目前的需求趨勢有過高現象，存貨目標有調降的空間。存貨目標綠色管制線調降後，重新設定監視視窗監視，若無發生存貨水準低於安全存量紅色管制線的狀況，則存貨目標綠色管制線仍有繼續調降的空間。
- (b) 存貨目標綠色管制線調降後，需重新設定監視視窗監視，在所新設定的視窗中，若發生存貨水準低於安全存量紅色管制線一次的狀況，但若沒有發生將緩衝存貨完全耗盡而造成缺貨，則持續觀察，不採取行動，繼續監視在下一個監視視窗的結果。
- (c) 若在所新設定的視窗中，發生低於安全存量紅色管制線數次(依可接受度或服務水準而定)以上的狀況，但沒有發生將緩衝存貨完全耗盡而造成缺貨時，則顯示安全存量紅色管制線相對於警示所需有過高現象，有調降空間，調整後則重新設定監視視窗。
- (d) 若不幸發生將緩衝存貨耗盡造成缺貨發生，則必須立即調高安全存量紅色管制，重新設定監視視窗後，若仍發生將緩衝存貨耗盡造成缺貨發生，則必須調高目標庫存量綠色管制線。此表示需求趨勢已改變(變高)，調高安全存量紅色管制線後，仍無法保護緩衝存貨而被耗盡，因此，必須調高目標庫存量綠色管制線以使補貨量足夠。

(e) 無論是屬於何種狀況，只要目標庫存量綠色管制線或安全存量紅色管制線被調整，則必須重新設定監視視窗，以此新監視視窗來重新評估緩衝區的消耗狀態。

透過監視視窗的設定檢視是否維持在太高水位或管制線水位是否合理，藉以可調整的功能，依需求趨勢的改變而調整，可避免緩衝存貨過高。存貨緩衝區具有補貨可調整功能的機制才能滿足一方面要維持低水準緩衝區存貨且滿足不同的需求情境。在調整過程中應先調整何項參數，可依下列的調整步驟進行：

首先為維護（或增加）緩衝區存貨的產出功能，當存貨量達到零存貨時，必須提高設定的紅色管制線水準（亦即安全量的設定不足）以避免缺貨而影響產出；若被耗盡必須同時調高目標庫存量。

第二步驟若不會傷害到產出則降低綠色管制水準，以降低緩衝區的存貨。

第三步驟是若發生緊急補貨次數太多，則提高綠色管制水準，亦即提高補貨數量。

第四步驟是考慮降低紅色管制線水準，以降低存貨。

若無發生缺貨則重回上述 1. 的執行步驟。執行調整步驟如圖 4-6 所示。

監視視窗的功能在於能將存貨滿足需求消耗的資訊回饋，能夠提供緩衝區的存貨管理的合理化。其監視得到資訊回饋後的調整依存貨在前一視窗的情形作為判斷調整可分為二個方向：

1. 當前一個視窗中緩衝區存貨沒有被耗盡（亦即沒有發生缺貨情形），則以調整管制線為主。
2. 若有發生被耗盡（產生缺貨時）則必須調整存貨目標，以保護產出。

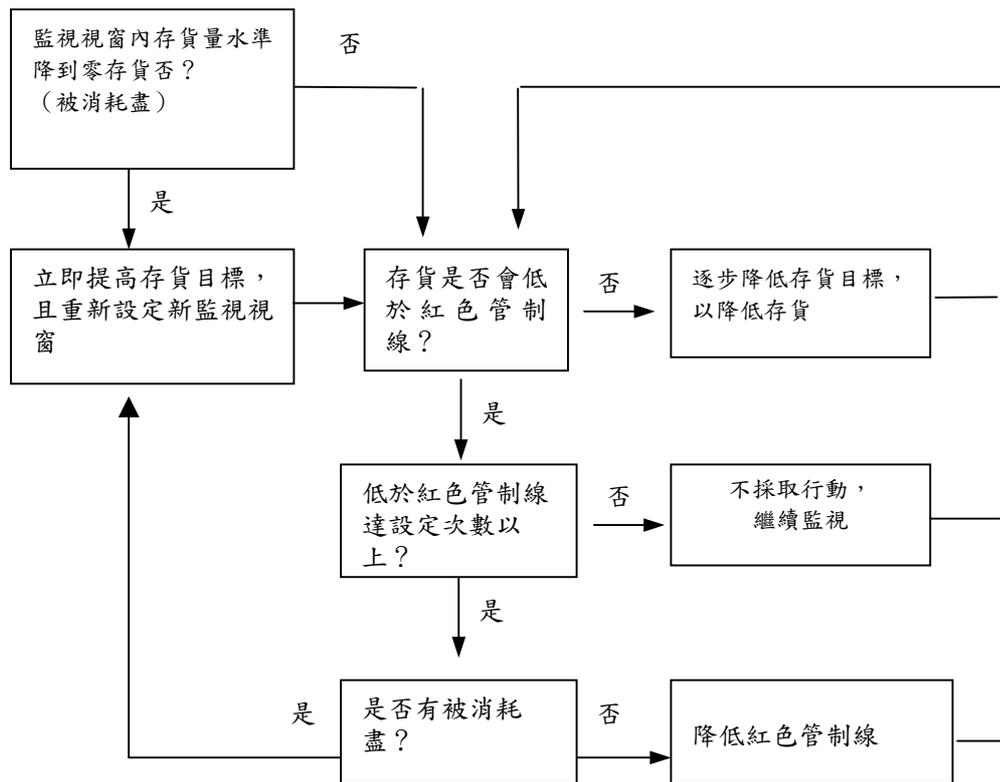


圖 4-6 監視視窗執行調整步驟流程圖

4.2.2 緩衝庫存的調整模式

緩衝庫存調整量多少會顯著影響庫存量高低與缺貨機率，翁立宇(2004)在其研究中針對緩衝庫存的調整以兩種模式去驗證調整的幅度多少時對整體較有利。一種是 TOC 所提將緩衝庫存量分為三等份：忽略區、警告區及趕工區。當庫存升至忽略區或是降至趕工區時，將緩衝庫存每次調整三分之一；另外一種是將緩衝庫存分為五等分，當庫存過多或過少時緩衝庫存則為每次調整五分之一。

翁立宇(2004)的研究中證明調整 $1/3$ 的方式在平均庫存相對於調整 $1/5$ 的方式都要來的高，並且由於一次調整目標緩衝庫存 $1/3$ 的量對於整體庫存會有較大的波動，尤其是當調降庫存時調整 $1/3$ 的方式相對於調整 $1/5$ 的方式會有更大缺貨的風險。因此，本研究之調整將以 $1/5$ 的為調整方式。

4.2.3 監視視窗在 Demand-Pull 運作說明

Demand-Pull 補貨方式是採用 K 期消耗多少補多少的緩衝管理補貨機制，透過監視視窗設定使緩衝區能對執行實際需求的結果回饋，作為管制線與目標庫存量的調整依據，強化緩衝管理補貨機制。

當監視視窗回饋資訊必須調整存貨目標時，緩衝管理的補貨量計算如下：

$$\text{緩衝管理補貨量}(D_Q) = K_Q \pm G_I$$

設以 K 期消耗多少作為基本補貨量(K_Q)，

目標庫存量的調整量為(G_I)，

$$\left(\begin{array}{l} + \text{ 表示提高存貨目標} \\ - \text{ 表示降低存貨目標} \end{array} \right)$$

舉例說明緩衝管理的補貨運作，假設啟始目標庫存量為 25 個，紅色管制水準訂為目標庫存量的 1/5 (數量大小決定視服務水準而定)，採取以二期為單位用多少補多少，補貨前置時間為 3 期，當在第 4、5、6 期的監視視窗中發現低於落在紅區二次 (設為可接受最大值)，因此，提高目標庫存量為 30 而紅色管制線也提高為 10 個水準，因此第九期之到貨量原為 12 ($2-3+13=12$) 因目標庫存量提高 5 個，因此到貨量變為 17 ($2-3+13+5=17$)，依此第 12 期也是相同的得到到貨量計算方式。而為使目標庫存量提高觀察是否有效必須等實際一個補貨前置時間後再做判斷如圖 4-7 所示。

延續第三章的 Demand-pull 運作說明，雖無缺貨但存貨過低現象，透過緩衝的控管可以合理的提高庫存量(亦即提高補貨量)如圖 4-8 與圖 4-9 所示。

期別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
需求	4	5	6	4	7	6	4	6	3	10	8	3	8	4	7	4	6	9	8	5
存貨	21	16	10	6	8	2	8	2	17	7	9	6	11	7	16	12	18	9	12	7
下單		9		10		13		10		13		11		12		11		15		13
監視視窗	_____																			
調整量						5						5								
存貨目標	25						30						35							
紅色管制線	5						10						15							

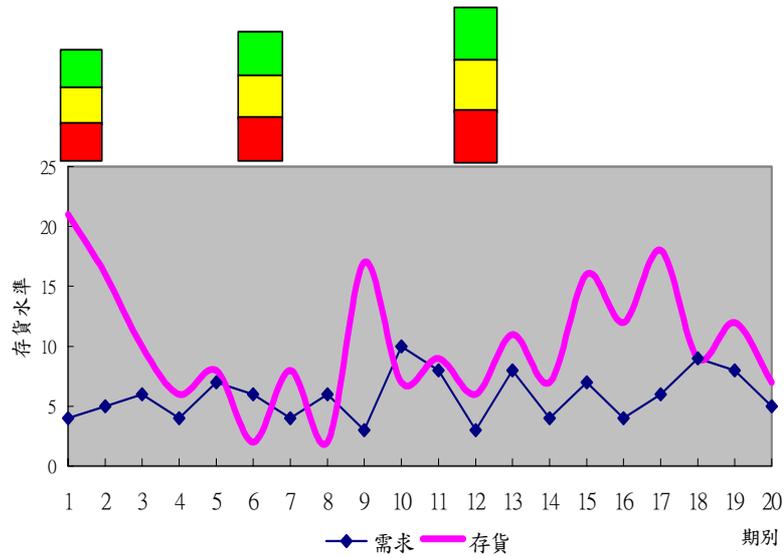


圖 4-7 監視視窗在 Demand-Pull 運作說明

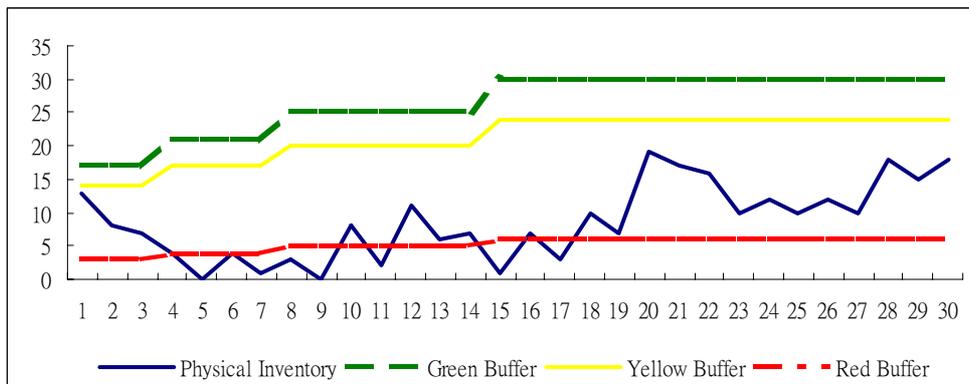


圖 4-8 透過緩衝區調整存貨水準量

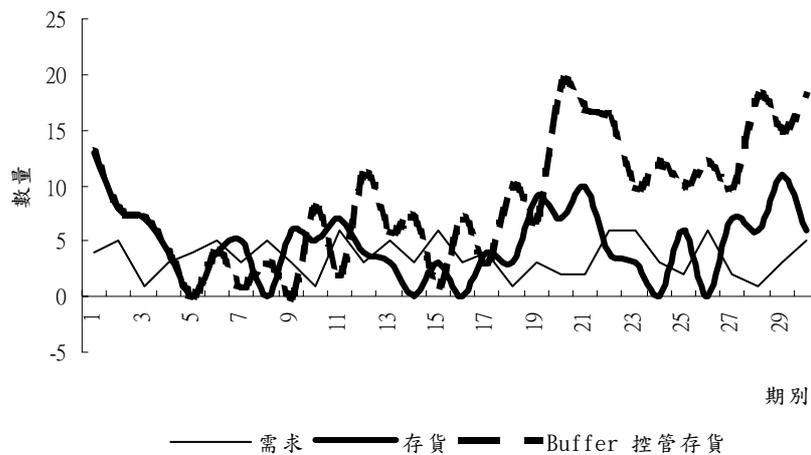


圖 4-9 以 Buffer 調整 Demand-pull 方式的運作比較

為可使緩衝管理補貨電腦化操作，本文先期以 Excel 簡單試算表作為電腦化初步，設計上為讓使用者使用方便，避免使用複雜程式語言以簡單的試算表即可模擬存貨水準變化（稱為緩衝存貨水準移動圖）以及生產工單（稱為生產工單移動圖）。

使用者只要在存貨追蹤表輸入需求數據、可生產的工單即可得到此需求移動下的緩衝存貨水準移動圖與生產工單移動圖作為規劃存貨管制之用，如圖 4-10 為存貨追蹤圖只要輸入需求與可生產工單數量，就可得到圖 4-11 的緩衝存貨水準移動圖與圖 4-12 的生產工單移動圖。

以上一般化的運作原則，透過監視視窗作為調整緩衝管理補貨方式，驗證此補貨方式是不錯的可行系統，強化了 TOC 緩衝管理。

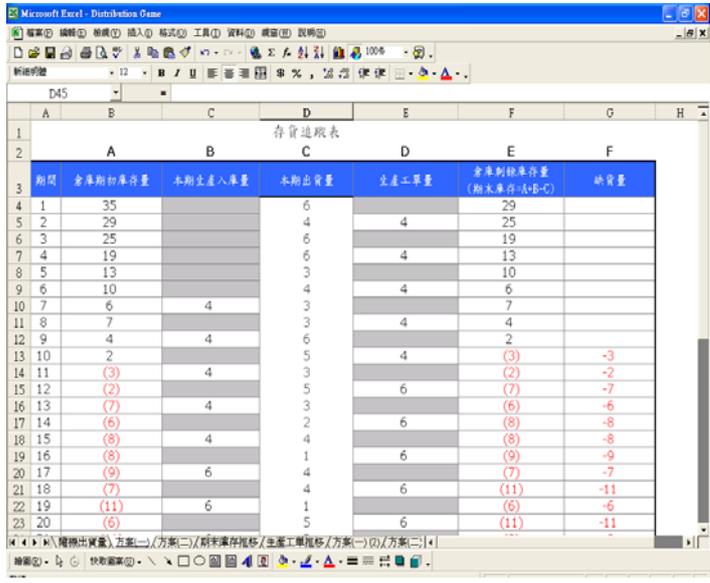


圖 4-10 存貨追蹤表示意圖

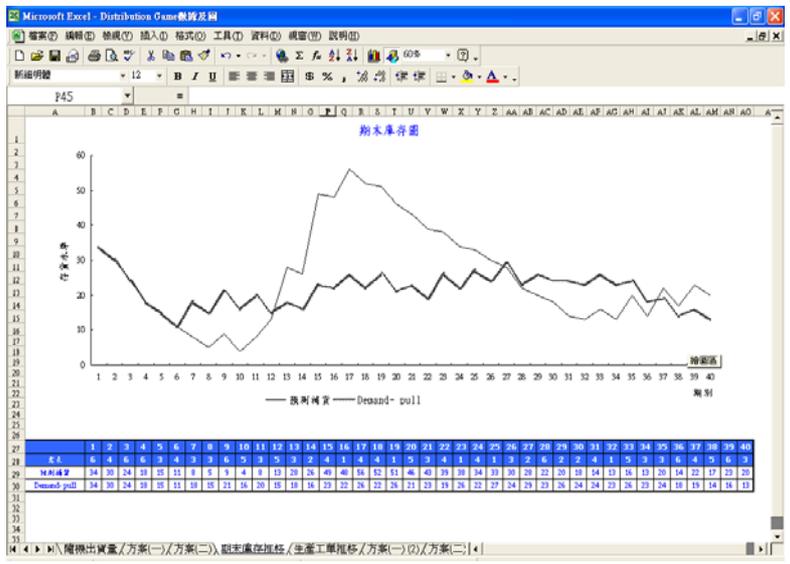


圖 4-11 緩衝存貨水準移動圖

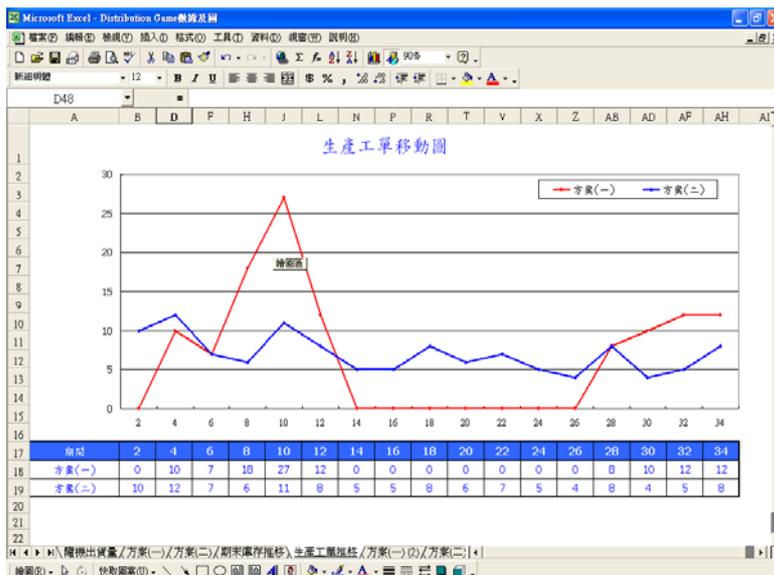


圖 4-12 生產工單移動圖

4.3 緩衝管理的適用性

本論文所提緩衝管理透過監視視窗作為調整功能，上節驗證了其可行性。但是，當產品生命週期(production life cycle)以及反應能力高低(responsiveness)不同時，緩衝管理的適用性將受到限制。產品生命週期長短以及反應能力高低構成如下的矩陣如圖 4-13 所示：

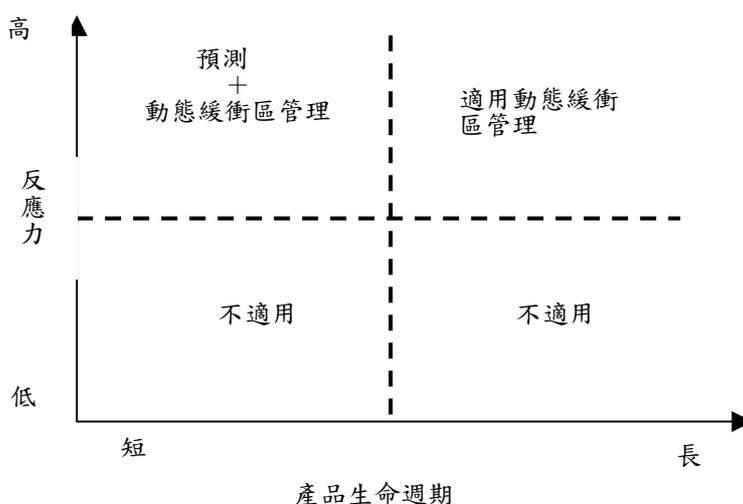


圖 4-13 緩衝區管理使用限制

緩衝管理主要是對實際需求的快速反應，因此，不適用於反應力低的市場。對市場反應力低可藉助預測方式作為構建存貨基礎，可採用 VMI 或 CRP 的補貨方式較為適用。緩衝管理適用於對市場需求要反應很快的產品，特別是產品生命週期很長而對產品的市場需求反應必須快速的環境，對於產品週期短的產品緩衝管理需配合預測的使用

對於區域的供應鏈存貨，TOC 雖然提出透過工廠發貨倉庫作為需求預測與存貨控制點的方式，但是對於供應時間很長的全球化供應鏈，例如從遠東地區到歐洲中央倉庫，歐洲中央倉庫緩衝區到歐洲各區域倉庫存貨目標又應如何設定。

存貨量高低比例於補貨時間，通常大多全球化供應鏈環境下，對於中央倉庫的補貨時間遠高於區域倉庫，愈長補貨時間通常變異較大，因此，對於中央倉庫的存貨量會高於所有區域倉庫存貨量的總和。最簡單的設定方式是依補貨時間的比例原則。亦即中央倉庫的存貨量與區域倉庫存貨量總和二者之間的存貨數量依比例於中央倉庫補貨時間與區域倉庫的補貨時間比例。

以區域的運作方式而言，假如對工廠發貨倉庫的補貨時間為一個月(30 天)，從工廠發貨倉庫到區域倉庫的運送時間為 3 天，因為對工廠發貨倉庫的補貨時間為工廠發貨倉庫到區域倉庫補貨時間的 10 倍。因此，工廠發貨倉庫緩衝區存貨目標必須為所有區域倉庫存貨量的 10 倍左右。同樣若遠東地區到歐洲中央倉庫的補貨時間(R_{LT})為六週，歐洲中央倉庫到歐洲區域倉庫為一週，因為中央倉庫的補貨時間為區域倉庫的 6 倍，因此，中央倉庫的存貨量應為區域倉庫的 6 倍。

透過監視視窗作為監控緩衝區存貨的運作紀錄，作為補貨啟動機制，以調整補貨數量使緩衝存貨水準回到緩衝區合理範圍而滿足需求趨勢變動。但是如何確知此調整方式的績效？本文在下一章將修正 TOC 的 TDD/IDD 的使用時機以及提出 EVD 缺貨價值指標，作為衡量緩衝運作的績效評估，使供應鏈緩衝績效得到正確評估。

第五章 緩衝管理績效指標修正

要做好管理工作，量化的評估指標是不可或缺的。藉由指標背後所代表的意義，來詮釋管理的績效，才能針對問題對症下藥加以改善。傳統上供應鏈庫存管理績效是以存貨週轉率(inventory turnover rate)與缺貨率為主。TOC 認為存貨週轉率(inventory turnover rate)與缺貨率並未考慮金額與時間的相乘關係，容易落入做錯決策與改善。例如同樣是\$1000 價值的貨品庫存 200 天跟庫存 100 天的意義是不一樣的，\$1000 價值的貨品延遲交貨一天跟延遲交貨十天對客戶的意義也是不一樣的。同樣的觀念，\$1000 價值的貨品庫存 10 天跟\$10,000 價值的貨品庫存 10 天的意義是不一樣的，\$1000 價值的貨品延遲交貨一天跟\$10,000 價值的貨品延遲交貨一天對客戶的意義也是不一樣的。TOC 因此提出有效產出天·元(Throughput-Dollar-Days, TDD)與存貨天·元(Inventory-Dollar-Days, IDD)兩績效指標來克服未考慮金額與時間的相乘關係。

根據第三章對 TDD 的定義，當下游點跟上游拉貨時，上游無貨供應給下游時(也就是缺貨產生)就開始累積 TDD 值直到有貨供應給下游為止。當然上游要滿足 TDD 指標也非常容易，只要備高庫存即可，不過此會造成庫存過高，因此需以 IDD 來衡量其庫存績效。將 TDD 與 IDD 觀念直接應用在供應鏈庫存績效評估有兩大缺點：一個是上游無貨供應給下游時在開始累積 TDD 值對客戶已造成傷害，此對上游的傷害相當大。另一個是只要有庫存就計算 IDD 值會扭曲對庫存的價值，合理的庫存對滿足客戶需求是非常重要的，過度重視 IDD 反而會傷害 TDD 的表現。

根據緩衝管理，當庫存量落在紅區時，代表可能會危急客戶的有效產出，所以建議需要調整庫存量。因此我們修正 TDD 的使用時機，當庫存量落在紅區時即開始累積 TDD 值，如此可確保缺貨機率降低客戶滿意提高。另外當庫存量過高(超出綠區)時，雖然可以滿足需求，但是卻造成資金的積壓。因此我們修正 IDD

的使用時機，當庫存量超出綠區時才開始累積 IDD 值，如此可避免過度重視 IDD 反而會傷害 TDD 的表現。

5.1 產出天·元 TDD 指標修正

如圖 5-1 所示，在補貨時間內存貨水準降至紅區內即代表緩衝存貨量可能會無法提供足夠貨品滿足客戶需求，缺貨可能會產生，開始累積 TDD 值。TDD 值愈高表示發生缺貨的風險機會很大，除了必須立即採取補足存貨，而一旦落於此區的次數過多時，必須採第四章的緩衝目標庫存量調整方式調整目標庫存量，使存貨水準維持在合理管制區。

TDD 指標的計算步驟說明如下：

1. 產品單位銷售額 P_i 。
2. 假設紅色管制線水準為 U ，第 i 日的存貨量為 W_i ， $i = 1, 2, 3, \dots, n$ ，因持續被消耗，故每日剩餘實際的存貨量並不相同。
3. 計算每日 TDD 指標： $TDD_i = (U_i - W_i) \times P_i$ ， $i = 1, 2, 3, \dots, n$ 若實際存貨水準高於紅色管制線水準為 U ，TDD 目標指標值為零。
4. 設定一段評估時間週期（如一個或幾個監視視窗）計算 TDD 指標總和：
$$Total\ TDD = \sum_i^n TDD_i$$
， $i = 1, 2, 3, \dots, n$ ， n 為評估週期日數。
5. 可依據 TDD 值大小，評估該週期時間可能不能滿足需求，造成缺貨機率增加。因此，TDD 指標值越小代表緩衝區存貨管理績效越佳。

只要延遲交貨或者無法滿足存貨緩衝的緊急存貨水準，TDD 指標值立即增加，反應出交期績效的狀況。

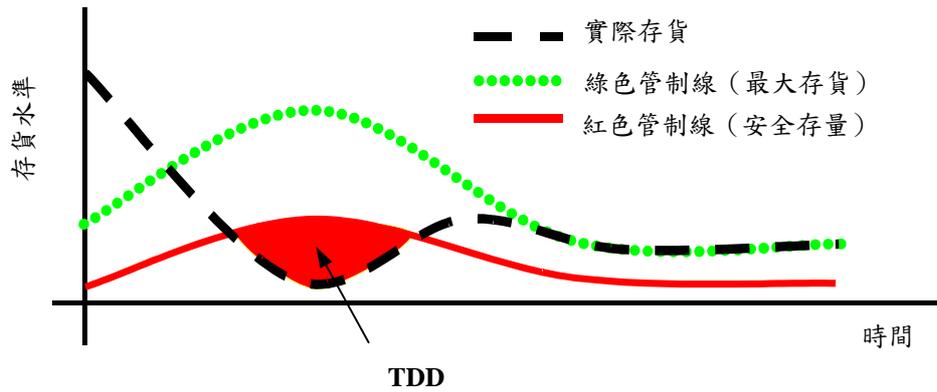


圖 5-1 TDD 的評量值示意圖

5.2 存貨天·元 IDD 指標修正

本文對 IDD 指標修正為在補貨時間內存貨超出最大存貨量（綠色管制）期間的總存貨價值(如圖 5-2 所示)，此指標的目標值越小越好。IDD 值愈高，表示存貨超出最大設定庫存量量的時間或是存貨數量太多，使得緩衝區的存貨所積壓價值過高。此時必須凍結緩衝區的補貨，一直等過高存貨消耗至降回黃色區。若維持過量或是時間持續太長導致緩衝存貨過高，必須採第四章的緩衝區調整方式調整庫存量。

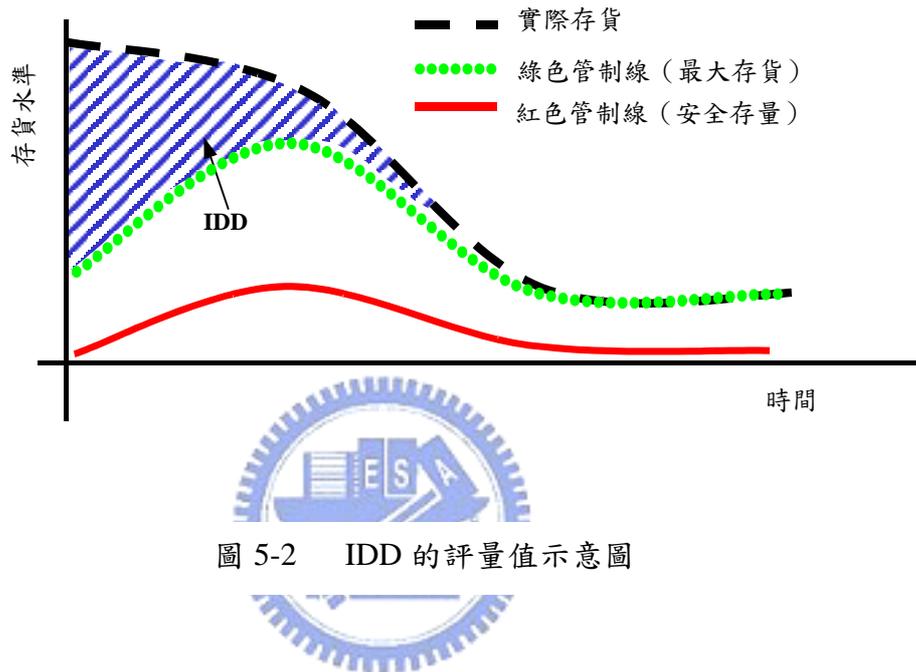
IDD 指標的計算步驟說明如下：

1. 產品單位銷售額 P_i 。
2. 假設存貨目標水準為 G ，第 i 日的存貨量為 W_i ， $i = 1, 2, 3, \dots, n$ ，因持續被消耗，故每日剩餘實際的存貨量並不相同。
3. 計算每日 IDD 指標： $IDD_i = (W_i - G_i) \times P_i$ ， $i = 1, 2, 3, \dots, n$ 若實際存貨水準低於目標庫存水準為 G ，IDD 目標指標值為零。

4. 設定一段評估時間週期（如一個或幾個監視視窗）計算 IDD 指標總和：

$$Total\ IDD = \sum_i^n IDD_i, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n, \quad n \text{ 為評估週期日數。}$$

5. 可依據 IDD 值大小，評估該週期時間存貨過高，造成存貨積壓。因此，IDD 指標值越小代表緩衝區存貨管理績效越佳。



5.3 缺貨價值(Exposure Value Days, EVD)： EVD 指標

由於修正 TDD 值是以穿透紅色區就開始累積 TDD，因此無法區別真正缺貨情形，因此我們又設計缺貨價值指標(Exposure Value Days，EVD)。EVD 指標是評量供應鏈最糟糕的情境，此值顯示在補貨時間內存貨已被消耗盡成缺貨狀態。EVD 評量缺貨期間的總損失價值(如圖 5-3 所示)。EVD 值愈高，表示缺貨量太多或是缺貨時間太長，必須緊急補貨使得緩衝區的存貨升高，同時若發生次數過多時，必須檢討紅色管制線的設定水準與緩衝區的重新設定存貨目標大小，採第四章的緩衝區調整方式調整庫存量，以滿足實際的需求環境變化。

EVD 指標的計算步驟說明如下：

1. 產品單位銷售額 P_i 。

- 第*i* 日的存貨量為(- W_i)， $i = 1, 2, 3, \dots, n$ ，(-)號表示缺貨。
- 計算每日EVD指標： $EVD_i = (0 - W_i) \times P_i$ ， $i = 1, 2, 3, \dots, n$ 若實際存貨水準高於紅色管制線水準為U，EVD指標值為零。
- 設定一段評估時間週期（如一個或幾個監視視窗）計算 EVD 指標總和：

$$Total\ EVD = \sum_i^n EVD_i$$
， $i = 1, 2, 3, \dots, n$ ， n 為評估週期日數。
- 可依據 EVD 絕對值大小，評估該週期時間已不能滿足需求，造成缺貨。因此，EVD 指標值越小(絕對值)代表緩衝區存貨管理績效越佳。

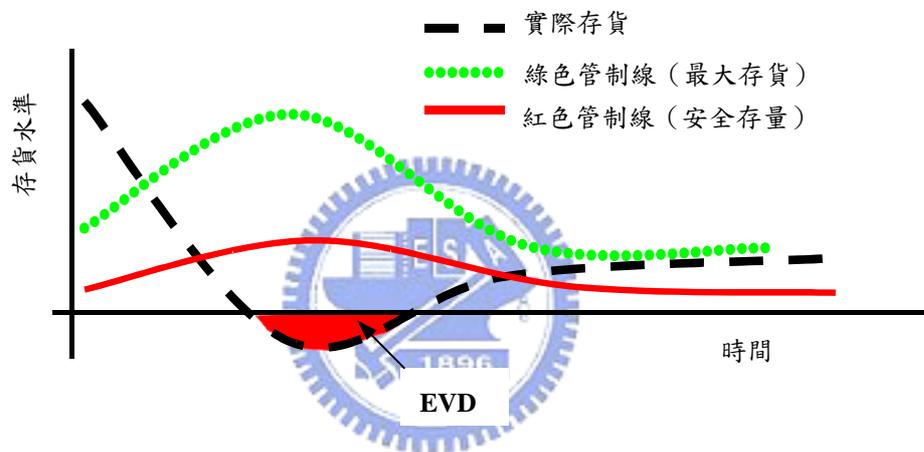


圖 5-3 EVD 的評量值示意圖

隨著緩衝區的調整，再透過 TDD、IDD、EVD 評量值對緩衝區調整後的評量，可掌握執行改善方案與緩衝區配合運作的成效。如圖 5-4 所示存貨超出綠色管制線表示存貨過高，計算其 IDD 值大小。而存貨低於紅色管制線計算其 TDD 值作為評量緩衝運作對此供應鏈的績效評估，作為持續改善的依據。

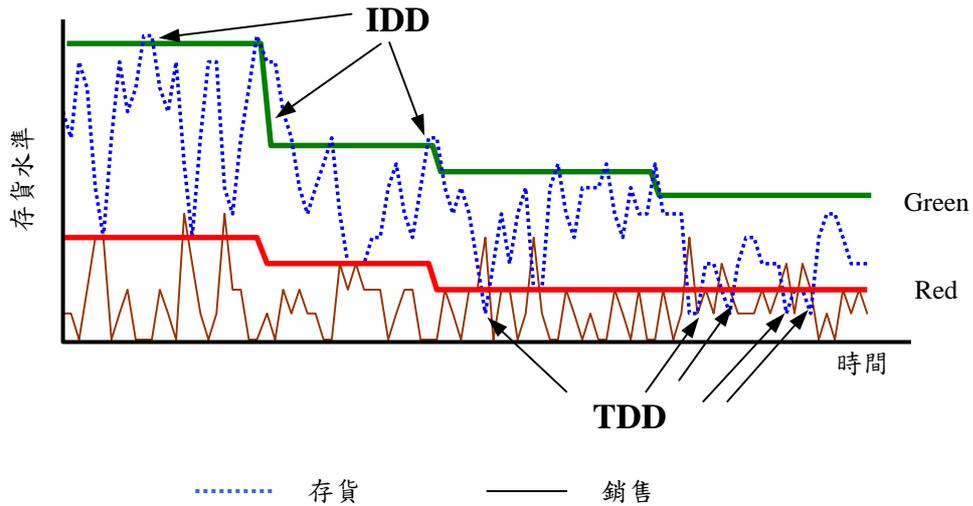


圖 5-4 緩衝區存貨管理的評量指標說明

5.4 TDD、IDD、EVD 評量指標應用說明

TDD、IDD、EVD 評量值的運作說明，設產品單價為每個 240 元。存貨目標 24 個，紅色管制線 6 個，每二日補貨一次，補貨量為二天消耗量，三天貨到，監視視窗設定為四天監控週期，需求數據如下及運算結果如表 5-1 所示。第四天 TDD 值為 1440 $[(6-3) \times 240 \times 1 = 1440]$ 。從監視視窗檢視第六天調高存貨目標至 30 個，紅色管制線 10 個，TDD 值為 2880 $[(10 - (-2)) \times 240 \times 1 = 2880]$ 但含 EVD 480 $[(2) \times 240 \times 1 = 480]$ ，EVD 表示真正的產出損失。

表 5-1 需求數據及運算結果

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
需求	4	5	7	5	2	12	2	3	7	9	9	7	8	6	9	14	12	11	12	11
存貨	20	15	8	3	10	-2	8	5	16	11	11	8	20	18	29	19	25	18	33	26
TDD	0	0	0	720	0	2880	480	1200	0	0	0	480	0	0	0	0	0	0	0	0
IDD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	240	0	0	0	1200	0
EVD	0	0	0	0	0	480	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

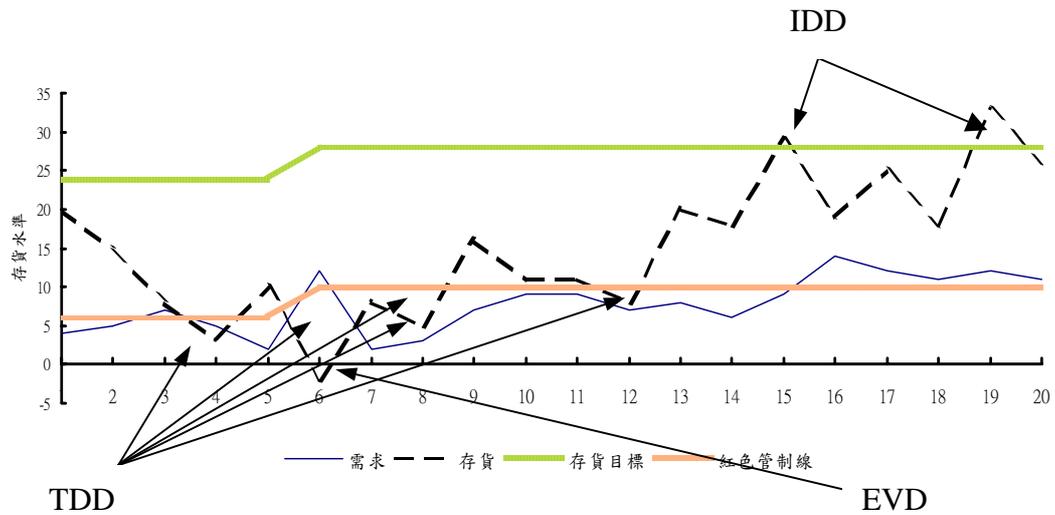


圖 5-5 TDD、IDD、EVD 評量值的案例說明圖

為驗證本文以上所提結合監視視窗與績效評估強化 Demand-Pull 的運作模式，在第六章中將以個案公司的實際補貨方式，以及傳統的存、補貨策略作一比較，比較 Demand-Pull 的運作模式是否勝於廣為使用方法的有效性。

第六章 實例模擬與驗證

為驗證本研究所提的強化觀念在實務上是可行的，本章以實際公司的存貨管理資料做驗證，另外也與 (s,Q) 、 (s,S) 、 (R,S) 、 (R,s,S) 與 (s,Q,R) 傳統補貨政策作一比較。在驗證過程也同時探討一些延伸出的問題，使本文所提 TOC Demand Pull 補貨模式強化可獲得更實務使用。

6-1 個案背景說明

本個案為一家健康器材公司，在該公司 2001 與 2002 年所銷售的產品中，選擇其中的 15 種產品做驗證比較。15 種產品中有 10 種次年將繼續銷售，另外 5 種則只銷售至 2003 年的產品。

為便於比較，訂單前置時間，生產前置時間與運輸前置時間皆一樣，採用公司目前實際的補貨條件：

1. 訂單前置時間為 15 天，
2. 生產前置時間 30 天以及運輸前置時間 30 天，
3. 另外加上預防發生「Murphy」現象的 15 天寬限，

因此，本研究 Demand- Pull 補貨模式的緩衝目標庫存量設定為每 90 天內的最大需求量。整個比較模擬採取四種不同情境下的比較：

情境(一)：為公司目前的運作模式與本文所提 Demand pull 補貨模式比較；

情境(二)：Demand pull 補貨模式與傳統補貨策略的比較。

情境(三)：當產品即將結束時如何做緩衝管理。

此案例公司的銷售明顯有淡、旺季之分，因此，必須對庫存量之調整提前進行，其應用 Demand pull 補貨模式的步驟詳細說明如下：

步驟 1：確定補貨前置時間

Demand- Pull 補貨模式每隔 15 天發一次訂單，訂單的量等於 15 天內的實際

需求量，而訂單將於 60 天後入區域倉庫，因此補貨前置時間為 90 天。

步驟 2：確定緩衝區調整設定

因為補貨前置時間為 90 以，所以監視視窗長度為 90 天。依第三章每次目標庫存量調升（降）1/5。

步驟 3：目標庫存量設定

由於個案公司的產品有明顯的淡、旺季之分，因此在計算目標庫存量時，也將目標庫存量分為淡季與旺季的目標庫存量兩種。個案公司產品的淡季大約是 4 月至 10 月，而旺季大約是 11 月至 3 月，因此分別累積淡、旺季每 90 天內的需求量，經由 Excel 的樞紐分析表可得到淡、旺季每 90 天內的最大需求量，再將此淡、旺季每 90 天內的最大需求量分別為淡、旺季的目標庫存量。

步驟 4：事前規劃已知需求趨勢改變的目標庫存量

由於訂單從訂購至入庫需花費 60 天的時間，因此在淡、旺季的目標庫存量之設定上，必須提早兩個月的時間，意謂每年的 2 月必須將存貨目標從旺季的目標庫存量調降為淡季的目標庫存量，同樣每年的 9 月必須將目標庫存量從淡季的目標庫存量調降為旺季的目標庫存量。

步驟 5：

計算平均庫存、TDD、IDD 與 EVD 值，評估其績效。

6.2 個案公司目前運作模式與 Demand pull 補貨模式比較

目前個案公司存、補貨運作模式是採預測的方式進行，也就是依據預測的需求量做生產補貨。而 Demand-Pull 補貨模式則是依據實際銷售的數量做生產補貨。

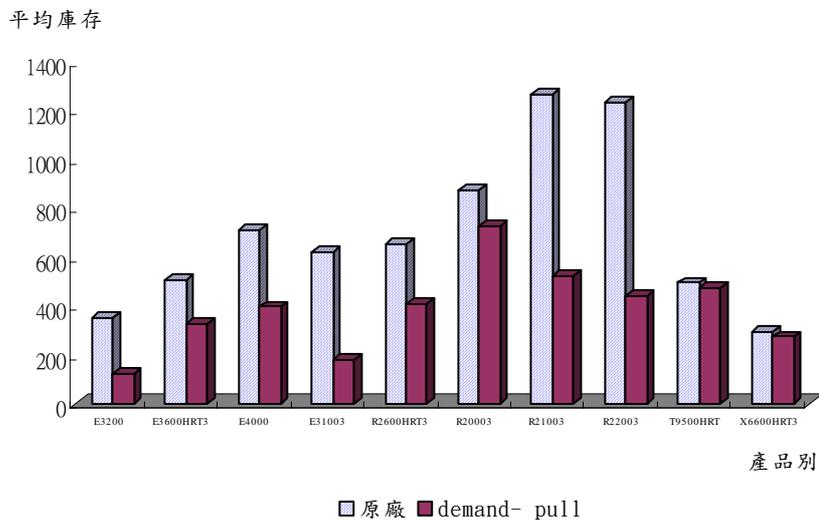


圖 6-1 以平均存貨比較實例公司與 demand-pull 補貨方式

由 IDD 的值可以了解公司目前補貨模式較 Demand-pull 補貨模式來的高，是因為以預測的方式運作時，當預測比實際需求高時容易堆積過多的存貨，以至於存貨放在倉庫的時間過長，所以 IDD 值也隨著上升。

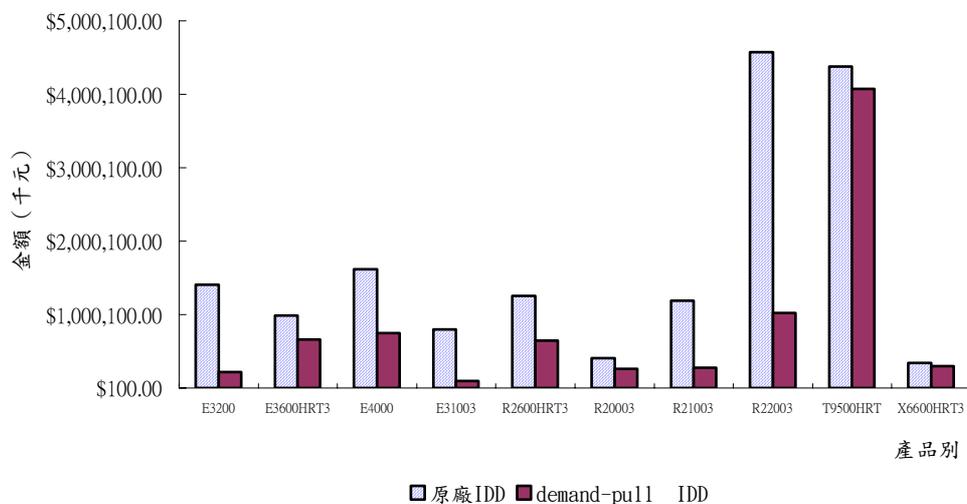


圖 6-2 以 IDD 值比較實例公司與 demand-pull 補貨方式

結果比較可歸納下列幾點：

(一)、公司運作模式與 Demand-Pull 模式都沒有發生缺貨的情形，但在相同不缺貨的情況下 Demand-Pull 模式卻可以以較低的平均庫存量滿足顧客的需求，因此驗證了以賣多少補多少的觀念是可行的且可以為公司降低高庫存的風險及減少成本的付出。

(二)、Demand-Pull 模式是累積兩個星期的需求量之後，以賣多少補多少的方式運作，而公司目前運作模式以預測的方式下訂單及以批量的生產，因此在平均庫存的表現上 Demand-Pull 模式較公司目前運作模式來的低。

(三)、由 IDD 的值可以了解公司目前運作模式較 Demand-Pull 模式來的高，是因為以預測的方式運作時，當預測比實際需求高時容易堆積過多的存貨，以至於存貨放在倉庫的時間過長，所以 IDD 值也隨著上升。

6.3 Demand-pull與傳統補貨策略比較

為證明 Demand-Pull 會比其他補貨策略可以得到較佳的績效，本節將跟傳統常用的 5 種存貨補貨方式: (s,Q) 、 (s,S) 、 (R,S) 、 (R,s,S) 、 (R,s,Q) 做比較。五種傳統補貨策略參數值的設定如附錄一所示，結果如圖 6-3 所示。

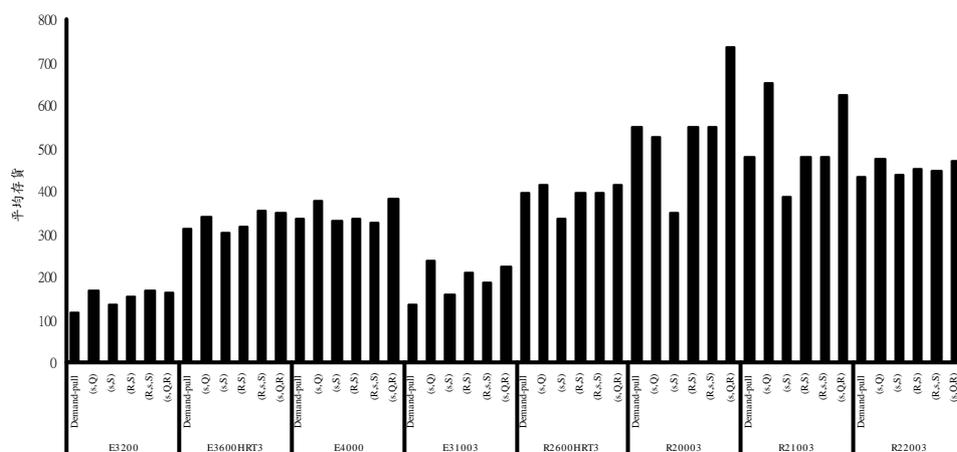


圖 6-3 Demand-pull 與各傳統補貨方式的平均存貨比較

Demand-pull 在平均庫存、TDD 與 IDD 方面的結果都比其他 5 種傳統存貨補貨政策來的優異。

6-4 停售產品的運作模式

因案例公司產品中有五類產品將在隔年停止出售，在面臨產品準備停售時，以 Demand-Pull 模式為基礎的模擬在此情境下緩衝量的管制，其實施步驟如下：

步驟 1：在最後一年的 9 月不調高目標緩衝庫存量為旺季的緩衝庫存量。

步驟 2：由後倒推三個月，開始停止發出訂單，例如若是 12 月為銷售的最後一個月，則從 10 月開始停止訂購。

步驟 3：由後倒推五個月，將目標緩衝庫存量調降原有目標緩衝庫存量的 1/5。

表 6-1 停售產品運作結果

	公司運作模式				Demand-pull 模式			
	期末庫存	平均庫存	TDD	IDD	期末庫存	平均庫存	TDD	IDD
T9250	98	1134.3	\$0.0	\$58,456,113,495.0	60	990.96	\$0.0	\$454,467,255.0
T9300	42	498	\$0.0	\$26,004,805,360.0	72	394.23	\$0.0	\$21,390,843,780.0
T9450HRT	36	866.59	\$0.0	\$58,117,942,770.0	58	599.96	\$0.0	\$41,270,538,995.0
T9600HRT	100	1358.8	\$0.0	\$114,866,771,835.0	141	1037	\$0.0	\$80,380,170,185.0
X6200HRT3	126	659.13	\$0.0	\$5,266,995,810.0	13	443.24	\$0.0	\$2,418,541,225.0

由表 6-1 的結果可知，在 Demand-Pull 模式較頻繁的訂購方式下，透過目標緩衝庫存量適時的調降以及掌握停止訂購的時機，雖然有些期末庫存還是較公司運作模式高，但還是在可以接受的範圍內，因此驗證上述步驟的可行性。

透過實例數據驗證了 Demand-pull 補貨方式的可行性，同時在績效上透過 TDD 值與 IDD 值獲得比原來工廠以預測方式作為的生產補貨為佳。證明透過 TOC 用多少補多少的簡化補貨方式是可行而具優越性。在與傳統式的存、補貨方式的模擬演算比較中，其整體的表現也是優於不論是定期或是連續的補貨方式，同時對於即將停售的產品也可以利用 Demand-pull 補貨方式作為存貨控管。

透過緩衝區監視視窗監控存貨水準的變化藉以調整存貨目標，而補貨量以 Demand-pull 的補貨觀念，去除繁雜計算而輕易啟動補貨運作機制，同時在與傳統的補貨方式比較中本文所提的補貨方式也對存貨的管理績效優越。



第七章 結論與未來研究方向

本文提出強化 Demand-pull 的緩衝管理模式，提出一套較為嚴謹的法則與程序使緩衝管理三要素更為簡潔，清楚與容易使用。另外透過修正 TDD、IDD 兩指標與增加 EVD 新指標，使供應鏈緩衝績效評估更加透明與有效。本論文所提的強化觀念與方法經由實際個案的驗證，證明所提出的觀念與方法是可行且有效的，與傳統的補貨策略做比較也得到較優的績效表現。

本研究雖對 TOC Demand-pull 緩衝管理與 TDD、IDD 做了強化探討，但是對於強化 TOC Demand-pull 理論基礎仍有兩大問題值得有興趣的人士後續研究：

- (1) TOC 建議庫存放在源頭，意即工廠。然而是不是每一供應鏈系統庫存皆應放在工廠？如不是應放在哪裡最有效？TOC 並未有明確的解答。
- (2) TOC 認為供應鏈要能成功運作必須所有成員能建立互信。TOC 提出上下游成員要分別以 TDD (Throughput Dollar Day)與 IDD (Inventory Dollar Day)互相評估。然而如何做？TOC 並也未有進一步的說明值得後續研究。

參考文獻

- 蔡翠旭 譯 (1998) 強勢供應鏈。書華出版事業有限公司，台北。
- 林宜萱 譯 (2002) 供應鏈高績效管理-改善生產服務流程、提升企業績效的物流策略。美國麥格羅希爾 台灣分公司，台北。
- 盧舜年、鄒坤霖 著 (2002) 供應鏈管理的第一本書。書商出版社，台北。
- 徐淑如 (2000) 降低訂購成本之供應鏈存貨模式。國立交通大學經營管理研究所博士論文。
- 王欲文 (1998)。半導體設備供應商備用零件存貨導入 VMI 之研究。國立交通大學工業工程與管理學系碩士論文。
- 劉婉儀(2000)。供應鏈供需協調機制與決策支援模式。國立台灣大學商學管理研究所碩士論文。
- 翁立宇(2004) 限制理論應用在配銷管理之實證研究。國立交通大學工業工程與管理學系碩士論文。
- Anupindi, R., T. E. Morton, and D. Pentico, (1996), "The Non-stationary Stochastic Lead-Time Inventory Problem: Near-Myopic Bounds, Heuristics, and Testing," *Management Science*, 42(1), 124-129
- Archibald, B. and E. A. Sliver, (1978), "(s, S) Policies under Continuous Review and Discrete Compound Poisson Demands with Lost Sales," *Management Science*, 24(9), 899-909.
- Archibald, R., (1981), "Continuous Review (s, S) Policies with Lost Sales," *Management Science*, 27(10), 1171-1177.
- Askin, R.G. 1981, "A Procedure for Production Lot Sizing with Probabilistic Dynamic Demand," *AIIE Transactions*, 13(2), 132-37.
- Achabal, D.D., McIntyre, S.H., Smith, S.A., & Kalyanam, K. (2000), "A decision support system for vendor managed inventory," *Journal of Retailing*, 76(4), 430-454.
- Axsäter, S., (1985), "Control Theory Concepts in Production and Inventory Control," *Int. J. systems Sci.*, 16, 161-169.
- Banerjee, A., Burton, J.S. and Banerjee, S. (1996), "Heuristic Production Triggering Mechanisms under Discrete Unequal Inventory Withdrawals," *International Journal Production Economics*, 45, 83-90.
- Banerjee, A., Burton, J.S., (1994), "Coordinated vs. Independent Inventory Replenishment Polices for a Vendor and Multiple Buyers," *International Journal Production Economics*, 35, 215-22
- Baganha, M.P. and. Cohen, M.A (1998), "The Stabilizing Effect of Inventory in Supply Chains," *Operations Research*, 46, 3, 72-83.
- Bollapragada and Morton (1993), The Non-Stationary (s, S) Inventory Problem: Near-Myopic Heuristics, Computational Testing, Carnegie-Mellon.
- Berry, D., Naim, M.M. and Towill, D.R., (1995) "Business Re-engineering An Electronic Products Supply Chain," *IEE Proceedings- Science, Measurement and Technology*, 142(5), 395-403.

- Baganha, Pyke, M. P., D. F., and Ferrer, G., (1996), "The Undershoot of the Reorder Point: Test of an Approximation," *International Journal Production Economics*, 45, 311-320.
- Bourl and, Powell K. S., and Pyke, (1996), "Exploiting Timely Demand information to Reduce Inventories," *European Journal of Operational Research*, 92, 2, 239-253.
- Christopher, M. (1992), *Logistics and Supply Chain Management-Strategies for Reducing Cost and Improving Services*. Pitman Publishing, London.
- Cottrill, K (1997), "The Supply Chain of the Future," *Distribution*, Vol.96, Iss.11, 52-54.
- Chaouch, A.B.(2001), "Stock levels and delivery rates in vendor-managed inventory programs," *Production and Operations Management*, Muncie, Spring,10(1), 31-45.
- Cachon, G.P., (1999), "Managing Supply Chain Demand Variability with Scheduled Ordering Polices," *Management Science*, 45(6), 843-856.
- Cachon, G.P., (2001), "Exact Evaluation of Batch-Ordering Inventory Policies in Two-Echelon Supply Chains with Periodic Review," *Operations Research*, 49, 1, 79-98.
- Chen, F., (2000), "Optimal Policies for Multi-Echelon Inventory Problems with Batch Ordering," *Operations Research*, 48, 3, 376-389.
- Cox, J.F, Blackstone, J.H., and Spencer, M.S(Eds),(1995), *APICS Dictionary* (8th ed.), American Production and Inventory Control Society, Falls Church, VA.
- Chen, F.L, Cai, S.D. and Hong Y.R.,(2000), "A Distribution with Integration of Supply and Demand," *Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers*, Vol.17, No. 6, 671-681.
- Chen, F.Z., Drezner, J.R., and D Simcchi-Levi, (2000), "Quantify the Bullwhip Effect in a Simple Supply Chain; The Impact of Forecasting, Lead Times, and Information," *Management Science*, 46, 3, 436-443.
- Chiang, C. and Gutierrez , G.J., (1996), "A Periodic Review Inventory System with Two Supply Modes," *European Journal of Operational Research*, 94, 389-403.
- Chiang, C. and Gutierrez , G.J., (1998), "Optimal Control Policies for a Periodic Review Inventory System with Emergency Orders," *Naval Research Logistics*, 45, 187-204.
- Cheung, K.L., and Hausman, W.H., (2000), "An Exact Performance Evaluation for the Supplier in a Two-Echelon Inventory System," *Operations Research*, 48 4, 646-653.
- Cohen, M., Kamesam, P.V., Kleindorfer, P., LEE H., and Tekerian A., (1990), "Optimizer: IBM's Multi-Echelon Inventory System for Managing Service Logistics," *INTERFACES*, 20(1), 65-82.
- Chin-Hung Tsai, Yu-Hsin Lin, Yeong-Hoang Lee, (1998), "A TOC-Based Analysis Approach for Supply Chain Management," *Journal of Commercial Modernization*, Vol.1, No. 1, 35-50.
- Debra A. Smith, (2001), "Linking the Supply Chain Using the Theory of Constraints Logistical Applications and a New Understanding of the Role of Inventory/ Buffer Management," *Premier Issue TOC Review*, 50~54.

- Disney S.M., and Towill D.R., (2003), "On the Bullwhip and Inventory Variance Produced by an Ordering Policy," *Omega*, 31, 157-167.
- Dong, Y., and Xu, K.(2002), "A supply chain model of vendor-managed inventory," *Transportation Research Part E*, 38, 75-95.
- Ellram, L. and Cooper, M. (1993), "Characteristics of supply chain management and the implications for purchasing and logistics strategy," *International Journal of Logistics Management*, Vol.4, No.2, 1-10.
- Ehrhardt, R., and Mosier, C., (1984), "Revision of the Power Approximation for Computing (s, S) Policies," *Management Science*, 30(5), 618-22.
- Ernst, R., and Powell, S.G., (1995), "Optimal inventory policies under service-sensitive demand," *European Journal of Operational Research*, 87, 316-327.
- Federgruen, A. and Zipkin, P (1984), "An Efficient Algorithm for Computing Optimal (s, S) Policies," *Operation Research*, 32(6), 1268-1285.
- Federgruen, A. and. Zheng, Y.S., (1992), "An Efficient Algorithm for Computing an Optimal (r,Q) Policy in Continuous Review Stochastic Inventory Systems " *Operation Research*, 40(4), 808-813.
- Forrester, J. *Industrial Dynamics*, , (1961),MIT Press, and John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Fisher, M.L., Hammond, J., Obermeyer W., and Raman, A., (1994), "Making Supply Meet Demand in an Uncertain World," *Harvard Business Review*, May-June, 83-93.
- Fisher, M.L., (1997), "What is the right supply chain for your product," *Harvard Business Review* 75, 105-116.
- Garry, M.(1994), "Is there life after CRP ?" *Progressive Grocer*, Vol.4, No.9, 73-74.
- Gallego, G. (1996), "New Bounds and Heuristic for (r,Q) Policies," *Management Science*, 40(6), 347-356.
- Goldratt, E.M., 1990, "Theory of Constraints", *North River Press*.
- Goldratt, E.M., and Cox, J., 1992, "The Goal" 2nd edition, *North River Press*.
- Goldratt, E.M., 1997, "Critical Chain", *North River Press*.
- Grubström, R.W. and Wiker, J., (1996), "Inventory Trigger Control Policies Developed in Terms of Control Theory," *International Journal Production Economics*, 45, 397-406.
- Heisig G., (2001), "Comparison of (s, S) and (s, nQ) Inventory Control Rules with Respect to Planning Stability," *International Journal Production Economics*, 73, 59-82.
- Hopp W.J., Pati, N., Jones, P.C., (1989) "Optimal Inventory Control in a Production Flow System with Failures," *International Journal of Production Research* 27, 1367-1384.
- Haria, G., Pierpaolo, P. and Barbara S.,(2003), "A Fuzzy Echelon Approach for Inventory Management in Supply Chains," *European Journal of Operational Research*. 149, 185-196.
- Iyer, A.V. and M.E. Bergen, (1997). "Quick Response in Manufacturer-Retailer

- Channels.” *Management Science*, **43**(4): 559-570
- Johnson, M.E., and Davis, T.,(1995), “Gaining an Edge with Supply Chain Management,” APICS-The Performance Advantage, Vol.5, No.2.63-70.
- Janssen, F., Heuts, and de Kok, T., (1996b), “On the (R,s,Q) Inventory Model When Demand is Modelled as a Compound Bernoulli Process.” *European Journal of Operational Research*. 67, 306-327.
- Kelle, P., and Milne, A., 1999, “The effect of (s,S) ordering policy on the supply chain,” *International Journal of Production Economics*, Vol. 59, No. 1-3, pp. 113-122.
- Kelle, P., and Silver, E. A., (1990), “Safety Stock Reduction by Order Splitting,” *Naval Research Logistics*, 37,725-743.
- Kurt Salmon Associate Inc. (1993), *Efficient Consumer Response: Enhancing Consumer Value in the Grocery Industry*, Food Marketing Institute, Washington, DC.
- Kumar, K., Schwarz, L.B. and Ward, J.E., (1998) “Risking-pooling Along a Fixed Delivery Route Using a Dynamic Inventory-allocation Policy,” *Management Science*, 43(4), 546-558.
- Lapide, L., (2003), “Don’t Slash Inventory, Make it More Efficient,” July 22, <http://www.amrresearch.com>.
- Lummus, R.R. and Alber, K.L.,(1997),*Supply Chain Management: Balancing the Supply Chain with Customer Demand*, The Educational and Resource Foundation of APICS, falls Church, VA.
- Lee H. and Anderson, D., (2000), “The Internet-Enabled Supply Chain: From the First Click to the Last Mile,” *Ascet*, vol. 2, April 15, (<http://www.ascet.com/>)
- Lee H. L., Billington, C.(1992) “Managing supply chain inventory:Pitfalls and Opportunities,” *Sloan Management Review*, 33, 65-73.
- Lohtia,R., Frank, T.X., and Subramaniam R.,(2004), “Efficient Consumer Response in Japan Industry concerns, current status, benefits and barriers to implementation,” *Journal of Business Research*, 57, 306-311.
- Lai,C.L., Lee, W.B. and Ip, W.H., (2003), “A study of system dynamics in just-in-time logistics,” *Journal of Materials Processing Technology*, 138, 265-269.
- Lee H. L., Padmanabhan, V., Whang, S., (1997a), “The Bullwhip Effect in Supply Chains,” *Sloan Management Review/Spring* , 93-102.
- Lee H. L., Padmanabhan, V., Whang, S., (1997b), “Information Distortion in a Supply Chains,” *Management Science* , 546-558.
- Lee H. L., So, K.C., and Tang, C.S., (2000) “The Value of Information Sharing in a Two-Level Supply Chain,” *Management Science*, 46,5,626-643.
- Lummus, R.R. and Vokurka R.J., (1999), “Defining supply chain management: a historical perspective and practical guidelines” *Industrial Management & Data Systems* ,99/1, 11-17.
- Mullin, T.(1994), “A new frontier”, *Stores*, Vol.76, No.7, 10.
- Muckstadt, J.A., and Tayur S.R.,(1995a), “A Comparison of Alternative Kanban Control Mechanisms. I Background and Structural Results. *IIE Transactions*, 27,

140-150.

- Muckstadt, J.A., and Tayur S.R.,(1995b), "A Comparison of Alternative Kanban Control Mechanisms." II Background and Structural Results. *IIE Transactions*, 27, 151-161.
- Metters,R.,(1997),"Quantifying the Bullwhip Effect in Supply Chains," *Operations Management*, 15, 89-100.
- Matthew,A.W., Eric, J., and Davis, T., (1999), "Vendor-Managed Inventory in the Retail Supply Chain," *Journal of Business Logistics*, Vol.20, 183-195.
- Monczka,R.M. and Morgan,J.,(1997),"What's wrong with supply chain management ?," *Purchasing*, Vol.122, No.1, 69-73.
- Morton, T. E., and Pentico, D.W., (1995), "The Finite Horizon Non-stationary Stochastic Inventory Problem: Near-Myopic Heuristics, Computational Testing," *Management Science*, 41(2), 334-343.
- Natarajan, R., and Goyal, S.K., (1994), "Safety Stocks in JIT Environments," *International of the Operations & production Management*, 14(10), 64-71.
- Parker, R. (2001), "Oracle Launches Supply Chain Solution on Internet," *Supply Management*, Vol.6, Iss.15, 15-21.
- Price, W., Gravel, M., Nsakanda, A.L., and Cantin. F., (1995), "Modelling the Performance of a Kanban Assembly Shop," *International Journal of Production Research* 33(4),1171-1177.
- Platt, D.E., Robinson, L. W., and Freund, R. B., (1997), "Tractable (Q, R) Heuristic Models for Constrained Service Levels," *Management Science*, 43(7), 951-965.
- Petrovic, D., Roy, R. and Petrovic, R., (1999), "Supply Chain Modelling using fuzzy sets," *International Journal Production Economics*, 59, 443-453.
- Quinn, F.J.(1997), "What's the buzz?" *Logistics Management*, VOL. 36, No. 2, 43-47.
- Robert, B., Handfield, E. L. and Nichols, J.R., (1999). *Introduction to Supply Chain Management*, Prentice-Hall, Inc.
- Sterman, J.D.,(1989)"Modeling Managerial Behavior: Misperceptions of Feedback in a Dynamic Decision Making Experiment,"*Management Science*, Vol.355,No.3, 321-339.
- Silver, E.A., (1978), "Inventory Control Under a Probabilistic Time-Varying, Demand Pattern," *AIIIE Transactions*, 10(4), 371-379.
- Smith, D. A., (2001), " Linking the Supply Chain Using the Theory of Constraints Logistical Applications and a New Understanding of the Role of Inventory/ Buffer Management, " *Premier Issue TOC Review*, 50~54.
- Strijbosch, L.W.G., Moors, J.J.A. (2002), "Simulating an (R, s, S) Inventory System," *Journal of the Operational Research Society*, 37, 705-713.
- Silver, E. A., Pyke, D. F., and Peterson, R., (1998), *Inventory Management and Production and Scheduling* , Wiley & Sons, New York.
- Towill, D.R., (1996), "Time Compression and Supply Chain Management-- a guide tour," *Logistics Information Management*, Vol. 9, No.6, 41-53.
- Towill, D.R. and Antonio Del Vecchio, (1994), "The Application of Filter Theory to

- the Study of Supply Chain Dynamic,” *International Journal of Production Planning & Control*, Vol. 5, No.1, 82-86.
- Thomas, J.S., Mosekilde, E., and Sterman, J.D., (1992) “Higher Chaotic Phenomena in Dynamic Decision Making,” *SMAS*, Vol.9,137-156.
- Vargas, V.A., and Metters, R., (1996), “Adapting Lot sizing Techniques to Stochastic Demand through Production Scheduling Policy,” *IIE Transactions*, 28, 141-148.
- van der Vorst, J. G., Beulens, A. J., de Wit, A. J.M., and van Beek, P., (1998), “Supply chain management in food chains: improving performance by reducing uncertainty,” *International Transactions in Operational Research*, Vol. 5, No. 6, pp. 487-499.
- Ward, J.B.,(1978), “Determining Reorder Points When Demand is Lumpy,” *Management Science*, 24(6),623-632.
- Waller, M., Johnson,M.E., & Davis, T.(1999), “Vendor-managed Inventory in the retail supply chain,” *Journal of Business Logistics*, 20(1), 234-243.
- Zheng, Y.S., (1992), “On Properties of Stochastic Inventory Systems,” *Management Science*, 38(1), 87-103.
- Zheng, Y.S., and Chen, F., (1992), “Inventory Policies with Quantized Ordering,” *Naval Research Logistics*, 39,285-305.
- Zheng, Y.S., and Federgruen, A., (1991), “Finding Optimal (s, S) Policies is About as Simple as Evaluating a Single Policy,” *Operation Research*, 39(40), 654-665.
- Zimmermann, H.J.,(2000), “An application-oriented view of modeling uncertainty,” *European Journal of Operational Research*. 122, 190-198.
- Zhang,R.Q. Hopp, W.J., (2001) “Spreadsheet Implementable Inventory Control Policies,” *Journal of Heuristics* 7 (2), 185-203

<http://sharepoint.emrysgroup.com/academy/default.aspx>

<http://www.TOC-Goldratt.com>

附錄一 傳統存貨補貨之參數值

傳統的存貨補貨方面有 5 種模式，分別為永續盤存制的(s,Q)與(s,S)以及定期盤存制的(R,S)、(R,s,S)與(s,Q,R)。在設定各種模式的參數之前，首先需要下列的資訊：

- (一)AVG = 產品的平均每日需求。
- (二)STD = 產品每日需求的標準差。
- (三)L = 從工廠到區域發貨倉庫的補貨前置時間。
- (四)S = 每次訂購之固定成本。
- (五)H = 持有一單位產品一天的成本。
- (六) α = 服務水準。

永續盤存制的(s,Q)與(s,S)方面所要設定的參數為說明如下：

- (一)s：再訂購點，公式為 $L \times AVG + z \times STD \times \sqrt{L}$ 。
- (二)Q：經濟訂購量，公式為 $\sqrt{\frac{2 \times AVG \times S}{H}}$ 。
- (三)S：訂購上限，公式為 $\max\{Q, L \times AVG\} + z \times STD \times \sqrt{L}$ 。

在定期盤存制方面，本研究是每兩星期(R = 14)去檢視存貨的情況，但所驗證的個案公司其每樣產品從下單開始需經過30天的生產時間以及30天的海運時間，在不考量延遲的狀況下，將所有訂單的補貨時間統一設定為60天，意即今天下的訂單在60天後將運送至區域發貨倉庫，由於檢視週期較補貨時間短，因此原本定期盤存制 $S = AVG \times (L + R) + z \times STD \times \sqrt{(L + R)}$ 中的 R 將不計算在內，所以定期盤存制中所使用的參數 s、Q 與 S 與永續盤存制相同。

在 Demand-pull 模式中所要設定的參數為目標緩衝庫存量，其設定的方式為累積補貨前置時間內的最大需求量，所以本研究將目標緩衝庫存量設定為每60天內的最大需求量。

附表一 傳統存貨補貨之參數值

	s		S		Q		R
	淡季	旺季	淡季	旺季	淡季	旺季	
E3200	113	151	158	196	120	153	14
E3600HRT3	253	336	274	336	163	188	14
E4000	281	415	344	444	217	276	14
E31003	218	311	325	409	225	273	14
R2600HRT3	481	616	481	616	196	228	14
R20003	961	1333	961	1333	461	564	14
R21003	644	853	644	853	357	420	14
R22003	227	322	279	357	177	211	14
T9500HRT	350	282	350	282	119	127	14
X6600HRT3	560	553	560	553	180	179	14

