

逢甲大學
交通工程與管理學系碩士班
碩士論文



供應商代管存貨(VMI)策略下，供應鏈
中長鞭效應與存貨成本之研究

The study on bullwhip effect and inventory cost
based on Vendor Managed Inventory Strategic

指導教授：林大傑

研 究 生：王秋評

中 華 民 國 九 十 四 年 七 月

誌 謝

論文終於順利完成了！此刻，卸下好大一重擔，當然也表示，我人生的一個重要里程碑，劃下了美好的休止符。人生是有許多的休止符，對我而言，碩士論文的順利完成是當中一個。

在這段求學的旅途中，何其有幸能有指導教授林大傑教授的辛勤指導，無論是在論文的進度或是人生的道路上，都在在給了學生我良好學習的榜樣，在此，向林老師獻上最誠摯的謝意。同時，承蒙口試委員蔡武德教授、張立言教授的建議與指正，使得本論文的架構能夠更趨完整。另外，還要感謝徐耀賜教授、胡大瀛教授，在學生撰寫論文期間，適時的給予建議，也要感謝系上三位助教給予學生課務上的協助。

感謝伴我走過兩年研究生生涯的同學小胖子、冠樺、阿肥、宇軒、怡芳、俊宏、tt、小龜…，Lab 的學弟妹耿禎、志豪、韻珏以及碩一學弟妹馬祖、超哥等等，因為有你們，讓這兩年的研究生生涯變的更充實、更精彩。感謝大學時期的姊妹掏景如、萍樺…，沒有因為我忙碌的研究生生涯而使感情疏遠。

最後，我要感謝我的家人以及我的男友，因為他們給予我精神上最大的支持與鼓勵，讓我能專心的進行研究完成論文。在此，將最深的祝福，獻給關愛我的親人、好友以及所有幫助過我的人，謝謝你們！！

王秋評 謹誌於

逢甲大學 交通工程與管理學系研究所

民國九十四年七月

摘要

傳統供應鏈中由於各階層中因彼此間互信不足，且缺乏資訊分享，因而導致當上游廠商收到下游的訂單時，往往會呈現劇烈的變化，此變化即為「長鞭效應」。而長鞭效應最早是由 Forrester 於 1969 年所提出，隨之，則有更多學者鑽研於如何降低或抑制長鞭效應的領域中。抑制長鞭效應的方法，有降低需求不確定性、降低變異性、減少訂購批量以及縮短前置時間等等，都為後代學者討論之課題。而唯在「策略性夥伴關係的建立」之層面，甚少學者著墨，因此，本研究將針對「策略性夥伴關係的建立」中之供應商代管存貨做更深入的探討。

本研究將供應鏈系統假設為多階供應鏈系統（零售商、配銷商、製造商及供應商）。首先利用指數平滑法來進行需求預測，進一步模擬三種不同資訊分享型態：傳統供應鏈（即資訊不分享）、資訊分享以及 VMI 策略的建立，其供應鏈中長鞭效應與存貨成本之關係。研究模擬結果發現，供應鏈中透過 VMI 策略的建立，其長鞭效應會較小於傳統及資訊分享下之供應鏈。在 VMI 策略建立下，零售商、配銷商階層可以完全摒除長鞭效應，而製造商階層則可以有效的抑制長鞭效應加劇情形，平均存貨成本也會降低。除此之外，製造商階層的生產作業、配送時間愈長，供應鏈中的存貨成本則會愈高。

關鍵字：長鞭效應、供應商代管存貨、指數平滑法、存貨成本

Abstract

The lack of mutual trust and information exchanges between each level of a supply chain results in distorted demand information, this effect is called Bullwhip Effect. Bullwhip Effect was first discovered and studied by Forrester in 1969. Since then, there have been many researches dedicated to the causes of Bullwhip Effect and how to reduce it to achieve better demand information. The methods to reduce Bullwhip Effect include reducing demand uncertainty, reducing variability, order batch control, shortening lead time, etc. On the contrary, strategic partnership relation, also an important factor, has seen less research effort so far and several related issues remain unaddressed. This research intends to focus on Vender Managed Inventory (VMI), one important issue of strategic partnership relation.

This paper considers a typical Supply Chain System to be a multi-layer system (retailers, distributors, manufacturers and suppliers). First, Exponential Smoothing was used for demand estimations. Then three different scenarios, traditional business practice (no information sharing), information sharing and VMI, were simulated to understand the relationships between Bullwhip Effect and inventory cost in a supply chain.

The results show that the Bullwhip Effect in Vender Managed Inventory (VMI) scenario is less than traditional business practice and information sharing in our design scenarios. By adopting Vender Managed Inventory (VMI), the Bullwhip Effect can be effectively reduced and the average inventory cost will be lower due to better demand forecasts in a supply chain.

Key Word : Bullwhip Effect、Vender Managed Inventory、Exponential Smoothing、inventory cost

目 錄

誌謝	I
中文摘要	III
英文摘要	I
目錄	IV
圖目錄	VII
表目錄	VIII
第一章 緒論	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究動機	2
1.3 研究目的	3
1.4 研究範圍	4
1.5 研究流程	4
第二章 文獻回顧	7
2.1 傳統之供應鏈管理	7
2.1.1 供應鏈管理之定義	7
2.1.2 傳統供應鏈面臨之問題	8
2.1.3 小結	8
2.2 供應商代管存貨 (VMI)	9
2.2.1 供應商代管存貨 (Vendor Managed Inventory, VMI) 之定義	10
2.2.2 供應商代管存貨之架構	11
2.2.3 供應商代管存貨之效益	13
2.2.4 供應商代管存貨相關文獻之探討	14
2.2.5 供應商代管存貨對供應商及零售商之影響	14
2.3 供應鏈之長鞭效應	15
2.3.1 長鞭效應之定義與成因	15
2.3.2 長鞭效應抑制方法	22

2.4	供應鏈中之需求預測	25
2.4.1	常見之需求預測方法	25
2.4.2	需求預測之相關文獻回顧	28
2.5	存貨成本	31
第三章	模式構建	34
3.1	基本假設	34
3.2	符號說明	37
3.3	傳統供應鏈需求模式之建立	39
3.4	供應鏈系統中 VMI 策略建立後，其需求模式之建立	41
3.5	供應鏈系統成本模式之建立	44
3.5.1	傳統供應鏈之成本模式	44
3.5.2	加入 VMI 策略，供應鏈之成本模式	46
第四章	模擬結果與分析	47
4.1	需求過程	47
4.2	傳統供應鏈之長鞭效應	48
4.2.1	零售商之需求預測	48
4.2.2	配銷商之需求預測	51
4.2.3	製造商之需求預測	53
4.2.4	小結	54
4.3	VMI 策略建立下，供應鏈中之長鞭效應	61
4.4	傳統供應鏈之成本	64
4.4.1	採購成本	64
4.4.2	存貨成本與缺貨成本	65
4.5	VMI 策略建立後，供應鏈中之成本模型	66
4.6	結果與分析	67
4.6.1	傳統供應鏈與 VMI 策略供應鏈之關係	67
4.6.2	傳統供應鏈成本與 VMI 策略供應鏈成本之關係	69
4.6.3	生產作業、配送時間與 VMI 策略之供應鏈成本關係	70

第五章 結論與建議	71
5.1 結論	71
5.2 未來研究之建議	72
參考文獻	73



圖 目 錄

圖 1-1 本研究之流程圖	6
圖 2-1 供應鏈架構圖	9
圖 2-3 VMI 之作業流程	11
圖 2-4 VMI 每日例行工作流程	13
圖 2-5 長鞭效應	16
圖 2-6 啤酒遊戲之供應鏈	17
圖 2-7 供應鏈中各階層訂單變異的增加情形	21
圖 2-9 存貨管理各項成本之消長關係圖	33
圖 3-1 本研究之多階供應鏈系統	34
圖 3-2 銷售點資訊分享(POS)之方式	35
圖 3-3 定期盤點制度之流程圖	35
圖 3-4 本研究之模式架構圖	36
圖 3-5 本研究之供應鏈系統中加入 VMI 策略模式	42
圖 4-1 顧客需求與零售商之訂購量關係	51
圖 4-2 零售商之需求與配銷商之訂購量關係	53
圖 4-3 配銷商之需求與製造商之訂購量關係	54
圖 4-4 傳統供應鏈中各階層之變異程度	60
圖 4-5 加入 VMI 策略後，前置時間之變動	61
圖 4-6 前置時間為 $L_{VMI}=4$ 下，實際需求與訂購量之情形	63
圖 4-7 前置時間變動下，長鞭效應之變動	63

表 目 錄

表 2.1 VMI 對供應商及零售商之優缺點	15
表 3.1 本研究構建之傳統供應鏈系統各階層關係表	41
表 3.2 加入 VMI 策略後，供應鏈中各階層之關係表	44
表 4.1 線性迴歸檢定結果	48
表 4.2 缺貨因子 $B=0.2$ 下，零售商每期之訂購量	49
表 4.3 缺貨因子 $B=0.2$ 下，零售商每期之訂購量 (續表 4.2)	50
表 4.4 缺貨因子 $B=0.2$ 下，配銷商每期之訂購量	52
表 4.5 缺貨因子 $B=0.2$ 下，配銷商每期之訂購量	54
表 4.6 供應鏈中各階層所面對之需求、訂購量	55
表 4.7 供應鏈中各階層所面對之需求、訂購量 (續表 4.6)	56
表 4.8 供應鏈中各階層所面對之需求、訂購量 (續表 4.7)	57
表 4.9 供應鏈中各階層所面對之需求、訂購量 (續表 4.8)	58
表 4.10 供應鏈中各階層所面對之需求、訂購量 (續表 4.9)	59
表 4.11 傳統供應鏈中各階層之變異程度	59
表 4.12 傳統供應鏈中之長鞭效應	60
表 4.13 前置時間變動下，長鞭效應之變化情形	62
表 4.14 前置時間 $L_{VMI}=4$ 下，製造商每期之訂購量	62
表 4.15 前置時間 $L_{VMI}=4$ 下，製造商每期之訂購量 (續表 4.14)	63
表 4.16 傳統供應鏈之平均總成本	66
表 4.17 傳統供應鏈與本模式之製造商平均成本	67
表 4.18 傳統供應鏈與 VMI 策略建立後之長鞭效應	68
表 4.19 本研究模擬之長鞭效應結果比較	69
表 4.20 本研究模擬之製造商成本結果比較	70
表 4.21 製造商成本之變動	70

第一章 緒論

1.1 研究背景

在今日競爭激烈的全球市場中，由於產品生命週期的縮短以及顧客需求提升，迫使企業必須著重在供應鏈的投資。且隨著資訊科技 (Information Technology, IT) 與生產技術 (Production Technology, PT) 的進步，傳統的生產系統突破了地區上的限制，促使供應鏈及其管理技術上的持續演進。尤其在企業面臨兩難的局面，一方面複雜的企業實務活動變成公司生存及成功的基本條件，但用來執行這些複雜企業實務活動所需的財物及管理資源更為稀少。在供應鏈管理中包含了供應商管理 (Supplier Management)、存貨管理 (Inventory Management)、配送的管理 (Distribution Management)、通路的管理 (Channel Management)、付款的管理 (Payment Management)、財務管理以及銷售部門效率的管理等等。其中，存貨管理為供應鏈系統中重要的一環，也是企業競爭是否能成功的關鍵因素之一。

Lee et al., 1997a, 1997b 指出在過去傳統供應鏈系統中，各階層間資訊轉移往往會造成扭曲，又加上每個成員只追求自己的最大利潤，因而導致愈往愈上層獲得資訊之變異愈大；也就是說，客戶對於特定產品之需求無太大變化，然而在存貨與待補訂單 (back order) 水準在整個供應鏈卻產生很大的波動，這種現象即為「長鞭效應 (Bullwhip Effect, BE)」。

舉例來說，從 1993 年開始，寶橋家品 (Procter & Gamble, P&G) 展開一系列加強供應鏈效率的計畫，其中高階主管發現，產品零售商的銷售量是相當一致的，沒有特定日子有需求嚴重上下起伏的狀況，但卻注意到配銷商下給工廠的訂單比零售商的銷售量大出許多。此外，寶橋家品下給供應商的訂單變動甚至更大。一般而言，皆稱這種現象為「長鞭效應 (Bullwhip Effect, BE)」。

而所謂「長鞭效應」，即在供應鏈中，下游的訂單產生變異時，愈往中、上游走，其訂單數量的變異性愈大。由於長鞭效應的存在容易導致存貨成本增加、顧客服務水準降低，因此，如何降低資訊的扭曲所導致整個供應

鏈在產銷活動上的混亂，對供應鏈管理來說，成為一個相當重要的課題。

1.2 研究動機

由於整個供應鏈系統中，資訊傳遞時容易造成扭曲不實，因而導致長鞭效應之形成。Simchi-Levi et al. (2000) 認為消除長鞭效應可以從以下四個層面來著手：「降低不確定性」、「降低變異性」、「減少前置時間」及「策略性夥伴關係的建立」。而根據過去之相關文獻，甚多學者已針對需求之不確定性、變異性以及前置時間等三方面進行探討，顯少論及策略性夥伴關係之建立，因此，本研究之方向即朝向「策略性夥伴關係之建立」對於長鞭效應之影響。

另外，Simchi-Levi et al. (2000) 又進一步指出如同任何企業功能一樣，一個公司要確保與物流相關企業功能之達成有四種基本方法，係為內部活動 (internal activities)、收購 (acquisition)、一般性的交易活動 (arm's-length transaction)、策略聯盟 (strategic alliance)。

然而儘管策略聯盟在各行各業以變得愈來愈普遍，但在供應鏈中，第三方物流 (3PL)、零售商與供應商之夥伴關係 (RSP) 以及配銷商整合 (DI) 三類為特別重要。而尤其零售商與供應商之夥伴關係正普遍於許多產業中，因此，本研究針對策略聯盟中之零售商與供應商之夥伴關係 (RSP) 做進一步之探討。

而所謂「零售商與供應商之夥伴關係 (RSP)」，係指一端是資訊分享，能幫助供應商的計畫更有效率；而另一端則為寄售的方式，意思為供應商在零售商賣掉商品之前完全地管理及擁有存貨。其夥伴關係類型分別為快速回應 (quick response, QR)、持續補貨 (continuous replenishment, CR)、供應商代管存貨 (vendor-managed inventory, VMI) 等，以下將針對 QR、CR、VMI 三種夥伴關係加以敘述：

1. 在一個基本的快速回應 (QR) 策略中，供應商接收到自零售商的資訊分享 (POS) 資料，並且使用這個來自零售商的真實銷售資

訊來同步化本身的生產及存貨活動。其中，零售商依然準備個別的訂單，但供應商則可利用 POS 資料來改善銷售預測的準確度與排程計畫，減少其前置時間。

2. 在一個持續補貨 (CR) 策略中，供應商接收到 POS 資料並依據先前雙方的約定以這些資料來安排出貨事宜，以維持零售商內之存貨水準。

3. 在一個供應管理存貨 (VMI) 系統，亦稱為供應商管理補貨 (vendor-managed replenishment) 系統，供應商依據事先協定的範圍內來決定每一個商品的適當存貨水準，並且使用適當的存貨政策來維持此水準。供應管理存貨 (VMI) 之夥伴關係最著名的例證起於 1985 年 Wal-Mart 及 P&G，不但改善 P&G 運貨到 Wal-Mart 時效，同時也增加存貨周轉率。因此，本研究亦將針對零售商與供應商之夥伴關係 (RSP) 中之供應管理存貨 (VMI) 進行下游之需求預測。

1.3 研究目的

在供應鏈系統中，存貨政策常常會影響供應鏈系統之績效值，且生產環境與存貨盤點方式，與存貨水準正確性有密切相關。因此，綜合過去文獻於供應鏈生產環境與存貨政策兩方面探討 (陳銘崑，民 91)：

- 一、生產環境部分：可分為存貨式生產 (Make to Stock ; MTS)、接單後生產 (Build to Order ; BTO)，與組裝後生產 (Configure to Order ; CTO) 三類。
- 二、存貨政策方面：可分為連續盤點 (Continuous Review)、定期盤點 (Periodic Review)，與供應商代管存貨 (Vendor Manager Inventory ; VMI) 三種方式。

而本研究只針對存貨政策之供應商代管存貨 (VMI) 進行探討，

而在生產環境部分將不做任何討論。研究中，由於在供應鏈系統內，顧客之需求不確定往往導致無法正確的預測下游之需求，因此，本研究在供應鏈系統中建立一供應商代管存貨 (VMI) 策略，各階層皆利用指數平滑法 (Exponential Smoothing, ES) 來進行預測，進一步與傳統之供應鏈系統、資訊分享下之供應鏈系統做一比較，觀察其長鞭效應之變化。其次，研究中將會探討供應商代管存貨 (VMI) 下，其供應鏈之存貨成本的變化。本研究之目的綜合如下：

1. 藉由本研究對供應商代管存貨 (VMI) 策略的作業流程及其所產生的效益能有更深入的瞭解。
2. 由於在顧客需求多變的不確定因素下，供應鏈路網愈趨複雜，因此，供應鏈中會產生長鞭效應 (BE)，造成需求預測無法準確掌握，因而導致供需失調，故本研究將建構一 VMI 策略下之需求預測模式，其目的在抑制或降低供應鏈系統中之長鞭效應。
3. 本研究之需求預測方法為指數平滑法 (ES)，藉由預測之結果探討供應鏈系統中是否因為供應商代管存貨 (VMI) 的建立，而能有效的抑制長鞭效應之形成。
4. 最後，研究中將進一步探討 VMI 策略下，觀察其存貨成本與傳統供應鏈成本之差異及生產配送時間的長短對成本之影響。

1.4 研究範圍

供應鏈之不確定性包含需求不確定性、供給不確定性、製造不確定性...等等，本研究將在供應商存貨管理策略的模式下，針對下游消費者之需求不確定性進行預測，其它不確定性將不再本研究之討論範圍內。而所謂需求不確定性之因素，其主要來源為顧客之需求，顧客可能會在不定期的時間訂購不規則的數量，因而導致需求預測之誤差，其中，消費者偏好也會隨著時間而改變，因此，本研究之研究範圍主要針對顧客之需求不確定性來做進一步之研究。

1.5 研究流程

本研究前後共分為五章進行。第一章為緒論，係針對研究背景、

研究動機、研究目的及範圍做一敘述。第二章為相關文獻回顧，分為五個方向進行。第三章是藉由過去學者之供應鏈數學模式進一步的構建本研究之數學模式。第四章則為系統模擬，假設顧客之需求為一常態分配模擬出顧客之需求，再進行結果分析。最後，第五章為結論與建議，整理本研究之結果，且提出未來可行之研究方向。圖 1-1 為本研究之研究流程。



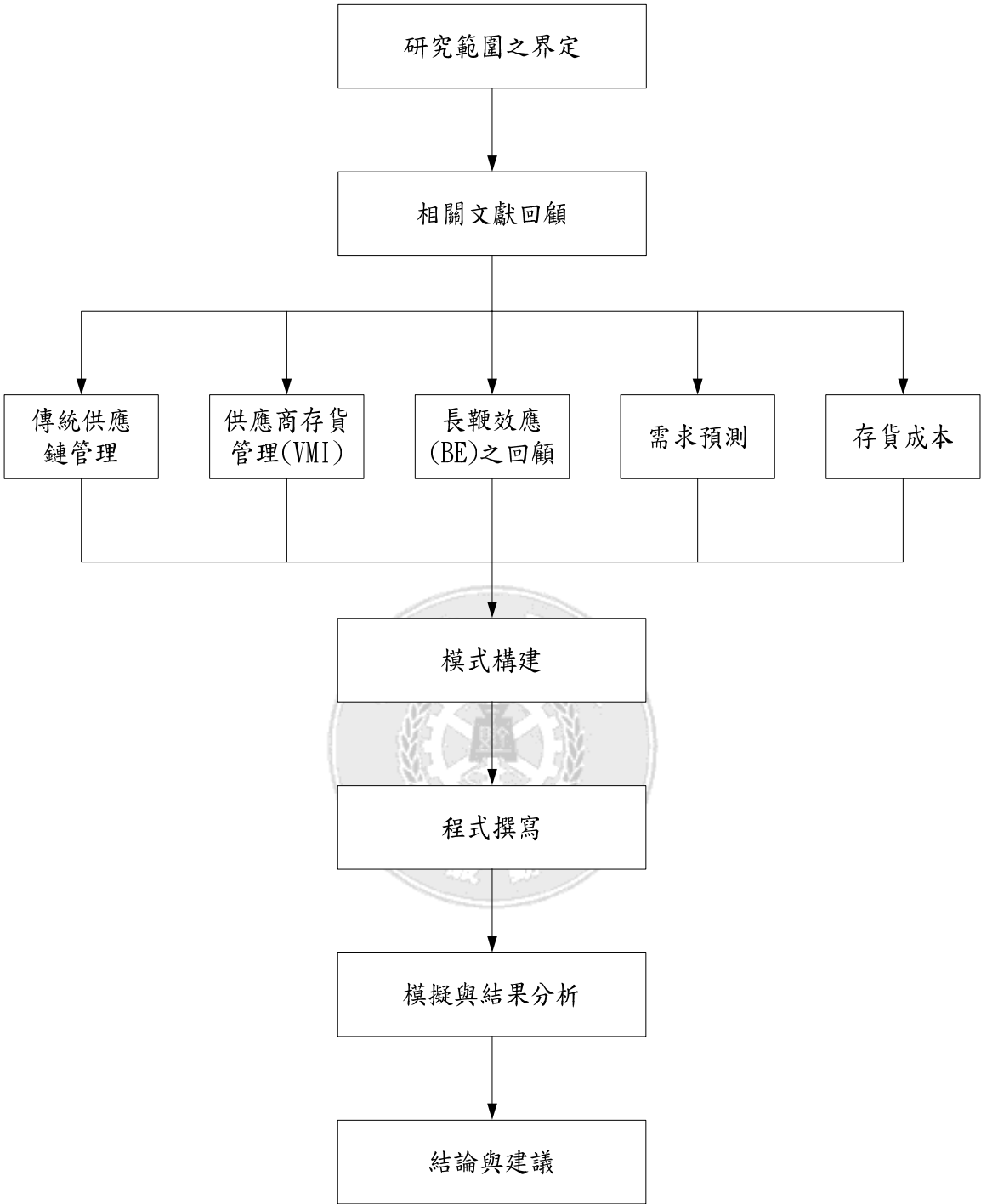


圖 1-1 本研究之流程圖

第二章 文獻回顧

2.1 傳統之供應鏈管理

物料需求規劃 (MRP, Material Requirement Planning) 之概念最早於 1980 年形成，其目的是用於解決欠料及存貨的問題。直至 1990 年，演進為製造資源規劃系統 (MRP II, Manufacture Resource Planning)。初期的 MRP II 系統係針對單一的工廠做管理，由於電腦計算能力大幅增強、價格大為降低以及網路通訊技術的進步，使得 MRP II 系統由單一工廠的管理演進為可以藉由網路整合上、中、下游的大型管理系統，即所謂供應鏈管理系統 (Supply Chain Management System, SCM)。

2.1.1 供應鏈管理之定義

在過去文獻中，對於供應鏈管理之定義，不同學者對其定義也不完全一致，因此，本研究針對過去文獻對供應鏈管理之定義加以整合。Stevens (1989) 表示傳統供應鏈經由對下游物料的前饋控制 (運送) 與對上游資訊回饋 (訂單)，係利用一連串有效率的方法，來整合供應商、製造商、配銷商、零售商。在傳統供應鏈中每一階層各自負責其存貨控制與訂單生產或配銷活動，且每一階層均面臨到一個問題，即「須要向生產系統訂購多少量」或「供應商須要供給多少的量」才能滿足顧客之需求。企業與企業間之合作愈密切，愈能夠進行生產預測、存貨控制及訂單管理等工作，其目標在減少企業的存貨，使訂單處理速度提升，進而達成及時生產。Ellram (1991) 認為供應鏈管理泛指公司相互傳遞產品或服務至最終消費者 (end-customer)，其流程從原物料只最終傳遞到消費者手上。Kopczak (1997) 表示供應鏈管理係為一些個體的集合，包括供應商、運籌服務商、製造商、配銷商、零售商，經由原物料、產品以及資訊的流程串連而成。隨之，Tan et al. (1998) 也指出供應鏈管理包括從原物料至最終產品的原料及供應的管理，為一種管理的哲學，其從企業內部活動延伸至夥伴關係的

建立，且將整體目標最佳化或效率化。雖然不同學者對供應鏈的定義不同，但其重點都是在提升整理的生產效益與服務品質。

2.1.2 傳統供應鏈面臨之問題

由於供應鏈中各階層資訊傳遞的遲滯與不協調，因而造成長鞭效應 (Bullwhip Effect)，此效應的產生不僅會增加生產成本，且消費者的滿意度也會隨之降低。然而，若此一情況持續不斷的發生，即將會造成供應鏈中各階層成員降低彼此的合作意願，最後導致在整體供應鏈的效率不彰的情形及供應鏈的合作關係破裂。

Lee et al. (1997) 認為在過去的供應鏈體系中，各階層之成員間因互信不足，資訊因而缺乏充分分享，加上每個成員只追求自己的最大利潤，因此，對供應鏈本身的效益便大打折扣，也產生了許多問題，其中一個最重要且被廣泛討論的現象即為「長鞭效應(Bullwhip Effect, BE)」。

在長鞭效應下，供應鏈中每個成員為了避免不確定性，往往背負著大量的存貨以備不時之需，因而導致資金積壓、週轉困難等問題。為解決大量的存貨所帶來的問題，有許多的研究著重於如何使供應鏈的運作能夠效率化，增加存貨週轉率，以提昇整體產業及個體企業的競爭力。

2.1.3 小結

本研究針對上述之文獻回顧內容做一小結。所謂「供應鏈」即自一新物品欲開發之構想開始，經內部之細節討論，至供應商開始採購原物料，經製造商之製造，再將成品紛紛運送至各地配銷商，配銷商再將貨物送達零售商，一直到物品進入顧客手中，才能稱之為供應鏈。

而在供應鏈系統中，顧客的訂貨訊息經由零售商至配銷商，配銷商再送給製造商，而製造商再下訂單給供應商，為一種由下逐步往上推展的方式；在產品生產與交付上，則是由原料供應商供應給製造商，再由製造商製造生產後運送到配銷商，配銷商負責配銷至各個零

售商，然後在經由零售商將商品交到消費者手上，如圖 2-1 所示。

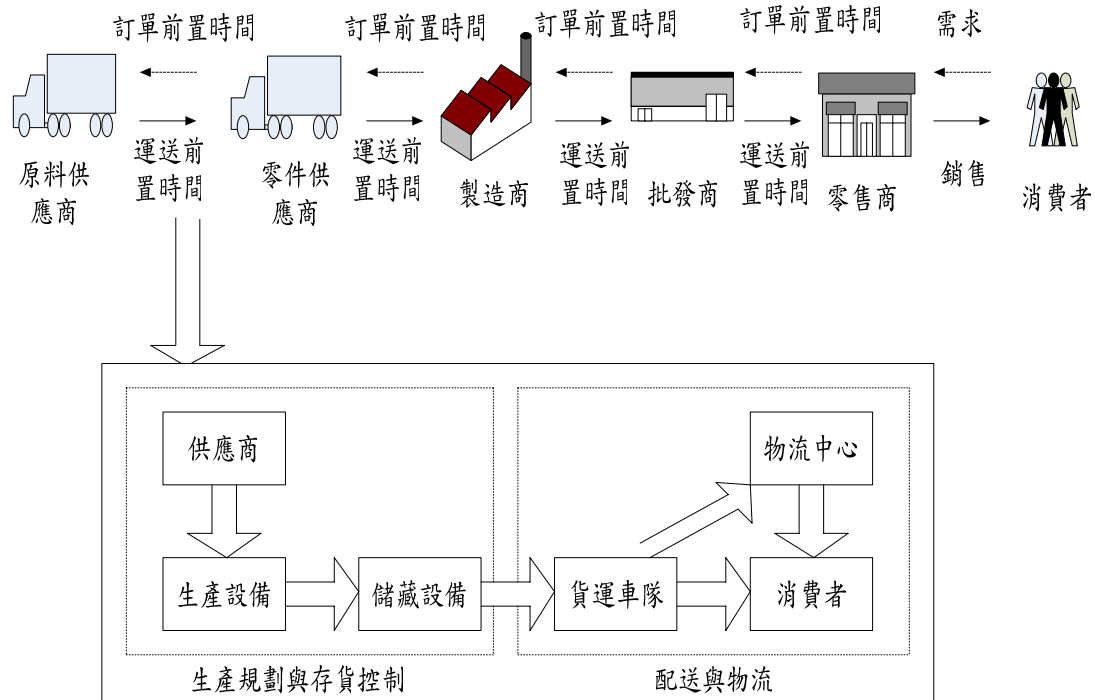


圖 2-1 供應鏈架構圖

資料來源：Baismeier&Voisin, 1996.

因此，各產業中的供應鏈之間須要快速的傳送訊息，否則，當需求量突然大增時，供應鏈中各個成員都會大量生產，且每往上一階層其產量會越大，此現象即為「長鞭效應（Bullwhip Effect，BE）」。

為解決長鞭效應之問題，除了供應鏈中成員的資訊分享外，供應商代管存貨（Vendor Managed Inventory, VMI）也是供應鏈成員之間解決存貨的重要方案之一。

2.2 供應商代管存貨（VMI）

Matthew et al.（1999）指出由於錯誤的消費資訊、促銷活動、競爭折價，因而導致需求量增加，企業亦隨之面臨更大的挑戰，平衡存貨成本和服務顧客需求為企業努力的兩大目標。Matthew et al.並同時指出供應鏈中若實施供應商代管存貨(VMI)之決策不但可以減少供應鏈系統之存貨成本，還可以達到提高服務水準之目標。自 Wal-Mart

於 1986 年推動 VMI 之效益彰顯後，便隨之帶動企業學習與提升自我競爭力，也使得 VMI 成為增進供應鏈效率的主要討論議題之一。

2.2.1 供應商代管存貨 (Vendor Managed Inventory, VMI) 之定義

所謂「供應商代管存貨 (VMI)」之意義即供應商利用零售商的 POS 資訊，依據雙方認同的存貨水準範圍內，供應商保持自己適當的存貨水準，由供應商代管存貨，零售商在商品出售之前，貨物所有權依舊為供應商所有，供應商為了降低自己的存貨成本，會盡可能有效地管理供應鏈上的存貨。例如 Wal-Mart 要求大部分的日用品雜貨供應商執行供應商代管存貨 (Vendor Managed Inventory, VMI) 策略，Wal-Mart 只有在這些貨品經過櫃台掃描時才短暫擁有。

而 VMI 的運用最早是在 1980 年代，但台灣企業對 VMI 的重視卻是自民國八十年經濟部商業司推動的「企業自動化十年計畫」計畫案 (翟志剛，1998)。由於各學者所研究的對象和目的不盡相同，因此對 VMI 之定義也不完全一致。

Cottrill, K. (1997) 認為 VMI 即為一種庫存管理方案，主要是強調供應商接收到下游零售商的銷售資料及現有的存貨水準，並依據預先制訂的存貨水準來做出適時的補貨策略，以降低資訊的不確定性，提高供應鏈的效率。因此，VMI 所展現的是供應商及其下游零售商間的一種合作關係，它可以降低人工作業成本、最適化的產品運送數量及保持較高的服務水準。許多企業因而藉由夥伴間緊密的結合、更多資訊的分享、協同規劃來減低存貨壓力。

經濟部網路商業應用資源中心指出 VMI 是一種庫存管理方案，是以掌握零售商銷售資料和庫存量，作為市場需求預測和庫存補貨的解決方案，藉以銷售資料得到消費需求資訊，供應商可以更有效的計畫、且更快速的反應市場變化和消費者需求，因此，VMI 可以作為降低庫存量、改善庫存迴轉，進而維持庫存量最佳化，而且供應商與批發商分享重要資訊，所以雙方都可以改善需求預測、補貨計畫、促銷管理和運輸裝載計畫...等等，VMI 是由傳統通路產生訂單補貨，改變

成以實際的或預測的消費者需求補貨。

2.2.2 供應商代管存貨之架構

VMI 系統之作業流程主要分為兩個模組，如圖 2-3 所示（商業快速回應技術手冊），分別為需求計畫模組與配銷計畫模組：

1. 需求計畫模組：其用來協助供應商做庫存管理決策，提供準確的預測訊息給供應商，以便供應商在決定銷售產品種類、銷售對象、產品的售價及銷售時機之決策參考。
2. 配銷計畫模組：有效的管理庫存量，利用 VMI 配銷計畫模組可以比較庫存計畫存量和實際庫存量，從中得知目前庫存量尚能維持多久的供貨。

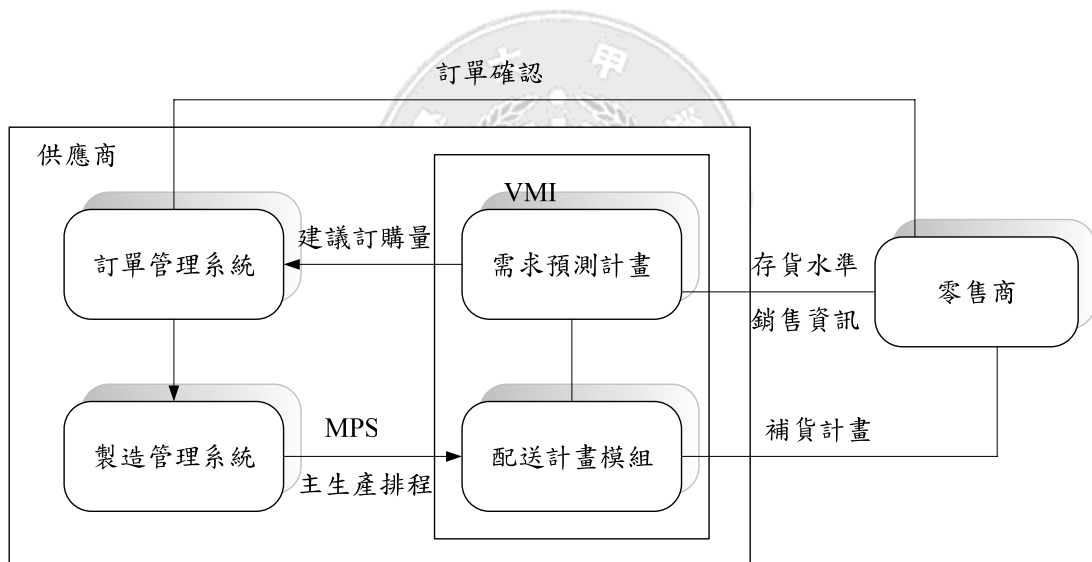


圖 2-3 VMI 之作業流程

資料來源：商業快速回應技術手冊（民 87）

台灣 QR/ECR 委員會之下的資訊應用小組（民 89）對 VMI 的導入步驟部份，建議區分為八個階段，其中前四個階段偏向管理層面的準備階段，後四個階段則為實際系統導入階段，八個階段如下所示：

1. 企業內部評估階段（Internal Evaluation Stage）
2. 高階層商談階段（Top-Top Meeting Stage）

3. 組織計畫小組階段 (Set up Project Team Stage)
4. 評分表建立與審視階段 (Create Scorecard/Review Cycle)
5. 透過 EDI 做資料交換階段 (EDI Link)
6. 交易雙方共同管理庫存階段 (CMI)
7. 測試階段 (Testing)
8. 上線階段 (Go live)

另外，台灣 QR/ECR 委員會的資訊應用小組在實際實施上提供兩項指引參考，包括運作前的協議與每日例行工作流程 (Daily Work Process)。且供應商與零售商的協議，包括以下五項：

1. 安全庫存量：庫存目標值是雙方所追求的庫存量是要做到每個品項有不同的依據。另外預測的計算方式上，是要以過去的平均值計算，還是依系統預估出的未來需求。
2. 前置時間：前置時間是依據訂單確認後的幾天內要送達產品。
3. 最小訂貨量：雙方所考量的經濟規模為何，基本訂貨單位是什麼，棧板、箱還是單一品項，如不足一基本單位或經濟規模時是決定要以基本單位出貨或者不出貨，雙方必須在缺貨與庫存上做一決擇。
4. 促銷處理：對於產品的促銷除在促銷期間內不列入預測系統內計算外，是否要在促銷結束後調整原產品或者相關產品的預測數字。另外雙方如何處理促銷的產品，如先協議一定數量分批出貨等處理。
5. 季節性需求：和促銷相似，有些產品有淡旺季，以及特定節日的需求，雙方應協定如何處理相關問題。

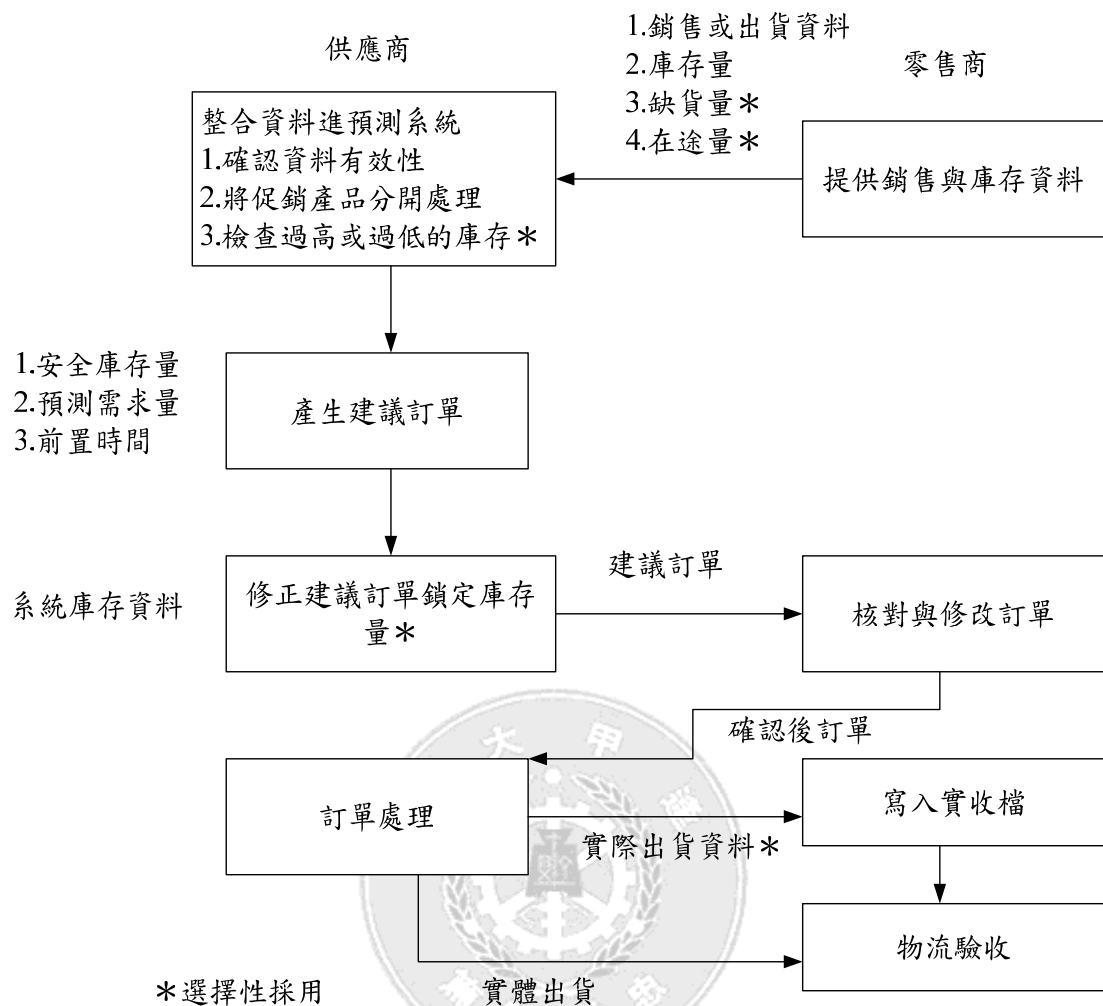


圖 2-4 VMI 每日例行工作流程

資料來源：台灣 QR/ECR 委員會之下的資訊應用小組（民 89）

2.2.3 供應商代管存貨之效益

供應鏈管理最主要的目的除了降低存貨成本及提升顧客服務水準兩方面外，還有供應商代管存貨（VMI）對這兩方面的控制，Waller, Johnson, 和 Davis 表示使用 VMI 可以降低成本及改善顧客服務水準。林宏澤(2003)認為 VMI 可以用來作為降低庫存量、改善庫存週轉率，進而維持庫存量的最佳化。對企業而言，可以立即降低庫存金額，並避免物料跌價與待(呆)料的損失；對供應商來說，則可以透過庫存風險分擔的誘因，建立與製造商之間長期的夥伴關係。透過電子化 VMI 管理機制的建立，預期可帶來以下的好處：

有形效益：

- (1) 降低平均存貨庫存週轉率與減少資金積壓。
- (2) 減少製造商的倉庫支出，並可將倉庫轉為擴充生產線，增加產能及產值。
- (3) 減低因缺貨而導致的銷售損失。
- (4) 減少因預測不準所產生的誤備、誤購材料成本。

無形效益：

- (1) 創造競爭優勢，強化供應鏈的夥伴關係。
- (2) 提升成品達交率，即時滿足客戶需求，有助於業務及業績的拓展。
- (3) 縮短採購前置時間，提升原物料準時達交率。
- (4) 提升供應鏈的接單彈性，能即時回應市場變化。

2.2.4 供應商代管存貨相關文獻之探討

Burbidge 認為需求資訊每每經過存貨系統的傳遞，均會造成需求擴大的現象，然而企業必須忍受缺貨和存貨過多不斷發生的情況，使得供應鏈的效率降低、成本增加之惡性循環。

Crawford (1994) 認為實施 VMI 計畫，可以直接透過上游端替下游端做預測更新和補貨功能以避免重複預測。

黃惠民 (2004) 等人指出著名的食品供應商雀巢公司 (Nestle)，於 1999 年 10 月與家樂福 (Carrefour) 公司合作，進行 VMI 之計畫。其結果顯示，雀巢對家樂福物流中心產品的到貨率，已由原來的 80% 左右提升至 95%，明顯的超越了目標值；而家樂福物流中心對零售商產品的到貨率，由原來的 70% 左右提升至 90% 左右，庫存天數、訂單修改率也有明顯的下降。

2.2.5 供應商代管存貨對供應商及零售商之影響

Achabal et al. (2000) 提出 VMI 對供應商及零售商會產生相當大之影響，下表即為其優缺點。

表 2.1 VMI 對供應商及零售商之優缺點

	優點	缺點
供應商	<ol style="list-style-type: none">1. VMI 對供應商而言是增加本身競爭力的一種方法。2. 藉由 VMI 系統，供應商能更確實掌握下游顧客訂單，提升顧客之服務水準。3. 藉由 VMI 系統，供應商與零售商間關係更密切，會使得零售商更依賴供應商而不輕易更換合作夥伴。	<ol style="list-style-type: none">1. 為了要達到連續補貨及快速回應之政策，供應商必須負擔更大的運送成本。2. 導入 VMI 及相關資訊系統的成本高。
零售商	<ol style="list-style-type: none">1. 增加存貨管理之效率、提高存貨周轉率、降低成本及提升服務水準。2. 由於在導入 VMI 系統時，在模型的 developemented 和 customization 可以達到其經濟規模。	<ol style="list-style-type: none">1. 需將自己的銷售資料或未來的銷售策略告知供應商。2. 導入 VMI 及相關資訊系統成本高。

2.3 供應鏈之長鞭效應

2.3.1 長鞭效應之定義與成因

隨著產品生命週期的變化，產品促銷、數量折扣、前置時間的長短、裝載率以及季末出清等等的消費誘因，在上游廠商對於收到下游的訂單，往往會呈現劇烈的變化。這些變化在供應鏈中由消費者、零售商、配銷商、批發商、供應商層層波動，即為「長鞭效應（Bullwhip Effect, BE）」，如圖 2-5 所示。

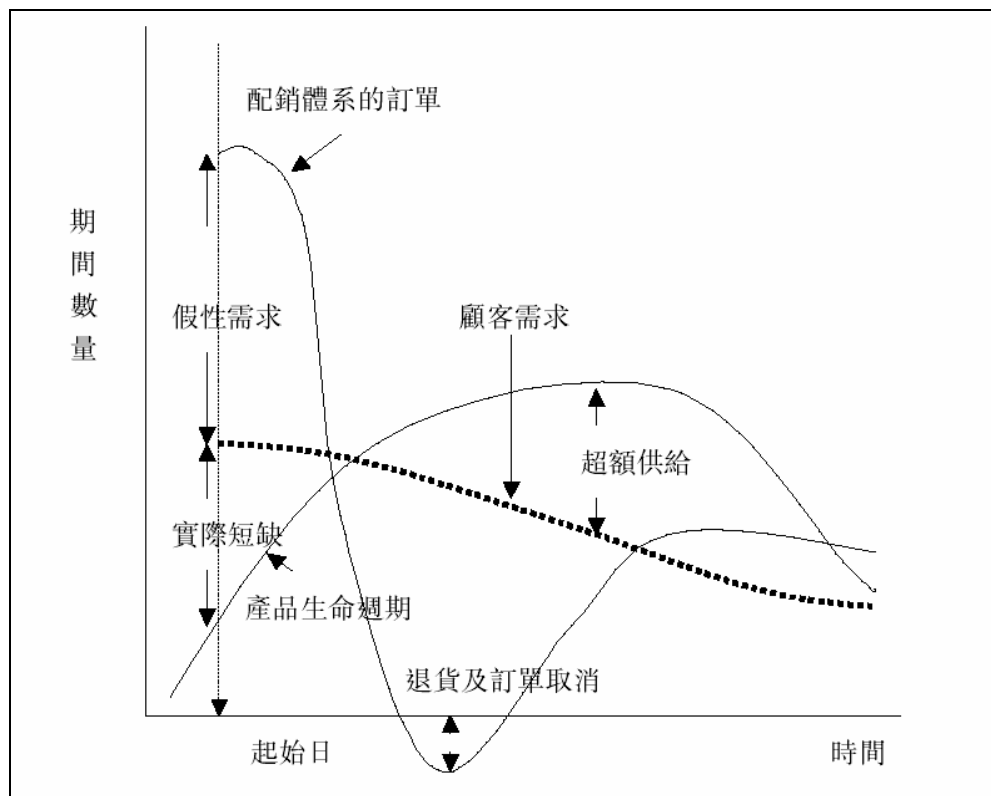


圖 2-5 長鞭效應

資料來源：Gerard P.Cachon, 1999.

長鞭效應最早是由 Forrester(1961)所提出，Forrester 認為供應鏈中各階層廠商間，由於資訊回饋（information feedback）困難且前置時間（lead time）的延遲，使各訂單決策者產生重複訂購及臨時取消訂單的決策，而造成需求放大的現象，即所謂之「長鞭效應」。Forrester 利用動態模式模擬生產、配銷系統，模式中討論的因素包括工廠產能的限制、訂單處理上時間的延遲、供應鏈中配銷層級的多寡、庫存調整的速度以及廣告促銷的效果。其指出在一般的經驗上，上游廠商自身需求變異往往大過實際顧客之需求，這是因為資訊在傳遞過程中，供應鏈的每一階層都會把實際需求變異放大而造成資訊的扭曲現象，而此種現象，越往上游越是更加明顯。

Sterman(1989)延續 Forrester 動態的觀念，藉由「啤酒分配遊戲」（beer distribution game）做為模擬實驗，為長鞭效應提供一套模型來進行模擬之研究，在供應鏈之階層分為工廠、配銷商、批發商、零售

商，如圖 2-6 所示。模擬結果顯示，在供應鏈系統中，顧客需求的小幅度變動，將會造成上游廠商之訂單及存貨大幅度的波動變動。其認為造成長鞭效應的原因主要可分為：

1. 管理者缺乏對最佳庫存量的計算，其往往考慮目前的存貨水準扣掉缺貨待補（backorder）之數量，而不是以訂貨後的存量水準扣掉缺貨待補的數量，也就是說，供應鏈系統中，往往忽略了考量配送中或已訂購之商品。
2. 對供應鏈系統中，對下游資訊回饋時間延遲的錯誤認知（misperceptions of feedback），導致無法正確估計未來的到貨量，造成下游需求膨脹的現象。

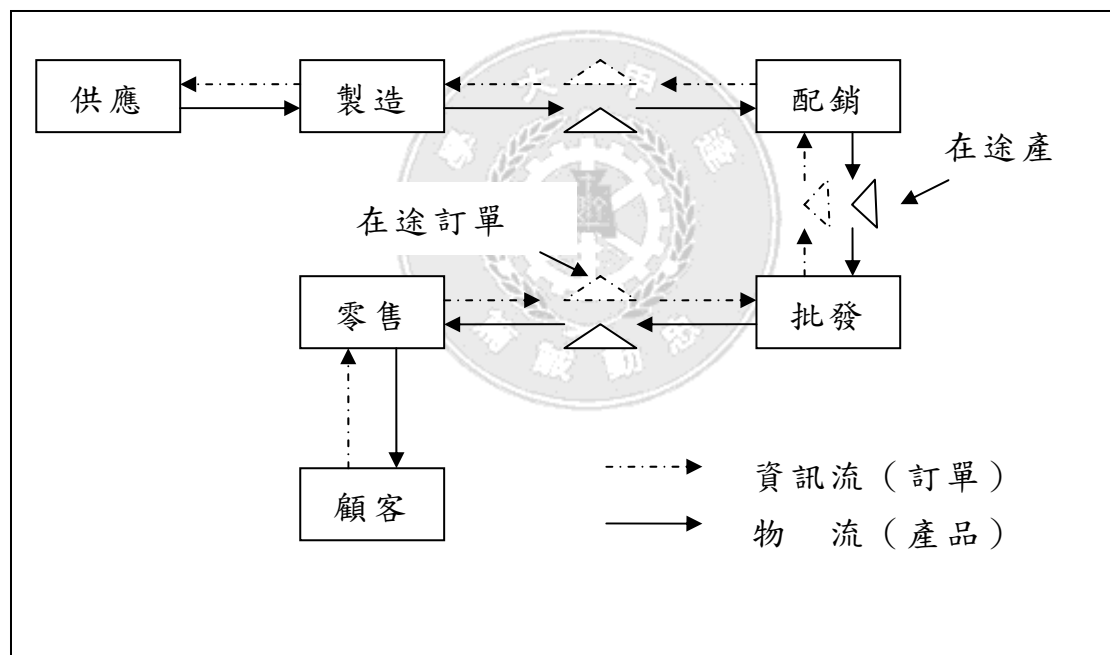


圖 2-6 啤酒遊戲之供應鏈

資料來源：Sunil Chopra. Peter Meindl, 2001.

Kelle et al. (1999) 認為長鞭效應是由於批量訂購、需求變動所產生的現象，其使用 (s, S) 存貨政策分別探討個體與整體零售商的訂購數量和上游供應鏈的產銷策略，對於長鞭效應的影響。由經驗得知，零售商小批定量而頻率高的訂購，可以降低個別訂購所導致的高

度變異及不確定，能有效的抑制長鞭效應。

此外，經濟學家也注意到在許多產業中，存在著長鞭效應的現象。以經濟學家的角度而言，認為生產量的變異應小於需求量的變異。然而，Kahn et al. (1987) 卻發現相反的結果，即生產量變異大於銷售量變異的情形，且 Kahn (1987) 與 Naish (1994) 進一步指出，銷售量變異增加現象是因忽略最終端之需求而造成的。Naish (1994) 更強調如果需求的變化可以預知或是即時 (just-in-time) 向上游反應，則可消除此現象之發生。

Lee et al. (1997a, 1997b) 更進一步指出，長鞭效應主要是供應鏈上下游在傳遞訊息時，扭曲實際資訊所造成的現象，如圖 2-7 所示。其造成長鞭效應的主要原因可分為需求預測、前置時間、批次訂購、價格變動及短缺賽局 (被誇大的訂單) 五項，分別敘述如下：

1. 需求預測 (Demand Forecasting)

傳統的存貨管理政策，被使用在任何階層，因而導致供應鏈中的長鞭效應。一般而言，廠商在進行存貨控制時，上游廠商將下游的訂單視為未來需求的訊息，利用歷史資料來做為需求預測之基礎。文獻中，在兩階段存貨系統下，透過數學模型來說明變異性的增加，零售商會先預測下一期之需求，再以 order-up-to 之存貨政策來決定下一期之訂購量。在傳遞需求訊息的過程中，越往上游其變異性會越大，因而造成資料扭曲，而其放大的幅度受前置時間長短的影響，另外，供應鏈中重複預測也是造成長鞭效應的原因。

因此，為了減緩需求訊號處理時所造成的訂單變異幅度，應避免多重的需求預測更新，建立一集中式資訊系統，使供應鏈中各階層均可獲得實際之需求資訊。

2. 前置時間 (Lead Time)

所謂「前置時間」係指從下訂單開始至商品上架完成所經過

之時間。在存貨系統中，前置時間是重要的考量因子，因為決定存貨水準時，必須考慮前置時間內可能發生的需求。假設零售商之需求為 μ ，變異數為 σ^2 ，則零售商考量前置時間下第 $t+1$ 期之目標水準 S_{t+1} 應為：

$$S_{t+1} = \hat{\mu}_{t+1}^L + z \hat{\sigma}_{t+1}^L$$

其中， $\hat{\mu}_{t+1}^L$ 是 μ 的估計值，即考量前置時間下之平均需求，而 $\hat{\sigma}_{t+1}^L$

則是 σ 的估計值，為 $\hat{\mu}_{t+1}^L$ 之標準差， z 則為給定服務水準下所換算之統計量。

3. 批次訂購 (Order-batching)

批次訂購的大小是影響長鞭效應的因素之一。批次訂購的原因可分為兩種：一為下游之廠商若面對固定的訂購費用時，則會採用最小最大政策 (min-max policy)，係當下游廠商發生需求時，其庫存量會隨之減少，但下游廠商不會立即定貨，會等待累積到一定的需求量時，才會向上游廠商下訂單；也就是說，上游廠商會接到一個大量的訂單後，接著在一段時間內就沒訂單，所以上游廠商間接收到一個扭曲且高度變異的訂單類型。另一是考量到運輸成本，由於整車運送 (Truck Load, TL) 和零擔運送 (Less than Truck Load, LTL) 之間的運送成本有很大的差異，因此，下游廠商會拉長定貨週期，導致某幾個星期的定購量很大，隨著又沒有任何訂單，這也是使長鞭效應惡化之因。

為了考慮經濟批量的因素，公司會採批量訂購的策略。批量訂購的策略可簡單分成「週期訂購」(Periodic batching) 和「訂單推擠」(Order pushing)。首先對於「週期訂購」的部分，有三種情況，分別為：

- (1) 相關訂購(Correlated ordering)：在同一段時間內，每一個公司皆向供應商訂貨，將造成某時段需求過高，而其他時段則沒有需求。使得供應商面臨更高的變異。
- (2) 平衡訂購(Balanced ordering)：因下游組織的訂單在一段時間內平均分配，使得供應商需求呈現較穩定的狀況，變異降到最低。
- (3) 隨機訂購(Random ordering)：介於相關訂購及平衡訂購之間。也就是在一段時間內，公司的訂單呈現不確定的狀態，供應商的需求有時呈現較穩定的狀況，變異低。但有時卻有不可預期的需求，導致變異過高。

「訂單推擠」是指公司需求有異常大量的需求現象。例如公司推行業績獎勵制度，在某時段推銷員預先敲定大量的訂單，造成此訂單需求比顧客實際消費更加的不穩定或由於週期性促銷活動的舉辦，如包含價格折扣、數量折扣、優惠卷等的折扣活動。這些活動所造成的價格變動，會影響消費者預先購買並不立即所需之物品，此行為稱為預買(Forward buying)，由於預買的數量變異遠大於消耗量的變異，但組織必須準備大量的存貨以因應需求變動，導致存貨水準大增。

4.價格變動 (Price Variations)

價格變動通常也會造成造成長鞭效應。也就是說，當價格產生變動，在價格下降的當時，零售商會傾向於累積庫存量或增加其訂購量，甚至會大量購買，等待價格上漲後賺取其中的利潤。然而，許多產業在某些時間或某些數量上提供促銷、折扣時，也常常會引起長鞭效應。因此，上游廠商的訂單往往會比實際上的需求來得大。

5.短缺賽局 (被誇大的訂單) (Rationing and Shortage gaming)

在上游廠商有產能限制下，下游廠商為了要確保不會缺貨，

會膨脹該訂單需求，爭取較大比例的商品配給時，以保持與同業間的競爭優勢。同樣地，若是預期未來需求將大幅地提昇，下游廠商也會浮報訂單需求搶單。如此一來，上游廠商會誤以為下游需求大增，於是積極擴充產能，然而，卻可能導致了供過於求。反之，若是預期需求減少，則可能會導致供不應求的情形發生。所以，短缺賽局（shortage gaming）與供給配給（supply rationing）也是造成需求變異放大之原因。

為了減緩短缺賽局所造成的訂單變異幅度，製造商應將其產能及存貨資料透明化，以減少顧客在缺貨時之焦慮，而縮小其放大的訂單量，並且引導顧客在銷售季節前下單，以方便生產排程之調整；另外，當產品短缺時，供應商應以過去銷售記錄取代訂單，來做為配量的依據，防止顧客過渡的膨脹訂單量。

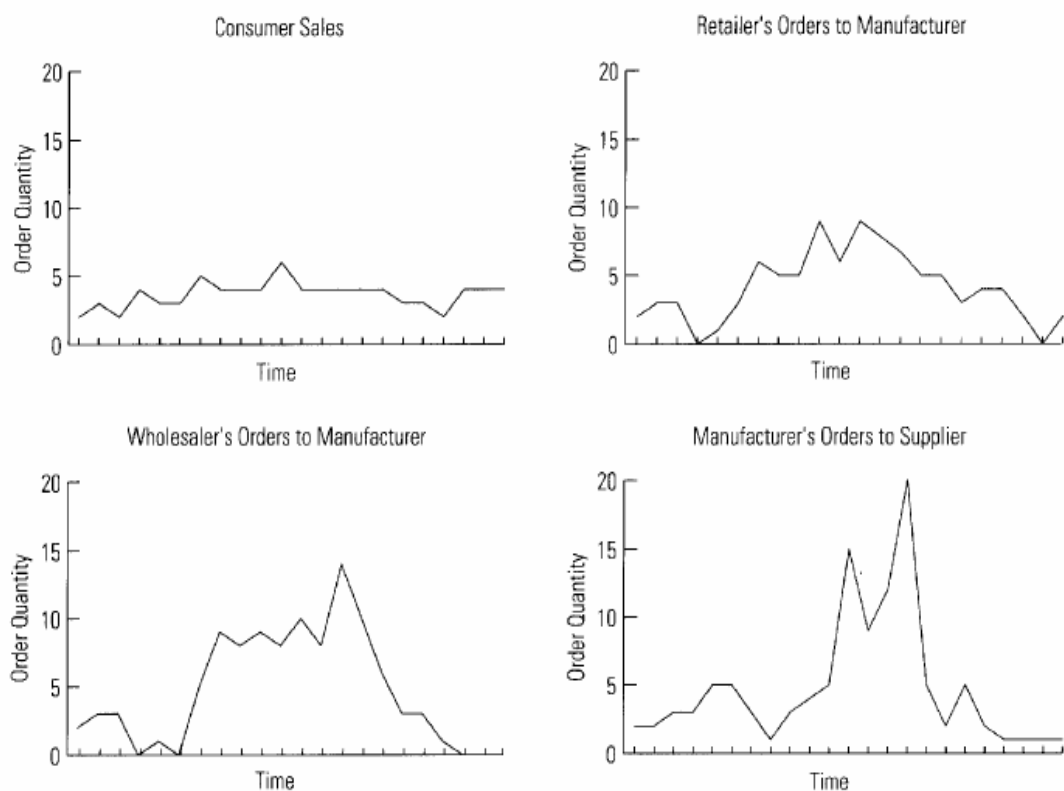


圖 2-7 供應鏈中各階層訂單變異的增加情形

資料來源：Lee et al., 1997,a

2.3.2 長鞭效應抑制方法

根據 Lee et al. (1997b) 之說法，降低長鞭效應的方法歸納為下列四項：

1. 避免重複性需求預測 (Avoid Multiple Demand Forecast Updates)

傳統供應鏈的成員在自身的生產規劃中都有一套預測需求的方式，若供應鏈成員依照鄰近一層下游廠商所獲知之需求訊息來作預測，需求預測就會導致重複處理的現象，即所謂「長鞭效應」。而抑制這種情形發生的方法，即分享銷售點資訊系統 (POS, Point-of-Sale) 及電子資料交換 (EDI)，也就是說上游供應商能夠直接取得零售商銷售的資料，並依此資料來做需求預測。但 Kiely (1998) 又同時指出使用銷售點資訊系統仍有其缺點，因為當在結帳櫃檯產生不正確的紀錄時，銷售點資訊系統所得到的資料就變得不可靠，所以這些資料應該在進行建檔前先加以去除。然而，即使供應鏈的成員使用相同來源的資料作需求預測，由於預測方式與訂貨情形的差異，上游廠商所接到之訂購仍會產生不必要的波動，最根本的方法，就是上游製造商可為下游作需求與存貨管理，使下游在供應鏈中成為被動夥伴 (passive partner)，其方式有供應商庫存管理系統 (VMI, Vender-Managed Inventory) 及持續性補貨系統 (CRP, Continuous Replenishment Program) 的建構。

另一種取得下游實際需求的方式，就是繞過下游廠商直接由市場取得，Apple 及 Dell 的網路直銷模式就是最好的例子。另外，若縮短產品運送的前置時間 (lead time)，亦可降低因需求預測錯誤所帶來的影響。

2. 減少訂購批量大小 (Break Order Batches)

Lee et al. (1997b) 指出大批量的訂貨又加上不頻繁的訂購會造成長鞭效應情形加劇，因此，下游廠商應盡量採取小批量訂貨的方式，或是增加訂購次數，使批量訂貨對長鞭效應影響程度減

至最低。但如此一來，相對會造成更高的訂購成本，為了解決此一問題的方法就是藉由使用電子資料交換減少因訂貨頻繁所導致的交易成本。

又由於貨運量不同所導致的運輸成本不一，廠商為考量經濟效益前提下，會選擇較有經濟效益的整車貨運量（full truckloads）的運送方式，當然就會使得下游廠商訂貨次數不夠頻繁而產生長鞭效應，所以如果廠商採取電子資料交換系統，其效益只是減少紙上交易成本，而沒有克服貨運量運輸成本限制的話，電子資料交換系統對於訂貨效率的改善將大打折扣。目前，某些製造商都企圖說服批發商在每次運貨時，以搭配不同產品的方式來取代一次大量運送同樣式的產品，如此一來，便能使訂貨次數更頻繁、運貨次數固定不變且運輸效率仍存在。

此外，第三者物流（third-party logistics）的興起，可使小批量補充的方式更具經濟效益，其做法是將不同供應商的貨裝滿一車，再運給不同的顧客，不但可以使顧客減少運輸費用，每週補充貨源的情形可縮短至每天，還可以達到降低存貨成本。當顧客訂貨次數頻繁且穩定時，批量訂貨對長鞭效應的負面影響將減至最低。

3. 穩定價格（Stabilize Price）

控制提前購買的最簡單方式，就是減少批發價格的折扣次數與程度，製造商藉著制定單一零售價格的方式，來減少零售商提前購買的誘因，其方式有EDLP（Everyday low price）。從營運的觀點來看，運用持續性補貨系統與具理性的批發定價方式，能有效控制零售商轉換批發商的情形。此外，並可藉由ABC（Activity-based costing）系統確認不必要的提前購買行為及轉換成本。

4. 減低短缺賽局效應（Eliminate Gaming in Shortage Situations）

當供應商面對缺貨時，應該按照下游廠商過去的銷售紀錄而

非訂購量作為分配比例，如此下游廠商才沒有誇大其需求的誘因。在缺貨的高峰期，如果下游顧客不了解製造商的供應情形，投機心理就會發生，因此透過互相分享產能與存貨的資訊，能減輕顧客的不安與減少投機發生的機會。然而，預期到短缺情形會發生時，產能訊息的分享並不夠，製造商還是要在銷售旺季前，將顧客的訂單分配好，最後供應商應制定懲罰條款，以避免零售商誇大需求或無故取消訂單。

Simchi-Levi et al. (2000) 則認為消除長鞭效應可以從以下四個層面來著手：

1. 降低不確定性 (Reducing uncertainty)

最常使用來減少或降低長鞭效應之建議即是透過整個供應鏈做集中式需求資訊來降低不確定性。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。

2. 降低變異性 (Reducing variability)

以 EDLP 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。此策略會導致更大的穩定性，也就是小的變異性之顧客需求型態。

3. 減少前置時間 (Lead time reduction)

以電子資料交換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，增加預測的準確性。前置時間包括兩個元素：訂單的前置時間（生產、運輸貨物的時間）、資訊的前置時間（處理訂單的時間）；前者可透過越庫作業（cross-docking）來降低，後者可透過電子資料交換（EDI）來降低。

4. 策略性夥伴關係的建立 (Strategic partnerships)

其改變供應鏈中資訊分享及存貨管理的方式。例如藉由供應

商庫存管理系統 (VMI) 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。對上游供應商來說，使用供應商庫存管理系統，不但可以增加庫存週轉率，還可以管理各個不同零售商的補貨工作。對零售商而言，則可以減少庫存，降低資金的積壓，也能減少斷貨及退貨情形的發生。

2.4 供應鏈中之需求預測

2.4.1 常見之需求預測方法

一、移動平均法(Moving Average, MA)

係將“最近 k 期”的資料加以平均，做為下一期的預測。k 期移動平均，寫成 MA(k)，即 $M_t = \frac{1}{k}(x_{t-k+1} + x_{t-k+2} + \dots + x_t)$ ；而針對下一時段 t+1 的預測值為 $F_{t+1} = M_t$ ，即最近的 k 個時段的資料平均做為下一時段 t+1 的預測值。當 t+1 時段有了觀察值 x_{t+1} 後，則其預測誤差為 $x_{t+1} - F_{t+1}$ ，而其再下一時段 t+2 的預測值是 $F_{t+2} = M_{t+1} = \frac{1}{k}(x_{t-k+2} + \dots + x_t + x_{t+1})$

亦可表示為 $F_{t+2} = F_{t+1} + (x_{t+1} - x_{t-k+1})/k$

二、指數平滑法 (Exponential Smoothing, ES)

指數平滑法也是加權平均的一種，係隨著時間愈遠，權重也跟著呈指數的下降，因此稱為指數平滑，與移動平均法一樣，指數平滑也有單一、雙重甚至更複雜的三重指數平滑，其有一共通性質，即是在做預測時，較近的資料會給的權重要比較遠的資料的權重大。

指數平滑法是利用過去的時間數列的加權平均值以平滑資料方法，並利用該加權平均值做為下一期的預測值。

一階指數平滑法(first-order exponential method)：

$$F_{t+1} = \alpha Y_t + (1 - \alpha) F_t$$

F_{t+1} ：t+1期的預測值

Y_t ：t期(當期)的實際觀察值

F_t ：t期的預測值

α ：平滑指數($0 \leq \alpha \leq 1$)或權數

也可寫成 $F_{t+1} = \alpha Y_t + (1 - \alpha) F_t$

$$= F_t + \alpha (Y_t - F_t)$$

其中，越小的平滑參數 α 值適用於變動越明顯的時間序列資料，即不規則效應越明顯的時間序列資料；相反，越大的平滑參數 α 值則越適用於越穩定的時間序列資料。

三、Box-Jenkins 時間數列模型，即自我迴歸整合移動平均法 (Autoregressive Integrated Moving Average Models; ARIMA)

Box-Jenkins 在 1970 年代發展 ARIMA(p, d, q) 時間數列模型，其對於一般的時間數列，不論是平穩或是不平穩的數列都有很好的適用性，其中，單變數模型如下所示：

$$\phi(B) \cdot \nabla^d \cdot W_n = \theta(B) \varepsilon_n, \quad n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

其中

$B = \text{backshift operator, } B^j X_n = X_{n-j}$

$$\phi(B) = 1 - \sum_{j=1}^p \phi_j B^j = \text{AR operator,}$$

$$\theta(B) = 1 - \sum_{i=1}^q \theta_i B^i = \text{MA operator,}$$

$$\nabla = 1 - B,$$

$\{\varepsilon_n\} = \text{white-noise process such that: } E\{\varepsilon_n\} = 0 \text{ for all } n, \text{ and } \text{Cov}(\varepsilon_n, \varepsilon_m) = \delta_{nm} \sigma_n^2$

當我們所觀察的時間數列有季節性因素時（所謂季節性因素，即每隔一定時間單位間隔，如： s time-units 的觀測值，這些固定時間間隔的觀測值亦有某種特定的 ARIMA 模型之 pattern，這樣的數列便是所謂有季節性因素的時間數列），我們必須將季節性因子的影響加入原本 Box 的模型中（即 Seasonal operator： $\Phi(B^s), \Theta(B^s), \nabla_s^D$ ），以便模型能將季節因素一併解釋，則時間數列模型將變為如下列所示之季節性時間數列模型：

$$\phi(B) \cdot \Phi(B^s) \cdot \nabla^d \cdot \nabla_s^D \cdot W_n = \theta + \Theta(B^s) \theta(B) \varepsilon_n, n = 0, \pm 1, \pm 2, \Lambda$$

其中

$$\Phi(B^s) = 1 - \sum_{j=1}^p \Phi_{js} B^{js}, \text{ analogous to } \phi(B),$$

$$\Theta(B^s) = 1 - \sum_{i=1}^q \Theta_{is} B^{is}, \text{ analogous to } \theta(B),$$

$$\nabla_s^D = (1 - B^s)^D, \text{ analogous to } \nabla^d$$

Box-Jenkins 的 ARIMA(p,q,d)時間數列模型，經過適當的轉換與變形可以成為各式各樣的時間數列模型，不同的時間數列模型各有不同的特性與展現的態樣。藉由觀察到與時間有相依性的隨機變數，如：顧客對產品的需求量，可依據歷史資料，透過適當的模式步驟，建立時間數列模型以進行未來的預測。

四、多元迴歸分析法（Multiple Regression）

所謂的迴歸分析法可分為簡單迴歸（simple regression）模式及複迴歸（multiple regression，又稱為多元迴歸）模式兩種。迴歸分析主要之目的在於了解及建立一組線性組合，用以解釋一個準則變數及一組預測變數的關係。

（一）多元迴歸模式的一般型態：

$$Y = \alpha + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_{p-1} X_{(p-1)i} + \beta_p X_p + \varepsilon_i$$

$$i = 1, 2, \dots, n$$

Y : 準則變數

α, β_j : 迴歸母數 ($j = 1, 2, \dots, n$)

X_j : 預測變數

ε_i : 誤差值，或稱殘差 (*residual*)

以矩陣表示如下：

$$Y_{n \times 1} = X_{n \times p} \beta_{p \times 1} + \varepsilon_{n \times 1}$$

(二) 基本假設： $\varepsilon_i \stackrel{i.i.d}{\sim} N(0, \sigma^2)$

1. 誤差項服從常態分配

2. 誤差項彼此相互獨立

3. 誤差項變異數一致

(三) 由於在實際運算時， α 與 β_j 的真正數值無法得到，所以上式預測式將更改如下：

$$Y = \hat{\alpha} + \hat{\beta}_1 \hat{X}_{1i} + \hat{\beta}_2 \hat{X}_{2i} + \dots + \hat{\beta}_p \hat{X}_p$$

\hat{Y} : 估計迴歸準則係數

$\hat{\alpha}, \hat{\beta}_j$: 估計迴歸係數

2.4.2 需求預測之相關文獻回顧

需求預測的更新對於長鞭效應的形成有極大的影響，但需求預測是如何去影響供應鏈的運作，主要是由於供應鏈成員是根據需求預測的結果進行目標存貨或安全存貨水準的決定，所以任何的需求預測的方法都會引起長鞭效應，因為當供應鏈成員觀察到新的需求時，便會立即更新需求預測，因此即使預測準確性隨著預測技術改善而提高，長鞭效應依然會存在。

Forrester(1961)以線性組合的方法，調整訂購策略的參數值(如：訂購次數、訂購數量，以及安全存量的設定等)以找到最佳參數之組合，亦即存在一最佳存貨策略，其中包含最適訂購策略、最短前置時間、最少供應鏈階層數等方式來降低長鞭效應的發生。

陳家芳(2003)其主要是在探討前置時間(Lead Time)改變下，利用模擬的方式來觀察供應鏈成本(Cost)與長鞭效應(Bullwhip Effect)之關係。研究中，假設供應鏈的各作業階段皆以移動平均法(Moving Average)來預測需求，依照簡單的 order-up-to 存貨政策來進行補貨，並且假設前置時間內發生之需求為常態分配(Normal distribution)。首先，建構兩階段供應鏈系統，在前置時間變動下探討長鞭效應與成本之關係。在相同條件下，將供應鏈拓展至三階段，同樣透過前置時間之變動來探討長鞭效應與成本之關係。在整個研究過程中，將前置時間區分為固定與可變動兩部分，並分別將成本影響關係模式化；在同時考量前置時間與訂購量之成本模式中，透過模擬的方法，得到前置時間與成本之關係是一凹向上的函數關係。結果顯示，長鞭效應與成本之關係並非都是呈現正相關之關係。

翁瑞聰，以物件導向裴氏圖(Object-Oriented Petri Nets, OOPN)建立使用定期檢視系統存貨策略的供應鏈模型，各階層均採用指數平滑法(Exponential Smoothing Forecasts)來進行需求預測，接著再以模糊裴氏圖(Fuzzy Petri Net, FPN)來建立控制訂購量得知識庫。此外，以模擬退火法(Simulated Annealing, SA)加以整合螞蟻群聚最佳化(Ant Colony Optimization, ACO)求解供應鏈各層的最適服務水準及最佳訂購週期。最後，藉由模式來探討供應鏈之總成本及存貨之變異數是否有下降。

王富恩(2003)，主要在探討由一個零售商、一個配銷商、一個製造商所組成之三階段供應鏈系統，研究中將重點放在「需求訊號處理」，係延續 Chen et al.(2000a,b)之移動平均(Moving Average)與指數平滑(Exponential Smoothing)兩種預測方法下，面對 ARIMA (0,0,0)、(1,0,0)、(0,1,0)及(0,0,1)等四種時間序列需求型態，分

別推導零售商與配銷商之訂單變異度，並分析不同需求型態與預測方法組合下，零售商與配銷商所面對之長鞭效應。更進一步推導趨勢性與季節性需求型態時之長鞭效應，以了解其對長鞭效應之影響。

Chenet et al. (2000a)，利用簡單二階供應鏈模式，驗證使用預測技術預測前置時間之需求將導致下游零售商實際需求變異在供應鏈中逐層擴大的現象，並分別討論在連續自我相關 (correlated demand process)、線性趨勢 (linear trend) 及前後期需求為獨立需求之需求型態下，各自利用移動平均 (moving average) 或指數平滑法 (exponential smoothing) 作預測所造成的影響。

Chen et al. (2000b)，進一步將上述之連續自我相關需求配合移動平均預測，驗證於多階供應鏈中，需求變異擴大化的現象，並指出透過集中需求資訊 (centralizing demand information) 的方式可以緩和這樣的現象，但並無法完全消除。

Xu et. al. (2001) 進一步延伸 Chen et al. (2000b) 的研究，考量上下游廠商同時使用指數平滑法，但選擇不同預測參數，各自對於長鞭效應的影響，並加入預測誤差的考量。研究發現儘管上游製造商使用較低的平滑係數，來減低部份零售商對於市場需求過度反應所造成的影響，但製造商向上游原物料供應商所發出訂購數量之變異性，仍大於零售商向製造商所發出訂購數量之變異性，且其預測誤差也相對較高。研究中指出這樣的問題則可藉由透過下游需求資訊的分享，利用上下游廠商間執行一次預測 (one-forecast policy) 來改善製造商預測誤差過大的現象。

Xiaolong Zhang (2004) 探討預測方法在長鞭效應上的影響，透過顧客需求與存貨上限策略之一階自我迴歸過程來描述一個簡單的補貨系統。測量長鞭效應衍生了最佳的預測過程，即在具體的需求過程中，使預測誤差達到最小化 (MMSE)。有關需求預測的方法如平均移動法 (MA)、指數平滑法 (ES)。研究發現，在需求過程中，不同的預測方法、不同的前置時間及基本參數，將會影響長鞭效應之大小。結果顯示：前置時間、需求自我相關係數在選擇預測方法上是扮演重

要的角色。一般，前置時間增加，將會提高長鞭效應，然而，影響的大小將會隨著不同的預測方法而改變。MMSE 之預測方法，當需求自我相關係數為正時，透過前置時間之縮減，長鞭效應也會隨之降低；ES 方法預測需求，當需求自我相關係數為負時，透過前置時間之縮減，長鞭效應也會隨之降低。

2.5 存貨成本

存貨控制涉及採購、存置與缺貨等三種重要的成本類型，茲分別說明如下：

一、購置成本 (Procurement Cost)

即獲取存貨所發生的各項支出——當存貨購置補充時，則發生購置成本。其主要的成本項目包括訂單的處理、訂單的傳遞及貨品的價格等。

1. 單位成本：通常是指物品的單位購買價格。
2. 訂購成本：為一次訂購、進貨所發生的各項手續費用，包括：
 - (1) 訂單在公司內部各單位的傳遞與處理成本。
 - (2) 將訂單以郵寄或電信傳遞等方式送達供應商的成本。
 - (3) 貨物的裝卸、搬運與驗收等成本。
 - (4) 運輸費用。無論訂購數量的大小，訂購成本通常是以固定金額表示。

一般而言，倘若每次訂購的數量較大，則將獲得購買折扣、整車運送的優惠，並因此減少訂購次數，年購置成本將可隨之降低。

二、存置成本或持有成本 (Carrying Cost 或 Holding Cost)

存置成本也稱持有成本，係指在某一時間內維持存貨之存在所需的各項支出。主要包括資金積壓成本、空間成本、陳腐化成本、保險與稅捐等成本。

三、缺貨成本

係來自於存貨不能滿足需求所引起的各項損失。當顧客需求發生短缺時，則發生缺貨成本；也就是說，無法在特定的時間與地點提供顧客所需的貨物因而產生損失，也可稱為短拙成本 (Shortage Cost)。缺貨產生可能發生的情形如下：(1)顧客願意等待補貨，因而產生延遲訂貨成本(backorder cost)；(2)顧客不願意等待而損失原有之訂單，因而產生銷售損失成本(lost sales cost)。

1. 延遲訂貨成本(backorder cost)：當缺貨發生時，若該項商品的替代性低、或是商品的取得具有極高的商譽(其他同類商品無法取待)，因此，顧客將等候貨品補充，此銷售機會並無喪失，只是有所延誤，一般來說，為了不影響商譽，通常都會降低缺貨，快速的訂貨補送，因而導致額外的訂單處理、運輸、搬運與人工成本的增加。
2. 銷售損失成本(lost sales cost)：由於顧客通常希望取得所欲購買之商品，因此，當有缺貨發生時，若有替代性較高之產品時，顧客易轉移他處獲得所需產品。其包括：(1) 訂單銷貨損失；(2)顧客損失。

缺貨成本通常被視為一種無形的(Intangible)成本，難以直接計算衡量，因此，在實務上，通常採用主觀的估計方式。一般而言，訂購量較大時，倉庫中存貨種類與數量也會隨之增加，因而可提供較高之顧客服務水準，減少延遲訂貨成本與銷售損失成本的發生。由此可以發現，缺貨成本會隨著訂購量之增加而減少，如圖2-9所示。

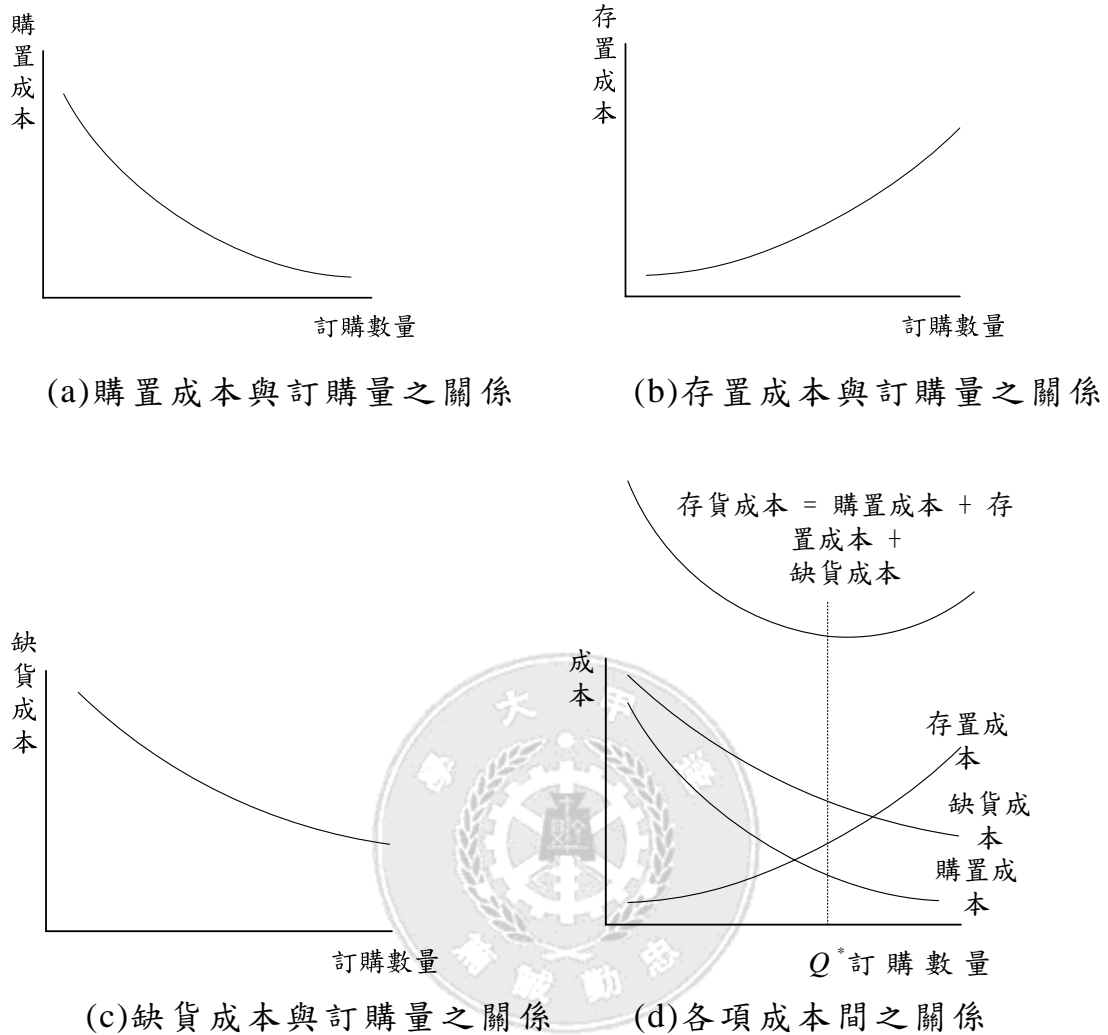


圖 2-9 存貨管理各項成本之消長關係圖

資料來源：顏憶茹、張淳智,民 90 年

本研究由於時間上的關係，因此，僅針對供應鏈中加入VMI策略後，其採購成本、持有成本及缺貨成本進行討論，其它成本（如運送成本…）則不多加探討。

第三章 模式構建

3.1 基本假設

本研究將藉由 Lee et al. (2000) 之兩階供應鏈數學模式（即單一製造商、單一零售商）為基礎，延伸構建一與現實生活中之供應鏈管理系統較為相符之供應鏈數學模式，其包含供應商、製造商、配銷商及零售商之多階供應鏈數學模式，如圖 3-1 所示。另外，在多階供應鏈系統中，建立一供應商代管存貨（VMI）策略，係假設在零售商、配銷商之間加入供應商代管存貨（VMI）策略，下游之廠商以分享銷售點資訊（Point of Sale, POS）之方式，如圖 3-2 所示，將銷售資訊分享給上游之各家廠商，其目的在於降低需求之不確定性，達到最正確之預測與快速補貨之目標，且進一步藉由其上、下游之需求及訂單數量，觀察各階訂單之變異程度及供應鏈系統中加入 VMI 決策所帶來的效益。本研究之模式流程架構如圖 3-4 所示。

除此之外，本研究在存貨之盤點方面，假設各階層均採取定期盤點制，如圖 3-3 所示。每期之訂購量需滿足存貨之上限水準，因此，每期之訂購量都不固定。另外，本研究僅考量單一產品，且零售商之需求假設為一時間序列函數，每期之需求都以指數平滑法（Exponential Smoothing, ES）做需求預測。

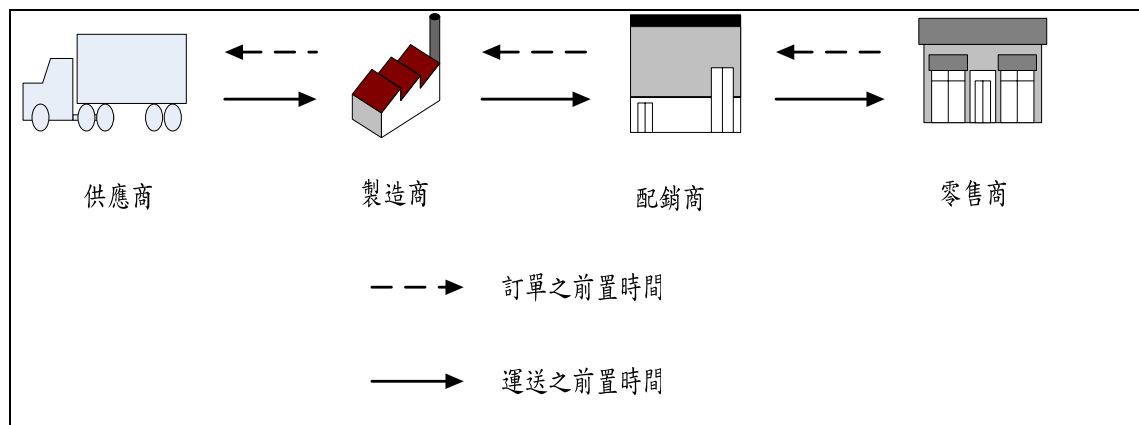


圖 3-1 本研究之多階供應鏈系統

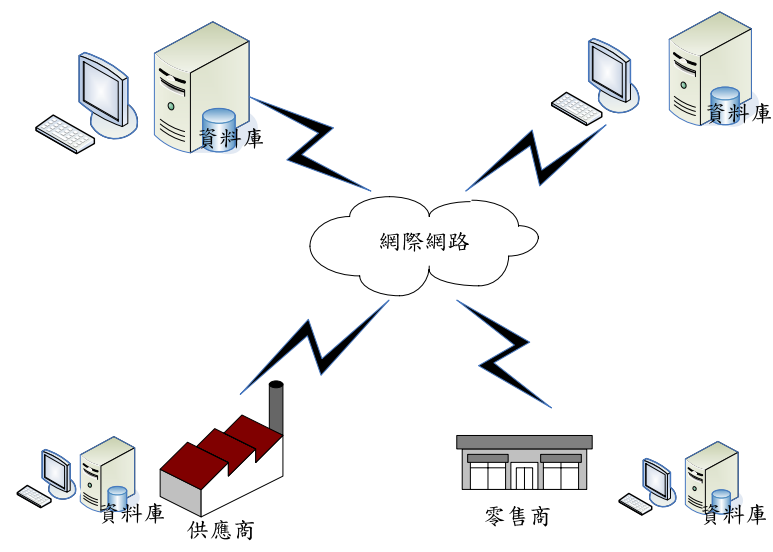


圖 3-2 銷售點資訊分享(POS)之方式

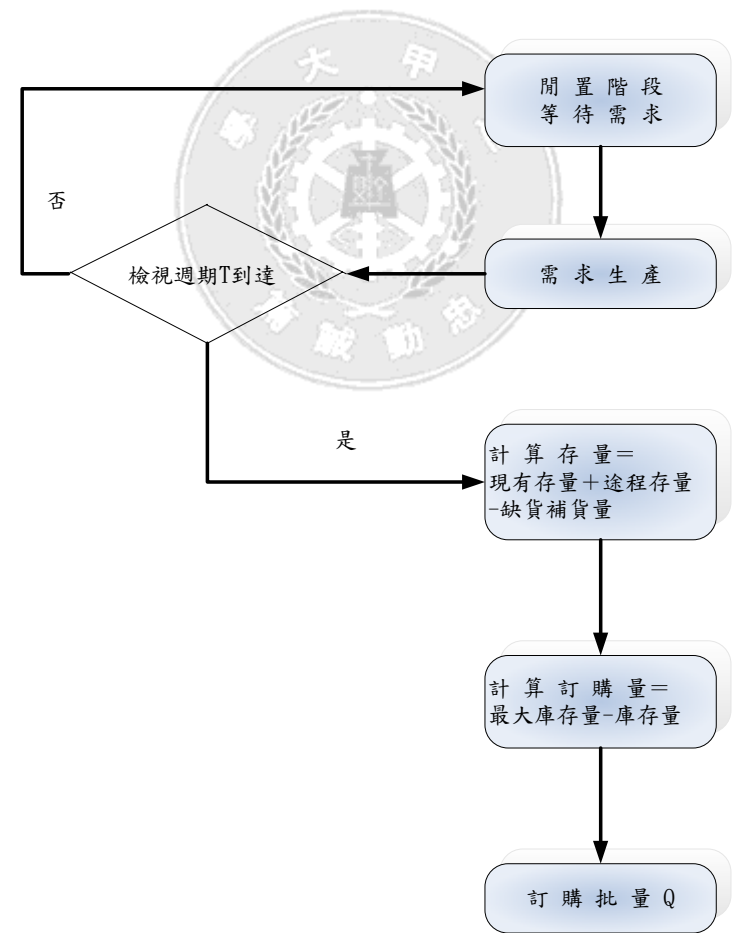


圖 3-3 定期盤點制度之流程圖

(資料來源：黃惠民等人，2004)

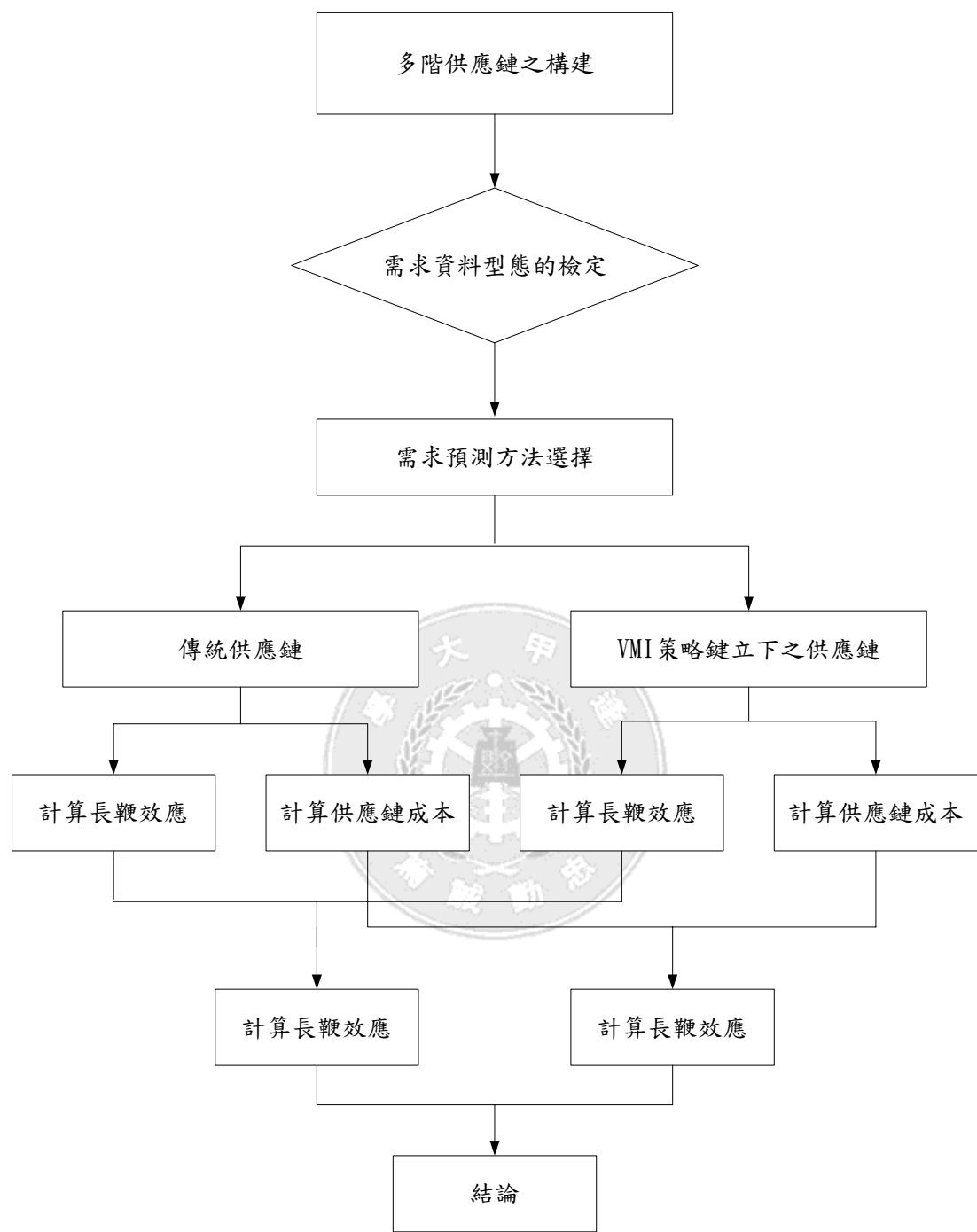


圖 3-4 本研究之模式架構圖

3.2 符號說明

本研究構建之供應鏈數學模式中，其所使用之符號說明如下：

t ：時間週期， $t=1,2,3,\dots$ 。

D_t ：零售商在第 t 期結束時之顧客需求（即實際觀察值）。

ε_t ：連續需求相關模式中，零售商第 t 期需求之誤差項。

d, ρ ：連續需求相關模式中之參數，其中 $d>0$ ， $-1<\rho <1$ 。

z ：預期之服務水準。

\hat{D}_t^k ：零售商第 t 期結束後所估計未來 k 期內的期望需求量。

\hat{Y}_t^k ：配銷商第 t 期結束後所估計未來 k 期內的期望需求量。

\hat{Q}_t^k ：製造商第 t 期結束後所估計未來 k 期內的期望需求量。

$\hat{\sigma}_t^k$ ：各階層第 t 期結束後所估計未來 k 期內期望需求量的標準差。

Y_t ：零售商在第 t 期結束時所欲訂購之數量。

Q_t ：配銷商在第 t 期結束時所欲訂購之數量。

B_t ：製造商在第 t 期結束時所欲訂購之數量。

O_t ：供應鏈中加入 VMI 策略後，製造商在第 t 期結束時所欲訂購之數量。

$S_t(R)$ ：零售商在第 t 期之目標存貨水準（order-up-to level），亦可以定義為零售商在第 t 期之訂購上限水準。

$S_t(D)$ ：配銷商在第 t 期之目標存貨水準（order-up-to level），亦可以定義為配銷商在第 t 期之訂購上限水準。

$S_t(M)$ ：製造商在第 t 期之目標存貨水準 (order-up-to level)，亦可以定義為製造商在第 t 期之訂購上限水準。

β ：預期缺貨因子 (單位：期)。

l_{DR} ：配銷商補貨至零售商之前置時間。

l_{MD} ：製造商補貨至配銷商之前置時間。

l_{SM} ：供應商補貨至製造商之前置時間。

L_{VMI} ：供應鏈中 VMI 策略的建立後，其製造商補貨至配銷商，且配銷商補貨至零售商之前置時間。

α ：平滑參數 ($0 \leq \alpha \leq 1$) 或權數。

F_{t+1} ： $t+1$ 期的預測值。

F_t ： t 期的預測值。

A ：各階層之固定訂購成本。

L ：生產作業、配送時間。

f_L ：前置時間影響下之單位成本。

f_Q ：各階層之數量單位成本。

ρ_L ：機率分配值調整為前置時間影響之單位成本的調整參數。

ρ_Q ：機率分配值調整為訂購量影響之單位成本的調整參數。

$upCost^l$ ：前置時間影響下之單位成本。

$upCost^Q$ ：最小訂購量時的最大數量單位成本。

$lowCost^Q$ ：最大訂購量時的最小數量單位成本。

h ：持有成本係數。

r ：缺貨成本係數。

3.3 傳統供應鏈需求模式之建立

本研究之供應鏈數學模式係藉由 Lee et al. (2000) 之延伸，在零售商需求預測上需符合時間序列模型，零售商在第 t 期的需求量为：

$$D_t = d + \rho D_{t-1} + \varepsilon_t \quad \varepsilon_t \stackrel{i.i.d.}{\sim} N(0, \sigma^2) \quad (3-1)$$

式(3-1)中之 d 為一大於 0 之值， ρ 假設為 -1 到 1 之間的值。 ε_t 為一誤差項，假設符合常態機率分配，係平均值為 0，變異數為 σ^2 。

Xu et al.(2001)指出，即使可由(3-1)式中導出 $E(D_t) = d / (1 - \rho)$ ，但在長期需求波動影響下，其時間序列需係沿著 $d / (1 - \rho)$ 上下呈現不穩定的波動；此外，Xu et al.(2001)之文獻中進一步推導得出 $Var(D_t) = \sigma^2 / (1 - \rho^2)$ 及 $Cov(D_t, D_{t-p}) = \sigma^2 \rho^p / (1 - \rho^2)$ 。延續 Lee et al. (2000) 中之假設 $d \gg \sigma$ ，因此，在本研究中忽略了需求為負的情形。

在考慮零售商之定期盤點之訂購決策下，在時間週期 t 結束時，零售商在第 t 期結束時所欲訂購之數量 Y_{t+1} 為 (Chen et al., 2000a)：

$$Y_{t+1} = D_t + S_{t+1} - S_t \quad (3-2)$$

$$S_t = \hat{D}_t^{l_{DR}} + z \sigma_t^{l_{DR}} \quad (3-3)$$

由於實務上之經驗經常採用直接以額外多增加訂購幾週需求的方式來達到預期的服務水準，因此，本研究將藉由林益慶 (民 89) 相關文獻中，同時加上一預期缺貨因子 β 的方式，來達到忽略 $z \sigma_t^{l_{DR}}$ 的相同效果，也就是說，對零售商而言，其前置時間 (Lead Time) 即為：

$$l' = l_{DR} + \beta \quad (\text{本研究假設預期缺貨因子 } \beta = 0.1 \sim 0.5) \quad (3-4)$$

因此，(3-3)式可進一步簡化成為：

$$S_t = \hat{D}_t^{l_{DR}} + z \hat{\sigma}_t^{l_{DR}} = l' \hat{D}_t^{l_{DR}} = (l_{DR} + \beta) \hat{D}_t^{l_{DR}} \quad (3-5)$$

本研究在零售商之需求假設為一時間序列函數，每期之需求都是以指數平滑法（ES）做預測，因此，零售商在第 t 期結束後所估計之未來單期之需求如下式：

$$\hat{D}_{t+1}^{l_{DR}} = \alpha \times D_t + (1-\alpha) \times \hat{D}_t^{l_{DR}} \quad (3-6)$$

零售商於時間週期 $t+1$ 至時間週期 $t+l_{DR}+1$ 之總預測需求為：

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^{l_{DR}+1} \hat{D}_{t+i}^{l_{DR}} &= l_{DR} \times \hat{D}_{t+1}^{l_{DR}} \\ &= l_{DR} \times [\alpha \times D_t + (1-\alpha) \times \hat{D}_t^{l_{DR}}] \end{aligned} \quad (3-7)$$

本研究利用式(3-2) 與式(3-3)中，可進一步推導得知零售商在第 t 期結束後之訂購量為：

$$\begin{aligned} Y_{t+1} &= D_t + (S_{t+1} - S_t) \\ &= D_t + [(l_{DR} + \beta) \times \hat{D}_{t+1}^{l_{DR}} - (l_{DR} + \beta) \times \hat{D}_t^{l_{DR}}] \\ &= D_t + \{(l_{DR} + \beta) \times [\alpha \times D_t + (1-\alpha) \times \hat{D}_t^{l_{DR}}] \\ &\quad - (l_{DR} + \beta) \times \hat{D}_t^{l_{DR}}\} \\ &= D_t + \alpha(l_{DR} + \beta)D_t - \alpha \times \hat{D}_t^{l_{DR}} \end{aligned} \quad (3-8)$$

因此，配銷商預測零售商在時間週期 $t+1$ 至時間週期 $t+l_{DR}+1$ 之總訂購量（亦即配銷商預測在時間週期 $t+1$ 至時間週期 $t+l_{MD}+1$ 之總

需求量) 可表示為 $\sum_{i=1}^{l_{MD}+1} Y_{t+i}$ 。

同理，本研究在供應鏈系統中，各階層（零售商、配銷商、製造商及供應商）之關係如表 3.1 所示。零售商面對顧客之實際需求，以指數平滑法 (ES) 來做需求預測，再向上游之配銷商訂購數量。由於在傳統供應鏈中缺乏資訊分享，因此，零售商所訂購之數量則為配銷商面對之實際需求，配銷商同樣也以指數平滑法 (ES) 來做需求預測，再向上游之製造商訂購數量。配銷商所訂購之數量即為製造商所面對之需求。也就是說，對配銷商而言，其下游零售商之訂購量即為配銷商所面對之需求量；對製造商而言，其下游配銷商之訂購量即為製造商所面對之需求量；對供應商而言，其下游製造商之訂購量即為供應商所面對之需求量。

表 3.1 本研究構建之傳統供應鏈系統各階層關係表

	對供應商 而言	對製造商 而言	對配銷商 而言	對零售商 而言
需求	B_t	Q_t	Y_t	D_t
總需求	—	$\sum_{i=1}^{l_{SM}} Q_{t+i}$	$\sum_{i=1}^{l_{MD}} Y_{t+i}$	$\sum_{i=1}^{l_{DR}} D_{t+i}$
訂購量	—	B_t	Q_t	Y_t

3.4 供應鏈系統中 VMI 策略建立後，其需求模式之建立

本研究之重點為供應鏈中加入 VMI 策略後對整體供應鏈之效益，因此，在此小節中將進一步討論。

本研究之供應鏈系統為多階供應鏈(也就是說供應鏈系統中有零售商、配銷商、製造商、供應商之階層)。而根據相關之實務研究指出，供應鏈在實施 VMI 之決策，絕大部分是在零售商、配銷商之間

加入 VMI 策略，再藉由銷售點資訊分享(POS)的方式向上游訂購數量。因此，本研究也將模擬於零售商、配銷商間實施 VMI 策略，如圖 4-4 所示，在此種策略下，零售商、配銷商不必對未來之需求做預測，而是藉由 VMI 存貨管理的策略，以銷售點資訊分享（POS）或是電子資料交換系統（EDI）之方式分享資訊給製造商，製造商所取得之需求資料即為顧客之實際需求，且由製造商來對未來之需求做預測，此時由配銷商資訊分享至製造商，製造商再向供應商訂貨補貨至零售商之前置時間為 l_{VMI} 。

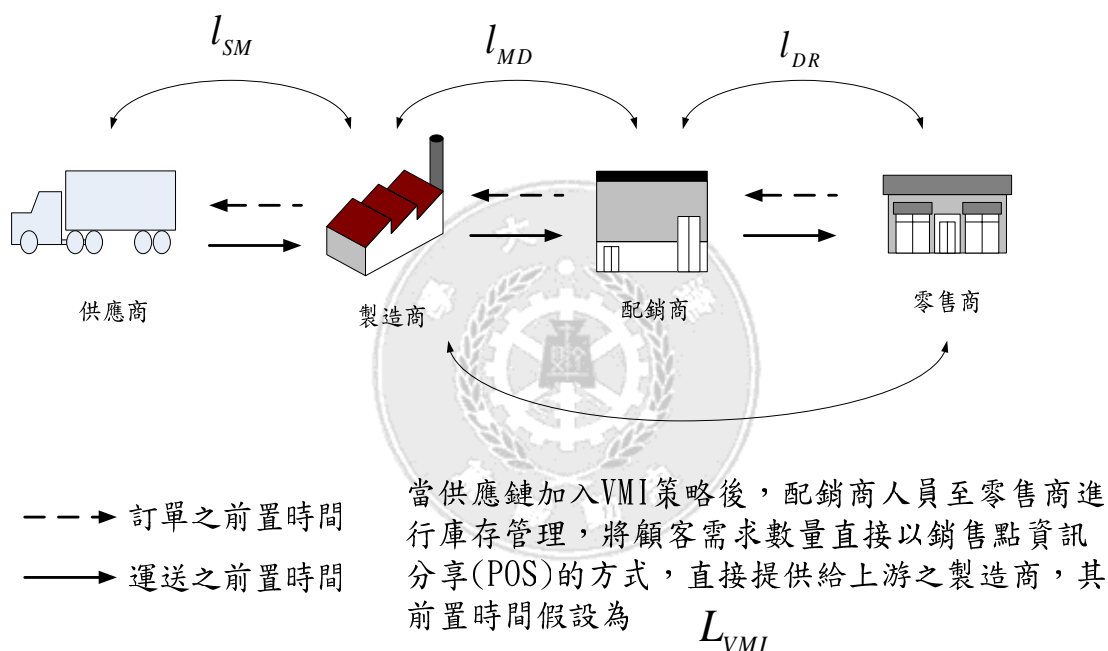


圖 3-5 本研究之供應鏈系統中加入 VMI 策略模式

製造商在第 t 期結束後所面對之顧客需求量为：

$$D_t = d + \rho D_{t-1} + \varepsilon_t \quad \varepsilon_t \text{ i.i.d } N(0, \sigma^2) \quad (3-9)$$

$$O_{t+1} = D_t + (S_{t+1} - S_t) \quad (3-10)$$

$$S_t = \hat{D}_t^{l_{VMI}} + z \hat{\sigma}_t^{l_{VMI}} = (l_{VMI} + \beta) \hat{D}_t^{l_{VMI}} \quad (3-11)$$

研究中，顧客之需求同樣假設為一時間序列函數，而每期之需求都以指數平滑法 (ES) 進行預測，因此，製造商在第 t 期結束後所估計之未來單期之需求如下式：

$$\hat{D}_{t+1}^{l_{VMI}} = \alpha \times D_t + (1-\alpha) \times \hat{D}_t^{l_{VMI}} \quad (3-12)$$

製造商於時間週期 $t+1$ 至時間週期 $t+l_{VMI}+1$ 之總預測需求為：

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^{l_{VMI}+1} D_{t+i} &= l_{VMI} \times \hat{D}_{t+1}^{l_{VMI}} \\ &= l_{VMI} \times [\alpha \times D_t + (1-\alpha) \times \hat{D}_t^{l_{VMI}}] \end{aligned} \quad (3-13)$$

本研究利用式 (3-11) 與式 (3-12) 中，可進一步推導得知零售商在第 t 期結束後之訂購量為：

$$\begin{aligned} O_{t+1} &= D_t + (S_{t+1} - S_t) \\ &= D_t + [(l_{VMI} + \beta) \times \hat{D}_{t+1}^{l_{VMI}} - (l_{VMI} + \beta) \times \hat{D}_t^{l_{VMI}}] \\ &= D_t + \{(l_{VMI} + \beta) \times [\alpha \times D_t + (1-\alpha) \times \hat{D}_t^{l_{VMI}}] \\ &\quad - (l_{VMI} + \beta) \times \hat{D}_t^{l_{VMI}}\} \\ &= D_t + \alpha(l_{VMI} + \beta)D_t - \alpha \times \hat{D}_t^{l_{VMI}} \end{aligned} \quad (3-14)$$

因此，供應商預測製造商在時間週期 $t+1$ 至時間週期 $t+l_{VMI}+1$ 之總訂購量為 $\sum_{i=1}^{l_{VMI}+1} O_{t+i}$ 。且此時供應鏈系統中加入 VMI 策略下，其供應鏈中各階層之關係如表 3.2 所示，對零售商、配銷商及製造商而言，其所面對之需求都為 D_t 。

表 3.2 加入 VMI 策略後，供應鏈中各階層之關係表

	對供應商 而言	對製造商 而言	對配銷商 而言	對零售商 而言
需求	O_t	D_t	D_t	D_t
總需求	—	$\sum_{i=1}^{l_{VMI}} D_{t+i}$	$\sum_{i=1}^{l_{VMI}} D_{t+i}$	—
訂購量	—	O_t	—	—

3.5 供應鏈系統成本模式之建立

在傳統供應鏈系統中，供應鏈系統若為配銷商、零售商之兩階段存貨模型，通常是考量零售商之採購成本(PC)、存貨或持有成本(HC)及缺貨成本(SC)(張有恆，民國 87 年)。供應鏈系統若為製造商、配銷商、零售商，在系統成本之考量上則需加上配銷商的成本，其中一樣包括採購成本、存貨或持有成本及缺貨成本。

而本研究之供應鏈系統為供應商、製造商、配銷商、零售商之多階供應鏈，因此，在系統成本之考量上分為製造商、配銷商、零售商三個階段。而三個階段僅考量採購成本、存貨或持有成本及缺貨成本，其他成本（運輸成本、原物料之成本、構建 VMI 決策之成本…）均不列入系統之成本中。且本研究之成本模式係將藉由陳家芳(民 92)之成本模式延伸。

3.5.1 傳統供應鏈之成本模式

◆ 採購成本

➤ 零售商

$$\begin{aligned}
 PC^R &= A^R + Q[f_L(l_{DR}) + f_Q^R(q)] \\
 &= A^R + q[\min\{\rho_L \lambda_L e^{-\lambda_L l_{DR}}, upCost^{l_{DR}}\} \\
 &\quad + \min\{\max\{\rho_Q^R \lambda_Q^R e^{-\lambda_Q^R q}, lowCost^Q\}, upCost^Q\}]
 \end{aligned} \tag{3-15}$$

➤ 配銷商

$$\begin{aligned}
 PC^D &= A^D + Q[f_L(l_{MD}) + f_Q^D(q)] \\
 &= A^D + q[\min\{\rho_L \lambda_L e^{-\lambda_L l_{MD}}, upCost^{l_{MD}}\} \\
 &\quad + \min\{\max\{\rho_Q^D \lambda_Q^D e^{-\lambda_Q^D q}, lowCost^Q\}, upCost^Q\}]
 \end{aligned} \tag{3-16}$$

➤ 製造商

$$\begin{aligned}
 PC^M &= A^M + Q[f_L(l_{SM}) + f_Q^M(q)] \\
 &= A^M + q[\min\{\rho_L \lambda_L e^{-\lambda_L l_{SM}}, upCost^{l_{SM}}\} \\
 &\quad + \min\{\max\{\rho_Q^M \lambda_Q^M e^{-\lambda_Q^M q}, lowCost^Q\}, upCost^Q\}]
 \end{aligned} \tag{3-17}$$

◆ 存貨或持有成本

本研究將存貨成本分為沒有發生缺貨及發生缺貨兩種情況。

➤ 沒有發生缺貨（即目標存貨水準大於實際之需求量）：

$$HC_{S \geq d} = h\left[\frac{d}{2} + (S - d)\right] \tag{3-18}$$

➤ 發生缺貨（即目標存貨水準小於實際之需求量）：

$$HC_{S < d} = h\left(\frac{S}{2}\right) \tag{3-19}$$

◆ 缺貨成本

倘若該其發生缺貨時，則其缺貨成本：

$$BC = r(d - S) \tag{3-20}$$

3.5.2 加入 VMI 策略，供應鏈之成本模式

在本研究所構建之供應鏈（即零售商、配銷商、製造商、供應商）中，於零售商、配銷商之間建立「供應商代管存貨 (VMI)」之策略，將貨品之資訊直接以 POS 或 EDI 之方式分享給製造商，如此一來，零售商對貨品之成本唯貨品經過櫃台之掃描區時才短暫擁有；此時，配銷商對貨品之成本唯存貨成本及缺貨成本；製造商對貨品之成本則仍分為三部分，即採購成本、存貨成本及缺貨成本。且供應鏈中加入 VMI 策略後，各階層之成本模式如下所述：

◆ 採購成本

➤ 製造商

$$\begin{aligned}
 PC^M &= A^M + Q[f_L(l_{VMI}) + f_Q^M(q)] \\
 &= A^M + q[\min\{\rho_L \lambda_L e^{-\lambda_L l_{VMI}}, upCost^{l_{VMI}}\} \\
 &\quad + \min\{\max\{\rho_Q^M \lambda_Q^M e^{-\lambda_Q^M q}, lowCost^Q\}, upCost^Q\}]
 \end{aligned} \tag{3-21}$$

◆ 存貨或持有成本

➤ 沒有發生缺貨（即目標存貨水準大於實際之需求量）：

$$HC_{S \geq d} = h\left[\frac{d}{2} + (S - d)\right] \tag{3-22}$$

➤ 發生缺貨（即目標存貨水準小於實際之需求量）：

$$HC_{S < d} = h\left(\frac{S}{2}\right) \tag{3-23}$$

◆ 缺貨成本

倘若該其發生缺貨時，則其缺貨成本：

$$BC = r(d - S) \tag{3-24}$$

第四章 模擬結果與分析

4.1 需求過程

本研究由於在業界之實際需求資料之取得上困難，因此，研究中將除了藉由陳家芳（民 92）利用極座標轉換之方法（polar method）產生服從常態分配之亂數值作為零售商所面對之顧客需求資料，其中，每一週之平均需求為 500，標準差為 100，共 108 期資料。另外，本研究還分別模擬 10 筆各 108 期的顧客需求資料，進一步利用本研究中所構建之模式進行數值分析，觀察其長鞭效應與成本之變化。

在需求預測模式中，需求預測方法甚多，不同的資料型態如穩定型態（stationary）、線性趨勢型態（Linear trend）、季節性的變動（Seasonal variation）、週期性的變動（Cyclical variation）等等，須由不同的預測方法來進行預測，如此一來才會得到較準確的預測結果。而本研究之研究對象主要在無趨勢型態的產品，進行下游顧客之需求預測而求得訂單數量的預測，探討整體供應鏈的長鞭效應與 VMI 策略建立下之整體供應鏈的長鞭效應。因此，本研究首先將顧客需求資料進行迴歸分析，檢查資料是否有趨勢存在。

線性迴歸中虛無假設（ H_0 ）假設為 $\beta_0 = 0$ ，即無線性趨勢存在。由 Excel 分析得到之結果如表 4.1 所示。表 4.1 中除的題型七、題型八、題型十一之 P 值都小於 $\alpha = 0.05$ ，拒絕 H_0 外；其餘都大於 $\alpha = 0.05$ ，即表示沒有拒絕 H_0 ，也就是說，顧客需求資料都沒有線性趨勢存在，可以適用穩定性（stationary）模式進行需求預測。又本研究主要是在針對無趨勢存在的顧客需求資料做研究，因此，題型七、題型八、題型十一將不進行需求預測。

表 4.1 線性迴歸檢定結果

顧客需求資料	P 值	顧客需求資料	P 值
題型一 陳家芳 (民 92) 顧客需求資料	0.9575	題型七	0.0104
題型二	0.8359	題型八	0.0286
題型三	0.3245	題型九	0.5795
題型四	0.4601	題型十	0.7864
題型五	0.4007	題型十一	0.0463
題型六	0.3711		

4.2 傳統供應鏈之長鞭效應

本研究在傳統供應鏈中各階層的需求預測係以指數平滑法 (ES) 做預測，在平滑過程中，第一筆平滑資料 (Y_1) 就等於第一筆實際資料 (D_1)，即 $D_1 = Y_1$ 。另外，本研究是假設於第 t 期末結束時進行需求預測，所以第 t 期之顧客需求資料也將列入歷史之觀察資料中，也就是說，研究中將第 t 期之顧客需求資料用來作為零售商進行需求預測時的觀察期數之其中一筆。研究中，藉由 Java 之電腦程式語言，撰寫出一系統性的程式，可以快速的計算出預測需求量、目標存貨水準以及訂購量，進而求出供應鏈系統中的變異程度。

4.2.1 零售商之需求預測

研究中零售商階層進行指數平滑法 (ES) 之需求預測時，將平滑參數 α 假設為 0.5，零售商階層之前置時間為 2 (即 $l_{DR} = 2$ ，單位：期)，也就是說零售商階層需每兩期結束即進行一次顧客需求預測。此時，零售商面對之實際需求為顧客之實際需求量。模式構建上，零售商之目標存貨水準為 S_t ，即 $S_t = \hat{D}_t^{l_{DR}} + z \hat{\sigma}_t^{l_{DR}} = l' \hat{D}_t = (l_{DR} + \beta) \hat{D}_t$ ，其中 β 為

缺貨因子 (本研究假設零售商之缺貨因子為 0.2)，藉由目標存貨水準計算每期之訂購量，進而觀察其供應鏈中的變異程度。表 4.2 為題型一中零售商每期之訂購量變化情形，由於本研究是假設於期末進行預測，因此，第一期期末進行需求預測後所得到的結果即為未來第二期之需求量，前置時間為 2 期，因此，零售商第二期在前置時間內所需之目標存貨水準為第一期實際需求乘上前置時間與缺貨因子之和，即第一期之顧客實際需求量為 235，前置時間為 2，缺貨因子為 0.2，計算得知第二期目標存貨水準為： $385 \times (2+0.2) = 847$ 。且零售商在前置時間內所需之訂購量為上一期之實際需求加上該期目標存貨水準與上一期目標存貨水準之差，又由於資料之不完整性，因此，零售商將在第二期在前置時間內所需之訂購量視為第一期實際需求乘上前置時間，即第一期之顧客實際需求量為 235，前置時間為 2，計算得知第二期訂購量為： $385 \times 2 = 770$ 。同理，下一次之預測期數為前置時間 2 期後，即第四期。

表 4.2 缺貨因子 $\beta = 0.2$ 下，零售商每期之訂購量

期數	目標 存貨	實際 需求	訂購量	期數	目標 存貨	實際 需求	訂購量
2	847	1083	770	26	1162	1168	1099
4	1144	1124	1380	28	1223	989	1229
6	1166	1116	1146	30	1166	1000	932
8	1228	881	1178	32	1078	852	912
10	1049	1068	702	34	1228	907	851
12	1129	941	1148	36	1168	976	847
14	1074	1043	886	38	1043	930	851
16	988	873	957	40	1166	1114	1053
18	977	979	862	42	1177	997	1125
20	1107	1190	1109	44	1087	1167	907
22	1190	987	1273	46	1195	1039	1275
24	1093	1030	890	48	1144	1274	988

表 4.3 缺貨因子 $\beta = 0.2$ 下，零售商每期之訂購量 (續表 4.2)

期數	目標 存貨	實際 需求	訂購量	期數	目標 存貨	實際 需求	訂購量
50	1166	1068	1296	80	1269	1048	994
52	1199	930	1101	82	1287	972	1066
54	992	854	723	84	1256	1052	941
56	968	824	742	86	1252	875	1048
58	865	1077	721	88	928	1052	790
60	1016	1193	1228	90	977	811	1101
62	1038	1077	1215	92	1056	691	890
64	1074	988	1113	94	871	1291	506
66	1181	830	1095	96	1148	974	1568
68	1199	893	848	98	1151	1144	977
70	1131	1075	825	100	1239	855	1232
72	1098	1066	1042	102	1102	1278	718
74	1225	761	1193	104	1208	919	1384
76	1146	1215	682	106	1256	842	967
78	1401	1126	1470	108	1140	0	726

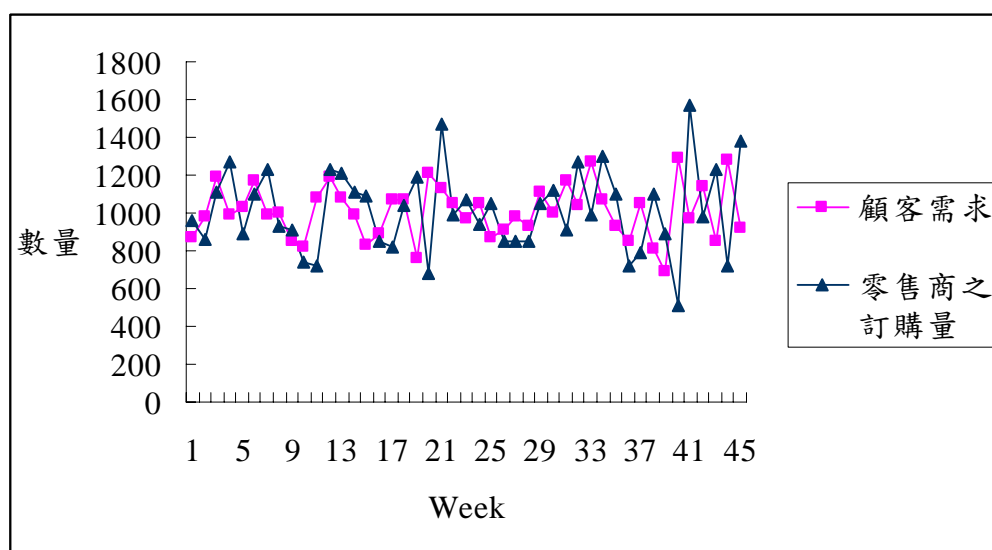


圖 4-1 顧客需求與零售商之訂購量關係

4.2.2 配銷商之需求預測

研究中配銷商階層同樣以指數平滑法（ES）進行需求預測，平滑參數 α 假設為 0.5，配銷商階層之前置時間為 2 期（即 $l_{MD}=2$ ），也就是說配銷商階層需每兩期結束即進行一次需求預測。此時，配銷商面對之實際需求為零售商之訂購量。模式構建上，配銷商之目標存貨水準

準為 S_t ，即 $S_t = \hat{Y}_t^{l_{MD}} + z \hat{\sigma}_t^{l_{MD}} = l' \hat{Y}_t^{l_{MD}} = (l_{MD} + \beta) \hat{Y}_t^{l_{MD}}$ （本研究假設配銷商之缺貨因子 β 為 0.2），藉由目標存貨水準計算每期之訂購量，進而觀察其供應鏈中的變異程度。表 4.4 為題型一中配銷商每期之訂購量變化情形，由於本研究是假設於期末進行預測，因此，第一期期末進行需求預測後所得到的結果即為未來第二期之需求量，前置時間為 2 期，因此，配銷商第二期在前置時間內所需之目標存貨水準為第一期實際需求乘上前置時間與缺貨因子之和，即第一期之顧客實際需求量為 770，前置時間為 2，缺貨因子為 0.2，計算得知第二期目標存貨水準為：770×(2+0.2)=1694。且配銷商在前置時間內所需之訂購量為上一期之實際需求加上該期目標存貨水準與上一期目標存貨水準之差，又由於配銷商所面對之資料缺乏完整性，因此，配銷商將在第二

期在前置時間內所需之訂購量視為第一期實際需求乘上前置時間，即第一期之顧客實際需求量為 770，前置時間為 2，計算得知第二期訂購量為：770×2=1540。同理，下一次之預測期數為前置時間 2 期後，即第八期。

表 4.4 缺貨因子 $\beta = 0.2$ 下，配銷商每期之訂購量

期數	目標 存貨	實際 需求	訂購量	期數	目標 存貨	實際 需求	訂購量
4	1694	2526	1540	60	2209	1875	1951
8	2108	1880	2940	64	1855	2464	1521
12	1826	2034	1598	68	2022	2007	2631
16	1888	1819	2096	72	2046	1899	2031
20	1892	2382	1823	76	1960	1698	1813
24	2347	1989	2837	80	1916	2178	1654
28	2383	2161	2025	84	2196	2182	2458
32	2218	1654	1996	88	2501	2284	2487
36	1925	1949	1361	92	2677	1824	2460
40	2314	2328	2338	96	2134	1891	1281
44	2383	1943	2397	100	2279	1396	2036
48	2125	1867	1685	104	1696	2545	813
52	1923	1950	2772	108	1940	0	2540
56	1751	2351	1778				

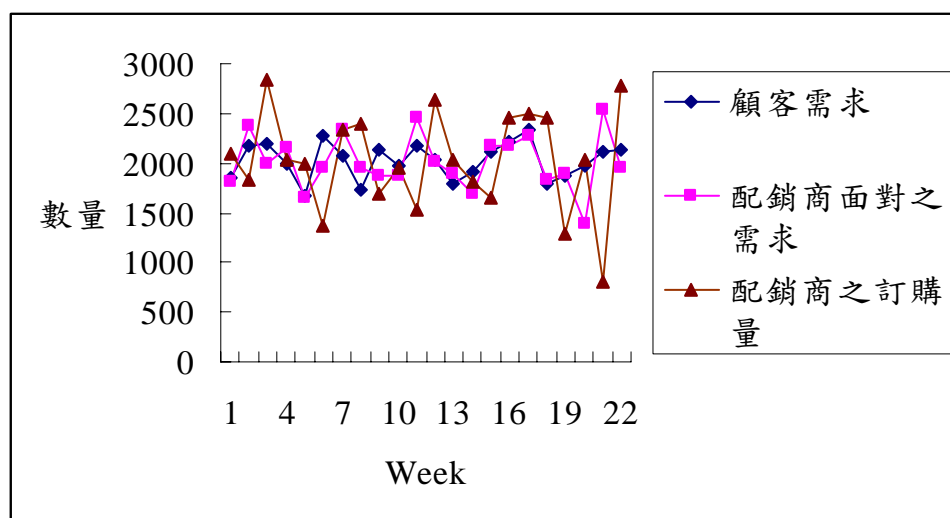


圖 4-2 零售商之需求與配銷商之訂購量關係

4.2.3 製造商之需求預測

研究中製造商階層同樣也以指數平滑法（ES）進行需求預測，平滑參數 α 假設為 0.5，製造商階層之前置時間為 2 期（即 $l_{SM}=2$ ），也就是說製造商階層需每兩期結束即進行一次需求預測。此時，製造商面對之實際需求為配銷商之訂購量。模式構建上，製造商之目標存貨

水準為 S_t ，即 $S_t = \hat{Q}_t^{l_{SM}} + z \sigma_t^{l_{SM}} = l' \hat{Q}_t^{l_{SM}} = (l_{SM} + \beta) \hat{Q}_t^{l_{SM}}$ （本研究假設製造商之缺貨因子 β 為 0.2），藉由目標存貨水準計算每期之訂購量，進而觀察其供應鏈中的變異程度。表 4.5 為題型一中製造商每期之訂購量變化情形，由於本研究是假設於期末進行預測，因此，第一期期末進行需求預測後所得到的結果即為未來第二期之需求量，前置時間為 2 期，因此，製造商第二期在前置時間內所需之目標存貨水準為第一期實際需求乘上前置時間與缺貨因子之和，即第一期之顧客實際需求量為 1540，前置時間為 2，缺貨因子為 0.2，計算得知第二期目標存貨水準為：1540×(2+0.2)=3388。且製造商在前置時間內所需之訂購量為上一期之實際需求加上該期目標存貨水準與上一期目標存貨水準之差，又由於製造商所面對之資料缺乏完整性，因此，製造商將在第二期在前置時間內所需之訂購量視為第一期實際需求乘上前置時間，即

第一期之顧客實際需求量為 1540，前置時間為 2，計算得知第二期訂購量為： $1540 \times 2 = 3088$ 。同理，下一次之預測期數為前置時間 2 期後，即第十六期。

表 4.5 缺貨因子 $\beta = 0.2$ 下，配銷商每期之訂購量

期數	目標 存貨	實際 需求	訂購量	期數	目標 存貨	實際 需求	訂購量
8	3388	4538	3080	64	5071	3844	4871
16	3452	3919	4602	72	4530	4112	3303
24	3731	4862	4198	80	4970	4947	4552
32	4094	3357	5225	88	5192	3317	5169
40	3544	4735	2807	96	4836	3585	2961
48	4409	3636	5600	104	5467	0	4216
56	4352	4152	3579				

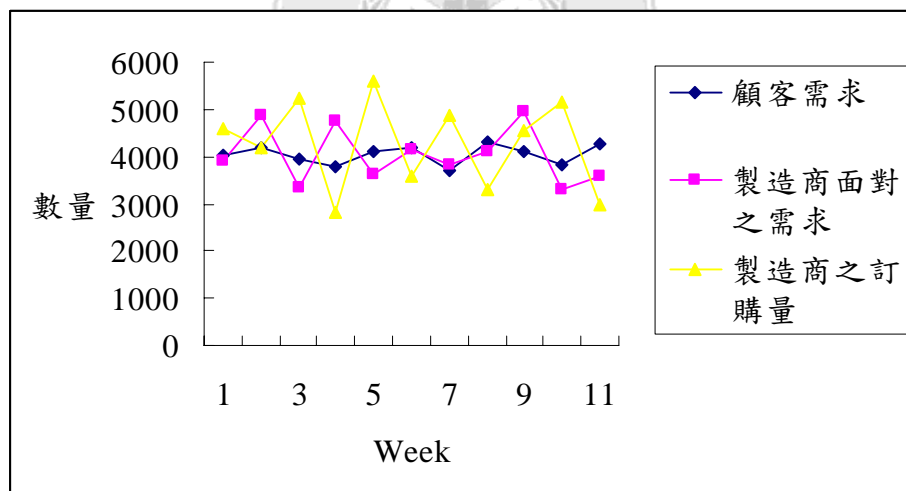


圖 4-3 配銷商之需求與製造商之訂購量關係

4.2.4 小結

在整個傳統供應鏈中，下游階層將需求資訊往鄰近上游傳遞，即零售商面對顧客之需求，配銷商面對零售商之需求，製造商面對配銷商之需求，一直到週期為第八期時，整個供應鏈系統中每個階層都會

藉由面對鄰近階層之需求而產生不同之訂購量，因此，本研究在探討各階層之長鞭效應上，其實際觀察週期都是自第八週期開始，且進一步將各階層之需求、訂購量資料整理如表 4.6 為題型一之模擬結果。

表 4.6 供應鏈中各階層所面對之需求、訂購量

期數	零售商		配銷商		製造商	
	實際需求	訂購量	實際需求	訂購量	實際需求	訂購量
1						
2	1083	770				
3						
4	1124	1380	2526	1540		
5						
6	1116	1146				
7						
8	881	1178	1880	2940	4538	3080
9						
10	1068	702				
11						
12	941	1148	2034	1598		
13						
14	1043	886				
15						
16	873	957	1819	2096	3919	4602
17						
18	979	862				
19						
20	1190	1109	2382	1823		
21						
22	987	1273				

表 4.7 供應鏈中各階層所面對之需求、訂購量（續表 4.6）

期數	零售商		配銷商		製造商	
	實際需求	訂購量	實際需求	訂購量	實際需求	訂購量
23						
24	1030	890	1989	2837	4862	4198
25						
26	1168	1099				
27						
28	989	1229	2161	2025		
29						
30	1000	932				
31						
32	852	912	1654	1996	3357	5225
33						
34	824	742				
35						
36	1077	721	1949	1361		
37						
38	1193	1228				
39						
40	1077	1215	2328	2338	4735	2807
41						
42	988	1113				
43						
44	830	1095	1943	2397		
45						
46	893	848				
47						

表 4.8 供應鏈中各階層所面對之需求、訂購量（續表 4.7）

期數	零售商		配銷商		製造商	
	實際需求	訂購量	實際需求	訂購量	實際需求	訂購量
48	1075	825	1867	1685	3636	5600
49						
50	1066	1042				
51						
52	761	1193	1875	1951		
53						
54	1215	682				
55						
56	1126	1470	2464	1521	4152	3579
57						
58	1048	994				
59						
60	972	1066	2007	2631		
61						
62	1052	941				
63						
64	875	1048	1899	2031	3844	4871
65						
66	907	851				
67						
68	976	847	1698	1813		
69						
70	930	851				
71						
72	1114	1053	2178	1654	4112	3303
73						

表 4.9 供應鏈中各階層所面對之需求、訂購量（續表 4.8）

期數	零售商		配銷商		製造商	
	實際需求	訂購量	實際需求	訂購量	實際需求	訂購量
74	997	1125				
75						
76	1167	907	2182	2458		
77						
78	1039	1275				
79						
80	1274	988	2284	2487	4947	4552
81						
82	1068	1296				
83						
84	930	1101	1824	2460		
85						
86	854	723				
87						
88	1052	790	1891	1281	3317	5169
89						
90	811	1101				
91						
92	691	890	1396	2036		
93						
94	1291	506				
95						
96	974	1568	2545	813	3585	2961
97						

表 4.10 供應鏈中各階層所面對之需求、訂購量（續表 4.9）

期數	零售商		配銷商		製造商	
	實際需求	訂購量	實際需求	訂購量	實際需求	訂購量
98	1144	977				
99						
100	855	1232	1950	2772		
101						
102	1278	718				
103						
104	919	1384	2351	1778	0	4216
105						
106	842	967				
107						
108	0	726	0	2540		

下表 4.11 為題型一供應鏈中各階層訂購量與需求之變異程度。對零售商而言，零售商所訂購量與面對顧客實際需求之變異程度，即為

$\frac{Var(Y)}{Var(D)} = 2.427$ 。對配銷商而言，配銷商所訂購量與面對零售商需求之

變異程度，即為 $\frac{Var(Q)}{Var(Y)} = 3.437$ 。對製造商而言，製造商所訂購量與面

對配銷商需求之變異程度，即為 $\frac{Var(B)}{Var(Q)} = 2.729$ 。

表 4.11 傳統供應鏈中各階層之變異程度

	顧客需求	零售商	配銷商面對之需求	配銷商	製造商面對之需求	製造商
變異數	19971.71	48477.75	77948.14	260889.3	341154.1	931071.5
各階層之變異程度	2.427		3.437		2.729	

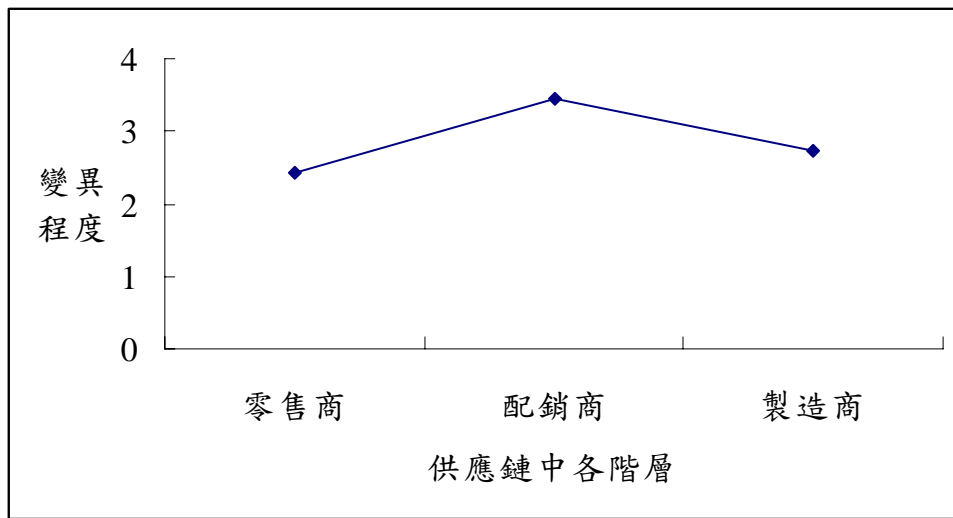


圖 4-4 傳統供應鏈中各階層之變異程度

下表 4.12 為題型一供應鏈中各階層之訂購量與最下游顧客需求之變異程度（即長鞭效應）。對零售商而言，零售商所訂購量與面對顧客實際需求之變異程度，即為 $\frac{Var(Y)}{Var(D)} = 3.930$ 。對配銷商而言，配銷商所訂購量與面對顧客實際需求之變異程度，即為 $\frac{Var(Q)}{Var(D)} = 8.215$ 。對製造商而言，製造商所訂購量與面對顧客實際需求之變異程度，即為 $\frac{Var(B)}{Var(D)} = 22.417$ 。

表 4.12 傳統供應鏈中之長鞭效應

	顧客需求	零售商	配銷商	製造商
變異數	41529.22	163203.9	341154.1	931071.5
傳統供應鏈中之長鞭效應		3.930	8.215	22.417

4.3 VMI 策略建立下，供應鏈中之長鞭效應

本研究假設於傳統供應鏈系統（零售商、配銷商、製造商、供應商）中，在零售商、配銷商間建立 VMI 策略，將資訊分享給製造商，此時，製造商可摒除傳統間接的面對訂單需求方式，而是直接面對到下游顧客之需求反應。其中，零售商、配銷商也不用再對顧客需求做預測，而是直接由製造商對需求做預測，相同的，製造商在需求預測上也是採用指數平滑法（ES）來進行下一期之需求預測。

當傳統供應鏈中加入 VMI 策略後，前置時間會隨著改變，如圖 4-5 所示，在傳統供應鏈中，零售商自下訂單至補貨到達的前置時間為 $l_{DR} = 2$ ，配銷商自下訂單至補貨到達的前置時間為 $l_{MD} = 2$ ，製造商自下訂單至補貨到達的前置時間為 $l_{SM} = 2$ ，但當供應鏈中加入 VMI 策略後，其前置時間則為 l_{VMI} ，也就是配銷商將顧客需求訊息分享給製造商後，製造商經預測且補貨至零售商的時間。

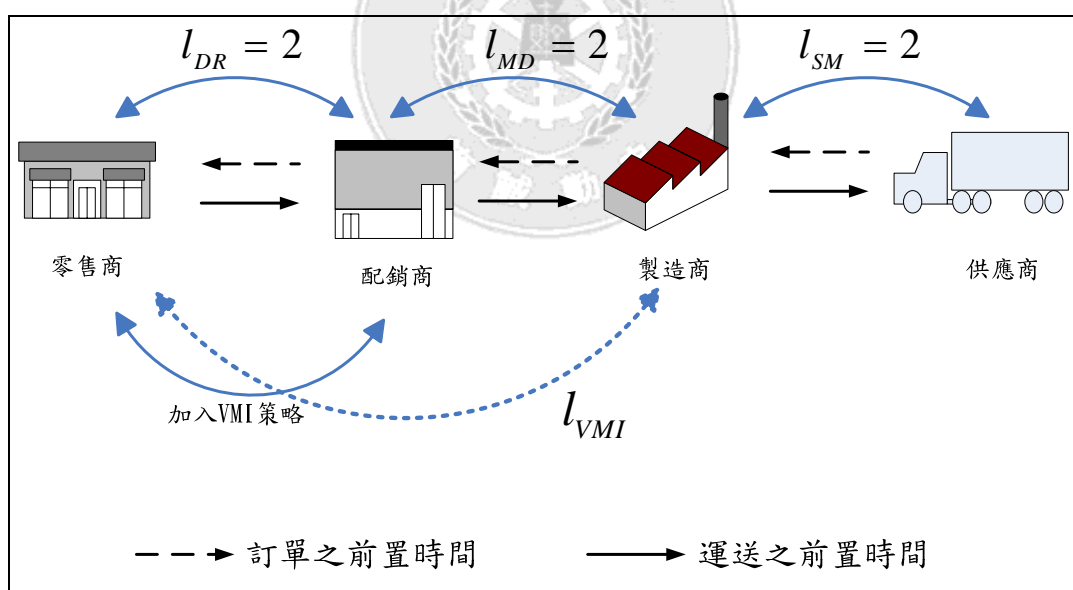


圖 4-5 加入 VMI 策略後，前置時間之變動

VMI 策略建立後，供應鏈中製造商預測下游零售商的目標存貨水準為 S_t ，即 $S_t = \hat{D}_t^{l_{VMI}} + z \hat{\sigma}_t^{l_{VMI}} = l' \hat{D}_t^{l_{VMI}} = (l_{VMI} + \beta) \hat{D}_t^{l_{VMI}}$ 。另外，本研究在供

應鏈中加入 VMI 策略後之需求預測仍假設於第 t 期末結束時進行需求預測，所以第 t 期之顧客需求資料也將列入歷史之觀察資料。

表 4.13 為供應鏈中 VMI 策略的建立，上游之製造商階層直接面對下游之顧客實際需求，透過前置時間變動（此時，缺貨因子會隨著前置時間越長而越大），分析製造商階層的訂購量與面對需求的變異程度。結果得知 VMI 策略建立下，當 $l_{VMI} = 3$ 增加至 $l_{VMI} = 4$ 時，供應鏈中之長鞭效應會先將低，其後，則隨著前置時間的增加，會使供應鏈中之長鞭效應呈現加劇的情形，如圖 4-9 所示，呈現一凹向上之曲線。

表 4.13 前置時間變動下，長鞭效應之變化情形

	顧客需求	製造商之訂購量	變異程度
$l_{VMI} = 3$ 、 $\beta = 0.3$	22495.11	86509.54	3.846
$l_{VMI} = 4$、$\beta = 0.4$	35385.08	109416.20	3.092
$l_{VMI} = 5$ 、 $\beta = 0.5$	33296.76	131811.90	3.959
$l_{VMI} = 6$ 、 $\beta = 0.6$	38179.60	168380.00	4.410

表 4.14 前置時間 $l_{VMI} = 4$ 下，製造商每期之訂購量

期數	目標 存貨	實際 需求	訂購量	期數	目標 存貨	實際 需求	訂購量
2	3234	2207	1540	38	4141	2270	2068
6	3881	1997	2546	42	4183	1818	2292
10	3604	2009	1852	46	4418	1968	1941
14	3746	1916	2083	50	4242	1827	1876
18	3721	2169	1903	54	4158	2341	1783
22	4292	2017	2468	58	4250	2020	2389
26	4494	2157	2123	62	4469	1927	2135
30	4360	1852	2087	66	4528	1883	1958
34	3822	1901	1570	70	4015	2044	1614

表 4.15 前置時間 $l_{VMI} = 4$ 下，製造商每期之訂購量 (續表 4.14)

期數	目標 存貨	實際 需求	訂購量	期數	目標 存貨	實際 需求	訂購量
74	4276	2164	2181	94	3234	2265	1181
78	4620	2313	2344	98	3814	1999	2569
82	4578	1998	2291	102	3746	2197	1963
86	3788	1906	1584	106	4368	0	2523
90	3847	1502	1937				

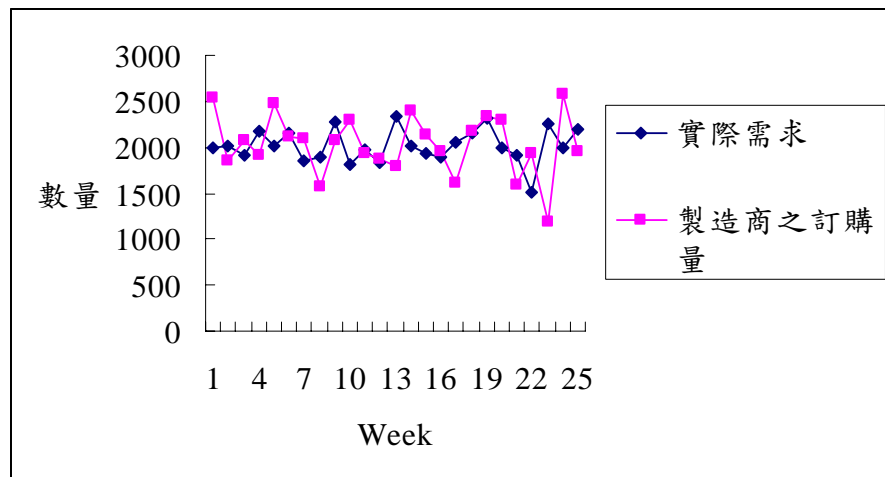


圖 4-6 前置時間為 $l_{VMI} = 4$ 下，實際需求與訂購量之情形

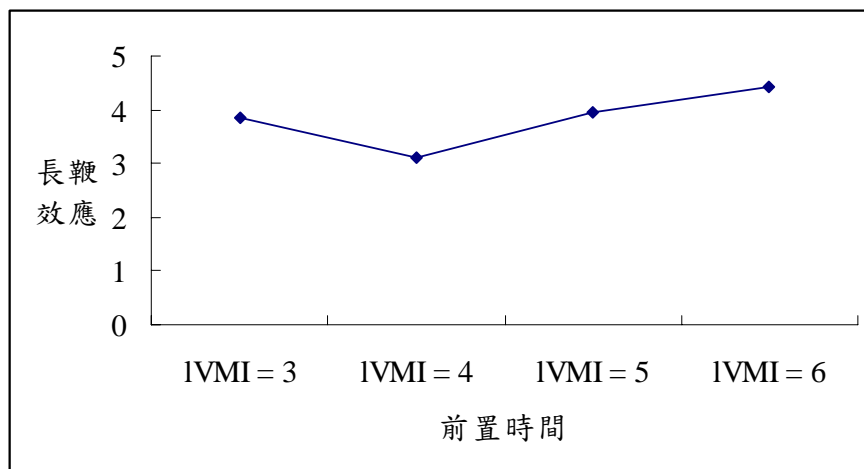


圖 4-7 前置時間變動下，長鞭效應之變動

4.4 傳統供應鏈之成本

傳統供應鏈的成本模型中，包含採購成本、存貨成本及缺貨成本。且在成本模型中，大部分都會假設前置時間為固定的參數，而前置時間內的成本包含每次訂購時發生的固定成本。

本研究在供應鏈的成本將藉由陳家芳 (民 92) 的成本模式延伸，係假設前置時間的訂單準備、傳送及商品上架的時間為固定的，且這部分的前置時間下所發生的訂購成本為一固定訂購成本 A (A 為一常數)；但中間的供給作業時間與配送時間為可變動的參數，因此，會影響訂購時每單位的採購成本。供應鏈中各階層成本模型如以下各小節所述：

4.4.1 採購成本

供應鏈中，各階層的採購成本可分為單位成本及訂購成本。如上所述，訂購成本中又包含固定成本 (常數)，且本研究在零售商、配銷商的成本假設係利用陳家芳 (民 92) 三階供應鏈之成本假設，即 $A^R = 5000$ 、 $A^D = 20000$ ，製造商的固定成本 A^M 為 80000，而在單位成本則同樣假設會受到前置時間長短與訂購量大小的影響。

供應鏈中前置時間所反應出來的單位成本，即 $upCost_L$ ，且當下游的訂購量較大時，上游會給予較大數量時的數量折扣 (quality discounts)。本研究在單位成本上也將利用陳家芳 (民 92) 三階供應鏈之成本假設，即 $upCost_L = 50$ (由於本研究假設在傳統供應鏈各階層中的前置時間均相同，因此，所反應出來的成本也會相同)。而配銷商可提供的訂購量為 300~2500、平均訂購量為 1500、最小訂購量時的最大單位成本，即 $upCost_Q^R$ 為 150、最大訂購量時的最小單位成本，即 $lowCost_Q^R$ 為 35；製造商可提供的訂購量為 1000~12000、平均訂購量為 6000、最小訂購量時的最大單位成本，即 $upCost_Q^D$ 為 160、最大訂購量時的最小單位成本，即 $lowCost_Q^D$ 為 25；供應商可提供的訂購量為 2000~29000、平均訂購量為 14000、最小訂購量時的最大單位成本，即 $upCost_Q^M$ 為 170、最大訂購量時的最小單位成本，即

$lowCost_Q^M$ 為 15。將這些參數代入前 4.5 章節的模式中，則得到下列各式：

- 前置時間的單位成本為：（假設各階層最短的生產作業時間與配送時間為一週）

$$f_L(l) = \min\left\{\frac{165}{2}e^{-\frac{l}{2}}, 50\right\} \quad (4-1)$$

- 零售商的數量單位成本為：

$$f_Q^R(q) = \min\left\{\max\left\{\frac{274815}{1500}e^{-\frac{q}{1500}}, 35\right\}, 150\right\} \quad (4-2)$$

- 配銷商的數量單位成本為：

$$f_Q^D(q) = \min\left\{\max\left\{\frac{1141678}{6000}e^{-\frac{q}{6000}}, 25\right\}, 160\right\} \quad (4-3)$$

- 製造商的數量單位成本為：

$$f_Q^M(q) = \min\left\{\max\left\{\frac{2745098}{14000}e^{-\frac{q}{14000}}, 15\right\}, 170\right\} \quad (4-4)$$

本研究在傳統供應鏈的成本，透過程式撰寫方式，當前置時間為 2 時，模擬結果求得供應鏈中各階層的平均成本如表 4.19 所示。

4.4.2 存貨成本與缺貨成本

本研究透過模擬的方式產生一為常態分配的顧客需求，進而觀察供應鏈中各階層每一週期的需求與存貨變化，且假設存貨成本係數為 20，缺貨成本係數為 50，而各階層的存貨成本、缺貨成本模擬結果如表 4.16 所示。

表 4.16 傳統供應鏈之平均總成本

	平均採購成本	平均存貨、 缺貨成本	各階層之總 成本
零售商	127529	14437	141966
配銷商	347302	28701	376003
製造商	814588	62391	876979
供應鏈之平均總成本	1289419	105529	1394948

4.5 VMI 策略建立後，供應鏈中之成本模型

傳統供應鏈中 VMI 策略建立後，零售商、配銷商不再對需求做預測，而是直接由製造商對需求進行預測，然後再決定補貨數量。如此一來，零售商、配銷商將不會有採購成本產生，零售商的成本有的只是當物品經過櫃台的掃描區時才會短暫擁有，配銷商的成本有的只是存貨成本及缺貨成本，而製造商則是擁有採購成本、存貨成本及缺貨成本。

本研究將加入 VMI 後，製造商的固定成本 A^{VMI} 假設為 40000，前置時間所反應出來的單位成本，即 $upCost_L$ 為 35，且供應商可提供的訂購量為 1500~21000、平均訂購量為 8500，最小訂購量時的最大單位成本，即 $upCost_Q^{VMI}$ 為 165、最大訂購量時的最小單位成本，即 $lowCost_Q^{VMI}$ 為 20，存貨成本係數為 20，缺貨成本係數為 50，透過模式運算得到之結果與傳統供應鏈成本的比較如表 4.17 所示。

- 前置時間的單位成本為：（假設各階層最短的生產作業時間與配送時間為一週）

$$f_L(l) = \min\left\{\frac{214}{5}e^{-\frac{l}{5}}, 35\right\} \quad (4-5)$$

- 製造商的數量單位成本為：

$$f_Q^{VMI}(q) = \min\{\max\{\frac{1673627}{8500}e^{-\frac{q}{8500}}, 20\}, 165\} \quad (4-6)$$

表 4.17 傳統供應鏈與本模式之製造商平均成本

	平均採購 成本	平均存貨、 缺貨成本	各階層之總 成本
傳統供應鏈中 之製造商	814588	62391	876979
VMI 策略建立 後之製造商	384184	26042	410226

4.6 結果與分析

本研究之研究目的是在於透過供應代管存貨（VMI）策略，模擬及分析是否能助益供應鏈中長鞭效應的降低及傳統供應鏈成本與本模式供應鏈成本間之關係。

4.6.1 傳統供應鏈與 VMI 策略供應鏈之關係

傳統供應鏈與 VMI 策略建立後之變異程度如表 4.18，由於 VMI 策略建立後之供應鏈中零售商、配銷商不用對需求作預測，也不會有決定訂購量大小的問題產生，所以零售商、配銷商的變異程度都為 1，製造商的變異程度會隨著前置時間之增減而有所變動，因此，本研究將 VMI 策略建立後，將不同的前置時間下所產生的長鞭效應與傳統供應鏈做一比較，如表 4.18 所示為題型一傳統供應鏈與 VMI 策略建立下供應鏈中之長鞭效應比較結果，其得知 VMI 策略建立後之供應鏈中，長鞭效應會明顯的降低許多，因此，研究證明 VMI 策略建立後之供應鏈可以有效地抑制長鞭效應的發生。

表 4.18 傳統供應鏈與 VMI 策略建立後之長鞭效應

	零售商之 變異程度	配銷商之 變異程度	製造商之 變異程度
傳統供應鏈	3.930	8.215	22.417
VMI 策略建立後之 供應鏈 ($l_{VMI} = 3$)	—	—	3.845704
VMI 策略建立後之 供應鏈 ($l_{VMI} = 4$)	—	—	3.092155
VMI 策略建立後之 供應鏈 ($l_{VMI} = 5$)	—	—	3.958701
VMI 策略建立後之 供應鏈 ($l_{VMI} = 6$)	—	—	4.410209

又進一步探討供應鏈加入 VMI 策略之系統下，前置時間對長鞭效應之影響，根據上述之結果進行二次函數式之關係如下：

$$BE(l_{VMI}) = 15.834 - 6.4275 l_{VMI} + 0.8105 l_{VMI}^2,$$

進行微分則得： $\frac{dBE(l_{VMI})}{d l_{VMI}} = -6.4275 + 1.621 l_{VMI}$ ，因此，當前置時

間大於 3.965 時，長鞭效應與前置時間則呈現遞增之情形。

表 4.19 本研究模擬之長鞭效應結果比較

	傳統供應鏈			VMI 策略建立下之 供應鏈 ($l_{VMI} = 4$)	降低 幅度
	顧客需求變異	製造商之訂購量變異	長鞭效應	長鞭效應	
題型一 陳家芳 (民 92) 顧客需求資料	41529.22	931071.45	22.42	3.092	13.79%
題型二	117504.05	1676714.89	14.27	3.247	22.76%
題型三	82517.69	1678300.96	20.34	4.692	23.07%
題型四	59744.09	1572042.07	26.31	4.021	15.28%
題型五	26851.29	702164.76	26.15	3.631	13.88%
題型六	15975.80	689192.96	43.14	5.489	12.72%
題型九	54321.89	940231.07	17.31	4.147	23.96%
題型十	100159.80	3206766.62	32.02	5.849	18.27%

4.6.2 傳統供應鏈成本與 VMI 策略供應鏈成本之關係

供應鏈中建立 VMI 策略，如 4.5 節中所敘述，零售商、配銷商將不會再產生採購成本，零售商成本有的只是當物品經過櫃台的掃描區時才會短暫擁有，配銷商成本有的只是架上之存貨成本及缺貨成本。又由於本研究是為模擬之方式，因此，在建立 VMI 策略後，零售商、配銷商的成本則無法估計，只能針對製造商成本進一步做比較。由 4.4 節及 4.5 節中之結果得知，當供應鏈加入 VMI 策略後，製造商的平均採購成本、存貨成本、缺貨成本都會減少，但在供應鏈的平均總成本上，無法正確的估計出供應鏈是否會因為 VMI 策略的加入而使整體成本降低。

表 4.20 本研究模擬之製造商成本結果比較

	傳統供應鏈			VMI 策略建立下之供應鏈			總成本之減少幅度
	採購成本	存貨、缺貨成本	總成本	採購成本	存貨、缺貨成本	總成本	
題型一 陳家芳(民 92) 顧客需求資料	814588	62391	876979	384184	26042	410226	46.78%
題型二	678411	59635	738045	349489	25252	374741	50.77%
題型三	783935	60773	844708	388206	28324	416530	49.31%
題型四	705479	52773	758252	349372	24004	373376	49.24%
題型五	595821	38818	634639	290705	18804	309509	48.77%
題型六	655026	43780	698806	324504	21153	345657	49.46%
題型九	782177	56425	838602	367982	25522	393505	46.92%
題型十	853996	81286	935283	433390	33305	466695	49.90%

4.6.3 生產作業、配送時間與 VMI 策略之供應鏈成本關係

供應鏈中 VMI 策略建立下，製造商成本會受生產作業、配送時間之影響，如表 4.21 為題型一之模擬結果，假設製造商階層之前置時間為 4，最短生產作業、配送時間不同的情況下，製造商之平均總成本會隨著生產作業、配送時間的增加而增加，其中，L 表示為製造商之生產作業、配送時間。

表 4.21 製造商成本之變動

	平均採購成本	平均存貨、缺貨成本	平均總成本
L=1	384184	26042	410226
L=2	394332	26042	420374
L=3	406509	26042	432551

第五章 結論與建議

本研究主要是透過 VMI 策略的建立，與傳統供應鏈中長鞭效應 (BE) 比較，觀察 VMI 策略建立下的供應鏈系統，是否能有效地抑制長鞭效應加劇的情形。本章是針對研究之結果發現做一整理、敘述及對未來研究之方向提出建議。

5.1 結論

1. 本研究所構建之供應鏈為多階層供應鏈系統，即零售商、配銷商、製造商、供應商，藉由陳家芳 (民 92) 模擬產生一常態分配之顧客需求資料，經本研究構建之模式計算結果發現，由於 VMI 策略的建立，零售商、配銷商不用再對需求做預測，因此，可以完全摒除零售商、配銷商的長鞭效應。另外，透過 VMI 策略的建立，在製造商階層則可以有效地抑制製造商階層的長鞭效應加劇情形。
2. 另外，本研究在 VMI 策略下所建立的供應鏈模式中，比較前置時間變動與長鞭效應變化的關係，就以題型一之結果顯示來看，前置時間為 4 時，其長鞭效應較小，之後隨著前置時間的增加，其長鞭效應則呈現加劇的情形；但並未因前置時間的縮短而減少，因此，前置時間與長鞭效應之關係即呈現一凹向下的圖形。而根據不同前置時間所產生的長鞭效應，本研究更進一步求得二次函數的關係式，微分得知，當前置時間大於 3.965 時，其長鞭效應會呈現嚴格地增的情形。
3. 在供應鏈之成本方面，本研究僅能針對製造商階層進行探討，由於 VMI 策略的建立，製造商可以直接面對顧客之實際需求資料，因此，訂購量也會較傳統供應鏈準確。如此一來，平均採購成本、存貨成本及缺貨成本也較傳統供應鏈的成本低。但供應鏈總成本則必須視零售商於物品通過櫃台的掃描區時的成本、配銷商於架上的存貨、缺貨成本而定，所以無法觀察供應鏈總成本的變化。

4. 最後，本研究進一步針對 VMI 策略的建立，探討生產作業、配送時間對採購成本關係，結果發現，生產作業、配送時間會與採購成本成正比之關係。

5.2 未來研究之建議

1. 本研究係利用陳家芳 (民 92) 模擬方式產生之需求資料進行需求預測，較不具說服力，因此，進一步以實際之需求資料來驗證產業是否適合 VMI 策略的建立及各階層成本的變化情形將是值得未來研究之方向。
2. 本研究之需求預測是以指數平滑法來進行預測，然而實際上需求預測方法甚多，例如移動平均法或 Holt's 指數平滑法等。因此，後續之研究可嘗試以不同的預測方法來進行需求預測，觀察哪一種預測方法下之長鞭效應會較小。
3. 在供應鏈成本方面，由於 VMI 策略的建立，在零售商階層無法計算出貨物通過櫃台掃描區時的成本，配銷商階層也無法計算出存貨、缺貨成本，因此，本研究僅能以假設之參數進行計算，進而比較製造商階層的成本。後續之研究可以進一步瞭解實務上已實施 VMI 策略之產業，評估對整體供應鏈之成本影響。

參考文獻

一、中文文獻

- [1] 王富恩，民 92 年，長鞭效應在不同需求型態下關鍵影響因素之探討，國防管理學院後勤管理研究所碩士論文。
- [2] 林宏澤，民 92 年 2 月，「構築高效能供應鏈的祕訣電子化 VMI 的導入策略」，惠第一專刊，第一期，p52-55。
- [3] 林茂文，民 81 年，時間數列分析與預測。
- [4] 林聰明、吳水丕，民 70 年，指數平滑之選擇與應用。
- [5] 黎漢林、許景華、張李志平、李明純，民 89 年，供應鏈管理與決策-最佳化方法之運用，第一版，儒林圖書公司。
- [6] 陳順宇、鄭碧娥，民 90 年，統計學，第三版，華泰書局。
- [7] 顏憶茹、張淳智，民 90 年，物流管理。
- [8] 陳銘崑、吳忠敏、傅新彬，民 91 年，供應鏈管理。
- [9] 陳銘崑、鄭聰穎，民 91 年 7 月，供應鏈生產及存貨政策之長鞭效應分析，產業論壇，p49-80。
- [10] 黃金印，民 89 年，規劃供應鏈管理中理想的倉儲運轉系統，經濟情勢暨評論，第六卷第一期，p84-96。
- [11] 翟志剛，民 87 年，「商業快速回應輔導案例－供應商代管存貨」，經濟部商業司。
- [12] 經濟部網路商業應用資源中心
<http://www.ec.org.tw/service/aboutus.asp>
- [13] 經濟部商業司，民 87 年，商業快速回應 (QR/ECR) 技術手冊。
- [14] 黃惠民、謝志光、楊伯中，民 93 年，物料管理與供應鏈導論，第二版，滄海書局。
- [15] 陳家芳，民 92 年，前置時間變動下供應鏈系統成本與長鞭效應之關係，國立成功大學工業管理研究所碩士論文。
- [16] 邱創鈞、姚銘忠、蔡禎騰，民 91 年，藉由共同補貨週期以協調供應鏈存貨之研究，Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers, Vol.19, No.4, p57-63.
- [17] 周氏玉、游世卿，民 91 年，供應鏈模糊存貨控制模式之研究，第

供應商代管存貨（VMI）策略下，供應鏈中長鞭效應與存貨成本之研究

七屆人工智慧與應用研討會（TAAI2002）論文集。

- [18] 翁瑞聰，訂單控制系統之建構-降低長鞭效應，The DHL Thesis Award in Supply Chain Management。



二、英文文獻

- [1] Achabal, D.D., Micntyre, S.H., Smith, S.A., & Kalyanam, K., , 2000, A decision support system for vendor managed inventory, *Journal of retailing*, 76(4), pp. 430-454.
- [2] Chen, F., Ryan, J. K., and Simchi-Levi, D., 2000a, "The impact of exponential smoothing forecasts on the bullwhip effect," *Naval Research Logistics*, Vol. 47, No. 4, pp. 269-286.
- [3] Chen, F., Drezner, Z., Ryan, J. K., and Simchi-Levi D., 2000b, "Quantifying the bullwhip effect in a simple supply chain: The impact of forecasting, lead time, and information," *Management Science*, Vol. 46, No. 3, pp. 436-443.
- [4] Cottrill, K., 1997, The supply chain of the future, *Distribution*, Vol. 96, Iss.11, pp. 52-54.
- [5] Crawford,F., 1994, Efficient Consumer Responses, *Food Processing*, 55, 2, pp. 33-42.
- [6] David Simchi-Levi, 2000, Philip Kaminsky, and Edith Simchi-Levi, *Designing and Management the Supply Chain*, 2e, Boston: Irwin, McGraw-Hill.
- [7] Ellram, L.M., 1991, Supply Chain Management: the Industrial Organisation Perspective, *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, Vol. 21, p13-22.
- [8] Forrester, J.W., 1961, *Industrial Dynamics*, MIT Press, Cambridge, MA, p21-42.
- [9] Jonas Andersson et al., 2000, Decentralized inventory control in a two-level distribution system, *European Journal of Operational Research*, Vol. 127, p483-506.
- [10] Johansen et al., 2000, The (r,Q) control of a periodic-review inventory system with continuous demand and lost sales, *Int. J. Production Economics*, Vol. 68, p279-286.
- [11] Joes' A.D. Machuca, Rafael P. Barajas, 2004, The impact of electronic data interchange on reducing bullwhip effect and

- supply chain inventory costs, *Transportation Research Part E* 40, p209-228.
- [12] Kopczak, L.R, 1997, Logistics Partnership and Supply Chain Restructuring: Survey Results from the US Computer Industry, *Production and Operations Management*, Vol. 6, p226-247.
- [13] Kahn, J. A., 1987, Inventory and the Volatility of Production, *American Economic Review*, 77(4), p667-679.
- [14] Lee, H. L., Padmanabhan, V., and Whang, S., 1997a, "The bullwhip effect in a supply chain," *Sloan Management Rev.*, Vol. 38, Iss. 3, p93-102.
- [15] Lee, H. L., Padmanabhan, V., and Whang, S., 1997b, "The bullwhip effect in a supply chain," *Sloan Management Rev.*, Vol. 38, Iss. 3, pp.93-102.
- [16] Lee, H. L., So, K.C., and Tang, C. S., 2000, "The value of information sharing in a two-level supply chain," *Management Science*, Vol. 46, No. 5, pp. 626-664.
- [17] Matthew A. W., M. Eric, J., and Davis, T., 1999, Vendor-Managed Inventory in the Retail Supply Chain, *Journal of Business Logistics*, Vol. 20, p183-195.
- [18] Naish, H. F., 1994, Production Smoothing in the Linear Quadratic Inventory Model, *Quarterly Journal of Economics*, 104(425), p864-875.
- [19] Peter Kelle, Alistair Milne, 1999, The effect of (s, S) ordering policy on the supply chain, *Int. J. Production Economics* 59, p113-122.
- [20] Richard Metters, 1997, Quantifying the bullwhip effect in supply chains, *Journal of Operations Management* 15, p89-100.
- [21] Stevens, G., 1989, Integrating the supply chain, *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management* 19(8), p3-8.
- [22] Sterman, J. D., March 1989, "Modeling Managerial Behavior:

Misperceptions of Feedback in a Dynamic Decision Making Experience”, *Management Science*, Vol. 35, pp. 321-339.

- [23] Tan, K.C., Kannan, V.R., and Handfield R.B., 1998, Supply Chain Management: Supplier Performance and Firm Performance, *International Journal of Purchasing and Material Management*, Vol. 34, p2-9.
- [24] Towill, D.R., McCullen, P., 1999, The impact of an agile manufacturing programme on supply chain dynamics, *International Journal Logistics Management* 10(1), p83-96.
- [25] Xu, K., Dong, Y., and Evers, P.T., 2001, “Towards better coordination of the supply chain,” *Transportation Research Part E*, Vol. 37, No.1, pp. 35-54.
- [26] Xiaolong Zhang, 2004, The impact of forecasting methods on the bullwhip effect, *Int. J. Production Economics* 88, p15-27.

