

逢甲大學
交通工程與管理學系碩士班
碩士論文



賣方託管存貨策略於供應鏈
長鞭效應之影響

The Impact of Vendor Managed Inventory (VMI)
Strategy on the Bullwhip Effect in Supply Chains

指導教授：林大傑

研究生：洪韻珏

中華民國九十五年七月

誌謝

求學生涯中，影響我最深的莫過於是我的指導教授 林大傑博士，感謝老師引領我進入研究之領域，無論是學術研究或是人生的道路上，均有很多地方需要跟老師學習，此外亦感謝我的論文輔導老師 溫傑華博士從旁細心指教，適時的給予寶貴的意見，口試期間感謝 陳世晃博士及嘉義大學運輸與物流工程研究所 林振榮博士在論文中不吝給予指正與建議，使論文更臻完美，在此向各位老師致上深深的謝意。

在研究所修業期間，感謝系上所有老師的諄諄教誨，各位老師授課的用心，兩年的研究所生涯學習到許多寶貴的知識。同時我要感謝我的同窗好友耿禎、老賴、阿維、庭銀、超哥、智淮、芋頤、鵬升、怡霖、馬祖、阿舜、憲哥、尚輯、勳哥、姿雁、欣翰、阿彰、米奇、阿展、妍菁、阿裘、小雅，很高興能夠在這研究所的生涯認識你們，在學期間大家一起學習、一起歡樂，遇到困難彼此鼓舞打氣，一起努力，因為有你們，讓這段時間變的更美好；感謝同Lab的學長姐、智建及靜怡，在計畫案期間共同奮鬥以及論文口試時給予協助等；感謝伙食團的各位同修，鈺惠、美珍、于甄、佩勳、小玥、毓雯及眾多學長姐、學弟妹們，在研究所的修習期間外，你們給我精神上最好的食糧，遇到挫折迷失時，給我最好的方向；感謝海楓會的前倉、殘箭、亂ri、心情及戰神等，在我煩悶的時候陪我聊天，幫我打氣；最後感謝芳炫，謝謝你這些日子的陪伴，體諒我生活中的忙碌。謝謝你們總是適時的給我許多好建議，讓我在論文及生活上能過得更加順利。

最後感謝我的家人，謝謝你們給予我精神上及經濟上最大的支持與鼓勵，讓我能專心的進行研究完成論文。最後謹將這本論文及最深的祝福，獻給關愛我的親人、好友以及所有幫助過我的人，謝謝您們。

洪韻珏 謹誌于逢甲
中華民國九十五年七月

摘要

傳統供應鏈系統中，各階層間之資訊產生變動時，容易造成資訊扭曲，愈上層獲得的資訊變異愈大。顧客端之需求產生微小變異時，經過供應鏈階層之傳遞後，將使得製造商面臨極大的需求變異，此現象稱為長鞭效應(Bullwhip Effect, BE)。長鞭效應產生的主要問題為導致存貨成本增加、顧客服務水準降低，因此供應鏈階層各個成員藉由大量存貨解決此問題並避免需求之不確定性，但大量的存貨易造成嚴重的存貨成本及伴隨而來的附加成本。因此近年來各行各業提倡策略聯盟，以兩家或兩家以上的企業相互合作，並分擔其風險。本研究將針對「策略性夥伴關係的建立」中之賣方託管存貨策略(Vendor Managed Inventory, VMI)探討是否可降低長鞭效應及成本。

本研究以國內自行車成車銷售至北美自由貿易區(North American Free Trade Agreement, NAFTA)之歷史資料，利用自我迴歸整合移動平均方法(Autoregressive Integrated Moving Average, ARIMA)，以1998年1月~2004年12月共84筆每月自行車出口總數量為實驗數據，將模擬結果與2005年1月~2005年12月驗證模式之可行性。並利用此模式產生之需求量計算傳統供應鏈及供應鏈導入策略聯盟中之賣方託管存貨策略(Vendor Managed Inventory, VMI)兩者之訂購量及實際需求的變異程度，比較VMI及傳統之供應鏈系統之長鞭效應及成本變化情況。研究結果顯示，VMI之訂購量及實際需求的變異程度較傳統供應鏈之變異程度小，表示其長鞭效應較低；並可知VMI所需之訂購成本、存貨成本及缺貨成本均較傳統供應鏈低。

關鍵字：供應鏈、長鞭效應、賣方託管存貨策略、自我迴歸整合移動平均模式

Abstract

The information between the levels of the tradition supply chain changed, it made a big variation. When the customer's demands made variations and transported from lower to upper of supply chain, the information changed very much and the manufacturers would make face the great demand, this phenomenon will be called Bullwhip Effect. Bullwhip effect increased the stock cost and made customer's service level reduce. However, under the influence of bullwhip effect, each member made a large number of stocks to solve the problem about the demand uncertainly between supply chain. But a large number of stocks would cause serious stock cost and following additional cost. In recent years, the enterprises cooperated with other enterprises in order to solve this problem and shared its risk. This research intended to focus on Vender Managed Inventory (VMI), one important issue of strategic partnership relation.

The study utilized the data of bicycles exporting to the North American Free Trade Agreement. Using the experimental data from January of 1998 to December of 2004 to establish the forecast model, and made the data from January of 2005 to December of 2005 to verify the feasibility about the model by ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average). Then, we utilized this model producing the quantities of customers' demand, and to compare the bullwhip effect and cost on VMI and traditional supply chain system.

Key Word : Supply Chain, Bullwhip Effect, Vendor Managed Inventory, ARIMA

目錄

第一章 緒論	1
1.1 研究背景與動機	1
1.2 研究目的	2
1.3 研究假設	3
1.4 研究架構	3
1.5 研究流程	4
第二章 文獻回顧	6
2.1 長鞭效應相關文獻	6
2.2 賣方託管存貨策略相關文獻	15
2.2.1 策略聯盟	15
2.2.2 賣方託管存貨策略	16
2.3 時間序列之相關文獻	21
2.3.1 預測方法	21
2.3.1 自我迴歸整合移動平均模式(Autoregression Integrated Moving Average)	25
第三章 供應鏈模型架構之建立	31
3.1 研究模式架構	32
3.2 預測模式建構	33
3.2.1 ARIMA 建構步驟	33
3.2.1 預測效益評估模式及準則	37
3.3 長鞭效應模式建立	39
3.3.1 傳統供應鏈模式	39
3.3.2 供應鏈系統中 VMI 策略模式	42
3.4 成本模式建構	44
3.4.1 傳統供應鏈系統成本模式	45
3.4.2 供應鏈系統中加入 VMI 策略之成本模式	48
第四章 資料分析與結果	50

4.1 資料來源	50
4.2 需求預測	52
4.2.1 建構需求預測模型	52
4.2.3 自行車需求變化情形	59
4.3 傳統供應鏈之長鞭效應	61
4.3.1 零售商之存貨政策	62
4.3.2 配銷商之存貨政策	65
4.4.3 製造商之存貨政策	68
4.4 VMI 下，供應鏈中之長鞭效應	70
4.5 傳統供應鏈之成本	72
4.5.1 訂購成本	72
4.5.2 存貨成本與缺貨成本	77
4.6 VMI 下，供應鏈中之成本	81
4.7 傳統供應鏈與 VMI 策略供應鏈之關係	85
第五章 結論與建議	86
5.1 結論	86
5.2 建議	87
參考文獻	88

圖目錄

圖 1-1 供應鏈各階層圖	1
圖 1-2 本研究流程圖	5
圖 2-1 供應鏈物流作業	6
圖 2-2 VMI 系統之作業流程	18
圖 3-1 銷售點資訊分享(POS)之方式	31
圖 3-1 本研究模式架構	32
圖 3-2 ARIMA 模式建立方法與步驟	37
圖 3-3 供應鏈階層之作業流程	40
圖 3-5 本研究之供應鏈系統中加入 VMI 策略模式	43
圖 3-6 前置時間與單位成本之關係	46
圖 3-6 訂購批量對單位成本之影響	47
圖 4-1 國內自行車出口至北美自由貿易區數量	53
圖 4-2 國內自行車出口至北美自由貿易區數量一次差分	53
圖 4-3 自相關函數圖	54
圖 4-4 偏自相關函數圖	54
圖 4-5 殘差值之 ACF 圖	55
圖 4-6 殘差值之 PACF 圖	55
圖 4-7 模擬結果與實際需求之比較	59
圖 4-8 顧客需求與零售商面臨之訂購量兩關係圖	65
圖 4-9 零售商之需求與配銷商面臨之訂購量兩關係圖	68
圖 4-10 配銷商之需求與製造商之訂購量關係圖	69
圖 4-11 VMI 下，前置時間及缺貨因子變動對於長鞭效應之影響	72

表目錄

表 2-1 長鞭效應發生之原因及解決方式	13
表 2-2 長鞭效應發生之原因及解決方式(續表 2-1)	14
表 2-5 ARIMA 相關文獻整理	29
表 2-6 ARIMA 相關文獻整理(續表 2-5)	30
表 3-1 MAPE 評估預測準確度之準則表	38
表 3-2 本研究構建之傳統供應鏈系統各階層關係表	42
表 3-3 供應鏈中加入 VMI 策略後，供應鏈中各階層之關係表	44
表 4-1 自行車出口至北美自由貿易區之出口量	50
表 4-2 自行車出口至北美自由貿易區之出口量(續表 4-1)	51
表 4-3 自行車出口至北美自由貿易區之出口量(續表 4-1)	52
表 4-4 候選模式與 AIC 值	54
表 4-5 殘差值	58
表 4-6 缺貨因子為 0.2，零售商之目標存貨及訂購量	63
表 4-7 缺貨因子為 0.2，零售商目標存貨及訂購量(續表 4-6) ...	64
表 4-8 缺貨因子為 0.2，配銷商之目標存貨及訂購量	67
表 4-9 缺貨因子為 0.2，製造商之目標存貨及訂購量	69
表 4-10 傳統供應鏈各階層之長鞭效應	70
表 4-11 VMI 下，前置時間及缺貨因子變動，長鞭效應變化情 況	71
表 4-12 前置時間為 2 時，零售商之數量單位成本與訂購成 本	75
表 4-13 前置時間為 2 時，配銷商之數量單位成本與訂購成 本	76
表 4-14 前置時間為 2 時，製造商之數量單位成本與訂購成 本	77
表 4-15 零售商之存貨成本與缺貨成本	79
表 4-16 配銷商之存貨成本與缺貨成本	80
表 4-17 製造商之存貨成本與缺貨成本	81
表 4-18 供應鏈各階層之相關成本	81

表 4-19 供應鏈導入 VMI 策略之相關成本	82
表 4-20 供應鏈導入 VMI 策略之相關成本(續表 4-20)	87
表 4-21 傳統供應鏈與 VMI 策略之長鞭效應比較	88



第一章 緒論

本章內容包括研究動機、研究目的、研究架構及流程，說明本研究起始之原因及研究欲達成的目的，最後說明研究架構及流程。

1.1 研究背景與動機

以往企業之經營管理模式著重於組織架構調整及降低成本，但由於國際化趨勢潮流的競爭、經濟的快速發展、電子商務時代的來臨及消費者型態的改變，加上產品生命週期的縮短及顧客需求提升，迫使企業必須著重於供應鏈之整合，藉由與上下游廠商在供應鏈上之合作，有效整合供應商、製造者、倉儲、批發商及零售商等各階層之管理系統，如圖1-1。

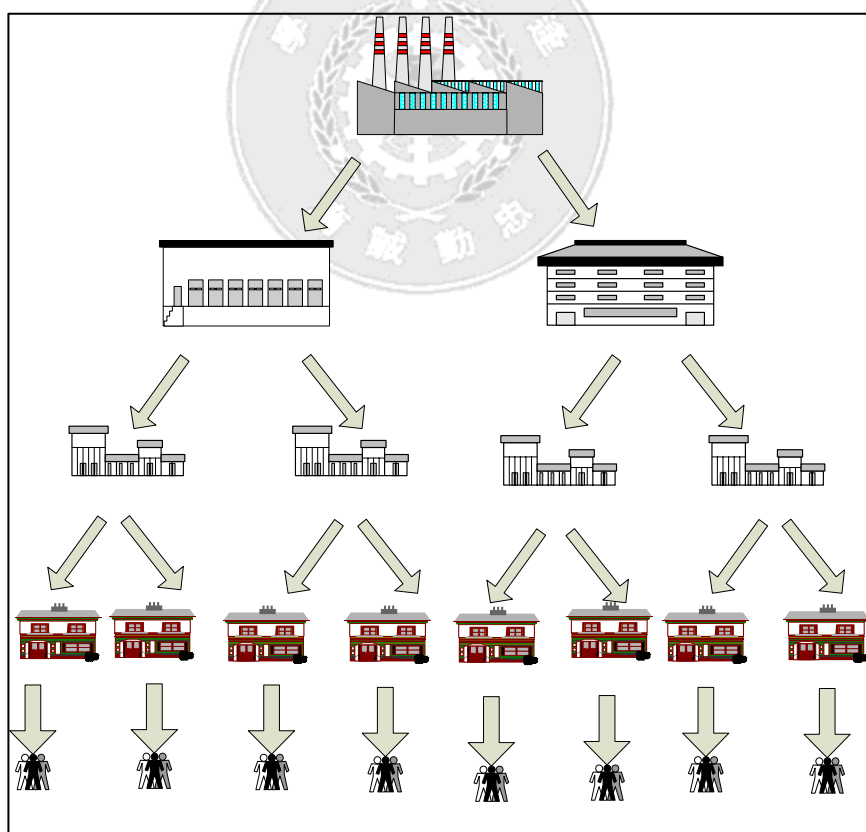


圖 1-1 供應鏈各階層圖

供應鏈管理之流程為產品自原料轉變為中間產物、最終物品，最後將最終產品運送至顧客之管理活動。傳統供應鏈系統

中，各階層間之資訊產生變動時，容易造成資訊扭曲，愈上層獲得的資訊變異愈大。當在顧客端之需求產生微小變異時，經過供應鏈階層的傳遞後，將使得製造商面臨極大的需求變異，此現象稱為長鞭效應(Bullwhip Effect, BE)。長鞭效應容易導致存貨成本增加、顧客服務水準降低。然而，在長鞭效應的影響下，供應鏈階層各個成員為了避免不確定性，往往藉由大量存貨以解決此問題，但大量的存貨易造成嚴重的存貨成本及伴隨而來的附加成本，為了解決此問題，近年來各行各業提倡策略聯盟，以兩家或兩家以上的企業相互合作，並分擔其風險。

產生長鞭效應之主要原因為不確定性因素的干擾，而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，本研究主針對下游消費者之需求不確定性進行預測，其它不確定性將不在本研究之討論範圍內，並藉由預測瞭解消費者未來的需求。本研究以國內自行車成車銷售至北美自由貿易區(North American Free Trade Agreement, NAFTA)之歷史資料，利用自我迴歸整合移動平均方法(Autoregressive Integrated Moving Average, ARIMA)建構預測模式，並利用此模式產生顧客之需求量，以計算傳統供應鏈及供應鏈導入策略聯盟中之賣方託管存貨策略(Vendor Managed Inventory, VMI)兩者之訂購量及實際需求的變異程度，比較VMI及傳統之供應鏈系統之長鞭效應及存貨成本變化情況。

1.2 研究目的

本研究主要探討賣方託管存貨策略中，供應鏈長鞭效應及成本相較於傳統供應鏈之情形。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，本研究利用自我迴歸整合移動平均方法(Autoregressive Integrated Moving Average, ARIMA)建構預測模式以預測顧客需求量，進一步與傳統之供應鏈系統作一比較，觀察其長鞭效應之變化。其次，研究中將探討賣方託管存貨策略下，其供應鏈之存貨成本之變化情況。本研究之目的綜合如下：

1. 透過文獻回顧，瞭解過去國內外學者解決供應鏈中長鞭效應之方法。
2. 以 ARIMA 方法建構自行車成車出口至北美自由貿易區之需求預測模式，預測此地區未來自行車之需求，並減少顧客需求之不確定性，並瞭解影響北美自由貿易區各國家對於自行車出口量需求變異之情況。
3. 比較傳統供應鏈及供應鏈導入 VMI 之長鞭效應及成本的差異。

1.3 研究假設

本研究的假設為：

- (1)本研究採用單一供應商、製造商、配銷商、零售商及單一產品之多階供應鏈作為研究對象。
- (2)本研究所建構的供應鏈模式，在架構和內部行為上是將現實狀況簡化的結果，例如實際作業程序、實際運輸路線等，本研究予以簡略，只探討產品之需求問題。
- (3)計算長鞭效應及成本時，本研究以第 t 期末結束時進行運算。

1.4 研究架構

本研究以之歷史資料，利用 ARIMA 建構國內自行車成車銷售至北美自由貿易區之預測模式，並利用預測資料計算傳統供應鏈及供應鏈導入 VMI 策略兩者之訂購量及實際需求的變異程度，比較 VMI 及傳統之供應鏈系統之長鞭效應及存貨成本變化情況。本研究架構如下：

1. 相關文獻之回顧

蒐集國內外有關供應鏈代管存貨、長鞭效應改善預測方法及 ARIMA 模式之相關文獻進行分析。

2. 建構預測模式

利用套裝軟體SPSS 13建立ARIMA自行車之需求模式。

3. 長鞭效應及成本模式建構

依據過去學者之在長鞭效應及成本相關數學模式，建立本研究數學模式。

4. 資料分析與結果比較

利用需求模式所預測的未來需求，進行結果分析，並比較傳統供應鏈及供應鏈導入VMI之長鞭效應及成本。

5. 結論與建議

綜合前述所得之結果，說明本研究依目的所得之重要結果，並針對不足之部分提出後續研究可行之建議。

1.5 研究流程

本研究流程圖如圖1-2所示：



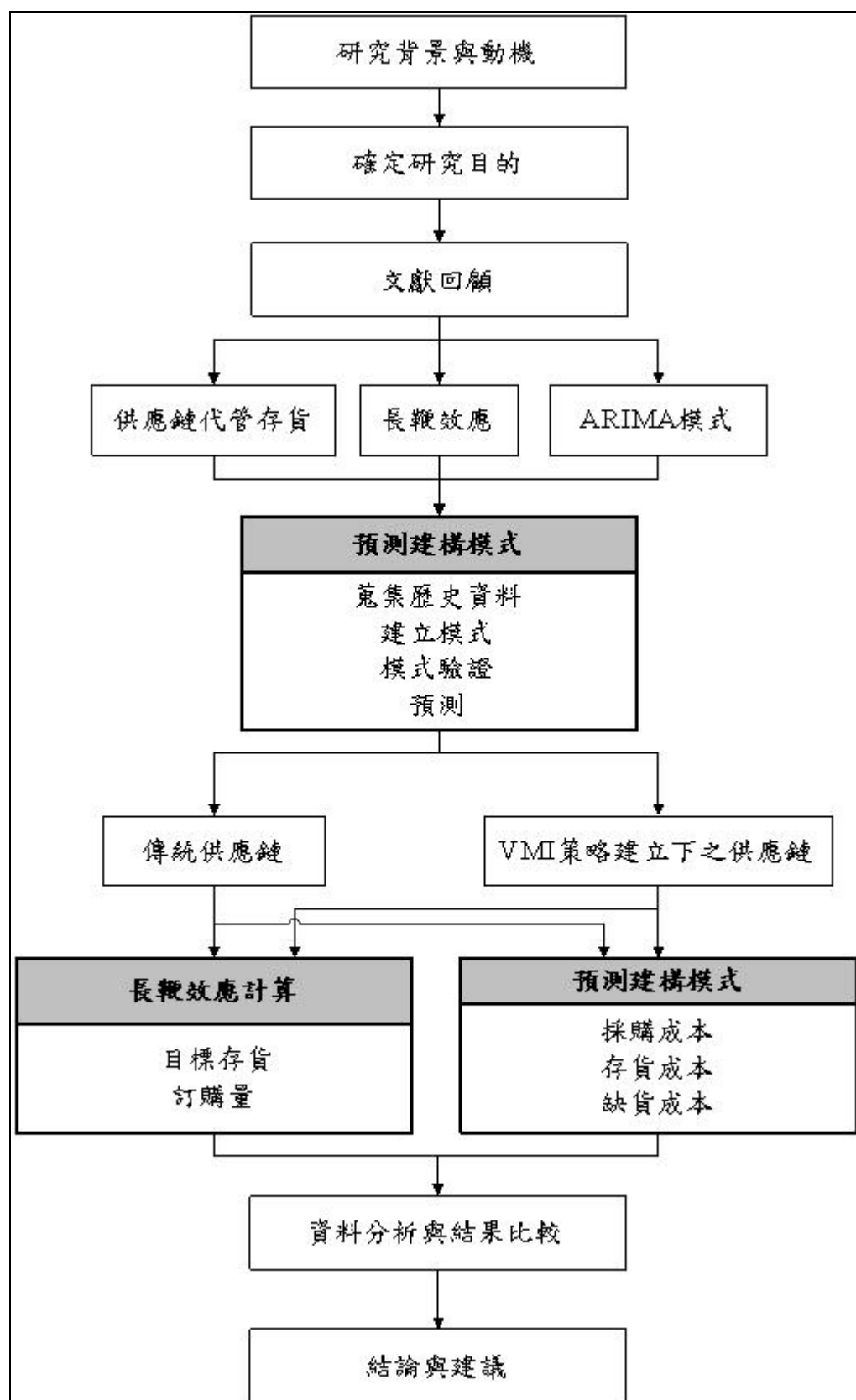


圖 1-2 本研究流程圖

第二章 文獻回顧

本研究說明供應鏈中，供應鏈中使用賣方託管存貨策略(VMI)後，長鞭效應(Bullwhip Effect)的變化情形，並利用自我迴歸整合移動平均模式(Autoregressive Integrated-Moving Average Models, ARIMA)預測供應鏈階層中需求。本研究蒐集國內外相關文獻，藉由各文獻了解各研究方法之相關應用限制。本章節於第一部份將國內外供應鏈中，長鞭效應改善研究加以彙整分析；第二部份針對供應鏈代管存貨的相關文獻進行彙整與探討；第三部份將針對預測方法之相關文獻進行分析與討論。

2.1 長鞭效應相關文獻

供應鏈是由物料供應商、製造商、批發商、零售商及最終消費者所組成，並整合供應鏈成員間之物流、資訊流、商流及金流。而供應鏈之間的傳遞工作，只要系統某一端發生小幅度變動，則會使得另一端產生極大的影響，如顧客端的需求有了變動，批發商便會產生極大的變異，而對於製造商的變異性又會比批發商嚴重，此現象稱之為「長鞭效應」。為了解決此問題，國內外學者作了許多探討。

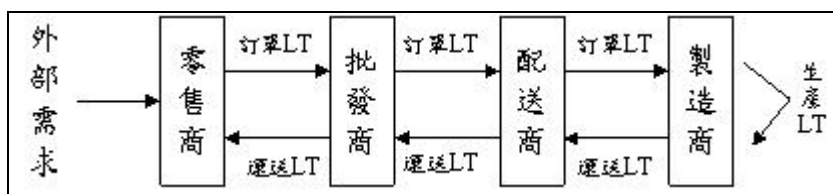


圖 2-1 供應鏈物流作業

長鞭效應首先由Forrester【35】所提出，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或臨時取消訂單的決策，將造成需求放大現象。Forrester利用動態模式模擬生產系統及配銷系統，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、庫存調整的速度及廣告促銷的效果。模擬中指出在一般的經驗上，上游廠商所獲得之需求資訊往往大於實際顧客之需求，原因為資訊在傳遞過程中，供應鏈階層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【46】延續Forrester動態的觀念，藉由「啤酒遊戲」(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。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，換而言之，供應鏈系統中，往往忽略配送中或已訂購之商品。
2. 對供應鏈系統中，上游業者對下游需求資訊的錯誤認知，導致無法正確估計未來到貨量，易造成先缺貨後又存貨過多的現象。

Kahn【36】與Naish【44】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.【39】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，而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)

廠商在進行存貨控制時，上游廠商通常將下游的訂單視為未來需求的訊息，製造商利用歷史資料預測下游需求量。在兩階段供應鏈的存貨系統下，傳遞需求訊息，越往上游其變異性

會越大，造成資料扭曲，而其放大的幅度受前置時間長短的影響，且供應鏈中錯誤預測亦會產生長鞭效應。因此，為了減緩需求訊號處理時所造成的訂單變異幅度，應建立集中式資訊系統，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，一般企業往往會忽略此時段的需求，而產生長鞭效應。假設零售商之需求為 μ ，變異數為 σ^2 ，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 的估計值及考量前置時間下之平均需求，而 $\hat{\sigma}_{t+1}^L$ 為標準差， z 則為給定服務水準下所換算之統計量。

3. 批次訂購(Order-batching)

批次訂購會造成長鞭效應的原因一為下游之廠商面對固定的訂購費用時，則採用最小最大政策(Min-Max Policy)，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；另一是考量為運輸成本，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，導致某段時間內定購量很大，隨著又沒有任何訂單，這亦是使長鞭效應惡化之原因。

4. 價格變動(Price Variations)

當價格下降時，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，亦會引起長鞭效應。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(又稱被誇大的訂單)(Rationing and Shortage Gaming)

假設上游廠商產能限制的狀況下，下游廠商為了避免發生缺貨之情況，因此膨脹訂單之需求，若是預期未來需求將大幅地提昇，下游廠商的訂單亦會大幅提昇。在此情況下，上游廠商將誤以為下游需求大增，而積極擴充產能，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)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，以作為配量的依據，防止顧客過度膨脹訂單量。

Lee, et al. 【40】歸納出四種方法以抑制長鞭效應。

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

供應鏈各階層成員在自身的生產規劃中皆有各自預測需求的方式，一般供應鏈成員常依照下一層廠商所獲知之需求訊息作預測，而重複需求預測之情況會導致長鞭效應現象。為了抑制此情形發生方法，即分享銷售點資訊系統(Point-of-Sale, POS)及電子資料交換，上游供應商可直接取得零售商銷售的資料或直接取得市場的需求資料，並依此資料來做需求預測。

2. 減少訂購批量大小(Break Order Batches)

大批量的訂貨及不穩定的訂購會造成長鞭效應情形加

劇，因此Lee et al.指出，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。但頻繁的訂購次數會造成更高的訂購成本及運輸成本，為了解決此一問題的方法就是藉由使用電子資料交換(Electronic Data Interchange, EDI)減少因訂貨頻繁所導致的紙上交易成本；並選擇具有經濟效益的整車貨運量(Full Truckloads)的運送方式以減少運輸成本。

3. 穩定價格(Stabilizing Price)

下價格不穩定下，容易造成零售商累積庫存量或增加其訂購量，為了控制提前購買，製造商必須藉著制定單一零售價格的方式，以減少零售商提前購買的誘因，其方式有每日低價(Everyday Low Price, EDLP)，所有地區在每一年，全有產品皆以低價銷售以減少累積庫存。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。

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

當供應商面對缺貨時，應該依照下游廠商的歷史銷售紀錄而非訂購量作為分配比例，以避免下游廠商產生誇大需求的情況。在缺貨的高峰期，假設下游顧客無法了解製造商的供應情形，則易產生投機之心態，因此需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，產能訊息的分享不夠透明化，製造商必須在銷售旺季前，分配顧客之訂單，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。

Kiely 【38】指出在解決長鞭效應情況下，使用銷售點資訊系統(POS)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為不可靠資訊。然而，即使供應鏈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(Vender-Managed Inventory, VMI)及持續性補貨系統(Continuous Replenishment Program, CRP)的建構。

Chen, et al.【28】【29】利用零售商利用移動平均法及指數平滑法預測需求量，以數學模式證明二階層長鞭效應的存在，並說明顧客需求的變化與零售商預測的大小，會影響長鞭效應中訂單變化的大小，最後結論發現較多的需求資訊可以有效的降低長鞭效應。

Kelle, et al.【37】認為長鞭效應是由於批量訂購及需求變動所產生的現象，文中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，能有效抑制長鞭效應。

Simchi-Levi, et al.【47】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)

透過整個供應鏈將需求資訊集中，讓供應鏈上的每一位成員均能獲得完整且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)

以每日低價(Everyday Low Price, 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EDI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VMI的建立，讓供應商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，不但可增加庫存週轉率，亦可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。



表 2-1 長鞭效應發生之原因及解決方式

作者	研究內容	產生長鞭效應的原因	解決方法
Forrester (1961)	利用動態模式模擬生產系統及配銷系統，各訂單決策者產生重複訂購或臨時取消訂單的決策，將造成需求放大現象。	<ul style="list-style-type: none"> ● 資訊回饋困難 ● 前置時間的延遲 	無說明
Sterman (1989)	藉由「啤酒遊戲」(Beer Distribution Game)做為模擬實驗，結果顯示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。	<ul style="list-style-type: none"> ● 忽略配送中或已訂購之商品。 ● 上游業者對下游需求資訊的錯誤認知。 	無說明
Kahn et, al. (1987)、Naish(1994)	說明長鞭效應產生的原因及解決方法。	供應鏈中忽略最終端之需求	需求的變化可以預知或是即時向上游反應，則可消除長鞭效應之發生。
Lee, et al. (1997a, 1997b)	說明長鞭效應產生的原因及解決方法。	<ul style="list-style-type: none"> ● 需求預測 ● 前置時間 ● 批次訂購 ● 價格變動 ● 短缺賽局(被誇大的訂單) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 避免重複性需求預測 ● 減少訂購批量大小 ● 穩定價格 ● 減低短缺賽局效應

表 2-2 長鞭效應發生之原因及解決方式(續表 2-1)

Kiely (1998)	說明使用銷售點資訊系統(POS)改善其長鞭效應仍有缺點。	無說明	<ul style="list-style-type: none"> ● 導入供應商庫存管理系統 (VMI) ● 建構持續性補貨系統 (CRP)
Kelle, et al.(1999)	說明長鞭效應產生的原因及解決方法。	<ul style="list-style-type: none"> ● 批次訂購 ● 需求變動 	<ul style="list-style-type: none"> ● 零售商小批定量而頻率高的訂購，可降低個別訂購所導致的高度變異及不確定。
Chen, et al.(2000a, 2000b)	利用零售商利用移動平均法及指數平滑法預測需求量，以數學模式證明二階層長鞭效應的存在。	<ul style="list-style-type: none"> ● 不正確預測 ● 顧客需求變動 	較多的需求資訊可以有效的降低長鞭效應。
Simchi-Levi, et al.(2000)	說明長鞭效應產生的原因及解決方法。	供應鏈各階層無法掌握銷售資訊、庫存量及顧客需求訊息	<ul style="list-style-type: none"> ● 降低不確定性 ● 降低變異性 ● 減少前置時間 ● 策略性夥伴關係的建立

王秋評【3】利用指數平滑法進行需求預測，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，並分析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，亦發現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。

陳銘崑與鄭穎聰【10】以桌上型個人電腦產業為對象，採用系統動態學建置三種生產策略之模型，包含計劃式生產(Make-to-Stock, MTS)、訂單式生產(Build-to-Order, BTO)、及組裝式生產(Configuration-to-Order, CTO)，及五種存貨政策，分別為(s,S), (s,Q), (s,R), (s,Q,R)及賣方託管存貨策略(Vendor Managed Inventory, VMI)探討供應鏈管理中庫存量曲線之波動情形。最後將模擬實驗結果以灰色關聯求出最佳政策組合，分析後發現整體長鞭效應指標之最佳因應參考政策為CTO配合VMI因應政策。

陳家芳【11】以移動平均法進行需求預測，當前置時間變動時，利用系統模擬觀察長鞭效應與成本之關係，透過前置時間之變動來探討長鞭效應與成本之關係。研究模擬之結果發現，長鞭效應與成本之關係，並不一定是單調的結果，系統中有可能會出現長鞭效應雖然增加，但是系統成本卻減少的情形。

盧昆宏與陳長志【23】建構一協同例外管理模式(Collaborative Management By Exception, CMBE)，該模式以協同的概念為出發點，強調供應鏈夥伴間透過資訊的分享，瞭解夥伴之間的生產、預測、存貨及銷售等資訊，以調整企業內部因資訊不完整所產生的錯誤決策。並使用例外管理概念，讓供應鏈上的協同合作夥伴共同協商解決例外狀況，俾經導入協同例外管理，讓長鞭效應的影響降至最低。

2.2 賣方託管存貨策略相關文獻

2.2.1 策略聯盟

近年來，策略聯盟在各行各業以變得愈來愈普遍，所謂策略聯盟泛指二家或二家以上公司之間風險與報酬互相共享，屬於多方面、目標導向以及長期的一種夥伴關係。其重要類型有三，分別為第三方物流(Third-Party-Logistics, 3PL)、零售商與供應商之夥伴關係(Retailer-Supplier Partnerships, RSP)及配銷

商整合(Distributor Integration, DI)【3】。

本研究所探討的賣方託管存貨策略(Vendor Managed Inventory, VMI)屬於零售商與供應商之夥伴關係，所謂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)及VMI，以下將針對QR、CR、VMI三種夥伴關係加以敘述：

1. 一個基本的QR策略中，供應商接收到自零售商的資訊分享(POS)資料，並且使用此來自零售商的真實銷售資訊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. CR策略中，供應商接收到POS資料並依據先前雙方的約定安排出貨事宜，以維持零售商內之存貨水準。
3. VMI亦稱為賣方託管存貨策略(Vendor-Managed Replenishment, VMI)系統，供應商依據事先協定的範圍內決定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。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。

2.2.2 賣方託管存貨策略

所謂賣方託管存貨策略之意義，即供應商利用零售商的POS資訊，依據雙方認同的存貨水準保持適當的存貨水準，並由賣方託管存貨策略，零售商在商品出售前，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，因此將有效地管理存貨。

Matthew, et al.【42】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.說明供應鏈中若實施賣方託管存貨之策略可減少供應鏈系統之存貨成本，亦可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。

Cottrill, K.【30】認為VMI即為一種庫存管理方案，主要強調供應商接獲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之間的合作，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。

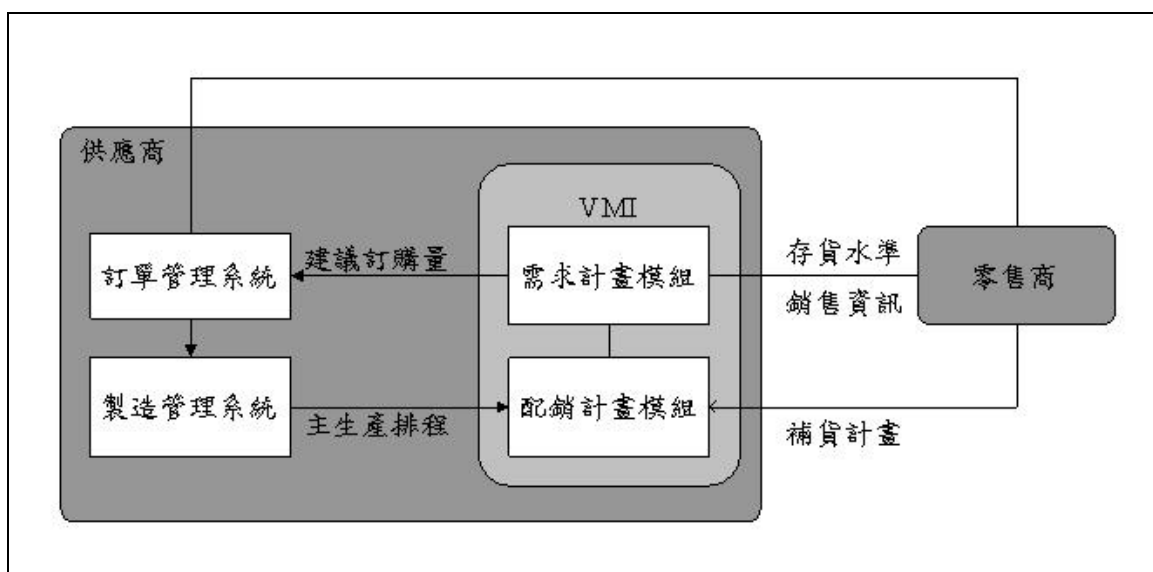
而VMI的運用最早是在1980年代，但台灣企業對VMI的重視卻是自民國八十年經濟部商業司推動的「企業自動化十年計畫」計畫案【20】。由於各學者所研究的對象和目的不盡相同，因此對VMI之定義也不完全一致。

經濟部網路商業應用資源中心【18】指出，VMI是一種庫存管理方案並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，供應商可有效的計畫、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。

VMI系統之作業流程主要分為兩個模組，如圖2-1所示，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。



資料來源：【19】

圖 2-2 VMI 系統之作業流程

其程序說明下：

1. 依據顧客需求、存貨水準及銷售狀況進行需求預測計劃，計算後提出訂購量建議。
2. 依據訂購量建議，訂單管理系統發出補貨單，並由顧客進行訂單確認。
3. 依據訂單管理系統所顯示之需求資訊，製造管理系統排定主生產排程(Master Production Scheduling, MPS)，以此排定配銷計劃。依據配銷計劃將補貨計劃通知顧客，並進行補貨。

台灣QR/ECR 委員¹會之下的資訊應用小組對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

¹ 台灣 QR/ECR 推動委員會於民國八十七年一月二十二日成立，負責統籌推動 QR/ECR 概念，委員會之下設有四個工作小組，分別為物流配送、品類管理、資訊應用及教育訓練等。

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。

VMI主要策略為整體供應鏈之存貨責任全部交由供應鏈上游管理。由於存貨管理往往是供應鏈流程中困難的工作，存貨功能所帶來的缺貨、溢貨、持貨以及人力等相關成本常常是供應鏈成員相當困擾的問題。由於近年來顧客端權力增加，由過去的推式(Push)作業改變成為拉式(Pull)作業，供應商為因應顧客的需求，因此供應商各項營運作業皆以顧客之需求為主，但同時造成供應鏈於預測需求相關訊息時產生許多誤差，更加重了存貨管理上的複雜度。

Crawford【31】認為實施VMI計畫，可以直接透過上游端替下游端進行預測更新和補貨功能，以避免重複預測。在賣方託管存貨策略中，需求資訊經過存貨系統的傳遞後，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的情況發生，以致於供應鏈的效率降低、成本增加之惡性循環。

林宏澤【4】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. 縮短訂購前置時間，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。

Achabal, et al.【25】提出 VMI 對供應商及零售商會產生相當大之影響，表 2-3 敘述其優缺點：

表 2-3 VMI 對於供應商及零售商之影響

	優點	缺點
供 應 商	1. 增加企業競爭力。 2. 藉確實掌握下游顧客訂單，提升顧客之服務水準。 3. 提升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。	1. 為了達到連續補貨及快速回應政策，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	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. 提升顧客之服務水準。	1. 需將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。

資料來源：【25】

2.3 時間序列之相關文獻

2.3.1 預測方法

于宗先【1】將預測定義如下：「預測是對未被觀察事象(未知)的一種說明。所謂未被觀察事項不僅指未來的事象，也指已發生的事象。如果所涉及的包括這兩種事象，則稱為廣義的預測(Prediction)；如果所涉及的僅是未來的事象，則稱為狹義的預測(Forecasting)」。而本研究的預測為狹義的預測

(Forecasting)，為使用過去時間序列(Time Series)資料以投射未來。

林聰明與吳水丕【6】描述預測的正確性與預測期間的長短有很大的關連性，不同的預測具有不同的前置時間(Lead Time)，因此所需的時間亦不同。因此將預測時間分成三類：

1. 短期預測(Short-Term Forecasting)

涵蓋期間通常以三個月內為主，適用於公司中低階層的管理單位，如材料訂購量、材料訂購時機、生產批量、生產時機、作業人員指派及機器分配等。

2. 中期預測(Medium-Term Forecasting)

涵蓋期間為三個月至兩年間，適用於企業內部各種資源的分配，如生產與存貨預算、季節性的人力、產品、設備、資金及材料的生產規劃等。

3. 長期預測(Long-Term Forecasting)

指兩年以上之預測，如高階層之策略性計畫基礎，即廠址之決定、工廠之擴充、產品之發展及資金規劃等。

林聰明與吳水丕【6】將預測方法分為定性分析法(Qualitative Methods)、時間序列分析及投射法(Time Series Analysis & Projection)、因果分析法(Causal Models)三大類；方上鵬【2】則除了以上三類外再增加統計預測方法、人工智慧法(Artificial Intelligence)以及灰色理論(Grey System Theory)共六類，即：

定性方法(Qualitative Methods)：使用定性資料，如專家意見及某些記載事件的特殊資料，當資料缺乏時適合使用本方法，如德爾菲法(Delphi Method)、市場研究法(Market Research)、小組意見法(Panel Consensus)、想像預測法(Visionary Forecasting)以及歷史類比法(Historical Analogy)等。

1. 時間序列分析及投射法 (Time Series Analysis & Projection): 與定性方法相反, 注重過去型態及型態之改變, 依照歷史資料以預測未來, 如移動平均法 (Moving Average)、指數平滑法 (Exponential Smoothing)、自我迴歸整合移動平均模式 (ARIMA)、X-11 法及趨勢投射法等。
2. 因果分析法 (Causal Methods): 注重系統之間各元素的相互關係, 並著重歷史資料, 包括回歸模式 (Regression Model)、計量經濟模式 (Econometric Model)、投入產出模式 (Input-Output Model) 及購買意願調查法 (Intention-to-Buy & Anticipation Surveys) 等。
3. 人工智慧: 運用電腦模擬人類的學習過程或是知識的組織方式, 包括專家系統 (Expert Systems)、類神經網路 (Neural Network)、模糊理論 (Fuzzy Theory) 及基因演算法 (Genetic Algorithm) 等。
4. 灰色預測理論: 此方式之特性具有訊息不完全及就數找數兩項。此模式在操作上相當簡單, 建模者不需要具備高深統計基礎, 而所需的資料數量也很少, 因此適合在資料不充份或是取得不易的情況之下使用。
5. 統計預測方法: 一般統計預測方法。

吳柏林【7】一文說明, 由於預測方法眾多, 在選擇預測方法時必須考慮預測的環境與背景、歷史資料的可行性與適用性、預測之精確度、預測時間之長短、預測的成本及效益等項目以獲得精確的預測方法。以下為一般常用的方法。

1. 成長模式: 如古典的指數成長曲線 (Exponential Growth Curve)、邏輯曲線 (Logistic Curve) 或公配茲曲線 (Gompertz Curve) 多項式函數等模式, 為根據成長率 (Growth Rates) 特性, 或由所建構之微分方程式解出一組合適參數。
2. 指數平滑法 (Exponential Smoothing): 將過去資料以特定的期數術求移動平均值作為預測值。通常其權數呈指數遞

增，而較新進的資料，常給予較大的權數。

3. 多變數迴歸方程式：在相關變數及其因果關係之間的探討，通常以迴歸方程式表示之。由最大概似法或最小平方誤差法估計各變數的係數。
4. 分解法(Decomposition)：對時間序列四個特性：趨勢、季節、循環及不規則變動加以分析估計，可延伸至預測、追蹤及預告上，可預測出轉捩點及特殊事項。以美國標準局所建構之X-11為其中著名之應用軟體。
5. 自我迴歸整合移動平均模式：屬隨機模式，由Box-Jenkins所提出ARIMA模式主要方法為對歷史資料分析檢視其自相關與偏自相關等特性應用四階段模式建構過程在ARIMA Model中選取一個適當的模式來做預測。
6. 狀態空間(State Space)模式：屬隨機模式考慮系統中影響現在狀態的因素所構成之最小集合，此系統未來的行為亦僅受此集合現在與前一期系統輸入變因之影響。
7. 計量經濟：屬隨機模式以經濟分析觀點建立計量模式，此方法需要專業經濟知識與背景，在其蒐集資料與建構合理聯立方程式的過程中須投入較高成本且相當費時。
8. 非線性模式：屬隨機模式，對不滿線性ARIMA模式的假設，應用特定非線性模式來處理，可改善線性模式在配適與預測結果不佳情況，較常用的非線性模式有雙線性模式(Bilinear Models)門檻模式(Threshold Models)與指數ARIMA模式等。
9. 類神經網路(Neural Networks)：屬自由模式，模擬人腦神經組織，經嘗試錯誤(Try and Error)與修正記憶後所得之模式來做預測。

表 2-4 預測方法比較表

方法	理論程度	作業需時	作業成本	資料特性	所需資料比數	預測時間範圍	預測準確定性
成長模式	1	1	2	T	20	中期	1
指數平滑法	2	2	1	T	10	短期	2
多變迴歸	3	3	3	T、S	30	中期	3
分解法	4	4	5	A、T、S	30(3S)	短期	4
ARIMA	5	5	4	A、T、S	30(4S)	短期	5
狀態空間	6	6	6	A、T、S	30(4S)	短期	8
計量經濟	7~∞	9	9~∞	T、S	6	長期	8
非線性	8	8	7	IRRRGULAR	40	中期	6
類神經網路	9~∞	7	8~∞	FREE	60(4S)	長期	8

資料來源：【7】

註：「1」表最小、最短或最低 「9」表最大、最長或最高

A：stationary

T：trend

S：seasonal

2.3.1 自我迴歸整合移動平均模式(Autoregression Integrated Moving Average)

所謂時間序列是指一系列隨時間變化且具有隨機性觀測的數據，且此數據在時間的前後有相互關聯的性質，簡稱為時間序列。而分析探討時間序列的內在統計規律的方法就統稱為時間序列分析法。ARIMA模式可分成兩部分，一為自我迴歸過程(Autoregressive Process)另一部份為移動平均過程(Moving Average Process)，因此可分成四種項目來討論，分別為自我迴歸(Autoregressive, AR)、移動平均(Moving Average, MA)、自我迴歸移動平均混合(Autoregressive-Moving Average, ARMA)及自我迴歸整合移動平均(Autoregressive Integrated Moving Average, ARIMA)。

自我迴歸整合移動平均(Autoregression Integrated Moving Average, ARIMA)模式，為Box及Jenkins在1960年首次提出之統計模式【26】，主要目的乃用以產生預測。在這之前預測的概念已廣泛的應用於許多領域，包括管理、經濟、工程、社會等；應用之預測模式則包括移動平均、迴歸分析、指數平滑、趨勢預測等。而Box及Jenkins提出的ARIMA模式，為將上述幾個常用模式一般化成為一整合性的模式。此一模式可簡化為現存的各個領域所常用的預測模式，包括經濟常用迴歸分析及管理常用的是指數平滑，不論是學術或實務上之應用價值都非常大。

ARIMA模式係屬技術分析中的一種方法，為時間序列隨機行程之預測模式，可改善了傳統計量模式對序列資料的自我相關以及誤差項的處理，此模式利用變數本身的滯後項(Lag Number)以及各期之隨機誤差項，兩者加權處理後建構模型以解釋變數本身的變動，Box與Jenkins並提出試誤循環步驟以建立ARIMA模式。模式建立過程分為三個部份：模式鑑定、模式參數估計以及模式檢定與修正。進一步內容留待第三章研究方法再加以詳敘。而近年來在行業使用ARIMA模式進行預測十分廣泛，以下針對ARIMA模式之各類相關文獻作一整理與回顧。

邱振崑【8】指出ARIMA模式適合應用在複雜且基本型態變化多端的时间數列資料。該研究蒐集1969年至1994年之每月運量資料，構建港埠營運量之時間數列模式。此外，該研究亦利用MINITAB for Windows之統計套裝軟體，撰寫巨集程式自動演算與估計參數值，並藉由圖表表示預測值與實際值之差異。該研究共構建六個模式，表示如下：

1. 台灣各港口進出船舶總噸數時間數列模式：ARIMA(2,2,2)
2. 台灣各港口旅客人數時間數列模式：ARIMA(4,1,5)
3. 台灣各港口進出港貨運量時間數列模式：ARIMA(1,1,1)
4. 台灣各港口環島貨運時間數列模式：ARIMA(0,2,2)

5. 台灣各港口倉棧進出倉總量時間數列模式：ARIMA(2,0,2)

6. 台灣各港口國輪承載量時間數列模式：ARIMA(4,1,5)

陳欣欣【9】蒐集台鐵每日旅運資料，根據車種與不同資料型態的分類方式，利用ARIMA模式探討台鐵中、長程旅運需求的特性與週期性變化，構建旅運需求預測模式。在模式預測結果部分，每月旅運總量模式與每星期旅運總量模式的預測誤差太大，無法真實反應實際旅運量；在每日旅運總量模式中，隨時間的增加模式預測能力會降低。

連聖皓、朱宜寧與謝邦昌等人【14】採用ARIMA模式為基礎，以台灣省汽車客運、公民營公車客運、省營汽車客運為研究對象，分別蒐集民國71年1月至82年12月各月之乘客搭乘資料為觀察值，並預測民國83年與84年各月預測值，再把預測值與實際值作一比較，結果發現公民營公車客運與台灣汽車客運公司的預測值與實際值誤差不大，且在95%預測區間內均包含實際值；台灣省民營汽車客運的預測值與實際值大致相符，但在民國83年8月時的誤差高達-12.31%，其原因可能是票價調漲的因素。

陳敦基【12】利用季節性自我迴歸整合移動平均模式(Seasonal Autoregressive Integrated Moving Model, SARIMA)針對台灣地區城際客運各部門，包含台鐵、台汽、與航空之客運需求，分別建立個別運具之單變量與雙變量時間數列模式，並在具明顯競爭關係之鐵、公路客運建構多變量轉移函數模式(Multi-Transfer Function Model)。模式校估結果發現，客運人數模式的解釋能力普遍優於延人公里模式，並以公路衝擊與空難事件等因素較為顯著。此外，該研究發現季節性ARIMA模式對短期需求皆有良好的預測能力，預測結果以台汽最好，台鐵次之，而航空的預測結果較差。

張嘉烈【15】比較以計量經濟模式(OLS法)、計量經濟模式整合ARIMA模式及預測組合模式之績效。實證結果發現計量經濟模式在長期較短期的預測績效為佳，而計量經濟模式整合

ARIMA 模式雖能改善預測能力，但效果並不顯著。

賴泰元【22】利用 ARIMA 模式預測未來高雄站的旅運需求量，並以票價、班次數、國內生產毛額為解釋變數，構建單元轉換函數模式，探討上述解釋變數與高雄站運量或延人公里的因果關係與時間落差，並估計需求彈性。

蘇怡如【24】利用 ARIMA 模式預測控制之概念，建構一供應鏈模型以描述基礎供應鏈之營運情形，模型中包含工廠、倉庫、配送中心與零售商之間的相互關係，並校估出一需求預測模式以預測未來之需求供最佳化過程產生決策。實驗中設計不同情境以產生決策結果，檢視模式。研究中之需求預測模型是利用 SPSS 統計軟體產生 ARIMA 模型以進行需求預測，接著利用 ILOG-CPLEX 求解供應鏈模式，獲得各點間在各時段下之運量。

Fang and Kwong【33】比較 ARIMA 模型、經濟模型及遠期外匯模型的預測績效，指出 ARIMA 在準確性方面較佳，而經濟模型在預測方向較佳，故建議若結合 ARIMA 與經濟模型，可得到更佳的預測績效。

Mehran 與 Shahrokhi【43】利用 ARIMA、遠期匯率、隨機漫步及即期匯率模式對 Peso/Dollar 匯率進行預測，並以平均絕對誤差(MAE)、均方差(MSE)、平均誤差均方根(RMSE)為判斷標準。作者將1982年1月1日至1989年12月31日的樣本資料劃分為12段期間進行預測。實證結果顯示，在大部分期間中，ARIMA 之預測結果優於其他模式。

表 2-5 ARIMA 相關文獻整理

作者及年份	研究方法	結果
Fang and Kwong(1991)	比較 ARIMA 模型、經濟模型及遠期外匯模型的預測績效	指出 ARIMA 在準確性方面較佳，而經濟模型在預測方向較佳，建議若結合 ARIMA 與經濟模型
張嘉烈(1991)	比較以計量經濟模式(OLS 法)、計量經濟模式整合 ARIMA 模式及預測組合模式之績效	計量經濟模式整合 ARIMA 模式可改善預測能力
陳敦基(1994)	利用 SARIMA 針對台灣地區城際客運各部門建立個別運具之單變量與雙變量時間數列模式	該研究發現季節性 ARIMA 模式對短期需求皆有良好的預測能力
邱振崑(1996)	構建港埠營運量之時間數列模式	ARIMA 模式適合應用在複雜且基本型態變化多端的时间數列資料
連聖皓、朱宜寧與謝邦昌(1997)	採用 ARIMA 模式預測台灣省汽車客運、公民營公車客運、省營汽車客運未來之需求	台灣省民營汽車客運的預測值與實際值大致相符，但在民國 83 年 8 月時的誤差高達 -12.31%，其原因可能是票價調漲的因素。

表 2-6 ARIMA 相關文獻整理(續表 2-5)

Mehran 與 Shahrokhi(1997)	ARIMA、遠期匯 率、隨機漫步及即 期匯率模式對 Peso/Dollar 匯率進 行預測	ARIMA 之預測結果優 於其他模式
蘇怡如(2005)	建構一供應鏈模 型，並利用 ARIMA 模式預測需求量	ARIMA 之預測結果誤 差極小



第三章 供應鏈模型架構之建立

傳統供應鏈為利用一連串有效率之方法整合供應商、製造商、配銷商及零售商，每一階層成員需負責其本身之存貨控制與訂單生產或配送活動，且對於庫存有各自之決策。

在策略聯盟中，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，以減少企業存貨，提升訂單處理速度，進而達成及時生產。傳統供應鏈導入供應鏈代管存貨策略能有效表達供應鏈成員間之協調合作關係，並具有資訊分享及庫存協調控制機制，下游之廠商以分享銷售點資訊(Point of Sale, POS)之方式，如圖3-1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；因此本研究將建構一具協調溝通能力之VMI供應鏈模型，並藉此比較傳統供應鏈模式與VMI供應鏈模式透過資訊分享與協調合作所產生之供應鏈績效。

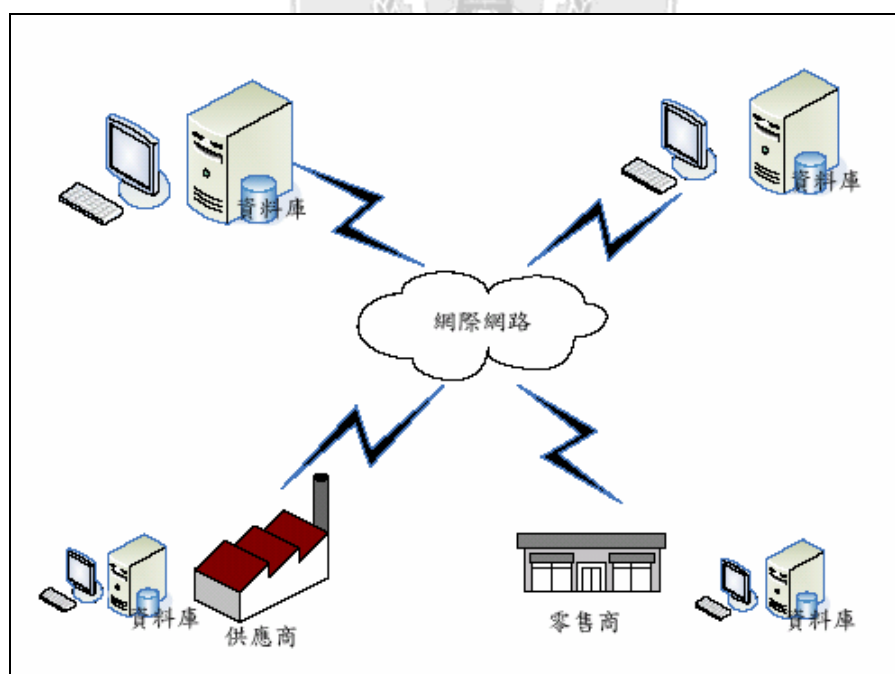


圖 3-1 銷售點資訊分享(POS)之方式

3.1 研究模式架構

本章模式建構包含ARIMA預測模式之建構、傳統供應鏈及供應鏈導入VMI之長鞭效應與成本模式建構。預測模式方面，首先蒐集歷史顧客需求資料，藉由歷史資料建構預測模式，並以此預測模式模擬之資料計算長鞭效應及成本，最後作一比較與分析。

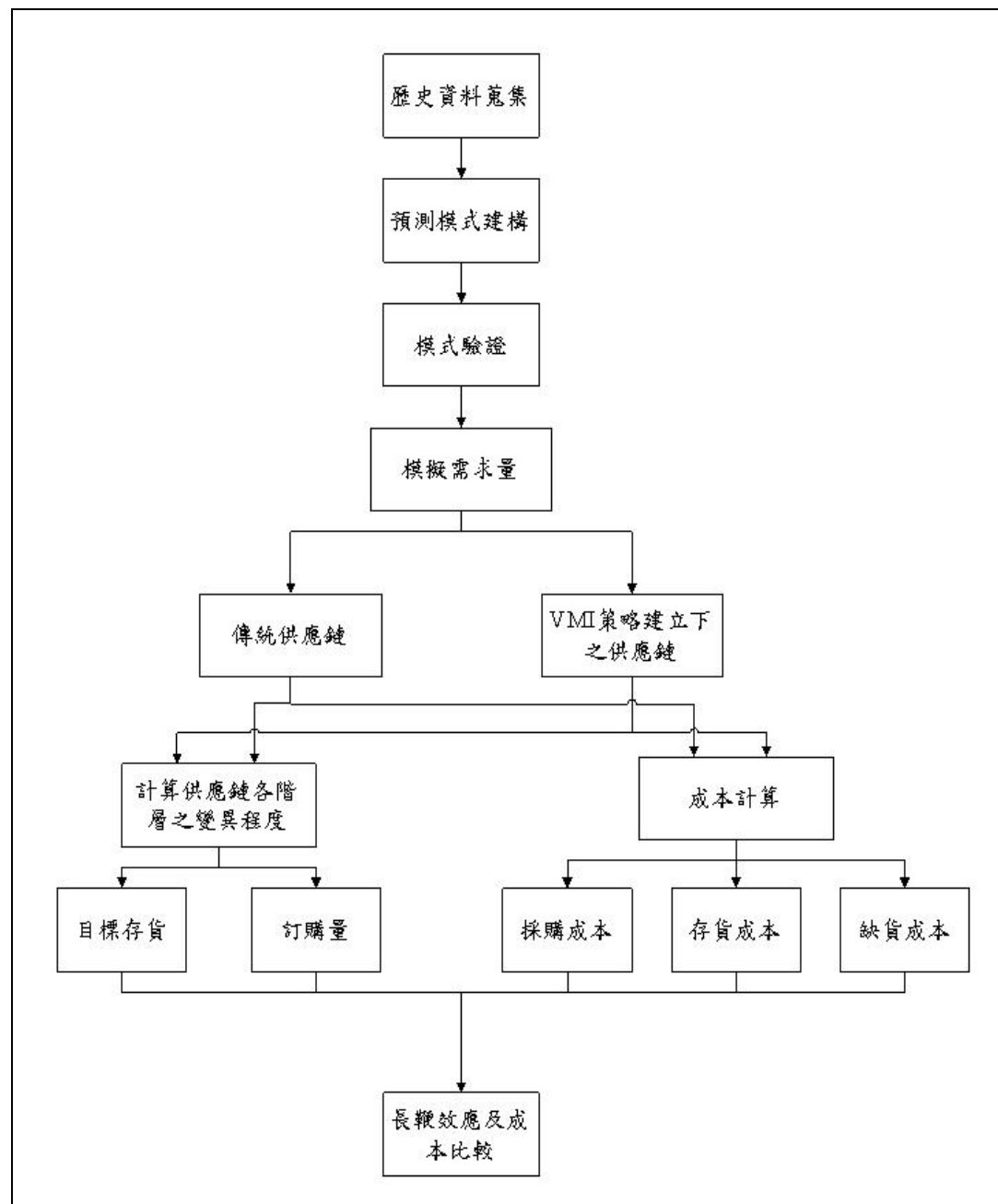


圖 3-1 本研究模式架構

3.2 預測模式建構

本研究使用統計套裝軟體 SPSS 13 建立 ARIMA 模型。SPSS 統計套裝軟體具備數據整理、分析過程及結果報告匯出等功能，其運作方式分別為視窗管理、程式運作管理方式和混合運行管理方式，使用者可根據需求採用不同的運作管理方式。統計功能上，包含相關分析、方差分析、聚類分析及迴歸分析等。而本研究則是使用其在數列資料處理之功能校估 ARIMA 之參數，並進行預測。

3.2.1 ARIMA 建構步驟

研究中主要針對終端客戶對零售商之訂單需求進行預測，因訂單需求資料為時間序列形式，而時間數列的資料特性為每個觀察值之間並非是互相獨立，因此自我迴歸整合移動平均 (Autoregressive Integrated Moving Average, ARIMA) 方法，其精神在於根據過去的歷史資料，求出一個合適的模式，並對未來進行預測。

根據 Box & Jenkins 的研究方法，在實證上要建立一個適當的模式，則必須要經過模式之確認 (Identification)、模式參數之估計 (Estimation)、模式之診斷檢定 (Diagnostic Checking) 與預測未來數值 (Forecasting) 等四個步驟。茲分述如下：

1. 確認 (Identification)

此步驟主要藉由分析時間序列的特性，初步選取幾種可能的模式階次。首先觀察時間序列圖形是否呈現非穩定序列特徵，而所謂非穩定型序列則是與穩定型序列相對而言，一般藉由觀察自身相關係數 (Autocorrelation Coefficient) 或序列圖型來加以判別。若是以觀察序列圖型來判別，則非穩定型的圖型會有以下特徵：

(1) 序列有明顯的向下或向上的趨勢。

(2) 序列的變異逐漸遞增或遞減。

若時間序列為非穩定型則利用差分(Differencing)處理序列後再觀察序列，若仍為非穩定序列則不斷增加差分階數直到序列穩定為止，最後的差分階數即為ARIMA(p,d,q)模式中d的階數。所謂差分即為取差，對於時間序列，如時間序列值分別為 $x(t-k), \dots, x(t-2), x(t-1), x(t)$ ，一次差分則為 $\triangle x(t) = x(t) - x(t-1)$ ，而差分的差分，稱為二次差分，則為 $\triangle^2 x(t) = \triangle \{ \triangle x(t) \} = x(t) - 2x(t-1) + x(t-2)$ 。

若時間序列為穩定型，再利用自身相關函數(Autocorrelation Function，簡稱ACF)及偏自身相關函數(Partial Autocorrelation Function，簡稱PACF)圖型判定ARIMA(p,d,q)模式中的p及q的階數。以下說明AR(p)、MA(q)及ARMA(p,q)的判定方法。

- (1) AR(p)的ACF圖型呈指數遞減或正負相間遞減，而PACF圖型則切斷於p期之後。
- (2) MA(q)的ACF圖型則切斷於q期之後，而PACF圖型則呈指數遞減或正負相間遞減。
- (3) ARMA(p,q)的ACF圖型及PACF圖型均呈指數遞減或正負相間遞減。ARMA模式的p及q階數較難認定，需要配合模式檢定修正。

以下介紹AR(p)模式、MA(q)模式與整合的ARMA(p, q)模式之標準數學式【13】：

(1) AR(p)模式

$$x(t) = \alpha_1 x(t-1) + \alpha_2 x(t-2) + \dots + \alpha_p x(t-p) + u(t) \quad (\text{式 3-1})$$

(2) MA(q)模式

$$x(t) = u(t) - b_1 u(t-1) - b_2 u(t-2) - \dots - b_g u(t-g) \quad (\text{式 3-2})$$

(3) ARMA(p,q) 模式

$$x(t) = \alpha_1 x(t-1) + \alpha_2 x(t-2) + \cdots + \alpha_p x(t-p) + u(t) - b_1 u(t-1) - b_2 u(t-2) - \cdots - b_g u(t-g) \quad (\text{式 3-3})$$

$x(t)$ 為現在值， $x(t-1)$ 為一期前， $x(t-2)$ 為兩期前， $\hat{x}_1(t,1)$ 及 $\hat{x}_2(t,1)$ 皆為預測值， $u(t)$ 為白色噪音，為任意具期望值 μ ，變異數 σ^2 之分配，一般將期望值設為 0【7】。AR(p) 與 MA(q) 的 p 與 q 較常見的為 1 與 2；而 ARMA(p,q) 則探討以 0、1 與 2 居多，如 ARMA(1,0) 模式 (=AR(1) 模式)、ARMA(2,0) 模式 (=AR(2) 模式)、ARMA(0,1) 模式 (=MA(1) 模式)、ARMA(0,2) 模式 (=MA(2) 模式) 及 ARMA(1,1) 模式。

2. 估計 (Estimation)

經由以上決定 p、d、q 後，接下來即是進行參數估計，以決定各項落差變數對預測序列的影響程度。本研究則是以 SPSS 13 所跑出來的結果作為判讀，進行未知參數之推估。

3. 診斷性測試 (Diagnostic Checking)

經由前兩步驟後，即建立了完整的 ARIMA 模式，接下來為模型適配性之檢定，以其殘差項之分配特性加以診斷，評估標準以 Box 及 Pierce【27】提出的 Q 統計量為評斷標準，其分配為卡方分配，由殘差的自我相關係數來判斷，若 $Q^* > \chi_\alpha^2$ 則表模式並不適配，必須重新予以估計，若 $Q^* < \chi_\alpha^2$ ，則表模式適配，可由此模式來進行預測；除可用比較 Q 統計量外，亦可由其機率檢測模式是否適配，若其機率大於顯著水準，則表示模式適配，若其機率小於顯著水準，則表示模式不適配，須重新估計。

首先建立假設如下：

假設 H_0 ：殘差項 $e(t)'$ 是白噪音過程。

$$Q \text{ 統計量公式 } Q = n(n+2) \sum_{s=1}^p (n-s)^{-1} Y_s^2(e(t)') \quad (\text{式 3-4})$$

其中 n 是 $e(t)'$ 的實際個數， $Y_s^2(e(t)')$ 為殘差項的自身相關係

數， p 為計算殘差項自身相關個數。當 n 很大時， Q 統計量會服從自由度為 $k-p-q$ 的卡方 χ^2 分配。若 Q 統計量大於0.05的顯著臨界值，將無法捨卻假設，則殘差項是白噪音過程，該模式可便通過檢定。

4. 預測(Forecast)

運用上述三個重覆步驟求得最佳模式後，即可將其用來預測未來值之用。

以上其建立步驟之流程圖3-2如圖所示。



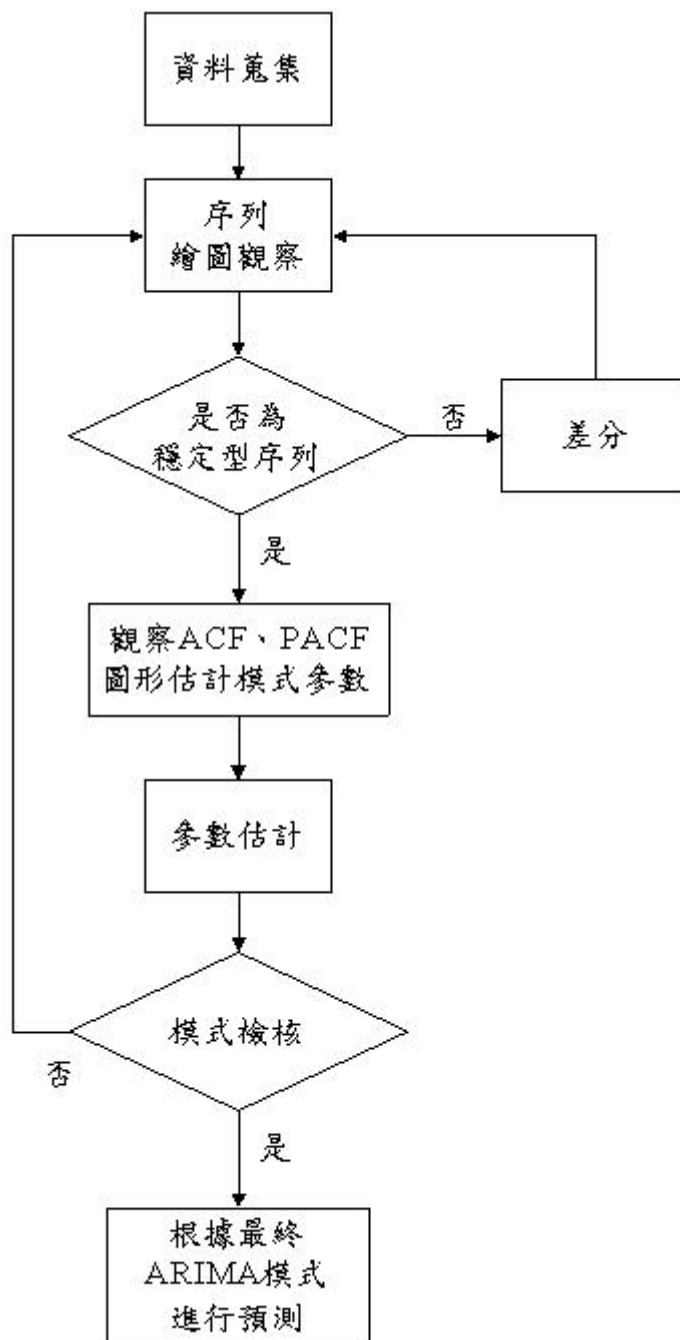


圖 3-2 ARIMA 模式建立方法與步驟

3.2.1 預測效益評估模式及準則

預測效益評估之準則方法眾多，較常見的方式包含平均絕對值誤差、平均百分比誤差、平均平方根百分比誤差及泰勒不等係數，以下為此些方法之計算方式：

1. 平均絕對值誤差 (Mean Absolute Percentage Error, MAPE)，其公式為：

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n |Y_t - Y'_t| / Y_t}{t} \times 100\% \quad (\text{式 3-5})$$

t ：預測期數

Y_t ：實際值

Y'_t ：預測值

一般而言，MAPE因為其分母為實際值，所代表為百分比，不會因數值之大小而產生比較基礎不穩固之問題，MAPE評估預測準確度之準則如表3-1。

表 3-1 MAPE 評估預測準確度之準則表

MAPE值	準則
$MAPE < 10\%$	預測能力極佳(愈接近0愈好)
$10\% < MAPE < 20\%$	預測能力優良
$20\% < MAPE < 50\%$	預測能力合理
$50\% < MAPE$	預測能力不正確

資料來源：【41】

2. 平均百分比誤差(Mean Absolute Error, MAE)

$$MAE = \frac{1}{t} \sum_{t=1}^n |Y_t - Y'_t| / Y_t \times 100\% \quad (\text{式 3-6})$$

若評估準則的值越接近原點表示預測誤差越小，表示模型越佳。

3. 平均平方根百分比誤差(Root Mean Square Percentage Error, RMSPE)

$$RMSPE = \frac{1}{t} \sqrt{\sum_{t=1}^n \left(|Y_t - Y'_t| / Y_t \right)^2} \times 100\% \quad (\text{式 3-7})$$

其評估準則與平均絕對值百分比誤差(MAPE)相同。

4. 泰勒不等係數(Theil Inequality Coefficient, THEIL)

$$THEIL = \frac{RMSE}{\left(\frac{1}{t} \sum_{t=1}^n Y_t^2\right)^{\frac{1}{2}}} \quad (\text{式 3-8})$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{t} \sum_{t=1}^n (Y_t - Y'_t)^2} \quad (\text{式 3-9})$$

THEIL 的值小於 0.55 時模型為良好。

由於 MAE 之評估準則沒有明確之定義，因此本研究只採納 MAPE、RMSPE 及泰勒不等係數以作預測效益之評估。

3.3 長鞭效應模式建立

本研究所謂的供應鏈模式為多階供應鏈，包含供應商、製造商、配銷商及零售商。而本研究假設整個供應鏈中為單一供應商、製造商、配銷商、零售商及單一產品。以下以 Chen 等人【28】【29】所提出之訂購量及實際需求之變異程，探討傳統供應鏈及 VMI 策略之長鞭效應。

3.3.1 傳統供應鏈模式

本節分別探討傳統供應鏈中，供應商、製造商、配銷商及零售商之訂購量與實際需求之變異程度，供應鏈各階層之零售情形及相關需求資訊不會相互透露。而零售商所面對的為供應鏈之末端需求；在定貨方面，會依照目標存貨政策 (Order Up to Inventory Policy) 向配銷商訂貨，經過前置時間之後到貨，並隨即馬上訂貨。而配銷商所訂購之數量即為製造商所面對之需求，補貨量需滿足下一期預測之顧客需求。因此，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，其關係如圖 3-3 所示。

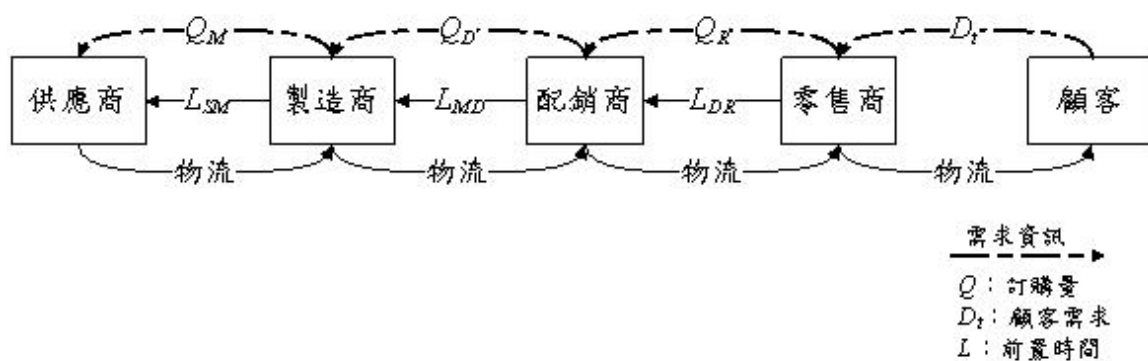


圖 3-3 供應鏈階層之作業流程

首先零售商針對下一個需求週期進行預測，以決定下一期的目標存貨水準，其存貨水準如圖3-4：

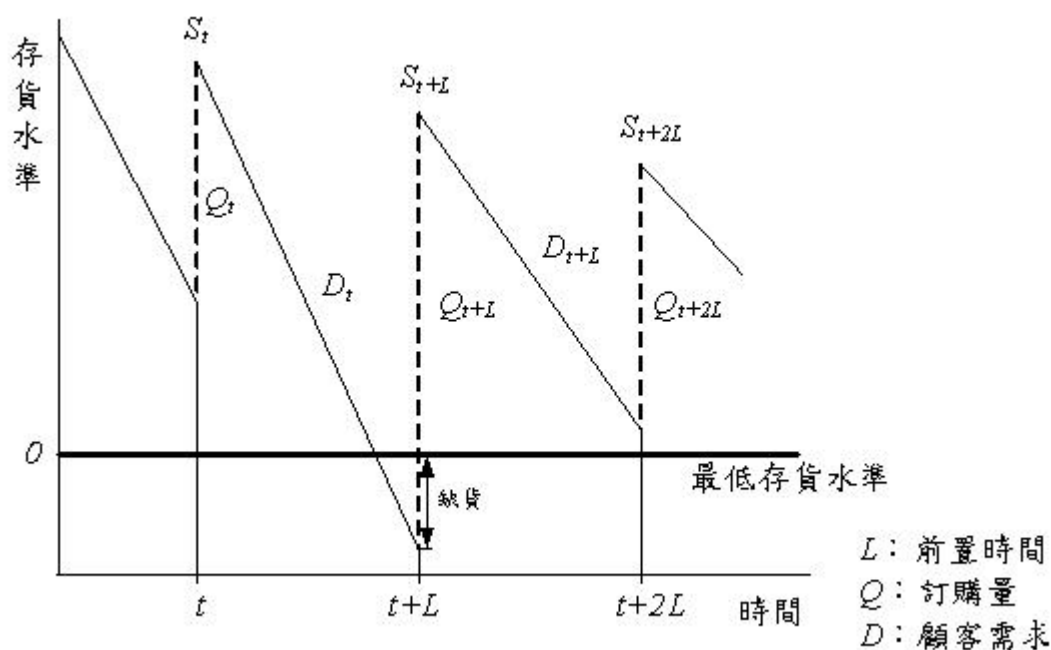


圖 3-4 零售商存貨水準

圖3-4中，在時間 t 時，零售商會依據先前的需求週期進行預測未來的需求，然後決定下一期的目標存貨水準 S_{t+L} 。本期的存貨水準 S_t 扣掉顧客需求 D_t 為淨庫存水準，為了滿足下一期的目標存貨水準，零售商必須補貨，補貨量則為下一期的訂購量 Q_{t+L} ，其計算公式如下：

$$S_{t+L}^R = S_t^R - D_t + Q_{t+L}^R \rightarrow Q_{t+L}^R = S_{t+L}^R - S_t^R + D_t \quad (\text{式 3-10})$$

$$S_{t+L}^R = D_t + z\hat{\sigma}_t \quad (\text{式 3-11})$$

S_{t+L}^R ：零售商之第 $t+L$ 期目標存貨水準

S_t^R ：零售商之第 t 期目標存貨水準

D_t ：零售商在第 t 期結束時之顧客實際需求需求

Q_{t+L}^R ：零售商在第 $t+L$ 期結束時所欲訂購之數量

z ：零售商預期之服務水準

$\hat{\sigma}_t$ ：第 t 期結束後所預測未來 L 期內期望需求量之標準差

但一般現象中，假設需求突然增多，零售商通常會增加下一期之訂購量以達到預期服務水準，林益慶【5】利用預期缺貨因子 β 取代 $z\hat{\sigma}_t$ ，也就是說，對零售商而言，其前置時間即為：

$$L' = L + \beta \quad (\text{式 3-12})$$

因此，式 3-11 可簡化成：

$$S_{t+L}^R = D_t + z\hat{\sigma}_t = L'D_t = (L + \beta)D_t \quad (\text{式 3-13})$$

而對配銷商而言，其面對的需求為零售商之訂購量，因此藉由 3-10 可瞭解配銷商之訂購量為：

$$Q_{t+L}^D = S_{t+L}^D - S_t^D + D_t \quad (\text{式 3-14})$$

而製造商之訂購量為：

$$Q_{t+L}^M = S_{t+L}^M - S_t^M + D_t \quad (\text{式 3-15})$$

表 3-2 本研究構建之傳統供應鏈系統各階層關係表

	供應商	製造商	配銷商	零售商
需求	Q_t^M	Q_t^D	Q_t^R	D_t
訂購量	—	Q_t^M	Q_t^D	Q_t^R

長鞭效應是指供應鏈階層傳遞過程中，其需求會有變異放大的現象，因此本研究以變異(Variance)表示，定義如下：

$$BE = \frac{Var(Q)}{Var(D_t)}$$

$Var(Q)$ ：訂購量變異數

$Var(D_t)$ ：顧客需求變異數

Chen, et al.的模式中，假設每一個訂購週期多餘的存貨皆可退回給上游，且不計成本，所以每一期的目標存貨水準即是訂購量大小。而在本研究的長鞭效應為訂單變異與顧客需求變異之比值，零售商與顧客需求之變異之比值以 BE_R 表示：

$$BE_R = \frac{Var(Q_t^R)}{Var(D_t)} \quad (\text{式 3-16})$$

配銷商與顧客需求之變異之比值以 BE_D 表示：

$$BE_D = \frac{Var(Q_t^D)}{Var(D_t)} \quad (\text{式 3-17})$$

配銷商與顧客需求之變異之比值以 BE_M 表示：

$$BE_M = \frac{Var(Q_t^M)}{Var(D_t)} \quad (\text{式 3-18})$$

3.3.2 供應鏈系統中 VMI 策略模式

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的方式向上游訂購數量。因此，本研究假設於零售商、配銷商間實施 VMI 策略，如圖 3-5 所示，當供應鏈加入 VMI 策略後，配銷商人員至零售商進行庫存管理將顧客需求數量直接以銷售點資訊分享方式，提供給上游製造商，前置時間為 L_{VMI} 。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，以銷售點資訊分享或是電子資料交換系統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} 。

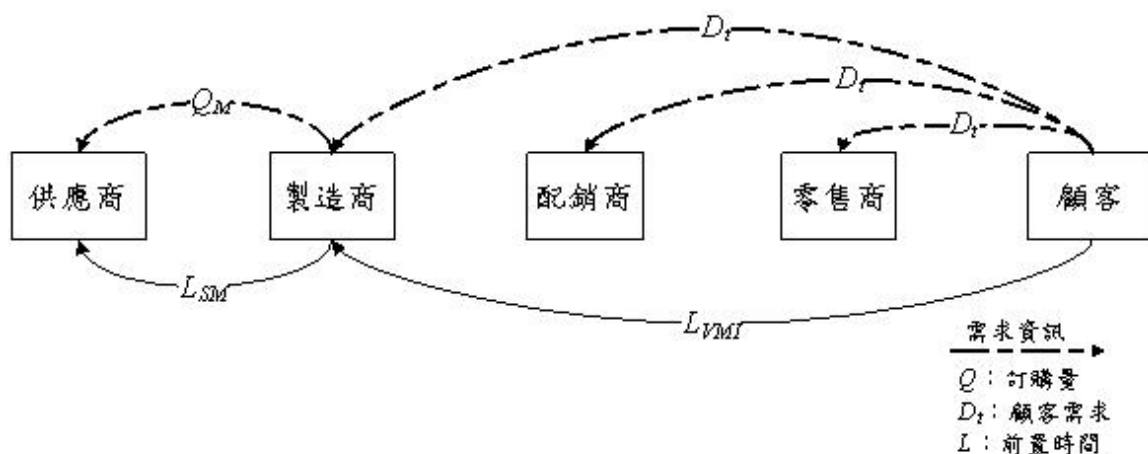


圖 3-5 本研究之供應鏈系統中加入 VMI 策略模式

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 3-3 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 ，而供應商面對的則是製造商之訂購量，因此此部分針對製造商面臨顧客需求計算其變異程度，在 VMI 策略下，製造商之訂購量為：

$$Q_{t+L}^{VMI} = S_{t+L}^{VMI} - S_t^{VMI} + D_t \quad (\text{式 3-19})$$

$$S_t^{VMI} = \hat{D}_t + z\hat{\sigma}_t = (L + \beta)D_t \quad (\text{式 3-20})$$

S_{t+L}^{VMI} ：製造商之第 $t+L$ 期目標存貨水準

S_t^{VMI} ：製造商之第 t 期目標存貨水準

D_t ：顧客實際需求需求

Q_{t+L}^{VMI} ：VMI 策略下，製造商在第 $t+L$ 期結束所欲訂購之數量

z ：零售商預期之服務水準

$\hat{\sigma}_t$ ：第 t 期結束後所預測未來 L 期內期望需求量之標準差

而製造商與顧客需求之變異之比值以 BE_{VMI} 表示：

$$BE_{VMI} = \frac{Var(Q_t^{VMI})}{Var(D_t)} \quad (式 3-21)$$

$Var(Q_t^{VMI})$ ：VMI 策略下，製造商訂購量之變異數

$Var(D_t)$ ：顧客需求變異數

表 3-3 供應鏈中加入 VMI 策略後，供應鏈中各階層之關係

	供應商	製造商	配銷商	零售商
需求	Q_t^{VMI}	D_t	D_t	D_t
訂購量	—	Q_t^{VMI}	—	—

3.4 成本模式建構

本研究在系統成本之考量上分為製造商、配銷商、零售商三個階段。成本部分僅考量訂購成本、存貨或持有成本及缺貨成本，其他成本(運輸成本、原物料之成本及構建 VMI 決策之成本等)均不列入系統之成本中。本研究之成本模式係將藉由陳

家芳【11】之成本模式延伸。

3.4.1 傳統供應鏈系統成本模式

本節分別討論供應鏈各階層之訂購成本、存貨成本及缺貨成本。

1. 訂購成本

所謂訂購成本為購買商品之單位成本與數量相乘。本研究假設配銷商將配送成本轉嫁給零售商，進而反應在商品的單位成本上。通常前置時間越短，需支付的配送成本或供給作業成本較高，在配銷商允許的範圍內，可以連續型的關係來表示前置時間對單位成本之影響，如下圖3-6所示。其中， $upCost_L$ 為配銷商在最短的前置時間 L_{min} 中，以最快速之方式配送的最大單位成本；當前置時間很大時，前置時間將不影響單位成本，此時單位成本僅由訂購量大小來決定。前置時間對單位成本之影響可表示如下：

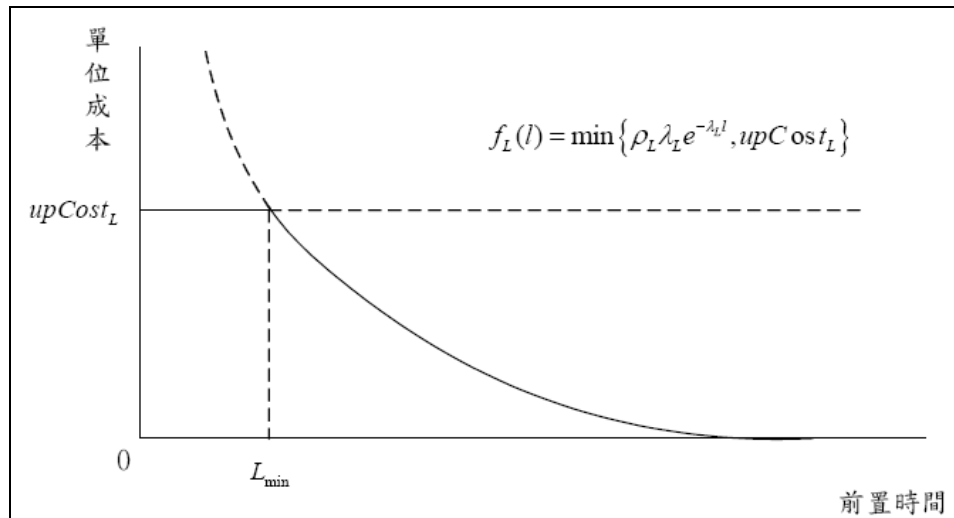
$$f_L(L) = \min\{\rho_L \lambda_L e^{-\lambda_L L}, upCost_L\} \quad L_{min} > 1 \quad (\text{式 3-22})$$

$\rho_L \lambda_L e^{-\lambda_L L}$ ：時間單位成本

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。

λ ：平均前置時間之倒數

$upCost_L$ ：最短的前置時間 L_{min} 中，以最快速之方式配送的最大單位成本。



資料來源：【11】

圖 3-6 前置時間與單位成本之關係

除前置時間會影響單位成本外，訂購量亦為影響單位成本之重要因素。如買方給予賣方在較大的訂購量時的折扣(Discount)，一般而言，訂購量越大，配銷商的折扣越多，相對地單位成本越低，訂購量與單位成本間之折扣關係表示如下：

$$f_Q(Q) = \min\{\max\{\rho_Q \lambda_Q e^{-\lambda_Q Q}, lowCost_Q\}, upCost_Q\} \quad (\text{式 3-23})$$

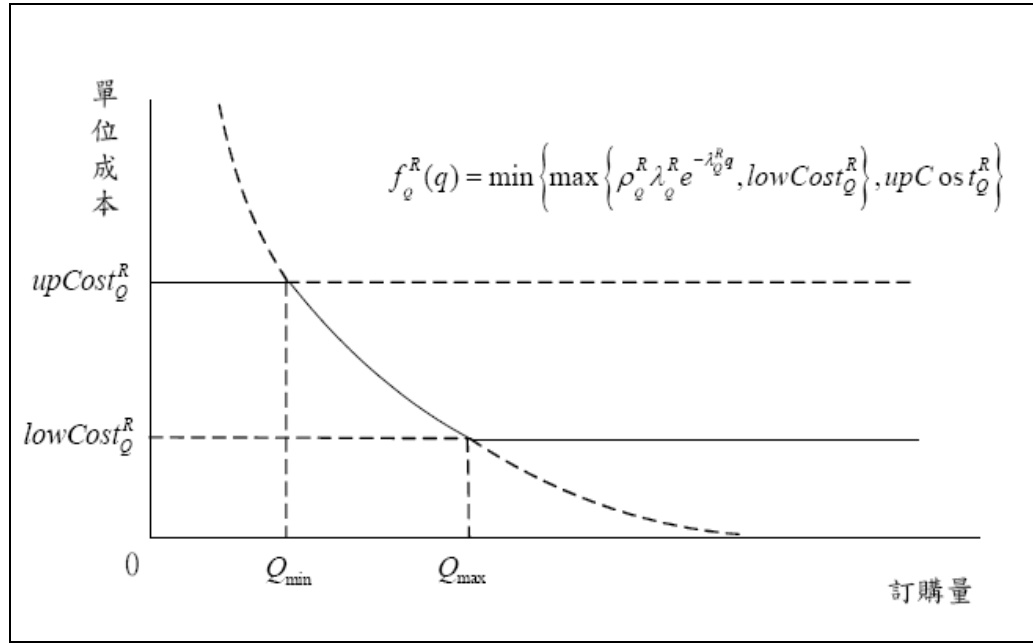
$\rho_Q \lambda_Q e^{-\lambda_Q Q}$ ：賣方給予買方之折扣(數量單位成本)

ρ_Q ：機率分配值調整為數量影響之單位成本的調整參數

λ ：平均訂購量之倒數

$upCost_Q$ ：單位成本的上限

$lowCost_Q$ ：單位成本的下限



資料來源：【11】

圖 3-6 訂購批量對單位成本之影響

以下分別為零售商、配銷商及製造商之訂購成本模式：

(1) 零售商

$$\begin{aligned}
 PC^R &= Q[f_L(L_{DR}) + f_Q^R(Q^R)] \\
 &= Q[\min\{\rho_L \lambda_L e^{-\lambda_L L_{DR}}, upCost_{L_{DR}}\} \\
 &\quad + \min\{\max\{\rho_Q^R \lambda_Q^R e^{-\lambda_Q^R Q}, lowCost_Q\}, upCost_Q\}] \quad (式 3-24)
 \end{aligned}$$

(2) 配銷商

$$\begin{aligned}
 PC^D &= Q[f_L(L_{MD}) + f_Q^D(Q^D)] \\
 &= Q[\min\{\rho_L \lambda_L e^{-\lambda_L L_{MD}}, upCost_{L_{MD}}\} \\
 &\quad + \min\{\max\{\rho_Q^D \lambda_Q^D e^{-\lambda_Q^D Q}, lowCost_Q\}, upCost_Q\}] \quad (式 3-25)
 \end{aligned}$$

(3) 製造商

$$PC^M = Q[f_L(L_{SM}) + f_Q^M(Q^M)]$$

$$= Q[\min\{\rho_L \lambda_L e^{-\lambda_L L_{SM}}, upCost_{L_{SM}}\} + \min\{\max\{\rho_Q^M \lambda_Q^M e^{-\lambda_Q^M Q}, lowCost_Q\}, upCost_Q\}] \quad (式 3-26)$$

2. 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)：

$$HC_{S \geq D} = h[\frac{D}{2} + (S - D)] \quad (式 3-27)$$

- 發生缺貨(即目標存貨水準小於實際之需求量)：

$$HC_{S < D} = h(\frac{S}{2}) \quad (式 3-28)$$

h ：存貨成本係數

S ：存貨水準

D ：顧客需求



3. 缺貨成本

倘若該其發生缺貨時，則其缺貨成本：

$$BC = r(D - S) \quad (式 3-29)$$

r ：缺貨成本係數

3.4.2 供應鏈系統中加入 VMI 策略之成本模式

在本研究所構建之供應鏈中，於零售商、配銷商之間建立 VMI 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，即訂購成本、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：

1. 訂購成本

● 製造商

$$\begin{aligned} PC^{VMI} &= Q[f_L(L_{SM}) + f_Q^M(Q)] \\ &= Q[\min\{\rho_L \lambda_L e^{-\lambda_L L_{VMI}}, upCost^{L_{VMI}}\} \\ &\quad + \min\{\max\{\rho_Q^{VMI} \lambda_Q^{VMI} e^{-\lambda_Q^{VMI} Q}, lowCost^Q\}, upCost^Q\}] \end{aligned} \quad (式 3-30)$$

2. 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)：

$$HC_{S \geq D} = h\left[\frac{D}{2} + (S - D)\right] \quad (式 3-31)$$

● 發生缺貨(即目標存貨水準小於實際之需求量)：

$$HC_{S \leq D} = h\left(\frac{S}{2}\right) \quad (式 3-32)$$

3. 缺貨成本

倘若該其發生缺貨時，則其缺貨成本：

$$BC = r(D - S) \quad (式 3-33)$$

第四章 資料分析與結果

為了驗證模式之適用性，本章將以自行車產業為基礎設計案例架構，以自行車每月出口至北美自由貿易區之數據資料產生需求模式，並以需求資料進行傳統供應鏈與供應鏈導入VMI之長鞭效應及成本之差異。

4.1 資料來源

實際數據資料為自行車成車銷售至北美自由貿易區(NAFTA)之銷售額資料，來源為「台灣區自行車輸出同業公會」，由該公會網頁(<http://www.tbea.org/index.htm>)上獲得自行車出口數量之資料，可獲得之資料為1998年1月至2005年12月自行車出口至北美自由貿易區之每月出口量，共96筆。數據資料如表4-1。

為提供最佳化所需之需求資料，本研究將經由實際數列資料在SPSS 13中建立需求預測模型。首先以1998年1月~2004年12月共84筆每月自行車出口總數量為實驗數據，將預測結果與2005年1月~2005年12月驗證模式之可行性。

表 4-1 自行車出口至北美自由貿易區之出口量

期數	時間	實際需求	期數	時間	實際需求
1	1998年1月	216,317	10	1998年10月	438,089
2	1998年2月	270,610	11	1998年11月	391,679
3	1998年3月	307,256	12	1998年12月	271,900
4	1998年4月	247,234	13	1999年1月	335,043
5	1998年5月	272,841	14	1999年2月	266,050
6	1998年6月	337,774	15	1999年3月	412,909
7	1998年7月	438,696	16	1999年4月	316,652
8	1998年8月	405,727	17	1999年5月	334,879
9	1998年9月	585,242	18	1999年6月	182,721

表 4-2 自行車出口至北美自由貿易區之出口量(續表 4-1)

期數	時間	實際需求	期數	時間	實際需求
19	1999 年 7 月	210,716	45	2001 年 9 月	123,284
20	1999 年 8 月	205,727	46	2001 年 10 月	115,952
21	1999 年 9 月	227,355	47	2001 年 11 月	105,027
22	1999 年 10 月	275,712	48	2001 年 12 月	90,675
23	1999 年 11 月	204,245	49	2002 年 1 月	97,717
24	1999 年 12 月	162,359	50	2002 年 2 月	84,059
25	2000 年 1 月	209,847	51	2002 年 3 月	115,706
26	2000 年 2 月	176,829	52	2002 年 4 月	67,926
27	2000 年 3 月	219,360	53	2002 年 5 月	102,668
28	2000 年 4 月	256,531	54	2002 年 6 月	108,661
29	2000 年 5 月	302,121	55	2002 年 7 月	110,236
30	2000 年 6 月	228,635	56	2002 年 8 月	117,033
31	2000 年 7 月	282,151	57	2002 年 9 月	111,243
32	2000 年 8 月	272,373	58	2002 年 10 月	90,394
33	2000 年 9 月	199,763	59	2002 年 11 月	117,273
34	2000 年 10 月	223,589	60	2002 年 12 月	87,868
35	2000 年 11 月	223,535	61	2003 年 1 月	61,056
36	2000 年 12 月	113,604	62	2003 年 2 月	63,757
37	2001 年 1 月	130,122	63	2003 年 3 月	84,385
38	2001 年 2 月	154,551	64	2003 年 4 月	86,240
39	2001 年 3 月	141,775	65	2003 年 5 月	76,592
40	2001 年 4 月	104,431	66	2003 年 6 月	81,934
41	2001 年 5 月	59,067	67	2003 年 7 月	78,091
42	2001 年 6 月	77,653	68	2003 年 8 月	70,579
43	2001 年 7 月	99,426	69	2003 年 9 月	83,822
44	2001 年 8 月	214,958	70	2003 年 10 月	100,297

表 4-3 自行車出口至北美自由貿易區之出口量(續表 4-1)

期數	時間	實際需求	期數	時間	實際需求
71	2003 年 11 月	108,511	84	2004 年 12 月	86,639
72	2003 年 12 月	82,156	85	2005 年 1 月	80,546
73	2004 年 1 月	59,306	86	2005 年 2 月	78,196
74	2004 年 2 月	67,393	87	2005 年 3 月	72,112
75	2004 年 3 月	89,722	88	2005 年 4 月	81,721
76	2004 年 4 月	80,075	89	2005 年 5 月	107,207
77	2004 年 5 月	72,955	90	2005 年 6 月	91,794
78	2004 年 6 月	74,634	91	2005 年 7 月	73,083
79	2004 年 7 月	69,300	92	2005 年 8 月	74,623
80	2004 年 8 月	107,080	93	2005 年 9 月	70,613
81	2004 年 9 月	109,948	94	2005 年 10 月	64,762
82	2004 年 10 月	84,759	95	2005 年 11 月	61,364
83	2004 年 11 月	81,258	96	2005 年 12 月	61,364

資料來源：台灣區自行車輸出同業公會

4.2 需求預測

4.2.1 建構需求預測模型

本研究以ARIMA方法預測未來需求。根據Box & Jenkins所提出之預測步驟，分別為模式之確認(Identification)、模式參數之估計(Estimation)、模式之診斷檢定(Diagnostic Checking)與預測未來數值(Forecasting)四項作為基準。

1. 確認(Identification)

判斷需求資料是否為平穩數列，繪製數列資料之時間序列圖，由時間序列圖形呈指數型下降速度緩慢之情形，可判斷數列為有趨勢的時間數列圖形，如圖4-1，因此對數列進行一次差分，並繪製數列經一次差分後之時間序列圖，發現經一階差分後，數

列成平穩型時間序列，如圖4-2，因此差分次數 $d=1$ 。並繪製自相關函數圖 (Autocorrelation Function, ACF) 及偏自相關函數圖 (Partial Autocorrelation Function, PACF)，如圖4-3及圖4-4所示，以產生候選模式。產生候選模式後，分別以 AIC(Akaike Information Criteria) 準則為模式選取之準則，最佳模式之選取以 AIC 值最小決定之。候選模式與其 AIC，如表4-4所示。

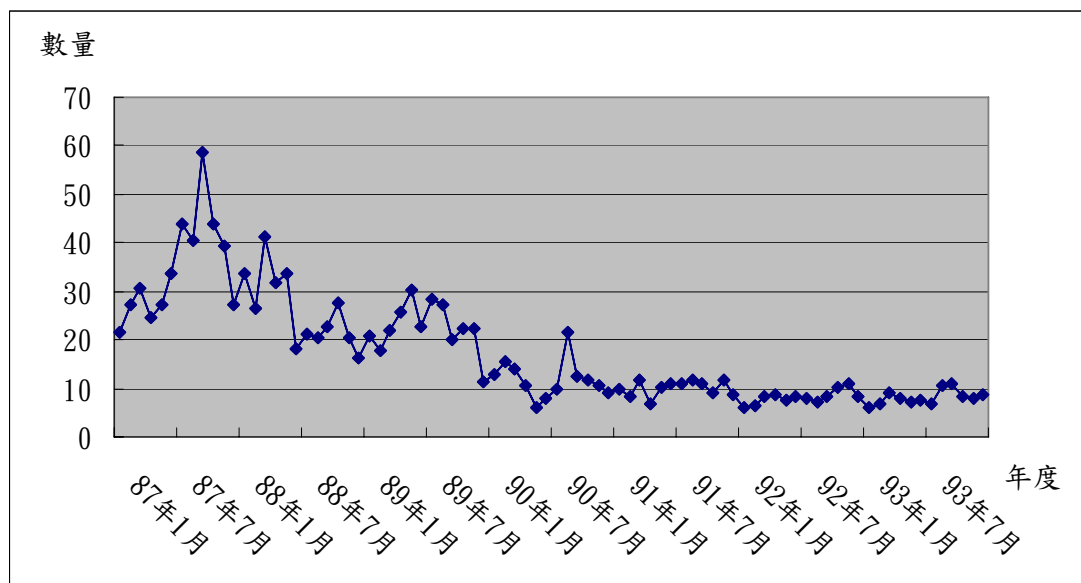


圖 4-1 國內自行車出口至北美自由貿易區數量

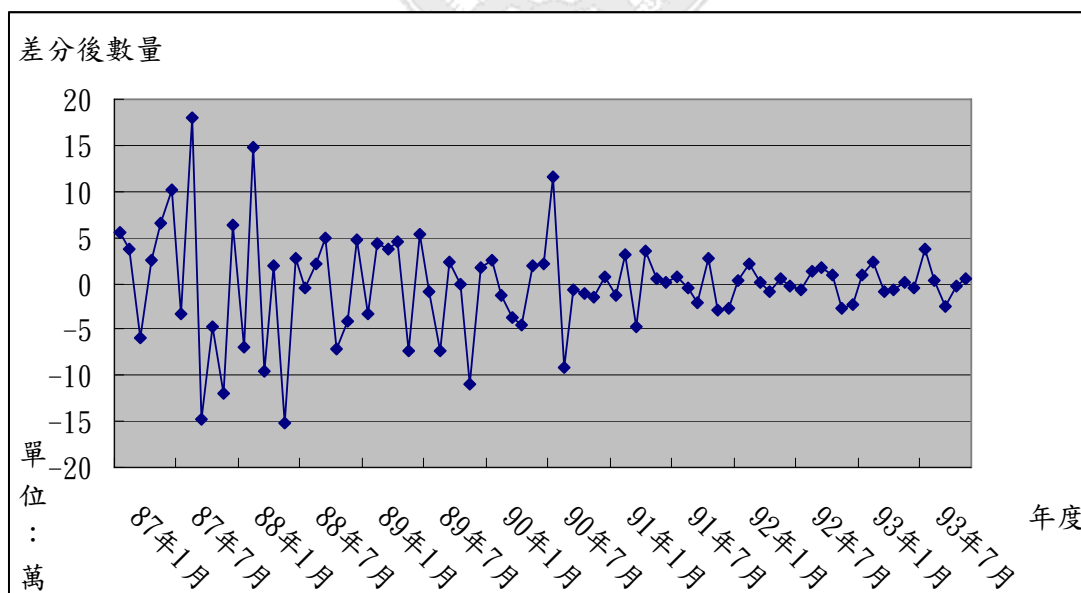


圖 4-2 國內自行車出口至北美自由貿易區數量一次差分

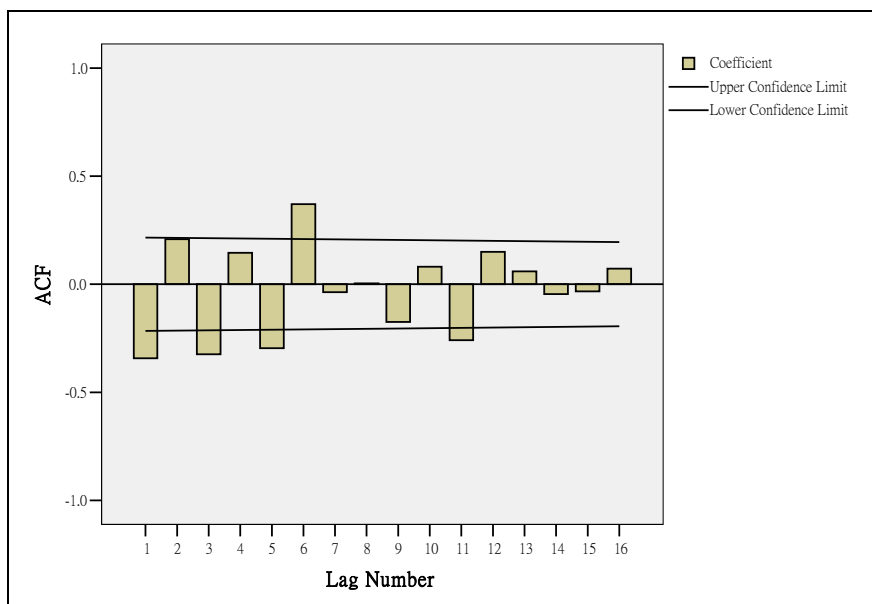


圖 4-3 自相關函數圖

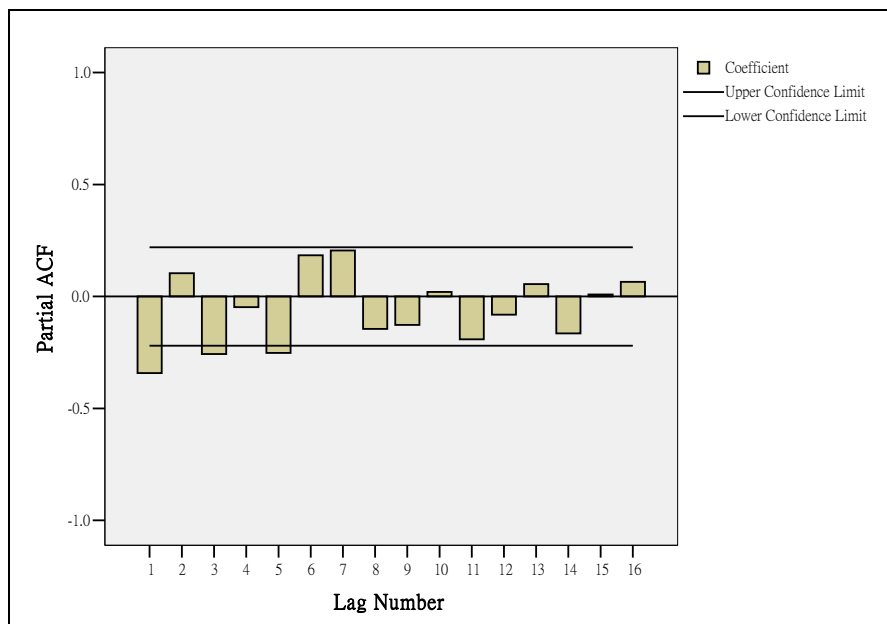


圖 4-4 偏自相關函數圖

表 4-4 候選模式與 AIC 值

(p,d,q)	(1,1,0)	(1,1,1)	(2,1,0)	(2,1,1)	(1,1,2)	(2,1,2)
AIC 值	2064.722	2062.88	2065.373	2061.155	2061.219	2062.9

由表4-4可知，各候選模式之AIC值十分接近，因此使用殘差值 e_t 之ACF圖及PACD走勢圖，判定殘差值是否為白干擾過程。而結果顯示，除了當 $(p,d,q) = (1,1,2)$ 時，其自身相關係數落在信賴

界限中，且顯著機率比顯著水準0.05大，其他候選模式皆之自身相關係數未落在信賴界限中，因此選取 $(p,d,q) = (1,1,2)$ 作為預測模式。圖4-5及圖4-6分別為 $(p,d,q) = (1,1,2)$ 之殘差ACF圖及PACD走勢圖。

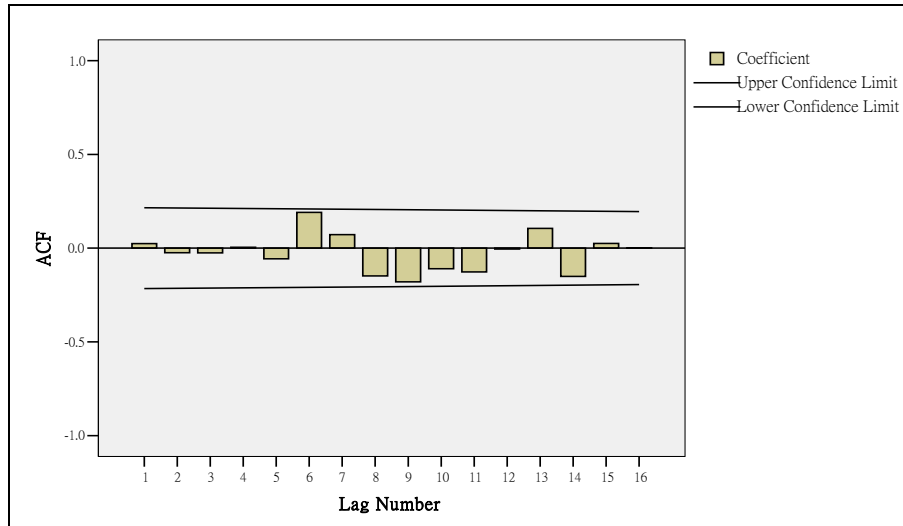


圖 4-5 殘差值之 ACF 圖

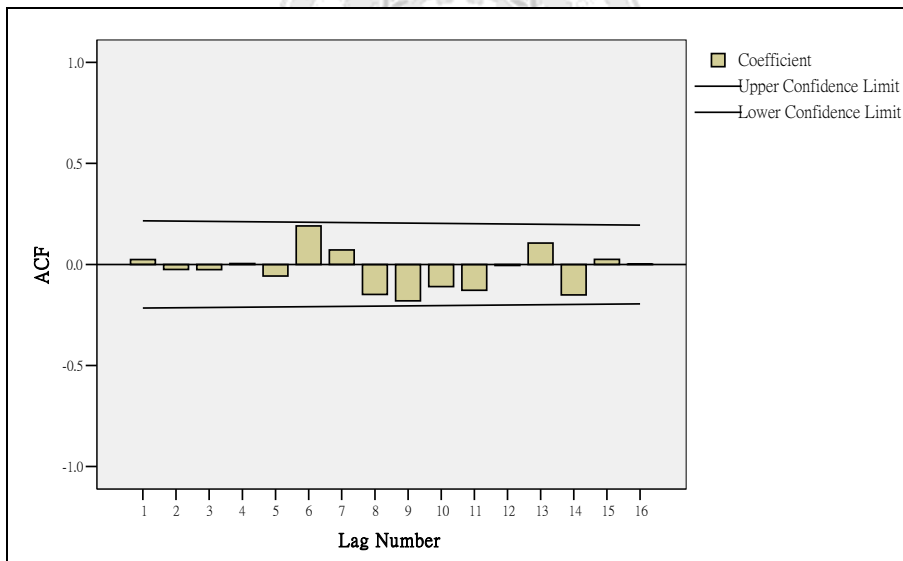


圖 4-6 殘差值之 PACF 圖

2. 估計(Estimation)

由一次差分模式 $\Delta x(t) = x(t) - x(t-1)$ 及 ARIMA(1,0,2) 之模式為 $x(t) = \alpha_1 x(t-1) + u(t) - b_1 u(t-1) - b_2 u(t-1)$ 可推倒出 ARIMA(1,1,2) 之模式為 $\{x(t) - x(t-1)\} = \alpha_1 \{x(t-1) - x(t-2)\} + u(t) - b_1 u(t-1) - b_2 u(t-1)$

因此其預測模式如下

$$\begin{aligned} & x(t) - x(t-1) \} - (-2037.021) \\ & = -0.947\{x(t-1) - x(t-2)\} - (-2037.021) + u(t) - (-0.310) \times u(t-1) - 0.483 \times u(t-1) \end{aligned}$$

整理後可得

$$\begin{aligned} & \{x(t) - x(t-1)\} + 2037.021 \\ & = -0.947[\{x(t-1) - x(t-2)\} + 2037.021] + u(t) + 0.310 \times u(t-1) - 0.483 \times u(t-1) \end{aligned}$$

假設預測值為現值， $x(t)$ 為現值， $x(t-1)$ 為一期前， $x(t-2)$ 為兩期前， $u(t)$ 為殘差值， $u(t) \sim N(0, \sigma^2)$ 。

3. 診斷性測試(Diagnostic Checking)

本研究使用平均絕對值誤差、平均平方根百分比誤差及泰勒不等係數計算其誤差值，並以Q統計量診斷並檢定(p, d, q)=(1, 1, 2)模式是否可接受。

(1) 平均絕對值誤差(Mean Absolute Percentage Error, MAPE)

經由計算後，MAPE=9.65%，以Lewis的MAPE的四等級表來說，此模型屬於最好的一級「預測能力極佳」模型，表示在所建構模型下，其預測經預測效益評估後為能力最佳情況。

(2) 平均平方根百分比誤差(Root Mean Square Percentage Error, RMSPE)

經由計算後，RMSPE=3.69%，以Lewis的MAPE的四等級表來說，此模型屬於最好的一級「預測能力極佳」模型，表示在所建構模型下，其預測經預測效益評估後為能力最佳情況。

(3) 泰勒不等係數(Theil Inequality Coefficient, THEIL)

經由計算後THEIL=0.1581<0.55，經計算之後 THEIL的值遠

遠小於0.55，故接受此預測模式。

(4) Q 統計量(portmanteau Q-Test)檢定模式

在統計模式合適之假設條件下，以Ljung and Box (1994)所提出修正後的Q 統計量(Portmanteau Q-Test)檢定模式。

$$\tilde{Q} = n(n+2) \sum_{k=1}^K (n-k)^{-1} r_k^2(\hat{a})$$

N : 數列資料個數

d : 差分次數

n : 實際殘差個數=N-d

k : 殘差自我相關係數之個數

$r_k(\hat{a})$: 殘差 ($k=1, 2, \dots, k$)

Q 為一統計量近似卡方分配 $\chi^2(K-p-q)$ 。若 \tilde{Q} 檢定值小於 $\chi^2_{\alpha}(K-p-q)$ ， $\alpha=0.05$ ，則表示殘差間無顯著相關，可接受該模式。

$$N=N-d=84-1=83, k=16$$

$$\tilde{Q} = 84 \times (84+2) \times \left[\frac{0.02447^2}{83-1} + \frac{(-0.02447)^2}{83-2} + \dots + \frac{0.001509^2}{83-16} \right] = 15.69$$

$$\chi^2_{0.05}(16-1-2) = \chi^2_{0.05}(13) = 22.362 > 15.69$$

結果顯示殘差間無顯著相關，可接受該模式，因此預測模式為ARIMA(p, d, q) = ARIMA (1, 1, 2)。

表 4-5 殘差值

k	殘差	k	殘差
1	0.02447	9	-0.18013
2	-0.02447	10	-0.10959
3	-0.02521	11	-0.12743
4	0.004611	12	-0.00477
5	-0.05694	13	0.105816
6	0.190499	14	-0.1506
7	0.072121	15	0.025022
8	-0.14826	16	0.001509

4. 預測(Forecast)

經過診斷性測試，確定預測模式如下：

$$\begin{aligned} & \{x(t) - x(t-1)\} + 2037.021 \\ & = -0.947[\{x(t-1) - x(t-2)\} + 2037.021] \\ & + u(t) + 0.310 \times u(t-1) - 0.483 \times u(t-1) \end{aligned}$$

而預測值的計算模式如下：

$$\begin{aligned} & \{\hat{x}(t,1) - x(t-1)\} + 2037.021 \\ & = -0.947[\{x(t) - x(t-1)\} + 2037.021] \\ & + 0.310 \times \{x(t) - \hat{x}(t-1,1)\} - 0.483 \times \{x(t-1) - \hat{x}(t-2,1)\} \end{aligned}$$

本研究以預測模式產生10筆預測值其模型預測結果如圖4-7，圖中顯示，其預測結果十分接近，少部分誤差較大者，誤差較大之原因為因為其需求起伏變化突然遽增或遽減，後期的預測結果較前期為準確。下節將探討造成自行車出口量變化之原因。

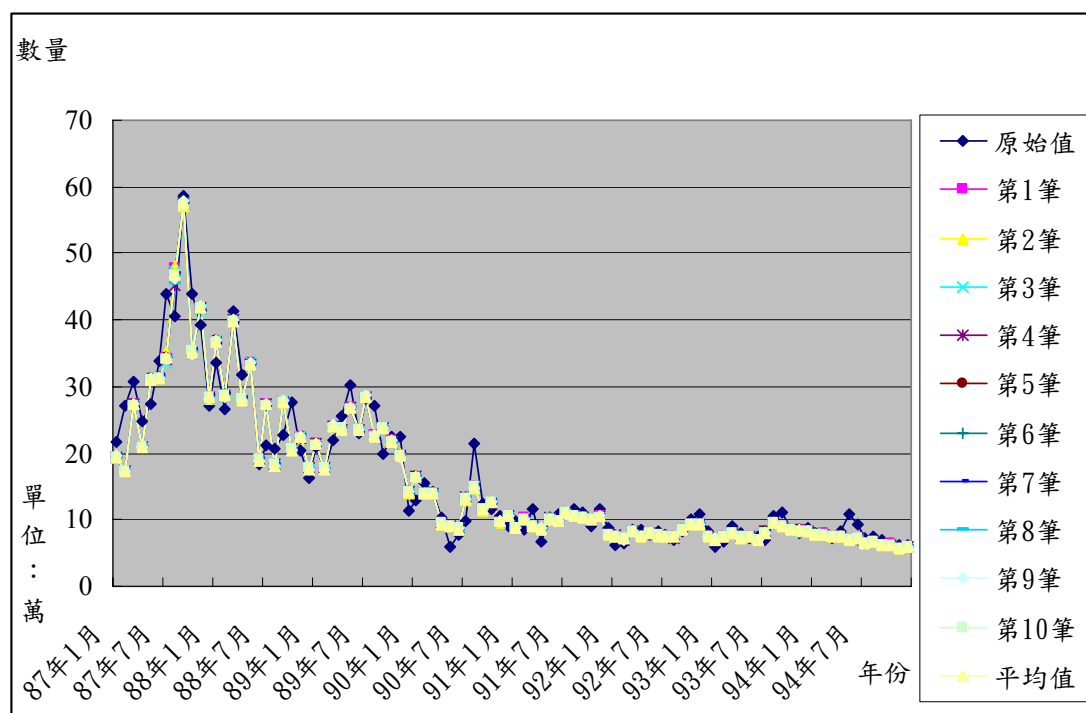


圖 4-7 模擬結果與實際需求之比較

4.2.3 自行車需求變化情形

台灣自行車成車業為典型出口導向產業，主要出口地區為歐盟、北美與日澳紐三國，本研究主要針對北美自由貿易區(North American Free Trade Agreement, NAFTA)之自行車成車出口為主，根據過去的相關資料顯示，自行車產業發展初期時，以創立本土自行車品牌，達到全台自行車的黃金時期，然而在1968年日本輸入50c.c.機車，國內自行車需求量大幅下降，此時自行車產業轉而朝向外銷市場，並再度湧現訂單。本研究所顯示之資料中，量及出口值皆達到巔峰，以1998年之出口值最高，其原因為國際油價上漲，使得自行車需求增加，且自行車產品的附加價值已有顯著的增加，此乃因各國消費者對自行車產品的用途與偏好有所不同，多半必須兼顧交通、運動及休閒等多種用途與功能。

1998年後國內自行車的出口數量、金額自開始出現逐步下滑趨勢，主要原因為全球自行車市場已成熟，需求成長出現疲態，加上國內自行車成車組裝廠商大幅擴充大陸廠區產能及2000年

面對大陸較低人工成本的優勢，且國內自行車成車組裝廠商已開始採行「中、低價位產品移至大陸生產，高單價產品留在台灣生產」的營運模式影響，使得自行車出口量大幅衰退，其原因可整理如下：

1. 自動化程度低，業者為降低成本紛紛外移

由於每輛自行車需要許多個主、次要零件組裝而成，因此產品結構中，除原料成本所佔比例最高外，人工費用通常佔加工成本約一半的比重，因此廉價勞力資源成為自行車業關鍵的競爭因素之一。我國自行車過去以優良之製程技術及低廉之人工成本進攻外銷市場，但因新台幣升值及土地價格上升、工資上漲等因素，業者紛紛外移大陸。

2. 自行車產業競爭日趨激烈

近年來幾個主要生產大國大肆擴充產能，全世界自行車市場已逐漸供過於求，因而造成殺價競爭、惡性循環的結果。各國政府為保護本國企業，紛採課徵反傾銷稅等措施以提高關稅壁壘。

3. 其他因素

國內廠商為突破產業環境的困境，逐漸朝提高產品附加價值及生產中高價位的車種發展，例如鋁合金車種、鎂合金車種及電動自行車等，加上近年來原物料漲價、台幣升值等因素使得自行車之單價上漲，顧客需求相對逐漸降低。其他因素諸如SARS、伊拉克戰爭及911恐怖事件造成消費者的消費縮減現象及美國氣候異常造成購買慾望降低、美國政府對自行車進口進行數量限制及提高關稅等。

台灣為了解決自行車銷售量滑落之現象，在2003年，自行車產業成立非營利組織「A Team」(台灣自行車協進會)初期是由巨大機械及美利達工業結合11家零件廠共同組合，至2004年又新增7家會員廠，使ATeam的總會員廠數達到20家。此組織主要目標除改善整體產業供應鏈的營運績效，主要是發揮更大的團體力量提

昇創意研發能量，有助於台灣自行車的轉型與創新。在改善整體產業供應鏈營運績效上，ATeam導入「豐田生產方式(TPS)」以提升產能，使產業具備少量多樣的生產彈性；TPS生產觀念分為兩個概念：及時化(Just In Time, JIT)及自動化。及時化之觀念為「必要的產品，於必要的時間，生產必要的數量」，也就是以最小之物料、半成品、成品和最短之前置時間，達到精確的產量。自動化目的在於防止機器或生產線生產出不良品，與一般自動化之差別在於，自動化是在單純機器的自動化上加上了人工的智慧，也就是當機器在有異常狀況發生時會自動停止，再由人員進行處理，如此一來可增加人員所能負責之機器數量、減省人力，並減低產品不良率。

ATeam破了傳統製造業以量取勝、殺價競爭的迷思，讓台灣自行車產業邁向「精品化」蛻變，並提升了台灣產品在國際上的高品牌價值形象。此外並陸續舉辦國際自行車展、贊助國際自行車手參與國際自行車大賽，並持續創新研發擴展其產業到跨領域的健康科技，以健康科技為平台，如發展醫療走步機、醫療自行車、電動按摩機、醫療復肌機電動代步車、電動輪椅、電動休閒車等各種健康及醫療輔具。這除了提升自行車本身產業的發展之外，也帶動了健康科技器材相關產業如運動休閒、行動照顧和居家醫療等服務產業的發展。這種將傳統自行車產業技術升級到健康科技跨領域的創新作法，除了促進不同產業資源的整合之外，也為自己創造新的營運模式和商機。自行車產業透過「產業群聚」及「策略聯盟」，持續地「創新」為台灣自行車產業創造出新的奇蹟。

4.3 傳統供應鏈之長鞭效應

本研究根據自行車成車銷售至北美自由貿易區(NAFTA)之銷售額資料，利用ARIMA建構需求預測模式，以平均殘差值為0，標準差為0.1，分別模擬10筆96期之顧客需求資料，並以平均預測之需求量計算供應鏈中之變異程度，探討傳統供應鏈與賣方託管

存貨策略的長鞭效益是否有所差異。

4.3.1 零售商之存貨政策

前置時間(Lead Time, L)為零售商的訂購週期，為零售商從訂貨到取貨的間隔時間，且 L 至少為一個需求週期。零售商訂的貨必需要經過時間 L 才會到達，所以，零售商必須先決定下一期應該準備多少存貨以應付前置時間內可能發生之需求。模式建構上，零售商之目標存貨水準為：

$$S_{t+L}^R = (L + \beta)D_t$$

研究中假設零售商階層之前置時間 L 為2(單位：月)，缺貨因子 β 為0.2， D_t 為 t 期顧客需求量。零售商第 $t+L$ 期在前置時間內所需之目標存貨水準為第 t 期實際需求乘上前置時間與缺貨因子之和。如第16期之目標存貨水準為14期之顧客實際需求量398,683乘上前置時間2及缺貨因子0.2之和，計算得知第16期目標存貨水準為627,585。而第2期資料由於資料不完整性，因此其目標存貨水準則是以第1期之顧客實際需求、前置時間為1及缺貨因子為0.2計算之。

零售商決定下一期的目標存貨水準後，為了達到目標存貨水準，零售商在時間 $t+L$ 時應補足的存貨量(即為訂購量)為：

$$Q_{t+L}^R = S_{t+L}^R - S_t^R + D_t$$

零售商第 $t+L$ 期之訂購量為第 t 期之實際需求加第 $t+L$ 期目標存貨水準與第 t 期目標存貨水準之差，又由於計算第2期資料之不完整性，因此，零售商將在第2期在前置時間內所需之訂購量視為第1期實際需求乘上前置時間，即第一期之顧客實際需求量為193,195，前置時間為2，計算得知第二期訂購量為386,390。第四期的之訂購量為 $386,390 - 231,834 + 173,091 = 322,057$ 。由於訂購量不為負值，因此如產生負值，皆假設訂購量為0。

表 4-6 缺貨因子為 0.2，零售商之目標存貨及訂購量

期數	顧客需求	目標存貨	訂購量	期數	顧客需求	目標存貨	訂購量
1	193,195	0	0	28	234,949	388,051	175,815
2	173,091	425,029	386,390	29	268,178	0	0
3	273,172	0	0	30	234,431	516,888	363,785
4	209,004	380,800	128,862	31	285,074	0	0
5	310,140	0	0	32	226,308	515,748	233,291
6	313,133	459,809	288,013	33	238,121	0	0
7	342,573	0	0	34	218,363	497,878	208,437
8	279,008	688,893	542,217	35	196,544	0	0
9	501,229	0	0	36	141,656	480,399	200,884
10	348,773	613,818	203,933	37	163,809	0	0
11	418,163	0	0	38	139,459	311,643	0
12	280,693	767301	502,256	39	139,056	0	0
13	367,438	0	0	40	94,497	306,810	134,626
14	285,266	617,525	130,917	41	90,417	0	0
15	398,683	0	0	42	86,676	207,893	0
16	279,867	627,585	295,327	43	131,865	0	0
17	335,112	0	0	44	150,495	190,687	69,470
18	189,077	615,707	267,989	45	114,647	0	0
19	273,925	0	0	46	127,630	331,089	290,897
20	180,942	415,969	0	47	95,916	0	0
21	277,524	0	0	48	107,122	280,786	77,327
22	204,078	398,072	163,045	49	87,516	0	0
23	224,542	0	0	50	102,574	235,668	62,004
24	176,647	448,972	254,977	51	89,770	0	0
25	214,445	0	0	52	86,366	225,663	92,568
26	176,387	388,623	116,299	53	101,399	0	0
27	239,302	0	0	54	98,610	190,005	50,708

表 4-7 缺貨因子為 0.2，零售商目標存貨及訂購量(續表 4-6)

期數	顧客需求	目標存貨	訂購量	期數	顧客需求	目標存貨	訂購量
55	109,511	0	0	76	73,605	166,109	76,010
56	106,622	216,942	125,547	77	74,730	0	0
57	103,407	0	0	78	70,387	161,931	69,427
58	100,052	234,568	124,248	79	81,861	0	0
59	104,836	0	0	80	95,945	154,851	63,307
60	78,306	220,114	85,598	81	90,421	0	0
61	75,579	0	0	82	85,262	211,079	152,173
62	71,227	172,273	30,465	83	84,098	0	0
63	82,687	0	0	84	82,330	187,576	61,759
64	75,048	156,699	55,653	85	78,406	0	0
65	79,619	0	0	86	78,813	181,126	75,880
66	76,100	165,106	83,454	87	73,648	0	0
67	75,034	0	0	88	75,129	173,389	71,076
68	73,867	167,420	78,414	89	69,139	0	0
69	85,834	0	0	90	71,298	165,284	67,024
70	92,446	162,507	68,954	91	64,982	0	0
71	92,216	0	0	92	67,274	156,856	62,870
72	75,274	203,381	133,320	93	60,832	0	0
73	70,976	0	0	94	63,347	148,003	58,421
74	75,504	165,603	37,496	95	56,715	0	0
75	80,131	0	0	96	59,237	139,363	54,708

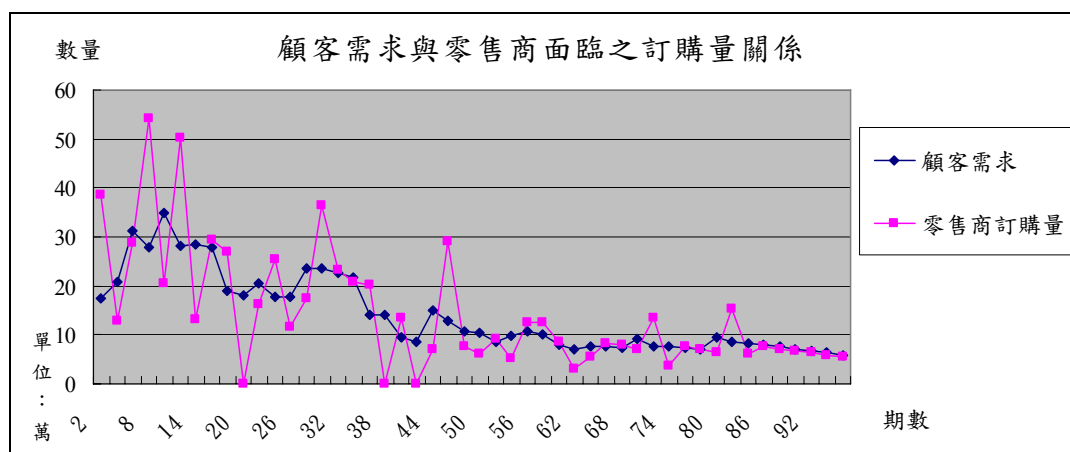


圖 4-8 顧客需求與零售商面臨之訂購量兩關係圖

從上表中，我們可以求得96期之中，以兩個月為一訂購週期的平均需求為141503.65，需求變異數為6300687274.74，而平均訂購量為143246.71，訂購量變異數為15104402628.71，依照長鞭效應之定義如下：

$$BE_R = \frac{Var(Q_t^R)}{Var(D_t)}$$

可求得長鞭效應為2.3972，即是當前置時間為2個月，零售商在傳遞需求資訊時，需求之變異放大了2.3972倍。

4.3.2 配銷商之存貨政策

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為 $S_{t+L}^D = (L + \beta)D_t$ （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，訂購量計算為 $Q_{t+L}^D = S_{t+L}^D - S_t^D + D_t$ 。其計算結果如表4-8所示。

研究中假設配銷商面對零售商階層之前置時間 L 為2(單位：月)，缺貨因子 β 為0.2， D_t 為 t 期零售商需求量。配銷商第 $t+L$ 期之目標存貨水準為第 t 期零售商需求乘上前置時間與缺貨因子之和。如第18期之目標存貨水準為16期之零售商實際需求量295,326乘上前置時間2及缺貨因子0.2之和，計算得知第18期目標存貨水準為615,707。而第4期資料由於資料不完整性，因此

其目標存貨水準則是以第2期之零售商實際需求、前置時間為1及缺貨因子為0.2計算之。

配銷商第 $t+L$ 期之訂購量為第 t 期之零售商需求加第 $t+L$ 期目標存貨水準與第 t 期目標存貨水準之差，又由於計算第4期資料之不完整性，因此，零售商將在第4期之訂購量視為第2期製造商需求乘上前置時間，即第一期之製造商實際需求量為386,390，前置時間為2，計算得知第二期訂購量為772,780。第四期的之訂購量為 $708,526 - 850,058 + 322,057 = 180,525$ 。由於訂購量不為負值，因此如產生負值，皆假設訂購量為0。



表 4-8 缺貨因子為 0.2，配銷商之目標存貨及訂購量

期數	零售商 需求	目標 存貨	訂購量	期數	零售商 需求	目標 存貨	訂購量
2	386,390	0	0	50	62,004	0	0
4	322,057	850,058	772,780	52	92,568	170,119	94,613
6	288,013	0	0	54	50,708	0	0
8	542,217	708,526	180,525	56	125,547	203,650	126,099
10	203,933	0	0	58	124,248	0	0
12	502,256	1,192,877	1,026,568	60	85,598	276,203	198,099
14	130,917	0	0	62	30,465	0	0
16	295,327	1,104,963	414,342	64	55,653	188,316	0
20	0	0	0	66	83,454	0	0
18	267,989	649,719	0	68	78,414	122,437	0
22	163,045	0	0	70	68,954	0	0
24	254,977	589,576	207,847	72	133,320	172,512	128,489
26	116,299	0	0	74	37,496	0	0
28	175,815	560,950	226,351	76	76,010	293,304	254,112
30	0	0	0	78	69,427	0	0
32	233,291	386,793	1,658	80	63,307	167,222	0
34	0	0	0	82	152,173	0	0
36	200,884	513,241	359,739	84	61,759	139,276	35,362
38	139,459	0	0	86	75,880	0	0
40	134,626	441,945	129,588	88	71,076	135,871	58,354
42	86,676	0	0	90	67,024	0	0
44	386,390	0	0	92	62,004	0	0
46	322,057	850,058	772,780	94	92,568	170,119	94,613
48	288,013	0	0	96	50,708	0	0

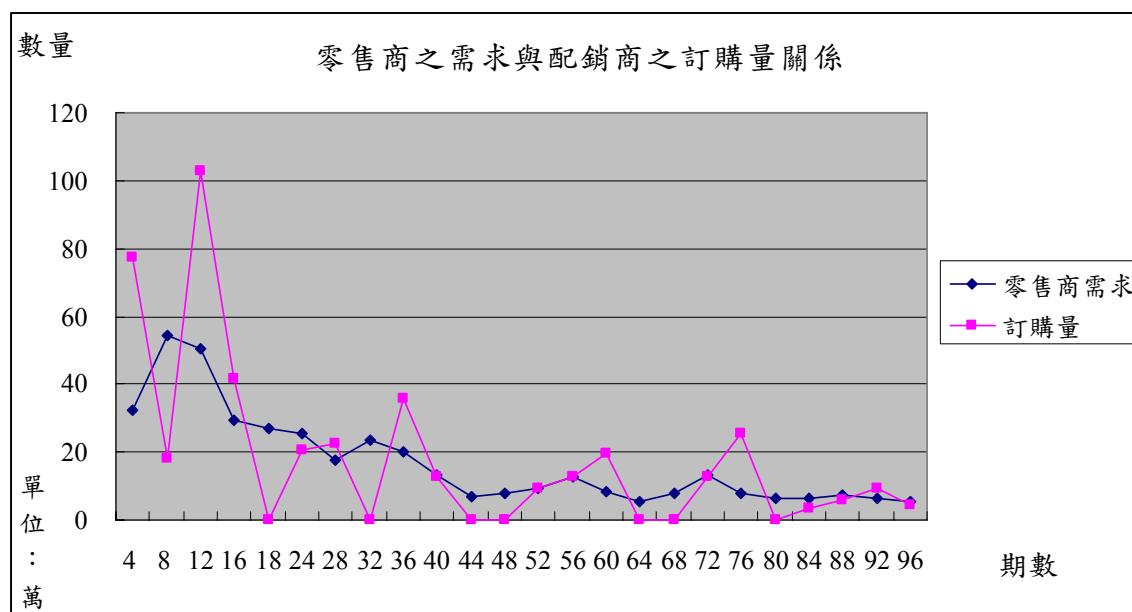


圖 4-9 零售商之需求與配銷商面臨之訂購量兩關係圖

從上表中，我們可以求得96期之中，配銷商面臨之平均需求為168211.09，需求變異數為18862862551.46，而配銷商之平均訂購量為181288.09，訂購量變異數為63800056833.10，依照長鞭效應之定義如下：

$$BE_D = \frac{Var(Q_t^D)}{Var(D_t)}$$

可求得長鞭效應為3.38231，即是當前置時間為2期，配銷商在傳遞需求資訊時，需求之變異放大了3.38231倍。

4.4.3 製造商之存貨政策

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 $S_{t+L}^M = (L + \beta)D_t$ (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，訂購量計算為 $Q_{t+L}^M = S_{t+L}^M - S_t^M + D_t$ 。其計算結果如表4-9所示。

表 4-9 缺貨因子為 0.2，製造商之目標存貨及訂購量

期數	顧客需求	目標存貨	訂購量	期數	顧客需求	目標存貨	訂購量
4	772,780	0	0	52	94,613	0	0
8	180,525	1,700,116	1,545,560	56	126,099	0	0
12	1,026,568	0	0	60	198,099	0	0
16	414,342	397,155	0	64	0	277,418	403,518
18	0	0	0	68	0	0	0
24	207,847	911,552	928,740	72	128,489	0	0
28	226,351	0	0	76	254,112	0	0
32	1,658	457,263	0	80	0	282,675	411,165
36	359,739	0	0	84	35,362	0	0
40	129,588	3,647	0	88	58,354	0	0
44	0	0	0	92	91,571	0	0
48	0	285,093	411,033	96	44,817	128,378	186,732

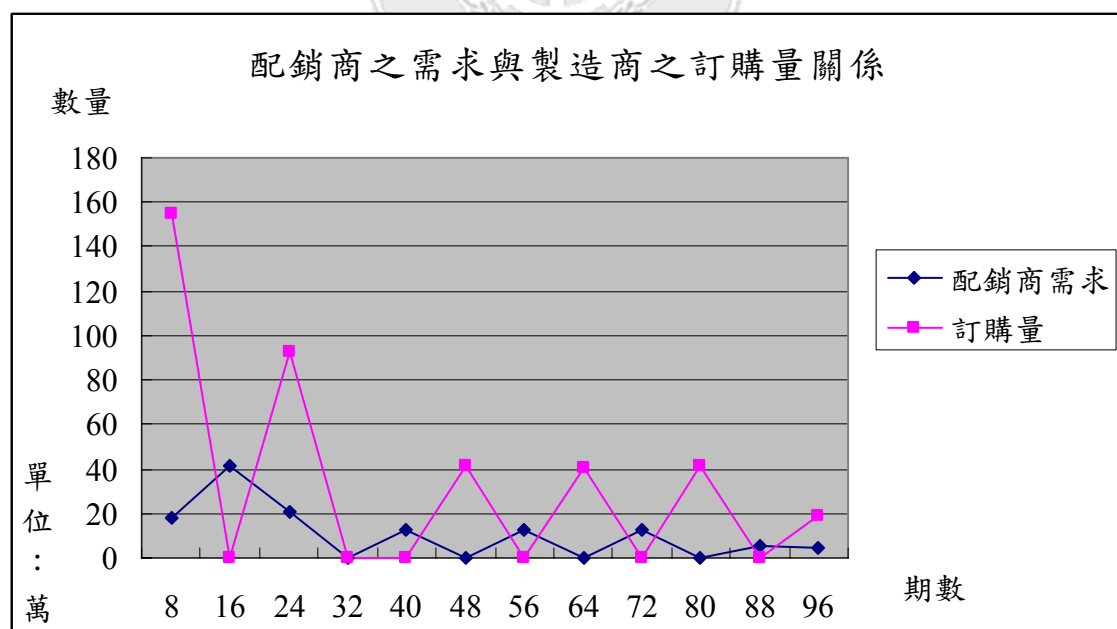


圖 4-10 配銷商之需求與製造商之訂購量關係圖

從上表中，我們可以求得96期之中，製造商面臨之平均需求為107643.28，需求變異數為14822197279.13，而製造商之平

均訂購量為323895.68，訂購量變異數為229828483421.71，依照長鞭效應之定義如下：

$$BE_M = \frac{Var(Q_t^M)}{Var(D_t)}$$

可求得長鞭效應為15.5057，即是當前置時間為2期，製造商在傳遞需求資訊時，需求之變異放大了15.5057倍。

經由供應鏈階層之計算其變異程度後，可瞭解製造商對於配銷商之變異情況、配銷商對於零售商及零售商對於顧客之預測需求量之變異情況，如表4-10所示，零售商面臨顧客之變異量很小，但是經由配銷商及製造商兩階層之傳遞後，其變異量增加至35.47，可瞭解資訊在傳統供應鏈，經過各階層之傳遞後，其變異程度十分嚴重。

表 4-10 傳統供應鏈各階層之長鞭效應

供應鏈階層	零售商	配銷商	製造商
各階層之變異程度	2.3972	3.38231	15.50569
面對顧客需求之變異程度	2.3972	10.12588	36.47673

4.4 VMI 下，供應鏈中之長鞭效應

本研究假設於零售商、配銷商間實施VMI策略，當供應鏈加入VMI策略後，零售商及配銷商之存貨均交給給上游製造商管理，零售商、配銷商不必對未來之需求做預測，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，因此供應鏈系統中加入VMI策略下，對零售商、配銷商及製造商而言，其所面對之需求都為 D_t ，而供應商面對的則是製造商之訂購量，因此此部分針對製造商面臨顧客需求計算其變異程度，在VMI策略下，製造商之訂購量為

$Q_{t+L}^{VMI} = S_{t+L}^{VMI} - S_t^{VMI} + D_t$ ，而供應鏈中製造商預測下游零售商的目標存

貨水準為 $S_t^{VMI} = \hat{D}_t + z\hat{\sigma}_t = (L + \beta)D_t$ ，本研究探討 VMI 導入供應鏈系統中，當前置時間改變時，長鞭效應之變化情況。而製造商與

顧客需求之變異之比值以 $BE_{VMI} = \frac{Var(Q_t^{VMI})}{Var(D_t)}$ 表示。本研究假設前置時間必須大於 1，因此分別探討前置時間大於 1 之情況。表 4-11 為前置時間 L 為 1 至 8 時，在缺貨時間 β 為 0.1~0.9 之製造商對於顧客需求之變異情況。由表 4-11 及圖 4-11 可看出，當前置時間越長時，長鞭效應越大，缺貨因子越大，長鞭效應亦越大。而當前置時間大於等於 6 時，長鞭效應遽增至 25.56，由此可知當自行車之供應鏈系統導入 VMI 時，製造商在面臨顧客需求之前置時間應小於 6，以避免造成過大之變異。

表 4-11 VMI 下，前置時間及缺貨因子變動，長鞭效應變化情況

$L \backslash \beta$	2	3	4	5	6	7	8
0.1	2.24444	5.57431	7.82958	10.59353	25.56510	29.57479	38.81091
0.2	2.39726	5.75050	7.93209	10.74866	25.88266	29.90757	39.02934
0.3	2.47183	5.92945	8.03288	10.89662	26.20412	30.24387	39.24996
0.4	2.54880	6.11168	8.13538	11.04627	26.52948	30.58371	39.47279
0.5	2.62819	6.29720	8.23961	11.19762	26.85873	30.92707	39.69781
0.6	2.70999	6.48600	8.34555	11.35066	27.19187	31.27396	39.92504
0.7	2.79419	6.67808	8.45322	11.50540	27.52891	31.62438	40.15447
0.8	2.88081	6.87344	8.56261	11.66183	27.86985	31.97833	40.38610
0.9	2.96984	7.07208	8.67371	11.81996	28.21468	32.33581	40.61993

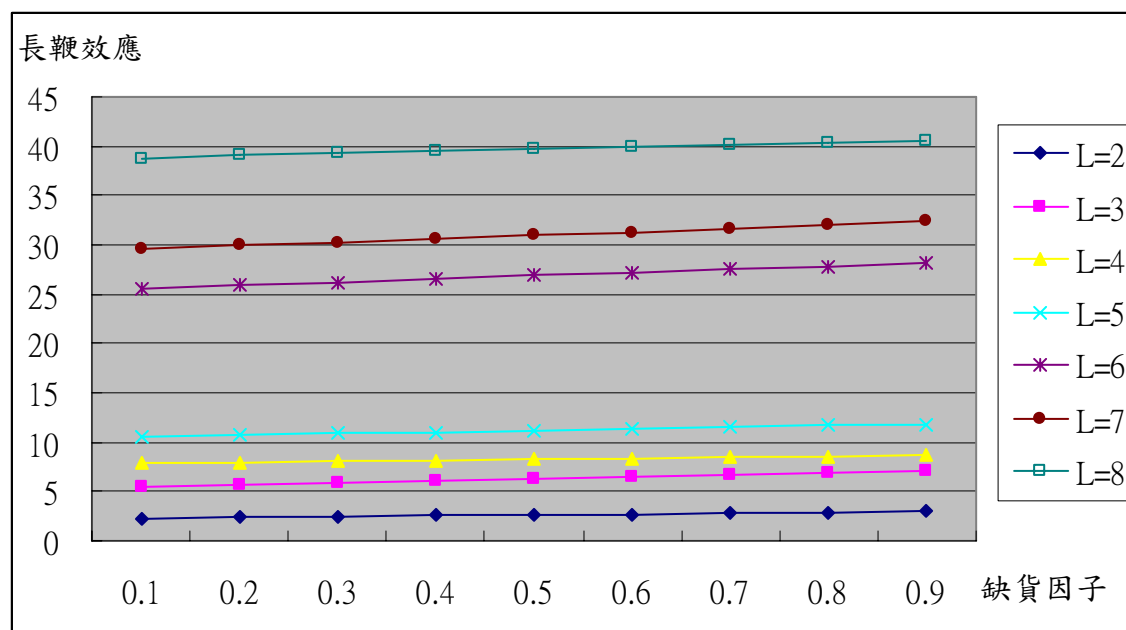


圖 4-11 VMI 下，前置時間及缺貨因子變動對於長鞭效應之影響

4.5 傳統供應鏈之成本

本節將針對多階段供應鏈系統，探討不同前置時間下，供應鏈中之訂購成本、存貨成本以及缺貨成本。

4.5.1 訂購成本

所謂訂購成本為購買商品之單位成本與數量相乘，本研究透過前置時間及訂購量以觀察成本之變動情況，則訂購成本表示如下：

$$PC = Q[f_L(L) + f_Q(Q)]$$

以 $f_L(L)$ 來表示前置時間對單位成本之影響， $f_Q(Q)$ 則是訂購量對單位成本之影響。當 $L_{min} > 1$ 時，則 $f_L(L) = \min\{\rho_L \lambda_L e^{-\lambda_L L}, upCost^L\}$ ，其中， $upCost^L$ 為配銷商在最短的前置時間 L_{min} 中，以前置時間最小之方式配送的最大單位成本；而當前置時間大於 L_{min} 時，其時間單位成本為 $\rho_L \lambda_L e^{-\lambda_L L}$ ，當前置時間很大時，前置時間將不影響單位成本，單位成本由訂購量

大小來決定。

假設供應鏈各階層中之前置時間為1時，前置時間所反應之時間單位成本 $upCost_L$ 為最大值。而本研究所採用各階層之前置時間為2，各階層之時間單位成本均相同，假設 $upCost_L$ 為300。當前置時間大於1時，其時間單位成本為 $\rho_L \lambda_L e^{-\lambda_L L}$ ， λ_L 為前置時間平均數之倒數，本研究之平均前置時間為2，因此 λ_L 為1/2， ρ_L 為機率值調整為單位成本的調整參數，因此當前置時間為1、 $upCost_L=300$ 、 λ_L 為1/2時，可求得 ρ_L 之值為990，則時間單位成本為如下。當前置時間為2，計算可得知時間單位成本182，即各階層之時間單位成本為182。

$$f_L(L) = \min \left\{ \frac{990}{2} e^{-\frac{L}{2}}, 300 \right\}$$

而 $f_Q(Q)$ 為訂購量大小對單位成本之影響，可以視為上游廠商給予下游廠商較大訂購量之數量折扣，而訂購量之數量單位成本 $f_Q(Q) = \min \{ \max \{ \rho_Q \lambda_Q e^{-\lambda_Q Q}, lowCost_Q \}, upCost_Q \}$ 。計算訂購量前，首先需定義上游廠商可提供之數量，配銷商之供給量為本期存貨與 L 期前之訂購量，其可提供之數量為122,437至2,219,445單位之間，平均訂購量為581,757，最小訂購量時的最大單位成本，即 $upCost_Q^R$ 為22,060、最大訂購量時的最小單位成本，即 $lowCost_Q^R$ 為600；製造商可提供之數量為0至3,245,676單位之間，平均之訂購量為694,170，最小訂購量時的最大單位成本，即 $upCost_Q^D$ 為53,649、最大訂購量時的最小單位成本，即 $lowCost_Q^D$ 為500；供應商可提供之數量為0至4,519,577，平均之訂購量為795,191，最小訂購量時的最大單位成本，即為117,607、最大訂購量時的最小單位成本，即 $lowCost_Q^M$ 為400。可求得零售商、配銷商及製造商之數量單位成本分別為：

$$f_Q^R(Q) = \min \left\{ \max \left\{ \frac{15840110352}{581757} e^{-\frac{Q}{581757}}, 600 \right\}, 22060 \right\}$$

$$f_Q^D(Q) = \min \left\{ \max \left\{ \frac{37241788050}{694170} e^{-\frac{Q}{694170}}, 500 \right\}, 53649 \right\}$$

$$f_Q^M(Q) = \min \left\{ \max \left\{ \frac{93519911782}{795190} e^{-\frac{Q}{795190}}, 400 \right\}, 117606 \right\}$$

當前置時間為2時，零售商、配銷商及製造商之訂購量、數量單位成本及訂購成本分別如表4-11、4-12及4-13所示。



表 4-12 前置時間為 2 時，零售商之數量單位成本與訂購成本

期數	零售商 訂購量	數量 成本	訂購成本	期數	零售商 需求	數量 成本	訂購成本
2	386,390	14,014	5,485,265,401	50	62,004	22,060	1,379,131,095
4	322,057	15,653	5,099,732,377	52	92,568	22,060	2,058,949,991
6	288,013	16,596	4,832,335,732	54	50,708	22,060	1,127,880,138
8	542,217	10,721	5,911,849,419	56	125,547	22,060	2,777,705,696
10	203,933	19,177	3,947,898,899	58	124,248	22,060	2,755,070,438
12	502,256	11,483	5,859,029,040	60	85,598	21,943	1,903,911,069
14	130,917	21,741	2,870,124,796	62	30,465	21,992	677,612,443
16	295,327	16,389	4,893,816,820	64	55,653	22,060	1,237,864,710
20	0	22,060	0	66	83,454	22,060	1,856,227,658
18	267,989	17,177	4,652,125,330	68	78,414	22,060	1,744,130,051
22	163,045	20,573	3,384,017,565	70	68,954	22,060	1,533,716,271
24	254,977	17,566	4,525,311,611	72	133,320	22,060	2,910,854,964
26	116,299	22,060	2,586,772,735	74	37,496	22,060	833,994,811
28	175,815	20,126	3,570,528,197	76	76,010	21,652	1,690,650,253
30	363,785	14,569	5,366,357,868	78	69,427	22,060	1,544,232,512
32	233,291	18,233	4,296,074,674	80	63,307	22,060	1,408,113,035
34	208,437	19,029	4,004,269,145	82	152,173	22,060	3,217,418,525
36	200,884	19,278	3,909,116,966	84	61,759	22,060	1,373,681,689
38	0	22,060	0	86	75,880	20,961	1,687,749,834
40	134,626	21,603	2,932,830,006	88	71,076	22,060	1,580,897,002
42	0	22,060	0	90	67,024	22,060	1,490,783,853
44	69,470	22,060	1,545,180,041	92	62,870	22,060	1,398,379,730
46	290,897	16,514	4,856,851,767	94	58,421	22,060	1,299,431,871
48	77,327	22,060	1,719,943,588	96	54,708	22,060	1,216,832,230

表 4-13 前置時間為 2 時，配銷商之數量單位成本與訂購成本

期數	配銷商訂購量	數量成本	訂購成本
4	772,780	17,623	13,759,647,053
8	180,525	41,364	7,500,087,637
12	1,026,568	12,227	12,738,449,626
16	414,342	29,535	12,313,065,605
18	0	53,649	0
24	207,847	39,768	8,303,390,157
28	226,351	38,722	8,805,838,943
32	1,658	53,521	89,048,692
36	359,739	31,952	11,559,924,468
40	129,588	44,513	5,791,966,708
44	0	53,649	0
48	0	53,649	0
52	94,613	46,814	4,446,381,672
56	126,099	44,738	5,664,335,763
60	198,099	40,330	8,025,379,548
64	0	53,649	0
68	0	53,649	0
72	128,489	44,584	5,751,920,349
76	254,112	37,204	9,500,099,779
80	0	53,649	0
84	35,362	50,985	1,809,344,496
88	58,354	49,324	2,888,849,802
92	91,571	47,019	4,322,264,303
96	44,817	50,295	2,262,232,129

表 4-14 前置時間為 2 時，製造商之數量單位成本與訂購成本

期數	製造商訂購量	數量成本	訂購成本
8	180,525	93,721	16,951,914,763
16	414,342	69,846	29,015,402,066
24	207,847	90,556	18,859,598,630
32	1,658	117,362	194,906,596
40	129,588	99,921	12,972,163,416
48	0	117,607	0
56	126,099	100,361	12,678,372,529
64	0	117,607	0
72	128,489	100,059	12,879,932,939
80	0	117,607	0
88	58,354	109,286	6,387,847,503
96	44,817	111,162	4,990,102,861

4.5.2 存貨成本與缺貨成本

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。所謂存貨成本是指各成員持有商品時發生之成本，本研究假設商品每單位存貨成本為常數 h 。而缺貨成本是指當期需求大於存貨水準時，為了回報顧客所給予之欠撥折扣(Backorder Discounts)時所發生之成本，每單位之缺貨成本為 r 。沒有發生缺貨(即目標存貨水準大於實際之需求量)時，

$HC_{S \geq D} = h[\frac{D}{2} + (S - D)]$ ，發生缺貨(即目標存貨水準小於實際之需求

量)， $HC_{S \leq D} = h(\frac{S}{2})$ ，而缺貨成本為 $BC = r(D - S)$ 。目前銀行存款之

利率約為5%，加上維修、保養、倉儲及產品因過時導致之成本等，因此本研究假設存貨成本係數 h 為20%，假設當產品一有缺貨時，對於整體成本的影響高，因此缺料期間的損失或是暫時性的取代材料之缺貨成本係數 r 為50%，各階層之存貨成本及

賣方託管存貨策略於供應鏈長鞭效應之影響

缺貨成本計算如表4-15所示。



表 4-15 零售商之存貨成本與缺貨成本

期 數	顧 客 需 求	目 標 存 貨	存 貨 成 本	缺 貨 成 本	期 數	顧 客 需 求	目 標 存 貨	目 標 存 貨	缺 貨 成 本
2	173,091	425,029	6,769,670	0	50	102,574	235,668	3,687,628	0
4	209,004	380,800	5,525,964	0	52	86,366	225,663	3,649,596	0
6	313,133	459,809	6,064,846	0	54	98,610	190,005	2,814,004	0
8	279,008	688,893	10,987,772	0	56	106,622	216,942	3,272,620	0
10	348,773	613,818	8,788,622	0	58	100,052	234,568	3,690,848	0
12	280,693	767,301	12,539,082	0	60	78,306	220,114	3,619,228	0
14	285,266	617,525	9,497,832	0	62	71,227	172,273	2,733,194	0
16	279,867	627,585	9,753,034	0	64	75,048	156,699	2,383,508	0
18	189,077	615,707	10,423,378	0	66	76,100	165,106	2,541,112	0
20	180,942	415,969	6,509,968	0	68	73,867	167,420	2,609,730	0
22	204,078	398,072	5,920,668	0	70	92,446	162,507	2,325,688	0
24	176,647	448,972	7,212,962	0	72	75,274	203,381	3,314,884	0
26	176,387	388,623	6,008,598	0	74	75,504	165,603	2,557,016	0
28	234,949	388,051	5,411,538	0	76	73,605	166,109	2,586,126	0
30	234,431	516,888	7,993,446	0	78	70,387	161,931	2,534,750	0
32	226,308	515,748	8,051,884	0	80	95,945	154,851	2,137,578	0
34	218,363	497,878	7,773,922	0	82	85,262	211,079	3,368,960	0
36	141,656	480,399	8,191,412	0	84	82,330	187,576	2,928,228	0
38	139,459	311,643	4,838,274	0	86	78,813	181,126	2,834,390	0
40	94,497	306,810	5,191,226	0	88	75,129	173,389	2,716,482	0
42	86,676	207,893	3,291,108	0	90	71,298	165,284	2,592,696	0
44	150,495	190,687	2,308,794	0	92	67,274	156,856	2,464,372	0
46	127,630	331,089	5,345,480	0	94	63,347	148,003	2,326,586	0
48	107,122	280,786	4,544,500	0	96	59,237	139,363	2,194,898	0

表 4-16 配銷商之存貨成本與缺貨成本

期數	零售商需求	目標存貨	目標存貨	缺貨成本
4	322,057	850,058	13,780,588	0
8	542,217	708,526	8,748,349	0
12	502,256	1,192,877	18,834,979	0
16	295,327	1,104,963	19,145,998	0
18	267,989	649,718	10,314,478	0
24	254,977	589,576	9,241,753	0
28	175,815	560,949	9,460,847	0
32	233,291	386,793	5,402,946	0
36	200,884	513,241	8,255,982	0
40	134,626	441,944	7,492,640	0
44	69,470	296,176	5,228,828	0
48	77,327	152,833	2,283,401	0
52	92,568	170,119	2,476,704	0
56	125,546	203,650	2,817,542	0
60	85,598	276,203	4,668,079	0
64	55,653	188,315	3,209,780	0
68	78,414	122,437	1,664,597	0
72	133,319	172,511	2,117,036	0
76	76,010	293,303	5,105,971	0
80	63,307	167,222	2,711,366	0
84	61,759	139,276	2,167,932	0
88	71,075	135,870	2,006,658	0
92	62,869	156,366	2,498,628	0
96	54,707	138,313	2,219,195	0

表 4-17 製造商之存貨成本與缺貨成本

期數	配銷商需求	目標存貨	目標存貨	缺貨成本
8	180,525	1,700,116	32,197,070	0
16	414,342	397,155	39,716	8,594
24	207,846	911,552	16,152,589	0
32	1,658	457,263	9,128,683	0
40	129,587	3,647	365	62,970
48	0	285,093	5,701,860	0
56	126,099	0	0	63,050
64	0	277,419	5,548,377	0
72	128,489	0	0	64,245
80	0	282,676	5,653,518	0
88	58,353	0	0	29,177
96	44,817	128,378	2,119,397	0

當前置時間為2時，觀察96期之資料，可得知供應鏈各階層相關成本及總成本如表4-19所示。零售商及配銷商之缺貨成本均為0，製造商之缺貨成本為22,803,462，而零售商之訂購成本及存貨成本均比配銷商及製造商高，而配銷商之訂購成本及存貨成本高於製造商，在總成本方面，零售商則大於配銷商，配銷商大於製造商。

表 4-18 供應鏈各階層之相關成本

	訂購成本	存貨成本	缺貨成本	總成本
零售商	126,954,651,849	236,828,102	0	127,191,479,951
配銷商	125,532,226,731	151,854,276	0	125,684,081,007
製造商	114,930,241,302	76,541,574	228,035	115,007,010,911

4.6 VMI 下，供應鏈中之成本

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的方式向上游訂購

數量。因此，本研究假設於零售商、配銷商間實施VMI策略，因此零售商與配銷商不需對未來需求作預測，而是直接由製造商對需求進行預測，因此在VMI之成本計算僅針對製造商之訂購成本、存貨成本及缺貨成本作計算。

根據王建文【17】一文說明，在VMI模型之下，由於資訊共享，供應鏈各階層瞭解整理之需求情況，可避免傳統供應鏈中資訊經過層層傳遞後，造成變異程度很大，各階層為了避免庫存過多而降低訂購量之情形發生，因此VMI之訂購數量高於傳統供應鏈零售商之訂購數量。在成本方面，VMI系統無論在硬體或軟體均需導入成本，而王建文亦證明在價格競爭下，使用VMI模型之產品價格會大於傳統零售商之產品價格。

本研究使用VMI策略後，當前置時間為1時，前置時間反應所反應出來的時間單位成本 $upCost_L$ 為最大值。而本研究所採用各階層之前置時間均相同，因此假設其時間單為成本相同， $upCost_L=400$ 。當前置時間大於1時，其時間單位成本為 $\rho_L \lambda_L e^{-\lambda_L L}$ ， λ_L 為前置時間平均數之倒數，本研究之平均前置時間為2，因此 λ_L 為1/2， ρ_L 為機率值調整為單位成本的調整參數，因此當前置時間為1、 $upCost_L=400$ 、 λ_L 為1/2時，可求得 ρ_L 之值為1319，則時間單位成本如下。當前置時間為2，則可得知時間單位成本242，即各階層之時間單位成本為242。

$$f_L(L) = \min \left\{ \frac{1319}{2} e^{-\frac{L}{2}}, 400 \right\}$$

本研究假之供應商可提供之數量為0至2,453,359，平均之訂購量為514,666，最小訂購量時的最大單位成本，即 $upCost_Q^M$ 為514,666、最大訂購量時的最小單位成本，即 $lowCost_Q^M$ 為500。可求得製造商之數量單位成本為：

$$f_Q^{VMI}(Q) = \min \left\{ \max \left\{ \frac{30250363162}{514666} e^{-\frac{Q}{514666}}, 500 \right\}, 58776 \right\}$$

表 4-19 供應鏈導入 VMI 策略之相關成本

期數	實際需求	數量成本	訂購成本	存貨成本	缺貨成本
2	386,390	27,743	776,392,108	59,010	0
4	128,862	45,758	2,104,858,018	56,251	0
6	288,013	33,587	1,136,203,433	48,959	0
8	542,217	20,496	425,032,711	51,238	0
10	203,933	39,547	1,573,571,477	46,687	0
12	502,256	22,150	496,003,051	51,123	0
14	130,917	45,576	2,088,161,649	50,812	0
16	295,327	33,113	1,104,477,618	51,180	0
18	267,989	34,919	1,227,808,078	57,766	0
20	0	58,777	3,468,915,558	58,396	0
22	163,045	42,817	1,843,700,117	56,622	0
24	254,977	35,813	1,291,266,430	58,731	0
26	116,299	46,889	2,209,889,805	58,751	0
28	175,815	41,768	1,754,688,424	54,338	0
30	363,785	28,989	847,361,803	54,376	0
32	233,291	37,355	1,404,410,657	54,968	0
34	208,437	39,203	1,546,349,785	55,553	0
36	200,884	39,782	1,592,269,544	61,536	0
38	0	58,777	3,468,915,558	61,716	0
40	134,626	45,248	2,058,362,205	65,529	0
42	0	58,777	3,468,915,558	66,216	0
44	69,470	51,355	2,649,773,055	60,815	0

表 4-20 供應鏈導入 VMI 策略之相關成本(續表 4-20)

期數	實際需求	數量成本	訂購成本	存貨成本	缺貨成本
46	290,897	33,399	1,123,585,094	62,698	0
48	77,327	50,577	2,570,275,212	64,436	0
50	62,004	52,105	2,727,586,305	64,828	0
52	92,568	49,101	2,422,809,579	66,244	0
54	50,708	53,262	2,849,698,211	65,171	0
56	125,547	46,054	2,132,079,757	64,479	0
58	124,248	46,170	2,142,836,334	65,046	0
60	85,598	49,771	2,489,169,012	66,959	0
62	30,465	55,398	3,082,390,662	67,594	0
64	55,653	52,752	2,795,584,518	67,251	0
66	83,454	49,978	2,509,941,990	67,157	0
68	78,414	50,470	2,559,462,826	67,357	0
70	68,954	51,407	2,655,073,007	65,709	0
72	133,320	45,363	2,068,805,719	67,231	0
74	37,496	54,647	2,999,493,795	67,210	0
76	76,010	50,707	2,583,431,841	67,380	0
78	69,427	51,359	2,650,210,717	67,670	0
80	63,307	51,974	2,713,841,956	65,403	0
82	152,173	43,732	1,923,039,997	66,341	0
84	61,759	52,130	2,730,178,395	66,601	0
86	75,880	50,719	2,584,738,181	66,914	0
88	71,076	51,195	2,633,328,134	67,244	0
90	67,024	51,600	2,675,016,080	67,588	0
92	62,870	52,018	2,718,450,113	67,952	0
94	58,421	52,469	2,765,743,128	68,308	0
96	54,708	52,849	2,805,852,584	68,684	0

而供應鏈導入 VMI 之總訂購成本為 104,449,949,791，總存貨成本 236,828,102，缺貨成本為 0，總成本為 104,686,777,893。

4.7 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 4-22，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，因此其變異程度不改變，製造商的變異程度會隨著前置時間之增減而有所變動。表 4-22 以缺貨因子為 0.2，比較傳統供應鏈之前置時間為 2 與 VMI 策略變異程度之差異。比較結果得知 VMI 策略建立後之供應鏈中，長鞭效應會明顯的降低許多，但在前置時間為 8 時，其 VMI 策略之製造商變異程度將會高於傳統供應鏈之製造商變異程度。

表 4-21 傳統供應鏈與 VMI 策略之長鞭效應比較

	零售商之 變異程度	配送商之 變異程度	製造商之 變異程度
傳統供應鏈 ($L=2$)	2.3972	10.12588	36.47673
VMI ($L=2$)	—	—	2.39726
VMI ($L=3$)	—	—	5.75050
VMI ($L=4$)	—	—	7.93209
VMI ($L=5$)	—	—	10.74866
VMI ($L=6$)	—	—	25.88266
VMI ($L=7$)	—	—	29.90757
VMI ($L=8$)	—	—	39.02934

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。

第五章 結論與建議

本研究主要探討賣方託管存貨策略(VMI)與傳統供應鏈之長鞭效應與成本，透過ARIMA預測顧客未來需求，並藉由此需求計算長鞭效應及成本，最後比較VMI與傳統供應鏈之差異。本章針對研究之結果加以整理，並對未來之研究方向提出建議。

5.1 結論

1. 根據ARIMA模式建立方法及步驟建立模式，可知當 $ARIMA(p,d,q)=ARIMA(1,1,2)$ 時，其自身相關係數落在信賴界限中，且顯著機率比顯著水準0.05大，經過診斷性測試後，可得知 $MAPE=9.65\%$ 、 $RMSPE=3.69\%$ 、 $THEIL=0.1581<0.55$ 及Q統計量檢定模式之檢定後，結果顯示殘差間無顯著相關，可接受該模式。
2. 於數值實驗中發現，ARIMA模式確實可捕捉需求時間序列之趨勢，在模式的預測下，可預測未來台灣自行車之出口量逐年下降。
3. 本研究所構建之供應鏈為多階層供應鏈系統，並假設為單一零售商、單一配銷商、單一製造商、單一供應商，利用ARIMA建立之預測模式，模擬10筆96期之顧客需求，並利用此資料計算供應鏈之長鞭效應，經本研究構建之模式計算結果發現，在VMI策略中，由於零售商、配銷商不需對需求做預測，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。
4. 在成本方面，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。經計算訂購本、存貨成本及缺貨成本得知均較傳統供應鏈的成本低。

5.2 建議

1. 本研究之多階供應鏈為假設各階層為一對一模式，然而在實務上，自行車之供應鏈多為一對多或多對多，因此建議未來研究可採用一對多或多對多階層進行研究，瞭解其長鞭效應及成本之變化情形。
2. 本研究對於自行車之預測為採用ARIMA模式，然而在時間序列中之預測需求方法眾多，未來研究可採用多種預測方法，並加以比較何種方式對於自行車未來之需求預測較準確，並以此預測資料進行長鞭效應及成本之計算。
3. 本研究之供應鏈成本方面，由於資料蒐集困難，因此其參數以假設進行計算，且本研究未針對VMI導入成本加以評估，僅針對導入VMI後，可減少之訂購成本、存貨成本及缺貨成本作探討，因此後續之研究如能進一步瞭解實務上之實際成本，則可評估整體供應鏈之實際成本。

參考文獻

- 【1】 于宗先，1972年，經濟預測，大中國出版社。
- 【2】 方上鵬，2000年，自有品牌商品需求預測模式，東海大學工業工程研究所碩士論文。
- 【3】 王秋評，2005年，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，逢甲大學交通工程與管理研究所碩士論文。
- 【4】 林宏澤，民2003年，「構築高效能供應鏈的祕訣電子化VMI 的導入策略」，惠普科技第一專刊，第一期，p52-55。
- 【5】 林益慶，2000年，透過供應鏈上需求變異的降低抑制長鞭效應之研究，國立成功大學工業管理學系碩士論文。
- 【6】 林聰明、吳水丕，1981年，指數平滑之選擇與應用。
- 【7】 吳柏林，1995年，時間數列分析導論，華泰書局。
- 【8】 邱振崑，1996年，「港埠營運量時間數列之預測—管理與控制的工具」，海運研究學刊，1卷，pp.121-134。
- 【9】 陳欣欣，2000年，台鐵旅運需求與預測之研究，國立成功大學交通管理研究所碩士論文。
- 【10】 陳銘崑、鄭穎聰，2004年，「供應鏈生產及存貨政策之長鞭效應分析」，ITIS產業論壇，第四卷第一期。
- 【11】 陳家芳，2003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。
- 【12】 陳敦基，1994年，「臺灣地區城際客運需求時間數列模式建立之研究」，運輸計畫，23卷2期，pp.155-183。
- 【13】 陳耀茂，1994年，時間數列分析的SPSS使用手冊，鼎茂圖書出版股份有限公司。
- 【14】 連聖皓、朱宜寧、謝邦昌，1997年，「台灣省汽車客運量之時間序列預測模式」，輔仁管理評論，4卷1期，pp.31-52。
- 【15】 張嘉烈，1991年，匯率水準決定之實證研究，國立成功大學工業管理研究所碩士論文。
- 【16】 黃惠民、謝志光、楊伯中，2004年，物料管理與供應鏈導論，第

二版，滄海書局。

- 【17】 黃建文，2004年，VMI 制度與傳統存貨制度在價格與服務競爭下之比較分析研究，逢甲大學企業管理研究所碩士論文。
- 【18】 經濟部網路商業應用資源中心
- 【19】 <http://www.ec.org.tw/service/aboutus.asp>
- 【20】 經濟部商業司，1998年，商業快速回應(QR/ECR)技術手冊。
- 【21】 翟志剛，1998年，商業快速回應輔導案例－供應商代管存貨，經濟部商業司。
- 【22】 賴士葆，1991年，生產/作業管理-理論與實務，華泰書局。
- 【23】 賴泰元，2000年，利用時間數列模式探討台鐵旅運需求－以高雄站為例，國立成功大學交通管理科學研究所碩士論文。
- 【24】 盧昆宏、陳長志，2004年，「供應鏈協同例外管理模式之初探」，中華民國品質學會第40 屆年會、高雄市分會第30 屆年會暨第10 屆全國品質管理研討會論文集，B2-5，47-58 頁
- 【25】 蘇怡如，2005年，供應鏈管理下需求預測控制之研究，逢甲大學交通工程與管理研究所碩士論文。
- 【26】 Achabal, D.D., Mientyre, S.H., Smith, S.A., & Kalyanam, K., 2000, A decision support system for vendor managed inventory, *Journal of retailing*, 76(4), pp. 430-454.
- 【27】 Box, G. E. P. and Jenkins G. M., 1976, *Time Series Analysis: Forecasting and Control*: San Francisco, Holden Day.
- 【28】 Box, G. E. P., Jenkins, G. M. and Reinsel, G. C., 1994 *Time Series Analysis: Forecasting and Control*, 3rd edition, Prentice Hall International Editors.
- 【29】 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.
- 【30】 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.

- 【31】 Cottrill, K., 1997, The supply chain of the future, *Distribution*, Vol. 96, Iss.11, pp. 52-54.
- 【32】 Crawford, F., 1994, Efficient Consumer Responses, *Food Processing*, pp. 33-42.
- 【33】 David Simchi-Levi, 2000, Philip Kaminsky, and Edith Simchi-Levi, *Designing and Management the Supply Chain*, 2e, Boston: Irwin, McGraw-Hill.
- 【34】 Fang, H. and Kwong, K. K., 1991, "Forecasting Foreign Exchange Rate", *The Journal of Business Forecasting*, pp.16-19.
- 【35】 Fogarty, D.W., J.H. Blackstone, and T.R. Hoffmann, 1991, *Production and Inventory Management*, South-Western.
- 【36】 Forrester, J.W., 1961, *Industrial Dynamics*, MIT Press, Cambridge, MA, p21-42.
- 【37】 Kahn, J. A., 1987, "Inventory and the Volatility of Production", *American Economic Review*, 77(4), p667-679.
- 【38】 Kelle, P. and Milne, A. 1999, "The effect of (s, S) ordering policy on the supply chain", *International Journal of production economics*, Vol.59, pp.113 – 122.
- 【39】 Kiely, D.A., 1998, "Synchronizing supply chain operations with consumer demand using customer data," *The Journal of Business Forecasting*, pp.3-9.
- 【40】 Lee, H. L., Padmanabhan, V., and Whang, S., 1997a, b, "The bullwhip effect in a supply chain," *Sloan Management Rev.*, Vol. 38, Iss. 3, p93-102.
- 【41】 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.
- 【42】 Martin, Christine A., and Stephen, F. Witt, 1989, "Forecasting Tourism Demand: A Comparison of the Accuracy several Quantitative Methods", *International Journal of Forecasting*, 5:7-19.
- 【43】 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.

- 【44】 Mehran, J. & Shahrokhi, M., 1997, “An application of four foreign currency forecasting models to the U.S. dollar and Mexican peso”, *Global Finance Journal*, pp.211-220.
- 【45】 Naish, H. F., 1994, “Production Smoothing in the Linear Quadratic Inventory Model”, *Quarterly Journal of Economics*, 104(425), p864-875.
- 【46】 Peter Kelle, Alistair Milne, 1999, “The effect of (s, S) ordering policy on the supply chain,” *Int. J. Production Economics* 59, p113-122.
- 【47】 Sterman, J. D., 1989, “Modeling Managerial Behavior: Misperceptions of Feedback in a Dynamic Decision Making Experience”, *Management Science*, Vol. 35, pp. 321-339.
- 【48】 Simchi-Levi, D., P. Kaminsky, and E. Simchi-Levi, 2000, *Designing and Managing the Supply Chain: Concept, Strategies, and Case Studies*, Boston, McGraw-Hill.
- 【49】 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.