

第二章 文獻回顧

2.1 第四方物流

有關第四方物流的說明方面，根據閔廷祥(2002) 整理，第四方物流可以說是第三方物流（Third Party Logistics;4PL/TPL）的延伸，最早的提倡者是安盛Accenture（安德森）諮詢公司，該公司將其定義為：「一個新的供應鏈外包概念，整合出有別於傳統外包模式，減少不僅一次的營運成本和資本轉移，透過與最好的第三方物流業者、科技提供者、管理諮詢業者的聯盟，第四方物流可以提出一個獨特和妥協的供應鏈解決方案，這些是不能由單一服務提供者達成的。」(安盛諮詢公司,1999)第四方物流不僅控制和管理特定的物流服務，並對整個物流供應鏈過程提出策劃方案，且透過電子商務將這個過程整合起來。

圖2-1是安盛諮詢公司提出第四方物流概念的示意圖。第四方物流不但具有第三方物流的功能，還具有資訊科技解決方案、協調、企業、服務提供等其他功能。

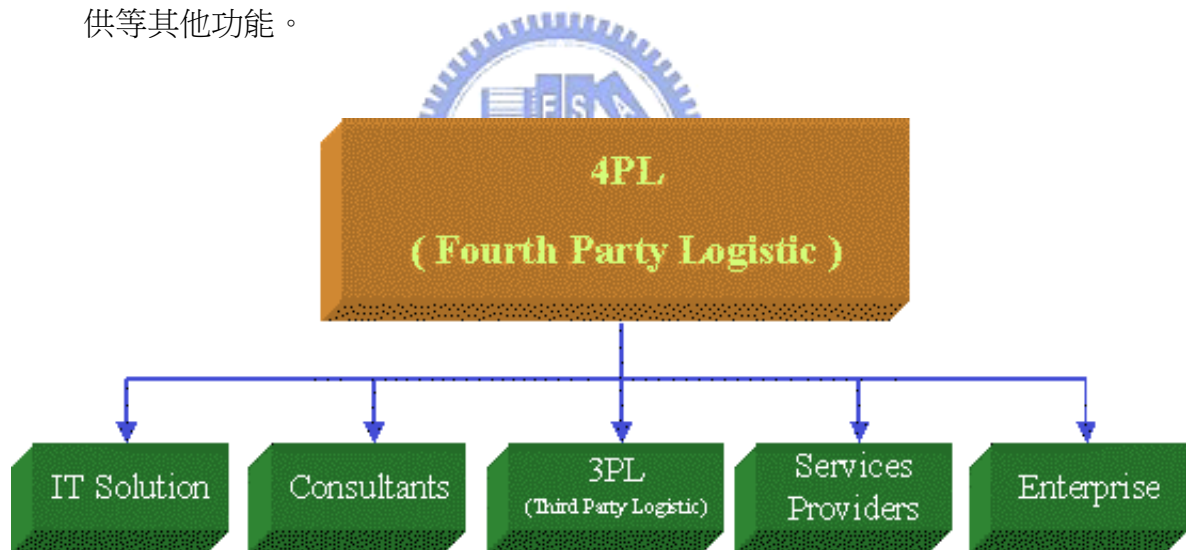


圖2-1 第四方物流概念圖

資料來源：安盛諮詢公司, 1999

第四方物流在功能上有下列三點：

1. 整合供應鏈：
即管理與控制從託運人到收貨者的整個供應鏈過程。
2. 協調物流業務：
即負責管理運輸公司、物流公司、製造公司之間在業務操作上的銜接與協調問題。
3. 供應鏈再造功能（滿足客製化需求）：
即根據託運人在供應鏈策略上的要求，及時改變或調

整策略，使其效率提高的運作。

在第四方物流的特徵上具有：

1. 第四方物流提供整套完善的供應鏈服務。
2. 第四方物流透過影響整個供應鏈來增加價值和降低成本。



2.2 供應鏈管理

有關供應鏈管理之相關名詞介紹內容、解釋方面，茲引用今岡善次郎(2005)所著之瞭解供應鏈管理一書。包括供應應鏈管理、服務水準、速度化經營、同步化、前置時間、庫存、批量等。詳細內容分述如下：

1. 供應鏈管理

供應鏈管理即是針對需求，運用物料零件等原物料，以及設備、人員等經營資源的能力，在注意相關限制的同時，使事業單位整體同步化，提升從物料、零件供應到銷售物的流動，提高現金流量的流動率。

供應鏈管理的組成要素主要有下列三種：

1. 需求(Demand)：何時、何物、需要多少量？(需求與預測)
2. 原物料(Material)：物料、半成品、產品之庫存水準等
3. 產能(Capacity)：供應鏈之經營資源能力，如人、設備等

其目的是在限制條件下，謀求流程同步化，以提升現金流量整度。管理指標並非成本、效率等傳統會計上的概念，而是以生產率(貨物流)、庫存、費用之整體最適化為目的。

供應鏈管理的要因有三：

1. 同步化(Synchronization)
2. 瓶頸管理(Bottleneck Management)
3. 速度與批量(Speed and Batch size)

管理指標：

1. 生產率(營收增加)
2. 庫存(庫存最小化)
3. 費用(費用最小化)

整體而言，供應鏈管理的目的即是擴大現金流量產出速度。

2. 服務水準

在服務水準上，對供應鏈上的所有相關者而言，顧客滿意度即是取得商業上競爭優勢的關鍵。如何「能在需要時取得所需的東西」之服務水準。在以顧客滿意度為指標，在數家產品相同的供應商中，誰能在顧客需要時候，第一時間提供顧客所需商品，就能成為顧客最滿意的供應商。若

是消耗品，就必須讓店面不能斷貨，亦即讓顧客感受到這商品永遠存在，才能提升顧客的滿意度。

提高服務水準雖然會增加成本，但對顧客或顧客的顧客等，提高服務水準將會產生業務上競爭優勢的價值；這種價值將會為生產率帶來影響。一般而言，服務水準與生產率之間的關係並不明確，透過深入瞭解服務水準指標與財務綜合性分析是重要的過程。服務水準可以說是提升利潤對策的關鍵。

3. 速度化經營

在供應鏈上的管理上，縮短前置時間可說是每一個供應鏈都急待縮短的指標，供應鏈速度的提升，是透過對於瓶頸的認識，以及相關環節的同步運作。所謂「速度化經營」則是一種更廣義的觀念，應該從商品企劃、開發設計到試做實驗、量產完成等，往縮短商業流程前置作業時間的方向來思考。

速度化經營所來來的優點有二：

1. 藉由速度來減少固定費用
2. 確保市場先機

延緩速度並阻礙同步化的原因：

1. 需求預估錯誤(預測困難)
2. 因營業與生產、資材之關連，使現實需求的動向資訊遲延(不具透明性)
3. 生產能力、人的能力、原物料等資源掌握不正確(不知道瓶頸在何處)
4. 制定計劃費時(分段化、依序之步驟)
5. 無法預測生產、配送的前置時料，且耗費時間(整合處理的等待時間)

解決對策：

1. 需求(銷售)計劃，以便正確的需求預測，及以實際需要為扳機
2. 規劃更正確的生產計劃
3. 短週期時間計劃
4. 以更短的前置時間供應(生產及配送)

4. 同步化

在解決供應鏈不恰當的缺點與過剩庫存問題，可使用「同步化」的方法。以瓶頸為起點同步化就是供應鏈的關鍵。

生產(供給)與銷售(需求)同步化，就能排除庫存過剩與不足的情形，在銷售上，庫存不足的情況對現金流量而言，就是機會損失；在生產製程上，則是設備的閒置，致使效率降低。另一方面，庫存過剩不僅是成本問題，也會使前置時間變長，並降低供應鏈流動速度。

同步化的對象不單只有生產與銷售的關係，負責生產之工廠的製程間也是同步化的對象。非同步化的供應鏈中，過剩庫存與缺貨是造成生產率降低主要原因。實際上，為了預防因業務或客戶要求而產生缺貨的情形，工廠通常會過度緊張而生產過多，結果反而導致庫存過剩。

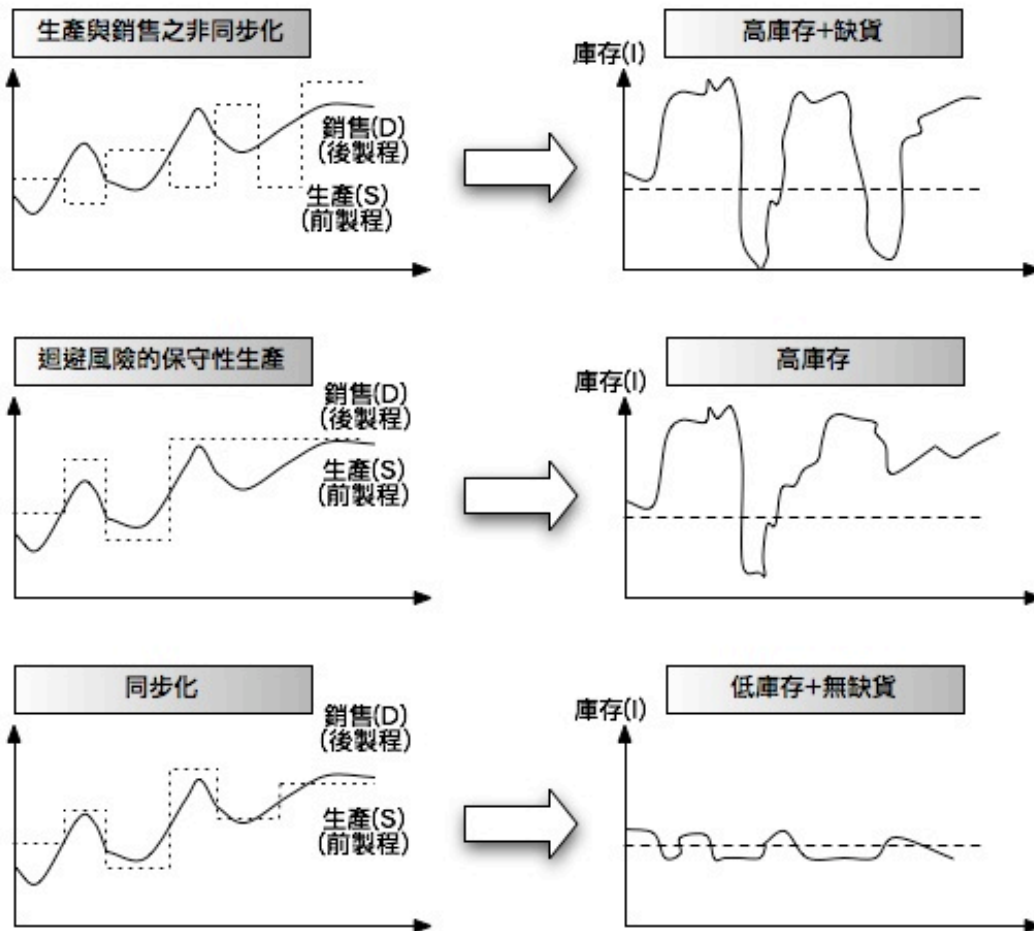


圖2-2 同步化策略效果示意圖

5. 前置時間

從零件供給到成為產品交貨的這段期間，稱之為「前置時間」。檢視前置時間的要素、掌握因果關係、縮短時間等，即能提升供應鏈的效率。

供應鏈的前置時間，是包含從供應鏈開始投入零件，一直到成為現金流量的產品被顧客購買的總計時間。即「實際加工(移動)的時間」和庫存滯留(等待搭下一個交通工具)時間」的總計。

前置時間的組成可分為四項：

1. 過程時間(Process Time)
2. 準備時間(Set-up Time)
3. 等待時間(Q Time)
4. 等待時間(Wait Time)

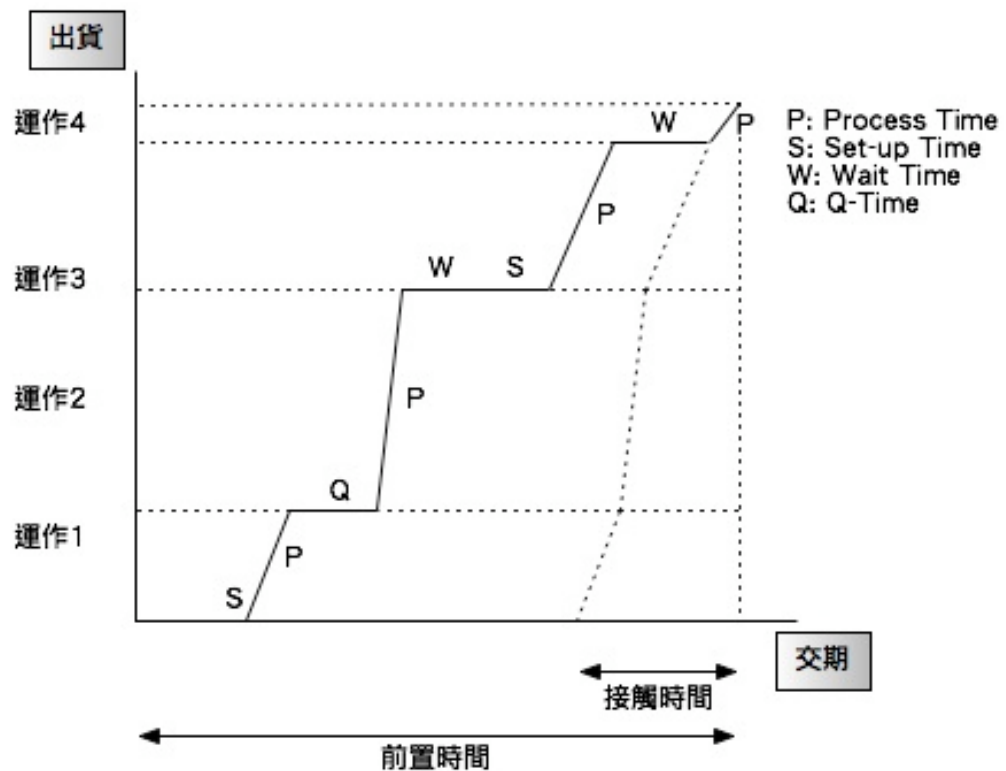


圖2-3 前置時間示意圖

拉近前置時間與接觸時間時，其關鍵是該如何縮短W、S、Q的時間，一般自動化與機械化僅為縮短P的時間。

其中Q與W的時間雖均為等待時間，但其意義不同，Q時間為表示從

資源的過程能力限制而必須等待的時間，例如以搭車為例，則為因電車滿載而必須等待下一班車的時間。W時間表示與其他零件一起安裝、組裝時，等待其他零件到達的時間，例如以搭車為例，則為與人一同搭車，等待另外一車到來而等待的時間。

6. 庫存

在庫存方面，物料、半成品、完成品庫存，統稱為庫存。從供應鏈管理的理論來看，庫存是重要的概念。因為供應鏈的運作能力未能同步化而又參差不齊，或運作能力上有不穩定的變動，將會造成庫存增加，使得前置時延長、生產率(計算量)降低。

庫存分類，共具有兩種型態：

- 一、政策性庫存：也就是因為供應鏈的運作速度無法控制，而以緩衝型態存在的庫存。透過這種方式即使運作速度未同步化，也能防止重要的瓶頸不至於變成閒置狀態。
- 二、累積庫存：同步化的速度控制不如預期，而在意想不到之處造成庫存。

7. 批量

供應鏈中，每次運轉所處理的數量，稱為批量(Batch Size或Lot Size)；而供應鏈中，批量並不是越大越好。

供應鏈中，將批量定義為：物品的移動及加工一次運作對象之物量單位。批量大或小並不能決定對整體供應鏈優劣的唯一因素，需從整體最適化之觀點決定批量，一般數學模式所指出，批量越小越好，其中的主因即是以成本為決定供應鏈優劣的指標，未反面出其他如前置時間或生產率等指標。

2.3 供應鏈經營策略

在供應鏈經營策略上，許多書籍均有說明。以下將對幾個常見的供應鏈經營策略與供應鏈系統作說明。示意圖與說明主要引用今岡善次郎(2005)所著之瞭解供應鏈管理一書。

1. 豐田式概念變遷

在研究供應鏈管理時，審視豐田的「概念變遷」是相當重要的；因為對供應鏈管理影響很大的是即時生產流程(簡稱JIT)；而孕育出JIT理論的，就是「豐田式概念變遷」。

進行概念變遷的是豐田汽車；大野耐一從美國超市獲得啟發，進而創造出JIT，亦即是將生產流程以運籌管理方式運作的概念變遷。

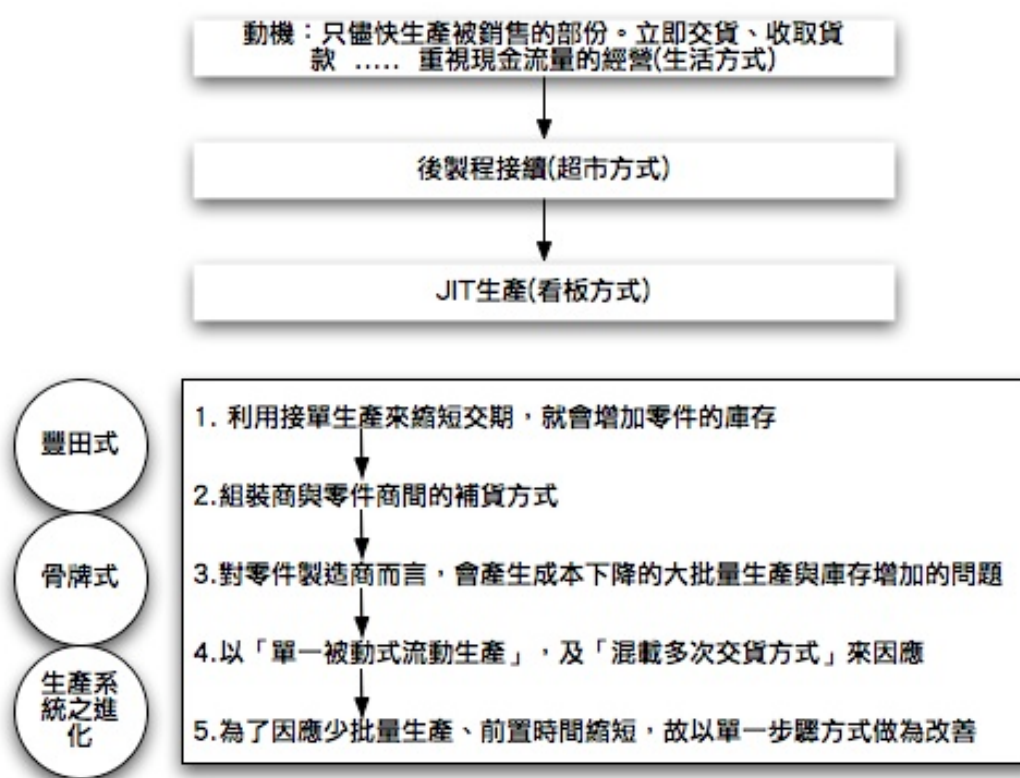


圖2-4 豐田式概念變遷示意圖

2. 即時生產流程(簡稱JIT : Just In Time)

這一基本的思考方式是，將「生產管理」這種間接的業務過程視為沒有生產性的「食客」，就如同自律神經一樣，不需要經由大腦管理，位於現場的人員即可直接下判斷。將這個生產活動加入「自律神經機能」的啟發，則是參考了美國超市的架構，亦即是在顧客需要的時候，提供所需要的量，而後只補充該少量的批量。

JIT運作的原理是，由「後製程」時時刻刻將訊息傳送給「前製程」，這就像是自律神經的動作一樣；自律神經的反應動作是，訊息不經過大腦，直接傳遞至肌肉，而使生命體產生動作。JIT運作的停止或再開始，是跟成員間共享的資訊，一面相互依存，一面執行。這種生產系統之進化過程，是從「被動式流動生產」轉變為「自動式流動生產」。這也是從試做到完成量產，各製程間運作能力的擴大與運作間同步化的進化。

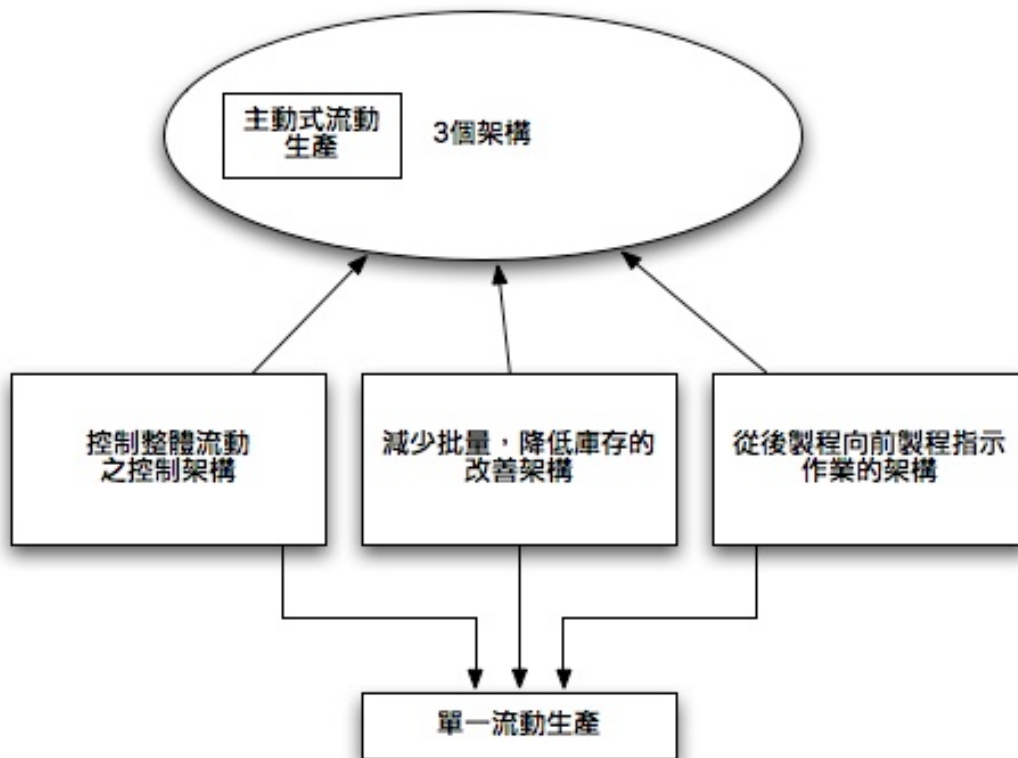


圖2-5 JIT概念示意圖

3. 快速回應(QR : Quick Response)

QR是「為了提高消費者滿意度，並且贏過新的競爭對手」所思考出的經營概念。這種概念是縮短從接受訂單到交貨為止的前置時間，提高現金流量概念。

QR的起源為美國的纖維業界，為了與低成本的海外企業在國際競爭上一決勝負，而開發出「立即回應市場型」的製造、流通系統，系統稱為QR系統。

其概念是縮短從接單到交貨的前置時間，以最小庫存、減少銷售剩餘商品，進而提高現金流量。

4. 持續補貨計畫(簡稱CRP : Continuous Replenishment Program)

CRP是不堆積庫存，僅即時補充銷售出去的數量。CRP的概念，是為了支援加工食品之供應鏈管理，所思考出的戰略。

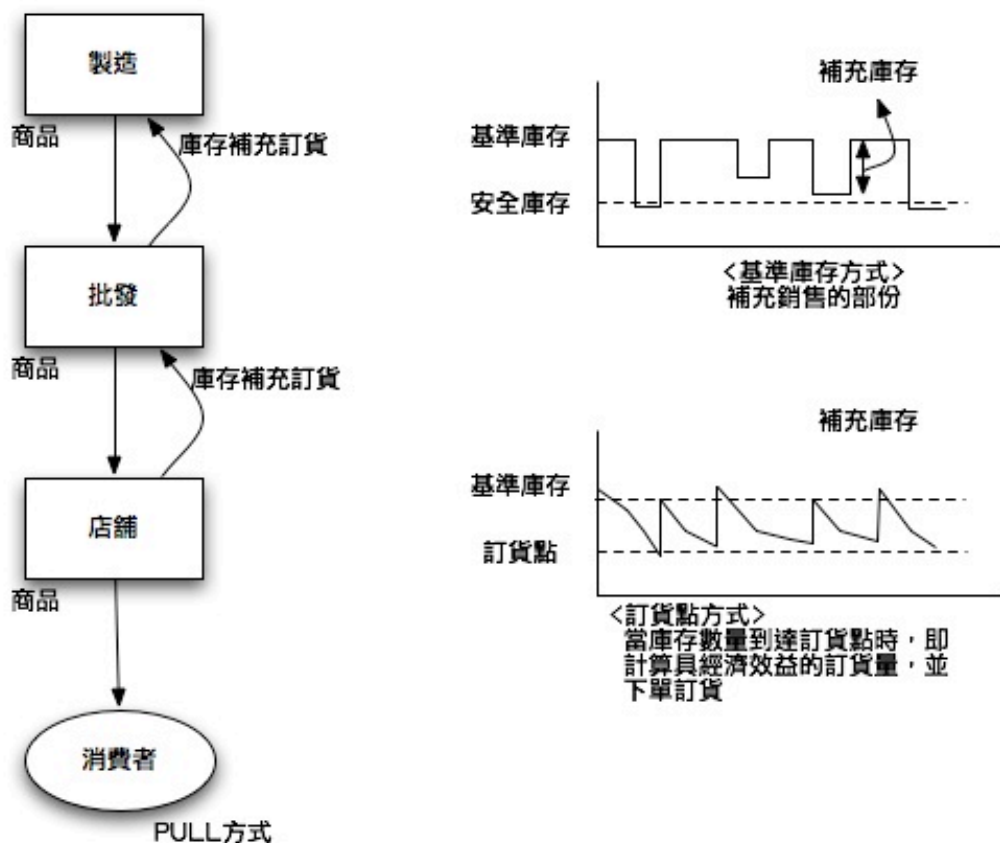


圖2-6 CRP概念示意圖

5. 供應商管理庫存(簡稱VMI : Vendor Managed Inventory)

VMI是指讓供應商持有並管理要供給顧客的資材或零件的一種方式。製造商與零售店，以顧客滿意度為共同目標而成為共享端點銷售系統(簡稱POS)資料的合夥關係；更進一步地來說，如果店舖庫存直接由製造商管理的話，製造商就可以完全掌握銷售動向及庫存，進而代替零售店，直接向公司發出訂單。目前已有報告指出，此種VMI方式可促進營收大幅成長。

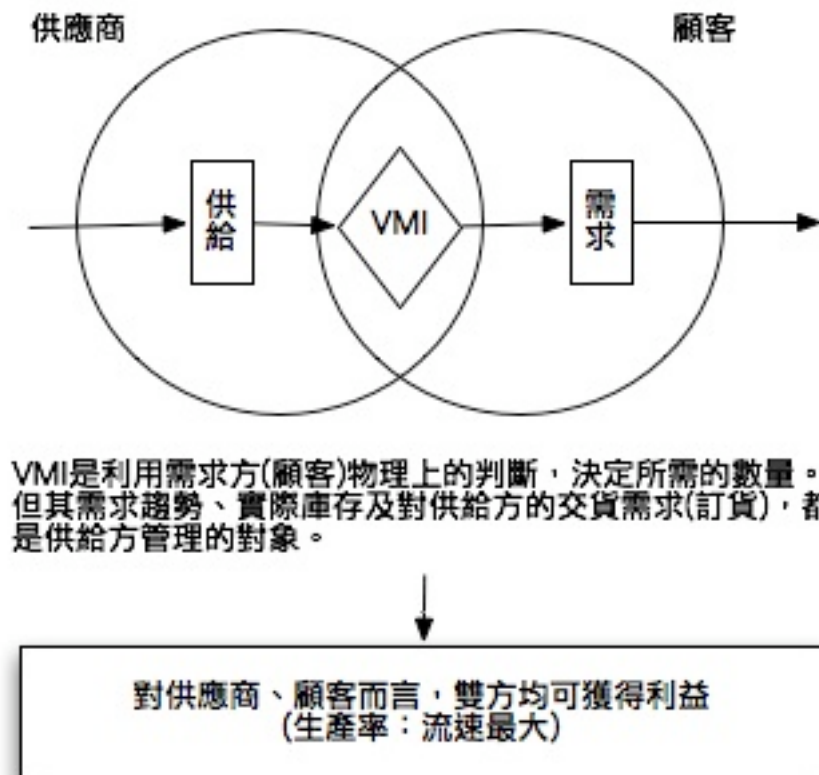


圖2-7 VMI示意圖

6. 電子資料交換(簡稱EDI : Electronic Data Interchange)

EDI是QR、有效消費者回應(簡稱ECR)使用於製造商與流通業者交換訂貨資料，請款資料等的基礎技術；許多資料交流，可說都是因為EDI才得以實現。

EDI是QR、ECR之供應鏈管理系統的基礎，同時也可以說是支撐電腦

輔助設計(簡稱CAD : Computer Aided Design) ,或是更高階的資訊運籌管理(簡稱CALS : Computer Aided Logistic Support)等概念的技術。EDI已經成為電子資料標準化的基礎;而製定此標準化規則的組織有ANSI、EDIFACT、產業資訊化推廣中心(簡稱CII)、電子機械工業會(簡稱EIAJ)、VICS等許多團體,依業的不同,其應用的種類也不同。

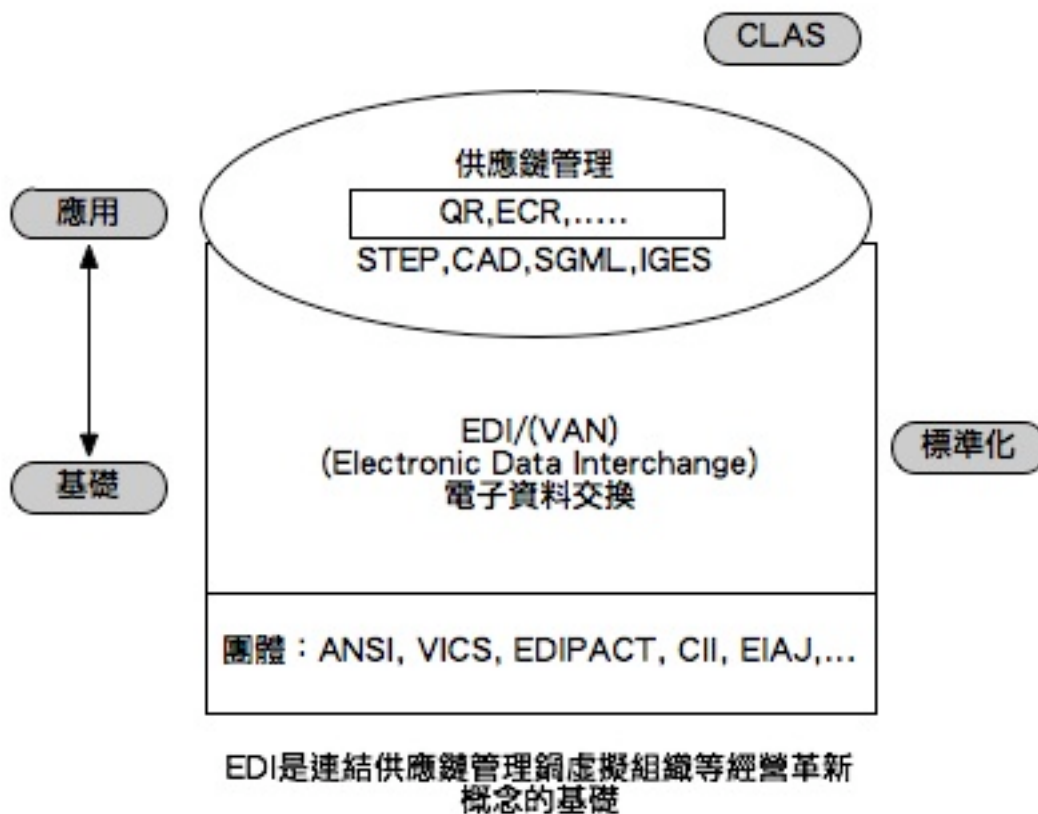


圖2-8 EDI應用示意圖

7. 接單生產(簡稱MTO : Make To Order)

接到訂單後才開始製造是指從確定實際需求的時間點開始生產,此為MTO,亦即是被實際需求引導後才開始供應鏈的運作。與MTO相反的商業模式是為了儲存庫存的生產(簡稱MTS:預估生產),亦即是推動生產。而MTO與根據實際需求才開始製造的接單製造(簡稱BTO: Build To Order)或接單組裝(簡稱ATO: Assemble To Order)相同。

接受訂單後才開始組裝的是ATO,接受訂單後才開始進行開發設計的是接單設計(簡稱ETO: Engineerign to Order);營造業者或工程公司的生產設備建設等,即屬於ETO。

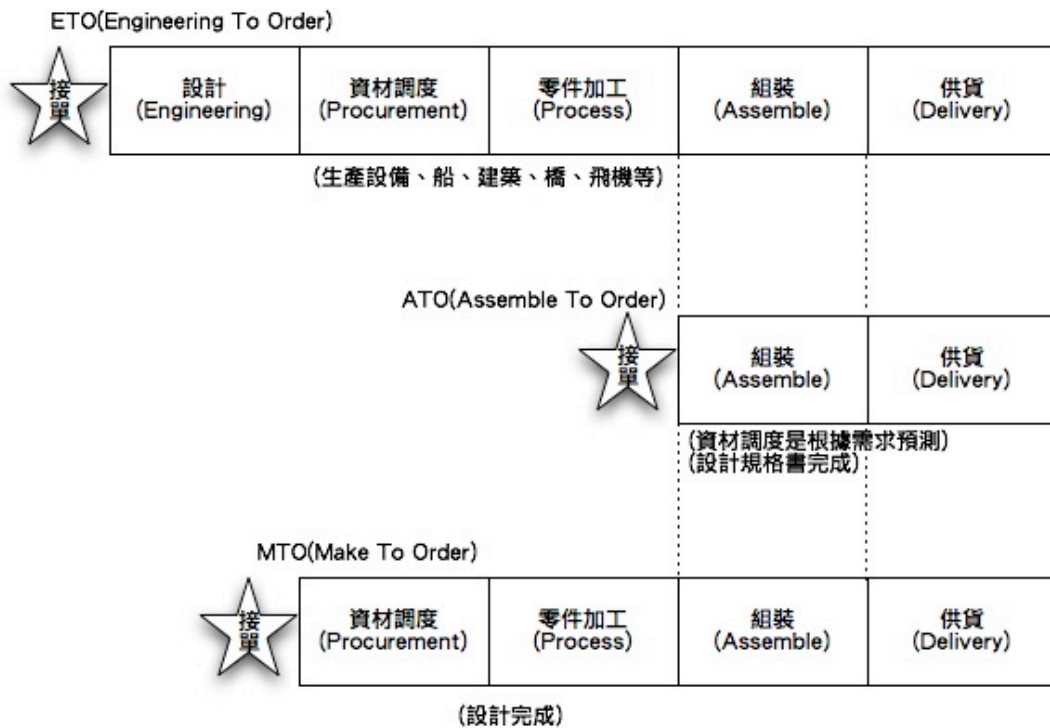


圖2-9 MTO作業示意圖



8. 預估生產(簡稱MTS : Make To Stock)

MTS直譯的話，就是為了庫存而進行生產，亦即是預測需求量後才進行生產。MTS之需求預測正確性可防止因庫存斷貨所造成的機會損失；但相反地，也注意到必須使過剩庫存達到最小。在大量生產、大量銷售的工業化社會裡，這種預估量產促進了標準化，也促進了讓成本降低的經營效率化。

MTS的課題是，如何創造不會發生庫存過剩情況的供應鏈管理。因此，必須根據像QR、ECR、CRP、VMI等PULL型的需求，頻繁地執行少量(或稱小批量)供給，以此加速商品流，提高現金流量。將PUSH型的MTS改換為PULL型的CRP或VMI之供應鏈模式，這可以說是供應鏈管理會成功的秘訣。PUSH型與PULL型供應鏈於下一段說明。

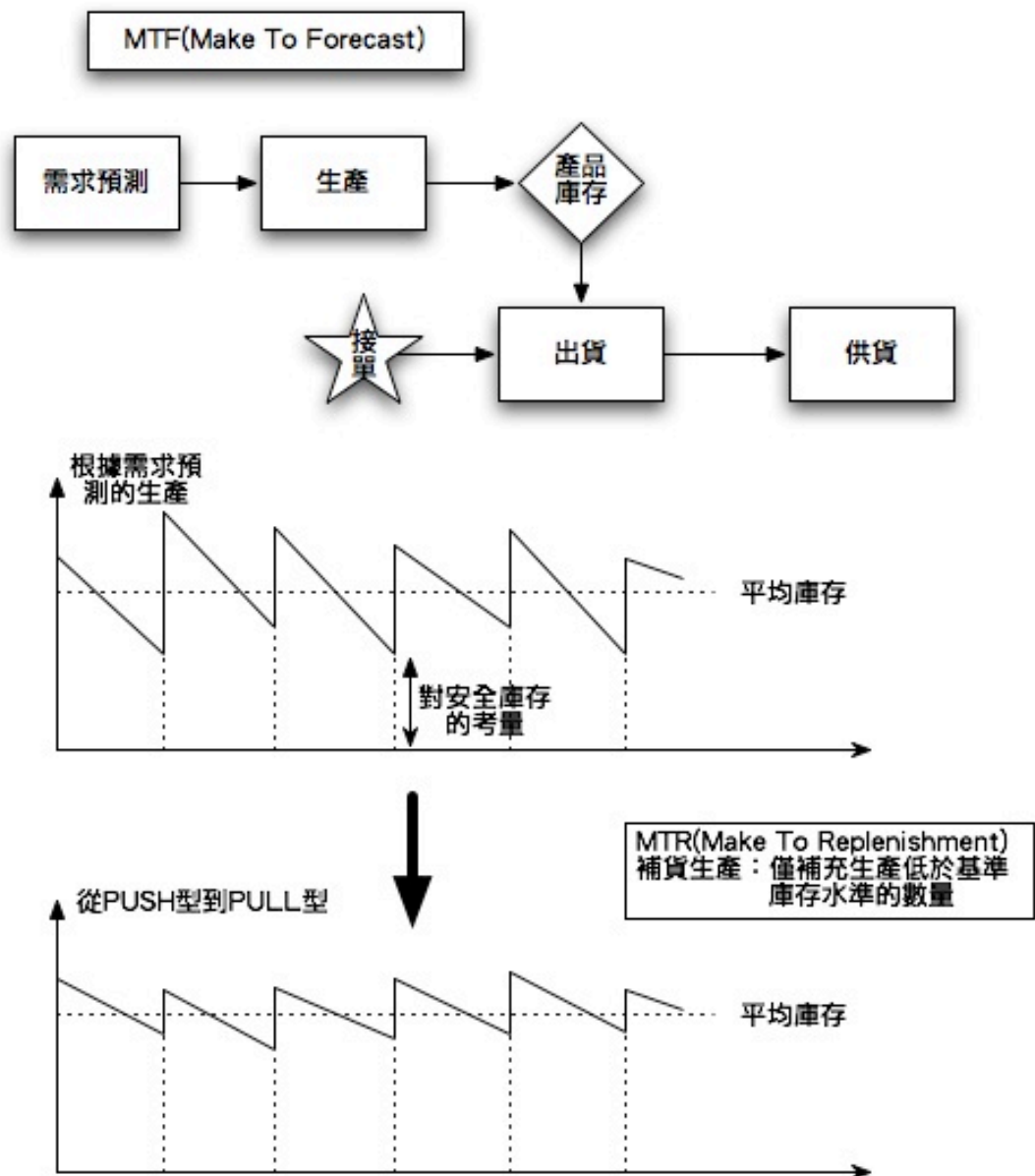


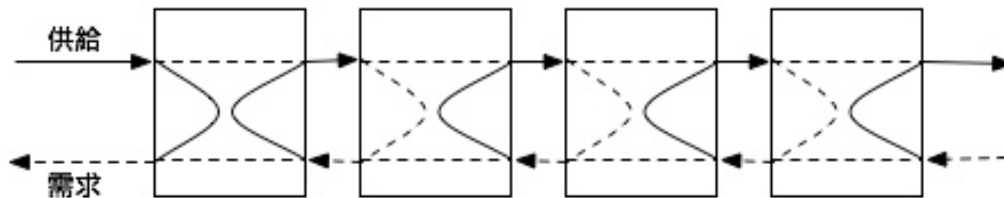
圖2-10 MTS作業示意圖

9. 推式與拉式供應鏈(另稱PUSH型與PULL型供應鏈)

供應鏈管理是針對需求的目標及課題，制定供給的解決對策或解決方案。「PUSH型」及「PULL型」的供應鏈模式，是在需求與供給的關係下所形成兩極化模式。「PUSH型」是以不根據實際需求的預估需求的「預估生產」為代表；「PULL型」則是以根據實際需求的「接單生產」為代表。

目前供應鏈管理受到矚目的最大原因之一，就是透過資訊技術的活

用，促使生產與銷售的商業模式由「PUSH型」換為「PULL型」。PULL型供應鏈管理是以即時生產流程、持續補貨計畫等需求，或以在後製程之實際需求為基礎，因此PULL型不需要像PUSH型一樣，亦即不需要先預測需求後才進行預估生產，所以能維持最小庫存，並達到前置時間短的快整供給。



- 「PUSH」型：不根據實際需求供給方式。基於需求預測而囤積產品庫存。為防止庫存過剩及缺貨，以安全庫存為基準的庫存管理方式，是供應鏈管理的主要課題。產品庫存可以立即對應需求。
- 「PULL」型：根據實際需求的供給方式。由於是以無庫存的方式對應顧客，因此會產生從接單到交期間的前置時間

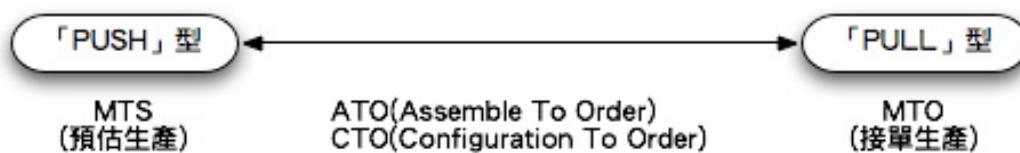


圖2-11 推拉式供應鏈示意圖

2.4 供應鏈策略數量化模型

在供應鏈模型上，主要針對利用數學模式量化的供應鏈模型，並在其中比較各學者在模式建立上的異同，整理如表2.1。在分析長鞭效應時，均需先行對供應鏈進行量化與設定。在Chen et al.前，並沒有學者對長鞭效應進行數學模式的量化，僅是分析探討長鞭效應的原因與如何解決長鞭效應。在Chen et al.發表了一篇長鞭效應的量化後，有許多學者即以其論文為基礎，開始探討長鞭效應的重要因素。其中最主要的假設，均為以單一商品為設定，供應鏈的特性則為以二階供應鏈為主，再以此推廣至無限多階供應鏈，長鞭效應的量化指標上則均以Chen et al.發表之長鞭效應量化為主。而在分析的議題上，以資訊分享、不同存貨策略、不同需求型態、預測方法為主要的議題，進行長鞭效應的分析。

表2.1 供應鏈模式整理

學者	年代	假設	供應鏈特性	長鞭效應指標	重要議題
Chen et al.	2000	單一商品	二階供應鏈	上下游廠商面對需求變異比值	資訊分享 前置時間 預測方法
陳家芳	2003	單一商品	二階供應鏈	上下游廠商面對需求變異比值	使用不同的存貨策略
王富恩	2003	單一商品	二階供應鏈	上下游廠商面對需求變異比值	不同的需求型態影響
邱乾銘	2004	單一商品 重要參數自行設定	三階供應鏈 無限多階供應鏈	上下游廠商面對需求變異比值	資訊分享
Gilbert	2005	單一商品	二階供應鏈	上下游廠商面對需求變異比值	預測方法 使用ARIMA預測需求

在Fiala(2005)的研究中，針對供應鏈中資訊分享的影響來探討供應鏈管理，商業環境變得越來越動態，動態資訊和決策模型被視為調和這些改變和不確定的方法。

動態模型利用一些變數、流向、回饋過程等，利用STELLA軟體進行發展和模擬。在建構此動態模式上，有四個主要的元素：

1. Stock, 代表某些事物累加的值
2. Flow, 改變Stock的活動
3. Converter, 修正或限制一個活動
4. Connector, 傳輸輸入和資訊

在模式化供應鏈合作的部份，策略夥伴意指合作和透過供應鏈連鎖動作，而在夥伴關係的基礎即是供應合約。合約的關係可以由一個去中心化的解答轉化為中心化的解答。簡單來說，即是非個別的最適解而是整體的最適解。有關合作決策的基本趨勢是將可能的衝突轉換成為聯合問題。

本篇內容主要致力於建構供應鏈的系統動態。在此模型，一些重要的環境特性已被建立，結合網路架構模式和供應鏈中單元動態行為模擬可以成為供應鏈的有力績效分析的方法。

Xiaolong Zhang(2005)研究延遲需求資訊對長鞭效應的影響，供應鏈中缺乏同步化會引起用來需求的需求資料產生延遲。此研究同意訂購量在使用最小平方誤差預測方法時對暫時的變化過於敏感。

結果證明用來需求預測的延遲需求資料降低了長鞭效應。結論中，可得需求資料的延遲穩定需求預測，進而在所設定的存貨設定產生較少的訂購變異和減少長鞭效應。

在Ton de Kok(2005)等學者針對Philips電子設備供應鏈的同步化作業研究，有決策週期(T)、動態存貨、訂購量。

在存貨方面，假設每一期中，所以在價值網路中的物品均有下決策決定訂購量，其訂購量為決策變數且必需為定值，訂購量的大小沒有批量訂購的限制，模式如下：

$D_i(t)$ ：在t時段中i物品的需求預測

$I_i(t)$ ：在t時段開始i物品的淨存貨

$IP_i(t)$ ：在t時段開始i物品的存貨點

$EIP_i(t)$: 在t時段開始i物品的存貨層

$SR_i(t)$: 在t時段開始i物品預計接收量

$PO_i(t)$: 在t時段開始對i物品所下的訂購量

公式2-1之意涵為表示存貨不可為負數。

$$I_i(t) \geq 0, i \in \mu \setminus N, t \geq 1 \dots \dots \dots (2-1)$$

可由公式2-2得到 i 物品於t期開始時的存貨位置與 i 物品於t期開始時的階層存貨位置。

$$IP_i(t) = I_i(t) + \sum_{s=1}^{L_i-1} SR(t+s), i \in \mu, t \geq 1$$

$$EIP_i(t) = IP_i(t) + \sum_{j \in C_i} EIP_j(t), i \in \mu, t \geq 1 \dots \dots \dots (2-2)$$

上式2-2中，假設於t期開始預期收到貨已結合在原有存貨中。另外在需求不能由最終物品存貨滿足則留到下一期。

$$SR_i(t+s), t = 1, \dots, L_i - 1, i \in \mu$$

$$D_i(t), t = 1, \dots, T \dots \dots \dots (2-3)$$

s介於1到前置時間減一間，t則為一到決策週期。

假設T之時間夠長，可以合適處理所有立即計畫決策，則：

$$T \geq \max_{i,j} (L_{ij}^* + ST_{ij}^*) + 1, i, j \in \mu \dots \dots \dots (2-4)$$

其中，假設事件在以下情況下發生：

1. 工廠設施在每期的開始立即接到預期或計畫物品
2. 在第一情況後，立即對每一物品下訂並決定數量
3. 在每期結束前，滿足顧客需求預測和內部工作訂單

狀況更新程序描述如下：

$$\begin{aligned}
SR_i(t + L_i) &= PO_i(t), i \in \mu, t \geq 1 \\
I_i(t + 1) &= I_i(t) - D_i(t) + SR_i(t), i \in N \\
I_i(t + 1) &= I_i(t) - \sum_{j \in C_i} a_{ij} PO_j(t) + SR_i(t) \\
i \in \mu \setminus N, t \geq 1 & \dots \dots \dots (2-5)
\end{aligned}$$

動態存貨水準方面分為目標存貨水準和安全存量，其運作模式如下，目標存貨水準為前置時間與安全前置時間內的需求量，安全前置時間內的需求量就是安全存量。

目標存貨水準如下：

$$S_i = \sum_{k \in F_i} \left\{ \sum_{s=1}^{L_{i,k}^* + ST_{i,k}^* + 1} D_k(s) \right\}, i \in \mu \dots \dots \dots (2-6)$$

安全存量定義如下：

$$SS_i = \sum_{k \in F_i} \left\{ \sum_{s=1}^{L_{i,k}^* + ST_{i,k}^* + 1} D_k(s) \right\} - \sum_{k \in F_i} \left\{ \sum_{s=1}^{L_{i,k}^* + 1} D_k(s) \right\}, i \in \mu \dots \dots \dots (2-7)$$

訂購、分配與決定訂單

下式決定立即訂購的訂購量

$$q_j = (S_j - EIP_j)^+ \dots \dots \dots (2-8)$$

訂購時可能有以下兩種情況：

$$\sum_{m \in C_i} q_m \leq I_i \quad \text{和} \quad \sum_{m \in C_i} q_m > I_i \dots \dots \dots (2-9)$$

當訂購量小於存貨，則 $Q_j^{(i)} = q_j$

若訂購量大於存貨，Van der Heijden et al.(1997)討論適合的理性分享政策，主要概念為根據累積的安全存量分配短缺的物品。

$$EIP_j^+ = S_j - \frac{SS_j}{\sum_{m \in C_i} SS_m} (\sum_{m \in C_i} q_m - I_i) \dots \dots \dots (2-10)$$

$$Q_j^{(i)} = \frac{\max(0, EIP_j^+ - EIP_j)}{\sum_{m \in C_i} \max(0, EIP_m^+ - EIP_m)} I_i \dots \dots \dots (2-11)$$

$$PO_j = \min_{n \in P_j} Q_j^{(n)} \dots \dots \dots (2-12)$$

2.5 長鞭效應

依Sterman(1989)的實驗中，顯示出人類行為如對存貨和需求資訊的誤解或錯誤，可能會引起長鞭效應，在Lee et al.(1997)的研究中，舉出四點長鞭效應的原因：

- 1.需求預測的更新
- 2.整批訂購
- 3.價格變動
- 4.理性與短缺賽局

在需求預測方面，有一個重要的因素，即是對每一個體在預測時都是基於本身所觀察到的情況去分析預測，如此上游廠商視下游廠商的訂單來作為本身需求預測的基礎，當下游廠商對上游廠商訂購時，若不符合實際需求，則上游廠商也依訂單資料對未來需求作預測，這種需求訊息的傳遞過程，容易造成上游廠商對最終需求與本身需求預測落差太大，為造成長鞭效應的主因之一，而在安全存量方面，因需求不易準確預測，所以必須有安全存量來因應，而安全存量也是造成長鞭效應的原因，直覺地，當補貨的前置時間越長，長鞭效應越明顯。

在整批訂購方面，廠商缺貨時通常不會馬上向上游訂購，會累積需求後才下訂單，一般來說有兩種訂購方式：

- 1.定期訂購(Periodic ordering)
- 2.推式訂購(Pushing ordering)

為何廠商不會在缺貨時馬上向上游訂購，一個常見的障礙即是運輸的經濟性，如整輛運輸(FTL)和少於整輛運輸(LFTL)。

在推式訂購上，一個公司通常有經驗過定期的大量需求，通常每季的末期或每年的末期，售貨員會事先訂購或事先借配額。

價格變動方面，在零售業百分之八十的製造商與配發商間的交易是使用向前端訂購的方式。向前端訂購會有價格變動的影響，如會有價格折扣、搭配、退錢折扣等。此外製造商也會提出交易協定，這也是另一種間接價格折扣的方式。

在理性與短缺賽局，在需求大於供給的情況下，供給短缺，廠商必須分配其有限的供給量，而顧客則會擴大其本身實際的需求，而在那段熱潮過了，零售商又取消多餘的訂單，因為顧客真實需求的資訊不足，所以造成長鞭效應的產生。

在Lee et al.(1997)研究中，提出長鞭效應的解決概念：

- 1.資訊分享
- 2.通路整合
- 3.有效運作

在解決長鞭效應上，分別依四類影響因素提出降低長鞭效應的方法：

1. 避免多種需求預測

在供應鏈中，若每一廠商均自行預測需求，則將會產生更大的長鞭效應，且越在供應鏈上游更明顯，可以利用 EDI、VMI 等在需求預測的變異上減少。

2. 打破整批訂購

整批訂購的原因為可以用單價低或運輸成本經濟訂購大量貨物，但此種模式會造成長鞭效應，若可利用第三方物流的方式，可以達到小量訂購又經濟的情況，當然會造成額外掌握和管理的成本，但通常所節省的成本大於增加的成本。

3. 穩定價格

最簡單控制有關向前端訂購與轉換所引起的長鞭效應即是減少價格折扣的程度與頻率。零售商與配發商可以透過積極的協商，向供應者要求給予他們每天的最低價格 (EDLC)。

4. 減少賽局情況下短缺情況

在供應商面對一短缺情況，它可以依過往銷售紀錄來分配有量的供給，而非訂購量，如此顧客將沒有動機去浮誇其訂購量。在賽局的研究後，在沒有處罰的情況下，零售商將會持續浮誇其需求量，而後再取消訂單。

在四種引起長鞭效應的主要因素上，在資訊分享、通路聯盟、營運效率上各有其降低長鞭效應的方法，整理如表 2.2。

表2.2 解決長鞭效應分析表

長鞭效應之原因	資料分享	通路結盟	運作效率
需求預測更新	<ul style="list-style-type: none"> • 了解系統動態 • 使用銷售點(POS)資料 • 電子資料交換(EDI) • 網路 • 電腦輔助訂購(CAO) 	<ul style="list-style-type: none"> • 供應商存貨管理(VMI) • 資訊分享折扣 • 消費者直購 	<ul style="list-style-type: none"> • 減少前置時間 • 階層存貨控制
批量訂購	<ul style="list-style-type: none"> • 電子資料交換(EDI) • 網路訂購 	<ul style="list-style-type: none"> • 分類運載折扣 • 運送約定 • 合併運送 • 物流外包 	<ul style="list-style-type: none"> • 利用電子資料交換或電子商務減少訂購固定成本 • 電腦輔助訂購(CAO)
價格波動		<ul style="list-style-type: none"> • 持續補貨計畫(CRP) • 每日低價(EDLC) 	<ul style="list-style-type: none"> • 每日低價(EDLC) • 活動基礎成本(ABC)
短缺賽局	<ul style="list-style-type: none"> • 分享銷售、容量與庫存資料 	<ul style="list-style-type: none"> • 依銷售紀錄分配 	

資料來源：Lee et al.(1997)

在Chen et al.(2000) 的研究中，長鞭效應是一種現象，所引起的原因主要是零售商直接面對最終需求，上游廠商僅能由下游廠商訂單得知需求資料，且供給與需求並不能恰恰相等，造成上游廠商對需求的誤判，導致整條供應鏈供應上的波動，這現象也引起許多學者的注意，發表了許多研究成果，主要以強調以下有關長鞭效應的三個重點：

- 一、著重長鞭效應的存在
- 二、認定導致長鞭效應的原因
- 三、提供減少長鞭效應的方法

在研究的量化中，有兩點假設：

- 1.存貨策略為存貨上限策略(order-up-to inventory policy)
- 2.零售商使用移動平均法預測需求，資料來源為過去p期的需

求資料

q 為過多存貨，在此假設為過多存貨的回收並不需要成本，而此研究中也針對若過多存貨回收是有成本，是否有巨大影響，而模擬結果顯示，並無明顯的差異。 L 為前置時間。

在量化長鞭效應方面，在前後期需求關係上設定如下：

$$D_t = \mu + \rho D_{t-1} + \varepsilon_t \dots\dots\dots(2-13)$$

需求預測方法上，使用移動平均法預測下一期的需求，而在預測前置時間內需求的標準差方面， $C_{L,p}$ 為 ρ 、 p 、 L 的常數函數，為使用移動平均法估計值與實際值的關係參數，更詳細的討論可見Ryan(1997)，預測公式如下：

$$\hat{D}_t = L \left(\frac{\sum_{i=1}^p D_{t-i}}{P} \right) \dots\dots\dots(2-14)$$

$$\hat{\sigma}_{et}^L = C_{L,p} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^p (e_{t-i})^2}{P}} \dots\dots\dots(2-15)$$

存貨策略上，假設供應鏈上廠商階採取Order-up-to policy，則存貨上限點則為 y_t ，公式如下：

$$y_t = \hat{D}_t + z \hat{\sigma}_{et}^L \dots\dots\dots(2-16)$$

q_t 為上游廠商所面對的需求量，為本期存貨上限與前期存貨上限之差加上前一期的需求量，公式如下：

$$\begin{aligned} q_t &= y_t - y_{t-1} + D_{t-1} \\ \text{Var}(q_t) &= [1 + (\frac{2L}{P} + \frac{2L^2}{P^2})(1 - \rho^p)]\text{Var}(D) \\ &\quad + 2z(1 + \frac{2L}{P})\text{Cov}(D_{t-1}, \hat{\sigma}_{et}^L) \\ &\quad + z^2\text{Var}(\hat{\sigma}_{et}^L - \hat{\sigma}_{et-1}^L) \dots\dots\dots(2-17) \end{aligned}$$

$$\frac{Var(q_i)}{Var(D)} \geq 1 + \left(\frac{2L}{P} + \frac{2L^2}{P^2}\right)(1 - \rho^P) \dots\dots\dots(2-18)$$

邊界發生於z=0時。

若延申為k階供應鏈，需求資訊完全分享於上游廠商，供應鏈上的各廠商根據最終顧客的需求資料，進行預測並生產，則長鞭效應的指標關係公式如下：

$$\frac{Var(q_i)}{Var(D)} \geq 1 + \left(\frac{2\sum_{i=1}^k L_i}{P} + \frac{2\sum_{i=1}^k L_i^2}{P^2}\right)(1 - \rho^P) \dots\dots\dots(2-19)$$

在前後期需求的相關係數為0時，長鞭效應的量化式如公式2-20，當比值為一時，無長鞭效應產生，前置時間越短，長鞭效應越小，越多期需求資料，長鞭效應越小。

$$\frac{Var(q)}{Var(D)} \geq 1 + \left(\frac{2L}{P} + \frac{2L^2}{P^2}\right) \dots\dots\dots(2-20)$$

下列公式2-21為k階供應鏈的長鞭效應衡量指標，其中廠商僅能從直接下游廠商的需求量來預測下一期的需求量，可以明顯得知在供應鏈的階數越多，長鞭效應也越大。

$$\frac{Var(q^k)}{Var(D)} \geq \prod_{i=1}^k \left(1 + \frac{2L_i}{P} + \frac{2L_i^2}{P^2}\right), \forall k \dots\dots\dots(2-21)$$

在結論中說明如下：

缺點：模型中假設的過多存貨回收是沒有成本的，雖然在模擬的結果中，此假設在合理的p值、前置時間、前後期需求的相關係數下，僅有一點影響。

限制：模式中並非使用最適化的存貨上限策略，而是使用訂購至存貨上限策略。

在以上的缺點和限制中，為何會用這些假設是因為在實際上，這些方法都是最常被使用的，因此，在評估長鞭效應時，這方法是最適合在實際上去考量存貨策略和預測方法。

最後，在模型中並沒有捕捉真實世界供應鏈的複雜性，舉例來說，

並沒有考慮到多階系統、多零售商、多製造商的情況下，但幸運地，在延申此模式結果，零售商間的需求可能有關係情況下的多零售商模式已被研究出來(Ryan 1997)。

在Chen et al.的另一篇有關長鞭效應的分析上，應用了平滑指數分析法分析對長鞭效應的影響。主要的分析有下列兩點：

- 1.使用平滑指數分析法
- 2.前後期需求並非只是相關，而是具有線性趨勢

在需求預測方式為平滑指數法時，長鞭效應指標如公式2-22：

$$\begin{aligned} \frac{\text{Var}(q^{EX})}{\text{Var}(D)} &\geq 1 + (2L\alpha + \frac{2L^2\alpha^2}{2-\alpha})(1 - \frac{\alpha\rho}{1-\beta\rho}) \\ &= 1 + (2L\alpha + \frac{2L^2\alpha^2}{2-\alpha})(\frac{1-\rho}{1-\beta\rho}) \dots\dots\dots(2-22) \end{aligned}$$

若再加入需求型式為具有線性趨勢的設定，變異數將會增加，因為必須再多預測一個參數，且此增加變異數的參數並非主要來自於線性需求的係數，而是來自附加的參數預測。

結論中表達出幾個重要的結果，如下：

- 1.在可以準確得知需求的型式下，將沒有長鞭效應，而因為使用需求預測方法而有誤差，也產生了長鞭效應。
- 2.越長的前置時間將會有越大的長鞭效應
- 3.越多需求資訊來預測需求，長鞭效應越小

在需求過程的影響與預測方法上，有以下幾點結果：

- 1.負相關的需求將有更大的需求變異
- 2.比較移動平均法預測與指數平滑法預測有線性趨勢需求，移動平均法有較少變異，因具線性趨勢需求必需多預測一個參數
- 3.指數平滑法預測較移動平均法有更大的變異

在質化供應鏈模式上，Gilbert提出ARIMA(Autoregressive Integrated Moving Average time-series models)供應鏈模式。在需求模式上，假設當期需求與前期需求和前期需求的變化為一個線性函數，再加上一個誤差項。

供應鏈模式方面，供應商利用管理存貨方面來滿足需求，訂貨策略上為訂貨上限策略，即補貨到預訂水準的上限，考慮到服務水準和安全存量。

其結果證明：

- 1.長鞭效應的大小主因為前置時間和需求的相關性
- 2.Aviv於2001年的理論，供應鏈的績效的主要影響因素在於預測需求的能力和整個供應鏈的前置時間，而非供應鏈的長短。
- 3.即使前置時間為零，仍有長鞭效應，使用需求預測的更精確也只能減少長鞭效應而非完全消除長鞭效應
- 4.需求資訊的分享也不能減少或消除長鞭效應，原因在於供應鏈上的需求預測均為使用同一種預測方法

其結論共有五點：

- 1.不適當或簡單的預測系統並非唯一造成長鞭效應的因素
- 2.分享銷售點的資訊可能有點多餘，也因此可能無法減輕長鞭效應
- 3.前置時間的減少，可減輕長鞭效應
- 4.資訊分享可使供應鏈模式更為進步
- 5.主要的長鞭效應影響因素為整個供應鏈的週期而非供應鏈的長短

在2003年，陳家芳在前置時間變動下，供應鏈系統成本與長鞭效應之關係重點如下：

- 1.模式中的訂貨策略與Chen et al.不同，是以淨存貨水準不足於目標存貨水準之差為訂購量，其長鞭效應接近Chen et al.之下限值，甚至更低
- 2.前置時間與成本呈凹向上函數
- 3.供應鏈各階的最佳化導致整條供應鏈長鞭效應加劇
- 4.長鞭效應與成本關係並非均是正向關係

可在值得加強的地方：

- 1.前置時間為訂購週期，並假設前置時間內的需求為常態分配，但於近來的研究中，前置時間內的需求呈右偏分配
- 2.未探討一對多、多對多的供應鏈型式
- 3.僅利用移動平均法作為需求預測的方法

王富恩於2003年長鞭效應在不同需求型態下長鞭效應關鍵影響因素之探討中，有以下結論：

- 1.無論採用何種需求預測方式均會有長鞭效應產生
- 2.集中式資訊分享無法完全消除長鞭效應，僅能降低長鞭效應
- 3.使用相同趨勢參數和預測方法下，參數設定不影響長鞭效應

邱乾銘於2004年，在供應鏈長鞭效應之探討，利用數學模式證明出以下幾點：

- 1.三階供應鏈的長鞭效應存在

- 2.由三階供應鏈推廣至多階供應鏈
- 3.推導出資訊分享下三階供應鏈與多階供應鏈之長鞭效應
- 4.資訊分享可降低長鞭效應
- 5.前後期需求相關性與資訊未共享之長鞭效應呈正比
- 6.前置時間與資訊分享下或資訊未分享下之長鞭效應均成正比
- 7.欲維持相同水準的長鞭效應，前置時間越長，所需歷史需求資料越多

在其模式中，仍有許多假設是可以再改進的，以下是模式中可以再加強的部份：

- 1.僅考慮單一商品
- 2.考慮工廠產能上限等無限多階層供應鏈模式
- 3.許多參數為自行設定並非有嚴謹的探討



2.6 小結

在各供應鏈策略方面，許多專家學者或物流公司都針對各供應鏈策略提出看法並部份予以實行，但其中的重點仍不外乎在各供應鏈策略在需求預測、存貨策略、如何縮短前置時間等，其目的即為了有效的供應鏈運作與有彈性的運作因應需求，降低庫存或提高服務水準，抑或是減少長鞭效應的發生。

在供應鏈的量化上，由文獻回顧中，以理論基礎推導的供應鏈模式，主要在需求預測方法與存貨策略上確定後，推導出供應鏈的運作法則，最後評估供應鏈的長鞭效應。

在長鞭效應的研究上，已有許多結論，需求預測方法上，以移動平均法為目前最常用的預測方法，而長鞭效應的主要影響因素為前置時間、需求資訊多寡與前後需求間的相關性，此外依據不同的需求預測方法則會有不同的參數影響長鞭效應。

