

國立交通大學  
工業工程與管理學系碩士班

碩士論文

Demand-Pull 手法應用在啤酒遊戲之可行性研究

A Feasibility Research on the Demand-Pull Solution Applied to

the Beer Game



研究生：蔣易殷

指導教授：李榮貴博士

中華民國九十七年六月

Demand-Pull 手法應用在啤酒遊戲之可行性研究

A Feasibility Research on the Demand-Pull Solution Applied to  
the Beer Game

研究生：蔣易殷

Student : Yi-Yin Chiang

指導教授：李榮貴

Advisor : Dr. Rong-Kwei Li

國立交通大學

工業工程與管理學系碩士班



Submitted to Department of Industrial Engineering and Management

College of Management

National Chiao Tung University

In Partial Fulfillment of the Requirements

For the Degree of Master of Science

In

Industrial Engineering

June 2008

Hsin-Chu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十七年六月

# Demand-Pull手法應用在啤酒遊戲之可行性研究

研究生：蔣易殷

指導教授：李榮貴 博士

國立交通大學工業工程與管理學系碩士班

## 摘要

啤酒遊戲是一個在60年代時開發出來的遊戲，它凸顯出傳統供應鏈出現的問題—「長鞭效應」，經過上萬次的實驗結果發現，無論遊戲參與者是否對於供應鏈管理有所了解，在遊戲後始終會出現「欠貨—存貨」的循環。然而需求預測總是不準的，TOC提出Demand-Pull管理模式，根據需求管理庫存，有效降低庫存績效，本研究藉由古老的供應鏈配銷遊戲，讓遊戲參與者在學習TOC供應鏈管理模式時，能藉由遊戲的實際操作，得以運用TOC提出Demand Pull的思維來管理，進一步驗證TOC的管理方式可以解決啤酒遊戲的問題。

關鍵詞：啤酒遊戲、長鞭效應、限制理論

A Feasibility Research on the Demand-Pull Solution Applied to  
the Beer Game

Student : Yi-Yin Chiang

Advisor : Dr. Rong-Kwei Li

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

Abstract

The beer game is a game developed out in the 1960s, it highlighted the question that the tradition supply chain and presented 'bullwhip effect', find through the experimental result of as many as ten thousand times, no matter whether the game participant understands to some extent supply chain management, circulation that will appear 'owe the goods - stock' after the game all the time.

But requirement forecasting forbid always, TOC proposes Demand-Pull management way, according to the stock of traffic demand, reduce the stock performance effectively, this research is worthy of selling the game with the old supply chain, let the game participant can be by the practical operation of the game when study TOC and supply the management style of the chain, must manage by using TOC and proposing the thinking of Demand Pull, further prove the management style of TOC can solve the problem of the beer game.

Keywords: Beer game, Bullwhip Effect, Theory of Constraints

## 誌謝

終於邁向畢業，歷經兩年的交大洗禮，學習到很多東西。首先要感謝指導教授—李榮貴老師在這兩年對我的幫忙，若不是有老師對我的敦敦教誨，也不會今天的我，每次與老師 meeting 所得到的東西，都有著無窮的幫助，也體驗到很多不同以往的思考邏輯。也感謝蔡志宏老師以及張盛鴻老師對於論文的指導，使得論文的謬誤之處降低許多。

在交大的兩年裡，同窗的凱文、小美、小玲、老大，無論在課業上、論文上、生活上的互相扶持，都讓我感激在心中。如今可以順利畢業，真的要好好的感謝他們。在這兩年的研究所生活裡，除了對知識有更深的體悟之外，也學到許多意義非凡的事物。在這裡，許多東西都需要自己來，不再像大學那樣的需要團體討論之後得到結論。當然，我想這也就是大學和研究所最大的不同之處。經過這兩年的洗禮，也讓我著實獨立和成長不少。在日後出社會，相信我在研究所所得到的東西，一定能夠帶給我實質的幫助。

最後，要感謝在我背後默默支持我的家人，沒有他們的付出，不會有現在的我，我要將這份碩士學位的榮耀與你們一同分享。

# 目錄

中文摘要.....	i
英文摘要.....	ii
誌謝.....	iii
目錄.....	iv
表目錄.....	v
圖目錄.....	vi
第一章 研究動機與目的.....	1
第二章 文獻探討.....	7
2.1 供應鏈問題.....	7
2.2 傳統改善供應鏈震盪的方式.....	8
2.3 TOC的存貨管理政策.....	9
2.3.1. 增加補貨頻率.....	10
2.3.2. 補貨機制.....	10
2.3.3. 緩衝管理(Buffer Management).....	11
2.4 總結.....	12
第三章 啤酒遊戲架構與情境模擬分析.....	14
3.1. 啤酒遊戲原始環境說明.....	14
3.1.1. 期初情境.....	16
3.1.2. 評估指標.....	16
3.1.3. 現況.....	17
3.2. Demand-Pull使用方法.....	18
3.3. Demand-Pull之成果分析.....	20
3.3.1. 原始環境變數.....	20
3.3.2. 情境模式.....	23
第四章 結論與未來展望.....	34
參考文獻.....	36

## 表目錄

表 3.1 各成員績效.....	22
表 3.2 供應鏈成員績效.....	25
表 3.3 各種方案下的績效表現.....	30
表 3.4 各方案績效表現表.....	32



## 圖目錄

圖 1.1	供應鏈示意圖.....	1
圖 1.2	供應鏈模型.....	2
圖 1.3	市場需求量.....	3
圖 1.4	啤酒遊戲的成果.....	3
圖 1.5	配銷/VMI管理核心問題.....	4
圖 2.1	庫存衝突圖.....	9
圖 2.2	增加補貨頻率.....	10
圖 2.3	Demand-Pull 示意圖.....	11
圖 2.4	供應鏈整體影響圖.....	13
圖 3.1	啤酒遊戲layout.....	14
圖 3.2	遊戲流程示意圖.....	15
圖 3.3	啤酒遊戲之庫存量與缺貨量變化.....	17
圖 3.4	Demand-Pull(顧客購貨).....	19
圖 3.5	Demand-Pull(零售商庫存減少, 補貨).....	19
圖 3.6	Demand-Pull(批發商庫存減少, 補貨).....	19
圖 3.7	Demand-Pull(製造商補貨, 生產).....	20
圖 3.8	Demand-Pull 下之庫存量變化.....	21
圖 3.9	Demand-Pull 下之缺貨量變化.....	21
圖 3.10	目標庫存水位與庫存量的相對位置圖.....	23
圖 3.11	TOC定義下之庫存水位.....	24
圖 3.12	目標庫存水位與庫存量圖.....	25
圖 3.13	缺貨狀況.....	26
圖 3.14	零售商備安全庫存後的庫存績效.....	27
圖 3.15	批發商備安全庫存後的庫存績效.....	28
圖 3.16	製造商備安全庫存後的庫存績效.....	29
圖 3.17	加入緊急訂單機制後的庫存表現.....	31
圖 3.18	加入緊急訂單機制後的缺貨表現.....	31

# 第一章 研究動機與目的

據 American Production and Inventory Control Society (APICS) 對供應鏈與配銷的定義，供應鏈是從原材料端到最終端的产品使用者的一個程序。而配銷是將物料、成品或零件，從製造商運送到客戶間的相關活動。基本上有三種成員(如圖 1.1 所示)參與供應鏈與配銷的活動：產品製造者(例如生產工廠)、配銷通路內成員(例如區域發貨倉庫)、最終尾端的客戶(例如零售商)。

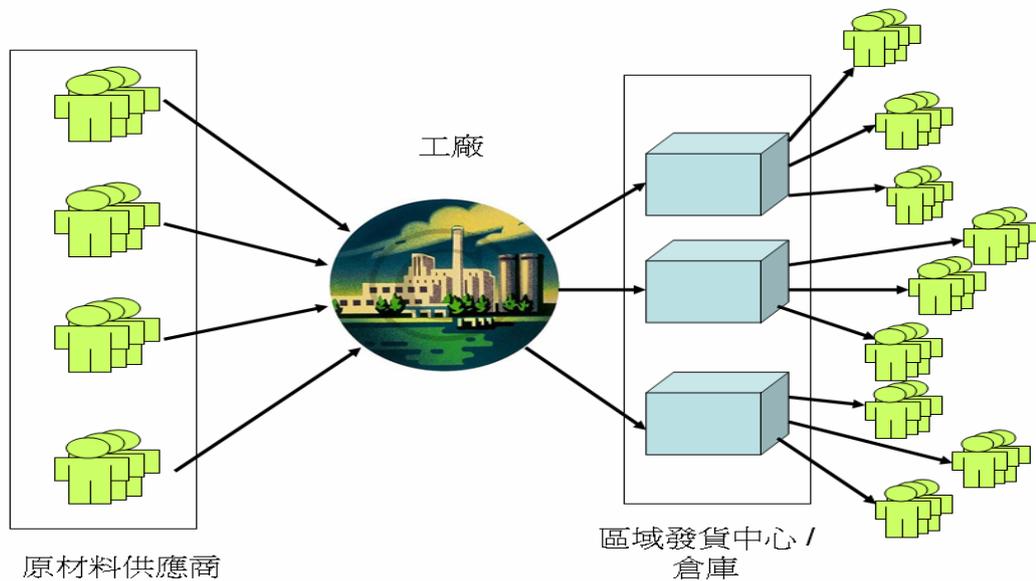


圖 1.1 供應鏈示意圖

然而在供應鏈中，為了降低缺貨的發生以及減少顧客的等候時間，根據顧客過去的需求狀況做預測來決定庫存水準，而上一層的區域或配銷中心再將訂單轉換為工廠生產的訂單，並將所需零件或物料等資訊向上游下單，此模式稱為「推式生產」(Push)的補貨觀念〔1〕。但是因為需求的不可預測、供應商不可靠及補貨時間長等種種因素，因此為了避免缺貨的發生，企業往往會預備較高的庫存來符合顧客的需求。對整體供應鏈來說，需求受扭曲的情形會因此逐層擴大，最後常形成所謂的「長鞭效應」(Bullwhip Effect)〔5〕，使得整條供應鏈的存貨不平均，而啤酒遊戲(Beer Game)就是一個驗證這個效應的例子。

啤酒遊戲是 1960 年代 MIT 的 Sloan 管理學院所發展出來的一種類似「大富翁」的策略遊戲。在啤酒遊戲中，遊戲者暫時置身在一種很少受到注意、但普遍存在的組織。它是一個在所有工業國家都有、負責產品生產與運銷的產銷系統。這個實驗是一個生產和配銷單一個品牌啤酒的系統。Sloan 管理學院的學生們，各種年齡、國籍、行業背景都有，有些人甚至早就經手這類的產／配銷系統業務。參加遊戲的成員各自扮演不同的角色：零售商(Retailer)、大盤商(Wholesaler)和工廠(Factory)，圖 1.2 所示〔10〕。



圖 1.2 供應鏈模型

他們每週的決策就是訂購多少啤酒，唯一的目標是儘量扮演好自己的角色，使得供應鏈的總成本最小，總價值最大。四個角色之間的聯繫只能通過訂貨傳送單來溝通資訊，不能有其他方式的資訊交流。本模擬假設啤酒供應鏈有三種廠商參與處理工作。即整個供應鏈上的四個角色均只有一家廠商，雖和實際世界同一供應鏈有多個相同角色的廠商有所差異，但足以能夠充分表現所欲討論的議題。

在啤酒遊戲中每個角色的情境都是統一的，除了工廠外。每個角色都有啤酒

庫存，都從下游收到訂單，並且把貨賣給下游。每個角色都從上游訂啤酒。啤酒在交貨延遲時間後收到貨，但是工廠則是生產延遲時間後收到貨。訂單則在訂單延遲(Shipping Delay)時間後收到。

在啤酒遊戲中，消費者需求變動的幅度很小，如圖 1.3 所示。

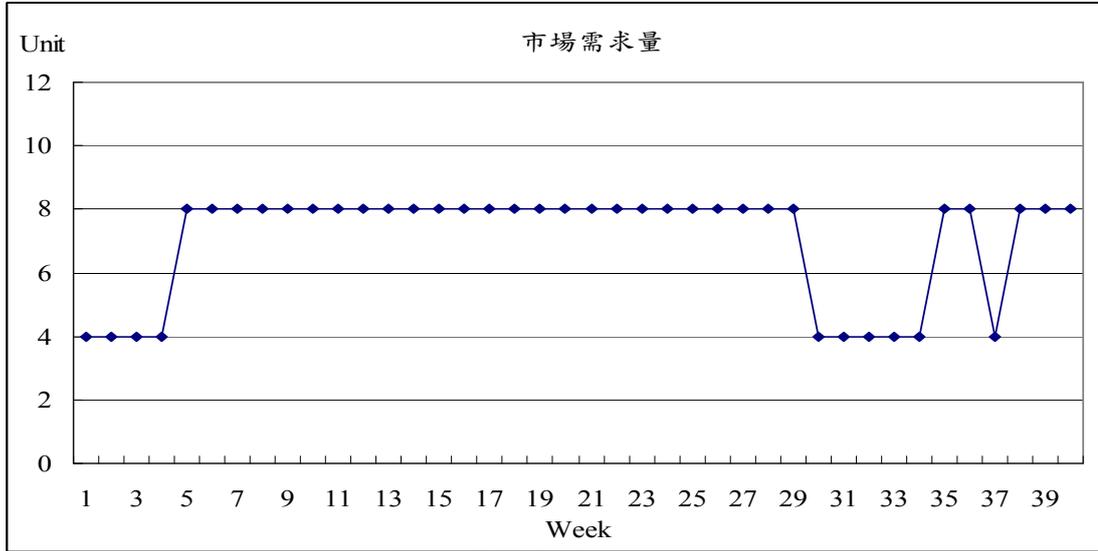


圖 1.3 市場需求量

然而通過整個系統的放大作用將產生很大的危機。即首先是大量缺貨，整個系統訂單都不斷增加，庫存逐漸枯竭，欠貨也不斷增加，好不容易達到訂貨單大批交貨，不料新收到訂貨數量卻開始驟降。就在這樣的循環中，導致整體績效下降。更值得注意的是，啤酒遊戲的產銷模式結構，竟也會導致真實企業生產配銷系統常見的危機。如圖 1.4 所示。

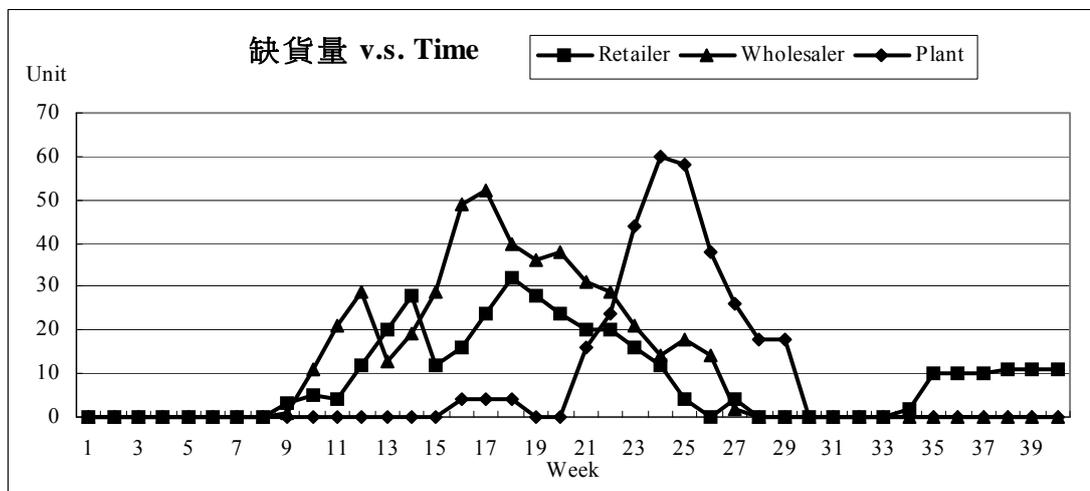


圖 1.4 啤酒遊戲的成果

然而，供應鏈的管理技術已經由原本的根據預測向供應商訂購所需產品數量的模式，轉變為利用 ERP 的系統，即時瞭解零售商的銷售情況進而進行補貨模式，亦有許多學者研究出不同的模式來解決長鞭效應(Bullwhip Effect)。諸如：補貨機制的訂定、同步化資訊技術的利用、供應鏈成員的互信建立等等，來提高效率、加快週轉、壓縮庫存。這些方式的確可以加快並較正確的整合供應鏈，但卻沒有完全跳脫出傳統的思維，找到問題的核心點。

限制理論(Theory of Constraints；TOC)認為，應該跳出傳統的思維，來思考供應鏈的問題。供應鏈的成員為了達到各自利潤最大化之目標，成本控制及庫存管理都是關鍵之因素，而有關庫存多寡的決策卻常常因為相同之目標、不同之思維而出現衝突之現象，如圖 1.5 所示〔2〕：

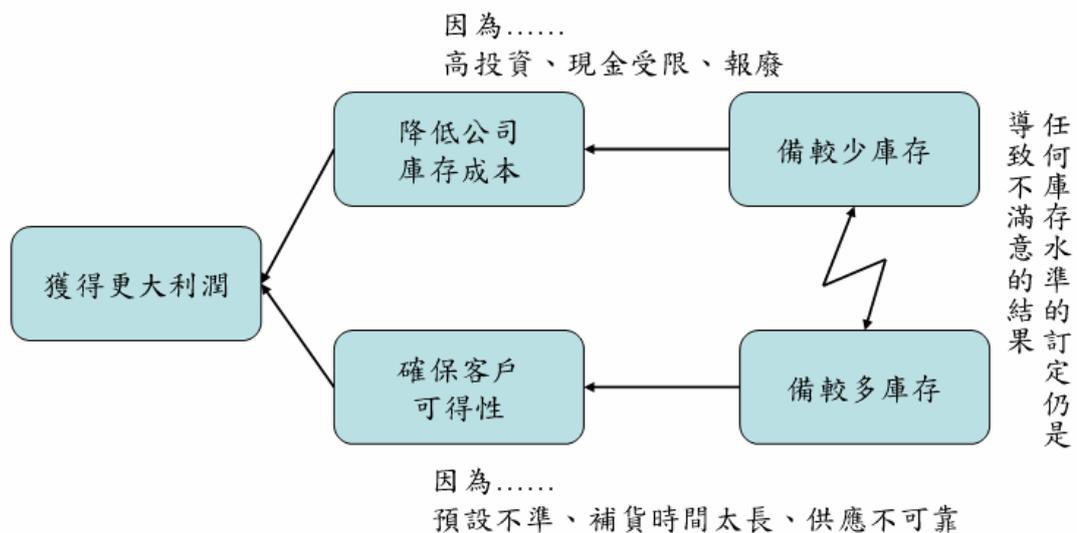


圖 1.5 配銷/VMI 管理核心問題

- ✓ 目標：利潤最大，所以要滿足市場需求，避免缺貨，故要提高庫存量；前提：供應商的補貨時間過長、需求無法準確預測、供應商的不可靠性。
- ✓ 目標：利潤最大，所以要降低成本，因此要降低存量；前提：庫存即是投資，越多庫存將造成資金積壓，與提高未來不確定性的風險。

針對庫存的衝突，TOC 提出「拉式」的 Demand Pull 管理模式在以下供應鏈管理時無法控制的環境因素下提出了一套解決模式：

1. 對未來需求的預測；
2. 補貨時間；
3. 供應商的可靠度。

對於預測的方式，由於個體統計變異的累加遠大於整體統計之變異。因此 TOC 認為在製造端對整體需求預測產生之變異，會比零售端個別預測後加總的變異來得小，而且當零售點越多時，此現象會越趨明顯。同時 TOC 主張應該要把大部分的庫存放在上游製造端，將『推式』的供應鏈運作模式改為『拉式』。藉以將傳統的補貨時間，而零售端的庫存由於補貨時間的減短，便能及時反應客戶需求變化，訂出較低的庫存目標。以往在零售端設大庫存的做法，如果商品在某零售點缺貨，將會直接由零售端去觸碰到製造系統。也就是說，只看到局部缺貨，就會誤認為是整體即將缺貨，許多緊急插單產生，導致整個補貨時間受到延誤。將庫存設在上游製造端，將可以大大降低這類情形的發生。

針對零售商與批發商的下單方式，TOC 認為零售商備的庫存只要足夠涵蓋補貨時間內的需求量即可，實際需求多少就跟批發商訂多少。藉由提高補貨頻率，縮短補貨時間的間隔，可以讓我們對於需求的變動能有較快的反應。同理亦運用在批發商，批發商儲存足夠補貨時間內各零售商的總需求量，當零售商拉多少貨，就向製造商訂購多少。製造端的庫存要能提供足夠製造補貨時間內的需求量，批發商拉多少，工廠便生產多少。對於供應鏈每層成員的目標庫存設定，採取將庫存分成三部分，利用現有存量在區域中的變化情形，時時管控或適時修正庫存量。並透過 TDD 與 IDD 作為日常作業控制及衡量的工具，以整體觀、產出觀作為資訊系統蒐集及整合資料之方法〔8〕。雖然傳統的啤酒遊戲可以反映出供應鏈中的不良運作效應，但是仍然是不足夠的。而以往解決供應鏈問題的方案，許多是無法將改善結果直接具體呈現，諸如這些問題，導致供應鏈問題對於管理人一直沒有一個明確有效果的解決方式。

TOC 提出了一套有效解決供應鏈問題的方法，但是面對這個資訊不透明化，且供需之間的時間滯延(Delay)的啤酒遊戲，Demand-Pull 是否能夠消弭這些系統因素，使得整體供應鏈的績效能夠達到最佳化。因此本研究透過啤酒遊戲，把 TOC 的思維融入在其中，希望可以透過遊戲之進行，看到系統中所產生的問題，進而學習運用整體的思維對系統進行改善，將 TOC 的實形成效加以驗證。



## 第二章 文獻探討

供應鏈的運作方式是上游供應商接到下游客戶一定數量的訂單後，經過一段所需作業時間後，運交給客戶，而此訂單後續責任轉由此客戶負責再售出給其所屬下層客戶。而因為上游供應商無法看到供應鏈最終端的實際需求，因此基本上對於此原先訂購數量的決定正確是否，是無法得知〔9〕。下層客戶是否能順利銷售事實上會影響供應商的績效，但在傳統經營法則下，供應商無法掌握實際的需求，只能扮演供給角色而已，對於實際銷售資訊與市場趨勢資訊全由需求端掌握。對供應商而言這些資訊在時效上的受用性非常有限，導致供給作業與需求的脫節，衍生出供應鏈管理上的許多問題。

為了提高反應速度，應變顧客實際需求的變化，零售端往往會提高自身庫存，並且希望藉由預測需求，以保護產出。於是這種現象在供應鏈各層級間蔓延開來，零售商想要預測消費者需求型態；批發商想要預測零售商的需求型態；製造商想要預測批發商的需求型態。每一層在預測時，都會將上一層的預測誤差計算進去。在以整個供應鏈來看時，預測的誤差就擴大，造成預測與實際需求往往有很大的落差，造成供應鏈間逐層的震盪，產生所謂的「長鞭效應」。

### 2.1 供應鏈問題

傳統供應鏈經營法則(Business Rules)是供應商(Vendors)接到客戶(Client)依訂數量的訂單後，經過一段所需作業時間後，運交給客戶，而此訂單後續責任轉由此客戶負責在售給其下層客戶，而供應商基本上對於此原先訂購數量的決定正確與否是無法得知〔10〕。下層客戶是否能順利銷售事實上會影響供應商(Vendor)的績效，但在傳統經營法則下，供應商無法掌握實際的需求，只能扮演供給角色而已，對於實際銷售資訊與市場趨勢資訊全由需求端掌握。對供應商而言，這些資訊在時效上的受用性(Availability of Information)非常有限，導致供給作業與需

求的脫節，衍生出供應鏈管理上的許多問題。

在供應鏈中、下游層級基本上可視為上游供應廠的客戶，需仰賴上游供應商的準確交期。由於客戶的善變、交期不定(提前、延後或取消)、數量改變(追加、減量或取消)以及甚至連規格內容都會隨時變，使整個供應鏈體系處於動態環境中。當前置時間足夠時，客戶通常舉棋不定，而當前置時間不足時，客戶卻才臨時要改變，客戶的善變讓生產規劃擁有極大的不確定性。客戶不僅善變，等待容忍時間(tolerance time)更有限。以客戶滿意的角度而言，客戶越沒耐心，代表供應商可用的前置時間就越短，反應的速度就要越快〔11、12〕。

## 2.2 傳統改善供應鏈震盪的方式

對於降低長鞭效應的研究也有許多學者提出研究探討，其研究探討方向可歸納為：

- 
1. 降低不確定性，更正確的預測未來需求；
  2. 減少不必要的價格波動；
  3. 有效的降低補貨前置時間；
  4. 建立策略性夥伴關係 (Strategic Partnerships)，提高供應商可靠度。更正確的預測需求，可藉由需求資訊的集中，讓供應鏈上的每一位成員均能獲得完整而可靠的顧客需求訊息，消除單純憑藉下游訂單推測終端客戶需求所產生之不確定性。而減少不必要價格波動以EDLP (Everyday Low Price)的策略取代固定的降價促銷，減少促銷期間顧客需求劇烈的波動。需求變異在實務上可以應用時間壓縮的策略來緩和，藉由時間落差的縮短可降低所需的緩衝存貨〔2〕。降低前置時間則以電子資料交換(EDI技術)等資訊技術降低訂單的處理時間，進而減少下游廠商訂購前置時間，以增加預測的準確性〔9〕。建立夥伴關係則可透過，例如藉由供應商庫存管理系統(Vendor Managed Inventory, VMI)或連續補貨系統(Continuous Replenishment Planning, CRP)的建立，讓供應商可以主動掌握銷售資訊及庫存量，

作為市場需求預測及自動補貨的方向。

### 2.3 TOC 的存貨管理政策

在配銷及供應鏈管理上，Dr. Goldratt認為每一種補貨模式都存在著一個衝突，及如何決定庫存水準，所有企業的目標皆為賺更多錢，為了賺更多錢就需要使得成本降低，或是確保商品的可得，進而創造利潤，但是為了使成本降低，就不能備太多庫存以免增加庫存成本；為了確保可得行，且因為預測不準確、供應商不可靠及補貨時間長等因素，則須備較多庫存來降低缺貨風險，因此在決定到底要備較多庫存或降低庫存之間，存在著很大的衝突，如圖2.1所示〔3〕。

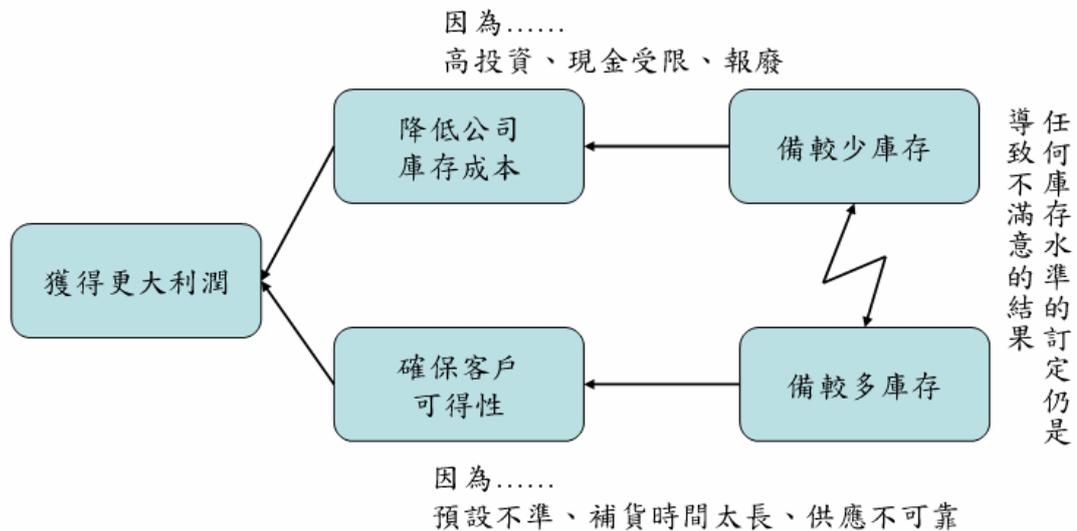


圖 2.1 庫存衝突圖

Dr. Goldratt 認為，為了改善以上衝突的發生，我們應該改變以往的存貨管理模式，並找出一個新的存貨管理模式，可以在預測不準確等前提假設下，還可以使存貨管理保持良好的績效。基於這個理由，限制理論提出了 Demand-Pull 及緩衝管理(Buffer Management)的方式來改變過去企業的作業模式，並利用新的衡量指標如 TDD(Throughput-Dollar-Days, TDD)IDD(Inventory-Dollar-Days, IDD)使得企業在補貨方面能自然的做出正確的決策〔2〕、〔5〕。

TOC Demand-Pull 模式有四個主要方法，分別為庫存拉回源頭、增加補貨頻率、拉式生產以及利用緩衝管理(Buffer Management)來管理存貨，而本研究主要

套用了增加補貨頻率、拉式生產以及緩衝管理來進行，其說明如下：

### 2.3.1. 增加補貨頻率

限制理論將庫存的種類分為在庫庫存量及在途庫存量，當補貨頻率增加時，在途庫存量會因此增加，在庫庫存量會減少。舉例來說，若每個月的需求是 20 件，如果每個月訂一次貨的話，那在庫庫存量最多也為 20 單位；另外一方面，若是增加訂貨頻率到每星期訂一次貨，每次訂 5 件，則庫存大部分會存在運送的途中，因此在途庫存量會增加，但在庫庫存量減少為最多為 5 單位，比起每個月訂一次貨可以降低許多在庫庫存量，如圖 2.2 所示〔2〕。故 Demand-Pull 補貨模式主張，補貨頻率越高越好，因為各區域倉庫只需要持有補貨時間內的需求量即可，因此當補貨頻率高時，各區域倉庫的在庫庫存量可以降到最低。



圖 2.2 增加補貨頻率

### 2.3.2. 補貨機制

過去，工廠根據需求預測進行生產，限制理論則認為生產數量的決定則由顧客在補貨時間內所消費的數量來決定，為用多少補多少的「拉式生產」(Pull)觀念。舉例來說，若兩天補貨一次，則若第一天顧客下單 5 件產品、第二天顧客下單 9 件產品，則向公司向上游下單的補貨量為  $5+9=14$  件，如此一來，就可以避免降低預測所帶來的影響來決定生產的數量，且降低零售商倉庫之庫存量，而 Demand-Pull 的運作示意圖如圖 2.3 所示。

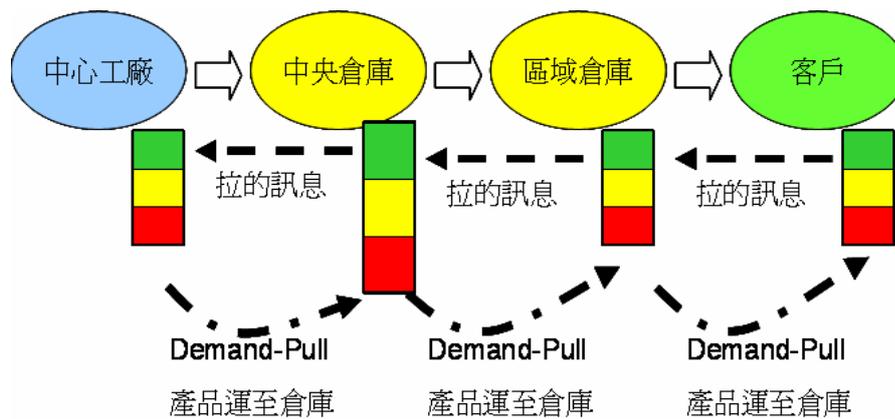


圖 2.3 Demand-Pull 示意圖

### 2.3.3. 緩衝管理(Buffer Management)

而每一個庫存點的緩衝管理運作的好壞是 TOC Demand-Pull 運作是否順利成功執行的關鍵。TOC 將緩衝分為三個控制管理區—綠色、黃色、紅色，每一區的大小約為緩衝大小的三分之一。當緩衝在綠色管制區則不採取任何行動，但若降到黃色區則必須發出警告(warning)及規劃行動，然而若降到紅色區則必須採取立即的行動(immediate action)。

依三區分法的控管，若最大緩衝設定太大時則緩衝水準的大多時間將落在綠色管制區，此表示應可降低緩衝存量。但若設定的太小則緩衝水準將落在紅色管制區，更糟的情況甚至是緩衝區的存貨穿透紅色管制區而完全耗盡，此表示應增加緩衝存量。TOC 強調經由反覆的調整即可得到符合需求情境的緩衝大小設定。TOC 所主張的緩衝管理也是降低管理費用的工具，若降到紅色管制區的次數太多，則必須增加緩衝存量以減少緊急訂單的行動，因為緊急訂單的交貨成本大於正常的交貨成本。〔7〕

TOC Demand-Pull 是一個簡單且可行的管理方式，不需要複雜的預測系統，使得補貨數項可以跟實際需求貼近，同時，亦可以透過供應鏈上每一個節點的緩衝制度向上層級拉補貨數量，可以整體管理供應鏈的存貨。但是套用到啤酒遊戲

是否能夠達到效果，亦或，當供應鏈上某些節點沒有執行 TOC Demand-Pull 會有怎樣的影響，下一章將針對不同情境進行分析，瞭解 TOC Demand-Pull 的有效性，以及其影響力。

## 2.4 總結

過去對於供應鏈的管理，為的就是在一個令顧客滿意的服務水準下使得整體系統成本最小化，但是始終發生預測不準確，使得零售端缺貨狀況嚴重或存貨過高，導致整體供應鏈績效明顯不好；而後導入了 VMI，並且合併了 ERP 系統，共享資訊後，明顯提升了服務水準，但是，零售端仍舊經常發生暢銷品缺貨，非暢銷品存貨過高的窘境，而高德拉特的論點則是，VMI 系統是穩定供應鏈的不可或缺的條件之一，但是目前還不夠充份，使得目前的 VMI 系統無法帶來更大的效用，於是他提了一連串的策略與戰術分析，以當作要成功提昇整理服務水準的充分條件，當中最重要的莫過於他認為「供應鏈還在使用那些基於局部效益的管理規則」，高德拉特博士認為這是阻礙 VMI 發揮更大成效的主因，應該以限制理論的概念來改善，像是 Demand-Pull 及緩衝管理，幫助供應鏈往「整體效益的提昇」去努力，如圖 2.4 [10]。

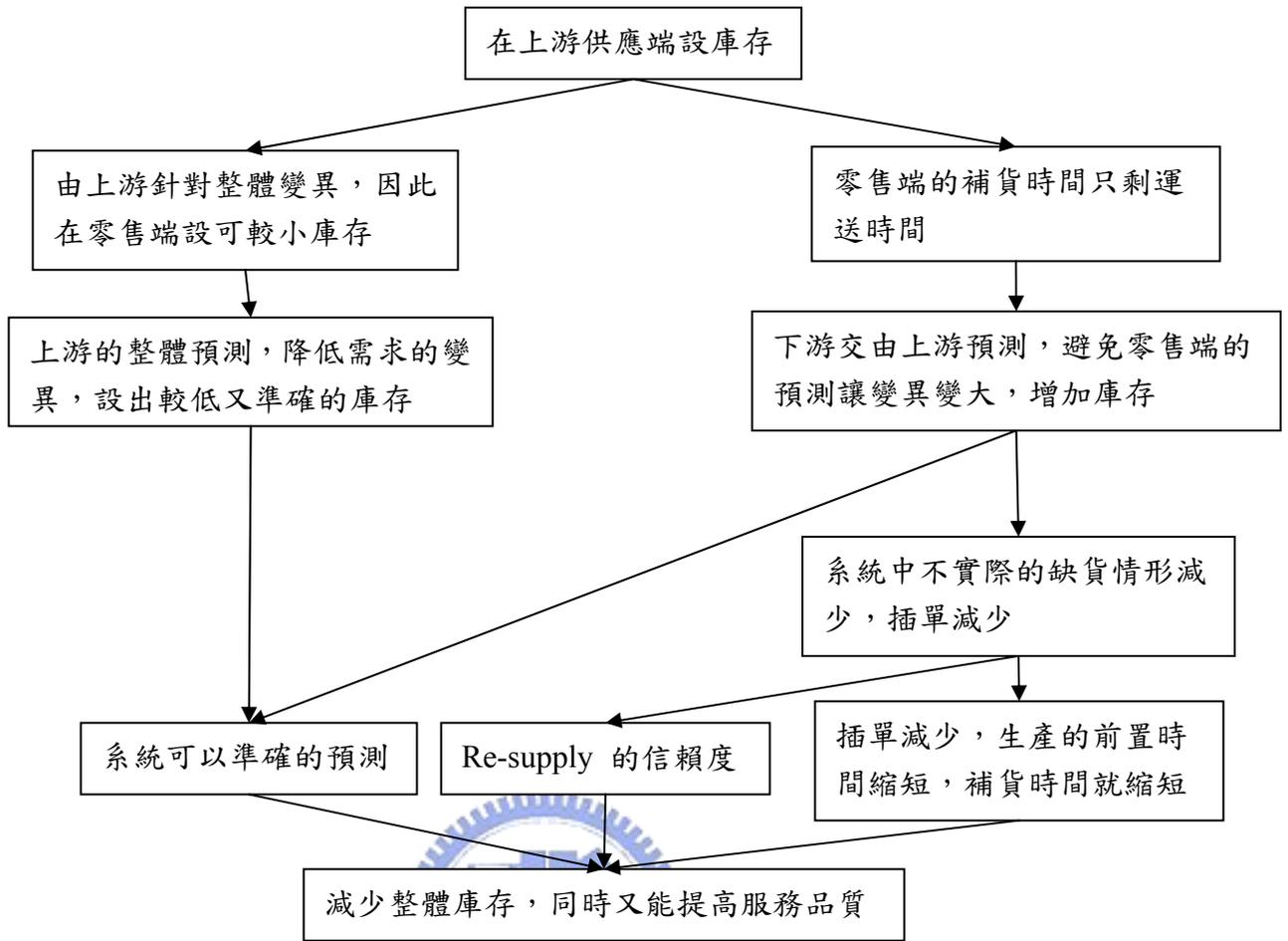


圖 2.4 供應鏈整體影響圖

### 第三章 啤酒遊戲架構與情境模擬分析

#### 3.1. 啤酒遊戲原始環境說明

此模式主要是呈現一個處理啤酒存貨的簡化的供應鏈，其中包含了生產/配銷系統，主要有三個角色在這個遊戲中—零售商(retailer)、配銷商(wholesaler)、製造商(plant)。遊戲參與者在不同的位置可以自由決策訂貨數量以及管理庫存數量，以期達到利潤最大化。顧客產生需求時，必須到零售端取貨，不能跨過零售端，直接向上游批發與製造取貨。整體供應鏈中，只有製造商能夠生產商品。產品傳遞時也必須依據所對應之下游，不能直接傳達至顧客端。此遊戲的配置如圖 3.1 所示。

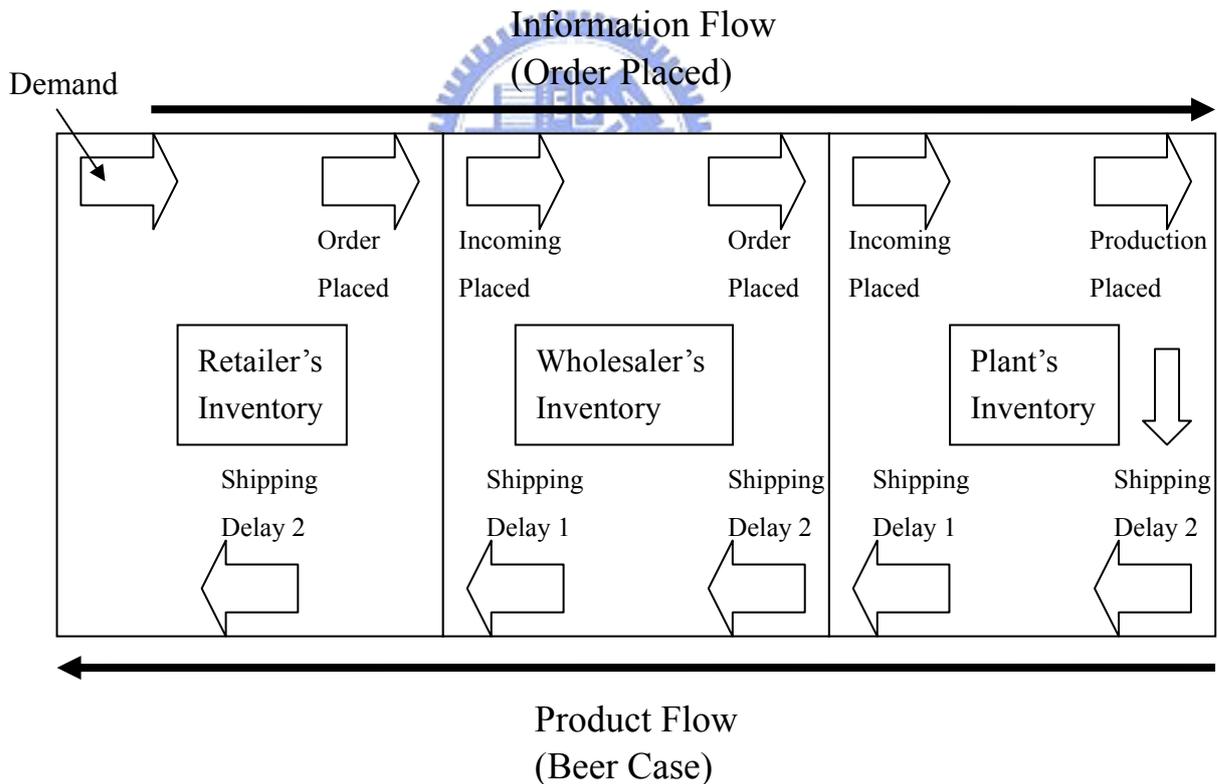


圖 3.1 啤酒遊戲 layout

管理者必須確認現有庫存量，並依照訂購頻率決定訂單量。遊戲執行流程如圖3.2 所示〔5〕：

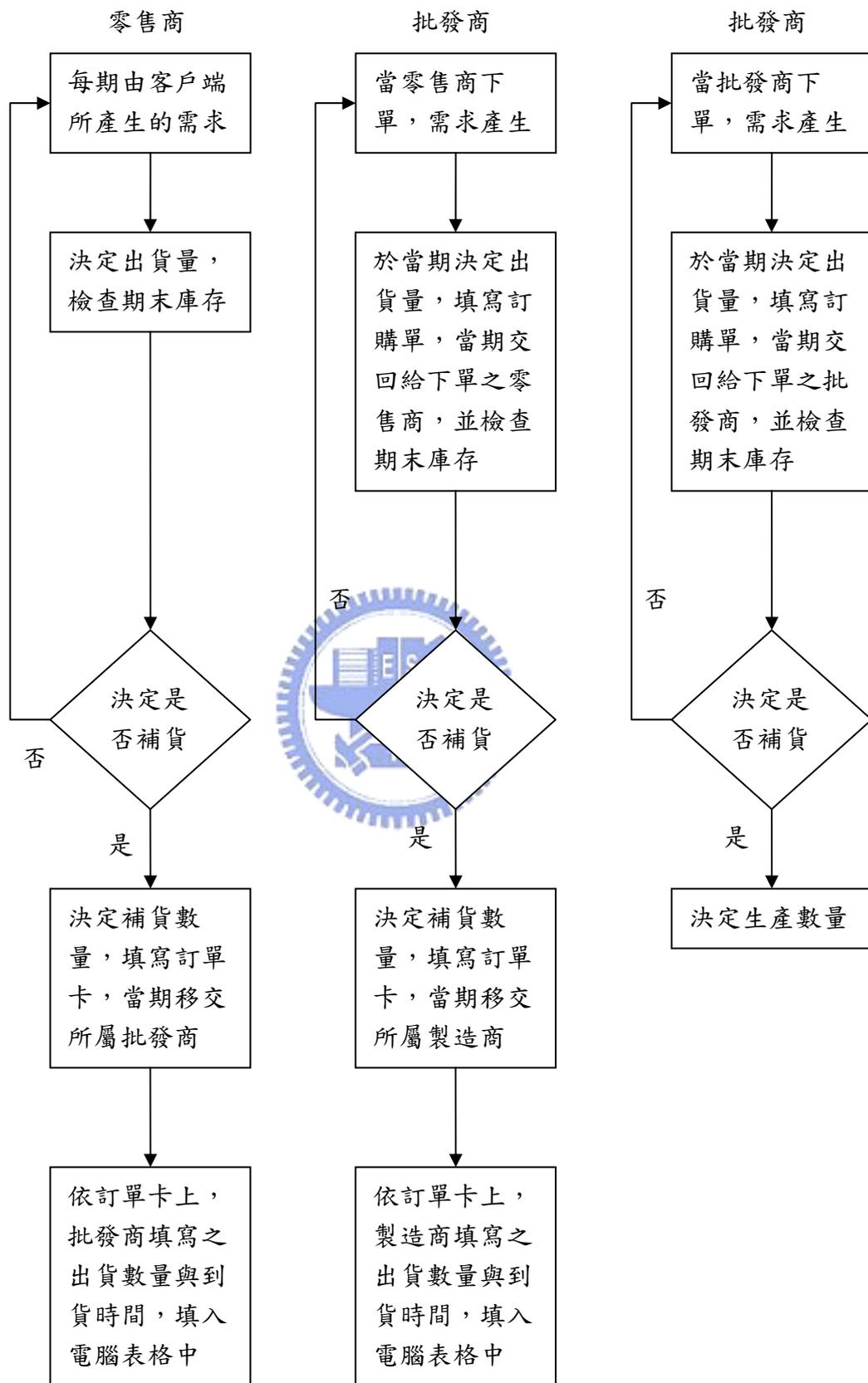


圖 3.2 遊戲流程示意圖

### 3.1.1. 期初情境

遊戲的一開始，規定了供應鏈中每個位置的初始情境：

1. 供應鏈中每個成員都有12箱啤酒的庫存量；
2. 訂單的放置處(Order Placed)上有四箱啤酒的訂單；
3. 在運送位置1 (Shipping Delay 1)上有四箱啤酒準備配送至下游；
4. 在運送位置2 (Shipping Delay2)上有四箱啤酒即將送達；
5. 製造者的產能無限制；
6. 遊戲開始的四期內，訂單都保持四箱啤酒；
7. 第五期開始，由供應鏈中零售商以及批發商，自行決定訂單量；製造者自行決定生產量；
8. 遊戲一回合必須至少 38 期
9. 成本設定為：  
持有成本：\$0.5/每箱啤酒/每週  
存貨成本：\$1.0/每箱啤酒/每週



### 3.1.2. 評估指標

遊戲執行後，針對每次執行結果，均需要明確的評估指標來決定成果的優劣。

評估指標如下所示：

1. 庫存量、庫存成本
2. 缺貨量、缺貨成本

以便瞭解系統是否落入了“欠貨-存貨”的行為模式，以及可藉此比較出方案的好壞。

### 3.1.3. 現況

近二十年以來，啤酒遊戲在教室與管理訓練講習會中被玩過好幾千次。在五大洲都有人玩過這個遊戲，參加的人有各種年齡、國籍、文化和行業背景；有的參加者以前沒聽說過生產/配銷系統，有些人已花了相當長的時間在這樣的業務上。然而每次玩這個遊戲，相同的危機還是發生。首先是大量缺貨，如圖 3.3 虛線方塊內所示，整個系統的訂單在第 9 期開始都不斷增加，庫存逐漸枯竭，欠貨也不斷增加，隨後好不容易達到訂貨量，大批交貨，但在第 30 期開始，新收到的訂購數量卻開始驟降。到實驗結束之前，幾乎全部參加遊戲的人，都坐看她們無法降低的龐大庫存，如圖 3.3 實線方塊內所示。

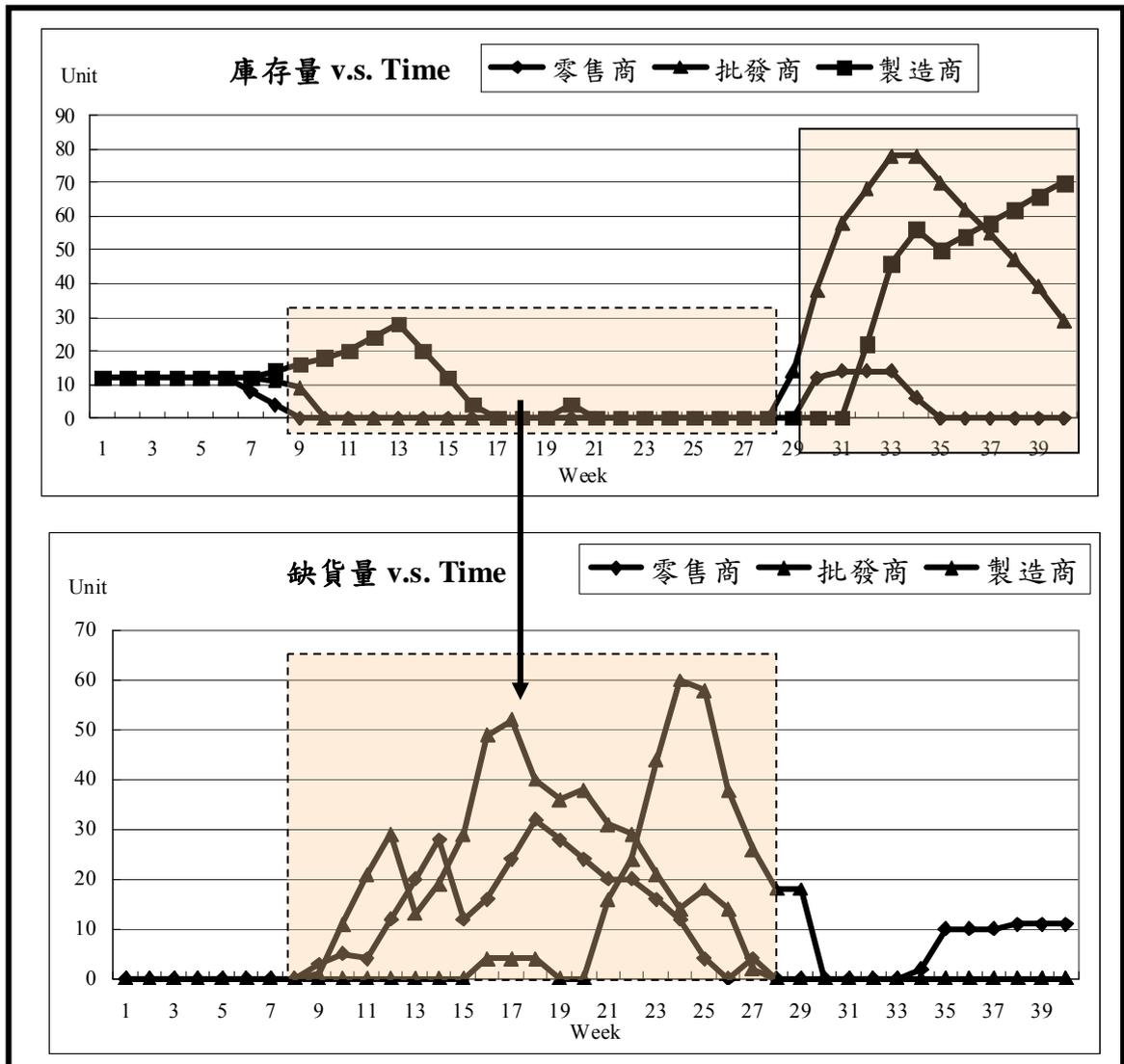


圖 3.3 啤酒遊戲之庫存量與缺貨量變化

在啤酒遊戲中的三個角色，任何一個人的意圖都是良善的：好好服務顧客，保持產品順利的在系統中流通，並避免損失。每一個角色都以自己的理性猜測可能發生什麼，並做了善意、果決的判斷。沒有一個人的用意是壞的，雖然如此，在人類系統中，長隱藏更有效的創意姐，但是我們卻不曾發覺，因為只專注於自己的決定，而忽略了自己的決定對他人有怎樣的影響。在啤酒遊戲中，三個角色在他們的能力範圍之內，都有消除大幅震盪的巧妙作法。但是他們沒有做到，因為他們根本不知道自己是如何開始製造出震盪的。

其實，在生產配銷系統的真實狀況，往往比啤酒遊戲的情形還要糟糕。真實世界的零售商會同時向三、四家批發商訂貨，等到有一家交貨了，就取消還沒交貨的其他訂貨。真實世界的製造商常常會碰到在遊戲裡沒有出現的產能限制問題，使整個配銷系統的恐慌更加惡化。或者製造商可能提高產能，因為她們相信目前的需求水準交繼續下去，然而如此一來，一旦需求滑落，又會發現自己陷入產能過剩的困境。

然而，TOC 發展出了 Demand-Pull 供應鏈管理系統，對於這個存在啤酒遊戲中已久的供應鏈問題，是否能夠提供解決之道，亦或會引發出不一樣的問題，都將在下一節進行探討。

### 3.2. Demand-Pull 使用方法

因應 TOC 提出 Demand-Pull 的觀點，管理方式有所改善：

1. 零售商與批發商依據每次訂購點前的需求量總合來下單，製造商根據實際需求來生產，使用多少庫存便生產多少數量
2. 下單方式為『使用多少數量，便生產多少數量』，不需要修正訂購量。
3. 供應鏈成員必須遵守下游訂購多少，便供貨多少的方式運作。

利用 Demand-Pull 方法，其主要改變在供應鏈成員對於需求變異下的反應模式，銷售開始前，供應鏈成員預備定量庫存預防需求變異，當銷售開始後，顧客

需求為 4 箱，如圖 3.4 所示，顧客進入零售店購買了 4 箱啤酒，此時零售商庫存  
 量只剩下 8 箱，且不再根據預測進行補貨，而是根據市場實際需求量向批發商要  
 求補貨，如圖 3.5 所示。

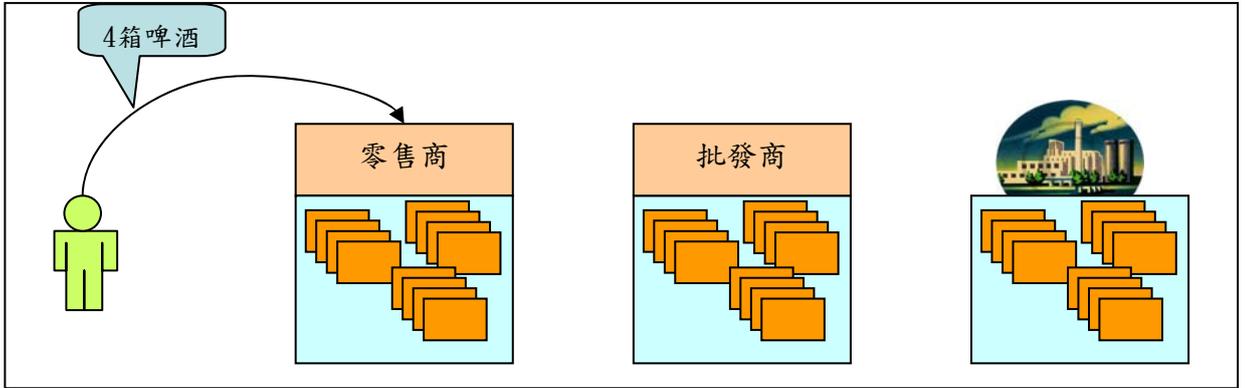


圖 3.4 Demand-Pull(顧客購貨)

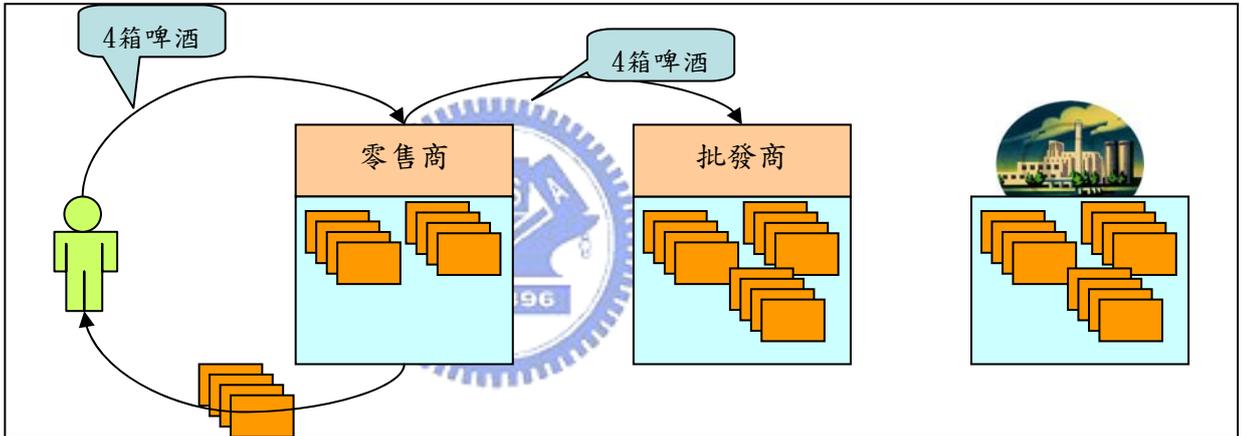


圖 3.5 Demand-Pull(零售商庫存減少，補貨)

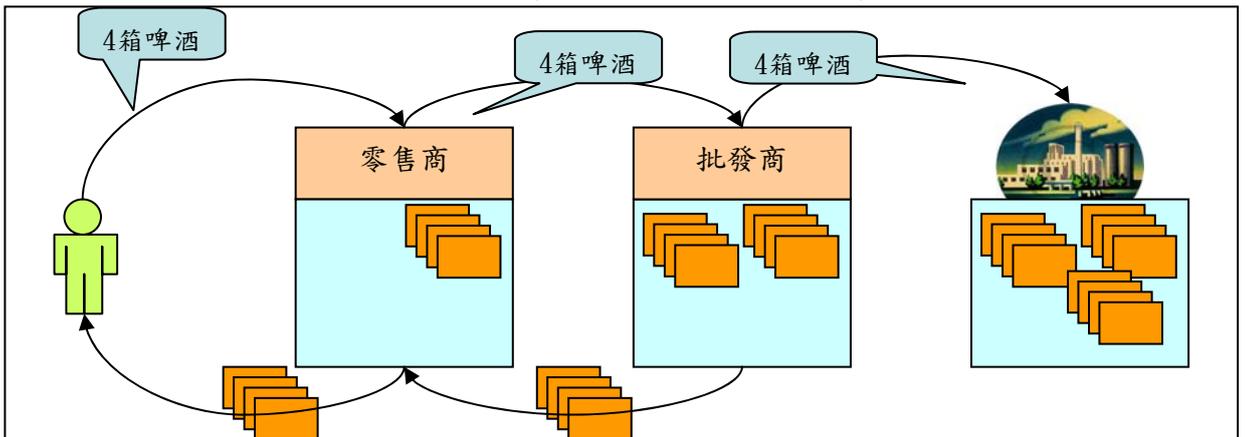


圖 3.6 Demand-Pull(批發商庫存減少，補貨)

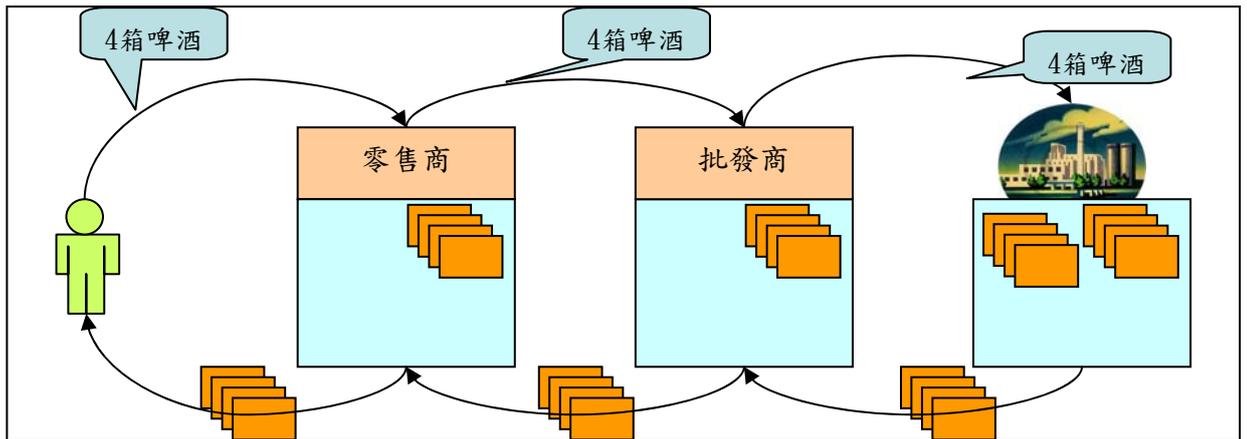


圖 3.7 Demand-Pull(製造商補貨，生產)

零售商便向上游要求了 4 箱啤酒的補貨量，而當批發商、製造商接收到下游零售商的補貨訂單時，亦是按照下游實際需求量向製造商要求補貨，如圖 3.6、圖 3.7 所示，利用這樣的管理方式，可消除因需求變異而造成的庫存波動。

### 3.3. Demand-Pull 之成果分析

#### 3.3.1. 原始環境變數

在啤酒遊戲中，引起訂單與庫存劇烈波動的結構，包括環環相扣的多層產銷鏈、其中供需之間的時間滯延(delay)、資訊取得的有限性，和影響每個人下決策的目標、成本、認知、恐懼感等。透過 Demand-Pull 將資訊透明化，同時排除以大量的訂單調整欠貨。

首先，零售商與批發商下游客戶的需求波動，使用 Demand-Pull 進行管理庫存量以及訂單量；然而對於製造商而言，並沒有所謂的 Demand-Pull 生產系統，因此仍舊維持原本的生產計劃；同時，維持遊戲原始設定的情況下，面對卻能消除如前所述訂購量急遽上升、下跌，以及相伴而生的庫存波動，如圖 3.8 與圖 3.9 所示。

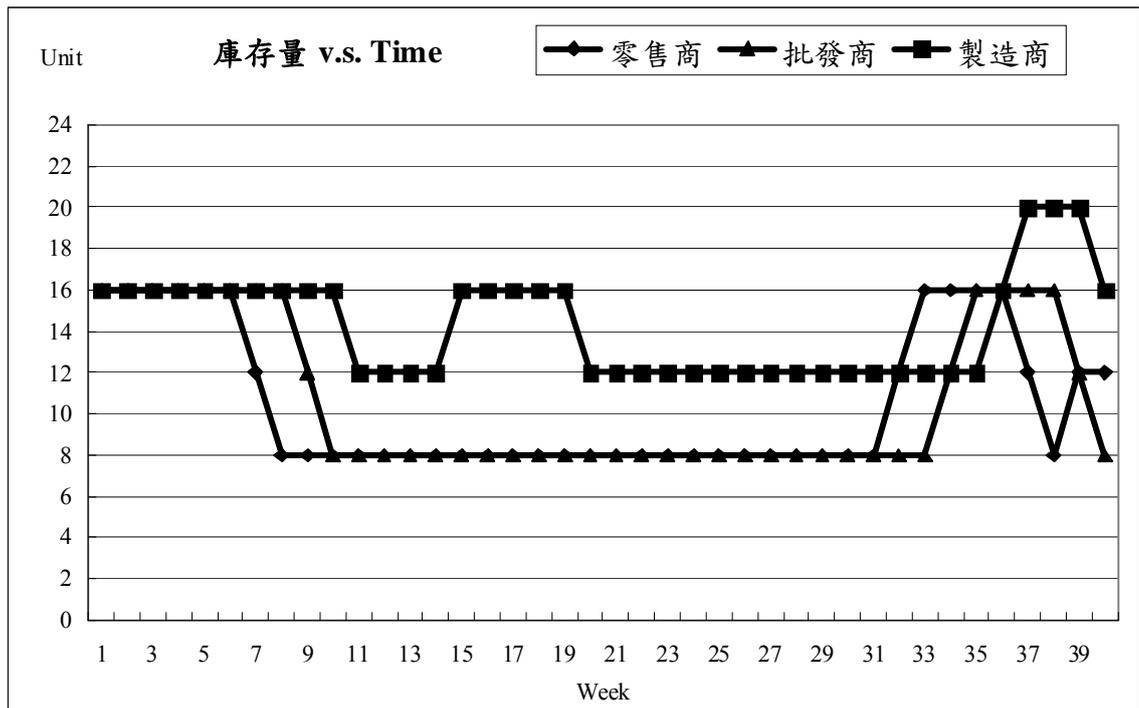


圖 3.8 Demand-Pull 下之庫存量變化

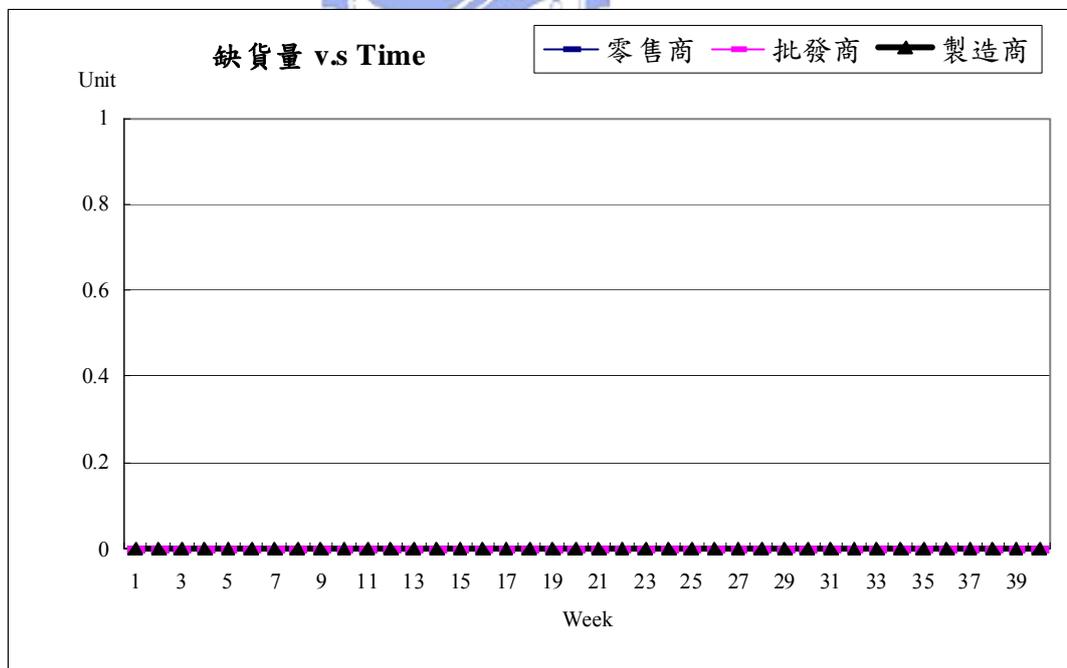


圖 3.9 Demand-Pull 下之缺貨量變化

可以看到，考量遲延交貨對新訂單的交貨影響，和可能引發的惡性循環，改變了原先決策模式，整體供應鏈均導入Demand-Pull模式後，以整體最佳化為優先，對於短暫的需求波動，不採取任何因應措施，使得整體供應鏈績效改善很多並且呈現穩定狀態。

透過零售商的庫存成本統計表得到表 3.1 可知，在舊有的啤酒遊戲所得的結果，經過 Demand-Pull 的改善後，成本有明顯的降低，缺貨成本亦呈現為 0，整體供應鏈績效改善明顯；供應鏈其他成員的成本表現亦是如此。

表3.1 各成員績效

成員	傳統模式			情境不變+Demand Pull		
	零售商	批發商	製造商	零售商	批發商	製造商
庫存成本	228.5	243	873.5	76	84	90
缺貨成本	28	3.43	5	0	0	0

然而，Demand-Pull有效的管理了庫存，庫存管理的目的是：

1. 確保產品的可獲取性(Availability)：當需求來的時候可以立即供應。
2. 庫存在供應鏈上扮演著上、下游成員間的緩衝，吸收供需的波動。
  - ✓ 面對不穩定的需求，庫存可以保護供應。
  - ✓ 面對不穩定的供應，庫存可以保護需求。
3. 確保在適當的時間點，於正確的地點，存放對的產品，保持適當的存量。

在啤酒遊戲的原始設定下，使用 Demand-Pull，做到了確保產品的可獲取性，並且整體庫存量改善很多。但是，對於 Demand-Pull 管理方法中，還需搭配目標庫存量的制定，但在原始環境中並未實行，若再進一步改善了目標庫存量，績效結果是否會因此有了更進一步的改善？將於下一小節繼續進行探討。

### 3.3.2. 情境模式

啤酒由中主要呈現的問題是，即使知道需求變異為 4~8 箱，但不知道何時由 4 箱提升到 8 箱，因此，在此假設了三種情境，面對三種不同資訊的選擇，在何種方案下結果會更好？

#### (1) 已知需求變異為 4 到 8 箱

目標庫存量為在庫庫存量(on-hand quantities)與在途訂單量(on-order quantities)的總和，啤酒遊戲中供應鏈成員的目標庫存水位為在庫庫存量為12箱，加上在途訂單量12箱(訂單4箱，以及上游配送出來的4箱，再加上即將送達的4箱)，總共擁有24箱的庫存水位，隨著需求情境的變化，使用Demand-Pull管理的結果使得庫存變動，如圖3.10所示。

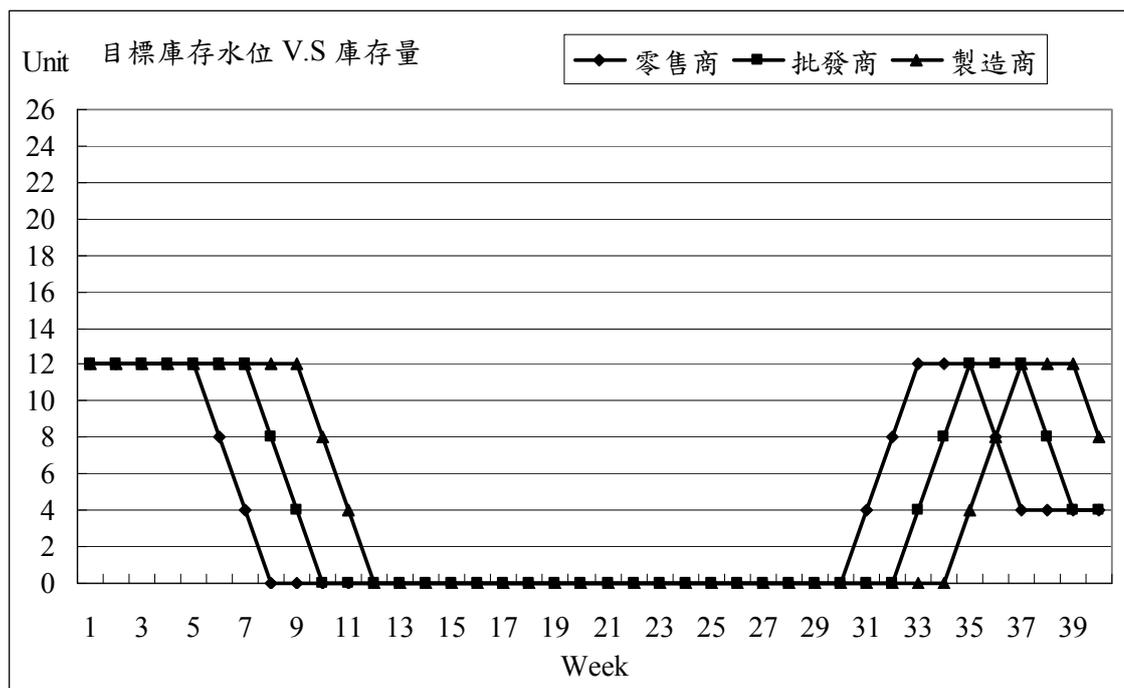


圖 3.10 目標庫存水位與庫存量的相對位置圖

Demand-Pull在啤酒遊戲的原始設定下，是可以有效管理存貨，使其成本績效有效降低的，並且滿足了庫存管理課題中的「當需求來的時候可以立即供應」。

然而，TOC認為目標庫存量是為可靠的補貨期間內，預計的需求量下，在庫量與在途訂單量兩者之總和。其中在庫庫存量必須滿足下單週期時間內的需求

量；在途庫存量必須滿足供應前置時間內的需求量。而遊戲初始設定在庫庫存量為12箱，並不符合Demand-Pull對於在庫庫存量的設定，因此，在假設已知顧客期初需求變異為4到8箱，因此將在庫庫存量改為下單期間內的最大需求量8箱後，並將在途訂單量改為供應前置時間(3週)內的需求量24箱(訂單8箱加上上游配送出來的8箱，以及即將入庫的8箱)，在期初目標庫存量改變為32箱後，並且期初即可使用Demand-Pull管理，其庫存以及缺貨狀況結果如圖3.11所示。

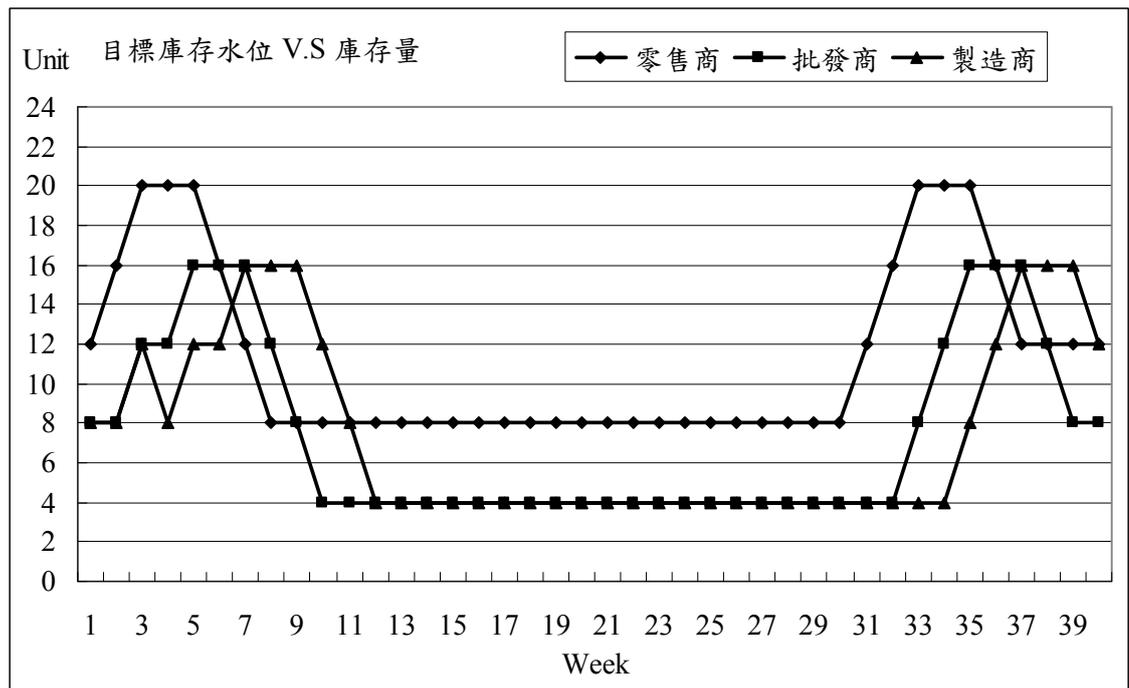


圖 3.11 TOC 定義下之庫存水位

在改變目標庫存量後，庫存水位大多時都停留在紅色區，這表示了庫存目標水位低估了，雖沒有缺貨狀況，但也因此庫存成本升高，如表3.2所示。

表3.2 供應鏈成員績效

模式	目標庫存水位為 32 箱+ Demand-Pull		
成員	零售商	批發商	製造商
庫存成本	224	148	148
缺貨成本	0	0	0

與原始情境下的成本績效相比較，即使缺貨狀況依舊良好，但是成本提高了，與原始情境下使用Demand-Pull所得結果，表現較為差。表示，以最大需求量為訂定目標庫存的依據，對整體成本而言，是較不可靠的。

(2)已知期初需求量

現在多加入一個條件，假設期初四期的需求量4箱是已知的，根據這個資訊，目標庫存水位則會改變為在庫庫存量為4箱，加上在途訂單量12箱(訂單4箱，以及上游配送出來的4箱，再加上即將送達的4箱)，總共擁有16箱的庫存水位，並且期初即可使用Demand-Pull管理，其庫存以及缺貨狀況結果如圖3.12所示。

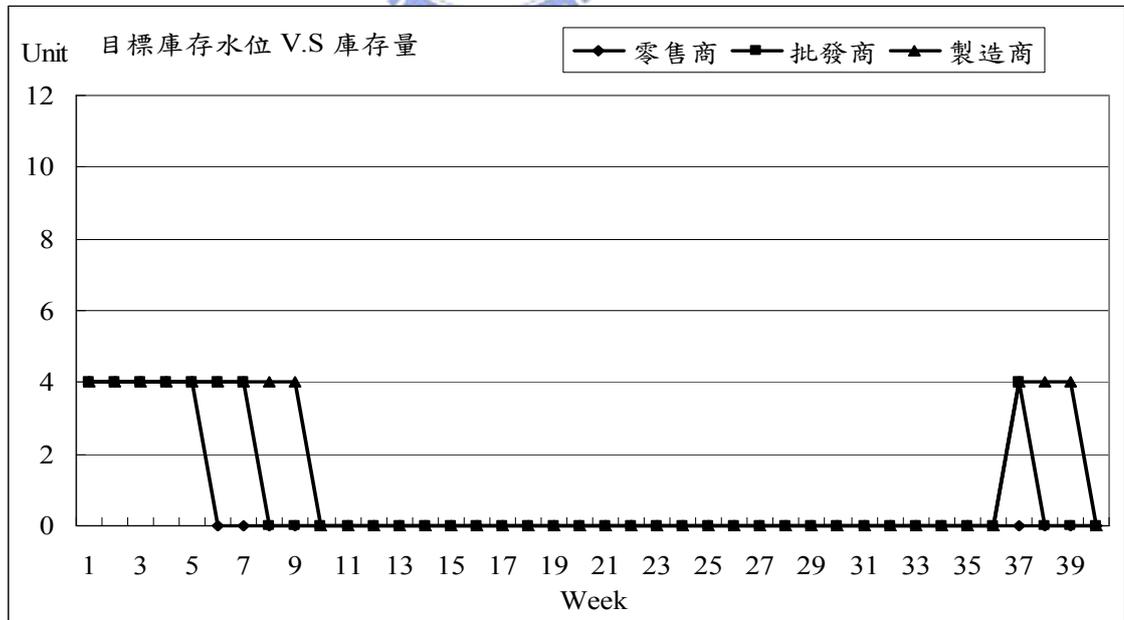


圖 3.12 目標庫存水位與庫存量圖

根據圖3.12可看到，庫存水位依舊不高甚至沒有庫存，這表示了庫存目標水

位依然低估了，因此造成了嚴重的缺貨狀況，如圖3.13所示。

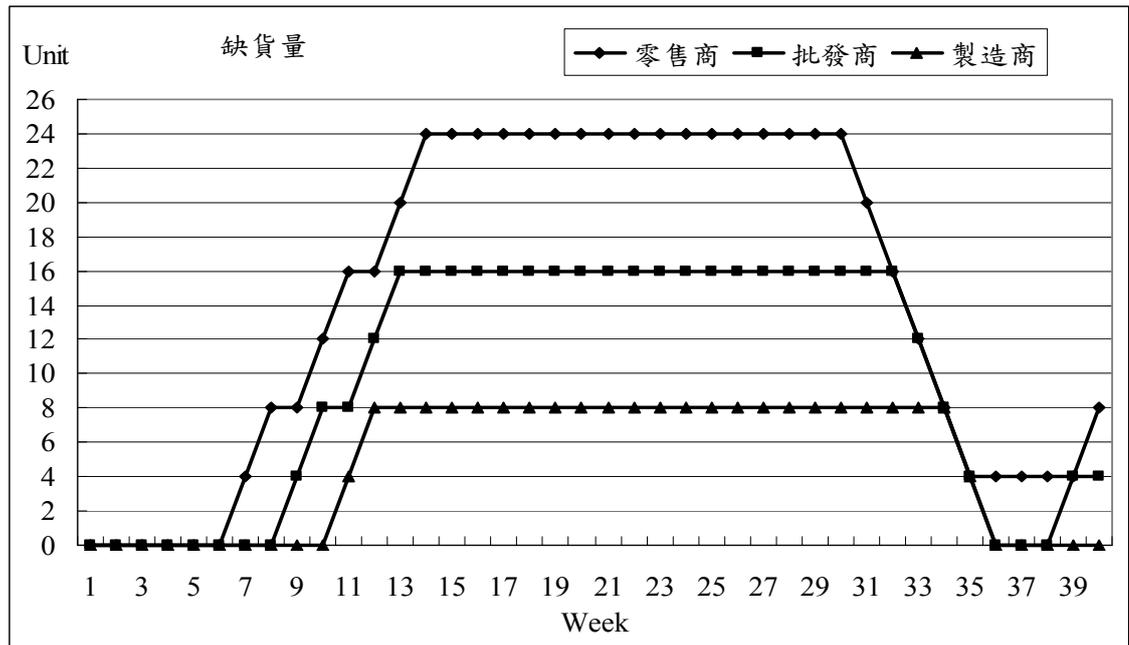


圖 3.13 缺貨狀況

由上述環境假設下，面對這樣的情況，供應鏈的成員，除了備足下單週期時間內的需求量外，還需要備存安全庫存預防下游需求突然增大的情況發生，但是，安全庫存該由哪個成員備存較為適當呢？又該被多少足夠呢？庫存量主要是滿足訂單前置時間內的需求量，TOC認為，將庫存量往上游處放置，當需求產生變異，上游的存貨可及時反應需求。在無法及時反應需求變異的情況下，

針對這些問題，需要根據供應鏈成員的位置，逐一調配觀察。若為零售商備存安全庫存，除了要預防下游顧客的需求變異外，還需要為上游批發商的供應時間做緩衝。因此，安全庫存量必須為上游製造商供應前置時間(8週)的需求變異36箱，得到結果如圖3.14所示。

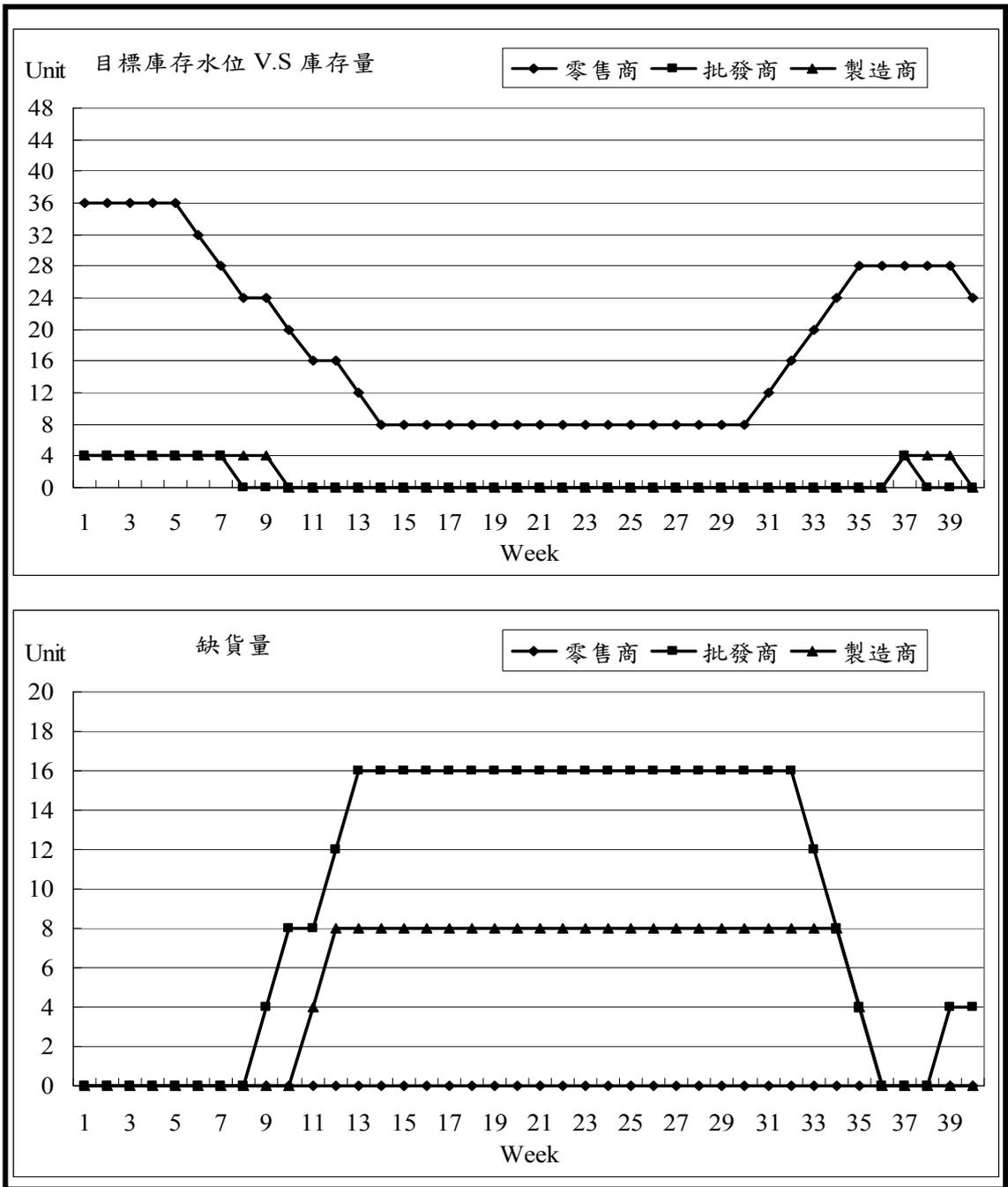


圖 3.14 零售商備安全庫存後的庫存績效

若為批發商備存安全庫存，除了要預防下由零售商的需求變異外，還需要為上游製造商的供應時間做緩衝。因此，安全庫存量必須為上游製造商供應前置時間(4週)的需求變異共16箱，得到結果如圖3.15所示。

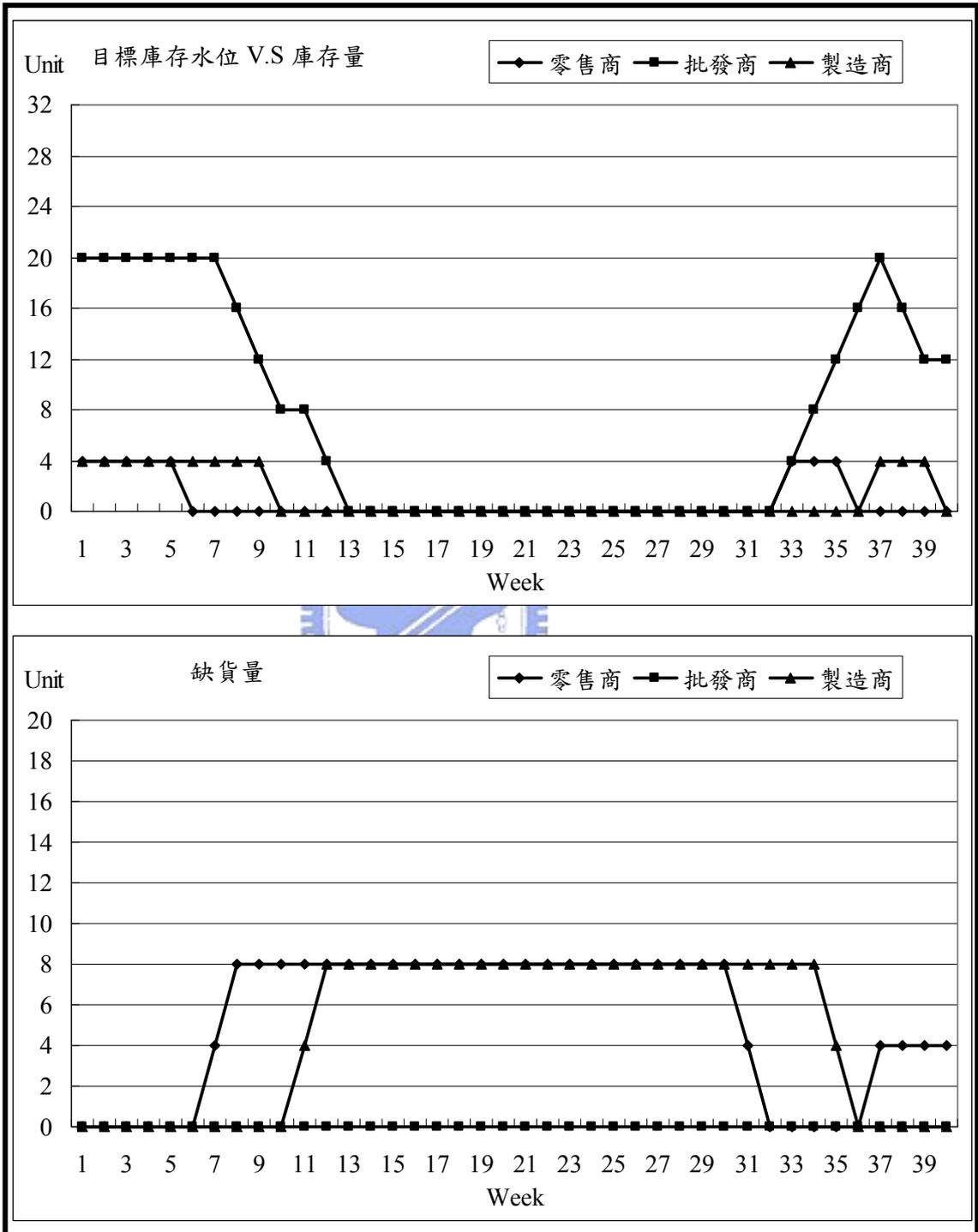


圖 3.15 批發商備安全庫存後的庫存績效

若由製造商備存安全庫存，則需要滿足下游批發商的需求變異，還要為生產前置時間做緩衝，因此，安全庫存量必須為生產前置時間(2週)的需求變異量8箱，得到結果如圖3.16所示。

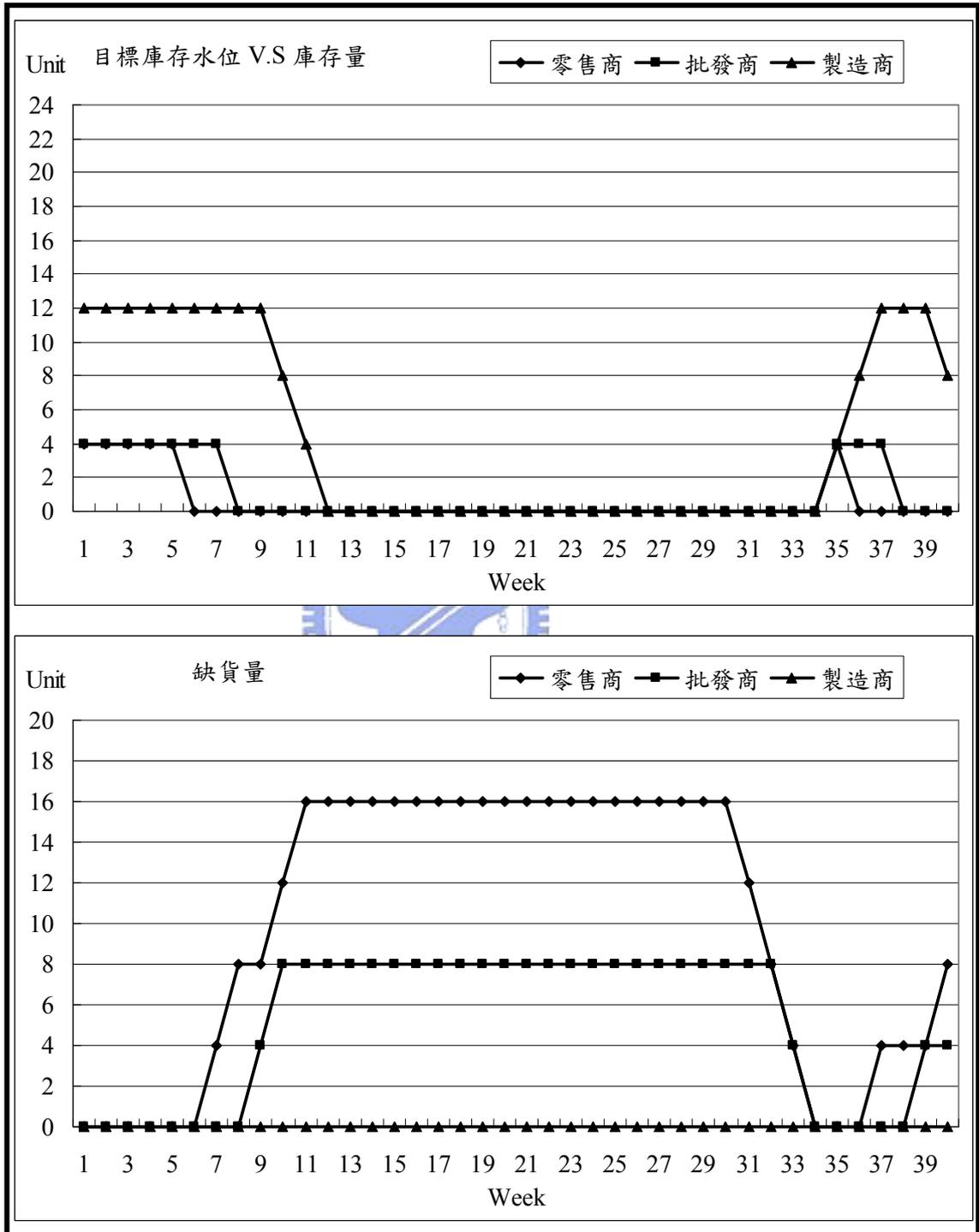


圖 3.16 製造商備安全庫存後的庫存績效

由圖 3.14 到圖 3.16 得知，在把庫存漸漸往供應鏈上游推的同時，無論單獨在哪個成員的庫存量上增加安全庫存，缺貨情況雖然有改善，但是依舊嚴重；且由於需求變異是由零售商往上展開的，當需求變異伸展到批發商時，若批發商沒有安全庫存量，無法及時滿足零售商的需求，使得零售商開始缺貨，在缺貨後補的情況下，並且需要經過很長的一段時間才能夠補滿。

其中，當安全庫存機制設置在批發商位置時，其缺貨情形是最不嚴重的，由於運輸時間為兩週，因此無法及時反應需求波動，再加上啤酒遊戲的設定上，缺貨必須後補，使得下游零售商缺貨狀況再沒有庫存保護下，始終不理想。若供應鏈成員均設定安全庫存的情況下，缺貨狀況勢必改善，並且與遊戲原始設定下的績效一樣，如表 3.3 所示。

表 3.3 各種方案下的績效表現

模式	傳統模式			情境不變+Demand Pull			情境改變+設置安全庫存 8 箱+Demand-Pull		
	零售商	批發商	製造商	零售商	批發商	製造商	零售商	批發商	製造商
庫存成本	228.5	243	873.5	76	84	78	76	84	78
缺貨成本	28	3.43	5	0	0	0	0	0	0

在供應鏈全部成員均加上安全庫存量後，與原始設定是一致的，由此可證明，啤酒遊戲的原始設定是符合 Demand-Pull 的環境設定，且是足以應付如此變動的顧客需求，與遊戲所呈現的問題相比，Demand-Pull 打破遊戲者固有的模式，以被動取代主動反應，結果也因此改善很多。

### (3) 加入緊急機制

然而，安全庫存是為了避免配銷環境在供給上出現中斷，但是，由於供應前置時間為 2 週，即使零售商在面對需求突然提高時，將訂單量提高，卻也無法避免一段時間的缺貨狀態產生，此時，若能在上游端備足安全庫存，並且加入當發

生供應鏈成員發生缺貨時可以緊急下單的機制，而緊急下單的供應前置時間縮短為 1 周；換句話說，此週若因顧客需求突然提升，使得庫存量下降甚至缺貨，此時就可以使用這個緊急機制向上游拉貨，而下訂單的模式也有所改變，將其分為兩部分，第一部分依然使用 Demand-Pull 的補貨模式，以用多少及補多少進行，第二部份則是在使用緊急機制後，以缺多少補多少的方式進行，其結果顯示如圖 3.17 及圖 3.18 所示。

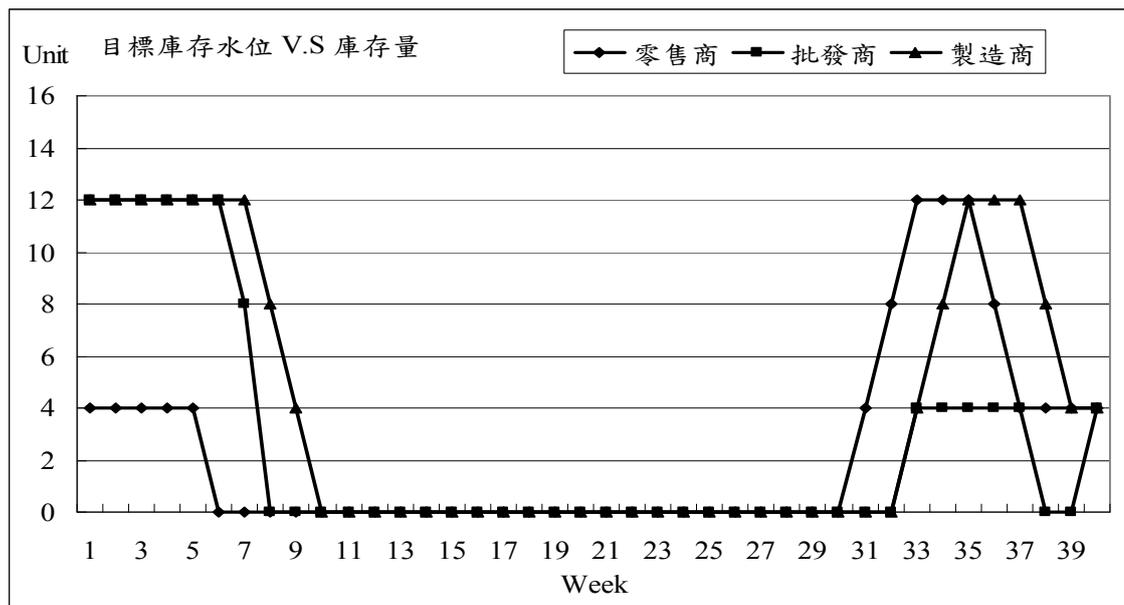


圖 3.17 加入緊急訂單機制後的庫存表現

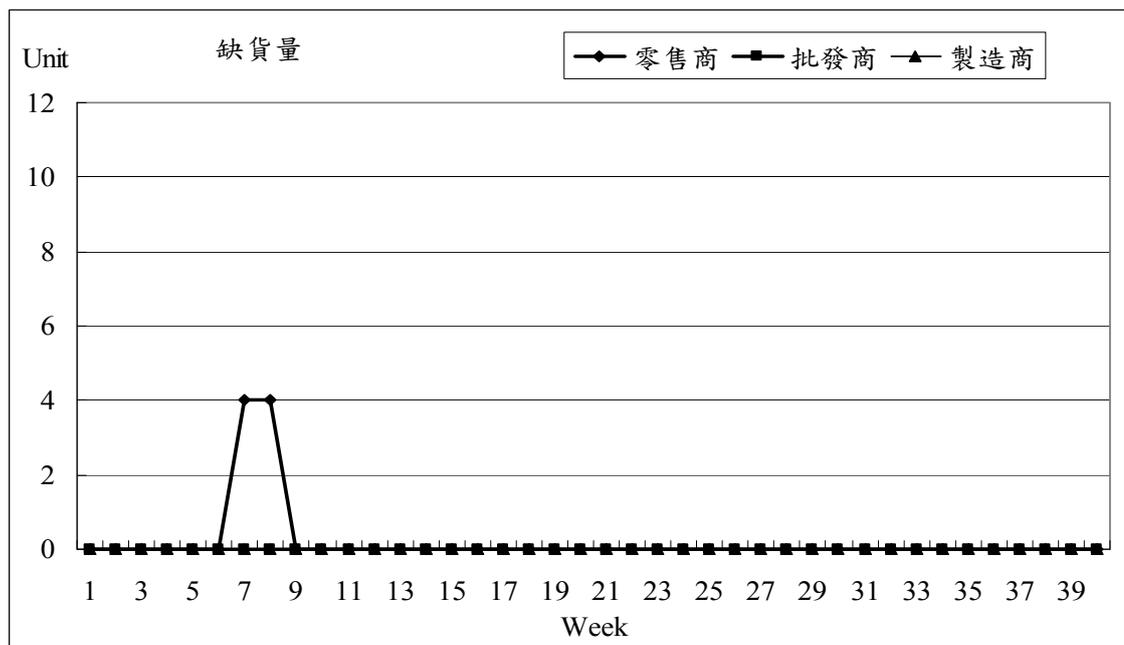


圖 3.18 加入緊急訂單機制後的缺貨表現

表3.4 各方案績效表現表

模式	成員	庫存成本	缺貨成本	總成本
傳統模式	零售商	228.5	28	256.5
	批發商	243	3.43	247.43
	製造商	873.5	5	878.5
情境不變+Demand Pull	零售商	76	0	76
	批發商	84	0	84
	製造商	90	0	90
情境改變+設置安全庫存 8 箱+Demand-Pull	零售商	76	0	76
	批發商	84	0	84
	製造商	90	0	90
情境改變+設置安全庫存 9 箱+Demand-Pull+緊急訂單	零售商	46	8	<b>54</b>
	批發商	56	0	<b>56</b>
	製造商	84	0	<b>84</b>

由圖 3.17 與圖 3.18 中可以觀察出，即使在需求突然提升時，零售商的庫存無法負荷導致缺貨發生，但是由於緊急拉單的機制，使得缺貨狀況得以及時獲得改善，整體績效所付出的成本與其他方案相比較，亦有大幅的下降，達到管理的目標，如表 3.4 所示結果。

藉由三回合的遊戲中，可明確看出，第一回合的『推式』管理模式產生以下缺點：

1. 供應鏈層級間利用層級間訂單來預測需求，逐層預測需求，導致需求變異在供應店之間被放大。加上保護產出的觀念，致使存貨過多，無法確實反應市場真正需求。
2. 上游供應商追求局部最佳，將累積的貨物往下游推的結果，導致下游零售商貨物過度堆積。

3. 推式生產反應實際需求變化必須花較長時間，導致無法即時滿足變動的需求。

第二回合在訂購頻率不更動的前提下，改用Demand Pull 的「拉式」管理後，有以下明顯的改善：

1. 以零售端需求為導向，因此生產是依顧客實際需要，而非以預測資料為依據。避免過度訂購的情況。
2. 藉由供應鏈最上游的製造商來管控庫存，下游需求多少上游便提供多少，可避免需求變異在供應鏈層級間擴大的情形。
3. 避免貨物向下游堆積，需求也可以更正確的傳達給上游，使供應鏈整體可以依據真正市場需求來生產運作。
4. 遊戲中的庫存成本、缺貨情況原始啤酒遊戲有更進一步的改善效果，由此可證實TOC 提出的供應鏈管理方式，確實有明顯的功效。

但是，在遊戲設定下的目標庫存並不符合Demand-Pull的定義。因此進行了第三回合的實驗。

第三回合將整個啤酒遊戲系統，改用Demand Pull制訂目標庫存量同時使用「拉式」管理後，在解開啤酒遊戲中，限制期初在庫庫存量12箱以及在途訂單量4箱的限制後，透過資訊透明化的步驟，並且套用了TOC對於在庫庫存量以及在途訂單量的定義，加上設置安全庫存量，以及緊急訂單的機制後，雖然會產生短暫的缺貨狀況，但是以整體供應鏈來評估，供應鏈總成本卻可以達到大幅度的降低。

在啤酒遊戲中，顯示了發出的訂頒、出貨、庫存是如何互動，而產生所觀察到的不穩定與擴大的效應，以及考量延遲交貨對新訂單交貨的影響，和可能引發的惡性循環。三個角色在她們的能力範圍之內，都有消除大幅震盪的作法。但是他們無法做到，因為他們根本不知道自己是如何開始製造震盪的。而Demand-Pull改變了固有行為模式，打破短期反應的局限，大幅的改善卻是明顯的。

## 第四章 結論與未來展望

本文利用單一支線啤酒遊戲導入TOC觀念，隨著遊戲進行中逐漸導入Demand Pull管理模式來管控庫存。在初次遊戲時，管理者由於使用推式管理模式，導致無法快速並正確的反應實際需求狀況。推式管理更造成存貨過度累積與長鞭效應。並且在冗長的補貨時間之下，勢必要備更多的庫存，導致存貨成本過高。

在第五項修練中〔13〕，提到啤酒遊戲所引發的問題：

1. 「局部思考」使人們無法看到自己的行動如何影響其他的角色。
2. 隨後當問題發生時，他們旋即「歸罪於人」，「敵人」是猜家遊戲的其他角色，甚至顧客。
3. 他們「主動積極」解決問題，發出更多的訂單，反而把事情弄遭。
4. 超量訂購是逐漸累增的，並沒有意識到情況的嚴重性，直到情況已無法扭轉。

TOC認為根據需求量狀況變動訂單，供應鏈各成員只需要準備少量庫存即可。並且加入安全庫存以及緊急訂單的機制後，在遊戲中可以發現，依循此做法，供應鏈中各成員的庫存成本都能大幅減少，同時存貨週轉率也提升許多。雖然出現了少數的缺貨狀況，但透過上游便能快速反應出下游的需求變化，當需求產生較大幅度變化時，更能看出與一開始遊戲時，將存貨堆積在下游且未規劃目標庫存下所產生的差異。同時，藉由本研究更貼近實際供應鏈配銷的情況，同時改善傳統啤酒遊戲僅能看到問題，卻無法提出解決方案之窘境。

啤酒遊戲是單線供應鏈型態，面對這樣的需求變異，若擴展成符合現實的供應鏈型態，由於下游零售商由一家變成多家，每家的需求變異都不一樣，使得需求變異會更大，若以一般的推式生產模式，會使得供應鏈的績效因此變的更遭，此時若將庫存放在上游，根據TOC中聚集(Aggregation)的概念，讓需求波動縮小，如此所產生的改善會更加顯著；而許多TOC的供應鏈相關研究，例如存貨使用緩

衡管理、縮短訂貨頻率機制等，並未實際套用到啤酒遊戲中，然而這些方法若與 Demand-Pull 模式交互作用後是否有效，亦是值得探討的問題。



## 參考文獻

1. Chase, Richard B. & Aquilano, Nicholas J. & Jacobs, F. Robert , Operations Management for Competitive Advantage, the McGraw-Hill Companies,2006.
2. Goldratt , Eliyahu M. and Rami, Avraham , TOC Insights, 2003.
3. Goldratt ,Eliyahu M., It's Not Luck, The North River Press Publishing Corporation,1994.
4. Lee H. L., Padmanabhan, V., Whang, S., “Information Distribution in a Supply Chains,” Management Science, 546-558,1997b.
5. Lummus, R.R. and Alber, K.L., Supply Chain Management: Balancing the Supply Chain with Customer Demand, The Educational and Resource Foundation of APICS, falls Church, VA,1997.
6. Matthew, A.W., Eric, J., and Davis, T.,“Vendor-Managed Inventory in the Retail Supply Chain,”Journal of Business Logistics, Vol.20, p.p.183-195,1999.
7. Metters,R., Quantifying the Bullwhip Effect in Supply Chains, 1997.
8. Robert, B., Handfield, E. L. and Nichols, J.R, Introduction to Supply Chain Management, Prentice-Hall, Inc,1999.
9. 盧舜年、鄒坤霖著，供應鏈管理的第一本書，書商出版社，台北，民國 91 年。
10. 林書弘，「以限制理論為基礎的配銷遊戲」，國立交通大學，碩士論文，民國 95 年。
11. 蔡翠旭著，強勢供應鏈，書華出版事業有限公司，台北，民國 87 年。
12. 袁國榮，「強化限制理論 Demand-Pull 補貨模式之研究」，國立交通大學，博士論文，民國 95 年。
13. 彼得·聖吉(Peter M. Senge)著，第五項修練-學習型組織的藝術與實務，郭進隆 譯，天下文化出版事業有限公司，台北，民國 83 年。