

國立交通大學
工業工程與管理學系碩士班

碩士論文

限制理論緩衝管理之加強研究
Enhancement of TOC Buffer Management
Approach



研究生：李明穎

指導教授：李榮貴博士

中華民國九十六年六月

限制理論緩衝管理之加強研究

Enhancement of TOC Buffer Management Approach

研究生：李明穎

Student : Ming-Ying Li

指導教授：李榮貴博士

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 in Industrial Engineering

June 2007

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十六年六月

限制理論緩衝管理之加強研究

研究生：李明穎

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

中文摘要

在傳統的供應鍊中，傳統的補貨模式是利用預測以及推式管理的方式，常造成供應鍊中的庫存堆積，或是缺貨等無法反應需求變動之情形。為了解決這個問題，TOC 提出了 Demand-Pull 以及 Buffer Managements 存貨管理模式來降低庫存及提高對需求變動的反應，但 Buffer Managements 存貨管理模式常會因為假性需求等原因造成庫存的過高，因此為解決存貨偏高的問題，此研究探討 Buffer Managements 存貨管理模式在實務運作上會遇到的問題，並針對這些問題對 Buffer Managements 存貨管理模式進行改良，最後驗證了改良之 Buffer Managements 存貨管理模式比改良前的模式更可以降低庫存水準，同時避免缺貨的發生。

關鍵詞：限制理論、緩衝管理、庫存管理

Enhancement of TOC Buffer Management Approach

Student : Ming-Ying Li

Advisor : Dr. Rong-Kwei Li

Department of Industrial Engineering and Management

National Chiao Tung University

Abstract

In the traditional supply chain management, we use forecasting and push management to control the inventory, which causes the stock to pile up and the inventory can't reflect the fluctuation of the actual demand. To solve this problem, TOC proposes Demand-Pull and Buffer Management to reduce the inventory. However, Buffer Management often causes high inventory level. To reduce the stock level, this research discusses the problems which occurred when using Buffer Management in practice. Furthermore, we improve Buffer Management by solving these problems. At last, this research create a computer program and simulate various of scenarios to proves that the improved Buffer Management will decrease the inventory and have fewer shortages than the original one in all circumstances.

Keywords: Theory of Constraint, Buffer Management, Inventory Management.

誌謝

時間過的真快，轉眼間就可以畢業了，從中央企管到交大工工，兩個不同的領域，遇到了許多不同的人，回想起來求學的這段時間雖然過的很快，不過也非常充實。在這兩年間，承蒙許多貴人相助，讓我可以短短的兩年之間完成論文的寫作，並且修完許多艱難的課程。

本論文可以順利完成，首先要感謝我的指導老師李榮貴老師，這兩年之前，不論我做什麼決定老師都全力的支持我；在論文的寫作上，也給我許多寶貴的意見，若沒有老師的全力幫忙，論文也沒有辦法準時完成，在此致上最崇高的敬意；此外也要感謝評審委員杜瑩美教授以及吳鴻輝教授在口試的時候提出的寶貴意見，讓學生的論文可以更臻完善，在此一併至上最摯誠的謝意。

兩年研究室的日子裡面，感謝研究室的夥伴陪我一起成長茁壯，讓我從苦悶的研究生活中得到快樂。首先感謝碩一的小蔣、凱文、佳玲、小美以及老大，你們五個人在我碩二修課的時候給予了我不少幫助，讓我可以修課的同時繼續做論文的撰寫；此外在我無聊的時候，也一起陪我研究橋牌、專研電腦多媒體互動程式以及出遊踏青，讓我碩二的生活多采多姿。再來要感謝碩二一起打拼的朋友們，高方、世昌以及九哥，從碩一開始我們四人幾乎就一起上課、一起做報告、而且論文的進度也是同時進行，在學術上的旅程真的非常感謝你們的幫助；此外，在休閒的時候，大家一起做品管、牌藝、運動、然後說八卦的日子，讓我的碩士生活過的非常開心。而我們辛苦維持的筆筆之家，也讓更多的朋友們得到歡樂，希望以後的學弟妹們可以繼續的努力，讓筆筆之家可以永續經營，持續茁壯，在此對你們獻上最高的謝意。

最後感謝一直辛苦陪伴在我身旁的家人，以及女朋友鄭妹，這兩年間沒有你們的體諒與支持，讓我在求學的路途上沒有後顧之憂，在此由衷的對你們獻上最高的謝意。

目錄

中文摘要.....	I
英文摘要.....	II
致謝.....	III
目錄.....	IV
圖目錄.....	V
表目錄.....	I
第一章 緒論.....	1
1.1 研究背景與研究動機.....	1
1.2 研究目的與預期成果.....	3
第二章 文獻探討.....	5
2.1 TOC 的存貨管理政策.....	5
2.2 Demand-Pull 補貨模式.....	6
2.3 限制理論的績效衡量指標.....	9
第三章 緩衝管理運作上之問題探討.....	10
3.1 在黃色緩衝區中，無監控及調整目標庫存的規則存在.....	10
3.2 用比例來決定目標庫存調整量.....	11
3.3 用比例來決定紅色緩衝區的大小.....	13
3.4 觸發目標庫存調整的機制.....	15
第四章 改善方法.....	16
4.1 黃色緩衝區中，監控及調整目標庫存的機制.....	16
4.2 目標庫存量的制定.....	18
4.3 紅綠色緩衝區的制定.....	19
4.4 觸發目標庫存調整的機制.....	21
第五章 模擬及驗證.....	23
5.1 觸發目標庫存調正之機制之比較.....	23
5.1.1 參數設定.....	23
5.1.2 實驗結果與分析.....	24
5.1.2.1 情境一之實驗結果與分析.....	24
5.1.2.2 情境二之實驗結果與分析.....	28
5.1.2.3 情境三之實驗結果與分析.....	29
5.2 TOC 庫存管理與改良之庫存管理之比較.....	31
5.2.1 參數設定.....	32
5.2.2 實驗結果與分析.....	33
5.2.2.1 變異數低情境之實驗結果與分析.....	33
5.2.2.2 變異數高情境之實驗結果與分析.....	37

5.2.2.3 變異數特高情境之實驗結果與分析.....	41
5.2.3 綜合分析.....	46
第六章 結論與未來研究方向.....	48
6.1 結論.....	48
6.2 未來研究方向.....	48
參考文獻.....	49
附錄.....	a
附錄 I 實驗紀錄：觸發目標庫存調正之機制之比較-情境一.....	a
附錄 II 實驗紀錄：觸發目標庫存調正之機制之比較-情境二.....	c
附錄 III 實驗紀錄：觸發目標庫存調正之機制之比較-情境三.....	e
附錄 IV 實驗紀錄：緩衝管理模式之比較-變異數低之情境.....	g
附錄 V 實驗紀錄：緩衝管理模式之比較-變異數高之情境.....	h
附錄 VI 實驗紀錄：緩衝管理模式之比較-變異數高之情境.....	i



圖目錄

圖 1.1	假性需求	2
圖 1.2	期初目標庫存太高	2
圖 1.3	現況及問題	3
圖 1.4	問題解決及預期成果	4
圖 2.1	庫存管理的衝突	5
圖 2.2	供應源頭變異較小	6
圖 2.3	增加補貨頻率可以降低在庫庫存量	7
圖 2.4	Demand-Pull 模式示意圖	7
圖 2.5	各緩衝區的分佈	8
圖 2.6	調整目標庫存之機制	8
圖 3.1	因為目標庫存不同使得期末庫存量所在的區域不同	11
圖 3.2	目標庫存調整量相同，紅色緩衝區的侵蝕情形不同	12
圖 3.3	在庫庫存量不同，目標庫存的調整量卻相同	12
圖 3.4	在庫庫存量相近，目標庫存的調整量卻不同	13
圖 3.5	目標庫存量相同，在庫量不同，紅色緩衝區卻相同	14
圖 3.6	在庫庫存量相近，紅色緩衝區大小卻不同	15
圖 4.1	沒有連續在綠色緩衝區中不會觸發目標庫存調整；LMI	16
圖 4.2	LMI 需滿足的兩種需求量	17
圖 4.3	連續(P+F)期的 LMI 皆大於 LMI*，導致目標庫存調整	18
圖 4.4	目標庫存調整量為目標庫存之三分之一	19
圖 4.5	侵蝕量多少，就調整多少目標庫存	19
圖 4.6	紅色緩衝區預防默非發生與庫存回覆前發生缺貨	20
圖 5.1	情境一 IDD P-Plot	25
圖 5.2	情境一 IDD 獨立性檢定	25
圖 5.3	情境一 平均缺貨量 P-Plot	26
圖 5.4	情境一 平均缺貨量 獨立性檢定	26
圖 5.5	情境一 平均庫存量 P-Plot	27
圖 5.6	情境一 平均庫存量 獨立性檢定	27
圖 5.7	情境二 平均缺貨量 P-Plot	29
圖 5.8	情境二 平均缺貨量 獨立性檢定	29
圖 5.9	情境三 平均缺貨量 P-Plot	30
圖 5.10	情境三 平均缺貨量 獨立性檢定	30
圖 5.11	低變異 平均 IDD P-Plot	34
圖 5.12	低變異 平均 IDD 獨立性檢定	34

圖 5.13	低變異 平均 IDD 平均值比較表.....	34
圖 5.14	低變異 平均庫存量 P-Plot.....	35
圖 5.15	低變異 平均庫存量 獨立性檢定.....	35
圖 5.16	低變異 平均庫存量 平均值比較表.....	36
圖 5.17	低變異 平均缺貨量 P-Plot.....	36
圖 5.18	低變異 平均缺貨量 獨立性檢定.....	37
圖 5.19	高變異 平均 IDD P-Plot.....	38
圖 5.20	高變異 平均 IDD 獨立性檢定.....	38
圖 5.21	高變異 平均 IDD 平均值比較表.....	39
圖 5.22	高變異 平均庫存量 P-Plot.....	39
圖 5.23	高變異 平均庫存量 獨立性檢定.....	40
圖 5.24	高變異 平均庫存量 平均值比較表.....	40
圖 5.25	高變異 平均缺貨量 P-Plot.....	41
圖 5.26	高變異 平均缺貨量 獨立性檢定.....	41
圖 5.27	特高變異 平均 IDD P-Plot.....	42
圖 5.28	特高變異 平均 IDD 獨立性檢定.....	43
圖 5.29	特高變異 平均 IDD 平均值比較表.....	43
圖 5.30	特高變異 平均庫存量 P-Plot.....	44
圖 5.31	特高變異 平均庫存量 獨立性檢定.....	44
圖 5.32	特高變異 平均庫存量 平均值比較表.....	44
圖 5.33	特高變異 平均缺貨量 P-Plot.....	45
圖 5.34	特高變異 平均缺貨量 獨立性檢定.....	45
圖 5.35	特高變異 平均缺貨量 平均值比較表.....	46

表目錄

表 5.1	比較觸發目標庫存之機制之參數設計	24
表 5.2	情境一之模擬結果	25
表 5.3	情境一 IDD 同質性檢定	25
表 5.4	情境一 IDD ANOVA	26
表 5.5	情境一 平均缺貨量 同質性檢定	26
表 5.6	情境一 平均缺貨量 ANOVA	27
表 5.7	情境一 平均庫存量 同質性檢定	27
表 5.8	情境一 平均庫存量 ANOVA	28
表 5.9	情境二之模擬結果	28
表 5.10	情境二 平均缺貨量 同質性檢定	29
表 5.11	情境二 平均缺貨量 ANOVA	29
表 5.12	情境三之模擬結果	30
表 5.13	情境三 平均缺貨量 同質性檢定	30
表 5.14	情境三 平均缺貨量 ANOVA	31
表 5.15	改良之 TOC 存貨管理模式與改良前之差異	32
表 5.16	比較 TOC 緩衝管理與改良之緩衝管理之參數設計	33
表 5.17	變異數低情境之模擬結果	33
表 5.18	低變異 平均 IDD 同質性檢定	34
表 5.19	低變異 平均 IDD ANOVA 表	34
表 5.20	低變異 平均庫存量 同質性檢定	35
表 5.21	低變異 平均庫存量 ANOVA 表	35
表 5.22	低變異 平均缺貨量 同質性檢定	36
表 5.23	低變異 平均缺貨量 ANOVA 表	37
表 5.24	變異數高情境之模擬結果	37
表 5.25	高變異 平均 IDD 同質性檢定	38
表 5.26	高變異 平均 IDD ANOVA 表	38
表 5.27	高變異 平均庫存量 同質性檢定	39
表 5.28	高變異 平均庫存量 ANOVA 表	40
表 5.29	高變異 平均缺貨量 同質性檢定	41
表 5.30	高變異 平均缺貨量 ANOVA 表	41
表 5.31	變異數特高情境之模擬結果	42
表 5.32	特高變異 平均 IDD 同質性檢定	42
表 5.33	特高變異 平均 IDD ANOVA 表	43
表 5.34	特高變異 平均庫存量 同質性檢定	44

表 5.35 特高變異 平均庫存量 ANOVA 表.....	44
表 5.36 特高變異 平均缺貨量 同質性檢定.....	45
表 5.37 特高變異 平均缺貨量 ANOVA 表.....	45
表 5.38 各指標的改善百分比.....	46



第一章 緒論

1.1 研究背景與研究動機

在傳統的供應鏈中，為了降低缺貨的發生以及減少顧客的等候時間，企業會在接近顧客的地區備庫存，且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【8】。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」【4】，常使得存貨成本增加，但訂單與緊急跟催的量卻未減少。

為了解決上述的問題，Dr. Goldratt 提出了 Demand-Pull 補貨模式。此模式認為要解決上述的問題需要先改變以往對補貨系統的假設，如預測不準確、供應商不可靠、補貨時間長等等的假設，並改善補貨系統運作的方式，且此系統可以在需求預測性低的情況依然可以有不錯的庫存管理績效。Demand-Pull 運作的方式如改變傳統使用預測的方法來決定補貨量，改成利用「拉式生產」的觀念來決定補貨量；將庫存存放於接近供應鍊的源頭使得我們可以降低補貨的前置時間以及降低統計波動；並利用緩衝管理(Buffer Management)對供應鏈上的每一點來做庫存的監控及偵測需求的變化，使得需求改變的時候補貨系統可以有效的做回應，並可以維持最佳的庫存量【3】【7】。其中緩衝管理主要是依據目標庫存來針對需求的狀況做補貨，且利用紅、黃、綠三種緩衝區來監控期末庫存，若庫存位於紅色或綠色緩衝區，表示庫存量可能過小或是太大，可能需要調整目標庫存；若期末庫存位於黃色緩衝區，則代表庫存狀況良好，不必對目標庫存做任何的調整。

在使用緩衝管理來做補貨時，常會碰到一個運作上的問題，即當假性需求發生，也就是連續幾期需求稍微偏高，之後回復正常時，若因此觸發目標庫存向上調整，使得黃色緩衝區加大，則當需求回復正常後，庫存量常維持在黃色偏綠色緩衝區的地方，造成即使需求、補貨頻率皆未改變，但庫存提高許多的現象。此現象若以緩衝管理的角度來看，庫存量維持在黃色緩衝區代表庫存水準適當，但比起需求狀況卻持有了過多的庫存，造成成本的上升。如圖 1.1 所示，圖中粉紅色線的地方為 TOC 的目標庫存量，紅色線以下是紅色緩衝區，綠色區以上為綠色緩衝區，紅色線以及綠色線中間為黃色緩衝區，而最下面紫色的線為需求的狀態，中間藍色的線為庫存的變化狀況，我們可以看出來假性需求發生後，因為目標庫存的提昇，因此庫存連帶的也提升到黃色偏綠色緩衝區的地方，表示庫存的狀況適當，但是比起需求的狀況，卻持有了過多的庫存，因此有調降的空間；此

外，若期初目標庫存量設計不好，也因為在黃色緩衝區沒有庫存監控及調整的規則存在，因此也有可能發生以上狀況，如圖 1.2 所示，庫存雖然都若在黃色緩衝區，但是卻與需求狀況相差甚大，因此有調降的空間。

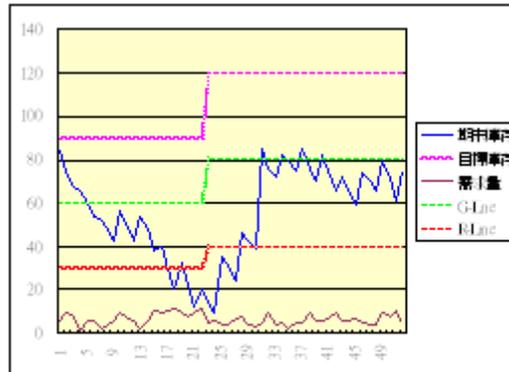


圖1-1假性需求

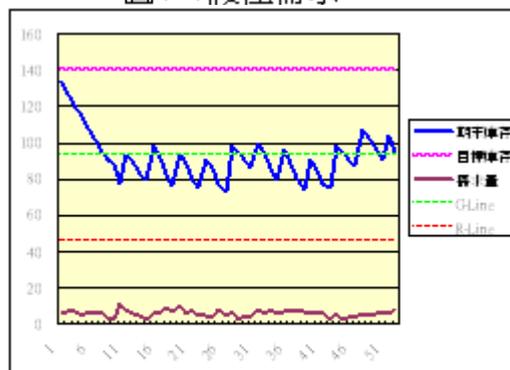


圖1-2 期初目標庫存太高

因此，緩衝管理在運作上常出現一個不良的現況，即期末庫存量持續的位於黃色偏綠色緩衝區域，使得庫存量過高。針對這個不良現況，去探討背後的問題時，發現有可能是因為目前在黃色緩衝區內無監控及調整目標庫存的機制存在，因此雖然庫存水準偏高，但只要存在於黃色緩衝區，就無法將庫存調降，造成庫存的偏高且無法降低目標庫存量；此外，期初目標庫存量若制定過高，也有可能使得庫存量一直維持在黃色緩衝區，導致不容易將目標庫存量調整至適當的水準。第二個問題是緩衝管理利用目標庫存量的比例來制定各緩衝區大小，這樣的作法並沒有考量補貨模型所處之情境，制定出的緩衝區大小容易與所需要的不一致；除此之外，此作法容易使得紅色緩衝區過高，間接的觸發目標庫存調高，且若是目標庫存因為上述的原因維持在高水準，透過比例來決定緩衝區大小，更容易造成紅色緩衝區的偏高，並觸發目標庫存提高，導致在庫庫存的增加。第三個問題是緩衝管理利用比例來決定目標庫存的調整量，此作法無法反應需求上升或下降的情形，因此調整過後的目標庫存容易太高或是過少，連帶的造成缺貨或是存貨過剩的危機；此外，若是目標庫存量因為上述原因太高，更容易因此調整太多目標庫存，造成庫存水準不必要的上升。最後是緩衝管理沒有一個明確的觸發

目標庫存調整之方法，若觸發目標庫存調整之方法不佳，則可能在該調庫存的時候未調，或是不該調整目標庫存的時候調整，造成缺貨的發生或是庫存水準過高。因此，因為以上四個主要問題，造成了期末庫存量持續位於黃色緩衝區偏綠色區域使得庫存偏高這個不良現況(如圖 1.3)，故要解決這個不良現況，先要解決下列四個緩衝管理在運作上的問題：

- 在黃色緩衝區中，無監控及調整目標庫存的規則存在。
- 用比例來決定目標庫存調整量。
- 用比例來決定各緩衝區之比例。
- 沒有確定的觸發目標庫存調整的機制。

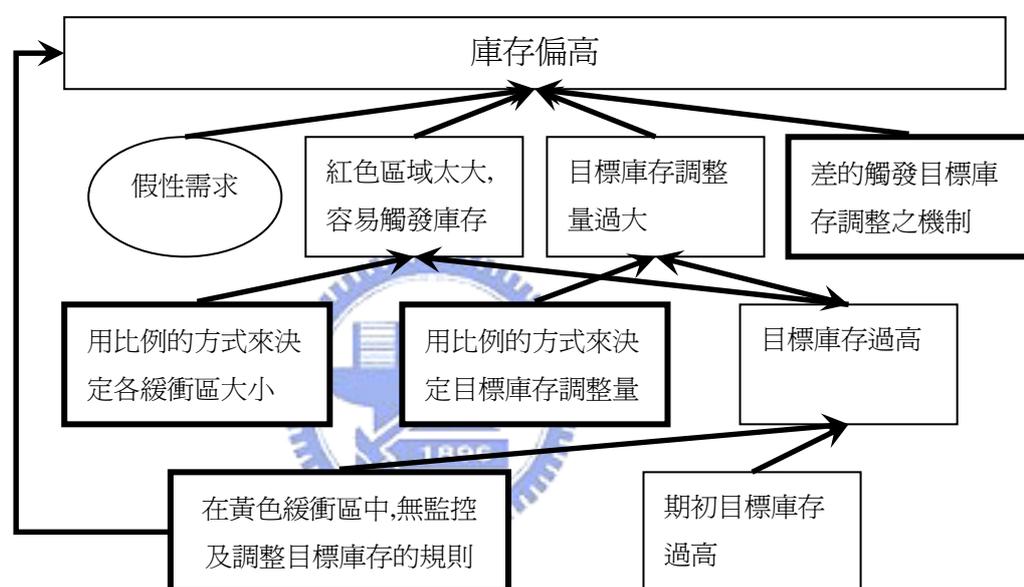


圖 1.3 現況及問題

1.2 研究目的與預期成果

根據前一節之推論，我們發現緩衝管理在運作上主要有四個問題。為了解決這些問題以提高緩衝管理的績效，本研究希望可以透過以下的改善方案，加強緩衝管理在運作上得績效：

- 制定出在黃色緩衝區中，監控及調整目標庫存的規則。
- 制定出合理的目標庫存調整量之決定準則。
- 制定出合理的各緩衝區大小。
- 找出較佳的觸發目標庫存調整之機制。

若我們能將上列的目標一一達成，也就是說在黃色緩衝區中建立一個規則使得我們可以持續的監控及調整目標庫存量，或者有適當的期初目標庫存量，就可以有合理的目標庫存量。有了適當的目標庫存量後，若搭配一套合理的緩衝區制定方法及適當的目標庫存調整量制訂準則，我們就可以得到較適當的紅色緩衝區區域及適當的目標庫存調整量。最後，若我們又制定了適當的觸發目標庫存調整的機制，配合適當的紅色緩衝區域、適當的目標庫存調整量、以及黃色緩衝區之庫存監控調整規則，就算假性需求無可避免，我們還是可以將偏高的庫存降低，並且降低成本(如圖 1.4)。

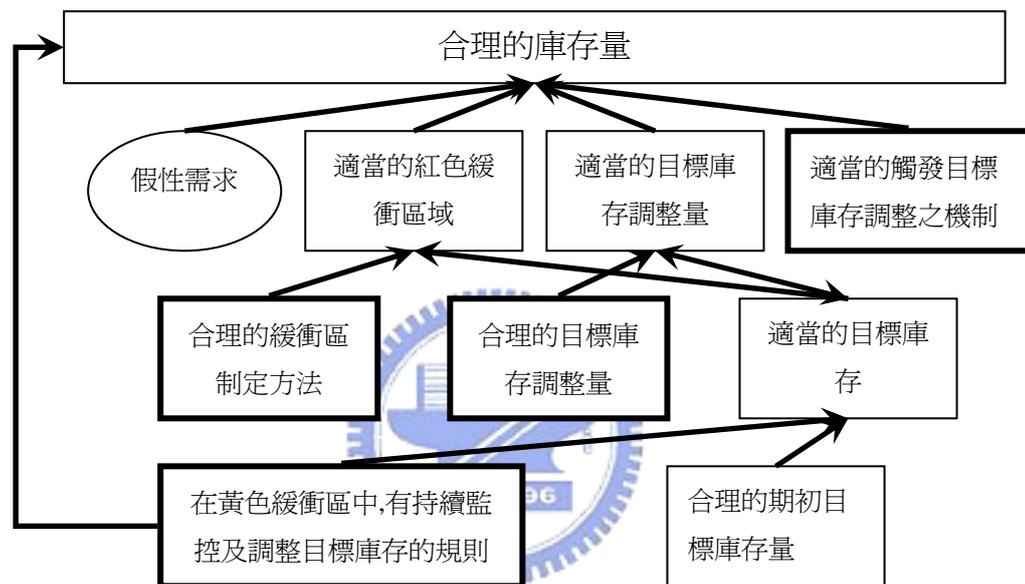


圖 1.4 問題解決及預期成果

本研究在達成以上研究目的後，將以 Excel VBA 建立一個模擬的程式。希望能透過這個程式模擬數種不同的情境，證明在各種情境下，所提出的新的緩衝管理修正方法，可以加強傳統的緩衝管理方法在實務上運作會碰到的缺點，並可以降低 IDD、提高存貨週轉率、降低平均庫存以及降低總成本，使得 TOC 的緩衝管理機制更為強大。

第二章 文獻探討

2.1 TOC 的存貨管理政策

限制理論是以以色列的物理學家及企管顧問Dr. Goldratt 於80 年代初創【1】，其原本主要是應用於生產方面，而現今限制理論已經擴展到其他層面，包括作業管理、財務管理與績效評估、專案管理、配銷與供應鏈管理、行銷、銷售、人員管理及公司策略和戰略等八個層面。

在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，如圖2.1所示，所有經理人的目標皆為做好庫存管理(A)，為了做好庫存管理就需要使得成本降低(B)，或是降低缺貨使得銷售量增加(C)，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(B)；為了降低缺貨，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(B)或降低庫存(C)之間，存在著很大的衝突【3】。

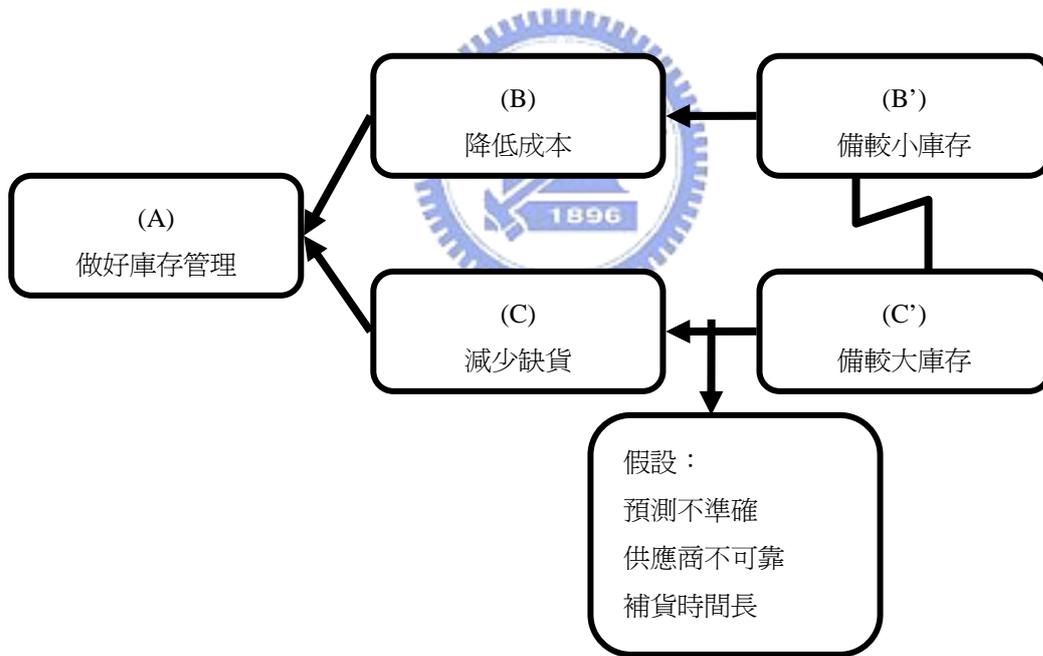


圖 2.1 庫存管理的衝突

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【7】、【13】，下面兩節將介紹這些模式的運作方式。

2.2 Demand-Pull 補貨模式

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，茲說明如下：

■ 庫存拉回源頭：

Demand-Pull 首先打破過去企業將大部分的庫存放在最接近消費者地方的觀念，主張將大部分的產品回流至源頭也就是上游工廠內。若在上游需求的匯集處做預測，由於統計波動的減緩，其預測的準確度將遠大於在下游各銷售點所做預測的總和(圖 2.2)，因此預測的準確度也會提高，持有的庫存也得以降低。將大部分的庫存放在供應的源頭，各區域倉庫只需要持有補貨時間內的需求量即可，可大幅減少各區域倉庫的庫存，並將生產時間與運送時間分離，大大減短了補貨時間且提高補貨的可靠度。

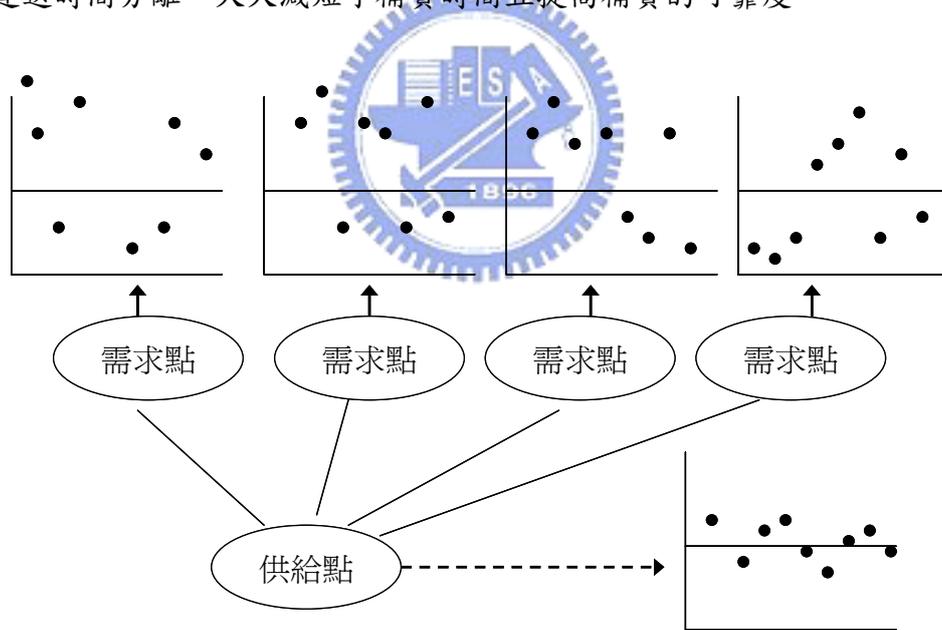


圖 2.2 供應源頭預測變異較小

■ 增加補貨頻率：

庫存的總類可以分為在庫庫存量以及在途庫存量，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，若每個月的需求量是 16 件，如果每個月訂一次或的話，那在庫庫存量最多也為 16 單位；另外

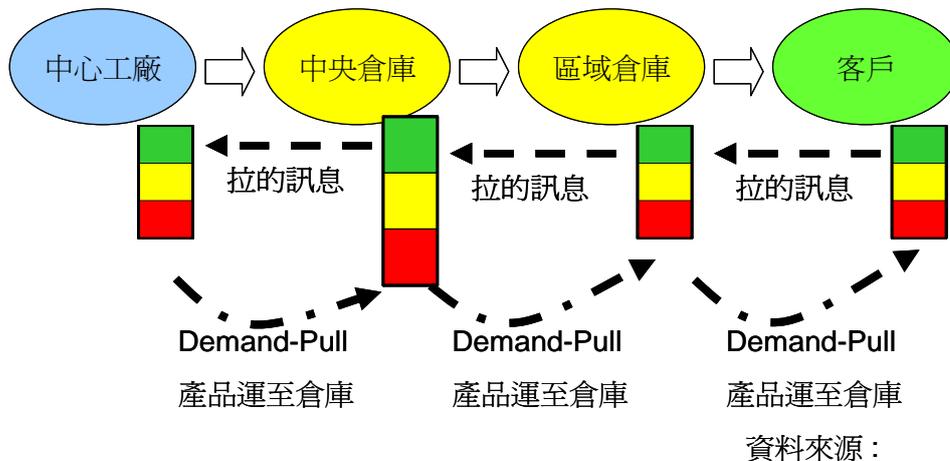
一方面，若是增加訂貨頻率到每星期定一次貨，每次訂 4 件，則庫存大部分會存在運送的途中，因此在途庫存量會增加，但在庫庫存量減少為最多為 4 單位，比起每個月訂一次貨可以降低許多在庫庫存量，如圖 2.3 所示。故 Demand-Pull 主張，補貨頻率越高越好，因為各區域倉庫只需要持有補貨時間內的需求量即可，因此當補貨頻率高時，各區域倉庫的在庫庫存量可以降低到最低。



圖 2.3 增加補貨頻率可以降低在庫庫存量

■ 拉式生產

至於補貨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，就可以避免利用預測來決定補貨的數量，且降低各倉庫之庫存量，而 Demand-Pull 的運作示意圖如圖 2.4 所示。



資料來源：

圖 2.4 Demand-Pull 模式示意圖

■ 緩衝管理(Buffer Management)運作模式

限制理論中的緩衝管理是一個監控工廠及區域倉庫庫存量的方法，在運作之前，會先設定一個目標庫存量，限制理論認為目標庫存量應該等於補貨前置時間(製造前置時間 + 運輸前置時間 + 補貨間隔時間)內經理人預期的最大需求量。目標庫存決定後再將其依造比例分成三個部份，分別為紅色緩衝區、黃色緩衝區及綠色緩衝區，其緩衝區大小皆為目標庫存量的三分之一，如圖 2.5 所示。

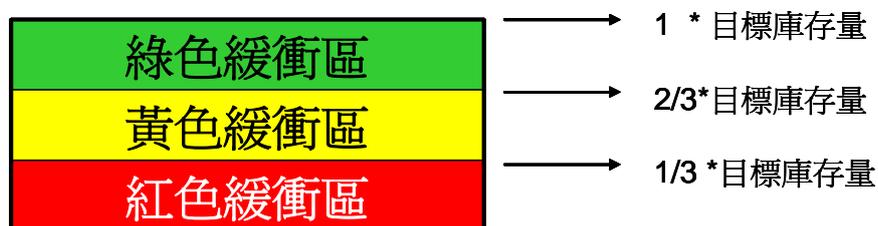


圖2.5 各緩衝區的分佈

限制理論的作法是當期末庫存長時間位於綠色緩衝區時就應該適時的調降目標庫存量；相反的，若期末庫存長時間位於紅色緩衝區時就應該適時的調高目標庫存量，而調高與調降的比例皆為目標庫存量的 1/3；此外，若期末庫存量位於黃色緩衝區則表示庫存的狀況良好，不用去對目標庫存量做任何的調整(圖 2.6)。如此一來，經由緩衝管理的辦法，就可以讓庫存量維持在一定的水準下，且避免缺貨的發生，且當需求變動時，可及時的做出調整回應，避免庫存量太高或是過低【7】。

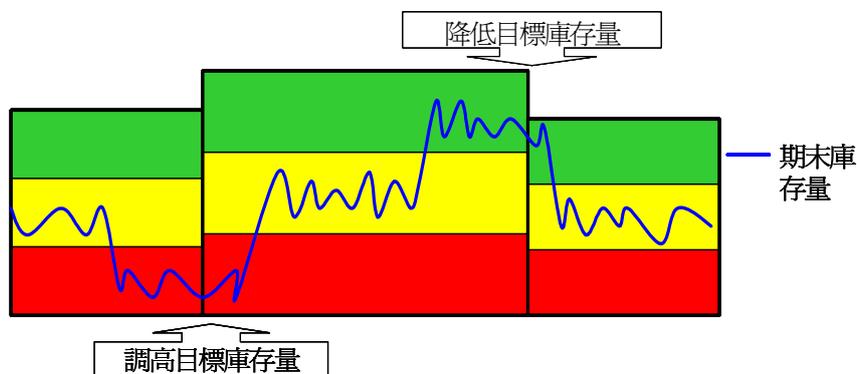


圖2.6 調整目標庫存之機制

2.3 限制理論的績效衡量指標

在績效衡量方面Dr. Goldratt 將過去配銷常用的績效衡量指標如存貨週轉率、缺貨率等等，修正為有效產出天·元(Throughput-Dollar-Days, TDD)與存貨天·元(Inventory-Dollar-Days, IDD)，其基本定義如下：【7】

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

TDD 主要考量的是交貨的可靠度，因此當公司或部門面對顧客之訂單在所承諾的交期前無法達成時，便開始計算 TDD 來衡量交貨的狀況；其計算的方式為有效產出的價值乘上訂單延誤天數，因此當 TDD 越大時，代表訂單延遲越久，對公司造成嚴重的損失，因此公司的必須追求 TDD 值為零。除此之外，在利用 TDD 來決定出貨順序時，因為價值越高的訂單或延誤天數越久的訂單，其 TDD 值會比較高，因此在做出貨的決策時，為了降低 TDD 值，自然就會將以上兩中訂單優先出貨，方便公司正確做出出貨的決策。

■ 存貨天·元(Inventory-Dollar-Days, IDD)：

IDD主要考量的是公司存貨的效率，當公司存貨越高時，將會造成物料的浪費，以及存貨費用的提升，非常沒有效率，因此IDD的目的為改善公司存貨的狀況。其計算方式為存貨的價值乘以在倉庫停留的天數，當存貨價值越高時其IDD值也越高，同樣的當存貨在倉庫內停留越久時，IDD的表現也越差。舉例來說公司有A、B兩產品各100單位，A產品價值50元、B產品價值30元，A產品已經放置有5天時間、B產品放置8天時間，則公司的IDD為 $100*50*5+100*30*8 = 49000$ 單位。而公司的目的就是盡量降低IDD的值，使公司可以做出有效率的存貨管理。

第三章 緩衝管理運作上之問題探討

由第一章得知，雖然Demand-Pull的運作方式可以使得供應鏈中的庫存量大幅降低，但在緩衝管理的運作方式上仍有許多討論的空間，這些仍需討論之議題依序為：(1)在黃色緩衝區中，無監控及調整目標庫存的規則存在；(2)用比例來決定目標庫存調整量；(3)用比例來決定紅色緩衝區的大小；(4)觸發目標庫存調整的機制。關於這些議題之探討如下：

3.1 在黃色緩衝區中，無監控及調整目標庫存的規則存在：

限制理論認為若期末庫存落在黃色緩衝區中，則代表目前的庫存狀況良好，因此不需要對於目標庫存做任何的調整。當假性需求發生時，或期初目標庫存量訂的太高時，容易使得期末庫存量位於黃色緩衝區偏綠色緩衝區的地方(如圖1.1、圖1.2)，使得庫存相較於需求之分配則顯的過高，不過因為限制理論認為庫存位於黃色緩衝區表示庫存狀況良好而沒有去做調整，導致庫存量偏高卻無法降低。

在探討為何會造成以上問題之前，先要討論黃色緩衝區制定的方法。限制理論將黃色緩衝區的大小制定為目標庫存量的三分之一，而其範圍為目標庫存量之三分之一到三分之二之間，因此若目標庫存量不同，黃色緩衝區的範圍也不相同。對於目標庫存的數量來說，傳統的制定方法為補貨期間內的最大需求量，而補貨期間則主要由製造及運輸前置時間 P (Production and Transportation Lead Time)及補貨頻率 F (Order Frequency)組成。在一個補貨系統內，在途的庫存量主要由製造及運輸前置時間 P 影響， P 越大在途庫存量越高；另外一方面，在庫的庫存量主要是為了滿足補貨頻率 F 之間的需求量，因此在庫的庫存量主要由補貨頻率 F 所影響，若 F 越頻繁，則所需的在庫庫存量就可以越低。

當假性需求發生時，若目標庫存量因為緩衝管理的調整機制而提高，黃色緩衝區也會連帶的變大，很容易會使得提高的庫存量位於黃色偏綠色緩衝區的地方，但我們可以注意到，雖然庫存量提高了，但是主要影響在庫庫存量的補貨頻率 F 以及需求分配卻不會因為假性需求而有所改變，所以理論上所需要的在庫庫存量應該也維持不變。因此提高的庫存量相對於真正需要的庫存量而言太多了，應該調降，但是因為庫存位於黃色緩衝區中，竟沒有在黃色緩衝區中監控及管理目標庫存的規則，使得庫存依舊維持在高水準。

此外，若有兩個補貨系統，其需求分配相同，補貨頻率 F 也相同，則兩系統內之庫存量應該也差異不大。但是因為目標庫存是由 P 與 F 共同影響，因此有可能在需求分配相同，補貨頻率 F 也相同的條件下，因為製造及運輸前置時

間 P 的不同，導致目標庫存量的不同，連帶使得黃色緩衝區較大，以及庫存水準較高，造成兩者所需的在庫庫存量應該接近，但實際的庫存水準卻因為前置時間的不同相差甚大。

以上兩種狀況發生時，若在適當的目標庫存下，期末庫存會位於綠色緩衝區，表示庫存太多，且觸發目標庫存的調降，但常因為較高的目標庫存量，導致黃色緩衝區變大，使得期末庫存位於黃色偏綠色緩衝區，因此緩衝管理的機制會將此情況誤判為庫存狀況為良好的情形(如圖3.1所示)。因此為避免以上狀況發生，本研究將制訂出一個當期末庫存量位於黃色緩衝區時，對於目標庫存量監控及調整之規則，以避免庫存量雖然在黃色緩衝區，相對於需求狀況卻偏高的情形發生。

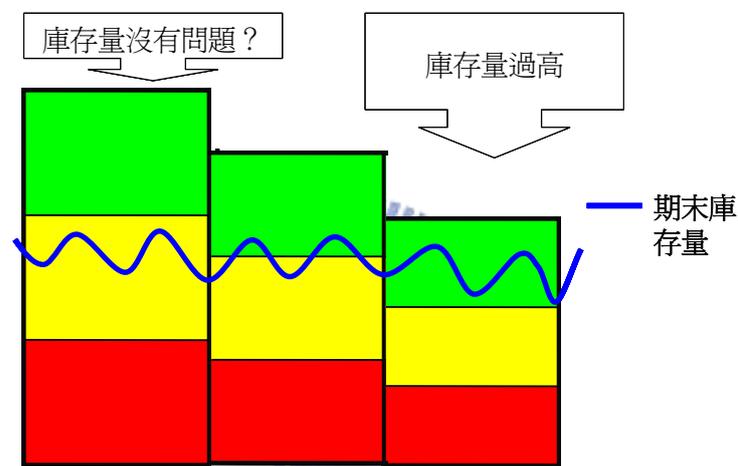


圖3.1 因目標庫存不同使得期末庫存量所在的區域不同

3.2 用比例來決定目標庫存調整量：

若目標庫存調整量過大，則可能造成庫存量的上升；若目標庫存調整量過小，則可能無法反應需求的變動而造成缺貨。關於目標庫存調整量該為多少這個議題，限制理論的制訂為目標庫存量的三分之一【7】；翁立宇在2004年指出調整量訂為目標庫存量的五分之一較為恰當【10】，之後袁國榮也接受翁立宇的看法將目標庫存調整量訂為目標庫存量的五分之一【9】。但以上方法皆同是以比例的方式來決定目標庫存調整量，因此容易發生許多問題，說明如下：

■ Case 1：紅色緩衝區的侵蝕情況不同，目標庫存調整量卻相同：

如圖3.2所示，兩圖皆因為期末庫存量侵蝕到紅色緩衝區而觸發目標庫存往上調整，但因為兩者之目標庫存量皆相同，因此按造比例調整目標庫存

量的結果使得兩者之目標庫存調整量皆為一樣。由緩衝區的侵蝕程度看來，左圖紅色緩衝區的侵蝕較深，右圖的紅色緩衝區侵蝕較淺，因此兩者調整量皆一樣的結果使得右圖的目標庫存調整量相對於紅色緩衝區侵蝕量來說顯的太高，使得右圖之期末庫存升高至黃色緩衝區偏綠色的地方，造成庫存量的增加。因此若利用比例的方式來決定目標庫存調整量時，不能反映紅色緩衝區受到侵蝕的比例，容易造成庫存增加的危險。

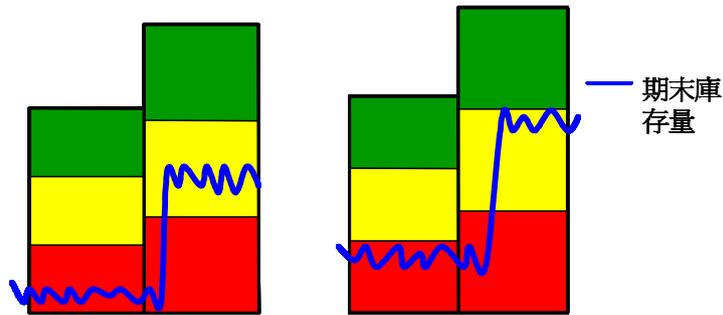


圖3.2 目標庫存調整量相同，紅色緩衝區的侵蝕情形不同

■ Case 2：在庫庫存量不同，目標庫存調整量卻相同：

由上節可知，目標庫存量主要是由P與F來決定，而P是主要影響在途庫存量的原因，F是影響在庫庫存量的原因。因此若有兩個案例，如圖3.3所示，兩者的需求分佈皆相同，但左圖P:F之比為8:2，右圖為2:8，兩者的補貨前置時間皆為10期，因此兩者的目標庫存調整量皆為一樣。但是理論上左圖的在庫庫存量應該遠小於右圖，所以相對來說，左圖的目標庫存調整量相對於右圖調整太多，容易造成庫存及成本的增加；右圖的目標庫存調整量相對於左圖反而可能調整太少，容易造成缺貨。因此利用目標庫存的比例來決定目標庫存調整量時，就算調整量一樣，對於不同的情境可能產生不同的結果。

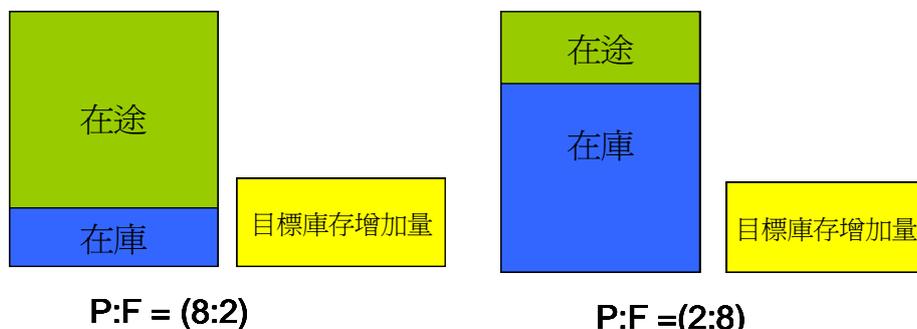


圖3.3 在庫庫存量不同，目標庫存的調整量卻相同

■ Case 3：在庫庫存量相近，目標庫存調整量不同：

如圖3.4所示，若有兩個案例，其需求分佈一樣相同，但左圖的P：F之比為8：2，右圖的P：F比為2：2，因為兩者的補貨頻率一樣，因此雖然兩者的製造前置時間差別甚大，但兩者的在庫庫存量應該是差不多的。而因為左圖的補貨前置時間為10期，右圖的補貨前置時間為4期，因此依造比例來調整目標庫存的結果，造成兩者的目標庫存量差異甚大，造成目標庫存調整量的不同，使左圖的目標庫存調整量將為右圖的2.5倍多。因此相對來說，左圖的目標庫存調整量相對於右圖調整了太多，容易造成庫存量及成本過高；右圖的目標庫存調整量相對於左圖來說太少，可能會造成缺貨。因此若按照目標庫存的比例來調整目標庫存量時，不能反應目前庫存的庫存量大小及需求分配。

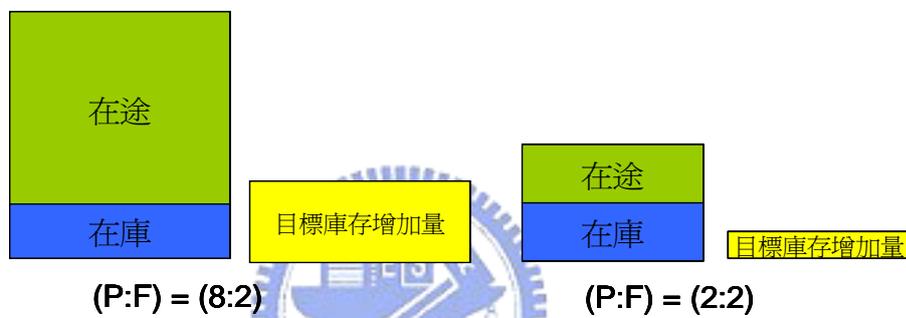


圖 3.4 在庫庫存量相近，目標庫存的調整量卻不同

由以上三個例子可以看出傳統的目標庫存調整量利用比例的決定方式似乎存在著許多問題，容易因為情境的不同，造成目標庫存調整過多或是太少，使得庫存量及成本過高或是造成缺貨，因此本研究提出一個較合適的目標庫存調整量，希望可以改善以上之問題。

3.3 用比例來決定紅色緩衝區的大小：

紅色緩衝區的制訂主要是為了兩種作用，第一為預防莫非的發生且在庫存回復之前避免缺貨；第二，紅色緩衝區也被來當作一種警示的工具【6】，當需求上升時，期末庫存量的位置會落在紅色緩衝區中，提醒經理人做出應變。當紅色緩衝區過大時，容易使得期末庫存量侵蝕紅色緩衝區，造成目標庫存量的往上調整，使得庫存量及成本提高；相反的，若紅色緩衝區太小，可能容易造成缺貨的發生，因此適當的紅色緩衝區是非常重要的。

關於紅色緩衝區大小的討論來說，限制理論主張紅色緩衝區應該為目標庫存量的三分之一【7】；袁國榮(2004)則認為紅色緩衝區的大小應該是依照不同的情

境而有所差異，大小應介於目標庫存量的10%-40%之間【9】，但兩者都是以目標庫存量之比例的方式來決定紅色緩衝區的大小，本篇研究認為依照比例來制訂紅色緩衝區至少有兩個缺點，茲說明如下：

■ Case 1：庫存情形不同，紅色緩衝區卻相同：

如圖3.5所示，兩個情境的目標庫存量皆為10期，但左圖的補貨頻率較右圖為頻繁，因此其在庫的庫存量較少，右圖的補貨頻率較少，因此其在庫庫存量較高，但因為兩者的目標庫存量皆為十期，因此依照比例來制定紅色緩衝區的結果使得兩者的紅色緩衝區大小皆一樣。如此一來，左圖的紅色緩衝區相對來說顯的太大，容易觸發目標庫存量的提升，及造成庫存增加；右圖的紅色緩衝區相對於左圖顯的較小，比較容易發生缺貨，由此可看出當利用比例來制定紅色緩衝區時，會因為情境的不同，而導致有不同的結果。

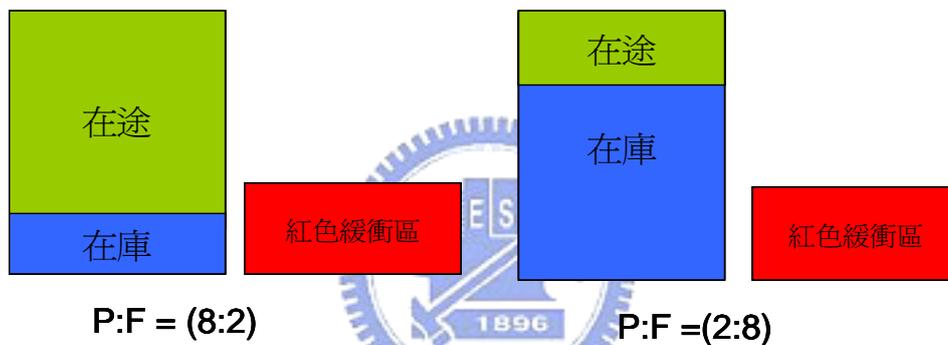


圖3.5 目標庫存量相同，在庫量不同，紅色緩衝區卻相同

■ Case 2：在庫庫存量相近，紅色緩衝區大小卻不同：

假設有兩個情境，兩者的補貨頻率皆為兩期，且兩者的需求分配相同，如圖3.6所示，由圖得知，兩者的理論上得在在庫庫存量應該相近。但是因為左圖的製造前置時間遠高於右圖，因此左圖的目標庫存量較右圖大上2.5倍，以目標庫存量的比例來決定紅色緩衝區大小的結果將導致左圖的紅色緩衝區域同樣比右圖大上2.5倍，使得左圖的紅色緩衝區相對於右圖來說較大，容易觸發目標庫存量往上調整；右圖相對來說較小，容易造成缺貨的發生。因此若用目標庫存量之比例的方式來決定緩衝區大小時，紅色緩衝區大小不能反映庫存量之大小以及需求分配。

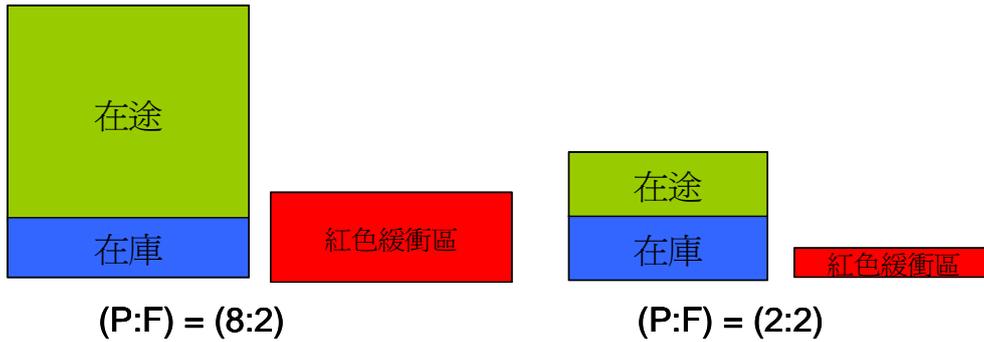


圖3.6 在庫庫存量相近，紅色緩衝區大小卻不同

由以上兩個例子可看出，若依照目標庫存量的比例來決定紅色緩衝區的大小，在不同的情境下容易產生不同的問題，且無法與對應的需求分配及庫存量做結合，因此關於紅色緩衝區的制定方法值得再做探討。

3.4 觸發目標庫存調整的機制：

當期末庫存侵蝕到紅色緩衝區時，若不該增加目標庫存量卻增加，則會使得庫存量提高，連帶的使IDD受到影響；相反的，若應該增加目標庫存量卻沒增加，則容易使得缺貨的情形發生，造成出貨的損失。同樣的，當侵蝕到綠色緩衝區的時候，該調降卻未調降會使得庫存的增加，不該調降卻調降則會容易造成庫存太低而缺貨。因此到底要什麼時候要觸發目標庫存去做調整是一個值得討論的議題。

關於觸發目標庫存調整的機制在限制理論裡並沒有明確的規定，而之前尚未找到相關的探討，因此本研究將比較三種常用的觸發目標庫存量調整的機制，這三種觸發目標庫存量調整的機制如下：

- A. 方法一：累積侵蝕紅色區域的數量大於一定數量(紅色緩衝區量)，則調高目標庫存量；
累積侵蝕綠色區域的數量大於一定數量(綠色緩衝區量)，則降低目標庫存量。
- B. 方法二：連續F位於紅色緩衝區，則調高目標庫存量；
連續F位於綠色緩衝區，則降低目標庫存量。
- C. 方法三：連續P+F位於紅色緩衝區，則調高目標庫存量；
連續P+F位於綠色緩衝區，則降低目標庫存量。

本研究希望能藉由模擬程式各種情境下的比較，找出能使得IDD、庫存量及缺貨量最低的調整機制。

第四章 改善方案

本章主要針對四個主要的議題，提出改善及解決的方案，依序討論如下：(1) 黃色緩衝區中，監控及調整目標庫存的機制；(2) 目標庫存調整量的制定；(3) 紅綠色緩衝區的制定；(4) 觸發目標庫存調整的機制。

4.1 黃色緩衝區中，監控及調整目標庫存的機制

針對位於黃色緩衝區域中的期末庫存，建議採用局部最大期末庫存量(Local Maximum Inventory; LMI)來做監控的依據。這是因為利用綠色緩衝區做目標庫存的調整時，有時需求雖然偏高且侵蝕到綠色區域，但因為限制理論是採用週期性的補貨模式，因此常有期初幾期的庫存量位於綠色緩衝區，但期末卻又跑回黃色緩衝區的狀況，因此沒有辦法觸發目標庫存的調降，造成庫存量持續的偏高。如圖 4.1 所示，藍色線代表庫存狀況，綠色線以上則是綠色緩衝區，我們可以看到雖然庫存水準已經明顯的侵蝕到綠色緩衝區，但是因為 TOC 緩衝管理是使用週期性補貨的關係，因此庫存水準難以長時間在綠色緩衝區存在，進而觸發目標庫存的調整。

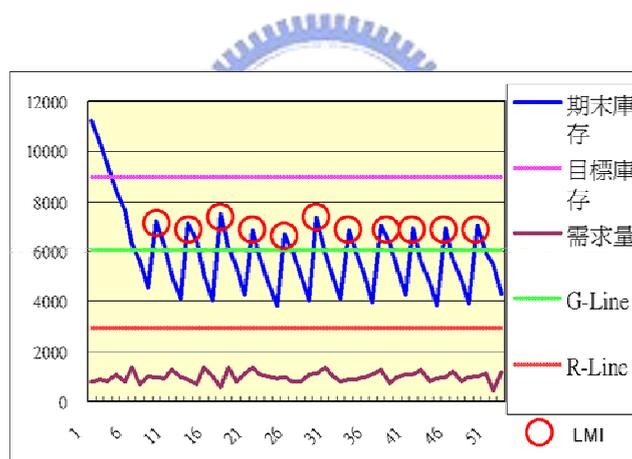


圖 4.1 沒有連續在綠色緩衝區中部會觸發目標庫存調整；LMI

因此本研究將使用 LMI 來對黃色緩衝區中的期末庫存做監控，若 LMI 位於或高於黃色緩衝區，則啟動黃色緩衝區中監控及調整目標庫存機制。

局部最大期末庫存量理論上應該要滿足兩種庫存的需求量。如圖 4.2 所示，第一為在下一期訂單入庫前的需求量，這是因為限制理論的 Demand-Pull 補貨模式中的訂購量為每次補貨週期內的需求量，所以理論上來說，每一次的訂單入庫量也皆為補貨週期間的需求量，在沒有變異的情境中，則局部最大期末庫存量只要滿足在下一期訂單入庫前的需求量即可。但因為實際環境中一定有需求變異的發生，因此局部最大期末庫存量應該要滿足的第二種需求量就是庫存在回復之前的變異量，而在所有的情境之下，庫存回復的期間不會高於 $(P+F-1)$ ，因此 LMI

應該也要滿足之後(P+F-1)期內的需求變異量。

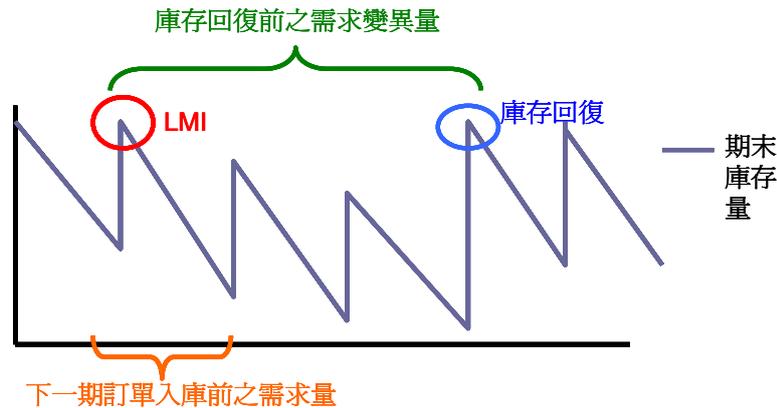


圖4.2 LMI需滿足的兩種需求量

因此若在需求服從平均數為 μ 變異數為 σ 的常態分配、以及前置時間是服從常態分配，其平均數為P且變異數為 σ_p 的情況下，理論上的局部最大期末庫存量LMI*的應該要小於：

$$LMI^* = (F-1) * u + Z\alpha * \sqrt{(P+F-1) * \sigma^2 + u^2 * \sigma_p^2}$$

符號方面，P代表前置時間，例如製造前置時間加上運送的前置時間(Production Lead Time + Transportation Lead Time)，廣義上來說當下訂單補貨開始到收到貨品的這段時間都可歸納在P裡面；F代表補貨頻率(Order Frequency)，也就是公司每隔幾期跟供應商下補貨的訂單； μ 代表平均的需求量； σ 則是需求分配的變異數； σ_p 代表前置時間P的變異數； $Z\alpha$ 則是經理人所期望的服務水準。

公式方面是參考Stevenson所制定的最佳安全庫存量(Safety Stock)【14】。 $(F-1) * u$ 為到下一次訂單入庫前，平均的總需求量。

$Z\alpha * \sqrt{(P+F-1) * \sigma^2 + u^2 * \sigma_p^2}$ 表示在所期望的服務水準內，在需求成常態分配以及前置時間也服從常態分配的情況下，所需具備的安全庫存量(Safety

Stock)。其中， $\sqrt{(P+F-1) * \sigma^2}$ 表示在所訂定單到達之前，需求的標準差；

$\sqrt{u^2 * \sigma_p^2}$ 表示前置時間標準差內的需求量。整條公式的含意就為在所期望的服務水準內，而且在需求以及前置時間呈現常態分配的情況下，理論上所需持有的局部最大期末庫存量。如此一來，就可以依照補貨頻率、需求分配以及期望的服務水準，來監控落在黃色緩衝區的期末庫存狀態，並調整目標庫存量。

我們若使用 LMI^* 來監控及調整目標庫存量，要先滿足一個前提假設：也就是期末庫存量位於黃色緩衝區或是綠色緩衝區中。若滿足以上前提假設，則開始黃色緩衝區的監控機制。

監控機制為當 LMI 大於 LMI^* 時，且連續 $(P+F)$ 期內的 LMI 也大於 LMI^* 時，代表庫存狀態為過多的情形，則觸動目標庫存量的調整，而目標庫存的調整量為：
 $Q = \{\text{目前的目標庫存量} - [(P+F)\text{期中最低的}LMI - LMI^*]\}$

Q 代表目標庫存的調整量；由公式可以看到，這是一個比較保守的目標庫存調整方式，比較不容易因為庫存調降太多而導致缺貨的發生。舉例來說，目前的目標庫存量為 9000、 LMI^* 為 5000，且連續 $(P+F)$ 期內的 LMI 分別為 5080、6090、6150，則調整量為 $9000 - (5080 - 5000) = 8920$ ，因此，新的目標庫存量即為 8920 單位。

藉由持續的在黃色緩衝區中用 LMI^* 來監控及調整目標庫存量，得以防止假性需求造成的庫存上升，或是期初目標庫存定太高而導致庫存水準過高的情形發生。如圖 4.3 所示，圖形中亮藍色的線為 LMI^* ，且發生三次連續 $(P+F)$ 內的 LMI 皆大於 LMI^* ，因此觸動了三次目標庫存量向下調整，降低了因為一開始目標庫存量制定的太高，導致圖中藍色的線也就是期末庫存量落在黃色偏綠色緩衝區的狀況，使得庫存量一直偏高的危險。

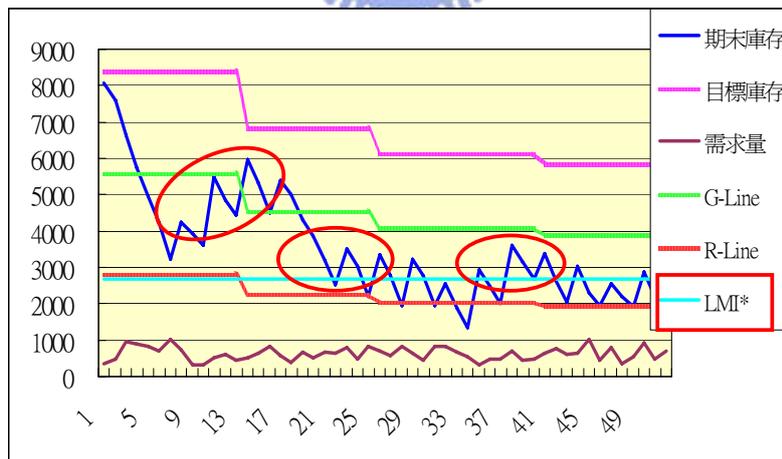


圖 4.3 連續 $(P+F)$ 期中的 LMI 皆大於 LMI^* ，導致目標庫存調整

4.2 目標庫存調整量的制定

關於目標庫存調整量的制定本篇論文所提出的方法是若期末庫存量連續的侵蝕紅色或是綠色緩衝區，且觸發了目標庫存的調整時，則目標庫存調升或調降

的數量等於這段時間的平均侵蝕量，也就是侵蝕多少就調整多少的觀念。舉例來說，如圖 4.4 及圖 4.5 所示，兩者的需求數據完全一樣，目標庫存量為 6500，且在 30 期左右兩者皆因為期末庫存侵蝕到紅色緩衝區的數量太多而觸發目標庫存的向上調整，但圖 4.4 使用的是傳統的目標庫存調整方法，因此目標庫存調整量為目標庫存量的三分之一，也就是 $6500 \times (1/3) = 2167$ ，所以目標庫存量調整為 $6500 + 2167 = 8667$ ；而圖 4.5 所使用的方法為侵蝕多少就調整多少的方法，因為平均侵蝕紅色區域的量約為 800 單位，因此目標庫存調整為 $6500 + 800 = 7300$ 單位。由兩圖可以看出來，傳統的方法明顯調整過多的目標庫存，使得調整過後的期末庫存量一直維持在黃色緩衝區篇綠色緩衝區的地方，而侵蝕多少調整多少的方法相對來說比較合適，因為調整過後的期末庫存量幾乎都位於黃色緩衝區的中央，庫存水準比傳統的方法為低。

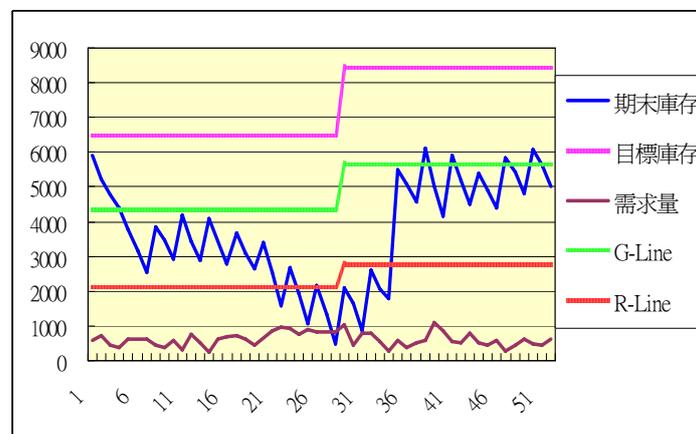


圖 4.4 目標庫存調整量為目標庫存之三分之一

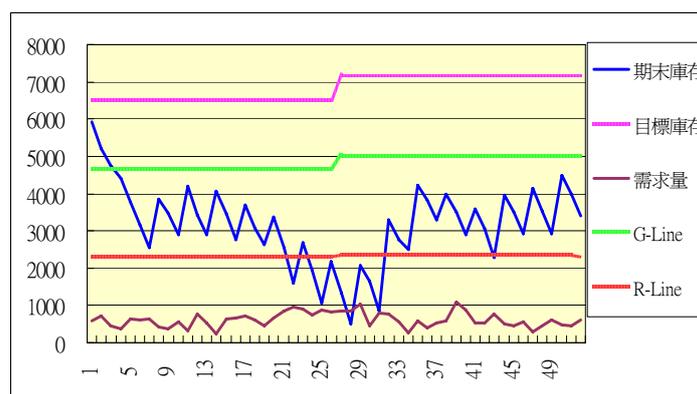


圖 4.5 侵蝕量多少，就調整多少目標庫存

4.3 紅綠色緩衝區的制定

關於緩衝區方面，首先討論紅色緩衝區。紅色緩衝區的作用主要有兩個作

用，第一為保護庫存，當莫非發生也就是需求變異大時，避免在庫存回復前產生缺貨的情形；第二為當需求提昇時，期末庫存會侵蝕到紅色緩衝區，此時紅色緩衝區可以當作一個警示的工具，提醒經理人需求可能已經發生變更，要做出應變（如圖 4.6 所示）。

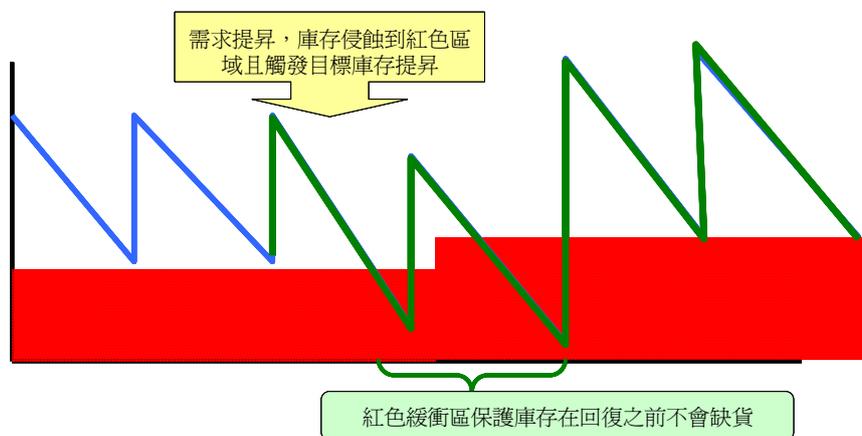


圖 4.6 紅色緩衝區預防莫非發生與庫存回復前發生缺貨

因此，根據以上的原則，若在一个需求服從平均數為 μ 變異數為 σ 的常態分配，以及前置時間服從平均數為 P 以及變異數為 σ_p 常態分配的情境下，則紅色緩衝區應該重新制定為

$$\text{紅色緩衝區數量} = Z\alpha * \sqrt{(P + F - 1) * \sigma^2 + u^2 * \sigma_p^2}$$

符號方面， P 代表前置時間，例如製造前置時間加上運送的前置時間 (Production Lead Time + Transportation Lead Time)，廣義上來說當下訂單補貨開始到收到貨品的這段時間都可歸納在 P 裡面； F 代表補貨頻率 (Order Frequency)，也就是公司每隔幾期跟供應商下補貨的訂單； μ 代表平均的需求量； σ 則是需求分配的變異數； σ_p 代表前置時間 P 的變異數； $Z\alpha$ 則是經理人所期望的服務水準。

公式方面是參考 Stevenson 所制定的最佳安全庫存量 (Safety Stock)【14】。 $\sqrt{(P + F - 1) * \sigma^2}$ 表示在所訂定單到達之前，需求的標準差，而 $\sqrt{u^2 * \sigma_p^2}$ 表示前置時間標準差內的需求量。如此一來，在所期望的服務水準內，需求的變異就不會超過 $Z\alpha * \sqrt{(P + F - 1) * \sigma^2 + u^2 * \sigma_p^2}$ ，並且可以達到警示經理人告知其需求分配可能改變的作用，因此本研究將以 $Z\alpha * \sqrt{(P + F - 1) * \sigma^2 + u^2 * \sigma_p^2}$ 作為庫存回

復的時間估算，做為新的紅色緩衝區。

由新的紅色緩衝區制定公式可以明顯看出，改良後的紅色緩衝區制定公式是以滿足庫存在回復之前的變異為主，與傳統用比例的方式來制定紅色緩衝區比較，較能反應需求分配的狀況，且能大幅降低紅色緩衝區區域，同時避免缺貨的發生。

在綠色緩衝區方面，本研究發現限制理論在做緩衝管理時，一方面因為傳統用比例來決定緩衝區位置的方式容易將綠色緩衝區制定的較高；另一方面也因為常發生 4.1 介紹的狀況，也就是庫存較不容易連續的一直存在於綠色緩衝區，觸發目標庫存向下調整，因此在做緩衝管理時，除非需求大幅的降低，要不然較難觸發目標庫存向下調整。

為了改變以上的狀況，本篇論文所建議綠色緩衝區的位置建議為 LMI^* 再加上 2~3 倍的平均需求量即可，因為 LMI^* 已經為理論上最大的期末庫存點，因此綠色緩衝區定在 LMI^* 再加上 2~3 倍平均需求量的地方即可，若需求分配改變，也較容易進入綠色緩衝區，由綠色緩衝區觸發目標庫存的調整。

4.4 觸發目標庫存調整的機制

本篇論文所提出的緩衝管理方法中的綠色緩衝區的位置，較傳統的方法為低，因此若要使用在第二章中提過要討論的三種觸發目標庫存調整的機制的第一種方法，也就是侵蝕綠色緩衝區的量累積超過綠色緩衝區的大小時就調降目標庫存的話，因為綠色緩衝區變大，比較不容易觸發目標庫存調降，造成觸發機制較為遲鈍。為了改善這個問題，因為所提出方法中紅色緩衝區制定的觀念是在服務水準內，允許的需求變動量為基礎，同樣的可以適用於綠色緩衝區，故將第一種方法改為當侵蝕綠色區域的累積數量超過紅色緩衝區時，就引發目標庫存的調降，此作法較不會因為綠色緩衝區太大造成目標庫存調整機制因此而較為遲鈍。因此要比較的三種模式更正如下：

- A. 方法一：累積侵蝕紅色區域的數量大於紅色緩衝區量，則調高目標庫存量；
累積侵蝕綠色區域的數量大於紅色緩衝區量，則降低目標庫存量。
- B. 方法二：連續F期位於紅色緩衝區，則調高目標庫存量。
連續F期位於綠色緩衝區，則降低目標庫存量。
- C. 方法三：連續P+F期位於紅色緩衝區，則調高目標庫存量。
連續P+F期位於綠色緩衝區，則降低目標庫存量。

本篇論文會在下列三種情境之下比較這三種方法的表現，依序為(1). 需求平

均數以及變異穩定的情況下；(2). 需求分配發生小幅度變化的情境下；(3). 需求分配發生大幅度改變的情況下，並比較這三種觸發目標庫存調整機制依其情境的不同，比較在(a). 平均 IDD；(b). 平均庫存量；(c). 平均缺貨量上的表現，希望可以在這三種目標庫存調整的機制中，找出最佳的調整機制。



第五章 模擬及驗證

第四章已經將 TOC 的緩衝管理機制做些許改良，而本章的目的及在驗證改良過後的緩衝管理機制在績效上得表現是否較原本的緩衝管理機制為佳，因此在不同的情境下分別對原本的 TOC 緩衝管理機制以及改良後的緩衝管理機制做模擬，並針對模擬之結果，做解釋以及分析。

本章節大致上可以分為兩部份，第一為觸發目標庫存調整之機制的比較；第二為 TOC 緩衝管理與改良後緩衝管理機制的比較。

5.1 觸發目標庫存調正之機制之比較

第四章所欲比較之觸發目標庫存調正之機制分別為：

- D. 方法一：累積侵蝕紅色區域的數量大於紅色緩衝區量，則調高目標庫存量；
累積侵蝕綠色區域的數量大於紅色緩衝區量，則降低目標庫存量。
- E. 方法二：連續F期位於紅色緩衝區，則調高目標庫存量；
連續F期位於綠色緩衝區，則降低目標庫存量。
- F. 方法三：連續P+F期位於紅色緩衝區，則調高目標庫存量；
連續P+F期位於綠色緩衝區，則降低目標庫存量。

觸發目標庫存調整的機制主要的目的是能偵測到需求的變動，並可以及時做出調整目標庫存的反應，故本篇研究將在下列三種情境之下比較這三種方法的表現，依序為(1). 需求平均數以及變異穩定的情況下；(2). 需求分配發生小幅度變化的情境下；(3). 需求分配發生大幅度改變的情況下。本研究將在這三種情境下比較這三種觸發目標庫存調整機制在(a). 平均 IDD；(b). 平均庫存量；(c). 平均缺貨量上的表現。

5.1.1 參數設定

本次實驗設計三種情境來針對三種觸發目標庫存之機制做比較，而三種情境中的需求分配皆符合常態分配。情境一之顧客需求以及需求變異皆為穩定之狀況，因此在情境一中，只有可能因為隨機變異使得假性需求發生，造成庫存的缺貨或是過剩，故在此情境下，主要衡量三種觸發機制優劣的基準為平均 IDD、平均庫存量、以及平均缺貨量。其中平均庫存量可以指出哪一種補貨模式可以有效的降低在庫的庫存量；平均缺貨數量可以指出面對需求的變異，哪一種補貨模式比較能避免缺貨發生；平均 IDD 則是在同時考慮存貨的時間以及貨品價值下，何者能有較佳的表現。情境二中一開始的顧客需求以及需求變異為穩定，但在期中

需求平均數將會增加一倍的標準差，因此若需求分配發生改變，較適當的觸發目標庫存調整機制應該要將目標庫存略做調整，否則容易造成缺貨的發生，因此在情境二主要衡量三種觸發機制優劣的基準為平均缺貨量。情境三中一開始的顧客需求以及需求變異也為穩定，但在期中需求平均數將會增加兩倍的標準差，因此需求分配會發生較大的改變。在這種情境下，較適當的觸發目標庫存調整機制應該要迅速的將目標庫存略做調整，否則容易造成缺貨的發生，因此在此情境下主要衡量三種觸發機制優劣的基準也為平均缺貨量。

本次實驗其他可操縱的參數分別為需求變異數、前置時間以及補貨頻率，其中需求變異數有兩個水準，分別為 150 單位以及 300 單位；前置時間有三個水準，分別為 8 期、4 期以及 2 期，且前置時間不為固定值，是呈現常態分配的狀態，當前置時間為 8 期時其變異數為 1 期，當前置時間為 4 期或 2 期時，其變異數為 0.5 期；補貨頻率有三個水準，分別為 4 期、3 期以及 2 期補貨一次，整理如下：

	情境一	情境二	情境三
需求變異數	150/300 單位	150/300 單位	150/300 單位
平均需求量	1000 單位	期初 1000 單位 期中 1150/1300 單位	期初 1000 單位 期中 1300/1600 單位
單期最大需求量	1450/1900 單位	期初 1450/1900 單位 期中 1600/2200 單位	期初 1450/1900 單位 期中 1750/2500 單位
單期最小需求量	550/100 單位	期初 550/100 單位 期中 700/400 單位	期初 550/100 單位 期中 850/700
前置時間	8/4/2 期	8/4/2 期	8/4/2 期
補貨頻率	4/3/2 期	4/3/2 期	4/3/2 期

表 5.1 比較觸發目標庫存之機制之參數設計

以上各種參數的組合下，每種情境內將有 54 種參數組合，每種參數組合均做 10 次實驗，實驗的結果將使用三因子的實驗設計來做分析及檢定，並比較三種觸發目標庫存調整機制之優劣。

5.1.2 實驗結果與分析

5.1.2.1 情境一之實驗結果與分析

在情境一中，需求為穩定的狀態，因此只有可能因為隨機變異使得假性需求發生，造成庫存的缺貨或是過剩，故在此情境下，主要衡量三種觸發機制優劣的基準為平均 IDD、平均庫存量、以及平均缺貨量。實驗模擬的結果紀錄如表 5.2，所示，我們可以看出，在平均 IDD 以及平均庫存量方面，方法一的表現略好，但

三種觸發目標庫存調整的方法皆沒有很大的差異；而在平均缺貨數量方面，方法一的平均缺貨數量只有其他方法的4成左右，但是相差沒有非常顯著，因此在下節將檢定這差距是否有顯著差異。

觸發方法	平均 IDD	平均缺貨數量	平均庫存量
方法一	192652.21	10.45	4092.35
方法二	197498.46	25.04	4152.67
方法三	194672.99	26.76	4108.81

表 5.2 情境一之模擬結果

以下將針對這三個指標做實驗結果之 ANOVA 分析：

■ 平均 IDD：

在針對情境一的平均 IDD 進行 ANOVA 的檢定之前首先要先檢查樣本資料的常態性(normality)、同質性(homogeneity of variance)以及獨立性(Independence)這三個基本假設是否成立，而我們由圖 5.1 的 Normal Probability Plot 圖可以看出來，資料的分佈近似一條直線，故常態性成立；在同質性方面，由表 5.3 可以看出，同質性檢定的 P 值大於顯著水準，故同質性假設成立；在獨立性檢定方面，圖 5.2 可以看出預測值以及殘差值之相對關係無明顯的圖形相關，故獨立性的假設亦成立，因此以上三種假設皆成立的狀態下，可對實驗結果進行 ANOVA 分析。

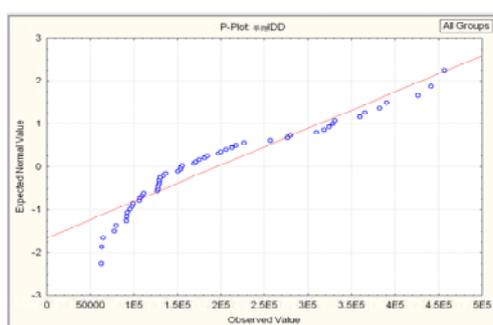


圖5.1情境一 IDD P-Plot

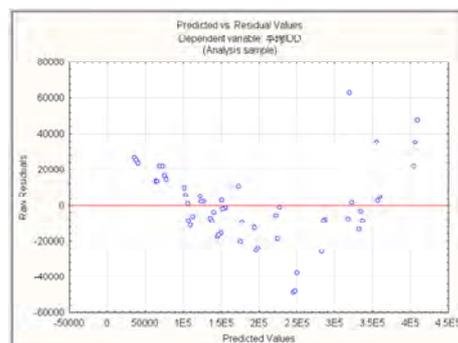


圖5.2 情境一 IDD獨立性檢定

Tests of Homogeneity of Variances (情境一)					
Effect: Method					
	Hartley F-max	Cochran C	Bartlett Chi-Sqr.	df	p
平均IDD	1.131596	0.355173	0.063894	2	0.968558

表5.3 情境一 IDD同質性檢定

ANOVA 檢定的結果可以由表 5.4 得知，不同方法的 P 值高達 0.8162 大於顯著水準，因此我們可以看出來觸發目標庫存調整的方法間沒有顯著的差距，表示在穩定的情境下，不管用哪一種觸發目標庫存調整的方法其結果的差距皆不大，故在穩定的情境下，三種觸發目標庫存調整的方法對於平均 IDD 表現的影響相差不大。

Univariate Results for Each DV (情境一)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
GENERAL Effect	Degr. of Freedom	平均IDD SS	平均IDD MS	平均IDD F	平均IDD p
Intercept	1	2.052112E+12	2.052112E+12	3923.195	0.000000
Method	2	2.133181E+08	1.066591E+08	0.204	0.816270
變異數	1	6.990481E+10	6.990481E+10	133.643	0.000000
P	2	4.671769E+11	2.335885E+11	446.571	0.000000
F	2	6.781311E+10	3.390655E+10	64.822	0.000000
Error	46	2.406130E+10	5.230717E+08		
Total	53	6.291695E+11			

表5.4 情境一 IDD ANOVA

■ 平均缺貨數量：

在進行平均缺貨數量的 ANOVA 檢定之前，依然要先檢查模型的常態性、同質性以及獨立性假設，而我們由圖 5.3 的 Normal Probability Plot 圖可以看出來，資料的分佈近似一條直線，故常態性假設成立；在同質性方面，由表 5.5 可以看出，同質性檢定的 P 值大於顯著水準，故同質性假設成立；在獨立性檢定方面，圖 5.4 可以看出預測值以及殘差值之相對關係無明顯的圖形相關，故獨立性的假設亦成立，因此以上三種假設皆成立的狀態下，可針對情境一之平均缺貨數量進行 ANOVA 分析。

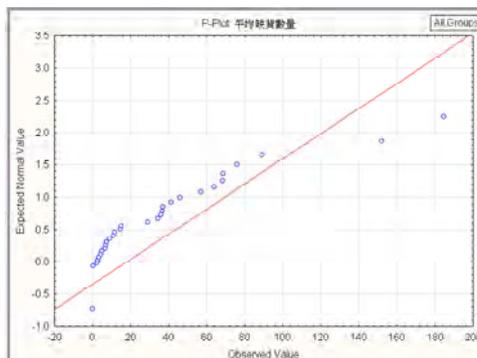


圖5.3 情境一 平均缺貨數量 P-Plot

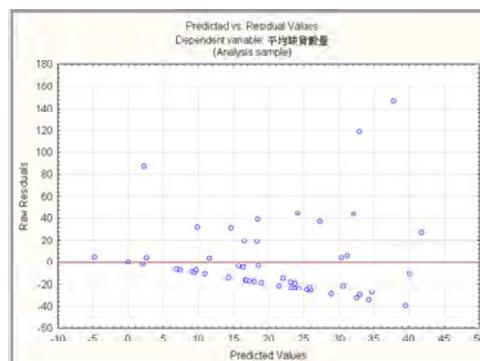


圖5.4 情境一 平均缺貨數量 獨立性檢定

Tests of Homogeneity of Variances (情境一)					
Effect: Method					
	Hartley F-max	Cochran C	Bartlett Chi-Sqr	df	p
平均缺貨數量	2.060606	0.474787	2.292748	2	0.317787

表5.5 情境一 平均缺貨數量 同質性檢定

ANOVA 檢定的結果可以由表 5.6 得知，我們可以看出來觸發目標庫存調整的方法間沒有顯著的差距，表示在穩定的情境下，不管用哪一種觸發目標庫存調整的方法對平均缺貨數量的模擬結果差距皆不大。故在穩定的情境下，三種觸發目標庫存調整的方法對於平均缺貨數量表現的影響不大。

Univariate Results for Each DV (情境一)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
GENERAL Effect	Degr. of Freedom	平均缺貨數量 SS	平均缺貨數量 MS	平均缺貨數量 F	平均缺貨數量 p
Intercept	1	23250.38	23250.38	15.53195	0.000274
Method	2	2891.12	1445.56	0.96568	0.388308
變異數	1	742.96	742.96	0.49632	0.484672
P	2	2234.92	1117.46	0.74650	0.479678
F	2	463.57	231.78	0.15484	0.856998
Error	46	68859.15	1496.94		
Total	53	75191.74			

表5.6 情境一平均缺貨數量 ANOVA

■ 平均庫存量：

在利用 ANOVA 的檢定三種方法在平均庫存量表現上的差異之前，一樣要先檢查樣本資料的常態性、同質性以及獨立性假設，而我們由圖 5.5 的 Normal Probability Plot 圖可以看出來，資料的分佈近似一條直線，故常態性假設成立；在同質性方面，由表 5.7 可以看出，同質性檢定的 P 值大於顯著水準，故同質性假設亦成立；在獨立性檢定方面，圖 5.6 可以看出預測值以及殘差值之相對關係無明顯的圖形相關，故獨立性的假設亦成立。因此在以上三種假設皆成立的狀態下，可針對情境一之平均庫存量進行 ANOVA 分析。

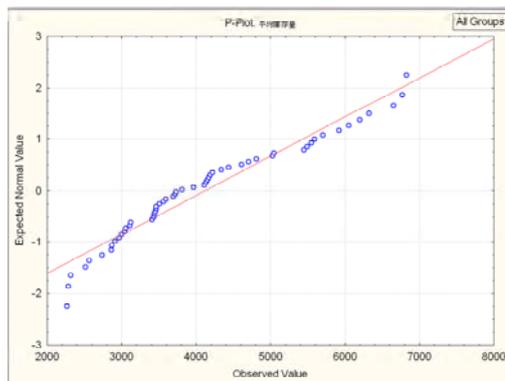


圖5.5 情境一 平均庫存量 P-Plot

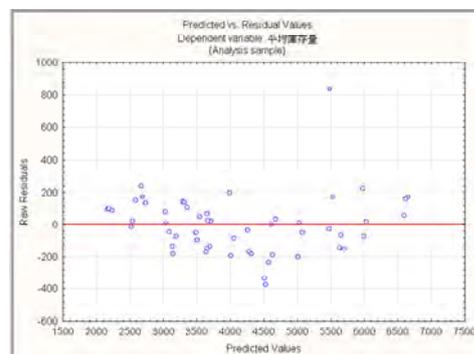


圖5.6 情境一 平均庫存量 獨立性檢定

Tests of Homogeneity of Variances (情境一)					
Effect: Method					
	Hartley F-max	Cochran C	Bartlett Chi-Sqr	df	p
平均庫存量	1.123340	0.357623	0.065786	2	0.967642

表5.7 情境一 平均庫存量 同質性檢定

ANOVA 檢定的結果可以由表 5.8 得知，我們可以看出來觸發目標庫存調整的方法間沒有顯著的差距，表示在穩定的情境下，不管用哪一種觸發目標庫存調整的方法對其結果的差距皆不大。故在穩定的情境下，三種觸發目標庫存調整的方法對於平均庫存量的表現的影響不大。

Univariate Results for Each DV (情境一)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
GENERAL Effect	Degr. of Freedom	平均庫存量 SS	平均庫存量 MS	平均庫存量 F	平均庫存量 p
Intercept	1	915703322	915703322	23753.05	0.000000
Method	2	34996	17498	0.45	0.637968
變異數	1	12472722	12472722	323.54	0.000000
P	2	57299777	28649889	743.17	0.000000
F	2	11452214	5726107	148.53	0.000000
Error	46	1773345	38551		
Total	53	83033054			

表5.8 情境一平均庫存量 ANOVA

綜合以上分析，我們可以看出來在情境一當中，三種觸發目標庫存調整的方法不論是在平均 IDD、平均缺貨數量以及平均庫存量方面皆無顯著差異，因此在需求的分配以及變異數沒有發生變化的情境下，這三種方法的表現大致相同。

5.1.2.2 情境二之實驗結果與分析

在情境二中一開始的顧客需求以及需求變異為穩定的狀態，但在期中需求平均數將會增加一倍的標準差，因此較適當的觸發目標庫存調整機制應該要將目標庫存略做調整，否則容易造成缺貨的發生，故在情境二主要衡量三種觸發機制優劣的基準應該為平均缺貨量。情境二的模擬結果如表 5.9 所示，我們由表中可以看到在情境二中，三種觸發目標庫存調整的方法之平均 IDD 以及平均庫存量相差不大，而三種方法的平均缺貨數量則有某種程度的差異。下節將討論在情境二中，三種方法在平均缺貨數量的表現上，是否有顯著差異。

觸發方法	平均 IDD	平均缺貨數量	平均庫存量
方法一	181513.26	152.20	3958.20
方法二	177067.35	312.44	3885.30
方法三	179934.08	509.03	3873.16

表 5.9 情境二之模擬結果

■ 平均缺貨數量：

在針對情境二的平均缺貨數量進行 ANOVA 的檢定之前首先要先檢查樣

本資料的常態性、同質性以及獨立性假設，而我們由圖 5.7 的 Normal Probability Plot 圖可以看出來，資料的分佈近似一條直線，故常態性成立；在同質性方面，由表 5.10 可以看出，同質性檢定的 P 值大於顯著水準，故同質性假設亦成立；在獨立性檢定方面，圖 5.8 可以看出預測值以及殘差值之相對關係無明顯的圖形相關，故獨立性的假設亦成立，因此以上三種假設皆成立的狀態下，可對三種觸發目標庫存調整方法在情境二之平均缺貨數量進行 ANOVA 分析。

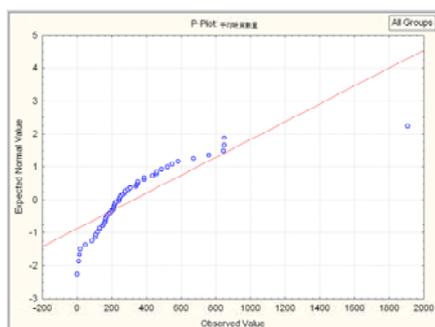


圖5.7 情境二 平均缺貨數量 P-Plot

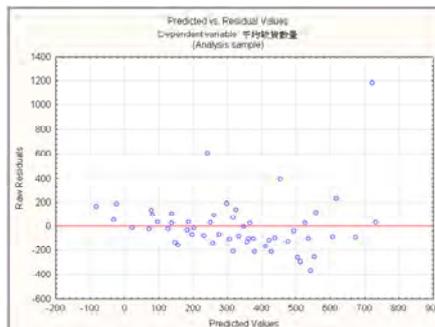


圖5.8 情境二 平均缺貨數量 獨立性檢定

Tests of Homogeneity of Variances (情境二)				
Effect	Method		df	p
平均缺貨數量	Hartley F-max	Cochran C	Bartlett Chi-Sqr	
	3.382944	0.571691	6.476443	2 0.039234

表5.10 情境二 平均缺貨數量 同質性檢定

ANOVA 檢定的結果可以由表 5.11 得知，我們可以看出來觸發目標庫存調整的方法間有顯著的差距，表示當需求的分配會發生變動時，不同方法之間的平均缺貨數量有顯著差異。且由表 5.9 得知，方法一的平均缺貨數量最小，表示其在缺貨數量上得表現較佳，因此在需求平均數會發生一倍標準差提高的情境下，使用方法一可以有效的降低缺貨的發生。

Univariate Results for Each DV (情境二)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
GENERAL Effect	Degr. of Freedom	平均缺貨數量 SS	平均缺貨數量 MS	平均缺貨數量 F	平均缺貨數量 p
Intercept	1	5688150	5688150	90.63610	0.000000
Method	2	1149898	574949	9.16135	0.000448
變異數	1	432586	432586	6.89292	0.011710
P	2	431439	215719	3.43732	0.040620
F	2	35927	17963	0.28623	0.752416
Error	46	2866873	62758		
Total	53	4936723			

表5.11 情境二平均缺貨數量 ANOVA

5.1.2.3 情境三之實驗結果與分析

在情境三中一開始的顧客需求以及需求變異也為穩定的狀態，但在期中需求

平均數將會增加兩倍的標準差，因此較適當的觸發目標庫存調整機制應該要馬上將目標庫存略做調整，否則容易造成過多的缺貨發生，因此在情境三主要衡量三種觸發機制優劣的基準應該為平均缺貨量。情境三的模擬結果如表 5.12 所示，我們由表中可以看到在情境三中，三種觸發目標庫存調整的方法之平均 IDD 以及平均庫存量依舊相差不大，而三種方法的平均缺貨數量則有某種程度的差異，其中方法一的平均缺貨數量為其他方法的二分之一到三分之一。下節將討論在情境三中，三種觸發目標庫存調整的方法在平均缺貨數量的表現上，是否有顯著差異。

觸發方法	平均 IDD	平均缺貨數量	平均庫存量
方法一	173604.54	1124.63	3842.36
方法二	164940.17	2118.22	3669.47
方法三	157740.61	2629.36	3480.20

表 5.12 情境三之模擬結果

■ 平均缺貨數量：

在針對情境三的平均缺貨數量進行 ANOVA 的檢定之前我們同要先檢查樣本資料的常態性、同質性以及獨立性檢定，而我們由圖 5.9 的 Normal Probability Plot 圖可以看出來，資料的分佈近似一條直線，故常態性假設成立；在同質性方面，由表 5.13 可以看出，同質性檢定的 P 值大於顯著水準，故同質性假設亦成立；在獨立性檢定方面，圖 5.10 可以看出預測值以及殘差值之相對關係無明顯的圖形相關，故獨立性的假設亦成立。在以上三種假設皆成立的狀態下，可對三種觸發目標庫存調整方法在情境三之平均缺貨數量進行 ANOVA 分析。

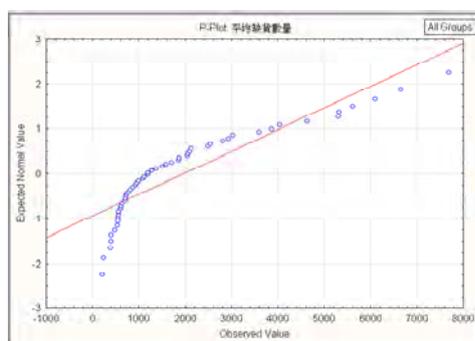


圖5.9 情境三 平均缺貨數量 P-Plot

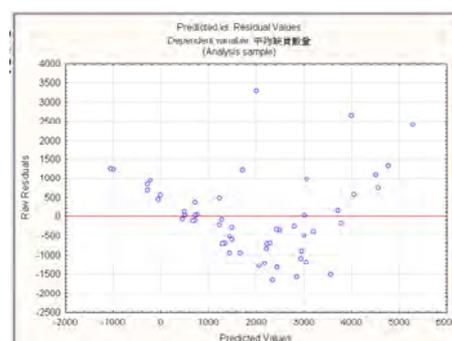


圖5.10 情境三 平均缺貨數量 獨立性檢定

Tests of Homogeneity of Variances (情境三)					
Effect: Method					
	Hartley F-max	Cochran C	Bartlett Chi-Sqr	df	p
平均缺貨數量	3.172905	0.466343	5.543861	2	0.062541

表5.13 情境三 平均缺貨數量 同質性檢定

ANOVA 檢定的結果可以由表 5.14 得知，我們可以看出來 Method 的 P 值接近於 0，表示觸發目標庫存調整的方法間有顯著的差距，因此當需求的分配會發生較大變動時，不同方法之間的平均缺貨數量有顯著差異，且由表 5.12 得知，方法一的平均缺貨數量最小，表示其在缺貨數量上得表現較佳，因此在需求平均數會發生兩倍標準差提高的情境下，使用方法一的平均缺貨數量表現會最好。

Univariate Results for Each DV (情境三)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
GENERAL Effect	Degr. of Freedom	平均缺貨數量 SS	平均缺貨數量 MS	平均缺貨數量 F	平均缺貨數量 p
Intercept	1	194607784	194607784	139.8450	0.000000
Method	2	25529830	12764915	9.1729	0.000444
變異數	1	39767541	39767541	28.5769	0.000003
P	2	45304482	22652241	16.2779	0.000005
F	2	4138821	2069410	1.4871	0.236696
Error	46	64013407	1391596		
Total	53	176813326			

表5.14 情境三平均缺貨數量 ANOVA

綜合以上結論，由實驗中我們發現，當需求的分配的狀況為穩定時，三種觸發目標庫存調整的方法在平均 IDD、平均缺貨量以及平均庫存量方面的表現都差距不大，因此當需求的分配是穩定的時候，三種方法皆有不錯的表現。當需求分配會發生變動時，不論需求分配變動的幅度是大還是小，三種方法在平均庫存量以及平均 IDD 方面依舊沒有顯著差異，但是在平均缺貨數量方面方法一明顯小於其他方法，代表方法一對於需求的變動反應較其他方法迅速，故能夠即時的針對需求的變動做出反應。因此本研究認為方法一，也就是累積侵蝕紅色區域(綠色區域)的數量大於紅色緩衝區量，則調高(降低)目標庫存量，能夠在需求變動的時候做出適當的調整，比其他觸發目標庫存調整的方法有較佳的表現。

5.2 TOC 庫存管理與改良之庫存管理之比較

本節的主要的目的證明改良後之 TOC 庫存管理模式較改良前的 TOC 庫存管理模式在各方面都有較好的績效。關於這兩種方法的比較在之前章節已經做過介紹，且因為在上一節已經結論出在觸發目標庫存調整之機制的選擇方面，選擇方法一(累積侵蝕紅色區域(綠色區域)的數量大於紅色緩衝區量，則調高(降低)目標庫存量)有較佳的表現，因此兩種方法皆使用方法一作為觸發目標庫存調整之機制。TOC 庫存管理方法與改良後之 TOC 庫存管理方法之比較表如表 5.15 所示。

	TOC 庫存管理模式	改良之 TOC 庫存管理模式
黃色緩衝區中，監控及調整目標庫存的規則	無	利用 LMI 監控及調整目標庫存
目標庫存調整量	根據比例制定(1/3)	侵蝕多少調整多少
緩衝區大小	根據比例制定 (0.33/0.67/1.00)	根據服務水準制定
觸發目標庫存調正之機制	累積侵蝕緩衝區之數量 大於紅色緩衝區則調整	累積侵蝕緩衝區之數量 大於紅色緩衝區則調整

表 5.15 改良之 TOC 存貨管理模式與改良前之差異

5.2.1 參數設定

本研究將在三種情境下比較改良後之 TOC 庫存管理模式與改良前的 TOC 庫存管理模式，三種情境分別為(1)需求變異數低的情境；(2)需求變異數高的情境；(3)需求變異數特高且需求分配左右尾不對稱的情境。

在需求變異數低的情境當中，需求分配符合常態分配，需求平均數為 1000 單位，需求變異數為 150 單位，因此當期最大可能出現 1450 單位的需求、當期最小會出現 550 單位的需求。在需求變異數高的情境當中，需求符合常態分配，需求平均數依舊為 1000 單位，但需求變異數增加為 300 單位，因此當期最大可能出現 1900 的需求，幾乎是平均需求量的兩倍，當期最小可能會出現 100 單位的需求，接近於 0。情境三為需求變異數特高且需求分配左右尾不對稱的情境，在這個情境下，需求平均數為 1000 單位，但需求變異數也增加到 1000 單位，因此當期需求最大會出現 4000 單位，但是當期最小需求為 0 單位，代表有可能當期出現 10 以下單位的需求，下一期需求突然爆增到 3000 單位以上的需求，因此此情況下的需求不符合常態分配，且需求非常不容易去預測，因為在實際的狀況下有發生過這樣分配的案例，故在這裡特別針對這種情境做模擬比較。

本次實驗其他可操縱的參數為前置時間以及補貨頻率，其中前置時間有三個水準，分別為 8 期、4 期以及 2 期，且前置時間不為固定值，是呈現常態分配的狀態，當前置時間為 8 期時其變異數為 1 期，當前置時間為 4 期或 2 期時，其變異數為 0.5 期。補貨頻率有三個水準，分別為 4 期、3 期以及 2 期補貨一次，而此三種情境的需求狀況整理如表 5.16 所示。以上所有的參數組合在每個情境內皆有 36 種參數組合，總共有 108 種參數組合，在這些狀況下每種組合將各模擬 20 次，模擬結束後將比較兩方法在(1)平均 IDD；(2)平均缺貨數量；(3)平均庫存量的表現，其中平均庫存量可以指出哪一種補貨模式可以有效的降低在庫的庫存量；平均缺貨數量可以指出面對需求的變異，哪一種補貨模式比較能避免缺貨發生；而平均 IDD 則是在同時考慮存貨的時間以及貨品價值下，何者能有較佳的

表現。

關於服務水準方面，翁立宇【10】在 2004 年的論文中提到目標庫存量的服務水準制定為 99.99%較能有效的降低庫存量以及缺貨，故本研究的期初目標庫存量也制定為 99.99%。在以上的情境下，若改良過後的 TOC 存貨管理模式皆有較優越的表現，則本研究認為改良後的存貨管理模式比原先的模式有較好的績效表現。

	變異數低之情境	變異數高之情境	變異數特高之情境
需求變異數	150 單位	300 單位	1000 單位
需求平均數	1000 單位	1000 單位	1000 單位
單期最大需求量	1450 單位	1900 單位	4000 單位
單期最小需求量	550 單位	100 單位	0 單位
前置時間	8/4/2 期	8/4/2 期	8/4/2 期
補貨頻率	4/3/2 期	4/3/2 期	4/3/2 期

表 5.16 比較 TOC 緩衝管理與改良之緩衝管理之參數設計

5.2.2 實驗結果與分析

5.2.2.1 變異數低情境之實驗結果與分析

在變異數低的情境之實驗結果如表 5.17 所示，我們可以看到改良後補貨模式的平均 IDD 較改良前為低，大約改善了 30.12%；平均庫存量降低了 23.15%，平均缺貨數量也從 2.56 單位降為 0.31 單位。所以大致上看來，改良後之補貨模式在三種指標上皆有較佳的表現，接下來要分別討論在此情境下兩補貨模式各衡量值得表現，並進行 ANOVA 檢定。

方法	平均 IDD	平均庫存量	平均缺貨數量
改良前	4913.50	252808.00	2.56
改良後	3776.12	176656.62	0.31
改善幅度	30.12%	23.15%	

表 5.17 變異數低情境之模擬結果

■ 平均 IDD：

首先要針對兩補貨模式模擬的平均 IDD 進行 ANOVA 分析，在分析之前一樣要檢查模型的假設，分別為常態性、同質性以及獨立性假設，而我們由圖 5.11 的 Normal Probability Plot 圖可以看出來，資料的分佈近似為一條直線，故常態

性假設成立；在同質性假設方面，由表 5.18 可以看出，同質性檢定的 P 值大於顯著水準，故同質性假設亦成立；在獨立性檢定方面，圖 5.12 可以看出預測值以及殘差值之相對關係無明顯的圖形相關，故獨立性的假設亦成立，因此以上三種假設皆成立的狀態下，接下來要對兩種補貨模式在變異數較低的情境下進行平均 IDD 的 ANOVA 分析。

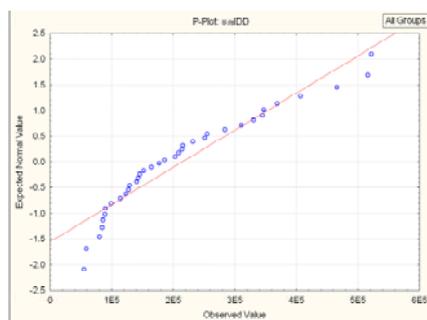


圖5.11 低變異 平均IDD P-Plot

Tests of Homogeneity of Variances (低變異)					
Effect: Method*P*F					
	Hartley F-max	Cochran C	Bartlett Chi-Sqr	df	p
平均IDD	3005.1531	0.234161	25.29963	17	0.088201

表5.18 低變異 平均IDD 同質性檢定

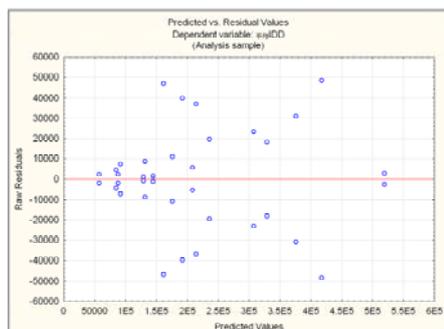


圖5.12 低變異 平均IDD 獨立性檢定

Univariate Results for Each DV (低變異)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
GENERAL Effect	Deg. of Freedom	平均IDD SS	平均IDD MS	平均IDD F	平均IDD p
Intercept	1	1.659959E+12	1.659959E+12	1485.735	0.000000
Method	1	5.219131E+10	5.219131E+10	46.713	0.000002
P	2	4.103324E+11	2.051662E+11	183.633	0.000000
F	2	7.472651E+10	3.736326E+10	33.442	0.000001
Method*P	2	6.913472E+09	3.456736E+09	3.094	0.069996
Method*F	2	5.672033E+08	2.836017E+08	0.254	0.778550
P*F	4	9.758490E+09	2.439623E+09	2.184	0.112040
Method*P*F	4	3.063962E+09	7.659906E+08	0.686	0.611153
Error	18	2.011076E+10	1.117264E+09		
Total	35	5.776641E+11			

表5.19 低變異 平均IDD ANOVA表

三大假設皆成立的情境下，兩補貨模式在低變異的情境下之平均 IDD 的 ANOVA 分析表如表 5.19 所示，我們由表中可以看出來 Method 的 P 值幾近於 0 低於顯著水準，代表方法間有顯著的差異。兩模式的平均值比較圖如圖 5.13 所示，我們由此圖可以看出來在各種參數組合所組的情境下，改良後之 TOC 補貨模式 (Method 2) 在平均 IDD 的表現上皆優於改良前的補貨模式，因此我們可以推論出在需求變異數較低的情境下，改良後的補貨模式會有較佳的 IDD 表現。

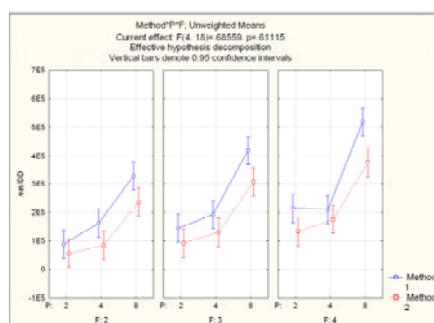


圖5.13 低變異 平均IDD 平均值比較表

■ 平均庫存量：

在針對兩補貨模式模擬的平均庫存量進行 ANOVA 分析之前，一樣要檢查模型的假設，分別為常態性、同質性以及獨立性假設，而我們由圖 5.14 的 Normal Probability Plot 圖可以看出來，資料的分佈近似為一條直線，故常態性假設成立；在同質性假設方面，由表 5.20 可以看出，同質性檢定的 P 值大於顯著水準，故同質性假設亦成立；在獨立性檢定方面，圖 5.15 可以看出預測值以及殘差值之相對關係無明顯的圖形相關，故獨立性的假設亦成立。在以上三種假設皆成立的狀態下，接下來要對兩種補貨模式在變異數較低的情境下之平均庫存量進行 ANOVA 分析。

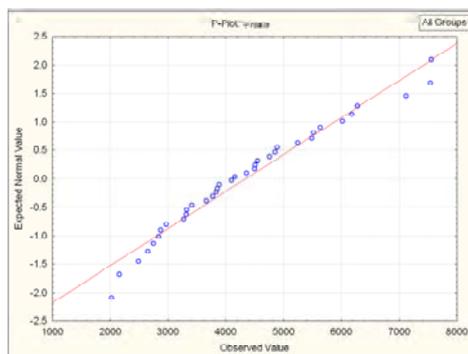


圖5.14 低變異 平均庫存量 P-Plot

Tests of Homogeneity of Variances (低變異)						
Effect	Method	F-max	Cochran C	Bartlett Chi-Sqr.	df	p
平均庫存		5423.198	0.252538	21.99125	17	0.185056

表5.20 低變異 平均庫存量 同質性檢定

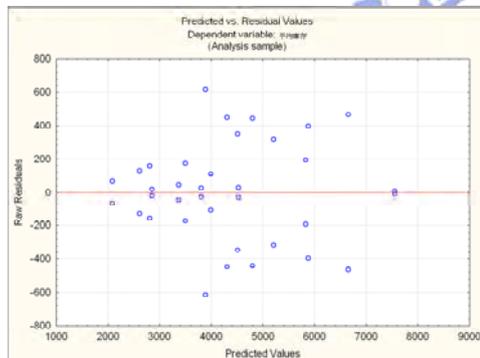


圖5.15 低變異 平均庫存量 獨立性檢定

Univariate Results for Each DV (低變異)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
GENERAL Effect	Degr. of Freedom	平均庫存 SS	平均庫存 MS	平均庫存 F	平均庫存 p
Intercept	1	679684034	679684034	4073.113	0.000000
Method	1	11642687	11642687	69.781	0.000000
P	2	47074055	23537028	141.070	0.000000
F	2	11939094	5969547	35.779	0.000001
Method*P	2	540252	270126	1.619	0.225645
Method*F	2	4340	2170	0.013	0.987089
P*F	4	520874	130219	0.780	0.552406
Method*P*F	4	480913	120228	0.721	0.589007
Error	18	3003234	166846		
Total	35	75205449			

表5.21 低變異 平均庫存量 ANOVA表

三大假設皆成立的情境下，兩補貨模式在低變異的情境下之平均庫存量的 ANOVA 分析表如表 4.21 所示，我們由表中可以看出來各方法間有顯著的差異，且兩模式的平均值比較圖如圖 4.16 所示，我們由此圖可以看出來在各種前置時間以及補貨頻率的組合下，改良後之 TOC 補貨模式(Method 2)在平均庫存量的表現上皆優於改良前的補貨模式，因此我們可以推論出在需求變異數較低的情境下，改良後的補貨模式能夠有效的降低平均庫存量。

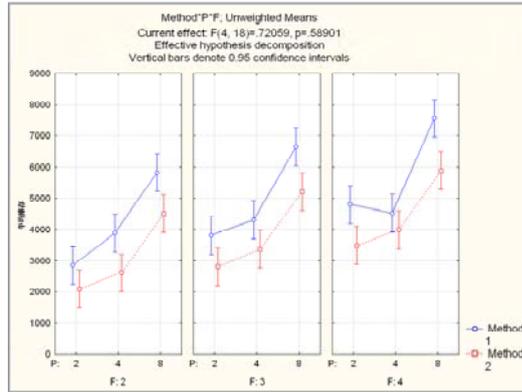


圖5.16 低變異 平均庫存量 平均值比較表

■ 平均缺貨量：

在進行兩補貨模式模擬的平均缺貨量的 ANOVA 分析之前，一樣要檢查模型的常態性、同質性以及獨立性假設，首先看圖 5.17 的 Normal Probability Plot，我們可以發現圖上的點數很少，這是因為兩種補貨模式的缺貨量大部分都為 0，因此大部分的點都集中在 0 那一點，但是還是可以由此圖看出來圖中的點還是近似一直線，故常態性假設成立；在同質性假設方面，由表 5.22 可以看出，同質性檢定的 P 值大於顯著水準，故同質性假設亦成立；在獨立性檢定方面，因為兩補貨模式的缺貨量大部分都為 0，因此圖 5.18 上的殘差值也大都集中在 0 那一點上，因此雖然由預測值以及殘差值之相對關係看起來圖形似乎有外擴的趨勢，但這主要的原因是因為大部分的缺貨量都集中在 0 那一點所導致，因此我們依舊認為獨立性假設亦成立。在以上三種假設皆成立的狀態下，接下來要對兩種補貨模式在變異數較低的情境下的平均缺貨量進行 ANOVA 分析。

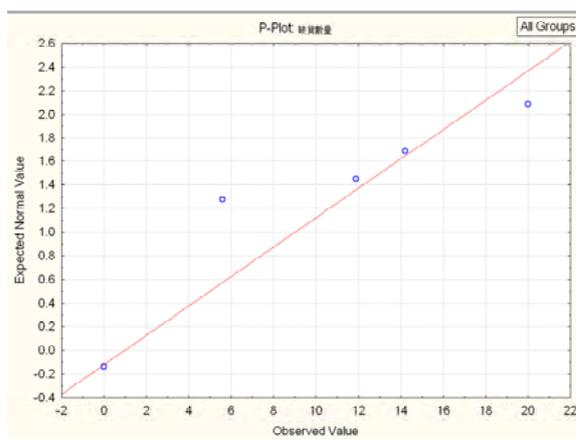


圖5.17 低變異 平均缺貨量 P-Plot

Tests of Homogeneity of Variances (低變異)					
Effect: Method*P*F					
	Hartley F-max	Cochran C	Bartlett Chi-Sqr	df	p
缺貨數量	10.516389	-3.28137	3	1.000000	

表5.22 低變異 平均缺貨量 同質性檢定

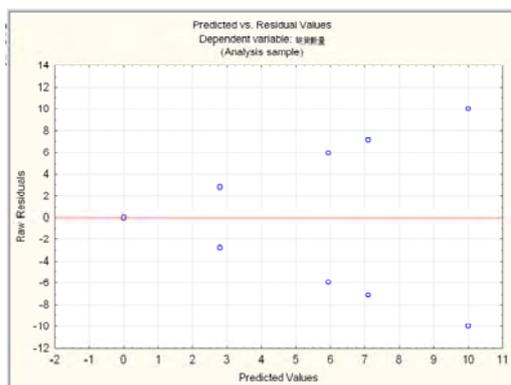


圖5.18 低變異 平均缺貨量 獨立性檢定

Univariate Results for Each DV (低變異)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
GENERAL Effect	Degr. of Freedom	缺貨數量 SS	缺貨數量 MS	缺貨數量 F	缺貨數量 p
Intercept	1	74.2469	74.24694	3.450627	0.079665
Method	1	45.5625	45.56250	2.117517	0.162841
P	2	69.5572	34.77861	1.616336	0.226157
F	2	37.1339	18.56694	0.862699	0.438674
Method*P	2	34.4017	17.20083	0.799409	0.464926
Method*F	2	28.4850	14.24250	0.661920	0.527973
P*F	4	68.7144	17.17861	0.798376	0.541789
Method*P*F	4	29.2033	7.30083	0.339306	0.847866
Error	18	387.3050	21.51694		
Total	35	700.3631			

表5.23 低變異 平均缺貨量 ANOVA表

三大假設皆成立的情境下，兩補貨模式在低變異的情境下之平均庫存量的ANOVA分析表如表5.23所示，而如預期所示，兩種方法間沒有顯著的差異，這是因為TOC的補貨模式本來就為一個比較保守的補貨模式，不容易發生缺貨的情形。因此由以上模擬結果我們可以看出來改良後的TOC補貨模式還是可以像改良前一樣，有效的保護庫存，避免缺貨的發生。

綜合以上三種指標的比較，我們可以看出來，在變異數較低的情境下，改良後的TOC補貨模式較改良前更可以有效的降低在庫庫存量，同時也可以避免因為庫存量的降低而造成缺貨的發生，而在平均IDD的表現上，改良後的補貨模式亦有較佳的表現，因此本研究認為在低變異的情境下，改良後的TOC補貨模式明顯比改良前可以有較佳的績效表現。

5.2.2.2 變異數高情境之實驗結果與分析

在變異數高情境之實驗結果如表5.24所示，我們可以看到改良後補貨模式的平均IDD較改良前為低，大約改善了20.39%；平均庫存量降低了15.46%；在平均缺貨數量方面，因為TOC的補貨模式本身就是一個能有效保護庫存的補貨模式，因此改良前及改良後的模擬中都沒有發生較嚴重的缺貨，改良前平均的缺貨數量為3.67單位，改良後的平均缺貨數量為0，兩個補貨模式的缺貨數量皆很小，都有不錯的表現。大致上看來，改良後之補貨模式在平均IDD以及平均庫存量上有較佳的表現，接下來要分別討論在此情境下兩補貨模式在這三個衡量指標上的表現，並進行ANOVA檢定。

方法	平均IDD	平均庫存量	平均缺貨數量
改良前	360068.64	6086.43	3.67
改良後	286656.44	5145.44	0.00
改善幅度	20.39%	15.46%	

表5.24 變異數高情境之模擬結果

■ 平均 IDD：

首先要針對兩補貨模式在變異數高的情境下之模擬的平均 IDD 進行 ANOVA 分析，在分析之前一樣要檢查模型的假設，分別為常態性、同質性以及獨立性假設。由圖 5.19 的 Normal Probability Plot 圖可以看出來，資料的分佈近似為一條直線，故常態性假設成立；在同質性假設方面，由表 5.25 可以看出，同質性檢定的 P 值大於顯著水準，故同質性假設亦成立；在獨立性檢定方面，圖 5.20 可以看出預測值以及殘差值之相對關係無明顯的圖形相關，故獨立性的假設亦成立。在以上三種假設皆成立的狀態下，接下來要對兩種補貨模式在變異數較高的情境下之平均 IDD 進行 ANOVA 分析。

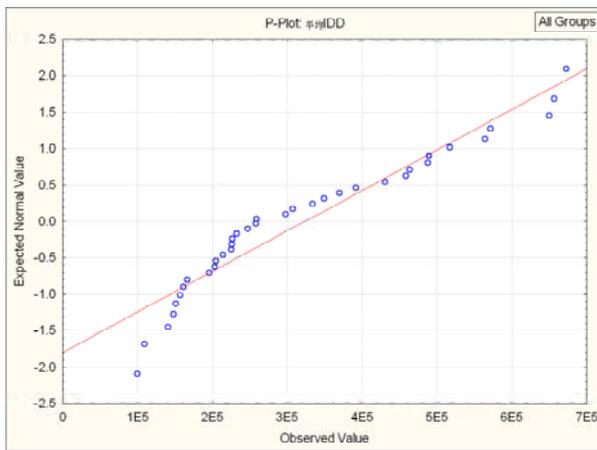


圖5.19 高變異 平均IDD P-Plot

Tests of Homogeneity of Variances (高變異)				
Effect: Method*P*F				
	Hartley F-max	Cochran C	Bartlett Chi-Sqr.	p
平均IDD	1872.5217	0.469245	21.43295	17 0.207521

表5.25 高變異 平均IDD 同質性檢定

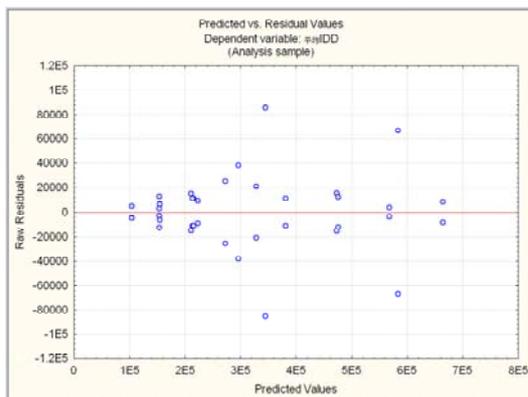


圖5.20 高變異 平均IDD 獨立性檢定

Univariate Results for Each DV (高變異)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
GENERAL Effect	Degr. of Freedom	平均IDD SS	平均IDD MS	平均IDD F	平均IDD p
Intercept	1	3.764260E+12	3.764260E+12	2158.613	0.000000
Method	1	4.850415E+10	4.850415E+10	27.815	0.000052
P	2	7.444087E+11	3.722044E+11	213.439	0.000000
F	2	1.486240E+11	7.431200E+10	42.614	0.000000
Method*P	2	2.037124E+09	1.018562E+09	0.584	0.567838
Method*F	2	2.814581E+08	1.407291E+08	0.081	0.922802
P*F	4	5.878085E+09	1.469521E+09	0.857	0.508111
Method*P*F	4	4.551227E+09	1.137807E+09	0.654	0.631656
Error	18	3.138916E+10	1.743842E+09		
Total	35	9.857839E+11			

表5.26 高變異 平均IDD ANOVA表

在三大假設皆成立的情境下，兩補貨模式在高變異的情境下之平均 IDD 的 ANOVA 分析表如表 5.26 所示，我們由表中可以看出來 P 值接近於 0，代表在高變異的情境下，兩方法間有顯著的差異，且兩模式的平均值比較圖如圖 5.21 所示，我們由此圖可以看出來不管前置時間與補貨頻率怎麼變動，改良後之 TOC 補貨模

式(Method 2)在平均 IDD 的表現上皆優於改良前的補貨模式。因此我們可以推論出在需求變異數較高的情境下，改良後的補貨模式會有較佳的 IDD 表現。

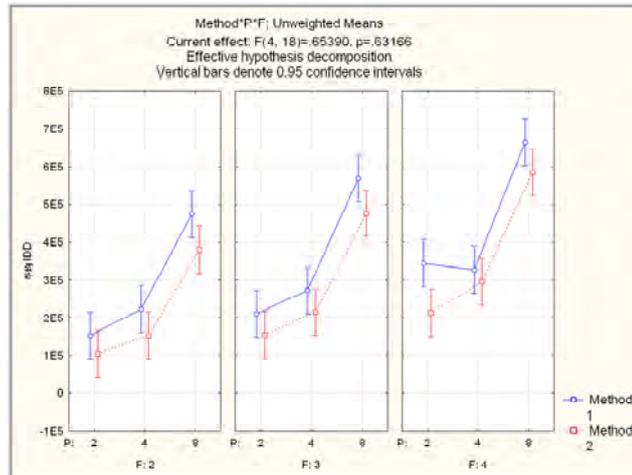


圖5.21 高變異 平均IDD 平均值比較表

■ 平均庫存量：

在針對兩補貨模式在高變異的情形下模擬之平均庫存量進行 ANOVA 分析之前，一樣要檢查模型的假設，分別為常態性、同質性以及獨立性，而我們由圖 5.22 的 Normal Probability Plot 圖可以看出來，資料的分佈近似為一條直線，故常態性假設成立；在同質性假設方面，由表 5.27 可以看出，同質性檢定的 P 值大於顯著水準，故同質性假設亦成立；在獨立性檢定方面，圖 5.23 可以看出預測值以及殘差值之相對關係無明顯的圖形相關，故獨立性的假設亦成立。在以上三種假設皆成立的狀態下，接下來要對兩種補貨模式在變異數較高的情境下，對兩補貨模式的平均庫存量進行 ANOVA 分析。

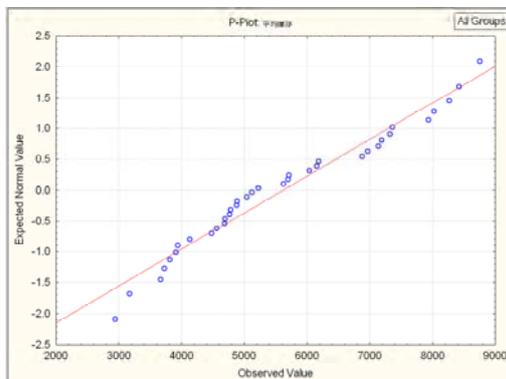


圖5.22 高變異 平均庫存量 P-Plot

Tests of Homogeneity of Variances (高變異)					
Effect: Method*P*F					
	Hartley F-max	Cochran C	Bartlett Chi-Sqr	df	p
平均庫存	351.0084	0.553736	17.31997	17	0.432900

表5.27 高變異 平均庫存量 同質性檢定

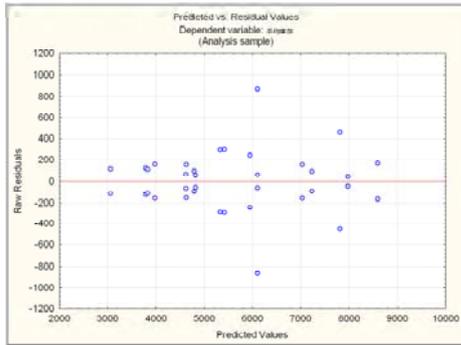


圖5.23 高變異 平均庫存量 獨立性檢定

Univariate Results for Each DV (高變異)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
GENERAL Effect	Degr. of Freedom	平均庫存 SS	平均庫存 MS	平均庫存 F	平均庫存 p
Intercept	1	1.135393E+09	1.135393E+09	7473.288	0.000000
Method	1	7.969217E+06	7.969217E+06	52.454	0.000001
P	2	6.316570E+07	3.158285E+07	207.882	0.000000
F	2	1.520813E+07	7.604063E+06	50.051	0.000000
Method*P	2	2.155133E+05	1.077567E+05	0.709	0.505248
Method*F	2	2.905623E+04	1.452812E+04	0.096	0.909263
P*F	4	2.632573E+05	6.581432E+04	0.433	0.782862
Method*P*F	4	3.284723E+05	8.211807E+04	0.541	0.707989
Error	18	2.734683E+06	1.519268E+05		
Total	35	8.991403E+07			

表5.28 高變異 平均庫存量 ANOVA表

三大假設皆成立的情境下，兩補貨模式在高變異的情境下之平均庫存量的ANOVA分析表如表5.28所示，表中Method的P值近似於0，明顯小於顯著水準，故各方法間有顯著的差異。兩模式的平均值比較圖如圖5.24，我們由此圖可以看出來在各種前置時間以及補貨頻率的組合下，改良後之TOC補貨模式(Method 2)在平均庫存量的表現上皆優於改良前的補貨模式，因此我們可以推論出在需求變異數較高情境下，改良後的補貨模式能夠有效的降低平均庫存量。

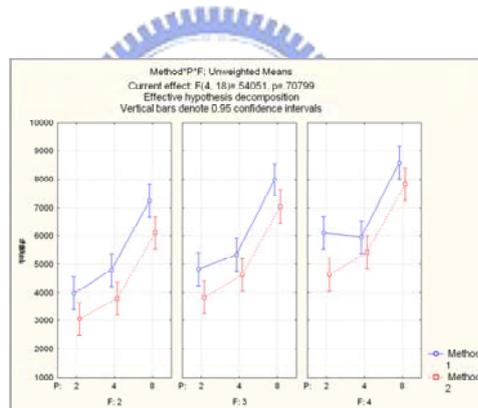


圖5.24 高變異 平均庫存量 平均值比較表

■ 平均缺貨量：

在進行兩補貨模式模擬的平均缺貨量的ANOVA分析之前，一樣要檢查模型的常態性、同質性以及獨立性假設，首先先看圖5.25的Normal Probability Plot，我們可以發現圖上只有兩點，這是因為兩種補貨模式的缺貨量大部分都為0，因此大部分的點都集中在0那一點，但是還是可以由此圖看出來圖中的點還是近似一直線，故常態性假設成立；在同質性假設方面，由表5.29可以看出，同質性檢定的P值大於顯著水準，故同質性假設亦成立；在獨立性檢定方面，因為兩補貨模式的缺貨量大部分都為0，使得大部分的缺貨量都集中在0那一點，因此圖5.26上的殘差值圖上只有三點，但我們依舊認為獨立性假設亦成立。因此以上三種假設皆成立的狀態下，接下來要對兩種補貨模式在變異數較低的情境下的平

均缺貨量進行 ANOVA 分析。

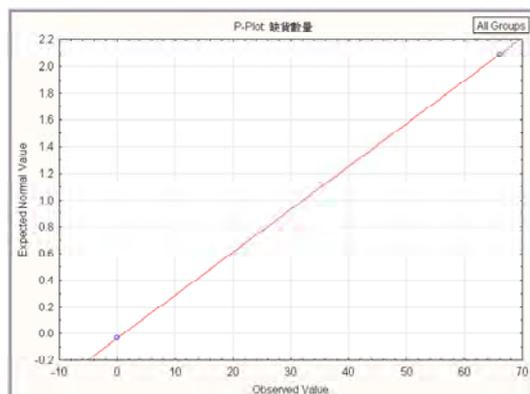


圖5.25 高變異 平均缺貨量 P-Plot

Tests of Homogeneity of Variances (高變異)				
Effect: Method*P*F				
Hartley	Cochran	Bartlett	df	p
F-max	C	Chi-Sqr		
缺貨數量	1.000000		0	

表5.29 高變異 平均庫存量 同質性檢定

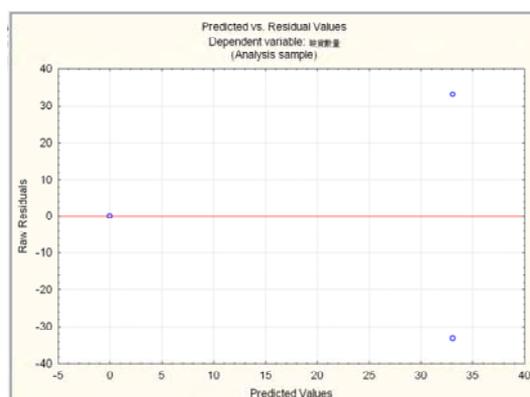


圖5.26 高變異 平均缺貨量 獨立性檢定

Univariate Results for Each DV (高變異)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
GENERAL Effect	Degr. of Freedom	缺貨數量 SS	缺貨數量 MS	缺貨數量 F	缺貨數量 p
Intercept	1	121.336	121.3357	1.000000	0.330565
Method	1	121.336	121.3357	1.000000	0.330565
P	2	242.671	121.3357	1.000000	0.367420
F	2	242.671	121.3357	1.000000	0.367420
Method*P	2	242.671	121.3357	1.000000	0.367420
Method*F	2	242.671	121.3357	1.000000	0.367420
P*F	4	485.343	121.3357	1.000000	0.433165
Method*P*F	4	485.343	121.3357	1.000000	0.433165
Error	18	2184.043	121.3357		
Total	35	4246.751			

表5.30 高變異 平均缺貨量 ANOVA表

三大假設皆成立的情境下，兩補貨模式在低變異的情境下之平均庫存量的 ANOVA 分析表如表 5.30 所示。如預期所示，兩種方法間沒有顯著的差異，這原因同樣是因為 TOC 的補貨模式本來為一個比較保守的補貨模式，不容易發生缺貨的情形，因此我們可以看出來改良後的 TOC 補貨模式還是可以像改良前一樣，可以有效的保護庫存，避免缺貨的發生。

綜合以上結論，我們可以發現在變異數較高的情境下，雖然改良前和改良後的 TOC 補貨模式在缺貨量皆有不錯的表現，但在平均庫存量以及平均 IDD 上，改良後的補貨模式有較好的表現，代表在變異數較高的情境下，改良後的 TOC 補貨模式可以確實降低庫存量，連帶的使 IDD 較低。因此本研究認為在高變異的情境下，改良後的 TOC 補貨模式明顯比改良前可以有較好的績效表現。

5.2.2.3 變異數特高情境之實驗結果與分析

在需求變異數特高且需求分配左右尾不對稱的情境下，需求平均數為 1000

單位，但需求變異數也為 1000 單位，因此當期需求最大會出現 4000 單位，但是當期最小需求為 0 單位，故前後幾期的需求狀況變異數會相當的大，因此在這樣的情境下非常難以估計需求，故特別在這種情境下比較改良前以及改良後之 TOC 補貨模式。若在此情境下改良後之 TOC 補貨模式還是可以有較佳的表現，則大致上可以推論此改良後的模式在大部分情境都可以有較佳的表現。

在變異數特高的情境之實驗結果如表 5.31 所示，我們可以看到改良後補貨模式的平均 IDD 較改良前為低，大約改善了 17.59%；平均庫存量降低了 10.69%，而改良前的補貨模式平均會有 368.48 單位的缺貨，改良後的補貨模式平均缺貨數量下降為 0 單位。大致上看來，改良後之補貨模式在三種指標上皆有較佳的表現，接下來要分別討論在此情境下兩補貨模式在各衡量值得表現，並進行 ANOVA 檢定。

方法	平均 IDD	平均庫存量	平均缺貨數量
改良前	944420.78	11407.12	368.48
改良後	778297.51	10187.34	0.00
改善幅度	17.59%	10.69%	

表 5.31 變異數特高情境之模擬結果

■ 平均 IDD：

首先要針對兩補貨模式在變異數特高的情境下模擬的平均 IDD 進行 ANOVA 分析，在模型的假設檢定方面，我們由圖 5.27 的 Normal Probability Plot 圖可以看出來，資料的分佈近似為一條直線，故常態性假設成立；在同質性假設方面，由表 5.32 可以看出，同質性檢定的 P 值大於顯著水準，故同質性假設亦成立；在獨立性檢定方面，圖 5.28 可以看出預測值以及殘差值之相對關係無明顯的圖形相關，故獨立性的假設亦成立。在以上三種假設皆成立的狀態下，接下來要對兩種補貨模式在變異數較特高的情境下平均 IDD 進行 ANOVA 分析。

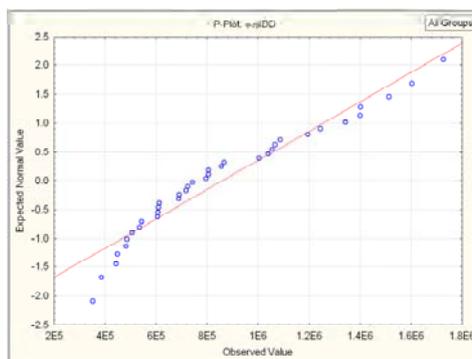


圖5.27 特高變異 平均IDD P-Plot

Tests of Homogeneity of Variances (特殊變異)				
Effect: Method*P*F				
Hartley F-max	Cochran C	Bartlett Chi-Sqr	df	p
1694721	0.233736	20.50215	17	0.249353

表5.32 特高變異 平均IDD 同質性檢定

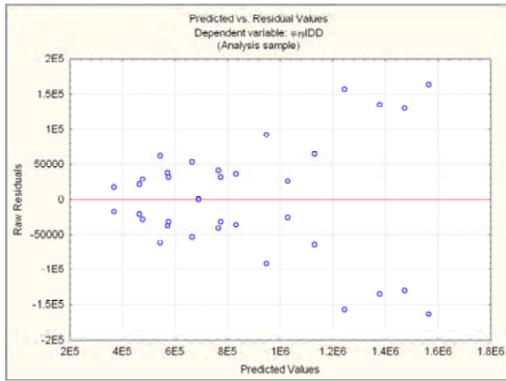


圖5.28 特高變異 平均IDD 獨立性檢定

Univariate Results for Each DV (特殊變異)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
GENERAL Effect	Degr. of Freedom	平均IDD SS	平均IDD MS	平均IDD F	平均IDD p
Intercept	1	2.670982E+13	2.670982E+13	2104.169	0.000000
Method	1	2.483724E+11	2.483724E+11	19.566	0.000328
P	2	3.768039E+12	1.884020E+12	148.421	0.000000
F	2	5.026425E+11	2.513213E+11	19.799	0.000028
Method*P	2	3.003407E+10	1.501704E+10	1.183	0.329072
Method*F	2	1.073397E+09	5.366987E+08	0.042	0.958696
P*F	4	8.258728E+09	2.064682E+09	0.163	0.954545
Method*P*F	4	2.110118E+10	5.275294E+09	0.416	0.795191
Error	18	2.284878E+11	1.269377E+10		
Total	35	4.808010E+12			

表5.33 特高變異 平均IDD ANOVA表

在三大假設皆成立的情境下，兩補貨模式在特高變異的情境下之平均 IDD 的 ANOVA 分析表如表 5.33 所示，我們由表中可以看出來 Method 的 P 值接近於 0，代表在特高變異的情境下，兩方法間有顯著的差異。兩模式的平均值比較圖如圖 5.29 所示，我們由此圖可以看出來改良後之 TOC 補貨模式(Method 2)在各種參數組合的情境下，在平均 IDD 的表現上皆優於改良前的補貨模式，因此我們可以推論出在需求變異數較特高的情境下，改良後的補貨模式會有較佳的 IDD 表現。

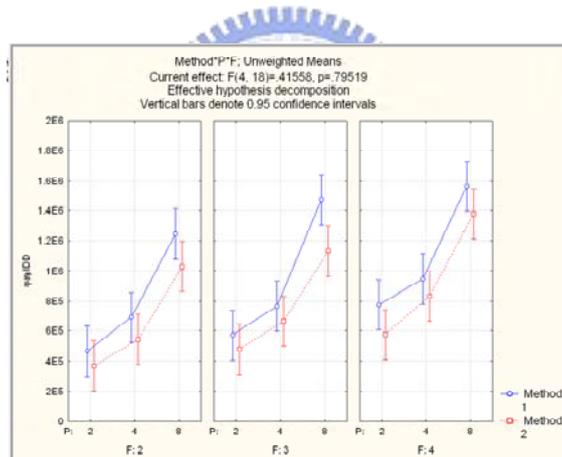


圖5.29 特高變異 平均IDD 平均值比較表

■ 平均庫存量：

在針對兩補貨模式在特高變異的情形下模擬之平均庫存量進行 ANOVA 分析之前，一樣要檢查模型的假設，而我們由圖 5.30 的 Normal Probability Plot 圖可以看出來，資料的分佈近似為一條直線，故常態性假設成立；在同質性假設方面，由表 5.34 可以看出，同質性檢定的 P 值大於顯著水準，故同質性假設亦成立；在獨立性檢定方面，圖 5.31 可以看出預測值以及殘差值之相對關係無明顯的圖形相關，故獨立性的假設亦成立。在以上三種假設皆成立的狀態下，接下來要對兩種補貨模式在變異數較特高的情境下，對兩補貨模式模擬出的平均庫存量進行 ANOVA 分析。

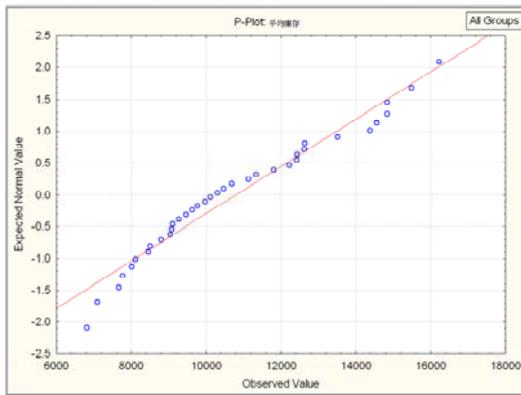


圖5.30 特高變異 平均庫存量 P-Plot

Tests of Homogeneity of Variances (特殊變異)					
Effect: Method*P*F					
	Hartley F-max	Cochran C	Bartlett Chi-Sqr	df	p
平均庫存量	88.75336	0.335364	8.944768	17	0.941978

表5.34 特高變異 平均庫存量 同質性檢定

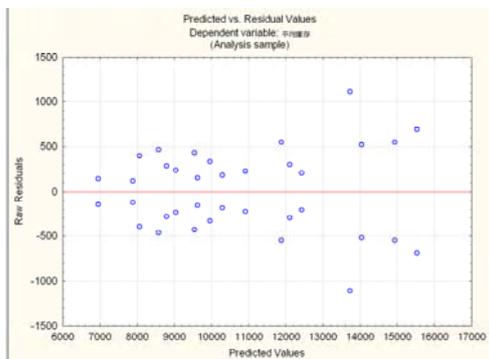


圖5.31 特高變異 平均庫存量 獨立性檢定

Univariate Results for Each DV (特殊變異)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
GENERAL Effect	Degr. of Freedom	平均庫存量 SS	平均庫存量 MS	平均庫存量 F	平均庫存量 p
Intercept	1	4.196888E+09	4.196888E+09	10310.24	0.000000
Method	1	1.339089E+07	1.339089E+07	32.90	0.000019
P	2	1.793740E+08	8.968698E+07	220.33	0.000000
F	2	2.625425E+07	1.312712E+07	32.25	0.000001
Method*P	2	1.925270E+06	9.626349E+05	2.36	0.122493
Method*F	2	5.959650E+04	2.979825E+04	0.07	0.929687
P*F	4	3.038477E+05	7.596192E+04	0.19	0.942318
Method*P*F	4	6.141239E+05	1.535310E+05	0.38	0.821918
Error	18	7.327082E+06	4.070601E+05		
Total	35	2.292490E+08			

表5.35 特高變異 平均庫存量 ANOVA表

三大假設皆成立的情境下，兩補貨模式在特高變異的情境下之平均庫存量的ANOVA分析表如表 5.35 所示，表中 Method 的 P 值近似於 0，表示補貨模式之間有顯著的差異。兩模式的平均值比較圖如圖 4.32，我們由此圖可以看出來在各種前置時間以及補貨頻率的組合下，改良後之 TOC 補貨模式(Method 2)在平均庫存量的表現上皆優於改良前的補貨模式，因此我們可以推論出在需求變異數特高情境下，改良後的補貨模式能夠有效的降低平均庫存量。

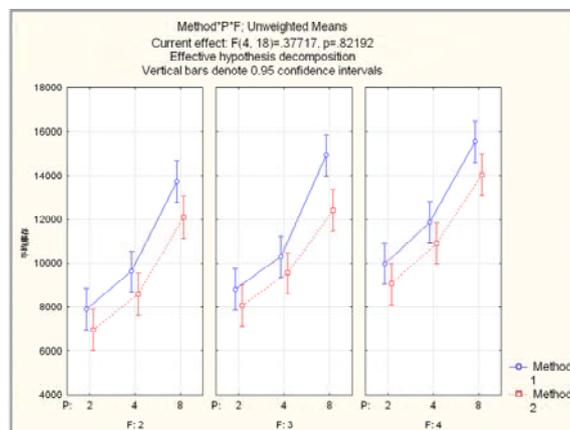


圖5.32 特高變異 平均庫存量 平均值比較表

■ 平均缺貨量：

在進行兩補貨模式模擬的平均缺貨量的 ANOVA 分析之前，一樣要檢查模型的假設，而我們由圖 5.33 的 Normal Probability Plot 圖可以看出來，資料的分佈近似為一條直線，故常態性假設成立；在同質性假設方面，由表 5.37 可以看出，同質性檢定的 P 值大於顯著水準，故同質性假設亦成立；在獨立性假設方面，因為兩補貨模式的缺貨量大部分都為 0，因此圖 5.34 上的殘差值很多集中在 0 那點上，因此雖然由預測值以及殘差值之相對關係看起來圖形似乎有外擴的趨勢，但這主要的原因是因為大部分的缺貨量都集中在 0 那一點所導致，因此我們依舊認為獨立性假設亦成立。因此以上三種假設皆成立的狀態下，接下來要對兩種補貨模式在變異數較低的情境下的平均缺貨量進行 ANOVA 分析。

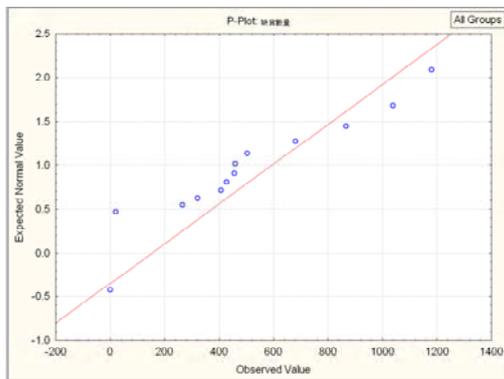


圖5.33 特高變異 平均缺貨量 P-Plot

Tests of Homogeneity of Variances (特殊變異)				
Effect: Method*P*F				
Hartley	Cochran	Bartlett	df	p
F-max	C	Chi-Sqr.		
缺貨數量	0.498696	3.106641	6	0.795348

表5.36 特高變異 平均庫存量 同質性檢定

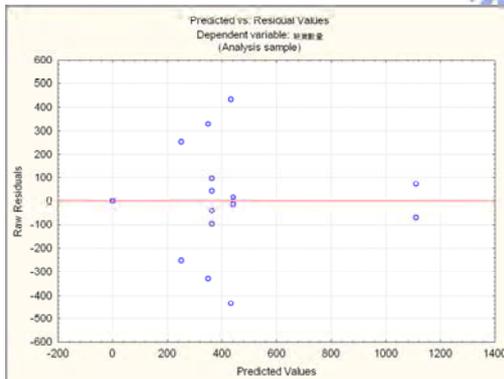


圖5.34 特高變異 平均缺貨量 獨立性檢定

Univariate Results for Each DV (特殊變異)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
GENERAL Effect	Degr. of Freedom	缺貨數量 SS	缺貨數量 MS	缺貨數量 F	缺貨數量 p
Intercept	1	1222007	1222007	29.23730	0.000039
Method	1	1222007	1222007	29.23730	0.000039
P	2	313808	156904	3.75403	0.043387
F	2	326433	163217	3.90506	0.039025
Method*P	2	313808	156904	3.75403	0.043387
Method*F	2	326433	163217	3.90506	0.039025
P*F	4	205291	51323	1.22793	0.333973
Method*P*F	4	205291	51323	1.22793	0.333973
Error	18	752331	41796		
Total	35	3665403			

表5.37 特高變異 平均缺貨量 ANOVA表

三大假設皆成立的情境下，兩補貨模式在低變異的情境下之平均庫存量的 ANOVA 分析表如表 5.38 所示，我們由表中可以看出來 Method 的 P 值接近於 0，代表缺貨在此情境下的缺貨數量上，兩補貨模式有顯著差異。由圖 5.35 的平均值比較表可以看出，改良後的 TOC 補貨法則在所有情況下的缺貨數都為 0，且明顯比改良前還低。故改良後的 TOC 補貨模式在這種特殊變異的情境下，依舊可以保持很低的缺貨數量。

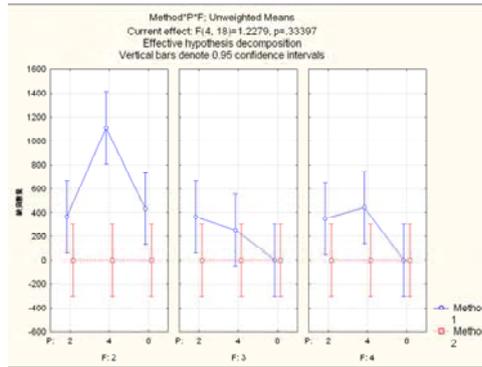


圖5.35 特高變異 平均缺貨量平均值比較表

綜合以上三種指標的比較，我們可以看出來，在變異數特高，且需求不確定的情境下，改良後的 TOC 補貨模式可以有效的降低在庫庫存量，同時也可以避免因為庫存量的降低而造成缺貨的發生，而在平均 IDD 的表現上，改良後的補貨模式亦有較佳的表現。因此本研究認為在此種情境下，改良後的 TOC 補貨模式明顯比改良前可以有較好的績效表現。

5.2.3 綜合分析

改良後的 TOC 補貨模式較改良前補貨模式對平均庫存量以及平均 IDD 改善的百分比如表 5.38 所示。我們可以看到在低變異的情境下，平均 IDD 可以改善 30.12%，而平均庫存量可以改善 23.15%，而隨著變異數的升高，平均 IDD 的改善降為 17.59%，而平均庫存量的改善降為 10.69%，明顯的隨著變異數的增加，改良後的庫存管理模式改善的幅度也降低。這主要的原因是因為變異數高的情境下，需要較高的安全庫存量，使得 LMI 值也增加，因此改善的幅度也降低；此外在變異數較高的情境下，期末庫存的水準也要不容易連續的存在於 LMI 之上觸發目標庫存調降，因此也對庫存的降低造成某些影響。不過總體來看，改良後的存貨管理模式可以比改良前改進 20.27%，而平均在庫庫存量可以降低 14.72%，皆是非常顯著的成果，因此本研究認為改良後的 TOC 存貨管理模式明顯比改良前在庫存的控制上有較佳的表現。

	平均 IDD	平均庫存量
低變異	30.12%	23.15%
高變異	20.39%	15.46%
特高變異	17.59%	10.69%
所有情境	20.27%	14.72%

表 5.38 各指標的改善百分比

綜合以上情境的模擬，可以發現改良後的 TOC 緩衝管理補貨模式在平均 IDD、平均庫存量上得表現都顯著的比改良前的補貨模式為佳。這主要的原因要歸功於改良後的補貨模式在黃色緩衝區中也持續的監控以及調整目標庫存，如此一來可以將目標庫存量之水準制定得更為適當，且可以避免因為假性需求發生使得庫存一直維持在高水準的情形。另外一個主要的原因是侵蝕多少就調整多少目標庫存的觀念，如此一來，目標庫存量就不會過度的調整造成庫存過高或是過度調降造成缺貨，而且當假性需求發生時，使改善也不容易調整過多的庫存量。透過以上的兩個主要改善，成功的降低系統中的庫存量並且減少 IDD 值，但在降低庫存量的同時，改良後的 TOC 庫存管理模式並沒有造成缺貨的發生，相反地，缺貨的數量整理來說還比改良前的補貨模式來的少，這代表新的紅色緩衝區同樣發揮了其保護庫存的作用，避免缺貨的發生。綜合以上推論以及模擬結果，本研究認為改良後的 TOC 存貨管理模式明顯比改良前在庫存的控制上有較佳的表現。



5.1 結論

企業利用 TOC 緩衝管理存貨管理模式來管理庫存時，常常會遇到一個不良現況，就是期末庫存量常常因為假性需求等原因長時間存在於黃色偏綠色緩衝區之處，導致在庫庫存量與實際的需求情況相比，常有過高的問題。實際探討其原因後發現，此不良現況最主要是因為四個緩衝管理補貨模式上的制定所導致，分別為(1)在黃色緩衝區中，無監控以及調整目標庫存之規則存在；(2)目標庫存欲調整時，用比例來決定目標庫存調整量；(3)各緩衝區大小依照目標庫存量的比例制定；(4)無明確觸發目標庫存調整之機制。

為解決以上問題，本研究將上述所制定的規則分別改變為：(1)在黃色緩衝區中，利用 LMI 來監控以及調整目標庫存使之維持在適當的水準；(2)目標庫存欲調整時，依照侵蝕的多寡，來決定目標庫存的調整量；(3)各緩衝區大小依照管理者所期望之服務水準以及補貨系統的狀況來制定；(4)比較不同的觸發目標庫存調整之機制，並找出其中最佳的機制，如此一來，希望以上的改變可以降低庫存系統裡之庫存量，同時避免缺貨的發生以及降低 IDD 值。

而根據以上的規則所制定的補貨模式稱之為改良之 TOC 存貨管理模式，且在數個情境中，逐一比較改良之 TOC 存貨管理模式與改良前之 TOC 庫存管理模式之差異。實驗結果發現改良之 TOC 存貨管理模式不管在什麼情境，皆可以有效降低庫存量，同時繼續避免缺貨的發生，而且也連帶的降低 IDD 值。因此本研究結果顯示，利用改良之 TOC 存貨管理模式，可以比改良前的 TOC 存貨管理模式在各個指標上都有更好的績效表現。

5.2 未來研究方向

本研究之模型是建構在單一的庫存機構之下，沒有考慮更多層的供應鍊單位間存貨的管理，因此建議未來可將本報告設計之模型擴大，增加上下游的供需單位以及中央倉庫，對整條供應鍊進行 Demand-Pull 以及緩衝管理的改善，並了解當這些模式運作在多階層供應鍊的補貨單位上時，會遭遇到什麼樣的問題，並針對這些問題做如何去改善的探討研究；此外，本研究所建構模型之需求假設符合常態分配，雖然有設計一個不為常態且難以預測需求之情境來做模擬，但主要參數的設定還是以常態分配為基礎，因此在面對其他需求分配時，此模型的可用性尚有待驗證。

參考文獻

- 【1】 Eliyahu M, Goldratt, *Theory of Constraints*, 2002.
- 【2】 Eliyahu M. Goldratt & Jeff Cox (2004), *The Goal – A Process of Ongoing Improvement*, The North River Press Publishing Corporation.
- 【3】 Eliyahu M. Goldratt (1994), *It's Not Luck*, The North River Press Publishing Corporation.
- 【4】 Lummus, R.R. and ALber, K.L., (1997), *Supply Chain Management: Balancing the Supply Chain with Customer Demand*, The Educational and Resource Foundation of APICS, falls Church, VA
- 【5】 Avraham Y. Goldratt Institute (2002), AGI Goldratt institute.
- 【6】 Yuan, K. J, Chang, S. H., LI R. K. (2003), “Enhancement of Theory of Constraints Replenishment using a novel generic buffer management procedure ” , *International Journal of Production research*, 2003, Vol 41, No. 4, 725-740.
- 【7】 Dr. Eliyahu M. Goldratt and Avraham (Rami), *TOC Insights*, 2003.
- 【8】 Chase, Richard B. & Aquilano, Nicholas J. & Jacobs, F. Robert (2006), *Operations Management for Competitive Advantage*, the McGraw-Hill Companies.
- 【9】 元國榮，強化限制理論Demand Pull 補貨模式之研究，2004。
- 【10】 翁立宇，限制理論應用在配銷管理之實證研究，2004。
- 【11】 李榮貴、張盛鴻，「TOC 限制理論」，中國生產力中心，2005
- 【12】 林書宏，以限制理論為基礎的配銷遊戲開發，2005。
- 【13】 李榮貴，「製造管理專題上課講義」(2005，國立交通大學工業工程與管理研究所課程)。
- 【14】 William j. Stevenson, *Operations Management*, 8e, 2005

附錄. I 實驗紀錄：觸發目標庫存調正之機制之比較-情境一

使用方法	情境	變異數	前置時間	補貨頻率	平均庫存量	平均缺貨數量	平均IDD
方法一	正常	高 (300)	8	4	6654.07	0.00	426467.09
方法二	正常	高 (300)	8	4	6828.72	0.00	456713.65
方法三	正常	高 (300)	8	4	6770.53	56.90	441453.40
方法一	正常	高 (300)	8	3	6199.93	0.00	390758.13
方法二	正常	高 (300)	8	3	6053.54	0.00	365141.55
方法三	正常	高 (300)	8	3	5921.22	0.00	359715.38
方法一	正常	高 (300)	8	2	5447.06	0.00	309957.58
方法二	正常	高 (300)	8	2	5703.14	0.00	324147.72
方法三	正常	高 (300)	8	2	6323.71	0.00	382456.49
方法一	正常	高 (300)	4	4	4611.59	0.00	217131.90
方法二	正常	高 (300)	4	4	4707.32	0.00	226572.89
方法三	正常	高 (300)	4	4	4441.24	64.00	206056.47
方法一	正常	高 (300)	4	3	4187.65	0.00	184487.31
方法二	正常	高 (300)	4	3	3967.69	0.00	169118.71
方法三	正常	高 (300)	4	3	3814.41	0.00	155485.36
方法一	正常	高 (300)	4	2	3439.13	11.60	128818.23
方法二	正常	高 (300)	4	2	3596.77	34.20	136954.92
方法三	正常	高 (300)	4	2	3407.53	76.00	129324.38
方法一	正常	高 (300)	2	4	4224.88	0.00	181608.49
方法二	正常	高 (300)	2	4	4136.45	41.50	175082.45
方法三	正常	高 (300)	2	4	4108.14	14.80	171166.33
方法一	正常	高 (300)	2	3	3462.54	89.10	127706.16
方法二	正常	高 (300)	2	3	3561.40	0.00	134282.16
方法三	正常	高 (300)	2	3	3506.33	15.00	130579.01
方法一	正常	高 (300)	2	2	2997.09	0.00	99093.94
方法二	正常	高 (300)	2	2	3121.24	46.00	106155.75
方法三	正常	高 (300)	2	2	2967.40	11.00	98427.48

使用方法	情境	變異數	前置時間	補貨頻率	平均庫存量	平均缺貨數量	平均IDD
方法一	正常	低 (150)	8	4	5495.88	0.00	318587.42
方法二	正常	低 (150)	8	4	5547.52	68.30	328318.62
方法三	正常	低 (150)	8	4	5591.29	2.80	331045.76
方法一	正常	低 (150)	8	3	4813.72	36.00	257108.16
方法二	正常	低 (150)	8	3	5025.31	36.70	279953.96
方法三	正常	低 (150)	8	3	5043.83	151.90	276600.95
方法一	正常	低 (150)	8	2	4174.88	0.00	197225.93
方法二	正常	低 (150)	8	2	4337.37	0.00	212825.57
方法三	正常	低 (150)	8	2	4152.06	9.00	199710.26
方法一	正常	低 (150)	4	4	3719.91	37.00	153633.26
方法二	正常	低 (150)	4	4	3733.47	3.30	154097.63
方法三	正常	低 (150)	4	4	3693.94	7.20	150708.40
方法一	正常	低 (150)	4	3	3108.62	0.30	111488.83
方法二	正常	低 (150)	4	3	3044.33	29.00	107407.67
方法三	正常	低 (150)	4	3	3054.02	68.70	109507.33
方法一	正常	低 (150)	4	2	2512.15	5.00	77875.30
方法二	正常	低 (150)	4	2	2735.67	184.60	91427.22
方法三	正常	低 (150)	4	2	2565.22	0.00	79910.94
方法一	正常	低 (150)	2	4	3436.40	6.80	127759.83
方法二	正常	低 (150)	2	4	3464.08	0.00	129412.10
方法三	正常	低 (150)	2	4	3449.97	0.00	126784.93
方法一	正常	低 (150)	2	3	2912.42	2.30	95515.10
方法二	正常	低 (150)	2	3	2867.17	0.00	92674.53
方法三	正常	低 (150)	2	3	2860.63	0.00	91906.70
方法一	正常	低 (150)	2	2	2264.46	0.00	62517.14
方法二	正常	低 (150)	2	2	2316.89	7.10	64685.25
方法三	正常	低 (150)	2	2	2287.11	4.40	63274.27

附錄. II 實驗紀錄：觸發目標庫存調正之機制之比較-情境二

使用方法	情境	變異數	前置時間	補貨頻率	平均庫存量	平均缺貨數量	平均IDD
方法一	需求小提昇	高 (300)	8	4	6322.26	107.30	411313.75
方法二	需求小提昇	高 (300)	8	4	5803.83	350.70	366724.38
方法三	需求小提昇	高 (300)	8	4	6103.87	582.40	402846.32
方法一	需求小提昇	高 (300)	8	3	5460.42	275.62	323203.57
方法二	需求小提昇	高 (300)	8	3	5462.47	433.70	319499.29
方法三	需求小提昇	高 (300)	8	3	5529.33	759.90	336314.68
方法一	需求小提昇	高 (300)	8	2	4990.47	386.50	267830.50
方法二	需求小提昇	高 (300)	8	2	5027.25	548.65	286304.97
方法三	需求小提昇	高 (300)	8	2	4922.17	1907.07	287771.83
方法一	需求小提昇	高 (300)	4	4	4655.22	188.90	221670.82
方法二	需求小提昇	高 (300)	4	4	4381.81	263.10	199171.93
方法三	需求小提昇	高 (300)	4	4	4375.03	671.00	203438.51
方法一	需求小提昇	高 (300)	4	3	3839.96	350.85	155007.34
方法二	需求小提昇	高 (300)	4	3	3841.74	308.20	157464.21
方法三	需求小提昇	高 (300)	4	3	3622.77	844.10	142805.42
方法一	需求小提昇	高 (300)	4	2	3273.59	278.00	115056.07
方法二	需求小提昇	高 (300)	4	2	3400.40	246.50	122398.45
方法三	需求小提昇	高 (300)	4	2	3181.28	520.60	116311.11
方法一	需求小提昇	高 (300)	2	4	4369.99	129.50	186049.96
方法二	需求小提昇	高 (300)	2	4	4157.07	118.70	170366.05
方法三	需求小提昇	高 (300)	2	4	3988.39	848.90	160550.91
方法一	需求小提昇	高 (300)	2	3	3542.01	0.00	126090.91
方法二	需求小提昇	高 (300)	2	3	3427.56	387.40	124541.45
方法三	需求小提昇	高 (300)	2	3	3433.88	215.60	119371.67
方法一	需求小提昇	高 (300)	2	2	3022.29	13.00	96232.63
方法二	需求小提昇	高 (300)	2	2	3253.22	201.30	109840.08
方法三	需求小提昇	高 (300)	2	2	3060.65	242.10	100473.74

使用方法	情境	變異數	前置時間	補貨頻率	平均庫存量	平均缺貨數量	平均IDD
方法一	需求小提昇	低 (150)	8	4	5276.12	161.90	307463.87
方法二	需求小提昇	低 (150)	8	4	5188.69	486.70	303363.23
方法三	需求小提昇	低 (150)	8	4	5423.43	456.40	323940.69
方法一	需求小提昇	低 (150)	8	3	4784.51	130.10	259094.94
方法二	需求小提昇	低 (150)	8	3	4567.42	225.90	239757.52
方法三	需求小提昇	低 (150)	8	3	4740.05	294.70	256172.05
方法一	需求小提昇	低 (150)	8	2	4054.07	219.10	195603.79
方法二	需求小提昇	低 (150)	8	2	4136.99	340.20	200934.84
方法三	需求小提昇	低 (150)	8	2	4116.30	178.30	201304.30
方法一	需求小提昇	低 (150)	4	4	3588.19	9.30	143995.13
方法二	需求小提昇	低 (150)	4	4	3526.78	148.10	141119.97
方法三	需求小提昇	低 (150)	4	4	3667.95	164.20	150220.88
方法一	需求小提昇	低 (150)	4	3	2964.87	173.90	104030.55
方法二	需求小提昇	低 (150)	4	3	2917.69	849.40	102149.60
方法三	需求小提昇	低 (150)	4	3	2889.44	342.70	100742.68
方法一	需求小提昇	低 (150)	4	2	2536.26	49.10	77750.31
方法二	需求小提昇	低 (150)	4	2	2488.22	154.90	76978.73
方法三	需求小提昇	低 (150)	4	2	2300.48	212.20	68885.51
方法一	需求小提昇	低 (150)	2	4	3425.03	85.20	124701.29
方法二	需求小提昇	低 (150)	2	4	3374.00	211.50	121477.01
方法三	需求小提昇	低 (150)	2	4	3437.82	209.10	123921.46
方法一	需求小提昇	低 (150)	2	3	2896.41	163.40	92153.80
方法二	需求小提昇	低 (150)	2	3	2715.08	243.60	83491.82
方法三	需求小提昇	低 (150)	2	3	2766.94	253.20	86251.59
方法一	需求小提昇	低 (150)	2	2	2246.01	17.90	59989.38
方法二	需求小提昇	低 (150)	2	2	2265.27	105.40	61628.83
方法三	需求小提昇	低 (150)	2	2	2157.10	460.00	57490.10

附錄. III 實驗紀錄：觸發目標庫存調正之機制之比較-情境三

方法	情境	變異數	前置時間	補貨頻率	平均庫存量	平均缺貨數量	平均IDD
方法一	需求大提昇	高 (300)	8	4	4983.56	3599.90	313438.93
方法二	需求大提昇	高 (300)	8	4	5362.88	6098.68	348686.22
方法三	需求大提昇	高 (300)	8	4	5020.94	7692.50	325128.51
方法一	需求大提昇	高 (300)	8	3	4381.45	4036.90	253403.18
方法二	需求大提昇	高 (300)	8	3	4349.76	4637.00	247260.06
方法三	需求大提昇	高 (300)	8	3	3913.41	5316.98	230750.06
方法一	需求大提昇	高 (300)	8	2	3927.99	3025.35	235030.08
方法二	需求大提昇	高 (300)	8	2	3724.26	6658.90	202776.69
方法三	需求大提昇	高 (300)	8	2	3683.32	5614.37	199545.18
方法一	需求大提昇	高 (300)	4	4	4852.84	1367.37	223947.18
方法二	需求大提昇	高 (300)	4	4	4147.62	2807.50	192064.15
方法三	需求大提昇	高 (300)	4	4	3940.80	3858.50	177110.54
方法一	需求大提昇	高 (300)	4	3	4087.16	874.55	166185.89
方法二	需求大提昇	高 (300)	4	3	3909.81	2123.37	166445.41
方法三	需求大提昇	高 (300)	4	3	3662.92	2492.20	161031.75
方法一	需求大提昇	高 (300)	4	2	3494.86	923.35	131572.19
方法二	需求大提昇	高 (300)	4	2	3443.55	1111.98	122138.58
方法三	需求大提昇	高 (300)	4	2	2954.65	2045.92	106390.35
方法一	需求大提昇	高 (300)	2	4	4613.68	487.35	187406.93
方法二	需求大提昇	高 (300)	2	4	3951.57	2096.70	152033.42
方法三	需求大提昇	高 (300)	2	4	3995.69	1854.50	161709.66
方法一	需求大提昇	高 (300)	2	3	3966.20	623.00	144005.97
方法二	需求大提昇	高 (300)	2	3	3075.82	2940.70	105594.61
方法三	需求大提昇	高 (300)	2	3	3344.44	1508.50	117977.88
方法一	需求大提昇	高 (300)	2	2	3301.65	555.80	103414.56
方法二	需求大提昇	高 (300)	2	2	3320.68	715.05	106866.84
方法三	需求大提昇	高 (300)	2	2	3018.65	953.23	95423.22

方法	情境	變異數	前置時間	補貨頻率	平均庫存量	平均缺貨數量	平均IDD
方法一	需求大提昇	高 (300)	8	4	5135.96	777.80	303167.45
方法二	需求大提昇	高 (300)	8	4	4910.48	1864.40	293347.33
方法三	需求大提昇	高 (300)	8	4	4775.99	2053.70	285128.60
方法一	需求大提昇	高 (300)	8	3	4765.67	644.30	262709.89
方法二	需求大提昇	高 (300)	8	3	4793.24	692.40	263156.77
方法三	需求大提昇	高 (300)	8	3	4337.30	1276.20	242358.49
方法一	需求大提昇	高 (300)	8	2	4084.23	566.80	204051.20
方法二	需求大提昇	高 (300)	8	2	3868.59	1581.90	196239.74
方法三	需求大提昇	高 (300)	8	2	3715.01	2539.52	192340.31
方法一	需求大提昇	高 (300)	4	4	3354.97	609.35	135051.86
方法二	需求大提昇	高 (300)	4	4	3285.10	1199.30	126586.59
方法三	需求大提昇	高 (300)	4	4	2671.47	5302.20	105158.22
方法一	需求大提昇	高 (300)	4	3	3003.93	725.60	105130.93
方法二	需求大提昇	高 (300)	4	3	2928.83	813.10	103771.84
方法三	需求大提昇	高 (300)	4	3	2795.27	1198.80	98177.31
方法一	需求大提昇	高 (300)	4	2	2431.33	565.40	77508.67
方法二	需求大提昇	高 (300)	4	2	2641.63	744.80	81834.74
方法三	需求大提昇	高 (300)	4	2	2302.83	1713.60	71719.21
方法一	需求大提昇	高 (300)	2	4	3345.91	400.80	119032.47
方法二	需求大提昇	高 (300)	2	4	3292.72	1089.40	114524.22
方法三	需求大提昇	高 (300)	2	4	3420.85	991.60	121120.67
方法一	需求大提昇	高 (300)	2	3	3038.52	246.80	96301.53
方法二	需求大提昇	高 (300)	2	3	2731.72	554.70	84286.76
方法三	需求大提昇	高 (300)	2	3	2836.36	531.20	87943.85
方法一	需求大提昇	高 (300)	2	2	2392.66	212.90	63522.81
方法二	需求大提昇	高 (300)	2	2	2312.19	398.10	61309.17
方法三	需求大提昇	高 (300)	2	2	2253.73	384.90	60317.16

附錄. IV 實驗紀錄：緩衝管理模式之比較-變異數低之情境

使用方法	變異數	前置時間	補貨頻率	平均庫存量	平均缺貨數量	平均IDD
改良前	低(150)	8	4	7560.05	0.00	516623.51
改良前	低(150)	8	4	7543.33	11.90	521780.28
改良後	低(150)	8	4	5486.61	0.00	345106.67
改良後	低(150)	8	4	6280.19	0.00	407093.15
改良前	低(150)	8	3	6186.17	0.00	368910.17
改良前	低(150)	8	3	7119.66	0.00	465958.24
改良後	低(150)	8	3	4890.50	0.00	284545.82
改良後	低(150)	8	3	5521.75	0.00	330946.67
改良前	低(150)	8	2	5633.99	0.00	310640.14
改良前	低(150)	8	2	6022.38	0.00	347064.34
改良後	低(150)	8	2	4162.44	0.00	216012.43
改良後	低(150)	8	2	4856.38	0.00	255334.67
改良前	低(150)	4	4	4496.53	0.00	203221.79
改良前	低(150)	4	4	4553.76	0.00	214367.03
改良後	低(150)	4	4	4104.37	0.00	186464.96
改良後	低(150)	4	4	3887.76	0.00	164725.58
改良前	低(150)	4	3	3858.61	0.00	152422.04
改良前	低(150)	4	3	4757.78	0.00	232170.45
改良後	低(150)	4	3	3327.04	0.00	127940.48
改良後	低(150)	4	3	3417.01	0.00	129710.81
改良前	低(150)	4	2	3273.74	0.00	114670.85
改良前	低(150)	4	2	4505.35	0.00	208608.13
改良後	低(150)	4	2	2491.60	0.00	80566.48
改良後	低(150)	4	2	2746.84	0.00	89455.41
改良前	低(150)	2	4	5245.36	0.00	251332.01
改良前	低(150)	2	4	4360.38	14.20	177333.70
改良後	低(150)	2	4	3322.14	0.00	123032.01
改良後	低(150)	2	4	3669.00	0.00	140596.56
改良前	低(150)	2	3	3779.46	0.00	146042.90
改良前	低(150)	2	3	3832.90	0.00	143423.50
改良後	低(150)	2	3	2655.75	0.00	84599.94
改良後	低(150)	2	3	2971.96	0.00	99401.43
改良前	低(150)	2	2	2836.99	0.00	85849.01
改良前	低(150)	2	2	2876.48	20.00	90126.00
改良後	低(150)	2	2	2023.34	5.60	55094.70
改良後	低(150)	2	2	2155.39	0.00	59191.30

附錄.V 實驗紀錄：緩衝管理模式之比較-變異數高之情境

使用方法	變異數	前置時間	補貨頻率	平均庫存量	平均缺貨數量	平均IDD
改良前	高(300)	8	4	8758.45	0.00	673077.78
改良前	高(300)	8	4	8425.06	0.00	656435.94
改良後	高(300)	8	4	8270.15	0.00	650325.61
改良後	高(300)	8	4	7358.66	0.00	517280.93
改良前	高(300)	8	3	8027.21	0.00	571730.97
改良前	高(300)	8	3	7934.32	0.00	564255.65
改良後	高(300)	8	3	7190.72	0.00	488292.92
改良後	高(300)	8	3	6878.99	0.00	463549.73
改良前	高(300)	8	2	7325.50	0.00	489246.20
改良前	高(300)	8	2	7140.44	0.00	458291.39
改良後	高(300)	8	2	6041.84	0.00	392062.67
改良後	高(300)	8	2	6159.63	0.00	370056.25
改良前	高(300)	4	4	6189.30	0.00	349256.65
改良前	高(300)	4	4	5700.42	0.00	307801.56
改良後	高(300)	4	4	5711.55	0.00	334225.99
改良後	高(300)	4	4	5125.00	0.00	258308.03
改良前	高(300)	4	3	5625.03	0.00	297923.11
改良前	高(300)	4	3	5042.40	0.00	247219.44
改良後	高(300)	4	3	4687.11	0.00	226844.56
改良後	高(300)	4	3	4561.07	0.00	204499.34
改良前	高(300)	4	2	4884.47	0.00	232807.19
改良前	高(300)	4	2	4697.10	0.00	214414.75
改良後	高(300)	4	2	3665.88	0.00	151149.69
改良後	高(300)	4	2	3910.40	0.00	156960.23
改良前	高(300)	2	4	6970.91	0.00	430410.87
改良前	高(300)	2	4	5230.63	0.00	258776.27
改良後	高(300)	2	4	4477.96	0.00	203099.45
改良後	高(300)	2	4	4787.56	0.00	225155.10
改良前	高(300)	2	3	4880.53	0.00	226098.75
改良前	高(300)	2	3	4767.90	66.09	195978.64
改良後	高(300)	2	3	3725.02	0.00	148222.53
改良後	高(300)	2	3	3945.55	0.00	161069.67
改良前	高(300)	2	2	4137.00	0.00	166524.69
改良前	高(300)	2	2	3819.03	0.00	140985.63
改良後	高(300)	2	2	2944.90	0.00	99452.23
改良後	高(300)	2	2	3175.83	0.00	109261.04

附錄.VI 實驗紀錄：緩衝管理模式之比較-變異數特高之情境

使用方法	變異數	前置時間	補貨頻率	平均庫存量	平均缺貨數量	平均IDD
改良前	特高變異(1000)	8	4	16229.10	0.00	1727652.09
改良前	特高變異(1000)	8	4	14848.43	0.00	1400831.84
改良後	特高變異(1000)	8	4	14560.35	0.00	1513614.17
改良後	特高變異(1000)	8	4	13521.80	0.00	1244162.40
改良前	特高變異(1000)	8	3	15485.94	0.00	1604251.55
改良前	特高變異(1000)	8	3	14386.68	0.00	1343343.75
改良後	特高變異(1000)	8	3	12643.07	0.00	1195352.57
改良後	特高變異(1000)	8	3	12226.02	0.00	1067672.25
改良前	特高變異(1000)	8	2	14843.21	866.24	1402105.33
改良前	特高變異(1000)	8	2	12626.34	0.00	1087505.11
改良後	特高變異(1000)	8	2	12416.64	0.00	1055396.59
改良後	特高變異(1000)	8	2	11813.50	0.00	1003615.78
改良前	特高變異(1000)	4	4	12432.15	456.54	1039605.60
改良前	特高變異(1000)	4	4	11333.31	427.29	856760.83
改良後	特高變異(1000)	4	4	11136.87	0.00	867869.29
改良後	特高變異(1000)	4	4	10686.03	0.00	795577.02
改良前	特高變異(1000)	4	3	10477.92	504.29	806752.54
改良前	特高變異(1000)	4	3	10110.46	0.00	725058.75
改良後	特高變異(1000)	4	3	9974.32	0.00	718750.07
改良後	特高變異(1000)	4	3	9113.73	0.00	613087.56
改良前	特高變異(1000)	4	2	9470.57	1039.58	690458.62
改良前	特高變異(1000)	4	2	9774.59	1181.31	690207.57
改良後	特高變異(1000)	4	2	9046.11	0.00	605903.58
改良後	特高變異(1000)	4	2	8112.37	0.00	483119.83
改良前	特高變異(1000)	2	4	10300.83	21.30	806880.39
改良前	特高變異(1000)	2	4	9635.21	680.21	743463.91
改良後	特高變異(1000)	2	4	9278.45	0.00	607711.75
改良後	特高變異(1000)	2	4	8807.07	0.00	544010.90
改良前	特高變異(1000)	2	3	9081.09	407.21	610077.22
改良前	特高變異(1000)	2	3	8511.96	321.77	534852.24
改良後	特高變異(1000)	2	3	8462.68	0.00	506284.39
改良後	特高變異(1000)	2	3	7667.35	0.00	449094.36
改良前	特高變異(1000)	2	2	8007.88	266.52	443662.93
改良前	特高變異(1000)	2	2	7772.56	460.40	486103.70
改良後	特高變異(1000)	2	2	7095.22	0.00	386001.99
改良後	特高變異(1000)	2	2	6810.52	0.00	352130.71