

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

限制理論供應鏈補貨機制在考慮工廠產能限制下之方法研究(第3年)

研究成果報告(完整版)

計畫類別：個別型
計畫編號：NSC 96-2628-E-216-001-MY3
執行期間：98年08月01日至99年07月31日
執行單位：中華大學工業工程管理研究所

計畫主持人：吳鴻輝

計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理人員：任威達
碩士班研究生-兼任助理人員：林季煖
大專生-兼任助理人員：曾子勳
大專生-兼任助理人員：劉祐君

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 99 年 11 月 01 日

目 錄

目 錄	I
摘 要	III
Abstract.....	IV
1.1. 研究計畫背景與目的	1
1.2. 各年度研究計畫主題	5
第二章 文獻探討	7
2.1 供應鏈與存貨管理	7
2.2 限制理論供應鏈補貨機制	8
2.3 產能限制之批量問題	11
2.4 結語	12
第三章 研究成果	13
3.1. 第一年度：限制理論供應鏈補貨機制在考慮工廠產能限制下之合理補 貨頻率模式研究	13
3.1.1 問題定義與分析	13
3.1.2 符號定義	13
3.1.3 問題研究模式	14
3.1.4 需求負荷之評估	15
3.1.5 補貨頻率相同之求解	15
3.1.6 補貨頻率不同之啟發式演算法	17
3.1.7 系統模擬與分析	39
3.2. 第二年度：限制理論供應鏈補貨機制在考慮工廠產能限制下因應拉長 補貨頻率之合理過渡補貨量模式研究	52
3.2.1. 問題定義與分析	52
3.2.2. 符號定義	53
3.2.3. 補貨頻率過渡之可行性評估	54
3.2.4. 評估是否接單	62
3.2.5. 案例實做	65
3.3. 第三年度：限制理論供應鏈之動態補貨機制研究	68
3.3.1. 問題定義與分析	68
3.3.2. 瓶頸產能監控	68
3.3.3. 決策支援系統	71
3.3.4. 案例實做	73
第四章 結論	76

研究成果發表情況	77
參考文獻	78

摘要

限制理論供應鏈補貨機制是限制理論針對供應鏈存貨管理上的衝突所提出的雙贏解決方案，目前已有愈來愈多的公司導入這套機制，且獲得相當大的效益，例如存貨大幅降低、服務水準大幅提升(或缺貨率大幅降低)、過期商品減少且對市場變化之反應速度更快等。然而這套補貨機制應用於工廠的成品倉庫或中央倉庫時，由於工廠產能的限制，會出現下列之問題：(1)補貨(換線)頻率與補貨(生產)量兩者間會存在互為因果之矛盾、(2)當某一商品由於銷售量激增而必須拉長補貨(換線)頻率時，會對其他商品之產能造成排擠現象、(3)緩衝管理之緊急補貨會排擠其他商品之正常補貨、及(4)工廠的補貨(製造)前置時間會隨著補貨量大小而改變等，使得工廠及整個供應鏈會面臨不可測之風險。因此本計畫之目的即在針對限制理論供應鏈補貨機制應用於工廠時，在考慮工廠產能限制下之問題，提供可行之解決方法，以強化目前這套機制之不足。因而提出了限制理論供應鏈補貨機制在考慮工廠產能限制下之方法研究，其研究主題乃根據上述問題而分為三大部份：(1)限制理論供應鏈補貨機制在考慮工廠產能限制下之合理補貨頻率模式研究、(2)限制理論供應鏈補貨機制在考慮工廠產能限制下因應拉長補貨頻率之合理過渡補貨量模式研究、及(3)限制理論供應鏈動態補貨系統之構建等。本計畫之研究成果將有助於實務界的推廣應用與學術界對此技術進一步之研究。

關鍵字：限制理論、供應鏈管理、限制理論供應鏈補貨機制、緩衝管理、存貨補貨機制

Abstract

Theory of Constraints Supply Chain Replenishment System (TOC-SCRS) is a replenishment method of the TOC supply chain solution. The TOC-SCRS is now being implemented by a growing number of companies. The performance reported by these companies includes reduction of inventory level, increasing customer service levels, reduction of out-of-date goods, and quick response time. However, when implementing this TOC-SCRS in plants or central warehouse, the following issues will be encountered: (1) the conflict between the replenishment time and the replenishment quantity, (2) the prolongation of the replenishment time of one good overriding the production capacity of some other goods, (3) the expediting replenishment issued by Buffer Management overriding the production capacity of some other goods, and (4) the replenishment lead time variant to sale amounts. In this research, enhanced models for the TOC-SCRS under the constraints of plant capacity will be proposed to resolve the problems mentioned above. The research topics are: (1) studying the reasonable replenishment time model under capacity constraint for TOC-SCRS, (2) studying the transitional replenishment quantity model under the prolongation of the replenishment time for TOC-SCRS, and (3) establishing a TOC supply chain dynamic replenishment system.

Key Words: Theory of Constraints (TOC), Supply Chain Management, TOC Supply Chain Replenishment System (TOC-SCRS), Buffer Management (BM), Inventory Replenishment

第一章 緒論

1.1. 研究計畫背景與目的

1994 年 Goldratt 博士在其暢銷企管小說「絕不是靠運氣(It's Not Luck)」[21]中，提出了限制理論(Theory of Constraints, TOC)在供應鏈上應用之概念與方法，即限制理論供應鏈解決方案(TOC Supply Chain Solution)，該方案主要是針對供應鏈存貨管理上的衝突所提出的雙贏解決方案。以下先對此衝突與解決方案作一扼要之說明。

就一家公司而言，其供應鏈基本上包含了三大部份：工廠(Plant)、配銷(或發貨或區域)倉庫(Distribution or Regional Warehouse)及銷售點(Retailers/Sale of Points)。工廠負責採購原物料與生產商品，生產出來的商品會先存放於工廠之倉庫(即中央倉庫)，而後商品被運送至各配銷倉庫以便就近服務其所負責之銷售點，銷售點再將商品賣給最終消費者。一般配銷倉庫是屬於公司所擁有的營業據點，至於銷售點則不一定。但不管這三大部份的成員是否屬於同一家公司，所謂的有效「銷售」，必須是商品經由銷售點賣給最終消費者後，才是真正的銷售，否則都還是供應鍊上的存貨(就算帳面上已賣給了下游，無法賣掉的存貨將來還是存在有被退貨之機會)。

所以就整個供應鍊的最大獲利而言，首先必須確保任何最終消費者都能買到所要的商品，而為了避免最終消費者買不到其所要的商品，因此必須將庫存儘可能放在接近客戶的地方(即銷售點)，而且要儘可能的備較大庫存，以便滿足偶爾可能會出現之需求高峰。換言之，工廠應以儘快的速度生產出商品，並以儘快的速度轉運至銷售點，以便滿足最終消費者之需。但是在目前市場競爭激烈且多變，客戶要求嚴苛，而商品壽命長短又無法掌握的環境下，為了避免大量存貨可能造成之損失及傷害(例如滯銷、廢品、規格或品質不符而退貨等損失)，必須將庫存儘可能放在源頭地方(即工廠)，而且要儘可能的備較小庫存，以便避免市場變化可能造成之損失。換言之，工廠應儘可能的延後生產與出貨，並儘可能的只運送最小的存貨至銷售點，即為目前供應鍊管理及各據點存貨管理所面臨的兩難與衝突。

一般面對上述供應鍊管理之衝突，是以加強市場預測與資訊回饋速度的技術，來強化供應鍊之應變能力，例如將原先由工廠預測再推向銷售點的管理模式，改由銷售點預測，再透過資訊快速回應的方式向工廠拉貨的管理模式。這樣的改變雖然可以減輕上述之衝突，但衝突本身並沒有解決，甚至於會更嚴重。例如一個零售點對未來銷售預測的準確性一定低於一個配銷倉庫銷售的預測，因為配銷倉庫的銷售是所屬銷售點銷售的總和，其準確度當然高過各銷售點單獨的預測；同理，工廠的銷售是所有配銷倉庫的總和，所以工廠對整體銷售預測之準確度當然會高過各配銷倉庫銷售之預測。所以這個衝突的問題，其本質並不在於由

何者預測較佳(注意，預測本身就是存在有風險而且很難永遠可靠的)，而是存貨應該放在供應鏈那裡，以及各據點如何補貨才合理的問題。因此 TOC 提出了下列之解決方案：

- (1) 存貨應該儘可能放在供應鏈的源頭(即工廠端)。所以工廠不要一生產出商品，即依預測就往下游送；而配銷倉庫也不要一接到上游運來的貨，就立即依預測往下游送。
- (2) 各據點只保存在其可靠的補貨時間內足以滿足該期間之需求之存貨。例如補貨每次所需的時間是三天，而過去銷售記錄中，連續三天的最大需求量是 300 件，則該據點之庫存只要 300 件即可。
- (3) 各據點依其銷售量補貨，賣多少即補多少。
- (4) 透過緩衝管理(Buffer Management, BM)機制監控突發之異常狀況，以便立即應變。例如由於銷售量突然激增而導致存貨過低之現象，BM 即可監控出來並發出緊急補貨訊息。

上述內容即為限制理論供應鏈解決方案的主要內容，其中第(1)點是屬於供應鏈管理新策略之論述，而第(2)與(3)點則為一套新的存貨補貨機制，即限制理論供應鏈補貨機制(TOC Supply Chain Replenishment System, TOC-SCRS)，至於第(4)點則為存貨之監控機制。

雖然這套機制有這些好處，但若應用在工廠或中央倉庫時，由於工廠的特性，例如產能的限制等，其補貨頻率與補貨前置時間會受到補貨量之影響。但是在 TOC-SCRS 機制下，補貨頻率與補貨前置時間是兩項必須是事先已知之獨立參數(Independent Parameter)，而補貨量則是根據這兩項獨立參數與銷售量才能計算出來之相依參數(Dependent Parameter)，因此出現了獨立參數與相依參數兩者間之因果矛盾。由於這套補貨機制在配銷倉庫或零售點應用時，其補貨頻率是決定於運輸工具(除非有班次限制，例如船班或飛機班次等，否則補貨頻率應該儘可能的短，例如一天等)，至於補貨量則來自於上游之庫存，因此補貨頻率與補貨量兩者是不相關的，不會有相互影響之衝突。但是在中央倉庫或工廠應用時，由於補貨頻率相當於是換線頻率而補貨量相當於是生產量，因為換線與生產都需要耗用工廠產能，但是工廠的產能卻是有限的(或固定的)，因此會面臨補貨(換線)頻率與補貨(生產)量間的衝突或 Trade-off 之決策問題。其次，補貨前置時間在工廠應用時，相當於是製造前置時間，由於工廠的製造前置時間會隨著工廠使用率之高低而有顯著變化[30]，例如當使用率愈接近於 100%時，製造前置時間會急速上升，因此補貨前置時間會明顯的受到補貨量變化之影響。以下進一步詳述這些矛盾所可能造成之一些主要問題：

- (1) 由於產能的限制，商品的補貨(換線)頻率不可以任意自行決定，而必須兼顧補貨(生產)量大小之產能可行性。

在 TOC-SCRS 之機制下，補貨量是根據已知的補貨頻率才能決定，意即先有補貨頻率才能計算出補貨量之大小。但由於工廠的產能是有限的，根據補貨(換線)頻率所計算出來的補貨(生產)量，可能因產能不足而不一定能生產的出來。例如某一工廠的 A 或 B 兩種商品，換線時間兩者都是一次一小時而每小時各可生產 100 件，如果每日 A/B 的總銷售量為 2200 件，由於工廠生產 2200 件需用掉 22 小時，因此還有兩小時可以用來換線，意即該廠可以每天兩種都換線一次(這裡請先不要考慮生產的排序對換線時間的節省，例如第一天 AB 而第二天 BA 等排序下兩種商品即可少換線一次，因為這種改善效果在商品種類多時將會減小)，即補貨(換線)頻率為一天一次，剩餘的 22 小時產能是足以生產 2200 件 A/B 的補貨量的。但是如果每日 A/B 的總銷售量為 2300 件時，由於工廠生產 2300 件需用掉 23 小時，因此只剩一小時可以用來換線，所以如果依舊保持每天 A/B 商品皆換線一次之補貨頻率時，即會面臨產能不足一小時而必須減少生產量(補貨量)100 件之問題，否則就要拉長換線頻率為每兩天補貨(生產)一次。所以 TOC-SCRS 在工廠應用時，補貨(換線)頻率是不可以任意決定的，而必須考慮補貨(生產)量大小之產能可行性，但是由式子(2)知道，補貨(生產)量大小又必須在已知的補貨(換線)頻率下才能決定，因此在補貨(換線)頻率與補貨(生產)量兩者間所存在的互為因果之矛盾下，如何決定合理的補貨(換線)頻率大小，是一個必須克服的問題。

- (2)當某一商品由於銷售量激增而必須拉長補貨(換線)頻率時，會對其他商品之產能造成排擠現象。

根據 TOC-SCRS，各據點一次的補貨量會隨著補貨頻率的拉長而增加，例如上述 A/B 商品之例子，假設商品 A 平均一天的銷售量是 1200 件，如果補貨頻率是一天補一次時，則其補貨量是一天之銷售量 1200 件，如果補貨頻率是兩天補一次時，則其補貨量是兩天之銷售量 2400 件。由於補貨量在工廠是生產量，所以當補貨頻率拉長時，工廠換線一次的生產批量會增加，排擠了其他商品原訂之生產，而使得其他商品的生產時間會延後，因而可能導致補貨不及而缺貨。表 1.1 所示為前述 A/B 商品之例子，連續 10 天每天之銷售量、補貨量、期末存貨與工廠生產量之模擬資料，在第 4 天以前的補貨頻率是一天一次，而第 5 天以後由於銷售量增加，因此補貨頻率拉長為兩天一次，至於補貨(製造)前置時間則都為一天。所以在第 4 天(含)以前，兩種商品每天都有補貨(生產)量，例如商品 A 第 3 天銷售量為 900 件，所以在第 3 天 24:00 時即會發出商品 A 補貨量 900 件之補貨單，而工廠隔天(第 4 天 0:00)即會生產 900 件商品 A，由於前置時間是一天(24 小時)，所以在第 4 天 24:00 時商品 A 即有 900 件之入庫量。其次由於在第 5 天時，補貨(換線)頻率拉長為兩天，所以商品 A 在第 5 天 24:00 的補貨量即為過去兩天(即第 4/5 天)的銷售量 2110(=1000+1110)件，而這樣的量要耗掉工廠一天的產能，所以第 6 天工廠只能生產商品 A。至於商品 B 的補貨量則必須延至隔天(即第 7 天)才能生產，意即商品 B 原訂的補貨產能被商品 A 排擠掉了，所以第 6 天商品 B 無法補貨，

其存貨因而遽減為原有之一半(即 1050)，進而在第 7 天發生了缺貨 85 件之問題。因此在補貨(換線)頻率拉長之過渡(轉換)期，如何減輕對其他商品產能之排擠，以避免缺料之發生，是另一個必須被克服的問題。

(3)緩衝管理之緊急補貨會排擠其他商品之正常補貨，使得工廠會面臨不可測之風險。

當 BM 偵測到某一商品存貨落於行動區時，會對工廠發出緊急補貨之訊息，但由於向工廠緊急補貨相當於是緊急插單，因此和拉長補貨(換線)頻率時之問題類似，一樣會對其他商品之產能造成排擠現象，而使得其他商品的生產時間會延後，因而可能導致補貨不及而存貨銳減。這時 BM 當然會偵測到，因此又發出緊急補貨之訊息，如此的惡性循環下去，將導致工廠大亂或 TOC-SCRS 補貨機制之失效。因此當 BM 對工廠發出緊急補貨時，其補貨量與時機有必要進一步修正或評估，否則工廠將有不可測之風險。

(4)工廠的補貨(製造)前置時間會隨著補貨量大小而改變

受補貨前置時間影響之參數有最大補貨量與補貨量之入庫時間。但是補貨前置時間在工廠應用時，相當於是製造前置時間，由於工廠的製造前置時間會隨著工廠使用率之高低而有顯著變化[11]，而補貨量大小是工廠使用率大小的決定因子，因此補貨前置時間會明顯的受到補貨量變化之影響。因此當補貨量增加時，由於工廠的使用率會相對的增加，因而補貨前置時間會變長，導致最大補貨量被低估及入庫時間延後之問題，換言之，存貨會有不足或缺貨之慮。反之，當補貨量減少時，工廠使用率會下降，因而補貨前置時間會變短，會導致最大補貨量被高估及入庫時間提前之問題，換言之，存貨會過高。這兩個問題都不是管理者所樂於見到之現象，因此必須要有修正之方法。

由於工廠或中央倉庫在供應鏈是處於源頭之供應角色，因此上述問題勢必會對整個供應鏈造成不可測之影響。雖然有關實務上成功導入 TOC 供應鏈解決方案有愈來愈多之報導，但對於上述問題之正式研究文獻卻很少。因此若能提供上述問題之解決方法，將使得 TOC-SCRS 這套補貨機制更加完善與可靠，並有助於實務界的推廣應用與學術界對此技術進一步之研究。

表 1.1、拉長補貨頻率可能造成其他商品來不及補貨而缺貨之例子

時間	商品 A	第 1 天	第 2 天	第 3 天	第 4 天	第 5 天	第 6 天	第 7 天	第 8 天	第 9 天	第 10 天
0:00~24:00	銷售量	900	1000	900	1000	1110	1125	1130	1140	1145	1160
24:00	入庫量	900*	900	1000	900	1000	2110	0	2255	0	2285
24:00	補貨量	900	1000	900	1000	2110	0	2255	0	2285	0
	期末存貨 (2400)	2400	2300	2400	2300	2190	3175	2045	3160	2015	3140
	缺貨量										
時間	商品 B	第 1 天	第 2 天	第 3 天	第 4 天	第 5 天	第 6 天	第 7 天	第 8 天	第 9 天	第 10 天
0:00~24:00	銷售量	900	1000	900	1000	1120	1130	1135	1140	1145	1150
24:00	入庫量	900*	900	1000	900	1000	0	2250	0	2275	0
24:00	補貨量	900	1000	900	1100	0	2250	0	2275	0	2295
	期末存貨 (2400)	2400	2300	2400	2300	2180	1050	2250	1110	2275	1125
	缺貨量							85		35	
	工廠 生產量	A 900 B 900	A 900 B 900	A 1000 B 1000	A 900 B 900	A 1000 B 1000	A 2110	B 2250	A 2255	B 2275	A 2285

註：1. 第 1-4 天補貨時間為 2 天(其中補貨頻率 1 天，補貨前置時間 1 天)；

第 5-10 天補貨時間為 3 天(補貨頻率 2 天，補貨前置時間 1 天)。

2. *假設為前一天之補貨量或生產量

1.2. 各年度研究計畫主題

第一年度：限制理論供應鏈補貨機制在考慮工廠產能限制下之合理補貨頻率模式研究

在考慮工廠產能限制下，中央倉庫(成品倉庫)在應用 TOSC-SCRS 時的問題，主要在於補貨(換線)頻率與補貨(生產)量兩者都需要耗用工廠產能的衝突。但是受補貨量影響的是未來的銷售量或產出(即補貨量若小於銷售量則未來會有缺貨之慮)，至於受補貨頻率影響的是未來存貨的大小(即補貨頻率愈長則存貨會愈高)[56]。因此在兩害取其輕之選擇下，必須在不犧牲銷售量的目標下，再追求補貨頻率愈短愈好。在這樣的策略下，Cole & Jacob[16]提出了根據工廠生產平均銷售量(即生產量)後的剩餘產能大小來決定補貨(換線)頻率之長度，當剩餘產能不足以每天換線一次時，則拉長換線頻率直到累計之多餘產能滿足換線時間時，即為合理之補貨頻率。例如某商品工廠一小時可生產 100 件而換線一次需要 1 小時時間，如果每天的平均銷售量為 2350 件，即需要 23.5 小時之生產時間，由於剩餘產能只有 0.5 小時，無法每天換線(補貨)一次，因此將補貨頻率拉長為兩天。由於工廠兩天的產能為 48 小時，而兩天的銷售量為 4700 件，即共需 47 小時產能，換言之，當工廠兩天生產了銷售量 4700 件後，其剩餘產能為 1 小時，

足以滿足換線所需時間，因此當每天平均銷售量為 2350 件時，該商品的合理補貨頻率即為兩天一次。

雖然 Cole & Jacob 所提的方法可行，但使用的卻是試誤法，而且是假設工廠只有一台機台以及所有商品的補貨頻率都相同。因此 Wu & Tsai[57]進一步提出了一套多機台之數學模式，可以直接評估出各商品之合理補貨頻率。但是由於這套方法依然必須在假設所有商品補貨頻率相同的條件下才可行，在實務上卻是不足的。例如商品 A 的每天銷售量為 1000 件而商品 B 卻只有 10 件，如果兩者的換線時間一次都是 1 小時而 1 小時都各可生產 100 件，則讓兩者的換線頻率相同，是不合理的。因此本計畫將考慮(1)不同商品的平均銷售量不同、(2)換線時間不同、(3)生產時間不同、以及(4)各商品補貨(換線)頻率可以不相同的條件下，來決定不同商品之合理補貨(換線)頻率。而合理補貨頻率的評估標準，則是要滿足銷售量愈大(或缺貨愈小)且存貨愈低。

第二年度：限制理論供應鏈補貨機制在考慮工廠產能限制下因應拉長補貨頻率之合理過渡補貨量模式研究

由於在考慮工廠產能限制下，當某一商品的補貨頻率被拉長時，對其他商品補貨的衝擊大小，決定於兩個因素：(1)補貨頻率拉長的幅度有多大及(2)其他各商品當時所擁有的存貨緩衝還有多少。如果補貨頻率拉長的幅度愈大，則所要增加的補貨(生產)量就會愈大，如此對其他商品的排擠相對的就會愈大；至於各商品之存貨緩衝如果愈小(愈接近行動區)，則受到衝擊的程度就會愈高。因此本研究將根據這兩個因素所反應的可能影響大小，並結合緩衝管理機制，來調整過渡補貨量之大小。至於合理過渡補貨量的評估標準，則是要滿足銷售量愈大(或缺貨愈小)且過渡期愈短。

第三年度：限制理論供應鏈之動態補貨機制研究

由於動態補貨機制的目的是要因應市場變動的需求量，而即時修正 TOC-SCRS 之獨立控制參數(即補貨頻率及補貨前置時間)，以及過渡期之補貨量。因此首先面臨的第一個問題即是修正之時機，因為太頻繁的修正會使得系統太過緊張；反之，如果太久才修正一次，又會喪失動態修正之效果。因此本研究除了探討定期修正方法外，另外以移動平均等方法，來判斷銷售量是否有顯著變動，以決定合理之修正時機。在修正時機出現時，將先依合理補貨前置時間(本年度的研究內容之一)來評估在現有平均銷售量下的合理補貨前置時間。其次再依合理補貨頻率模式(第一年度之研究成果)來評估在現有平均銷售量下的合理補貨頻率。如果補貨頻率被拉長了，則必須依合理過渡補貨量模式(第二年度之研究成果)來評估合理過渡補貨量，以減緩對系統之衝擊。另外如果緩衝管理機制發出緊急補貨訊息時，亦要先經由合理過渡補貨量模式(第二年度之研究成果)來評估合理過渡補貨量，來修正原有 TOC-SCRS 機制之補貨量，以避免過大之衝擊。

第二章 文獻探討

2.1 供應鏈與存貨管理

供應鏈(Supply Chain)為從最終消費者需求開始，貫穿從產品設計、到最初原材料供應、生產、批發、零售等過程，中間經過運輸和倉儲，把產品送到最終用戶的各項業務活動【3】。就一工廠之供應鏈而言，包含了工廠(Plant)、配銷(或發貨、區域)倉庫(Distribution or Regional Warehouse)及銷售點(Retailers/Sale of Points)，產品流從工廠完成後送至配銷倉庫，再從配銷倉庫送至零售點；而資訊流則從零售點往上傳遞至工廠，如圖 2.1【23】。理想的狀態為銷售點能夠快速地從配銷倉庫拿到貨品，但受到產品價格波動、距離、產品季節性及消費特性等因素，配銷倉庫就必須保有一定的庫存量提供下游所需。

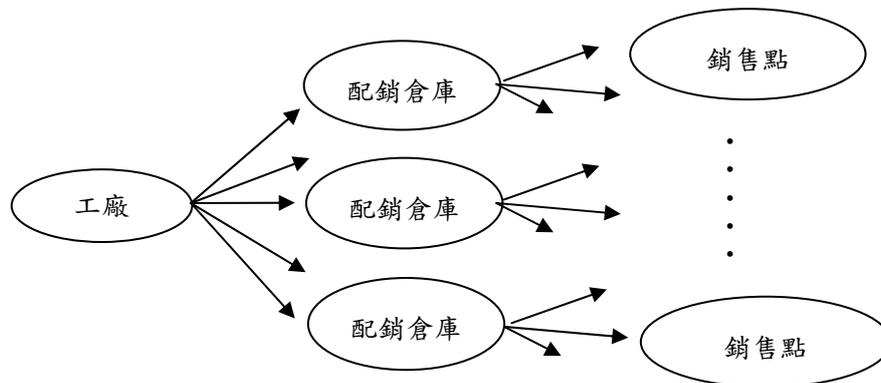


圖 2.1 供應鏈網路圖

資料來源：【23】

Beamon 又將供應鏈(Supply Chain)定義為一個整合的流程，包含上游廠商、製造商、儲存中心、運輸設備與零售商等企業個體，目的在將上下游廠商結合在一起以形成鏈狀的供應模式。此供應鏈可分為兩個程序，包括前段生產計劃及存貨控制程序，包含原物料採購、製造，而後段配銷與物流程序，其主要活動在完成與產品運送至零售商或顧客，如圖 2.2【8】。

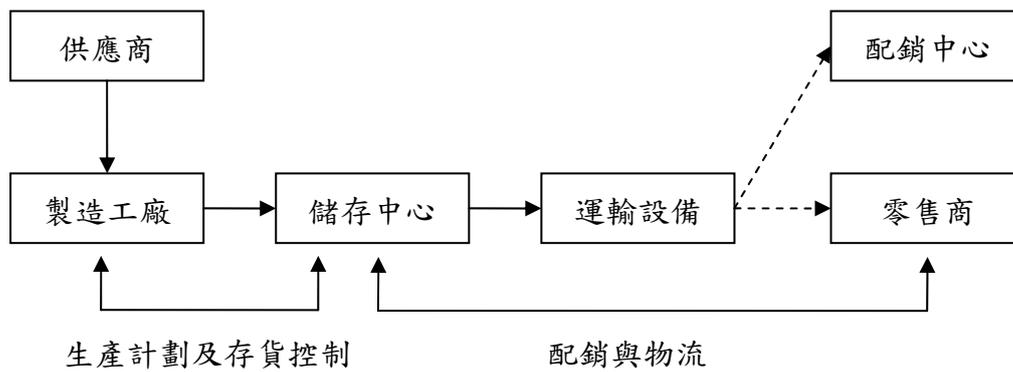


圖 2.2 供應鏈程序圖

資料來源：【8】

部分學者也將供應鏈分為「推式」(Push)與「拉式」(Pull)兩種。傳統的推式(Push-based)供應鏈存貨管理方法通常以長期的預測為基礎，製造商從下游各銷售點之訂單做為預測各配銷倉庫之需求，再根據各配銷倉庫之需求來預測工廠所需生產數量，如物料需求計畫(Manufacturing Requirement Planning, MRP)，適於過去供應少樣多量的市場，如自 1913 年 EOQ 模式問世後，許多學者便針對存貨提出許多有效的存貨管理系統，亦提供許多公司存貨管理上之基礎【23、24、45、48】。而運用於存貨控制上其方法例如有：連續盤點制(Continuous Review)及定期盤點制(Periodic Review)等傳統存貨控制系統。其中連續盤點制包含： (s, Q) 存貨政策及 (s, S) 存貨政策；定期盤點制包含： (R, S) 存貨政策、 (R, s, S) 存貨政策【29】。

而拉式(Pull-based)供應鏈則是以需求為導向，根據實際需求來補貨或生產，其主要功能為明顯大幅減少存貨，透過更精準預測從下游端流入的訂單，而降低前置時間等優點【48】。典型的生產系統為及時化(Just in Time, JIT)系統，它包括了看板制度、平穩化生產(小批量生產、縮短整備時間)、工作標準化與多能工，其目的在使生產成本的各種浪費徹底消除。TOC 對供應鏈的解決方案亦為拉式供應鏈模式，它強調將存貨拉置源頭，並針對源頭進行存貨管理，以緩衝管理(Buffer Management, BM) 控制對存貨變化大時之調整。

2.2 限制理論供應鏈補貨機制

1994 年 Goldratt 博士【21】在「絕不是靠運氣(It's Not Luck)」小說中提出了限制理論供應鏈解決方案(TOC Supply Chain Solution)，該方案主要是針對供應鏈存貨管理上的衝突所提出的雙贏解決方案，其解決方法如下：

- 一、強調以市場需求為導向，在供應鏈的源頭(即工廠端)建立一中央倉庫，並將庫存集中於此，以便控制存貨。所以工廠不要一生產出商品便依預測就往下

游送；而配銷倉庫也不要一接到上游運來的貨就立即依預測往下游送，如圖 2.3。

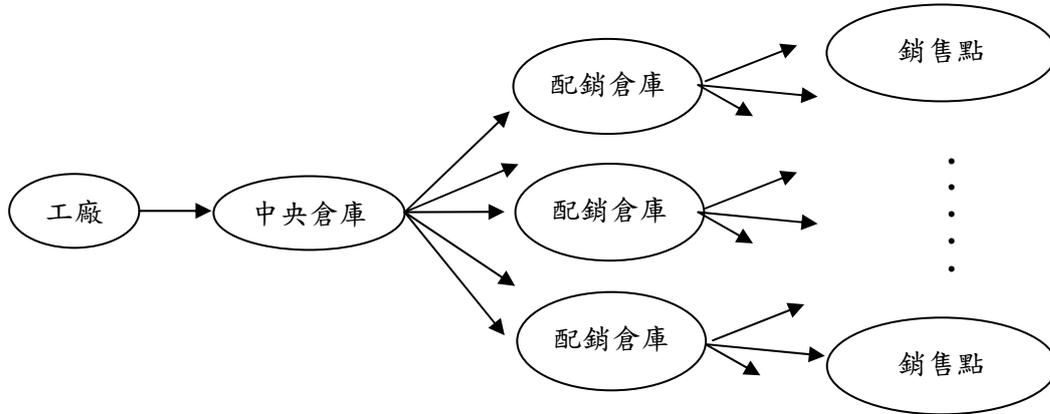


圖 2.3 限制理論配銷系統

資料來源：【21】

二、各據點只保存在其可靠的補貨時間內足以滿足該期間之需求之存貨。例如補貨每次所需的時間是三天，而過去銷售記錄中，連續三天的最大需求量是 300 件，則該據點之庫存只要備有 300 件即可。

三、各據點依其銷售量補貨，賣多少即補多少。

四、透過緩衝管理(Buffer Management, BM)機制監控突發之異常狀況，以便立即應變。例如由於銷售量突然激增而導致存貨過低之現象，BM 即可監控出來並發出緊急補貨訊息。

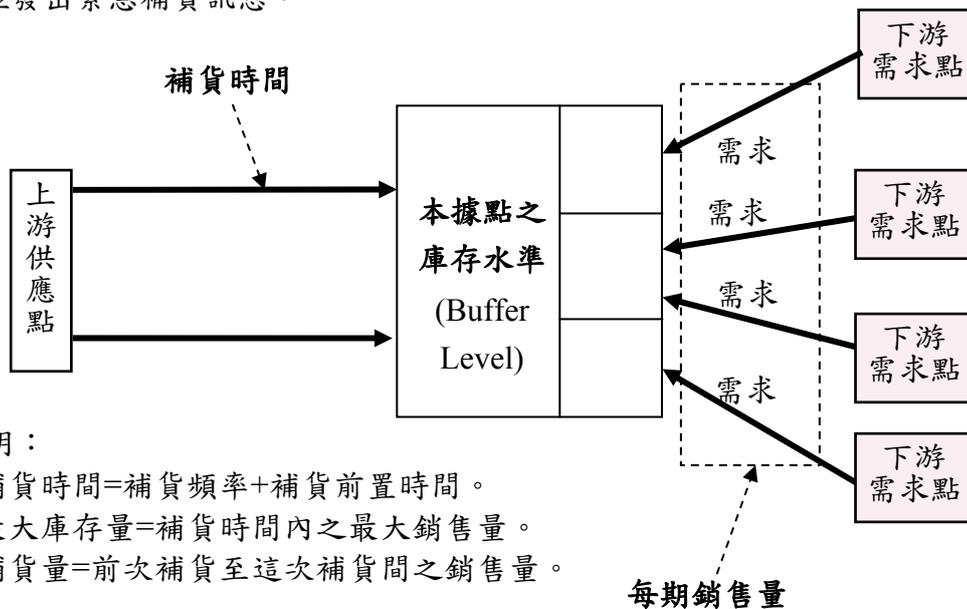


圖 2.4 限制理論供應鏈補貨機制(TOC-SCRS)示意圖

資料來源：【26】

上述二、三兩點為一套新的存貨補貨機制，即限制理論供應鏈補貨機制 (Theory of Constraints- Supply Chain Replenishment Systems, TOC-SCRS)，此補貨機制適於供應鏈上每一個據點(即工廠、倉庫或零售點)採行，在每期銷售量(即過去每日或每週本據點之銷售量或其下游之總需求量或總購買量)已知下，以用多少即補多少為基本觀念，不僅可以減少長鞭效應的發生，更可以增加各據點補貨的可靠性【33】。針對此套解決方案中的限制理論供應鏈補貨機制(TOC-SCRS)而言有三個參數，包括補貨時間、最大庫存量及補貨量，其基本架構如圖 2.4，以下將針對各商品補貨時間、最大庫存量及補貨量分別說明：

一、補貨時間：為補貨頻率(Frequency of Replenishment, FR)與補貨前置時間(Reliable Replenishment Time, RRT)兩者之總和。

(一)補貨頻率：為多久補貨一次之時間，即從上一次下補貨(採購)單到這一次下補貨單的間隔時間，為決定庫存水準高低的重要指標【1】。

(二)補貨前置時間：下補貨單後多久貨可以送達之等候時間，這個時間可能是因為上游需要生產之生產時間，或從上游運送到本據點所需之裝載與運送時間等。

二、最大庫存量：在本據點過去一段時間銷售紀錄中，依補貨時間之長短，評估在連續的補貨時間長度內的最大銷售量，例如補貨時間為 3 天，則根據過去銷售紀錄中，累加連續 3 天的銷售量中之最大值，即為本據點之最大庫存量。換言之，最大庫存量是由補貨時間與過去一段時間之銷售量所決定，因此其關係可表示如下列式子。

$$\text{最大庫存量} = f(\text{補貨時間}, \text{每期銷售量}) \quad (2.1)$$

三、補貨量：每次補貨時之下單量為上一次下補貨(採購)單到這一次下補貨單之間本據點的總銷售量，即用多少補多少之意，例如補貨頻率為兩天補貨一次，則每次的補貨量即為最近兩天之銷售量。換言之，補貨量是由補貨頻率與補貨期間之銷售量所決定，因此其關係可表示如式 2.2。

$$\text{補貨量} = f(\text{補貨頻率}, \text{每期銷售量}) \quad (2.2)$$

目前 TOC 供應鏈解決方案已經導入於許多公司，且能大幅改善其存貨降低、服務水準提升(或缺貨率降低)、過期商品減少及對市場變化之反應速度更快等效益，可知其機制之實用與功能性，但若將此機制運用於工廠時，補貨(換線)頻率與補貨(生產)量兩者間會存在互為因果之矛盾，造成產能限制的批量問題，本研究亦針對此問題進行補貨頻率求解之研究。

2.3 產能限制之批量問題

批量問題(Lot-Sizing Problem, LSP)為中期生產規劃下的問題，期初時將所有顧客的需求做整合，最早是從無產能限制的假設進行批量求解，如經濟訂購量(Economic Order Quantity, EOQ)及華格納懷丁法(Wagner-Whitin)，其主要在於決定機台換線一次要生產多少量，且何時進行生產時能讓總成本(包含整備成本、製造成本及持有成本)達到最小，以適時滿足顧客需求。只是，在設置時間與成本顯著的环境中，批量問題一直是生產計劃的重要研究議題之一，而產能限制之批量問題(Capacitated Lot Sizing Problem, CLSP)屬於NP-hard問題，可視為WW問題下產能限制的延伸，其在解決單一機台產能限制資源下，生產多種產品時所造成時間及批量的規劃問題【12、50、51】，有關於CLSP的研究範圍如表2.1。

表 2.1 產能限制批量問題之相關研究範圍

單階	多階
考慮設置時間與設置成本	不考慮設置時間與設置成本
單一產品	多種產品

單階產能限制之批量問題背景為在有限規劃期間，且具有不發生缺貨的動態需求，由決定的數量及在規劃期間內產品生產的時間所構成。相關研究從 Florian et al.【14】考慮單一產品產能限制之批量問題，至 Chen and Thizy【15】考慮多種產品產能限制之批量問題，Hindi【25】則針對此問題分成單產品和多產品，發展出禁忌搜尋法(Tabu Search, TS)，可在短時間內求出較佳解。之後更有學者考慮到換線時間，以NP-hard求解在產能限制之批量問題【36】。Karimi et al.【31】將單階受限產能批量問題的求解方法分為精確法(Exact methods)、常識或特殊啟發式演算法(Common-sense or specialized heuristics)及數學規劃法(Mathematical programming-based heuristics)三種。其中，精確法是以公式化來求得可行解，如不等式(cut-generation techniques)或變數定義(variable redefinition technique)，可藉由電腦功能輔助求得最佳解。常識或特殊啟發式演算法的架構由三個步驟所組成，分別為需求轉變為生產之批量、滿足需求且不發生缺貨之可行性例行工作、以及改善因需求波動影響調整批量大小，其主要方法有逐期推算(period-by-period heuristics)及依項目種類推算(item-by-item heuristics)之演算法，以下為本研究整理有關產能限制之批量問題的參考文獻：

表 2.2 產能限制之批量問題文獻整理

作者	內容	特性
Lozano S., Llraneta J. and Onieva L.(1991)	建立 Primal-dual，並應用 Lagrangean relaxation 求單階產能動態批量問題。	單階、考慮設置時間與設置成本、多種產品。
Trigeiro W.W.(1989)	考慮到成本、需求及設置時間，建立一個簡單啟發式演算法來解決產能批量問題。	單階、考慮設置時間與設置成本、多種產品。
Belvaux G and Wolsey, L.A.(2000)	Cut-generation 及 Variable redefinition 方法，建立出 bc-prod 系統，提供模式及解決批量的架構。	單階、多機、多種產品。
Dogramaci et al.(1981)	提出了一個四個步驟的演算法，以期在解決批量問題時，能使節省的成本最多。	單階、考慮設置時間與設置成本。

表 2.2 產能限制之批量問題文獻整理(續)

作者	內容	特性
Diaby et al. (1992)	利用一些方法來解決批量產能問題，最後發現基於 Lagrangian relaxation 及 subgradient optimisation，分枝界限法的效果較好。	單階、考慮設置時間與設置成本。
Armentano et al.(1999)	提供了一個求解最小成本的批量問題模式，並利用分枝界限法來求解此模式。	單階、考慮設置時間與設置成本、多種產品。

資料來源：【7、9、18、19、35、50】

2.4 結語

本研究建立於工廠生產與存貨控制的環境，考慮到工廠產能限制的問題。雖然本研究同為產能限制的批量問題，但不同於 CLSP 在預測需求、多產品、多期且單機或多機的環境中，中期生產規劃下的批量問題，其目的在追求最少的換線及最小的存貨持有成本，因此文獻多以成本最小化來建立數學規劃模式或利用啟發式演算法來求解批量大小；而 TOC-SCRS 則為當根據實際需求每期進行 L4L 生產時所受到產能限制的問題，即每期的產能不足以各商品換線一次時的批量問題，兩者同樣為解決產能批量問題，卻是以不同的立場去做詮釋及求解。

第三章 研究成果

3.1. 第一年度：限制理論供應鏈補貨機制在考慮工廠產能限制下之合理補貨頻率模式研究

3.1.1 問題定義與分析

當 TOC-SCRS 應用於工廠時，若工廠一天的產能大於瓶頸機台進行各商品補貨一次並加工一期之補貨(生產)量所需產能，即產能不受限制，換言之，工廠有剩餘產能，此時各商品有最適補貨頻率為一期；反之，若工廠一天的產能小於瓶頸機台進行各商品加工一期補貨量之所需產能，則表示需求大於供給，針對不同特性可使用不同的批量求解方法來求得各商品補貨量。然而當工廠產能大於各商品補貨(生產)一期所需產能，但不足以供各商品補貨(換線)一次，即受於產能的限制時，各商品補貨頻率必須兼顧補貨(生產)量大小與換線時間之產能可行性，不可任意自行決定；但是補貨(生產)量大小又必須在已知的補貨(換線)頻率下才能決定，因此在補貨(換線)頻率與補貨(生產)量、換線時間之間所存在的互為因果之矛盾下，如何決定合理的補貨(換線)頻率大小，是一個必須克服的問題，而本研究之目的即在產能限制下各商品合理補貨頻率之求解計算方法。

3.1.2 符號定義

Input variables:

- I : 商品種類總數。
- i : 商品種類， $i=1,2,\dots,I$ 。
- j : 評估期間內的天數，單位：天。
- H : 每日工作時間，單位：小時。
- C : 工廠一期的工作時間(產能)，即 $C = m \times j \times H$ ，單位：小時。
- D_i : 商品 i 之平均每期需求量，單位：件。
- P_i : 瓶頸機台加工商品 i 一小時的產出，單位：件/小時。
- L_i : 商品 i 每期需求產能， $L_i = D_i / P_i$ ，單位：小時。
- α_i : 商品 i 在瓶頸機台的換線時間與其需求產能之比值， $\alpha_i = S_i / L_i$ 。
- S_i : 商品 i 在瓶頸機台的換線時間， $S_i = \alpha_i \times L_i$ ，單位：小時。
- m : 瓶頸機台數，單位：台。
- rem : 工廠供各商品補貨一次並加工 no 天補貨(生產)量後之剩餘產能，單位：小時。
- r : 進行補貨頻率評估之模式時，拉長第 I 區商品之補貨頻率後所節省

的時間， r 起始值為 0，單位：小時。

R : 進行補貨頻率評估之模式時，修正第 I 區商品之補貨頻率後工廠的剩餘產能， $R = rem + r$ ，單位：小時。

λ : 根據各商品需求產能大小劃分為 I 及 II 區的指標，即評估換線時間與需求產能比值的參數，且 λ 為正數。

μ : 根據各商品需求產能大小劃分為 II 及 III 區的指標，即評估需求產能大小之參數，且 μ 為正數。

q_i : 商品 i 之補貨(生產)量，單位：件。

O : 各商品依需求產能大小劃分二或三區，即 O_I 、 O_{II} 、 O_{III} 。

x, y, R', my, w, no : 常數值。

Output variables:

f_i : 商品 i 補貨頻率相同時之補貨頻率，即各商品每 f 期進行補貨一次，單位：天。

k_i : I 區商品 i 修正後之補貨頻率，單位：天。

b_i : II 或 III 區商品 i 修正後之補貨頻率，單位：天。

3.1.3 問題研究模式

本研究主要在評估工廠產能限制下提供各商品補貨頻率評估之模式。在評估商品換線頻率前，首先針對工廠產能進行衡量，在滿足產能限制之條件下便可進行補貨頻率相同之模式、頻率不同下大單優先評估之模式及頻率不同下大單再評估之模式，如圖 3.1.1。

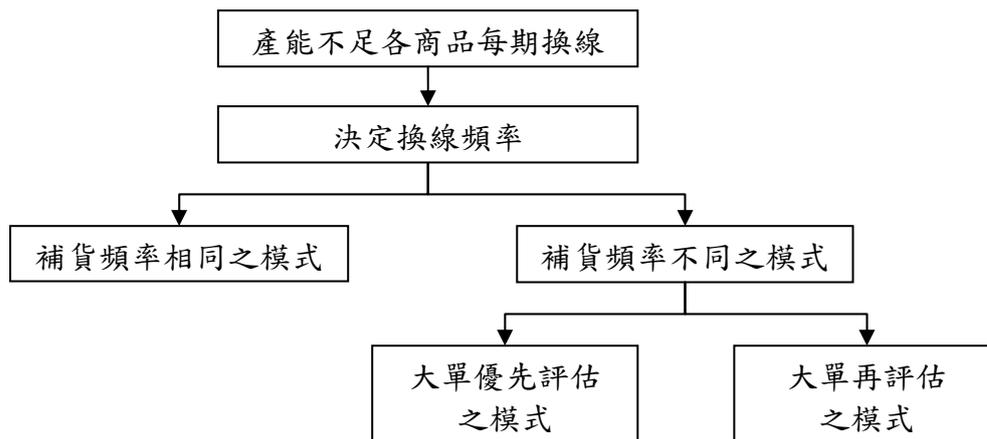


圖 3.1.1 問題研究模式

3.1.4 需求負荷之評估

根據 TOC-SCRS 機制，當工廠產能大於各商品補貨(生產)一期的量，卻不足各商品每期補貨(換線)時，各商品補貨(換線)頻率需在滿足工廠產能情況下，補貨(換線)頻率(f_i)與剩餘產能(rem)值越小越好，即追求每次補貨量最小，如式(3.1.1)至(3.1.5)：

$$\text{Min } q_i = \sum_{i=1}^I (f_i \times D_i) \quad (3.1.1)$$

$$\text{Min } rem = no \times m \times j \times H - (no \times \sum_{i=1}^I L_i + \sum_{i=1}^I (S_i \times \left\lceil \frac{L_i}{j \times H} \right\rceil)) \quad (3.1.2)$$

Subject to:

$$C > \sum_{i=1}^I L_i \quad (3.1.3)$$

$$C < \sum_{i=1}^I L_i + \sum_{i=1}^I (S_i \times \left\lceil \frac{L_i}{j \times H} \right\rceil) \quad (3.1.4)$$

$$f_i \geq 1 \quad (3.1.5)$$

3.1.5 補貨頻率相同之求解

生產多種商品且假設各商品補貨頻率相同的情況下，各商品在評估期間(f_i)內的產能必須要能滿足期間內各商品的總加工及換線一次之所需產能，即滿足各商品補貨一次。

若某期工廠產能不足以供各商品需進行加工與補貨一次之所需產能，則表示該工廠當期需求負荷大於工廠提供之負荷，因此可能需要評估將補貨頻率拉長，直到滿足各商品補貨一次，即與下一期之需求量進行併批，以減少換線時間。在各商品補貨頻率、換線時間相同的情況下，評估各商品補貨頻率如式(3.1.6)、(3.1.7)：

$$f_i \times (j \times H - \sum_{i=1}^I L_i) = f_i \times (j \times H - \sum_{i=1}^I (D_i \times 1/P_i)) \geq \sum_{i=1}^I S_i \quad (3.1.6)$$

$$f_i \geq \frac{\sum_{i=1}^I S_i}{(j \times H - \sum_{i=1}^I L_i)} \quad (3.1.7)$$

但由於工廠中瓶頸機台可能為多機台，因此針對式(3.1.7)修改機台換線時間之計算方式。首先計算各商品每次進行補貨(生產)量時所需機台數為商品補貨量所需產能佔一期的瓶頸機台產能之比值，且為正值，即 $\left\lceil \frac{L_i}{j \times H} \right\rceil$ ；再求得商品 i 的補貨頻率基本公式如式(3.1.9)：

$$\text{if } C < \left(\sum_{i=1}^I L_i + \sum_{i=1}^I \left(S_i \times \left\lceil \frac{L_i}{j \times H} \right\rceil \right) \right) \text{ then}$$

$$f_i \times \left(C - \sum_{i=1}^I L_i \right) \geq \sum_{i=1}^I \left(S_i \times \left\lceil \frac{L_i}{j \times H} \right\rceil \right) \quad (3.1.8)$$

$$f_i \geq \frac{\sum_{i=1}^I \left(S_i \times \left\lceil \frac{L_i}{j \times H} \right\rceil \right)}{\left(C - \sum_{i=1}^I L_i \right)} \quad (3.1.9)$$

根據式(3.1.9)，一期為一天，若某工廠每天工作 24 小時，生產六種商品，瓶頸機台為 2 台，各商品資訊如表 3.1.1；假設每種商品補貨頻率相同，其補貨頻率結果如下所示：

表 3.1.1 商品資訊

項目	商品種類	A	B	C	D	E	F
每期平均需求(D_i)		600	400	300	2500	450	350
瓶頸站換線時間(S_i)		1 hr					
商品每小時產出(P_i)		100	100	100	100	100	100

由於每天平均需求產能 $\left(\sum_{i=1}^I L_i + \sum_{i=1}^I \left(S_i \times \left\lceil \frac{L_i}{j \times H} \right\rceil \right) \right)$ 為 $(600+400+300+2500+450+350) \times 1/100 + [1 \times (\left\lceil \frac{6}{24} \right\rceil + \left\lceil \frac{4}{24} \right\rceil + \left\lceil \frac{3}{24} \right\rceil + \left\lceil \frac{25}{24} \right\rceil + \left\lceil \frac{4.5}{24} \right\rceil + \left\lceil \frac{3.5}{24} \right\rceil)] = 53$ 小時，大於工廠一天之產能($C = m \times j \times H$)為 $2 \times 1 \times 24 = 48$ 小時，各商品無法每天補貨一次。因此，根據式(3.1.9)可求得各商品之補貨頻率 $f_i \geq 1 \times (\left\lceil \frac{6}{24} \right\rceil + \left\lceil \frac{4}{24} \right\rceil +$

$\left\lceil \frac{3}{24} \right\rceil + \left\lceil \frac{25}{24} \right\rceil + \left\lceil \frac{4.5}{24} \right\rceil + \left\lceil \frac{3.5}{24} \right\rceil \Big) / (2 \times 1 \times 24 - 46) = 4$ ，即各商品每四天生產一次四天的平均需求量。其生產排程可能如圖 3.1.2 所示：

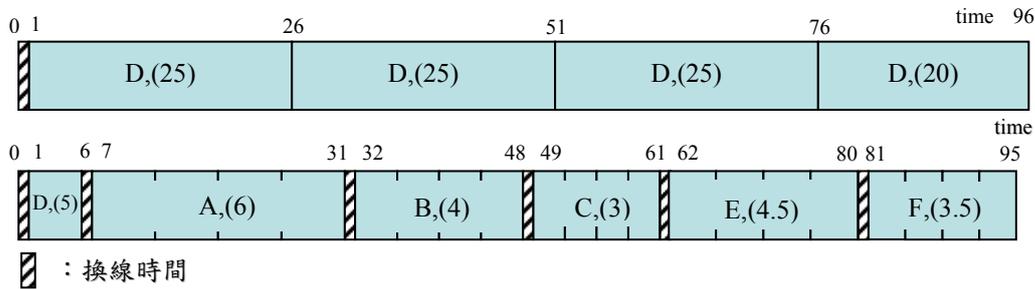


圖 3.1.2 生產排程示意圖

然而在假設各商品換線頻率相同時，若各商品需求量差異大，則某些商品將一次生產許多量，而某些商品換線一次卻只加工短暫時間，因此，假設換線頻率相同固有其不合理之處，故本研究亦針對當補貨頻率可能不同時提出不同之解法。

3.1.6 補貨頻率不同之啟發式演算法

生產多種商品且當期產能大於商品加工之總需求產能，但不足以供各商品換線一次時，必須與下一期之需求量進行併批，以減少換線時間。根據 TOC-SCRS 觀念，在滿足補貨量大小之產能可行性下，補貨(換線)頻率要愈短愈好，以滿足 TOC 供應鏈解決方案之精神。但由於商品之平均需求產能及換線時間不同，其所適合的補貨頻率亦不相同，例如商品 A 平均每期需求為 10 件，商品 B 平均每期需求為 1000 件，且換線時間皆為 1 小時，則兩者的補貨頻率理當不同。因此，本研究在修正補貨頻率時主要依據需求產能、剩餘產能與換線時間作為考量，以截長補短的觀念運用於各商品補貨頻率上，針對需求產能低的商品(即 I 區)拉長其補貨頻率，以增加剩餘產能，作為需求產能大之商品(即 II 區)進行縮短補貨頻率時增加換線時間的需求，如圖 3.1.3。首先分別說明當補貨頻率拉長或縮短時所增加或減少的換線時間。

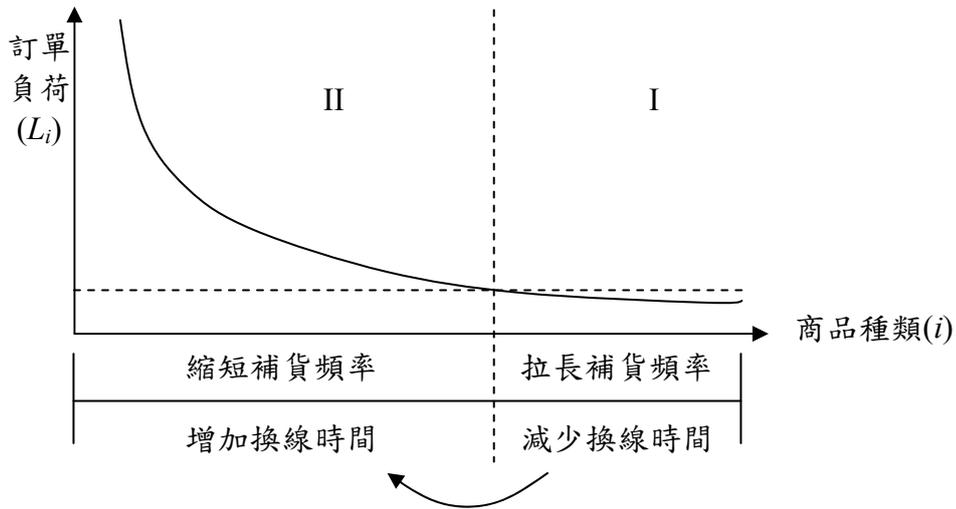


圖 3.1.3 補貨頻率評估概念圖

3.1.6.1 增減換線頻率與產能增減之關係

拉長商品補貨頻率或縮短商品換線頻率時，必須將每次換線時間轉換成在每期單位換線時間來評估，以求得當補貨頻率拉長或縮短時所節省或增加換線時間的評估，如下列兩點說明。

一、縮短補貨(換線)頻率時所增加的換線時間：

當某商品 f 期補貨(換線)一次時，則平均每期所需要的換線時間為：

$$\frac{1}{f_i} \times S_i \times \left[\frac{L_i}{j \times H} \right] \quad (3.1.10)$$

若將其補貨(換線)頻率縮短為 b 期補貨一次，則平均每期換線時間為：

$$\frac{1}{b_i} \times S_i \times \left[\frac{L_i}{j \times H} \right] \quad (3.1.11)$$

相較之下，當補貨頻率縮短，且以 f_i 為基期時，會增加換線時間為：

$$f_i \times \left(\frac{1}{b_i} - \frac{1}{f_i} \right) \times S_i \times \left[\frac{L_i}{j \times H} \right] \quad (3.1.12)$$

例如某商品原本 4 天補貨一次，瓶頸機台數為 1 台且換線時間為 2 小時，則平均每天的換線時間為 $(1/4) \times 2 \times 1 = 1/2$ 小時；後來若將補貨頻率縮短為 2 天，則平均每天換線時間為 $((1/2) \times 2 \times 1 = 1$ 小時。因此在 4 天產能評估下

會增加 $4 \times \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{4} \right) \times 2 \times 1 = 2$ 小時的換線時間。

二、拉長補貨(換線)頻率時所減少的換線時間：

當某商品 f 期補貨(換線)一次時，計算平均每期所花的換線時間如式(3.1.10)；若其補貨(換線)頻率拉長為 k 期補貨一次，則平均每期換線時間為：

$$\frac{1}{k_i} \times S_i \times \left\lceil \frac{L_i}{j \times H} \right\rceil \quad (3.1.13)$$

相較之下，當補貨頻率拉長，且以 f_i 為基期時，可縮短的換線時間為：

$$f_i \times \left(\frac{1}{f_i} - \frac{1}{k_i} \right) \times S_i \times \left\lceil \frac{L_i}{j \times H} \right\rceil \quad (3.1.14)$$

例如某商品原本 4 天補貨一次，瓶頸機台數為 1 且換線時間為 2 小時，平均每天的換線時間為 $(1/4) \times 2 \times 1 = 1/2$ 小時，後來若將補貨頻率拉長為 6 天，則平均每天換線時間為 $(1/6) \times 2 \times 1 = 1/3$ 小時。因此在 4 天產能評估下可減少 $4 \times \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{6} \right) \times 2 \times 1 = 2/3$ 小時的換線時間。

根據上述兩點，雖然產能負荷較小的商品拉長其補貨頻率可以減少換線時間，但卻不一定能夠符合商品負荷大縮短補貨頻率所增加的換線時間。例如工廠生產 A、B 商品，瓶頸機台數為 1 且換線時間皆為 2 小時，當補貨頻率相同時可得到結果為三期補貨一次，其中產能負荷較小的商品 A 補貨頻率從原本三期換線一次拉長為四期，可減少 $f_A \times \left(\frac{1}{f_A} - \frac{1}{k_A} \right) \times S_A \times \left\lceil \frac{L_A}{j \times H} \right\rceil = 3 \times \left(\frac{1}{3} - \frac{1}{4} \right) \times 2 \times 1 = \frac{1}{2}$ 小時；而商品 B 的補貨頻率從原本三期換線一次縮短為兩期，會增加 $f_B \times \left(\frac{1}{b_B} - \frac{1}{f_B} \right) \times S_B \times \left\lceil \frac{L_B}{j \times H} \right\rceil = 3 \times \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{3} \right) \times 2 \times 1 = 1$ 小時，大於商品 A 所節省的時間，因此，若生產多種商品時，必須逐一比較並適時修正，本研究亦提出兩種模式來修正各商品補貨(換線)頻率。

3.1.6.2 換線頻率評估模式(大單優先評估)

從 I 區商品計算出可供剩餘產能，再給 II 區從最大需求負荷的補貨頻率開始逐一修正，一次縮短一期，以下為評估補貨頻率之步驟。

Step1、計算當補貨頻率相同時，其補貨頻率如式(3.1.9)。

Step2、依商品需求產能大小進行分區。

首先依照商品訂單需求產能大小(L_i)將工廠生產之訂單分為 I、II

二區($O_0 = \{i | i = 1, 2, \dots, I\}$)，其中 I 區為訂單需求產能較低的商品。I 及 II 區的界線為訂單需求與其換線所需產能的比例關係，即當 $L_i \leq \lambda \times S_i \times \left\lceil \frac{L_i}{j \times H} \right\rceil$ 時，則落於 I 區 ($O_1 = \{y | L_y = L_i \leq \lambda \times S_i \times \left\lceil \frac{L_i}{j \times H} \right\rceil, i = 1, 2, \dots, I\}$)，其餘商品為 II 區($O_{II} = O_0 - O_1$)，其中 λ 為評估換線時間與需求產能比值之參數，如圖 3.1.4。

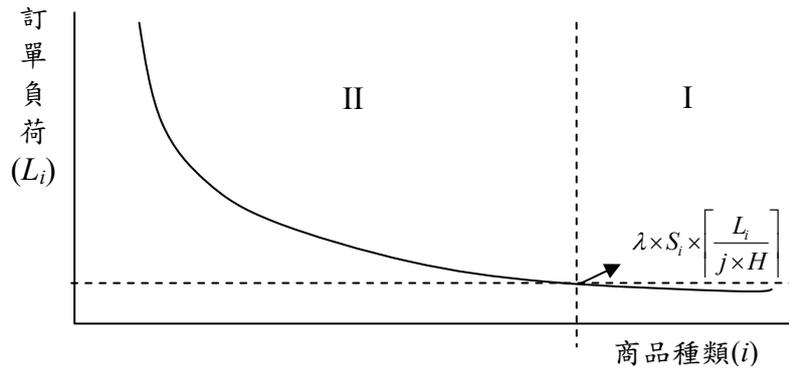


圖 3.1.4 訂單種類分區示意圖

Step3、計算 I 區修正後之補貨頻率(k_y)及補貨量(q_y)。

理想補貨所需產能為 λ 倍的換線所需產能如式(3.1.15)，若修正後補貨頻率(k_y)小於原本的補貨頻率(f_i)，則以原本的補貨頻率(f_i)為主，如式(3.1.16)，而每次補貨量(q_y)如式(3.1.17)：

$$\lambda \times S_y \times \left\lceil \frac{L_y}{j \times H} \right\rceil = k_y \times L_y, \quad y \in O_1 \quad (3.1.15)$$

$$k_y = \text{Max} \left\{ \left\lceil \lambda \times S_y \times \left\lceil \frac{L_y}{j \times H} \right\rceil / L_y \right\rceil, f_i \right\}, \quad y \in O_1 \quad (3.1.16)$$

$$q_y = k_y \times D_y = \lambda \times S_y \times \left\lceil \frac{L_y}{j \times H} \right\rceil \times P_y, \quad y \in O_1 \quad (3.1.17)$$

Step4、修正 I 區商品補貨頻率，並計算拉長補貨頻率所節省的換線時間。

Step4.1、令拉長 I 區商品之補貨頻率所節省的換線時間(r)為 0。

Step4.2、從第 I 區中選擇需求產能最大之商品 my ，即 $my =$

$$\text{Max}\{L_y \mid y \in O_I\}。$$

Step4.3、根據式(3.1.16)計算商品 my 修正後之適當補貨頻率為

$$k_{my} = \left\lceil \lambda \times S_{my} \times \left\lceil \frac{L_{my}}{j \times H} \right\rceil / L_{my} \right\rceil。$$

Step4.4、根據式(3.1.14)求出當補貨頻率拉長時所節省下來的累加時間，即：

$$r = r + f_i \times \left(\frac{1}{f_i} - \frac{1}{k_{my}} \right) \times S_{my} \times \left\lceil \frac{L_{my}}{j \times H} \right\rceil \quad (3.1.18)$$

Step4.5、從第 I 區中去除商品 my ，即 $O_I = O_I - \{my\}$ 。若 I 區仍有其他商品，則回到 Step4.2；否則跳出此步驟，最後可得知總共節省的時間(r)。

Step5、修正 II 區商品之補貨頻率。

Step5.1、令常數 x 為 1，計算總剩餘產能(R)為工廠剩餘產能(rem)加上 I 區商品修正補貨頻率所節省的時間(r)，即 $R = rem + r$ ，其中

$$rem = f_i \times (C - \sum_{i=1}^I L_i) - \sum_{i=1}^I S_i \times \left\lceil \frac{L_i}{j \times H} \right\rceil。$$

Step5.2、集合第 II 區可供補貨頻率進行修正評估之商品 y ，即 $y =$

$$\{b_y = f_i - x \mid y \in O_{II}\}。$$

Step5.3、從 II 區可進行評估補貨頻率之商品(y)中挑選需求產能最大需求產能者(my)，即 $my = \text{Max}\{L_{my} = L_y \mid b_y = f_i - x, y \in O_{II}\}$ ，且調整後

$$\text{之補貨頻率 } b_{my} = f_i - x。$$

Step5.4、根據式(3.1.12)評估剩餘產能是否足夠商品 my 修正頻率後所增加

的換線時間。當 $x=1$ 時，若商品 my 縮短補貨頻率所增加的換線

時間小於剩餘產能，即： $f_i \times \left(\frac{1}{b_{my}} - \frac{1}{f_i}\right) \times S_{my} \times \left\lceil \frac{L_{my}}{j \times H} \right\rceil \leq R$ ，進

行 Step5.5；當 $x>1$ 時，需將補貨頻率推算至第一期，再評估縮短 x 期的情況，即

$$f_i \times \left(\frac{1}{b_{my}} - \frac{1}{f_i}\right) \times S_{my} \times \left\lceil \frac{L_{my}}{j \times H} \right\rceil - (b_{my} + 1) \times \left(\frac{1}{b_{my} + 1} - \frac{1}{f_i}\right) \times S_{my} \times$$

$$\left\lceil \frac{L_{my}}{j \times H} \right\rceil \leq R，進行 Step5.5。若皆無法滿足時，則 $b_{my} = b_{my} + 1$ ，$$

直接跳至 Step5.6。

Step5.5、計算剩餘產能。

由於在 II 區商品補貨頻率非一次增加到一固定值，而是以逐漸增加其頻率，方便隨時評估產能是否足夠，其剩餘產能為：

$$R = R - f_i \times \left(\frac{1}{b_{my}} - \frac{1}{f_i}\right) \times S_{my} \times \left\lceil \frac{L_{my}}{j \times H} \right\rceil \quad (3.1.19)$$

而計算修正補貨頻率後所需剩餘產能時，應先將剩餘產能加至原始補貨頻率值，再減去修正補貨頻率值之所需換線時間：

$$R = R + (b_{my} + 1) \times \left(\frac{1}{b_{my} + 1} - \frac{1}{f_i}\right) \times S_{my} \times \left\lceil \frac{L_{my}}{j \times H} \right\rceil - f_i \times \left(\frac{1}{b_{my}} - \frac{1}{f_i}\right) \times S_{my} \times \left\lceil \frac{L_{my}}{j \times H} \right\rceil \quad (3.1.20)$$

Step5.6、從第 II 區中去除商品 my ，即 $O_{II} = O_{II} - \{my\}$ 。若 $x = f - 1$ ，則結束此步驟。若 II 區仍有其他商品且有剩餘產能($R>0$)，則回到 Step5.3。若 II 區無任何商品，但仍有剩餘產能，且至少有一商品之修正頻率為 $(f_i - x)$ ，即 $my = \{b_{my} = f_i - x \mid my \in O_{II}\} \neq \phi$ ，則 $x = x + 1$ ， $R' = R$ ， $y = my$ ，並回到 Step5.2。若 II 區無任何商品，且無剩餘產能($R=0$)，或有剩餘產能卻不滿足 II 區任何商品縮短補貨頻率所增加的換線時間，即 $R = R' = my = \{b_{my} = f_i - x \mid my \in O_{II}\} \neq \phi$ ，則結束此步驟。

將上述演算法可以圖 3.1.5 流程圖表示：

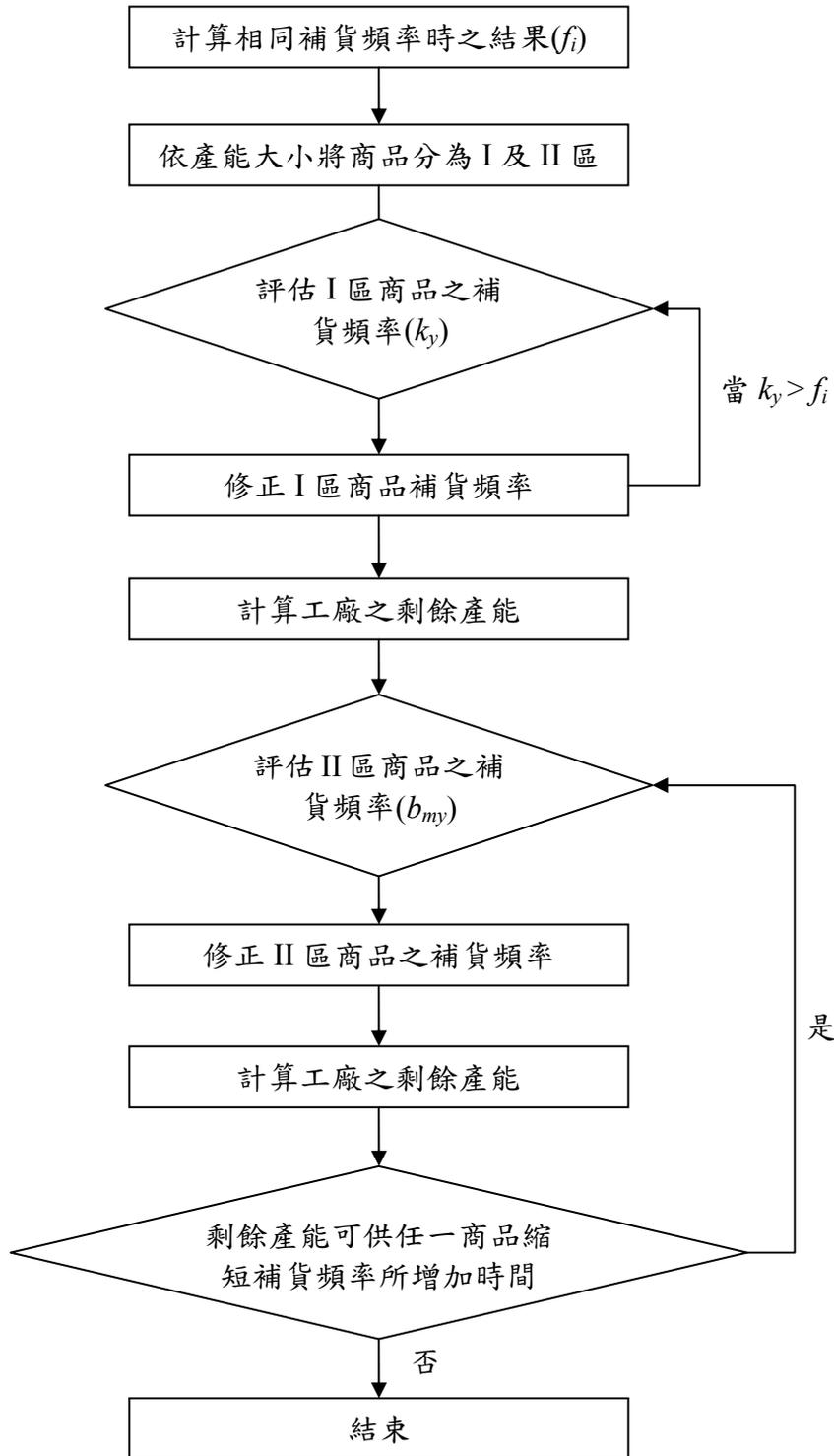


圖 3.1.5 大單優先評估模式演算流程圖

若工廠生產 8 種商品，瓶頸機台數為 3 台，一天工作 24 小時，以一天為一期， λ 值為 2。若以大單優先評估之模式，評估各商品修正之換線頻率結果如表 3.1.2：

表 3.1.2 商品資訊(大單優先評估之模式)

項目	商品編號	1	2	3	4	5	6	7	8
每日平均需求(D_i)		600	2500	800	200	450	320	180	900
商品每小時產出(P_i)		100	100	100	100	90	80	60	90
換線時間(S_i)		2	2	2	6	1	3	6	1
需求產能(L_i)		6	25	8	2	5	4	3	10

Step1、當補貨頻率相同時，其補貨頻率為

$$f_i \geq \frac{\sum_{i=1}^I (S_i \times \left\lceil \frac{L_i}{j \times H} \right\rceil)}{(C - \sum_{i=1}^I L_i)} = \frac{2+4+2+6+1+3+6+1}{3 \times 1 \times 24 - 63} = \frac{25}{9}, f_i = 3。$$

Step2、將 8 種商品(O_0)分為 O_I 、 O_{II} 兩區，且 λ 值為 2，即 $O_I = \{y | L_y = L_i \leq$

$$\lambda \times S_i \times \left\lceil \frac{L_i}{j \times H} \right\rceil, i = 1, 2, \dots, I\} = \{6, 7, 4\}, O_{II} = O_0 - O_I = \{2, 8, 3, 1, 5\}。$$

Step3、計算 I 區商品的補貨頻率， $k_y = \text{Max} \left\{ \left\lceil \lambda \times S_y \times \left\lceil \frac{L_y}{j \times H} \right\rceil / L_y \right\rceil, f_i \right\}, y \in O_I。$

$$k_6 = \{\lfloor 2 \times 3/4 \rfloor, 3\} = 3 \quad (\text{天})、k_7 = \{\lfloor 2 \times 6/3 \rfloor, 3\} = 4 \quad (\text{天})、k_4 = \{\lfloor 2 \times 6/2 \rfloor, 3\} = 6 \quad (\text{天})。$$

Step4、修正 I 區商品補貨頻率，並計算拉長補貨頻率所節省的換線時間。

Step4.1、令 $r = 0。$

Step4.2、 $my = \text{Max}\{L_y | y \in O_I\} = \text{Max}\{L_y | y = 6, 7, 4\} = 6。$

Step4.3、 $k_6 = 3。$

Step4.4、 $r = 0 + 3 \times (\frac{1}{3} - \frac{1}{3}) \times 3 = 0$ (小時)。

Step4.5、 $O_I = \{6, 7, 4\} - \{6\} = \{7, 4\}$ ，回到 Step4.2。

Step4.2、 $my = \text{Max}\{L_y | y \in O_1\} = \text{Max}\{L_y | y = 7, 4\} = 7$ 。

Step4.3、 $k_7 = 4$ 。

Step4.4、 $r = 0 + 3 \times (\frac{1}{3} - \frac{1}{4}) \times 6 = \frac{3}{2}$ (小時)。

Step4.5、 $O_1 = \{7, 4\} - \{7\} = \{4\}$ ，回到 Step4.2。

Step4.2、 $my = \text{Max}\{L_y | y \in O_1\} = \text{Max}\{L_y | y = 4\} = 4$ 。

Step4.3、 $k_4 = 6$ 。

Step4.4、 $r = \frac{3}{2} + 3 \times (\frac{1}{3} - \frac{1}{6}) \times 6 = \frac{9}{2}$ (小時)。

Step4.5、 $O_1 = \{4\} - \{4\} = \phi$ ，結束此步驟。

因此，各商品所節省的總時間為 $\frac{9}{2}$ 小時。

Step5、修正 II 區商品之補貨(換線)頻率。

Step5.1、令 $x=1$ ，並計算總剩餘產能為 $R = \text{rem} + r = (f_i \times (C - \sum_{i=1}^I L_i)$

$$- \sum_{i=1}^I S_i \times \left\lceil \frac{L_i}{j \times H} \right\rceil) + r = 2 + \frac{9}{2} = \frac{13}{2} \text{ 小時}。$$

Step5.2、 $y = O_{II} = \{2, 8, 3, 1, 5\}$ 。

Step5.3、 $my = \text{Max}\{L_{my} = L_y | b_y = f - x, y = 2, 8, 3, 1, 5\} = 2$ ， $b_2 = f_i - x = 3 - 1 = 2$ 。

Step5.4、 $f_i \times (\frac{1}{b_{my}} - \frac{1}{f}) \times S_{my} \times \left\lceil \frac{L_{my}}{j \times H} \right\rceil = 3 \times (\frac{1}{2} - \frac{1}{3}) \times 4 = 2 \leq R = \frac{13}{2}$ 。

Step5.5、 $R = R - f_i \times (\frac{1}{b_{my}} - \frac{1}{f}) \times S_{my} \times \left\lceil \frac{L_{my}}{j \times H} \right\rceil = \frac{13}{2} - 2 = \frac{9}{2}$ 小時。

Step5.6、 $O_{II} = \{2,8,3,1,5\} - \{2\} = \{8,3,1,5\}$ ，且 $R > 0$ ，回到 Step5.3。

Step5.3、 $my = \text{Max}\{L_{my} = L_y | b_y = f_i - x, y = 8,3,1,5\} = 8$ ， $b_8 = f_i - x = 2$ 。

Step5.4、 $f_i \times \left(\frac{1}{b_{my}} - \frac{1}{f_i}\right) \times S_{my} \times \left[\frac{L_{my}}{j \times H}\right] = 3 \times \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{3}\right) \times 1 = \frac{1}{2} \leq R = \frac{9}{2}$ 。

Step5.5、 $R = R - f_i \times \left(\frac{1}{b_{my}} - \frac{1}{f_i}\right) \times S_{my} \times \left[\frac{L_{my}}{j \times H}\right] = \frac{9}{2} - \frac{1}{2} = 4$ 小時。

Step5.6、 $O_{II} = \{8,3,1,5\} - \{8\} = \{3,1,5\}$ ，且 $R > 0$ ，回到 Step5.3。

Step5.3、 $my = \text{Max}\{L_{my} = L_y | b_y = f_i - x, y = 3,1,5\} = 3$ ， $b_3 = f_i - x = 2$ 。

Step5.4、 $f_i \times \left(\frac{1}{b_{my}} - \frac{1}{f_i}\right) \times S_{my} \times \left[\frac{L_{my}}{j \times H}\right] = 3 \times \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{3}\right) \times 2 = 1 \leq R = 4$ 。

Step5.5、 $R = R - f_i \times \left(\frac{1}{b_{my}} - \frac{1}{f_i}\right) \times S_{my} \times \left[\frac{L_{my}}{j \times H}\right] = 4 - 1 = 3$ 小時。

Step5.6、 $O_{II} = \{3,1,5\} - \{3\} = \{1,5\}$ ，且 $R > 0$ ，回到 Step5.3。

Step5.3、 $my = \text{Max}\{L_{my} = L_y | b_y = f_i - x, y = 1,5\} = 1$ ， $b_1 = f_i - x = 2$ 。

Step5.4、 $f_i \times \left(\frac{1}{b_{my}} - \frac{1}{f_i}\right) \times S_{my} \times \left[\frac{L_{my}}{j \times H}\right] = 3 \times \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{3}\right) \times 2 = 1 \leq R = 3$ 。

Step5.5、 $R = R - f_i \times \left(\frac{1}{b_{my}} - \frac{1}{f_i}\right) \times S_{my} \times \left[\frac{L_{my}}{j \times H}\right] = 3 - 1 = 2$ 小時。

Step5.6、 $O_{II} = \{1,5\} - \{1\} = \{5\}$ ，且 $R > 0$ ，回到 Step5.3。

Step5.3、 $my = \text{Max}\{L_{my} = L_y | b_y = f_i - x, y = 5\} = 5$ ， $b_5 = f_i - x = 2$ 。

Step5.4、 $f_i \times \left(\frac{1}{b_{my}} - \frac{1}{f_i}\right) \times S_{my} \times \left\lceil \frac{L_{my}}{j \times H} \right\rceil = 3 \times \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{3}\right) \times 1 = \frac{1}{2} \leq R = 2$ 。

Step5.5、 $R = R - f_i \times \left(\frac{1}{b_{my}} - \frac{1}{f_i}\right) \times S_{my} \times \left\lceil \frac{L_{my}}{j \times H} \right\rceil = 2 - \frac{1}{2} = \frac{3}{2}$ 小時。

Step5.6、 $O_{II} = \{5\} - \{5\} = \emptyset$ ，由於 $R > 0$ ，且 $my = \{b_{my} = f_i - x | my \in O_{II}\} = \{2, 8, 3, 1, 5\}$ ，則 $x = x + 1 = 2$ ，且 $R' = R = \frac{3}{2}$ ， $y = my$ ，跳至 Step5.2。

Step5.2、 $y = O_{II} = \{2, 8, 3, 1, 5\}$ 。

Step5.3、 $my = \text{Max}\{L_{my} = L_y | b_y = f_i - x, y = 2, 8, 3, 1, 5\} = 2$ ， $b_2 = f_i - x = 3 - 2 = 1$ 。

Step5.4、由於 $x = 2$ ，因此可知商品 my 修正補貨頻率所增加的換線時間為

$$f_i \times \left(\frac{1}{b_{my}} - \frac{1}{f_i}\right) \times S_{my} \times \left\lceil \frac{L_{my}}{j \times H} \right\rceil - (b_{my} + 1) \times \left(\frac{1}{b_{my} + 1} - \frac{1}{f_i}\right) \times S_{my} \times \left\lceil \frac{L_{my}}{j \times H} \right\rceil = 3 \times \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{3}\right) \times 4 - 2 \times \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{3}\right) \times 4 = 8 - \frac{4}{3} = \frac{20}{3} > R = \frac{3}{2}$$

，則 $b_2 = b_2 + 1 = 2$ ，跳至 Step5.6。

Step5.6、 $O_{II} = \{2, 8, 3, 1, 5\} - \{2\} = \{8, 3, 1, 5\}$ ，且 $R > 0$ ，回到 Step5.3。

Step5.3、 $my = \text{Max}\{L_{my} = L_y | b_y = f - x, y = 8, 3, 1, 5\} = 8$ ， $b_8 = f_i - x = 3 - 2 = 1$ 。

Step5.4、由於 $x = 2$ ，因此可知商品 my 修正補貨頻率所增加的換線時間為

$$f_i \times \left(\frac{1}{b_{my}} - \frac{1}{f_i}\right) \times S_{my} \times \left\lceil \frac{L_{my}}{j \times H} \right\rceil - (b_{my} + 1) \times \left(\frac{1}{b_{my} + 1} - \frac{1}{f_i}\right) \times S_{my} \times \left\lceil \frac{L_{my}}{j \times H} \right\rceil = 3 \times \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{3}\right) \times 3 - 2 \times \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{3}\right) \times 1 = 5 > R = \frac{3}{2}$$

，則 $b_8 = b_8 + 1 = 2$ ，跳至 Step5.6。

Step5.6、 $O_{II} = \{8,3,1,5\} - \{8\} = \{3,1,5\}$ ，且 $R > 0$ ，回到 Step5.3。

Step5.3、 $my = \text{Max}\{L_{my} = L_y | b_y = f_i - x, y = 3,1,5\} = \frac{5}{3}$ ， $b_3 = f_i - x = 3 - 2 = 1$ 。

Step5.4、由於 $x = 2$ ，因此可知商品 my 修正補貨頻率所增加的換線時間為

$$f_i \times \left(\frac{1}{b_{my}} - \frac{1}{f_i} \right) \times S_{my} \times \left\lceil \frac{L_{my}}{j \times H} \right\rceil - (b_{my} + 1) \times \left(\frac{1}{b_{my} + 1} - \frac{1}{f_i} \right) \times S_{my} \times \left\lceil \frac{L_{my}}{j \times H} \right\rceil$$

$$= 3 \times \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{3} \right) \times 2 - 2 \times \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{3} \right) \times 2 = \frac{10}{3} > R = \frac{3}{2}$$

，則 $b_3 = b_3 + 1 = 2$ ，跳至 Step5.6。

Step5.6、 $O_{II} = \{3,1,5\} - \{3\} = \{1,5\}$ ，且 $R > 0$ ，回到 Step5.3。

Step5.3、 $my = \text{Max}\{L_{my} = L_y | b_y = f_i - x, y = 1,5\} = 1$ ， $b_1 = f_i - x = 3 - 2 = 1$ 。

Step5.4、由於 $x = 2$ ，因此可知商品 my 修正補貨頻率所增加的換線時間為

$$f_i \times \left(\frac{1}{b_{my}} - \frac{1}{f_i} \right) \times S_{my} \times \left\lceil \frac{L_{my}}{j \times H} \right\rceil - (b_{my} + 1) \times \left(\frac{1}{b_{my} + 1} - \frac{1}{f_i} \right) \times S_{my} \times \left\lceil \frac{L_{my}}{j \times H} \right\rceil$$

$$= 3 \times \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{3} \right) \times 2 - 2 \times \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{3} \right) \times 2 = \frac{10}{3} > R = \frac{3}{2}$$

，則皆無法滿足， $b_1 = b_1 + 1 = 2$ ，跳至 Step5.6。

Step5.6、 $O_{II} = \{1,5\} - \{1\} = \{5\}$ ，且 $R > 0$ ，回到 Step5.3。

Step5.3、 $my = \text{Max}\{L_{my} = L_y | b_y = f_i - x, y = 5\} = 5$ ， $b_5 = f_i - x = 3 - 2 = 1$ 。

Step5.4、由於 $x = 2$ ，因此可知商品 my 修正補貨頻率所增加的換線時間為

$$f_i \times \left(\frac{1}{b_{my}} - \frac{1}{f_i} \right) \times S_{my} \times \left\lceil \frac{L_{my}}{j \times H} \right\rceil - (b_{my} + 1) \times \left(\frac{1}{b_{my} + 1} - \frac{1}{f_i} \right) \times S_{my} \times \left\lceil \frac{L_{my}}{j \times H} \right\rceil$$

$$= 3 \times \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{3} \right) \times 1 - 2 \times \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{3} \right) \times 1 = \frac{5}{3} > R = \frac{3}{2}$$

，則 $b_5 = b_5 + 1 = 2$ ，跳至 Step5.6。

Step5.6、 $O_{II} = \{5\} - \{5\} = \phi$ ，由於 $R > 0$ 及 $my = \{b_{my} = f_i - x | my \in O_{II}\} = \phi$ ，但

$R=1=R'$ ，即剩餘產能不足夠 II 區任何商品進行換線評估，因此結束。

根據 Step1~Step5 可知此工廠之產品補貨(換線)頻率結果如表 3.1.3：

表 3.1.3 修正後商品之補貨頻率(大單優先評估之模式)

項目	商品編號	1	2	3	4	5	6	7	8
補貨頻率(b_i)(天)		2	2	2	6	2	3	4	2

3.1.6.3 換線頻率評估模式(大單再評估)

承大單優先評估之模式步驟，將剩餘產能儘可能分配給 II 區商品，若分配完仍有剩餘產能或不足 II 區任何商品換線所需產能，則進行第 III 區商品換線頻率之評估，其步驟如下。

Step1、計算當補貨頻率相同時，其補貨頻率為如式(3.1.9)。

Step2、依商品需求產能大小進行分區。

首先依照商品訂單負荷大小(L_i)將工廠生產之訂單分為 I、II、III 三區($O_0 = \{i | i=1,2,\dots,I\}$)，其中 I 區為訂單需求產能較低的商品。I 及 II 區的界線為訂單需求與其換線所需產能的比例關係，即當 $L_i \leq \lambda \times S_i \times \left\lceil \frac{L_i}{j \times H} \right\rceil$ ，則落於 I 區 ($O_I = \{y | L_y = L_i \leq \lambda \times S_i \times \left\lceil \frac{L_i}{j \times H} \right\rceil, i=1,2,\dots,I\}$)，其中 λ 為評估換線時間與需求產能比值之參數；當需求負荷大於界定之產能，即 $L_i > C/\mu$ ，則落於 II 區 ($O_{II} = \{w | L_w = L_i > \frac{C}{\mu}, i=1,2,\dots,I\}$)，其餘商品則為 III 區($O_{III} = \{O_0 - O_I - O_{II}\}$)，其中 μ 為評估需求產能大小之參數，如圖 3.1.6。

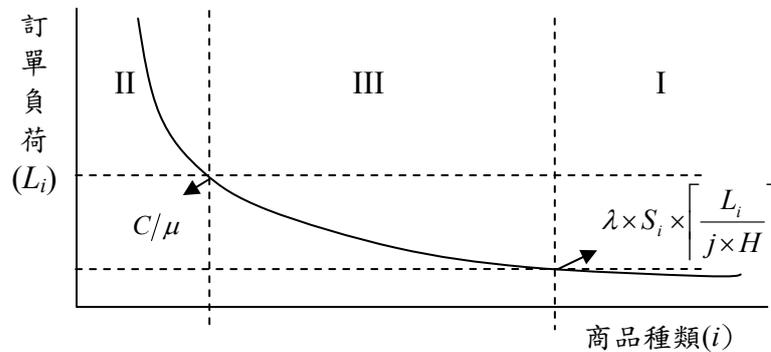


圖 3.1.6 訂單負荷分區示意圖

Step3、計算 I 區修正後補貨頻率(k_y)及補貨量(q_y)。

理想換線所需產能等於補貨所需產能如式(3.1.15)，若修正後補貨頻率(k_y)小於原本的補貨頻率(f_i)，則以原本的補貨頻率(f_i)為主，如式(3.1.16)，而每次補貨量(q_y)如式(3.1.17)：

Step4、修正 I 區商品補貨頻率，並計算拉長補貨頻率所節省的換線時間。

Step4.1、令拉長 I 區商品補貨頻率所節省的換線時間(r)為 0。

Step4.2、從第 I 區中選擇需求產能最大之商品 my ，即

$$my = \text{Max}\{L_y \mid y \in O_I\}。$$

Step4.3、根據式(3.1.16)計算商品 y 修正後之適當補貨頻率為

$$k_{my} = \left\lfloor \lambda \times S_{my} \times \left\lceil \frac{L_{my}}{j \times H} \right\rceil / L_{my} \right\rfloor。$$

Step4.4、根據式(3.1.14)二求出當補貨頻率拉長時所節省下來的累加時間如式(3.1.18)。

Step4.5、從第 I 區中去除商品 my ，即 $O_I = O_I - \{my\}$ 。若 I 區仍有其他商品，則回到 Step4.2；否則跳出此步驟，可得知總共減少的時間(r)。

Step5、進行第 II 區商品縮短一次補貨頻率之評估。

Step5.1、令常數 x 為 1，計算總剩餘產能(R)為工廠剩餘產能(rem)加上 I 區商品修正補貨頻率所節省的時間(r)，即 $R = rem + r$ ，其中

$$rem = f \times (C - \sum_{i=1}^I L_i) - \sum_{i=1}^I S_i \times \left\lceil \frac{L_i}{j \times H} \right\rceil。$$

Step5.2、集合第 II 區可供補貨頻率進行修正評估之商品 y ，即 $y = \{b_w = f_i - x \mid w \in O_{II}\}$ 。

Step5.3、從 II 區可進行評估補貨頻率之商品(w)中挑選需求產能最大需求產能者(my)，即 $my = \text{Max}\{L_{my} = L_w \mid b_w = f_i - x, w \in O_{II}\}$ ，且調整後之補貨頻率 $b_{my} = f_i - x$ 。

Step5.4、根據式(3.1.12)評估剩餘產能是否足夠商品 my 修正頻率後所增加的換線時間。當 $x=1$ 時，若商品 my 縮短補貨頻率所增加的換線

時間小於剩餘產能，即 $f_i \times \left(\frac{1}{b_{my}} - \frac{1}{f_i} \right) \times S_{my} \times \left\lceil \frac{L_{my}}{j \times H} \right\rceil \leq R$ ，進行

Step5.5；當 $x>1$ 時，需將補貨頻率推算至第一期，再評估縮短 x 期的情況，即

$f_i \times \left(\frac{1}{b_{my}} - \frac{1}{f_i} \right) \times S_{my} \times \left\lceil \frac{L_{my}}{j \times H} \right\rceil - (b_{my} + 1) \times \left(\frac{1}{b_{my} + 1} - \frac{1}{f_i} \right) \times S_{my} \times \left\lceil \frac{L_{my}}{j \times H} \right\rceil \leq R$ ，進

行 Step5.5。若皆無法滿足，則 $b_{my} = b_{my} + 1$ ，直接跳至 Step5.6。

Step5.5、計算剩餘產能。

根據式(3.1.20)計算剩餘產能為 $R = R + (b_{my} + 1) \times \left(\frac{1}{b_{my} + 1} - \frac{1}{f_i} \right)$

$\times S_{my} \times \left\lceil \frac{L_{my}}{j \times H} \right\rceil - f_i \times \left(\frac{1}{b_{my}} - \frac{1}{f_i} \right) \times S_{my} \times \left\lceil \frac{L_{my}}{j \times H} \right\rceil$ 。

Step5.6、從第 II 區中去除商品 my，即 $O_{II} = O_{II} - \{my\}$ 。若 $x = f_i - 1$ ，則結束此步驟。若 II 區仍有其他商品且有剩餘產能($R>0$)，則回到 Step5.3；若 II 區無任何商品，但仍有剩餘產能，且至少有一商品之修正頻率為($f_i - x$)，即 $my = \{b_{my} = f_i - x \mid my \in O_{II}\} = \phi$ ，則 $x = x + 1$ ， $R' = R$ ， $y = my$ ，並回到 Step5.2；若 II 區無任何商品，且無剩餘產能($R=0$)，或有剩餘產能卻不滿足 II 區任何商品縮短補貨頻率所增加的換線時間，即

$R = R' = my = \{b_{my} = f_i - x \mid my \in O_{II}\} = \phi$ ，結束此步驟。

Step6、進行第 III 區商品縮短補貨頻率之評估。

Step6.1、令常數 x 為 1。

Step6.2、集合第 II 區可供補貨頻率進行修正評估之商品 w，即 $w = \{b_w = f_i - x \mid w \in O_{III}\}$ 。

Step6.3、從 III 區可進行評估補貨頻率之商品(w)中挑選需求產能最大需求產能者(my)，即 $my = \text{Max}\{L_{my} = L_w \mid b_w = f_i - x, w \in O_{III}\}$ ，且調整

後之補貨頻率 $b_{my} = f_i - x$ 。

Step6.4、根據式(3.1.12)評估剩餘產能是否足夠商品 my 修正頻率後所增加的換線時間。當 $x=1$ 時，若商品 my 縮短補貨頻率所增加的換線

時間小於剩餘產能，即 $f_i \times \left(\frac{1}{b_{my}} - \frac{1}{f_i}\right) \times S_{my} \times \left\lceil \frac{L_{my}}{j \times H} \right\rceil \leq R$ ，進行

Step6.5；當 $x>1$ 時，需將補貨頻率推算至第一期，再評估縮短 x

期的情況，即 $f_i \times \left(\frac{1}{b_{my}} - \frac{1}{f_i}\right) \times S_{my} \times \left\lceil \frac{L_{my}}{j \times H} \right\rceil -$

$(b_{my} + 1) \times \left(\frac{1}{b_{my} + 1} - \frac{1}{f_i}\right) \times S_{my} \times \left\lceil \frac{L_{my}}{j \times H} \right\rceil \leq R$ ，進行 Step6.5。若皆

無法滿足，則 $b_{my} = b_{my} + 1$ ，直接跳至 Step6.6。

Step6.5、根據式(3.1.20)計算剩餘產能為 $R = R + (b_{my} + 1) \times$

$$\left(\frac{1}{b_{my} + 1} - \frac{1}{f_i}\right) \times S_{my} \times \left\lceil \frac{L_{my}}{j \times H} \right\rceil - f_i \times \left(\frac{1}{b_{my}} - \frac{1}{f_i}\right) \times S_{my} \times \left\lceil \frac{L_{my}}{j \times H} \right\rceil。$$

Step6.6、從第 III 區中去除商品 my ，即 $O_{III} = O_{III} - \{my\}$ 。若 $x = f - 1$ ，則結束此步驟。若 III 區仍有其他商品，且有剩餘產能($R>0$)，則回到 Ste6.3。若 III 區無任何商品，但仍有剩餘產能，且商品之修正

頻率為 $(f_i - x)$ ，即 $my = \{b_{my} = f_i - x \mid my \in O_{III}\}$ ，則 $x = x + 1$ ，

$R' = R$ ， $y = my$ ，並回到 Step 6.2。若 III 區無任何商品，且無剩餘產能($R=0$)，或有剩餘產能卻不滿足 II 區任何商品縮短補貨頻率所增加的換線時間，即

$R = R' = my = \{b_{my} = f_i - x \mid my \in O_{II}\} = \phi$ ，則結束此步驟。

將上述演算法可以圖 3.1.7 流程圖表示：

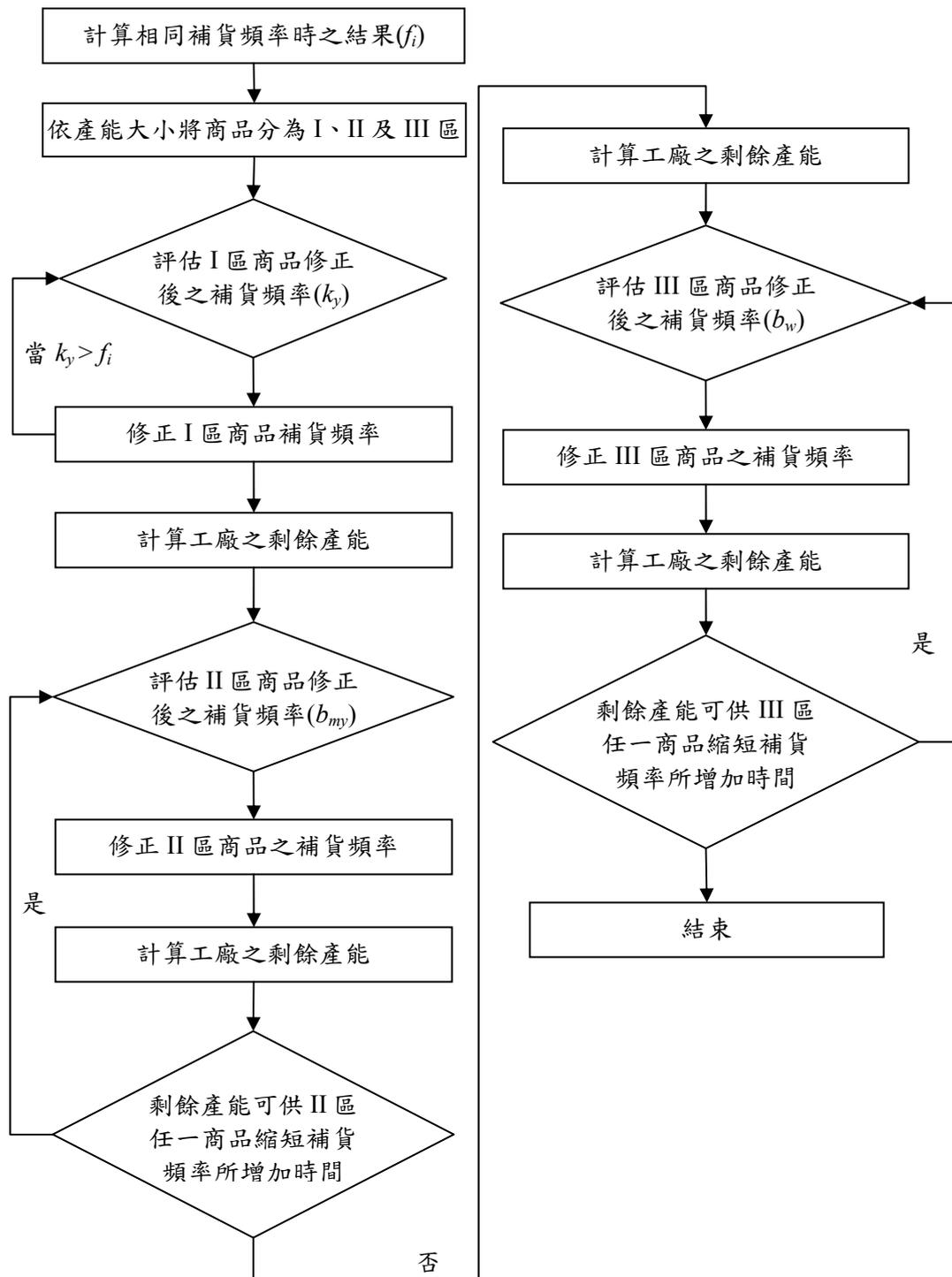


圖 3.1.7 大單優先評估模式演算流程圖

承上例，若工廠生產 8 種商品，瓶頸機台數為 3 台，一天工作 24 小時，以一天為一期， λ 值為 2， μ 值為 10。根據大單再評估之模式評估各商品修正後之換線頻率結果如表 3.1.4：

表 3.1.4 商品資訊(大單再評估之模式)

項目	商品編號	1	2	3	4	5	6	7	8
每日平均需求(D_i)		600	2500	800	200	450	320	180	900
商品每小時產出(P_i)		100	100	100	100	90	80	60	90
換線時間(S_i)		2	2	2	6	1	3	6	1
需求產能(L_i)		6	25	8	2	5	4	3	10

Step1、當補貨頻率相同時，其補貨頻率為

$$f_i \geq \frac{\sum_{i=1}^I (S_i \times \left\lceil \frac{L_i}{j \times H} \right\rceil)}{(C - \sum_{i=1}^I L_i)} = \frac{2+4+2+6+1+3+6+1}{3 \times 1 \times 24 - 63} = \frac{25}{9}, f_i = 3。$$

Step2、將 8 種商品(O_0)分成 O_I 、 O_{II} 及 O_{III} 三區， λ 值為 2， μ 值為 10 時，

$$O_I = \{y | L_y = L_i \leq \lambda \times S_i, i=1,2,\dots,I\} = \{6,7,4\}, O_{II} = \{w | L_w = L_i > \frac{C}{\mu}, i=1,2,\dots,I\} = \{2,8,3\}, O_{III} = \{O_0 - O_I - O_{II}\} = \{1,5\}。$$

Step3、計算 I 區修正後補貨頻率， $k_y = \text{Max}\left\{\left\lceil \lambda \times S_y \times \left\lceil \frac{L_y}{j \times H} \right\rceil / L_y \right\rceil, f_i\right\}$ ，

$$y \in O_I \circ k_6 = \left\{ \left\lceil 2 \times \frac{3}{4} \right\rceil, 3 \right\} = 3 \text{ (天)}, k_7 = \left\{ \left\lceil 2 \times \frac{6}{3} \right\rceil, 3 \right\} = 4 \text{ (天)}, k_4 = \left\{ \left\lceil 2 \times \frac{6}{2} \right\rceil, 3 \right\} = 6 \text{ (天)}。$$

Step4、修正 I 區商品補貨頻率，並計算拉長補貨頻率所節省的換線時間。

Step4.1、令 $r = 0$ 。

Step4.2、 $my = \text{Max}\{L_y | y \in O_I\} = \text{Max}\{L_y | y = 6,7,4\} = 6$ 。

Step4.3、 $k_6 = 3$ 。

Step4.4、 $r = 0 + 3 \times (\frac{1}{3} - \frac{1}{3}) \times 3 = 0$ (小時)。

Step4.5、 $O_I = \{6,7,4\} - \{6\} = \{7,4\}$ ，回到 Step4.2。

Step4.2、 $my = \text{Max}\{L_y | y = 7,4\} = 7$ 。

Step4.3、 $k_7 = 4$ 。

Step4.4、 $r = 0 + 3 \times \left(\frac{1}{3} - \frac{1}{4}\right) \times 6 = \frac{3}{2}$ (小時)。

Step4.5、 $O_I = \{7, 4\} - \{7\} = \{4\}$ ，回到 Step4.2。

Step4.2、 $m_y = \text{Max}\{L_y | y = 4\} = 4$ 。

Step4.3、 $k_4 = 6$ 。

Step4.4、 $r = \frac{3}{2} + 3 \times \left(\frac{1}{3} - \frac{1}{6}\right) \times 6 = \frac{9}{2}$ (小時)。

Step4.5、 $O_I = \{4\} - \{4\} = \phi$ ，結束此步驟。

因此，各商品所節省的總時間為 $\frac{9}{2}$ 小時。

Step5、修正 II 區商品之補貨(換線)頻率。

Step5.1、令 $x=1$ ，並計算總剩餘產能為 $R = \text{rem} + r = \left(f_i \times \left(C - \sum_{i=1}^I L_i\right) - \sum_{i=1}^I S_i \times \left\lceil \frac{L_i}{j \times H} \right\rceil\right) + r = 2 + 9/2 = 13/2$ 小時。

$$- \sum_{i=1}^I S_i \times \left\lceil \frac{L_i}{j \times H} \right\rceil + r = 2 + 9/2 = 13/2 \text{ 小時。}$$

Step5.2、 $w = O_{II} = \{2, 8, 3\}$ 。

Step5.3、 $m_y = \text{Max}\{L_{m_y} = L_w | b_w = f_i - x, w = 2, 8, 3\} = 2$ ， $b_2 = 3 - 1 = 2$ 。

Step5.4、 $f_i \times \left(\frac{1}{b_{m_y}} - \frac{1}{f_i}\right) \times S_{m_y} \times \left\lceil \frac{L_{m_y}}{j \times H} \right\rceil = 3 \times \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{3}\right) \times 4 = 2 \leq R = \frac{13}{2}$ 。

Step5.5、 $R = R - f_i \times \left(\frac{1}{b_{m_y}} - \frac{1}{f_i}\right) \times S_{m_y} \times \left\lceil \frac{L_{m_y}}{j \times H} \right\rceil = \frac{13}{2} - 2 = \frac{9}{2}$ 小時。

Step5.6、 $O_{II} = \{2, 8, 3\} - \{2\} = \{8, 3\}$ ，且 $R > 0$ ，回到 Step5.3。

Step5.3、 $m_y = \text{Max}\{L_{m_y} = L_w | b_w = f_i - x, w = 8, 3\} = 8$ ， $b_8 = 3 - 1 = 2$ 。

Step5.4、 $f_i \times \left(\frac{1}{b_{my}} - \frac{1}{f_i}\right) \times S_{my} \times \left\lceil \frac{L_{my}}{j \times H} \right\rceil = 3 \times \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{3}\right) \times 1 = \frac{1}{2} \leq R = \frac{9}{2}$ 。

Step5.5、 $R = R - f_i \times \left(\frac{1}{b_{my}} - \frac{1}{f_i}\right) \times S_{my} \times \left\lceil \frac{L_{my}}{j \times H} \right\rceil = \frac{9}{2} - \frac{1}{2} = 4$ 小時。

Step5.6、 $O_{II} = \{8,3\} - \{8\} = \{3\}$ ，且 $R > 0$ ，回到 Step5.3。

Step5.3、 $my = \text{Max}\{L_{my} = L_w | b_w = f_i - x, w = 3\} = 3$ ， $b_3 = 3 - 1 = 2$ 。

Step5.4、 $f_i \times \left(\frac{1}{b_{my}} - \frac{1}{f_i}\right) \times S_{my} \times \left\lceil \frac{L_{my}}{j \times H} \right\rceil = 3 \times \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{3}\right) \times 2 = 1 \leq R = 4$ 。

Step5.5、 $R = R - f_i \times \left(\frac{1}{b_{my}} - \frac{1}{f_i}\right) \times S_{my} \times \left\lceil \frac{L_{my}}{j \times H} \right\rceil = 4 - 1 = 3$ 小時。

Step5.6、 $O_{II} = \{3\} - \{3\} = \phi$ ， $R > 0$ ，且 $my = \{b_{my} = f - x | my \in O_{II}\} = \{2,8,3\}$ ，則

$$R' = R = 3，x = x + 1 = 1 + 1 = 2，回到 Step5.2。$$

Step5.2、 $w = O_{II} = \{2,8,3\}$ 。

Step5.3、 $my = \text{Max}\{L_{my} = L_w | b_w = f_i - x, w = 2,8,3\} = \{2\}$ ， $b_2 = f_i - x = 1$ 。

Step5.4、由於 $x = 2$ ，因此可知商品 my 修正補貨頻率所增加的換線時間為

$$\begin{aligned} & f_i \times \left(\frac{1}{b_{my}} - \frac{1}{f_i}\right) \times S_{my} \times \left\lceil \frac{L_{my}}{j \times H} \right\rceil - (b_{my} + 1) \times \left(\frac{1}{b_{my} + 1} - \frac{1}{f_i}\right) \times S_{my} \times \left\lceil \frac{L_{my}}{j \times H} \right\rceil \\ & = 3 \times \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{3}\right) \times 4 - 2 \times \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{3}\right) \times 4 = 8 - \frac{4}{3} = \frac{20}{3} > R = 3，b_2 = 1 + 1 = 2，跳至 \\ & \text{Step5.6。} \end{aligned}$$

Step5.6、 $O_{II} = \{2,8,3\} - \{2\} = \{8,3\}$ ，且 $R > 0$ ，回到 Step5.3。

Step5.3、 $my = \text{Max}\{L_{my} = L_w | b_w = f_i - x, w = 8,3\} = 8$ ， $b_8 = 3 - 2 = 1$ 。

Step5.4、由於 $x = 2$ ，因此可知商品 my 修正補貨頻率所增加的換線時間為

$$f_i \times \left(\frac{1}{b_{my}} - \frac{1}{f_i} \right) \times S_{my} \times \left\lceil \frac{L_{my}}{j \times H} \right\rceil - (b_{my} + 1) \times \left(\frac{1}{b_{my} + 1} - \frac{1}{f_i} \right) \times S_{my} \times \left\lceil \frac{L_{my}}{j \times H} \right\rceil$$

$$= 3 \times \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{3} \right) \times 1 - 2 \times \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{3} \right) \times 1 < \frac{5}{3} \leq R = 3。$$

Step5.5、 $R = R - f_i \times \left(\frac{1}{b_{my}} - \frac{1}{f_i} \right) \times S_{my} \times \left\lceil \frac{L_{my}}{j \times H} \right\rceil = 3 - \frac{5}{3} = \frac{4}{3}$ 。

Step5.6、 $O_{II} = \{8,3\} - \{8\} = \{3\}$ ， $R > 0$ ，回到 Step5.3。

Step5.3、 $my = \text{Max}\{L_{my} = L_w | b_w = f_i - x, w = 3\} = 3$ ， $b_3 = 3 - 2 = 1$ 。

Step5.4、由於 $x = 2$ ，因此可知商品 my 修正補貨頻率所增加的換線時間為

$$f_i \times \left(\frac{1}{b_{my}} - \frac{1}{f_i} \right) \times S_{my} \times \left\lceil \frac{L_{my}}{j \times H} \right\rceil - (b_{my} + 1) \times \left(\frac{1}{b_{my} + 1} - \frac{1}{f_i} \right) \times S_{my} \times \left\lceil \frac{L_{my}}{j \times H} \right\rceil$$

$$= 3 \times \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{3} \right) \times 2 - 2 \times \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{3} \right) \times 2 = \frac{10}{3} > R = \frac{4}{3}$$
，因此 $b_3 = 1 + 1 = 2$ ，跳至 Step5.6。

Step5.6、 $O_{II} = \{3\} - \{3\} = \phi$ ，且 $x = f - 1 = 2$ ，結束此步驟。

Step6、進行第 III 區商品縮短補貨頻率之評估。

Step6.1、令 $x=1$ 。

Step6.2、第 III 區可修正補貨頻率之商品 $w = \{b_w = f_i - x | w \in O_{III}\} = \{1,5\}$ 。

Step6.3、 $my = \text{Max}\{L_{my} = L_w | b_w = f - x, w = 1,5\} = \{1\}$ ， $b_1 = f_i - x = 2$ 。

Step6.4、商品 my 修正補貨頻率所增加的換線時間為

$$f_i \times \left(\frac{1}{b_{my}} - \frac{1}{f_i} \right) \times S_{my} \times \left\lceil \frac{L_{my}}{j \times H} \right\rceil - (b_{my} + 1) \times \left(\frac{1}{b_{my} + 1} - \frac{1}{f_i} \right) \times S_{my}$$

$$\times \left[\frac{L_{my}}{j \times H} \right] = 3 \times \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{3} \right) \times 2 - 0 = 1 \leq R = \frac{4}{3} \circ$$

$$\text{Step6.5、} R = R + (b_{my} + 1) \times \left(\frac{1}{b_{my} + 1} - \frac{1}{f_i} \right) \times S_{my} \times \left[\frac{L_{my}}{j \times H} \right] \\ - f_i \times \left(\frac{1}{b_{my}} - \frac{1}{f_i} \right) \times S_{my} \times \left[\frac{L_{my}}{j \times H} \right] = \frac{4}{3} - \frac{1}{3} \circ$$

Step6.6、 $O_{III} = \{1,5\} - \{1\} = \{5\}$ ，且 $R > 0$ ，回到 Step6.3。

Step6.3、 $my = \text{Max}\{L_{my} = L_w | b_w = f_i - x, w = 5\} = \{5\}$ ， $b_5 = f_i - x = 2$ 。

Step6.4、商品 my 修正補貨頻率所增加的換線時間為

$$f_i \times \left(\frac{1}{b_{my}} - \frac{1}{f_i} \right) \times S_{my} \times \left[\frac{L_{my}}{j \times H} \right] - (b_{my} + 1) \times \left(\frac{1}{b_{my} + 1} - \frac{1}{f_i} \right) \times S_{my} \\ \times \left[\frac{L_{my}}{j \times H} \right] = 3 \times \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{3} \right) \times 1 - 0 = \frac{1}{2} > R = \frac{1}{3}，跳至 Step6.6 \circ$$

Step6.6、 $O_{III} = \{5\} - \{5\} = \phi$ ，且 $my = \{b_{my} = f_i - x | my \in O_{III}\} = \{1\}$ ，則 $R' = R = \frac{1}{3}$ ， $w = my = \{1\}$ ， $x = x + 1$ ，回到 Step6.2。

Step6.2、 $w = \{b_w = f_i - x | w \in L_{III}\} = \{1\}$ 。

Step6.3、 $my = \text{Max}\{L_{my} = L_w | b_w = f_i - x, w = 1\} = \{1\}$ ， $b_1 = f_i - x = 3 - 2 = 1$ 。

Step6.4、商品 my 修正補貨頻率所增加的換線時間為 $f \times \left(\frac{1}{b_{my}} - \frac{1}{f} \right) \times S_{my} \\ \times \left[\frac{L_{my}}{j \times H} \right] - (b_{my} + 1) \times \left(\frac{1}{b_{my} + 1} - \frac{1}{f_i} \right) \times S_{my} \times \left[\frac{L_{my}}{j \times H} \right] = 4 - \frac{2}{3} \times \frac{10}{3} > R \\ = \frac{1}{3}$ ，則 $b_1 = 1 + 1 = 2$ ，跳至 Step6.6。

Step6.6、 $O_{III} = \{1\} - \{1\} = \phi$ ， $x = f_i - 1 = 2$ ，因此結束此步驟。

根據大單再評估之模式 Step1~Step6 可知此工廠之產品補貨(換線)頻率結果如表 3.5：

表 3.1.5 修正後商品之補貨頻率(大單再評估之模式)

項目	商品編號	1	2	3	4	5	6	7	8
補貨頻率(b_i)(天)		2	2	2	6	2	3	4	1

3.1.7 系統模擬與分析

本文主要研究在工廠產能限制下各商品之合理補貨頻率，根據第三章內容描述了在補貨頻率相同及不同之條件下各商品補貨頻率的評估模式，本章節將延續第三章補貨頻率評估模式之結果來進行模擬實驗，進而驗證並分析本研究所提出的模式可行性及其適合之環境。

在 TOC-SCRS 機制下，本研究提出三種補貨頻率的評估模式，在此將針對以下問題進行分析，並使用 eM-Plant 模擬軟體及 SPSS 10.0 統計分析軟體進行模擬實驗與分析：

- 一、探討在 TOC-SCRS 下本文所提出的三種模式是否具適用性。
- 二、探討在不同環境下所適用的補貨頻率評估模式。

3.1.7.1 環境說明

延用Lee, Y.H.文章所提及的生產—配銷模式，本研究的生產模式包含一間工廠，配銷模式包含一個成品倉庫。但根據TOC的論點，工廠的有效產出決定於受限產能的產出，因此本研究僅以瓶頸機台作為考慮整體工廠產能是否受限之條件，若是，則再利用本研究所提出之模式評估各商品之補貨頻率，故本研究範圍為工廠內瓶頸站與倉庫之間的活動，如圖3.1.6。

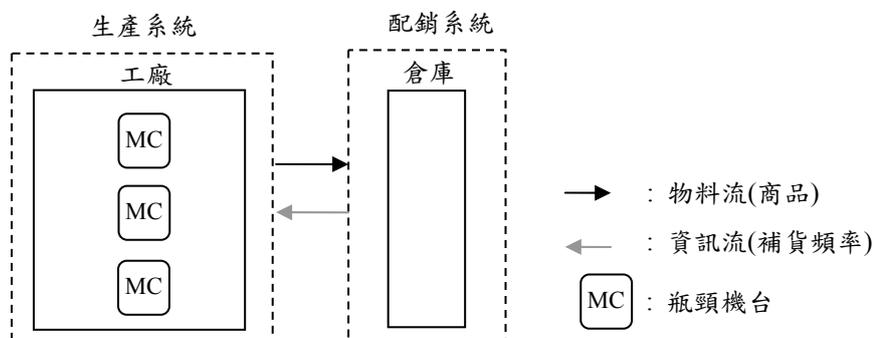


圖 3.1.6 研究範圍

本研究商品之輸入資料如圖3.1.7所示，模擬環境以一天為一期，此工廠一天工作24小時，生產10種不同商品，瓶頸站為單站多機，且瓶頸機台數為5台。各商品平均需求量符合Uniform(1300, 700)，商品之換線時間與其加工所需產能呈一定比例(α_i)，依比例大小分為1、0.5、0.1，並以隨機方式分布在各商品中；評估換線時間與需求產能比值之參數(λ)設為4；評估換線時間與需求產能比值之參數(μ)為本研究補貨頻率進行模式評估分區時所需要的參數指標，且設為10。將商品資訊輸入完成後，再利用本文所提出的三種模式下進行各商品補貨頻率之計算。

對話視窗

換線頻率求解

機台數: 5 期間數: 1

一天工作時間: 24 商品種類數: 10

商品平均需求: 1000

各商品需求分布: 平均

大 α_i 值: 1 P_i : 90

中 α_i 值: 0.5 λ : 4

小 α_i 值: 0.1 μ : 10

OK Cancel Apply

圖 3.1.7 輸入參數之介面

3.1.7.2 系統輸出

本研究利用 eM-Plant 7.0 模擬軟體進行實驗，首先輸出各商品資訊如商品別、平均需求量、單位加工時間(分/件)、換線時間(分)、加工需求產能(分)及商品 i 換線時間與其需求產能之比值(α_i)。圖 3.1.8 為圖 3.1.7 參數執行一次之商品資料：

對話視窗 換線頻率求解

機台數: 5 期間數: 1
 一天工作時間: 24 商品種類數: 10
 商品平均需求: 1000
 各商品需求分布: 平均
 大 α 值: 1 Pi: 90
 中 α 值: 0.5 λ : 4
 小 α 值: 0.1 μ : 10

OK Cancel Apply

商品別	商品平均 需求(件)	單位產出(分)	實際換線 時間(分)	加工需求 產能(分)	換線時間 (分)
1	790	0.667	263	526	263
2	1034	0.667	68	689	68
3	906	0.667	60	604	60
4	1094	0.667	72	729	72
5	1186	0.667	79	790	79
6	922	0.667	307	614	307
7	965	0.667	64	643	64
8	1004	0.667	669	669	669
9	714	0.667	238	476	238
10	1198	0.667	399	798	399

圖 3.1.8 商品資料表

以圖 3.1.7 為例，各商品資訊經由系統介面輸入參數產生後，便可執行在各商品補貨頻率相同之模式下，評估其合理的補貨頻率為 10 天補貨一次。接著再以大單優先評估之模式進行修正，此模式為將商品分為兩個區塊，如圖 3.1.9 第 I 區之商品資訊，其中第一行為第 I 區的商品別，依需求產能由大到小排序為商品 10、8、6、1 及商品 9，且其修正後之補貨頻率如第六行，皆為 4 天補貨一次。圖 3.1.9 第 II 區之商品資訊中，第一行為第 II 區之商品別，依需求產能由大到小排序為商品 5、4、2、7 及商品 3，且修正後之補貨頻率如第六行，皆為 2 天補貨一次，此時工廠之剩餘產能由原本的 7 分鐘縮減為 1 分鐘。

string	integer 1	integer 2	real 3	integer 4	integer 5	integer 6	real 7
1	912	0.67	60	608	60	0.10	
2	1134	0.67	75	756	75	0.10	
3	959	0.67	639	639	639	1.00	
4	829	0.67	552	552	552	1.00	
5	1046	0.67	69	697	69	0.10	
6	872	0.67	58	581	58	0.10	
7	1137	0.67	75	758	75	0.10	
8	995	0.67	331	663	331	0.50	
9	1242	0.67	828	828	828	1.00	
10	1152	0.67	768	768	768	1.00	

執行

各商品補貨
頻率相同之
模式

執行

大單優先評
估之模式

第 I 區之商品資訊					
商品別	商品平均 需求(件)	單位產出(分)	實際換線 時間(分)	加工需求 產能(分)	k_i
10	1198	0.667	399	798	4
8	1004	0.667	669	669	4
6	922	0.667	307	614	4
1	790	0.667	263	526	4
9	714	0.667	238	476	4

第 II 區之商品資訊					
商品別	商品平均 需求(件)	單位產出(分)	實際換線 時間(分)	加工需求 產能(分)	b_i
5	1186	0.667	79	790	2
4	1094	0.667	72	729	2
2	1034	0.667	68	689	2
7	965	0.667	64	643	2
3	906	0.667	60	604	2

圖 3.1.9 大單優先評估之模式下各商品之補貨頻率

經大單優先評估之模式結束後可進行大單再評估之模式，其結果如圖 3.1.10。由於大單再評估之模式為針對大單優先評估之模式結果中第 II 區商品之再修正，因此大單再評估之模式執行後第 I 區商品資訊如同圖 3.1.9 上表。第 II 區及第 III 區之商品資訊則如圖 3.1.10，其中第 II 區之商品依需求產能大小排序有商品 5 與商品 4，且兩者之修正補貨頻率分別為 1 天、2 天補貨一次；第 III 區之商品依需求產能大小有商品 2、7 及商品 3，其修正後之補貨頻率分別為 2、

3 及 3 天補貨一次，此時工廠之剩餘產能從原本的 1 分鐘縮減為 19 秒。

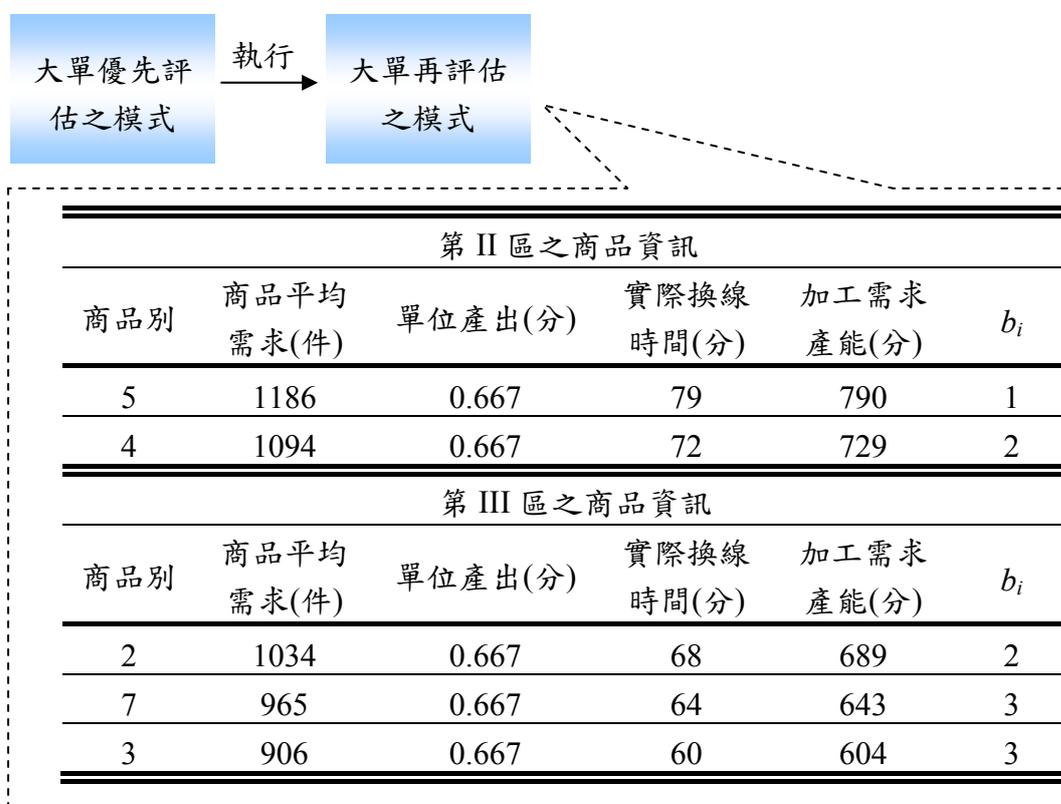


圖 3.1.10 大單再評估之模式下各商品之補貨頻率

3.1.7.3 系統假設與限制

在第三章了解各商品在不同條件下之補貨頻率評估模式後，本研究亦利用 eM-Plant 7.0 模擬軟體針對工廠之環境進行模擬與分析，其假設如下：

一、不考慮原料問題，且假設工廠原物料供應充足，無缺貨之疑慮。

在 TOC-SCRS 機制下，由於有緩衝管理可監控並調節庫存量，將其套用於整個供應鏈上，可大幅降低存貨甚至避免缺貨發生。因此，本研究假設工廠原物料供應充足。

二、同一時間在某瓶頸機台只能加工一種商品，且商品加工不可被中斷。

三、不考慮機台當機、不良品或重工問題。

四、不考慮商品運輸問題，瓶頸機台加工一次的生產量為補貨頻率長度時間內之

平均銷售量，且加工完成後立即入庫。

五、評估換線頻率時不考慮生產排序對換線時間的節省。

例如第一天生產次序為商品 BA，第二天為商品 AB 時可減少一次換線，但若在商品種類多的情況下，此效果較不顯著，因此不考慮生產排序對換線時間的節省。

六、不考慮商品數量對製造前置時間的影響，且各商品製造前置時間皆為一天。

由於本研究為工廠產能限制下補貨頻率之求解與模擬分析，因此在評估各商品補貨頻率時有以下限制：

一、工廠模擬環境只考慮瓶頸站，且各瓶頸機台為相同多機。

二、每期工廠產能大於各商品總平均需求產能，即 $C > \sum_{i=1}^I L_i$ 。

三、每期各商品之總需求產能加上換線時間之需求產能大於或等於工廠一期的產能，即 $C < \sum_{i=1}^I L_i + \sum_{i=1}^I (S_i \times \left\lceil \frac{L_i}{j \times H} \right\rceil)$ 。

四、各商品補貨頻率相同時每一期之需求總產能負荷大於或等於各商品補貨頻率

經修正後之所需負荷，即 $f_i \times C \geq \sum_{i=1}^I (b_i \times L_i + S_i \times \left\lceil \frac{L_i}{j \times H} \right\rceil) + \sum_{i=1}^I (k_i \times L_i + S_i \times \left\lceil \frac{L_i}{j \times H} \right\rceil)$ 。

五、各商品補貨頻率最多為每期補貨，即 $f_i, b_i, k_i \geq 1$ 。

3.1.7.4 實驗因子

本研究以補貨頻率評估模式、商品平均需求分布(D_i)、商品每小時產出(P_i)等三種參數為實驗因子，其中補貨頻率評估模式中又分為各商品補貨頻率相同之模式、頻率不同時大單優先評估之模式，以及頻率不同時大單再評估之模式等三種水準；各商品平均需求量(D_i)以平均、80/20 法則為各商品平均需求的分布情況；商品每小時產出(P_i)亦以高、中、低三種水準為商品產出速度，共進行 $3 \times 2 \times 3 = 18$ 組之實驗，各實驗因子與水準之組合如表 3.1.6 所示。最後再根據各因子水準求出各商品之補貨頻率，以驗證本研究所提出模式之可行性。

表 3.1.6 實驗因子組合

因子	水準
補貨頻率評估模式	各商品補貨頻率相同之模式
	大單優先評估之模式
	大單再評估之模式
商品平均需求分布(D_i)	平均
	80/20 法則
商品每小時產出(P_i)	大、中、小

3.1.7.5 模擬次數

為了找出合理的模擬次數，本研究先在商品平均需求分布為平均分布、商品每小時產出為大值，且以大單優先評估之模式的情形下，進行 20 次的實驗，以商品一為例，其結果如表 3.1.7：

本研究預期得到 95% 的補貨頻率信賴區間落於 ± 2.599 ，根據表 4.2 之數據，可算出樣本大小 n 至少為：
$$\frac{z_{0.025}^2 S^2}{\varepsilon^2} = \frac{(1.96)^2 (5.553)^2}{(2.599)^2} = 17.54 \text{ (次)}。$$

表 3.1.7 商品一進行 20 次實驗之結果

次數	補貨頻率	次數	補貨頻率	次數	補貨頻率	次數	補貨頻率
1	8	6	1	11	7	16	3
2	8	7	9	12	3	17	10
3	7	8	12	13	8	18	5
4	8	9	1	14	27	19	14
5	8	10	6	15	10	20	7
標準差		5.553					

由上述可知 n 至少為 18、19、20... 次，再利用 t 檢定與 t 分配表可得知模擬次數至少為 20 次才能達到 95% 的信賴水準，如表 3.1.8，故本研究將每種因子組合下進行 25 次實驗。

表 3.1.8 可能樣本數所計算出的最後樣本數

樣本數(R)	18	19	20	21
$t_{0.025, R-1}$	2.11	2.101	2.093	2.086
$t_{0.025, R-1} \times (S/\sqrt{R})$	2.761	2.676	2.599	2.528

3.1.7.6 相關分析

由於本實驗主要目的是在探討商品每小時產出(P_i)、商品平均需求分布(D_i)和補貨頻率評估模式等三個因子分別或彼此對補貨頻率值(f_i)之影響，因此接著針對樣本數利用 SPSS 統計分析軟體，以 95%信賴區間進行三因子 ANOVA 檢定，檢定流程如圖 3.1.11，其中本研究所設定的假設為：

- 一、探討商品每小時產出(P_i)與補貨頻率值(f_i)是否有顯著影響，其虛無假設 H_0 為每小時產出的大小對補貨頻率變化沒有影響。
- 二、探討商品平均需求分布(D_i)與補貨頻率值(f_i)是否有顯著影響，其虛無假設 H_0 為商品平均需求分布情形對補貨頻率變化沒有影響。
- 三、探討補貨頻率評估模式對補貨頻率(f_i)是否有顯著影響，其虛無假設 H_0 為補貨頻率評估模式不同時對補貨頻率變化沒有影響。

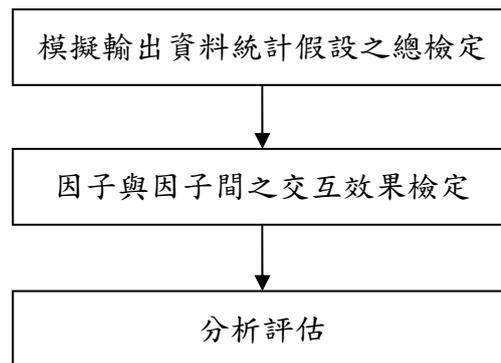


圖 3.1.11 相關分析步驟流程圖

在總檢定部分可得知三個因子與補貨頻率關係的模式下其 P 值小於 0.05，因此有顯著差異，表示此模式成立。接著再進行各因子與彼此間之交互作用，檢定商品每小時產出(P_i)與補貨頻率下其 P 值小於 0.05，表示商品每小時產出之大小對補貨頻率有顯著差異，因此拒絕其 H_0 ；檢定商品平均需求分布(D_i)與補貨頻率下其 P 值小於 0.05，表示兩者之間有顯著差異，因此拒絕其 H_0 ；而檢定補貨頻率評估模式與補貨頻率下其 P 值小於 0.05，兩者之間亦有顯著差異，因此拒絕其 H_0 ，可得知三個因子分別對補貨頻率有明顯的影響。

接著再檢定各因子彼此交互作用對補貨頻率的影響，可得知在商品每小時產出(P_i)及商品平均需求分布(D_i)之間對補貨頻率有顯著影響、商品每小時產出(P_i)及補貨頻率評估模式交互作用對補貨頻率有顯著影響、商品平均需求分布(D_i)及補貨頻率評估模式交互作用對補貨頻率亦有顯著影響，其分析結果如表 3.1.9。

表 3.1.9 補貨頻率變異數分析表

變異來源	自由度	平方和	均方	F 值	P 值
集區	17	5770.445	1065.537	209.653	0.000*
P_i	2	31619.158	14191.016	1148.796	0.000*
D_i	1	26392.534	3882.756	958.901	0.000*
模式	2	229.089	73.376	8.323	0.000*
$P_i \times D_i$	2	3659.457	216.657	132.956	0.000*
$P_i \times$ 模式	4	120.208	115.188	4.367	0.002*
$D_i \times$ 模式	2	100.204	49.422	3.641	0.026*
$P_i \times D_i \times$ 模式	4	2.096	2.420	0.076	0.990
隨機誤差	4482	123361.3			
總計	4499	221458.9			

註：*表示 P 值 < 0.05，有顯著的差異。

3.1.7.7 實驗結果與分析

本實驗針對各商品在三種補貨頻率評估模式及平均或 80/20 法則的商品平均需求分布等六組實驗環境下每組進行 25 次的實驗，且每次實驗模擬 300 天的存貨水準，因此可視為穩態情況。各商品製造前置時間皆為一天，各商品期初存貨為補貨時間長度內商品之最大需求量，即(補貨頻率+製造前置時間) \times 1.3 \times 平均需求量)。最後再以平均存貨、最大存貨、最小存貨等三種績效指標來探討三種補貨頻率評估模式的優異。表 3.1.10 為各商品平均需求呈 80/20 法則時，以各商品補貨頻率相同之模式模擬其中十次之平均存貨結果：

表 3.1.10 模擬結果(單位：件)

各商品補貨頻率相同之模式										
次數	商品一	商品二	商品三	商品四	商品五	商品六	商品七	商品八	商品九	商品十
1	3695	3232	2963	6012	72862	73898	5061	5728	5405	5104
2	2384	1341	2630	1390	33120	32969	1782	2709	1955	2813
3	1488	1890	1848	1773	33710	33455	1908	2318	2101	1691
4	3489	3838	2381	2840	49803	49034	3769	3903	3445	3805
5	3270	2688	2201	2570	40093	39179	3210	1622	2769	2203
6	2275	1903	2428	2891	33928	33167	2025	2398	2027	2628
7	3503	4814	2627	4402	59679	58010	2957	3579	4705	4228
8	491	845	797	826	10493	11103	605	837	476	636
9	3143	2756	3219	2904	53951	53475	2887	3555	2999	3189
10	2235	1667	1614	2300	33950	32853	1731	1911	2027	2260

收集六組實驗環境且各模擬 25 次實驗數據後，當各商品平均需求分布為平均時，在三種補貨頻率評估模式下的平均存貨水準如圖 3.1.12，可得知當各商品平均需求呈平均分布時，各商品在大單優先或大單再評估模式的平均存貨皆會小於各商品補貨頻率相同模式的平均存貨水準，而商品在大單優先及大單再評估模式之平均存貨則無明顯差異。

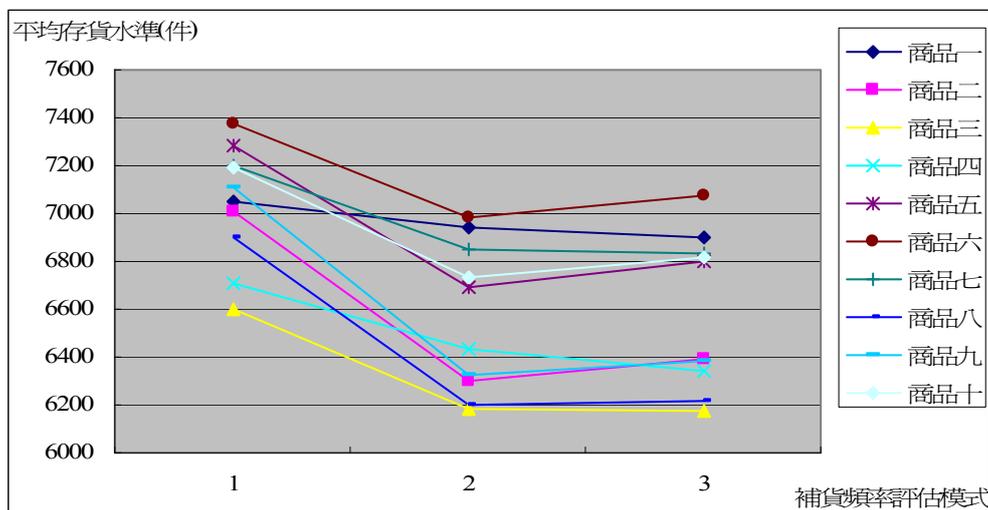


圖 3.1.12 商品需求分布為平均時之商品平均存貨水準

圖 3.1.13 為當各商品平均需求分布為平均時，在三種補貨頻率評估模式下的最大平均存貨水準分布，可知不同的補貨頻率評估模式對最大平均存貨水準無顯著影響；圖 3.1.14 則為其相同環境下之最小平均存貨水準分布，可知在各商品補貨頻率相同之模式下，各商品最小平均存貨水準較高，其餘模式則較低。

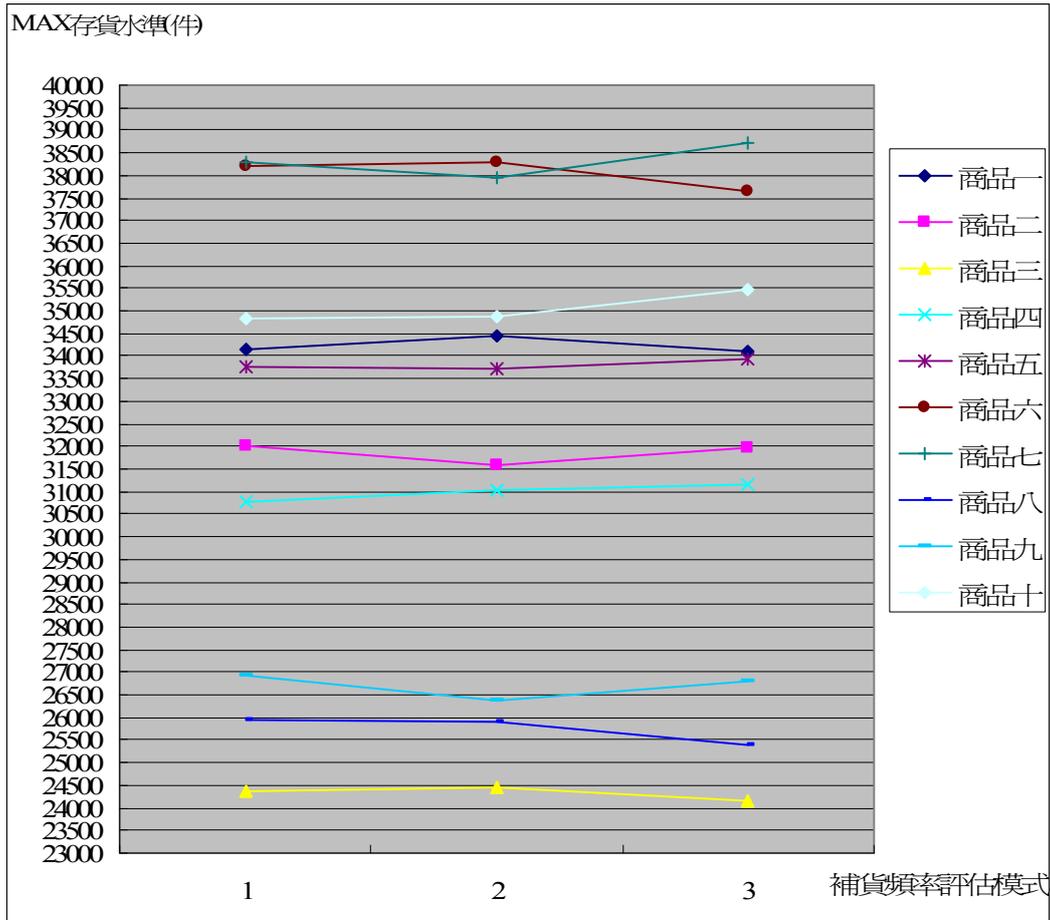


圖 3.1.13 商品需求分布為平均時之最大平均存貨水準

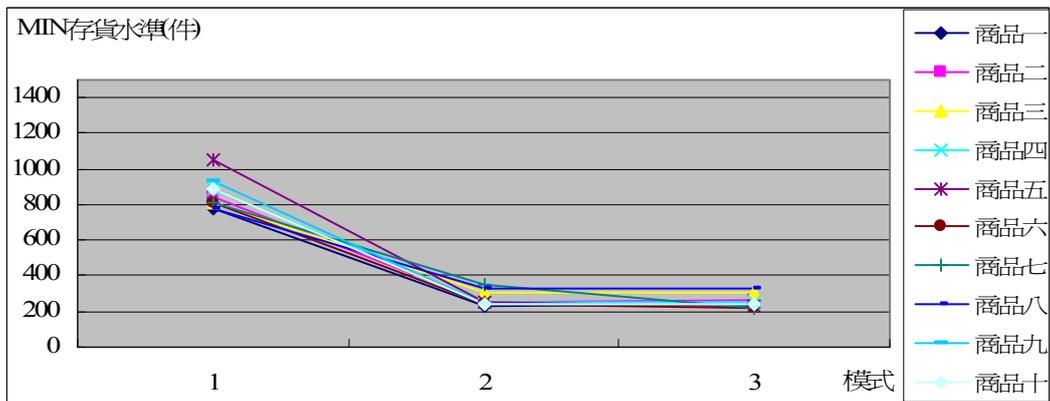


圖 3.1.14 商品需求分布為平均時之最小平均存貨水準

當各商品平均需求分布呈 80/20 法則時，在三種補貨頻率評估模式下的平均存貨水準如圖 3.1.15。由於商品五及商品六為大單，因此其平均存貨水準會高其他商品許多，且當各商品平均需求呈 80/20 法則分布時，各商品在大單優先或大單再評估模式的平均存貨皆會小於各商品補貨頻率相同模式的平均存貨，而商品在大單優先及大單再評估模式之平均存貨則無明顯差異。

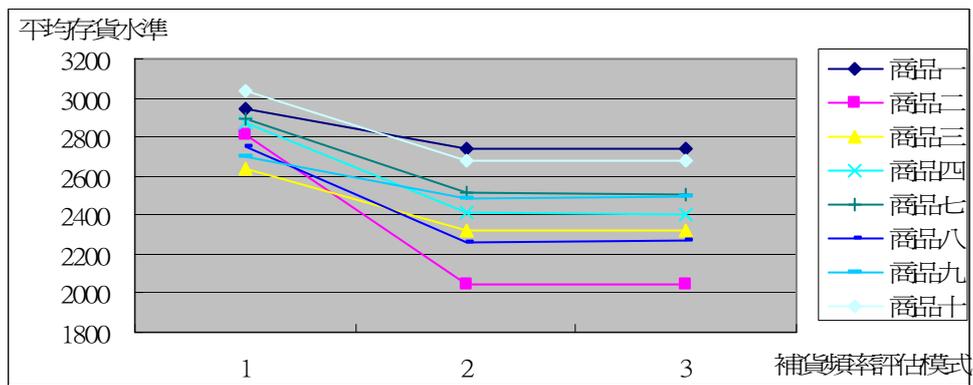
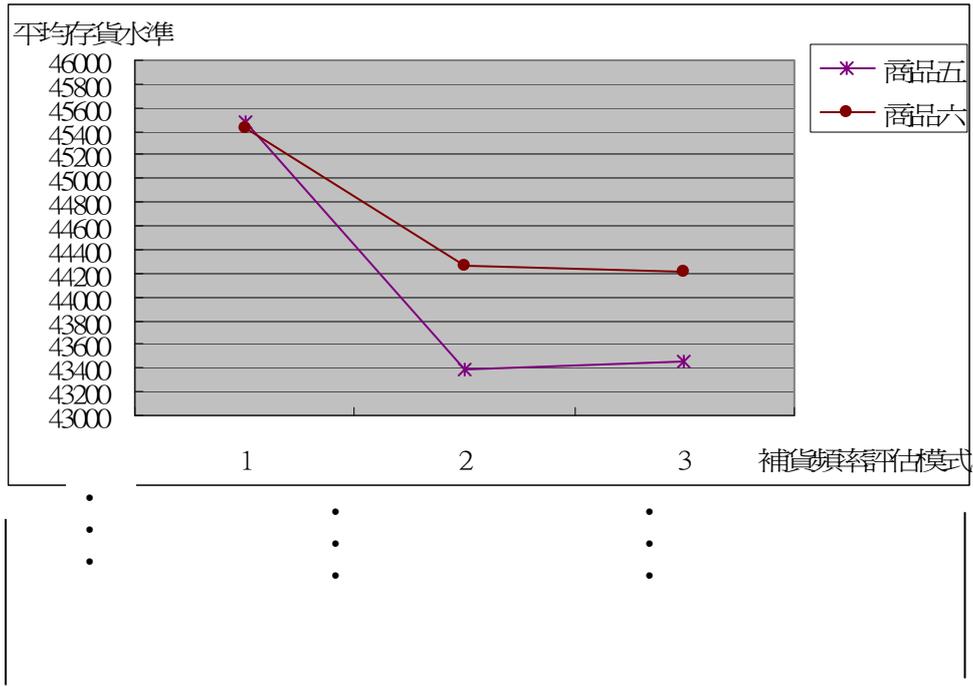


圖 3.1.15 商品需求為 80/20 法則分布時之商品平均存貨水準

圖 3.1.16 為當各商品平均需求為 80/20 法則分布時，在三種補貨頻率評估模式下的最大平均存貨水準分布，可知不同的補貨頻率評估模式對最大平均存貨水準無顯著影響；圖 3.1.17 為相同環境下之最小平均存貨水準分布，可知在各商品補貨頻率相同之模式下，各商品最小平均存貨水準較高，其餘模式則較低。

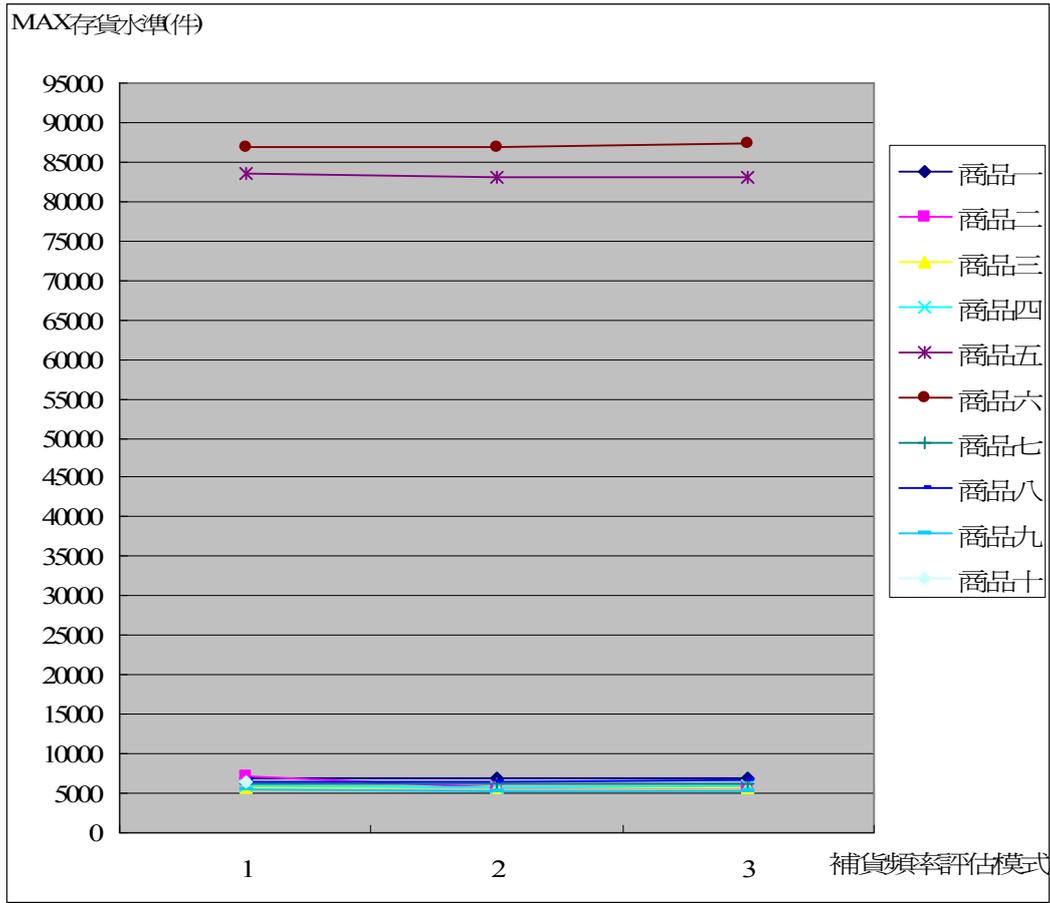


圖 3.1.16 商品需求為 80/20 法則分布時之最大平均存貨水準

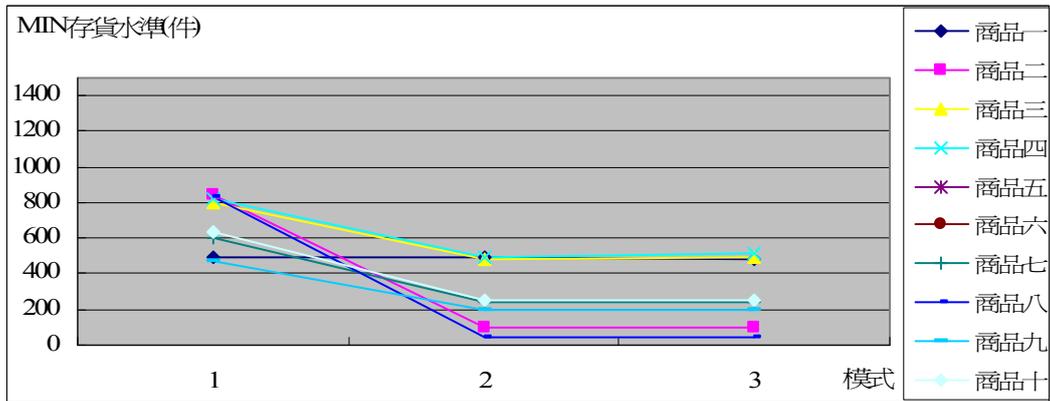


圖 3.1.17 商品需求分布為 80/20 法則分布時之最小平均存貨水準

由圖 3.1.12 至圖 3.1.17 可知，當各商品平均需求呈平均或 80/20 法則分布時，補貨頻率評估模式皆以模式二(大單優先)或模式三(大單再評估)時，平均存貨水準皆偏低，即有較佳結果。然而本研究僅針對需求分布與各補貨頻率評估模式進行實驗，模式二及模式三則受限於變數 μ 的變化而有不同的結果，因此在本研究中模式二及模式三較無法分辨其優劣。

3.2. 第二年度：限制理論供應鏈補貨機制在考慮工廠產能限制下因應

拉長補貨頻率之合理過渡補貨量模式研究

3.2.1. 問題定義與分析

TOC-SCRS 補貨機制運用在工廠端時，因工廠有產能限制之特性，當某些商品可能因為銷售的增加造成商品對工廠的需求產能上升，又由於工廠產能多寡受限於瓶頸機台有效產出。然而瓶頸產能有限，商品對瓶頸產能需求上升勢必將壓縮換線的時間。因此在新的產能需求之下，現行的補貨頻率(F)在此情形下顯得已無法因應需求的改變，應將補貨頻率拉長藉著併批的方式縮減換線所需的時間。因而應該另有一個更符合此情形之新需求下合理的補貨頻率(F')，但是太過貿然將現行的補貨頻率(F)直接拉長至新需求下合理的補貨頻率(F')，可能會引發商品之間的排擠效應，如當商品之補貨頻率拉長時每換線一次的生產批量即會增加，而這些增加的生產批量會對後續商品的生產時程造成排擠效應形成延後，生產時程遭到延後又會對補貨時間造成延遲，故在此一連串的骨牌效應之下商品的存貨如又不足以因應遭到延遲這段時間內的需求即會造成斷料，由上述可知補貨頻率不可太過躁進的拉長，需要逐漸的拉長補貨頻率才不會造成上述的後果

由於在考慮工廠產能限制下，當某一商品的補貨頻率被拉長時，對其他商品補貨的衝擊程度大小，決定於兩個因素：

- (1) 補貨頻率要被拉長的幅度有多大？產生多大的衝擊？
- (2) 其他商品當時所擁有的存貨緩衝還有多少？可承受多大的衝擊？

如果補貨頻率拉長的幅度愈大，則所要增加的補貨(生產)量就會愈大，如此對其他商品的排擠相對的就會愈大；至於各商品之存貨緩衝如果愈小(愈接近行動區)，則受到衝擊的程度將會愈高。

因此本研究將根據這兩個因素所反應的可能影響大小，並結合緩衝管理機制，來調整過渡補貨量之大小。至於合理過渡補貨量的評估標準，則是要滿足銷售量愈大(或缺貨愈小)且過渡期愈短。

因此將透過下列五大步驟來探討 TOC-SCRS 在考慮工廠產能限制下因應拉長補貨頻率之合理過渡補貨量問題：

步驟一：分析不同補貨頻率拉長的幅度，會增加多大的補貨量，以及會產生多大之產能排擠衝擊，其目的在找出不同補貨頻率拉長幅度與產能排擠大小之關係。

步驟二：分析在各商品擁有不同的存貨緩衝下，能承受之排擠衝擊有多少時間。即找出各商品不同的存貨緩衝與能承受之排擠衝擊之關係。

步驟三：構建合理過渡補貨量問題之目標函式與限制式，其目標式在追求銷售量大與過渡期最短，而最主要的限制式則是產能可行。

步驟四：發展合理過渡補貨問題之啟發式演算法，以求解合理過渡補貨量。

3.2.2. 符號定義

I ：工廠內的產品種類。 $I=1,2,\dots$

i ：商品之生產編號。 $i=1,2,\dots,I$

P_i ：生產編號 i 之商品在瓶頸機台加工產品一小時的產出，單位：件/時。

S_i ：生產編號 i 之商品在瓶頸機台換線時間，單位：時。

L_i ：生產編號 i 之商品每期需求產能，單位：時。

C ：工廠每期總產能， $C = m \times j \times H$ ，單位：時。

m ：瓶頸機台數，單位：台。

j ：評估期間天數，單位：天。

H ：每天工作時數，單位：時。

V_{it} ：各產品在第 t 期的存貨， $i=1,2,\dots,I$ ； $t=0,1,2,\dots$ ， V_{i0} 為已知之期初存貨。

W ：進行「可行性評估」的評估時間點上將所擁有各商品存貨數量轉換成產能小時，並加總。以下稱「總存貨產能小時」。 $W = \sum V_{i0} / P_i$ ，單位：時。

F ：現行的補貨頻率。

F_K ：過渡的補貨頻率。 $K=1.2.3\dots$

F' ：新需求下的合理補貨頻率。

D ：現有的商品總需求， $D = \sum d_i$ 。

D' ：新的商品總需求。

Q_i ：各產品原有的每次補貨量， $i=1,2,\dots,I$ ，單位：個。

Ne：總不足產能，Ne 為一負值， Σ 與基準的相距產能,相距產能 <0 。

Z_i ：商品 i 在補貨頻率為 F_k 時所需最低存貨水準，單位：個。

N：補貨頻率由 F_k 過渡至 F_{k+1} 之期數，單位：期。

SN：補貨頻率由 F 過渡至 F' 之總期數，單位：期。

NP：補貨頻率由 F_k 過渡至 F_{k+1} 之補貨週期，單位：週期。

3.2.3. 補貨頻率過渡之可行性評估

3.2.3.1. 拉長頻率之最低存貨水準及衝擊大小分析

先行分析補貨頻率再拉長至某一個補貨頻率，會需要多大的存貨水準，以便得知會增加多大的補貨量與產生多大的產能排擠衝擊。

當商品總需求(D)增加為新的商品總需求(D')時，應再次重新評估現行補貨頻率(F)是否可因應需求的改變(必須滿足各商品的總加工時間以及各換線一次之所需的產能)，若無法因應需求的改變必須重新計算得出符合上述條件的新需求下合理的補貨頻率(F')，並將補貨頻率由現行補貨頻率(F)拉長至新需求下合理的補貨頻率(F')，以因應需求的改變。

由於補貨頻率拉長時產品批量也會成正相關增加，此時先行生產的商品因生產批量增加了而對後續生產之商品形成生產時程的排擠效應，當後續商品擁有不足量的存貨時而無法承受先行商品的排擠，此時後續商品將會有斷料之情形出現，由此可見存貨是決定可承受排擠效應的程度。故此章節將對分析在拉長補貨頻率時先行商品將會產生多大的衝擊以及後續商品應該擁有多大之期初存貨水準(Vi0)才能承受先行商品形成的排擠衝擊效應。

由於補貨頻率拉長時產品批量也會成正相關增加，此時先行生產的商品因生產批量增加了而對後續生產之商品形成生產時程的排擠效應，當後續商品擁有不足量的存貨時而無法承受先行商品的排擠，此時後續商品將會有斷料之情形出現，由此可見存貨是決定可承受排擠效應的程度。故此章節將對各商品應該擁有多大之期初存貨水準(Vi0)才能承受先行商品形成的排擠效應。

在開始計算各商品應擁有多大的存貨水準承受排擠效應之前，先對此先給定一些的前提假設，如下。

1. 入庫的批量：入庫單位為「批」，須在生產完整批數量後方可入庫，不可單獨入庫。
2. 入庫的時間：無論在一期的何時生產完畢，入庫時間皆為生產完當期之結束時入庫。
3. 已知先知商品之生產順序：已知各項商品的生產順序排程，並對各商品給定一個生產編號(i)，編號小者將被先生產；生產編號(i)之商品以下簡稱

商品 i。

- 將進行「補貨頻率過渡之可行性評估」的時間點假定為期初，現有存貨視為期初存貨(V_{i0})。

假設工廠內現有 I 種產品且需求不完全相同，若因有些商品之需求由現有需求增加至新需求時，此時各項商品的總需求由 D 上升至 D'，因應總需求之改變商品的補貨頻率也應由 F 變成 F' ，若要求得各商品應該擁有的最低存貨水準，先計算從生產週期開始至商品 i 生產完畢所需時間(如式 3.2.1)。

$$\text{至商品 } i \text{ 生產完畢所需時間} = \sum_{n=1}^i \frac{F' \times d_n}{P_n} + S_n \quad (3.2.1)$$

再將式(3.2.1)將除上瓶頸機台一期的產能(H)，在取其值無條件進位即可求得生產編號為 i 之商品在哪一期被生產完畢(式 3.2.2)，由此就可得知各商品應該備有多少期的料來因應補貨頻率拉長至 F' 後的需求。

$$\text{商品 } i \text{ 需要備料期數} = \left\lceil \frac{\sum_{n=1}^i \frac{F' \times d_n}{P_n} + S_n}{H} \right\rceil \quad (3.2.2)$$

將需要備料期數(式 3.2.2)乘上每期所需的平均需求，即可得到應該要備有多少的存貨數量，如下式(3.2.3)所示。

$$\text{商品 } i \text{ 之最低存貨水準} = \left\lceil \frac{\sum_{n=1}^i \frac{F' \times d_n}{P_n} + S_n}{H} \right\rceil \times d_i \quad (3.2.3)$$

3.2.3.2. 現有存貨可供拉長之補貨頻率幅度

由上一章節可得知在補貨頻率為 F' 期時所需之最低存貨應為何，故本章節將評估現在存貨水準可供拉長補貨頻率之幅度。當存貨水準高時可承受排擠效應的程度較大，故因此可拉長較長的補貨頻率，反之當存貨水準低時可承受排擠效應的程度有限，拉長過長的補貨頻率及會造成斷料之情形的發生，因此現有存貨水準的多寡決定了補貨頻率可拉長之長度。

評估現在擁有多少的存貨水準，計算各商品的存貨數量等同之產能時間之總合，即為現擁有之全部存貨等同之產能小時(W)，如下(式 3.2.4)。

$$\text{總存貨產能小時： } W = \sum_{i=1}^I \frac{V_{i0}}{P_i} \quad (3.2.4)$$

若需求上升後經過評估須從現行的補貨頻率(F)拉長到補貨頻率 K 期，則在補貨頻率為 K 期之下應該擁有多少存貨水準，並將此存貨水準轉換為產能小時，如下(式 3.2.5)。

$$\text{拉長至 } K \text{ 期所需產能小時： } \sum_{i=1}^I \frac{\left[\frac{\sum_{n=1}^i \frac{K \times d_n + S_n}{P_n}}{H} \right] \times d_i}{P_i} \quad (3.2.5)$$

由於現有的總存貨產能小時(W)不可低於跳至 K 期的最低存貨水準的所需產能小時，否則會造成斷料之後果，有此原因故必須滿足下列式(3.2.6)之條件。

$$\sum_{i=1}^I \frac{V_{i0}}{P_i} \geq \sum_{i=1}^I \frac{\left[\frac{\sum_{n=1}^i \frac{K \times d_n + S_n}{P_n}}{H} \right] \times d_i}{P_i} \quad (3.2.6)$$

若補貨幅度拉長至 K 但不等於新需求之下合理的補貨頻率 F' (即 $K \neq F'$)，表示現有存貨水準下不足以支撐補貨頻率直接從現行補貨頻率 F 拉長頻率至新需求之下合理的補貨頻率 (F')，那就必須經過一個或一個以上的過渡補貨頻率 (F_K)，以期望能藉由過渡補貨頻率 (F_K) 來使存貨慢慢的增加，而使擁有之存貨足以之支撐補貨頻率拉長至下一個過渡補貨頻率或新需求之下合理的補貨頻率 (F')，然而每一個過渡補貨頻率 (F_K) 皆須滿足式(3.2.6)，故修正式(3.2.6)為一個通式如式(3.2.7)。

$$\sum_{i=1}^I \frac{V_{i0}}{P_i} \geq \sum_{i=1}^I \frac{\left[\frac{\sum_{n=1}^i \frac{F_K \times d_n + S_n}{P_n}}{H} \right] \times d_i}{P_i} \quad (3.2.7)$$

由於式(3.2.7)中僅 F_k 為未知數，在尋找 F_k 之職時任一個過渡補貨頻率(F_k)都應滿足式(3.2.7)，即表示為現有的總存貨產能小時(W)必定要足以支撐補貨頻率拉長至 F_k 而不斷料，至於如何尋找過渡補貨頻率(F_k)，可藉由演算法將補貨頻率之值逐一帶入式(3.2.7)來找尋可行解。

Step1 由於使用演算法故須先給一個起始值並逐一檢視可行性，因過渡補貨頻率是現行補貨頻率要拉長至新需求下合理的補貨頻率的過渡，故頻率不可能低於現行的補貨頻率，因此以現行的補貨頻率加一期($F_k = F + 1$)做為起始值。

Step2 判斷過渡補貨頻率(F_k)是否可滿足式(3.2.7)，若滿足則繼續進行 Step3；若不滿足則退回上一個補貨頻率($F_k = F_k - 1$)且結束。

Step3 過渡補貨頻率(F_k)已滿足式(3.2.7)，故繼續嘗試再次拉長 F_k 之幅度($F_k = F_k + 1$)，並回到 Step2。

3.2.3.3.拉長補貨頻率造成之存貨遞增

當現有的總存貨產能小時(W)不足以支撐至新需求之下合理的補貨頻率(F')，卻足以支撐拉長至過渡補貨頻率(F_k)，為了要再拉長至新需求下的合理補貨頻率便必須要再增加總存貨產能小時(W)，商品需求在拉長補貨頻率至 F' 之前不增加的情況下，拉長補貨頻率會減少換線次數而因此縮短平均的換線所需的時間，而這些縮短的時間可用來生產，以藉此增加總存貨產能小時(W)的方式來支撐商品抵抗拉長補貨頻率所造成的排擠效應。

如當補貨頻率可拉長至過渡補貨頻率(F_k)，平均換線時間縮短，但商品需求仍維持不動，如此一來每個補貨週期總存貨產能小時(W)會上升多少，可將一個補貨週期的總產能 C 扣除補貨週期內各商品的生產時間與換線時間之總和(式 3.2.8)，即可求得在一個補貨週期內因縮減換線次數所剩餘的未使用到之產能，若將此剩餘產能加以生產利用，即可使總存貨產能小時(W)逐漸上升以期望使補貨頻率再拉長。

$$\begin{aligned} \text{每個補貨週期可增加的產能} &= C - \sum_{i=1}^I \left(\frac{F_i \times d_i}{P_i} + S_i \right) \\ &= C - \sum_{i=1}^I (L_i + S_i) \end{aligned} \quad (3.2.8)$$

例如工廠內有 2 台瓶頸機台，一期為一日，每日工作 24 小時。A、B 兩商品換線時間各為 1 小時、每期需求產能各為 22 小時與 24 小時，經過計算現有總存貨產能小時(W)可供拉長補貨頻率至 2 期。在補貨頻率拉長，但商品需求暫不變動，在換線時間縮短下，而可多增加多少的時間來生產以增加總存貨產能小時(W)，如下。

$$\begin{aligned}
 C - \sum_{i=1}^I \left(\frac{F_i \times d_i}{P_i} + S_i \right) \\
 &= C - \left(\sum_{i=1}^I L_i + \sum_{i=1}^I S_i \right) \\
 &= (2 \times 24 \times 2) - [(22 \times 2 + 24 \times 2) + (1 + 1)] \\
 &= 96 - 94 \\
 &= 2
 \end{aligned}$$

故以此一範例而言，每一個補貨週期皆可增加 2 小時之剩餘產能使用來生產，以增加總存貨產能小時(W)，一但總存貨產能小時(W)達一定量，補貨頻率可再拉長，至新需求下的合理補貨頻率(F')為止。

3.2.3.4. 跳至下一個補貨週期所需期數

上一章節中可得知每個補貨週期可增加之產能，然而需要經過多少期的補貨週期以及需要增加多少的存貨產能才可以將補貨頻率拉長至下一個過渡補貨頻率，即為本章節將要探討之問題。

在評估在現行的補貨頻率拉長下一個過渡補貨頻率須經過多少的補貨週期前，應先知道下一個過渡補貨頻率的最低存貨水準與目前的總存貨產能小時(W)相距的產能大小，以利於計算需要經過多少期補貨週期才可將兩者相距的產能小時拉平。例如現行的補貨頻率為 F_K ，而現有各商品的現有的存貨水準轉換成產能小時為「總存貨產能小時(W)」；而下一期之過渡補貨頻率為 F_{K+1} ， F_{K+1} 期的最低存貨水準轉換成產能小時為「 W' 」；則兩者相距的產能小時如下(式 3.2.9)。

$$\text{目前與下一補貨頻率相距的產能小時} = W' - W \quad (3.2.9)$$

在得知與下一補貨頻率相距的產能小時和每期可增加之產能小時之後，將兩者相除取整數值(如式 3.2.10)即可求得需要經過多少期的補貨週期才可有足夠的存貨以拉長至下一個過渡的補貨頻率。

$$\text{目前頻率至下一補貨頻率須經過補貨週期(NP)} = \left[\frac{W' - W}{C - \sum_{i=1}^I (L_i + S_i)} \right] \quad (3.2.10)$$

在得知所須經過補貨週期後，若需求得要經過幾個過渡期數(N)方可拉長至下一個過渡的補貨頻率，將式(3.2.10)乘上補貨頻率即可(如式 3.2.11)。

$$N = F_k \times \left[\frac{W' - W}{C - \sum_{i=1}^I (L_i + S_i)} \right] \quad (3.2.11)$$

3.2.3.5. 存貨調整期的生產量

在 TOC-SCRS 中每個商品都會有一個最大庫存量(Buffer Level)，而最大庫存量即為緩衝區(Buffer)的最大容量，且將 Buffer 將分為 3 區(安全、警示、行動)以用來監控存貨的合理性，一般而言存貨水準會因銷售與補貨的拉鋸而在此 3 區內做上下的變化。當商品因熱賣等因素而使需求改變且連帶的使補貨頻率也應該被拉長，而最大庫存量的計算是根據補貨時間與每期的需求量而定，然而在補貨頻率變動之際，最大庫存量也應做出適當之修正。

當補貨頻率由現行補貨頻率 F 拉長至過渡補貨頻率 F_k 時，最大庫存量在此時也需要修正放大，在最大庫存量修正後各區之分界亦須重新界定，在重新界定各界線時原先的存貨水準可能落在新 Buffer 的最低存貨水準之下(如圖 3.2.1)，亦有可能落在新 Buffer 的最低存貨水準之上(如圖 3.2.2)；在落於最低水準的情形之下若貿然拉長補貨頻率至 F_k 時即會造成斷料。

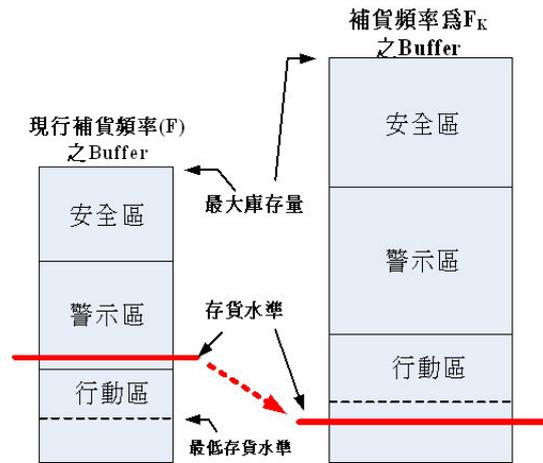


圖 3.2.1 修正 Buffer 後存貨水準落於最低存貨水準之下

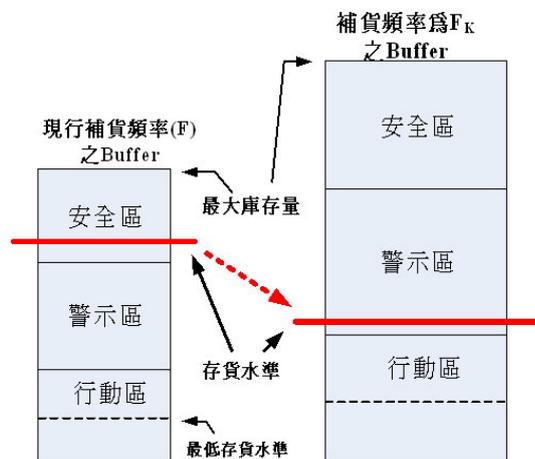


圖 3.2.2 修正 Buffer 後存貨水準落於最低存貨水準之上

在評估現有存貨產能可支撐拉長的補貨頻率是將所有商品的存貨水準化作等同之產能小時，並以加總視為總存貨產能小時(W)來做估評，換言之雖然評估出補貨頻率可由 F 拉長至 F_k ，表示現有的總存貨產能小時(W)已達到補貨頻率為 F_k 期時的最低存貨水準轉換成產能小時(W')，但不表示各商品現有的存貨水準皆在新 Buffer 之最低存貨水準之上，故因此需逐一檢查上商品的存貨水準是否皆在最低存貨水準之上，若是則直接轉換補貨頻率為 F_k 期；反之則需經過存貨調節之程序，而使存貨過多之商品降低生產數量，而將這些節省下來的產能轉讓給存貨過少之商品生產，以做到截長補短之功效，使所有之商品存貨皆可達最低存貨水準。

若總存貨產能小時(W)足夠支撐拉長補貨頻率至 F_k 期，以 F_k 期各商品所需的最低存貨水準(Z_i)為基準，在基準之上的稱為多餘產能，反之則稱為不足產能。由於因足夠拉長補貨頻率至 F_k 期，故總多餘產能必然等於或大於總不足產能；

在此先做一假設，若在總多餘產能等於總不足產能之時，將從擁有多餘產能之商品轉讓出全部多餘的產能以供給不足產能商品之生產；但若在總多餘產能大於總不足產能之時僅轉讓部分多餘產能，以供不足產能達到基準即可。

調節方式如下：

Step1 計算所有商品現有存貨(V_{i0})與欲拉長的過渡補貨頻率之最低存貨水準(Z_i)相差之產能，若差距為負值(即現有存貨並未達到最低存貨水準)時，累加所有不足產能，求得總不足產能(Ne)。

$$\text{總不足產能}(Ne) = \sum \frac{V_{i0} - Z_i}{P_i}, \text{ 若 } V_{i0} - Z_i < 0$$

Step2 調整不足產能商品的生產量。將所有不足產能的商品皆補滿至欲拉長的過渡補貨頻率之最低存貨水準(Z_i)，商品 i 現在生產數量 Q_i 加上與最低存貨水準(Z_i)相距的不足數量，即為存貨調整期間所需生產之數量。

$$Q_i = Q_i + (Z_i - V_{i0})$$

Step3 調整擁有多餘產能商品的生產數量。

Step3.1 比較商品 i 的多餘產能是否足夠填滿總不足產能(Ne)之缺口，即為比較是否滿足 $\frac{V_{i0} - Z_i}{P_i} > -Ne$ 之條件，若滿足則進行 Step3.2；若不滿足則直接跳至 Step3.3。

Step3.2 若商品 i 的多餘產能足以填補總不足產能(Ne)，則僅將部份產能轉讓出來，商品 i 的生產量為：

$$Q_i = Q_i + (Ne \times P_i), \text{ 並跳至 Step4。}$$

Step3.3 若商品 i 的多餘產能不足以填補總不足產能(Ne)，則將多餘產能全部轉讓出來以填補總不足產能(Ne)之缺口，商品 i 的生產量為：

$$Q_i = Q_i - (V_{i0} - Z_i)$$

Step4 修正總不足產能(Ne)。

$$Ne = Ne + \frac{V_{i0} - Z_i}{P_i}, \text{ 若 } Ne \geq 0 \text{ 則表示總不足產能}(Ne)\text{之缺口已補滿故結束調}$$

整，反之($Ne < 0$)則回到 Step3.1。

由於調整存貨意在截長補短，使各商品皆能達最低存貨水準，是將擁有多餘產能之商品藉著減少生產量以轉讓部分產能供給不足產能之商品生產較多的數量以期望達到最低存貨水準，以總需求產能來看並沒有因此而增加或減少，故在總需求產能不變之情形下調整存貨即需耗費一個生產週期的時間。

3.2.4. 評估是否接單

以下章節將分為兩大部分來探討，分別為計畫與模擬。在計畫部份將評估從現行的補貨頻率(F)須經過多少補貨期數後可進行新需求下的合理補貨頻率(F')，而這段過渡補貨期數所需時間的長短是否可以被公司高層或客戶所接受，以決定是否要接下訂單；若過渡補貨期數所需時間可被接受決定接下訂單，則進行模擬部份，此一部份主要須找出由 F 過渡至 F' 之方法，以提供接下訂單後須做如何之調整。

在現行補貨頻率(F)拉長至新需求下合理的補貨頻率(F')之期間，將各商品的需求維持不變，僅在現有總存貨產能小時(W)可支撐補貨頻率拉長至新需求下合理的補貨頻率(F')時才增加商品的需求，針對此種需求的增加有兩種方式，分別如下。

3.2.4.1. 使用同一個過渡補貨頻率

在從現行補貨頻率(F)拉長至新需求下合理的補貨頻率(F')之間僅只使用一個過渡補貨頻率，如下圖(圖 3.2.3)所示，每一個方格即表示一期之補貨頻率。

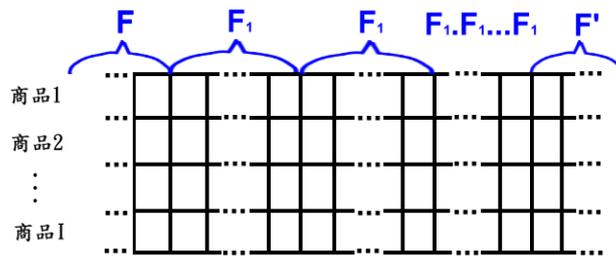


圖 3.2.3 使用同一個過渡補貨頻率之示意圖

(一) 評估需要多少期數 N 方可進行新需求下合理的補貨頻率(F')，以決定是否接單。

Step1 計算在需求上升後的新需求下合理的補貨頻率(F')，如式(1)。

Step2 計算現有的總存貨產能小時 W (如式 3.2.4)。

Step3 評估現有的總存貨產能小時(W)可供拉長之過渡補貨頻率 F_k 的幅度(如式 3.2.7 之求解)。

Step4 計算欲拉長至新需求下的合理補貨頻率 F' 時所需最低存貨水準轉換成的產能小時「 W' 」。

Step5 計算要拉長至下一補貨頻率需要經過多少期數 N (如式 3.2.11)。

倘若由現行的補貨頻率(F)過渡至新需求下的合理補貨頻率(F')的過渡期數 N 可被接受，即可進行第二部份模擬出該如何在各商品皆不斷料的前提下，將補貨頻率由 F 拉長至 F' 。

(二)將現行補貨頻率(F)過渡至新需求下的合理補貨頻率(F')，步驟如下。

Step1. 計算在需求上升後的新需求下合理的補貨頻率(F')。

Step2. 評估拉長補貨頻率之幅度：評估現有的總存貨產能小時(W)可供拉長補貨頻率之幅度，即為第一個過渡補貨頻率(F_1)， F_1 必須滿足式(3.2.7)之要求。

Step3. 計算各商品之最低存貨水準(Z_i)，並檢視所有商品是否皆在最低存貨水準之上，若是跳至 Step5；反之則進行 Step4。

Step4. 存貨調整期的生產量：在決定第一個過渡補貨頻率(F_1)的長度後，因為可能並非所有商品都達到最低所需的存貨水準，故須藉由生產的數量調整，將擁有太多存貨之商品的產能轉讓一部份給未達最低所需的存貨水準之商品，經過生產數量調整後望每一商品都可達最低存貨水準，此步驟意在求出調整期間內各商品的應生產數量。

Step5. 在確保各商品的存貨水準皆在拉長至 F_1 所需的最低存貨水準後，即可以 F_1 做為補貨頻率進行補貨。

Step6. 隨時監控現有的總存貨產能小時(W)是否達到拉長補貨頻率至新需求下的合理補貨頻率(F')，若以達到即可進行新需求下的合理補貨頻率(F')。

3.2.4.2. 使用一個以上過渡補貨頻率

現行補貨頻率(F)與新需求下合理的補貨頻率(F')之間，使用一個以上的過渡補貨頻率以用來縮短 F 與 F' 之間的過渡期數 N ，當現有總存貨產能小時(W)足以支撐拉長至下一補貨頻率時，即改變目前現行的補貨頻率 F_K 為 F_{K+1} ，示意圖如下(圖 3.2.4)。

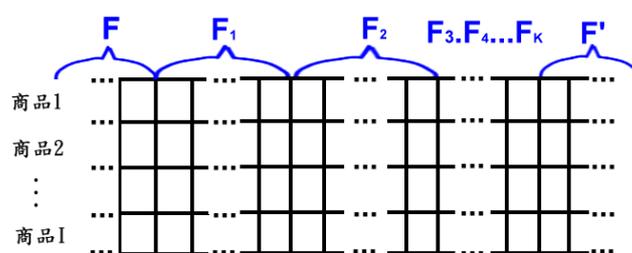


圖 3.2.4 使用一個以上過渡補貨頻率之示意圖

(一) 評估需要多少期數 N 方可進行新需求下合理的補貨頻率(F')，以決定是否接單。

Step1 計算現有的總存貨產能小時 W (如式 3.2.4)。

Step2 評估現有的總存貨產能小時(W)可供拉長之過渡補貨頻率 F_K 的幅度(如式 3.2.7)。

Step3. 求出補貨頻率拉長至 F_{K+1} 時所需的各商品之所需最低存貨水準(如式 3.2.3)，並將此些最低存貨水準轉換成產能小時(W')。

Step4. 計算目前頻率(F_K)至下一個過渡補貨頻率(F_{K+1})需要多少的期數 N (如式 3.2.11)。

Step5. 累加總過渡期數(SP)， $SN=SN+N$ ；若 $F_{K+1}=F'$ 即結束。

Step6. 計算經過 N 期後，在補貨頻率為 F_{K+1} 的時點上，所擁有的總存貨產能小時 W 有多少(計算公式如下)。 $F_K = F_{K+1}$ 且回到 Step2。

$$W=W + \left(C - \sum_{i=1}^I (L_i + S_i) \right) \times NP$$

(二)將現行補貨頻率(F)過渡至合理補貨頻率(F')，步驟如下。

Step1. 計算在需求上升後的新需求下合理的補貨頻率(F')。

Step2. 評估拉長補貨頻率之幅度：評估現有總存貨產能小時(W)可供拉長補貨頻率之幅度，即為尋找過渡的補貨頻率為何，任一個過度補貨頻率(F_k)皆必須滿足式(3.2.7)之要求。

Step3. 計算現有總存貨產能小時(W)及各商品在要拉長至過渡的補貨頻率(F_k)之最低存貨水準，並檢視所有商品是否皆在最低存貨水準之上，若是跳至 Step5；反之則進行 Step4。

Step4. 存貨調整期的生產量：在決定過渡補貨頻率(F_k)的長度後，因為可能並非所有商品都達到最低所需的存貨水準，故須藉由生產的數量調整，將擁有太多存貨之商品的產能轉讓一部份給未達最低所需的存貨水準之商品，經過生產數量調整後望每一商品都可達最低存貨水準，此步驟意在求出調整期間內各商品的應生產數量。

Step5. 若 $F_k = F'$ 即結束『拉長補貨頻率』之評估；若 $F_k \neq F'$ 則繼續 Step6。

Step6. 計算在第幾期後可進行下一期的過渡補貨頻率(F_{k+1})，並回到 Step3；下一個過渡之補貨頻率為 $F_{k+1} = F_k + 1$ 。

3.2.5. 案例實做

若在某工廠內有生產 5 項商品，瓶頸機台數為 2 台，每天工作時數為 24 小時，一天為一期，現行補貨頻率為 2 期，其餘各項商品資訊如下。

表 3.2.1 各項商品資訊

	商品 1	商品 2	商品 3	商品 4	商品 5
現有需求	1400	1125	780	880	650
平均每期 新需求	1650	1220	780	990	650
換線時間 (時/次)	2	3	2.5	2	1.5
生產速率 (件/時)	100	150	130	110	100
現有存貨(件)	1600	1150	800	900	750

(一) 評估需要多少期數 N 方可進行新需求下合理的補貨頻率(F')，以決定是否接單。

Step1 計算在需求上升後的新需求下合理的補貨頻率(F')。

$$F' \geq \frac{\sum_{i=1}^I (S_i \times \left\lceil \frac{L_i}{j \times H} \right\rceil)}{(C - \sum_{i=1}^I L_i)}$$

$$F' \geq \frac{11}{48 - 46.13}$$

$$F' \geq 5.88$$

由上述計算新需求下之補貨頻率至少需高於 5.88 期，為了以下方便故將新需求下之補貨頻率定為 6 期，即 6 天補貨一次。

Step2 計算現有的總存貨產能小時 W (如式 3.2.4)。

$$W = \frac{1600}{100} + \frac{1150}{150} + \frac{800}{130} + \frac{900}{110} + \frac{750}{100}$$

$$\Rightarrow W = 45.5$$

Step3 評估現有的總存貨產能小時(W)可供拉長之過渡補貨頻率 F_k 的幅度(如式 3.2.7 之求解)。

Step3.1 由於使用演算法故須先給一個起始值並逐一檢視可行性，以 $F_k = F + 1$ 做為起始值，由於現行頻率為 2 期，故 $F_k = 2 + 1 = 3$ 。

Step3.2 將 $F_k = 3$ 代入式(3.2.7)驗證是否滿足。因 $F_k = 3$ 滿足式(3.2.7)，故進行 Step3.3

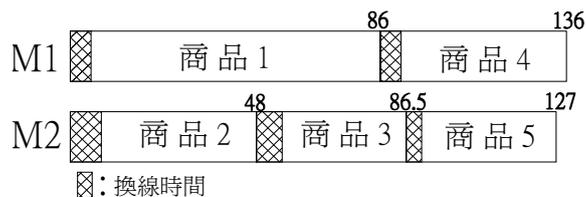
Step3.3 因為 $F_k = 3$ 滿足式(3.2.7)，故繼續嘗試再次拉長 F_k 之幅度， $F_k = 3 + 1 = 4$ ，並回到 Step3.2。

Step3.2 將 $F_k = 4$ 代入式(3.2.7)驗證是否滿足。因 $F_k = 4$ 滿足式(3.2.7)，故進行 Step3.3

Step3.3 因為 $F_k = 4$ 滿足式(3.2.7)，故繼續嘗試再次拉長 F_k 之幅度， $F_k = 4 + 1 = 5$ ，並回到 Step3.2。

Step3.2 將 $F_k = 5$ 代入式(3.2.7)驗證是否滿足。因 $F_k = 5$ 不滿足式(3.2.7)，故退回上一個補貨頻率 $F_k = 5 - 1 = 4$ ，所以補貨頻率的拉長幅度為由 2 期拉長至 4 期

Step4 計算出 W' 之值。先行計算各商品再補貨頻率為 F' (6 期)時所需的最低存貨水準數量。在計算前要先排定生產時程之甘特圖，確認哪一項商品將在哪一台機台上被加工。且



商品 1 在 F' (6 期) 之最低存貨水準數量 =

$$\left\lceil \frac{\frac{6 \times 1400}{100} + 2}{24} \right\rceil \times 1400 = 4 \times 1400 = 5600(\text{個})$$

商品 2 在 F' (6 期) 之最低存貨水準數量 =

$$\left\lceil \frac{\frac{6 \times 1125}{150} + 3}{24} \right\rceil \times 1125 = 2 \times 1125 = 2250(\text{個})$$

$$\begin{aligned} \text{商品 3 在 } F' \text{ (6 期) 之最低存貨水準數量} &= \left(\left\lceil \frac{\frac{6 \times 1125}{150} + 3}{24} \right\rceil + \left\lceil \frac{\frac{6 \times 780}{130} + 2.5}{24} \right\rceil \right) \times 780 \\ &= 4 \times 780 = 3120(\text{個}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{商品 4 在 } F' \text{ (6 期) 之最低存貨水準數量} &= \left(\left\lceil \frac{\frac{2 \times 1400}{100} + 2 + \frac{2 \times 880}{110} + 2}{24} \right\rceil \right) \times 880 \\ &= 7 \times 880 = 6160(\text{個}) \end{aligned}$$

商品 5 在 F' (6 期) 之最低存貨水準數量 =

$$\begin{aligned} &\left(\left\lceil \frac{\frac{2 \times 1125}{150} + 3 + \frac{2 \times 780}{130} + 2.5 + \frac{2 \times 650}{100} + 1.5}{24} \right\rceil \right) \times 650 \\ &= 6 \times 650 = 3900(\text{個}) \end{aligned}$$

$$W' = \frac{5600}{100} + \frac{2250}{150} + \frac{3120}{130} + \frac{6160}{110} + \frac{3900}{100} = 190$$

Step5 計算要拉長至下一補貨頻率需要經過多少期數 N (如式 3.2.11)。

$$N = 4 \times \left\lceil \frac{190 - 45.5}{(24 \times 2 \times 4) - (168 + 11)} \right\rceil$$

$$N = 4 \times 12 = 48$$

故由上可知在從現行補貨頻率(F)拉長至新需求下合理的補貨頻率(F')之間僅只使用一個過渡補貨頻率時，本題需要有 48 期的過渡期數，而此過渡期數可提供給業務人員，可在需求增加之後做為對客戶可承諾供貨時間，交由客戶決定此時間是否可接受範圍，以做為是否要下訂單之參考。

3.3. 第三年度：限制理論供應鏈之動態補貨機制研究

3.3.1. 問題定義與分析

以整個供應鏈最大獲利而言，首先必須確保任何最終消費者都能買到所要的商品，一般而言工廠會使用預測的方式進行補貨頻率及生產量的調整，然而Goldratt博士提出的限制理論供應鏈補貨機制(Theory of Constraints—Supply Chain Replenishment System, TOC-SCRS)是根據實際銷售量做為補貨數量的依據。但在市場需求改變時TOC-SCRS會產生一個問題，即是TOC-SCRS補貨量為被動，以實際銷售量作為補貨量，這樣會使補貨速率趕不上市場的需求。

有藉於此，本研究提出動態評估市場需求是否有顯著改變的情況發生，若有則先進行補貨頻率與生產量之調整，以免太被動的補貨，產出斷料的情形。由於動態評估機制的目的是要因應市場變動的需求量，而即時修正TOC-SCRS之獨立控制參數(即補貨頻率)。因此首先面臨的問題即是修正之時機，因為太頻繁的修正會使得系統太過緊張；反之，如果太久才修正一次，又會喪失動態修正之效果。

但當需修正時機點出現時，若在工廠產能限制下當工廠產能滿載或接近時且在短期內無法增加瓶頸機台的情況時，市場對產品需求有顯著的增加；為因應此種情況必然得使用管理的手法達到壓縮換線時間、增加生產比例的方式。減少換線次數(從較高的換線(補貨)頻率降低至較低的換線(補貨)頻率)。

在市場對產品需求量上顯著的上升情況，修正補貨頻率的時機出現，將先評估現行的補貨頻率是否可以應付需求增加的負荷，如不行則需拉長補貨頻率。但補貨頻率與生產量，兩參數互為因果，補貨頻率長則各產品生產量大。過大的生產量，會使得較先生產的產品排擠其他產品的原訂之生產時程，迫使其他產品讓出產能，使讓出產能產品的生產時程遭到延遲，在產品庫存水準不足下可能因而導致補貨不及所造成缺貨情形出現，由此可見在拉長補貨頻率時不可增加生產系統無法負荷的數量，以避免對生產系統造成重大的衝擊。

3.3.2. 瓶頸產能監控

在判斷市場需求是否有顯著的判斷上，由於市場需求為一波動值且動態發生，牽扯到時間序列的統計問題。本研究使用管制圖的動態監控的概念，管制圖的原本的概念為用來監控制程中的品質特性是否有非機遇原因的異常的情形發生，進行修正製程。故本研究藉由平均數管制圖達到監控市場需求是否有異常之變動。

本研究從過去一段時間之歷史市場銷售數據中求得市場需求之平均值、標準差兩項資料，由這兩項資料界定出管制圖之中心線與上下界線，以市場需求平均值(\bar{x})作為管制中線，並以 \bar{x} 正負三倍標準差作為上界與下界。

在完成繪製市場需求的樣本點後，在進行判讀的過程中因需判定市場需求為上升或者下降。因為兩種情況管理者需做出的決策方向有略為差異，兩種情況需因應決策說明如下。

1. 市場需求下降：產品生命週期可能邁入衰退期，使得銷售量下降，形成對瓶頸產能的需求銳減，當工廠擁有過剩的產能時，此時建議可降低補貨頻率，以減低各項商品之最大庫存量。
2. 市場需求上升：產品於市場銷售良好，且瓶頸機台的產能已滿載或接近，此時建議拉長補貨頻率使用減少換線次數、時間的方式增加生產的比例。

由於市場平均銷售量的上升或下降，所對應的決策皆不相同，故再判斷管制圖時應該也一並斷定平均銷售量的變動趨勢，以表 1 所提到之十點判斷準則並沒法判定平均值是上升或下降，僅僅只知道有變動。

因此本研究將前人所提到之準則做小幅度修正，以適用於本研究，在偵測平均值變動之際，同時得知變動之趨勢(平均值之上升或下降)。所做修正如下表 3.3.1 所示。

表 3.3.1 修正之管制圖的判斷準則

修正之管制圖的判斷準則		
平均值 下降	法則 1	一點或多點掉在 LCL 管制上界線外
	法則 2	連續三點中的兩點掉在兩倍標準差外 (落於 CL 之上)
	法則 3	連續五點中的四點掉在一倍標準差外 (落於 CL 之上)
	法則 4	連續八點掉在中心線的下側
	法則 5	連續六點持續下降
	法則 6	連續十五點掉在中心線上側之 A 區
平均值 上升	法則 1	一點或多點掉在 UCL 管制上界線外
	法則 2	連續三點中的兩點掉在兩倍標準差外 (落於 CL 之下)
	法則 3	連續五點中的四點掉在一倍標準差外 (落於 CL 之下)
	法則 4	連續八點掉在中心線的上側
	法則 5	連續六點持續上升
	法則 6	連續十五點掉在中心線下側之 A 區

在確立了判定準則後，管制圖中還有一個重點要素，即為樣本點。本研究所採用的樣本點為工廠產品在市場上實際銷售量轉化成對瓶頸機台的產能需求的程度作為樣本。此舉有使用上方便之特性，因工廠內生產之產品眾多，若每一個產品都需繪製一張管制圖，不僅繪製上繁雜且判定上困難。故本研究將工廠內產品銷售量轉成對瓶頸產之需求，使得工廠內僅需依張管制圖就可以監控市場端支銷售量是否有異常變動之情形。

若偵測市場銷售量有異常變動，可再進一步繪製各產品銷售數量的管制圖，即可得知是哪一個產品都市場銷售量增加或減少了。使用這樣子的二階段管制圖，可使監控市場銷售量之方法簡化，且達到效果。

將樣本點繪入管制圖且使用表 3.3.1 的判定準則，而經過監控判定樣本點之有異常時，即可得知市場銷售量之變化為增加或減少，此時因在重新計算新的市場銷售量的平均值與標準差，但這會牽扯到計算期數的問題，若用來求平均值與標準差的期數過長，會使銷售量的變動趨勢遭到淡化，故建議在選擇採用之期數不宜過長。

3.3.2.1. 個別需求產能監控

在確認瓶頸產能確實有變動之情形後，由於瓶頸產能為各產品彙總而得的結果，所以可將瓶頸產能展開監看分別各產品之需求變化，以確認是何種產品有明顯的變化而造成瓶頸產能的改變。如圖 3.3.2 所示，瓶頸產能的變動是產品 C 有明顯之變化所造成的，在產品 C 銷售量有上升之趨勢，可做的管理手法有以下三點。

- 僅拉長產品 C 的補貨頻率。
- 所有產品的補貨頻率皆拉長。
- 大單補貨頻率縮短，小單補貨頻率拉長。

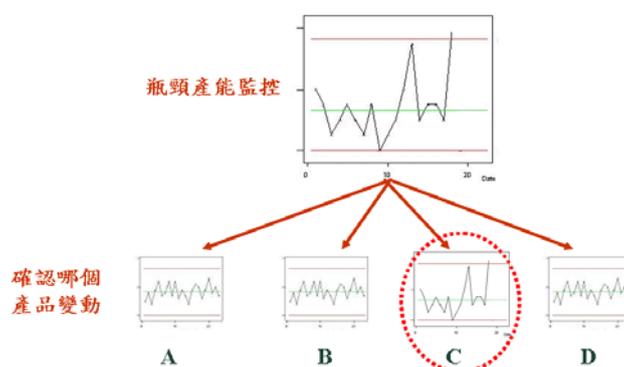


圖 3.3.2 產能監控展開

3.3.3. 決策支援系統

就以上概念，建立一個決策支援系統。本決策支援系統是以 TOC-SCRS 為平台，而建構於這個平台之上。本決策支援系統所建立的目的是為了輔助管理者解決 TOC-SCRS 在生產活動中可能遭遇到的問題，以給予適當之決策方案。本研究主要的研究架構圖如圖 3.3.3 所示。

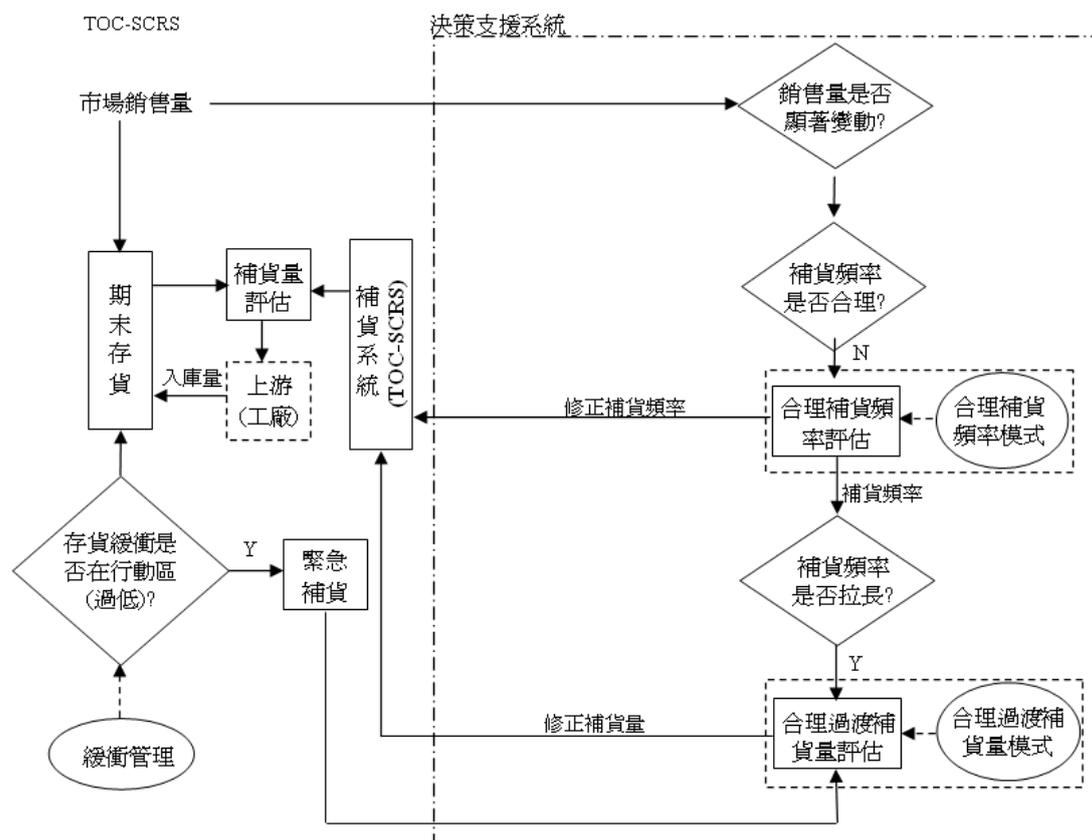


圖 3.3.3、研究架構圖

本研究架構圖分為限制理論補貨機制(TOC-SCRS)與決策支援系統兩大部分。架構圖之右側為 TOC-SCRS 之系統架構，在圖 3.3.3 的市場銷售量為每期發生，當發生後分別將此資訊交由修正期末存貨與監控銷售量是否有顯著變動使用。在補貨量評估的部分，TOC-SCRS 是屬於定期補貨法，每隔一段補貨頻率就發出一次訂單通知上游原料供應商進行補貨的動作；補貨量則是由補貨頻率或前後兩次補貨時間之銷售量時決定。

架構圖之右側為決策支援系統，即為本研究欲建立之系統架構。建立此套決策支援系統之目的補強 TOC-SCRS 之不足處，即為若應用在工廠或中央倉庫時，由於工廠的特性，例如產能的限制等，其補貨頻率與補貨前置時間會受到補貨量之影響。但是在 TOC-SCRS 機制下，可能會產生上述兩點問題。

故當市場商品銷售量產生變化，工廠也應該對此採取對應的政策，例如當商品銷售量減少時應縮短補貨頻率，以降低最大庫存量；反之當商品銷售量增加，

能做的管理手法有下列幾項。(a)僅拉長需求有增加之產品的補貨頻率。(b)所有商品的補貨頻率皆拉長。(c)大單補貨頻率縮短，小單補貨頻率拉長。

故由此可得知當市場商品銷售量有顯著變動時，工廠需藉由調控補貨頻率的長短達到降低存貨風險與供需平衡的目的。但補貨頻率需要調整的同時，TOC-SCRS 卻沒有明確的告知補貨頻率該如何制定與變動補貨頻率之後續配套，而使管理者對此無所適從。為此而建購一個決策支援系統以輔助管理者針對商品市場銷售量變化而做出適當補貨頻率之調整。

我們在研究中的決策支援系統架構，主要涵蓋兩個部分如圖 3.3.3 所示，分別為合理補貨頻率評估模組與合理過渡補貨量評估模組，詳細說明如下。

(1) 合理補貨頻率評估模組

本模組的特性與使用時機：工廠都會有產能上的限制，此一特性下使用限制理論供應鏈補貨機制可能會遭遇到些許問題。例如市場銷售量增加，工廠為了應付這些額外增加的數量，就必須要提供更多的瓶頸產能，當工廠產能滿載或接近時且在短期內無法增加瓶頸機台的情況下，要使生產比例增加勢必得壓縮換線時間，減少換線次數(從較高的補貨(換線)頻率降低至較低的補貨(換線)頻率)。本模組主要的功能為評估在市場銷售量變動下，補貨頻率合理的長度。需要的輸入資料為產品工時、換線時間、市場需求量；而後則經過本模組處理後輸出合理補貨頻率建議。

本模組的啟動時間為當本模組接收到市場銷售量有顯著變動時，即進行補貨頻率的評估，且在補貨頻率需要修正時通知 TOC-SCRS 修正頻率。若評估結果補貨頻率在市場銷售量變動下(需求增加)需要拉長啟動合理過渡補貨量評估模組進行修正頻率之補貨量評估；若補貨頻率不需拉長(可能為縮短或相同)，則不需通知合理過渡補貨量評估模組進行評估。

(2) 合理過渡補貨量評估模組

本模組的特性與使用時機：在拉長補貨頻率的同時，表示使每次生產批量增加以減少換線所佔的時間。也因為這原因會使較先生產的產品因生產較多的數量，排擠其他產品的原訂之生產時程，使生產時程延遲，在產品庫存水準不足下可能因而導致補貨不及所造成缺貨情形出現。在下列的條件下排擠效應越顯明顯。

- 拉長(降低)補貨頻率的天數越長，其他的產品被延後生產的程度越嚴重。
- 生產排序越後面的產品，被延後的程度越嚴重。

本模組主要的功能為尋找適當的過渡補貨頻率(補貨量)，以減緩產能排擠效應造成的衝擊。

本模組的啟動時間為在合理補貨頻率評估模組通知本模組進行補貨量之評估，經過本模組評估後，對於 TOC-SCRS 給予過渡補貨頻率(補貨量)的建議。本決策支援系統的輸入與輸出資料如圖二所示。在輸入值的部分分為兩部分，環境參數(存貨量、現行頻率、產品工時、換線時間)與動態參數(市場銷售量)。將

這些資料輸入於系統中，當系統接收到銷售量有顯著變動之訊息時，經過處理而後給予 TOC-SCRS 建議政策。

本決策支援系統的輸入與輸出資料如圖 3.3.4 所示。在輸入值的部分分為兩部分，環境參數(存貨量、現行頻率、產品工時、換線時間)與動態參數(市場銷售量)。將這些資料輸入於系統中，當系統接收到銷售量有顯著變動之訊息時，經過處理而後給予建議政策。

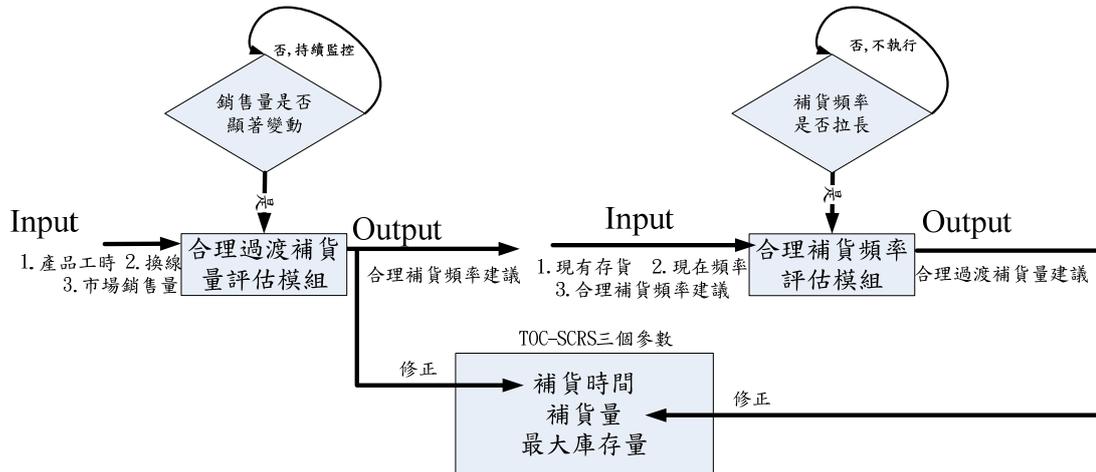


圖 3.3.4 決策支援系統之 Input 與 Output

3.3.4. 案例實做

若在某工廠內有生產 4 項商品，瓶頸機台數為 2 台，每天工作時數為 24 小時，一天為一期，現行補貨頻率為 1 期，其餘各項商品工程資料如表 所示；表 2 則是模擬各產品在未來 10 天之市場銷售量與對瓶頸機台產能需求。且由過去之市場銷售量歷史數據得知在一個補貨頻率內對瓶頸機台需求產能為平均值 41 小時。

表 3.3.2 應用個案各產品之工程資料

	產品 1	產品 2	產品 3	產品 4
換線時間(時/次)	2.5	3.5	3	2
生產速率(件/時)	100	150	130	110
現有存貨(件)	4000	3000	2500	1500

表 2.3.3 模擬各產品未來 10 天銷售量
與對瓶頸產能之需求

產品一 銷售量	產品二 銷售量	產品三 銷售量	產品四 銷售量	瓶頸產能 需求(時)
1292	1119	800	896	41.16
1329	1167	788	880	41.89
1293	1135	762	886	40.76
1349	1074	747	886	41.92
1396	1160	775	916	42.34
1375	1111	842	914	44.51
1407	1121	807	890	43.74
1340	1164	861	911	43.78
1309	1153	829	834	42.84
1394	1111	841	901	44.02

把圖 3.3.4 相關之工程資料市輸入至所建立的決策支援系統之參數設定中
(如圖 3.3.5)，以利後續作業。

圖 3.3.5 決策支援系統之參數設定頁面

在發現市場銷售量有顯著差異後，決策支援系統會對使用作出適當的管理建議。決策支援系統的頁面與作出的建議，建議將補貨頻率由現行的一期拉長至三期(如圖 3.3.6 所示)。



圖 3.3.6、決策支援系統之主頁面&建議

第四章 結論

第一年度：限制理論供應鏈補貨機制在考慮工廠產能限制下之合理補貨頻率模式研究

由於工廠或中央倉庫在供應鏈是處於源頭的供應角色，因此每次的補貨量大小對於整個供應鏈必有一定的影響力。將 TOC-SCRS 運用於工廠或中央倉庫時，由於工廠的特性，例如產能的限制等，補貨頻率與補貨前置時間會受到補貨量之影響，而補貨頻率相當於換線頻率，補貨量相當於生產量，由於換線與生產都需要耗用工廠產能，但是工廠的產能卻是有限的(或固定的)，因此會面臨補貨(換線)頻率與補貨(生產)量之間的衝突。

本研究針對上述問題提出了三種補貨頻率評估之模式，並以三個因子(商品每小時產出、商品平均需求分布、補貨頻率評估模式)來驗證本研究所提出三種補貨頻率評估模式之適用性，且商品每小時產出與商品平均需求分布或商品每小時產出與補貨頻率評估模式交互作用亦對補貨頻率有顯著影響。

在經過顯著分析的驗證後，本研究亦針對商品平均需求分布及補貨頻率評估模式等兩個因子在不同水準下進行模擬。實驗結果為當各商品平均需求呈平均或 80/20 法則分布時，補貨頻率評估模式皆以大單優先或大單再評估之模式有較佳結果，即各商品存貨水準較低。然而本研究僅針對需求分布與各補貨頻率評估模式進行實驗，大單優先及大單再評估之模式則受限於變數 μ 的變化而有不同的結果，因此在本研究中大單優先及大單再評估之模式較無法分辨其優劣，未來研究上亦可針對此兩者模式再做進一步之研究。

第二年度：限制理論供應鏈補貨機制在考慮工廠產能限制下因應拉長補貨頻率之合理過渡補貨量模式研究

TOC-SCRS 是一套有別於傳統存貨管理的補貨機制，屬於拉式補貨機制，即補貨量為過去實際的商品銷售量，主要希望藉此達到能備有較低的存貨之際卻不犧牲服務水準，以解決供應鏈存貨管理上的衝突，達到雙贏之結果。

但 TOC-SCRS 實際運用於供應鏈上的各個據點時，僅在工廠中會發生些許問題，因為工廠有別於其他據點，工廠中有著”產能有限”的特性。在因某項商品需求增加時，僅能以併批等方式以減少換線頻率去增加生產時間，進而去拉長補貨頻率。

本文則針對於此提出兩種過渡方式來解決上述之問題，提供拉長補貨頻率之過渡期各商品間應需生產多少數量，以急如如調配各商品間的存貨，以達在不斷

料下拉長補貨頻率。

第三年度：限制理論供應鏈之動態補貨機制研究

當瓶頸機台產能已接近飽和，若有額外的產能需求時，欲增加瓶頸機台也非一時半刻可成。使用修正補貨頻率，降低換線次數、時間的方式以多爭取時間轉做生產之用是工廠常見的手法之一，然而修正補貨頻率的時間點應為何？因為太頻繁的修正會使得系統太過緊張；反之，如果太久才修正一次，又會喪失動態修正之效果。

故本研究採用管制圖的方式，利用對監控瓶頸產能之需求的方式，進而監視市場銷售量，當市場銷售量做出改變時即為補貨頻率之修正點。本研究亦結合前人之研究，在使用管制圖偵測補貨頻率需要修正後，應做出對應的政策。

研究成果發表情況

以上之研究成果，已發表於以下之期刊與會議。

1. **Hornng-Huei Wu**, Ching-Piao Chen, Chih-Hung Tsai and Tai-Ping Tsai, 2010, "A Study of an Enhanced Simulation Model for TOC Supply Chain Replenishment System under Capacity Constraint," *Expert Systems with Applications*, Vol.37, No.9, pp.6435-6440.
2. **Wu, H.-H.** and Tsai, T.-P., 2008, "An Enhanced Model for TOC Supply Chain Replenishment Systems under Capacity Constraint", The Proceedings of 2008 IEEE Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics, Beijing, China, October 12 to 15, pp. 2683-2688.]
3. **Wu, H.H.**, and Jen, W.T., 2009, "A Methodology to Release the Inventory Shortage Impact for Prolonged Replenishment Frequency for TOC Supply Chain Replenishment Systems", APIEMS 2009 - The Proceedings of Asia Pacific Industrial Engineering & Management Systems Conference 2009, Kitakyushu, Japan, December 14 to 16, pp. 507-517.
4. **吳鴻輝**與任威達, 2009, 「限制理論供應鏈補貨機制拉長補貨頻率之可行性評估方法探討」, 中國工業工程學會 98 年度年會論文集(光碟片), 12 月 12 日, 逢甲大學, SM28.
5. **Hornng-Huei Wu** and Wei-Ta Jen, 2010, "A Methodology to Evaluate the Feasibility and Plan for Prolongation of Replenishment Frequency for TOC Supply Chain Replenishment Systems," International Conference on Engineering and Business Management (EBM 2010), March 25~27, Chengdu, China, pp.2571-2574.
6. **吳鴻輝**與任威達, 2010, 「供應鏈補貨機制之監控系統探討」, 2010 華人經濟圈企業競爭力與經營管理學術研討會論文集(光碟片), 4 月 23 日, 中華大學, pp.1530-1545.

參考文獻

1. 吳鴻輝與蔡黛萍(2007)，「限制理論(TOC)供應鏈補貨機制之研究」，2007 管理與教育學術研討會，光碟片，中華大學：新竹。
2. 李榮貴與張盛鴻，TOC 限制理論-從有「限」走向無限，中國生產力中心 (2005)。
3. 林則孟(2006)，生產計劃與管理，台北：華泰文化。
4. 林則孟，生產計劃與管理，華泰文化 (2006)。
5. 莊健鑫與吳鴻輝，「供應鏈補貨策略與長鞭效應之探討」，2002 中華民國科技管理研討會論文集(光碟片)，1069-1073，義守大學 (2002)。
6. 曾渙釗(2006)，「存貨管理的兩難」，社團法人中華採購管理協會，2006 年 4 月號，第 5 頁。
7. Armentano, V.A., P.M. Franca and Toledo, F.M.B. (1999), "A Net Work Flow Model for the Capacitated Lot-sizing Problem," Omega, Vol. 27, No. 2, pp. 275-284.
8. Beamon, B.M. (1998), "Supply Chain Design and Analysis: Models and Methods," International Journal of Production Economics, Vol. 55, Iss. 3, pp. 281-294.
9. Belvaux G. and Woley, L.A. (2000), "Bc-prod: A Specialised Branch-and-Cut System for Lot-Sizing Problems," Management Science, Vol. 46, No. 5, pp. 993-1007.
10. Belvedere, V. and Grando, A. (2005), "Implementing a pull system in batch/mix process industry thro theory of constraints: A case-study," Human Systems Management, Vol. 24, No. 1, pp. 3-12.
11. Belvedere, V. and Grando, A., "Implementing a pull system in batch/mix process industry through theory of constraints: A case-study," Human Systems Management, 24, 3-12(2005).
12. Bitran, G.R. and Yanasse, H.H. (1982), "Computational Complexity of the Capacitated Lot Size Problem," Management Science, Vol. 28, No. 10, pp. 1174-1186.
13. Blackstone, J. H. J.R., "Theory of constraints -a status report," International Journal of Production Research, 39, 6, 1053-1080(2001).
14. Blackstone, J.H. (2001), "Theory of constraints -a status report," International Journal of Production Research, Vol. 39, No. 6, pp. 1053-1080.
15. Chen W. H. and Thizy, J.M. (1990), "Analysis of Relaxations for the Multi-item Capacitated Lot-sizing Problem," Annals of Operations Research, Vol. 26, Iss. 1-4, pp. 29-72
16. Cole, H. and Jacob, D. (2002), Introduction to TOC Supply Chain, AGI institute.
17. Cole, H. and Jacob, D., Introduction to TOC Supply Chain, AGI institute (2002).

18. Diaby, M., H.C. Bahl, M.H. Karwan and Zionts, S. (1992), "Capacitated Lot-sizing and Scheduling by Lagrangean Relaxation," *European Journal of Operational Research*, Vol. 59, No. 3, pp. 444-458.
19. Dogramaci, A., J.C. Panayiotopoulos and Adam, N.R. (1981), "The Dynamic Lot-sizing Problem for the Multiple Items Under Limited Capacity," *AIIT Transactions*, Vol. 13, No. 4, pp. 294-303.
20. Florian, M., J.K. Lenstra and Rinnooy Kan, A.H.G. (1980), "Deterministic Production Planning Algorithms and Complexity," *Management Science*, Vol. 26, No. 7, pp. 669-679.
21. Goldratt, E.M. (1994), *It's Not Luck*, England: Gower.
22. Goldratt, E.M., *It's Not Luck*, Gower, England, (1994).
23. Harris, F.W. (1913), "How many parts to make at once," *The Magazine of Management*, Vol. 10, No. 2, pp. 135-136.
24. Harris, F.W.(1990), "How many parts to make at once," *Operations Research*, Vol. 38, No. 6, pp. 947-950.
25. Hindi, K.S. (1996), "Solving the CLSP by a Tabu Search heuristic," *Journal of the Operational Research*, Vol. 47, No. 1, pp. 151-161.
26. Hoffman, G and Cardarelli, H., *Implementing TOC Supply Chain: A Detailed Case Study - MACtac*, AGI institute (2002).
27. Hoffman, G. and Cardarelli, H. (2002), *Implementing TOC Supply Chain: A Detailed Case Study - MACtac*, AGI institute.
28. Holt, J. R. (1999), "TOC in Supply Chain management," *1999 Constraints Management Symposium Proceedings*, March 22-23, Phoenix, AZ, U.S.A. pp. 85-87.
29. Holt, J. R., "TOC in Supply Chain management," *1999 Constraints Management Symposium Proceedings*, pp.85-87, March 22-23, Phoenix, AZ, U.S.A.(1999).
30. Hopp, W. J. and Spearman, M. L., *Factory Physics - Foundations of Manufacturing Management*, Irwin (1996).
31. Karimi, B., S.M.T. Fatemi Ghomi and Wilson, J.M. (2003), "The Capacitated Lot Sizing Problem: A Review of Models and Algorithms," *Omega*, Vol. 31, Iss. 5, pp. 365-378.
32. Kendall, G.I., *Viable Vision*, Heliopolis Culture Group/SAGA Culture Publishing Co.(2006).
33. Lee, H. L., V. Padmanbhan and Whang, S. (1997), "The bullwhip effect in supply chains," *Sloan Management Review*, Vol. 38, No. 3, pp. 93-102.
34. Lee, Y.H. and Kim, S.H. (2002), "Production- Distribution Planning in Supply Chain Considering Capacity Constraints," *Computers and Industrial Engineering*, Vol. 43, No. 1-2 , pp. 169-190.

35. Lozano, S., J. Larraneta and Onieva, L. (1991), "Primal-dual Approach to the Single Level Capacitated Lot-sizing Problem," Vol. 51, No. 3, pp, 354-366.
36. Maes, J., J.O. McClain and Van Wassenhove, L.N. (1991), "Multilevel Capacitated Lot Sizing Complexity and LP-based heuristics," European Journal of Operational Research, Vol. 53, No. 2, pp. 131-148.
37. Novotny, D. J. (1997), "TOC Supply Chain Case Study," 1997 APICS Constraints Management Symposium Proceedings, April 17-18, Denver, Colorado, U.S.A., pp. 78-79.
38. Novotny, D. J., "TOC Supply Chain Case Study," 1997 APICS Constraints Management Symposium Proceedings, pp.78-79, April 17-18, Denver, Colorado, U.S.A.(1997).
39. Patnode, N. H. (1999), "Providing Responsive Logistics Support: Applying LEAN Thinking to Logistics," 1999 Constraints Management Symposium Proceedings, March 22-23, Phoenix, AZ, U.S.A., pp. 93-96.
40. Patnode, N. H., "Providing Responsive Logistics Support: Applying LEAN Thinking to Logistics," 1999 Constraints Management Symposium Proceedings, pp.93-96, March 22-23, Phoenix, AZ, U.S.A.(1999).
41. Perez, J.L., "TOC for world class global supply chain management," Computers Industrial Engineering, 33, 289-293(1997).
42. Schragenheim, E. and Ronen, B., "Buffer management: a diagnostic tool for production control," Production and Inventory Management Journal (second quarter), 74-79(1991).
43. Sharma, K. (1997), "TOC Supply Chain Implementation: System Strategies," 1997 APICS Constraints Management Symposium Proceedings, April 17-18, Denver, Colorado, U.S.A., pp. 66-74.
44. Sharma, K., "TOC Supply Chain Implementation: System Strategies," 1997 APICS Constraints Management Symposium Proceedings, pp.66-74, April 17-18, Denver, Colorado, U.S.A.(1997).
45. Silver, E.A., D.F. Pyke and Peterson, R. (1998), Inventory Management and Production Planning and Scheduling, 3rd Edition, New York: John Wiley & Sons Inc.
46. Silver, E.A., Pyke, D.F., and Peterson, R., Inventory Management and Production Planning and Scheduling, 3rd Edition, John Wiley & Sons Inc. (1998).
47. Simatupang, T.M., Wright, A.C. and Sridharan, N., "Applying the theory of constraints to supply chain collaboration," Supply Chain Management: An International Journal, 9(1), 57-70(2004).

48. Simchi-Levi, D., P. Kamindky and Simchi-Levi, E. (2000), *Designing and Managing the Supply Chain-Concepts, Strategies, and Case Studies*, 2nd Edition, New York: The McGraw-Hill Inc.
49. Smith, D. A., "Linking the Supply Chain Using the Theory of Constraints Logistical Applications and a New Understanding of the Role of Inventory/Buffer Management," 2001 Constraints Management Technical Conference Proceedings, pp.64-67, March 19-20, San Antonio, Texas, U.S.A. (2001).
50. Trigeiro, W.W. (1989), "A Simple Heuristic for Lot Sizing with Setup Times," *Decision Sciences*, Vol. 20, No. 2, pp. 294-303.
51. Trigeiro, W.W., L.J. Thomas and McClain, J.O. (1989), "Capacitated Lot Sizing with Setup Times," *Management Science*, Vol. 35, No. 3, pp. 353-366.
52. Waite, J., Gupta, S. and Hill, E., "Meritor HVS Story," 1998 APICS Constraints Management Symposium Proceedings, pp.1-9, April 16-17, Seattle Washington, AZ, U.S.A.(1998).
53. Waite, J., S. Gupta and Hill, E. (1998), "Meritor HVS Story," 1998 APICS Constraints Management Symposium Proceedings, April 16-17, Seattle Washington, AZ, U.S.A., pp. 1-9.
54. Watson, K. and Polito, T. (2003), "Comparison of DRP and TOC financial performance within a multi-product, multi-echelon physical distribution environment," *International Journal of Production Research*, Vol. 41, No. 4, pp. 741-765.
55. Watson, K. and Polito, T., "Comparison of DRP and TOC financial performance within a multi-product, multi-echelon physical distribution environment," *International Journal of Production Research*, 41, 4, 741-765(2003).
56. Wu, H. H. and Tsai, S. H., "The Application of the TOC Replenishment System in TFT-LCD Module Plant," submitted to the MSOM 2007:Multi-echelon Inventory Conference, June 18-19, Tsinghua University, Beijing, China (2007).
57. Wu, H. H. and Tsai, T.P., "The Study of the TOC Replenishment System in Supply Chain," submitted to the 22nd European Conference on Operation Research, July 8-11, 2007, Prague, Czech Republic (2006).
58. Yuan, K.J., Chang, S.H. and Li, R.K., "Enhancement of theory of constraints replenishment using a novel generic buffer management procedure," *International Journal of Production Research*, 41, 4, 725-740(2003).
59. Yuan, K.J., S.H. Chang and Li, R.K. (2003), "Enhancement of Theory of Constraints Replenishment using a Novel Generic Buffer Management Procedure," *International Journal of Production Research*, Vol. 41, No. 4, pp. 725-740.

60. 余家福與吳鴻輝，「限制理論之存貨緩衝補貨政策對供應鏈的存貨與有效產出之影響」，2002 中華民國科技管理研討會論文集(光碟片)，741-746，義守大學(2002)。

無衍生研發成果推廣資料

96 年度專題研究計畫研究成果彙整表

計畫主持人：吳鴻輝		計畫編號：96-2628-E-216-001-MY3				計畫名稱：限制理論供應鏈補貨機制在考慮工廠產能限制下之方法研究	
成果項目		量化			單位	備註（質化說明：如數個計畫共同成果、成果列為該期刊之封面故事...等）	
		實際已達成數（被接受或已發表）	預期總達成數（含實際已達成數）	本計畫實際貢獻百分比			
國內	論文著作	期刊論文	0	0	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	0	0	100%		
		專書	0	0	100%		
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（本國籍）	碩士生	0	0	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		
國外	論文著作	期刊論文	1	1	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	5	5	100%		
		專書	0	0	100%	章/本	
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（外國籍）	碩士生	2	2	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		

<p style="text-align: center;">其他成果</p> <p>(無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)</p>	無
---	---

	成果項目	量化	名稱或內容性質簡述
科 教 處 計 畫 加 填 項 目	測驗工具(含質性與量性)	0	
	課程/模組	0	
	電腦及網路系統或工具	0	
	教材	0	
	舉辦之活動/競賽	0	
	研討會/工作坊	0	
	電子報、網站	0	
	計畫成果推廣之參與(閱聽)人數	0	

國科會補助專題研究計畫成果報告自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現或其他有關價值等，作一綜合評估。

1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

達成目標

未達成目標（請說明，以 100 字為限）

實驗失敗

因故實驗中斷

其他原因

說明：

2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形：

論文： 已發表 未發表之文稿 撰寫中 無

專利： 已獲得 申請中 無

技轉： 已技轉 洽談中 無

其他：（以 100 字為限）

3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）（以 500 字為限）

對於學術研究、國家發展及其他應用方面之貢獻：

- 建立應用限制理論供應鏈補貨機制與管理系統之模式。
- 落實限制理論供應鏈管理理論方法。
- 將研究結果提供給國內發展供應鏈管理之業界作為參考。

(2) 對於參與之工作人員，可獲之訓練：

- 培養國內運用限制理論供應鏈補貨機制與管理系統的人才。
- 培養研究團隊合作與系統建構之能力。
- 藉此研究過程，培養解決現場問題之能力。

(3) 發表本計畫之成果於國內外研討會與國際期刊(SCI)，提供給學術界與業界參考。