

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 成果報告
 期中進度報告

應用集體緩衝於瓶頸迴流生產型態之限制驅導式現場排程與
管理技術之研究(2/2)

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫
計畫編號：NSC 93-2213-E-216-002
執行期間：2004年08月01日至2005年07月31日

計畫主持人：吳鴻輝
共同主持人：
計畫參與人員：

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、
列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：中華大學工業工程管理研究所

中 華 民 國 94 年 10 月 14 日

中文摘要

雖然限制驅導式現場排程與管理技術已能成功的應用在愈來愈多的產業上，然而目前卻只能適用於生產型態是瓶頸作業沒有製程迴流的工廠。對於瓶頸作業有迴流(Reentry)或迴圈(Loop)的生產環境，例如半導體晶圓製造廠、測試廠或多層母板製造廠等，在應用限制驅導式現場排程與管理技術時，由於瓶頸作業有迴流之特性，而產生了(1)訂單在瓶頸的生產節奏無法直接設計(推平)、(2)緩衝管理的交期控制功能不足、及(3)限制驅導式主生產排程不易產生與維護等困難，因而無法直接應用。

因此本計畫之目的即在針對瓶頸作業有迴流的生產環境之需求，應用限制理論專案管理的集體緩衝與局部緩衝之策略，來強化目前限制驅導式現場排程與管理技術應用於瓶頸作業有迴流的生產環境之不足。因而提出了應用集體緩衝於瓶頸迴流生產型態之限制驅導式現場排程與管理技術之研究，其研究主題分為三大部份：(1)瓶頸迴流生產型態之限制驅導式現場排程方法研究、(2)瓶頸迴流生產型態之緩衝管理方法研究、及(3)瓶頸迴流生產型態之限制驅導式主生產排程方法研究。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、限制驅導式現場排程方法、緩衝管理、瓶頸作業有迴流、限制驅導式主生產排程、集體緩衝、局部緩衝

英文摘要

Although many manufacturing firms have found that the Drum-Buffer-Rope(DBR) and Buffer Management(BM) methodology can result in significant improvements in productivity, this methodology is not utilized so popularly in the bottleneck reentry environments, such as IC manufacturing plant or multiple layer PCB plant etc. One of the major reasons is that the complexity of bottleneck reentry operations will result (1)DRUM cannot be leveled easily, (2)BM can not monitor the whole order schedule, and (3)DBR-based Master Production Schedule can not be maintained intuitively.

In this research, a methodology for using global buffer in the Drum-Buffer-Rope and Buffer Management system for the bottleneck reentry environment will be proposed. This methodology will apply the global buffer and local buffer strategy to resolve the problems mentioned above. The research topics are (1)studying the Drum-Buffer-Rope model for the bottleneck reentry environments, (2)studying the Buffer Management model for the bottleneck reentry environments, and (3)studying the DBR-based Master Production System model for the bottleneck reentry environments.

Key Words: Theory of Constraints(TOC), Drum-Buffer-Rope(DBR), Buffer Management(BM), Bottleneck Reentry, DBR-based Master Production Schedule(MPS), Global Buffer, Local Buffer

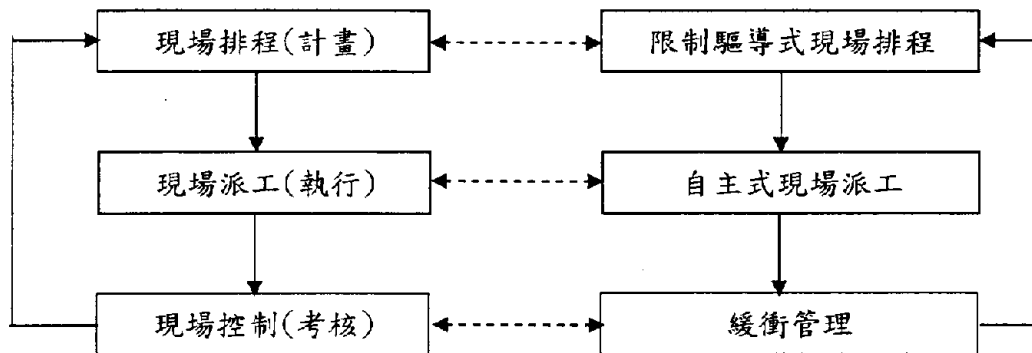
目錄

1. 緒論.....	1
1.1 背景與動機.....	1
1.2 研究目的.....	3
1.3 研究架構.....	6
2. 文獻探討.....	9
2.1 瓶頸迴流作業之限制驅導式排程探討.....	9
2.2 集體緩衝探討.....	10
2.3 緩衝管理探討.....	11
2.4 限制驅導式主生產排程探討.....	12
3. 瓶頸迴流生產型態之限制驅導式現場排程方法研究.....	13
3.1 應用集體緩衝於瓶頸迴流型態之限制驅導式生產排程模式.....	13
3.2 生產排程模式建構.....	14
3.3 應用範例.....	15
3.4 模擬實驗.....	17
3.5 小結.....	23
4. 瓶頸迴流生產型態之緩衝管理方法研究.....	23
4.1 緩衝分配調整模式.....	23
4.2 廢墟推平模式.....	24
4.3 訂單交期控制架構.....	24
4.4 模擬實驗.....	25
4.5 小結.....	32
5. 瓶頸迴流生產型態之限制驅導式主生產排程方法研究.....	33
5.1 問題描述與分析.....	33
5.2 瓶頸作業迴流型態 DBR 軟體架構.....	34
5.3 限制驅導式主生產排程(CBMPS)模組.....	36
5.4 限制驅導管理系統(DBR)模組.....	37
5.5 現場派工模組.....	39
5.6 訂單交期控制模組(緩衝管理).....	40
5.7 模擬實驗.....	41
5.7.1 範例說明.....	41
5.7.2 CBMPS 模擬實驗.....	44
5.9 小結.....	46
6. 結論與建議.....	46
7. 參考文獻.....	47
附錄(已發表的論文).....	49

1. 緒論

1.1 背景與動機

限制驅導式現場排程與管理技術(Drum-Buffer-Rope, DBR) 是由高瑞博士(Dr. E. M. Goldratt)於 1986 年所提出的現場排程與管理技術[10-13]，這是一套建立在限制理論(Theory Of Constraints, TOC)的管理哲學上的生產管理方法。針對現場管理循環之需求，即現場排程(計畫)→現場派工(執行)→現場控制(考核)等三個依序進行之管理需求，如圖 1(a)所示，限制驅導式現場排程與管理技術則相對應的提出了限制驅導式現場排程、自主式現場派工及緩衝管理等管理方法[1]，如圖 1(b)所示。因此限制驅導式現場排程、自主式現場派工及緩衝管理等管理方法，即為限制驅導式現場排程與管理技術的主要機制，以下作一扼要之說明：



(a)現場管理循環

(b)限制驅導式現場排程與管理技術

圖 1、限制驅導式現場排程與管理技術與現場管理循環之關係

(1) 限制驅導式現場排程方法

限制驅導式現場排程方法可歸納為四個基本步驟[19,23]：(1)確認系統瓶頸的所在；(2)決定系統的緩衝時間(Buffer)；(3)設計瓶頸的生產節奏(Drum)；(4)規劃投料時程(Rope)。

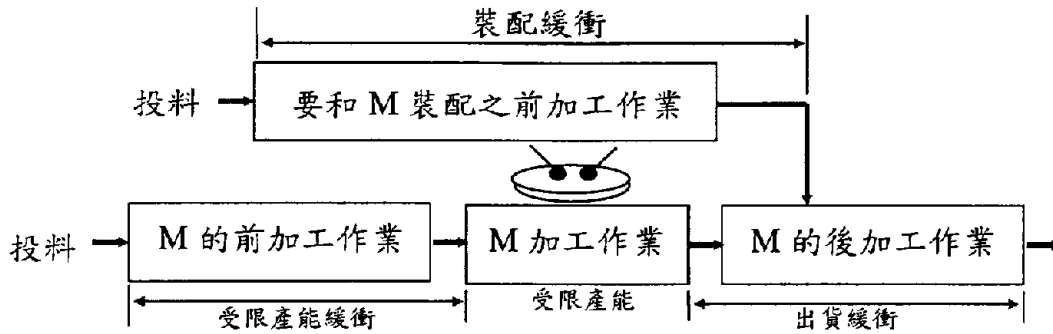
由於限制驅導式現場排程方法是要以瓶頸的需求來驅動整個系統運作的生產節奏。換言之，是一切決策要以工廠瓶頸的需求為優先考量，而系統其餘的非瓶頸則要配合瓶頸的決策。因此在應用限制驅導式現場排程方法時，第一個所會面臨的問題即是如何確實定義出系統瓶頸的所在，其方法可概分為兩類：(1)根據現場的經驗，以現場負荷最重或在製品存貨最多的站別為瓶頸[10,23]；及(2)透過訂單及在製品於各站負荷之評估，而以負荷產能比最重之工作站為瓶頸[24]。

其次為了確保系統的最大產出或瓶頸生產節奏的有效進行，必須要給予一些保護與系統的配合等措施。先就保護措施來討論，保護的目的有二：其一是要確保訂單能及時到達瓶頸站進而確保出貨的時間不會延誤；其二是要確保瓶頸站不會斷料或沒工作。因為若訂單不能及時到達受限產能站，則會攪亂整個瓶頸站的訂單生產次序(即破壞了組織達成最佳績效之機會)，而且該訂單延誤的機會會大增；其次瓶頸若因待料而導致生產中斷，則其一分鐘的閒置即表示組織少了一分鐘賺錢的機會。因此保護瓶頸站訂單順利的生產是非常重要的，限制驅導式現場排程與管理系統是以時間緩衝(buffer)的觀念來達到保護的目的。

在確認了系統的瓶頸與緩衝大小後，接下來即可進行瓶頸生產節奏的設計，這部份是限制驅導式現場排程方法的核心。設計瓶頸生產節奏的主要意義有二，第一是必須先

以瓶頸最佳利用的角度，來安排各訂單在瓶頸的最佳加工次序，第二是訂單在瓶頸的生產排程必須推平，而不可以重疊在一起，否則瓶頸站會無法配合計畫生產。

最後為了確保瓶頸生產節奏的可行，除了緩衝時間的保護措施外，系統還必須要有投料時程的配合，因此必須由瓶頸的生產節奏來推導出投料節奏(Rope)，其方法是由該訂單於瓶頸的生產節奏上的計畫開始時間減去瓶頸緩衝時間，即可得到該訂單的投料時間，如圖 2 或圖 3 所示。



M：某產品在瓶頸站的作業。

圖 2、限制驅導式排程系統之基本概念圖[1]

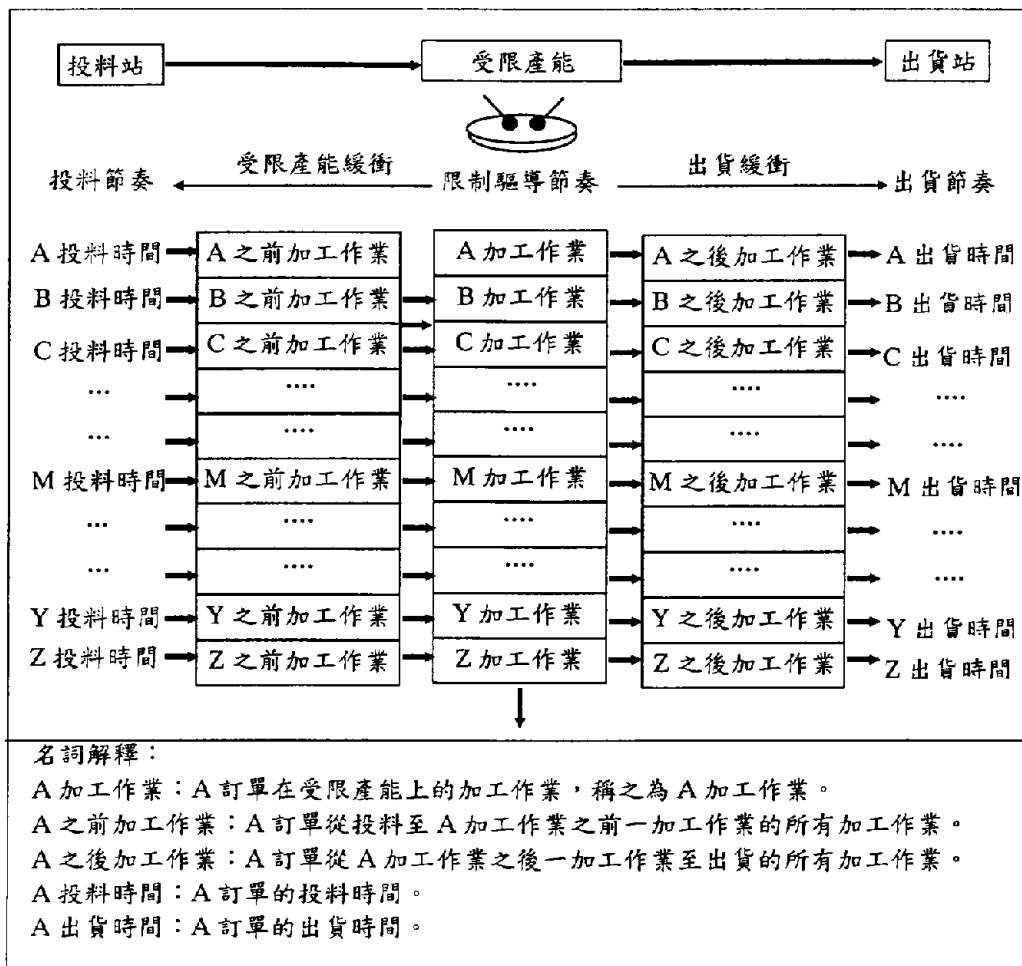


圖 3、限制驅導式現場排程方法之示意圖

限制驅導現場排程方法的主要排程結果，即為瓶頸的生產節奏與投料時程等兩種計畫。

(2) 自主式現場派工

由於限制驅導式現場排程方法的排程計畫，只包含了瓶頸之生產節奏及投料時程，至於非瓶頸則沒有任何的生產排程。這樣的排程方法，所引申的現場派工/管理理念為：瓶頸站與投料站的一切生產活動必須完全依照計畫指示或上層管理者的需求來進行，即所謂之集中式派工/管理，而非瓶頸的一切生產活動則是由該站領班或技術員依現場的狀況與需求而自行決定，即採分散式派工/管理。

在工廠資源中產出速度最慢的資源為瓶頸，當投料節奏是依瓶頸的需求而規劃時，表示現場其餘非受限產能會有多餘的產能或者其前之在製品存貨會非常的有限。既然負荷不高或在製品存貨有限，即表示訂單搶資源或負荷重疊的問題不嚴重，所以沒有太多的排程或資源分配之決策需求。因此非瓶頸的派工/管理原則或紀律則非常簡單，例如使用最簡單的先到先做(FCFS)之派工法則或儘快做完往後送等，只要現場領班或技術員確實遵守，即可發揮全力配合受限產能的需求。

(3) 緩衝管理(Buffer Management)

配合限制驅導式現場排程方法的特性與現場管理之需求，Goldratt & Fox[14,22]提出了緩衝管理的現場控制方法。該方法僅對系統關鍵站作控制，即瓶頸站、裝配站(受限產能站所完成工件之後續裝配站)、以及出貨站等，雖然比傳統現場監控方法所需的資料減少許多且控制程序更為簡單，然而卻更能發揮現場管理的效果。

所謂的緩衝管理是建立在關鍵站的緩衝區上的一種管理方法，緩衝區是緩衝保護區終點的在製品暫存區。由於限制驅導式現場排程方法共提出了瓶頸緩衝、裝配緩衝及出貨緩衝等三種緩衝時間的保護觀念，如圖 2 所示，而每個緩衝都有其相對之保護區，因此相對的會產生瓶頸緩衝區、裝配緩衝區及出貨緩衝區等三種在製品的暫存區。由於時間緩衝的內容除了設置(Setup)與加工時間外，尚包含保護系統可能發生的不穩定狀況與負荷高峰的寬放時間，而系統的不穩定與負荷高峰會是一隨機狀況，而不是常態。因此一訂單在現場流動時，如果遇上了這些隨機狀況，則透過時間緩衝的保護尚可及時到達，然而如果訂單在現場流動很順時，即會發生提早到達的現象，而形成一緩衝區上的在製品存貨。由於已到達的緩衝區的訂單即為在製品存貨，而尚未到達緩衝區的訂單即會在緩衝區上形成一個空洞(hole)，因此若將緩衝區進一步分為三個區域，即趕工區、警示區及忽略區等，則透過監控空洞在這三個區域所出現的位置及數量的多寡，即可根據其研判該訂單是否會延誤及時間緩衝大小是否適當等，進而發揮了現場控制及持續改善的管理目的。

緩衝管理所提供的管理資訊不只掌握了重點，而且是主動性及預知性的管理資訊，且其管理方法與觀念都極為簡單，因此是一套在實務上可行的現場控制方法[7]。

透過上述限制驅導式現場排程方法、自主式現場派工及緩衝管理等三種機制，限制驅導式現場排程與管理技術不但可應對目前市場多種少量且交期快且準之競爭需求，而且可導引工廠體質或管理方法之持續改善(Continuous Improvement)。例如，由於透過限制驅導式現場排程與管理技術的管理機制，訂單的交期與投料時機可以有效的控制，而排程(即瓶頸的生產節奏及投料時機)又很容易維護或調整，因此 Spencer & Cox III [22] 即提出了限制驅導式主生產排程之觀念(即以瓶頸的生產節奏為主生產排程之觀念)，不但可以解決傳統主生產排程的無限產能的不合理假設，而且能提供在面對客戶下單時的一些管理功能，例如交期之掌握或可承諾產能(CTP, Capable-To-Promise)[25]等。

1.2 研究目的

雖然限制驅導式現場排程與管理技術已有愈來愈多的研究[18]，而且能成功的應用

在愈來愈多的產業上[2,7,15,16,20]，然而目前卻只能適用於生產型態是瓶頸作業沒有製程迴流的工廠。對於瓶頸作業有迴流(Reentry)或迴圈(Loop)的生產環境，例如半導體晶圓製造廠、測試廠或多層母板製造廠等，如圖 4 所示，在應用限制驅導式現場排程與管理技術，由於瓶頸作業的迴流特性，因此無法直接應用。

所謂瓶頸作業迴流之特性，是一訂單或產品生產時，會重複的流回瓶頸站加工之特性。例如圖 4(a)所示之範例，該產品從投料後，先經過 M1、M2、M3 機台之處理，再迴流回來 M1、M2、M3 機台第二次加工，然後又再迴流 M1、M2、M4 機台第三次加工，完成了這些製程後，該產品的生產程序才完成。若將其整個生產流程拉直成一條水平線來看，即可獲得上述產品的流程步驟，如圖 4(b)所示。該產品共經過了九個工作站作業加工，從投料後共經過三次 M1、三次 M2、二次 M3 及一次 M4，最後出貨。因此，如果其中的 M1 機台是瓶頸機台，則該產品共經過瓶頸機台三次之加工，相當於有三次瓶頸製程作業。所以若在圖 4(a)的產品製造流程展開圖上只表達瓶頸機台 M1 而不要理會其餘的非瓶頸機台 M2、M3、M4，則圖 4(a)可簡化為產品經過瓶頸機台的流程圖，如圖 4(c)所示，即為瓶頸作業之迴流特性。

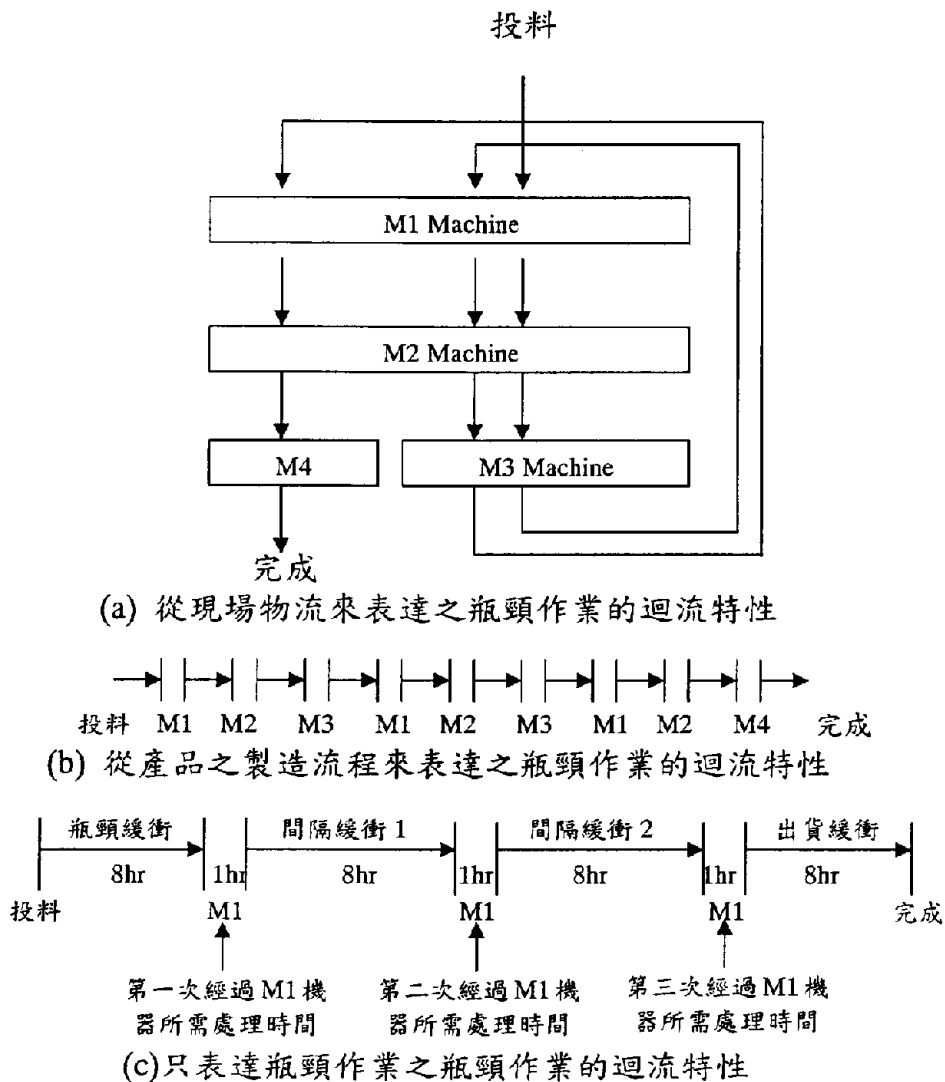


圖 4、瓶頸作業之迴流特性示意圖

由於瓶頸作業之迴流特性，會導致一張訂單在瓶頸機台的前後迴流作業之相依性，而使得工廠在導入限制驅導式現場排程與管理技術時，會面臨到一些技術上之不足：

- (1) 訂單在瓶頸的生產節奏要如何設計：當訂單在瓶頸有重複的迴流作業時，在設計瓶頸的生產節奏時會兩個問題。首先是前後迴流的作業要保持多少的間隔才合理，太大會造成整個訂單生產時間拖得太長而影響出貨速度等競爭力，太短則又會造成訂單來不及流回瓶頸站，而造成瓶頸的待料閒置之浪費或生產節奏的混亂。其次是在推平瓶頸的生產節奏時，由於訂單有前後瓶頸迴流作業的相依關係，亦即同一訂單的後迴流作業一定要排在前作業之後而不可提前生產，因此若訂單有一個瓶頸迴流作業往後推(或往前推)，則其後的所有該訂單之瓶頸作業勢必亦要往後推(或其前的所有該訂單之瓶頸作業勢必亦要往前推)，而使得整張訂單的製造時間會拖得很長。針對第一個問題，Goldratt[12]提出了間隔棍(Batch Rod)觀念，可以解決現場若採行單件移轉批量的前後迴流作業間的合理間隔問題，Simons etc.[20]則依 Goldratt 的間隔棍觀念而提出了一套限制排程模式來計算前後作業之開始與結束時間，吳[4]則進一步提出了現場若採行任意移轉批量(不限單件)的前後迴流作業間的最佳作業間隔模式。這些研究的重點都為解決第一個問題的前後迴流作業間的合理作業間隔。蔡與吳[5]則是以模擬方法，來探討在瓶頸迴流環境下推平瓶頸生產節奏的困難性及問題，其結論為現場負荷愈高，則推平的難度會愈大而且延誤的訂單數會愈高，至於具體有效的設計方法並未探討。由於在設計瓶頸生產節奏時會同時面臨這兩個問題，因此必須要有一套兼顧合理前後瓶頸迴流作業的間隔以及能推平或排程瓶頸生產節奏的方法，才能有效解決瓶頸迴流環境的瓶頸生產節奏的設計問題。
- (2) 緩衝管理的交期控制功能不足：由於瓶頸有迴流作業之訂單會重複出現在瓶頸站，但是瓶頸或間隔緩衝區的緩衝管理功能卻只能監控目前正要迴流的這一次瓶頸作業，亦即只能監控前後兩次瓶頸迴流間的狀況，至於之前或之後的迴流狀則沒有管理訊息。換言之，現有之緩衝管理功能只能各別監控每一張訂單的每一次瓶頸迴流作業(即只能追求每一瓶頸作業準時完成之局部最佳)，而無法監控整張訂單之狀況(即無法追求所有訂單準時完成之整體最佳)。由於一張訂單的某一瓶頸迴流作業能準時完成(局部最佳)，並不代表整張訂單能準時完成(整體最佳)；相反的，若為了使所有訂單都能準時完成(即追求所有訂單的整體最佳)，可能犧牲某一瓶頸迴流作業的準時完成(即犧牲某些訂單之局部最佳)是有利的。但是現有緩衝管理的功能卻只能追求每一瓶頸迴流作業之最佳，因此若直接應用於瓶頸有迴流作業之生產環境，不但功能不足而且可能會誤導管理或趕工之方向。因此必須修正現有緩衝管理之功能或重新設計一套新方法，才能有效解決瓶頸迴流環境的現場訂單交期之控制問題，然而目前在文獻上尚未發現這方面之研究。
- (3) 限制驅導式主生產排程不易產生與維護：當訂單在瓶頸有愈多的迴流作業時，則其瓶頸的生產節奏即愈難設計或愈難維護，例如無法直接插入一張新訂單以得知其可能之完成時間或對現有訂單之影響等，而必須重排所有的訂單。所以無法直接應用 Spencer & Cox III [22]所提出之限制驅導式主生產排程之觀念或其效果會大打折扣，換言之，限制驅導式現場排程與管理技術在瓶頸有愈多迴流作業的生產環境，其能發揮的管理功能即愈差。為了解決這個問題，吳與李[3]提出了瓶頸迴流作業合併之構建模式，如此即可將瓶頸多迴流作業的問題簡化成類似瓶頸沒有迴流的單一瓶頸作業，而可直接應用 Spencer & Cox III 所提出之限制驅導式主生產排程之觀念。雖然這個模式在初步構想上是可行的，然而在應用上必須有瓶頸生產節奏的設計方法與緩衝管理的配合才能有效[3]，亦即瓶頸迴流作業合併之構建模式所排出之訂單交期或投料時間，必須和瓶頸生產節奏的設計方法所排出之訂單交期或投料時間很相近才有意義。因此必須要有一套整合限制驅

導式主生產排程、瓶頸迴流作業合併之構建模式、瓶頸迴流之瓶頸生產節奏設計方法、與瓶頸迴流之緩衝管理等系統，才能有效解決瓶頸迴流環境的主生產排程問題，然而目前在文獻上尚未發現這方面之研究。

因此對於瓶頸作業有迴流(Reentry)或迴圈(Loop)的生產環境，例如半導體晶圓製造廠、測試廠或多層母板製造廠等，雖然認同限制驅導式現場排程與管理技術，然而由於上述困難而無法導入。因此若能提供一套適用於瓶頸作業有迴流的生產環境的限制驅導式現場排程與管理技術，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。

基於上述之不足及需求，因此本計畫之目的即在針對瓶頸作業有迴流的生產環境之需求，應用限制理論專案管理[13]的集體緩衝與局部緩衝之策略，來強化目前限制驅導式現場排程與管理技術應用於瓶頸作業有迴流的生產環境之不足。因而提出了應用集體緩衝於瓶頸迴流生產型態之限制驅導式現場排程與管理技術之研究，其研究主題乃根據上述技術不足之分析而分為三大部份：

- (1) 瓶頸迴流生產型態之限制驅導式現場排程方法研究：主要重點在於如何應用集體緩衝與局部緩衝策略，以兼顧瓶頸前後迴流作業間的合理作業間隔而有效排平瓶頸的生產節奏。
- (2) 瓶頸迴流生產型態之緩衝管理方法研究：主要重點在於緩衝管理方法如何透過剩餘集體緩衝與局部緩衝之大小與比例關係，以便能同時掌握整張訂單之進度(即訂單的整體最佳)以及各瓶頸迴流作業進度(即訂單之局部最佳)。
- (3) 瓶頸迴流生產型態之限制驅導式主生產排程方法研究：主要研究重點在於瓶頸迴流之瓶頸生產節奏設計方法與瓶頸迴流之緩衝管理，如何透過集體緩衝與局部緩衝之分配與管理來配合瓶頸迴流作業合併之構建模式，以使得 Spencer & Cox III 所提出之限制驅導式主生產排程之觀念能應用於瓶頸迴流之生產環境，並能很容易的維護以發揮在面對客戶下單時的一些管理功能，例如交期之掌握或可承諾產能(CTP, Capable-To-Promise)等。

1.3 研究架構

本計畫將以集體緩衝之策略，分三年來解決瓶頸迴流生產環境之瓶頸生產節奏之排程或推平、緩衝管理之訂單交期控制及限制驅導式主生產排程等三個主題，其研究步驟如下。

第一年度：完成瓶頸迴流生產型態之限制驅導式現場排程方法研究

其研究方法分述於第三章，其過程如下：

- 步驟一：分析集體緩衝(Global Buffer)策略之特性及比較專案管理與瓶頸迴流作業管理之異同，其目的在找出集體緩衝與局部緩衝之關係。
- 步驟二：設計瓶頸迴流作業之集體緩衝模式，並定義合理之集體緩衝與局部緩衝大小。即依各個瓶頸迴流作業所面臨的負荷程度決定，負荷程度瓶頸迴流作業分配較大的保護時間。
- 步驟三：根據集體緩衝模式，建立瓶頸迴流生產環境之瓶頸生產節奏之設計或推平方法，其目標是追求所有訂單最短之製造前置時間及最大達交率。
- 步驟四：根據影響瓶頸生產節奏設計的四種因素，設計能涵蓋各種因素組合之實驗。
- 步驟五：設計瓶頸作業迴流之瓶頸生產節奏設計或推平之模擬程式，本程式的輸入參數必須能滿足步驟四實驗所需之各種影響因素之組合。
- 步驟六：驗證與應用。依實驗設計之需求依序進行模擬及分析，以證明集體緩衝策略之瓶頸生產節奏設計或推平方法的可行性及效益。

第二年度：完成瓶頸迴流生產型態之緩衝管理方法研究

其研究方法分述於第四章，其過程如下：

- 步驟一：分析剩餘集體緩衝與局部緩衝之大小比例與訂單進度之關係。
- 步驟二：建立集體緩衝之緩衝管理的訂單進度控制模式。(現有的緩衝管理因只能控制各個瓶頸迴流作業之進度，因此相對的稱之為局部緩衝之緩衝管理模式)。
- 步驟三：分析集體緩衝之緩衝管理模式與局部緩衝之緩衝管理模式之可能衝突，及設計評估衝突模式。
- 步驟四：依步驟三所分析集體緩衝之緩衝管理模式與局部緩衝之緩衝管理模式之可能衝突，設計解決方法或現場趕(派)工之法則。
- 步驟五：設計瓶頸迴流作業之緩衝管理(包含集體緩衝之緩衝管理模式與局部緩衝之緩衝管理模式)模擬系統，本模擬系統將以 eM-plant 模擬軟體設計，其目的是在提供一套能驗證所設計之瓶頸迴流作業之緩衝管理之可行性的分析環境。
- 步驟六：驗證與應用。本步驟利用所設計之瓶頸迴流作業之緩衝管理模擬系統及第一年度的實驗設計之需求依序進行模擬及分析，以驗證所設計之瓶頸迴流作業之緩衝管理模式之可行性。

第三年度：完成瓶頸迴流生產型態之限制驅導式主生產排程方法研究

其研究方法分述於第五章，其過程如下：

- 步驟一：探討吳與李[3]所提之瓶頸迴流作業合併之限制驅導式主生產排程方法構建模式(先期研究成果)。
- 步驟二：分析集體緩衝模式與瓶頸生產節奏之設計或推平方法(第一年度所設計之成果)如何配合(或達成)步驟一所訂之交期，並設計配合程度之評估模式。
- 步驟三：分析瓶頸迴流作業之緩衝管理(包含集體緩衝之緩衝管理模式與局部緩衝之緩衝管理模式)(第二年度所設計之成果)如何配合(或達成)步驟一所訂之交期，並設計配合程度之評估模式。
- 步驟四：整合步驟一至步驟三之模式與方法，並開發一套瓶頸迴流作業之限制驅導式現場排程與管理整合系統，如圖 5 所示。
- 步驟五：設計瓶頸迴流作業之限制驅導式現場排程與管理整合架構之模擬分析程式，將以 eM-plant 模擬軟體與 Visual Basic 設計，其目的是在提供一套能驗證所設計之瓶頸迴流作業之限制驅導式現場排程與管理整合系統之可行性的分析環境。
- 步驟六：驗證與應用。本步驟利用步驟五所設計之模擬系統及第一年度的實驗設計之需求依序進行模擬及分析，以驗證所設計之集體緩衝模式、瓶頸生產節奏之推平方法、與瓶頸迴流作業之緩衝管理模式，對瓶頸迴流作業合併之限制驅導式主生產排程方法構建模式配合之可行性(意即驗證瓶頸迴流作業合併之限制驅導式主生產排程方法構建模式所排之訂單完成時間之可行性)。

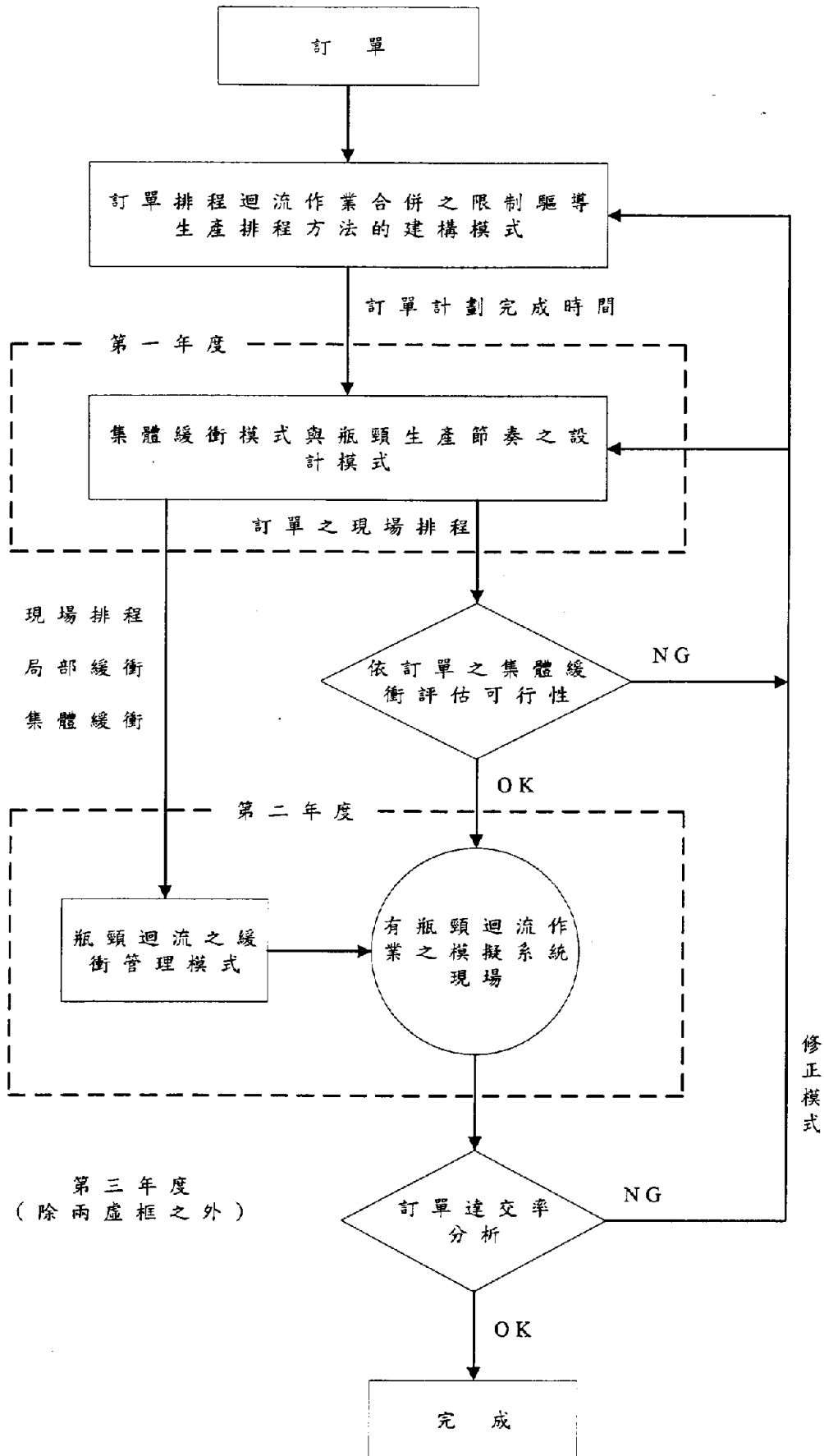


圖 5、瓶頸迴流作業之限制驅導式現場排程與管理整合架構

2. 文獻探討

2.1 瓶頸迴流作業之限制驅導式排程探討

在限制理論中限制資源決定此系統的產出，因此在 DBR 中主要以瓶頸為核心，設計訂單在瓶頸的生產順序，稱為限制驅導節奏 (Drum)，再用一緩衝 (Buffer) 來保護瓶頸的產能，保護瓶頸站加工的作業能及時到來，而不讓瓶頸挨餓，緩衝時間的設定則是包含了非瓶頸站加工、換線時間及當機等製程不穩定的寬放時間，可以分成出貨緩衝 (Shipping Buffer)、瓶頸緩衝 (CCR Buffer)、裝配緩衝 (Assembly Buffer) 三類，如圖 6 所示。除了緩衝的保護外，利用限制驅導節奏加上緩衝來推出投料節奏 (Rope)，使投料能和瓶頸的生產速度同步，此三者 (Drum、Buffer、Rope) 即為 DBR 的核心機制。

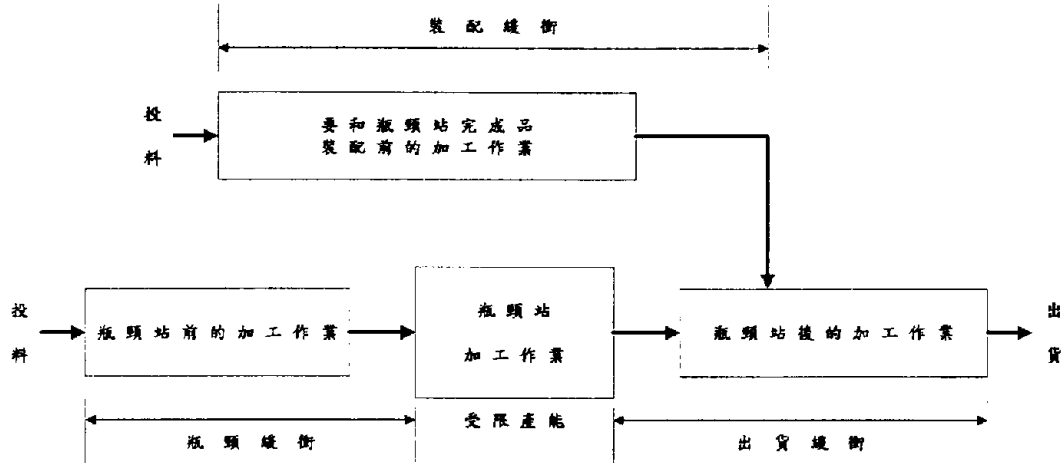


圖 6、限制驅導式排程系統之基本概念圖

一般在 DBR 中對於限制驅導節奏的設計主要有兩個步驟：

(1) 產生廢墟 (Ruin)

先不要考慮瓶頸產能的可行性，而只計算訂單在瓶頸的理想生產時間，其作法是將訂單的交期直接減去該產品的出貨緩衝。因此廢墟是一個不要考慮瓶頸產能是否可行的瓶頸理想排程，其目的是要評估出各訂單在瓶頸生產時間的相對先後次序。

(2) 推平廢墟 (Levelling)

由於廢墟是一個不滿足瓶頸產能的瓶頸理想排程，亦即一台機台在同一生產時段可能會有兩張以上的訂單，因此必須將這些重疊的訂單予以推平及合理化，才能產生合理的瓶頸生產排程。

對於產品製程只有一次瓶頸作業的工廠而言，由於一張訂單在瓶頸只有一個加工作業，因此如何設計限制驅導節奏或推平廢墟，其決策是很直接的。然而對於瓶頸作業有迴流 (Reentry) 的生產環境，由於瓶頸作業的迴流特性，一張訂單在瓶頸會有兩個以上的加工作業，如圖 4(a) 所示，因此在設計限制驅導節奏或推平廢墟時，會因為同一訂單在瓶頸的前後迴流作業之相依特性，而導致在設計限制驅導節奏或推平廢墟時增加技術困難與複雜性，而無法直接決策。

產生這樣的原因，主要是因為在瓶頸作業有迴流 (Reentry) 的生產環境中，存在著兩個特性：

(1) 製程間的相依性

在瓶頸生產節奏上，同一訂單之後瓶頸作業不可以排在前瓶頸作業之前，否則該瓶頸生產節奏違反了製程相依之條件，是不可行的排程，也就是指訂單的第一次瓶頸迴流作業沒有加工完，不可以進行訂單的第二次瓶頸迴流作業。

(2) 作業間隔必須大於或等於間隔緩衝的時間

在限制驅導節奏上，前後兩瓶頸迴流作業所排位置間的相隔時間，稱為作業間隔，基本上，作業間隔的時間是排程的結果，它決定了後瓶頸迴流作業能開始加工的時間，而間隔緩衝則是現場物流所需的時間，它決定了後瓶頸迴流作業在現場能流回瓶頸站的時間。在設計限制驅導節奏時，必須確保前後兩瓶頸迴流作業間的作業間隔不可小於其相對之間隔緩衝，否則後瓶頸作業會來不及流回瓶頸站，而導致瓶頸的待料閒置或限制驅導節奏的混亂。

針對作業間隔不可小於間隔緩衝之需求，Goldratt[12]提出了間隔棍(Batch Rod)的觀念，間隔棍為不可壓縮的棍子，長度即為前後兩瓶頸迴流作業的間隔緩衝，以確保前後兩瓶頸迴流作業間的作業間隔不可小於間隔棍。其次現場若採行單件移轉批量時，則間隔棍可以進一步評估前後兩瓶頸迴流作業間的最佳作業間隔大小。Simons etc.[21]則依Goldratt的間隔棍觀念而提出了一套限制排程模式來計算前後作業之開始與結束時間。

2.2 集體緩衝探討

集體緩衝是Goldratt[13]利用專案管理所提出的一套方法，所謂的專案是指透過相互關連的任務(Task)，去達成一個特定的目標。由許多的現象及研究指出，不確定因素是所有專案的典型特徵，也就是管理不善的主要因素，而所有的專案執行者為了使自己的Task可以準時完成，都傾向於加入一些可以保護自己的安全時間。

但是即使在每個專案都加入了許多的安全時間來加以保障專案不受不確定因素的影響，實際上專案仍舊會產生超時以及超支的問題，也就是說所加入的安全時間並不能真正保護專案不受莫菲(Murphy's Law)的影響，因此TOC式的專案管理便提出了一個整體安全保護時間的觀念來保障專案。

整體安全保護時間的觀念是由任務的估計時間開始著手，由機率分布圖中可以發現，任務中間值的達成機率是相當高的，也就是說如果將獲得的估計時間減少到接近中間值的話，整個任務仍舊有相當高的達成機率，所以我們將個別的任務時間減半之後將所減少的安全時間加總到整個專案的最後，成為一個整體的安全時間(Project Buffer)來統一保護整個專案的交期，如圖7所示。

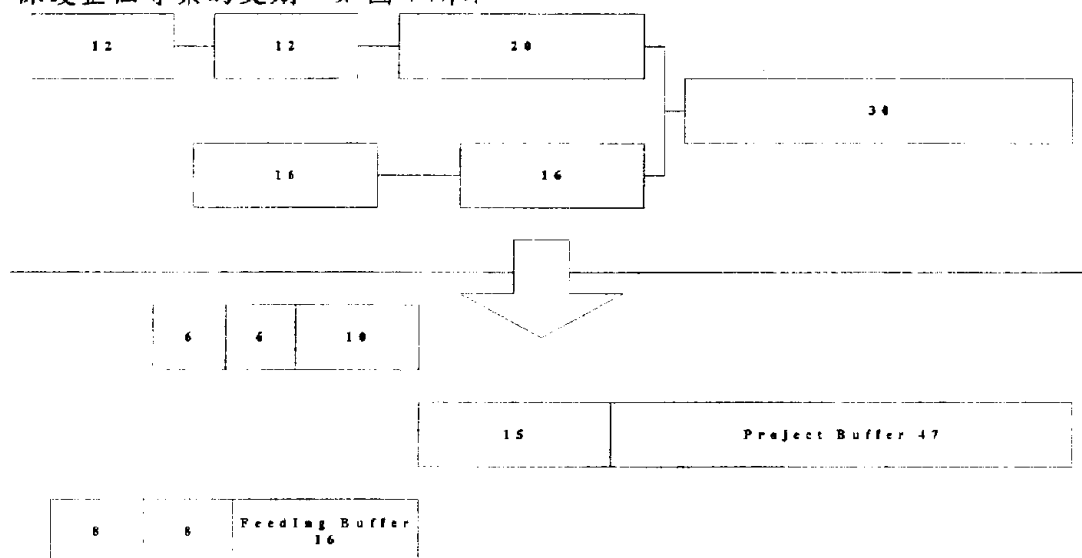


圖 7、專案管理之整體安全保護時間

我們可以將專案管理中的整體安全保護時間 (Aggregated Buffers) 觀念應用在排程推平上面。將製程視為一個專案而每一個間隔緩衝則是一個 Task，縮短每一個 Task 時間也就是將每一個間隔緩衝的時間縮短，然後將這段時間集合成為一個大的緩衝時間放

置在出貨緩衝之後，用來保護這個排程的準確度，如圖 8 所示。

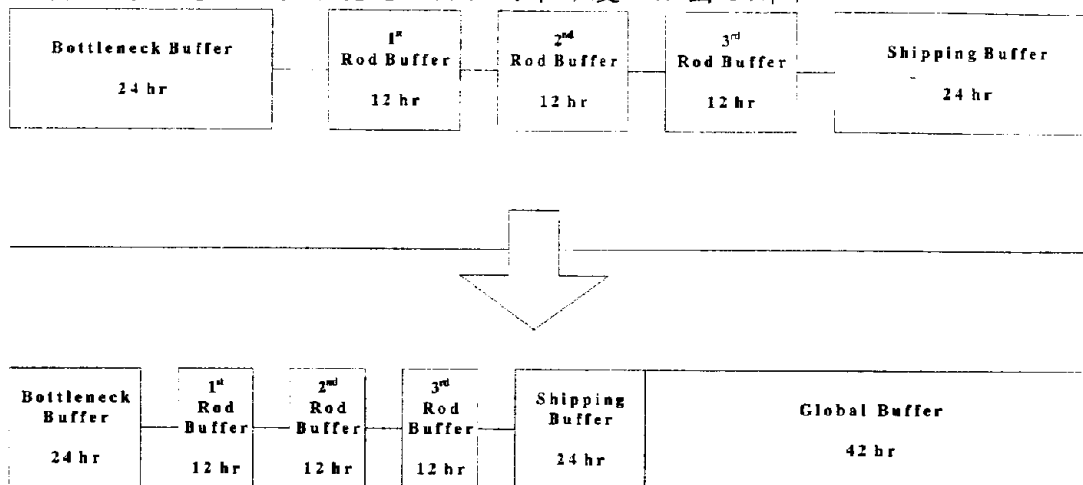


圖 8、排程之集體緩衝應用示意圖

2.3 緩衝管理探討

緩衝管理基本上是針對單一瓶頸作業的一套現場管理與訂單進度的控制機制，由於限制驅導式現場排程方法共提出了瓶頸緩衝、裝配緩衝及出貨緩衝等三種緩衝時間的保護觀念，而每個緩衝都有其相對之保護區，因此相對的會產生瓶頸緩衝區、裝配緩衝區及出貨緩衝區等三種在製品的暫存區。

由於時間緩衝的內容除了設置(Setup)與加工時間外，尚包含保護系統可能發生的不穩定狀況與負荷高峰的寬放時間，而系統的不穩定與負荷高峰會是一隨機狀況，而不是常態。因此一訂單在現場流動時，如果遇上了這些隨機狀況，則透過時間緩衝的保護尚可及時到達，然而如果訂單在現場流動很順時，即會發生提早到達的現象，而形成一緩衝區上的在製品存貨。由於已到達的緩衝區的訂單即為在製品存貨，而尚未到達緩衝區的訂單即會在緩衝區上形成一個空洞(hole)，而空洞在緩衝區有以下幾個特性：

- 一、緩衝區上一定會有或多或少的空洞(即代表未到之訂單)，亦即緩衝區上有一些空洞才是合理的，否則代表現場流程很穩定，並不需要緩衝之保護。
- 二、在緩衝區上愈後面的空洞，表示才剛投料，離加工時間還早，所以還不急。
- 三、在緩衝區上愈前面的空洞，馬上就要輪到加工，所以表示愈嚴重。
- 四、緩衝區上空洞愈多代表現場流程愈不穩定；反之，空洞愈少則表示現場流程愈趨穩定。

在緩衝管理的應用上，其方法是將緩衝區分為三個區域，即趕工區(Expediting zone)、警示區(Mentioned zone)及忽略區(Ignored zone)等如圖 9 所示，則透過監控空洞在這三個區域所出現的位置及數量的多寡，即可據以研判該訂單是否會延誤及時間緩衝大小是否適當等，進而發揮了現場控制及持續改善的管理目的。

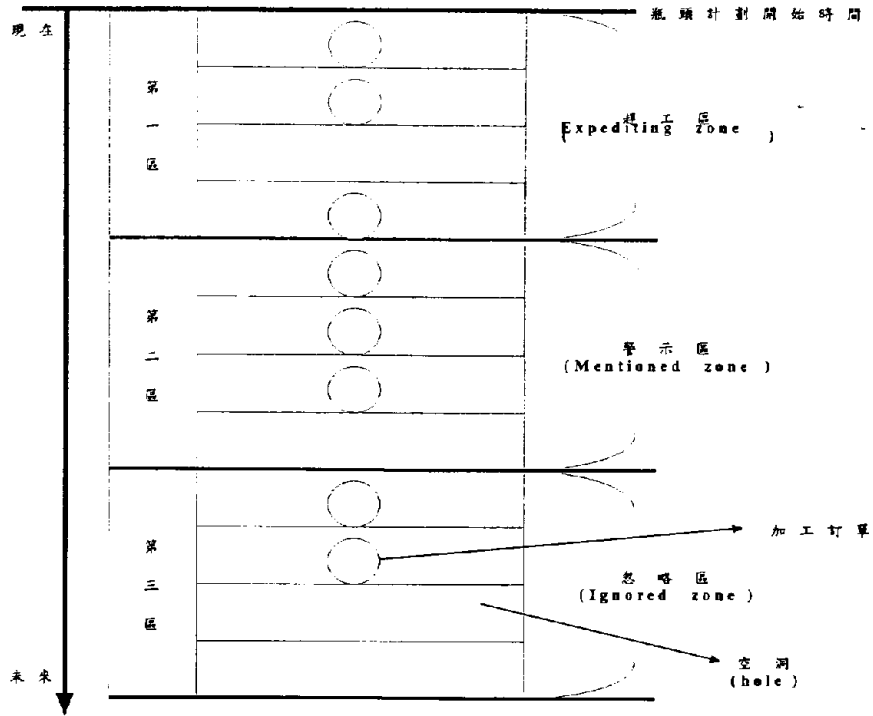


圖 9、緩衝管理三區域圖

2.4 限制驅導式主生產排程探討

一般主生產排程(MPS)主要功能可分為兩大方面：客戶/市場以及工廠。客戶/市場是對外的承諾，例如交期承諾、訂單異動(插單)、產能管理等；工廠是對內的指示，例如出貨(績效考核)、現場排程控制、購料(投料)計劃、下線(投料)計劃等，因此，主生產排程是客戶與工廠間的重要橋樑也是產銷間的主要依據，所以 MPS 之建構必須要簡單、有效且可靠合理，如圖 10 所示。

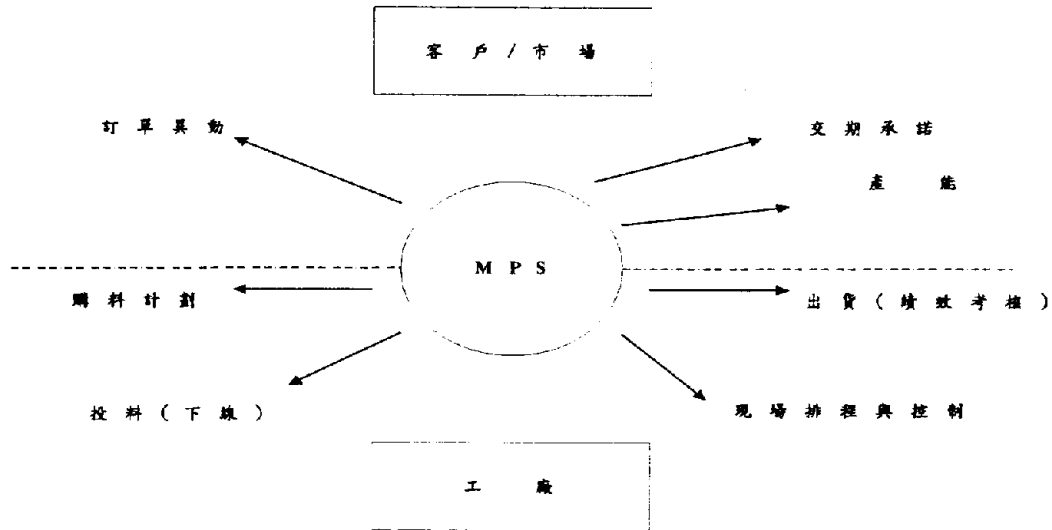


圖 10、主生產排程示意圖

然而在一般的主生產排程構建作業方式中，是以時間間隔區段來表示生產需求之狀態，再由這個主生產排程推得其他配合之計劃，但往往因為時程及其他限制之因素，使得整個主生產排程計劃執行相當困難。Spencer & CoxIII[22]提出一套架構在限制驅導式下之主生產排程的構建模式，認為主生產排程是將瓶頸資源所安排出來之結果(即限制

驅導節奏)，而不是物料需求計劃下的產品完工預期結果。在限制驅導式下之主生產排程中，出貨計劃只是瓶頸資源安排後所產生之產出預定結果，而投料計劃則是為了滿足主生產排程所做之配合計劃，在此模式下可以獲得良好的計劃與控制。

然而此限制驅導式下之主生產排程是以零工型工廠之生產型態來構建，此零工型工廠之瓶頸作業是單一的，其瓶頸製程不具迴圈之特性。對於瓶頸製程具迴流特性之工廠來說，Spencer & Cox III 所提出之主生產排程方法無法直接應用。為了解決這個問題，吳鴻輝與李明煌[3]提出了瓶頸迴流作業合併之構建模式，如此即可將瓶頸多迴流作業的問題簡化成類似瓶頸沒有迴流的單一瓶頸作業，而可直接應用 Spencer & Cox III 所提出之限制驅導式主生產排程之觀念。

在現行瓶頸迴流生產型態中，其投料/出貨計劃和訂單在瓶頸生產節奏不是一對一的關係，因此生產排程不易產生、維護調整與修正，以致無法很快得知插入一張新訂單後，其可能之完成時間或對現有訂單的影響，因此，一套良好的排程模式便需要能解決此問題與快速回應。

在吳鴻輝與李明煌[3]之晶圓廠之限制驅導式主生產排程模式研究中，把多迴流瓶頸作業進行合併再利用 Spencer & Cox III 所提出之限制驅導式主生產排程之觀念，來進行排程設計，其文中所提之合併瓶頸作業之方式是將訂單經過瓶頸機台所需之加工時間加總起來放到最後一個瓶頸加工位置，成為合併後之瓶頸加工時間，將瓶頸緩衝和各間隔緩衝加總起來，放到合併後之瓶頸作業前，成為合併後之瓶頸緩衝。

3. 瓶頸迴流生產型態之限制驅導式現場排程方法研究

3.1 應用集體緩衝於瓶頸迴流型態之限制驅導式生產排程模式

限制驅導式現場排程與管理技術的核心是瓶頸生產節奏(DRUM)之設計與管理，但是由於瓶頸迴流作業有前後之相依性及瓶頸前後迴流作業間必須保持一個合理的間隔距離，因而增加了瓶頸生產節奏之設計與管理之複雜與困難性。例如在設計或推平瓶頸生產節奏時，一張訂單只要其中有一個瓶頸作業和其他訂單的瓶頸作業重疊時，若將此重疊作業往後推(或往前推)，則其後的所有該訂單的之瓶頸作業勢必亦要往後推(或其前的所有該訂單之瓶頸作業勢必亦要往前推)，而使得整張訂單的製造時間會拖得很長。而根據本計畫之先期研究，在瓶頸迴流生產環境下，影響瓶頸生產節奏設計的因素大約有四種，分別為瓶頸迴流次數的多寡、瓶頸作業加工時間與間隔緩衝大小之比例、瓶頸之負荷程度，及產品種類數等。換言之，若瓶頸的負荷愈大、瓶頸迴流次數的愈多、瓶頸作業加工時間與間隔緩衝大小比例愈高、或產品種類數愈多，則瓶頸作業的重疊機會即愈高，因此推平後整張訂單即會拖得愈長。同理，這些因素亦會增加緩衝管理之訂單交期控制之困難性。

由於在瓶頸迴流生產環境的瓶頸生產節奏設計與管理的複雜與困難性，是由於瓶頸迴流作業之前後相依性及瓶頸前後迴流作業間必須保持一個合理的間隔距離而造成的，因此為了有效設計與管理瓶頸生產節奏，本研究將採取 Goldratt 博士在關鍵鏈(Critical Chain)[13]一書所提出之集體緩衝(Global Buffer)策略來解決這個問題。(註：Goldratt 博士在關鍵鏈一書中，集體緩衝的觀念是應用於專案管理上，其目的在解決專案延誤之管理問題)。在本研究所定義之集體緩衝是用來保護整張訂單之交期，而各別前後瓶頸迴流作業間之間隔時間(不一定等於間隔緩衝)則為局部緩衝(Local Buffer)，一張訂單的集體緩衝加所有局部緩衝即為該訂單原來所有的間隔緩衝以及瓶頸緩衝與出貨緩衝之總和，如圖 11 所示。本計畫採取集體緩衝的理由如下所述。

由於在瓶頸迴流作業的瓶頸緩衝、間隔緩衝或出貨緩衝，都各別含有保護意外狀況之時間，例如機台當機等，但就每一個間隔緩衝的保護而言並不定適用，理由有二：

(1) 如果該次的瓶頸迴流作業的迴流過程中(即在非瓶頸的生產中)，沒有發生意外，

則其緩衝中的保護時間即浪費掉。(因為瓶頸一定要依瓶頸生產節奏生產，相當於該瓶頸作業會在瓶頸站等候較長的時間)

(2) 相反的，如果該次的瓶頸迴流作業的迴流過程中(即在非瓶頸的生產中)，發生了機台故障，則其緩衝中的保護時間可能會不足夠。例如目前的半導體晶圓廠平均每一層(layer)的生產時間大約 1~2 天，如果機台的故障時間超過半天，則該層生產時間不足夠的機會即會大增。

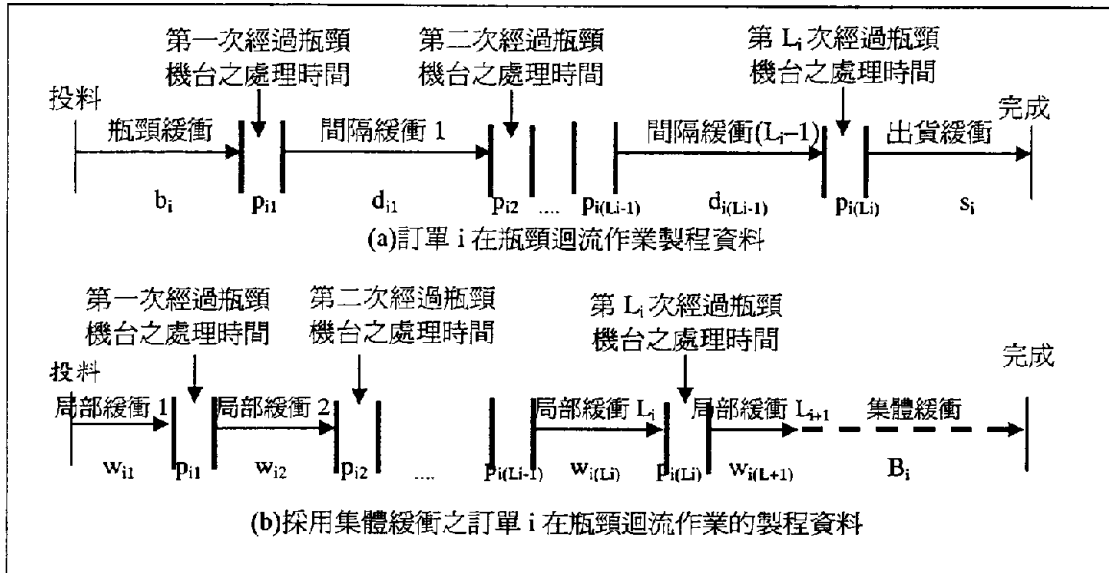


圖 11、瓶頸有迴流作業訂單之集體緩衝示意圖

因此就整張訂單的不同瓶頸作業迴流時間而言，只會有兩種可能狀況，第一種是該迴流作業沒有碰到意外狀況或不嚴重則會提早到達瓶頸站，因而該瓶頸作業可以準時完成，另外一種則是迴流作業碰到了較嚴重的意外狀況而無法及時到達瓶頸站，因而導致該瓶頸作業無法準時完成而延誤。由於提早到達瓶頸站之瓶頸作業，依限制驅導式現場派工的理念，並不能提早生產，而依然必須依瓶頸生產節奏之計畫次序等候生產，因而會將其間隔緩衝中的保護時間給浪費掉了。換言之，雖然整體緩衝的保護是足夠的，但是由於分配給各個瓶頸迴流作業，而導致各個瓶頸迴流作業個別運用(即追求局部最佳)的結果，對於沒有嚴重意外狀況的間隔緩衝其保護時間會被浪掉，而有嚴重意外狀況的間隔緩衝其保護時間會不足夠，所以一張訂單會延誤的機會即會大為增高(除非額外投入趕工資源)。因此集體緩衝的目的，即在克服各個瓶頸迴流作業追求局部最佳的盲點，而將各別保護集中運用與管理。

3.2 生產排程模式建構

其詳細的建構步驟如下：

步驟一：根據交期，計算訂單 i 的各迴圈在瓶頸的理想開始時間與完成時間。

假設需要經過瓶頸資源 L_i 次加工，也就是有 $L_i - 1$ 個間隔緩衝或迴流

(1.1) 第 L_i 次瓶頸作業的理想完成時間 = 訂單交期 - 出貨緩衝，並令 $n = L_i$

(1.2) 第 n 次瓶頸作業的理想開始時間 = 第 n 次瓶頸作業的理想完成時間 - 第 n 次瓶頸作業的加工時間

(1.3) 如果 $n = 1$ 則到 (1.5)，不然第 $n - 1$ 次瓶頸作業的理想完成時間 = 第 n 次瓶頸作業的理想開始時間 - 第 $(n - 1)$ 個間隔緩衝

(1.4) 令 $n = n - 1$ ，回到 (1.2)

(1.5) 繼續下一張訂單，直到所有訂單完成

步驟二：排出訂單的各迴圈瓶頸作業在瓶頸的理想排程(即廢墟)，設定局部緩衝之大小，建議局部緩衝=原緩衝大小的一半。

步驟三：推平廢墟。

(3.1)使用前推排程(forward)的觀念

(3.2)交期早者先排，其次加工時間短者先排，再來為迴圈數少者先排

(3.3)推平時，以局部緩衝作為前後瓶頸作業間的啟始間隔

步驟四：計算投料節奏。

將第一次瓶頸作業的計畫開始時間-瓶頸緩衝時間，就可以得到訂單的投料時間。

3.3 應用範例

現有 A、B、C 三種產品，A 產品須經過瓶頸資源 4 次，其瓶頸資源加工時間為 2 小時，瓶頸緩衝、出貨緩衝及間隔緩衝皆為 24 小時，B 產品經過瓶頸資源 5 次，加工時間為 2 小時，瓶頸緩衝、出貨緩衝及間隔緩衝皆為 24 小時，C 產品經過瓶頸資源 3 次，瓶頸資源加工時間 2 小時，間隔緩衝為 48 小時，瓶頸緩衝、出貨緩衝為 24 小時。現在假設各有 2 張訂單（分別以 A1、A2、B1、B2、C1、C2 來表示），其中訂單 A1、B1、C1 的交期為 3/20 00:00 而訂單 A2、B2、C2 的交期則為 3/21 00:00，該公司的作業時間為每週 7 天而每天 24 小時。

根據上述資料，各訂單在瓶頸資源之加工排程的演算過程如下：

步驟一：計算訂單的各迴圈在瓶頸的理想開始時間與完成時間，表 1 所示。

步驟二：排出訂單的各迴圈在瓶頸的廢墟，並設定局部緩衝，如圖 12 所示。

A 產品的局部緩衝 = $24\text{hr}/2 = 12\text{hr}$

B 產品的局部緩衝 = $24\text{hr}/2 = 12\text{hr}$

C 產品的局部緩衝 = $48\text{hr}/2 = 24\text{hr}$

步驟三：推平廢墟，如圖 13 所示。

步驟四：計算投料節奏，如表 2 所示。

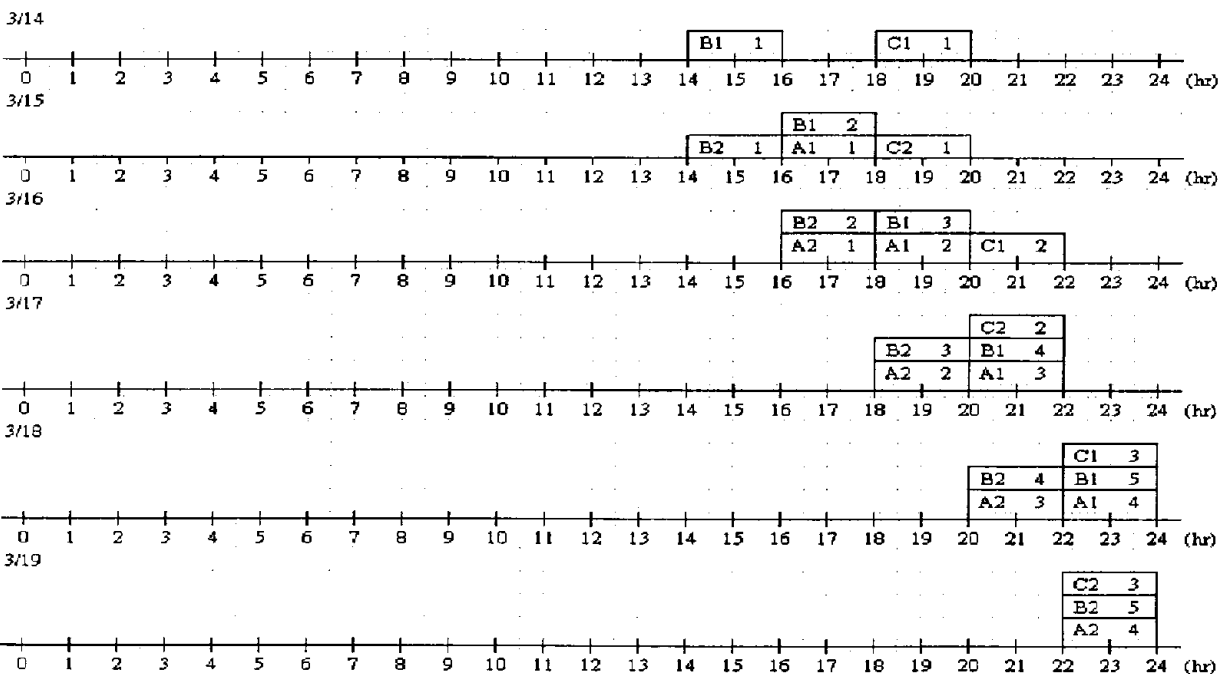


圖 12、瓶頸的廢墟

表 1：訂單的理想開始時間與完成時間

訂單 i 的 j 次瓶頸加工	在瓶頸的理想 完成時間	在瓶頸的理想 完成時間	間隔緩衝	訂單 i 的 j 次瓶頸加工	在瓶頸的理想 完成時間	在瓶頸的理想 完成時間	間隔緩衝
A11	3/15 16:00	3/15 18:00	24hr	A21	3/16 16:00	3/16 18:00	24hr
A12	3/16 18:00	3/16 20:00	24hr	A22	3/17 18:00	3/17 20:00	24hr
A13	3/17 20:00	3/17 22:00	24hr	A23	3/18 20:00	3/18 22:00	24hr
A14	3/18 22:00	3/19 00:00		A24	3/19 22:00	3/20 00:00	
B11	3/14 14:00	3/14 16:00	24hr	B21	3/15 14:00	3/15 16:00	24hr
B12	3/15 16:00	3/15 18:00	24hr	B22	3/16 16:00	3/16 18:00	24hr
B13	3/16 18:00	3/16 20:00	24hr	B23	3/17 18:00	3/17 20:00	24hr
B14	3/17 20:00	3/17 22:00	24hr	B24	3/18 20:00	3/18 22:00	24hr
B15	3/18 22:00	3/19 00:00		B25	3/19 22:00	3/20 00:00	
C11	3/14 18:00	3/14 20:00	48hr	C21	3/15 18:00	3/15 20:00	48hr
C12	3/16 20:00	3/16 22:00	48hr	C22	3/17 20:00	3/17 22:00	48hr
C13	3/18 22:00	3/19 00:00		C23	3/19 22:00	3/20 00:00	

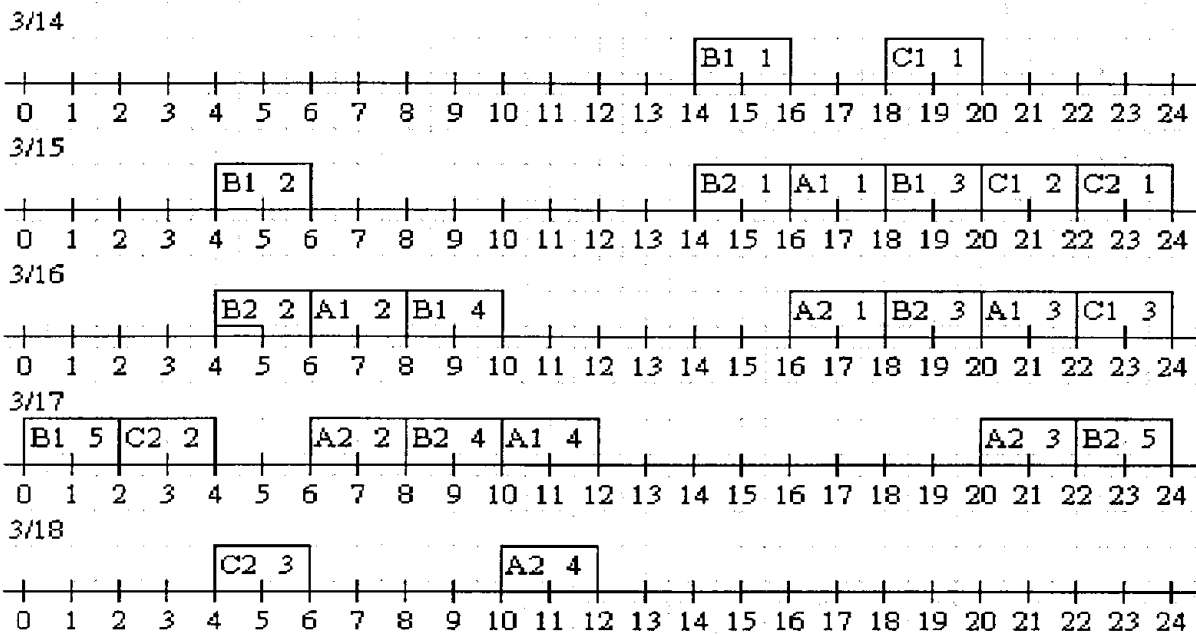


圖 13、廢墟的推平

表 2 投料節奏

訂單	第一次瓶頸作業 的開始時間	瓶頸緩衝	投料節奏
A1	3/15 16:00	24hr	3/14 16:00
A2	3/16 16:00	24hr	3/15 16:00
B1	3/14 14:00	24hr	3/13 14:00
B2	3/15 14:00	24hr	3/14 14:00
C1	3/14 18:00	24hr	3/13 18:00
C2	3/15 22:00	24hr	3/14 22:00

因此本範例的 6 張訂單所得到的投料時間及計畫出貨時間如表 3 所示

表 3 範例之計畫投料時間及計畫出貨時間

訂單	投料節奏	出貨時間	局部緩衝	集體緩衝
A1	3/14 16:00	3/20 00:00	12hr	36hr
A2	3/15 16:00	3/21 00:00	12hr	36hr
B1	3/13 14:00	3/20 00:00	12hr	48hr
B2	3/14 14:00	3/21 00:00	12hr	48hr
C1	3/13 18:00	3/20 00:00	24hr	48hr
C2	3/14 22:00	3/21 00:00	24hr	48hr

由此範例可以看出某一迴圈無法及時在排程時間內完成也沒有關係，可以由 Global buffer 來作為整體性的控制與保護，因而可以確保每張訂單都可以在交期內完成。

3.4 模擬實驗

具有迴圈製程之產品 A、B，其製程相關資料如表 4 所示：

表 4 產品的製程資料

產品	A	B
CCR 加工次數	2 次 (1 次迴圈)	3 次 (2 次迴圈)
CCR 加工時間	2hr	3hr
瓶頸緩衝	24hr	24hr
出貨緩衝	24hr	24hr
間隔緩衝	24hr	24hr

接下來依據機台負荷情況定出瓶頸資源在不同負荷水準下的訂單交期，例如表 5。實驗結果如表 6 所示。

表 5 產品之訂單交期 (負荷水準 80%)

訂單	交期	訂單	交期
A01	2001.03.01 24:00	B01	2001.03.24 24:00
A02	2001.03.02 24:00	B02	2001.03.25 24:00
A03	2001.03.03 24:00	B03	2001.03.01 24:00
A04	2001.03.04 24:00	B04	2001.03.02 24:00
A05	2001.03.05 24:00	B05	2001.03.03 24:00
A06	2001.03.06 24:00	B06	2001.03.04 24:00
A07	2001.03.07 24:00	B07	2001.03.05 24:00
A08	2001.03.08 24:00	B08	2001.03.06 24:00
A09	2001.03.09 24:00	B09	2001.03.07 24:00
A10	2001.03.10 24:00	B10	2001.03.08 24:00
A11	2001.03.11 24:00	B11	2001.03.09 24:00
A12	2001.03.12 24:00	B12	2001.03.10 24:00
A13	2001.03.13 24:00	B13	2001.03.11 24:00
A14	2001.03.14 24:00	B14	2001.03.12 24:00
A15	2001.03.15 24:00	B15	2001.03.13 24:00
A16	2001.03.16 24:00	B16	2001.03.14 24:00
A17	2001.03.17 24:00	B17	2001.03.15 24:00
A18	2001.03.18 24:00	B18	2001.03.16 24:00
A19	2001.03.19 24:00	B19	2001.03.17 24:00
A20	2001.03.20 24:00	B20	2001.03.18 24:00
A21	2001.03.21 24:00	B21	2001.03.19 24:00
A22	2001.03.22 24:00	B22	2001.03.20 24:00
A23	2001.03.23 24:00	B23	2001.03.21 24:00
A24	2001.03.24 24:00	B24	2001.03.22 24:00
A25	2001.03.25 24:00	B25	2001.03.23 24:00
A26	2001.03.01 24:00	B26	2001.03.24 24:00
A27	2001.03.02 24:00	B27	2001.03.25 24:00
A28	2001.03.03 24:00	B28	2001.03.01 24:00
A29	2001.03.04 24:00	B29	2001.03.02 24:00
A30	2001.03.05 24:00	B30	2001.03.03 24:00
A31	2001.03.06 24:00	B31	2001.03.04 24:00
A32	2001.03.07 24:00	B32	2001.03.05 24:00
A33	2001.03.08 24:00	B33	2001.03.06 24:00
A34	2001.03.09 24:00	B34	2001.03.07 24:00
A35	2001.03.10 24:00	B35	2001.03.08 24:00
A36	2001.03.11 24:00	B36	2001.03.09 24:00
A37	2001.03.12 24:00	B37	2001.03.10 24:00
A38	2001.03.13 24:00	B38	2001.03.11 24:00
A39	2001.03.14 24:00	B39	2001.03.12 24:00
A40	2001.03.15 24:00	B40	2001.03.13 24:00
A41	2001.03.16 24:00	B41	2001.03.14 24:00
A42	2001.03.17 24:00	B42	2001.03.15 24:00
A43	2001.03.18 24:00	B43	2001.03.16 24:00
A44	2001.03.19 24:00	B44	2001.03.17 24:00
A45	2001.03.20 24:00	B45	2001.03.18 24:00
A46	2001.03.21 24:00	B46	2001.03.19 24:00
A47	2001.03.22 24:00	B47	2001.03.20 24:00
A48	2001.03.23 24:00		

表 6 實驗結果 (負荷程度為 80%)

	投片	第一個 ccrST	最後一個 ccrFT	出貨	剩下的 Golbal buffer 時間	Golbal buffer 的使用率
A01	Ruin	2001.02.26 20:00	2001.02.27 20:00	2001.03. 1 00:00	2001.03. 2 00:00	
	推平	2001.02.26 20:00	2001.02.27 20:00	2001.02.28 12:00	2001.02.29 12:00	12hr 0%
A02	Ruin	2001.02.27 20:00	2001.02.28 20:00	2001.03. 2 00:00	2001.03. 3 00:00	
	推平	2001.02.27 20:00	2001.02.28 20:00	2001.03. 1 12:00	2001.03. 2 12:00	12hr 0%
A03	ruin	2001.03. 0 20:00	2001.03. 1 20:00	2001.03. 3 00:00	2001.03. 4 00:00	
	推平	2001.03. 0 20:00	2001.03. 1 20:00	2001.03. 2 12:00	2001.03. 3 12:00	12hr 0%
A04	ruin	2001.03. 1 20:00	2001.03. 2 20:00	2001.03. 4 00:00	2001.03. 5 00:00	
	推平	2001.03. 1 20:00	2001.03. 2 20:00	2001.03. 3 12:00	2001.03. 4 12:00	12hr 0%
A05	ruin	2001.03. 2 20:00	2001.03. 3 20:00	2001.03. 5 00:00	2001.03. 6 00:00	
	推平	2001.03. 2 20:00	2001.03. 3 20:00	2001.03. 4 12:00	2001.03. 5 12:00	12hr 0%
A06	ruin	2001.03. 3 20:00	2001.03. 4 20:00	2001.03. 6 00:00	2001.03. 7 00:00	
	推平	2001.03. 3 20:00	2001.03. 4 20:00	2001.03. 5 12:00	2001.03. 6 12:00	12hr 0%
A07	ruin	2001.03. 4 20:00	2001.03. 5 20:00	2001.03. 7 00:00	2001.03. 8 00:00	
	推平	2001.03. 4 20:00	2001.03. 5 20:00	2001.03. 6 12:00	2001.03. 7 12:00	12hr 0%
A08	ruin	2001.03. 5 20:00	2001.03. 6 20:00	2001.03. 8 00:00	2001.03. 9 00:00	
	推平	2001.03. 5 20:00	2001.03. 6 20:00	2001.03. 7 12:00	2001.03. 8 12:00	12hr 0%
A09	ruin	2001.03. 6 20:00	2001.03. 7 20:00	2001.03. 9 00:00	2001.03.10 00:00	
	推平	2001.03. 6 20:00	2001.03. 7 20:00	2001.03. 8 12:00	2001.03. 9 12:00	12hr 0%
A10	ruin	2001.03. 7 20:00	2001.03. 8 20:00	2001.03.10 00:00	2001.03.11 00:00	
	推平	2001.03. 7 20:00	2001.03. 8 20:00	2001.03. 9 12:00	2001.03.10 12:00	12hr 0%
A11	ruin	2001.03. 8 20:00	2001.03. 9 20:00	2001.03.11 00:00	2001.03.12 00:00	
	推平	2001.03. 8 20:00	2001.03. 9 20:00	2001.03.10 12:00	2001.03.11 12:00	12hr 0%
A12	ruin	2001.03. 9 20:00	2001.03.10 20:00	2001.03.12 00:00	2001.03.13 00:00	
	推平	2001.03. 9 20:00	2001.03.10 20:00	2001.03.11 12:00	2001.03.12 12:00	12hr 0%
A13	ruin	2001.03.10 20:00	2001.03.11 20:00	2001.03.13 00:00	2001.03.14 00:00	
	推平	2001.03.10 20:00	2001.03.11 20:00	2001.03.12 12:00	2001.03.13 12:00	12hr 0%
A14	ruin	2001.03.11 20:00	2001.03.12 20:00	2001.03.14 00:00	2001.03.15 00:00	
	推平	2001.03.11 20:00	2001.03.12 20:00	2001.03.13 12:00	2001.03.14 12:00	12hr 0%
A15	ruin	2001.03.12 20:00	2001.03.13 20:00	2001.03.15 00:00	2001.03.16 00:00	
	推平	2001.03.12 20:00	2001.03.13 20:00	2001.03.14 12:00	2001.03.15 12:00	12hr 0%
A16	ruin	2001.03.13 20:00	2001.03.14 20:00	2001.03.16 00:00	2001.03.17 00:00	
	推平	2001.03.13 20:00	2001.03.14 20:00	2001.03.15 12:00	2001.03.16 12:00	12hr 0%
A17	ruin	2001.03.14 20:00	2001.03.15 20:00	2001.03.17 00:00	2001.03.18 00:00	
	推平	2001.03.14 20:00	2001.03.15 20:00	2001.03.16 12:00	2001.03.17 12:00	12hr 0%
A18	ruin	2001.03.15 20:00	2001.03.16 20:00	2001.03.18 00:00	2001.03.19 00:00	
	推平	2001.03.15 20:00	2001.03.16 20:00	2001.03.17 12:00	2001.03.18 12:00	12hr 0%
A19	ruin	2001.03.16 20:00	2001.03.17 20:00	2001.03.19 00:00	2001.03.20 00:00	
	推平	2001.03.16 20:00	2001.03.17 20:00	2001.03.18 12:00	2001.03.19 12:00	12hr 0%
A20	ruin	2001.03.17 20:00	2001.03.18 20:00	2001.03.20 00:00	2001.03.21 00:00	
	推平	2001.03.17 20:00	2001.03.18 20:00	2001.03.19 12:00	2001.03.20 12:00	12hr 0%
A21	ruin	2001.03.18 20:00	2001.03.19 20:00	2001.03.21 00:00	2001.03.22 00:00	
	推平	2001.03.18 20:00	2001.03.19 20:00	2001.03.20 12:00	2001.03.21 12:00	12hr 0%
A22	ruin	2001.03.19 20:00	2001.03.20 20:00	2001.03.22 00:00	2001.03.23 00:00	

	推平	2001.03.19 20:00	2001.03.20 20:00	2001.03.21 12:00	2001.03.22 12:00	12hr	0%
A23	ruin	2001.03.20 20:00	2001.03.21 20:00	2001.03.23 00:00	2001.03.24 00:00		
	推平	2001.03.20 20:00	2001.03.21 20:00	2001.03.22 12:00	2001.03.23 12:00	12hr	0%
A24	ruin	2001.03.21 20:00	2001.03.22 20:00	2001.03.24 00:00	2001.03.25 00:00		
	推平	2001.03.21 20:00	2001.03.22 20:00	2001.03.23 12:00	2001.03.24 12:00	12hr	0%
A25	ruin	2001.03.22 20:00	2001.03.23 20:00	2001.03.25 00:00	2001.03.26 00:00		
	推平	2001.03.22 20:00	2001.03.23 20:00	2001.03.24 12:00	2001.03.25 12:00	12hr	0%
A26	ruin	2001.02.26 20:00	2001.02.27 20:00	2001.03.1 00:00	2001.03.2 00:00		
	推平	2001.02.26 22:00	2001.02.27 22:00	2001.02.28 14:00	2001.02.29 14:00	10hr	17%
A27	ruin	2001.02.27 20:00	2001.02.28 20:00	2001.03.2 00:00	2001.03.3 00:00		
	推平	2001.02.27 22:00	2001.02.28 22:00	2001.03.1 14:00	2001.03.2 14:00	10hr	17%
A28	ruin	2001.03.0 20:00	2001.03.1 20:00	2001.03.3 00:00	2001.03.4 00:00		
	推平	2001.03.0 22:00	2001.03.1 22:00	2001.03.2 14:00	2001.03.3 14:00	10hr	17%
A29	ruin	2001.03.1 20:00	2001.03.2 20:00	2001.03.4 00:00	2001.03.5 00:00		
	推平	2001.03.1 22:00	2001.03.2 22:00	2001.03.3 14:00	2001.03.4 14:00	10hr	17%
A30	ruin	2001.03.2 20:00	2001.03.3 20:00	2001.03.5 00:00	2001.03.6 00:00		
	推平	2001.03.2 22:00	2001.03.3 22:00	2001.03.4 14:00	2001.03.5 14:00	10hr	17%
A31	ruin	2001.03.3 20:00	2001.03.4 20:00	2001.03.6 00:00	2001.03.7 00:00		
	推平	2001.03.3 22:00	2001.03.4 22:00	2001.03.5 14:00	2001.03.6 14:00	10hr	17%
A32	ruin	2001.03.4 20:00	2001.03.5 20:00	2001.03.7 00:00	2001.03.8 00:00		
	推平	2001.03.4 22:00	2001.03.5 22:00	2001.03.6 14:00	2001.03.7 14:00	10hr	17%
A33	ruin	2001.03.5 20:00	2001.03.6 20:00	2001.03.8 00:00	2001.03.9 00:00		
	推平	2001.03.5 22:00	2001.03.6 22:00	2001.03.7 14:00	2001.03.8 14:00	10hr	17%
A34	ruin	2001.03.6 20:00	2001.03.7 20:00	2001.03.9 00:00	2001.03.10 00:00		
	推平	2001.03.6 22:00	2001.03.7 22:00	2001.03.8 14:00	2001.03.9 14:00	10hr	17%
A35	ruin	2001.03.7 20:00	2001.03.8 20:00	2001.03.10 00:00	2001.03.11 00:00		
	推平	2001.03.7 22:00	2001.03.8 22:00	2001.03.9 14:00	2001.03.10 14:00	10hr	17%
A36	ruin	2001.03.8 20:00	2001.03.9 20:00	2001.03.11 00:00	2001.03.12 00:00		
	推平	2001.03.8 22:00	2001.03.9 22:00	2001.03.10 14:00	2001.03.11 14:00	10hr	17%
A37	ruin	2001.03.9 20:00	2001.03.10 20:00	2001.03.12 00:00	2001.03.13 00:00		
	推平	2001.03.9 22:00	2001.03.10 22:00	2001.03.11 14:00	2001.03.12 14:00	10hr	17%
A38	ruin	2001.03.10 20:00	2001.03.11 20:00	2001.03.13 00:00	2001.03.14 00:00		
	推平	2001.03.10 22:00	2001.03.11 22:00	2001.03.12 14:00	2001.03.13 14:00	10hr	17%
A39	ruin	2001.03.11 20:00	2001.03.12 20:00	2001.03.14 00:00	2001.03.15 00:00		
	推平	2001.03.11 22:00	2001.03.12 22:00	2001.03.13 14:00	2001.03.14 14:00	10hr	17%
A40	ruin	2001.03.12 20:00	2001.03.13 20:00	2001.03.15 00:00	2001.03.16 00:00		
	推平	2001.03.12 22:00	2001.03.13 22:00	2001.03.14 14:00	2001.03.15 14:00	10hr	17%
A41	ruin	2001.03.13 20:00	2001.03.14 20:00	2001.03.16 00:00	2001.03.17 00:00		
	推平	2001.03.13 22:00	2001.03.14 22:00	2001.03.15 14:00	2001.03.16 14:00	10hr	17%
A42	ruin	2001.03.14 20:00	2001.03.15 20:00	2001.03.17 00:00	2001.03.18 00:00		
	推平	2001.03.14 22:00	2001.03.15 22:00	2001.03.16 14:00	2001.03.17 14:00	10hr	17%
A43	ruin	2001.03.15 20:00	2001.03.16 20:00	2001.03.18 00:00	2001.03.19 00:00		
	推平	2001.03.15 22:00	2001.03.16 22:00	2001.03.17 14:00	2001.03.18 14:00	10hr	17%
A44	ruin	2001.03.16 20:00	2001.03.17 20:00	2001.03.19 00:00	2001.03.20 00:00		
	推平	2001.03.16 22:00	2001.03.17 22:00	2001.03.18 14:00	2001.03.19 14:00	10hr	17%
A45	ruin	2001.03.17 20:00	2001.03.18 20:00	2001.03.20 00:00	2001.03.21 00:00		
	推平	2001.03.17 22:00	2001.03.18 22:00	2001.03.19 14:00	2001.03.20 14:00	10hr	17%

A46	ruin	2001.03.18 20:00	2001.03.19 20:00	2001.03.21 00:00	2001.03.22 00:00		
	推平	2001.03.18 22:00	2001.03.19 22:00	2001.03.20 14:00	2001.03.21 14:00	10hr	17%
A47	ruin	2001.03.19 20:00	2001.03.20 20:00	2001.03.22 00:00	2001.03.23 00:00		
	推平	2001.03.19 22:00	2001.03.20 22:00	2001.03.21 14:00	2001.03.22 14:00	10hr	17%
A48	ruin	2001.03.20 20:00	2001.03.21 20:00	2001.03.23 00:00	2001.03.24 00:00		
	推平	2001.03.20 22:00	2001.03.21 22:00	2001.03.22 14:00	2001.03.23 14:00	10hr	17%
B01	ruin	2001.03.20 18:00	2001.03.21 18:00	2001.03.24 00:00	2001.03.25 00:00		
	推平	2001.03.21 00:00	2001.03.22 00:00	2001.03.23 06:00	2001.03.24 06:00	18hr	25%
B02	ruin	2001.03.21 18:00	2001.03.22 18:00	2001.03.25 00:00	2001.03.26 00:00		
	推平	2001.03.22 00:00	2001.03.23 00:00	2001.03.24 06:00	2001.03.25 06:00	18hr	25%
B03	ruin	2001.02.25 18:00	2001.02.26 18:00	2001.03.1 00:00	2001.03.2 00:00		
	推平	2001.02.25 18:00	2001.02.26 18:00	2001.02.28 02:00	2001.02.29 02:00	22hr	8%
B04	ruin	2001.02.26 18:00	2001.02.27 18:00	2001.03.2 00:00	2001.03.3 00:00		
	推平	2001.02.27 04:00	2001.02.28 04:00	2001.03.1 16:00	2001.03.2 16:00	8hr	67%
B05	ruin	2001.02.27 18:00	2001.02.28 18:00	2001.03.3 00:00	2001.03.4 00:00		
	推平	2001.03.0 04:00	2001.03.1 04:00	2001.03.2 16:00	2001.03.3 16:00	8hr	67%
B06	ruin	2001.03.0 18:00	2001.03.1 18:00	2001.03.4 00:00	2001.03.5 00:00		
	推平	2001.03.1 04:00	2001.03.2 04:00	2001.03.3 16:00	2001.03.4 16:00	8hr	67%
B07	ruin	2001.03.1 18:00	2001.03.2 18:00	2001.03.5 00:00	2001.03.6 00:00		
	推平	2001.03.2 04:00	2001.03.3 04:00	2001.03.4 16:00	2001.03.5 16:00	8hr	67%
B08	ruin	2001.03.2 18:00	2001.03.3 18:00	2001.03.6 00:00	2001.03.7 00:00		
	推平	2001.03.3 04:00	2001.03.4 04:00	2001.03.5 16:00	2001.03.6 16:00	8hr	67%
B09	ruin	2001.03.3 18:00	2001.03.4 18:00	2001.03.7 00:00	2001.03.8 00:00		
	推平	2001.03.4 04:00	2001.03.5 04:00	2001.03.6 16:00	2001.03.7 16:00	8hr	67%
B10	ruin	2001.03.4 18:00	2001.03.5 18:00	2001.03.8 00:00	2001.03.9 00:00		
	推平	2001.03.5 04:00	2001.03.6 04:00	2001.03.7 16:00	2001.03.8 16:00	8hr	67%
B11	ruin	2001.03.5 18:00	2001.03.6 18:00	2001.03.9 00:00	2001.03.10 00:00		
	推平	2001.03.6 04:00	2001.03.7 04:00	2001.03.8 16:00	2001.03.9 16:00	8hr	67%
B12	ruin	2001.03.6 18:00	2001.03.7 18:00	2001.03.10 00:00	2001.03.11 00:00		
	推平	2001.03.7 04:00	2001.03.8 04:00	2001.03.9 16:00	2001.03.10 16:00	8hr	67%
B13	ruin	2001.03.7 18:00	2001.03.8 18:00	2001.03.11 00:00	2001.03.12 00:00		
	推平	2001.03.8 04:00	2001.03.9 04:00	2001.03.10 16:00	2001.03.11 16:00	8hr	67%
B14	ruin	2001.03.8 18:00	2001.03.9 18:00	2001.03.12 00:00	2001.03.13 00:00		
	推平	2001.03.9 04:00	2001.03.10 04:00	2001.03.11 16:00	2001.03.12 16:00	8hr	67%
B15	ruin	2001.03.9 18:00	2001.03.10 18:00	2001.03.13 00:00	2001.03.14 00:00		
	推平	2001.03.10 04:00	2001.03.11 04:00	2001.03.12 16:00	2001.03.13 16:00	8hr	67%
B16	ruin	2001.03.10 18:00	2001.03.11 18:00	2001.03.14 00:00	2001.03.15 00:00		
	推平	2001.03.11 04:00	2001.03.12 04:00	2001.03.13 16:00	2001.03.14 16:00	8hr	67%
B17	ruin	2001.03.11 18:00	2001.03.12 18:00	2001.03.15 00:00	2001.03.16 00:00		
	推平	2001.03.12 04:00	2001.03.13 04:00	2001.03.14 16:00	2001.03.15 16:00	8hr	67%
B18	ruin	2001.03.12 18:00	2001.03.13 18:00	2001.03.16 00:00	2001.03.17 00:00		
	推平	2001.03.13 04:00	2001.03.14 04:00	2001.03.15 16:00	2001.03.16 16:00	8hr	67%
B19	ruin	2001.03.13 18:00	2001.03.14 18:00	2001.03.17 00:00	2001.03.18 00:00		
	推平	2001.03.14 04:00	2001.03.15 04:00	2001.03.16 16:00	2001.03.17 16:00	8hr	67%
B20	ruin	2001.03.14 18:00	2001.03.15 18:00	2001.03.18 00:00	2001.03.19 00:00		
	推平	2001.03.15 04:00	2001.03.16 04:00	2001.03.17 16:00	2001.03.18 16:00	8hr	67%
B21	ruin	2001.03.15 18:00	2001.03.16 18:00	2001.03.19 00:00	2001.03.20 00:00		

	推平	2001.03.16 04:00	2001.03.17 04:00	2001.03.18 16:00	2001.03.19 16:00	8hr	67%
B22	ruin	2001.03.16 18:00	2001.03.17 18:00	2001.03.20 00:00	2001.03.21 00:00		
	推平	2001.03.17 04:00	2001.03.18 04:00	2001.03.19 16:00	2001.03.20 16:00	8hr	67%
B23	ruin	2001.03.17 18:00	2001.03.18 18:00	2001.03.21 00:00	2001.03.22 00:00		
	推平	2001.03.18 04:00	2001.03.19 04:00	2001.03.20 16:00	2001.03.21 16:00	8hr	67%
B24	ruin	2001.03.18 18:00	2001.03.19 18:00	2001.03.22 00:00	2001.03.23 00:00		
	推平	2001.03.19 04:00	2001.03.20 04:00	2001.03.21 08:00	2001.03.22 08:00	16hr	33%
B25	ruin	2001.03.19 18:00	2001.03.20 18:00	2001.03.23 00:00	2001.03.24 00:00		
	推平	2001.03.20 00:00	2001.03.21 00:00	2001.03.22 06:00	2001.03.23 06:00	18hr	25%
B26	ruin	2001.03.20 18:00	2001.03.21 18:00	2001.03.24 00:00	2001.03.25 00:00		
	推平	2001.02.21 06:00	2001.02.22 06:00	2001.03.23 14:00	2001.03.24 14:00	10hr	58%
B27	ruin	2001.03.21 18:00	2001.03.22 18:00	2001.03.25 00:00	2001.03.26 00:00		
	推平	2001.03.22 06:00	2001.03.23 06:00	2001.03.24 14:00	2001.03.25 14:00	10hr	58%
B28	ruin	2001.02.25 18:00	2001.02.26 18:00	2001.03.10 00:00	2001.03.20 00:00		
	推平	2001.02.25 20:00	2001.02.26 20:00	2001.02.28 04:00	2001.02.29 04:00	20hr	17%
B29	ruin	2001.02.26 18:00	2001.02.27 18:00	2001.03.20 00:00	2001.03.30 00:00		
	推平	2001.02.27 06:00	2001.02.28 06:00	2001.03.11 18:00	2001.03.21 18:00	6hr	75%
B30	ruin	2001.02.27 18:00	2001.02.28 18:00	2001.03.30 00:00	2001.03.40 00:00		
	推平	2001.03.00 06:00	2001.03.10 06:00	2001.03.21 18:00	2001.03.31 18:00	6hr	75%
B31	ruin	2001.03.01 18:00	2001.03.11 18:00	2001.03.40 00:00	2001.03.50 00:00		
	推平	2001.03.10 06:00	2001.03.20 06:00	2001.03.31 18:00	2001.03.41 18:00	6hr	75%
B32	ruin	2001.03.11 18:00	2001.03.21 18:00	2001.03.50 00:00	2001.03.60 00:00		
	推平	2001.03.20 06:00	2001.03.30 06:00	2001.03.41 18:00	2001.03.51 18:00	6hr	75%
B33	ruin	2001.03.21 18:00	2001.03.31 18:00	2001.03.60 00:00	2001.03.70 00:00		
	推平	2001.03.30 06:00	2001.03.40 06:00	2001.03.51 18:00	2001.03.61 18:00	6hr	75%
B34	ruin	2001.03.31 18:00	2001.03.41 18:00	2001.03.70 00:00	2001.03.80 00:00		
	推平	2001.03.40 06:00	2001.03.50 06:00	2001.03.61 18:00	2001.03.71 18:00	6hr	75%
B35	ruin	2001.03.41 18:00	2001.03.51 18:00	2001.03.80 00:00	2001.03.90 00:00		
	推平	2001.03.50 06:00	2001.03.60 06:00	2001.03.71 18:00	2001.03.81 18:00	6hr	75%
B36	ruin	2001.03.51 18:00	2001.03.61 18:00	2001.03.90 00:00	2001.03.10 00:00		
	推平	2001.03.60 06:00	2001.03.70 06:00	2001.03.81 18:00	2001.03.91 18:00	6hr	75%
B37	ruin	2001.03.61 18:00	2001.03.71 18:00	2001.03.10 00:00	2001.03.11 00:00		
	推平	2001.03.70 06:00	2001.03.80 06:00	2001.03.91 18:00	2001.03.10 18:00	6hr	75%
B38	ruin	2001.03.71 18:00	2001.03.81 18:00	2001.03.11 00:00	2001.03.12 00:00		
	推平	2001.03.80 06:00	2001.03.90 06:00	2001.03.10 18:00	2001.03.11 18:00	6hr	75%
B39	ruin	2001.03.81 18:00	2001.03.91 18:00	2001.03.12 00:00	2001.03.13 00:00		
	推平	2001.03.90 06:00	2001.03.10 06:00	2001.03.11 18:00	2001.03.12 18:00	6hr	75%
B40	ruin	2001.03.91 18:00	2001.03.10 18:00	2001.03.13 00:00	2001.03.14 00:00		
	推平	2001.03.10 06:00	2001.03.11 06:00	2001.03.12 18:00	2001.03.13 18:00	6hr	75%
B41	ruin	2001.03.10 18:00	2001.03.11 18:00	2001.03.14 00:00	2001.03.15 00:00		
	推平	2001.03.11 06:00	2001.03.12 06:00	2001.03.13 18:00	2001.03.14 18:00	6hr	75%
B42	ruin	2001.03.11 18:00	2001.03.12 18:00	2001.03.15 00:00	2001.03.16 00:00		
	推平	2001.03.12 06:00	2001.03.13 06:00	2001.03.14 18:00	2001.03.15 18:00	6hr	75%
B43	ruin	2001.03.12 18:00	2001.03.13 18:00	2001.03.16 00:00	2001.03.17 00:00		
	推平	2001.03.13 06:00	2001.03.14 06:00	2001.03.15 18:00	2001.03.16 18:00	6hr	75%
B44	ruin	2001.03.13 18:00	2001.03.14 18:00	2001.03.17 00:00	2001.03.18 00:00		
	推平	2001.03.14 06:00	2001.03.15 06:00	2001.03.16 18:00	2001.03.17 18:00	6hr	75%

B45	ruin	2001.03.14 18:00	2001.03.15 18:00	2001.03.18 00:00	2001.03.19 00:00		
	推平	2001.03.15 06:00	2001.03.16 06:00	2001.03.17 18:00	2001.03.18 18:00	6hr	75%
B46	ruin	2001.03.15 18:00	2001.03.16 18:00	2001.03.19 00:00	2001.03.20 00:00		
	推平	2001.03.16 06:00	2001.03.17 06:00	2001.03.18 18:00	2001.03.19 18:00	6hr	75%
B47	ruin	2001.03.16 18:00	2001.03.17 18:00	2001.03.20 00:00	2001.03.21 00:00		
	推平	2001.03.17 06:00	2001.03.18 06:00	2001.03.19 18:00	2001.03.20 18:00	6hr	75%

從上面的表 6 當中可以得知，經由此排程方法所產生的生產排程節奏，可以使得延誤情況得到改善，並且可以經由 Global Buffer 作為整體的安全保護之用。

3.5 小結

本研究以限制驅導式排程為基礎，加上限制理論的專案管理觀念，提出瓶頸資源迴流情形下之限制驅導節奏設計方法，透過 Local Buffer 做為瓶頸迴流作業間的作業間隔以及 Global Buffer 做為保護整體訂單準時完成交期的觀念，使得因為瓶頸有迴流情形，而無法使用一般 DBR 方法來建構瓶頸資源的現場排程問題得以解決。

4. 瓶頸迴流生產型態之緩衝管理方法研究

4.1 緩衝分配調整模式

訂單的交期決定了訂單的可用生產時間，目前到訂單交期這段可供加工的時間，稱為訂單的可用時間。只要可用時間大於等於標準流程時間，訂單在交期內就可以排完瓶頸作業。但每張訂單都不一定有充足的可用時間，一但有交期很急的訂單，就有可能造成排程結束時間超出交期。

從目前到交期之前的可用時間，扣除瓶頸加工的時間，為訂單的「可使用緩衝時間(ubt_i)」，而當可使用緩衝時間小於標準緩衝時間時，如何分配這可用緩衝時間到各個緩衝，因此本研究在這提出「緩衝分配調整模式」，來說明分配的方法。

在說明分配的方法前，依照 TOC 的專案管理中提到正常任務的完成時間的機率分佈的概念[13]，假設出每一個緩衝的最大最小時間值，分別為「標準緩衝時間」與最「小可接受緩衝時間」。為了顯示出標準緩衝值與最小可接受值之間的比值關係，本研究設了一個參數值：最小緩衝比例值(Minimum Buffer Ratio, mBR_i)。

因此訂單的可使用緩衝時間，足以分配每一個緩衝，就可以給予標準的緩衝時間，則各個緩衝直接分配標準的緩衝；如果訂單連最小可接受的緩衝時間，都不夠分配，則只能直接就分配最小值給每個緩衝時間。而當可使用緩衝時間介於標準與最小接受緩衝之間，要如何分配？因此本研究在緩衝分配調整模式裡，分別提出三種不同的緩衝分配模式，分別為「平均比例法」、「最小最大法」、「由小到大等差法」。

(1) 平均平均法

平均比例法就是直接以「可用緩衝時間」和「標準緩衝時間」的比值：「可用緩衝比值」，作為各間隔緩衝的放大縮小比例。其意義在於將剩餘可

用的緩衝時間，依比例平均分攤到每一個間隔緩衝之中。

(2) 最小最大法

這個方法是將大部份的緩衝時間分配到後面的緩衝，只留前面最小可接受緩衝時間。不過其管理意義是先利用最小可接受緩衝值來排程，目的在前面作業趕工的結果，造就後面迴製作業的緩衝時間有較多充裕的時間。

(3) 由小到大等差法

這個方法就是給前面的緩衝少一點的寬放時間，而給後面的緩衝多一些寬放的時間，而還每一個寬放時間是呈等差的關係，這也是取其前述兩法的好處，這樣讓緊急程度給每一個緩衝都能吸收，而且還能由前面的緩衝趕緊將訂單的緊的程度趕回。

另外，不論用什麼後推法則去推平，都會產生訂單的推長效應，而本研究的應對方法為使用集體緩衝的觀念。在這提出這個方法，目的在於吸收廢墟推平時的推長效應。因此排程時比預期的時間提早排廢墟，推平後訂單在 Drum 的間隔緩衝的距離，就會與預期所分配安排的時間緩衝相差不大。

4.2 廢墟推平模式

接著就是要產生瓶頸的瓶頸生產節奏(Drum)，產生 Drum 有兩大部份，第一個部份是產生廢墟(Ruin)，第二部份則是推平廢墟(Leveling)的工作。產生廢墟的部份也就是在緩衝分配的結果後，依照緩衝時間大小排出訂單的 Ruin。其次。在推平廢作業時，會有推長效應的情形產生，這會使得原先排定時間的訂單在廢墟推平之後造成訂單延誤；另外推長效應也會使得分配調整的間隔緩衝時間分佈與預期的相差很大。所以推平廢墟的過程裡，本研究提出新推平法則的方法為「後推比法」。

後推比法並不是像 FIFO 法則，直接比作業在 Ruin 的開始時間早的先排，而是為了使推平後的間隔距離，和原先預期的間隔緩衝相差不大，所以比的是可排入的作業中，差異比例最大的先排入。所以作業 O_{ij} 的後推比法的公式如(式 1)。

$$\text{後推比例} = \begin{cases} \frac{(ASt - rr_i) - rcb_i}{rcb_i}, & \text{for } j = 1 \\ \frac{(ASt - de_{i(j-1)}) - rb_{i(j-1)}}{rb_{i(j-1)}}, & \text{for } 1 < j \leq J_i \end{cases} \quad (\text{式 1})$$

i : 訂單編號; j : 瓶頸迴流作業序; ASt : 目前的時間; rr_i : 訂單 i 在 Ruin 所排定的投料時間; rcb_i : 訂單 i 在 Ruin 所排定的瓶頸緩衝時間; de_{ij} : 訂單 i 第 j 個迴流作業在 Drum 排定的結束時間; rb_{ij} : 訂單 i 的第 j 個迴流作業在 Ruin 所排定的間隔緩衝時間。

4.3 訂單交期控制架構

本研究所提出的交期控制模式架構，總共分成訂單緊急程度判斷模式、訂單處理模式、現場控制機制，以及上一章所提及的緩衝分配調整模式，與廢墟推平模式等，而輸入的資料為新到來的訂單，與重新排程後的舊訂單。

本章所探討的訂單交期控制模式裡，無論是新單、舊單，先判斷其緊急程度，再因其緊急程度的不同，而作出不同的處理及緩衝分配，進一步的重新排列瓶頸生產節奏，再將排程好的結果送至現場執行、管理，然後配合緩衝管理使每個迴流作業都能準時到達，當現場執行到某一階段之後，再進行重排，然後又回到訂單緊急程度的判斷，而不停的循環就是完整的瓶頸迴流作業訂單交期控制架構。

本研究利用「尚可使用的緩衝時間」與「剩餘還需的標準緩衝時間總和」的比值，來判斷訂單的緊急程度，稱為「可用緩衝比值」(Usable buffer ratio, ubr_i)。依照可用緩衝比例值(ubr_i)，將訂單緊急程度分為三類：

(1) 正常(Normal)：

當 $ubr_i = 1$ ，代表可用的緩衝時間比所需的標準緩衝時間來的大，也就是說此訂單還有很多的時間可供使用。所以處理的方式可直接以標準的緩衝來分配緩衝，並產生 Ruin。

(2) 緊急(Hot)：

當 $1 > ubr_i > mBR_i$ ，可用的緩衝時間比所需的標準緩衝時間來的小，但又不致於小於到比最低可接受值小，訂單完成的機會不大也不小。因此針對此類的訂單，是套用第三章所提出的「緩衝調整分配模式」，依照所選的分配方法來做緩衝分配。

(3) 非常緊急(Super hot)：

當 $ubr_i = mBR_i$ ，表示可用的緩衝時間比最小可接受的緩衝值還小，表示剩下不到一半的機會完成此訂單，由於可用的緩衝時間已比最小可接受緩衝還要小，因此分配每一個緩衝只能給最小值。另外，為了讓訂單緊急程度為很緊急(Hot)的訂單，能趕快加工到並且快點流回瓶頸站，在推平廢墟時，可以排入之瓶頸作業中，若有訂單的可用緩衝比例(ubr_i)小於最小緩衝比例值(mBR_i)者，優先選擇其作業排入。

最後在現場控制的機制，投料依照所排定的「投料節奏(Rope)」時間投料。非瓶頸站而言，維持的最基本的加工方法- 先到先做(FCFS)的派工方式。如果進入到非瓶站的訂單，為緩衝管理機制所發出來的趕工訂單及作業別，則該訂單則優先被加工。而瓶頸站則是依照瓶頸生產節奏排程(DRUM)來加工。

緩衝管理是現場控制的另一個重點，雖然緩衝管理不能有效的控制瓶頸作業迴流系統的訂單交期，不過對於單一個迴圈還是有控制進度的功用，所以針對瓶頸緩衝、出貨緩衝、間隔緩衝都應用緩衝管理的方法。

在本架構中，本交期控制架構選擇的重排程策略為定期重排程策略；另外為了重排程後現場執行的順暢，及加工需要備料的情形下，通常在重排時間點後的一段時間內的排程是不被更動。

4.4 模擬實驗

本研設定了四個實驗因子，每個因子如下

- (1) 緩衝的分配方法，分別為：平均比例法、由小到大等差法、最小最大法。
- (2) 集體緩衝的運用與否。

(3) 趕工訂單的比例：表示全場訂單處於高的緊急程度(比例為 50%)，和低的緊急程度(比例為 20%)。

(4) 瓶頸作業有迴製的環境、與瓶頸作業無迴製的環境。

因此本實驗共有 $3 \times 2 \times 2 \times 2 = 24$ 種實驗因子組合，且每個因子組合進行 15 次的實驗。

本研究是針對有迴製(Reentry)系統的環境，所以藉由 eM-plant 的模擬軟體來建立有迴製系統的零工型工廠(Job Shop)，其環境如下：

(1) 參考 Wein[26]所提出的實驗環境而加以變化。現場總共有 24 個獨立的工作站，而每個工作站的機台數不一定。工廠有 A~J 這 10 樣瓶頸有迴流的產品及 K~T 等 10 樣瓶頸無迴流作業的產品，每樣產品的製造途程不一樣，其中有迴流產品經過瓶頸的迴流數為 15~20 個。各機台亦有平均失效時間(MTBF)以及平均修復時間(MTTR)。

(2) 訂單的交期設定是採用類似 TWK 法則，傳統的 TWK 法則是：

交期 = 訂單到達時間 + 各站的總加工時間 \times k 值

而本研究則是改良後的 TWK 法則，為了說明趕工及非趕工的訂單情形，因此以訂單的各站總加工間，以訂單的標準流程時間來代替，而 k 值則為 0.5~1.2，K 值大於 1 的訂單為非趕工的，而 k 值小於 1 的為趕工的訂單。

(3) 標準流程時間的設定，是各個加工時間，及標準的間隔、瓶頸、出貨等緩衝時間的總和，假設各個緩衝值的設定為已知。

(4) 績效指標包括了：達交率、平均延遲時間、平均提早時間、現場發出「訂單趕工」的次數、實際流程時間。

再經過 360 次不同因子組合的實驗後，得到以下的結果：

(1) 表 7 是瓶頸作業迴流的實驗結果彙整；表 8 是瓶頸作業無迴流的實驗結果。

(2) 圖 14 是依照瓶頸作業迴流、高的訂單緊急程度的實驗結果繪製的折線圖。

(3) 圖 15 是依照瓶頸作業迴流、低的訂單緊急程度的實驗結果繪製的折線圖。

(4) 圖 16 是依照瓶頸作業無迴流、高的訂單緊急程度的實驗結果繪製的折線圖。

(5) 圖 17 是依照瓶頸作業無迴流、低的訂單緊急程度的實驗結果繪製的折線圖。

表7 瓶頸作業迴流因子的實驗結果

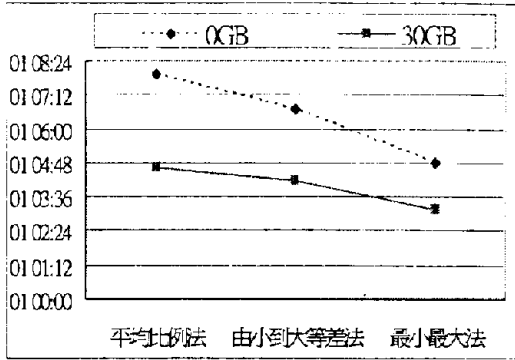
因子組合	平均 延遲時間	平均 提早時間	平均 流程時間	達交率	平均 趕工數
50%的趕工訂單 最小最大法 有集體緩衝	01 07:54	00 01:28	17 07:15	0.47	3.80
50%的趕工訂單 最小最大法 無集體緩衝	01 04:36	00 01:11	16 20:03	0.55	3.81
50%的趕工訂單 由小到大等差法 有集體緩衝	01 04:07	00 00:22	16 18:51	0.60	4.00
50%的趕工訂單 由小到大等差法 無集體緩衝	01 06:40	00 00:36	17 05:33	0.49	3.85
50%的趕工訂單 平均比例法 有集體緩衝	01 04:47	00 00:29	17 05:21	0.56	3.93
50%的趕工訂單 平均比例法 無集體緩衝	01 03:07	00 00:22	16 17:36	0.62	4.08
20%的趕工訂單 最小最大法 有集體緩衝	00 22:51	00 02:28	17 14:18	0.56	3.38
20%的趕工訂單 最小最大法 無集體緩衝	00 21:46	00 02:47	17 05:17	0.66	3.46
20%的趕工訂單 由小到大等差法 有集體緩衝	00 22:41	00 02:02	17 12:04	0.59	3.55
20%的趕工訂單 由小到大等差法 無集體緩衝	00 20:20	00 02:02	17 00:00	0.70	3.57
20%的趕工訂單 平均比例法 有集體緩衝	00 20:46	00 02:02	17 06:30	0.65	3.63
20%的趕工訂單 平均比例法 無集體緩衝	00 19:07	00 02:05	16 23:38	0.71	3.63

註：時間「17 05:18」則表示 17 日 5 小時 18 分。

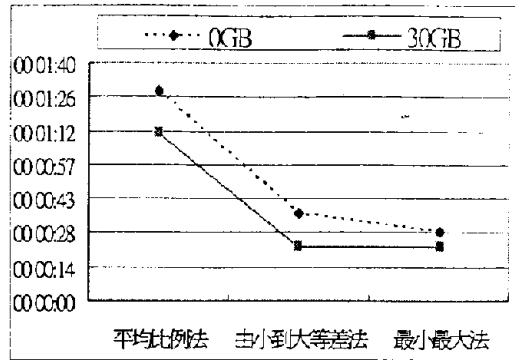
表8 瓶頸作業無迴流因子的實驗結果

因子組合	平均 延遲時間	平均 提早時間	平均 流程時間	達交率	平均 趕工數
50%的趕工訂單 最小最大法 有集體緩衝	00 18:32	00 00:01	00 18:54	0.80	1.28
50%的趕工訂單 最小最大法 無集體緩衝	00 18:36	00 00:00	00 17:51	0.84	1.29
50%的趕工訂單 由小到大等差法 有集體緩衝	00 18:31	00 00:00	00 18:47	0.80	1.31
50%的趕工訂單 由小到大等差法 無集體緩衝	00 18:02	00 00:00	00 17:15	0.87	1.34
50%的趕工訂單 平均比例法 有集體緩衝	00 18:30	00 00:00	00 18:47	0.81	1.31
50%的趕工訂單 平均比例法 無集體緩衝	00 17:50	00 00:00	00 17:05	0.88	1.33
20%的趕工訂單 最小最大法 有集體緩衝	00 18:12	00 00:00	00 18:53	0.82	1.27
20%的趕工訂單 最小最大法 無集體緩衝	00 17:32	00 00:00	00 17:01	0.90	1.27
20%的趕工訂單 由小到大等差法 有集體緩衝	00 17:48	00 00:00	00 18:19	0.85	1.30
20%的趕工訂單 由小到大等差法 無集體緩衝	00 17:24	00 00:00	00 16:54	0.90	1.32
20%的趕工訂單 平均比例法 有集體緩衝	00 17:44	00 00:00	00 18:15	0.85	1.30
20%的趕工訂單 平均比例法 無集體緩衝	00 17:24	00 00:00	00 16:55	0.90	1.32

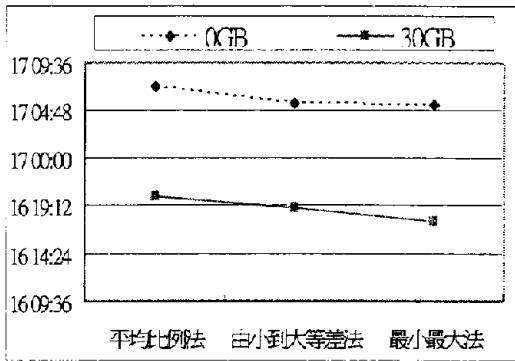
註：時間「17 05:18」則表示 17 日 5 小時 18 分。



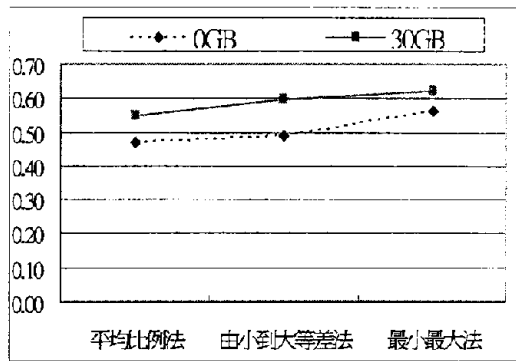
(a) 平均延遲時間



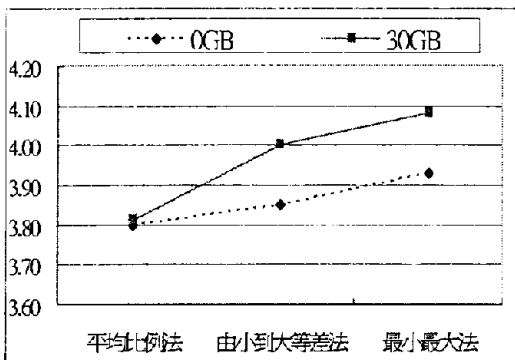
(b) 平均提早時間



(c) 平均流程時間

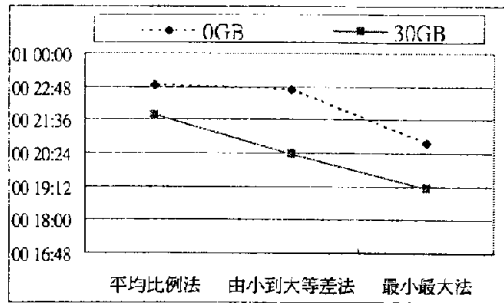


(d) 達交率

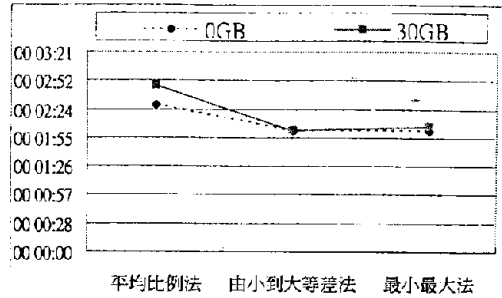


(e) 趕工數

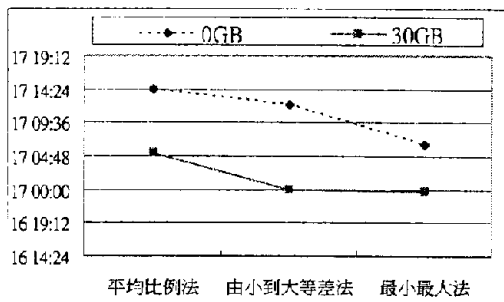
圖 14 瓶頸作業迴流、高的訂單緊急程度的實驗結果



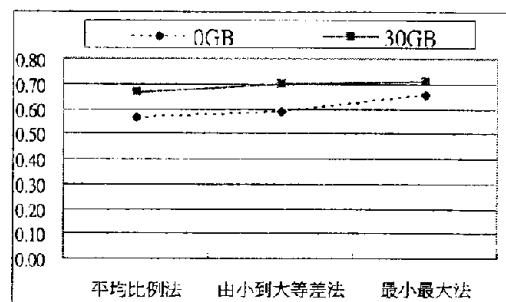
(a) 平均延遲時間



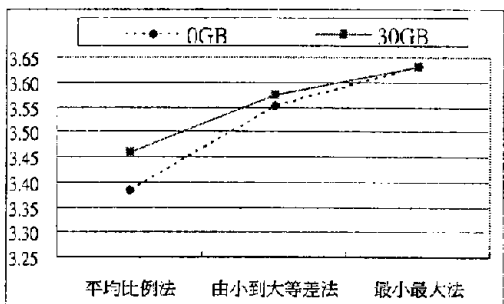
(b) 平均提早時間



(c) 平均流程時間

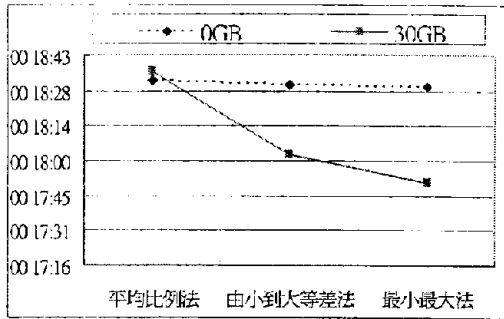


(d) 達交率

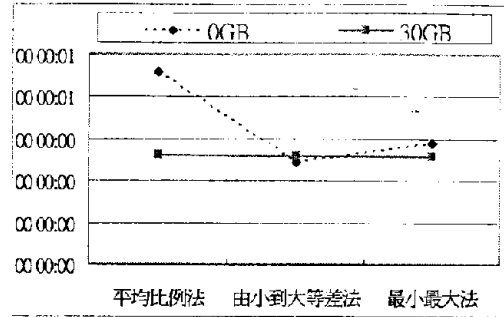


(e) 趕工數

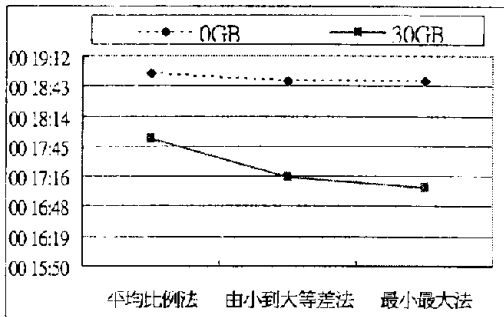
圖 15 瓶頸作業迴流、低的訂單緊急程度的實驗結果



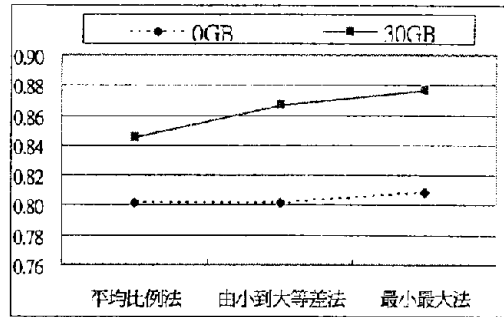
(a) 平均延遲時間



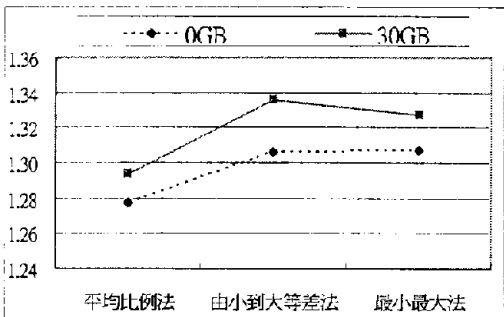
(b) 平均提早時間



(c) 平均流程時間

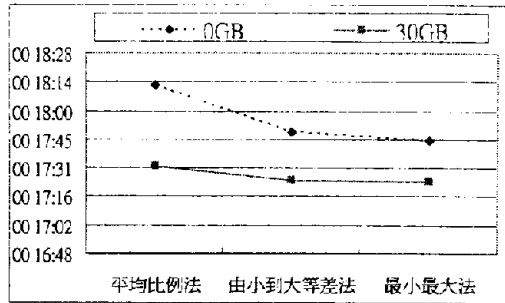


(d) 達交率

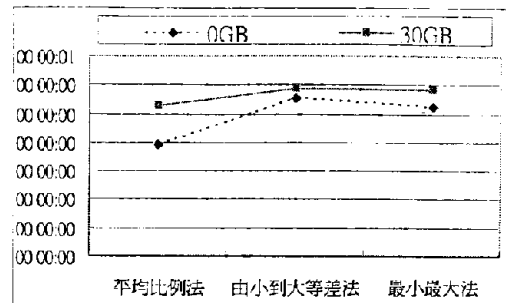


(e) 趕工數

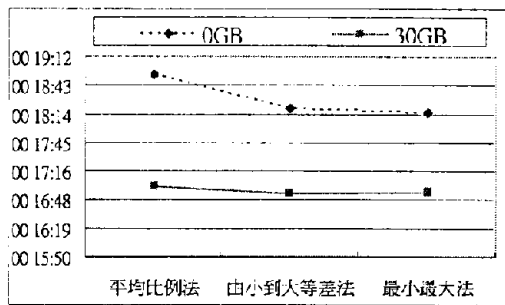
圖 16 瓶頸作業無迴流、高的訂單緊急程度的實驗結果



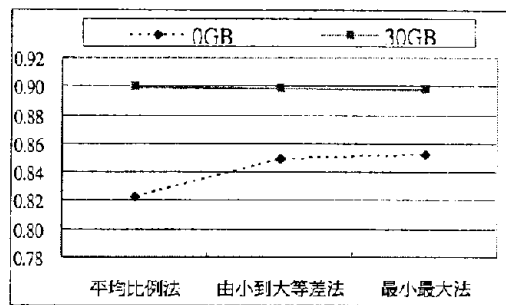
(a) 平均延遲時間



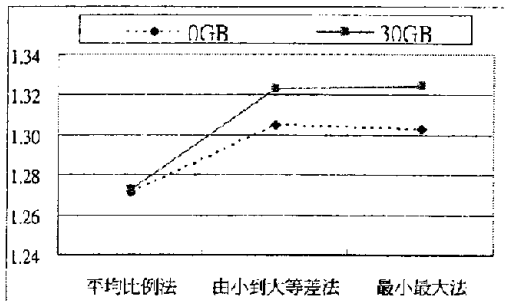
(b) 平均提早時間



(c) 平均流程時間



(d) 達交率



(e) 趕工數

圖 17 瓶頸作業無迴流、低的訂單緊急程度的實驗結果

4.5 小結

- (1) 對於訂單可用緩衝時間不足時，各個緩衝時間如何作分配調整，本研究具體的提出三種有效的分配方法，透過實驗證明，這三種分配方法都能有效的讓急緊訂單有機會在交期內達交，且能有效的管理控制交期，使達交率提升、平均流程時間縮短。
- (2) 根據實驗的結果，前面製程迴流之間隔緩衝分配較少時間、後面製程迴流之緩衝分配較多時間的分配方法，其結果有較好的表現；而平均比例的分配方法則比較差。
- (3) 本研究提出了一套以「後推值」為推平排程法則，來推平廢墟產生瓶頸節奏。並可利用集體緩衝減少排程上緩衝時間的浪費及吸收推平廢墟所產生的推長

效應。

- (4) 針對瓶頸作業迴流環境的訂單，本研究提出一套有效的交期管理控制模式，且利用緩衝管理的控制機制單一一個瓶頸迴製作業的進度。
- (5) 本訂單交期控制模式，不僅針對瓶頸作業迴流的環境有效，對於瓶頸作業沒有迴流的環境也能用此模式來管理控制。
- (6) DBR 技術對於複雜的瓶頸作業迴流環境不足的地方，本研究能有效的彌補排程、管理與控制等技術。

5. 瓶頸迴流生產型態之限制驅導式主生產排程方法研究

5.1 問題描述與分析

當訂單在瓶頸有愈多的迴流作業時，則其瓶頸的生產節奏即愈難設計或愈難維護。例如在沒有瓶頸迴流之環境，其產品製程只需經過一次瓶頸加工作業，則如何設計 DRUM 或推平廢墟，其決策是很直接的。然而，對於瓶頸作業迴流 (Reentry) 的生產環境，例如在一個有 10 個瓶頸迴流作業的環境，由於瓶頸作業的迴流特性，此環境下的訂單需經過瓶頸 10 次加工作業，則在設計 DRUM 或推平廢墟時，會因為同一訂單在瓶頸的前後迴流作業之相依特性，所導致的一些設計 DRUM 或推平廢墟的技術困難與複雜性。

因此，當在瓶頸作業迴流生產環境下，承接一張新訂單時而無法直接得知其可能之完成時間及投料時間，以及對現有訂單之影響等，而必須重排所有的訂單後才可得知，故無法直接應用 Spencer & Cox III [22] 所提出之限制驅導式主生產排程之觀念。

為了解決這個問題，吳鴻輝與李明煌[3]提出了瓶頸迴流作業合併之主生產排程構建模式，為後續說明，本研究在此定義吳鴻輝與李明煌[3]提出之合併模式稱為「瓶頸迴流作業之限制驅導式主生產排程」簡稱 CBMPS。如此即可將瓶頸迴流作業的問題簡化成類似瓶頸沒有迴流的單一瓶頸作業，以簡化瓶頸迴流作業之主生產排程的產生，而可直接應用 Spencer & Cox III 所提出之限制驅導式主生產排程之觀念。這個模式在初步構想上是可行的，然而卻有兩點不足之處如下：

1. 此合併模式(CBMPS)與瓶頸生產節奏(DRUM)設計兩者間的相關性，並無明確說明。

2. 此合併模式(CBMPS)所推導出之投料與入庫時間，並無合理的驗證。

針對第一點不足，合併而後展開其展開結果會依不同的展開設計方法而有所不同，亦即合併與展開存在某種介面關係，換言之，主生產排程計劃所排出之訂單交期或投料時間，和展開之瓶頸生產節奏所排出之訂單交期或投料時間有相關性，主生產排程計劃與展開之瓶頸生產節奏很接近才有意義。

針對第二點不足，缺少進一步的驗證瓶頸迴流作業之限制驅導式主生產排程(CBMPS)構建模式的合理性，亦即瓶頸迴流作業之限制驅導式主生產排程(CBMPS)構建模式所排出之訂單入庫時間或投料時間，必須和瓶頸生產節奏所排出之訂單交期或投料時間很相近才有意義。若瓶頸迴流作業之限制驅導式主生產

排程(CBMPS)構建模式所排出之訂單投料時間太早，則會造成現場負荷太高而使得等候時間太長，進而訂單生產週期時間增加，因此投料時間會遠早於實際排出之訂單投料時間，入庫時間會遠早於實際排出之完成投料時間。反之，若太晚投料，則會造成現場負荷太低而使得瓶頸生產節奏空洞很多，亦即浪費 CCR 產能。

而且在製程有迴流型態的工廠中(如半導體晶圓廠)，往往隨著迴流作業次數的增加，使得在生產規劃上變得相當複雜，像晶圓廠的一個產品就高達了上百道製程，在設計排程與估計交期時，常常會發生計劃無法執行與估算的交期與實際的交期相差甚遠。因此本研究運用 Goldratt 博士提出的限制理論[10]對瓶頸站開發一套瓶頸作業迴流型態之 DBR 軟體雛型，使用集體緩衝的限制驅導節奏設計，搭配瓶頸迴流作業之限制驅導式主生產排程的方法，再結合緩衝管理的方法，可以提供工廠從接單到現場生產排程計劃的安排，且在實際執行中有效的控制訂單進度。

5.2 瓶頸作業迴流型態 DBR 軟體架構

為了分析 CBMPS 的可行性本研究開發一套瓶頸作業迴流型態之 DBR 軟體雛型，包含了 CBMPS 模組、DBR 模組、現場派工模組、訂單交期控制模組等四大模組。四個模組間的關聯性如圖 18 所示，由 CBMPS 模組評估現場的產能，排出 CBMPS 的出貨節奏，確立 CBMPS 交期，以及參考備料時間，再給予 DBR 模組，進行細部的排程規劃，得到瓶頸機台的限制驅導節奏，得到瓶頸機台的加工次序與參考加工起迄時間，給予現場派工模組生產計劃，指派瓶頸機台的加工次序，以及現場的投料節奏，而 DBR 模組所產生的限制驅導節奏，亦可給予訂單交期控制模組，進行現場進度的監控，依狀況適度給予非瓶頸機台加工指示。在每次重排程的情況下，本系統軟體產生的計劃經由製造執行系統與現場進行聯繫，對於現場的狀況經由製造執行系統進行回饋，以進行訂單交期控制模組(BM)進度的監控，以及現場訂單進度狀態的回報，以利每次排程作業的進行。

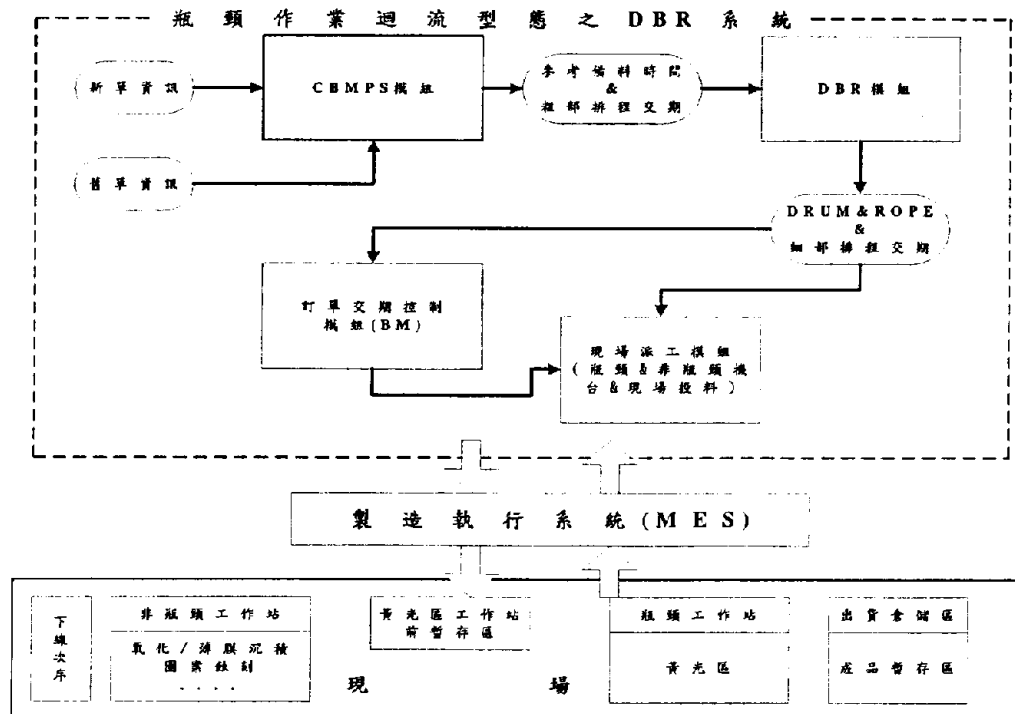


圖 18、瓶頸作業迴流型態之 DBR 各模組關聯圖

本系統可以有效改善在前一小節所提到的問題，其提供的功能包括：

- (1) 可以提供有效的產能評估模式：本研究是使用限制理論中的 DBR 為基礎，採用系統觀的概念，即瓶頸的產出才是全廠的產出，來建立產能的評估模式，採用瓶頸迴流作業之限制驅導式主生產排程(CBMPS)來進行 CBMPS 模組的設計。CBMPS 最基本的理念是把多迴流瓶頸作業合併為單一瓶頸作業來看，簡化了多迴流瓶頸作業的複雜性，使得全廠的產能可以有效且正確與快速的被評估出來。生產計劃人員可以利用此 CBMPS 模組，迅速的推算出現場的產能，可以快速回應訂單需求，而在行銷策略改變時，亦可以經由 CBMPS 模式作及時的應變。
- (2) 訂單交期的確認：對於訂單的確認，主要是在短時間內能快速回應客戶的需求，當業務人員在接到新訂單時，把新訂單的需求交給生產計劃人員以 CBMPS 模組進行訂單交期的推算，由於 CBMPS 的方法是把多迴流瓶頸作業合併為單一瓶頸作業來看，可以迅速推算出訂單交期而不用經過每個迴流瓶頸作業一個一個排定，縮短了排程的時效性。生產計劃人員在推算出訂單的交期後，可以快速的給予業務人員，以回應客戶的需求。當推算出來的交期(CBMPS 交期)與客戶的需求交期相近，即可進行承接的後序作業，而當推算出來的交期與客戶的需求交期有所相差時，可以把推算出來的交期給業務人員參考，使業務人員能有和客戶進行協商的依據。
- (3) 詳細的生產排程規劃：在現場的生產排程方面，限制理論中的 DBR 技術亦給予一套完整的設計模式，由於本系統採用系統觀的概念，主要是針對全廠的瓶頸機台加以設計其生產次序節奏，也就是限制驅導節奏，有效控制全廠的產能運用。限制驅導節奏可以給予瓶頸機台詳細的生產計劃，指示瓶頸機台在一堆訂單中應該要先加工那張訂單，而不用隨著現場催單改變計劃，因為限制驅導節奏即為生產計劃的主軸，是不可以改變的，除非是重新排程設計新的限制驅導節奏，有了限制驅導節奏作為生產的基準，可以使工廠的生產有一定的方針，而不會隨著狀況的產生而大亂。有了詳細的計劃，現場的瓶頸機台依限制驅導節奏，以充分利用瓶頸機台的產能，而非瓶頸機台可以視狀況自行決定，不用特別講求使用率百分之百，只要能全力配合瓶頸機台即可。只對瓶頸機台安排生產次序還可以緩和全廠的生產速度，因為如果對全廠的機台，包括瓶頸機台與非瓶頸機台皆安排加工次序，會使得現場過於緊迫，反而造成反效果。
- (4) 投料模式：在排定限制驅導節奏後，可以推算出每張訂單的投料節奏，該於何時投入何種物料以及應該投入多少數量，都有詳細的指示，此投料模式是為了全力配合瓶頸機台的生產節奏，有同步的意味存在，有效控制訂單在投料後到瓶頸機台的這段流程時間，減少了在製品屯積現象的發生，有別於一般的月產能平均投料，會發生多投料與少投料這類的問題。
- (5) 訂單交期的掌握：對於以往總是在訂單出貨日期快到了，才發現訂單進度落後，現場開始趕工的現象，本研究所建立的系統可以提供及時的進度監控功能，主要是因為本研究所使用的緩衝管理，是把訂單的進度分成區段來檢視，也就是每個緩衝時間中的三區間，每張訂單都可以作進度的監督，當進度落後時，對非瓶頸機台發出趕工的指示，使趕工單能迅速流到瓶頸機台進行加工作業，有別於以往的方式，要等到出貨時間快到了才開始追進度，現場催單不斷造成現場次序大亂。

5.3 限制驅導式主生產排程(CBMPS)模組

對於工廠的產能追求的是及時性和產能透明化，生產計劃人員在進行廠內產能評估時，能在最短時間內就評估出工廠內的產能情況，在業務人員接到客戶下訂單後，把訂單的資訊交給生產計劃人員進行訂單交期的評估，而生產計劃人員能在最少時間內衡量工廠是否有能力承接此單，推算訂單的交期回報給業務人員，使業務人員能快速回應客戶的需求，這一整個的過程期許的是迅速和及時化。

在產能不足情況下，就算無法滿足客戶的需求，亦能快速給予一可行的交期，提供客戶作選擇，例如像客戶的需求交期是3月5日12:00，而產能評估後無法在3月5日12:00準時出貨給客戶，但是經由計算後評估的出貨日期為3月6日12:00，此時就可以把此資訊給業務人員，讓業務人員可以利用此資訊與客戶進行協商，提供客戶作選擇。

一般對於產能評估常使用物料需求計劃中的主生產排程方式來進行規畫作業，主生產排程是利用粗估產能計劃來分析工廠是否有足夠產能，此方式會造成接單偏差與生產安排有不足之處，其最主要的原因是主生產排程並沒有考慮到工廠的實際產能，使得計劃與事實不相符合。因此 Spencer & Cox III[22]利用限制理論中的 DBR 觀念發展了限制驅導式主生產排程模式，強調系統觀的想法，以瓶頸產出來作為全廠的產出，這種觀念可以有效評估出工廠的實際產能，且可以確切評估出訂單的交期以及設計投料等訊息。

Spencer & Cox III 所提出的方式可以有效運用在單一瓶頸作業型態上，然而對於多瓶頸作業迴流型態而言，隨著瓶頸作業迴流次數的增加，限制驅導節奏的設計會變得很複雜，無法像單一瓶頸作業的限制驅導節奏，簡易排定瓶頸的加工次序。其次，瓶頸作業迴流型態下，對於訂單交期的給定，需要在訂單的最後一個瓶頸迴製完成，才有辦法推算出交期。基於上述的情況，為了產能透明化與快速回應客戶需求，Spencer & Cox III 所提出的限制驅導式主生產排程，無法很簡易的運用在瓶頸作業迴流型態下。

因此吳鴻輝與李明煌[3]提出了瓶頸迴流作業之限制驅導式主生產排程(CBMPS)建構模式，主要是針對瓶頸作業有迴流的情況下，把多個迴流瓶頸作業合併成單一個瓶頸作業來看，把瓶頸緩衝和各間隔緩衝加總起來，放到合併後的單一瓶頸作業前，做為合併後的瓶頸緩衝，從多個迴流瓶頸作業合併成單一個瓶頸作業，有效降低瓶頸迴流的複雜性，使得 Spencer & Cox III 所提出的限制驅導式主生產排程變得可以利用在瓶頸作業迴流型態的工廠中。

當客戶下訂單後，最希望得到的是什麼時間可以準時拿到貨品，業務人員為了滿足客戶的需求，也就是短時間內就能跟客戶說出貨的時間，常會要求生產計劃人員快速提供資訊，而生產計劃人員對於產能的規畫便要求快與準確，而本系統的 CBMPS 模組便能提供生產計劃人員此項要求。由於 CBMPS 模組是針對現場的瓶頸機台來設計，追求的是系統觀之管理思維，瓶頸機台的產能即代表系統的產能，因此在產能模式的評估上，可以有效的推算出現場的實際產能，也就是訂單在瓶頸機台的加工。

而在瓶頸作業迴流型態上，如果直接安排每個瓶頸作業迴製，會比使用 CBMPS 的方法來的慢，在要求及時性與快速回應下，直接安排是不適用的。因此，利用 CBMPS 的方式，把訂單的每個瓶頸作業合併成一個瓶頸作業來看，在以這些合併後的訂單進行生產的規畫，排定瓶頸處理作業，比多迴流瓶頸作業來規畫簡易的多。例如一張訂單有三個瓶頸作業迴製，也就是要經過瓶頸機台作三次的加工處理，因此就要為這三次進行規畫，而如果把三個瓶頸作業迴製利用

CBMPS 的方式先合併成一個瓶頸作業來看，只要進行一次的規劃即可，相較之下，CBMPS 的方式要比直接排多瓶頸作業迴製來的容易許多，縮短了規劃的時間，可以快速進行評估作業。

而對於交期的回應，CBMPS 的方式亦可縮短計算的時間，例如上面所說一張訂單有三個瓶頸作業迴製，對交期來說，如果是直接排多瓶頸作業迴製，那要等到最後一個瓶頸作業迴製(即第三次)在瓶頸機台的計劃加工結束時間推算出來，才可以求得出貨時間，然而如果採用 CBMPS 的方法，合併完後只剩下一個瓶頸作業，只要把這個瓶頸作業的計劃加工結束時間算出來，即可求得出貨時間，這兩者的區別在於直接排多瓶頸作業迴製需要把每一道瓶頸作業都排完才會知道出貨時間，而 CBMPS 的方式只要算一次即可。由於可知 CBMPS 模組對生產計劃人員而言，可以快速回應訂單的出貨資訊給業務人員，使業務人員能及時回應客戶的需求。

經由 CBMPS 模組輸出訂單 CBMPS 交期與參考備料時間後，可以得知瓶頸資源的產能概況，以方便對於新單的承接評估，當新單在 CBMPS 設計出來的交貨日期能與客戶需求的交貨日期相距不遠，便可以對客戶進行訂單確認，確定此張訂單後，即可由 CBMPS 模組輸出的結果進行備料作業，以及細部排程的安排；而當評估出來的交期與客戶需求相差甚遠，可與客戶進行協商作業，以評估出來的最早交期來給客戶選擇，如果客戶仍可接受，即進行備料，如果不行只有放棄此訂單，以承接下張新單。

為了給予相關人員進行訂單排程的分析，本研究設立一個交期分析報表，比較客戶需求交期與 CBMPS 交期的差異性，在這兩個交期間給予一個寬放時間，也就是當 CBMPS 排定的交期早於客戶需求交期之後 12 小時內都算達交，相反的當 CBMPS 排定的交期晚於客戶需求交期之後 12 小時外就算延誤，當出現訂單延誤狀況時，會給予警示以幫助相關人員進行應變作業。

5.4 限制驅導管理系統(DBR)模組

根據 CBMPS 模組的排程設計後，可以得到粗估的訂單入庫時間以及備料參考時間，然而這只是把多迴流的瓶頸製程合併成單一瓶頸製程後的結果，對於現場的計畫部份，並沒有排定瓶頸機台的細部排程加工次序，為了使現場的執行能順利，因此接下來將進行細部排程限制驅導節奏的探討。

對於工廠的生產排程規劃，擁有一套詳細的生產管理機制，可以減少現場的秩序混亂，而在瓶頸作業迴流型態的工廠中，由於瓶頸存在多迴流的型態，也就是加工訂單在瓶頸加工作業完成後，離開了瓶頸機台之後，還會重復的再流回瓶頸機台加工，這段時間有可能還要經過幾次非瓶頸機台加工才會再流回瓶頸機台，亦可能是在離開瓶頸機台後就直接在回送到瓶頸機台前的工作暫存區，以進行下一次的瓶頸機台加工作業。

也就是因為在這種多次的瓶頸作業迴流型態下，訂單需要多次的在瓶頸機台進行加工，會造成訂單的排程計劃設計變的很複雜，因此工廠大多改用現場派工的方式來進行加工，也就是那張訂單急就要求先加工那張訂單，在這樣的方式下，會造成現場生產秩序紊亂，生產策略不斷隨突發狀況在改變，例如訂單 A 距離交期快到了，便要求現場先加工訂單 A，而放下原本的訂單 B 加工計劃，而使得原本的訂單 B 也產生延誤，在對現場要求先加工訂單 B，就這樣一直惡性循環的在改變生產計劃，那是因為對於現場的生產計劃沒有一套完整的規劃作為指標基準。

因此本研究採用 Goldratt[10]所提出的限制驅導式現場排程與管理技術(DBR)

來進行生產規劃加工次序的安排，其主要的管理思維是針對整個工廠中，影響系統產出的瓶頸機台來看，追求的是系統觀的概念，而不是像一般追求局部觀的迷失，因為瓶頸機台的產出才代表整個工廠的產出。如果以瓶頸作為生產規劃的基準，可以改善前面提到的不斷改變的生產派工方法，建立瓶頸機台生產節奏，有效給予生產加工次序的方針。而在瓶頸作業迴流型態的環境，對於 DBR 的設計 Goldratt[12]提出了間隔棍的觀念來進行多迴流作業的安排，也就是在同一張訂單中，每個瓶頸作業間給與一個類似間隔棍的保護時間，以保護訂單在限制驅導節奏的設計上，能有效區隔每次的瓶頸作業，不會發生同張訂單的兩個瓶頸作業被安排在同一時間加工。

由於在瓶頸作業迴流型態的環境上，存在著製程相依性與瓶頸前後迴流作業間必須保持一個合理的間隔緩衝，使得在限制驅導節奏的設計上複雜許多。所謂的製程相依性是指訂單的後一個迴製瓶頸加工作業必須要排在前一次瓶頸加工作業之後，例如訂單 A 的第 3 次瓶頸加工作業必須排在第 2 次瓶頸加工作業之後，因為第 2 次瓶頸加工作業要加工完才可以進行第 3 次瓶頸加工作業。現行的設計上，大部份是利用各緩衝(瓶頸緩衝、間隔緩衝、出貨緩衝)來解決各狀況，然而就每個緩衝的保護而言並不一定適用，理由如下：

- (1) 緩衝時間的浪費：如果該次的瓶頸迴流作業的迴流過程中(即在非瓶頸機台的加工過程)，沒有發生意外，則其緩衝中的保護時間即浪費掉(該瓶頸作業在瓶頸機台等候過長的時間)。
- (2) 緩衝時間的不足：相反的，如果該次的瓶頸迴流作業的迴流過程中(即在非瓶頸機台的加工過程)，發生了機台故障等狀況，則其緩衝中的保護時間會不夠。

從上面兩點來看，會產生兩種結果，一種為該瓶頸作業準時完成，另一種為該瓶頸作業延誤甚重，這是因為整體緩衝的保護是足夠的，但分配在各迴流間的個別運用(即追求局部最佳)，沒有嚴重意外發生會浪費保護時間，嚴重意外狀況下緩衝時間又會不足，使得時間分配不均的結果。

因此本研究使用 Goldratt[13]所提出的集體緩衝(GB)策略來解決此問題，克服各瓶頸迴流作業追求局部最佳的盲點，將個別的保護時間集中運用與管理。在瓶頸作業有多迴流製程的環境下，對於限制驅導節奏的設計，使用集體緩衝的結果往往都要比沒有使用集體緩衝的結果要來的好。

集體緩衝主要設計理念是針對瓶頸緩衝、間隔緩衝、出貨緩衝三個緩衝皆擷取一部分的時間，彙整成一個集體緩衝時間，置於整張訂單流程結束後，作為保護整個訂單之交期用，每個間隔緩衝擷取的時間可相同也可不相同，本研究為了降低複雜的程度，採用擷取的時間為相同的比例，從三種緩衝(瓶頸緩衝、間隔緩衝、出貨緩衝)間，取每個緩衝的比例值，放到截取後的流程完成時間之後，作為保護用的集體緩衝時間。

當狀況產生時，瓶頸作業產生延誤，此刻整張訂單的流程會向後延，而吃掉集體緩衝的時間，當集體緩衝的時間被消耗越多，表示現場狀況多。因此集體緩衝亦可作為一個現場狀況指標，當集體緩衝時間被用完時，表示現場負荷過重，應當重新規劃整個製程安排與各緩衝的時間；反之，如果集體緩衝的時間都沒有被用到，那表示原本所設計的緩衝時間過大，可以在縮短其緩衝時間，使得訂單排定交期更早。

因此本研究的 DBR 模組採用限制驅導管理系統的設計方式，再搭配集體緩衝模式來進行設計，可以詳細規劃現場的生產排程計劃。

DBR 模組，有別於一般的生產型態，整個系統只針對瓶頸來加以設計，主

要用來安排工件在瓶頸機台的加工順序與加工參考時間，瓶頸在一個系統中是相當重要的一個部份，瓶頸機台的產出為整個工廠的產出，所以要能充分利用瓶頸機台的產能，一刻都不能浪費到，因此在規劃現場生產排程時，只要著重在瓶頸機台即可。

除了基本的 DBR 設計外再搭配使用集體緩衝的方法來建立限制驅導節奏，因為在瓶頸作業迴流型態上，一張訂單有著許多的瓶頸迴製作業，而每個迴製作業的緩衝設計上常會給予一段時間來保護，以方便加工物件來的及回流到瓶頸機台進行加工，而這段緩衝時間的設計過大或過小皆不合適，而且加工時的狀況產生的也不一樣，狀況沒發生時，會有浪費緩衝的可能，而狀況發生又怕緩衝時間不夠，因此把原本的緩衝時間集中來管理，把緩衝時間分配一些出來整理成集體緩衝放到整張訂單流程的最後面，當訂單各緩衝的時間如果不足了，在使用到集體緩衝的時間，這樣的方法可以有效發揮保護的目的又不會造成時間的浪費。

結合了集體緩衝的 DBR 模組，在給予現場執行時有更詳細的計畫，針對訂單的各個瓶頸迴流作業做生產加工的安排，依據訂單狀態以及產能情況來建立限制驅導節奏，以此限制驅導節奏作為生產加工的基準法則，不可以隨意變更，瓶頸機台只要依據此節奏來加工即可。經由此限制驅導節奏還可以推算出訂單的 DBR 交期，以及加工物件原物料的投料節奏。

在本模組的功能中，可以得到限制驅導節奏，而從此節奏中，即可以推算出訂單的 DBR 交期以及訂單的投料節奏。限制驅導節奏模組主要是在為現場作細部的生產排程規劃，不同於 CBMPS 模組是為了能迅速取得訂單的交期，然而此兩模組必須同時搭配，才能發揮比較好的效果。

而整個計劃設計的部份即可由此產生，包括 CBMPS 模組、DBR 模組兩者，CBMPS 模組進行產能評估與物料的準備，還可以迅速得到一個粗部排程交期，以快速回應客戶需求。而 DBR 模組可以產生瓶頸機台的加工次序也就是限制驅導節奏，指示瓶頸機台該加工那一張訂單，而從限制驅導節奏又可以推導出投料節奏以及出貨節奏也就是 DBR 交期，投料節奏可以控制現場的在製品數量，整個生產排程的規劃，從投料到機台的加工，都有詳細的計劃以方便現場的進行。

相同的在 DBR 模組中，為了給予相關人員進行訂單排程的分析，本研究亦設立一個交期分析報表，比較 CBMPS 交期與 DBR 交期的差異性，在這兩個交期間給予一個寬放時間，也就是當 DBR 排定的交期早於 CBMPS 交期之後 12 小時內都算達交，相反的當 DBR 排定的交期晚於 CBMPS 交期之後 12 小時外就算延誤，當出現訂單延誤狀況時，會給予警示以幫助相關人員進行應變作業。

5.5 現場派工模組

在有了詳細的計劃後，針對計劃要在現場的執行，由現場派工模組來進行各機台的指派作業，包括三個部份：現場投料、瓶頸機台派工、非瓶頸機台派工，底下分別說明之。

- (1) 現場投料：在現場物料的控制中，投料佔有很大的影響，當投入的物料過多時會造成加工物件在現場有嚴重堆積的趨勢，現場過於緊迫，機台會處於負荷過重的情況，而造成瓶頸機台的不確定，也就是說因為投料過多造成瓶頸機台不斷在改變。亦或者投入的物料量太少造成機台閒置沒有料加工的狀況，浪費了機台的產能，要是這個閒置的機台為系統的瓶頸機台，那會嚴重影響到全廠的產能，因此該怎麼投料，要投入多少數量、應該要投入那一種產品、應該要在那個時間點投入，都是一個需要克服的問題。為了不讓現場在製品過高或發生缺料的情形，對於原物料的投入要給予一定的管控。在本

系統中，對於投料的控制也給予一定的指示，在限制驅導節奏產生後，為了能「全力配合」瓶頸機台的產能，使得瓶頸機台有料可以做，投料要有一定的搭配，要依照限制驅導節奏所推出來的投料節奏(ROPE)來進行投料作業，在這兩個節奏間，存在一種「同步」的意味，瓶頸機台的加工與投料站的下線是一體的，投料人員在一定的時間投下一定的數量，以有效控管現場物料的流通，使得現場在製品不過高或缺料產生。

- (2) 瓶頸機台派工：對於瓶頸機台的加工，其生產次序採用計畫中的限制驅導節奏來進行生產，然而在此要注意的是，限制驅導節奏是給予生產次序的依據，其開始加工時間只是參考，並不是要依照時間來加工，如果依照時間來加工，會讓瓶頸機台產生等待，浪費瓶頸產能的可能性，因此要依照次序來加工。當遇到訂單的排程時間到了但加工單尚未到達瓶頸站，要先加工已到達瓶頸機台的其餘訂單，這是為了「充分利用」瓶頸資源，簡言之，瓶頸機台的加工次序要看在機台前的暫存區中次序最早的先行加工。
- (3) 非瓶頸機台派工：由於本研究是採用集中式派工(只針對瓶頸機台來設計)，對於非瓶頸機台的加工，則採用分散式派工，由該非瓶頸機台的操作人員自行決定。而對非瓶頸機台來說，其產能的利用不用要求百分之百，因為多做只會增加在製品，因此在本研究中採取的生產策略為先到先做(FIFO)的方式，加工物件到了再做就好。而在現場發出趕工狀態時，每個非瓶頸機台都要依緩衝管理機制所發出的趕工單來加工，也就是說當趕工令發出時，非瓶頸機台要檢視其機台前的暫存區，當發現有趕工單存在時，要先加工此趕工單，讓此趕工單快速流到下一加工站，最終讓此趕工單能迅速到達瓶頸機台進行加工作業，以「全力配合」瓶頸機台。

從 DBR 模組所產生的限制驅導節奏來安排瓶頸機台來安排生產次序(集中式派工)，而 DBR 模組所產生的加工物件原物料投料節奏，用來指派各投料站的投料節奏。由於本系統只有對其生產加工次序完全依照限制驅導節奏來進行，而對於非瓶頸機台而言，則交由該站處理人員依現場狀況自行決定(分散式派工)。

5.6 訂單交期控制模組(緩衝管理)

訂單交期控制模組，主要是在現場實際執行時，對於訂單進度加以控制，現場存在太多不確定因素(如機台當機等)，並不能那麼理想的跟著計劃執行，因此對於現場突發狀況的產生，要給出一套應變措施。在此利用緩衝管理來控制訂單進度，針對各緩衝來作進度的監控，當訂單進度落後時，對非瓶頸機台發出趕工指令，以使得趕工單能迅速流到瓶頸機台進行加工。

緩衝管理是現場控制的一個重點，其作法是將每個緩衝時間(包含瓶頸緩衝與出貨緩衝，至於間隔緩衝，則可以視為每一次的瓶頸緩衝)的大小分為三區間，分別為忽略區、警示區、趕工區，而這三個區間的大小可以相同，亦可以依不同狀況給予不同的比例，本研究採用相同的比例來設定這三區間。

由緩衝管理來進行全廠訂單的進度控制，可以有有效的監控訂單的每一次瓶頸作業迴製，然而要是訂單的瓶頸作業迴製已延誤甚重，訂單穿透了趕工區，就算最後訂單到達了瓶頸機台加工完成，卻已是下一個迴製的延誤的開始，因此趕工就變得沒有意義。

因此除了緩衝管理來進行訂單進度控制外，要能隨現場狀況有應變措施，例如重排程。重排程可以隨時依現場狀況更新資訊，依訂單現場進度重新規劃其排程，如訂單在現場延誤發生了，舊的排程計劃變得無效，因此重新安排生產計劃，

設計新的限制驅導節奏，給予新的緩衝管理資訊，才能有效控制訂單的進度。對於重排程，本研究為了設計上的方便，使用固定時間重排的方式，每 24 小時重新設計限制驅導節奏。

5.7 模擬實驗

為了驗證本系統之可行性，本研究利用 eM-plant 模擬軟體來建立模擬工廠，針對生產型態是在有迴製(Reentry)系統的零工型工廠(Job Shop)生產環境。對於模擬環境的基本假設如下：

- (1) 在同一時間下每一部機台只能加工一個工件。
- (2) 在下一個工件進來工作站前，機器上的加工件需一次完成。(不允許加工件被中斷)
- (3) 對任何一部機台而言，工件均無重工 (Rework) 狀況。
- (4) 對每一種產品而言，加工途程是固定的。

本研究之瓶頸作業迴流環境是參考 Wein[26]所提出的實驗環境來進行設定，其環境的設定包括了工作站數、機台數、產品的加工途程等，由於其加工產品只有一種，本研究以相同的製造邏輯，另外增加 4 種產品類別，以增加訂單組合的變化，整體現場環境如下：現場總共有 24 個獨立的工作站，每個工作站的機台數不一定；工廠有 A~E 等 5 樣瓶頸迴流的產品，每樣產品的加工途程都不一樣，機台加工的時間也不一定，其中經過瓶頸作業迴流產品的迴製數為 15~20 個；各機台均有平均失效時間(MTBF)以及平均修復時間(MTTR)。

在機台的派工方面，本系統針對派工部份有一定的指示，例如瓶頸機台的部份是按照限制驅導節奏的次序來加工，而在非瓶頸機台的部份，一般常態下是以 FIFO 的派工法則才進行加工作業，如果現場發出趕工機制時，則需先行加工趕工的訂單。在加工時間方面，Kim 等人[14]在模擬半導體晶圓廠機台加工的時間，是採用均勻分配，值為 Uniform($0.9 \times$ 機台平均處理時間, $1.1 \times$ 機台平均處理時間)，因此本研究亦採用此算式的加工時間來進行設定。

對於訂單到達的時間來說，在 Elvers[9]的研究中指出，對於零工型工廠的排程來說，發現不同訂單到達間隔的分配並非影響評估系統之績效指標的重要變數。因此在本研究中訂單的到達是採用每天到來 1~5 張的 Uniform 分配，也就是 一天中 24 小時平均分配給這 1~5 張的間隔時間。

對於訂單的交期設定，本研究採用 TWK(Total Work Content)法則[8]來設定訂單的交期，如公式 2 所示，其中 D_i 表示訂定 i 的交期， T_i 為訂單 i 到達系統的時間， k 為可容許的寬鬆因子(Allowance Factor)， TWK_i 為訂單 i 的總加工時間。

$$D_i = T_i + k \times TWK_i \quad (\text{式 2})$$

在 TWK 法則的交期設定中，對於交期時間的鬆緊度是由寬鬆因子 k 來決定，在 Blackstone[6]的研究中分別使用 3、4、5、6 和 7 的寬鬆因子來進行設定，在相關的文獻中，寬鬆因子常使用的範圍不外乎是從 2~8 的值為最多[17]。在本研究中，對於寬鬆因子的大小是採用 $k = \text{Uniform}(1.7, 2.2)$ 的範圍來進行設定。

5.7.1 範例說明

在每天到達 1~5 張訂單的情況下，截取在 2003/06/19 12:30 與 2003/06/21 12:30 連續三天重新排程的情況，列出本系統之各相關資訊情況，檢視三天的差異性以及重新排程的概況。

(1) 2003/06/19 12:30 系統運作

在接到新訂單後，經由 CBMPS 子系統進行訂單交期的評估作業，以確定此張訂單是否可以承接，在經過 CBMPS 子系統處理過後，可以發現此張訂單是可

以承接的，如圖 19 所示。在圖中可以發現訂單 433 的 CBMPS 交期與客戶的需求交期一致，表示工廠有能力承接此張訂單。在經過 CBMPS 子系統評估交期後，即可進入 DBR 子系統來安排細部的生產排程規劃，主要是安排瓶頸機台的加工次序，也就是訂單在瓶頸機台的生產節奏。在確立了瓶頸的生產節奏次序後，可以把新單在瓶頸機台的第一次瓶頸加工時間減去瓶頸緩衝，推算出新單的投料時間。

integer	integer	datetime	datetime	string	string	string
1	2	3	4	5	6	7
string	No. of MO	Product	Due Date	CBMPS Delivery Day	delivery	
13	424		2003/06/27 09:59:32	2003/06/27 09:59:32	yes	
14	425		2003/06/30 19:43:24	2003/06/30 19:43:24	yes	
15	426		2003/07/01 08:30:21	2003/07/01 00:30:21	yes	
16	427		2003/07/01 00:52:42	2003/07/01 00:52:42	yes	
17	428		2003/07/01 06:19:49	2003/07/01 06:19:49	yes	
18	429		2003/07/03 02:36:32	2003/07/03 02:36:32	yes	
19	430		2003/07/03 11:32:22	2003/07/03 11:32:22	yes	
20	431		2003/07/01 00:58:57	2003/07/01 00:58:57	yes	
21	432		2003/07/05 08:30:26	2003/07/05 08:30:25	yes	
22	433		2003/07/03 05:10:49	2003/07/03 05:10:49	yes	

圖 19、CBMPS 子系統交期分析

在 DBR 子系統中，還可以分析細部排程的結果，是否能滿足 CBMPS 子系統所規劃出來的交期，以確立計劃的可行性，如圖 20 所示，可以知道這一次的細部排程結果皆能符合 CBMPS 所規劃的交期，而對於編號 433 的新單，在 DBR 子系統的排程結果，其 DBR 交期為 2003/06/30 04:14，比 CBMPS 交期 2003/07/03 05:10 還要來的早。

integer	integer	datetime	datetime	datetime	string	string	string
1	2	3	4	5	6	7	8
string	No. of MO	Product	Due Date	CBMPS Delivery Day	DBR Delivery Day	delivery	
13	424		2003/06/27 09:59:32	2003/06/27 09:59:32	2003/06/25 12:28:01	yes	
14	425		2003/06/30 19:43:24	2003/06/30 19:43:24	2003/06/25 17:36:01	yes	
15	426		2003/07/01 08:30:21	2003/07/01 00:30:21	2003/06/27 03:47:01	yes	
16	427		2003/07/01 00:52:42	2003/07/01 00:52:42	2003/06/29 07:25:01	yes	
17	428		2003/07/01 06:19:49	2003/07/01 06:19:49	2003/06/29 15:13:01	yes	
18	429		2003/07/03 02:36:32	2003/07/03 02:36:32	2003/06/29 12:25:01	yes	
19	430		2003/07/03 11:32:22	2003/07/03 11:32:22	2003/06/29 12:01:01	yes	
20	431		2003/07/01 00:58:57	2003/07/01 00:58:57	2003/06/29 11:56:01	yes	
21	432		2003/07/05 08:30:26	2003/07/05 08:30:26	2003/06/30 11:25:01	yes	
22	433		2003/07/03 05:10:49	2003/07/03 05:10:49	2003/06/30 04:14:01	yes	

圖 20、DBR 子系統交期分析

在確立了生產計劃後，即可進行現場的派工作業，對於瓶頸機台的加工可以開啟限制驅導節奏來了解應該加工哪一個訂單。而對於非瓶頸機台來說，由於非瓶頸的派工原則是採用先到先加工的方式，在控制模組發出趕工後才先加工趕工單，而此刻無趕工情況，因此非瓶頸機台只要採用先進先出的派工法則即可。在現場的投料方面，投料人員可以開啟投料節奏表來確定應該要投入哪些物料，此

投料節奏是由 DBR 子系統所規劃而成。在現場控制方面，相關人員可以開啟訂單進度表來確認訂單的概況。

(2)2003/06/20 12:30 系統運作

在 2003/06/20 12:30 中到達一張新單，訂單編號為 434，產品種類為產品 2，數量為 1，客戶的需求交期為 2003/07/05 04:35，在接到新訂單後，可以經由 CBMPS 子系統進行訂單交期的評估作業，以確定此張訂單是否可以承接，在經過 CBMPS 子系統處理過後，可以發現此張訂單是可以承接的，如圖 21 所示。在圖中可以發現訂單 434 的 CBMPS 交期與客戶的需求交期一致。

Order No.	Product	Due Date	CBMPS Delivery Day	Delivery
417	1	2003/06/26 07:39:07	2003/06/26 07:39:07	yes
418	1	2003/06/29 00:18:58	2003/06/29 00:18:58	yes
419	3	2003/06/26 17:11:20	2003/06/26 17:11:20	yes
420	5	2003/06/29 22:44:46	2003/06/29 22:44:46	yes
421	2	2003/06/29 14:14:47	2003/06/29 14:14:47	yes
422	3	2003/06/27 02:30:23	2003/06/27 02:30:23	yes
423	4	2003/06/28 23:43:48	2003/06/28 23:43:48	yes
424	2	2003/06/27 09:59:32	2003/06/27 09:59:32	yes
425	3	2003/06/30 19:43:24	2003/06/30 19:43:24	yes
426	4	2003/07/01 00:30:21	2003/07/01 00:30:21	yes
427	2	2003/07/01 00:52:42	2003/07/01 00:52:42	yes
428	3	2003/07/01 06:19:49	2003/07/01 06:19:49	yes
429	2	2003/07/03 02:36:32	2003/07/03 02:36:32	yes
430	4	2003/07/03 11:32:22	2003/07/03 11:32:22	yes
431	3	2003/07/01 00:58:57	2003/07/01 00:58:57	yes
432	2	2003/07/05 06:30:26	2003/07/05 06:30:26	yes
433	4	2003/07/03 05:10:49	2003/07/03 05:10:49	yes
434	2	2003/07/05 04:35:20	2003/07/05 04:35:20	yes

圖 21、CBMPS 子系統交期分析

在 DBR 子系統中，還可以分析細部排程的結果，是否能滿足 CBMPS 子系統所規劃出來的交期，以確立計劃的可行性，如圖 22 所示，可以知道這一次的細部排程結果皆能符合 CBMPS 所規劃的交期，而對於編號 434 的新單，在 DBR 子系統的排程結果，其 DBR 交期為 2003/07/01 08:42，比 CBMPS 交期 2003/07/05 04:35 還要來的早。

Order No.	Product	Due Date	CBMPS Delivery Day	DBR Delivery Day	Delivery
417	1	2003/06/26 07:39:07	2003/06/26 07:39:07	2003/06/26 10:14:08	yes
418	1	2003/06/29 00:18:58	2003/06/29 00:18:58	2003/06/29 13:34:08	yes
419	3	2003/06/26 17:11:20	2003/06/26 17:11:20	2003/06/26 23:08:08	yes
420	5	2003/06/29 22:44:46	2003/06/29 22:44:46	2003/06/29 30:41:08	yes
421	2	2003/06/29 14:14:47	2003/06/29 14:14:47	2003/06/29 24:56:08	yes
422	3	2003/06/27 02:30:23	2003/06/27 02:30:23	2003/06/27 14:28:08	yes
423	4	2003/06/28 23:43:48	2003/06/28 23:43:48	2003/06/28 19:16:08	yes
424	2	2003/06/27 09:59:32	2003/06/27 09:59:32	2003/06/27 12:50:08	yes
425	3	2003/06/30 19:43:24	2003/06/30 19:43:24	2003/06/29 03:18:08	yes
426	4	2003/07/01 00:30:21	2003/07/01 00:30:21	2003/06/27 00:04:08	yes
427	2	2003/07/01 00:52:42	2003/07/01 00:52:42	2003/06/27 13:58:08	yes
428	3	2003/07/01 06:19:49	2003/07/01 06:19:49	2003/06/29 13:17:08	yes
429	2	2003/07/03 02:36:32	2003/07/03 02:36:32	2003/06/29 23:34:08	yes
430	4	2003/07/03 11:32:22	2003/07/03 11:32:22	2003/06/29 11:40:08	yes
431	3	2003/07/01 00:58:57	2003/07/01 00:58:57	2003/06/28 15:47:08	yes
432	2	2003/07/05 06:30:26	2003/07/05 06:30:26	2003/06/30 02:04:08	yes
433	4	2003/07/03 05:10:49	2003/07/03 05:10:49	2003/06/30 02:14:08	yes
434	2	2003/07/05 04:35:20	2003/07/05 04:35:20	2003/07/01 08:42:01	yes

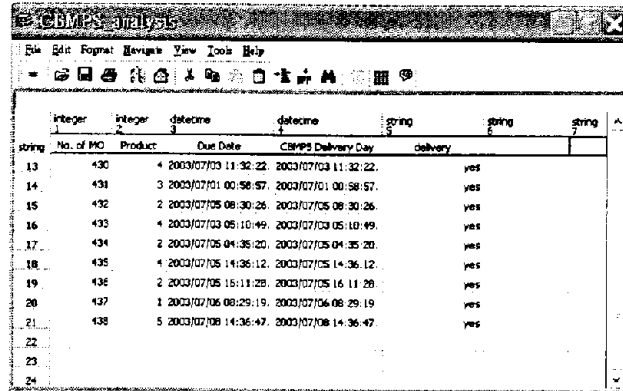
圖 22、系統之 DBR 子系統交期分析

(3)2003/06/21 12:30 系統運作

在 2003/06/21 12:30 中到達了 4 張新單，編號為 435，訂單種類為產品 4，數量為 1，交期為 2003/07/05 14:36；編號為 436，訂單種類為產品 2，數量為 1，交期為 2003/07/05 16:11；編號為 437，訂單種類為產品 1，數量為 1，交期為 2003/07/06 08:29；編號為 438，訂單種類為產品 5，數量為 1，交期為 2003/07/08

14:36。

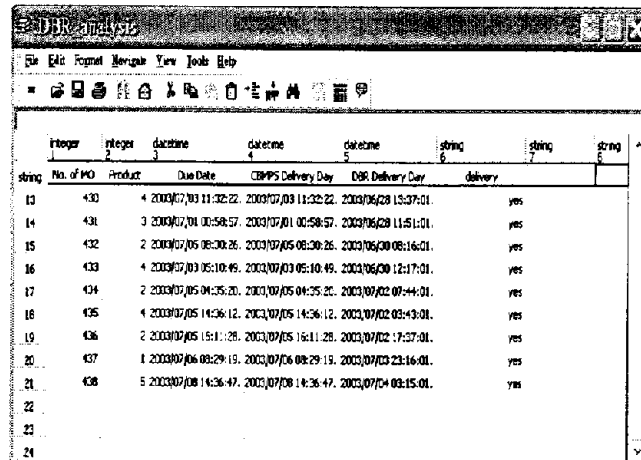
在接到新訂單後，可以經由 CBMPS 子系統進行訂單交期的評估作業，以確定這些訂單是否可以承接，在經過 CBMPS 子系統處理過後，可以發現這些訂單是可以承接的，如圖 23 所示。在圖中可以發現訂單 435~438 的 CBMPS 交期與客戶的需求交期一致，表示工廠亦有能力承接這些訂單。



integer	integer	datetime	datetime	string	string	string
No. of PO	Product	Due Date	CBMPS Delivery Day	delivery		
13	430	4 2003/07/03 11:32:22	2003/07/03 11:32:22	yes		
14	431	3 2003/07/01 00:58:57	2003/07/01 00:58:57	yes		
15	432	2 2003/07/05 08:30:26	2003/07/05 08:30:26	yes		
16	433	4 2003/07/03 05:10:49	2003/07/03 05:10:49	yes		
17	434	2 2003/07/05 04:35:20	2003/07/05 04:35:20	yes		
18	435	4 2003/07/05 14:36:12	2003/07/05 14:36:12	yes		
19	436	2 2003/07/05 15:11:28	2003/07/05 15:11:28	yes		
20	437	1 2003/07/06 08:29:19	2003/07/06 08:29:19	yes		
21	438	5 2003/07/08 14:36:47	2003/07/08 14:36:47	yes		

圖 23、系統之 CBMPS 子系統交期分析

在 DBR 子系統中，還可以分析細部排程的結果，是否能滿足 CBMPS 子系統所規劃出來的交期，以確立計劃的可行性，如圖 24 所示，可以知道這一次的細部排程結果皆能符合 CBMPS 所規劃的交期。



integer	integer	datetime	datetime	datetime	string	string	string
No. of PO	Product	Due Date	CBMPS Delivery Day	DBR Delivery Day	delivery		
13	430	4 2003/07/03 11:32:22	2003/07/03 11:32:22	2003/06/28 13:37:01	yes		
14	431	3 2003/07/01 00:58:57	2003/07/01 00:58:57	2003/06/28 11:51:01	yes		
15	432	2 2003/07/05 08:30:26	2003/07/05 08:30:26	2003/06/30 08:16:01	yes		
16	433	4 2003/07/03 05:10:49	2003/07/03 05:10:49	2003/06/30 12:17:01	yes		
17	434	2 2003/07/05 04:35:20	2003/07/05 04:35:20	2003/07/02 07:44:01	yes		
18	435	4 2003/07/05 14:36:12	2003/07/05 14:36:12	2003/07/02 03:43:01	yes		
19	436	2 2003/07/05 15:11:28	2003/07/05 15:11:28	2003/07/02 17:37:01	yes		
20	437	1 2003/07/06 08:29:19	2003/07/06 08:29:19	2003/07/03 23:16:01	yes		
21	438	5 2003/07/08 14:36:47	2003/07/08 14:36:47	2003/07/04 03:15:01	yes		

圖 24、系統之 DBR 子系統交期分析

5.7.2 CBMPS 模擬實驗

本實驗之目的主要是驗證 CBMPS 是否合理可行，以探討 CCR 負荷、迴圈數多寡、有無 GB、和有無 CBMPS 對績效之影響。實驗的結果顯示如下：

一、CBMPS 構建模式是可行/合理的

(一) 當有 CBMPS 而無 GB 之情況

1. 會隨著 CCR 負荷越高時，而造成其根據瓶頸生產節奏所計算出之完成時間會超出 CBMPS 所規劃之入庫時間，即可能有訂單延誤。
2. 排程結果一入庫差與投料差會隨著迴圈數的增加而差異越大，且當迴圈數越大其交期延誤開始於 CCR 負荷較小時。

(二) 當有 CBMPS 且有 GB 之情況

1. CCR 負荷於 90% 以上之情況下，排程結果會隨著迴圈數的增加其入庫

差越大，且都可在交期內達交。

2. CCR 負荷於 90% 以上之情況下，排程結果也會隨著迴圈數的增加其入庫差越大，但其增加速度比較緩慢，並且都可在交期內達交。例如圖 25 所示，當迴圈數為 2-10 時其交期延誤開始於 CCR 負荷 90 以上。

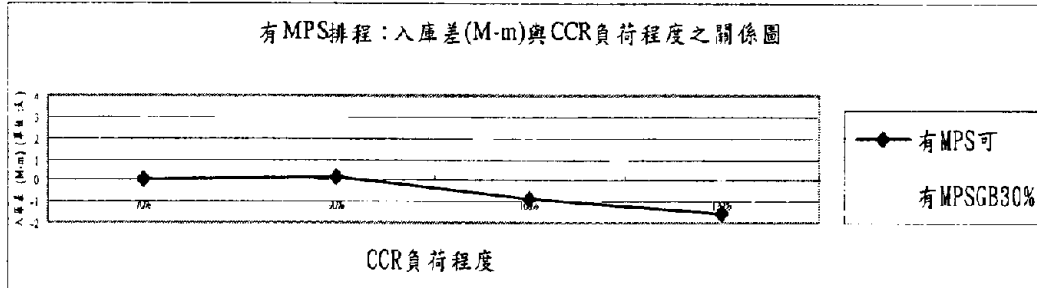


圖 25、在迴圈次數 2~10 迴圈、有 CBMPS 排程情況下，其不同 CCR 負荷程度與入庫差之關係圖

因此，CBMPS 構建模式是合理的，而透過本模式整合集體緩衝觀念與瓶頸迴流作業之限制驅導式主生產排程(CBMPS)構建模式(有 CBMPS 且有 GB)其績效會更佳。

- 二、透過 CBMPS 可有效的平準化 CCR 產能，以求出合理之投料與入庫時間並且有效控制平均流程時間

(一) 有 CBMPS

1. 無 GB：當且 CCR 負荷於 90% 以上之情況下，排程結果會隨著迴圈數的增加其入庫差越大，且交期都延誤。
2. 有 GB：當 CCR 負荷於 90% 以上之情況下，排程結果也會隨著迴圈數的增加其入庫差越大，但其增加速度比較緩慢，並且都可在交期內達交；平均流程時間百分比都比 100% 小，即其平均流程時間都小於標準流程時間。

有 GB 其平均流程時間百分比會小於無 GB 其平均流程時間百分比。有 GB 其平均流程時間百分比之成長速度會小於無 GB 其平均流程時百分比之成長速度。

(二) 無 CBMPS

1. 無 GB：當且 CCR 負荷於 70% 以上之情況下，排程結果會隨著迴圈數的增加其入庫差越大，且交期都延誤。
2. 有 GB：當 CCR 負荷於 90% 以上之情況下，排程結果也會隨著迴圈數的增加其入庫差越大，但其增加速度比較緩慢，且交期都延誤。

有 GB 其平均流程時間百分比會小於無 GB 其平均流程時間百分比。有 GB 其平均流程時間百分比之成長速度會小於無 GB 其平均流程時百分比之成長速度。如圖 26 所示。

因此，透過合併瓶頸迴流作業所得之 CBMPS 可有效地平準瓶頸產

能，不但使現場排程(DRUM)有所依據(投料與入庫計劃)，並且可使訂單之達交績效更佳以及有效控制平均流程時間。

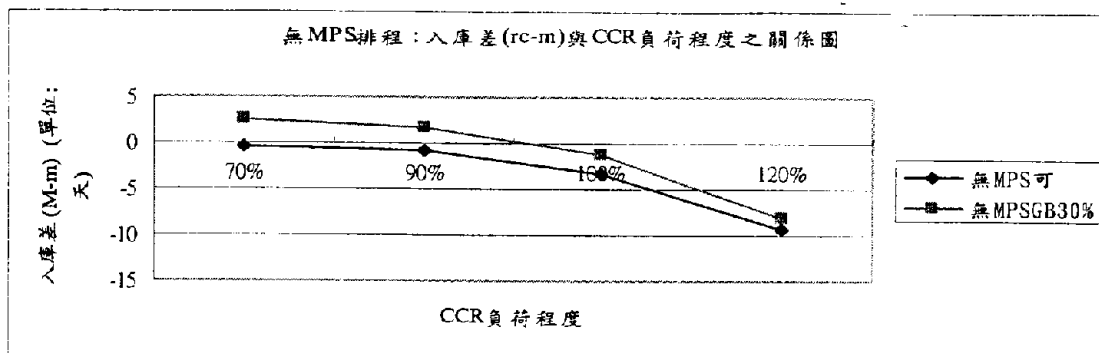


圖 26、在迴圈次數 2~10 迴圈、無 CBMPS 排程情況下，其不同 CCR 負荷程度與入庫差之關係圖

5.8 小結

在經由多次的範例測試後，針對測試結果的分析與比對，可以歸納出下列幾點結論：

- (1) 在進行 CBMPS 子系統的 DRUM 設計時，系統皆能依狀況反應出排程的變化與訂單交期計劃。
- (2) 在進行 DBR 子系統的 DRUM 設計時，系統亦能依狀況規劃出細部排程的生產次序與投料規劃。
- (3) 在現場的進度控制方面，緩衝管理子系統能適時的監控每張訂單的進度，並適時發出警示以告知使用者狀況。
- (4) 在每次重排程下，能根據訂單狀況適時安排新的生產排程規劃，以更新現場的派工指示。

6. 結論

雖然限制驅導式現場排程與管理技術已能成功的應用在愈來愈多的產業上，然而目前卻只能適用於生產型態是瓶頸作業沒有製程迴流的工廠。對於瓶頸作業有迴流(Reentry)或迴圈(Loop)的生產環境，例如半導體晶圓製造廠、測試廠或多層母板製造廠等，在應用限制驅導式現場排程與管理技術時，由於瓶頸作業有迴流之特性，而產生了(1)訂單在瓶頸的生產節奏無法直接設計(推平)、(2)緩衝管理的交期控制功能不足、及(3)限制驅導式主生產排程不易產生與維護等困難，因而無法直接應用。

因此本計畫之目的即在針對瓶頸作業有迴流的生產環境之需求，應用限制理論專案管理的集體緩衝與局部緩衝之策略，來強化目前限制驅導式現場排程與管理技術應用於瓶頸作業有迴流的生產環境之不足。因而提出了應用集體緩衝於瓶頸迴流生產型態之限制驅導式現場排程與管理技術之研究，其研究主題分為三大部份：

- (1) 瓶頸迴流生產型態之限制驅導式現場排程方法研究：本研究將限制驅導式現場排程方法導入瓶頸作業有迴製的生產型態上，並且採用集體緩衝的

觀念，來保護整體訂單準時完成交期的觀念。

(2)瓶頸迴流生產型態之緩衝管理方法研究：透過緩衝管理的方式，來彌補 DBR 技術對於複雜的瓶頸迴流作業環境所產生的不足地方；並且透過這個機制有效控制現場。

(3)瓶頸迴流生產型態之限制驅導式主生產排程方法研究：透過本研究證明了 CBMPS 是合理且必須的，而且透過 CBMPS 可有效的平準化 CCR 產能，以求出合理之投料與入庫時間並且有效控制平均流程時間。

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有進一步之研究。

7. 參考文獻

1. 吳鴻輝與李榮貴, 2001, 限制驅導式現場排程與管理技術, 修訂版, 全華科技圖書股份有限公司.
2. 吳鴻輝、林則孟與吳凱文, 1999, 「限制驅導式管理系統於半導體封裝廠之應用」, 工業工程學刊, Vol. 16, No. 1, pp. 13-37.
3. 吳鴻輝與李明煌, 2000, 「晶圓廠之限制驅導式主生產排程模式研究」, 工業工程學刊, Vol. 17, No. 3, pp. 257-270.
4. 吳鴻輝, 2000, 「瓶頸迴流前後作業之最佳作業間隔模式研究」, 工業工程學刊, Vol. 17, No. 4, pp. 349-358.
5. 蔡佳蓉與吳鴻輝, 2001, 「瓶頸迴流型態下生產排程問題之」, 中國工業工程學會九十年年度年會論文集(光碟片), 義守大學.
6. Blackstone, J. H., D. T. Hillips, 1982, and G. L. Hogg, "A State-of-the-art Survey of Dispatching Rules for Manufacturing Job Shop Operation," *International Journal of Production Research*, Vol. 20, pp. 27-45.
7. Blackstone, J.H., Gardiner, L.R. and Gardiner, S.C., 1997, "A Framework for the Systemic Control of Organizations," *International Journal of Production research*, Vol. 35, No. 3, pp. 597-609.
8. Cheng, T. C. E. and M. C. Gupta, 1989, "Survey of Scheduling Research Involving Due-date Determination Decision," *European Journal of Operational Research*, Vol. 38, No. 2, pp. 156-166.
9. Elvers, D. A., 1974, "The Sensitivity of Relative Effectiveness of Job Shop Dispatching Rules with Respect to Various Arrival Distributions," *IIE Transactions*, Vol.6 pp.41-49.
10. Goldratt, E.M., 1986, *The Goal*, 2nd revised edition, North River Press, Croton-on-Hudson, New York.
11. Goldratt, E.M., 1990, *The Race*, North River Press, Croton-on-Hudson, New York.
12. Goldratt, E.M., 1990, *The Haystack Syndrome*, North River Press, Croton-on-Hudson, New York.
13. Goldratt, E.M., 1997, *Critical Chain*, North River Press, Croton-on-Hudson, New

York .

14. Kim, Y. D., J. U. Kim, S. K. Lim and H. B. Jun, 1998, "Due-Date Based Scheduling and Control Policies in a Multiproduct Semiconductor Wafer Fabrication Facility," *IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing*, Vol.11, No.1, pp.155-164.
15. Latamore, G.B., 1999, "How Three Manufacturers Successfully Met Customers' Needs and Achieved Competitive Advantage by Applying Theory of Constraints," *APICS-The Performance Advantage*, March, pp. 30-36.
16. Moon, S.A., 1996, "TOC at Parr Instrument: A View from the Inside," *1996 APICS Constraints Management Symposium and Technical Exhibit*, April 17-19, Detroit, MI, USA, pp.50-65.
17. Narasimhan, S. L. and P. M. Mangiameli, 1987, "A comparison of sequencing rules for a two-stage hybrid flow shop," *Decision Sciences*, Vol. 18, pp. 250-265.
18. Rahman, S.U., 1998, "Theory of Constraints – A Review of the Philosophy and its Applications," *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 18, No. 4, pp. 336-355.
19. Schragenheim, E. and Ronen, B., 1990, "Drum-Buffer-Rope Shop Floor Control," *Production and Inventory Management Journal*, Third Quarter, pp.18-23.
20. Shoemaker, L.J., 1995, "It's a Jungle Out There-So Listen to the DRUM Beat!," *1995 APICS Constraints Management Symposium and Technical Exhibit*, April 26-28, Phoenix, AZ, USA, pp. 119-139.
21. Simons, J.V. Jr., Simpson, W.P., III., Carlson, B.J., James, S.W., Lettiere, C.A., and Mediate, B.A. Jr., 1996, "Formulation and Solution of the Drum-Buffer-Rope Constraint Scheduling Problem(DBRCSP)," *International Journal of Production Research*, Vol. 34, No. 9, pp. 2405-2420.
22. Spencer, M.S. and Cox III, J.F., 1995, "Master Production Scheduling Development in a Theory of Constraints Environment," *Production and Inventory Management Journal*, First Quarter, pp. 8-14.
23. Srikanth, M.L. and Umble, M.M., 1997, *Synchronous Management: Profit-Based Manufacturing For the 21st Century*, Volume one, The Spectrum Publishing Company, CT.
24. Stein, R.E., 1996, *Re-Engineering the Manufacturing System: Applying the Theory of Constraints*, Marcel Dekker, Inc. New York.
25. Taylor, S.G., and Plenert, G.J., 1999, "Finite Capacity Promising," *Production and Inventory Management Journal*, Third Quarter, pp. 50-56.
26. Wein, L. M., 1988, "Scheduling Semiconductor Wafer Fabrication," *IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing*, Vol. 1, No. 3. pp. 115-130.

附錄

第一年計劃已投稿文章

1. 吳鴻輝與蔡佳蓉,2002,「瓶頸迴流生產型態之限制驅導式現場排程方法研究」,2002年科技與學術管理研討會論文集(光碟片),台北科技大學.[NCS 91-2213-E-216-016]
2. 吳鴻輝與葉美伶,2003,「改善瓶頸迴流生產型態之限制驅導節奏(DRUM)的推長效應研究」,中國工業工程學會九十二年度年會論文集(光碟片),建國技術學院.[NCS 91-2213-E-216-016]
3. Wu,H.H. and Yeh,M.L., 2005, "A DBR scheduling method for manufacturing environments with bottleneck reentrant flows", accepted by International Journal of Production Research. [NCS 91-2213-E-216-016](SCI)

第二年計劃已投稿文章

4. 吳鴻輝與吳滄浩,2003,「限制驅導式現場排程之緩衝時間控制模式研究」,中國工業工程學會九十二年度年會論文集(光碟片),建國技術學院.[NCS 92-2213-E-216-007]
5. 吳鴻輝與吳滄浩,2005,「在瓶頸作業迴流生產型態下應用限制驅導式現場排程技術之緩衝時間分配模式研究」,中國工業工程學會九十四年度年會論文集(已被接受),中華大學.[NCS 92-2213-E-216-007]
6. 吳鴻輝與吳滄浩,2005,「在瓶頸作業迴流生產型態下應用限制驅導式現場排程技術之交期控制模式研究」,中國工業工程學會九十四年度年會論文集(已被接受),中華大學.[NCS 92-2213-E-216-007]

第三年計劃已投稿文章

7. Wu.H.H. and C.J.Lee and C.J.Yang,2005,"A robust DBR management system" the Proceedings of 2005 IEEE Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics, Tsinghua University, Beijing, China, August 10 to 12, pp.230-235. [NCS 93-2213-E-216-002]
8. 吳鴻輝與葉美伶,2005,「應用集體緩衝於瓶頸迴流生產型態之限制驅導式主生產排程方法研究」,中國工業工程學會九十四年度年會論文集(已被接受),中華大學.NCS 93-2213-E-216-002]
9. 吳鴻輝與黃永全,2005,「限制驅導式現場排程與管理系統於瓶頸迴流生產型態之應用」,中國工業工程學會九十四年度年會論文集(已被接受),中華大學.NCS 93-2213-E-216-002]