

國立交通大學

工業工程與管理學系碩士班

碩士論文

S-DBR 於 MTO 環境應用的強化

Enhancing the Application of S-DBR

within MTO Environment



研究生：張家鈞

指導教授：李榮貴 博士

中華民國九十七年六月

# S-DBR 於 MTO 環境應用的強化

Enhancing the Application of S-DBR

within MTO Environment

研究生：張家鈞

Student : Jia-Ging Chang

指導教授：李榮貴 博士

Advisor: Dr. Rong-Kwei Li

國立交通大學  
工業工程與管理學系碩士班  
碩士論文



A Thesis

Submitted to Department of Industrial Engineering and Management

College of Management

National Chiao Tung University

in partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master

in

Industrial Engineering

June 2008

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十七年六月

# S-DBR 於 MTO 環境應用的強化

研究生：張家鈞

指導教授：李榮貴 博士

國立交通大學工業工程與管理學系碩士班

## 摘要

Eli Schragenheim & H. William Dettmer 於 2000 年，提出了簡化型限制驅導式排程法(Simplified Drum-Buffer-Rope, S-DBR)的概念，主張市場需求為系統的主要限制，認為只要依據產能受限資源(Capacity Constrained Resource, CCR)的已規劃負載(Planned Load, PL)，建立良好的接單、投料及優先順序管理之機制，就不需要作 CCR 排程，大大地降低生產管理的複雜度，且經過 6、7 年的發展與實際執行，Schragenheim 又於 2006 年提出更細部的 S-DBR 操作方法，同時亦指出 S-DBR 依然具備 DBR 所擁有的優點，並且可以滿足訂單交期績效(Due Date Performance, DDP)的目標。因此本研究藉由邏輯推論、Job Shop 遊戲與模擬，針對 Schragenheim 最初的假設條件進行驗證，結果指出 S-DBR 可以有效地使訂單順利達交。然而，實務上仍有其他不同的生產環境，所以為了要確定 S-DBR 的可行性，以及解決實務上對 S-DBR 執行的疑慮，本研究進而延伸探討(1)單一 CCR 位置在製程前、後段，對訂單交期的影響；(2)CCR 漂移的影響；(3)訂單批量問題；(4)訂單插單；以及(5)迴流生產環境等議題，於透過研究驗證後，確認 S-DBR 適用於各種不同的生產環境。另外，本研究為強化 S-DBR 對訂單交期的緩衝保護與競爭力，亦提出相關的調整方法，增加 S-DBR 回應市場需求變化與生產環境變異的能力。

關鍵詞：簡化型限制驅導式排程法、產能受限資源、已規劃負載、交期績效、迴流生產環境

# Enhancing the Application of S-DBR within MTO Environment

Student : Jia-Ging Chang

Advisor : Dr. Rong-Kwei Li

Department of Industrial Engineering and Management  
National Chiao Tung University

## Abstract

In 2000, Eli Schragenheim and H. William Dettmer raised the idea of Simplified Drum-Buffer-Rope (S-DBR). They claimed that the market demand was the constraint of production system. They considered that there was no need to do the capacity constrained resource (CCR) scheduling if we could obey the CCR's Planned Load (PL), which included well-organized confirm orders, release orders and priority management. That would make production management become easier. After developing and practicing for six or seven years, Schragenheim brought up the implementation of S-DBR more practically in 2006. He also pointed out that S-DBR still kept the advantages of DBR, and it could satisfy the Due Date Performance (DDP) at the same time. In this way, this research tried to verify Schragenheim's assumption originally by reasoning, Job Shop game and simulation. The result showed that S-DBR could make the orders finished in time effectively. However, there are other production environments practically. In order to make sure the feasibility of S-DBR and figure out some doubts on S-DBR, this research discussed five issues further; inclusive of (1) the position of CCR's influence on due-date among manufacturing process, (2) the influence of CCR drift, (3) batching, (4) order inserting, and (5) reentry flow environment. Furthermore, to enhance the protection and competency on due-date of S-DBR, this research also raised some ways to reinforce the ability of S-DBR when facing the variety of market demand and production environment.

**Keywords:** Simplified Drum-Buffer-Rope, Capacity Constrained Resource, Planned Load, Due Date Performance, reentry flow environment

## 誌謝

首先，感謝 李榮貴老師引領學生進入 TOC 的世界，並且能讓我深入的探討與研究生產管理工具—「S-DBR」，李老師利用簡單扼要的邏輯思維，每每能抓住核心問題，指出研究的問題所在，進而令本論文能走向對的方向，再次感謝李老師的指導，謝謝老師。

另外，感謝研究室的各個學長、同學與學弟們，佳玲、美婷、易殷與凱文，謝謝你們在這兩年中，陪我一起努力與成長；豪君、法達、治緯、家威、春源，謝謝你們於我碩二的期間，幫忙研究室裡大大小小的事務；博士班的運金學長、(山君)慧學姊，謝謝您們這些日子的照顧。由衷地感謝研究室的大家，不論是一起討論、研究，亦或休閒、舒壓，感謝大家。

最後，謝謝這兩年在研究所認識的學長姐、同學與學弟妹們，在我準備與撰寫論文的這些日子，陪我一起認真地度過每一天，謝謝大家。



張家鈞 于交大 MB007

民國 97 年 06 月 27 日

# 目 錄

中文摘要	.....	i
英文摘要	.....	ii
誌謝	.....	iii
目錄	.....	iv
圖目錄	.....	v
表目錄	.....	vii
一、	研究動機與目的	1
二、	文獻探討	3
2.1	限制驅導式排程法(Drum-Buffer-Rope, DBR)	3
2.1.1	DBR生產管理排程方法	3
2.1.2	MTO之限制驅導節奏設計	4
2.1.3	緩衝管理(Buffer Management, BM)	5
2.2	簡化型限制驅導式排程法(Simplified Drum-Buffer-Rope, S-DBR)	7
三、	S-DBR的強化	11
3.1	S-DBR VS. DBR	11
3.1.1	Job Shop Game	16
3.1.2	GSIM-851	18
3.2	CCR於製程位置不同之比較	20
3.2.1	CCR位於製程前段	20
3.2.2	CCR位於製程後段	21
3.2.3	CCR位置不同—投料日期與交期的調整	22
3.3	多CCR—CCR漂移	29
3.3.1	產品項(族)之CCR工作站各自獨立	30
3.3.2	兩產品項(族)共用次CCR工作站	31
3.4	批量問題	37
3.5	訂單插單	40
3.6	迴流生產環境	42
3.6.1	CCR迴流之DBR應用	42
3.6.2	CCR迴流之S-DBR應用	44
3.6.3	模擬驗證	47
四、	結論	50
參考文獻	.....	52
附錄一	Job Shop Game模擬資料表	54
附錄二	GSIM-851、GSIM-853	56
附錄三	迴流 Job Shop Game 模擬資料表	62
附錄四	GSIM-951	65

## 圖目錄

圖 2-1	限制驅導式排程法示意圖 .....	4
圖 2-2	CCR 負荷之可行性評估 .....	5
圖 2-3	推平圖 2-2 之過程 .....	5
圖 2-4	緩衝管理區 .....	6
圖 2-5	已規劃負載示意圖 .....	8
圖 2-6	交期示意圖 .....	9
圖 2-7	投料日期示意圖 (1) .....	9
圖 2-8	投料日期示意圖 (2) .....	9
圖 2-9	緩衝狀態示意圖 .....	10
圖 3-1	CCR 於中段的製程與 WIP 之關係示意圖 .....	12
圖 3-2	DBR 前推法與後推法 .....	13
圖 3-3	S-DBR 新增訂單與 DBR 之比較圖 .....	15
圖 3-4	CCR 負載、生產緩衝與訂單剩餘製程之示意圖(1) .....	16
圖 3-5	GSIM-851 生產環境 .....	19
圖 3-6	CCR 於前段的製程與 WIP 之關係示意圖 .....	20
圖 3-7	CCR 負載、生產緩衝與訂單剩餘製程之示意圖(2) .....	21
圖 3-8	CCR 於前段的實際需要緩衝之示意圖 .....	21
圖 3-9	CCR 於後段的製程與 WIP 之關係示意圖 .....	22
圖 3-10	CCR 負載、生產緩衝與訂單剩餘製程之示意圖(3) .....	22
圖 3-11	CCR 於前段的實際需要緩衝之示意圖 .....	22
圖 3-12	緩衝大小與剩餘可反應變異之緩衝大小關係圖 .....	23
圖 3-13	調整操作比例參數示意圖(1) .....	24
圖 3-14	調整操作比例參數示意圖(2) .....	25
圖 3-15	調整操作比例參數示意圖(3) .....	25
圖 3-16	未修正緩衝狀態之問題與影響 .....	26
圖 3-17	緩衝狀態轉換示意圖 .....	27
圖 3-18	CCR 漂移概念圖 .....	29
圖 3-19	GSIM 852 生產環境 .....	30
圖 3-20	兩獨立 CCR 負荷狀態示意圖 .....	31
圖 3-21	CCR 位於次 CCR 前之負荷狀態示意圖 .....	32
圖 3-22	產品 I 最晚於 CCR 加工之狀態 .....	32
圖 3-23	產品 I 之 CCR 漂移示意圖(1) .....	33
圖 3-24	產品 I 之 CCR 漂移示意圖(2)-推擠現象 .....	34
圖 3-25	產品 I 之 CCR 漂移示意圖(3) .....	34
圖 3-26	CCR 位於次 CCR 後之負荷狀態示意圖 .....	35

## 圖目錄

圖 3-27	CCR 短暫閒置 .....	35
圖 3-28	CCR 漂移造成閒置與緩衝保護降低 .....	36
圖 3-29	CCR 漂移後短期接大量產品 I 訂單之加工情形 .....	36
圖 3-30	衝突圖-增加與減少批量 .....	37
圖 3-31	移動批量大小與生產前置時間之比較 .....	38
圖 3-32	化解批量衝突 .....	38
圖 3-33	大小批量訂單之S-DBR操作示意圖 .....	39
圖 3-34	衝突圖-增加與減少緩衝時間 .....	39
圖 3-35	剩餘時間(Slack Time)示意圖 .....	40
圖 3-36	訂單插單例子之示意圖 .....	41
圖 3-37	CCR迴流生產環境示意圖 .....	42
圖 3-38	CCR迴流之DBR操作概念 .....	43
圖 3-39	S-DBR與DBR於迴流環境之規劃比較圖 .....	44
圖 3-40	製程迴流兩次之WIP數量與工作站關係圖 .....	45
圖 3-41	CCR負載、生產緩衝與訂單剩餘製程之示意圖 .....	45
圖 3-42	調整操作比例參數示意圖 .....	46
圖 3-43	CCR迴流三次之製程與WIP關係圖 .....	47
圖 3-44	GSIM-951生產製程與環境 .....	48



## 表目錄

表3-1	產品資料表 .....	17
表3-2	S-DBR模擬執行資料表 .....	17
表3-3	GSIM-851市場需求 .....	18
表3-4	GSIM-951市場需求 .....	48
表3-5	迴流產品資料表 .....	49
表3-6	模擬結果資料表 .....	49



## 一、研究動機與目的

Skinner(1969)對於企業競爭績效準則提出了4項競爭要素：品質、成本、時間與彈性【14】，隨著時代與科技的演進，在現今競爭如此激烈的環境，成本與品質儼然已成為必要條件(Order Qualifiers)，而時間與彈性則成為市場主要的獲單因素(Order Winners)，如何能即時又有效地回應客戶需求，並且對於允諾的訂單交期說到做到，已是當今生產管理工具刻不容緩的目標。

許多文獻已經充分證明應用限制理論(Theory of Constraints, TOC) 以及鼓-緩衝-繩之限制驅導式排程法(Drum Buffer Rope, DBR)可以大幅改善製造前置時間、訂單交期績效率(Due Date Performance, DDP)、庫存水準、有效產出等各項生產管理的績效表現【1】【9】。

Eli Schragenheim 認為 DBR 有以下優點：(1)較簡易且有效的生產計劃方法；(2)專注於產能受限資源(Capacity Constrained Resource, CCR)有限產能的排程，以耗盡 CCR 的產能；(3)利基於業務接單；(4)準時的訂單交期；(5)能提供最佳的生產計劃。然而，Schragenheim 亦認為：(1)即使企業內部產能限制實際存在，但系統最主要的限制仍來自於市場需求；(2)排程使得系統降低回應市場的彈性，但若為了回應市場而變更排程，則會增加管控負擔與複雜度；(3)建立緩衝保護的最終目的，就是要有效地使用緩衝，以確保訂單順利出貨，故只需要具有整體性保護的單一緩衝即可；(4)複雜的生產環境，如迴流、多機台、多瓶頸，對於排程是一大挑戰【11】【12】【13】。因此，Eli Schragenheim & H. William Dettmer 於 2000 年首次提出了簡化型限制驅導式排程法(Simplified Drum-Buffer-Rope, S-DBR)之概念，主張市場需求為系統的主要限制，並認為只要有良好的接單、投料及優先順序管理之機制，就不需要作 CCR 排程，大大地降低生產管理的複雜度。隨後經過 6、7 年的發展與實際執行，Schragenheim 又於 2006 年提出更細部的 S-DBR 操作方法。

另外，Goldratt 博士(Eliyahu M. Goldratt)在 2006 年提出的「可靠快速回應-策略與戰術圖：3-1 節-99%交期績效」中，認為「S-DBR 和緩衝管理可使許多生產工廠提供很高

的產品可靠性與可得性(DDP>99%)。」【7】直接地表示運用 S-DBR 能允諾具競爭優勢的訂單交期，並且說到做到。

然而 S-DBR 真的能夠作到如此績效？是否在各種不同的生產環境中，S-DBR 皆可以順利操作？複雜的生產環境中，如迴流、多瓶頸等，S-DBR 亦能解決生產排程上的問題嗎？因此，本研究即是要針對上述各個疑慮，透過各種生產管理議題與情境，探討 S-DBR 於 MTO 生產環境之應用，驗證 S-DBR 能否有效地運作並達到 99% 以上的交期績效。

本研究論文架構分成四章：第一章敘述研究動機與目的；第二章為 DBR 與 S-DBR 的相關文獻探討，說明兩者於生產管理上的思維與操作方法；第三章主要是先驗證 Schragenheim 最初的假設情境，進而延伸探討不同的 CCR 位置、CCR 漂移、大批量訂單、訂單插單與迴流生產環境等各類議題與情境，以確定 S-DBR 的可行性及解決實務執行上的疑慮；第四章為結論與未來研究方向。



## 二、文獻探討

### 2.1 限制驅導式排程法(Drum-Buffer-Rope, DBR)

DBR 是 1986 年由最佳生產技術(Optimized Production Technology, OPT)發展而來，由 Goldratt 博士(Eliyahu M. Goldratt)提出，為限制理論(Theory of Constraints, TOC)應用於生產作業管理的方法以及控制技術【2】【10】，主要是以限制(Constraints)的需求驅動整個生產系統運作的節奏，換言之，即是一切決策以系統限制的需求為優先考量，而系統其它的非限制(non-Constraints)要全力配合限制的決策。

#### 2.1.1 DBR 生產管理排程方法

Goldratt 博士在 1990 年的著作—「The Race」，以行進中的軍隊簡單地闡述 DBR 的概念，Drum 代表鼓聲，就如同軍隊中的鼓手以鼓聲來引導後續隊員的前進節奏；Buffer 就如同兩士兵的間隔距離，可以利用距離來應付突發的情形；Rope 代表的是軍隊中的紀律，受紀律的規範使隊伍不拉長且不會亂，達到同步前進的效果【3】。將此觀念應用於生產現場時，其概念如下：

##### 1. 限制(Constraints)

所謂限制，就是任何阻礙工廠達到更高績效的事情，可分為策略限制(Policy Constraints)與實體限制(Physical Constraints)，DBR 所指的限制是實體限制。如工廠的產出是受限於某一或某些資源的產能，則該資源稱為產能受限資源(Capacity Constrained Resource, CCR)，因此相對於所有資源，CCR 負荷最為嚴重，另外負荷次嚴重的資源，則稱為次 CCR，而 DBR 管理重心主要是放在 CCR 上。

##### 2. 限制驅導節奏( Drum )

系統最佳的績效是決定於系統的限制，因此限制的發揮是決定系統真實表現的要因，所以唯有給予限制最高優先決策權，才能使其充分發揮。此即表示，於排程上必須先決定限制的最佳利用生產節奏，由於節奏是依限制的需求而設計的，且要以其驅動整個系統運作，故稱為「限制驅導節奏」。

##### 3. 緩衝( Buffer )

為了確保上述的限制驅導節奏可行，系統必須要有措施以保護及配合，因此 DBR 即以緩衝時間的觀念來達到此保護目的，而目的主要有二：第一是確保訂單能及時到達

CCR 進而確保準時達交；第二是要保護 CCR 不會閒置與饑餓。

DBR 提出了三種緩衝保護的觀念：受限產能緩衝(CCR Buffer)、出貨緩衝(Shipping Buffer)及裝配緩衝(Assembly Buffer)，如圖 2-1 所示。

#### 4. 投料節奏( Rope )

除了緩衝時間保護之外，系統尚需其它配合的措施，才可確保限制的生產節奏可行，而最重要的就是投料時間必須配合限制生產節奏的需要，因此必須由 Drum 來推導出投料節奏，其方法是由該訂單於 Drum 上的計劃開始時間減去受限產能緩衝時間(CCR Buffer)，即可得到受限產能前加工作業或該訂單的投料時間，如圖 2-1 所示。另外，現場備料或投料必定要按照投料時程的節奏，絕不可因 non-CCR 閒置而投料，否則會破壞限制的生產節奏，如此 Rope 才可和 Drum 達到同步(in-line)的效果，而確保 Drum 有效進行。

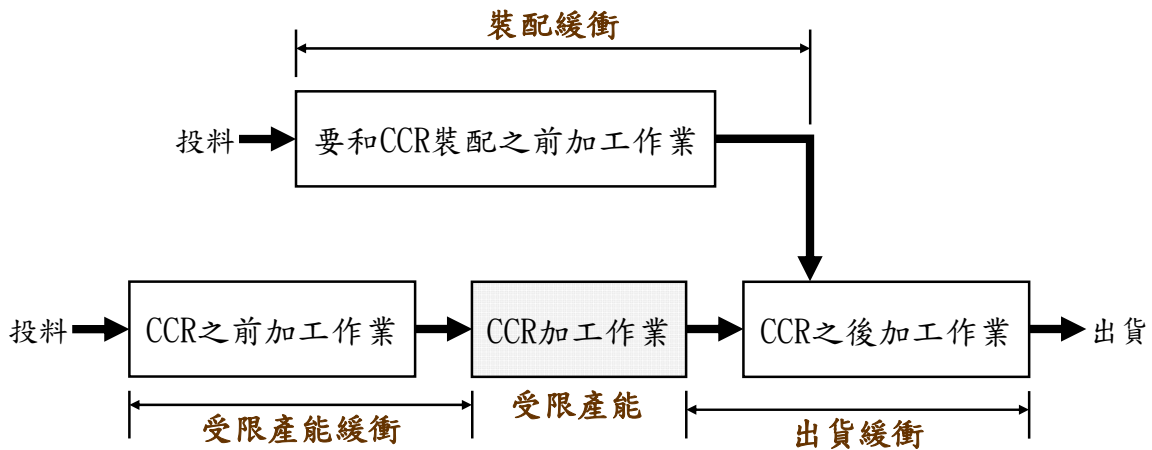


圖 2-1 限制驅導式排程法示意圖

資料來源：吳鴻輝、李榮貴【11】

#### 2.1.2 MTO 之限制驅導節奏設計

接單型生產型態(Make to Order, MTO)主要多了訂單交期的限制，在產能上的安排必先考慮訂單交期的需求，所以在設計最佳限制驅導節奏時，不能只以限制最佳利用或能獲得最大產出的角度設計之，而必須兼顧滿足訂單交期及推平訂單間負荷的衝突。其設計可分兩階段：

Step 1：計算出各訂單對限制產能的需求程度。首先必須計算出各訂單在 CCR 的作業之計劃生產時間，即以訂單交期減去出貨緩衝時間，即可得到各訂單在

CCR 的作業計劃完成時間，再依訂單於 CCR 作業時間大小，即可得到該  
 訂單於 CCR 的計劃開始時間，依照各訂單的時間，即可作 CCR 的可行性  
 評估，如圖 2-2。

Step 2：若發生產能不足之負荷重疊現象時，即需將負荷推平，以得合理的排程計  
 劃。推平準則如下，而推平過程如圖 2-3 所示：

- 使用後推排程(backward)的觀念；
- 交期晚者先排；
- 若交期相同，則加工時間長者先，或產出高者先。

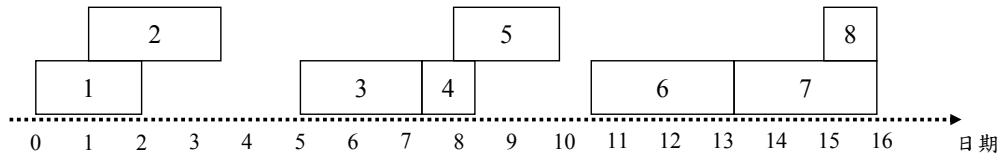


圖 2-2 CCR 負荷之可行性評估

資料來源：吳鴻輝、李榮貴【16】

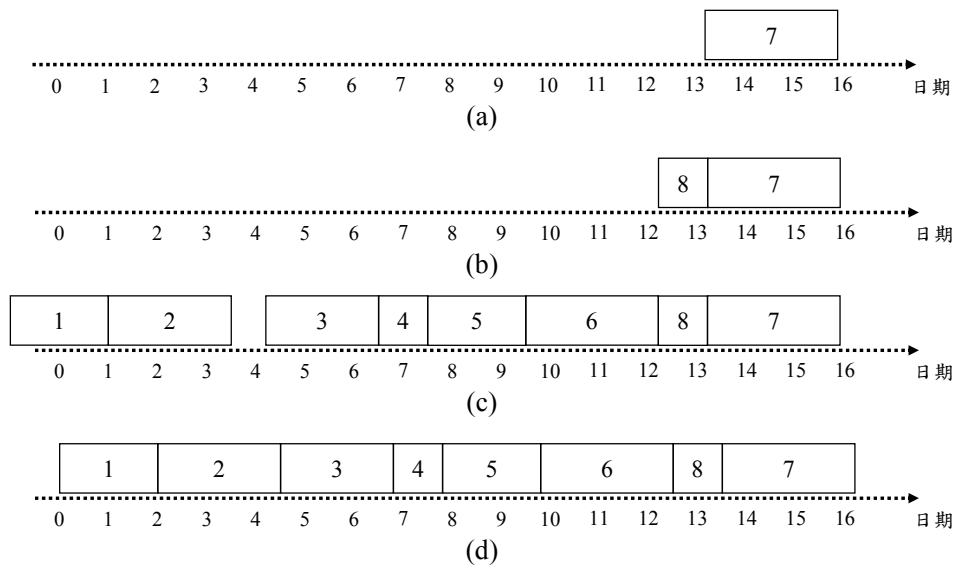


圖 2-3 推平圖 2-2 之過程

資料來源：吳鴻輝、李榮貴【16】

### 2.1.3 緩衝管理(Buffer Management, BM)

緩衝之於生產現場即如圖 2-1 所示，DBR 對於緩衝分為(1)保護 CCR 之前加工作業

的受限產能緩衝(CCR Buffer)；(2)保護 CCR 之後加工作業的出貨緩衝(Shipping Buffer)；(3)保護要與 CCR 完成之工件裝配之工件加工作業的裝配緩衝(Assembly Buffer)，而緩衝是以時間為表示型態，即 Time Buffer，而不是存貨數量【6】【11】。

「緩衝時間」的內容包含加工與設置時間、等候時間、運送時間、為防系統內部不穩定的寬裕時間；而緩衝時間的大小及作業流程的順暢度，將決定 CCR 前待加工的在製品數量，因此，緩衝時間的大小直接地影響訂單生產週期時間的長短、在製品庫存量以及 CCR 是否會閒置、斷料。

除了知道緩衝時間之外，還需要知道「緩衝區」的概念。所謂的緩衝區可假想為 CCR 前有一在製品集結的待加工區，是由計劃緩衝區與實際緩衝區所構成的。計劃緩衝區是指已到了投料時間的訂單，它提供了緩衝區的內容與各訂單的次序；而實際緩衝區是指在 CCR 前已實際出現的訂單，它則提供了緩衝區上的訂單是否已出現的訊息。當兩者的內容作比較，即可發現計劃緩衝區上的訂單比實際緩衝區上的訂單多，因此，這些計劃緩衝區有的訂單而實際緩衝區沒有的部份，則稱為緩衝區上的空洞(hole)。

有了上述的「緩衝時間」與「緩衝區」的概念之後，便可以進一步地了解「緩衝管理」。為了評估緩衝區上空洞存在時間的長短之標準，可以將緩衝區分為三區，並以綠、黃、紅三色為預警標示，如圖 2-4 所示。將緩衝區分為三區，相當於是將緩衝區上空洞分為三類，第一區的空洞表示其存在時間最長，亦表示該訂單需要趕工處理，以防排程時間前未達 CCR 以準時加工；第二區為警示區，僅需注意空洞訂單目前狀況；第三區因為多是屬於初投料訂單，故空洞時間存在最短，尚不需注意。

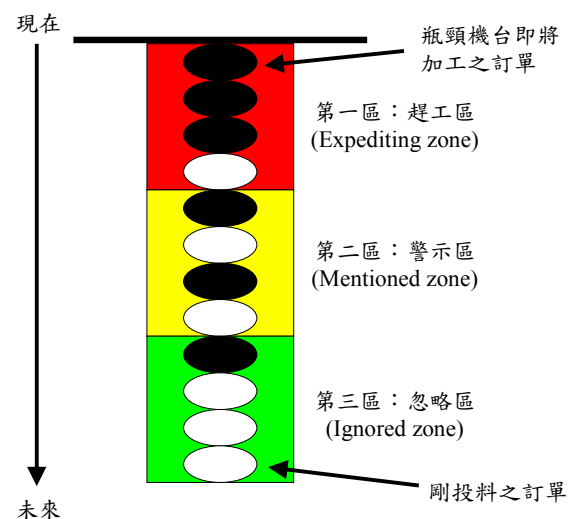


圖 2-4 緩衝管理區【3】【4】

## 2.2 簡化型限制驅導式排程法(Simplified Drum-Buffer-Rope, S-DBR)

簡化型限制驅導式排程法 (Simplified Drum-Buffer-Rope, S-DBR) 最初是由 Schragenheim et al.，在 2000 年於 Constraints Management Special Interest Group (CMSIG) 技術研討會中首次提出，隨後於 2001 年出版之「Manufacturing at Warp Speed: Optimizing Supply Chain Financial Performance」中有更詳盡完整的論述。書中提到傳統的 DBR 雖然是有效的，卻似乎複雜了點，並列舉出了多項傳統 DBR 應用的困難，如(1) Spreading buffer time；(2) More buffer time; (3) Superfluous buffer; (4) Operator confusion; (5) Stealing; (6) Schedule stability; (7) Need for data automation，於是提出了 S-DBR【11】。

Schragenheim 認為 DBR 有以下優點：(1)較簡易且有效的生產計劃方法；(2)專注於產能受限資源(Capacity Constrained Resource, CCR)有限產能的排程，以耗盡 CCR 的產能；(3)利基於業務接單；(4)準時的訂單交期；(5)能提供最佳的生產計劃。然而，Schragenheim 亦認為：(1)即使企業內部產能限制實際存在，但系統最主要的限制仍來自於市場需求；(2)排程使得系統降低回應市場的彈性，但若為了回應市場而變更排程，則會增加管控負擔與複雜度；(3)建立緩衝保護的最終目的，就是要有效地使用緩衝，以確保訂單順利出貨，故只需要具有整體性保護的單一緩衝即可；(4)複雜的生產環境，如迴流、多機台、多瓶頸，對於排程是一大挑戰【11】【12】【13】。因此，S-DBR 主張，即使企業內部產能限制實際存在，系統最主要的限制仍來自於市場需求，而 2006 年 Schragenheim 則提出以下細部的操作方法。

### 1. 決定可靠的訂單交期

要允諾客戶一個可靠且具競爭力之交期，首先得作到不讓產能受限資源(Capacity Constrained Resource, CCR)負載過高，因為根據 Little's Law【8】可知在製品(Work In Process, WIP)數量愈高，則生產前置時間(Manufacturing Lead Time, MLT)愈長，故若讓 CCR 負載過高，將造成 MLT 增加而直接傷害向客戶允諾之交期，S-DBR 使用了「已規劃負載(Planned Load)」的觀念，作為衡量訂單交期與投料日期之依據。所謂的「已規劃



負載」定義為：在某一規劃期間內，所有已確認訂單(Firm Order)於 CCR 所需之累積負載，如圖 2-3 所示，其中已確認訂單包含已投入現場的在製品，以及已規劃但尚未投入生產線之訂單。

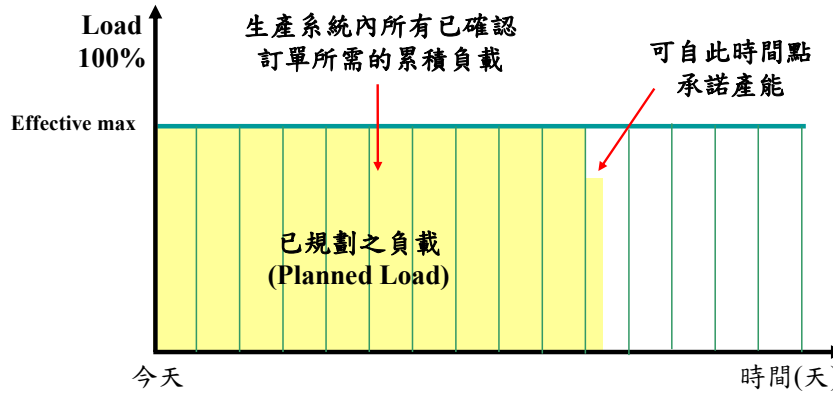


圖 2-5 已規劃負載示意圖

在決定交期前，需先了解訂單的生產緩衝大小，生產緩衝時間(Production Buffer, PB)是指一個最小可接受的生產批量，從投料到產出所需的時間，包含實際加工時間、等候時間、搬運時間、機台設置時間與預防內部變異的時間，因此，新訂單的可允諾交期即是將已規劃負載加上二分之一的生產緩衝時間，此時間點即是很有把握的交貨日期，如圖 2-4 所示。

生產緩衝時間有兩項基本假設：(1)排除所有追求效率指標的策略限制 (Policy Constraints)，如併批、搬運批量等於加工批量、提早投單等；(2)生產緩衝時間短於市場所需前置時間(Quoted Lead Time, QLT)，因為 QLT 必須考慮當 CCR 已有許多已確認訂單時，新訂單須等候投入生產線的時間，而生產緩衝時間只需考慮足夠 WIP 確保 CCR 工作順暢。

由於 S-DBR 是根據 CCR 的負載以抑制投單，控管 WIP 總數，即可避免生產緩衝時間樂觀預估而傷害到客戶交期。

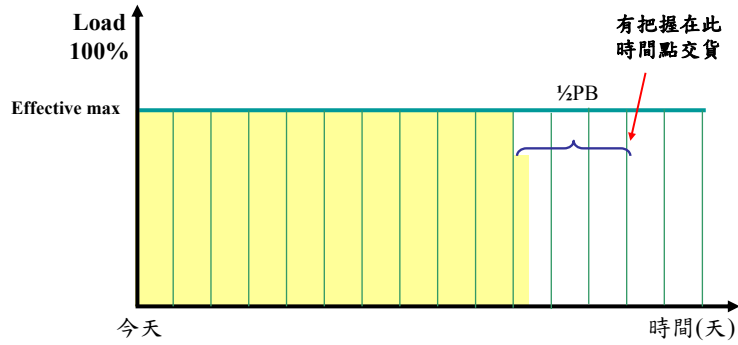


圖 2-6 交期示意圖

## 2. 決定訂單投料日期

當訂單交期決定之後，僅要將交期往前推一個生產緩衝時間，即可得到該訂單之投料日期，如圖 2-5 所示。另外，若所得的投料日期為過去的時間點，如圖 2-6 所示，則此時訂單的投料時間即為今日即刻投料。

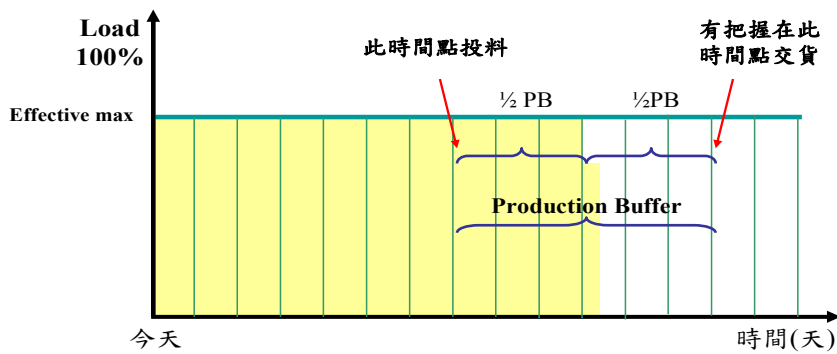


圖 2-7 投料日期示意圖 (1)

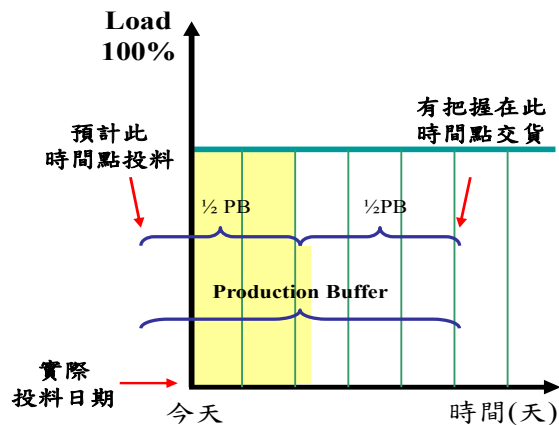


圖 2-8 投料日期示意圖 (2)

### 3. 決定加工訂單的優先順序

S-DBR 對於訂單於工作站之加工優先順序，使用了緩衝管理(Buffer Management, BM)作為管控的機制，除了給予一個清楚判斷訂單優先順序的指標－緩衝狀態(Buffer Status, BS)，緩衝管理亦提供預警的機制。

生產現場各工作站皆依據訂單的緩衝狀態，決定孰先孰後，而所謂的緩衝狀態即是緩衝的耗用比例，以百分比計之，而緩衝耗用比例愈高，表示該訂單有愈高的優先加工權，其計算公式如下：

$$\text{緩衝狀態(BS)} = \frac{(\text{生產緩衝時間} - \text{距交期剩餘日})}{\text{生產緩衝時間}} \quad (2-1)$$

由圖 2-7 亦可得知，同 DBR 的緩衝管理，S-DBR 將緩衝分為三區，依其耗用的程度分為綠、黃、紅三區，除可直接表示優先程度外，亦可直接從其瞭解訂單的緊急程度。

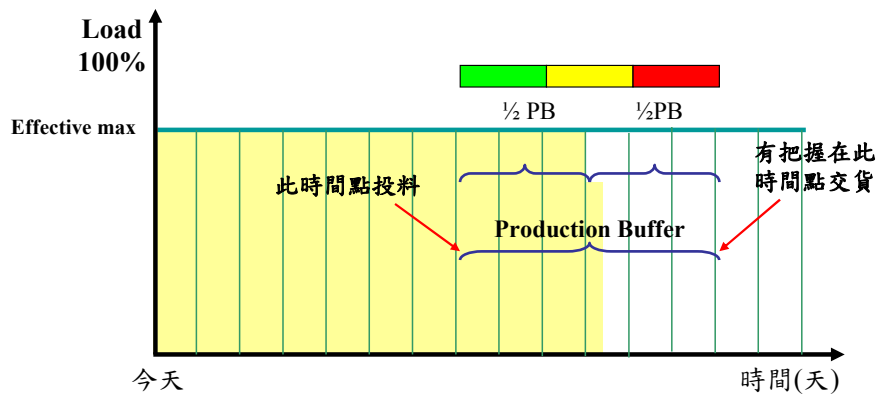


圖 2-9 緩衝狀態示意圖

### 三、S-DBR 的強化

Schrageheim et al. 於 2000 年，首次提出簡化型限制驅導式排程法(Simplified Drum-Buffer-Rope, S-DBR)的基本概念，於 2006 年 Schrageheim 又提出 S-DBR 細部的操作方法，主張市場需求為系統的主要限制，認為只要依據 CCR 的已規劃負載(Planned Load, PL)，加上單一生產緩衝之緩衝管理，建立良好的接單、投料及優先順序管理之機制，即不需要作 CCR 排程，亦可滿足訂單交期績效的目標。然而，在文獻中，僅是利用簡單的邏輯與概念，說明 S-DBR 的思維與操作方法，並未有深入的驗證與探討。因此本研究接下來將藉由邏輯推論、Job Shop 遊戲與模擬，針對 Schrageheim 最初的假設條件進行驗證，透過比較 DBR 與 S-DBR，探討兩者之間的差異，以及是否 S-DBR 可以有效地滿足訂單交期績效。

另外，實務上不僅僅是單一生產情境，依據不同的產業、產品類別與生產環境，必定有著其他不同的情境，所以為了要確定 S-DBR 的可行性與廣泛性，以及解決實務上對 S-DBR 執行的疑慮，本研究亦將延伸探討(1)單一 CCR 位置在製程前、後段，對訂單交期的影響；(2)CCR 漂移的影響；(3)訂單批量問題；(4)訂單插單；以及(5)迴流生產環境等議題。

#### 3.1 S-DBR VS. DBR

Schrageheim 提出 S-DBR 的思維與操作方法中，主張系統的限制源自於市場，只需要一個生產緩衝(Production Buffer, PB)即可保護訂單交期。Schrageheim 假設系統內部僅有單一 CCR 且位於製程中段，其餘工作站亦具有充足的產能，並依據 CCR 工作站的已規劃負載(Planned Load, PL)加、減  $\frac{1}{2}$ PB，決定投料日期與預計完工日期。

將 Schrageheim 所提出的情境，轉換為單一產品項的製程與現場 WIP 數量之關係圖，如圖 3-1，工作站 E 為 CCR，故在該站等候的 WIP 數量最高，而其後各工作站的 WIP 數量，在無特殊變異情形下，應該只有最小移動批量。所以若生產現場有 Road-Runner 的文化，則訂單於 non-CCR 應可快速通過到達 CCR 前等候，如工作站 A、

B、C 與 D，或是當 CCR 加工完畢後應可以快速完成出貨，如工作站 F 與 G。同樣情境之下，不論是 S-DBR 亦或 DBR，皆是如此。

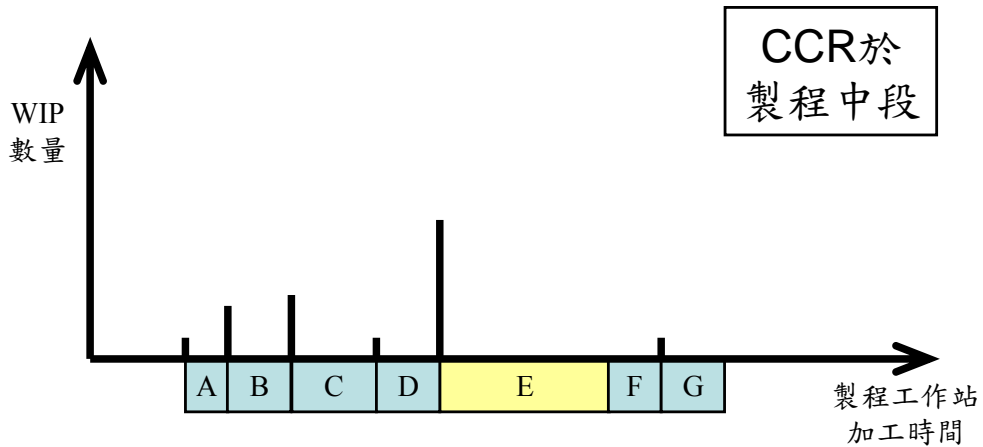


圖 3-1 CCR 於中段的製程與 WIP 之關係示意圖

那麼是否有適當的 WIP 負載來避免 CCR 閒置以及保護訂單交期？由過去的研究可知 DBR 利用 2~3 個緩衝及 CCR 排程，可以有效地避免 CCR 閒置並保護訂單交期，而僅由一個生產緩衝且不作 CCR 排程的 S-DBR 是否能達到同樣的效果？此即衍生出兩個需要驗證的疑慮：

- (1) 是否可以掏盡 CCR 產能，使其不會閒置與饑餓？
- (2) 不作 CCR 排程，那麼應該要如何決定、控管及保護訂單交期？

接下來本研究將先以 DBR 操作的概念與方法，運用於 Schragenheim 提出的假設情境，探討其有效避免 CCR 閒置並保護訂單交期之思維，進而比較 S-DBR 的操作方法。DBR 決定訂單的交期與投料日期的方法可分為(1)前推法與(2)後推法，而實際執行方式如下：

(1) 前推法：

欲承接新訂單時，依據各張已確認訂單之 CCR 排程，尋找排程空隙，再將此其排入並推平後，得到該訂單可於 CCR 加工日期，並可求出計劃的 CCR 完工日期，再依此加上 Shipping Buffer 即得此訂單預計完工日期。當客戶所需的交期大於預計完工日期，

便可承諾此張訂單，而此兩交期之間的差距，可稱為該訂單的剩餘時間(Slack Time)。另外，投料日期即為 CCR 加工日期減去 CCR Buffer 所得之日期。

例如圖 3-2，已確認 9 張訂單，欲承接一張新訂單，此訂單的 CCR 加工日期、投料日期、預計完工日期、Slack Time 即如圖所示。

## (2) 後推法：

依照欲承接的新訂單所需交期，減去 Shipping Buffer 即可得訂單應於 CCR 的完工日期，考量此時的 CCR 產能重疊情形，配合訂單所需 CCR 的加工時間，進行合理的推平，即可得到該訂單於 CCR 的計劃加工日期，再依此日期減去 CCR Buffer 得到此訂單的投料日期。

同例，由圖 3-2 可知，依照 Shipping Buffer 可得 CCR 計劃的加工日期(10)，但是為了不讓 CCR 閒置，故將其由後往前推，即(10')的位置，再依此決定投料日期與預計完工日期。

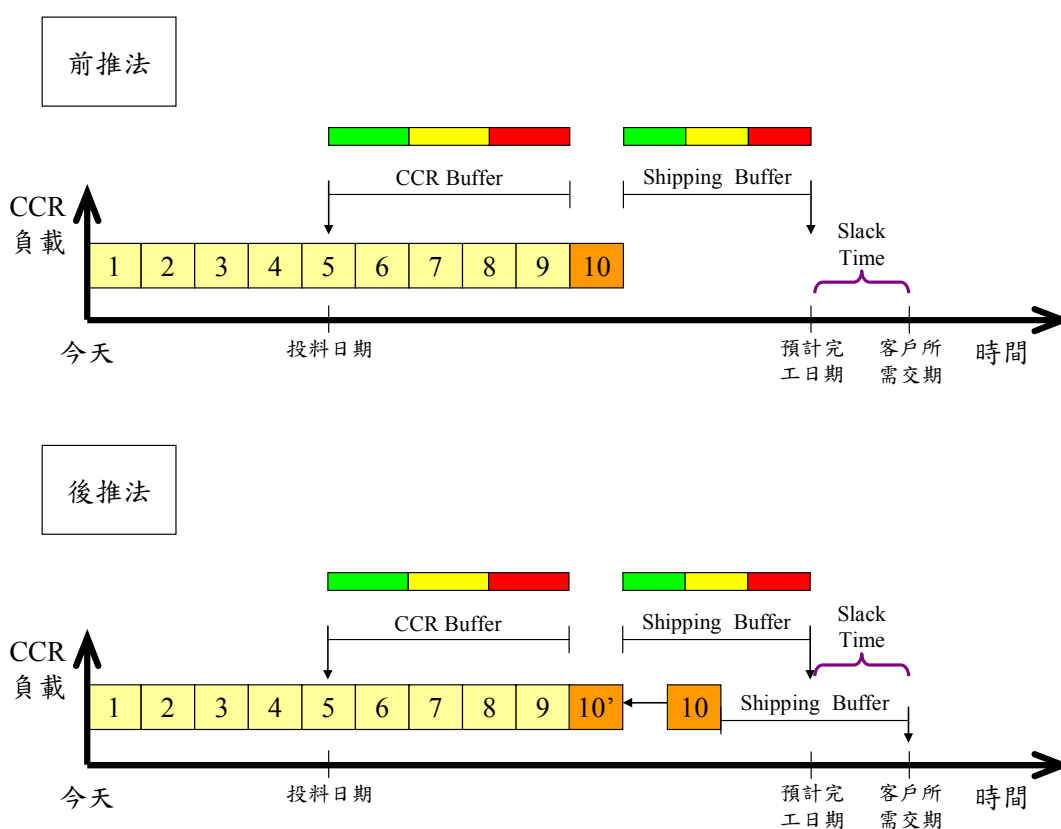


圖 3-2 DBR 前推法與後推法

此二方法中，訂單皆是於 CCR 計劃加工日期減去 CCR Buffer 的時間，進行投料，

故現場於 CCR 前的累積負載最高即為 CCR Buffer，加上 non-CCR 的產能充足，皆可快速通過，所以可知 CCR 不會閒置。若以圖 3-1 為例，則現場 CCR 的負載，即未通過 CCR 之訂單於 CCR 的負載總和，如下式：

$$\text{Load}_{(\text{CCR})} = (\text{WIP}_A + \text{WIP}_B + \text{WIP}_C + \text{WIP}_D + \text{WIP}_E) \times T_E \leq \text{CCR.Buffer} \quad (3-1)$$

因此，透過此 CCR Buffer 的保護，於系統無特殊變異發生時，訂單皆能依照 CCR 排程，完成 CCR 加工；當訂單皆可依排程於 CCR 完工，再藉由 Shipping Buffer 的保護，通過後段製程，順利於交期前完成訂單。此即 DBR 可以有效消弭前述兩大疑慮的操作方法，那麼 S-DBR 是如何操作的呢？以下繼續探討 S-DBR 的方法。

S-DBR 其實有異曲同工之處，以圖 3-3 與上例說明之。首先，S-DBR 為求充分的交期保護，每張訂單皆設定適當且足夠的生產緩衝，並將各張已確認訂單需於 CCR 的加工時間，累計成為已規劃負載(Planned Load)，而新接訂單的可承諾產能時間點，即累積的已規劃負載所在的日期，依照此日期，加上  $\frac{1}{2}$ PB 可得到該訂單的預計完工日期；減去  $\frac{1}{2}$ PB 可得到投料日期。同樣地，若此訂單的客戶所需交期大於預計完工日期，即可承接該訂單。如此的操作思維與 DBR 的前推法相同。而且每張承接的訂單皆是於已規劃負載減去  $\frac{1}{2}$ PB 的日期，進行投料，因此，若生產現場有 Road-Runner 的文化，則訂單於 non-CCR 應可快速通過而於 CCR 前等候，故有足夠的 WIP 以防止 CCR 閒置，並可掏盡 CCR 產能，如此便可破除第一個疑慮了。而同樣地，若以圖 3-1 為例，現場最高的負載應如下式：

$$\text{Load}_{(\text{CCR})} = (\text{WIP}_A + \text{WIP}_B + \text{WIP}_C + \text{WIP}_D + \text{WIP}_E) \times T_E \leq \frac{1}{2} \text{PB} \quad (3-2)$$

另外，Schragenheim 認為縱使排程再好，當變異與墨菲(Murphy's Law)產生時，訂單仍有可能無法依排程時間進行 CCR 加工，故認為不需作 CCR 排程，而是應著重於加強緩衝對訂單整體的保護，加上 S-DBR 配合訂單緩衝狀態(Buffer Status)管理加工優先

順序，使得訂單仍有最晚可於 CCR 加工的時間點，亦即當時允諾產能的時間點，在此情境就是於投料之後  $\frac{1}{2}$ PB 的日期，也就是緩衝狀態等於 50%；但若當訂單於 CCR 等候時，只要當緩衝狀態為所有 WIP 中最高，即可優先加工，而不需等候至 50%。

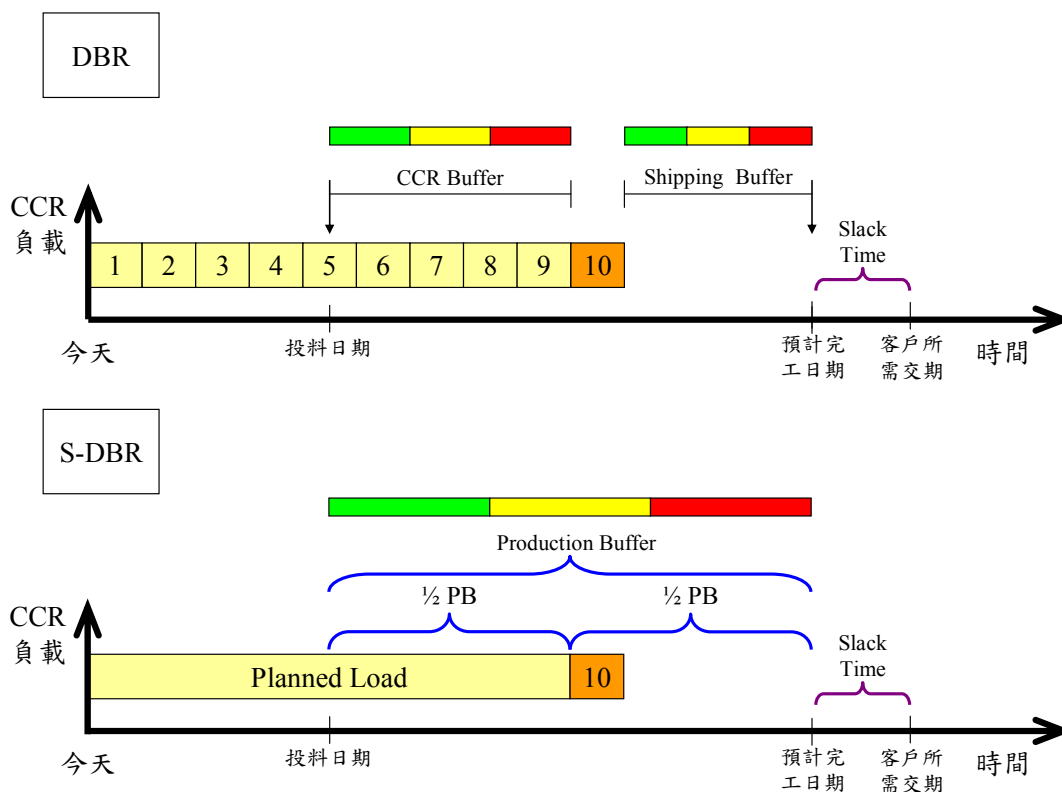


圖 3-3 S-DBR 新增訂單與 DBR 之比較圖

因此，倘若訂單可於緩衝狀態 50%之前進行 CCR 加工，則該訂單即有大於  $\frac{1}{2}$ PB 以上的緩衝得以保護完工與出貨；然而若無法於緩衝狀態 50%之前進行加工，則此訂單應如圖 3-4 所示，由於其最晚於 CCR 加工時間，為投料日期之後  $\frac{1}{2}$ PB，故剩餘的生產緩衝，只需要保護含 CCR 加工時間的後段製程時間，在無特殊變異情形之下，CCR 後段的各工作站 WIP 數量皆不高，訂單僅需花費加工與運送時間，並不需等候太久，故在此情境下，訂單皆可以於交期前順利完工，如此便可破除第二個疑慮了。



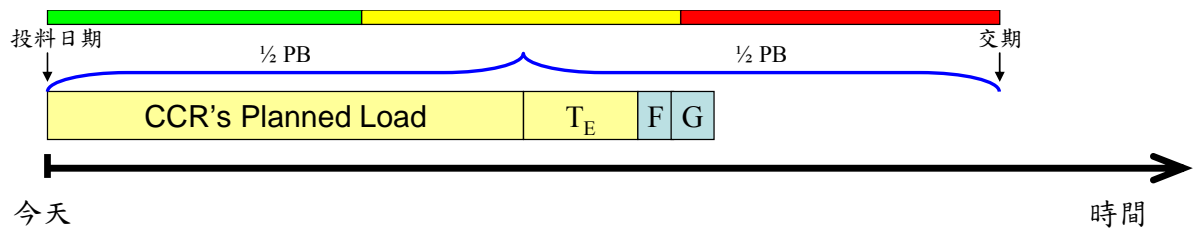


圖 3-4 CCR 負載、生產緩衝與訂單剩餘製程之示意圖(1)

當破除前述兩個重要的疑慮並比較 DBR 與 S-DBR 的基本操作觀念之後，可知兩者的思維概念相通，因此，本研究接下來繼續利用 Schragenheim 假設的情境，單一 CCR 且位置於製程中段的 Job Shop Game 以及 GSIM-851 進行兩者的模擬驗證，希望更進一步地確認 S-DBR 執行的可行性，並比較兩者的績效結果是否相同。

### 3.1.1 Job Shop Game

#### 1. DBR

此情境有四個產品項，CCR 緩衝(CCR Buffer)與出貨緩衝(Shipping Buffer)皆為 4 天，市場前置時間(QLT)皆為 12 天，生產現場有 A、B、C 及 D 四個單一機台，各機台加工作業時間皆為 1 天，產品資料如表 3-1 所示，可知機台 B 為 CCR。市場需求條件為 36 天內，各產品至少需完成 4 個以上，現場在製品為產品#1、產品#3、產品#4，三張訂單之交期皆為第 10 天，依照 DBR 方法，以各訂單產品組合為 5、7、9 及 4 張，依訂單交期及出貨緩衝，機台 B 可作生產計劃(Drum)，再依照 CCR 緩衝則可知投料節奏(Rope)，參照附錄一。此情境模擬結果，各訂單皆可順利達交，訂單達交率 100%。

表 3-1 產品資料表

產品項次	CCR 緩衝	出貨緩衝	市場前置時間	CCR 負載	製程
#1	4	4	12	1	A-B-A-D
#2	4	4	12	2	C-D-B-B
#3	4	4	12	1	A-C-B-C
#4	4	4	12	2	A-B-B-D

單位：天

## 2. S-DBR

同例，改以 S-DBR 操作，此時緩衝數量則只有生產緩衝(Production Buffer, PB)，緩衝大小為 8 天，其餘資料亦同表 3-1。依照同樣的產品組合，各產品接單日期、投料日期及交期，可如表 3-2 所示。期初現場在製品為產品#1、產品#3、產品#4，所以 CCR 的已規劃負載(PL)為 4 天，按 S-DBR 決定訂單交期與投料日期，僅需要將接單時的已規劃負載加減  $\frac{1}{2}$ PB，即 4 天，確認接單後，再將其 CCR 負載累計於已規劃負載中，另外，當已規劃負載加  $\frac{1}{2}$ PB，超過市場前置時間，表示負載過高，無法允諾訂單。此模擬結果，各訂單完工日期整理如表 3-2，所有訂單皆可順利達交，與 DBR 所得結果相同。

表 3-2 S-DBR 模擬執行資料表

工單編號	產品	接單日期	投料日期	安全交期	承諾 出貨日期	完成日期	生產天數
W10order	#4	-	-2	5	12	3	4
W20order	#1	-	-2	7	12	5	5
W30order	#3	-	-2	8	12	7	7
W40order	#2	1	1	9	13	5	5
W50order	#3	1	3	11	13	8	6
W60order	#1	1	4	12	13	10	7
W70order	#3	2	5	13	14	12	8
W80order	#2	4	6	14	16	10	5
W90order	#4	6	8	16	18	14	7
W100order	#3	7	10	18	19	15	6
W110order	#2	9	11	19	21	17	7

(續)表 3-2 S-DBR 模擬執行資料表

工單編號	產品	接單日期	投料日期	安全交期	承諾 出貨日期	完成日期	生產天數
W120order	#1	10	13	21	22	17	5
W130order	#3	11	14	22	23	19	6
W140order	#2	13	15	23	25	20	6
W150order	#4	15	17	25	27	23	7
W160order	#3	16	19	27	28	24	6
W170order	#2	18	20	28	30	25	6
W180order	#1	19	22	30	31	28	7
W190order	#3	20	23	31	32	28	6
W200order	#2	22	24	32	34	29	6
W210order	#4	24	26	34	36	32	7
W220order	#3	25	28	36	37	33	6
W230order	#1	26	29	37	38	35	7
W240order	#3	27	30	38	39	35	6
W250order	#2	29	31	39	41	36	6

單位：天

### 3.1.2 GSIM-851

此生產環境如圖 3-5，期初現金為 \$ 5000，每週固定費用 \$ 11000，CCR 機台為 Blue，市場需求如表 3-3，工作時間為每天 8 小時，每週 5 天，訂單 1 需於第 3 天 4 時交貨，訂單 2、3 與 4 皆是第 5 天 8 時交貨。產能分析則參閱附錄二。

表 3-3 GSIM-851 市場需求

訂單	產品	數量	交期
1	A	25	20
2	A	15	40
3	D	52	40
4	F	40	40

單位：時

#### 1. DBR

要操作 DBR 之前，需先決定適當的 CCR 緩衝(CCR Buffer)與出貨緩衝(Shipping Buffer)。本研究設定 CCR Buffer 為 20 小時、Shipping Buffer 為 10 小時，利用訂單交期與 Shipping Buffer 作出 Blue 機台的生產計劃(Drum)，再透過 CCR Buffer 找出投料時間(Rope)，將相關的訂單資料，利用 GSIM 模擬，所得結果可參閱附錄二。因此，透過 DBR 操作，各訂單完工時間依序分別為第 14、26、32 及 40 小時，皆可順利達交。

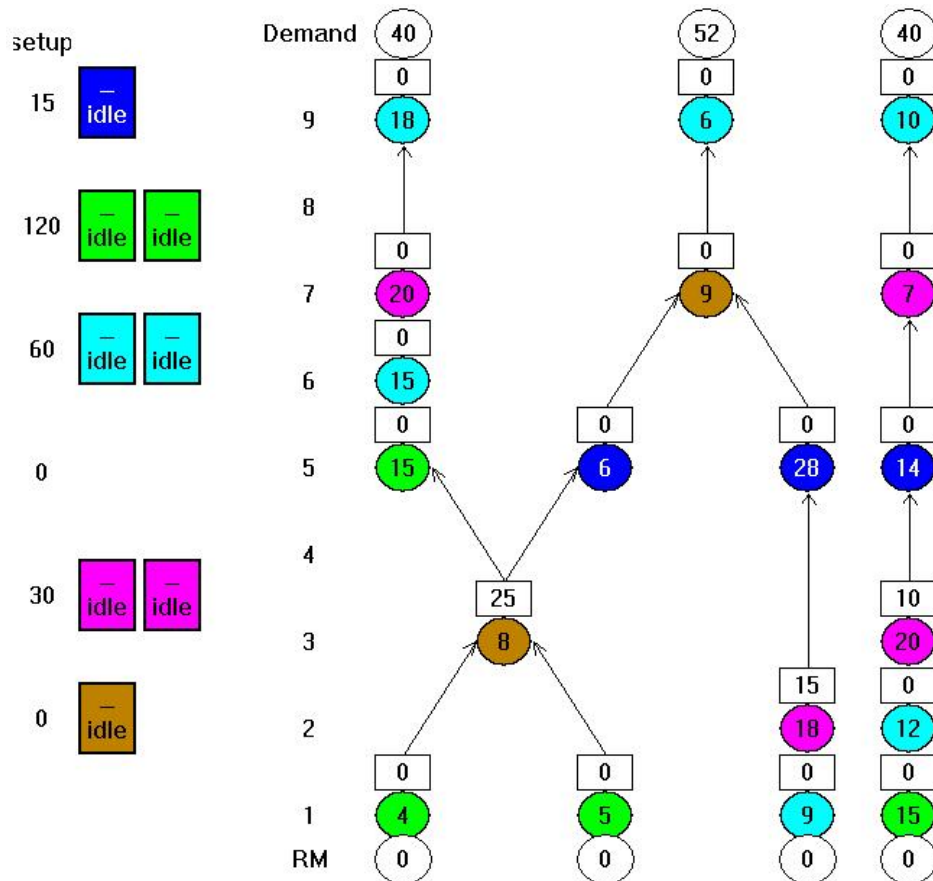


圖 3-5 GSIM-851 生產環境

## 2. S-DBR

運用 S-DBR 則僅需要單一的生產緩衝(Production Buffer)，而本研究設定緩衝大小為 30 小時。首先計算現場 WIP 的已規劃負載(Planned Load, PL)，可知 PL 為 560 分鐘，因此，訂單 3 的 52 個產品 D 應即刻投料，其餘投單資料可參閱附錄二。同樣地利用 GSIM 模擬，透過 S-DBR 操作，各訂單完工時間分別為第 14、25、33 及 40 小時，皆可順利達交。結果與使用 DBR 方法相同，可參閱附錄二。

透過 Job Shop Game 以及 GSIM951 的模擬驗證，可知運用 S-DBR 所得的績效結果與 DBR 相同，因此，在 Schragenheim 的假設下，位於製程中段的單一 CCR 情境，S-DBR 是一個能有效地滿足訂單交期績效的生產管理工具，然而，實務上的情境並非僅有如此，所以接下來將進一步地探討(1)單一 CCR 於製程前、後段，對訂單交期的影響；(2)CCR 漂移；(3)訂單批量問題；(4)訂單插單；以及(5)迴流生產環境等議題，以確認 S-DBR 在實務上的可行性。

### 3.2 CCR 於製程位置不同之比較

根據產業類型、產品類型、加工機台效能不同，CCR 於產品製程中的位置可以區分成三類，即於製程的前段、中段及後段。以下將先以單一 CCR 情境，分別探討 CCR 於前段與後段時，運用 S-DBR 是否仍可順利運作。

#### 3.2.1 CCR 位於製程前段

此情境將發生允諾的訂單交期過於樂觀之情形。由圖 3-6 與圖 3-7 可知，當訂單投入生產現場時，若該訂單之加工優先順序為最低，則需於 CCR 前等候，直到投料日期後  $\frac{1}{2}$ PB 時間，然而該訂單尚需加工時間仍為整個製程，若過程中發生變異，則有造成延宕交期的危險。若以緩衝保護之概念思維，則如圖 3-8 所示，實際所需緩衝之情形如虛線所示，因此可允諾之交期應該轉移至虛線部份，才可使訂單有充分的緩衝保護。故當 CCR 於製程前段而操作 S-DBR 時，本研究認為有需要考慮調整投料日期與交期，才能使訂單具有充分的緩衝保護以順利達交。另外，本研究對此議題的調整方法將於 3.2.3 節討論之。

$$\text{Load}_{(\text{CCR})} = (\text{WIP}_A) \times T_A \leq \frac{1}{2} \text{PB} \quad (3-3)$$

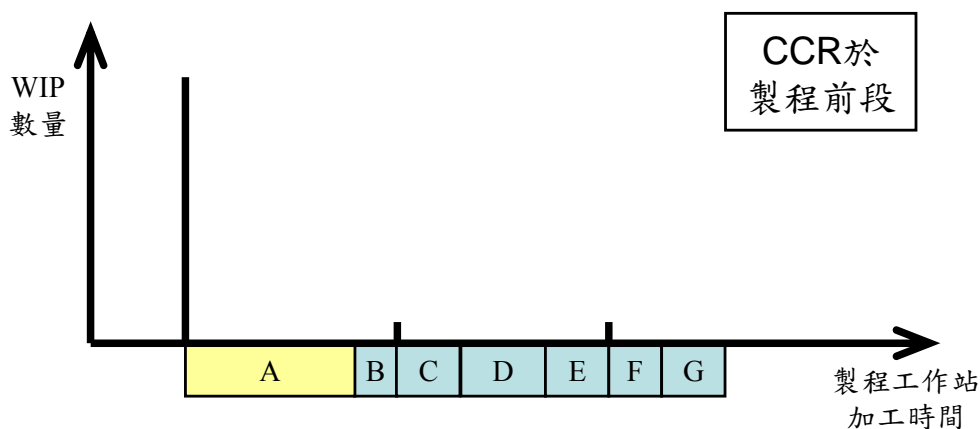


圖 3-6 CCR 於前段的製程與 WIP 之關係示意圖

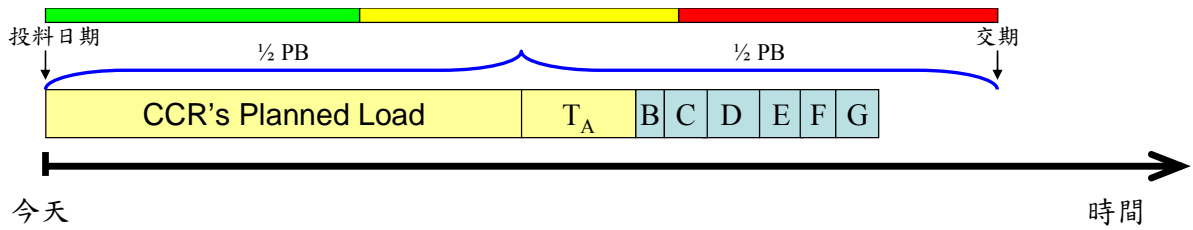


圖 3-7 CCR 負載、生產緩衝與訂單剩餘製程之示意圖(2)

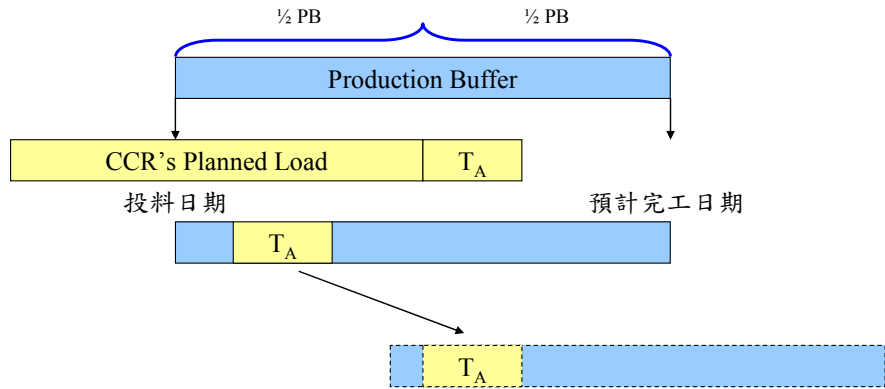


圖 3-8 CCR 於前段的實際需要緩衝之示意圖

### 3.2.2 CCR 位於製程後段

此情境將產生允諾之訂單交期過於保守。由圖 3-9 與圖 3-10 可知，當訂單投入生產現場時，CCR 於製程後段，其前段因皆為 non-CCR，故訂單可快速通過工作站，到達 CCR 前，若該訂單之加工優先順序為最低，則需於 CCR 前等候，直到投料日期後  $\frac{1}{2}PB$  時間，然而該訂單僅剩 CCR 加工即可完工。又若以緩衝保護之概念思維，則如圖 3-11 所示，實際所需緩衝之情形如虛線所示，因此可允諾之交期應該轉移至虛線部份。故所允諾之訂單交期仍有很大的緩衝保護空間，亦表示允諾之交期過於保守，如有需求，應可往前調整。本研究提出的調整方法亦將於 3.2.3 節討論之。

$$\begin{aligned}
 \text{Load}_{(\text{CCR})} &= (\text{WIP}_A + \text{WIP}_B + \text{WIP}_C + \text{WIP}_D + \text{WIP}_E + \text{WIP}_F + \text{WIP}_G) \times T_G \\
 &\leq \frac{1}{2}PB
 \end{aligned}
 \tag{3-4}$$

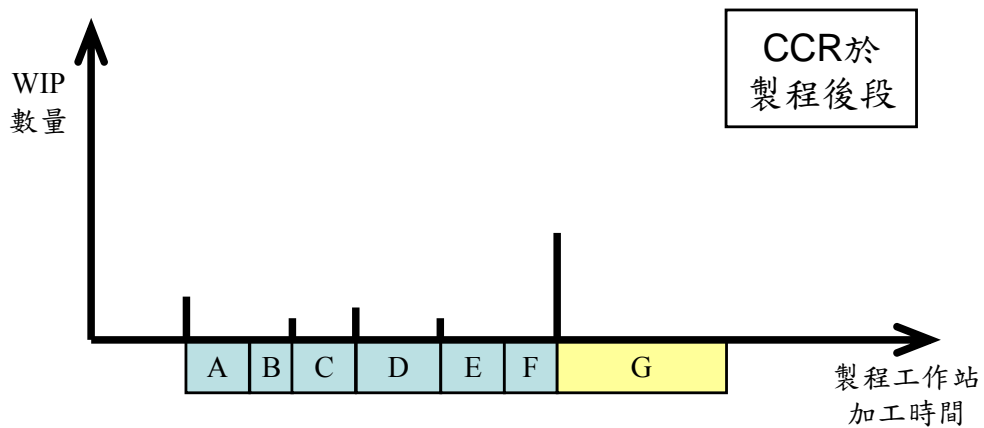


圖 3-9 CCR 於後段的製程與 WIP 之關係示意圖

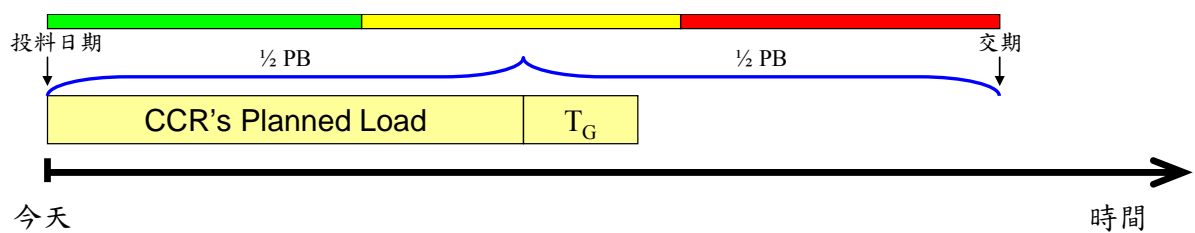


圖 3-10 CCR 負載、生產緩衝與訂單剩餘製程之示意圖(3)

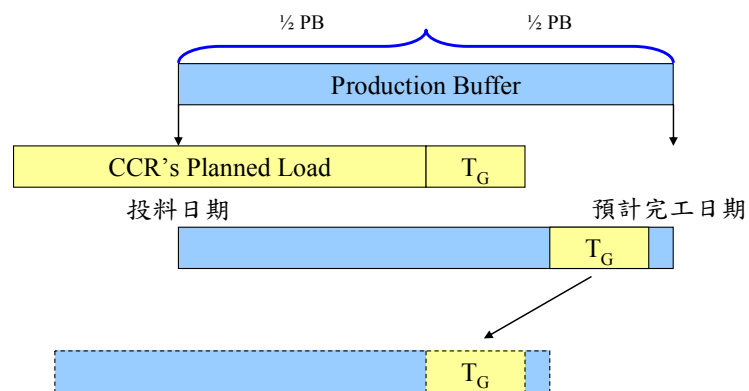


圖 3-11 CCR 於前段的實際需要緩衝之示意圖

### 3.2.3 CCR 位置不同—投料日期與交期的調整

由前二節可知，CCR 位置不同對訂單交期之影響，最為嚴重的是 CCR 於製程前段，

此情形造成允諾交期過於樂觀，以致有延宕交期之虞；CCR 於後段，此情形雖不會傷害訂單交期，但有過於保守的情形，應可允諾更具競爭力之交期。因此，如能將 S-DBR 決定投料日期與交期的方法，依 CCR 位置不同而作不同的調整修正，便可使 S-DBR 更加完善。故本研究提出的調整概念如下：

### 1. 調整生產緩衝大小：

若市場環境與生產現場允許，則增加或減少生產緩衝，調整為適當的緩衝大小。當 CCR 位置於前段時，所遭遇到的問題是後半段的生產緩衝是否能提供訂單充分的保護，如圖 3-12 可知，隨著生產緩衝(PB)的增加，所剩餘的緩衝保護愈大，使得  $\frac{1}{2}PB$  的緩衝時間足以提供充分的保護。另外，要注意可允許接單的最大負載量( $QLT - \frac{1}{2}PB$ )，若 PB 太大，會造成可允許接單之負載過低，而降低市場競爭力，影響業務接單量。

同樣地，當 CCR 位置於後段，則可將生產緩衝向下調整，使過度的緩衝保護降低，亦可更快速地反應訂單交期，然而，若 PB 過低，會造成 CCR 前 WIP 不足，以致 CCR 閒置。所以，此調整方法需在不影響市場競爭力及生產現場之情形下，才可運用。

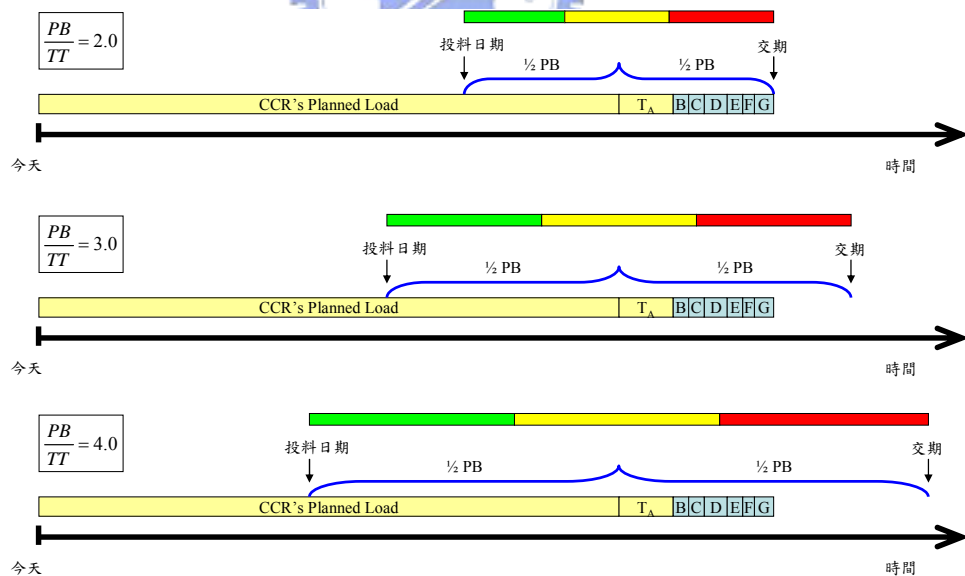


圖 3-12 緩衝大小與剩餘可反應變異之緩衝大小關係圖

### 2. 無法調整生產緩衝大小，則調整投料與允諾交期之操作參數：

#### (1) CCR 位置於製程前段：

當 CCR 位置於製程前段，而因市場競爭環境因素，以致於無法增加生產緩衝，此時



應該縮短前段的生產緩衝比例，減緩投料，降低在製品等候時間；後段的生產緩衝比例應增大，增加緩衝保護。但前、後段生產緩衝總和仍為原來的緩衝大小。

依照前述例子，調整比例為  $\alpha$  及  $1-\alpha$ ，如圖 3-13 所示，投料日期由原本的  $PL - \frac{1}{2}PB$  調整為  $PL - \alpha PB$ ，而允諾的交期則調整為  $PL + (1-\alpha)PB$ 。此時可允許接單的最大負載將改變為  $QLT - (1-\alpha)PB$ 。

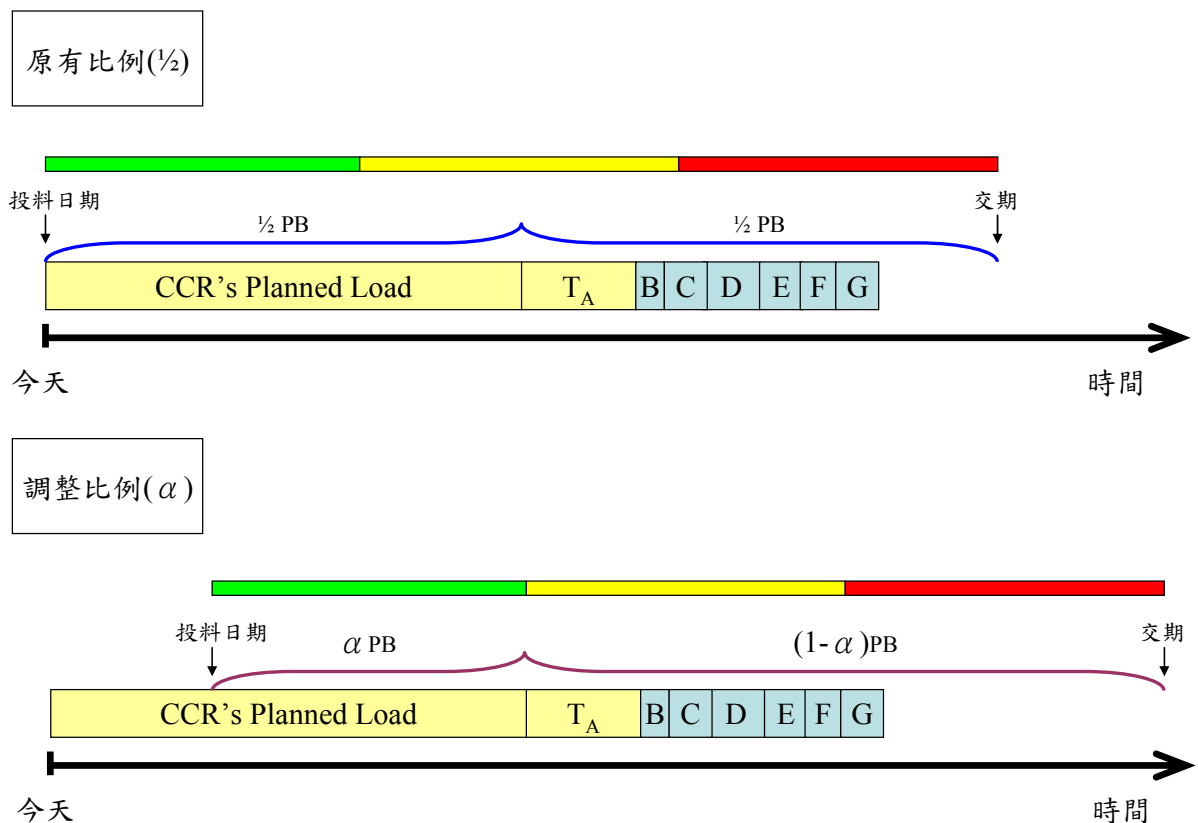


圖 3-13 調整操作比例參數示意圖(1)

## (2) CCR 位置於製程後段：

當 CCR 位置於製程後段時，若降低生產緩衝，會使得 WIP 不足而造成 CCR 閒置，則此時應該增大生產緩衝比例，提早投料；後段的生產緩衝比例應縮小，提供充分而非過度的緩衝保護，同樣地，前、後段生產緩衝總和仍為原來的緩衝大小。

依照前述例子，調整比例為  $\beta$  及  $1-\beta$ ，如圖 3-14 所示，投料日期由原本的  $PL - \frac{1}{2}PB$  調整為  $PL - \beta PB$ ，而允諾之交期則調整為  $PL + (1-\beta)PB$ 。此時可允許接單的最大負載

將則改變為  $QLT - (1 - \beta)PB$ 。

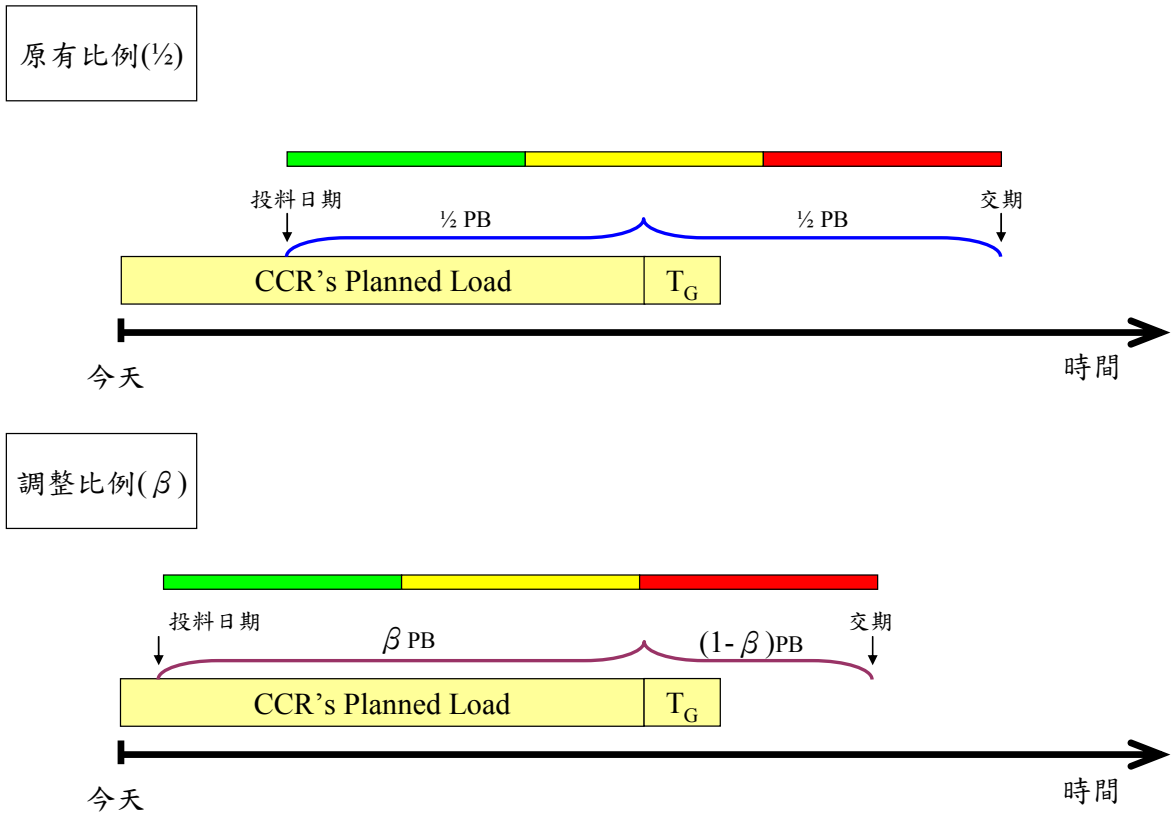


圖 3-14 調整操作比例參數示意圖(2)

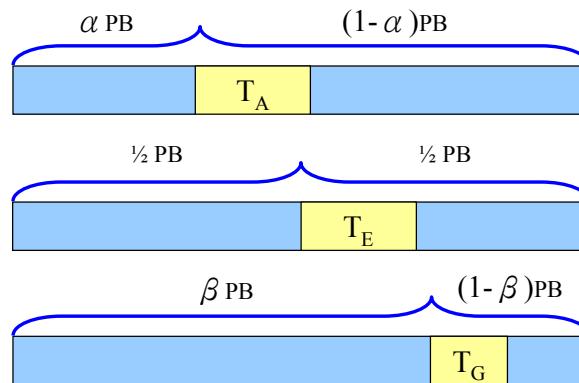


圖 3-15 調整操作比例參數示意圖(3)

### 3. 修正緩衝狀態 ( $BS_{Revise}$ ) :

若生產環境為多產品項時，上述第 2 點及第 3 點的調整方法，將有以下二種情形需要考量：

**(1) 各產品項之 CCR 位置皆為同一類型：**

即各產品項的 CCR 位置類型皆相同，如皆為前段、中段或後段，此時僅需依上述方法調整比例即可。

**(2) 各產品項之 CCR 位置為不同類型：**

即各產品項的 CCR 位置類型不全相同，如圖 3-15，此時將需要修正緩衝狀態(BS)，才可以順利達到調整比例參數的效用。

調整比例之目的就是要使訂單最晚於 CCR 加工的時間點，位在前段生產緩衝侵蝕結束之時間點，如  $\frac{1}{2}PB$ 、 $\alpha PB$  或  $\beta PB$ 。然而，當參數比例小的產品項投料至生產現場，而現場 CCR 負載又以參數比例大的產品項居多，此時可優先加工之訂單，其緩衝狀態皆較高，因此新投入的訂單需要持續等候，以致無法於訂單期望的加工時間點進行 CCR 加工；另外，當參數比例大的產品項投料至生產現場，而現場 CCR 負載又以參數比例小的產品項居多，則此時可優先加工之訂單，其緩衝狀態皆較低，因此該訂單於 CCR 前，不需等候太久即可進行加工。但此時間點亦非訂單期望的加工時間點。

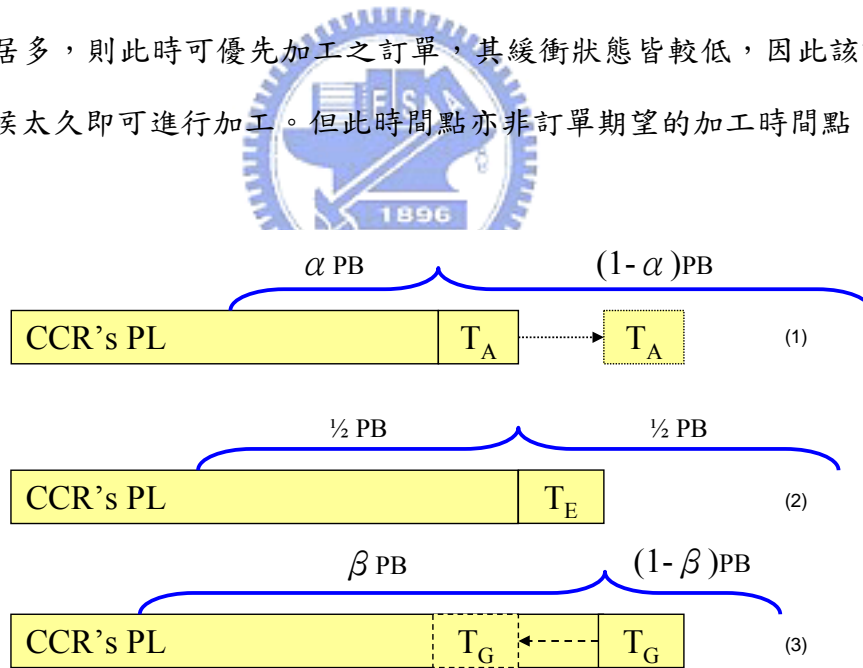


圖 3-16 未修正緩衝狀態之問題與影響

舉例而言，如圖 3-16，依序接單(1)(2)(3)，依照調整參數比例之後的投料日期與交期操作，則期望的優先順序應該為(1)(2)(3)。倘若現場原有的 WIP 之優先順序皆高於此三張訂單，則當此三張訂單同時於 CCR 前等候，依照緩衝狀態大小(BS)，其順序將為訂單(3)(2)(1)，而非期望的加工順序，無法達到調整參數比例之目的與效果。

為了達到調整比例參數的效果，所以在判斷訂單優先順序時，需將 CCR 於前段的  $\alpha PB$ 、CCR 於中段的  $\frac{1}{2}PB$  與 CCR 於後段的  $\beta PB$ ，視為同樣的優先順序標準，所以需針對前段與後段之產品項之緩衝狀態(BS)作轉換，如此才可作到期望的優先順序，以達調整修正之效。

轉換原理即如圖 3-17 所示，CCR 位於前段或後段之產品項所侵蝕的天數，如  $x$  或  $y$ ，需先依侵蝕比例轉換至 CCR 位於中段的相同比例之侵蝕天數，再以此天數計算緩衝狀態，詳細地計算方法如下：

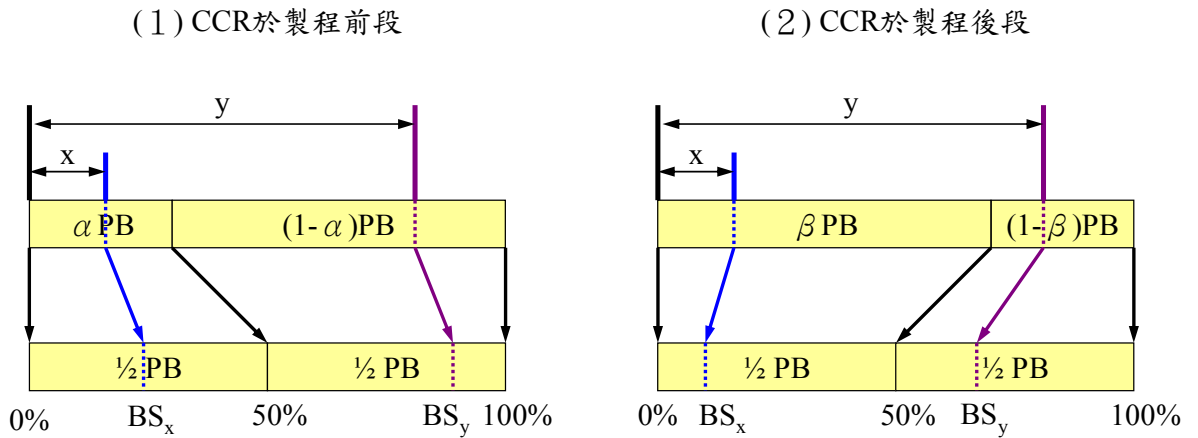


圖 3-17 緩衝狀態轉換示意圖

**(1) CCR 於製程前段：**

對照上圖 3-17-(1)，由於調整參數的目的是希望能在  $\alpha PB$  之前(含)開始加工，即最晚於 CCR 加工時間點是  $\alpha PB$ ，故此時的  $\alpha PB$ ，需等同 CCR 位於中段之情境的  $\frac{1}{2}PB$ ，而且在轉換前需先分為： $\alpha PB$  對映到前  $\frac{1}{2}PB$ ； $(1-\alpha)PB$  對映到後  $\frac{1}{2}PB$ 。

舉例而言，投料  $x$  天，則其轉換後的緩衝狀態應為  $BS_x$ ，而投料  $y$  天（大於前段生產緩衝  $\alpha PB$ ）則應為  $BS_y$ 。其轉換過程與公式如下：

$$BS_x = \frac{\frac{x}{\alpha PB} \times \frac{1}{2} PB}{PB} = \frac{\frac{x}{2\alpha}}{PB} = \frac{x}{2\alpha PB} \quad (3-5)$$

$$BS_y = \frac{\frac{(y - \alpha PB)}{(1 - \alpha)PB} \times \frac{1}{2} PB}{PB} + 0.5 = \frac{y - \alpha PB}{2(1 - \alpha)PB} + 0.5 = \frac{y - \alpha PB}{2(1 - \alpha)PB} + 0.5 \quad (3-6)$$

**(2) CCR 於製程後段：**

對照上圖 3-17-(2)，利用相同的轉換原理，整理計算公式如下，投料  $x$  天，則轉換後的緩衝狀態應為  $BS_x$ ，而投料  $y$  天（大於  $\beta PB$ ）則應為  $BS_y$ 。

$$BS_x = \frac{\frac{x}{\beta PB} \times \frac{1}{2} PB}{PB} = \frac{x}{2\beta PB} = \frac{x}{2\beta PB} \quad (3-7)$$

$$BS_y = \frac{\frac{(y - \beta PB)}{(1 - \beta)PB} \times \frac{1}{2} PB}{PB} + 0.5 = \frac{y - \beta PB}{2(1 - \beta)PB} + 0.5 = \frac{y - \beta PB}{2(1 - \beta)PB} + 0.5 \quad (3-8)$$

比較上述公式即可發現，不論 CCR 是在前段還是後段，轉換後的緩衝狀態是屬於生產緩衝前段比例的函數，且函數型態相同，故可統一整理如下。本研究稱此轉換後的緩衝狀態為「修正緩衝狀態( $BS_{Revise}$ )」，假設生產緩衝前段所占的比例為  $\theta$ ，因此投料  $x$  天後，其修正緩衝狀態之計算方法如下：

$$BS_{Revise} = \begin{cases} \frac{x}{2\theta PB} & , 0 \leq x \leq \theta PB \\ 0.5 + \frac{x - \theta PB}{2(1 - \theta)PB} & , \theta PB < x \leq PB \end{cases} \quad (0 < \theta < 1) \quad (3-9)$$

總結上述各點可知，當生產緩衝足以提供充分保護時，操作 S-DBR 並不需要調整參數比例；但若考量市場環境與生產現場，而無法調整生產緩衝成為適當大小時，則可參考本研究提出的方法－調整參數比例，將原本的 $(\frac{1}{2}PB, \frac{1}{2}PB)$ ，調整成為 $(\theta PB, (1-\theta)PB)$ ，以調整投料日期與交期、降低於 CCR 等候時間並提供充分的緩衝保護。另外，當生產現場有不同參數比例之產品項，則另須利用修正緩衝狀態( $BS_{Revise}$ )，統一判斷各類產品項之加工優先順序，以達調整之效。

### 3.3 多 CCR－CCR 漂移

所謂的 CCR 漂移可由圖 3-18 瞭解，此情形必是多產品項及不同產品組合所造成的，假若現場有兩負載較高的工作站 E 與 X，因策略或市場需求等因素的不同，使得時而工作站 E 負載較高，如(1)；時而工作站 X 負載較高，如(3)；亦或二工作站負載相同，如(2)與(4)。

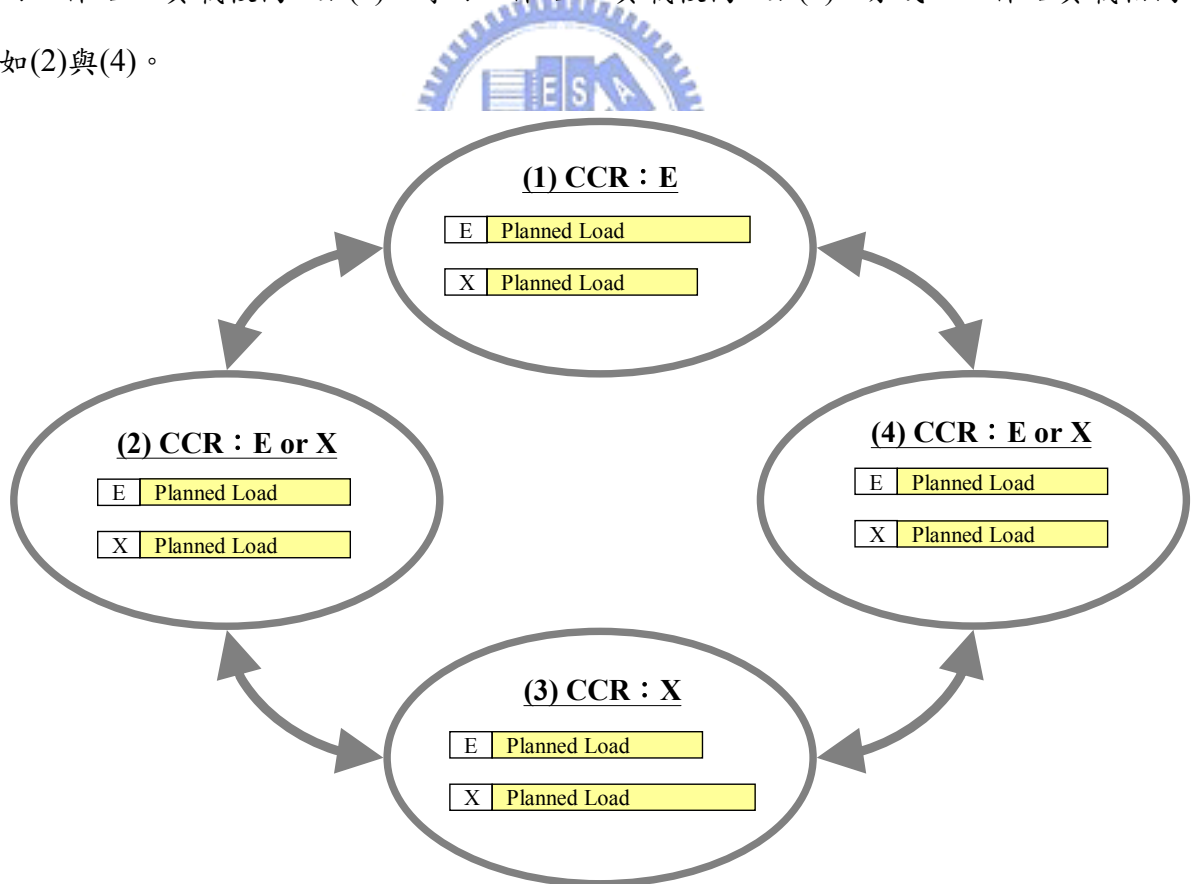


圖 3-18 CCR 漂移概念圖

舉例而言，上一節 GSIM 851 的例子，如增加一張 40 個產品 A 的訂單，即如圖 3-19，GSIM 852 的環境，Cyan 機台的已規劃負載由原本的 2725 分鐘，增加到 4045 分鐘，當周計劃的使用率由 56%提升為 84%，與 Blue 機台的 97%更為接近，詳細的產能分析可參閱附錄二。而在模擬執行的過程，隨著時間的增加，可以發現 Cyan 機台的負載逐漸超過 Blue 機台，漂移成為 CCR，此現象使生產現場無法專注於單一 CCR，訂單於機台間互相拉扯與牽制，造成訂單於同樣設定的生產緩衝下，無法如期達交。

因此，當 CCR 發生漂移，應該如何操作 S-DBR，或是在接單規劃負載前，可以事先瞭解與避免漂移所帶來的影響，使得 S-DBR 所決定的訂單交期皆可以順利達交。接下來將依照產品項(族)之間工作站是否有相依關係進行討論。

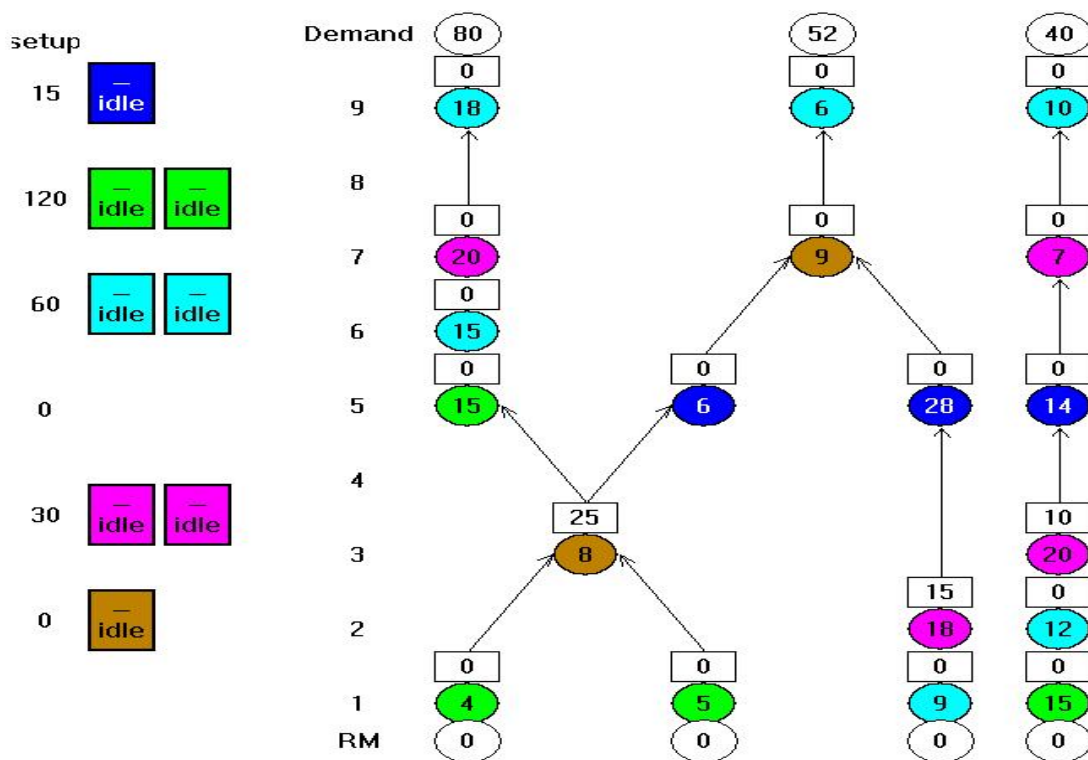


圖 3-19 GSIM 852 生產環境

### 3.3.1 產品項(族)之 CCR 工作站各自獨立

此情境為現場具有多個最高負載之工作站，但各自分別為不同產品項(族)的產能受限資源，意即各自獨立並不相依，如下圖 3-20，產品 I 之 CCR 為工作站 E，而產品 II

之 CCR 為工作站 X，其他工作站雖有相同，但因產能充足，到站大多即可加工，訂單並不會於非 CCR 前等候過久，此情境可直接視為不同的生產現場，故於操作 S-DBR 時，僅需掌握屬於該產品項的產能受限資源，依其已規劃負載(Planned Load, PL)決定交期與投料日期即可。

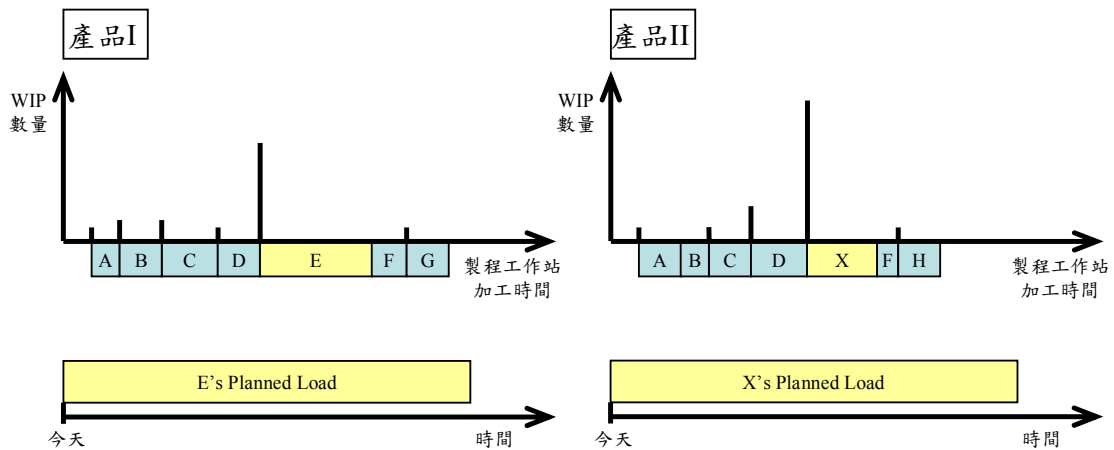


圖 3-20 兩獨立 CCR 負荷狀態示意圖

### 3.3.2 兩產品項(族)共用次 CCR 工作站：

此情境為工作現場擁有兩個高負載工作站，其中一個工作站為某一產品項(族)之 CCR，另一個則是兩產品項(族)的共用工作站，亦如圖 3-21 所示，產品 I 與產品 II 製程皆有工作站 X，而工作站 E 為產品 I 之 CCR。

對於產品 II 而言，工作站 X 為產能受限資源，依照 S-DBR 的操作，即以該工作站的已規劃負載決定交期與投料日期，每張訂單最晚可於該工作站之加工時點仍為緩衝狀態約略 50%之時間點，所以產品 II 的訂單交期並不會有影響；然而，對於產品 I，工作站 E 為 CCR，工作站 X 為次 CCR，但有時因市場需求、產品組合的不同，將造成時而工作站 E 為 CCR，時而工作站 X 為 CCR，此時應該如何操作 S-DBR 以決定產品 I 的交期與投料日期，產品 I 的訂單交期是否會因此而產生影響？接下來將以 CCR 與次 CCR 之製程相對位置進行討論。



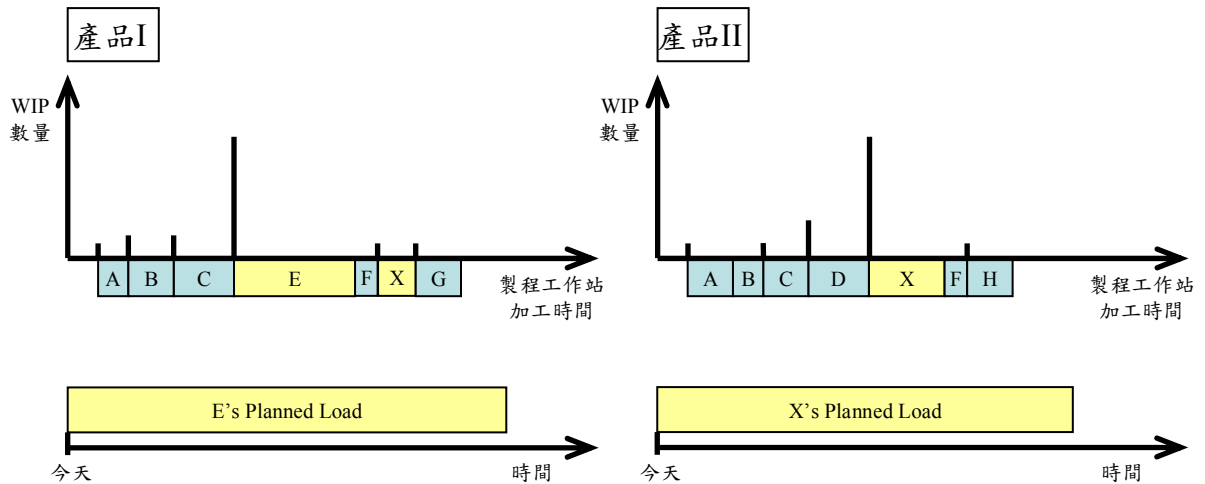


圖 3-21 CCR 位於次 CCR 前之負荷狀態示意圖

### 1. CCR 位於次 CCR 前(即產品 I：E→X；產品 II：X)

如上述的圖 3-21，產品 I 的工作站 E 為 CCR，而工作站 X 為次 CCR。依照 S-DBR 以 CCR 決定產品 I 的訂單交期與投料日期，當訂單於 CCR 加工時點，最晚的情形是在緩衝狀態約略 50% 左右，而於次 CCR 加工時點，緩衝狀態已大於 50%，此時不論是產品 I 或產品 II，工作站 X 皆是以產品 I 為優先，因為產品 II 的訂單緩衝狀態於工作站 X，無特殊變異時，最高約略 50% 左右，恆小於產品 I 訂單於工作站 X 時的緩衝狀態，所以在此情形，不論是對於產品 I 或是產品 II，依 S-DBR 所決定的交期並不會受到影響，所有產品項的訂單皆可順利達交，即如圖 3-22 所示。

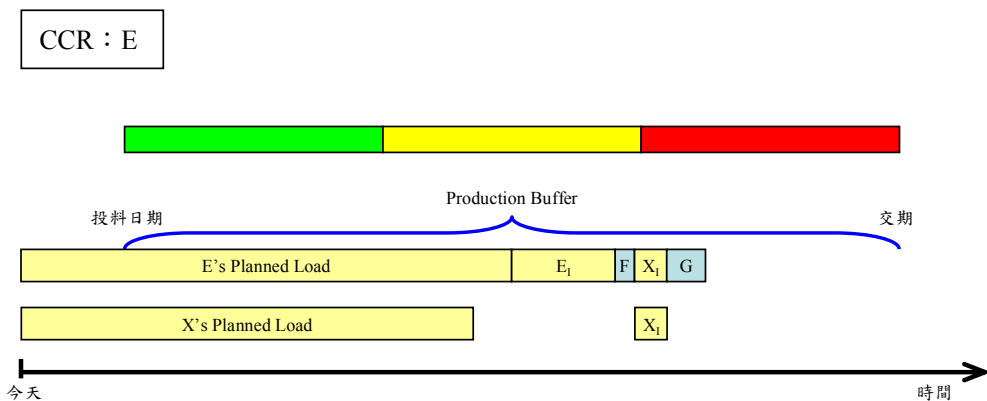


圖 3-22 產品 I 最晚於 CCR 加工之狀態

另外，當產品組合偏重產品 II，造成工作站 X 之負載超過工作站 E，對於產品 I 而言，CCR 漂移至工作站 X，此時如仍用原先的工作站 E 之已規劃負載決定新接訂單之投料日期與交期，對於產品 I 本身的交期並不會產生影響，如圖 3-23 所示，因為該訂單於工作站 X 加工時，其緩衝狀態仍可以凌越其他產品 II 之訂單，原因如前所述。所以對於部份的產品 II 訂單，將產生推擠作用，原先已規劃之負載遭到向後推擠，如圖 3-24 所示，若此情形為短暫狀態，則產品 II 之訂單交期將不受影響，但若遭向後推擠之訂單負載過大或短時間內接受大量的產品 I 訂單，則將影響部份已規劃訂單之交期。因此，對於產品 I 而言，為了不影響產品 II 訂單交期，S-DBR 操作方法即是依最高已規劃負載的工作站決定交期，如此便不易造成推擠其他產品項(族)而延宕交期，以令所有訂單順利達交，如圖 3-25。

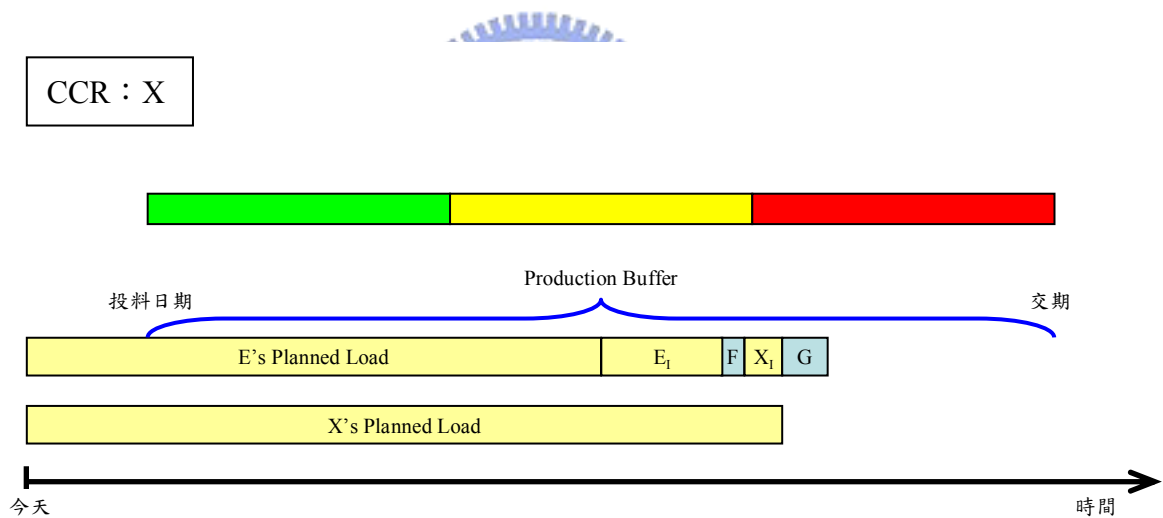


圖 3-23 產品 I 之 CCR 漂移示意圖(1)

CCR : X

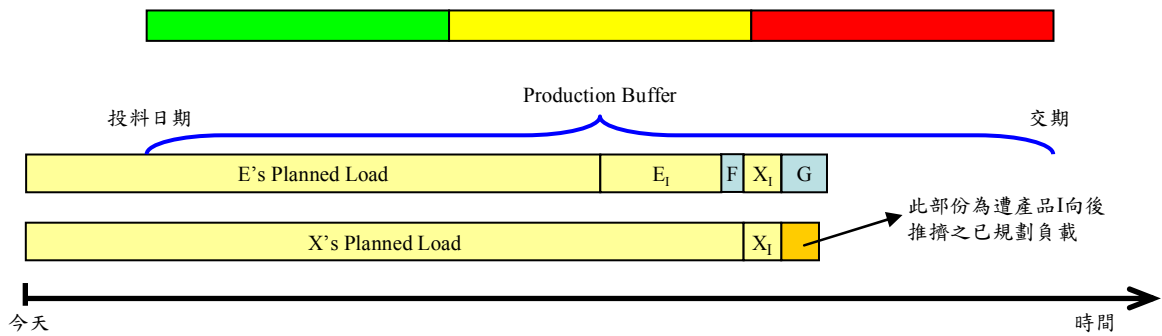


圖 3-24 產品 I 之 CCR 漂移示意圖(2)-推擠現象

CCR : X

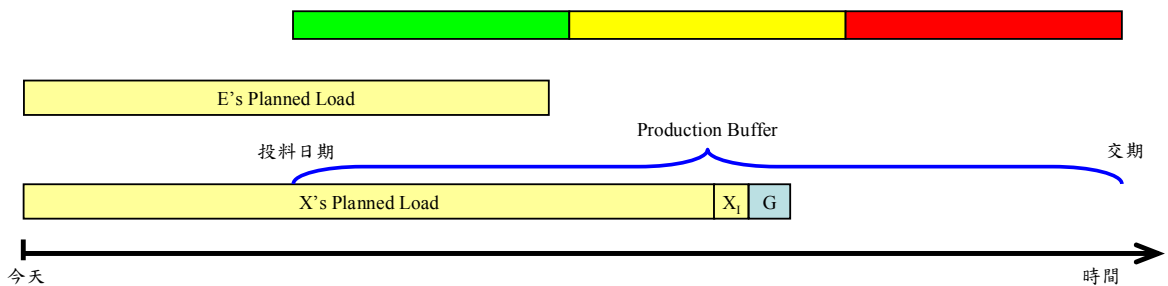


圖 3-25 產品 I 之 CCR 漂移示意圖(3)

## 2. CCR 位於次 CCR 後(即產品 I : X→E ; 產品 II : X)

此情境如圖 3-26，產品 I 的次 CCR 工作站 X 位於 CCR 工作站 E 前，此時次 CCR 的負載高低，將影響產品 I 於 CCR 的加工時點，可能會造成 CCR 短暫閒置，如圖 3-27，由於產品 II 的大量需求，使得工作站 X 處在高負載狀態，此時允諾的產品 I 訂單，則會因優先順序最低，而一直於工作站 X 等候，直至花費  $\frac{1}{2}$  PB 左右才開始進行加工，這將造成 CCR 閒置，且不易維持 CCR 工作站前穩定的在製品數量。

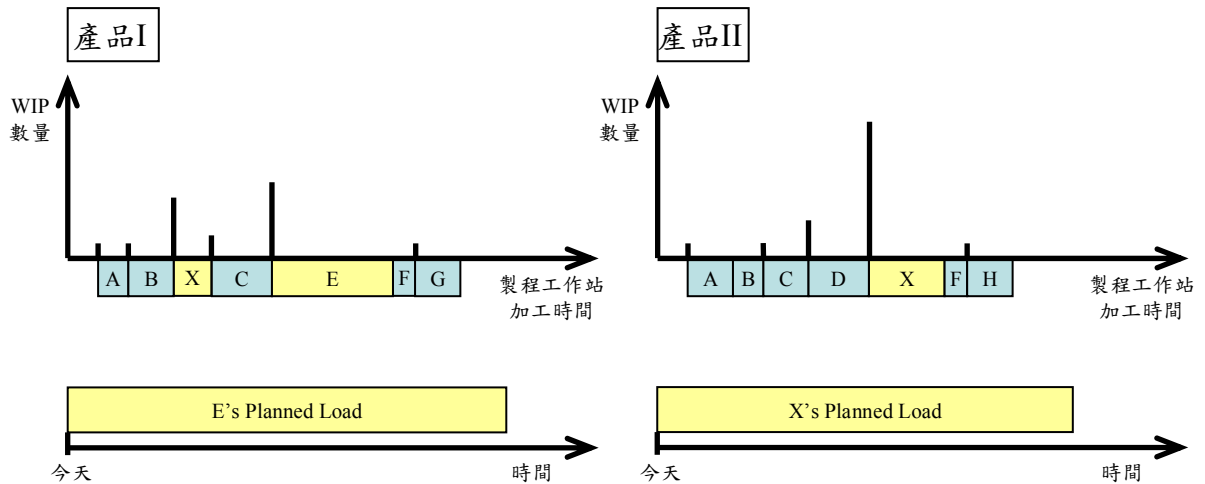


圖 3-26 CCR 位於次 CCR 後之負荷狀態示意圖

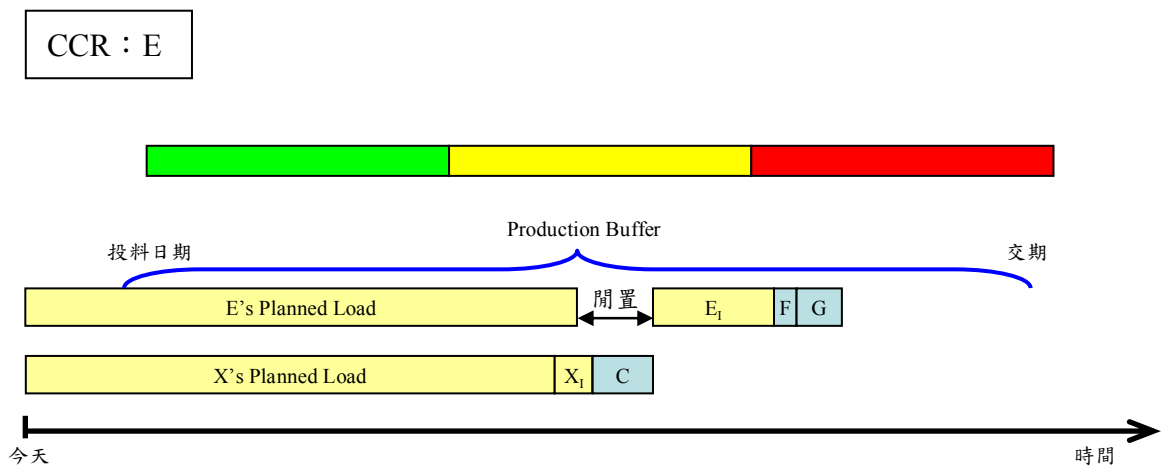


圖 3-27 CCR 短暫閒置

那麼如果因市場需求與產品組合，使得 CCR 漂移至工作站 X，原 CCR 必將閒置，而且可處理變異之緩衝保護將降低，如圖 3-28。另外，新接下的產品 I 訂單，若仍依據工作站 E 之負載決定交期，則會有交期延宕之虞，故應以工作站 X 之已規劃負載操作 S-DBR，才可提供有保障的交期。

此環境需要特別注意的一種情況，就是當 CCR 漂移後，若短期內接下大量產品 I 訂單，將發生交期延宕的情形，原因如圖 3-29 所示，當產品組合偏重工作站 X 時，產

生 CCR 漂移，而當兩工作站間負載差距擴大，此時若突然有大量的產品 I 訂單湧入，雖然透過 S-DBR 的方法是允許接單，但實際執行時，卻會因為新訂單皆須於工作站 X 等候至緩衝狀態為 50% 才進行加工，到達工作站 E 後，愈晚接的訂單所需等候的時間愈長，致使交期延宕無法順利達交。

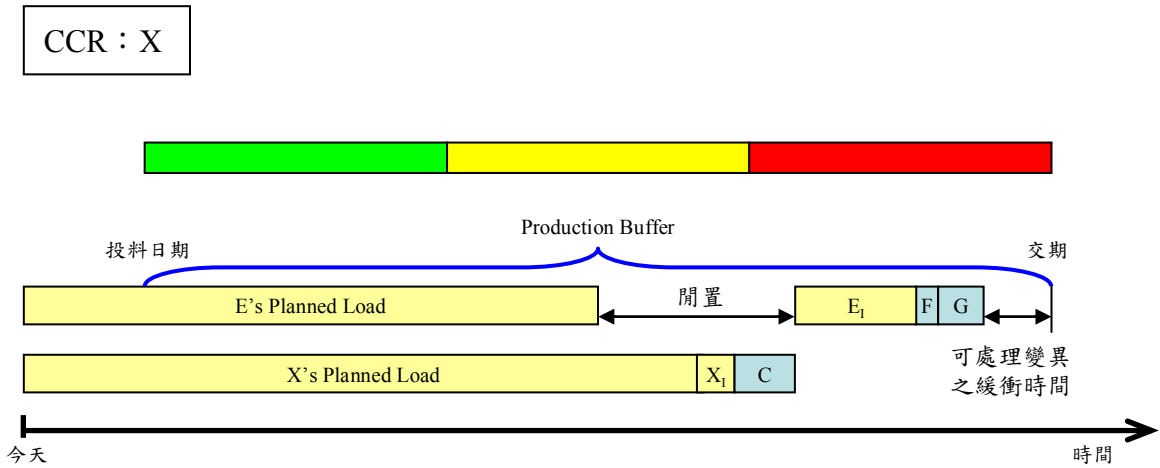


圖 3-28 CCR 漂移造成閒置與緩衝保護降低

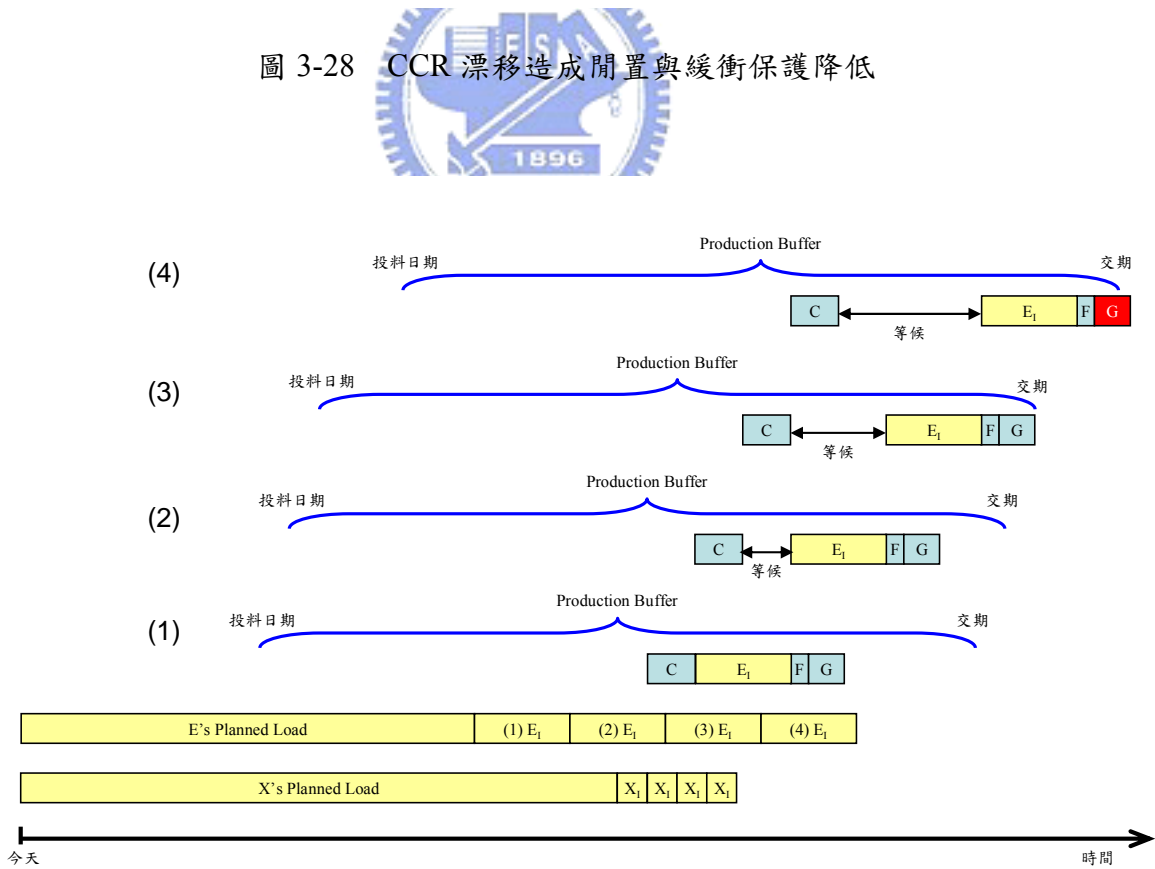


圖 3-29 CCR 漂移後短期接大量產品 I 訂單之加工情形

總結此情境，當 CCR 與次 CCR 負載太接近，則會使得 CCR 產生饑餓、閒置；當 CCR 漂移後，除了使得原 CCR 閒置之外，還會有造成訂單交期延宕之虞，因此，根本解決之道即是在操作上隨時監控次 CCR 的已規劃負載，不可使其過於接近 CCR 之負載，才可以使得各訂單順利達交，並有效掏盡現場產能受限資源。

### 3.4 批量問題

在探討批量大小對訂單交期是否有影響之前，應先了解生產過程中，操作批量的觀念會造成哪些議題發生？首先，「為何生產需要批量或不需要批量？」，由圖 3-30 可知，為了要「更有效地生產」，我們要「減少換線次數，不使非 CCR 漂移為 CCR」；為了要「減少換線次數，不使非 CCR 漂移為 CCR」，我們要「增加批量」；同樣地，為了要「更有效地生產」，我們要「降低生產前置時間」；為了要「降低生產前置時間」，我們要「減少批量」。因此，在「增加批量」與「減少批量」產生了為共同目標努力的衝突。

如何解決此衝突，應當由「批量生產」的認知著手，批量於生產製程中可分為「移動批量」及「加工批量」兩類。影響生產前置時間的因素有：(1)加工時間；(2)等候；(3)移動；(4)換線設置時間；(5)當機等內部變異，而大部份的時間是花費在等候，因此如能降低「移動批量」即可大幅地降低等候時間，進而降低生產前置時間。由圖 3-27 可知，例如訂單所需經過製程有 4 站，小移動批量之生產前置時間小於大移動批量之生產前置時間，故愈小的移動批量其生產前置時間愈短，可使生產更有效。

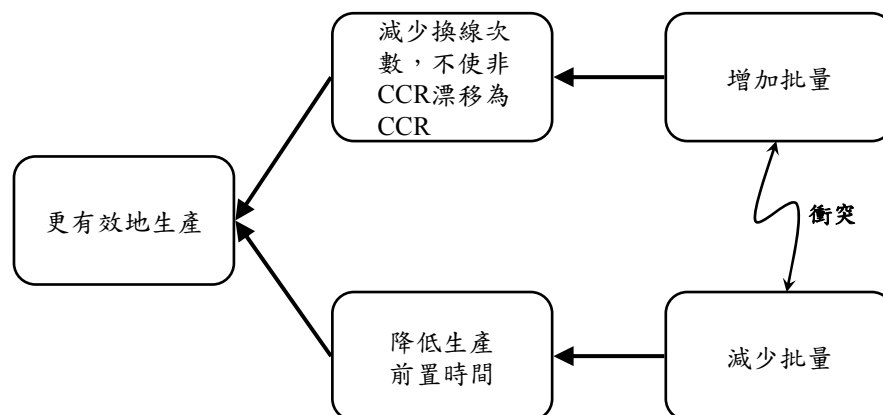


圖 3-30 衝突圖-增加與減少批量

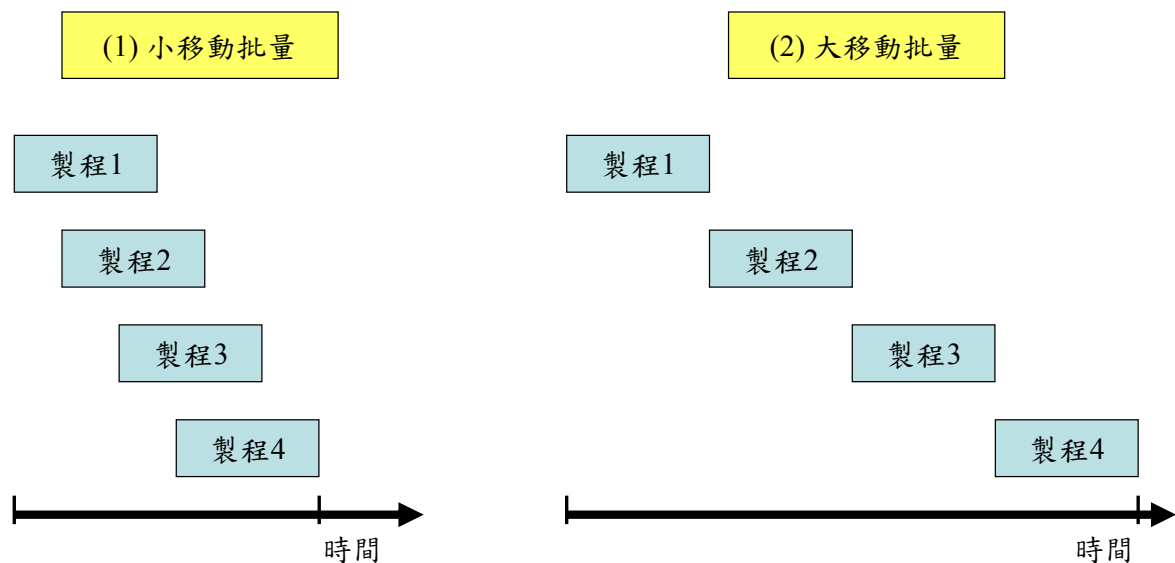


圖 3-31 移動批量大小與生產前置時間之比較

另外，「加工批量」的大小決定機台換線次數的多寡及訂單總換線時間長短，「加工批量」大時，則換線次數少，訂單的總換線時間即較短，亦可使生產更有效。所以將觀念修正後，如圖 3-32，則衝突就不會發生。因此，在現場允許的情形之下，追求最適當的加工批量以及最小的移動批量，是使生產更有效的方法。如此了解後，接下來進一步探討面對大批量之訂單應該如何操作 S-DBR。

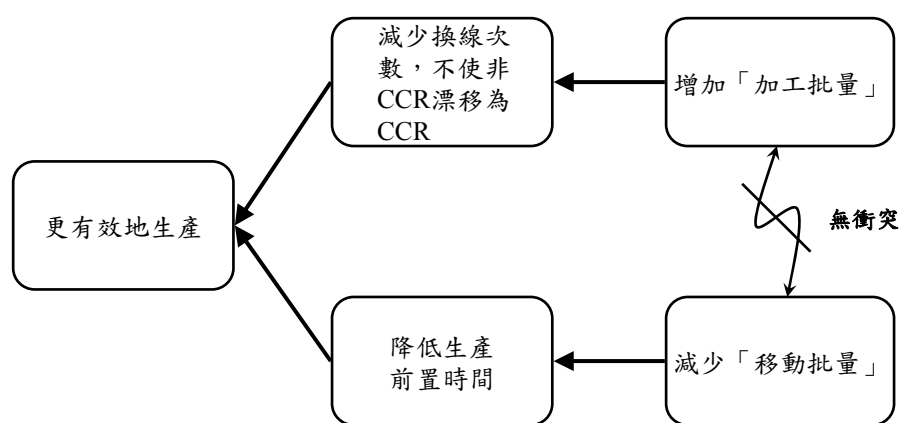


圖 3-32 化解批量衝突

一般而言，當訂單所需的產品數量大時，生產緩衝即需增加，亦即加工批量大時，

需增加生產緩衝，以確保該加工批量可得到充分地緩衝保護，如圖 3-33 所示，訂單 1 與 2 依照 S-DBR 所決定之交期分別為 A 與 B，而訂單 3 為數量較大的訂單，其交期為 C，故當訂單所需加工批量較大時，則因為該訂單的生產緩衝較大，使得交期較長。

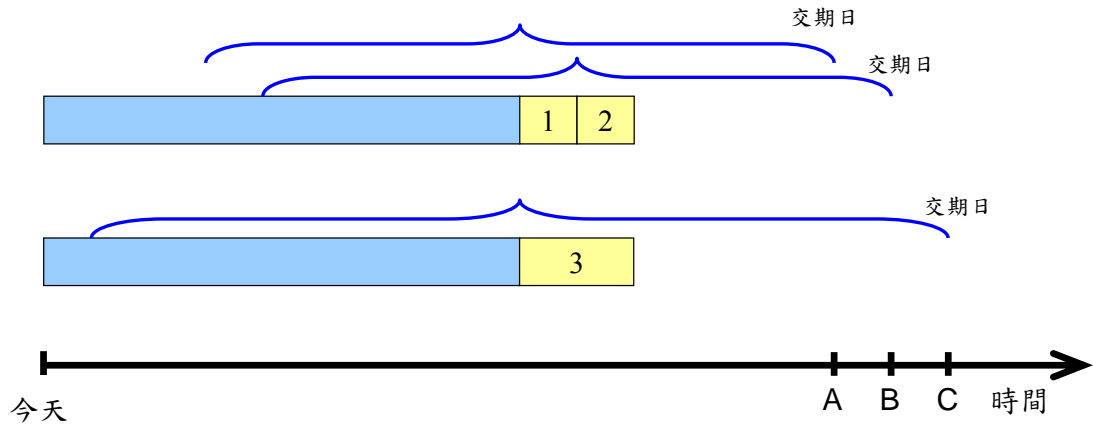


圖 3-33 大小批量訂單之 S-DBR 操作示意圖

此時，為了要進一步有效提升大批量訂單的市場競爭力，將產生圖 3-34 之衝突，為了要「有效處理加工批量大之訂單」，我們要「有充分地生產緩衝以保護交期」；為了要「有充分地生產緩衝以保護交期」，我們要「增加生產緩衝時間」；另外，為了要「有效處理加工批量大之訂單」，我們要「有具競爭力之交期」；為了要「有具競爭力之交期」，我們要「減少生產緩衝時間」。對於同樣地目標，在生產緩衝時間上的決策卻產生了衝突。

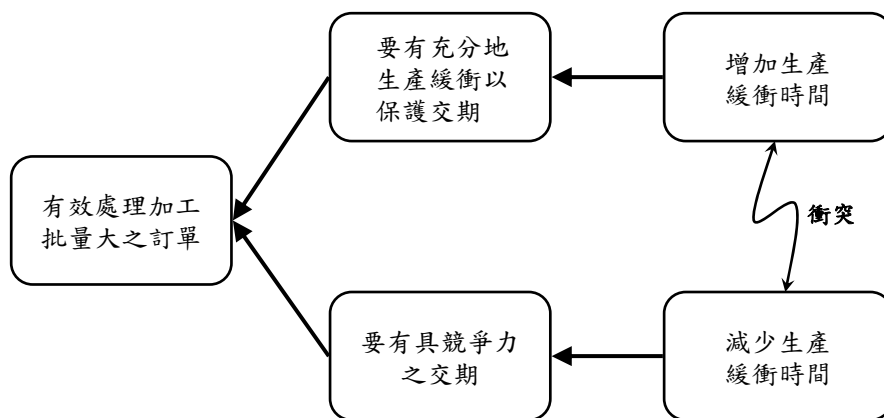


圖 3-34 衝突圖-增加與減少緩衝時間



要解決此衝突，可利用圖 3-33 的例子，訂單 1、2 與 3 皆為相同的產品項，因此，訂單 3 即可視為加工批量大之訂單，訂單 1 與 2 為加工批量較小之訂單；然而，由圖可知，訂單 1 與 2 之加工批量總和即為訂單 3 之加工批量。但是，訂單 3 因為生產緩衝時間較大，決定之訂單交期 C 較晚於訂單 2 之交期 B，故若能將訂單 3 切分為兩個小批量的訂單 1 與訂單 2 之工單，再以最後一張工單 2 所決定之交期，作為訂單 3 之交期，如此操作即可作到有充分地緩衝以保護交期，並且具有競爭力之交期，進而有效處理加工批量大之訂單，使得上述之衝突瓦解，達成共同努力之目標。

總結以上所述，對於大批量的訂單，應先以最適當的加工批量大小，將其切分成為數張小批量之工單，利用 S-DBR 決定各工單之投料日期與交期，並以最後一張工單之完工日期作為此大批量訂單之交期。另外，生產製程中應以最小的移動批量進行加工製造，如此操作才可有效地完成各工單，進而令大批量的訂單順利達交。



### 3.5 訂單插單

實務上常有臨時抽單、變更交期、插單等情形，而 S-DBR 僅需藉由判斷訂單的剩餘時間(Slack Time)，便可以處理此類情形。所謂訂單的剩餘時間，如圖 3-35，即是訂單所需交期與 S-DBR 決定出的可允諾之訂單交期之間的時間間隔，計算方法如下式。

$$\text{剩餘時間(SlackTime)} = \text{所需交期} - \text{可允諾交期} \quad (3-11)$$

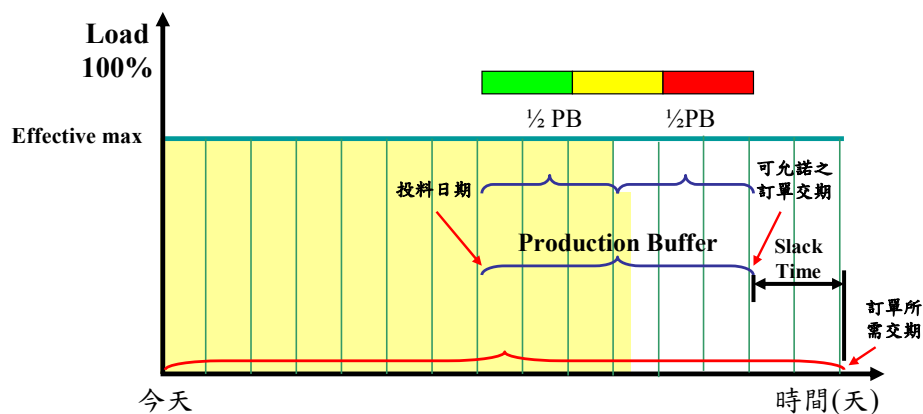


圖 3-35 剩餘時間(Slack Time)示意圖

如何確定可以插單？簡單地舉例說明，如下圖 3-36 插單例子，一般訂單的市場前置時間(QLT)為 50 小時，生產緩衝為 30 小時，於 CCR 加工需要 5 小時，此時已規劃負載(PL)為 20 小時。若陸續來到三張一般的訂單，分別為訂單 1、2 及 3，由 S-DBR 可知，此三張訂單皆可允諾，交期皆為第 50 小時。此時 PL 已累計至 35 小時，若又來到一張訂單 4，所需交期為第 40 小時，但是可允諾的交期是 50 小時，即  $PL + \frac{1}{2}PB = 35 + 15$ ，所以無法接訂單 4，但是真的無法允諾訂單 4 嗎？其實只要重新編排接單順序為訂單 1、4、2 及 3，即可發現 4 張訂單皆可允諾。

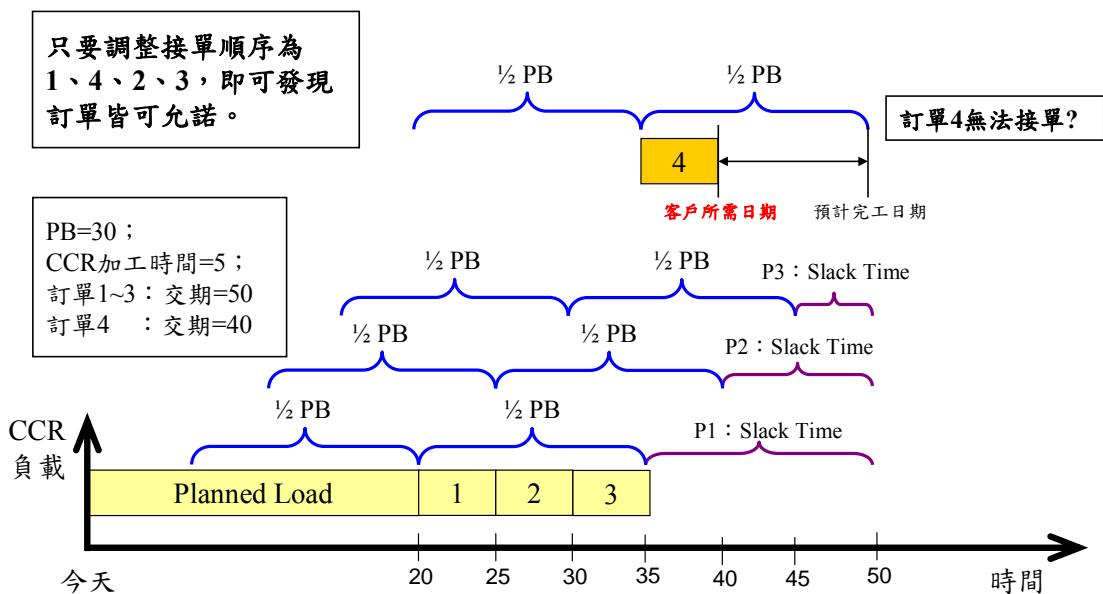


圖 3-36 訂單插單例子之示意圖

所以，當已確認訂單仍有 Slack Time，如上例的訂單 1 有 15 小時、訂單 2 有 10 小時、訂單 3 有 5 小時的 Slack Time，此時若要插單，僅要確認兩點：

1. 已確認訂單的 Slack Time，需有大於或等於該訂單所需交期與可允諾交期的差距。

如上例訂單 4 的所需交期為 第 40 小時，而可允諾交期為第 50 小時，故  $50 - 40 = 10$  小時；訂單 1 與 2 的 Slack Time 皆大於、等於 10 小時。

## 2. 最新一張已確認訂單的 Slack Time 需大於或等於該訂單於 CCR 的加工時間。

如上例訂單 4 的 CCR 加工時間為 5 小時，訂單 3 的 Slack Time 亦為 5 小時；若訂單 4 的 CCR 加工時間為 6 小時，雖然可以符合(1)，但會使訂單 3 交期延宕。

總結此部份，只要在接單之前，確認上述兩點皆成立後，便可以重新調整訂單投料順序，進行插單，且仍可滿足所有已確認訂單的交期。

### 3.6 迴流生產環境

所謂迴流(Reentry flow)生產環境，是指訂單製程需要重複通過多次相同的工作站，其中包含了相對負載最高的 CCR 工作站，此情形即稱為 CCR 迴流生產環境，如圖 3-37。一般會有迴流的製程特性存在，是由於機台太昂貴而無法擴充，導致前後的製程共用同一機台，例如半導體的晶圓製造廠、TFT-LCD 陣列段、或多層母板(PCB)製造廠等，皆有 CCR 迴流之特性。

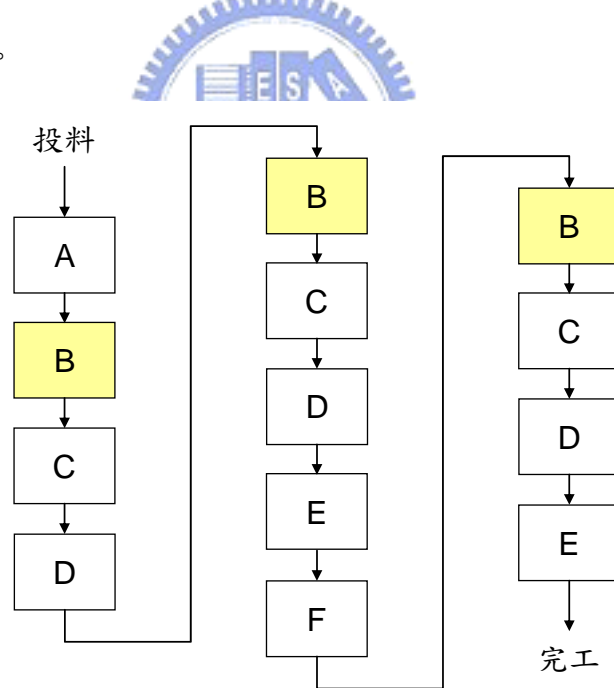


圖 3-37 CCR 迴流生產環境示意圖

#### 3.6.1 CCR 迴流之 DBR 應用

##### 1. 基本觀念

傳統 DBR 於迴流生產環境之設計與排程，其概念如圖 3-38 所示，訂單除了原本的

CCR Buffer 與 Shipping Buffer，在產能受限資源間，還需要加入「間隔緩衝」，以確保前後作業所排時段為適當時間。如圖訂單製程需經過兩次 CCR， $M_1$  為訂單第一次於 CCR 作業； $M_2$  為第二次於 CCR 作業，因  $M_2$  必須要經過一段時間才會回到 CCR，故需要一個適當的緩衝以確保訂單合理的加工時間。因此，可於 CCR 作出圖 3-38(b) 的限制驅導節奏。

(a) 某訂單其製程需經 CCR 兩次(機台 B 為 CCR)

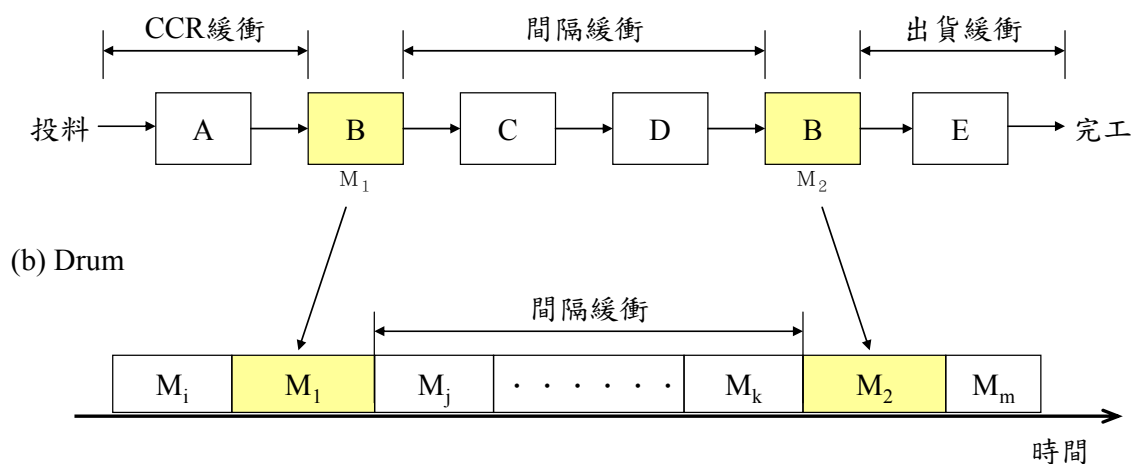


圖 3-38 CCR 迴流之 DBR 操作概念

## 2. 困難與問題

就迴流製程的訂單而言，除了 CCR Buffer 與 Shipping Buffer 各為一個之外，間隔緩衝的數量，則會因迴流次數不同而可能有一個以上，其目的也是為了確保訂單能及時回到 CCR，使 CCR 不會閒置與饑餓，並確保訂單可如期達交。

吳鴻輝與蔡佳蓉【17】研究指出，如此地運作會遇到(1)產能堆疊嚴重，不易推平；(2)各階段的緩衝只能保護該階段的製程，但當沒有使用到該緩衝，卻不能移轉給予後段的緩衝使用，因而減弱了整體的保護。(3)由於上述兩點，隨著 CCR 的負荷增加，交期延宕的比例亦隨之上升。

### 3.6.2 CCR 迴流之 S-DBR 應用

#### 1. 基本觀念

不同於 DBR 的多個緩衝，S-DBR 只有一個生產緩衝，如圖 3-39，若原已有 4 張訂單，每張訂單皆要通過 CCR 兩次，今新增訂單 5，而 S-DBR 與 DBR 所決定之投料日期及交期即如圖所示。S-DBR 是依已規劃負載加減  $\frac{1}{2}PB$ ，作為投料日期與交期，訂單加工的優先順序則是以訂單的緩衝狀態大小決定。

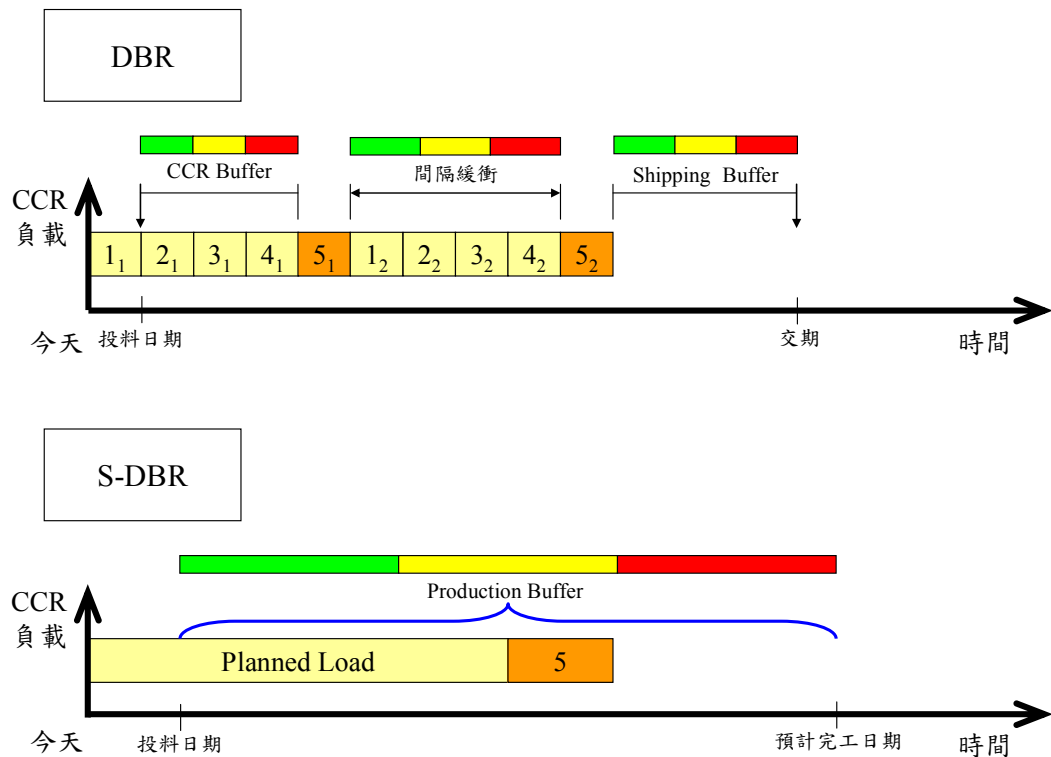


圖 3-39 S-DBR 與 DBR 於迴流環境之規劃比較圖

以 CCR 迴流兩次之單一產品項為例，如圖 3-40，其製程為 A-B-C-D-B-E，CCR 工作站為 B，以 B<sub>1</sub> 與 B<sub>2</sub> 分別代表第一次與第二次加工作業。依照 S-DBR 操作，因訂單欲於 B<sub>2</sub> 加工時，在 CCR 前所有訂單之中，該訂單擁有最高的緩衝狀態，故具有最高加工優先權，因此不會在 B<sub>2</sub> 前等候過久，意即 B<sub>2</sub> 不會累積 WIP。又因 CCR 為工作站 B，所以現場工作站與 WIP 數量分佈情形應以 B<sub>1</sub> 的 WIP 數量最高。

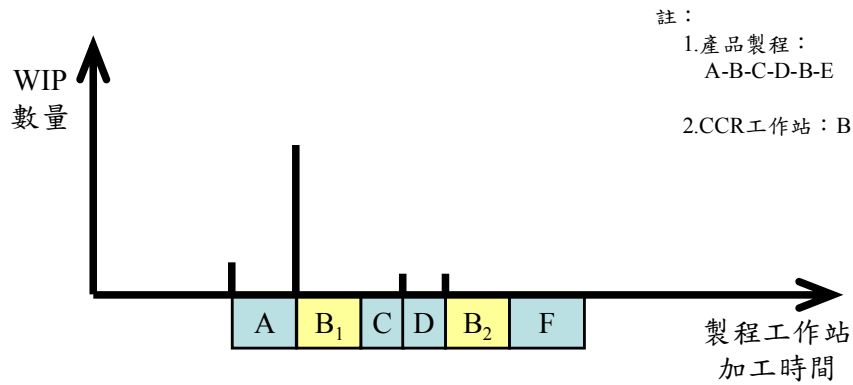


圖 3-40 製程迴流兩次之 WIP 數量與工作站關係圖

現場已規劃負載如下所示，若現場訂單的優先順序皆高於新投入之訂單，則該訂單可於緩衝狀態小於或等於 50% 的時間點於 CCR 加工，而剩餘製程與剩餘可處理變異之生產緩衝關係，如圖 3-41 所示。

$$\text{Load}_{(\text{CCR})} = (\text{WIP}_A + \text{WIP}_{B_1}) \times T_{B_1} + (\text{WIP}_A + \text{WIP}_{B_1} + \text{WIP}_C + \text{WIP}_D + \text{WIP}_{B_2}) \times T_{B_2} \leq \frac{1}{2} \text{PB} \quad (3-12)$$

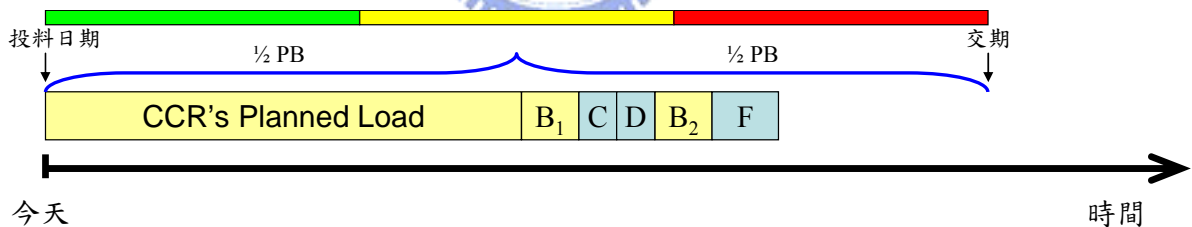


圖 3-41 CCR 負載、生產緩衝與訂單剩餘製程之示意圖

由上圖可知，S-DBR 因為只有一個生產緩衝，且又無排程，因此若已規劃負載之各訂單於實際執行時，恰無空檔可使新投入之訂單進行 CCR 加工，則該訂單即如上圖所示，僅能於投料之後  $\frac{1}{2} \text{PB}$  開始進行 CCR 加工，但屆時優先順序已為現場最高，所以若是剩餘的緩衝足以保護變異的發生，則只要依照 S-DBR 的基本操作方法，皆可以使訂單順利達交；如仍有保護不足之虞，則應該進行調整。

## 2. 調整方法

如同 3.2.3 節，對於緩衝保護不足之情形，針對迴流生產環境，本研究提出的調整方法有二：

### (1) 調整生產緩衝大小：

首先，若市場競爭環境允許，則直接調整適當的生產緩衝大小，給予較大的緩衝保護，使訂單上述情形之訂單交期，得以消弭變異的發生，使訂單順利達交。

### (2) 調整生產緩衝參數比例：

若市場競爭環境不允許調整生產緩衝大小，則應調整生產緩衝之前後比例。比較圖 3-40 與圖 3-6，其相同處為 WIP 累積於 CCR 前段，因此，調整方法相同，只需將前段比例縮小，增加後段比例，即可提供較大的緩衝保護。又因 WIP 皆累積於前段，故只要前段調整為適當比例，CCR 的 WIP 仍會足夠，不致令其空間與饑餓，如圖 3-42。

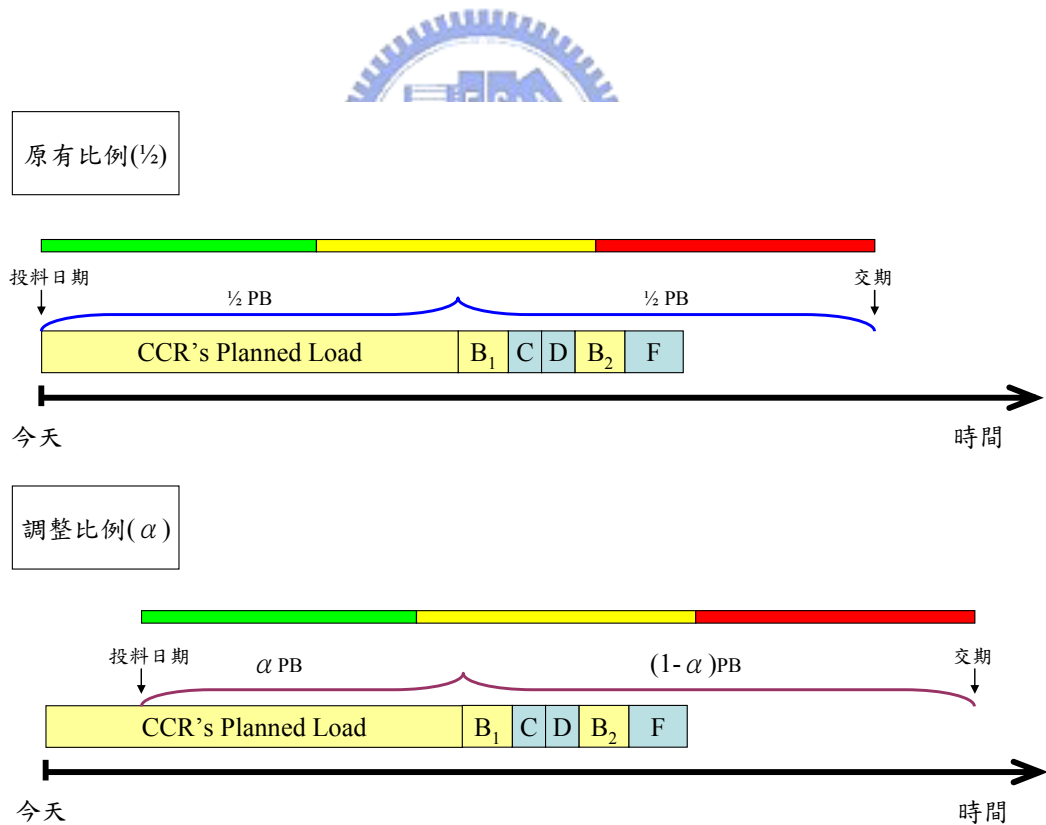


圖 3-42 調整操作比例參數示意圖

### (3) 迴流次數

迴流次數即訂單製程需流經 CCR 的次數，次數的多寡是否會影響訂單交期？以圖

3-43 為例，假設除了工作站 B 為 CCR，其餘工作站皆為 non-CCR，若 B<sub>1</sub> 為第一次 CCR 作業，可通過 B<sub>1</sub> 到 B<sub>2</sub> 的 WIP 是兩工作站的間隔時間內 B<sub>1</sub> 可加工的數量，如無變異與等候，最快即為工作站 C 與 D 之加工時間。當 B<sub>2</sub> 不缺料，B<sub>1</sub> 便不再供料，因此可將系統視為 B<sub>2</sub>-C-D-B<sub>3</sub>-F，由 B<sub>2</sub> 供料給 B<sub>3</sub>，當 B<sub>2</sub>、B<sub>3</sub> 同時缺料，B<sub>1</sub> 才可再加工。

由上例可知，可以依照迴流次數將系統切分為各階層的子系統，如(1)B<sub>1</sub>-C-D-B<sub>2</sub>-C-D-B<sub>3</sub>-F；(2) B<sub>2</sub>-C-D-B<sub>3</sub>-F；(3) B<sub>3</sub>-F，由於緩衝管理所造成的影響，使得每個子系統只要不缺料，其母系統便無法投料運作。但對於最外層系統中最低優先權的訂單，在無變異的情形下，依照接單時的已規劃負載，其最晚開始加工作業時間點，仍為該訂單投料之後的 ½PB，且屆時為系統中最高優先權之訂單，亦如圖 3-41 之概念，故迴流次數多寡對於 S-DBR 的操作，並不影響訂單交期。

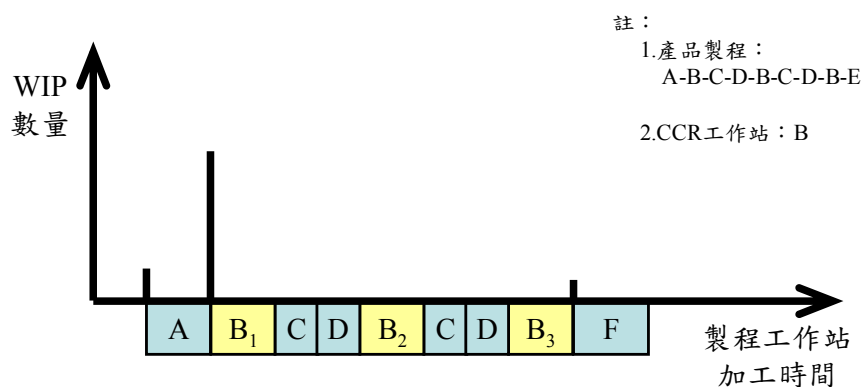


圖 3-43 CCR 迴流三次之製程與 WIP 關係圖

### 3.6.3 模擬驗證

#### 1. GSIM-951

此情境是具迴流製程之單一產品項生產環境，其產品製程與環境如圖 3-44，產品需流經 CCR 機台 4 次，而 CCR 為 Green 機台，其餘機台皆有充足的產能，故為單一 CCR 之製程環境，且假設機台無當機情形，其他系統訊息與參數操作設定請參閱附錄四。另外，市場需求分別為數量 40、20、20、20 等四張訂單，因系統中已有 WIP，所以期初的已規劃負載(PL)為 20 小時，運用 S-DBR 依序決定各訂單交期與投料日期，資料整理如表 3-4 所示。



利用各訂單緩衝狀態以決定 CCR 加工的優先順序，因此在機台無生產與當機變異下，模擬後可得訂單完工時間分別約為 21 小時、54 小時、87 小時與 120 小時，皆可於允諾交期前順利完工，詳細的模擬結果亦可參閱附錄四。

表 3-4 GSIM-951 市場需求

訂單項次	數量	CCR 負載 (單位：時)	生產緩衝 (單位：時)	允諾交期 (單位：時)	投料日期 (單位：時)
1	40	20	-	25	-
2	20	33	90	65	0
3	20	33	90	98	8
4	20	33	90	131	41

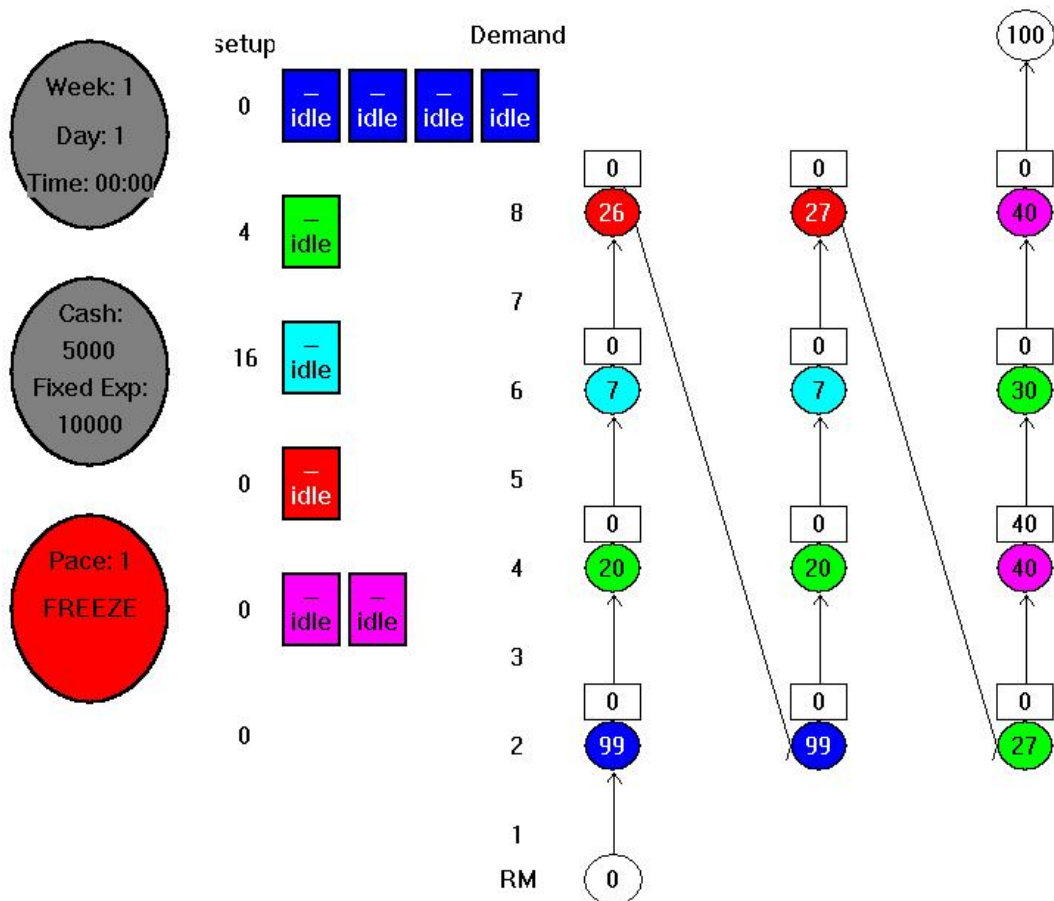


圖 3-44 GSIM-951 生產製程與環境

## 2. Job Shop Game

假設生產線有三類產品項，各產品資料如表 3-5 所示。三類產品項通過 CCR 次數

分別是 3 次、4 次及 5 次，製程皆為 17 小時且生產現場無變異，生產緩衝時間(PB)皆為 34 小時，市場前置時間(QLT)為 51 小時，各工作站加工時間皆為 1 小時。

市場需求與各產品接單情形如附錄三，每日市場需求依亂數決定，產品需求比例皆相等，利用 S-DBR 決定各訂單之投料日期與交期，透過模擬驗證 365 小時後，可得結果如表 3-6。各產品平均生產前置時間約略 29 小時，達交率皆為 100%，因此，經由模擬驗證的結果可知，S-DBR 可運用於迴流生產環境。

表 3-5 迴流產品資料表

產品項次	生產緩衝單位：小時	市場前置時間(QLT)	CCR 負載	CCR 迴流次數	製程
P01	34	51	3	3	A-B-C-D-E-B-C-D-E-F-B-C-D-E-F-G-H
P02	34	51	4	4	A-B-C-D-B-C-D-E-B-C-D-F-B-E-F-G-H
P03	34	51	5	5	A-B-C-D-B-C-D-B-C-D-B-C-D-E-B-G-H

表 3-6 模擬結果資料表

產品項次	訂單達交數	達交率	平均生產前置時間 單位：小時
P01	20	100%	29.25
P02	36	100%	28.92
P03	30	100%	29.13

## 四、結論

本研究針對 Eli Schragenheim 在 2000 年提出的 S-DBR 進行驗證，Schragenheim 認為限制來自於市場，且假設 CCR 位於製程的中段，在 CCR 不會漂移的情況下，本研究結果指出 S-DBR 可以有效地使訂單順利達交。但是，實務上仍有其他的生產情境，所以為了要確定 S-DBR 的可行性，本研究進而延伸探討(1)單一 CCR 位置在製程前、後段，對訂單交期的影響；(2)CCR 漂移的影響；(3)訂單批量問題；(4)訂單插單；以及(5)迴流生產環境等議題，藉由邏輯推論、Job Shop 遊戲與模擬，得到以下的結果：

1. CCR 位置在前段，允諾的交期過於樂觀；CCR 位置在後段，允諾的交期過於保守。此二情形需要調整生產緩衝大小或調整參數比例與修正緩衝狀態，才可在無特殊變異的情形下，使所有訂單順利達交。
2. 環境若具有 CCR 漂移的特性，在 CCR 皆獨立的環境，是毋須擔憂的；而在 CCR 與次 CCR 有相依情形時，兩者於製程的相對位置不同，即對系統有不同的影響。當次 CCR 在後，亦毋需擔憂；而當次 CCR 在前，此情境於次 CCR 負載過高時，訂單交期將有延宕之虞，因此，次 CCR 需要有足夠的保護性產能，才可以避免此情境所帶來的影響。根本的解決之道，就是保持系統只有單一 CCR，其餘工作站皆有充足的產能。
3. 對於大批量訂單的處理，應將其分為數張適當加工批量大小的工單，並依據最後一張工單的預計完工日期，回覆客戶此訂單的交期。另外，系統中應遵循最小移動批量的觀念，以減少訂單等候時間。
4. 處理訂單插單時，只要判斷(1)已確認訂單的 Slack Time，當中有大於或等於該插單訂單所需交期與預計完工日期的時間差距；以及(2)最新一張已確認訂單的 Slack Time 需大於或等於該插單訂單於 CCR 的加工時間。當上述兩點皆成立時，即可插單，並重新調整訂單投料日期。
5. S-DBR 用於迴流環境時，一般而言，訂單皆可以順利達交。然而當變異較大時，亦可利用調整生產緩衝大小或參數比例，使訂單有更充足的緩衝保護。


2000 年 Schragenheim 第一次提出 S-DBR 概念，2006 年增加了基本的操作方法，但皆未提及詳細的生產環境探討與證明，故本研究為了驗證 S-DBR 可運用於多樣的實務環境，透過邏輯推論、例子與模擬，得到了上述研究的結果，確認 S-DBR 於實務上的可行性，並解決 S-DBR 於執行上的重大疑慮。

另外，本研究主要是針對 MTO 環境，進行 S-DBR 的驗證與強化，因此對於後續研究的部份，提出以下幾點拙見：

1. 實務上亦有完全 MTS，以及 MTO 與 MTS 並存的生產環境，此時應如何執行 S-DBR？客戶訂單與庫存工單之間應如何決定優先順序？
2. 文獻中提到處理緊急訂單(Rapid Response Orders)是利用保留產能(Reserved Capacity)，但實務上要如何運用與規劃保留產能？
3. 本研究證明在部份情境下，生產緩衝的參數比例需要調整，但應該如何決定調整的大小？
4. 迴流情境中，是否實務上會時常出現訂單於 BS 為 50%才開始進行第一次迴流加工？如是，要如何從規劃時就發覺？

因此，針對上述各議題，實務上該如何執行與運用 S-DBR，以及瞭解、探究與強化 S-DBR 的可行範圍，皆是後續研究可參考的重要目標。

## 參考文獻

1. Corbett, T., & Csillag J. M. (2001). Analysis of the effects of seven drum-buffer-ropo implementations. *Production and Inventory Management Journal*, 42 (3/4), 17-23.
2. Fry, T. D., & Blackstone, J. H., & Cox, J. F. (1992). An analysis and discussion of the optimized production technology software and its use. *Production an Operations Management Journal*, 1(2), 229-242.
3. Goldratt, E. M., & Fox R. E. (1986). *The Race*. NY: The North River Press.
4. Goldratt, E. M. (1990). *The Haystack Syndrome: Sifting Information Out of the Data Ocean*. NY: The North River Press.
5. Goldratt, E. M.(1992). *The Goal* (2nd ed.). NY: The North River Press.
6. Goldratt, E. M. (1996). *Production the TOC Way: A Self-Learning Kit* NY: The North River Press.
7. Goldratt Consulting. (2006). *The Strategy & Tactic tree – Reliable Rapid Response (Zycon) Detailed to level 4*.
8. Little, J. (1961). A proof of the Theorem  $L=\lambda W$ , *Operations Research*, 9, 383-387.
9. Mabin, V. J., & Balderstone, S. J. (2000). *The World of the Theory of Constraints, A Review of the International Literature*. FL: St. Lucie Press.
10. Russell, G. R. (1997). Order review/release and lot splitting in drum-buffer-ropo. *International Journal of Production Research*, 35:3, 827-845.
11. Schragenheim, E., & Dettmer, H. W. (2000). *Manufacturing at Warp Speed: optimizing supply chain financial performance*. Boca Raton, FL: St. Lucie Press.
12. Schragenheim, E. (2006). *Using SDBR in Rapid Response Projects*. Goldratt group.
13. Schragenheim, E. (2006). *What's really new in Simplified DBR*. Goldratt group.
14. Skinner, W. (1969). Manufacturing missing link in corporate strategy. *Harvard Business Review*, 47, May-June, 136-145.

15. 李榮貴、張盛鴻(2005)。TOC 限制理論—從有限走向無限。台北縣：中國生產力中心。
16. 吳鴻輝、李榮貴(1999)。限制驅導式現場排程與管理技術。台北市：全華科技圖書公司。
17. 吳鴻輝、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。科技與管理學術研討會論文集。台北。223-230。
18. 黃運金、李榮貴(2007)。應用 S-DBR 提升生產績效。機械工業雜誌，292 期，136-147。



# 附錄一、Job Shop Game 模擬資料

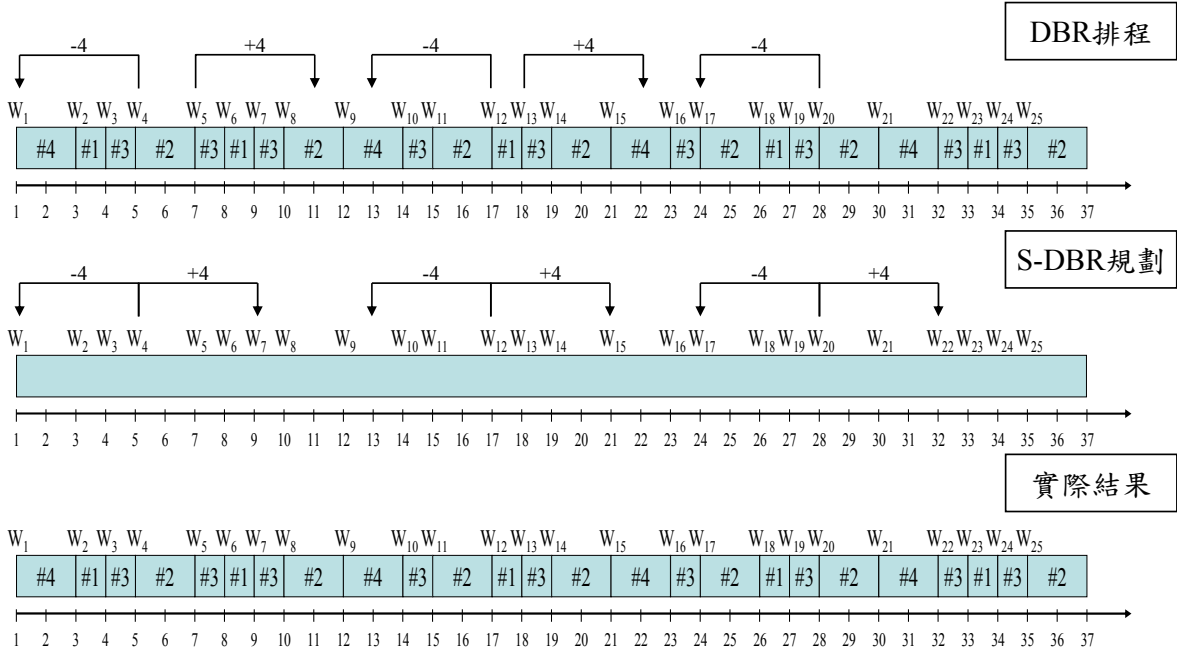
附錄表 1-1 機台 B 的生產計劃

日期	產品	日期	產品	日期	產品	日期	產品
1	#4	10	#2	19	#2	28	#2
2	#4	11	#2	20	#2	29	#2
3	#1	12	#4	21	#4	30	#4
4	#3	13	#4	22	#4	31	#4
5	#2	14	#3	23	#3	32	#3
6	#2	15	#2	24	#2	33	#1
7	#3	16	#2	25	#2	34	#3
8	#1	17	#1	26	#1	35	#2
9	#3	18	#3	27	#3	36	#2



附錄圖 1-1 投料節奏(Rope)

產品項次	製程	DBR	CCR緩衝	出貨緩衝	市場前置時間	S-DBR	生產緩衝	市場前置時間
			#1	A-B-A-D	4		4	12
#2	C-D-B-B		4	4	12		8	12
#3	A-C-B-C		4	4	12		8	12
#4	A-B-B-D	4	4	12	8	12		



附錄圖 1-2 DBR 與 S-DBR 執行結果比較圖





## 附錄二、GSIM-851、GSIM853

Analyze Resource Utilization

Demand Data			Resource Utilization			
Product	Max Demand	Analyze Demand		Total Load		
			Units	Minutes	Percentage	
A	40	40	Blue	1	2328	97
B	0		Green	2	1653	34
C	0		Cyan	2	2725	56
D	52	52	Red	0	0	-
E	0		Magenta	2	2346	48
F	40	40	Brown	1	1004	41
G	0					
H	0					

Analyze

OK

附錄圖 2-1 GSIM-851 產能分析

Scheduling

Task

Resource

Quantity: 0

Hour: 0

Parameters

Shipping Buffer: 30

CCR Buffer: 20

CCR: Blue

Schedule Common-Part Operations

Load Commands File

Save Commands File

Free Products Timing

Rope

Show Shipping Timing

Clear Schedule

Change Purchasing

Add to Plan at end

Add at selection

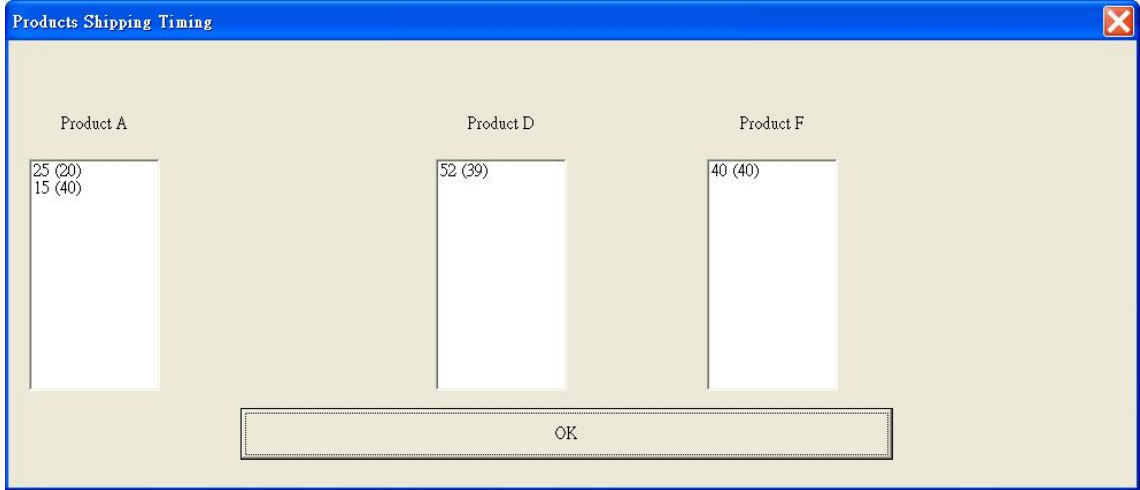
Delete from Planning

Blue	Green	Cyan	Red	Magenta	Brown	Purchasing
Current: ---	---	---	---	---	---	---
E 5 52 [+00] C 5 52 [+25] F 5 40 [+30]	A 5 25 (1) A 5 15 (10)					E 37 (0) A 52 (4) C 52 (4) F 30 (9) A 15 (10) C 15 (10)

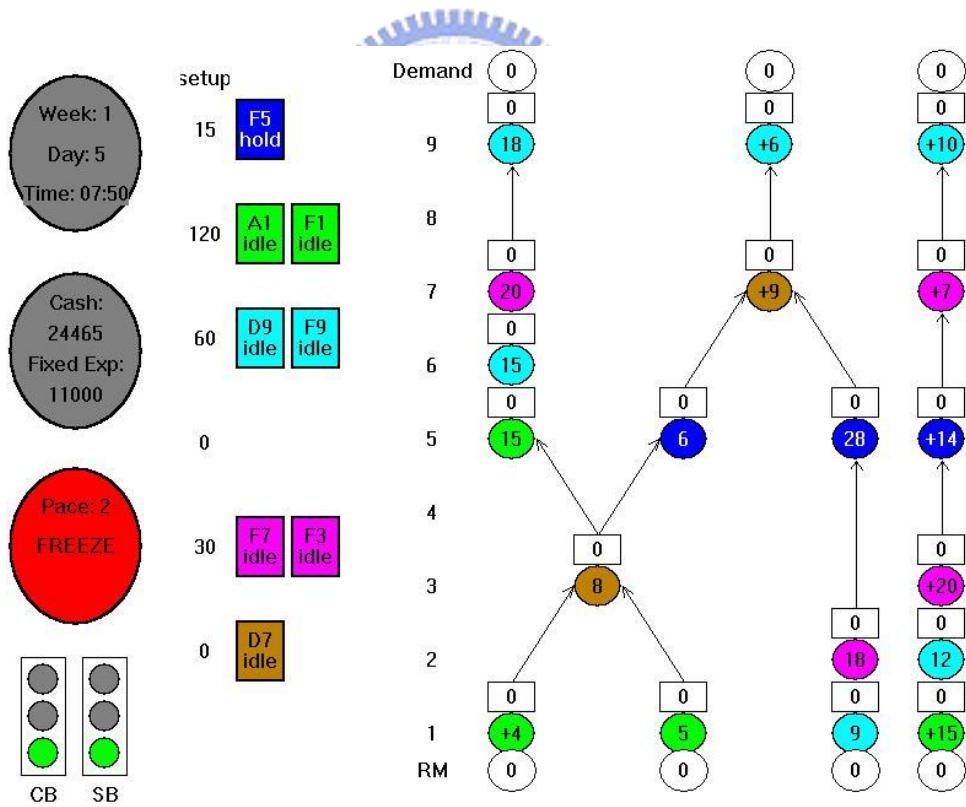
Restricted Auto activation for all non-constraints on OK

OK

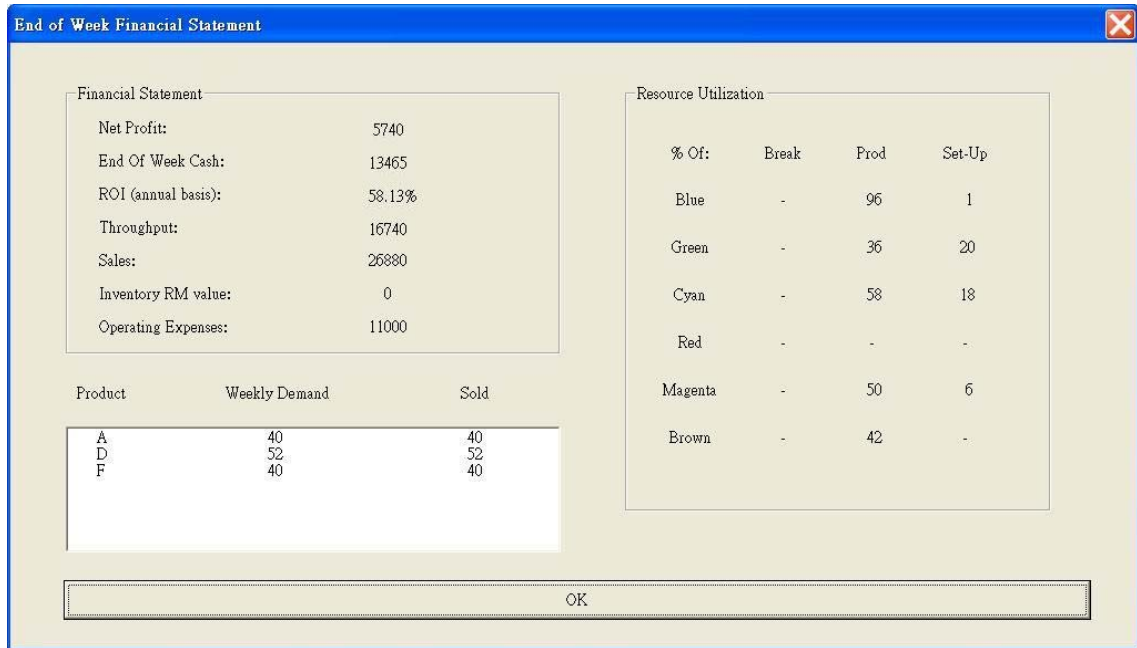
附錄圖 2-2 GSIM-851 DBR 參數設定



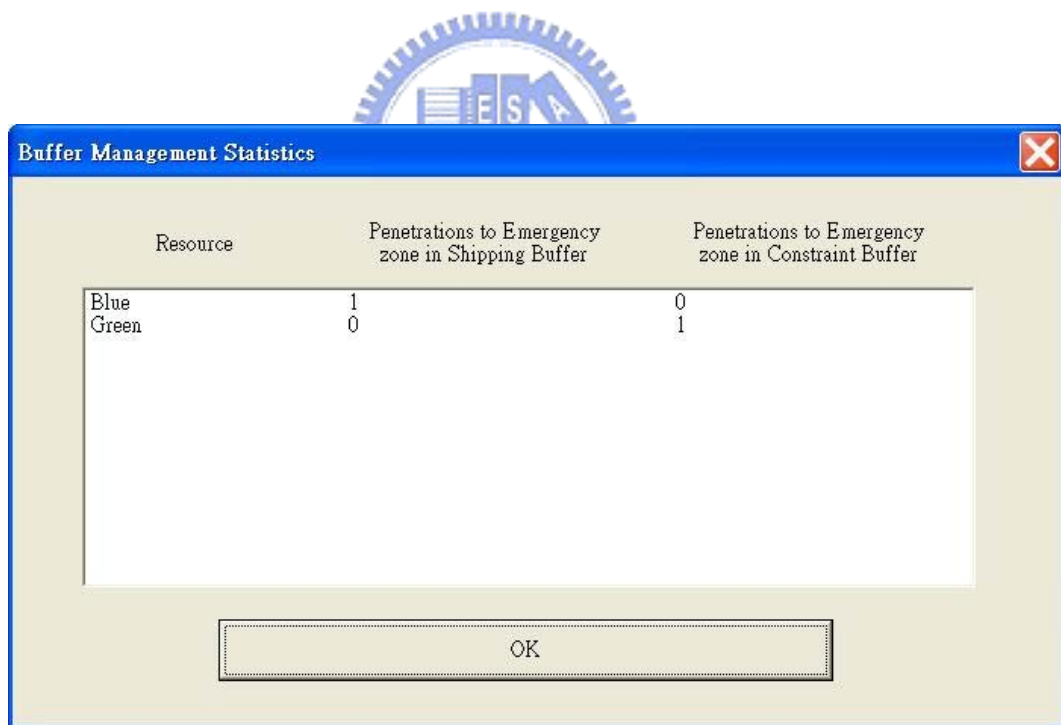
附錄圖 2-3 GSIM-851 DBR 預計出貨交期



附錄圖 2-4 GSIM-851 DBR 模擬結果(I)



附錄圖 2-5 GSIM-851 DBR 模擬結果(II)



附錄圖 2-6 GSIM-851 DBR 模擬結果(III)

Scheduling

Task

Resource:  Quantity: 0 Hour: 0

Parameters

Shipping Buffer: 30 CCR Buffer: 0 CCR: No Constraint

Schedule Common-Part Operations

Buttons: Add to Plan at end, Add at selection, Delete from Planning, Load Commands File, Save Commands File, Free Products Timing, Rope, Show Shipping Timing, Clear Schedule, Change Purchasing

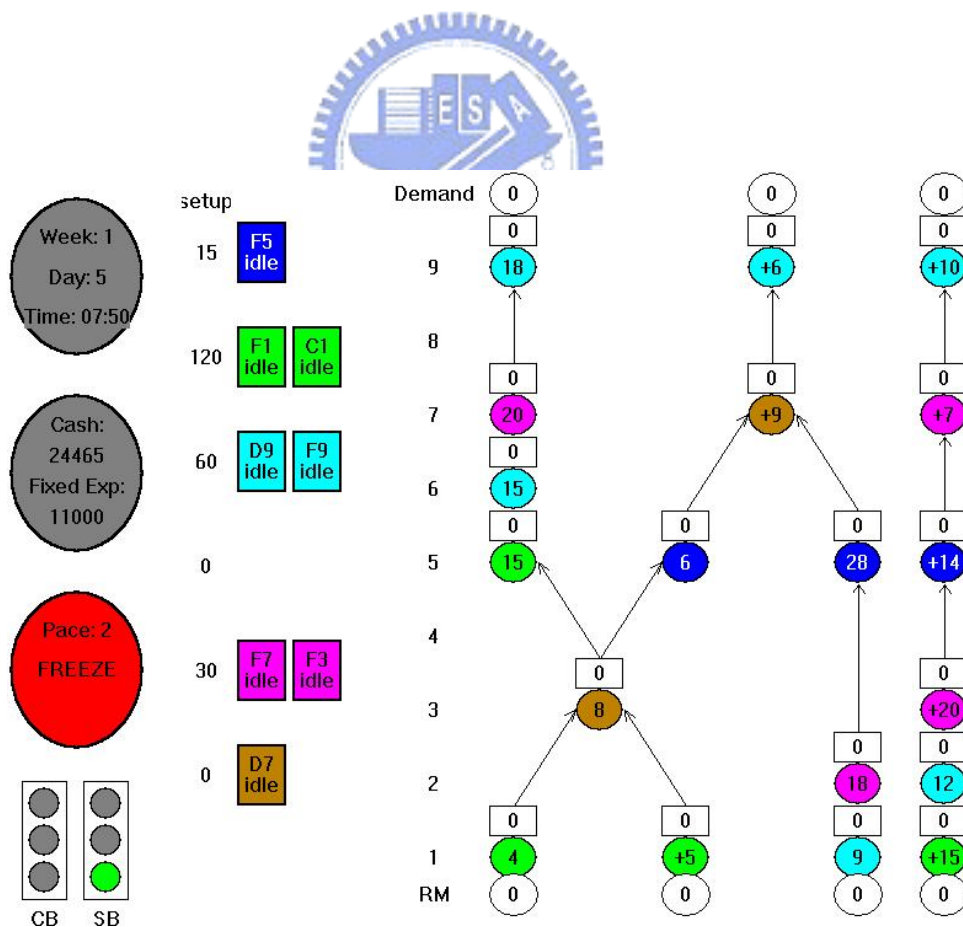
Current: Blue Green Cyan Red Magenta Brown Purchasing

Blue: C5 52 (4) Green: A5 25 (1), A5 15 (10) Cyan: Red: Magenta: Brown: Purchasing: A 52 (0), C 52 (0), E 37 (3), A 15 (10), F 30 (10), C 15 (10)

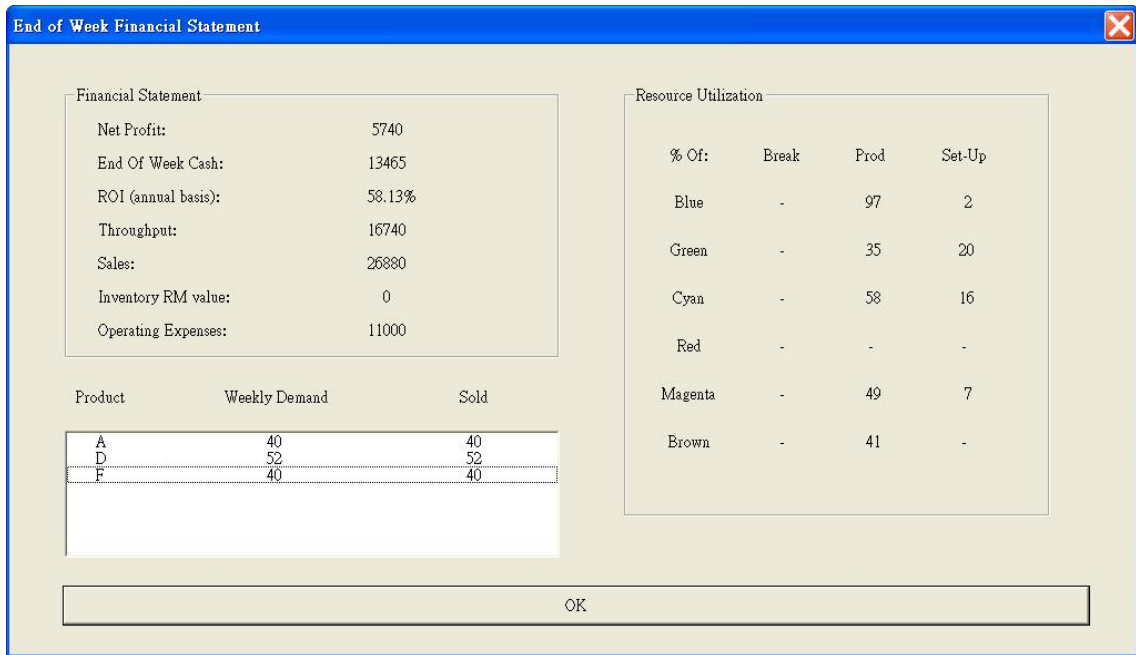
Restricted Auto activation for all non-constraints on OK

OK

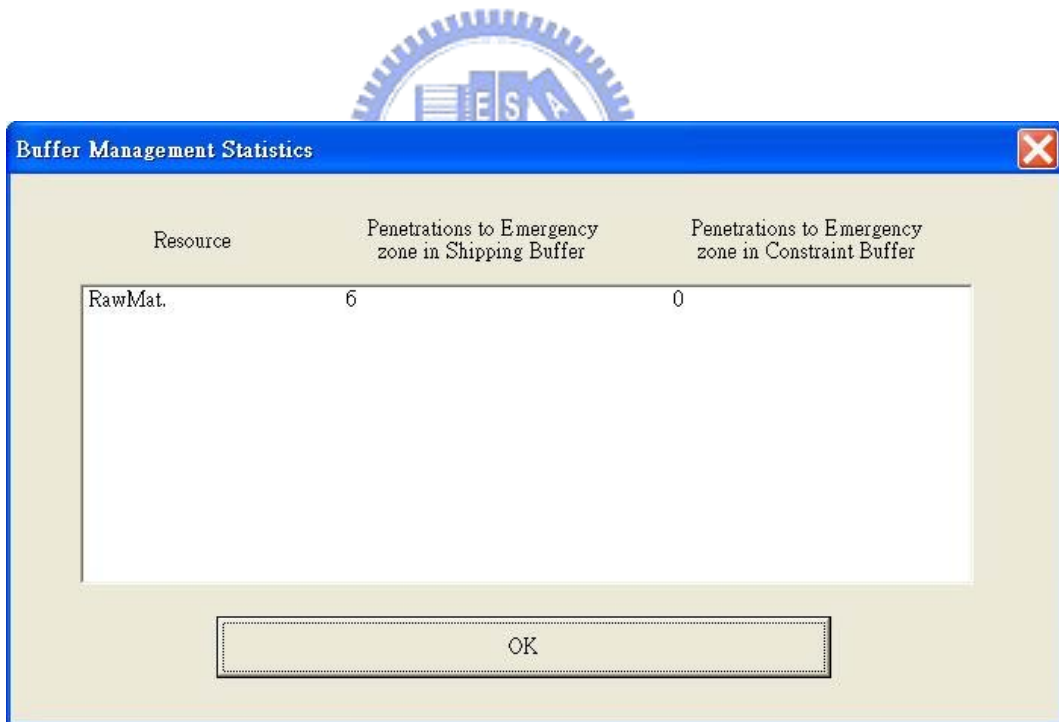
附錄圖 2-7 GSIM-851 S-DBR 參數設定



附錄圖 2-8 GSIM-851 S-DBR 模擬結果(I)



附錄圖 2-9 GSIM-851 S-DBR 模擬結果(II)



附錄圖 2-10 GSIM-851 S-DBR 模擬結果(III)

Analyze Resource Utilization

Demand Data		
Product	Max Demand	Analyze Demand
A	80	<input type="text" value="80"/>
B	0	
C	0	
D	52	<input type="text" value="52"/>
E	0	
F	40	<input type="text" value="40"/>
G	0	
H	0	

Resource Utilization			
	Units	Minutes	Total Load Percentage
Blue	1	2328	97
Green	2	2613	54
Cyan	2	4045	84
Red	0	0	-
Magenta	2	3146	65
Brown	1	1324	55

附錄圖 2-11 GSIM-852 產能分析



### 附錄三、迴流 Job Shop Game 模擬資料表

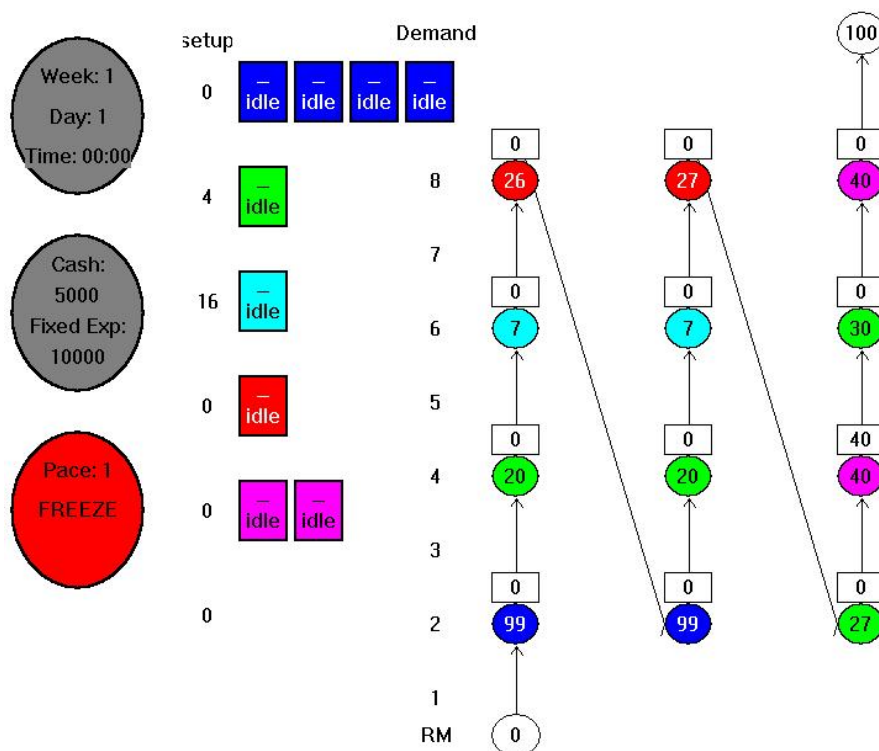
需求日期	產品名稱	工單編號	接單日期	投料日期	交期	完工日期	生產天數
1	P03	W1Order	1	1	52	17	17
3	P02	W2Order	3	3	54	21	19
3	P03	W3Order	3	3	54	22	20
6	P02	W4Order	6	6	57	26	21
7	P02	W5Order	7	7	58	35	29
7	P01	W6Order	7	8	58	36	29
11	P03	W7Order	11	11	62	41	31
11	P01	W8Order	11	16	62	44	29
11	P03	W9Order	11	19	62	46	28
11	P02	W10Order	11	24	62	53	30
17	P03	W11Order	17	28	68	59	32
17	P02	W12Order	17	33	68	60	28
27	P02	W13Order	27	37	78	64	28
27	P03	W14Order	27	41	78	70	30
30	P02	W15Order	30	46	81	74	29
35	P02	W16Order	35	50	86	79	30
38	P02	W17Order	38	54	89	81	28
42	P02	W18Order	42	58	93	88	31
47	P02	W19Order	47	62	98	90	29
51	P03	W20Order	51	66	102	96	31
55	P01	W21Order	55	71	106	97	27
61	P03	W22Order	61	74	112	104	31
63	P02	W23Order	63	79	114	105	27
67	P02	W24Order	67	83	118	112	30
75	P02	W25Order	75	87	126	116	30
75	P01	W26Order	75	91	126	120	30
85	P02	W27Order	85	94	136	124	31
85	P03	W28Order	85	98	136	128	31
87	P02	W29Order	87	103	138	129	27
92	P01	W30Order	92	107	143	135	29
94	P03	W31Order	94	110	145	139	30
99	P02	W32Order	99	115	150	143	29
104	P03	W33Order	104	119	155	149	31
109	P02	W34Order	109	124	160	150	27
113	P01	W35Order	113	128	164	156	29

需求日期	產品名稱	工單編號	接單日期	投料日期	交期	完工日期	生產天數
117	P03	W36Order	117	131	168	160	30
121	P03	W37Order	121	136	172	165	30
129	P02	W38Order	129	141	180	168	28
129	P02	W39Order	129	145	180	173	29
134	P02	W40Order	134	149	185	178	30
137	P02	W41Order	137	153	188	183	31
148	P03	W42Order	148	157	199	186	30
148	P03	W43Order	148	162	199	191	30
152	P01	W44Order	152	167	203	193	27
154	P03	W45Order	154	170	205	199	30
161	P03	W46Order	161	175	212	204	30
164	P02	W47Order	164	180	215	207	28
169	P01	W48Order	169	184	220	211	28
171	P01	W49Order	171	187	222	217	31
175	P03	W50Order	175	190	226	219	30
179	P01	W51Order	179	195	230	224	30
183	P01	W52Order	183	198	234	225	28
186	P02	W53Order	186	201	237	232	32
189	P02	W54Order	189	205	240	233	29
196	P02	W55Order	196	209	247	240	32
198	P03	W56Order	198	213	249	239	27
202	P02	W57Order	202	218	253	247	30
207	P01	W58Order	207	222	258	251	30
211	P02	W59Order	211	225	262	255	31
217	P01	W60Order	217	229	268	258	30
217	P03	W61Order	217	232	268	262	31
224	P02	W62Order	224	237	275	266	30
225	P02	W63Order	225	241	276	267	27
231	P03	W64Order	231	245	282	273	29
236	P02	W65Order	236	250	287	280	31
238	P03	W66Order	238	254	289	283	30
245	P01	W67Order	245	259	296	286	28
248	P01	W68Order	248	262	299	293	32
250	P01	W69Order	250	265	301	294	30
252	P03	W70Order	252	268	303	298	31

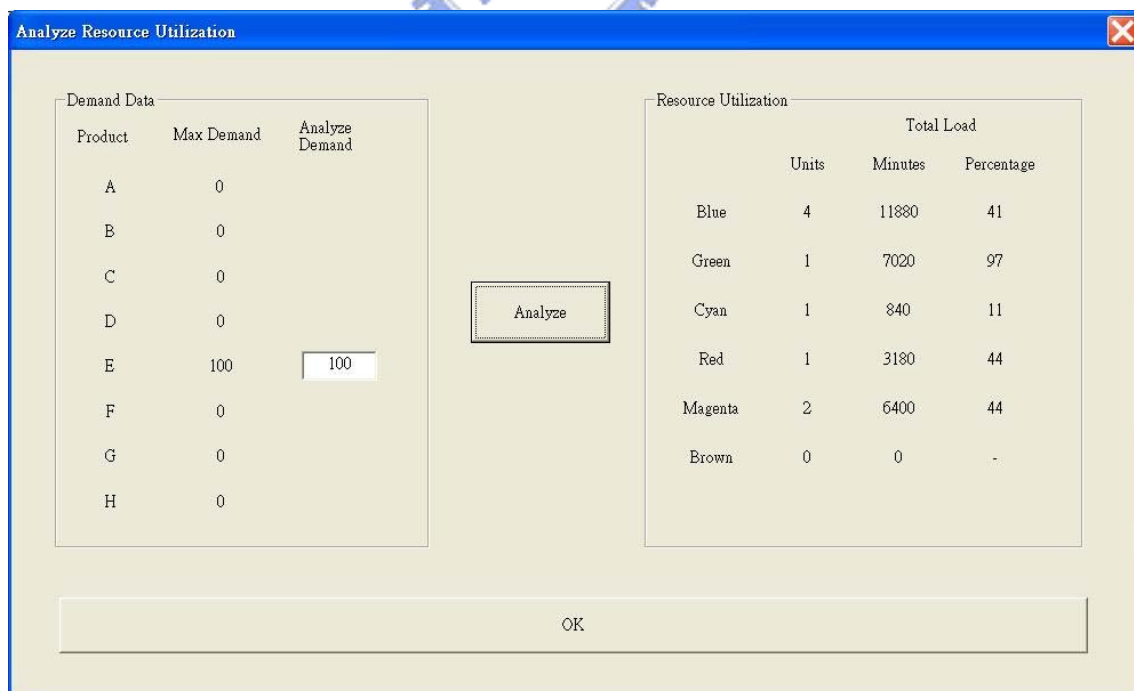


需求日期	產品名稱	工單編號	接單日期	投料日期	交期	完工日期	生產天數
257	P02	W710order	257	273	308	302	30
264	P02	W720order	264	277	315	303	27
266	P02	W730order	266	281	317	310	30
269	P02	W740order	269	285	320	315	31
273	P01	W750order	273	289	324	316	28
276	P03	W760order	276	292	327	321	30
281	P01	W770order	281	297	332	327	31
284	P02	W780order	284	300	335	331	32
290	P03	W790order	290	304	341	332	29
294	P03	W800order	294	309	345	337	29
300	P01	W810order	300	314	351	343	30
301	P03	W820order	301	317	352	345	29
306	P01	W830order	306	322	357	350	29
309	P03	W840order	309	325	360	357	33
314	P03	W850order	314	330	365	358	29
319	P03	W860order	319	335	370	359	25
325	P02	W870order	325	340	376	Processing	
328	P01	W880order	328	344	379	Processing	
331	P02	W890order	331	347	382	Processing	
335	P03	W900order	335	351	386	Processing	
341	P01	W910order	341	356	392	Processing	
346	P03	W920order	346	359	397	Processing	
348	P03	W930order	348	364	399	Processing	
353	P03	W940order	353	369	404	Processing	
359	P03	W950order	359	374	410	Processing	
363	P01	W960order	363	379	414	Processing	

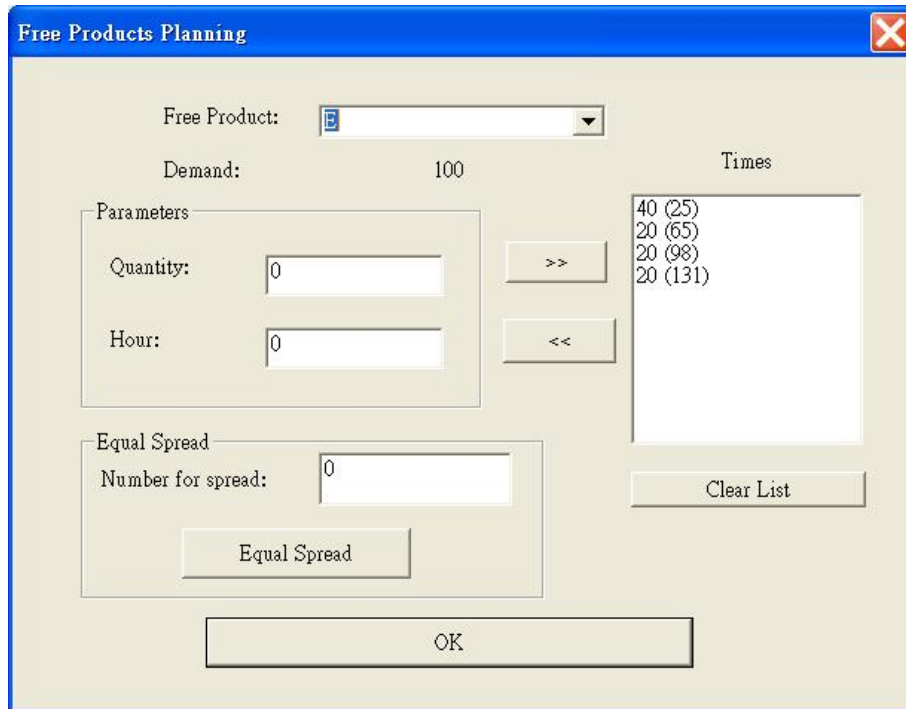
### 附錄四、GSIM-951



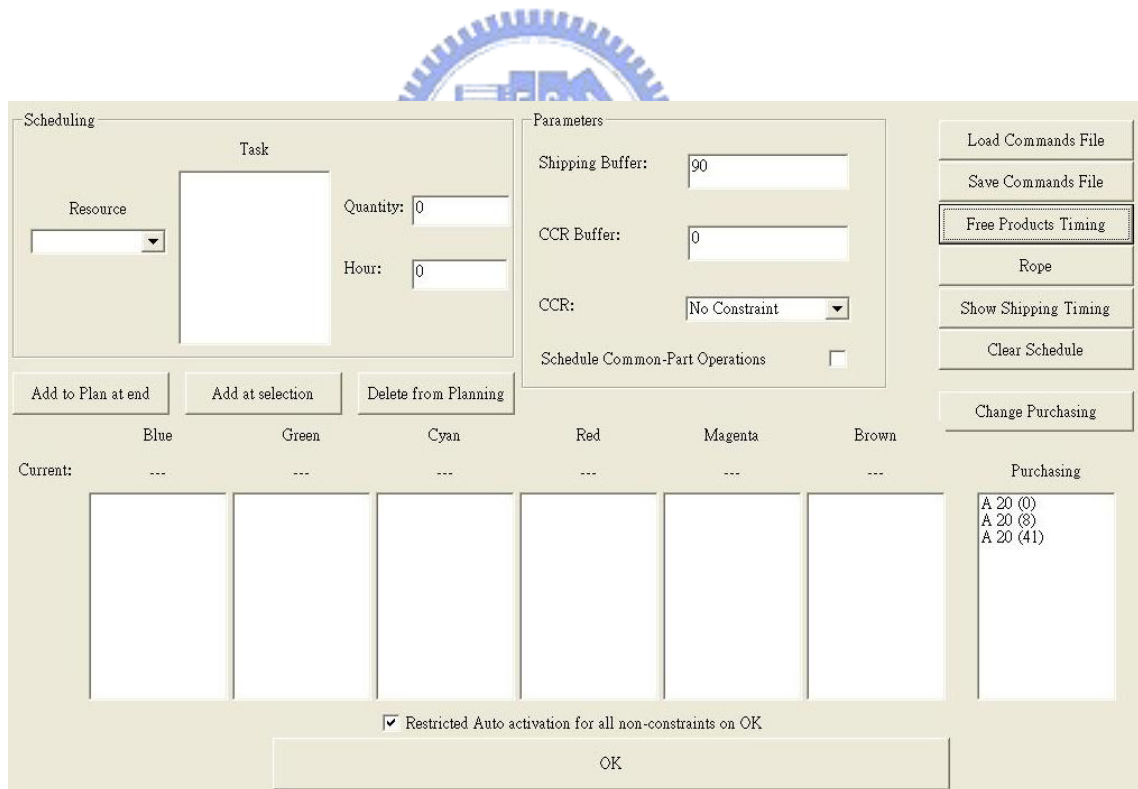
附錄圖 4-1 GSIM-951 生產環境



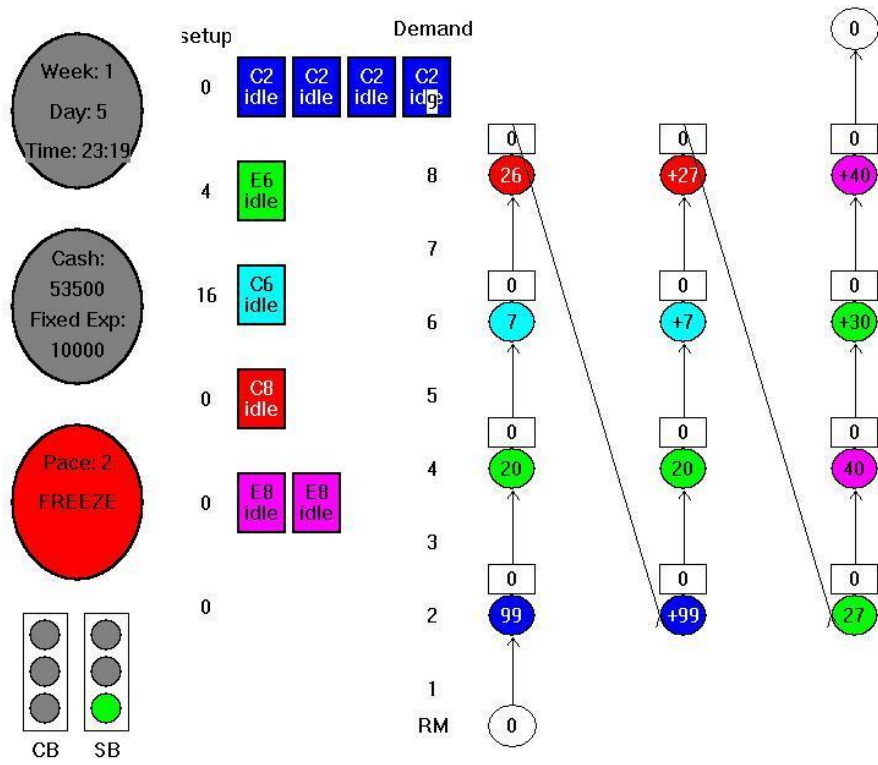
附錄圖 4-2 GSIM-951 產能分析



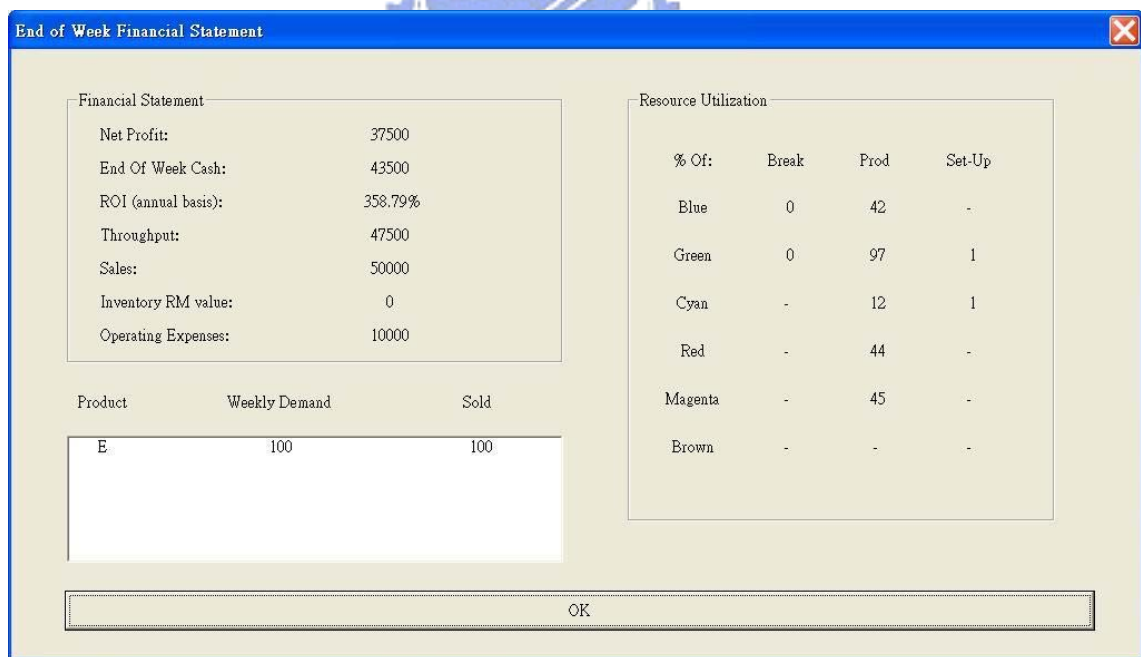
附錄圖 4-3 GSIM-951 訂單交期



附錄圖 4-4 GSIM-951 生產緩衝與訂單投料日期



附錄圖 4-5 GSIM-951 模擬結果(I)



附錄圖 4-5 GSIM-951 模擬結果(II)