

國立交通大學

工業工程與管理學系碩士班

碩士論文

The logo of National Central University (NCU) is a circular emblem. It features a central shield with the letters 'ES' and 'A' on either side. Below the shield is a banner with the year '1896'. The entire emblem is surrounded by a decorative border.

S-DBR 應用於不同環境下之影響
The Effect of Various Environment on S-DBR

研究生：陳春源

指導教授：李榮貴 博士

中華民國九十八年七月十六日

S-DBR 於不同環境下之影響

研究生：陳春源

指導教授：李榮貴 博士

國立交通大學工業工程管理學系碩士班

摘要

本研究的目的是為驗證及嘗試結合高德拉特博士在文獻中所提出的產品加工時間和客戶前置時間關係對交期日的影響。高德拉特博士在 2006 年「可靠快速回應-策略與戰術圖：3-1 節-99% 交期績效」文獻中提出 S-DBR 和緩衝管理可使許多生產工廠提高產品的可靠性與可得性(DDP>99%)；在 2008 年「站在巨人的肩膀上」文獻中提出：使用 TOC DBR (Drum-Buffer-Rope) 時有一重要假設，此假設就是在工廠現場的作業環境設定上產品加工時間 (Touch time) 應該要小於客戶前置時間(Quoted Lead Time, QLT)的 10%。因此，本文研究結合在客戶前置時間大約為產品加工時間的 10 倍下使用 S-DBR 及緩衝管理，在不同情境下的生產環境，推論及驗證其使用後的現象及績效，進一步證明 S-DBR 及緩衝管理的可行性。

關鍵字：S-DBR、緩衝管理、客戶前置時間、產品加工時間

A Study of Using S-DBR to Improve Due-Date Performance

Student: Chun-Yin Chen

Advisor: Dr. Rong-Kwei Li

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

Abstract

The purpose of this thesis is to examine and attempt to prove a combination of Dr Goldratt's theories on Touch Time and Due Date concepts. In 2006, in his Strategy & Tactic Tree, Dr.Goldratt (Eliyahu M. Goldratt) brought up that S -DBR and Buffer Management could possibly provide better reliability. He also focused on Due Date Performance(DDP) for products in many factories . In 2008, in his Standing On The Shoulders Of Giants, he raised an important hypothesis. He suggested that using Drum-Buffer-Rope(DBR) , Touch Time should be decreased by about 10% compared to Quoted Lead Time(QLT) . This research has tried to combine Dr.Godratt 's two hypothesis by using both reasoning and simulation in order to get a good view of the process. It should be noted that this is the first time a thesis combines both of Dr Goldratt 's hypothesis. .

The results of my experiments have indeed indicated that the combination of both could make it easier for the orders to be finished on time in a more effective way. In conclusion, this research points out the feasibility of the combination of both methods as well as the practical applications to a factory using this innovative approach.

Keywords: S-DBR, Buffer Management, Quoted Lead Time, Touch time

誌謝

大學生活經歷了許多的考驗，也一直不知自己的目標為何，從原本的統計系轉至工工系是我引以為傲的事績，因為我找到了自己喜歡的東西及方向。畢業後覺得自己在學校所學的知識不足，讓我覺得有必要更進一步挺進。非常幸運地能夠到交大進修，在這我看到了更遠的視野，也補充了許多自身的能量。在一開始慶幸得到博班學長文佐的指導，讓我知道要如何進行獨立研究，也知道要作出一篇好的研究需要一個好的題目，而更感謝恩師李榮貴教授對於學生論文的引導和解惑，學生不僅從學業上的學習，也感受到恩師對生活的態度與對事物的看法，以及蔡志弘教授與張盛鴻教授於論文寫作指導與協助，讓學生的論文更為完整。

另外，也非常感謝我研究所的同學，這二年的碩士班生生活雖然辛苦，也讓我學到了比以往學習中更有益的人生知識，而完成論文之後也代表著自己的學習將邁向另一個階段。



中文摘要.....	I
英文摘要.....	II
誌謝.....	III
圖目錄.....	V
表目錄.....	VI
一、研究動機與目的.....	1
二、文獻探討.....	3
2.1 限制理論 (Theory Of Constraints ,TOC) 的基礎.....	3
2.1.1 限制驅導式排程法 (Drum-Buffer-Rope, DBR).....	4
2.1.2 緩衝管理 (Buffer Management).....	5
2.2 簡化型限制驅導式排程法 (Simplified Drum-Buffer-Rope, S-DBR)....	5
三、SDBR 和緩衝管理之使用環境研究.....	11
3.1 $\frac{QLT}{TT} = 10$ 之生產環境及系統內產能有無滿載對訂單之影響.....	11
3.1.1 期初情境.....	14
3.1.2 評估指標.....	15
3.1.3 Job Shop Game 模擬驗證.....	15
3.2 $\frac{QLT}{TT} \leq 10$ 之生產環境.....	16
3.2.1 Job Shop Game 模擬驗證.....	17
3.3 $\frac{QLT}{TT} = 10$ 之迴流環境.....	18
3.3.1 Job Shop Game 模擬驗證.....	21
3.4 有變異的環境.....	23
3.4.1 Job Shop Game 模擬驗證.....	25
四、結論與未來展望.....	26
參考文獻.....	28
附錄一、不同情境所模擬的每張訂單的完成的情形.....	29
附錄二、不同 TT 與 QLT 比例模擬訂單完成的情形.....	35
附錄三、有變異環境模擬的每張訂單的完成的情形.....	43

圖目錄

圖 2-1	限制理論專注五步驟.....	3
圖 2-2	Assembly Buffer.....	6
圖 2-3	已規劃負載瓶頸產能示意圖.....	7
圖 2-4	交期示意圖.....	8
圖 2-5	投料日示意圖(1).....	9
圖 2-6	投料日示意圖(2).....	9
圖 3-1	生產緩衝和緩衝管理之顏色的對應關係.....	12
圖 3-2	訂單於 CCR 機台加工時所對應緩衝管理之顏色.....	13
圖 3-3	不同環境下的緩衝大小及剩餘緩衝可反應變異之關係圖.....	17
圖 3-4	受限產能迴流之現場物流示意.....	19
圖 3-5	受限產能迴流之製造程序示意圖.....	20
圖 3-6	訂單中 CCR 加工於緩衝管理示意圖.....	21
圖 3-7	最大預估時間和純加工時間於生產緩衝之概念.....	24
圖 3-8	純加工時間與最大預估時間之間的差距示意圖.....	24



表目錄

表 3-1	產品製程.....	15
表 3-2	訂單結果.....	16
表 3-3	Planned Load _(Max) 與 Touch Time 關係.....	16
表 3-4	不同情境模擬成果.....	18
表 3-5	迴流訂單製程.....	21
表 3-6	S-DBR 及緩衝管理模擬執行資料表.....	22
表 3-7	訂單結果.....	25



一、研究動機與目的

許多文獻和研究結果已經充分驗證 TOC(Theory Of Constraints) S-DBR (Simplified Drum-Buffer-Rope) 與緩衝管理 (Buffer Management) 為一個有效、簡單的生產管理方法。在 S-DBR 中藉由「已規劃負載 (Planned Load, PL)」建立規劃面的接單、下單流程，及使用緩衝管理 (Buffer Management) 建立執行面的作業加工優先順序，可以大幅改善訂單交期績效、增加有效產出、降低庫存水準等各方面生產管理的績效表現【2】【6】，而高德拉特博士(Eliyahu M. Goldratt)更在 2006 年「可靠快速回應-策略與戰術圖：3-1 節-99% 交期績效」文獻中提出 S-DBR 和緩衝管理可使許多生產工廠提高產品的可靠性與可得性(DDP>99%)【7】。然而，許多文獻中都著重在訂單最後是否可以達交，而忽略了操作 S-DBR 和緩衝管理的過程中，許多訂單都是以紅單的狀況達交。

紅單比例過高更讓人對執行 S-DBR 和緩衝管理是否可以達到良好績效產生質疑。一般而言，要解決紅單比例過高可以藉由把客戶前置時間拉長以降低紅單比例，但是拉長客戶前置時間又可能會失去競爭優勢。然而，當使用 S-DBR 和緩衝管理時要調整多少客戶前置時間才可以有效地把紅單比例降低而且又不失去競爭優勢，卻甚少有文獻討論。而高德拉特博士在 2008 年「站在巨人的肩膀上」文獻中提出：使用 Toc DBR (Drum-Buffer-Rope) 時有一重要假設，此假設就是在工廠現場的作業環境設定上產品加工時間 (Touch time) 應該要小於客戶前置時間(Quoted Lead Time, QLT)的 10%【8】。

然而，在上述兩點議題的搭配使用下，也就是說客戶前置時間大約為產品加工時間的 10 倍下使用 S-DBR 及緩衝管理時，會達到生產緩衝只有 QLT 的一半、生產緩衝上紅單比例都在 10% 內、DDP>99% 等等理想狀況？在「可靠快速回應-策略與戰術圖：3-1 節-99% 交期績效」和「站在巨人的肩膀上」兩篇文獻中【7】【8】，皆只有提出 S-DBR 和緩衝管理的可靠快速回應、與客戶前置時間大約為產品加工時間的 10 倍的概念，並未有深入的說明及驗證，然而此理想狀況的實際執行情況為何？在系統內產能有、沒滿載是否會影響訂單的交期績效？另外，實務上業界的客戶前置時間和產品加工時間跟此理想狀況顯然有差異，而執行上實際執行情況的差別為何。而複雜的生產環境中，如迴流，在結合上述兩點議題執行下，其結果又是如何

呢？

因此本研究針對上述疑慮，藉由高德拉特博士在 2006 年和 2008 年提出的兩點議題，在互相搭配使用下，透過生產管理情境，探討 S-DBR 於 MTO(Make-to-Order, MTO)生產環境下的應用情形，並建立 Job shop Game 【13】 來模擬其延伸的情境。

本研究主要討論的情境如下：

1. 在 $\frac{QLT}{TT} = 10$ 之生產環境下使用 S-DBR 及緩衝管理時，系統內產能有無、滿載對訂單交期產生的影響；
2. 在非高德拉特博士假設的環境下執行 S-DBR 及緩衝管理時，會產生什麼結果；
3. 在迴流的環境下，在高德拉特博士所假設的環境下執行 S-DBR 及緩衝管理時，會產生什麼結果；
4. $\frac{QLT}{TT} = 10$ 之生產環境下使用 S-DBR 及緩衝管理時，在有變異的環境下會產生何種結果；



二、文獻探討

2.1 限制理論基礎

許多公司組織無法在短時間內達成可行願景，常常聽到公司組織為一個複雜、龐大的環境，受到高度不確定因素的支配，因為我們將複雜的組織依功能分成數個易於管理的部門，然後指派管理者負責每一個部門，同時告訴他們努力改善追求自己部門的效率、降低自己部門的變異。如此做法導致各部門無法同步化運作，局部最優卻傷到整體績效，其組織也失去整體性而必須付出許多代價。以色列出色的物理學家高德拉特博士認為任何複雜系統都是存在著固有的簡單性 (Inherent Simplicity)，利用這固有簡單性就可以在短時間內達到不可思議的改善。所謂固有簡單性是指在每一個現實系統只有少許因素(包含人或事物)主導整個系統，也就是說任何目標導向的系統，其產出 (Throughput) 受到少許因素所主導【4】。高德拉特博士把阻礙組織或企業在短時間內得到更顯著整體效率的少數因素稱為限制 (Constraint) 或核心問題，而有效管理限制的方法與解決方案稱為限制理論。如何利用固有簡單性，在限制理論裡其專注步驟有五點 (Five Focusing Steps) 【9】，如下圖 2-1 所示：

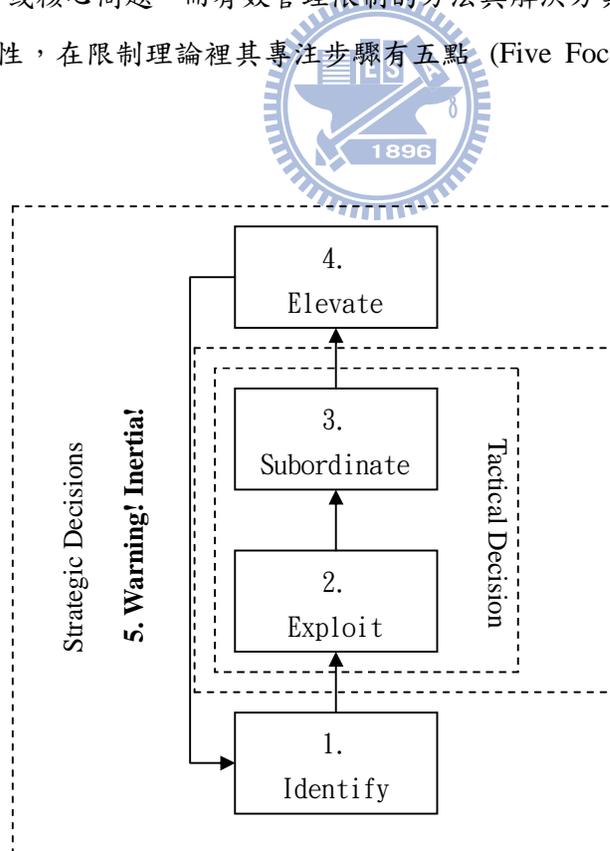


圖 2-1 限制理論專注五步驟

第二步驟充分利用 (Exploit) 及第三步驟全力支援 (Subordinate) 為戰術性活動 (Tactical Activities)，用來改善和最大化產出現在的產出 (Throughput)，主要讓我們了解在我們目前現存的資源裡更多的產能。特別要注意的是當我們運作這兩個步驟時，產出和作業成本 (Operating Expense) 是反向成長和下降。而第一步驟指出系統限制 (Identify) 和第四步驟打破系統限制 (Elevate) 為策略性活動 (Strategic Activities)，也可以說是改善未來的產出。第一步驟指出系統限制除了讓我們了解到目前現在系統限制的位置，也可以讓我們預測未來系統限制的走向。在運作完第二步驟及第三步驟之後，接下來的第四步驟打破系統限制讓我們可以把未來產能最大化，尋找更多新的產能，此步驟作業成本和存貨的投資成本皆可能增加，但是我們也應該預期我們增加的產出價值會多於我們在作業成本和存貨所投資的價值。在運行完第四步驟後，回到步驟一，重新找出另一個限制，「持續改善」為整個系統流程的重點。

2.1.1 限制驅導式排程法

而限制理論裡常被工廠應用的生產方法為限制驅導式排程法，跟前面的環例子概念一樣，主要讓生產系統跟著系統瓶頸的節奏進行，而高德拉特博士以軍隊行走在說明這一例子。軍隊行走的速度取決於最慢的成員速度，此成員即為瓶頸，所以要使軍隊行走能毫無困難，利用一條繩子綁住軍隊隊伍中第一位成員及最慢的成員，而繩子的長度要足以吸收最慢成員前這些隊員的統計波動。這個方法是先排出最慢成員的行進節奏 (Drum)，在以一條有足夠還緩衝 (Buffer) 長度保護最慢成員的繩子 (Rope) 驅動第一位隊員的速度，所以此方法稱為 Drum-Buffer-Rope，簡稱 DBR 【13】【14】。

1. 限制驅導節奏 (Drum): 系統最佳的績效是決定於系統之限制，因此限制能否充分發揮運作為決定整體系統表現的關鍵，所以唯有讓限制有絕對的優先決策權，才能使其充分發揮。也就是說，在排程上必須先決定限制的最佳利用生產節奏，此節奏為依限制的需求而設計，而且要以其驅導整個系統運作，所以稱為「限制驅導節奏」。

2. 緩衝(Buffer):為了確保限制驅導節奏的可行,所以DBR用緩衝時間 (Time Buffer)的觀念來達到此保護目的。而保護的目的有二:其一是確保工單能及時到達瓶頸資源 (Capacity Constrained Resource, CCR) 而確保達到準時達交;第二為確保 CCR 不會閒置與饑餓。DBR 共提出了三種緩衝時間保護的理念:受限產能緩衝(CCR Buffer)、出貨緩衝(Shipping Buffer)、和裝配緩衝(Assembly Buffer)。
3. 投料節奏(Rope):有了緩衝時間的保護措施,為了進一步確保限制驅導節奏的可行,系統還必需要其它配合的措施。而最重要的就是投料時機必須配合限制驅導節奏的需要,因此必須由限制驅導節奏來推導出投料節奏,其方法是由限制驅導節奏上的計劃開始時間減去受限瓶頸緩衝時間 (CCR Buffer),即可得到該訂單的投料時間。

2.1.2 緩衝管理 (Buffer Management)

DBR 共提出了三種緩衝時間 (Time Buffer) 保護的理念:受限產能緩衝(CCR Buffer)、出貨緩衝 (Shipping Buffer)、和裝配緩衝 (Assembly Buffer) 【9】。而緩衝時間的內容包含設置與加工時間以及保護系統內部不穩定與負荷尖峰的寬放。而系統內部不穩定與負荷尖峰會是一隨機狀況,因此當製單在現場遇到這些隨機狀況,時間緩衝會保護製單及時到達;而製單在現場流動很快,沒遇到隨機狀況時,即會提早到達,形成緩衝區的在製品。也就是說緩衝時間的大小還有現場作業的流暢度會決定 CCR 前代加工的在製品數及 CCR 的狀態,特別是緩衝管理僅對 CCR 的緩衝區在製品狀況做評估。所謂的緩衝區即是 CCR 前在製品的暫存區,由計劃緩衝區和實際緩衝區所構成。計劃緩衝區是指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,它提供了緩衝區上的訂單是否已出現的訊息。而其兩者比較其內容,即可發現計劃緩衝區上的訂單比實際緩衝區多,而計劃緩衝區比實際緩衝區多出來的訂單,則稱為緩衝區上的空洞(hole)。

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 Eli Schragenheim 以及 H.William Dettmer 在 2000 年於 Constraints Management Special

Internet 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”【9】中有更詳盡完整的論述。而書中提到傳統的 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：

1. 延伸的緩衝時間 (Spreading buffer time):在 DBR 提供了 3 個緩衝時間(Time Buffer)來保護特定的時間點，而在先前沒用或沒用完的緩衝時間，後面的緩衝時間如果不夠沒辦法拿先前沒用完的緩衝時間來使用。
2. 更多的緩衝時間(More buffer time):對於三個不同的緩衝時間，緩衝之間優先順序的衝突不容易控制。
3. 排程的穩定性(Schedule stability):替換顧客訂單的優先順序使得維持 CCR 排程的穩定性不容易。
4. 多餘的緩衝 (Superfluous buffer):裝配緩衝 (Assembly Buffer) 為出貨緩衝 (Shipping Buffer) 延伸的一部份，並不是任何情況都需要裝配緩衝，只有在組合 CCR 零件和非 CCR 零件的裝配點落在 CCR 後面才需要裝配緩衝，如下圖 2-2 所示。

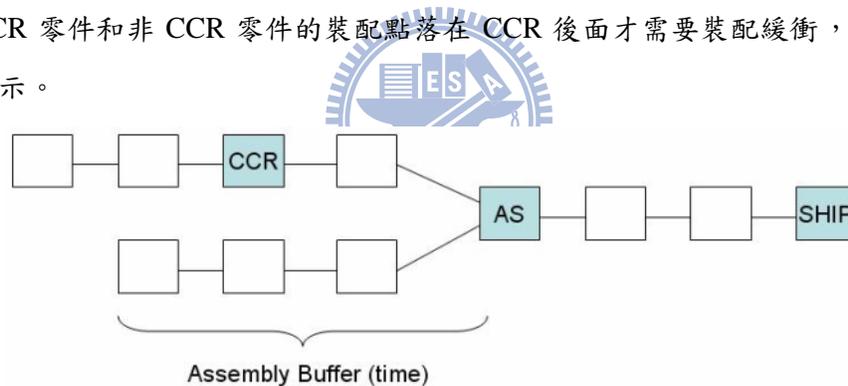


圖 2-2 Assembly Buffer

5. 相同的緩衝大小 (Uniform Buffer Sizes):在傳統的 DBR 中，不同產品的緩衝時間大小都為一定。不同的產品應該有不同的緩衝保護。
6. 工單(Work Orders):在傳統 DBR 中，工單不用詳細說明原料的細節，只要物料有清楚的作業順序就可以運作，因此在製品有很大的運用彈性，但也產生了 CCR 和非 CCR 對於加工共用件的問題。
7. 偷料 (Stealing):在原料只先運送來一機台的加工需求，但由於此機台還在加工，別台機台已到加工時間，所以作業員先挪用此原料的一部份來加工，造成

原先機台到了可加工時，卻不夠原料可加工，必須等待新原料到來，才可繼續加工，此時有可能會造成交期延誤。

8. 作業員的錯亂 (Operator confusion):在傳統的 DBR 中，當機台閒置時要進行加工時為不排排程直接加工，但也造成了作業員對於機台現場物件加工順序有疑惑。
9. 資料需更新 (Need for data automation):只使用 MRP 系統是不夠的，而收集和計算資料，以及共用件的排程等等，需要有電腦化的系統來幫助我們。

而 2006 年時，Schrageheim 則提出更細部的概念【10】：

1. 決定可靠的訂單交期

要決定一個可靠的交期及有競爭力的交期，必須避免 CCR(Capacity-constrained resource)負荷過重，因為 CCR 負荷過重會造成在製品(Work In Process, WIP)數量過多，生產週期時間增加而傷害向顧客承諾的交期。S-DBR 使用了「已規劃負載(Planned Load, PL)」的概念來衡量訂單交期與投料日期之依據。所謂「已規劃負載」的定義為：在某一規劃期間內，所有已確認訂單(Firm Order)對 CCR 所需之累積負載，如下圖 2-3 所示。

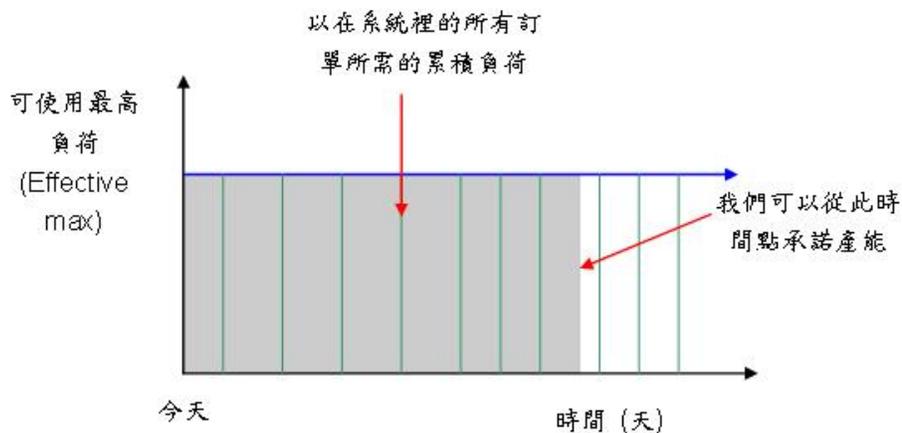


圖 2-3 已規劃負載瓶頸產能示意圖

生產緩衝時間 (Production Buffer, PB) 指一個最小可接受的生產批量，從投料到

產出所需要的時間，包含實際加工時間、搬運時間與等候時間。新訂單的可允諾交期即是將已規劃負債加上二分之一的生產緩衝時間，如下圖 2-4 所示

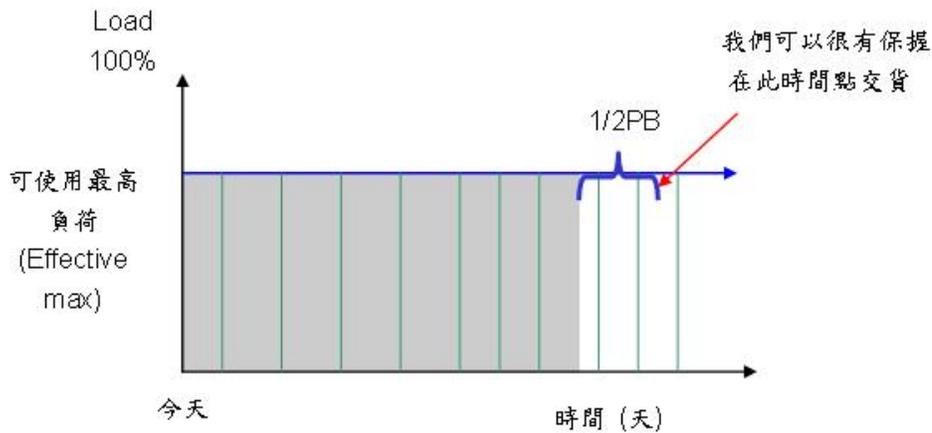


圖 2-4 交期示意圖

生產緩衝時間有兩項基本假設：

- I. 所有追求效率指標的政策限制因素 (Policy Constraints) 如併批、搬運批量等於加工批量、提早投單等皆已排除。
- II. 生產緩衝時間短於市場標準前置時間 (Quoted Lead -Time, QLT) 因為市場標準前置時間必須考慮當 CCR 未來已有許多訂單要加工時，新訂單須等候投入生產線的時間，而生產緩衝時間只考慮足夠的在製品 (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。

2. 決定訂單投料日期

當訂單交期決定之後，由交期日往前推算一個生產緩衝時間，即可得到該訂單之投料日期，如下圖 2-5 所示。而如果所得的投料日期為過去的時間點，則此時訂單的投料時間即為今日立即投料。

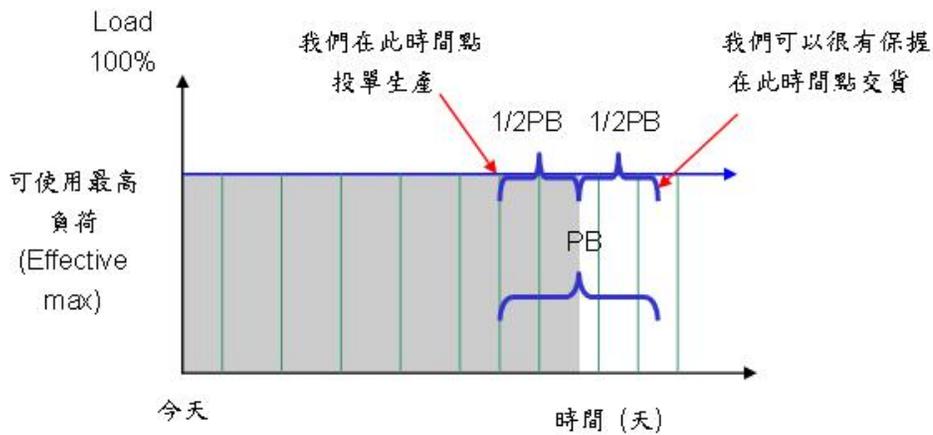


圖 2-5 投料日示意圖(1)

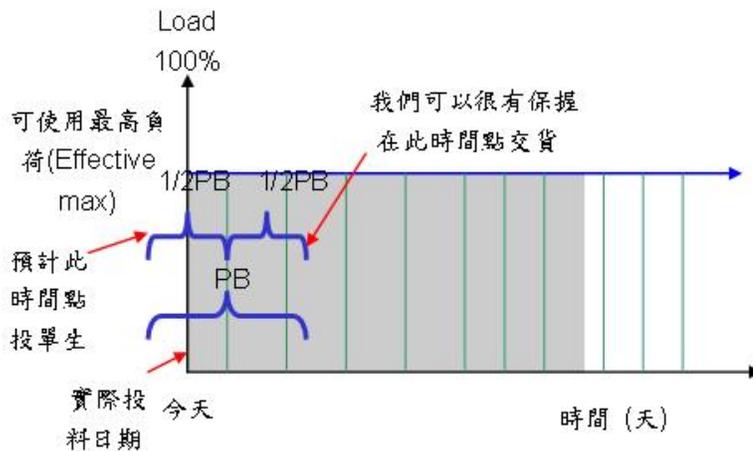


圖 2-6 投料日示意圖(2)

3. 決定加工訂單的優先順序

S-DBR 與傳統的 DBR 一樣都使用緩衝管理作為整個生產管制的機制。緩衝管理提供了緩衝狀態(Buffer Status, BS)清楚判斷訂單優先順序的指標外，也提供了生產線上的那些訂單需要跟催。生產現場包含 CCR 及各工作站派工的優先順序取決其工單的緩衝狀態，而緩衝狀態即是緩衝的耗用比例，以百分比計算，緩衝耗用比率愈高，表示該訂單有愈高的優先加工權。

如果工廠生產方式為訂貨生產系統，其緩衝狀態的計算公式：

$$\text{緩衝狀態}(BS) = \frac{\text{ProductionBuffer} - \text{The RemainingDueDate}}{\text{ProductionBuffer}} \quad (2-1)$$



三、SDBR 和緩衝管理之使用環境研究

高德拉特博士在 2006 年「可靠快速回應-策略與戰術圖：3-1 節-99%交期績效」中提到以 Toc S-DBR 建立規劃面的接單、下單流程，讓業務及生管面對客戶洽談訂單時能做及時性的回應，而使用緩衝管理建立執行面的作業加工優先順序，可以使得工廠內的生產活動能更有效及簡易的方式執行，協助企業建立 DDP>99%【7】；而 2008 年「站在巨人的肩膀上」文獻中提出在使用 Toc DBR 時有一重要假設，此假設就是在工廠現場的作業環境設定上產品加工時間應該要小於客戶前置時間的 10%【8】。因此，本研究接下來將藉由上述兩點議題的搭配使用下，透過生產管理情境，探討 S-DBR 於 MTO 生產環境下的應用情形，並建立 Job shop Game【13】來模擬其延伸的情境。

3.1 $\frac{QLT}{TT}=10$ 之生產環境及系統內產能有無滿載對訂單之影響

首先，先了解 S-DBR 及緩衝管理對訂單的影響。以 S-DBR 建立規劃面的接單、下單流程是使用已規劃負載(Planned Load, PL)加、減 1/2PB 的概念來進行【10】，當系統內 Planned Load 當前的負荷加 1/2PB 超過客戶前置時間時，表示負載過高，無法應諾訂單，所以可知 Planned Load 和客戶前置時間的關係如下：

$$\text{Planned Load} + \frac{1}{2} \text{Production Buffer} \leq \text{Quoted Lead Time} \quad (3-1)$$

換句話說，工廠內可接單最大工作負荷的 Planned Load_(Max)之計算為客戶前置時間減 1/2 生產緩衝，如下式：

$$\text{Planned Load}_{(\text{Max})} = \text{Quoted Lead Time} - \frac{1}{2} \text{Production Buffer} \quad (3-2)$$

所以，由 Planned Load 的基本定義不單可以決定訂單的投料日及交期，而藉由上式的公式轉換，可得知工廠內可接單最大工作負荷 Planned Load_(Max)，也就是進一步了解當工廠內每日瓶頸最大工作負荷量減少時，每日可再接受的新訂單數(瓶頸的新負荷量)，以致於讓業務跟生管了解工廠內可在承接新接單的日期或未來每日瓶頸累計出來的產能。

簡而言之，要判斷是否承接新訂單，為藉由 Planned Load 計算系統內的 CCR 負荷，然後加、減 1/2PB 得出新訂單的投料日及交期日，當系統內當前的 CCR 負荷累計加總新訂單的 CCR 負荷後沒有超過系統內的 Planned Load_(Max)，而且 Planned Load 加 1/2PB 後所決定的交期日客戶可以接受的話，就可以承接。

在緩衝管理方面，緩衝管理是對訂單消耗緩衝的程度而提供了現場改善的方向，換句話說，對每一張訂單而言，緩衝是讓訂單能及時到達受限產能站的時間長度，這個時間是造成在受限產能站前等待的在製品存貨量多寡的原因之一【9】。新訂單為藉由 Planned Load 計算系統內的 CCR 負荷，然後加、減 1/2PB 得出新訂單的投料日及交期日，如圖 3-1 所示，也就是此新訂單於 CCR 機台加工時約為此訂單投料 1/2PB 後的日期，此時此訂單於 CCR 機台加工時為黃區，如圖 3-2 所示，也就是緩衝狀態大於 50%，所以只要當此工單緩衝狀態為所有 WIP 中最高，即可優先加工；而剩餘的生產緩衝，只需要保護 CCR 之後的非 CCR 加工製程，在無特殊變異情況下，CCR 之後的加工製程的各工作站 WIP 數量皆不高，在搭配緩衝狀態，訂單加工跟運送的時間並不需要等候太久。

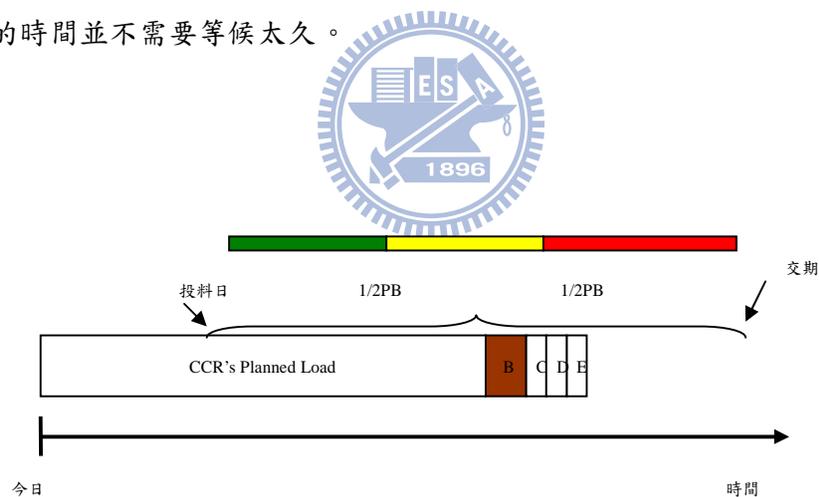


圖 3-1 生產緩衝和緩衝管理之顏色的對應關係

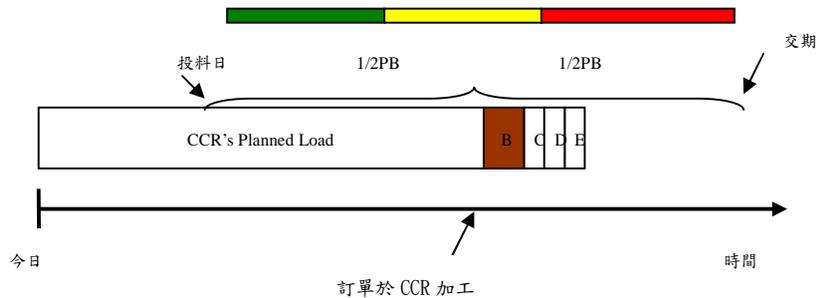


圖 3-2 訂單於 CCR 機台加工時所對應緩衝管理之顏色

為了了解客戶前置時間大約為產品加工時間的 10 倍下使用 S-DBR 及緩衝管理時的使用情形，先藉由了解工廠內系統的產能負荷滿載程度來推論是否會影響訂單的交期，而在本研究工廠內系統的產能負荷滿載程度等於工廠內可接單最大工作負荷 $Planned\ Load_{(Max)}$ ，而本研究採用三種情境，分別為系統內產能滿載的 80%、90%、及 100%，也就是使用工廠內可接單最大工作負荷 $Planned\ Load_{(Max)}$ 的 80%、90%、及 100%，推論出訂單的是否可如 $Planned\ Load$ 所決定的交期如期完成。

假設產品加工時間 4 天(製程共 4 站/天)，客戶前置時間為 40 天，生產緩衝為 20 天，只要在 $Planned\ Load_{(Max)}$ 負荷以內使用 $Planned\ Load$ 所決定的交期客戶都可以接受，第 1 天就投單，第 2 天才能加工，所以工廠內

$Planned\ Load_{(Max)}=40-10=30$ ，經由計算， $Planned\ Load_{(Max)}$ 的 80%、90%、及 100% 可接單最大工作負荷分別為 24、27、和 30。

1. 已規劃負載產能 80%

系統內如果只承接訂單到產能的 80%，也就是為 24 單位，假設新投入工單只佔用 CCR 機台一單位，而目前已累計的 $Planned\ Load$ 為 23 單位，所以可以接單。目前已累計的 $Planned\ Load$ 代表新投入訂單會在 CCR 加工完前已規劃負載的 23 單位後，才可加工。分別對 $Planned\ Load$ 加、減 1/2 生產緩衝，分別得工單投入日和完成日為 14 及 34，而在前述緩衝管理的概念下，可了解訂單在 CCR 機台加工時為黃區，在搭配緩衝狀態作訂單優先順序排程，也就是剩餘的生產緩衝，只需要保護 CCR 之後的非 CCR 加工製程，在無特殊變異情況下，CCR 之後的加工製程的各工作站 WIP 數量皆不高，在搭配緩衝狀態，訂單馬上就可以順利加工，也就是訂單完成日落在黃區。

2. 已規劃負載產能 90%

系統內如果只承接訂單到產能的 90%，也就是為 27 單位，假設新投入工單只佔用 CCR 機台一單位，而目前已累計的 Planned Load 為 26 單位，所以可以接單。目前已累計的 Planned Load 代表新投入訂單會在 CCR 加工完前已規劃負載的 26 單位後，才可加工。分別對已規劃負載產能加、減 1/2 生產緩衝，分別得工單投入日和完成日為 17 及 37，而在前述緩衝管理的概念下，搭配緩衝狀態作訂單優先順序排程，可了解訂單在 CCR 加工時為黃區，而剩餘的生產緩衝，只需要保護 CCR 之後的非 CCR 加工製程，在無特殊變異情況下，CCR 之後的加工製程的各工作站 WIP 數量皆不高，在搭配緩衝狀態，訂單馬上就可以順利加工，也就是訂單完成日落在黃區。

3. 已規劃負載產能 100%

系統內如果只承接訂單到產能的 100%，也就是為 30 單位，假設新投入工單只佔用 CCR 機台一單位，而目前已累計的 Planned Load 為 29 單位，所以可以接單。目前已累計的 Planned Load 代表新投入訂單會在 CCR 加工完前已規劃負載的 29 單位後，才可加工。分別對已規劃負載產能加、減 1/2 生產緩衝，分別得工單投入日和完成日為 20 及 40，而在上述緩衝管理的概念下，搭配緩衝狀態作訂單優先順序排程，可了解訂單在 CCR 加工時為黃區，而剩餘的生產緩衝，只需要保護 CCR 之後的非 CCR 加工製程，在無特殊變異情況下，CCR 之後的加工製程的各工作站 WIP 數量皆不高，在搭配緩衝狀態，訂單馬上就可以順利加工，也就是訂單完成日落在黃區。

由上述的例子，可了解使用 Planned Load 決定交期時，在系統內產能有、沒滿載時對訂單交期影響不大，也就是在客戶前置時間大約為產品加工時間的 10 倍下使用 S-DBR 及緩衝管理，在無變異環境下，訂單可達到良好的績效。

因此，本研究接下來繼續利用高德拉特博士提出的假設，藉由單一位置的 CCR 的 Job Shop Game 來進行模擬驗證，希望更進一步確認已規劃負載在產能在有、沒接滿的情況下對訂單的影響。

3.1.1 期初情境

模擬一開始，規定整個流程環境與每個位置的初始情境：

1. 本模擬遊戲為零工型非迴流工廠【13】；

2. 針對客戶前置時間為產品加工時間的 10 倍生產環境來進行模擬；
3. 每日訂單可接或不接，分別針對三種情境(已規劃產能 80%、90%、及 100%)的滿載量來承接訂單；
4. 此零工型工廠內生產現場共有四個工作站，分別為 A、B、C 及 D 四個單一機台；
5. 工廠內只生產四種產品，分別為產品 1、產品 2、產品 3 與產品 4；
6. 每種產品在每一機台的加工時間均為一天；
7. 機台彼此之間無法互相支援；
8. 各產品項生產一個所需之加工時間(Touch time)為 4 天；
9. 其製程如表 3-1，機台 B 為瓶頸機台；
10. 承接訂單時，生管依工廠內 CCR 負荷來決定是否接單，如果決定接單，生管決定其投料日及交期日；
11. 此情境為無變異環境；
12. 訂單如果第 1 天就投單，當天不加工，第 2 天才能加工；
13. 模擬遊戲至少進行 2 倍客戶前置時間週期；
14. 客戶訂單使用 Excel VBA 函數(Rnd)隨機排序與選取；

表 3-1 產品製程

產品	製造程序	加工時間	機台經過次數			
			A	B	C	D
1	A B C D	4	1	1	1	1
2	A B B C	4	1	2	1	0
3	A B D C	4	1	1	1	1
4	B B C D	4	0	2	1	1

3.1.2 評估指標

模擬遊戲執行後，針對模擬遊戲結束後的結果，利用以下 2 點來對模擬指標結果進行分析：

1. 訂單達交率；
2. 訂單完成日在緩衝管理上的現象；

以便瞭解 S-DBR 和緩衝管理對系統內的訂單，是否能有效的執行，以及可藉此比較出了解訂單的狀況。

3.1.3 Job Shop Game 模擬驗證

分別針對三種生產環境，也就是工廠內可接單最大工作負荷 $Planned\ Load_{(Max)}$ 的 80%、90%、及 100% 的滿載量來承接訂單，以進行模擬，不同情境所模擬的每張訂單的完成的情形為附錄一。

各情境的模擬結果大致上是一樣的，也就是訂單完成日在緩衝管理紅單比例都小於 10%，訂單都達交，結果如下表 3-2。不管系統內的可接單最大工作負荷量 $Planned\ Load_{(Max)}$ 是否滿載，只要符合高德拉特博士所提出的兩點議題的搭配使用下，生產環境為客戶前置時間大約為產品加工時間的 10 倍情況下使用 S-DBR 和緩衝管理，就可達到預期的成果。

表 3-2 訂單結果

已規劃產能	80%	90%	100%
交期 80 天以內的總完成訂單數	54	53	54
已完成的訂單中延遲的訂單	0	0	0
交期 80 天以內的總接單數	74	75	77
達交率	100%	100%	100%
緩衝管理上完成日紅單比例	0%	0%	0%
完成訂單的每張平均生產週期時間	11.81	11.85	11.92

3.2 $\frac{QLT}{TT} \leq 10$ 之生產環境

在實際的生產環境中，客戶前置時間不一定大約總是為產品加工時間的 10 倍，那麼是否就沒辦法使用 S-DBR 及緩衝管理，也就是說在非高德拉特博士假設的環境下執行 S-DBR 及緩衝管理時，會導致什麼結果呢？由公式 3.1 工廠內系統可接單最大工作負荷的 $Planned\ Load_{(Max)}$ 之推演，可知在不同的情境下系統內可接單最大工作負荷的 $Planned\ Load_{(Max)}$ 與 Touch Time 關係如下表 3-3 所示：

表 3-3 $Planned\ Load_{(Max)}$ 與 Touch Time 關係

情境	$Planned\ Load_{(Max)}$
$\frac{QLT}{TT} = 10$	$PL_{(Max)} = \frac{15}{2} * TT$
$\frac{QLT}{TT} = 8$	$PL_{(Max)} = 6 * TT$
$\frac{QLT}{TT} = 6$	$PL_{(Max)} = \frac{9}{2} * TT$

由上表可知，當客戶前置時間和產品加工時間的比例關係越小時，生產緩衝和產品加工時間的比例關係也越來越小，系統內可接受最大的負荷量 $\text{Planned Load}_{(\text{Max})}$ 也越小。然而，在同樣的訂單模式下，不同情境所面對的問題點主要為當訂單在投料後的 $1/2\text{PB}$ 進行完 CCR 加工後，導致訂單剩下的緩衝有可能讓訂單後半段製程落在緩衝管理上的紅區，造成系統內紅單比例過高，如圖 3-3 所示，而系統內紅單比例過高，有可能會使得生產現場上都是紅單需要趕工及跟催，更有可能造成生產現場恐慌，而在「不確定性(Uncertainty)」因素影響下，更有極有可能無法加工完整張訂單，而導致訂單延誤交期，失去競爭力及客戶。

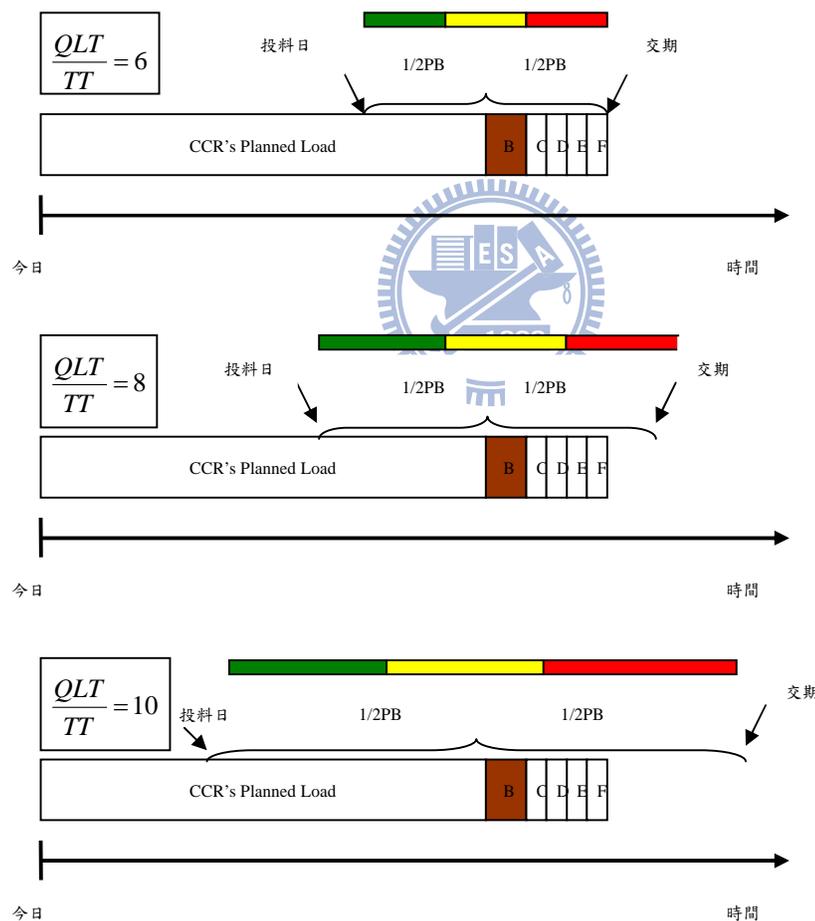


圖 3-3 不同環境下的緩衝大小及剩餘緩衝可反應變異之關係圖

3.2.1 Job Shop Game 模擬驗證

為了驗證 S-DBR 及緩衝管理其他環境的使用性與結果，採用 3.1.1 的模擬情境，

不同的是為 Planned Load 為使用系統 100% 滿載量來接單，及分別針對三種生產環境來進行模擬，分別為：(1) $QLT=TT*10$ ；(2) $QLT=TT*8$ ；(3) $QLT=TT*6$ ；(QLT= Quoted Lead Time； TT= Touch Time)

不同情境所模擬的每張訂單的完成的情形為附錄二，而其模擬成果分析如下表 3-4。

表 3-4 不同情境模擬成果

情境	$\frac{QLT}{TT} = 10$	$\frac{QLT}{TT} = 8$	$\frac{QLT}{TT} = 6$
交期 80 天以內的總完成訂單數	54	55	55
已完成的訂單中延遲的訂單	0	0	0
交期 80 天以內的總接單數	77	73	71
達交率	100%	100%	100%
緩衝管理上完成日紅單比例	8%	16%	20%
完成訂單的每張平均生產週期時間	11.68	9.7	7.7

在本節 Job Shop Game 模擬驗證中，觀察訂單在緩衝管理上紅單的比例，當客戶前置時間和產品加工時間的比例為 10 倍時【7】【8】，訂單完成日在紅單比例少於 10%；而客戶前置時間和產品加工時間的比例為 8 倍、6 倍時，訂單完成日在紅單比例都超過為 10%，雖然訂單還是如期達交，但是紅單比例過高。也就是說高德拉特博士在 2008 年提到在 DBR 時有一重要假設，在工廠現場的作業環境設定上客戶前置時間大約為產品加工時間的 10 倍的情境下，為使用 S-DBR 和緩衝管理理想的環境設定。然而，在非此環境下執行，也就是當產品加工時間在大於客戶前置時間的 10% 的生產環境中執行 S-DBR 和緩衝管理，還是有機會 100% 達交，但是會造成紅單比例過高，而使得生產現場上都是紅單需要趕工及跟催，更有可能造成生產現場恐慌或延誤訂單交期。

3.3 $\frac{QLT}{TT} = 10$ 之迴流環境

從傳統產業到高科技產業，製造環境的不同或製程的特殊性，導致前後的製程共用同一機台，造成工廠內有產能「迴流」(Job Re-Circulation)的製程特性，例如半導體元件生產製造系統，生產線並不是以單一直線的方式生產，晶圓在製品不斷地「迴流」到「黃光」、「清洗」、「氧化沉積」等製程，在幾個主要的工作區域不斷迴

流、重覆加工【15】。而依全廠機台相對的負荷程度決定，負荷最大，稱為受限產能，然而此機台在工廠內數量又少，便會產生受限產能「迴流」的製程特性，所謂受限產能「迴流」的製程特性，是指一個產品的製造流程需要經過受限產能站兩次或兩次以上的製程環境，如圖 3-4 和圖 3-5 所示。

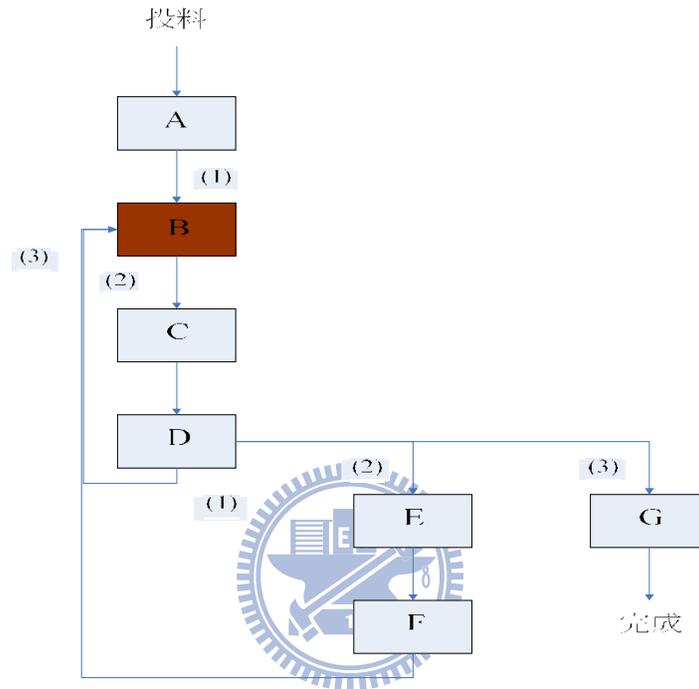


圖 3-4 受限產能迴流之現場物流示意圖

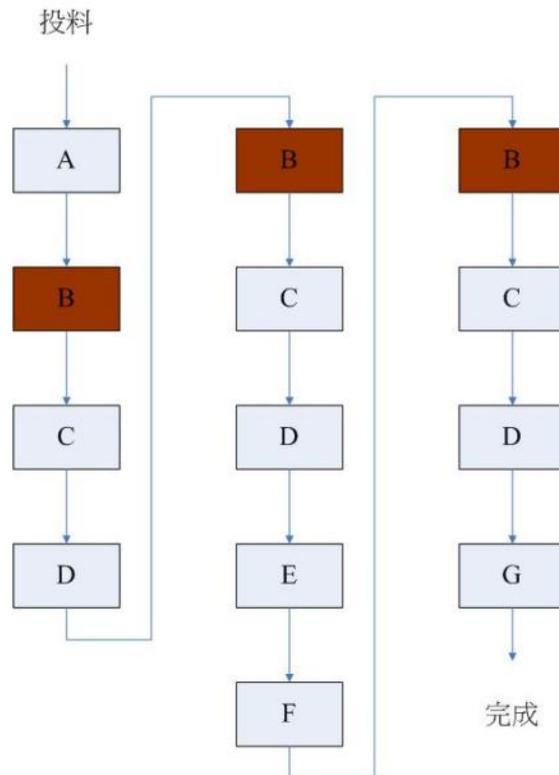


圖 3-5 受限產能迴流之製造程序示意圖

由高德拉特博士所提生產環境為客戶前置時間大約為產品加工時間的 10 倍的生產環境下【7】【8】，使用 S-DBR 的已規劃負載加、減 $1/2PB$ 來決定投料日和交期日，在生產現場則使用緩衝管理的緩衝狀況大小來決定訂單的加工順序。基本上不管環境為迴流或非迴流，S-DBR 的 Planned Load 只利用系統內 CCR 負荷累計來決定訂單的投料日和交期日【10】，而緩衝狀態的計算也以訂單交期日為主【9】，所以影響訂單是否達交為緩衝是否足夠。

假設有一訂單迴流 CCR 工作站兩次，其訂單的製程為 A-B-D-B，B 為 CCR 工作站，此訂單產品加工時間 4 天(製程共 4 站/天)，採用生產環境為客戶前置時間大約為產品加工時間的 10 倍，所以假設客戶前置時間為 40 天，生產緩衝為 20 天，而 B_1 和 B_2 分別代表第一與第二次加工作業，Planned Load_(Max)100% 最高的負荷如果為 30 的話，假設目前已累計的 Planned Load 為 28 單位，而目前已累計的 Planned Load 代表新投入訂單會在 CCR 加工完前已規劃負載的 28 單位後，才可加工。分別對已累計的 Planned Load 加、減 $1/2$ 生產緩衝，分別得工單投入日和完成日為 19 及 39。如下圖 3-6 所示，在投料後的 $1/2PB$ 開始進行此訂單的 B_1 之 CCR 機台加工，也就

是大約在第 29 天時進行加工，之後訂單的後製程 D-B₂，在非 CCR 的 D 工作站快速加工通過後在回來到 CCR 機台工作站進行 B₂ 加工，因為距離訂單的交期日最近，也就是此訂單此時在緩衝狀態的優先順序會為現場最高所以會優先加工，在剩餘的緩衝足夠保護變異的發生的情況下，則此訂單將可以順利達交。

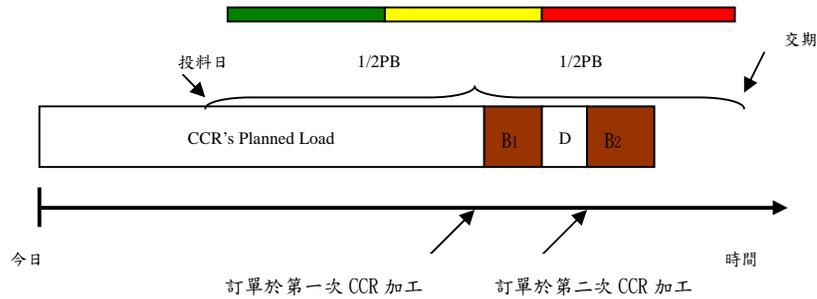


圖 3-6 訂單中 CCR 加工於緩衝管理示意圖

3.3.1 Job Shop Game 模擬驗證

為了驗證客戶前置時間大約為產品加工時間的 10 倍下使用 S-DBR 及緩衝管理【7】【8】對迴流生產環境的使用性與結果，假設生產線有三類產品，訂單的製程如表 3-5，三類產品通過 CCR 機台次數分別為一次、二次、和三次，採用 3.1.1 的模擬情境，而且規劃負載為使用 100% 滿載量來接單，不同的是，本節環境設定為迴流環境，及訂單承接為每 5 天。

表 3-5 迴流訂單製程

產品	訂單加工時間 單位:天	生產緩衝	客戶前置時間 (QLT)	CCR 負載	製造程序
1	9	46	90	1	A B C A D B C E F
2	12	60	120	2	A B C A D B C E B C E F
3	7	36	72	3	A B C A D E F

市場需求為亂數決定，利用 S-DBR 決定各訂單的投料日與交期，透過模擬可得結果，各訂單的資料整理如表 3-6，每張訂單的交期日在緩衝管理上的現象大部份都在落在黃區，並無在紅區，達交率為 100%，因此，藉由模擬驗證的結果可知，客戶前置時間大約為產品加工時間的 10 倍的情境下使用 S-DBR 及緩衝管理，可運用於迴流環境，並達到良好的績效。

表 3-6 S-DBR 及緩衝管理模擬執行資料表

工單編號	接單日	產品名稱	投料日	完成日	交期	生產天數
1	1	1	-20	10	26	30
2	1	1	-18	11	28	29
3	6	1	-7	18	39	25
4	11	1	6	23	52	17
5	16	1	15	31	61	16
6	16	1	17	33	63	16
7	16	1	19	34	65	15
8	16	1	21	35	67	14
9	21	1	26	39	72	13
10	21	1	28	42	74	14
11	21	1	30	45	76	15
12	31	1	42	54	88	12
13	31	1	44	56	90	12
14	31	1	46	61	92	15
15	36	1	52	63	98	11
16	41	1	62	72	108	10
17	41	1	64	73	110	9
18	46	1	70	80	116	10
19	1	2	-23	14	37	37
20	1	2	-20	15	40	35
21	1	2	-17	15	43	32
22	6	2	-12	20	48	32
23	6	2	-9	23	51	32
24	6	2	-3	24	57	27
25	6	2	-6	24	54	30
26	11	2	1	25	61	24
27	11	2	4	29	64	25
28	11	2	7	33	67	26
29	16	2	16	35	76	19
30	21	2	25	44	85	19
31	26	2	28	46	88	18
32	26	2	31	50	91	19
33	26	2	34	55	94	21
34	31	2	41	57	101	16
35	31	2	44	63	104	19
36	36	2	47	65	107	18
37	36	2	50	65	110	15
38	36	2	53	70	113	17
39	41	2	59	73	119	14
40	41	2	62	75	122	13
41	41	2	65	78	125	13
42	46	2	65	79	125	14
43	1	3	-16	8	20	24
44	6	3	-3	16	33	19
45	11	3	10	25	46	15

46	16	3	17	28	53	11
47	16	3	18	29	54	11
48	16	3	19	30	55	11
49	21	3	26	34	62	8
50	21	3	28	38	64	10
51	21	3	28	38	64	10
52	21	3	29	39	65	10
53	21	3	30	41	66	11
54	26	3	35	46	71	11
55	26	3	36	47	72	11
56	26	3	37	48	73	11
57	26	3	38	49	74	11
58	26	3	39	50	75	11
59	31	3	44	55	80	11
60	31	3	45	56	81	11
61	31	3	46	57	82	11
62	36	3	54	61	90	7
63	36	3	55	66	91	11
64	36	3	56	66	92	10
65	41	3	66	76	102	10

3.4 有變異的環境

在現實的生產管理環境中，唯一能確定的為「不確定性」(Uncertainty)，不確定性的總量是無法計算的，有可能會降低系統的有效產出 (the throughput of the system)，或造成更多費用 (expenses)，以致於從一開始就做深度的精準規劃，往往最後還是落入『計畫趕不上變化』的結果。因此，對於不確定性因素，我們應該如何應對呢？首先，了解發生在工廠內不確定性因素大致上有二【13】：

1. 產品品質的變異：產品本身因不確定因素而導致品質水準下降；
2. 資源本身的變異：資源本身因為不確定因素而無法加工；

處理不確定因素有兩個方式，第一種為當不確定性的源頭是在組織內部時，影響不確定性的源頭，來降低不確定性的總量，為品質機能管理 (Total Quality Management, TQM) 所提倡的方式；而另一種方法為建立一套防護機制 (Protection Mechanism)，在關鍵點導入適當的保護措施以降低因不確定性而起的損傷，為限制理論中緩衝管理的作法。在限制理論中，緩衝管理所使用的緩衝為時間緩衝，時間緩衝 (time buffer) 代表「相當長的前置時間 (fairly long lead time)」，此概念為 DBR 方法的核心。目前緩衝的概念在 S-DBR 中為使用客戶前置時間的 1/2 時間當作生產緩衝，主要的觀念有三：最大預估時間、純加工時間、緩衝大小的一半。

在大部份的訂單情況，延誤訂單交期的損害遠大於提早訂單投料，所以採用最大預估時間可以預防訂單遲交，更可以降低在製品的總量；另一方面，緩衝合理範圍的最小部分為純加工時間，也就是訂單製程在生產線上純加工的時間，如圖 3-7 所示。

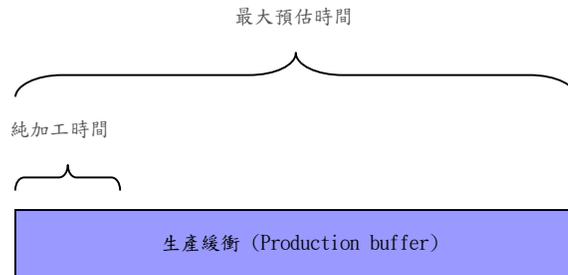


圖 3-7 最大預估時間和純加工時間於生產緩衝之概念

當訂單加工到 CCR 時，只剩下「緩衝大小的一半」，為足夠短但還是合理的前置時間，影響有二，一為在限制理論裡的五個專注步驟的第三步驟全力支援 (Subordinate)，其中檢查限制資源排程的可行性，只要一半的原來緩衝大小還可用，就假定該排程是務實的，當這個假設是無根據的，則在指出有另一個產能限制出現的可能性；二為在應用處理限制資源的運作排程時，從 CCR 工作站到訂單結束，時間的最小替換設定為「一半的緩衝大小」，假設以緩衝狀態的優先順序正確的類型來看，這個時間還是可行的。所以為了預防資源本身的變異所選擇客戶前置時間的一半為生產緩衝，也就是為純加工時間與最大預估時間之間的差距，為預估容許『莫非』的緩衝大小，如圖 3-8 所示。

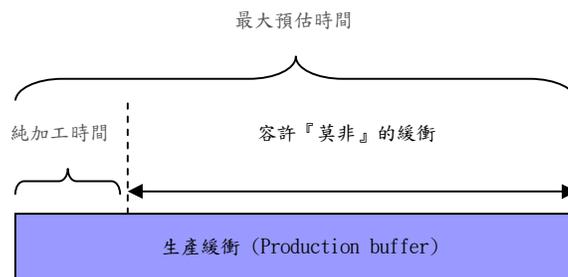


圖 3-8 純加工時間與最大預估時間之間的差距示意圖

3.4.1 Job Shop Game 模擬驗證

為了驗證在客戶前置時間大約為產品加工時間的 10 倍下【7】【8】，使用 S-DBR 及緩衝管理對有變異的環境的使用性與結果，採用 3.1.1 的模擬情境，並採用 Planned Load 為使用系統 100%滿載量來接單，而瓶頸資源一單位的損失為整個系統一單位的損失，所以本研究變異為採用隨機瓶頸資源發生故障，故障率為 10%，模擬的每張訂單的完成的情形為附錄三。

比較 3.1.3 的系統無變異環境 100%滿載量與本節的模擬結果，結果如下表 3-7。可以明顯的發現在有變異的環境下執行 S-DBR 及緩衝管理，會發生系統內紅單比例過高，然而，緩衝不僅吸收了變異，更保護了交期。所以只要符合高德拉特博士所提出的兩點議題的搭配使用下，也就是有變異的生產環境下，在客戶前置時間大約為產品加工時間的 10 倍情況下使用 S-DBR 和緩衝管理，只要在緩衝可以吸收變異的範圍內，還是可達到預期的成果。

表 3-7 訂單結果

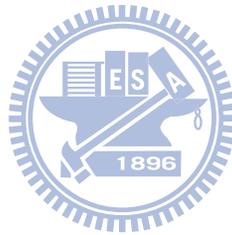
已規劃產能	100%(無變異環境)	100%(10%變異環境)
交期 80 天以內的總完成訂單數	54	50
已完成的訂單中延遲的訂單	0	0
交期 80 天以內的總接單數	77	73
達交率	100%	100%
緩衝管理上完成日紅單比例	0%	76%
完成訂單的每張平均生產週期時間	11.92	14.38

四、結論與未來展望

本研究針對高德拉特博士在 2006 年和 2008 年所提出兩點重要議題，分別為 S-DBR 和緩衝管理可使許多生產工廠提高產品的可靠性與可得性 (DDP>99%)【7】，和工廠現場的作業環境設定上產品加工時間應該要小於客戶前置時間的 10% 下【8】，搭配應用使用下，結果指出 S-DBR 可以有效地使訂單順利達交，在緩衝管理上訂單的紅單比例皆低於 10%。為了確定在客戶前置時間大約為產品加工時間的 10 倍下使用 S-DBR 及緩衝管理的可行性，本研究進而延伸討論其應用在 MTO 生產環境中所產生的議題，並藉由邏輯推論、Job Shop Game 模擬【13】，得到以下的結果：

1. 在客戶前置時間大約為產品加工時間的 10 倍下使用 S-DBR 及緩衝管理，在無變異的環境中，對於系統內 Planned Load 有、無達滿載，對訂單交期績效及緩衝管理的訂單紅單比例的影響不大，皆可達到良好的績效。
2. 在非高德拉特博士假設的環境下，也就是不是客戶前置時間約為產品加工時間的 10 倍下執行 S-DBR 及緩衝管理，當客戶前置時間和產品加工時間的比例關係越小，也就是生產緩衝和產品加工時間的比例關係也越來越小時，在 1/2PB 進行完 CCR 加工後，剩下的緩衝有可能讓訂單落在緩衝管理上的紅區，造成系統內紅單比例過高，而在緩衝不足的情況下無法確保剩餘的緩衝可否包含「不確定性」因素，導致極有可能無法加工完整張訂單，而使得訂單延遲。
3. 在迴流的環境下，採用客戶前置時間大約為產品加工時間的 10 倍下使用 S-DBR 及緩衝管理時，在訂單投料後的 1/2PB 開始進行此訂單的第一次 CCR 加工，之後訂單的後製程，在非 CCR 的工作站快速加工通過後再回到 CCR 機台工作站進行第二次加工，因為距離訂單的交期日最近，也就是此訂單此時在緩衝狀態的優先順序會為現場最高所以會優先加工，在剩餘的緩衝足夠保護變異的發生的情況下，則此訂單將可以順利達交。
4. 在現實環境中莫非隨時有可能存在，對於工廠內的變異，選擇客戶前置時間的一半為生產緩衝，也就是為純加工時間與最大預估時間之間的差距，為預估及保護變異的緩衝大小。在有變異的環境中，採用客戶前置時間大約為產品加工時間的 10 倍下使用 S-DBR 及緩衝管理時，雖然系統內紅單比例較高，但是只要在緩衝可以吸收變異的範圍內，訂單還是可以順利達交。

高德拉特博士在 2006 年提出 S-DBR 和緩衝管理可使許多生產工廠提高產品的可靠性與可得性【7】，2008 年又提出使用 S-DBR 的理想生產環境條件【8】，但並未有深入的說明及驗證，故本研究為了驗證客戶前置時間大約為產品加工時間的 10 倍下使用 S-DBR 及緩衝管理可執行運用在不同的環境，藉由邏輯推論、Job Shop Game 模擬【13】，得到以上研究結果，確認了兩者搭配應用於實務上的可行性，更肯定了兩者搭配使用後執行的結果。另外，本研究為針對 MTO 的生產環境，運用上述兩議題來進行驗證與推論。然而，實務上還有不同的生產環境可作為後續研究的部份，如在 MTS(Make-to-Stock)、MTO 和 MTS 並存的生產環境下、雙瓶頸生產環境特性等，對於在產品加工時間的 10 倍下使用 S-DBR 及緩衝管理的影響情形，都可作為後續研究參考的重要方向。



參考文獻

1. Goldratt , Eliyahu M. and Rami, Avraham , TOC Insights,from:
<http://www.toc-goldratt.com/index.php?cont=59> , 2003.
2. Mabin, V. J., & Balderstone, S. J. , The World of the Theory of Constraints, A Review of the International Literature. FL: St. Lucie Press , 2000.
3. Goldratt, Eliyahu M., It's Not Luck, The North River Press Publishing Corporation, 1994.
4. Goldratt , Eliyahu M., The Goal(2nd ed.) NY:The Noth River Press.,1992.
5. Goldratt ,Eliyahu M., Production the TOC Way: A Self-Learning Kit NY:The Noth River Press, 1996.
6. Fry, T. D., & Blakestone, J. H., & Cox, J. F. , An analysis and discussion of the optimized production technology software and its use. Production on Operation Management Journal, 1(2), 229-242, 1992.
7. Goldratt, Eliyahu M., The Strategy & Tactic tree – Reliable Rapid Response(Zycon) Detailed to level 4 , 2006.
8. Goldratt, Eliyahu M., Standing on the Shoulders of Giants . , from:
http://www.goldrattschools.org/pdf/shoulders_of_giants-eli_goldratt.pdf , 2008.
9. Schragenheim,E., & Dettmer, H. W. ,Manufacturing at Warp Speed: optimizing supply chain financial performance. Boca Raton, FL: St.Lucie Press, 2000.
10. Schragenheim,E., Using SDBR in Rapid Response Projects. Goldratt group, 2006.
11. Schragenheim,E. What's really new in Simplified DBR. Goldratt group, 2006.
12. Schragenheim,E., A Systematic Approach to Common and Expected Uncertainty. Goldratt group, from:
http://www.goalsys.com/books/documents/Eli_UncertaintyPaper.pdf , 2009.
13. 李榮貴、張盛鴻，TOC 限制理論—從有限走向無限。台北縣：中國生產力中心，民國 94 年。
14. 吳鴻輝、李榮貴。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，民國 88 年。
15. 王傳順，「S-DBR 應用於具迴流特性製造業之可行性研究」，國立交通大學，碩士論文，民國 96 年。
16. 張家鈞，「S-DBR 於 MTO 環境應用的強化」，國立交通大學，碩士論文，民國 97 年。
17. 王美亭，「透過實驗研究交期不佳之主因」，國立交通大學，碩士論文，民國 97 年。

附錄一、不同情境所模擬的每張訂單的完成的情形

80%的滿載量所模擬的每張訂單的完成的情形

工單編號	接單日	產品名稱	投料日	完成日	交期	生產天數
1	1	1	-8	5	12	13
2	1	2	-7	6	13	13
3	1	2	-5	8	15	13
4	1	2	-3	10	17	13
5	2	3	0	12	20	12
6	3	1	2	14	22	12
7	4	1	3	15	23	12
8	6	1	4	16	24	12
9	6	2	5	16	25	11
10	7	1	7	18	27	11
11	7	3	8	20	28	12
12	7	2	9	21	29	12
13	8	1	11	23	31	12
14	8	3	12	23	32	11
15	8	2	13	24	33	11
16	9	1	15	26	35	11
17	10	1	16	27	36	11
18	10	3	17	29	37	12
19	10	3	18	30	38	12
20	10	2	19	31	39	12
21	11	1	21	33	41	12
22	11	3	22	33	42	11
23	12	3	23	35	43	12
24	12	4	24	37	44	13
25	13	4	26	38	46	12
26	14	3	28	40	48	12
27	15	3	29	41	49	12
28	17	2	30	42	50	12
29	19	4	32	44	52	12
30	21	3	34	46	54	12
31	23	1	35	46	55	11

32	23	4	36	48	56	12
33	24	1	38	49	58	11
34	25	1	39	50	59	11
35	27	4	40	52	60	12
36	28	1	42	53	62	11
37	30	2	44	54	64	10
38	31	3	45	56	65	11
39	33	4	46	58	66	12
40	35	3	48	60	68	12
41	36	2	49	61	69	12
42	37	1	51	63	71	12
43	39	2	52	64	72	12
44	43	2	54	65	74	11
45	43	4	56	68	76	12
46	44	3	58	70	78	12
47	45	3	59	71	79	12
48	46	1	60	73	80	13
49	47	3	61	73	81	12
50	48	1	62	75	82	13
51	50	4	63	76	83	13
52	51	3	65	78	85	13
53	52	3	66	79	86	13
54	53	3	67	80	87	13

90%的滿載量所模擬的每張訂單的完成的情形

工單編號	接單日	產品名稱	投料日	完成日	交期	生產天數
1	1	1	-8	5	12	13
2	1	2	-7	6	13	13
3	1	2	-5	8	15	13
4	1	2	-3	10	17	13
5	2	3	0	12	20	12
6	3	1	2	14	22	12
7	4	1	3	15	23	12
8	6	1	4	16	24	12
9	6	2	5	16	25	11
10	7	1	7	18	27	11
11	7	3	8	20	28	12
12	7	2	9	21	29	12
13	8	1	11	23	31	12
14	8	3	12	23	32	11
15	8	2	13	24	33	11
16	9	1	15	26	35	11
17	10	1	16	27	36	11
18	10	3	17	29	37	12
19	10	3	18	30	38	12
20	10	2	19	31	39	12
21	11	1	21	33	41	12
22	11	3	22	33	42	11
23	12	3	23	35	43	12
24	12	2	24	37	44	13
25	13	3	26	37	46	11
26	13	4	27	39	47	12
27	14	3	29	41	49	12
28	15	3	30	42	50	12
29	17	2	31	43	51	12
30	17	4	33	45	53	12
31	19	4	35	47	55	12
32	21	3	37	49	57	12
33	23	1	38	49	58	11

34	23	4	39	51	59	12
35	24	1	41	52	61	11
36	25	1	42	53	62	11
37	27	4	43	55	63	12
38	28	1	45	56	65	11
39	30	2	46	57	66	11
40	31	3	48	59	68	11
41	33	4	49	61	69	12
42	35	3	51	63	71	12
43	36	2	52	64	72	12
44	37	1	54	66	74	12
45	39	2	55	66	75	11
46	43	2	57	68	77	11
47	43	4	59	71	79	12
48	44	3	61	73	81	12
49	45	3	62	74	82	12
50	46	1	63	76	83	13
51	47	3	64	76	84	12
52	48	1	65	78	85	13
53	50	4	66	79	86	13



100%的滿載量所模擬的每張訂單的完成的情形

工單編號	接單日	產品名稱	投料日	完成日	交期	生產天數
1	1	1	-8	5	12	13
2	1	2	-7	6	13	13
3	1	2	-5	8	15	13
4	1	2	-3	10	17	13
5	2	3	0	12	20	12
6	3	1	2	14	22	12
7	4	1	3	15	23	12
8	6	1	4	16	24	12
9	6	2	5	16	25	11
10	7	1	7	18	27	11
11	7	3	8	20	28	12
12	7	2	9	21	29	12
13	8	1	11	23	31	12
14	8	3	12	23	32	11
15	8	2	13	24	33	11
16	9	1	15	26	35	11
17	10	1	16	27	36	11
18	10	3	17	29	37	12
19	10	3	18	30	38	12
20	10	2	19	31	39	12
21	11	1	21	33	41	12
22	11	3	22	33	42	11
23	12	3	23	35	43	12
24	12	2	24	37	44	13
25	13	3	26	37	46	11
26	13	4	27	39	47	12
27	14	3	29	41	49	12
28	15	3	30	42	50	12
29	17	3	31	43	51	12
30	17	2	32	44	52	12
31	17	2	34	45	54	11
32	17	4	36	48	56	12
33	19	4	38	50	58	12

34	21	3	40	52	60	12
35	23	1	41	52	61	11
36	23	4	42	54	62	12
37	24	1	44	55	64	11
38	25	1	45	56	65	11
39	27	4	46	58	66	12
40	28	1	48	59	68	11
41	30	2	49	60	69	11
42	31	3	51	62	71	11
43	33	4	52	64	72	12
44	35	3	54	66	74	12
45	36	2	55	67	75	12
46	37	3	57	68	77	11
47	39	2	58	69	78	11
48	43	2	59	71	79	12
49	43	4	61	74	81	13
50	44	3	64	76	84	12
51	45	3	65	77	85	12
52	46	1	66	79	86	13
53	47	3	67	79	87	12
54	48	3	68	80	88	12

附錄二、不同 TT 與 QLT 比例模擬訂單完成的情形

QLT=TT*10 情境所模擬的每張訂單的完成的情形

工單編號	接單日	產品名稱	投料日	完成日	交期	生產天數
1	1	2	-9	4	12	13
2	1	4	-6	8	14	14
3	2	4	-3	11	17	14
4	3	3	-1	11	17	12
5	4	4	0	13	20	13
6	5	1	2	14	22	12
7	5	2	3	15	23	12
8	5	2	5	17	25	12
9	6	4	7	19	27	12
10	6	3	9	21	29	12
11	6	2	10	22	30	12
12	7	3	12	23	32	11
13	7	3	13	24	33	11
14	10	1	14	26	34	12
15	11	1	15	27	35	12
16	11	2	16	27	36	11
17	11	3	18	29	38	11
18	11	3	19	30	39	11
19	12	3	20	31	40	11
20	12	4	21	33	41	12
21	12	4	23	35	43	12
22	12	4	25	37	45	12
23	13	2	27	38	47	11
24	13	2	29	40	49	11
25	13	2	31	42	51	11
26	14	2	33	44	53	11
27	15	1	35	46	55	11
28	16	3	36	48	56	12
29	17	3	37	49	57	12
30	18	1	38	51	58	13
31	20	1	38	52	58	14
32	20	4	39	53	59	14

33	22	1	41	54	61	13
34	22	3	42	54	62	12
35	24	2	44	55	64	11
36	25	1	45	57	65	12
37	26	3	46	59	66	13
38	28	1	48	59	68	11
39	29	1	49	61	68	12
40	30	3	50	61	70	11
41	31	3	51	63	71	12
42	32	1	52	63	72	11
43	33	3	53	65	73	12
44	34	1	54	65	74	11
45	35	3	55	67	75	12
46	36	3	56	68	76	12
47	38	4	57	70	77	13
48	39	3	59	70	79	11
49	40	3	60	72	80	12
50	41	1	61	72	81	11
51	42	3	62	74	82	12
52	44	2	62	75	82	13
53	45	1	64	77	84	13
54	46	3	65	77	85	12
55	48	1	65	79	85	14
56	48	3	66	79	86	13
57	48	3	67	Processing	87	
58	49	1	69	Processing	89	
59	50	1	70	Processing	90	
60	51	3	71	Processing	91	
61	53	1	73	Processing	93	
62	55	2	74	Processing	94	
63	58	4	76	Processing	96	
64	59	1	78	Processing	98	
65	59	3	79	Processing	99	
66	60	3	80	Processing	100	
67	65	2	81	Processing	101	
68	65	4	83	Processing	103	
69	66	2	85	Processing	105	

70	68	2	87	Processing	107
71	69	1	89	Processing	109
72	70	3	90	Processing	110
73	72	4	91	Processing	111
74	73	1	93	Processing	113
75	74	3	94	Processing	114
76	75	3	95	Processing	115
77	77	2	96	Processing	116
78	78	1	98	Processing	118



QLT=TT*8 情境所模擬的每張訂單的完成的情形

工單編號	接單日	產品名稱	投料日	完成日	交期	生產天數
1	1	4	-4	5	8	9
2	1	1	-3	6	9	9
3	1	2	-1	7	11	8
4	3	3	2	9	14	7
5	3	3	3	10	15	7
6	3	2	4	11	16	7
7	3	4	6	14	18	8
8	4	1	8	15	20	7
9	4	2	9	16	21	7
10	4	4	11	19	23	8
11	5	4	13	21	25	8
12	6	1	15	22	27	7
13	6	2	16	23	28	7
14	6	3	18	25	30	7
15	7	3	19	26	31	7
16	8	3	20	27	32	7
17	9	3	21	28	33	7
18	11	4	22	30	34	8
19	14	1	24	31	36	7
20	14	2	25	32	37	7
21	16	2	27	34	39	7
22	17	3	29	36	41	7
23	18	3	30	37	42	7
24	21	1	31	39	43	8
25	21	2	32	39	44	7
26	24	1	34	41	46	7
27	24	2	35	42	47	7
28	25	3	37	44	49	7
29	26	1	38	46	50	8
30	28	1	39	47	51	8
31	28	3	40	49	52	9
32	29	3	41	50	53	9
33	30	3	42	51	54	9
34	32	1	43	53	55	10

35	33	4	44	54	56	10
36	35	1	46	55	58	9
37	36	4	47	56	59	9
38	38	2	49	56	61	7
39	39	1	51	58	63	7
40	40	1	52	59	64	7
41	42	4	53	61	65	8
42	43	3	55	63	67	8
43	45	1	56	63	68	7
44	45	1	57	65	69	8
45	46	1	58	66	70	8
46	47	1	59	67	71	8
47	49	2	60	67	72	7
48	51	2	62	69	74	7
49	53	1	64	71	76	7
50	53	3	65	73	77	8
51	54	1	66	73	78	7
52	56	2	67	74	79	7
53	57	3	69	76	81	7
54	58	1	70	78	82	8
55	61	1	71	79	83	8
56	61	3	72	Processing	84	
57	61	3	73	Processing	85	
58	62	3	74	Processing	86	
59	63	3	75	Processing	87	
60	65	2	76	Processing	88	
61	66	1	78	Processing	90	
62	67	1	79	Processing	91	
63	69	4	80	Processing	92	
64	70	3	82	Processing	94	
65	72	4	83	Processing	95	
66	73	3	85	Processing	97	
67	75	1	86	Processing	98	
68	77	4	87	Processing	99	
69	78	4	89	Processing	101	
70	80	1	91	Processing	103	
71	80	3	92	Processing	104	

QLT=TT*6 情境所模擬的每張訂單的完成的情形

工單編號	接單日	產品名稱	投料日	完成日	交期	生產天數
1	1	2	-6	5	10	11
2	1	1	-2	7	12	9
3	1	4	-3	8	13	11
4	3	3	0	10	16	10
5	3	3	1	11	17	10
6	3	2	2	12	18	10
7	3	2	2	13	20	11
8	4	1	7	15	23	8
9	4	2	8	16	24	8
10	4	4	10	19	26	9
11	5	4	11	21	27	10
12	6	1	13	22	29	9
13	6	2	14	23	30	9
14	6	3	16	25	32	9
15	6	4	17	27	33	10
16	7	3	19	29	35	10
17	7	2	20	30	36	10
18	7	4	22	32	38	10
19	8	3	24	34	40	10
20	9	3	25	35	41	10
21	11	4	26	37	42	11
22	14	3	28	37	44	9
23	14	1	29	39	45	10
24	14	2	30	39	46	9
25	15	2	31	41	47	10
26	16	1	32	43	48	11
27	17	3	33	45	49	12
28	18	3	34	46	50	12
29	19	2	35	47	51	12
30	21	2	36	48	52	12
31	25	3	41	50	57	9
32	26	1	42	51	58	9
33	28	1	43	52	59	9
34	28	3	44	54	60	10
35	29	3	45	55	61	10

36	30	3	46	56	62	10
37	32	1	47	58	63	11
38	33	4	48	59	64	11
39	35	1	50	60	66	10
40	36	4	51	61	67	10
41	38	2	53	61	69	8
42	39	3	55	63	71	8
43	40	1	56	65	72	9
44	42	4	57	66	73	9
45	43	3	59	68	75	9
46	45	4	60	70	76	10
47	46	1	62	71	78	9
48	47	1	63	72	79	9
49	49	2	64	72	80	8
50	50	4	65	75	81	10
51	51	1	67	76	83	9
52	53	1	68	77	84	9
53	53	3	69	79	85	10
54	54	1	70	79	86	9
55	55	2	71	80	87	9
56	57	3	73	Processing	89	
57	58	1	74	Processing	90	
58	61	1	75	Processing	91	
59	61	3	76	Processing	92	
60	61	3	77	Processing	93	
61	62	3	78	Processing	94	
62	63	3	79	Processing	95	
63	65	2	80	Processing	96	
64	66	1	82	Processing	98	
65	67	1	83	Processing	99	
66	69	2	84	Processing	100	
67	70	3	86	Processing	102	
68	71	1	87	Processing	103	
69	73	2	88	Processing	104	
70	75	1	90	Processing	106	
71	77	4	91	Processing	107	
72	78	4	93	Processing	109	

73	80	4	95	Processing	111
----	----	---	----	------------	-----



附錄三、有變異環境模擬的每張訂單的完成的情形

工單編號	接單日	產品名稱	投料日	完成日	交期	生產天數
1	1	1	-8	5	12	13
2	1	2	-7	6	13	13
3	1	2	-5	8	15	13
4	1	2	-3	10	17	13
5	2	3	0	12	20	12
6	3	1	2	14	22	12
7	4	1	3	15	23	12
8	6	1	4	16	24	12
9	6	2	5	17	25	12
10	7	1	7	19	27	12
11	7	3	8	21	28	13
12	7	2	9	22	29	13
13	8	1	10	24	30	14
14	8	3	11	26	31	15
15	8	2	12	27	32	15
16	9	1	15	30	35	15
17	10	1	16	31	36	15
18	10	3	17	33	37	16
19	10	3	18	34	38	16
20	10	2	19	35	39	16
21	11	1	21	37	41	16
22	11	3	22	37	42	15
23	12	3	24	39	44	15
24	12	4	25	41	45	16
25	13	3	27	41	47	14
26	13	4	28	43	48	15
27	14	3	30	45	50	15
28	15	3	31	46	51	15
29	17	3	32	47	52	15
30	17	2	33	48	53	15
31	17	2	35	50	55	15
32	18	4	37	53	57	16
33	21	3	40	55	60	15
34	23	3	41	56	61	15

35	23	4	42	58	62	16
36	25	1	45	59	65	14
37	27	4	46	61	66	15
38	30	2	49	63	69	14
39	31	3	51	65	71	14
40	33	4	52	67	72	15
41	35	3	54	69	74	15
42	36	2	55	70	75	15
43	37	1	57	72	77	15
44	39	2	58	72	78	14
45	43	2	60	75	80	15
46	43	4	62	78	82	16
47	45	3	65	80	85	15
48	46	1	66	80	86	14
49	47	3	67	81	87	14
50	48	1	68	82	88	14

