

國立交通大學

工業工程與管理學系碩士班

碩士論文

利用實驗證明生產管理的方式為
影響達交率的主要原因

An Experimental Study to Prove The Mode of Operation
Managing is Root Cause of Bad Due-Date Performance

研究生：莊弘易
指導教授：李榮貴博士
彭德保博士

中華民國九十九年六月

利用實驗證明生產管理的方式為
影響達交率的主要原因

An Experimental Study to Prove The Mode of Operation
Managing is Root Cause of Bad Due-Date Performance

研究生：莊弘易

Student : Felix Chuang

指導教授：李榮貴博士
彭德保博士

Adviser : Dr. Rong-Kwei Li
Dr. Der-Baau Perng

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 2010

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十九年六月

利用實驗證明生產管理的方式為 影響達交率的主要原因

研究生：莊弘易

指導教授：李榮貴博士

彭德保博士

國立交通大學工業工程與管理學系碩士班

摘要

達交率對接单生產(Make-To-Order)的企業來說是相當重要的，在售價或品質等其他條件相同情況下，具有能可靠達交能力的公司擁有較大的競爭優勢，反之，經常性的延宕訂單的公司容易失去銷售機會以及商譽。在過去有相當多實務與學術上的研究致力於改善交期的方法，但達交率低落的問題依舊存在。為了提升達交率，有一部份的公司是致力在降低變異，另一部份則是專注在改善生產管理的方式，但哪一項才是達交率低落的主要原因呢？在過去研究中曾有人利用遊戲實驗證明，管理方式才是影響達交率的主要原因，但本研究認為其中有些遊戲實驗中所設計之條件與假設不符合實際，因此本研究設計了一個含有四個情境的虛擬環境，藉此遊戲收集數據，並從數據中分析影響達交率的主要原因是來自管理的方式。

此實驗前三個情境是在一個無變異的零工式(Job Shop)生產環境中進行，利用不同的條件證明變異即使在此條件下依舊不是造成達交率低落的主要原因，並從第四個有變異情境反證，在有好的管理方式下，即使在較為複雜的情境，生產管理績效會與無變異的情境相同或更好，進而證明，管理的方式才是影響達交率的主要原因。

關鍵詞：零工式生產環境、生產管理、限制理論

An Experimental Study to Prove The Mode of Operation Managing is Root Cause of Bad Due-Date Performance

Student : Felix Chuang

Adviser : Dr. Rong-Kwei Li

Dr. Der-Baau Perng

Department of Industrial Engineering and Management
National Chiao Tung University

Abstract

DDP regard to a single production (Make-To-Order) is important for businesses. In price, quality and other conditions are the same, company has a competitive advantage with reliable delivery capacity, in the other hand, company lose goodwill with frequent delays in orders and sales opportunities. In order to improve the DDP, one part of a company committed to reducing variation, the other part is to focus on ways to improve production management. But which one is the main reason? Studies in the past has been experimentally proved that management is the main impact of DDP. However, this study suggests that some of the designed experiment conditions and assumptions do not meet the actual situation, this research designed a virtual environment with four scenarios. Taking the game to collect data, and from the data analysis on the DDP is mainly due to the way from the management.

The first three scenarios in this experiment is a job shop production environment without variations, using the different conditions to prove that variations are not the main reason for poor DDP. There are variations from the fourth scenario evidence to the contrary: even in more complex situations, management performance will be the same or better than the scenario without variations under the good management. And prove that management is the main cause of poor DDP.

Keywords : Make-To-Order 、 managing production planning 、 TOC 、 S-DBR

誌 謝

首先，感謝李榮貴老師於這兩年來不辭辛勞的指導，老師總是不斷的教導我使用簡單邏輯思考，找出問題的核心所在，導正我對論文的思考方向，使我的論文更加的完善，再次感謝老師的指導，謝謝老師。

另外，感謝研究室的各位學長、同學與學弟，在LAB一起生活了兩年的彥叡、佑任、詩淵、詩婷、杰運、政峰、宏彬、淳民、政宏與育昇10位同學，這兩年來陪伴我一起生活的時光，在研究，有你們的討論與建議、休閒娛樂，有你們在更是歡笑不斷，謝謝你們。

莊弘易 于交大 MB007

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	vi
第一章 研究動機與目的	1
第二章 文獻探討	3
2.1 鼓、緩衝、繩(Drum-Buffer-Rope, DBR)生產管理排程方法	3
2.2 緩衝管理(Buffer Management, BM)	4
2.3 簡化型限制驅導式排程法(Simplified Drum-Buffer-Rope, S-DBR)	5
第三章 實驗情境設計	9
3.1 零工式生產工廠	9
3.2 遊戲情境假設	10
3.3 以 S-DBR 決定投料日與可靠交期日	12
第四章 數據分析	14
4.1 Round 1 資料分析	14
4.2 Round 2 資料分析	17
4.3 Round 3 資料分析	18
4.4 Round 4 資料分析	20
第五章 結論與建議	22
參考文獻	23
附錄一 產品項訂單卡	25
附錄二 生產管理演練績效記錄表	26
附錄三 安全交期日與投料日	27
附錄四 實驗數據收集	28

圖目錄

圖 2-1 限制驅導排程法示意圖.....	4
圖 2-2 緩衝管理區.....	5
圖 2-3 已規劃負載示意圖.....	7
圖 2-4 決定投料與交期示意圖.....	7
圖 2-5 緩衝狀態示意圖.....	8
圖 4-1 Round 1 與 Round 2 生產天數分佈圖	18
圖 4-2 Round 1 達交率與平均生產前置時間.....	20

表目錄

表 3- 1 Round2 接單組合表	10
表 3- 2 最佳產品組合	11
表 3- 3 情境目的及進行方式	11
表 4- 1 Round 1 達交率之檢定	15
表 4- 2 每 5 日負荷計算	15
表 4- 3 達交率 $\geq 95\%$ 之每 5 日負荷表	16
表 4- 4 Round 1 各類型生產時間分布	17
表 4- 5 Round 1 與 Round 2 達交率之檢定	17
表 4- 6 Round 2 各類型生產時間分佈	18
表 4- 7 Round 1 與 Round 2 生產前置時間之檢定	18
表 4- 8 Round 1 與 Round 3 達交率之檢定	19
表 4- 9 Round 1 與 Round 3 生產前置時間之檢定	19
表 4- 10 Round 3 各類型生產時間分佈	20
表 4- 11 Round 1 與 Round 4 達交率之檢定	21
表 4- 12 Round 1 與 Round 4 生產時間之檢定	21
表 4- 13 Round 4 各類型生產時間分佈	21

第一章 研究動機與目的

Skinner(1969)對於企業競爭績效準則提出了四項競爭要素：品質、成本、時間與彈性【15】，隨時間的演進與科技的進步，在現今競爭激烈的市場中，品質與成本已經成為競爭的必要條件(Order Qualifiers)之一了，而時間與彈性則成為市場主要的獲單因素(Order Winners)，如何即時、有效的回應顧客之需求，並對所允諾之訂單負責且能夠說到做到，已是當今生產管理刻不容緩的目標。

為了達成這些目標，過去有許多學者在學術方面，透過提出做好生產現場執行管控來改善交期之相關研究，例如：例如 B. Grabot【2】、Steve H. Lu【16】、Robert J. Graves【9】、Adachi, T【1】、Johri, P.【6】、Skikanth【14】、Kim【17】、王立志【19】等提出從投料法則、派工法則或是投料與派工法則的相互搭配，來改善生產管理的績效，在實務上則是有許多企業導入如精實生產(Lean)或是六個標準差(6 sigma)等方法希望以降低系統變異的方式來改善生產管理的績效，雖然在學術上與實務上皆提出不少改善生產管理績效的方法，但績效卻仍不如預期，或者必須經過長時間的實行才能看到成效。在生產管理的方面究竟是忽略了什麼導致成效不佳呢？

Jiun-Hunei Lee【7】於發表之論文中，認為，影響生產管理績效的四個主要原因為：(1)接單時所訂下之交期未考慮到瓶頸站的負荷；(2)未控管投料使生產現場有過多在製品，造成局部最佳化、生產優先順序混亂及拉長生產前置時間；(3)未管理生產的優先順序造成某些訂單延遲；(4)變異。而其中影響生產管理績效的根本原因是來自管理的方式，其中包含(1)、(2)以及(3)三個主要原因，因此生產管理之改善應先從管理的方式著手，才能有效提升生產管理的績效。

但對於該篇論文所設計之遊戲，本研究認為有以下幾點問題不符合實際的狀況：(1)實驗中訂單可每日承接且不限種類及數量；(2)不同種類之四種機台皆各只有一台；(3)未考慮到有變異的情境。因此，本研究針對以上 3 點問題對實驗之設計做調整，並設計無變異與有變異共四個不同之情境，希望透過台灣工具機

產業之業者與生產模擬演練收集資料以反證方式驗證生產變異是否真的是生產管理績效不佳的主因，並從模擬演練中逐步找出影響達交率之主因是否如 Jiun-Hunei Lee【7】之論文中所提有關於管理方式的三個原因相同，並利用有變異之情境驗證改善管理方式是否能在更複雜的情境中維持好的生產管理績效。

第二章 文獻探討

2.1 鼓、緩衝、繩(Drum-Buffer-Rope, DBR)生產管理排程方法

限制理論是 Goldratt 博士(Eliyahu M. Goldratt)於 1986 提出，Goldratt 博士認為在每一個系統中都有瓶頸的存在，而瓶頸限制了整個系統的產出，因此，若想提升整體系統的產出，就必需從瓶頸進行改善【3】【10】，限制理論(Theory Of Constraints, TOC)最常應用在工廠或是企業的生產管理方法，就是限制驅導式排程法(Drum-Buffer-Rope, DBR)，主要是以限制(Constraints)的需求去驅動整個系統運作的節奏，也就是說，一切的決策必須以系統限制的需求為優先的考量，而系統其它非限制(non-Constraints)資源則全力配合系統限制的決策。

Goldratt 博士於 1990 年的著作—「The Race」中，以行進的軍隊簡述了 DBR 的概念，Drum 代表的鼓聲是用來控制隊伍行進的速度以及節奏；Buffer 代表的緩衝如同兩個成員之間的距離，而距離則是用來應付突發的狀況；Rope 代表軍隊的紀律，紀律規範軍隊的成員使其不混亂且不拉長隊伍，並達到同步的效果。將此觀念用在生產現場時，其概念如下：

1. 限制(Constraints)

於生產現場中，系統的產出被限制於某一資源的產能，則該資源稱為產能受限資源(Capacity Constrained Resource, CCR)，因此 CCR 是系統中負荷最為嚴重的單位，而 DBR 管理的重心主要就是放在 CCR 上。

2. 限制驅導節奏(Drum)

系統的績效決定於瓶頸資源的產出，因此唯有給予瓶頸最高決策權才能使其有所發揮，此即表示，於生產排程上，為了能最佳利用瓶頸所產生的生產節奏，由於此節奏是依瓶頸的需求而設計，並且用來驅動整個系統的運作，因此稱為「限制驅導節奏」。

3. 緩衝(Buffer)

為了確保限制驅導節奏可行，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的目的，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 不會閒置會饑餓。

4. 投料節奏(Rope)

除了緩衝時間保護外，CCR 尚需其它資源或 non-CCR 配合的措施，才可確保瓶頸的生產節奏可行，而最重要的就是投料時間必需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 上的計畫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依照投料的時程及節奏，絕不可因 non-CCR 閒置而投料，否則會破壞瓶頸的生產節奏，如此 Rope 才可與 Drum 達到同步(in-line)的效果，而確保 Drum 有效進行。

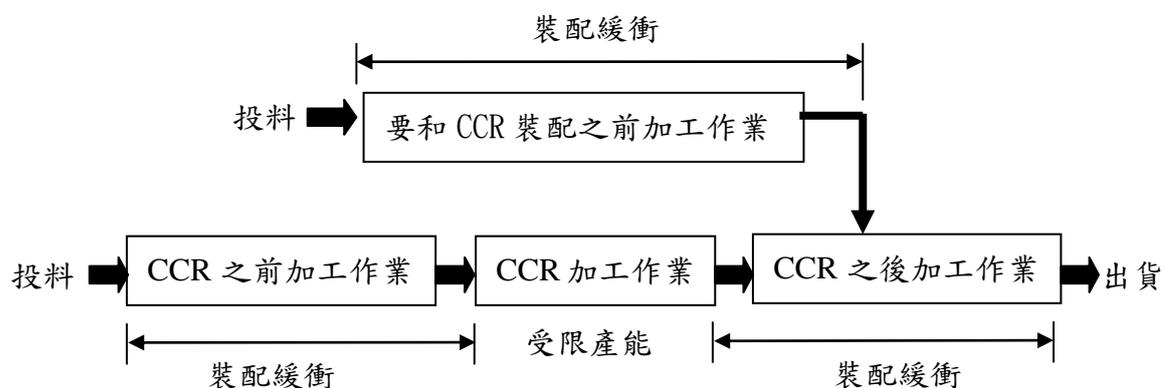


圖 2-1 限制驅導排程法示意圖

資料來源：吳鴻輝、李榮貴【18】

2.2 緩衝管理(Buffer Management, BM)

緩衝之於生產現場如圖 2-1 所示，DBR 對於緩衝分為(1)保護 CCR 之前家工作業的受限產能緩衝(CCR Buffer)；(2)保護 CCR 之後加工作業之出貨緩衝(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)，而緩衝是以時間表示，及 Time Buffer，而不是存貨數量【4】

【11】。

由於保護限制驅導之節奏非常的重要，因此，除了知道緩衝時間之外，還必需了解緩衝區的概念，緩衝區可以想像成一個在 CCR 前存放待加工在製品的區域，而此區均分為三個部份，分別為紅、黃、綠三個部份，如圖 2-2 所示。

緩衝管理會根據緩衝時間被消耗的程度來設定加工的優先順序，位於時間軸最左側的是綠區，此區訂單多為剛投料之訂單，在此區的訂單擁有較足夠的時間生產，而在生產的過程中，此區的時間通常會被消耗掉而進入到黃區，黃區又稱為警示區，顧名思義在區的訂單只需要觀察是否有異常之狀況發生，若無異常之狀況則無需採取行動，而當黃區的時間消耗完後訂單會進入到紅區，紅區即為趕工區，當訂單進入此區時，則必需採取行動以避免紅區時間消耗完而造成訂單無法準時達交。

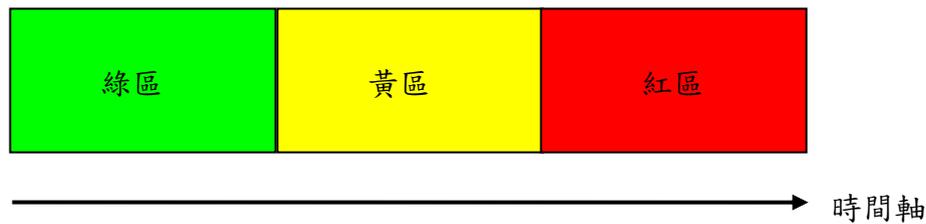


圖 2-2 緩衝管理區

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

由於傳統 DBR 使用受限產能緩衝(Shipping Buffer)、出貨緩衝(Shipping Buffer)及裝配緩衝(Assembly Buffer)的保護觀念，需要較多的資料去輔助細部的排程，使得 DBR 在應用上變的相當的複雜，因此於 2000 年 Constraints Management Special Interest Group (CMSIG)技術研討會中提出簡化型限制驅導式排程法(Simplified Drum-Buffer-Rope, S-DBR)，隨後又於 2001 年出版之「Manufacturing at Warp Speed: Optimizing Supply Chain Financial Performance」中更詳盡完整的介紹。Schrageheim 認為 S-DBR 有以下優點：(1)較簡單且效的生產計畫方法；(2)專注於產能受限資源(Capacity Constrained Resource, CCR)的排

程，以耗盡 CCR 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畫。然而，Schragenheim 亦認為：(1)即使企業內部產能限制實際存在，但系統主要限制仍來自於市場的需求；(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，則會增加管控的複雜度；(3)建立緩衝保護的最終目的，就是要有效的使用緩衝，以確保訂單能順利出貨，因此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，即使企業內部存產能限制實際存在，系統最主要的限制仍來自市需求，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

要承諾客戶一個可靠且具有競爭力的交期時，首先要考慮到產能受限資源 (Capacity constrained Resource, CCR)，不可讓 CCR 的負載過高，因為根據 Little's Law【8】可知在製品 (Work In Process, WIP) 數量越高，則生產前置時間 (Manufacturing Lead Time, MLT) 越長，故若讓 CCR 負載過高，則會造成 MLT 增加而直接傷害到交期，S-DBR 使用「已規劃負載 (Plant Load)」的觀念，作為衡量訂單交期與投料日期之依據。在決定交期之前，需先了解訂單的生產緩衝時間 (Production Buffer, PB)，PB 是指一個最小可接受的生產批量，從投料到產出所需時間，包括實際加工、等候時間、搬運時間、機台設備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規劃負載加上二分之一的生產緩衝時間，此時間點即是有把握的交貨日期。其中，PB 有兩項基本的假設：(1)排除所有追求效率指標的策略限制 (Policy Constraints)，如併批、搬運批量等於加工時間、提早投單等；(2)生產緩衝時間必須短於市場所需前置時間 (Quoted Lead Time, QLT)，因為 QLT 必需考慮當 CCR 已有足夠已確認訂單時，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 運作順暢。已規劃負載 (Planned Load) 示意如圖 2-3。

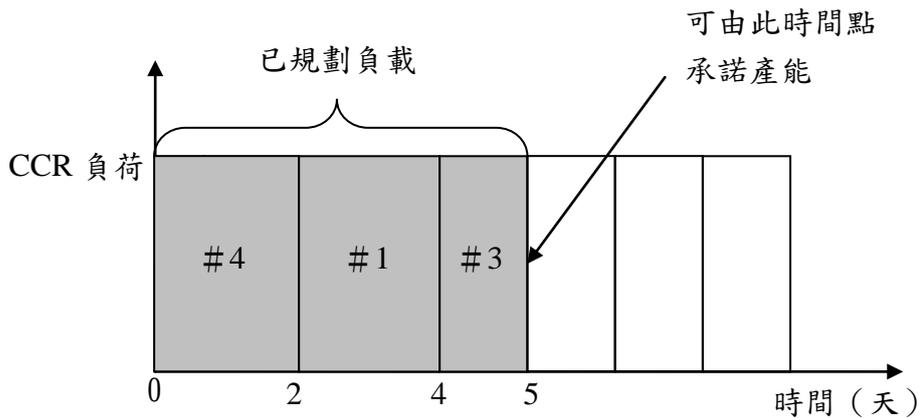


圖 2-3 已規劃負載示意圖
圖 2-3 已規劃負載示意圖

2. 決定投料日與訂單交期日

當訂單決定交期後，S-DBR 的作法是，只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，反之，往後推一個生產緩衝時間則可得到安全交期日。

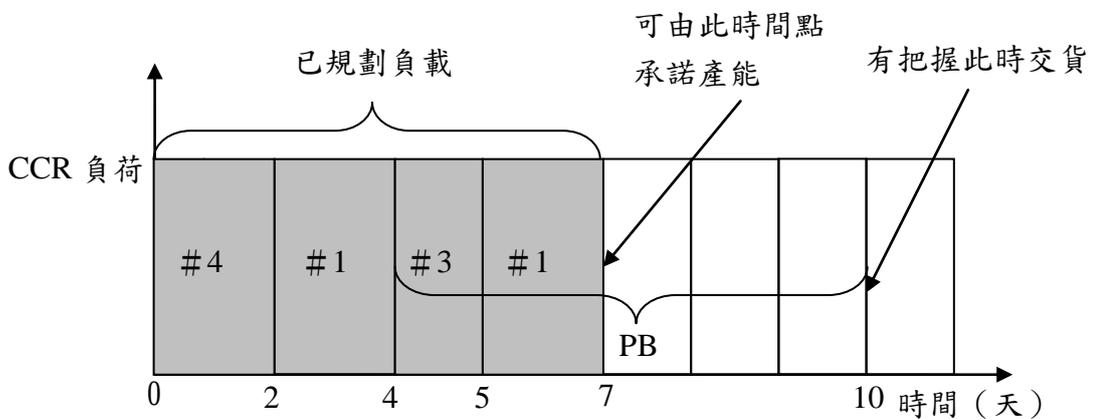


圖 2-4 決定投料與交期示意圖

3. 決定加工的優先順序

S-DBR 對於訂單於工作站之加工順序，使用了緩衝管理(Buffer Management, BM)做為管理的機制，生產現場各工作站皆依據訂單的緩衝狀態(Buffer Status, BS)決定加工之先後順序，其中，緩衝狀態即為緩衝耗用的比例，以百分比方式

計算，當緩衝耗用的比例越高，表示該訂單有越高的優先加工權，其計算公式如下：

$$\text{緩衝管理(BS)} = \frac{(\text{生產緩衝日} - \text{距交期剩於日})}{\text{生產緩衝時間}} \quad (2-1)$$

此處的緩衝管理相同 DBR 的緩衝管理，都是將緩衝分為紅、黃、綠三區，依其耗用的程度去決定加工之優先順序，並直接了解訂單的緊急程度。示意如圖 2-5。

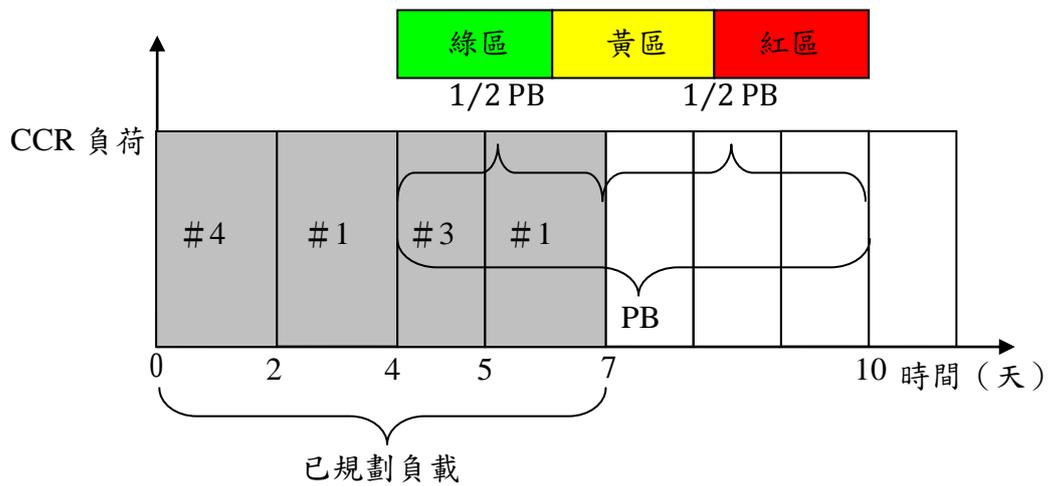


圖 2-5 緩衝狀態示意圖

第三章 實驗情境設計

3.1 零工式生產工廠

本研究設計了四種情境，分別為 Round1、Round2、Round3 與 Round4，本遊戲同樣以零工式生產(Job Shop)工廠為例，另外，為了更符合本研究作了些微的修改，在情境設計上，Round 1、Round 2 及 Round 3 為一個完美的工廠，也就是在此三個情境中不會有例如：缺料、機台當機或品質等變異的發生，而於 Round 4 中則是增加了機台當機的變異。此工廠共生產四種產品，分別為產品 1、產品 2 產品 3 與產品 4，每一種產品的工單卡如附錄一所示。另外在附錄二生產管理演練績效記錄表裡列出了各產品之售價、材料成本以及產品製程，在產品方面，與之前遊戲不同點在於其 Touch Time(TT)為 4-5 天，不再單純只有 4 天。此零工式生產工廠擁有 A 機台兩台、B 機台一台、C 機台兩台以及 D 機台一台，每種產品在每一台機台加工之時間皆為一台天，此遊戲不同型的機台間無法互相支援，也就是說，在產品途程中有兩個 A 或兩個 C 之產品，在有兩台機台之機台 A 或機台 C 加工時，兩個 A 或兩個 C 是可在同一天完成的，但仍必須依照產品的途程進行，當然也可選擇於兩張訂單各加工一台天，且於有機台當機變異的 Round 4 中，會遇見只有一台機台能加工的狀況發生。

於遊戲中各產品生產一個所需之標準工時(Touch Time) 除了產品三為 5 天外，其於三個產品皆為 4 天。本實驗設定市場所需前置時間(Quoted Lead Time) 為 12 天，例如：業務於第 6 天接一張產品 1，則其交期日便為 6(第六天接單) +12(市場所需前置時間) = 18(第 18 天為承諾給顧客之交期日)，超過此時間客戶就無法接受。

在進行實驗之前，工廠於機台 A 前有在製品產品 3 一件，機台 B 前有在製品產品 4 一件，機台 C 有在製品產品 1 一件，最後機台 D 前有在製品產品 2 一件。另外，本實驗設定訂單每五天釋放一次，每次釋放之訂單量與產品種類皆不同。本研究邀請有關工具機產業或與之相關產業之業界人士參與實驗，每組需要 5-至 6 人扮演廠長、生產經理、作業員 A、作業員 B、作業員 C 及作業員 D。此外，每組均依序進行 Round 1、Round

2、Round 3 及 Round 4 四個情境。

3.2 遊戲情境假設

第一次的遊戲，也就是 Round 1，是依據受測這自身的學經歷去決定所要接之訂單、數量、投料日以加工之順序。Round1 的實驗目的是為了驗證變異不是造成交期不好的主要原因，但仍無法進一步驗證管理是交期不好的主要原因。

Round2 與 Round1 的遊戲環境相同，皆為一沒有變異環境下的工廠，不同點在於 Round2 已利用 S-DBR 的方法考慮了「已規劃負載(Planned Load)」的問題進行了接單上個調整，因此於 Round2 進行時，於每次「接單協調」時，已決定所要接之訂單，但由於 Round2 目的在證明若未依產能負荷接單為影響交期的主因之一，因此於 Round2 接單時並未考慮到最佳的接單組合，而所接之訂單如表 3-1。於 Round2 遊戲中雖已決定所接之訂單，但投料日仍依受測者之學經歷來決定。

表 3-1 Round2 接單組合表

天數 產品項	第 1 天	第 6 天	第 11 天	第 16 天	第 21 天	第 26 天
產品 1	1	1	0	1	1	1
產品 2	1	1	1	3	1	0
產品 3	1	2	2	0	0	2
產品 4	1	0	1	0	1	0

Round 3 的目的是要證明沒有控管投料會造成在製品(WIP)太高，拉長生產周期時間，容易做錯優先順序進而導致交期受到傷害。於遊戲進行時，Round 3 只比 Round 2 增加了了一個投料日，但在接單的組合上則更加考慮了接單的最佳產品組合，使其利潤能最大化，在此方面 TOC 提出產出除以內部產成受限資源使用時間 T/CU，T/CU 值的意義是內部受限產能資源之每單位時間對公司產出的貢獻度，產品的 T/CU 值越大，則此產品對公司的利潤貢獻度也就越高，因此優先生產的權重也較高。以本實驗為例，四種產品對公司的利潤貢獻度及優先權如表 3-2，至於 Round 3 所計算之交期日與投料日則是在考慮對公司利潤貢獻度後再配合 S-DBR 的方法所計算。

表 3-2 最佳產品組合

產品項	CCR(天)	毛利(元)	T/CU	優先權	最佳產品組合
產品 1	2	210	110	3	6
產品 2	1	155	155	1	9
產品 3	1	140	140	2	7
產品 4	2	185	97.5	4	1

於實驗中，Round 4 不同於前三個情境，在此情境中，Round 4 為一個有變異的環境，其目的在證明，在一個有變異有管理的環境中，交期會比一個沒有變異沒有管理的環境要好，從而證明，管理才是造成交期不好的主要原因。於 Round 4 中，由於此遊戲為一紙卡遊戲，因此無法執行的過於複雜，因此在遊戲中只考慮了機台當機之變異，A、C 與 D 三個工作站之機台可用率皆為百分之八十，另外，由於工作站 B 為瓶頸資源之工作站，且希望能突顯瓶頸機台之重要性，因此在遊戲中 B 工作站的使用率為百分之百。Round4 的產品組合與 Round 2 相同，但為了吸收變異，投料日要比 Round 3 早一天投料。本研究將情境整理如表 3-3。

表 3-3 情境目的及進行方式

情境	目的	實驗進行方式	實驗程序說明
Round 1	驗證變異是否為影響達交率的主因	依個人經驗進行遊戲	訂單釋放: 由客戶(講師)每 5 天釋放產品數量不一的訂單，由生管負責接單。
Round 2	驗證考慮已規劃負荷是否會影響達交率	在已考慮瓶頸機台的已規劃負荷下進行，投料時間仍依個人經驗決定	開始加工: 由各工作站領班填寫訂單卡。
Round 3	驗證控管投料對生產前置時間與達交率之影響	已考慮瓶頸機台之已規劃負荷並控管投料下進行遊戲	工單移轉: 由各工作站領班將完成的訂單送往下一工作站。 工單下線: 由廠長將訂單投料下線。
Round 4	驗證在考慮已規劃負荷與控管投料的情況下於有變異情境下是否仍可行	已考慮瓶頸機台之已規劃負荷並控管投料下並配合緩衝管理提醒機制進行遊戲	依遊戲提示分發訂單與演練，共演練 30 天。

3.3 以 S-DBR 決定投料日與可靠交期日

1. 已規劃負載(Planned Load)

要允諾客戶一個可靠且具競爭力的交期，首先必須考慮的便是產能受限資源 (Capacity Constrained Resource, CCR) 負載過高，因為根據 Little's Law【17】可知在製品的數量越高，則生產前置時間 (Manufacturing Lead Time, MLT) 越長，因此，若讓 CCR 負荷過高，可能會造成 MLT 增加進而傷害向客戶允諾之交期，而 S-DBR 使用的已規劃負載 (Plant Load) 的觀念，作為衡量訂單交期與投料日之依據。已規劃負載 (Plant Load) 的定義為：在某一規劃時間內，所有已確認訂單 (Firm Order) 於 CCR 所需之累積負載，以本文中之遊戲為例，遊戲設定之生產緩衝時間 (Production Buffer, PB) 為 6 天，遊戲開始時有產品 1、產品 2、產品 3 與產品 4 各一個在製品分別未於不同之工作站，此時尚未工作站 B 之訂單 3 張，其中有產品 1、產品 2 與產品 4，總合於 CCR 之負荷共為 5 天，因此目前於 CCR 之已規劃負載 (Plant Load) 已規劃至第 5 天。

2. 有把握交貨日之計算

當新接到一張訂單，在決定新訂單交期時，S-DBR 是利用已規劃負載再加上二分之一的生產緩衝時間 (Production Buffer, PB) 作為交貨日期，而此時間點即是有把握的交貨日期，以本文中之遊戲為例，第 1 天之已規劃負載 (Plant Load) 如圖 3-1 所示已規劃至第 5 天，若第 1 天新接一張產品 1 之訂單，那此時之已規劃負載 (Planned Load) 已負載至第 7 天，而可靠交貨日則是 $5 + \frac{1}{2}PB = 5 + 3 = 8$ 日，意為此張產品 1 之訂單有把握之交貨日為第 8 日。

3. 決定訂單之投料日期

當訂單之交期決定後，則只須將交期往前一推個生產緩衝時間 (Production Buffer, PB) 或從已規劃負載 (Planned Load) 減去二分之一的 PB，即可計算出該訂單之投料日，以本文中之遊戲為例，投料日為交期日減去 PB，也就是 $10 - 6 = 4$ 日。經過利用 T/CU 考慮產品組合與 S-DBR 計算安全交期日及投料日後，Round 3 之每時期所接之訂單量與

其安全交期日及投料日如附錄三所示。

4. 決定訂單加工之優先順序

S-DBR 對於訂單加工之優先順序，使用了緩衝管理(Buffer Management, BM)作為控管之機制，除了給與一個判斷優先順序的指標外，更提供了預警的機制。

生產現場各工作站皆依據訂單的緩衝狀態(Buffer Status, BS)決定加工的順序，而所謂的 BS 即是緩衝的耗用比例，以百分比計算，當緩衝耗用的比例越高時，表示該定單有越高的加工優先權，其公式如 2-1 所示。如同 DBR 的緩衝管理一樣，S-DBR 將緩衝分成三區，依其耗用的程度分為紅、黃、綠三區，除可表示優先的程度外，更可直接了解訂單的緊急程度。

第四章 數據分析

在此章節，本研究彙集於各工具機企業上課收集之績效記錄表，利用遊戲之訂單卡確認資料之正確性，分析從 Round 1、Round 2、Round 3 與 Round 4 收集到如附錄四的 53 組資料，其欄位說明如下：

欄位一：交期 30 天以內的總完成的訂單張數。

欄位二：已完成訂單中卻延遲的張數。

欄位三：在製品中遲交張數。此時這些延遲的在製品產生高估產能的損失成本，稱之為材料成本，將會使得淨利下降。

欄位四：交期 30 天以內的總接單數 = (欄位一) 總完成張數 + (欄位三) 在製品的遲交張數 - (欄位四) 完成交期在 30 天以後的訂單張數。

欄位五：從完成訂單中，計算出每張訂單的平均生產週期時間。

欄位六：淨利 = 產出 - 材料成本 - 作業成本。

4.1 Round 1 資料分析

在這個無變異的遊戲中，若影響達交率的主要原因是系統變異，則理論上，在第一次遊戲中因該可以輕易做到一個好的達交率，而為了區分 Round 1 數據中達交率的好壞，本研究中以達到 95% 的達交率設定為好的達交率。

本研究先檢定 53 組資料的平均達交是否有 $\geq 95\%$ 。從表 4-1 中看到，在 5% 的顯著水準之下， $p = 0 < 0.05$ ，所以 reject $H_0 : P_1 \geq 95\%$ 的假設，且平均達交率約 83%，可見達交率顯著低於 95%，由此可見，消除系統變異後並未使達交率得到顯著的提升，因此系統變異並非為影響達交率的主要原因。

$$H_0 : P_1 \geq 95\% \quad H_1 : P_1 < 95\% \quad \alpha = 0.05$$

表 4-1 Round 1 達交率之檢定

Variable	Test of means against reference constant (value) (Spreadsheet1)							
	Mean	Std.Dv.	N	Std.Err.	Reference Constant	t-value	df	p
DDP-R1	0.831511	0.149995	53	0.020603	0.950000	-5.75096	52	0.000000

在證明了系統變異不是影響達交率的主要原因後，表 4-1 的檢定並無法證明管理的方式是影響達交率的主要原因，因此本研究希望從分析 Round 1 的每時期瓶頸負荷及生產前置時間，希望從中找到影響達交率的主要原因。首先，由於本研究之訂單是每 5 天釋放一次，因此本研究將第 1、6、11、16、21 及 26 天的瓶頸負荷記錄下來如表 4-2。

由於本研究所設定之市場所需前置時間(QLT)為 12 天，因此若表 4-2 中於第 1、6、11 及 16 天中之瓶頸負荷大於 12 天則對該組之達交率必定會有所損害，此外，我們將達交率 $\geq 95\%$ 的組別篩選出來如表 4-3，可以看到，於每五日的負荷計算表中，最高之負荷為 13，平均約在 11 天左右，因此本研究推論，瓶頸負荷是影響達交率的主要原因之一，就此推論將在 Round 2 進行驗證。

表 4-2 每 5 日負荷計算

組別	DDP R1	Type	Loading-R1						組別	DDP R1	Type	Loading-R1					
			1	6	11	16	21	26				1	6	11	16	21	26
1	0.88	Type-IV	13	11	10	11	11	10	28	0.91	Type-II	11	11	10	8	6	5
2	1.00	Type-II	11	10	10	11	10	11	29	0.68	Type-IV	17	17	17	15	14	13
3	1.00	Type-II	11	11	12	10	10	11	30	0.83	Type-IV	11	13	16	14	13	12
4	0.86	Type-IV	13	14	12	10	11	10	31	0.43	Type-IV	19	17	18	16	15	14
5	1.00	Type-II	11	12	11	10	10	11	32	1.00	Type-IV	11	9	8	8	7	7
6	0.64	Type-IV	15	14	14	13	13	10	33	0.91	Type-IV	13	11	12	13	12	11
7	1.00	Type-II	11	10	11	11	10	11	34	0.55	Type-IV	13	15	16	14	13	12
8	0.92	Type-IV	13	13	12	12	11	10	35	1.00	Type-II	11	11	12	12	11	12
9	1.00	Type-II	10	8	7	7	8	7	36	0.68	Type-IV	13	13	14	14	15	14
10	0.78	Type-IV	13	11	14	15	16	17	37	0.74	Type-IV	13	13	14	12	11	10
11	0.78	Type-IV	15	13	12	10	9	8	38	0.55	Type-IV	13	15	16	17	15	14
12	0.90	Type-II	11	11	13	13	12	11	39	0.83	Type-IV	15	13	12	10	11	12
13	0.87	Type-IV	12	14	15	15	16	15	40	0.96	Type-II	11	11	12	10	9	8
14	0.81	Type-IV	15	13	12	10	9	9	41	0.95	Type-II	11	10	9	9	8	9
15	0.73	Type-IV	15	13	16	14	13	12	42	0.96	Type-II	11	11	11	13	16	15
16	0.83	Type-IV	11	11	14	12	11	10	43	1.00	Type-II	9	10	12	10	9	8
17	0.82	Type-IV	13	13	14	12	11	10	44	0.52	Type-IV	13	15	24	26	25	24
18	0.78	Type-IV	11	13	17	15	16	15	45	0.91	Type-IV	14	14	12	10	11	10
19	0.74	Type-IV	15	15	14	16	15	14	46	1.00	Type-II	10	8	7	7	6	5
20	0.62	Type-IV	13	15	15	13	12	13	47	0.90	Type-II	10	10	11	13	12	11
21	0.57	Type-IV	11	13	16	18	21	22	48	0.95	Type-IV	11	11	11	13	12	11
22	0.68	Type-IV	15	14	13	11	10	11	49	0.96	Type-II	9	9	10	12	11	10
23	1.00	Type-II	11	11	9	9	8	7	50	0.92	Type-II	11	11	12	12	13	12
24	0.76	Type-IV	13	13	15	19	22	23	51	0.70	Type-IV	11	13	14	16	15	15
25	0.68	Type-IV	13	15	14	12	13	12	52	0.87	Type-II	11	13	14	14	13	12
26	1.00	Type-II	11	9	8	8	9	8	53	0.81	Type-IV	15	16	15	13	12	11
27	0.91	Type-IV	11	15	14	12	11	12									

表 4-3 達交率 $\geq 95\%$ 之每 5 日負荷表

組別	DDP	Type	Loading-R1					
	R1		1	6	11	16	21	26
2	1.00	Type-II	11	10	10	11	10	11
3	1.00	Type-II	11	11	12	10	10	11
5	1.00	Type-II	11	12	11	10	10	11
7	1.00	Type-II	11	10	11	11	10	11
9	1.00	Type-II	10	8	7	7	8	7
23	1.00	Type-II	11	11	9	9	8	7
26	1.00	Type-II	11	9	8	8	9	8
32	1.00	Type-IV	11	9	8	8	7	7
35	1.00	Type-II	11	11	12	12	11	12
40	0.96	Type-II	11	11	12	10	9	8
41	0.95	Type-II	11	10	9	9	8	9
42	0.96	Type-II	11	11	11	13	16	15
43	1.00	Type-II	9	10	12	10	9	8
46	1.00	Type-II	10	8	7	7	6	5
48	0.95	Type-IV	11	11	11	13	12	11
49	0.96	Type-II	9	9	10	12	11	10

此外，本研究將所收集到之資訊依生產天數特性分為四個類型，其中再以生產前置時間的最大天數(Max-Production Lead Time：PLTmax)分為兩個部份後，再將之分為 Type-I、Type-II、Type-III 與 Type-IV，企圖從中找出規律及原因，其各類型特性如下：

PLTmax 小於或等於 QLT(12 天)，

Type-I: 天數分布在 1/3 QLT 內

Type-II: 天數分布超出 1/3 QLT

PLTmax 大於 QLT(12 天)(交貨準時率必無法達成 100%)

Type-III: 天數分布在 1/3 QLT 內

Type-IV: 天數分布超出 1/3 QLT

本研究將 Type-I、Type-II、Type-III 與 Type-IV 的平均達交率與生產前置時間分列於表 4-4。可從表 4-4 看到，並沒有任何一個組別表現出 Type-I 與 Type-III 的類型，且表現出 Type-II 的組別只佔了總組數約 25%，我們再從生產天數的分部中可看見平均生產天數，Type-II 比 Type-IV 要低 2.27 天，而達交率則是高了約 20%，因此本研究推論，生產天數對達交率有所影響，就此推論將在 Round 3 進行投料之控管驗證。

表 4-4 Round 1 各類型生產時間分布

Type	DDP(平均)	總組數	平均生產天數	生產天數分部												
				4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	>=15	
Type-I	0.00	0	0.00													
Type-II	0.96	19	7.77	5	38	48	80	72	49	37	18					
Type-III	0.00	0	0.00													
Type-IV	0.76	34	10.04	18	24	34	59	48	96	78	86	71	39	26	35	

4.2 Round 2 資料分析

從表 4-2 與 4-3 我們推論控管瓶頸之產能有效提升達交率，因此在 Round 2 遊戲中，於接單時考慮了瓶頸產能的已規劃負載(Plant Load)借此驗證推論是否正確。從表 4-5 看出在 5% 的顯著水準之下， $p = 0 < 0.05$ ，所以 reject $H_0: P_1 = P_2$ 的假設，又可從平均數看出 Round 2 達交率要高於 Round 1，因此本研究認為，考慮了已規劃負載(Plant Load)可有效提升達交率。

$$H_0 : P_1 = P_2 \quad H_1 : P_1 \neq P_2 \quad \alpha = 0.05$$

表 4-5 Round 1 與 Round 2 達交率之檢定

T-test for Dependent Samples (Spreadsheet1)								
Marked differences are significant at p < .05000								
Variable	Mean	Std.Dv.	N	Diff.	Std.Dv. Diff.	t	df	p
DDP-R1	0.831511	0.149995						
DDP-R2	0.997309	0.011102	53	-0.165798	0.150822	-8.00302	52	0.000000

另外我們亦可從表 4-6 裡看出，相較於表 4-4，於 Round 2 中 Type-IV 的組數從 34 組降到剩下 1 組，而表 4-3 原本為 19 組的 Type-II 則增加為 44 組，再從圖 4-1 Round 1 與 Round 2 的生產天數分佈圖可看出，Round 2 的生產天數分佈較之 Round 1 已較低且集中，從此我們推論，考慮已規劃負載(Planned Load)亦可降低生產天數。

表 4- 6 Round 2 各類型生產時間分佈

Type	DDP(平均)	總組數	平均生產天數	生產天數分部											
				4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	>=15
Type-I	0.99	8	6.50	14	25	23	43	24	7	5					
Type-II	1.00	44	8.00	9	28	65	176	227	162	69	51	12			
Type-III	0.00	0	0.00												
Type-IV	0.96	1	8.72		2	1	1	5	4		3	1	1		

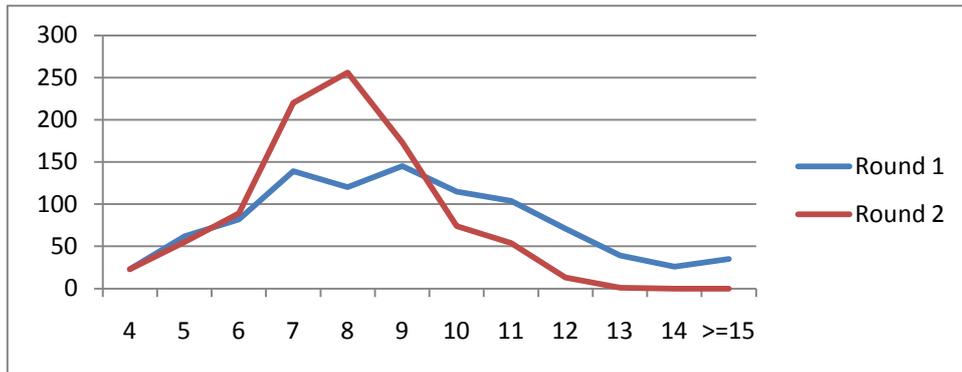


圖 4- 1 Round 1 與 Round 2 生產天數分佈圖

為證明推論是否正確，由表 4-7 看出在 5% 的顯著水準之下， $p = 0 < 0.05$ ，所以 reject $H_0: P_a = P_b$ 的假設，又可從平均數看出 Round 2 生產前置時間低於 Round 1，因此本研究認為，考慮了已規劃負載(Planned Load)可降低生產前置時間。

$$H_0: P_a = P_b \quad H_1: P_a \neq P_b \quad \alpha = 0.05$$

表 4- 7 Round 1 與 Round 2 生產前置時間之檢定

T-test for Dependent Samples (Spreadsheet1)								
Marked differences are significant at p < .05000								
Variable	Mean	Std.Dv.	N	Diff.	Std.Dv. Diff.	t	df	p
PLT-R1	9.223585	1.636161						
PLT-R2	7.787925	0.903026	53	1.435660	1.581311	6.609557	52	0.000000

4.3 Round 3 資料分析

由表 4-4 Round 1 各類型生產時間分佈裡我們推論，生產天數對達交率有所影響，因此本研究欲利用 Round 3 配合已規劃負載(Planned Load)後再加上投料的控管來驗證生產天數對達交率是否有所影響。

從表 4-8 裡看出在 5% 的顯著水準之下， $p = 0 < 0.05$ ，所以 reject $H_0: P_1 = P_3$ 的假設，又可從平均數看出 Round 3 達交率要高於 Round 1。

$$H_0: P_1 = P_3 \quad H_1: P_1 \neq P_3 \quad \alpha = 0.05$$

表 4-8 Round 1 與 Round 3 達交率之檢定

T-test for Dependent Samples (Spreadsheet1)								
Marked differences are significant at $p < .05000$								
Variable	Mean	Std.Dv.	N	Diff.	Std.Dv. Diff.	t	df	p
DDP-R1	0.831511	0.149995						
DDP-R3	0.997473	0.010417	53	-0.165962	0.150464	-8.02999	52	0.000000

此外，從表 4-9 裡生產前置時間(PLT)的檢定中也看出在 5% 的顯著水準之下， $p = 0 < 0.05$ ，所以 reject $H_0: P_a = P_c$ 的假設，且從平均數可看出 Round 3 的生產前置時間顯著低於 Round 1。

$$H_0: P_a = P_c \quad H_1: P_a \neq P_c \quad \alpha = 0.05$$

表 4-9 Round 1 與 Round 3 生產前置時間之檢定

T-test for Dependent Samples (Spreadsheet1)								
Marked differences are significant at $p < .05000$								
Variable	Mean	Std.Dv.	N	Diff.	Std.Dv. Diff.	t	df	p
PLT-R1	9.223585	1.636161						
PLT-R3	5.769811	0.297984	53	3.453774	1.695409	14.83055	52	0.000000

但從此似乎仍無法證明控管投料對生產天數與達交率是否有所影響，且於實驗中我們並未設立對照組來驗證此關係，因此我們欲從達交率與生產前置時間的散佈圖中找出關係。

從圖 4-2 Round 1 的達交率與平均生產前置天數的散佈圖中可以看到，達交率與生產前置時間的相關係數為負 0.8459，也就是生產前置時間越低則達交率越高，另外再從表 4-10 Round 3 各類型生產時間分佈中看到，於實驗中，當生產天數的類型偏向且集中如 Type-I 的類型時，達交率會接近於 100% 且穩定，因此，本研究認為，以控管投料降低生產前置時間可有效維持達交率的穩定性。

表 4-10 Round 3 各類型生產時間分佈

Type	DDP(平均)	總組數	平均生產天數	生產天數分部											
				4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	>=15
Type-I	1.00	49	5.77		315	542	49	12							
Type-II	0.99	4	5.71		18	47	4	2	3	1					
Type-III	0.00	0	0.00												
Type-IV	0.00	0	0.00												

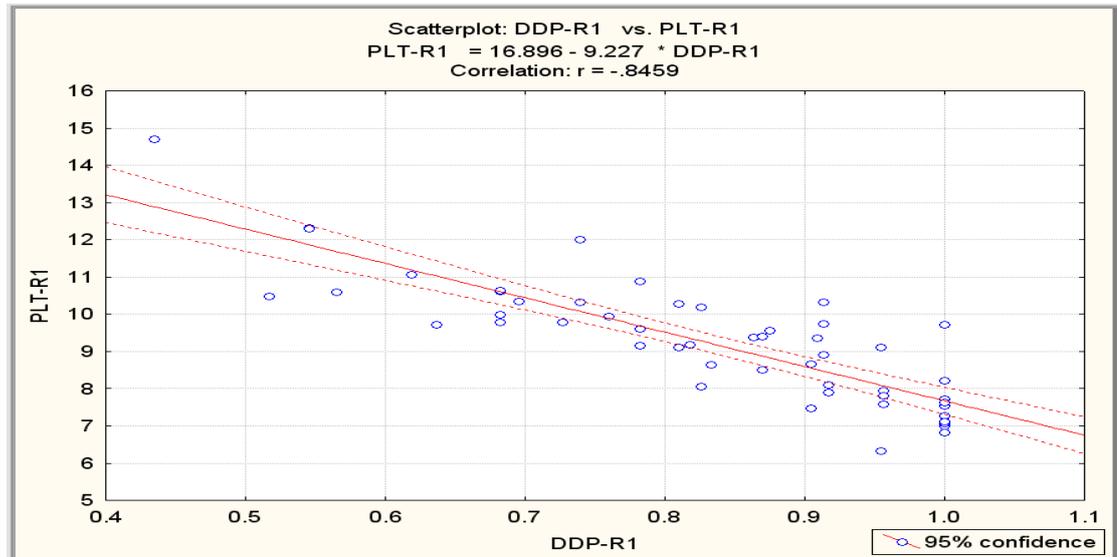


圖 4-2 Round 1 達交率與平均生產前置時間

4.4 Round 4 資料分析

進行完無變異的三個情境後，我們需要一個有變異的情境去證明，接單時考慮已規劃負載(Plant Load)、投料時進行控管是有效的，但只是考慮瓶頸產能、控管投料是不夠的，因為，即使調節投料管理的很好，沒有訂單優先順序系統也會導致某些訂單仍然會延遲交貨，因此 Round 4 除了有變異外，本研究在遊戲中加入緩衝管理(Buffer Management, BM)提醒受測者各訂單之狀態，然後再與 Round 1 進行比較，證明管理的方式才是影響達交率的主要原因。

在表 4-11 中，可看到，在 5% 的顯著水準之下， $p = 0 < 0.05$ ，所以 reject $H_0: P_1 = P_4$ 的假設，又可從平均數看出 Round 4 達交率要高於 Round 1，此外，從表 4-12 裡生產前置時間(PLT)的檢定中也看出在 5% 的顯著水準之下， $p = 0 < 0.05$ ，所以 reject $H_0: P_a = P_d$ 的假設，且從平均數可看出 Round 3 的生產前置時

間顯著低於 Round 1。

$$H_0 : P_1 = P_4 \quad H_1 : P_1 \neq P_4 \quad \alpha = 0.05$$

表 4-11 Round 1 與 Round 4 達交率之檢定

T-test for Dependent Samples (Spreadsheet1)								
Marked differences are significant at p < .05000								
Variable	Mean	Std.Dv.	N	Diff.	Std.Dv. Diff.	t	df	p
DDP-R1	0.831511	0.149995						
DDP-R4	0.994312	0.017920	53	-0.162801	0.155245	-7.63441	52	0.000000

$$H_0 : P_a = P_d \quad H_1 : P_a \neq P_d \quad \alpha = 0.05$$

表 4-12 Round 1 與 Round 4 生產時間之檢定

T-test for Dependent Samples (Spreadsheet1)								
Marked differences are significant at p < .05000								
Variable	Mean	Std.Dv.	N	Diff.	Std.Dv. Diff.	t	df	p
PLT-R1	9.223585	1.636161						
PLT-R4	7.237170	0.344609	53	1.986415	1.712970	8.442250	52	0.000000

另外，從表 4-13 裡可以看到，生產時間的分部仍然為 Type-I 與 Type-II 兩種，可見，在考慮了瓶頸、控管投料在加入緩衝管理(Buffer Management, BM)管理生產順序可使管理者能有系統的去面對變異。

表 4-13 Round 4 各類型生產時間分佈

Type	DDP(平均)	總組數	平均生產天數	生產天數分部											
				4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	>=15
Type-I	1.00	45	7.26		3	123	431	263	24						
Type-II	1.00	8	7.12		16	46	53	26	10						
Type-III	0.00	0	0.00												
Type-IV	0.00	0	0.00												

第五章 結論與建議

本研究的目的是在修正不實際的條件後，驗證影響達交率低落的主要原因是管理的方式不是系統的變異。因此，設計了三個情境，分別是 Round 1、Round 2 與 Round 3，實驗的情境在無變異的零工式 (Job Shop) 生產的環境下進行。如果達交率低落的主因在於變異，表示在無變異的生產環境中，達交率的績效表現應當相當良好；如果結果並非如此，其代表的意義為變異非主要影響達交率之因素，而本研究在 Round 1 的實驗中，再次證明了此項論點。

此外，本研究從 Round 1 的各類型生產前置時間分佈表中發現生產前置時間型成 Type-II 的組別都有考慮到瓶頸負荷，並且其生產前置時間也較未考慮瓶頸負荷之組別要低，從 Round 2 亦可證明規劃負載 (PL) 的重要性。

從圖 4-1 Round 1 達交率與平均生產前置時間降低生產前置時間與達交率之間的關係後，接著利用 Round 3 控管投料大幅的降低了生產前置時間，並使之更為集中、穩健，可見，控管投料對達交率之影響。最後再利用有變異之情境測試規劃負載 (PL)、控管投料與緩衝管理 (BM) 是否亦可適用在較為複雜的有變異情境，當然，答案是肯定的，因此，在持續改善的過程中，我們是否應先檢視現有的管理方式是否適合，在一個生產的環境中，是否有考慮到瓶頸的負荷、投料的控管及製造的優先順序，若有，再去改善系統的變異可以達到更好的效果。

參考文獻

1. Adachi, T.; Moodie, C.; Talavage, J, “A Pattern Recognition-based Method for Controlling a Multi-Loop Production System”, International Journal of Production Research, Vol.26, No. 12, 1988.
2. B. Grabot a; L. Geneste a, “Dispatching rules in scheduling Dispatching rules in scheduling: a fuzzy approach” , International Journal of Production Research, Volume 32, Issue 4, pages 903 – 915, April 1994.
3. Fry, T. D., & Blackstone, J. H., & Cox, J. F. “An analysis and discussion of the optimized production technology software and its use” . Production an Operations Management Journal, 229-242, 1992.
4. Goldrtatt, E. M. Production the TOC Way, A self-Learning Kit: The North River Press, NY, 1996.
5. Holt, J. R. “Job shop game” , Washington State University-Vancouver, Vancouver, Washington, 2000.
6. Johri, P. “Practical Issues in Scheduling and Dispatching in Semiconductor Wafer Fabrication”, Journal of Manufacturing Systems, V01.12, No.6, 1993.
7. Jiun-Huei Lee, Yunn Jin Hwang, Mei-Ting Wang, Rong Kwei Li, “Why Is Due-Day Performance So Difficult to Achieve?— An Experimental Study” , Production and Inventory Management Journal, VOL. 45, NO. 1, 30-43.
8. Little, J. “A proof of the Theorem $L = \lambda W$ ”, Operations Research, 9, 383-387, 1961.
9. ROBERT J. GRAVES and R. JOHN MILNE, “A new method for order release” , PRODUCTION PLANNING & CONTROL, VOL. 8, NO. 4, 332- 342,1997.
10. Russell, G. R., “Order review/release and lot splitting in drum-buffer-rope” , International Journal of Production Research, 35:3, 827-845, 1997.

11. Schragenheim, E., & Dettmer, H. W., Manufacturing at warp speed:optimizing supply chain financial performance, Boca Raton, FL : St. Lucie Press, 2000.
12. Schragenheim, E., “Using SDBR in Rapid Response Projects” , Goldratt group, 2006.
13. Schragenheim, E. “What’s really new in Simplified DBR” , Goldratt group, 2006.
14. Skikanth, M. L. and M. M.“Umble, Synchronous Management : Profit-Based Manufacturing for the 21st Century”, The Spectrum Publishing Company, 1997.
15. Skinner, W. (1969). “Manufacturing missing link in corporate strategy” . Harvard Business Review, 47, May-June, 136-145.
16. Steve H. Lu and P. R. Kumar, Fellow. “IEEE, Distributed Scheduling Based on Due Dates and Buffer Priorities”, IEEE TRANSACTIONS ON AUTOMATIC CONTROL, VOL. 36, NO. 12, DECEMBER 1991
17. Yeong-Dae Kim, Jung-Ug Kim, Seung-Kil Lim, and Hong-Bae Jun, “Due-Date Based Scheduling and Control Policies in a Multiproduct Semiconductor Wafer Fabrication Facility”, IEEE TRANSACTIONS ON SEMICONDUCTOR MANUFACTURING, VOL. 11, NO. 1, Feb 1998.
18. 吳鴻輝、李榮貴，限制驅導式現場排程與管理技術，全華科技圖書，2003。
19. 王立志、林獻琨，應用於成品布紡織業的整合性生產規劃與排程模式，東海大學工業工程與經營資訊研究所，紡織綜合研究期刊 Vol. 17. No. 1, 民國九十六年。

附錄一 產品項訂單卡

訂單卡	產品 #1
接單日 _____ 交貨天數 _____ 承諾出貨日 _____ 下線日 _____ 完成日 _____ 生產天數 _____ 遲交天數 _____	
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input style="background-color: #cccccc;" type="checkbox"/>	

訂單卡	產品 #2
接單日 _____ 交貨天數 _____ 承諾出貨日 _____ 下線日 _____ 完成日 _____ 生產天數 _____ 遲交天數 _____	
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	

訂單卡	產品 #3
接單日 _____ 交貨天數 _____ 承諾出貨日 _____ 下線日 _____ 完成日 _____ 生產天數 _____ 遲交天數 _____	
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	

訂單卡	產品 #4
接單日 _____ 交貨天數 _____ 承諾出貨日 _____ 下線日 _____ 完成日 _____ 生產天數 _____ 遲交天數 _____	
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input style="background-color: #cccccc;" type="checkbox"/> <input style="background-color: #cccccc;" type="checkbox"/>	

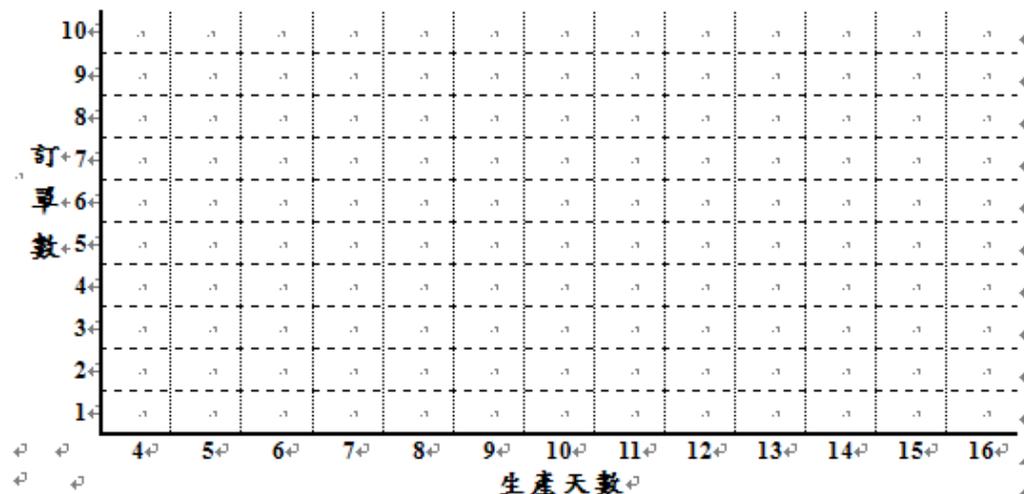
附錄二 生產管理演練績效記錄表

第 _____ 次演練

組別：_____

日期：_____

基本資料				
作業費用(OE)：3000 元				
產品	售價 (元)	材料 成本	毛利	期初 WIP 及 所在位置
#1	325	115	210	機台 C 前有一件
#2	285	130	155	機台 D 前有一件
#3	240	100	140	機台 A 前有一件
#4	355	170	185	機台 B 前有一件



訂單績效						現場績效						財務績效	
承諾天數		出貨數量				期末存貨				生產天數		有效產出(I)	
標準天數	達成率	產品	數量	毛利	產出(S)	產品	數量	成本	金額	最大值	最小值	作業費用(OE)	
		#1		210		#1		115				淨利(NP)	
		#2		155		#2		130				存貨(I, S)	
		#3		140		#3		100					
		#4		185		#4		170					
		合計		-		合計		-		Max-Q			

附錄三 安全交期日與投料日

	接單日	承諾交貨日	安全交貨日	投料日	
				Round3	Round4
產品 1	X	10	10	X	X
產品 1	1	13	13	2	1
產品 1	1	13	13	5	4
產品 1	6	18	18	10	9
產品 1	16	28	28	17	16
產品 1	21	33	33	22	11
產品 1	21	33	33	26	25
產品 1	26	38	38	30	29
產品 2	X	3	3	X	X
產品 2	1	13	13	4	3
產品 2	6	18	18	12	11
產品 2	11	23	23	13	12
產品 2	16	28	28	19	18
產品 2	16	28	28	20	19
產品 2	16	28	28	21	20
產品 2	21	33	33	24	23
產品 2	21	33	33	25	24
產品 3	X	12	12	X	X
產品 3	1	13	13	7	6
產品 3	6	18	18	8	7
產品 3	6	18	18	9	8
產品 3	11	23	23	14	13
產品 3	11	23	23	15	14
產品 3	11	23	23	16	15
產品 3	26	38	38	28	27
產品 3	26	38	38	29	28
產品 4	X	8	8	X	X

附錄四 實驗數據收集

組別	完成訂單數				遲交訂單數				應交未交				違交率(DDP)				平均生產時間				NP			
	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
1	23	21	23	23	2				1				0.88	1.00	1.00	1.00	9.56	8.88	5.58	7.05	685	530	820	820
2	21	22	23	23									1.00	1.00	1.00	1.00	7.06	8.53	5.56	7.35	570	685	820	820
3	22	22	23	23									1.00	1.00	1.00	1.00	7.00	7.75	6.16	7.11	590	660	820	820
4	22	22	23	22	3								0.86	1.00	1.00	1.00	9.37	8.22	6.11	7.44	585	685	820	665
5	23	22	23	22				1					1.00	1.00	1.00	0.96	8.21	8.27	5.95	7.50	820	660	820	665
6	22	22	23	22	8								0.64	1.00	1.00	1.00	9.72	8.56	5.74	7.33	710	685	820	665
7	22	22	23	23				1					1.00	1.00	1.00	0.96	9.72	6.78	5.58	7.63	610	685	820	820
8	23	22	23	22	1			2	1				0.92	1.00	1.00	0.98	7.90	7.50	5.58	7.89	770	685	820	665
9	22	22	23	20								2	1.00	1.00	1.00	0.90	7.06	7.56	5.58	8.06	465	660	820	665
10	22	22	23	22	4	1		1	1				0.78	0.95	1.00	0.96	9.61	8.56	5.64	7.67	645	660	820	665
11	23	21	23	21	5								0.78	1.00	1.00	1.00	9.16	8.24	5.58	8.24	770	530	820	510
12	21	22	22	22	2							1	0.90	1.00	0.96	1.00	8.65	7.83	5.61	7.94	590	685	665	665
13	22	22	23	23	2				1				0.87	1.00	1.00	0.96	9.39	6.78	5.58	7.53	710	685	820	820
14	21	22	23	23	4								0.81	1.00	1.00	1.00	10.28	7.67	5.59	7.11	450	660	820	820
15	22	22	23	23	6								0.73	1.00	1.00	1.00	9.78	8.61	5.58	6.58	615	660	820	820
16	23	22	23	23	4	1							0.83	0.96	1.00	1.00	10.19	8.72	5.58	7.11	725	660	820	820
17	22	21	23	23	4								0.82	1.00	1.00	1.00	9.17	7.82	5.58	7.33	655	475	820	820
18	21	21	23	23	3				2				0.78	1.00	1.00	1.00	10.88	7.41	5.58	7.11	490	475	820	820
19	21	22	23	23	4				2				0.74	1.00	1.00	1.00	12.00	8.17	5.58	7.33	545	685	820	820
20	21	22	23	23	8								0.62	1.00	1.00	1.00	11.06	8.12	5.58	6.50	505	660	820	820
21	21	22	23	23	8				2				0.57	1.00	1.00	1.00	10.59	8.30	5.84	7.00	520	660	820	820
22	22	22	23	23	7								0.68	1.00	1.00	1.00	10.61	7.56	5.63	7.32	615	615	820	820
23	22	21	23	23									1.00	1.00	1.00	1.00	7.72	9.00	5.58	7.16	655	530	820	820
24	22	21	23	23	3				3				0.76	1.00	1.00	1.00	9.94	8.50	5.63	6.89	655	475	820	820
25	22	22	23	23	7								0.68	1.00	1.00	1.00	9.98	8.63	5.67	6.95	615	660	820	820
26	22	22	23	23									1.00	1.00	1.00	1.00	7.28	7.30	6.16	7.00	590	685	820	820
27	22	22	23	23	2								0.91	1.00	1.00	1.00	9.35	8.50	5.68	7.11	590	660	820	820
28	23	22	23	23	2								0.91	1.00	1.00	1.00	8.90	7.72	5.58	7.11	770	660	820	820
29	22	22	23	23	7								0.68	1.00	1.00	1.00	10.63	8.50	5.58	6.42	670	685	820	820
30	23	22	23	23	3				1				0.83	1.00	1.00	1.00	8.63	7.89	5.58	7.32	745	685	820	820
31	21	22	23	23	11				2				0.43	1.00	1.00	1.00	14.71	7.61	5.61	7.11	545	660	820	820
32	22	22	23	23									1.00	1.00	1.00	1.00	6.83	8.22	5.89	7.32	585	660	820	820
33	23	22	23	23	2								0.91	1.00	1.00	1.00	10.33	8.28	5.89	7.11	795	660	820	820
34	21	22	23	22	9				1				0.55	1.00	1.00	1.00	12.32	8.21	6.16	7.94	465	660	820	665
35	23	21	23	23									1.00	1.00	1.00	1.00	7.53	4.82	5.89	7.11	795	530	820	820
36	22	22	23	23	7								0.68	1.00	1.00	1.00	9.79	8.22	5.58	7.32	670	660	820	820
37	23	22	23	23	6								0.74	1.00	1.00	1.00	10.32	8.11	5.58	7.32	720	685	820	820
38	21	22	23	23	9				1				0.55	1.00	1.00	1.00	12.29	8.44	6.16	7.11	520	660	820	820
39	23	22	23	23	4								0.83	1.00	1.00	1.00	8.06	6.95	7.06	6.95	745	685	820	820
40	23	21	23	23	1	1							0.96	0.95	1.00	1.00	7.95	5.06	5.63	7.11	795	505	820	820
41	22	22	23	23	1								0.95	1.00	1.00	1.00	6.33	5.17	5.58	7.11	655	685	820	820
42	23	22	23	23	1								0.96	1.00	1.00	1.00	7.8	6.78	5.58	7.44	730	685	820	820
43	23	22	23	23									1.00	1.00	1.00	1.00	7.63	7.11	6.06	7.12	770	685	820	820
44	23	22	23	23	8				6				0.52	1.00	1.00	1.00	10.47	8.06	5.58	7.11	765	660	820	820
45	23	22	23	23	2								0.91	1.00	1.00	1.00	9.74	7.44	5.74	7.11	795	685	820	820
46	23	22	23	23									1.00	1.00	1.00	1.00	7.12	8.36	5.58	7.11	820	685	820	820
47	21	22	23	23	2		1						0.90	1.00	1.00	1.00	7.47	8.33	6.05	7.21	530	660	820	820
48	22	22	23	23	1								0.95	1.00	1.00	1.00	9.11	7.75	6.05	7.11	660	685	820	820
49	23	22	23	23	1								0.96	1.00	1.00	1.00	7.58	7.44	6.05	7.11	745	685	820	820
50	23	22	22	23	1		1		1				0.92	1.00	0.95	1.00	8.11	7.28	6.11	7.11	795	685	695	820
51	21	21	22	23	5		1		2				0.70	1.00	0.95	1.00	10.35	8.24	6.56	7.32	490	475	665	820
52	22	22	23	23	2				1				0.87	1.00	1.00	1.00	8.5	6.44	5.58	7.11	615	685	820	820
53	21	22	23	23	4								0.81	1.00	1.00	1.00	9.11	8.56	5.58	7.11	590	685	820	820
平均	22	22	23	23	4	1	1	1	2	0	1	2	0.83	1.00	1.00	0.99	9.22	7.79	5.77	7.24	651	643	812	791