

國立交通大學

工業工程與管理研究所碩士班

碩士論文



透過實驗研究交期不佳之主因
An Experiment on Studying Why Due-Date Performance is Bad.

研究生：王美婷
指導教授：李榮貴博士

中華民國九十七年六月

透過實驗研究交期不佳之主因
An Experiment on Studying Why Due-Date Performance is Bad.

研究生：王美婷
指導教授：李榮貴博士

Student : Mei-Ting Wang
Adviser : 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



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

透過實驗研究交期不佳之主因

研究生：王美婷

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

達交率對公司而言是個非常重要的績效指標，達交率高的公司擁有較大的競爭優勢；相反地，經常性延宕顧客訂單的公司，將會失去銷售機會與商譽。因此過去有許多學術上的研究和實務上致力於改善交期方法，但至今達交率低落的問題仍然存在。為了提昇達交率，部分公司把焦點放在降低變異，另一部分公司則把焦點放在改善生產管理的方法，而哪一項才是主要阻礙我們提昇達交率的原因呢？這著實很難從現實生活中得到驗證，但是可以在虛擬的環境中進行測試。因此在本研究設計一個含有三種情境的虛擬環境，藉由此試驗，收集相關數據，驗證變異或是生產管理才是影響達交率的主要原因。試驗時，各組需要七人來參加受測，總共有三十組，受測者的背景為業界人士與工業工程與管理背景的學生。

此試驗是在無變異零工式（Job Shop）生產的環境中進行反證，如果變異為主要造成達交率低落的原因，此時在本研究的情境一其達交率績效表現應屬不錯，但是試驗結果推翻變異為主因的假設，此外本研究的情境二與三證明了生產管理規劃與執行才是影響達交率之主因，同時從試驗的過程中得到提昇達交率的方法。

關鍵詞：零工式生產環境、交期績效、生產管理

An Experiment on Studying Why Due-Date Performance is Bad.

Student : Mei-Ting Wang

Adviser : Dr. Rong-Kwei Li

Department of Industrial Engineering and Management
National Chiao Tung University

Abstract

Due date performance (DDP) is an important index of performance to the company. If the company has high DDP, then it will have competitive advantage. On the contrary, it will lose the chance of sale and the reputation. Therefore, there were many academic researches and practical methods to improve poor DDP. But poor DDP still exists. In order to improve DDP, some companies focused on reducing variation, others focused on production management. What is the major reason blocks us to improve DDP? It is impossible to test in reality, but it can be tested in virtual world. So in this paper, an experiment with three scenarios is developed to collect data to support which one is correct. There are 7 persons in each team. And there are 30 teams from local companies and students who major in industrial engineering and management. They participated the experiment.

Without variation of this experiment is a disproof in Job Shop environment. If the variation is the major cause to poor DDP, then the scenario 1 will has high DDP. The experimental results support that the mode of managing production planning and execution is the major cause to poor DDP. According to the cause, criteria of good solution to high DDP are also identified.

Keywords : Job-Shop environment 、 Due date performance 、 managing production planning

誌 謝

碩士生涯短短的兩年稍縱即逝，也許是每天生活過的很充實，除了修課外，同時還要兼顧論文的進度，以及在校外的補習班增強自己的外語能力，因此就顯得一天二十四小時不夠用，但我還是很開心，兩年前有幸能夠進入交通大學這大門，那時我就對自己說，有機會入寶山千萬別空手而回，我想我沒有辜負對自己的承諾。

在這段期間，我更是對李榮貴教授心懷感激，由於您不辭辛苦的教導，現在的我才能帶著知識與無憾的心情畢業。老師除了在學術上是我們的明燈外，在生活上，也像是我們這些研究生的爸爸，關心著我們的生活以及未來的出路，所以真的是對您有萬分的感激。同時也很感謝張盛鴻教授和蔡志弘教授的教導，您們的寶貴意見，都是促使我進步的原動力。

還記得在碩一的時候，研究室每天洋溢著快樂融洽的氣氛，學長們教導我們從益智遊戲中，腦力激盪起發自己的潛能，就如同最近的電影“21 Grams”，它改編自紐約時報排行榜暢銷小說“Bringing down the house”，故事描述任教於麻省理工學院的數學教授以及數名學生，此數學教授就如同學長們。反觀碩二的生涯，幾乎每天都是在忙碌中度過，在這段煎熬的日子裡，很感謝同屆同學的互相打氣與幫助，也很感謝學弟們適時的協助。

當然最不可或缺的還有我的家人，非常感謝他們支持我做的任何決定，讓我可以毫無顧忌地一步步完成我的夢想，如果我今天或未來有任何的小小成就，都是家人們所賦予的。而今天我終於從交通大學畢業了，如果沒意外，我想這應該是我人生當中最後一次的畢業典禮，也是我人生中一個很大的轉捩點，要從學生身分轉換成上班族，我想我一定還是會在我的崗位上全力以赴。

美婷 2008/06/30 于交大

目 錄

中文摘要	i
英文摘要	ii
誌 謝	iii
目 錄	iv
表目錄	v
圖目錄	vi
第一章 研究動機與目的	1
第二章 文獻探討	3
2.1 投料法則與派工法則	3
2.2 限制理論 TOC 中的 DBR 與 S-DBR	5
第三章 實驗情境設計	8
3.1 零工型工廠	8
3.2 實驗情境假設	11
3.3 以 SDBR 決定交期日與投料日	13
第四章 實驗結果	19
4.1 達交率之分析	21
4.2 達交率與銷售損失	25
4.3 生產週期時間與在製品數	26
4.4 實驗組與對照組	28
第五章 結論與未來研究	30
5.1 結論	30
5.2 未來研究	31
參考文獻	32



表目錄

表 2.2.1 緩衝狀態計算	7
表 3.1.1 產品項資訊	9
表 3.1.2 工廠管理遊戲之績效紀錄表	10
表 3.2.1 最佳產品組合	11
表 3.2.2 安全交期日與投料日	12
表 4.1 實驗組之資訊收集	20
表 4.1.1 Game 1、Game 2 與 Game 3 達交率個別檢定	21
表 4.1.2 Game 1、Game 2 與 Game 3 達交率兩兩相互檢定	23
表 4.1.3 達交率之平均數與標準差	24
表 4.3.1 Game 1、Game 2 與 Game 3 生產週期時間的兩兩相互檢定	27
表 4.4.1 對照組之資訊收集	29
表 4.4.2 實驗組與對照組	29
表 5.1.1 導入 SDBR 後的改善	31



圖目錄

圖 2.2.1 緩衝管理三區	5
圖 3.1.1 產品項訂單	9
圖 3.3.1 初始在製品瓶頸機台 B 之負荷累積	13
圖 3.3.2 第一天瓶頸機台之負荷累積	14
圖 3.3.3 規劃負載 (PL) 之操作	15
圖 3.3.4 第一天瓶頸機台之最大負荷	16
圖 3.3.5 第二天瓶頸機台之負荷累積	17
圖 3.3.6 第三天瓶頸機台之負荷累積	17
圖 3.3.7 投料日之計算法則圖示法	18
圖 4.1.3 達交率之平均數	24
圖 4.2.1 達交率與銷售損失	25
圖 4.3.1 生產週期時間與在製品數	27



第一章 研究動機與目的

不管是傳統產業或是高科技產業，在競爭激烈的環境中，公司不只是为了提高產品的品質和產出率，同時也要滿足顧客對準時達交的要求。達交率對公司而言是個非常重要的績效指標，達交率高的公司擁有較大的競爭優勢，而達交率低的公司長久而言將會失去市場的佔有率以及信譽，例如：空中巴士巨無霸客機 A380 的嚴重遲交，使得部分航空業者取消 A380 的訂單，不只影響空中巴士銷售機會也導致商譽受損，此外也間接促使，競爭對手波音公司開發的 787 客機，需求因此暴增。

達交率績效表現佳的公司，必定有其良好訂定交期的機制，其中最普遍訂定交期的模式為：交期日 = 訂單投料的時間點 + 估計的生產週期時間 × 安全寬放係數。然而，高達交率除了需要有良好的訂定交期的機制輔助外，還必須要做好生產現場執行控管，因此過去許多學者在學術方面，提出透過做好生產現場執行控管來改善交期之相關研究，例如 Grabot, B. & Geneste, L.、Lu, S. H., & Kumar, P. R.、Graves, R. J., & Milne, R. J.、Adachi, T., Moodie, C., & Talavage, J.、Skikanth, M. L., & Umble, M. M.、Kim, Y. D., Kim, J. U., Lim, S. K., & Jun, H. B.、王立志、林獻琨等提出從投料法則、派工法則或是投料與派工法則的相互搭配下，來改善達交率績效〔6〕〔4〕〔8〕〔3〕〔7〕〔9〕〔21〕。雖然學術上提出不少改善交期延宕的方法，但實務上交期的績效表現卻仍不如預期，因此實務界人士也針對交期改善提出如下的方法：例如日本豐田汽車提出及時生產系統（Just in Time, JIT）、資訊軟體業的先進規劃與排程（Advanced Planning and Scheduling, APS）系統以及 Goldratt、Schrageheim, E., & Dettmer, H. W.提及 TOC（Theory of Constraint, TOC）DBR 或 S-DBR 生產管理規劃與執行系統〔13〕〔11〕。

這三種實務應用系統裡，以 TOC DBR 或 S-DBR 生產管理規劃與執行系統是最常被應用在交期改善，成功的案例有美國無線電公司 RCA、美國奇異公司 GE、柯達 Kodak . . . 等等。TOC DBR 或 S-DBR 生產管理規劃與執行系統特點是把焦點放在生產管理的三點重要項目上：

- 考慮現場瓶頸資源負荷的狀況承諾顧客交期。
- 做好訂單優先順序的管理。
- 即時作好跟催的工作。

TOC 成功的案例證明了應用 DBR 或 S-DBR 生產管理規劃與執行系統改善交期的可行性，然而並非所有公司在面對提高達交率績效的壓力時，都樂於採用這套方法，經過

實際訪談我們發現，公司不採用 TOC DBR 或 S-DBR 生產管理規劃與執行系統改善交期績效的原因，在於對造成交期績效不好核心問題的認知有所不同。公司主管認為造成交期績效不好的核心問題是變異，而非 TOC 所倡導的生產管理方法。由於公司主管認為造成交期績效不好的核心問題是變異，因此認為透過導入精實生產（Lean）或是六個標準差（6 sigma）來降低變異就可以改善交期績效。哪一方的說法才是對的呢？是公司主管所認為的變異？還是 TOC 所認為的生產管理方法？如何證明？此乃本研究之目的。

本研究將藉由設計一零工式（Job Shop）生產工廠的試驗，邀請業界人士參加此試驗，在試驗的過程中收集相關數據，經由統計學驗證，造成交期績效不好的核心問題是公司主管所認為的變異，還是 TOC 所認為的生產管理方法，其研究程序如下：

1. 彙整改善交期之相關文獻。
2. 設計零工式（Job Shop）工廠遊戲與情境。
3. 執行實驗收集相關數據。
4. 運用統計的技巧，分析數據，解釋證明問題所在。
5. 提出結論以及未來研究方向。



第二章 文獻探討

2.1 投料法則與派工法則

過去不少文獻，針對交期改善做了許多研究，Skikanth 認為倘若能階段性地監控交期目標的達成度，時時刻刻掌控工單的交期進度，對進度落後的工單適時調整其現場之加工優先權，如此可避免月底症候群的效應發生〔7〕。Graves 提出產能計畫和控制的投料法則，優於固定在製品數法則（CONWIP）和避免飢餓法（SA）〔8〕。Kim 導體晶圓廠中，修改傳統的派工法則，加上考慮晶圓廠的特性，而發展出一些啟發式的派工法則，藉由實驗設計分析，找出何種的投料法則和派工法則將搭配出較佳的結果，使得達交率上升〔9〕。Adachi、Johri 提出當投料速率低於現場產能，派工法則在績效生產週期時間、在製品數...等等的績效指標表現並不突出〔3〕〔5〕。

學術上的研究，大都建立在某種情境下搭配特定的投料法則和派工法則，探討其生產管理方法對交期的影響。其中最常被學術提出來做研究的投料派工法則及其應用方法如下：

1. 投料法則

- Workload regulating (WR)：當瓶頸站剩餘的加工時間低於所設定的值，即進行投料。
- Constant WIP rule (CONWIP)：當一個成品完成而離開系統時，即必須進行投料。
- Starvation avoidance (SA)：當瓶頸站的在製品數量低於所設定的值，即進行投料。
- Uniform release rule (UNIF)：不管系統的狀態如何，都使用固定時間點進行投料。

2. 派工法則

- Shortest Processing Time (SPT)：選擇最短加工時間的工件優先派工。
- Shortest Remaining Processing Time (SRPT)：選擇最短剩餘加工時間的工件優先派工。
- Shortest Processing Time and Setup Time (SSPT)：選擇最短剩餘加工時間與整備時間的工件優先派工。
- First In First Out (FIFO)：選擇最先進入等候線中的工件優先派工。
- Earliest Due Date (EDD)：依據工件的交期作為派工判斷的準則，愈接近交期的工件優先權愈高。
- Critical Ratio (CR)：每一工件到達交期前可用的加工時間除以剩餘所需加工時間，

其比值愈小者，優先權愈高。

- Slack：每一工件到達交期前可用的加工時間減去剩餘所需加工時間，其值愈小者則有愈高的優先權。

Baker提出EDD、CR和Slack法則是以交期為主的派工法則，所以預期想改善交期時，用此三種派工法則會有較佳的成效〔1〕。

上述提及探討某種情境搭配某種投料法則或派工法則，並沒有辦法全觀地比較所有的投料派工法則，同時一不小心將可能使得工廠落入追求局部最佳化的窘境。除此之外，如果追求局部最佳化的情形發生在資源共用的情況下，整體效益將得到反效果。因此不管是學術上的研究或是實務上的應用，均是希望投料法則和派工法則在生產線上搭配得相得益彰。投料法則決定工件投入系統的時機，決定系統負荷；派工法則決定各機台前在製品之加工順序。一個良好的生產排程能夠監控系統狀態，在避免投入過多負荷導致系統壅塞的前提下，決定出最佳之投料時機，並以相對應之派工法則使物流順暢，故其對於提高系統績效，有相當大的助益。

另外績效指標中生產週期時間與交期之間有著密不可分的連動性，Wein提出降低生產週期時間的變異數比降低平均數的效果好，例如在某生產線上，其生產週期的平均時間很短，而且小於交期期限，但是標準差過大，此時將導致無法達交的機率上升。同時也驗證了生產週期時間和交期相關的績效指標之間具有正相關，當生產週期時間的績效指標表現的越佳，達交率的表現也就越佳〔2〕。Lu and Kumar分析了幾個派工法則，發現生產週期時間的平均時間和變異數下降，可以提升交期的可靠度。由上述文獻證明，當生產週期的平均時間與變異數越小時，達交率的表現越好〔4〕。

2.2 限制理論TOC中的DBR與S-DBR

限制理論為Dr. Goldratt於1986所創立，他將系統比喻為一條鏈條，此鏈條由許多環所構成，最弱的環節為此系統的瓶頸，此瓶頸限制了整條鏈的產出，因此若想增強鏈的強度，此時必須從最弱的環節進行改善。限制理論最常被應用在工廠或公司的生產管理方法，就是傳統的限制驅導式排程（Drum-Buffer-Rope, DBR），其主要的概念是讓生產系統跟著瓶頸的節奏走，舉行軍隊的例子來說明之。一個行軍隊伍的速度取決於最慢成員的速度，所以此人即為此系統之瓶頸，可是其他成員不可為了追求自己的速度而催促此步伐最緩慢的成員，因為這樣做可能會導致此最慢成員，之後的表現更不佳。可是所有成員前進的速度不同，所以隊伍會被越拉越長，此時的解決方案為，利用一條繩子綁住行軍隊伍中排在第一位的成員及最慢的成員，以使得大家能夠同步進行，但值得注意的是繩子的長度，必須要足以吸收成員之間的波動。而此方法事先排出最慢成員的行進節奏（Drum），再以一條有足夠緩衝（Buffer）長度保護最慢成員的繩子（Rope）來驅動第一位成員的速度，所以此方法稱之為Drum-Buffer-Rope，簡稱為DBR〔15〕。

其次為了確保節奏（Drum）的可行，必須要給予一些保護，保護的目的有兩點：

1. 確保訂單能即時到達瓶頸資源，進而確保出貨的時間不會延誤。
2. 確保受限產能不會斷料或沒工作。

假如訂單不能即時到達受限產能站，則會搗亂整個系統的節奏，亦即破壞了組織達到最佳績效之機會，而且該訂單延誤的機會大幅提升；另外受限產能站的工作中斷，其一分鐘的閒置即表示公司少了一分鐘賺錢的機會。因此保護限制驅導之節奏是非常重要的，限制驅導式現場排程（DBR）是以緩衝時間（Time Buffer）的觀念來達到保護的目的，因此提出了受限產能緩衝、裝配緩衝、出貨緩衝等三種緩衝的保護觀念，每個緩衝均分為三個部份，如圖2.2.1所示。

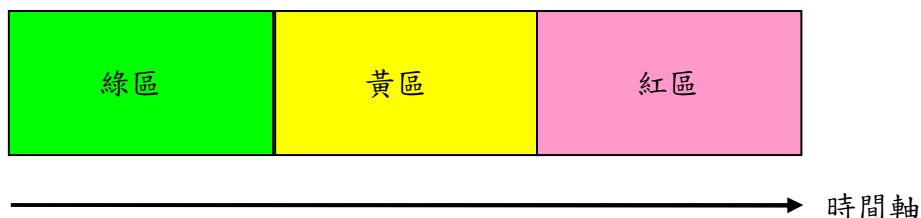


圖2.2.1 緩衝管理三區

緩衝管理（Buffer Management, BM）根據緩衝時間（Time Buffer）被消耗的程度來設定優先順序，而緩衝管理三區中的綠區位於緩衝的最遠端，在此區域的訂單表示距離交期

前還有足夠的時間可以生產，在生產的過程中，這一個部分通常會被消耗掉，而穿透到黃區。黃區位於緩衝的中間，此區域亦稱為監視區，顧名思義在此區的訂單，只需觀察是否有其異常狀況發生，若沒有特別異常的狀況發生，則不需要採取任何行動來控制訂單，但是當這一部分的緩衝被消耗掉時，訂單將進入紅區。紅區位於緩衝的盡頭，此區域亦稱為趕工區，工作人員應該採取行動使其訂單在紅區銷耗盡前完工，否則此訂單將會無法準時達交。

但由於傳統DBR使用受限產能緩衝、裝配緩衝、出貨緩衝等三種緩衝的保護觀念，並且需要較多的資料去輔助做細部排程，這使得DBR的應用變得相當複雜，因此Goldratt再提出了一套新的概念，簡易型限制驅導式排程與管理（Simplified Drum-Buffer-Rope, SDBR），內容主要是更簡化的生產管理模式，SDBR把焦點放在市場此時只需要一個出貨緩衝，相較於DBR，SDBR更容易被導入執行，而其中又針對改善交期提出，若公司想要有好的交期績效表現，只要把焦點放在：

1. 押交期給顧客時，考慮現場的產能負荷。根據已承諾訂單使其瓶頸機台累積的工作負荷，以及因不同產業型態而設定生產緩衝時間，建立一套協助業務接單的機制。而其中生產緩衝時間的意思為，在生產現場中最小可接受生產批量，從投料到完成所需的時間。而此機制的操作步驟為：
 - a. 決定不同產品群的生產緩衝時間。
 - b. 檢查何時產能可承諾給要決定交期的訂單，其表示計算其訂單的負荷累積，可得知此訂單在瓶頸機台的加工日
 - c. 決定訂單投入生產線日期，以步驟二求得的加工日式為基準點，往前推 $\frac{1}{2}$ 生產緩衝時間，即為投料日。
 - d. 決定訂單安全交期日，以步驟二求得的加工日式為基準點，往後推 $\frac{1}{2}$ 生產緩衝時間，即為安全交期日。
 - e. 考慮市場需求：
 - 當安全交期日比市場標準生產週期時間長，此時，必需根據產能負荷承諾交期日，並且要設法使產能銷售更多，以及確保不能承諾太長的生產週期時間。
 - 當安全交期日比市場標準生產週期時間短時，表示其工廠能夠很快速地反

應市場需求。

此機制推估安全交期日和投料日，只要在不違反優先順序管理的情境下，這些訂單皆有100%的信心在承諾的交期日內交付給顧客，此外也能夠保持現場在製品數不至於有過高的情形發生，減少了資金的積壓。

2. 訂單優線順序管理，許多經驗顯示DBR中的緩衝管理（BM）是一套健全的優先順序系統，可以使其現場得到更佳的交期績效，其應用的方式為計算緩衝的狀態，如表2.2.1所示，而其緩衝狀態的計算公式： $(\text{生產緩衝時間}-\text{距交期剩餘時間})\div\text{生產緩衝時間}$ 。可由此緩衝狀態得知，該訂單落在綠區、黃區或紅區，而採取相對應的措施。

表2.2.1 緩衝狀態計算

	訂單1	訂單2	訂單3
生產緩衝時間	20天	20天	20天
距交期剩餘時間	15天	10天	5天
緩衝狀態	$(20-15)\div 20=25\%$	$(20-10)\div 20=50\%$	$(20-5)\div 20=75\%$
緩衝管理三區	綠區	黃區	紅區
相對應的措施	無須理會	觀察、監視	跟催、趕工

第三章 實驗情境設計

3.1 零工型工廠

本研究設計三個實驗情境，分別命名為 Game 1、Game 2 與 Game 3，以一個零工型 (Job Shop) 工廠為例，而且此工廠為一個完美型工廠，沒有變異會發生。此工廠生產四種產品，分別為產品 1、產品 2、產品 3 與產品 4，每一種產品分別以一種工單形態表示，如圖 3.1.1 所示。另外在表 3.1.1 列出各產品的售價、材料成本與機台加工順序之資訊。此零工型工廠有機台 A、機台 B、機台 C、機台 D 各一台，每種產品在每一機台的加工時間均為一天，彼此之間無法互相支援，各產品項生產一個所需之標準工時 (Touch Time) 為 4 天。本實驗設定顧客可接受之交期等待時間 (Quoted Lead Time, QLT) 是 3 倍 Touch Time 為 12 天，例如：業務在第 3 天接了產品 1 的訂單，此訂單承諾給顧客的交期日為 3 (第 3 天接單) + 12 (顧客所能接受的等待時間) = 15 (第 15 天為承諾給顧客交期日)，超過此時間客戶就無法接受。

在進行實驗之前工廠在機台 B 前有一件在製品 1，機台 A 前有在製品 3 與與 4 各一件。此外本實驗為了更貼近現實環境而設定的規則，產品 1、產品 2、產品 3 與產品 4 必須滿足至少生產 4 件，至多生產 12 件。本研究邀請業界人士以及工業工程與管理背景的學生參與受測，其中業界人士佔 70%，總共有 30 組，每組需要 7 位人士扮演不同的角色，包含：業務、生產經理、廠長、作業員 A、作業員 B、作業員 C 與作業員 D。此 30 組均依序進行 Game 1、Game 2 與 Game 3 試驗。

在進行試驗的同時，廠長必須紀錄每天現場機台的使用率與在製品數，當試驗週期 36 天結束後，計算其生產週期時間與訂單、現場與財政績效，如表 3.1.2 所示。此紀錄表將便於受測者與其它組別的比較。

定單卡	產品#1
投料日期	
完成日期	
總完工時間	
工作站	完成時間
A	
B	
A	
D	

定單卡	產品#2
投料日期	
完成日期	
總完工時間	
工作站	完成時間
C	
D	
B	
B	

定單卡	產品#3
投料日期	
完成日期	
總完工時間	
工作站	完成時間
A	
C	
B	
C	

定單卡	產品#4
投料日期	
完成日期	
總完工時間	
工作站	完成時間
A	
B	
B	
D	

圖 3.1.1 產品項訂單

表3.1.1 產品項資訊

產品項	加工機台順序	售價(元)	材料成本(元)	訂單數量(件)
產品 1	A→B→A→D	275	150	4~12
產品 2	C→D→B→B	375	110	4~12
產品 3	A→C→B→C	240	90	4~12
產品 4	A→B→D→B	305	95	4~12

3.2 實驗情境假設

一開始先進行 Game 1 的實驗，受測者依據自身的學經歷而決定每張訂單的交期日、投料日與加工順序。Game 1 實驗的目的是為了驗證變異不是造成交期不好的主因。然而 Game 1 實驗只能證明變異不是造成交期不好的主因，仍然無法證明生產管理才是主因。

Game 2 的目的是要證明沒有依產能負荷決定交期日是造成交期不好的主因。Game 2 導入最佳產品組合，希望在有限的產能之下，使得利潤最大化，TOC 提出產出除以內部受限產能使用時間 T/CU，T/CU 值的意義是內部受限產能之每單位時間對公司產出的貢獻度，產品的 T/CU 值越大，對公司的利潤貢獻度就越高，因此優先生產的權重也較高。以本實驗為例，在為期 36 天的試驗，而且不違背各產品項至少生產 4 件，至多生產 12 件條件下的最佳產品組合，如表 3.2.1 所示。求得最佳產品組合之後，再導入規劃負載 (Planned Load, PL)，使其能夠承諾顧客合理的交期日。我們採用第二章 SDBR 方法決定交期日(如下節說明)，得到的結果如表 3.2.2 所示。Game 2 與 Game 1 的差異是有依產能負荷決定交期日，但是投料日仍由受測者依據自身的學經歷來決定。

Game 3 的目的是要證明沒有控管投料會造成 WIP 太高，拉長生產週期時間，容易做錯順序導致交期受害。基本上 Game 3 跟 Game 2 的差異是增加了投料日期。我們採用第二章 SDBR 方法決定交期日與投料日，如表 3.2.2 所示。Game 3 與 Game 2 的差異是受測者依據 SDBR 方法求得投料日，並且依此為投料順序。

表3.2.1 最佳產品組合

產品項	CCR (天)	產出(元)	T/CU	優先權	最佳產品組合(個)
產品 1	1	125	125	3	4
產品 2	2	265	132.5	2	6
產品 3	1	150	150	1	12
產品 4	2	210	105	4	4

表3.2.2 安全交期日與投料日

	接單日	承諾交期日	安全交期日	投料日
			Game 2	Game 3
P1	-2	10	5	-2
P1	10	22	22	14
P1	20	32	32	24
P1	23	35	35	27
P1	31	43	43	35
P1	36	48	48	40
P1	39	51	51	43
P1	40	52	52	44
P2	1	13	11	3
P2	1	13	13	5
P2	15	27	27	19
P2	17	29	29	21
P2	25	37	37	29
P2	27	39	39	31
P2	32	44	44	36
P2	37	49	49	41
P2	43	55	55	47
P3	-2	10	8	-2
P3	3	15	15	7
P3	4	16	16	8
P3	5	17	17	9
P3	8	20	20	12
P3	9	21	21	13
P3	13	25	25	17
P3	14	26	26	18
P3	19	31	31	23
P3	21	33	33	25
P3	22	34	34	26
P3	24	36	36	28
P4	-2	10	6	-2
P4	1	13	9	1
P4	6	18	18	10
P4	11	23	23	15
P4	29	41	41	33
P4	34	46	46	38
P4	41	53	53	45

3.3 以SDBR決定交期日與投料日

本研究試驗的背景為零工式 (Job Shop) 生產工廠，此工廠之生產線有機台A、B、C與D各為一台，其中機台B為瓶頸機台，而且機台間彼此無法互相協助支援。此工廠總共生產4項產品，分別為產品1、產品2、產品3與產品4，產品1與產品3每生產一件花費瓶頸機台B一天的時間，產品2與產品4每生產一件則需花費瓶頸機台B兩天的時間。初始的在製品為產品1、產品3與產品4各一件，因此初始在製品的瓶頸機台B負荷為4天，如圖3.3.1所示。在知道如何計算瓶頸機台的負荷累積後，接下來將要介紹如何運用規劃負載 (PL)，使其協助業務判斷訂單的接受與否。本研究試驗的背景為交期日設定為接单日後的第12天，例如：在第一天接的訂單，其交期日的算法為 $1+12=13$ ，所以此訂單必須在第13天下班之前，把貨交付給顧客。而期初的在製品為兩天前 (-2) 所接，因此這三張訂單的交期為第10天。此外生產緩衝設定為兩倍的生產週期時間，在不同產業別，其生產緩衝時間的設定也有所不同，而本試驗產品1、產品2、產品3與產品4的生產週期時間均為4天，因此其生產緩衝時間為8天。

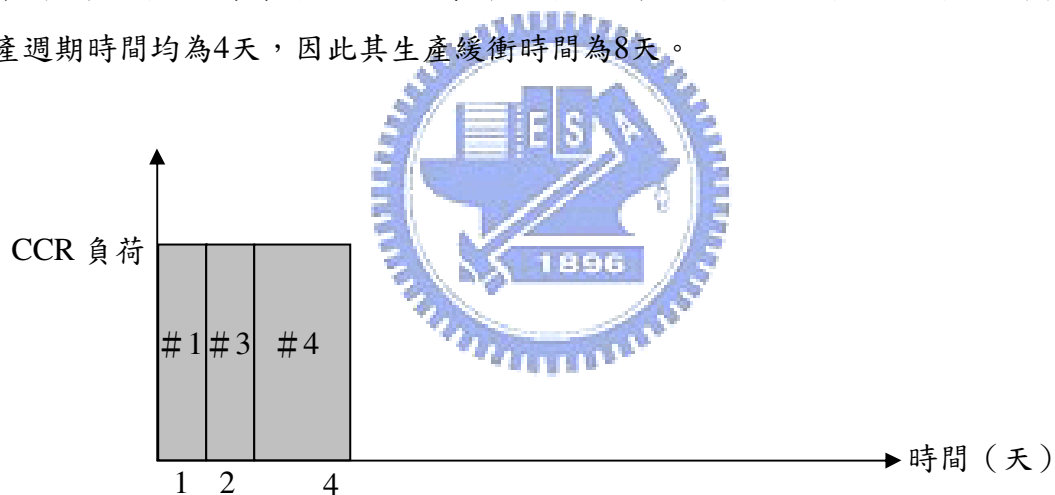


圖3.3.1 初始在製品瓶頸機台B之負荷累積

當試驗開始也就是在第一天的時候，顧客下了一件產品2的訂單，意味著如果業務在第一天接了這張產品2的訂單，此時它的承諾交期日則在第 $1+12=13$ 天。產品2的這張訂單依據負荷累積被安排在第五天使用到瓶頸機台B。 $5+\frac{1}{2}$ 生產緩衝時間 $=5+4=9$ （安全交期日） ≤ 1 （第一天） $+12=13$ （承諾交期日），此時安全交期日小於承諾交期日，其表示在訂單有優先順序管理的情形下，此訂單能夠100%準時達交，所以業務可以在第一天接下這產品2這張訂單，其瓶頸機台規劃負載（PL）如圖3.3.2所示。

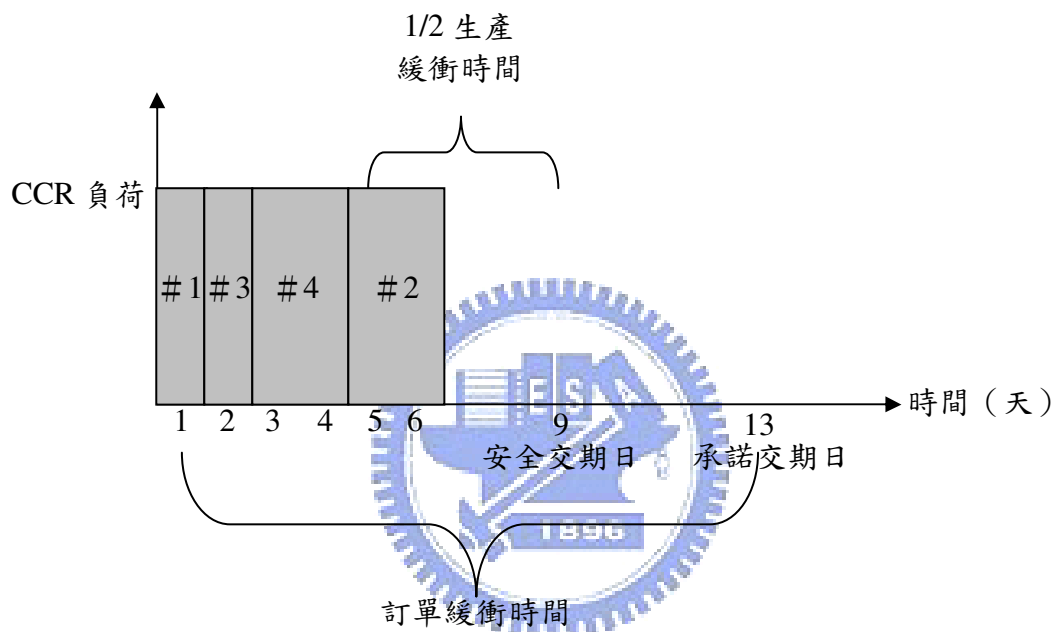


圖3.3.2 第一天瓶頸機台之負荷累積

反覆上述模式，業務在第一天又接了各一件產品2與產品4的訂單，瓶頸機台的負荷累積已達到10天，此時又來了另一件產品3的訂單，業務依據規劃負載（PL）機制做了判別。產品3這訂單將被安排在第11天使用到瓶頸機台， $11 + \frac{1}{2}$ 生產緩衝時間 = $11 + 4 = 15$ （安全交期日） $>$ 1（第一天）+12=13（承諾交期日），當安全交期日大於承諾交期日時，其表示工廠在第一天的負荷累積已經超乎自身產能所及，因此在第一天業務不能夠接下這張一定無法準時達交的訂單，其瓶頸機台的負荷累積如圖3.3.3所示。

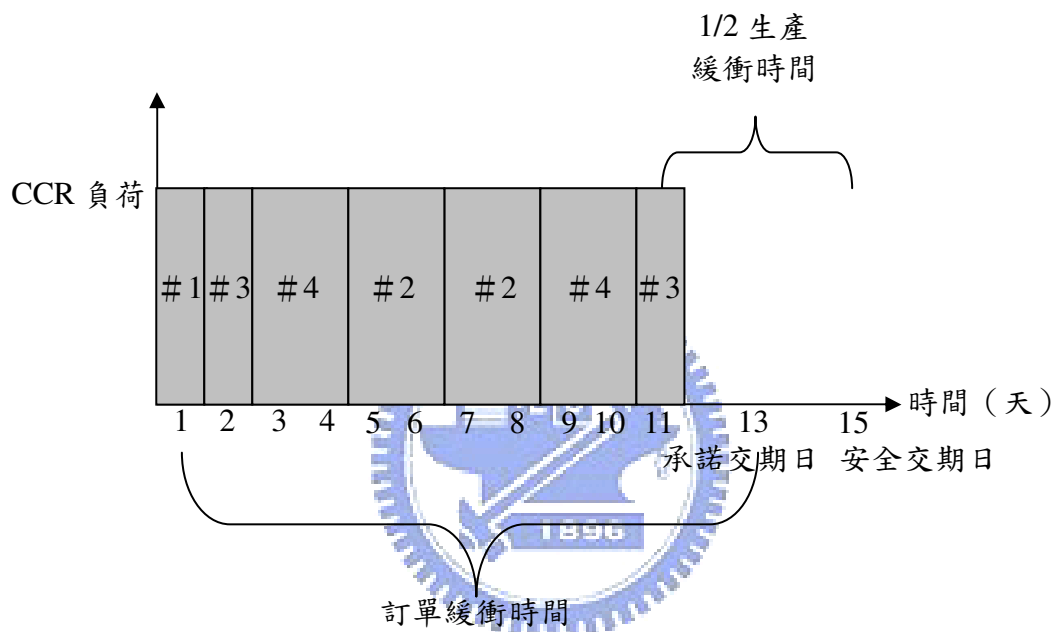


圖3.3.3 規劃負載 (PL) 之操作

由上述規劃負載 (PL) 機制可知，第一天瓶頸機台之最大負荷為10天，如圖3.3.4所示。因此在第一天，業務總共接了3張訂單（2張產品2與1張產品4的訂單），同時生產現場瓶頸機台也完成了產品1的訂單，而新的訂單產品3則因為產能不足，業務無法在第一天接下此訂單，那麼哪一天才能接下這張訂單呢？如圖3.3.5與圖3.3.6所示。在第二天，產品3這訂單被安排在第12天使用到瓶頸機台， $11 + \frac{1}{2}$ 生產緩衝時間 = $11 + 4 = 15$ (安全交期日) > 2 (第二天) + $12 = 14$ (承諾交期日)，此時安全交期日還是大於承諾交期日，因此無法接單。到了第三天，產品3這訂單依然被安排在第11天使用到瓶頸機台， $11 + \frac{1}{2}$ 生產緩衝時間 = $11 + 4 = 15$ (安全交期日) = 3 (第三天) + $12 = 15$ (承諾交期日)，此時安全交期日剛好就是承諾交期日，因此在有優先順序管理的情形之下，有100%信心可以使這張訂單準時達交，所以業務可以在第三天接下產品3這張訂單。

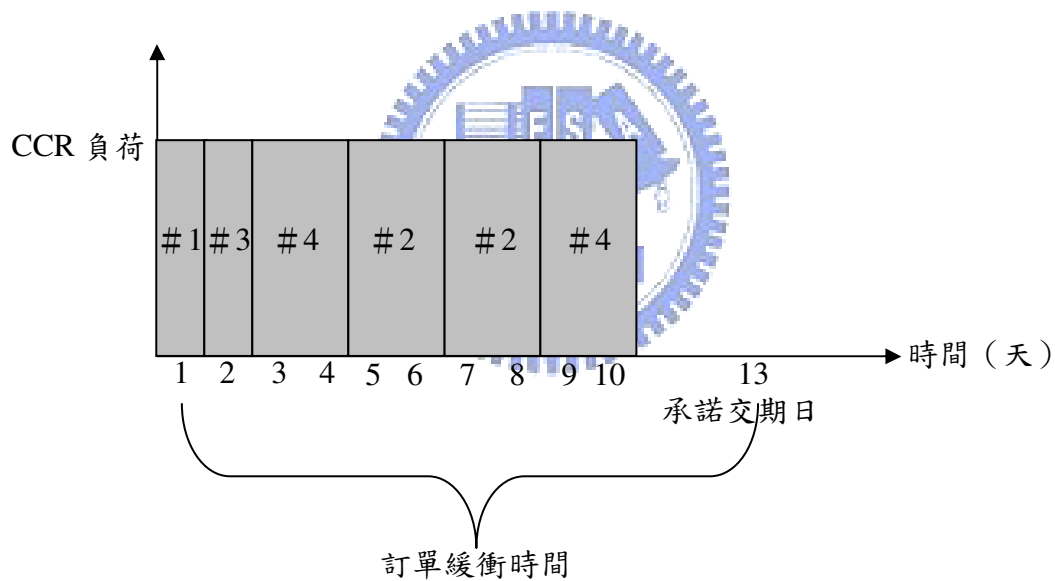


圖3.3.4 第一天瓶頸機台之最大負荷

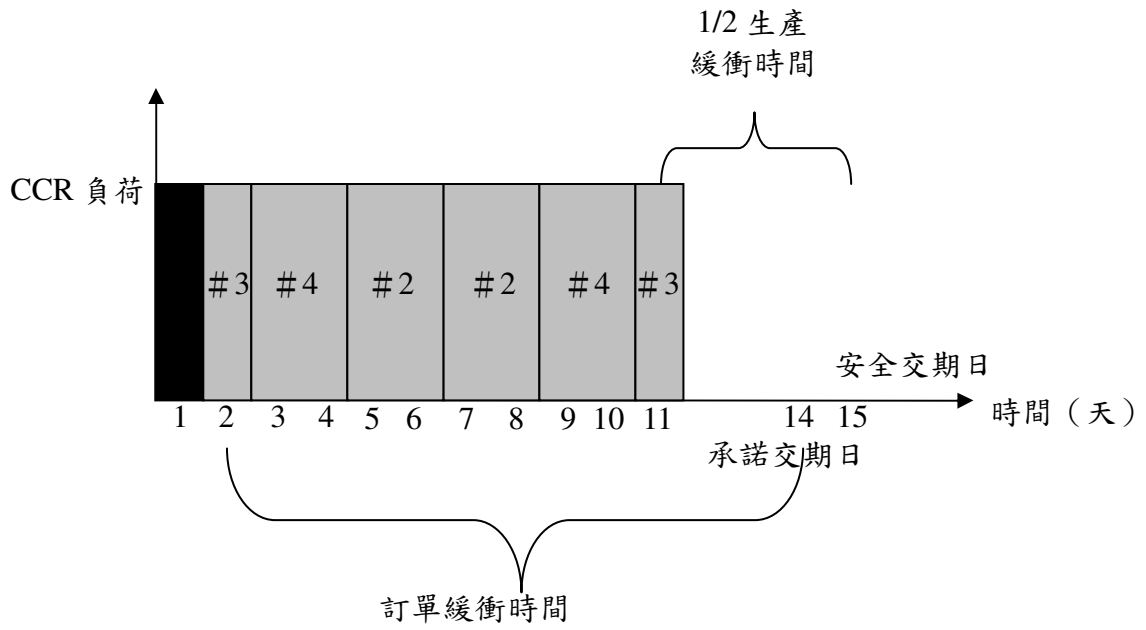


圖3.3.5 第二天瓶頸機台之負荷累積

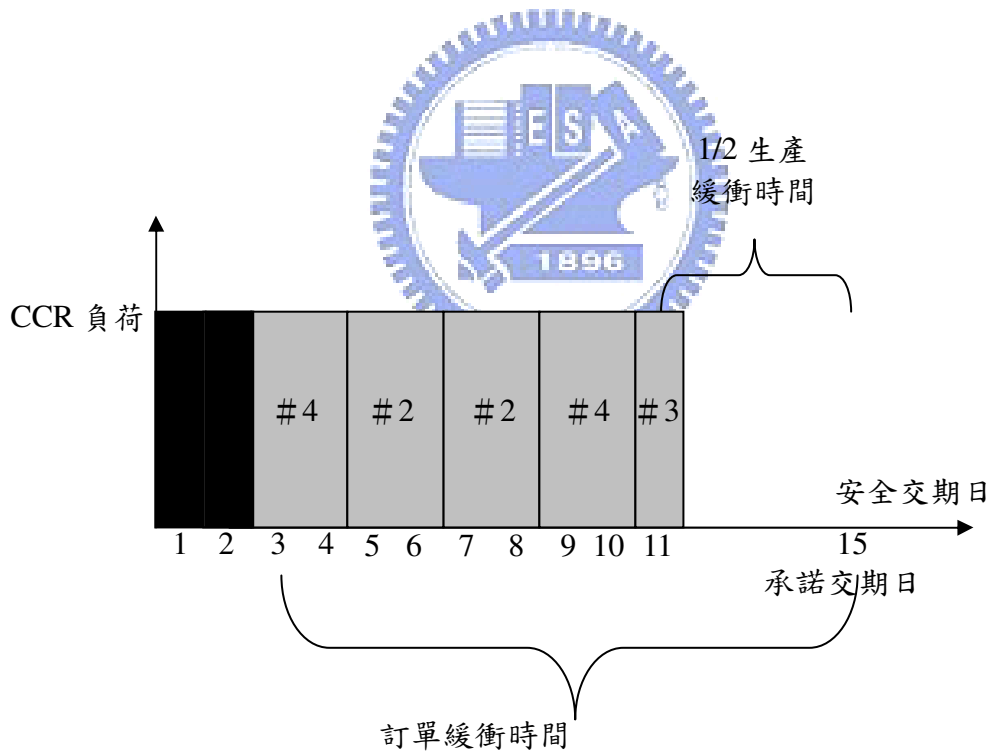


圖3.3.6 第三天瓶頸機台之負荷累積

前述圖3.3.2、圖3.3.3...圖3.3.6均是說明如何操作規劃負載 (PL) 決定交期日，在 Game 3 實驗中，另外導入抑制投單管理，生產現場只允許在預設的時間範圍(生產緩衝時間)內投入需要的訂單至生產現場，如圖3.3.7所示，業務在第三天所接產品3這張訂單，該在第三天就投入至生廠現場中嗎？產品3被安排在第11天使用瓶頸機台，往後推 $\frac{1}{2}$ 生產緩衝時間為安全交期日，往前推 $\frac{1}{2}$ 生產緩衝時間為投料日，計算方法為 $11 - \frac{1}{2}$ 生產緩衝時間 = $11 - 4 = 7$ (投料日)，因此第7天為產品3之投料日，而非第三天就把訂單投入現場，如此便能降低作業人員做錯訂單優先順序的機率，預防該出貨的無法及時出貨，還未到交期時間的訂單已經移至倉庫囤積。

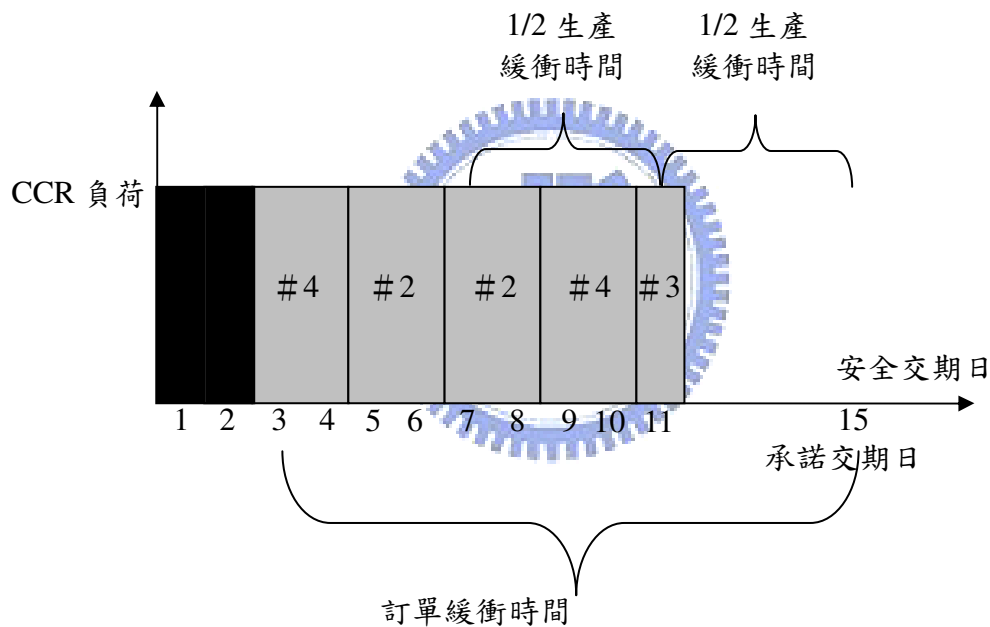


圖3.3.7 投料日之計算法則圖示法

第四章 實驗結果

在此章節，本研究將分析從 Game 1、Game 2 與 Game 3 收集到如表 4.1 的 30 組資料，說明如下：

欄位一：交期 36 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：完成交期日在第 36 天以後的訂單張數。此部分完成訂單的營收，列為下一週期的利潤，此時會產生低估產能的損失成本，稱之為銷售損失。

欄位五：交期 36 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 36 天以後的訂單張數。

欄位六：達交率 = [(欄位五) 交期 36 天以內的總接單數 - (欄位二) 總延遲張數] ÷ (欄位五) 交期 36 天以內的總接單數。

欄位七：從完成訂單中，計算出每張訂單的平均生產週期時間。

欄位八：90% 的訂單可以完成的生產週期時間。

欄位九：淨利 = 產出 - 材料成本 - 銷售損失 - 作業成本。



表4.1 實驗組之資訊收集

groups	Number of orders completed			Number of orders completed but delayed			Number of orders due before 36th day but still not completed yet			Number of orders whose due date is after 36th day but already completed.			Total number of orders that the plant promised to deliver within 36th day			Due date performance (DDP)			Average production lead time			The production LT that 90% of completed orders finished before this time			Net profit				
	G1	G2	G3	G1	G2	G3	G1	G2	G3	G1	G2	G3	G1	G2	G3	G1	G2	G3	G1	G2	G3	G1	G2	G3	G1	G2	G3	G1	G2
1	26	26	26	3	0	1	0	1	0	2	3	2	24	24	24	0.88	0.96	0.96	8.3	8.6	6.0	10	12	8	1100	965	1340		
2	26	26	25	0	0	0	0	0	0	4	2	1	22	24	24	1.00	1.00	1.00	8.1	10.3	5.7	12	13	7	825	1340	1340		
3	27	26	24	1	0	0	0	0	0	2	2	0	25	24	24	0.96	1.00	1.00	8.7	10.4	5.8	12	16	7	1250	1340	1340		
4	24	26	25	1	0	0	0	0	0	1	2	1	23	24	24	0.96	1.00	1.00	8.3	7.6	5.8	11	9	7	1375	1340	1340		
5	27	24	25	0	0	0	0	0	0	3	0	1	24	24	24	1.00	1.00	1.00	9.3	9.8	5.9	12	12	7	1290	1340	1340		
6	24	25	25	0	1	0	0	0	0	6	1	1	18	24	24	1.00	0.96	1.00	5.3	7.2	5.6	7	9	7	415	1340	1340		
7	24	26	25	0	0	0	5	0	0	2	2	1	27	24	24	0.81	1.00	1.00	8.5	13.1	6.0	11	21	7	575	1340	1340		
8	24	26	25	1	0	0	2	0	0	0	2	1	26	24	24	0.88	1.00	1.00	9.4	8.8	5.9	12	11	7	1165	1340	1340		
9	27	24	24	1	0	1	0	2	0	4	2	0	23	24	24	0.96	0.92	0.96	8.7	9.1	6.0	11	12	7	1085	725	1340		
10	24	25	25	1	1	0	3	1	1	2	2	2	25	24	24	0.84	0.92	0.96	8.1	10.7	5.8	12	18	7	515	1100	1100		
11	24	24	25	2	0	1	0	4	0	4	4	1	20	24	24	0.90	0.83	0.96	8.6	10.0	6.4	12	19	7	665	380	1340		
12	24	24	25	10	0	0	0	0	0	3	0	1	21	24	24	0.52	1.00	1.00	10.0	11.4	6.2	16	19	8	955	1340	1340		
13	26	26	26	11	0	0	3	1	0	1	3	2	28	24	24	0.50	0.96	1.00	11.2	10.6	5.8	26	19	7	1190	965	1340		
14	27	26	25	11	0	0	6	0	0	1	2	1	32	24	24	0.47	1.00	1.00	13.3	12.9	5.8	20	20	7	1020	1340	1340		
15	24	26	24	13	0	0	8	2	1	0	4	1	32	24	24	0.34	0.92	0.96	13.7	11.6	5.7	20	17	7	585	730	965		
16	26	25	26	2	1	1	0	0	0	3	1	2	23	24	24	0.91	0.96	0.96	9.2	10.1	5.9	12	14	7	1000	1340	1340		
17	26	24	24	3	0	1	4	1	1	2	1	1	28	24	24	0.75	0.96	0.92	10.6	13.9	6.7	13	22	8	1290	1035	1100		
18	25	27	25	9	0	0	12	2	0	0	5	1	37	24	24	0.43	0.92	1.00	13.3	10.6	6.2	25	23	8	75	730	1340		
19	24	24	26	3	1	0	0	3	0	0	3	2	24	24	24	0.88	0.83	1.00	9.7	11.3	5.8	12	22	7	1545	420	1340		
20	27	25	25	6	1	0	2	1	0	1	2	1	28	24	24	0.71	0.92	1.00	10.8	11.3	5.8	15	17	7	1110	1100	1340		
21	24	26	25	9	0	0	1	0	0	0	2	1	25	24	24	0.60	1.00	1.00	10.6	8.0	5.9	13	11	7	1290	1340	1340		
22	27	25	26	10	0	0	7	1	0	1	2	2	33	24	24	0.48	0.96	1.00	12.4	7.5	6.0	20	9	7	785	1075	1340		
23	23	26	24	1	1	0	1	2	0	3	4	0	21	24	24	0.90	0.88	1.00	8.2	11.1	5.8	12	20	7	485	860	1340		
24	24	26	25	3	1	1	5	1	0	2	3	1	27	24	24	0.70	0.92	0.96	9.0	11.4	6.2	15	23	8	635	965	1340		
25	24	25	24	13	1	2	0	0	0	1	1	0	23	24	24	0.43	0.96	0.92	12.0	15.2	6.1	19	22	7	1315	1190	1340		
26	25	26	25	16	2	4	5	0	0	0	2	1	30	24	24	0.30	0.92	0.83	12.4	11.9	6.7	18	16	9	960	1200	1200		
27	24	25	25	0	0	0	0	1	0	3	2	1	21	24	24	1.00	0.96	1.00	5.6	10.7	5.6	9	18	7	590	895	1200		
28	26	27	24	14	1	0	6	3	1	0	6	1	32	24	24	0.38	0.83	0.96	13.4	9.1	6.0	22	13	7	740	350	960		
29	23	24	25	13	0	0	9	1	0	0	1	1	32	24	24	0.31	0.96	1.00	12.9	12.4	5.6	23	23	7	615	960	1200		
30	22	26	22	6	1	3	0	0	2	4	2	0	18	24	24	0.67	0.96	0.79	8.5	9.0	6.3	14	11	9	300	1200	685		
Average	25	25	25	5	0	1	3	1	0	2	2	1	26	24	24	0.72	0.95	0.97	10	11	6	15	16	7	892	1053	1263		

4.1 達交率之分析

在無變異的零工式生產的工廠中，如果變異為影響達交率之主因，此時 Game 1 的交期績效應屬不錯，此外 Goldratt 提出企業若導入，依產能負荷給定客戶合理交期與訂單優先順序管理，此時可望將提升交期績效至少 95% 以上，因此在 Game 2 導入產能負荷 (PL) 觀念，Game 3 承接 Game 2 實驗的情境背景，再導入抑制投單的觀念。因此首先進行 STATISTICA6.0 [19] 單尾的個別檢定 Game 1、Game 2 與 Game 3 的達交率，如表 4.1.1 所示，由於此檢定為單尾檢定，所以須將表格中的 p-value 值除以二，在假設檢定中，顯著水準 $\alpha = 0.05$ 的情形下，當其 $\frac{1}{2}$ p-value 值結果小於 0.05，則推翻 H_0 之假設。而此檢定後的結果顯示：Game 1 的達交率顯著小於 95%。Game 2 的檢定，因為無法推翻 $H_0: P_a \geq 95\%$ 的假設，其意涵 Game 2 沒有足夠的證據反對此達交率大於 95% 的假設，而 Game 3 的達交率顯著大於 95%。

表4.1.1 Game 1、Game 2與Game 3達交率個別檢定

$$H_0: P_1 \geq 95\%$$

$$H_1: P_1 < 95\%$$

$$\alpha = 0.05$$

Variable	Test of means against reference constant (value) (DDP)							
	Mean	Std.Dv.	N	Std.Err.	Reference Constant	t-value	df	p
Game 1	0.716360	0.240393	30	0.043890	0.950000	-5.32336	29	0.000010

$$H_0: P_2 \geq 95\%$$

$$H_1: P_2 < 95\%$$

$$\alpha = 0.05$$

Variable	Test of means against reference constant (value) (DDP)							
	Mean	Std.Dv.	N	Std.Err.	Reference Constant	t-value	df	p
Game 2	0.945833	0.051498	30	0.009402	0.950000	-0.443157	29	0.660941

$$H_0: P_3 \leq 95\%$$

$$H_1: P_3 > 95\%$$

$$\alpha = 0.05$$

Variable	Test of means against reference constant (value) (DDP)							
	Mean	Std.Dv.	N	Std.Err.	Reference Constant	t-value	df	p
Game 3	0.970833	0.050322	30	0.009188	0.950000	2.267563	29	0.030985

在 Game 1、Game 2 與 Game 3 個別檢定後，此時要進行兩兩相互間達交率是否有顯著差異的檢定，在顯著水準 $\alpha = 0.05$ 的情形下，經由假設檢定，判斷是否因為導入產能負荷與抑制投單觀念後，使得提高了生產線達交率的績效表現，此為雙尾檢定，所以當其 p-value 小於顯著水準 0.05 時，則推翻 H_0 之假設。檢驗結果如表 4.1.2 所示。

- 第一個表格中， P_a 的意義為 Game 1 的平均達交率， P_b 為 Game 2 的平均達交率，在 5% 顯著水準條件下的檢定， $t = -5.25 \leq -t_{0.025} = -2.080$ ，而且 $p = 0.00013 < 0.05$ ，所以推翻 $H_0 : P_a = P_b$ 的假設，因此我們下結論：在 5% 的顯著水準下，Game 1 的達交率與 Game 2 的達交率有顯著差異，由平均數又可以得知 Game 2 達交率顯著高於 Game 1。
- 第二個表格中， P_a 的意義為 Game 2 的平均達交率， P_b 為 Game 3 的平均達交率，在 5% 顯著水準條件下的檢定， $t = -2.097 \leq -t_{0.025} = -2.080$ ，而且 $p = 0.04 < 0.05$ ，所以推翻 $H_0 : P_a = P_b$ 的假設，因此我們下結論：在 5% 的顯著水準下，Game 2 的達交率與 Game 3 的達交率有顯著差異，由平均數又可以得知 Game 3 達交率顯著高於 Game 2。
- 第三個表格中， P_a 的意義為 Game 1 的平均達交率， P_b 為 Game 3 的平均達交率，在 5% 顯著水準條件下的檢定， $t = -6.00 \leq -t_{0.025} = -2.080$ ，而且 $p = 0.000002 < 0.05$ ，所以推翻 $H_0 : P_a = P_b$ 的假設，因此我們下結論：在 5% 的顯著水準下，Game 1 達交率與 Game 3 的達交率有顯著差異，由平均數又可以得知 Game 3 達交率顯著高於 Game 1。

表4.1.2 Game 1、Game 2與Game 3達交率兩兩相互檢定

$$H_0 : P_a = P_b$$

$$H_1 : P_a \neq P_b$$

$$\alpha = 0.05$$

T-test for Dependent Samples Marked differences are significant at p < .05000								
Variable	Mean	Std.Dv.	N	Diff.	Std.Dv. Diff.	t	df	p
Game 1	0.716360	0.240393						
Game 2	0.945833	0.051498	30	-0.229473	0.239299	-5.25232	29	0.000013

T-test for Dependent Samples Marked differences are significant at p < .05000								
Variable	Mean	Std.Dv.	N	Diff.	Std.Dv. Diff.	t	df	p
Game 2	0.945833	0.051498						
Game 3	0.970833	0.050322	30	-0.025000	0.065287	-2.09735	29	0.044793

T-test for Dependent Samples Marked differences are significant at p < .05000								
Variable	Mean	Std.Dv.	N	Diff.	Std.Dv. Diff.	t	df	p
Game 1	0.716360	0.240393						
Game 3	0.970833	0.050322	30	-0.254473	0.232169	-6.00341	29	0.000002



經由統計分析三個實驗達交率後的結果為，Game 3 達交率表現比 Game 2 表現佳，Game 2 表現又比 Game 1 表現佳。探究其達交率低落的原因，除了抑制投單管理，降低現場在製品數量，以至於現場人員做錯順序的機率下降以外。主要因為業務沒有一個產能負荷評估的機制，因此無從得知現場瓶頸機台的負荷狀態，致使得：

- 瓶頸的產能負荷超過 100%。這情況往往屬於風險愛好 (risk preferring) 的業務接單模式，風險愛好者對於風險的判斷低估了危險發生機率，以及抱持著過度樂觀的態度，因此接單量很容易超過現場產能所能負荷，此時必然會發生客戶的訂單無法如期達交。
- 過於保護產能，導致流失部分客戶的訂單，此保守型接單的行為屬於風險規避 (risk averse) 的態度，對於風險的判斷有高估危險發生機率或高估不利的過程結果的一種主觀傾向，對於危險太過悲觀，因此在產能規劃上，會有保留過多產能的行為。當現場產能大於負載產能，高達交率是顯而易見的，但另一方面就會損害到公司的銷售與發展。

此外，三個實驗之達交率平均數及其圖形與標準差，如表 4.1.3 與圖 4.1.3 所示。實驗中達交率的分散程度，可以從標準差來觀察。一個較大的標準差，代表大部分的數值和其平均值之間差異較大；一個較小的標準差，代表這些數值較接近平均值。Game 1 的標準差相對的大於 Game 2 和 Game 3，從圖形中也可觀察其達交率曲線呈現劇烈的上下振盪，如圖 4.1.3 所示。有別於 Game 1 的試驗，Game 2 與 Game 3 導入規劃負載(PL)，押交期考慮產能負荷的觀念，因此在 Game 2 與 Game 3 的試驗中，不可能發生訂單的負荷超過現場產能的情形發生，平均達交率上升至 95% 以上，標準差也從 24% 大幅縮小至 5%，此時達交率較為集中，同時也增加以平均數代表整體的精確度，因此圖形趨於平緩的狀態。

表4.1.3 達交率之平均數與標準差

達交率	Game 1	Game 2	Game 3
平均數	0.72	0.95	0.97
標準差	0.24	0.05	0.05

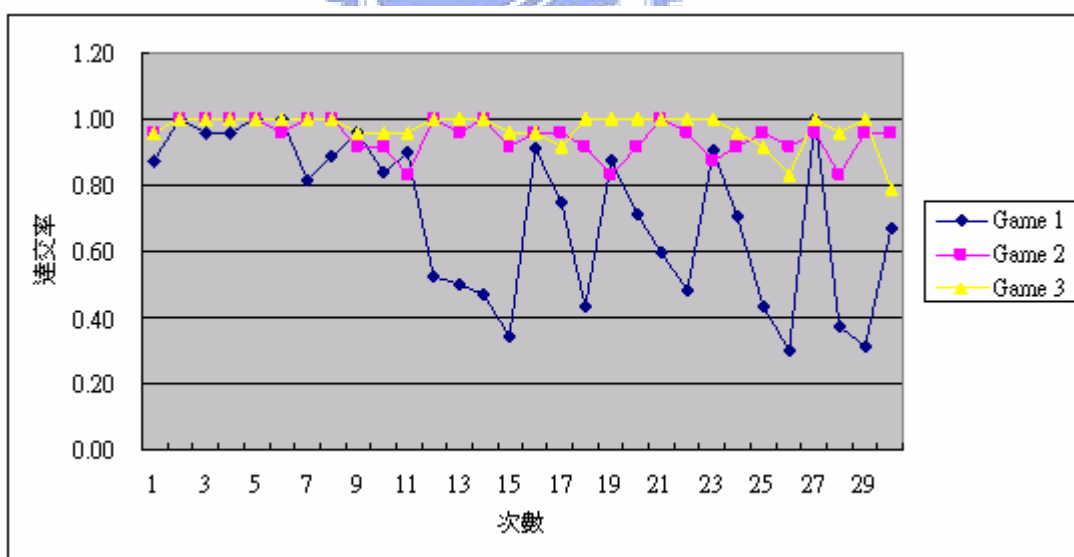


圖4.1.3 達交率之平均數

4.2 達交率與銷售損失

Game 1 的模擬設計，是由受測者依據他們自身的學經歷進行試驗，發現達交率高的組別，低估現場產能的機率越高，因此造成銷售損失的情況較為明顯；另一方面，達交率低的組別，主要原因在於高估產能，導致現場產能不及訂單所需的產能，在此情況下，銷售損失的機率較小。銷售損失存在的原因除了低估現場產能以外，另一個原因就是現場作業人員做錯順序。

從實驗 Game 1、Game 2 與 Game 3 的 30 組樣本，所記錄的達交率與銷售損失中發現，在 Game 1 實驗裡，其達交率與銷售損失呈現了正比關係，如圖 4.2.1 所示，其意涵為，達交率績效表現越佳者，銷售損失的金額也就越高。有別與 Game 1 的情境，Game 2 與 Game 3 導入規劃負載 (PL) 的機制，因此不會有高估現場產能以及低估現場產能的情況發生，銷售損失的情況也大為改善，此時唯有做錯順序，才會導致銷售損失的產生。進一步在 Game 3 模擬試驗，由於導入了抑制投單管理，生產現場只允許在預設的時間範圍(生產緩衝時間)內需要投入的訂單投入生產現場，在製品的數量驟降，作業人員做錯順序的機率大幅降低，因此銷售損失也會隨之而降，在本實驗 Game 3 的銷售損失更是為零。

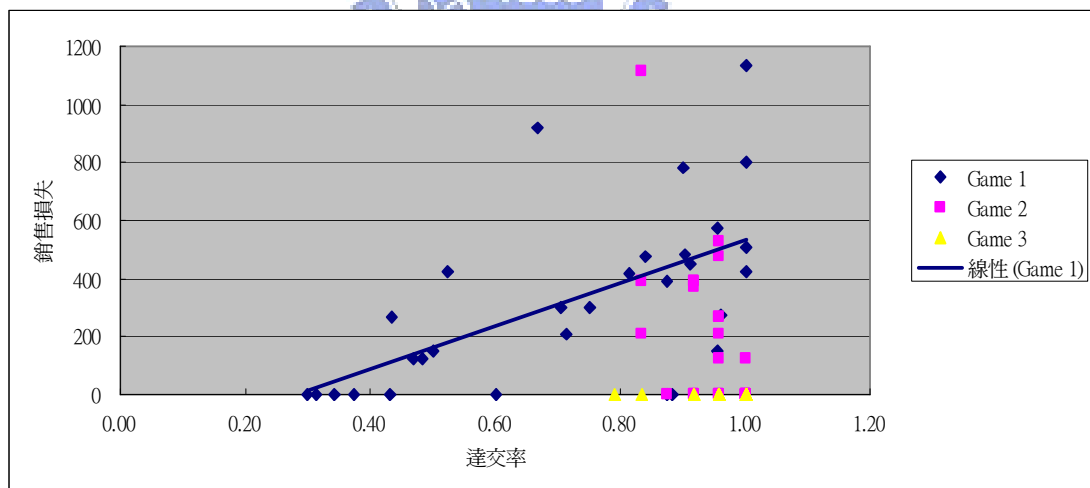


圖4.2.1 達交率與銷售損失

4.3 生產週期時間與在製品數

此時要進行兩兩相互間生產週期時間是否有顯著差異的檢定，在顯著水準 $\alpha = 0.05$ 的情形下，經由假設檢定，判斷是否因為導入規劃負載與抑制投單觀念後，縮短了生產週期時間的績效表現。檢驗結果如表 4.3.1 所示。

- 第一個表格中， μ_a 的意義為 Game 1 的平均生產週期時間， μ_b 為 Game 2 的平均生產週期時間，在 5% 顯著水準條件下的檢定，p-value 值大於 0.05，所以無法推翻 $H_0: \mu_a = \mu_b$ 的假設，其意義為在 5% 的顯著水準下，Game 1 的平均生產週期時間與 Game 2 的平均生產週期時間沒有顯著差異。
- 第二個表格中， μ_a 的意義為 Game 2 的平均生產週期時間， μ_b 為 Game 3 的平均生產週期時間，在 5% 顯著水準條件下的檢定，p-value 值小於 0.05，所以推翻 $H_0: \mu_a = \mu_b$ 的假設，其意義為在 5% 的顯著水準下，Game 2 的平均生產週期時間與 Game 3 的平均生產週期時間有顯著差異，由平均數又可以得知 Game 2 生產週期時間顯著高於 Game 3。
- 第三個表格中， μ_a 的意義為 Game 1 的平均生產週期時間， μ_b 為 Game 3 的平均生產週期時間，在 5% 顯著水準條件下的檢定，p-value 值小於 0.05，所以推翻 $H_0: \mu_a = \mu_b$ 的假設，其意義為在 5% 的顯著水準下，Game 1 的平均生產週期時間與 Game 3 的平均生產週期時間有顯著差異，由平均數又可以得知 Game 1 生產週期時間顯著高於 Game 3。

由此可證明，縮短了生產週期時間的主要因素在於，導入抑制投單管理。

表4.3.1 Game 1、Game 2與Game 3生產週期時間的兩兩相互檢定

$$H_0 : \mu_a = \mu_b$$

$$H_1 : \mu_a \neq \mu_b$$

$$\alpha = 0.05$$

T-test for Dependent Samples (LT)								
Marked differences are significant at p < .05000								
Variable	Mean	Std.Dv.	N	Diff.	Std.Dv. Diff.	t	df	p
Game 1	9.94045	2.224630						
Game 2	10.51582	1.892637	30	-0.575367	2.349563	-1.34128	29	0.190241

T-test for Dependent Samples (LT)								
Marked differences are significant at p < .05000								
Variable	Mean	Std.Dv.	N	Diff.	Std.Dv. Diff.	t	df	p
Game 2	10.51582	1.892637						
Game 3	5.96988	0.278190	30	4.545944	1.847570	13.47671	29	0.000000

T-test for Dependent Samples (LT)								
Marked differences are significant at p < .05000								
Variable	Mean	Std.Dv.	N	Diff.	Std.Dv. Diff.	t	df	p
Game 1	9.940455	2.224630						
Game 3	5.969877	0.278190	30	3.970577	2.180413	9.974140	29	0.000000

另外從生產週期時間與在製品數觀察它們之間的關係，由圖 4.3.1 所示，它們呈現正比的關係，與 Little's Formula 不謀而合，由於 Game 3 的生產週期時間與在製品數趨向於平穩的狀態，各組別之間的變異甚小，因此正比的關係較為不明顯。

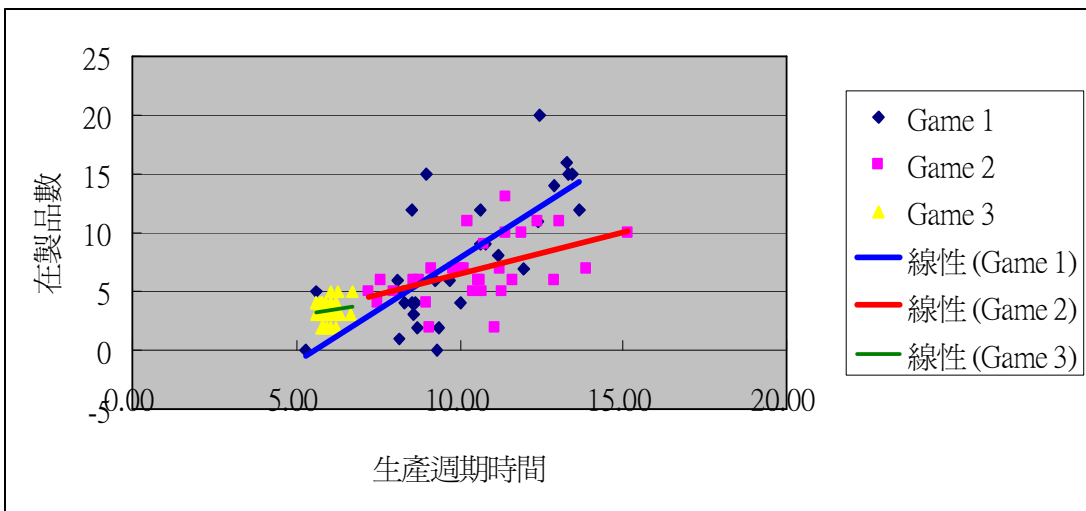


圖4.3.1 生產週期時間與在製品數

4.4 實驗組與對照組

本研究原本認為在 Game 2 實驗，如果沒有做好投單管理，交期績效表現應該不會很好，但是結果卻是不然。探究其原因是因為受測者經過 Game 1 的實驗學到交期的重要性，因此在進行 Game 2 時會注意交期與優先順序的管理，因此達交率顯著提升，但是在製品（WIP）數量與生產週期時間卻仍是一樣冗長。為了證明此論點，本研究另外做了五組只進行 Games 2 與 Game 3 的實驗當做對照組，實驗結果如表 4.4.1 所示。與其有經過 Game 1 的 30 組實驗組比較。

整理此五組的平均達交率、平均生產週期時間與 90% 訂單完成日的績效評估與實驗組相互比較，如表 4.4.2 所示，其結果顯示 Game 2 的對照組表現沒有實驗組佳。此證明沒有做好投單管理同時沒將交期當作主要績效，即使有依產能負荷決定交期日，交期績效表現也不好。



表4.4.1 對照組之資訊收集

group	Number of orders completed		Number of orders completed but delayed		Number of orders due before 36th day but still not completed yet		Number of orders whose due date is after 36th day but already completed.		Total number of orders that the plant promised to deliver within 36th day		Due Date Performance(DDP)		Average production lead time		The production LT that 90% of completed orders finished before this time		Net Profit	
	G2	G3	G2	G3	G2	G3	G2	G3	G2	G3	G2	G3	G2	G3	G2	G3	G2	G3
1	26	25	8	0	0	0	2	1	24	24	0.67	1.00	11.3	6.0	20	7	1730	1465
2	25	25	2	1	1	1	2	2	24	24	0.88	0.92	13.1	6.2	24	6	1315	1355
3	26	26	5	0	1	0	3	2	24	24	0.75	1.00	11.0	5.7	21	7	1355	1730
4	25	25	4	0	1	0	2	1	24	24	0.79	1.00	12.0	6.0	22	8	1375	1465
5	26	26	6	1	1	0	3	2	24	24	0.71	0.96	13.0	6.0	23	7	1370	1730
Average	26	25	5	0	1	0	2	2	24	24	0.76	0.98	12	6	22	7	1429	1549

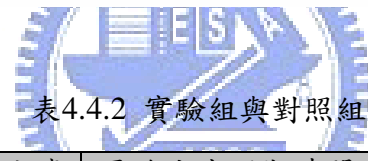


表4.4.2 實驗組與對照組

Game 2	平均達交率	平均生產週期時間	90% 訂單完成日
實驗組	0.95	11	7
對照組	0.78	12.09	22
Game 3	平均達交率	平均生產週期時間	90% 訂單完成日
實驗組	0.97	6	8
對照組	0.98	5.96	7

第五章 結論與未來研究

5.1 結論

本研究初始目的是為了驗證，影響達交率低落的主要原因是生產管理或是變異。因此，設計了三個實驗，分別是 Game 1、Game 2 與 Game 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 Game 1 實驗中，證明了此項論點。

雖然證明了變異非主要影響達交率之因素，但還不能夠證明生產管理方法為影響達交率的主要因素。為此，在 Game 2 實驗中導入規劃負載 (PL)，每當業務在承諾顧客交期時，都能考慮到現場瓶頸資源負荷的狀況，依瓶頸機台負荷給定一個合理且可以順利達交的日期，如此達交率獲得顯著改善。同時也因為有 Game 1 實驗的經驗，受測者更能夠把專注力放在交期，所以能夠有較佳的訂單優先順序管理，因而同時改善了銷售損失與淨利等績效指標。另一方面，如果有依產能負荷決定交期日，但卻沒有做好投單管理同時沒將交期當作主要績效，即使有依產能負荷決定交期日，交期績效表現也不好。

導入規劃負載 (PL) 的 Game 2 模擬實驗，雖然達交率顯著提升，但是本研究從實驗中發現，生產線上在製品的數量與生產週期時間，其冗長的程度和 Game 1 實驗雷同，尤其以瓶頸機台 B 前的在製品數更為驚人，但是其中不難發現，某些在瓶頸機台 B 前的在製品之交期日還甚遠，所以一直是在做等待的動作，如此是否可以晚點投單呢？因此導入了抑制投單管理在 Game 3 模擬試驗，此時生產週期時間與在製品數顯著下降。本研究在導入 SDBR 後，其獲得顯著的改善績效，如表 5.1.1 所示。另一方面，沒有進行 Game 1 實驗，而直接進行 Game 2 的對照組，證明了沒有做好投單管理同時沒將交期當作主要績效，即使有依產能負荷決定交期日，交期績效表現也不好。

表5.1.1 導入SDBR後的改善

導入	規劃負載	抑制投單管理
改善的績效指標	達交率顯著上升，由平均72%提升至95%。	90%訂單完成日，從平均16天降低至7天。
	銷售損失由平均323元降低至126元。	生產週期時間，從平均11天降低至6天。
	淨利由平均892元提升至1063元。	在製品數，從平均7個降低至3個。

5.2 未來研究

本研究試驗是在一個無變異之零工式 (Job Shop) 生產的環境中進行反證，未來研究可以考慮朝著以下兩個方向邁進：

1. 將變異的因素加入此試驗中，例如：機台當機、人員缺席...等等的變異，以求更能貼進現實生活。加入變異後，邀請業界人士或是工業工程背景的學生，進行試驗 Game 1、Game 2 與 Game 3，如果試驗結果顯示 Game 1 得到的達交率與 Game 2、Game 3 的達交率有顯著差異時，此時更有足夠充分的證據顯示，變異非影響達交率之主因。
2. 衍生到其他領域，不只是在零工式 (Job Shop) 生產的情境下進行試驗，也可探討具有迴流特性的生產環境，如果也能試驗成功，之後將更有信心在高科技產業，推行限制理論 TOC 的 DBR 與 S-DBR 生產管理規劃與執行系統來改善交期績效。

参考文献

1. Baker, K. R. (1974). Introduction to Sequencing and Scheduling. International Journal of Production Research, Vol. 13, No. 6, pp. 654.
2. Wein, L. M. (1988). Scheduling Semiconductor Wafer Fabrication. IEEE Transactions On Semiconductor Anufacturing, Vol. 1, No.3, pp. 115-130.
3. Adachi, T., Moodie, C., & Talavage, J.(1988). A Pattern Recognition-based Method for Controlling a Multi-Loop Production System. International Journal of Production Research, Vol. 26, No. 12, pp. 1943-1957.
4. Lu, S. H., & Kumar, P. R. (1991). Distributed Scheduling Based on Due Dates and Buffer Priorities. IEEE Transactions on Automatic Control, vol.36, No. 12, pp. 1406-1416.
5. Johri, P. K. (1993). Practical Issues in Scheduling and Dispatching in Semiconductor Wafer Fabrication. Journal of Manufacturing Systems, Vol. 12, No. 6, pp. 474-485.
6. Grabot, B. & Geneste, L.(1994). Dispatching Rules in Scheduling : A Fuzzy Approach. International Journal of Production Research, Vol. 32, No. 4, pp.903-915.
7. Skikanth, M. L., & Umble, M. M. (1997). Synchronous Management : Profit-Based Manufacturing for the 21st Century. The Spectrum Publishing Company.
8. Graves, R. J., & Milne, R. J. (1997). A new method for order release. Production Planning and Control, Vol. 8, No. 4, pp. 332-342.
9. Kim, Y. D., Kim, J. U., Lim, S. K., & Jun, H. B. (1998). Due-Date Based Scheduling and Control Policies in a Multiproduct Semiconductor Wafer Fabrication Facility. IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing, Vol. 11, No. 1, pp.155-164.
10. Chung, S. H., & Huang, H. W. (1999). The Block-Based Cycle Time Estimation Algorithm for Wafer Fabrication Factories. Internatioanl Journal of Industrial Engineering, Vol. 6, No. 4, pp.307-316.
11. Schragenheim, E., & Dettmer, H. W. (2000). Manufacturing at warp speed: optimizing supply chain financial performance. CRC Press.
12. Dabbas, R. M., & Fowler, J.W.(2003). A New Scheduling Approach Using Combined Dispatching Criteria in Wafer Fabs. IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing, Vol. 16, No. 3, pp. 501-510.
13. Goldratt Consulting 著 (2007). The Strategy & Tactic tree.

14. 張耿通（民 84 年）。零工型生產之交期設定模式發展。國立交通大學工業工程與管理研究所碩士論文。
15. 吳鴻輝、李榮貴（民 92 年）。限制驅導式現場排程與管理技術。全華科技圖書。
16. 蔡瑜明（民 92 年）。半導體後段 IC 封裝最適排程之研究。國立中山大學企業管理研究所碩士論文。
17. 江明錦、王俊程（民 92 年）。有機農業產銷整合電子化策略個案研究。資訊科技在農業之應用研討會論文集。
18. 唐麗英、王春和（民 94 年）。STATISTICA6.0 版與基礎統計分析。儒林圖書有限公司。
19. 李思賢（民 94）。以獲利為基礎的晶圓製造系統改善工單交期之區段式派工法則研究。國立台灣大學機械工程學研究所碩士論文。
20. 許棟樑、黃嘉若（民 95 年）。半導體製造廠黃光區機台規劃的模擬研究，計量管理期刊 Vol. 3, No.1, pp.79-94.
21. 王立志、林獻琨（民 96 年）。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, pp.1-14.

