

國立交通大學  
工業工程與管理學系碩士班

碩士論文

U 型曲線之實驗研究  
An Experimental Study of U-curve



研究生：廖宏彬

指導教授：李榮貴 博士

彭文理 博士

中華民國九十九年六月

# U 型曲線之實驗研究

## An Experimental Study of U-curve

研究生：廖宏彬

Student : Hung-Pin Liao

指導教授：李榮貴

Advisor : Dr. Rong-Kwei Li

彭文理

Dr. Wen-Lea Pearn



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 of Science

In

Industrial Engineering

June 2010

Hsin-Chu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十九年六月

# U 型曲線之實驗研究

研究生：廖宏彬

指導教授：李榮貴博士

彭文理博士

國立交通大學工業工程與管理學系碩士班

## 摘要

U-curve 來自於 Goldratt 博士根據實務上累積的經驗所提出來的管理思維。U-curve 是一個左右兩邊非常極端的圖形，表示在不同的時間緩衝 (Time Buffer Size) 設定下，管理注意力 (Management Attention) 的強度大小，Goldratt 博士建議時間緩衝移動到 U-curve 中間可以降低管理者投入的心力和時間，且生產績效依然不錯。但是 Goldratt 博士的見解是正確的嗎？首先，本研究要去驗證 U-curve 左右兩端高管理注意力的現象是否存在，若只是將時間緩衝的設定做個改變，讓時間緩衝往 U-curve 中間移動，是否可以觀察到管理者投入的心力和時間是顯著變小了。接著，本研究希望去驗證 U-curve 中間是否擁有足夠的水平區域，不會讓時間緩衝調整過後只是從 U-curve 右邊或左邊的高管理注意力推向另外一邊而已。因為過去沒有相關文獻在探討 U-curve，因此本研究針對以上兩個問題點，藉由零工式生產實驗的觀察與記錄來驗證 U-curve 並探討管理注意力。本研究從工具機研究計畫收集的 24 筆資料和 11 組零工式生產實驗觀察與蒐集資料的結果來驗證 U-curve，並由 3 家廠商導入 TOC 的案例分析來支持本研究的分析結果。

關鍵詞：時間緩衝、管理注意力、U型曲線、限制理論

# An Experimental Study of U-curve

Student: Hung-Pin Liao

Advisor: Dr. Rong-Kwei Li

Dr. Wen-Lea Pearn

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

## Abstract

U-curve is the management thought from Dr. Goldratt practical experience. U-curve is a graph with extreme left and right sides, and it means the effect of the time buffer and the management attention. Dr. Goldratt recommended buffer time from the both side move to the middle of U-curve, and manager could reduce the input of effort and time to manage the production line. However, the view of Dr. Goldratt is correct? First, this study is about to go to verify if the management attention is high at both ends of the U-curve. Then, this study is to verify the adequate area of U-curve, and to understand the adjustment of buffer is appropriate. There is no relevant literature to explore the U-curve, so the study to explore U-curve by job shop game and by observation and recording the management attention. In this study, there are 24 data of machine tool research project and 11 groups of job shop game to verify U-curve, and there are three case studies of TOC to support the results of this study.

Keywords: Time buffer , Management attention, U-curve , Theory of constraints

# 誌謝

畢業論文經過一年多的努力大致上已經完成了，這兩年來因為教授的指導讓我成長許多，不僅僅是論文上的收穫也包括待人處事的成長，非常感謝指導老師李榮貴教授在專業的學術領域上栽培及教導，也感謝蔡志弘老師以及張盛鴻老師在論文口試給予的指教與批評。

非常感謝參與工具機研究計畫的公司員工幫助本研究蒐集相關數據來驗證U型曲線，也感謝學弟妹幫忙零工式生產遊戲數據的蒐集，更希望本研究的成果可以提供可用資訊給學弟妹進行相關研究。

最後，特別感謝007研究室的同窗好友佑任、彥叡、政峰、淳民、政宏、詩淵、詩婷、育昇、弘易及杰運不論在生活及課業上的協助讓我能夠在論文遇到瓶頸時能夠有不同的思考方向，更感謝家人給予我精神上的支持與鼓勵，幫助我解決求學過程中遇到的種種問題。



廖宏彬 于交大 MB007

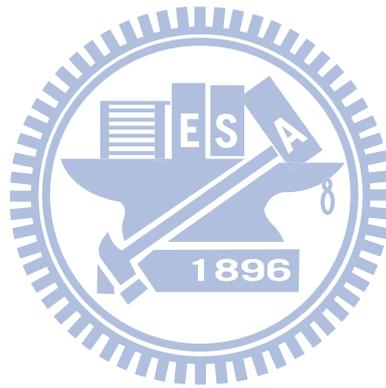
中華民國九十九年七月五日

# 目錄

摘要.....	ii
誌謝.....	iv
目錄.....	v
圖目錄.....	vi
表目錄.....	vii
第一章 研究動機與目的.....	1
第二章 文獻探討.....	3
2.1 時間緩衝的探討.....	3
2.2 管理注意力.....	4
2.3 零工式生產流程.....	5
2.4 以 SDBR 來決定交期日和投料日.....	6
第三章 研究方法.....	8
3.1 研究架構.....	8
3.2 實驗情境設計.....	8
3.3 實驗情境假設.....	9
3.4 零工式生產模式 (Job Shop Model).....	9
第四章 數據分析.....	11
4.1 探討 U 型曲線之管理注意力.....	11
4.2 工具機研究計畫.....	15
4.2.1 達交率(DDP)之分析.....	15
4.2.2 淨利潤(NP)的分析.....	16
4.2.3 在製品庫存(WIP)的分析.....	17
4.3 案例分析.....	18
4.3.1 成功案例一：某機械公司.....	18
4.3.2 成功案例二：某家具公司與某航空工業.....	19
第五章 結論與未來研究.....	21
參考文獻.....	22
附錄.....	24

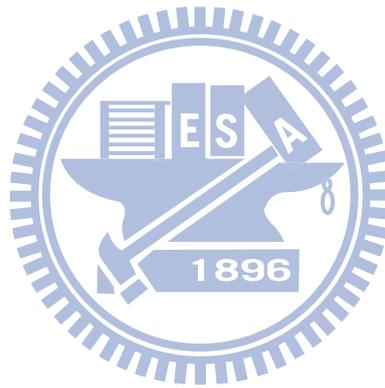
# 圖目錄

圖 1 U-curve 【7】 .....	2
圖 2 準時交貨率執行步驟 .....	3
圖 3 規劃負載(第一張訂單) .....	7
圖 4 規劃負載(第二張訂單) .....	7
圖 5 圖示說明 .....	19
圖 6 圖示說明 .....	20



# 表目錄

表 1	G1 與 G2 調整生產計劃次數之檢定： .....	12
表 2	G2 與 G3 調整生產計劃次數之檢定： .....	12
表 3	G2 與 G3 做錯產品優先順序次數之檢定： .....	13
表 4	G1 與 G2 達交率之檢定： .....	14
表 5	G2 與 G3 達交率之檢定： .....	14
表 6	Game 1 與 Game 2 之檢定 .....	15
表 7	Game 2 與 Game 3 之檢定 .....	16
表 8	Game 1 與 Game 2 之淨利潤檢定 .....	16
表 9	Game 1 與 Game 2 之在製品庫存檢定 .....	17
表 10	Game 2 與 Game 3 之檢定 .....	17
表 11	案例二基本資料 .....	20



# 第一章 研究動機與目的

Goldratt 博士在站在巨人的肩膀上(Standing on the Shoulders of Giants)【7】文章中提到 U-curve 的概念，U-curve 是時間緩衝與管理注意力的影響關係，如圖 1 所示，橫軸代表的是時間緩衝，縱軸為管理注意力的強度。U-curve 的左右兩邊是很極端的情況，從圖型的右邊來看，傳統的製造業大多位於這個區域，為了追求更有效率的生產方式而提早投料使得在製品愈來愈多，管理者因此必須要投入更多的心力和時間來處理工作現場的混亂，但生產績效依然不好，因此 Goldratt 博士建議將時間緩衝往左邊移動一點可以看到改善的成效。從圖型的左邊來看，TPS、Lean Production 的生產環境落在這個區域，為了要追求零庫存，控制生產緩衝的設定和加工時間一樣長，因而需要更準確的排程才不會有排隊等待的情況，但是任何突發的狀況，例如搬運零件的延遲，都會將管理注意力推向左端高處，所以 Goldratt 博士建議去增加時間緩衝讓 U-curve 往右邊移動。Goldratt 博士認為 U-curve 中間底部擁有足夠的水平區域可以讓太長的時間緩衝(U-curve 右端)或太短(U-curve 左端)的時間緩衝去往中間調整，而不會讓時間緩衝只是從右邊或左邊的高管理注意力推向另外一邊而已。但 Goldratt 博士的見解是正確的嗎？因此本研究將對 U-curve 的管理思維進行驗證的動作，要驗證的方向有幾點：

1. 首先，本研究要去驗證 U-curve 左右兩端高管理注意力的現象是否存在，若只是將時間緩衝的設定做個改變，讓時間緩衝往 U-curve 中間移動，是否可以觀察到管理者投入的心力和時間是顯著變小了。
2. 本研究希望去驗證 U-curve 中間是否擁有足夠的水平區域。
3. Goldratt 博士用「管理注意力」來表示 U-curve 的縱軸，但是沒有給予明確的定義，所以本研究會去觀察管理注意力並解釋說明之。

4. 因為過去沒有相關文獻來探討 U-curve，因此本研究希望藉由設計一個零工式生產的實驗來蒐集相關資料並驗證 U-curve。

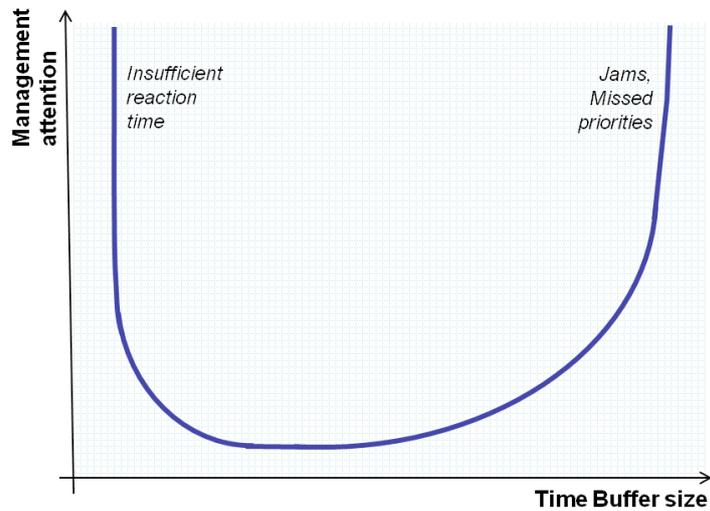


圖 1 U-curve 【7】

本研究之研究目的為驗證 U-curve 並探討管理注意力，所以希望透過模擬情境的分析來了解 U-curve。王美婷【9】建立了一個零工式生產工廠來探討提升交期績效的研究，而本研究則以王美婷【9】建立的 Job Shop Game 來進行資料蒐集是因為這個模擬情境適用於 U-curve 所探討的環境，因此，利用 Job Shop Game 並透過生產緩衝設定的改變去驗證 U-curve。

## 第二章 文獻探討

### 2.1 時間緩衝的探討

在過去，福特汽車以流水線(flow line method)的生產方式進行大量生產，它之所以如此成功的原因在於它做到了平衡流動性能，也就是以車間有限空間的庫存管理來避免過度生產【7】。同樣的，豐田汽車也以自己的一套看板管理模式來進行庫存的管控【17】。有別於福特汽車和豐田汽車以空間和庫存的方式，Dr. Eli Goldratt 提出以時間為基礎的概念來設計一套何時不生產的管理機制，此機制相較於 TPS 更能適用在不穩定的環境，這個論點可以用 U-curve 來清楚的表達。Dr. Eli Goldratt 認為去改善系統流暢性的一個起點是以目前前置時間的一半來當作生產緩衝時間[7]，接著搭配緩衝管理來決定生產的優先順序，因此一套完整的 TOC 管理方法緊接著 U-curve 的思維而延伸下去。

從 Dr. Eli Goldratt 的 S&T tree(戰略與戰術圖)【15】可以知道要達到高的準時交貨率有幾個重要的步驟：



圖 2 準時交貨率執行步驟

根據管理者設定的時間緩衝來決定產品的投料日、接單日和交期日是抑制投單管理的步驟，U-curve 的思維說明了時間緩衝可以不需要花費太多的時間來找最佳的落點【7】，而 SDBR 的管理作法【9】也應用了這樣的一個概念來決定生產緩衝時間。

## 2.2 管理注意力

觀察遊戲模擬過程中的管理行為可以了解管理者在緊急的時候如何對作業員做跟催的動作或是做了哪些調度，這時候就可以很清楚的看出管理者的領導能力。一位真正卓越的管理者知道「領導」是一種藝術，其目的是要創造一個能激勵鼓舞員工的環境，讓員工完全專注在工作上，達成最好的表現。而透過不斷的學習與經驗的交流，管理者可以累積個人的能力達成最好的管理績效【10】。

### 2.2.1 注意力的定義

1. 在注意力經濟一書中對注意力做出簡單的定義，定義注意力就是把精神活動，投注在特定資訊項目上，這些特定項目進行到我們的意識中時，會引起我們對特定項目的注意，然後我們便決定是否採取行動【18】。
2. 注意是人們非常熟悉一種心理現象，在清醒狀態下，注意活動是經常性的進行著，當人們注意某一事物時，伴隨著感覺、記憶、想像、思考等心理過程而存在，並表現出明顯的個別差異，所以注意力能反應人們心理活動的狀態【10】。

在生產線上的管理注意力通常是指包括機台、產品等等的變異，也就是出問題的次數，所以我把管理注意力簡單歸類為管理者對加工通知的發送次數以及抽掉有可能產生逾期訂單的管理行為。

## 2.3 零工式生產流程

因為零工式的生產方式普遍應用在業界，像是半導體的晶圓製造，所以本研究想要設計出一個零工式生產模式的工廠，分別做 Game 1 到 Game 5 的模擬，觀察管理者遇到不同時間緩衝下的決策，收集資料來分析並且下結論。零工式生產的問題是屬於比較複雜的模型，工單會在多個不同的機台上工作，而且每個工單會有自己要走的途程 (route)，流程式生產模式也是屬於這類的生產方式。

基本的零工式生產有許多假設，假設如下【11】：

1. 每個工單(job)在同一機台(machine)上最多只能經過一次。
2. 一台機台在同一時間只能加工一個工單。
3. 一個工單在同一時間只能在一台機台上加工。
4. 機台加工的順序事先已經指定。
5. 加工時間和整備時間皆為已知。

Chao and Pinedo【11】提到在零工式生產問題上，有一些基本的評估準則和目標函式，分別敘述如下：

1. 完成時間(makespan)：所有工件裡最晚完成的工件的完成時間，目標是讓完成時間越小越好。
2. 流程時間(flow time)：工件在系統裡停留的時間，目標是讓平均流程時間最小化。
3. 延誤時間(tardiness)：工件完成時間超過到期日(due date)的時間量，目標是讓總合延誤時間最小化。
4. 延遲時間(lateness)：工件完成時間和到期日的差異量，目標是讓總延遲時間最小化。

本研究之工單設計有包括完成時間和流程時間，因為有不考慮缺貨後補和考量銷貨損失的情況，所以延誤時間與延遲時間不列入工單設計。

## 2.4 以 SDBR 來決定交期日和投料日

本研究的零工式生產設計出來的工單如附錄1，管理者可依照產能負荷根據 SDBR 的方法來壓交期並決定接單日，在有變異的情境下，會因為生產緩衝時間的改變讓管理者做出不同的決策。

何謂SDBR?它就是傳統的限制驅導式排程 (Drum-Buffer-Rope, DBR)，是一種TOC的管理概念，主要的做法是讓生產系統跟著瓶頸的節奏走，但由於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Dr. Eli 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【9】。

使用SDBR來決定交期日與投料日的方法[8]及提升交期績效之實驗研究【9】。舉本研究設計的情境例子來說，若瓶頸機台負荷已經到了第四天，假設現在手邊有新的一張訂單甲，則這張甲訂單可以接嗎?何時投料?作法如下：

1. 因為瓶頸機台有很高的可能性可以在第5天開始加工甲訂單，假設生產緩衝時間為8天，以SDBR的做法來看，我有把握在第 8天把產品送到顧客手上。那第二張訂單可以接嗎?
2. 已知瓶頸機台負荷天數是5天，則我有把握在第9天把東西送到顧客手上，簡單的示意圖如下：

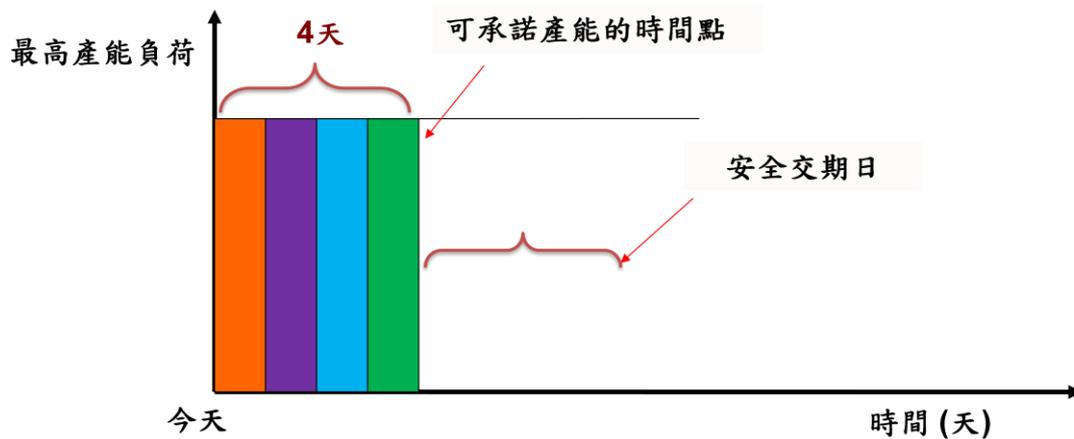


圖 3 規劃負載(第一張訂單)

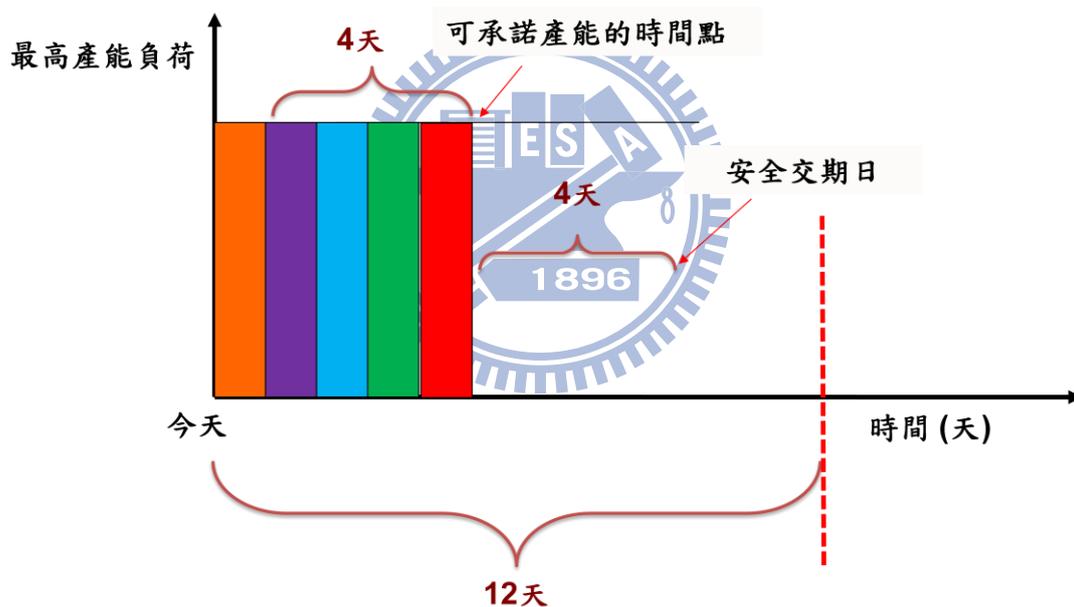


圖 4 規劃負載(第二張訂單)

由圖3可以知道在第8天承諾交期是可行的，但業界標準天數是12天，有必要在第8天承諾交期嗎？有不少研究指出減少前置時間對於企業的重要性，短的前置時間可以減少存貨、快速回應顧客的需求等，進而改善企業的競爭力【14】。

## 第三章 研究方法

### 3.1 研究架構

本研究之研究目的為驗證 U-curve 並探討管理注意力，所以希望透過模擬情境的分析來了解 U-curve 的管理思維。王美婷【9】建立了一個零工式生產工廠來探討提升交期績效的研究，第一次實驗證明變異不是主因，第二次實驗進而使用 SDBR 的管理方法來根據產能負荷進行生產，第三次實驗證明抑制投單是一個好的管理方法。本研究以王美婷【9】建立的 Job Shop Game 來進行資料蒐集是因為這個模擬情境適用於 U-curve 所探討的環境，因此，利用 Job Shop Game 並透過生產緩衝設定的改變去驗證 U-curve。

首先介紹 Job Shop Game 之遊戲進行方式與假設，接著進行資料的蒐集，最後分析數據資料並下結論。在分析數據的部分會在第四章討論。

### 3.2 實驗情境設計

本研究設計一個有變異生產情況的零工型工廠。主要目的是希望觀察出管理者在實驗過程中遇到不同生產緩衝時間的情況會如何下決策來避免工單延遲，以及分析 U-curve 左右兩端管理者要投入很多心力卻無法得到滿意結果的問題所在。在王美婷【9】的無變異生產實驗情境下，不管生產緩衝怎麼調整，只要有做好產能負荷和投料控管，管理者就可以很輕鬆的管理生產線，不用擔心達交率和 WIP 的問題，由於本研究比較貼近現實生產的作業情況，所以加入機台當機、產品重做等變異的因素來探討。

### 3.3 實驗情境假設

1. 本研究為更貼近工廠真實作業生產情況，所以設計有變異的生產情境，假設工廠的每個工作機台每天都會有一定的機率發生當機而造成當天無法工作，所以假設每個工作機台都有 80%的機率是正常運作的，以骰子來決定機台是否當機。
2. 假設市場需求是無限的，工廠必須充分利用最大的產能來生產產品。
3. 顧客不會接受缺貨後補，所以產品從接單到出貨的時間若超過承諾交期，則視為銷售損失。

### 3.4 零工式生產模式 (Job Shop Model)

1. 本研究以王美婷【7】之研究模型加入生產變異之情境設計出生產模型。
2. 本研究之零工型工廠有機台 A、機台 B、機台 C、機台 D 各一台。
3. 每種產品在每一機台的加工時間都是一天，且彼此無法互相支援。
4. 此工廠模型允許加班，廠長可視工廠運作情況要求加班，每一機台每天的可加班產品數為一個。
5. 各產品項生產一個所需之標準工時 (Touch Time) 為 4 天。
6. 有變異的生產情境設定為：  
Game 1 有 5%的變異，整個實驗過程會隨機 2 天發生變異。  
Game 2 有 10%的變異，整個實驗過程會隨機 4 天發生變異。  
Game 3 有 15%的變異，整個實驗過程會隨機 6 天發生變異。
7. 此工廠生產的產品有四種，分別是產品 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附錄 1 所示。
8. 附錄 1 列出各產品的售價、材料成本與機台加工順序之資訊。
9. 本實驗設定顧客可接受之交期等待時間 (Quoted Lead Time, QLT) 在三個情境下都不一樣，Game 1 到 Game 3 分別是 4、8、12 天。以 Game 3 來說，

如果業務在第 1 天接了產品 1 的訂單，此訂單承諾給顧客的交期日就是第 1 + 12 = 13 天，第 13 天為承諾給顧客交期日，超過這個時間客戶就無法接受。

10. 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 4 各一件。
11. 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。
12. 本研究會邀請產業界的人士或工業工程與管理背景的學生參加受測，所需要的試驗有 3 次，分別為 Game1 (時間緩衝為 4 天)、Game2 (時間緩衝為 8 天)、Game3 (時間緩衝為 12 天) 分成 11 組，每組需要 6 個人分別扮演的角色有廠長、生產經理、作業員 A、作業員 B、作業員 C 與作業員 D。
13. 試驗天數為 36 天，結束後比較各組結果，廠長在試驗結束後會進行本研究相關問題討論。



## 第四章 數據分析

本研究從 11 組蒐集的數據，如附錄 2，來驗證 U-curve 左右兩端高管理注意力的現象是否存在。因為遊戲設計的目的在於讓遊戲參與者可以很容易的上手，不會讓不了解遊戲而玩不好成為實驗參與者的藉口，又從管理注意力的定義來看，管理者投入的心力和時間可以用管理者調整生產計畫的次數以及達交率的生產績效來表示，故本研究將複雜的管理注意力因素簡單的歸納為這兩個觀察變項。

### 4.1 探討 U 型曲線之管理注意力

管理注意力的指標包括調度作業員、通知員工加班、跟催、指責員工、介入指導員工、計畫的安排、接單日延後、投料日安排、投入趕工成本、溝通與協調等。本研究從零工式生產實驗收集到例如調整生產計畫、達交率、平均在製品存貨、做錯優先順序的次數等相關數據來進一步解釋說明 U 型曲線管理注意力的變化。本研究對象為工業工程相關背景的大學生，分成 11 個組別來進行相關資料的蒐集，由研究者觀察記錄實驗結果並經由訪談取得資料。

#### 4.1.1 進行實驗

本研究以王美婷【9】建立之零工式生產工廠(Job Shop Game)來進行數據資料的蒐集。三個試驗觀察的情境分別為以下，由蒐集數據如附錄 2 來進行驗證：

Game1：生產前置時間為 4 天，此時管理者(廠長)必須根據生產管理的概念來排生產流程，並應付生產線的突發狀況，通常廠長會有的做法是放任訂單延遲，而把時間節省下來用在重新規畫下一個訂單不會被延遲。根據和廠長訪談的結果得知，大部分的管理行為會是希望多派人手加班避免工單延遲。

Game2：生產前置時間為 8 天，因產品加工時間為 4 天，所以有足夠的反應時間應付變異，同時生產線上的在製品不會太多，不會有作業員做錯加工順序。

Game3：生產前置時間為 12 天，此環境下的生產變異遠大於情境一與二，大部分觀察到的管理行為是管理者忙碌於車間和作業員並肩作戰。

#### 4.1.2 指標一：調整生產計畫

所謂調整生產計畫是指管理者適時對原先已規畫好的投單方式做改變。因為情境一沒有足夠的緩衝應付變異，即使變異非常小，突發狀況仍會讓管理者反應不及，因此，觀察這個指標的次數可以了解管理注意力的強度。本研究從三個情境收集到調整生產計畫的次數以 Game 1 最多，Game 3 次之，Game 2 最低，顯示 Game 1 的緩衝太小了，應該給予更多的時間緩衝來降低管理注意力。

如表 1 所示，在 5% 的顯著水準之下， $p=0.00005 < 0.05$ ，所以 reject  $H_0: P_a = P_b$  的假設，因此本研究下結論：在 5% 的顯著水準下，Game 1 的調整生產計畫次數與 Game 2 有顯著差異，由平均數可以得知 Game 1 次數顯著高於 Game 2。

表 1 G1 與 G2 調整生產計畫次數之檢定：

T-test for Dependent Samples (Spreadsheet5)								
Marked differences are significant at $p < .05000$								
Variable	Mean	Std.Dv.	N	Diff.	Std.Dv. Diff.	t	df	p
Game 1	2.909091	1.044466						
Game 2	0.454545	0.687552	11	2.454545	1.213560	6.708204	10	0.000053

如表 2 所示，在 5% 的顯著水準之下， $p=0.00608 < 0.05$ ，所以 reject  $H_0: P_a = P_b$  的假設，因此本研究下結論：在 5% 的顯著水準下，Game 2 的調整生產計畫次數與 Game 3 有顯著差異，由平均數可以得知 Game 3 次數顯著高於 Game 2。

表 2 G2 與 G3 調整生產計畫次數之檢定：

T-test for Dependent Samples (Spreadsheet7)								
Marked differences are significant at $p < .05000$								
Variable	Mean	Std.Dv.	N	Diff.	Std.Dv. Diff.	t	df	p
Game 2	0.454545	0.687552						
Game 3	1.545455	0.522233	11	-1.09091	1.044466	-3.46410	10	0.006081

### 4.1.3 指標二：做錯產品優先順序

訂單優先順序沒有處理好隨時會有遲交的狀況發生，管理者為了避免這種情況通常會積極介入幫忙作業員注意工單還距交期日多久，所以最常發生於在製品過多的生產環境下，而本研究之情境三屬於這類情況，因而做錯產品優先順序的次數最多。

表 3 G2 與 G3 做錯產品優先順序次數之檢定：

T-test for Dependent Samples (Spreadsheet9)								
Marked differences are significant at $p < .05000$								
Variable	Mean	Std.Dv.	N	Diff.	Std.Dv. Diff.	t	df	p
Game 2	0.000000	0.000000						
Game 3	0.636364	0.674200	11	-0.636364	0.674200	-3.13050	10	0.010681

如表 3 所示，在 5% 的顯著水準之下， $p=0.01068 < 0.05$ ，所以 reject  $H_0: P_a = P_b$  的假設，因此本研究下結論：在 5% 的顯著水準下，Game 2 的做錯產品優先順序次數與 Game 3 有顯著差異，由平均數可以得知 Game 3 次數顯著高於 Game 2。

因為 Game 1 與 Game 2 沒有做錯優先順序的情況發生，所以沒有辦法判斷兩者在這個管理注意力上指標的強度，最主要之因在於 Game 1 與 Game 2 之在製品都很低，相較於 Game 3 常常有 6 張以上的在製品使得一般作業員幾乎不會做錯優先順序。

### 4.1.4 指標三：達交率

如表 4 所示，在 5% 的顯著水準之下， $p=0.00008 < 0.05$ ，所以 reject  $H_0: P_a = P_b$  的假設，因此本研究下結論：在 5% 的顯著水準下，Game 1 的達交率與 Game 2 有顯著差異，由平均數可以得知 Game 2 次數顯著高於 Game 1。

表 4 G1 與 G2 達交率之檢定：

T-test for Dependent Samples (Spreadsheet27)								
Marked differences are significant at p < .05000								
Variable	Mean	Std.Dv.	N	Diff.	Std.Dv. Diff.	t	df	p
Game 1	0.804545	0.101328						
Game 2	1.000000	0.000000	11	-0.195455	0.101328	-6.39756	10	0.000079

如表 5 所示，在 5% 的顯著水準之下， $p=0.01180 < 0.05$ ，所以 reject  $H_0: P_a = P_b$  的假設，因此本研究下結論：在 5% 的顯著水準下，Game 2 的達交率與 Game 3 有顯著差異，由平均數可以得知 Game 2 次數顯著高於 Game 3。

表 5 G2 與 G3 達交率之檢定：

T-test for Dependent Samples (Spreadsheet29)								
Marked differences are significant at p < .05000								
Variable	Mean	Std.Dv.	N	Diff.	Std.Dv. Diff.	t	df	p
Game 2	1.000000	0.000000						
Game 3	0.950909	0.053001	11	0.049091	0.053001	3.071953	10	0.011801

### 小結：

本研究以一個零工式生產系統(Job Shop Game)模擬情境，從情境一到情境三去探討生產緩衝時間的改變對管理注意力強度的關係是否符合 U-curve 的分布趨勢。從管理注意力的各項指標分析三個實驗情境的差異，Game 2 的管理注意力強度顯然比 Game 1 或者 Game 3 來的低，驗證了 U-curve 管理注意力的分布結果，也就是說，生產線的生產緩衝時間太長會把管理注意力推向 U-curve 的右端，太短則推往左端的生產環境，造成的結果是即使管理者擁有無限的管理注意力也無法拯救績效不佳的後果。

## 4.2 工具機研究計畫

本研究從 11 組蒐集的數據，如附錄 2，來驗證 U-curve 左右兩端高管理注意力的現象是否存在，但因為此遊戲進行的情境只有分成左右兩邊和中間共三次的比較，所以無法驗證 U-curve 中間是否擁有足夠的水平區域，因此配合工具機計畫蒐集到的 24 筆資料，如附錄 4，來驗證第二個研究問題，最後以三家公司導入 TOC 的成功案例來支持本研究的結果。

Game1：生產前置時間最長為 12 天

Game2：生產前置時間最長為 9 天

Game3：生產前置時間最長為 6 天

### 4.2.1 達交率(DDP)之分析

$$H_0 : P_a = P_b$$

$$H_1 : P_a \neq P_b$$

$$\delta = 0.05$$



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
Game1	0.714747	0.137801						
Game2	0.996042	0.013431	24	-0.281294	0.141068	-9.76873	23	0.000000

如表 6 所示，在 5% 的顯著水準之下， $p=0.00000 < 0.05$ ，所以 reject  $H_0 : P_a = P_b$  的假設，因此本研究下結論：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。

表 7 Game 2 與 Game 3 之檢定

T-test for Dependent Samples (Spreadsheet3)								
Marked differences are significant at p < .05000								
Variable	Mean	Std.Dv.	N	Diff.	Std.Dv. Diff.	t	df	p
Game2	0.996042	0.013431						
Game3	0.998106	0.009278	24	-0.002064	0.016797	-0.602114	23	0.552988

如表 7 所示，在 5% 的顯著水準之下， $p=0.55299 > 0.05$ ，所以 Do not reject  $H_0 : P_a = P_b$  的假設，因此本研究下結論：在 5% 的顯著水準下，Game 2 達交率與 Game 3 達交率無顯著差異，由平均數又可以得知 Game 3 達交率高於 Game 2。

Game 1 是屬於長前置時間(U 型曲線右端)的生產作業，但從實驗結果可以看到，因為 Game 1 的達交率顯著比 Game 2 還差，且 Game 2 與 Game 3 沒有顯著差異，表示只要去縮短生產前置時間讓 U 型曲線右端的生產作業往左邊移動一點點就可以達到立即的而且是顯著的改善成效。

#### 4.2.2 淨利潤(NP)的分析

如表 8 所示，在 5% 的顯著水準之下， $p=0.42773 > 0.05$ ，所以 Do not reject  $H_0 : P_a = P_b$  的假設，因此本研究下結論：在 5% 的顯著水準下，Game 1 的淨利潤與 Game 2 的淨利潤無顯著差異。由平均數可以得知 Game 2 淨利潤高於 Game 1，可以看出減少前置時間的作法可以達到增加淨利潤的效果。

表 8 Game 1 與 Game 2 之淨利潤檢定

T-test for Dependent Samples (Spreadsheet5)								
Marked differences are significant at p < .05000								
Variable	Mean	Std.Dv.	N	Diff.	Std.Dv. Diff.	t	df	p
Game1	617.5000	105.0259						
Game2	635.8333	69.5743	24	-18.3333	111.2446	-0.807362	23	0.427729

### 4.2.3 在製品庫存(WIP)的分析

如表 9 所示，在 5% 的顯著水準之下， $p=0.00001 < 0.05$ ，所以 reject  $H_0 : P_a = P_b$  的假設，因此本研究下結論：在 5% 的顯著水準下，Game 1 的在製品庫存與 Game 2 的在製品庫存有顯著差異，由平均數可以得知 Game 2 在製品庫存顯著低於 Game 1。

表 9 Game 1 與 Game 2 之在製品庫存檢定

T-test for Dependent Samples (Spreadsheet7)								
Marked differences are significant at $p < .05000$								
Variable	Mean	Std.Dv.	N	Diff.	Std.Dv. Diff.	t	df	p
Game1	8.983333	1.466337						
Game2	6.908333	0.375229	24	2.075000	1.567954	6.483217	23	0.000001

如表 10 所示，在 5% 的顯著水準之下， $p=0.91634 > 0.05$ ，所以 Do not reject  $H_0 : P_a = P_b$  的假設，因此本研究下結論：在 5% 的顯著水準下，Game 2 在製品庫存與 Game 3 在製品庫存無顯著差異，由平均數可以得知 Game 2 在製品庫存低於 Game 3。

表 10 Game 2 與 Game 3 之檢定

T-test for Dependent Samples (Spreadsheet9)								
Marked differences are significant at $p < .05000$								
Variable	Mean	Std.Dv.	N	Diff.	Std.Dv. Diff.	t	df	p
Game2	6.908333	0.375229						
Game3	6.916667	0.116718	24	-0.008333	0.384387	-0.106208	23	0.916339

因此，從以上的結果可以清楚看到在製品庫存會因為縮短前置時間來達到立即和顯著的改善。

從生產績效的數據可以知道縮短前置時間在一開始就可以達到顯著改善的效果，從 Game 1 與 Game 2 顯著的改變可以看出來，而 Game 2 與 Game 3 沒有顯著改變，表示 Game 2 的生產績效和 Game 3 都處於較佳的狀態，因此驗證了 U-curve 有足夠的水平區域。

## 小結：

由 4.1 工具機研究計畫的資料分析結果可以驗證以往 Goldratt 博士以目前前置時間的一半當作生產緩衝時間的作法是正確的，也就是說，此分析資料驗證了 U 型曲線中間的水平區域具有足夠的寬度。本研究驗證了過去 TOC 文獻沒有探討到卻廣泛應用在 SDBR 上的作法，接著由 4.3 節以實務上導入 TOC 方法的成功案例加以佐證本研究探討的 U-curve 管理思維。

## 4.3 案例分析

### 4.3.1 成功案例一：某機械公司

某機械工業公司起源於 1962 年，其資本額為新台幣貳拾萬元整，並開始生產沖床。在 2006~2008 的年銷售金額分別約為 40、45、31 億元。遇到的問題是準交率不佳（約 30~45%）、前置時間長（約 30~45 天不等）、整體庫存高（約 5.8 億元）、生產銷售流程不順暢，並從 2008 年 9 月開始正式導入 TOC。

該公司生產產品的加工時間大約為 5~7 天，但其生產前置時間卻是 30~45 天之高，很顯然這家公司是位於 U 型曲線右端高管理注意力的生產環境，而經過了長達一年的 TOC 導入，由 SDBR 生產系統、TOC 配銷管理（物料及庫存）等等管理做法將生產前置時間縮短到 30 天以內可以看到的具體成效包括：

1. 存貨較去年前三季同期降低 30%。
2. 準確交貨率也由去年前三季的 39%，提升到今年同期的 80%，預計未來此項成效將穩定維持在 95% 的水準。

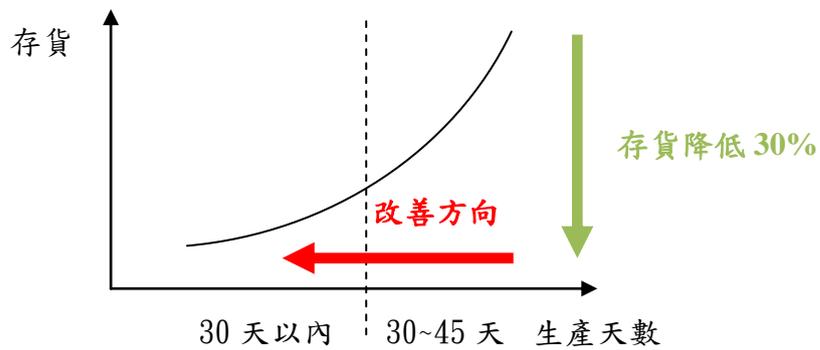


圖 5 圖示說明

#### 4.3.2 成功案例二：某家具公司與某航空工業

生產實木家具的公司其加工時間大約為3~5天，發動機零組件的航空工業其加工時間大約為8~10天，如表11。這兩家公司的生產前置時間均大於2個月，和案例一的公司都是位於U型曲線右端，前置時間相對於加工時間是相當大的一個生產環境，經過TOC的改善手法降低了生產前置時間，同樣的，在WIP、銷售成績以及達交率上都有顯著的改善，如圖6。

表 11 案例二基本資料

公司	****家具	**航空工業
位置	河北廊坊	台灣
營業主要項目	實木家具	發動機零組件
07 年營業額	4.5 億元人民幣 約 20 億新台幣	50 億元新台幣 約 12 億人民幣
員工數	約 5000 人 年人均產值約 40 萬 新台幣	約 1000 人 年人均產值約 500 萬 新台幣
生產加工時間	大約為 3~5 天	大約為 8~10 天
改善前、後前置時間	60→15 天	76→53 天
改善前、後 WIP	2.1→0.2 億元人民幣 (下降 90%)	4.27→2.38 億元新台幣 (下降 44%)
改善前、後廠內準交率	50%以下→99% (改變出貨模式)	75%以下→95%
銷售改善程度	增加 36% 從 3.3 到 4.5 億元	-----

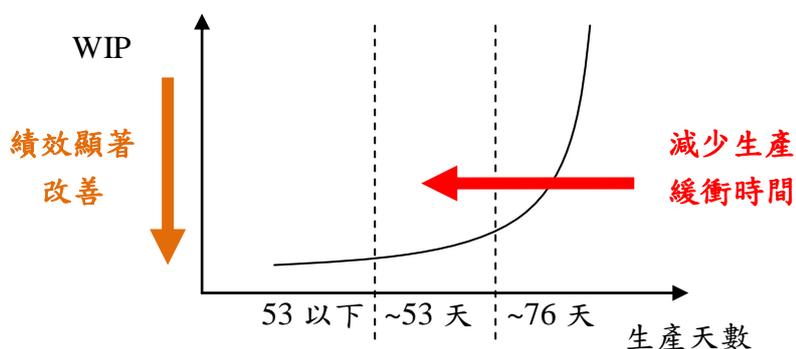


圖 6 圖示說明

## 第五章 結論與未來研究

本研究之研究目的為驗證 U-curve 左右兩端高管理注意力的現象是否存在，以及驗證 U-curve 中間是否擁有足夠的水平區域。使用的研究方法為從零工式（Job Shop）的生產實驗蒐集資料並配合統計軟體的分析來驗證。

由驗證的指標如調整生產計畫和達交率可以驗證 U-curve 左右兩端高管理注意力存在的現象，但是其它指標例如平均在製品存貨和做錯優先順序的次數沒有辦法看到這個現象。驗證的結果有以下幾點：

1. 太長、太短的時間緩衝都會傷害交期。
2. 不需要浪費時間去尋找最佳時間緩衝，只需要選擇目前前置時間的一半即可，表示 U-curve 在調整適當的時間緩衝的決定是可以快又有效率的。
3. 藉由實驗來證明管理者注意力可以顯著的而且是大幅度的被改善，管理者可以不再疲於奔命的解決問題，而是很輕鬆的管理發生問題次數很少的工廠。
4. 在 U-curve 的應用面來看，從時間緩衝去著手改善就可以看到初步的改善成效，會更加支持業界導入 TOC 的信心，而且也因為這個初步的成效得以讓 TOC 的改善持續下去。

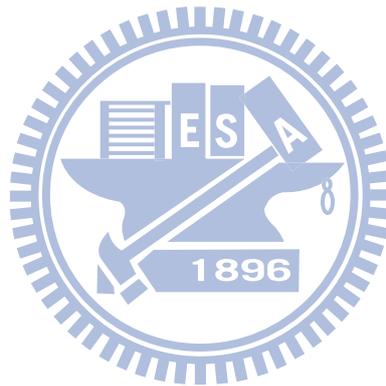
在未來研究與建議方面，本研究雖然以實務上成功的案例支持了本研究的結果，但仍建議在研究方法的部分對於有實務經驗的專家去進行管理注意力的深度訪談可以更明確的了解 U-curve 的管理思維。本研究從兩個方向去驗證了 U-curve，分別是高管理注意力的存在現象和足夠的底部水平寬度，但如何去向業界說明他們的生產環境不是位於 U-curve 中間的水平區域而是左右的兩個極端環境是未來研究可以繼續探討的議題。

## 參考文獻

1. Baker. K. R., Introduction to Sequencing and Scheduling, John Wiley & Sons. Inc., 1974.
2. Chao, X. and Pinedo, M. (1999), *Operations Scheduling with Applications in Manufacturing and Services*, Irwin, McGRAW-Hill, U.S.A..
3. Eli Schragenheim and H. William Dettmer, Manufacturing at warp speed: optimizing supply chain financial performance (2001)
4. Lawrence M. Wein, Scheduling Semiconductor Wafer Fabrication, IEEE Transactions On Semiconductor manufacturing, Vol 1, No3, 1988
5. 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
6. 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, pp.155-164, Feb 1998.
7. Dr. Eli Goldratt, 「Standing on the Shoulders of Giants」, 授權中華高德拉特協會翻譯與刊出, 民國 97 年。
8. 李自強, 「混合生產線看板系統與計畫性生產方式應用探討—以汽車業及其協力體系為例」, 元智大學工業工程與管理研究所, 碩士論文, P14-P23, 民國 94 年。
9. 王美婷, 「提升交期績效之實驗研究」, 國立交通大學工業工程與管理研究所, 碩士論文, 民國 97 年。
10. 邱上芬, 「商品陳列位置與注意力之關係研究」, 南台科技大學行銷與流通

管理系，碩士論文，民國 92 年。

11. 張偉立，「利用分支界限法求解多資源零工式生產排程」，國立清華大學工業工程與工程管理學系，碩士論文，民國 93 年。
12. 程文郁，「以質性研究方法探討消費者選擇行動電話服務業者之行為」，國立中山大學管理學院企業管理研究所，碩士論文，民國 91 年。
13. 鄭漢中，「以電子化供應鏈主生產排程系統降低前置時間之研究」，國立成功大學工業管理研究所，碩士論文，民國 91 年。
14. 羅明正，「前置時間可縮短之最適經濟訂購策略研究」，國立台灣科技大學工業管理系，博士學位論文，民國 94 年。
15. Thomas H. Davenport，「注意力經濟—抓準企業新焦距」，天下文化出版，民國 91 年。



# 附錄

## 附錄 1. Job Shop Game 產品資料

### 產品資訊

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

參考資料：[9]

### 工單表格



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			

參考資料：[9]

附錄 2. Job Shop Game 資料蒐集

組別	管理注意力 Game 1			
	Replan 次數	達交率	平均在製品 存貨	做錯優先順序 次數
1	3	0.84	3.3	0
2	3	0.88	3.5	0
3	2	0.69	4	0
4	1	0.67	3.7	0
5	2	0.70	3.5	0
6	4	0.91	3.5	0
7	2	0.74	3.8	0
8	4	0.81	4.7	0
9	4	0.93	5.1	0
10	4	0.94	4.5	0
11	3	0.74	3.6	0

管理注意力 Game 2				
組別	Replan 次數	達交率	平均在製品 存貨	做錯優先順序 次數
1	0	1.00	5.9	0
2	0	1.00	5.6	0
3	0	1.00	5.6	0
4	1	1.00	5.4	0
5	1	1.00	5.6	0
6	0	1.00	5.6	0
7	0	1.00	6.1	0
8	2	1.00	4.9	0
9	1	1.00	5.2	0
10	0	1.00	5.6	0
11	0	1.00	5.6	0

管理注意力 Game 3				
組別	Replan 次數	達交率	平均在製品 存貨	做錯優先順序 次數
1	2	1.00	6.8	0
2	1	0.92	8.3	1
3	2	0.95	7.1	1
4	1	0.83	8.9	2
5	1	0.94	8.1	0
6	2	1.00	6.8	0
7	2	1.00	7.5	0
8	1	0.96	7.7	1
9	2	1.00	5.3	0
10	1	0.90	8.9	1
11	2	0.96	7.2	1

## 附錄 3.工具機計畫 Job Shop Game 資料

TCC SDBR - Production Game

### 生產管理演練說明

A → C → B → D

#### • 工作站與產能

- 共有四站(A-B-C-D)
- A & C站的機台各有2台，B & D站的機台各有1台，都有其獨特加工能力，所以不能互換或相互支援
- 四位組員分別扮演四站的領班，其工作內容為「派工」及記錄訂單於該站的完成時間
- 加工的內容為「填資料」

#### • 訂單與產品

- 共有四種產品(#1, #2, #3, #4)
- 訂單是以訂單卡表示，訂單卡上標示產品名稱及加工途程(製造程序)，每張訂單卡在每站的生產時間是1~2台天，每張訂單卡共需4~6台天
- 訂單卡可視為是工件(實體)，「填資料」相當於是「加工」
  - A & C領班每日最多可填2格，B & D領班每日只可填1格
- 部份填了，則為在製品
- 全部填完後，即為成品

(C) 2009 Tony Chen



TCC SDBR - Production Game

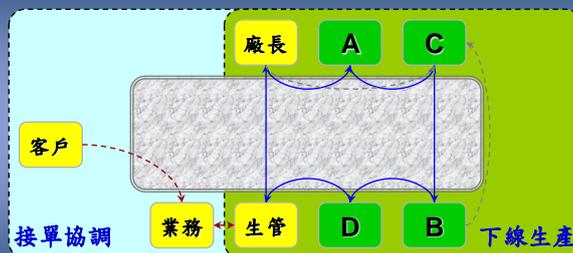
### 生產管理演練說明

請各組指派角色  
與調整座位

#### • 角色說明

- 客戶(由講師擔任): 負責釋出訂單
- 業務1人: 負責承接訂單與回覆交期
- 生管1人: 負責生產計劃與業務協商交期  
(每組6人時,業務/生管合併為1人)
- 廠長1人: 負責決定下線日與指揮各站領班
- 領班4人(A-B-C-D四站): 負責生產

#### • 建議的工廠佈置

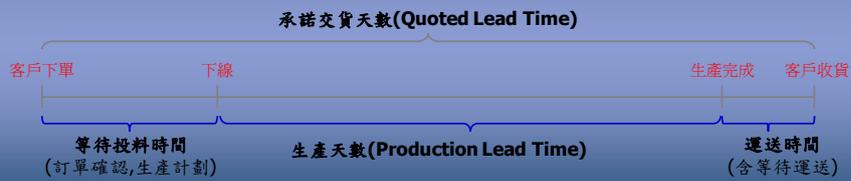


(C) 2009 Tony Chen

# 訂單卡說明



訂單卡		產品 #1
接單日 _____	DTD 天數 _____	承諾出貨日 _____
下線日 _____	完成日 _____	生產天數 _____
遲交天數 _____		
製程		
<b>A → C → B → B → D</b>		
□	□	□ □ □ □ □



(C) 2009 Tony Chen

# 產品基本資料

- 共有 4 種產品：
  - 各產品訂單數量：依客戶(講師)指示

產品	售價 (萬元)	材料成本 (萬元)	製造程序	製造工時 (天)	期初 WIP 及所在位置
#1	325	105	A → C → BB → D	5	機台 C 前有 2 件
#2	285	150	AA → CC → B → D	6	機台 D 前有 1 件
#3	240	120	AA → C → B → C → D	6	機台 A 前有 1 件
#4	355	205	C → BB → D	4	機台 B 前有 1 件

- 基本資料與條件
  - 作業費用：3000 萬元 (工作天數：30 天)
  - 加班費率：60 萬元/次(站)

(C) 2009 Tony Chen

參考資料：Tony Chen(2007)

附錄 4. 工具機計畫資料蒐集

組別	完成訂單數				完成但 delay				應交未交				DDP			
	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
31	21	22	23	23	11				2				0.43	1.00	1.00	1.00
34	21	22	23	22	9				1				0.55	1.00	1.00	1.00
38	21	22	23	23	9				1				0.55	1.00	1.00	1.00
19	21	22	23	23	4				2				0.74	1.00	1.00	1.00
20	21	22	23	23	8								0.62	1.00	1.00	1.00
18	21	21	23	23	3				2				0.78	1.00	1.00	1.00
29	22	22	23	23	7								0.68	1.00	1.00	1.00
22	22	22	23	23	7								0.68	1.00	1.00	1.00
21	21	22	23	23	8				2				0.57	1.00	1.00	1.00
44	23	22	23	23	8				6				0.52	1.00	1.00	1.00
51	21	21	22	23	5		1		2				0.70	1.00	0.95	1.00
33	23	22	23	23	2								0.91	1.00	1.00	1.00
37	23	22	23	23	6								0.74	1.00	1.00	1.00
14	21	22	23	23	4								0.81	1.00	1.00	1.00
16	23	22	23	23	4	1							0.83	0.96	1.00	1.00
25	22	22	23	23	7								0.68	1.00	1.00	1.00
24	22	21	23	23	3				3				0.76	1.00	1.00	1.00
36	22	22	23	23	7								0.68	1.00	1.00	1.00
15	22	22	23	23	6								0.73	1.00	1.00	1.00
45	23	22	23	23	2								0.91	1.00	1.00	1.00
6	22	22	23	22	8								0.64	1.00	1.00	1.00
7	22	22	23	23				1					1.00	1.00	1.00	0.96
10	22	22	23	22	4	1		1	1				0.78	0.95	1.00	0.96
1	23	21	23	23	2				1				0.88	1.00	1.00	1.00

平均生產時間				NP				MAX-Q	平均在製品存貨			
R1	R2	R3	R4	NP	R2	R3	R4	R1	R1	R2	R3	R4
14.71	7.61	5.61	7.11	545	660	820	820		11	6.8	6.9	7.2
12.32	8.21	6.16	7.94	465	660	820	665		9.5	6.9	6.9	7.6
12.29	8.44	6.16	7.11	520	660	820	820		10	7	6.9	7.2
12.00	8.17	5.58	7.33	545	685	820	820	4	9.2	6.4	6.9	7.2
11.06	8.12	5.58	6.50	505	660	820	820	4	9	6.5	6.9	7.6
10.88	7.41	5.58	7.11	490	475	820	820	7	9.8	6.6	7	7.6
10.63	8.50	5.58	6.42	670	685	820	820	19	9.3	7	6.9	7.2
10.61	7.56	5.63	7.32	615	615	820	820		7.8	7.7	6.9	7.2
10.59	8.30	5.84	7.00	520	660	820	820		11	6.7	6.9	7.2
10.47	8.06	5.58	7.11	765	660	820	820		13	6.7	6.9	7.2
10.35	8.24	6.56	7.32	490	475	665	820		9.3	7	7.2	7.2
10.33	8.28	5.89	7.11	795	660	820	820		7.4	6.9	6.9	7.2
10.32	8.11	5.58	7.32	720	685	820	820		8.3	6.8	6.9	7.2
10.28	7.67	5.59	7.11	450	660	820	820	4	8.3	8	6.9	7.2
10.19	8.72	5.58	7.11	725	660	820	820	4	8.3	7	6.9	7.2
9.98	8.63	5.67	6.95	615	660	820	820		8.7	7	6.9	7.2
9.94	8.50	5.63	6.89	655	475	820	820	14	9.6	7.2	6.9	7.2
9.79	8.22	5.58	7.32	670	660	820	820		9.1	7	6.9	7.2
9.78	8.61	5.58	6.58	615	660	820	820	4	7.5	6.6	6.9	7.2
9.74	7.44	5.74	7.11	795	685	820	820		7.9	6.7	7	7.2
9.72	8.56	5.74	7.33	710	685	820	665	24	8.5	6.5	7	7.5
9.72	6.78	5.58	7.63	610	685	820	820	9	5.3	6.8	6.5	7.7
9.61	8.56	5.64	7.67	645	660	820	665	8	8.9	7.4	7.1	7.7
9.56	8.88	5.58	7.05	685	530	820	820	30	8.9	6.6	6.9	8.5