

國立交通大學

管理學院(工業工程與管理學程)碩士班

碩士論文

晶圓代工廠限制驅導式生產管理系統之應用

**An Application of Drum-Buffer-Rope Production Management
System in Foundry of Semiconductor Manufacturing Factor**



研究生:張琬菁

指導教授:李榮貴 教授

中華民國九十三年六月

晶圓代工廠限制驅導式生產管理系統之應用

**An Application of Drum-Buffer-Rope Production Management
System in Foundry of Semiconductor Manufacturing Factor**

研究生:張琬菁

Student: Wan-Ching Chang

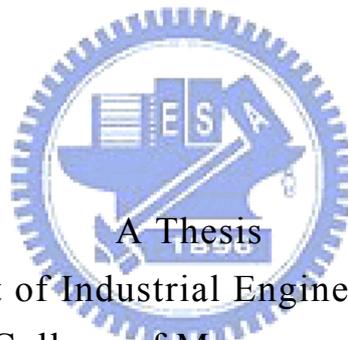
指導教授:李榮貴 博士

Advisor: Dr. Rong-Kwei Li

國立交通大學

工業工程與管理學系

碩士論文



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 of Science

In

Industrial Engineering

June 2004

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十三年六月

國立交通大學

博碩士論文授權書

本授權書所授權之論文為本人在國立交通大學(學院)工業工程與管理系所
92學年度第二學期取得碩士學位之論文。

論文名稱：晶圓代工廠限制驅導式生產管理系統之應用
指導教授：李榮貴 博士

同意 不同意(國科會科學技術資料中心重製上網)

本人具有著作財產權之上列論文全文(含摘要)資料，授予行政院國家科學委員會科學技術資料中心(或改制後之機構)，得不限地域、時間與次數以微縮、光碟或數位化等各種方式重製後散布發行或上載網路。

本論文為本人向經濟部智慧財產局申請專利(未申請者本條款請不予理會)的附件之一，申請文號為：_____，註明文號者請將全文資料延後半年再公開。

同意 不同意(圖書館紙本影印)

本人具有著作財產權之上列論文全文(含摘要)資料，授予教育部指定送繳之圖書館及國立交通大學圖書館，基於推動讀者間「資源共享、互惠合作」之理念，與回饋社會及學術研究之目的，教育部指定送繳之圖書館及國立交通大學圖書館得以紙本收錄、重製與利用；於著作權法合理使用範圍內，不限地域與時間，讀者得進行閱覽或列印。本論文為本人向經濟部智慧財產局申請專利(未申請者本條款請不予理會)的附件之一，申請文號為：_____，註明文號者請將全文資料延後半年再公開。

同意 不同意

本人具有著作財產權之上列論文全文(含摘要)，授予國立交通大學與台灣聯合大學系統圖書館，基於推動讀者間「資源共享、互惠合作」之理念，與回饋社會及學術研究之目的，國立交通大學圖書館及台灣聯合大學系統圖書館得不限地域、時間與次數，以微縮、光碟或其他各種數位化方式將上列論文重製，並得將數位化之上列論文及論文電子檔以上載網路方式，於著作權法合理使用範圍內，讀者得進行線上檢索、閱覽、下載或列印。

論文全文上載網路公開之範圍及時間：

本校及台灣聯合大學系統區域網路 立即公開

校外網際網路 不公開

上述授權內容均無須訂立讓與及授權契約書。依本授權之發行權為非專屬性發行權利。依本授權所為之收錄、重製、發行及學術研發利用均為無償。上述同意與不同意之欄位若未鈎選，本人同意視同授權。

研究生：張畹菁

學號：9063513

親筆正楷：張畹菁 (務必填寫)

中華民國 93 年 6 月 16 日

國立交通大學
研究所碩士班
論文口試委員會審定書

本校管理學院碩士在職專班工業工程與管理組 張曉菁 君

所提論文：晶圓代工廠限制驅導式生產管理系統之應用

合於碩士資格水準、業經本委員會評審認可。



口試委員：

杜榮夫

李學常

張啟心

指導教授：

李學常

專班組長：

唐麗英

教授

中華民國九十三年六月十六日

晶圓代工廠限制驅導式生產管理系統之應用

學生：張畹菁

指導教授：李榮貴博士

國立交通大學管理學院碩士在職專班工業工程與管理組

中文摘要

目前在台灣的半導體業有應用限制驅導式排程與管理技術(Drum-Buffer-Rope, DBR)於生產管理的公司包括有台積電、聯電、華邦電、旺宏、茂矽...等多家公司，但是這些公司在限制驅導式排程與管理技術的實際推展上，對於限制驅導式管理的精神是否吻合，以及是否存在一些差距無法真正的落實，對於此眾說紛紜的推展成果，必須加以釐清。

本研究期望藉由個案公司的檢討，針對號稱為限制驅導式排程與管理技術(Drum-Buffer-Rope, DBR)的 A 公司，實際生產運作情況是否有符合 DBR 的精神，對於實施不夠完善的部分，說明原因以及提出改善方案，期望能夠讓個案公司藉由檢視生產系統的過程，探討其在運用此技術時，對於 DBR 似乎僅僅是”觀念”的運用，而在實際的生產線上所面臨的困難以及不足的部分加以強化，並將在 DBR 推展上無法真正落實以及尚有差距的部分加以釐清，在檢視過程中不斷的提出改善生產系統方法，例如：以實體的晶圓代工廠依據 DBR 所發展出適用於 A 公司且能達到合理且有彈性之關鍵層別比值法 (Critical Ratio by Critical Layer, CRCL)，來建立整廠的派工模式，期望藉由持續的改善過程使 A 公司的生產系統能夠更趨近於真正的 DBR 管理的公司。

由於半導體景氣的循環，景氣由谷底翻揚到現在的活絡，出貨量由 5000 片/月攀升到 25000 片/月，在出貨量增加 5 倍的情況下，A 公司在兩年半的期間不斷的檢視生產系統且持續的改善，才有生產週期時間縮短 9% 以及產品達交率增加 27% 的成果，但是我們還是要持續不斷的努力讓系統更完善，期望此研究能夠給予更多推展 DBR 瓶頸管理的公司有一些啟發，能夠正視問題的癥結點，不要誤以為僅只有 DBR 的觀念應用於生產系統就是導入 DBR 的公司了。

關鍵詞:晶圓代工、限制理論、限制驅導式排程與管理、生產週期時間、達交率。

An Application of Drum-Buffer-Rope Production Management System in Foundry of Semiconductor Manufacturing Factor

Student: Wan-Ching Chang

Advisor: Dr. Rong-Kwei Li

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

ABSTRACT

In the semiconductor industry in Taiwan, the technology of Drum-Buffer -Rope (DBR) management is widely adopted in many companies such as tsmc, UMC, Winbond, MXIC and Mosel etc. However, in the real application of DBR management, there still exist unclear results to be clarified regarding whether the gist of the theory is really carried out and whether some gaps exist in its execution.

A case study, Company A that announced adoption of DBR in its production, is examined in this research. At the beginning, company A is considered to satisfy the DBR spirit, but only concepts are employed after a series of examination. This thesis tries to deal with the difficulties that Company A faces in the production line and suggest further improvements to strengthen the operational system in the hope that Company A becomes a real company applying DBR.

Buffer Management is used to examine the system of company A. Continuous improvements are proposed during examining procedure. For example, according to DBR management, a much more reasonable and flexible auto-dispatching model via the CRCL (Critical Ratio by Critical Layer) method is developed and established in the whole factory of company A. In two and a half years, due to the hot season coming, the shipping quantity is five times in production, the performance of cycle time is shortened to 9%, and the on-time delivery is increased to 27%. Continuous improvements are still performed to make the system more perfect. This research is expected to inspire more companies to employ DBR management to face the real problem. One is not a DBR company if it just introduces the concept to the production system.

Key words: Foundry 、 TOC 、 DBR 、 Cycle Time 、 On Time Delivery

誌 謝

埋首於論文的日子終於結束了，放下心中的石頭，停止了閉關的日子，可以去完成未來的夢想，而對於未來的許多規劃又是新的挑戰開始。

本論文得以完成，這一切都要感謝指導教授李榮貴博士，在研究期間對於論文的研究方向、以及文章的架構給予悉心的指導及教誨，使學生能夠在此過程中不斷的學習與成長，同時要感謝蘇朝墩教授、蔡志弘教授、張盛鴻教授及杜瑩美教授等提供寶貴的建議與論文修正方向，使本論文更臻完善。

在論文撰寫期間，感謝身邊的親朋好友及同事們給我的鼓勵，特別是外子的默默付出與支持，以及同事文菱的全力幫忙，還有同窗俐芬的相互勉勵，讓論文的進行更加順利。

張畹菁

June 2004



目 錄

	頁次
中文摘要	i
英文摘要	ii
誌謝	iii
目錄	iv
表目錄	v
圖目錄	vi
符號說明	vii
一、	緒論
1.1	研究動機
1.2	研究目的
1.3	研究範圍與限制
1.4	論文架構與流程
二、	文獻探討
2.1	限制驅導式排程與管理技術簡介
2.2	辨識瓶頸資源
2.3	考慮瓶頸資源利用率的投料法則
2.4	關鍵層別比值派工法
三、	DBR 在晶圓代工廠之應用
3.1	確認系統限制
3.2	充分利用(Exploit)系統的限制-鼓(Drum)
3.2.1	受限產能多機(2台)無迴流製程
3.2.2	受限產能為多機(7台)且迴流製程 1~2 次
3.3	系統全力配合步驟二之決策
3.4	緩衝管理
四、	結論與未來研究方向
4.1	系統修改歷程
4.2	改善實績
4.2.1	過去績效
4.2.2	預期目標
4.2.3	實際成果
4.3	結論
4.4	未來研究方向
參考文獻	35
附錄一	37

表 目 錄

	頁次
表 2-1: 各工作站的產能利用率.....	7
表 2-2: 工作站 XFC contribution.....	8
表 2-3: 機台 XFC contribution.....	8
表 2-4: 考慮瓶頸資源投料法則.....	9
表 3-1: P1 產品 XFC 值前 15 項.....	14
表 3-2: 受限產能多機(2 台)無迴流日排程.....	17
表 3-3: order table 1.....	21
表 3-4: order table 2.....	21
表 3-5: order table 3.....	21
表 3-6: 派工優先順序與條件.....	24
表 3-7: Priority 作業順序分區表.....	26
表 4-1: DBR 瓶頸管理方法檢視 A 公司結果.....	27
表 4-2: 過去績效.....	29
表 4-3: 預期目標.....	30
表 4-4: 改善前、改善後數據.....	31
表 4-5: 預期目標達成表.....	32



圖 目 錄

	頁次
圖 1-1: 論文架構與流程.....	2
圖 2-1: DBR 模式示意圖.....	5
圖 3-1: DBR 瓶頸管理流程.....	12
圖 3-2: A 公司瓶頸機台產品製造流程.....	15
圖 3-3: 自動下線系統流程圖.....	20
圖 3-4: 自動派貨系統流程圖.....	23
圖 4-1: Cycle Time& Wafer out Chart.....	30
圖 4-2: Cycle Time& Wafer out & WIP Chart.....	31
圖 4-3: 改善前、改善後指標圖.....	32



符號說明

X_i	: 代表 i 站點的 C/T 為 i 站點標準作業時間的倍數
XFC	: 代表 X 因子的分佈
RPT $_i$: raw process time, 站點 i 的標準作業時間
RPT $_{all}$: 所有站點的標準作業時間
UTIL	: 機台使用率
CT	: Cycle Time, 產品生產週期時間
TCT	: Total Cycle Time, 總生產週期時間
RCT	: Remaining Cycle Time, 剩餘生產週期時間
R	: Ratio, 調整緩衝時間使用的比例值
CT $_{wat}$: 產品投料到加工站點 WAT 前的生產週期時間
ST 2 days	: Safe time 2 days, 以 2 天作為出貨緩衝
β	: sequence number of operation, 加工站點順序



第一章 緒論

1.1 研究動機

限制理論(Theory of Constraints, TOC)目前已應用在包括航太工業、汽車製造、半導體、鋼鐵、紡織、電子、機械五金、食品、保險...等各個產業。美國三大汽車廠並且在 QS9000 裏將限制理論列為持續改善的一種方法。限制理論應用到生產管理，為限制驅導式排程與管理技術(Drum-Buffer-Rope, DBR)。

目前在台灣的半導體業有應用限制驅導式排程與管理技術於生產管理的公司包括有：台積電、聯電、華邦電、旺宏、茂矽...等多家公司，但是這些公司在限制驅導式排程與管理技術的實際推展上，對於限制驅導式管理的精神是否吻合，以及是否存在一些差距無法真正的落實，對於此眾說紛紜的推展成果，無法給予合理的解釋，並且對於下列問題也無法確實的澄清：

1. 投料、排程、派工都是以限制理論的觀念做，但是瓶頸是真正的瓶頸嗎？
2. 現有的瓶頸投料方式，是否有考慮周詳？非瓶頸真的有全部配合瓶頸嗎？生產現場的執行有確實遵守規定嗎？
3. 對於延誤交期的產品何者為正確的派貨優先順序？
4. 要符合哪些條件才是真的將限制驅導式排程與管理導入並落實的公司？

1.2 研究目的

本研究期望藉由個案的檢討，對於號稱為限制驅導式排程與管理技術的 A 公司，其實際生產運作情況是否有符合限制驅導式排程與管理的精神，若沒有或者是不夠完善的部分，說明原因以及提出改善方案，期望能夠使 A 公司藉由檢視生產系統的過程，探討其在運用此技術時，對於限制驅導式排程與管理似乎僅僅是”觀念”的運用，在實際的生產線上所面臨的困難以及不足的部分加以強化，並將在限制驅導式排程與管理推展上，無法真正落實以及尚有差距的部分加以釐清，使 A 公司的生產系統能夠更趨近於真正的限制驅導式排程與管理的公司，並將此一系列的改善方法與過程，提供給推展限制驅導式排程與管理的公司，作為審視其系統的參考。

1.3 研究範圍與限制

本研究是針對晶圓代工廠在限制驅導式排程與管理的基礎下，針對系統資源做有效的應用，對於瓶頸及非瓶頸機台構建投料方法與派工法則，作為生產系統控制的依據，為了降低實體環境的複雜度，基於實際應用於生產線的考量下，本論文的研究限制如下：

1. 本文所探討之晶圓代工廠為接單式生產。
2. 系統的限制以機台產能為主不考慮人為因素。
3. 訂單以生產管理部門收到可以投料為訂單開始，不考慮生產管理部門接單前光罩、原物料、製程評估等前置作業問題。
4. 評估範圍以客戶給予生產的訂單為主，不考慮工程產品。

1.4 論文架構與流程

本論文研究流程主要分為四大部分如圖 1-1 所示，第一章緒論介紹研究動機與目的，還有研究的範圍與限制。第二章文獻探討先簡單的介紹限制驅導式排程與管理方法，另外針對 A 公司所使用的瓶頸辨識的方法以及投料和派工方式加以說明。第三章限制驅導式排程與管理在晶圓代工廠之應用，是以個案晶圓代工廠使用限制驅導式排程與管理的實際情況做檢視，找出工廠實際運作上與限制驅導式排程與管理理論的差距。第四章結論與未來研究方向，對第三章所找出的問題點做總結，對於個案公司在限制驅導式排程與管理的應用上，有差距的地方提出改善方案，以趨近真正限制驅導式排程與管理的公司，並且對於未來可繼續改善的方向提出建議。

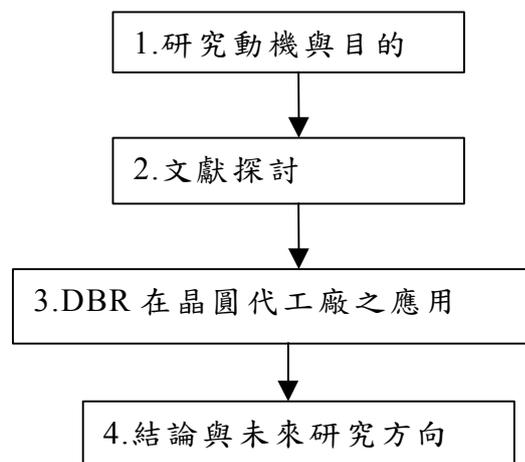


圖 1-1 論文架構與流程

第二章 文獻探討

本章內容主要分為四大部分，首先對限制驅導式排程與管理技術做簡單的介紹，讓大家對限制驅導式排程與管理有一些基本概念，接下來是關於瓶頸資源的辨識，透過過去的研究找出可使用的辨識方法，而為了讓大家了解個案公司的投料以及派工方式，所以本章第三部分及第四部份針對 A 公司瓶頸的投料與派工法則做探討。

2.1 限制驅導式排程與管理技術簡介

高瑞博士(Dr. Eliyahu Moshe Goldratt) 於 1986 提出限制驅導式排程與管理技術，是一套建立在限制管理的管理哲學上的生產管理技術，其對於生產系統的規劃與控制主要是由鼓(Drum)、緩衝(Buffer)、與繩子(Rope)的概念來管理，根據高瑞博士的著作(目標)上的說法，他以行進中的軍隊來做比喻，Drum 代表鼓聲就如同一個軍隊的小鼓，可使得行進的步伐節奏整齊。Buffer 就如同兩個士兵中間的距離，利用它來應付突發的情形。Rope 代表的是軍隊中的紀律，可以確定行進步伐如同鼓聲一樣。

在應用限制驅導式排程與管理技術時，第一個步驟就是要找出系統實體限制的所在，系統的限制可能為負荷最重或產能不足的資源、市場不夠或原物料不足等三種。而工廠中的實體限制可能有一種也可能同時存在有兩、三種，如產品線 A 有產能不足的限制，而產品線 B 有原料短缺問題但產能卻很寬裕，然而不論有多少實體限制，在限制驅導式排程與管理所解的是實體限制，若是政策上的限制必須使用限制理論的問題分析與決策才能解決，此部分不在本研究的範疇。

在找到系統的實體限制後第二步驟是決定如何充份利用限制。基本上，充分利用的目的是要追求系統最大的有效產出，因此，針對產能限制、市場限制以及原物料等，不同種類的限制必須從不同角度來思考充分利用限制的意義，然後在據以排出系統的最佳限制驅導節奏(Drum)，對於瓶頸能追求有效的產出而非瓶頸能充分配合限制的節奏，在充分利用限制後就進入步驟三的系統全力配合步驟二之決策。所謂全力配合，其目的是在保護限制的有效產出不受到傷害，而分擔或是幫忙限制的工作是為了提升限制。以下為限制驅導式排程與管

理技術的基本理念與完整過程[10]：

步驟一、確認(Identify)系統的限制

- 負荷最重或產能不足的資源限制
- 市場需求限制
- 原物料之限制

步驟二、決定如何充分利用(Exploit)系統的限制

- 產能限制之產品：必須充分利用該產能限制之機台，所以限制驅導節奏為該機台的生產排程。
- 市場限制之產品：必須充分利用該市場需求之限制，所以限制驅導節奏為該產品之出貨節奏。
- 原物料不足之產品：必須充分利用這些不足的原物料，所以限制驅導節奏為該材料不足之產品的出貨節奏。

步驟三、系統全力配合步驟二之決策

- 非限制資源的配合
- 系統不穩定狀況的保護/緩衝(Buffer)
- 投料節奏(Rope)的配合

透過此三步驟的過程，首先要找出系統真正的瓶頸所在，依據瓶頸產生投料的節奏，有了正確的投料節奏後，系統全力配合，也就是做好緩衝管理，不論是瓶頸本身的裝配緩衝，還是加工作業前的瓶頸緩衝，還有加工後的出貨緩衝都必須充分做好控管，才不會造成瓶頸產能的損失，也就是整個系統的損失。透過此過程其衍生到生產排程管理的的意義與功能如圖 2-1 所示，其詳細說明如下[10]：

- 1.鼓(Drum):限制資源的排程其控制整個生產系統的生產節奏，每個生產系統都需要有控制點以控制系統中產品流量大小的變化，瓶頸就是最佳的控制點，鼓就是這個控制點。
- 2.緩衝(Buffer):一般說來，緩衝可分為時間緩衝和庫存緩衝。依據其功用可區分為三種類型：
 - (1)出貨緩衝(Shipping Buffer)，是用來保護製令交期，使產品如期交貨。
 - (2)瓶頸緩衝(Capacity Constrained Resources, CCR Buffer)，是用來保護限制資源，使其不至於因缺料而停工閒置，進而影響到產出。
 - (3)裝配緩衝(Assembly Buffer)，是用來保護裝配作業能順利的裝配而不會影

響產出。

一個生產系統會因為一些不確定因素：像當機、停工或是原料短缺等因素，而造成系統不穩定；為了使系統能在不同的狀況下正常運作，因而設置了庫存緩衝，以保護生產系統能正常運作，並非每台機器前都需要，但是在瓶頸點前一定要有庫存緩衝。而時間緩衝則是將所需的物料比計劃提前一段時間提交，以防各種變異與隨機波動的事件發生。

3. 繩子(Rope):投料站的排程其配合 Drum 排程之物料發放時間。瓶頸決定著生產線的產出節奏，而在其上游的工單實行牽引式的生產，等於用一條看不見的繩子把瓶頸與這些工序串連起來，有效地使物料依照生產計畫快速地通過非瓶頸作業，以保證瓶頸的需要，並將瓶頸點的生產情況與上游的工作站溝通，以避免生產過多的存貨堆積。這種溝通的情形、資訊的回饋，我們稱之為繩子。所以繩子具有傳遞作用，以及用來確認整個系統都會與瓶頸點同步生產。

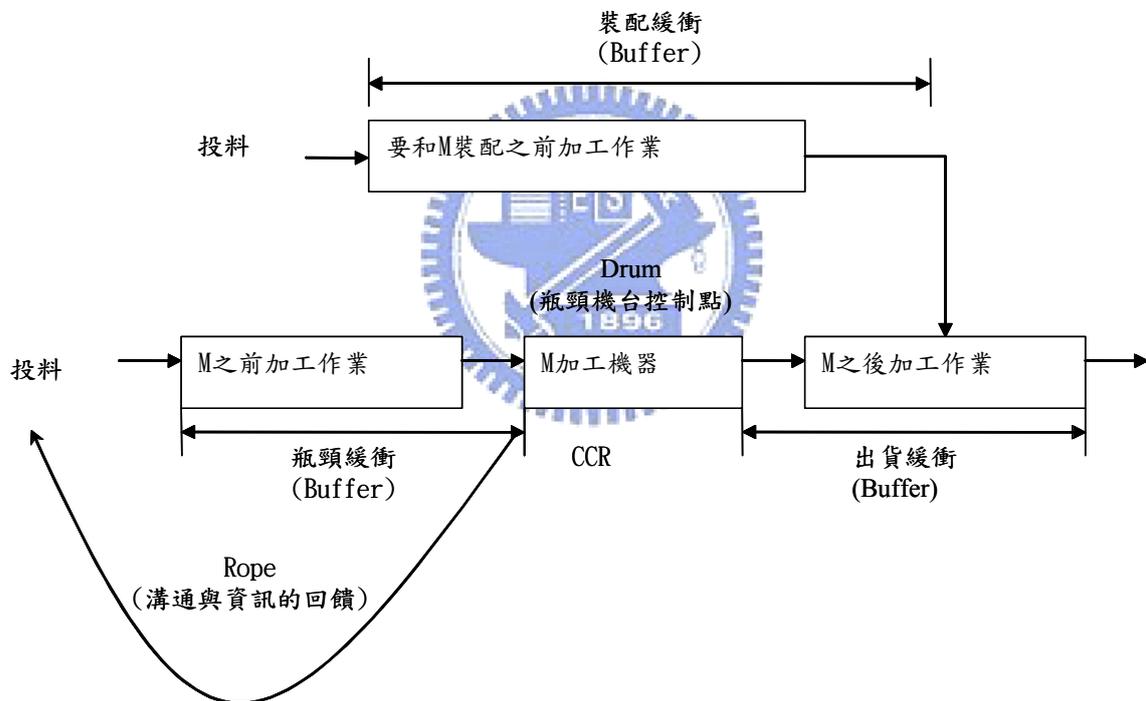


圖 2-1 DBR 模式示意圖

資料來源: 吳鴻輝、李榮貴，限制驅導式現場排程與管理技術

2.2 辨識瓶頸資源

根據前面一節提到，在應用限制驅導式排程與管理技術時，第一個步驟就是要找出系統實體限制的所在，所以本節針對如何辨識瓶頸資源做一探討。依據限制理論對瓶頸資源的定義為，若每個資源的平均可用產能小於平均需求產能，則該資源即稱為瓶頸資源。根據過去的研究，辨識系統瓶頸資源的方法主要有四種：

1. 以在製品存量最多及資源平均產能負荷或利用率作為依據，在規劃總時程內平均產能負荷最高者為瓶頸資源(Lawrence & Buss 1994)[6]。
2. 以整個製造系統內，具有最長等候的工作中心，亦即 WIP 量最高者，當作系統的瓶頸資源(Sridharan et al. 1992)[9]。
3. 以成本與機台利用率之間的關係決定瓶頸資源，將成本高且利用率也高的機台當作瓶頸，成本低且利用率高的機台，因為可用低成本購入機台來擴充產能所以不應當作瓶頸資源(Ronen & Spector 1992)[8]。
4. 針對製造程序中找出產能利用率較高的機台，利用 Short Cycle Time Manufacturing(SCM) Concepts 之 X-factor 的分佈來評估對於生產線最有影響力的工作站當作瓶頸資源 (Donald P. Martin 1998) [1]。

上述 1~3 點，其主要是考慮到瓶頸資源利用率或者是有較長的等候時間，但是找出的瓶頸是否會對整個系統造成最大的影響，卻不得而知；而第 4 點的 SCM 法可經由簡單的計算得到影響最大的瓶頸資源，故 A 公司選擇此作為辨識瓶頸資源的方法，以下將對 SCM 法做詳細說明。

生產週期時間(cycle time)為晶圓批自投料至產出所花費的時間[4]。實際生產週期時間和理論週期時間的比值，往往被視為生產週期時間的評估指標，此值亦被稱為 X-Factor，其為純製程時間的倍數[4]。在不同產業中，X-Factor 並不盡相同，但半導體製造業中，其約介於 2.5 到 10 之間[7][13]。以往皆利用 Continuous Flow Manufacturing(CFM)來管理和改進製造程序，此 SCM 法[1]是研究以生產週期時間值的標準化 X-Factor 之分佈，針對各製程之工作站來進行分析，評估出對生產線最有影響力的工作站。

舉例來說，表 2-1 為各工作站的產能利用率及標準作業時間，由此表得知，因工作站 C 的產能利用率最高，故在整個生產線上來看是屬於瓶頸。

表 2-1 各工作站的產能利用率

工作站	標準作業時間 (Days)	產能使用率
工作站 A	1.0	0.875
工作站 B	5.0	0.800
工作站 C	0.1	0.950
工作站 D	2.5	0.910

X 與 XFC 公式如下：

$$X = \frac{1-UTIL/2}{1-UTIL} = \frac{CT}{RPT}$$

$$XFC_i = RPT_i / RPT_{all} * X_i$$

X_i ：代表 i 站點的 C/T 為 i 站點標準作業時間的倍數

XFC：代表 X 因子的分佈

RPT_i ：raw process time，站點 i 的標準作業時間

RPT_{all} ：所有站點的標準作業時間

UTIL：Utilization，機台利用率

CT：Cycle Time 產品生產週期時間

利用上述兩個公式可分別求出 X 值以及 XFC 值：

$$X_a = (1-0.875/2)/1-0.875 = 4.5$$

$$\text{同理 } X_b=3.0, X_c=10.0, X_d=6.0$$

$$XFC_a = RPT_a / RPT_{all} * X_a = 1 / 8.6 * 4.5 = 0.52$$

同理 $XFC_b=1.74$ 、 $XFC_c=0.11$ 、 $XFC_d=1.74$ ，根據以上計算所得到的資料，整理成表 2-2。

表 2-2 工作站 XFC contribution

工作站	標準作業時間 (Days)	X	XFC
工作站 A	1.0	4.5	0.52
工作站 B	5.0	3.0	1.74
工作站 C	0.1	10.0	0.11
工作站 D	2.5	6.0	1.74
		Total	4.11

由表 2-2 得知，工作站 C 雖然是所謂的瓶頸，但是因為其 XFC 很小，所以對於整個生產線並不會造成很大的影響。舉例來說，若 X_c 值變成 1 時，則 XFC_c 值=0.01，所以總 XFC 值會從 4.11 降至 4.01。而工作站 B 及工作站 D 的 XFC 較大，故針對此兩個工作站內的機台進行分析。

以工作站 B 為例，若工作站 B 的 X-Factor 如表 2-3 所示，則可知道機台 2 的 XFC 對於總 XFC 而言有 1.28，約為 31%。

$$\text{機台 2 } XFC = 1.74 * 2.2 / 3 = 1.28$$

$$\text{機台 2 } XFC \% = 1.28 / 4.11 = 31\%$$

表 2-3 機台 XFC contribution

	RPT	X	XFC
機台 1	1.0	2.0	0.40
機台 2	3.5	3.14	2.20
機台 3	0.5	4.0	0.40
		Total	3.0

以表 2-2 得知工作站 B 和工作站 D 的 $XFC=1.74$ 故為了找出影響較大的工作站，針對工作站 B 和工作站 D 增加相同的產能，當工作站 D 的產能增加 10%，工作站 D 的產能利用率將會從 91% 降至 82%，則其 XFC_d 則是變成 3.3，而整個生產線的 X-factor 會成 3.32；以此類推，若當工作站 B 產能增加 10%，工作站 B 的產能利用率將會從 80% 降至 72%，則其 XFC_b 則是變成 2.3，整個生產線的 X-factor 會成為 3.71。

由此證明變動工作站 D 的產能，將會對整個系統造成較大的影響，而限制驅導式現場排程與管理這套技術並不要我們直接解決這個實體限制。例如增購

機台用政策改變的方式來增加產能，相反的，這套技術要我們改變現有的管理模式以充份利用這個限制。故，在確認瓶頸資源後，則需再透過限制驅導式排程與管理的基本理念與過程，建立一套有效且一致性的現場管理制度。

2.3 考慮瓶頸資源利用率的投料法則

限制資源的排程其控制整個生產系統的生產節奏，投料節奏則由此限制資源來驅使，一個好的投料策略，可減少派工變異的負荷，以考慮瓶頸資源利用率的投料法則有表 2-4 幾種方式。

表 2-4 考慮瓶頸資源投料法則

投料法	出處	內容與特色
避免飢餓法 (Starvation Avoidance)	Glassey&Reseude,1988[3]	利用安全存量的多寡作為投料時程的基準，除了能提高瓶頸機台的使用率外，亦希望能降低在製品的存量
避免瓶頸漂移的投料排程	黃氏,1998[15]	先以避免飢餓法產生初始投料計畫，再利用修正程序來避免非瓶頸資源因主產品投料時間的控制不當而形成瓶頸漂移
限制驅導節奏	吳鴻輝、李榮貴，2000[10]	投料時機必須配合限制生產節奏，訂單於限制驅導節奏上的計畫開始時間減去受限產能緩衝時間，即可得到受限產能前加工作業的投料時間。若將該訂單於限制驅導節奏上計畫開始時間減去裝配緩衝時間，即可得到要和完成受限產能前加工作業之裝配件的投料時間。
等候線管理法則 (Queue Management)	Leachman et al.,1988[5]	是一種利用電腦整合製造系統(Computer Integration Manufacture, CIM) 追蹤在製品資料，做控制新批量投入的方法，其主要有三個特質：1.可明顯指出瓶頸工作站 2.瓶頸工作站不能超過產能負荷 3.等候線長度需維持一安全水準使得瓶頸工作站能符合特質

不論是避免飢餓法、避免瓶頸漂移的投料排程、限制驅導節奏或是等候線管理法則其目的都是在做瓶頸的資源管理，避免飢餓法可避免瓶頸待料，但是對於在製品存量的控管必須注意，黃式[15]建構一個預防瓶頸轉移的投料模式做事前的管理，等候線管理也是做在製品的控管，上述各種投料法則都是以限

制資源做驅導，不論哪一種投料方式。事實上，只要能夠做好瓶頸管理就是對症下藥，上述方法皆可應用，本研究選擇以投料時機必須配合限制生產節奏的限制驅導節奏作為研究的基礎。

2.4 關鍵層別比值派工法

在動態的派工法則中高氏[14]對於達交率的績效研究結果認為，以關鍵比值法(Critical Ratio, CR)表現最為優異，其加入新的尾端加權法(Tail Critical Rate)觀念是隨著加工產品愈接近完工，則剩餘可吸收變異能力就愈小，此觀念在過去文獻都有提及而限制驅導式排程與管理也是有相同概念，有鑑於此，A 公司發展出更具有彈性的關鍵層別比值 CRCL(Critical Ratio by Critical Layer)派工法則，其理論基礎為用產品總生產週期時間去做關鍵層別(Critical Layer)的切割，並將出貨前的安全保護設為 2 天，系統可依不同產品組合下的單一產品或是以產品別做群組化後，以不同的 Ratio 值調整後，生產系統會依據此資料產生產品的派工優先順序，使生產更具有彈性。

針對每一顆產品的整體生產週期時間，先扣除所給予的最終出貨緩衝 2 天的整體安全保護時間後，剩餘的生產時間可依據瓶頸、關鍵製程或者特殊情況將實際剩餘的可生產時間乘上一個比率做調整。舉例以一顆產品生產週期時間為 28 天之關鍵層別比值法的 Ratio 調整之計算公式如下：

$$RCT_{\beta} = \sum_{j=1}^{\beta} [P_T_j + (P_T_j * R_j)], \beta \in Z, \beta=1,2,\dots,307$$

β = sequence number of operation

$j=1 \sim \beta$

$$RCT_{\beta} = CT_{\text{wat}} + 2$$

Total Cycle Time = 28 days

Where

TCT : Total Cycle Time = (Total Queue Time + Total Process Time)

RCT : Remaining Cycle Time

= (Remaining Queue Time + Remaining Process Time)

P_T : Process Time 產品加工時間

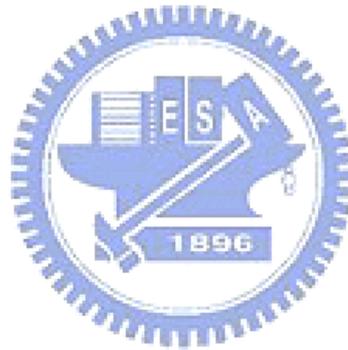
Q_T : Queue Time 產品等待加工時間

R : Ratio=Queue time /Process time 調整緩衝時間

CTwat : Cycle Time to WAT = TCT-2day , 產品投料到 WAT 站點前的生產週期時間

2 day: 整體安全保護時間作為出貨緩衝

此 A 產品其製程需經過 307 個加工站點，生產週期時間為 28 天，是由等待時間(Queue Time)與製程時間(Process Time)加總的值，比例值(Ratio)為等待時間除以製程時間。此方法即為利用將產品等待時間乘上一個比例值，縮短或增加其應有的等待時間，做緩衝的控管，系統會自動計算其派工優先(Priority)順序做派工。假設第 216 工作站為此產品的關鍵製程，希望其後段能多 2 天的緩衝時間，則以下列公式可得各個工作站新的等待時間，藉由比例值的調整滿足出貨需求，且可即時做後段的緩衝。其調整計算結果可參考附錄一。



第三章 DBR 在晶圓代工廠之應用

本章內容主要探討晶圓代工廠 A 公司應用限制驅導式排程與管理的現況解析，其利用 SCM 法之 X-Factor 貢獻值找出真正需要改善的瓶頸，以限制驅導式排程與管作為生產排程的依據，對於製造系統必須應付各種變異事件與隨機波動的影響，即以自動派貨(Auto Dispatching, ADP)系統來配合，達成縮短生產週期時間(Cycle Time)及提高達交率(On Time Delivery)的目標。而由限制理論所延伸出來的 DBR 生產，是藉由初始投料與瓶頸的控制，讓系統的產出與瓶頸同步，利用 TOC 整體安全保護時間之概念在交期控制上，以 ADP 的系統設定保護產能，來保護整個生產線，使產品能在適當的時間到達適當的加工站,充分配合瓶頸機台的需求。以下將 A 公司對於生產系統的檢視細節詳述如下：

A 公司以 DBR 瓶頸管理方法檢視流程如圖 3-1，首先確認系統為實體限制的負荷最重或產能不足問題後，再以 SCM 法之 X-factor 值的分佈來評估對於生產線最有影響力的瓶頸資源。

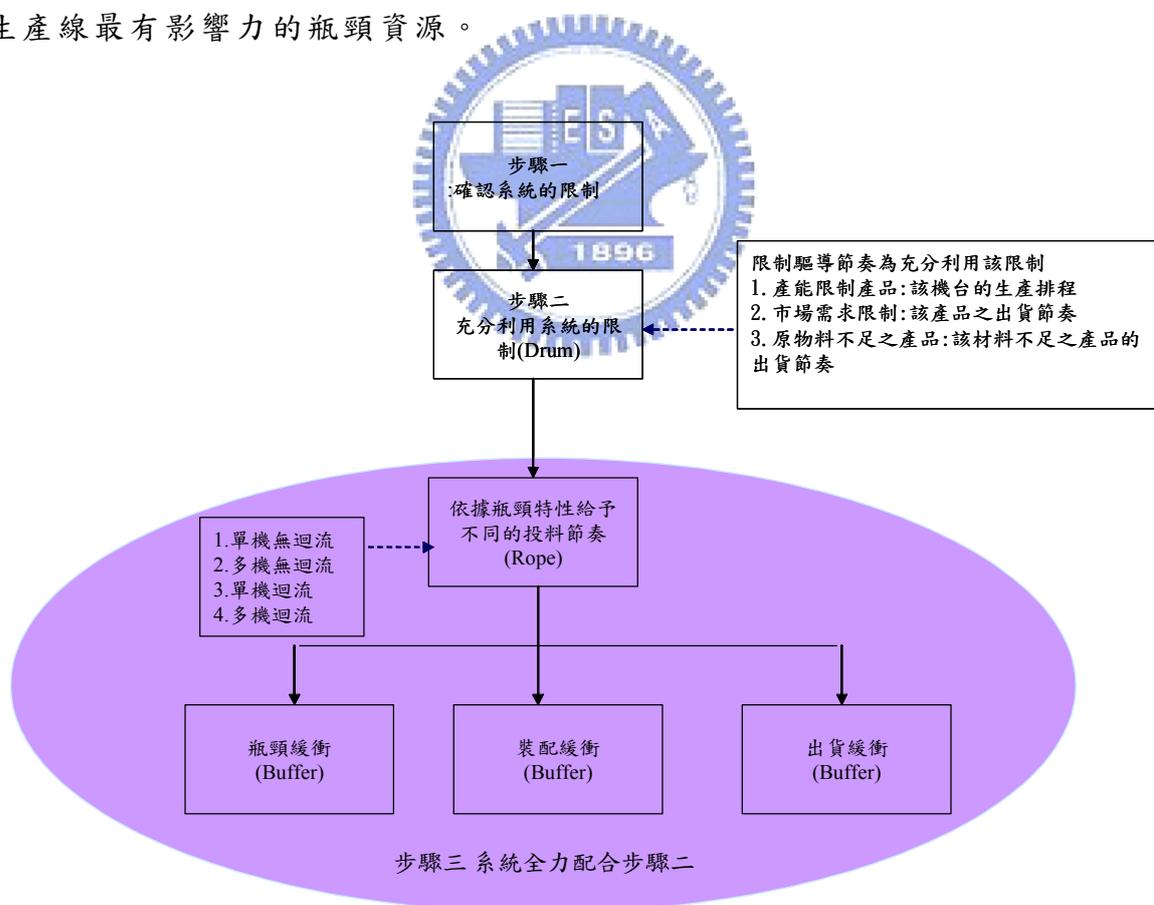


圖 3-1 DBR 瓶頸管理流程

對於步驟一確認系統的限制比較簡單，依據歷史資料或者各學者的方法都能夠快速有效的找出系統限制，但是在檢視的過程必須注意，如果限制不是實體則 DBR 的方法就不適用，而且其強調的是透過有效的管理實體限制的管理過程來達到目的，而不是以政策的方法來解決。另外瓶頸是否漂移，以及該如何管理必須仔細評估，此部分於 3.1 節會再加以說明。

接下來步驟二為充分利用系統限制，必須先檢視資源用對地方嗎？確認做對的事，再把它做好不要花了一堆功夫有效率卻沒效能。在步驟三的部分為系統全力配合步驟二之決策，全力的配合節奏要對，緩衝要足夠且剛好並且時間要對，太多太早是庫存的浪費，太少太慢容易導致瓶頸缺料待工。以下章節則依上述步驟檢視 A 公司的系統予以說明。

3.1 確認系統限制

找出系統限制較容易，但是對於瓶頸漂移問題必須加以避免，否則就無法找出真正的瓶頸來加以管理。瓶頸漂移現象為暫時性的，我們必須排除此暫時性的瓶頸漂移，避免其對生產系統造成傷害，造成此現象主要為當機、人為操作失誤，為了避免其對生產造成危害，除了做監控外還必須予以消除，對於無法立即消除的危害在做緩衝管理時，必須考慮周詳。但市場因素以及產品組合問題與公司策略有關，其造成的瓶頸為較長期的影響，此瓶頸資源就必須納入瓶頸資源管控，確認是否為真正瓶頸所在，如果確認為長期真正瓶頸所在，則必須列入管控。

目前 A 公司的策略對於規劃產品組合所衍伸的接單政策非常明確，故瓶頸不會因產品組合變動過大而漂移，僅有當機、人為操作失誤的問題會造成暫時性的瓶頸漂移，故對於此暫時性的瓶頸漂移，必須做好緩衝管理來預防瓶頸漂移。在確認沒有無法掌握的瓶頸漂移現象後，以限制驅導式排程方法的第一個步驟找出公司系統實體限制的所在，在確認 A 公司的系統限制上，針對原物料之限制並無困擾，因為晶圓代工最主要的原物料是磊晶與晶圓，磊晶為客供品客戶下訂單時必須提供磊晶，而晶圓則依據每個月的預測訂單備料。市場需求限制部分為，原則上每日到成品倉之成品需當日或隔日出貨，若未確實出貨每日有做成品倉庫存之審查，若有特殊需求必須停留一周或一個月以上依情況不同，酌收部份成品的製造費用，若超過半年以上確認產品是否須報廢。

負荷過重或產能不足的資源限制是存在之事實，而 A 公司主要是利用 X-

factor 分佈，針對各製程進行分析，找出影響製程最大的加工站點，當作瓶頸資源。The Advantages of Using Short Cycle Time Manufacturing (SCM) Instead of Continuous Flow Manufacturing (CFM)此研究提出以 X-factor 的分佈來針對製造程序進行改善，此方法稱做 SCM。利用 X-factor 的分佈評估出對於生產線最有影響力的站點，以充份利用此限制，以下為利用 SCM 法針對 P1 產品群組的製程進行實際分析，利用機台使用率及生產週期時間分別找出 XFC 值最大的站點進行分析，找出影響 A 公司生產效率最大的製程。

資料擷取時間為 2004/2/1 至 2004/4/30 三個月的實際生產數據，計算完成之 XFC 值如表 3-1 所示，將計算之完成之 XFC 取最高的前 15 項來看，以機台使用率而言，站點 851 的機台使用率高達 82.61%，且 XFC 值最高似乎可視為第一瓶頸機台。但實際上站點 851 的實際 XFC 值之所以最高是因為較長的生產週期時間所導致，其原因為通過站點 851 站點的產品，因製程因素必須在一定的時間內需馬上進入站點 509 做加工，否則必須重工。故雖然站點 851 的 XFC 值最高，但產品停留在站點 851 是為了等待瓶頸站點 852 的機台，才能安排做加工，所以在得到生產數據後必須再根據生產現況，分析其原因才能找出真正的答案而不可被表面看到的假象所誤導，導致誤判瓶頸之所在。

經過分析後結果為 A 公司的瓶頸機台為 DI 和 EG 製程的機台為限制(瓶頸)之所在。

表 3-1 P1 產品 XFC 值前 15 項

Operation	Entity Group	Utilization	XFC
851	PR CLN	82.61%	2.52
508	EG	51.08%	2.55
683	PR CLN	82.61%	2.21
31	PR CLN	82.61%	1.98
32	DI	89.21%	1.89
684	DI	89.21%	1.88
509	EG	90.42%	1.69
852	DI	89.21%	0.91
708	TR	73.99%	0.87
709	TR	73.99%	0.85
84	GO	72.86%	0.85
528	GO	72.86%	0.79
244	P5	68.29%	0.56
481	P5	68.29%	0.55
66	SA	67.76%	0.53

3.2 充分利用(Exploit)系統的限制-鼓(Drum)

限制驅導式排程法，強調工廠的最大產出來自於瓶頸資源的充分使用，瓶頸資源的產出決定了整個系統的產出，只要找出系統真正的限制並且將瓶頸資源給予合理的計畫安排。A 公司以瓶頸資源利用率來作為投料的依據，目前僅針對受限產能多機(2 台)無迴流製程做投料控管；而針對有迴流問題的瓶頸機台是以每日的最大產能作為投料控管的依據，對於此號稱是有做 TOC 生產管理的公司，為確認其是否能夠真正落實 DBR 管理理念於工廠，故審視其生產系統是否真正的能夠完全配合實體環境，如果不能夠完全配合該如何趨近，才能達到改善的功效。

以目前的產品組合，A 公司的瓶頸有兩種型態，一種為受限產能多機(2 台)無迴流製程，為機台群組 EG；另一種為受限產能為多機(7 台)且迴流製程 1~2 次，為機台群組 DI，產品的製造流程如圖 3-2。

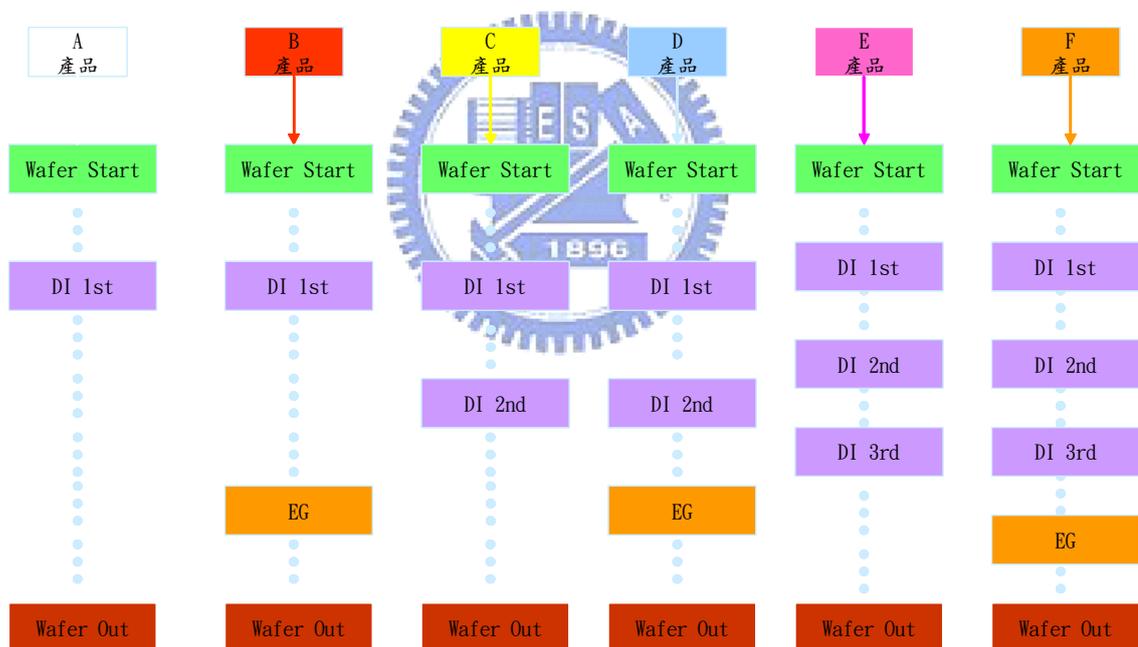


圖 3-2 A 公司瓶頸機台產品製造流程

針對此兩種型態的瓶頸製程其限制驅導節奏設計說明下：

3.2.1.受限產能多機(2台)無迴流製程

此 2 台受限機台為 EG#1 及 EG#2，每日每一機台產能為 150 片，故 2 台機台每日可產出 300 片，由於不同產品的生產週期時間不同；以目前一個黃光層別(Photo Layer) 生產週期時間為 2 天的基準，各種產品到 EG 機台的總生產週期時間有 8~16 天不等。因 A 公司為接單型生產型態，在產能的安排上必須優先考慮訂單交期的需求所以在設計最佳限制驅導節奏時，不能只以限制最佳利用或者能獲得最大產出的角度來設計，還必須兼顧訂單交期之滿足及負荷推平之間衝突的合理化工作。對於 EG 機台受限產能有 2 台無迴流的情況其限制驅導節奏設計的方式如下：

1. 決定訂單優先順序

- 1.1 交期較晚的訂單先排(由後往前推)。
- 1.2 若交期相同則負荷較大的訂單先排。
- 1.3 若有 2 張以上的訂單其優先次序相同則任意挑選。

2. 選擇機台優先順序

- 2.1 能讓訂單排在廢墟理想的機台優先。
- 2.2 若訂單在廢墟理想時段各機台都已被佔用，則以訂單必須提早時間最少的機台優先。
- 2.3 若有 2 台以上的機台其優先次序相同則任意挑選。

在實務上 A 公司每個月雖然有預測每個月各公司將給的訂單數量，但是實際的接單情況是客戶每日依實際需要下單，故在接單時雖然是以交期較晚的訂單先排(由後往前排)，為了能使限制做最佳利用以及考慮客戶每日下單數量的不確定因素，在投料當日若新訂單尚未進來即利用已排程之前一天訂單往前挪做廢墟的推平。

在接單型生產型態之限制驅導節奏設計中若讓交期較晚的訂單先排(由後往前排)，當產能不足時，交期早的訂單由於後排，其理想的時段已被先排的訂單佔用，所以會被排在比其理想時段較前面的時段生產。這些訂單由於提早生產，因此會有一些提早完成的存貨。相反的，若讓交期較早的訂單先排(由前往後)，當產能不足時，交期晚的訂單由於後排，其理想時段已被先排的訂單佔用，所以會被排在比其理想時段較後面的時段生產。由於訂單的交期是不容延誤的，所以只能選擇一些存貨的策略，及選擇由後往前排的

法則。依後推排程法針對受限產能多機(2台)無迴流製程可得排程如表 3-2。

表 3-2 受限產能多機(2台)無迴流日排程

To EG Date Input Date	Mar																	Input Total	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
2/10																		0	
2/11																		0	
2/12																		0	
2/13																		0	
2/14	225	20002*75+30010*150																225	
2/15		200		100	30001*200+30006*50+30015*50													300	
2/16			300	25022*50+60031*150+20019*100														300	
2/17		175		250	30001*175+30010*250													425	
2/18					300	30001*300												300	
2/19		25014*100				100		100	186	30002*150+13013*11+20011*25+30027*100								386	
2/20							300	25011*300										300	
2/21								146	007A*146									146	
2/22										150	145	20001*150+30002*145						295	
2/23								100		203	30001*100+30028*203							303	
2/24					20001*200+30001*100			100		200	246	30019*146+25014*100						546	
2/25																		0	
2/26								20002*100+20004*150+007A*75				250						75	325
2/27										20001*150+25011*150		300						300	
2/28											30027*150+20001*150		300					300	
2/29											30011*100+30028*100					200		200	
Move to EG Total	225	375	300	350	300	100	300	346	286	353	345	246	250	300	300	200	75	4651	

(20002,30010,30001...代表不同產品別;單位:片數)

以受限產能多機(2台)無迴流製程，在此公司的投料節奏完全符合限制驅導生產排程管理的精神，下一節將再繼續探討受限產能為多機(7台)且迴流製程 1~2 次，是否有確實做到瓶頸驅使的投料節奏。

3.2.2. 受限產能為多機(7台)且迴流製程 1~2 次

以 A 公司之 DI 製程條件為例其受限產能為多機(7台)，且迴流製程 1~2 次移轉批量為 1~150 片，若訂單大於 150 片則以 150 片做分割，若不足 150 片視為 1 次加工時間，前加工作業有大於或小於後加工作業兩種。

A 公司以動態的自動派貨系統作為投料的依據，其目前以下列準則作為投料依據：

1. 交期：接單生產首重客戶交期 故此為第一考量點。
2. 考慮產品程式(Recipe)加工批次(Batch)：DI 機台之製程一個製程可生產之批數為 1~6 批(一批為 25 片)，為了使機台充分利用，通常儘量安排 6 批 150 片為一組投料量，故在投料時必須先考慮交期然後再確認產品生產的程式，是否相同以儘量滿足機台每次生產可滿足 150 片的量。

3.最大產能：由於投料需考慮條件過於複雜，且目前以人工來投料 故僅以每日最大產出的量來做投料依據。

但是用上述三個條件來對瓶頸做派工，由於產品的迴流以及生產週期時間的長短不一，造成產品到達瓶頸站點的數量未做事前的排平，在製品會高低不均，導致必須以動態的派工來彌平，或者是犧牲存貨以避免瓶頸饑餓，但是過多的在製品，又會導致生產週期時間變長。此排程的結果會造成瓶頸機台產能的損失。

針對此迴流多機排程，只考慮產品交期、產品程式加工批次以及瓶頸機台最大產能並不夠周詳，尤其是未將產品迴流到瓶頸的時間考慮進去造成瓶頸有堆貨以及缺料的情況損失產能。

實際上，工廠現場的動態性、不確定性、統計波動性以及依存關係對生產現場是有影響的其說明如下：

- 動態性：現場排程與管理必須掌握現場之狀態與需求，有特殊情況系統必須能夠及時反應到排程與管理上，否則計畫與現實不符而失去意義。
- 不確定性：機器當機、製程不穩、品質異常及人為疏失 有時會造成生產現場停線，這些無法事先預估的因素影響排程甚鉅，必須適時的回饋給系統做應變。
- 統計波動性：現場許多的作業，其需要的時間不會是一個值，而是一個區間的分佈。例如：預計的機台維護保養為 30 分鐘可能因為某零件更換時損毀，而必須等待修復(快則幾小時)；倘若國內沒零件可供更換，則可能等上一星期甚至是一個月。所以現場排程與作業的結果，是不可能相同或一致的，這是必須認知的事實。
- 依存關係：現場作業是環環相扣，前製程作業尚未完成，則後製程作業是無法開始的。因此 前製程作業的好壞會影響後製程的進行；或是前製程必須限制作業在幾小時內，一定要進入後製程否則必須重工；甚或是超過限制加工作業時間而導致產品報廢。

此四大特性影響到現場排程與管理，而在排程上必須清楚的認知這些現場的特性做資源分配，否則僅做一些不合理的假設 是無法反映出真正的實體環境真實的情況。

吳氏[10]的間隔棍靠攏法用在處理複雜的迴圈問題，但是應用到晶圓代工廠，在執行上較困難以及繁瑣，主要是因為以下原因：

- 1.瓶頸迴圈數多：雖然目前 DI 機台的迴圈僅有 2 次，但是瓶頸若是在黃光則迴圈會有 6~24 層別之多。
- 2.產品種類多：經過此瓶頸 DI 機台之產品種類有 220 種。
- 3.瓶頸作業時間不同：產品加工時間從 175 分鐘到 1440 分鐘都有，其對瓶頸機台造成的負荷就不相同。
- 4.批量考慮：相同的程式的產品才可同批次作業，而目前有 24 種程式。
- 5.受限產能資源衝突：各種產品流程不同導致工件到瓶頸的時間不一，有可能會發生產品到站時間重疊或發生機台待料的情況。
- 6.前製程生產時間限制：因製程特性考量部分製程在前一製程完成有時間的控制 必須在 8 或 12 小時內需完成下製程，否則產品需重工或報廢。

基於上述原因對於瓶頸為多機迴流的作業環境，變得更複雜，而瓶頸機台除了在產能節奏上發生產能負荷的堆疊，造成廢墟的形成外，還牽涉瓶頸作業迴流間間隔緩衝的問題，要使用間隔棍做檔板以及做廢墟合理化的推平計算實在是較為繁瑣。

一般無迴流的工廠只要將瓶頸機台的處理時間計算出來透過交期或生產計畫做排程，而對於晶圓代工廠如此複雜的製程情況，我們期望可以用較簡單的方式來做生產排程，目前為應用李氏[11]的限制驅導式主生產排程建構方式來排定訂單在瓶頸機台的處理時間計畫，將迴流瓶頸作業的處理時間向後加總處理方式，再依據訂單的交期基本資料推出所有訂單在瓶頸機台的開始與完成處理時間，以獲得生產排程(Drum)，並再依據瓶頸緩衝時間與現場的在製品(Work in Process, WIP)做負荷>Loading)的計算獲得投料計畫，出貨緩衝獲得預期出貨計畫，並利用細部排程控制來做瓶頸產能的保護。

針對這些問題目前正規劃一個以現有的生產系統配合三個資料庫 1.瓶頸機台維護 2.訂單安排維護 3.機台群組維護的自動下線系統來做，其流程如圖 3-3。

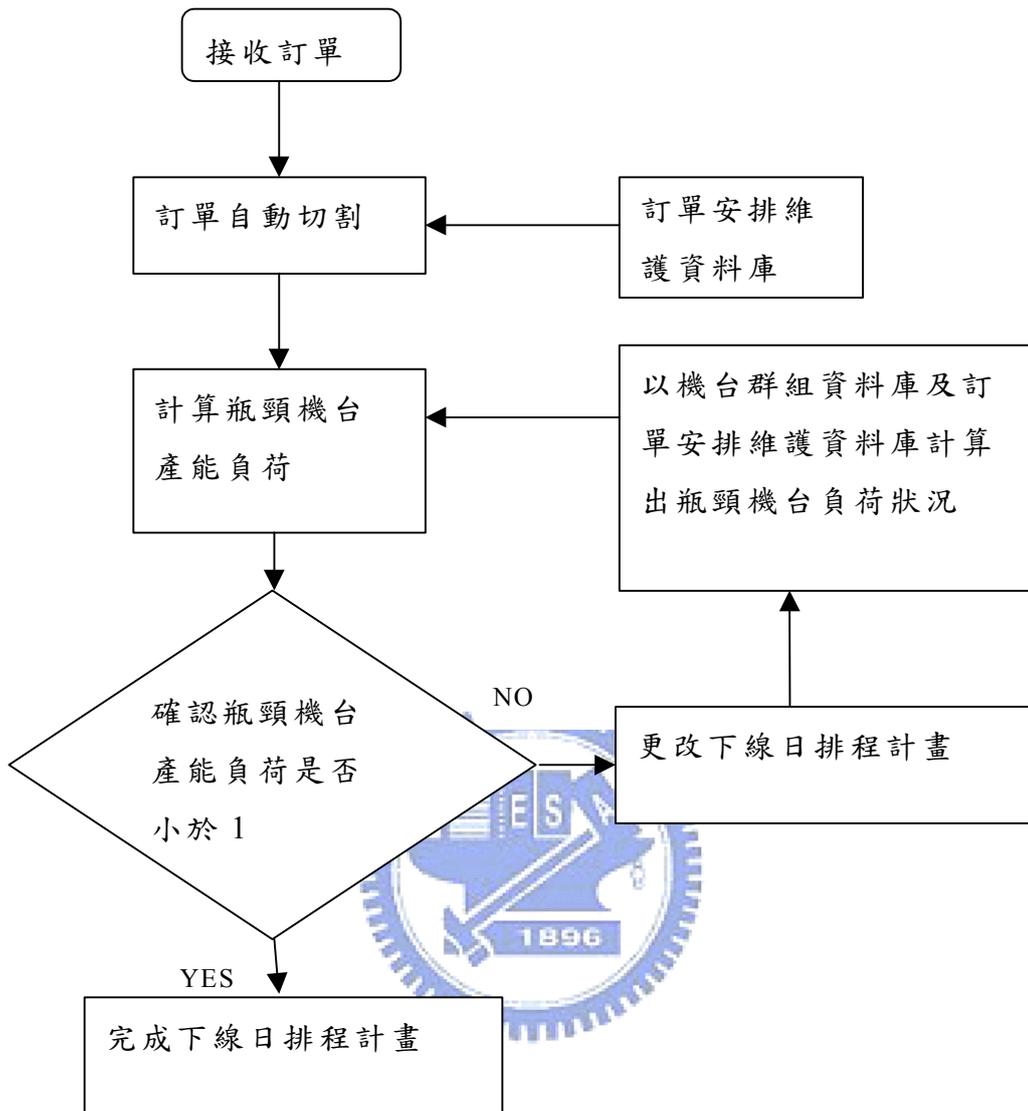


圖 3-3 自動下線系統流程圖

為符合 DBR 的生產管理此自動下線系統將受限產能為多機且迴流製程未考慮周詳的部分加以補足。其流程為在接到客戶訂單後將資料鍵入訂單安排維護資料庫，系統依據機台群組資料庫及訂單安排維護資料庫以後推排程法，計算出瓶頸機台負荷，進而展開下線日排程計畫，其執行步驟如下：

步驟一：依據訂單資料加上訂單安排維護資料庫將訂單資料鍵入訂單安排維護資料庫內；假設接單日期為 10/27/2003 其內容如表 3-3，在將訂單依產品程式與加工批次條件將訂單分割如表 3-4 (order table 2)。

表 3-3 order table1

order_no	product	route	qty	due date	lot grade
300973	LM007	L7	450	20031215	Hot lot
300983	LM004	L4	300	20031130	Super
300974	PA007A	P7	20	20031120	Normal
300975	LM002	L2	300	20031130	Normal

表 3-4 order table 2

order_no	product	route	qty	due date	re-order no	lot grade
300973	LM007	L7	150	20031212	300973-1	Hot lot
300973	LM007	L7	150	20031212	300973-2	Hot lot
300973	LM007	L7	150	20031212	300973-3	Hot lot
300983	LM004	L4	150	20031130	300983-1	Super
300983	LM004	L4	150	20031130	300983-2	Super
300974	PA007A	P7	150	20031120	300974-1	Normal
300974	PA007A	P7	70	20031120	300974-2	Normal
300975	LM002	L2	150	20031130	300975-1	Normal
300975	LM002	L2	150	20031130	300975-2	Normal

步驟二：依據表 3-4 資料，由自動派貨系統依各種投料與派工條件，安排出所需要之下線數量與產品類別，如果某些訂單無法滿足交期，則提前安排重新做調整。

步驟三：如果調整完之訂單仍無法達成交期，則回覆客戶無法達成交期，另外做協商。

步驟四：產生最後下線日期與出貨日期，如表 3-5。

表 3-5 order table 3

order_no	product	route	qty	Wafer start	Wafer out	re-order no
300973	LM007	L7	150	20031027	20031124	300973-1
300983	LM004	L4	150	20031027	20031129	300983-1
300974	PA007A	P7	150	20031027	20031116	300974-1
300975	LM002	L2	150	20031027	20031028	300975-1
300975	LM002	L2	150	20031027	20031028	300975-2
300973	LM007	L7	150	20031028	20031129	300973-2
300983	LM004	L4	150	20031028	20031129	300983-2
300974	PA007A	P7	70	20031028	20031116	300974-2

300973	LM007	L7	150	20031027	20031124	300973-3
--------	-------	----	-----	----------	----------	----------

自動下線系統是以現有的資料庫做自動的派貨，取代人工計算以解決複雜的迴流問題並配合生產現況做即時的回饋。最重要的是以資料庫的系統資料來做，可以同時將相同製程的程式比對計算，以及同時考慮下線到瓶頸前的作業時間再加上目前瓶頸前所有 buffer WIP 的計算，將即時生產現況反應出來作為 Drum 的依據。

3.3 系統全力配合步驟二之決策

檢視過瓶頸生產排程投料的 Drum 後，接下來看瓶頸的緩衝是如何管理，以及非瓶頸資源是否全力配合瓶頸。此公司使用的製造執行系統 MES (Manufacturing Execution System) 是整合生產過程中各種相關資訊的即時連線電腦系統，具備資料蒐集、在製品追蹤、物料管理、存貨管理、例外管理、品質管理等功能，是用來輔助生管人員收集現場資料及控制現場製造流程的應用軟體，並可做為提供企業改善製程、提高生產效益的工具。

大部分的 MES 系統模組皆會包括：訂單管理 (Customer Order Management, COM)、物料管理 (Material Management System, MMS)、製程控管系統 (Work In Process Tracking, WIPT)、生產排程 (Production Scheduling System, PSS)、品質控管 (Statistical Process Control, SPC)、設備控管 (Equipment Management System, EMS) 及對外部系統的 PDM 整合介面 (PDM Integration Interface) 與 ERP 整合介面 (ERP Integration Interface) 等模組。

A 公司採用 CONSILIUM 公司的 WORKSTREAM，運用在自動派貨系統來配合達成由限制理論所延伸出來的 DBR 生產，藉由初始投料與瓶頸的控制，讓系統的產出與瓶頸同步，利用 TOC 整體安全保護時間之概念在交期控制上，以 ADP 的系統設定保護每一瓶頸機台的產能，其整體安全保護的概念利用比例值做動態控管以保護整個生產線產能，使產品能在適當的時間到達適當的加工站，充分配合瓶頸機台的需求。

自動派貨系統是藉由程式資料庫與機台及製造執行系統資料庫連線，配合自動化的傳輸設備 (Automatic Handling System, AMHS) 自動送出產品派貨至工作站，讓生產線作業員僅需使用條碼機自動確認產品的程式及必須使用的機台來做生產。其流程如圖 3-4。

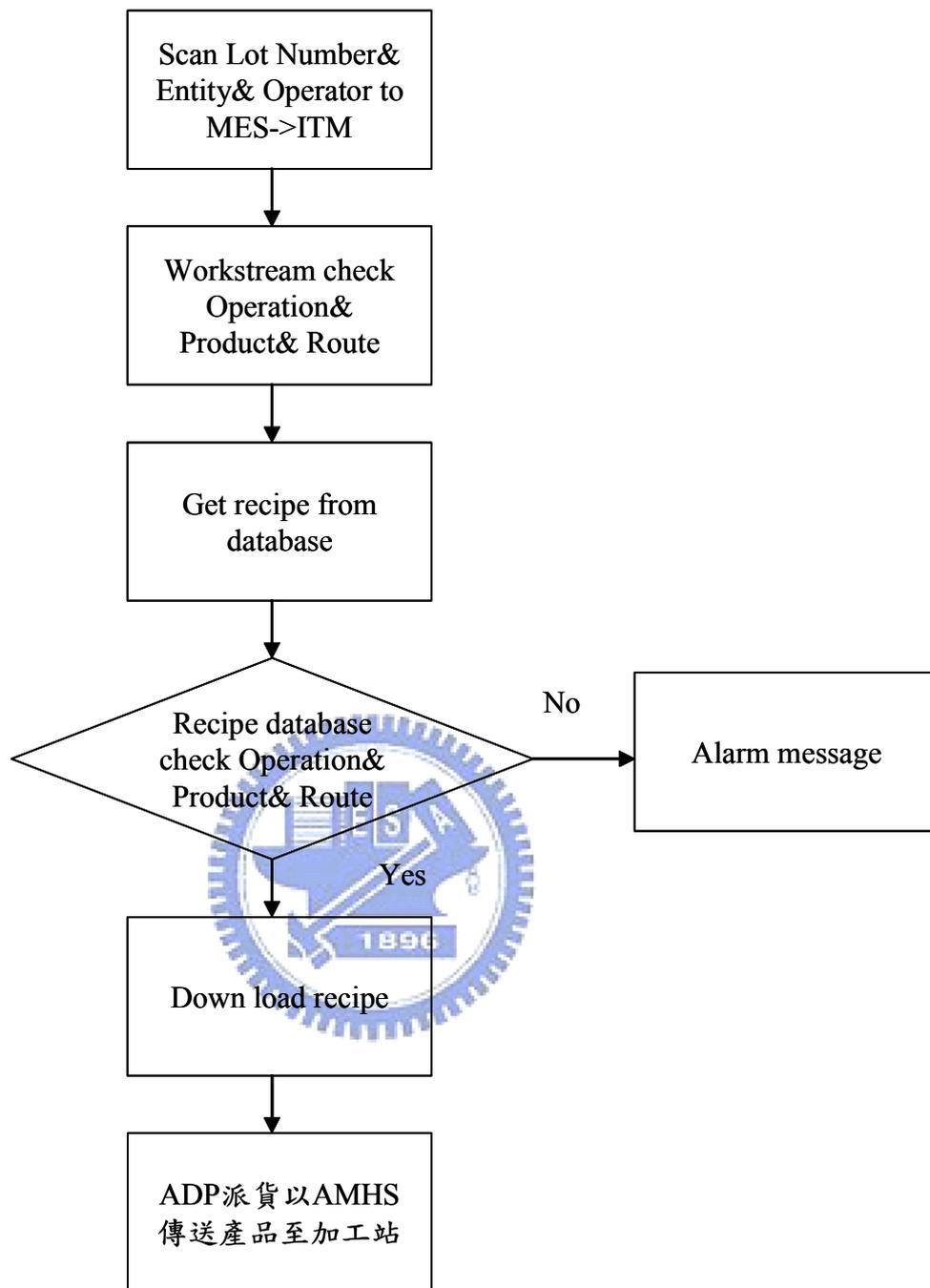


圖 3-4 自動派貨系統流程圖

依上述流程在系統的運作過程是先由作業員將產品批號、作業員以及機台的代碼刷入條碼閱讀機後；此資訊會經由 MES 的 ITM(Information Transfer Management)主機傳到 Workstream 做比對，主機確認產品型號、工作站點、途程正確後由 ITM 主機將生產加工時間傳遞到 Workstream，在此同時上有另一

個程式資料庫會與主機比對資料無誤後，傳回一個程式名稱到 ITM 主機，而自動派貨系統至程式資料庫下載產品批號、作業員以及機台的代碼透過 ITM 主機將程式名稱傳送到機台，機台若接收到程式名稱的訊息會傳送“Down load recipe”完成的訊號給 ITM 主機，若比對無誤則此時就完成機台自動抓取工作程式的過程，若有錯誤則送出錯誤訊息至作業員的終端機，並且無法執行加工程序。

完成抓取工作程式的過程後自動化的傳輸設備就會依自動派貨系統的指示自動派貨至生產機台的工作區域。自動派貨系統的考量因素及派工優先順序說明如下：

- 1.機台的狀態：例如，機台待料則派貨，機台當機、加工中、前置作業或者做每日檢核作業則停止派貨。
- 2.自動化系統有建檔之產品：若自動化系統未完成確認的產品，不准許生產，避免人為疏失導致錯誤，以確保製程的正確性。
- 3.機台群組是根據機台特性或加工站點，將產品予以分類，便於機台管理或生產控制的特性做前後順序的安排。
例如，Group ACB 代表群組 A 的產品派完貨後再派群組 C 最後再派群組 B。
Group C 代表群組 A 與 B 將不被派貨，故針對某一機台只派群組 C 的產品。
- 4.派工優先順序與條件如表 3-6。

表 3-6 派工優先順序與條件

優先順序	派工條件
(1) Group	依據機台特性如: Metal or Non-metal
(2) Priority	達成 PC OTD
(3) Operation	Diff 爐管其前清洗之間隔時間
(4) Product	Batch run/Recipe
(5) Stepper	Photo 連批率

- 5.依產品、訂單順序做判斷：在生產當中可依訂單需求或產品別來做順序的調整，使製造更有彈性。

3.4 緩衝管理

A 公司以關鍵比值法來做瓶頸機台管理的基礎，發展出具有彈性生產製造原則的關鍵層別比值法則，其方法為用產品總生產週期時間去做關鍵層的切

割，並將出貨前的安全保護設為 2 天，系統可依不同產品組合下的單一產品或產品別群組優先順序做調整，使生產更有彈性，其對於關鍵層的定義為：

- 1.XFC 值較高且經過原因分析確認為真正的瓶頸資源。
- 2.依產品特性分割出的緩衝區。
- 3.前段、中段、後段或區段的急貨排程。

為了使生產更有彈性，在特殊需求時能即時反應，所發展的關鍵層別比值法則，對於動態的 WIP 可做即時的掌控，其同時也考慮到對於產品所剩下的加工步驟越來越少時，所需的安全保護時間應該要突顯出來，即所謂的尾端加權法的觀念，為了避免不同長短的生產週期時間，但是以交期法定出來的生產週期時間值相同時，生產人員無法判別真正緩衝較緊的是哪一產品，而系統能設一比例值去補償系統顯現其優先順序，舉例來說假設 7/1 有 A 和 B 產品同時在 station1 但其優先順序都相同為 4，但是 A 產品的交期為 7/10 而 B 產品交期為 7/28，此時我們應當選擇 A 產品來加工，因為 A 產品的緩衝比 B 產品緊，但是光使用原始的關鍵值法無法顯示此情況的發生，所以我們必須給一個比例值，以計算出合理的關鍵值，此生產進度的監測可避免瓶頸機台閒置，更可以確保產品交期不會延遲。

在生產過程中為了達到偵測效果，在適當的時機採取拉貨的動作，避免瓶頸機台有缺料的危機，將生產進度分為三區，即忽略區、警示區、趕工區，產品進度在忽略區可則忽略不去管理，產品進度在警示區則注意產品進度，若在趕工區就須採取優先加工，以防止其延誤。

除了分為三區段做生產進度控管外，為了避免瓶頸機台飢餓必須增訂瓶頸前的緩衝，目前計畫為一天，日後再依據此受限產能的在製品存貨及限制驅導節奏做修訂。

關鍵比值法是將每一工件到達交期前剩餘可用的加工時間除以其剩下所需的加工時間所得之值並給予一加工順序作為派工依據。其公式如下：

$$C/R = \frac{\text{Available cycle time}}{\text{Remaining available cycle time}} = \frac{(\text{Plan due date} - \text{now})}{\text{Process time} \times \text{ratio}}$$

將計算出來的關鍵值範圍給予不同的順序，作為是否趕工作業的依據，原則上將 Priority 分為 9 個級距，主要是給予不同等級的產品能夠清楚定義其代表的意義，依此作為區分忽略區、警示區、趕工區的依據。

C/R	Priority
≥ 1.2	8
$1.2 > C/R \geq 1.1$	7,
$1.1 > C/R \geq 1.0$	6
$1.0 > C/R \geq 0.9$	5
$0.9 > C/R \geq 1.0$	4
$0.8 > C/R \geq 0.9$	3
$C/R < 0.8$	2

表 3-7 Priority 作業順序分區表

排序 (Priority)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
作業順序	趕工區			警示區		忽略區			

經由 C/R 值所對應到排序 (Priority)代表之意義為:Priority 1&9 目前系統保留使用權，作為特殊需求時使用，例如需 24 小時隨時追蹤之產品可設 Priority 為 1，另外若客戶要求臨時暫停生產之產品可設 Priority 為 9；Priority 2 代表 Super hot lot；Priority 3 代表 Hot lot；Priority 4~5 代表 Normal lot 進度落後必須跟催產品進度，系統也會較優先派工，但是其順序在 Super hot lot 和 Hot lot 之後；Priority 6 代表 Normal lot 進度符合預期而 Priority 7~8 代表 Normal lot 進度超前，此 Priority 6 到 Priority8 的屬於進度正常不需做任何動作故，以忽略區定義之。

第四章結論與未來研究方向

本章將第三章檢視後的結果做說明，並且將改善前後的結果做比較，並提出系統不足以及需改善的部分，並針對 A 公司系統的修改歷程做改善前後的比較，最後對於未考慮周詳以及未來可研究的方向加以說明。

在第三章中我們以 DBR 瓶頸管理方法檢視 A 公司得到表 4-1 的結果，在 DBR 的關鍵因素中對於實體限制的定義為清楚的已知為具有受限產能與非受限產能以及受限產能產品與非受限產能產品的公司，對於瓶頸的確認亦能以 X-Factor 找出影響最大的瓶頸，但是對於受限產能多機有迴流的瓶頸機台，缺少迴流機台之投料計畫以及未考慮緩衝時間，針對此部分的改善措施為建構一個自動下線計畫，是採取由瓶頸的節奏來驅動投料的方式，在緩衝的控管部分為 A 公司較弱的環節，故設立出貨緩衝為 2 天，瓶頸保護時間為 1 日，並且未來須視現況再做修改，最重要的是有即時的監控機制為以推移預測(Queue time + Process time)的方式做未來瓶頸負荷的預測，作為事前預防的監控。

表 4-1 DBR 瓶頸管理方法檢視 A 公司結果

相關因素	DBR 關鍵因素	A 公司目前管理方法	落差	改善方案
技術基礎	實體限制	為實體限制之產能受限，具有受限產能與非受限產能以及受限產能產品與非受限產能產品。	已清楚定義,無落差	
確認系統限制	確認瓶頸	以 X-Factor 找出系統限制:DI&EG 機台	無落差	
	瓶頸是否漂移	長時間觀察並無此疑慮		
充分利用系統的限	限制驅導節奏	有受限產能多機無迴流製程限制驅導節奏	符合限制驅導節奏	
		受限產能多機有迴流製程僅以預估瓶頸每日最大產能作為投料依據	不符合限制驅導節奏,有瓶頸投料計畫但不完整,未做受限產能多機台之廢墟推平,缺少迴流機台之後推排程投料	規劃以自動下線系統來達成
系統全力配合瓶頸產能保護	系統全力配合充份利用系統限制	以自動派貨系統來配合達成	無出貨緩衝	已增加 Ratio 值可供修改以瓶頸工作站以及尾端加權法的觀念給予 2 天出貨緩衝
		無瓶頸保護時間	瓶頸與裝配緩衝管理為落實	提出關鍵層別比值派工法給予不同 Ratio 作為緩衝的控管，目前暫定訂瓶頸保護時間為 1 日，日後再行修正

	以目前的在製品分布圖 預測明日瓶頸機台的 WIP量做產能保護	以推移預測 (Queue time + Process time) 監控在製品	提供更改 Priority 功能作 為即時線上監控的回饋機 制
--	--------------------------------------	---	---------------------------------------

由整個檢視的過程來看，以限制理論 TOC 觀念導出的 DBR 瓶頸管理公司必須確定下列問題的答案是 YES:

1. 確認系統是實體限制嗎?.....YES
2. 確定投料節奏是由瓶頸所驅動嗎?YES
3. 非限制資源是否全力配合?YES
4. 是否有確實做好緩衝管理?YES

看起來 4 個問題似乎很簡單，但是應用在複雜的生產管理環境上卻必須仔細的分析了解，依據此 DBR 瓶頸管理流程來檢視系統的不足，找出公司內部實施的 DBR 系統是否真的有落實，如果沒有那這當中的差距在哪裡?應用此流程將問題找出來，就可以一一加以修改來趨近真正的 DBR，以免落入一個號稱是做 DBR 的公司，但實質上只是僅止於觀念而已，並沒有真正落實而不自知。如果我們能夠真正確實經由次流程檢視後且針對上述問題，能夠確實回答 YES，那麼就可聲稱是做限制驅導式排程方法(Drum-Buffer-Rope;DBR)的公司。

由於半導體景氣的循環，景氣由谷底翻揚到現在的活絡，出貨量由 5000 片/月攀升到 25000 片/月，在出貨量增加 5 倍的情況下，A 公司在兩年半的期間就是針對上述流程不斷的檢視生產系統且持續的改善，才有生產週期時間縮短 9%以及產品達交率增加 27%的成果，但是我們還是要持續不斷的努力讓系統更完善，期望此研究能夠給予更多推展 DBR 瓶頸管理的公司有一些啟發，能夠正視問題的癥結點，不要誤以為僅只有 TOC 的觀念應用於生產系統就是導入 DBR 的公司了。

4.1 系統修改歷程

A 公司以 DBR 瓶頸管理方法不停的檢視其生產系統，在不同階段針對生產系統做了以下修改:

1. 指標修正:生產指標將 Move 改為 Cycle time 與 OTD(2001.12)。
2. 瓶頸管理:找出影響較大的瓶頸以 X-Factor 定義瓶頸(2002.6)。
3. 庫存管理:為避免生產出來的產品在倉庫停留過久定期的審核(此為引用 TDD 觀念 2003.5)。
4. 分產品別設定生產週期時間與產品達交率的目標(2003.8)。

5. Buffer 控管:增加 ratio 以作為不同出貨日期負荷不同的差異,並且也以 ratio 做出貨管理(2003.10)。
6. 將瓶頸「設計」在製程中:透過製程變更審核會議(Process Change Review Board, PCRB)的機制,讓製程設計時能將瓶頸管理納入製程研發設計階段,同時回饋給銷售單位作為接單的依據(2003.10)。

4.2 改善實績

隨著時間的演進在不同時段做修改對於生產管理獲得顯著的成效。我們可由過去的生產績效指標以及預期的改善目標,對於每一階段的改善指標生產週期時間與產品達交率做比較,得到生產週期時間縮短 9%以及產品達交率增加 27%的成果。

4.2.1 過去績效

我們根據過去的績效如表 4-2 所見,在 2001 年 12 月以前平均 WIP 約 6800 片,平均生產週期時間為 2.2 day/layer,製造部在 2001 年 12 月開始著手推展 DBR 瓶頸管理流程,首先將生產指標由 Move 量改為 cycle time 與 OTD,其績效反映在 2002 年的 1 月,由原本前半年 2.2 day/layer 的平均生產週期時間降為 2.1day/layer 以及往後半年的平均平均生產週期時間為 2.0day/layer。

表 4-2:過去績效

Average WIP(Q'ty)	6800
Average Wafer out (Q'ty) per month	4700
All product average Cycle Time (day/layer)	2.2
On Time Delivery	75%

July.2001~Dec.2001

4.2.2 預期目標

由於 2003 年 8 月以前並沒有針對不同產品別設個別目標,使得有時為了達成總 Cycle time 的目標,而犧牲部分產品的 cycle time 去滿足總生產週期時間,為了避免此落入局部的最佳化的弊端,我們增設了各個產品

別的目標如表 4-3。

表 4-3:預期目標

WIP(Q'ty)	>25000	20001~25000	<20000
All Product Cycle Time (day/layer)	2.3	2.1	2.0
All Product On Time Delivery	90%	93%	96%
L Product Cycle Time (day/layer)	2.2	2.1	2
P Product Cycle Time(day/layer)	2.5	2.3	2.1

4.2.3 實際成果

由圖 4-1 及圖 4-2 可證明，隨著時間的過去，但是 A 公司不停的改善，得到非常豐碩的成果，由於半導體景氣循環因素出貨量由 5000 片/月爆增到 25000 片/月，生產週期時間不但沒增加，反而呈下降趨勢的遞減，另外，在 WIP 量方面也由原來比出貨量高到低於出貨量，而這是在出貨量不斷攀高的情況下更是難得。

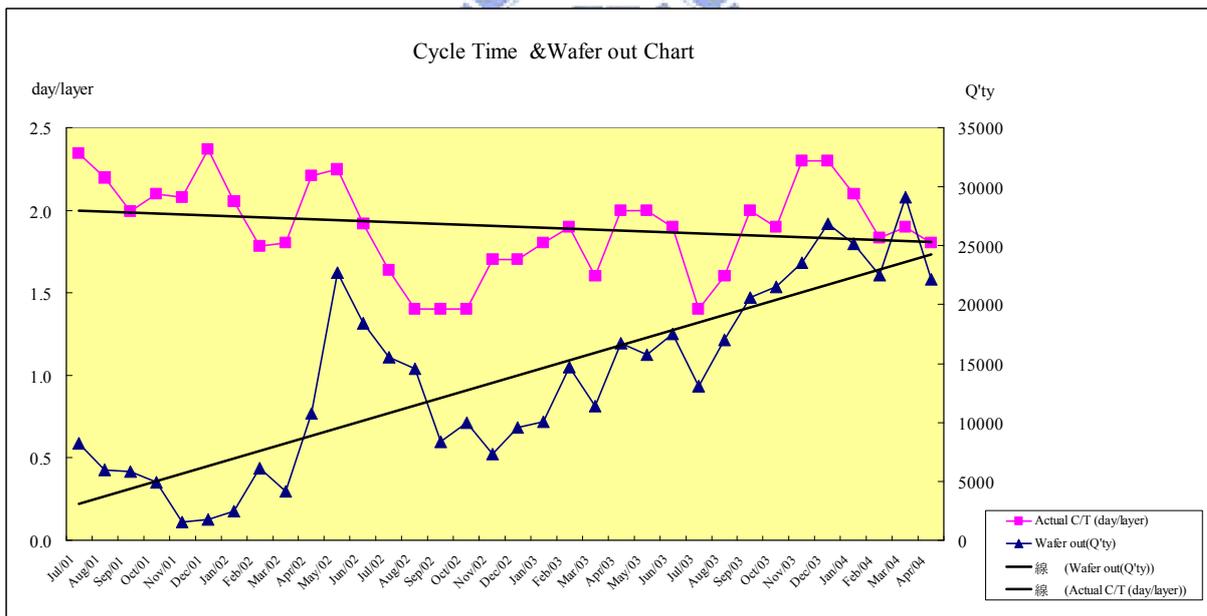


圖 4-1: Cycle Time& Wafer out Chart

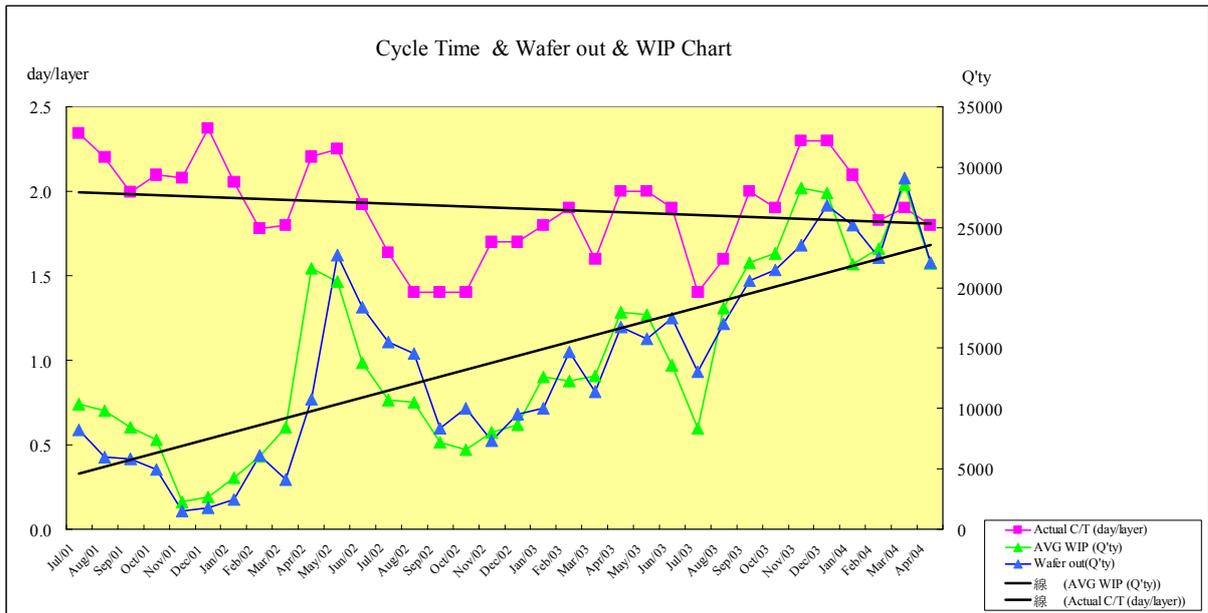


圖 4-2: Cycle Time& Wafer out & WIP Chart

生產線在每一時點上做的改善，都讓系統漸漸的更趨完善，得到的生產績效，由表 4-4 與圖 4-3 可以看出不同階段的改善都可由數據表以及圖看出隨著 WIP 不斷的增加，生產週期時間卻越來越少而產品的達交率也是如此。

表 4-4: 改善前、改善後數據

改善階段 指標	改善前 (Jul.2001~Dec-.2001)	改善後 1 (Jan.2002~May.2002)	改善後 2 (Jun.2002~Aug.2003)	改善後 3 (Sep.2003~Apr.2004)
Average Wafer out (Q'ty) per month	4700	9200	14000	24000
AVG WIP (Q'ty) per month	6800	12000	12000	24500
Average C/T (day/layer)	2.2	2	1.7	2
On Time Delivery	75%	90%	97%	95%

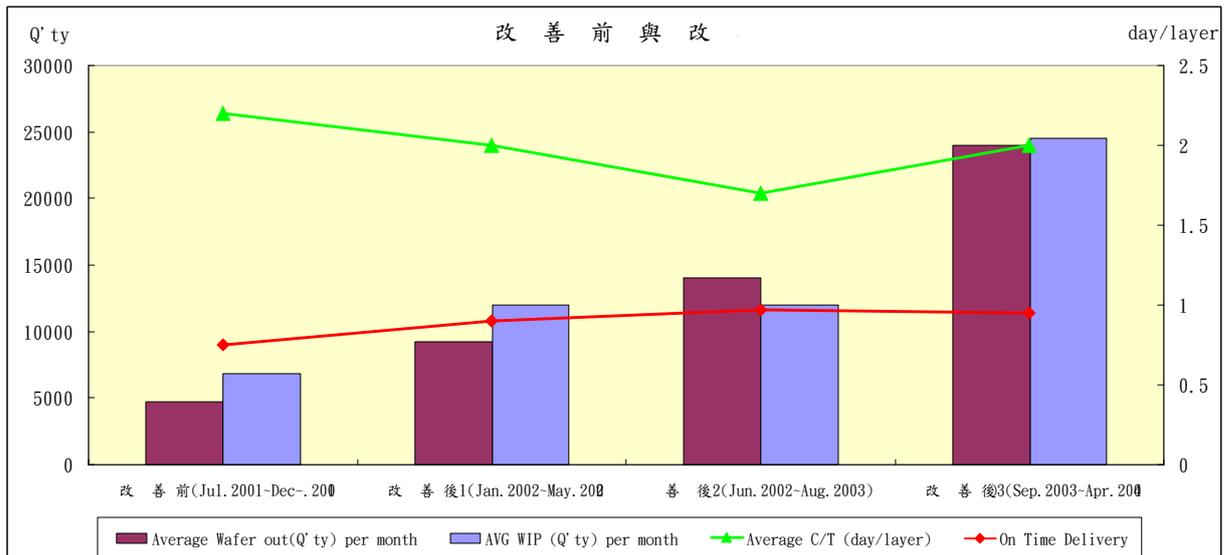


圖 4-3:改善前、改善後指標圖

由表 4-5 可看出對於所訂的目標除了 P Product 的生產週期時間在 WIP 小於 20000 時沒達到目標，最主要是由於此產品的瓶頸機台有長時間的當機導致。其他項目都可達到目標。

表 4-5:預期目標達成表

WIP(Q'ty)	>25000	20001~25000	<20000
Target: All Product Cycle Time (day/layer)	2.3	2.1	2.0
Actual: All Product Cycle Time (day/layer)	1.9	2.0	1.8
Target: All Product On Time Delivery	90%	93%	96%
Actual: All Product On Time Delivery	94%	95%	96%
Target: L Product Cycle Time (day/layer)	2.2	2.1	2
Actual: L Product Cycle Time (day/layer)	2.1	2.1	1.6
Target: P Product Cycle Time(day/layer)	2.5	2.3	2.1
Actual: P Product Cycle Time(day/layer)	2.5	2.3	2.2

A 公司也是從僅有基本的瓶頸管理觀念一直到對系統的審視過程當中慢慢做系統的修改，從 2002 年以前總產品的生產週期時間由 2.2 day/layer 進步到 2.0 day/layer 以下，達交率由 75%進步到 95%以上，從只看所有產品的總生產週期時間到分產品別訂立不同的績效，這當中限制驅導式現場排程與管理思維的理念引導我們做工廠體質的持續改善，持續的改善是企業進步的不二法門，不論公司推展什麼系統就是要不斷的審視改善，才不

會落入只是號稱導入 XX 系統的公司，而花了那麼多成本、人力、物力得到的只是一個空殼不是太浪費了嗎？所以吾人提出此份論文給導入系統的公司一些醒思與建議。

4.3 結論

雖然 A 公司不斷的依據 DBR 瓶頸管理流程來改善，但是還是有許多不足的部分，經過幾次的審視提出三個可行的未來改善目標：

- 1.動態瓶頸投料法:建構一具有多機迴圈的投料計畫(即自動下線系統),以投料當時的 WIP 反映出目前瓶頸的負荷,在依據目前的訂單做排平,而其架構即以 DBR 的方式處理。
- 2.Buffer 控管:以關鍵層別比值派工法給予不同的比例值作為緩衝的控管為基礎,並且依實際經驗值做瓶頸保護時間的修訂基準,再利用推移預測的方式做在製品的監控,其能夠預知瓶頸未來的負荷,做為即時監控反應的機制。
- 3.利用生產控制系統(Product Control System on WEB,PCSWEB)自動找出瓶頸資源所在。

Buffer 的控管是目前比較弱的環節,雖然已經在出貨端做了 2 天的安全保護,但是對於目前訂一天的瓶頸保護,還必須依據經驗值做修正,對於特殊 ratio 與 priority 的計算與回饋期望能有更人性化的工具可使用。

經由 DBR 的生產管理不斷的對生產做改善,目前規劃中的自動下線系統是以現有的資料庫做自動的派貨,取代人工計算以解決複雜的迴流問題並配合生產現況做即時的回饋,對於瓶頸的投料能夠掌握的更精準,但是資料庫的維護必須設法能夠儘量由系統中取得,否則如果設計的系統耗費過多的時間做資料庫的維護,導致維護的困難,往往日後會因維護的不便與疏漏造成系統產生錯誤的訊息,使得訂單與資源分配的不好,而發生產出的損失與訂單的延誤反而使生產績效變差。

4.4 未來研究方向

由於半導體製造程序複雜且繁瑣,許多不確定因素,會影響排程,以限制驅導式排程的方法是排到每一機台每一分鐘都要排平,相對於生產週期時間長達 30~45 天的製程或者是高達到 60 天的製程,

1. 是否需要排程到瓶頸機台的每一機台每一分鐘?

2. 對於生產系統上的動態排程，多久必須重排甚或是有否需要即時的動態排程?

是未來研究可再詳加探討的部分，基於各公司成本配置的考量標準不同，對於動輒千萬或是上億的系統開發費用有不同的見解，故任何一種生產作業模式運用於每個公司的推展適合度必須審慎評估，對於此簡單易懂的限制驅導式現場排程與管理思維的理念，我們只要能夠清楚正確的應用他，並以現有的系統作修改輔助，即可達到顯著的功效，對於不願花大錢再導入新系統的公司，此限制驅導式現場排程與管理可短期內就有卓越且顯著的績效，是經濟實惠又高績效的生產管理最佳選擇。



參考文獻

- [1] **Donald P. Martin**, “The Advantages of Using Short Cycle Time Manufacturing Instead of Continuous Flow Manufacturing”, Proceedings of the ASMC, Boston, MA, 1998.
- [2] **Glasse, C.R. and Resende, M.G.C.**, “Closed-loop job release control for VLSI circuit manufacturing”, IEEE Transactions on Semiconductor, vol.1, No.1, pp.36-46, Feb 1988.
- [3] **Jackson, J.R.**, “Simulation research on job shop production”, Naval Research Logistic Quarterly, vol.14, pp.287-295, 1957.
- [4] **Kramer, Scott S.**, “Total Cycle Time Management by Operational Element”, International Semiconductor Manufacturing Science Symposium, pp.17-20, 1989.
- [5] **Leachman, R.C., Solozano M., and Glassey, C. R.**, “A queue management policy for release of factory work orders”, Engineering Systems Research Center, University of California, Berkeley, ESRC Report 89-19, CA94720. , 1988.
- [6] **Lawrence, S. R., and Buss, A. H.**, “Shifting Production Bottlenecks: Causes, Cures, and Conundrums”, Production and Operations Management, 3/ (1), pp21-37, 1994.
- [7] **Lu, S. C. H., Ramaswamy, D., and Kumar P.R.**, “Efficient Scheduling Polices to reduce Mean and Variance of Cycle Time in Semiconductor Manufacturing Plants”, IEEE Transactions on Semiconductor, vol.7, No.3, pp.374-388, 1994.
- [8] **Ronen, B. and Spector**, “Managing System Constraints: A Cost/ Utilization Approach”, International Journal of Production Research, 30/9, pp.2045-2061, 1992.
- [9] **Sridharan, V., William, L. B., and Udayabhanu, V.**, “Freezing the master production schedule under rolling planning horizon,” Management Science, Vol. 33, pp. 1137-1149, 1992.

- [10] 吳鴻輝、李榮貴，限制驅導式現場排程與管理技術，全華科技圖書股份有限公司，pp.3-1~3-9，2000。
- [11] 李明煌，「晶圓廠之限制驅導式主生產排程模式研究」，中華大學工業工程與管理研究所，碩士論文，1999。
- [12] 何正斌，「晶圓製造廠瓶頸管理模式之研究」，華梵大學工業管理學系，碩士論文，2001。
- [13] 施盈志，「晶圓製造廠在製品水準之規劃與控制」，國立交通大學工業工程與管理學系，碩士論文，1996。
- [14] 高正峰，「半導體廠提高達交率的派工法則」，國立交通大學工業工程與管理學系，碩士論文，2003。
- [15] 黃承龍，「瓶頸漂移現象之分析與其管理對策之研究」，國立交通大學工業工程與管理學系，博士論文，1998。
- [16] 馮鈺敏，「考慮晶圓製造廠績效之組合式即時派工法則」，國立交通大學工業工程與管理學系，碩士論文，1997。
- [17] 曾裕文，「多種生產週期時間產品之派工方法-考量機台當機特性」，國立交通大學工業工程與管理學系，碩士論文，2003。



附錄一 Ratio計算表

work station	que_time	proc_time	current ratio que_time/pro_time	X1	ratio 1 base on CT=28	que_time 1 CT=28	X2	ratio 2 current ratio*X2	que_time 2 =que_time*ratio 2	Original Remaining CT sum(proc_time+que_time 1)	New Remaining CT sum(proc_time+que_time 2)	unit:Day
1	0.772	0.008	96.50	0.80	77.20	0.62	0.67	64.66	0.51724	27.9652	28.05306	
2	0.209	0.007	29.86	0.80	23.89	0.17	0.67	20.00	0.14003	27.3396	27.52782	
3	0.041	0.033	1.24	0.80	0.99	0.03	0.67	0.83	0.02747	27.1654	27.38079	
4	0.02	0.028	0.71	0.80	0.57	0.02	0.67	0.48	0.0134	27.0996	27.32032	
5	0.087	0.033	2.64	0.80	2.11	0.07	0.67	1.77	0.05829	27.0556	27.27892	
6	0.143	0.131	1.09	0.80	0.87	0.11	0.67	0.73	0.09581	26.9530	27.18763	
7	0.004	0.006	0.67	0.80	0.53	0.00	0.67	0.45	0.00268	26.7076	26.96082	
8	0.028	0.04	0.70	0.80	0.56	0.02	0.67	0.47	0.01876	26.6984	26.95214	
9	0.083	0.167	0.50	0.80	0.40	0.07	0.67	0.33	0.05561	26.6360	26.89338	
10	0.006	0.006	1.00	0.80	0.80	0.00	0.67	0.67	0.00402	26.4026	26.67077	
11	0.409	0.031	13.19	0.80	10.55	0.33	0.67	8.84	0.27403	26.3918	26.66075	
12	0.159	0.114	1.39	0.80	1.12	0.13	0.67	0.93	0.10653	26.0336	26.35572	
13	0.021	0.008	2.63	0.80	2.10	0.02	0.67	1.76	0.01407	25.7924	26.13519	
14	0.136	0.12	1.13	0.80	0.91	0.11	0.67	0.76	0.09112	25.7676	26.11312	
15	0.05	0.018	2.78	0.80	2.22	0.04	0.67	1.86	0.0335	25.5388	25.902	
16	0.114	0.033	3.45	0.80	2.76	0.09	0.67	2.31	0.07638	25.4808	25.8505	
17	0.144	0.031	4.65	0.80	3.72	0.12	0.67	3.11	0.09648	25.3566	25.74112	
18	0	0.013	0.00	0.80	0.00	0.00	0.67	0.00	0	25.2104	25.61364	
19	0.02	0.033	0.61	0.80	0.48	0.02	0.67	0.41	0.0134	25.1974	25.60064	
20	0.009	0.024	0.38	0.80	0.30	0.01	0.67	0.25	0.00603	25.1484	25.55424	
21	0.039	0.006	6.50	0.80	5.20	0.03	0.67	4.36	0.02613	25.1172	25.52421	
22	0.038	0.005	7.60	0.80	6.08	0.03	0.67	5.09	0.02546	25.0800	25.49208	
23	0.202	0.047	4.30	0.80	3.44	0.16	0.67	2.88	0.13534	25.0446	25.46162	
24	0.028	0.007	4.00	0.80	3.20	0.02	0.67	2.68	0.01876	24.8360	25.27928	
25	0.002	0.005	0.40	0.80	0.32	0.00	0.67	0.27	0.00134	24.8066	25.25552	
26	0.046	0.037	1.24	0.80	0.99	0.04	0.67	0.83	0.03082	24.8000	25.24718	
27	0.072	0.037	1.95	0.80	1.56	0.06	0.67	1.30	0.04824	24.7262	25.17936	
28	0.028	0.007	4.00	0.80	3.20	0.02	0.67	2.68	0.01876	24.6316	25.09412	
29	0.036	0.03	1.20	0.80	0.96	0.03	0.67	0.80	0.02412	24.6022	25.06836	
30	0.393	0.03	13.10	0.80	10.48	0.31	0.67	8.78	0.26331	24.5434	25.01424	
31	0.048	0.118	0.41	0.80	0.33	0.04	0.67	0.27	0.03216	24.1990	24.72093	
32	0.007	0.007	1.00	0.80	0.80	0.01	0.67	0.67	0.00469	24.0426	24.57077	
33	0.174	0.165	1.05	0.80	0.84	0.14	0.67	0.71	0.11658	24.0300	24.55908	
34	0.036	0.006	6.00	0.80	4.80	0.03	0.67	4.02	0.02412	23.7258	24.2775	
35	0.178	0.05	3.56	0.80	2.85	0.14	0.67	2.39	0.11926	23.6910	24.24738	
36	0.018	0.005	3.60	0.80	2.88	0.01	0.67	2.41	0.01206	23.4986	24.07812	
37	0.019	0.005	3.80	0.80	3.04	0.02	0.67	2.55	0.01273	23.4792	24.06106	
38	0.083	0.035	2.37	0.80	1.90	0.07	0.67	1.59	0.05561	23.4590	24.04333	
39	0.027	0.005	5.40	0.80	4.32	0.02	0.67	3.62	0.01809	23.3576	23.95272	
40	0.097	0.052	1.87	0.80	1.49	0.08	0.67	1.25	0.06499	23.3310	23.92963	
41	0.008	0.005	1.60	0.80	1.28	0.01	0.67	1.07	0.00536	23.2014	23.81264	
42	0.006	0.005	1.20	0.80	0.96	0.00	0.67	0.80	0.00402	23.1900	23.80228	
43	0.023	0.027	0.85	0.80	0.68	0.02	0.67	0.57	0.01541	23.1802	23.79326	
44	0.078	0.041	1.90	0.80	1.52	0.06	0.67	1.27	0.05226	23.1348	23.75085	
45	0.396	0.035	11.31	0.80	9.05	0.32	0.67	7.58	0.26532	23.0314	23.65759	
46	0.351	0.5	0.70	0.80	0.56	0.28	0.67	0.47	0.23517	22.6796	23.35727	
47	0.004	0.005	0.80	0.80	0.64	0.00	0.67	0.54	0.00268	21.8988	22.6221	
48	0.152	0.069	2.20	0.80	1.76	0.12	0.67	1.48	0.10184	21.8906	22.61442	
49	0.024	0.008	3.00	0.80	2.40	0.02	0.67	2.01	0.01608	21.7000	22.44358	
50	0.058	0.018	3.22	0.80	2.58	0.05	0.67	2.16	0.03886	21.6728	22.4195	
51	0.085	0.044	1.93	0.80	1.55	0.07	0.67	1.29	0.05695	21.6084	22.36264	
52	0.037	0.033	1.12	0.80	0.90	0.03	0.67	0.75	0.02479	21.4964	22.26169	
53	0.037	0.025	1.48	0.80	1.18	0.03	0.67	0.99	0.02479	21.4338	22.2039	
54	0	0.021	0.00	0.80	0.00	0.00	0.67	0.00	0	21.3792	22.15411	
55	0.002	0.013	0.15	0.80	0.12	0.00	0.67	0.10	0.00134	21.3582	22.13311	
56	0.069	0.04	1.73	0.80	1.38	0.06	0.67	1.16	0.04623	21.3436	22.11877	
57	0.573	0.018	31.83	0.80	25.47	0.46	0.67	21.33	0.38391	21.2484	22.03254	
58	0.027	0.062	0.44	0.80	0.35	0.02	0.67	0.29	0.01809	20.7720	21.63063	
59	0.107	0.04	2.68	0.80	2.14	0.09	0.67	1.79	0.07169	20.6884	21.55054	
60	1.632	0.036	45.33	0.80	36.27	1.31	0.67	30.37	1.09344	20.5628	21.43885	
61	0.29	0.582	0.50	0.80	0.40	0.23	0.67	0.33	0.1943	19.2212	20.30941	
62	0.008	0.005	1.60	0.80	1.28	0.01	0.67	1.07	0.00536	18.4072	19.53311	
63	0.159	0.038	4.18	0.80	3.35	0.13	0.67	2.80	0.10653	18.3958	19.52275	
64	0.146	0.106	1.38	0.80	1.10	0.12	0.67	0.92	0.09782	18.2306	19.37822	
65	0.004	0.005	0.80	0.80	0.64	0.00	0.67	0.54	0.00268	18.0078	19.1744	
66	0.454	0.044	10.32	0.80	8.25	0.36	0.67	6.91	0.30418	17.9996	19.16672	
67	0.119	0.169	0.70	0.80	0.56	0.10	0.67	0.47	0.07973	17.5924	18.81854	
68	0.014	0.001	14.00	0.80	11.20	0.01	0.67	9.38	0.00938	17.3282	18.56981	
69	0.064	0.031	2.06	0.80	1.65	0.05	0.67	1.38	0.04288	17.3160	18.55943	
70	0.14	0.031	4.52	0.80	3.61	0.11	0.67	3.03	0.0938	17.2338	18.48555	
71	0	0.013	0.00	0.80	0.00	0.00	0.67	0.00	0	17.0908	18.36075	
72	0.027	0.025	1.08	0.80	0.86	0.02	0.67	0.72	0.01809	17.0778	18.34775	
73	0.014	0.028	0.50	0.80	0.40	0.01	0.67	0.34	0.00938	17.0312	18.30466	
74	0.015	0.005	3.00	0.80	2.40	0.01	0.67	2.01	0.01005	16.9920	18.26728	
75	0.034	0.008	4.25	0.80	3.40	0.03	0.67	2.85	0.02278	16.9750	18.25223	
76	0.005	0.005	1.00	0.80	0.80	0.00	0.67	0.67	0.00335	16.9398	18.22145	
77	0.058	0.019	3.05	0.80	2.44	0.05	0.67	2.05	0.03886	16.9308	18.2131	
78	0.039	0.017	2.29	0.80	1.84	0.03	0.67	1.54	0.02613	16.8654	18.15524	
79	0.045	0.019	2.37	0.80	1.89	0.04	0.67	1.59	0.03015	16.8172	18.11211	
80	0.026	0.06	0.43	0.80	0.35	0.02	0.67	0.29	0.01742	16.7622	18.06296	
81	0.07	0.035	2.00	0.80	1.60	0.06	0.67	1.34	0.0469	16.6814	17.98554	
82	0.04	0.005	8.00	0.80	6.40	0.03	0.67	5.36	0.0268	16.5904	17.90364	
83	0.031	0.017	1.82	0.80	1.46	0.02	0.67	1.22	0.02077	16.5534	17.87184	
84	0.063	0.038	1.66	0.80	1.33	0.05	0.67	1.11	0.04221	16.5116	17.83407	
85	0.03	0.031	0.97	0.80	0.77	0.02	0.67	0.65	0.0201	16.4232	17.75386	
86	0.033	0.025	1.32	0.80	1.06	0.03	0.67	0.88	0.02211	16.3682	17.70276	
87	0.005	0.021	0.24	0.80	0.19	0.00	0.67	0.16	0.00335	16.3168	17.65565	
88	0.008	0.006	1.33	0.80	1.07	0.01	0.67	0.89	0.00536	16.2918	17.6313	
89	0.053	0.018	2.94	0.80	2.36	0.04	0.67	1.97	0.03551	16.2794	17.61994	
90	0.03	0.06	0.50	0.80	0.40	0.02	0.67	0.34	0.0201	16.2190	17.56643	
91	0.048	0.04	1.20	0.80	0.96	0.04	0.67	0.80	0.03216	16.1350	17.48633	
92	0.042	0.005	8.40	0.80	6.72	0.03	0.67	5.63	0.02814	16.0566	17.41417	
93	0.069	0.031	2.23	0.80	1.78	0.06	0.67	1.49	0.04623	16.0180	17.38103	
94	0.151	0.031	4.87	0.80	3.90	0.12	0.67	3.26	0.10117	15.9318	17.3038	
95	0	0.013	0.00	0.80	0.00	0.00	0.67	0.00	0	15.7800	17.17163	
96	0.035	0.025	1.40	0.80	1.12	0.03	0.67	0.94	0.02345	15.7670	17.15863	
9												

work station	que_time	proc_time	current ratio		X1	ratio 1		X2	ratio 2		que_time 2	Original Remaining CT	New Remaining CT
			que_time/pro_time			base on CT=28	CT=28		current ratio*X2	=que_time*ratio 2			
100	0.008	0.006	1.33	0.80	1.07	0.01	0.67	0.89	0.00536	0.00211	15.6340	17.03798	
101	0.06	0.018	3.33	0.80	2.67	0.05	0.67	2.23	0.0402	0.02211	15.6216	17.02662	
102	0.033	0.016	2.06	0.80	1.65	0.03	0.67	1.38	0.02211	0.00000	15.5556	16.96842	
103	0	0.035	0.00	0.80	0.00	0.00	0.67	0.00	0	0	15.5132	16.93031	
104	0.027	0.005	5.40	0.80	4.32	0.02	0.67	3.62	0.01809	0.00000	15.4782	16.89531	
105	0.033	0.045	0.73	0.80	0.59	0.03	0.67	0.49	0.02211	0.00000	15.4516	16.87222	
106	0.041	0.033	1.24	0.80	0.99	0.03	0.67	0.83	0.02747	0.00000	15.3802	16.80511	
107	0.022	0.006	3.67	0.80	2.93	0.02	0.67	2.46	0.01474	0.00000	15.3144	16.74464	
108	0.658	0.035	18.80	0.80	15.04	0.53	0.67	12.60	0.44086	0.00000	15.2908	16.7239	
109	0.063	0.11	0.57	0.80	0.46	0.05	0.67	0.38	0.04221	0.00000	14.7294	16.24804	
110	0.007	0.006	1.17	0.80	0.93	0.01	0.67	0.78	0.00469	0.00000	14.5690	16.09583	
111	0.124	0.15	0.83	0.80	0.66	0.10	0.67	0.55	0.08308	0.00000	14.5574	16.08514	
112	0.005	0.005	1.00	0.80	0.80	0.00	0.67	0.67	0.00335	0.00000	14.3082	15.85206	
113	0.013	0.005	2.60	0.80	2.08	0.01	0.67	1.74	0.00871	0.00000	14.2992	15.84371	
114	0.081	0.013	6.23	0.80	4.98	0.06	0.67	4.17	0.05427	0.00000	14.2838	15.83	
115	0.116	0.04	2.90	0.80	2.32	0.09	0.67	1.94	0.07772	0.00000	14.2060	15.76273	
116	0.084	0.048	1.75	0.80	1.40	0.07	0.67	1.17	0.05628	0.00000	14.0732	15.64501	
117	0.015	0.02	0.75	0.80	0.60	0.01	0.67	0.50	0.01005	0.00000	13.9580	15.54073	
118	0.025	0.013	1.92	0.80	1.54	0.02	0.67	1.29	0.01675	0.00000	13.9260	15.51068	
119	0.115	0.031	3.71	0.80	2.97	0.09	0.67	2.49	0.07705	0.00000	13.8930	15.48093	
120	0.483	0.031	15.58	0.80	12.46	0.39	0.67	10.44	0.32361	0.00000	13.7700	15.37288	
121	0	0.013	0.00	0.80	0.00	0.00	0.67	0.00	0	0	13.3526	15.01827	
122	0.029	0.033	0.88	0.80	0.70	0.02	0.67	0.59	0.01943	0.00000	13.3396	15.00527	
123	0.023	0.022	1.05	0.80	0.84	0.02	0.67	0.70	0.01541	0.00000	13.2834	14.95284	
124	0.025	0.004	6.25	0.80	5.00	0.02	0.67	4.19	0.01675	0.00000	13.2430	14.91543	
125	0.078	0.006	13.00	0.80	10.40	0.06	0.67	8.71	0.05226	0.00000	13.2190	14.89468	
126	0.024	0.005	4.80	0.80	3.84	0.02	0.67	3.22	0.01608	0.00000	13.1506	14.83642	
127	0.277	0.1	2.77	0.80	2.22	0.22	0.67	1.86	0.18559	0.00000	13.1264	14.81534	
128	0.016	0.005	3.20	0.80	2.56	0.01	0.67	2.14	0.01072	0.00000	12.8048	14.52975	
129	0.023	0.005	4.60	0.80	3.68	0.02	0.67	3.08	0.01541	0.00000	12.7870	14.51403	
130	0.017	0.045	0.38	0.80	0.30	0.01	0.67	0.25	0.01139	0.00000	12.7636	14.49362	
131	0.026	0.035	0.74	0.80	0.59	0.02	0.67	0.50	0.01742	0.00000	12.7050	14.43723	
132	0.019	0.007	2.71	0.80	2.17	0.02	0.67	1.82	0.01273	0.00000	12.6492	14.38481	
133	0.035	0.03	1.17	0.80	0.93	0.03	0.67	0.78	0.02345	0.00000	12.6270	14.36508	
134	0.077	0.031	2.48	0.80	1.99	0.06	0.67	1.66	0.05159	0.00000	12.5690	14.31163	
135	0.145	0.033	4.39	0.80	3.52	0.12	0.67	2.94	0.09715	0.00000	12.4764	14.22904	
136	0	0.007	0.00	0.80	0.00	0.00	0.67	0.00	0	0	12.3274	14.09889	
137	0.025	0.025	1.00	0.80	0.80	0.02	0.67	0.67	0.01675	0.00000	12.3204	14.09189	
138	0.016	0.021	0.76	0.80	0.61	0.01	0.67	0.51	0.01072	0.00000	12.2754	14.05014	
139	0.016	0.004	4.00	0.80	3.20	0.01	0.67	2.68	0.01072	0.00000	12.2416	14.01842	
140	0.039	0.007	5.57	0.80	4.46	0.03	0.67	3.73	0.02613	0.00000	12.2248	14.0037	
141	0.013	0.005	2.60	0.80	2.08	0.01	0.67	1.74	0.00871	0.00000	12.1866	13.97057	
142	0.056	0.022	2.55	0.80	2.04	0.04	0.67	1.71	0.03752	0.00000	12.1712	13.95686	
143	0.016	0.06	0.27	0.80	0.21	0.01	0.67	0.18	0.01072	0.00000	12.1044	13.89734	
144	0.03	0.035	0.86	0.80	0.69	0.02	0.67	0.57	0.0201	0.00000	12.0316	13.82662	
145	0.012	0.005	2.40	0.80	1.92	0.01	0.67	1.61	0.00804	0.00000	11.9726	13.77152	
146	0.222	0.027	8.22	0.80	6.58	0.18	0.67	5.51	0.14874	0.00000	11.9580	13.75848	
147	0.23	0.028	8.21	0.80	6.57	0.18	0.67	5.50	0.1541	0.00000	11.7534	13.58274	
148	0.033	0.001	33.00	0.80	26.40	0.03	0.67	22.11	0.02211	0.00000	11.5414	13.40064	
149	0.13	0.117	1.11	0.80	0.89	0.10	0.67	0.74	0.0871	0.00000	11.5140	13.37753	
150	0.06	0.001	60.00	0.80	48.00	0.05	0.67	40.20	0.0402	0.00000	11.2930	13.17343	
151	0.115	0.039	2.95	0.80	2.36	0.09	0.67	1.98	0.07705	0.00000	11.2440	13.13223	
152	0.015	0.005	3.00	0.80	2.40	0.01	0.67	2.01	0.01005	0.00000	11.1130	13.01618	
153	0.017	0.005	3.40	0.80	2.72	0.01	0.67	2.28	0.01139	0.00000	11.0960	13.00113	
154	0.042	0.046	0.91	0.80	0.73	0.03	0.67	0.61	0.02814	0.00000	11.0774	12.98474	
155	0.024	0.035	0.69	0.80	0.55	0.02	0.67	0.46	0.01608	0.00000	10.9978	12.9106	
156	0.083	0.031	2.68	0.80	2.14	0.07	0.67	1.79	0.05561	0.00000	10.9436	12.85952	
157	0.199	0.031	6.42	0.80	5.14	0.16	0.67	4.30	0.13333	0.00000	10.8462	12.77291	
158	0	0.013	0.00	0.80	0.00	0.00	0.67	0.00	0	0	10.6560	12.60588	
159	0.019	0.025	0.76	0.80	0.61	0.02	0.67	0.51	0.01273	0.00000	10.6430	12.59558	
160	0.02	0.023	0.87	0.80	0.70	0.02	0.67	0.58	0.0134	0.00000	10.6028	12.55785	
161	0.02	0.004	5.00	0.80	4.00	0.02	0.67	3.35	0.0134	0.00000	10.5638	12.52145	
162	0.042	0.006	7.00	0.80	5.60	0.03	0.67	4.69	0.02814	0.00000	10.5438	12.50405	
163	0.015	0.005	3.00	0.80	2.40	0.01	0.67	2.01	0.01005	0.00000	10.5042	12.46991	
164	0.024	0.045	0.53	0.80	0.43	0.02	0.67	0.36	0.01608	0.00000	10.4872	12.45486	
165	0.058	0.018	3.22	0.80	2.58	0.05	0.67	2.16	0.03886	0.00000	10.4230	12.39378	
166	0.053	0.038	1.39	0.80	1.12	0.04	0.67	0.93	0.03551	0.00000	10.3586	12.33692	
167	0.008	0.033	0.24	0.80	0.19	0.01	0.67	0.16	0.00536	0.00000	10.2782	12.26341	
168	0.052	0.04	1.30	0.80	1.04	0.04	0.67	0.87	0.03484	0.00000	10.2388	12.22505	
169	0.005	0.005	1.00	0.80	0.80	0.00	0.67	0.67	0.00335	0.00000	10.1572	12.15021	
170	0.02	0.031	0.65	0.80	0.52	0.02	0.67	0.43	0.0134	0.00000	10.1482	12.14186	
171	0.017	0.025	0.68	0.80	0.54	0.01	0.67	0.46	0.01139	0.00000	10.1012	12.09746	
172	0	0.021	0.00	0.80	0.00	0.00	0.67	0.00	0	0	10.0626	12.06107	
173	0.007	0.007	1.00	0.80	0.80	0.01	0.67	0.67	0.00469	0.00000	10.0416	12.04007	
174	0.021	0.04	0.53	0.80	0.42	0.02	0.67	0.35	0.01407	0.00000	10.0290	12.02838	
175	0.06	0.025	2.40	0.80	1.92	0.05	0.67	1.61	0.0402	0.00000	9.9722	11.97431	
176	0.006	0.033	0.18	0.80	0.15	0.00	0.67	0.12	0.00402	0.00000	9.8992	11.90911	
177	0.055	0.038	1.45	0.80	1.16	0.04	0.67	0.97	0.03685	0.00000	9.8614	11.87209	
178	0.006	0.005	1.20	0.80	0.96	0.00	0.67	0.80	0.00402	0.00000	9.7794	11.79724	
179	0.046	0.03	1.53	0.80	1.23	0.04	0.67	1.03	0.03082	0.00000	9.7696	11.78822	
180	0.082	0.02	4.10	0.80	3.28	0.07	0.67	2.75	0.05494	0.00000	9.7028	11.7274	
181	0.028	0.004	7.00	0.80	5.60	0.02	0.67	4.69	0.01876	0.00000	9.6172	11.65246	
182	0.208	0.06	3.47	0.80	2.77	0.17	0.67	2.32	0.13936	0.00000	9.5908	11.6297	
183	0.037	0.005	7.40	0.80	5.92	0.03	0.67	4.96	0.02479	0.00000	9.3644	11.43034	
184	0.102	0.098	1.04	0.80	0.83	0.08	0.67	0.70	0.06834	0.00000	9.3298	11.40055	
185	0.031	0.013	2.38	0.80	1.91	0.02	0.67	1.60	0.02077	0.00000	9.1502	11.23421	
186	0.045	0.015	3.00	0.80	2.40	0.04	0.67	2.01	0.03015	0.00000	9.1124	11.20044	
187	0.015	0.004	3.75	0.80	3.00	0.01	0.67	2.51	0.01005	0.00000	9.0614	11.15529	
188	0.068	0.034	2.00	0.80	1.60	0.05	0.67	1.34	0.04556	0.00000	9.0454	11.14124	
189	0.235	0.033	7.12	0.80	5.70	0.19	0.67	4.77	0.15745	0.00000	8.9570	11.06	

work station	que_time	proc_time	current ratio que_time/pro_time	X1	ratio 1 base on CT=28	que_time 1 CT=28	X2	ratio 2 current ratio*X2	que_time 2 =que_time*ratio 2	Original Remaining CT sum(proc_time+que_time 1)	New Remaining CT sum(proc_time+ que_time 2)
201	0.066	0.035	1.89	0.80	1.51	0.05	0.67	1.26	0.04422	8.2934	10.46204
202	0.038	0.047	0.81	0.80	0.65	0.03	0.67	0.54	0.02546	8.2056	10.38282
203	0.03	0.035	0.86	0.80	0.69	0.02	0.67	0.57	0.0201	8.1282	10.31036
204	0.007	0.018	0.39	0.80	0.31	0.01	0.67	0.26	0.00469	8.0692	10.25526
205	0.17	0.05	3.40	0.80	2.72	0.14	0.67	2.28	0.1139	8.0456	10.23257
206	0.012	0.002	6.00	0.80	4.80	0.01	0.67	4.02	0.00804	7.8596	10.06877
207	0.074	0.075	0.99	0.80	0.79	0.06	0.67	0.66	0.04958	7.8480	10.05863
208	0.027	0.005	5.40	0.80	4.32	0.02	0.67	3.62	0.01809	7.7138	9.93405
209	0.011	0.015	0.73	0.80	0.59	0.01	0.67	0.49	0.00737	7.6872	9.91096
210	0.014	0.018	0.78	0.80	0.62	0.01	0.67	0.52	0.00938	7.6634	9.88859
211	0.006	0.01	0.60	0.80	0.48	0.00	0.67	0.40	0.00402	7.6342	9.86121
212	0.076	0.05	1.52	0.80	1.22	0.06	0.67	1.02	0.05092	7.6194	9.84719
213	0	0.005	0.00	0.80	0.00	0.00	0.67	0.00	0	7.5086	9.74627
214	0.015	0.018	0.83	0.80	0.67	0.01	0.67	0.56	0.01005	7.5036	9.74127
215	0.016	0.013	1.23	0.80	0.98	0.01	0.67	0.82	0.01072	7.4736	9.71322
216	0.143	0.051	4.61	0.80	3.69	0.11	1.30	6.00	0.1859	7.4478	9.6895
217	0.023	0.012	1.92	0.80	1.53	0.02	1.30	2.49	0.0299	7.3024	9.4726
218	0.123	0.031	3.97	0.80	3.17	0.10	1.30	5.16	0.1599	7.2720	9.4307
219	0	0.013	0.00	0.80	0.00	0.00	1.30	0.00	0	7.1426	9.2398
220	0.032	0.05	0.64	0.80	0.51	0.03	1.30	0.83	0.0416	7.1296	9.2268
221	0.019	0.021	0.90	0.80	0.72	0.02	1.30	1.18	0.0247	7.0540	9.1352
222	0.013	0.004	3.25	0.80	2.60	0.01	1.30	4.23	0.0169	7.0178	9.0895
223	0.04	0.006	6.67	0.80	5.33	0.03	1.30	8.67	0.052	7.0034	9.0686
224	0.002	0.013	0.15	0.80	0.12	0.00	1.30	0.20	0.0026	6.9654	9.0106
225	0.028	0.045	0.62	0.80	0.50	0.02	1.30	0.81	0.0364	6.9508	8.995
226	0.027	0.076	0.36	0.80	0.28	0.02	1.30	0.46	0.0351	6.8834	8.9136
227	0.016	0.005	3.20	0.80	2.56	0.01	1.30	4.16	0.0208	6.7858	8.8025
228	0.019	0.014	1.36	0.80	1.09	0.02	1.30	1.76	0.0247	6.7680	8.7767
229	0.017	0.035	0.49	0.80	0.39	0.01	1.30	0.63	0.0221	6.7388	8.738
230	0.017	0.024	0.71	0.80	0.57	0.01	1.30	0.92	0.0221	6.6902	8.6809
231	0.02	0.006	3.33	0.80	2.67	0.02	1.30	4.33	0.026	6.6526	8.6348
232	0	0.03	0.00	0.80	0.00	0.00	1.30	0.00	0	6.6306	8.6028
233	0.163	0.11	1.48	0.80	1.19	0.13	1.30	1.93	0.2119	6.6006	8.5728
234	0.1	0.028	3.57	0.80	2.86	0.08	1.30	4.64	0.13	6.3602	8.2509
235	0.043	0.005	8.60	0.80	6.88	0.03	1.30	11.18	0.0559	6.2522	8.0929
236	0.16	0.105	1.52	0.80	1.22	0.13	1.30	1.98	0.208	6.2128	8.032
237	0.044	0.005	8.80	0.80	7.04	0.04	1.30	11.44	0.0572	5.9798	7.719
238	0	0.03	0.00	0.80	0.00	0.00	1.30	0.00	0	5.9396	7.6568
239	0.114	0.095	1.20	0.80	0.96	0.09	1.30	1.56	0.1482	5.9096	7.6268
240	0.096	0.208	0.46	0.80	0.37	0.08	1.30	0.60	0.1248	5.7234	7.3836
241	0.036	0.005	7.20	0.80	5.76	0.03	1.30	9.36	0.0468	5.4386	7.0508
242	0.035	0.05	0.70	0.80	0.56	0.03	1.30	0.91	0.0455	5.4048	6.999
243	0.036	0.005	7.20	0.80	5.76	0.03	1.30	9.36	0.0468	5.3268	6.9035
244	0.001	0.005	0.20	0.80	0.16	0.00	1.30	0.26	0.0013	5.2930	6.8517
245	0.016	0.035	0.46	0.80	0.37	0.01	1.30	0.59	0.0208	5.2872	6.8454
246	0.043	0.031	1.39	0.80	1.11	0.03	1.30	1.80	0.0559	5.2394	6.7896
247	0.042	0.031	1.35	0.80	1.08	0.03	1.30	1.76	0.0546	5.1740	6.7027
248	0.093	0.063	1.48	0.80	1.18	0.07	1.30	1.92	0.1209	5.1094	6.6171
249	0.131	0.04	3.28	0.80	2.62	0.10	1.30	4.26	0.1703	4.9720	6.4332
250	0.053	0.005	10.60	0.80	8.48	0.04	1.30	13.78	0.0689	4.8272	6.2229
251	0	0.031	0.00	0.80	0.00	0.00	1.30	0.00	0	4.7798	6.149
252	0.019	0.018	1.06	0.80	0.84	0.02	1.30	1.37	0.0247	4.7488	6.118
253	0.027	0.033	0.82	0.80	0.65	0.02	1.30	1.06	0.0351	4.7156	6.0753
254	0.104	0.033	3.15	0.80	2.52	0.08	1.30	4.10	0.1352	4.6610	6.0072
255	0	0.013	0.00	0.80	0.00	0.00	1.30	0.00	0	4.5448	5.839
256	0.044	0.035	1.26	0.80	1.01	0.04	1.30	1.63	0.0572	4.5318	5.826
257	0.009	0.024	0.38	0.80	0.30	0.01	1.30	0.49	0.0117	4.4616	5.7338
258	0.013	0.004	3.25	0.80	2.60	0.01	1.30	4.23	0.0169	4.4304	5.6981
259	0.031	0.006	5.17	0.80	4.13	0.02	1.30	6.72	0.0403	4.4160	5.6772
260	0	0.013	0.00	0.80	0.00	0.00	1.30	0.00	0	4.3852	5.6309
261	0.049	0.07	0.70	0.80	0.56	0.04	1.30	0.91	0.0637	4.3722	5.6179
262	0.025	0.004	6.25	0.80	5.00	0.02	1.30	8.13	0.0325	4.2630	5.4842
263	0.037	0.075	0.49	0.80	0.39	0.03	1.30	0.64	0.0481	4.2390	5.4477
264	0.016	0.035	0.46	0.80	0.37	0.01	1.30	0.59	0.0208	4.1344	5.3246
265	0.018	0.006	3.00	0.80	2.40	0.01	1.30	3.90	0.0234	4.0866	5.2688
266	0.113	0.075	1.51	0.80	1.21	0.09	1.30	1.96	0.1469	4.0662	5.2394
267	0	0.007	0.00	0.80	0.00	0.00	1.30	0.00	0	3.9008	5.0175
268	0.028	0.018	1.56	0.80	1.24	0.02	1.30	2.02	0.0364	3.8938	5.0105
269	0.006	0.013	0.46	0.80	0.37	0.00	1.30	0.60	0.0078	3.8534	4.9561
270	0.017	0.035	0.49	0.80	0.39	0.01	1.30	0.63	0.0221	3.8356	4.9353
271	0.018	0.012	1.50	0.80	1.20	0.01	1.30	1.95	0.0234	3.7870	4.8782
272	0.074	0.031	2.39	0.80	1.91	0.06	1.30	3.10	0.0962	3.7606	4.8428
273	0	0.013	0.00	0.80	0.00	0.00	1.30	0.00	0	3.6704	4.7156
274	0.022	0.05	0.44	0.80	0.35	0.02	1.30	0.57	0.0286	3.6574	4.7026
275	0.022	0.021	1.05	0.80	0.84	0.02	1.30	1.36	0.0286	3.5898	4.624
276	0.014	0.004	3.50	0.80	2.80	0.01	1.30	4.55	0.0182	3.5512	4.5744
277	0.032	0.006	5.33	0.80	4.27	0.03	1.30	6.93	0.0416	3.5360	4.5522
278	0.008	0.005	1.60	0.80	1.28	0.01	1.30	2.08	0.0104	3.5044	4.5046
279	0.043	0.045	0.96	0.80	0.76	0.03	1.30	1.24	0.0559	3.4930	4.4892
280	0.044	0.085	0.52	0.80	0.41	0.04	1.30	0.67	0.0572	3.4136	4.3883
281	0.006	0.005	1.20	0.80	0.96	0.00	1.30	1.56	0.0078	3.2934	4.2461
282	0.014	0.018	0.78	0.80	0.62	0.01	1.30	1.01	0.0182	3.2836	4.2333
283	0.021	0.035	0.60	0.80	0.48	0.02	1.30	0.78	0.0273	3.2544	4.1971
284	0.03	0.024	1.25	0.80	1.00	0.02	1.30	1.63	0.039	3.2026	4.1348
285	0.05	0.006	8.33	0.80	6.67	0.04	1.30	10.83	0.065	3.1546	4.0718
286	0	0.03	0.00	0.80	0.00	0.00	1.30	0.00	0	3.1086	4.0008
287	0.156	0.024	6.50	0.80	5.20	0.12	1.30	8.45	0.2028	3.0786	3.9708
288	0.048	0.005	9.60	0.80	7.68	0.04	1.30	12.48	0.0624	2.9298	3.744
289	0.184	0.054	3.41	0.80	2.73	0.15	1.30	4.43	0.2392	2.8864	3.6766
290	0.036	0.005	7.20	0.80	5.76	0.03	1.30	9.36	0.0468	2.6852	3.3834
291	0.169	0.035	4.83	0.80	3.86	0.14	1.30	6.28	0.2197	2.6514	3.3316
292	0.021	0.005	4.20	0.80	3.36	0.02	1.30	5.46	0.0273	2.4812	3.0769
293	0.018	0.031	0.58	0.80	0.46	0.01	1.30	0.75	0.0234	2.4594	3.0446
294	0.035	0.033	1.06	0.80	0.85	0.03	1.30	1.38	0.0455	2.4140	2.9902
295	0.015	0.021	0.71	0.80	0.57	0.01	1.30	0.93	0.0195	2.3530	2.9117
296	0.013	0.019	0.68	0.80	0.55	0.01	1.30	0.89	0.0169	2.3200	2.8712
297	0.029	0.055	0.53	0.80	0.42	0.02	1.30	0.69	0.0377	2.2906	2.8353
298	0.077	0.065	1.18	0.80	0.95	0.06	1.30	1.54	0.1001	2.2124	2.7426
299	0.019	0.005	3.80	0.80	3.04	0.02	1.30	4.94	0.0247	2.0858	2.5775
300	0.089	0.063	1.41	0.80	1.13	0.07	1.30	1.84	0.1157	2.0656	2.5478
301	0.023	0.033	0.70	0.80	0.56	0.02	1.30	0.91	0.0299	1.9314	2.3691

work station	que_time	proc_time	current ratio que_time/pro_c_time	X1	ratio 1 base on CT=28	que_time 1 CT=28	X2	ratio 2 current ratio*X2	que_time 2 =que_time*ratio 2	Original Remaining CT sum(proc_time+que_time 1)	New Remaining CT sum(proc_time+ que_time 2)
302	0.014	0.005	2.80	0.80	2.24	0.01	1.30	3.64	0.0182	1.8800	2.3062
303	0.102	0.125	0.82	0.80	0.65	0.08	1.30	1.06	0.1326	1.8638	2.283
304	0.416	0.26	1.60	0.80	1.28	0.33	1.10	1.76	0.4576	1.6572	2.0254
305	0.742	0.292	2.54	0.80	2.03	0.59	1.10	2.80	0.8162	1.0644	1.3078
306	0.037	0.125	0.30	0.80	0.24	0.03	1.10	0.33	0.0407	0.1788	0.1996
307	0.029	0.001	29.00	0.80	23.20	0.02	1.10	31.90	0.0319	0.0242	0.0339

