

# 國立交通大學

管理學院(工業工程與管理學程)

碩士論文

DRAM 產業世代交替之生產規劃

Production Planning of Technology Generation

Transition of DRAM Industry

1896

研究生：許敦皓

指導教授：李榮貴 博士

指導教授：杜瑩美 博士

中華民國一百零一年六月十四日

DRAM 產業世代交替之生產規劃

Production Planning of Technology Generation Transition of DRAM Industry

研究生：許敦皓

Student : Tun-Hao Hsu

指導教授：李榮貴 博士

Advisor : Dr. Rong-Kwei Li

指導教授：杜瑩美 博士

Advisor : Dr. Ying-Mei Tu

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

A Thesis

Submitted to Department of Industrial Engineering and Management

College of Management

National Chiao Tung University

in Partial Fulfillment of the Requirements

For the Degree of Master of Science

In

Industrial Engineering

June 2012

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國一百零一年六月十四日

# DRAM 產業世代交替之生產規劃

研究生：許敦皓

指導教授：李榮貴 博士

指導教授：杜瑩美 博士

國立交通大學管理學院(工業工程與管理學程)碩士班

## 中文摘要

由於目前電子產業正面臨生命週期急遽縮短的窘境，造成各 DRAM 廠為求生存，不斷開發新技術以降低成本來增加競爭力，因此如何縮短新/舊製程轉換的時間是各 DRAM 公司的首要目標。所以本研究想要討論的議題是如何利用制約理論 (Theory of Constraint ; TOC) 來執行新/舊產品的產能規劃、如何利用 X-Factor 的觀念來監控生產週期時間 (Cycle Time) 是否有偏差、如何利用系統資源瓶頸的工作負荷程度來控制生產節奏，並利用警示系統來預防系統資源瓶頸的產能損失。另外本研究提出個案公司 P 公司的實務作法，來說明上述的生產技術要如何運用在實際的生產實務中，讓工廠端在新/舊製程轉換時的投料控制、生產週期時間的控制、生產節奏的控制、瓶頸機台的警示系統....等等的生產管理掌控得宜，讓公司在最短時間內完成新/舊製程的世代交替。

關鍵字：制約理論、X-Factor、投料法則。

# Production Planning of Technology Generation Transition of DRAM Industry

Student : Tun-Hao Hsu

Advisor : Dr. Rong-Kwei Li

Co-Advisor : Dr. Ying-Mei Tu

Department of Industrial Engineering and Management  
National Chiao Tung University

## ABSTRACT

Owing to the fact that the electronics industry is currently facing the dilemma of a drastically shortened lifecycle, thus in order to survive, DRAM manufacturers are continually developing new technologies and reducing costs to increase their competitive strengths. Therefore the primary objective of DRAM companies is how to shorten new/old time conversion process. Thus the issue that this study wants to discuss is how to make use of the Theory of Constraint (TOC) to execute the new/old product production plan, how to utilize the X-Factor concept to monitor the production cycle time deviation, the workloads and bottlenecks in system resources to adjust the rhythm of production, and use the warning systems to prevent the loss in the bottlenecks of system resource. Furthermore, this study proposes some practices of a particular company, company P, to illustrate the usage of the above-described production technologies in actual production practices. In the cases that control of raw materials in the new/old conversion process on the factory end, the production cycle time, production rhythm, flexible production management control of bottleneck machine warning systems etc., and allowing the company to make the new/old generational replacement process in the shortest time easier.

Key Words: Theory of Constraints , X-Factor , Wafer Release Policy

## 誌 謝

俗話說的好「事不經手不知難」，研讀前輩們的論文時總覺得寫論文不是難事，但自己在撰寫論文時卻經常讓我不知如何下筆，所以能完成這篇論文要特別感謝身邊的幾位貴人，首先要感謝指導老師李榮貴博士在我於交大研究期間，教導我們制約理論、製造管理及決策分析的學問，讓我能在這篇論文中靈活運用；同時要特別感謝另一位指導老師杜瑩美博士(中華大學教授)，在我撰寫論文期間經常於深夜利用網路視訊指導論文研究方向及架構，使學生的論文能夠如期完成，期間也很感謝陳欣男博士及中華大學博士班盧俊偉先生給予指導及建議。論文口試期間要特別感謝明新科技大學管理學院院長張盛鴻博士給予寶貴的指導及修正方向，讓這篇論文更加完善。

自民國 97 年重拾書本到中華大學讀二技至民國 101 年 6 月於交大完成碩士學位的四年期間，要特別感謝我的愛妻戴美雲小姐，有她無怨無悔默默的照顧家庭及一雙兒女，讓我能夠在工作之餘還能完成學業，這也應證了這一句話：「每位成功男人的背後都有一位偉大的女性」。另外在求學的這段期間因課業及工作較為繁忙，鮮少回台北探望母親，所以要特別感謝母親(許李美津女士)的體諒及支持，也感謝姊姊(儷薰)及哥哥(貴棠)幫忙照顧母親。

最後我要告訴我那可愛的兒女(家睿及芯瑜)：「爸爸從現在開始，每天都會回家吃晚飯囉！」

許敦皓謹誌

中華民國 101 年 6 月于新竹

## 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
第一章 緒論 .....	1
1.1 研究背景與動機 .....	1
1.2 研究目的 .....	4
1.3 研究架構 .....	5
1.4 研究架構流程圖 .....	6
第二章 文獻探討 .....	7
2.1 制約理論 .....	7
2.2 X-Factor 概念簡介 .....	8
2.3 投料法則 .....	12
第三章 研究方法 .....	14
3.1 新/舊產品的投入組合及產能規劃 .....	14
3.2 生產管控(Shop Floor Control) .....	20
3.3 警示系統 .....	27
第四章 效果驗證 .....	32
4.1 改變 DRAM 產業系統資源瓶頸的定義 .....	32
4.2 改變現場監控的重點 .....	36
第五章 結論與未來研究方向 .....	45
5.1 結論 .....	45
5.2 未來研究方向 .....	45
參考文獻 .....	46

## 表目錄

	頁次
表 1-1 2009~2011 全球各 DRAM 廠製程技術演進.....	1
表 1-2 2010~2011 DRAM 價格演進.....	1
表 1-3 全球 DRAM 廠 DDR2 與 DDR3 出貨量比重.....	2
表 2-1 各 Work Center 的標準作業時間及 Utilization .....	11
表 2-2 各 Work Center 的標準作業時間及 X-Factor 及 XFC 值.....	11
表 2-3 各 Work Center C 的 Utilization 降低 10%後的 X-Factor 及 XFC 值.....	11
表 2-4 各 Work Center D 的 Utilization 降低 10%後的 X-Factor 及 XFC 值.....	12
表 2-5 投料法則分類與說明.....	13
表 3-1 M 廠新購機台時程表.....	14
表 3-2 工廠端管理新購入瓶頸資源機台 Release 的時程表.....	16
表 3-3 新產品投入日期及到各工作站點的預計日期.....	19
表 3-4 尋求其他廠支援資料表.....	20
表 3-5 因應新製程需改造舊機台的資料及改造完成日期表.....	21
表 3-6 各種生產週期時間指標應用說明.....	24
表 4-1 M 廠第一台 Immersion Release 時理論新/舊產品投入組合.....	34
表 4-2 考慮 WP Yield 的新/舊產品投入組合.....	35
表 4-3 新產品投入日期及到各工作站點的預計日期.....	35
表 4-4 因應新製程需改造舊機台的資料及改造完成日期表.....	36
表 4-5 廠尋求其他廠支援資料表.....	36
表 4-6 改善前的 P 群組資料.....	38
表 4-7 改善後的 P 群組資料.....	38
表 4-8 P 群組 Cycle Time 改善成效表.....	39
表 4-9 P 群組 X-Factor 及 Cycle Time 改善期間資料.....	40
表 4-10 計畫投入系統內且未經系統資源瓶頸機台之片數.....	41
表 4-11 實際投入系統內且未經系統資源瓶頸機台之片數.....	42
表 4-12 Scanner 機台 WIP 高、低水位警示表.....	43

## 圖目錄

	頁次
圖 1-1 個案公司於 2008 年 1 月~2010 年 9 月新/舊製程轉換期間產品產出圖.....	4
圖 1-2 研究架構流程圖.....	6
圖 2-1 組織是由一群相依個體/事件所組成的鏈.....	7
圖 2-2 Beeg T 所提的 Work center 機台群組化示意圖.....	9
圖 2-3 Work Center 示意圖.....	10
圖 3-1 為受限產能回流特性之製造程序示意圖.....	17
圖 3-2 產品生產週期與產出量之關係曲線圖.....	24
圖 3-3 M 廠 X-Factor 示意圖.....	25
圖 3-4 Scanner 機台緩衝保護示意圖.....	28
圖 3-5 Scanner 機台 WIP 高、低 警示水位示意圖.....	30
圖 4-1 個案公司於 2008 年 9 月~2010 年 9 月新/舊製程轉換期間產品產出圖.....	32
圖 4-2 TOC 產出觀績效衡量指標.....	33
圖 4-3 M 廠 2010 年 2 月 1 日~2010 年 2 月 28 的生產週期時間散佈圖.....	37
圖 4-4 P 群組 X-Factor 及 Cycle Time 改善曲線圖.....	39
圖 4-5 M 廠週間 WIP 分佈圖.....	41
圖 4-6 個案公司於 2008 年 1 月~2011 年 12 月新/舊製程轉換期間產品產出圖.....	44

# 第一章、緒論

## 1.1 研究背景與動機

1991 年 Microsoft 推出 windows 3.1 版本之視窗型作業系統後個人電腦開始普及；隨著個人電腦的軟體技術精進及網際網路快速成長，使得個人電腦之硬體為能配合軟體的開發，必須讓個人電腦的執行速度更快，記憶體容量需求更大，因此造成個人電腦的汰換速度變快，故讓動態隨機存取記憶體(DRAM)產業開始蓬勃發展，吸引多家知名資訊產業或電子公司如雨後春筍般的投入 DRAM 產業的開發與製造。

2001 年 Microsoft 推出 windows XP 版本作業系統後，動態隨機存取記憶容量需求提升至 1G byte 後，將各家 DRAM 廠商的營收達到最高點。但隨著 Microsoft 無法開發出革命性的新作業系統，使得個人電腦換機潮的利基消失，導致各 DRAM 製造商的獲利大幅降低。尤其在 2008 年金融風暴重創 DRAM 產業後，各家廠商為提高獲利及競爭力，必須經常性的導入新製程，也導致新舊世代產品交替的頻率更加頻繁，以表 1-1 所示〔9〕，各家 DRAM 廠自 2009 年至 2011 年，至少都有 3 次以上的新舊世代產品交替，也就是每年都要轉一個世代，這與早期 DRAM 產品每 2~3 年更換一次世代比起來真是天壤之別。

	1Q09	2Q09	3Q09	4Q09	1Q10	2Q10	3Q10	4Q10	1Q11	2Q11	3Q11	4Q11
Samsung	56nm 6F2			46nm 6F2			35nm 6F2					
Hynix	54nm			44nm						38nm 6F2		
Micron	68nm 6F2	50nm 6F2					42nm 6F2					
Elpida	65nm 6F2				60nm 6F2							
	45nm 6F2											
Nanya	70/75nm	68nm 6F2	50nm 6F2				42nm 6F2(Stack)					
ProMOS	70nm(80nm)											
Powerchip	65nm 6F2 (F die)					60nm 6F2			45nm 6F2			

資料來源：DRAMExchange，水雲金控研究總處整理，Jan 2011

表 1-1 2009~2011 全球各 DRAM 廠製程技術演進

由於在目前 DRAM 產業中，先進製程的轉換速度一直是影響 DRAM 產業廠商競爭力的最重要因素之一。由表 1-2 所示〔9〕，可以得知 2010 年~2011 年 DDR2 1Gbyte 及 DDR3 1Gbyte 及 DDR3 2Gbyte 的價格變化。

DRAM 現貨價	架構	2010Q1	2010Q2	2010Q3	2010Q4	2011/ Jan
	DDR2 1Gb	2.49	2.54	2.08	1.95	1.38
	DDR3 1Gb	2.67	2.69	2.39	1.52	1.07
	DDR3 2Gb	*N/A	*N/A	*N/A	3.17	1.80

\*：DRAMExchange 對於 DDR3 2Gb 的現貨報價始於 2010Q4

資料來源：DRAMExchange, ITRI-IEK(2011/01)

表 1-2 2010~2011 DRAM 價格演進

我們以 DDR3 2Gbyte 為例並配合表 1-1，得知 DDR3 2Gbyte 的價格在 2010Q4 量產後，不到一季的時間就降了 56.8%，所以各 DRAM 廠為了維持競爭優勢，就必須不斷的將製程技術往前推升，以降低產品成本。由下表 1-3 所示，全球 DRAM 廠 DDR2 與 DDR3 出貨量比重配合表 1-2 2010~2011 DRAM 價格演進來看，當 2010Q1 DDR3 1Gbyte 價格高於 DDR2 的價格時，各廠都大量將主力產品轉往 DDR3 1Gbyte，但表 1-3〔10〕中有兩家公司卻因製程轉換不順利或無資金投入新製程開發而錯失獲利良機。

公司	架構	10Q1	10Q2	10Q3	10Q4(e)	11Q1(f)	11Q2(f)
Samsung	DDR2	46.0%	38.9%	34.2%	30.8%	29.1%	26.7%
	DDR3	49.5%	57.1%	62.7%	66.7%	69.1%	71.9%
Hynix	DDR2	43.0%	37.4%	32.7%	28.3%	24.8%	24.5%
	DDR3	53.8%	59.8%	64.7%	69.7%	73.6%	74.1%
Elpida	DDR2	41.4%	39.1%	31.9%	24.3%	24.2%	23.6%
	DDR3	46.2%	53.2%	60.2%	69.2%	70.2%	71.6%
Powerchip	DDR2	39.6%	30.0%	23.4%	15.7%	17.2%	18.7%
	DDR3	57.6%	65.5%	72.6%	81.2%	80.7%	80.1%
Promos	DDR2	75.1%	86.0%	82.6%	78.9%	70.3%	62.0%
	DDR3	0.0%	4.0%	8.4%	13.0%	22.1%	31.5%
Micron	DDR2	48.5%	35.2%	26.8%	17.9%	16.8%	17.1%
	DDR3	39.4%	51.8%	59.5%	72.9%	75.3%	76.8%
Nanya	DDR2	64.3%	46.6%	21.6%	11.0%	8.1%	6.8%
	DDR3	32.2%	49.2%	74.5%	86.5%	88.9%	88.8%

資料來源：Gartner, ITRI-IEK(2010/Q4)

表 1-3 全球 DRAM 廠 DDR2 與 DDR3 出貨量比重

基於以上的研究背景，工業技術研究院也於 2011 半導體年鑑〔20〕中指出，在現階段的記憶體產業擁有下列三項特徵者，所受之衝擊影響會較大：

1. 先進製程轉換進度較慢者。
2. 單一產品線者。
3. 籌資能力較不佳者。

以目前台灣 DRAM 廠為例，都擁有以上三項特徵，其中第二項及第三項並非使用管理手法所能解決的問題，不屬於本論文的研究範圍。因此由第一項特徵可以得知，DRAM 產業經常性的導入先進製程是有其必要性。

由以上得知，DRAM 產業競爭關鍵的因素就在於新/舊製程技術轉換的速度。然而 DRAM 產業在世代交替時影響先進製程導入速度的三大因素如下所示：

1. 先進製程的技術問題。
2. 需求不明確。
3. 新/舊製程轉換期間的生產規劃錯誤。

以下將針對上述的三項因素分別說明

以台灣 DRAM 公司為例，製程技術都來自於技術母廠，例如：南亞科技及華亞科技的製程技術來自於美國美光半導體公司(Micron)，力晶科技及瑞晶電子的製程技術來自於日本爾必達半導體公司(Elpida)，所以台灣 DRAM 公司所導入先進製程的技術在技術母廠皆已開發完成，因此以台灣 DRAM 產業而言，在新/舊製程轉換期間先進製程的技術是不是會有太大的問題。不過在 2009 年~2010 年，南亞及華亞科技因為原本的技術母廠奇夢達公司 (Qimonda AG) 破產倒閉，改為與美光公司進行技術合作，然而這兩家技術母廠的製程技術差異非常大(由溝渠技術轉換為堆疊技術)，導致該公司先進技術導入不順利，因而落後台灣其他 DRAM 公司約 3 季的時間，如表 1-3 所示。這也是台灣 DRAM 產業因新製程技術問題導致製程轉換進度較慢的特殊案例。因此本研究不會將新製程的技術問題列入研究範圍。

其次，由於新製程處於試產階段，在市場上的需求並不明顯也不確定需求何時會出現，如果這些不確定因素存在，就會影響到新製程轉換的速度，然而在 2011 半導體年鑑中有提到，台灣 DRAM 技術落後日本及韓國約 1~2 個世代，因此台灣 DRAM 產業對新製程的產品有迫切性的需求，並不會對新製程技術的產品有需求不明確的因素存在。因此本研究不會將新製程產品需求不確定的因素列入研究範圍。

此外，影響新製程導入速度的另一項因素為新/舊製程轉換期間的生產規劃錯誤，由 2011 半導體年鑑得知，目前全世界 DRAM 產業處於市場快速變遷的環境，造成產品生命週期急遽縮短，也連帶使得產品世代及製程技術快速演進，因此平常使用的生產規劃模式會因為技術世代的快速演進而必須改變。然而過去 DRAM 產業的生產規劃大多著重於製程技術純熟時的產能規劃，重點都以最大出貨量為原則來做生產規劃，以個案公司 P 公司為例，該公司是屬於存貨式的生產模式(Make To Stock)，所謂存貨式生產，是指依據市場的分析與銷售預測進行生產，平時保持某一水準的存貨，以備真實訂單出現時，能立即出貨 [13]。所以 P 公司管理者為了讓客戶能快速取得產品，因此工廠端的生產規劃模式就會以提高機台的使用率來增加產出量，然而這樣的生產管理模式勢必需要提高產品的投入量，避免機台待料並提高機台的使用率，所以生產線的在製品(Work in Process；WIP)就會增加，產出也會隨之提升。上述的方式在 DRAM 產業處於高獲利、技術世代汰換率較低時是非常好的生產模式，但是 DRAM 產業若處於製程技術快速演進期間及產品供過於求的時候，若仍持續舊有的生產模式會造成下列問題：

1. 生產排程規劃困難：

由於新/舊製程轉換時，會有原本加工舊產品的機台必須改造(Retrofit)才能給新製程產品使用，而改造時程從 3 天至 1 個月不等，而 Retrofit 機台之工作站點在新/舊製程 flow 中經常有位於不同 layer 的情況發生(在工廠端稱此現象為：錯位)，因此新/舊製程轉換期間，若仍維持 Make -To- Stock (MTS)的生產模式，會造成過多的舊產品存在於生產線中，造成生產排程規劃非常困難，因為過多的舊產品存在於生產線上，會讓原本預計 Retrofit 之機台的時程延後，相對的，新產品的導入速度會受到 Retrofit 之機台尚未配置完成影響，如此會拖延到世代交替的時程，造成公司競爭力下滑。

2. 易造成真正系統資源瓶頸錯估，導致生產成本增加：

若工廠端一味的以機器高使用率、產品高產出為生產模式，會錯估真正的系統資源

瓶頸機台，若造成高單價的機台閒置，則會增加生產成本。

3. 生產週期時間未受控制，潛在於製程或設備的問題太晚發現，造成產品良率下降，增加失敗成本。
4. 系統產出等於系統資源瓶頸產出，若錯估真正系統資源瓶頸導致生產節奏錯亂，進而造成新/舊製程技術轉換延宕，無法降低生產成本，甚至會增加在線庫存成本。

如圖 1-1，為個案公司 P 公司 M 廠於 2008 年 1 月~2010 年 9 月新/舊製程轉換的狀況，標示代碼 2、4、6 為新製程轉換區間，標示代碼 1、3、5 舊製程 Phase out 的區間。由圖 1-1 可看出，標示代碼 2、4、6 這三段的轉換區間所花費的時間為 7~10 個月不等。而標示代碼 1、5 舊產品 Phase out 的時間都花費了至少 8 個月以上的時間。然而在 2008 年金融風過後，DRAM 產業處於產品世代及製程技術快速演進的低毛利時代，DRAM 製造公司必須快速導入新產品，也必須快速的將舊產品 Phase out，因此建立一套能將新/舊製程轉換時程縮短而且又能符合低在製品、低庫存及低成本的生產規劃模式是本論文的研究動機。

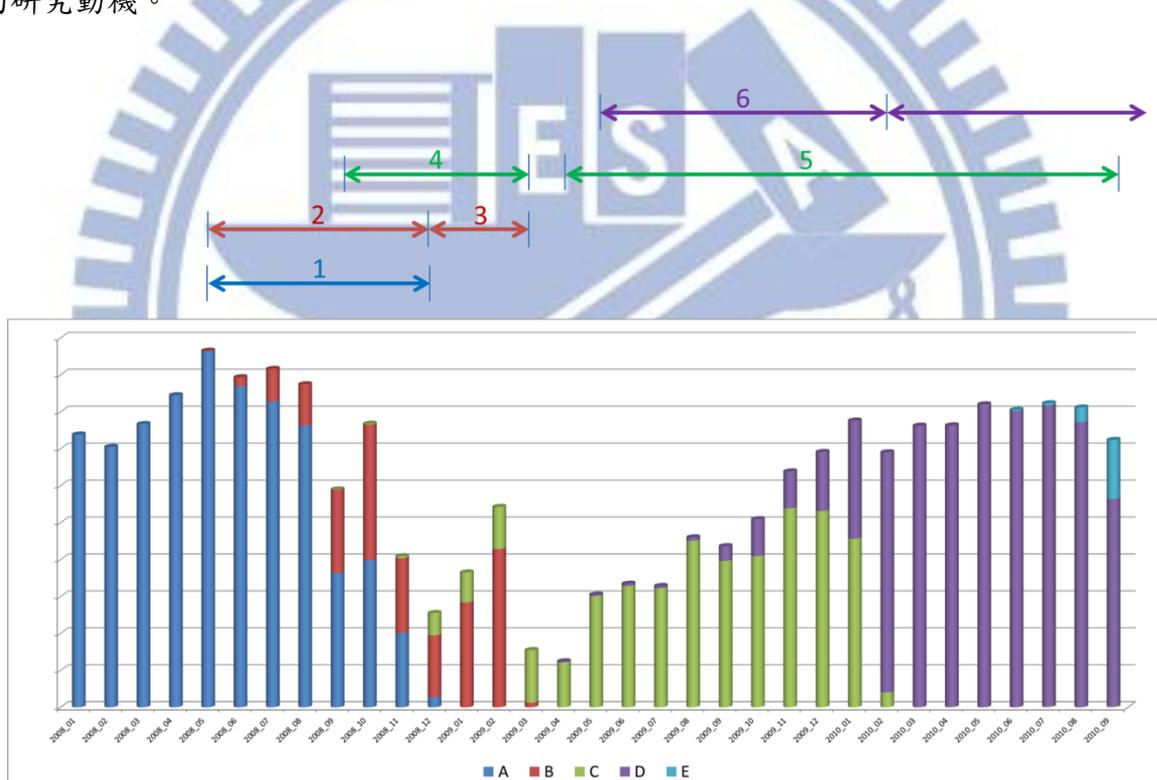


圖 1-1 個案公司於 2008 年 1 月~2010 年 9 月新/舊製程轉換期間產品產出圖

## 1.2 研究目的

綜觀上述的研究背景與動機，DRAM 產業已不再是高獲利的產業，因此如何將 DRAM 產業的生產規劃導向縮短先進製程轉換進度、低在製品、低庫存及低成本的生產模式是絕對有其必要性。另外公司上階層管理者在研擬製程技術世代轉換之策略規劃時，是以公司競爭力及獲利的觀點來做策略規劃，並沒有考慮到工廠端複雜及眾多不確定因素的環境，所以工廠端在執行新、舊技術轉換時要如何確認真正的資源瓶頸機台?要如何充分利用系統資源瓶頸?要如何執行現場管控(Shop Floor Control)? 因此在 DRAM 產

品製程世代快速演進的時代，我們要建立一套有別於只注重機台使用率及產出量的生產規劃是本篇論文的研究目的。

### 1.3 研究架構：

基於上述之內容，本篇研究的進行將會朝下列三大方向來做研究：

#### 1. 新/舊產品投料組合及新製程產能規劃：

依照上階層管理者的新製程技術世代轉換之規劃，本論文會利用制約理論(Theory of Constraint; TOC)來做規劃，列出新/舊產品佔用限制機台的產能來確認目前產能規劃是否能符合上階層管理者的新製程技術世代轉換時程及新/舊產品最適當的投入組合。

#### 2. 現場管控：

原本 DRAM 產業的現場管控是以各機台的使用率(Utilization)、各機台的妥善率(Uptime)及各製程站點的 move 為現場管控的重點；但為因應 DRAM 產業轉變為製程技術快速演進的時代，現場管控的重點也必須改變，以符合目前 DRAM 產業低在製品、低庫存、低成本及降低生產週期時間的生產模式，因此本論文於現場管控會以生產週期時間之控制、生產節奏之控制、系統資源瓶頸之警示系統為研究重點，說明如下：

##### (1)、生產週期時間之控制：

因目前 DRAM 產業已不像從前那樣的高獲利，因此 Cost down 已成為 DRAM 產業的重要課題，為避免生產線的在製品過多造成成本的提高，因此上階層管理者都會設定生產週期時間(Cycle Time; C/T)的目標，讓在製品用最快的速度產出，因此工廠端將會利用 X-Factor 的觀念來預知生產偏差，即早發現會影響 C/T 的機台群組。

##### (2)、生產節奏之控制：

由於系統最佳的績效取決於系統的限制，因此若要讓系統有最大的產出，就要充分發揮系統資源瓶頸，因此在排程上必須先決定系統資源限制最大產能的生產節奏，若此節奏被打亂將會花費相當多的時間才能將系統資源瓶頸的生產節奏穩定下來，因此保護限制驅導節奏是非常重要的。

#### 3. 系統資源瓶頸之警示系統：

根據 TOC 理論尋找出瓶頸機台後，必須設定該機台在製品存量(WIP)的上、下限警示線，若低於下限警示線則生產單位必須往前拉貨補足該機台所需的在製品存量；若在製品存量高於上限警示線時，則生產單位則必須執行產能調配。讓系統資源瓶頸的 WIP 均衡。

#### 1.4 研究架構流程圖：

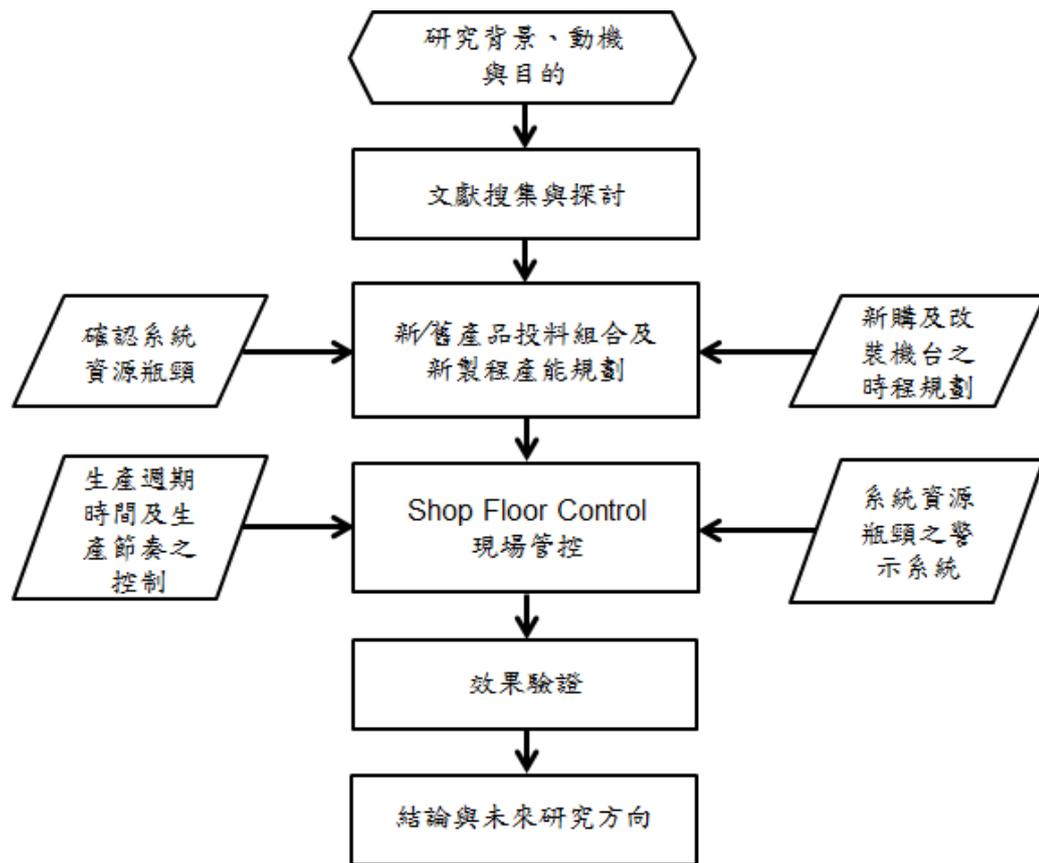


圖 1-2 研究架構流程圖

## 第二章、文獻探討

本章會分成三大部分來說明制約理論(Theory of Constraint; TOC )/ X-Factor / 投料法則( Wafer Release Policy )的一些基本概念。

### 2.1 制約理論 (Theory of Constraint ; TOC ) 介紹：

制約理論創始人高德拉特博士(Dr. Eliyahu M. Goldratt)為以色列物理學家及企管顧問。制約理論為 1986 年 Dr.Goldratt 所提出，其基本意義為任何組織皆有『限制』。而限制就是阻礙組織達到較高績效的任何事物。TOC 理論適用於複雜的生產工廠，主要藉由產能的分析，找出整個生產線的瓶頸與限制，其最重要的貢獻在於指導企業如何集中利用系統中有限的資源，並且把有限資源使用在最重要的地方，解決整個系統的限制，經由持續性地去除瓶頸與限制，達到全面營運的改善與最大利益的追求。

Dr. Goldratt用一個簡單的比喻來說明企業的經營，他把企業比喻成一條需要承載重量的鏈條，如圖2-1所示，若將組織內的個體或事件視為一個個的環，則企業內各部門則代表鏈條內的每個環，每個環(每個部門)都要互相緊密的配合才能創造企業最高的投資報酬。由於一條鏈的強度取決於最弱的環，整條鏈條可能會因為這些限制因素(Constraint)無法承受應有的負荷而斷裂。制約理論引喻鏈條中最弱的環節就是限制因素，若要改善企業整體績效(鏈條強度)，唯有改善最弱的環，否則將心力放在改善其他的環，只有徒勞無功無法得到任何成效〔11〕，所以利用制約理論可以協助企業快速尋找限制因素而不會影響到企業的獲利。

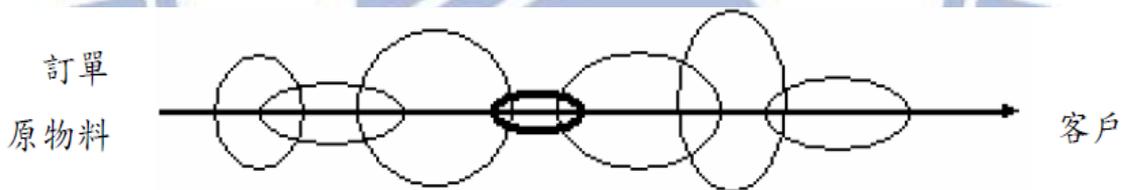


圖 2-1 組織是由一群相依個體/事件所組成的鏈〔11〕

如 Dr. Goldratt 所述，部門最佳化彙總並無法代表整體最佳化，並對企業團隊合作成效產生極大的衝突，甚至否決同仁努力而衝擊改善意願，這並非是企業所樂見的。因此，如何有效連結各部門的目標來達成企業效益才是最重要的事。所以 TOC 對企業經營改善評估有以下三項指標為衡量基礎：

1. 有效產出是否增加?
2. 庫存量是否下降?
3. 營運作業費用是否下降?

任何改善的措施必須能反應的上述三項指標才有助於達成企業或工廠的目標。

由以上敘述得知，透過確認一個組織制約所在，我們可以精準地決定專注於制約做改善，可以讓該組織的績效最大化〔12〕。但是要如何在複雜的系統中找出瓶頸呢?因

此 TOC 提出了五個找出瓶頸的步驟：〔1〕〔11〕〔12〕

步驟一 指出系統制約：

因為系統的產出等於系統資源瓶頸的產出，故必須在目前所有的活動中找出影響產出的最主要瓶頸，而這瓶頸就是系統資源瓶頸。

步驟二 決定如何充分利用(Exploit)系統制約：

找出作業流程中的「系統限制」後，必須充分利用系統資源瓶頸機台的產能，所以整個系統的生產節奏為系統資源瓶頸機台的生產排程。

步驟三 系統全力配合(Subordinate)步驟二所作的決策：

當系統資源瓶頸確定後，整個系統要做以下事項來配合系統資源瓶頸：

- 1.非限制資源要全力配合系統資源瓶頸。
- 2.系統不穩定狀況的保護/緩衝 (Buffer)。
- 3.投料節奏的配合。

步驟四 打破系統制約。

步驟五 如果系統制約在步驟四被打破，回到步驟一。警告：不要讓惰性(典範)成為制約。

由以上論述得知，TOC 理論就等於聚焦管理〔12〕，而且是針對有效產出做改善〔11〕。因此在新/舊製程產能規劃中要利用此理論找出瓶頸並加以改善，讓工廠的有效產出最大化。

## 2.2 X-Factor 概念簡介：

以目前 DRAM 產業的競爭力而言，降低生產成本是一個重要的議題，而讓生產線的在製品降至最低又能確保產出影響最小，生產週期時間(C/T；Cycle Time)的掌控就顯得格外重要。

在工廠端評量生產週期時間之績效的方式中，X-Factor 是一個非常實用的指標，因為 X-Factor 的架構只考慮生產週期時間及機台的加工時間(Rpt；Raw process time)，〔3〕〔8〕其關係式如(2.1)所示，所以在半導體業 X-Factor 指標被廣泛使用。

$$X\_Factor = \frac{\text{Cycle Time}}{RPT} \quad (2.1)$$

Where

RPT	:	Raw Process Time
-----	---	------------------

另外，在 Katsutoshi Ozawa 等學者的研究中〔6〕，提出生產週期時間與機台利用率 (Utilization)的關係，其數學關係式如(2.2)所示，

$$X\_Factor = A \times \frac{1 - \frac{UTIL}{2}}{1 - UTIL} \quad (2.2)$$

$$A = \left(1 + \frac{(1 - AVAIL)^L}{L + 1} \times \frac{MTOL}{RPT}\right)$$

Where

UTIL :	機台使用率
AVAIL :	機台可用率
L :	機台數量
MTOL :	機台離線時間

另外在 Beeg,T〔2〕的研究中，將工廠內以 Work center 的方式把機台做群組化，如圖 2.2 所示，所得到的群組資訊即可作為監控生產週期時間的方式。

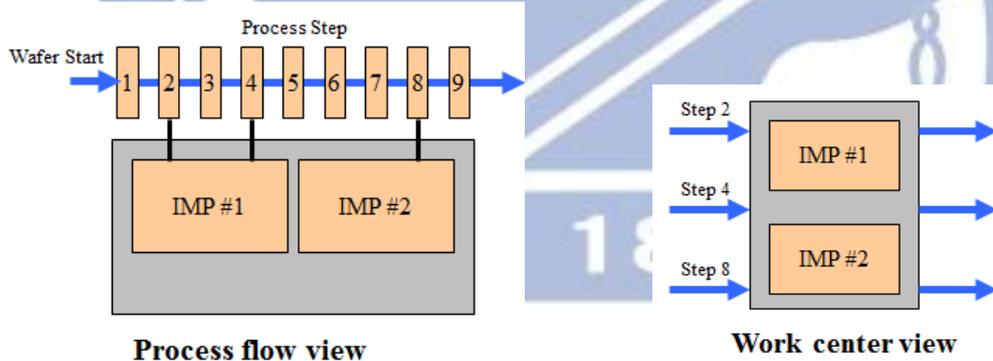


圖 2-2 Beeg,T 所提的 Work center 機台群組化示意圖

由上述的群組資訊可以得到投片量增加時生產週期時間的變化，用此數據可以評估下列三項指標：

1. 增加投片量時所耗的成本。
2. 影響生產週期最大的因子。
3. 在不影響生產週期時間下最多可增加投片量的程度。

由上述三項指標中，第 2 及第 3 項與本論文研究生產節奏之控制息息相關。由(2.2)公式得知 X-Factor 的數值與生產週期時間為正比，而生產週期時間會與工廠 Loading 成指數的變化，所以我們可以發現，當工廠的 Loading 影響到生產週期時間的時候，機台利用率自然會增加，X-Factor 值就會下降。

因此在 Beeg T 的研究中，分別將獨立的 Work Center 連結成工廠的 X-Factor，將反映不同的 Work Center Loading 組合對於 X-Factor 變異的影響，進而串聯出整條生產線在不同的 Loading 下反映出的 X-Factor 變異，並取整體變異最小的結果作為最佳解。如圖 2-3 所示。

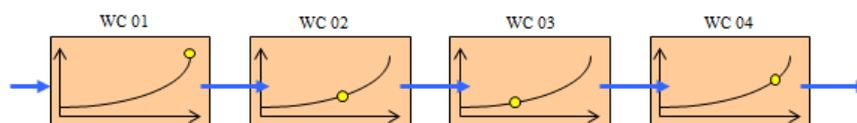


圖 2-3 Work Center 示意圖

所以我們根據 Beeg T 針對 Work Center 連結工廠 model 可以做出以下分析：

1. 將所選擇的投片量套進個別獨立的 model，串聯得出整條生產線的 Cycle Time。
2. 改變產品組合並觀察 Work Center 的 Utilization 增減也將導致生產線 Cycle Time 的變異。
3. 評估哪一種投片與產品組合產生的 Loading 可以得到最佳解。(Cycle Time 變異最小及最大產出)

根據以上的研究，工廠端以分類分群的方式把機台群組化，分別針對獨立的單元做出改善，來降低 cycle time 的變異。這也是現今有多家半導體廠廣泛使用 X-Factor 來監控生產週期時間的原因。雖然我們利用 X-Factor 可以找出影響產品生產週期時間的機台群組，但是這個機台群組是否真的對整個生產週期時間影響最大呢？我們在 TOC 的鏈條理論中曾提過“條鏈的強度取決於最弱的環，若要改善企業整體績效(鏈條強度)，就要改善最弱的環”，所以 Donald P.Martin 利用 Short Cycle Time Manufacturing (SCM) 的概念，以 X-Factor 的分佈針對各製程工作站進行分析，來發現真正會影響到系統資源瓶頸機台產能的機台群組 [8] [19]，因此由原本的 X-Factor 資料中再延伸出 XFC( X-Factor Contribution )，其公式如 2.3 式所示，利用 XFC 尋找出真正對生產線最有影響力的 Work Center。

$$XFC_i = \frac{RPT_i}{RPT_{OA}} \times X_i \quad (2.3)$$

Where

XFC <sub>i</sub> :	代表站點 i 的 X 因子分佈
RPT <sub>i</sub> :	站點 i 的標準作業時間
RPT <sub>OA</sub> :	所有站點的標準作業時間
X <sub>i</sub> :	代表 i 站點的 X-Factor 值

以 Donald P.Martin 的文獻案例說明，表 2-1 為 4 個 Work Center 的標準作業時間及 Utilization。

	RPT:標準作業時間 (Days)	Utilization
Work Center A	1.0	0.875
Work Center B	5.0	0.800
Work Center C	0.1	0.950
Work Center D	2.5	0.910

表 2-1 各 Work Center 的標準作業時間及 Utilization

從表 2-1 中輕易可看出 Work Center C 的 Utilization 為 95% 最高，理論上 Work Center C 應該為此生產系統中的系統資源瓶頸。實際上真是如此嗎？我們再以表 2-1 的資訊並利用公式 2.2 及 2.3 試算出 X-Factor 及 XFC 的數值，如表 2-2 所示。

	RPT:標準作業時間 (Days)	X-Factor	XFC
Work Center A	1.0	4.5	0.52
Work Center B	5.0	3.0	1.74
Work Center C	0.1	10.5	0.12
Work Center D	2.5	6.1	1.76
Total:		24.06	4.15

表 2-2 各 Work Center 的標準作業時間及 X-Factor 及 XFC 值

若我們針對 Work Center C 增加產能讓 Utilization 降低 10% 則整體的 XFC 會從 4.15 降至 4.07 降低了 0.07。如表 2-3 所示。

	Utilization	X-Factor	XFC		Utilization	X-Factor	XFC
Work Center A	0.875	4.5	0.52	Work Center C Utilization Improve 10%	0.875	4.5	0.52
Work Center B	0.800	3.0	1.74		0.800	3.0	1.74
Work Center C	0.950	10.5	0.12		0.855	3.9	0.05
Work Center D	0.910	6.1	1.76		0.910	6.1	1.76
Total:		24.06	4.15		Total:		17.50

表 2-3 各 Work Center C 的 Utilization 降低 10% 後的 X-Factor 及 XFC 值

若我們針對表 2-2 中 XFC 值最大的 Work Center D 做改善，我們一樣將 Utilization 降低 10%，其他 Work Center 資料不變的情況下整體的 XFC 會從 4.15 降至 3.34 降低了 0.81。如表 2-4 所示。

	Utilization	X-Factor	XFC		Utilization	X-Factor	XFC
Work Center A	0.875	4.5	0.52	Work Center D Utilization Improve 10%	0.875	4.5	0.52
Work Center B	0.800	3.0	1.74		0.800	3.0	1.74
Work Center C	0.950	10.5	0.12		0.855	10.5	0.12
Work Center D	0.910	6.1	1.76		0.910	3.3	0.95
Total:		24.06	4.15		Total:		21.26

表 2-4 各 Work Center D 的 Utilization 降低 10% 後的 X-Factor 及 XFC 值

故由表 2-3 及表 2-4 得知，若以 X-Factor 值直接判斷改善 Work Center C 則成效會比改善 Work Center D 低很多，因此會落入追求局部效益的陷阱裡，唯有改善系統中最弱的環，才能真正改善系統的績效。

### 2.3 投料法則 ( Wafer Release Policy ):

目前 DRAM 製造流程大多超過 800 道以上的製程且又具有回流特性，所以在生產管控上非常複雜及困難，為避免落入追求局部性及暫時性的最佳化，因此必須要針對系統資源瓶頸來當作生產節奏控制的起始點來控制投料，所以晶圓廠的投料策略就顯得非常重要。

Wein 於 1988 年提出 [7]，以目前系統內對資源瓶頸工作站之負荷來做為投料決策之依據。學者沙 教授(1999) [17] 依據 Wisner 1995 的分類架構，加以修正後將投料法則分為負荷導向型(L)與時間導向型(T)兩類，所謂的負荷導向型(亦有文獻稱為封閉型)是考量系統機器的 Loading 或 WIP (Working In Process)數量作為投料與否的依據。所謂的時間導向型(亦有文獻稱為開放型)是在固定的時間幅度內，投入固定數量，不管目前的生產狀態而進行的隨機性的投料，例如單一法(Uniform Loading)。以目前的 DRAM 產業複雜的製造模式來看，投料策略必須要依照製造現場的 WIP 流動而要有動態性的調整，所以 DRAM 產業比較適合用負荷導向型(封閉型)投料法則進行投料。在負荷導向型的投料法則中，依據負荷累積的方式分為整廠負荷導向型(S)、瓶頸負荷導向型(BN)及工作站負荷導向型(Wc)，另外再跟據負荷計算時點的差異，區分為連續型(C)及間斷型(D)兩類。本論文將負荷導向型投料法則類型分為五種，請見表 2-5 所示。

投料法則 類型	採用法則	法則說明	
		何時投料	投何種料
L-S-C	Constant WIP (CONWIP；定量在 製品法)	維持系統在製品量為一定 數，當產出一批則投入一 批。	維持系統批量為一定值， 產出何種產品則投該產 品。
L-S-D	Tow Boundary (TB；雙界法)	各產品從投料到第一次進 入瓶頸加工區間之實際產 出低於計畫產出，且該區 間實際在製品低於目標值 時投料	各產品實際產出與計畫產 出之差額乘以產品權重， 其值大者投料。補足該區 間不足的在製品數
L-B-C	Starvation Avoidance (SA；避免饑餓法)	當L時間內將到達瓶頸工 作站之總工作負荷(W) 小於 $\alpha L$ 則投料(Glassey 建 議 $\alpha$ =瓶頸機台數)	依據產品組合比率，WIP 量最低於標準者投一批
	Workload Regulating (WR；工作負荷調 整法)	系統內限制資源之總工作 負荷(或稱實質存貨,W) 小於設定之安全庫存值S ，則進行投料。	限制資源之總工作負荷按 產品比率分配，離標準較 低者投料。
L-Wc-D	WCEDD (Work Center Workload trigger， Earliest Due Date Strategy)；依據工作 中心負載趨動，並 依交期最早者發放 工單)	各工作站的等候工件數小 於標準值時即投料(修正 為僅針對利用率達70%以 上之工作站進行等候工件 數之監控)	依產品比率投料，每次投 料量為實際等候批量與標 準值差異最大之數量。

表 2-5 投料法則分類與說明 [17]

DRAM 產業於新/舊產品世代交替期間的投料策略是依照系統資源瓶頸的負荷來決定投料組合及投料數量的控制，因此依照表 2-5 的分析，DRAM 產業於新/舊產品世代交替期間的投料策略較適合使用工作負荷調整法( Workload Regulating；WR )來進行投料。

## 第三章、研究方法

DRAM 產業在新/舊製程轉換期間，工廠端會依據上階層管理者所設定的目標來投料，然而在新/舊製程轉換時，工廠端會因新機台搬入時間以及舊機台改機時程的準時與否....等等複雜的問題而影響到公司在此一期間的產出。因此，工廠端如何做好生產規劃來讓新、舊技術轉換時之損失降至最低是此一時期極為重要的課題。所以本章運用制約理論 (Theory of Constraint ; TOC ) / 生產週期時間(Cycle Time)/ X-Factor / 工作負荷調整 (Workload Regulating ;WR) 的方法來構建 DRAM 廠新/舊製程世代交替時的生產規劃模式。

此外，在本章節會以新竹科學園區某 DRAM 專業製造公司為個案研究公司(以下簡稱 P 公司)，其中 P 公司的 M 廠為新製程的導入(Pilot Run)廠，因此我們會利用 M 廠的案例來輔助說明本模式的適切性。

### 3.1 新/舊產品的投入組合及產能規劃：

DRAM 產業在執行新/舊產品世代交替時，工廠端會根據上階層管理者的新製程技術世代轉換之策略來建構新/舊產品產能規劃。綜觀目前 DRAM 產業大多是以新製程須新添購且最貴的機台為瓶頸機台(Bottleneck)，並以此機台可以開始加工新製程產品的時間(Release Time)來做產能規劃，因此上階層管理者會給工廠端的策略資訊如下：

#### 1. 新購機台時程規劃：

上階層管理者在設定新製程產能策略指標時，因應新製程需求所購入之新機台且為瓶頸機台的 Release Time 是重要的關鍵之一。因此為了要符合上階層管理者所做的策略指標，工廠端就必須要隨時且謹慎追蹤新購買機台的所有時程，諸如 PR / PO / Shipping date / Plan Move In Date / Actual Move In Date....等等。因為這些資訊都會影響到新/舊製程轉換期間的投入組合及產出。如表 3-1 為 M 廠掌控新購買且為新製程之瓶頸機台的表單。

Name	Code	PR No.	PO No.	Shipping Date	Plan Move-In Date
ABC001	M1	XYZ001	ASD001	2011/5/1	2011/5/8
ABC010	M2	XYZ010	ASD010	2011/6/1	2011/6/8
ABC013	M3	XYZ013	ASD013	2011/7/1	2011/7/8

表 3-1 M 廠新購機台時程表

#### 2. 產出目標：

除了新購機台時程規劃外，還需要有上階層管理者提供新製程產品的產出目標，工廠端才能推估新製程產品的投入日期。因此在上階層管理者提供的新購機台時程及產出

目標後，工廠端則必須依照上述的資訊做新/舊產品投入組合之規劃。

我們由制約理論(Theory of Constraint；TOC)中得知，瓶頸產出等於系統產出，所以在規劃新/舊產品的投入組合時，除了要找出真正的瓶頸外，為了保護瓶頸機台的使用率及有效產出，非瓶頸機台的產能管理也是非常重要的環節。因此我們利用制約理論(Theory of Constraint；TOC)中找出瓶頸的五個步驟逐步來說明 DRAM 產業在新/舊製程轉換期間要如何做新/舊產品的投入組合及產能規劃：

#### 步驟一 指出系統制約：定義新製程的瓶頸機台

由制約理論得知制約機台產能限制 (Capacity Constraint Resource；CCR) 決定了系統產出，所以定義正確的瓶頸機台是非常的重要。根據相關文獻資料，辨識系統瓶頸的方法有三種 [15]：

1. 以成本/利用率之間的關係決定瓶頸資源，將高成本與高利用率的機台當作瓶頸資源。
2. 在整個製造系統內，找出具有最長等候線(Queue)的工作站，當作系統的瓶頸資源。
3. 以資源平均產能負荷(Loading)或利用率(Utilization)作為依據，規劃總時程內平均產能負荷最高者為瓶頸資源 [16]。

DRAM 產業在新/舊製程技術轉換時，會選擇以第 1 種方式來判斷瓶頸，也就是以購入成本最高的機台視為瓶頸機台，而且是唯一的瓶頸機台。至於第 2 及第 3 種方式則是在此研究方法的步驟五才擇一執行。

以 DRAM 產業來看，全廠最昂貴的機台應該是屬於黃光區的曝光機(Scanner)，以目前最新的浸潤式曝光機(Immersion Scanner)一台報價至少 20 億台幣以上，所以在規劃新/舊產品的投入組合前，勢必要以全廠最昂貴的機台為唯一的系統資源瓶頸，並以此機台的產能來規劃新/舊產品的投入組合。或許在其他低成本但利用率高的機台群組也會成為瓶頸限制，但這些機台都是低成本機台，管理者可用較低的成本添購機台或製程改善來擴充其產能，這種瓶頸限制很容易被打破。這也是工廠端在規劃新/舊產品投入組合時最容易錯置瓶頸機台而造成影響新/舊製程轉換速度的地方。

#### 步驟二 決定如何充分利用系統制約。(計算新/舊產品之投入組合)

由步驟一得知，DRAM 產業在新/舊製程世代交替時，辨識系統瓶頸機台的條件是以購買成本最高的機台為考量，因此幾乎各 DRAM 製造公司皆是以黃光區的曝光機(Scanner)為唯一的瓶頸機台，並以曝光機的最大產能來規劃新/舊製程世代交替時的新/舊產品投入組合，以充分利用系統制約。在規劃新/舊產品投入組合前，工廠端應先俱備下列兩項資訊：

1. 新購入之瓶頸機台的 Release Time。

上階層管理者會提供新購機台的搬入時間(表 3-1)，而工廠端必須預估機台的裝機(Setup)完成時間，也就是可以從事產品加工的時間，以提供規劃產品投入組合之人員來預估產品的投入日期。經由產品組合之投入計畫也可提前評估非瓶頸機台對瓶頸資源的影響程度。如表 3-2 為工廠端管理新購入瓶頸資源機台 Release 的時程表。

Name	Code	Plan Move-In Date	Actual Move-In Date	Plan Release Date	Actual Release Date
ABC001	M1	2011/5/8	2011/5/8	2011/6/8	2011/6/9
ABC010	M2	2011/6/8	2011/6/8	2011/7/8	2011/7/6
ABC013	M3	2011/7/8	2011/7/8	2011/8/8	2011/8/6

表 3-2 工廠端管理新購入瓶頸資源機台 Release 的時程表

2. 新產品各道製程的生產週期時間：

因為新產品無任何生產週期時間歷史資料可以參考，因此估算新產的生產週期時間是新/舊產品轉換時的重要課題之一。在第二章文獻探討中，我們從 Katsutoshi Ozawa 等學者的研究中〔6〕得知生產週期時間與機台利用率(Utilization)的關係，其數學關係式如下列所示：

$$X_{Factor} = \frac{Cycle\ Time}{RPT} = A * \frac{1 - \frac{UTIL}{2}}{1 - UTIL}$$

所以由 Katsutoshi Ozawa 等學者的研究中，利用 X-Factor / Raw Process Time 及 Utilization 即可計算出新產品的 Cycle Time。

由此依照上式所算出新產品生產週期時間後再配合上階層管理者所設定新產品的產出時間回推得到新產品的投入日期，再比對表 3-2 的瓶頸機台 Release 時間，來確認是否能配合新產品的預計投入時間。

在俱備上述兩項資料後，則開始作投料規劃。程序如下：

程序 1. 計算新產品之瓶頸機台的月產量：

因本研究已設定 DRAM 產業在新舊製程轉換時新產品的系統制約 機台為曝光機(Scanner)，因為該機台具有回流特性，如圖 3-1 所示。

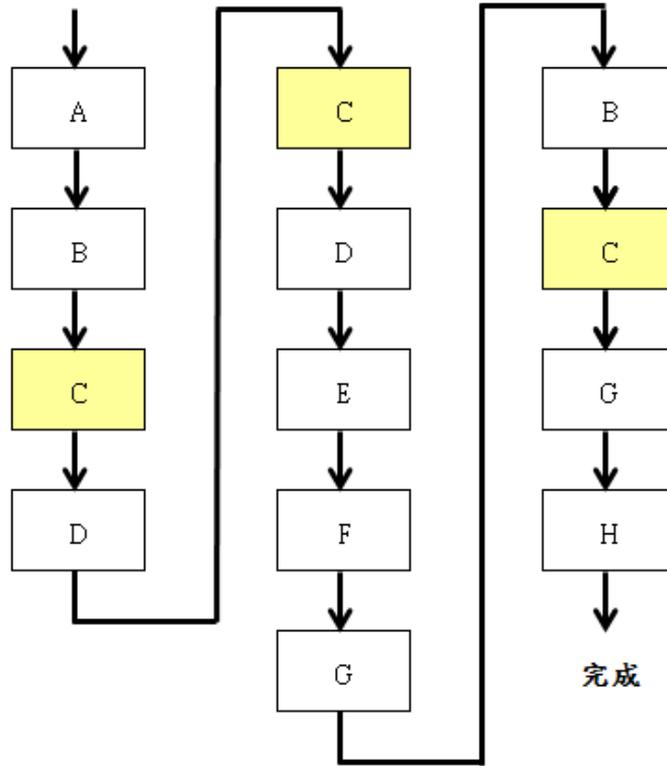


圖 3-1 受限產能回流特性之製造程序示意圖

故 Scanner 月產能計算式如 3.1 式所示。Scanner 日投片量如 3.2 式所示。

$$CP_M = (D \times H \times EQ \times U \times E \div \sum_{i=1}^n PT_i) \times P \quad (3.1)$$

Where

D:	30 天
H:	24 小時
EQ:	Scanner(曝光機)機台數
U:	Uptime(機台正常運作時間率)
E:	Efficiency(機台效能)
P:	Pcs(片數)

$$CP_D = CP_M \div R \div D \quad (3.2)$$

Where

R	回流次數
D:	30 天

由 3.4 及 3.5 式可以算出新製程產品的月產能及日投片量後，將上階層管理者所設定的月產出目標減去新製程產品的月產能後即為舊製程的月產出目標及日投片目標，如此算出新/舊產品的投入組合。

程序 2. 計算新/舊產品投入組合：

由以上得知新製程在一台 Scanner Release 的情況下，舊產品的投入數量則是上階層管理者所設定的月產量減去新產品的月產出量後所得的數量就是舊產品的理論產出量，工廠管理者再依照生產週期時間回推出舊產品的投入量及投入時間；但工廠管理者必須要注意的一件事是因應新製程需求而必須將舊製程之機台改造，而改造期間，舊製程所損失的產能必須計算進去，以避免舊製程投入過多造成舊製程產品 phase out 的時間延後，也會拖延新/舊製程轉換的時間。一旦確定新/舊產品月投入組合後，便進入第三個步驟：系統全力配合步驟二所作的決策。

步驟三 系統全力配合步驟二所作的決策。

在步驟二中我們充分利用系統制約的最大產能所設計出來的新/舊產品投入組合後，其他所有機台群組都需要全力配合步驟二所作的決策。因此接下來就要開始分析所有機台群組的產能及負荷能力，若有群組無法負荷步驟二所作的決策，則要尋找解決方案來完成步驟二所作的決策。此步驟執行程序如下：

程序 1. 工廠端必須建構出全廠所有機台群組的產能負荷：  
機台群組的產能負荷率公式如 3.3 式所示。

$$\text{負載率(Loading)} = (\text{投入}/\text{產能}) * 100\% \quad (3.3)$$

程序 2. 估算新產品投入後到各製程的時間點：

一旦確定新/舊產品投入組合後再配合產能受限之新購機台的 Release 時間及此機台製程站點到產品投入第一站的生產週期時間回推出產品的投入時間，以表 3-3 作說明，假設第一台 Scanner Release 日期為 2011 年 9 月 20 日，因此我們利用 3.2 式之公式算出新產品生產週期時間來推估出新產品投入時間為 2011 年 9 月 19 日，並再推估 2011 年 9 月 19 日投入後到各製程站點的日期，如表 3-3 所示。

1'st Scanner Release Date: 2011/9/20

新產品投入日期 2011/9/19

No.	Cycle Time_ACC(day)	機台群組	到站日期
1	0	WET	2011/9/19
2	0.1	Measurement	2011/9/19
3	0.2	Measurement	2011/9/19
4	0.2	Diff	2011/9/19
5	0.5	Measurement	2011/9/19
6	0.5	TF	2011/9/19
7	0.6	TF	2011/9/19
8	0.6	Measurement	2011/9/19
9	0.7	Etch	2011/9/19
10	0.7	TF	2011/9/19
11	0.9	TF	2011/9/19
12	0.9	Scanner	2011/9/19
13	1	Measurement	2011/9/20
14	1	Measurement	2011/9/20
15	1	Measurement	2011/9/20
16	1	Measurement	2011/9/20
17	1	Measurement	2011/9/20
18	1	Etch	2011/9/20
19	1.3	Etch	2011/9/20
20	1.4	WET	2011/9/20
21	1.5	Measurement	2011/9/20
22	1.5	Measurement	2011/9/20
23	1.5	Measurement	2011/9/20
24	1.5	Measurement	2011/9/20

表 3-3 新產品投入日期及到各工作站點的預計日期

程序 3. 找出影響系統制約的機台群組:

利用以上程序 1 可以得到非瓶頸機台負荷量是否有大於系統制約機台的負荷量，若有則利用程序 2 得到新產品投入後到該機台群組的時間點，而這時間點則是要解決非瓶頸機台的產能問題的最後期限。

程序 4. 增加非瓶頸機台產能的方法:

1. 尋求同公司其他廠的 Backup:

在新/舊製程轉換時，所有機台群組一定要優先滿足新產品所需的產能，因此舊製程產品可能會遇到產能不足的狀況，所以我們在導入新產品的同時，也要注意舊產品的機台負荷能力，這也是有些公司在做新/舊製程轉換時造成產出損失的原因之一。因此工廠端就必須在決定新/舊產品之投入組合時，利用 3.4 式計算出是否有舊產品的機台群組產能不足，若有則必須尋求其他廠的支援，因此必要建構如表 3-4 的尋求其他廠支援資料表，而且要固定每個月與其他廠確認多餘產能的部分是否能幫助到新/舊製程轉換工廠的產出。

Module	Group	Req. (pcs/M)			其他廠 confirm (pcs/M)						Remark
		MFG			OPG			MFG			
		Apr	May	Jun	Apr	May	Jun	Apr	May	Jun	
ET	A	9.0 K	9.0 K	9.0 K	9.0 K	9.0 K	9.0 K	10.0 K	10.0 K	10.0 K	
DF	B	11.0 K	11.0 K	11.0 K	11.0 K	11.0 K	11.0 K	11.0 K	11.0 K	11.0 K	
	C	7.0 K	7.0 K	7.0 K	7.0 K	7.0 K	7.0 K	6.0 K	7.0 K	7.0 K	

表 3-4 尋求其他廠支援資料表

2. 縮短製程加工時間。
3. 添購非瓶頸機台：

在步驟一有提過，在其他系統資源瓶頸以外且是低成本但利用率高的機台群組也可能會成為瓶頸限制，但這些機台都是低成本機台，管理者可用較低的成本添購機台或製程改善來擴充其產能，但是為了舊產品添購機台是非常不得已的決定，因此工廠端的管理者必須非常仔細的在三確認前兩項都無法解決非瓶頸機台產能不足的問題時才考慮添購機，而且此機台必須是新製程能使用的機台。

若以上三點都無法增加非瓶頸機台產能，則必須減少舊製程產品的投入數量，以避免影響到新/舊製程轉換的時程。

#### 步驟四 打破系統制約。

在新/舊製程轉換其間必須不斷的重複前面三個步驟，直到所有非系統資源瓶頸機台都能配合系統資源瓶頸機台為止。其次，當新購的系統制約機台逐一確定進廠時間及 Release 時間後，代表系統制約即將被打破，工廠端的管理者必須重回步驟一，尋找新的系統制約瓶頸機台，並且要重新計算新/舊產品的投入組合，避免影響新/舊製程轉換的速度，並且直到舊產品 phase out 為止。

步驟五 如果系統制約在步驟四被打破，則回到步驟一，尋找新的系統制約瓶頸機台，不要讓惰性(典範)成為制約。

### 3.2 生產管控(Shop Floor Control)：

當新/舊產品的投入組合及產能規劃完成後，就進入生產管控的階段，此階段的目的是要管控新/舊產品都能在所規劃的時點通過應該要到的站點，以利部分機台為因應新製程執行改機或轉製程。如表 3-5 為因應新製程需改造舊機台的資料及改造完成日期表。

NO	EQP_Group	INPUT	Before Loading	After Loading	Request Date	Module Response	ACTION
1	A	20K	131%	98%	3/6	3/1	AA003 3/1
		40K	112%	98%	4/5	4/3	AA004 4/1,PP005 4/3
2	B	20K	85%	68%	2/25	3/10	BB002,BB003 2/15 開始改機 ~ 3/05,3/10
		40K	114%	98%	4/27	4/24	BB004, 4/15 開始改機 ~ 4/24
3	C	20K	175%	88%	3/18	3/17	CC002 ~ 003 待改機 (約5天)
		40K	117%	88%	4/17	4/15	

表 3-5 因應新製程需改造舊機台的資料及改造完成日期表。

所以在新/舊製程世代交替時的生產管控是工廠端非常重要的工作之一。在本章節我們使用生產週期時間及生產節奏之控制及系統資源瓶頸 WIP 量之警示系統的手法來作生產管控。

### 3.2.1 生產週期時間之控制：

對目前 DRAM 產業的競爭力而言，降低生產成本是一個重要的議題。另外在工廠端對於生產週期時間的控制與產品的良率(Yield)是息息相關的，在 Meyerdorf 及 Yang 兩位學者的研究中提到〔3〕，產品在生產線上的生產週期時間過長會有兩項較嚴重的影響，第一、若產品的生產週期時間拖延過長會導致潛在於製程或設備的問題延後發現，當發現這些問題時，可能已經有很多產品的良率受到傷害。第二、現在半導體的製程線寬越來越細，生產週期時間也變長，晶圓受到微粒(Particle)或化學氧化(Oxidize)的影響，造成良率的下降。因此為了讓生產線的在製品降至最低又能確保產出不受影響，生產週期時間(C/T；Cycle Time)的掌控就顯得格外重要。

生產週期時間(Cycle Time)簡單的定義就是加工時間(Process time)加等候時間(Queue Time)，如 3.4 式所示。

$$CT_t = \sum_{i=1}^n PT_i + QT_i$$

Where

CT <sub>t</sub> :	理論生產週期時間
n :	總加工步驟
PT <sub>i</sub> :	第 i 站的加工時間
QT <sub>i</sub> :	第 i 站的等待時間

(3.4)

然而在工廠端會從 3.6 式的簡單定義再延伸出下列三種生產週期時間指標：

1. 產出的生產週期時間(Output Cycle Time) 指標:

是將產品產出的日期減去該產品投料的日期，因此 Output Cycle Time 就是該產品的實際生產週期時間，如 3.5 式所示。一般來說 Output Cycle Time 是屬於過去式的生產指標，若 Output C/T 表現比標準 C/T 差則代表產線內曾經有發生過問題而影響到產品的生產週期時間，因此我們要回溯過去的資料來確認影響生產週期的問題是否都已經真正的解決。以個案公司 M 廠為例，若 7 天平均 Output C/T 大於標準 C/T 則會警示生產單位進行觀察，若 7 天平均 Output C/T 大於標準 C/T 3 天以上則生產單位會確認影響生產週期時間的問題是否都已經真正的解決。

$$CT_o = F - I$$

Where

(3.5)

CT <sub>o</sub> :	產出的生產週期時間
F:	產品的產出時間
I:	產品的投入時間

不過個案公司 M 廠為先進製程導入廠，所以偶爾會因新製程修改參數而讓新製程產品停滯於某一個工作站，如此會讓這些 WIP 的 Output Cycle Time 造成失真，因此工廠端遇到類似的問題時會刻意將這些 WIP 的停滯時間儲存 (Bank) 起來，最後在計算這些產品的 Output Cycle Time 時會再減去停滯時間以得到真正的 Output Cycle Time，如 3.6 式所示。

$$CT_o = F - I - B$$

Where

(3.6)

CT <sub>o</sub> :	產出的生產週期時間
B:	WIP 因工程實驗的停滯時間

雖然 Output Cycle Time 已經有監控產品生產週期時間之功效，但 DRAM 製程多達 800 道以上的工作站，若等到產品產出後才發現產品生產週期時間有問題，這樣的影響將會是非常的巨大，因此工作端會再利用 In Line Cycle Time 及 Turn Rate Cycle Time 來即時監控產品生產週期時間，如下說明。

2. 產線內的生產週期時間(In Line Cycle Time) 指標:

所謂的 In Line Cycle Time，是將每一道工程站點之該日平均 Cycle Time 加總後的資料，因為 In Line Cycle Time 是前一天工廠的作業實績，所以已經是接近即時的生產週期時間資料，如 3.7 式所示。一般來說 In Line Cycle Time 是屬於現在式的生產指標。在 DRAM 產業中最常利用 In Line C/T 與標準 C/T 來做比較並找出影響生產週期時間的機台群組，以個案公司 M 廠為例，每日會 Highlight 前一日 In Line C/T

大於標準 C/T 6 小時以上的機台群組，以利工廠端能立即改善。而初期新製程產品的標準 C/T 則利用 X-Factor 公式演算得知，待新製程產品擁有所有工作站的實際加工時間後，就能計算出實際的標準 C/T。

$$CT_i = \sum_{i=1}^n (PT_i + TT_i + QT_i) \quad (3.7)$$

Where

CT <sub>i</sub> :	In Line Cycle Time
n :	總加工步驟
PT <sub>i</sub> :	第 i 站的加工時間
TT <sub>i</sub> :	第 i 站的傳送時間
QT <sub>i</sub> :	第 i 站的等候時間

3. 週轉率生產週期時間(Turn Rate Cycle Time ; TR Cycle Time)指標：  
 所謂的 Turn Rate Cycle Time，是根據每一道製程的週轉率(Turn Rate ; TR)來預估整段生產流程可以做到的生產週期時間，這是一個屬於未來式的生產指標。週轉率(Turn Rate)的定義如公式 3.8 式所示。

$$TR = \frac{\text{Move}}{WIP} \quad (3.8)$$

而週轉率生產週期時間(TR Cycle Time)的定義如公式 3.9 式所示。

$$TR \text{ Cycle Time} = \frac{\text{Process\_step}}{TR} = \frac{WIP \times \text{Process\_step}}{\text{Move}} \quad (3.9)$$

舉例說明：

某工廠廠內 WIP 有 60,000 片，產品流程總道數為 600 道，Move 為 600,000 片，所以 TR Cycle Time 如下所示。

$$TR \text{ Cycle Time} = \frac{60,000 \times 600}{600,000} = 60 \text{ (天)}$$

根據以上舉例得知週轉率與 Move 及 WIP 有相關性，所以在工廠端會以 TR Cycle Time 來做為每日的生產指標，以個案公司 P 廠為例，TR C/T 若大於標準生產週期時

間，就會 Highlight 有問題的機台群組，用此方法除了可以監控生產週期時間外，亦能監控每日的 Move 及 WIP。但是，因為週轉率生產週期時間可以觀測到未來生產週期時間的實力，所以大多數的工廠都喜愛使用週轉率生產週期時間來當作工廠績效，不過因為週轉率生產週期時間在 WIP 穩定的情況下，Move 越高週轉率就越高而 TR Cycle Time 就越低。而生產線為追求績效，會落入追求高 Move 的迷失。因為當產線內某機台長時間 down 機時，工廠管理者又不讓 Move 的數據下滑，而不去調整投料組合或數量，除了會造成產線內的 WIP 增加外，還會造成 Output Cycle Time 上升。所以我們將上述三種生產週期時間指標，以表 3-6 說明。雖然工廠端會利用各種生產週期時間指標來監控生產線的績效，但為避免工廠管理者陷入追求生產週期時間績效的迷失，故必須搭配生產節奏之控制，才能讓產品的生產週期時間受到嚴密的監控。

生產週時間期指標	型式	生產週時間期指標說明	觀察指標
Output C/T	過去式	由已產出的產品計算由投入到產出的平均時間	1.實際的生產週期時間指標 2.觀察派工系統是否有偏差
In Line C/T	現在式	每一道工程碼的該日平均C/T加總	1.各工作站的工作時間是否異常 2.該工作站WIP的等候時間是否異常 3.該工作站的傳送時間是否異常
TR C/T	未來式	根據每一道工程碼的TR速度預估整段Flow可以做到的C/T	1.該工作站的Move數量是否異常 2.該工作站的WIP數量是否異常

表 3-6 各種生產週期時間指標應用說明

雖然我們可以利用上述的三種生產週期時間指標來做為生產線績效的監督工具，然而半導體的製造過程是非常複雜的，不是用簡單的調度或調節就可以縮短產品的生產週期時間和產出量(Throughput)，所以當產出量到達生產線的最大能力時，生產週期時間就會顯著的提高，在學術上有很多研究 X-Factor 的學者提到產品週期時間與產出量的關係 [4] [5]，如圖 3-2 所示。

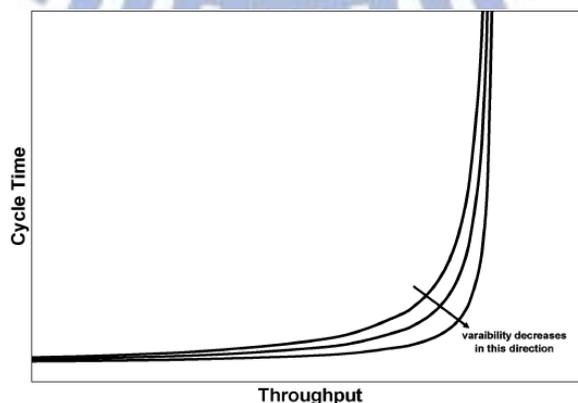


圖 3-2 產品生產週期與產出量之關係曲線圖

由 Katsutoshi Ozawa 等學者的研究中〔6〕得知，X-Factor 與 Cycle Time 及機台使用率 (Utilization) 有相關性，當 X-Factor 值高於平常水準時，就能迅速找到影響生產的 Work Center 並加以改善，讓損失降至最低。因此有許多學者提出利用 X-Factor 理論〔2〕〔3〕〔4〕〔5〕〔6〕來做為工廠端控制生產週期時間的工具。半導體產業中也有業者用 X-Factor 來做 Cycle Time 或瓶頸機台的監控。

如圖 3-3 為個案公司 M 廠的 X-Factor 示意圖，圖中的每一個小點代表某一個部門機台群組的 X-Factor 值，也代表著每一群組機台的能力，而較大的點為該部門整體的 X-Factor 值，我們就由此數據中找到真正影響生產週期時間的機台群組，並加以改善。故由圖 3-3 中得知 E 部門的整體 X-Factor 值高於標準曲線，因此工廠端的生產管理者就會針對 E 部門的機台群組做產能分析尋找問題並解決問題，讓生產週期時間獲得控制。因此在工廠端若能利用各種生產週期時間指標來監控生產線產品流動的穩定性外，再利用 X-Factor 找出有問題的 Work Center 並加以改善，以保護系統資源瓶頸機台的使用率。

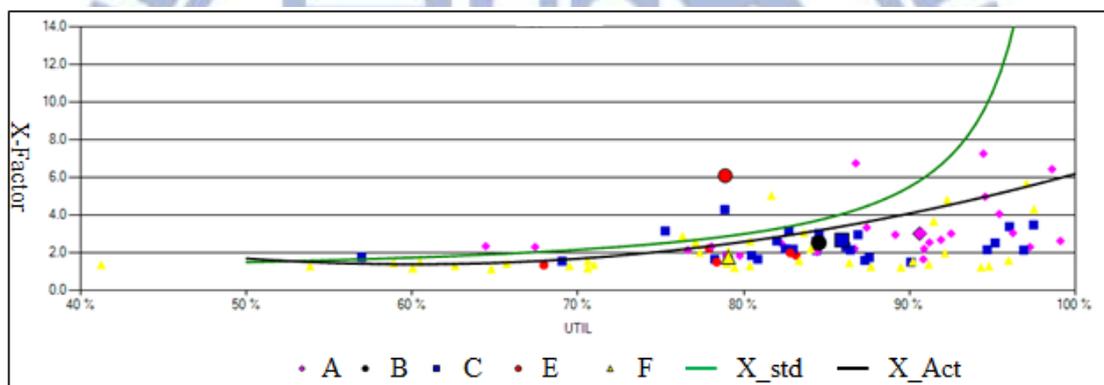


圖 3-3 M 廠 X-Factor 示意圖

### 3.2.2 生產節奏之控制：

由於瓶頸產出等於系統產出，因此系統最佳的績效取決於系統的限制，所以要讓此限制有優先的決策權才能使其充分發揮，故在排程上必須先決定資源限制最佳利用的生產節奏，若此節奏被打亂將會花費相當多的時間才能將限制節奏的次序穩定下來，因此保護限制驅導節奏是非常重要的。

在 DRAM 產業新/舊製程世代交替時，控制生產節奏最重要的因素為投料的控制，一般公司大多使用 Constant WIP 法則，也就是維持系統在製品量為一定數。當產出一批則投入一批，所以工廠的每日投片量等於工廠的日產出量。然而現今 DRAM 製程多達 800 道以上，若前、中段系統資源瓶頸當機，但前段投料未隨系統資源瓶頸的節奏來控制，屆時會造成系統資源瓶頸超出負荷；待當初系統資源瓶頸當機所影響的產量到產出端時，投入量會隨產出量降低而降低，屆時又造成系統資源瓶頸的使用率降低。因此，DRAM 產業新/舊製程世代交替時並不適合用此方法。

目前半導體製程十分複雜且具回流特性，因此在生產管控上是非常困難，為避免落

入追求局部性及暫時性的最佳化，因此必須以系統資源瓶頸當作生產節奏控制的起始點來控制投料，並且要以瓶頸負荷導向及投料時間為連續性來設定投料策略，依據沙教授(1999) [ 17 ] 投料法則的分類架構中，避免饑餓法(Starvation Avoidance ; SA)及工作負荷法(Workload Regulating ; WR)較適合作為 DRAM 產業新/舊製程世代交替時的生產節奏控制方法。然而 SA 法是考慮在一定時間內到達到瓶頸工作站的負荷，但並未考慮到已投入系統但未在一定時間內到達到瓶頸工作站的 WIP，如此會低估瓶頸機台的負荷。至於 WR 法，雖然也是針對系統資源瓶頸作管理的方法，但 WR 法是針對已投入系統內之實際 WIP 且未過系統資源瓶頸之總工作負荷與計畫投入系統內之 WIP 且未過系統資源瓶頸之總工作負荷做比較後來做為投料的策略，也就是說 WR 法是將已投入系統中的 WIP 而且會再使用到瓶頸機台的 WIP，都會考量到對瓶頸機台的負荷，所以 WR 法是可以反應到系統資源瓶頸機台未來的負荷。因此由以上敘述得知，DRAM 產業新/舊製程世代交替時，用工作負荷法(WR)做為控制生產節奏的策略，除了可以避免瓶頸機台達到最大的負荷狀況，也能監控 Cycle Time。

本研究用 WR 法在生產節奏之控制上的步驟如下：

步驟一 計算計畫投入系統內之 WIP 且未過系統資源瓶頸之總工作負荷值：

此步驟是以 3.1 節所試算出新產品的計畫日投片量乘以自 Wafer Release 至系統資源瓶頸機台站點的 Cycle Time 再乘以該站點的加工時間，最後將系統資源瓶頸機台各工作站點的負荷值加總後計算出該資源瓶頸之計畫總工作負荷值，如 3.10 公式所示。

$$S_{CCRm} = \sum_{i=1}^n (P \times CT_{mi} \times PT_{mi})$$

(3.10)

Where

$S_{CCRm}$ :	瓶頸機台 m 之計畫總工作負荷值
P :	每日計畫投入的批量
$CT_{mi}$	Wafer Release 至瓶頸機台 m 之第 i 站點的標準生產週期時間
$PT_{mi}$ :	產品在瓶頸機台 m 之第 i 站點的加工時間
n	產品在瓶頸機台 m 之總站點數

步驟二 計算實際投入系統內之 WIP 且未過系統資源瓶頸之總工作負荷值：

實際上，產線內的 WIP 並不會像步驟一那樣穩定地依照 Cycle Time 來流動，經常會受到機台或製程上的問題影響到 WIP 的流動，故此步驟是將已投入產

線內且未過系統資源瓶頸機台站點的實際 WIP 加總後再乘以該站點的加工時間，最後將系統資源瓶頸機台各工作站點的負荷值加總後計算出該系統資源瓶頸機台的實際總工作負荷值，如 3.11 公式所示。

$$A_{CCRm} = \sum_{i=1}^n (A_{mi} \times PT_{mi}) \quad (3.11)$$

Where

$A_{CCRm}$ :	實際 WIP 需使用瓶頸機台 m 之總工作負荷值
$A_{mi}$ :	尚未過瓶頸機台 m 之第 i 站點的實際批量數

步驟三 判斷是否要執行投料控制:

由以上得知，實際生產線可能因機台當機或製程上的問題導致生產線的 WIP 過高，因此我則利用  $S_{CCRm}$  及  $A_{CCRm}$  的比值來判斷當日是否要依照表定計劃來投料，如 3.12 公式所示。所以當系統瓶頸機台的工作負荷值  $WR_m > 1$  時則建議系統停止投料，用以控制生產節奏並可避免 Cycle Time 變長。待工作負荷  $WR_m \leq 1$  時則視當天系統資源瓶頸機台的 WIP 狀況來決定投料策略，若非瓶頸機台仍能充分供應瓶頸機台 WIP 時不必急著投料，若預期系統資源瓶頸機台會斷料時再恢復投料。

$$WR_m = A_{CCRm} \div S_{CCRm} \quad (3.12)$$

Where

$WR_m$ :	瓶頸機台 m 之計畫工作負荷與實際工作負荷之比值
----------	--------------------------

### 3.3 系統資源瓶頸之警示系統：

先前已定義 DRAM 產業在新/舊製程轉換期間系統資源瓶頸機台的條件為以成本/使用率之間的關係決定系統資源瓶頸機台。因此在新/舊製程轉換期間將最高成本的機台當作唯一的系統資源瓶頸機台，所以在確定系統資源瓶頸機台後，我們就要建立一套警示系統來確認系統資源瓶頸機台是否能夠有充分的 WIP 以確保瓶頸機台不會缺料。以 DRAM 產業為例，在新/舊製程轉換期間大多會以 Scanner 機台為系統資源瓶頸機台，而

Scanner 機台除了具有回流特性外，各 Layer Process 所使用的機台要與前層使用同一台機台，所以針對具有此特性的機台群組要特別建立緩衝保護，以避免系統資源瓶頸機台因 WIP 不足而斷料。因此為了要保護每一個 Scanner Process Step 的產能，所以在 Scanner Process 前必須設置緩衝保護區，如圖 3-4 為 Scanner 機台緩衝保護示意圖。

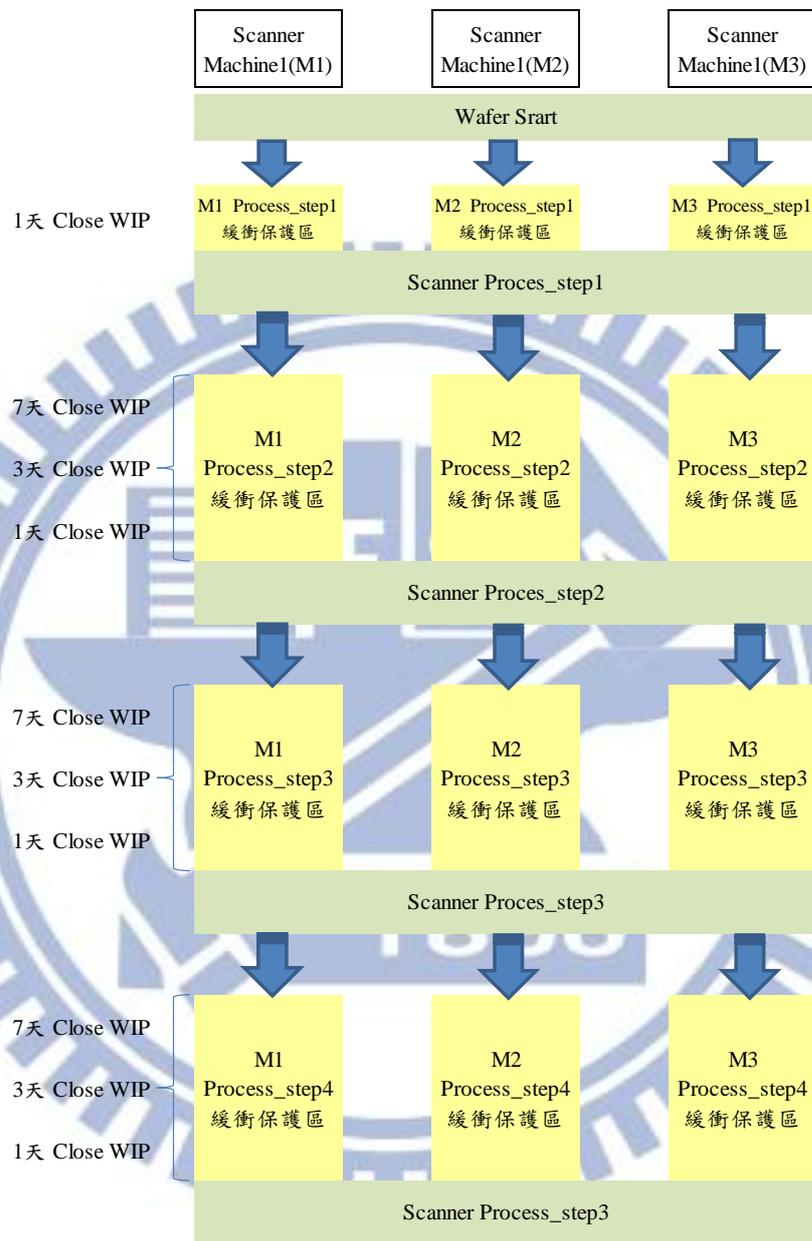
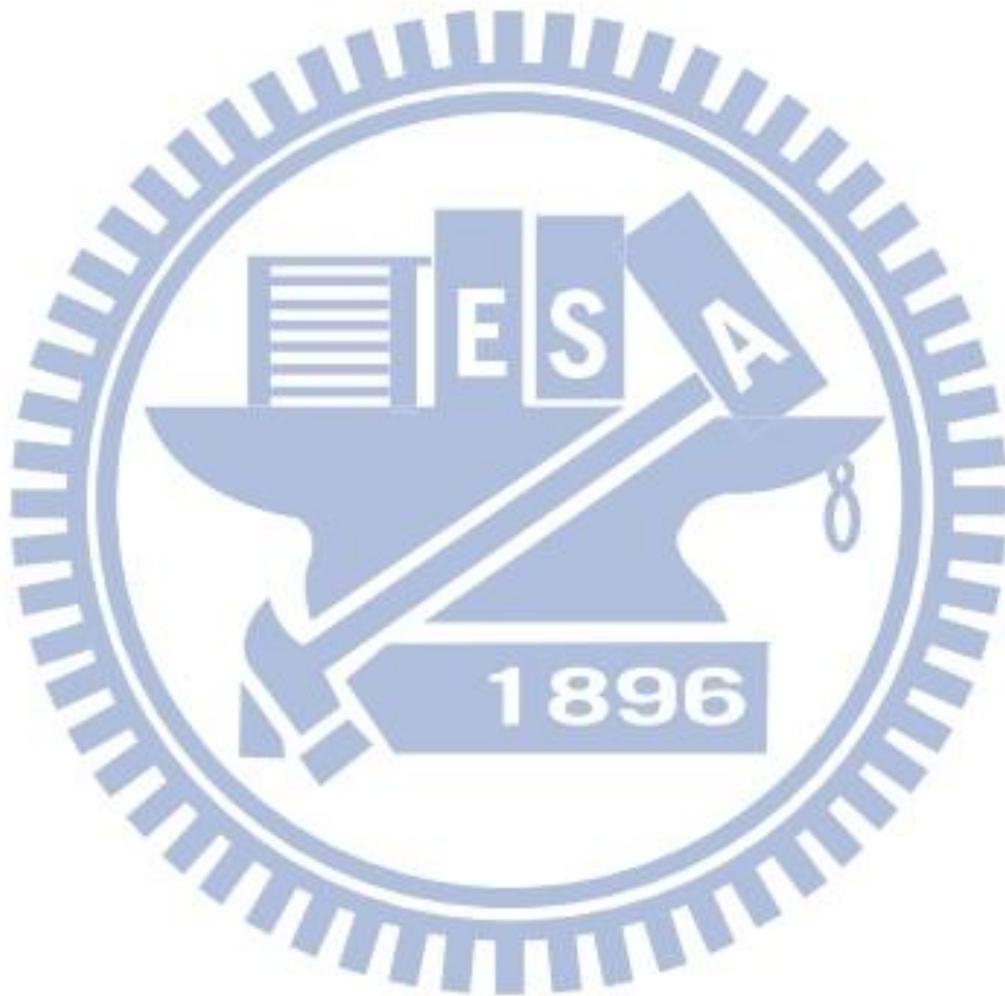


圖 3-4 為 Scanner 機台緩衝保護示意圖

以 DRAM 產業為例，大多數 Scanner Layer Cycle Time (由上一層 Scanner Process 到當站 Scanner Process 的生產週期時間)約為 9 ~ 12 天，因此我們從 Scanner Process Step 往前區分為 1 天 Close WIP、3 天 Close WIP 及 7 天 Close WIP 三區段，每個區段都會設置 WIP 高、低 警示水位，若各階段的 Close WIP 低於警示水位時，則派工系統將會從此區段前將拉貨下來，補足 WIP 量至警示水位以上。而警示水位的最低限制則以 Scanner 的最大產能為最低警示水位，假設一台 Scanner 總產能 2400 片，Scanner Process

Step 共四道，所以每道 Scanner Process Step 的產能為 600 片，因此各 Scanner Process Step 的最低 WIP 警示水位如圖 3-5 所示，

相對的，若各階段 Close WIP 過高時，警示系統亦會發出警示訊息給派工系統來做產能調節，避免產生無效 Move。以案例公司 P 廠為例，WIP 警示水位最高限制是以高過 Scanner 最大產能的 30% 為最高警示水位，由前段敘述中得知每道 Scanner Process Step 的產能為 600 片，因此 1 天 Close WIP 的最高警示水位為 780 片，其他各區段的 WIP 最高警示水位如 3-5 所示。



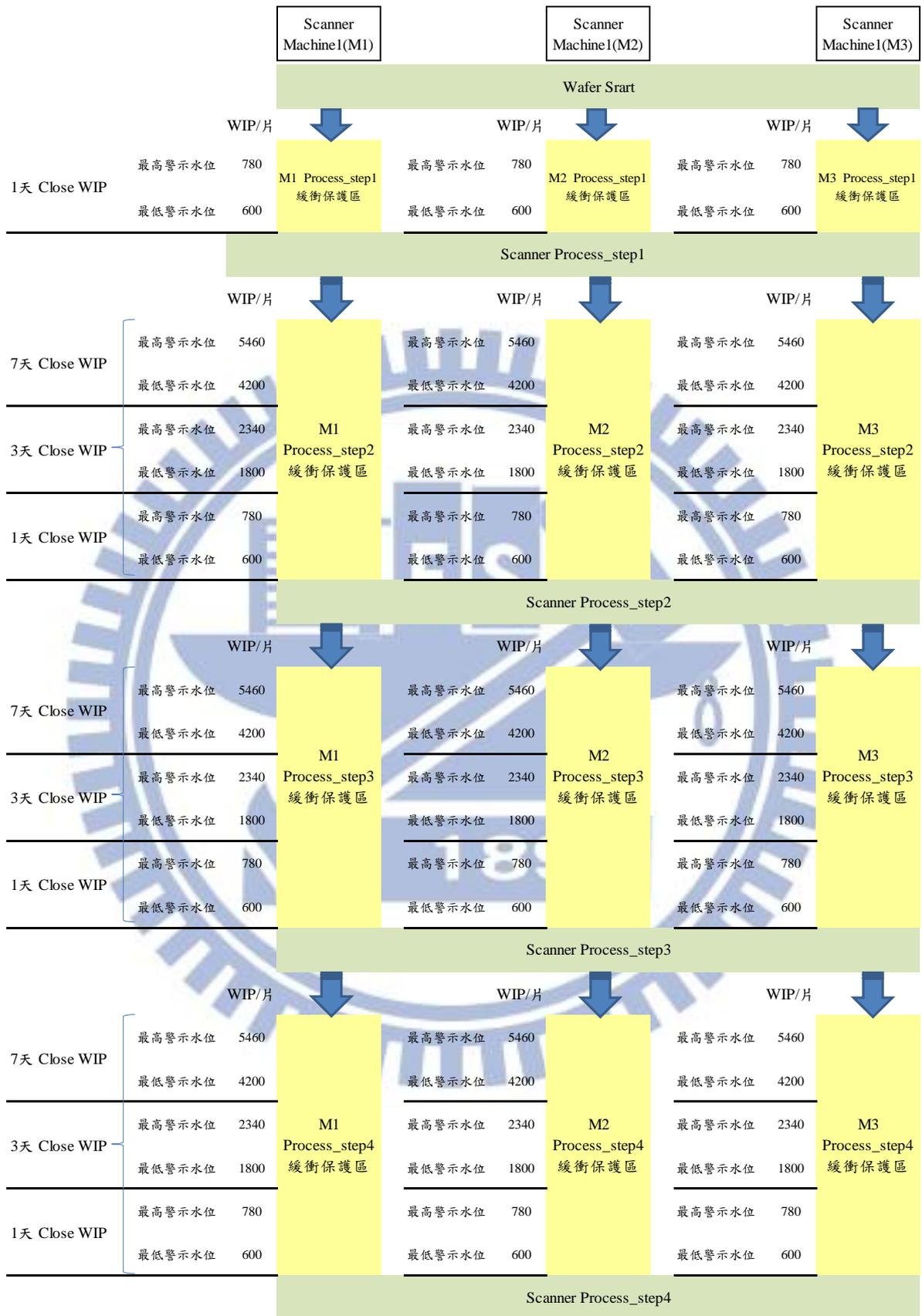
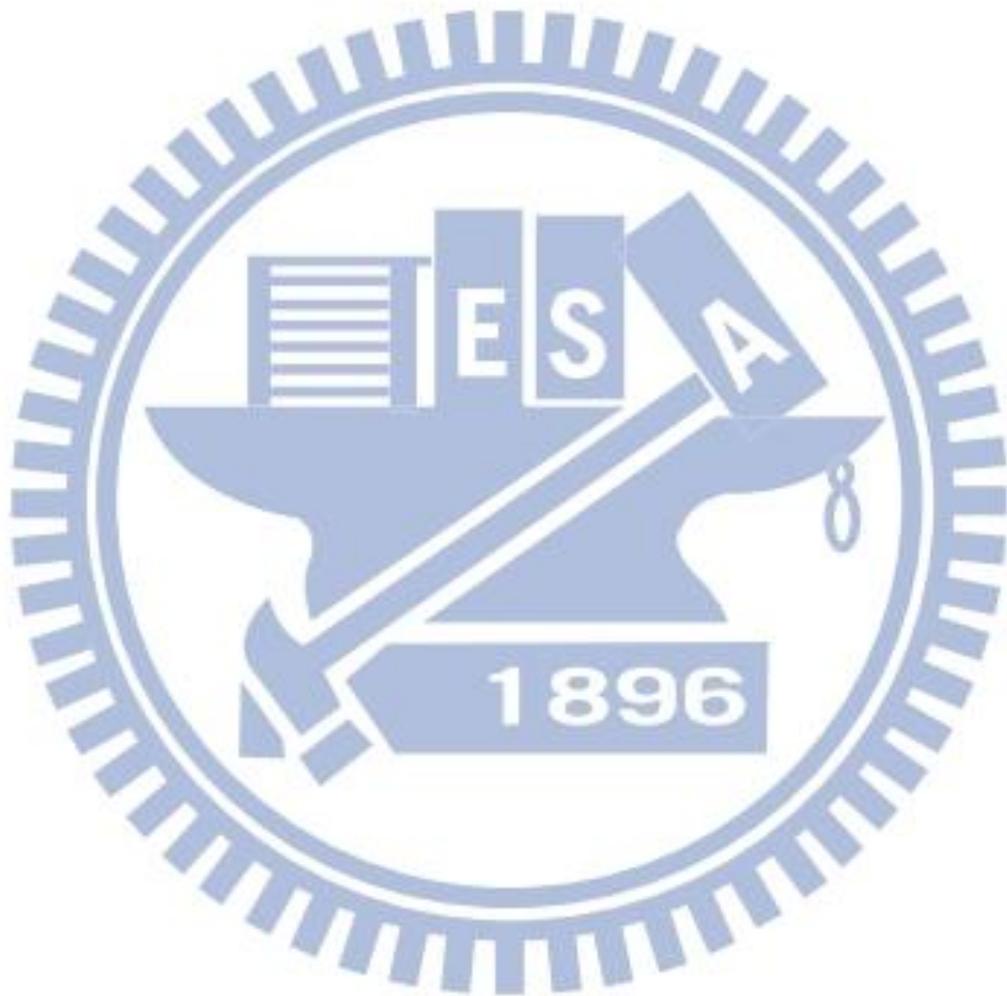


圖 3-5 Scanner 機台 WIP 高、低 警示水位示意圖

由以上敘述得知，工廠端的派工系統必須依照系統資源瓶頸機台的最低或最高的WIP 警示水位隨時調整派工優先順序，除了不能讓系統資源瓶頸機台缺料外，也要讓系統資源瓶頸機台的WIP 更均衡。



## 第四章、效果驗證

DRAM 產業處於市場快速變遷的環境，也造成產品生命週期急遽縮短，也連帶造成產品世代及製程技術快速演進，所以目前 DRAM 產業必須縮短製程轉換時間，以維持公司的競爭力，如圖 4-1 所示，為個案公司 2008 年 9 月至 2010 年 9 月的產出狀況，圖中新產品 D 於 2009 年 4 月開始導入，直到 2010 年 3 月的產出才幾乎全部為新產品 D(標記 3 的區間)，期間的製程轉換歷時 10 個月，而舊產品 C(標記為 2 的區間)卻直到 2010 年 9 月才完全 Phase Out，在經歷此次長時間的新/舊製程轉換後，我們希望新製程導入至舊產品 Phase Out 的時間能由 7~10 個月縮短至 6 個月以內，因此必須要改善先前的生產規劃模式，而改善後的生產規劃模式除了能夠達到上階層管理者的目標外也能運用於每次新/舊製程的世代交替。

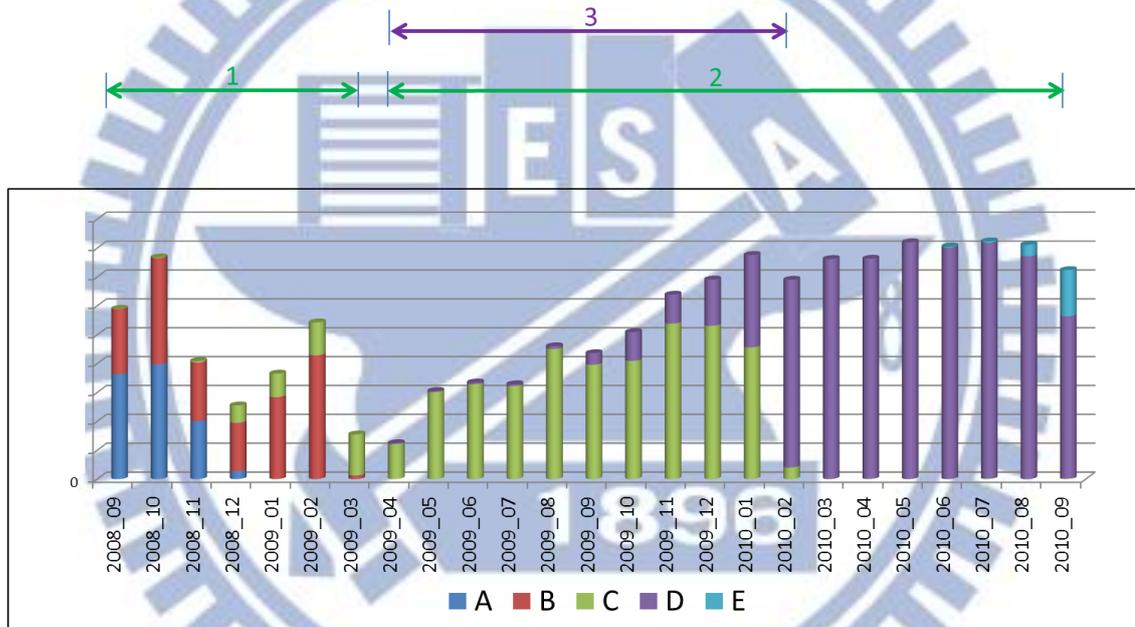


圖 4-1 個案公司於 2008 年 9 月~2010 年 9 月新/舊製程轉換期間產品產出圖

在本章節裡，我們運用限制理論之思考程序(Thinking Process) [18] 的三大步驟來引導我們如何進行改善：

1. 問題在哪裡，要改變什麼？
2. 對策在哪裡，要改變成什麼？
3. 如何改變？

### 4.1 改變 DRAM 產業系統資源瓶頸的定義：

1. 問題在哪裡，要改變什麼？

上階層管理者為避免庫存減少，因此於新/舊製程轉換時，所訂定的產出目標與轉換前相同。這樣生產模式下辨識瓶頸的依據是以資源平均產能負荷(Loading)或利用率

(Utilization)作為依據，用以規劃總時程內平均產能負荷最高者為瓶頸資源，然而在新/舊製程轉換期間依循此生產模式會造成下列問題:

- (1). 新/舊製程轉換初期，系統資源瓶頸經常會落在舊產品上，因此生產線的產能調配仍會著重於舊產品，導致新產品導入速度緩慢。
- (2). 在新/舊製程轉換時，原本加工舊產品的部分機台必須改造(Retrofit)才能給新製程產品使用，這些機台的改造時程從 3 天至 1 個月不等，但因為系統資源瓶頸錯估，讓原本預計 Retrofit 之機台的時程延後，如此會拖延到世代交替的時程。

如圖 4-1 所示，新產品 D 經歷了 10 個月才轉換完成。因此我們要將原本新/舊製程轉時的系統資源瓶頸以規劃總時程內不論新/舊產品之平均產能負荷最高者為瓶頸資源的定義做改變。

## 2. 對策在哪裡，要改變成什麼?

目前 DRAM 產業處於市場快速變遷的環境，各 DRAM 廠最重視的議題就是技術世代要比競爭對手新，這樣的產品成本就會比競爭對手低，所以上階層管理者所要做的決策就是要確定在最短的時間內將新/舊製程轉換完畢是唯一的目標，因此有了這個明確的目標後，我們要將原本以規劃總時程內不論新/舊產品之平均產能負荷最高者為瓶頸資源的定義改變成以新製程系統資源瓶頸為唯一的瓶頸機台。

## 3. 如何改變?

由上述決策得知，我們要將系統資源瓶頸定義在新導入的產品，但是我們要如何正確的定義出新產品的系統資源瓶頸呢?現階段 DRAM 產業最重要的課題就是降低成本增加利潤，因此我們由 TOC 產出觀績效衡量指標:產出(T)、投資或庫存(I)、營運費用(OE)來分析，如圖 4-2 所示 [ 12 ]，要增利潤(NP)就要增加產出及降低營運費用( $NP=T-OE$ )，要增加投資報酬率(ROI)就要增加產出、降低營運費用及投資費用或庫存( $ROI=(T-OE)/I$ )，要提升生產力(Productive)，就要增加產出及降低營運費用( $Productive =T/OE$ )。

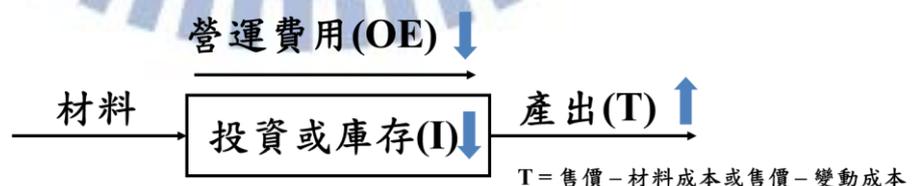


圖 4-2 TOC 產出觀績效衡量指標

觀察目前半導體產業，營運費用中最大的支出項目是機台折舊費用，所以在新/舊製程轉換期間，因應新製程而購入的高價位機台是否有最大化利用是重要的課題，再由相關文獻資料辨識系統瓶頸的三種方法中，我們選擇以成本/利用率之間的關係來

決定瓶頸資源，也就是將新製程中最高成本與高利用率的機台當作瓶頸資源。以目前 DRAM 廠為例，全廠最貴的機台為浸潤式曝光機(Immersion)，該機台購機費用約 20 億台幣，因此在新製程導入時會以該機台為全廠唯一的系統資源瓶頸。

因為浸潤式曝光機於半導體製程中具備產品回流再製的特性，故其產能的計算方式有別於其他機台，因此舉例說明新產品導入時，針對系統資源瓶頸機台浸潤式曝光機產能的新/舊產品投入組合：

個案公司 M 廠新製程需要用到 Immersion 機台的製程共有 5 道(含回流再製)，以 1 台 Immersion 產能約 3000 片/day 除以 5 道製程，所以平均每道製程可負荷片數約為 600 片/day，每月新製程可投入 18000 片，如表 4-1 所示為 P 公司第一台 Immersion Release 時的理論新/舊產品投入組合。

上階層 O/P Target	工廠端 I/P New Product	工廠端 I/P OLD Product
45000 片/月	18000 片/月	27000 片/月

表 4-1 M 廠第一台 Immersion Release 時理論新/舊產品投入組合

所謂理論新/舊產品投入組合是不考慮晶片製造良率(Wafer Process Yield)的指標，投入多少就產出多少，但在實際的工廠運作是不可能會有這樣的結果，因為生產過程中會經歷到機台當機造成破片或人為疏失...等等的原因造成產品的損失，所以工廠端在投料時都會加一些緩衝(Buffer)，這裡所謂的緩衝即是晶片製造良率(Wafer Process Yield)，如公式 4.1 所示。在 M 廠定義 WP Yield 為前一個月的實際值。

$$\text{WP Yield} = \text{Output} / (\text{Output} + \text{SCF} + \text{Product Scarp}) * 100\% \quad (4.1)$$

舉例說明：

$$\text{Output} = 24 \text{ pcs}$$

$$\text{轉實驗品(SCF)} = 1 \text{ pcs}$$

$$\text{產品報廢(Product Scarp)} = 1 \text{ pcs}$$

$$\text{WP yield} = 24 / (24+1+1) = 92.31 \%$$

由以上 WP Yield 得知，工廠端若不考慮晶片製造良率則產出勢必無法達到上階層長官所設定的產出目標，以表 3-3 為例，若當時的晶片製造良率為 98%，則以投入總量 45,000 片的狀況下產出為 45,000 片\*98% = 44,100 片，比上階層所制定的產出目標少了 900 片的產出。因此表 4-1 的投入組合應該要變更成表 4-2 的投入組合會更加的完善。至於 Buffer 要加在新產品或舊產品則要視當時的瓶頸機台的限制來做決定，以 P 公司為例，當時 Immersion 機台的產能只有 600 片，因此會將 Buffer 900 片投在舊產品上。

上階層 O/P Target	工廠端 I/P New Product	工廠端 I/P OLD Product	工廠端 Total I/P
45000 片/月	18000 片/月	27900 片/月	45000+(45000*(1-0.98))=45900

表 4-2 考慮 WP Yield 的新/舊產品投入組合

一旦確定新/舊產品投入組合後再配合產能受限之新購機台的 Release 時間及此機台製程站點到產品投入第一站的 Cycle Time 回推出產品的投入時間，如表 4-3 為第一台 Immersion Release 的時間為 2011 年 11 月 26 日，以 Immersion 機台所加工的第一道製程用理論生產週期時間回推得知新產品的投入時間為 2011 年 11 月 25 日。

Immersion Release Date: 2010/11/26			新產品投入日期
OPER_SEQ	EQP_G	STD_CYC_ACC	2010/11/25
1	WET	0	2010/11/25
2	Measurement	0.1	2010/11/25
3	Measurement	0.2	2010/11/25
4	Diff	0.2	2010/11/25
5	Measurement	0.5	2010/11/25
6	TF	0.5	2010/11/25
7	TF	0.6	2010/11/25
8	Measurement	0.6	2010/11/25
9	Etch	0.7	2010/11/25
10	TF	0.7	2010/11/25
11	TF	0.9	2010/11/26
12	Immersion	0.9	2010/11/26
13	Measurement	1	2010/11/26
14	Measurement	1	2010/11/26
15	Measurement	1	2010/11/26
16	Measurement	1	2010/11/26
17	Measurement	1	2010/11/26
18	Etch	1	2010/11/26
19	Etch	1.3	2010/11/26
20	WET	1.4	2010/11/26
21	Measurement	1.5	2010/11/26
22	Measurement	1.5	2010/11/26
23	Measurement	1.5	2010/11/26
24	Measurement	1.5	2010/11/26
25	Measurement	1.5	2010/11/26
26	Measurement	1.5	2010/11/26
27	WET	1.6	2010/11/26
28	WET	1.7	2010/11/26
29	TF	1.8	2010/11/26
30	Diff	1.8	2010/11/26
⋮	⋮	⋮	⋮

表 4-3 新產品投入日期及到各工作站點的預計日期

以上是以完美的情況下所做出來的計畫，但在新製程轉換階段除了受限產能需新購機台的因素會影響到新/舊製程轉換速度外，原本在廠內部分的舊機台也會因新製程的關係必須停機來執行改造(Retrofit)的動作，停機時間由數天至一個月不等，所以我們必須要整理一份關於舊機台為能加工新製程而必須改造的機台 List 及改造完成日期，如表 4-4 因應新製程需改造舊機台的資料及改造完成日期表。

NO	EQP_Group	INPUT	Before Loading	After Loading	Request Date	Module Response	ACTION
1	A	18K	131%	98%	3/6	3/1	AA003 3/1
2	B	18K	85%	68%	2/25	3/10	BB002, BB003 2/15 開始改機 ~ 3/05, 3/10
3	C	18K	175%	88%	3/18	3/17	CC002 ~ 003 待改機 (約5天)

表 4-4 因應新製程需改造舊機台的資料及改造完成日期表

工廠端為了因應新製程需改造舊機台無法於指定時間完成改造工程，而無法達到上階層的產出目標，故必須與其他廠討論多餘產能的運用，因此個案公司 M 廠每一季會提出產能不足的需求，以備不時之需，表 4-5 為 M 廠尋求其他廠支援的資料表。但如果其他廠沒有多餘的產能可以協助，則工廠端必須向上階層管理者反應並且修改產出目標，避免投入太多的舊產品而導致新/舊製程轉換時程延宕，影響到公司的競爭力及獲利。

Module	Group	Req. (pcs/M)			其他廠 confirm (pcs/M)						Remark
		MFG			OPG			MFG			
		Apr	May	Jun	Apr	May	Jun	Apr	May	Jun	
ET	A	9.0 K	9.0 K	9.0 K	9.0 K	9.0 K	9.0 K	10.0 K	10.0 K	10.0 K	
DF	B	11.0 K	11.0 K	11.0 K	11.0 K	11.0 K	11.0 K	11.0 K	11.0 K	11.0 K	
	C	7.0 K	7.0 K	7.0 K	7.0 K	7.0 K	7.0 K	6.0 K	7.0 K	7.0 K	

表 4-5 M 廠尋求其他廠支援資料表

## 4.2 改變現場監控的重點：

### 1. 問題在哪裡，要改變什麼？

由於以往 DRAM 產業的生產模式大多為存貨式的生產模式(Make To Stock)，因此工廠端的現場監控機制大多以機台的使用率、每日的 Move 數量及每日產出數量為重點，因此在這種生產模式下工廠端為了避免機台使用率下降勢必要提高產品的投入量，但是現場監控若著重於機台的使用率、每日的 Move 數量及每日產出數量會產生下列問題：

- (1). 在機台正常的情況下，全線 WIP 量超過系統資源瓶頸負荷時，產出量真的會增加嗎？我們由 TOC 中得知，瓶頸產出等於系統產出，所以產出並不會因為投入量增加而增加。
- (2). 全線 WIP 量超過系統資源瓶頸負荷時，會讓產品於系統資源瓶頸機台的等候加工時間變長，如此就會造成產品的生產週期時間變長，如圖 4-3 所示，在

紅色線中段以後，綠色點都飄到紅色線的右邊，代表產品的生產週期時間已失去控制，也因此在新/舊製換期間會造成舊產品 Phase Out 的時程延後。

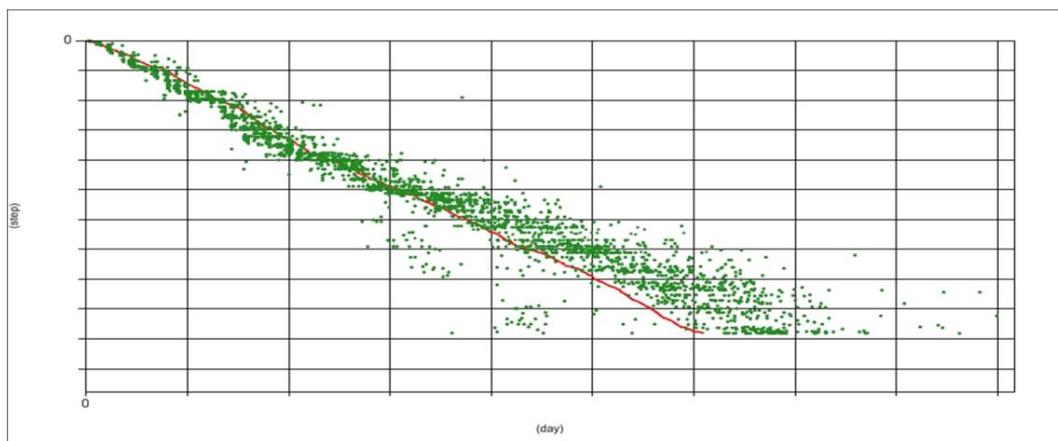


圖 4-3 M 廠 2010 年 2 月 1 日~2010 年 2 月 28 的生產週期時間散佈圖

- (3)、生產線內的 WIP 過多也就是在線庫存過多，會造成公司的投資報酬率下降，由圖 4-2 TOC 產出觀績效衡量指標所示，要增加投資報酬率(ROI)就要增加產出、降低營運費用及投資費用或庫存( $ROI=(T-OE)/I$ )，因此降低生產線內的在製品是可以提高投資報酬率，降低製造成本。

由上述問題得知，在新/舊製程轉換期間要改變原本以機台的使用率、每日的 Move 數量及每日產出數量為重點的現場監控模式。

## 2、對策在哪裡，要改變成什麼？

承如 4.1 節所述，在最短的時間內將新/舊製程轉換完畢是唯一的目標，因此要將原本以機台的使用率、每日的 Move 數量及每日產出數量為重點的現場監控模式變更如下：

- (1). 新/舊產品的生產週期時間監控。
- (2). 生產節奏的控制，以確保全線 WIP 不會超過系統資源瓶頸的負荷。
- (3). 系統資源瓶頸機台 WIP 警示系統。

## 3、如何改變？

### (1). 生產週期時間之控制:

我們利用表 3-6 各種生產週期時間指標來監控產品的生產週期時間是否有異常，如圖 4-3 為每批產品於生產線內的 In-Line Cycle Time 散佈圖，由此圖我們可以發現 Cycle Time 開始發散的時間點，再配合 X-Factor(如圖 3-3 所示)找出真正影響產品生產週期時間的機台群組並進行改善，而且是持續的改善。個案公司 M 廠也曾經利用 X-Factor 理論來改善 P 群組的生產週期時間及 Utilization。案例如下說明：

事件主因為 P 群組之機台使用率達 96%，且 X-Factor 值高達 13，因此我們針對 P 群組進行分析及改善。P 群組的生產資料如表 4-6 所示，

OPE_NO	RPT	UTIL :	95%
Process 1	0.64	AVAIL(機台可用率):	98%
Process 2	0.64	L(機台數):	20
Process 3	0.67	MTOL(離線時間):	8%(=24*8%=1.92小時)
Process 4	0.67		
Process 5	0.67		
Process 6	0.7		
Process 7	0.69		
Process 8	0.64		
Process 9	0.76		
Process 10	0.71		
Process 11	0.63		
<b>Sum</b>	<b>7.42</b>		

表 4-6 改善前的 P 群組資料

我們利用公式 2.2 來計算改善前 P 群組的 X-Factor 及 Cycle Time 如下所示：

$$A = \left(1 + \frac{(1-95\%)^{\wedge} 20}{20+1} \times \frac{1.92}{0.675}\right) \cong 1$$

$$X - Factor = 1 \times \frac{1 - \frac{95\%}{2}}{1 - 95\%} = 10.5$$

$$CT = 10.5 \times 7.42 = 77.91(hrs)$$

由以上數據得知，為加速新/舊製程轉換的速度，我們希望能增加此機台群組的產能及降低 Cycle Time。但是在目前 DRAM 產業的處境是無法購買機台來擴充產能，因此只能朝縮短機台加工時間來改善，改善後 P 群組的生產資料如表 4-7 所示。

OPE_NO	TM	UTIL :	94%
Process 1	0.64	AVAIL(機台可用率):	98%
Process 2	0.63	L(機台數):	20
Process 3	0.66	MTOL(離線時間):	8%(=24*8%=1.92小時)
Process 4	0.65		
Process 5	0.67		
Process 6	0.7		
Process 7	0.67		
Process 8	0.64		
Process 9	0.75		
Process 10	0.7		
Process 11	0.64		
<b>Sum</b>	<b>7.35</b>		

表 4-7 改善後的 P 群組資料

我們利用公式 2.2 來計算改善後 P 群組的 X-Factor 及 Cycle Time 如下所示：

$$A = \left(1 + \frac{(1-98\%) \wedge 20}{20+1} \times \frac{1.92}{0.67}\right) \cong 1$$

$$X - Factor = 1 \times \frac{1 - \frac{94\%}{2}}{1 - 94\%} = 8.83$$

$$CT = 8.83 \times 7.35 = 64.9(\text{hrs})$$

P 群組改善成效如表 4-8 所示，改善 P 群組的加工時間後 X-Factor 值降低 1.67，Cycle Time 減少 13.01 小時。皆有顯著的改善。

群組	Initial Input					Calculate			
	Tool Count	Avail (%)	RPT (hrs)	MTOL (hrs)	Process Count	Util (%)	X-Factor	Total RPT	Total Cycle Time
P群組改善前	20	98%	0.675	1.92	11	95%	10.5	7.42	77.91
P群組改善後	20	98%	0.668	1.92	11	94%	8.83	7.35	64.90

表 4-8 P 群組 Cycle Time 改善成效表

P 群組 X-Factor 及 Cycle Time 改善曲線圖，如圖 4-4 所示。P 群組 X-Factor 及 Cycle Time 改善期間的資料，如表 4-9 所示。

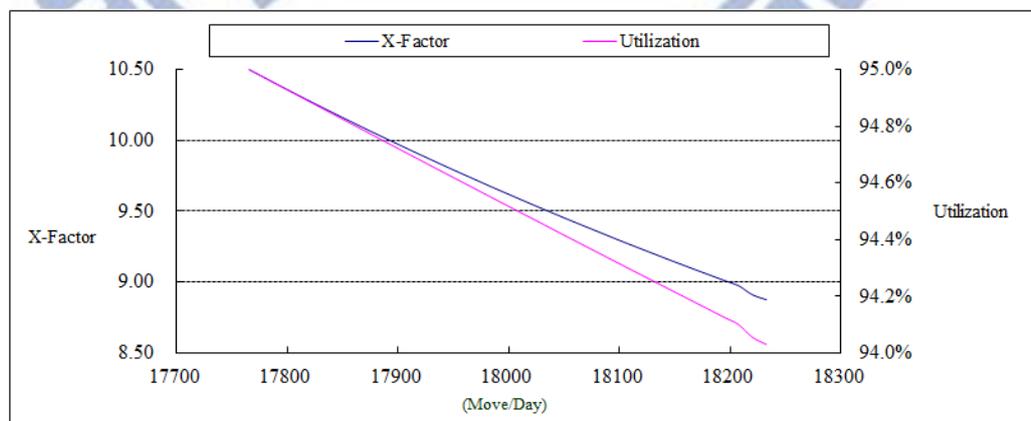


圖 4-4 P 群組 X-Factor 及 Cycle Time 改善曲線圖

RPT	Total Move	X-Factor	Utilization
0.675455	17766	10.50	95.0%
0.675000	17778	10.45	95.0%
0.674545	17790	10.40	95.0%
0.674090	17802	10.35	94.9%
0.673635	17814	10.30	94.9%
0.673180	17826	10.26	94.9%
0.672725	17838	10.21	94.9%
0.672270	17850	10.16	94.8%
0.671815	17862	10.12	94.8%
0.671360	17874	10.07	94.8%
0.670905	17886	10.02	94.8%
0.670450	17898	9.98	94.7%
0.669995	17911	9.93	94.7%
0.669540	17923	9.89	94.7%
0.669085	17935	9.85	94.7%
0.668630	17947	9.80	94.6%
0.668175	17959	9.76	94.6%
0.667720	17972	9.72	94.6%
0.667265	17984	9.67	94.6%
0.666810	17996	9.63	94.5%
0.666355	18008	9.59	94.5%
0.665900	18021	9.55	94.5%
0.665445	18033	9.51	94.5%
0.664990	18045	9.47	94.4%
0.664535	18058	9.43	94.4%
0.664080	18070	9.39	94.4%
0.663625	18083	9.35	94.4%
0.663170	18095	9.31	94.3%
0.662715	18107	9.27	94.3%
0.662260	18120	9.23	94.3%
0.661805	18132	9.20	94.3%
0.661350	18145	9.16	94.2%
0.660895	18157	9.12	94.2%
0.660440	18170	9.08	94.2%
0.659985	18182	9.05	94.2%
0.659530	18195	9.01	94.1%
0.659075	18207	8.97	94.1%
0.658620	18220	8.91	94.1%
0.658165	18233	8.88	94.0%

表 4-9 P 群組 X-Factor 及 Cycle Time 改善期間資料

(2)、生產節奏之控制:

由圖 4-1、TOC 產出觀績效衡量指標中得知減少生產線內的庫存是可以增加投資報酬率。因此控制生產線的 WIP 量，除了控制產品的生產週期時間外，以新產的系統資源瓶頸為主軸來控制生產節奏也是非常重要的現場控制手法之一，而控制生產節奏的方式就是控制投料。我們由相關文獻中得知，DRAM 相關產業在新/舊製程轉換期間的投料法則為工作負荷法(Workload Regulating ;WR)，這是針對系統資源瓶頸做管理的投料法則，WR 法是將所有已投入系統內且後續製程尚需使用到系統資源瓶頸的 WIP 都會考量對系統資源瓶頸所造成的負荷，並即時反應目前與未來系統資源瓶頸機台的負荷。個案公司 M 廠也是利用 WR 法來控制生產節。

案例如下說明：

在工廠端，若維持以機台的使用率、每日的 Move 數量及每日產出數量為重點的現場監控模式，一旦生產線內某機台長時間 down 機或停機，但管理者又未能適時停止投料，進而造成系統資源瓶頸負荷過重並產生 WIP 不均衡的分佈，如圖 4-5 所示。導致週間的 WIP 量會產生鋸齒狀的分佈，為改善圖 4-5 WIP 不均衡的狀況，我們利用 WR 法針對系統資源瓶頸機台的負荷來決定投料與否，讓生產線的 WIP 分佈均衡。

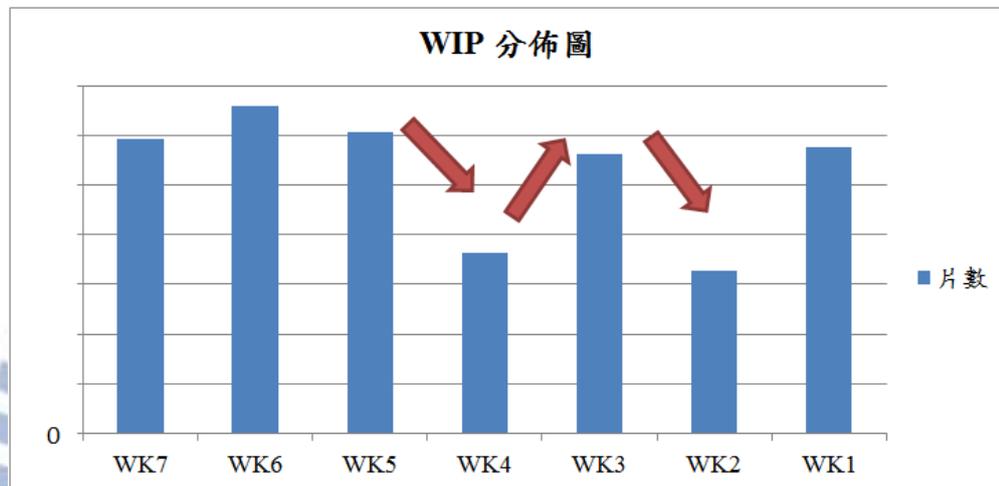


圖 4-5 M 廠週間 WIP 分佈圖

我們用以下案例來驗證。案例中，M 廠以新製程中最高成本與高利用率的浸潤式曝光機(Immersion)為瓶頸資源，並利用監控瓶頸機台產能負荷之 WR 法控制投料。

由 4.1 節的案例中得之浸潤式曝光機一台的產能為 600 片，共有 3 台浸潤式曝光機，所以浸潤式曝光機每日投片量可達 1,800 片，相關資料如表 4-10 所示。因此我們利用 3.10 公式計算計畫投入系統內之 WIP 且未過系統資源瓶頸之總工作負荷值( $S_{CCRm}$ ) =  $172260 / 25(\text{pcs}) \times 0.19 = 1309.2(\text{hrs})$

Layer	Layer1	Layer2	Layer3	Layer4	Layer5
片數 (1)	1800	1800	1800	1800	1800
Layer C/T (day) (2)	1	9.2	17.5	32.6	35.4
Layer 片數(3)=(1)×(2)	1800	16560	31500	58680	63720
需經過瓶頸總片數	172260				

表 4-10 計畫投入系統內且未經系統資源瓶頸機台之片數

接下來，計算實際投入系統內之 WIP 且未過系統資源瓶頸之總工作負荷值 ( $A_{CCRm}$ ) 相關資料如表 4-11 示。因此我們利用 3.11 式計算出  $A_{CCRm} = 184001 / 25(\text{pcs}) \times 0.19 = 1398.4(\text{hrs})$

Layer	Layer1	Layer2	Layer3	Layer4	Layer5
Layer實際片數	2152	22896	38753	60080	60120
需經過瓶頸總片數	184001				

表 4-11 實際投入系統內且未經系統資源瓶頸機台之片數

最後，來我們利用公式 3.12 來判斷實際系統資源瓶頸的工作負荷量是否有超過計畫投入系統資源瓶頸機台的工作負荷量?  $WR_m = ACCR_m \div SCCR_m = 1398.4 \div 1309.2 \cong 1.1$ 。由以上資料得知  $WR_m = 1.1 > 1$ ，建議系統停止投料或減少投料，直到  $WR_m \leq 1$  時再視現場實際狀況恢復投料。

(3)、系統資源瓶頸機 WIP 警示系統:

工廠端除了要執行生產節奏之控制外，還要建立系統資源瓶頸的 WIP 警示系統，以利現場管理者隨時掌握系統資源瓶頸的 WIP 水位，尤其具回流特性的系統資源瓶頸機台格外重要，如表 4-12 所示，為個案公司 M 廠某日的系統資源瓶頸機台(浸潤式曝光機)的 WIP 警示系統，表 4-12 中有白色①符號代表 WIP 水位高於系統資源瓶頸機台最高水位之設定，表 4-12 中有白色②符號代表 WIP 水位低於系統資源瓶頸機台最低水位之設定，故由表 4-12 可以看出，Scanner Process\_Step1~4 的 1D(1Day) Close WIP 量皆高於最高警示水位，但 Scanner Process\_Step5 中不論是 1D/3D/7D 的 WIP 量皆低於最低警示水位，依照 3.3 節說明，工廠端的派工系統則必須依照系統資源瓶頸機台的最低或最高的 WIP 警示水位隨時調整派工優先順序，除了不能讓系統資源瓶頸機台缺料外，也要讓系統資源瓶頸機台的 WIP 更均衡。

		Scanner Machine1(M1)		Scanner Machine1(M2)		Scanner Machine1(M3)	
Wafer Start							
1天 Close WIP	最高警示水位	780	1026 <sup>1</sup>	780	1026 <sup>1</sup>	780	1026 <sup>1</sup>
	最低警示水位	600		600		600	
Scanner Process_step1							
7天 Close WIP	最高警示水位	5460	3154 <sup>2</sup>	5460	3182 <sup>2</sup>	5460	3194 <sup>2</sup>
	最低警示水位	4200		4200		4200	
3天 Close WIP	最高警示水位	2340	2268	2340	2596 <sup>1</sup>	2340	2308
	最低警示水位	1800		1800		1800	
1天 Close WIP	最高警示水位	780	1193 <sup>1</sup>	780	1221 <sup>1</sup>	780	1233 <sup>1</sup>
	最低警示水位	600		600		600	
Scanner Process_step2							
7天 Close WIP	最高警示水位	5460	4376	5460	4639	5460	4222
	最低警示水位	4200		4200		4200	
3天 Close WIP	最高警示水位	2340	2180	2340	2243	2340	2226
	最低警示水位	1800		1800		1800	
1天 Close WIP	最高警示水位	780	1287 <sup>1</sup>	780	1350 <sup>1</sup>	780	1336 <sup>1</sup>
	最低警示水位	600		600		600	
Scanner Process_step3							
7天 Close WIP	最高警示水位	5460	4091 <sup>2</sup>	5460	4109 <sup>2</sup>	5460	4032 <sup>2</sup>
	最低警示水位	4200		4200		4200	
3天 Close WIP	最高警示水位	2340	1951	2340	1969	2340	1622 <sup>2</sup>
	最低警示水位	1800		1800		1800	
1天 Close WIP	最高警示水位	780	1188 <sup>1</sup>	780	1206 <sup>1</sup>	780	859 <sup>1</sup>
	最低警示水位	600		600		600	
Scanner Process_step4							
7天 Close WIP	最高警示水位	5460	2865 <sup>2</sup>	5460	2940 <sup>2</sup>	5460	3130 <sup>2</sup>
	最低警示水位	4200		4200		4200	
3天 Close WIP	最高警示水位	2340	1671 <sup>2</sup>	2340	1746 <sup>2</sup>	2340	1936
	最低警示水位	1800		1800		1800	
1天 Close WIP	最高警示水位	780	100 <sup>2</sup>	780	175 <sup>2</sup>	780	365 <sup>2</sup>
	最低警示水位	600		600		600	
Scanner Process_step5							

表 4-12 Scanner 機台 WIP 高、低水位警示表

此次個案公司 M 廠於最近一次所執行的新/舊製程世代交替改變以往的生產模式，利用本論文的研究架構與研究方法所建立的生產模式進行規劃與執行，由圖 4-4 所示，其中

標記 9 的段落為最近一次新/舊製程轉換只費時 5 個月的時間就轉換完畢，與前一次的新/舊製程轉換 (標記 7 的段落) 達 8 個月才完成，明顯進步很多。另外在舊產品 Phase Out 的成效方面也明顯進步很多，此次轉換如圖 4-6 標記 8 的段落，約費時 6 個月的時間將舊產品 Phase Out，而前一次的舊產品 Phase Out 卻長達 10 個月才完成，故此次的新製程導入至舊產品 Phase Out 的時間由 7~10 個月縮短至 6 個月以內，達到上階層管者的目標。

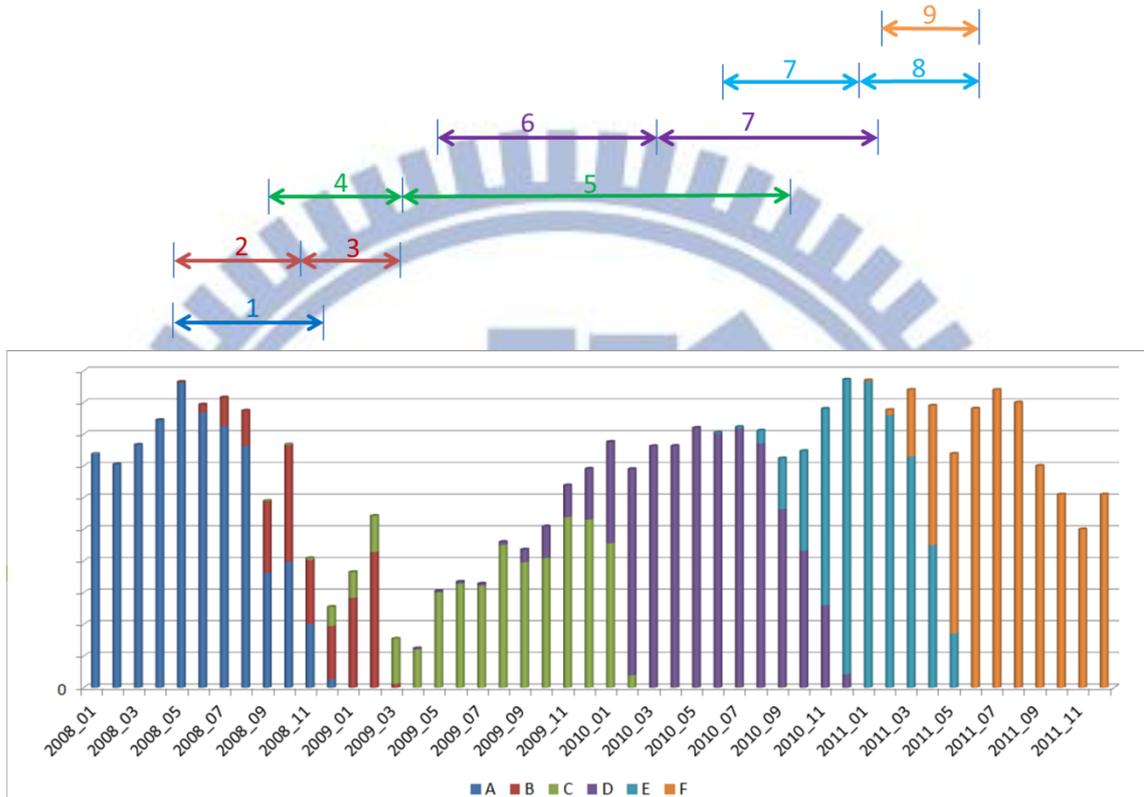


圖 4-6 個案公司於 2008 年 1 月~2011 年 12 月新/舊製程轉換期間產品產出圖

## 第五章、結論及未來研究方向

### 5.1 結論：

工業技術研究院於 2011 半導體年鑑中指出，在現階段的記憶體產業擁有下列三項特徵者，所受之衝擊影響會較大：

1. 先進製程轉換進度較慢者。
2. 單一產品線者。
3. 籌資能力較不佳者。

在 2010 年，各 DRAM 廠因 DRAM 價格上揚，故各公司大幅增加產出，但也隨之重演 2008 年~2009 年上半年因市場供過於求的窘境，其間唯獨韓國大廠 Samsung 持續進行先進製程的轉換，以壓低生產成本提高公司獲利，所以 Samsung 於 DRAM 產業的技術超越同業約 1~2 個世代水準，這也就是 2011 年 DRAM 產業唯獨只有 Samsung 獲利的的原因之一。因此本研究針對上述三項特徵的第一項進行研究，利用辨識系統瓶頸的三種方法正確地找出新/舊製程轉換時的系統資源瓶頸機台，而其他非資源瓶頸之機台則要全力配合系統資源瓶頸機台來做生產規劃。另外在現場監控方面也從以往只注重機台的使用率、每日的 Move 數量及每日產出數量，改變成著重於新/舊產品的生產週期時間監控、生產節奏的控制及監控系統資源瓶頸機台使用率的方式進行現場管控。做了上述的改變後，個案公司 P 廠於最近兩次的新/舊製程轉換速度由 7~10 個月縮短至 6 個月以內，明顯進步很多，如圖 4-6 所示。證明本研究的生產規劃能縮短 DRAM 產業新/舊製程轉換的速度。

### 5.2 未來研究方向：

以上所述，衝擊記憶體產業的第二項因素為單一產品線者，並依據工業技術研究院的研究中認為記憶體產業在不景氣時，擁有多元化產品線的廠商較能分散營運風險，例如韓國 Samsung 就同時擁有 DRAM、NAND Flash、NOR Flash，美國 Micron 擁有 DRAM、NAND Flash 產品。因此未來台灣 DRAM 廠應該會往多元產品線的方向前進，然而現階段記憶體產業仍無法擺脫先進製程轉換進度較慢者較容易受到經濟不景氣的衝擊，所以記憶體產業的先進製程轉換速度仍然非常重要，這也代表記憶體產業將來會遇到多種產品同時進行新/舊產品世代交替，此時產品線會產生瓶頸飄移的現象，也會影響到產品的投料規劃及先進製程轉換速度，因此在多種產品同時進行新/舊產品世代交替，如何解決瓶頸飄移是今後需努力研究的課題。

## 參考文獻

- [ 1 ] Eliyahu M. Goldratt , Jeff Cox, 目標, 齊若蘭譯, 天下文化, 1998.
- [ 2 ] Beeg, T., “Wafer fab cycle forecast under changing loading situations”, Advanced Semiconductor Manufacturing, 2004. ASMC '04. IEEE Conference and Workshop, vol., no., pp. 339- 343, 4-6 May 2004.
- [ 3 ] Meyersdorf, D., Yang. T., Cycle time reduction for semiconductor wafer fabrication facilities”, Advanced Semiconductor Manufacturing Conference and Workshop, 1997. IEEE/SEMI, vol. no., pp.418-423, 10-12 Sep 1997.
- [ 4 ] Delp, D., Si, J., Fowler, J.W., “The development of the complete X-factor contribution measurement for improving cycle time and cycle time variability”, Semiconductor Manufacturing, IEEE Transactions on, vol.19, no.3, pp.352-362, Aug.2006.
- [ 5 ] Delp, D., Si, J., Hwang, Y., Pei, B., “A dynamic system regulation measure for increasing effective capacity: the X-factor theory”, Advanced Semiconductor Manufacturing Conference and Workshop, 2003 IEEE/SEMI, vol., no., pp. 81- 88, 31 March-1 April 2003.
- [ 6 ] Ozawa, K., Wada, H., Yamaguchi, T., “Optimum tool planning using the X-factor theory”, Semiconductor Manufacturing Conference Proceedings, 1999 IEEE International Symposium on, vol., no., pp.49-52, 1999.
- [ 7 ] Wein, L.M., “Scheduling semiconductor wafer fabrication”, Semiconductor Manufacturing, IEEE Transactions on, vol.1, no.3, pp. 115- 130, Aug 1988.
- [ 8 ] Martin, D.P., “The Advantages of Using Short Cycle Time Manufacturing Instead of Continuous Flow Manufacturing”, Proceedings of the ASMC, Boston, MA, 1998.
- [ 9 ] Memory Industry Outlook, 永豐證券投資顧問股份有限公司出版, 第七頁, 民國一百年二月。
- [ 10 ] 陳玠璋, 「2011 年全球 DRAM 產業發展趨勢」, 工業技術研究院產業經濟與趨勢研究中心, 第七頁, 民國一百年二月。
- [ 11 ] 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, 2003。
- [ 12 ] 李榮貴, 「交通大學工業工程與管理碩士專班製造管理專題講義」, 2010。
- [ 13 ] 李友錚, 作業管理:創造競爭優勢, 前程文化事業有限公司, 2007。
- [ 14 ] 李榮貴, 「交通大學工業工程與管理碩士專班製造決策講義」, 2011。
- [ 15 ] 黃承龍, 張盛鴻, 李榮貴, 「瓶頸漂移分析與對策之研究」, 中國工業工程學刊, Vol.18, No.4, pp.73-81, 2001。
- [ 16 ] 王永珍, 「限制理論應用於晶圓製造廠之生產規劃與控制」, 國立交通大學, 碩士論文, 民國九十三年。
- [ 17 ] 沙永傑, 「晶圓製造廠投料、派工法則與再加工策略之整合研究」, 行政院國家科學委員會補助專題研究計畫, 計畫編號: NSC 89-2213-E-009-038, 2000。

- [18] 李榮貴，張盛鴻，TOC 限制理論-從有限走向無限，中國生產力中心，2005。
- [19] 張琬菁，「晶圓代工廠限制驅導式生產管理系統之應用」，國立交通大學，碩士論文，民國九十三年。
- [20] 楊瑞臨，彭茂榮，蔡金坤，彭國柱，陳玠璋，陳玲君等，2011 半導體年鑑，工業技術研究院產業經濟與趨勢研究中心，2011。

