

國立交通大學

工業工程與管理學系

碩士論文

DBR 模式在記憶體晶圓針測廠之應用

A Study of DBR in Memory Wafer Probing Plant

研究生：王相弼

指導教授：李榮貴 博士

中華民國 九十七年一月

DBR 模式在記憶體晶圓針測廠之應用

A Study of DBR in Memory Wafer Probing Plant

研究生：王相弼

Student: Hsiang-Bi Wang

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

A Thesis

Submitted to Master Program of Industrial Engineering and Management

College of Management

National Chiao Tung University

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master of Engineering

in

Industrial Engineering and Management

January 2008

Hsin-Chu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十七年一月

DBR 模式在記憶體晶圓針測廠之應用

A Study of DBR in Memory Wafer Probing Plant

研究生：王相弼

指導教授：李榮貴博士

國立交通大學管理學院工業工程與管理研究所碩士班

摘要

晶圓針測 (Wafer Probing) 為半導體晶圓製造完成後驗證產品良率之重要製程。由於半導體之景氣循環波動程度加劇，現有的半導體整合元件製造廠為專注於核心競爭之發展，多選擇將後段之測試與封裝製程外包，使得專業測試廠之規模日漸加大。半導體測試設備本身具有高產品針對性及高投資金額等特性，隨著產品及製程之快速發展，測試設備之單價亦不斷提高，使得專業半導體測試廠之資本支出不斷的向上攀升。同時，測試成本佔單一 IC 之總成本比例亦隨著產品的積集度與複雜度不斷攀升，故測試業者又往往面對每年客戶測試單價調降之要求。由於晶圓針測製程位於整個晶圓生產製造之最末端，故客戶對測試之生產週期時間 (cycle time) 之要求相當嚴格。加上前段晶圓廠來料之不確定性，使得晶片測試業者常面臨滿足客戶生產週期時間的要求與提升設備有效利用率 (Overall Equipment Efficiency, O.E.E) 的兩難困境裏。目前大多數的有關晶圓針測廠的排程之研究多數集中於數理模式之推導或以系統模擬方式進行排程系統設計。唯這些數理模式之推導過程中或系統模擬通常會做許多的假設與限制，然而在實務的生產應用上，這些假設與限制經常會面臨實務環境的挑戰。本論文之研究在於利用限制理論中之限制驅導式排程 (DBR, Drum - Buffer - Rope)，針對實務生產環境，對晶圓針測廠的生產排程提供一套簡易直觀的生產管理模式，俾兼顧生產週期時間 (cycle time) 與設備有效利用率，以供做晶圓針測廠之生產排程作業參考。

關鍵字：限制理論、限制驅導式排程、晶圓測試

A Study of DBR in Memory Wafer Probing Plant

Student: Hsiang-Bi Wang

Advisor: Dr. Rong-Kwei Li

Department of Master Program of Industrial Engineering and Management
National Chiao Tung University

Abstract

Wafer probing is the critical process to justify the wafer yield after wafer fabrication. In the semiconductor industry, it is inconceivable to other business in the near several years that business conditions changes fast and with violent competition. The IDM (Integrated Device Manufacturer) now only focus on their core competence, they chose to outsource the backend process to third party so the professional testing foundry becoming more and more scalable. The testing equipment is highly device selected and heavy capital investment machine. With the progress on product and process, the capital investment on testing equipment is getting higher and higher. At same moment, the proportion of testing cost on overall IC cost is still increasing, so the customer demands testing hourly rate reduction strongly. Besides, because the wafer probing process is last process of wafer fabrication, the customers demand very much on production cycle time. Unfortunately, the testing house always faces on the uncertainty of wafer shipment from FAB, so how to take consideration and cycle time and equipment efficiency both has become the challenging issue for testing house now. Most of researches on scheduling for wafer probing process focus on mathematical or simulation model. But the user they need setup some assumptions and constraints to use those models, but some of those assumptions are not so practical in real world. This essay is to build up one straight forward way to handle production scheduling model for memory wafer testing house with DBR (Drum-Buffer-Rope) method of TOC (Theory of Constraint) to take consideration of cycle time and test equipment efficiency both.

Keywords: Theory of Constraints, Drum-Buffer-Rope, Wafer Probing

誌謝

大學畢業後沒能繼續讀研究所進修一直是我心中永遠的痛。而大學時期的將大部份的時都放在社團上，而不是在課業的學習上，使得自己日後剛開始就業時，心裏總是感覺非常惶恐，覺得自己學藝不精，很多在大學時代該學的事物，自己總要再重頭學起。雖然，大學四年的社團生活給了自己^在領導統御方面很多的學習機會，但遺憾依然存在心中。2000年時，自己已經是一個部門主管，在那時也再次有機會回到母校交大進修，非常感謝在這二年內指導過我的老師，更感謝恩師李榮貴教授對於學生論文的引導、解惑與鼓勵，學生不僅從學業上的學習，更感受到恩師對生活的態度與對事物的看法，千言萬語也無法表達學生對恩師的感謝，以及蔡志弘教授與張盛鴻教授於論文寫作指導與協助，並於學生論文口試期間的細心指導，讓學生的論文更為完整。這二年的在職生生活雖然辛苦，但也讓我重拾書本，可以試著將過去在工作上所碰到的問題及經驗，得以在課堂課得到老師之解答與建議，這段期間是我工作以來最快樂的時間。雖然拖了好長一段時間，才完成這篇論文，但完成它之後也代表著自己的學習將邁向另一個階段。很感謝，我服務的京元電子的長官們的體諒，讓我有時間可以完成學業，也很感謝我部門內的同仁，有他們在公司認真盡職的工作，我才得以安心到學校上課。要感謝的人真的很多，謝謝你們大家!



王相弼 謹誌

交通大學 工業工程與管理學系碩士班

中華民國 九十七 年 元 月

目錄

中文摘要	I
英文摘要	II
誌謝	III
目錄	IV
表目錄	VI
圖目錄	VII
第一章 緒論	1
1.1 研究背景與動機	1
1.2 研究目的	3
1.3 研究方法與步驟	3
1.4 研究範圍限制	5
第二章 文獻探討	6
2.1 記憶體晶圓測試製程	6
2.1.1 記憶體晶圓測試製程簡介	6
2.1.2 晶圓測試製程特性	9
2.2 限制理論	11
2.2.1 限制理論簡介	11
2.2.2 限制理論的應用	12
2.2.3 限制驅導式排程法	16
第三章 限制管理機制導入之架構與流程	19
3.1 取得參與者的共識	19
3.2 限制驅導式排程與管理機制設計	19
3.2.1 限制驅導式排程設計要項	20
3.2.2 緩衝管理設計要項	26
3.2.3 現場績效管理設計要項	27
3.3 擬定新系統導入計畫	27
第四章 個案實例驗證	28
4.1 個案公司簡介	28
4.2 導入背景	28
4.3 限制管理機制設計	31
4.3.1 取得參與者的共識	31
4.3.2 限制管理機制的設計	32
4.3.3 新系統導入計畫	37
4.4 導入成效確認	38
4.5 導入關鍵成功因素與挑戰	40
第五章 結論與未來研究方向	42
5.1 研究結論	42
5.2 未來研究方向	42

參考文獻	43
中文部分	43
英文部分	44



表目錄

表一 測試機台整時間表	13
表二 導入前後改善比較表	32



圖目錄

圖一 研究流程圖.....	4
圖二 晶圓針測 DBR 管理的範疇.....	6
圖三 揮發性記憶體測試流程圖.....	8
圖四 非揮發性記憶體測試流程圖.....	8
圖五 限制驅導式排程導入步驟示意圖.....	25
圖六 DBR 緩衝設定示意圖.....	29
圖七 導入前 DRAM 產品生產週期與產能利用率推移圖.....	36
圖八 導入前 Flash 產品生產週期與產能利用率推移圖.....	37
圖九 DBR 管理機制預期效益示意圖.....	38
圖十 個案公司現況圖.....	40
圖十一 個案公司緩衝時間架構示意圖.....	44
圖十二 DBR 排程系統作業處理流程圖.....	47
圖十三 導入後 DRAM 產品生產週期與產能利用率推移圖.....	48
圖十四 導入後 Flash 產品生產週期與產能利用率推移圖.....	48
圖十五 導入前後 TDD 的推移圖.....	40

第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

半導體測試產業在近年來，經營環境變化的快速與競爭的激烈，使得客戶不論對品質、成本、交期與服務的要求已是愈來愈高。生產週期時間(Cycle Time)是一非常關鍵的競爭力指標，若能縮短並有效掌控生產週期時間(Cycle Time)則能獲得差異化的競爭優勢。而半導體測試設備本身具有高產品針對性及高投資金額等特性，隨著產品及製程之快速發展，新的測試設備之單價金額亦不斷提高，使得專業半導體測試廠之資本支出不斷的向上攀升。同時，測試成本佔單一 IC 之總成本比例亦隨著產品的積集度與複雜度不斷攀升，故測試業者又往往面對每年客戶測試單價調降之要求。由於晶圓針測(Wafer Probing)製程位於整個半導體生產製程之最末端，加上前段晶圓廠來料之不確定性，使得晶片測試業者常面臨滿足客戶縮短每批生產週期時間(Cycle Time)之要求與提升內部測試設備之有效利用率(O.E.E)之兩難困境裏。同時隨著專業測試廠之規模日益擴大，對生產管理之工作則愈形困難。

依據 IEK[17]的研究報告指出，全球封測產業呈現逐年成長，2004~2009 年之間的年複合成長率達到 9.2%；另一方面，由於過去幾年全球的半導體產業競爭過於激烈，加上封測技術日益精進，加重了封測的投資成本，因此為了降低營運成本與風險，許多整合元件(IDM)大廠便陸續將封裝及測試業務委外代工，更加速了專業封測廠的成長。依據 Dataquest 和 IEK[17][35]的預估，2009 年全球專業封測代工產值將由 2005 年的 158 億美元，大幅攀升至 258 億美元；而在 IDM 後段封裝持續釋出下，2009 年 IDM 封裝與專業封裝代工的市場規模比例將接近 1：1。在 IDM 持續擴大委外封測比重的趨勢當中，國際級封測大廠變成為最主要的受惠者，尤其是具有集團龐大資源的廠商，因為集團經營大廠不僅在價格策略上較具有競爭優勢，而且一旦產業發生相關料源產能不足，更能突顯出產出穩定的優點，因此許多封測廠藉由轉投資、併購、以及虛擬集團經營的模式，來取得較佳的競爭地位。

台灣的半導體產業具有高度整合的優勢，專業分工將使得半導體產業發展日益茁壯。所以封測產業除了隨著半導體產業成長外，IDM 的擴大委外封測代工更是推升封測廠的營運表現，因此使得封測產業的產值成長性優於整體半導體業。依據 Dataquest 與工研院的統計資料顯示，台灣專業封測代工產值佔全球總產值的 43%，與排名第二的美國的 15%有著高達 28%的差距。

而全球主要記憶體廠封測業務於2002~2006年期間營收CAGR達31%，優於同期間記憶體(DRAM+NAND)市場規模CAGR的28%。其成長動能來自於以下兩項技術成本與產業結構因素：

(1) DDR II的封測試成本增加，推動DRAM封測產業成長，而相關設備CAPEX資金需求龐大。(如愛德萬測試機台T5593/T5588要價達1~2億)，導致相關封測廠商擴產步調和緩，產業供需維持於相對健康狀態。

(2)爾必達與海力士等DRAM國際大廠增加委外封測比重為另一成長動能。隨著DRAM產品主流規格由DDR轉至DDR2，封裝型態由TSOP改而採用WBGA/uBGA，測試時脈也由400MHz提高至533~800MHz，DRAM後段封裝測試產業出現結構性變化。隨著高階產品的發展，DRAM前段製造廠商(Elpida等)考量高昂測試機台的Capex loading而改採封裝與測試外包策略，而DRAM大廠均擴大封測委外代工比例。

DRAM製造商與後段封測廠策略聯盟則蔚為風潮，DRAM製造商為確保後段封測供應不虞匱乏，紛紛衍生前段製造與後段封測業者的策略聯盟，除了日月鴻有力晶扶持外，力成則有爾必達/東芝訂單，南茂及泰林大股東為茂德，華東有則有華邦與爾必達的支持，福懋有來自南亞科、的訂單。也因此記憶體封測產業鏈具有封閉性，上游客戶多為股東，在策略聯盟或持股關係的盤根錯節下，要自競爭對手搶下訂單並不容易。

麥可·波特(Michael E. Porter)在競爭策略(Competitive Strategy) [18]一書中提到，公司必須持續不斷的了解自己的產業、了解競爭對手、以及發掘提升或改善本身競爭地位之道，永不止息。同時，他又提到，有些廠商對競爭策略的認知，常繞著「低成本」和「差異化」而轉(二選一)。依其看來，要成為成本最低的生產者，又要具備有差異化的特色，同擁有價格優勢——三者實在很難彼此相容。

彼得·聖吉(Peter M. Senge)在第五項修鍊(The Fifth Discipline) [19]亦提及系統思考的重要性，原來當我們面對複雜問題時，總是習於將其分割為可以處理的片段來思考然後加以整合。這種先分割再組合的思想是當代思潮的主流，對於許多複雜工作是非常恰當而且必須的。然而在另一方面，分割卻使我們喪失了更深入觀察整體形成的要素——組成分子之間整體的互動關係，以及其所形成的複雜現象。彼得·聖吉將之命名為「動態性複雜」，有時它會抵消個人或群體改善問題的所有努力。而為了要使客戶滿意，供應商競爭將日益激烈，所以企業經營環境加速的改變也是必然的趨勢，但許多企業仍將來自企業內部及外部變異的增加視為許多企業營運績效不如以往的原罪。「流程改造是根本的重新思考，徹底翻新作業流程，以求在企業的表現上，獲得大躍進式的改善。」說明企業變革重點並不在於降低變異，而是找出變異的源頭提出新的作業流程。高德拉特博士在限制理論也主張企業經營的重點並不在於如何降低環境的多變性，而在於能否改變管理作業的方法[33]，也曾說：「太複雜的方法並不實用，愈複雜的問題，必須用愈簡單的方法」。先要找到生產營運的核心問題，以最簡單有效的方法，也就是從改變企業最根本的管理營運的方法著手，才

能為企業帶來新的契機。

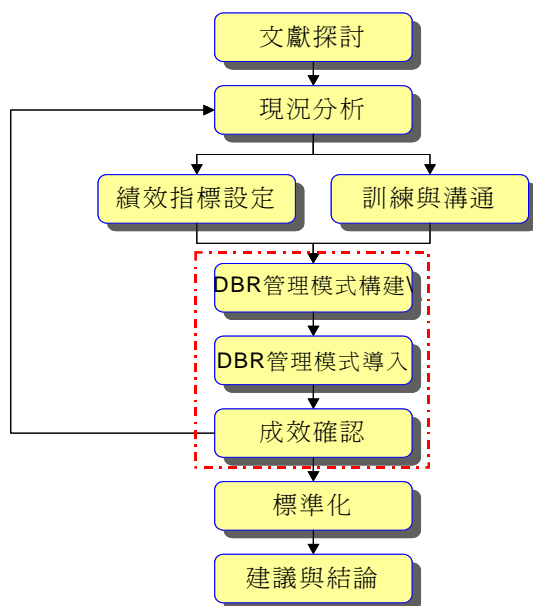
由於產業的競爭愈形愈激烈，如何在快速變遷的產業環境中，找到新的生存利基，成為管理者所必須面議的的嚴肅議題。近年來的「平衡計分卡」(Balance Scorecard, BSC)、「六標準差」(6 Sigma)、「執行力」(Execution)、「從 A 到 A⁺」(Good to Great)、到高德拉特博士 (Dr. Eliyahu M. Goldratt) 的限制理論，均是在討論企業面臨的三項主題議題，要改變什麼 (What to Change?)、要改變成什麼 (To What Change to?)、以及如何改變 (How to Cause the Change?)。全球企業莫不希望能透過這些新的管理技術來強化公司的體質，使企業更具有競爭力，以能夠應對快速變遷的全球挑戰，以達成不斷成長和永續經營的目的。自高德拉特博士於 1984 年提出限制理論以後，經過多年來的發展，限制理論應用範圍已含括生產管理、產品開發與專案管理、配銷與供應鍊管理、財務與與績效管理及市場與行銷等領域，而導入限制理論的產業則包括了航太工業、汽車製造、半導體、鋼鐵、紡織、電子、機械五金、食品等產業，而限制理論也可應用於學校、醫院、財團法人、政府機構等。因此本研究之動機，是希望將限制理論的限制驅導式現場排程與管理技術 (Drum-Buffer-Rope Production Management System) 應用在專業的記憶體晶圓針測廠的生產管理之上，建構相關生產排程系統，使規模日益龐大、生產管理作業愈趨複雜、生產週期時間愈來愈嚴苛但資本投資愈來愈高的專業晶圓針測廠能夠兼顧生產週期時間與測試設備有效利用率(O.E.E)，盡量提升客戶的滿意度與公司的獲利能力。

1.2 研究目的

根據上節討論的研究背景與動機，本研究希望能透過提出一套限制管理機制導入方法，由限制驅導式排程管理系統模型為新管理機制系統設計的基礎，再以記憶體晶圓測試代工廠的一家個案公司，依其生產環境做客製化細部設計做為實證研究。本研究欲達成下列目的：(1) 有效縮短並控管工廠生產週期時間。(2) 有效提升測試設備之有效利用率。(3) 提供生產管理人員一致之排程原則。(4) 減少現場人員排程作業之疏失。

1.3 研究方法與步驟

先行訪問談目標公司的高層主管與生產管理人員及現場之管理作業人員，以了解該公司在生產排程上所面臨的現況與衝突為何？同時，高層主管指定相關生產管理與現場管理人員，由相關人員進行有關限制管理的理論依據與精神之溝通與教育訓練，之後說明導入限制管理機制的程序。在新管理機制設計階段，以一個 DBR 管理系統模型為設計基礎，列出設計限制管理機制時，實際企業的生產環境與生產條件，並建立相關的績效管理指標。透過管理指標的監控與比較，以及實際作業人員之回饋，以及時發現並解決在導入的過程中所發生的問題。本研究流程如圖一所示，並將流程步驟說明如下：



圖一 研究流程圖

一、 文獻探討：

將針對個案公司的記憶體晶圓測試製程與其在生產管理作業上所面臨議題及限制理論之理論與應用分別進行文獻探討與研究，本部份將在第二章詳述之。

二、 限制管理機制導入方法：

以限制理論為基礎，提出在設計導入新管理機制的三大步驟並分別加以說明，本部份將在第三章詳述之：

- (1) 取得參與者共識：將以系統思考程序(Thinking Process) 的現況圖及未來圖找出系統的核心問題，以及做為說服參與者的工具。
- (2) 限制管理機制的設計：透過 DBR 管理系統模型，讓設計參與者對 DBR 管理系統範圍及投入條件建立整體的概念，以及透過設計指導原則快速檢視導入環境，以此進行新管理機制的設計。
- (3) 擬訂新系統導入計劃：在導入新機制前，充分考慮導入障礙及利用行動圖列出行動計劃，以提高導入成功率及降低導入初期的風險。

三、 個案實例驗證：

個案之公司為一家半導體記憶體晶圓測試代工廠，做為導入限制理論-限制驅導式排程管理機制之個案驗證，本部份將在第四章詳述之，個案研究內容如下：

- (1) 個案公司簡介。

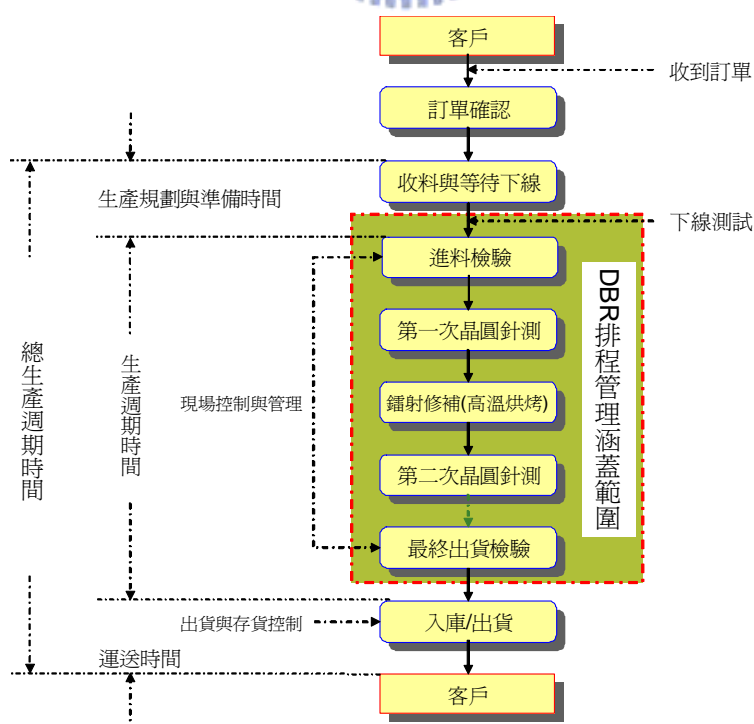
- (2) 導入背景說明。
- (3) 限制管理機制設計。
- (4) 導入成效確認。
- (5) 導入成功因素與挑戰。
- (6) 殘留問題與未來努力方向。

四、 結論與建議：

對本研究作一總結及檢討，並點出殘留問題與及相關延伸的議題，作為日後研究時之參考，本部份將在第五章詳述。

1.4 研究範圍限制

本研究主要在探討限制理論能否應用在改善晶圓測試廠訂單履約管理上，並探討透過提出的一套通用的限制管理機制導入方法，是否可以加速應用限制理論解決方案。本研究提出通用的限制管理機制導入方法，目的在於提供所有產業都能快速導入限制管理機制在生產營運上，惟本研究只能驗證所提出的導入方法，在晶圓測試產業導入限制管理機制的可行性，運用在不同產業環境或企業上，則仍須待驗證後再做適度的修訂。本研究所討論的範圍，如圖二所示，主要以限制管理機制來改善訂單生產週期時間為主要研究重點。本研究係以一家個案公司做實證研究，但由於個案公司有其企業營運的背景，所以僅就探討限制理論應用在生產管理上的成效，並不針對後限制理論導入後，對其整體營運績效影響加以評論。



圖二 晶圓針測廠 DBR 管理的範疇

第二章 文獻探討

2.1 記憶體晶圓測試製程

2.1.1 記憶體晶圓測試製程簡介

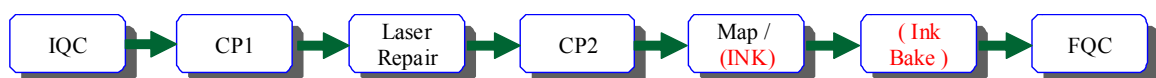
IC 測試的主要目的是確保 IC 在嚴苛的環境條件下能完全實現設計規格書所規定的功能及性能標準。此一製程係經由自動測試設備進行，而測試設備的運作則由測試工程師所撰寫的測試程式來控制。因此，測試工程師必須清楚瞭解測試設備與 IC 之間的介面，懂得怎樣模擬 IC 將來的操作環境，這樣 IC 被測試的條件類似於將來應用的環境。首先必須指出的是，測試成本是一個很重要的因素，關鍵目的之一就是幫助降低 IC 的生產成本。甚至在優化的條件下，測試成本有時能占到 IC 總體成本的 40% 左右。良品率和測試時間必須達到一個平衡，以取得最好的成本效率。依照 IC 開發和製造階段的不同，使用的製程技術的不同，測試專案類型的不同以及待測 IC 的不同，測試技術可以分為很多種類。IC 開發階段的測試包括：

- 特徵分析：保證設計的正确性，決定 IC 的性能參數；
- 產品測試：確保 IC 的規格和功能正确的前提下減少測試時間提高成本效率
- 可靠性測試：保證 IC 能在規定的年限之內能正确工作；
- 來料檢查：保證在系統生產過程中所有使用的 IC 都能滿足它本身規格書要求，並能正确工作。

通常的測試項目包括：

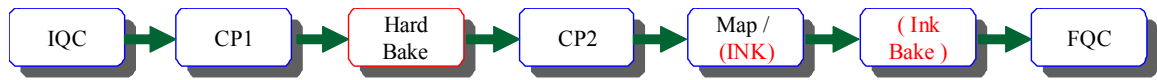
- 功能測試：真值表、演算法向量生成。
- 直流參數測試：開路/短路測試、輸出驅動電流測試、漏電電源測試、電源電流測試、轉換電平測試等。
- 交流參數測試：傳輸延遲測試、建立保持時間測試、功能速度測試、存取時間測試、刷新/等待時間測試、上升/下降時間測試。

晶圓測試之主要目的在於驗證晶圓廠所生產晶圓上之 IC 之良窳，是晶圓生產之最後一道流程。一般所謂的晶圓良率(Yield)就是在此製程進行判定。而記憶體晶圓測試之主要製程依產品可概分為揮發性記憶體與非揮發性記憶，其生產流程以圖表示如下：



圖三—揮發性記憶體測試流程圖

資料來源：本研究整理



圖四 非揮發性記憶體測試流程圖

資料來源：本研究整理

(1) IQC 進料檢驗：

本製程之主要目的是針對客戶來料之晶圓進行外觀檢驗與進貨資料檢驗，以確保進料之晶圓外觀完整，無影響測試結果之瑕疵，同時確認進料之晶圓批號、刻號與隨貨文件一致。

(2) CP1 第一次晶圓針測：

本製程為晶圓測試之主要製程。是以測試機 (Tester) 將預先給定的測試程式(Test Program) 轉換成電子訊號，透過針測卡(Probe Card) 探觸(Probing)晶粒 (Die) 之錫墊 (Pad)。之後，由測試機依據測試程式之定義，針對 IC 原先設計之電性、功能與使用環境，輸入不同之電流與電壓，再量測由 IC 內部回饋之信號，經由測試機依測試規格判定所測試晶粒之良窳。在此一製程，不同之產品必須使用不同的測試程式與不同之針測卡，而測試機之種類亦可能因測試產品之需求而有所選擇。

(3) Laser Repair 晶圓鐳射修補：(揮發性記憶體)

經第一次晶圓針測之後，測試機將會記錄下 IC 內部壞損電路之數量與位址，並判斷可否以 IC 本身預留之備用電路予以取代。本製程是以鐳射修補機將依第一次晶圓針測之結果，將所知識修補之電路對應之保險絲(FUSE)予以燒熔以啟用備用電路取代已損壞之電路。本製程為記憶體晶圓測試所特有之製程，其主要之目的在透過修補的程序提高產品的良率，當然不是每一顆可修補的晶粒經修補之後均能變成良品，一般而言，補修成功率約在 98%以上。

(4) Hard Bake 高溫烘烤：(非揮發性記憶體)

此為非揮發記憶體測試之特有製程。在此一製程晶圓將被置入高溫的烤箱(Oven)進行長時間的烘烤，藉以證驗儲存於 IC 內部之資料是否會流失。此係利用浴缸曲線(Bathtub Curve)的原理將在早天期的 IC 篩檢出來。烘烤的時間與溫度將視客戶的產品規格而定，而一般烘烤的時間為 24~48 小時，而溫度為 250°C。

(5) CP2 第二次晶圓針測：(揮發性記憶體)

本製程為晶圓測試之主要製程。此一製程之主要目的在於驗證鐳射修補之結果，並依產品的應用與測試規格進行必要高溫或低溫測試，以模擬 IC 實際使用環境。

(6) CP2 第二次晶圓針測：(非揮發性記憶體)

本製程為晶圓測試之主要製程。此一製程之主要目的在驗證非揮發性記憶體之資料保留性特性(Data Retention)。在第一次晶圓針測之電性與功能測試項目完成後，測試程式將寫入一小段的資料至 IC 中。經長時間的高溫烘烤後，在第二次晶圓針測時將原先寫入的資料讀出，與原來寫入的資料進行比對，倘或比對結果不符或原先的資料已經流失，則判定該晶粒為不良晶粒。同時，此一製程亦會依產品的應用與測試規格進行必要高溫或低溫測試，以模擬 IC 實際使用環境。

(7) MAP 晶圓針測圖製作

本製程之主要目的係提供客戶整合的晶圓針測結果。其作法為將各次針測之資料及外觀檢驗的結果合併成所謂的晶圓圖(Wafer Map)。晶圓圖為晶圓上各類晶粒針測的結果，包括，良品 (Pass Die)與不良品(Fail Die)及各種不良品的異常種類 (Fail Binning)。此一晶圓圖可供客戶了解整片晶圓上不同異常種類之不良品的數量與分布位置，以為日後良率提升分析之參考。此外，此一晶圓圖亦供為後段的封裝廠於晶粒挑揀之依據。

(8) INK 上墨點

本製程係在晶圓上依晶圓圖上之不良品之位置，使用墨機將不良之晶粒打上墨點，以做為良品與不良品之識別之用。有的客戶則會要求晶圓針測廠提供晶圓圖之電子檔而省略此製程。



(9) INK Bake 墨點烘烤

本製程係將前製程所點之墨點予烘乾，以避免後續製程作業時污染晶圓。

(10) FQC 最終出貨檢驗

本製程之主要是檢驗已經晶圓針測完成的晶圓的外觀，其檢驗項目大致與進料檢驗相同，但不一樣的是在此製程會針對晶圓針測時，在鉚墊上所造成的針痕面積、位置及數次進行抽驗，以確保出貨之晶片外觀正常。除外觀檢驗外，本製程亦檢驗出貨給客戶的資料，如，晶圓圖等。

需要補充說明的是，由 IC 測試是模擬未來 IC 使用時之實際環境，所以依產品之設計與應用，在晶圓針測時必須在常溫、高溫甚至低溫的機台內分別進測試，以確保 IC 在實際使用時不會因環境因素導致功能異常。所以，在實務上，依產品特性與客戶規格之不同，常必須進行多次的晶圓針測作業，有時甚至可能經過六次以上的晶圓針測作業才算完成一片晶片的測試。

2.1.2 晶圓測試製程特性

由於晶圓針測廠之產業特性，而對於測試業的生產系統而言，其生產活動又常常受限於內部資源與外部資源，如測試機台之數量、客戶指定測試設備等。因此如何有效的管理與使用這些有限資源，以期能使客戶訂單能如期交貨並提高測試設備有效利用率，取決於工廠是否有一套良好的生產排程方法。然而在真實的環境中，影響訂單無法準時完成的因素有許多，例如客戶來料延遲到廠、瓶頸機台安排不當或選擇不當的排程等，都會造成生產排程的不順暢。依「產品與製程」及「生產與排程」，可將晶圓針測廠生產流程之特色與其所面對的生產排程問題，歸納成下列幾點：

在產品與製程方面

(1) 測試設備與主要生產配件需經客戶驗證同意方可生產

為確保測試結果的穩定性與一致性及可追溯性，每一個產品都必須於經客戶驗證且同意後，方可安排至特定測試設備生產測試。即使是相同型號的測試設備亦需經由產品工程師依客戶指定的驗證程序，逐一驗證方可生產。同樣的，生產所使用之主要配件—針測卡(Probe Card)亦需逐一由產品工程師驗證並經客戶同意後方可使用。所以，產品導入與測試設備驗證的時間很長，也因此造成排程上的調度彈性大幅降低，即使是相同的機台與配件，未經驗證與客戶同意仍然無法生產。

(2) 不同的測試溫度條件

由於產品應用面的關係，記憶體之產品在測試時常須分別在常溫與高溫等環境條件下模擬產品使用時之使用條件，來進行測試，甚至有時必須在零下 40°C 的低溫環境下進行生產測試。由於測試設備與測試項目的限制，所以依不同的測試溫度條件，記憶體晶圓測試常分為第一次晶圓針測(CP1)、第二次晶圓針測(CP2)甚至是多次晶圓針測(CPx)。

(3) 機台整備時間不一(sequence depend setup time)

由於測試生產之溫度不同，在高溫與低溫製程整備(Setup)時必須有一前置時間進行升溫或降溫的動作。在機台整備時，必須進行針測卡(Probe Card)之設定，而不同針腳數的針測卡所需的設定與檢查時間亦大不相同。於是造成生產前之整備時間會因前次生產產品與製程不同而會有很大的差異。

(4) 產品測試時間長短不一

由於測試時間之長短，取決取於產品測試程式之測試項目多寡。不同客戶、不同的產品，其間測試時間之變異非常之大，較短的測試時間有介於 10~20 分鐘/片，亦有大於 10 小時/片，這完全取決於客戶對於不同的測試成本與品質考量關係。另外，由於產品或製程成

熟度之不同即使同一產品，在不同時期，其所使欲測試項目多寡與測試時間亦可能有所增減變化。

(5) 測試過程中產生之產品扣留(hold lot)

在測試過程當中或測試完成後，產品之良率可能發生不正常之變化，為確保測試品質，這些貨批必須扣留，待測試工程師進一步分析，甚至待客戶回覆後方可續下一流程。由於，生產貨批被扣留必須由工程師分析或客戶回覆而無法完成既定的生產流程，導致整體生產排程經常出現不確定而難以預期的變化。

(6) 產品重工的問題

當某一測試作業完成後產品工程師或客戶會檢視生產測試的結果，一旦認定可能出現測試失誤(Over-kill 或 Under-kill)時，當批生產貨批就必須執行重新測試的產品重工作業。此情形一旦發生，不但會影響貨批的交期，亦會嚴重的影響既有的產能，而產品重工作業本身卻往往無法向客戶收取任何費用。

在生產與排程方面

(7) 訂單式測試生產服務

由於晶圓針測是屬訂單式的生產模式，大部份的測試訂單因無法事先預估，所以中、長期性的排程無法先行計劃，唯有該批貨由晶圓廠送達時，測試廠才可正式安排其現場生產排程。因此，如何根據當時現場之機台狀況與負荷程度，很快的安排出對該批訂單與全廠機台最佳化運用的生產排程是有其必要性的。然而每一個生產中的貨又都有被改變測試流程的可能，例如插單或工程變更等，且有問題的貨批(lot)在品質確認後又必須緊急趕工或重新測試而所需的產能又無法事先可預測的，因此現場排程的彈性與調度考驗著生產排程管理人員對現場管理與控制生產週期的能力。

(8) 注重客戶多樣化的服務

由於如同晶圓代工一樣，測試代工服務並無自有產品，而不同的客戶生產條件設定與生產要求亦不盡相同。當客戶與產品組成愈複雜時，則生產管理的工作就愈形繁複。

(9) 客戶來料時間難以掌握

由於半導體產業之特色，大部份之產品產出時間均由前段之晶圓廠掌握，對後段之晶圓針測廠而言，則較難掌握確切的進貨時間點。亦因如此，當產品一旦由晶圓廠產出之後，多數的客戶均會要求其測試代工廠盡快完成晶片測試的工作出貨給下游的封裝廠，如此一來，對於晶片測試廠的生產壓力則愈形顯著

(10) 測試分批的需求

由於晶片測試製程係為整體晶圓製造流程之後段，故一旦進貨後，客戶大都會要求其測試代工廠將一批晶片拆成數個子批進行測試，以縮短每批晶片之測試時間。另外，為填補短暫之進貨不足，晶圓針測廠本身亦可能主動將一批晶片拆成數個子批進行測試，以避免機台閒置的情形發生。又或由於單片測試時間過長，晶圓針測廠本身亦可能將一批晶片拆成數個子批進行生產，以避免前測試製程未完成，導致後測試製程之機台閒置。

(11) 製程的迴流特性

由於測試廠的測試機台可互相轉換不同的測試製程，所以其製程相容性高且具迴流性(測試設備)，而各瓶頸機台的資源分配問題、現場機台的負荷程度的調配或因迴流而無法掌握動態不確定之情況等，是晶圓針測廠之生產排程最不容易解決的一部份。

(12) 測試機通常為生產之瓶頸

由於測試機之取得成本相當昂貴，且測試機為測試廠主要生產設備，故測試機本身之產能為整體測試製程之瓶頸所在。

2.2 限制理論

2.2.1 限制理論簡介

「限制理論」(TOC, Theory of Constraints)最早由以色列物理學家及企管顧問高德拉特 (Eliyahu M. Goldratt) 於 1986 年所提出，基本觀念為：「任何真實系統之績效(和目標有關)受限於其瓶頸」，就像他在第一本有關限制理論的著作：目標(The Goal)一書所用的副標題：「簡單而有效的常識管理」一樣，整個重點就在分析生產流程中，何處是「瓶頸」，並對該瓶頸實施重點管理。〔7〕「限制理論」其最早的前身是他在 1979 年發展的最佳化生產技術(OPT, Optimized Production Technology)。高德拉特博士強調，任何企業的真正目標是現在和未來都賺錢；要實現這個目標，必須在增加產一的同時，減少庫存和營運費用。它吸收 MRP 和 JIT 的長處，是以相應的管理原理和軟體系統為支柱，以增加產銷率、減少庫存和運行為目標的優化生產管理技術。其特別之處不僅在於提供了一種新的管理思想，而且在於它的軟體系統。最初 OPT 軟體主要是應用於有限產能排程、現場控制與決策支援。OPT 共有 9 項基本原則[17]：

- (1) 追求物流的平衡，而不是生產能力的平衡
- (2) 非瓶頸資源的利用率不由其本身決定，而是由系統的限制決定。
- (3) 讓一項資源充分使用並不同於使該項資源帶來效益。
- (4) 瓶頸資源損失一個小時相當於一個系統損失一個小時。
- (5) 非瓶頸資源節省的一個小時無助於增加系統產出，而非瓶頸資源不應滿載作業。
- (6) 瓶頸資源控制了庫存和產出。為保證瓶頸資源滿載作業並保證產出，瓶頸資源前應設有

緩衝。

上述六項原則都是有關資源的。

(7) 移轉批量可以不等於（在許多時候應該不等於）加工批量。

(8) 移轉批量大小應是可變的，而不是固定。而加工批量應當是一個變數。

上述兩項原則是有關物流的。

(9) 只有考慮到系統的所有瓶頸資源才能決定加工計劃排程的優先度，生產週期時間只是排程的結果。

以上原則是有關生產計劃的。而限制理論與傳統的 MRP、JIT、TOC 之間的差異在於，MRP 的生產系統較注重及強調於規劃，電腦系統的整合；JIT 的生產系統則注重在現場的改善及強調客戶與供應商之間的關係；而限制理論則強調系統的限制，亦即瓶頸的改善，並且不斷的提昇系統的限制。其相關之比較茲列表如下 [20]：

MRP	JIT	TOC
應用在生產管理部門	應用在生產現場	應用在瓶頸和緩衝
強調規劃、協調、採購	強調現場改善	強調瓶頸改善
推的系統	拉的系統	瓶頸站之前"拉"的系統
		瓶頸站之後"推"的系統
注重物料需求規劃	注重工業工程	注重系統的限制
追求預測的準確度	追求零庫存	提昇系統的限制
以資訊管理為基礎	以經營環境為基礎	以系統思考程序為基礎
接受製造上變數為被動式 (Passive)	尋求改善變數為主動性 (Active)	確認核心問題
整合電腦系統帶動改善	追求持續的改善、持之以恆	僅需對瓶頸站進行改善
強調電腦系統的整合	強調客戶與供應商的合作關係	強調採購的瓶頸改善
集權式資訊管理	分權式自主管理	集權—瓶頸站
		分權—非瓶頸站

基本上，限制理論說每個工廠或作業程序都存在著一個限制或瓶頸，阻礙它達到更高的績效。所謂限制驅導式現場排程與管理系統，是要以限制的需求來驅動與管理整個系統運作的節奏。換言之，是一切決策(例如資源分配等)要以系統限制的需求為優先考量，而系統其餘的非限制則要配合限制的決策。因此在應用限制驅導式現場排程與管理系統時，首先要建立的觀念即為實體限制之觀念 [3]。

2.2.2 限制理論的應用

限制理論在經過 20 多年來的演進與實務驗證，主要發展與應用可歸納如下，其基本內涵分別如以下幾項說明[17]：

一、 持續改善的五大核心步驟

高德拉特博士依據 OPT 的九大原則，簡化為持續改善的五大核心步驟，以構成新的管理方法論—限制理論。限制理論可以對 OPT 的概念架構提供一個良好的解釋；不過，在 OPT 中所提的瓶頸資源，在此已由「限制」一詞加以取代。所謂的「限制」係指任何會阻礙組織或系統達成更高績效的事物。限制理論的實程序可以歸納為下列五大步驟：

(1) 定義出系統中的限制。

組織與流程中最弱的一個環節就是我們系統中的限制所在，所以提升系統績效的第一個步驟就找出組織與流程中最弱的環節所在。

(2) 充份利用系統中的限制。

找到組織與流程中的「系統限制」後，我們就要設法充份使「系統限制」被利用，可行的做法有二：第一、假設「系統限制」不需要大量投資就可被立即打破，則直接採取打破的行動，之後直接回到步驟一；第二、就是不要浪費「系統限制」，設法系統限制得到更大的有效產出與產能。

(3) 規劃其他資源全力配合系統中的限制資源。

其他非「系統限制」的資源則應全力支援步驟二充份利用「系統限制」的決策，不要擅自採取行動追求局部的績效。

(4) 提昇或打破系統的限制。

接下來就是要提昇或打破現有「系統限制」，例如：新增加投資、增加人力等。

(5) 避免管理上的惰性，繼續不斷的改善。

而當舊有的「系統限制」被打破而不再是「系統限制」後，我們就必須重新回到第一個步驟，持續不斷的改善。

二、限制理論分析問題的工具－系統思維程序(Thinking Process：TP)

高德拉特博士以限制理論為基礎，發展出來一套思維程序，運用邏輯、系統的思考方式去解答我們在持續改善時所會遭遇到的問題，並提出了一套完整的邏輯工具，以系統並嚴謹的回答以上三個問題：

(1) 要改變什麼？(What to Change)：確認問題(分析)

—現況圖(Current Reality Tree)：檢視因果關係，並找出核心問題。

(2) 要改變成什麼？(What to Change to)：建構解決方案(策略)

—衝突圖(Conflict Resolution Diagram)：找出隱藏在衝突後的錯誤假設。

—未來圖(Future Reality Tree)：確認構想可以達到的預期成效。

(3) 如何改變？(How to Cause the Change)：設計實行方案(手段)

—條件圖(Prerequisite Tree)：實現新構想的過程中可能遭遇之障礙及中繼目標。

-行動圖(Transition Tree)：擬定具體採取的必要行動。

三、 限制理論產出觀的衡量指標：

限制理論有一個假設，一個企業最終目標是在現在，也在將來賺取更多的利潤，要如何確認這個目標是否達成，而我們常用以下三個指標來衡量企業是否賺錢：

- (1) 淨利(NP, Net Profit)：企業賺多少錢的值，淨利越高的企業績效越好。
- (2) 投資報酬率(ROI, Return of Investment)：淨利與投資的比值，投資報酬率越高的企業績效越好。
- (3) 現金流量(CF, Cash Flow)：收入與支出的金額，沒有一定的現金流量，企業將無法經營。

通常在財務報表上，我們會用 NP、ROI、CF 來評估企業的經營績效，然而 NP、ROI、CF 並無法直接用於做為指導生產的準則，例如生產批量的決定，限制理論提出三個指標 T、I、OE，並以 T、I、OE 用以說明與淨利及投資報酬率的關係：淨利(NP) = 有效產出(T) - 作業費用(OE)；投資報酬率(ROI) = [有效產出(T) - 作業費用(OE)] / 庫存或投資(I)，因此我們在進行日常決策時，必須符合下列其一，就可以確認該決策與對企業整體經營績效指標 NP、ROI、CF 是否有正面助益[4]：

- (1) 增加有效產出(T, Throughput)：有效產出是指在單位時間內生產出來並銷售出去的量，生產出來但未能銷售出去則視為庫存，增加有效產出已就是不但要增大生產量亦要生產市場真正需要的產品。
- (2) 降低庫存(I, Inventory)：所謂庫存是指一切暫時不用的資源，包含為未來需要所準備的原材料、加工過程的在製品、一時不用的零組件、未銷售出去的成品以及包括扣除折舊後的資產。
- (3) 減少作業費用(OE, Operating Expense)：所謂作業費用是指生產系統將庫存轉換為有效產出過程中所產生的一切費用，包含所有的直接費用及間接費用。

此外，高德拉特博士認為要透過從降低作業費用(OE)的手段(如資遣員工)來使企業達成多賺錢的目標效果是相當的有限，因為作業費用(OE)以及庫存(I)都有其降低限制，然而以增大有效產出(T)來增加淨利(NP)卻是有相當無限的可能。

四、 限制理論於實務上之應用

限制理論的思維程序、有效產出、投資與營運費用、以及產出觀的五個管理步驟，可應用於企業管理的八個要素，分別說明如下：

- (1) 生產管理(Operations)

限制理論認為應該應用「目標」書中所提，確認「瓶頸資源」、「決定如何充份利用瓶頸資源」與「要求非瓶頸資源要全力支援瓶頸資源」等五個專注步驟中的前三項。並導入所謂的「鼓-緩衝-繩」(Drum-Buffer-Rope, DBR) 的生產管理方法與緩衝管理機制取得共識。

(2) 工程與專案管理 (Project and Engineering Management)

限制理論認為我們應該要專注整個專案的完成，而非專案中的每一個任務的準時完成。所以要錯開 (Stagger)專案，將每個任務的安全保護時間拿出來共同管理，保護該保護的地方，應用緩衝管理(Buffer Management)決定任務的優先順序。至於如何作改變，則是對限制理論關鍵鏈(Critical Chain)專案管理方法獲得共識，並且建立緩衝管理機制。

(3) 配銷與供應鏈管理(Distribution and Supply Chain Management)

限制理論認為我們應該要讓庫存回到源頭，放在最有彈性的地方，下游用掉多少，再跟上游拉多少。至於要如何作改變呢？主要是要改變供應鏈績效評估方或，應用「有效產出-元-天」(Throughput-Dollar-Days：TDD)與「存貨-元-天」(Inventory-Dollar-Days：IDD)當作主要與次要供應鏈績效評估指標，加快供應鏈的速度。

(4) 市場(Marketing)

限制理論認為我們應該要以客戶的價值觀來評析我們所提供產品或服務的價值，進而改進它們的內涵或是品質，提高客戶對我們產品或服務的價值感。而我們應該應用限制理論思維程序的方法來分析市場，建構不可抗拒的提議(Un-refusable Offer)

(5) 銷售或業務(Sales and Buy-In)

限制理論認為我們應該要以縝密的準備說服程序，來介紹不可抗拒的市場提議，而非太早介紹不可抗拒的市場提議，造成買方疑慮，以致無法成交。

(6) 財務與績效評估(Finance and Measurement)

限制理論認為我們應該要應用個績效指標 (有效產出、投資與營運費用)當指引，五個持續改善專注步驟當程序，讓局部與整體能夠協力調合。而重新評估組織的績效衡量方法，知道如何化解任何績效評估的衝突是整個改善的重點。

(7) 人的管理(Managing People)

限制理論認為我們應該要應用「絕不是靠運氣」一書中所用的思維程序，來化解日常發生的管理問題。我們應該要教導管理者如何應用思維程序化解衝突、批評別人的構想、授權與團隊建立等。

(8) 策略與戰術(Strategy and Tactics)

限制理論認為好的策略是要能夠永續滿足「現在以及未來賺更多的錢」、「提供員工在現與未來具有保障且滿意的工作環境」，同時「對市場在現在與未來提供滿意的服務」。因

此，我們必須要由內而外建立永續的競爭策略，以期對未來有免疫的能力。

2.2.3 限制驅導式排程法

Goldratt 與 Fox 博士於 1986 年提出一套生產管理的解決方案，高德拉特博士稱之為“限制驅導式排程法”(DBR, Drum-Buffer-Rope approach)。限制驅導式排程方法係根據限制理論五個循環步驟所發展出來的一種排程技術。限制驅導式排程是一套建立在限制理論上的生產管理方法。這套方法提供了現場排程與管理思維，可引導工廠體質之持續改善，被視為一套直觀、可行且滿足現在與未來市場競爭環境的生產管理機制。

一、瓶頸排程節奏(DRUM)

所謂的鼓(DRUM)係指瓶頸排程節奏，這個節奏是以求依瓶頸而設計，來推導整個系統之運作。當確認系統的限制後，由於系統績效決定於系統限制，因此系統能否能達到最大有效產出的關鍵在於系統限制能否能充份發揮。所以必須以確保已做最充分利用系統限制為前提下，來決定生產節奏。由於瓶頸排程是以系統限制的需求來規劃，用以驅動整個系統之運作，所以稱之為限制驅導式排程。系統限制排程設計將決定系統績效，必須有一定程度的複雜度，因此是限制驅導式排程法最主要但難度最高的技術問題，至於如何設計瓶頸產能站的生產節奏，則必須依工廠環境與需求的不同來設計，但推導的排程在現場必須具有相當程度的可行性，與一般所做的主生產排程 (MPS, Master Production Schedule) 並不相同。

二、緩衝 (Buffer)

為確保限制驅導節奏的可行，必須要給予適當的時間緩衝保護。保護的目的有二：其一是在於確保訂單能及時到達瓶頸資源進而確保出貨的時間不會延誤，其二是要確保受限產能不會因斷料而沒工作。若訂單不能及時到達受限產能製程站，則會破壞瓶頸排程節奏的次序，因而造成訂單交期的延誤。因此緩衝對瓶頸節奏是非常重要的，限制驅導式排程法是以時間緩衝 (buffer) 的觀念來達到保護的目的。時間緩衝的內容包含設置與加工時間以及保護系統可能發生的不穩定狀況與負荷高峰的寬放等。緩衝區的時間為下列兩項因素的函數：(1) 現場內如機器加工時間、機器設置時間、機器當機時間、生產不良品、人員缺勤等隨機變異的程度。(2) 非瓶頸資源產能負荷之程度。時間緩衝是用來保護系統而不是對各製程站的個別保護，也就是說緩衝所要保護的是訂單在區段(瓶頸資源前後)之績效。從投料到瓶頸產能之前必須給予瓶頸排程緩衝 (Constraint Capacity Resource Buffer, CCR Buffer)，以保護瓶頸排程節奏的進行；瓶頸站有回流情形發生，則應有一回流緩衝(Loop Buffer)來保護瓶頸排程節奏之進行。而從瓶頸產能後到出貨站之間，則必須給予出貨緩衝

(Shipping Buffer)，以保護訂單能在交期前及時完成。

三、投料節奏(Rope)

此外為確保瓶頸產能排程的可行，除了緩衝時間的保護外，就是投料時機必須配合限制生產節奏的需要，投料節奏(Rope)的推導方法是由該訂單於限制驅導節奏上的預定開始加工時間扣除瓶頸產能緩衝時間。現場在備料或投料時一定得依照投料時程的節奏，決不可任意投料，如此，投料節奏則可和限制驅導節奏達到同步 (synchronization) 的效果，也才能確保瓶頸資源可以充份利用。

四、緩衝管理 (Buffer Management)

Drum-Buffer-Rope 在限制驅導式管理機制的用途是為生產系統做最佳規劃，那麼緩衝管理的用途就是確保生產系統能依最佳規劃來執行，Goldratt & Fox[26]提出緩衝管理的現場管理方法，緩衝管理將緩衝時間依緊急度區分在製品到達的狀況，能以最簡單的程序發揮現場管理的效果。由於系統的不穩定與負荷高峰不是常態，因此當這些隨機狀況發生時，將透過時間緩衝來保護。時間緩衝應區分優先程度來管理，我們將緩衝區分為三個區域，並透過監控在這三個區域所出現的空洞位置而達到訂單交期的掌握 [3]：

- (1) 趕工區 (expediting zone)：若空洞出現在本區域表示製令即將要加工，若再不採取行動，可能會有延誤瓶頸排程，進而打亂整個系統生產節奏的疑慮，因此管理者必須對該製令採取行動，例如跟催或趕工等。
- (2) 警示區 (mentioned zone)：若空洞出現在本區域表示製令尚有一些時間緩衝，管理者還不必急著採取行動，只要對這些空洞繼續追蹤其進展即可。
- (3) 忽略區 (ignored zone)：若空洞出現在本區域，由於離加工時間還早，而所給的時間緩衝尚足以讓其趕上進度，因此不要介入干涉，而可予以忽略。

我們可以根據空洞在各區域出現的比重，來研判緩衝時間大小的合理性。例如忽略區空洞平均的百分比超過 70%或更高是正常的，但如果忽略區空洞平均的百分比小於 50%，則表示系統使用太大的緩衝時間而過度保護系統，應該可以縮短緩衝的時間長度。相反的，趕工區上的空洞是不允許有的，因此空洞的平均百分比應該低於 10%才合理，跟催或趕工這些干擾現場派工的行動才不會太多，但如果本區空洞的平均百分比高過 10%或更高時，則表示系統保護不夠，則應增大緩衝的時間長度以提供較大的保護。

緩衝管理提供主動性的管理資訊，管理者妥善運用緩衝管理，將能輕鬆應付工廠環境的不確定性及隨機變動，而不必到處救火，緩衝管理是一套在實踐限制驅導式排程規劃的現場管理系統。

五、現場派工

限制驅導式排程，只包含了瓶頸站的生產節奏及投料節奏，至於非瓶頸站則沒有給予固定的生產排程。依照這樣的排程方法，現場派工的方式可分為二種：其一為瓶頸站與投料站需完全以計劃指示生產；其二為非瓶頸站的生產排程是由該站的技術員或領班依現場的需求機動調整。由於工廠資源中產出速度最慢的資源為瓶頸機台，當投料節奏是依瓶頸產能規劃時，表示現場其餘非瓶頸站會有多餘的產能或者該站的在製品存貨會很有限。因此，非瓶頸站的原則或紀律非常簡單，例如使用最簡單的先進先出法則可，當然必須確保到達瓶頸站的時間及出貨的時間。只要現場技術員或領班確實遵守，即可達成配合瓶頸產的需求。

六、 現場績效指標 (Shop Floor Performance Index)

由於績效指標會影響現場的作業行為，因此限制理論提出產出觀的新績效衡量指標：有效產出-元-天 (Throughput Dollar Day, TDD) 與存貨-元-天 (Inventory Dollar Day, IDD)，用以取代以往如產能利用率、CLIP (Confirmed Line Item Performance)、CVP (Confirmed Volume Performance)等局部最佳的績效指標。

產能利用率將驅使現場提高機台稼動，儘可能加大生產批量，但通常只會生產許多不是客戶要的在製品或成品，CLIP 則會驅使現場生產容易做的訂單，通常延誤的訂單會被刻意忽略，因為生產延誤的訂單對 CLIP 沒有幫助，CVP 會驅使現場生產與 CLIP 相同的行為。TDD 指標代表訂單的價值與延誤天數的乘積，以驅使現場優先服務價值高的產品以增大產出，以驅使現場儘可能降低所有訂單的延誤天數以使生產週期更為集中，TDD 指標的目標值為零。IDD 指標則代表訂單材料投入的價值與停留在現場的時間，用以驅使現場能盡力縮短所有訂單的生產週期，而非一味地追求產能利用率來傷害生產週期的表現。

第三章 限制管理機制導入之架構與流程

導入限制驅導式排程與管理系統實際上導入的不僅僅是一種排程方法或只是一套資訊系統，更重要的是限制理論管理思維的導入。以個案公司為例，公司的高層主管希望藉由限制理論的導入，來提升對客戶的服務水準，同時提高公司的獲利與競爭力。限制理論應用的範圍很廣，包括生產管理的限制驅導式排程與管理系統、關鍵鏈專案管理、配銷管理等；由於個案公司為晶圓測試代工服務業，準確的交期對客戶而相對重要，故選擇導入限制驅導式排程與管理系統，而後再推展至其他領域。本研究試圖透以對限制理論的學習心得，以及在參加專案推行的實務經驗，對導入限制管理機制建立一套導入方法，讓參與導入限制理論管理機制的專案參與人員，能以最短的時間建立共識以及理解限制理論解決方案的整體架構。透過系統模型的說明導引，快速套用限制理論解決方案在導入企業環境以進行管理機制設計，透過有邏輯性的新系統導入計劃來降低導入風險，提高成功導入的機會。

3.1 取得參與者的共識

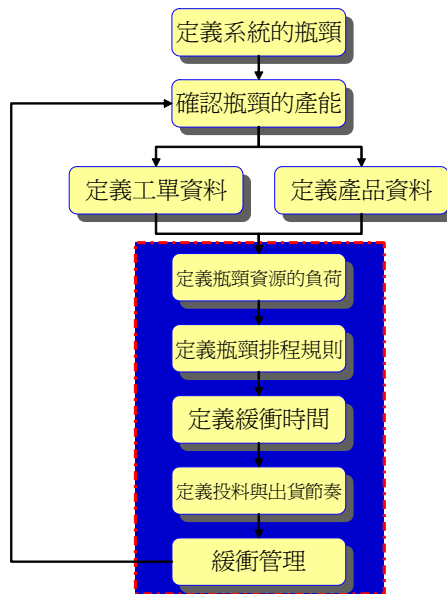
在進行限制管理機制設計前，除了得到高階主管的認同與支持外，同時必須進行以下行動來取得共識：(1) 透過限制理論核心觀念及 DBR 解決方案的教育訓練，提供所有參與者新的思維。(2) 透過系統思考程序(Thinking Process, TP)探討核心問題，現況圖 (Current Reality Tree, CRT)以及未來圖 (Future Reality Tree, FRT)，讓相關人員了解限制驅導式排程的運作機制的核心問題，以對新管理機制設計達成一致共識。(3) 讓參與新管理機制設計的相關員充份了解將要應用的技術與方法，以確保計畫執行得以成功。

3.2 限制驅導式排程與管理機制設計

本階段主要的目的是要完成：

- (1) 明確定義系統設計的內容，以進行資訊系統分析與設計，制定資訊系統的規格。
- (2) 系統分析中逐項列出新管理機制導入的障礙，在新管理機制導入前一一加以克服。
- (3) 定義新管理機制的作業流程，明確新管理機制導入後所有權責單位、作業要點以及績效指標。

相關的重要步驟圖示如下：



圖五 限制驅導式排程導入步驟示意圖

DBR 管理系統模型新管理機制分為以下三個部分：

- (1) 限制驅導式排程：
 - (1-1) 瓶頸排程：定義瓶頸排程資料來源、瓶頸排程維護以至瓶頸排程回饋機制。
 - (1-2) 緩衝設定：定義緩衝種類及緩衝時間。
 - (1-3) 投料管理：設計範圍由投料內容定義至時程計算規則。
- (2) 緩衝管理：定義緩衝條件及執行緩衝管理方式。
- (3) 現場績效管理：設計新的現場績效指標 TDD。

3.2.1 限制驅導式排程設計要項

根據限制理論五個核心步驟中，首先的步驟就是找出生產系統瓶頸，第二個步驟便是充分利用系統瓶頸。在瓶頸資源有限的情況下，設計出一個合適的瓶頸資源排程是限制驅導式排程最主要的關鍵。如何設計瓶頸資源排程做為系統的生產節奏，則必須依實際工廠環境與需求的不同而調整，茲說明工廠導入限制驅導式排程的重點如下：

一、定義系統瓶頸：

要先確認系統瓶頸之所在，以使瓶頸排程成為系統的生產節奏，在同一時期應只存在一種瓶頸製程或是瓶頸機台，但因產品組合的改變會出現次瓶頸或瞬間瓶頸或瓶頸漂移，次瓶頸或瞬間瓶頸應該透過合理排程技術來調整與修正。但產品組合的關係使得瓶頸漂移，則必須更排程的標的，多瓶頸設計將使 DBR 的管理機制太過於複雜而難以執行。通常我們

可以透過各製程在不同產品組合下的負荷分析找出瓶頸製程，或由生產部門的主管(或專案負責人)來定義瓶頸製程，其結果都應不至於有太大的差別。其次，必須明確瓶頸排程標的是否為不可分割單位，如自動生產線或是單機工作站等，以確定瓶頸排程設計能驅使生產系統能達到真正充分利用的目的。一般而言，瓶頸製程若非以上類型，都可能造成錯誤判斷瓶頸排程標的，人工工作站或可委外加工製程原則上都不應設定為瓶頸，因為二者產能瓶頸都很容易在短期間內打破，或者是應以製程中的一個加工程序來排程而非以整個製程來排程。

在資訊系統方面的考量，必須能以區分至瓶頸排程標的，例如瓶頸製程是屬單機工作站，則應能排程至該製程所有的個別機台，而非以訂單使用機台數來平均負荷時數，因個別機台間的使用負荷通常會有不同差異存在，如此將造成瓶頸資源真正負荷難以進行控管。以記憶體晶圓測試廠而言，由於單一測試機之投資動輒以千萬台幣計算，所以在無特殊的產品組合之下，測試機與測試站通常為瓶頸機台與瓶頸製程。在正常的情形下通常在測試站別我們很容易可以發現堆貨(待測品)的存在，但是日常實務的運中，我們亦可能發現堆料的站別不止一個，其可能的原因如下：

- (1) 配件控管不當：針測卡 (Probe Card) 為晶圓測試中一項不可或缺的配件，當使用或操作不當時可能造成針測卡必須進行維修或調整，甚至在測試固定片數之晶圓後，當針測卡亦必須卸下作清潔保養，當此一配件控管不當就容易造成堆貨的情形。
- (2) 機台限制：由於測試機本身是由許多的電路板組合而成，同型的測試設備亦可能因不同的產品需求而必須加配不同的特定專屬電路板，如此一來，對某些特定的產品而言，可能只有少數的測試機可以滿足產品測試之需求，造成整體產能之負荷沒有問題，但部份測試機會造現待料的情形，但部份測試機則有堆貨的問題發生。
- (3) 當站為人工作業站：因為人工缺乏造成的堆貨，不過該站的產能應可以很快的提升，除非該站所需之人工技術層面非常高，訓練與養成不易。

二、 定義瓶頸排程訂單或製令資料來源：

以晶圓測試代工廠而言，訂單模式為接單生產(Build To Order)，瓶頸排程資料標的均來自實體訂單，以設計適當的排程介面。以實體訂單而言，通常必須先衡量瓶頸資源負荷及確認配件供應後應允訂單交期，再正式排入瓶頸排程，此時通常由訂單決定製令。計劃製令原則上是以產銷會議決議後，由主生產排程(MPS)所展開的製令與物料需求計劃，再將製令排入排程。此時應力求平準化，以避免因過度集中生產特定產品，而造成瞬間瓶頸漂移。然而在實務上，由於晶圓廠本身之產出問題，晶圓的產出時間通常不如客戶預定的準時，而進貨方面亦有集中性進貨的現象。所以實體訂單則須在衡量主生產排程下應允訂單交

期，瓶頸排程資料取得來源或提供方式也應被定義。以瓶頸排程來說，訂單的資訊最重要的是產品型號、進貨數量，有些客戶則會指定期望的完工時間，使用的配件等資訊。產品型號可以決定瓶頸機台的種類與等級，進貨數量可以決定瓶頸機台所需的測試時間，客戶期望的完工日期可以用以出貨緩衝時間的推導及瓶頸機台的開始生產時間，而使用的配件則是能排程的依據。

三、 定義產品製造流程、瓶頸資源產能條件資料來源：

必須確認所有產品的生產製造流程，當產品製造流程差異不大時，可以設定固定的緩衝時間，並不需特別計算非瓶頸製程的時數。但是當產品製造流程差異大時，則應依產品製程不同而賦予不同的緩衝時間，就需要足夠的資訊對非瓶頸製程生產時數予以計算或設定，以推估出適當的變動緩衝時間。必須提供至個別瓶頸資源的足夠資訊，如瓶頸資源的機型種類與數量，瓶頸資源的可用狀態及可用時數，是否有類似如產品特性、客戶認可設備或配件上限制條件，用以計算各製令的生產負荷時數以及避免排入無法生產的製令。在資訊系統方面，需有對應所有產品及訂單的製造流程資訊，除做為流程過帳的準則，用以在緩衝管理提供在製品的位置之外，各瓶頸資源則需要對應所有產品各製程條件，例如加工特性(批次或計數)、計算單位、單位時數、製程特殊規定、可用機台資源、可用時數等，以計算生產負荷時數及判斷瓶頸資源排程可行性。須對非瓶頸資源負荷做概略評估時，非瓶頸資源也需要建立相對的製程條件資料，但不需要對應到所有製程設備。

四、 定義瓶頸資源非生產負荷的項目及負荷計算規則：

另外，瓶頸資源在生產行為之外，也會有非生產行為的需求，如定期保養、工程借機、客戶借機、生產重工、機台改機等，這些都造成瓶頸機台產出的減少，在設計系統時必須要求責任單位提供相關的資料，並納入系統的考量與計算之內。同時也要定義非生產負荷項目負荷時數評估的方式，將非生產負荷的項目以製令的形式排入瓶頸資源的排程，以充分掌握瓶頸資源的運用狀況，也可提供較為精確的投料時間計算基礎。

五、 定義瓶頸資源排程的規則與限制：

瓶頸排程除了一般的訂單交期限限制之外，我們必須先確認瓶頸排程是否有以下限制：

- (1) 客戶訂單是否有特殊要求，例如：緊急訂單交期的承諾、出貨數量的承諾。
- (2) 瓶頸資源是否有特殊製程條件，例如：製程溫度、產品類別、最小批量等。
- (3) 瓶頸資源是否有治具或配件資源的限制。
- (4) 產品在瓶頸製程是否有指定機台生產的條件，例如：特定瓶頸資源不可排程。
- (5) 產品在是否有受限於非瓶頸製程的限制，例如：特定產品在非瓶頸製程需求數量的限制，如人工目檢站。

(6) 瓶頸製程是否有回流的情形，例如：瓶頸製程在回流間的優先關係、非瓶頸資源的配合方式。

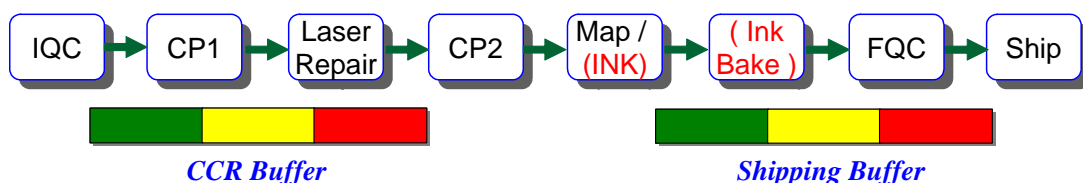
若企業在瓶頸資源上有以上的限制，通常在主生產排程一般都會概略的加以考量，但先決條件是主生產排程是以瓶頸資源來規劃。此外以上的排程限制在瓶頸資源的細部排程是相當重要的，因為瓶頸排程是已經安排至各瓶頸資源生產製令批間的順序與預計開工(完工)時間，並做為系統的生產節奏，因此必須明確的定義瓶頸排程上的限制。其次由以上限制定義排程規則，來決定排程規則的優先度，以下以一例說明排程規則在自動排程上的運用：

- (1) 已排程剩餘負荷時數最小瓶頸機台先排。
- (2) 篩選機台可排程製令。
- (3) 以製令交期時間(Due-date)計算最晚完工時間，加以排序。
- (4) 最晚完工時間相同以批量大者優先。
- (5) 計算製令預計開始加工時間以及生產負荷時數。
- (6) 退出預計完工時間晚於最晚完工時間製令。
- (7) 回到(1)直到所有瓶頸機台都排完。

在資訊系統方面，不論瓶頸排程是由系統自動排程或透過資訊輔助排程，都需要將以上限制確認後規劃在資訊系統上，二者的差別則在於對瓶頸排程限制資訊的詳細程度以及資料關聯強度。

六、 定義緩衝時間的設定規則：

DBR 緩衝時間設定的種類如圖七所示，為了要確保訂單能及時到達瓶頸資源進而確保出貨的時間不會延誤，以及要確保瓶頸資源不會斷料或沒工作，我們在瓶頸資源與出貨前要規劃適當的庫存，稱之為瓶頸緩衝 (CCR Buffer)及出貨緩衝 (Shipping Buffer)。出貨緩衝 (Shipping Buffer) 則會受到瓶頸資源生產波動的影響，所以在設定緩衝時間需特別注意。



圖六 DBR 緩衝設定種類示意圖

此外若瓶頸資源有製程回流的情形，則必須設計製程緩衝 (Process Buffer) 來確保回流製程間不受非瓶頸製程生產波動的影響，緩衝時間的設定將決定庫存水準與生產週期，合

理的緩衝時間可降低瓶頸排程經常被穿透的機會，緩衝時間設定方式則可分為固定時數設定及變動時數設定：

- (1) 固定緩衝時數設定：通常各訂單間製程較為固定，且非瓶頸資源超出瓶頸資源而可忽略生產批量因素時適用，衍生的設定方式，則當有如委外加工等特定製程，可在固定緩衝時數額外加上特定製程的緩衝時間、以及不同產品線給予不同的固定緩衝時數設定。
- (2) 變動緩衝時數設定：當訂單間製程變化較大或非瓶頸資源會受生產批量限制時，製程時間隨訂單產品製程批量等因素變動太大，固定緩衝時數對各訂單的保護可能太大或根本不夠，難以真正兼顧到保護瓶頸資源與降低生產週期，因此必須對個別訂單條件設定緩衝時數。

由於緩衝時數的另一個重要功能，在於連接投料節奏、瓶頸資源排程及出貨時間使三者能達到協同一致，以達到控管庫存水準的目的，只要能達到上述目的，瓶頸緩衝時數的計算可採用以下幾種方式：

- (1) 以目前在投料時間至瓶頸資源開始加工的平均時間，以及瓶頸資源完成加工到出貨站的平均時間，分別乘上目標降低百分比，以做為瓶頸緩衝時數及出貨緩衝時數，降低目標百分比可由參與者依欲達成降低生產週期的目標而定，是緩衝時數計算最簡單的方法，但是僅適用於製程固定的生產環境。
- (2) 分別累計瓶頸資源前及瓶頸資源後各製程的理論加工時間，乘上目標倍數，以做為瓶頸緩衝時數及出貨緩衝時數，目標倍數則視製程穩定程度及特性由參與者共同來制定，通常製程穩定度越差則目標倍數應設定越大。
- (3) 分別累計瓶頸資源前及瓶頸資源後各製程的理論加工時間，加上已分別特定製程之緩衝時數的累計，做為瓶頸緩衝時間及出貨緩衝時間，指定製程緩衝時數通常代表在製品停留在非瓶頸資源的等待加工時數，通常可使用於製程變化較大但製程較為穩定的生產環境，是緩衝時數計算最複雜的方法。

緩衝時間的設定決定生產週期時間 (Cycle Time)，一筆工單的標準生產週期時間是瓶頸緩衝時間加上加工時間再加上出貨緩衝時間。如果有瓶頸站回流的情形，則應再加上回流緩衝時間。而由於緩衝時間的大小則取決於生產系統的穩定程度，因新機制運作初期，參與者對新機制運作仍不太熟悉，所以導入初期緩衝時數不宜設定太低，以避免因開始設定過低的緩衝時數而有過多的趕工發生，可在新機制導入運作後，在製品水準逐漸降低時，再透過持續改善程序來降低緩衝時數的設定。

七、 定義瓶頸資源排程維護方式：

由瓶頸資源能否充份發揮是決定生產系統表現的關鍵。所以瓶頸資源的排程規劃在於決

定瓶頸資源最佳利用的生產節奏，在進行瓶頸資源排程前要先確認以下事項是否已定義完成：

- (1) 定義系統瓶頸。
- (2) 定義瓶頸排程訂單或製令資料來源。
- (3) 定義產品製造流程、瓶頸資源產能條件資料來源。
- (4) 定義瓶頸資源非生產負荷的項目及負荷計算規則。
- (5) 定義瓶頸資源排程的規則與限制。
- (6) 定義緩衝時間的設定規則。

同時對下列項目也應該先完成確認，以確保瓶頸排程作業能被順利的執行：

- (1) 應定義瓶頸排程作業的負責單位、排程時機以及排程的頻率，排程的時機與頻率將影響訂單排程順序提前或延後的反應速度，通常將會影響投料時間通知的準確性排程的頻率越低，緊急投料或提早投料的情形就越容易發生。
- (2) 應定義緊急訂單的最早可開始時間，以避免將訂單排程在沒有機會在預定開始加工前到達瓶頸資源的時間，在充分考慮瓶頸產能負荷下，緊急訂單也應被適當的規範，若仍有許多緊急訂單，表示訂單需求管理必須加強。

八、 定義瓶頸資源排程回饋方式：

需要建立一套瓶頸資源排程回饋的機制，以確定瓶頸資源排程與現場調度管理能協同作業。將瓶頸資源排程維持在較即時的狀態，除了能監控現場依瓶頸資源排程確保執行生產作業，也可確保在排程作業時排程資訊的正確性，瓶頸資源排程回饋需求項目如下：

- (1) 已完工排程項目回報：透過在製品流程過帳或其他回報機制，例如：排程執行維護畫面等，儘可能即時地將已完工的排程項目在瓶頸排程資料庫更新狀態。
- (2) 瓶頸資源狀態更新：當瓶頸資源狀態有所變動時，例如：設備故障、配件維修等，應建立一套回報機制，讓現場人員在規定的條件下，要求排程人員調整排程或更新負荷時數等。
- (3) 瓶頸資源製程異常處理程序：當製程異常發生異常時，例如：製程不良品過高、製程異常停線等，也應有一套回報機制，讓現場人員在規定的條件下，要求排程人員調整排程。

排程執行回饋機制，目的在於讓排程人員能隨時掌握瓶頸資源的狀態，及時做出適當的處置行動，回饋即時的程度視生產環境而定並無特定的標準，回饋方式也無特定的限制，但必須能回饋至瓶頸資源排程上。

九、 定義瓶頸資源重新或調整排程規則：

由於現場回饋狀態及新增訂單狀況一直在動態的改變，因此需要對重新排程及調整排程的時機、排程調整幅度與原則、重新排程的限制條件做出定義，以要求相關人員配合執行。

十、 定義投料與出貨節奏：

限制理論的投料策略是根據瓶頸資源排程及緩衝時數來決定投料時機，以確保瓶頸資源不斷料的前提下控管投料來降低在現場的在製品數，同時，亦可以讓生產線做錯工單的風險。依據 Little's Law [18]，當產出速度不變時，投料控管將使在製品數下降同時也將降低生產週期。因此，依投料計劃進行投料是有效降低生產週期的重點。投料節奏通常是以主要加工物做為控管標的，投料代表製令正式啟動以及現場在製品的投入。但在投料控制上，必須特別加以考量的有以下幾點：(1) 除了主要加工物之外，還有多少配件是必須透過瓶頸節奏加以管理：瓶頸資源以及其主要配件是否會因控管不良而造成瓶頸資源無法加工。(2) 定義投料作業的流程、投料前製時間、投料頻率以及負責投料的執行單位。

3.2.2 緩衝管理設計要項

緩衝管理的主要目的是讓限制驅導排程可以被有效的執行。緩衝類別包括瓶頸資源緩衝、回流緩衝及出貨緩衝等三種，而緩衝時間的設定，通常將在製品依緊急程度區分為三個區域。而如何將緩衝時間分配到三個緩衝區域，定義的方法如下：

- (1) 趕工區分配的原則：當趕工區有空洞時，代表若再不啟動趕工行為，則會破壞整個系統的生產節奏，由於趕工區的製令可能停留在投料點以前，因此，趕工區緩衝時數應取決於自立即投料起，以趕工方式可到達瓶頸資源前所需的時間，若趕工區設定的時間太大，將使趕工區空洞發生的機率增大，會造成經常啟動趕工，反而會增加現場生產的變異及工作負擔。
- (2) 警示區分配的原則：當警示區有空洞時，並不需要立即啟動趕工行為，但對於仍停留在投料點附近的製令則有必要多加以留意，以避免趕工區有太多的趕工行為。因此，警示區緩衝時數可設定為已分配趕工區時數剩餘緩衝時間的一半，但並不如趕工區緩衝時數有較清楚的計算邏輯。
- (3) 忽略區分配的原則：已分配趕工區與警示區時數所剩餘的緩衝時間即為忽略區緩衝時數。

緩衝時數計算方式有幾種，對緩衝時數的分配則以百分比分配或指定各區時數即可，但三個緩衝區時數總和需為 100%或等於設定的緩衝時間。關於趕工區跟催的方法也必須依實際的生產環境來加以設計，例如：定時自動產生的趕工清單、將趕工區空洞訂單貼上紅色標籤等，主要必須讓現場人員能接收到趕工指令並採取趕工行為。

當趕工區空洞變多時，需考慮是否為趕工區緩衝時數不足或非瓶頸沒有做到全力配合。

若為前者，則可考慮加大趕工區緩衝時數的分配或加大緩衝時數的設定；若屬後者，則應加強緩衝管理運作，讓趕工區空洞降低。緩衝管理是限制驅導式排程管理機制的執行系統，是驅動現場行為來配合機制的運作。有最佳的生產節奏規劃但卻無法依規劃執行，還是不會有真正可達成的成果。因此同樣需要明確定義負責單位及維護時機，特別強調的是緩衝管理執行的優劣完全影響到實施成效。因此設計專職的緩衝管理員，以整體產出的立場來執行緩衝管理，會將實施成效做有效的提升。

3.2.3 現場績效管理設計要項

由於績效指標會影響現場的作業行為，限制理論提出產出觀的新績效衡量指標：有效產出-元-天 (Throughput Dollar Day, TDD) 與存貨-元-天 (Inventory Dollar Day, IDD)。以半導體常用的績效指標如：產能利用率(Utilization)、CLIP (Confirmed Line Item Performance)、CVP (Confirmed Volume Performance) 則是容易形成局部最佳化的績效指標，使得生產線生產許多當下不是最重要的訂單，或是生產線只重視容易做的訂單，而已經延誤的工單則反而容易被忽略。TDD 的計算方式是以所有已投料訂單，將投料時所確定之預定出貨時間穿透天數與訂單價值的乘積。當穿透天數越高或價值較高訂單延誤都會快速拉昇 TDD 的值，驅使現場人員快速處理延誤訂單。IDD 的計算方式是以所有已投料而未出貨的訂單，將停留在現場的天數與投入材料價值的乘積。當生產週期增大時可透過 IDD 的值顯現出來，驅使現場人員加快訂單的生產。透過 TDD & IDD 的趨勢曲線，則可以判定生產系統改善的程度。

3.3 擬定新系統導入計畫

在導入新管理機制前，必須充分考慮導入障礙及利用行動圖列出行動計畫，以提高成功導入的機會：

- (1) 探討導入新管理機制尚未排除的執行障礙與解決方案。
- (2) 透過系統思考程序 (Thinking Process, TP) 的行動圖 (Transition Tree, TT)，構建新系統的導入執行計畫與備用方案。
- (3) 資訊系統測試、資料建置與系統平行轉換。
- (4) 設計對相關部門進行內部溝通的說帖與準備教育訓練教材。
- (5) 建立新管理機制的文件及修改標準作業程序。

第四章 個案實例驗證

4.1 個案公司簡介

個案公司成立於 1987 年 5 月，目前在全球半導體產業上下游設計、製造、封裝、測試產業分工的型態中，已成為最大的專業測試公司。總公司座落在新竹市，員工人數約 4400 人。晶圓針測量每月產能 30 萬片，IC 成品測試量每月產能可達 3 億顆。個案公司在北美、新加坡、日本設有業務據點。2007 年年中，資產總額已達新台幣 349 億元。如此龐大的專業測試規模，已經躍上國際半導體產業的舞台。個案公司在半導體製造後段流程中，服務領域包括晶圓針測 (約佔 45%)、IC 成品測試 (約佔 46%) 及晶圓研磨/切割/晶粒挑揀 (約佔 9%) 等。產品線涵蓋 Memory、Logic & Mixed-Signal、SOC、CIS /CCD、LCD Driver、RF /Wireless，測試機台總數超過 1500 台。主要客群型態上，fabless 廠約佔 70% 強，foundry 廠約佔 5% 弱，其餘 IDM 廠約佔 25%。測試之主要產品為子公司獲得在手機、無線通訊、LCD 驅動 IC、繪圖卡、特殊型 DRAM、NOR Flash、消費性電子產品 IC 等。

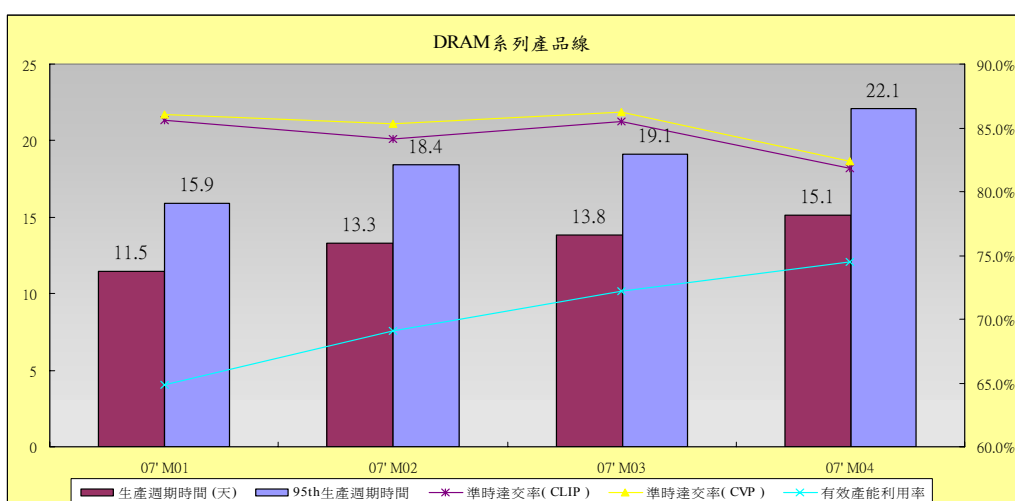
品質、交期、工程支援、技術及提供極具競爭力的成本價格，一直是個案公司測試服務不變的信念。而從事設備自動化與提升效能，測試機台的零組件客製化，測試平台轉化開發及對客戶設備需求承諾持續投資的能力，是個案公司專業測試廠最強大的競爭優勢。以過去三年而言，該公司每均投入近百億資本投資於測試設備之購入及產能之快速提升，希望藉由擴大市場佔有率與擴充客戶來源，使得公司之服務提供速度能合乎客戶長成之需求，從而提升該公司的市場競爭力。然而如何在同業極為競爭的記憶體晶片測試服務市場上，提供精緻化的服務來滿足客戶的需求以提高營收，除維持公司基本營運需求外，進一步提升該公司新一代測試技術開發能力與及提高高階測試設備投資之生產效益，是個案公司現階段最主要的營運重點。

4.2 導入背景

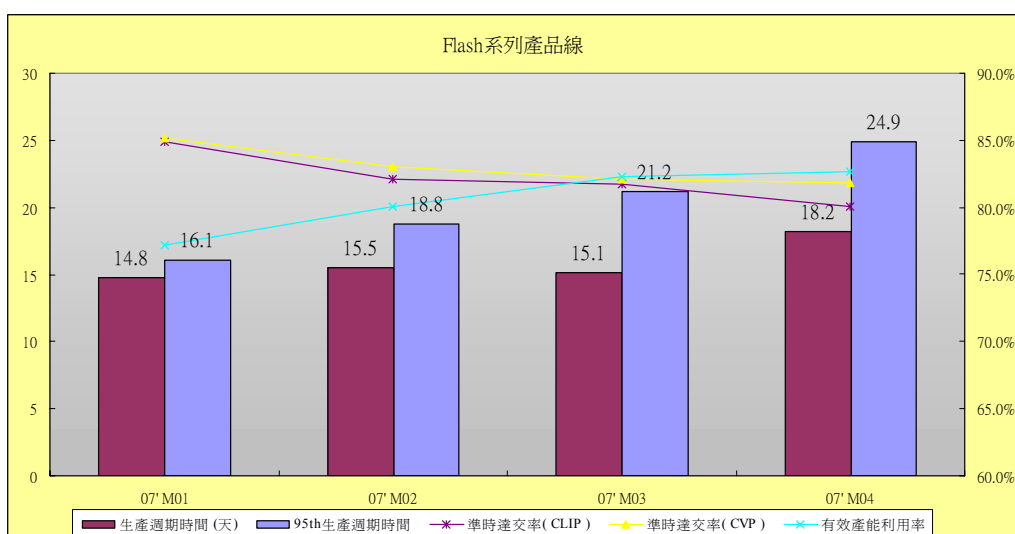
由於個案公司自 1987 年成立以來，產業環境變遷相當快速，尤其在個案公司陸續通過國際 IDM 大廠認證後，原有的訂單管理機制已經無法滿足現在客戶的需求，尤其當生產線接近滿載負荷時，整體生產效率一直無法有效提升，而客戶之交期亦無法準時達成。誠如高德拉特博士在「可行願景」(Viable Vision) [11]一書所提挑戰「今年的營業額是未來四年的利潤」，因此希望透過生產管理流程之改善，進行流程的重新設計，以期能透過新管理機制運作改善所有客戶的交期管理與服務品質，來提高公司競爭力與獲利能力。

由於晶圓測試已屬半導體產業供應鏈之後段，因此同業間無不致力於縮減生產週期來

提升交期的競爭力，尤其應用市場環境變化相當迅速更是顯示出交期對客戶的重要性。因為記憶體 IC 市場近年來價格波動劇烈與產品世代交替快速，客戶都體會出過多的庫存將嚴重侵蝕的獲利空間，只有在應用市場真正需要的時候，再快速提供產品，才能降低庫存及避免跌價損失。因此封裝測試業通常必須面對市場環境變化最嚴苛的挑戰，因為除了客戶供貨越來越不穩定之外，客戶對交期的壓力也經常困擾封裝測試業者，但穩健且快速的交期，卻也是贏得訂單 (Order Winner) 的關鍵點。個案公司記憶體晶圓測試產品線，除了積極強化工程技術能力之餘，並投入相當多的資源於生產管理與製程改善，以試圖控制交期的穩定，但交期的表現依然無法令客戶滿意。



圖七 導入前 DRAM 產品生產週期與產能利用率推移圖
資料來源：個案公司資料，本研究整理



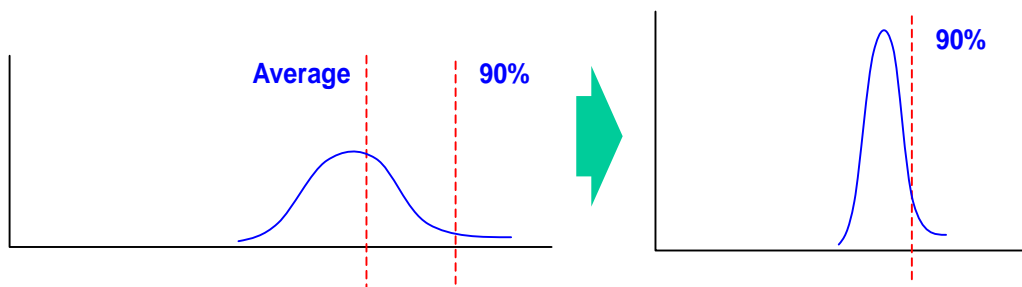
圖八 導入 FLASH 產品生產週期與產能利用率推移圖
資料來源：個案公司資料，本研究整理

以 DRAM 系列產品線來看，以 2007/01 與 2007/04 相比，整個產品線平均有效產能利用率增加約 14.8%，但平均生產週期卻也同時升高約 31.3%(圖七)；以 Flash 系列產品線來看，以 2007/03 與 2007/06 相比，整個產品線平均有效產能利用率增加約 7.1%，但平均生產週期卻也同時升高約 23.0%(圖七)。從上述的資料我們不難發現以下幾點：

- (1) 隨著產能利用率的增加，生產週期時間亦隨之增加，而且的幅度遠較產能利用率增加的幅來的大。
- (2) 準時達交率的指標 CLIP/CVP 則隨著產能利用率的提升而下滑。

經公司內部整體評估後，決定以限制理論做為導入方法論，限制理論其簡單到接近常識(Common Sense)的管理思維，獲得多數參與評選的員工的認同。但不可諱言的，限制理論雖自 1986 年提出後已發展為一套相當成熟的管理技術，但在公司內部，並未有任何應用的經驗。個案公司在 2007/04 正式組成生產管理提升專案，並隨即展開專案計畫，目標預定於 2007/08 完成導入。此一專案計劃之目的，希望在產能利用率提升的同時，生產週期時間不致有大幅的上升(圖九)，而且對客戶承諾的準時達交率可以獲得，從而提整客戶服務水平，並訂定目標希望 90%客戶訂單都能在於承諾的時間內完成，本專案有以下幾點的象徵意義：

- (1) 代表個案公司思維模式與生產流程的改善活動正式展開。
- (2) 縮短晶圓測試的生產週期，提高產出穩定度(Stability)，除了可以協助提升客戶對整體供應鏈的生產計劃外，在更短的時間交貨也意味著客戶在整個生產流程中之在製品數亦得降低，從而使得客戶對產品跌價的風險承受度可以增加，這對專業的測試代工服公司是強化競爭力的非常要的一環。
- (3) 限制理論 DBR 解決方案，本身是相當直觀的一種解決方案，透過短期的訓練使得相關人員得以掌握相關的重點，待進一步熟悉限制理論方法後，亦能自行展開後續一連串流程改造的設計與導入，開展在其他領域的改善活動。



圖九 DBR 管理機制預期效益示意圖

資料來源：本研究整理

4.3 限制管理機制設計

4.3.1 取得參與者的共識

個案公司在專案開始前，先行針對相關的主管必要的教育訓練讓全公司各級幹部對限制理論有一個初步的了解。在教育訓練過程中，參與的主管認為個案公司在生產管理上一直存在著以下的現象，雖然過去不斷地努力，卻無法有效的改善以下問題：(1) 部門間看法意見分歧，無法有效溝通以達成一致共識。(2) 面對多餘的產能卻無法完成對客戶承諾的達交期。(3) 常常缺料以及太多的跟催。(4) 即便待測品太多，卻又發生瓶頸設備斷料的情形。(5) 計畫常常變更，以致於生產優先順序時常改變。(6) 太多的緊急出貨以及太多訂單無法整批出貨。(7) 無法有效回應緊急訂單。(9) 測試設備的有效利用率一直無法有效的提升。為更進一步確認問題所在，在與生管、生產及相關部門進行訪談分析後，我們列出以下的不良效應(UDEs, UnDesirable Effects)：

- (1) 客戶抱怨交期過長
- (2) 工程單位抱工作負擔過重
- (3) 測試設備之有效利用率不佳
- (4) 測試設備 down rate 過高
- (5) 人員流動率過高，人員的經驗無法傳承
- (6) 客戶抱怨產出不足
- (7) 生產部抱怨 Loading 過重，不願配合換線
- (8) 應該滿載的設備會出現短暫的閒置
- (9) 客戶要求降價的壓力愈來愈大
- (10) 獲利的目標值一直無法有效達成
- (11) 新產品導入速度無法合乎客戶需求
- (12) 生產配件不穩定，必須經常維修
- (13) 現場經常有異常狀況發生(如品質、製程、缺料)。
- (14) 我們無法明確回應客戶訂單交期。
- (15) 我們經常變更訂單優先順序並要求趕工。

在充分了解個案公司現況後，我們透過系統思考程序(Thinking Process)，試著建立現況圖(Current Reality Tree, CRT)來架構所列出的不良效應，我們發現核心問題在於：(1) 我們沒有機制可以隨時提供人們了解，甚麼是重要甚麼是不重要。(2) 雖然我們知道整體績效達成的重要性，但是當整體績效與局部績效產生衝突時，各部門仍以局部績效的觀念在做決策與管理。(3) 人們常會忽視全力配合(Subordination)的重要性。透過現況圖的說明，將相關

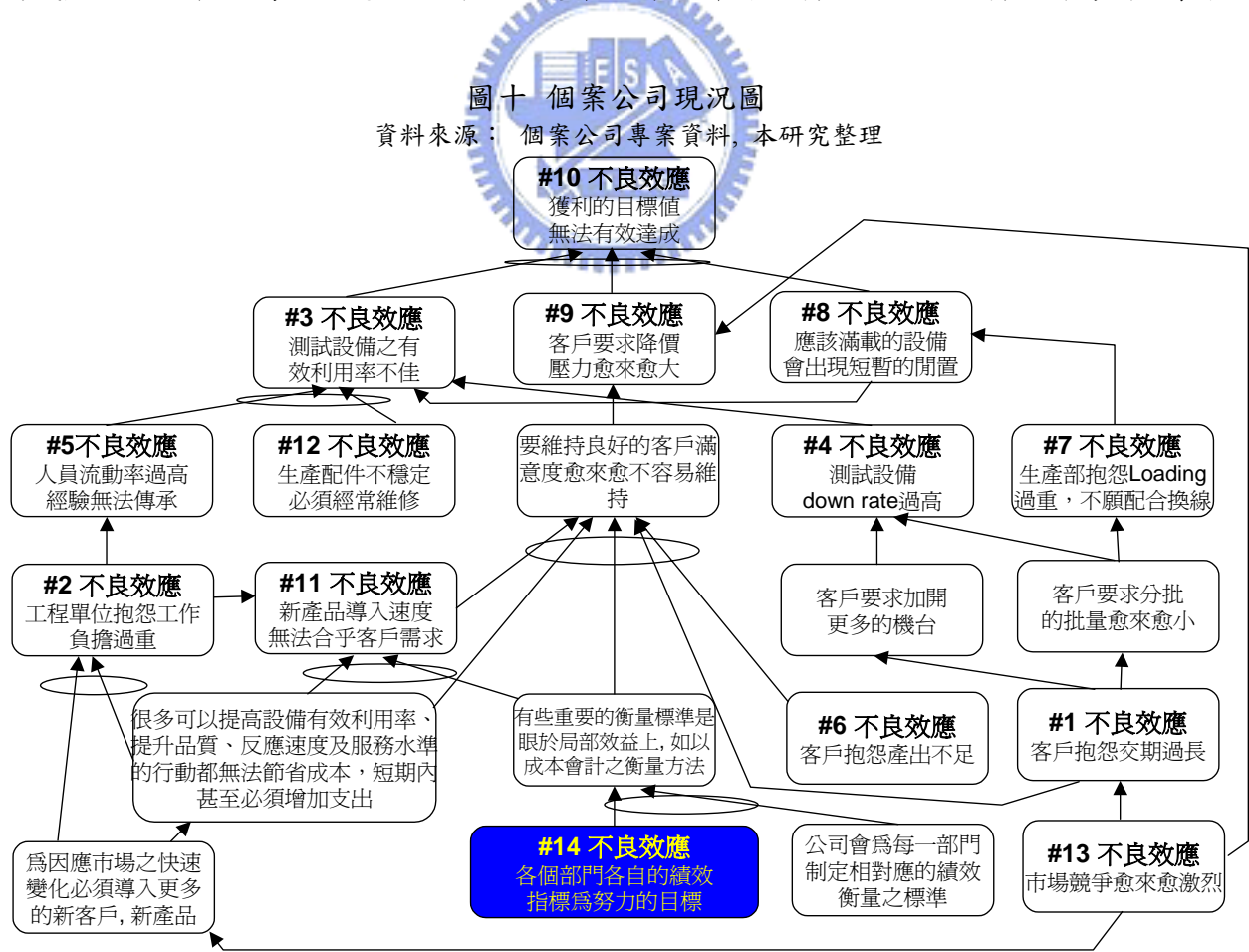
主管他們所關心的問題予以彙整，來建立專案參與者的共識，他們所有的問題在架構關聯性後，變得有脈絡可循。

4.3.2 限制管理機制的設計

由於參與者先前在訓練課程已經對限制驅導式排程與現況有初步的概念，而且在分析訪談後有更進一步的共識，因此可以正式進入新機制設計的階段。本階段主要的目的在於：(1) 釐定 DBR 排程管理系統規格。(2) 透過設計階段列出新管理機制導入障礙，在新管理機制導入前加以排除。(3) 定義新管理機制的作業流程，明確新管理機制導入後所有權責單位、作業要點以及績效指標。

一、 定義系統瓶頸：

由於個案公司為專業測試代工廠，測試設備之投資金額高昂，且經由與生產部門及生管部門主管的訪談後，一致的看法都認為在個案公司中，測試製程是整個生產系統的瓶頸所在。即表示只要能提升測試製程的產出，可以改善目前個案公司的有效產出。此外部分製程會因產品組合變化而有瞬間瓶頸出現，如鐳射修補站或人工目檢站，但此類設備共用性高或產能補充較容易，經更改設備設定後即可消除瞬間瓶頸。故設定瓶頸站別為測試製程。

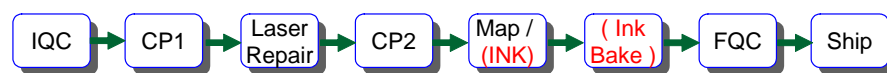


二、 定義瓶頸排程訂單或製令資料來源：

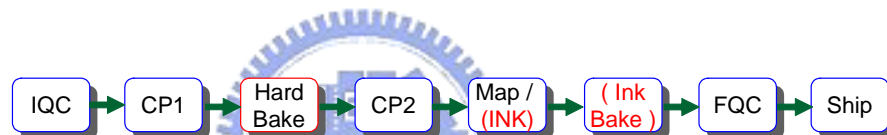
由於晶圓測試的加工標的物是客戶提供的晶圓，因此完全必須在客戶來料後才能安排生產。主要客戶雖會提供預測 (Forecast)，但客戶也經常受限於市場需求及半導體前段製程延誤交期，所以客戶來料狀況也不甚穩定。而測試下線之依據則為客戶提供之委工單上之內容。在資訊系統方面，經過討論決定以 MES 系統之已收料訂單明細帳做為排程資料的來源。基本上通常客戶若未與生管部門議定生產的併批原則，一律以客戶批來排程，即使單片的小批量進貨，亦不得併批生產。生產製令則經瓶頸資源排程後再決定開立時機，生產製令與客戶訂單間有清楚的關聯性。

三、 定義產品製造流程、瓶頸資源產能條件資料來源：

記憶體晶圓測試的生產流程已於本文的第二章節做過說明，僅示意如下，



DRAM 系列產品生產流程



Flash 系列產品生產流程

在晶圓測試工程上，不同的產品本身之測試程式與需求配件並不相同，所以相關的資訊必須以客戶提供之委工單內容為主。在個案公司的 MES 系統上，已有相關製造流程設定的資料，以及各製程的在製品數量資料，此外在 MES 系統上也有所有設備的編號及數量資料，可做為瓶頸排程機台資料的來源，包括針測卡的狀態、產品與測試設備之關聯性、客戶承認關聯性在現有系統上並均已存在，所以僅須在 DBR 排程系統設計時加以滙入即可。

四、 定義瓶頸資源非生產負荷的項目及負荷計算規則：

由於先前定義瓶頸資源在測試製程，為充分利用測試設備資源，任何生產及非生產負荷都必須在瓶頸排程管理之下，因此要定義測試製程所有非生產負荷的項目，以並將非生產負荷的項目以製令形式排入瓶頸排程：

- (1) 產品重工：在測試的過程當由於測試機或配件的不穩定，甚至客戶產品或測試程本身的問題都的可都造成晶片誤宰而導致必須進行測試重工作業。
- (2) 工程借機：工程部門所有借用測試設備來從事新產品導入或其他工程技術的開發，必須透過借機程序向生管部門提出工程借機預定日期以及所需時間的申請後，由生管部門審核後排入瓶頸資源排程。

表一 測試機台整備時間表

項目	內容	所需時間 (min)
單純換批	相同產品換批生產	20
更換另一產品	更換不同產品	40
升溫(常->高)	配件預熱	40
升溫(低->高)	配件預熱	90
降溫(高->常)	配件預冷	60
降溫(高->低)	配件預冷	120

- (3) 機台整備：在生管部門變更測試設備生產產品時，必須在瓶頸資源排程加入機台整備時間，如上表一所述機台整備所須時間隨著測試生產條件之不同有相當大的差別。
- (4) 設備保養：工程部門依規定做設備定期保養，在執行保養前必須正式通知生管部門預定保養日期以及所需時間。
- (5) 配件保養：配件管理單位依規定做設備定期保養與維修，在執行保養與維修前必須正式通知生管部門預定保養日期以及所需時間。

在資訊系統方面，必須將上述非生產負荷種類以及計算的規則列入系統規格中，如配件在使用多少次數後必須進行保養的關聯設定。

五、定義瓶頸資源排程的規則與限制：

有關測試機台的排程規劃與限制列出如下：

- (1) 列出已承諾客戶交期訂單或承諾客戶出貨量，提供各訂單最晚完工時間或訂單數量限制資訊，訂單排程時應受以上限制。
- (2) 列出所有訂單使用的機台與配件，即使使用機台與配件均相同，可能因客戶產品測試條件不同，必須變更溫度重新進行整備，除非訂單有交期或出貨量限制，瓶頸資源排程應避免經常切換整備。
- (3) 相同產品排程機台數不得超出配件的限制。
- (4) 一批晶片以指定二台測試設備同時生產為原則，除非生管人員另行指定機台多機共測一批晶片。

瓶頸資源雖然未導入完全自動排程，但瓶頸資源排程可依以下規則作業：

- (1) 評估目前已排程負荷以及待排程訂單負荷狀況，依上述配件套數等限制，先做測試設備產品分配 (Allocate) 設定。
- (2) 依分配生產相同產品的測試設備，以排程剩餘負荷時數最小的測試設備先排。
- (3) 篩選出該測試設備可排程製令。
- (4) 有交期及出貨量限制的訂單優先排程。
- (5) 將無特殊限制訂單及非生產負荷項目排入排程。

(6) 回到 (1) 直到所有測試設備都排完。

(7) 評估各測試設備負荷狀況，決定是否做排程調整。

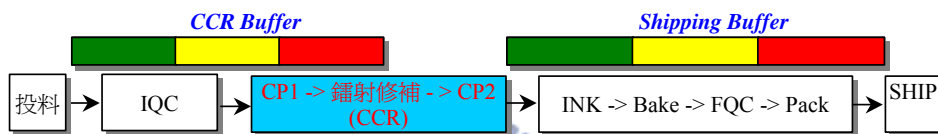
六、定義緩衝時間的設定規則：

由於不同的產品之間測試時間並不盡相同，而且有時可能差異很大，故緩衝時間設定採取依待測天數固定天數的方式定義，初期先依該公司過去的歷史資料與經驗列出相關的公式如下：

(1) 瓶頸緩衝 = 2.5 天

(2) 出貨緩衝 = (Σ 非瓶頸機台站的平均製程時間) \times 1.5

因此個案公司的緩衝時間架構如圖十一所示，在投料至測試製程間設定瓶頸緩衝 (CCR Buffer)，及在測試製程與出貨包裝站之間設定出貨緩衝 (Shipping Buffer)。相關之資訊圖示如下：



圖十一 個案公司緩衝時間架構示意圖

資料來源：本研究整理

緩衝時數的計算方式，以固定 2.5 天做為瓶頸緩衝 (CCR Buffer)；同樣的計算在測試製程後的所有製程平均標準工時乘上 1.5 倍做為出貨緩衝 (Shipping Buffer)，加上在測試製程的加工時間，做為生產週期時間的目標時數。

七、定義瓶頸資源排程維護方式：

透過以上的確認程序，我們清楚在排程上所需的資訊以及限制，但為確保測試設備排程作業能被順利的執行，我們必須採取以下行動：

(1) 定義瓶頸排程作業的負責單位、排程時機以及排程的頻率。

(2) 定義緊急訂單的比例以衡量生管部門管理訂單的績效，並由生產部門主管共同製令的最早可開始時間為趕工區設定緩衝時數，以避免將訂單排程在沒有機會在預定開始加工前到達測試製程站。

測試設備排程維護程序則規定如下，由排程單位配合程序進行排程作業：

(1) 選取已做產品分配 (Allocate) 的測試設備排程。

(2) 自瓶頸排程資料庫寫出目前已排程未完工之測試設備排程製令。

(3) 依已收料訂單明細帳，列出待排程或未排完的訂單。

(4) 依上述排程限制下依序排入排程，若有非生產負荷也同時排入排程。

- (5) 依測試製程相關設定資料，由系統即時計算所有製令負荷時數，推算預計開始加工時間以及預定完工時間。其中製令預計開始加工時間不得早於趕工區設定緩衝時間，預定完工時間則不得晚於以訂單交期時間(Due-date)計算的最晚完工時間。
- (6) 回到(1)，將所有測試設備都排完。
- (7) 依設定的緩衝時間，將更新後的測試設備排程所有製令，以預定開始加工時間減去瓶頸緩衝時數推算投料時間，以及預定完成加工時間加上出貨緩衝推算預定出貨時間。
- (8) 測試設備排程經確認後，將測試設備排程(預定開始加工時間及完成加工時間)、投料時間、預定出貨時間等限制驅導式排程資料，寫入瓶頸排程資料庫。

八、 定義瓶頸資源排程回饋方式：

由於測試製程會受到異常影響實際產出，因此要有一套瓶頸資源排程回饋的機制，以確定測試設備排程與現場調度管理能協同作業，將測試設備排程維持在較即時的狀態，除了能監控現場依測試設備排程確保執行生產作業，也可確保在排程作業時排程資訊的正確性：

- (1) 已完工排程項目回報：透過 MES 系統 Track-out 程序寫回限制驅導式排程管理系統。
- (2) 測試設備狀態更新：建立一套作業規範，規定當測試設備或配件狀態有所變動時，例如：設備故障、配件故障等，有一套回報機制，讓現場人員在規定的條件下，要求排程人員調整排程或更新負荷時數等。
- (3) 測試製程異常處理：建立一套作業規範，規定當測試製程發生異常時，例如：誤宰率過高、配件故障需長時間維修等，有一套回報機制，讓現場人員在規定的條件下，要求排程人員調整排程。

九、 定義瓶頸資源重新或調整排程規則：

為了因應現場回饋狀態及新增訂單狀況一直在動態的改變，建立一套作業規範，定義重新排程的時機、排程調整幅度與原則、限制重新排程的條件，讓相關人員配合執行。

十、 定義投料計劃控管方式：

投料節奏是以晶圓做為控管標的，投料代表正式啟動生產作業以及現場在製品的投入。在投料控制上，有以下幾點必須注意：

- (1) 投料週期：晶圓投料週期是 2 小時，代表每 2 小時將檢視是否有投料的需求。
- (2) 投料時間計算：晶圓投料時間是以測試製程標準工時減去瓶頸緩衝時數求得。
- (3) 投料限制：晶圓在投料時仍為不可分割的單位，因此當同一製令分配在測試設備生產時，同一批晶圓須以同時投料，而無法以個別測試設備排程量投料，必須待到實際測試製程時才進行分頭共測作業。
- (4) 投料節奏可做為進料檢驗及開立製令順序的依據：投料人員每 2 小時將投入之貨批運

送到指定的站別完成實際投料的動作。

十一、緩衝管理設計：

緩衝管理則是維持瓶頸資源排程被有效執行的現場管理方法，趕工區：警示區：忽略區以各三分之一分配先前所設定的緩衝時數，以下是瓶頸各緩衝區製令的定義及相關的管理方式，在出貨各緩衝區也採取相同管理方式：

- (1) 瓶頸延誤清單：製令預定開始加工時間已穿透目前時間，仍有已達子批少於應達子批的製令，表示測試設備排程隨時將被延誤，必須停線或立即變更生產排程順序，列印所有子批目前在製程的位置，由製造部門課長每 2 小時列印延誤清單並立即下達趕工指令。
- (2) 瓶頸趕工清單：製令預定開始加工時間在趕工區時數內，依據穿透趕工區時數計算應達子批數；若已達子批數小於應達子批數製令，則以趕工區清單列出所有子批目前在製程的位置，由製造部門課長每 2 小時列印趕工清單並判斷是否須下達趕工指令。
- (3) 瓶頸警示清單：製令預定開始加工時間在警示區時數內，依據穿透警示區時數計算應達子批數；若已達子批數小於應達子批數製令則以趕工區清單列出所有子批目前在製程的位置，由製造部門課長每 2 小時查詢警示清單，若仍有未投料的製令，要求立即投料。
- (4) 瓶頸忽略清單：製令預定開始加工時間仍在忽略區時數內，不做任何處置。

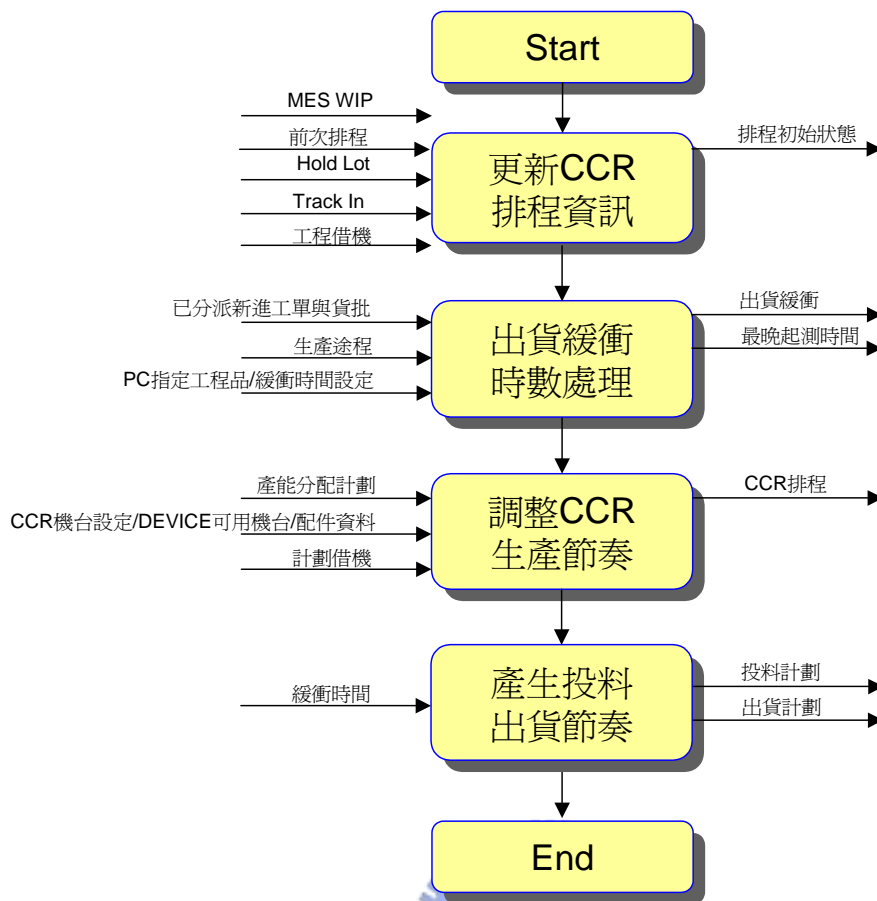
此外由於測試製程以外製程並不另外排程規劃，但測試製程以外製程在不同產品組合下也有作業限制，因此不適當的派工將也會傷害到瓶頸資源的運作或預定交期的延誤。

十二、現場績效管理

由於晶圓測試本身並無材料之投入，故整體現場之績效管理指標主要是以 TDD 為主。所謂 TDD 是以所有已投料訂單，將投料時所確定之預定出貨時間穿透天數與每筆測試訂單價格的乘積。TDD 資料每日定時結算，並細分至產品別及客戶別，於每日的生產日會進行檢討，當發現 TDD 的趨勢曲線變高時，可立即透過層別資料找出增大 TDD 的主因，要求現場人員立即改善。

4.3.3 新系統導入計畫

相關 DBR 排程系統作業處理流程圖示如下：

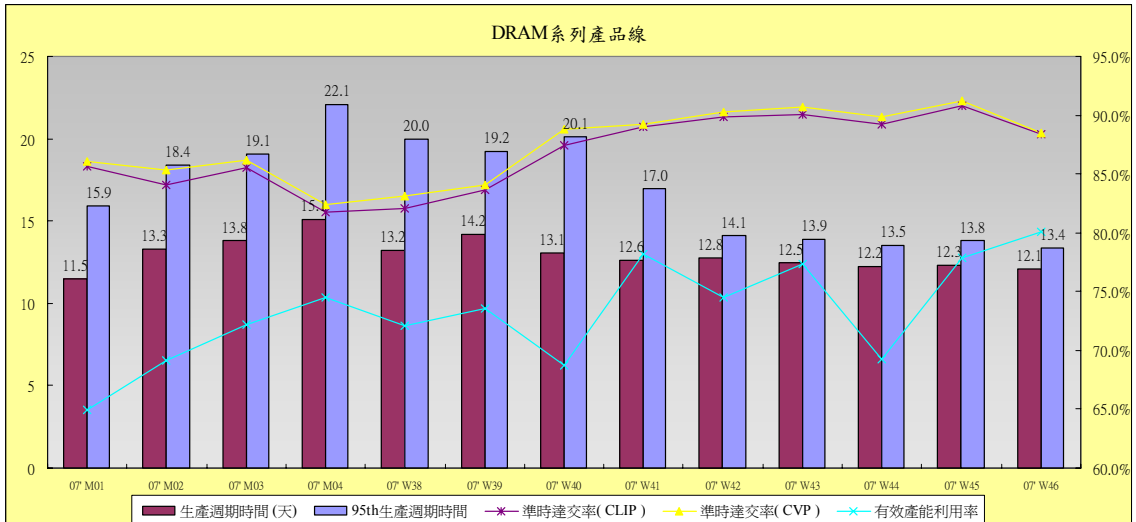


圖十二 DBR 排程系統作業處理流程圖

資料來源：個案公司資料，本研究整理

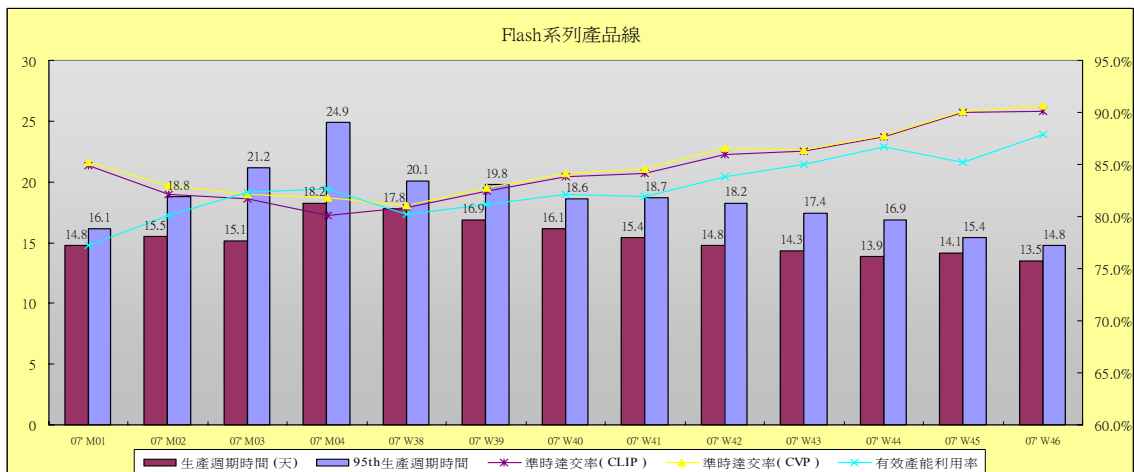
4.4 導入成效確認

個案公司在近 4 個月的時間內從建立 DBR 的觀念，透過 DBR 管理系統模型及設計導引，開始進行新管理機制設計、資訊系統設計與程式開發以及對所有現場基層幹部進行上線前教育訓練。在正式上線前，資訊系統與新管理機制均已文件化相關人員亦接受相對應的訓練，新管理機制於 2007/09 (W38 週) 正式上線。當然上線之初仍有一段時間的陣痛期與適應、調整期，但在一個月後 (W42 週) 後，新生產管理機制的效果則逐漸顯現。



圖十三 導入後 DRAM 產品生產週期與產能利用率推移圖

資料來源：個案公司資料，本研究整理



圖十四 導入後 Flash 產品生產週期與產能利用率推移圖

資料來源：個案公司資料，本研究整理

從新管理機制導入前後之比較，以 DRAM 系列產品線而言，我們可以發現以下幾點：

- (1) 平均的生產週期時間降低了 0.6 天，改善幅度為 4.8%；但 95th Lot 生產週期時間卻減少了 2.8 天，改善幅度達 14.6%。從此點看來，過去長期被延誤的訂單獲得較大幅度的改善成效。
- (2) 準時達交率(CLIP / CVP)提升分別為 3.6%，3.4%，改善幅度分別為 4.3%，4.0%。
- (3) 而以有效產能利用率則提升 4.4%，改善幅度為 6.3%。
- (4) 由於投料控制的結果，使得在現場的在製品數量得以減少，而使現場的管理幹部與技術員更能專注於瓶頸設備的產出，無形中也使整體生產效率得以提升。

而從 Flash 系列產品線來看，改善的成效亦頗為接近。

DRAM系列產品線

項目	導入前平均	導入後平均	改善幅度	改善百分比
生產週期時間(天)	13.4	12.8	-0.6	4.8%
95th生產週期時間	18.9	16.1	-2.8	14.6%
準時達交率(CLIP)	84.3%	87.8%	3.6%	4.3%
準時達交率(CVP)	85.0%	88.4%	3.4%	4.0%
有效產能利用率	70.2%	74.6%	4.4%	6.3%

Flash系列產品線

項目	導入前平均	導入後平均	改善幅度	改善百分比
生產週期時間(天)	15.9	15.2	-0.7	4.4%
95th生產週期時間	20.3	17.8	-2.5	12.3%
準時達交率(CLIP)	82.2%	85.7%	3.5%	4.3%
準時達交率(CVP)	83.0%	86.0%	3.0%	3.6%
有效產能利用率	80.6%	83.8%	3.2%	4.0%

表二 導入前後改善成效比較表

4.5 導入關鍵成功因素與挑戰

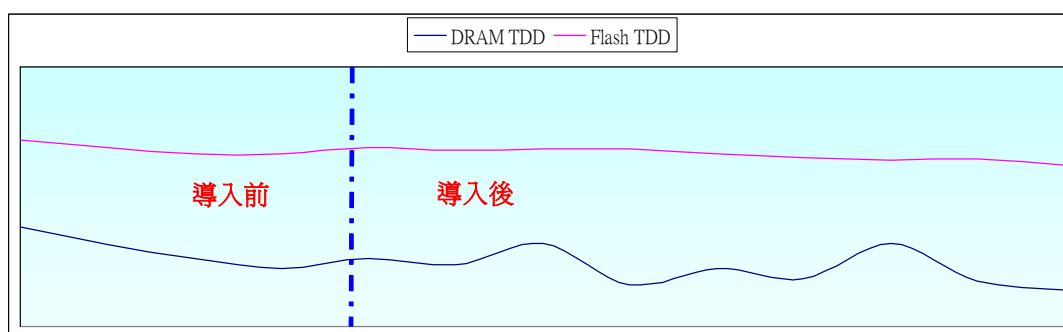
從新管理機制導入的結果看來，的確獲得一定程度的改善。除了限制管理機制及所提出的導入方法是導入成功的主要關鍵因素之外，另外還有一些成功因素是特別需要提出的：

- (1) 記憶體晶圓測試最高主管的積極參與：記憶體晶圓測試最高主管參與專案全程的討論，除適時提供意見給專案成員外，並協助新管理機制導入初期將來自工程部門及製造部門的配合程度大幅提升。
- (2) 資訊部門的充分配合：除 IT 部門大力配合外，個案公司所建立的資訊環境也是本次專案能順利上線的重要因素之一。

雖有高層主管的支持，但由於新管理機制改變現場以往的作業行為，所以在導入期間，我們也遭遇以下的挑戰：

- (1) 當瓶頸資源的產出隨著新管理機制逐漸穩健而提升的同時，原本非瓶頸製程的保護產能逐漸減少，部份的產品在特定的非瓶頸站有發生延誤的現象，所以必須啟動製程改善，提升非瓶頸的製程能力來全力配合瓶頸資源的產出。
- (2) 當開始導入的同時，並未能和客戶進行有效的溝通，急件與插單的狀況仍時有發生，這也造成產出本身未能大幅提升。
- (3) 雖然導入的這二條產品線生產效率與準時達交率有所提升，但由於部份產品生產之穩定度依然欠佳，使得有效產能利用率之提升依然未達標準。這仍有待下一階段的改善。

(4)由導入前後之 TDD 推移圖看來，在 DRAM 系列的產品線 TDD 提升之幅度較大，相對的起伏變化亦較顯著。而 Flash 系列的產品線 TDD 改善的幅度就較不顯著。其可能的原因：在 DRAM 系列的產品線除準時達交率的提升外，由於不同產品之間的測試單價差異頗大且下半年的測試單價較低亦可能是影響因素之一；而 Flash 系列產品線，因產品測試單價無太大幅差異外，則呈現表較穩定的下降情形。



圖十五 導入前後 TDD 推移圖
資料來源：個案公司資料，本研究整理



第五章 結論與未來研究方向

5.1 研究結論

記憶體封測產業在近年來經營環境變化的快速與競爭的激烈下，使得價格之變化起伏相當之高，在生產週期時間上的競爭力絕對是最主要的關鍵要素之一。透過不斷的在生產技術與市場領域改善來增加公司的競爭力外，我們管理生產的方法亦須有所變革。導入限制管理機制，我們改變以往生產的方法與思維，也使得生產系統環境更為順暢與穩定。對本論文的研究而言，在此告一個段落，但對個案公司而言，卻只是改變的開始。本研究透過限制管理機制導入方法，將個案公司導入限制管理機制，以個案公司實證結果來推論本研究的目的，做以下的結論：限制理論的導入的確有助於改善半導體晶圓測試廠在交期管理上的問題，其在生產週期及產出上改善的績效均有明顯的幫助。

5.2 未來研究方向

對未來而言，半導體產品功能/價格比只會愈來愈高，現有產品之降價速度也只會愈來愈快，對現有的廠商的挑戰只會愈來愈大。對於記憶體封測產業而言，大者恆大的趨勢已悄然成形，對存在市場的廠商而言，透過合併或極積的擴充現有規模，以擴大經濟規模與進行產業上、下游之間的整合，已是生存的重要法則。在未來對所謂的封裝測試一元化訂單 (Turnkey Order) 管理的需求已經浮現。但就本研究而言，在未來應該可以往以下幾個方向探討：(1) 內部：由於個案公司是晶圓測試廠，測試生產環境有更複雜的製程回流問題存在，因此具有進一步的探討的空間。(2) 外部：針對晶圓測試 -> IC 封裝 -> IC 成品測試之一元化訂單(Turnkey Order)管理整合，由於在此三者之間產品已經由晶圓轉變成 IC 型態，而製程所用之設備亦完全不同，所以此一議題在未來可資研究的空間定然不小，而且這亦是產業的趨勢。

參考文獻

中文部分

- [1] 吳鴻輝，林則孟與吳凱文，「限制驅導式管理系統於半導體封裝廠之應用」，工業工程學刊，第十六卷第一期，第 13-37 頁，1999 年。
- [2] 吳鴻輝，李榮貴，「利用限制理論落實改革」，管理雜誌，第 225 期，1995 年。
- [3] 吳鴻輝，李榮貴著，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，台北，2002 年 3 月，二版三刷。
- [4] 陳俊宏，「半導體封裝履約管理模式研究」，交通大學工業工程研究所，碩士論文，民國 91 年。
- [5] 李榮貴，「問題分析與決策上課講義」，國立交通大學工業工程與管理所課程，2002 年。
- [6] 李榮貴，「製造管理專題上課講義」，國立交通大學工業工程與管理所課程，2002 年。
- [7] 高德拉特(Eliyahu M. Goldratt)著，目標-簡單而有效的常識管理，齊若蘭譯，天下文化，台北，1997 年。
- [8] 高德拉特(Eliyahu M. Goldratt)著，絕不是靠運氣，周伶利譯，天下文化，台北，1997 年。
- [9] 高德拉特(Eliyahu M. Goldratt)著，關鍵鏈-TOC 式專案管理，羅嘉穎譯，力天香港有限公司，香港，1997 年。
- [10] 柯林斯(Jim Collins)著，從 A 到 A+—向上提升，或向下沈淪？企業從優秀到卓越的奧秘，齊若蘭譯，遠流出版，台北，2002 年。
- [11] 吉羅德·肯道爾(Gerald I. Kendall)著，可行願景，日月文化，2006 年。
- [12] 李榮貴，張盛鴻著，TOC 限制理論—從有限走到無限，中國生產力中心，2005 年。
- [15] AMT 企業資源管理研究中心，<http://www.amteam.org/>。
- [16] 堤歐西管理顧問公司，<http://www.tocgc.com.tw/>。
- [17] 彭茂榮，2007 年第二季台灣 IC 產業發展現況與展望，IEK，2007 年九月
- [18] 麥可·波特(Michael E. Porter)著，競爭策略(Competitive Strategy)，周旭華譯，天下文化，1998 年
- [19] 彼得·聖吉(Peter M. Senge)著，第五項修練，郭進隆譯，天下文化，1994 年
- [20] 謝偉民，「高科技產業導入 JIT 生產方式的績效研究—以美台電訊公司為例」，國立清華大學工業工程與工程管理學系，碩士論文，1999 年

英文部分

- [21] Bauer, A. Bowden, R. Browne, J. Duggan, J. Lyons J. Shop Floor Control Systems From design to implementation, 1st Edition, Chapman & Hall, London, 1994.
- [22] Dubois, D. and Prade, H., “Ranking Fuzzy Numbers in the Setting of Possibility Theory”, Information Science. 8, pp.1-7, 1977.
- [23] Forgarty, D. W. and Hoffmann, T. R., Production and Inventory Management, South-Western Co., Cincinnati, 1991.
- [24] Gardiner, S. C., Blackstone, J. H. and Gardiner, L. R., “Drum-buffer-rope and Buffer Management,” International Journal of Operations & Production Management, Vol. 13, No. 6, 1993.
- [25] Goldratt, E.M., The Haystack Syndrome, North River Press, Croton-on-Hudson, New York, 1990.
- [26] Goldratt, E.M., The Race, North River Press, Croton-on-Hudson, New York, 1990.
- [27] Gardiner, S. C. and Blackstone, J. H., “Dynamic Buffering”, International Journal Production Research, Vol. 36, No. 2, pp.333-342, 1998.
- [28] John Miltenburg, Manufacturing Strategy – How to Formulate and Implement a Winning Plan, Productivity Press, Portland Oregon, 1995.
- [29] Riezebos J. , Korte G.J. , Land M.J. , “Improving a practical DBR buffering approach using Workload Control”, International Journal of Production Research, VOL.41, NO. 4, pp.699-712, 2003.
- [30] Lundrigan, R., “What is This Thing Called OPT?”, Production and Inventory Management, Vol. 27, No. 2, pp. 2-12, 1986.
- [31] Norman Gaither, Production and Operation Management, 7th Edition, Duxbury, 1996.
- [32] Schragenheim, E. and Ronen, B., “Buffer Management: a Diagnostic Tool for Production Control”, Production and Inventory Management Journal, Second Quarter, 1991.
- [33] Avraham Y. Goldratt Institute, <http://www.goldratt.com/>.
- [34] Dr. Eliyahu M Goldratt and Avraham (Rami), TOC Insights, 2003.
- [35] David Christensen · Jim Walker · Masatsune Yamaji · Semiconductor Packaging, Assembly and Test Facilities: Worldwide 2Q07 · Dataquest · 2007 April