

國立交通大學

高階主管管理學程碩士班

碩士論文

TOC 運用於熱導管生產管理之研究

A Study of Theory of Constraints Applied to Production
Management in Heat Pipe Industry



研究生：廖敏雄

指導教授：李榮貴博士

中華民國 九十五年 十二月

TOC 運用於熱導管生產管理之研究

A Study of Theory of Constraints Applied to Production Management in Heat Pipe Industry

研究生：廖敏雄

Student : Min- Hsiung Liao

指導教授：李榮貴 博士

Advisor : Dr. Rong-Kwei Li

國立交通大學
高階主管管理學程碩士班
碩士論文



Submitted to Master Program of Management for Executives

College of Management

National Chiao Tung University

in partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Executive Master

of

Business Administration

December 2006

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十五年十二月

TOC 運用於熱導管生產管理之研究

學生：廖 敏 雄

指導教授：李 榮 貴 博士

國立交通大學高階主管管理學程碩士班

摘 要

熱導管專業廠預期桌上型電腦因散熱需求，將採用含熱導管的散熱模組取代傳統散熱模組，於2005上半年大幅擴充產能，散熱模組的廠商也覬覦此大餅，紛紛自製熱導管，以垂直整合，降低成本。產業型態由需求大於供給變為供過於求，由大量生產轉為少量多樣，由計劃性生產轉為接單生產。產業面臨嚴峻考驗，如何提升客戶滿意度，以爭取更多訂單則是企業刻不容緩的目標。為滿足顧客的需求，企業必須提供兼顧成本、品質與交期三大關鍵因素的服務。然而售價已因市場機制而固定，所以不管成本多少，競爭廠商在售價與品質差異不大時，交期長短與準確性便成為接單的最關鍵因素。因此直接被衝擊到的就是現場排程與管理工作，當市場競爭愈激烈時，現場排程與管理不但會愈複雜，而且愈是工廠成敗的重心，如何有效因應，是管理者責無旁貸且須全力以赴的使命。

Dr. Goldratt 所提出的限制驅導式現場排程與管理技術 (Drum-Buffer-Rope, DBR)，提供了簡易可行的現場排程與管理思維理念，經過二十多年來的發展，已成為企業真正改變的一套絕佳解決方案。因此本研究希望能透過限制理論的導入，建立限制驅導式排程管理系統模型，再以熱導管產業的一家個案公司，做為實證研究。以達到有效縮短製造週期、降低庫存並提昇訂單交期的準確性。

關鍵字：限制理論、限制驅導式排程

A Study of Theory of Constraints Applied to Production Management in Heat Pipe Industry

Student : Min- Hsiung Liao

Advisor : Dr. Rong-Kwei Li

**Master Program of Management for Executives
National Chiao Tung University**

Abstract

Estimating the thermal requirement for desktops, heat pipe suppliers adopt thermal modules with heat pipes instead of traditional thermal modules. Owing to tremendous production capacity increase in the first half of 2005, thermal module suppliers covet the big market, so they start to make their own heat pipes to have vertical integration and lower the cost. The industry pattern changes from the demand exceeding the supply to the supply exceeding the demand, from mass production to small quantity but large variety, and from planning production to build-to-order. The industry faces severe challenge. The first priority target is how to enhance customer satisfaction to win more orders. In order to satisfy customer demand, the business must provide the services that emphasize on the three key factors : cost, quality and delivery. However, the price is fixed based on the market mechanism, so no matter how much the cost is, when there is no big difference in price and quality between competitors, the delivery and the accuracy become the most key factors when getting orders. Therefore, the direct strike is the production planning and management. When the market competition is getting fiercer, the production planning and management not only get more complicated, but also become the focus to win or loss. How to react effectively is the mission for managers who are indispensable and devoted.

Dr. Goldratt provides easy and practical production planning and management theory in Drum-Buffer-Rope (DBR). After the development for two decades, DBR becomes the best solution for industries. Therefore, this research is to build up the DBR model through the DBR implementation, and provide the case of how one heat pipe company can shorten the production cycle effectively, lower down the stock and increase the delivery accuracy.

Keywords: Theory of Constraints (TOC), Drum- Buffer- Rope (DBR)

誌謝

離開學校多年，有幸與企業界精英在交大名師的指導下共聚一堂，實為人生一段美好的機緣。

本論文得以圓滿完成，除在課堂上得到恩師李榮貴博士對TOC的啟發，而得以學以致用外。於整個研究期間，從論文題目的擬定、研究方向與架構的確立、以及文章的潤飾，均適時給予周詳的指導與建議，謹此致上最誠摯的謝忱。

口試期間，承蒙吳鴻輝教授及張盛鴻教授對我的論文提出寶貴的意見與啟發性的建議，使論文更加充實與完備，特此致上由衷的致謝。

另外還要感謝個案公司同仁協助提供相關的資料，同事青欣、女兒于晴的協助校稿，使本論文可能的錯誤降到最低。

最後感謝內人月琴的辛勞與持家，讓我在工作與課業兩忙下無後顧之憂，順利完成學業。



廖敏雄 謹誌於
交通大學高階主管管理碩士學程

中華民國 95年 12月

目 錄

	頁次
中文摘要	i
英文摘要	ii
誌謝	iii
目錄	iv
圖目錄	vi
表目錄	vii
第一章 緒論	1
1.1 研究動機與目的	1
1.2 研究架構	3
第二章 文獻探討	4
2.1 熱導管的原理與製程	4
2.2 限制理論 TOC 之介紹	6
2.3 限制驅導式排程方法	8
2.4 限制驅導式現場排程與管理的精簡法則	13
第三章 限制驅導式排程要領	15
3.1 確認瓶頸實體限制	15
3.2 緩衝建立要領	15
3.3 限制驅導節奏設計要領	16
3.4 投料時程規劃要領	20
3.5 緩衝管理設計要項	20
3.6 非限制資源之規劃	21
第四章 個案實例驗證	22
4.1 個案公司簡介	22
4.2 導入背景	22
4.3 限制驅導式排程模式導入	23
4.3.1 確認瓶頸資源所在	23

4.3.2	充份利用受限產能	24
4.3.3	建立緩衝保護	28
4.3.4	設計限制驅導節奏	28
4.3.5	規劃投料時程	33
4.3.6	緩衝管理設計	34
4.3.7	非限制資源之排程準則	36
4.4	在製品資訊系統導入	36
4.5	導入成效	43
4.5.1	導入前、後成效分析	43
4.5.2	導入歷程的挑戰與解決	46
第五章	結論與未來研究方向	48
5.1	研究結論	48
5.2	未來研究方向	49
參考文獻	50
附錄	52



圖 目 錄

頁 次

圖 1 全球 PC 出貨量趨勢圖	1
圖 2 研究架構圖	3
圖 3 熱導管原理圖解	4
圖 4 熱導管 (Heat Pipe) 的生產製造流程圖	5
圖 5 限制驅導式現場排程法基本架構圖	11
圖 6 CCR (填粉站) 作業流程圖	25
圖 7 改善前後之填粉良率圖	27
圖 8 個案公司瓶頸緩衝時間架構示意圖	34
圖 9 個案公司出貨緩衝時間架構示意圖	35
圖 10 應用限制驅導式現場排程方法的基本資料	37
圖 11 在製品資訊系統架構圖	38
圖 12 製令進度管制表	41
圖 13 製造週期 (Throughput Time)	42
圖 14 ATP Analysis Report	42
圖 15 瓶頸緩衝時間推移圖	44
圖 16 出貨緩衝時間推移圖	45
圖 17 產品平均製造週期推移圖	45
圖 18 在製品庫存天數推移圖	46

表 目 錄

	頁 次
表 1 機台每週產能與負荷分析	9
表 2 個案公司機台日產能與負荷分析	23
表 3 改善前後填粉站作業內容	26
表 4 瓶頸站工時資料表	29
表 5 瓶頸站生產排程	31
表 6 投料時程表	33
表 7 工作中心與製程站的關聯性	39
表 8 導入前、後成效分析	44



第一章 緒論

1.1 研究動機與目的

熱導管(Heat Pipe)主要功能為散熱，其應用領域為桌上型電腦、筆記型電腦、伺服器、繪圖卡、通訊系統、軍事設備.....等，運用最普及、需求最廣泛則非電腦週邊設備莫屬。台灣為世界最大電腦製造基地，身為供應鏈一環的熱導管業的興衰，自然也跟電腦之成長息息相關。根據IDC 2005年資料 [5] (如圖1)，全球PC出貨量達到2.01億台，其中NB(筆記型電腦)約佔6,477萬台，DT(桌上型電腦)為1.36億台。預估2006年全球PC銷售為2.22億台，年增率10.5%，其中DT為1.44億台，年增率5.5%，NB為7,851萬台，年增率21.2%。

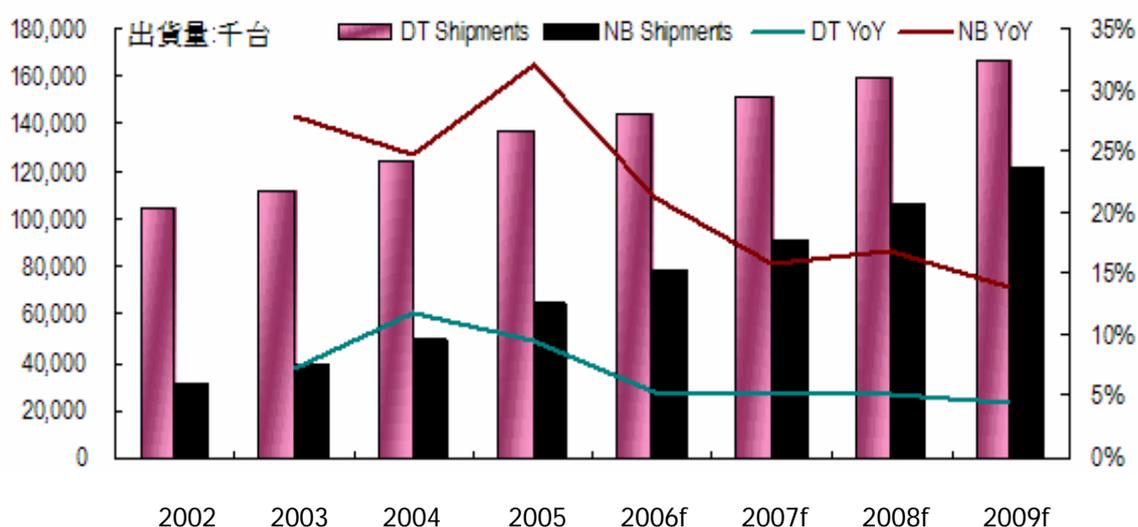


圖 1 全球 PC 出貨量趨勢圖

資料來源：[5]

NB 由於體積小、重量輕，搭配熱導管後的散熱效率佳，因此熱導管已普遍運用在NB散熱模組中，目前在NB模組已達到 100%的使用率。DT則是以散熱片搭配高轉數風扇之組合為主，不過在CPU的頻率進入3GHz後，傳統DT的散熱模式已不敷需求，使用熱導管的散熱模組為較佳解決方案。所以Dell已率先將以往NB才會採用熱導管的模組架構植入DT散熱器的設計概念中，而後HP也開始跟進，使得採用熱導管的DT散熱模組在近幾年開始增加。全球DT採用熱導管的比重由2002年的0%提高到2004年的10%，市場預期2005年將會成長到30%。不過就2005年從散熱模組廠的出貨來看，由於除了Dell之外的系統大廠對DT採用散熱模

組仍不是很熱衷，實際出貨與公司預期稍有落差，只有15-20%，無法達到市場預期的35%。另外本來預期2006年Intel主打的雙核心CPU，因其對散熱問題需求更甚，DT使用含熱導管的模組產品比重一定會大幅提升，然而因低階電腦的風行且Intel雙核心散熱瓦數需求較預期為低，使得電腦廠商放棄熱導管模組，改採傳統散熱模組，造成熱導管需求大幅降溫。

熱導管專業廠基於上述市場需求預期，於2005上半年大幅擴充產能，散熱模組的廠商也覬覦此大餅，紛紛自製熱導管，以垂直整合，降低成本。2005下半年產業型態由需求大於供給變為供過於求，由高毛率進入價格殺戮戰場，由大量生產轉為少量多樣，由計劃性生產轉為接單生產。企業的生存面臨嚴峻考驗，如何提昇競爭力，因應瞬息萬變的外在環境變化，便成為企業的重要課題。許多企業已慣於透過不斷的投資更新的設備來提升產能，來滿足交期與品質的要求，並藉由過去許多主流的管理技術來降低企業製造環境的變異性。然而要透過改善活動來降低企業製造環境的變異，通常需要很長的時間與資源的投入，如何運用簡單有效方式檢視企業管理營運的方式，解決核心問題，才能立竿見影短期提昇競爭能力，以跟上企業經營環境變化的腳步。

熱導管業面臨供過於求的產業競爭狀態，如何提升客戶滿意度，以爭取更多訂單則是企業刻不容緩的目標。為滿足顧客的需求，企業必須提供兼顧成本、品質與交期三大關鍵因素的服務。然而售價已因市場機制而固定，所以不管成本多少，競爭廠商在售價與品質差異不大時，交期長短與準確性便成為接單的最關鍵因素。因此直接被衝擊到的就是現場排程與管理工作，當市場競爭愈激烈時，現場排程與管理不但會愈複雜，而且愈是工廠成敗的重心，如何有效因應，是管理者責無旁貸且須全力以赴的使命[1]。

Dr. Goldratt 於 1986所提出的限制驅導式現場排程與管理技術，是一套建立在限制理論 (Theory of Constraints, TOC) 管理哲學上的生產管理技術，其提供了簡易可行的現場排程與管理思維理念，經過二十多年來的發展，限制理論已成為企業真正改變的一套絕佳解決方案。因此本研究的動機是希望藉由導入限制驅導式現場排程與管理技術，以縮短製造週期、降低庫存，達到提昇企業競爭力的目的。

另外在製品(WIP)的準確與否，會影響限制驅導式現場排程與管理的成效。所以導入限制驅導式現場排程時，也希望建置在製品資訊系統，讓管理者確實掌握在製品的產品種類、數量及所在站別，以提供生管與生產決策所需。

1.2 研究架構

本論文研究架構(如圖2)所示，第一章緒論介紹研究動機與目的。第二章文獻探討介紹熱導管的原理與製程、限制理論、限制驅導式排程方法與限制驅導式現場排程與管理的精簡法則。第三章限制驅導式排程要領，試圖整理出限制驅導式排程的執行步驟與重點要領，一方面做為導入實施之順序依據，另一方面可為教育訓練之用，期望能以最短時間讓參與人員瞭解限制理論的解決方案，以期縮短導入時程及提高成功導入的機率。第四章個案實例驗證，以一家生產熱導管的公司為個案，導入在製品資訊系統與限制驅導式排程模式，並分析實行前後的成效。第五章結論與未來研究方向，對實施成效做總結，並提出未來可繼續改善的方向及建議。

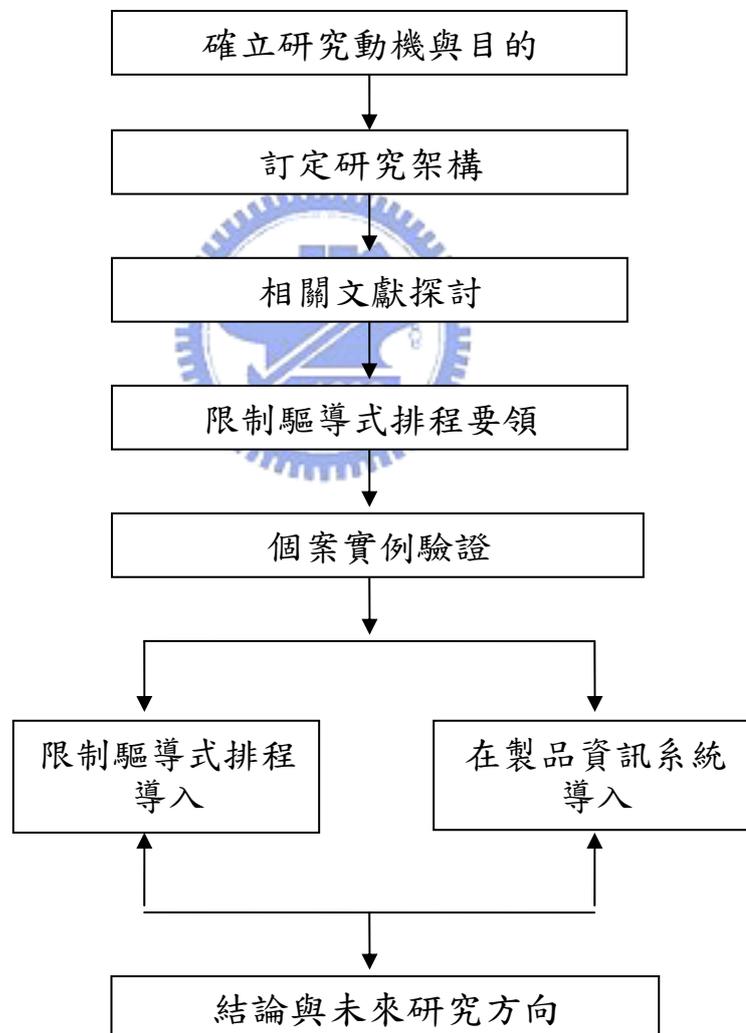


圖 2 研究架構圖
資料來源：本研究整理

第二章 文獻探討

2.1 熱導管的原理與製程

熱導管的傳熱現象[8][9]，包含「傳導」、「蒸發」、「對流」及「冷凝」等現象的組合。由於其利用到物質相變化時，可吸收或散發高熱能的現象，因此使得熱導管成為具備極高的熱傳效率之設備。舉例說明，若將熱導管和同體積金屬棒的二端置於同樣溫差下，熱導管的導熱量將可達到金屬棒的一千倍以上。

熱導管的結構十分簡單，基本上，是將液體加在一根細長、中空、二頭封閉的金屬管中，此一管子的內壁則有一層毛細物體(Wick)。金屬管的外殼材料最常見的有黃銅、鎳、不銹鋼、鎢及其他合金等，而液體物質種類則相當繁多，可包括水、水銀、乙醇、鉀、鈉、鋰及其他等等。本研究所介紹之熱導管採用銅為外殼，內容液體為水。

如圖 3 所示，當熱導管的一端置於較高溫處，而另一端處於較低溫處時，則傳熱現象便開始進行。傳熱的方式為熱由高溫處首先穿過金屬管壁進入毛細物體中，此時毛細物體內的工作液因為受熱則開始產生蒸發的現象。熱導管在高溫處的部份，稱為「蒸發部」(Evaporator)。蒸發端受熱時，會把管壁附近的工作流體汽化，此時受熱端之蒸氣壓力會升高，產生蒸氣流向熱管的另一端，即較低溫處。當汽體到達較冷的另一端時，便開始產生「冷凝」作用，此時，熱量就是由汽態的工作液，透過毛細物體及金屬管壁而傳到較低溫的熱管外部，因此熱管在較低溫的部份即稱之為「凝結部」(Condenser)。

在「凝結部」內，原先由「蒸發部」所蒸發的汽體，會凝結成液體，而這些因冷凝後所產生的液體，則又因「毛細現象」(Capillary Pumping)的作用，自「凝結部」再流回「蒸發部」...這般的流體現象將循環不息而達到散熱目的。

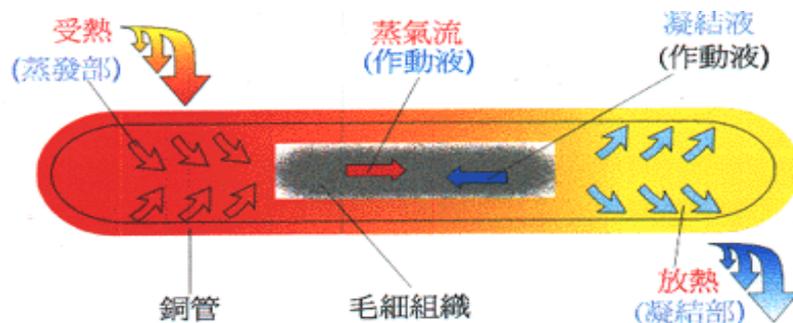


圖 3 熱導管原理圖解

資料來源：[8]

熱導管(Heat Pipe)生產方式可分為四種，溝槽式(Groove)、網目式(Screen Mesh)、纖維與彈簧式(Fiber & Spring)、燒結式(Sinter)，本研究所介紹的製程是屬於燒結式(Sinter)，其生產製造流程(如圖4)。主要製程的說明如下：

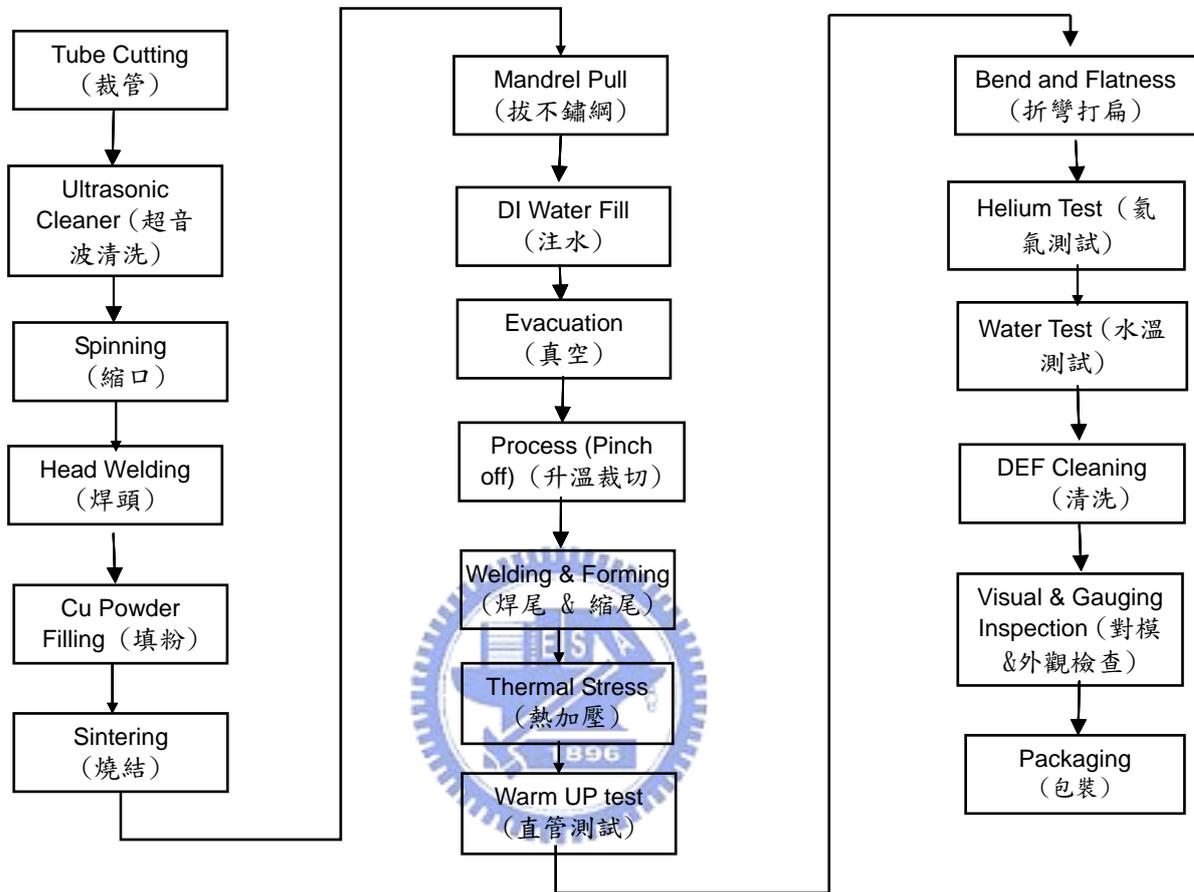


圖 4 熱導管(Heat Pipe)的生產製造流程圖

資料來源：本研究整理

1. Tube Cutting (裁管)：將銅捲或長銅管裁切成產品所需長度。
2. Ultrasonic Cleaner (超音波清洗)：以適當溶劑清除銅管殘留的油脂與殘餘髒物，保持銅管內側非常乾淨。
3. Spinning (縮口)/Head Welding (焊頭)：裁切後銅管，將其中一邊的管徑縮成小孔，並以真空焊接封閉，以利後製程將銅粉與水填入。焊接不緊密或結構不結實，會造成熱導管破孔、漏氣，使熱導管失效。
4. Cu Powder Filling (填粉)：先將不鏽鋼棒插入銅管內，再將適量的銅粉填入不鏽鋼與銅管壁間的空隙中。填入的銅粉數量多寡，會影響產品的功能特性，因此在製程作業中需嚴格管控。

5. Sintering (燒結)：利用燒結爐內的高溫，將熱導管內銅粉固化成結晶狀，並形成一層 wick 結合於銅管內壁。
6. Mandrel Pull (拔不鏽鋼)：拔出不鏽鋼棒，銅管內便形成如不鏽鋼棍厚度的蒸汽空間。
7. DI Water Fill (注水)：純水注入管內，純水需非常乾淨。水量的多寡，影響熱導管功能甚巨。
8. Evacuation (真空)：將管內空氣或氣體抽出，以保持熱導管內呈真空狀態，理論上如熱導管內真空不被破壞，則其功能將維持永久不退化。
9. Process (Pinch off) (升溫裁切)：再一次去除管內氣體，其方式是將導管升溫到 100°C，讓管內的水沸騰，逼使管內廢氣昇到管上端後，裁除該段銅管並封閉。熱導管經此製程後，功能與特性幾已固定。所以在此製程做初步測試，「蒸發部」端與「凝結部」端之間的溫差需少於 4°C。
10. Welding (焊尾) / Forming (縮尾)：熱導管尾端成形如 U 字型，並焊接封閉。
11. Thermal Stress (熱加壓)：以高溫烘烤方式，檢測熱導管焊接的結構強度。
12. Warm up Test (直管測試)：直管的功能測試。
13. Bend and Flatness (折彎打扁)：將熱導管置於成形模具內，折彎成客戶所要求形狀。部份用於筆記型電腦的導管，更需要壓成扁平狀，以節省空間。
14. Helium Test (氦氣測試)：將氦氣(或空氣)加壓打入密閉加壓艙體，使艙體內維持在高壓狀態。當待測物則置於艙體內，可用以測試熱導管是否有微細小孔，產生氣漏。
15. Water Test (水溫測試)：折彎打扁後的功能測試，依照客戶需求做最終測試。
16. DEF Cleaning (清洗)/Visual & Gauging Inspection (對模 & 外觀檢查)/Packaging (包裝)：清洗熱導管、表面拋光、表面抗氧化處理、外觀檢驗、尺寸核對、包裝與入庫。

2.2 限制理論 TOC 之介紹

限制理論的起源可追溯到 70 年代，一位以色列的物理學家 Dr. Goldratt 提出最優生產技術 (OPT, Optimized Production Technology) [13]，是當時最優生產技術之一。導入的公司從中獲得具體的績效改善成果，其中不乏是知名的國際企業。接著，Dr. Goldratt 嘗試著改變傳統的行銷方式，以小說的手法撰寫出一本關於限制理論的書「目標 (The Goal)」[14]，描述一位廠長應用限制理論在短時間內將工廠轉虧為盈的故事。因為該書所描述的是許多工廠普遍存在的問題，因此

該書出版之後，受到讀者廣泛的迴響，並被譯成13國語言，成為全球的暢銷書。

限制理論認為任何系統至少存在著一個限制，否則它就可能有無限的產出。因此要提高一個系統(任何企業或組織均可視為一個系統)的產出，必須要打破系統的限制。任何系統可以想像成由一連串的環所構成，環與環相扣，這個系統的強度就取決於其最弱的一環，而不是其最強的一環。相同的道理，我們也可以將我們的企業或機構視為一條鏈條，每一個部門是這個鏈條其中的一環。如果我們想達成預期的目標，我們必須要從最弱的一環，也就是從瓶頸(或限制)的一環下手，才可得到顯著的改善。換句話說，如果這個限制決定一個企業或組織達成目標的速率，我們必須從克服限制著手，才可以更快速的步伐在短時間內顯著地提昇系統的產出。

Dr. Goldratt 認為，要讓一個企業持續不斷改善，就必須要打破舊有的典範，以嶄新、科學的態度來看待企業裡的現象，找尋出隱藏在這些現象背後的因果邏輯、法則和情境。限制理論即是遵循這觀念，運用簡單甚至是接近常識的直覺方法來解決組織裡的問題。其基本管理主要涵蓋下列幾個常見原則[15, 19]：

1. 局部最佳化的效益總合不等於整體最佳化效益 (The Sum of Optimal is not equal the global optimal) :

因變動、相互依存、政策和衡量指標等因素，系統整體的最佳績效並不等於所有部門最佳績效的總和。各自爭取個別效益的提升，不一定能為企業有效提升整體效益，更有甚者可能造成部門間利益衝突對立，而阻礙公司整體的利益。

2. 平衡的系統並不是好的系統 (Balanced System is not a optimal) :

在競爭越激烈、分工越專精、變化越頻繁的現今環境下，系統是不可能平衡的。傳統上儘可能追求平衡的系統會因為統計波動(Fluctuations) 等因素而導致無法達成平衡。

3. 系統的產出應等於系統中最弱一環的產出 (The Weakest Link limits the success of the entire system) :

系統之最大有效產出決定於瓶頸資源或產能受限資源。系統的產出應由系統中最弱的一環來決定，而不是最強的部分。

4. 系統的許多不良效應只根源於少數的核心問題上 (Most of the Effects within a system are caused by a few Core Problems) :

絕大部分系統出現的不良效應大都只是不受歡迎的指標或現象，而非真正的問題。它們是潛伏於系統下之病因所造成的效應。確認並根除核心問題不僅

可減少不良效應的衝擊，更重要的是可防範不良效應的再度發生。

5. 空有想法不能解決問題 (Ideals are not solution)

坐而思不如起而行，好的想法必須經過系統驗證，否則都無法了解其實質效益，況且常有許多好的想法在執行階段便夭折。

如前所述，限制理論的觀念建立於解決瓶頸制約的問題上，它有一套思考的方法和持續改善的程序，稱之為五個專注的步驟 (Five Focusing Steps) [1,2,3,4,16,17]，這五個步驟是：

步驟 1：確認系統的限制 (Identify the system's constraint)

步驟 2：決定如何充份利用系統限制 (Decide how to exploit the system's constraint)

步驟 3：所有的全力配合步驟二所作的決策(Subordinate everything else to the above decision)

步驟 4：打破系統限制(Elevate the system's constraint)

步驟 5：如果系統限制在步驟四被打破，回到步驟一(If in the previous steps a constraint has been broken, go back to step 1) 警告：不要讓惰性成為系統限制

而這個思考的程序可以讓人們有能力以邏輯和系統的方式回答任何想做持續改善時必會問的三個問題：

1. 要改變什麼？ (What to change ?)
2. 要改變成什麼？ (To what to change ?)
3. 如何改變？ (How to cause the change ?)

這三個問題可以應用到各式各樣的題目上，包括生產、配銷、專案管理、訂定公司的方針、溝通、授權、團隊建立等。

2.3 限制驅導式排程方法

限制驅導式現場排程法是應用限制理論所發展出來的一套生產排程方法。在限制理論中認為：任何系統的最佳績效，受限於系統中的實體限制(如材料、資源、市場等)或無形的政策限制(如績效指標、組織文化)。而就限制驅導式現場排程之技術而言，主要是架構在實體限制的觀念上。

限制驅導式現場排程其生產系統的規劃與控制主要是由限制驅導節奏 (Drum)、緩衝 (Buffer)與投料節奏 (Rope) 三個部分所組成。Dr. Goldratt 以行進中的軍隊來簡單的闡述這個概念，Drum 代表鼓聲，就如同軍隊中的鼓手以鼓聲來引導後續隊員的前進節奏。Buffer 就如同兩士兵的間隔距離，可以利用距離來應付突發的情形。Rope 代表的是隊中的紀律，受紀律的規範使隊伍不拉長且不會亂而達到同步前進的效果。而將這概念對應至生產現場中的情況如下：

1. 確認系統實體限制之所在

基本上，當工廠有產能不足的機台(或工作站)時，則產能最嚴重不足的機台或工作站即為該廠的實體限制，稱之為受限產能(Capacity Constrained Resource, CCR)或瓶頸(Bottleneck)，而其餘的機台則稱為非受限產能(Non-CCR)或非瓶頸 Non-Bottleneck)。

而所謂產能不足的程度是所有資源相對比較出來的相對值。例如負荷產能比為 120%的資源相對於負荷產能比為 110%的資源，就是整廠的瓶頸。但是如果還有一個資源的負荷產能比為 140%時，則負荷產能比為 120%的資源就不再是瓶頸了。例如表 1 [1] 所示各機台產能負荷關係，除了機台 P 以外，其餘機台的負荷產能比多遠小於 100%，所以機台 P 為瓶頸站或產能限制資源。

表 1 機台每週產能與負荷分析

單位：分鐘

機台	機台數	單機產能	每週產出	每週負荷	負荷產能比
B	2	2400	4800	2196	45.8%
T	3	2400	7200	918	12.8%
C	3	2400	7200	2071	28.8%
P	1	2400	2400	2716	113.2%
A	1	2400	2400	1480	61.7%
Q	1	2400	2400	1543	64.3%

資料來源：[1]

2. 限制驅導節奏

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充份發揮。所以必須以系統限制已被充分利用的前提下，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。系統限制的排程設計有一定程度的複雜度，是限制驅導式排程法最主要且難度最高的技術問題。至於如何設計受限產能站的生產節奏，則必須依工廠環境與需求的不同而設計。

3. 緩衝

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。保護的目的在於確保訂單能及時到達受限資源站進而確保出貨的時間不會延誤，以及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，則會破壞驅導節奏的次序，因而造成訂單交期的延誤。因此緩衝對驅導節奏是非常重要的，限制驅導式排程法是以時間緩衝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[10,11,12,17, 20]：

- (a) 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、員缺勤等隨機變異的程度。
- (b) 非瓶頸資源產能負荷之程度。

限制驅導式現場排程法共提出了瓶頸緩衝、裝配緩衝及出貨緩衝等三種緩衝的保護觀念[4](如圖5)。瓶頸緩衝區所涵蓋的時間幅度，是自投料作業站到限制資源站前，投料作業站作業時間與所有非限制資源站的加工時間之加總。而出貨緩衝區的時間幅度則是從限制資源站之後到最後一站出貨作業，其間所有非限制資源站作業時間與出貨作業站作業時間之加總。至於裝配緩衝所涵蓋的範圍則為與瓶頸站裝配之前的加工作業時間之加總。

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。

4. 投料節奏

為了確保限制驅導節奏的可行，除了緩衝時間的保護措施外，系統還必須

要有一些配合的措施。首先最重要的就是投料時機必須配合限制驅導節奏的需要，因此必須由限制驅導節奏來推導出投料節奏，其方法是由該訂單於限制驅導節奏上的計畫開始時間減去受限瓶頸緩衝時間，即可得到該訂單的投料時間。同理，若將該訂單於裝配計畫上的計畫開始時間減去裝配緩衝時間，即可得到要和瓶頸製程工件裝配之裝配件的投料時間。限制驅導式現場排程法的基本架構[4](如圖 5) 所示

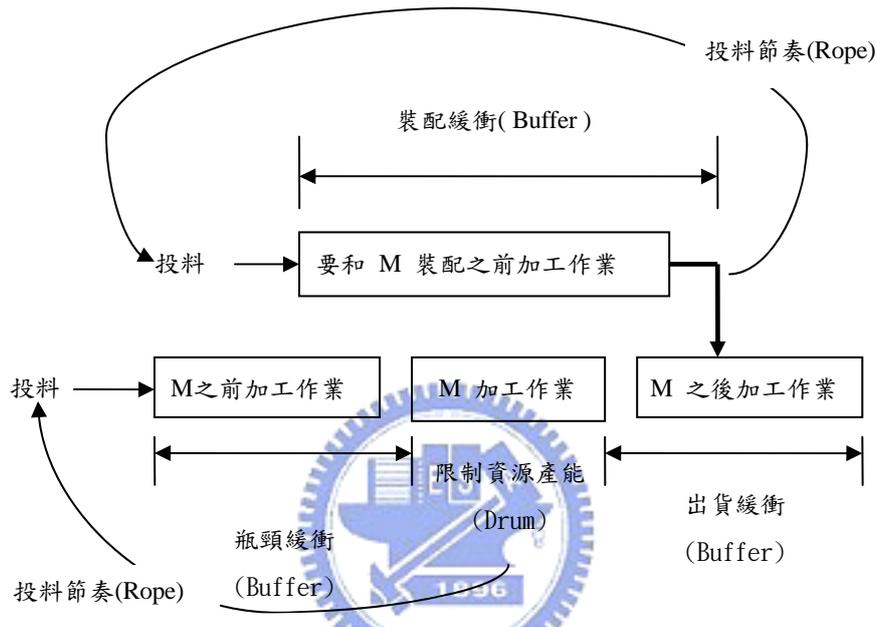


圖 5 限制驅導式現場排程法基本架構圖
資料來源：[4]

5. 緩衝管理

瓶頸資源排程規劃目的，在於使瓶頸資源能做最佳的安排，而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。Goldratt等提出緩衝管理的現場管理方法[16,20]，依在製品需求的緊急程度，將緩衝時幅分為數個區域，給於不同優先程度的管理，以最簡單的程序發揮現場管理的效果。時間緩衝區分為趕工區 (expediting zone)、警示區 (mentioned zone)與忽略區 (ignored zone) 三個區域，並透過監控在這三個區域所出現的空洞 (Hole)位置而達到訂單交期的掌握[11,17,20]，而所謂的空洞代表依限制驅導節奏所計劃應出現在緩衝區內的製造工單，但實際上並未出現。將緩衝時間分配到三個緩衝區域，其定義如下：

- (a) 趕工區：若空洞出現在本區域表示製造工單即將要加工，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造工單採取行動，例如跟催或趕工等。
- (b) 警示區：若空洞出現在本區域表示製造工單尚有一些時間緩衝，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。
- (c) 忽略區：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。

6. 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：訂單交期延誤天數 (Throughput Dollar Day, TDD) 與庫存週轉天數 (Inventory Dollar Day, IDD)，用以取代以往如產能利用率 (Utilization)、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。

2.4 限制驅導式現場排程與管理的精簡法則

限制驅導式現場排程與管理技術的理念和現有工廠中的管理制度有相當多不同之處，所以為了使用上的方便，研究限制理論的學者們將之歸納為下列十個基本法則[1, 2, 4,19]：

1. 要平衡流量(flow)而非平衡產能(capacity)：

所謂產能平衡是指要讓所有設備的產能都接近於市場需求，而不要有多餘的浪費。但實際上，由於有製程的統計波動存在所以要達成產能平衡是有困難的，應將管理的重心放在工廠的流量與市場需求間的平衡，讓各站間的在製品流量順暢。

2. 資源的使用率(Utilization)不等同於可動率(On-Demand Utilization)：

使用率是指資源利用程度，是由市場所決定的。使用率不是愈高愈好，而是愈接近市場的需求愈好。而可動率是指某一資源要被使用時，能夠被運作的機率大小。我們應追求的是高可動率。

3. 非瓶頸資源的使用率不能自行決定，而是由系統的瓶頸資源所決定的：

由於系統的產出績效取決於瓶頸資源，因此非瓶頸資源的使用率必須要配合瓶頸資源來決定，對於產出才有幫助。

4. 瓶頸一小時的損失就是整個系統一小時的損失：

瓶頸決定系統的產出，因此瓶頸中斷一小時生產就等於整個系統產出損失一小時的產出。

5. 非瓶頸資源一小時的節省只是一種假象：

非瓶頸資源節省對於產出並不會有影響，因為是由瓶頸決定產出，所以非瓶頸資源一小時的節省只是一種假象。

6. 瓶頸資源決定了整個系統的有效產出與存貨：

由於瓶頸資源的限制驅導排程決定了系統的產出及投料節奏，因此瓶頸資源決定了整個系統的有效產出與存貨。

7. 移轉批量不必/不應該等於生產批量：

移轉批量是工件每次從一站被搬移到下一站的批量大小。影響生產批量的因素是換線時間與次數，而影響移轉批量的是搬運時間與次數。所以兩種批量大小的考量因素是不相關的。

8. 生產批量應該是變動而非固定的：

由於不同產品在各站的換線時間是不相同的，所以生產批量不應一成不變。若為非瓶頸資源，小批量多換線可以縮短工件之待工與等候時間。

9. 排程必須同時考慮產能與加工優先順序之限制，前置時間是排程的結果而無法事先得知：

由於各製程間具有相依性，即產能與優先次序間的交互關係是無法評估到的。因此，若先預設固定的前置時間而到現場將可能發生無法配合的情況。所以前置時間是排程的結果而無法事先得知。

10. 局部最佳的總和並不等於整體之最佳：

因局部績效指標與整體績效指標並無直接彙總之關係。各單位努力達成的局部最佳成果，並不一定表示達成整體之最佳，甚至於可能是在破壞整體之最佳。



第三章 限制驅導式排程要領

本章的主要目的，試圖整理出限制驅導式排程的執行步驟與重點要領，一方面做為導入實施之順序依據，另一方面可為教育訓練之用，期望能以最短時間讓參與人員瞭解限制理論的解決方案，以期縮短導入時程及提高成功導入的機率[6]。

3.1 確認瓶頸實體限制

瓶頸實體限制的判斷方法可分為：

1. 以章節 2.3 之 1 的機台產能負荷分析方法，得知產能最嚴重不足的站別，即為瓶頸站。
2. 在製品最多的製程站。
3. 由製造相關部門，依據過去的歷史資料與經驗，討論出瓶頸站別。

至於確認瓶頸實體限制應注意下列幾個重點：

1. 同一時期應只存在一個瓶頸製程或是瓶頸機台，因產品組合的改變會出現次瓶頸或瞬間瓶頸甚至於瓶頸位置會改變，次瓶頸或瞬間瓶頸應該透過排程技術加以克服。
2. 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，以確定瓶頸排程的設計能驅使生產系統達到真正充分利用的目的。
3. 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被打破。

3.2 緩衝建立要領

緩衝時間的設定將決定庫存水準與製造週期，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適用。製程時間隨產品的不同製程或批量等因素而變動，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的目的，因此必須針對個別訂單條件而設定不同的緩衝時數。

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。為達到該目的，瓶頸緩衝時數的計算可採用以下幾種方式：

1. 以目前從開始投料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。此百分比可由管理者依欲達成降低製造週期的目標而定，是緩衝時數計算最簡單的方法，但是較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的程度及特性而定，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，加上指定製程緩衝時數的累計，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。

由於緩衝時間的大小取決於生產系統的穩定程度。在限制驅導式排程導入初期，因參與者對新機制運作仍不太熟悉，而且既有的在製品庫存需一段時間消化，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。

3.3 限制驅導節奏設計要領

限制資源生產節奏的設計攸關整過限制驅導式排程的績效，如何有系統的規劃、執行與管控，實相當重要。對於此關鍵樞紐的設計步驟、排程規則與限制、執行的回饋與修正則如下所述：

1. 定義製造工單來源及瓶頸排程優先順序：

首先確認瓶頸排程資料的來源，是來自是實際訂單(Make To Order)或計劃製造工單(Make To Stock)，以設計適當的排程介面。以實際訂單而言，通常必須先衡量瓶頸資源負荷及確認材料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造工單。

計劃製造工單原則上是以產銷會議決議後，由主生產排程(MPS)所展開的製造工單與物料需求計劃，再將製造工單排入排程。此時應力求平準化，以避免因過度集中生產特定產品，而造成瞬間瓶頸飄移。

若前製程為計劃生產而後製程為接單生產時(Assembly To Order)，前製程也應力求平準化與降低生產批量來縮短產品生產週期。後製程則依接獲實際訂單後，衡量前製程的生產排程與在製品或半成品，及實際訂單交期後，應允訂單交期並安排製造工單。

在資訊系統方面，需判斷資料主要來源是直接來自訂單或是經由主生產排程所轉換的製造工單，製造工單與訂單間應建立關聯性以管理訂單交期。

2. 定義產品製造流程、瓶頸資源限制：

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，如各產品生產時所占瓶頸站的負荷工時，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、客戶認可設備或模治具 ... 等限制條件，用以計算各製造工單的生產負荷時數，以及避免排入無法生產的製造工單。

在資訊系統方面，需建立所有產品的製造流程資訊即產品工作途程(Routing)，以為製造工單製造流程的依據，也可運用於緩衝管理提供在製品的位置。瓶頸資源則需建立所有產品的製程條件，例如產品加工工時、換線設置時間、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。如需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。

3. 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制之外，我們必須先確認瓶頸排程是否有以下限制，這些排程限制對瓶頸資源的細部排程是相當重要的，因為瓶頸排程已經安排各瓶頸資源生產製造工單批間的順序與預計開工(完工)時間，並做為系統的生產節奏控制。

- (a) 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。
- (b) 瓶頸資源是否有特殊製程條件。
- (c) 瓶頸資源是否有治具或模具資源的限制。
- (d) 產品在瓶頸製程是否有指定機台生產的條件。

- (e) 產品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的治具數量的限制。
- (f) 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。
- (g) 瓶頸製程是屬單機工作站，則應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，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。

其次是定義排程規則，來決定排程的優先度：

- (a) 評估目前已排程負荷以及待排程訂單負荷狀況。
- (b) 有交期及出貨量限制的訂單優先排程。
- (c) 如受限產能有多機台，則其訂單或機台優先次序的選擇法則如下：
 - (1). 訂單優先次序的選擇：
 - 交貨期較晚之訂單先排定，以製造工單交期時間(Due-date)計算最晚完工時間，加以排序，(由後往前排)。
 - 若交期相同，則負荷較大的訂單先排，也就是說以佔用限制資源時間較久者或批量大者優先排定。
 - 如果有兩張以上訂單，其優先順序相同，則任意挑。
 - (2). 機台優先次序的選擇：
 - 能讓訂單排在廢墟理想時段的機台優先。
 - 已排程剩餘負荷時數最小瓶頸機台先排。
 - 如果有兩台以上機台，其優先順序相同，則任意挑。
- (d) 長期客戶訂單分批交貨時，以分批交貨時間與數量，分別開立製造工單，並以為瓶頸排程之依據。
- (e) 分批交貨之相關製造工單，如交期相近，原則上以相同機台，依序生產。
- (f) 將計劃性工單排入排程。
 - (1). 交貨期較晚之訂單先排定，以主生產排程預計完工日減去出貨緩衝，計算最晚完工時間，加以排序。
 - (2). 最晚完工時間相同以佔用限制資源時間較久者或批量大者優先排定。
- (g) 計算製造工單及每一機台生產負荷時數並推估開始加工時間。
- (h) 回到(a)直到所有瓶頸機台都排完。
- (i) 評估各機台負荷狀況，決定是否做排程調整

(j) 如訂單負荷超出瓶頸站產能，如依下列順序處理：

- (1). 利用員工用餐與休息時間，安排輪休以保持瓶頸站繼續生產，提昇產出。
- (2). 利潤高者訂單，優先生產。
- (3). 主要客戶訂單，優先考慮，以維持客戶關係。
- (4). 安排加班。
- (5). 如有必要，請業務部門協調客戶，展延交期。

4. 瓶頸站排程控管要領

現場是動態的，隨時會有不確定因素，影響生產順暢。且因瓶頸資源能否充份發揮是決定生產系統表現的關鍵，因此瓶頸資源的排程規劃、執行、控制與修正則需要特別注意，其重點要領歸納如下：

- (a) 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，通常交期或生產較不穩定者，則排程的頻率應越多。
- (b) 應定義緊急訂單的容許比率及最早可開始時間，以避免訂單無法在預定開始加工前到達瓶頸資源站。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。
- (c) 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。除了能監控現場確實執行外，也可確保在排程作業所需資訊的正確性，瓶頸資源排程回饋需求項目如下：
 - (1). 已完工排程項目回報：透過在製品現場報工或其他回報機制，例如：現場流程卡、在製品資訊系統等，儘可能即時地更新已完工的排程到電腦資料庫。
 - (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、模具故障等，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：當製程發生異常時，例如：製程良率低、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。

- (d) 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。

3.4 投料時程規劃要領

在獲得產能限制資源的細部排程後，依據其開始加工時間減去 CCR 前的瓶頸緩衝時間，即可得出投料時間點並規劃出規劃投料時程。但在投料控制上，必須特別加以考量的有以下幾點：

1. 檢視材料是否滿足需求：瓶頸資源以及之前製程主要材料是否會因控管不良而造成缺料，導至瓶頸資源無法加工，組裝製程的主要材料是否也有同樣情形。
2. 定義投料時間的推算規則：投料時間是以瓶頸資源預定加工時間減去瓶頸緩衝時數求得，而不同材料的投料時間則可以投料節奏材料需求時間差加以修正。
3. 定義投料的限制：訂單批量投料、最小生產批量投料、製造工單數量投料等。如客戶訂單分批交貨時，以分批交貨時間與數量，分別開立製造工單。
4. 定義投料作業的流程、投料前置時間、投料頻率以及負責投料的執行單位。
5. 非瓶頸站是否有投量限制，譬如模具或治具數量限制。

3.5 緩衝管理設計要項

時間緩衝區分為趕工區、警示區與忽略區三個區域，其時間分配原則與管理重點如下：

1. 緩衝時數的分配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。通常將趕工區、警示區與忽略區以 40%、30%、30% 分配，或各分配 1/3。
2. 趕工區分配的原則：當空洞出現時，製造工單可能仍停留在投料點以前，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。
3. 警示區分配的原則：警示區緩衝時數可設定為已分配給趕工區時數，而剩餘的緩衝時間的一半，但並不如趕工區緩衝時數有較清楚的計算邏輯。

4. 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。
5. 趕工區跟催的方法也必須依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。
6. 當趕工區空洞變多時，需考慮是否為趕工區設定的時間太大或非瓶頸沒有做到全力配合。若為前者，則可考慮縮小趕工區緩衝時數的分配或縮小緩衝時數的設定。若屬後者，則應加強緩衝管理運作，讓趕工區空洞降低。
7. 需明確定義負責單位及維護時機，因緩衝管理是驅動現場配合生產節奏的管理機制，如空有最佳的生產節奏規劃但卻無法依規劃執行，還是不能真正達成成果。

3.6 非限制資源之規劃

當完成 DBR 排程後，系統中全數非限制資源的產能規劃，則是全力配合產能限制資源 (CCR) 之排程，其派工規則採取先到先做之原則進行加工作業。執行的準則如下：

1. 透過瓶頸站的預定加工時間順序，對瓶頸站前各製程站依序排定生產順序。
2. 在瓶頸資源後的製程，也可以透過預定出貨時間或組裝開始時間，排定生產順序。

第四章 個案實例驗證

4.1 個案公司簡介

個案公司為美商在台設立之分公司與工廠，其在美國、英國與台灣各有一工廠，是熱導管業技術龍頭。主要產品為散熱導管(Heat Pipe)、微熱導管及散熱模組(Thermal Module)，應用領域為桌上型電腦、筆記型電腦、伺服器、繪圖卡、通訊系統、軍事設備.....等。在台灣之分公司與工廠，成立於1998年6月、目前設立於新竹工業區。主要生產電腦週邊設備所需之熱導管，是一專業熱導管製造廠，市佔率約20%，為全球前三大，主要客戶為兩岸散熱模組廠商，如鴻海、雙鴻、超眾、力致、Avvid與ADI...等，也是Dell認證合格的主要供應商，間接供應Dell、HP、廣達、仁寶等NB大廠。

4.2 導入背景

熱導管為PC週邊零組件，產業鏈屬於產量大、毛率低、產品變化快、生命週期短...之特性，其供應鏈講求及時、就近提供低成本、高品質之產品。成本、品質與交期已為競爭力之重要指標。熱導管產業于2005年各主要生產廠商擴充產能後，由供給少於需求轉變為供過於求。

當供給少於需求時，為賣方主導市場，企業可採用大量生產模式，作多少賣多少，客戶會提前下單，縱使交期長或出貨延誤，則客戶雖不滿意但會勉強接受。反之當供過於求時，變成買方市場，客戶不僅不會提前下單，且要求提前交貨，交期延誤時，不僅需支付交貨延遲扣款，甚至被取消訂單，也影響未來的接單。因熱導管是客製化程度很高的產品，如被客戶取消訂單將不容易轉賣給其他客戶，產生的損失極大。因此如何縮短製造週期及準時交貨成為接單的關鍵因素。

個案公司生產模式，由原本少樣大量的 Make-to-Stock，改為生產少量多樣的 Make-to-Order，整個生產模式急速變化，也產生諸多問題。目前所面對的生產問題主要有：產品的製造週期時間過久、訂單的達交率偏低、庫存高、為因應縮短交期的要求而預先生產，但生產的產品並非全部為未來客戶所需。顯現出庫存居高不下卻又無法滿足客戶的需求之矛盾現象。

當2005初，集團副總裁來訪時，瞭解問題後，送給部門主管 "The Goal" 一書，並要求部門主管提出心得報告，大家發現書中主角羅哥的工廠，所面臨的問

題與個案公司類似，興起了以限制理論的限制驅導式排程與緩衝管理的觀念，來建立生產管理系統，以縮短交期及準時交貨為目標。不過實施前應先建立在製品資訊系統以取代人工盤存作業，以提高其準確性，則導入限制理論時才能事半功倍。整個系統導入歷程如下：

1. ERP 與在製品基本資料建置；March – July 2005
2. ERP與在製品系統導入；July 2005
3. 充份利用受限產能；Nov. 2005 – Jan. 2006
4. 在製品產出資訊的系統建置；Feb. – April 2006
5. 建構並修正限制驅導式排程模式；Feb. – April 2006
6. 實施限制驅導式排程；Apr. – July 2006

4.3 限制驅導式排程模式導入

4.3.1 確認瓶頸資源所在

瓶頸資源的定義以資源平均產能負荷或利用率作為依據，在規劃總時程內平均產能負荷最高者為瓶頸資源(Lawrence & Buss 1994)[18]。個案公司生產4mm、5mm、6mm及8mm等不同大小管徑之熱導管，其中90%為6mm熱導管，所有導管之生產皆經由相同製程。根據各製程機台產能負荷的計算(如表2)，其中 Cu Powder filling 填粉站機台負荷產能比最重，約為121.2%，為瓶頸站或產能限制資源。

表 2 個案公司機台日產能與負荷分析

機器/設備說明	設備數量(台)	作業時間(秒)	產能小計	日產能合計(支)	日負荷(支)	負荷產能比
Tube Cutting (裁管)	2	1.1		91636	75000	81.8%
Ultrasonic Cleaner (超音波清洗)	2	1.2		84000	75000	89.3%
Spinning (縮口)	9	5.5		82473	75000	90.9%
Head Welding (焊頭)	7	4.5		78400	75000	95.7%
Cu Powder Filling (填粉)	7	5.7		61895	75000	121.2%
Sintering (燒結)	2	1.0		100800	75000	74.4%
DI Water Fill (注水)	9	5.4		84000	75000	89.3%
Evacuation(真空)	10	6.0		84000	75000	89.3%
Process (Pinch off) (升溫裁切)				94589	75000	79.3%

Process (升溫)	8	7.1	56789			
Cold Pinch (裁切)	8	6.5	62031			
Taiwan 4 head (升溫裁切)	9	12.0	37800			
Welding (焊尾)	10	5.5		91636	75000	81.8%
Forming (縮尾)	9	5.0		90720	75000	82.7%
Warm UP test (直管測試)	12	7.0		86400	75000	86.8%
Bend and Flatness (折彎打扁)	30	18.0		84000	75000	89.3%
Water Test (水溫測試)	24	13.4		90269	75000	83.1%
DEF Cleaning (清洗)	1	0.5		100800	75000	74.4%
Maximum Capacity 6mm Pipes (6mm 散熱管最大產能)				61895		

資料來源：本研究整理

4.3.2. 充份利用受限產能

由於工廠的產出是決定於受限產能，所以受限產能一分鐘之浪費是整廠一分鐘之浪費；反過來說，受限產能多一分鐘時間，及相當於整廠多一分鐘賺錢的機會。所以如何讓受限產能得以充分利用以發揮最大之產出是一個很重要之課題，下列為個案公司提昇受限產能之改進動作：

- 降低 CCR 重工率：受限產能如果做了一個不良品，則不管該不良品是報廢或重工，所投入的時間就是浪費。
- 使用非 CCR 設備從事重工：如不良品的重工無法避免，為避免影響 CCR 之產出，得尋求以非 CCR 設備解決重工不良品。
- 充分利用休息及用餐時間讓 CCR 設備持續產出：休息及用餐時間為制度上之浪費，應避免在該段時間之間置，得以充分發揮產能。

改進動作之詳細做法如以下說明。

1. 現狀描述：

填粉站主要的目的是將適量的銅粉填入熱導管內，主要的作業程序為：首先將不同尺寸、管徑之不鏽鋼插入銅管內、使用 CCR 設備(自動填粉機)填入適量之銅粉、再經由震粉機讓銅管內的銅粉經由震動而密實，震粉後檢查銅管內的銅粉高度是否符合品質標準，如不符合標準，太高或太低則須將銅管內銅粉倒掉，重新填粉作業。(細部作業流程如圖 6)，所以如重工比率越高則產出越低，產能不足的問題會更加嚴重。現況填粉不良比率(如圖 7，改善前)，良率為

64.2%、填粉過高為 7%、填粉過低為 28.8%。也就是說有 35.8%的不良品須重工，需使用瓶頸站的產能用於重工，無形中浪費其有限的資源。

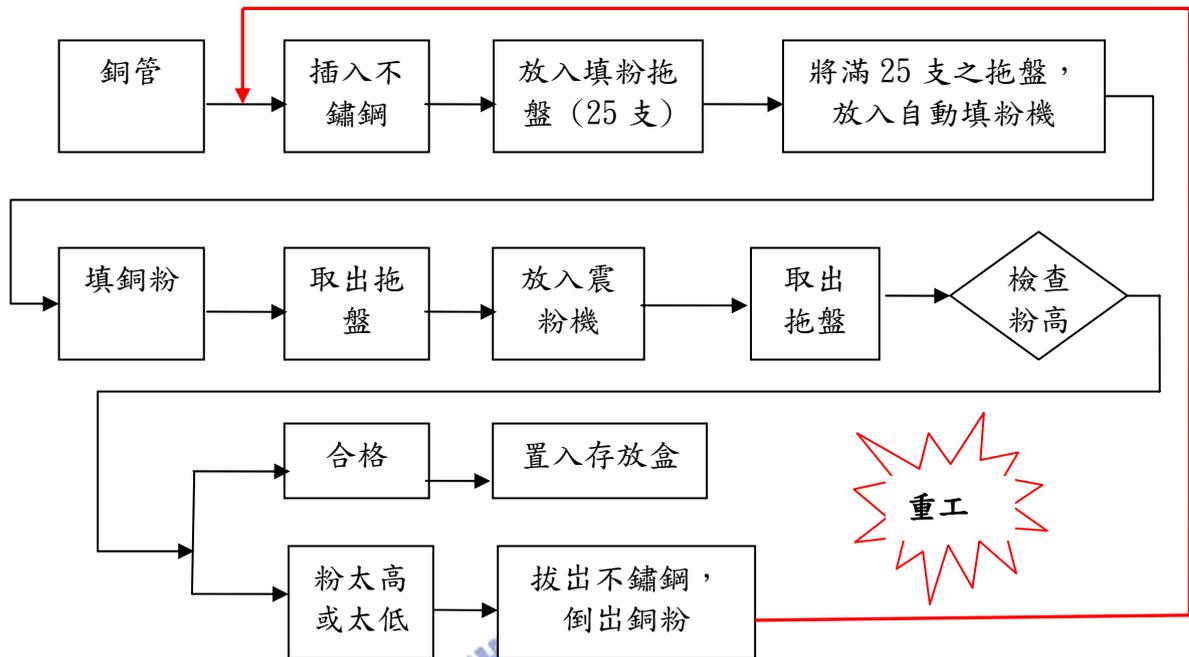


圖 6 CCR(填粉站)作業流程圖

資料來源：本研究整理

2. 改善對策：

(a) 第一階段：降低 CCR 重工率

- 所有填粉機台調整或維修至各零組件適當位置。
- 強化日保養以確保螺絲、螺帽及螺栓有被鎖緊，以避免其因機台之震動而鬆脫，造成銅粉無法確實填入銅管中。
- 設定參數標準化。
- 訓練工程師與技術人員如何維護機台至最佳狀態。

(b) 第二階段：使用非 CCR 設備從事重工

建立新重工方式，以補足填粉方式而非將銅管內銅粉倒掉而後重新填粉。因應新重工方式，相關作業機台與人員工作內容需適當調整。改善前佈置，以一組人一機佈置。改善後佈置，以一組人二機佈置，並將重工用機台(手動填粉機)納入填粉站生產流程，與自動填粉機成為相依關係機台組合。作業內容(如表 3)，除人力縮減外，填粉過低之不良品(佔不良品 80.4%)以利用手動填粉機補粉方式加以重工，一方面縮短重工時間，另一方面避免使用瓶頸機台從事重工。

表 3 改善前後填粉站作業內容

改善前		改善後	
作業內容	需求人數	作業內容	需求人數
<ul style="list-style-type: none"> 銅管插入不鏽鋼 銅管放入填粉拖盤 (25 支) 托盤放入填粉機 	1 人/機	<ul style="list-style-type: none"> 銅管插入不鏽鋼 銅管放入填粉拖盤 (25 支) 托盤放入填粉機 	1 人/2 機
<ul style="list-style-type: none"> 填粉機填粉 	0	<ul style="list-style-type: none"> 填粉機填粉 	0
<ul style="list-style-type: none"> 取出托盤 放入震粉機 	2 人/機	<ul style="list-style-type: none"> 取出托盤 放入震粉機 	2 人
<ul style="list-style-type: none"> 震粉機震粉 		<ul style="list-style-type: none"> 震粉機震粉 	
<ul style="list-style-type: none"> 取出托盤 檢查粉高 		<ul style="list-style-type: none"> 取出托盤 檢查粉高 合格品置入存放盒 不合格品分填粉過高或過低，分別置於重工盒 	
<ul style="list-style-type: none"> 合格品置入存放盒 拔出不鏽鋼，倒出銅粉，回第一步驟 	2 人/機	<ul style="list-style-type: none"> 填粉過低之不合格品，補填粉後，放入手動填粉機，震粉後重新檢查粉高，不合格品以下步驟處理 填粉過高之不合格品，拔出不鏽鋼，倒出銅粉，回第一步驟 	1 人
需求作業人數		3 人/機	

資料來源：本研究整理

3. 改善成果：

執行第一階段改善對策後，良率由改善前 64.2% 提昇至 78%，提高 15%。不良率共計 22% (如圖 7，改善後第一階段)，其中 17% 為填粉過低。所有不良品不管填粉過高或過低，都需將銅管內銅粉倒掉，重新填粉作業。

執行第二階段建立新重工方式後，原填粉過低之不良品經手動填粉機補填粉後，有 75.9%的成功率，初檢良率加上重工良率可達 89.9%(如圖 7，改善後第二階段)。

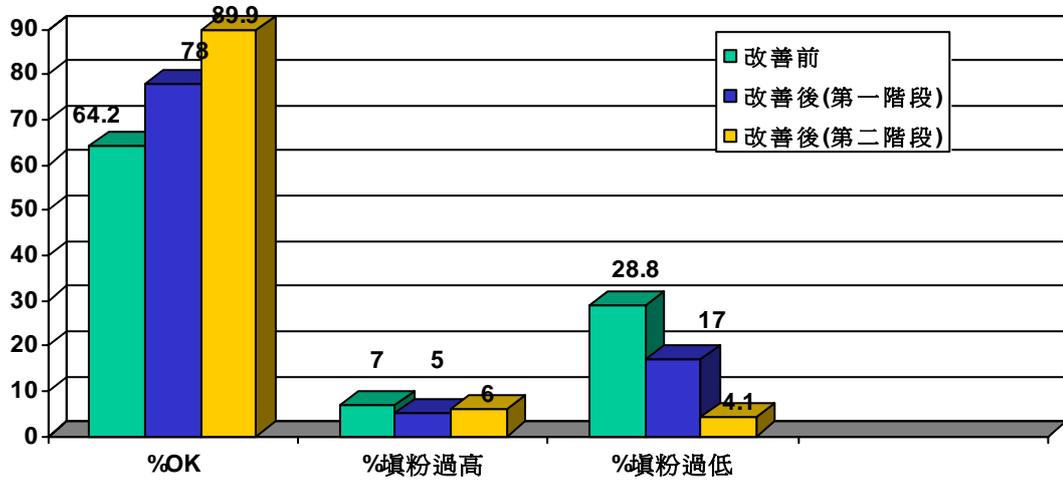


圖 7 改善前後之填粉良率圖

資料來源：本研究整理

4. 充分利用休息及用餐時間讓 CCR 設備持續產出：

瓶頸站設備保持全產能運作，設備都需有人操作(含每班交接、休息時間及用餐時間)，如用餐時間(30 分鐘)持續生產，即可增加 6.6%(0.5hr/7.5hr)產出。生產線主管除安排瓶頸站作業人員分二批輪休外，並訓練非瓶頸站人員熟悉操作瓶頸站設備，於該段時間支援瓶頸站設備之運作。

5. 本小節結論

由圖 7 得知瓶頸站良率改進到 89.9%，比較(表 2) ”個案公司機台日產能與負荷分析”，Cu Powder Filling (填粉站)原先產量為 61895 支/日(在良率 80% 基準下)，負荷產能比 121.2%。良率提昇到 89.9%後，產量為 69554 支/日，負荷產能比 107.8%，仍是瓶頸站。

4.3.3. 建立緩衝保護

由於熱導管生產，並無組裝作業因此排除裝配緩衝(Assembly Buffer)之設置，僅在瓶頸資源的前後予以設置瓶頸緩衝區 (Bottleneck Buffer) 與出貨緩衝區 (Shipping Buffer) 以確保限制產能資源能正常運作。個案公司的生產管控是由生管依客戶訂單之多寡，以分批或整批決定製造工單(Work Order)之生產數量，工單投入現場後，生產線第一站以300支裝成一盒，搬移至下一站，也就是說製程間的移轉批量為一盒。往後各站扣除該站生產的不良品，餘良品仍放置於原盒，搬移至下一站，從第一站後因良率的不同，每盒數量略有差異，不過原則上是以300支 (一盒) 為上、下站之移轉批量。

本研究是以過去三個月之經驗值，計算從開始投料至瓶頸資源開始加工的平均時間，以及瓶頸資源完成加工後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。此降低百分比經管理階層與相關部門討論後訂為30%。得出之瓶頸緩衝時數及出貨緩衝時數分別如下：

$$\text{瓶頸緩衝時間} = 1.5 \text{日}$$

$$\text{出貨緩衝時間} = 7 \text{日}$$

4.3.4. 設計限制驅導節奏

如前所述，個案公司製程瓶頸站為填粉站，所有產品均需經過該製程站，且無受限產能在回製問題。限制驅導節奏設計分成幾個步驟如下：

1. 製造工單來源及瓶頸排程優先順序：

熱導管的製造工單來源分為客戶訂單與依照銷售預測而規劃之計劃型製造工單，瓶頸站排程優先順序考慮如下：

- (a) 有交期的客戶訂單優先，依銷售預測而規劃之計劃型製造工單次之。
- (b) 長期客戶訂單分批交貨時，以分批交貨時間與數量，分別開立製造工單，並以為瓶頸排程之依據。
- (c) 排程需註明製造工單與來源(客戶訂單或計劃工單)的關係，其用意是當實際生產延誤或插單時，容易識別並適時調整計劃工單排程。

2. 產品製造流程、瓶頸資源限制：

必須確認所有產品的生產製造流程，及其使用的瓶頸資源，也就是生產該產品時所需瓶頸站的生產負荷，以利規劃瓶頸資源。

熱導管的不同產品其生產製程幾乎一致，可以設定固定的緩衝時間，也不需特別計算非瓶頸製程的時數。對瓶頸填粉站的資源運用因所填入銅粉的多寡，而有加工時間長短的差異。填粉前需先將不鏽鋼插入銅管內，於是銅管內徑與不鏽鋼之間便形成一圈填粉區，以注入銅粉，此塊面積的大小即代表填粉量的多寡。填粉體積因熱導管的長度、銅管管徑與不鏽鋼圓徑的大小而有所不同。譬如一支長度為300 mm的銅管，其管徑為6 mm，管壁0.3 mm，不鏽鋼圓徑為3.2 mm，當不鏽鋼插入銅管內後，填粉體積為 $((6-0.3 \times 2)^2 - 3.2^2) \times \pi \times 300$ 。

個案公司所生產的熱導管分3、4、5、6、8 mm不同管徑，因長度不同、管徑的不同與填入銅粉的多寡而組合成不同的產品。對瓶頸站產生的負荷自然也有差異，大致上分為設置時間與加工時間二類差異：

(a) 設置時間

產品換線時，需準備不鏽鋼、裝管拖盤、注粉模具、設定填粉機的填粉時間及震粉機的震粉時間。當管徑變化時，如上一生產產品管徑為6 mm，本次生產8 mm產品，則上述的不鏽鋼..等皆須更換，需要50分鐘。反之則只需更換部份即可，大約花費10分鐘。

表4 瓶頸站工時資料表

產品代號	料號	管徑 (mm)	填粉站加工時間 (分/盒)	管徑不變設置時間(分)	管徑變化設置時間(分)
HDL00 CPU	1000198	6.00	36.5	10	50
Trinity-1	1000121	8.00	36.5	10	50
Trinity-2	1000119	6.00	36.5	10	50
Trinity-3	1000118	6.00	36.5	10	50
HAL00 HP1	1000171	6.00	36.5	10	50
HAL00 HP3	1000173	6.00	36.5	10	50
F-cypher-1	1000095	5.00	28.5	10	50
Aur Crpher-1	1000090	6.00	28.5	10	50
Aur Crpher-2	1000091	6.00	28.5	10	50

資料來源：本研究整理

(b) 加工時間

不同產品加工時間因管長、填粉體積、填粉時間的長短而有不同。為提供精確的瓶頸站負荷資訊，製造工程與工業工程部門須於產品量產前，制定產品的製造流程與各製程站的加工工時，尤其是瓶頸站的設置與加工時間更需仔細的計算。每三個月需再重新評估及修正，以提供生管部門計算生產負荷時數及判斷瓶頸資源排程可行性的依據，工程部門提供的產品在瓶頸站(填粉站)所需加工時間與換線設置時間範例(如表4)。

另外瓶頸站的設備保養與工程試產也必須加以規範，以確實掌控瓶頸站的使用狀況：

(a) 設備保養

如章節 4.3.2 所述，確實的設備保養對良率的提昇相當重要。然為避免影響瓶頸站產能，所以規定每機台每週需保養一次，並利用中、晚餐休息的半小時，分批每次保養一組填粉與震粉機，如有特殊需求，須通知生管部門以利其在安排瓶頸站排程時列入正常工時考慮。

(b) 工程試產(Pilot Run)

個案公司有單獨的樣品試做線，所以研發部門製作樣品時，並不影響瓶頸產能。這裡所談的工程試產泛指量產前的 Pilot Run，所有量產的工程資訊含加工時間皆須在此階段取得，因此最好在現場試做，當然會影響瓶頸產能。所以類似的工程試產由生管部門正式排入製造工單並納入瓶頸站排程管制。

3. 瓶頸資源排程的規則與限制：

瓶頸排程因未導入電腦化排程，所以由生管部門依照主生產排程(MPS)以人工方式安排瓶頸排程。首先先考慮瓶頸資源排程限制：

(a) 瓶頸站模、治具：不鏽鋼種類與數量，檢驗治具及填粉模具是否足夠?尤其是新產品量產時。

(b) 非瓶頸資源：折彎打扁站雖非瓶頸，不過其產量會受限於客製化模具的可用數量，所以製造工單下單數量需為每一模具每班的產量的倍數。譬如說某一機種有二套模具，每一模具每班的產出為5,000支，如工單預計二班完成，則工單數量扣除良率產出後應下單10,000支。會有此考量是因

製造週期的計算是以製造工單為單位，如本例二班生產10,000支，代表一天完成，如該工單下單20,000支，則需多花一天，換句話說該工單的製造週期會多一天。

(c) 瓶頸製程是屬單機工作站，所以需排程至該製程所有的個別機台，也就是說排程需涵蓋 7 台填粉機的明細，而非以訂單使用機台數來平均負荷。

(d) 排程的優先順序，則依章節 3.3之3 的要領處理。

依據上述規則，生管應至少一週二次排定主生產排程(如附錄)，以為瓶頸站生產排程(如表5)之依據。並產生二項排程資料，(1) 以機台排序的生產排程，以為現場工作安排先後順序的依據。(2) 以開始時間排序的生產排程，以為投料時程規劃之基礎。

表5 瓶頸站生產排程

訂單類別	工單號碼	料號	產品代號	訂單數量	填粉站			負荷工時(時)
					開始時間	完成時間	機台代號	
訂單	100012	1000176	JM6 HP1	43000	2006/4/6 20:00	2006/4/14 23:59	1	88.0
訂單	100045	1000173	HAL00 HP3	12000	2006/4/13 11:47	2006/4/14 23:59	2	25.2
訂單	100046	1000187	DM5	10000	2006/4/13 15:53	2006/4/14 23:59	3	21.1
計劃	100047	1000087	AUR Neo-H1	11000	2006/4/13 19:44	2006/4/14 23:59	4	18.3
計劃	100049	1000088	AUR Neo-H2	11000	2006/4/13 22:11	2006/4/14 23:59	5	15.8
訂單	100051	1000205	DM5	5000	2006/4/14 11:00	2006/4/14 23:59	6	11.0
訂單	100048	1000090	Aur Crpher-1	3000	2006/4/13 21:24	2006/4/14 11:00	6	5.6
訂單	100052	1000091	Aur Crpher-2	3000	2006/4/14 17:23	2006/4/14 23:59	7	5.6
訂單	100050	1000092	Aur Crpher-3	3000	2006/4/14 10:47	2006/4/14 17:23	7	5.6
計劃	100040	1000192	DM5	13500	2006/4/12 10:36	2006/4/14 10:47	7	28.2
訂單	100039	1000173	HAL00 HP3	12000	2006/4/12 9:59	2006/4/13 22:11	5	25.2
訂單	100041	1000195	FM1 CPU	9000	2006/4/12 15:18	2006/4/13 21:24	6	19.1
計劃	100044	1000087	AUR Neo-H1	10000	2006/4/12 16:02	2006/4/13 19:44	4	16.7
計劃	100042	1000088	AUR Neo-H2	10000	2006/4/12 15:29	2006/4/13 15:53	3	14.4
計劃	100043	1000121	Trinity-1	5000	2006/4/12 15:47	2006/4/13 11:47	2	11.0

資料來源：本研究整理

4. 瓶頸站排程控管要領

瓶頸資源的排程規劃、執行、控制與修正的管理好換，是決定生產系統表現的關鍵，需要審慎的管制，個案公司管理的重點要領歸納如下：

(a) 瓶頸排程作業應由具宏觀概念，能整合公司內部資源的單位負責，應以

整體利益考量，避免陷入追求個別部門績效的泥沼。生管是客戶、業務與生產溝通的最適橋樑，所以應由生管部門負責瓶頸的排程。

- (b) 每週三、五二次由生管根據每週五產銷會議結論來安排瓶頸排程，並由其召集生產與工程技術部門檢討並敲定最終排程。會議重點為，上次會議迄今實際與計劃生產達成狀態與問題討論，即將投產排程有無工程、技術、人力、設備安排、模治具...等問題。
- (c) 生管與現場部門每天藉由在製品資訊系統的產出資訊，如WIP即時資訊、良率資訊、產量資訊、ATP (Available to Promise) 可承諾訂單交期與緩衝時間差異等管理資訊，以了解各製造工單與產品是否如期進入瓶頸站生產，與計劃瓶頸排程是否有差異，並及時適當調整。
- (d) 客戶常有緊急訂單需求，工廠需努力達成其願望，但太多的急單又會造成極大困擾。所以個案公司原則上以總生產量的10%為緊急訂單的比例上限，並由製造部門及生管部門主管共同確認製造工單的最早可開始時間，以確保訂單在預定時間到達瓶頸站。
- (e) 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。回饋項目如下：
 - 已完工排程項目回報：透過在製品資訊系統中現場報工系統，將各製程站完工資訊輸入系統，生管與現場管理人員可隨時掌握瓶頸前一製程與瓶頸站的完工狀態。
 - 瓶頸資源異常回報：

個案公司對機器設備建立一套維修系統，除以電腦系統管理外，現場會根據緊急與非緊急兩種狀態，分別插上”紅色”與”黃色”不同旗幟於機台上，直到機台問題解決後，旗幟才會取下，此系統可協助管理者做好現場目視管理。當瓶頸設備故障、模具故障時，如屬紅色狀態，應立即解決。如預期會影響產出，則應由生管與現場主管研議調整排程或更新負荷時數等。
 - 當瓶頸製程發生製程不良品過高(當不良率低於80%)、製程異常停線(超過二小時)，也應由生管與現場主管研議是否調整排程，安排趕工或加班，或應補投料以補足因不良率高所產生的差額。
- (f) 為避免因新訂單之插入，而混亂瓶頸資源排程，原則上當週排程於星期一確認後，除經由生管與現場同意的10%急單外，不再變動。未來幾週排程則由生管考量在製品庫存而可隨時變動。

4.3.5. 規劃投料時程

在獲得產能限制資源的細部排程後，減去 CCR 前的保護緩衝時間，即可得出投料時間點並規劃出規劃投料時程。但在投料控制上，必須特別加以考量的有以下幾點：

1. 檢視材料是否滿足需求：熱導管組成材料分為四大類，分為銅管、銅粉、純水與包裝材料。投料時主要需檢視銅管與銅粉，銅管因生產產品的管徑不同分為3、4、5、6、8mm等5種，基本上因6mm銅管佔90%需求，備有安全庫存，較不易缺料，其他管徑則需於投料前檢視庫存否足夠？銅粉因粗細成份組成不同，分為二種，一種為3、4mm管徑銅管所需，另一種為5、6、8mm所需。後者為大宗需求、無缺料之虞。前者則因產品需求不穩定，有時訂單突增時，容易供料不及。
2. 投料時間是以瓶頸生產排程為基礎，以瓶頸資源預定加工時間減去瓶頸緩衝時數(即1.5天)求得，投料時程表格格式範例(如表6)。而不同材料的投料時間則可以投料節奏材料需求時間差加以修正。

表6 投料時程表

工單號碼	料號	產品代號	訂單數量	投料時程	
100021	1000193	FM1 CPU	12000	2006/4/6	早班
100022	1000088	AUR Neo-H2	10000	2006/4/6	早班
100023	1000121	Trinity-1	5000	2006/4/6	早班
100024	1000193	FM1 CPU	10000	2006/4/6	早班
100025	1000087	AUR Neo-H1	10000	2006/4/6	中班
100026	1000087	AUR Neo-H1	10000	2006/4/7	早班
100027	1000088	AUR Neo-H2	10000	2006/4/7	早班
100028	1000173	HAL00 HP3	12000	2006/4/7	中班
100029	1000092	Aur Crpher-3	3000	2006/4/7	中班
100030	1000091	Aur Crpher-2	3000	2006/4/7	中班
100031	1000090	Aur Crpher-1	3000	2006/4/7	中班
100032	1000196	FM1 VGA	5000	2006/4/10	早班
100033	1000118	Trinity-3	5000	2006/4/10	早班
100034	1000090	Aur Crpher-1	3000	2006/4/10	早班
100035	1000119	Trinity-2	5000	2006/4/10	早班
100036	1000091	Aur Crpher-2	3000	2006/4/10	早班
100037	1000107	AUR Tank H-1	1000	2006/4/10	早班

資料來源：本研究整理

3. 非瓶頸站是否有投量限制：折彎打扁站雖非瓶頸，不過其產量會受限於客製化模具的可用數量，所以製造工單下單數量需為每一模具每班的產量的倍數。
4. 投料節奏可做為進料檢驗及開立製造工單順序的依據，生管人員於投料前一班開立製造工單並發行至生產部、倉庫。生產人員隨即開立領料單向倉庫提出備料需求，倉庫須於當班休息用餐後(即投料4小時)，完成備料並發到現場。生產人員點收，準備相關投料所需治具，完成投料準備。此備料準備程序的設計是由前一班現場人員替下一班做好投料準備工作。

4.3.6. 緩衝管理設計

1. 瓶頸緩衝管理

瓶頸緩衝管理將先前所設定的緩衝時數，以30%、30%、40%分為忽略區、警示區與趕工區三個緩衝管制區(如圖8)，瓶頸緩衝區定義為填粉站前一站即焊頭站到填粉站前的暫存區。瓶頸各緩衝區的管理是由現場主任每4小時列印下列管理報表，並給於適當的處置，而現場最高主管則需特別注意瓶頸延誤與趕工報表所列出的工單，適時介入協助，其他則由現場主管處理即可：

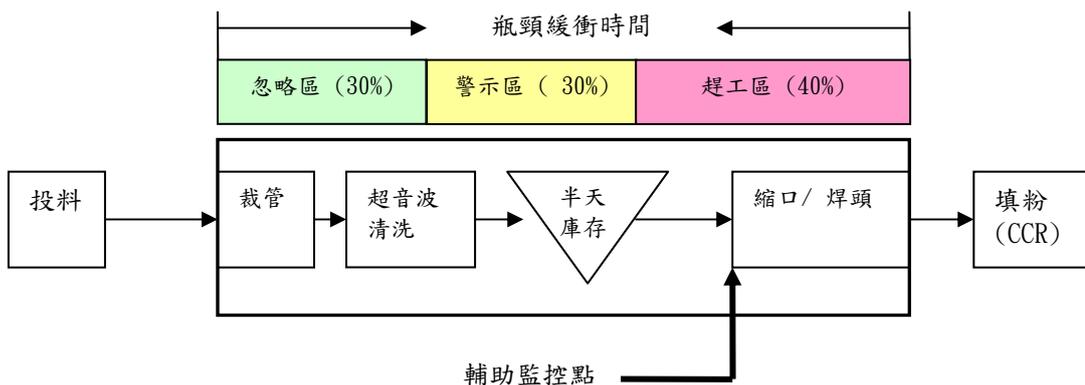


圖 8 個案公司瓶頸緩衝時間架構示意圖

資料來源：本研究整理

- (a) 瓶頸延誤報表：瓶頸站的製造工單預定開始加工時間已穿透目前時間，仍未見在製品出現在緩衝區內，表示填粉瓶頸排程已被延誤，必須停線或立即變更生產排程順序，需立即下達趕工指令。

- (b) 瓶頸趕工報表：瓶頸站的製造工單預定開始加工時間在趕工區時數內，仍未見在製品出現在緩衝區內，代表該工單進行不順利，緩衝愈來愈短，可能危及瓶頸站生產節奏，需判斷是否須下達趕工指令。
- (c) 瓶頸警示報表：瓶頸站的製造工單預定開始加工時間在警示區時數內，仍未見在製品出現在緩衝區內，若仍有未投料，要求立即投料。
- (d) 瓶頸忽略報表：瓶頸站的製造工單預定開始加工時間仍在忽略區時數內，不做任何處置。

2. 出貨緩衝管理

出貨緩衝管理也是將先前所設定的緩衝時數，以 30%、30%、40% 分為忽略區、警示區與趕工區三個緩衝管制區(如圖9)。出貨緩衝區定義為 Helium Test (氦氣測試)到包裝站前的暫存區。出貨各緩衝區的管理是由現場主任每 4 小時列印管理報表，處理方式如瓶頸緩衝管理。

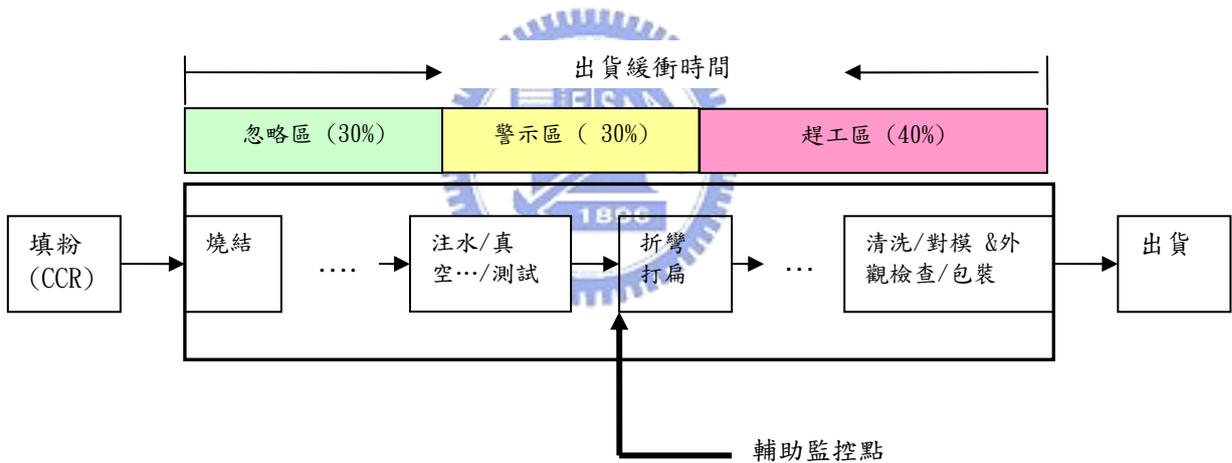


圖 9 個案公司出貨緩衝時間架構示意圖

資料來源：本研究整理

3. 輔助監控點設立

為監控現場的非限制資源是否依據排程順序，全力配合生產。所以在各緩衝區選定一製程站做為管控點，如果在製品未如期出現在該製程站，則可能延誤瓶頸站或出貨排程，必須下達趕工。此監控作業由生管負責執行，與現場主管的緩衝管理，形成二道管制防線，相輔相成。其做法如下：

- (a) 在瓶頸緩區間以縮口/焊頭站為輔助監控點(如圖8)，每班現場報工完畢後，列印或查詢WIP即時資訊，比對下一班瓶頸站預計排程，檢查預計生產的製造工單的在製品是否已在填粉站前等待或已在縮口/焊頭站生產，也就是說瓶頸站8小時前即監控預計生產的製造工單的在製品是否已到達或通過縮口/焊頭站，如否，則需判斷是否須下達趕工指令。
- (b) 在出貨緩區間以折彎打扁站為輔助監控點(如圖9)，每班現場報工完畢後，列印或查詢WIP即時資訊，比對未來2.5天出貨計劃，檢查預計製造工單的在製品是否已通過或等待或已在折彎打扁站生產，如否，則需判斷是否須下達趕工指令。從折彎打扁站到包裝完畢最小緩衝為2天，因此以2.5天為監控時幅是較合理的。

4.3.7. 非限制資源之排程準則

由於填粉瓶頸站以外製程並不排程，惟為協助現場主管做正確的派工，因此在填粉前的製程，是以填粉瓶頸站預定的加工時間順序，對各製造工單在各製程站前所有在製品庫存做優先順序排序，用以輔助現場主管派工決策。相同的，在填粉瓶頸站以後的製程，也透過預定出貨時間的順序，做為生產排序的依據，有效降低緩衝管理機制的趕工負荷。

4.4 在製品資訊系統導入

在運用限制驅導式排程所需資料分為兩類[1]，第一類的資料是屬於生產環境的資料，包含機台設備數量、換線時間、產品生產的物料、製程結構及緩衝...等，另外一類則為會每天變化的資料，如客戶訂單及現場之在製品種類與數量(如圖10)所示。因此如果先導入在製品資訊系統以提高在製品的準確性，將會提昇限制驅導式現場排程的運作與執行的順暢性。

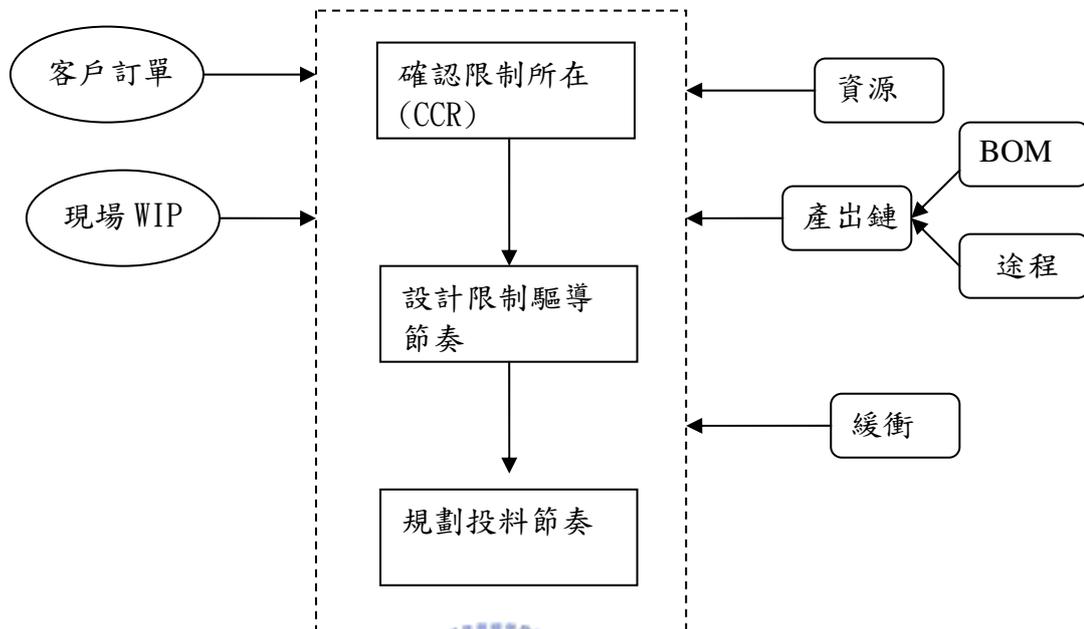


圖10 應用限制驅導式現場排程方法的基本資料

資料來源：[1]

所謂在製品資訊泛指所有與在製品相關之資料，例如各生產批之所在作業站、目前良率、加工狀態等等。在製品資訊對現場或業務決策者而言都是相當重要的。對於現場決策者而言，在製品資訊可以作為製造工單指派與排程之依據；對於業務決策者來說，在製品資訊可以提供各客戶所交付訂單之目前狀態、是否有延誤等，亦可由在製品資訊衡量產能之負荷來決定接單與否。由此可見，若有正確且完整的在製品資訊，現場及業務決策者便更容易作出正確的決策！[7]

沒有電腦管理系統之前，各產業的在製程品資訊管理是藉由人工以所謂流程卡 (Run Card) 的方式來記錄。流程卡是一制式表單，跟隨著生產批由作業一開始便附於其上，由現場作業員逐一將每個生產站之生產相關資訊記錄在流程卡上，直到作業結束為止。這種以人工登記在製品資訊的傳統方式雖然方便易實施，卻同時具有浪費人力、容易產生錯誤等缺點，而且缺乏製程與品質即時性的管制功能，一旦發生任何狀況，很不容易立刻被察覺，因而延誤處理時機，造成成本的損失，甚至更嚴重的影響到交期。

個案公司熱導管製程共經20幾道製程作業，生產流程屬站與站移轉(by

process)而非流線生產(by assembly)。各作業站在製品之數量、產品種類與製程工單....等資訊藉由人工流程卡 (Run Card) 的方式來記錄，以為提供生產排程、現場生產進度控管、客戶訂單交期掌控與存貨管理...等之基礎。個案公司由現場每天盤點在製品資料，不僅浪費人力且不正確。譬如每天生產100K支導熱管，在製品存貨20天，即隨時有2百萬支散在各製程站，以人工方式是無法掌握正確之訊息。因此在製品就如同黑洞一般，管理者無法確實掌握產品種類、數量及在製品所在站別？無法提供生管與生產決策所需。所以唯有藉助在製品的電腦化，才能提昇資訊的透明度與正確性，進而提昇管理決策的品質及效率。

本研究以透過 SAP ERP系統，建立在製品電腦化，以提昇其正確性並即時提供管理所需為目的。其分成三部份，第一部份為基本資料建置，第二部份為作業流程，第三部份為產出資訊(如圖11)。

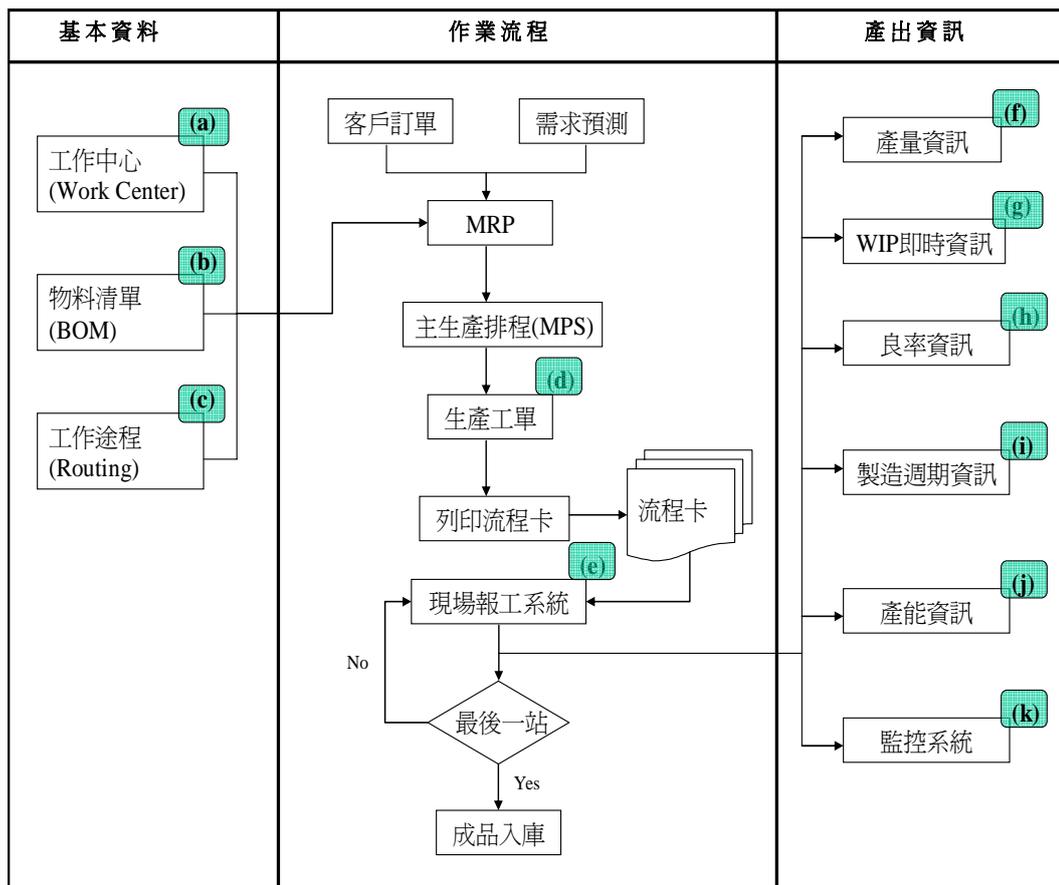


圖11 在製品資訊系統架構圖

資料來源：本研究整理

1. 基本資料建置

(a) 工作中心 (Work Center)

工作中心是製造流程的某一站或數站的組合，藉由該中心得以收集設定、人工、機器工時，作為產品標準成本計算、良率、生產量與在製品所在位置的參考基準點。

工作中心之規劃應以生產、品質與成本的管制為參考的基準。規劃太細，則徒浪費資料收集的人力與物力，反之，則會遺漏某些管理資訊。個案公司所規劃的工作中心與製程站的關聯性(如表 7)，將 20 道製程分為 11 個工作中心。

表 7 工作中心與製程站的關聯性

工作中心	製程站別
Tube Cutting (T_CUT) 裁管	Tube Cutting (裁管)
Ultrasonic Cleaner (UTRA_CLN) 超音波清洗	Ultrasonic Cleaner (超音波清洗)
Head Preparation (HEAD_PRP)	Spinning (縮口)
	Head Welding (焊頭)
Copper Powder Fill (PWD_FIL)	Cu Powder Filling (填粉)
Sintering Process (SINTER) 燒結	Sintering (燒結)
	Mandrel Pull (拔不鏽鋼)
HP Process (HP_PROC)	DI Water Fill (注水)
	Evacuation(真空)
	Process (Pinch off) (升溫裁切)
Tail Finishing (TAIL_FIN)	Welding (焊尾)
	Forming(縮尾)
Warm up Test (WU_TST) 直管測試	Thermal Stress(熱加壓)
	Warm UP test (直管測試)
Bend and Flatness (B&F) 折彎打扁	Bend and Flatness (折彎打扁)
B&F Test (B&F_TST) 水溫測試	Helium Test (氦氣測試)
	Water Test (水溫測試)
Clean & Gauge & Package (CLN_PKG) 清洗對模包裝	DEF Cleaning (清洗)
	Visual & Gauging Inspection (對模 & 外觀檢查)
	Packaging (包裝)

資料來源：本研究整理

(b) 物料清單 (BOM)

描述成品或半成品各產品階所需使用的原料種類、使用數量、有效時間與代用料等資料，以為材料採購、生產領(發)料及成本計算的基礎。

(c) 工作途程 (Routing)

定義成品或半成品生產製造所需的製程，製程站與工作中心的關聯，各產品於不同製程所需的標準機器、人工或 Set up 工時。結合工作中心(Work Center)即可算出製程作業所需的時間及所需的產能。結合物料表(BOM)可指定原料投入點，即定義各製程所需的原物料。

如同一產品有不同的製程，亦可加以定義。換句話說，同一產品可同時建立不同工作途程，以供製造工單開立與生產時選擇適當之製程。

2. 作業流程

(d) 製造工單

生管依據 MPS(Master Production Schedule)或客戶訂單，規劃出生產所需的產品種類，數量與生產日期並開立製造工單，以為生產，領(發)原物料與現場工作安排之用。另外，現場每一製程生產完畢後的生產資料報工、批量成本的結算、原物料耗用分析、良率分析，製造週期分析與產量分析皆以此為衡量單位。

製造工單結合工作途程(Routing)後，當工單開立時，系統會規劃出所需之製造流程站別，並計算出各製程站的計劃投入與完成的日期與時間，預期良品與不良品數。待現場報工後，計算出各製程站的實際投入與完工的日期與時間，及實際良品與不良品數，以為製造工單時程管控制之參考。

(e) 現場報工系統

當製造工單的每一移轉批量在每一製程站生產完畢後，生產人員將完成的良品數、不良品數、生產班別、生產日期、生產人員工號填入流程卡，並撕下該製程站流程卡後，由輸入資料人員輸入到資訊系統，即完成現場報工。可為製程作業進度管控及成本收集之依據。

3. 產出資訊

(f) 產量資訊

產量資訊包含每班、日或某生產區間、分產品種類、分製程站的完成數量，供生管與現場產量管控用。

(g) WIP即時資訊

WIP即時資訊包含各製程站的剩餘的在製品數量，依產品種類、製造工單別的預計生產量、已入庫量、各製程站的在製品總量，以為現場盤存、現場生產管控及限制驅導式排程導入時排程監控用。報表格式(如圖12)。

製造製令進度管制表																				
Production Output/ WIP Control Records																		Run Date: 05/23/2006 11:0		
WIP Date: 00/00/0000 Shift:																		Pages: 1		
Production Order: .																				
工單狀態: 未結工單																				
產品編號	工單號	生產數	入庫數	半成品數	餘料數	管管	自磨管管	超音波洗	Head	鍍粉	鍍結	EP	Tail	前段小計	直管測試	新彎成型	水濕測試	清洗包裝	後段小計	合____計
Mat. No.	W/O No	Ord Qty	Rece Qty	Semi Qty	Mat. Sto	Tube Cut	T_Drill	Ultrason	Preparat	Pow. Fil	Sinterin	Process	Finish	St_Total	*Arm Up	Ben Flat	B&F Test	Clean	St_Total	Total
1000087	100978	12,000	3,422	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,030	6,012	850	7,892	7,892
1000087	100979	12,000	8,608	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	12	3	383	1,955	300	2,641	2,653
1000087	100984	12,040	9,558	0	0	0	0	0	0	17	31	54	102	0	0	1,074	259	1,333	1,435	
1000087	600223	2,100	1,920	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	79	79	79
1000087	小計	38,140	23,508	0	0	0	0	0	0	0	17	31	66	114	3	1,413	9,041	1,488	11,945	12,059
Heat Pipe B65(Anr Neo-E1)																				
1000088	100986	12,040	9,651	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37	1,465	323	1,825	1,825
1000088	100987	12,040	8,430	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,973	87	3,060	3,060
1000088	600208	2,100	673	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1000088	小計	26,180	18,754	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37	4,438	410	4,885	4,885
Heat Pipe B65(Anr Neo-E2)																				

圖12 製令進度管制表

資料來源：本研究整理

(h) 良率資訊

良率資訊依產品種類、製程站計算每班、日或某生產區間的生產良率，供工程人員研究改善，並為生管計算製造工單投入與產出量的基礎。

(i) 產能資訊

產能資訊提供即時之每個製程站的產能使用狀況，包含已投入製造工單在不同製造時程的產能佔用率，計劃製造工單的產能使用時程及剩餘可用產能。

(j) 製造週期資訊

製造週期資訊是依製造工單別，提供每個製程站的生產週期，及整個製造工單從第一站開始投入到最後生產結束的時間。計算方式是以結束日期減去開始日期，期間的生產天數即是所謂的製造週期。報表格式(如圖13)。

W/O Range(工單區間) :-		Manufacturing Throughput Time Detail Report										Run Date: 09/25/2006 17:18:22		
Material Range(料號區間) :-		W/O Status: Close										Pages: 1		
		Time Period(生產區間) From :20060401-20060430												
產品編號 Mat. No.	工單號 W/O No.	生產數量 Ord Qty	Single Station Throughput Time (Days)										平均期間 Average Thru. Time	
			裁管 Tube Cut	超音清洗 Ultrason	Head Preparat	填粉 Pow. Fill	燒結 Sintering	HP Process	Tail Finish	直管測試 Warm Up	折彎成型 Ben Flat	水溫測試 B&F Test		清洗包裝 Clean
Finished Goods														
1000087	100891	12,040	0.5	1.0	1.3	0.6	1.0	1.5	0.6	3.3	3.6	2.4	2.3	13.3
1000087	100893	16,700	0.0	0.5	1.1	1.1	1.5	1.2	1.4	4.9	5.6	2.0	2.1	12.1
1000087	100911	12,040	0.5	3.5	1.1	2.4	2.9	2.9	3.1	3.2	1.9	1.9	2.2	13.2
1000087	100918	12,040	0.5	1.6	3.2	1.3	1.8	1.7	1.7	2.2	2.3	2.4	2.5	11.5
Heat Pipe B65(Aur Neo-H1)		64,860	0.5	1.4	1.4	1.3	1.7	1.8	1.8	3.6	3.6	2.7	8.0	13.0
1000092	100886	12,000	0.5	0.5	0.5	0.5	0.9	1.8	1.9	1.4	1.9	2.3	2.8	10.8
1000092	100887	12,000	0.5	0.5	0.8	0.8	1.4	2.4	2.9	7.5	7.7	8.2	8.2	16.2
Heat Pipe B63(Aur CypH-3)		36,040	0.5	0.6	0.6	0.6	1.2	1.6	1.9	8.1	5.0	8.6	8.9	16.2

圖13 製造週期 (Throughput Time)

資料來源：本研究整理

(k) 監控系統

(1) ATP (Available to Promise) 可承諾訂單交期

ATP (Available to Promise) 可承諾訂單交期是依據及時的庫存資料、在製品資料、良品率與預估生產時程，計算出未來幾天可完成的數量，提供生管安排出貨交期與接單的基礎。當預期數量無法滿足交期時，亦可為生產趕工之依據。當導入限制驅導式排程後，製造週期縮短後，可根據新製造週期時間修改程式，以符合現狀。報表格式(如圖14)。

Part No. :-		ATP Analysis Report										Run Date: 09/23/2006 11:20:20						
		Pages: 1																
產品編號 Part No.	倉庫庫存 0001/0007 W/E Qty	盤點倉庫存 0006 W/E Qty	其他庫存 Order W/E Qty	淨法包裝 CLEAN	水溫測試 (B&F Test)				新電收盤 Ben Flat	直管測試 (Warm Up)				後段小計 Back-Totol	燒結後小計 AF-Sin Tot	燒結前小計 BE-Sin Tot	合計 Total	
					> 72 hrs	72-48hrs	48-24hrs	< 24 hrs		Sn-Totol	> 48hrs	48-24hrs	< 24 hrs					Sn-Totol
1000087	31,069	294	0	1,488	9,041	0	0	0	9,041	1,413	3	0	0	3	11,945	97	17	12,059
Yield				98.35	96.71				99.85	99.39					99.00	98.01		
ATP Heat Pipe B65(Aur Neo-H1)									1 Day	2 Day	3 Day	4 Day	5 Day	6 Day	7 Day	8 Day	9 Day	> 9 Day
									31,383	10,063	0	0	0	1,345	0	0	91	16
1000088	39,785	0	0	410	4,438	0	0	0	4,438	37	0	0	0	0	4,885	0	0	4,885
Yield				98.78	99.45				99.91	99.00					99.00	98.01		
ATP Heat Pipe B65(Aur Neo-H2)									1 Day	2 Day	3 Day	4 Day	5 Day	6 Day	7 Day	8 Day	9 Day	> 9 Day
									39,785	4,764	0	0	0	36	0	0	0	0

圖14 ATP Analysis Report

資料來源：本研究整理

(2) 緩衝時間差異管理資訊

依據忽略區、警示區與趕工區三個緩衝管制區所分配的緩衝時數比率，建立緩衝延誤、趕工、警示與忽略等管理報表。

4. 導入過程與缺失改進

初期導入時，最困難的是資料收集的正確性。資料收集的過程是由生產人員將完成的良品數、不良品數、生產班別、生產日期、生產人員工號填入流程卡，並撕下該製程站流程卡後，由輸入資料人員輸入到資訊系統。遭遇的困難是流程卡不見或生產人員未紀錄確實。雖然另有流程卡副本隨著在製品流到下一站，可追蹤回遺漏的資料，唯浪費人力物力。

導入後的前2個月，除讓員工熟悉整個運作外，資料輸入人員每班紀錄並反應有誤資料給該班生產主管，及時追蹤並矯正缺失外，並對發生錯誤的員工實施機會教育。每週檢討並改進資訊或人工作業流程，終於在2個月後順利導入正軌。

5. 本小節導入成果與效益

- (a) 在製品資訊的正確性由導入前的 60-65%改善到2005第四季的 90-95%。
- (b) 提供生產與現場人員正確的資訊，以為管理之用，在製品不再是個”黑洞”。
- (c) 提供工程人員及時良率資訊，以為製程改善的基礎。
- (d) 以電腦系統取代每班的在製品人工盤點，省下人工每班 2-3人次。
- (e) 提供財會部門成本分析用，掌握成本差異之處。

4.5 導入成效

4.5.1 導入前、後成效分析

個案公司在完成在製品產出資訊建置後，於 Feb. – April 2006 開始建構限制驅導式排程模式，並於同年 April 開始導入限制驅導式排程，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。在新管理機制導入初期，所有參與人員仍抱持相當懷疑及保留的看法，並不時以原來做事的方法來挑戰新管理機制。但於二週 – 四週後，TOC-DBR的成效逐漸展現，所有參與人員對新管理機制的疑慮便逐漸降低。

此系統導入的成效分成瓶頸緩衝時間，出貨緩衝時間、產品平均製造週期與在製品庫存天數四項衡量指標。新系統導入的第一個月，大家對系統運作還不熟悉，系統也是邊做邊修正，且生管與現場因擔心延誤客戶訂單或因擔心照著投料節奏，非瓶頸站會有延誤生產瓶頸資源的疑慮，因此有時候會不依投料節奏而提前投料的情形。各項指標並沒顯著改善，到了第二個月起，機制運作越見順暢後，成效陸續顯現。成果如下(表 8)：

表 8 導入前、後成效分析

衡量指標	導入前一季平均天數	導入後的後兩個月平均天數	下降比率	明細如圖
瓶頸緩衝時間	2.3	1.3	43.5%	圖 15
出貨緩衝時間	10.1	6.1	39.6%	圖 16
產品平均製造週期	12.9	8.6	33.3%	圖 17
在製品庫存天數	25.3	12.5	50.6%	圖 18

資料來源：本研究整理

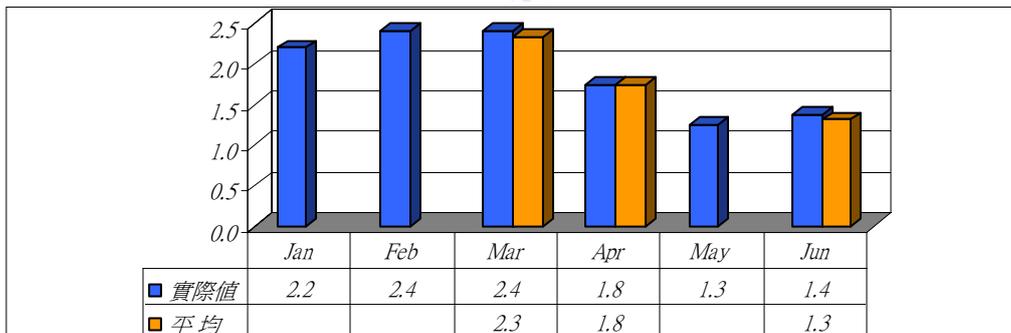


圖 15 瓶頸緩衝時間推移圖

資料來源：本研究整理

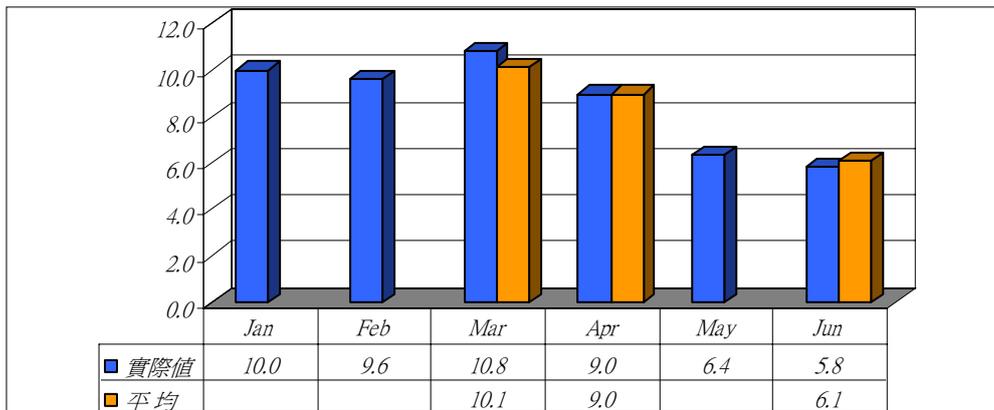


圖 16 出貨緩衝時間推移圖

資料來源：本研究整理

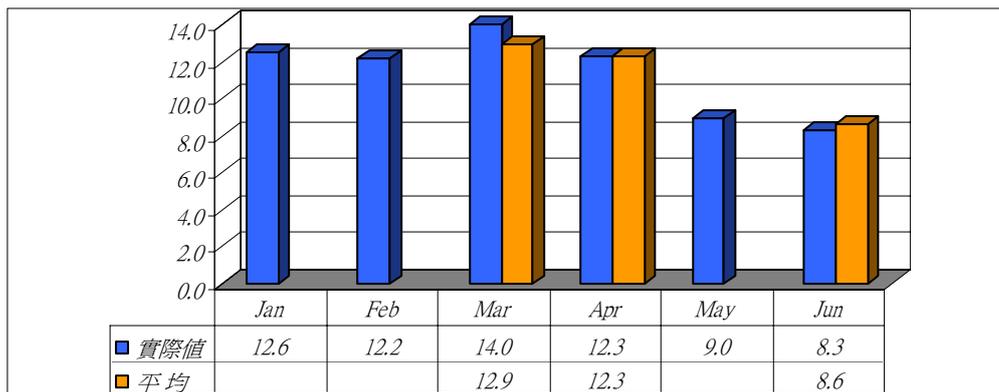


圖 17 產品平均製造週期推移圖

資料來源：本研究整理

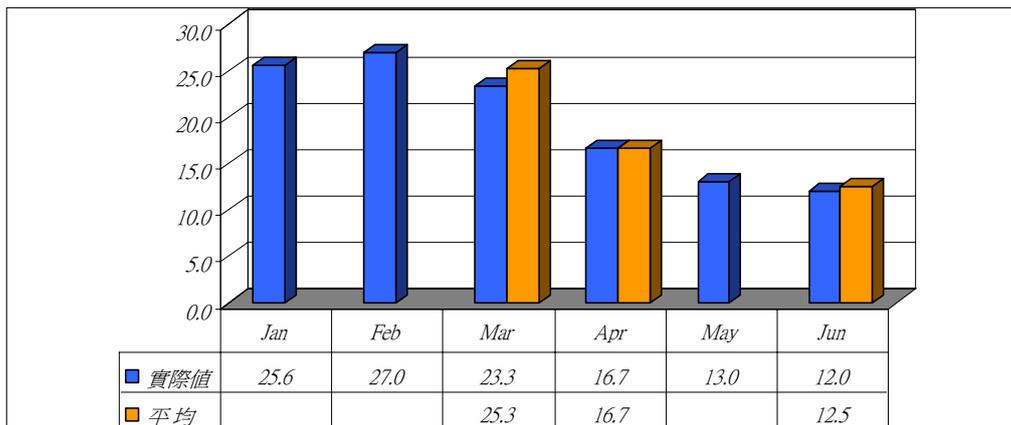


圖 18 在製品庫存天數推移圖

資料來源：本研究整理

4.5.2 導入歷程的挑戰與解決

從驅導式排程系統導入的結果看來，如先前所預期的，獲得相當程度的改善。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，我們也遭遇不少的挑戰：

1. 導入的初期並不順利，除了經驗不足外，系統運作也還在修正。幸獲公司最高主管的強力支持且積極參與，而且主要參與部門即生管與製造部門主管因深知再不提昇交貨能力，則公司將失去競爭力，不僅全力以赴並排除其部門內部阻力。況且限制理論已運用在全球產業多年，頗受好評，我們應可克服困難，成功導入。因此在大家高度共識下，終於有了美好回報。
2. 在導入初期，現場因若擔心照著投料節奏，萬一非瓶頸站稍有不順，會延誤瓶頸站的生產，因此有時候會不依投料節奏而提前投料。後來一方面由生物管與倉庫嚴控材料的發放外，另一方面將瓶頸站前各製程間的存放待生產的在製品料架拿掉一半，當下一製程站料架已滿時，立即停止生產，避免因提前投料，而在瓶頸站前等候。
3. 個案公司的瓶頸緩衝與出貨緩衝分別為1.5與7天，後者時間蠻長，為更嚴謹管理，除緩衝報表管理外，在導入一個月後，在出貨緩衝中選擇一個輔助監控點如章節 4.3.6 之3 所述。
4. 因熱導管客製化程度頗高，約占80%以上，所以一旦投產後，很難轉成其他產品。因此當客戶訂單臨時終止或展延時，或計劃工單的接單不如預期時，在製品會被要求暫停生產，都會打亂生產節奏。經由研討後，決定依下原則

處理：(1) 如訂單展延，已投產的工單繼續生產入庫，未投產部份，依新交期投產。(2) 如客戶訂單終止，則評估轉成其他機種，如是客製品無法轉給其他客戶，則移往扣留 (Hold) 區，待業務與客戶協商後再繼續生產或報廢。

5. 個案公司的製程站與站的在製品移轉是由操作員由上製程搬到下製程，移轉批量為一盒，容易造成整批量未完全移轉，少數幾盒散落各製程站，等到某製造工單大部份數量完工後，仍留在現場。此現象在導入在製品資訊系統後，此問題明顯顯現。後來以每週7種顏色(每天一種顏色)定義每天投入的產品，並將該顏色貼在盒上以茲識別，當不同顏色出現在同一製程站的在製品暫存區時，已過期的顏色就會突顯出，而加以處理，減少尾數盒散落各站的機率。此顏色管理系統在導入限制驅導式排程時，也有意想不到的效果，如本研究的瓶頸緩衝設為1.5天，如在瓶頸前的各製程發現二天前的顏色，即代表該盒產品已被延誤。此舉也有助於管理者的目視管理。
6. 當瓶頸資源的產出隨著新系統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，理當啟動製程改善，提升非瓶頸的製程能力來全力配合瓶頸資源的產出，然因製程人力無法充分配合，並未執行。



第五章 結論與未來研究方向

5.1 研究結論

誠如前述所言，熱導管業面臨供過於求的產業競爭狀態，如何提升客戶滿意度，以爭取更多訂單則是企業刻不容緩的目標。必須提供兼顧成本、品質與交期三大關鍵因素的服務。然而售價已因市場機制而固定，競爭廠商在售價與品質差異不大時，交期長短與準確性便成為接单的最關鍵因素。

個案公司在導入限制理論前，亦嘗試以改變排程方式，試圖達到交期快又準的目標。一度以傳統的現場排程法，針對現場 5-6 重要製程進行生產排程規劃，分別給予每製程站一份不同的生產排程，做為該站人員進行加工的順序依據。然而由於生產製造工單間具有相依性，如果在某工作站的一個加工製造工單有所變動，則與該製造工單相依的所有前後加工製程的順序都必須跟著變動。而由於該製造工單的變動，造成現場內其他所有的製造工單與資源的關係也必須全部重新調整，正如所謂牽一髮而動全身。因此，若使用傳統的現場排程方法，而想要對瞬息萬變的生產環境具備強壯的免疫力以及快速的反應能力是有其困難性的。換句話說生產排程計劃趕不上變化，有、無排程幾乎沒兩樣。後來則只排生產線入庫計劃及第一站投料計劃，其餘各製程站之生產順序則依在製品之產品種類與數量由現場自行控管。現場因生產績效之考量，為滿足各製程站 100%產能、減少換線時間、大批量生產、生產較易製造之產品，造成瓶頸站生產短期或客戶不需要之產品，瓶頸站有效產能受到排擠，交期越來越長。

另一個很重要的發現是；光導入資訊系統，而未導入正確的管理機制，並無法完全解決問題。個案公司在建置在製品資訊系統前，所面臨的問題與導入限制理論前並無太大的差別。當時生管與現場都把問題歸咎於：因無法得知在製品及時訊息所以無法適時反應、因人工提供的在製品盤存不正確所以造成誤判，而下了錯誤的決策。一致認為只要完成在製品資訊系統的建置，問題自可解決。其實不然，完成在製品資訊系統的建置後，雖然有所改善，並未根本解決問題核心，直到限制理論導入後才達到目標。這並不是說在製品資訊系統不重要，其對限制理論機制的執行的確也有相輔相成之效。

本研究透過在製品資訊系統的建置與限制理論機制的導入後，以個案公司實證結果並達成本研究的目的，重要成效如下：

1. 建置在製品系統，以電腦系統取代人工盤點，提供透明及準確的資訊，以利生管排程、現場管理及限制理論機制導入的基礎。提供工程人員及時良率資訊，以為製程改善的基礎。提供財會部門成本分析用，掌握成本差異之處。
2. 導入限制驅導式排程後，有效達到縮短製造週期、降低庫存，改善熱導管訂單交期準確性。
3. 透過限制理論機制導入，建置適用於個案公司的新管理機制，提供另一種生產管理思維，得以兼顧生產資源分配與交期績效。

5.2 未來研究方向

透過限制理論機制的導入，已明顯改善生產製造問題，直接提昇本身的競爭力。但就本研究而言，下列幾個研究方向值得進一步探討：

1. 本研究以製造週期與在製品庫存量為現場績效指標，並未考慮到金額價值。為與營運目標更契合，未來應導入限制理論提出產出觀的新績效衡量指標：訂單交期延誤金額與天數（Throughput Dollar Day, TDD）與庫存價值與存放天數（Inventory Dollar Day, IDD）。
2. 本研究製造週期的計算是以製造工單為基礎單位，如 A工單為10天，B工單為8天，平均9天。這會與生產批量有關。譬如說某一產品有二套模具，每一模具每天的產出為5,000支，如工單下單10,000支，代表一天完成，如該工單下單20,000支，則需多花一天，換句話說該工單的製造週期會多一天。因此如何決定適當生產批量或改變製造週期的計算方式，可進一步研究。
3. 個案公司的現場報工是依據作業員填在流程卡的生產紀錄，由人工輸入電腦，其缺點是紀錄是否正確？由流程卡的收集到輸入電腦，需花費 0.5 - 1.5小時，並未真正提供及時資訊，未來應研討電子化收集資料的可行性。
4. 瓶頸站前的裁管與超音波清洗站，因顧慮機台當機的修護時間，建立半天庫存，也因此瓶頸緩衝時間多了半天。此緩衝可否縮短或去除，以進一步縮短製程時間。
5. 為持續縮短製造週期，應考慮強迫縮小緩衝時間，藉由空洞的發生，進行持續改善。

參考文獻

- [1] 李榮貴與吳鴻輝(2001)，「限制驅導式現場排程與管理技術」(第二版)，台北：全華。
- [2] 李榮貴(2004)，「生產管理上課講義」，國立交通大學EMBA課程。
- [3] 李榮貴與張盛鴻(2005)，「TOC限制理論」(初版)，台北：中國生產力中心。
- [4] 林志翰(2004)，「瓶頸漂移問題之分析與研究」，國立交通大學工業工程與管理學系碩士論文。
- [5] IDC (2005/12)，「全球PC出貨量趨勢圖」，金鼎證券。
- [6] 陳俊宏(2004)，「應用限制理論在封裝廠訂單履約管理之研究」，國立交通大學工業工程與管理學系碩士論文。
- [7] 劉佳芸、曾紀寧、羅淑芬(2001/12)，「高科技產業 WIP 控管技術與案例研究」，機械工業雜誌。
- [8] CpuMate (2004)，「熱導管(Heat Pipe)原理及應用」，網址：
<http://www.cpumate.com.tw>。
- [9] UL台灣通訊(12/2005)，「熱往那裡跑？談筆記型電腦的散熱」，UL台灣通訊，16期，網址：<http://www.ul.com.tw>。
- [10] Forgarty, D.W. and Hoffmann, T.R. (1991), "Production and Inventory Management", South-Western Co., Cincinnati.
- [11] Gardiner, S. C., Blackstone, J. H. and Gardiner, L. R. (1993), "Drum-Buffer-Rope and Buffer Management", International Journal of Operations & Production Management, Vol. 13, No. 6.
- [12] Gardiner, S. C. and Blackstone, J. H. (1998), "Dynamic Buffering", International Journal Production Research, Vol. 36, No. 2, pp.333-342.
- [13] Goldratt, E.M. (1980), "Optimized Production Timetable; A Revolutionary Program for Industry", APICS 23th International Conference Proceedings, 172-176.
- [14] Goldratt, E. M. and J.Cox (1992), "The Goal", New York: North River Press.
齊若蘭譯(1997)，「目標-簡單而有效的常識管理」，台北：天下文化。
- [15] Goldratt, E.M. (1990), "Theory of Constraints", New York: North River Press.
- [16] Goldratt, E.M. (1990), "The Race", New York: North River Press.
- [17] Goldratt, E.M. and Avraham (Rami) (2005), "TOC Insights".

- [18] Lawrence, S. R. and Buss, A.H. (1994), “Shifting Production Bottlenecks: Causes, Cures, and Conundrums”, *Production and Operations Management*, Vol.3, No.1, pp21-37.
- [19] Lundrigan, R. (1986), “What is This Thing Called OPT?”, *Production and Inventory Management*, Vol.27, No.2, pp. 2-12.
- [20] Schragenheim, E. and Ronen, B. (1991), “Buffer Management: a Diagnostic Tool for Production Control”, *Production and Inventory Management Journal*, Second Quarter.



附 錄

主生產排程

訂單類別	工單號碼	料號	產品代號	訂單數量	投料時程		填 粉 站			負荷工時(時)	入庫	
							開始時間	完成時間	機台代號			
訂單	100012	1000176	JM6 HP1	43000	2006/4/5	早班	2006/4/6 20:00	2006/4/14 23:59	1	88.0	2006/4/24	中班
訂單	100045	1000173	HAL00 HP3	12000	2006/4/11	中班	2006/4/13 11:47	2006/4/14 23:59	2	25.2	2006/4/24	中班
訂單	100046	1000187	DM5	10000	2006/4/12	早班	2006/4/13 15:53	2006/4/14 23:59	3	21.1	2006/4/24	中班
計劃	100047	1000087	AUR Neo-H1	11000	2006/4/12	早班	2006/4/13 19:44	2006/4/14 23:59	4	18.3	2006/4/24	中班
計劃	100049	1000088	AUR Neo-H2	11000	2006/4/12	早班	2006/4/13 22:11	2006/4/14 23:59	5	15.8	2006/4/24	中班
訂單	100051	1000205	DM5	5000	2006/4/12	中班	2006/4/14 11:00	2006/4/14 23:59	6	11.0	2006/4/24	中班
訂單	100048	1000090	Aur Crpher-1	3000	2006/4/12	早班	2006/4/13 21:24	2006/4/14 11:00	6	5.6	2006/4/24	早班
訂單	100052	1000091	Aur Crpher-2	3000	2006/4/13	早班	2006/4/14 17:23	2006/4/14 23:59	7	5.6	2006/4/24	中班
訂單	100050	1000092	Aur Crpher-3	3000	2006/4/12	中班	2006/4/14 10:47	2006/4/14 17:23	7	5.6	2006/4/24	中班
計劃	100040	1000192	DM5	13500	2006/4/10	中班	2006/4/12 10:36	2006/4/14 10:47	7	28.2	2006/4/24	早班
訂單	100039	1000173	HAL00 HP3	12000	2006/4/10	中班	2006/4/12 9:59	2006/4/13 22:11	5	25.2	2006/4/21	中班
訂單	100041	1000195	FM1 CPU	9000	2006/4/11	早班	2006/4/12 15:18	2006/4/13 21:24	6	19.1	2006/4/21	中班
計劃	100044	1000087	AUR Neo-H1	10000	2006/4/11	早班	2006/4/12 16:02	2006/4/13 19:44	4	16.7	2006/4/21	中班
計劃	100042	1000088	AUR Neo-H2	10000	2006/4/11	早班	2006/4/12 15:29	2006/4/13 15:53	3	14.4	2006/4/21	早班
計劃	100043	1000121	Trinity-1	5000	2006/4/11	早班	2006/4/12 15:47	2006/4/13 11:47	2	11.0	2006/4/21	早班
計劃	100035	1000119	Trinity-2	5000	2006/4/10	早班	2006/4/11 20:02	2006/4/12 16:02	4	11.0	2006/4/20	中班
計劃	100033	1000118	Trinity-3	5000	2006/4/10	早班	2006/4/11 19:47	2006/4/12 15:47	2	11.0	2006/4/20	早班
訂單	100032	1000196	FM1 VGA	5000	2006/4/10	早班	2006/4/11 19:29	2006/4/12 15:29	3	11.0	2006/4/20	早班
計劃	100038	1000106	AUR Tank H-2	4000	2006/4/10	中班	2006/4/11 23:06	2006/4/12 15:18	6	7.2	2006/4/20	早班
訂單	100034	1000090	Aur Crpher-1	3000	2006/4/10	早班	2006/4/11 20:00	2006/4/12 10:36	7	5.6	2006/4/20	早班
訂單	100036	1000091	Aur Crpher-2	3000	2006/4/10	早班	2006/4/11 20:23	2006/4/12 9:59	5	5.6	2006/4/20	早班
計劃	100037	1000107	AUR Tank H-1	1000	2006/4/10	早班	2006/4/11 20:42	2006/4/11 23:06	6	2.4	2006/4/19	中班
訂單	100026	1000087	AUR Neo-H1	10000	2006/4/7	早班	2006/4/10 16:41	2006/4/11 20:23	5	16.7	2006/4/19	中班
訂單	100027	1000088	AUR Neo-H2	10000	2006/4/7	早班	2006/4/10 19:38	2006/4/11 20:02	4	14.4	2006/4/19	中班
訂單	100031	1000090	Aur Crpher-1	3000	2006/4/7	中班	2006/4/11 13:24	2006/4/11 20:00	7	5.6	2006/4/19	中班
訂單	100030	1000091	Aur Crpher-2	3000	2006/4/7	中班	2006/4/11 13:11	2006/4/11 19:47	2	5.6	2006/4/19	中班
訂單	100029	1000092	Aur Crpher-3	3000	2006/4/7	中班	2006/4/11 12:53	2006/4/11 19:29	3	5.6	2006/4/19	中班
訂單	100028	1000173	HAL00 HP3	12000	2006/4/7	中班	2006/4/10 8:00	2006/4/11 20:42	6	25.2	2006/4/19	中班
訂單	100024	1000193	FM1 CPU	10000	2006/4/6	早班	2006/4/7 21:18	2006/4/11 13:24	7	21.1	2006/4/19	早班
訂單	100021	1000193	FM1 CPU	12000	2006/4/6	早班	2006/4/7 16:59	2006/4/11 13:11	2	25.2	2006/4/19	早班
訂單	100025	1000087	AUR Neo-H1	10000	2006/4/6	中班	2006/4/10 9:11	2006/4/11 12:53	3	16.7	2006/4/19	早班
訂單	100022	1000088	AUR Neo-H2	10000	2006/4/6	早班	2006/4/7 19:14	2006/4/10 19:38	4	14.4	2006/4/18	中班
訂單	100023	1000121	Trinity-1	5000	2006/4/6	早班	2006/4/7 20:41	2006/4/10 16:41	5	11.0	2006/4/18	中班
訂單	100016	1000119	Trinity-2	5000	2006/4/5	中班	2006/4/7 13:11	2006/4/10 9:11	3	11.0	2006/4/18	早班
訂單	100015	1000118	Trinity-3	5000	2006/4/5	中班	2006/4/7 12:00	2006/4/10 8:00	6	11.0	2006/4/18	早班
訂單	100020	1000090	Aur Crpher-1	3000	2006/4/5	中班	2006/4/7 14:42	2006/4/7 21:18	7	5.6	2006/4/17	中班
訂單	100018	1000091	Aur Crpher-2	3000	2006/4/5	中班	2006/4/7 14:05	2006/4/7 20:41	5	5.6	2006/4/17	中班
訂單	100019	1000157	Har00	1500	2006/4/5	中班	2006/4/7 14:20	2006/4/7 19:14	4	3.9	2006/4/17	中班
訂單	100017	1000145	3KR60-025	1800	2006/4/5	中班	2006/4/7 13:17	2006/4/7 16:59	2	3.7	2006/4/17	中班

訂單類別	工單號碼	料號	產品代號	訂單數量	投料時程		填粉站			負荷工時(時)	入庫	
							開始時間	完成時間	機台代號			
訂單	100013	1000127	R580 H2	1300	2006/4/5	中班	2006/4/7 8:41	2006/4/7 13:11	3	3.5	2006/4/17	早班
訂單	100014	1000089	AUR Neo-H3	800	2006/4/5	中班	2006/4/7 9:54	2006/4/7 12:00	6	2.1	2006/4/17	早班
訂單	100006	1000171	HAL00 HP1	11000	2006/4/4	早班	2006/4/5 20:36	2006/4/7 14:42	7	23.1	2006/4/17	早班
訂單	100005	1000173	HAL00 HP3	11000	2006/4/4	早班	2006/4/5 20:14	2006/4/7 14:20	4	23.1	2006/4/17	早班
訂單	100007	1000193	FM1 CPU	10000	2006/4/4	早班	2006/4/5 21:59	2006/4/7 14:05	5	21.1	2006/4/17	早班
訂單	100010	1000087	AUR Neo-H1	10000	2006/4/4	中班	2006/4/6 9:35	2006/4/7 13:17	2	16.7	2006/4/17	早班
訂單	100009	1000088	AUR Neo-H2	10000	2006/4/4	中班	2006/4/6 9:30	2006/4/7 9:54	6	14.4	2006/4/17	早班
計劃	100011	1000200	HDL00 VGA	4500	2006/4/4	中班	2006/4/6 13:41	2006/4/7 8:41	3	10.0	2006/4/17	早班
計劃	100008	1000198	HDL00 CPU	4000	2006/4/4	中班	2006/4/6 9:06	2006/4/6 20:00	1	8.9	2006/4/15	中班
計劃	100004	1000201	HDL00 VGA	4000	2006/4/4	早班	2006/4/5 19:47	2006/4/6 13:41	3	8.9	2006/4/15	早班
訂單	100003	1000090	Aur Crpher-1	3000	2006/4/4	早班	2006/4/5 17:59	2006/4/6 9:35	2	5.6	2006/4/15	早班
訂單	100002	1000091	Aur Crpher-2	3000	2006/4/4	早班	2006/4/5 17:54	2006/4/6 9:30	6	5.6	2006/4/15	早班
訂單	100001	1000092	Aur Crpher-3	3000	2006/4/4	早班	2006/4/5 17:30	2006/4/6 9:06	1	5.6	2006/4/15	早班

