

國立交通大學
工業工程與管理學系碩士班

碩士論文

薄膜液晶顯示器組立廠
主生產排程快速規劃系統之設計

The Design of Rapid Master Production Scheduling System for
TFT-LCD Cell Assembly Factory



研究生：林毓淳

指導教授：鍾淑馨 博士

中華民國九十三年七月

薄膜液晶顯示器組立廠主生產排程快速規劃系統之設計
The Design of Rapid Master Production Scheduling System for
TFT-LCD Cell Assembly Factory

研究生：林毓淳

Student : Yu-Chun Lin

指導教授：鍾淑馨 博士

Advisor : Dr. Shu-Hsing Chung

國立交通大學
工業工程與管理學系
碩士論文



Submitted to Department of Industrial Engineering and Management

College of Management

National Chiao Tung University

in partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master

in

Industrial Engineering

July 2004

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十三年七月

薄膜液晶顯示器組立廠主生產排程快速規劃系統之設計

研究生：林毓淳

指導教授：鍾淑馨 博士

國立交通大學工業工程與管理學系碩士班

摘 要

薄膜液晶顯示器既輕且薄的特性，近年來受到市場的青睞，廣泛的被應用於顯像產品上，因此各面板組立廠莫不以產出最大化為目標，以搶佔市場。然而，顧客需求隨時間不斷變動的特性，使得規劃幅度內之產品組合與各期之產出目標皆不相同。因此，在此非穩態的生產環境境下，本文提出「主生產排程快速規劃系統」，在因應顧客需求變動之情境，同時滿足市場對生產週期時間之要求，來制定主生產排程。

對於此一課題，本系統以達到各規劃時期之產出目標為原則，建構三個模組來加以因應：「產能推估模組」、「產線配置模組」與「生產週期時間估算模組」。首先，針對組立廠整備時間相當長的特性，在「產能推估模組」裡，本文以最大可換線次數作為定義系統瓶頸之判斷。在定義出系統瓶頸後，「產線配置模組」在滿足各期各產品別之最小需求的條件下，以達到產出最大化為規劃目標，建構線性規劃模式來求解，並據以安排瓶頸工作站的產線配置。其次，在非瓶頸工作站方面，則以減少換線次數與機台產能負荷平衡為原則進行配置，以適時完成各期瓶頸工作站所規劃之產出目標。最後，在「生產週期時間估算模組」裡，依瓶頸工作站的產出速率，估算批量工作站之理想載入批量，並以區段基礎式生產週期時間法（BBCT）之理念為基礎，及產線配置之結果，預估各產品在各期之生產週期時間，並藉此判斷是否超過等候時間限制。

實驗結果顯示，依據瓶頸資源產線配置模式，求解出瓶頸工作站各機台每期產品之加工數量，本文以此安排各產品在各期之投料順序，可達到產出最大化的目標。透過非瓶頸充分配合瓶頸工作站之原則及兼顧同一工作站內各機台負荷平衡之作法，來配置產線及設計投料時點，能使各產品別在各期之產出數量與規劃目標相當一致。在此產線配置模式下，各產品之生產週期時間估算結果亦有相當不錯的準確度，整體而言，本文提出之「主生產排程快速規劃系統」能有效率地安排顧客需求變動情境之主生產

排程。

關鍵詞：薄膜液晶顯示器、主生產排程、非穩態、產線配置、生產週期時間估算



The Design of Rapid Master Production Scheduling System for TFT-LCD Cell Assembly Factory

Student : Yu-Chun Lin

Advisor : Dr. Shu-Hsing Chung

Department of Industrial Engineering and Management
National Chiao Tung University

Abstract

The thin film transistor-liquid crystal display (TFT-LCD) has the light and thin characteristics and is generally applied in display industry, in recent years. In order to seize the market, cell assembly factory sets “maximized throughput” as the target of production planning. However, due to customer demand changed by time, make product mix and throughput target in every planning period are all not the same. So under the non-steady state environment, this thesis proposes Rapid Master Production Scheduling System to deal with the situation of customer's demand variation, and to meet the request for product's cycle time of the market at the same time.

For this issue, this system takes reaching the throughput target each planning period as the principle, and contains three modules: capacity evaluation module, capacity allocation module and cycle time estimation module. First of all, due to the long setup time, in capacity evaluation module, this thesis uses number of setups available as the judgement for defining the system bottleneck. After defining system bottleneck, in capacity allocation module, on terms of meeting minimum demand of every product type, and of reaching maximized throughput as the objective, a linear programming model is proposed to solve the production quantity of each product type in each period. Then, the production line is allocated for the bottleneck workstation, based on the solution. Secondly, for each non-bottleneck workstation, machines are allocated to each product type based reducing setup times and balancing load of

machines of the workstation, in order to finish the throughput target in time. Finally, in cycle time estimation module, matched with the production rate of bottleneck workstation, and the ideal loading batch size is determined. Then, the product's cycle time is estimated so as to judge whether waiting time limit is exceeded or not.

Experimental result shows, the quantity of each product type in each period derived by capacity allocation module can be produced through the principle of matching throughput rate of bottleneck and non-bottleneck workstation. Also, the cycle time estimation has good accuracy. The target of maximizing throughput thus is achieved by controlling cycle time within the limit. Overall, the proposed system can rapid arrange the MPS efficiently and effectively for the demand variation environment.

Keyword: TFT-LCD, MPS, non-steady state, capacity allocation, cycle time estimation



致 謝

十月了！在即將報效國家的前三天，回想起研究所這兩年來的點點滴滴，心裡想的除了感謝還是感謝！

首先要感謝既是嚴師又像慈母的鍾老師，鍾老師治學嚴謹、有所堅持的精神，是學生這一輩子的榜樣，感謝您在最後這段日子對學生的耐心指導與不放棄，讓這篇論文最後能如期完成。在這裡誠摯的向您說聲：對不起，您辛苦了！此外，還要感謝彭文理教授、楊明賢教授在論文計劃書及最終審試時所提供之寶貴意見，使本篇論文能更加完善。

特別要感謝博士班的俊穎學長和于婷學姊，精闢的言論常常令我茅舍頓開，特別是對學弟的耐心指導常常讓我感激在心，希望你們的學術之路能大放異彩、一帆風順。感謝生管實驗室的同學：三年室友一輩子朋友的益參，感謝你的大力相挺；帥氣的繼遠以後再一起連線吧；成熟又穩重的簡城是大家心目中的好大哥；育燐粗曠的肌肉線條足以比美阿諾；口才伶俐的清泓腦筋非常靈活、做人做事非常認真的姜群、溫柔可人的涵琦、實驗室的大總管亞妮，研究所路上有你們大家相伴是我的榮幸，這條路走來我不虛此行。還要感謝我的好室友：老王、士凱，不嫌棄的陪我運動跑步。

最後，將此成就獻與辛苦養育我長大的爸爸、媽媽，謝謝你們長久以來的任勞任怨，給予我最自由的生長環境；還有，要感謝默默等待著我、為我付出的小呆呆，你的包容與支持是我堅持下去最大的動力，這份成就為我倆所共有。

特別一提的是交大排球校隊所給我的一切榮譽與磨練，讓我能更禁的住考驗。還有系排可愛的學弟妹們與親切的學長姐，跟你們一同打球聊八卦是我一個禮拜最期待的時刻，在此一併感謝。要感謝的人實在太多太多了，最後，就感謝上天吧！感謝上天讓我生在這個美麗的世界！

毓淳 于風城

目錄

摘要.....	iii
Abstract.....	v
致謝.....	vii
目錄.....	viii
圖目錄.....	x
表目錄.....	xi
符號一覽表.....	xii
第一章、緒論.....	1
1.1、研究背景與動機.....	1
1.2、研究目的.....	2
1.3、研究範圍與限制.....	2
1.4、研究方法與步驟.....	3
第二章、文獻回顧.....	6
2.1、薄膜液晶面板組立（LC Cell Assembly）製程.....	6
2.1.1、薄膜液晶顯示器製造程序簡介.....	6
2.1.2、薄膜液晶顯示器 Cell 段製程簡介.....	7
2.2、生產週期時間估算法.....	13
2.2.1、生產週期時間的定義.....	13
2.1.2、生產週期時間估算法.....	14
第三章、模式構建.....	19
3.1、問題定義與分析.....	19
3.2、整體邏輯與架構.....	21
3.3、產能推估模組.....	24
3.3.1、產能推估機制.....	25
3.3.2、瓶頸資源辨識機制.....	27
3.4、產線配置模組.....	28
3.4.1、瓶頸工作站機台產能配置機制[24].....	29

3.4.2、非瓶頸工作站機台產能配置機制.....	39
3.4.2.1、非瓶頸工作站機台派工法則.....	42
3.5、生產週期時間估算模組.....	43
3.5.1、批量工作站載入批量決策機制.....	46
3.5.2、投料規劃機制.....	47
3.5.3、生產週期時間估算機制.....	47
3.5.3.1、工作站負荷因子等候時間估算模式[30].....	47
3.5.3.2、批量工作站集批等候時間估算模式.....	49
第四章、模擬驗證.....	51
4.1、系統環境說明.....	51
4.1.1、生產環境說明.....	51
4.1.2 主生產排程規劃假設.....	52
4.2、產能推估模組之執行過程與規劃結果.....	53
4.2.1、產能推估機制.....	53
4.2.2、瓶頸資源辨識機制.....	55
4.3、產線配置模組之執行過程與規劃結果.....	57
4.3.1、瓶頸工作站機台產能配置機制.....	57
4.3.2、非瓶頸工作站機台產能配置機制.....	62
4.4、生產週期時間估算模組之執行過程與規劃結果.....	67
4.4.1、批量工作站載入批量決策機制.....	67
4.4.2、投料規劃機制.....	68
4.4.3、生產週期時間估算機制.....	69
4.4.3.1、批量工作站集批等候時間估算模式.....	72
4.5、生產績效評估.....	75
4.5.1、模擬環境說明.....	76
4.5.2、規劃產出目標達成度分析.....	76
4.5.3、生產週期時間分析.....	79
第五章、結論與未來研究方向.....	82
5.1、結論.....	82
5.2、未來研究方向.....	83
參考文獻.....	85
附錄.....	88

圖目錄

圖 1-1 研究範圍	3
圖 1-2 研究範圍流程圖	5
圖 2-1 液晶面板組裝前後段製程簡圖[21]。	8
圖 2-2 液晶灌入式意圖[22]	12
圖 2-3 液晶面板封口[21]	12
圖 2-4 偏光片貼附[19]	13
圖 2-5 區段基礎式週期時間估算法之估算機制圖[30]	17
圖 2-6 區段定義示意圖[4]	18
圖 3-1 TFT-LCD CELL 段面板組立廠主要製程工作站圖	20
圖 3-2 TFT-LCD 組立廠主生產排程快速規劃系統架構圖	23
圖 3-3 產能推估模組流程圖	25
圖 3-4 產線配置模組流程圖	29
圖 3-5 產出負荷分析流程圖	33
圖 3-6 專線機台指派流程圖	42
圖 3-7 生產週期時間估算模組流程圖	45
圖 3-8 集批等候時間估算示意圖	50



表目錄

表 2-1 生產週期時間之估算方法及其優缺點[4][5][6][7][9][10][28]	15
表 4-1 規劃幅度內各產品之預測需求.....	53
表 4-2 各規劃時期之最小需求量.....	53
表 4-3 規劃幅度內各工作站實際可用機台數.....	54
表 4-4 規劃幅度內各工作站最大可用產能.....	54
表 4-5 規劃幅度內各工作站平均負荷水準.....	55
表 4-6 規劃幅度內各工作站可換線產能.....	56
表 4-7 規劃幅度內各工作站之剩餘最大可換線次數.....	57
表 4-8 各規劃時期滿足最小需求，所需之專線機台數.....	58
表 4-9 ILOG 數學模式之統計資訊.....	59
表 4-10 瓶頸工作站機台產能配置機制之規劃解.....	60
表 4-11 瓶頸工作站機台產能配置機制之規劃解示意表.....	61
表 4-12 瓶頸工作站機台產能配置模式求解結果與各期最小需求量之比較表 ...	62
表 4-13 第 1 期非瓶頸工作站指派給各產品之約當機台數與皆採專線需機台數	63
表 4-14 非瓶頸工作站各產品所需之專線、混線實際機台數彙整表.....	64
表 4-15 非瓶頸工作站第 1 期專線機台與混線機台總產出量彙整表.....	65
表 4-16 第 1 期非瓶頸工作站機台指派彙整表.....	65
表 4-17 非瓶頸工作站各產品之理想載入批量.....	68
表 4-18 各期各產品投料時間表.....	68
表 4-19 第 1 期產品 A 在各工作站之負荷因子等候時間彙整表.....	70
表 4-20 第 1 期產品 B 在各工作站之負荷因子等候時間彙整表.....	71
表 4-21 第 1 期產品 C 在各工作站之負荷因子等候時間彙整表.....	71
表 4-22 第 1 期各產品在批量各工作站之集批等候時間彙整表.....	72
表 4-23 WS07、WS08 之總等候時間.....	73
表 4-24 規劃幅度內各期各產品之生產週期時間估算結果.....	73
表 4-25 各產品之月產出量達成度分析.....	79
表 4-26 各產品規劃幅度內月產出量模擬結果.....	79
表 4-27 各產品生產週期時間之估算結果與模擬結果比較表.....	80
表 4-28 各產品之月生產週期時間模擬結果.....	80
表 4-29 規劃幅度內各產品生產週期時間上限表.....	81

符號一覽表

符號下標

- i : 第 i 種產品, $i = 1, 2, \dots, I$;
 k : 第 k 個工作站, $k = 1, 2, \dots, K$;
 nbk : 第 nbk 個非瓶頸工作站, $k = 1, 2, \dots, NBN$;
 m : 機台 m 的編號, $m = 1, 2, \dots, M_k$;
 BN : 系統之瓶頸工作站 ;
 BK : 批量工作站 ;
 NBN : 系統之非瓶頸工作站 ;
 t : 規劃時期 (time period), $t = 1, 2, \dots, T$;

產能推估模組之符號定義

- B_k^{Max} : 批量工作站 k 之最大可載入批量 ;
 Cap_k : 規劃幅度 H 內各工作站 k 可用產能 ;
 D_i : 各產品規劃幅度 H 內的目標產出數量, $i = 1, 2, \dots, I$;
 H : 規劃幅度 ;
 $MTBF_m$: 機台 m 之平均失效間隔時間(mean time between failure) ;
 $MTTR_m$: 機台 m 之平均修復時間(mean time to repair) ;
 $MTBPM_m$: 機台 m 之平均維修間隔時間(mean time between PM) ;
 $MTTPM_m$: 機台 m 之平均維修時間(mean time to PM) ;
 $MTTNS_m$: 機台 m 之平均必要整備時間(mean time to necessary setup) ;
 $MTBNS_m$: 機台 m 之平均間隔必要整備時間(mean time between necessary setup) ;
 M_k : 工作站 k 之實際機台總數 ;
 N_k : 規劃幅度內, 各工作站 k 之約當機台數, 其為扣除機台當機、維修保養、及必要整備時間後之機台數 ;
 $PT_{i,k}$: 產品 i 在工作站 k 所需的加工時間 ;
 \overline{PT}_k : 各產品在工作站 k 所需加工時間的平均值, $\overline{PT}_k = \frac{\sum_{i=1}^I PT_{i,k}}{I}$ 。
- $RCap_k$: 工作站 k 可用來換線之產能 ;

SA_k : 工作站 k 之最大可換線次數；
 \overline{ST}_k : 工作站 k 產品換線所需的平均時間；
 U_k : 目標需求所造成工作站 k 之平均負荷水準；

產線配置模組之符號定義

$A_{i,t}$: 第 t 期，產品 i 需設定之最低生產數量下限；
 $ADNB_{i,nbn,t}$: 第 t 期，非瓶頸工作站 nbn 應指派給產品 i 之專線機台數；
 $ANB_{i,nbn,t}$: 第 t 期，非瓶頸工作站 nbn 應指派給產品 i 之實際機台數；
 $ANB_{i,nbn,t}^{Ded}$: 第 t 期，非瓶頸工作站 nbn 可指派給產品 i 之專線機台數；
 $ANB_{i,nbn,t}^{Mix}$: 第 t 期，非瓶頸工作站 nbn 應指派給產品 i 進行混線生產之實際機台數；
 B_{BN}^{Max} : 瓶頸工作站 BN 之最大載入批量 (Max Batch Size)；
 $Cap_{m,t}$: 第 t 期，瓶頸工作站機台 m 的可用產能；
 D_i : 規劃幅度內產品 i 之目標產出量；
 $D_{i,t}^{Min}$: 產品 i 各期 t 所需之最小產出需求量；
 $O_{i,BN}$: 規劃幅度內，產品 i 在瓶頸工作站 BN 之平均產出速率；
 $PT_{i,m}$: 瓶頸工作站機台 m 加工產品 i 所需的時間；
 $S_{i,t}$: 第 $t-1$ 期，瓶頸工作站滿足需求後之剩餘庫存量；
 SN : 規劃幅度內粗估瓶頸工作站之總換線次數 SN ；
 SN_t : 第 t 期粗估瓶頸工作站之換線次數；
 $ST_{i,m}$: 產品 i 在機台 m 的整備時間；
 Tar_t : 產品 i 在規劃幅度之規劃產出量；
 $Tar_{i,t}$: 產品 i 在第 t 期之規劃產出量；
 $TH_{i,nbn,t}^{Ded}$: 第 t 期，非瓶頸工作站 nbn 各產品別在專線機台的產出量；
 $TH_{i,nbn,t}^{Mix}$: 第 t 期，非瓶頸工作站 nbn 各產品別在混線機台的產出量；
 U_{BN}^{Lim} : 上層給定工作站 BN 之平均負荷水準上限，規劃幅度內各工作站機台之利用率不得超過此一上限；
 U_{NBN}^{Lim} : 上層給定非瓶頸工作站 nbn 之平均負荷水準上限，規劃幅度內各工作站機台之利用率不得超過此一上限；
 $x_{i,m,t}$: 在第 t 時期，產品 i 指派給瓶頸工作站機台 m 的數量；
 $\delta_{i,m,t}$: 0-1 變數。在第 t 時期，產品 i 是否在瓶頸工作站機台 m 上生產，若

是則為 1；反之則為 0；

$\psi_{i,m,t}$ ：0-1 變數。在第 t 時期，產品 i 在瓶頸工作站機台 m 生產是否需要整備，若要則為 1；反之則為 0；

$\gamma_{i,m,t}$ ：0-1 變數。在第 t 時期初，瓶頸工作站機台 m 是否排定生產產品 i ，若是則為 1；反之則為 0；

生產週期時間估算模組之符號定義

$\alpha_{i,t}$ ：第 t 期，產品 i 之平均產出率(卡匣/分)；

$\lambda_{i,k,t}$ ：第 t 期，產品 i 在工作站 k 之來到率(卡匣/分)；

$\mu_{i,k}$ ：第 t 期，產品 i 在工作站 k 之服務率；

$\rho_{i,k}$ ：第 t 期，產品 i 在工作站 k 之利用率；

$\overline{ANB}_{i,BN}$ ：規劃幅度內，瓶頸工作站平均各規劃時期指派給各產品之機台數；

$ANB_{i,k,t}$ ：第 t 期，工作站 k 指派給各產品之實際機台數；

$B_{i,k}^{Ideal}$ ：產品 i 在批量工作站 k 之理想載入批量；

$CT_{i,t}$ ：產品 i 在第 t 期之生產週期時間；

$o_{i,k,t}$ ：第 t 期，產品 i 在工作站 k 之平均產出速率；

$ST_{i,NBN}$ ：產品 i 在非瓶頸機台 NBN 的整備時間；

$TBQ_{i,k,t}$ ：第 t 期，產品 i 在工作站 k 之集批等候時間；

$TLQ_{i,k,t}$ ：第 t 期，產品 i 在工作站 k 之負荷因子等候時間；

$TTQ_{i,k,t}$ ：第 t 期，產品 i 在工作站 k 之總等候時間；

第一章、緒論

1.1、研究背景與動機

液晶顯示器(Liquid Crystal Display；簡稱 LCD) 技術的發展，基本上經歷扭轉向列型(Twisted Nematic；簡稱 TN)、超扭轉向列型(Super Twisted Nematic 簡稱 STN)與彩色薄膜電晶體型(Thin Film Transistors；簡稱 TFT)三個階段，而在約 1993 年，台灣由小尺寸轉為中、大型之薄膜電晶體液晶顯示器(Thin Film Transistors Liquid Crystal Display；簡稱 TFT-LCD)之生產時，LCD 工業才開始在台灣蓬勃發展。液晶平面顯示器因為輕薄短小即輻射低的優異特性，目前正快速取代傳統 CRT 顯示器的市場，根據 Displaysearch 的預估，平面顯示器中產值最高的 TFT-LCD，2002~2007 年產值的複合成長率將高達 20%。過去 TFT-LCD 面板廠的主要營收來源為筆記型電腦與 LCD 顯示器，獲利能力受到景氣循環的影響相當大，景氣好的時候毛利率可以達到 20%的水準，景氣差時，毛利率則容易轉為負值。但未來 TFT-LCD 面板廠主要的獲利來源除了 LCD 顯示器外，新興的液晶電視(LCD TV)其毛利率高達 30~50%，成為廠商據以厚望之明星產品，儘管未來毛利率將會呈現下滑的趨勢，但面板廠商透過產品組合改善的結果，整體毛利率仍可維持平穩[17]。台灣 LCD 廠受惠於龐大的筆記型電腦產業所創造出的內需市場、LCD 顯示器低價刺激效果發酵，加上國內 TFT-LCD 五代廠¹，包括友達及廣輝五代廠的產能已經陸續開出，2003 年第二季國內面板廠處於訂單需求高於產能供應約 10%的狀況[18]，預估 2004 年第三季後，在五代廠良率提高的情況下，將達到供需平衡[18]。目前除了筆記型電腦、液晶顯示器面板需求持續成長外，成長最大的應用產品來自於 LCD TV。根據 Displaysearch 統計 2003 年第一季出貨量即較去年同期大幅成長 211%，因此，短期內 LCD 面板市場仍將供不應求[18]，致使各 TFT-LCD 廠無不盡力擴充產能，以搶佔市場。然而儘管市場供不應求，TFT-LCD 面板價格卻持續維持低價，產品生命週期也越來越短，面對競爭如此激烈的環境，各面板廠莫不致力於降低生產成本，準時完成出

¹不同世代製程的產品主要差異在投片基板的尺寸不同，所能割取的面板數目也不同，當然愈新的製程，投片尺寸愈大，割取的面板數也愈多，規模經濟也會最佳。

貨以提高生產績效，同時提高顧客滿意度，以搶佔市場。

TFT-LCD 屬於存貨式 (Make To Stock, MTS) 的生產型態。面對變動的市場，主要由預先完成的庫存產品來直接供應市場所需，因此在庫存量的掌控上必須有準確的前置時間 (Lead Time) 預估機制，以提供補貨人員面對市場需求變動時，有一補貨時點決策的依據，避免發生缺貨而失去市場。而面板組立廠一旦接獲補貨中心通知需求改變，必須對已規劃好的產出目標做一更動，此時必須有一主生產排程快速規劃系統，評估組立廠能否滿足補貨中心所要求的產出目標，同時告知補貨中心何時可以出貨，藉此讓補貨中心的需求與面板組立廠的產出能緊密的配合，以期能增加台灣 TFT-LCD 產業的競爭力。

1.2、研究目的

TFT-LCD Cell 段製程係由許多平行工作站所組成的流線型生產系統，其製程可分為前段序列工作站與後段批量工作站。後段批量工作是由數個批量大小不同的工作站串聯而成，同時又有許多製程上的限制，因此加深了在規劃產線配置與估算產品生產週期時間時的複雜度。基於上述的研究背景與動機，同時考量 Cell 段製程的諸多特性，為使組立廠面板的供應與供貨中心的補貨時效能緊密的配合，以符合市場需求，本論文擬考量在產品需求已知的環境下，先經由一產線配置模式，在滿足產出需求、減少整備時間的浪費下，求出合理之產線配置，接著依所配置之產線考量組立廠機台特性與整備時間，發展一生產週期估算時間模式，藉以完成主生產排程之快速規劃，提供補貨中心補貨人員與生產規劃人員有一決策的依據。

1.3、研究範圍與限制

本文所發展之「主生產排程快速規劃系統」係依據工廠之產線配置與各產品之生產週期時間估算加以評估是否能及時滿足需求變動，藉此系統之運作與回饋，其預估的結果將回饋至需求管理、主生產排程與細部排程

以提供相關之生產作業決策。本文之研究範圍如圖 1-1 所示。

為了有效達成本文之規劃目標與降低研究環境之複雜度，本文作了以下的假設與限制：

1. 供貨中心方面：要求調整尚未下線生產的產品數量與種類
2. 生產系統方面：產品製程、產出目標、產品組合比例皆為已知，且系統屬於少樣多量之生產型態。
3. 生產作業方面：各機台之派工法則，均採先進先出(FIFO)，批量法則則依據本論文所設計批量法則進行集批作業，且不考慮物料搬運的問題，投料法則則採用均勻負荷投料法進行投料規劃與控制。
4. 產品製程方面：每一工作站之機器種類、機台數量、加工時間及當機比率皆為已知。
5. 系統限制方面：不考慮人員、物料與工具的資源限制。

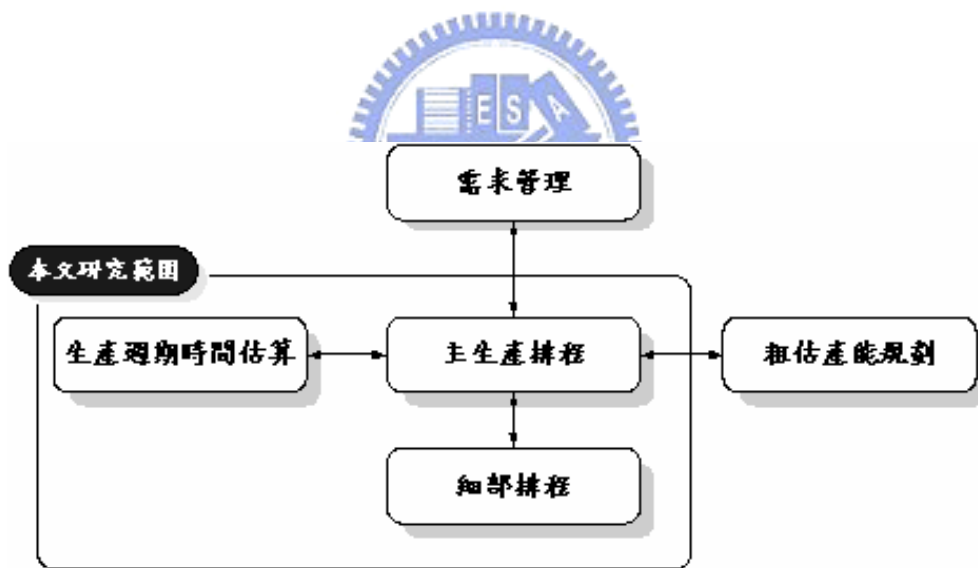


圖 1-1 研究範圍

1.4、研究方法與步驟

為達成上述之研究目的，本文之研究方法將依以下步驟流程進行，其流程如圖 1-2 所示，其執行方法以下簡述之：

1. 文獻回顧

依據研究目的與方向，蒐集並整理國內外學者之相關文獻以構建本文之研究架構，分類為以下兩部分：

- (1). 薄膜液晶面板組立廠製程介紹
- (2). 生產週期時間估算

2. 問題定義與分析

針對 TFT-LCD 面板組立廠的生產環境與製程特性，分析其遭遇的問題以釐清研究的方向，並對所探討的研究範圍作一適切的定義。

3. 「TFT-LCD 組立廠主生產排程快速規劃系統」之建構

當組立廠規劃人員依據產出目標需求，欲規劃主生產排程時，將依照 (1) 「產能估算模組」；(2) 「產線配置模組」；(3) 「生產週期時間估算模組」此三個模組加以互相配合因應。以下簡述此三個模組的構建：

(1) 構建「產能估算模組」

迅速估算產出目標是否會超過瓶頸資源可用之最大產能，並定義瓶頸資源之所在，作為規劃管理之重點。

(2) 構建「產線配置模組」

依據「產能估算模組」所定義瓶頸資源之所在，考量產出目標與各工作站製程限制，進行「產線配置模組」。本階段承接蔡氏[22]的「機台產能配置模式」，加以補強後，用以評估產品組合更動後，系統能否規劃出符合需求且合理的產線配置。

(3) 構建「生產週期時間估算模組」

依據「產線配置模組」所規劃之各產品產出目標，以配合瓶頸資源之產出速率，達到批量工作站產出速率同步化為原則，估算出批量工作站之理想載入批量，作為集批策略之基礎。同時，配合固定在製品量之投料法則，以黃氏[30]區段基礎式生產週期時間估算法(BBCT)的理念為出發點，進行「生產週期時間估算模組」，估算出各產品之生產週期時間，提供主生產排程有關產出時間規劃的依據。

4. 模擬驗證

透過系統模擬的結果，以達到產出最大化與各規劃時期最小產出需求量為首要目標，生產週期時間估算的準確與否為次要目標作為本系統績效評估的基礎，驗證本論文所提出方法之成效。

5. 結論與未來研究方向

根據研究結果，針對不足之處提供未來可進一步研究與改善之方向與建議。

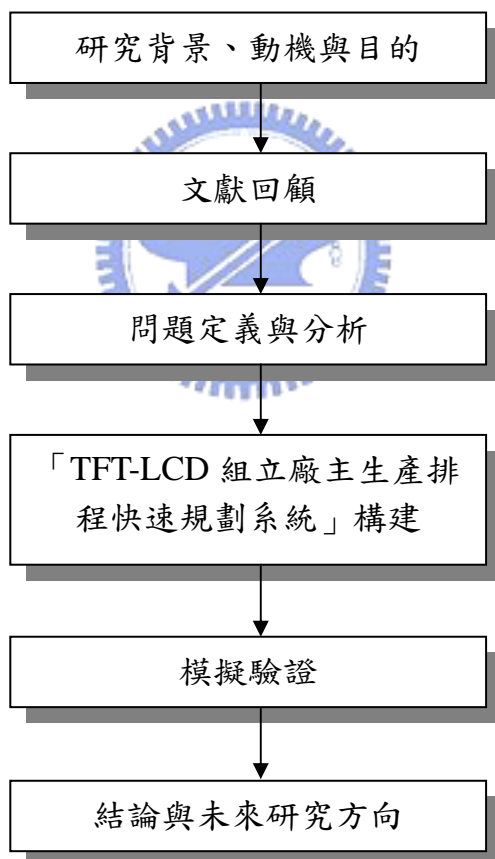


圖 1-2 研究範圍流程圖

第二章、文獻回顧

本文所構建之「TFT-LCD 主生產排程快速規劃系統」，期望能適用於需求變動快速的環境下，且能提供面板組立廠生管人員與補貨中心所需補貨資訊之決策判斷準則，使得補貨中心的需求與面板組立廠的產出能緊密的配合，進而達到滿足顧客需求的目標。因此吾人將針對以下幾個方向之文獻進行探討，以作為本論文研究之理論基礎。

1. 薄膜液晶面板組立製程介紹
2. 生產週期時間估算

2.1、薄膜液晶面板組立 (LC Cell Assembly) 製程

2.1.1、薄膜液晶顯示器製造程序簡介

在介紹薄膜液晶面板組立製程前，吾人首先概略介紹薄膜液晶顯示器(TFT-LCD)之製造程序。薄膜型液晶顯示器(TFT-LCD)之製造程序，可分為三大製程，分別為前段陣列(Array)製程、後段面板組立(Cell)製程及模組組裝(Module)製程，其製造流程是將玻璃基板上製作之薄膜電晶體的 TFT Array 工程基板和彩色濾光片基板貼合起來，並進行液晶注入而組成液晶胞，再與驅動電路和背光板等組合成模組的整個工程[19]，以下簡述此三大製程階段[20]：

◆ 薄膜電晶體陣列 (TFT Array) 製程：

製作薄膜電晶體製程。此製程主要是將玻璃基板透過類似半導體的鍍膜、曝光、顯影、蝕刻等過程，在玻璃基板上形成電晶體，這方面國內技術成熟，良率一般都有 90% 以上。

◆ 液晶面板組立 (LC Cell Assembly) 製程：

玻璃基板封入液晶製程。此製程是將玻璃基板與彩色濾光片作配向處理，進行壓合並切割成預定尺寸的面板，注入液晶，及貼上偏光板等，此製程難度甚高，是目前 TFT-LCD 製造良率最低的部分。

◆ 液晶模組組裝 (LC Module Assembly) 製程：

將 LCD 驅動 IC、電路板、背光電源模組與液晶面板進行組裝製程，再作最後的檢查，難度不高，良率接近 100%。

本研究著眼於 Cell 段製程面板組立廠的生產規劃與排程問題上，因此僅針對 Cell 段面板組立廠的製程進行探討。

2.1.2、薄膜液晶顯示器 Cell 段製程簡介

TFT-LCD 之組立流程可簡單分成液晶面板前段配向製程與後段基板組立製程，前段製程是將玻璃基板上製作之薄膜電晶體元件陣列基板和彩色濾光片基板經個別加工後，進行貼合處理；後段製程則在完成液晶注入、封口、偏光板貼附與完成品的檢查。圖 2-1 為液晶面板組裝之前後段製程簡圖。



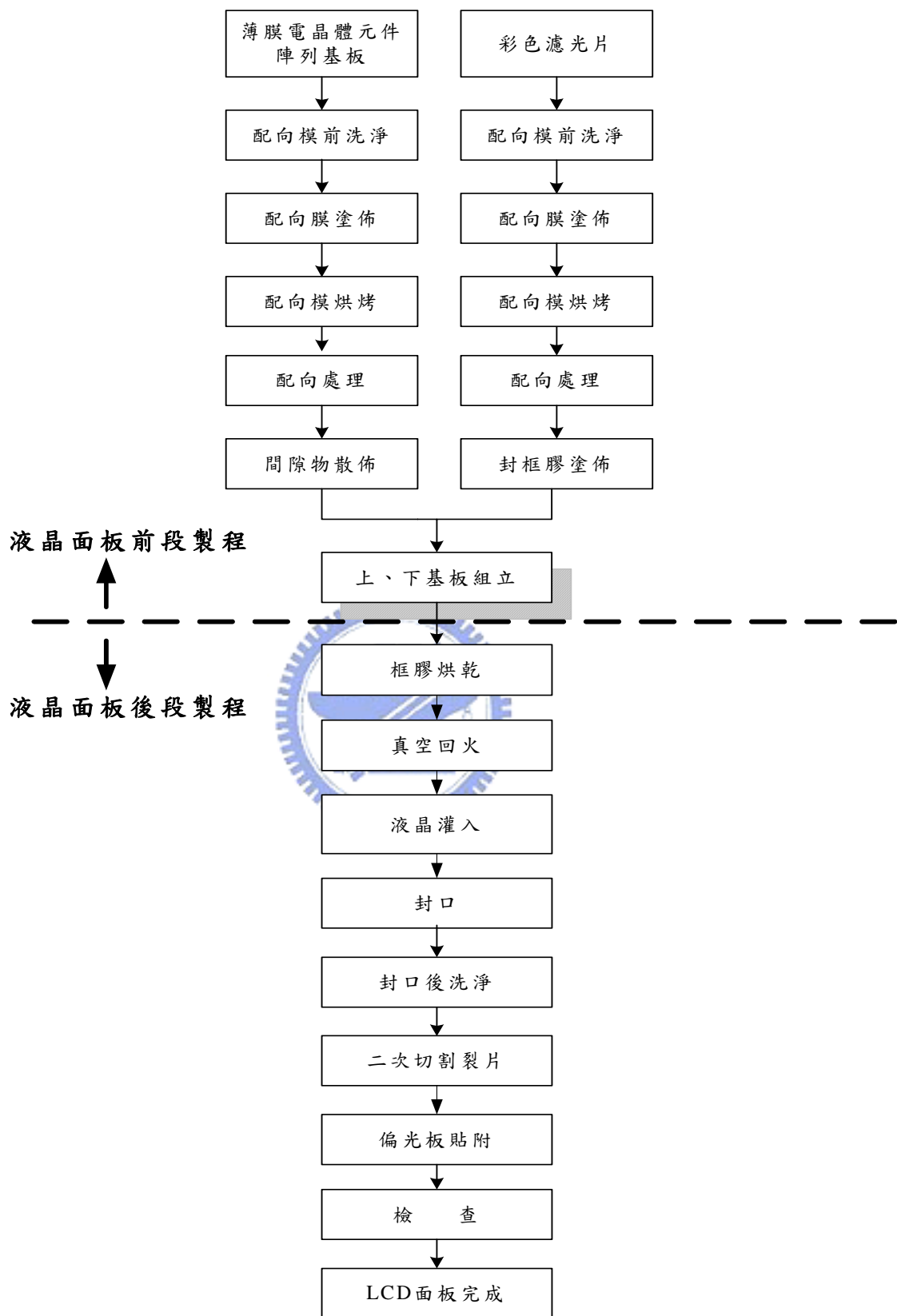


圖 2-1 液晶面板組裝前後段製程簡圖[21]。

前段製程首先將薄膜電晶體元件陣列基板進行液晶顯示器的尺寸切割工作，然後和彩色濾光片基板分別經過洗淨（Cleaning）、配向膜塗佈（Polyimide Print, PI Print）、烘烤(PI Baking)、配向處理（Rubbing）、上、下基板組立（Cell Forming）等製程，即完成與彩色濾光片基板的組合製程。後段製程在液晶注入（LC Injection）工程有兩種製作方式，可先將前段製程組裝好空的 Cell 基板裁切斷裂片，取最終顯示器產品所需尺寸大小，經檢查工作後，再將液晶材料以真空方式注入，並加以封合；或者先灌入液晶，進行裁切斷片工程後再封口[19]。最後再進行偏光板貼附（Polarizer Attachment）、檢查等過程後，即可成為薄膜液晶顯示器的面板，完成液晶面板組裝的工作。

以下便針對液晶面板組裝的主要製程，依其製程順序說明其細部流程[19][20][21][22][23][24]：

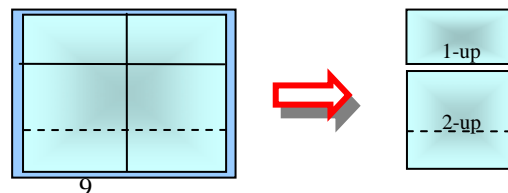
1. 配向膜前洗淨（Pre-PI Cleaning）

在薄膜電晶體元件陣列基板切割成欲生產的尺寸²後，需將其切割後的玻璃截面平坦化，避免截面缺陷應力集中，在之後的製造途中發生龜裂之情形。在切完割玻璃基板與彩色濾光片後，必須經過沖刷洗淨、流水洗淨、有機溶劑之超音波洗淨、純水洗淨、清除液滴和加熱乾燥等步驟，以去除殘留在表面上之污染物，方能使膜均勻完整地附在玻璃基板上。清洗步驟首先須針對油脂類與有機物質污染物，進行 UV 洗淨與有機洗淨過程，以去除附著在玻璃基板與彩色濾光片上之有機物。之後，再經過沖刷洗淨、超音波洗淨、流水洗淨等步驟，以去除基板上之塵埃粒子。最後，再進行清除液滴和加熱乾燥等步驟，即完成洗淨作業。

2. 配向膜塗佈（Polyimide Print, PI Print）

配向膜(PI)是用來將液晶未加電場前分子做定位的工作，其前後兩片基板上的配向膜需互成九十度方能將液晶分子依序旋轉，其配向方式是以轉

²此為玻璃基板地的第一次切割動作，其目的是為了將上層 Array 製程加工完畢、尚未切割的大型薄膜電晶體元件陣列基板切割成組立廠生產線所欲生產的尺寸，如下圖所示，2-up 基板表未來二次切割裂片時，須再切割一次。



輪 (roller) 轉印法依一定方向刷過，也有利用蒸鍍的方式配向，不過成本較高。

3. 配向模烘烤 (PI Baking)

將已經上完 PI 膜且檢查完成之玻璃基板進行溫度 180~250°C 左右的烘烤製程，使得基板上之 PI 膜進行硬化反應，以便於進行配向工程的進行。

4. 配向處理 (Rubbing)

先於基板表面的某一特定方向塗著一整齊排列物或設以溝槽，使液晶分子的長軸方向作物理性的限制，整齊排列於上、下配向膜間，以增強 PI 膜表面的配向導向力。主要可分為傾斜蒸著法與摩擦法，本文在此簡單介紹摩擦法。

摩擦法配向方法：於基板上塗上一層無機物或有機物的皮膜再行摩擦，或使用織布、羊毛布、橡膠、毛刷等工具，將配向膜表面以一定之方向進行摩擦，此種摩擦方式因欠缺耐熱與耐水性，因而較不具實用性。摩擦次數則須依配向膜材料之種類個別設定，一般均在十多次左右。

5. 間隙物散佈 (Spacer Spray)

在 TFT 陣列基板上塗佈間隙物 (Spacers)³的用意是為了使兩片基板貼合後中間有足夠的空間灌入液晶。而有些彩色濾光片在購入時本身即有間隙物，故薄膜電晶體元件陣列基板不需再有間隙物塗佈這道製程。間隙物可分為玻璃材質者與塑膠材質者，其中塑膠材質間隙物常易帶靜電而導致結塊，故散佈時需十分小心。

6. 封框膠印刷 (Patterning)

在 TFT 陣列基板和彩色濾光片基板貼合之前，應先在彩色濾光片上印刷封合劑 (Sealant)⁴。而在封合劑方面可分為使用環氧樹脂 (Epoxy) 的

³使液晶分子之間距保持一定距離而在 TFT 陣列基板上置入球狀材料，一般使用硬質塑膠。

⁴彩色濾光片和 TFT 基板接著用之接著劑。一般配合硬化助劑使用。

網版印刷 (Screen) 法或者使用分散劑 (Dispenser) 的直接畫 (微影) 法。其目的為將 LCD Cell 上下兩片玻璃基板區隔開，保護液晶不和外界水汽及雜質接觸，並防止液晶外流。

7. 上下基板貼合 (Cell Forming)

在基板內側周邊部分印刷封裝劑，乾燥，將溶劑充分揮發後，將粒狀間隙物散布於以封裝材所圍住做為顯示部分之全部區域，將電極基板相互貼合。一般來說，基板貼合時，均依預先做的記號，將上下兩片基板位置對齊，適度的加壓，使封裝劑硬化而形成液晶槽，再經過加熱步驟使基板間之框膠硬化，讓兩片基板連接黏合，並產生基板間距，防止日後異物侵入液晶之界面。

8. 烘乾 (Seal Bake)

在基板組立壓合後，予以加熱基板間之指膠受熱硬化，以控制加熱過程中之程式與加熱之均勻性來得到最佳性之框膠硬化物。

9. 真空回火 (Vacuum Anneal)

利用高溫真空下，將組立完成後仍存在於空 Panel 內的水氣去除，縮短液晶注入時間，並將其中的氣體換成氮氣。

10. 液晶灌入 (LC Injection)

液晶槽及液晶材料須先充分的脫氣，以獲較高之信賴度，再將液晶材料注入真空回火處理過後的空 Cell。首先會將密封箱抽成真空，將液晶片放入此真空的密封箱中，藉著基座的固定將小切割後空的 LCD Cell 固定住，再由下方的海綿提供液晶，藉著彈簧活動機構將海綿往上頂，然後再釋放空氣進入箱中，此時 LCD 板便會藉著毛細現象將液晶完全吸入 LCD 板中間，完成灌液晶的動作。

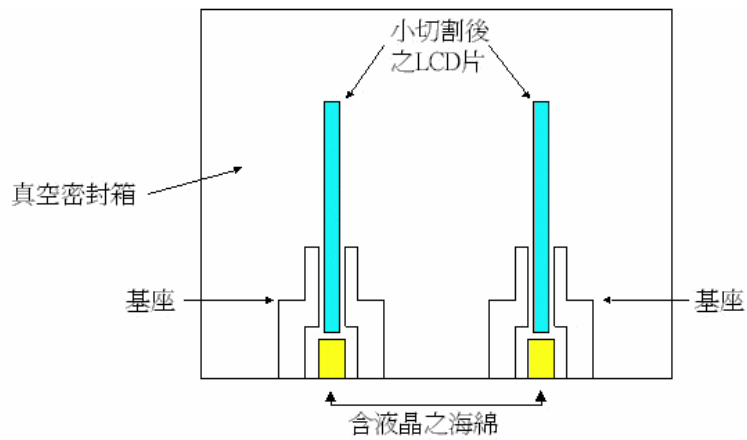


圖 2- 2 液晶灌入式意圖[22]

11. 封口 (End Seal)

灌入液晶後在其開口處進行封口，以防止液晶外漏，如圖 2- 3 所示。封口方法大致可分為銲接封閉法與接著劑封閉法，最近，則大多使用矽膠系接著劑進行封口。

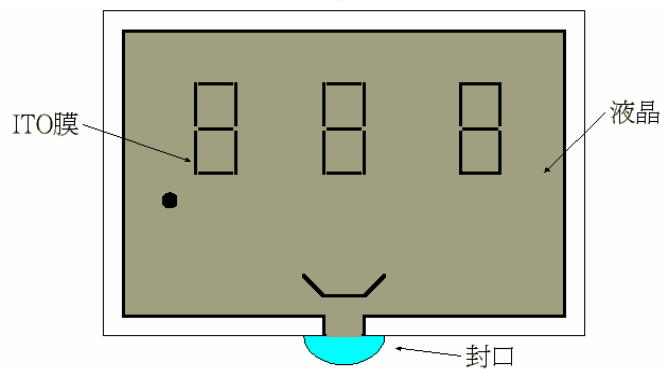


圖 2- 3 液晶面板封口[21]

12. 封口後洗淨 (After End-Seal Cleaning)

灌入液晶後，須將 LCD 板置於洗淨槽內進行沖水洗淨、超音波洗淨與純水洗淨步驟，以去除附著於外側之液晶材料。

13. 二次切割裂片 (2nd Scribe & Break)

- (1).切割已灌液晶之 TFT-LCD 至所需的尺寸，並將要貼附驅動 IC⁵的電極外露。
- (2).將 2-UP 玻璃尺寸切成單個 Cell。

14. 偏光板貼附 (Polarizer Attachment)

將相差九十度的偏光片貼在 LCD 面板的上下兩面，如此完成了液晶顯示器面板 (Panel) 的成品，如圖 2-4 所示。

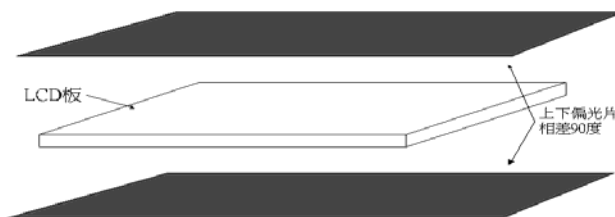


圖 2-4 偏光片貼附[19]

15. 檢查 (Cell Test)

例如面板厚度檢測 (Cell Gap Measurement)，此站為 off line 機台，目的在於能快速測量液晶注入後，基板玻璃間的厚度，以便作為 OK/NG 的檢驗及品管。

2.2、生產週期時間估算法

2.2.1、生產週期時間的定義

所謂生產週期時間係指顧客的製造命令單釋放到工廠之後，依據製程資訊依序進行加工作業，直到此張製造命令單的產品完成所有作業，並進行結單或銷令為止所需的時間，其中包含了各項製程的等候時間(Queue Time)、整備時間(Setup Time)、裝卸物料時間(Loading & Unloading Time)、加工時間(Processing Time)、等待工件到來的時間(Waiting Time)以及搬運時

⁵液晶顯示器之基礎零件之一，為估 LCD 成本比重中第三高者。驅動 IC 的主要功能是輸出需要的電壓至像素，以控制液晶分子的扭轉程度。

間(Transportation Time)[25]。若將上述週期時間的組成時間加以分類，生產週期時間(Production Cycle Time)包括了理論週期時間與等候時間[3]，理論週期時間是指一工件通過所有加工機台而無需等候之時間，亦即僅含實際作業時間而無等候時間。Rao[1]亦認為生產週期時間係由以下二大部分組成：

- 實際作業時間(Operation Time)：可細分為整備時間(Setup Time)與加工時間(Run or Production Time)，實際作業時間亦即理論週期時間。
- 內部作業時間(Inter-operation Time)：可分為等候加工時間(Queue Time)與等候搬運時間(Wait Time)，兩者構成所謂的等候時間。

除上述對生產週期時間之定義外，Chung and Huang[4]考量晶圓製造廠批量工作站與序列工作站混雜之物流特性，將工件流經晶圓廠所須之週期時間區分為以下三部分：

1. 源於負荷因子之等候時間
因該工作站之平均工件負荷所造成之等候時間。
2. 源於批量因子之等候時間
因前後製程機台之載入批量差異，及其相對之產出速率差異，所造成之等候時間。
3. 理論週期時間
理論週期時間包含純製程時間、載入與卸下時間...等。

2.1.2、生產週期時間估算法

理論週期時間因變異程度較小，通常被視為一定值，而等候時間則具有高度不確定性。因此生產週期時間預估的準確與否決定於等候時間能否被準確估算，生產週期時間的估算方法已有相當多的學者考量不同的環境與因子，提出不同的估算模式，Chung and Huang[4]曾將學者們對生產週期時間的估算方式進行整理，將週期時間估算法區分為四種類型：模擬法與

人工智慧法，統計分析法，數學分析法及混合法。此四類週期時間估算法，各有不同的適用環境與優缺點，依其特性差異，彙整如表 2-1[26]所示。

表 2-1 生產週期時間之估算法及其優缺點[4][5][6][7][9][10][28]

週期時間估算法	方法及適用環境說明	優點	缺點
<p>模擬法 (Simulation)與 人工智慧法 (Artificial Intelligence; AI)</p>	<ul style="list-style-type: none"> 方法：建立離散事件模擬模型，經由模擬結果來預測週期時間。 適用環境：缺乏相關生產資料(例如新廠籌建、新製程導入)、中長期之決策評估。 	<ul style="list-style-type: none"> 透過建立詳細的模型，可以提昇預測之精準性； 有效模擬動態環境； 可解答 What-if 的問題，提供決策參考，或預測控制參數之值。 	<ul style="list-style-type: none"> Model validation 不易，須經多次模擬方能確認可行性； 模擬過程所須時間相對較長； 每一個 What-if 情境分析均需耗時甚長，不利於進行短期預測。
<p>統計分析法 (Statistical Analysis Method)</p>	<ul style="list-style-type: none"> 方法：利用迴歸分析或是相關分析等統計方法，來分析過去的生產資料，以尋找週期時間與各類變數之間的關係，並依此建立統計模式來進行預測。 適用環境：短期、穩定環境。 	<ul style="list-style-type: none"> 具有統計可信度； 模型簡單，容易使用； 現場人員接受度較高。 	<ul style="list-style-type: none"> 所需處理之資料量極為龐大耗時； 過去的趨勢並不一定適用於未來； 需求改變、產能改變、在製品策略改變等等，均會造成模型的不適切性。
<p>數學分析法 (Mathematical Method)</p>	<ul style="list-style-type: none"> 方法：主要以等候理論或數學模式為基礎，利用數學推導工單流動時間及其標準差，進而利用常態分配的假設來設定所需 	<ul style="list-style-type: none"> 具統計分配特性，可以推導出預測誤差的分佈； 執行運算所須之時間短。 	<ul style="list-style-type: none"> 簡化之數學模式往往與實際情形有所差異； 數學模式複雜度高，有時不易推導出可用模式；

	參數。 • 適用環境：長期、穩態環境。		• 僅適用於穩態系統環境，因此無法應用於短期週期時間之估算。
混合型(Hybrid Method)	• 方法：整合多種研究方法，進行週期時間之預測。 • 適用環境：依據結合的方法，而有不同的適用環境。	• 可整合各種方法之優點。	• 各種方法之假設前提可能相互存在矛盾點，不當的整合將增加分析的困難度。

為反映市場變動，達到快速估算的目的，吾人擬以數學分析法進行生產週期時間的估算。以數學分析法作生產週期時間之估算應當考量工廠內機台設備的物流特性，將影響週期時間的因子確實反應在估算模式內。搜尋國內外各學者之研究結果，Conway 等學者[15]，在 1967 年運用拉普拉斯轉換式 (Laplace Transforms) 求得工件在單一機器上的期望流動時間。Conway 估算式[13]僅考慮工件在單一序列機台之期望流動時間，並未考量批量機台作業特性對生產週期時間的影響，其算式如式 2-1 所示：

$$E(X) = E(P) + \frac{\lambda \cdot E(P^2)}{2(1-\rho)} \quad (\text{式 2-1})$$

其中，

- $E(X)$: 期望流動時間；
- λ : 工件進入機器的速率；
- ρ : 為機器的利用率。
- $E(P)$: 期望實際作業時間；
- $E(P^2)$: 實際作業時間之平方期望值。

蘇氏[31]修正 Conway 估計式，考量批量機台之製程特性，將工件流經批量機台之期望流動時間修正如：

$$E(X) = E(P) + \frac{\lambda \times E(P^2)}{2(1-\rho) \times ABS} \quad (\text{式 2-2})$$

其中， ABS 為批量加工機台之平均載入批量，若為序列機台則 $ABS = 1$ 。

Karmarker [11] 則考量了在製品數量和前置時間長短對產能負荷的影響。其研究針對連續型生產線中的 N 個連續工作站，利用等候理論，將產出與在製品水準的關係模組化，做生產週期時間預測。估算式如式 2-3 所示：

$$T = \left(\frac{Q_i}{P_i} \right) + 2 \left[\sum_i \left(\frac{X_i}{Q_i} \right) \left(\frac{Q_i}{P_i} \right)^2 \right] \cdot \left[1 - \sum_i \left(\frac{X_i}{P_i} \right) \right] \quad (\text{式 2-3})$$

其中， T 為總生產週期時間；

- Q_i ：產品 i 的批量大小（個）；
- X_i ：產品 i 的實際產出率（個 / 單位時間）；
- P_i ：產品 i 的正常產出率（個 / 單位時間）。

Chung & Huang[4] 曾經針對晶圓製造廠內製程與設備的物流特性，發展一區段基礎式週期時間估算法(The Block-Based Cycle Time estimation algorithm, BBCT)，在週期時間的估算上有相當的成效，因此以下吾人對 BBCT 作一簡單之介紹。下圖為 BBCT 演算法之簡單概念圖。

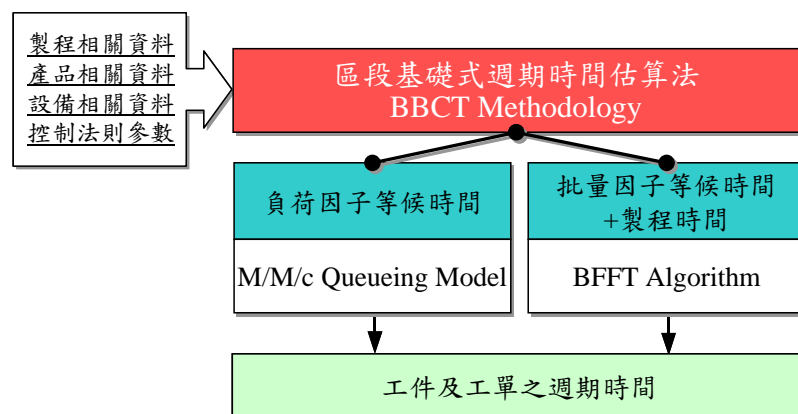


圖 2-5 區段基礎式週期時間估算法之估算機制圖[30]

BBCT 演算法之基本運作程序，共分為以下三個階段：

第一階段為「分解與辨識」階段，其目的在於依據物流相似性，將複雜的製程「分解」成為獨立的區段⁶與子區段，並「辨識」出各子區段所對應之週期時間模型，若以晶圓廠製程與設備特性為例，如圖 2-6 所示，大致可區分成 SB 型、BB 型、BS 型與 BSB 型四種區段。以 SB 型為例，發生在最前端之製程，區段起始加工步驟為序列加工(serial-type)製程、區段結束加工步驟為批次加工(batch-type)製程。

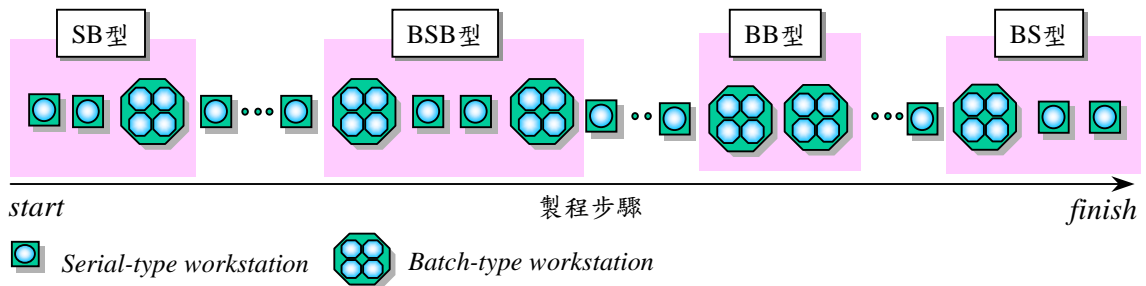


圖 2-6 區段定義示意圖[4]

第二階段為「基本運算」階段，其目的在於建構各子區段估算週期時間之數學模式，以進行估算。Chung and Huang[4]認為區段內之物流掌控於三個觀測重點(前批次機台、後批次機台及產出速率最慢的序列工作站)，並依此觀念作為每一個區段批量因子等候時間之估算基礎，只要確認出這三個觀測重點在區段物流中所扮演的關鍵角色及其交互作用影響，就可以有效掌握工件批在整個區段之流速變化，及形成其週期時間之特性。

第三階段為「組合運算」階段，其目的在於將各子區段週期時間「組合」成為區段週期時間，並將源自於負荷所造成的等候時間加總，最後扣除各工作站重複計算的部分，便可估算出整個製程之生產週期時間。

綜觀以上研究，TFT LCD Cell 段製程雖未如晶圓廠複雜，但由於 LCD 組立廠後段製程係由許多批量工作站相連而成，因而在預估生產週期時間上更增加其複雜度，考量 TFT-LCD 組立廠批量機台的物流特性，吾人擬以 Chung and Huang[4]對於生產週期時間的定義作為生產週期時間預估的基礎。

⁶所謂區段(block)，係包含製程中兩個相鄰的批次製程步驟，及介於其中之所有序列製程步驟的集合。

第三章、模式構建

3.1、問題定義與分析

TFT-LCD 屬於存貨式 (Make To Stock, MTS) 的生產型態，其製程由上而下可分為：Array、Cell、Module 三段主要製程，本文著眼於 TFT-LCD Cell 段面板組立製程的生產規劃問題。

Cell 段面板組立製程係由許多平行工作站所組成的流線型生產系統，主要可分為前段序列工作站、中段批量工作站與末段序列工作站，主要之工作站名稱如圖 3- 1 所示，其中中段批量工作站的加工時間約佔了 Cell 段製程的 70%，吾人將各工作站之機台特性整理如下：

1. 同一工作站內的各個機台均為等效(Identical)平行機台。
2. 機台型式可分為序列機台與批量機台，前者一次僅能加工一個卡匣(Cassette)後者一次可同時加工多個卡匣。批量機台不論機台滿載或非滿載皆可進行加工，且其加工時間皆相同。
3. 批量工作站加工時間長，例如液晶灌入(LC injection)需要將近十小時的加工時間。
4. 機台加工期間不得進行插件或換件。
5. 工作站加工不同產品時須進行整備(setup)，其中以配向膜塗佈(PI Print)整備時間最長，為 2.5 小時，其對於加工時間來說相對地長。
6. 某些批量工作站製程間有等候時間(Queue Time)之限制，亦即加工完成後必須在限制時間內進行下一步製程的加工，否則將形成報廢。例如當產品經過真空回火(Vacuum Anneal)加工後必須在 240 分鐘內進行液晶灌入，而液晶灌入後亦必須在 360 分鐘內進行封口(End Seal)。

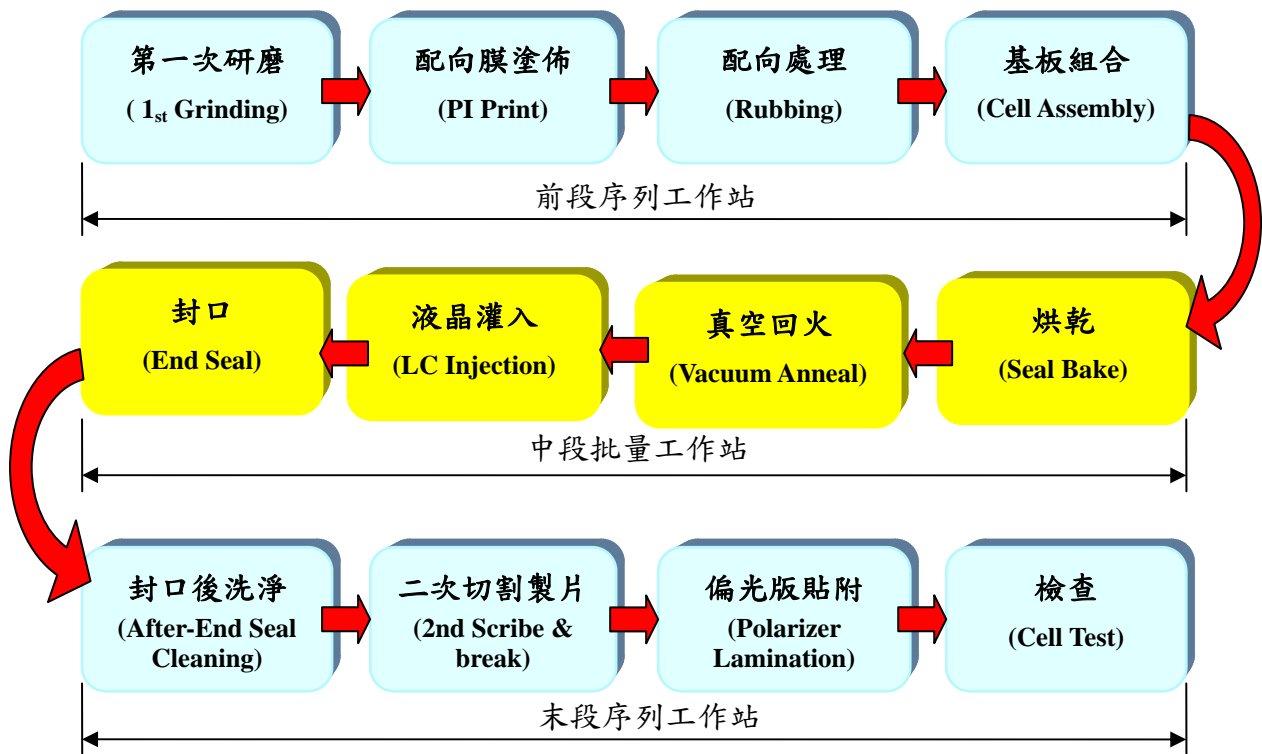


圖 3-1 TFT-LCD Cell 段面板組立廠主要製程工作站圖

面板組立廠主要由預先完成的庫存產品來直接供應市場所需，因此在庫存量的掌控上必須有準確的前置時間 (Lead Time) 預估機制，以提供補貨人員面對市場需求變動時，有一補貨時點決策的依據。面對需求變動快速的市場，為搶得更多的顧客訂單，各組立廠莫不致力於提高生產系統的彈性以快速反應顧客的需求變動。然而允許顧客訂單的改變勢必影響工廠內的主生產排程與細部排程，排程異動的結果，短時間內將造成生產上的混亂，機台的產能負荷狀況變的不確定，進而影響到系統的在製品量與生產週期時間與之前主生產排程規劃的結果差異過大，甚至超過產能負荷與訂單交期。因此，若能在顧客需求規劃變動之時有一「主生產排程快速規劃系統」，將能事先評估需求變動時，面板組立廠能否即時因應此一異動，同時兼顧生產效率，達到滿足顧客需求的目標。

基於以上所述，面板組立廠必須依據上層所規劃之產出需求與目前工廠內的產能限制，評估需求變動時，對整個生產系統所造成的績效影響。本文針對面板組立廠設計「主生產排程快速規劃系統」，考量需求變動後

的產出目標，先評估能否規劃出合理之產線配置，而後設計集批策略與投料機制用以達到所需之產出目標，並依此估算面板組立廠目前各產品之生產週期時間，規劃出合理可行之 MPS，回應至供貨中心作為補貨之依據。

3.2、整體邏輯與架構

本文利用生產規劃階層式的規劃流程，建構「TFT-LCD 組立廠主生產排程快速規劃系統」之架構，藉以明定各規劃階層之任務目標，並掌握不同階層之間的規劃成效以達成整體的生產績效，並達到快速回應的目的。本文在生產規劃架構的定位涵蓋主生產排程與細部排程階段，其規劃週期為 2 天，規劃幅度為一個月(28 天)，整體架構如圖 3-2 所示。

本文所發展的「主生產排程快速規劃系統」除可適用於每週產出狀況的定期檢視外，亦可在供貨中心發現市場需求產生變化，與原計劃之產品組合與數量不同時，將依照本架構之「產能估算模組」、「產線配置模組」、「生產週期時間估算模組」，三個模組之運作配合，粗估產能是否能夠滿足變動後的產出需求，再依製程特性進行產線配置，確保產出需求的達成，並估算各產品之生產週期時間，快速規劃合理之主生產排程加以因應。以下簡述此三個模組的運作概念：

首先，進行「產能估算模組」。由「產能推估機制」估算各工作站可用之最大產能，再由「瓶頸資源辨識機制」依據各工作站之最大可換線次數上限定義出系統瓶頸。

其次，進行「產線配置模組」。本模組承接並補強蔡氏[22]的「機台產能配置模式」，主要工作透過「瓶頸工作站機台產能配置機制」與「非瓶頸工作站機台產能配置機制」用以評估產品組合更動後，系統能否在減少換線產能的浪費下，規劃出符合需求的產線配置。「瓶頸工作站機台產能配置機制」係以產出最大化為規劃之目標，考量各工作站機台之批量加工、整備時間、產能限制等特性，並在符合產出需求下，藉由線性規劃進行瓶頸工作站的機台產能配置。「非瓶頸工作站機台產能配置機制」則依非瓶頸充分配合瓶頸工作站之原則及兼顧同一工作站內各機台負荷平衡的作法，完成機台產能配置。

接著，進行「生產週期時間估算模組」。為使產出符合時效性，必須依據現有已規劃之產線配置，配合集批策略與投料法則，準確估算出產品之生產週期時間，方能提供主生產排程有關產出時間規劃的依據。在批量工作站之集批決策上，吾人藉由「批量工作站載入批量決策機制」，以最小批量集批法則(Minimum Batch Size; MBS)[16]作為本文之集批策略。在投料法則上，吾人藉由「投料規劃機制」以「均勻負荷法(Uniform Loading)」作為投料時點之規劃，以使系統能穩定的產出。在生產週期時間的估算上，吾人藉由「生產週期時間估算機制」依據黃氏[30]區段基礎式生產週期時間估算法(BBCT)的理念，將各生產線之生產週期時間分為機台負荷所造成的等候時間與批量機台間因流速差異所造成的等候時間，以估算出各產品在工作站之等候時間。再據此評估各產品在各工作站之等候時間能否符合等候時間之限制，若無法符合則必須回饋至上層規劃人員，重新協調並更動產品組合；若可符合，則更新主生產排程，將規劃結果排入主生產排程之中。



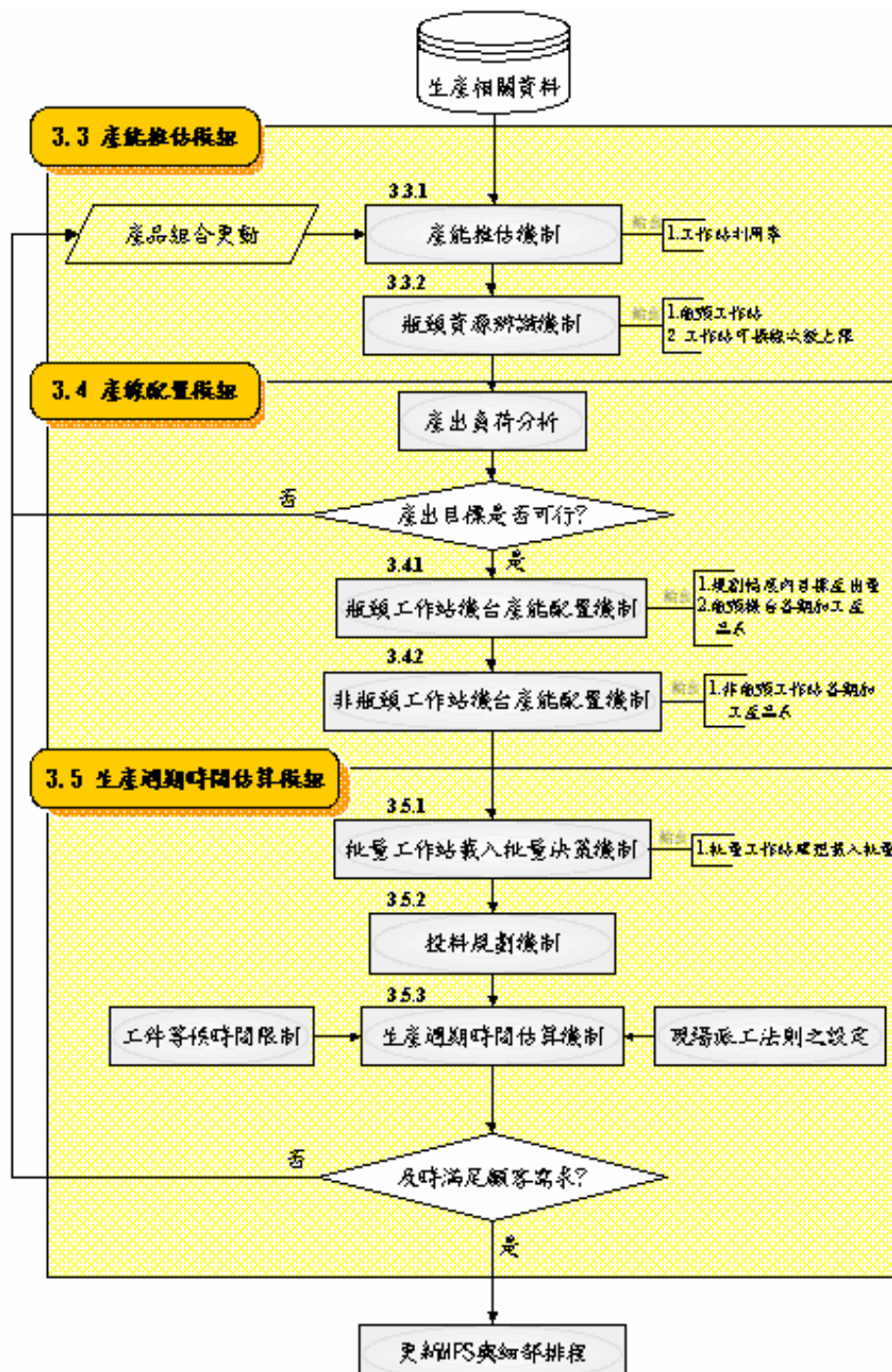


圖 3-2 TFT-LCD 組立廠主生產排程快速規劃系統架構圖

3.3、產能推估模組

限制理論(Theory of Constraints, TOC)[12]提出系統的最大產出受限於瓶頸資源的利用情形之觀點。由於資源有限，因此，必須先確認系統中瓶頸資源之所在，而系統各資源的利用率與瓶頸資源的決定有密切的關係，因此本研究首先透過「產能推估機制」之估算，根據系統各工作站之產能資訊、製程資訊、產出目標、產品組合，以一個月(28 天)為規劃幅度，推估各工作站未來一個月之產能負荷水準。再藉由「瓶頸資源辨識機制」依各工作站之剩餘可換線次數上限，作為評估系統瓶頸資源之依據，定義出系統之瓶頸。圖 3-3 為產能推估模組之流程圖，以下為產能推估模組之基本假設與符號說明：

◆ 基本假設

- (1) 上層需求規劃已給定總產出目標量，與產品組合比例。
- (2) 面板組立廠規劃幅度 H 為 28 天，即每月工作 28 天，每天可作業時間則為 24 小時。
- (3) 加工批量以一個卡匣⁷(Cassette)為基本單位。
- (4) 各工作站之機台數目、產品途程與加工時間、整備時間(Setup Time)與當機比例皆為已知。

⁷ 組立廠每個卡匣內裝有 28 片 Cell。

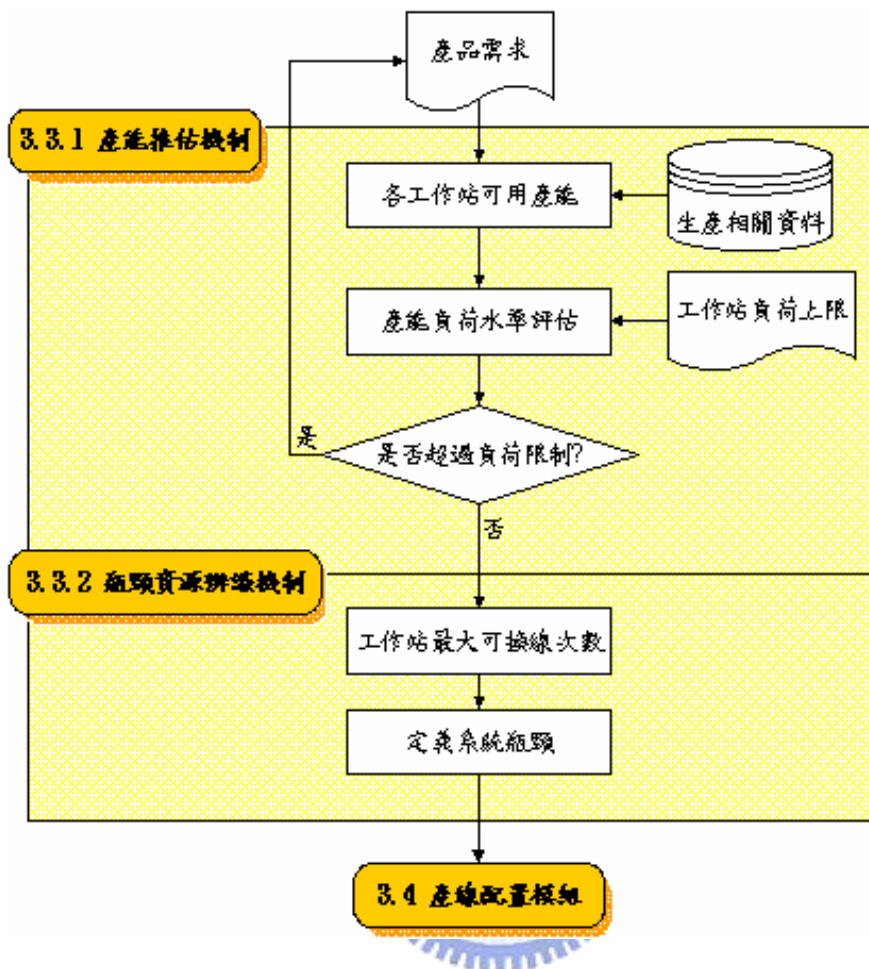


圖 3-3 產能推估模組流程圖

3.3.1、產能推估機制

工作站之平均產能負荷，可由該工作站 k 之實際可用機台數 (N_k) 與平均載入批量來決定。但由於本機制之目的是要求出工作站之最大可用產能，因此批量工作站之平均載入批量皆以最大可載入批量 B_k^{Max} (Max Batch Size)來進行估算，本機制求算步驟如下：

步驟一：計算規劃幅度 H 內，各工作站 k 實際可用機台數 N_k ，其為扣除機台當機、維修保養、及必要整備時間⁸後之約當機台數 N_k 。

⁸ 必要整備時間是指某些機台每隔一段時間，不論換產品與否，皆必須進行更換模具或是補充化學原料等作業，例如 PI 機台每兩天必須進行換化學原料作業，一次需 180 分鐘。

$$N_k = \sum_{m=1}^{M_k} \left(1 - \frac{MTTR_m}{MTBF_m + MTTR_m} - \frac{MTTPM_m}{MTBPM_m + MTTPM_m} - \frac{MTTNS_m}{MTTNS_m + MTBNS_m} \right) , \text{ for each } k ; \quad (\text{式 3-1})$$

上式中之 $MTBF_m$ 表示機台 m 之平均失效時間(mean time between failure)， $MTTR_m$ 表示機台 m 之平均修復時間(mean time to repair)， $MTBPM_m$ 表示機台 m 之平均維修間隔時間(mean time between PM)，而 $MTTPM_m$ 則表示機台 m 之平均維修時間(mean time to PM)， $MTTNS_m$ 表示機台 m 之平均必要整備時間(mean time to necessary setup)， $MTBNS_m$ 表示機台 m 之平均間隔必要整備時間(mean time between necessary setup)。

步驟二：計算規劃幅度 H 內各工作站 k 最大可用產能 Cap_k (分鐘/28 天)，其為規劃幅度 H 乘以各工作之約當機台數 N_k 與最大載入批量 B_k^{Max} 。若工作站 k 為序列工作站則 $B_k^{Max}=1$ 。

$$Cap_k = H \times 24 \times 60 \times N_k \times B_k^{Max} , \text{ for each } k ; \quad (\text{式 3-2})$$

步驟三：計算規劃幅度內，各工作站 k 之平均負荷水準 U_k ，其為規劃幅度內工作站 k 加工各產品所需耗用之產能，除以工作站的最大可用產能 Cap_k 。

$$U_k = \frac{\sum_{i=1}^I D_i \times PT_{i,k}}{Cap_k} , \text{ for each } k ; \quad (\text{式 3-3})$$

由於製造現場有不可預期之變因或是統計波動，而產出會受到這些變因的影響，因此必須預留保護性產能以吸收變異。吾人擬設定一利用率上限 U_k^{Lim} ，藉以限制式 3-3 所估算之各工作站平均負荷水準 U_k 不得超過此上限 ($U_k \leq U_k^{Lim}$)，以期規劃結果在製造現場能確實達成。若產品需求超出此負荷限制，則必須回饋上層作調整。

3.3.2、瓶頸資源辨識機制

限制理論認為系統的產出受限於系統之瓶頸，因此系統瓶頸資源之決定相當重要，一旦瓶頸資源決定了，則不論排程、投料或派工皆應根據瓶頸之充分利用來做規劃。此外，限制理論亦認為系統瓶頸與各資源之利用率有密切的關係，其認為系統瓶頸之決定可以上節「產能推估機制」所估算出之各工作站產能平均負荷水準(U_k)來評斷，若工作站產能負荷水準超過 100%，則可將其定義為系統之瓶頸資源，若各工作站產能負荷水準皆未超過 100%，則將各工作站中負荷最高者定義為系統之產能受限資源 (Capacity Constraint Resource, CCR)[12]。蔡氏[22]認為若未能充分考量到各工作站產品換線時間所造成的影響，而單僅考量工作站之平均負荷水準來辨識系統之瓶頸，將導致作出錯誤的排程，而使排程結果不如預期。由於面板組立廠許多機台換線時間相對於生產週時間而言相當長，例如 PI 機台每次換線時間接近 3 個小時，因此，若不妥善規劃容易因換線次數過多而導致產能不足。故本文沿用蔡氏[22]之設計理念，在「瓶頸資源辨識機制」中，以「工作站最大可換線次數上限」作為定義系統瓶頸之指標，若該工作站有最少之可換線次數上限值，則意味著該站極易因換線次數過多而浪費過多產能，故將之定義為系統之瓶頸。以下步驟說明其估算流程。

步驟一：計算各工作站 k 可用來換線之產能 $RCap_k$ ，其為工作站 k 可用產能 Cap_k 乘以負荷上限 U_k^{Lim} ，扣除各工作站 k 加工產品所需耗用的產能 Cap_k^{Pro}

$$RCap_k = Cap_k \times U_k^{Lim} - \sum_{i=1}^I D_i \times PT_{i,k} \quad , \quad for \text{ each } k \quad (式 3-4)$$

步驟二：計算工作站 k 剩餘產能之最大可換線次數上限 SA_k ，其為可用於換線之產能 $RCap_k$ 除以該工作站產品換線所需的平均時間 $\overline{ST_k}$ 。 $\overline{ST_k}$ 取各產品 i 在機台 k 所需換線整備時間的平均值。依式 3-5 求算各工作站之 SA_k 值後，選擇 SA_k 最小者即為系統之瓶頸工作站 BN 。

$$\overline{ST_k} = \frac{\sum_{i=1}^I ST_{i,k}}{I} \quad , \quad for \text{ each } k \quad ; \quad (式 3-5)$$

$$SA_k = \left\lfloor \frac{Rcap_k}{ST_k \times B_k^{Max}} \right\rfloor, \text{ for each } k ; \quad (\text{式 3-6})$$

3.4、產線配置模組

機台產線配置的目的是依照各產品需求以及機台的製程能力限制，將各產品的產能需求指派到各機台。考量組立廠換線整備時間相當長的特性，本模組在瓶頸工作站的產線配置上，承接蔡氏[22]的「機台產能配置模式」，補強其所提出之「瓶頸工作站機台產能配置機制」，將規劃幅度均分成較短之規劃時期進行規劃，藉以控制規劃幅度內之產出進度。並且，在考量工作站機台之加工批量、產能限制、目標需求...等的前提下，以控制瓶頸資源換線次數的方式，使瓶頸機台產出最大化。再依瓶頸資源產線配置之規劃結果，將各產品別所需之產能比例，分配非瓶頸工作站機台數予各產品別。並且在考量減少換線次數的前提下，依非瓶頸工作站內各機台達到負荷平衡的原則，完成各產品之機台指派。產線配置模組流程如圖 3-4 所示。

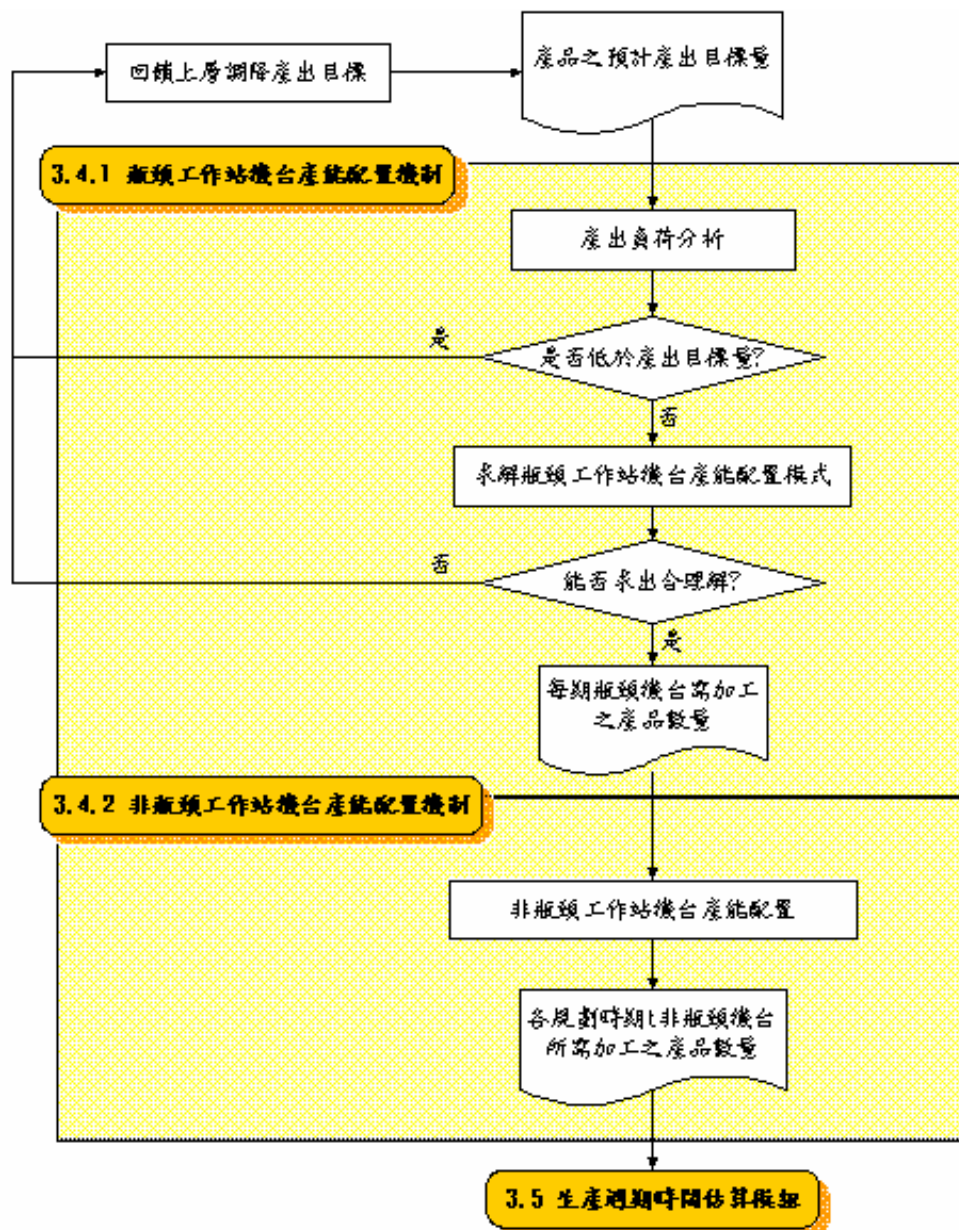


圖 3-4 產線配置模組流程圖

3.4.1、瓶頸工作站機台產能配置機制[24]

由業界訪談結果或者是經 3.3.2 節瓶頸資源辨識機制之計算結果，均可得知 PI 工作站為整個系統之瓶頸工作站。由於 PI 機台之換線時間長達 2.5 小時，且每兩天須固定整備一次，每次耗時 3 小時，但換線與固定整備作業可同時進行，因此，蔡氏[22]在構建「瓶頸工作站機台產能配置機

制」時，以每兩天為一規劃時期(time period)，將 28 天之規劃幅度等量分割成 14 個短時期(兩天)來做規劃，以期有效控制其生產進度。吾人延續此理念，將一規劃幅度分為 $1, 2, \dots, t, \dots$ 至 T 個規劃時期，各規劃時期在本機制中以符號 t 表示。將規劃幅度以每兩天為一規劃時期分割後，考慮第 t 個規劃時期內瓶頸資源之產能限制、工作站之機台整備時間與批量限制，依據上層給定之產品需求目標，構建一線性規劃模式，期能滿足各產品別之需求下限亦能達到產出最大化的目標，並減少機台因不必要之換線所造成之產能損失。

儘管組立廠是屬於計劃式生產，並沒有顧客訂單的問題，然而每期依舊有已確定承諾給顧客的最小產出需求量，其餘產能則依市場需求預測分配至各產品。此外每期廠內成品的庫存亦會影響下期的產能需求與分配，因此在庫存上亦需加以考量，以減少庫存成本。然而，蔡氏[22]並未考量規劃時期內組立廠內成品庫存對於產出需求的影響，並以訂定每個規劃時期的最小產出需求為固定數量的方式進行產線規劃，如此將難以因應市場需求隨時間不斷變化之情境。因此，吾人將蔡氏[22]的模式，補強為考量各規劃時期期初庫存量，並將每期之最小產出需求量設定為可調整參數之方式，以期在降低組立廠面板庫存量的情況下，符合市場需求。

在進行瓶頸工作站機台產能配置之前，首先必須分析組立廠之瓶頸機台產能是否能在本文所設定之瓶頸資源可換線次數的條件下，有足夠的機台產能指派給每期所需之最小產出需求 $D_{i,t}^{Min}$ ，並在規劃幅度內滿足上層所訂定之產出目標 D_i 。本「瓶頸工作站機台產能配置機制」為能設定換線次數，採以下限制：

◆ 模式限制

(1) 組立廠之產品種類不得超過瓶頸機台數，例如 PI 機台僅有 7 台，則欲規劃之產品種類不得超過 7 種。

(2) 本模式在減少機台換線的考量前提下進行規劃，為避免瓶頸機台因換線而浪費過多產能，各產品 i 在瓶頸工作站每一期最多只能換一次線，故若有 3 種產品，則每期最多只能換 3 次線。

為更進一步解釋吾人設定換線次數之目的，與本求解模式之求解理念，吾人對於本模式之換線次數限制進行更詳細之分析：

為使產出極大化，「瓶頸工作站機台產能配置機制」的係優先以不換線連續生產同一產品的方式進行配置。因此，若總機台數足以專線方式配置給當期各產品最小產出需求，則模式求解結果為當期各產品皆為專線生產。若總機台數不足以專線方式配置，則模式將優先將各產品所需產能各以一專線方式配置，以一專線無法滿足之產能需求，則與其他產品進行混線生產。在混線機台的產品別配置方面，因應受各產品在瓶頸工作站每一期最多只能換一次線的限制，因此採混線生產之產品，必以連續生產完該產品別之需求後，再更換產品別的方式進行配置，如此方能滿足吾人所設定之換線次數限制。此外，基於瓶頸工作站 PI 機台每兩天必須固定重新整備一次，於整備時可同時進行換線作業的特性，所以，各規劃時期期初不論生產何種產品皆不需紀錄換線作業之時間。因此，儘管吾人設定各產品別每一期最多只能換一次線的限制，所以每期最多僅能耗費產品別總數相等之 I 次之換線次數，而實際上，因為期初不需要重新設置，且換線會造成產出減少的關係，求解模式之最佳解，將不以換線次數 I 次作為所有混線機台換線總次數之上限，而以 $I-1$ 次換線的方式，進行配置，如此方能同時滿足最小需求與產出最大化。

在 3.3.1 節進行產能負荷水準評估時，僅限制了產出目標 D_i 不得超過工作站之產能負荷限制，但並未對每期最小產出需求所造成之產能負荷進行確認。因此，吾人考量若每期必須進行換線作業方能滿足最小產出需求，則各期加上換線所需之產能後是否會超過負荷限制，必須再進行確認，而後才能進行瓶頸工作站機台產能配置模式求解前的分析。

故，吾人以上述分析所得之 $I-1$ 次換線次數作為粗估規劃幅度內瓶頸工作站換線次數的基礎，若第期必須進行換線作業方能滿足最小需求，則吾人即以換線次數上限 $I-1$ 次作為當期之換線次數，舉例來說，若有 3 種產品，則當期所有混線產品在混線機台上最多總共可換 2 次⁹線。依此方式將全部規劃時期所需之換線次數加總後，即可粗估規劃幅度內瓶頸工作站

⁹ 混線機台部分，亦有可能僅需 1 次換線即可達到產出需求，但為能確保產能足夠，因此皆採保守估計 2 次進行計算。

之換線總次數上限，並據此估算是否在規劃幅度產出目標與每期最小產出需求的產能需求前提下，瓶頸工作站產能是否足以負荷，並依此作為瓶頸工作站機台產能配置模式進行求解前的初始判斷。若分析結果無法負荷上層所給定之目標產出量時，應回饋給上層，請其調降目標產出量。產出目標分析步驟如下：

步驟一：計算滿足第 t 期之最小目標產出量 $D_{i,t}^{Min}$ ，應指派給各產品別 i 之專線機台數 $AN_{i,t}$ 。式中 U_{BN}^{Lim} 為 3.3.1 節所訂定之工作站之利用率限制。

$$AN_{i,t} = \left\lceil \frac{D_{i,t}^{Min} \times PT_{i,BN}}{Cap_{BN} \times U_{BN}^{Lim} / M_{BN} \times T} \right\rceil, \text{ for each } i \text{ and } t; \quad (式 3-7)$$

步驟二：首先進行規劃幅度內總換線次數 SN 之粗估流程，其中 SN_t 表第 t 期所之換線次數上限。再據此估算是否在規劃幅度產出目標 D_i 與每期最小產出需求 $D_{i,t}^{Min}$ 的產能需求前提下，瓶頸工作站產能是否足夠。若瓶頸工作站之機台產能足以負荷目標產出所需要之產能，即可以此目標產出量作為「瓶頸工作站機台產能配置機制」之產出目標，進行規劃。若無法滿足上述情形，則表示瓶頸工作站不足以負荷上層給定之產出目標所需之產能，應回饋上層再作調整。判斷流程如圖 3-5 所述。

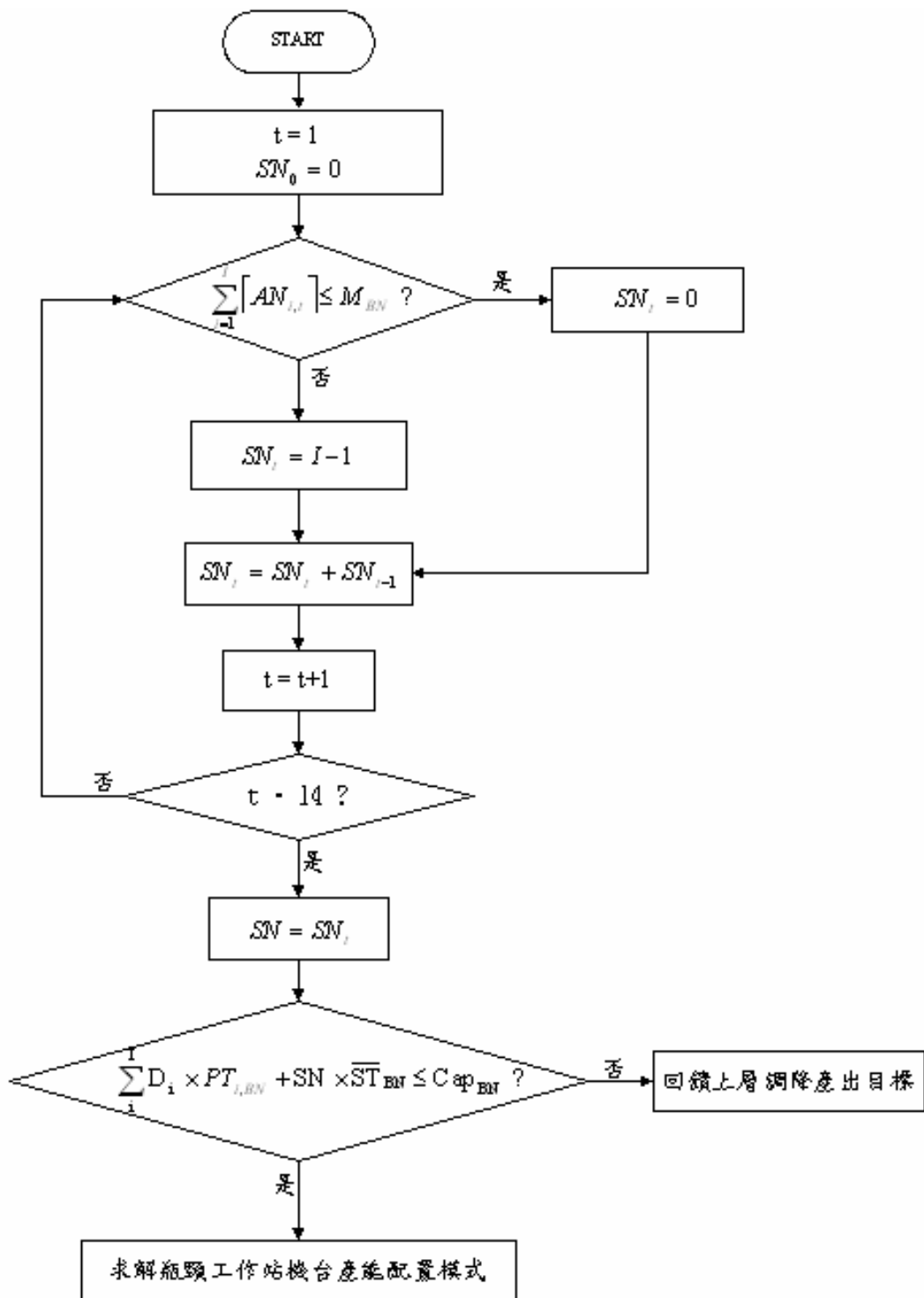


圖 3-5 產出負荷分析流程圖

完成產出負荷分析後，本機制將以 iLog OPL(Optimization Programming Language)求解出瓶頸工作站為達產出目標，各產品之最佳生產配置與應配置之機台數目。以下為「瓶頸工作站機台產能配置機制」之基本假設、符號說明與問題模式：

◆ 基本假設

- (1) 上層已給定各產品各期所需之最小產出量 $D_{i,t}^{Min}$ ，且各期所需之最小產出量總和小於等於各產品之月產出目標，即 $\sum_t^T D_{i,t}^{Min} \leq D_i$
- (2) 工件不可分割，即工件在同一時間僅能在同一機台上加工
- (3) 若瓶頸機台為批量工作站，則以最大載入批量 B_{BN}^{Max} 進行加工。

◆ 符號說明

- (1) 符號下標：

t ：規劃時期 (time period)， $t = 1, 2, \dots, T$ ；

i ：第 i 種產品別， $i = 1, 2, \dots, I$ ；

m ：瓶頸工作站 BN 中之第 m 個機台。由於瓶頸工作站將獨立執行其機台配置模式，因此省略 $m_{BN} = 1, 2, \dots, M_{BN}$ 中工作站 BN 之代號，令 $m = 1, 2, \dots, M$ ；

- (2) 瓶頸工作站機台產能配置模式：

➤ 輸入資訊

B_{BN}^{Max} ：瓶頸工作站 BN 之最大載入批量 (Max Batch Size)。瓶頸工作站若為序列製程，則其最大載入批量為 1。在此省略工作站 BN 之代號，令 $B_{BN}^{Max} = B^{Max}$ ；

$Cap_{m,t}$ ：機台 m 在規劃時期 t 的可用產能 (其為 $Cap_{BN} / (M_{BN} \times T)$)；

$D_{i,t}^{Min}$ ：產品 i 各期 t 所需之最小產出量；

D_i ：規劃幅度內產品 i 之目標產出量；

$PT_{i,m}$ ：機台 m 加工產品 i 所需的時間。

$ST_{i,m}$ ：產品 i 在機台 m 的整備時間；

$S_{i,t}$ ：第 t 期滿足需求後之剩餘庫存量，意即第 t 期之期末庫存量。

假設 $t=0$ 時，組立廠內各產品之庫存量 $S_{i,0}$ 皆為 0 個。

U_{BN}^{Lim} ：規劃幅度內瓶頸機台之利用率上限，即 $\frac{\sum_{i=1}^I PT_{i,BN} \times D_i}{Cap_{BN} \times B_{BN}^{Max}} \leq U_{BN}^{Lim}$ 。

➤ 決策變數

$x_{i,m,t}$ ：在第 t 時期，產品 i 指派給機台 m 的數量；

➤ 輔助變數

$\delta_{i,m,t}$ ：0-1 變數。在第 t 時期，產品 i 是否在機台 m 上生產，若是則為 1；反之則為 0；

$\psi_{i,m,t}$ ：0-1 變數。在第 t 時期，產品 i 在機台 m 生產是否需要整備，若要則為 1；反之則為 0；

$\gamma_{i,m,t}$ ：0-1 變數。在第 t 時期初，機台 m 是否排定生產產品 i ，若是則為 1；反之則為 0；

◆ 問題模式

(1) 目標函數：

$$Max \sum_i \sum_m \sum_t x_{i,m,t}$$

限制式：

$$\sum_i (x_{i,m,t} \times \frac{PT_{i,m}}{B^{Max}} + ST_{i,m} \times \psi_{i,m,t}) \leq Cap_{m,t} \times U_{BN}^{Lim}, \quad \forall m \in M \quad \forall t \in T \quad (\text{式 3-8})$$

$$x_{i,m,t} \leq V \times \delta_{i,m,t}, \quad \forall i \in I \quad \forall m \in M \quad \forall t \in T \quad (\text{式 3-9})$$

$$\sum_i \gamma_{i,m,t} = 1, \quad \forall m \in M \quad \forall t \in T \quad (\text{式 3-10})$$

$$\gamma_{i,m,t} \leq \delta_{i,m,t}, \quad \forall i \in I \quad \forall m \in M \quad \forall t \in T \quad (\text{式 3-11})$$

$$\delta_{i,m,t} \leq \psi_{i,m,t} + \gamma_{i,m,t} \quad , \quad \forall i \in I \quad \forall m \in M \quad \forall t \in T \quad (\text{式 3-12})$$

$$\sum_m^M x_{i,m,t} \geq A_i \quad , \quad \forall i \in I \quad \forall t \in T \quad (\text{式 3-13})$$

$$\sum_m^M x_{i,m,t} + S_{i,t-1} \geq D_{i,t}^{Min} \quad , \quad \forall i \in I \quad \forall t \in T \quad (\text{式 3-14})$$

$$\sum_t^T \sum_m^M x_{i,m,t} + S_{i,0} \geq D_i \quad , \quad \forall i \in I \quad \forall t \in T \quad (\text{式 3-15})$$

$$S_{i,t} = \sum_m^M x_{i,m,t} - D_{i,t}^{Min} + S_{i,t-1} \quad , \quad \forall i \in I \quad \forall t \in T \quad (\text{式 3-16})$$

$$x_{i,m,t} \geq 0 \quad , \quad S_{i,t} \geq 0 \quad , \quad \forall i \in I \quad \forall t \in T \quad \forall m \in M \quad (\text{式 3-17})$$

$$\delta_{i,m,t} \quad , \quad \psi_{i,m,t} \quad , \quad \gamma_{i,m,t} \in (0,1) \quad , \quad \forall i \in I \quad \forall t \in T \quad \forall m \in M \quad (\text{式 3-18})$$



(2) 模式說明

➤ 目標函數說明：

$$\text{Max} \sum_i^I \sum_m^M \sum_t^T x_{i,m,t}$$

在目標函數的設計上，令其在規劃幅度內產品的產出為最大，如此，將可維持瓶頸工作站之機台高利用率（Machine Utilization）與生產順暢，避免不必要的換線行為而造成瓶頸資源產能的損失。

➤ 限制式說明：

$$\sum_i^I (x_{i,m,t} \times \frac{PT_{i,m}}{B^{Max}} + ST_{i,m} \times \psi_{i,m,t}) \leq Cap_{m,t} \times U_{BN}^{Lim} \quad , \quad \forall m \in M \quad \forall t \in T \quad (\text{式 3-8})$$

式 3-8 表各機台每期可規劃之產能限制。即產品的總加工時間與整備設定時間的總和，須小於當期該機台可供規劃之產能限制。

$$x_{i,m,t} \leq V \times \delta_{i,m,t}, \quad \forall i \in I \quad \forall m \in M \quad \forall t \in T \quad (\text{式 3-9})$$

式 3-9 表設定加工數量 $x_{i,m,t}$ 與 $\delta_{i,m,t}$ 的關係性， V 為一個相對其它數極大的值。若 $\delta_{i,m,t}$ 係為 0，表示產品 i 第 t 期不可指派給機台 m 生產，即加工數量強迫為 0；若為 1，表示產品 i 第 t 期可指派給機台 m 生產，即 $x_{i,m,t} \leq V$ 恆成立。

$$\sum_i \gamma_{i,m,t} = 1, \quad \forall m \in M \quad \forall t \in T \quad (\text{式 3-10})$$

$$\gamma_{i,m,t} \leq \delta_{i,m,t}, \quad \forall i \in I \quad \forall m \in M \quad \forall t \in T \quad (\text{式 3-11})$$

式 3-10 與式 3-11 決定各機台在每一規劃時期期初所加工的產品別。在同一時期中，機台不管加工幾種產品，期初必定僅有一種產品在機台上加工，因此 $\sum_i \gamma_{i,m,t} = 1$ 。若這時期機台只加工一種產品 ($\delta_{i,m,t} = 1$)，而此機台期初必定加工此產品 ($\gamma_{i,m,t} = 1$)，則式 3-10 和式 3-11 才會同時成立。若這時期機台加工兩種產品以上，此時 $\gamma_{i,m,t}$ 的值則將由此模式挑選一種產品作為機台於第 t 期期初所加工的產品。

$$\delta_{i,m,t} \leq \psi_{i,m,t} + \gamma_{i,m,t}, \quad \forall i \in I \quad \forall m \in M \quad \forall t \in T \quad (\text{式 3-12})$$

式 3-12 考慮機台整備轉換的限制。因為瓶頸機台 (PI 機台) 每兩天裡必要設置一次之時間內可同時進行整備換線的工作，表示若此產品 i 將於時期 t 加工 ($\delta_{i,m,t} = 1$)，而此機台期初亦加工此種產品 ($\gamma_{i,m,t} = 1$)，則此機台這期實際上不需要重新設置，所以 $\psi_{i,m,t}$ 應為 0。因 $\psi_{i,m,t}$ 為 0 或 1 皆可符合該限制式，不過吾人已在目標函數令產出為最大，所以模式在求解時將使 $\psi_{i,m,t}$ 為 0，表達此機台在期初不需要重新設置之情形；若產品 i 於時期 t 可加工 ($\delta_{i,m,t} = 1$)，而此機台於期初並非加工此產品 ($\gamma_{i,m,t} = 0$)，則此機台因生產 i 在這期內需要重新設置 ($\psi_{i,m,t} = 1$)。此限制式亦同時限制各產品 i 在每一瓶頸機台上若需換線，則每期最多僅能允許換線一次。

$$\sum_m^M x_{i,m,t} \geq A_i, \quad \forall i \in I \quad \forall t \in T \quad (\text{式 3-13})$$

式 3-13 設定每期各產品最低生產數量下限值，若不做設定，則模式會以各機台皆生產同一產品，再以存貨滿足未來規劃時期之最小需求的方式進行配置，如此將造成各期庫存水準變化過大，而工廠一段時間內皆生產同一種產品，亦增加其他產品未來無法如期產出之機率，因此必須對此情況進行限制。

$$\sum_m^M x_{i,m,t} + S_{i,t-1} \geq D_{i,t}^{Min} \quad \forall i \in I \quad \forall t \in T \quad (\text{式 3-14})$$

式 3-14 設定每期產品之最小目標產出量 $D_{i,t}^{Min}$ 。而 $D_{i,t}^{Min}$ 這個參數需依據上層所給定之市場需求作輸入。本文改變蔡氏[24]每期最小產出目標皆為固定值之設定方式，修正為每期各產品之最小目標產出量可依據市場需求狀況做不同數量之設定，來快速反應市場需求狀況與增加彈性。

$$\sum_t^T \sum_m^M x_{i,m,t} + S_{i,0} \geq D_i \quad \forall i \in I \quad \forall t \in T \quad (\text{式 3-15})$$

$$S_{i,t} = \sum_m^M x_{i,m,t} - D_{i,t}^{Min} + S_{i,t-1} \quad \forall i \in I \quad \forall t \in T \quad (\text{式 3-16})$$

式 3-15 與式 3-16 考量組立廠各期產品之需求變動與前期所剩下的庫存狀況。第 t 期產品 i 所剩下之期末庫存量 $S_{i,t}$ 即為前一期($t-1$)產品 i 所生產之數量扣除前一期($t-1$)目標需求量後，再加上之前所剩餘的庫存量。

$$x_{i,m,t} \geq 0, \quad S_{i,t} \geq 0 \quad \forall i \in I \quad \forall t \in T \quad \forall m \in M \quad (\text{式 3-17})$$

$$\delta_{i,m,t}, \psi_{i,m,t}, \gamma_{i,m,t} \in (0,1) \quad \forall i \in I \quad \forall t \in T \quad \forall m \in M \quad (\text{式 3-18})$$

式 3-17 及式 3-18 皆為控制變數的值域而做的限制。

在求解完瓶頸工作站機台產能配置模式後，若模式無法求出合理解，即表示無法達到目標產出量的要求，應回饋上層需求管理人員調降產出目標，或採取其他策略，如外包、增購機台...等，來滿足市場需求。若求解結果皆能滿足各期產出目標，則可將所得之每規劃時期瓶頸機台應生產之產品與數量¹⁰作為當期瓶頸工作站各機台之投料表，生管人員以此投料表進行投料將可達到滿足需求與產出最大化之目標。

3.4.2、非瓶頸工作站機台產能配置機制

3.4.1 節瓶頸機台產能配置模式所得之解，可作為各規劃時期瓶頸工作站之投料表。非瓶頸工作站為使系統產出極大化，應全力配合瓶頸工作站，以瓶頸工作站之投料表作為生產排程之依據，以滿足各規劃時期瓶頸工作站之需求。考量面板組立廠部分非瓶頸工作站換線整備時間相當長的特性，為避免因換線頻繁而浪費過多產能，導致瓶頸飄移，甚至是產能不足的情況發生，因此必須在控制換線次數的前提下，進行非瓶頸工作站機台產能之配置。所以，吾人將優先以專線方式進行非瓶頸工作站機台產能的配置，並以各專線機台負荷平衡的原則，指派各專線機台產能給各產品，完成專線機台之產能配置。若有非瓶頸工作站機台數不足以專線方式完成產能配置時，則依各產品所需產能多寡，依序分別指派至混線機台上，完成產能配置。非瓶頸工作站機台之產能配置演算步驟如下，其中 NBN 代表非瓶頸工作站之集合：

步驟一：估算第 t 期，工作站 nbn 應指派給產品 i 之實際機台數 $ANB_{i,nbn,t}$ 。依照瓶頸工作站第 t 期規劃欲產出之數量 $Tar_{i,t}$ ，乘上該產品在該工作站之加工時間，以求算出該期該產品所需之總加工時間，再除以該工作站當期機台實際可用產能。

¹⁰ $x_{i,m,t}$ 之求解結果，為滿足需求，吾人將以無條件捨去法，取整數值。

$$Tar_{i,t} = \sum_m^{M_{BN}} [x_{i,m,t}] \quad , \quad \forall i \in I \quad ; \quad (式 3-19)$$

$$ANB_{i,nbn,t} = \left[\frac{Tar_{i,t}}{Cap_{nbn} \times U_{nbn}^{Lim} / M_{nbn} \times 14 \times PT_{i,nbn}} \right] \quad , \quad \forall i \in I \quad \forall t \in T \quad \forall nbn \in NBN$$

; (式 3-20)

步驟二：判斷第 t 期，工作站 nbn 是否有足夠的機台全部以專線方式配置給各產品，即 $\sum_i [ANB_{i,nbn,t}] < M_{nbn}$ ，若是，則跳至步驟八，否則往步驟三進行規劃。

步驟三：估算第 t 期，工作站 nbn 可指派給產品 i 之專線機台數 $ANB_{i,nbn,t}^{Ded}$ 。

$$ANB_{i,nbn,t}^{Ded} = \lfloor ANB_{i,nbn,t} \rfloor \quad , \quad \forall i \in I \quad \forall t \in T \quad \forall nbn \in NBN \quad ; \quad (式 3-21)$$

步驟四：估算第 t 期，產品 i 在工作站 nbn 必須進行混線生產所需之約當實際機台數 $ANB_{i,nbn,t}^{Mix}$ 。其為該產品該期在該工作站應指派之約當實際機台數，減去已指派之專線機台數。

$$ANB_{i,nbn,t}^{Mix} = ANB_{i,nbn,t} - ANB_{i,nbn,t}^{Ded} \quad , \quad \forall i \in I \quad \forall t \in T \quad \forall k \in NBN \quad ; \quad (式 3-22)$$

步驟五：估算第 t 期，各產品別在所有專線機台與混線機台的總產出量。

$$\text{專線機台：} TH_{i,nbn,t}^{Ded} = \left[Tar_{i,t} \times \frac{ANB_{i,nbn,t}^{Ded}}{ANB_{i,nbn,t}} \right] \quad , \quad \forall i \in I \quad \forall t \in T$$

$\forall nbn \in NBN$; (式 3-23)

$$\text{混線機台：} TH_{i,nbn,t}^{Mix} = \left[Tar_{i,t} \times \frac{ANB_{i,nbn,t}^{Mix}}{ANB_{i,nbn,t}} \right] \quad , \quad \forall i \in I \quad \forall t \in T$$

$\forall nbn \in NBN$; (式 3-24)

步驟六：進行第 t 期，各產品別在工作站 nbn 之專線機台指派。各專線機台規劃生產之產品別數量如式 3-25 所示，被指派之機台序號則依步驟三各產品別所分配到之專線機台數，依產品 A, B, C 之順序依序指派，例如，若產品 A 與產品 B 各需 1 台與 2 台專線機台，則該工作站之機台 1 需生產 $TH_{1,m,nbn,t}^{Ded}$ 個產品 A，機台 2 與機台 3 則各生產 $TH_{2,m,nbn,t}^{Ded}$ 個產品 B。

$$\text{專線機台：} TH_{i,m,nbn,t}^{Ded} = \frac{TH_{i,nbn,t}^{Ded}}{ANB_{i,nbn,t}^{Ded}}, \quad \forall i \in I \quad \forall t \in T \quad \forall m = 1, \dots, ANB_{i,nbn,t}^{Ded}$$

$$\forall nbn \in NBN \quad ; \quad (\text{式 3-25})$$

步驟七：進行第 t 期，各產品別在工作站 nbn 之混線機台 m ($\forall m = \sum_i ANB_{i,nbn,t}^{Ded} + 1, \dots, M_{nbn}$) 指派。吾人以減少混線機台之換線次數，並使各混線機台達到負荷平衡的概念進行指派，指派流程如下。

1. 將步驟四所估算出的各期、各產品別混線生產所需之約當機台數，依大小進行排序。若混線機台數超過 1 台以上，則應選取其混線約當機台數最大之產品別優先填入一機台，再選取次優先的產品別的填入另一機台，直到無空的混線機台為止。
2. 選取各混線機台剩餘產能最大者，將其指派給尚未完成機台配置之產品，依此方式類推，直到所有產品別皆指派完成為止。
3. 檢查是否有混線機台僅填入單一產品別，若是，則將此機台改為專線機台，並檢查在步驟六是否亦有專線機台指派給該產品，若是，將該產品在步驟五所估算之專線機台產出量 $TH_{i,nbn,t}^{Ded}$ 更新為 $Tar_{i,t}$ ，並回到步驟六。若否，則完成此一工作站所有混線機台指派。並至步驟九。

步驟八：若該工作站所有機台數足以對所有產品以專線方式指派，則吾人以各專線機台負荷平衡為原則，進行機台指派，指派流程如圖 3-6 所示。指派結束後，更新第 t 期工作站 nbn 應指派給產品 i 之實際機台數 $ANB_{i,nbn,t} = ADNB_{i,nbn,t}$ 。

步驟九：判斷是否所有非瓶頸工作站已完成各產品之機台指派，若是則指派結束，否則前往步驟一，繼續對下一工作站進行指派。

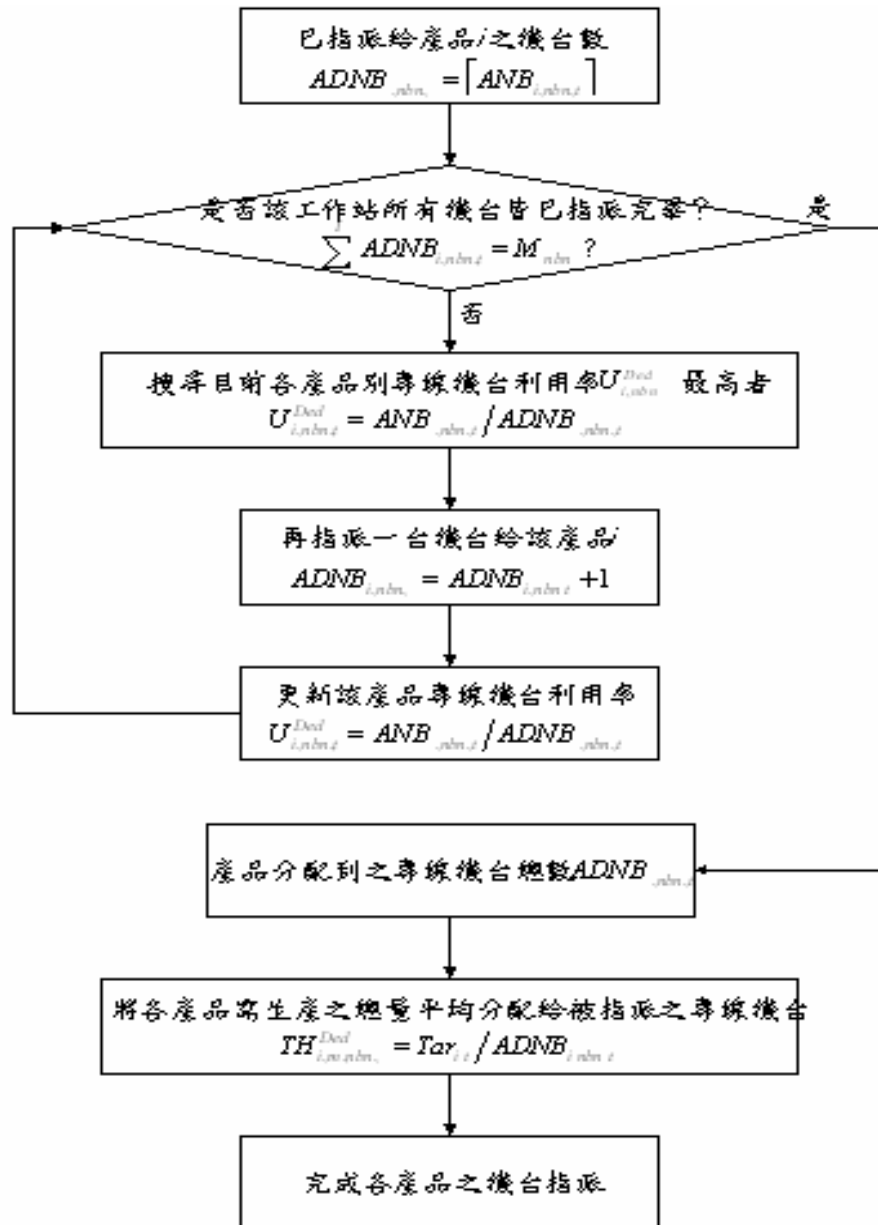


圖 3-6 專線機台指派流程圖

3.4.2.1、非瓶頸工作站機台派工法則

由於吾人進行非瓶頸工作站機台產能配置時，是以產能的觀點為考

量，無法確保工件在製造現場不會有等候時間過久的問題。有時候，機台適時的換線對於等待加工很久的工件來說是必要的，如此不僅可降低該工件之等候時間，同時也降低了該產品之生產週期時間。因此，吾人將依據本機制所配置之結果，配合一個以減少在製品等候時間為主要考量的派工法則，藉由兩者之互相配合，以減少產品生產週期時間。

以下為以降低在製品等候時間之及時派工法則[32][22]。吾人以此作為非瓶頸工作站各機台準備加工時，選擇各產品工件之決策依據，其決策步驟如下：

步驟一：搜尋暫存區中所有等候的產品，是否有等待加工的工件，若是，則跳至步驟二。否則，搜尋下一個最近將到達暫存區的加工物件，並等待加工。

步驟二：如果暫存區中等候加工之工件別與欲指派加工之產品相同，則選擇其為優先加工之工件。否則，跳至步驟三。

步驟三：指派暫存區中，等候時間最久的工件到機台上加工。

3.5、生產週期時間估算模組

若要完成主生產排程之規劃，吾人必須先估算出各產品的平均生產週期時間。而生產週期時間之估算，必須要有投料與產出目標之相關資訊。因此，吾人依 3.4 節所決定之各產品產出目標與本節之投料機制，作為本節生產週期時間估算之基本輸入。各項產品之生產週期時間估算結果，將回饋主生產排程，作為相關決策之執行依據。

考量面板組立廠中段批量工作站是由一連串可載入批量不等之批量工作站所組成。依據黃氏[30]區段基礎式生產週期時間估算法(BBCT)的理

念，各生產線之生產週期時間可分為產線負荷所造成的負荷因子等候時間與批量機台流速差異所造成的批量因子等候時間。負荷因子等候時間，主要決定於各工作站之總體負荷水準，只要掌握各工作站之預期負荷，就可以估算出各工件批在各工作站之負荷因子等候時間。批量因子等候時間係來自於批量工作站之載入批量限制所造成，其等候時間的形成因素與負荷因子等候時間不同，因此黃氏[30]將其獨立分開出來加以進行分析估算。

本文亦依據組立廠各產品在生產線上之物流特徵，分析形成各產品生產週期時間之負荷因子等候時間與批量因子等候時間，據以估算各工件在各工作站之總體等候時間¹¹。在估算出各產品工件在各工作站之總體等候時間後，即可據此判斷各期液晶灌入與真空回火工作站前之工件等候時間是否超過等候時間限制，若吾人估算之總體等候時間超過等候時間限制，則表示系統負荷過重，造成工件之等候時間過長，應當回饋上層調降產出目標重新規劃。圖 3-7 為生產週期時間估算模組之流程圖，以下為本模組之基本假設：

◆ 基本假設

- (1) 批量機台之批量政策採用最小載入批量法，且最小載入批量等於 3.5.1 節所求算之理想載入批量 B_k^{Ideal} 。
- (2) 派工法則採用先進先出法(FIFO)。
- (3) 批量法則優先於派工法則。
- (4) 在規劃幅度內工廠產能水準固定、瓶頸資源之機種別亦固定。

¹¹ 總體等候時間係由負荷因子等候時間與批量因子等候時間組合而成。

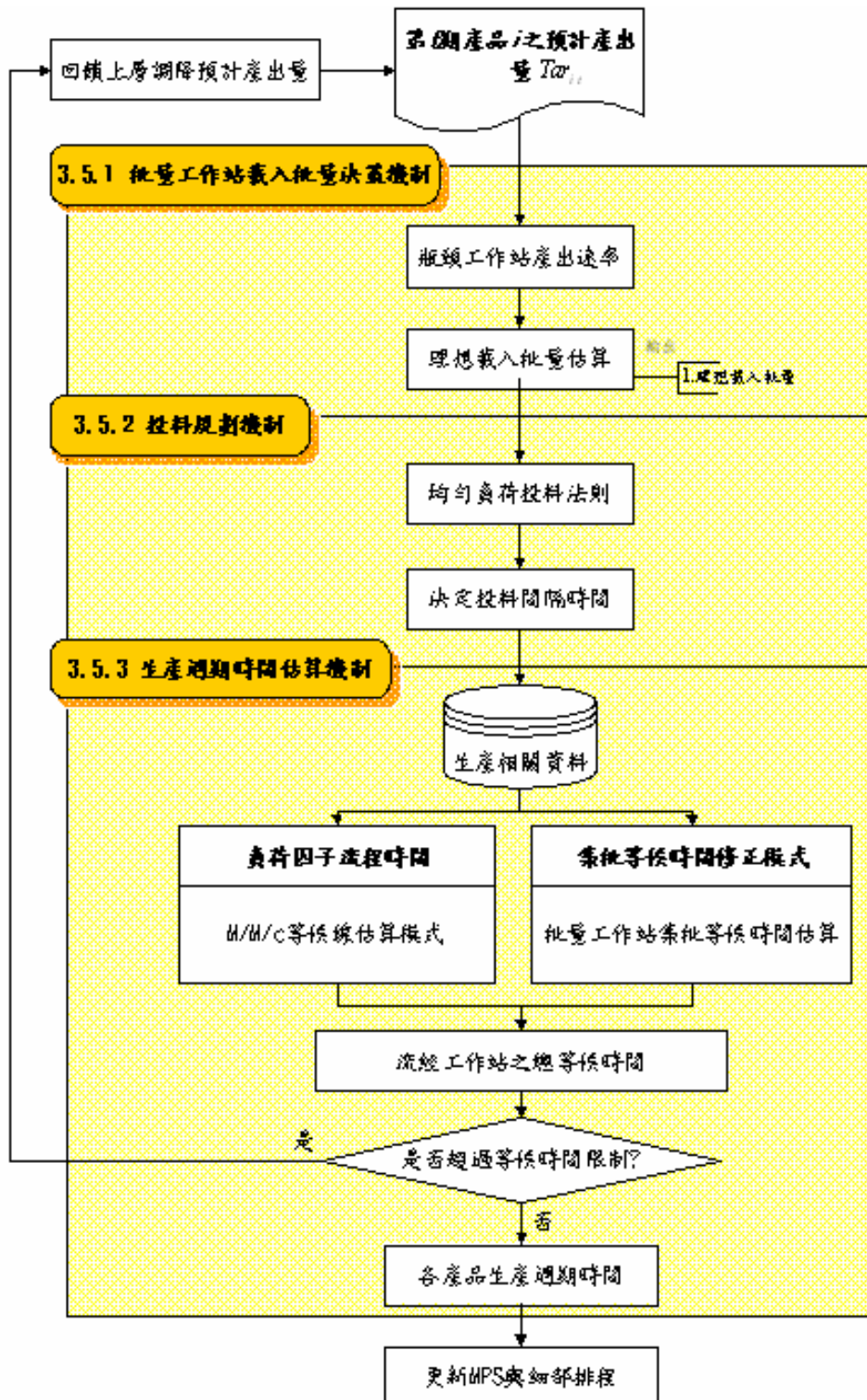


圖 3-7 生產週期時間估算模組流程圖

3.5.1、批量工作站載入批量決策機制

組立廠中段製程為一連串批量工作站所組成，因其最大可載入批量的差異，若不控制其集批策略，將使產出速率高的工作站製造過多 WIP，而產出速率低的工作站卻來不及產出。由於組立廠之瓶頸資源為前段之序列工作站(PI)，因此應當盡量使瓶頸工作站產出達到最大化的條件下，讓物流可以平順地通過中段批量工作站。依據限制理論，系統的產出受限於瓶頸資源的產出速率，因此，本文將考量規劃幅度內，為達到規劃之產出目標，依據瓶頸工作站各產品*i*的平均產出速率，設計中段批量工作站之理想載入批量(Ideal Batch Size)，使產品*i*在批量工作站的產出速率能與產品*i*在瓶頸工作站的產出速率同步化，如此系統方能依據瓶頸工作站同步且穩定的產出。以下步驟說明其估算流程。

步驟一：計算規劃幅度內，瓶頸工作站平均必需指派給各產品之約當機台數 $\overline{ANB}_{i,BN}$ 。

$$\overline{ANB}_{i,BN} = \frac{Tar_i \times PT_{i,BN}}{Cap_{BN} \times U_{BN}^{Lim} / N_{BN}}, \quad \forall i \in I ; \quad (式 3-26)$$



步驟二：計算產品*i*在瓶頸工作站 *BN* 之平均產出速率 $O_{i,BN}$ (卡匣/分)。其為瓶頸工作站不考慮換線的產能浪費時，進行產品*i*加工時之單位時間產出速率。因此， $O_{i,BN}$ 等於瓶頸工作站之指派給產品*i*之平均約當機台數 $\overline{ANB}_{i,BN}$ ，乘上最大可載入批量 B_{BN}^{Max} ，再除以瓶頸工作站產品*i*的加工時間 $PT_{i,BN}$ 。

$$O_{i,BN} = \frac{\overline{ANB}_{i,BN} \times B_{BN}^{Max}}{PT_{i,BN}}, \quad \forall i \in I ; \quad (式 3-27)$$

步驟三：計算各非瓶頸工作站 *nbn*，各產品*i*之理想載入批量 $B_{i,nbn}^{Ideal}$ ，其為產品*i*在瓶頸工作站之產出速率 $O_{i,BN}$ 乘以產品*i*在工作站 *nbn* 之加工時間 $PT_{i,nbn}$ ，除以非瓶頸工作站 *nbn* 指派給各產品別之平均約當機台數

$\overline{ANB}_{i,nbn}$ 。若工作站 nbn 為序列工作站則理想載入批量 $B_{i,nbn}^{Ideal} = 1$ ，若為批量工作站則理想載入批量為 $B_{i,nbn}^{Ideal}$ 之計算式如下。

$$B_{i,nbn}^{Ideal} = \text{Min} \left\{ B_{nbn}^{Max}, \left\lceil \frac{O_{i,BN} \times PT_{i,nbn}}{ANB_{i,nbn}} \right\rceil \right\}, \quad \forall i \in I \quad \forall nbn \in NBN; \quad (\text{式 3-28})$$

3.5.2、投料規劃機制

投料時點的掌握與控制，對維持系統穩定與產品生產週期時間的掌控有著顯著的影響。黃氏[29]的研究指出，若生產系統採用均勻負荷法 (Uniform Loading) 進行投料，一旦系統達到穩態時，由於投料時點固定，因此系統產出率亦趨近固定。由於組立廠屬於少樣多量的存貨式生產系統，因此系統的穩定產出是生管人員追求的目標，基於此，吾人使用均勻負荷法作為組立廠之投料策略。

吾人經由 3.4 節之產線配置模組求解後，可得知各規劃時期各產品之產出目標，而此產出目標即為各規劃時期之預計投入量。因此，吾人以兩天內能將該期之產出目標所需之工件完全投入生產系統中為原則，估算各產品於各期之投料間隔 $R_{i,t}$ 。然而，由於此方式所估算之投料間隔，係以瓶頸資源兩天所需工件以平均的方式估算，並未考慮到瓶頸資源前一工作站 (GRIND 工作站) 所需之加工時間，因此，為避免 GRIND 工作站因投料速度過慢而無法及時產出足夠的工件滿足瓶頸資源，致使瓶頸資源發生缺料情形，吾人擬將投料間隔乘上一投料加速因子，以避免此一現象之發生，估算方式如式 3-29 所示，其中 f 表投料加速因子。

$$R_{i,t} = \frac{2880}{Tar_{i,t}} \times f, \quad \forall i \in I \quad \forall t \in T; \quad (\text{式 3-29})$$

3.5.3、生產週期時間估算機制

3.5.3.1、工作站負荷因子等候時間估算模式[30]

工作站因負荷所造成的等候時間，通常以等候理論 (Queueing theory) 來進行估算。依據限制理論，吾人可將各產品在瓶頸工作站的產出率視為

系統的產出率，並以達成此產出目標為出發點，求算瓶頸工作站的到達率。再基於各產品產出平順化理念，用以求算各工件在非瓶頸機台的到達率。以此觀念，假設各個工作站均為不相關之獨立生產系統，吾人以 M/M/c [13] 等候線模型作為組立廠之負荷因子等候時間估算模式。以下為本模式之估算步驟：

步驟一：由瓶頸資源之產出目標 $Tar_{i,t}$ ，估算第 t 期，產品 i 在整廠每分鐘之平均產出率 $\alpha_{i,t}$ （卡匣/分）， $\alpha_{i,t}$ 亦等於瓶頸資源之平均產出率。

$$\alpha_{i,t} = \frac{Tar_{i,t}}{2 \times 24 \times 60}, \quad \forall i \in I \quad \forall t \in T; \quad (\text{式 3-30})$$

步驟二：估算第 t 期，產品 i 工件在各工作站 k 之來到率 $\lambda_{i,k,t}$ （卡匣/分）。由於整條產線之產出速率受限於瓶頸資源，因此產品 i 工件在各工作站 k 之來到率均等於瓶頸工作站之產出率 $\alpha_{i,t}$ ，因此 $\lambda_{i,k,t} = \alpha_{i,t}$ 。

$$\lambda_{i,k,t} = \alpha_{i,t}, \quad \forall i \in I \quad \forall k \in K \quad \forall t \in T; \quad (\text{式 3-31})$$

步驟三：估算第 t 期，產品 i 工件在工作站 k 之服務率 $\mu_{i,k,t}$ （卡匣/分）。

$$\mu_{i,k,t} = \frac{B_k^{Max}}{PT_{i,k}}, \quad \forall i \in I \quad \forall k \in K \quad \forall t \in T; \quad (\text{式 3-32})$$

步驟四：估算第 t 期，產品 i 在工作站 k 之利用率 $\rho_{i,k,t}$ 。

$$\rho_{i,k,t} = \frac{\lambda_{i,k,t}}{ANB_{i,k,t} \times \mu_{i,k,t}}, \quad \forall i \in I \quad \forall k \in K \quad \forall t \in T; \quad (\text{式 3-33})$$

步驟五：估算第 t 期，產品 i 工件流經工作站 k 所需耗費之等候時間 $TLQ_{i,k,t}$ 。可由式 M/M/c 等候線估算式，配合 Little's Law [8] 推估求得。為使公式能清楚表示，式 3-34~式 3-36 之所有符號皆省略下標 i, k, t 。

$$p_0 = \left(\sum_{n=0}^{ANB-1} \frac{\lambda^n}{n! \mu^n} + \sum_{n=ANB}^{\infty} \frac{\lambda^n}{ANB^{n-ANB} ANB! \mu^n} \right)^{-1}, \quad \forall i \in I \quad \forall k \in K \quad \forall t \in T; \quad (\text{式 3-34})$$

$$L = ANB \times \rho + \frac{(ANB \times \rho)^{ANB+1} p_0}{ANB \times (ANB!) (1-\rho)^2}, \quad \forall i \in I \quad \forall k \in K \quad \forall t \in T;$$

(式 3- 35)

$$TLQ = \frac{L}{\lambda} - \frac{1}{\mu} \quad , \quad \forall i \in I \quad \forall k \in K \quad \forall t \in T ; \quad (式 3- 36)$$

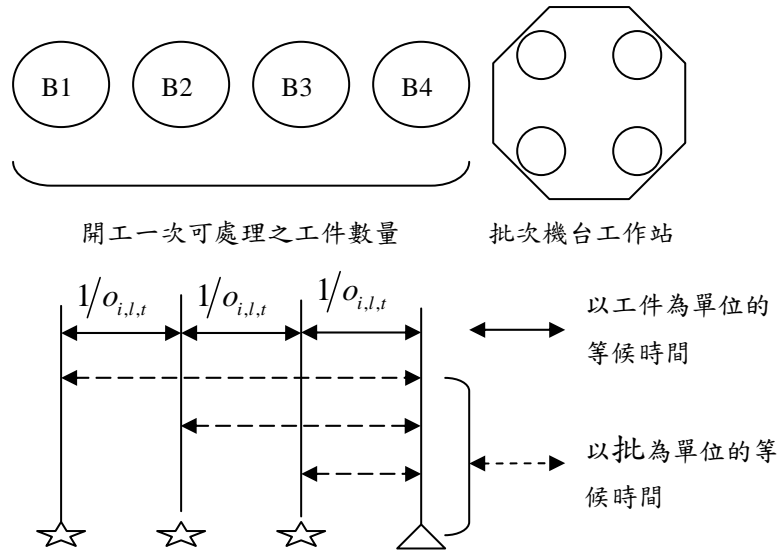
3.5.3.2、批量工作站集批等候時間估算模式

批量工作站為避免產能浪費，必須受批量策略之限制，工件在批量機台前若未達可載入批量，則必須等待其它工件到臨，不得直接載入加工，因此批量工作站除了因工作站負荷所形成之負荷等候時間外，尚需估算工件因集批而形成之集批等候時間。而此集批等候時間長度與最小載入批量設定與前製程工作站之產出速率相關[30]，因此，吾人先估算各期各產品在各工作站之產出速率，再根據各批量製程所估算之理想載入批量，作為最小載入批量之設定，據此估算各產品工件在各批量製程累積至最小載入批量所需之時間，即可估算出批量工作站之集批等候時間。以下為估算步驟說明。

步驟一：估算第 t 期，產品 i 在工作站 k 之平均產出速率 $o_{i,k,t}$ （卡匣/分）。

$$o_{i,k,t} = \frac{ANB_{i,k,t} \times B_k^{Max}}{PT_{i,k}} \quad , \quad \forall i \in I \quad \forall k \in K \quad \forall t \in T ; \quad (式 3- 37)$$

步驟二：估算第 t 期，產品 i 之工件在批量工作站 k 之平均集批等候時間 $TBQ_{i,k,t}$ 。假設各期各工作站產出速率一致，產品 i 在前一製程工作站 l 之平均產出速率 $o_{i,l,t}$ ，假設理想載入批量為 4，如圖所示。實線雙箭頭所涵蓋區間之時間長度，為單一個工件到達所需要的時間 $1/o_{i,l,t}$ ；對以理想載入批量為單位的等候時間而言，則集批等候時間為虛線雙箭頭所涵蓋區間之時間長度，每批的等候時間為工件 B1, B2, B3, B4 的平均等候時間，經計算後等於 $\frac{1}{o_{i,l,t}} \times \frac{0+1+2+3}{4}$ 。據此推算，即可求得產品 i 平均每一工件累積至理想載入批量所需之平均集批等候時間 $TBQ_{i,k,t}$ ，如式 3-38 所示。



○ : 工件 △ : 開工時點 ☆ : 工件到達時點 八角形 : 批次機台工作站

圖 3-8 集批等候時間估算示意圖

$$TBQ_{i,k,t} = \frac{\sum_{n=0}^{B_{i,k}^{Ideal}-1} n}{B_{i,k}^{Ideal}} \times \frac{1}{o_{i,l,t}}, \quad \forall i \in I \quad \forall k \in BK \quad \forall l \in K \quad \forall t \in T ; \quad (式 3-38)$$

經由以上估算過程，在第 t 期，各產品 i 工件在各工作站 k 之總等候時間 $TTQ_{i,k,t}$ ，即為工件流經工作站 k 所形成之負荷因子等候時間 $TLQ_{i,k,t}$ 與集批等候時間 $TBQ_{i,k,t}$ 之加總，如式 3-39 所示。

$$TTQ_{i,k,t} = TLQ_{i,k,t} + TBQ_{i,k,t}, \quad \forall i \in I \quad \forall k \in K \quad \forall t \in T ; \quad (式 3-39)$$

最後，將產品工件在所有工作站之加工時間 $PT_{i,k}$ 與總等候時間 $TTQ_{i,k,t}$ 加總，即為各期各產品在組立廠之生產週期時間 $CT_{i,t}$ ，如式 3-40 所示。

$$CT_{i,t} = \sum_{k=1}^K (PT_{i,k} + TTQ_{i,k,t}), \quad \forall i \in I \quad \forall k \in K \quad \forall t \in T ; \quad (式 3-40)$$

第四章、模擬驗證

為了驗證本文第三章所發展之主生產排程快速規劃系統之可行性，在本章中，吾人將以國內某液晶面板製造廠之生產資料為基礎，構建一模擬實際液晶面板組立製程之生產環境，以對本文之三個模組進行驗證。

本章之模擬驗證可分為下列三個部份：

1. 系統環境說明：描述生產系統的基本環境資料與各項規劃假設；
2. 執行過程：輸入實際資料，依序說明本文第三章之主生產排程快速規劃系統之執行、演算過程；
3. 結果分析：就第三章之規劃模式與模擬結果進行分析與比較。

4.1、系統環境說明

4.1.1、生產環境說明

本文實例驗證所採用的生產環境、產品製程、機台等相關資料，係來自國內某液晶面板製造廠之實際資料，其生產環境資料如下：

1. 產品基本資料：

本生產系統中，過生產 A、B、C 三種產品別。各產品製程步驟皆相同，而各製程步驟所使用之工作站與其加工時間皆為以知，詳細資料請參見附錄 A。

2. 工作站基本資料：

本模擬驗證之生產系統中，共考量 12 種不同的工作站（由 1ST Grinding 至 Cell Test）之資訊，本章將分別以 WS01~WS12 表示各個工作站之編號。其中包含了前段序列工作站(WS01~WS04)、中段批量工作站(WS05~WS08)與末段序列工作站(WS09~WS12)，相同工作站內各個機台均為等效平行機台，且各個工作站中有不同之機台數與最大可加工批量。

工作站當機、預防保養時間：

所有工作站之平均當機間隔時間(MTBF)與平均當機修復時間(MTTR)均為指數分配；而平均預防保養間隔時間(MTBPM)與平均預防保養時間(MTTPM)則為常數，詳細資料請參見附錄 B。

3. 工作站機台設置(Setup)時間：

本實例中，每一工作站機台整備設置時間的詳細資料請參見附錄 A。就機台必要設置時間部份，僅有配向膜塗佈(PI)工作站(WS02)每兩天裡須定期設置一次，一次約三個小時。

4.1.2 主生產排程規劃假設

1. 規劃幅度與規劃週期：

規劃幅度必須能涵蓋產品的生產週期時間，以充分反映排定之規劃與生產系統實際運作之連動性。因此，本文假設規劃幅度為一個月(28 天)，規劃週期為 2 天。

2. 投料法則與投料批量：

本文以瓶頸工作站各機台每期產品之加工數量來進行規劃，並以「均勻負荷投料法」來進行投料時點的控制。

3. 派工法則：

各機台之派工法則均設定為「先進先出法」(First In First Out, FIFO)，亦即最早到達工作站之工件給予最先加工的機會。

4. 產品良率：

對於液晶面板因製程或生產週期時間所造成的產品不良狀況，本文不加以考慮，亦即假設各加工步驟良率均為 1。

5. 產出目標與產品組合：

本文在規劃幅度內各產品規劃之產出目標，主要承接上層所給定之預計產出量如表 4-1，各規劃時期之最小需求量如表 4-2 所示。

表 4-1 規劃幅度內各產品之預測需求 (單位：卡匣)

	產品 A	產品 B	產品 C	總量
預測量	3000	3160	3280	9440

表 4-2 各規劃時期之最小需求量 (單位：卡匣)

期別	產品 A	產品 B	產品 C	Total
1	200	250	200	650
2	250	100	200	550
3	150	200	200	550
4	200	220	200	620
5	200	200	240	640
6	200	240	200	640
7	250	200	200	650
8	220	200	200	620
9	200	220	230	650
10	200	200	250	650
11	150	200	250	600
12	200	220	200	620
13	200	200	250	650
14	200	240	200	640
Total	2820	2890	3060	8770

4.2、產能推估模組之執行過程與規劃結果

為方便說明產能推估模組之執行過程，下列之估算過程係以 PI 工作站 (WS02) 為例，進行演算。

4.2.1、產能推估機制

步驟一：計算規劃幅度內，各工作站 k 之約當機台數 N_k 。由下式可知，PI 工作站中原有之 7 台機台扣除當機及預防保養因素後，實際可用機台只

剩 6.27 台。此步驟之規劃結果彙整於表 4-3。

$$N_k = \sum_{m=1}^{M_k} \left(1 - \frac{MTTR_m}{MTBF_m + MTTR_m} - \frac{MTTPM_m}{MTBPM_m + MTTPM_m} - \frac{MTTSN_m}{MTTSN_m + MTBSN_m} \right)$$

$$= 7 \times \left[1 - \frac{8}{2000+8} - \frac{2}{46+2} - \frac{3}{48+3} \right] = 6.27 \quad (\text{式 3-1})$$

表 4-3 規劃幅度內各工作站實際可用機台數 (單位：台)

工作站編號	WS01	WS02	WS03	WS04
實際可用機台數	3.8	6.27	8.55	3.8
工作站編號	WS05	WS06	WS07	WS08
實際可用機台數	10.45	5.7	24.7	20.9
工作站編號	WS09	WS10	WS11	WS12
實際可用機台數	1.9	14.25	3.8	25.65

步驟二：計算規劃幅度內，各工作站 k 最大可用產能 Cap_k (分鐘/28 天)。此步驟之規劃結果彙整於

表 4-4。

$$Cap_k = H \times 24 \times 60 \times N_k \times B_k^{Max} = 28 \times 24 \times 60 \times 6.27 \times 1$$

$$= 252806.4 \text{ (分鐘/28 天)} \quad (\text{式 3-2})$$

表 4-4 規劃幅度內各工作站最大可用產能 (單位：分)

工作站編號	WS01	WS02	WS03	WS04
最大可用產能	153216	252806.4	344736	153216
工作站編號	WS05	WS06	WS07	WS08
最大可用產能	5056128	3447360	5975424	1685376
工作站編號	WS09	WS10	WS11	WS12
最大可用產能	76608	574560	153216	1034208

步驟三：計算規劃幅度內，各工作站 k 之平均負荷水準 U_k 。由下式可知，產出目標為9440個卡匣時，則PI工作站之平均負荷水準為0.915。此步驟之規劃結果彙整於表4-5。

$$U_k = \frac{\sum_{i=1}^I D_i \times PT_{i,k}}{Cap_k} = \frac{(3000+3160+3280) \times 24.5}{252806.4} = 0.915 \quad (\text{式 3-3})$$

表 4-5 規劃幅度內各工作站平均負荷水準

工作站編號	WS01	WS02	WS03	WS04
平均負荷水準	0.831767	0.91485	0.848881	0.800961
工作站編號	WS05	WS06	WS07	WS08
平均負荷水準	0.784711	0.82231	0.821967	0.785819
工作站編號	WS09	WS10	WS11	WS12
平均負荷水準	0.493	0.739836	0.492899	0.667139

由於製造現場有不可預期之變因或是統計波動，而產出會受到這些變因的影響，因此必須預留保護性產能以吸收變異。吾人擬各設定5%與10%分別作為瓶頸與非瓶頸工作站之保護性產能，因此以95%的平均負荷水準作為瓶頸工作站利用率之上限 U_{BN}^{Lim} ，以90%的平均負荷水準作為非瓶頸工作站利用率之上限 U_{NBN}^{Lim} ，以期規劃結果在製造現場能確實達成。由表4-5所示，所有工作站中，PI工作站（WS02）之負荷水準最高，為91.5%，並未超過95%的負荷限制，因此此預計產出需求量符合吾人所設定工作站之負荷水準限制。

4.2.2、瓶頸資源辨識機制

步驟一：計算規劃幅度內，各工作站 k 可用來換線之產能 $RCap_k$ 。由下式可知，PI工作站扣除完成產出目標所需之加工時間後，尚餘8886.08分鐘之產能可供換線。此步驟之規劃結果彙整於表4-6。

$$\begin{aligned}
RCap_k &= Cap_k \times U_k^{Lim} - \sum_{i=1}^I D_i \times PT_{i,k} \\
&= 252806.4 \times 0.95 - (3000 + 3160 + 3280) \times 24.5 \\
&= 240166.08 - 231280 = 8886.08 \text{ (分)}
\end{aligned}
\tag{式 3-4}$$

表 4-6 規劃幅度內各工作站可換線產能 (單位：分)

工作站編號	WS01	WS02	WS03	WS04
可換線產能	18115.2	8886.08	34859.2	22835.2
工作站編號	WS05	WS06	WS07	WS08
可換線產能	835721.6	440192	765052.8	276707.2
工作站編號	WS09	WS10	WS11	WS12
可換線產能	35018	120752	70035.2	292537.6

步驟二：計算規劃幅度內，各工作站 k 剩餘產能之最大可換線次數 SA_k 。由下式可知，PI 工作站扣除完成產出目標所需之純加工時間後，最多只能換線 59 次，此計算結果並未包括固定換線設置次數。此步驟之規劃結果彙整於表 4-7。

$$\begin{aligned}
\overline{ST}_k &= \frac{\sum_{i=1}^I ST_{i,k}}{I} \\
&= (150 + 150 + 150) / 3 = 150 \text{ (分)}
\end{aligned}
\tag{式 3-5}$$

$$SA_k = \left\lfloor \frac{Rcap_k}{\overline{ST}_k \times B_k^{Max}} \right\rfloor = \left\lfloor \frac{8886.08}{150 \times 1} \right\rfloor = 59 \text{ (次)}
\tag{式 3-6}$$

表 4-7 規劃幅度內各工作站之剩餘最大可換線次數 (單位：次)

工作站編號	WS01	WS02	WS03	WS04
最大可換線次數	201.28	59.24053	1161.973	253.7244
工作站編號	WS05	WS06	WS07	WS08
最大可換線次數	6964.347	2934.613	2125.147	13835.36
工作站編號	WS09	WS10	WS11	WS12
最大可換線次數	—	—	—	—
—：表示換線次數不受限制				

由表 4-7 得知，PI 工作站因最大可換線次數最少，僅 59 次，意味著極易因為換線次數過多而浪費過多產能，甚至是產能不足，故將之定義為系統之瓶頸。根據限制理論，系統之產出決定於瓶頸資源之利用，因此在確認系統瓶頸後，當對瓶頸資源之產能配置進行妥善規劃，使系統能達到產出最大化之規劃目標。



4.3、產線配置模組之執行過程與規劃結果

由於 PI 工作站每兩天需固定設置(Setup)一次的特性，因此吾人以每兩天為一規劃時期，將規劃幅度分為 14 個規劃時期，並預先將用於固定設置作業之產能扣除，藉由此短時間區段之規劃方式，來確實掌握生產進度。

4.3.1、瓶頸工作站機台產能配置機制

在進行瓶頸工作站機台產能配置之前，吾人需進行產出負荷分析，作為產能配置機制求解前之檢驗，剔除不可行之產出目標，確保本機制執行之效率。產出目標分析步驟如下，吾人以第一期為例做運算。

步驟一：計算滿足第 t 期之最小目標產出量 $D_{i,t}^{Min}$ ，應指派給各產品別 i 之專線機台數 $AN_{i,t}$ 。以第一期為例，由運算結果可知共需要 7 台專線機台，剛好等於瓶頸工作站之機台數，所以在第一期之最小需求下，瓶頸工作站足以專線方式配置，並不需要換線，所以 $SN_1 = 0$ 。各規劃時期滿足最小需

求，所需之專線機台數運算結果如表 4-8 所示。

$$AN_{i,t} = \left\lceil \frac{D_{i,t}^{Min} \times PT_{i,BN}}{Cap_{BN} \times U_{BN}^{Lim} / M_{BN} \times T} \right\rceil \quad (\text{式 3-7})$$

$$AN_{1,1} = \left\lceil \frac{200 \times 24.5}{252806.4 \times 0.95 / 7 \times 14} \right\rceil = 2$$

$$AN_{2,1} = \left\lceil \frac{250 \times 24.5}{252806.4 \times 0.95 / 7 \times 14} \right\rceil = 3$$

$$AN_{3,1} = \left\lceil \frac{200 \times 24.5}{252806.4 \times 0.95 / 7 \times 14} \right\rceil = 2$$

表 4-8 各規劃時期滿足最小需求，所需之專線機台數 (單位：台)

期別	1	2	3	4	5	6	7
機台數	7	6	6	7	7	7	7
期別	8	9	10	11	12	13	14
機台數	7	8	7	7	7	7	7

步驟二：進行規劃幅度內總換線次數之粗估流程。由表 4-8 可知，僅第 9 期時，無法完全以專線方式配置，故需加 2 次換線次數，所以規劃幅度內之粗估總換線次數 $SN = 2$ 。因此，將規劃幅度內之預計產出需求所需之產能，加上此 2 次換線所耗費之產能，據此判斷是否小於瓶頸工作站之最大可用產能。運算結果如下式所示，小於瓶頸工作站之最大可用產能 252806.4，故此預計產出需求通過產出負荷分析，可進行下一步之瓶頸工作站機台產能配置。

$$\sum_i^I D_i \times PT_{i,BN} + SN \times \overline{ST}$$

$$= (3000 + 3160 + 3280) \times 24.5 + 150 \times 2 = 231580 < (252806.4 \times 0.95) = 240166$$

完成產出目標分析後，本機制將以 iLog OPL Studio 3.5 進行瓶頸工作站機台產能配置模式之求解，下列為進行模式求解前所需設定之參數，吾人依本例進行設定：

1. 規劃時期 t ：每 2 天為一期
2. 各產品預測需求量 D_i ：詳見表 4-1。
3. 各機台每期可用產能 $Cap_{m,t}$ （分鐘）：

$$Cap_{m,t} = H \times 24 \times 60 \times N_{BN} \times B_{BN}^{Max} \times U_{BN}^{Lim} / (M_{BN} \times T)$$

$$= (28 \times 24 \times 60 \times 6.27 \times 1 \times 0.95) / (7 \times 14) = 2450.7$$
4. 不同產品在機台上之加工與換線時間：如附錄 A 所示。因應資料提供者之要求，部分資料不便公開，表中僅列示部分資料。
5. 每期各產品最低生產數量下限值 A_i （卡匣）：200。
6. 每期最小產出需求 $D_{i,t}^{Min}$ 設定：如表 4-2 所示。

吾人所使用之運算環境為中央處理器(CPU) Intel Pentium IV 1.5G MHZ 之個人電腦，隨機存取記憶體(RAM)512MB，作業系統為 Windows 2000，在此環境下，以 iLog OPL 作數學運算。表 4-9 為 iLog OPL 吾人所建構之數學模式之統計資訊。

表 4-10 為 iLog OPL 所求得之規劃解，表 4-11 為規劃解之彙整表，表 4-12 為本模式求解結果與各期最小產出需求量之比較表。

表 4-9 iLog 數學模式之統計資訊

最佳解：9797		求解時間：150 秒	
限制式總數	變數個數	0-1 變數個數	決策變數個數
2649	1362	882	479

表 4- 10 瓶頸工作站機台產能配置機制之規劃解

Optimm Somution with Objective Vmue: 9797 (單位：卡匣)

$x_{A,m2,1}$	=	100	$x_{B,m1,1}$	=	100	$x_{C,m5,1}$	=	100
$x_{A,m3,1}$	=	100	$x_{B,m4,1}$	=	100	$x_{C,m7,1}$	=	100
$x_{A,m1,2}$	=	100	$x_{B,m6,1}$	=	100	$x_{C,m2,2}$	=	100
$x_{A,m3,2}$	=	100	$x_{B,m4,2}$	=	100	$x_{C,m5,2}$	=	100
$x_{A,m6,2}$	=	50	$x_{B,m7,2}$	=	100	$x_{C,m6,2}$	=	44
$x_{A,m4,3}$	=	100	$x_{B,m1,3}$	=	100	$x_{C,m2,3}$	=	100
$x_{A,m5,3}$	=	100	$x_{B,m6,3}$	=	100	$x_{C,m3,3}$	=	100
$x_{A,m4,4}$	=	100	$x_{B,m7,3}$	=	100	$x_{C,m2,4}$	=	100
$x_{A,m5,4}$	=	100	$x_{B,m1,4}$	=	100	$x_{C,m3,4}$	=	100
$x_{A,m1,5}$	=	100	$x_{B,m7,4}$	=	100	$x_{C,m6,4}$	=	100
$x_{A,m3,5}$	=	100	$x_{B,m2,5}$	=	100	$x_{C,m4,5}$	=	100
$x_{A,m5,5}$	=	100	$x_{B,m7,5}$	=	100	$x_{C,m6,5}$	=	100
$x_{A,m3,6}$	=	100	$x_{B,m1,6}$	=	100	$x_{C,m4,6}$	=	100
$x_{A,m5,6}$	=	100	$x_{B,m6,6}$	=	100	$x_{C,m6,7}$	=	100
$x_{A,m3,7}$	=	100	$x_{B,m7,6}$	=	100	$x_{C,m7,7}$	=	100
$x_{A,m4,7}$	=	100	$x_{B,m1,7}$	=	100	$x_{C,m5,8}$	=	100
$x_{A,m5,7}$	=	100	$x_{B,m2,7}$	=	100	$x_{C,m6,8}$	=	100
$x_{A,m3,8}$	=	100	$x_{B,m1,8}$	=	100	$x_{C,m7,8}$	=	100
$x_{A,m4,8}$	=	100	$x_{B,m2,8}$	=	100	$x_{C,m5,9}$	=	100
$x_{A,m3,9}$	=	100	$x_{B,m1,9}$	=	100	$x_{C,m7,9}$	=	100
$x_{A,m4,9}$	=	100	$x_{B,m2,9}$	=	100	$x_{C,m5,10}$	=	100
$x_{A,m3,10}$	=	100	$x_{B,m6,9}$	=	100	$x_{C,m6,10}$	=	100
$x_{A,m4,10}$	=	100	$x_{B,m1,10}$	=	100	$x_{C,m7,10}$	=	100
$x_{A,m1,11}$	=	100	$x_{B,m2,10}$	=	100	$x_{C,m3,11}$	=	100
$x_{A,m2,11}$	=	100	$x_{B,m4,11}$	=	100	$x_{C,m5,11}$	=	100
$x_{A,m2,12}$	=	100	$x_{B,m6,11}$	=	100	$x_{C,m7,11}$	=	100
$x_{A,m5,12}$	=	100	$x_{B,m1,12}$	=	100	$x_{C,m3,12}$	=	100
$x_{A,m2,13}$	=	100	$x_{B,m4,12}$	=	100	$x_{C,m6,12}$	=	100
$x_{A,m3,13}$	=	100	$x_{B,m1,13}$	=	100	$x_{C,m7,12}$	=	100
$x_{A,m3,14}$	=	100	$x_{B,m4,13}$	=	100	$x_{C,m5,13}$	=	100
$x_{A,m4,14}$	=	100	$x_{B,m5,14}$	=	100	$x_{C,m6,13}$	=	100
			$x_{B,m6,14}$	=	100	$x_{C,m7,13}$	=	100
			$x_{B,m7,14}$	=	100	$x_{C,m1,14}$	=	100
						$x_{C,m2,14}$	=	100

表 4-11 瓶頸工作站機台產能配置機制之規劃解示意表 (單位：卡匣)

	第 1 期			第 2 期			第 3 期			第 4 期		
瓶頸機台	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
M01	100	0	0	100	0	0	0	100	0	0	100	0
M02	0	100	0	0	0	100	0	0	100	0	0	100
M03	100	0	0	100	0	0	0	0	100	0	0	100
M04	0	100	0	0	100	0	100	0	0	100	0	0
M05	0	0	100	0	0	100	100	0	0	100	0	0
M06	0	100	0	50	0	44	0	100	0	0	0	100
M07	0	0	100	0	100	0	0	100	0	0	100	0
	第 5 期			第 6 期			第 7 期			第 8 期		
瓶頸機台	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
M01	100	0		0	100	0	0	100	0	0	100	0
M02	0	100	0	0	0	100	0	100	0	0	100	0
M03	100	0	0	100	0	0	100	0	0	100	0	0
M04	0	0	100	0	0	100	100	0	0	100	0	0
M05	100	0	0	100	0	0	100	0	0	0	0	100
M06	0	0	100	0	100	0	0	0	100	0	0	100
M07	0	100	0	0	100	0	0	0	100	0	0	100
	第 9 期			第 10 期			第 11 期			第 12 期		
瓶頸機台	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
M01	0	100	0	0	100	0	100	0	0	0	100	0
M02	0	100	0	0	100	0	100	0	0	100	0	0
M03	100	0	0	100	0	0	0	0	100	0	0	100
M04	100	0	0	100	0	0	0	100	0	0	100	0
M05	0	0	100	0	0	100	0	0	100	100	0	0
M06	0	100	0	0	0	100	0	100	0	0	0	100
M07	0	0	100	0	0	100	0	0	100	0	0	100
	第 13 期			第 14 期								
瓶頸機台	A	B	C	A	B	C						
M01	0	100	0	0	0	100						
M02	100	0	0	0	0	100						
M03	100	0	0	100	0	0						
M04	0	100	0	100	0	0						
M05	0	0	100	0	100	0						
M06	0	0	100	0	100	0						
M07	0	0	100	0	100	0						

表 4- 12 瓶頸工作站機台產能配置模式求解結果與各期最小需求量之比較表 (單位：卡匣)

期別	產品 A		產品 B		產品 C		Total	
	最小需 求量	規劃解	最小需 求量	規劃解	最小需 求量	規劃解	最小需 求量	規劃解
1	200	200	250	300	200	200	650	700
2	250	250	100	200	200	244	550	696
3	150	200	200	300	200	200	550	700
4	200	200	220	200	200	300	620	700
5	200	300	200	200	240	200	640	700
6	200	200	240	300	200	200	640	700
7	250	300	200	200	200	200	650	700
8	220	200	200	200	200	300	620	700
9	200	200	220	300	230	200	650	700
10	200	200	200	200	250	300	650	700
11	150	200	200	200	250	300	600	700
12	200	200	220	200	200	300	620	700
13	200	200	200	200	250	300	650	700
14	200	200	240	300	200	200	640	700
Total	2820	3051	2890	3300	3060	3445	8770	9797

由表 4- 12 之規劃結果比較表可知，瓶頸工作站機台產能配置模式之規劃求解結果皆符合各期之最小產出需求量，並滿足表 4- 1 規劃幅度之預測需求。吾人只要按此規劃產出量配合瓶頸機台進行投料，則可滿足各期之最小產出需求目標與規劃幅度內之預測需求。

4.3.2、非瓶頸工作站機台產能配置機制

為方便說明產能推估模組之執行過程，下列之估算過程係以第 1 期，1ST Grinding 工作站(WS01)為例，若有產品別*i*之分，則以產品 A 之資料代入運算。

步驟一：估算第*t*期，非瓶頸工作站*nbn*應指派給產品*i*之實際機台數 $ANB_{i,nbn,t}$ 。

$$Tar_{i,t} = \sum_m^{M_{BN}} [x_{i,m,t}] = 200 \quad (\text{式 3-19})$$

$$ANB_{i,nbn,t} = \left[\frac{Tar_{i,t}}{Cap_{nbn} \times U_{nbn}^{Lim} / M_{nbn} \times 14 \times PT_{i,nbn}} \right] = \left[\frac{200}{153216 \times 0.9 / 4 \times 14 \times 13.5} \right] = 1.0989 \quad (\text{式 3-20})$$

步驟二：判斷第 t 期，非瓶頸工作站 nbn 是否有足夠的機台全部以專線方式配置給各產品，表 4- 13 為第 1 期產品 A 非瓶頸工作站步驟一與步驟二之規劃結果彙整表。

表 4- 13 第 1 期非瓶頸工作站指派給各產品之約當機台數與皆採專線需機台數

工作站別	實際機台數			需專線機台數	實際機台總數
	產品 A	產品 B	產品 C		
WS01	1.1	1.65	1.1	6	4
WS03	2.53	3.8	2.53	10	9
WS04	1.06	1.59	1.06	6	4
WS05	2.78	4.29	2.94	11	11
WS06	1.57	2.44	1.68	7	6
WS07	7.14	10.71	7.41	27	26
WS08	5.41	8.57	6.25	22	22
WS09	0.33	0.49	0.33	3	2
WS10	3.64	5.56	3.77	14	15
WS11	0.65	0.98	0.65	3	4
WS12	5.71	9.09	6.25	23	27

由表 4- 13 可得知，在第 1 期若各產品在非瓶頸工作站 WS01、WS03、WS04、WS06、WS07、WS09 皆採專線方式生產，則所需實際機台數，超過該工作站實際機台總數，故這些工作站無法以全部專線的方式進行生產，因此必須往步驟三進行規劃。

步驟三：估算第 t 期，工作站 nbn 可指派給產品 i 之專線機台數 $ANB_{i,nbn,t}^{Ded}$ 。

$$ANB_{i,nbn}^{Ded} = \lfloor ANB_{i,nbn} \rfloor = \lfloor 1.10 \rfloor = 1 \quad (\text{式 3-21})$$

步驟四：估算第 t 期，產品 i 在工作站 nbn 必須進行混線生產所需之約當實際機台數 $ANB_{i,nbn,t}^{Mix}$ 。表 4-14 為第 1 期各產品所需之專線、混線約當機台數結果彙整表。

$$ANB_{i,nbn,t}^{Mix} = ANB_{i,nbn,t} - ANB_{i,nbn,t}^{Ded} = 1.10 - 1 = 0.1 \quad (\text{式 3-22})$$

表 4-14 非瓶頸工作站各產品所需之專線、混線實際機台數彙整表 (單位：台)

工作站別	產品 A (台)		產品 B (台)		產品 C (台)	
	專線	混線	專線	混線	專線	混線
WS01	1	0.1	1	0.65	1	0.1
WS03	2	0.53	3	0.8	2	0.53
WS04	1	0.06	1	0.59	1	0.6
WS06	1	0.57	2	0.44	1	0.58
WS07	7	0.14	10	0.71	7	0.41
WS09	0	0.33	0	0.49	0	0.33

步驟五：估算第 t 期，各產品別在所有專線機台與混線機台的總產出量。表 4-15 為第 1 期各產品別在所有專線機台與混線機台的總產出量彙整表。

$$\begin{aligned} \text{專線機台：} TH_{i,nbn,t}^{Ded} &= \left\lfloor Tar_{i,t} \times \frac{ANB_{i,nbn,t}^{Ded}}{ANB_{i,nbn,t}} \right\rfloor \\ &= \left\lfloor 200 \times \frac{1}{1.10} \right\rfloor = 182 \end{aligned} \quad (\text{式 3-23})$$

$$\begin{aligned} \text{混線機台：} TH_{i,nbn,t}^{Mix} &= \left\lfloor Tar_{i,t} \times \frac{ANB_{i,nbn,t}^{Mix}}{ANB_{i,nbn,t}} \right\rfloor \\ &= \left\lfloor 200 \times \frac{0.10}{1.10} \right\rfloor = 18 \end{aligned} \quad (\text{式 3-24})$$

表 4-15 非瓶頸工作站第 1 期專線機台與混線機台總產出量彙整表 (單位：卡匣)

工作站別	產品 A		產品 B		產品 C	
	專線	混線	專線	混線	專線	混線
WS01	182	18	182	118	182	18
WS03	158	42	237	63	158	42
WS04	189	11	189	111	189	11
WS05	200	0	300	0	200	0
WS06	127	73	246	54	119	81
WS07	196	4	280	20	189	11
WS08	200	0	300	0	200	0
WS09	0	200	0	300	0	200
WS10	200	0	300	0	200	0
WS11	200	0	300	0	200	0
WS12	200	0	300	0	200	0

步驟六：進行第 t 期，各產品別在工作站 nbn 之專線機台指派。第 1 期指派結果彙整如所示，其中機台編號欄之符號“~”表示該序號範圍內之機台被指派生產之產品與數量，皆等於相對產品欄位內之數量，例如 WS03 中 2347 個產品 A 被指派給 M01~M02 生產，即代表 M01 與 M02 各需生產 79 個產品 A。

$$\begin{aligned}
 \text{專線機台: } TH_{i,m,nbn,t}^{Ded} &= TH_{i,nbn,t}^{Ded} / ANB_{i,nbn,t}^{Ded} && \text{(式 3-25)} \\
 &= \lfloor 182 / 1 \rfloor = 182
 \end{aligned}$$

步驟七、步驟八、步驟九：完成規劃幅度內，各產品別在工作站 nbn 之混線機台與專線機台指派。指派結果彙整如所示。

表 4-16 第 1 期非瓶頸工作站機台指派彙整表 (單位：卡匣)

工作站別	機台編號	產品 A	產品 B	產品 C
WS01	M01	182	0	0
	M02	0	182	0
	M03	0	0	182
	M04	18	118	18

表 4-16 第 1 期非瓶頸工作戰績台指派彙整表(續) (單位：卡匣)

工作站別	機台編號	產品 A	產品 B	產品 C
WS03	M01~M02	79	0	0
	M03~M05	0	79	0
	M06~M07	0	0	79
	M08	0	63	12
	M09	42	0	30
WS04	M01	189	0	0
	M02	0	189	0
	M03	0	0	189
	M04	11	111	11
WS05	M01~M03	66	0	0
	M04~M08	0	60	0
	M09~M11	0	0	66
WS06	M01	127	0	0
	M02~M03	0	123	0
	M04	0	0	119
	M05	0	27	81
	M06	73	27	0
WS07	M01~M07	28	0	0
	M08~M18	0	27	0
	M19~M25	0	0	27
	M26	4	0	11
WS08	M01~M06	33	0	0
	M07~M15	0	33	0
	M16~M22	0	0	28
WS09	M01	0	300	50
	M02	200	0	150
WS10	M01~M04	50	0	0
	M05~M10	0	50	0
	M11~M15	0	0	40
WS11	M01	200	0	0
	M02~M03	0	150	0
	M04	0	0	200
WS12	M01~M08	25	0	0
	M09~M19	0	27	0
	M20~M27	0	0	25

4.4、生產週期時間估算模組之執行過程與規劃結果

為方便說明生產週期時間估算模組之執行過程，下列之估算過程係以 Seal Bake 工作站(WS05)為例，若有規劃時期 t 與產品別 i 之分，則分別以第 1 個規劃時期與產品 A 之資料代入運算。

4.4.1、批量工作站載入批量決策機制

吾人於中段批量工作站之集批策略為最小載入批量法 (MBS)。為設定各批量工作站之最小載入批量，本文依據瓶頸工作站各產品的產出速率，設計中段批量工作站之理想載入批量，作為各批量工作站之最小載入批量，以使各產品在批量工作站的產出速率能與瓶頸工作站的產出速率同步化。以下為執行步驟與規劃結果。

步驟一：計算規劃幅度內，瓶頸工作站平均必需指派給各產品之約當機台數 $\overline{ANB}_{i,BN}$ 。

$$\overline{ANB}_{i,BN} = \frac{Tar_i \times PT_{i,BN}}{Cap_{BN} \times U_{BN}^{Lim}} \times N_{BN} = \frac{3051 \times 24.5}{252806.4 \times 0.95} \times 6.27 = 1.95 \quad (\text{式 3-26})$$

步驟二：計算規劃結果下，各產品 i 在瓶頸工作站 BN 之平均產出速率 $O_{i,BN}$ (卡匣/分)。

$$O_{i,BN} = \frac{\overline{ANB}_{i,BN} \times B_{BN}^{Max}}{PT_{i,BN}} = \frac{1.95 \times 1}{24.5} = 0.0796 \quad (\text{式 3-27})$$

步驟三：計算各非瓶頸工作站 nbn ，各產品 i 之理想載入批量 $B_{i,k}^{Ideal}$ 。若工作站 nbn 為序列工作站則理想載入批量 $B_{i,k}^{Ideal} = 1$ ，若為批量工作站則理想載入批量為 $B_{i,k}^{Ideal}$ 之計算式如下。本機制之估算結果如表 4-17 所示。

$$B_{i,nbn}^{Ideal} = \text{Min} \left\{ B_{nbn}^{Max}, \left\lceil \frac{O_{i,BN} \times PT_{i,nbn}}{ANB_{i,nbn}} \right\rceil \right\} \quad (\text{式 3-28})$$

$$= \text{Min} \left\{ 12, \left\lceil \frac{0.0796 \times 410}{3} \right\rceil \right\} = \text{Min}[12, 11] = 11$$

表 4-17 非瓶頸工作站各產品之理想載入批量 (單位：卡匣)

工作站別	理想載入批量			滿載批量
	產品 A	產品 B	產品 C	
WS01	1	1	1	1
WS03	1	1	1	1
WS04	1	1	1	1
WS05	11	10	10	12
WS06	12	13	14	15
WS07	6	5	6	6
WS08	2	2	2	2
WS09	1	1	1	1
WS10	1	1	1	1
WS11	1	1	1	1
WS12	1	1	1	1

4.4.2、投料規劃機制

吾人使用均勻負荷法作為組立廠之投料策略。在投料間隔時間的估算上，係以瓶頸資源兩天所需工件以平均的方式估算，並將投料間隔乘上一投料加速因子以避免 GRIND 工作站因投料速度過慢而無法及時產出足夠的工件，吾人擬將此加速因子設為 0.95。一旦當期應投料量已全部投入完畢，則暫停投料，直到下一個規劃時期開始方可進行下一期之投料，以避免工廠堆積過多之在製品。各期投料間隔估算結果如表 4-18 所示。

$$R_{i,t} = \frac{2880}{Tar_{i,t}} \times f = \frac{2880}{200} \times 0.95 = 13.68 \text{ (分鐘)} \quad \text{(式 3-29)}$$

表 4-18 各期各產品投料時間表 (單位：分)

期別	產品 A		產品 B		產品 C	
	投料量	投料間隔	投料量	投料間隔	投料量	投料間隔
1	200	13.68	300	9.12	200	13.68
2	250	10.94	200	13.68	244	11.21

表 4-18 各期產品投料時間表(續)

(單位：分)

期別	產品 A		產品 C		產品 A	
	投料量	投料間隔	投料量	投料間隔	投料量	投料間隔
3	200	13.68	300	9.12	200	13.68
4	200	13.68	200	13.68	300	9.12
5	300	9.12	200	13.68	200	13.68
6	200	13.68	300	9.12	200	13.68
7	300	9.12	200	13.68	200	13.68
8	200	13.68	200	13.68	300	9.12
9	200	13.68	300	9.12	200	13.68
10	200	13.68	200	13.68	300	9.12
11	200	13.68	200	13.68	300	9.12
12	200	13.68	200	13.68	300	9.12
13	200	13.68	200	13.68	300	9.12
14	200	13.68	300	9.12	200	13.68

4.4.3、生產週期時間估算機制

以下為生產週期時間估算機制執行步驟與規劃結果，表 4-19～表 4-21 為本機制各工作站第 1 期負荷因子等候時間估算結果彙整表。

步驟一：由瓶頸資源之產出目標 $Tar_{i,t}$ ，估算第 t 期，產品 i 在整廠每分鐘之平均產出率 $\alpha_{i,t}$ (卡匣/分)。

$$\alpha_{i,t} = \frac{Tar_{i,t}}{2 \times 24 \times 60} = \frac{200}{2880} = 0.0694 \quad (\text{式 3-30})$$

步驟二：估算第 t 期，產品 i 工件在各工作站 k 之來到率 $\lambda_{i,k,t}$ (卡匣/分)。

$$\lambda_{i,k,t} = \alpha_{i,t} = 0.0694 \quad (\text{式 3-31})$$

步驟三：估算第 t 期，產品 i 工件在工作站 k 之服務率 $\mu_{i,k,t}$ (卡匣/分)。

$$\mu_{i,k,t} = \frac{B_k^{Max}}{PT_{i,k}} = \frac{12}{410} = 0.0293 \quad (\text{式 3-32})$$

步驟四：估算第 t 期，產品 i 在工作站 k 之利用率 $\rho_{i,k,t}$ 。

$$\rho_{i,k,t} = \frac{\lambda_{i,k,t}}{ANB_{i,k,t} \times \mu_{i,k,t}} = \frac{0.0694}{3 \times 0.0293} = 0.7909 \quad (\text{式 3-33})$$

步驟五：估算第 t 期，產品 i 工件流經工作站 k 所需耗費之等候時間

$TLQ_{i,k,t}$ 。

$$p_0 = \left(\sum_{n=0}^{ANB-1} \frac{\lambda^n}{n! \mu^n} + \sum_{n=ANB}^{\infty} \frac{\lambda^n}{ANB^{n-ANB} ANB! \mu^n} \right)^{-1} = 0.0594 \quad (\text{式 3-34})$$

$$L = ANB \times \rho + \frac{(ANB \times \rho)^{ANB+1} p_0}{ANB \times (ANB!) (1-\rho)^2} = 2.3901 \quad (\text{式 3-35})$$

$$TLQ = \frac{L}{\lambda} - \frac{1}{\mu} = 68.602 \quad (\text{式 3-36})$$

表 4-19 第 1 期產品 A 在各工作站之負荷因子等候時間彙整表 (單位：分)

工作站別	WS01	WS02	WS03	WS04	WS05	WS06
工件來到率 $\lambda_{i,k,t}$	0.069444	0.069444	0.069444	0.069444	0.069444	0.069444
服務率 $\mu_{i,k,t}$	0.074074	0.040816	0.032258	0.076923	0.029268	0.051724
利用率 $\rho_{i,k,t}$	0.853125	0.850694	0.850347	0.853125	0.790895	0.852546
等候時間 $TLQ_{i,k,t}$	85.303	88.64	97.326	84.586	68.602	92.977
工作站別	WS07	WS08	WS09	WS10	WS11	WS12
工件來到率 $\lambda_{i,k,t}$	0.069444	0.069444	0.069444	0.069444	0.069444	0.069444
服務率 $\mu_{i,k,t}$	0.011765	0.015385	0.25	0.022727	0.125	0.014286
利用率 $\rho_{i,k,t}$	0.826389	0.752315	0.855	0.763889	0.555556	0.607639
等候時間 $TLQ_{i,k,t}$	122.49	83.615	88.879	68.825	17.999	73.29

表 4-20 第 1 期產品 B 在各工作站之負荷因子等候時間彙整表 (單位：分)

工作站別	WS01	WS02	WS03	WS04	WS05	WS06
工件來到率 $\lambda_{i,k,t}$	0.104167	0.104167	0.104167	0.104167	0.104167	0.104167
服務率 $\mu_{i,k,t}$	0.074074	0.040816	0.032258	0.076923	0.028571	0.05
利用率 $\rho_{i,k,t}$	0.853125	0.850694	0.850347	0.853125	0.850694	0.854167
等候時間 $TLQ_{i,k,t}$	63.103	64.518	73.194	62.412	73.496	65.59
工作站別	WS07	WS08	WS09	WS10	WS11	WS12
工件來到率 $\lambda_{i,k,t}$	0.104167	0.104167	0.104167	0.104167	0.104167	0.104167
服務率 $\mu_{i,k,t}$	0.011538	0.014286	0.25	0.022222	0.125	0.013699
利用率 $\rho_{i,k,t}$	0.820707	0.810185	0.854167	0.78125	0.416667	0.691288
等候時間 $TLQ_{i,k,t}$	105.86	88.638	60.23	61.477	9.6807	77.06

表 4-21 第 1 期產品 C 在各工作站之負荷因子等候時間彙整表 (單位：分)

工作站別	WS01	WS02	WS03	WS04	WS05	WS06
工件來到率 $\lambda_{i,k,t}$	0.069444	0.069444	0.069444	0.069444	0.069444	0.069444
服務率 $\mu_{i,k,t}$	0.074074	0.040816	0.032258	0.076923	0.027907	0.048387
利用率 $\rho_{i,k,t}$	0.853125	0.850694	0.850347	0.853125	0.829475	0.853935
等候時間 $TLQ_{i,k,t}$	85.271	88.64	97.326	84.586	84.549	95.731
工作站別	WS07	WS08	WS09	WS10	WS11	WS12
工件來到率 $\lambda_{i,k,t}$	0.069444	0.069444	0.069444	0.069444	0.069444	0.069444
服務率 $\mu_{i,k,t}$	0.011321	0.013333	0.25	0.021739	0.125	0.013158
利用率 $\rho_{i,k,t}$	0.828125	0.744048	0.854167	0.638889	0.555556	0.659722
等候時間 $TLQ_{i,k,t}$	127.18	90.746	88.312	53.311	17.999	81.895

4.4.3.1、批量工作站集批等候時間估算模式

集批等候時間估算模式執行步驟如下。表 4- 22 為本模式各批量工作站第 1 期集批等候時間估算結果彙整表。

步驟一：估算第 t 期，產品 i 在工作站 k 之平均產出速率 $o_{i,k,t}$ （卡匣/分）。

$$o_{i,k,t} \equiv \frac{ANB_{i,k,t} \times B_k^{Max}}{PT_{i,k}} = \frac{3 \times 12}{410} = 0.0878 \quad (\text{式 3-37})$$

步驟二：估算第 t 期，產品 i 之工件在批量工作站 k 之平均集批等候時間 $TBQ_{i,k,t}$ ， l 為工作站 k 之前一製程工作站。

$$TBQ_{i,k,t} = \frac{\sum_{n=0}^{B_{i,k}^{Ideal}-1} n}{B_{i,k}^{Ideal}} \times \frac{1}{o_{i,l,t}} = 5 \times \frac{1}{0.0814} = 61.425 \quad (\text{式 3-38})$$

表 4- 22 第 1 期各產品在批量各工作站之集批等候時間彙整表（單位：分）

工作站別	WS05	WS06	WS07	WS08	Total
產品 A 集批等候時間 $TLQ_{i,k,t}$	61.425	62.63889	30.69167	5.95	160.706
產品 B 集批等候時間 $TLQ_{i,k,t}$	36.855	49	16.4	3.939394	106.194
產品 C 集批等候時間 $TLQ_{i,k,t}$	55.2825	77.63889	30.74167	5.9625	169.626

將產品工件在所有工作站之負荷因子等候時間與集批等候時間加總，即為各產品在各工作站之總等候時間 $TTQ_{i,k,t}$ 。由於組立廠在液晶灌入工作站(WS07)與封口工作站（WS08）各有 240 與 360 分鐘的等候時間限制，因此吾人需檢視這兩個工作站各期之總等候時間作是否有超過等候時間上限之情況發生，如果有則需回饋上層調降產出，重新規劃。WS07、WS08 總等候時間如表所示，由表 4- 23 中可知，規劃幅度內各期均未超過等候時間限制，故不需再回饋至上層重新規劃。

最後，將產品工件在所有工作站之加工時間 $PT_{i,k}$ 與總等候時間 $TTQ_{i,k,t}$ 加總，即為各期各產品在組立廠之生產週期時間 $CT_{i,t}$ 。表 4- 24 為規劃幅度內各期各產品之生產週期時間估算結果。

$$TTQ_{i,k,t} = TLQ_{i,k,t} + TBQ_{i,k,t} = 68.602 + 61.425 = 130.027 \quad (\text{式 3-39})$$

$$CT_{i,t} = \sum_{k=1}^K (PT_{i,k} + TTQ_{i,k,t}) = 2681.238 \quad (\text{式 3-40})$$

表 4- 23 WS07、WS08 之總等候時間 (單位：分)

期別	WS07			WS08		
	產品 A	產品 B	產品 C	產品 A	產品 B	產品 C
1	153.1817	122.26	157.9217	89.565	92.57739	96.7085
2	139.5233	156.32	141.8181	93.632	109.1467	87.0913
3	153.1817	122.26	157.9217	89.565	92.57739	96.7085
4	153.1817	156.32	129.9644	89.565	109.1467	91.618
5	121.2711	156.32	157.9217	78.61964	109.1467	96.7085
6	153.1817	122.26	157.9217	89.565	92.57739	96.7085
7	121.2711	156.32	157.9217	78.61964	109.1467	96.7085
8	153.1817	156.32	129.9644	89.565	109.1467	91.618
9	153.1817	122.26	157.9217	89.565	92.57739	96.7085
10	153.1817	156.32	129.9644	89.565	109.1467	91.618
11	153.1817	156.32	129.9644	89.565	109.1467	91.618
12	153.1817	156.32	129.9644	89.565	109.1467	91.618
13	153.1817	156.32	129.9644	89.565	109.1467	91.618
14	153.1817	122.26	157.9217	89.565	92.57739	96.7085

表 4- 24 規劃幅度內各期各產品之生產週期時間估算結果 (單位：分)

期別	估算結果	產品 A	產品 B	產品 C
1	純製程時間	1628	1677	1726
	負荷因子等候時間	972.532	805.26	995.55
	集批等候時間	160.705	106.194	169.626
	生產週期時間	2681.238	2503.453	2801.172

表 4-24 規劃幅度內各期各產品之生產週期時間估算結果(續) (單位：分)

期別	估算結果	產品 A	產品 B	產品 C
2	純製程時間	1628	1677	1726
	負荷因子等候時間	884.48	996.55	913.06
	集批等候時間	132.573	155.949	140.31
	生產週期時間	2565.05	2744.502	2689.367
3	純製程時間	1628	1677	1726
	負荷因子等候時間	972.53	805.26	995.546
	集批等候時間	160.705	106.194	169.626
	生產週期時間	2681.238	2503.453	2801.172
4	純製程時間	1628	1677	1726
	負荷因子等候時間	972.53	996.55	816.82
	集批等候時間	160.705	155.949	114.119
	生產週期時間	2681.238	2744.502	2566.94
5	純製程時間	1628	1677	1726
	負荷因子等候時間	777.46	996.55	995.55
	集批等候時間	110.375	155.949	169.626
	生產週期時間	2435.838	2744.502	2801.172
6	純製程時間	1628	1677	1726
	負荷因子等候時間	972.53	805.26	995.55
	集批等候時間	160.705	106.194	169.626
	生產週期時間	2681.238	2503.453	2801.172
7	純製程時間	1628	1677	1726
	負荷因子等候時間	777.46	996.55	995.55
	集批等候時間	110.375	155.949	169.626
	生產週期時間	2435.838	2744.502	2801.172
8	純製程時間	1628	1677	1726
	負荷因子等候時間	972.53	996.55	816.82
	集批等候時間	160.705	155.949	114.119
	生產週期時間	2681.238	2744.502	2566.94
9	純製程時間	1628	1677	1726
	負荷因子等候時間	972.53	805.26	995.55
	集批等候時間	160.705	106.194	169.626
	生產週期時間	2681.238	2503.453	2801.172

表 4-24 規劃幅度內各期各產品之生產週期時間估算結果 (續) (單位：分)

期別	估算結果	產品 A	產品 B	產品 C
10	純製程時間	1628	1677	1726
	負荷因子等候時間	972.53	996.55	816.82
	集批等候時間	160.705	155.949	114.119
	生產週期時間	2681.238	2744.502	2566.94
11	純製程時間	1628	1677	1726
	負荷因子等候時間	972.53	996.55	816.82
	集批等候時間	160.705	155.949	114.119
	生產週期時間	2681.238	2744.502	2566.94
12	純製程時間	1628	1677	1726
	負荷因子等候時間	972.53	996.55	816.82
	集批等候時間	160.705	155.949	114.119
	生產週期時間	2681.238	2744.502	2566.94
13	純製程時間	1628	1677	1726
	負荷因子等候時間	972.53	996.55	816.82
	集批等候時間	160.705	155.949	114.119
	生產週期時間	2681.238	2744.502	2566.94
14	純製程時間	1628	1677	1726
	負荷因子等候時間	972.53	805.26	995.55
	集批等候時間	160.705	106.194	169.626
	生產週期時間	2681.238	2503.453	2801.172

4.5、生產績效評估

在存貨式生產的系統裡，產品穩定的產出與生產週期時間一直是規劃人員所關心的課題。特別是目前 TFT-LCD 面對市場龐大的需求，無不盡力使產出極大化，以搶佔市場。同時，要求生產系統必須能準確的預估產品之生產週期時間，如此方能對於市場需求變化做最快速的回應。對於主生產排程規劃而言，冀望於在所規劃之週期內產出所規劃之目標，以回應顧客需求，而生產規劃的良窳攸關規劃目標的達成甚鉅，因此本文蒐集模擬所得之生產績效指標，來對本文所規劃之主生產排程做驗證。

4.5.1、模擬環境說明

本模擬驗證中，環境設定皆與 4.1 節所述相同。為了評估吾人所規劃各期之產出目標是否準確，本文依據 4.3 節產線配置模組之規劃結果來進行模擬，並蒐集模擬所得之產出資訊，進行績效驗證。由於規劃幅度 28 天內產品組合與產出目標每期（2 天）皆不同，因此，系統在此非穩態之情境下，規劃目標與模擬結果將產生較大變異。為了驗證本文規劃成效，吾人擬重複運作 3 倍的規劃幅度，作為本實例驗證之模擬資料。故，本實例驗證每次模擬 112 天，前 28 天視為模擬系統 Warm up 之時間，僅蒐集後面 84 天之資料。吾人以 10 次模擬所得之資料取平均值，作為本文實例驗證所蒐集之模擬資料。

4.5.2、規劃產出目標達成度分析

為了驗證瓶頸工作站機台產能配置模式所規劃出之各規劃時期之產出目標是否可行，吾人根據本文所規劃之工作站產線配置，配合投料機制與 3.4.2.2 節非瓶頸工作站之派工法則，進行實際模擬。首先蒐集不同產品別在各規劃時期之產出數量，結果如附錄 D 所示。由附錄所顯示之模擬結果發現，有幾期在當期累積產出量無法達到規劃產出目標，此一結果可能是因為組立廠產品每一規劃週期較短（2 天），工件在模擬系統中，一旦加入機台當機因素後，統計波動的結果，極有可能使當期所投入之工件，無法如期完全產出。但在觀察下一期之數據，這些不足的目標產出量，幾乎在下一期前即可完全補足，因此吾人再設定各期產出目標之時，可給予一適當之交期寬放，以吸收系統不可預期之變異。若進一步將各期之模擬累計產出與規劃目標累計量作分析比較，可得到圖 4- 1、圖 4- 2、圖 4- 3 所示的結果。由圖中可知，各期之模擬累計產出與規劃目標累計量並無太大變異，代表各期累計產出量幾乎都能達到規劃目標。此一結果代表吾人所規劃之產線配置，與所配合之派工法則在完成各期產出目標的達成上具有相當不錯之成效。

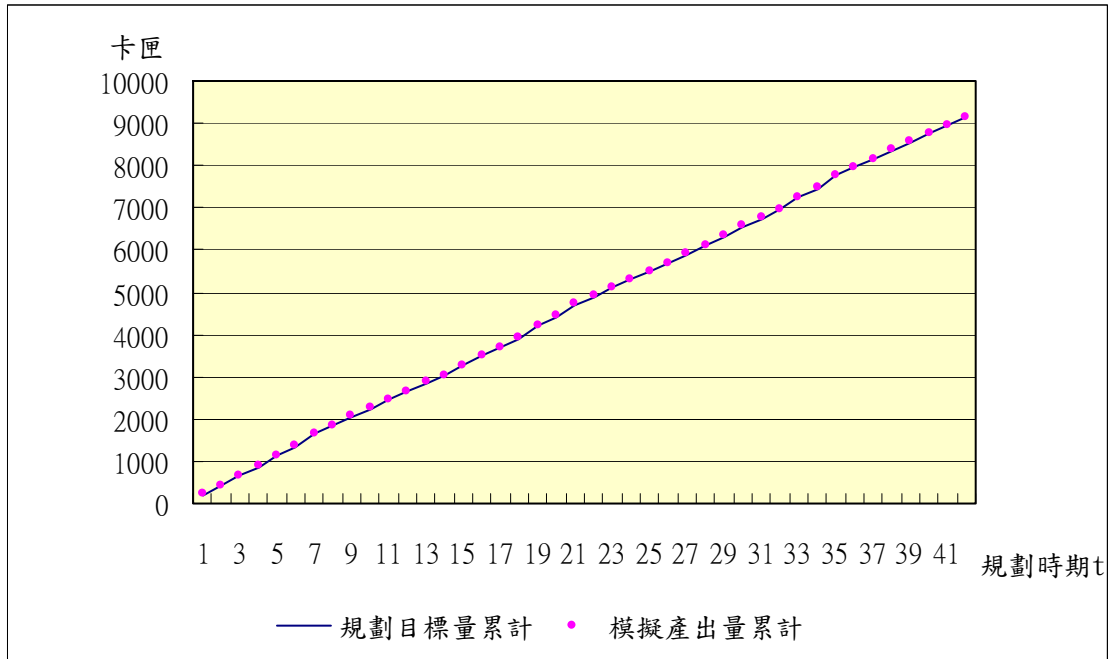


圖 4-1 產品 A 各期之模擬累計產出量與規劃目標累計量分析

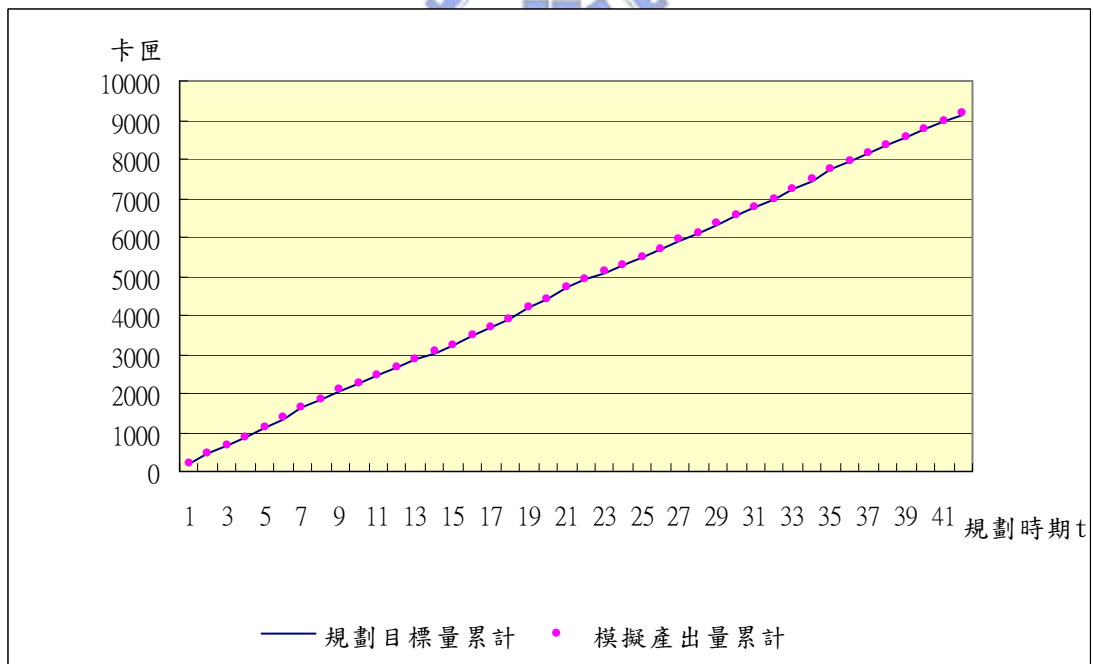


圖 4-2 產品 B 各期之模擬累計產出量與規劃目標累計量分析

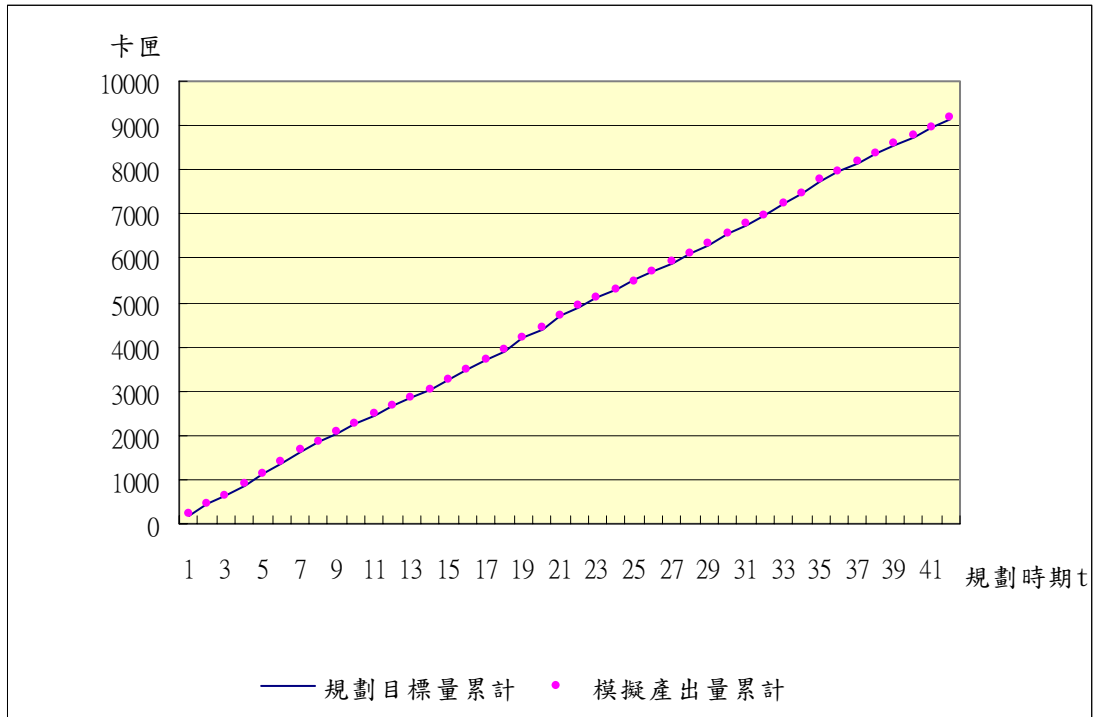


圖 4-3 產品 C 各期之模擬累計產出量與規劃目標累計量分析

在月產出目標的達成方面，吾人蒐集各產品別每個月之模擬產出量，如表 4- 25 所示。由表可知，每個月的產出目標皆有 99% 以上之達成率，各產品別僅產品 C 在第一個月沒有達到產出目標，然此差額在下一期（15 期）立即補足，其理由已述於前，在此不再贅述，其餘各產品各月皆完全達到產出目標量。接著吾人更進一步將三個月模擬結果之各產品月產出平均值、標準差整理於

表 4- 26 中，再進一步確認系統產出量之變異狀況，由表中可以發現各產品之月產出量變異係數皆小於 0.02 可見若將系統產出拉長至整個規劃幅度來看，系統總產出量是相當穩定的，變異程度不大，代表吾人設計之產線配置模式所規劃之結果，在達成規劃幅度內之產出目標上，成效亦相當良好。

綜觀本節之產出目標達成度分析結果，對於組立廠存貨式的生產環境而言，經由吾人所設計之產線配置模組，結合批量工作站載入批量決策機制與投料規劃機制，不僅使得規劃幅度總產出目標的達成率高達 99%，且在各期產出目標達成率的表現上，亦有不錯的成效。

表 4-25 各產品之月產出量達成度分析

(單位：卡匣)

月別	產品 A 規劃值	產品 A 模擬值	累計產出量差 值	累計未達產 出目標量	產出目標達 成率
1	3051	3053	2	0	100.07%
2	3051	3067	18	0	100.59%
3	3051	3044	11	0	100.36%
月別	產品 B 規劃值	產品 B 模擬值	累計產出量差 值	累計未達產 出目標量	產出目標達 成率
1	3301	3301	0	0	100.00%
2	3301	3330	29	0	100.88%
3	3301	3274	2	0	100.06%
月別	產品 C 規劃值	產品 C 模擬值	累計產出量差 值	累計未達產 出目標量	產出目標達 成率
1	3445	3424	-21	21	99.39%
2	3445	3496	30	0	100.87%
3	3445	3415	0	0	100.00%

表 4-26 各產品規劃幅度內月產出量模擬結果

(單位：卡匣)

產品別	規劃值	平均值	標準差	變異係數
A	3051	3054.67	11.59023	0.003794
B	3301	3301.67	28.00595	0.008482
C	3445	3445	44.39595	0.012887
Total	9797	9801.33	82.51263	0.008419

4.5.3、生產週期時間分析

生產週期時間預估的準確與否對於主生產排程結果能否如期達成有相當關鍵的影響。因此吾人藉由蒐集模擬系統之資料，作為吾人於 3.5.3 節使用之生產週期時間估算模式準確與否之驗證。經由模擬資料蒐集結果，各產品各期之生產週期時間詳見附錄 E。由表 4-27 可知吾人所估算之產品生產週期時間在本文所設定之環境下，誤差皆小於 7%，顯示本文所使用之產品生產週期時間估算模式有不錯之預估能力，圖 4-4 更清楚表

達模擬結果與吾人預估之差距。進一步分析各產品每個月之生產週期時間模擬結果，如表 4- 28 所示，吾人可根據此模擬資料，設定一達交水準，在此達交水準下，計算出各產品可達交之生產週期時間上限。例如，假設達交水準設定為 95%（即 3 倍標準差），即指其生產週期時間機率分配下之機率面積應為 0.95，經查表、轉換後，即可得知於設定之達交水準下之生產週期時間上限，如圖 4- 5 所示，吾人可據此作為各產品允諾顧客交期之設定依據，估算結果如表 4- 29 所示。

在驗證生產系統之生產週期時間競爭力時，*X-factor* 是企業常用來判斷生產系統是否具有競爭力之之生產週期時間績效指標。所謂 *X-factor* 即是產品生產週期時間與純製程時間的比值，根據業界訪談結果，目前組立廠在業界之 *X-factor* 標準值約為 2.0[22]。吾人可藉由比較本生產系統生產週期時間上限是否小於業界所設立之 *X-factor* 標準，判斷本文所建構之生產系統在生產週期時間上是否具備市場競爭力，由表 4- 29 可知，本生產系統各產品之生產週期時間 *X-factor* 值皆小於 2.0，故本文所設計之生產系統，在生產週期時間指標上亦符合市場競爭力。

表 4- 27 各產品生產週期時間之估算結果與模擬結果比較表（單位：分）

產品別	產品 A	產品 B	產品 C
(1)估算結果	2637.88	2658.41	2692.8
(2)模擬結果	2475.7	2715.1	2686.6
誤差(3)=(1)-(2)	162.18	-56.69	6.2
誤差比(4)=(3)/(2)	6.56%	2.09%	0.23%

表 4- 28 各產品之月生產週期時間模擬結果（單位：分）

產品別	第一個月	第二個月	第三個月	平均	標準差
A	2500.22	2529.67	2397.25	2475.7	69.528
B	2707.48	2765.2	2672.55	2715.1	46.79
C	2722.6	2669.37	2667.82	2686.6	31.189
加權平均	2648.28	2658.27	2584.68	2630.4	39.917
加權平均:各產品之生產週期時間*各產品月產出/各產品產出量加總					

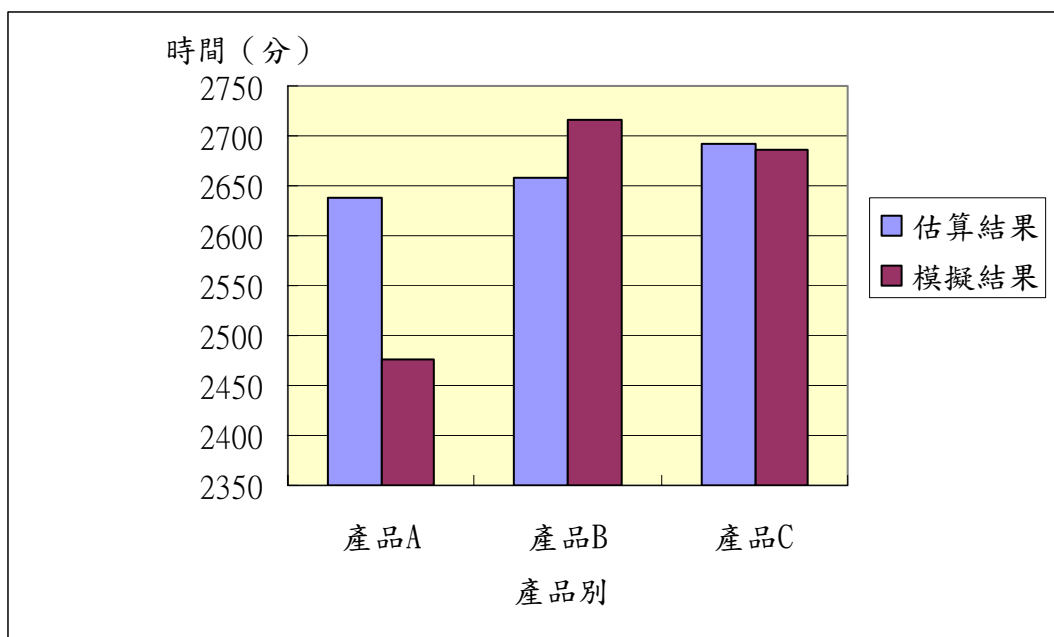


圖 4-4 各產品生產週期時間之規劃結果與模擬結果比較圖

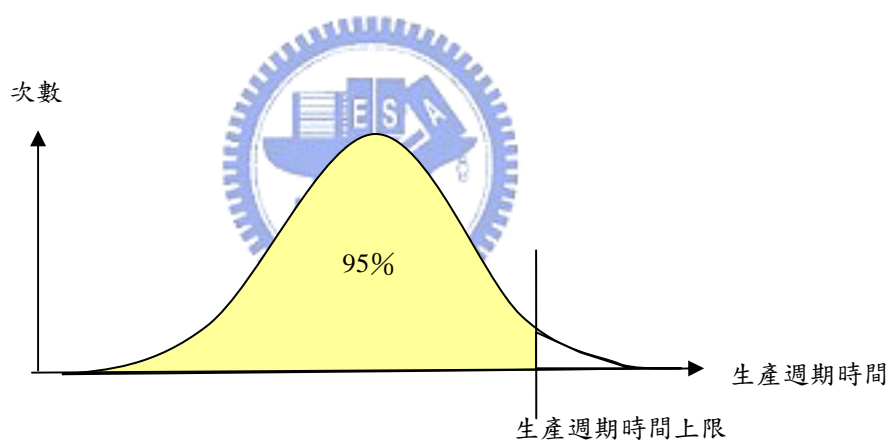


圖 4-5 生產週期時間上限示意圖

表 4-29 規劃幅度內各產品生產週期時間上限表 (單位：分)

產品別	生產週期時間上限	純製程時間	<i>X-factor</i>
A	2684.28	1628	1.65
B	2855.47	1677	1.7
C	2780.17	1726	1.61
加權平均	2750.15	1678.95	1.64

加權平均:各產品之生產週期時間*各產品月產出/各產品產出量加總

第五章、結論與未來研究方向

5.1、結論

隨著薄膜液晶顯示器市場競爭越來越激烈，顧客需求的產品及數量可能隨著時間而改變，使得規劃幅度內之產品組合與產出目標每期皆不相同。為搶佔市場，必須配合市場預測與顧客需求來調整主生產排程。本文根據薄膜液晶顯示器組立廠之製程特性及生產管制架構，建構「主生產排程快速規劃系統」，用以規劃各期之投入與產出量，並據以安排工廠之產線配置。此系統亦包含產品之生產週期時間估算機制，用以評估是否超過等候時間限制與能否及時滿足顧客之需求。藉此機制之運作與回饋，將其評估的結果回饋至需求管理，完成主生產排程之規劃。系統中主要包含三個模組，藉由此三個模組之互相配合因應，完成主生產排程快速規劃系統之運作。

1「產能估算模組」

根據預測需求，藉由估算規劃幅度內各工作站之「最大可換線次數上限」，定義出系統之瓶頸資源，再以瓶頸資源為生產規劃之主要對象，進行工作站之產線配置。

2「產線配置模組」

將「產能估算模組」所定義之瓶頸資源，作為生產進度之控制單元，並將規劃幅度切割成較小之規劃時期，以進行規劃。針對各期產出目標與產品組合不同的環境，為滿足各期最小需求與達到產出最大化的目的，吾人建構一線性規劃模式，以求解各期各產品別之產出量，作為瓶頸資源產能配置之依據。並以非瓶頸工作站配合瓶頸工作站為原則，同時兼顧同一工作站內各機台產能負荷平衡的方式，進行非瓶頸工作站之機台產能配置，完成各期工作站之產線配置。

3「生產週期時間估算模組」

依據已規劃完成之產線配置，設定集批策略與投料法則，並發展組立廠之生產週期時間估算法。先估算工件在各工作站之負荷因子等候時間，

再考量批量機台之集批特性，來推估工件在批量工作站之平均集批時間，以推導出產品之生產週期時間。

經由第四章之實例驗證結果，吾人將本文所設計之主生產排程快速規劃系統之成效說明如下：

1. 在產出目標方面，依據瓶頸資源產線配置模式，求解出瓶頸工作站各機台每期產品之加工數量，以此安排各產品在各期之投料順序，可達到產出最大化的目標。

2. 透過非瓶頸充分配合瓶頸工作站之原則及兼顧同一工作站內各機台負荷平衡之作法，來配置產線及設計投料時點，能使各產品別在各期之產出數量與規劃目標相當一致。以整個規劃幅度來看，可達到 99% 以上的產出達成率。顯示本文在產線配置的設計適用於產出目標隨時間變動的非穩態環境。

3. 在生產週期時間的估算準確度上，經由與模擬所蒐集之資料比較結果，本文所提出之估算模式僅有不到 7% 之誤差結果，相當具有實用性。

4. 數學模式的求解過程僅需不到 3 秒的時間，可求得最佳解。因此，整體而言，本文提出之「主生產排程快速規劃系統」能有效率地安排顧客需求變動情境之主生產排程。

5.2、未來研究方向

綜觀本文所發展主生產排程快速規劃系統，在研究過程中發現仍有少許未臻完善之處，值得後續研究，在此彙整如下：

1. 批次工作站之加工時間相當的長，因此批量政策的好壞影響產品生產週期時間甚巨，吾人僅使用 MBS 法則來作為載入批量之判斷，未來可嘗試同步考量各批量工作站之負荷與等候時間限制而彈性制訂各批量工作站之載入批量。

2. 本文以簡單之均勻負荷法進行投料，並未考慮到投料時點時，生產

系統之在製品量問題，未來可嘗試不同投料法則，進行研究。

3. 本文在混線機台之派工法則上，並未更深入探討，未來可針對此一課題，以滿足各期規劃目標為考量，設計一套派工法則，提高各期產出目標達成率。

4. 未來研究可將生產型態轉變為訂單式生產環境，且可進一步探討如何將 APS（Advanced Planning and Scheduling）系統應用於 TFT-LCD 產業之單廠區的生產規劃，進一步應用於多廠區之規劃。



參考文獻

- [1] Atherton, L. F. and P. W. Atherton, Wafer Fabrication : Factory Performance and Analysis, Kluwer Academic Publishers, Norwell, 1995.
- [2] Rao, S. S., “The Relationship of Work-in-Process Inventories, Manufacturing Lead Times and Waiting Line Analysis,” International Journal of Production Economics, Vol. 26, pp. 221-227, 1992.
- [3] Meyersdorf, D. and T. Yang, “Cycle Time Reduction for Semiconductor Wafer Fabrication Facilities,” Advanced Semiconductor Manufacturing Conference and Workshop, pp. 418-423, 1997.
- [4] Chung, S. H. and H. W. Huang, “The Block-Based Cycle Time Estimation Algorithm for Wafer Fabrication Factories,” International Journal of Industrial Engineering: Theory Applications and Practice, pp. 307-316, 1999.
- [5] Enns, S. T., “ A dynamic forecasting model for job shop flowing prediction and tardiness control,” INT. J. PROD. RES., vol. 33, no. 5, pp. 1295-1312, 1995.
- [6] Glynn, P. M., et al., “How to get predictable throughput times in a multiple product environment,” IEEE, pp. 27-30, 1997.
- [7] Lawrence, S. R., “Estimating flowtimes and setting due-date in complex production systems,” IIE Transactions, pp. 657-668, 1995.
- [8] Little, J. D. C., “A proof for the queueing formula $L=\lambda W$,” Operations Research, vol. 9, pp. 383-387, 1961.
- [9] Matsuyama, A. and R. W. Atherton, “Experience in Simulation Wafer Fabs in the USA and JAPAN” 1990 Int’l Semiconductor Manufacturing Science Symposium.
- [10] Raddon, A. and B. Grigsby, “Throughput Time Forecasting Model,” 1997 IEEE/SEMI Advanced Semiconductor Manufacturing Conference, pp. 430-433, 1997.
- [11] Karmarker, U. S., “Capacity loading, and release planning with work-in-process (WIP) and leadtime,” Journal of manufacturing operations management, vol. 2, pp. 105-123, 1989.

- [12] Goldratt, E. M., Cox, J., "The Goal-A Process of ongoing Improvement," North River Press, 1992.
- [13] Hiller, F. S., and Lieberman, G. J., Introduction to Operations Research, Fifth Edition, McGRAW-HILL Publishing Company, 1990.
- [14] Chen, H., J. M. Harrison, A. Mandelbaum, A. V. Ackere, and L. M. Wein, "Empirical evaluation of a queuing network model for semiconductor wafer fabrication," Operations Research, vol. 36, no.2, pp. 202-215, 1988.
- [15] Conway, R., Maxwell, W., and L. W. Miller, Theory of scheduling, Addison-Wesley Publishing company, Inc., 1967.
- [16] Neuts, M. E., "A General Class of Bulk Queues with Poisson Input", Annals of Mathematical Statistic, Vol. 38, pp. 759-770, 1967.
- [17] 鍾慶宇, 「TFT-LCD 產業發展現況及趨勢分析」, 富邦證券, 2004 年 1 月。
- [18] 王雅瓊, 「TFT-LCD 產業發展現況及趨勢分析」, 富邦證券, 2003 年 6 月。
- [19] 顧鴻壽, 「光電液晶平面顯示器技術基礎及應用」, 新文京開發出版有限公司, 2001 年 9 月。
- [20] 黃東茂, 「LCD 構裝製程設備技術發展簡介」, 機械工程, 頁 62-64, 2001 年 2 月。
- [21] 李俊昇, 「TFT-LCD 批量製程派工法則之設計」, 國立交通大學工業工程研究所, 碩士論文, 民國 91 年。
- [22] 蔡秉宏, 「液晶面板組裝廠產能配置模組之構建」, 國立交通大學工業工程研究所, 碩士論文, 民國 91 年。光電產業自動化檢測技術專題, 「理論篇: LCD 製程」, <http://cslin.auto.fcu.edu.tw/eduteach/index.html>
- [23] 松本正一, 角田市良, 「液晶之基礎與應用」, 國立編譯館, 1996 年。
- [24] 元智大學液晶光電研究所, 「我國液晶產業概況」, <http://140.138.140.197/>。
- [25] 周富得, 劉春和, 周詩深, 黃錦鍾, 「製造週期時間預估之研究」, 中國工業工程學會九十二年度論文集, pp. , 2003。
- [26] 李幸娥, 「晶圓製造廠非穩態環境下之生產排程規劃」, 國立交通大學工業工程與管理研究所, 碩士論文, 民國 91 年

- [27] 李國禎，「晶圓製造廠生產規劃模式之構建」，國立交通大學工業工程研究所，碩士論文，民國 84 年。
- [28] 鄭照明，「晶圓製造廠交期指定模式之構建」，國立交通大學工業工程與管理學系，碩士論文，民國 85 年。
- [29] 黃宏文，「晶圓製造廠生產活動控制策略之構建」，國立交通大學工業工程與管理學系，碩士論文，民國 84 年。
- [30] 黃宏文，「晶圓製造廠區段基礎式週期時間估算法」，國立交通大學工業工程與管理學系博士班，博士論文計劃書，1999
- [31] 蘇昱彰，「新興晶圓代工廠生產規劃與排程系統之構建」，國立交通大學工業工程與管理學系，碩士論文，民國 87 年。
- [32] 陳春源，「非等效並聯機台之派工方法」，國立台灣大學工業工程研究所，碩士論文，民國 85 年。



附錄

附錄 A 產品 A 之加工步驟、作業時間與換線時間 (單位：分鐘)

步驟	工作站	加工時間			Setup-Time
		產品 A	產品 B	產品 C	
1	WS01	*	*	*	*
2	WS02	24.5	24.5	24.5	150
3	WS03	*	*	*	*
4	WS04	13	13	13	90
5	WS05	*	*	*	*
6	WS06	290	300	310	10
7	WS07	*	*	*	*
8	WS08	130	140	150	10
9	WS09	*	*	*	*
10	WS10	44	45	46	—
11	WS11	*	*	*	*
12	WS12	70	73	76	—

—：該產品不需要換線時間
*：該製程資料不公開

附錄 B 組立廠各工作站相關資料

工作站編號	WS01	WS02	WS03	WS04	WS05	WS06
加工批量	1	1	1	1	12	15
機台數	4	7	9	4	11	6
MTBF (hr)	*	2000	*	400	*	300
MTTR (hr)	*	8	*	8	*	3
MTBPM (hr)	*	46	*	710	*	400
MTTPM (hr)	*	2	*	10	*	5
Avg_up (%)	*	95%	*	95%	*	95%
必要設置時間 (hr)	*	3	*	—	*	—

工作站編號	WS07	WS08	WS09	WS10	WS11	WS12
加工批量	6	2	1	1	1	1
機台數	26	22	2	15	4	27
MTBF (hr)	*	1400	*	100	*	100
MTTR (hr)	*	4	*	0.5	*	0.5
MTBPM (hr)	*	2160	*	1200	*	1200
MTTPM (hr)	*	2	*	4	*	4
Avg_up (%)	*	95%	*	95%	*	100%
必要設置時間 (hr)	*	—	*	—	*	—

Avg_up (%)：為工作站內各機台扣除預防保養及當機等相關資訊後的可使用百分比。

*：該製程資料不公開。

附錄 C 各產品各期專線機台指派

WS01														
Machine\Period	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Machine_1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1
Machine_2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2
Machine_3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3
WS02														
WS03														
Machine\Period	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Machine_1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1
Machine_2	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1
Machine_3	P2	P1	P2	P2	P1	P2	P1	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2
Machine_4	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2
Machine_5	P2	P2	P2	P3	P2	P2	P2	P3	P2	P3	P3	P3	P3	P2
Machine_6	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3
Machine_7	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3
Machine_8	P2	P3	P2	P3	P1	P2	P1	P3	P2	P3	P3	P3	P3	P2
WS04														
Machine\Period	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Machine_1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1
Machine_2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2
Machine_3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3
WS05														
Machine\Period	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Machine_1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1
Machine_2	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1
Machine_3	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1
Machine_4	P2	P1	P2	P2	P1	P2	P1	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2
Machine_5	P2	P2	P2	P2	P1	P2	P1	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2
Machine_6	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2
Machine_7	P2	P2	P2	P3	P2	P2	P2	P3	P2	P3	P3	P3	P3	P2
Machine_8	P2	P3	P2	P3	P2	P2	P2	P3	P2	P3	P3	P3	P3	P2
Machine_9	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3
Machine_10	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3
Machine_11	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3

附錄 C 各產品各期專線機台指派(續)

WS06														
Machine\Period	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Machine_1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1
Machine_2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2
Machine_3	P2	P1	P2	P3	P1	P2	P1	P3	P2	P3	P3	P3	P3	P2
Machine_4	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3
WS07														
Machine\Period	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Machine_1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1
Machine_2	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1
Machine_3	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1
Machine_4	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1
Machine_5	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1
Machine_6	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1
Machine_7	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1
Machine_8	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2
Machine_9	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2
Machine_10	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2
Machine_11	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2
Machine_12	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2
Machine_13	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2
Machine_14	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2
Machine_15	P2	P1	P2	P3	P1	P2	P1	P3	P2	P3	P3	P3	P3	P2
Machine_16	P2	P1	P2	P3	P1	P2	P1	P3	P2	P3	P3	P3	P3	P2
Machine_17	P2	P3	P2	P3	P1	P2	P1	P3	P2	P3	P3	P3	P3	P2
Machine_18	P2	P3	P2	P3	P1	P2	P1	P3	P2	P3	P3	P3	P3	P2
Machine_19	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3
Machine_20	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3
Machine_21	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3
Machine_22	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3
Machine_23	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3
Machine_24	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3
Machine_25	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3

附錄 C 各期各產品專線機台指派(續)

WS08														
Machine\Period	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Machine_1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1
Machine_2	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1
Machine_3	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1
Machine_4	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1
Machine_5	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1
Machine_6	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1
Machine_7	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2
Machine_8	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2
Machine_9	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2
Machine_10	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2
Machine_11	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2
Machine_12	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2
Machine_13	P2	P1	P2	P3	P1	P2	P1	P3	P2	P3	P3	P3	P3	P2
Machine_14	P2	P3	P2	P3	P1	P2	P1	P3	P2	P3	P3	P3	P3	P2
Machine_15	P2	P3	P2	P3	P1	P2	P1	P3	P2	P3	P3	P3	P3	P2
Machine_16	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3
Machine_17	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3
Machine_18	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3
Machine_19	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3
Machine_20	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3
Machine_21	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3
Machine_22	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3
WS09														
WS10														
Machine\Period	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Machine_1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1
Machine_2	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1
Machine_3	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1
Machine_4	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1
Machine_5	P2	P1	P2	P2	P1	P2	P1	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2
Machine_6	P2	P2	P2	P3	P1	P2	P1	P3	P2	P3	P3	P3	P3	P2
Machine_7	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2
Machine_8	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2

附錄 C 各期各產品專線機台指派(續)

WS10														
Machine\Period	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Machine_9	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2
Machine_10	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2
Machine_11	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3
Machine_12	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3
Machine_13	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3
Machine_14	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3
Machine_15	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3
WS11														
Machine\Period	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Machine_1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1
Machine_2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2
Machine_3	P2	P1	P2	P3	P1	P2	P1	P3	P2	P3	P3	P3	P3	P2
Machine_4	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3
WS12														
Machine\Period	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Machine_1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1
Machine_2	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1
Machine_3	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1
Machine_4	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1
Machine_5	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1
Machine_6	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1
Machine_7	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1
Machine_8	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1
Machine_9	P2	P1	P2	P2	P1	P2	P1	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2
Machine_10	P2	P1	P2	P3	P1	P2	P1	P3	P2	P3	P3	P3	P3	P2
Machine_11	P2	P2	P2	P3	P1	P2	P1	P3	P2	P3	P3	P3	P3	P2
Machine_12	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2
Machine_13	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2
Machine_14	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2
Machine_15	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2
Machine_16	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2
Machine_17	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2
Machine_18	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2

附錄 C 各期各產品專線機台指派(續)

WS12														
Machine\Period	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Machine_19	P2	P3	P2	P3	P2	P2	P2	P3	P2	P3	P3	P3	P3	P2
Machine_20	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3
Machine_21	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3
Machine_22	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3
Machine_23	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3
Machine_24	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3
Machine_25	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3
Machine_26	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3
Machine_27	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3



附錄 D 產品 A 各規劃時期產出目標與模擬結果 (單位：卡匣)

期別	產品 A 規劃值	產品 A 模擬值	累計產出量差值	累計未達產出目標量
1	200	215	15	0
2	250	235	0	0
3	200	194	-6	6
4	200	244	38	0
5	300	261	-1	1
6	200	235	34	0
7	300	280	14	0
8	200	200	14	0
9	200	216	30	0
10	200	200	30	0
11	200	194	24	0
12	200	196	20	0
13	200	198	18	0
14	200	185	3	0
15	200	200	3	0
16	250	246	-1	1
17	200	205	4	0
18	200	218	22	0
19	300	275	-3	3
20	200	237	34	0
21	300	290	24	0
22	200	213	37	0
23	200	192	29	0
24	200	161	-10	10
25	200	206	-4	4
26	200	202	-2	2
27	200	226	24	0
28	200	196	20	0
29	200	219	39	0
30	250	233	22	0
31	200	194	16	0
32	200	218	34	0
33	300	262	-4	4

附錄 D 產品 A 各規劃時期產出目標與模擬結果(續) (單位：卡匣)

期別	產品 A 規劃值	產品 A 模擬值	累計產出量差值	累計未達產出目標量
34	200	229	25	0
35	300	287	12	0
36	200	203	15	0
37	200	205	20	0
38	200	204	24	0
39	200	206	30	0
40	200	197	27	0
41	200	203	30	0
42	200	184	14	0

產品 B 各規劃時期產出目標與模擬結果 (單位：卡匣)

期別	產品 B 規劃值	產品 B 模擬值	累計產出量差值	累計未達產出目標量
1	300	259	-41	41
2	200	280	39	0
3	300	247	-14	14
4	200	231	17	0
5	200	231	48	0
6	300	286	34	0
7	200	211	45	0
8	200	209	54	0
9	300	303	57	0
10	200	232	89	0
11	200	212	101	0
12	200	194	95	0
13	200	148	43	0
14	300	258	1	0
15	300	254	-45	45
16	200	285	40	0
17	300	257	-3	3
18	200	228	25	0
19	200	242	67	0
20	300	278	45	0

產品 B 各規劃時期產出目標與模擬結果(續) (單位：卡匣)

期別	產品 B 規劃值	產品 B 模擬值	累計產出量差值	累計未達產出目標量
21	200	217	62	0
22	200	229	91	0
23	300	235	26	0
24	200	207	33	0
25	200	191	24	0
26	200	229	53	0
27	200	204	57	0
28	300	274	31	0
29	300	235	-34	34
30	200	293	59	0
31	300	238	-3	3
32	200	230	27	0
33	200	225	52	0
34	300	293	45	0
35	200	209	54	0
36	200	216	70	0
37	300	282	52	0
38	200	223	75	0
39	200	212	87	0
40	200	208	95	0
41	200	159	54	0
42	300	251	5	0

產品 C 各規劃時期產出目標與模擬結果 (單位：卡匣)

期別	產品 C 規劃值	產品 C 模擬值	累計產出量差值	累計未達產出目標量
1	200	187	-13	13
2	244	241	-16	16
3	200	243	27	0
4	300	268	-5	5
5	200	221	16	0
6	200	216	32	0
7	200	210	42	0

產品 C 各規劃時期產出目標與模擬結果(續) (單位：卡匣)

期別	產品 C 規劃值	產品 C 模擬值	累計產出量差值	累計未達產出目標量
8	300	297	39	0
9	200	200	39	0
10	300	307	46	0
11	300	301	47	0
12	300	264	11	0
13	300	269	-20	20
14	200	199	-21	21
15	200	231	10	0
16	244	214	-20	20
17	200	248	28	0
18	300	280	8	0
19	200	216	24	0
20	200	220	44	0
21	200	217	61	0
22	300	277	38	0
23	200	233	71	0
24	300	246	17	0
25	300	313	30	0
26	300	317	47	0
27	300	276	23	0
28	200	208	31	0
29	200	201	32	0
30	244	214	2	0
31	200	217	19	0
32	300	279	-2	2
33	200	207	5	0
34	200	209	14	0
35	200	222	36	0
36	300	279	15	0
37	200	261	76	0
38	300	280	56	0
39	300	273	29	0
40	300	290	19	0

產品 C 各規劃時期產出目標與模擬結果(續) (單位：卡匣)

期別	產品 C 規劃值	產品 C 模擬值	累計產出量差值	累計未達產出目標量
41	300	265	-16	16
42	200	216	0	0



附錄 E 各期各產品生產週期時間模擬結果

(單位：分)

期別	產品 A	產品 B	產品 C	加權平均
1	2545.721	2727.056	2756.093	2676.289
2	2406.77	3154.666	2872.999	2832.394
3	2780.585	2684.898	2850.239	2770.777
4	2530.902	3014.168	2475.432	2661.142
5	2271.486	2781.493	2871.627	2622.738
6	2579.944	2463.974	2887.217	2624.997
7	2264.322	2626.596	2898.226	2563.266
8	2507.979	2816.22	2677.252	2670.438
9	2435.035	2617.127	2836.164	2623.352
10	2321.615	2647.01	2689.96	2576.789
11	2345.363	2441.411	2546.84	2459.941
12	2473.02	2371.977	2394.284	2411.263
13	2507.378	2374.412	2400.917	2428.814
14	2428.58	2845.818	2682.821	2675.062
15	2748.871	2740.417	2639.821	2708.961
16	2525.806	3244.156	2651.713	2836.778
17	2786.68	2692.386	2848.231	2774.048
18	2570.676	2989.982	2528.861	2686.232
19	2348.524	2721.567	2978.472	2657.317
20	2576.66	2474.829	2911.627	2638.407
21	2363.102	2722.567	2763.624	2590.888
22	2375.927	2665.689	2708.272	2596.254
23	2316.286	2497.323	2605.907	2482.991
24	2343.511	2706.728	2431.843	2501.354
25	2861.148	2834.066	2707.357	2786.064
26	2700.082	2874.886	2552.873	2691.211
27	2539.209	2650.445	2487.801	2551.254
28	2256.223	2645.381	2555.545	2505.321
29	2347.527	2752.556	2772.87	2623.368
30	2267.278	3086.075	2770.283	2736.941
31	2715.955	2547.969	2892.25	2713.298
32	2328.801	2906.189	2600.178	2615.614
33	2239.455	2701.891	2920.916	2592.64

附錄 E 各期各產品生產週期時間模擬結果(續) (單位：分)

期別	產品 A	產品 B	產品 C	加權平均
34	2581.574	2487.089	2961.717	2652.389
35	2293.47	2733.117	2850.088	2593.547
36	2620.866	2715.732	2793.969	2719.414
37	2436.293	2717.235	2689.407	2630.529
38	2355.657	2675.393	2504.934	2515.627
39	2297.199	2538.637	2513.929	2456.898
40	2513.712	2308.89	2379.552	2396.432
41	2414.92	2420.791	2390.849	2406.236
42	2411.881	2820.382	2614.935	2636.756

