

連續批量排程機制之構建--以薄膜液晶顯示器組立製程為例

研究生：陳頌翔

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

薄膜液晶顯示器包含陣列、組立與模組三大主要製程，其中組立製程之中段係由數個批量工作站所組成。多數的學者皆僅考量單階多機或二階單機之批量排程問題，尚無針對多階多機之批量排程問題作一探討。另外，組立製程考量到品質的因素，增加了產品等待加工時間不可過長之限制，更加深了排程之複雜度。因此，本文在符合等候時間限制且最小化其瓶頸工作站換線次數的條件下，針對組立廠之連續批量工作站，發展一混合整數規劃與一啟發式法則，以解決其排程問題。

本文首先透過「需求規劃模組」估計各產品到臨連續批量工作站之時間點，並設定規劃時格以降低規劃複雜度；接著，透過「產能粗估模組」推估各工作站在各規劃週期之最大可用產能，並且考慮機台之整備時間，以各工作站最大可換線次數來定義連續批量工作站之瓶頸所在。在得知瓶頸工作站以及相關生產資訊後，「數學規劃解法」考量各批量工作站之最大加工批量數與產品等候時間限制，期望在達到產出目標之前提下，排訂連續工作站之詳細排程，並且儘量減少不必要之機台設置時間，以避免突發狀況之發生。而為了解決真實世界之問題，本文發展一「啟發式法則」快速求解連續批量工作站之排程問題，其主要利用限制理論之精神，先排定瓶頸批量工作站之排程，並且以最大加工批量排訂以達到最小化設置時間之目標。

實驗結果顯示，設定規劃時格可大幅降低排程複雜度，以利數學規劃解法與啟發式法則之計算；而產能粗估模組可明確定義出批量工作站之瓶頸所在。吾人所發展之數學規劃解法，可求得最佳解，使瓶頸工作站設置次數最小化，且符合等候時間之限制，而啟發式法則則可於數十秒鐘即可找到一合理解，增加了實際運作之可行性。但針對節省總換線次數而言，數學規劃解法之績效大多優於啟發式法則。

關鍵詞：薄膜液晶顯示器、批量排程問題、混合整數規劃



Building the Scheduling Mechanism for Contiguous Batching Operations – A Case Study of TFT-LCD Cell Assembly Process

Student : Sung-Hsiang Chen

Advisor : Dr. Shu-Hsing Chung

Department of Industrial Engineering and Management

National Chiao Tung University

Abstract

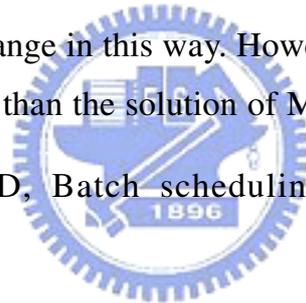
The three main manufacturing process of Thin Film Transistor – Liquid Crystal Display (TFT-LCD) are TFT Array process, Cell Assembly process and Module Assembly process. The Cell Assembly process includes several batch workstations; and the panel cannot wait too long without being processed after leaving the previous batch workstation. Previous researches and papers only consider the scheduling problems for single-stage with multiple-machines or for two-stages each with single-machine. Seldom scholars take into account the multiple-stage multiple-machine scheduling problem that exists in the cell assembly process. In view of this complex problem, we build the scheduling mechanism for contiguous batching operations by developing a mixed integer programming model and a heuristic rule which considers the waiting time constraint between workstations and the setup time minimization of bottleneck workstation.

The proposed scheduling mechanism contains three modules: demand planning module, mixed integer programming (MIP) module, and heuristic rule module. First of all, the demand planning module approximates the arriving time of jobs to the first batch workstation. We set a new planning time unit to reduce the problem solving time. Secondly, we calculate the maximum available capacity during each planning period in the capacity evaluation module. In this module, the maximum available setup times is calculated for each workstation in order to recognize the bottleneck batch workstation. Then the mixed integer programming (MIP) module and the heuristic rule are built to

set the detail schedule for contiguous batching operations considering the maximum lot sizing of each batch workstation and the waiting time constraint between two consecutive operations. The objective of this MIP model is to satisfy the throughput target and to minimize the total setup times of bottleneck workstation. For the sake of solving the real world cases rapidly, the heuristic rule is developed based on the concept of Theory of Constraint. The heuristic rule adopts full batch size policy to set the bottleneck workstation's schedule so as to minimize the total setup time.

Experimental result shows that the complexity of the scheduling problem is reduced by the new time unit, thus the time for solution deriving is shorten. Also, the MIP model can derive an optimal solution satisfying the waiting time constraint between workstations and the total setup time minimization. Finally, the heuristic rule can search out a feasible solution only in several seconds, and it enlarges the application range in this way. However, it may derive a schedule with more total setup times than the solution of MIP model.

Keywords : TFT-LCD, Batch scheduling problem, mixed integer programming.



誌謝

本文得以順利完成，首先要感謝恩師 鍾淑馨教授這兩年來的悉心指導，在尋找方向以及論文寫作的過程中，不斷地給予方向與建議，並使我體會到「堅持到最後，才知道什麼是驕傲」的真諦。在此同時感謝口試委員彭文理教授、吳泰熙教授以及楊明賢教授於口試時給予諸多寶貴的意見，使本文更臻完善。

在新竹一待就六年了，這六年中包含了許多歡笑及回憶：大一大二社團生活、與室友們間的嬉笑怒罵、大三愛情黑暗期、大四國宅回憶、系 K 考前衝刺、碩一爆累修課、生日刮鬍膏慶生、實驗室出遊、畢旅、碩二論文大挑戰、電玩時間、每天不同的室友以及場場的冷戰。這些點點滴滴，使我成長了許多，在此感謝陪我一路走來的各位伙伴們，謝謝你們給我這些珍貴的回憶。

研究所的兩年內，我認為最大的收獲，是了解到不同的人生價值觀。每個人所看重的事物不同，想追求的也就不盡相同，如果站在不同的角度來思考，原本錯的事情或許就變得合理許多。很慶幸我可以在這兩年內確定我自己的價值觀，使我可以盡最大的努力來保護與追求一切我所愛的事物。

在此，要感謝陪我度過這兩年研究所生活的各位：什麼都很在行的俊穎學長、超照顧我們的于婷學姐、使我成長許多的宇帆、很貼心的長科、不能吃很多東西的翊展、情境大師柏先、愛貓的源翌、蠢蠢的蕙純、愛睡的哲豪、實驗室管理員進立、聲音低沉的自誠、愛說你很煩的雅斐、愛回台中的佩青、認真魔人志偉、我的愛貓呆呆以及其他實驗室的夥伴們，有你們真好！

最後，要感謝我的家人：爸爸、媽媽與哥哥，謝謝您的養育之恩以及常常聆聽我的煩惱。在我傷心與失去動力時，家裡是我最好的避風港，謝謝你們！

頌翔 2006.08 于風城

目錄

摘要.....	i
Abstract.....	iii
誌謝.....	v
目錄.....	vi
圖目錄.....	viii
表目錄.....	ix
符號一覽表.....	xi
第一章、緒論.....	1
1.1、研究背景與動機.....	1
1.2、研究目的.....	3
1.3、研究範圍與限制.....	3
1.4、研究方法與流程.....	5
第二章、文獻回顧.....	7
2.1、薄膜液晶面板組立(Cell Assembly)製程介紹.....	7
2.1.1、薄膜液晶顯示器製造程序簡介.....	7
2.1.2、薄膜液晶顯示器 Cell 段製程簡介.....	8
2.2、批量製程排程問題相關文獻.....	15
2.2.1、批量製程排程問題之分類.....	15
2.2.1.1、依批量特性分類.....	15
2.2.1.2、依排程問題分類.....	16
2.2.2、產品族排程模式相關文獻.....	17
2.2.3、批量機台模式相關文獻.....	18
2.3、彈性流程型工廠排程問題相關文獻.....	21
第三章、模式構建.....	23
3.1、問題定義與分析.....	23
3.2、整體邏輯與架構.....	26
3.3、需求規劃.....	29
3.3.1、計算規劃時格.....	29
3.3.2、計算各產品預計來到時間.....	31
3.4、產能估算.....	33
3.5、數學規劃解法.....	36
3.5.1、最佳化批量排程模組.....	36
3.5.2、檢驗設置時間之合理性.....	42
3.6、啟發式法則.....	43
3.6.1、瓶頸工作站排程.....	45
3.6.2、前推排程.....	48

3.6.3、後推排程.....	51
第四章、實例驗證.....	53
4.1、系統環境說明.....	53
4.1.1、生產環境說明.....	53
4.1.2、主生產排程規劃假設.....	54
4.2、需求規劃模組之執行過程與規劃結果.....	55
4.2.1、計算規劃時格.....	56
4.2.2、計算各產品預計來到時間.....	57
4.3、產能估算模組之執行過程與規劃結果.....	60
4.4、數學規劃解法之執行過程與規劃結果.....	63
4.4.1、最佳化批量排程模組.....	63
4.4.2、檢驗設置時間之合理性.....	66
4.5、啟發式法則之執行過程與規劃結果.....	67
4.5.1、瓶頸工作站排程.....	67
4.5.2、前推排程.....	70
4.5.3、後推排程.....	72
4.6、結果分析與比較.....	75
第五章、結論與未來研究方向.....	79
5.1、結論.....	79
5.2、未來研究方向.....	81
參考文獻.....	82



圖目錄

圖 1-1 研究範圍	5
圖 1-2 研究流程圖	6
圖 2-1 液晶面板組裝前後段製程簡圖[1]。	9
圖 2-2 液晶灌入示意圖[4].....	13
圖 2-3 液晶面板封口[1].....	13
圖 2-4 偏光片貼附[3].....	14
圖 2-5 彈性流程型工廠示意圖	22
圖 3-1 TFT-LCD Cell 段面板組立廠主要製程工作站圖.....	24
圖 3-2 各規劃週期之關係	26
圖 3-3 連續批量排程機制之運作流程	28
圖 3-4 需求規劃流程圖	30
圖 3-5 產能估算流程圖	34
圖 3-6 混線機台之可能排程	43
圖 3-7 啟發式法則規劃流程	45
圖 3-8 瓶頸工作站排程流程圖	47
圖 4-1 瓶頸工作站機台 2 之排程.....	66



表目錄

表 2-1 批量機台模式相關文獻之比較	20
表 4-1 產品之加工步驟與加工時間	53
表 4-2 各工作站相關資料	54
表 4-3 各工作站機台整備時間	54
表 4-4 規劃週期內各產品之預計產量	55
表 4-5 產品於配向膜塗佈工作站之完工時間	55
表 4-6 各工作站加工時間與等候時間	56
表 4-7 以規劃時格為單位表示各工作站加工時間與等候時間	57
表 4-8 產品於配向膜塗佈工作站之加工完成時點	57
表 4-9 各產品各批尚需加工時間	58
表 4-10 各產品各批量預計來到時間	59
表 4-11 轉換成以規劃時格為單位之產品來到時間	60
表 4-12 各工作站每一機台實際可用產能	61
表 4-13 各工作站最大可用產能	61
表 4-14 各工作站平均負荷水準	62
表 4-15 各工作站可用來換線之產能	62
表 4-16 各工作站之最大可換線次數	63
表 4-17 ilog OPL 數學模式之統計資料	64
表 4-18 規劃幅度內各產品總產出	64
表 4-19 瓶頸工作站各機台生產之產品種類	64
表 4-20 規劃週期內各工作站各機台之利用率	65
表 4-21 決策變數 $X_{i,g,m,t}$ 之運算結果	65
表 4-22 瓶頸批量工作站之加工順序	68
表 4-23 依據步驟三之加工決策	68
表 4-24 依據步驟四之加工決策	69
表 4-25 更新瓶頸批量工作站機台下次可利用時間點	69
表 4-26 產品 i 於時點 t 前需累積的數量	69
表 4-27 啟發式法則之瓶頸工作站各生產結果	70
表 4-28 調整後產品 i 於時點 t 前需累積的數量	71
表 4-29 ilog OPL 限制滿足規劃之統計資料	71
表 4-30 工作站 WS01 之啟發式法則排程	71
表 4-31 工作站 WS02 之啟發式法則排程	71
表 4-32 工作站 WS04 機台下次可利用時間點起始值	72
表 4-33 產品到達工作站 WS04 時間點	72
表 4-34 工作站 WS04 啟發式排程(部份).....	73

表 4- 35 更新工作站 WS04 機台下次可利用時間	73
表 4- 36 WS04 工作站剩餘之排程	73
表 4- 37 啟發式法則之完整排程	74
表 4- 38 不同參數之情境設計	75
表 4- 39 產品來到之相關資訊	76
表 4- 40 混合整數規劃之各情境計算結果	77
表 4- 41 啟發式法則之各情境計算結果	77



符號一覽表

符號下標

i : 表示第 i 種產品, $i = 1 \dots I$

g : 表示第 g 個工作站, $g = 1 \dots G$

g^{BN} : 表示系統中的瓶頸工作站

m : 表示在工作站 g 中第 m 個機台, $m = 1 \dots M_g$

t : 表示規劃時格, $t = 1 \dots H$

需求規劃模組符號定義

$F_{i,j}$: 表示產品 i 中第 j 批到達批量工作站之預計到達時間

K_i : 表示配向膜塗佈工作站後之序列工作站加工產品 i 之總加工時間

$L_{i,j}$: 表示產品 i 中第 j 批之尚需加工時間

N : 表示各工作站規劃時點個數

$P(i,g)$: 表示產品 i 於工作站 g 中所有加工時間之集合

$P_{i,g}$: 表示產品 i 在工作站 g 中任一機台的處理時間(以分鐘為單位)

$P'_{i,g}$: 指產品 i 在工作站 g 中任一機台的處理時間(以規劃時格為單位)

$Q(g)$: 表示工作站間所有等候時間之集合

Q_g : 表示工作站 g 到工作站 $g+1$ 的 Queue Time (分鐘為單位)

Q'_g : 表示工作站 g 到工作站 $g+1$ 的 Queue Time (規劃時格為單位)

$r_{i,t}$: 表示產品 i 在時點 t 所到達批量工作站的數量(規劃時格為單位)

S : 代表規劃時格(以分鐘為單位)

T : 表示規劃週期(分鐘為單位)

$W_{i,j}$: 表示產品 i 中第 j 批於配向膜塗佈工作站加工之完工時間點

產能估算模組符號定義

b_g^{\max} : 表示工作站 g 中所有機台能加工的最大批量數(個)

Cap_g : 表示工作站 g 的總產能

$Cap_{g,m}$: 表示工作站 g 中之機台 m 的可用產能

$D_{i,g}$: 表示規劃週期內產品 i 在工作站 g 的產出目標(個)

D_g : 表示工作站 g 之當機時間比例

PM_g : 表示工作站 g 之保養時間比例

$RCap_g$: 表示工作站 g 可用來換線之產能

ST_g : 表示工作站 g 中任一機台的單次設置時間

SN_g : 表示工作站 g 最大可換線次數

U_g : 表示工作站 g 之平均負荷水準

U_g^{\lim} : 表示工作站 g 之利用率水準上限

數學規劃解法符號定義

H : 表示系統之規劃幅度

M_g : 指工作站 g 中等效機台之台數

$X_{i,g,m,t}$: 指在規劃時格 t 時產品 i 在工作站 g 中 m 機台的生產數量

$\alpha_{i,g,m,t}$: 若在格時 t 時工作站 g 中機台 m 會生產產品 i , 則 $\alpha_{i,g,m,t}$ 為 1

$\beta_{i,g,m}$: 若產品 i 在工作站 g 中之 m 機台生產需要整備則 $\beta_{i,g,m}$ 為 1

啟發式法則符號定義

$Due_{i,t}$: 代表瓶頸批量工作站在時點 t 時，產品 i 所累積投料的數量

g^{BN} : 代表連續批量工作站中的瓶頸工作站

g^{ABN} : 代表瓶頸批量工作站之後的該批量工作站

g^{BBN} : 代表瓶頸批量工作站之前的該批量工作站，在此本文將之前的兩個批量工作站依序定義為 g^{BBN1} 與 g^{BBN2}

G^{BBN} : 代表瓶頸批量工作站先前所有批量工作站之集合

G^{ABN} : 代表瓶頸批量工作站之後批量工作站之集合

t_m : 代表瓶頸批量工作站中機台 m 之可利用時間點(規劃時格為單位)

t_m^{init} : 代表瓶頸批量工作站中機台 m 可利用時間點之起始值(規劃時格為單位)



第一章、緒論

1.1、研究背景與動機

彩色影像顯示器與半導體產業為我國「兩兆雙星」計畫之重點培育產業，期望在西元二〇〇六年時，產值各突破一兆元。而薄膜電晶體液晶顯示器(Thin Film Transistor – Liquid Crystal Display, 以下簡稱TFT-LCD)更為彩色影像顯示器產業中，最為廣泛使用的一種產品，業界中許多公司如友達、奇美等，皆採用此一技術製作其產品。

TFT-LCD 製程由上而下可分為陣列製程(TFT Array)、組立製程(Cell Assembly)與模組製程(Module Assembly)三個主要步驟。Array 製程主要的處理對象是玻璃基板，在其表面進行鍍膜、顯影及蝕刻等製程，與半導體產業相類似；而 Cell 製程則是對玻璃基板與彩色濾光片進行配向、組立與液晶灌注等步驟。最後，是進行壓合、驅動 IC 接合等驟的 Module 製程，類似一般的組裝業。

在第二階段的組立製程，依照其生產特性可分為前段製程與後段製程。前段製程是將玻璃基板與彩色濾光片分別進行配向膜塗佈、烘烤及配向處理後，進行貼合處理；後段製程則是要完成真空回火、液晶注與偏光板貼附等步驟。

值得注意的是，在 Cell 階段的後段製程中有四個連續的步驟，分別為烘烤(Seal Bake)、真空回火(Vacuum Anneal)、液晶注入(LC Injection)、封口(End Seal)，執行其作業的工作站皆為批量工作站，各批量工作站由許多批量機台(Identical Batch machine)所組成，且不同之批量工作站內的批量機台，其最大載入批量(Maximum lot size)不盡相同。若每個批量工作站皆依照其最大載入批量加工工件，由於有四個批量工作站相互影響，可能使某批量工作站的集批等候時間過長，進而造成利用率低落；但若不去規劃各工作站批量大小，而採用有工件就加工的批量原則，很可能使總產出下降，減少工廠的獲利。故針對這四個連續的批量工作站，生產管理者有必要設計出較佳的批量法則，使生產線更加平穩，也達成工廠的預計產出量。

市面上 TFT-LCD 的產品種類繁多，在國內依尺寸大小主要可分為三大類，分別是液晶電視、電腦用液晶螢幕及小尺寸面板。液晶電視的尺寸約從 21 吋至 40 吋；電腦用液晶螢幕約從 15 吋至 23 吋，而小尺寸面板的尺寸從 1 吋至 7 吋皆有其需求，可製成的產品如手機面板、PDA 或車內液晶螢幕等。對 TFT-LCD 製造商而言，於同一廠內生產不同的產品，其製造時間不同，並且不同產品不能併為一批同時加工。若不對其製程之生產排程做一有效的規劃，會使工廠之生產力下降，實為一值得探討的議題。

另外，由於某種限制，面板在完成一項步驟後，必須在某一限制期間內送到下一工作站進行加工，否則該面板即成為報廢品，不能製成成品。例如面板在進行真空回火的步驟後，必須要在 240 分鐘內進行液晶灌注的作業，而在液晶灌注後的 360 分鐘內，必須送至封口工作站進行加工，而此一限制更加深了生產規劃的困難度。

基於上述之描述，誘發吾人之研究動機，期能針對 Cell 階段中段製程之四個連續批量工作站，發展一整數規劃模式，快速求解出各工作站對於各種產品之最適批量數，並且規劃出可行的生產排程，使工廠增加其競爭力。另外，由於此問題屬於 NP-Hard 之問題，考量到求解之規模，吾人更發展一啟發式法則，增加其求解速度。

1.2、研究目的

本文主要研究範圍為 Cell 階段後段製程之四個連續批量工作站，其目的希望在不超過產能限制與其他製程上之限制(如等候時間限制等)的情況下，使連續批量工作站之總產出最大化。

在總產出最大化之目標下，本文期能解決其排程問題，也就是決定各批量工作站對於各產品之最適批量數以及規劃幅度內各工作站中各機台之生產排程。

吾人為解決上述之問題，擬發展一整數規劃模式以求其最佳解，並且考量其解題時間，亦發展一啟發式法則，使生產管理者易於應用在較大規模之問題上。

1.3、研究範圍與限制

吾人所發展之整數規劃模式，係依據工件來到連續批量工作站前之總數量，考慮等候時間、產能、機台數量與批量大小之限制，決定出各工作站中各機台之排程。本文研究範圍如圖 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，本文做以下的假設與限制：

1. 組立廠之瓶頸為配向膜塗佈(PI Print)工作站，且主生產排程已定。
2. 在規劃幅度內，產品種類與投料量決定於配向膜塗佈(PI Print)工作站之產出數量。
3. 各產品到達批量工作站之時間，決定於配向膜塗佈工作站加工後之可預見到達時間。
4. 批量工作站內為等效批量機台(Identical Batch Machine)。
5. 每一批量工作站內之機台數量及可用時間已知
6. 各產品在各批量工作站之加工時間已知且固定。
7. 考慮機台的整備時間。

8. 不考慮系統中之搬運時間。
9. 不考慮機台之當機與保養時間。
10. 不考慮存貨政策



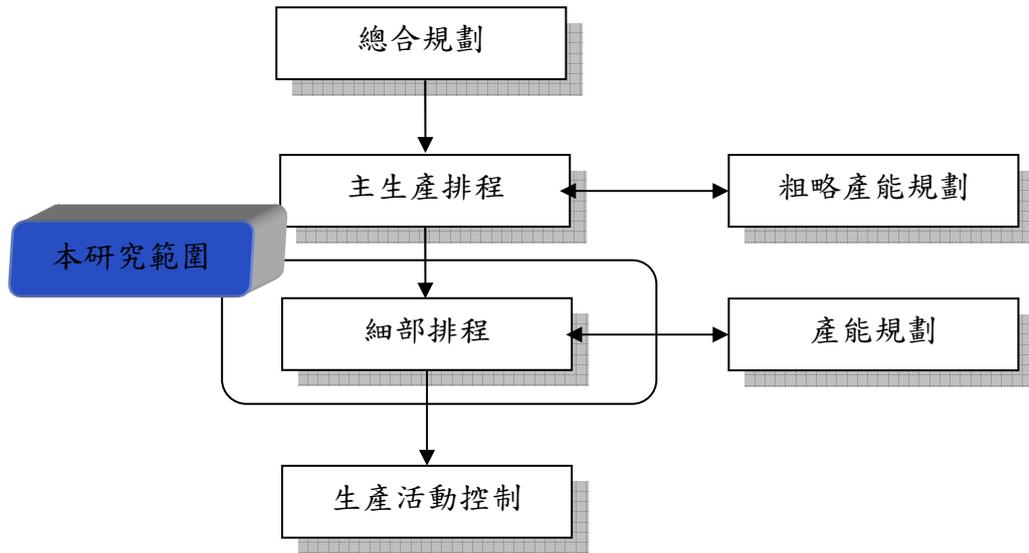


圖 1- 1 研究範圍

1.4、研究方法與流程

為達上述目的，本文之研究方法擬採下列方式進行，其流程圖如圖 1- 2 所示。

1. 文獻回顧
2. 問題定義與分析
3. 模式之構建
4. 實例驗證
5. 結論與未來研究方向

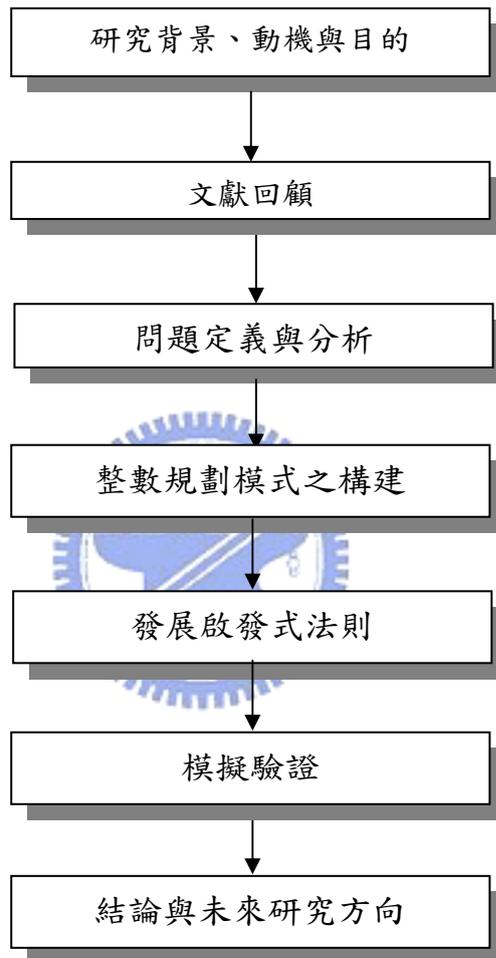


圖 1- 2 研究流程圖

第二章、文獻回顧

針對 Cell 製程之四個連續批量工作站排程問題，屬於「批量製程排程問題」，但由於一般學者討論之批量製程排程問題皆僅討論較簡單之單機或二機流線型之問題型態，而本文所探討之研究範圍實屬於「彈性流程型工廠」。為清楚說明本文特有之問題特性，故將本文所探討之問題訂為「彈性流程型工廠批量排程問題」(The Scheduling Problem for Flexible Flow Shop with Batching Machine)

本文所構建之整數規劃模式，期望能應用於 TFT-LCD 製造流程中之連續批量工作站，使得各批量工作站平穩化生產，進而達到系統要求之績效與產出量。因此，吾人將針對下列數個方向之文獻進行探討，以作為論文研究的基礎。

1. 薄膜液晶面板組立製程介紹
2. 批量製程排程問題相關文獻
3. 彈性流程型工廠排程問題相關文獻

2.1、薄膜液晶面板組立(Cell Assembly)製程介紹

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(TFT Array)製程、後段面板組立(Cell Assembly)製程及模組組裝(LC Module Assembly)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[3]，以下簡述此三大製程階段[2]：

◆ 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%。

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。

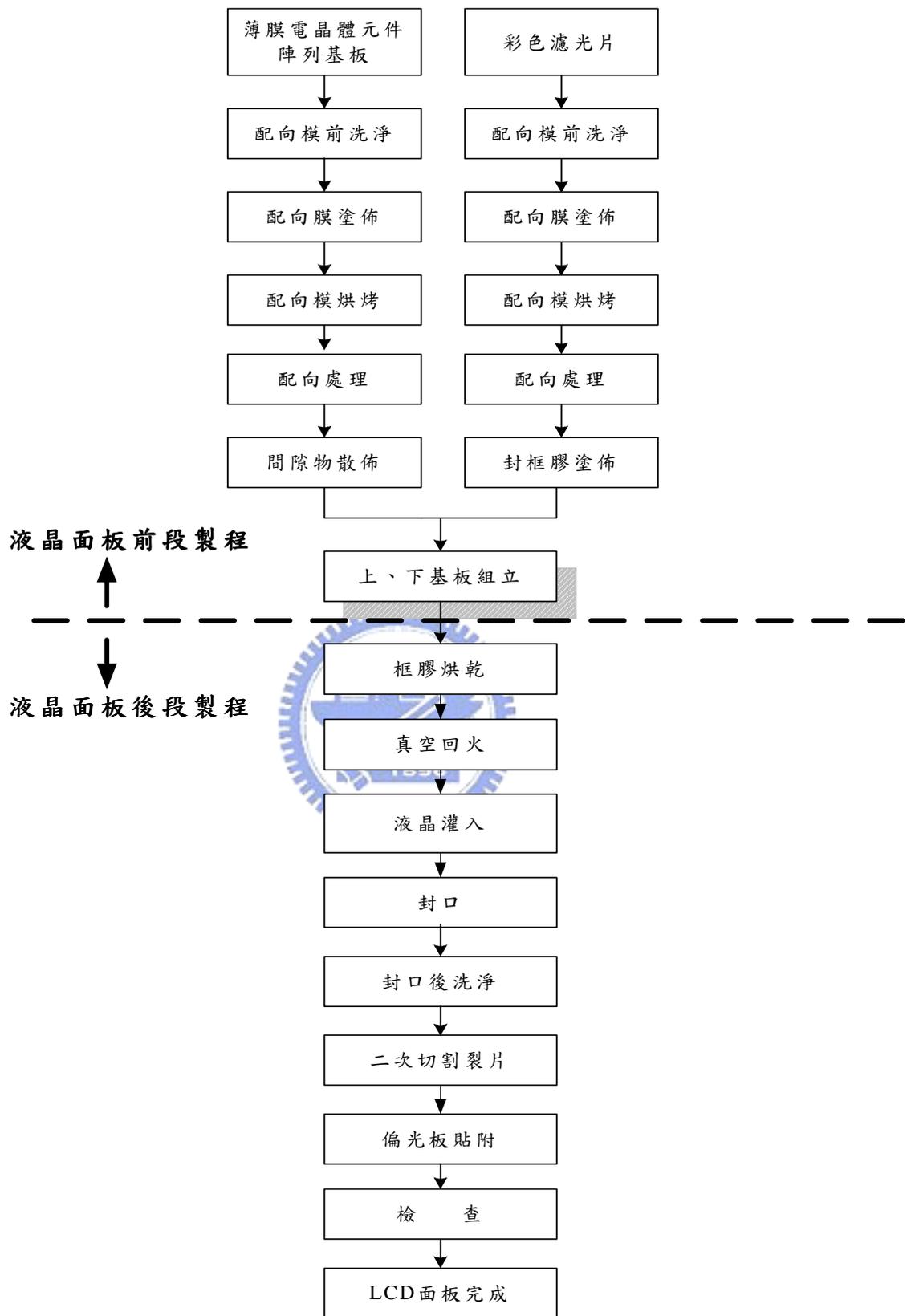


圖 2- 1 液晶面板組裝前後段製程簡圖[1]。

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。後段製程中液晶注入 (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[3]。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 [1][4]：

1. 配向模前洗淨 (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，須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、有機溶劑之超音波洗淨、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)是針對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) 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. 封框膠塗佈 (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)。而在封合劑方面可分為使用環氧樹脂 (Epoxy) 的網版印刷 (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. 上下基板組立 (Cell Forming)

在基板內側周邊部分印刷封裝劑，待溶劑充分揮發後，將粒狀間隙物散布於以封裝材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. 框膠烘乾 (Seal Bake)

在基板組立壓合後，予以加熱基板間之脂膠受熱硬化，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，藉著基座將小切割後的 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，如圖 2-2 所示。

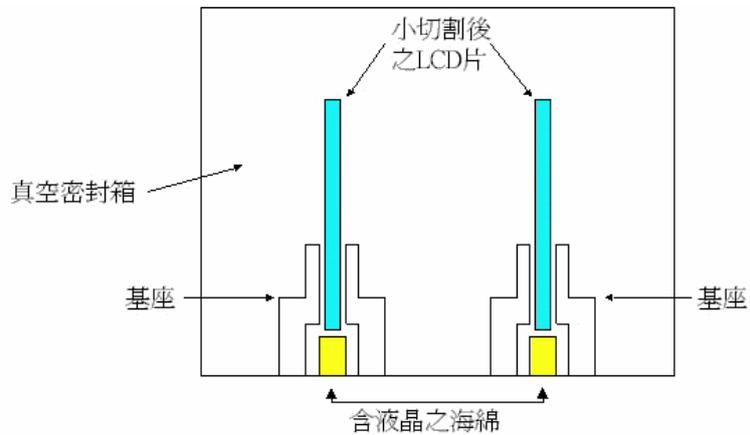


圖 2- 2 液晶灌入示意圖[4]

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。

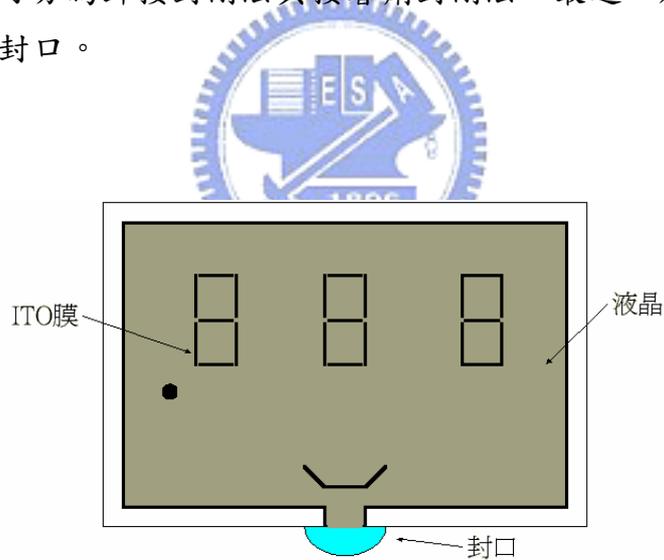


圖 2- 3 液晶面板封口[1]

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)

切割已灌液晶之 TFT-LCD 至所需的尺寸，並將要貼附驅動 IC 的電極外露。

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。

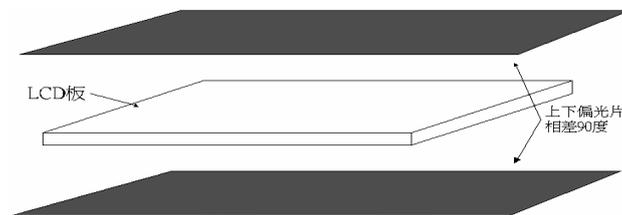


圖 2-4 偏光片貼附[3]

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、批量製程排程問題相關文獻

2.2.1、批量製程排程問題之分類

批量製程為現今業界普遍使用之製造技術，其優點不僅可以節省設置時間，也可使產品的產出增加。國內外已有許多學者針對前述兩種問題特性作廣泛地研究，但若針對不同的機台環境以及追求不同的目標函數，則解法也可能不盡相同。以下針對國內外學者所討論之批量製程排程問題，做一詳細之分類。

2.2.1.1、依批量特性分類

而依照其所形成之批量特性的不同，主要可分為兩類，分別為[9]：

◆ 產品族排程模式(Family scheduling model)

◆ 批量機台模式(Batch machine model)

產品族排程模式是指欲加工之產品可依照其製程特性分為多個產品族，只有相同的產品族才能同時放入批量機台進行加工；例如 TFT-LCD Cell 製程中的液晶灌注製程，只能同時加工相同尺寸的面板。產品族排程模式之製程特色有以下幾點[9]：

- 每種產品佔用批量機台的體積相同。
- 批量機台有其固定的最大加工批量數。
- 批量機台的處理時間視所加工的工件族而定。

批量機台模式是代表機台有其固定的體積可進行加工，如烤箱或烘爐。其特色有以下幾點[9]：

- 批量機台有其固定的體積，例如烤箱具有固定的體積。
- 每種產品佔批量機台的產能或體積不相同
- 批量機台之加工時間為待加工工件中處理時間的最大值，例如有三種產品欲放入批量機台加工，其加工時間分別為 1、2 及 3 小時，則該批的加工時間為 3 小時

2.2.1.2、依排程問題分類

批量製程排程問題可說是一般排程問題的一種特例，故批量製程排程問題也可依照一般排程問題做分類。

對於批量製程排程問題之描述可用 $\alpha|\beta|\gamma$ 來表示[12]。 α 表示機台的型態； β 表示特有的生產製造特性以及限制，而 γ 則代表問題所要追求的目標函數。

在此一描述架構中，可填入 α 的機台型態可以分為：

- 單機(Single machine)批量機台，代表符號為 (\tilde{J}) 。
- 等效平行批量機台(Identically Batching Parallel Machine)，代表符號為 (\tilde{P}_m)
- 非等效平行批量機台(Non-identically Batching Parallel Machine)，代表符號為 (\tilde{Q}_m)
- 無相關平行批量機台(Unrelated Batching Parallel Machine)，代表符號為 (\tilde{R}_m)
- 流程型批量工廠(Flow Shop with Batching Machine)，代表符號為 (\tilde{F}_m)
- 零工型批量工廠(Job Shop with Batching Machine)，代表符號為 (\tilde{J}_m)
- 彈性流程型批量工廠(Flexible Flow Shop with Batching Machine)，代表符號為 (\tilde{FF}_m)

β 表示特有的生產製造特性以及限制，以下為其代表符號以及其涵義：

- r_j ：代表工件 j 的來到時間為 r_j ，工件 j 不可在來到時間前開始加工。
- d_i ：代表工件 i 有其最後之期限 d_i ，而 $d_i = d$ 代表所有的工件之最後期

限皆為 d 。

- S_{ij} ：代表問題考慮序列相依之設置時間，當機台在處理完工件 i 後要處理工件 j 時，必須花費 S_{ij} 的設置時間。
- $prmp$ ：代表機台上之工件不需要等到加工完畢才能被取出，若有一緊急程度較高之工件來到時，則可以先將正在服務之工件取出，優先加工緊急程度較高之工件，而被取出之工件須再重新加工一次。

γ 代表之涵義為問題所欲追求的目標值，以下列舉數個目標值：

- 總完工時間(Make span)最小化，代表符號為 C_{max}
- 最大延遲數(Maximum lateness)最小化，代表符號為 L_{max}
- 總加權延誤數(Total weighted tardiness)最小化，代表符號為 $\sum w_j U_j$

接著，本文依照製程特性之分類，詳細介紹國內外學者針對批量製程排程問題所做之相關研究。



2.2.2、產品族排程模式相關文獻

TFT-LCD 製程中 Cell 階段之中段連續批量機台排程問題，依照其製程特性，加工時間取決於工件的種類，且每種產品所佔體積皆相同，故本文之分類屬於產品族排程模式。而近年來針對此一問題特性所發表之論文期刊為數不多，且僅探討較簡單之基礎問題，以下為本文之整理。

Monma 及 Potts[7]提出針對產品族排程問題之單機模式，利用動態規劃的手法，針對加權總完工時間、最大延遲時間與加權延誤工件數等目標績效，提出多個演算法，並且證明此一問題為 NP-Hard 之問題範圍。

Crauwels[11]等人針對單一批量機台之排程問題，並考慮固定的整備時間，提出了四個鄰近解搜尋方法，其目標在於最小化其總加權完工時間(total weighted completion time)。所謂的鄰近解搜尋方法是指先在原有的加工順序中，將其中的一批向前移動(forward shift)或是向後移動(backward

shift)，使其目標數較原來的順序為佳。而依照不同的理念與方法，Crauwels 等人共提出了四個鄰近解搜尋方法，分別是 Descent method、Simulated annealing method、Threshold accepting method 以及 Tabu search method。而實驗證明對於較小規模的例子，Tabu search method 有較好的求解結果，但在較大規模的例子卻無明顯出色的方法。

Monma 與 Potts[8]則針對 M 台等效平行批量機台欲處理 N 個有先後順序之工件的排程問題，提出了兩個啟發式法則，使其最小化最大完工時間 (maximum completion time)。其中， M 台機台可將 N 個工件分成 B 個批量來處理，並假設固定的整備時間。而第一個啟發式法則稱為 LSS(List Scheduling and Splitting)法，是利用列舉、分批與併批的手法，尋找出較佳解，其解題速度需要花費 $O((N+(M+B))\log(M+B))$ 的時間，而其所求出的最糟解與最佳解的比例為 $3/2 - 1/(4M-4)$ 當 M 小於 5 時。其所提出的另一個啟發式法則為改善前人所發明之方法，需要 $O(N)$ 的解題時間，可使最糟解與最佳解的比例為 $2 - 1/(\lfloor M/2 \rfloor + 1)$ 。

另外，Chen[6]等人則發展出兩個啟發式演算法，是針對雙機的流程型工廠的排程問題，其目的在於最小化總完工時間(Makespan)，並且將固定整備時間納入考量，其演算法之結果十分優秀。

2.2.3、批量機台模式相關文獻

批量機台模式之排程問題廣泛應用在許多連續加工之製造業如煉鋼廠、製藥廠等等。以下為本文整理近年來之研究期刊。

Damodaran 與 Srihari[14]針對雙機之流程型工廠批量機台排程問題，提出兩個整數規劃解法，目的是使其產出最大化。其所發展的第一個整數規劃模式稱為 2-FS(Flow shop)，是用於兩機間之暫存量無特殊之限制，而第二個整數規劃模式稱為 2-FSNB(Flow shop with no buffer)，則用於兩機間之暫存量為零的情況下，故當第二台機台在忙碌時，第一台機台也不能釋放其加工完成的工件。但此兩個整數規劃模式僅能處理規模較小之問題，由於運算速度的限制，並不能應用來處理較大的問題。

KOH[16]等人則曾致力於平行批量機台之排程問題，其採用三個不同的指標，分別為總完工時間(Makespan)、總處理時間(Total Completion Time)

及總加權處理時間(Total Weighted Completion Time)，依照不同的指標發展數個不同的啟發式法則，並且與基因演算法做比較。結果發現對於以總完工時間與總加權處理時間為目標的問題，其所發展之啟發式法則有著較好的成效。

Pranzo[13]針對雙機流程型工廠批量排程問題，其目標為最小化總完工時間，並且兩機間的暫存區為 c 個，總共有 n 個工件待處理，並且 $c \leq n$ 。其提出若多了第 i 批其體積大於 b_i^* 的限制，則此問題可轉化成 TSP 問題並求解之。該論文也詳細描述了 b_i^* 的界線為何。

上述數篇期刊為研究批量排程問題之相關文獻，吾人將其整理和本文相比較，其主要內容與手法如表 2-1 所示。



式相關文獻之比較	批量特性	機台特性	目標	提出方法	特殊限制
Monma & Potts [7]	Family Scheduling Model	單機	加權總完工時間 最大延遲時間 加權延誤工件數	動態規劃	
Crauwels [11]	Family Scheduling Model	單機	總加權完工時間	四個鄰近解搜尋方法	考慮固定整備時間
Monma & Potts [8]	Family Scheduling Model	等效平行機台	最大完工時間	兩個啟發式法則	處理有 N 個先後順序之工件
Chen [6]	Family Scheduling Model	雙機流程型工廠	總完工時間	兩個啟發式法則	考慮固定整備時間
Damodaran & Srihari [14]	Batching Machine Model	雙機流程型工廠	最終產出	兩個整數規劃解法	考慮兩機間之暫存量
Pranzo [13]	Batching Machine Model	雙機流程型工廠	總完工時間	轉化成旅行者問題	考慮兩機間暫存量與批量大小之關係
KOH [16]	Batching Machine Model	平行機台	總完工時間 總處理時間 總加權處理時間	數個啟發式法則	
本文	Family Scheduling Model	彈性流程型工廠	最終產出	一個整數規劃解法 及一個啟發式法則	考慮等候時間限制與固定整備時間

2.3、彈性流程型工廠排程問題相關文獻

彈性流程型工廠指的是包含一個以上串聯的工作站，而每個工作站中皆含有數個平行機台，但每個工作站中的機台數並不一定相同，其示意圖如圖 2-5 所示。彈性流程型工廠通常常見於電子製造業中的 IC 封裝與 PCB 壓合廠。

而彈性流程型工廠的排程問題通常可依照三個準則來分類，分別為所包含的範圍複雜度(Processing complexity)、所追求之目標(Modeling criteria)以及所使用的方法(Solution method)。

Linn 與 Zhang[15]將彈性流程型工廠排程問題之文獻做了仔細的分類與整理。其分類為三種主要的問題型態為(1)雙階(Two-stage)彈性流程型工廠、(2)三階(Three-stage)彈性流程型工廠與(3)多階(k-stage, $k>3$)彈性流程型工廠，而本文之研究範圍是屬於多階彈性流程型工廠之批量排程問題。此外，Linn 與 Zhang 也對彈性流程型工廠的排程問題從未來可發展的研究複雜度、所追求之目標以及可使用之方法提供一些趨勢與意見。

而求解彈性流程型工廠排程問題的方法，在過去有許多學者提出許多不同的方法，如動態規劃、分枝界限法、數學模式以及啟發式法則等。以下介紹近年來國外學者針對彈性流程型工廠排程問題所提出的解法。

Brah 與 Hunsucker(1991)首先利用分枝界限法針對最小化總完工時間、平均流程時間等目標求取其最佳解。由於分枝界限法中下界與求解的規則對於求解的時間與解的好壞有著決定性的影響，Brah 與 Hunsucker 也針對此發展出不錯的下界與求解的規則，使其能在有限的時間求出最佳解來。

Vignier[5]等人則針對以最小化總完工時間為目標之多階彈性流程型工廠排程問題，利用 Brah 與 Hunsucker 發展的分枝界限法，提出了一個新的界限範圍，並且利用此界限使用分枝界限法縮短其求解時間。

而 Lee 與 Kim[10]則是探討兩階段之彈性流程型工廠排程問題，提出新的下界與求解規則，利用分枝界限法來使延遲的工件數最小化，並且發現針對較小規模之問題可輕易求得最佳解。

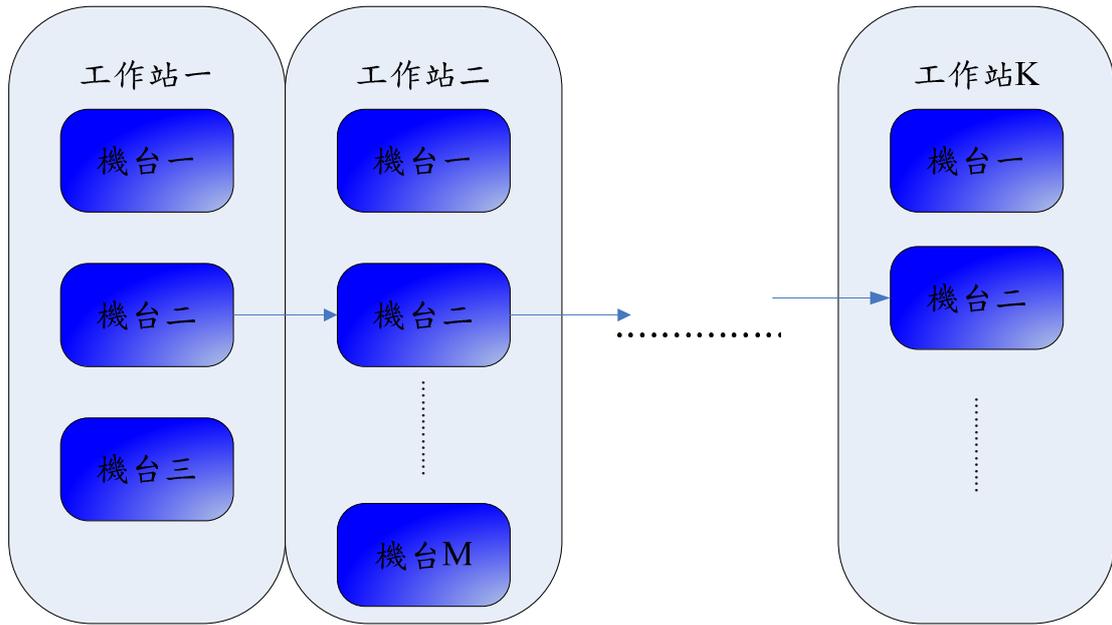


圖 2- 5 彈性流程型工廠示意圖



第三章、模式構建

3.1、問題定義與分析

本文欲解決的問題位於 TFT-LCD 產業中 Cell Assembly 製程中段的連續批量工作站，茲將此連續批量製程之特性作一描述與整理，如下所示：

1. 本文所探討的批量工作站分別為 Cell Assembly 製程中的烘乾、真空回火、液晶灌入與封口四個步驟，如圖 3- 1 所示。
2. 面板在 Cell Assembly 製程中的基本單位為卡匣(Cassette)，而批量機台可以同時加工數個卡匣。
3. 每站批量工作站中，皆存在數台等效批量機台。也就是說，同一工作站中的所有機台，處理相同的產品時，其處理時間相同。
4. 相同種類的產品稱為一種產品族，同種產品族才能一起進入批量工作站進行加工。
5. 批量機台的處理時間取決於所加工的產品族。
6. 各批量工作站內的批量機台有其最大的批量數，與產品的體積無關，批量機台於滿載或非滿載時皆可進行加工。
7. 當批量機台在加工時，必須將產品加工完成才能取出，不可中途取出。
8. 由於壓力以及品質的限制，各製程間有等候時間(Queue time)之限制，亦即工件在加工完成後，須於一定時間內進行下一步驟加工，否則將形成報廢。例如：當面板經過真空回火製程後須於 240 分鐘內灌入液晶，且在灌完液晶後又得在 360 分鐘內執行封口的步驟。

本文針對此多等效批量機台流程工廠之排程問題，發展一混合整數規劃模式以及一啟發式法則，期望藉由此模式決定兩項主要之決策：「各批量機台於各時點針對各產品之最適加工批量」以及「各產品在各批量工作站之排程」

各批量工作站中的批量機台有其最大載入批量且各工作站之機台數不盡相同，若每台批量機台皆以其大載入批量進行加工，則很可能造成產線不平均，增加工作站間之在製品數，進而使產品生產週期時間拉長。另外，在製品有其等候時間之限制，若產線不平均，會使等候加工之在製品違反等候時間之限制，造成過多的報廢品。故有必要對各批量機台加工各產品之最適加工批量進行規劃，使產線更加穩定。

另外，由於各產品之需求數不相同，也會因為等待相同產品所發生的集批等待時間過長而違反等候時間的限制。故須決定各產品在各批量工作站之排程，使各在製品不致違反等候時間之限制。

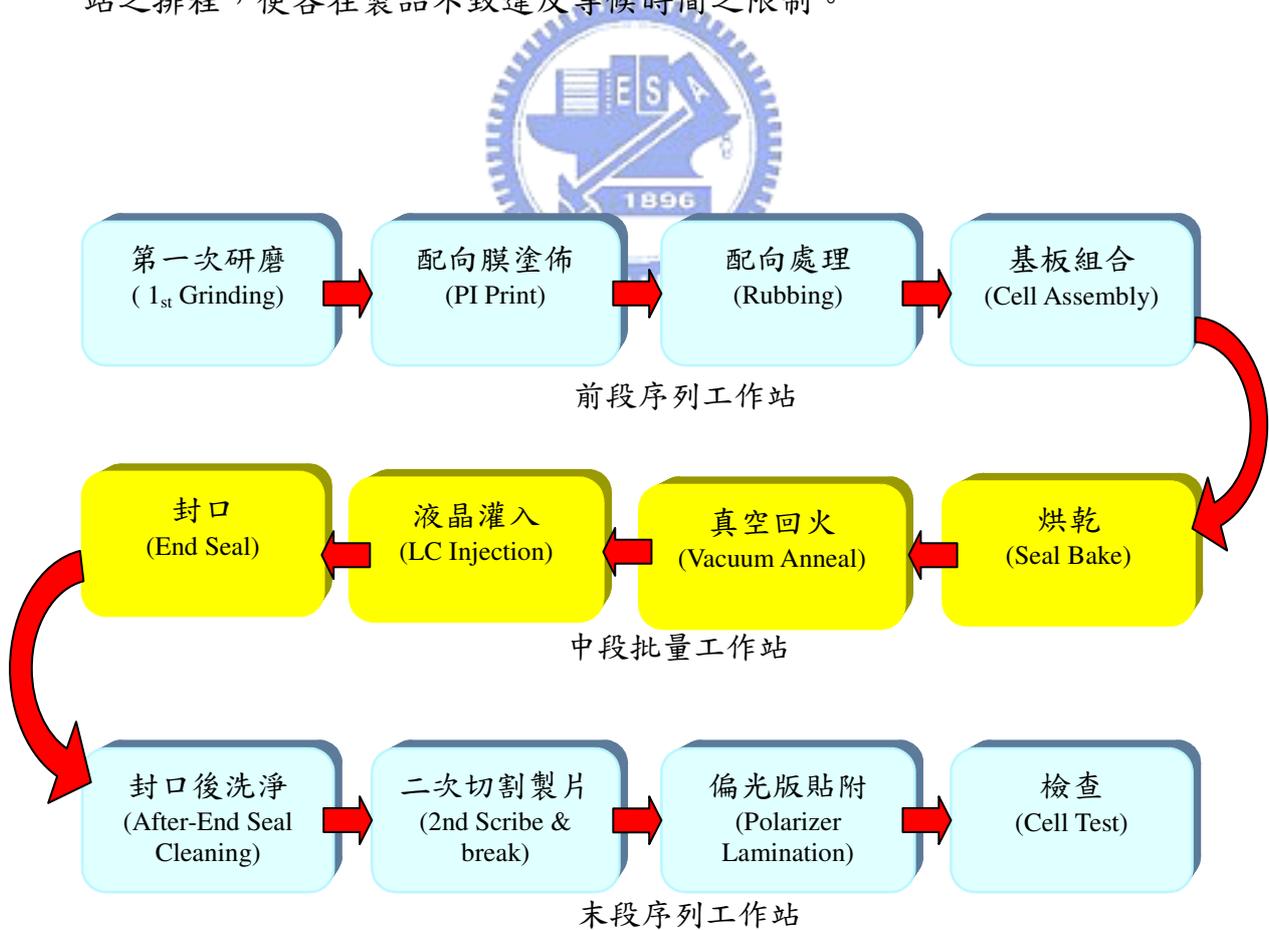


圖 3- 1 TFT-LCD Cell 段面板組立廠主要製程工作站圖

本文發展之整數規劃模式以及啟發式法則係基於下列基本假設：

- 組立廠之瓶頸為配向膜塗佈(PI Print)工作站，且主生產排程已定。
- 在規劃幅度內，產品種類與投料量決定於配向膜塗佈(PI Print)工作站之產出數量。
- 各產品各批到達批量工作站之時間，決定於配向膜塗佈工作站加工後之可預見到達時間。
- 批量工作站內為等效批量機台(Identical Batch Machine)。
- 每一批量工作站內之機台數量及可用時間已知
- 各產品在各批量工作站之加工時間已知且固定。
- 考慮機台的整備時間。
- 不考慮系統中之搬運時間。
- 機台之當機與保養時間為已知且固定。
- 不考慮存貨政策



3.2、整體邏輯與架構

本文擬解決連續批量工作站之排程問題，將排定各批量工作站中每台機台一天整之排程，故設定規劃週期(T)為一天，其各規劃週期之關係如圖 3-2 所示。

首先，當排程人員第一次安排某批量工作站之排程時，就其最早可開工時點起算，設定每一批量工作站之規劃週期為 T_1 ，而當排程人員於隔日規劃當天批量工作站之排程時，則將該批量工作站之規劃週期稱為 T_2 ，依此類推。

另外，圖中 S_1 、 S_2 、 S_3 與 S_4 之時間點，分別代表在同一規劃週期 WS01、WS02、WS03 以及 WS04 之規劃起始點，也就是指其開始加工產品之最早時間點。但由於各產品來到時間不同，導致會有集批等候時間之產生，故其後工作站之開始加工產品最早時間並不單純指產品加工時間。例如 S_2 是由先前工作站 WS01 之加工時間再加上集批等候時間所組成，而非單純之加工時間。

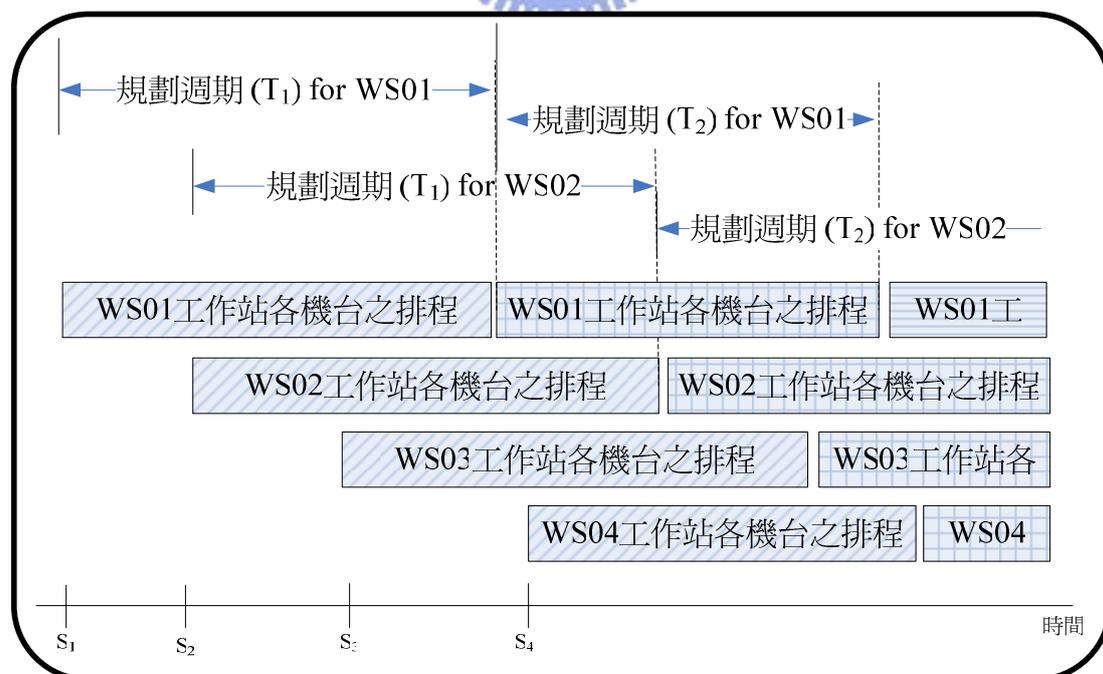


圖 3- 2 各規劃週期之關係

在進行規劃之前，必須先求得其規劃時格，以規劃時格為單位，進行本文之運算。

本文定義之規劃時格為各產品於工作站之加工時間之值的最大公因數，將此最大公因數作為其規劃時格。舉例來說，若有 3 種產品必須於 4 個連續之批量工作站加工，每種產品在每個工作站之加工時間各不相同，故會產生 12 個不同的值，再求取這 12 個值的最大公因數，所得之數值即為規劃時格。

本文為解決連續批量工作站之排程問題，發展一連續批量排程機制，其整體架構如圖 3-3 所示。

而規劃時格採用最大公因數之目的，是為簡化規劃之複雜度，縮短其求解速度。

由於 TFT-LCD 組立廠之系統瓶頸大多鎖定在配向膜塗佈工作站(PI Print)工作站，故首先要先求得在下一規劃週期內，預期會來到批量工作站之產品種類以及數量，並且依據配向膜塗佈工作站之主生產排程，求出其各產品各批量之預計來到時間，以便進行混合整數規劃與啟發式法則之規劃。

在決定了規劃時格與規劃產品後，吾人首先針對規劃週期內之產出目標，估算連續批量工作站中的每個工作站其產能是否足夠。若估算結果發現其產能不足以應付所需之目標產出，則必須調降其產出目標；反之則進行數學規劃之解法。

由於本文討論之問題其複雜度屬於 NP-Hard，為考慮其運算時間，故針對規模較大之問題，吾人亦發展出一啟發式法則。由先前之運算過程中，可確定四個批量工作站中的瓶頸工作站為何，本文之啟發式法則將先排定該瓶頸批量工作站之詳細排程，而後再前推其先前工作站之排程與後推其後續工作站之排程，期能使運算速度大幅縮減。

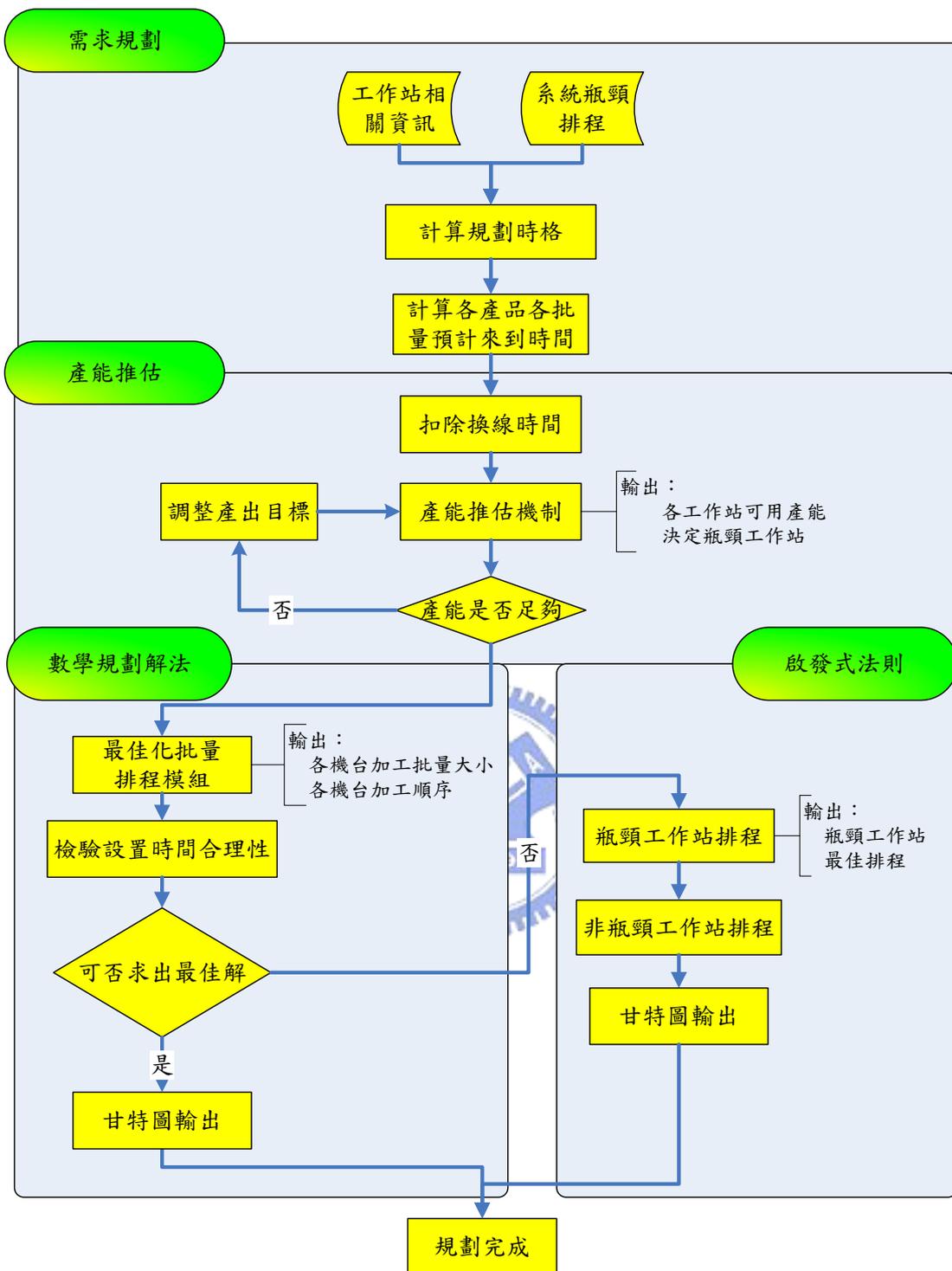


圖 3- 3 連續批量排程機制之運作流程

3.3、需求規劃

本節需求規劃主要有兩個目的：首先要決定出本連續批量排程之規劃時格為何，接著再依據配向膜塗佈工作站所排訂之排程，推估出各產品預計之來到時間點，其流程圖如圖 3-4 所示。

3.3.1、計算規劃時格

求算規劃時格之目的在於要進行整數規劃時，以規劃時格為基本的時間單位。由於欲規劃之工件種類繁多，若數學規劃針對規劃週期內的每一分鐘皆進行規劃，則會使變數過於龐大，無法達到解題的目的。故本文則希望數學規劃是以每一個規劃時格為單位，則規劃週期內轉化為只剩數個時間點，只有在每個時間點上才會有機台開始加工或機台完工的情況發生，如此一來可大幅降低其所欲決定之變數總量，使規劃更加迅速。

規劃時格之求法，必須先列出各產品於工作站之加工時間，再求算其共同之最大公因數，將此最大公因數作為其規劃時格。舉例來說，若有 3 種產品必須於 4 個連續之批量工作站加工，每種產品在每個工作站之加工時間各不相同，故會產生 12 個不同的值。吾人求取這 12 個值的最大公因數，所得之數值即為規劃時格。詳細之求算步驟如下：

步驟一：求取最大公因數

由所有 $P_{i,g}$ 值與各工作站等候時間限制 Q_g 之集合中，求得其最大公因數 S ，而以此最大公因數作為整數規劃模式之規劃時格，式 3-2 中的括號代表針對括內的所有值取其最大公因數。

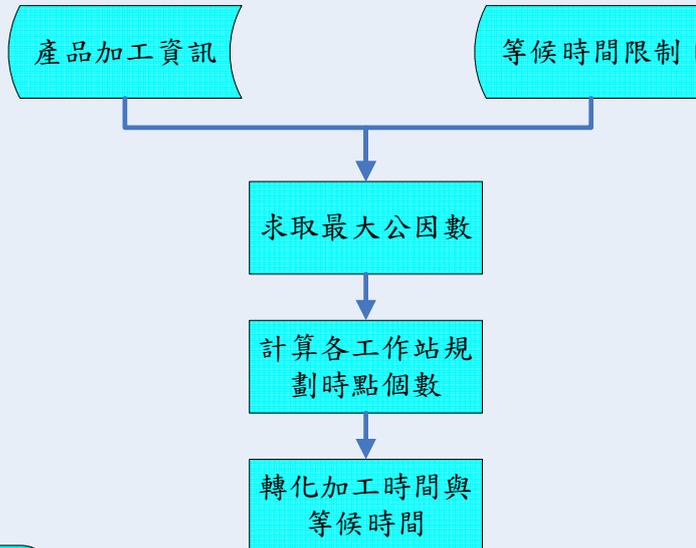
$$P(i, g) = \{P_{i,g} \mid \text{for all } i, g\} \quad \text{式 3-1}$$

$$Q(g) = \{Q_g \mid \text{for all } g\} \quad \text{式 3-2}$$

$$S = (P(i, g), Q(g)) \quad \text{式 3-3}$$

3.3、需求規劃

3.3.1、計算 規劃時格



3.3.2、計算各產品 預計來到時間

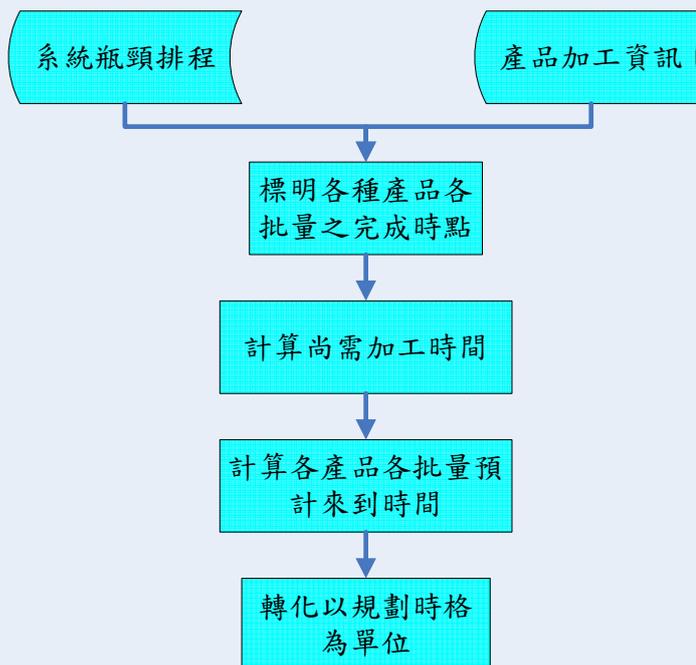


圖 3- 4 需求規劃流程圖

步驟二：計算各工作站規劃時點個數

將規劃週期除以先前求得之規劃時格，即得出每一批量工作站所必須規劃的規劃時點個數。

$$N = \frac{T}{S} \quad \text{式 3-4}$$

步驟三：轉化加工時間與等候時間

將各產品於各機台之加工時間與限制之等候時間轉換成以規劃時格為單位。

$$P'_{i,g} = \frac{P_{i,g}}{S} \quad \text{for each } i \text{ and } g \quad \text{式 3-5}$$

$$Q'_g = \frac{Q_g}{S} \quad \text{for each } g \quad \text{式 3-6}$$



3.3.2、計算各產品預計來到時間

由於在 TFT-LCD 組立廠之前半段製程皆是屬於序列工作站，故若瓶頸工作站(PI Print)之排程排訂後，即可推估出各產品各批量預計到達批量工作站之時間點，其步驟如下所示：

步驟一：標明各產品各批量之加工完成時點

當某一產品之某一批於配向膜塗佈工作站加工完成後，則將其完工時間點標註為 $W_{i,j}$ ，其中 i 代表產品種類， j 則代表產品 i 中的第幾批。

步驟二：計算尚需加工時間

由配向膜塗佈工作站加工完成後，尚需經過數個序列工作站加工，產

品才能到達批量工作站。故將其後之序列工作站所需之加工時間加總，再乘上一 X factor 做為緩衝，當作產品 i 中第 j 批之尚需加工時間 $L_{i,j}$ 。其中 K_i 代表其後序列工作站加工產品 i 之總加工時間。

$$L_{i,j} = (X - factor) \times K_i \quad \text{式 3-7}$$

步驟三：計算各產品各批量預計來到時間

將某一產品中某一批量於配向膜塗佈工作站之完工時間點 $W_{i,j}$ 加上尚需加工時間 $L_{i,j}$ ，則可得到該產品中第 j 批量到達批量工作站之預計到達時間點 $F_{i,j}$ 。

$$F_{i,j} = W_{i,j} + L_{i,j} \quad \text{式 3-8}$$



步驟四：轉化以規劃時格為單位

將各產品各批量預計來到時間 $F_{i,j}$ 轉化為以規劃時格為單位之時間點，則可知道在所有以規劃時格為單位之時間點 t ，其產品 i 所到達的數量 $r_{i,t}$ 。另外，本小節之目的在於計算出各產品預計來到批量工作站之相對時間，故可將第一批來到批量工作站之產品來到時間設定為規劃起始點。

3.4、產能估算

產能估算流程如圖 3-5 所示。本節產能估算之目的，在於先求出各工作站之最大可用產能，再檢驗各工作站之最大可用產能是否足以應付各產品之目標需求。若有任一個工作站無法負荷其目標需求，則會使後續求解工作無法找到最佳解，故必須修正其各產品產出目標。而各工作站之最大產能是以工作站之最大載入批量 b_g^{\max} (Max Batch Size) 來進行估算，且所求得之產能皆以規劃時格為單位表示之。產能估算求算步驟如下：

步驟一：計算規劃週期內，各批量工作站中每一機台之實際可用產能。

各批量工作站 g 中每一機台 m 之實際可用產能為扣除維修保養、機台當機與必要設置時間等預留產能後之剩餘可用產能。其中式 3-9 中之 PM_g 與 DT_g 分別代表工作站 g 中每一機台 m 之預防保養時間比例與機台當機時間比例。



$$Cap_{g,m} = \frac{T \times 24 \times 60 \times (1 - PM_g - DT_g)}{S} \quad \text{for each } g \text{ and } m \quad \text{式 3-9}$$

步驟二：計算規劃週期 T 內，各工作站 g 之最大可用產能 Cap_g 。

工作站 g 之最大可用產能為各工作站之機台數 M_g 乘以各機台之實際可用產能。

$$Cap_g = M_g \times Cap_{g,m} \quad \text{for each } g \quad \text{式 3-10}$$

3.4 產能估算

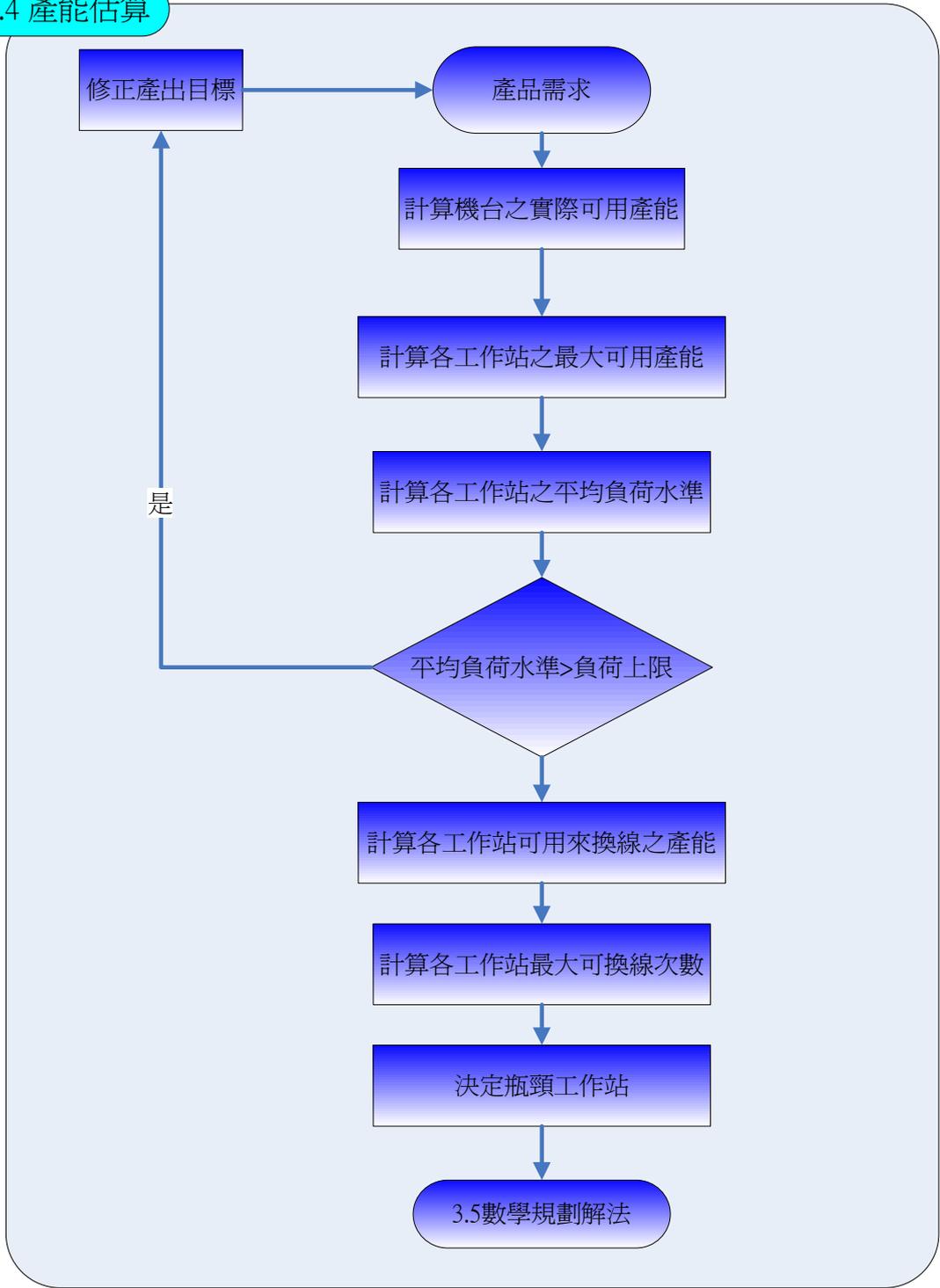


圖 3- 5 產能估算流程圖

步驟三：計算規劃週期內，各工作站 g 之平均負荷水準 U_g 。

規劃週期內各工作站 g 之平均負荷水準 U_g 之計算方式為各產品規劃量乘上其於工作站 g 之加工時間，再除以工作站 g 之最大可用產能與最大加工批量數。由於製造現場有不可預期之變因或是統計波動，故需保留保護性產能以吸收變異。本文設定一利用率上限 U_g^{Lim} 藉以限制工作站 g 之平均負荷水準 U_g 不得超過此上限，若平均負荷水準超出此上限，則必須回饋至規劃上層修正其產出目標。

$$U_g = \frac{\sum_{i=1}^I D_{i,g} \times P_{i,g}}{Cap_g \times b_g^{\max}} \quad \text{for each } g \quad \text{式 3- 11}$$

步驟四：計算各工作站 g 可用來換線之產能 $RCap_g$ 。

工作站 g 可用來換線產能 $RCap_g$ 之計算方式為各工作站 g 實際可用產能，扣除各工作站 g 用於加工產品所花費之加工時間。

$$RCap_g = Cap_g - \frac{\sum_{i=1}^I D_{i,g} \times P_{i,g}}{b_g^{\max}} \quad \text{for each } g \quad \text{式 3- 12}$$

步驟五：計算各工作站 g 之最大可換線次數 SN_g 。

其計算方法為工作站可用換線之產能 $RCap_g$ 除以工作站 g 之機台設置時間，而若連續批量工作站中某一工作站之最大可換線次數為所有工作站中最少的，則該工作站即為連續批量工作站之瓶頸工作站。

$$SN_g = \left\lfloor \frac{RCap_g}{ST_g} \right\rfloor \quad \text{for each } g \quad \text{式 3-13}$$

3.5、數學規劃解法

3.5.1、最佳化批量排程模組

最佳化批量排程模組所決定之決策主要有兩項目標，就是決定其各機台於各時點針對各產品之最適批量數；以及決定每部機台的加工順序。本模組以一整數規劃且利用 iLog OPL 之軟體進行運算，以下為其符號說明與問題模式。

◆ 符號說明



(1) 符號下標

i : 第 i 種產品, $i = 1 \dots I$

g : 第 g 個工作站, $g = 1 \dots G$

BN : 表示系統中之瓶頸工作站

m : 在工作站 g 中第 m 個機台, $m = 1 \dots M_g$

t : 規劃時格, $t = 1 \dots H$

(2) 輸入參數

b_g^{MAX} : 工作站 g 中所有機台的最大批量數(個)

$Cap_{g,m}$: 工作站 g 中之機台 m 的可用產能(以規劃時格為單位)

$D_{i,g}$: 規劃週期內產品 i 在工作站 g 的目標產出(個)

M_g : 指工作站 g 中總共有 M_g 台等效機台

$P'_{i,g}$: 產品 i 在工作站 g 中所有機台的處理時間(以規劃時格為單位)

$P'_{i,g^{BN}}$: 產品 i 在瓶頸工作站 g^{BN} 中所有機台的處理時間(以規劃時格為單位)

Q'_g : 工作站 g 到工作站 $g+1$ 的 Queue Time (以規劃時格為單位)

$r_{i,t}$: 產品 i 在時點 t 所到達批量工作量的數量(以規劃時格為單位)

S : 規劃時格(以分鐘為單位)

ST_g : 表示工作站 g 中所有機台的設置時間



(3) 決策變數

$x_{i,g,m,t}$: 指在時點 t 時產品 i 在工作站 g 中 m 機台開工的生產數量

$\alpha_{i,g,m,t} \begin{cases} 1 : \text{若在 } t \text{ 時點時工作站 } g \text{ 中 } m \text{ 機台開始加工產品 } i, \text{ 則 } \alpha_{i,g,m,t} \text{ 為 } 1 \\ 0 : \text{otherwise;} \end{cases}$

$\beta_{i,g,m} \begin{cases} 1 : \text{產品 } i \text{ 在工作站 } g \text{ 中之 } m \text{ 機台生產是否需要整備, 若是則為 } 1; \\ \text{反之則為 } 0 \\ 0 : \text{otherwise;} \end{cases}$

◆ 問題模式

(1) 目標函數：

$$\text{Min } \sum_{i=1}^I \sum_{m=1}^M \beta_{i,g}^{\text{BN},m} \quad \text{式 3-14}$$

(2) 限制式：

$$X_{i,g,m,t} \leq M \times \alpha_{i,g,m,t} \quad \text{for each } i, g, m, \text{ and } t \quad \text{式 3-15}$$

$$X_{i,g,m,t} \leq b_g^{\text{max}} \quad \text{for each } i, g, m, \text{ and } t \quad \text{式 3-16}$$

$$\sum_i \sum_t (\alpha_{i,g,m,t} \times P'_{i,g}) + \sum_i (\beta_{i,g,m} \times ST_{i,g}) \leq \frac{\text{Cap}_{g,m}}{S} \quad \text{for each } g \text{ and } m \quad \text{式 3-17}$$

$$\sum_{m=1}^M \sum_{t=1}^T X_{i,g,m,t} \geq D_{i,g} \quad \text{for each } i \text{ and } g \quad \text{式 3-18}$$

$$\sum_{k=1}^t \sum_{m=1}^{M_g} X_{i,g,m,k} \geq \sum_{k=1}^{t+P'_{i,g}} \sum_{m=1}^{M_g} X_{i,g+1,m,k} \quad \text{for each } i, g, \text{ and } t \quad \text{式 3-19}$$

$$\sum_{k=1}^t \sum_{m=1}^{M_g} X_{i,g,m,k} \leq \sum_{k=1}^{t+Q'_g+P'_{i,g}-1} \sum_{m=1}^{M_g} X_{i,g+1,m,k} \quad \text{for each } i, g, \text{ and } t \quad \text{式 3-20}$$

$$\sum_{i=1}^I \alpha_{i,g,m,t} \leq 1 \quad \text{for each } g, m, \text{ and } t \quad \text{式 3-21}$$

$$\sum_{k=0}^{P'_{i,g}} \alpha_{i,g,m,t+k} \leq 1 \quad \text{for each } i, g, m, \text{ and } t \quad \text{式 3-22}$$

$$\sum_{k=1}^t \sum_{m=1}^{M_1} X_{i,1,m,k} \leq \sum_{k=1}^t r_{i,k} \quad \text{for each } i \text{ and } t \quad \text{式 3-23}$$

$$\beta_{i,g,m} \times M \geq \sum_{t=1}^T \alpha_{i,g,m,t} \quad \text{for each } i, g \text{ and } m \quad \text{式 3- 24}$$

$$x_{i,g,m,t} \geq 0 \quad \text{for each } i, g, m, \text{ and } t \quad \text{式 3- 25}$$

$$\alpha_{i,g,m,t} \in (0,1) \quad \text{for each } i, g, m, \text{ and } t \quad \text{式 3- 26}$$

(3) 模式說明：

➤ 目標函數說明：

$$\text{Min} \sum_{i=1}^I \sum_{m=1}^M \beta_{i,g^{\text{BN}},m} \quad \text{式 3- 14}$$

目標函數是最小化瓶頸工作站總換線次數，由於系統之瓶頸工作為配向膜塗佈工作站(PI Print)，故連續批量工作站最主要之目的為將瓶頸產出儘快轉變為系統之產出。除考量工件到臨時間及滿足目標產出外，連續批量工作站應減少其不必要的換線時間，使批量工作站有足夠產能應付緊急的突發狀況，故本文所發展之混合整數規劃之目標函數設定為最小化瓶頸工作站機台之總換線次數。

限制式說明：

$$x_{i,g,m,t} \leq M \times \alpha_{i,g,m,t} \quad \text{for each } i, g, m, \text{ and } t \quad \text{式 3- 15}$$

式 3- 15 代表生產數量 $x_{i,g,m,t}$ 與二元變數 $\alpha_{i,g,m,t}$ 的關係性。若 $\alpha_{i,g,m,t}$ 係為 0，表示在規劃時格 t 工作站 g 中的機台 m 不會開工生產產品 i ，即生產數量強迫為 0；若為 1，表示在規劃時格 t 工作站 g 中的機台 m 會生產產品 i ，即式 3- 15 恆成立。

$$X_{i,g,m,t} \leq b_g^{\max} \quad \text{for each } i, g, m, \text{ and } t \quad \text{式 3-16}$$

式 3-16 的限制代表所求出之生產批量不能超過其機台本身所設計的最大加工批量。

$$\sum_i \sum_t (\alpha_{i,g,m,t} \times P'_{i,g}) + \sum_i (\beta_{i,g,m} \times ST_{i,g}) \leq \frac{\text{Cap}_{g,m}}{S} \quad \text{for each } g \text{ and } m \quad \text{式 3-17}$$

式 3-17 限制了每個工作站中每部機台的產能限制。 $\alpha_{i,g,m,t}$ 代表了在規劃時格 t 工作站 g 中機台 m 是否開工生產 i 產出，乘上其加工時間則表示了佔用該機台多少的規劃時格。因每個工作站中每部機台有其固定的產能 $\text{Cap}_{g,m}/S$ ，而所生產的總量不可超過其產能的限制。

$$\sum_{m=1}^M \sum_{t=1}^T X_{i,g,m,t} \geq D_{i,g} \quad \text{for each } i \text{ and } g \quad \text{式 3-18}$$



式 3-18 表示在規劃幅度內，每個工作站 g 所生產產品 i 的總產量，不得低於其目標產出 $D_{i,g}$ 。

$$\sum_{k=1}^t \sum_{m=1}^{M_g} X_{i,g,m,k} \geq \sum_{k=1}^{t+P'_{i,g}} \sum_{m=1}^{M_g} X_{i,g+1,m,k} \quad \text{for each } i, g, \text{ and } t \quad \text{式 3-19}$$

式 3-19 則是表示工作站間的流量限制，當產品在工作站 g 開始加工時，必須至少要經過加工時間 $P'_{i,g}$ 後，才能在工作站 $g+1$ 開始進行加工。故在規劃時格 t 之間工作站 g 生產產品 i 的總量，必會大於在規劃時格 $t+P'_{i,g}$ 之間工作站 $g+1$ 生產產品 i 的總量。

$$\sum_{k=1}^t \sum_{m=1}^{M_g} X_{i,g,m,k} \leq \sum_{k=1}^{t+Q'_g+P'_{i,g}-1} \sum_{m=1}^{M_g} X_{i,g+1,m,k} \quad \text{for each } i, g, \text{ and } t \quad \text{式 3-20}$$

式 3-20 表示 TFT-LCD 的產品等候時間限制，當產品 i 在工作站 g 中加工完畢後，必須在等候時間限制 Q'_g 內於工作站 $g+1$ 中的機台上開始加工，否則則形成報廢品。故在規劃時格 1 至 t 之間工作站 g 生產產品 i 的總量，必須小於規劃時格 1 至 $t+P'_{i,g}+Q'_g$ 之內送到工作站 $g+1$ 加工產品 i 的總量。

$$\sum_{i=1}^I \alpha_{i,g,m,t} \leq 1 \quad \text{for each } g, m, \text{ and } t \quad \text{式 3-21}$$

式 3-21 表示當產品 i 在工作站 g 中的機台 m 上加工時，該機台不能同時加工其他的產品，故在規劃時格 t 的 $\alpha_{i,g,m,t}$ 必須小於等於 1。



$$\sum_{k=0}^{P'_{i,g}-1} \alpha_{i,g,m,t+k} \leq 1 \quad \text{for each } i, g, m, \text{ and } t \quad \text{式 3-22}$$

式 3-22 則是限制當在規劃時格 t 工作站 g 中的機台 m 開始生產產品 i 時，該機台之後的 $P'_{i,g}$ 時間內，不能開工生產任何的產品，也就是在 $P'_{i,g}$ 的時間內只會有一種產品 i 會在該機台生產，故其值小於等於 1。

$$\sum_{k=1}^t \sum_{m=1}^{M_i} X_{i,1,m,k} \leq \sum_{k=1}^t r_{i,k} \quad \text{for each } i \text{ and } t \quad \text{式 3-23}$$

式 3-23 則是限制各產品各批量的來到時間限制，其限制在第一個批量工作站中所有機台於規劃時點 t 前生產產品 i 的數量，必須小於產品 i 於規劃時點 t 的產品來到量。

$$\beta_{i,g,m} \times M \geq \sum_{t=1}^T \alpha_{i,g,m,t} \quad \text{for each } i, g \text{ and } m \quad \text{式 3-24}$$

式 3-24 表示當產品 i 會在規劃週期內於工作站 g 中之機台 m 生產時，則 $\beta_{i,g,m}$ 之值會為 1；故當 $\beta_{i,g,m}$ 等於 1 時，乘上一極大的數時，定會大於在規劃週期內所有 $\alpha_{i,g,m,t}$ 的總和。

$$x_{i,g,m,t} \geq 0 \quad \text{for each } i, g, m, \text{ and } t \quad \text{式 3-25}$$

$$\alpha_{i,g,m,t} \in (0,1) \quad \text{for each } i, g, m, \text{ and } t \quad \text{式 3-26}$$

式 3-25 與式 3-26 則是為了控制變數的值域所做的限制。

由以上各限制式利用 iLog OPL 之軟體進行運算，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，這時必須回饋至上層的需求管理者，調降產出目標。

3.5.2、檢驗設置時間之合理性

本文之研究範圍為考量連續批量工作站之所有排程問題，其問題難度為 NP-Hard，故在以 iLOG OPL 軟體進行解題時，往往需要耗費很長的時間。但該軟體若搜尋到一合理解時，即會顯示於畫面上，且一合理解之搜尋時間比上最佳解之搜尋時間，其花費的時間相對較少，故合理解之搜尋也有其實際上之價值。

當求出一合理解時，必須再針對各工作站 g 中生產兩種以上產品之機台，也就是所謂的混線機台，檢驗其設置時間之合理性。

各工作站之機台若採混線生產時，其所有 $\beta_{i,g,m}$ 之加總值大於 1，而由於各產品來到時間不同之影響，其實際換線次數並不一定等於所有 $\beta_{i,g,m}$ 之加總；舉例來說，若有一機台其規劃結果設定為混線機台，負責生產產品

A 與產品 B 數批，而受到各產品來到時間不同之影響，其規劃結果之甘特圖可能如下圖 3-6 所示。

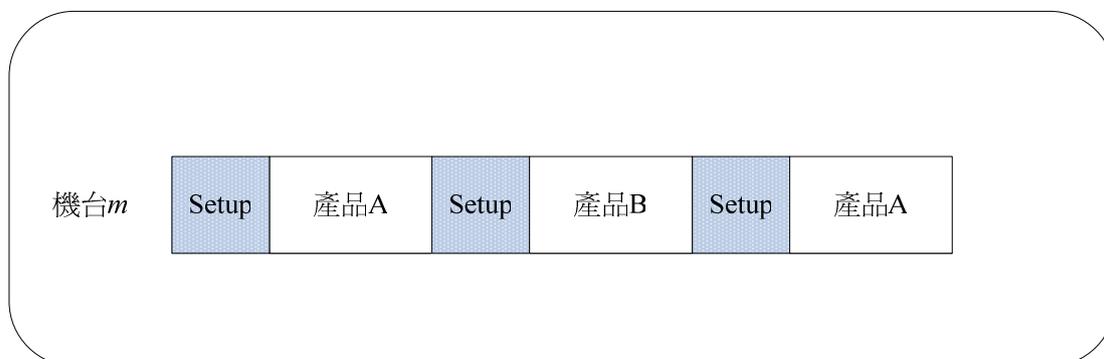


圖 3- 6 混線機台之可能排程

在上述情況中，其規劃結果應花費 2 次整備時間，而實際整備次數為 3 次，故在規劃結束後，必須檢驗規劃用於整備所耗費之產能是否與實際整備次數相同，若不相同則應依實際設置次數，檢測式 3- 17 之限制式能否滿足，使規劃結果可實際執行。

若求解產結果皆能滿足各期產出目標，則可畫出實際生產之甘特圖，將所得知各工作站各機台之生產量作為該機台之投料表，現場作業人員以此投料表與甘特圖進行投料將可符合等候限制與達到換線次數最小化之目標。

3.6、啟發式法則

本文考量到實際問題規模龐大，為兼顧運算時間之合理性，發展一啟發式法則求解彈性流線型工廠批量製程排程問題，其求解步驟如圖 3- 7 所示。

本啟發式法則按照「限制理論」之觀念，瓶頸決定系統的產出量，而欲使系統產出最大化必須使瓶頸工作站產出最大化，故本啟發式法則首先以最大加工批量來安排瓶頸工作站之排程。

而排定瓶頸工作站之排程後，對於在瓶頸工作站前之工作站而言，產品的投料時點即為該工作站生產產品的交期，故在瓶頸工作站開始加工前，前面的工作站必須及時加工完成該產品，並送到瓶頸前等待加工，但由於等候時間之限制，前面的工作站不能過早加工產品，以免使產品等候過久。對此本文發展一前推排程，來求解瓶頸工作站前工作站的排程，並且決定其最佳加工批量為何。

而針對瓶頸工作站後的工作站而言，需要做的工作就是即時將產品加工完成後送出，成為系統之實質產出，且符合等候時間之限制，本啟發式法則也提出一機制來計算瓶頸工作站後的後推排程。

有鑒於 TFT-LCD 產業 Cell 階段中之連續批量工作站中，以第三步驟之液晶灌注製程其加工時間較其他步驟長、機台價格較其他機台昂貴，故在此四個連續批量製程中，大多以液晶灌注製程為瓶頸工作站，故本文以瓶頸工作站落在第三個批量工作站，發展啟發式法則。為使能清楚說明解題流程，將瓶頸工作站先前須經過之工作站定義為一集合 G^{BBN} ；將瓶頸工作站之後須加工之工作站定義為一集合 G^{ABN} ，而該瓶頸工作站則訂為 g^{BN} 。

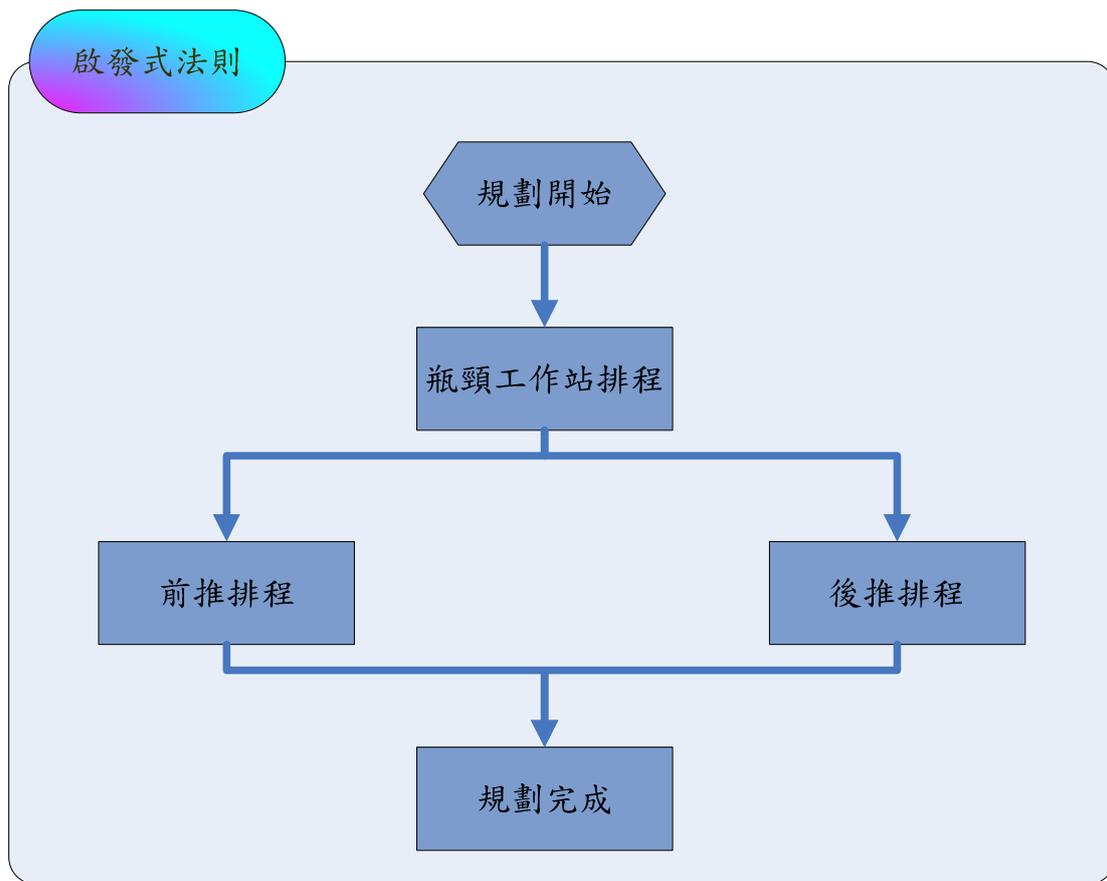


圖 3-7 啟發式法則規劃流程

3.6.1、瓶頸工作站排程

由 3.6.1 節中求出系統之瓶頸工作站 g^{BN} 之後，便可開始排定瓶頸工作站中各機台之排程。由於啟發式法則之目標為產出極大化，為了達到此目標，故在排訂瓶頸工作站時，皆以機台之最大載入批量 b_g^{\max} 進行規劃，以達到最佳績效，瓶頸工作站排程之流程如圖 3-8，其步驟如下所示。

先前於 3.2 節所提到 s_1 、 s_2 、 s_3 與 s_4 時間點之訂定，是以相對值而言，例如若其中 s_1 之值設定為 0，則可依產品加工時間與集批等候時間，決定 s_2 、 s_3 與 s_4 之值，但由於本文所發展之啟發式法則首先排定 WS03 之排程，故設定 s_3 之值為 0，等到排定其先前與後續之批量工作站排程後，再行調整其時間點。

步驟一：設定瓶頸工作站中機台的下次可利用時間點

瓶頸工作站中的機台從起始規劃時開始利用，而機台每次加工的批量皆為瓶頸工作站之最大載入批量。每次機台欲加工產品 i 時，該機台必須等到加工時間 $P'_{i,g}$ 後才能開始加工別的產品，故必須計算出機台 m 下次可利用之時間點 t_m 。每台機台可利用時間點之初始值為 0。

$$t_m^{init} = 0 \quad \text{for each } m \quad \text{式 3-27}$$

步驟二：依據各產品各批來到時間排定加工順序

先前在 3.3.2 節中已得知各產品各批量之來到時間，將此來到的各產品各批量，依據瓶頸工作站之最大加工批量數彙集並排訂為同一批加工。而該批量於瓶頸工作站之最早可加工時間點為該批量中最晚到臨批量之到臨時點。



步驟三：依照加工順位找出對應之產品種類 i ，搜尋是否有機台加工相同產品別

為節省機台之設置時間，當要排定產品 i 之排程時，必須先確定是否有機台正加工相同產品 i ，如此則可省去一次換線整備時間。若搜尋結果有此機台存在，且此機台加工該批產品 i 後不會超過瓶頸工作站之規劃週期，則進行步驟五；反之，則進行步驟四。

步驟四：若無機台加工相同產品，則尋找最快可加工之機台

當進行步驟三後，無法找到有機台加工相同之產品 i ，則代表機台必須花費一設置時間才可加工該產品 i ，此時則尋找最快可加工之機台，即機台下次可利用時間最接近該批最早可加工時間點，並進行步驟五。

步驟五：設定決策變數，且更新相關生產參數

當此加工順位之對應產品別 i 確定要由機台 m 加工時，則使規劃時點 t 在機台 m 上加工產品 i 的決策變數 $\alpha_{i,g}^{BN,m,t}$ 之值為 1，另外，要更新其相關

生產參數，包括機台 m 下次可利用時間點、機台 m 加工之產品種類，由於瓶頸工作站加工產品時的加工時間也代表著先前工作站之交期，故要更新其產品 i 於時點 t 前需累積的到臨數量 $Due_{i,t}$ 。更新完所有資訊後則重複進行步驟三，直到所有批量皆已規劃完成。

經過瓶頸工作站之排程後，可求得 $\alpha_{i,3,m,t}$ 之決策變數以及其開始生產之時點 t_m ，再進行前推排程以及後推排程。

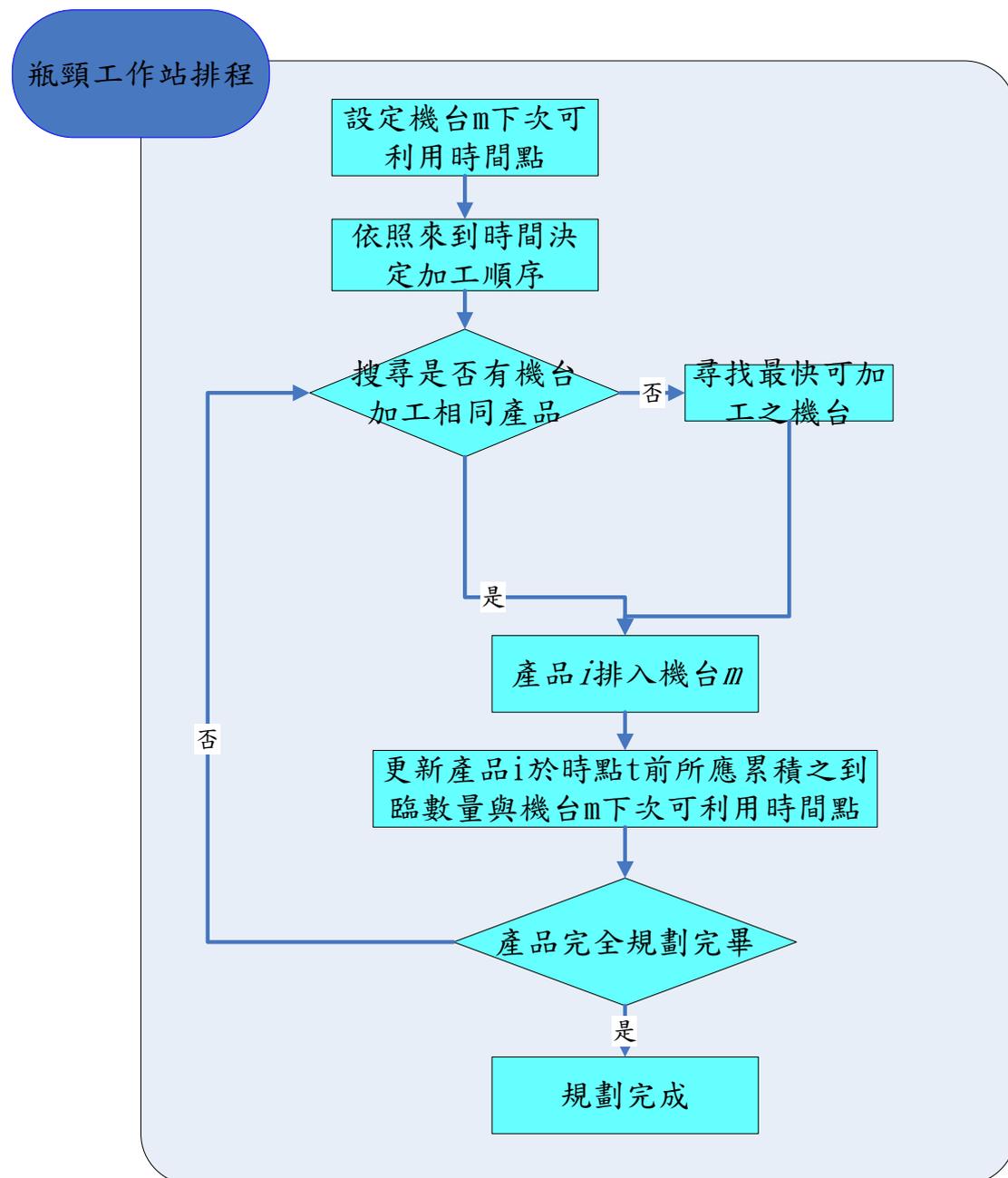


圖 3- 8 瓶頸工作站排程流程圖

3.6.2、前推排程

在排定了瓶頸工作站之排程後，位於瓶頸工作站前的所有工作站必須盡全力滿足瓶頸工作站所規劃的預定生產排程，故瓶頸工作站前的所有工作站係以瓶頸工作站之預定加工時間點當作各對應產品批的交期，並且由於等候時間的限制，不能事先生產過多的產品堆在瓶頸機台前。所以為了快速得出瓶頸工作站前各工作站合理的排程，本啟發式法則提出一限制滿足規劃(Constraint Satisfying Programming)模式，藉由此模式來求得一合理解，使先前規劃的瓶頸工作站排程可行。

由於iLOG OPL軟體在運算必須以0當作規劃之起始點，也就是說 S_1 之值必須設訂為0，故先前於3.5節所訂定之參數 $Due_{i,t}$ ，必須轉化為符合此一相對時間距離。所以，針對所有參數 $Due_{i,t}$ 之設定，其時間點 t 必須再加上產品 i 於WS01、WS02之加工時間與在WS01集批等後之時間。

◆ 符號說明

(1) 符號下標

i : 第 i 種產品， $i = 1 \dots I$

g : 第 g 個工作站， $g \in G^{BBN}$ ，且 $G^{BBN} = (g^{BBN1}, g^{BBN2})$

m : 在工作站 g 中第 m 個機台， $m = 1 \dots M_g$

t : 規劃時格之長度， $t = 1 \dots H$

(2) 輸入參數

b_g^{\max} : 工作站 g 機台的最大加工批量數(個)

$Cap_{g,m}$: 工作站 g 機台 m 的可用產能(以規劃時格為單位)

$D_{i,g}$: 規劃週期內產品 i 在工作站 g 的目標產出(個)



$Due_{i,t}$: 代表瓶頸批量工作站在時點 t 時，產品 i 所累積投料的數量

G^{BBN} : 代表所有在瓶頸工作站前工作站的集合，在此吾人定義瓶頸工作站前兩個工作站分別為 g^{BBN1} 與 g^{BBN2}

M_g : 指工作站 g 中總共有 M_g 台等效機台

$P'_{i,g}$: 產品 i 在工作站 g 中所有機台的處理時間(以規劃時格為單位)

Q'_g : 工作站 g 到工作站 $g+1$ 的 Queue Time (以規劃時格為單位)

S : 規劃時格(以分鐘為單位)

ST_g : 表示工作站 g 中所有機台的設置時間



(3) 決策變數

$X_{i,g,m,t}$: 指在規劃時格 t 時產品 i 在工作站 g 中 m 機台的生產數量

$\alpha_{i,g,m,t}$: $\begin{cases} 1 : \text{若在 } t \text{ 時格時工作站 } g \text{ 中 } m \text{ 機台會生產產品 } i, \text{ 則 } \alpha_{i,g,m,t} \text{ 為 } 1 \\ 0 : \text{otherwise;} \end{cases}$

$\beta_{i,g,m}$ $\begin{cases} 1 : \text{產品 } i \text{ 在工作站 } g \text{ 中之 } m \text{ 機台生產是否需要整備, 若是則為 } 1; \\ \text{反之則為 } 0 \\ 0 : \text{otherwise;} \end{cases}$

◆ 問題模式

(1)限制式：

$$\sum_{m=1}^{M_g} \sum_{k=1}^{t-P'_{i,g}} X_{i,g}^{BBN2,m,k} \geq Due_{i,t} \quad \text{for each } i \quad \text{式 3-28}$$

$$X_{i,g,m,t} \leq M \times \alpha_{i,g,m,t} \quad \text{for each } i, g, m, \text{ and } t \quad \text{式 3-29}$$

$$X_{i,g,m,t} \leq b_g \quad \text{for each } i, g, m, \text{ and } t \quad \text{式 3-30}$$

$$\sum_i \sum_t (\alpha_{i,g,m,t} \times P'_{i,g}) + \sum_i (\beta_{i,g,m} \times ST_{i,g}) \leq \frac{Cap_{g,m}}{S} \quad \text{for each } g \text{ and } m \quad \text{式 3-31}$$

$$\sum_{m=1}^M \sum_{t=1}^T X_{i,g,m,t} \geq D_{i,g} \quad \text{for each } i \text{ and } g \quad \text{式 3-32}$$

$$\sum_{k=1}^t \sum_{m=1}^{M_g} X_{i,g,m,k} \geq \sum_{k=1}^{t+P'_{i,g}} \sum_{m=1}^{M_g} X_{i,g+1,m,k} \quad \text{for each } i, g, \text{ and } t \quad \text{式 3-33}$$

$$\sum_{k=1}^t \sum_{m=1}^{M_g} X_{i,g,m,k} \leq \sum_{k=1}^{t+Q'_g+P'_{i,g}-1} \sum_{m=1}^{M_g} X_{i,g+1,m,k} \quad \text{for each } i, g, \text{ and } t \quad \text{式 3-34}$$

$$\sum_{k=1}^t \sum_{m=1}^{M_i} X_{i,1,m,k} \leq \sum_{k=1}^t r_{i,k} \quad \text{for each } i, \text{ and } t \quad \text{式 3-35}$$

$$\beta_{i,g,m} \times M \geq \sum_{t=1}^T \alpha_{i,g,m,t} \quad \text{for each } i, g \text{ and } m \quad \text{式 3-36}$$

$$\sum_{i=1}^I \alpha_{i,g,m,t} \leq 1 \quad \text{for each } g, m, \text{ and } t \quad \text{式 3-37}$$

$$\sum_{k=0}^{P'_{i,g}} \alpha_{i,g,m,t+k} \leq 1 \quad \text{for each } i, g, m, \text{ and } t \quad \text{式 3-38}$$

$$X_{i,g,m,t} \geq 0 \quad \text{for each } i, g, m, \text{ and } t \quad \text{式 3-39}$$

$$\alpha_{i,g,m,t} \in (0,1) \quad \text{for each } i, g, m, \text{ and } t \quad \text{式 3-40}$$

(2) 模式說明

$$\sum_{m=1}^{M_g} \sum_{k=1}^{t-P_{i,g}'} X_{i,g}^{BBN^2,m,k} \geq Due_{i,t} \quad \text{for each } i \quad \text{式 3-28}$$

式 3-28 表示經過瓶頸工作站排程後，瓶頸前的工作站必須及時配合其規劃結果，故當在規劃時點 t 時，瓶頸工作站需要產品 i 的總數，必須等於瓶頸工作站前於規劃時點 $t - P_{i,g}'$ 前所生產產品 i 的總數，才能使瓶頸工作站所規劃的排程可行。

式 3-29 至式 3-40 的模式敘述，與 3.4.2 節之模式相同，其目的在做為產品的流量限制、等候時間限制、機台佔用限制，詳細之描述如 3.4.2 節，故在此不再加以敘述。

3.6.3、後推排程



在排定了瓶頸工作站之排程後，其後的工作站必須盡快將瓶頸所產出的產品進行加工而後送出。本文考量 TFT-LCD 產業 Cell 中段連續批量工作站中最後的封口製程，其最大加工批量遠比先前的工作站為小，且其加工時間也較短。故當前幾站工作站將產品產出後，進入最後工作站時僅須考量是否有空閒的機台可供其加工，以及是否超出其限制的等候時間，而產品選用之加工機台與加工順序並不會影響本問題所設定的目標函數。故其後推排程運算步驟如下所示。

步驟一：計算工作站中機台之下次可利用時間點

計算出機台 m 下次可利用之時間點 t_m 。而每台機台可利用時間點之初始值為 0。

步驟二：利用瓶頸工作站所規劃之投料時點，計算其產品完工時間。

當瓶頸工作站排定其排程後，可產出產品之加工決策變數 $\alpha_{i,g}^{BN,m,t}$ ，再

加上產品於瓶頸工作站之加工時間，即可得知瓶頸工作站其後工作站可加工產品之時點。此時其後之工作站須先確定是否有空閒之機台，若有則排進該機台，並更新下次可再加工時間點 t_m 以及排訂其加工決策變數，若所有產品皆已排訂，則進行步驟四，而若無可加工機台，則進行步驟三。

步驟三：若無可加工機台，則放入暫存區，並計算最晚需加工時間。

由於瓶頸工作站之加工批量較最後一工作站加工批量為大，故可能發生產品到達最後一工作站而無機台可加工之情形。當產品於某一時點到達最後之工作站而無可加工機台時，則要將該產品送進暫存區。此外，必須比較每個機台之下次可加工時間點，選擇其最接近者，也就是所有 t_m 中的最小值，將產品排入該機台加工，最後更新其機台之下次可加工時間與排訂加工決策變數。

步驟四：若所有產品皆已排訂，則結束規劃，並調整其時間軸

當此一連續批量工作站之每一工作站排程皆已排訂後，必須重新調整其加工之時間點，也就是將 WS01 最早規劃時間點 S_1 之值設為 0。由於於 3.6.2 節之前推排程符合此一時間軸，故不加以更動，但瓶頸批量工作站及其後續之批量工作站，則需以此時間軸為基準，調整其加工之時間點。以瓶頸工作站為例，其所有決策時點必須加上 WS01、WS02 之加工時間與產品於 WS01 之集批等候時間。

第四章、實例驗證

為了驗證本文第三章所發展之連續批量排程機制之可行性，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，對本文之數學規劃解法與啟發式法則進行實例之驗證。

本章之驗證流程可分為下列三個部份：

1. 系統環境說明：描述生產系統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連續批量排程機制之執行、演算過程。
3. 結果分析與比較：就第三章之規劃結果與其他方法進行比較與分析。

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，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已知，詳細資料如下表 4-1 所示。

表 4-1 產品之加工步驟與加工時間

步驟	工作站	加工時間 (單位：分鐘)		
		產品 A	產品 B	產品 C
5	WS01	240	260	280
6	WS02	180	200	220
7	WS03	260	280	300
8	WS04	20	40	60

2. 工作站基本資料：

本生產系統中，共考量 4 個工作站之資訊，其步驟分別為烘乾、真空回火、液晶灌入與封口。本章將分別以 WS01~WS04 表示各個工作站之編號。在每個工作站中的各個機台皆為等效平行機台，且各個工作站中有不同之機台與最大可加工批量，詳細資料如下表 4-2 所示。

表 4- 2 各工作站相關資料

工作站編號	WS01	WS02	WS03	WS04
最大加工批量數	12	15	6	2
機台數	2	2	2	2

3. 工作站機台整備時間：

本生產系統中，每一工作站機台皆有其整備時間，當機台要處理之產品與前批產品不同時，則需花費一整備時間，才能繼續加工，其詳細資料如下所示。

表 4- 3 各工作站機台整備時間

工作站	整備時間(單位：分鐘)
WS01	20
WS02	20
WS03	60
WS04	20

4.1.2、主生產排程規劃假設

1. 規劃週期：

規劃週期必須能涵蓋產品的生產週期時間，才能充分反應排訂之規劃與生產系統實際運作之連動性，故本文假設各工作站之規劃週期為半天(720 分鐘)。

2. 產品良率：

對於液晶面板因製程或生產時所造成產品的不良狀況，本文不加以考慮，亦即假設各加工步驟良率均為 1。

3. 產出目標與產品組合

本文於規劃週期內所欲產出之產品種類與產品數量，係依據配向膜塗佈工作站(PI Print)所給定之預計產出量如下表 4-4 所示。

表 4-4 規劃週期內各產品之預計產量

(單位：卡匣)	產品 A	產品 B	產品 C	總量
產出量	5	9	6	20

4. 瓶頸工作站之預計排程

根據配向膜塗佈工作站(PI Print)之詳細排程，得知產品於該工作站之完工時間，如下表 4-5 所示。

表 4-5 產品於配向膜塗佈工作站之完工時間

順序	產品	完成時間點(分)	批次	順序	產品	完成時間點	批次
1	A	1	1	11	B	261	5
2	B	42	1	12	C	304	4
3	C	88	1	13	B	321	6
4	B	102	2	14	A	345	4
5	A	123	2	15	B	383	7
6	B	162	3	16	C	425	5
7	C	184	2	17	A	463	5
8	B	201	4	18	B	488	8
9	A	223	3	19	C	540	6
10	C	244	3	20	B	620	9

4.2、需求規劃模組之執行過程與規劃結果

本節需求規劃主要有兩個目的：首先要決定出本連續批量排程之規劃時格為何，接著再依據配向膜塗佈工作站所排訂之排程，推估出各產品預計之來到時間點

4.2.1、計算規劃時格

步驟一：求取最大公因數

由所有 $P_{i,g}$ 值與各工作站等候時間限制 Q_g 之集合中，求得其最大公因數 S ，而以此最大公因數作為整數規劃模式之規劃時格，產品於各工作站之加工時間與等候時間如下表 4-6 所示，故吾人可知其最大公因數為 20(分鐘)。

表 4-6 各工作站加工時間與等候時間

單位：分鐘	工作站 WS01	工作站 WS02	工作站 WS03	工作站 WS04
產品 A	240	180	260	20
產品 B	260	200	280	40
產品 C	280	220	300	60
等候時間	--	240		360
最大公因數	20			

步驟二：計算各工作站規劃時點個數

將規劃週期除以先前求得之規劃時格，即得出每一批量工作站所必須規劃的規劃時點個數，下式係引用式 3-4。

$$T = \frac{H}{S} = \frac{720}{20} = 36 \quad \text{式 4-1}$$

步驟三：轉化加工時間與等候時間

將各產品於各機台之加工時間與限制之等候時間轉換成以規劃時格為單位如下表 4-7 所示。

表 4- 7 以規劃時格為單位表示各工作站加工時間與等候時間

單位：規劃時格	工作站 WS01	工作站 WS02	工作站 WS03	工作站 WS04
產品 A	20	14	19	5
產品 B	22	16	21	7
等候時間	--	12	18	

4.2.2、計算各產品預計來到時間

步驟一：標明各產品各批量之加工完成時點

當某一產品之某一批於配向膜塗佈工作站加工完成後，則將其完工時間點標註為 $W_{i,j}$ ，其中 i 代表產品種類， j 則代表產品 i 中的第幾批，下表 4- 8 為本例中產品於配向膜塗佈工作站之完工時間。

表 4- 8 產品於配向膜塗佈工作站之加工完成時點

順序	產品	批次	$W_{i,j}$	順序	產品	批次	$W_{i,j}$
1	A	1	1	11	B	5	261
2	B	1	42	12	C	4	304
3	C	1	88	13	B	6	321
4	B	2	102	14	A	4	345
5	A	2	123	15	B	7	383
6	B	3	162	16	C	5	425
7	C	2	184	17	A	5	463
8	B	4	201	18	B	8	488
9	A	3	223	19	C	6	540
10	C	3	244	20	B	10	620

步驟二：計算尚需加工時間

由配向膜塗佈工作站加工完成後，尚需經過數個序列工作站加工，產品才能到達批量工作站。故將其後之序列工作站所需之加工時間加總，再乘上一 X factor 當做緩衝，當作產品 i 中第 j 批之尚需加工時間 $L_{i,j}$ ，其中 K_i 代表其後序列工作站加工產品 i 之總加工時間。在此本文將 X factor 值設

為 1.5，下式係引用式 3-7，各產品各批尚需加工時間之結果如表 4-9 所示。

$$L_{i,j} = (X - factor) \times K_i = 1.5 \times 44 = 66(\text{分鐘}) \quad \text{式 4-2}$$

表 4-9 各產品各批尚需加工時間

<i>X - factor = 1.5</i>				
順序	產品	批次	K_i (分)	尚需加工時間
1	A	1	44	66
2	B	1	44	66
3	C	1	44	66
4	B	2	44	66
5	A	2	44	66
6	B	3	44	66
7	C	2	44	66
8	B	4	44	66
9	A	3	44	66
10	C	3	44	66
11	B	5	44	66
12	C	4	44	66
13	B	6	44	66
14	A	4	44	66
15	B	7	44	66
16	C	5	44	66
17	A	5	44	66
18	B	8	44	66
19	C	6	44	66
20	B	9	44	66

步驟三：計算各產品各批量預計來到時間

將某一產品中某一批量於配向膜塗佈工作站之完工時間點 $W_{i,j}$ 加上尚需加工時間 $L_{i,j}$ ，則可得到該產品中該批量到達批量工作站之預計到達時間點 $F_{i,j}$ ，下式係引用式 3-8，其計算結果如表 4-10 所示。

$$F_{A,1} = W_{A,1} + L_{A,1} = 1 + 66 = 67(\text{分})$$

式 4-3

表 4-10 各產品各批量預計來到時間

順序	產品	批次	$F_{i,j}$ (分)
1	A	1	67
2	B	1	108
3	C	1	154
4	B	2	168
5	A	2	189
6	B	3	228
7	C	2	250
8	B	4	267
9	A	3	289
10	C	3	310
11	B	5	327
12	C	4	370
13	B	6	387
14	A	4	411
15	B	7	449
16	C	5	491
17	A	5	529
18	B	8	554
19	C	6	606
20	B	9	644

步驟四：轉化以規劃時格為單位

將各產品各批量預計來到時間 $F_{i,j}$ 轉化為以規劃時格為單位之時間點，則可知道在所有以規劃時格為單位之時間點 t ，其產品 i 所到達的數量 $r_{i,t}$ 。另外，本小節之目的在於計算出各產品預計來到批量工作站之相對時間，故可將第一批來到批量工作站之產品來到時間設定為規劃起始點。以表 4-10 之產品 A 為例，來到時間點 67~86 為第一個規劃時間點，在此期

間共有 1 個產品 A 會到達，故設定 $r_{A,1}$ 之值為 1。而其計算結果如下表 4- 11 所示。

表 4- 11 轉換成以規劃時格為單位之產品來到時間

$r_{A,t}$	參數值	$r_{B,t}$	參數值	$r_{C,t}$	參數值
$r_{A,1}$	1	$r_{B,3}$	1	$r_{C,5}$	1
$r_{A,7}$	1	$r_{B,6}$	1	$r_{C,10}$	1
$r_{A,12}$	1	$r_{B,9}$	1	$r_{C,13}$	1
$r_{A,18}$	1	$r_{B,11}$	1	$r_{C,16}$	1
$r_{A,24}$	1	$r_{B,14}$	1	$r_{C,22}$	1
		$r_{B,17}$	1	$r_{C,28}$	1
		$r_{B,20}$	1		
		$r_{B,26}$	1		
		$r_{B,30}$	1		
總和	5	總和	9	總和	6

4.3、產能估算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 WS01 工作站生產產品 A 為例。

步驟一：計算規劃週期內，各批量工作站中每一機台之實際可用產能。

各批量工作站 g 中每一機台 m 之實際可用產能為扣除維修保養、機台當機與必要設置時間等預留產能後之剩餘可用產能。本文設定維修保養與機台當機所佔之時間比例為 0.05，下列之推算結果係以工作站 WS01 中機台為例，下式係引用式 3- 9，而其結果如表 4- 12 所示。

$$Cap_{1,1} = \frac{T \times 24 \times 60 \times (1 - PM_g - DT_g) - ST}{S} = \frac{720 \times 0.95 - 20}{20} = 33.2 \quad \text{式 4- 4}$$

表 4- 12 各工作站每一機台實際可用產能

機台	WS01	WS02	WS03	WS04
1	33.2	33.2	31.2	33.2
2	33.2	33.2	31.2	33.2

步驟二：計算規劃週期 T 內，各工作站 g 之最大可用產能 Cap_g 。

工作站 g 之最大可用產能為各工作站之機台數 M_g 乘以各機台之實際可用產能，下式係引用式 3- 10，而其結果如表 4- 13 所示。

$$Cap_1 = M_g \times Cap_{g,m} = 2 \times 33.2 = 66.4 (\text{單位：規劃時格}) \quad \text{式 4- 5}$$

表 4- 13 各工作站最大可用產能

	WS01	WS02	WS03	WS04
機台數	2	2	2	2
最大可用產能(單位：規劃時格)	66.4	66.4	62.4	66.4

步驟三：計算規劃週期內，各工作站 g 之平均負荷水準 U_g 。

規劃週期內各工作站 g 之平均負荷水準 U_g 之計算方式為各產品規劃量乘上其於工作站 g 之加工時間，再除以工作站 g 之最大可用產能與最大加工批量數，下列之推算結果係以工作站 WS01 為例。下式係引用式 3- 11，此步驟之規劃結果彙整於表 4- 14。

$$U_1 = \frac{\sum_{i=1}^I D_{i,g} \times P'_{i,g}}{Cap_g \times b_g^{\max}} = \frac{5 \times 12 + 9 \times 13 + 6 \times 14}{66.4 \times 12} = 0.328 \quad \text{式 4-6}$$

表 4- 14 各工作站平均負荷水準

	WS01	WS02	WS03	WS04
平均負荷水準	0.328	0.202	0.751	0.309

本文設定利用率上限 U_g^{Lim} 為 0.95 皆高於限制工作站 g 之平均負荷水準 U_g ，故可繼續進行以下之規劃步驟。

步驟四：計算各工作站 g 可用來換線之產能 $RCap_g$ 。

工作站 g 可用來換線產能 $RCap_g$ 之計算方式為各工作站 g 實際可用產能，扣除各工作站 g 用於加工產品所花費之加工時間，下列之推算結果係以工作站 WS01 為例，下次係引用式 3- 12，而其結果如表 4- 15 所示。

$$RCap_1 = 66.4 - \frac{(5 \times 12 + 9 \times 13 + 6 \times 14)}{12} = 44.65 \quad \text{式 4-7}$$

表 4- 15 各工作站可用來換線之產能

(單位：規劃時格)	WS01	WS02	WS03	WS04
可用來換線之產能	44.65	53	17.36	45.9

步驟五：計算各工作站 g 之最大可換線次數 SN_g 。

其計算方法為工作站可用換線之產能 $RCap_g$ 除以工作站 g 之機台設置

時間，而若連續批量工作站中某一工作站之最大可換線次數為所有工作站中最少的，則該工作站即為連續批量工作站之瓶頸工作站，下列之推算結果係以工作站 WS01 為例，而 WS03 即為連續批量工作站之瓶頸工作站，下式係引用式 3- 13，其結果如表 4- 16 所示。

$$SN_1 = \left\lfloor \frac{44.65}{1} \right\rfloor = 44 \quad \text{for each } g \quad \text{式 4- 8}$$

表 4- 16 各工作站之最大可換線次數

	WS01	WS02	WS03	WS04
最大可換線次數	44	53	5	45



4.4、數學規劃解法之執行過程與規劃結果

4.4.1、最佳化批量排程模組

在求出規劃時格後，即可進行混合整數規劃，以下為本章例題之常數：

(1) 符號下標

i : 第 i 種產品， $i = 1 \dots 3$

g : 第 g 個工作站， $g = 1 \dots 4$

BN : 表示系統中之瓶頸工作站

m : 在工作站 g 中第 m 個機台， $m = 1 \dots M_g$

t : 規劃時格， $t = 1 \dots 72$

吾人所使用之運算環境為中央處理器(CPU) Intel Pentium 4 3.0G Hz

之個人電腦，內含 1G 之隨機存取記憶體，在此環境下以 ilog OPL 3.5.1 進行混合整數規劃之運算。下表 4- 17 為所建構數學模式之統計資料，規劃週期內總產出如表 4- 18 所示。

表 4- 17 ilog OPL 數學模式之統計資料

最佳解目標值：	3
限制式總數：	15319
變數個數：	6964
求解時間：	32.48 秒
求解節點數：	142
計算次數(Iterations)：	14964

表 4- 18 規劃幅度內各產品總產出

	WS01	WS02	WS03	WS044
產品 A	5	5	5	5
產品 B	9	9	9	9
產品 C	6	6	6	6
總產出	20	20	20	20

針對瓶頸工作站各機台所生產之產品種類，其結果如下所示。規劃結果顯示本文所發展之混合整數規劃，可使瓶頸工作站各機台朝向專線生產之生產方式，達到換線次數最小化之目的。

表 4- 19 瓶頸工作站各機台生產之產品種類

	瓶頸工作站機台	
	機台 1	機台 2
產品 A	⊙	
產品 B		⊙
產品 C	⊙	

總生產種類	2	1
換線次數	2	1

另外，針對各工作站規劃週期內各機台之利用率如下所示，結果顯示各工作站各機台之利用率皆不超過本文所設定之利用率上限 95%，而 WS03 之平均機台利用率為 0.9027 高於其他工作站之利用率水準，故 WS03 為瓶頸工作站，和本文先前於產能估算模組利用最大可換線次數所決定之瓶頸工作站結果相同。

表 4- 20 規劃週期內各工作站各機台之利用率

	WS01	WS02	WS03	WS04
機台 1	0.7777	0.8888	0.9444	0.7222
機台 2	0.8333	0.3611	0.8611	0.1111
平均利用率	0.8055	0.6250	0.9027	0.4166



而各混合整數規劃之決策變數 $X_{i,g,m,t}$ 其運算結果如下表 4- 21 所示，為求簡潔易懂，本表僅列出非零之變數值。

表 4- 21 決策變數 $X_{i,g,m,t}$ 之運算結果

變數名稱	變數值	加工產品	工作站	加工機台	加工時間點	加工批量
$X_{Pb,1,2,15}$	3	B	1	2	15	3
$X_{Pb,1,1,32}$	6	B	1	1	32	6
$X_{Pa,1,1,52}$	5	A	1	1	52	5
$X_{Pc,1,2,64}$	6	C	1	2	64	6
$X_{Pb,2,1,51}$	6	B	2	1	51	6
$X_{Pa,2,1,72}$	5	A	2	1	72	5
$X_{Pc,2,2,79}$	6	C	2	2	79	6
$X_{Pb,2,1,94}$	3	B	2	1	94	3
$X_{Pb,3,2,73}$	6	B	3	2	73	6
$X_{Pa,3,1,82}$	5	A	3	1	82	5
$X_{Pc,3,1,97}$	6	C	3	1	97	6

X _{Pb,3,2,108}	3	B	3	2	108	3
X _{Pb,4,1,87}	2	B	4	1	87	2
X _{Pb,4,1,91}	1	B	4	1	91	1
X _{Pa,4,1,96}	2	A	4	1	96	2
X _{Pb,4,1,98}	1	B	4	1	98	1
X _{Pa,4,2,99}	2	A	4	2	99	2
X _{Pa,4,1,101}	1	B	4	1	101	1
X _{Pb,4,1,103}	2	B	4	1	103	2
X _{Pc,4,1,112}	2	C	4	1	112	2
X _{Pc,4,1,115}	2	C	4	1	115	2
X _{Pc,4,1,118}	2	C	4	1	118	2
X _{Pb,4,1,122}	1	B	4	1	122	1
X _{Pb,4,1,139}	2	B	4	1	139	2

4.4.2、檢驗設置時間之合理性

其中，決策變數 $\beta_{i,3,m}$ 於瓶頸工作站之規劃結果如表 4-19 所示，瓶頸工作站中之機台 2，僅加工產品 B，且其所花費換線次數為 1 次，故屬於專線機台；而機台 1 則加工產品 A 與產品 C，所花費換線次數為 2 次，故屬於混線機台。

本節主要分析瓶頸工作站中混線機台也就是機台 1 之實際換線次數是否等於其規劃所耗用換線之產能。瓶頸工作站中機台 1 之排程如下所示。

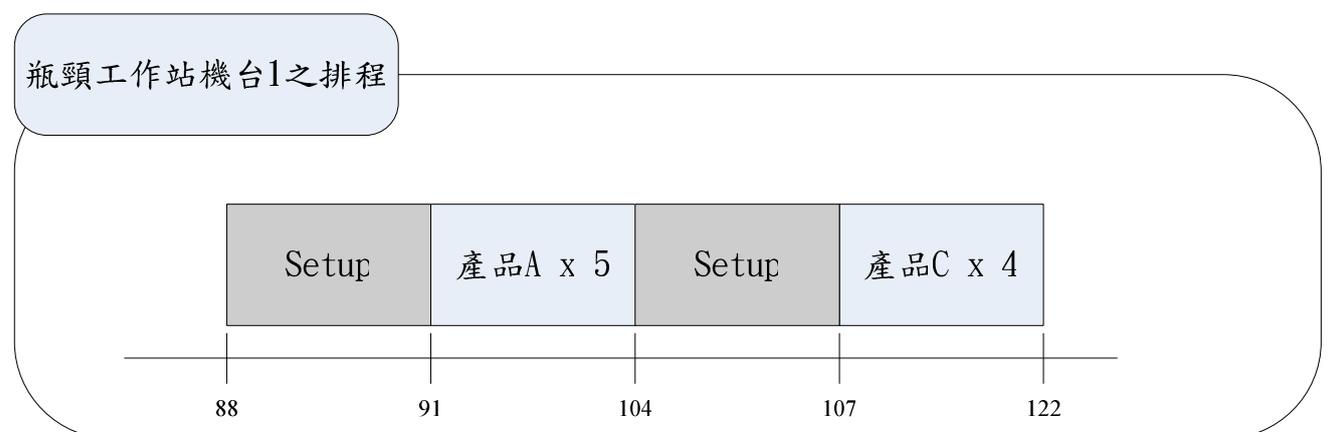


圖 4- 1 瓶頸工作站機台 2 之排程

如圖 4-1 所示，瓶頸工作站中機台 2 之 $\sum_i \beta_{i,3,2}$ 值為 2，且混合整數之規劃結果顯示在該機台所花費之換線次數也為 2 次，故符合其產能之限制。

4.5、啟發式法則之執行過程與規劃結果

本文所發展之啟發式法則，首先先經由 3.4 節之產能推估模組，決定瓶頸批量工作站為何，再針對瓶頸批量工作站排訂其排程。經由求算結果得知瓶頸批量工作站為 WS03。

4.5.1、瓶頸工作站排程

步驟一：設定瓶頸工作站中機台的下次可利用時間點

先前於 3.2 節所提到 S_1 、 S_2 、 S_3 與 S_4 時間點之訂定，是以相對值而言，例如若其中 S_1 之值設定為 0，則可依產品加工時間與集批等候時間，決定 S_2 、 S_3 與 S_4 之值，但由於本文所發展之啟發式法則首先排定 WS03 之排程，故設定 S_3 之值為 0，等到排定其先前與後續之批量工作站排程後，再行調整其時間點。

瓶頸工作站中的機台從起始規劃時開始利用，而機台每次加工的批量皆為瓶頸工作站之最大載入批量。每次機台欲加工產品 i 時，該機台必須等到加工時間 $P'_{i,g}$ 後才能開始加工別的產品，故必須計算出機台 m 下次可利用之時間點 t_m 。而每台機台可利用時間點之初始值為 0。

步驟二：依據各產品各批來到時間排定加工順序

由表 4-11 中可知道各產品到達批量工作站之預計時間點，將此來到的各產品各批量，依據瓶頸工作站之最大加工批量數排訂為同一批加工，而該批於瓶頸工作站之最早可加工時間點為該批最晚來到之時點。以產品 A 為例，其各批分別預計在時間點 1、7、12、18 與 24 到達批量工作站，則將此 5 批設定為一起加工，而最早可開始加工時間點則訂為 24。所有結

果如下所示。

表 4- 22 瓶頸批量工作站之加工順序

順序	產品	最早可開始加工時間點	加工批量數
1	B	17	6
2	A	24	5
3	C	28	6
4	B	30	3

步驟三：依照加工順序，搜尋是否有機台加工相同產品

為節省機台之設置時間，當要排定產品 i 之排程時，必須先確定是否有機台其加工相同之產品 i ，如此則可省去一次換線整備時間。若搜尋結果有此機台存在，且此機台加工該批產品 i 後不會超過瓶頸工作站之規劃週期，則進行步驟五；反之，則進行步驟四。其排程如下表 4- 23 所示。

表 4- 23 依據步驟三之加工決策

變數名稱	變數值	加工產品	加工機台	加工時間點	加工批量	完工時間點
$X_{Pb,3,1,17}$	6	B	1	20	6	31
$X_{Pa,3,2,24}$	5	A	1	27	5	37

步驟四：若無機台加工相同產品，則尋找最快可加工之機台

當進行步驟三後，無法找到有機台加工相同之產品 i ，則代表機台必須花費一設置時間才可加工該產品 i ，此時則尋找最快可加工之機台，即機台下次可利用時間最接近該批最早可加工時間點，並進行步驟五。其排程如下表 4- 24 所示。

表 4- 24 依據步驟四之加工決策

變數名稱	變數值	加工產品	加工機台	加工時間點	加工批量	完工時間點
$X_{Pc,3,1,34}$	6	C	1	37	6	49
$X_{Pb,3,2,40}$	3	B	2	44	3	54

步驟五：設定決策變數，且更新相關生產參數。

當此加工順位之對應產品別 i 確定要由機台 m 加工時，則使規劃時點 t 在機台 m 上加工產品 i 的決策變數 $\alpha_{i,g^{BN},m,t}$ 之值為 1，若機台加工前一產品之種類與正要加工之產品種類不同時，則必須先加上一換線整備時間。另外，要更新其相關生產參數，包括機台 m 下次可利用時間點、機台 m 加工之產品種類，而由於瓶頸工作站加工產品時的加工時間也代表著先前工作站之交期，故要更新其產品 i 於時點 t 前需累積的數量 $Due_{i,t}$ 。更新完所有資訊後則重複進行步驟三，直到所有批量皆已規劃完成。下表 4- 25 為更新瓶頸批量工作站各機台下次可利用時間點，而下表 4- 26 則代表規劃完成後產品 i 於時點 t 前需累積的數量。

表 4- 25 更新瓶頸批量工作站機台下次可利用時間點

更新次數	M1	M2
0	0	0
1	34	41
2	52	58

表 4- 26 產品 i 於時點 t 前需累積的數量

規劃時點	產品 A	產品 B	產品 C
17	0	6	0
24	5	6	0
34	5	6	6
40	5	9	6

針對本文所發展之啟發式法則，將之寫成 visual basic 程式語言，並利用 MicroSoft Visual Basic 6.0 軟體進行運算，其運算時間及所計算瓶頸工作站之總換線次數與利用率水準如下所示。結果顯示本啟發式法則能夠快速得出一合理解，但其 $\sum_i \beta_{i,3,m}$ 值相較於混合整數規劃之結果為高，且利用率也相對偏高。

表 4- 27 啟發式法則之瓶頸工作站各生產結果

	瓶頸工作站機台	
	機台 1	機台 2
產品 A		⊙
產品 B	⊙	⊙
產品 C	⊙	
總生產種類	2	2
機台利用率	0.9722	0.9167
平均利用率	0.9444	
運算時間		

4.5.2、前推排程

本啟發式法則提出一限制滿足規劃模式來排訂其瓶頸工作站前所有工作站之排程。吾人所使用之運算環境為中央處理器(CPU) Intel Pentium 4 3.0G Hz 之個人電腦，內含 1G 之隨機存取記憶體，在此環境下以 ilog OPL 3.5.1 進行限制滿足規劃之運算。

由於 4.5.1 節所計算出之表 4- 26 產品 i 於時點 t 前需累積的數量，其時間軸是以 S_3 為始點，而在規劃其先前之工作站時，必須以 S_1 為規劃起始點。故在進行前推排程之前，必須將表 4- 26 所設定之時間點再加上 WS01 與 WS02 之加工時間，方能符合以 S_1 為規劃起始點之時間軸，其調整如下所示。

表 4- 28 調整後產品 i 於時點 t 前需累積的數量

規劃時點	產品 A	產品 B	產品 C
40	0	6	0
45	5	6	0
59	5	6	6
63	5	9	6

下表 4- 29 為所建構數學模式之統計資料，其運算結果如下表 4- 30 與表 4- 31 所示，為求簡潔易懂，本表僅列出非零之變數值。

表 4- 29 ilog OPL 限制滿足規劃之統計資料

限制式總數：	4532
變數個數：	1754
求解時間：	0.38 秒

表 4- 30 工作站 WS01 之啟發式法則排程

變數名稱	變數值	加工產品	加工機台	加工時間點	加工批量	完工時間點
$X_{Pa,1,1,24}$	5	A	1	24	5	36
$X_{Pb,1,1,40}$	3	B	1	40	3	53
$X_{Pb,1,2,17}$	6	B	2	17	6	40
$X_{Pc,1,2,34}$	6	C	2	34	6	48

表 4- 31 工作站 WS02 之啟發式法則排程

變數名稱	變數值	加工產品	加工機台	加工時間點	加工批量	完工時間點
$X_{Pb,2,1,30}$	6	B	1	30	6	40
$X_{Pc,2,1,48}$	6	C	1	48	6	59
$X_{Pa,2,2,36}$	5	A	2	36	5	45
$X_{Pb,2,2,53}$	3	B	2	53	3	63

4.5.3、後推排程

步驟一：計算工作站中機台之下次可利用時間點

計算出機台 m 下次可利用之時間點 t_m 。而每台機台可利用時間點之初始值為 0。下表 4- 32 為工作站 WS04 機台下次可利用時間點起始值。

表 4- 32 工作站 WS04 機台下次可利用時間點起始值

更新次數	機台 1	機台 2
0	0	0

步驟二：利用瓶頸工作站所規劃之投料時點，計算其產品完工時間。

當瓶頸工作站排定其排程後，可得到產品之加工決策變數 $\alpha_{i,g^{BN},m,t}$ ，再加上產品於瓶頸工作站之加工時間，即可得知產品到達工作站 WS04 之時間點，如下表 4- 33 所示。

表 4- 33 產品到達工作站 WS04 時間點

瓶頸工作站 決策變數	變數值	瓶頸工作站加工時間	到達 WS04 時間點	到達產品	到達數量
$X_{Pb,3,1,17}$	6	14	31	B	6
$X_{Pa,3,2,24}$	5	13	37	A	5
$X_{Pc,3,1,34}$	6	15	49	C	6
$X_{Pb,3,2,40}$	3	14	54	B	3

此時其後之工作站 WS04 須先確定是否有空閒之機台，若有則排進該機台，並更新下次可再加工時間點 t_m 以及排訂其加工決策變數，並開始排訂下批到達之產品，若所有產品皆已排訂，則進行步驟四，而若無可加工機台，則進行步驟三。下列之推算結果係以第一批來到之產品 B 為例，如下表 4- 34 與表 4-35 所示。

表 4- 34 工作站 WS04 啟發式排程(部份)

變數名稱	變數值	加工產品	加工機台	加工時間點	加工批量	完工時間點
$X_{Pb,4,1,31}$	2	B	1	31	2	33
$X_{Pb,4,2,31}$	2	B	2	31	2	33
$X_{Pb,4,1,33}$	2	B	1	33	2	35

表 4- 35 更新工作站 WS04 機台下次可利用時間

更新次數	機台 1	機台 2
0	0	0
1	33	0
2	33	33
3	35	33

步驟三：若無可加工機台，則放入暫存區，並計算最晚需加工時間。

由於瓶頸工作站之加工批量較最後一工作站加工批量為大，故可能發生產品到達最後一工作站而無機台可加工之情形。當產品於某一時點到達最後之工作站而無可加工機台時，則要將該產品送進暫存區。此外，必須比較每個機台之下次可加工時間點，選擇其最接近者，也就是所有 t_m 中的最小值，將產品排入該機台加工，最後更新其機台之下次可加工時間與排訂加工決策變數，下為 WS04 剩餘之排程。

表 4- 36 WS04 工作站剩餘之排程

變數名稱	變數值	加工產品	加工機台	加工時間點	加工批量	完工時間點
$X_{Pa,4,2,37}$	2	B	2	37	2	38
$X_{Pa,4,1,37}$	2	B	1	37	2	38
$X_{Pa,4,1,38}$	1	B	1	38	1	39
$X_{Pc,4,2,49}$	2	C	2	49	2	52
$X_{Pc,4,1,49}$	2	C	1	49	2	52
$X_{Pc,4,1,52}$	2	C	1	52	2	55
$X_{Pb,4,2,54}$	2	B	2	54	2	56
$X_{Pb,4,1,56}$	1	B	1	56	1	58

步驟四：若所有產品皆已排訂，則結束規劃，並調整其時間軸

當此一連續批量工作站之每一工作站排程皆已排訂後，必須重新調整其加工之時間點，也就是將 WS01 最早規劃時間點 S_1 之值設為 0。由於於 3.6.2 節之前推排程符合此一時間軸，故不加以更動，但瓶頸批量工作站以及其後續之批量工作站，則需以此時間軸為基準，調整表 4-24、表 4-25、表 4-36 與表 4-37 開工之時間點。以瓶頸工作站為例，其所有決策時點必須加上於 WS01、WS02 加工之時間，如產品 A 於工作站 WS03 之開工時間點原為 24，則必需調整為 45(24+12+9=45)。本文所提之範例其完整排程如下所示。

表 4- 37 啟發式法則之完整排程

變數名稱	變數值	加工產品	加工機台	開工時間點	加工批量	完工時間點
$X_{Pa,1,1,24}$	5	A	1	24	5	36
$X_{Pb,1,1,40}$	3	B	1	40	3	53
$X_{Pb,1,2,17}$	6	B	2	17	6	40
$X_{Pc,1,2,34}$	6	C	1	34	6	48
$X_{Pb,2,1,30}$	6	B	1	30	6	39
$X_{Pc,2,1,48}$	6	C	1	48	6	59
$X_{Pa,2,2,36}$	5	A	2	36	5	45
$X_{Pb,2,2,53}$	3	B	2	53	3	63
$X_{Pb,3,1,40}$	6	A	1	40	6	54
$X_{Pa,3,2,45}$	5	A	1	45	5	58
$X_{Pc,3,1,59}$	6	C	1	59	6	73
$X_{Pb,3,2,63}$	3	B	2	63	3	77
$X_{Pb,4,1,54}$	2	B	1	54	2	56
$X_{Pb,4,2,54}$	2	B	2	54	2	56
$X_{Pb,4,1,56}$	2	B	1	56	2	58
$X_{Pa,4,2,58}$	2	B	2	58	2	59
$X_{Pa,4,1,58}$	2	B	1	58	2	59
$X_{Pa,4,1,59}$	1	B	1	59	1	60
$X_{Pc,4,2,74}$	2	C	2	74	2	77
$X_{Pc,4,1,74}$	2	C	1	74	2	77
$X_{Pc,4,1,77}$	2	C	1	77	2	80
$X_{Pb,4,2,77}$	2	B	2	77	2	80
$X_{Pb,4,1,79}$	1	B	1	79	1	81

4.6、結果分析與比較

本節主要之目的在於比較混合整數規劃與啟發式法則之解題時效性與其績效。

本文針對產出數量之大小、產品種類之多寡與產品來到變異之大小三個因素，分別設計出 8 個不同之情境，利用此 8 個情境進行混合整數規劃與啟發式法則之運算，以比較其解題績效，此 8 個情境如下所示。另外，本文針對每一情境中，將其他會影響排程結果之因素如規劃週期、工作站機台數之多寡、最大加工批量、機台換線時間與產品加工時間等，皆設定為如上例之相同數值，以求各情境比較之正確性。

表 4- 38 不同參數之情境設計

情境代號	產出數量		產品種類		產品來到變異	
	大	小	多	少	大	小
T1P1S1	⊙		⊙		⊙	
T1P1S2	⊙		⊙			⊙
T1P2S1	⊙			⊙	⊙	
T1P2S2	⊙			⊙		⊙
T2P1S1		⊙	⊙		⊙	
T2P1S2		⊙	⊙			⊙
T2P2S1		⊙		⊙	⊙	
T2P2S2		⊙		⊙		⊙

茲將各因素如何影響解題績效與解題速度，解釋如下：

1. 產出數量大小：

產出數量之大小直接影響到連續批量排程機制所欲規劃之機台產能是否足夠，並且影響到瓶頸機台利用率之高低。在此因素中，吾人將產出數量大設定為使瓶頸工作站利用率到達 75% 之水準，而產出數量小則設定為使瓶頸工作站利用率到達 65% 之水準。

2. 產品種類多寡

當 TFT-LCD 產品種類繁多時，機台在加工不同種類產品前，皆必須花費一次的換線時間，故當產品種類多時，很可能會使各工作站用於換線之產能不足，而達不到產出之目標。本文將產品種類多設定為生產 5 種產品，而產品種類少設定為生產 3 種產品。

3. 產品來到變異大小

由於 TFT-LCD 組立廠之系統瓶頸為配向膜塗佈工作站，其屬於序列工作站，考量統計波動與系統瓶頸當機之因素，產品來到批量工作站並非呈穩定之來到，故產品來到變異大係指產品常集中於某段時間密集來到，而產品來到變異小則設定為產品之來到間隔時間大致相同，下表為各情境產品來到之相關資訊。

表 4- 39 產品來到之相關資訊

情境代號	平均來到間隔 (單位：時格)	標準差	最大來到間隔
T1P1S1	1	0	1
T1P1S2	0.911764706	0.99598123	3
T1P2S1	0.897435897	0.307354741	1
T1P2S2	0.794871795	1.196034834	4
T2P1S1	1	0	1
T2P1S2	0.771428571	1.031438581	3
T2P2S1	1	0	1
T2P2S2	0.794117647	1.038046293	3

接著，吾人所使用之運算環境為中央處理器(CPU) Intel Pentium 4 3.0G Hz 之個人電腦，內含 1G 之隨機存取記憶體，在此環境下以本文所發展之混合整數規劃與啟發式法則進行各方案之運算，其結果如下所示。

表 4- 40 混合整數規劃之各情境計算結果

情境代號	解題時間	Node 數	計算次數	瓶頸工作站 總換線次數	限制式總 數	變數總 數	瓶頸工作站利 用率
T1P1S1	3600	1927	854832	8	44688	23165	0.9236
T1P1S2	3600	621	654185	5	44688	23165	0.8611
T1P2S1	549.26	1305	237381	4	28618	13909	0.7569
T1P2S2	61.23	249	24587	4	28618	13909	0.7569
T2P1S1	3600	4399	1095373	8	44688	23165	0.9236
T2P1S2	3600	1680	1030457	6	44688	23165	0.8819
T2P2S1	110.66	1528	44317	3	28618	13909	0.6458
T2P2S2	51.4	126	18127	3	28618	13909	0.6458

表 4- 41 啟發式法則之各情境計算結果

情境代號	瓶頸+後推排程 解題時間	前推排程解 題時間	總解題時間	瓶頸工作站 總換線次數	瓶頸工作站利用 率
T1P1S1	0.875	31.26	32.135	7	0.847
T1P1S2	1.03	30.18	31.21	7	0.847
T1P2S1	1.5	1.24	2.74	6	0.7986
T1P2S2	0.99	3.51	4.5	6	0.7986
T2P1S1	1.34375	14.39	15.73	7	0.902
T2P1S2	1.45	22.48	23.93	7	0.902
T2P2S1	1.39	0.58	1.97	5	0.6875
T2P2S2	1.57	1.69	3.26	5	0.6875

由混合整數規劃與啟發式法則之計算結果，吾人可得到下列之結論：

1. 本文所發展之啟發式法則其解題速度遠較混合整數規劃之解題速度為快，皆只需在數秒內即可得到一合理解，但針對本文所舉的 8 個情境中，啟發式法則之績效值皆不如混合整數規劃來的好。
2. 本文所發展之混合整數規劃中，產品種類之多寡直接影響著變數與限制式之多寡，而造成運算時間過長。例如情境 T1P1S1、T1P1S2、T2P1S1 與 T2P1S2，這些情境在 1 小時(3600 秒)內只能

得到一合理解，必須花費更多的時間才能求得最佳解。

3. 本文所發展之混合整數規劃中，產出數量大小會影響瓶頸工作站利用率之高低。但由於混合整數規劃之目標值為最小化瓶頸工作站機台總換線次數，故在不違反等候時間之限制下，各產品會儘量以最大加工批量進行加工，吸收了產出數量對於瓶頸工作站利用率的影響，故產出數量大(T1)的各情境與產出利用率小(T2)的各情境在瓶頸工作站利用率上並無明顯之差距。
4. 本文所發展之混合整數規劃中，產品來到變異對於其績效值並無顯著之影響，但產品來到變異大時，則會增加合理解的搜尋次數與搜尋節點，增加了其解題的時間。
5. 本文所發展之啟發式法則中，由於產品的機台指派是考量其來到時點及順序依次排定，故各機台之排程會因同一類別之產品來到時點過於分散而增加機台的換線次數，故整體來說啟發式法則之績效值大多會較差於混合整數規劃所得之結果。
6. 本文所發展之混合整數規劃與啟發式法則中，瓶頸工作站利用率不僅受到換線次數之影響，亦會因為未採滿批策略而使加工次數增加，故可能產生某一情境其總換線次數較低而其利用率反而較高之情況。如混合整數規劃之情境 T1P1S2，其總換線次數為 5 次，因實際加工次數為 9 次，使得利用率為 0.8611，而啟發式法則之情境 T1P1S2，其總換線次數為 7 次，其實際加工次數為 8 次使得利用率為 0.847，較混合整數規劃為低。

第五章、結論與未來研究方向

5.1、結論

本文針對多個連續之批量工作站，主要可解決連續批量工作站每一機台之加工時間點與加工批量。針對排程規劃方式，本文提出一創新之方法，利用規劃時格之概念規劃其詳細排程，如此可大幅節省所需記憶體，提升解題之時效性。

本文所建構之連續批量排程機制，主要分成四個部分，其功能整理如下：

1. 需求規劃

液晶面板組立廠之系統瓶頸工作站位於配向膜塗佈工作站(PI Print)，故需求規劃主要目的在於依據配向膜塗佈工作站之主生產排程，估計各產品到臨連續批量工作站之時間點，使排程結果更能符合實際狀況。

2. 產能粗估

在產能粗估中，吾人推估各工作站在各規劃週期之最大可用產能，並且考慮機台之整備時間，以各工作站最大可換線次數來定義連續批量工作站之瓶頸所在。

3. 混合整數規劃解法

在確認瓶頸工作站與規劃目標與相關生產資訊後，本文發展一混合整數規劃解法，考量各批量工作站之最大加工批量數與產品等候時間限制，期望在達到產出目標之前提下，儘量減少不必要之機台設置時間，以避免突發狀況之發生。

4. 啟發式法則

為解決真實世界之問題，本文發展一啟發式法則快速求解連續批量工作站之排程問題，主要利用限制理論之精神，先排定瓶頸批量工作站之排程，並且以最大加工批量排訂以達到最小化設置時間之目標。而當瓶頸工作站之排程排訂後，可針對其前面與後續之批量工作站利用數學規劃排訂

其排程。

經由第四章實例驗證結果分析，吾人將本文所建構之連續批量排程機制之成效說明如下：

1. 在設定「規劃時格」中，明顯大幅降低此連續批量工作站之排程複雜度，以利混合整數規劃與啟發式法則之計算。
2. 在「產能粗估」中，可求算出各工作站所分配之產品負荷量，並以「工作站最大可換線次數」來定義連續批量工作站之瓶頸所在。規劃結果顯示，其瓶頸工作站正為本文所規劃之瓶頸工作站，且為達到其最大產出，瓶頸批量工作站大多以最大加工批量進行加工，故此規劃並無發生瓶頸漂移之現象。
3. 在「混合整數規劃」中，不但符合上層所規劃之產出目標，並且符合產品之等候時間限制，將報廢品降至最低。另外，以節省機台設置時間為目標，使批量工作站每一機台有足夠產能進行對外販賣產能之決策或作為應付突發狀況之緩衝。
4. 在「啟發式法則」中，大幅縮短實際問題於數十秒鐘即可找到一合理解，增加了實際運作之可行性。

5.2、未來研究方向

綜觀本文所發展之連續批量排程機制，在其研究過程中，仍有部份未臻完善之處，值得後續研究，在此彙整如下：

1. 本研究之啟發式法則係以限制理論為其主要精神，並未對其解空間作一深入之探討，故未來可考慮以其他已成熟之啟發式演算法如基因演算法(Genetic Algorithms)、塔布搜尋法(Tabu Search)與類神經網路(Neural Network)等方法，進行解空間之搜尋，再與本研究進行比較。
2. 本文所探討之機台設置時間為一固定之設置時間，但由於實際現場之設置時間不一定皆為同一定值，故可考慮將設置時間改為序列相依之設置時間，以增加其實際貢獻。



參考文獻

- [1] 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。
- [2] 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。
- [3] 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。
- [4] 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。
- [5] A. Vignier, P. Commandeur, C. Proust, “New lower bound for the hybrid flow shop scheduling problem”, *IEEE 6th International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation Proceedings*, p.446-451, 1997
- [6] B. Chen, C.N. Potts, V.A. Strusevich, “Approximation algorithms for two-machine flow shop scheduling with batch setup times”, *Mathematical Programming*, Vol. 82, p. 255-271, 1998.
- [7] C.L. Monma, C.N. Potts, “On the complexity of scheduling with batch setup times”, *Operation Research*, Vol. 37, p. 798-804, 1989.
- [8] C.L. Monma, C.N. Potts, “Analysis of heuristics for preemptive parallel machine scheduling with batch setup times”, *Operation Research*, Vol. 41, No. 5, p. 981-993, 1993.
- [9] C.N. Potts and M.Y. Kovalyov, “Scheduling with batch: A review”, *European Journal of Operational Research*, Vol. 120, p.228-249, 2000.

- [10] G.C. Lee and Y.D. Kim, "A branch-and-bound algorithm for a two-stage hybrid flowshop scheduling problem minimizing total tardiness", *International Journal of Production Research*, Vol. 42, No. 22, p.4731-4743, 2004.
- [11] H.A.J. Crauwels, C.N. Potts, L.N. Van Wassenhove, "Local search for single machine scheduling with batch setup times to minimize total weighted completion time", *Annals of Operation Research*, Vol. 70, p. 261-279, 1997.
- [12] M. Pinedo, "Scheduling: Theory, Algorithm, and Systems", *Prentice Hall*, New Jersey, 2nd Edition, 2002.
- [13] M. Pranzo, "Batch scheduling in a two-machine flow shop with limited buffer and sequence independent setup times and removal times", *European Journal of Operational Research*, Vol. 153, p. 581-592, 2004.
- [14] P. Damodaran, K. Srihari, "Mixed integer formulation to minimize makespan in a flow shop with batch processing machines", *Mathematical and Computer Modelling*, Vol. 40, p. 1465-1472, 2004.
- [15] R. Linn, W. Zhang, "Hybrid flow shop scheduling: A survey", *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 37, p. 57-61, 1999
- [16] S.G. KOH, P.H. KOO, J.W. HA, W.S. Lee, "Scheduling parallel batch processing machines with arbitrary job sizes and incompatible job families", *International Journal of Production Research*, Vol. 42, No. 19, p. 4091-4107, 2004.