

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
具雙製程情境下排程系統之設計

The Design of Master Production Scheduling for
TFT-LCD Cell Assembly Factory
with Two Kinds of Process Plans

研究生：楊迪喬

指導教授：鍾淑馨 博士

中華民國九十七年七月

國立交通大學工業工程與管理學系碩士班
The Design of Master Production Scheduling System for
TFT-LCD Cell Assembly Factory

研究生：楊迪喬

Student : Shu-Ming Chuang

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

A Thesis

Submitted to Department of Industrial Engineering and Management

College of Management

National Chiao Tung University

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master

in

Industrial Engineering

July 2008

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十七年七月

薄膜液晶顯示器組立廠具雙製程情境下排程系統之設計

研究生：楊迪喬

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

薄膜液晶顯示器製程組立廠負責將彩色濾光片與陣列段所產出之玻璃基板對組並加入液晶。由於製程的演進，組立段加入液晶的方式除了以原有的液晶灌入製程進行外，也研發出效率較高且速度較快的液晶滴入製程。在不浪費原有製程產能且加快生產速度的考量下，出現了新舊製程混合協同生產的方式，因此本文即針對具雙製程情境之組立廠設計排程系統。

組立廠必須分別加工玻璃基板與彩色濾光片，在力求最大化利潤的情況下，除了生產訂單式的產品外，剩餘可用產能將用於生產存貨式產品。產品具有尺寸大小、液晶種類與加工製程三種屬性，而各工作站分別依據其所考量屬性之改變而換線，因此造成換線之情境複雜；除此之外，液晶灌入製程中的批量機台存在集批等候的特性，在建構排程系統時皆須考量。

本文之排程系統首先針對訂單式產品來粗估各工作站所需之設置次數，進而計算各工作站之產能負荷並找出負荷最高的瓶頸工作站與次瓶頸工作站。接著考量次瓶頸工作站的負荷狀況、產品加工的製程與瓶頸工作站換線的屬性下，以最大化生產利潤為目標，藉由瓶頸工作站混整數規劃模式決定瓶頸工作站中各機台之排程，包括加工之產品種類、數量及順序。最後依據瓶頸工作站的規劃結果，在考量各批量工作站的批量大小限制與批量機台特性下，以盡量滿足瓶頸工作站規劃結果為目標，藉由批量工作站混整數規劃模式決定批量工作站之排程，包括批量工作站各機台之生產種類、數量及順序，並發展回饋機制來協調瓶頸工作站與批量工作站之間的排程結果，使瓶頸工作站與批量工作站能相互配合，完成本排程系統之規劃。

本文以實際數據，並分別以不同的情境驗證本排程系統，確認本系統之實用性；最後以模擬的方式確認本排程系統規劃之可行性，而藉由模擬之驗證可知本文中規劃之排程結果在模擬環境中可產出率達 99.2%，證明本文設計之排程系統為實用且確實可行。

關鍵字：薄膜液晶顯示器、整數規劃、併行生產、換線次數計算、批量加工、訂單式產品



The Design of Master Production Scheduling for TFT-LCD Cell Assembly Factory with Two Kinds of Process Plans

Student : Di-Chiao Yang

Advisor : Dr. Shu-Hsing Chung

Department of Industrial Engineering and Management

Abstract

TFT-LCD cell assembly factory takes charge of assembling the glasses from array factory with the color filters, and filling up with liquid. Traditionally, the factory adopts hot press(HPS) process for filling liquid, however, a new process, named one drop fill(ODF) process, is developed currently to accelerate the speed of filling. Concerning the surplus value of HPS process and the better efficiency of ODF process, here come some factories in which two kinds of processes work in coordination. In this thesis, a master production scheduling system is designed for the factory with two kinds of processes.

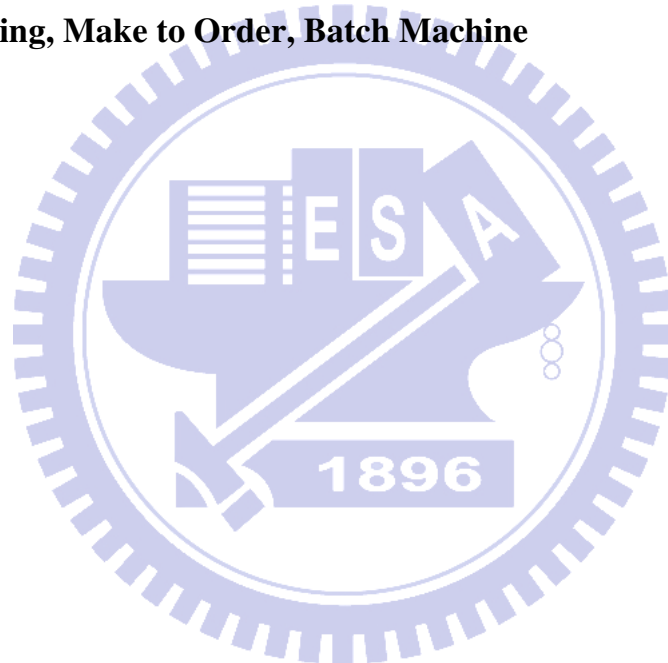
The assembly factory processes glasses and color filters separately and assembles the two materials into products. In order to maximize the profit, the factory will not only accept the make-to-order (MTO) products but also produce the make-to-stock (MTS) products to use up capacity. Each product has three kinds of attributes including size, liquid type and process, and every workstation takes account of different attribute to decide whether setup or not. This is complex for planning setup schedule. Besides, the batch machines used in HPS process operate only when the accumulated units of the same job type reach the predetermined level.

The proposed master production scheduling system first estimates setup times which caused by the make-to-order products roughly so as to calculates capacity loading of each workstation, then defines the highest and the second high loading workstation as main bottleneck and secondary bottleneck. Considering the loading of secondary bottleneck and the attributes of products and regarding profit maximization as the target, the bottleneck scheduling model is designed to decide the product type, quantity and the production sequence on each machine of the bottleneck workstation. Then the batch scheduling model is developed to decide the product quantity and production

sequence on each machine of the batch stations in order to match with the results of bottleneck scheduling. Also, a feedback mechanism is developed to ensure that no conflict exists between the scheduling of bottleneck and that of batch workstations.

Several scenarios with practical data are used to verify the practicability of the master production scheduling system, and simulation is applied to confirm that the results of this scheduling system are achievable. The simulation results showed that the scheduling system in this thesis is quite functional and definitely practicable.

Key words : TFT-LCD, Integer Programming, Alternative Process, Setup Time Calculating, Make to Order, Batch Machine



誌謝

時光荏苒，轉眼間兩年的研究所生活即將結束了，曾經好像是那麼遙遠的畢業，也隨著季節的交替而來到面前。回想兩年之間的種種，每一段生動的景象與畫面都還歷歷在目，而不管當時留下的滋味是甘甜或苦澀，卻也都已經成為我人生旅程中一段美好的回憶了。

在這兩年間，首先要感謝鍾淑馨老師的細心教誨與指導，您孜孜不倦的研究精神與清晰的思路總是讓學生和您討論完後有茅塞頓開的感覺；而在生活上，您對學生們的關心與照顧也讓我們倍感溫馨。除此之外，還要感謝相當犀利卻很厚道的黃俊穎老師、溫文儒雅楊明賢老師和遠道而來的吳泰熙老師等三位口試委員在最終口試所提供的寶貴意見，使本論文能夠更臻完整。

再來要感謝實驗室的大家！首先是感謝博士班的一平學長，舉手投足之間展現出大師兄的風範，從升碩二的暑假帶大家確認為論文方向到組成平哥壘球隊讓大家每週固定運動，或是擔任實驗室平日嘴砲大戰的幕後推手（汗），不論學術、休閒或運動都能帶領實驗室的大家，令人佩服；而好爸爸形象的威良學長則是會開著與形象不符的快車載大家快樂出遊，而且常常會說出或做出一些讓大家拍案叫絕的言論和舉動，相當有動靜皆宜的特質；也感謝相當慷慨的元銘學長三不五時以慈悲喜捨的心來贊助實驗室的大小活動、爆笑的言談也讓人印象深刻，也特別謝謝元銘學長籌劃爬玉山的另類出遊讓實驗室增進感情。另外，開朗又有點孩子氣的媽媽于婷學姊、在論文最後模擬階段給我許多意見的清貴學長、說要介紹護士聯誼卻一直沒有兌現的欽智學長、穩重的智文學長、全交大最爽的博士生愉翔、MB517的凱斌學長和榮宏學長，謝謝你們，也希望學長姐們都能早日畢業。

接著要感謝實驗室一起奮鬥、一起掙扎的同學們，首先是實際年齡成謎但行為舉止有裝可愛嫌疑的大姊頭總管小潔，繼續加油，妳可以的！身兼數職、能力超強，吃苦耐勞又不計較的最宅型男小毛，希望你早日脫離苦情的形象；嗓音渾厚低沉、帶點南台灣氣息的運動健將柏懿，你和我應該是519裡面最“親近”的夥伴吧；喜歡顆顆偷笑的苗人，和你研究全民打棒球的數據和抽卡的樂趣是旁人無法體會的刺激；常常被我們霸凌的俊昇，和你邊打灌籃高手和NBA邊嘴砲是碩二時紓壓最好的管道；兩年的室

友厚斯，和你的相處總是歡樂且愉快，也希望這兩年閱人無數的你可以早日逢春。另外，謝謝班上的其他同學，一同策劃的阿里山之旅、畢業旅行和每次的活動，都讓我的研究所時光增添了許多色彩。而學弟妹凱欣、阿派、浩子、佩芬，謝謝你們也預祝你們未來的一年能夠順利且充實，也感謝附中 89 軍團在清交的各位，和你們在一起時可以暫時讓人有種時光倒流、青春長在的感覺。

最後，感謝從小養育我栽培我的爸爸和媽媽，沒有你們無怨無悔的付出和關懷，就沒有辦法有今天的我；也謝謝姊姊在我假日回家時常常陪我聊天解悶；包容我的芯柔，有你的存在使得這一路上的景色更加的燦爛而活潑，謝謝你一直以來的鼓勵和陪伴，此刻願與你們共享。

如果本篇論文能夠有一點點的貢獻和成果，那是因為我站在許多研究先進和學者的肩膀上，謝謝你們，也願所有的研究者能繼續努力，開創更多更美好的研究成果。

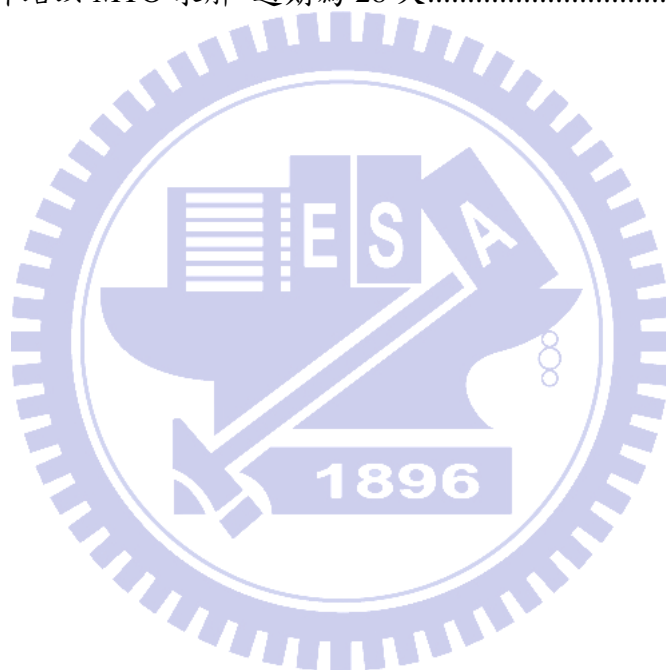
08 夏迪喬 于新竹交大



目錄

摘要.....	II
第一章、緒論.....	1
1.1 研究背景與動機.....	1
1.2 研究目的.....	4
1.3 研究範圍與限制.....	5
1.4 研究方法與步驟.....	6
第二章、文獻回顧.....	8
2.1 薄膜液晶面板組立段(CELL ASSEMBLY)製程介紹.....	8
2.1.1 薄膜液晶顯示器組立段液晶灌入(HPS)製程簡介.....	8
2.1.2 薄膜液晶顯示器組立段液晶滴入(ODF)製程簡介.....	14
2.1.3 薄膜液晶顯示器組立段混合製程簡介.....	16
2.2 組立段製程排程問題相關文獻.....	17
2.2.1 組立段製程之文獻介紹.....	17
2.2.2 並行製程(alternative process)之文獻介紹.....	21
2.2.3 文獻與本研究之關連性.....	21
第三章、模式構建.....	23
3.3 產能粗估與分析模組.....	31
3.3.1 產能粗估機制.....	32
3.3.2 瓶頸與次瓶頸資源辨識機制.....	46
3.4 瓶頸工作站生產排程規劃模組.....	47
3.5 批量工作站規劃與排程模組.....	61
3.5.1 產品種類與數量分析機制.....	63
3.5.2 批量工作站排程訂定機制.....	64
第四章、模式驗證.....	73
4.1 系統環境說明.....	73
4.1.1 生產環境說明.....	73
4.1.2 主生產排程規劃假設.....	78
4.2 產能粗估與分析模組之執行過程與規劃結果.....	78
4.2.1 產能粗估機制之執行過程與規劃結果.....	79
4.2.2 瓶頸與次瓶頸資源辨識機制之執行過程與規劃結果.....	87
4.3 瓶頸工作站生產排程規劃模組之執行過程與規劃結果.....	89
4.4 批量工作站規劃與排程模組之執行過程與規劃結果.....	96
4.4.1 產品種類與數量分析機制之執行過程與規劃結果.....	96
4.4.2 批量工作站排程訂定機制之執行過程與規劃結果.....	98
4.5 結果比較與分析.....	103
4.5.1 修正排程之原因分析.....	103
4.5.2 修正排程之結果比較與分析.....	105
4.5.3 產能粗估機制之成效分析.....	107
4.5.4 雙製程生產之成效分析.....	109

4.5.5 模擬驗證之成效分析.....	110
第五章、結論與未來研究方向.....	116
5.1 結論.....	116
5.2 未來研究方向.....	118
參考文獻.....	119
附錄 A 瓶頸工作站解集合(列出非 0 之變數).....	121
附錄 B 批量工作站解集合(列出非 0 之變數).....	128
附錄 C 瓶頸工作站重新求解(列出非 0 之變數).....	133
附錄 D 批量工作站重新求解(列出非 0 之變數).....	140
附錄 E 瓶頸工作站僅以 MTO 求解(列出非 0 之變數).....	144
附錄 F 瓶頸工作站以 MTO 求解 週期為 28 天.....	149



圖目錄

圖 1-1 組立段混合製程示意圖	2
圖 1-2 本文研究範圍	6
圖 1-3 研究流程圖	7
圖 2-1 液晶灌入製程面板組裝前後段製程簡圖	9
圖 2-2 液晶灌入式意圖	13
圖 2-3 液晶面板封口	13
圖 2-4 偏光片貼附	14
圖 2-5 液晶灌入製程面板組裝製程前後段簡圖	15
圖 2-6 液晶滴入製程示意圖	16
圖 2-7 組立段混合製程示意圖	17
圖 3-1 製程環境圖	24
圖 3-2 三種屬性表達圖	25
圖 3-3 規劃系統架構圖	29
圖 3-4 組立廠之前段、中段、後段範圍示意圖	31
圖 3-5 產能粗估與分析模組之流程架構圖	32
圖 3-6 工作站 K 規劃週期內生產甘特圖	34
圖 3-7 工作站 L 規劃週期內生產甘特圖	35
圖 3-8 製程中段工作站示意圖	36
圖 3-9 液晶滴入機台換線時機示意圖	37
圖 3-10 框膠塗佈、基板組合機台換線時機示意圖	38
圖 3-11 ODF、HPS 共用工作站示意圖	43
圖 3-12 瓶頸站中產品間是否需要換線示意圖	54
圖 3-13 因尺寸相同而節省換線之示意圖	56
圖 3-14 各種間隔之示意圖	58
圖 3-15 考量液晶種類之排序示意圖	59
圖 3-16 間隔上限之排序示意圖	60
圖 3-17 批量工作站群示意圖	62
圖 3-18 批量工作站規劃與排程模組流程圖	63
圖 3-19 產品種類與數量分析機制流程圖	64
圖 3-20 批量工作站排程訂定機制流程圖	65
圖 3-21 批量機台換線次數節省示意圖	71

表目錄

表 2-1 TFT-LCD 組立段製程文獻之比較與整理	20
表 3-1 系統中各工作站換線對照表	27
表 3-2 工作站 k 期初換線說明表	33
表 3-3 工作站 l 期初換線說明表	34
表 3-4 製程中段各工作站需換線種類對照表	36
表 3-5 HPS、ODF 共用之各工作站需換線種類對照表	45
表 3-6 瓶頸與次瓶頸工作站導致換線之維度表	48
表 3-7 生產與換線次數節省對照表	55
表 4-1 各產品加工時間對照表	74
表 4-2 各訂單式產品各週期需求數量表	75
表 4-3 各產品生產之成本與售價表 (單位：元/卡匣)	76
表 4-4 工作站基本資料對照表	77
表 4-5 各工作站實際可用產能對照表	79
表 4-6 製程中段各工作站需換線種類對照表	80
表 4-7 批量工作站之粗估理想批量對照表	82
表 4-8 粗估中段工作站產能需求之 ilog 模式資訊對照表	84
表 4-9 中段製程各工作站最少換線次數對照表	84
表 4-10 HPS、ODF 共用之各工作站需換線種類對照表	85
表 4-11 ODF、HPS 共用工作站之最少換線次數對照表	86
表 4-12 ODF、HPS 共用工作站之產能負荷對照表 (單位：秒)	87
表 4-13 各工作站 RST_k 與利用率	88
表 4-14 瓶頸與次瓶頸之換線維度對照表	89
表 4-15 瓶頸工作站生產規劃模組之 ilog 模式資訊對照表	89
表 4-16 瓶頸工作站機台 1-5 排程結果對照表	92
表 4-17 瓶頸工作站機台 6-10 排程結果對照表	93
表 4-18 第六個規劃週期機台 5 之排程結果	95
表 4-19 經 HPS 製程生產之 MTO 產品數量表	97
表 4-20 經 HPS 製程生產之 MTS 產品數量表	98
表 4-21 各批量工作站 RST_k 排序對照表	99
表 4-22 液晶灌入工作站排程訂定機制 ilog 模式資訊對照表	99
表 4-23 液晶灌入工作站各週期存貨式(MTS)產品未滿足量	100
表 4-24 瓶頸工作站生產規劃模組重新求解之 ilog 模式資訊對照表	101
表 4-25 液晶灌入工作站排程訂定機制重新求解之 ilog 模式資訊對照表	102
表 4-26 剩餘批量工作站訂定機制 ilog 模式資訊對照表	102
表 4-27 兩製程生產利潤比較表	104
表 4-28 兩次排程利潤與達成率比較表	106
表 4-29 規劃週期為 2 天時各情境換線次數對照表	107
表 4-30 不同情境下換線次數對照表	108
表 4-31 雙製程與 HPS 製程情境下之結果比較表	109
表 4-32 瓶頸工作站各機台設置次數	112
表 4-33 各期規劃產出與模擬產出比較表	113

符號表

下標：

l ：表示液晶種類； $l=1, 2, \dots, L$ ；分別表示 L 種液晶種類

s ：表示產品尺寸大小； $s=1, 2, \dots, S$ ；分別表示 S 種尺寸

w ：表示產品生產的方式； $w=1, 2$ ；分別依序表示 ODF 製程與 HPS 製程

參數：

cap_k ：表示工作站 k 在規劃幅度 T 內之實際可用產能

$\frac{cap_k}{T}$ ：表示工作站 k 在規劃週期 t 內之實際可用產能

$c_{s,l,w}$ ：表示生產 $I_{s,l,w}$ 之單位生產成本

$d_{s,l}$ ：表示系統規劃幅度 T 內之產品需求，尺寸為 s ，液晶種類為 l

k ：表示工作站 k ； $k=1, 2, \dots, 15$

M_k ：表示工作站 k 的機台數

m ：表示工作站 k 之機台 m ； $m=1, 2, \dots, M_k$

N_k ：表示工作站 k 所需換線之種類數，若因為尺寸不同導致換線，則 $N_k = S$ ；
若尺寸或液晶種類不同皆導致換線，則 $N_k = S \times L$ 。

O_k ：工作站之產出速率； $k=1, 2, \dots, 15$

$p_{s,l}$ ：表示尺寸 s ，液晶種類 l 之產品需求無法被負荷之單位懲罰成本

$pt_{s,l,k}$ ：表示生產 $I_{s,l,w}$ 於 HPS、ODF 共用工作站 k 的加工時間； $k=1, 2, 3, 12, 13, 14, 15$

$pt_{s,l,w,k}$ ：表示生產 $I_{s,l,w}$ 於製程中段工作站 k 的加工時間； $k=4, 5, 6, 7, 9, 10, 11$

PCT ：維修保養佔機台產能之比例

PFL_k ：當機佔工作站 k 之產能之比例

st_k ：工作站 k 換線一次所需時間； $k=1, 2, \dots, 15$

T ：表示系統規劃幅度

t ：表示系統規劃幅度內的第 t 個規劃週期； $t=1, 2, \dots, T$

決策變數：

$Batch_k^{rcp}$ ：批量工作站 k 的粗估批量； $k=12, 13, 14, 15$

CL_k ：序列工作站 k 的產能負荷； $k=1, 2, 3, 12, 13, 14, 15$

$I_{s,l,w}$ ：表示生產尺寸為 s ，液晶種類為 l ，經過 w 製程生產之產品數量，為大於或等於 0 之整數。

$IBackUp_{s,l}$ ：表示尺寸 s ，液晶種類 l 之產品需求 $d_{s,l}$ 無法被中段工作站產能負荷的量，為大於或等於 0 之整數。

$IGL_{s,l,w}$ ：表示生產 $I_{s,l,w}$ 之原料玻璃基板數量，為大於或等於 0 之整數。

$ICF_{s,l,w}$ ：表示生產 $I_{s,l,w}$ 之原料彩色濾光片數量，為大於或等於 0 之整數。

LST_k ：工作站 k 的最少換線次數； $k=1, 2, \dots, 15$

$MD_{s,l,k}$ ：產品需求 $d_{s,l}$ 在 HPS、ODF 共用工作站 k 所需要之機台數；
 $k=1, 3, 12, 13, 14, 15$

$MDGL_{s,l,w,k}$ ：產品需求 $d_{s,l}$ 原料玻璃基板在配向膜塗佈工作站 ($k=2$) 所需要之機台

數

$MDCF_{s,l,w,k}$: 產品需求 $d_{s,l}$ 原料彩色濾光片在配向膜塗佈工作站($k=2$)所需要之機台數

$MD_{s,l,w,k}$: 生產 $I_{s,l,w}$ 在製程中段工作站 k 所之機台需要數 ; $k=4, 5, \dots, 11$

RST_k : 工作站 k 剩餘產能可用於換線之次數 ; $k=1, 2, \dots, 15$



第一章、緒論

1.1 研究背景與動機

近年來，薄膜液晶平面顯示器(Thin Film Transistor-Liquid Crystal Display，簡稱 TFT-LCD)的發展已經漸漸主導了台灣的整個科技產業，自從經濟部在 2002 年提出了「兩兆雙星產業發展計畫」後，薄膜液晶平面顯示器在各家業者的共同努力之下蓬勃發展，使薄膜液晶平面顯示器不僅在台灣的經濟發展中扮演極重要的角色，更使台灣成為全世界薄膜液晶平面顯示器產業中的巨人。

[17]台灣薄膜液晶平面顯示器產業從 2005 年開始，在總體出貨量方面超過南韓，並且在銷量上也逐漸縮小差距，緊緊的在追趕南韓企業。市場調查機構「Display Search」在 2005 年，台灣薄膜液晶平面顯示器出貨量占有率 44.4%，超過南韓 44.2%，首次躍升領先地位。在 2006 年前兩季，占有率又分別上升到 47.5%和 48%，拉近了與南韓企業的差距。第 3 季在 10 英寸以上大型薄膜液晶平面顯示器市場上，台灣企業以 3,810 萬張的總銷售量在市場占有率方面達到 49.2%，比南韓的 41.4%多出 7.8%。根據光電科技工業協進會統計，2005 年台灣薄膜液晶平面顯示器產值 6371.3 億元，在 2006 年產值 7841.3 億元，成長率 23%。根據工研院調查[18]，2007 上半年台灣平面顯示器產業總產值已達新台幣 6920 億元，較 2006 年同期成長超過 20%，上半年近 7000 億元產值中，大尺寸顯示器營收已達 4164 億元，中小尺寸營收 434 億元；關鍵零組件部分，彩色濾光片產值達 475.2 億元、偏光板 303.2 億元、玻璃基板 508 億元及背光模組 691 億元，充分顯示台灣薄膜液晶平面顯示器產業已成為重要經濟發展指標之一。

薄膜液晶平面顯示器製程包含三個部份，依序是薄膜電晶體陣列(TFT Array)段，在玻璃基板表面進行鍍膜、顯影及蝕刻等製程，第二階段之液晶面板組立(LC Cell Assembly)段將玻璃基板與彩色濾光片進行配向與貼合，以及第三階段之電路模組組立(Module Assembly)段包含後續的組裝製程。

其中傳統的組立段製程有非常特別之生產特性，設置時間很長，且後續加工步驟中包含了四個連續批量加工機台，各機台批量與生產時間的差異造成排程上相當的困難，而連續批量機台中的液晶灌入製程由於十分耗時、良率低且不易達成，也使得組立段製程成為薄膜液晶平面顯示器三段製程最需要投注大量心力的重點。由於傳統的組立段製程是以毛細現象將液晶以灌入的方式生產，且在玻璃基版與彩色濾光片組立後必須經由熱壓硬化(hot press, HPS)來予以緊密結合，因此將傳統製程簡稱為液晶灌入製程(hot press, HPS)。

為了加快生產的速度、提升良率以及節省成本，近年來在組立段發展出了新的製程，將原來傳統製程中排程最為困難的四個連續批量機台用新的技術取代，原來耗時費力的液晶灌入製程改以滴入的方式進行。由於新製程的特色是將液晶以滴入的方式加工，因此將此新製程簡稱為液晶滴入(one drop fill, ODF)製程。目前台灣各家薄膜液晶平面顯示器業者在組立段均已引進液晶滴入(ODF)製程來提升競爭力，但由於舊製程的機台仍不在少數，且尚有其生產力，因此出現了新舊製程混合協同生產的方式，在不浪費傳統製程機台產能的情況下，加入新製程的機台以達到更高的競爭力與效率。由於在 ODF 製程與 HPS 製程混合生產時，前段的機台為新舊製程共用，而在中段的製程分開，後段的機台又再度結合，如下圖 1-1 所示：

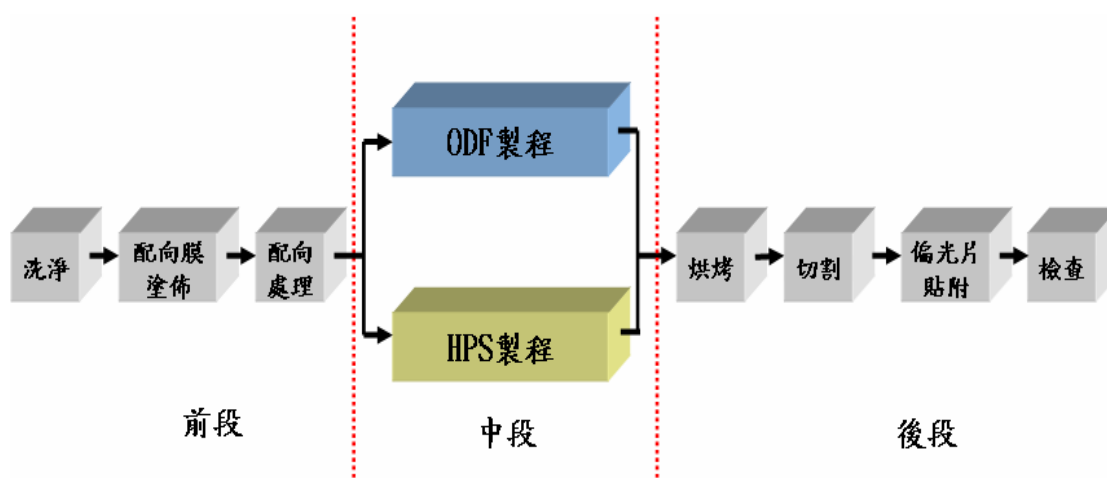


圖 1-1 組立段混合製程示意圖

由於玻璃基板與彩色濾光片具有 3 種不同的屬性，這些屬性的不同將影響製程，所以在規劃時必須加以考量以避免影響到瓶頸工作站，由此可見，如何規劃排程將成為影響整個系統產出利潤好壞的重點。而在規劃之前，必須先將這些屬性做一個完整的分類加以釐清，在此將玻璃基板與彩色濾光片分成以下三個屬性：

屬性 1. 生產尺寸不同

在組立段製程中，生產尺寸的大小將會使配向膜塗佈工作站生產不同尺寸大小的產品之間必須重新設置來更換不同的 APR 板。因此若規劃不當，將使產能浪費在換線而導致產能不足。因此吾人在規劃的各種產品尺寸之排程時必須考量此屬性以避免配向膜塗佈工作站產能不足。

屬性 2. 液晶材料不同

由於液晶的種類會影響顯示器的反應速度以及顯示品質的好壞，因此生產同一尺寸的產品時，會依照產品所需要品質的高低來更換液晶的種類，造成 ODF 製程中液晶滴入機台與 HPS 製程中液晶灌入機台的換線。而如果因為液晶的更換造成過多的換線次數可能會使瓶頸漂移，因此在排程時即必須考量此屬性，以避免瓶頸漂移的發生。

屬性 3. 所需製程不同

不同的玻璃基板由於精度需求的不同，會有製程種類的限定，精度低的玻璃基板只能經由液晶灌入(HPS)的方式生產；精度高的玻璃基板則只能經由液晶滴入(ODF)的方式生產，而玻璃基板的成本又以精度低者較便宜，精度高者較昂貴。

因此吾人在規劃時必須考量如何協調這兩種類型的玻璃基板，避免造成液晶灌入(HPS)和液晶滴入(ODF)此兩種製程的過度壅塞或過度空閒，並且在兼顧兩種製程不同成本的考量之下，使產出利潤最大化。

綜觀以上三種不同的屬性，各個屬性在交互相乘的作用下，產生多樣化的產品種類，本文研究目的即為為滿足上述不同種類產品的情況下，以瓶頸工作站為主，在排程時考量將各種不同種類之產品，決定瓶頸工作站

內各機台所生產各產品種類的順序與數量，並以瓶頸機台排程為主導下，決定後續批量工作站之排程，使系統的產出利潤達成最大化。而本文之主要動機為適當地協調系統中兩種新舊製程的生產以及瓶頸工作站內各機台的排程，以最有利於瓶頸工作站生產的方式排程，使其它工作站配合瓶頸，避免造成系統製程中段分開的液晶灌入(HPS)和液晶滴入(ODF)此兩種製程的過度壅塞或過度空間，並且在兼顧投料成本的考量之下，使產出利潤最大化。

1.2 研究目的

本文研究目的為在滿足多種不同的產品屬性和考慮液晶灌入(HPS)和液晶滴入(ODF)此兩種製程並行的情形之下，使系統的產出利潤最大化。由於在組立段製程中，玻璃基板與彩色濾光片具有3種不同的屬性，3個屬性在交互相乘的作用下，產生多樣化的產品種類，而產品的屬性不同在生產時將決定機台是否需要重新設置，以及決定液晶加入的方式(以ODF或HPS製程加入液晶)。因此在排程時，必須考量玻璃基板與彩色濾光片這些不同屬性的特性來做詳細的規劃。

本文中針對上述的特性建置一個階層式的排程系統，循序以三個模組來完成整個系統之規劃，依序為「**產能粗估與分析模組**」、「**主生產排程與規劃模組**」、「**批量工作站規劃與排程模組**」，而各個模組的功能如下：首先由「產能分析與粗估模組」來粗估產能需求，而將各個工作站的可用產能與訂單的粗估產能需求比較後，吾人可得知需求是否在可以滿足的範圍之內。接著定義出瓶頸工作站，並找出粗估產能負荷接近瓶頸資源的工作站，視為系統的次瓶頸資源，以便於在下一階段的模組中協調瓶頸與次瓶頸之間的排程。

而在「主生產排程與規劃模組」中，吾人將針對瓶頸工作站，發展產能配置與排程機制，使系統產出利潤最大化。由於瓶頸工作站排程之不當可能會造成瓶頸漂移至次瓶頸的情況，因此吾人必須將次瓶頸的負荷狀況納入考量，並在瓶頸工作站排程規劃的數學模式中當成限制式，以確保次

瓶頸工作站能夠負荷瓶頸工作站規劃之結果，不會有產能不足的現象發生。

最後在「批量工作站規劃與排程模組」中，決定液晶灌入製程(HPS)中四個批量工作站的產品加工順序與排程。吾人依「主生產排程與規劃模組」所求得之結果可得知經過批量工作站的產品種類與數量，藉此來排定批量機台群的排程，完成系統之規劃。

1.3 研究範圍與限制

本研究所提出之規劃模式，在已知本期訂單的前提下為各工作站做產能配置與排程，以滿足訂單的情況下使系統的產出利潤最大化。基於現場環境之複雜與許多不可控制因素，導致機台排程被其他變數干擾影響本研究方法達成規劃目標，本文訂定以下假設與限制：

1. 每期在開始進行規劃前，已接收之訂單為已知之確定資訊
2. 不考慮機台之間的搬運時間
3. 同一工作站內機台之數量、可用時間及可加工批量皆為等效且已知
4. 各工作站機台之加工時間為已知資訊
5. 在液晶灌入(HPS)製程中批量機台內的加工工件必需一起進入機台加工，並一起完成加工後離開，每一批共同加工之產品，其產品別必需相同。
6. 配向膜塗佈工作站為本系統可用產能最少、設置時間最長之瓶頸工作站。

本文研究之範圍如下

圖 1-2 所示：

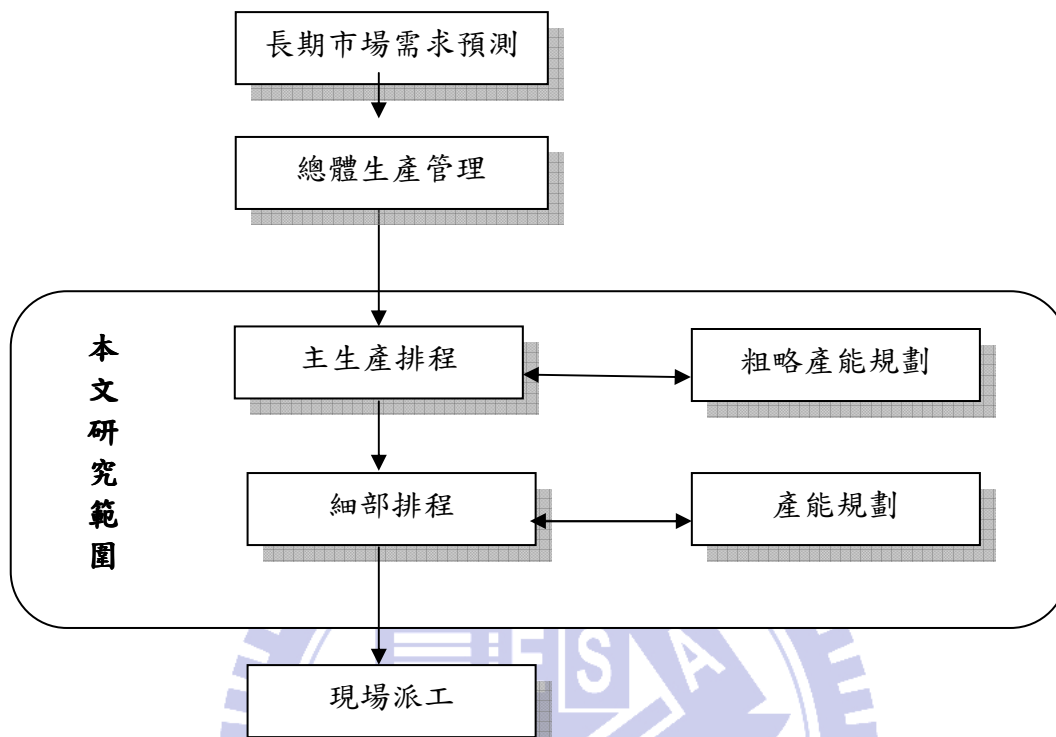


圖 1-2 本文研究範圍

1.4 研究方法與步驟

為完成以上之研究目的，本文將以下列步驟進行研究，其流程如圖 1-3。

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

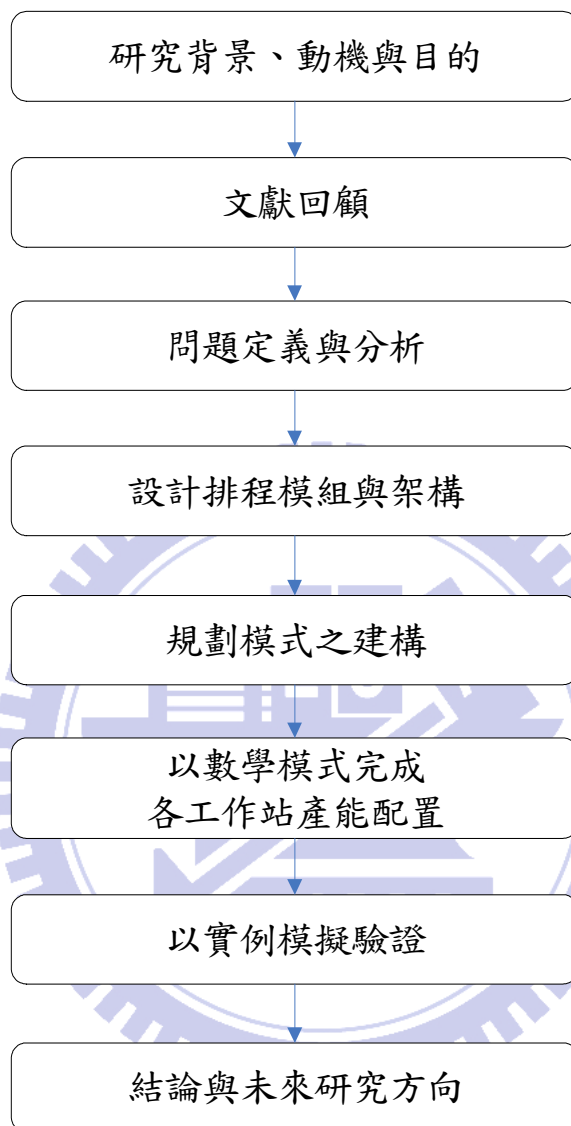


圖 1-3 研究流程圖

第二章、文獻回顧

由於組立段製程位居整個產業的生產流程中間，扮演整體生產流程中最具承先啟後作用的關鍵角色，又因為本研究中組立段以 ODF 製程與 HPS 製程兩種不同的方式共同生產，更增加了問題的複雜度且使生產排程規劃更具挑戰性。本文之研究環境組立段製程承接陣列段製程加工完成之產品，轉化為有效產出，並讓後續的模組段製程能順利組裝出貨，因此組立段製程的排程結果，將影響整個系統的產出與利潤。本文期望在考量其製程特性以及應用排程理論的情況下，達到組立段製程產出利潤最大化之結果。因此本文將針對以下幾個主題之文獻進行探討，以作為本論文研究之理論背景基礎。

2.1 薄膜液晶面板組立段製程介紹

2.2 組立段製程排程問題相關文獻

2.1 薄膜液晶面板組立段(Cell Assembly)製程介紹

由於本文的環境是屬於舊式製程(hot press, HPS 製程)與新式製程(one drop fill, ODF 製程)混合生產，因此以下將分別介紹此兩種製程，再加以整合，成為混合生產之製程。

2.1.1 薄膜液晶顯示器組立段液晶灌入(HPS)製程簡介

液晶灌入(hot press, HPS)製程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灌入、封口、偏光板貼附與完成品的檢查。圖 2-1 為液晶灌入製程之面板組裝前後段製程簡圖。

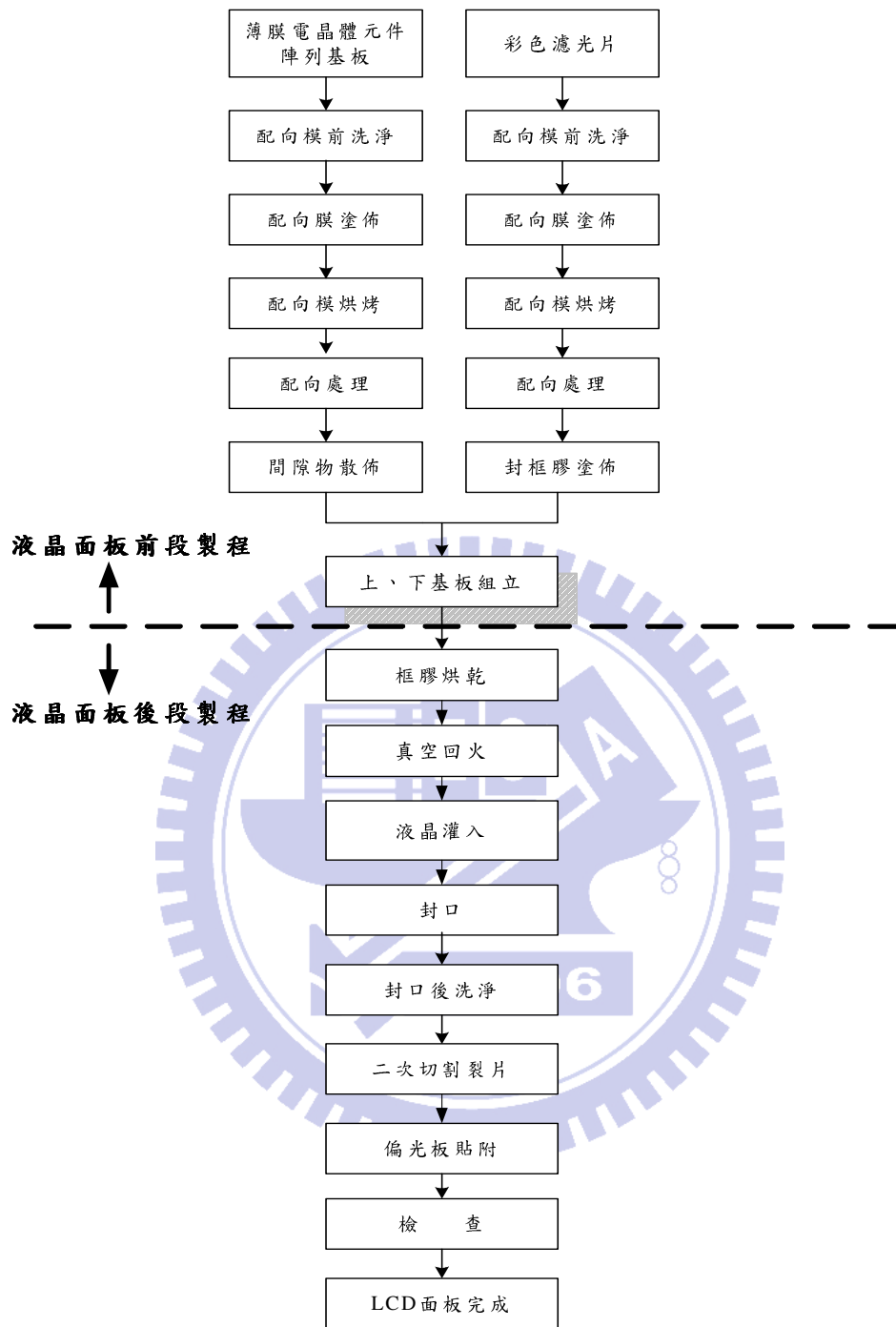


圖 2-1 液晶灌入製程面板組裝前後段製程簡圖[9]

[16]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。後段製程先將液晶材料以真空方式注入，再加以封口，完成裁切斷片工程後，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 [9]：

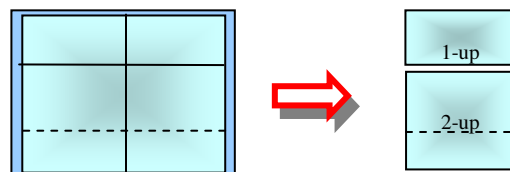
1. 配向膜前洗淨（Pre-PI Cleaning）

在薄膜電晶體元件陣列基板切割成欲生產的尺寸¹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。

¹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 基板表來二次切割裂片時，須再切割一次。



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)

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)²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)³。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氣及

²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。

³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。

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，縮短液晶灌入時間，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，如圖 2-2。

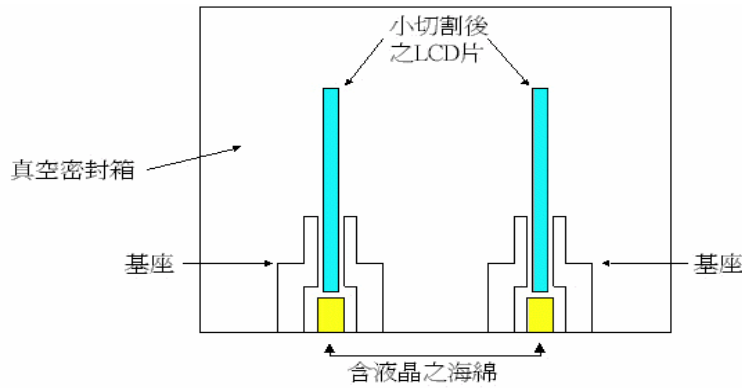


圖 2-2 液晶灌入式意圖[15]

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。

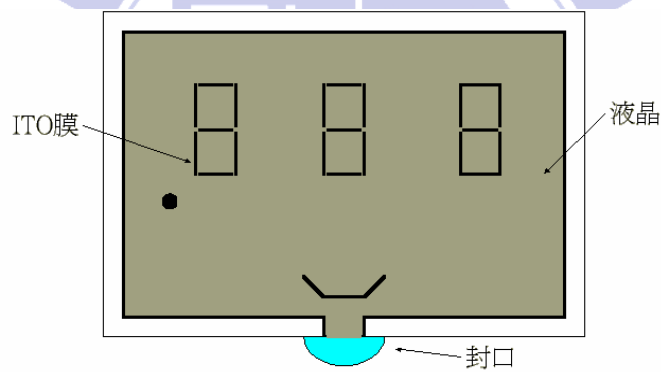


圖 2-3 液晶面板封口[9]

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 IC 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。

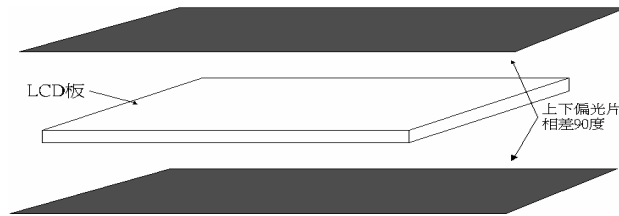


圖 2-4 偏光片貼附示意圖

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灌入後，基板玻璃間的厚度，以便作為 OK/NG 的檢驗及品管。

2.1.2 薄膜液晶顯示器組立段液晶滴入(ODF)製程簡介

液晶滴入(one drop fill, ODF)製程之組立流程亦可簡單分成前段與後段，如圖 2-5 所示。製程前段首先將玻璃基板進行液晶顯示器的尺寸切割工作，然後將彩色濾光片和玻璃基板分別經過洗淨 (Cleaning)、配向膜塗佈 (Polyimide Print, PI Print)、烘烤(PI Baking)、配向處理 (Rubbing) 等製程。在上述製程之後，將玻璃基板灑上散佈物，並且滴入液晶；而將彩色濾光片塗上框膠，再將玻璃基板與彩色濾光片以真空方式壓合，即完成前段製程。後段製程從烘乾開始，接著進行裁切斷片工程，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，完成液晶面板組立的完整製程。[19]

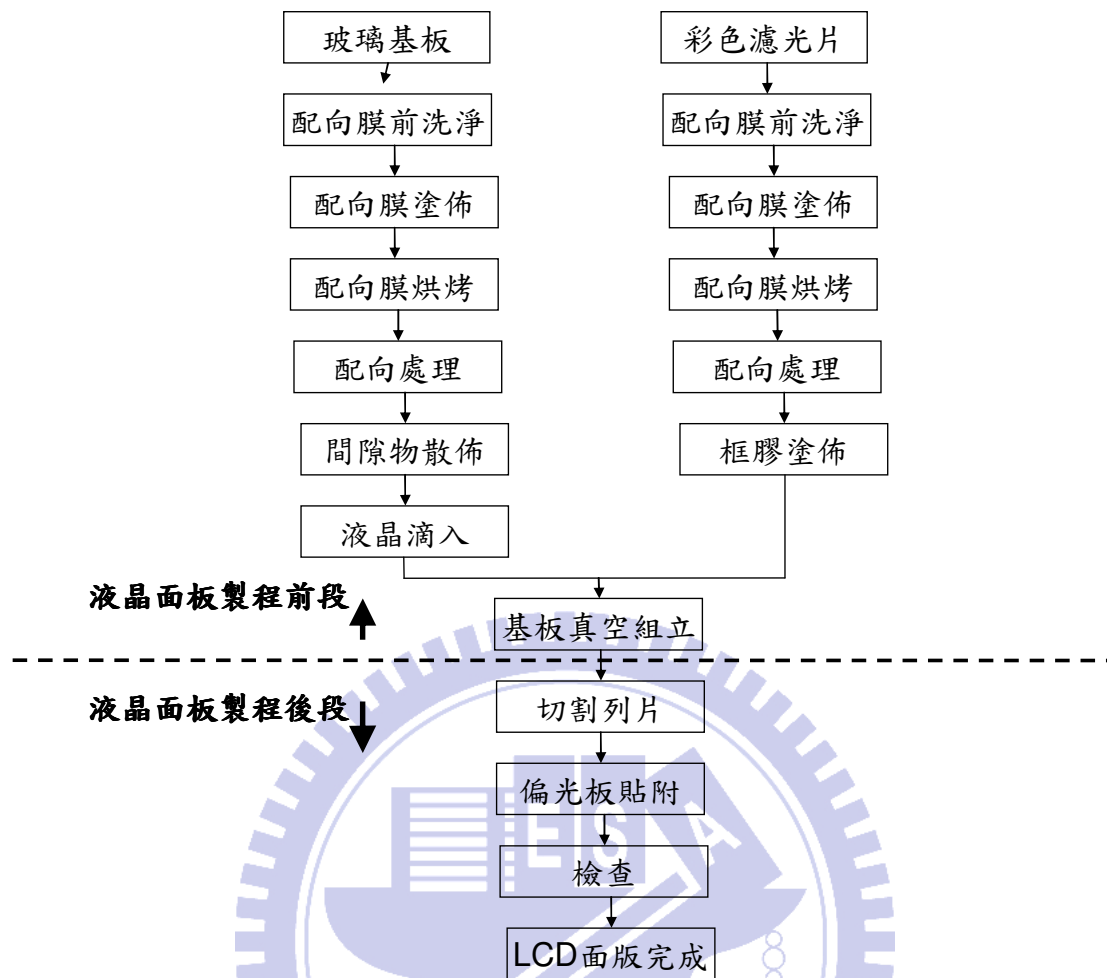


圖 2-5 液晶灌入製程面板組裝製程前後段簡圖

比較液晶滴入(ODF)製程與液晶灌入(HPS)製程最大的差別在於液晶滴入(ODF)製程在後段製程節省了真空回火、液晶灌入、封口和封口後洗淨等產出速度較慢的批量工作站，改以序列機台來滴入液晶。

由於液晶滴入(ODF)製程在前段與後段和 2.1.1 所介紹之液晶灌入(HPS)製程雷同，因此在此只針對不同之處說明其細部流程：

液晶滴入(One Drop Fill)

相較於傳統的液晶灌入以毛細作用將液晶吸入面版中，新式的液晶滴入製程則是在先將液晶直接滴在玻璃基版上，然後在進行玻璃基版與彩色濾光片的對組和切割，如

圖 2-6 所示。

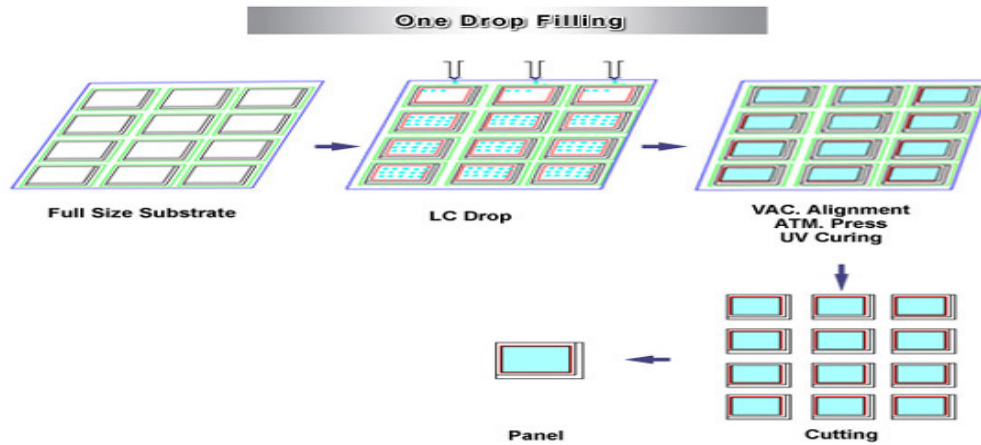


圖 2-6 液晶滴入製程示意圖[20]

這種新的製程可以大幅節省灌液晶的時間與液晶材料，尤其在超大尺寸面板具有絕對的優勢。[20]

2.1.3 薄膜液晶顯示器組立段混合製程簡介

綜合 2.1.1 所介紹的液晶灌入(HPS)製程與 2.1.2 的液晶滴入(ODF)製程可以發現，兩種製程在前段的洗淨、配向膜塗佈與配向處理製程是可以共用的，而在中段由於液晶加入方式不同而分開進行，在後段的烘烤、切割、偏光片貼附與檢查製程再度合併，如圖 2-7 所示。

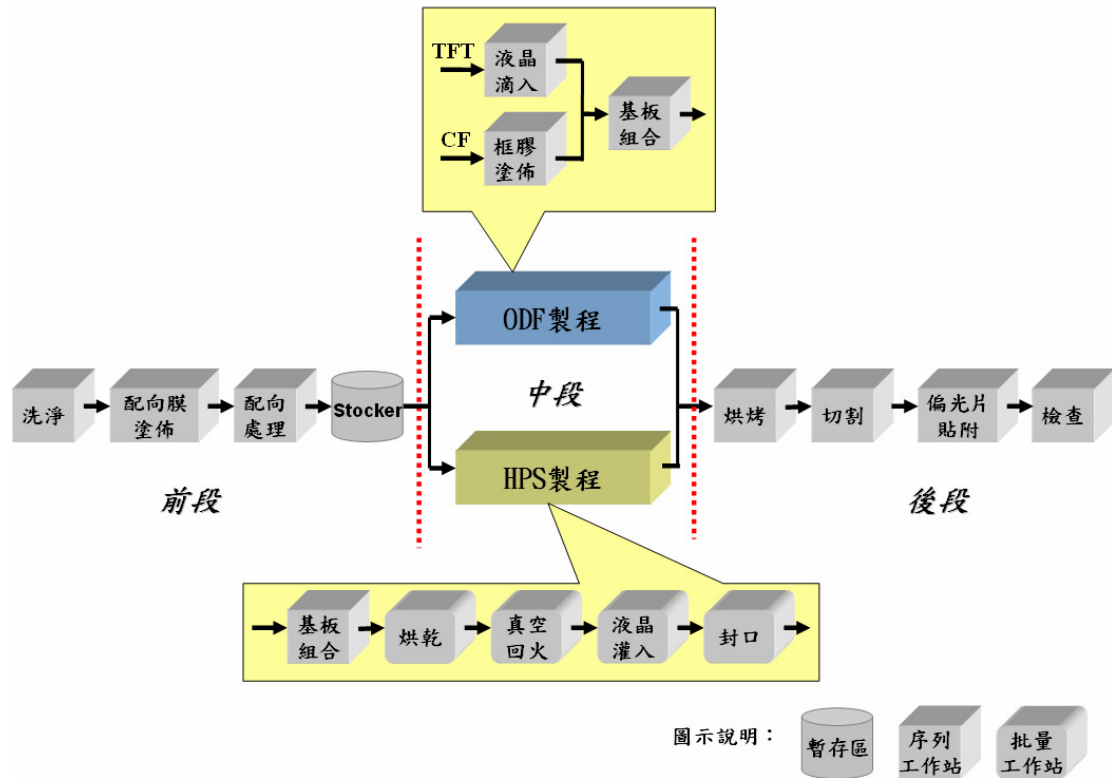


圖 2-7 組立段混合製程示意圖

2.2 組立段製程排程問題相關文獻

2.2.1 組立段製程之文獻介紹

組立段的排程問題由於有著批量機台群複雜的特性而一直是生產規劃時的重點，以下對探討組立段排程問題的文獻作整理：

Jeong 等人[2]針對 TFT-LCD 組立段製程中玻璃基版與彩色濾光片必須分開加工，再加以貼合的情境，以兩種數學規劃模式分別為貼合前與貼合後的工作站作生產排程規劃，以求得系統流程時間最小化以及有效產出最大化為目標，並以權重來調整這兩個目標的重要性。由於該生產環境屬於平行機台排程問題，且包含順序相關設置時間之特性，使得該數學規劃方式之應用範圍受到相當限制，因此再提出二種啟發式演算法求解排程問題，應用於實務之 TFT-LCD 製程組立段環境，並證實所得排程結果相當良好。

李氏[9]為了解決 TFT-LCD 組立段製程中批量機台的現場派工問題，

提出最佳載入時點評估機制，首先考慮到臨工件的數量是否滿足載入條件，再考慮目前是否為最佳的載入時間點。其排程目標依現場情境分成兩種，第一種為不影響產出下，降低生產週期時間；第二種為在不違反製程特性與交期下，使總產出上升。李氏[9]所提出之最佳載入時點評估機制，考慮了現場製程與加工資訊後，計算出所需之決策參數，動態決定載入的批量大小以及時間點。在驗證結果方面，以模擬手法設計四個實驗代表不同的四個情境來驗證最佳載入時點評估機制，證實所得之結果相當良好。

蔡氏[15]針對 TFT-LCD 組立段製程在產能有限的情況下，探討如何對機台做最有效率的分配與排程，以求得系統之產出最大化。文獻中依照限制理論的概念，先辨識出系統瓶頸工作站，將系統瓶頸資源工作站以數學模式規劃產能的分配與機台的排程後，再依瓶頸資源工作站之排程結果去排定非瓶頸工作站之排程，使非瓶頸工作站做到限制理論中全力支援瓶頸資源的概念[15]。最後再以模擬的手法對數學模式中所求得之解分析其達程度與週期時間分析。

林氏[10]在 TFT-LCD 組立段製程中，探討如何在滿足各期各產品別之最小需求的條件下，達到產出最大化的規劃目標。文獻中以線性規劃模式來安排瓶頸工作站的產線配置；另外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。

陳氏[11]針對 TFT-LCD 組立段製程中連續四個批量機台的環境規劃了一個排程的機制。其假設系統瓶頸資源工作站的產出已知的情況下，對連續批量工作站中的瓶頸以數學規劃的方式求其設置次數最小化，並在模式中設計出規劃時格來取代原有時間單位，以減少運算時變數的數量，加快求解的效率。並且規劃啟發式演算法以批量工作站的瓶頸為依據，使批量

工作站的瓶頸以最大批量生產，再前推及後推排程，完成快速規劃連續批量工作站排程的目的。

莊氏[14]在 TFT-LCD 組立段製程的環境中，探討如何在產品種類多樣化和訂單數量已知的情況下，充分利用產能以達成產出最大化的目的。文獻中針對系統的第一個排程重點，瓶頸資源工作站，以數學規劃來求得最大化產出。而在組立段製程的另一個排程重點區塊，批量機台群，則是用數學模式來求設置次數最小化以加速產品的產出。最後，在兩大重點之間的非瓶頸工作站，則是以動態派工法則決定派工的工件，將批量工作站的需求向前傳達，讓非瓶頸工作站配合其需求派工，以彌補兩大重點區排程可能產生的銜接問題。

針對以上對於 TFT-LCD 組立段製程排程問題做探討的文獻，以表格加以整理，統整其異同與特殊之處，如表 2-1。

另外，Van Der Zee[7]認為批量機台的集批策略對系統績效有極大的影響若因為判斷不佳而無法最佳載入機台加工之時間點，將造成現場混亂甚至影響產出。因此對於組立段製程中四個連續批量工作站將是系統規劃的重點之一。

彭氏[12]將組立段依照訂單需求的種類分成推式與拉式模式；又依彩色濾光片與玻璃基板是否共用機台分成專用線類型與混線類型；分別針對拉式專用線類型與推式專用線類型建構模擬環境，規劃進行投料與派工計畫，其績效指標為平均設置時間與週期時間。

表 2-1 TFT-LCD 組立段製程文獻之比較與整理

作者與編號	應用環境	製程種類	目的	規劃方式	Model 目標式	求解範圍	集批與派工法則
[2] Jeong, Kim, Lee	TFT-LCD	HPS 製程	使產出符合規畫者的粗估數量，並考量產出的流程時間，再動態調整產出，使產出最大化	數學規劃、 啟發式演算法	流程時間最小化、未達成粗估數量最小化	貼合站前、貼合站後	無
[9] 李俊昇	TFT-LCD	HPS 製程	週期時間不變下，增加產出；產出不變下，縮短週期時間	派工法則、 模擬	無 IP model	單一批量機台	動態集批法則、 非瓶頸派工依瓶頸需求決定
[15] 蔡秉宏	TFT-LCD	HPS 製程	在可用產能有限的情況下，對機台做最有效的分配	數學規劃、 模擬	產出極大化、設置次數最小化	瓶頸工作站、非瓶頸工作站	以最大批量投入法則集批、 以減少設置次數和等候時間為派工考量
[10] 林毓淳	TFT-LCD	HPS 製程	滿足各產品的最小需求下，達成產出最大	數學規劃、 BBCT 週期時間估算模式、 模擬	產出極大化	瓶頸工作站、非瓶頸工作站	以理想載入批量當成最小載入批量載入，以減少設置次數和等候時間為派工考量
[11] 陳頌翔	TFT-LCD	HPS 製程	在瓶頸機台產出已知下，使批量機台的設置次數最小化	數學規劃、 啟發式演算法	設置次數最小化	批量機台群	以最大載入批量載入，無派工法則
[14] 莊書銘	TFT-LCD	HPS 製程	在產品種類多樣化的情況下，滿足已知訂單需求，再使產出最大	數學規劃、 模擬	產出最大化、設置次數最小化	瓶頸工作站、批量機台群	以理想載入批量載入，以動態派工法則來微調瓶頸與批量機台群之間的需求

2.2.2 並行製程(alternative process)之文獻介紹

由於本文的環境是 HPS 與 ODF 兩種製程並行，因此在兩種製程皆能生產的情況下，吾人必須決定以何種製程來加工各個工件。此情境類似於存在數種途程或機台時，決定加工途程或機台之問題，因此吾人又針對平行機台的作業環境下工件之途程選擇問題做探討，在 2.2.2 節中針對並行製程(alternative process)相關之文獻進行探討。

Thomalla[5]在 JIT 的環境中，針對工件在非等效平行機台上的選擇來做研究，其每個工件有著不同的交期，且各工件具有數個加工作業，而同樣的作業在各機台上之加工時間不等；在最小化總延遲時間的目標之下，以 lagrangian relaxation、啟發式演算法與分支界限法來求解，來決定個個工件的加工機台與時間點，並比較三種方法所求得之解。

Caux 等人[1]在 cell formation⁴的背景，綜合模擬退火法和分支界限法來改良出新的啟發式演算法，同時求解出各工件的可行加工途程並最小化各個 cell 之間的運輸距離。相較於分支界限法，其解題時間相當快速並且對於各種工件途程與機台的組合，此方法之解較為穩固。

Sofianopoulou[4]探討現今顧客之訂單趨向少量而多元化的情況下，應用群組技術(group technology)來指派各個工件至機台，並將類似的機台組成一個單元(cell)，使各個單元之間的運輸距離最短。本研究以數學模式表達此問題之情境與定義，並以兩階段之模擬退火法來求解，並以四個問題來驗證其解法。

2.2.3 文獻與本研究之關連性

本研究中參考 Thomalla[5]、Caux 等人[1]與 Sofianopoulou[4]文獻中並行製程(alternative process)之概念，設計本文中 ODF 與 HPS 製程並行之系統，考量兩製程不同的產能、製造成本與加工時間，以數學模式分派

⁴Cell formation 之解釋；

Cell formation 是群組技術(group technology)應用時的一種議題，主要是考慮在各機台產能、數量、種類已知，以及各工件的數量、加工途程已知的情況下決定各個工件加工的機台。[6]

已知需求至兩種製程。並參考 Jeong 等人[2]文獻中的想法，將玻璃基板與彩色濾光片視為兩種投入原料分別加工，再加以對組成產品，並考量此兩種投入原料的互相配合來排定瓶頸工作站機台之生產種類與數量，使玻璃基板或彩色濾光片皆不會因為等待另一原料過久而造成系統延宕，讓本研究更貼近實務上之作業流程。除此之外，吾人參考李氏[9]、蔡氏[15]之研究，訂定粗估產能模組之流程，並參考其瓶頸資源辨識機制，其認為如果單單考慮產能負荷水準來辨識瓶頸資源，而未考慮各個工作站之製程特性，則容易造成辨識錯誤，導致排程的不適用，因此以“剩餘產能可換線次數”做為定義瓶頸的指標。在數學模式中，吾人參考楊氏[13]對於順序相依整備時間(sequence dependent)的表達方式，完成本研究對於各種產品間整備時間的數學式表達，並參考林氏[10]、莊氏[14]之研究決定瓶頸工作站之模式，進而求得瓶頸工作站各機台生產之種類、數量與順序；最後參考李氏[9]、陳氏[11]、莊氏[14]之研究，在批量機台群中，以數學模式動態決定加工順序。本研究中包含訂單式生產與存貨式生產；且玻璃基板與彩色濾光片在前段共用機台，因此依照彭氏[12]對於組立段分類之方式，屬於推式與拉式並行的混線類型，吾人將參考林氏[10]、莊氏[14]與彭氏[12]的模擬環境與方法，來完成本研究。

第三章、模式構建

3.1 問題定義與分析

隨著薄膜液晶顯示器(TFT-LCD)產業在台灣發展十餘年，已成為國內科技工業的中流砥柱，也是台灣經濟發展的重要指標。TFT-LCD 製程由上而下可分為薄膜電晶體陣列段、液晶面板組立段、模組組裝段等三段主要製程，而隨著薄膜液晶顯示器產業持續的發展，在製程上技術也是不斷的翻新。本文著眼於其中 TFT-LCD 面板組立製程的生產規劃問題，由於新的液晶滴入(ODF)製程技術已趨成熟，其加工大尺寸面板時在速度上相較於舊的液晶灌入(HPS)製程具有絕對的優勢。在新製程加入生產，且舊製程仍具生產力的情況下，組立廠出現了新舊製程並行的生產方式。

TFT-LCD 液晶面板組立段新舊製程並行的生產環境特殊且複雜，除了包括了原來舊製程(HPS 製程)中批量機台與序列機台共存的环境，又增加了新製程(ODF 製程)的工作站，而在投入物料的部分，吾人在本文中將玻璃基板與彩色濾光片視為分開的原料投入，因此必須考慮此兩者的互相配合。在此以下圖 3-1 來呈現本文探討的主要製程環境，在加入液晶的部分製程，呈現新舊製程平行生產的狀況。

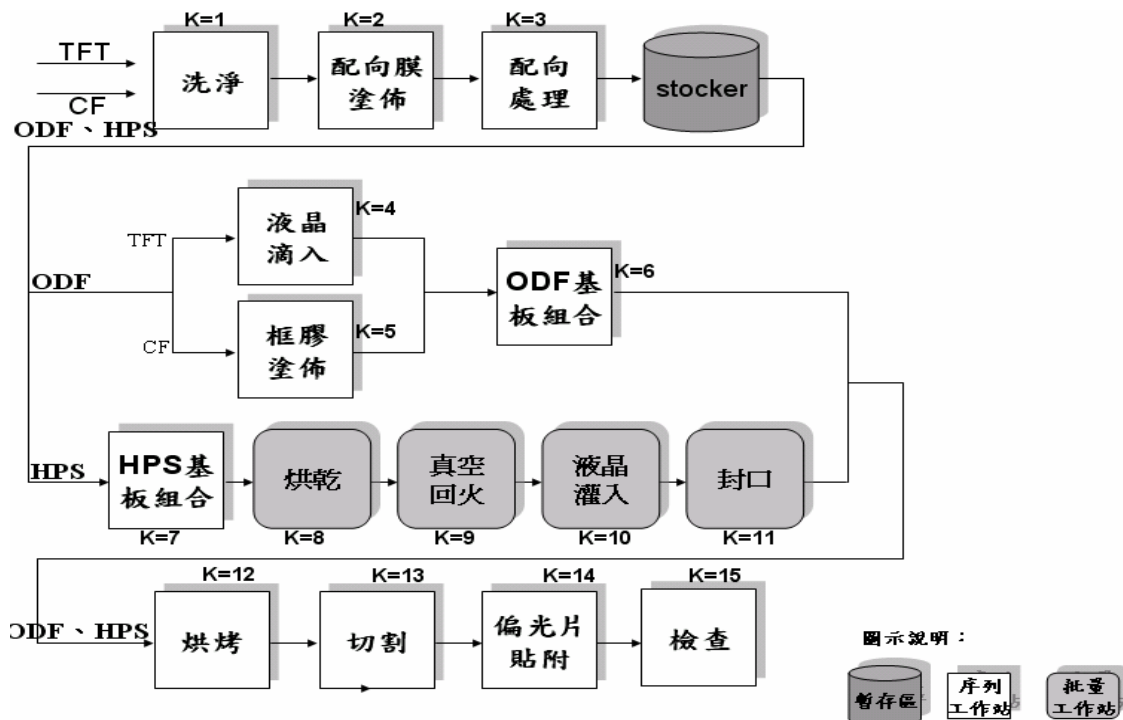


圖 3-1 製程環境圖

而在分析新舊混合製程中可能成為影響系統的關鍵因素後，可分為以下三大重點，整理如下：

重點 1 配合產品屬性規劃瓶頸工作站排程

依據限制理論的觀點，以設置時間最長、最容易成為整個生產系統瓶頸的配向膜塗佈工作站作為排程重點，再使其他非瓶頸工作站盡量與之配合，達成系統產出利潤最大化的目標。處理瓶頸工作站排程時，其重點在於考量產品屬性不同的特性，避免瓶頸漂移，而產品的屬性可分為三類，其各個屬性的特性如第一章所介紹，在此不再贅述，僅列出三種屬性如下：

- 屬性 1. 各訂單需求之尺寸大小不同
- 屬性 2. 各訂單需求之液晶材料不同
- 屬性 3. 各產品使用的製程不同(ODF 製程或 HPS 製程)

若將上述三個屬性視為空間中的三個維度，則可以用下圖 3-2 來表示三個屬性的概念，在三個屬性交互相乘的作用下，產生多樣化的產品種

類。

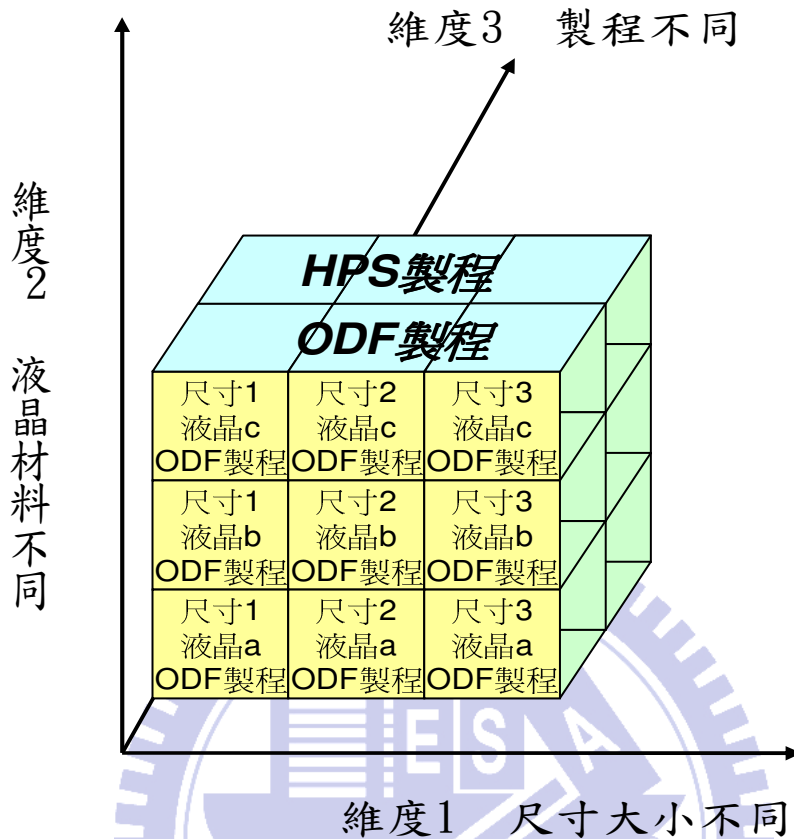


圖 3-2 三種屬性表達圖

重點 2 考量玻璃基板與彩色濾光片須對組之特性來生產

由於本文中分開考慮玻璃基板與彩色濾光片，這兩種物料在系統的瓶頸資源配向膜塗佈工作站共用。而玻璃基板與彩色濾光片在基板組合工作站必須對組，因此在瓶頸工作站分配產能時，必須謹慎分配產能給兩者，使其在基板組合工作站前的暫存區不會因為等待另一原料過久而造成系統延宕。因此本文希望在可能的情況下，盡量使玻璃基板與彩色濾光片在各個規劃週期內，以配合產品需求為前提下等量分配瓶頸工作站的產能，以利基板組合作業的流暢性，加快產品的產出與減少後續機台的閒置。

重點 3 批量工作站加工順序之決定

連續批量機台是影響舊製程的重點；在 HPS 和 ODF 混用的製程之

下，仍然是相當難以解決的問題。由於批量機台限制同一批工件只能加工一種產品，且同種產品的定義為液晶種類和尺寸大小皆相同，因此在產品多樣化的情況下，為了等待足夠的同種類產品到來以減少批量機台產能浪費而發生的集批等候時間將不容小覷。而各批量機台規劃的產品加工順序應該依照瓶頸工作站求得之結果動態決定，視採用舊製程生產的工件多寡與種類，決定適合的順序，以避免在產品多樣化且新舊製程並行的情況下，由於批量機台的特性造成工件的集批等候時間過長的情況產生。

結合以上的製程特性與上述三項分析之重點，本文立基於以下的製造環境與基本假設來進行規劃與排程：

1. 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。
2. 配向膜塗佈工作站在加工尺寸不同或製程不同的產品時必須重新整備；而在加工玻璃基板與彩色濾光片之間也必須重新整備，上述各項換線之整備時間假設皆為相同。
3. 液晶滴入工作站在處理不同液晶需求的產品之間需要重新整備，整備時間假設皆為相同。
4. 除了配向膜塗佈工作站與液晶滴入工作站外，其他序列工作站在加工尺寸不同的產品時必須重新整備，整備時間假設皆為相同。
5. 本文中除了液晶滴入工作站、液晶灌入工作站與框膠塗佈工作站會因為生產產品之尺寸大小造成加工時間不同外，其餘工作站生產產品大小皆不影響加工時間。
6. 批量機台加工限同一種產品才能放在同一批量中加工。
7. 各批量工作站內的批量機台有其最大的可容納產品個數，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。

8. 本文由於涉及成本之考量，因此以最大產出利潤為求解目標。
9. 本文為訂單式生產環境，各週期皆有已知的產品訂單；但仍有部份常見尺寸產品廣受市場接受，視為存貨式產品，故設定存貨式產品製造完成之後，必為有效產出。
10. 本文不考慮存貨成本。因此暫存區(見圖 3-1)中玻璃基板與彩色濾光片的庫存成本，以及部分庫存式生產的產品之庫存成本皆不予考慮，且暫存區容量不限。

由於本研究中各個工作站的換線方式略有不同，為求表示清楚，吾人彙整下表 3-1 來歸納整理：

表 3-1 系統中各工作站換線對照表

工作站代碼(k)	工作站名稱	機台種類	產品維度			
			TFT與CF之間	不同尺寸之間	不同液晶種類之間	不同製程之間
1	洗淨	序列機台	-	+	-	-
2	配向膜塗佈	序列機台	+	+	-	+
3	配向處理	序列機台	-	+	-	-
4	液晶滴入	序列機台	-	-	+	-
5	框膠塗佈	序列機台	-	+	-	-
6	ODF 基板組合	序列機台	已貼合	+	-	-
7	HPS 基板組合	序列機台	已貼合	+	-	-
8	烘乾	批量機台	已貼合	+	+	-
9	真空回火	批量機台	已貼合	+	+	-
10	液晶灌入	批量機台	已貼合	+	+	-
11	封口	批量機台	已貼合	+	+	-
12	烘烤	序列機台	已貼合	+	-	-
13	切割	序列機台	已貼合	+	-	-
14	偏光片貼附	序列機台	已貼合	+	-	-
15	檢查	序列機台	已貼合	+	-	-

註：+表示需要換線
-表示不需要換線

3.2 整體邏輯與架構

本文所設計生產排程，其階層式規劃流程架構如下圖 3-3 所示。分別為「產能粗估與分析模組」、「主生產排程規劃模組」、「批量工作站規劃與排程模組」。

為了解決薄膜液晶顯示器面板組立廠中出現的新舊製程並行現象，吾人依據各產品已知需求、製程資訊和產品屬性等資訊，求得各工作站之產能負荷，並分析產能是否足夠。接著利用這些已知資訊來規劃系統中瓶頸工作站的排程，進而決定液晶灌入(HPS)製程中批量工作站之產品加工順序和排程。本研究環境中設定規劃週期為 2 天，規劃幅度為一個月(28 天)。



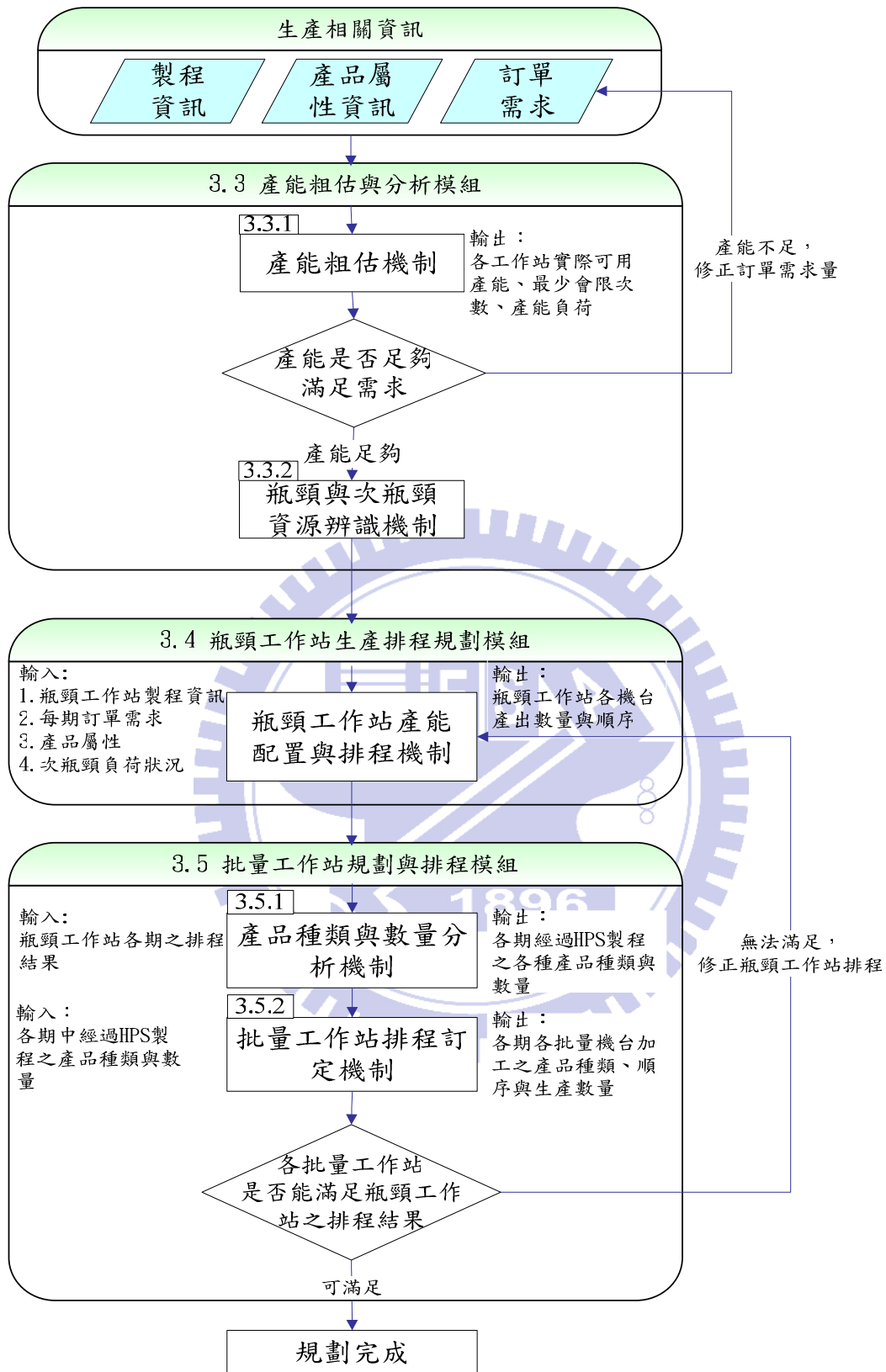


圖 3-3 規劃系統架構圖

首先在「產能粗估與分析模組」中，依據訂單需求計算各個工作站加工所需耗用產能；再計算訂單需求所需要之最少換線次數所耗用產能，將加工與換線耗用之產能相加後，即為粗估產能需求，而將各個工作站的可用產能與訂單的粗估產能需求比較後，吾人可得知已接訂單之需求是否在可以滿足的範圍之內。

接著以“剩餘產能可用於換線次數”為評判標準訂定系統之瓶頸資源，其作法為將每一個工作站扣除掉加工耗用產能後，其剩餘產能可以用於換線的次數最少的工作站，吾人定義為瓶頸工作站。由於在不同的工作站中，導致換線的因素不同，例如在配向膜塗佈工作站中，接續生產製程不同或尺寸不同的產品必須換線；而在液晶滴入工作站，換線與否決定於接續生產之產品液晶種類是否相同。因此在排定瓶頸資源的生產排程時，必須考量排程的結果是否會造成其他非瓶頸工作站的換線次數過多而產能不足。吾人將找出粗估產能負荷接近瓶頸資源的工作站，視為系統的次瓶頸資源，以便於在下一階段的模組中協調瓶頸與次瓶頸之間的排程。

在「主生產排程與規劃模組」中，吾人將針對瓶頸工作站，發展產能配置與排程機制，使系統產出利潤最大化。由於瓶頸工作站排程之不當可能會造成瓶頸漂移至次瓶頸的情況，因此吾人必須將次瓶頸的負荷狀況納入考量，並在瓶頸工作站排程規劃的數學模式中當成限制式，以確保次瓶頸工作站能夠負荷瓶頸工作站規劃之結果，不會有產能不足的現象發生。

最後在「批量工作站規劃與排程模組」中，決定液晶灌入製程(HPS)中四個批量工作站的產品加工順序與排程。吾人依「主生產排程與規劃模組」所求得之結果可得知經過批量工作站的產品種類與數量，藉此來排定批量機台群的排程，完成系統之規劃。

3.3 產能粗估與分析模組

本模組在已知製程資訊、產品屬性資訊與訂單需求等生產相關資訊的狀況下，粗估系統產能是否足夠滿足需求。因此將訂單需求中各產品數量與所需最少換線次數轉換為以時間為單位的產能需求，用以檢驗系統中每一工作站之產能是否足以完成規劃而達成訂單之需求。

組立廠的生產系統因為加入液晶的方式不同，可分為液晶滴入製程(ODF)與液晶灌入製程(HPS)，如圖 3-4 所示。

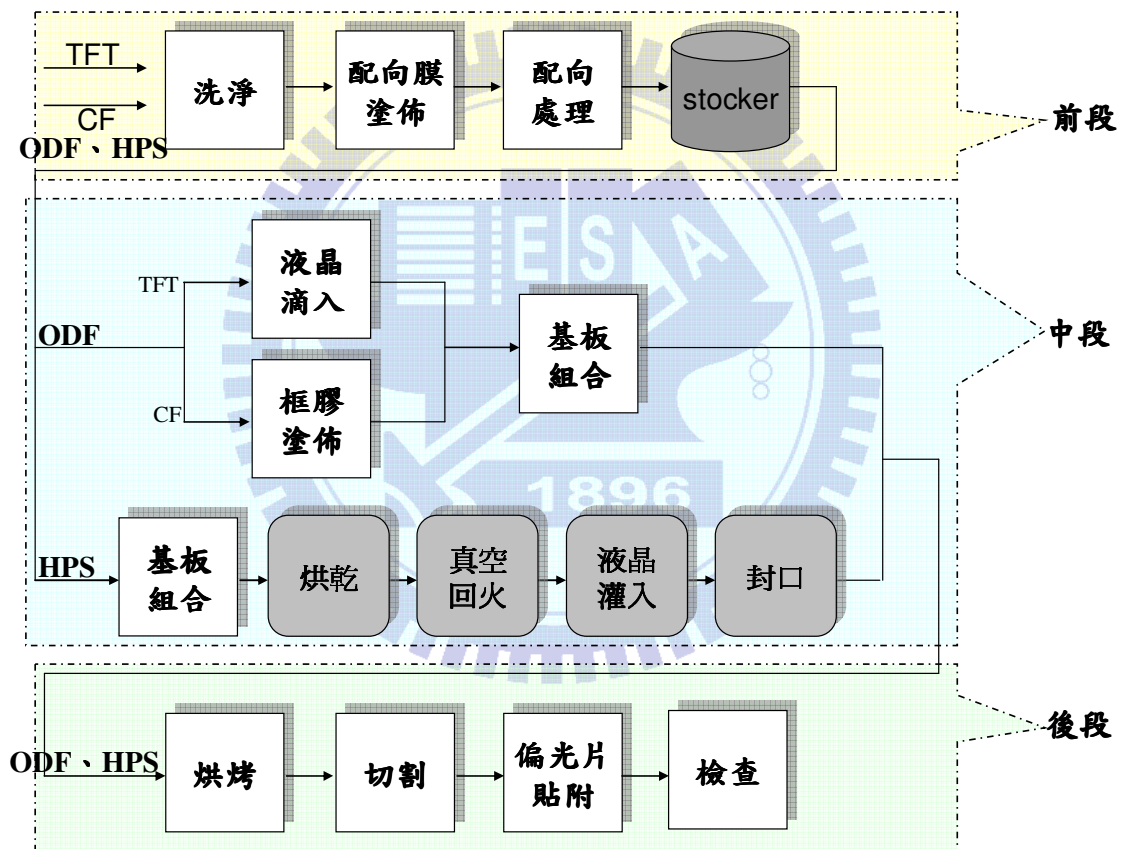


圖 3-4 組立廠之前段、中段、後段範圍示意圖

其兩種製程在中段因為加入液晶的方式不同而分開，而前後段則為共用工作站，因此吾人將先以數學模式粗估已知的訂單需求至兩種製程，再分別粗估中段分開工作站與前後段共用工作站的產能是否足夠。

本文粗估系統中各個工作站產能之流程架構如下圖 3-5 所示。

3.3 產能粗估與分析模組

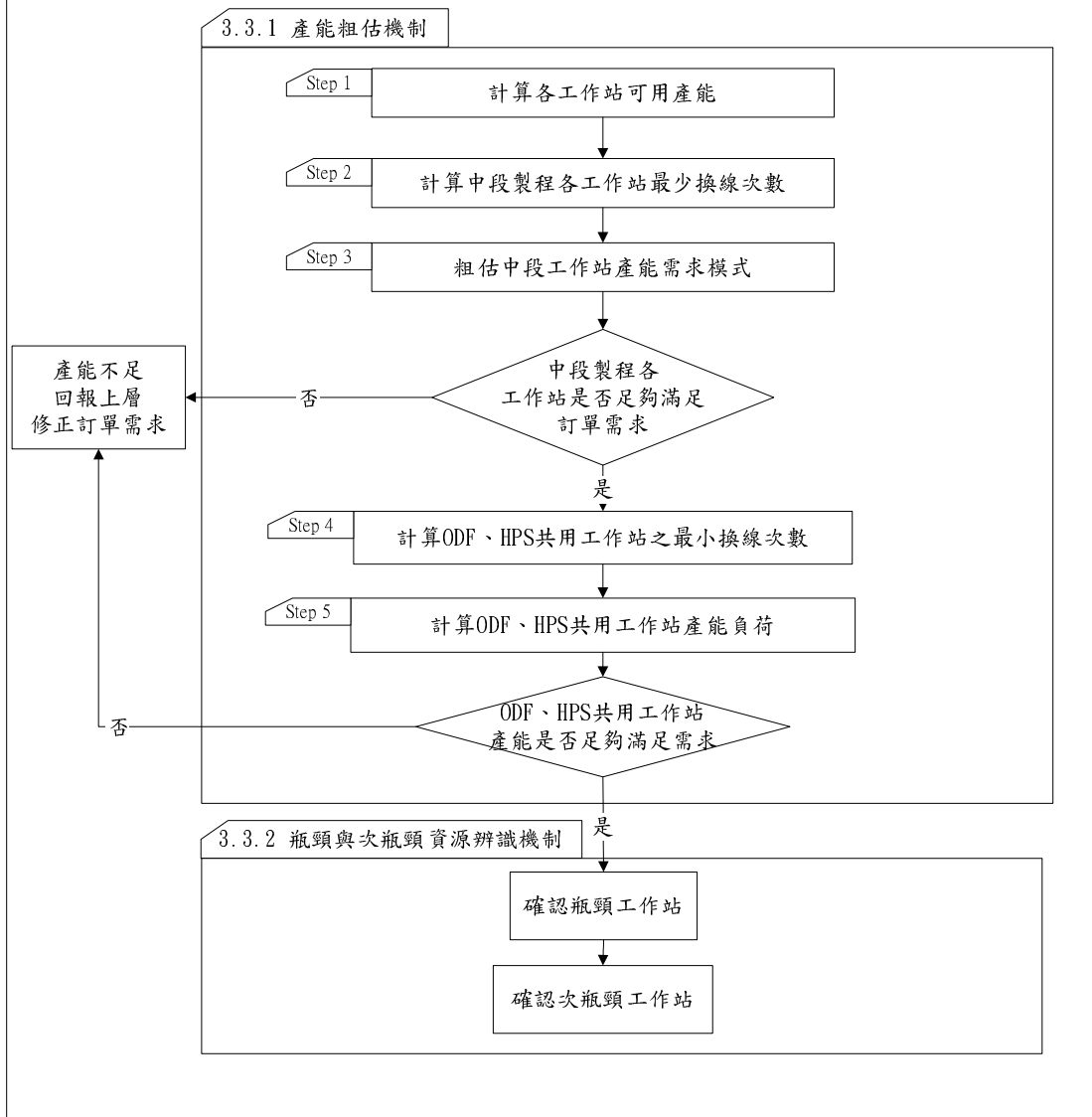


圖 3-5 產能粗估與分析模組之流程架構圖

3.3.1 產能粗估機制

在製程資訊、產品加工資訊與訂單需求已知的情況下，吾人粗估產能的方式是以生產產品所需要的加工產能，再加上理想狀態下的最少換線次數所耗用產能來當作各工作站的粗估產能耗用。以下循序以五個步驟來完成產能粗估機制。

步驟一 計算各工作站之實際可用產能

在計算工作站 k 之實際可用產能 cap_k ，必須將原有的產能扣掉維修保養所需產能與當機所佔用的產能，計算方式如下式 3-1：

$$cap_k = M_k \times (1 - PCT - PFL_k) \times 28 \times 24 \times 60 \times 60 \quad \text{for all } k=1,2,\dots,15 \quad \text{式 3-1}$$

而工作站中各個機台的實際可用產能則為 $\frac{cap_k}{M_k}$

步驟二 計算製程中段各工作站最少換線次數

本論文以 28 天為規劃幅度(T)，而以 2 天為一個規劃週期(t)，因此在規劃幅度內共有 14 個規劃週期。在計算最少換線次數時，吾人必須考慮是否可以因為與前一個規劃週期生產相同產品而在本規劃週期期初節省換線次數。在每台機台上，前一規劃週期期末生產之產品與本規劃週期期初生產之產品若不需要換線，則可在本期期初節省一次設置次數。因此各機台除了在第一個規劃週期的期初一定需要設置外，之後的各個週期 (t=2, 3, …14) 期初皆有可能不須換線。

因此在計算各工作站之期初最小換線次數時，必須考慮各工作站之機台數與所加工之產品種類，吾人以下表 3-2 中工作站 k 為例說明：

表 3-2 工作站 k 期初換線說明表

工作站 k			
機台數(M_k)	加工之產品種類(N_k)	加工產品	換線原因
6	8 種	A、B、C、D、E、F、G、H	不同產品間需換線

在工作站 k 中的 6 台機台在各規劃週期 t 期末加工之產品最多為 6 種，因此在規劃週期 t+1 中，工作站 k 最多共節省 6 次期初換線。而所需加工之產品種類共有 8 種，因此扣除掉期初最多節省之 6 次換線後，至少還需要 2 次的換線，才能完成 8 種產品的加工，如下圖 3-7 所示：

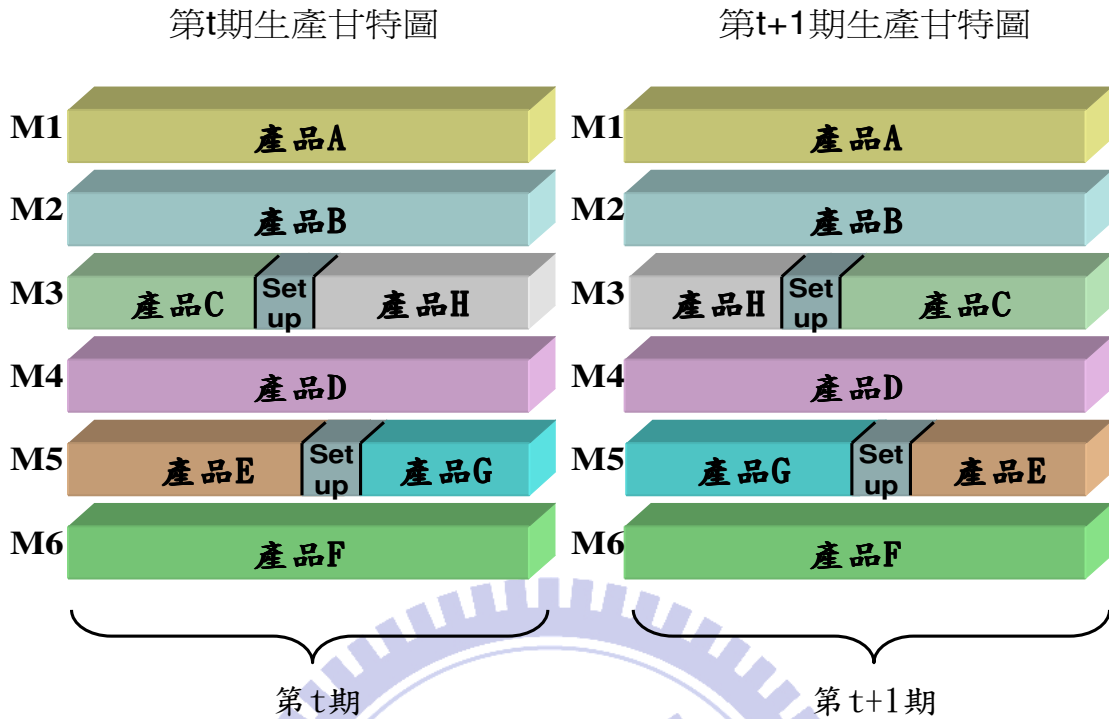


圖 3-6 工作站 k 規劃週期內生產甘特圖

從上例中可得知，若加工的 N_k 種產品之間皆須換線，且產品種類 N_k 若比工作站之機台數 M_k 多時，從第二期開始每期至少要換線 $(N_k - M_k)$ 次，而本文中規劃幅度中有 14 個週期，除了第一個規劃週期無法節省期初之設置外，後續 13 個規劃週期至少需設置 $13 * (N_k - M_k)$ 。

而若產品種類少於工作站之機台數時，如下表 3-3 中工作站 l ，加工之產品種類 (N_l) 有 4 種，而工作站中之機台數 (M_l) 為 5 台，則在規劃週期 $t+1$ 中各機台若與前期 t 生產相同之產品，如下圖 3-8 所示，則不須另外設置。因此在理想的狀況下，本文規劃幅度從第二個規劃週期開始之各個週期 ($t=2, 3, \dots, 14$) 不須再換線。

表 3-3 工作站 l 期初換線說明表

工作站 l			
機台數 (M_l)	加工之產品種類 (N_l)	加工產品	換線原因
5	4 種	A、B、C、D	不同產品間需換線

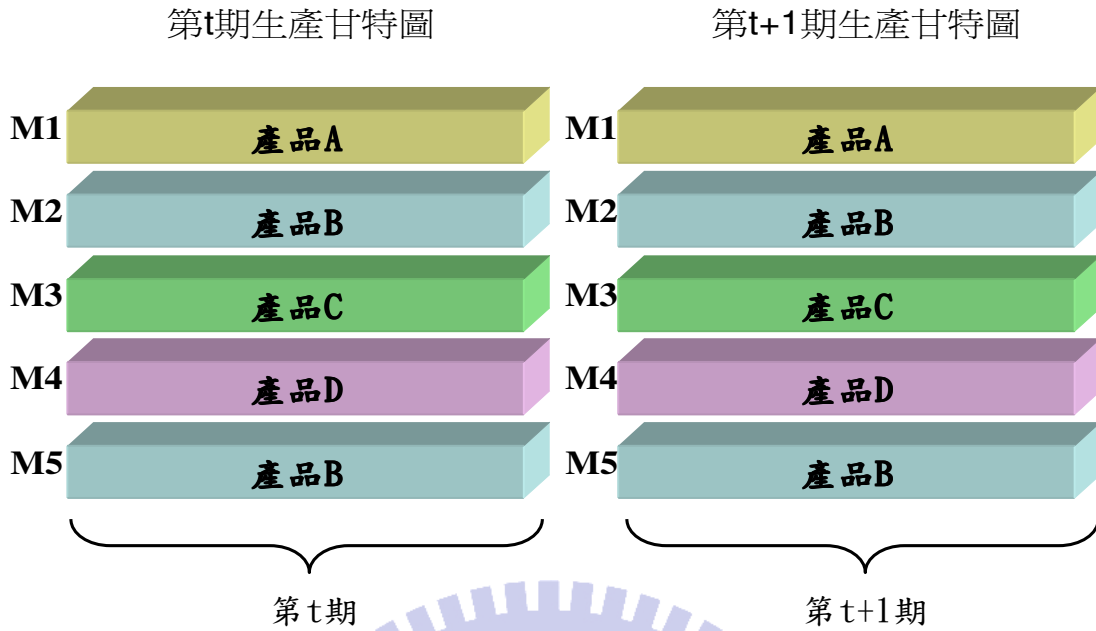


圖 3-7 工作站 L 規劃週期內生產甘特圖

綜合表 3-2 與表 3-3 之例，吾人可知在粗估規劃幅度(T)內各工作站最少換線次數時，必須考慮第二個規劃週期開始之各週期(t=2, 3, .. 14)中，扣去期初節省之換線次數後剩餘必須換線之次數，即 $13 * \max(N_k - M_k, 0)$ ，否則可能因為低估換線次數而造成產能粗估模組的不準確，影響後續規劃排程時的準確性。

在步驟二中探討製程中段各工作站的最少換線次數，其範圍如下圖 3-8 所示：

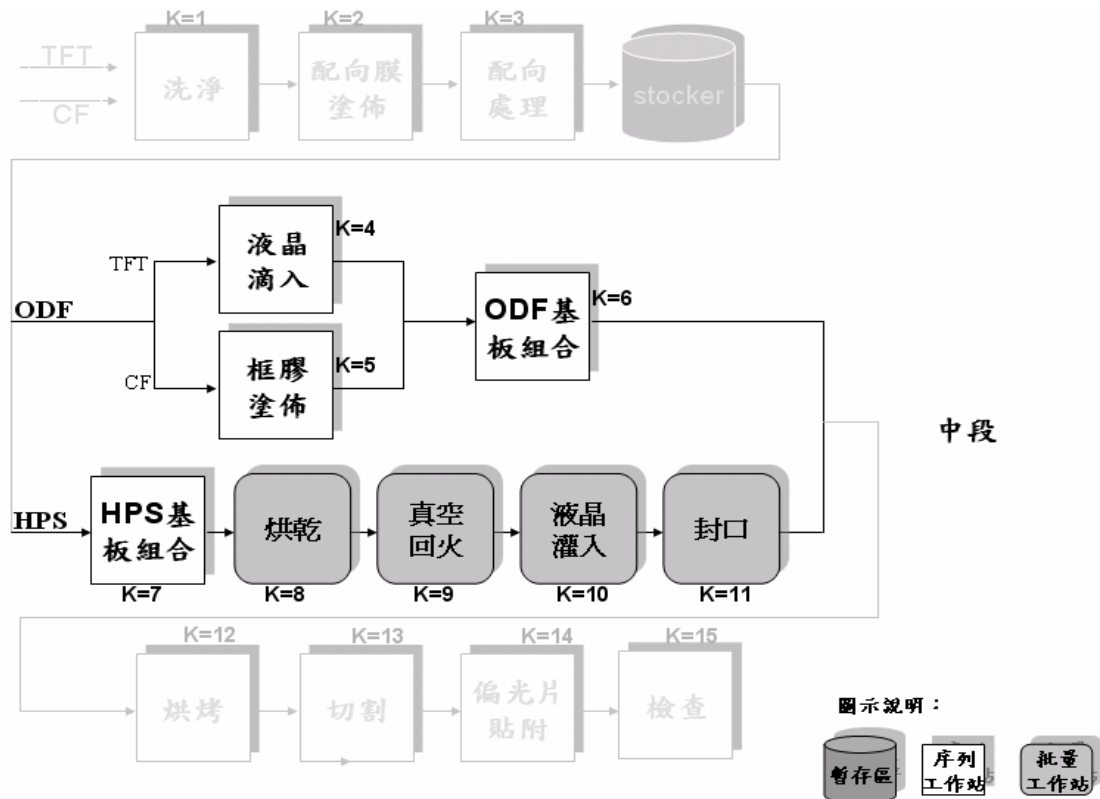


圖 3-8 製程中段工作站示意圖

而製程中段各工作站之需要換線之維度與種類(N_k)如下表 3-4 所示：

表 3-4 製程中段各工作站需換線種類對照表

編號 (k)	工作站 名稱	機台 類型	換線維度	需換線之 種類(N_k)
k=4	液晶滴入	序列機台	不同尺寸(s)之間	S 種
k=5	框膠塗佈	序列機台	不同液晶重類(l)之間	L 種
k=6	ODF 基板組合	序列機台	不同尺寸(s)之間	S 種
k=7	HPS 基板組合	序列機台	不同尺寸(s)之間	S 種
k=8	烘乾	批量機台	不同尺寸(s)或液晶種類(l)之間	$S*L$ 種
k=9	真空回火	批量機台	不同尺寸(s)或液晶種類(l)之間	$S*L$ 種
k=10	液晶灌入	批量機台	不同尺寸(s)或液晶種類(l)之間	$S*L$ 種
k=11	封口	批量機台	不同尺寸(s)或液晶種類(l)之間	$S*L$ 種

由圖 3-8 可以發現中段的 ODF 與 HPS 製程工作站分別包含了序列工作

站(k=4, 5, 6, 7)與批量工作站(k=8, 9, 10, 11)，由於序列機台與批量機台的製程特性不同，因此以下將分開討論序列工作站與批量工作站。

序列工作站

在製程中段的序列機台(k=4, 5, 6, 7)中，由於導致換線的原因不同，可分為**因液晶種類不同而換線**與**因尺寸大小不同而換線**兩種，以下將其分開討論。

因液晶種類不同而換線

由於液晶滴入工作站在**不同液晶需求**的產品之間必須換線，因此當生產的尺寸改變但液晶相同時，並不需要換線，如下圖 3-9 所示。

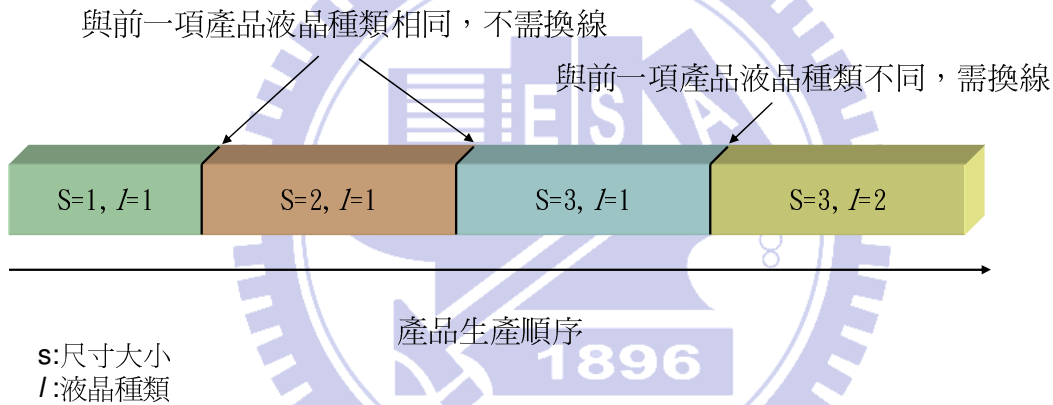


圖 3-9 液晶滴入機台換線時機示意圖

因此在規劃幅度(T)內液晶滴入工作站所需機台數如下式 3-2：

$$MD_{s,l,w,k} = \frac{\sum_{s=1}^S I_{s,l,w} \times pt_{s,l,w,k}}{cap_k / M_k} \quad \text{for } \forall l \in L; w = 1; k = 4 \quad \text{式 3-2}$$

而求得所需機台數 $MD_{s,l,w,k}$ 後，吾人求算最少換線次數 LST_k 時必須考慮第二個規劃週期開始之各週期(t=2, 3, ... 14)所需之換線次數，即

$13 * \max(N_k - M_k, 0)$ ，因此液晶滴入工作站之最少換線次數計算如下式 3-3：

$$LST_k = \sum_{l=1}^L \lceil MD_{s,l,w,k} \rceil + 13 * \max(N_k - M_k, 0) \quad \text{for } k = 4 \quad \text{式 3-3}$$

註：「 $\lceil \cdot \rceil$ 」為無條件進位符號，例如 $\lceil 3.1 \rceil = 4$ ； $\max(a, b)$ 為取 a 與 b 中之大值，例如

$\max(-2, 0) = 0$ ，本文之後將不再解釋其他「 $\lceil \cdot \rceil$ 」與 $\max(a, b)$ 符號

而由於所需機台數即便未滿一台也必須設置一次，因此將所需機台數接無條件進位累加並加上後續週期($t=2, 3, \dots, 14$)之最少需換線次數後即可得到最少換線次數 LST_k 。

因尺寸大小不同而換線

而框膠塗佈、HPS、ODF 製程的基板組合工作站在不同尺寸的產品之間必須換線，因此當生產產品的液晶種類改變但尺寸相同時，並不需要換線，如下圖 3-10 所示。

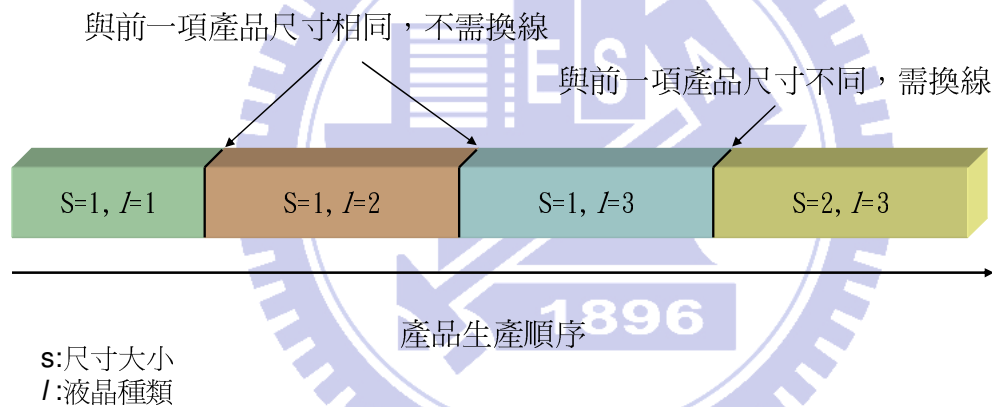


圖 3-10 框膠塗佈、基板組合機台換線時機示意圖

所以框膠塗佈、HPS、ODF 製程的基板組合需要的最少機台數與最少換線次數如下：

$$MD_{s,l,w,k} = \frac{\sum_{l=1}^L I_{s,l,w} \times pt_{s,l,w,k}}{cap_k / M_k} \quad \text{for } \forall s \in S; k=5,6,7 \quad \text{式 3-4}$$

$$LST_k = \sum_{s=1}^S \left[MD_{s,l,w,k} \right] + 13 * \max(N_k - M_k, 0) \quad \text{for } k = 5,6,7 \quad \text{式 3-5}$$

批量工作站

在批量工作站中，由於批量的大小會影響最少換線次數的計算，因

此吾人必須先決定粗估理想批量來計算最少換線次數。而四個批量工作站接續在 HPS 製程基板組合工作站之後生產，所以批量工作站來料速率的快慢將由 HPS 製程基板組合工作站所決定，而批量工作站只要以相同於 HPS 製程基板組合工作站的生產速率生產即可。因此在粗估的階段，吾人將以“與中段 HPS 製程基板組合站產出速率相等”為原則估算批量大小。而製程中段的 HPS 基板組合站之產出速率計算方式如下：

$$O_7 = \frac{cap_7}{pt_{s,l,2,7}} \quad \text{式 3-6}$$

在得知 HPS 製程基板組合站之產出速率 O_7 後，吾人以 O_7 做為四個批量工作站的產出速率，並計算四個批量工作站中各種產品的平均加工時間 $\overline{pt_{s,l,w,k}}$ 來粗估四個批量工作站之理想批量，如下式 3-7：

$$Batch_k^{rcpp} = \left\lceil O_7 \times \frac{\overline{pt_{s,l,w,k}}}{cap_k} \right\rceil \quad \text{for } k = 8, 9, 10, 11 \quad \text{式 3-7}$$

在獲得各批量工作站粗估的理想批量 $Batch_k^{rcpp}$ 之後，必須檢查各個粗估理想批量是否超過各工作站單一批量可生產之產品數量限制之內，舉例來說，在液晶灌入批量工作站中，一個批量內最多可生產 6 個產品，則在式 3-7 中求得的粗估理想批量若大於 6，則代表液晶灌入批量工作站無法跟上 HPS 製程基板組合站之產出速率 O_7 。逐一檢查各個批量工作站，若皆能跟上 HPS 製程基板組合站之產出速率 O_7 ，吾人便可以藉此將各產品訂單需求換算成所需機台數 $MD_{s,l,w,k}$ ，並計算最少換線次數 LST_k ，計算如下：

$$MD_{s,l,w,k} = \frac{\frac{I_{s,l,w}}{Batch_k^{rcap}} \times pt_{s,l,w,k}}{cap_k / M_k} \quad for \quad \forall s \in S; \forall l \in L; w = 2; k = 8,9,10,11 \quad 式 3-8$$

$$LST_k = \sum_{s=1}^S \sum_{l=1}^L \lceil MD_{s,l,w,k} \rceil + 13 * \max(N_k - M_k, 0) \quad for \quad w = 2; k = 8,9,10,11 \quad 式 3-9$$

但是由於吾人尚未分配訂單需求給中段 ODF 製程與 HPS 製程的生產量 $I_{s,l,w}$ ，也就是說，吾人尚未決定訂單中的各種產品是以 ODF 製程($w=1$)或是 HPS 製程($w=2$)來加入液晶。因此在式 3-2 至式 3-9 中求算出來的 $MD_{s,l,w,k}$ 與 LST_k 仍然為含有決策變數 $I_{s,l,w}$ 的未知數，這些含有決策變數 $I_{s,l,w}$ 的 LST_k 將代入步驟三中的數學模式來求解，將已知訂單需求分配給中段 ODF 製程與 HPS 製程，才能粗估製程中段每一個工作站的產能是否足夠。

步驟三 粗估中段工作站產能需求模式

在步驟三中，吾人以數學模式粗估中段工作站產能需求，將已知訂單需求分配給兩種製程，藉以粗估兩種製程中每一個工作站的產能是否足夠。

目標函式：

$$\min \sum_{s=1}^S \sum_{l=1}^L \sum_{w=1}^2 c_{s,l,w} \times I_{s,l,w} + \sum_{s=1}^S \sum_{l=1}^L p_{s,l} \times IBackUp_{s,l} \quad 式 3-10$$

產能限制式：

$$\sum_{s=1}^S \sum_{l=1}^L \sum_{w=1}^2 I_{s,l,w} \times pt_{s,l,w,k} + LST_k \times st_k \leq cap_k \quad for \quad k = 4,5,\dots,11 \quad 式 3-11$$

製程中段 8 個工作站($k=4\sim 11$)的 LST_k 分別為下列所示：

$$LST_k = \sum_{l=1}^L \left[\frac{\sum_{s=1}^S I_{s,l,w} \times pt_{s,l,w,k}}{cap_k / M_k} \right] + 13 * \max(N_k - M_k, 0) \text{ for } w=1; k=4 \quad \begin{array}{l} \text{從式 3-2、式} \\ \text{3-3 而來} \end{array}$$

$$LST_k = \sum_{s=1}^S \left[\frac{\sum_{l=1}^L I_{s,l,w} \times pt_{s,l,w,k}}{cap_k / M_k} \right] + 13 * \max(N_k - M_k, 0) \quad \begin{array}{l} \text{for } w=1; k=5,6 \\ w=2; k=7 \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{從式 3-4、式} \\ \text{3-5 而來} \end{array}$$

$$LST_k = \sum_{s=1}^S \sum_{l=1}^L \left[\frac{\frac{I_{s,l,w}}{Batch_k^{rcap}} \times pt_{s,l,w,k}}{cap_k / M_k} \right] + 13 * \max(N_k - M_k, 0) \text{ for } w=2; k=8,9,10,11 \quad \begin{array}{l} \text{從式 3-8、式} \\ \text{3-9 而來} \end{array}$$

需求限制式：

$$\sum_{w=1}^2 I_{s,l,w} + IBackUp_{s,l} = d_{s,l} \quad \text{for } \forall s \in S; \forall l \in L; \quad \text{式 3-12}$$

非負限制式：

$$I_{s,l,w}, IBackUp_{s,l} \geq 0 \quad \text{for } \forall s \in S; \forall l \in L; \forall w \in W; \quad \text{式 3-13}$$

模式說明：

目標函式說明：

$$\min \sum_{s=1}^S \sum_{l=1}^L \sum_{w=1}^2 c_{s,l,w} \times I_{s,l,w} + \sum_{s=1}^S \sum_{l=1}^L p_{s,l} \times IBackUp_{s,l} \quad \text{式 3-10}$$

由於在分配已知訂單需求時，吾人期望在產能負荷允許之下，以最小的成本去完成所有訂單需求，也就是說，以最小成本來分派中段 ODF 製程與 HPS 製程的生產數量 $I_{s,l,w}$ ，並且加上未完成的懲罰成本確保不會有

剩餘產能卻未生產的情況，而訂單需求未達成量 $IBackUp_{s,l}$ 則可以回饋上層，瞭解何種產品的需求必須向下修正。

產能限制式說明：

$$\sum_{s=1}^S \sum_{l=1}^L \sum_{w=1}^2 I_{s,l,w} \times pt_{s,l,w,k} + LST_k \times st_k \leq cap_k \quad \text{for } k=4,5,\dots,11 \quad \text{式 3-11}$$

式 3-11 表示在製程中段的所有工作站中，各工作站的加工量 $I_{s,l,w}$ 所耗用產能與換線耗用產能不能超過工作站之可用產能。

式 3-11 中的最少換線次數 LST_k 是帶有決策變數 $I_{s,l,w}$ 的未知數，由於不同工作站之換線規則不同，因此各工作站的最少換線次數 LST_k 算法略有不同，為求簡潔，在數學模式中以 LST_k 概括表示製程中段各工作站之最少換線次數，再分別表示出三種 LST_k 形式。

因此吾人在模式中求解時，將 LST_k 替換成含有決策變數 $I_{s,l,w}$ 的數值，使模式中僅含有 $I_{s,l,w}$ 和 $IBackUp_{s,l}$ 兩種決策變數，故可求解。

需求限制式說明：

$$\sum_{w=1}^2 I_{s,l,w} + IBackUp_{s,l} = d_{s,l} \quad \text{for } \forall s \in S; \forall l \in L; \quad \text{式 3-12}$$

經由 ODF 製程與 HPS 製程所生產之總量 $\sum_{w=1}^2 I_{s,l,w}$ ，再加上未生產的數量

$IBackup_{s,l}$ 必須和已知訂單需求 $d_{s,l}$ 相等。

非負限制式：

$$I_{s,l,w}, IBackUp_{s,l} \geq 0 \quad \text{for } \forall s \in S; \forall l \in L; \forall w \in W; \quad \text{式 3-13}$$

式 3-13 確保生產數量 $I_{s,l,w}$ 與訂單需求未達成量 $I_{BackUp_{s,l}}$ 皆為正數或 0。

在得知模式求解之結果後，吾人可進而求得產能負荷，並藉此得知製程中段各工作站的產能是否足夠。若各個工作站的產能負荷皆小於其實際可用產能 cap_k ，則代表中段工作站的產能是能夠滿足訂單的需求，並且繼續進行步驟四；反之，則代表產能無法滿足訂單需求，應該要回報上層來修正訂單需求。

步驟四 計算ODF、HPS共用工作站之最少換線次數

在前三個步驟中，吾人粗估製程中段的產能是否足夠，而在步驟四中則是探討 ODF、HPS 共用工作站之最少換線次數，以便在步驟五中判斷 ODF、HPS 共用工作站之產能是否足夠，其範圍如下圖 3-11 所示：

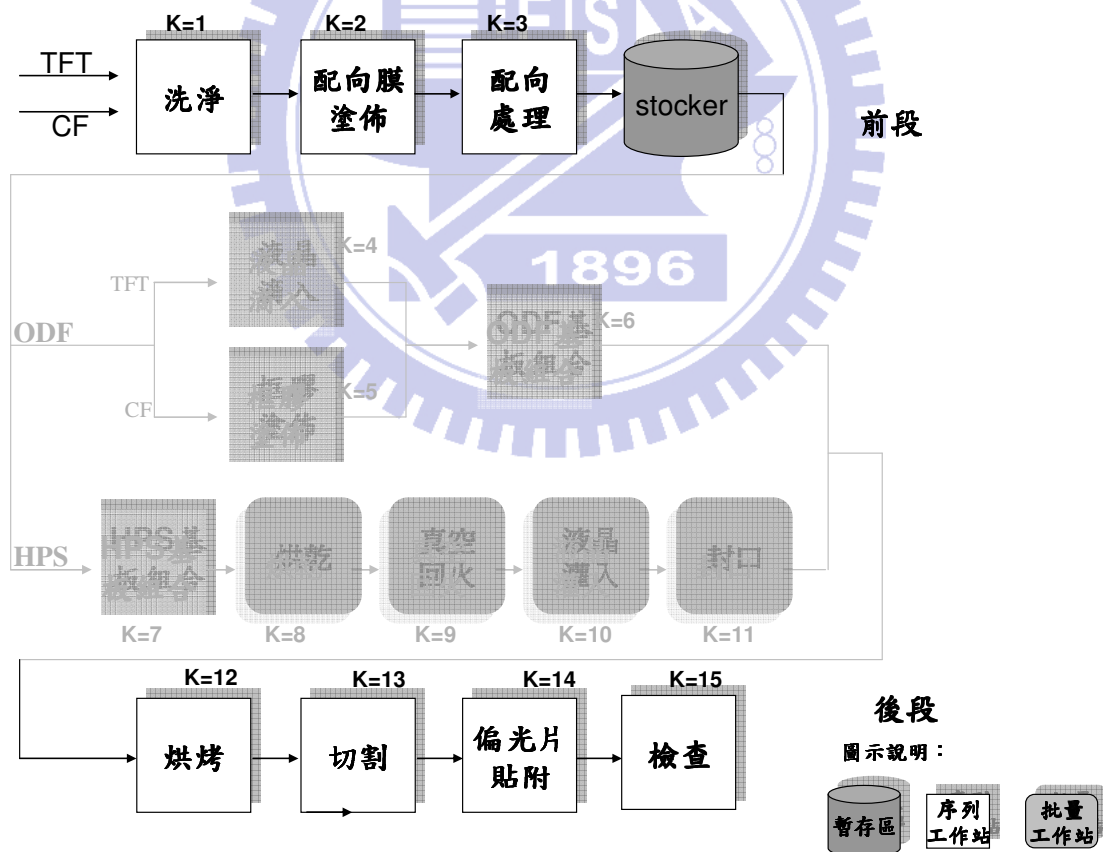


圖 3-11 ODF、HPS 共用工作站示意圖

本文中顧客要求的產品種類有尺寸大小不同與液晶材料不同兩種維度，因此若生產的尺寸大小有 S 種，液晶種類有 L 種，則產品的種類即是 $S \times L$ 種，而各種產品別生產時使用的製程(ODF 製程或 HPS 製程)則是吾人規劃排程時所決定。每一個產品皆是由玻璃基板與彩色濾光片對組而成，而對組作業是在製程中段的基板組合工作站完成，因此在基板組合工作站前的三個工作站(洗淨工作站、配向膜塗佈工作站、配向處理工作站)必須加工玻璃基板與彩色濾光片。除此之外，吾人在排程時必須決定顧客的需求以 ODF 或 HPS 製程生產。以**配向膜塗佈工作站**($k=2$)為例，同一機台在加工尺寸不同或製程不同的產品之間必須換線，並且在**加工玻璃基板與彩色濾光片之間也必須整備**。因此在理想狀態下，計算最少換線次數時，吾人盡量將同樣尺寸且同樣製程的玻璃基板或彩色濾光片在同一機台上專線生產，以減少總換線次數。因此首先必須將**各種尺寸**產品所需產能除以單一機台所提供之實際可用產能，藉此將各種尺寸大小產品訂單的玻璃基板與彩色濾光片需求換算成所需機台數 $MDGL_{s,l,w,k}$ 與 $MDCF_{s,l,w,k}$ ，計算方式如下：

$$MDGL_{s,l,w,k} = MDCF_{s,l,w,k} = \frac{\sum_{l=1}^L I_{s,l,w} \times pt_{s,l,k}}{cap_k / m_k} \quad \text{for } \forall s \in S; w \in W; k=2 \quad \text{式 3-14}$$

而在此同步驟二，吾人必須考慮第二個規劃週期開始之各週期 ($t=2, 3, \dots, 14$) 中，扣去期初節省之換線次數後剩餘必須換線之次數，即為 $13 * \max(N_k - M_k, 0)$ ，HPS、ODF 共用工作站所需之換線種類(N_k)如下表 3-5 所示：

表 3-5 HPS、ODF 共用之各工作站需換線種類對照表

編號 (k)	工作站 名稱	機台 類型	換線維度	需換線之 種類(N _k)
k=1	洗淨	序列機台	不同尺寸(s)之間	S 種
k=2	配向膜塗佈	序列機台	不同尺寸(s)、製程種類(w)或玻璃基板與彩色濾光片之間	S*W*2 種
k=3	配向處理	序列機台	不同尺寸(s)之間	S 種
k=12	烘烤	序列機台	不同尺寸(s)之間	S 種
k=13	切割	序列機台	不同尺寸(s)之間	S 種
k=14	偏光片貼附	序列機台	不同尺寸(s)之間	S 種
k=15	檢查	序列機台	不同尺寸(s)之間	S 種

因此吾人計算配向膜塗佈工作站之最小換線次數 LST_k 如下式 3-15 所

示：

$$LST_k = \sum_{s=1}^S \sum_{w=1}^2 \left[MDGL_{s,l,w,k} \right] + \sum_{s=1}^S \sum_{w=1}^2 \left[MDCF_{s,l,w,k} \right] + 13 * \max(N_k - M_k, 0) \text{ for } k=2 \text{ 式 3-15}$$

除了配向膜塗佈工作站之外，其他 ODF、HPS 共用工作站中，只有當生產尺寸大小改變時需要設置，也就是說，同樣尺寸大小但不同液晶種類或不同製程的玻璃基板或彩色濾光片，在生產之間不需重新設置。而由於洗淨工作站(k=1)與配向處理工作站(k=3)必須加工玻璃基板與彩色濾光片，直到基板組合工作站再加以壓合，因此這兩站的工作量會是後段序列工作站(k=12, 13, 14, 15)的兩倍，因此洗淨與配向處理工作站所需機台數 $MD_{s,l,k}$ 計算方式如下：

$$MD_{s,l,k} = 2 \times \frac{\sum_{l=1}^L d_{s,l} \times pt_{s,l,k}}{cap_k / m_k} \text{ for } \forall s \in S; k=1,3 \text{ 式 3-16}$$

$$MD_{s,l,k} = \frac{\sum_{l=1}^L d_{s,l} \times pt_{s,l,k}}{cap_k / m_k} \quad \text{for } \forall s \in S; k=12,13,14,15 \quad \text{式 3-17}$$

而最少換線次數 LST_k 計算方式如下：

$$LST_k = \sum_{s=1}^S \left[MD_{i_s,j,k} \right] + 13 * \max(N_k - M_k, 0) \quad \text{for all } k=1,3,12,13,14,15 \quad \text{式 3-18}$$

步驟五 計算ODF、HPS共用工作站產能負荷

在步驟四得知最少換線次數後，便可以將換線與加工耗用的產能加總，即能求得產能負荷 CL_k ，計算方式如下：

$$CL_k = \sum_{l=1}^L \sum_{s=1}^S 2 \times d_{s,l} \times pt_{s,l,k} + LST_k \times st_k \quad \text{for all } k=1,2,3 \quad \text{式 3-19}$$

$$CL_k = \sum_{l=1}^L \sum_{s=1}^S d_{s,l} \times pt_{s,l,k} + LST_k \times st_k \quad \text{for all } k=12,13,14,15 \quad \text{式 3-20}$$

若各個工作站的產能負荷 CL_k 皆小於其實際可用產能 cap_k ，則代表 ODF、HPS 共用工作站的產能是能夠滿足訂單的需求；反之，則代表產能無法滿足訂單需求，應該要回報上層來修正訂單需求。

3.3.2 瓶頸與次瓶頸資源辨識機制

在定義瓶頸和次瓶頸資源時，以各個工作站“剩餘產能可用於換線之次數 RST_k ”作為評判標準，計算如下式 3-21、式 3-22、式 3-23：

$$RST_k = \frac{cap_k - CL_k}{st_k} \quad \text{for } k=1,2,3,12,13,14,15 \quad \text{式 3-21}$$

$$RST_k = \frac{cap_k - (\sum_{l=1}^L \sum_{s=1}^S I_{s,l,w} \times pt_{s,l,w,k} + LST_k \times st_k)}{st_k} \quad \text{for } k=4,5,6,7 \quad \text{式 3-22}$$

$$RST_k = \frac{cap_k - (\sum_{l=1}^L \sum_{s=1}^S \frac{I_{s,l,w}}{Batch_k^{rcp}} \times pt_{s,l,w,k} + LST_k \times st_k)}{st_k} \quad \text{for } k=8,9,10,11 \quad \text{式 3-23}$$

剩餘產能可用於換線之次數最少者即定義為系統瓶頸資源，除了定義出瓶頸資源外，吾人必須找出產能負荷接近瓶頸的工作站，稱之為次瓶頸資源，以確保次瓶頸資源不會因為配合瓶頸排程規劃之下，增加自身的換線次數而導致產能不足，形成瓶頸漂移的狀況。

次瓶頸的評判標準同瓶頸工作站，將“剩餘產能可用於換線之次數 RST_k ”接近瓶頸資源的工作站，視為次瓶頸工作站，以便在下一階段的主生產排程與規劃模組，考量次瓶頸工作站是否能配合瓶頸工作站所規劃的排程。

3.4 瓶頸工作站生產排程規劃模組

吾人在 3.3.2 中以各個工作站”剩餘產能可用於換線之次數 RST_k ”作為評判標準，辨識出系統中瓶頸資源配向膜塗佈工作站。根據限制理論，系統瓶頸資源決定整個系統之總產出，因此本文將針對瓶頸資源配向膜塗佈工作站規劃排程，以數學模式來求排程之最佳解。

在本文的環境中，包含了訂單式生產的產品需求和存貨式生產之產品需求；而產品規格有尺寸與液晶種類兩種維度，又吾人在規劃排程時必須決定以 ODF 製程或 HPS 製程來生產各種產品規格。因為考量兩種製程所需的成本不同，所以本規劃將以最大化產出利潤為目標，將生產成本納入考量，獲得最大的經濟效益。

3.4 節之數學模式針對 3.3 節中產能粗估與分析模組求得之系統之瓶頸工作站(配向膜塗佈工作站, $k=2$)進行規劃，並將次瓶頸工作站(液晶滴入工作站, $k=4$)之產能限制寫成限制式加以考量。

由於液晶滴入工作站位於瓶頸工作站之後(參考圖 3-1)，且兩工作站

之換線維度不同(參考表 3-6)，因此吾人在排定瓶頸工作站排程時，除了減少本身的換線次數，以最大化利用產能之外，也必須盡量減少不同液晶的產品接續生產的情況，因為在瓶頸工作站後的液晶滴入工作站按照瓶頸工作站規劃的產出順序當成投入時，連續來到不同液晶種類的產品可能會造成液晶滴入工作站因為過多換線而導致瓶頸漂移。

而本節規劃之結果為瓶頸工作站中各個機台在規劃幅度內的各個週期加工之產品種類、順序與數量。依據限制理論的想法，完成瓶頸工作站之規劃其實就決定了系統的總產出目標，因此本節數學模式得到之輸出結果即可成為後續工作站之輸入資訊。

表 3-6 瓶頸與次瓶頸工作站導致換線之維度表

工作站代碼(k)	工作站名稱	機台種類	產品維度			
			TFT與CF之間	不同尺寸之間	不同液晶種類之間	不同製程之間
2	配向膜塗佈 (瓶頸工作站)	序列機台	+	+	-	+
4	液晶滴入 (次瓶頸工作站)	序列機台	-	-	+	-

註： +表示需要換線
-表示不需要換線

規劃模式如下：

符號一覽表

下標：

s ：表示產品尺寸大小； $s=1, 2, \dots, S$ ；分別依序表示 S 種尺寸

l ：表示液晶種類； $l=1, 2, \dots, L$ ；分別依序表示 L 種液晶種類

w ：表示產品生產的方式； $w=1, 2$ ；分別依序表示 ODF 製程與 HPS 製程

m ：表示工作站之機台 m ； $m=1, 2, \dots, M_k$ ， $k=2$

t ：表示系統規劃幅度內的第 t 個規劃週期； $t=1, 2, \dots, 14$

參數：

$c_{s,l,w}$ ：尺寸 s ，液晶種類 l ，經過 w 製程之產品的生產成本

$\frac{cap_k}{T}$ ：表示工作站 k 在規劃週期 t 內之實際可用產能； $k=2$

$d_{s,l,t}$ ：在第 t 個規劃週期，尺寸 s ，液晶種類 l 的需求量

$pt_{s,l,w}^{GL}$ ：尺寸 s ，液晶種類 l ，經過 w 製程之玻璃基板加工所需時間

$pt_{s,l,w}^{CF}$ ：尺寸 s ，液晶種類 l ，經過 w 製程之彩色濾光片加工所需時間

$r_{s,l}$ ：尺寸 s ，液晶種類 l 之產品的售價

st_k ：工作站 k 換線一次所需時間； $k=2$

決策變數：

$\alpha_{s,l,w,m,t}^{GL}$ ：在第 t 個規劃週期， m 機台上，若有生產尺寸 s ，液晶種類 l ，經過 w 製程之玻璃基板則為 1，沒有則為 0。

$\alpha_{s,l,w,m,t}^{CF}$ ：在第 t 個規劃週期， m 機台上，若有生產尺寸 s ，液晶種類 l ，經過 w 製程之彩色濾光片則為 1，沒有則為 0。

$\beta_{s,l,w,m,t}^{GL}$ ：在第 t 個規劃週期期初，機台 m 上若生產尺寸 s ，液晶種類 l ，經過 w 製程之玻璃基板則為 1，否則為 0。

$\beta_{s,l,w,m,t}^{CF}$ ：在第 t 個規劃週期期初，機台 m 上若生產尺寸 s ，液晶種類 l ，經過 w 製程之彩色濾光片則為 1，否則為 0。

$\gamma_{s,l,w,m,t}^{GL}$ ：在第 t 個規劃週期期末，機台 m 上若生產尺寸 s ，液晶種類 l ，經過 w 製程之玻璃基板則為 1，否則為 0。

$\gamma_{s,l,w,m,t}^{CF}$ ：在第 t 個規劃週期期末，機台 m 上若生產尺寸 s ，液晶種類 l ，經過 w 製程之彩色濾光片則為 1，否則為 0。

$IGL_{s,l,w,m,t}$ ：在第 t 個規劃週期，尺寸 s ，液晶種類 l ，經過 w 製程，在 m 機台上生產之玻璃基板數量，為大於或等於 0 之整數。

$ICF_{s,l,w,m,t}$ ：在第 t 個規劃週期，尺寸 s ，液晶種類 l ，經過 w 製程，在 m 機台上生產之彩色濾光片數量，為大於或等於 0 之整數。

$J_{s,w,m,t}^{GL}$ ：為 $\{0, 1\}$ 變數，代表 $\sum_{l=1}^L \alpha_{s,l,w,m,t}^{GL} - Y_{s,w,m,t}^{GL}$ ，用意在避免式 3-29 中計算 $\sum_{l=1}^L \alpha_{s,l,w,m,t}^{GL} - Y_{s,w,m,t}^{GL}$ 時出現負數。

$J_{s,w,m,t}^{GL}$ ：為 $\{0, 1\}$ 變數，代表 $\sum_{l=1}^L \alpha_{s,l,w,m,t}^{GL} - Y_{s,w,m,t}^{GL}$ ，用意同 $J_{s,w,m,t}^{GL}$ 。

$P_{s,w,m,t}^{GL}$ ：為非負變數，代表 $\sum_{s=1}^S \alpha_{s,l,w,m,t}^{GL} - Z_{l,w,m,t}^{GL}$ ，用意在避免式 3-36 中計算 $\sum_{s=1}^S \alpha_{s,l,w,m,t}^{GL} - Z_{l,w,m,t}^{GL}$ 時出現負數。

$P_{s,w,m,t}^{CF}$ ：為非負變數，代表 $\sum_{s=1}^S \alpha_{s,l,w,m,t}^{CF} - Z_{l,w,m,t}^{CF}$ ，用意在避免式 3-36 中計算 $\sum_{s=1}^S \alpha_{s,l,w,m,t}^{CF} - Z_{l,w,m,t}^{CF}$ 時出現負數。

$X_{s,w,m,t}^{GL}$ ：在第 t 個規劃週期， m 機台上是否因為期初生產尺寸 s ，經過 w 製程之玻璃基板而節省一次設置時間(機台在該期初與上期末生產同尺寸之玻璃基板)，若是為 1，否則為 0。

$X_{s,w,m,t}^{CF}$ ：在第 t 個規劃週期， m 機台上是否因為期初生產尺寸 s ，經過 w 製程之彩色濾光片而節省一次設置時間(機台在該期初與上期末生產同尺寸之彩色濾光片)，若是為 1，否則為 0。

$Y_{s,w,m,t}^{GL}$ ：在第 t 個規劃週期， m 機台上因為前後接續生產尺寸同為 s ，製程同為 w ，液晶種類不同之玻璃基板而節省的設置次數，為大於或等於 0 之整數。

$Y_{s,w,m,t}^{CF}$ ：在第 t 個規劃週期， m 機台上因為前後接續生產尺寸同為 s ，製程

同為 w ，液晶種類不同之彩色濾光片而節省的設置次數，為大於或等於 0 之整數。

$Z_{l,w,m,t}^{GL}$ ：在第 t 個規劃週期， m 機台上前後接續液晶種類同為 l ，製程同為 w ，尺寸不同之玻璃基板的次數，為大於或等於 0 之整數。

目標函式：

$$Max \sum_{s=1}^S \sum_{l=1}^L \sum_{w=1}^2 \sum_{m=1}^{M_k} \sum_{t=1}^T IGL_{s,l,w,m,t} \times (r_{s,l} - c_{s,l,w}) \quad \text{式 3-24}$$

產能限制式：

$$\begin{aligned} & \left(\sum_{s=1}^S \sum_{l=1}^L \sum_{w=1}^2 IGL_{s,l,w,m,t} \times pt_{s,l,w}^{GL} \right) + \left(\sum_{s=1}^S \sum_{l=1}^L \sum_{w=1}^2 ICF_{s,l,w,m,t} \times pt_{s,l,w}^{CF} \right) \\ & + \left[\sum_{s=1}^S \sum_{l=1}^L \sum_{w=1}^2 (\alpha_{s,l,w,m,t}^{GL} + \alpha_{s,l,w,m,t}^{CF}) - \sum_{s=1}^S \sum_{w=1}^2 (X_{s,w,m,t}^{GL} + X_{s,w,m,t}^{CF}) \right. \\ & \left. - \sum_{s=1}^S \sum_{w=1}^2 (Y_{s,w,m,t}^{GL} + Y_{s,w,m,t}^{CF}) \right] \times st_k \leq \frac{cap_k}{M_k} \times 14 \\ & \text{for } k=2; \forall m \in M_k; \forall t \in T \end{aligned} \quad \text{式 3-25}$$

產量限制式：

$$\sum_{m=1}^{M_k} IGL_{s,l,w,m,t} = \sum_{m=1}^{M_k} ICF_{s,l,w,m,t} \quad \text{for } \forall s \in S; \forall l \in L; \forall w \in W; \forall t \in T \quad \text{式 3-26}$$

$$\sum_{m=1}^{M_k} \sum_{w=1}^2 \sum_{t'=1}^t IGL_{s,l,w,m,t} \geq \sum_{t'=1}^t d_{s,l,t} \quad \text{for } \forall s \in S; \forall l \in L; \forall t \in T; \quad \text{式 3-27}$$

$$\begin{aligned} IGL_{s,l,w,m,t} & \leq M \times \alpha_{s,l,w,m,t}^{GL} & \forall s \in S; \forall l \in L; \forall w \in W; \forall m \in M_k; \forall t \in T; \\ ICF_{s,l,w,m,t} & \leq M \times \alpha_{s,l,w,m,t}^{CF} & \forall s \in S; \forall l \in L; \forall w \in W; \forall m \in M_k; \forall t \in T; \end{aligned} \quad \text{式 3-28}$$

排程限制式：

$$J_{s,w,m,t}^{GL} = \sum_{l=1}^L \alpha_{s,l,w,m,t}^{GL} - Y_{s,w,m,t}^{GL} \geq \frac{\sum_{l=1}^L \alpha_{s,l,w,m,t}^{GL}}{L} \quad \forall s \in S; \forall w \in W; \forall m \in M_k; \forall t \in T$$

式 3-29

$$J_{s,w,m,t}^{CF} = \sum_{l=1}^L \alpha_{s,l,w,m,t}^{CF} - Y_{s,w,m,t}^{CF} \geq \frac{\sum_{l=1}^L \alpha_{s,l,w,m,t}^{CF}}{L} \quad \forall s \in S; \forall w \in W; \forall m \in M_k; \forall t \in T$$

$$2 \times X_{s,w,m,t}^{GL} \leq \sum_{l=1}^L \beta_{s,l,w,m,t}^{GL} + \sum_{l=1}^L \gamma_{s,l,w,m,t-1}^{GL} \quad \forall s \in S; \forall w \in W; \forall m \in M_k; \forall t \in T;$$

式 3-30

$$2 \times X_{s,w,m,t}^{CF} \leq \sum_{l=1}^L \beta_{s,l,w,m,t}^{CF} + \sum_{l=1}^L \gamma_{s,l,w,m,t-1}^{CF} \quad \forall s \in S; \forall w \in W; \forall m \in M_k; \forall t \in T;$$

$$\sum_{s=1}^S \sum_{l=1}^L \sum_{w=1}^W \alpha_{s,l,w,m,t}^{GL} + \alpha_{s,l,w,m,t}^{CF} \geq 1 \quad \forall m \in M_k; \forall t \in T$$

式 3-31

$$\sum_{s=1}^S \sum_{l=1}^L \sum_{w=1}^W \beta_{s,l,w,m,t}^{GL} + \beta_{s,l,w,m,t}^{CF} = 1 \quad \forall m \in M_k; \forall t \in T$$

式 3-32

$$\sum_{s=1}^S \sum_{l=1}^L \sum_{w=1}^W \gamma_{s,l,w,m,t}^{GL} + \gamma_{s,l,w,m,t}^{CF} = 1 \quad \forall m \in M_k; \forall t \in T$$

式 3-33

$$\sum_{s=1}^S \sum_{w=1}^W X_{s,w,m,t}^{GL} + X_{s,w,m,t}^{CF} \leq 1 \quad \forall m \in M_k; \forall t \in T$$

式 3-34

$$\sum_{t=1}^T \left(\sum_{s=1}^S \sum_{l=1}^L \sum_{m=1}^{M_k} \alpha_{s,l,w,m,t}^{GL} - 1 \right) - \sum_{t=1}^T \sum_{l=1}^L \sum_{m=1}^{M_k} Z_{l,w,m,t}^{GL} \leq RST_k \quad k=4; w=1$$

式 3-35

$$P_{s,w,m,t}^{GL} = \sum_{s=1}^S \alpha_{s,l,w,m,t}^{GL} - Z_{l,w,m,t}^{GL} \geq \frac{\sum_{s=1}^S \alpha_{s,l,w,m,t}^{GL}}{S} \quad \forall l \in L; \forall w=1; \forall m \in M_k; \forall t \in T$$

式 3-36

$$P_{s,w,m,t}^{CF} = \sum_{s=1}^S \alpha_{s,l,w,m,t}^{CF} - Z_{l,w,m,t}^{CF} \geq \frac{\sum_{s=1}^S \alpha_{s,l,w,m,t}^{CF}}{S} \quad \forall l \in L; \forall w=1; \forall m \in M_k; \forall t \in T$$

$$\sum_{l=1}^L Z_{l,w,m,t}^{GL} \leq \left(\sum_{s=1}^S \sum_{l=1}^L \alpha_{s,l,w,m,t}^{GL} - 1 \right) - \sum_{s=1}^S Y_{s,w,m,t}^{GL} \quad \forall w=1; \forall m \in M_k; \forall t \in T$$

式 3-37

$$\alpha_{s,l,w,m,t}^{GL} \geq \beta_{s,l,w,m,t}^{GL} \quad \forall s \in S; \forall l \in L; \forall w \in W; \forall m \in M_k; \forall t \in T$$

式 3-38

$$\alpha_{s,l,w,m,t}^{CF} \geq \beta_{s,l,w,m,t}^{CF} \quad \forall s \in S; \forall l \in L; \forall w \in W; \forall m \in M_k; \forall t \in T$$

$$\begin{aligned}\alpha_{s,l,w,m,t}^{GL} &\geq \gamma_{s,l,w,m,t}^{GL} & \forall s \in S; \forall l \in L; \forall w \in W; \forall m \in M_k; \forall t \in T \\ \alpha_{s,l,w,m,t}^{CF} &\geq \gamma_{s,l,w,m,t}^{CF} & \forall s \in S; \forall l \in L; \forall w \in W; \forall m \in M_k; \forall t \in T\end{aligned}\quad \text{式 3-39}$$

$$\begin{aligned}IGL_{s,l,w,m,t}^{GL}; Y_{s,w,m,t}^{GL}; Z_{l,w,m,t}^{GL}; P_{s,w,m,t}^{GL} &\geq 0 \\ ICF_{s,l,w,m,t}^{CF}; Y_{s,w,m,t}^{CF}; Z_{l,w,m,t}^{CF}; P_{s,w,m,t}^{GL} &\geq 0 \\ \forall s \in S; \forall l \in L; \forall w \in W; \forall m \in M_k; \forall t \in T;\end{aligned}\quad \text{式 3-40}$$

$$\begin{aligned}\alpha_{s,l,w,m,t}^{GL}; \beta_{s,l,w,m,t}^{GL}; \gamma_{s,l,w,m,t}^{GL}; X_{s,w,m,t}^{GL}; J_{s,w,m,t}^{GL} &\in (0,1) \\ \alpha_{s,l,w,m,t}^{CF}; \beta_{s,l,w,m,t}^{CF}; \gamma_{s,l,w,m,t}^{CF}; X_{s,w,m,t}^{CF}; J_{s,w,m,t}^{CF} &\in (0,1) \\ \forall s \in S; \forall l \in L; \forall w \in W; \forall m \in M_k; \forall t \in T;\end{aligned}\quad \text{式 3-41}$$

模式說明：

目標函式說明：

$$Max \sum_{s=1}^S \sum_{l=1}^L \sum_{w=1}^2 \sum_{m=1}^{M_k} \sum_{t=1}^T IGL_{s,l,w,m,t} \times (r_{s,l} - c_{s,l,w}) \quad \text{式 3-24}$$

式 3-24 表示組立廠包含訂單式生產和存貨式生產之產品，且產品以 ODF、HPS 兩種製程生產的成本 $c_{s,l,w}$ 不同，吾人以最大化產出利潤為目標式求解。

產能限制式說明：

$$\begin{aligned}& \left(\sum_{s=1}^S \sum_{l=1}^L \sum_{w=1}^2 IGL_{s,l,w,m,t} \times pt_{s,l,w}^{GL} \right) + \left(\sum_{s=1}^S \sum_{l=1}^L \sum_{w=1}^2 ICF_{s,l,w,m,t} \times pt_{s,l,w}^{CF} \right) \\ & + \left[\sum_{s=1}^S \sum_{l=1}^L \sum_{w=1}^2 (\alpha_{s,l,w,m,t}^{GL} + \alpha_{s,l,w,m,t}^{CF}) - \sum_{s=1}^S \sum_{w=1}^2 (X_{s,w,m,t}^{GL} + X_{s,w,m,t}^{CF}) \right] \\ & - \sum_{s=1}^S \sum_{w=1}^2 (Y_{s,w,m,t}^{GL} + Y_{s,w,m,t}^{CF}) \times st_k \leq \frac{cap_k}{M_k} \\ & \text{for } k = 2; \forall m \in M_k; \forall t \in T\end{aligned}\quad \text{式 3-25}$$

式 3-25 表示每個機台上生產玻璃基板與彩色濾光片所耗用的產能再加上因為換線所耗用之產能，必須要小於機台的產能限制。

在配向膜塗佈工作站中，加工不同液晶種類但製程、尺寸相同的玻璃基板之間不需要換線 ($Y_{s,w,m,t}^{GL} \geq 1 \quad \forall s \in S; \forall w \in W$)，彩色濾光片之情況亦同

$(Y_{s,w,m,t}^{CF} \geq 1 \quad \forall s \in S; \forall w \in W)$ ，如下圖 3-12 所示。

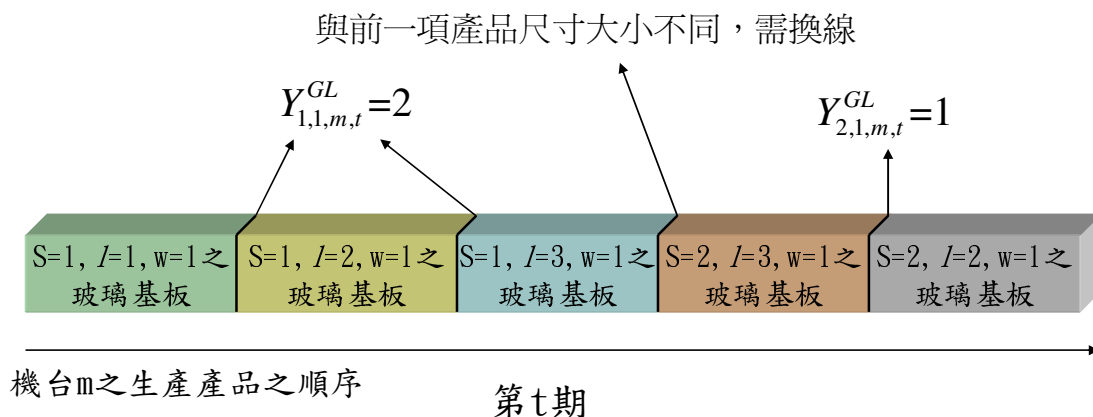


圖 3-12 瓶頸站中產品間是否需要換線示意圖

而期初生產之產品尺寸若與前一期期末相同，則能省去一次期初的換線($\sum_{s=1}^S \sum_{w=1}^2 (X_{s,w,m,t}^{GL} + X_{s,w,m,t}^{CF}) = 1$)，因此在週期 t 時，m 機台應換線次數為

$$\left[\sum_{s=1}^S \sum_{l=1}^L \sum_{w=1}^2 (\alpha_{s,l,w,m,t}^{GL} + \alpha_{s,l,w,m,t}^{CF}) - \sum_{s=1}^S \sum_{w=1}^2 (X_{s,w,m,t}^{GL} + X_{s,w,m,t}^{CF}) - \sum_{s=1}^S \sum_{w=1}^2 (Y_{s,w,m,t}^{GL} + Y_{s,w,m,t}^{CF}) \right]。$$

產量限制式說明：

$$\sum_{m=1}^{M_k} IGL_{s,l,w,m,t} = \sum_{m=1}^{M_k} ICF_{s,l,w,m,t} \quad \text{for } \forall s \in S; \forall l \in L; \forall w \in W; \forall t \in T \quad \text{式 3-26}$$

式 3-26 表示在週期 t 之中，所生產各種類的玻璃基板數量與彩色濾光片的數量必須相同，才能對組成一個完整的產品，此式避免在各個週期結束時，暫存區有無法對組的玻璃基板與彩色濾光片存在。

$$\sum_{m=1}^{M_k} \sum_{w=1}^2 \sum_{t'=1}^t IGL_{s,l,w,m,t'} \geq \sum_{t'=1}^t d_{s,l,t} \quad \text{for } \forall s \in S; \forall l \in L; \forall t \in T; \quad \text{式 3-27}$$

式 3-27 表示在 t 期時，各種產品之累積產出必須大於累積需求，此限制式讓當期的各產品需求可由前期累積的庫存消化。由於在式 3-26 中已經限定各種類的玻璃基板數量與彩色濾光片的數量必須相同，因此本式以 $IGL_{s,l,w,m,t}$ 代表產品。

$$\begin{aligned}
IGL_{s,l,w,m,t} &\leq M \times \alpha_{s,l,w,m,t}^{GL} & \forall s \in S; \forall l \in L; \forall w \in W; \forall m \in M_k; \forall t \in T; \\
ICF_{s,l,w,m,t} &\leq M \times \alpha_{s,l,w,m,t}^{CF} & \forall s \in S; \forall l \in L; \forall w \in W; \forall m \in M_k; \forall t \in T;
\end{aligned}
\tag{式 3-28}$$

式 3-28 表示在各個週期 t 的各機台上，必須確定有生產產品，例如

$$\alpha_{s,l,w,m,t}^{GL} = 1, \text{ 才會有產出 } IGL_{s,l,w,m,t} \text{。}$$

排程限制式說明：

$$\begin{aligned}
J_{s,w,m,t}^{GL} &= \sum_{l=1}^L \alpha_{s,l,w,m,t}^{GL} - Y_{s,w,m,t}^{GL} \geq \frac{\sum_{l=1}^L \alpha_{s,l,w,m,t}^{GL}}{L} & \forall s \in S; \forall w \in W; \forall m \in M_k; \forall t \in T \\
J_{s,w,m,t}^{CF} &= \sum_{l=1}^L \alpha_{s,l,w,m,t}^{CF} - Y_{s,w,m,t}^{CF} \geq \frac{\sum_{l=1}^L \alpha_{s,l,w,m,t}^{CF}}{L} & \forall s \in S; \forall w \in W; \forall m \in M_k; \forall t \in T
\end{aligned}
\tag{式 3-29}$$

式 3-29 表示在各個週期 t 的各機台上，以**節省換線次數**為前提之下，會使所有尺寸為 s，製程為 w 的各種液晶種類產品集中生產，使換線次數最小化。因此在各個週期 t 的各機台上，若有生產尺寸為 s、製程為 w，而液晶種類不同的玻璃基板或彩色濾光片，所節省的換線次數 ($Y_{s,w,m,t}^{GL}$ 或 $Y_{s,w,m,t}^{CF}$)，必定等於尺寸為 s、製程為 w 的所有液晶種類數量 ($\sum_{l=1}^L \alpha_{s,l,w,m,t}^{GL}$ 或 $\sum_{l=1}^L \alpha_{s,l,w,m,t}^{CF}$) - 1；而若在各個週期 t 的各機台上，並未生產尺寸為 s、製程為 w，而液晶種類不同的玻璃基板或彩色濾光片，則所節省的換線次數 ($Y_{s,w,m,t}^{GL}$ 或 $Y_{s,w,m,t}^{CF}$) 必為 0，在此以 {0, 1} 變數 $J_{s,w,m,t}^{GL}$ 來確保計算

$\sum_{l=1}^L \alpha_{s,l,w,m,t}^{GL} - Y_{s,w,m,t}^{GL}$ 時不會產生負數。如下表 3-7 之例所示。

表 3-7 生產與換線次數節省對照表

$\sum_{l=1}^L \alpha_{s,l,w,m,t}^{GL}$	0	1	2	3
$Y_{s,w,m,t}^{GL}$	0	0	1	2
$J_{s,w,m,t}^{GL}$	0	1	1	1

而如下圖 3-13 之例所示，由於生產的六種玻璃基板可分為 {s=1, w=1}

和 $\{s=2, w=1\}$ 兩群，因此在節省換線次數的情況下，屬於 $\{s=1, w=1\}$ 的三種玻璃基板將集中生產；而屬於 $\{s=2, w=1\}$ 的三種玻璃基板亦然。因此屬於 $\{s=1, w=1\}$ 的三種玻璃基板可節省換線次數 $Y_{1,1,m,t}^{GL}$ 為 $3-1=2$ ；同理， $Y_{2,1,m,t}^{GL}$ 亦為 2。

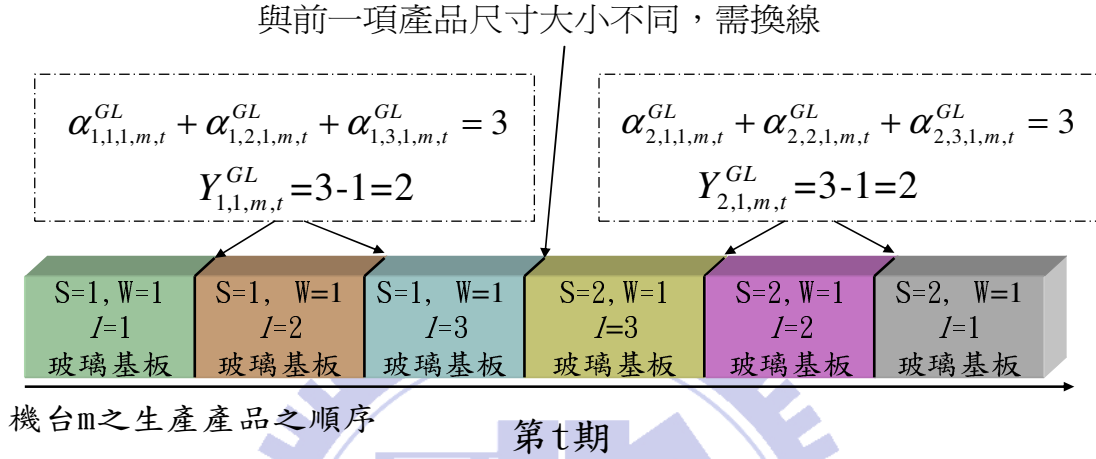


圖 3-13 因尺寸相同而節省換線之示意圖

$$2 \times X_{s,w,m,t}^{GL} \leq \sum_{l=1}^L \beta_{s,l,w,m,t}^{GL} + \sum_{l=1}^L \gamma_{s,l,w,m,t-1}^{GL} \quad \forall s \in S; \forall w \in W; \forall m \in M_k; \forall t \in T; \quad \text{式 3-30}$$

$$2 \times X_{s,w,m,t}^{CF} \leq \sum_{l=1}^L \beta_{s,l,w,m,t}^{CF} + \sum_{l=1}^L \gamma_{s,l,w,m,t-1}^{CF} \quad \forall s \in S; \forall w \in W; \forall m \in M_k; \forall t \in T;$$

式 3-30 表示第 t 期期初是否能節省換線次數決定於第 t 期期初與第 t-1 期期末是否生產相同尺寸的玻璃基板或彩色濾光片。

$$\sum_{s=1}^S \sum_{l=1}^L \sum_{w=1}^W \alpha_{s,l,w,m,t}^{GL} + \alpha_{s,l,w,m,t}^{CF} \geq 1 \quad \forall m \in M_k; \forall t \in T \quad \text{式 3-31}$$

式 3-31 表示在有生產存貨式產品的環境下，各期各機台上至少加工一種產品，若 $\sum_{s=1}^S \sum_{l=1}^L \sum_{w=1}^W (\alpha_{s,l,w,m,t}^{GL} + \alpha_{s,l,w,m,t}^{CF}) = 1$ 代表此機台為專線生產；若

$\sum_{s=1}^S \sum_{l=1}^L \sum_{w=1}^W (\alpha_{s,l,w,m,t}^{GL} + \alpha_{s,l,w,m,t}^{CF}) > 1$ 則代表此機台為混線生產。

$$\sum_{s=1}^S \sum_{l=1}^L \sum_{w=1}^W \beta_{s,l,w,m,t}^{GL} + \beta_{s,l,w,m,t}^{CF} = 1 \quad \forall m \in M_k; \forall t \in T \quad \text{式 3-32}$$

式 3-32 表示各期各機台在有生產存貨式產品的環境下，期初一定有生產產品，並且恰好只有一種產品在期初生產。

$$\sum_{s=1}^S \sum_{l=1}^L \sum_{w=1}^W \gamma_{s,l,w,m,t}^{GL} + \gamma_{s,l,w,m,t}^{CF} = 1 \quad \forall m \in M_k; \forall t \in T \quad \text{式 3-33}$$

式 3-33 表示各期各機台在有生產存貨式產品的環境下，期末一定有生產產品，並且恰好只有一種產品在期末生產。

$$\sum_{s=1}^S \sum_{w=1}^W X_{s,w,m,t}^{GL} + X_{s,w,m,t}^{CF} \leq 1 \quad \forall m \in M_k; \forall t \in T \quad \text{式 3-34}$$

式 3-34 表示各期各機台在期初時，因為與前期期末生產相同尺寸的產品而節省的換線次數最多只有一次。

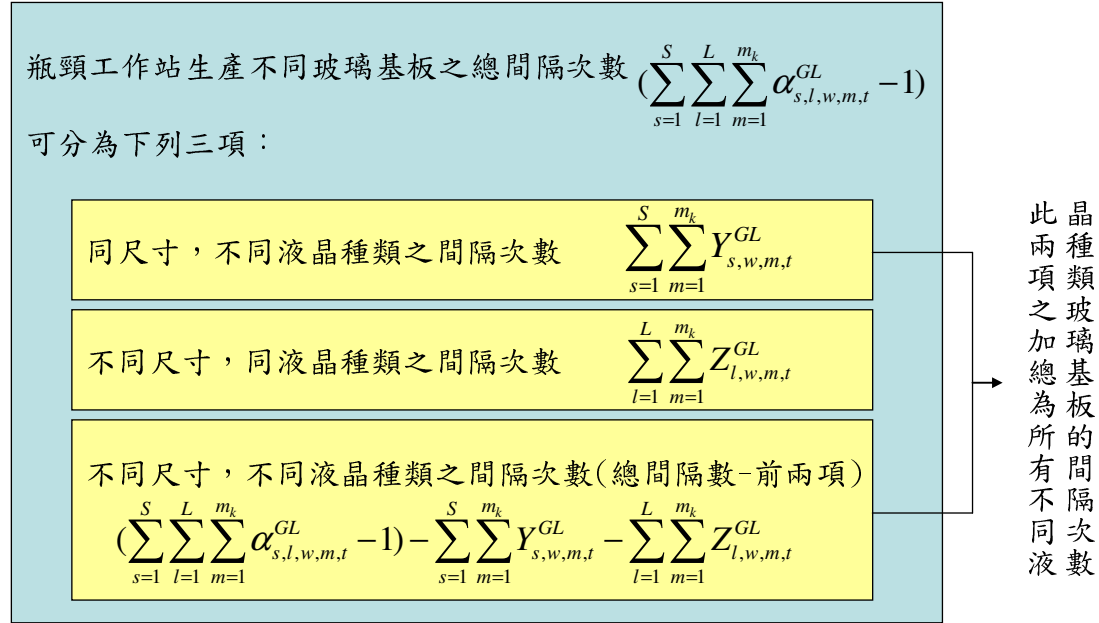
$$\sum_{t=1}^T \left(\sum_{s=1}^S \sum_{l=1}^L \sum_{m=1}^{M_k} \alpha_{s,l,w,m,t}^{GL} - 1 \right) - \sum_{t=1}^T \sum_{l=1}^L \sum_{m=1}^{M_k} Z_{l,w,m,t}^{GL} \leq RST_k \quad k=4; w=1 \quad \text{式 3-35}$$

式 3-35 表示在瓶頸工作站各期之中，加工**同尺寸但不同液晶種類**玻璃基板的間隔次數加上加工**不同尺寸且不同液晶種類**玻璃基板的間隔次數必須小於液晶滴入工作站的最高可換線次數 $RST_{4,t}$ 。由於本式之用意在於控制液晶滴入工作站 ($w=1, k=4$) 的換線次數，因此只針對經過 ODF 製程 ($w=1$) 上液晶滴入工作站 ($w=4$) 的**玻璃基板**做限制。

吾人以下圖 3-14 表示， $\sum_{s=1}^S \sum_{m=1}^{M_k} Y_{s,w,m,t}^{GL}$ 代表瓶頸工作站中所有**同尺寸但不同液晶種類**之間隔次數，而 $\left(\sum_{s=1}^S \sum_{l=1}^L \sum_{m=1}^{M_k} \alpha_{s,l,w,m,t}^{GL} - 1 \right) - \sum_{s=1}^S \sum_{m=1}^{M_k} Y_{s,w,m,t}^{GL} - \sum_{l=1}^L \sum_{m=1}^{M_k} Z_{l,w,m,t}^{GL}$ 表示瓶頸工作站中所有**不同尺寸且不同液晶種類**之間隔次數，因此兩項相加並經過化簡之後即為瓶頸工作站中所有液晶種類不同之玻璃基板接續生產的次數，如式 3-35 中所示。

註：(化簡過程)

$$\begin{aligned}
 & \text{同尺寸但不同液晶種類} \quad + \quad \text{不同尺寸且不同液晶種類} \\
 = & \quad \cancel{\sum_{s=1}^S \sum_{m=1}^{m_k} Y_{s,w,m,t}^{GL}} \quad + \quad \left(\sum_{s=1}^S \sum_{l=1}^L \sum_{m=1}^{m_k} \alpha_{s,l,w,m,t}^{GL} - 1 \right) - \cancel{\sum_{s=1}^S \sum_{m=1}^{m_k} Y_{s,w,m,t}^{GL}} - \sum_{l=1}^L \sum_{m=1}^{m_k} Z_{l,w,m,t}^{GL} \\
 = & \left(\sum_{s=1}^S \sum_{l=1}^L \sum_{m=1}^{m_k} \alpha_{s,l,w,m,t}^{GL} - 1 \right) - \sum_{l=1}^L \sum_{m=1}^{m_k} Z_{l,w,m,t}^{GL}
 \end{aligned}$$



*註：式3-37針對ODF製程(w=1)
因此本圖中之製程種類皆為1

圖 3-14 各種間隔之示意圖

$$\begin{aligned}
 P_{s,w,m,t}^{GL} &= \sum_{s=1}^S \alpha_{s,l,w,m,t}^{GL} - Z_{l,w,m,t}^{GL} \geq \frac{\sum_{s=1}^S \alpha_{s,l,w,m,t}^{GL}}{S} \quad \forall l \in L; \forall w=1; \forall m \in M_k; \forall t \in T \\
 P_{s,w,m,t}^{CF} &= \sum_{s=1}^S \alpha_{s,l,w,m,t}^{CF} - Z_{l,w,m,t}^{CF} \geq \frac{\sum_{s=1}^S \alpha_{s,l,w,m,t}^{CF}}{S} \quad \forall l \in L; \forall w=1; \forall m \in M_k; \forall t \in T
 \end{aligned}$$

式 3-36

式 3-36 表示在各期各機台上，若有生產液晶種類同為 l ，製程同為 w 之產品，則 $Z_{l,w,m,t}^{GL}$ 必定小於或等於液晶種類為 l 的各種尺寸種類總和-1。

在此以 $\{0, 1\}$ 變數 $P_{s,w,m,t}^{GL}$ 來確保計算 $\sum_{s=1}^S \alpha_{s,l,w,m,t}^{GL} - Z_{l,w,m,t}^{GL}$ 時不會產生負數；而

若機台上沒有生產液晶種類同為 l ，製程同為 w 之產品，則 $Z_{l,w,m,t}^{GL}$ 必為 0。

除了考量減少瓶頸工作站的換線次數(如式 3-29 所示)外，吾人必須顧慮液晶滴入工作站($k=4;w=1$)中，是否換線導因於生產玻璃基板之間**液晶種類**的不同，而並非因為尺寸大小不同。液晶滴入工作站位於瓶頸工作站之後(參考圖 3-1)，因此吾人在排定瓶頸工作站排程時，除了減少本身的換線次數，以最大化利用產能之外，也必須盡量減少不同液晶的產品接續生產的情況，因為在瓶頸工作站後的液晶滴入工作站按照瓶頸工作站規劃的產出順序當成投入時，連續來到不同液晶種類的產品可能會造成液晶滴入工作站因為過多換線而導致瓶頸漂移。

因此當機台上有不同尺寸的玻璃基板生產而必須換線時，吾人盡量讓換線前後的兩種產品為同樣的液晶種類。如下圖 3-15 所示之情況，吾人將會選擇排序 1，以減少液晶滴入工作站的換線次數；在此例中， $l=2$ 的玻璃基板有兩種尺寸($s=1, s=2$)，所以 $Z_{2,1,m,t}^{GL}$ 必須小於或等於

$$\sum_{s=1}^S \alpha_{s,2,1,m,t}^{GL} - 1 = \alpha_{1,2,1,m,t}^{GL} + \alpha_{2,2,1,m,t}^{GL} - 1 = 1。$$

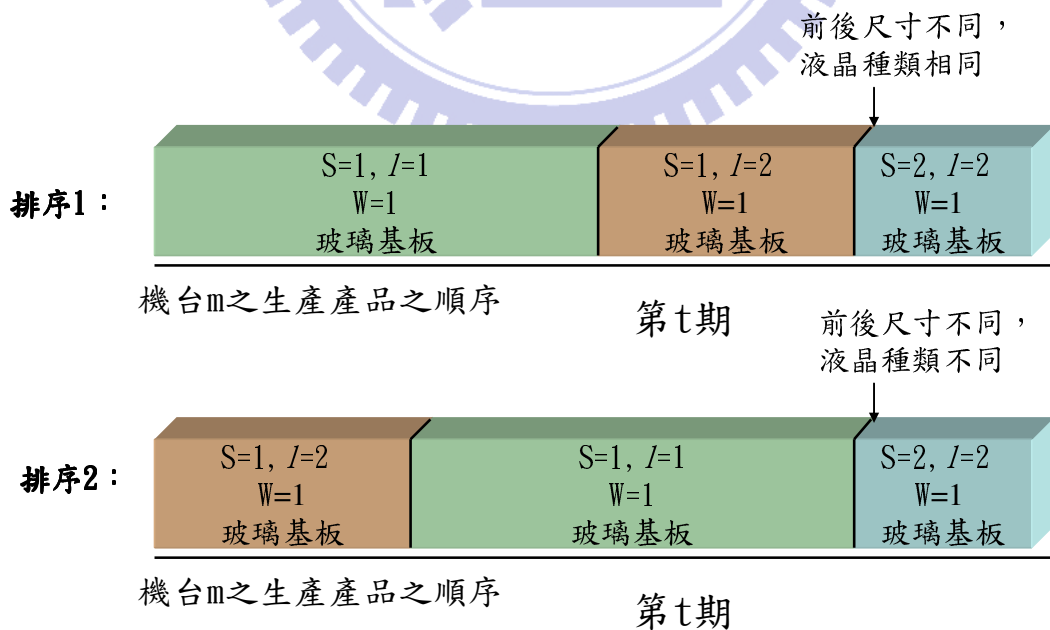


圖 3-15 考量液晶種類之排序示意圖

$$\sum_{l=1}^L Z_{l,w,m,t}^{GL} \leq \left(\sum_{s=1}^S \sum_{l=1}^L \alpha_{s,l,w,m,t}^{GL} - 1 \right) - \sum_{s=1}^S Y_{s,w,m,t}^{GL} \quad \forall w=1; \forall m \in M_k; \forall t \in T \quad \text{式 3-37}$$

式 3-37 表示對於各期各機台，接續生產液晶種類同為 l ，製程同為 w ，尺寸不同之玻璃基板的次數 ($Z_{l,w,m,t}^{GL}$) 必定小於所有生產產品之間隔次數 ($\sum_{s=1}^S \sum_{l=1}^L \alpha_{s,l,w,m,t}^{GL} - 1$) 再扣掉前後接續生產尺寸同為 s ，製程同為 w ，液晶種類不同之玻璃基板而節省的設置次數 ($Y_{s,w,m,t}^{GL}$)。

此式用意在於補充式 3-36 之不足，其解釋如下圖 3-16 所示；在機台排定四種玻璃基板生產，而前兩種產品尺寸與製程皆相同 ($s=1, w=1$)，因此 $Y_{1,1,m,t}^{GL} = 1$ ；而後兩種產品亦然， $Y_{2,1,m,t}^{GL} = 1$ ；因此機台上能讓尺寸不同但液晶種類與製程相同的產品接續生產的次數 $Z_{l,w,m,t}^{GL}$ 只剩下機台上所有產品的間隔次數 ($\sum_{s=1}^S \sum_{l=1}^L \alpha_{s,l,w,m,t}^{GL} - 1$) 再減去 $2(Y_{1,1,m,t}^{GL} + Y_{2,1,m,t}^{GL})$ ，也就是 1 次。

若無本式之補強，依前式 3-36 之限制，本例中 $\sum_{l=1}^L Z_{l,w,m,t}^{GL}$ 將為 $1+1=2$ ，不符合實際之狀況。

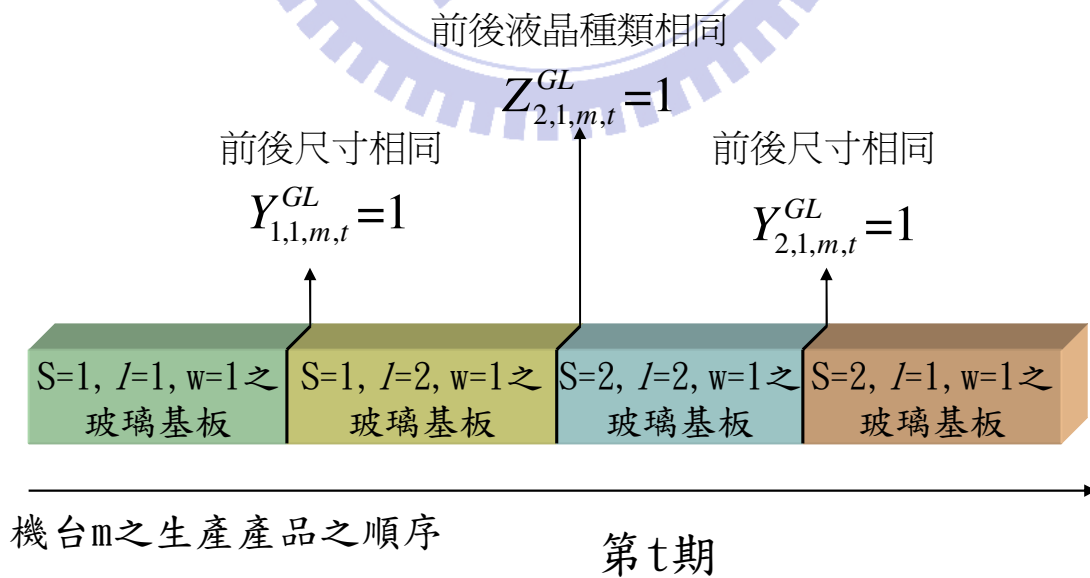


圖 3-16 間隔上限之排序示意圖

$$\begin{aligned}\alpha_{s,l,w,m,t}^{GL} &\geq \beta_{s,l,w,m,t}^{GL} & \forall s \in S; \forall l \in L; \forall w \in W; \forall m \in M_k; \forall t \in T \\ \alpha_{s,l,w,m,t}^{CF} &\geq \beta_{s,l,w,m,t}^{CF} & \forall s \in S; \forall l \in L; \forall w \in W; \forall m \in M_k; \forall t \in T\end{aligned}\quad \text{式 3-38}$$

式 3-38 表示在各期各機台上，期初生產的產品必定為當期有生產的產品。

$$\begin{aligned}\alpha_{s,l,w,m,t}^{GL} &\geq \gamma_{s,l,w,m,t}^{GL} & \forall s \in S; \forall l \in L; \forall w \in W; \forall m \in M_k; \forall t \in T \\ \alpha_{s,l,w,m,t}^{CF} &\geq \gamma_{s,l,w,m,t}^{CF} & \forall s \in S; \forall l \in L; \forall w \in W; \forall m \in M_k; \forall t \in T\end{aligned}\quad \text{式 3-39}$$

式 3-39 表示在各期各機台上，期末生產的產品必定為當期有生產的產品。

$$\begin{aligned}IGL_{s,l,w,m,t}; Y_{s,w,m,t}^{GL}; Z_{l,w,m,t}^{GL}; P_{s,w,m,t}^{GL} &\geq 0 \\ ICF_{s,l,w,m,t}; Y_{s,w,m,t}^{CF}; Z_{l,w,m,t}^{CF}; P_{s,w,m,t}^{GL} &\geq 0 \\ \forall s \in S; \forall l \in L; \forall w \in W; \forall m \in M_k; \forall t \in T;\end{aligned}\quad \text{式 3-40}$$

式 3-40 表示各變數必須大於或等於 0。

$$\begin{aligned}\alpha_{s,l,w,m,t}^{GL}; \beta_{s,l,w,m,t}^{GL}; \gamma_{s,l,w,m,t}^{GL}; X_{s,w,m,t}^{GL}; J_{s,w,m,t}^{GL} &\in (0,1) \\ \alpha_{s,l,w,m,t}^{CF}; \beta_{s,l,w,m,t}^{CF}; \gamma_{s,l,w,m,t}^{CF}; X_{s,w,m,t}^{CF}; J_{s,w,m,t}^{CF} &\in (0,1) \\ \forall s \in S; \forall l \in L; \forall w \in W; \forall m \in M_k; \forall t \in T;\end{aligned}\quad \text{式 3-41}$$

式 3-41 表示上述變數皆為二元變數。

3.5 批量工作站規劃與排程模組

在本文 3.4 節中已經決定了瓶頸工作站中各機台之排程，也等於決定了系統的最大有效產出，因此在瓶頸工作站之後的工作站只要滿足瓶頸工作站所規劃排程結果即可。而由於批量工作站有著集批等候時間和加工批量大小這兩個不確定因子，雖然批量工作站之產能較瓶頸工作站產能寬裕，但一次加工數個工件與較長之加工時間將使排程產生變異，且批量機台在同一批中所能加工之產品數量與種類將不同於系統瓶頸工作站，進一步可能使換線次數的增加，可能導致批量工作站無法滿足配向膜塗佈工作站決定之產出需求。

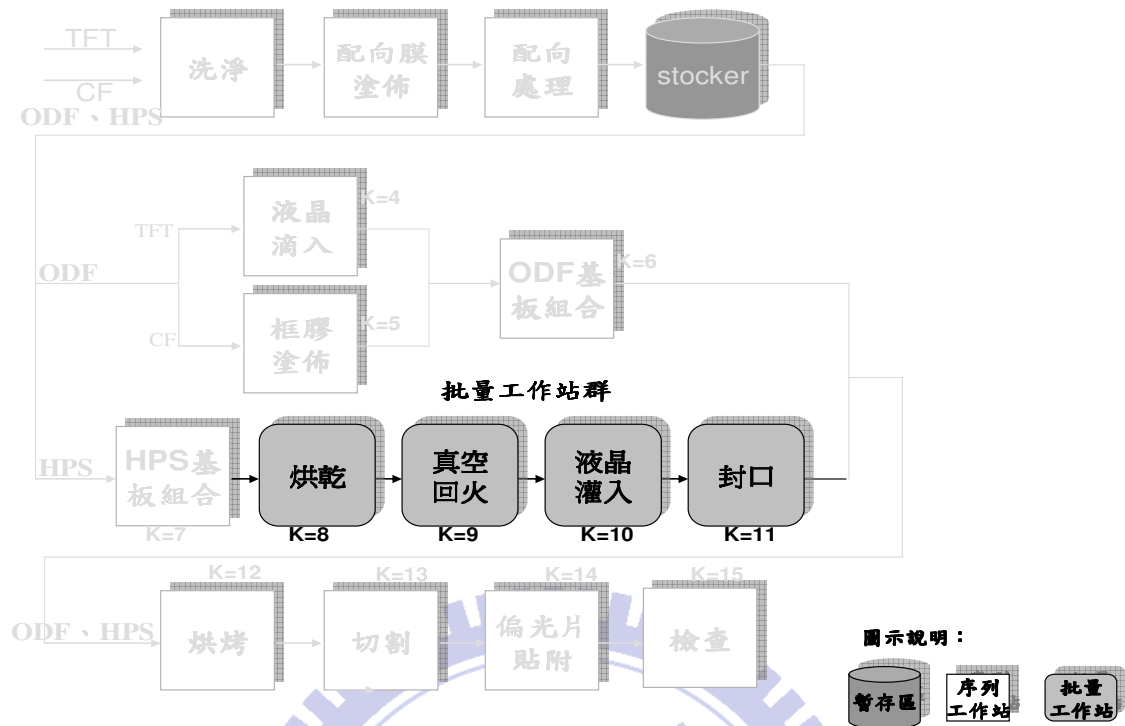


圖 3-17 批量工作站群示意圖

而批量工作站群位於 HPS 製程中，如上圖 3-17 所示，因此在 3.5.1 中，吾人必須從瓶頸工作站排程規劃之結果選出經由 HPS 製程加工的工件，並依照不同產品種類加以分類；而在 3.5.2 中，吾人將針對 3.5.1 所得到之資料，對四個批量工作站做規劃，以盡量滿足瓶頸工作站排程結果的前提下，決定各機台各期中加工批量的產品種類與順序，3.5 節之流程架構如下圖 3-18 所示。

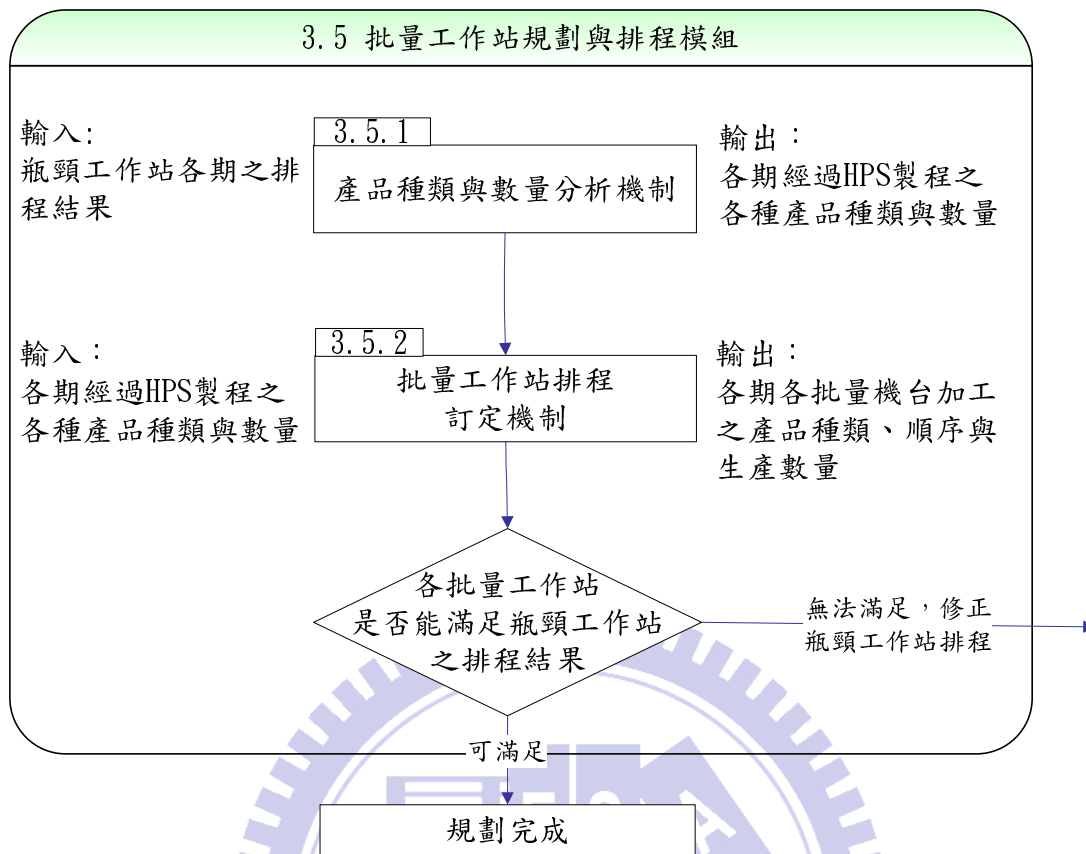


圖 3-18 批量工作站規劃與排程模組流程圖

3.5.1 產品種類與數量分析機制

吾人將 3.4 節中所得之瓶頸工作站各期排程結果視為投入，而其中的加工工件包含了不同的液晶種類、尺寸大小、製程選擇(以 ODF 或 HPS 製程加工)等三個維度。由於在此是探討 HPS 製程中批量工作站群，因此吾人將挑出以 HPS 製程加工的工件，並依照不同產品加以分類，來計算在各期中，瓶頸工作站規劃由 HPS 製程生產的各種產品數量。若生產的尺寸大小有 S 種，液晶種類有 L 種，則產品的種類即是 $S \times L$ 種。在批量機台中，必須是相同種類的產品才能在同一批量中加工，且加工不同種類的產品之間必須換線，因此吾人將產品分成 $S \times L$ 群，分別計算各群之數量，以方便在下一階段決定各個批量生產的產品種類與數量，上述流程如下圖 3-19 所示。

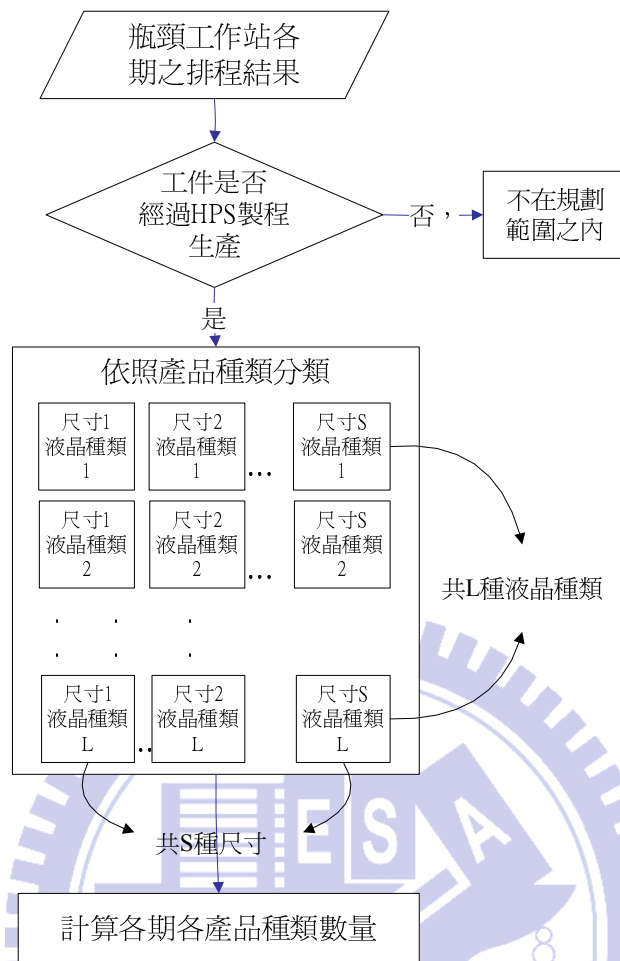


圖 3-19 產品種類與數量分析機制流程圖

3.5.2 批量工作站排程訂定機制

在經過 3.5.1 的分析後，可以得知瓶頸工作站排程結果中各種產品的規劃數量，而此規劃數量亦為系統的最大有效產出，因此在批量工作站群中，吾人可將 3.5.1 節得到的各產品種類數量當成產出目標，並以數學模式來對各個批量工作站做產能的配置，並且動態決定各個批量的加工數量及順序，來達成產出目標，使瓶頸工作站規劃之結果能夠順利產出，其步驟如下圖 3-20。

在步驟一中，吾人利用 3.3.2 中計算出之“剩餘產能可用於換線之次數 RST_k ”作為評判標準，在四個批量工作站中，若 RST_k 值較小代表產

能較為吃緊，因此吾人將依據 RST_k 值，由小到大的順序來規劃；而在步驟二中，針對選定的批量工作站執行數學模式，檢驗是否能達成系統瓶頸工作站所規劃之產出目標，若可達成則繼續檢驗其他批量工作站，直到四個批量工作站都完成；若無法達成，則進行步驟三，將不能達成的種類與數量回報瓶頸工作站，並重新規劃瓶頸工作站的排程。

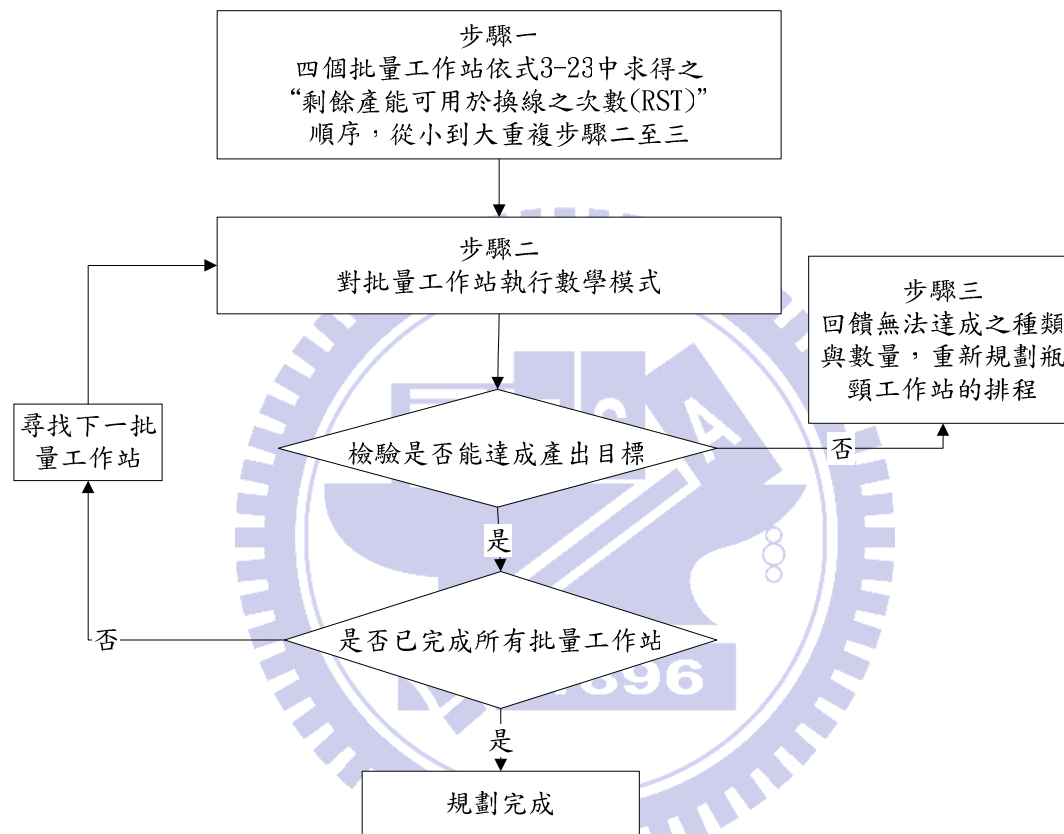


圖 3-20 批量工作站排程訂定機制流程圖

在本機制步驟二中以數學模式求解，期望能盡量滿足瓶頸工作站規劃之產出目標，因此以最小化無法達成之瓶頸工作站規劃產出數量為目標式，其數學模式如下：

符號表：

s ：表示產品尺寸大小； $s=1, 2, \dots, S$ ；分別依序表示 S 種尺寸

l ：表示液晶種類； $l=1, 2, \dots, L$ ；分別依序表示 L 種液晶種類

m ：表示工作站之機台 m ； $m=1, 2, \dots, M_k$ ， $k=8, 9, 10, 11$ 。

t ：表示系統規劃幅度內的第 t 個規劃週期； $t=1, 2, \dots, T$

b ：表示機台上第 b 個批次； $b=1, 2, \dots, B$ 。

參數：

$batch_k^{Max}$ ：各批量工作站中同一批加工之產品數量上限， $k=8, 9, 10, 11$ 。

$\frac{cap_k}{T}$ ：表示工作站 k 在規劃週期 t 內之實際可用產能， $k=8, 9, 10, 11$ 。

$dmt_{s,l,t}$ ：第 t 期中，瓶頸工作站規劃生產之訂單式產品，尺寸為 s 、液晶種類為 l ，經過 HPS 製程的產出數量。

$dmts_{s,l,t}$ ：第 t 期中，瓶頸工作站規劃生產之存貨式產品，尺寸為 s 、液晶種類為 l ，經過 HPS 製程的產出數量。

M_k ：工作站 k 之機台數， $k=8, 9, 10, 11$ 。

$pt_{s,l,k}$ ：尺寸 s ，液晶種類 l 之產品在批量工作站 k 加工一批之時間， $k=8, 9, 10, 11$ 。

st_k ：工作站 k 換線一次所需時間， $k=8, 9, 10, 11$ 。

決策變數：

$\alpha_{s,l,m,t,b}$ ：在第 t 期中， m 機台上批次 b 是否生產尺寸 s ，液晶種類 l 之產品，是則為 1，否則為 0。

$\beta_{s,l,m,t}$ ：在第 t 期期初， m 機台上，是否生產尺寸 s ，液晶種類 l 之產品，是則為 1，否則為 0。

$\gamma_{s,l,m,t}$ ：在第 t 期期末， m 機台上，是否生產尺寸 s ，液晶種類 l 之產品，是則為 1，否則為 0。

$Batch_{s,l,m,t,b}$ ：在第 t 期中， m 機台上批次 b 中生產尺寸 s ，液晶種類 l 之

數量，為大於或等於 0 之整數。

$Lack_{s,l,t}$ ：第 t 期中，瓶頸工作站規劃生產尺寸為 s ，液晶種類為 l ，經過 HPS 製程的產品中，無法被批量工作站完成的數量，為大於或等於 0 之整數。

$PDmto_{s,l,m,t}$ ：在第 t 期中，批量工作站中的 m 機台上生產尺寸 s ，液晶種類 l 之訂單式產品數量，為大於或等於 0 之整數。

$PDmts_{s,l,m,t}$ ：在第 t 期中，批量工作站中的 m 機台上生產尺寸 s ，液晶種類 l 之存貨式產品數量，為大於或等於 0 之整數。

$X_{s,l,m,t}$ ：在第 t 期期初， m 機台上是否因為生產尺寸 s ，液晶種類 l 之產品而節省一次換線次數，是則為 1，否則為 0。

$Y_{s,l,m,t}$ ：在第 t 期中， m 機台上，因為接續生產尺寸 s ，液晶種類 l 之產品節省之換線次數。

目標函式：

$$\text{Min} \sum_{s=1}^S \sum_{l=1}^L \sum_{t=1}^T Lack_{s,l,t} \quad \text{式 3-42}$$

產能限制式：

$$\sum_{s=1}^S \sum_{l=1}^L \left(\sum_{b=1}^B \alpha_{s,l,m,t,b} \right) \times pt_{s,l,k} + \left(\sum_{s=1}^S \sum_{l=1}^L \sum_{b=1}^B \alpha_{s,l,m,t,b} - \sum_{s=1}^S \sum_{l=1}^L Y_{s,l,m,t} - \sum_{s=1}^S \sum_{l=1}^L X_{s,l,m,t} \right) \times st_k \leq \frac{cap_k}{M_k} \quad \text{式 3-43}$$

$$\forall m \in M_k; \forall t \in T; k = 8, 9, 10, 11;$$

產量限制式：

$$\sum_{t'=1}^t \sum_{m=1}^{M_k} PDmto_{s,l,m,t'} = \sum_{t'=1}^t dmt_{s,l,t'} \quad \forall s \in S; \forall l \in L; \forall t \in T; \quad \text{式 3-44}$$

$$\sum_{t'=1}^t \sum_{m=1}^{M_k} PDmts_{s,l,m,t} \leq \sum_{t'=1}^t dmts_{s,l,t} \quad \forall s \in S; \forall l \in L; \forall t \in T; \quad \text{式 3-45}$$

$$\sum_{t'=1}^t \sum_{m=1}^{M_k} PDmts_{s,l,m,t} + \sum_{t'=1}^t Lack_{s,l,t} = \sum_{t'=1}^t dmts_{s,l,t} \quad \forall s \in S; \forall l \in L; \forall t \in T; \quad \text{式 3-46}$$

$$Batch_{s,l,m,t,b} \leq batch_k^{Max} \times \alpha_{s,l,m,t,b} \quad \forall s \in S; \forall l \in L; \forall m \in M_k; \forall t \in T; \forall b \in B; \quad \text{式 3-47}$$

$$\sum_{b=1}^B Batch_{s,l,m,t,b} = PDmto_{s,l,m,t} + PDmts_{s,l,m,t} \quad \forall s \in S; \forall l \in L; \forall m \in M_k; \forall t \in T; \quad \text{式 3-48}$$

排程限制式：

$$Y_{s,l,m,t} \leq \sum_{b=1}^B \alpha_{s,l,m,t,b} - 1 \quad \forall s \in S; \forall l \in L; \forall m \in M_k; \forall t \in T; \quad \text{式 3-49}$$

$$\alpha_{s,l,m,t,b} \geq \alpha_{s,l,m,t,b+1} \quad \forall s \in S; \forall l \in L; \forall m \in M_k; \forall t \in T; \forall b \in B; \quad \text{式 3-50}$$

$$\sum_{b=1}^B \alpha_{s,l,m,t,b} \leq \frac{d_{s,l,t}}{batch_k^{Max}} \quad \forall s \in S; \forall l \in L; \forall m \in M_k; \forall t \in T; \quad \text{式 3-51}$$

$$2 \times X_{s,l,m,t} \leq \beta_{s,l,m,t} + \gamma_{s,l,m,t-1} \quad \forall s \in S; \forall l \in L; \forall m \in M_k; \forall t \in T; \quad \text{式 3-52}$$

$$\sum_{s=1}^S \sum_{l=1}^L \beta_{s,l,m,t} \leq 1 \quad \forall m \in M_k; \forall t \in T; \quad \text{式 3-53}$$

$$\sum_{s=1}^S \sum_{l=1}^L \gamma_{s,l,m,t} \leq 1 \quad \forall m \in M_k; \forall t \in T; \quad \text{式 3-54}$$

$$\sum_{s=1}^S \sum_{l=1}^L X_{s,l,m,t} \leq 1 \quad \forall m \in M_k; \forall t \in T; \quad \text{式 3-55}$$

$$\begin{aligned} Lack_{s,l,t} &\geq 0 && \forall s \in S; \forall l \in L; \forall m \in M_k; \\ PD_{s,l,m,t} &\geq 0 && \forall s \in S; \forall l \in L; \forall m \in M_k; \forall t \in T; \\ Batch_{s,l,m,t,b} &\geq 0 && \forall s \in S; \forall l \in L; \forall m \in M_k; \forall t \in T; \forall b \in B; \end{aligned} \quad \text{式 3-56}$$

$$\begin{aligned} \alpha_{s,l,m,t,b} \in (0,1) \quad \forall s \in S; \forall l \in L; \forall m \in M_k; \forall t \in T; \forall b \in B; \\ X_{s,l,m,t}, Y_{s,l,m,t}, \beta_{s,l,m,t}, \gamma_{s,l,m,t} \in (0,1) \quad \forall s \in S; \forall l \in L; \forall m \in M_k; \forall t \in T; \end{aligned} \quad \text{式 3-57}$$

模式說明：

目標函式說明：

$$\text{Min} \sum_{s=1}^S \sum_{l=1}^L \sum_{t=1}^T \text{Lack}_{s,l,t} \quad \text{式 3-42}$$

式 3-42 表示模式以最小化批量工作站中無法滿足瓶頸工作站規劃產出之總數量為目標進行求解。

產能限制式說明：

$$\begin{aligned} \sum_{s=1}^S \sum_{l=1}^L \left(\sum_{b=1}^B \alpha_{s,l,m,t,b} \right) \times pt_{s,l,k} \\ + \left(\sum_{s=1}^S \sum_{l=1}^L \sum_{b=1}^B \alpha_{s,l,m,t,b} - \sum_{s=1}^S \sum_{l=1}^L Y_{s,l,m,t} - \sum_{s=1}^S \sum_{l=1}^L X_{s,l,m,t} \right) \times st_k \leq \frac{\text{cap}_k}{M_k} \quad \text{式 3-43} \\ \forall m \in M_k; \forall t \in T; k = 8, 9, 10, 11; \end{aligned}$$

式 3-43 表示在各個機台上，加工耗用的產能與換線所需之產能必須小於機台的產能限制。

產量限制式說明：

$$\sum_{t'=1}^t \sum_{m=1}^{M_k} PDmto_{s,l,m,t} = \sum_{t'=1}^t dmt o_{s,l,t} \quad \forall s \in S; \forall l \in L; \forall t \in T; \quad \text{式 3-44}$$

式 3-44 表示在各期中，由於某些產品是屬於訂單式生產，因此瓶頸工作站規劃之產品數量 $dmt o_{s,l,t}$ 為已經允諾給顧客，故必須確保批量工作站至 t 期之累積訂單式產品生產量 $\sum_{t'=1}^t \sum_{m=1}^{m_k} PDmto_{s,l,m,t}$ 能夠滿足累積之訂單式產品需求。

$$\sum_{t'=1}^t \sum_{m=1}^{M_k} PDmts_{s,l,m,t} \leq \sum_{t'=1}^t dmts_{s,l,t} \quad \forall s \in S; \forall l \in L; \forall t \in T; \quad \text{式 3-45}$$

式 3-45 表示在各期中，由於某些產品是屬於存貨式生產，沒有已允諾顧客之壓力，因此批量工作站之存貨式生產累積生產量 $\sum_{t'=1}^t \sum_{m=1}^{M_k} PDmts_{s,l,m,t}$ 只需配合瓶頸工作站，產出必定小於或等於瓶頸工作站規劃之累積產品數量 $\sum_{t'=1}^t dmts_{s,l,t}$ 。當產能不足時，將犧牲存貨式產品的產出而優先確保訂單式產品的達成。

$$\sum_{t'=1}^t \sum_{m=1}^{M_k} PDmts_{s,l,m,t} + \sum_{t'=1}^t Lack_{s,l,t} = \sum_{t'=1}^t dmts_{s,l,t} \quad \forall s \in S; \forall l \in L; \forall t \in T; \quad \text{式 3-46}$$

式 3-46 的 $\sum_{t'=1}^t Lack_{s,l,t}$ 表示瓶頸工作站規劃之各種庫存式產品累積數量 $\sum_{t'=1}^t dmts_{s,l,t}$ 無法被批量工作站之累積存貨式產品生產量 $\sum_{t'=1}^t \sum_{m=1}^{M_k} PDmts_{s,l,m,t}$ 滿足的部分，而本數學模式即是期望最小化各種產品之累積為滿足量 $\sum_{s=1}^S \sum_{l=1}^L \sum_{t=1}^T Lack_{s,l,t}$ 。

$$Batch_{s,l,m,t,b} \leq batch_k^{Max} \times \alpha_{s,l,m,t,b} \quad \forall s \in S; \forall l \in L; \forall m \in M_k; \forall t \in T; \forall b \in B; \quad \text{式 3-47}$$

式 3-47 表示每個批量生產的數量必須小於各批量工作站中單一批量加工之產品數量上限。

$$\sum_{b=1}^B Batch_{s,l,m,t,b} = PDmto_{s,l,m,t} + PDmts_{s,l,m,t} \quad \forall s \in S; \forall l \in L; \forall m \in M_k; \forall t \in T; \quad \text{式 3-48}$$

式 3-48 表示在各期的各個機台上，同種類之訂單式與存貨式產品的所有批次生產數量加總必須等於該機台上此種產品的生產數量。

排程限制式說明：

$$Y_{s,l,m,t} \leq \sum_{b=1}^B \alpha_{s,l,m,t,b} - 1 \quad \forall s \in S; \forall l \in L; \forall m \in M_k; \forall t \in T; \quad \text{式 3-49}$$

式 3-49 表示在第 t 期的 m 機台上，採接續生產同種產品所節省換線的總次數必定小於或等於該機台上生產此產品的批量次數-1，如下圖 3-21 所示， n 個批次間頂多節省 $n-1$ 次換線。

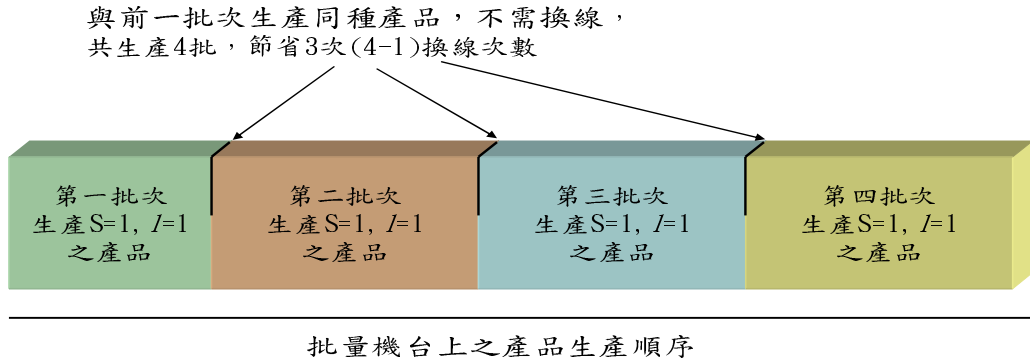


圖 3-21 批量機台換線次數節省示意圖

$$\alpha_{s,l,m,t,b} \geq \alpha_{s,l,m,t,b+1} \quad \forall s \in S; \forall l \in L; \forall m \in M_k; \forall t \in T; \forall b \in B; \quad \text{式 3-50}$$

式 3-50 表示在有生產前一批次的狀況下，才有可能在繼續生產下一批次，避免批次不照順序生產，例如在第 t 期的第 m 個機台上，若尺寸 s 、液晶種類 l 的產品有被生產，則一定是從第一批 ($b=1$) 開始生產，若此產品生產不只一個批次，則 b 值隨著批次數向上遞增。

$$\sum_{b=1}^B \alpha_{s,l,m,t,b} \leq \frac{d_{s,l,t}}{\text{batch}_k^{\text{Max}}} \quad \forall s \in S; \forall l \in L; \forall m \in M_k; \forall t \in T; \quad \text{式 3-51}$$

式 3-51 用意在於控制 b 值的上限，由於吾人無法確定每種產品在各個機台所生產的批次數 (b)，因此給定每種產品在各機台生產的批次數 (b) 從 1 到 B ，而為求模式求解之迅速，必須讓 b 值的上限 (B) 盡量越小越好，以減少電腦運算之次數。由於式 3-50 讓 b 值隨著批次數順序向上遞增，因此本式中 $\sum_{b=1}^B \alpha_{s,l,m,t,b}$ 的值即為 b 值的上限 (B)，必須小於 $\frac{d_{s,l,t}}{\text{batch}_k^{\text{Max}}}$ 。

$$2 \times X_{s,l,m,t} \leq \beta_{s,l,m,t} + \gamma_{s,l,m,t-1} \quad \forall s \in S; \forall l \in L; \forall m \in M_k; \forall t \in T; \quad \text{式 3-52}$$

式 3-52 表示各期期初是否能節省換線次數決定於此期期初與前一期

未是否生產相同種類的產品。

$$\sum_{s=1}^S \sum_{l=1}^L \beta_{s,l,m,t} \leq 1 \quad \forall m \in M_k; \forall t \in T; \quad \text{式 3-53}$$

式 3-53 表示各機台在各期期初可能有進行生產或不進行生產的兩種狀況，由於批量工作站只需配合瓶頸工作站之規劃結果，故可能會因為產能足夠而有未開工機台的情況，此時 $\beta_{s,l,m,t}$ 將為 0。

$$\sum_{s=1}^S \sum_{l=1}^L \gamma_{s,l,m,t} \leq 1 \quad \forall m \in M_k; \forall t \in T; \quad \text{式 3-54}$$

式 3-54 表示各機台在各期期末可能有進行生產或不進行生產的兩種狀況，理由同上式 3-53。

$$\sum_{s=1}^S \sum_{l=1}^L X_{s,l,m,t} \leq 1 \quad \forall m \in M_k; \forall t \in T; \quad \text{式 3-55}$$

式 3-55 表示各機台在各期期初時，因為與前期期末生產相同種類的產品而節省的換線次數最多只有一次。

$$\begin{aligned} Lack_{s,l,t} &\geq 0 && \forall s \in S; \forall l \in L; \forall m \in M_k; \\ PD_{s,l,m,t} &\geq 0 && \forall s \in S; \forall l \in L; \forall m \in M_k; \forall t \in T; \\ Batch_{s,l,m,t,b} &\geq 0 && \forall s \in S; \forall l \in L; \forall m \in M_k; \forall t \in T; \forall b \in B; \end{aligned} \quad \text{式 3-56}$$

式 3-56 表示無法被批量工作站完成的數量 $Lack_{s,l,t}$ 、各批量機台之生產數量 $PD_{s,l,m,t}$ 和各個批次之生產數量 $Batch_{s,l,m,t,b}$ 皆大於或等於 0。

$$\begin{aligned} \alpha_{s,l,m,t,b} &\in (0,1) && \forall s \in S; \forall l \in L; \forall m \in M_k; \forall t \in T; \forall b \in B; \\ X_{s,l,m,t}, Y_{s,l,m,t}, \beta_{s,l,m,t}, \gamma_{s,l,m,t} &\in (0,1) && \forall s \in S; \forall l \in L; \forall m \in M_k; \forall t \in T; \end{aligned} \quad \text{式 3-57}$$

式 3-57 表示上述變數皆為二元變數。

第四章、模式驗證

為了確認本文第三章中針對薄膜液晶顯示器組立廠具雙製程情境下所設計的排程系統各模組之正確性，在本章中吾人將以國內液晶面板製造商之實際生產資料帶入各模組進行規劃，並以模擬之方法來驗證規劃之結果。

本章之模式驗證可分為下列三個階段：

系統環境說明：說明範例驗證時所使用的系統資源、製程數據、顧客需求資訊以及系統執行時的各項假設。

範例執行：以實際生產資料當成系統各模組之輸入項目，依本文第三章之方法論進行規劃，來求得系統各模組之解。

模擬驗證與分析：以上階段範例執行之生產資料建立模擬程式，並將模擬之結果與實例執行求得之解進行比較與分析。

4.1 系統環境說明

4.1.1 生產環境說明

本文之生產環境之圖示可參照第三章中圖 3-1，而本小節介紹範例驗證時系統中產品之加工基本資料、訂單需求量、產品之成本與售價以及工作站基本資料，其詳述內容如下：

1. 產品加工基本資料

本文之環境針對筆記型電腦螢幕為主之中小尺寸產品，而各產品的屬性具有三種維度；包括尺寸大小(10.4吋，13.3吋，15.4吋)、液晶種類(一般解析度、中高解析度、高解析度)以及加工製程(ODF 製程與 HPS 製程)。顧客下訂單時只會指定產品的尺寸大小與液晶種類，而由工廠決定各種產品之加工製程。在本文之環境中，採 25 個同種類產品為一卡匣加工。而不同的產品在工作站所需之加工時間不盡相同，在此以表 4-1 來表示各卡匣在系統中各工作站加工之時間：

表 4-1 各產品加工時間對照表

產品尺寸及 工作站 解析度 名稱	加工時間(秒/卡匣)								
	10.4" 一般	10.4" 中高	10.4" 高	13.3" 一般	13.3" 中高	13.3" 高	15.4" 一般	15.4" 中高	15.4" 高
洗淨	660	660	660	660	660	660	660	660	660
配向膜塗佈	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008
配向處理	900	900	900	900	900	900	900	900	900
液晶滴入	1400	1400	1400	1500	1500	1500	1600	1600	1600
框膠塗佈	1200	1200	1200	1300	1300	1300	1400	1400	1400
ODF 基板組合	600	600	600	600	600	600	600	600	600
HPS 基板組合	300	300	300	300	300	300	300	300	300
烘乾	8000	8000	8000	8000	8000	8000	8000	8000	8000
真空回火	7500	7500	7500	7500	7500	7500	7500	7500	7500
液晶灌入	13300	13300	13300	13500	13500	13500	13700	13700	13700
封口	300	300	300	300	300	300	300	300	300
烘烤	700	700	700	700	700	700	700	700	700
切割	900	900	900	900	900	900	900	900	900
偏光片貼附	450	450	450	450	450	450	450	450	450
檢查	550	550	550	550	550	550	550	550	550

註：“一般”表示液晶種類為一般解析度
 “中高”表示液晶種類為中高解析度
 “高”表示液晶種類為高解析度

2. 訂單式產品需求量

本實例驗證在規劃幅度內 14 個規劃週期各訂單式(MTO)產品之需求
 量如下表 4-2 所示：

表 4-2 各訂單式產品各週期需求數量表

週期	需求量(單位：卡匣)								
	10.4" 一般	10.4" 中高	10.4" 高	13.3" 一般	13.3" 中高	13.3" 高	15.4" 一般	15.4" 中高	15.4" 高
1	30	55	80	65	95	75	40	60	85
2	65	30	90	50	80	40	60	90	75
3	55	65	30	80	95	60	70	40	90
4	30	65	50	95	80	90	75	40	60
5	80	50	95	30	65	75	85	60	40
6	65	30	90	50	80	40	60	90	75
7	30	55	80	65	95	72	40	60	85
8	55	65	30	80	95	60	70	40	90
9	80	50	95	30	65	75	85	60	40
10	30	65	50	95	80	90	75	40	60
11	65	30	90	50	80	40	60	90	75
12	55	65	30	80	95	60	70	40	90
13	80	50	95	30	65	75	85	60	40
14	65	30	90	50	80	45	60	90	75
total	785	705	995	850	1150	897	935	860	980

3. 產品之成本與利潤

在得知各規劃週期中各種訂單式產品之需求量後，吾人必須決定各種產品以液晶滴入(ODF)製程或液晶灌入(HPS)製程生產。同一種產品採不同製程生產所使用的玻璃基板精度不同；液晶滴入(ODF)製程只能生產精度高的玻璃基板，液晶灌入(HPS)製程只能生產精度低的玻璃基板，而玻璃基板的成本以精度低者較便宜，精度高者較昂貴。此外，兩種製程

在分攤折舊後之單位生產成本亦不同，因此在生產同一種產品時，以不同的製程加工將影響生產之成本，綜合上述之內容，吾人必須考量產品以不同製程生產所產生之成本與其售價來規劃排程以獲得最大的利潤，下表 4-3 即為各種產品之成本與利潤。

表 4-3 各產品生產之成本與售價表（單位：元/卡匣）

產品種類	10.4" 一般	10.4" 中高	10.4" 高	13.3" 一般	13.3" 中高	13.3" 高	15.4" 一般	15.4" 中高	15.4" 高
以 ODF 生產之成本	150	165	180	220	235	250	290	305	320
以 HPS 生產之成本	100	130	160	200	230	260	300	330	360
售價	750	810	870	900	960	1,020	1,050	1,110	1,170
當期未完成懲罰成本	500	540	580	600	640	680	700	740	780

在規劃排程時，吾人除了必須滿足上表 4-2 所示各訂單式產品需求外，系統中剩餘的產能將用來生產利潤較高之產品當成存貨式(MTS)產品以充分利用產能，因此本文為訂單式產品與存貨式產品並存的環境。

4. 工作站基本資料

在此介紹系統內 15 個工作站的機台數量、加工批量、導致換線之產品維度與換線所需時間，如下

表 4-4 所示：

表 4-4 工作站基本資料對照表

工作 站 代碼 (k)	工作站名稱	機台 數量	加工 批量	換線 時間 (秒)	產品維度			
					TFT 與 CF 之間	不同尺 寸之間	不同液晶 種類之間	不同製 程之間
1	洗淨	12	1	600	-	+	-	-
2	配向膜塗佈	10	1	9000	+	+	-	+
3	配向處理	13	1	600	-	+	-	-
4	液晶滴入	4	1	3600	-	-	+	-
5	框膠塗佈	6	1	600	-	+	-	-
6	ODF 基板組合	3	1	1800	已貼合	+	-	-
7	HPS 基板組合	1	1	600	已貼合	+	-	-
8	烘乾	9	12	600	已貼合	+	+	-
9	真空回火	8	15	600	已貼合	+	+	-
10	液晶灌入	8	6	600	已貼合	+	+	-
11	封口	3	2	480	已貼合	+	+	-
12	烘烤	6	1	120	已貼合	+	-	-
13	切割	10	1	120	已貼合	+	-	-
14	偏光片貼附	4	1	120	已貼合	+	-	-
15	檢查	10	1	120	已貼合	+	-	-

註：+表示需要換線
-表示不需要換線

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，本實例驗證以 28 天為規劃幅度，2 天為規劃週期。

2. 投料法則與投料批量

本文針對瓶頸工作站進行排程規劃，得到各期各機台上每種產品之加工數量，並以「均勻負荷投料法」來進行投料時點的控制。

3. 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。

4. 系統利用率

本文將瓶頸工作站之利用率設定為 95%，留下 5% 之產能以吸收當機、維修保養或突發狀況所造成之系統變異；而系統中其他工作站則是以瓶頸工作站之利用率為上限來做規劃。

5. 產品類型

由於產品種類包含訂單式生產與存貨式生產，各種訂單式產品需求量已列示於表 4-2。根據實務環境，扣除訂單式產品所需產能後，剩餘之產能皆用於生產存貨式產品。換言之，每種產品依該期訂單皆有最低產出需求，在訂單需求能滿足之前提下，吾人考量各種產品的生產成本與售價，以數學模式規劃存貨式產品的生產種類與數量。

4.2 產能粗估與分析模組之執行過程與規劃結果

本模組包括了**產能粗估機制**與**瓶頸與次瓶頸資源辨識機制**；產能粗估機制之目的在於檢查各工作站之產能是否能滿足規劃幅度(T)內的訂單式(MTO)產品需求，再透過瓶頸與次瓶頸資源辨識機制找出產能負荷較重的工作站，以便在 4.3 的模組以數學模式加以規劃。

4.2.1 產能粗估機制之執行過程與規劃結果

在製程資訊、產品加工資訊與訂單式產品需求已知的情況下，吾人將循序以下列五個步驟來完成產能粗估機制。

步驟一 計算各工作站之實際可用產能

在步驟一中吾人將計算各工作站在規劃幅度(T)中扣除因為當機、保養或突發狀況所保留的部分後實際可用之產能，在本文中以秒做為計算產能時的單位，而計算方式依式 3-1，在此以配向膜塗佈工作站(k=2)為例，所得結果如式 4-1 所示：

$$cap_2 = 10 \times (1 - 5\%) \times 28 \times 24 \times 60 \times 60 = 22982400 \quad \text{式 4-1}$$

因此吾人可以計算出各工作站之實際可用產能，如下表 4-5 所示：

表 4-5 各工作站實際可用產能對照表

工作站編號	k=1	k=2	k=3	k=4	k=5
實際可用產能	27,578,880	22,982,400	29,877,120	9,192,960	13,789,440
工作站編號	k=6	k=7	k=8	k=9	k=10
實際可用產能	6,894,720	2,298,240	20,684,160	18,385,920	18,385,920
工作站編號	k=11	k=12	k=13	k=14	k=15
實際可用產能	6,894,720	13,789,440	22,982,400	9,192,960	22,982,400

(單位：秒)

步驟二 計算製程中段各工作站最少換線次數

在計算製程中段各工作站最少換線次數時，吾人必須考慮第二個規劃週期開始之各週期(t=2,3,..14)中，扣去期初節省之換線次數後剩餘必須

換線之次數，即為 $13 \times \max(N_k - M_k, 0)$ 。製程中段各工作站所需之換線種

類(N_k)如下表 4-6 所示：

表 4-6 製程中段各工作站需換線種類對照表

編號 (k)	工作站 名稱	機台 類型	M_k	換線維度	N_k	$13^* \text{Max}(N_k - M_k, 0)$
K=4	液晶滴入	序列機台	4	不同尺寸(s)之間	3種	0
K=5	框膠塗佈	序列機台	6	不同液晶重類(l)之間	3種	26
K=6	ODF 基板組合	序列機台	3	同尺寸(s)之間	3種	0
K=7	HPS 基板組合	序列機台	1	不同尺寸(s)之間	3種	26
K=8	烘乾	批量機台	9	不同尺寸(s)或液晶種類(l)之間	9種	0
K=9	真空回火	批量機台	8	不同尺寸(s)或液晶種類(l)之間	9種	13
K=10	液晶灌入	批量機台	8	不同尺寸(s)或液晶種類(l)之間	9種	13
K=11	封口	批量機台	3	不同尺寸(s)或液晶種類(l)之間	9種	78

而中段的 ODF 製程($w=1$)與 HPS 製程($w=2$)分別包含了序列工作站($k=4, 5, 6, 7$)與批量工作站($k=8, 9, 10, 11$)，由於序列機台與批量機台的製程特性不同，因此以下將分開討論序列工作站與批量工作站。

序列工作站

在製程中段的序列機台($k=4, 5, 6, 7$)中，由於導致換線的原因不同，可分為**因液晶種類不同而換線**與**因尺寸大小不同而換線**兩種，以下將其分開討論。

因液晶種類不同而換線

液晶滴入工作站($w=1, k=4$)因為前後加工之產品**液晶種類不同**造成換線，其所需要機台數與最少換線次數依式 3-2 與式 3-3，所得結果如式 4-2、4-3 所示：

$$MD_{s,1,1,4} = \frac{\sum_{s=1}^S I_{s,l,w} \times pt_{s,l,w,4}}{cap_4 / M_4} = \frac{I_{1,1,1} \times 1400 + I_{2,1,1} \times 1500 + I_{3,1,1} \times 1600}{9192960 / 4} \quad \text{式 4-2}$$

$$\begin{aligned} LST_4 &= \sum_{l=1}^L [MD_{s,l,w,4}] + 13 \times \max(N_4 - M_4, 0) \\ &= \left[\frac{I_{1,1,1} \times 1400 + I_{2,1,1} \times 1500 + I_{3,1,1} \times 1600}{9192960 / 4} \right] \\ &+ \left[\frac{I_{1,2,1} \times 1400 + I_{2,2,1} \times 1500 + I_{3,2,1} \times 1600}{9192960 / 4} \right] \\ &+ \left[\frac{I_{1,3,1} \times 1400 + I_{2,3,1} \times 1500 + I_{3,3,1} \times 1600}{9192960 / 4} \right] \\ &+ 13 \times \max(3 - 4, 0) \end{aligned} \quad \text{式 4-3}$$

因尺寸大小不同而換線

框膠塗佈工作站(w=1, k=5)、HPS 基板組合工作站(w=1, k=6)、ODF 基板組合工作站(w=2, k=7)在**不同尺寸**的產品之間必須換線，在此以**框膠塗佈工作站(k=5)**為例計算其所需要機台數與最少換線次數，依式 3-4 與式 3-5 計算，所得結果如式 4-4、4-5 所示：

$$\begin{aligned} MD_{1,l,1,5} &= \frac{\sum_{l=1}^L I_{1,l,1} \times pt_{1,l,1,5}}{cap_5 / M_5} \\ &= \frac{I_{1,1,1} \times 1200 + I_{1,2,1} \times 1300 + I_{1,3,1} \times 1400}{13789440 / 6} \end{aligned} \quad \text{式 4-4}$$

$$\begin{aligned} LST_5 &= \sum_{s=1}^S [MD_{s,l,1,5}] + 13 \times \max(N_5 - M_5, 0) \\ &= \left[\frac{I_{1,1,1} \times 1200 + I_{1,2,1} \times 1300 + I_{1,3,1} \times 1400}{13789440 / 6} \right] \\ &+ \left[\frac{I_{2,1,1} \times 1200 + I_{2,2,1} \times 1300 + I_{2,3,1} \times 1400}{13789440 / 6} \right] \\ &+ \left[\frac{I_{3,1,1} \times 1200 + I_{3,2,1} \times 1300 + I_{3,3,1} \times 1400}{13789440 / 6} \right] \\ &+ 13 \times \max(3 - 6, 0) \end{aligned} \quad \text{式 4-5}$$

批量工作站

由於批量的大小會影響最少換線次數的計算，因此吾人先計算粗估理想批量以便計算最少換線次數。在計算理想批量時，吾人以“與中段 HPS 製程基板組合站產出速率相等”為原則估算理想批量大小。而 HPS 基板組合站在各規劃幅度之產出速率計算方式依式 3-6 計算，所得結果如式 4-6 所示：

$$O_7 = \frac{cap_7}{pt_{s,l,2,7}} = \frac{2298240}{300} = 7660.8 \quad \text{式 4-6}$$

接著吾人以 O_7 做為四個批量工作站的產出速率，來計算四個批量工作站之理想批量，依式 3-7 計算：在此以烘乾工作站(k=8)為例，所得結果如式 4-7 所示：

$$Batch_8^{recp} = \left\lceil O_7 \times \frac{pt_{s,l,2,8}}{cap_8} \right\rceil = \left\lceil 7660.8 \times \frac{8000}{20684160} \right\rceil = \lceil 2.963 \rceil = 3 \quad \text{式 4-7}$$

四個批量工作站之粗估理想批量列於下表 4-7，在此不一一列出計算過程。

表 4-7 批量工作站之粗估理想批量對照表

工作站編號	k=8	k=9	k=10	k=11
粗估理想批量	3	3	5	1
最大加工批量	9	12	15	2

求得各批量工作站之粗估理想批量後，吾人必須檢查依據 O_7 所求得之粗估理想批量是否在各批量工作站之最大加工批量的限度內。若是，則代表批量工作站可以跟得上中段 HPS 製程基板組合站產出速率，即可

將其帶入式 3-8、3-9 來計算所需要機台數 $MD_{s,l,w,k}$ 與最少換線次數 LST_k 。

在此以烘乾工作站(k=8)為例，所得結果如式 4-8、4-9 所示：

$$MD_{s,l,2,8} = \frac{\frac{I_{s,l,2}}{Batch_8^{rccp}} \times pt_{s,l,2,8}}{cap_8 / M_8} = \frac{\frac{I_{s,l,2}}{3} \times 8000}{20684160 / 9} \quad \text{式 4-8}$$

$$LST_8 = \sum_{s=1}^S \sum_{l=1}^L \left[MD_{s,l,2,8} \right] + 13 \times \max(N_8 - M_8, 0)$$

$$= \sum_{s=1}^3 \sum_{l=1}^3 \left[\frac{\frac{I_{s,l,2}}{3} \times 8000}{20684160 / 9} \right] + 13 \times \max(9 - 9, 0) \quad \text{式 4-9}$$

而由於在步驟二中吾人尚未分配各種產品之需求至兩種製程，也就是說在步驟二中兩種製程所生產的產品數量未知，因此各工作站之所需要機台數 $MD_{s,l,w,k}$ 與最少換線次數 LST_k 皆為帶有 $I_{s,l,w}$ 之未知數，待步驟三中以數學模式求解。

步驟三 粗估中段工作站產能需求模式

在步驟三中，吾人將步驟二中所需要機台數 $MD_{s,l,w,k}$ 與最少換線次數 LST_k 帶入中段工作站之粗估模式來決定各產品採用的加工製程。

本數學模式以最小化生產成本為目標，分配已知產品需求至中段的 ODF 製程與 HPS 製程之各工作站，以估算中段製程中各工作站的產能是否足以負荷產品需求，下表 4-8 為本數學模式應用 iLog 軟體之資訊與求得之解，本文中所有數學模式皆以最佳化軟體 iLog OPL 3.5.1，在 CPU 為 Pentium 3.00 GHz 且 RAM 為 1 GB 的環境下求解，因此本文後續將不再另行解釋數學模式求解之演算環境。

表 4-8 粗估中段工作站產能需求之 ilog 模式資訊對照表

最佳解			
最小生產成本 1835150 (單位：元)			
求解時間：	限制式總數	決策變數總數	Iteration 次數
小於 0.01 秒	35	25	14
需求分配模式之解 (單位：卡匣)			
經由 ODF 製程生產(w=1)	經由 HPS 製程生產(w=2)	未完成量	
I[1,1,1] = 0	I[1,1,2] = 785	Ibackup[1,1] = 0	
I[1,2,1] = 0	I[1,2,2] = 705	Ibackup[1,2] = 0	
I[1,3,1] = 0	I[1,3,2] = 995	Ibackup[1,3] = 0	
I[2,1,1] = 0	I[2,1,2] = 850	Ibackup[2,1] = 0	
I[2,2,1] = 0	I[2,2,2] = 1150	Ibackup[2,2] = 0	
I[2,3,1] = 897	I[2,3,2] = 0	Ibackup[2,3] = 0	
I[3,1,1] = 935	I[3,1,2] = 0	Ibackup[3,1] = 0	
I[3,2,1] = 860	I[3,2,2] = 0	Ibackup[3,2] = 0	
I[3,3,1] = 980	I[3,3,2] = 0	Ibackup[3,3] = 0	

從上表 4-7 中可發現本範例之各種產品需求皆可經由兩種製程共同滿足，代表中段製程各工作站之產能皆可負擔產品需求，而在求得本數學模式之解後，吾人將求出之 $I_{s,l,w}$ 值代入式 4-3、式 4-5、式 4-9，求

得步驟二列示之各工作站最小換線次數 LST_k 值，以下表 4-9 表示：

表 4-9 中段製程各工作站最少換線次數對照表

工作站編號	k=4	k=5	k=6	k=7	k=8	k=9	k=10	k=11
LST_k	3	3	2	28	7	19	20	83

步驟四 計算ODF、HPS共用工作站之最少換線次數

在步驟二與步驟三吾人可以得到中段製程各工作站之粗估產能結果，在步驟四中將粗估前後段製程中的ODF、HPS共用工作站產能是否足以負荷已知產品需求。

同步驟二，吾人必須考慮第二個規劃週期開始之各週期($t=2, 3, \dots, 14$)中，扣去期初節省之換線次數後剩餘必須換線之次數，即為

$13 \times \max(N_k - M_k, 0)$ ，HPS、ODF 共用工作站所需之換線種類(N_k)如下表 4-10

所示：

表 4-10 HPS、ODF 共用之各工作站需換線種類對照表

編號(k)	工作站名稱	機台類型	M_k	換線維度	N_k	$13^* \text{Max}(N_k - M_k, 0)$
K=1	洗淨	序列機台	12	不同尺寸(s)之間	3種	0
K=2	配向膜塗佈	序列機台	10	不同尺寸(s)、製程種類(w)或玻璃基板與彩色濾光片之間	12種	26
K=3	配向處理	序列機台	13	不同尺寸(s)之間	3種	0
K=12	烘烤	序列機台	6	不同尺寸(s)之間	3種	0
K=13	切割	序列機台	10	不同尺寸(s)之間	3種	0
K=14	偏光片貼附	序列機台	4	不同尺寸(s)之間	3種	0
K=15	檢查	序列機台	10	不同尺寸(s)之間	3種	0

由於前後段製程中ODF、HPS共用之各工作站換線之計算方式略有不同，且前段製程必須加工尚未貼合前的玻璃基板與彩色濾光片，因此吾人在計算各工作站所需要機台數與最少換線次數時方式略有不同，如本文第三章中式3-14至式3-18所示，在此不一一列出計算過程。僅以配向膜塗佈

工作站(k=2)為例，依式3-14與式3-15計算，所得結果如式4-10、4-11所示：

$$MDGL_{s,l,1,2} = MDCF_{s,l,1,2} = \frac{\sum_{l=1}^L I_{s,l,w} \times pt_{s,l,2}}{cap_k / M_k} \quad \text{式 4-10}$$

$$\begin{aligned} LST_2 &= \sum_{s=1}^S \sum_{w=1}^2 [MDGL_{s,l,w,2}] + \sum_{s=1}^S \sum_{w=1}^2 [MDCF_{s,l,w,2}] + 13 \times \max(N_2 - M_2, 0) \\ &= \left\lceil \frac{897 \times 1008}{22982400 / 10} \right\rceil + \left\lceil \frac{2775 \times 1008}{22982400 / 10} \right\rceil + \left\lceil \frac{2485 \times 1008}{22982400 / 10} \right\rceil + \left\lceil \frac{2000 \times 1008}{22982400 / 10} \right\rceil \\ &+ \left\lceil \frac{897 \times 1008}{22982400 / 10} \right\rceil + \left\lceil \frac{2775 \times 1008}{22982400 / 10} \right\rceil + \left\lceil \frac{2485 \times 1008}{22982400 / 10} \right\rceil + \left\lceil \frac{2000 \times 1008}{22982400 / 10} \right\rceil \\ &+ 13 \times \max(12 - 10, 0) \\ &= \lceil 0.393 \rceil + \lceil 1.217 \rceil + \lceil 1.09 \rceil + \lceil 0.94 \rceil + \lceil 0.393 \rceil \\ &+ \lceil 1.217 \rceil + \lceil 1.09 \rceil + \lceil 0.94 \rceil + 26 = 38 \end{aligned} \quad \text{式 4-11}$$

而前後段製程中 ODF、HPS 共用之其他工作站之最少換線次數計算結果如下表 4-11 所示：

表 4-11 ODF、HPS 共用工作站之最少換線次數對照表

工作站編號	k=1	k=2	k=3	k=12	k=13	k=14	k=15
LST _k	7	38	9	4	5	4	4

步驟五 計算ODF、HPS共用工作站產能負荷

從步驟四中得到前後段製程中 ODF、HPS 共用工作站之最少換線次數後，吾人即可計算上述各工作站之產能負荷，吾人以配向膜塗佈工作站(k=2)為例，參照 4.1.1 中所示之加工基本資料與數學模式求得之結果，依式 3-19 計算，所得結果如式 4-12 所示，並以下表 4-12 表示各 ODF、HPS 共用工作站之產能負荷 CL_k 。

$$\begin{aligned} CL_2 &= \sum_{l=1}^L \sum_{s=1}^S 2 \times d_{s,l} \times pt_{s,l,2} + LST_2 \times st_2 \\ &= 2 \times 8157 \times 1008 + 38 \times 9000 = 16786512 \end{aligned} \quad \text{式 4-12}$$

表 4-12 ODF、HPS 共用工作站之產能負荷對照表 (單位：秒)

工作站編號	k=1	k=2	k=3	k=12	k=13	k=14	k=15
CL_k	10,771,440	16,786,512	14,688,000	5,710,380	7,341,900	3,671,130	4,486,830
實際可用產能	27,578,880	22,982,400	29,877,120	13,789,440	22,982,400	9,192,960	22,982,400

在表 4-12 中吾人可以發現各個 ODF、HPS 共用工作站之產能負荷皆小於其實際可用產能，代表前後製程中各個 ODF、HPS 共用工作站之產能皆能夠負荷本範例中之訂單式產品需求。

在 4.2.1 中，吾人以實例之需求，循序由五個步驟來粗估中段各個工作站與前後段 ODF 與 HPS 共用之工作站之產能是否足夠，完成產能粗估機制。

4.2.2 瓶頸與次瓶頸資源辨識機制之執行過程與規劃結果

在定義瓶頸和次瓶頸資源時，吾人以各個工作站“剩餘產能可用於換線之次數 RST_k ”作為評判標準，若 RST_k 之值越小代表該工作站產能越吃緊。而 RST_k 之計算方式略有不同，吾人僅以配向膜塗佈工作站(k=2)、液晶滴入工作站(k=4)與液晶灌入工作站(k=10)為例，依式 3-21、式 3-22 與式 3-23 計算，所得結果如式 4-13、4-14 與 4-15 所示：

$$RST_2 = \frac{cap_2 - CL_2}{st_2} = \frac{22982400 - 16786512}{9000} = 688.43 \text{ (單位:次)} \quad \text{式 4-13}$$

$$RST_4 = \frac{cap_4 - (\sum_{l=1}^L \sum_{s=1}^S I_{s,l,1} \times pt_{s,l,1,4} + LST_4 \times st_4)}{st_4}$$

$$= \frac{9192960 - (0 \times 1400 + 897 \times 1500 + 2775 \times 1600 + 3 \times 3600)}{3600} \quad \text{式 4-14}$$

$$= 943.52 \text{ (單位:次)}$$

$$RST_{10} = \frac{cap_{10} - \left(\sum_{l=1}^L \sum_{s=1}^S \frac{I_{s,l,2}}{Batch_{10}^{rcpp}} \times pt_{s,l,2,10} + LST_{10} \times st_{10} \right)}{st_{10}}$$

$$= \frac{18385920 - \left(\frac{2485}{5} \times 13300 + \frac{2000}{5} \times 13500 + \frac{0}{5} \times 13700 + 20 \times 600 \right)}{600}$$

式 4-15

$$= 10606.4 \text{ (單位:次)}$$

各工作站之“剩餘產能可用於換線之次數 RST_k ”與利用率整理如下表 4-13 所示，其中配向膜塗佈工作站(k=2)之 RST_k 值為所有工作站中最小(688.4 次)，而液晶滴入工作站(k=4)之 RST_k 值為次小(943.5 次)，由於兩工作站之 RST_k 值相距十分接近，且此二工作站引起換線之維度不同，如表 4-14 所示。因此若僅針對瓶頸之配向膜塗佈工作站規劃排程，可能會將同尺寸、同製程而**不同液晶種類**的玻璃基板或彩色濾光片集中生產以節省換線次數，但是不同液晶種類的產品將導致後續之液晶滴入工作站換線，因此可能造成液晶滴入工作站之換線過多而使瓶頸漂移至液晶滴入工作站。故吾人將其這兩個工作站定義為瓶頸與次瓶頸，以便在下階段之模組規劃瓶頸工作站之排程時將次瓶頸工作站納入考量。

表 4-13 各工作站 RST_k 與利用率

工作站編號	k=1	k=2	k=3	k=4	k=5
RST_k (次)	28012.4	688.4	25315.2	943.5	14560.9
利用率(%)	39.1	73.0	49.2	63.1	36.6
工作站編號	k=6	k=7	k=8	k=9	k=10
RST_k (次)	2604.4	1559.9	14533.3	11936.7	10606.4
利用率(%)	32.0	59.3	57.8	61.0	65.4
工作站編號	k=11	k=12	k=13	k=14	k=15
RST_k (次)	11477.9	67325.5	130337.5	46015.3	154129.8

利用率(%)	20.1	41.4	31.9	39.9	19.5
--------	------	------	------	------	------

表 4-14 瓶頸與次瓶頸之換線維度對照表

工作站代碼(k)	工作站名稱	機台種類	產品維度			
			TFT 與 CF 之間	不同尺寸之間	不同液晶種類之間	不同製程之間
2	配向膜塗佈 (瓶頸工作站)	序列機台	+	+	-	+
4	液晶滴入 (次瓶頸工作站)	序列機台	-	-	+	-

4.3 瓶頸工作站生產排程規劃模組之執行過程與規劃結果

本模組承接上階段定義之瓶頸工作站，並將次瓶頸之限制加以考量，以數學模式來求解瓶頸工作站各機台之產能配置、以及產品生產之順序。

本系統之瓶頸為配向膜塗佈工作站(k=2)，而吾人將以 4.1.1 節中所示之產品加工基本資料、訂單式產品需求量、各產品之成本與利潤、工作站基本資料，在 4.1.2 節中所述之各項假設下進行數學模式之規劃。下表 4-15 為本數學模式應用 iLog 軟體之資訊。

表 4-15 瓶頸工作站生產規劃模組之 iLog 模式資訊對照表

最佳解			
最大產出利潤 8,011,060(單位：元)			
求解時間：	限制式總數	決策變數總數	Iteration 次數
362.83(秒)	5,066	5,880	225,540

瓶頸工作站各週期(兩天)中各機台可用產能為 164160 秒 (86400*2*0.95)，在兼具訂單式產品與存貨式產品的生產環境下，各週期以最大化產出利潤為目標。本模式規劃之結果由於資料量龐大，僅列

於附錄 A，而在模式中吾人以 $IGL[s,l,w,m,t]$ 和 $ICF[s,l,w,m,t]$ 來表示生產尺寸為 s ，液晶種類為 l ，製程為 w 的玻璃基板或彩色濾光片在第 t 個規劃週期的機台 m 上所生產的數量。在此以下表 4-16 與表 4-17 所示前三期各機台之生產排程來說明本系統之排程概念。

概念一 混線機台之加工順序

在產能配置時，機台在單一週期上若生產不需要換線產品(尺寸與製程相同)，則生產時不須另行換線，將此機台視為**專線生產**，如表 4-16 中第一個規劃週期中的機台 1、3、4。而若在單一週期內生產若干種需要換線之產品，則必須重新設置，吾人將此機台視為**混線機台**，且必須決定混線機台中各產品之加工順序，如表 4-15 中第一個規劃週期中的機台 5，必須加工 $IGL[2,1,2,5,1]$ 、 $IGL[2,2,2,5,1]$ 、 $IGL[1,2,2,5,1]$ 三種產品，因此吾人必須決定產品加工之順序。而在瓶頸工作站之模式中，以 $\{0,1\}$ 變數 $BGL[s,l,w,m,t]$ 和 $BCF[s,l,w,m,t]$ 代表各期**期初**是否生產該產品；而以 $\{0,1\}$ 變數 $CGL[s,l,w,m,t]$ 和 $CCF[s,l,w,m,t]$ 代表各期**期末**是否生產該產品，是為 1，否則為 0；因此當有混線機台存在時，吾人必須檢查模式解集合中的 $BGL[s,l,w,m,t]$ 、 $BCF[s,l,w,m,t]$ 、 $CGL[s,l,w,m,t]$ 和 $CCF[s,l,w,m,t]$ 值(見附錄 A)，發現模式的解集合中 $BGL[2,1,2,5,1]$ 為 1，代表 $IGL[2,1,2,5,1]$ 為該期期初加工之產品種類；而 $CGL[1,2,2,5,1]$ 為 1，代表 $IGL[1,2,2,5,1]$ 為該期期末加工之產品種類，藉此排定混線機台上之生產順序。

概念二 期初是否重新設置

各個機台在第一期期初必須設置一次以開始加工，而從第二個週期開始，若期初生產之產品與前期期末生產之產品屬於同樣尺寸(s)且同樣製程(w)，則不須要重新設置。例如在表 4-16 中，機台 1 在第一個週期最後生產的產品為 $IGL[2,1,2,1,1]$ ，而第二個週期期初所生產之產品為 $IGL[2,1,2,1,2]$ ，由於此兩種產品之尺寸與製程皆相同，因此在機台 1 在第二期期初不需重新設置。



表 4-16 瓶頸工作站機台 1-5 排程結果對照表

t=1	m=1	m=2	m=3	m=4	m=5
期初是否換線	需換線	需換線	需換線	需換線	需換線
生產之產品 種類與數量	IGL[2,3,2,1,1] = 152 IGL[2,1,2,1,1] = 1	IGL[1,1,2,2,1] = 30 IGL[1,2,2,2,1] = 1 IGL[1,3,2,2,1] = 80	IGL[2,3,2,3,1] = 84 IGL[2,2,2,3,1] = 69	IGL[3,2,1,4,1] = 27 IGL[3,3,1,4,1] = 87 IGL[3,1,1,4,1] = 39	IGL[2,1,2,5,1] = 65 IGL[2,2,2,5,1] = 26 IGL[1,2,2,5,1] = 54
		IGL[3,1,1,2,1] = 1 IGL[3,2,1,2,1] = 33			
總加工產品數	153	145	153	153	145
換線次數	1	2	1	1	2
耗用產能	163224	164160	163224	163224	164160
t=2	m=1	m=2	m=3	m=4	m=5
期初是否換線	節省換線	節省換線	節省換線	需換線	節省換線
生產之產品 種類與數量	IGL[2,3,2,1,2] = 160 IGL[2,1,2,1,2] = 1 IGL[2,2,2,1,2] = 1	IGL[3,1,1,2,2] = 46 IGL[3,2,1,2,2] = 91 IGL[3,3,1,2,2] = 25	IGL[2,1,2,3,2] = 49 IGL[2,2,2,3,2] = 113	IGL[1,1,2,4,2] = 65 IGL[1,3,2,4,2] = 89	IGL[1,3,2,5,2] = 10 IGL[1,2,2,5,2] = 30 IGL[3,1,1,5,2] = 15 IGL[3,3,1,5,2] = 99
總加工產品數	162	162	162	153	153
換線次數	0	0	0	1	1
耗用產能	163296	163296	163296	163224	163224
t=3	m=1	m=2	m=3	m=4	m=5
期初是否換線	節省換線	節省換線	節省換線	節省換線	節省換線
生產之產品 種類與數量	IGL[2,3,2,1,3] = 12 IGL[2,1,2,1,3] = 54 IGL[2,2,2,1,3] = 96	IGL[3,1,1,2,3] = 1 IGL[3,2,1,2,3] = 20 IGL[3,3,1,2,3] = 141	IGL[2,3,2,3,3] = 162	IGL[1,2,2,4,3] = 65 IGL[1,1,2,4,3] = 55 IGL[1,3,2,4,3] = 42	IGL[3,1,1,5,3] = 70 IGL[3,2,1,5,3] = 22 IGL[3,3,1,5,3] = 35 IGL[2,1,2,5,3] = 26
總加工產品數	162	162	162	162	153

換線次數	0	0	0	0	1
耗用產能	163296	163296	163296	163296	163224

表 4-17 瓶頸工作站機台 6-10 排程結果對照表

t=1	m=6	m=7	m=8	m=9	m=10
期初是否換線	需換線	需換線	需換線	需換線	需換線
生產之產品 種類與數量	ICF[3,2,1,6,1] = 27 ICF[3,3,1,6,1] = 87 ICF[3,1,1,6,1] = 39	ICF[2,1,2,7,1] = 65 ICF[2,2,2,7,1] = 26 ICF[1,2,2,7,1] = 54	ICF[2,3,2,8,1] = 152 ICF[2,1,2,8,1] = 1	ICF[2,2,2,9,1] = 69 ICF[2,3,2,9,1] = 84	ICF[1,1,2,10,1] = 30 ICF[1,2,2,10,1] = 1 ICF[1,3,2,10,1] = 80 ICF[3,1,1,10,1] = 1 ICF[3,2,1,10,1] = 33
總加工產品數	153	145	153	153	145
換線次數	1	2	1	1	2
耗用產能	163224	164160	163224	163224	164160
t=2	m=6	m=7	m=8	m=9	m=10
期初是否換線	需換線	節省換線	節省換線	節省換線	節省換線
生產之產品 種類與數量	ICF[1,1,2,6,2] = 65 ICF[1,3,2,6,2] = 89	ICF[1,3,2,7,2] = 10 ICF[1,2,2,7,2] = 30 ICF[3,1,1,7,2] = 15 ICF[3,3,1,7,2] = 99	ICF[2,3,2,8,2] = 160 ICF[2,1,2,8,2] = 1 ICF[2,2,2,8,2] = 1	ICF[2,1,2,9,2] = 49 ICF[2,2,2,9,2] = 113	ICF[3,1,1,10,2] = 46 ICF[3,2,1,10,2] = 91 ICF[3,3,1,10,2] = 25
總加工產品數	153	153	162	162	162
換線次數	1	1	0	0	0
耗用產能	163224	163224	163296	163296	163296
t=3	m=6	m=7	m=8	m=9	m=10
期初是否換線	節省換線	節省換線	節省換線	節省換線	節省換線
生產之產品 種類與數量	ICF[1,2,2,6,3] = 65 ICF[1,1,2,6,3] = 55 ICF[1,3,2,6,3] = 42	ICF[3,1,1,7,3] = 70 ICF[3,2,1,7,3] = 22 ICF[3,3,1,7,3] = 35	ICF[2,3,2,8,3] = 12 ICF[2,1,2,8,3] = 54 ICF[2,2,2,8,3] = 96	ICF[2,3,2,9,3] = 162	ICF[3,1,1,10,3] = 1 ICF[3,2,1,10,3] = 20 ICF[3,3,1,10,3] = 141

		ICF[2,1,2,7,3] = 26			
總加工產品數	162	153	162	162	162
換線次數	0	1	0	0	0
耗用產能	163296	163224	163296	163296	163296



概念三 考量次瓶頸工作站之換線次數上限

在產能粗估與分析模組中吾人訂定 ODF 製程($w=1$)之液晶滴入工作站($k=4$)為次瓶頸，並且將次瓶頸工作站可用產能扣掉粗估耗用產能後，計算出**剩餘產能可用於換線之次數** RST_k ，在規劃瓶頸工作站排程時納入考量，當機台上生產由 ODF 製程($w=1$)加工之不同尺寸產品時，本模式將盡量減少不同液晶種類接續生產之狀況以避免瓶頸漂移。

由於在表 4-16 與表 4-17 中前三期規劃結果並未出現上述狀況，因此吾人擷取本模式結果(見附錄 A)，於下表 4-18 顯示第六個規劃週期的機台 5 的產能配置來說明排程概念。

表 4-18 第六個規劃週期機台 5 之排程結果

t=6	m=5
期初是否換線	節省換線
生產之產品 種類與數量	IGL[2,1,2,5,6] = 17 IGL[2,3,2,5,6] = 1
	IGL[1,2,1,5,6] = 1 IGL[1,3,1,5,6] = 77
	IGL[3,3,1,5,6] = 47 IGL[3,1,1,5,6] = 1 IGL[3,2,1,5,6] = 1
總加工產品數	145
換線次數	2
耗用產能	164160

在表 4-18 中 $IGL[1,2,1,5,6]$ 與 $IGL[1,3,1,5,6]$ 屬於同尺寸($s=1$)且同製程($w=1$)不須換線；而 $IGL[3,3,1,5,6]$ 、 $IGL[3,1,1,5,6]$ 、 $IGL[3,2,1,5,6]$ 屬於同尺寸($s=3$)且同製程($w=1$)亦不須換線。而當同屬於 ODF 製程($w=1$)的不同尺寸產品($s=1, s=3$)之間必須換線時，本模式排定 $IGL[1,3,1,5,6]$ 、 $IGL[3,3,1,5,6]$ 兩種液晶種類相同($l=3$)之產品接續生產，已減少後續液晶灌入機台($k=4$)之換線次數。

4.4 批量工作站規劃與排程模組之執行過程與規劃結果

在完成上階段之瓶頸工作站生產排程規劃模組後，吾人以上階段模組之產出作為批量工作站規劃與排程模組之投入項，以**產品種類與數量分析機制**篩選經由 HPS 製程生產之產品，再由**批量工作站排程訂定機制**之數學模式求解，以最小化各個批量工作站無法滿足瓶頸工作站之產出為目標來規劃各批量工作站之排程。

4.4.1 產品種類與數量分析機制之執行過程與規劃結果

在 4.3 中求得之結果包含各週期經由 HPS 製程與 ODF 製程之產品，因此吾人應用 excel 軟體中巨集之編寫，先將各期各機台所生產之產品分類，以找出經過 HPS 製程生產之產品，再計算各期各產品種類之數量，將各產品超過訂單式(MTO)產品需求的產量視為存貨式(MTS)產出，彙整後做為**批量工作站排程訂定機制**之輸入。本機制所得到之結果如下表 4-19 與表 4-20 所示：



表 4-19 經 HPS 製程生產之 MTO 產品數量表

規劃週期	以 HPS 製程加工之產品(w=2)								
	10.4" 一般 s=1 l=1	10.4" 中高 s=1 l=2	10.4" 高 s=1 l=3	13.3" 一般 s=2 l=1	13.3" 中高 s=2 l=2	13.3" 高 s=2 l=3	15.4" 一般 s=3 l=1	15.4" 中高 s=3 l=2	15.4" 高 s=3 l=3
1	30	22	80	65	95	75	0	0	0
2	65	30	90	50	80	40	0	0	0
3	55	65	30	80	95	60	0	0	0
4	30	65	50	95	67	0	0	0	0
5	80	50	95	29	65	59	0	0	0
6	65	30	13	17	0	1	1	1	0
7	26	55	80	64	95	45	0	0	0
8	55	65	30	78	82	2	1	0	1
9	80	49	95	29	53	1	0	0	0
10	0	64	50	93	79	20	0	0	0
11	65	30	84	50	79	40	1	3	2
12	55	65	30	80	95	60	0	0	58
13	19	49	94	7	0	75	0	0	40
14	65	30	90	0	72	45	0	0	0

註：“一般”表示液晶種類為一般解析度
 “中高”表示液晶種類為中高解析度
 “高”表示液晶種類為高解析度

表 4-20 經 HPS 製程生產之 MTS 產品數量表

規劃週期	以 HPS 製程加工之產品(w=2)								
	10.4" 一般 s=1 l=1	10.4" 中高 s=1 l=2	10.4" 高 s=1 l=3	13.3" 一般 s=2 l=1	13.3" 中高 s=2 l=2	13.3" 高 s=2 l=3	15.4" 一般 s=3 l=1	15.4" 中高 s=3 l=2	15.4" 高 s=3 l=3
1	0	0	0	1	0	187	0	0	0
2	0	0	0	0	34	120	0	0	0
3	2	0	14	0	1	94	0	0	0
4	0	0	20	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	1	0	0	0	0
6	1	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	2	2	0	0	0	0	0	0
8	1	0	6	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	1	1	0	162	0	1	0	0	0
12	2	2	154	1	0	10	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	113
14	0	0	0	0	0	6	0	0	0

註：“一般”表示液晶種類為一般解析度
 “中高”表示液晶種類為中高解析度
 “高”表示液晶種類為高解析度

4.4.2 批量工作站排程訂定機制之執行過程與規劃結果

在本機制中，吾人以 4.2.2 節**瓶頸與次瓶頸資源辨識機制**所計算之**剩餘產能可用於換線之次數 RST_k** ”作為評判標準，若 RST_k 值較小代表產能較為吃緊，四個批量工作站之 RST_k 值如下表 4-21 所示：

表 4-21 各批量工作站 RST_k 排序對照表

工作站名稱	烘乾 (k=8)	真空回火 (k=9)	液晶灌入 (k=10)	封口 (k=11)
RST_k	14533.27	11936.7	10606.37	11477.875
排序(小至大)	4	3	1	2

因此吾人以 RST_k 從小到大的排序來循序規劃四個批量工作站之排程，首先規劃 RST_k 最小的液晶灌入工作站，下表 4-22 為液晶灌入批量工作站 (k=10) 應用本數學模式應用 iLog 軟體之資訊。

表 4-22 液晶灌入工作站排程訂定機制 iLog 模式資訊對照表

液晶灌入工作站 (k=10)	最佳解			
	最小化未滿足量 310(單位：卡匣)			
	求解時間：	限制式總數	決策變數總數	Iteration 次數
	866.75(秒)	38,050	31,374	349,845

表 4-22 表示液晶灌入工作站(k=10)之求解資訊與結果，求得之未滿足量為 310 卡匣，代表液晶灌入工作站無法完全滿足瓶頸工作站模組規劃之存貨式(MTS)產品。本批量工作站模式規劃之結果由於資料量龐大，僅列於附錄 B，而以下表 4-23 表示液晶灌入工作站各週期中各種存貨式(MTS)產品之未滿足量。

在得知各週期無法滿足之存貨式(MTS)產品數量後，吾人必須回報至上階段之瓶頸工作站規劃模組，重新排定部分未能被批量工作站消化之存貨式產品。

吾人依以下之步驟來檢視並因應存在未滿足量時之情況：

步驟一 檢視批量工作站排程模組是否出現未滿足量

在執行批量工作站之數學模式後，確定模式產生 310 卡匣之未滿足量，

代表液晶灌入工作站無法完全滿足瓶頸工作站模組規劃之存貨式(MTS)產品，因此進入步驟二。

步驟二 依週期與種類分類未滿足量

在步驟一中得知在 14 個規劃週期中的各種產品共產生 310 卡匣之未滿足量，而擷取模式之結果後，將未滿足量 $Lack_{s,l,t}$ 依各個週期和種類做分類，如下表 4-23 所示，以便針對各種產品之未滿足量來調整瓶頸工作站規劃。

表 4-23 液晶灌入工作站各週期存貨式(MTS)產品未滿足量

規劃週期	產品種類								
	10.4" 一般 $s=1$ $l=1$	10.4" 中高 $s=1$ $l=2$	10.4" 高 $s=1$ $l=3$	13.3" 一般 $s=2$ $l=1$	13.3" 中高 $s=2$ $l=2$	13.3" 高 $s=2$ $l=3$	15.4" 一般 $s=3$ $l=1$	15.4" 中高 $s=3$ $l=2$	15.4" 高 $s=3$ $l=3$
1	-	-	-	1	-	77	-	-	-
2	-	-	-	-	9	23	-	-	-
3	2	-	4	-	1	9	-	-	-
4	-	-	0	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	0	-	-	-	-
6	0	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	0	0	-	-	-	-	-	-
8	0	-	0	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	1	1	-	47	-	1	-	-	-
12	2	2	124	1	-	5	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	-	-	0
14	-	-	-	-	-	0	-	-	-

註：“-”表示該期無
規劃該種存貨式產品

步驟三 修正瓶頸工作站排程

當批量工作站模式執行完畢後無法滿足瓶頸工作站之規劃結果時，吾人必須修正瓶頸工作站之排程來確保規劃之結果可順利由後續的工作站產出。從步驟二中得知各週期各存貨式產品在液晶灌入工作站之未滿足量 $Lack_{s,l,t}$ ，因此吾人在瓶頸工作站生產規劃與排程模組之數學模式加入限制式 4-16 後重新執行瓶頸工作站之數學模式。

$$\sum_{m=1}^M IGL'_{s,l,w,m,t} \leq \sum_{m=1}^M IGL_{s,l,w,m,t} - Lack_{s,l,t} \quad \forall s \in S; \forall l \in L; \forall w = 2; \forall t \in T$$

$$\sum_{m=1}^M ICF'_{s,l,w,m,t} \leq \sum_{m=1}^M ICF_{s,l,w,m,t} - Lack_{s,l,t} \quad \forall s \in S; \forall l \in L; \forall w = 2; \forall t \in T$$

式 4-16

式 4-16 中 $\sum_{m=1}^M IGL_{s,l,1,m,t}$ 與 $\sum_{m=1}^M ICF_{s,l,1,m,t}$ 表示瓶頸工作站原來規劃由 HPS 製程加工之各種玻璃基板與彩色濾光片數量， $\sum_{m=1}^M IGL'_{s,l,1,m,t}$ 與 $\sum_{m=1}^M ICF'_{s,l,1,m,t}$ 表示重新執行模式後所規劃由 HPS 製程加工之各種產品數量， $Lack_{s,l,t}$ 代表批量工作站原來規劃模式所對應之最小未滿足量，藉由此限制式以確保後續批量工作站不會有不能滿足的情況出現。將原規劃模式加入新的限制式後重新求解，求得瓶頸工作站之規劃資訊與結果如下表 4-24 所示，而考量解集合資料量龐大，僅列於附錄 C。由於配合液晶灌入工作站之未滿足量，因此產出利潤略遜於原規劃之結果(見表 4-15)。吾人以瓶頸工作站重新規劃後之結果做為輸入，重新執行 4.4.1 與 4.4.2 中之步驟與數學模式規劃液晶灌入工作站之排程，求解之資訊如下表 4-25 所示，而解集合由於資料量龐大，僅列於附錄 D。

表 4-24 瓶頸工作站生產規劃模組重新求解之 ilog 模式資訊對照表

配向膜塗佈 工作站 (k=2)	最佳解			
	最大產出利潤 7,926,565(單位：元)			
	求解時間：	限制式總數	決策變數總數	Iteration 次數
	1277.42(秒)	5083	5880	396,248

表 4-25 液晶灌入工作站排程訂定機制重新求解之 ilog 模式資訊對照表

液晶灌入工作站 (k=10)	最佳解			
	最小化未滿足量 0(單位：卡匣)			
	求解時間：	限制式總數	決策變數總數	Iteration 次數
	457.19(秒)	38,050	31,374	96,969

在表 4-25 可發現液晶灌入工作站(k=10)可以完全滿足瓶頸工作站重新規劃後之結果，使存貨式產品之未滿足量為 0，接著再分別對剩下之三個批量工作站(k=8, k=9, k=11)執行步驟一至步驟三，皆能如期完成瓶頸工作站所規劃之排程結果，完成批量工作站排程訂定機制。求解資訊如下表 4-26 所示：

表 4-26 剩餘批量工作站訂定機制 ilog 模式資訊對照表

烘乾工作站 (k=8)	最佳解			
	最小化未滿足量 0(單位：卡匣)			
	求解時間：	限制式總數	決策變數總數	Iteration 次數
	6.98(秒)	31419	53424	2,881
真空回火工作站 (k=9)	最佳解			
	最小化未滿足量 0(單位：卡匣)			
	求解時間：	限制式總數	決策變數總數	Iteration 次數
	28.02(秒)	49138	53550	10,068
封口工作站 (k=11)	最佳解			
	最小化未滿足量 0(單位：卡匣)			
	求解時間：	限制式總數	決策變數總數	Iteration 次數
	56.24(秒)	39075	40572	23,258

4.5 結果比較與分析

4.5.1 修正排程之原因分析

在本文 4.3 節中，吾人求得瓶頸工作站數學模式規劃之排程結果(見附錄 A)，並在 4.4 節中將瓶頸工作站規劃之排程做為後續批量工作站之投入項，發現後續之批量工作站並不能完全滿足瓶頸工作站規劃之存貨式產品(MTS)生產數量，必須回頭進行瓶頸工作站排程之修正以確保後續工作站可順利產出瓶頸工作站規劃之產品。

而造成上述情況主要可歸因於下列兩點：

1. 由於規劃瓶頸工作站排程之前，吾人以粗估的方式來計算各工作站之產能是否能負荷各訂單式(MTO)產品之產出，然而在實際規劃瓶頸工作站排程時，為了最大化產出利潤，吾人設計數學模式之理念為除了生產訂單式產品外，亦應生產存貨式(MTS)產品直到耗盡工作站之可用產能為止。批量工作站因而必須負擔瓶頸工作站規劃之訂單式(MTO)產品與存貨式(MTS)產品之加工，因此負荷也較原來只粗估訂單式(MTO)產品時為重。
2. 當每種產品之單位售價確定的情況下，ODF 製程或 HPS 製程何者加工所需要的單位加工成本較低，即代表以該製程生產之單位利潤較高；吾人在粗估各產品在製程中段採用 HPS 或 ODF 方式加工時，即是以上述的理念來決定(見 4.2.1 中步驟三)。但吾人在實際排程時，由於生產不同製程的產品時必須耗費換線產能，因此在利潤最大化的考量下，當某機台已加工某種製程(HPS 製程或 ODF 製程)產品時，後續產品若能安排生產同種製程將可節省換線所耗用的產能，即使以該種製程生產之單位成本較高，也可能因為節省之產能可用於加工更多產品而使整體利潤更大。舉例來說，當 A 產品以 ODF 製程生產時單位利潤(固定單位售價-單位成本)為 650 元；以 HPS 製程生產時單位利潤為 600 元，而換線一次耗用的產能相當於生產一個 A 產品之產能(假設需耗用 1 個單位產能)；因此若以單位利潤來考量，以 ODF 製程生產 A 產品較為划算。但從換線浪費產能之觀點來看，若以 ODF 製程

生產必須換線而以 HPS 製程生產不須換線，則當剩餘產能小於或等於 13 個單位時，以 HPS 製程生產反而較為划算，吾人以下表 4-27 表示此概念。

表 4-27 兩製程生產利潤比較表

剩餘可用之產能	以 HPS 製程生產產品 A			以 ODF 製程生產產品 A		
	換線耗用產能	生產個數	利潤	換線耗用產能	生產個數	利潤
1 單位產能	0	1	600	1	0	0
2 單位產能	0	2	1200	1	1	650
3 單位產能	0	3	1800	1	2	1300
4 單位產能	0	4	2400	1	3	1950
5 單位產能	0	5	3000	1	4	2600
6 單位產能	0	6	3600	1	5	3250
7 單位產能	0	7	4200	1	6	3900
8 單位產能	0	8	4800	1	7	4550
9 單位產能	0	9	5400	1	8	5200
10 單位產能	0	10	6000	1	9	5850
11 單位產能	0	11	6600	1	10	6500
12 單位產能	0	12	7200	1	11	7150
13 單位產能	0	13	7800	1	12	7800
14 單位產能	0	14	8400	1	13	8450

也由於上述的兩項原因，當吾人在粗估產能模組中粗估各訂單式產品 (MTO) 應採用之加工製程時，由於尚未排定瓶頸工作站之排程，因此在售價確定已知的情況下，僅以單位生產成本何者較低來選擇各項產品加工之製程 (HPS、ODF)，藉以粗估製程中段各工作站之換線次數並粗估產能是否足夠，如表 4-8 所示。而在瓶頸工作站生產規劃模組之數學模式考慮換線之產能耗用，因此會出現如表 4-27 中之效應，也就是採單位利潤較低之製程生產產品反而有較高之整體利潤，造成實際排定之產品加工製程與粗估時有些差異。再加上吾人在粗估時並無庫存式產品 (MTS) 的產量數據，僅以已確定之訂單式產品 (MTO) 之對應數量來粗估產能是否足夠，因此在實際規劃時，後續批量工作站之負荷較粗估時吃緊，無法完全滿足瓶頸工作站規劃結果，因此必須重新修正瓶頸工作站與批量工作站之排程。

4.5.2 修正排程之結果比較與分析

由於批量工作站無法完成瓶頸工作站之排程結果並產生最小未滿足量，將其回饋至瓶頸工作站後，重新規劃瓶頸工作站得到新的排程結果。吾人以下表 4-28 來比較兩次排程之所得之總利潤、總產出數量、利用率、總換線次數以及經由 HPS 製程生產之產品達成率。其他生產績效如各產品之產出數量，由於資料量龐大，僅分別列於附錄 A 與附錄 C。

在表 4-28 中可發現由於配合批量工作站之限制，修正後排程所得利潤較原排程所得利潤稍低，但可完全滿足瓶頸工作站規劃之結果。而由於修正後之排程結果換線次數增加，因此換線佔去的產能也增加，使修正後之總產出量下降，而由於模式力求耗盡可用產能，因此兩次規劃的利用率變化不大。



表 4-28 兩次排程利潤與達成率比較表

原排程之規劃結果										修正後排程之規劃結果									
總利潤		8,011,060								總利潤		7,926,565							
換線次數		62								換線次數		75							
總產出量		10,790(單位：卡匣)								總產出量		10,680(單位：卡匣)							
平均利用率		94.52%								平均利用率		94.58%							
求解時間		362.83(單位：秒)								求解時間		1277.42(單位：秒)							
原排程由 H P S 製程生產之 MTS 產品達成率										修正後排程由 H P S 製程生產之 MTS 產品達成率									
週期	s=1 l=1	s=1 l=2	s=1 l=3	s=2 l=1	s=2 l=2	s=2 l=3	s=3 l=1	s=3 l=2	s=3 l=3	週期	s=1 l=1	s=1 l=2	s=1 l=3	s=2 l=1	s=2 l=2	s=2 l=3	s=3 l=1	s=3 l=2	s=3 l=3
1	-	-	-	0%	-	59%	-	-	-	1	-	-	-	-	-	100%	-	-	-
2	-	-	-	-	74%	81%	-	-	-	2	-	-	-	-	100%	100%	-	-	-
3	0%	-	71%	-	0%	90%	-	-	-	3	-	-	100%	-	-	100%	-	-	-
4	-	-	100%	-	-	-	-	-	-	4	-	-	100%	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	100%	-	-	-	-	5	-	-	-	-	100%	-	-	-	-
6	100%	-	-	-	-	-	-	-	-	6	100%	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	100%	100%	-	-	-	-	-	-	7	100%	100%	-	-	-	-	-	-	-
8	100%	-	100%	-	-	-	-	-	-	8	100%	-	100%	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	0%	0%	-	71%	-	0%	-	-	-	11	-	-	-	100%	-	-	-	-	-
12	0%	0%	19%	0%	-	50%	-	-	-	12	-	-	100%	-	-	100%	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	-	-	100%	13	-	-	-	-	-	-	-	-	100%
14	-	-	-	-	-	100%	-	-	-	14	-	-	-	-	-	100%	-	-	-

註：“-”表示該期無
規劃該種存貨式產品

4.5.3 產能粗估機制之成效分析

吾人在 4.2.1 節中以產能粗估機制的五個步驟來檢視各工作站產能是否足以負荷已知的訂單式(MTO)產品，在得知各工作站皆可負荷已知訂單式產品後，再規劃瓶頸工作站的排程。

在產能粗估機制中，吾人計算最小換線次數是以規劃幅度(28 天)之各種訂單式產品之需求量大於單位機台產能而造成的換線次數(12 次)，再加上第 2 個規劃週期週期開始的 13 個規劃週期期初因為產品種類多於機台數而造成需要換線之次數(26 次)，加總之後可得各工作站之最小換線次數 LST_k 為 38 次(見表 4-11)。

為了驗證本文在產能粗估機制中對於訂單式產品粗估耗用產能之正確性，吾人將產能粗估機制中評估可行之訂單式產品做為瓶頸工作站之投入項，且不生產存貨式(MTS)產品之條件下，以瓶頸工作站之數學模式求解，以顯示產能粗估機制在計算各工作站中訂單式產品所帶來負荷之準確性，由於解集合資料量龐大，僅列於附錄 E，在本次求解結果中可計算而得知總換線次數為 46 次。

吾人從下表 4-29 之整理中可知，當規劃週期皆為 2 天時，生產存貨式產品與訂單式產品所需的換線次數為 62 次；而僅以訂單式產品求解時，所需之總換線次數為 46 次。因此吾人可知當規劃週期為 2 天時，造成換線次數差異最大之原因為是否生產存貨式(MTS)產品；而僅以 MTO 產品求解時，所求得之換線次數也較為接近吾人在粗估時所計算之最小換線次數 38 次，但依然無法十分準確。

表 4-29 規劃週期為 2 天時各情境換線次數對照表

	產能粗估機制	僅以 MTO 產品求解	以 MTO 與 MTS 產品求解
規劃週期	2 天	2 天	2 天
存貨式產品	無	無	有
換線次數	38 次	46 次	62 次

而為了找出產能粗估機制無法準確估計換線次數之原因，吾人將規劃週期由 2 天改為 28 天，而各產品的交期也由 2 天變為 28 天；因此在規劃

幅度(28天)內，規劃之週期將由14期變為1期。以此情境求解所求得之總換線次數為12次，由於解集合資料量龐大，僅列於附錄F。

當規劃週期為2天時，產能粗估機制計算第2個規劃週期週期開始的13個規劃週期期初因為產品種類多於機台數而需要的換線次數為26次，如下表4-30所示；而當吾人將規劃週期改為28天時，規劃幅度(28天)內只有一個週期，因此只需因為各種產品的需求量而換線，數學模式求得之換線次數12次也與產能粗估機制中因為產品的需求量而換線的次數吻合。

表 4-30 不同情境下換線次數對照表

	產能粗估機制		僅以 MTO 產品求解 並拉長規劃週期
規劃週期	2 天		28 天
存貨式產品	無		無
換線因素	各產品 需求量	各週期產品種 類多於機台數	12 次
換線次數	12 次	26 次	
	total 38 次		

綜合表 4-29 與表 4-30 的情境，吾人可得知當規劃週期較短時，則各種產品必須配合規劃週期內的需求量生產而導致換線次數多，則換線次數難以準確估計；而當規劃週期較長時，必須配合的規劃週期數減少，使換線較為單純，也使換線次數減少，故產能粗估機制所計算之換線次數能夠準確。

4.5.4 雙製程生產之成效分析

本文 4.3 節與 4.4 節中求得雙製程情境下瓶頸工作站之排程結果，而為了證實雙製程存在之必要，在本節中吾人以相同的訂單需求，修改瓶頸工作站數學模式，僅以 HPS 製程來加工產品，而數學模式重新求解後得到的結果與原來的規劃結果如下表 4-31 所示：

表 4-31 雙製程與 HPS 製程情境下之結果比較表

雙製程情境下排程之規劃結果		僅有 HPS 製程情境下排程之規劃結果	
總利潤	7,926,565	總利潤	7,713,913
換線次數	75	換線次數	73
總產出量	10,680(單位：卡匣)	總產出量	10,696
平均利用率	94.58%	平均利用率	94.51%
求解時間	1277.42(單位：秒)	求解時間	453.93(單位：秒)
各產品種類之產出數量		各產品種類之產出數量	
s=1, l=1, w=1	12	s=1, l=1, w=1	0
s=1, l=2, w=1	18	s=1, l=2, w=1	0
s=1, l=3, w=1	234	s=1, l=3, w=1	0
s=2, l=1, w=1	355	s=2, l=1, w=1	0
s=2, l=2, w=1	459	s=2, l=2, w=1	0
s=2, l=3, w=1	872	s=2, l=3, w=1	0
s=3, l=1, w=1	947	s=3, l=1, w=1	0
s=3, l=2, w=1	1008	s=3, l=2, w=1	0
s=3, l=3, w=1	1241	s=3, l=3, w=1	0
s=1, l=1, w=2	697	s=1, l=1, w=2	1086
s=1, l=2, w=2	674	s=1, l=2, w=2	1234
s=1, l=3, w=2	1107	s=1, l=3, w=2	1095
s=2, l=1, w=2	901	s=2, l=1, w=2	1050
s=2, l=2, w=2	993	s=2, l=2, w=2	1105
s=2, l=3, w=2	941	s=2, l=3, w=2	1273
s=3, l=1, w=2	3	s=3, l=1, w=2	1277
s=3, l=2, w=2	4	s=3, l=2, w=2	1273
s=3, l=3, w=2	214	s=3, l=3, w=2	1303
<i>total</i>	10680	<i>total</i>	10696

註： s=1 表尺寸為 10.4”，s=2 表尺寸為 13.3”，s=3 表尺寸為 15.4”，
l=1 表液晶種類為中，l=2 表液晶種類為中高，l=3 表液晶種類為高，
w=1 表 HPS 製程，w=2 表 ODF 製程

藉由表 4-31 可知，當 HPS 製程與 ODF 製程同時存在時，藉由數學模式，可依據產品的利潤來決定各產品生產的製程，例如尺寸為 15.4” 而液晶種

類為中高的產品($s=3, l=2$)傾向於由 ODF 製程($w=1$)生產；而尺寸為 10.4”而液晶種類為高的產品($s=1, l=3$)傾向於由 HPS 製程($w=2$)生產。當僅存在 HPS 製程時，在數學模式中各產品無法選擇加工之製程，因此造成原來以 ODF 製程生產可獲得較高利潤的產品也必須由 HPS 製程生產，使各產品獲得之利潤下降，進而造成總利潤較低。因此吾人可知，在雙製程併行的情況下，由於存在使產品自由選擇加工方式之優勢，故可獲得較高的總利潤，也證實雙製程存在之必要性。

4.5.5 模擬驗證之成效分析

為了驗證本文數學模式規劃之產能配置與排程為可行，以 4.1 節中之各項資料與數據，建立模擬系統來模擬實際之生產環境以確認本文中排程系統之正確性，吾人使用之模擬軟體為 eM-Plant 7.0，並以 sim-talk 之語法來撰寫本模擬系統。模擬系統以 4.3 節與 4.4 節中瓶頸工作站與批量工作站中求得之各機台規劃結果(見附錄 C)作為投入，排定產品加工種類、數量與順序；而其餘工作站以 FSR(Family-based Scheduling Rule)動態派工法則[8]來排定各機台上產品加工之順序。FSR 動態派工法則之派工理念為當各機台加工完畢一件工件，即搜尋庫存區是否有同種類之工件，若有則拉上機台加工，藉此來盡量節省換線所耗用之產能；若庫存區中無同種類之工件，則加工庫存區中其他種類之工件。

本實例驗證以 112 天為期進行模擬，將前 84 天視為 warm-up 時間，以確定系統達穩態，而將 4.3 節與 4.4 節求得之 14 期瓶頸工作站各機台規劃結果載入模擬系統後求解，並以兩天為一期蒐集後 14 期之模擬系統中各產品之產出數據。吾人蒐集之數據包括瓶頸工作站**各機台設置次數**、數學模式之**規劃產出量**、模擬系統中**當期可產出量**、**延後產出量**、**當期達成率**、各產品的**平均週期時間與週期時間標準差**，如下表 4-32 與表 4-33 所示，並藉由上述之績效數據來檢視模擬驗證是否符合數學模式中規劃之結果，以下分別檢視各項績效數據。

1. 各機台設置次數

由於本模擬驗證以數學模式求得之瓶頸工作站修正後各機台排程結果為依據，因此模擬所求得之瓶頸工作站總換線次數與數學模式求得之修正後換線次數相同，皆為 75 次，而各機台之設置次數列示於下表 4-32。

2. 規劃產出量、當期可產出量、延後產出量、當期達成率

吾人以數學模式排定各期各產品之規劃生產量，而在模擬驗證中，若規劃產出量無法在當期完成，則留至下期繼續完成。因此規劃產出量減去當期產出量後，即為延後產出量，如下表表 4-33 所示。透過表 4-33 可知各產品在規劃幅度(28 天)中平均皆有 98.0%以上的產出達成率，而所有產品的平均達成率為 99.2%，代表本文所規劃之數學模式結果，在搭配 FSR 動態派工法則的情況下，幾乎可以完全被產出。

3. 平均週期時間、週期時間標準差

在下表 4-33 中可見各產品在模擬驗證之平均週期時間與週期時間標準差，其中吾人可發現由於尺寸為 10.4 吋的各液晶種類產品與尺寸為 13.3 吋而液晶種類為一般或中高的產品大多經由 HPS 製程加工，必須經過加工時間較長且等待集批之批量機台，因此平均週期時間較長，皆大於 1 天又 10 個小時，而由於集批等候特性，週期時間標準差變異較大，約在 3 個小時左右；而尺寸為 13.3 吋而液晶種類為高的產品與尺寸為 15.4 吋的各液晶種類產品由於大多經由 ODF 製程生產，故平均週期時間較短，約在 1 天又 5 個小時左右，而由於 ODF 製程無批量機台，因此週期時間標準差約 2 個小時左右。而由於各產品週期時間標準差的差距皆不大，約在 2 至 3 個小時左右。

在分析以上模擬驗證所蒐集之各項績效數據後，可知本文中數學模式所規劃之結果在模擬的實例驗證中幾乎都可以順利產出，故證實本文中之數學模式為為可行。

表 4-32 瓶頸工作站各機台設置次數

機台編號	1	2	3	4	5
數學模式規劃之 換線次數	8	7	7	7	9
模擬之 換線次數	8	7	7	7	9
機台編號	6	7	8	9	10
數學模式規劃之 換線次數	7	8	7	7	8
模擬之 換線次數	7	8	7	7	8



表 4-33 各期規劃產出與模擬產出比較表

產品 種類	尺寸：10.4” 液晶種類：一般				尺寸：10.4” 液晶種類：中高				尺寸：10.4” 液晶種類：高				尺寸：13.3” 液晶種類：一般				尺寸：13.3” 液晶種類：中高			
	規 劃 產 出	模 擬		當 期 達 成 率 (%)	規 劃 產 出	模 擬		當 期 達 成 率 (%)	規 劃 產 出	模 擬		當 期 達 成 率 (%)	規 劃	模 擬		當 期 達 成 率 (%)	規 劃	模 擬		當 期 達 成 率 (%)
		當 期 產 出	延 後 產 出			當 期 產 出	延 後 產 出			當 期 產 出	延 後 產 出			當 期 產 出	延 後 產 出			當 期 產 出	延 後 產 出	
1	30	30	0	100	55	55	0	100	80	75	5	93.8	66	66	0	100	95	91	4	95.8
2	65	65	0	100	30	30	0	100	90	86	4	95.6	50	50	0	100	114	112	2	98.3
3	57	57	0	100	65	65	0	100	44	40	4	90.9	80	80	0	100	96	93	3	96.9
4	30	30	0	100	65	65	0	100	70	67	3	95.7	95	95	0	100	80	80	0	100
5	80	80	0	100	50	50	0	100	95	91	4	95.8	30	30	0	100	66	66	0	100
6	66	63	3	95.5	31	31	0	100	90	90	0	100	51	51	0	100	80	80	0	100
7	30	28	2	93.3	60	60	0	100	84	84	0	100	65	65	0	100	96	96	0	100
8	56	52	4	92.9	65	65	0	100	40	40	0	100	80	80	0	100	96	96	0	100
9	80	75	5	93.8	50	50	0	100	95	95	0	100	30	30	0	100	65	65	0	100
10	30	30	0	100	184	177	7	96.2	51	51	0	100	95	95	0	100	85	85	0	100
11	70	70	0	100	32	29	3	90.6	94	94	0	100	122	117	5	95.9	80	80	0	100
12	57	57	0	100	67	62	5	92.5	185	185	0	100	81	79	2	97.5	95	95	0	100
13	80	80	0	100	50	50	0	100	95	95	0	100	30	27	3	90.0	65	65	0	100
14	65	65	0	100	30	30	0	100	90	90	0	100	145	143	2	98.6	80	80	0	100
total	796	782		98.2	834	819		98.6	1203	1183		98.0	1020	1008		98.7	1193	1184		99.4
平均週期時間 (天:時:分:秒)	1:16:03:53				1:13:09:26				1:19:21:47				1:12:18:39				1:10:58:46			

週期時間標準差 (天:時:分:秒)	0:03:14:17	0:03:27:04	0:03:08:52	0:03:04:45	0:03:37:28
----------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------

表 4-33 各期規劃產出與模擬產出比較表(續)

產品 種類	尺寸：13.3” 液晶種類：高				尺寸：15.4” 液晶種類：一般				尺寸：15.4” 液晶種類：中高				尺寸：15.4” 液晶種類：高				總體績效				
	週期	規劃產出	模擬		當期達成率(%)	規劃產出	模擬		當期達成率(%)	規劃產出	模擬		當期達成率(%)	規劃	模擬		當期達成率(%)	規劃	模擬		當期達成率(%)
			當期產出	延後產出			當期產出	延後產出			當期產出	延後產出			當期產出	延後產出			當期產出	延後產出	
1	236	235	1	99.6	40	40	0	100	60	60	0	100	87	87	0	100	749	739	10	98.7	
2	160	160	0	100	61	61	0	100	91	91	0	100	106	106	0	100	767	761	6	99.2	
3	154	152	2	98.7	71	71	0	100	45	45	0	100	149	149	0	100	761	752	9	98.8	
4	90	88	2	97.8	76	76	0	100	41	41	0	100	237	237	0	100	784	779	5	99.4	
5	220	216	4	98.2	85	85	0	100	60	60	0	100	80	80	0	100	766	758	8	99.0	
6	40	40	0	100	63	63	0	100	98	98	0	100	220	220	0	100	739	736	3	99.6	
7	72	72	0	100	45	45	0	100	212	210	2	99.1	91	91	0	100	755	751	4	99.5	
8	141	141	0	100	70	70	0	100	123	121	2	98.4	90	90	0	100	761	755	6	99.2	
9	152	152	0	100	86	86	0	100	61	61	0	100	157	157	0	100	776	771	5	99.4	
10	95	95	0	100	78	78	0	100	43	43	0	100	110	110	0	100	771	764	7	99.1	
11	42	42	0	100	65	65	0	100	90	90	0	100	148	148	0	100	743	735	8	98.9	
12	70	70	0	100	70	70	0	100	41	41	0	100	110	107	3	97.3	776	766	10	98.7	
13	75	75	0	100	85	85	0	100	69	69	0	100	209	207	2	99.0	758	753	5	99.3	
14	51	51	0	100	61	61	0	100	91	91	0	100	161	161	0	100	774	772	2	99.7	
total	1598	1589		99.6	956	956		100	1125	1121		99.8	1955	1950		99.7	10680	10592		99.2	

平均週期時間 (天:時:分:秒)	1:06:41:37	1:06:50:28	1:05:19:02	1:05:14:12	1:10:39:45.6
週期時間標準差 (天:時:分:秒)	0:2:43:24	0:2:16:17	0:2:08:53	0:2:07:11	0:2:52:01.2



第五章、結論與未來研究方向

5.1 結論

近年來由於液晶面板顯示器產業發展漸趨成熟，在製程上也有新的演進，其中組立廠加入液晶的方式除了以原來液晶灌入(hot press, HPS)製程進行外，也研發出液晶滴入(one drop fill, ODF)製程，因此出現了新舊製程混合協同生產的方式。由於傳統製程之機台具集批加工之特性，不同於新製程之機台，生產排程時必須加以考量；而當工廠接受顧客之產品訂單時，必須分別加工玻璃基板與彩色濾光片加以對組以成為產品，且產品並非只有尺寸大小的單一屬性，還包括顧客所決定之液晶種類，以及產品選擇之加工製程，且各工作站會因為不同的屬性而導致換線，造成換線之境況複雜，因此吾人所設計之排程系統必須考量上述之特性來加以規劃。

吾人針對上述的特性建置一個階層式的排程系統，循序以三個模組來完成整個系統之規劃，依序為「產能粗估與分析模組」、「瓶頸工作站生產排程與規劃模組」、「批量工作站規劃與排程模組」，而各個模組的功能如下：

產能粗估與分析模組：

依據顧客之訂單內容，計算各個工作站為加工訂單式(MTO)產品所需耗用之產能及所需之最少換線次數，將加工與換線耗用之產能相加後，即為訂單式產品之粗估產能需求。接著檢視各工作站之粗估產能需求是否在可用產能之範圍內，並找出系統中之瓶頸工作站以及次瓶頸工作站，以便於在下一階段的模組中協調瓶頸與次瓶頸之間的排程。

瓶頸工作站生產排程與規劃模組：

吾人針對瓶頸工作站發展數學模式，以整體產出利潤最大化為目標來規劃各機台的產能配置與排程。因此除了滿足顧客所決定之訂單式(MTO)產品外，剩餘可用產能將用於生產存貨式(MTS)產品直到產能耗盡。由於瓶頸與次瓶頸工作站的加工特性不同，為避免瓶頸漂移的情況，因此吾人必須將次瓶頸的負荷狀況列入瓶頸工作站排程規劃的數學模式中，當成限制式，以確保次瓶頸工作站能夠負荷瓶頸工作站規劃之結果，不會有產能不

足的現象發生。

批量工作站規劃與排程模組：

本模組依四個批量工作站產能負荷之高低，循序規劃液晶灌入(HPS)製程中四個批量工作站，以瓶頸工作站求得之各期訂單式產品與存貨式產品做為批量工作站之投入項進行規劃，目的在於確保批量工作站能順利產出瓶頸工作站規劃之結果。因此吾人以使瓶頸工作站排程結果之未滿足量最小化為目標，規劃各批量工作站中機台之產能配置與排程。若批量工作站規劃時產生未滿足量，代表批量工作站無法完成瓶頸工作站規劃之存貨式(MTS)產品，則必須重新修正瓶頸工作站之排程，直到批量工作站可完全滿足，完成本文排程系統之規劃。

在規劃完畢本研究設計之排程系統並加以驗證後，吾人可將本研究之貢獻彙整如以下四個方面：

1. 充分考量實務特性

本文建置一個充分考量實務之排程系統，適用於具兩種製程且產品涵蓋多種屬性之環境，並考量產品由玻璃基板與彩色濾光片分別加工後對組而成之特性；而計算換線次數時考量各工作站換線情形不同，以更貼近實務上之狀況。而瓶頸工作站除了規劃已知的訂單式(MTO)產品外，兼顧生產存貨式(MTS)產品以充分利用產能，並考量各產品由不同製程生產之成本不同，以最大化產出利潤為目標求得系統之最佳解。

2. 系統完整性

本文根據 TOC 理論，針對瓶頸工作站(配向膜塗佈工作站)以數學模式來規劃排程，而為了防止瓶頸漂移的狀況出現，吾人在數學模式中將產能負荷接近瓶頸工作站之次瓶頸工作站(液晶滴入工作站)的負荷狀況納入考量，以確保次瓶頸工作站能夠負擔瓶頸工作站規劃之結果。並且發展修正之機制來協調瓶頸工作站與批量工作站之間的生產狀況，使瓶頸工作站與批量工作站能相互配合。因此本文以瓶頸工作站為主，協調次瓶頸工作站與批量工作站，使本排程系統更臻完善。

3. 系統可行性

透過第四章之模擬驗證可證實瓶頸工作站所規劃之數量能如預期產出之平均比例高達 99.2%，證實本數學模式所規劃之結果確實為可行。

4. 系統實用性

吾人在第四章中於不同情境下分別對瓶頸工作站以數學模式求解，包括以最大化產出利潤為目標求解(結果可參照附錄 A)、配合批量工作站出現未滿足量之情境下求解(結果可參照附錄 C)、僅針對訂單式產品之情境下求解(結果可參照附錄 E)、以 28 天為規劃週期求解(結果可參照附錄 F)，可說明本排程系統之設計可應用在不同的情境下，因此可證明本系統之實用性廣泛。本系統以 28 天為規劃幅度進行規劃，然系統中三個模組之數學模式求解時間最多為 20 分鐘，因此即便需要修正產出而重新求解，仍可在短時間之內確定規劃幅度內之排程，故可迅速給予定貨顧客可否如期允交之答覆，因此相當實用。

5.2 未來研究方向

本文設計之系統致力於發展組立段製程中之排程，並盡量將產業現況與實務帶入學術研究中予以結合，而吾人認為未來可進行之後續研究包括：

1. 本文因應組立廠新舊製程共存之過渡環境，針對筆記型電腦螢幕為主之中小尺寸產品進行規劃，而由於新製程(液晶滴入方式)在大尺寸產品上具有加工時間迅速的優勢，因此目前在新世代的大尺寸廠中逐漸蔚為主流，在未來可以針對以液晶滴入方式加工之大尺寸面板廠生產環境繼續探討，以貼近實務之發展。
2. 本文中將組立廠之原料包括玻璃基板與彩色濾光片視為當然庫存，因此不考慮可能的缺料狀況，而實際上玻璃基板與彩色濾光片分別為上游陣列廠與彩色濾光片加工廠之產出；組立廠來料之順暢必須憑藉著與上游廠商之緊密配合與互相支援。因此未來可將研究之範圍擴大，以整條面板供應鏈管理者的角度來規劃供應鏈上各個角色應該如何協同生產以互利共生。

參考文獻

- [1] Caux, C., Bruniaux, R. and Pierreval, H., “Cell formation with alternative process plans and machine capacity constraints: A new combined approach” International Journal of. Production Economics, Vol.64, pp. 279-284, 2000
- [2] Jeong, B., Kim, S. W., Lee and Y. J., “A assembly scheduler for TFT LCD manufacturing”, Computers & Industrial Engineering, Vol. 41, pp. 37-58, 2001
- [3] Selim, H. M., Askin, R. G. and Vakharia, A. J., “Cell Formation in group technology: review, evaluation and direction for future research” Computers Industry. Engineering, Vol. 34, No. 1, pp. 3-20, 1998
- [4] Sofianopoulou, S. “Manufacturing cells design with alternative process plans and/or replicate machines” International Journal of. Production Research, Vol. 37, No.3, pp. 707-720, 1999
- [5] Thomalla, C. S. “Job shop scheduling with alternative process plans”, International Journal of Production Economics, Vol. 74, pp. 125-134, 2001
- [6] Uddin, M. K. and Shanker, K. “Grouping of parts and machines in presence of alternative process routes by genetic algorithm” International Journal of Production Economics, Vol. 76, pp. 219-228, 2002
- [7] Van Der Zee, D. J., Harten, A. V. and Schuur ,P. C., “Dynamic job assignment heuristic for multi-server batch operations–A cost based approach”, International Journal of Production Research, Vol. 35, No. 11, pp. 3063-3093, 1997
- [8] Yang, M. H., Chung, S. H. and Kao, C. K. “The reactive scheduling for minimizing the makespan of a parallel-machine problem with uncertain job arrivals”
- [9] 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。
- [10] 林毓淳，「薄膜液晶顯示器組立廠主生產排程快速規劃系統之設計」，國立交通大學工業工程研究所，碩士論文，民國 93 年。

- [11] 陳頌翔，「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」，國立交通大學工業工程研究所，碩士論文，民國 95 年。
- [12] 彭俊昌，「液晶面板組立廠投料與派工模擬分析」，國立清華大學工業工程與工程管理研究所，碩士論文，民國 94 年。
- [13] 楊明賢，「晶圓針測廠等效平行機台排程問題之研究:模式、演算法與應用」，國立交通大學工業工程研究所，博士論文，民國 90 年。
- [14] 莊書銘，「薄膜液晶顯示器組立廠主生產排程規劃系統之設計」，國立交通大學工業工程研究所，碩士論文，民國 96 年。
- [15] 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。
- [16] 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。
- [17] 中華民國經濟部工業局網頁
http://cdnet.stpi.org.tw/techroom/policy/policy_06_163.htm
- [18] 工研院產業經濟與趨勢研究中心網頁
<http://www.iek.itri.org.tw/News/ShowDetail.aspx?id=633203112730264192&func=report>
- [19] 友達光電網頁
http://www.auo.com/auoDEV/content/technology/technology_tftprocess_popup_tc.htm
- [20] 奇美電子網頁
http://www.cmo.com.tw/opencms/cmo/technology/Production_Process/lcd.html?__locale=zh_TW

附錄 A 瓶頸工作站解集合(列出非 0 之變數)

IGL[1,1,1,2,10] = 30	IGL[1,2,2,3,14] = 30	IGL[2,1,1,1,7] = 1	IGL[2,2,1,4,5] = 1
IGL[1,1,1,3,7] = 1	IGL[1,2,2,4,3] = 65	IGL[2,1,1,1,8] = 1	IGL[2,2,1,4,8] = 1
IGL[1,1,1,3,11] = 1	IGL[1,2,2,4,8] = 2	IGL[2,1,1,1,9] = 1	IGL[2,2,1,4,11] = 1
IGL[1,1,1,3,13] = 61	IGL[1,2,2,4,11] = 21	IGL[2,1,1,1,10] = 1	IGL[2,2,1,5,14] = 8
IGL[1,1,1,4,7] = 1	IGL[1,2,2,4,12] = 1	IGL[2,1,1,2,13] = 23	IGL[2,2,2,1,2] = 1
IGL[1,1,1,5,7] = 2	IGL[1,2,2,5,1] = 54	IGL[2,1,1,3,5] = 1	IGL[2,2,2,1,3] = 96
IGL[1,1,2,1,12] = 55	IGL[1,2,2,5,2] = 30	IGL[2,1,1,3,10] = 1	IGL[2,2,2,1,11] = 8
IGL[1,1,2,2,1] = 30	IGL[1,2,2,5,5] = 1	IGL[2,1,1,4,8] = 1	IGL[2,2,2,1,14] = 2
IGL[1,1,2,2,4] = 30	IGL[1,2,2,5,7] = 57	IGL[2,1,1,4,11] = 1	IGL[2,2,2,3,2] = 113
IGL[1,1,2,2,6] = 66	IGL[1,2,2,5,9] = 49	IGL[2,1,1,5,14] = 145	IGL[2,2,2,2,5] = 66
IGL[1,1,2,3,7] = 16	IGL[1,2,2,5,10] = 64	IGL[2,1,2,1,1] = 1	IGL[2,2,2,2,7] = 95
IGL[1,1,2,3,8] = 55	IGL[1,2,2,5,12] = 1	IGL[2,1,2,1,2] = 1	IGL[2,2,2,2,8] = 82
IGL[1,1,2,3,9] = 62	IGL[1,2,2,5,13] = 49	IGL[2,1,2,1,3] = 54	IGL[2,2,2,2,9] = 1
IGL[1,1,2,3,11] = 41	IGL[1,3,1,2,10] = 1	IGL[2,1,2,3,2] = 49	IGL[2,2,2,2,11] = 71
IGL[1,1,2,3,14] = 65	IGL[1,3,1,3,11] = 6	IGL[2,1,2,2,5] = 28	IGL[2,2,2,2,12] = 95
IGL[1,1,2,4,2] = 65	IGL[1,3,1,3,13] = 1	IGL[2,1,2,2,7] = 57	IGL[2,2,2,3,1] = 69
IGL[1,1,2,4,3] = 55	IGL[1,3,1,5,6] = 77	IGL[2,1,2,2,8] = 78	IGL[2,2,2,3,9] = 53
IGL[1,1,2,4,11] = 25	IGL[1,3,1,5,7] = 2	IGL[2,1,2,2,9] = 1	IGL[2,2,2,4,10] = 79
IGL[1,1,2,4,12] = 1	IGL[1,3,2,1,4] = 2	IGL[2,1,2,5,3] = 26	IGL[2,2,2,4,14] = 70
IGL[1,1,2,5,5] = 80	IGL[1,3,2,1,12] = 33	IGL[2,1,2,3,7] = 7	IGL[2,2,2,5,1] = 26
IGL[1,1,2,5,7] = 10	IGL[1,3,2,2,1] = 80	IGL[2,1,2,3,9] = 28	IGL[2,2,2,5,4] = 67
IGL[1,1,2,5,8] = 1	IGL[1,3,2,2,4] = 68	IGL[2,1,2,3,13] = 7	IGL[2,3,1,1,6] = 39
IGL[1,1,2,5,9] = 18	IGL[1,3,2,2,6] = 13	IGL[2,1,2,4,10] = 54	IGL[2,3,1,1,7] = 27
IGL[1,1,2,5,12] = 1	IGL[1,3,2,3,5] = 95	IGL[2,1,2,4,12] = 81	IGL[2,3,1,1,8] = 139
IGL[1,1,2,5,13] = 19	IGL[1,3,2,3,8] = 35	IGL[2,1,2,5,1] = 65	IGL[2,3,1,1,9] = 150
IGL[1,2,1,2,9] = 1	IGL[1,3,2,3,14] = 7	IGL[2,1,2,5,4] = 95	IGL[2,3,1,1,10] = 73
IGL[1,2,1,2,10] = 120	IGL[1,3,2,4,2] = 89	IGL[2,1,2,5,5] = 1	IGL[2,3,1,3,9] = 1
IGL[1,2,1,3,11] = 1	IGL[1,3,2,4,3] = 42	IGL[2,1,2,5,6] = 17	IGL[2,3,1,4,4] = 90
IGL[1,2,1,3,13] = 1	IGL[1,3,2,4,11] = 84	IGL[2,1,2,5,10] = 39	IGL[2,3,1,4,5] = 161
IGL[1,2,1,5,6] = 1	IGL[1,3,2,4,14] = 83	IGL[2,1,2,5,11] = 121	IGL[2,3,1,4,11] = 1
IGL[1,2,2,1,4] = 1	IGL[1,3,2,5,2] = 10	IGL[2,2,1,1,6] = 80	IGL[2,3,2,1,1] = 152
IGL[1,2,2,1,12] = 65	IGL[1,3,2,5,7] = 82	IGL[2,2,1,1,7] = 1	IGL[2,3,2,1,2] = 160
IGL[1,2,2,2,1] = 1	IGL[1,3,2,5,8] = 1	IGL[2,2,1,1,8] = 13	IGL[2,3,2,1,3] = 12
IGL[1,2,2,2,4] = 64	IGL[1,3,2,5,9] = 95	IGL[2,2,1,1,9] = 11	IGL[2,3,2,2,5] = 59
IGL[1,2,2,2,6] = 30	IGL[1,3,2,5,10] = 50	IGL[2,2,1,1,10] = 1	IGL[2,3,2,2,7] = 1
IGL[1,2,2,3,5] = 49	IGL[1,3,2,5,12] = 151	IGL[2,2,1,2,13] = 65	IGL[2,3,2,2,8] = 2
IGL[1,2,2,3,8] = 63	IGL[1,3,2,5,13] = 94	IGL[2,2,1,3,10] = 1	IGL[2,3,2,3,1] = 84
IGL[1,2,2,3,11] = 10	IGL[2,1,1,1,6] = 34	IGL[2,2,1,4,4] = 13	IGL[2,3,2,3,3] = 162

IGL[2,3,2,3,7] = 44	IGL[3,2,1,1,5] = 60	IGL[3,3,1,2,11] = 82	ICF[1,1,2,9,14] = 65
IGL[2,3,2,3,9] = 1	IGL[3,2,1,1,7] = 1	IGL[3,3,1,2,13] = 56	ICF[1,1,2,6,2] = 65
IGL[2,3,2,3,13] = 75	IGL[3,2,1,1,10] = 1	IGL[3,3,1,2,14] = 10	ICF[1,1,2,6,3] = 55
IGL[2,3,2,3,14] = 51	IGL[3,2,1,1,11] = 85	IGL[3,3,1,3,4] = 162	ICF[1,1,2,6,11] = 25
IGL[2,3,2,4,10] = 20	IGL[3,2,1,1,13] = 69	IGL[3,3,1,3,6] = 151	ICF[1,1,2,6,12] = 1
IGL[2,3,2,4,12] = 70	IGL[3,2,1,2,1] = 33	IGL[3,3,1,3,7] = 9	ICF[1,1,2,7,5] = 80
IGL[3,1,1,5,3] = 70	IGL[3,2,1,2,3] = 20	IGL[3,3,1,3,10] = 34	ICF[1,1,2,7,7] = 10
IGL[2,3,2,5,6] = 1	IGL[3,2,1,2,6] = 1	IGL[3,3,1,3,11] = 12	ICF[1,1,2,7,8] = 1
IGL[2,3,2,5,11] = 41	IGL[3,2,1,2,9] = 60	IGL[3,3,1,3,12] = 50	ICF[1,1,2,7,9] = 18
IGL[3,1,1,1,4] = 76	IGL[3,2,1,2,10] = 1	IGL[3,3,1,4,1] = 87	ICF[1,1,2,7,12] = 1
IGL[3,1,1,1,5] = 85	IGL[3,2,1,2,14] = 91	IGL[3,3,1,4,4] = 42	ICF[1,1,2,7,13] = 19
IGL[3,1,1,1,7] = 41	IGL[3,2,1,2,2] = 91	IGL[3,3,1,4,8] = 45	ICF[1,2,1,10,9] = 1
IGL[3,1,1,1,10] = 1	IGL[3,2,1,5,3] = 22	IGL[3,3,1,4,9] = 75	ICF[1,2,1,10,10] = 120
IGL[3,1,1,1,13] = 84	IGL[3,2,1,3,6] = 1	IGL[3,3,1,4,11] = 1	ICF[1,2,1,9,11] = 1
IGL[3,1,1,2,1] = 1	IGL[3,2,1,3,7] = 59	IGL[3,3,1,5,2] = 99	ICF[1,2,1,9,13] = 1
IGL[3,1,1,2,3] = 1	IGL[3,2,1,3,10] = 41	IGL[3,3,1,5,5] = 63	ICF[1,2,1,7,6] = 1
IGL[3,1,1,2,6] = 1	IGL[3,2,1,3,11] = 1	IGL[3,3,1,5,6] = 47	ICF[1,2,2,8,4] = 1
IGL[3,1,1,2,10] = 1	IGL[3,2,1,3,12] = 41	IGL[3,3,1,5,8] = 44	ICF[1,2,2,8,12] = 65
IGL[3,1,1,2,13] = 1	IGL[3,2,1,4,1] = 27	IGL[3,3,2,1,11] = 1	ICF[1,2,2,10,1] = 1
IGL[3,1,1,2,14] = 61	IGL[3,2,1,4,6] = 94	IGL[3,3,2,2,6] = 1	ICF[1,2,2,10,4] = 64
IGL[3,1,1,2,2] = 46	IGL[3,2,1,4,7] = 152	IGL[3,3,2,2,12] = 58	ICF[1,2,2,10,6] = 30
IGL[3,3,1,5,3] = 35	IGL[3,2,1,4,8] = 82	IGL[3,3,2,3,11] = 1	ICF[1,2,2,9,5] = 49
IGL[3,1,1,3,6] = 1	IGL[3,2,1,4,9] = 1	IGL[3,3,2,4,8] = 1	ICF[1,2,2,9,8] = 63
IGL[3,1,1,3,10] = 76	IGL[3,2,1,4,11] = 1	IGL[3,3,2,4,13] = 153	ICF[1,2,2,9,11] = 10
IGL[3,1,1,3,11] = 59	IGL[3,2,1,5,6] = 1	ICF[1,1,1,10,10] = 30	ICF[1,2,2,9,14] = 30
IGL[3,1,1,3,12] = 71	IGL[3,2,1,5,8] = 41	ICF[1,1,1,9,7] = 1	ICF[1,2,2,6,3] = 65
IGL[3,1,1,4,1] = 39	IGL[3,2,2,2,6] = 1	ICF[1,1,1,9,11] = 1	ICF[1,2,2,6,8] = 2
IGL[3,1,1,4,6] = 59	IGL[3,2,2,3,11] = 3	ICF[1,1,1,9,13] = 61	ICF[1,2,2,6,11] = 21
IGL[3,1,1,4,8] = 3	IGL[3,3,1,1,4] = 33	ICF[1,1,1,6,7] = 1	ICF[1,2,2,6,12] = 1
IGL[3,1,1,4,9] = 86	IGL[3,3,1,1,5] = 17	ICF[1,1,1,7,7] = 2	ICF[1,2,2,7,1] = 54
IGL[3,1,1,4,11] = 1	IGL[3,3,1,1,7] = 82	ICF[1,1,2,8,12] = 55	ICF[1,2,2,7,2] = 30
IGL[3,1,1,5,2] = 15	IGL[3,3,1,1,10] = 76	ICF[1,1,2,10,1] = 30	ICF[1,2,2,7,5] = 1
IGL[3,1,1,5,6] = 1	IGL[3,3,1,1,11] = 51	ICF[1,1,2,10,4] = 30	ICF[1,2,2,7,7] = 57
IGL[3,1,1,5,8] = 66	IGL[3,3,1,1,14] = 151	ICF[1,1,2,10,6] = 66	ICF[1,2,2,7,9] = 49
IGL[3,1,2,2,6] = 1	IGL[3,3,1,2,2] = 25	ICF[1,1,2,9,7] = 16	ICF[1,2,2,7,10] = 64
IGL[3,1,2,3,11] = 1	IGL[3,3,1,2,3] = 141	ICF[1,1,2,9,8] = 55	ICF[1,2,2,7,12] = 1
IGL[3,1,2,4,8] = 1	IGL[3,3,1,2,6] = 22	ICF[1,1,2,9,9] = 62	ICF[1,2,2,7,13] = 49
IGL[3,2,1,1,4] = 41	IGL[3,3,1,2,9] = 82	ICF[1,1,2,9,11] = 41	ICF[1,3,1,10,10] = 1

ICF[1,3,1,9,11] = 6	ICF[2,1,2,10,5] = 28	ICF[2,2,2,10,12] = 95	ICF[3,1,1,10,1] = 1
ICF[1,3,1,9,13] = 1	ICF[2,1,2,10,7] = 57	ICF[2,2,2,9,1] = 69	ICF[3,1,1,10,3] = 1
ICF[1,3,1,7,6] = 77	ICF[2,1,2,10,8] = 78	ICF[2,2,2,9,9] = 53	ICF[3,1,1,10,6] = 1
ICF[1,3,1,7,7] = 2	ICF[2,1,2,10,9] = 1	ICF[2,2,2,6,10] = 79	ICF[3,1,1,10,10] = 1
ICF[1,3,2,8,4] = 2	ICF[2,1,2,7,3] = 26	ICF[2,2,2,6,14] = 70	ICF[3,1,1,10,13] = 1
ICF[1,3,2,8,12] = 33	ICF[2,1,2,9,7] = 7	ICF[2,2,2,7,1] = 26	ICF[3,1,1,10,14] = 61
ICF[1,3,2,10,1] = 80	ICF[2,1,2,9,9] = 28	ICF[2,2,2,7,4] = 67	ICF[3,1,1,10,2] = 46
ICF[1,3,2,10,4] = 68	ICF[2,1,2,9,13] = 7	ICF[2,3,1,8,6] = 39	ICF[3,3,1,7,3] = 35
ICF[1,3,2,10,6] = 13	ICF[2,1,2,6,10] = 54	ICF[2,3,1,8,7] = 27	ICF[3,1,1,9,6] = 1
ICF[1,3,2,9,5] = 95	ICF[2,1,2,6,12] = 81	ICF[2,3,1,8,8] = 139	ICF[3,1,1,9,10] = 76
ICF[1,3,2,9,8] = 35	ICF[2,1,2,7,1] = 65	ICF[2,3,1,8,9] = 150	ICF[3,1,1,9,11] = 59
ICF[1,3,2,9,14] = 7	ICF[2,1,2,7,4] = 95	ICF[2,3,1,8,10] = 73	ICF[3,1,1,9,12] = 71
ICF[1,3,2,6,2] = 89	ICF[2,1,2,7,5] = 1	ICF[2,3,1,9,9] = 1	ICF[3,1,1,6,1] = 39
ICF[1,3,2,6,3] = 42	ICF[2,1,2,7,6] = 17	ICF[2,3,1,6,4] = 90	ICF[3,1,1,6,6] = 59
ICF[1,3,2,6,11] = 84	ICF[2,1,2,7,10] = 39	ICF[2,3,1,6,5] = 161	ICF[3,1,1,6,8] = 3
ICF[1,3,2,6,14] = 83	ICF[2,1,2,7,11] = 121	ICF[2,3,1,6,11] = 1	ICF[3,1,1,6,9] = 86
ICF[1,3,2,7,2] = 10	ICF[2,2,1,8,6] = 80	ICF[2,3,2,8,1] = 152	ICF[3,1,1,6,11] = 1
ICF[1,3,2,7,7] = 82	ICF[2,2,1,8,7] = 1	ICF[2,3,2,8,2] = 160	ICF[3,1,1,7,2] = 15
ICF[1,3,2,7,8] = 1	ICF[2,2,1,8,8] = 13	ICF[2,3,2,8,3] = 12	ICF[3,1,1,7,6] = 1
ICF[1,3,2,7,9] = 95	ICF[2,2,1,8,9] = 11	ICF[2,3,2,10,5] = 59	ICF[3,1,1,7,8] = 66
ICF[1,3,2,7,10] = 50	ICF[2,2,1,8,10] = 1	ICF[2,3,2,10,7] = 1	ICF[3,1,2,10,6] = 1
ICF[1,3,2,7,12] = 151	ICF[2,2,1,10,13] = 65	ICF[2,3,2,10,8] = 2	ICF[3,1,2,9,11] = 1
ICF[1,3,2,7,13] = 94	ICF[2,2,1,9,10] = 1	ICF[2,3,2,9,1] = 84	ICF[3,1,2,6,8] = 1
ICF[2,1,1,8,6] = 34	ICF[2,2,1,6,4] = 13	ICF[2,3,2,9,3] = 162	ICF[3,2,1,8,4] = 41
ICF[2,1,1,8,7] = 1	ICF[2,2,1,6,5] = 1	ICF[2,3,2,9,7] = 44	ICF[3,2,1,8,5] = 60
ICF[2,1,1,8,8] = 1	ICF[2,2,1,6,8] = 1	ICF[2,3,2,9,9] = 1	ICF[3,2,1,8,7] = 1
ICF[2,1,1,8,9] = 1	ICF[2,2,1,6,11] = 1	ICF[2,3,2,9,13] = 75	ICF[3,2,1,8,10] = 1
ICF[2,1,1,8,10] = 1	ICF[2,2,1,7,14] = 8	ICF[2,3,2,9,14] = 51	ICF[3,2,1,8,11] = 85
ICF[2,1,1,10,13] = 23	ICF[2,2,2,8,2] = 1	ICF[2,3,2,6,10] = 20	ICF[3,2,1,8,13] = 69
ICF[2,1,1,9,5] = 1	ICF[2,2,2,8,3] = 96	ICF[2,3,2,6,12] = 70	ICF[3,2,1,10,1] = 33
ICF[2,1,1,9,10] = 1	ICF[2,2,2,8,11] = 8	ICF[3,1,1,7,3] = 70	ICF[3,2,1,10,3] = 20
ICF[2,1,1,6,8] = 1	ICF[2,2,2,8,14] = 2	ICF[2,3,2,7,6] = 1	ICF[3,2,1,10,6] = 1
ICF[2,1,1,6,11] = 1	ICF[2,2,2,9,2] = 113	ICF[2,3,2,7,11] = 41	ICF[3,2,1,10,9] = 60
ICF[2,1,1,7,14] = 145	ICF[2,2,2,10,5] = 66	ICF[3,1,1,8,4] = 76	ICF[3,2,1,10,10] = 1
ICF[2,1,2,8,1] = 1	ICF[2,2,2,10,7] = 95	ICF[3,1,1,8,5] = 85	ICF[3,2,1,10,14] = 91
ICF[2,1,2,8,2] = 1	ICF[2,2,2,10,8] = 82	ICF[3,1,1,8,7] = 41	ICF[3,2,1,10,2] = 91
ICF[2,1,2,8,3] = 54	ICF[2,2,2,10,9] = 1	ICF[3,1,1,8,10] = 1	ICF[3,2,1,7,3] = 22
ICF[2,1,2,9,2] = 49	ICF[2,2,2,10,11] = 71	ICF[3,1,1,8,13] = 84	ICF[3,2,1,9,6] = 1

ICF[3,2,1,9,7] = 59	ICF[3,3,1,7,2] = 99	BGL[1,1,1,5,7] = 1	BGL[2,3,2,2,8] = 1
ICF[3,2,1,9,10] = 41	ICF[3,3,1,7,5] = 63	BGL[1,1,2,1,12] = 1	BGL[2,3,2,2,9] = 1
ICF[3,2,1,9,11] = 1	ICF[3,3,1,7,6] = 47	BGL[1,1,2,2,1] = 1	BGL[2,3,2,3,1] = 1
ICF[3,2,1,9,12] = 41	ICF[3,3,1,7,8] = 44	BGL[1,1,2,2,4] = 1	BGL[2,3,2,3,3] = 1
ICF[3,2,1,6,1] = 27	ICF[3,3,2,8,11] = 1	BGL[1,1,2,3,8] = 1	BGL[2,3,2,3,14] = 1
ICF[3,2,1,6,6] = 94	ICF[3,3,2,10,6] = 1	BGL[1,1,2,3,9] = 1	BGL[2,3,2,5,5] = 1
ICF[3,2,1,6,7] = 152	ICF[3,3,2,10,12] = 58	BGL[1,1,2,4,2] = 1	BGL[2,3,2,5,11] = 1
ICF[3,2,1,6,8] = 82	ICF[3,3,2,9,11] = 1	BGL[1,1,2,4,11] = 1	BGL[3,1,1,1,6] = 1
ICF[3,2,1,6,9] = 1	ICF[3,3,2,6,8] = 1	BGL[1,2,2,4,3] = 1	BGL[3,1,1,1,7] = 1
ICF[3,2,1,6,11] = 1	ICF[3,3,2,6,13] = 153	BGL[1,2,2,4,12] = 1	BGL[3,1,1,2,2] = 1
ICF[3,2,1,7,6] = 1		BGL[1,2,2,5,9] = 1	BGL[3,1,1,2,3] = 1
ICF[3,2,1,7,8] = 41		BGL[1,3,1,3,13] = 1	BGL[3,1,1,3,6] = 1
ICF[3,2,2,10,6] = 1		BGL[1,3,2,1,4] = 1	BGL[3,1,1,5,3] = 1
ICF[3,2,2,9,11] = 3		BGL[1,3,2,4,4] = 1	BGL[3,2,1,1,13] = 1
ICF[3,3,1,8,4] = 33		BGL[1,3,2,4,13] = 1	BGL[3,2,1,4,1] = 1
ICF[3,3,1,8,5] = 17		BGL[1,3,2,4,14] = 1	BGL[3,2,1,4,6] = 1
ICF[3,3,1,8,7] = 82		BGL[1,3,2,5,2] = 1	BGL[3,3,1,1,5] = 1
ICF[3,3,1,8,10] = 76		BGL[1,3,2,5,8] = 1	BGL[3,3,1,1,11] = 1
ICF[3,3,1,8,11] = 51		BGL[1,3,2,5,10] = 1	BGL[3,3,1,1,14] = 1
ICF[3,3,1,8,14] = 151		BGL[1,3,2,5,12] = 1	BGL[3,3,1,2,10] = 1
ICF[3,3,1,10,2] = 25		BGL[1,3,2,5,13] = 1	BGL[3,3,1,2,11] = 1
ICF[3,3,1,10,3] = 141		BGL[2,1,1,4,5] = 1	BGL[3,3,1,2,14] = 1
ICF[3,3,1,10,6] = 22		BGL[2,1,2,2,7] = 1	BGL[3,3,1,3,4] = 1
ICF[3,3,1,10,9] = 82		BGL[2,1,2,3,2] = 1	BGL[3,3,1,3,7] = 1
ICF[3,3,1,10,11] = 82		BGL[2,1,2,5,1] = 1	BGL[3,3,1,3,11] = 1
ICF[3,3,1,10,13] = 56		BGL[2,2,1,1,8] = 1	BGL[3,3,1,3,12] = 1
ICF[3,3,1,10,14] = 10		BGL[2,2,1,2,13] = 1	BGL[3,3,1,4,7] = 1
ICF[3,3,1,9,4] = 162		BGL[2,2,1,3,5] = 1	BGL[3,3,1,4,8] = 1
ICF[3,3,1,9,6] = 151		BGL[2,2,1,3,10] = 1	BGL[3,3,1,4,9] = 1
ICF[3,3,1,9,7] = 9		BGL[2,2,2,4,10] = 1	BGL[3,3,1,5,6] = 1
ICF[3,3,1,9,10] = 34		BGL[2,2,2,5,4] = 1	BGL[3,3,2,2,6] = 1
ICF[3,3,1,9,11] = 12		BGL[2,3,1,1,9] = 1	BCF[1,1,1,7,7] = 1
ICF[3,3,1,9,12] = 50		BGL[2,3,1,1,10] = 1	BCF[1,1,2,8,12] = 1
ICF[3,3,1,6,1] = 87		BGL[2,3,1,5,14] = 1	BCF[1,1,2,10,1] = 1
ICF[3,3,1,6,4] = 42		BGL[2,3,2,1,1] = 1	BCF[1,1,2,10,4] = 1
ICF[3,3,1,6,8] = 45		BGL[2,3,2,1,2] = 1	BCF[1,1,2,9,8] = 1
ICF[3,3,1,6,9] = 75		BGL[2,3,2,1,3] = 1	BCF[1,1,2,9,9] = 1
ICF[3,3,1,6,11] = 1		BGL[2,3,2,2,5] = 1	BCF[1,1,2,6,2] = 1

BCF[1,1,2,6,11] = 1	BCF[3,1,1,8,6] = 1	CGL[1,1,2,3,5] = 1	CGL[2,3,2,3,13] = 1
BCF[1,2,2,6,3] = 1	BCF[3,1,1,8,7] = 1	CGL[1,1,2,5,7] = 1	CGL[2,3,2,4,14] = 1
BCF[1,2,2,6,12] = 1	BCF[3,1,1,10,2] = 1	CGL[1,1,2,5,13] = 1	CGL[2,3,2,5,11] = 1
BCF[1,2,2,7,9] = 1	BCF[3,1,1,10,3] = 1	CGL[1,2,1,5,6] = 1	CGL[3,1,1,1,10] = 1
BCF[1,3,1,9,13] = 1	BCF[3,1,1,9,6] = 1	CGL[1,2,2,4,3] = 1	CGL[3,1,1,2,9] = 1
BCF[1,3,2,8,4] = 1	BCF[3,1,1,7,3] = 1	CGL[1,2,2,5,1] = 1	CGL[3,1,1,2,10] = 1
BCF[1,3,2,6,4] = 1	BCF[3,2,1,8,13] = 1	CGL[1,3,2,1,12] = 1	CGL[3,1,1,2,14] = 1
BCF[1,3,2,6,13] = 1	BCF[3,2,1,6,1] = 1	CGL[1,3,2,2,4] = 1	CGL[3,1,1,3,4] = 1
BCF[1,3,2,6,14] = 1	BCF[3,2,1,6,6] = 1	CGL[1,3,2,3,8] = 1	CGL[3,1,1,3,12] = 1
BCF[1,3,2,7,2] = 1	BCF[3,3,1,8,5] = 1	CGL[1,3,2,3,14] = 1	CGL[3,1,1,4,1] = 1
BCF[1,3,2,7,8] = 1	BCF[3,3,1,8,11] = 1	CGL[1,3,2,4,2] = 1	CGL[3,1,1,4,9] = 1
BCF[1,3,2,7,10] = 1	BCF[3,3,1,8,14] = 1	CGL[1,3,2,4,11] = 1	CGL[3,2,1,1,5] = 1
BCF[1,3,2,7,12] = 1	BCF[3,3,1,10,10] = 1	CGL[1,3,2,4,13] = 1	CGL[3,2,1,1,6] = 1
BCF[1,3,2,7,13] = 1	BCF[3,3,1,10,11] = 1	CGL[1,3,2,5,8] = 1	CGL[3,2,1,1,13] = 1
BCF[2,1,1,6,5] = 1	BCF[3,3,1,10,14] = 1	CGL[1,3,2,5,9] = 1	CGL[3,2,1,2,1] = 1
BCF[2,1,2,10,7] = 1	BCF[3,3,1,9,4] = 1	CGL[1,3,2,5,12] = 1	CGL[3,2,1,4,6] = 1
BCF[2,1,2,9,2] = 1	BCF[3,3,1,9,7] = 1	CGL[2,1,1,5,14] = 1	CGL[3,3,1,1,4] = 1
BCF[2,1,2,7,1] = 1	BCF[3,3,1,9,11] = 1	CGL[2,1,2,1,1] = 1	CGL[3,3,1,1,14] = 1
BCF[2,2,1,8,8] = 1	BCF[3,3,1,9,12] = 1	CGL[2,1,2,5,3] = 1	CGL[3,3,1,2,2] = 1
BCF[2,2,1,10,13] = 1	BCF[3,3,1,6,7] = 1	CGL[2,1,2,5,4] = 1	GGL[3,3,1,2,3] = 1
BCF[2,2,1,9,5] = 1	BCF[3,3,1,6,8] = 1	CGL[2,1,2,5,10] = 1	CGL[3,3,1,2,13] = 1
BCF[2,2,1,9,10] = 1	BCF[3,3,1,6,9] = 1	CGL[2,2,1,1,7] = 1	CGL[3,3,1,3,6] = 1
BCF[2,2,2,6,10] = 1	BCF[3,3,1,7,6] = 1	CGL[2,2,2,1,2] = 1	CGL[3,3,1,3,10] = 1
BCF[2,2,2,7,4] = 1	BCF[3,3,2,10,6] = 1	CGL[2,2,2,1,3] = 1	CGL[3,3,1,3,11] = 1
BCF[2,3,1,8,9] = 1		CGL[2,2,2,3,2] = 1	CGL[3,3,1,4,7] = 1
BCF[2,3,1,8,10] = 1		CGL[2,2,2,3,7] = 1	CGL[3,3,1,4,8] = 1
BCF[2,3,1,7,14] = 1		CGL[2,2,2,4,10] = 1	CGL[3,3,1,5,2] = 1
BCF[2,3,2,8,1] = 1		CGL[2,3,1,1,8] = 1	CGL[3,3,1,5,5] = 1
BCF[2,3,2,8,2] = 1		CGL[2,3,1,1,9] = 1	CGL[3,3,2,1,11] = 1
BCF[2,3,2,8,3] = 1		CGL[2,3,1,3,9] = 1	CGL[3,3,2,2,6] = 1
BCF[2,3,2,10,5] = 1		CGL[2,3,1,4,4] = 1	CGL[3,3,2,2,12] = 1
BCF[2,3,2,10,8] = 1		CGL[2,3,1,4,5] = 1	CCF[1,1,2,9,5] = 1
BCF[2,3,2,10,9] = 1		CGL[2,3,2,2,5] = 1	CCF[1,1,2,7,7] = 1
BCF[2,3,2,9,1] = 1		CGL[2,3,2,2,7] = 1	CCF[1,1,2,7,13] = 1
BCF[2,3,2,9,3] = 1		CGL[2,3,2,2,8] = 1	CCF[1,2,1,7,6] = 1
BCF[2,3,2,9,14] = 1		CGL[2,3,2,2,11] = 1	CCF[1,2,2,6,3] = 1
BCF[2,3,2,7,5] = 1		CGL[2,3,2,3,1] = 1	CCF[1,2,2,7,1] = 1
BCF[2,3,2,7,11] = 1		CGL[2,3,2,3,3] = 1	CCF[1,3,2,8,12] = 1

CCF[1,3,2,10,4] = 1	CCF[3,1,1,9,4] = 1		
CCF[1,3,2,9,8] = 1	CCF[3,1,1,9,12] = 1		
CCF[1,3,2,9,14] = 1	CCF[3,1,1,6,1] = 1		
CCF[1,3,2,6,2] = 1	CCF[3,1,1,6,9] = 1		
CCF[1,3,2,6,11] = 1	CCF[3,2,1,8,5] = 1		
CCF[1,3,2,6,13] = 1	CCF[3,2,1,8,6] = 1		
CCF[1,3,2,7,8] = 1	CCF[3,2,1,8,13] = 1		
CCF[1,3,2,7,9] = 1	CCF[3,2,1,10,1] = 1		
CCF[1,3,2,7,12] = 1	CCF[3,2,1,6,6] = 1		
CCF[2,1,1,7,14] = 1	CCF[3,3,1,8,4] = 1		
CCF[2,1,2,8,1] = 1	CCF[3,3,1,8,14] = 1		
CCF[2,1,2,7,3] = 1	CCF[3,3,1,10,2] = 1		
CCF[2,1,2,7,4] = 1	GCF[3,3,1,10,3] = 1		
CCF[2,1,2,7,10] = 1	CCF[3,3,1,10,13] = 1		
CCF[2,2,1,8,7] = 1	CCF[3,3,1,9,6] = 1		
CCF[2,2,2,8,2] = 1	CCF[3,3,1,9,10] = 1		
CCF[2,2,2,8,3] = 1	CCF[3,3,1,9,11] = 1		
CCF[2,2,2,9,2] = 1	CCF[3,3,1,6,7] = 1		
CCF[2,2,2,9,7] = 1	CCF[3,3,1,6,8] = 1		
CCF[2,2,2,6,10] = 1	CCF[3,3,1,7,2] = 1		
CCF[2,3,1,8,8] = 1	CCF[3,3,1,7,5] = 1		
CCF[2,3,1,8,9] = 1	CCF[3,3,2,8,11] = 1		
CCF[2,3,1,9,9] = 1	CCF[3,3,2,10,6] = 1		
CCF[2,3,1,6,4] = 1	CCF[3,3,2,10,12] = 1		
CCF[2,3,1,6,5] = 1			
CCF[2,3,2,10,5] = 1			
CCF[2,3,2,10,7] = 1			
CCF[2,3,2,10,8] = 1			
CCF[2,3,2,10,11] = 1			
CCF[2,3,2,9,1] = 1			
CCF[2,3,2,9,3] = 1			
CCF[2,3,2,9,13] = 1			
CCF[2,3,2,6,14] = 1			
CCF[2,3,2,7,11] = 1			
CCF[3,1,1,8,10] = 1			
CCF[3,1,1,10,9] = 1			
CCF[3,1,1,10,10] = 1			
CCF[3,1,1,10,14] = 1			

XGL[1,1,5,7] = 1	XGL[3,1,2,14] = 1	XCF[2,2,7,11] = 1	
XGL[1,2,1,4] = 1	XGL[3,1,3,4] = 1	XCF[3,1,8,5] = 1	
XGL[1,2,2,4] = 1	XGL[3,1,3,7] = 1	XCF[3,1,8,6] = 1	
XGL[1,2,3,9] = 1	XGL[3,1,3,11] = 1	XCF[3,1,8,7] = 1	
XGL[1,2,4,2] = 1	XGL[3,1,3,12] = 1	XCF[3,1,8,11] = 1	
XGL[1,2,4,3] = 1	XGL[3,1,4,7] = 1	XCF[3,1,8,14] = 1	
XGL[1,2,4,4] = 1	XGL[3,1,4,8] = 1	XCF[3,1,10,2] = 1	
XGL[1,2,4,12] = 1	XGL[3,1,4,9] = 1	XCF[3,1,10,3] = 1	
XGL[1,2,4,13] = 1	XGL[3,1,5,2] = 1	XCF[3,1,10,10] = 1	
XGL[1,2,4,14] = 1	XGL[3,1,5,3] = 1	XCF[3,1,10,11] = 1	
XGL[1,2,5,8] = 1	XCF[1,1,7,7] = 1	XCF[3,1,10,14] = 1	
XGL[1,2,5,9] = 1	XCF[1,2,8,4] = 1	XCF[3,1,9,4] = 1	
XGL[1,2,5,10] = 1	XCF[1,2,10,4] = 1	XCF[3,1,9,7] = 1	
XGL[1,2,5,13] = 1	XCF[1,2,9,9] = 1	XCF[3,1,9,11] = 1	
XGL[2,1,1,8] = 1	XCF[1,2,6,2] = 1	XCF[3,1,9,12] = 1	
XGL[2,1,1,9] = 1	XCF[1,2,6,3] = 1	XCF[3,1,6,7] = 1	
XGL[2,1,1,10] = 1	XCF[1,2,6,4] = 1	XCF[3,1,6,8] = 1	
XGL[2,1,3,10] = 1	XCF[1,2,6,12] = 1	XCF[3,1,6,9] = 1	
XGL[2,1,4,5] = 1	XCF[1,2,6,13] = 1	XCF[3,1,7,2] = 1	
XGL[2,2,1,2] = 1	XCF[1,2,6,14] = 1	XCF[3,1,7,3] = 1	
XGL[2,2,1,3] = 1	XCF[1,2,7,8] = 1		
XGL[2,2,2,8] = 1	XCF[1,2,7,9] = 1		
XGL[2,2,2,9] = 1	XCF[1,2,7,10] = 1		
XGL[2,2,2,12] = 1	XCF[1,2,7,13] = 1		
XGL[2,2,3,2] = 1	XCF[2,1,8,8] = 1		
XGL[2,2,3,3] = 1	XCF[2,1,8,9] = 1		
XGL[2,2,3,14] = 1	XCF[2,1,8,10] = 1		
XGL[2,2,5,4] = 1	XCF[2,1,9,10] = 1		
XGL[2,2,5,5] = 1	XCF[2,1,6,5] = 1		
XGL[2,2,5,6] = 1	XCF[2,2,7,6] = 1		
XGL[2,2,5,11] = 1	XCF[2,2,8,2] = 1		
XGL[3,1,1,5] = 1	XCF[2,2,8,3] = 1		
XGL[3,1,1,6] = 1	XCF[2,2,10,8] = 1		
XGL[3,1,1,7] = 1	XCF[2,2,10,9] = 1		
XGL[3,1,1,11] = 1	XCF[2,2,10,12] = 1		
XGL[3,1,1,14] = 1	XCF[2,2,9,2] = 1		
XGL[3,1,2,2] = 1	XCF[2,2,9,3] = 1		
XGL[3,1,2,3] = 1	XCF[2,2,9,14] = 1		
XGL[3,1,2,10] = 1	XCF[2,2,7,4] = 1		
XGL[3,1,2,11] = 1	XCF[2,2,7,5] = 1		

附錄 B 批量工作站解集合(列出非 0 之變數)

pdmto[1,1,1,1] = 10	pdmto[1,1,6,6] = 5	pdmto[1,2,3,10] = 25	pdmto[1,3,1,7] = 15
pdmto[1,1,1,2] = 5	pdmto[1,1,6,8] = 5	pdmto[1,2,3,11] = 5	pdmto[1,3,1,9] = 14
pdmto[1,1,1,4] = 21	pdmto[1,1,6,12] = 10	pdmto[1,2,4,3] = 10	pdmto[1,3,1,10] = 20
pdmto[1,1,1,5] = 15	pdmto[1,1,7,1] = 5	pdmto[1,2,4,4] = 6	pdmto[1,3,1,11] = 4
pdmto[1,1,1,7] = 16	pdmto[1,1,7,2] = 25	pdmto[1,2,4,5] = 3	pdmto[1,3,1,13] = 5
pdmto[1,1,1,8] = 5	pdmto[1,1,7,3] = 5	pdmto[1,2,4,8] = 15	pdmto[1,3,1,14] = 5
pdmto[1,1,1,9] = 25	pdmto[1,1,7,5] = 5	pdmto[1,2,4,12] = 10	pdmto[1,3,2,1] = 15
pdmto[1,1,1,11] = 15	pdmto[1,1,7,6] = 5	pdmto[1,2,4,13] = 10	pdmto[1,3,2,2] = 20
pdmto[1,1,1,13] = 4	pdmto[1,1,7,8] = 10	pdmto[1,2,5,2] = 15	pdmto[1,3,2,5] = 25
pdmto[1,1,1,14] = 10	pdmto[1,1,7,14] = 5	pdmto[1,2,5,3] = 15	pdmto[1,3,2,6] = 5
pdmto[1,1,2,2] = 10	pdmto[1,1,8,4] = 5	pdmto[1,2,5,5] = 25	pdmto[1,3,2,7] = 5
pdmto[1,1,2,3] = 10	pdmto[1,1,8,5] = 25	pdmto[1,2,5,6] = 5	pdmto[1,3,2,8] = 6
pdmto[1,1,2,5] = 5	pdmto[1,1,8,6] = 25	pdmto[1,2,5,7] = 5	pdmto[1,3,2,10] = 5
pdmto[1,1,2,6] = 5	pdmto[1,1,8,9] = 5	pdmto[1,2,5,8] = 15	pdmto[1,3,2,12] = 5
pdmto[1,1,2,7] = 10	pdmto[1,1,8,11] = 5	pdmto[1,2,5,9] = 25	pdmto[1,3,2,13] = 15
pdmto[1,1,2,8] = 5	pdmto[1,1,8,12] = 20	pdmto[1,2,5,10] = 5	pdmto[1,3,3,1] = 10
pdmto[1,1,2,9] = 25	pdmto[1,1,8,13] = 5	pdmto[1,2,5,12] = 5	pdmto[1,3,3,2] = 20
pdmto[1,1,2,13] = 5	pdmto[1,1,8,14] = 20	pdmto[1,2,6,1] = 17	pdmto[1,3,3,3] = 10
pdmto[1,1,2,14] = 20	pdmto[1,2,1,1] = 5	pdmto[1,2,6,3] = 5	pdmto[1,3,3,4] = 4
pdmto[1,1,3,1] = 15	pdmto[1,2,1,3] = 15	pdmto[1,2,6,4] = 25	pdmto[1,3,3,5] = 10
pdmto[1,1,3,3] = 10	pdmto[1,2,1,4] = 5	pdmto[1,2,6,5] = 5	pdmto[1,3,3,7] = 2
pdmto[1,1,3,5] = 5	pdmto[1,2,1,5] = 12	pdmto[1,2,6,6] = 5	pdmto[1,3,3,8] = 4
pdmto[1,1,3,8] = 5	pdmto[1,2,1,6] = 20	pdmto[1,2,6,7] = 7	pdmto[1,3,3,9] = 20
pdmto[1,1,3,9] = 15	pdmto[1,2,1,8] = 20	pdmto[1,2,6,10] = 20	pdmto[1,3,3,11] = 25
pdmto[1,1,3,11] = 20	pdmto[1,2,1,9] = 9	pdmto[1,2,6,12] = 15	pdmto[1,3,3,13] = 10
pdmto[1,1,3,12] = 15	pdmto[1,2,1,10] = 5	pdmto[1,2,6,13] = 4	pdmto[1,3,3,14] = 20
pdmto[1,1,4,2] = 5	pdmto[1,2,1,13] = 25	pdmto[1,2,7,2] = 5	pdmto[1,3,4,1] = 15
pdmto[1,1,4,5] = 25	pdmto[1,2,1,14] = 5	pdmto[1,2,7,3] = 20	pdmto[1,3,4,2] = 15
pdmto[1,1,4,6] = 20	pdmto[1,2,2,4] = 4	pdmto[1,2,7,4] = 20	pdmto[1,3,4,3] = 5
pdmto[1,1,4,8] = 25	pdmto[1,2,2,7] = 5	pdmto[1,2,7,7] = 5	pdmto[1,3,4,5] = 10
pdmto[1,1,4,9] = 10	pdmto[1,2,2,9] = 10	pdmto[1,2,7,10] = 4	pdmto[1,3,4,6] = 5
pdmto[1,1,4,11] = 25	pdmto[1,2,2,10] = 5	pdmto[1,2,7,13] = 5	pdmto[1,3,4,7] = 20
pdmto[1,1,4,14] = 5	pdmto[1,2,2,11] = 20	pdmto[1,2,7,14] = 10	pdmto[1,3,4,9] = 16
pdmto[1,1,5,2] = 20	pdmto[1,2,2,12] = 25	pdmto[1,2,8,4] = 5	pdmto[1,3,4,12] = 10
pdmto[1,1,5,3] = 5	pdmto[1,2,3,2] = 10	pdmto[1,2,8,5] = 5	pdmto[1,3,4,13] = 5
pdmto[1,1,5,4] = 4	pdmto[1,2,3,7] = 8	pdmto[1,2,8,7] = 25	pdmto[1,3,4,14] = 20
pdmto[1,1,5,6] = 5	pdmto[1,2,3,8] = 15	pdmto[1,2,8,11] = 5	pdmto[1,3,5,1] = 15
pdmto[1,1,5,12] = 10	pdmto[1,2,3,9] = 5	pdmto[1,2,8,12] = 10	pdmto[1,3,5,3] = 10
pdmto[1,1,5,13] = 5	pdmto[1,2,3,10] = 25	pdmto[1,2,8,13] = 5	pdmto[1,3,5,4] = 13
pdmto[1,1,5,14] = 5	pdmto[1,2,3,11] = 5	pdmto[1,2,8,14] = 15	pdmto[1,3,5,7] = 10
pdmto[1,1,6,3] = 25	pdmto[1,2,4,3] = 10	pdmto[1,3,1,2] = 10	pdmto[1,3,5,8] = 5

pdmto[1,3,5,9] = 15 pdmto[2,1,2,3] = 10 pdmto[2,1,8,3] = 20 pdmto[2,2,4,7] = 20
 pdmto[1,3,5,11] = 15 pdmto[2,1,2,4] = 19 pdmto[2,1,8,4] = 20 pdmto[2,2,4,9] = 4
 pdmto[1,3,5,13] = 15 pdmto[2,1,2,5] = 5 pdmto[2,1,8,5] = 5 pdmto[2,2,4,10] = 5
 pdmto[1,3,5,14] = 20 pdmto[2,1,2,7] = 15 pdmto[2,1,8,6] = 7 pdmto[2,2,4,11] = 10
 pdmto[1,3,6,1] = 10 pdmto[2,1,2,8] = 5 pdmto[2,1,8,7] = 5 pdmto[2,2,4,12] = 15
 pdmto[1,3,6,2] = 20 pdmto[2,1,2,10] = 24 pdmto[2,1,8,8] = 25 pdmto[2,2,4,14] = 5
 pdmto[1,3,6,4] = 5 pdmto[2,1,3,1] = 5 pdmto[2,1,8,9] = 4 pdmto[2,2,5,1] = 25
 pdmto[1,3,6,5] = 15 pdmto[2,1,3,2] = 15 pdmto[2,1,8,10] = 25 pdmto[2,2,5,3] = 5
 pdmto[1,3,6,7] = 5 pdmto[2,1,3,3] = 15 pdmto[2,1,8,11] = 25 pdmto[2,2,5,4] = 12
 pdmto[1,3,6,8] = 10 pdmto[2,1,3,4] = 20 pdmto[2,2,1,2] = 20 pdmto[2,2,5,5] = 5
 pdmto[1,3,6,9] = 5 pdmto[2,1,3,5] = 5 pdmto[2,2,1,3] = 25 pdmto[2,2,5,7] = 11
 pdmto[1,3,6,13] = 15 pdmto[2,1,3,8] = 15 pdmto[2,2,1,4] = 10 pdmto[2,2,5,8] = 17
 pdmto[1,3,7,1] = 5 pdmto[2,1,3,10] = 15 pdmto[2,2,1,5] = 10 pdmto[2,2,5,9] = 15
 pdmto[1,3,7,2] = 5 pdmto[2,1,3,12] = 20 pdmto[2,2,1,7] = 5 pdmto[2,2,5,10] = 5
 pdmto[1,3,7,4] = 7 pdmto[2,1,3,13] = 2 pdmto[2,2,1,8] = 5 pdmto[2,2,5,11] = 15
 pdmto[1,3,7,5] = 20 pdmto[2,1,4,1] = 5 pdmto[2,2,1,9] = 5 pdmto[2,2,5,12] = 5
 pdmto[1,3,7,7] = 3 pdmto[2,1,4,2] = 10 pdmto[2,2,1,10] = 20 pdmto[2,2,5,14] = 10
 pdmto[1,3,7,9] = 10 pdmto[2,1,4,3] = 15 pdmto[2,2,1,11] = 19 pdmto[2,2,6,1] = 10
 pdmto[1,3,7,10] = 25 pdmto[2,1,4,4] = 21 pdmto[2,2,1,12] = 10 pdmto[2,2,6,3] = 5
 pdmto[1,3,7,11] = 25 pdmto[2,1,4,5] = 10 pdmto[2,2,1,14] = 24 pdmto[2,2,6,4] = 5
 pdmto[1,3,7,12] = 15 pdmto[2,1,4,7] = 19 pdmto[2,2,2,1] = 10 pdmto[2,2,6,5] = 5
 pdmto[1,3,7,13] = 19 pdmto[2,1,4,12] = 10 pdmto[2,2,2,2] = 5 pdmto[2,2,6,7] = 5
 pdmto[1,3,7,14] = 25 pdmto[2,1,4,13] = 5 pdmto[2,2,2,3] = 5 pdmto[2,2,6,9] = 9
 pdmto[1,3,8,1] = 10 pdmto[2,1,5,3] = 10 pdmto[2,2,2,4] = 10 pdmto[2,2,6,10] = 14
 pdmto[1,3,8,3] = 5 pdmto[2,1,5,7] = 15 pdmto[2,2,2,5] = 15 pdmto[2,2,6,11] = 25
 pdmto[1,3,8,4] = 21 pdmto[2,1,5,8] = 5 pdmto[2,2,2,7] = 24 pdmto[2,2,6,12] = 15
 pdmto[1,3,8,5] = 15 pdmto[2,1,5,10] = 19 pdmto[2,2,2,8] = 10 pdmto[2,2,6,14] = 15
 pdmto[1,3,8,6] = 3 pdmto[2,1,5,11] = 20 pdmto[2,2,2,10] = 20 pdmto[2,2,7,1] = 10
 pdmto[1,3,8,7] = 20 pdmto[2,1,5,12] = 15 pdmto[2,2,2,12] = 10 pdmto[2,2,7,2] = 15
 pdmto[1,3,8,8] = 5 pdmto[2,1,6,8] = 10 pdmto[2,2,2,14] = 10 pdmto[2,2,7,3] = 15
 pdmto[1,3,8,9] = 15 pdmto[2,1,6,9] = 25 pdmto[2,2,3,1] = 5 pdmto[2,2,7,4] = 25
 pdmto[1,3,8,11] = 15 pdmto[2,1,6,10] = 5 pdmto[2,2,3,3] = 10 pdmto[2,2,7,7] = 20
 pdmto[1,3,8,13] = 10 pdmto[2,1,7,1] = 15 pdmto[2,2,3,4] = 5 pdmto[2,2,7,8] = 25
 pdmto[2,1,1,1] = 20 pdmto[2,1,7,2] = 10 pdmto[2,2,3,5] = 21 pdmto[2,2,7,10] = 10
 pdmto[2,1,1,4] = 15 pdmto[2,1,7,3] = 10 pdmto[2,2,3,7] = 10 pdmto[2,2,7,12] = 20
 pdmto[2,1,1,5] = 4 pdmto[2,1,7,6] = 5 pdmto[2,2,3,10] = 5 pdmto[2,2,8,1] = 20
 pdmto[2,1,1,6] = 5 pdmto[2,1,7,7] = 5 pdmto[2,2,3,12] = 20 pdmto[2,2,8,2] = 25
 pdmto[2,1,1,7] = 5 pdmto[2,1,7,8] = 5 pdmto[2,2,3,14] = 5 pdmto[2,2,8,3] = 10
 pdmto[2,1,1,8] = 13 pdmto[2,1,7,11] = 5 pdmto[2,2,4,1] = 15 pdmto[2,2,8,5] = 5
 pdmto[2,1,1,10] = 5 pdmto[2,1,7,12] = 10 pdmto[2,2,4,2] = 15 pdmto[2,2,8,8] = 25
 pdmto[2,1,1,12] = 25 pdmto[2,1,8,1] = 10 pdmto[2,2,4,3] = 20 pdmto[2,2,8,9] = 20
 pdmto[2,1,2,1] = 10 pdmto[2,1,8,2] = 15 pdmto[2,2,4,5] = 4 pdmto[2,2,8,11] = 10

pdmto[2,2,8,14] = 3	pdmto[2,3,7,13] = 5	pdmts[1,1,3,6] = 1	pdmts[3,3,2,13] = 18
pdmto[2,3,1,2] = 15	pdmto[2,3,7,14] = 5	pdmts[1,1,5,8] = 1	pdmts[3,3,3,13] = 25
pdmto[2,3,1,3] = 10	pdmto[2,3,8,1] = 20	pdmts[1,2,1,7] = 2	pdmts[3,3,4,13] = 5
pdmto[2,3,1,12] = 24	pdmto[2,3,8,10] = 15	pdmts[1,3,1,4] = 5	pdmts[3,3,6,13] = 25
pdmto[2,3,1,13] = 9	pdmto[2,3,8,13] = 5	pdmts[1,3,2,3] = 10	pdmts[3,3,8,13] = 25
pdmto[2,3,2,5] = 5	pdmto[3,1,6,8] = 1	pdmts[1,3,2,4] = 5	
pdmto[2,3,2,8] = 2	pdmto[3,1,7,11] = 1	pdmts[1,3,2,12] = 15	
pdmto[2,3,2,9] = 1	pdmto[3,1,8,6] = 1	pdmts[1,3,3,8] = 1	
pdmto[2,3,2,11] = 15	pdmto[3,2,5,6] = 1	pdmts[1,3,4,4] = 10	
pdmto[2,3,2,12] = 1	pdmto[3,2,6,11] = 3	pdmts[1,3,5,12] = 10	
pdmto[2,3,2,13] = 5	pdmto[3,3,2,11] = 2	pdmts[1,3,7,7] = 2	
pdmto[2,3,2,14] = 5	pdmto[3,3,3,12] = 3	pdmts[1,3,7,8] = 5	
pdmto[2,3,3,1] = 5	pdmto[3,3,5,13] = 25	pdmts[1,3,8,12] = 5	
pdmto[2,3,3,5] = 10	pdmto[3,3,6,8] = 1	pdmts[2,1,1,11] = 20	
pdmto[2,3,3,7] = 15	pdmto[3,3,6,12] = 15	pdmts[2,1,2,11] = 20	
pdmto[2,3,3,13] = 6	pdmto[3,3,7,12] = 15	pdmts[2,1,3,11] = 10	
pdmto[2,3,3,14] = 25	pdmto[3,3,7,13] = 15	pdmts[2,1,4,11] = 20	
pdmto[2,3,4,1] = 25	pdmto[3,3,8,12] = 25	pdmts[2,1,6,11] = 25	
pdmto[2,3,4,11] = 5		pdmts[2,1,7,11] = 20	
pdmto[2,3,4,12] = 15		pdmts[2,2,6,2] = 25	
pdmto[2,3,4,13] = 20		pdmts[2,2,7,5] = 1	
pdmto[2,3,4,14] = 5		pdmts[2,3,1,1] = 25	
pdmto[2,3,5,2] = 25		pdmts[2,3,1,2] = 7	
pdmto[2,3,5,3] = 15		pdmts[2,3,1,3] = 10	
pdmto[2,3,5,5] = 20		pdmts[2,3,1,12] = 1	
pdmto[2,3,5,6] = 1		pdmts[2,3,1,14] = 5	
pdmto[2,3,5,11] = 10		pdmts[2,3,2,1] = 25	
pdmto[2,3,5,12] = 15		pdmts[2,3,2,2] = 25	
pdmto[2,3,5,13] = 10		pdmts[2,3,2,3] = 25	
pdmto[2,3,6,3] = 25		pdmts[2,3,2,12] = 4	
pdmto[2,3,6,5] = 9		pdmts[2,3,3,1] = 20	
pdmto[2,3,6,7] = 10		pdmts[2,3,3,2] = 15	
pdmto[2,3,6,11] = 5		pdmts[2,3,3,3] = 15	
pdmto[2,3,6,12] = 5		pdmts[2,3,4,2] = 15	
pdmto[2,3,6,13] = 15		pdmts[2,3,4,3] = 10	
pdmto[2,3,6,14] = 5		pdmts[2,3,5,1] = 20	
pdmto[2,3,7,1] = 25		pdmts[2,3,6,1] = 20	
pdmto[2,3,7,3] = 10		pdmts[2,3,6,2] = 15	
pdmto[2,3,7,5] = 15		pdmts[2,3,8,2] = 20	
pdmto[2,3,7,7] = 20		pdmts[2,3,8,3] = 25	
pdmto[2,3,7,10] = 5		pdmts[2,3,8,14] = 1	
pdmto[2,3,7,11] = 5		pdmts[3,3,1,13] = 15	

Lack[1,1,3] = 2	B[1,1,1,2] = 1	C[1,1,1,1] = 1	X[1,1,1,2] = 1
Lack[1,1,11] = 1	B[1,1,4,2] = 1	C[1,1,4,1] = 1	X[1,1,4,2] = 1
Lack[1,1,12] = 2	B[1,1,4,3] = 1	C[1,1,4,2] = 1	X[1,1,4,3] = 1
Lack[1,2,11] = 1	B[1,1,5,2] = 1	C[1,1,5,1] = 1	X[1,1,5,2] = 1
Lack[1,2,12] = 2	B[1,1,5,3] = 1	C[1,1,5,2] = 1	X[1,1,5,3] = 1
Lack[1,3,3] = 4	B[1,1,7,11] = 1	C[1,1,7,10] = 1	X[1,1,7,11] = 1
Lack[1,3,12] = 124	B[1,2,1,5] = 1	C[1,2,1,4] = 1	X[1,2,1,5] = 1
Lack[2,1,1] = 1	B[1,2,2,3] = 1	C[1,2,2,2] = 1	X[1,2,2,3] = 1
Lack[2,1,11] = 47	B[1,2,2,7] = 1	C[1,2,2,6] = 1	X[1,2,2,7] = 1
Lack[2,1,12] = 1	B[1,2,3,11] = 1	C[1,2,3,10] = 1	X[1,2,3,11] = 1
Lack[2,2,2] = 9	B[1,2,4,11] = 1	C[1,2,4,10] = 1	X[1,2,4,11] = 1
Lack[2,2,3] = 1	B[1,2,5,11] = 1	C[1,2,5,10] = 1	X[1,2,5,11] = 1
Lack[2,3,1] = 77	B[1,3,1,3] = 1	C[1,3,1,2] = 1	X[1,3,1,3] = 1
Lack[2,3,2] = 23	B[1,3,3,3] = 1	C[1,3,3,2] = 1	X[1,3,3,3] = 1
Lack[2,3,3] = 9	B[2,1,2,2] = 1	C[2,1,5,12] = 1	X[2,1,6,13] = 1
Lack[2,3,11] = 1	B[2,1,6,13] = 1	C[2,1,6,12] = 1	X[2,2,2,11] = 1
Lack[2,3,12] = 5	B[2,2,2,11] = 1	C[2,2,2,10] = 1	X[2,2,6,11] = 1
	B[2,2,6,11] = 1	C[2,2,6,10] = 1	X[2,2,6,12] = 1
	B[2,2,6,12] = 1	C[2,2,6,11] = 1	X[2,3,1,1] = 1
	B[2,3,5,12] = 1	C[2,3,2,1] = 1	X[2,3,2,1] = 1
	B[2,3,6,3] = 1	C[2,3,5,11] = 1	X[2,3,3,1] = 1
	B[2,3,7,2] = 1	C[2,3,6,2] = 1	X[2,3,4,1] = 1
	B[2,3,7,13] = 1	C[2,3,7,1] = 1	X[2,3,5,1] = 1
	B[2,3,8,2] = 1	C[2,3,7,12] = 1	X[2,3,5,12] = 1
	B[2,3,8,11] = 1	C[2,3,8,1] = 1	X[2,3,6,1] = 1
	B[3,1,1,11] = 1	C[2,3,8,10] = 1	X[2,3,6,3] = 1
	B[3,1,1,13] = 1	C[3,1,1,10] = 1	X[2,3,7,1] = 1
	B[3,1,3,2] = 1	C[3,1,1,12] = 1	X[2,3,7,2] = 1
	B[3,1,6,2] = 1	C[3,1,3,1] = 1	X[2,3,7,13] = 1
	B[3,1,7,3] = 1	C[3,1,6,1] = 1	X[2,3,8,1] = 1
	B[3,1,7,7] = 1	C[3,1,6,8] = 1	X[2,3,8,2] = 1
	B[3,2,1,12] = 1	C[3,1,7,2] = 1	X[2,3,8,11] = 1
	B[3,2,2,12] = 1	C[3,1,7,6] = 1	X[3,1,1,11] = 1
	B[3,2,3,12] = 1	C[3,2,1,11] = 1	X[3,1,1,13] = 1
	B[3,2,4,12] = 1	C[3,2,2,11] = 1	X[3,1,3,2] = 1
	B[3,2,7,12] = 1	C[3,2,3,11] = 1	X[3,1,6,2] = 1
	B[3,2,8,3] = 1	C[3,2,4,11] = 1	X[3,1,7,3] = 1
	B[3,3,5,13] = 1	C[3,2,7,11] = 1	X[3,1,7,7] = 1
	B[3,3,8,12] = 1	C[3,2,8,2] = 1	X[3,2,1,12] = 1
		C[3,3,8,11] = 1	X[3,2,2,12] = 1
			X[3,2,3,12] = 1

$X[3,2,4,12] = 1$

$X[3,2,7,12] = 1$

$X[3,2,8,3] = 1$

$X[3,3,8,12] = 1$



附錄 C 瓶頸工作站重新求解(列出非 0 之變數)

IGL[1,1,1,2,10] = 30	IGL[1,2,2,4,8] = 2	IGL[2,1,1,1,9] = 1	IGL[2,2,1,4,8] = 1
IGL[1,1,1,3,7] = 1	IGL[1,2,2,4,11] = 20	IGL[2,1,1,1,10] = 1	IGL[2,2,1,4,11] = 1
IGL[1,1,1,3,11] = 2	IGL[1,2,2,5,1] = 54	IGL[2,1,1,1,12] = 1	IGL[2,2,1,5,14] = 8
IGL[1,1,1,3,13] = 61	IGL[1,2,2,5,2] = 30	IGL[2,1,1,2,13] = 23	IGL[2,2,2,1,3] = 95
IGL[1,1,1,4,7] = 1	IGL[1,2,2,5,5] = 1	IGL[2,1,1,3,5] = 1	IGL[2,2,2,1,11] = 8
IGL[1,1,1,5,7] = 2	IGL[1,2,2,5,7] = 57	IGL[2,1,1,3,10] = 1	IGL[2,2,2,1,14] = 2
IGL[1,1,2,1,12] = 57	IGL[1,2,2,5,9] = 49	IGL[2,1,1,4,8] = 1	IGL[2,2,2,3,2] = 105
IGL[1,1,2,2,1] = 30	IGL[1,2,2,5,10] = 64	IGL[2,1,1,4,11] = 48	IGL[2,2,2,2,5] = 66
IGL[1,1,2,2,4] = 30	IGL[1,2,2,5,13] = 49	IGL[2,1,1,5,14] = 145	IGL[2,2,2,2,7] = 95
IGL[1,1,2,2,6] = 66	IGL[1,3,1,2,10] = 1	IGL[2,1,2,1,2] = 1	IGL[2,2,2,2,8] = 82
IGL[1,1,2,3,7] = 16	IGL[1,3,1,3,11] = 6	IGL[2,1,2,1,3] = 54	IGL[2,2,2,2,9] = 10
IGL[1,1,2,3,8] = 55	IGL[1,3,1,3,13] = 1	IGL[2,1,2,3,2] = 49	IGL[2,2,2,2,11] = 71
IGL[1,1,2,3,9] = 62	IGL[1,3,1,5,6] = 77	IGL[2,1,2,2,5] = 28	IGL[2,2,2,2,12] = 95
IGL[1,1,2,3,11] = 40	IGL[1,3,1,5,7] = 2	IGL[2,1,2,2,7] = 57	IGL[2,2,2,3,1] = 69
IGL[1,1,2,3,14] = 65	IGL[1,3,1,5,12] = 31	IGL[2,1,2,2,8] = 78	IGL[2,2,2,3,9] = 53
IGL[1,1,2,4,2] = 65	IGL[1,3,2,1,4] = 2	IGL[2,1,2,2,9] = 1	IGL[2,2,2,4,10] = 79
IGL[1,1,2,4,3] = 53	IGL[1,3,2,1,12] = 33	IGL[2,1,2,5,3] = 26	IGL[2,2,2,4,14] = 70
IGL[1,1,2,4,11] = 25	IGL[1,3,2,2,1] = 80	IGL[2,1,2,3,7] = 7	IGL[2,2,2,5,1] = 26
IGL[1,1,2,5,5] = 80	IGL[1,3,2,2,4] = 68	IGL[2,1,2,3,9] = 28	IGL[2,2,2,5,4] = 67
IGL[1,1,2,5,7] = 10	IGL[1,3,2,2,6] = 13	IGL[2,1,2,3,13] = 7	IGL[2,3,1,1,1] = 27
IGL[1,1,2,5,8] = 1	IGL[1,3,2,3,5] = 95	IGL[2,1,2,4,10] = 54	IGL[2,3,1,1,2] = 23
IGL[1,1,2,5,9] = 18	IGL[1,3,2,3,8] = 35	IGL[2,1,2,4,12] = 80	IGL[2,3,1,1,6] = 39
IGL[1,1,2,5,13] = 19	IGL[1,3,2,3,14] = 7	IGL[2,1,2,5,1] = 66	IGL[2,3,1,1,7] = 27
IGL[1,2,1,2,9] = 1	IGL[1,3,2,4,2] = 89	IGL[2,1,2,5,4] = 95	IGL[2,3,1,1,8] = 139
IGL[1,2,1,2,10] = 120	IGL[1,3,2,4,3] = 38	IGL[2,1,2,5,5] = 1	IGL[2,3,1,1,9] = 150
IGL[1,2,1,3,11] = 2	IGL[1,3,2,4,11] = 84	IGL[2,1,2,5,6] = 17	IGL[2,3,1,1,10] = 73
IGL[1,2,1,3,13] = 1	IGL[1,3,2,4,14] = 83	IGL[2,1,2,5,10] = 39	IGL[2,3,1,3,3] = 9
IGL[1,2,1,5,6] = 1	IGL[1,3,2,5,2] = 10	IGL[2,1,2,5,11] = 74	IGL[2,3,1,3,9] = 1
IGL[1,2,2,1,4] = 1	IGL[1,3,2,5,3] = 4	IGL[2,2,1,1,6] = 80	IGL[2,3,1,4,4] = 90
IGL[1,2,2,1,12] = 67	IGL[1,3,2,5,7] = 82	IGL[2,2,1,1,7] = 1	IGL[2,3,1,4,5] = 161
IGL[1,2,2,2,1] = 1	IGL[1,3,2,5,8] = 1	IGL[2,2,1,1,8] = 13	IGL[2,3,1,4,11] = 2
IGL[1,2,2,2,4] = 64	IGL[1,3,2,5,9] = 95	IGL[2,2,1,1,9] = 11	IGL[2,3,1,5,12] = 5
IGL[1,2,2,2,6] = 30	IGL[1,3,2,5,10] = 50	IGL[2,2,1,1,10] = 1	IGL[2,3,2,1,1] = 75
IGL[1,2,2,3,5] = 49	IGL[1,3,2,5,12] = 124	IGL[2,2,1,2,13] = 65	IGL[2,3,2,1,2] = 137
IGL[1,2,2,3,8] = 63	IGL[1,3,2,5,13] = 94	IGL[2,2,1,3,10] = 1	IGL[2,3,2,1,3] = 12
IGL[1,2,2,3,11] = 10	IGL[2,1,1,1,6] = 34	IGL[2,2,1,4,3] = 1	IGL[2,3,2,2,5] = 59
IGL[1,2,2,3,14] = 30	IGL[2,1,1,1,7] = 1	IGL[2,2,1,4,4] = 13	IGL[2,3,2,2,7] = 1
IGL[1,2,2,4,3] = 67	IGL[2,1,1,1,8] = 1	IGL[2,2,1,4,5] = 1	IGL[2,3,2,2,8] = 2

IGL[2,3,2,3,1] = 84	IGL[3,1,2,4,8] = 1	IGL[3,3,1,2,6] = 22	ICF[1,1,2,3,8] = 55
IGL[2,3,2,3,3] = 153	IGL[3,2,1,1,4] = 41	IGL[3,3,1,2,9] = 82	ICF[1,1,2,3,9] = 62
IGL[2,3,2,3,7] = 44	IGL[3,2,1,1,5] = 60	IGL[3,3,1,2,11] = 82	ICF[1,1,2,3,11] = 40
IGL[2,3,2,3,9] = 1	IGL[3,2,1,1,7] = 1	IGL[3,3,1,2,13] = 56	ICF[1,1,2,3,14] = 65
IGL[2,3,2,3,13] = 75	IGL[3,2,1,1,10] = 1	IGL[3,3,1,2,14] = 10	ICF[1,1,2,6,2] = 65
IGL[2,3,2,3,14] = 51	IGL[3,2,1,1,11] = 85	IGL[3,3,1,3,4] = 162	ICF[1,1,2,6,3] = 53
IGL[2,3,2,4,10] = 20	IGL[3,2,1,1,13] = 69	IGL[3,3,1,3,6] = 151	ICF[1,1,2,6,11] = 25
IGL[2,3,2,4,12] = 65	IGL[3,2,1,2,1] = 33	IGL[3,3,1,3,7] = 9	ICF[1,1,2,7,5] = 80
IGL[3,1,1,5,3] = 70	IGL[3,2,1,2,3] = 20	IGL[3,3,1,3,10] = 34	ICF[1,1,2,7,7] = 10
IGL[2,3,2,5,6] = 1	IGL[3,2,1,2,6] = 1	IGL[3,3,1,3,11] = 12	ICF[1,1,2,7,8] = 1
IGL[2,3,2,5,11] = 40	IGL[3,2,1,2,9] = 60	IGL[3,3,1,3,12] = 50	ICF[1,1,2,7,9] = 18
IGL[3,1,1,1,4] = 76	IGL[3,2,1,2,10] = 1	IGL[3,3,1,4,1] = 87	ICF[1,1,2,7,13] = 19
IGL[3,1,1,1,5] = 85	IGL[3,2,1,2,14] = 91	IGL[3,3,1,4,4] = 42	ICF[1,2,1,10,9] = 1
IGL[3,1,1,1,7] = 41	IGL[3,2,1,2,2] = 91	IGL[3,3,1,4,8] = 45	ICF[1,2,1,10,10] = 120
IGL[3,1,1,1,10] = 1	IGL[3,2,1,5,3] = 22	IGL[3,3,1,4,9] = 75	ICF[1,2,1,3,11] = 2
IGL[3,1,1,1,13] = 84	IGL[3,2,1,3,6] = 1	IGL[3,3,1,4,11] = 1	ICF[1,2,1,3,13] = 1
IGL[3,1,1,2,1] = 1	IGL[3,2,1,3,7] = 59	IGL[3,3,1,5,2] = 99	ICF[1,2,1,7,6] = 1
IGL[3,1,1,2,3] = 1	IGL[3,2,1,3,10] = 41	IGL[3,3,1,5,5] = 63	ICF[1,2,2,8,4] = 1
IGL[3,1,1,2,6] = 1	IGL[3,2,1,3,11] = 1	IGL[3,3,1,5,6] = 47	ICF[1,2,2,8,12] = 67
IGL[3,1,1,2,10] = 1	IGL[3,2,1,3,12] = 41	IGL[3,3,1,5,8] = 44	ICF[1,2,2,10,1] = 1
IGL[3,1,1,2,13] = 1	IGL[3,2,1,4,1] = 27	IGL[3,3,2,1,11] = 1	ICF[1,2,2,10,4] = 64
IGL[3,1,1,2,14] = 61	IGL[3,2,1,4,6] = 94	IGL[3,3,2,2,6] = 1	ICF[1,2,2,10,6] = 30
IGL[3,1,1,2,2] = 46	IGL[3,2,1,4,7] = 152	IGL[3,3,2,2,12] = 58	ICF[1,2,2,3,5] = 49
IGL[3,3,1,5,3] = 35	IGL[3,2,1,4,8] = 82	IGL[3,3,2,3,11] = 1	ICF[1,2,2,3,8] = 63
IGL[3,1,1,3,6] = 1	IGL[3,2,1,4,9] = 1	IGL[3,3,2,4,8] = 1	ICF[1,2,2,3,11] = 10
IGL[3,1,1,3,10] = 76	IGL[3,2,1,4,11] = 1	IGL[3,3,2,4,13] = 153	ICF[1,2,2,3,14] = 30
IGL[3,1,1,3,11] = 59	IGL[3,2,1,5,6] = 1	ICF[1,1,1,10,10] = 30	ICF[1,2,2,6,3] = 67
IGL[3,1,1,3,12] = 71	IGL[3,2,1,5,8] = 41	ICF[1,1,1,10,10] = 30	ICF[1,2,2,6,8] = 2
IGL[3,1,1,4,1] = 39	IGL[3,2,2,2,6] = 1	ICF[1,1,1,3,7] = 1	ICF[1,2,2,6,11] = 20
IGL[3,1,1,4,6] = 59	IGL[3,2,2,3,11] = 3	ICF[1,1,1,3,11] = 2	ICF[1,2,2,7,1] = 54
IGL[3,1,1,4,8] = 3	IGL[3,3,1,1,4] = 33	ICF[1,1,1,3,13] = 61	ICF[1,2,2,7,2] = 30
IGL[3,1,1,4,9] = 86	IGL[3,3,1,1,5] = 17	ICF[1,1,1,6,7] = 1	ICF[1,2,2,7,5] = 1
IGL[3,1,1,4,11] = 1	IGL[3,3,1,1,7] = 82	ICF[1,1,1,7,7] = 2	ICF[1,2,2,7,7] = 57
IGL[3,1,1,5,2] = 15	IGL[3,3,1,1,10] = 76	ICF[1,1,2,8,12] = 57	ICF[1,2,2,7,9] = 49
IGL[3,1,1,5,6] = 1	IGL[3,3,1,1,11] = 51	ICF[1,1,2,10,1] = 30	ICF[1,2,2,7,10] = 64
IGL[3,1,1,5,8] = 66	IGL[3,3,1,1,14] = 151	ICF[1,1,2,10,4] = 30	ICF[1,2,2,7,13] = 49
IGL[3,1,2,2,6] = 1	IGL[3,3,1,2,2] = 25	ICF[1,1,2,10,6] = 66	ICF[1,3,1,10,10] = 1
IGL[3,1,2,3,11] = 1	IGL[3,3,1,2,3] = 141	ICF[1,1,2,3,7] = 16	ICF[1,3,1,3,11] = 6
ICF[1,3,1,3,13] = 1	ICF[2,1,2,3,2] = 49	ICF[2,2,2,10,11] = 71	ICF[3,1,1,8,4] = 76
ICF[1,3,1,7,6] = 77	ICF[2,1,2,10,5] = 28	ICF[2,2,2,10,12] = 95	ICF[3,1,1,8,5] = 85
ICF[1,3,1,7,7] = 2	ICF[2,1,2,10,7] = 57	ICF[2,2,2,3,1] = 69	ICF[3,1,1,8,7] = 41

ICF[1,3,1,7,12] = 31	ICF[2,1,2,10,8] = 78	ICF[2,2,2,3,9] = 53	ICF[3,1,1,8,10] = 1
ICF[1,3,2,8,4] = 2	ICF[2,1,2,10,9] = 1	ICF[2,2,2,6,10] = 79	ICF[3,1,1,8,13] = 84
ICF[1,3,2,8,12] = 33	ICF[2,1,2,7,3] = 26	ICF[2,2,2,6,14] = 70	ICF[3,1,1,10,1] = 1
ICF[1,3,2,10,1] = 80	ICF[2,1,2,3,7] = 7	ICF[2,2,2,7,1] = 26	ICF[3,1,1,10,3] = 1
ICF[1,3,2,10,4] = 68	ICF[2,1,2,3,9] = 28	ICF[2,2,2,7,4] = 67	ICF[3,1,1,10,6] = 1
ICF[1,3,2,10,6] = 13	ICF[2,1,2,3,13] = 7	ICF[2,3,1,8,1] = 27	ICF[3,1,1,10,10] = 1
ICF[1,3,2,3,5] = 95	ICF[2,1,2,6,10] = 54	ICF[2,3,1,8,2] = 23	ICF[3,1,1,10,13] = 1
ICF[1,3,2,3,8] = 35	ICF[2,1,2,6,12] = 80	ICF[2,3,1,8,6] = 39	ICF[3,1,1,10,14] = 61
ICF[1,3,2,3,14] = 7	ICF[2,1,2,7,1] = 66	ICF[2,3,1,8,7] = 27	ICF[3,1,1,10,2] = 46
ICF[1,3,2,6,2] = 89	ICF[2,1,2,7,4] = 95	ICF[2,3,1,8,8] = 139	ICF[3,3,1,7,3] = 35
ICF[1,3,2,6,3] = 38	ICF[2,1,2,7,5] = 1	ICF[2,3,1,8,9] = 150	ICF[3,1,1,3,6] = 1
ICF[1,3,2,6,11] = 84	ICF[2,1,2,7,6] = 17	ICF[2,3,1,8,10] = 73	ICF[3,1,1,3,10] = 76
ICF[1,3,2,6,14] = 83	ICF[2,1,2,7,10] = 39	ICF[2,3,1,3,3] = 9	ICF[3,1,1,3,11] = 59
ICF[1,3,2,7,2] = 10	ICF[2,1,2,7,11] = 74	ICF[2,3,1,3,9] = 1	ICF[3,1,1,3,12] = 71
ICF[1,3,2,7,3] = 4	ICF[2,2,1,8,6] = 80	ICF[2,3,1,6,4] = 90	ICF[3,1,1,6,1] = 39
ICF[1,3,2,7,7] = 82	ICF[2,2,1,8,7] = 1	ICF[2,3,1,6,5] = 161	ICF[3,1,1,6,6] = 59
ICF[1,3,2,7,8] = 1	ICF[2,2,1,8,8] = 13	ICF[2,3,1,6,11] = 2	ICF[3,1,1,6,8] = 3
ICF[1,3,2,7,9] = 95	ICF[2,2,1,8,9] = 11	ICF[2,3,1,7,12] = 5	ICF[3,1,1,6,9] = 86
ICF[1,3,2,7,10] = 50	ICF[2,2,1,8,10] = 1	ICF[2,3,2,8,1] = 75	ICF[3,1,1,6,11] = 1
ICF[1,3,2,7,12] = 124	ICF[2,2,1,10,13] = 65	ICF[2,3,2,8,2] = 137	ICF[3,1,1,7,2] = 15
ICF[1,3,2,7,13] = 94	ICF[2,2,1,3,10] = 1	ICF[2,3,2,8,3] = 12	ICF[3,1,1,7,6] = 1
ICF[2,1,1,8,6] = 34	ICF[2,2,1,6,3] = 1	ICF[2,3,2,10,5] = 59	ICF[3,1,1,7,8] = 66
ICF[2,1,1,8,7] = 1	ICF[2,2,1,6,4] = 13	ICF[2,3,2,10,7] = 1	ICF[3,1,2,10,6] = 1
ICF[2,1,1,8,8] = 1	ICF[2,2,1,6,5] = 1	ICF[2,3,2,10,8] = 2	ICF[3,1,2,3,11] = 1
ICF[2,1,1,8,9] = 1	ICF[2,2,1,6,8] = 1	ICF[2,3,2,3,1] = 84	ICF[3,1,2,6,8] = 1
ICF[2,1,1,8,10] = 1	ICF[2,2,1,6,11] = 1	ICF[2,3,2,3,3] = 153	ICF[3,2,1,8,4] = 41
ICF[2,1,1,8,12] = 1	ICF[2,2,1,7,14] = 8	ICF[2,3,2,3,7] = 44	ICF[3,2,1,8,5] = 60
ICF[2,1,1,10,13] = 23	ICF[2,2,2,8,3] = 95	ICF[2,3,2,3,9] = 1	ICF[3,2,1,8,7] = 1
ICF[2,1,1,3,5] = 1	ICF[2,2,2,8,11] = 8	ICF[2,3,2,3,13] = 75	ICF[3,2,1,8,10] = 1
ICF[2,1,1,3,10] = 1	ICF[2,2,2,8,14] = 2	ICF[2,3,2,3,14] = 51	ICF[3,2,1,8,11] = 85
ICF[2,1,1,6,8] = 1	ICF[2,2,2,3,2] = 105	ICF[2,3,2,6,10] = 20	ICF[3,2,1,8,13] = 69
ICF[2,1,1,6,11] = 48	ICF[2,2,2,10,5] = 66	ICF[2,3,2,6,12] = 65	ICF[3,2,1,10,1] = 33
ICF[2,1,1,7,14] = 145	ICF[2,2,2,10,7] = 95	ICF[3,1,1,7,3] = 70	ICF[3,2,1,10,3] = 20
ICF[2,1,2,8,2] = 1	ICF[2,2,2,10,8] = 82	ICF[2,3,2,7,6] = 1	ICF[3,2,1,10,6] = 1
ICF[2,1,2,8,3] = 54	ICF[2,2,2,10,9] = 10	ICF[2,3,2,7,11] = 40	ICF[3,2,1,10,9] = 60

ICF[3,2,1,10,10] = 1	ICF[3,3,1,6,1] = 87		
ICF[3,2,1,10,14] = 91	ICF[3,3,1,6,4] = 42		
ICF[3,2,1,10,2] = 91	ICF[3,3,1,6,8] = 45		
ICF[3,2,1,7,3] = 22	ICF[3,3,1,6,9] = 75		
ICF[3,2,1,3,6] = 1	ICF[3,3,1,6,11] = 1		
ICF[3,2,1,3,7] = 59	ICF[3,3,1,7,2] = 99		
ICF[3,2,1,3,10] = 41	ICF[3,3,1,7,5] = 63		
ICF[3,2,1,3,11] = 1	ICF[3,3,1,7,6] = 47		
ICF[3,2,1,3,12] = 41	ICF[3,3,1,7,8] = 44		
ICF[3,2,1,6,1] = 27	ICF[3,3,2,8,11] = 1		
ICF[3,2,1,6,6] = 94	ICF[3,3,2,10,6] = 1		
ICF[3,2,1,6,7] = 152	ICF[3,3,2,10,12] = 58		
ICF[3,2,1,6,8] = 82	ICF[3,3,2,3,11] = 1		
ICF[3,2,1,6,9] = 1	ICF[3,3,2,6,8] = 1		
ICF[3,2,1,6,11] = 1	ICF[3,3,2,6,13] = 153		
ICF[3,2,1,7,6] = 1	ICF[1,1,1,10,10] = 30		
ICF[3,2,1,7,8] = 41			
ICF[3,2,2,10,6] = 1			
ICF[3,2,2,3,11] = 3			
ICF[3,3,1,8,4] = 33			
ICF[3,3,1,8,5] = 17			
ICF[3,3,1,8,7] = 82			
ICF[3,3,1,8,10] = 76			
ICF[3,3,1,8,11] = 51			
ICF[3,3,1,8,14] = 151			
ICF[3,3,1,10,2] = 25			
ICF[3,3,1,10,3] = 141			
ICF[3,3,1,10,6] = 22			
ICF[3,3,1,10,9] = 82			
ICF[3,3,1,10,11] = 82			
ICF[3,3,1,10,13] = 56			
ICF[3,3,1,10,14] = 10			
ICF[3,3,1,3,4] = 162			
ICF[3,3,1,3,6] = 151			
ICF[3,3,1,3,7] = 9			
ICF[3,3,1,3,10] = 34			
ICF[3,3,1,3,11] = 12			
ICF[3,3,1,3,12] = 50			

BGL[1,1,1,5,7] = 1	BGL[2,3,2,2,8] = 1	BCF[1,1,2,6,11] = 1	BCF[3,1,1,8,6] = 1
BGL[1,1,2,1,12] = 1	BGL[2,3,2,2,9] = 1	BCF[1,2,2,6,3] = 1	BCF[3,1,1,8,7] = 1
BGL[1,1,2,2,1] = 1	BGL[2,3,2,3,1] = 1	BCF[1,2,2,6,12] = 1	BCF[3,1,1,10,2] = 1
BGL[1,1,2,2,4] = 1	BGL[2,3,2,3,3] = 1	BCF[1,2,2,7,9] = 1	BCF[3,1,1,10,3] = 1
BGL[1,1,2,3,8] = 1	BGL[2,3,2,3,14] = 1	BCF[1,3,1,9,13] = 1	BCF[3,1,1,9,6] = 1
BGL[1,1,2,3,9] = 1	BGL[2,3,2,5,5] = 1	BCF[1,3,2,8,4] = 1	BCF[3,1,1,7,3] = 1
BGL[1,1,2,4,2] = 1	BGL[2,3,2,5,11] = 1	BCF[1,3,2,6,4] = 1	BCF[3,2,1,8,13] = 1
BGL[1,1,2,4,11] = 1	BGL[3,1,1,1,6] = 1	BCF[1,3,2,6,13] = 1	BCF[3,2,1,6,1] = 1
BGL[1,2,2,4,3] = 1	BGL[3,1,1,1,7] = 1	BCF[1,3,2,6,14] = 1	BCF[3,2,1,6,6] = 1
BGL[1,2,2,4,12] = 1	BGL[3,1,1,2,2] = 1	BCF[1,3,2,7,2] = 1	BCF[3,3,1,8,5] = 1
BGL[1,2,2,5,9] = 1	BGL[3,1,1,2,3] = 1	BCF[1,3,2,7,8] = 1	BCF[3,3,1,8,11] = 1
BGL[1,3,1,3,13] = 1	BGL[3,1,1,3,6] = 1	BCF[1,3,2,7,10] = 1	BCF[3,3,1,8,14] = 1
BGL[1,3,2,1,4] = 1	BGL[3,1,1,5,3] = 1	BCF[1,3,2,7,12] = 1	BCF[3,3,1,10,10] = 1
BGL[1,3,2,4,4] = 1	BGL[3,2,1,1,13] = 1	BCF[1,3,2,7,13] = 1	BCF[3,3,1,10,11] = 1
BGL[1,3,2,4,13] = 1	BGL[3,2,1,4,1] = 1	BCF[2,1,1,6,5] = 1	BCF[3,3,1,10,14] = 1
BGL[1,3,2,4,14] = 1	BGL[3,2,1,4,6] = 1	BCF[2,1,2,10,7] = 1	BCF[3,3,1,9,4] = 1
BGL[1,3,2,5,2] = 1	BGL[3,3,1,1,5] = 1	BCF[2,1,2,9,2] = 1	BCF[3,3,1,9,7] = 1
BGL[1,3,2,5,8] = 1	BGL[3,3,1,1,11] = 1	BCF[2,1,2,7,1] = 1	BCF[3,3,1,9,11] = 1
BGL[1,3,2,5,10] = 1	BGL[3,3,1,1,14] = 1	BCF[2,2,1,8,8] = 1	BCF[3,3,1,9,12] = 1
BGL[1,3,2,5,12] = 1	BGL[3,3,1,2,10] = 1	BCF[2,2,1,10,13] = 1	BCF[3,3,1,6,7] = 1
BGL[1,3,2,5,13] = 1	BGL[3,3,1,2,11] = 1	BCF[2,2,1,9,5] = 1	BCF[3,3,1,6,8] = 1
BGL[2,1,1,4,5] = 1	BGL[3,3,1,2,14] = 1	BCF[2,2,1,9,10] = 1	BCF[3,3,1,6,9] = 1
BGL[2,1,2,2,7] = 1	BGL[3,3,1,3,4] = 1	BCF[2,2,2,6,10] = 1	BCF[3,3,1,7,6] = 1
BGL[2,1,2,3,2] = 1	BGL[3,3,1,3,7] = 1	BCF[2,2,2,7,4] = 1	BCF[3,3,2,10,6] = 1
BGL[2,1,2,5,1] = 1	BGL[3,3,1,3,11] = 1	BCF[2,3,1,8,9] = 1	
BGL[2,2,1,1,8] = 1	BGL[3,3,1,3,12] = 1	BCF[2,3,1,8,10] = 1	
BGL[2,2,1,2,13] = 1	BGL[3,3,1,4,7] = 1	BCF[2,3,1,7,14] = 1	
BGL[2,2,1,3,5] = 1	BGL[3,3,1,4,8] = 1	BCF[2,3,2,8,1] = 1	
BGL[2,2,1,3,10] = 1	BGL[3,3,1,4,9] = 1	BCF[2,3,2,8,2] = 1	
BGL[2,2,2,4,10] = 1	BGL[3,3,1,5,6] = 1	BCF[2,3,2,8,3] = 1	
BGL[2,2,2,5,4] = 1	BGL[3,3,2,2,6] = 1	BCF[2,3,2,10,5] = 1	
BGL[2,3,1,1,9] = 1	BCF[1,1,1,7,7] = 1	BCF[2,3,2,10,8] = 1	
BGL[2,3,1,1,10] = 1	BCF[1,1,2,8,12] = 1	BCF[2,3,2,10,9] = 1	
BGL[2,3,1,5,14] = 1	BCF[1,1,2,10,1] = 1	BCF[2,3,2,9,1] = 1	
BGL[2,3,2,1,1] = 1	BCF[1,1,2,10,4] = 1	BCF[2,3,2,9,3] = 1	
BGL[2,3,2,1,2] = 1	BCF[1,1,2,9,8] = 1	BCF[2,3,2,9,14] = 1	
BGL[2,3,2,1,3] = 1	BCF[1,1,2,9,9] = 1	BCF[2,3,2,7,5] = 1	
BGL[2,3,2,2,5] = 1	BCF[1,1,2,6,2] = 1	BCF[2,3,2,7,11] = 1	

CGL[1,1,2,3,5] = 1	CGL[2,3,2,3,13] = 1	CCF[1,3,2,10,4] = 1	CCF[3,1,1,9,4] = 1
CGL[1,1,2,5,7] = 1	CGL[2,3,2,4,14] = 1	CCF[1,3,2,9,8] = 1	CCF[3,1,1,9,12] = 1
CGL[1,1,2,5,13] = 1	CGL[2,3,2,5,11] = 1	CCF[1,3,2,9,14] = 1	CCF[3,1,1,6,1] = 1
CGL[1,2,1,5,6] = 1	CGL[3,1,1,1,10] = 1	CCF[1,3,2,6,2] = 1	CCF[3,1,1,6,9] = 1
CGL[1,2,2,4,3] = 1	CGL[3,1,1,2,9] = 1	CCF[1,3,2,6,11] = 1	CCF[3,2,1,8,5] = 1
CGL[1,2,2,5,1] = 1	CGL[3,1,1,2,10] = 1	CCF[1,3,2,6,13] = 1	CCF[3,2,1,8,6] = 1
CGL[1,3,2,1,12] = 1	CGL[3,1,1,2,14] = 1	CCF[1,3,2,7,8] = 1	CCF[3,2,1,8,13] = 1
CGL[1,3,2,2,4] = 1	CGL[3,1,1,3,4] = 1	CCF[1,3,2,7,9] = 1	CCF[3,2,1,10,1] = 1
CGL[1,3,2,3,8] = 1	CGL[3,1,1,3,12] = 1	CCF[1,3,2,7,12] = 1	CCF[3,2,1,6,6] = 1
CGL[1,3,2,3,14] = 1	CGL[3,1,1,4,1] = 1	CCF[2,1,1,7,14] = 1	CCF[3,3,1,8,4] = 1
CGL[1,3,2,4,2] = 1	CGL[3,1,1,4,9] = 1	CCF[2,1,2,8,1] = 1	CCF[3,3,1,8,14] = 1
CGL[1,3,2,4,11] = 1	CGL[3,2,1,1,5] = 1	CCF[2,1,2,7,3] = 1	CCF[3,3,1,10,2] = 1
CGL[1,3,2,4,13] = 1	CGL[3,2,1,1,6] = 1	CCF[2,1,2,7,4] = 1	GCF[3,3,1,10,3] = 1
CGL[1,3,2,5,8] = 1	CGL[3,2,1,1,13] = 1	CCF[2,1,2,7,10] = 1	CCF[3,3,1,10,13] = 1
CGL[1,3,2,5,9] = 1	CGL[3,2,1,2,1] = 1	CCF[2,2,1,8,7] = 1	CCF[3,3,1,9,6] = 1
CGL[1,3,2,5,12] = 1	CGL[3,2,1,4,6] = 1	CCF[2,2,2,8,2] = 1	CCF[3,3,1,9,10] = 1
CGL[2,1,1,5,14] = 1	CGL[3,3,1,1,4] = 1	CCF[2,2,2,8,3] = 1	CCF[3,3,1,9,11] = 1
CGL[2,1,2,1,1] = 1	CGL[3,3,1,1,14] = 1	CCF[2,2,2,9,2] = 1	CCF[3,3,1,6,7] = 1
CGL[2,1,2,5,3] = 1	CGL[3,3,1,2,2] = 1	CCF[2,2,2,9,7] = 1	CCF[3,3,1,6,8] = 1
CGL[2,1,2,5,4] = 1	GGL[3,3,1,2,3] = 1	CCF[2,2,2,6,10] = 1	CCF[3,3,1,7,2] = 1
CGL[2,1,2,5,10] = 1	CGL[3,3,1,2,13] = 1	CCF[2,3,1,8,8] = 1	CCF[3,3,1,7,5] = 1
CGL[2,2,1,1,7] = 1	CGL[3,3,1,3,6] = 1	CCF[2,3,1,8,9] = 1	CCF[3,3,2,8,11] = 1
CGL[2,2,2,1,2] = 1	CGL[3,3,1,3,10] = 1	CCF[2,3,1,9,9] = 1	CCF[3,3,2,10,6] = 1
CGL[2,2,2,1,3] = 1	CGL[3,3,1,3,11] = 1	CCF[2,3,1,6,4] = 1	CCF[3,3,2,10,12] = 1
CGL[2,2,2,3,2] = 1	CGL[3,3,1,4,7] = 1	CCF[2,3,1,6,5] = 1	
CGL[2,2,2,3,7] = 1	CGL[3,3,1,4,8] = 1	CCF[2,3,2,10,5] = 1	
CGL[2,2,2,4,10] = 1	CGL[3,3,1,5,2] = 1	CCF[2,3,2,10,7] = 1	
CGL[2,3,1,1,8] = 1	CGL[3,3,1,5,5] = 1	CCF[2,3,2,10,8] = 1	
CGL[2,3,1,1,9] = 1	CGL[3,3,2,1,11] = 1	CCF[2,3,2,10,11] = 1	
CGL[2,3,1,3,9] = 1	CGL[3,3,2,2,6] = 1	CCF[2,3,2,9,1] = 1	
CGL[2,3,1,4,4] = 1	CGL[3,3,2,2,12] = 1	CCF[2,3,2,9,3] = 1	
CGL[2,3,1,4,5] = 1	CCF[1,1,2,9,5] = 1	CCF[2,3,2,9,13] = 1	
CGL[2,3,2,2,5] = 1	CCF[1,1,2,7,7] = 1	CCF[2,3,2,6,14] = 1	
CGL[2,3,2,2,7] = 1	CCF[1,1,2,7,13] = 1	CCF[2,3,2,7,11] = 1	
CGL[2,3,2,2,8] = 1	CCF[1,2,1,7,6] = 1	CCF[3,1,1,8,10] = 1	
CGL[2,3,2,2,11] = 1	CCF[1,2,2,6,3] = 1	CCF[3,1,1,10,9] = 1	
CGL[2,3,2,3,1] = 1	CCF[1,2,2,7,1] = 1	CCF[3,1,1,10,10] = 1	
CGL[2,3,2,3,3] = 1	CCF[1,3,2,8,12] = 1	CCF[3,1,1,10,14] = 1	

XGL[1,1,5,7] = 1	XGL[3,1,2,14] = 1	XCF[2,2,7,11] = 1	
XGL[1,2,1,4] = 1	XGL[3,1,3,4] = 1	XCF[3,1,8,5] = 1	
XGL[1,2,2,4] = 1	XGL[3,1,3,7] = 1	XCF[3,1,8,6] = 1	
XGL[1,2,3,9] = 1	XGL[3,1,3,11] = 1	XCF[3,1,8,7] = 1	
XGL[1,2,4,2] = 1	XGL[3,1,3,12] = 1	XCF[3,1,8,11] = 1	
XGL[1,2,4,3] = 1	XGL[3,1,4,7] = 1	XCF[3,1,8,14] = 1	
XGL[1,2,4,4] = 1	XGL[3,1,4,8] = 1	XCF[3,1,10,2] = 1	
XGL[1,2,4,12] = 1	XGL[3,1,4,9] = 1	XCF[3,1,10,3] = 1	
XGL[1,2,4,13] = 1	XGL[3,1,5,2] = 1	XCF[3,1,10,10] = 1	
XGL[1,2,4,14] = 1	XGL[3,1,5,3] = 1	XCF[3,1,10,11] = 1	
XGL[1,2,5,8] = 1	XCF[1,1,7,7] = 1	XCF[3,1,10,14] = 1	
XGL[1,2,5,9] = 1	XCF[1,2,8,4] = 1	XCF[3,1,9,4] = 1	
XGL[1,2,5,10] = 1	XCF[1,2,10,4] = 1	XCF[3,1,9,7] = 1	
XGL[1,2,5,13] = 1	XCF[1,2,9,9] = 1	XCF[3,1,9,11] = 1	
XGL[2,1,1,8] = 1	XCF[1,2,6,2] = 1	XCF[3,1,9,12] = 1	
XGL[2,1,1,9] = 1	XCF[1,2,6,3] = 1	XCF[3,1,6,7] = 1	
XGL[2,1,1,10] = 1	XCF[1,2,6,4] = 1	XCF[3,1,6,8] = 1	
XGL[2,1,3,10] = 1	XCF[1,2,6,12] = 1	XCF[3,1,6,9] = 1	
XGL[2,1,4,5] = 1	XCF[1,2,6,13] = 1	XCF[3,1,7,2] = 1	
XGL[2,2,1,2] = 1	XCF[1,2,6,14] = 1	XCF[3,1,7,3] = 1	
XGL[2,2,1,3] = 1	XCF[1,2,7,8] = 1		
XGL[2,2,2,8] = 1	XCF[1,2,7,9] = 1		
XGL[2,2,2,9] = 1	XCF[1,2,7,10] = 1		
XGL[2,2,2,12] = 1	XCF[1,2,7,13] = 1		
XGL[2,2,3,2] = 1	XCF[2,1,8,8] = 1		
XGL[2,2,3,3] = 1	XCF[2,1,8,9] = 1		
XGL[2,2,3,14] = 1	XCF[2,1,8,10] = 1		
XGL[2,2,5,4] = 1	XCF[2,1,9,10] = 1		
XGL[2,2,5,5] = 1	XCF[2,1,6,5] = 1		
XGL[2,2,5,6] = 1	XCF[2,2,7,6] = 1		
XGL[2,2,5,11] = 1	XCF[2,2,8,2] = 1		
XGL[3,1,1,5] = 1	XCF[2,2,8,3] = 1		
XGL[3,1,1,6] = 1	XCF[2,2,10,8] = 1		
XGL[3,1,1,7] = 1	XCF[2,2,10,9] = 1		
XGL[3,1,1,11] = 1	XCF[2,2,10,12] = 1		
XGL[3,1,1,14] = 1	XCF[2,2,9,2] = 1		
XGL[3,1,2,2] = 1	XCF[2,2,9,3] = 1		
XGL[3,1,2,3] = 1	XCF[2,2,9,14] = 1		
XGL[3,1,2,10] = 1	XCF[2,2,7,4] = 1		
XGL[3,1,2,11] = 1	XCF[2,2,7,5] = 1		

附錄 D 批量工作站重新求解(列出非 0 之變數)

pdmto[1,1,1,1] = 10	pdmto[1,1,6,6] = 5	pdmto[1,2,3,10] = 25	pdmto[1,3,1,7] = 15
pdmto[1,1,1,2] = 5	pdmto[1,1,6,8] = 5	pdmto[1,2,3,11] = 5	pdmto[1,3,1,9] = 14
pdmto[1,1,1,4] = 21	pdmto[1,1,6,12] = 10	pdmto[1,2,4,3] = 10	pdmto[1,3,1,10] = 20
pdmto[1,1,1,5] = 15	pdmto[1,1,7,1] = 5	pdmto[1,2,4,4] = 6	pdmto[1,3,1,11] = 4
pdmto[1,1,1,7] = 16	pdmto[1,1,7,2] = 25	pdmto[1,2,4,5] = 3	pdmto[1,3,1,13] = 5
pdmto[1,1,1,8] = 5	pdmto[1,1,7,3] = 5	pdmto[1,2,4,8] = 15	pdmto[1,3,1,14] = 5
pdmto[1,1,1,9] = 25	pdmto[1,1,7,5] = 5	pdmto[1,2,4,12] = 10	pdmto[1,3,2,1] = 15
pdmto[1,1,1,11] = 15	pdmto[1,1,7,6] = 5	pdmto[1,2,4,13] = 10	pdmto[1,3,2,2] = 20
pdmto[1,1,1,13] = 4	pdmto[1,1,7,8] = 10	pdmto[1,2,5,2] = 15	pdmto[1,3,2,5] = 25
pdmto[1,1,1,14] = 10	pdmto[1,1,7,14] = 5	pdmto[1,2,5,3] = 15	pdmto[1,3,2,6] = 5
pdmto[1,1,2,2] = 10	pdmto[1,1,8,4] = 5	pdmto[1,2,5,5] = 25	pdmto[1,3,2,7] = 5
pdmto[1,1,2,3] = 10	pdmto[1,1,8,5] = 25	pdmto[1,2,5,6] = 5	pdmto[1,3,2,8] = 6
pdmto[1,1,2,5] = 5	pdmto[1,1,8,6] = 25	pdmto[1,2,5,7] = 5	pdmto[1,3,2,10] = 5
pdmto[1,1,2,6] = 5	pdmto[1,1,8,9] = 5	pdmto[1,2,5,8] = 15	pdmto[1,3,2,12] = 5
pdmto[1,1,2,7] = 10	pdmto[1,1,8,11] = 5	pdmto[1,2,5,9] = 25	pdmto[1,3,2,13] = 15
pdmto[1,1,2,8] = 5	pdmto[1,1,8,12] = 20	pdmto[1,2,5,10] = 5	pdmto[1,3,3,1] = 10
pdmto[1,1,2,9] = 25	pdmto[1,1,8,13] = 5	pdmto[1,2,5,12] = 5	pdmto[1,3,3,2] = 20
pdmto[1,1,2,13] = 5	pdmto[1,1,8,14] = 20	pdmto[1,2,6,1] = 17	pdmto[1,3,3,3] = 10
pdmto[1,1,2,14] = 20	pdmto[1,2,1,1] = 5	pdmto[1,2,6,3] = 5	pdmto[1,3,3,4] = 4
pdmto[1,1,3,1] = 15	pdmto[1,2,1,3] = 15	pdmto[1,2,6,4] = 25	pdmto[1,3,3,5] = 10
pdmto[1,1,3,3] = 10	pdmto[1,2,1,4] = 5	pdmto[1,2,6,5] = 5	pdmto[1,3,3,7] = 2
pdmto[1,1,3,5] = 5	pdmto[1,2,1,5] = 12	pdmto[1,2,6,6] = 5	pdmto[1,3,3,8] = 4
pdmto[1,1,3,8] = 5	pdmto[1,2,1,6] = 20	pdmto[1,2,6,7] = 7	pdmto[1,3,3,9] = 20
pdmto[1,1,3,9] = 15	pdmto[1,2,1,8] = 20	pdmto[1,2,6,10] = 20	pdmto[1,3,3,11] = 25
pdmto[1,1,3,11] = 20	pdmto[1,2,1,9] = 9	pdmto[1,2,6,12] = 15	pdmto[1,3,3,13] = 10
pdmto[1,1,3,12] = 15	pdmto[1,2,1,10] = 5	pdmto[1,2,6,13] = 4	pdmto[1,3,3,14] = 20
pdmto[1,1,4,2] = 5	pdmto[1,2,1,13] = 25	pdmto[1,2,7,2] = 5	pdmto[1,3,4,1] = 15
pdmto[1,1,4,5] = 25	pdmto[1,2,1,14] = 5	pdmto[1,2,7,3] = 20	pdmto[1,3,4,2] = 15
pdmto[1,1,4,6] = 20	pdmto[1,2,2,4] = 4	pdmto[1,2,7,4] = 20	pdmto[1,3,4,3] = 5
pdmto[1,1,4,8] = 25	pdmto[1,2,2,7] = 5	pdmto[1,2,7,7] = 5	pdmto[1,3,4,5] = 10
pdmto[1,1,4,9] = 10	pdmto[1,2,2,9] = 10	pdmto[1,2,7,10] = 4	pdmto[1,3,4,6] = 5
pdmto[1,1,4,11] = 25	pdmto[1,2,2,10] = 5	pdmto[1,2,7,13] = 5	pdmto[1,3,4,7] = 20
pdmto[1,1,4,14] = 5	pdmto[1,2,2,11] = 20	pdmto[1,2,7,14] = 10	pdmto[1,3,4,9] = 16
pdmto[1,1,5,2] = 20	pdmto[1,2,2,12] = 25	pdmto[1,2,8,4] = 5	pdmto[1,3,4,12] = 10
pdmto[1,1,5,3] = 5	pdmto[1,2,3,2] = 10	pdmto[1,2,8,5] = 5	pdmto[1,3,4,13] = 5
pdmto[1,1,5,4] = 4	pdmto[1,2,3,7] = 8	pdmto[1,2,8,7] = 25	pdmto[1,3,4,14] = 20
pdmto[1,1,5,6] = 5	pdmto[1,2,3,8] = 15	pdmto[1,2,8,11] = 5	pdmto[1,3,5,1] = 15
pdmto[1,1,5,12] = 10	pdmto[1,2,3,9] = 5	pdmto[1,2,8,12] = 10	pdmto[1,3,5,3] = 10
pdmto[1,1,5,13] = 5	pdmto[1,2,3,10] = 25	pdmto[1,2,8,13] = 5	pdmto[1,3,5,4] = 13
pdmto[1,1,5,14] = 5	pdmto[1,2,3,11] = 5	pdmto[1,2,8,14] = 15	pdmto[1,3,5,7] = 10
pdmto[1,1,6,3] = 25	pdmto[1,2,4,3] = 10	pdmto[1,3,1,2] = 10	pdmto[1,3,5,8] = 5

pdmto[1,3,5,9] = 15	pdmto[2,1,2,3] = 10	pdmto[2,1,8,3] = 20	pdmto[2,2,4,7] = 20
pdmto[1,3,5,11] = 15	pdmto[2,1,2,4] = 19	pdmto[2,1,8,4] = 20	pdmto[2,2,4,9] = 4
pdmto[1,3,5,13] = 15	pdmto[2,1,2,5] = 5	pdmto[2,1,8,5] = 5	pdmto[2,2,4,10] = 5
pdmto[1,3,5,14] = 20	pdmto[2,1,2,7] = 15	pdmto[2,1,8,6] = 7	pdmto[2,2,4,11] = 10
pdmto[1,3,6,1] = 10	pdmto[2,1,2,8] = 5	pdmto[2,1,8,7] = 5	pdmto[2,2,4,12] = 15
pdmto[1,3,6,2] = 20	pdmto[2,1,2,10] = 24	pdmto[2,1,8,8] = 25	pdmto[2,2,4,14] = 5
pdmto[1,3,6,4] = 5	pdmto[2,1,3,1] = 5	pdmto[2,1,8,9] = 4	pdmto[2,2,5,1] = 25
pdmto[1,3,6,5] = 15	pdmto[2,1,3,2] = 15	pdmto[2,1,8,10] = 25	pdmto[2,2,5,3] = 5
pdmto[1,3,6,7] = 5	pdmto[2,1,3,3] = 15	pdmto[2,1,8,11] = 25	pdmto[2,2,5,4] = 12
pdmto[1,3,6,8] = 10	pdmto[2,1,3,4] = 20	pdmto[2,2,1,2] = 20	pdmto[2,2,5,5] = 5
pdmto[1,3,6,9] = 5	pdmto[2,1,3,5] = 5	pdmto[2,2,1,3] = 25	pdmto[2,2,5,7] = 11
pdmto[1,3,6,13] = 15	pdmto[2,1,3,8] = 15	pdmto[2,2,1,4] = 10	pdmto[2,2,5,8] = 17
pdmto[1,3,7,1] = 5	pdmto[2,1,3,10] = 15	pdmto[2,2,1,5] = 10	pdmto[2,2,5,9] = 15
pdmto[1,3,7,2] = 5	pdmto[2,1,3,12] = 20	pdmto[2,2,1,7] = 5	pdmto[2,2,5,10] = 5
pdmto[1,3,7,4] = 7	pdmto[2,1,3,13] = 2	pdmto[2,2,1,8] = 5	pdmto[2,2,5,11] = 15
pdmto[1,3,7,5] = 20	pdmto[2,1,4,1] = 5	pdmto[2,2,1,9] = 5	pdmto[2,2,5,12] = 5
pdmto[1,3,7,7] = 3	pdmto[2,1,4,2] = 10	pdmto[2,2,1,10] = 20	pdmto[2,2,5,14] = 10
pdmto[1,3,7,9] = 10	pdmto[2,1,4,3] = 15	pdmto[2,2,1,11] = 19	pdmto[2,2,6,1] = 10
pdmto[1,3,7,10] = 25	pdmto[2,1,4,4] = 21	pdmto[2,2,1,12] = 10	pdmto[2,2,6,3] = 5
pdmto[1,3,7,11] = 25	pdmto[2,1,4,5] = 10	pdmto[2,2,1,14] = 24	pdmto[2,2,6,4] = 5
pdmto[1,3,7,12] = 15	pdmto[2,1,4,7] = 19	pdmto[2,2,2,1] = 10	pdmto[2,2,6,5] = 5
pdmto[1,3,7,13] = 19	pdmto[2,1,4,12] = 10	pdmto[2,2,2,2] = 5	pdmto[2,2,6,7] = 5
pdmto[1,3,7,14] = 25	pdmto[2,1,4,13] = 5	pdmto[2,2,2,3] = 5	pdmto[2,2,6,9] = 9
pdmto[1,3,8,1] = 10	pdmto[2,1,5,3] = 10	pdmto[2,2,2,4] = 10	pdmto[2,2,6,10] = 14
pdmto[1,3,8,3] = 5	pdmto[2,1,5,7] = 15	pdmto[2,2,2,5] = 15	pdmto[2,2,6,11] = 25
pdmto[1,3,8,4] = 21	pdmto[2,1,5,8] = 5	pdmto[2,2,2,7] = 24	pdmto[2,2,6,12] = 15
pdmto[1,3,8,5] = 15	pdmto[2,1,5,10] = 19	pdmto[2,2,2,8] = 10	pdmto[2,2,6,14] = 15
pdmto[1,3,8,6] = 3	pdmto[2,1,5,11] = 20	pdmto[2,2,2,10] = 20	pdmto[2,2,7,1] = 10
pdmto[1,3,8,7] = 20	pdmto[2,1,5,12] = 15	pdmto[2,2,2,12] = 10	pdmto[2,2,7,2] = 15
pdmto[1,3,8,8] = 5	pdmto[2,1,6,8] = 10	pdmto[2,2,2,14] = 10	pdmto[2,2,7,3] = 15
pdmto[1,3,8,9] = 15	pdmto[2,1,6,9] = 25	pdmto[2,2,3,1] = 5	pdmto[2,2,7,4] = 25
pdmto[1,3,8,11] = 15	pdmto[2,1,6,10] = 5	pdmto[2,2,3,3] = 10	pdmto[2,2,7,7] = 20
pdmto[1,3,8,13] = 10	pdmto[2,1,7,1] = 15	pdmto[2,2,3,4] = 5	pdmto[2,2,7,8] = 25
pdmto[2,1,1,1] = 20	pdmto[2,1,7,2] = 10	pdmto[2,2,3,5] = 21	pdmto[2,2,7,10] = 10
pdmto[2,1,1,4] = 15	pdmto[2,1,7,3] = 10	pdmto[2,2,3,7] = 10	pdmto[2,2,7,12] = 20
pdmto[2,1,1,5] = 4	pdmto[2,1,7,6] = 5	pdmto[2,2,3,10] = 5	pdmto[2,2,8,1] = 20
pdmto[2,1,1,6] = 5	pdmto[2,1,7,7] = 5	pdmto[2,2,3,12] = 20	pdmto[2,2,8,2] = 25
pdmto[2,1,1,7] = 5	pdmto[2,1,7,8] = 5	pdmto[2,2,3,14] = 5	pdmto[2,2,8,3] = 10
pdmto[2,1,1,8] = 13	pdmto[2,1,7,11] = 5	pdmto[2,2,4,1] = 15	pdmto[2,2,8,5] = 5
pdmto[2,1,1,10] = 5	pdmto[2,1,7,12] = 10	pdmto[2,2,4,2] = 15	pdmto[2,2,8,8] = 25
pdmto[2,1,1,12] = 25	pdmto[2,1,8,1] = 10	pdmto[2,2,4,3] = 20	pdmto[2,2,8,9] = 20
pdmto[2,1,2,1] = 10	pdmto[2,1,8,2] = 15	pdmto[2,2,4,5] = 4	pdmto[2,2,8,11] = 10

pdmto[2,2,8,14] = 3	pdmto[2,3,7,13] = 5	pdmts[1,1,3,6] = 1	pdmts[3,3,2,13] = 18
pdmto[2,3,1,2] = 15	pdmto[2,3,7,14] = 5	pdmts[1,1,5,8] = 1	pdmts[3,3,3,13] = 25
pdmto[2,3,1,3] = 10	pdmto[2,3,8,1] = 20	pdmts[1,2,1,7] = 2	pdmts[3,3,4,13] = 5
pdmto[2,3,1,12] = 24	pdmto[2,3,8,10] = 15	pdmts[1,3,1,4] = 5	pdmts[3,3,6,13] = 25
pdmto[2,3,1,13] = 9	pdmto[2,3,8,13] = 5	pdmts[1,3,2,3] = 10	pdmts[3,3,8,13] = 25
pdmto[2,3,2,5] = 5	pdmto[3,1,6,8] = 1	pdmts[1,3,2,4] = 5	
pdmto[2,3,2,8] = 2	pdmto[3,1,7,11] = 1	pdmts[1,3,2,12] = 15	
pdmto[2,3,2,9] = 1	pdmto[3,1,8,6] = 1	pdmts[1,3,3,8] = 1	
pdmto[2,3,2,11] = 15	pdmto[3,2,5,6] = 1	pdmts[1,3,4,4] = 10	
pdmto[2,3,2,12] = 1	pdmto[3,2,6,11] = 3	pdmts[1,3,5,12] = 10	
pdmto[2,3,2,13] = 5	pdmto[3,3,2,11] = 2	pdmts[1,3,7,7] = 2	
pdmto[2,3,2,14] = 5	pdmto[3,3,3,12] = 3	pdmts[1,3,7,8] = 5	
pdmto[2,3,3,1] = 5	pdmto[3,3,5,13] = 25	pdmts[1,3,8,12] = 5	
pdmto[2,3,3,5] = 10	pdmto[3,3,6,8] = 1	pdmts[2,1,1,11] = 20	
pdmto[2,3,3,7] = 15	pdmto[3,3,6,12] = 15	pdmts[2,1,2,11] = 20	
pdmto[2,3,3,13] = 6	pdmto[3,3,7,12] = 15	pdmts[2,1,3,11] = 10	
pdmto[2,3,3,14] = 25	pdmto[3,3,7,13] = 15	pdmts[2,1,4,11] = 20	
pdmto[2,3,4,1] = 25	pdmto[3,3,8,12] = 25	pdmts[2,1,6,11] = 25	
pdmto[2,3,4,11] = 5		pdmts[2,1,7,11] = 20	
pdmto[2,3,4,12] = 15		pdmts[2,2,6,2] = 25	
pdmto[2,3,4,13] = 20		pdmts[2,2,7,5] = 1	
pdmto[2,3,4,14] = 5		pdmts[2,3,1,1] = 25	
pdmto[2,3,5,2] = 25		pdmts[2,3,1,2] = 7	
pdmto[2,3,5,3] = 15		pdmts[2,3,1,3] = 10	
pdmto[2,3,5,5] = 20		pdmts[2,3,1,12] = 1	
pdmto[2,3,5,6] = 1		pdmts[2,3,1,14] = 5	
pdmto[2,3,5,11] = 10		pdmts[2,3,2,1] = 25	
pdmto[2,3,5,12] = 15		pdmts[2,3,2,2] = 25	
pdmto[2,3,5,13] = 10		pdmts[2,3,2,3] = 25	
pdmto[2,3,6,3] = 25		pdmts[2,3,2,12] = 4	
pdmto[2,3,6,5] = 9		pdmts[2,3,3,1] = 20	
pdmto[2,3,6,7] = 10		pdmts[2,3,3,2] = 15	
pdmto[2,3,6,11] = 5		pdmts[2,3,3,3] = 15	
pdmto[2,3,6,12] = 5		pdmts[2,3,4,2] = 15	
pdmto[2,3,6,13] = 15		pdmts[2,3,4,3] = 10	
pdmto[2,3,6,14] = 5		pdmts[2,3,5,1] = 20	
pdmto[2,3,7,1] = 25		pdmts[2,3,6,1] = 20	
pdmto[2,3,7,3] = 10		pdmts[2,3,6,2] = 15	
pdmto[2,3,7,5] = 15		pdmts[2,3,8,2] = 20	
pdmto[2,3,7,7] = 20		pdmts[2,3,8,3] = 25	
pdmto[2,3,7,10] = 5		pdmts[2,3,8,14] = 1	
pdmto[2,3,7,11] = 5		pdmts[3,3,1,13] = 15	

B[1,1,1,2] = 1	C[1,1,1,1] = 1	X[1,1,1,2] = 1	X[3,2,4,12] = 1
B[1,1,4,2] = 1	C[1,1,4,1] = 1	X[1,1,4,2] = 1	X[3,2,7,12] = 1
B[1,1,4,3] = 1	C[1,1,4,2] = 1	X[1,1,4,3] = 1	X[3,2,8,3] = 1
B[1,1,5,2] = 1	C[1,1,5,1] = 1	X[1,1,5,2] = 1	X[3,3,8,12] = 1
B[1,1,5,3] = 1	C[1,1,5,2] = 1	X[1,1,5,3] = 1	
B[1,1,7,11] = 1	C[1,1,7,10] = 1	X[1,1,7,11] = 1	
B[1,2,1,5] = 1	C[1,2,1,4] = 1	X[1,2,1,5] = 1	
B[1,2,2,3] = 1	C[1,2,2,2] = 1	X[1,2,2,3] = 1	
B[1,2,2,7] = 1	C[1,2,2,6] = 1	X[1,2,2,7] = 1	
B[1,2,3,11] = 1	C[1,2,3,10] = 1	X[1,2,3,11] = 1	
B[1,2,4,11] = 1	C[1,2,4,10] = 1	X[1,2,4,11] = 1	
B[1,2,5,11] = 1	C[1,2,5,10] = 1	X[1,2,5,11] = 1	
B[1,3,1,3] = 1	C[1,3,1,2] = 1	X[1,3,1,3] = 1	
B[1,3,3,3] = 1	C[1,3,3,2] = 1	X[1,3,3,3] = 1	
B[2,1,2,2] = 1	C[2,1,5,12] = 1	X[2,1,6,13] = 1	
B[2,1,6,13] = 1	C[2,1,6,12] = 1	X[2,2,2,11] = 1	
B[2,2,2,11] = 1	C[2,2,2,10] = 1	X[2,2,6,11] = 1	
B[2,2,6,11] = 1	C[2,2,6,10] = 1	X[2,2,6,12] = 1	
B[2,2,6,12] = 1	C[2,2,6,11] = 1	X[2,3,1,1] = 1	
B[2,3,5,12] = 1	C[2,3,2,1] = 1	X[2,3,2,1] = 1	
B[2,3,6,3] = 1	C[2,3,5,11] = 1	X[2,3,3,1] = 1	
B[2,3,7,2] = 1	C[2,3,6,2] = 1	X[2,3,4,1] = 1	
B[2,3,7,13] = 1	C[2,3,7,1] = 1	X[2,3,5,1] = 1	
B[2,3,8,2] = 1	C[2,3,7,12] = 1	X[2,3,5,12] = 1	
B[2,3,8,11] = 1	C[2,3,8,1] = 1	X[2,3,6,1] = 1	
B[3,1,1,11] = 1	C[2,3,8,10] = 1	X[2,3,6,3] = 1	
B[3,1,1,13] = 1	C[3,1,1,10] = 1	X[2,3,7,1] = 1	
B[3,1,3,2] = 1	C[3,1,1,12] = 1	X[2,3,7,2] = 1	
B[3,1,6,2] = 1	C[3,1,3,1] = 1	X[2,3,7,13] = 1	
B[3,1,7,3] = 1	C[3,1,6,1] = 1	X[2,3,8,1] = 1	
B[3,1,7,7] = 1	C[3,1,6,8] = 1	X[2,3,8,2] = 1	
B[3,2,1,12] = 1	C[3,1,7,2] = 1	X[2,3,8,11] = 1	
B[3,2,2,12] = 1	C[3,1,7,6] = 1	X[3,1,1,11] = 1	
B[3,2,3,12] = 1	C[3,2,1,11] = 1	X[3,1,1,13] = 1	
B[3,2,4,12] = 1	C[3,2,2,11] = 1	X[3,1,3,2] = 1	
B[3,2,7,12] = 1	C[3,2,3,11] = 1	X[3,1,6,2] = 1	
B[3,2,8,3] = 1	C[3,2,4,11] = 1	X[3,1,7,3] = 1	
B[3,3,5,13] = 1	C[3,2,7,11] = 1	X[3,1,7,7] = 1	
B[3,3,8,12] = 1	C[3,2,8,2] = 1	X[3,2,1,12] = 1	
	C[3,3,8,11] = 1	X[3,2,2,12] = 1	
		X[3,2,3,12] = 1	

附錄 E 瓶頸工作站僅以 MTO 求解(列出非 0 之變數)

IGL[1,1,1,1,14] = 57	IGL[1,3,1,1,3] = 30	IGL[2,1,1,2,13] = 4	IGL[2,2,2,5,8] = 94
IGL[1,1,1,2,6] = 65	IGL[1,3,1,1,5] = 16	IGL[2,1,1,3,4] = 65	IGL[2,3,1,1,4] = 18
IGL[1,1,1,2,10] = 9	IGL[1,3,1,1,8] = 4	IGL[2,1,1,3,8] = 28	IGL[2,3,1,1,5] = 63
IGL[1,1,1,3,1] = 24	IGL[1,3,1,1,10] = 50	IGL[2,1,1,3,14] = 50	IGL[2,3,1,1,6] = 5
IGL[1,1,1,4,1] = 1	IGL[1,3,1,1,13] = 1	IGL[2,1,1,4,9] = 30	IGL[2,3,1,1,7] = 72
IGL[1,1,1,4,3] = 55	IGL[1,3,1,2,1] = 57	IGL[2,1,1,4,10] = 87	IGL[2,3,1,1,13] = 65
IGL[1,1,1,4,12] = 55	IGL[1,3,1,2,5] = 9	IGL[2,1,1,5,5] = 29	IGL[2,3,1,2,1] = 1
IGL[1,1,1,4,13] = 80	IGL[1,3,1,2,6] = 1	IGL[2,1,1,5,8] = 42	IGL[2,3,1,2,4] = 1
IGL[1,1,1,5,1] = 5	IGL[1,3,1,2,7] = 8	IGL[2,1,1,5,13] = 2	IGL[2,3,1,2,5] = 12
IGL[1,1,1,5,14] = 8	IGL[1,3,1,2,9] = 95	IGL[2,1,2,1,2] = 50	IGL[2,3,1,2,6] = 1
IGL[1,1,2,1,10] = 21	IGL[1,3,1,2,11] = 90	IGL[2,1,2,3,1] = 63	IGL[2,3,1,3,6] = 34
IGL[1,1,2,3,4] = 30	IGL[1,3,1,2,13] = 85	IGL[2,1,2,4,7] = 61	IGL[2,3,1,5,2] = 40
IGL[1,1,2,3,7] = 30	IGL[1,3,1,3,1] = 16	IGL[2,1,2,5,3] = 80	IGL[2,3,2,1,1] = 74
IGL[1,1,2,3,9] = 13	IGL[1,3,1,3,2] = 65	IGL[2,1,2,5,12] = 80	IGL[2,3,2,1,12] = 60
IGL[1,1,2,4,2] = 65	IGL[1,3,1,3,13] = 6	IGL[2,2,1,1,3] = 50	IGL[2,3,2,1,13] = 2
IGL[1,1,2,4,5] = 80	IGL[1,3,1,4,1] = 1	IGL[2,2,1,1,4] = 60	IGL[2,3,2,2,4] = 1
IGL[1,1,2,4,8] = 55	IGL[1,3,1,5,1] = 6	IGL[2,2,1,1,5] = 65	IGL[2,3,2,2,8] = 60
IGL[1,1,2,4,9] = 67	IGL[1,3,1,5,4] = 50	IGL[2,2,1,1,8] = 1	IGL[2,3,2,3,3] = 60
IGL[1,1,2,5,11] = 65	IGL[1,3,1,5,13] = 3	IGL[2,2,1,1,13] = 40	IGL[2,3,2,3,13] = 8
IGL[1,2,1,1,1] = 34	IGL[1,3,2,1,5] = 1	IGL[2,2,1,1,14] = 80	IGL[2,3,2,4,4] = 70
IGL[1,2,1,1,3] = 65	IGL[1,3,2,1,7] = 72	IGL[2,2,1,2,1] = 93	IGL[2,3,2,4,11] = 40
IGL[1,2,1,1,6] = 23	IGL[1,3,2,2,5] = 25	IGL[2,2,1,2,4] = 20	IGL[2,3,2,4,14] = 40
IGL[1,2,1,1,10] = 63	IGL[1,3,2,3,5] = 44	IGL[2,2,1,2,10] = 1	IGL[2,3,2,5,9] = 75
IGL[1,2,1,1,12] = 65	IGL[1,3,2,3,6] = 89	IGL[2,2,1,2,11] = 3	IGL[2,3,2,5,10] = 90
IGL[1,2,1,2,6] = 7	IGL[1,3,2,3,8] = 26	IGL[2,2,1,2,13] = 23	IGL[3,1,1,1,1] = 37
IGL[1,2,1,2,9] = 50	IGL[1,3,2,3,14] = 90	IGL[2,2,1,3,7] = 95	IGL[3,1,1,1,13] = 3
IGL[1,2,1,2,13] = 1	IGL[1,3,2,4,12] = 30	IGL[2,2,1,3,11] = 12	IGL[3,1,1,2,13] = 4
IGL[1,2,1,3,1] = 6	IGL[1,3,2,5,2] = 25	IGL[2,2,1,4,10] = 64	IGL[3,1,1,3,1] = 1
IGL[1,2,1,3,11] = 30	IGL[2,1,1,1,4] = 30	IGL[2,2,1,5,1] = 2	IGL[3,1,1,3,2] = 60
IGL[1,2,1,4,5] = 50	IGL[2,1,1,1,6] = 50	IGL[2,2,1,5,9] = 65	IGL[3,1,1,3,3] = 70
IGL[1,2,1,4,10] = 2	IGL[2,1,1,1,7] = 1	IGL[2,2,1,5,13] = 1	IGL[3,1,1,3,5] = 83
IGL[1,2,1,4,13] = 49	IGL[2,1,1,1,8] = 10	IGL[2,2,2,1,11] = 65	IGL[3,1,1,3,11] = 60
IGL[1,2,1,4,14] = 22	IGL[2,1,1,1,10] = 2	IGL[2,2,2,1,13] = 1	IGL[3,1,1,3,13] = 62
IGL[1,2,1,5,14] = 8	IGL[2,1,1,1,13] = 24	IGL[2,2,2,2,10] = 15	IGL[3,1,1,4,6] = 60
IGL[1,2,2,1,2] = 30	IGL[2,1,1,2,1] = 2	IGL[2,2,2,2,12] = 95	IGL[3,1,1,4,13] = 16
IGL[1,2,2,2,7] = 55	IGL[2,1,1,2,5] = 1	IGL[2,2,2,3,3] = 7	IGL[3,1,1,5,1] = 2
IGL[1,2,2,3,8] = 65	IGL[2,1,1,2,7] = 3	IGL[2,2,2,5,2] = 80	IGL[3,1,1,5,7] = 31
IGL[1,2,2,4,1] = 15	IGL[2,1,1,2,10] = 6	IGL[2,2,2,5,3] = 38	IGL[3,1,2,1,8] = 17
IGL[1,2,2,5,4] = 65	IGL[2,1,1,2,11] = 50	IGL[2,2,2,5,6] = 80	IGL[3,1,2,1,9] = 85

IGL[3,1,2,2,14] = 60	IGL[3,3,2,4,1] = 82	ICF[1,2,2,9,8] = 65	ICF[2,1,1,9,14] = 50
IGL[3,1,2,3,7] = 9	IGL[3,3,2,4,8] = 64	ICF[1,2,2,6,1] = 15	ICF[2,1,1,6,9] = 30
IGL[3,1,2,3,10] = 75	IGL[3,3,2,4,9] = 40	ICF[1,2,2,7,4] = 65	ICF[2,1,1,6,10] = 87
IGL[3,1,2,3,12] = 23	IGL[3,3,2,5,4] = 30	ICF[1,3,1,8,3] = 30	ICF[2,1,1,7,5] = 29
IGL[3,1,2,4,4] = 75	IGL[3,3,2,5,5] = 40	ICF[1,3,1,8,5] = 16	ICF[2,1,1,7,8] = 42
IGL[3,1,2,5,5] = 2	ICF[1,1,1,8,14] = 57	ICF[1,3,1,8,8] = 4	ICF[2,1,1,7,13] = 2
IGL[3,2,1,2,3] = 40	ICF[1,1,1,10,6] = 65	ICF[1,3,1,8,10] = 50	ICF[2,1,1,10,5] = 1
IGL[3,2,1,2,5] = 60	ICF[1,1,1,10,10] = 9	ICF[1,3,1,8,13] = 1	ICF[2,1,1,10,7] = 3
IGL[3,2,1,2,6] = 4	ICF[1,1,1,9,1] = 24	ICF[1,3,1,10,1] = 57	ICF[2,1,1,10,10] = 6
IGL[3,2,1,2,11] = 2	ICF[1,1,1,6,1] = 1	ICF[1,3,1,10,5] = 9	ICF[2,1,1,10,11] = 50
IGL[3,2,1,2,14] = 90	ICF[1,1,1,6,3] = 55	ICF[1,3,1,10,6] = 1	ICF[2,1,2,8,2] = 50
IGL[3,2,1,3,1] = 23	ICF[1,1,1,6,12] = 55	ICF[1,3,1,10,7] = 8	ICF[2,1,2,9,1] = 63
IGL[3,2,1,3,2] = 10	ICF[1,1,1,6,13] = 80	ICF[1,3,1,10,9] = 95	ICF[2,1,2,6,7] = 61
IGL[3,2,1,3,6] = 14	ICF[1,1,1,7,1] = 5	ICF[1,3,1,10,11] = 90	ICF[2,1,2,7,3] = 80
IGL[3,2,1,4,1] = 37	ICF[1,1,1,7,14] = 8	ICF[1,3,1,10,13] = 85	ICF[2,1,2,7,12] = 80
IGL[3,2,1,4,2] = 80	ICF[1,1,2,8,10] = 21	ICF[1,3,1,9,1] = 16	ICF[2,2,1,8,3] = 50
IGL[3,2,1,5,10] = 40	ICF[1,1,2,9,4] = 30	ICF[1,3,1,9,2] = 65	ICF[2,2,1,8,4] = 60
IGL[3,2,2,1,11] = 88	ICF[1,1,2,9,7] = 30	ICF[1,3,1,9,13] = 6	ICF[2,2,1,8,5] = 65
IGL[3,2,2,2,7] = 60	ICF[1,1,2,9,9] = 13	ICF[1,3,1,6,1] = 1	ICF[2,2,1,8,8] = 1
IGL[3,2,2,2,8] = 40	ICF[1,1,2,6,2] = 65	ICF[1,3,1,7,1] = 6	ICF[2,2,1,8,13] = 40
IGL[3,2,2,3,4] = 40	ICF[1,1,2,6,5] = 80	ICF[1,3,1,7,4] = 50	ICF[2,2,1,8,14] = 80
IGL[3,2,2,3,9] = 60	ICF[1,1,2,6,8] = 55	ICF[1,3,1,7,13] = 3	ICF[2,2,1,10,1] = 93
IGL[3,2,2,3,12] = 40	ICF[1,1,2,6,9] = 67	ICF[1,3,2,8,5] = 1	ICF[2,2,1,10,4] = 20
IGL[3,2,2,3,13] = 60	ICF[1,1,2,7,11] = 65	ICF[1,3,2,8,7] = 72	ICF[2,2,1,10,10] = 1
IGL[3,2,2,5,6] = 72	ICF[1,2,1,8,1] = 34	ICF[1,3,2,10,5] = 25	ICF[2,2,1,10,11] = 3
IGL[3,3,1,1,4] = 27	ICF[1,2,1,8,3] = 65	ICF[1,3,2,9,5] = 44	ICF[2,2,1,10,13] = 23
IGL[3,3,1,1,6] = 67	ICF[1,2,1,8,6] = 23	ICF[1,3,2,9,6] = 89	ICF[2,2,1,9,7] = 95
IGL[3,3,1,2,2] = 75	ICF[1,2,1,8,10] = 63	ICF[1,3,2,9,8] = 26	ICF[2,2,1,9,11] = 12
IGL[3,3,1,2,4] = 2	ICF[1,2,1,8,12] = 65	ICF[1,3,2,9,14] = 90	ICF[2,2,1,6,10] = 64
IGL[3,3,1,2,7] = 1	ICF[1,2,1,10,6] = 7	ICF[1,3,2,6,12] = 30	ICF[2,2,1,7,1] = 2
IGL[3,3,1,2,13] = 19	ICF[1,2,1,10,9] = 50	ICF[1,3,2,7,2] = 25	ICF[2,2,1,7,9] = 65
IGL[3,3,1,3,1] = 3	ICF[1,2,1,10,13] = 1	ICF[2,1,1,8,4] = 30	ICF[2,2,1,7,13] = 1
IGL[3,3,1,3,6] = 8	ICF[1,2,1,9,1] = 6	ICF[2,1,1,8,6] = 50	ICF[2,2,2,7,2] = 80
IGL[3,3,1,3,12] = 90	ICF[1,2,1,9,11] = 30	ICF[2,1,1,8,7] = 1	ICF[2,2,2,7,3] = 38
IGL[3,3,1,4,7] = 84	ICF[1,2,1,6,5] = 50	ICF[2,1,1,8,8] = 10	ICF[2,2,2,7,6] = 80
IGL[3,3,1,4,14] = 75	ICF[1,2,1,6,10] = 2	ICF[2,1,1,8,10] = 2	ICF[2,2,2,8,11] = 65
IGL[3,3,1,5,11] = 71	ICF[1,2,1,6,13] = 49	ICF[2,1,1,8,13] = 24	ICF[2,2,2,8,13] = 1
IGL[3,3,1,5,13] = 21	ICF[1,2,1,6,14] = 22	ICF[2,1,1,10,1] = 2	ICF[2,2,2,9,3] = 7
IGL[3,3,2,1,4] = 1	ICF[1,2,1,7,14] = 8	ICF[2,1,1,10,13] = 4	ICF[2,2,2,10,10] = 15
IGL[3,3,2,3,8] = 26	ICF[1,2,2,8,2] = 30	ICF[2,1,1,9,4] = 65	ICF[2,2,2,10,12] = 95
IGL[3,3,2,3,11] = 4	ICF[1,2,2,10,7] = 55	ICF[2,1,1,9,8] = 28	ICF[2,2,2,7,8] = 94

ICF[2,3,1,8,4] = 18	ICF[3,1,2,7,5] = 2	ICF[3,3,2,7,4] = 30	BGL[1,1,1,3,5] = 1
ICF[2,3,1,8,5] = 63	ICF[3,2,1,10,3] = 40	ICF[3,3,2,7,5] = 40	BGL[1,1,1,4,12] = 1
ICF[2,3,1,8,6] = 5	ICF[3,2,1,10,5] = 60		BGL[1,1,1,4,13] = 1
ICF[2,3,1,8,7] = 72	ICF[3,2,1,10,6] = 4		BGL[1,1,1,5,5] = 1
ICF[2,3,1,8,13] = 65	ICF[3,2,1,10,11] = 2		BGL[1,1,1,5,8] = 1
ICF[2,3,1,10,1] = 1	ICF[3,2,1,10,14] = 90		BGL[1,1,2,3,4] = 1
ICF[2,3,1,10,4] = 1	ICF[3,2,1,9,1] = 23		BGL[1,1,2,4,2] = 1
ICF[2,3,1,10,5] = 12	ICF[3,2,1,9,2] = 10		BGL[1,1,2,4,6] = 1
ICF[2,3,1,10,6] = 1	ICF[3,2,1,9,6] = 14		BGL[1,1,2,4,7] = 1
ICF[2,3,1,9,6] = 34	ICF[3,2,1,6,1] = 37		BGL[1,1,2,4,8] = 1
ICF[2,3,1,7,2] = 40	ICF[3,2,1,6,2] = 80		BGL[1,1,2,4,9] = 1
ICF[2,3,2,8,1] = 74	ICF[3,2,1,7,10] = 40		BGL[1,2,1,1,10] = 1
ICF[2,3,2,8,12] = 60	ICF[3,2,2,8,11] = 88		BGL[1,2,1,1,12] = 1
ICF[2,3,2,8,13] = 2	ICF[3,2,2,10,7] = 60		BGL[1,2,1,5,3] = 1
ICF[2,3,2,10,4] = 1	ICF[3,2,2,10,8] = 40		BGL[1,2,2,3,8] = 1
ICF[2,3,2,10,8] = 60	ICF[3,2,2,9,4] = 40		BGL[1,3,1,1,5] = 1
ICF[2,3,2,9,3] = 60	ICF[3,2,2,9,9] = 60		BGL[1,3,1,1,7] = 1
ICF[2,3,2,9,13] = 8	ICF[3,2,2,9,12] = 40		BGL[1,3,1,2,9] = 1
ICF[2,3,2,6,4] = 70	ICF[3,2,2,9,13] = 60		BGL[1,3,1,3,1] = 1
ICF[2,3,2,6,11] = 40	ICF[3,2,2,7,6] = 72		BGL[1,3,1,4,1] = 1
ICF[2,3,2,6,14] = 40	ICF[3,3,1,8,4] = 27		BGL[1,3,1,5,4] = 1
ICF[2,3,2,7,9] = 75	ICF[3,3,1,8,6] = 67		BGL[1,3,2,1,2] = 1
ICF[2,3,2,7,10] = 90	ICF[3,3,1,10,2] = 75		BGL[1,3,2,3,6] = 1
ICF[3,1,1,8,1] = 37	ICF[3,3,1,10,4] = 2		BGL[1,3,2,5,2] = 1
ICF[3,1,1,8,13] = 3	ICF[3,3,1,10,7] = 1		BGL[2,1,1,1,4] = 1
ICF[3,1,1,10,13] = 4	ICF[3,3,1,10,13] = 19		BGL[2,1,1,1,6] = 1
ICF[3,1,1,9,1] = 1	ICF[3,3,1,9,1] = 3		BGL[2,1,1,2,6] = 1
ICF[3,1,1,9,2] = 60	ICF[3,3,1,9,6] = 8		BGL[2,1,1,2,7] = 1
ICF[3,1,1,9,3] = 70	ICF[3,3,1,9,12] = 90		BGL[2,1,1,2,12] = 1
ICF[3,1,1,9,5] = 83	ICF[3,3,1,6,7] = 84		BGL[2,1,1,3,14] = 1
ICF[3,1,1,9,11] = 60	ICF[3,3,1,6,14] = 75		BGL[2,1,1,4,10] = 1
ICF[3,1,1,9,13] = 62	ICF[3,3,1,7,11] = 71		BGL[2,2,1,1,3] = 1
ICF[3,1,1,6,6] = 60	ICF[3,3,1,7,13] = 21		BGL[2,2,1,1,13] = 1
ICF[3,1,1,6,13] = 16	ICF[3,3,2,8,4] = 1		BGL[2,2,1,2,10] = 1
ICF[3,1,2,10,8] = 53	ICF[3,3,2,10,3] = 90		BGL[2,2,1,2,11] = 1
ICF[3,1,2,10,12] = 47	ICF[3,3,2,10,10] = 60		BGL[2,2,1,2,13] = 1
ICF[3,1,2,10,14] = 60	ICF[3,3,2,9,8] = 26		BGL[2,2,1,5,1] = 1
ICF[3,1,2,9,7] = 9	ICF[3,3,2,9,11] = 4		BGL[2,2,2,1,11] = 1
ICF[3,1,2,9,10] = 75	ICF[3,3,2,6,1] = 82		BGL[2,2,2,4,5] = 1
ICF[3,1,2,9,12] = 23	ICF[3,3,2,6,8] = 64		BGL[2,3,1,5,10] = 1
ICF[3,1,2,6,4] = 75	ICF[3,3,2,6,9] = 40		BGL[2,3,1,5,14] = 1

BGL[2,3,2,1,1] = 1	BCF[1,2,2,9,8] = 1	BCF[3,1,2,10,8] = 1	CGL[1,1,1,1,4] = 1
BGL[2,3,2,4,11] = 1	BCF[1,3,1,8,5] = 1	BCF[3,1,2,9,2] = 1	CGL[1,1,1,1,9] = 1
BGL[2,3,2,5,9] = 1	BCF[1,3,1,8,7] = 1	BCF[3,1,2,9,7] = 1	CGL[1,1,1,2,1] = 1
BGL[3,1,1,2,14] = 1	BCF[1,3,1,10,9] = 1	BCF[3,1,2,9,9] = 1	CGL[1,1,1,4,12] = 1
BGL[3,1,1,3,3] = 1	BCF[1,3,1,9,1] = 1	BCF[3,1,2,9,10] = 1	CGL[1,1,1,5,8] = 1
BGL[3,1,1,4,3] = 1	BCF[1,3,1,6,1] = 1	BCF[3,2,1,10,3] = 1	CGL[1,1,2,3,3] = 1
BGL[3,1,1,4,4] = 1	BCF[1,3,1,7,4] = 1	BCF[3,2,2,9,13] = 1	CGL[1,1,2,3,7] = 1
BGL[3,1,1,5,12] = 1	BCF[1,3,2,8,2] = 1	BCF[3,2,2,7,7] = 1	CGL[1,1,2,3,9] = 1
BGL[3,1,2,1,8] = 1	BCF[1,3,2,9,6] = 1	BCF[3,3,1,10,4] = 1	CGL[1,1,2,4,2] = 1
BGL[3,1,2,1,9] = 1	BCF[1,3,2,7,2] = 1	BCF[3,3,1,9,12] = 1	CGL[1,1,2,4,6] = 1
BGL[3,1,2,2,2] = 1	BCF[2,1,1,8,4] = 1	BCF[3,3,1,7,11] = 1	CGL[1,1,2,4,8] = 1
BGL[3,1,2,2,5] = 1	BCF[2,1,1,8,6] = 1	BCF[3,3,1,7,13] = 1	CGL[1,1,2,5,1] = 1
BGL[3,1,2,2,8] = 1	BCF[2,1,1,10,6] = 1	BCF[3,3,2,9,11] = 1	CGL[1,2,1,1,1] = 1
BGL[3,1,2,3,2] = 1	BCF[2,1,1,10,7] = 1		CGL[1,2,1,1,6] = 1
BGL[3,1,2,3,7] = 1	BCF[2,1,1,10,12] = 1		CGL[1,2,1,3,4] = 1
BGL[3,1,2,3,9] = 1	BCF[2,1,1,9,14] = 1		CGL[1,2,1,4,10] = 1
BGL[3,1,2,3,10] = 1	BCF[2,1,1,6,10] = 1		CGL[1,2,1,4,14] = 1
BGL[3,2,1,2,3] = 1	BCF[2,2,1,8,3] = 1		CGL[1,2,1,5,3] = 1
BGL[3,2,2,3,13] = 1	BCF[2,2,1,8,13] = 1		CGL[1,2,1,5,7] = 1
BGL[3,2,2,5,7] = 1	BCF[2,2,1,10,10] = 1		CGL[1,3,1,1,13] = 1
BGL[3,3,1,2,4] = 1	BCF[2,2,1,10,11] = 1		CGL[1,3,1,2,9] = 1
BGL[3,3,1,3,12] = 1	BCF[2,2,1,10,13] = 1		CGL[1,3,1,5,4] = 1
BGL[3,3,1,5,11] = 1	BCF[2,2,1,7,1] = 1		CGL[1,3,2,1,2] = 1
BGL[3,3,1,5,13] = 1	BCF[2,2,2,8,11] = 1		CGL[1,3,2,3,5] = 1
BGL[3,3,2,3,11] = 1	BCF[2,2,2,6,5] = 1		CGL[1,3,2,3,6] = 1
BCF[1,1,1,8,14] = 1	BCF[2,2,2,6,14] = 1		CGL[1,3,2,5,2] = 1
BCF[1,1,1,10,1] = 1	BCF[2,2,2,7,6] = 1		CGL[2,1,1,1,7] = 1
BCF[1,1,1,9,5] = 1	BCF[2,3,1,7,10] = 1		CGL[2,1,1,2,11] = 1
BCF[1,1,1,6,12] = 1	BCF[2,3,1,7,14] = 1		CGL[2,1,1,2,12] = 1
BCF[1,1,1,6,13] = 1	BCF[2,3,2,8,1] = 1		CGL[2,1,1,3,14] = 1
BCF[1,1,1,7,5] = 1	BCF[2,3,2,6,11] = 1		CGL[2,1,1,4,9] = 1
BCF[1,1,1,7,8] = 1	BCF[2,3,2,7,9] = 1		CGL[2,1,2,4,13] = 1
BCF[1,1,2,9,4] = 1	BCF[3,1,1,10,14] = 1		CGL[2,1,2,5,5] = 1
BCF[1,1,2,6,2] = 1	BCF[3,1,1,9,3] = 1		CGL[2,2,1,1,3] = 1
BCF[1,1,2,6,6] = 1	BCF[3,1,1,6,3] = 1		CGL[2,2,1,1,12] = 1
BCF[1,1,2,6,7] = 1	BCF[3,1,1,6,4] = 1		CGL[2,2,1,2,10] = 1
BCF[1,1,2,6,8] = 1	BCF[3,1,1,7,12] = 1		CGL[2,2,1,3,1] = 1
BCF[1,1,2,6,9] = 1	BCF[3,1,2,8,8] = 1		CGL[2,2,1,5,9] = 1
BCF[1,2,1,8,10] = 1	BCF[3,1,2,8,9] = 1		CGL[2,2,2,4,5] = 1
BCF[1,2,1,8,12] = 1	BCF[3,1,2,10,2] = 1		CGL[2,2,2,5,6] = 1
BCF[1,2,1,7,3] = 1	BCF[3,1,2,10,5] = 1		CGL[2,2,2,5,13] = 1

CGL[2,3,1,1,5] = 1 CCF[1,2,1,8,1] = 1 CCF[3,1,1,7,12] = 1
 CGL[2,3,1,2,6] = 1 CCF[1,2,1,8,6] = 1 CCF[3,1,2,8,8] = 1
 CGL[2,3,1,5,10] = 1 CCF[1,2,1,9,4] = 1 CCF[3,1,2,10,2] = 1
 CGL[2,3,1,5,14] = 1 CCF[1,2,1,6,10] = 1 CCF[3,1,2,10,8] = 1
 CGL[2,3,2,1,10] = 1 CCF[1,2,1,6,14] = 1 CCF[3,1,2,9,8] = 1
 CGL[2,3,2,4,11] = 1 CCF[1,2,1,7,3] = 1 CCF[3,1,2,9,10] = 1
 CGL[2,3,2,5,11] = 1 CCF[1,2,1,7,7] = 1 CCF[3,2,1,10,3] = 1
 CGL[3,1,1,2,13] = 1 CCF[1,3,1,8,13] = 1 CCF[3,2,1,10,5] = 1
 CGL[3,1,1,3,11] = 1 CCF[1,3,1,10,9] = 1 CCF[3,2,1,10,14] = 1
 CGL[3,1,1,3,13] = 1 CCF[1,3,1,7,4] = 1 CCF[3,2,1,9,2] = 1
 CGL[3,1,1,4,3] = 1 CCF[1,3,2,8,2] = 1 CCF[3,2,2,8,11] = 1
 CGL[3,1,1,4,4] = 1 CCF[1,3,2,9,5] = 1 CCF[3,2,2,10,7] = 1
 CGL[3,1,1,5,12] = 1 CCF[1,3,2,9,6] = 1 CCF[3,2,2,9,12] = 1
 CGL[3,1,2,1,8] = 1 CCF[1,3,2,7,2] = 1 CCF[3,3,1,8,14] = 1
 CGL[3,1,2,2,2] = 1 CCF[2,1,1,8,7] = 1 CCF[3,3,1,10,4] = 1
 CGL[3,1,2,2,8] = 1 CCF[2,1,1,10,11] = 1 CCF[3,3,1,6,7] = 1
 CGL[3,1,2,3,8] = 1 CCF[2,1,1,10,12] = 1 CCF[3,3,2,6,1] = 1
 CGL[3,1,2,3,10] = 1 CCF[2,1,1,9,14] = 1
 CGL[3,2,1,2,3] = 1 CCF[2,1,1,6,9] = 1
 CGL[3,2,1,2,5] = 1 CCF[2,1,2,6,13] = 1
 CGL[3,2,1,2,14] = 1 CCF[2,1,2,7,5] = 1
 CGL[3,2,1,3,2] = 1 CCF[2,2,1,8,3] = 1
 CGL[3,2,2,1,11] = 1 CCF[2,2,1,8,12] = 1
 CGL[3,2,2,2,7] = 1 CCF[2,2,1,10,10] = 1
 CGL[3,2,2,3,12] = 1 CCF[2,2,1,9,1] = 1
 CGL[3,3,1,1,14] = 1 CCF[2,2,1,7,9] = 1
 CGL[3,3,1,2,4] = 1 CCF[2,2,2,6,5] = 1
 CGL[3,3,1,4,7] = 1 CCF[2,2,2,7,6] = 1
 CGL[3,3,2,4,1] = 1 CCF[2,2,2,7,13] = 1
 CCF[1,1,1,8,4] = 1 CCF[2,3,1,8,5] = 1
 CCF[1,1,1,8,9] = 1 CCF[2,3,1,10,6] = 1
 CCF[1,1,1,10,1] = 1 CCF[2,3,1,7,10] = 1
 CCF[1,1,1,6,12] = 1 CCF[2,3,1,7,14] = 1
 CCF[1,1,1,7,8] = 1 CCF[2,3,2,8,10] = 1
 CCF[1,1,2,9,3] = 1 CCF[2,3,2,6,11] = 1
 CCF[1,1,2,9,7] = 1 CCF[2,3,2,7,11] = 1
 CCF[1,1,2,9,9] = 1 CCF[3,1,1,10,13] = 1
 CCF[1,1,2,6,2] = 1 CCF[3,1,1,9,11] = 1
 CCF[1,1,2,6,6] = 1 CCF[3,1,1,9,13] = 1
 CCF[1,1,2,6,8] = 1 CCF[3,1,1,6,3] = 1
 CCF[1,1,2,7,1] = 1 CCF[3,1,1,6,4] = 1

附錄 F 瓶頸工作站以 MTO 求解 週期為 28 天

(列出非 0 變數)

IGL[1,1,1,2,1] = 785	AGL[1,1,1,2,1] = 1	BGL[1,1,1,2,1] = 1
IGL[1,2,1,2,1] = 705	AGL[1,2,1,2,1] = 1	BGL[2,2,2,5,1] = 1
IGL[1,3,1,2,1] = 995	AGL[1,3,1,2,1] = 1	BGL[2,3,1,3,1] = 1
IGL[2,1,1,3,1] = 850	AGL[2,1,1,3,1] = 1	BGL[3,1,1,1,1] = 1
IGL[2,2,2,5,1] = 1150	AGL[2,2,2,5,1] = 1	BGL[3,2,2,4,1] = 1
IGL[2,3,1,3,1] = 540	AGL[2,3,1,3,1] = 1	BCF[1,1,1,10,1] = 1
IGL[2,3,2,1,1] = 357	AGL[2,3,2,1,1] = 1	BCF[2,2,2,7,1] = 1
IGL[3,1,1,1,1] = 935	AGL[3,1,1,1,1] = 1	BCF[2,3,1,9,1] = 1
IGL[3,2,2,4,1] = 860	AGL[3,2,2,4,1] = 1	BCF[3,1,1,8,1] = 1
IGL[3,3,1,1,1] = 980	AGL[3,3,1,1,1] = 1	BCF[3,2,2,6,1] = 1
ICF[1,1,1,10,1] = 785	ACF[1,1,1,10,1] = 1	CGL[1,3,1,2,1] = 1
ICF[1,2,1,10,1] = 705	ACF[1,2,1,10,1] = 1	CGL[2,1,1,3,1] = 1
ICF[1,3,1,10,1] = 995	ACF[1,3,1,10,1] = 1	CGL[2,2,2,5,1] = 1
ICF[2,1,1,9,1] = 850	ACF[2,1,1,9,1] = 1	CGL[2,3,2,1,1] = 1
ICF[2,2,2,7,1] = 1150	ACF[2,2,2,7,1] = 1	CGL[3,2,2,4,1] = 1
ICF[2,3,1,9,1] = 540	ACF[2,3,1,9,1] = 1	CCF[1,3,1,10,1] = 1
ICF[2,3,2,8,1] = 357	ACF[2,3,2,8,1] = 1	CCF[2,1,1,9,1] = 1
ICF[3,1,1,8,1] = 935	ACF[3,1,1,8,1] = 1	CCF[2,2,2,7,1] = 1
ICF[3,2,2,6,1] = 860	ACF[3,2,2,6,1] = 1	CCF[2,3,2,8,1] = 1
ICF[3,3,1,8,1] = 980	ACF[3,3,1,8,1] = 1	CCF[3,2,2,6,1] = 1