

東 海 大 學

工業工程與經營資訊研究所

碩士論文

基於 CLIPS 與 CSA 之分散式生產訂單允諾
系統：以 TFT-LCD Array 製程為例



研 究 生：鄭弼仁
指 導 教 授：黃欽印 博士

中 華 民 國 九 十 八 年 七 月

**Distributed Production Order Promising System based on
CLIPS and Conservative Synchronized Algorithm for the
Array Process of TFT-LCD Manufacturing**

By
Pi-Jen Cheng

Advisor: Dr. Chin-Yin Huang

A Thesis
Submitted to the Institute of Industrial Engineering and Enterprise
Information at Tunghai University
in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
in
Industrial Engineering and Enterprise Information

July 2009
Taichung, Taiwan, Republic of China

基於 CLIPS 與 CSA 之分散式生產訂單允諾系統： 以 TFT-LCD Array 製程為例

學生：鄭弼仁

指導教授：黃欽印 博士

東海大學工業工程與經營資訊研究所

摘要

現今的生產環境由於產業變動快速，產品生命週期短暫，企業紛紛以保留自己核心技術，其餘部分與具有相關技術企業的廠商進行合作，以虛擬企業(Virtual Enterprise)的模式來完成產品的生產。

企業間的合作需要溝通。為了降低溝通所浪費的時間，各種類型的溝通方式紛紛被提出。然後這許多方法僅降低了溝通時間，各企業內部處理時間仍未能有效被降低。在企業間許多的溝通中，最需要快速完成的就是對於客戶訂單的允諾與否。在產業變動快速的環境中，回應客戶的速度極可能主導客戶訂單的歸屬。

為了確保企業可以對客戶的訂單進行快速的回應，本研究分析企業在接收到客戶詢單後的動作與流程，將之由整體生產環境細分至機台，找出完成生產排程所需要的知識與資訊，並將之分為可公開與不可公開兩類。最後以 JAVA 之 TCP/IP 架構作為資訊傳輸/接收介面，專家系統語言 CLIPS 儲存排程所需知識與能力，建立一架構。在不取得(帶走)合作廠商生產資訊的前提下，藉由統一格式的訂單資訊輸入、計算與輸出，快速地完成一可行的排程，決定生產路徑，並以之結果回應客戶，達成快速允諾客戶訂單的目的。

關鍵字詞：訂單允諾、分散式生產、CLIPS、CSA

Distributed Production Order Promising System based on CLIPS and Conservative Synchronized Algorithm for the Array Process of TFT-LCD Manufacturing

Student: Pi-Jen Cheng

Advisor: Dr. Chin-Yin Huang

Department of Industrial Engineering and Enterprise Information
Tunghai University

ABSTRACT

In today's highly competitive market, product life cycle becomes shorter. Companies work together in the way of specialty division called Virtual Enterprise. When companies work together, they need to conversation on each step of collaboration. In order to reduce the conversation time which did not added any value in production, many studies made methods like protocol to reduce the conversation time. But those methods only reduced the conversation time, the totally time of each kind of conversation still uncontrollable due to the unknown inner processing time of each company.

In all kinds of conversations of enterprise collaboration, the time of order promising is the most important issue. In real case, knowledge of production is not easily to get from the partner in the environment of distributed production. How to response to customers in a short time in this situation is an important issue. In today's highly competitive market, the less time order promising needs, the more chance to get the order.

This study focuses on how to find out a nice production route without taking the production knowledge from partner companies in the supply chain. We separate the information and knowledge into can be shared and cannot be shared. Finally, we use the TCP/IP of JAVA and Expert System language, CLIPS, to build up a program can find a nice production route in a short time, which transfers and receives the uniform message, and uses the knowledge that cannot be shared only in which point in the production environment. And use the result as the solution of order promising.

Keywords: Order Promising, Distributed Production, CLIPS, Conservative Synchronization Algorithm

致謝

終於即將完成研究所的學業了。在研究所的期間曾經感到迷惘，也遭遇不少挫折。最終能完成學業，最需要感謝的就是指導教授黃欽印老師。老師在我迷惘的時候，能夠耐心地等候，並引導我完成研究。也感謝陳武林老師與鄭辰仰老師，在學習期間與口試期間對我的建議與指正，使本論文更加地完善。此外，感謝學長姐振誠與欣怡的幫助與鼓勵，以及同窗啟偉的相互交流。另外，也要感謝學弟妹靜怡與斯暢在口試期間的相互鼓勵與協助。

回想研究所求學期間，有許多不順心的事情，也遭遇到許多挫折。但最後總還是在朋友、同學與家人的鼓勵與支持中走了過來。世事不可能總是順心，相信在這段時間的不順與挫折，將會成為我未來人生道路上的助力。最後，僅將此篇論文獻給所有關心、鼓勵及支持我的家人與朋友們。

鄭弼仁 謹誌於

東海大學工業工程與經營資訊研究所

中華民國九十八年七月

目錄

摘要.....	I
ABSTRACT.....	II
致謝.....	III
表目錄.....	VI
圖目錄.....	VIII
第一章 緒論.....	1
1.1 研究背景與動機.....	1
1.2 研究問題與目的.....	2
1.3 研究方法與步驟.....	3
1.4 論文架構.....	4
第二章 文獻探討.....	5
2.1 虛擬企業.....	5
2.2 分散式環境.....	6
2.2.1 分散式應用.....	6
2.2.2 分散式應用的設計原則.....	8
2.3 訂單允諾.....	8
2.4 人工智慧專家系統.....	10
2.4.1 專家系統簡介.....	10
2.4.2 專家系統之功能.....	13
2.3.3 專家系統之基本架構.....	13
2.4.4 專家系統開發流程.....	15
第三章 研究方法.....	17
3.1 生產流程分析.....	17
3.1.1 詢問訂單價格與交期之流程分析.....	20
3.2 CLIPS.....	24
3.2.1 CLIPS.....	24
3.2.2 CLIPS 中時間軸之設計.....	25
4.2.3 工作法則在 CLIPS 中之設計.....	28
3.3 CSA.....	33
3.3.1 Conservative Synchronization Algorithm.....	33
3.3.2 CSA 之應用.....	34
3.4 程式設計.....	36
3.4.1 程式功能.....	36
3.4.2 程式介面.....	36
3.4.3 傳遞資訊格式.....	42
第四章 情境模擬.....	45
4.1 模擬環境背景—TFT-LCD 之 Array 廠.....	45
4.1.1 參數設定.....	47

4.2 模擬環境設定.....	48
4.2.1 不可插單.....	48
4.2.2 各點自主其生產交期、成本設定，且這些資訊無法分享.....	48
4.3 情境模擬.....	49
4.3.1 排程.....	49
4.3.2 重排程.....	53
4.3.3 機台異動.....	57
4.4 本章結語.....	59
第五章 結論與建議.....	60
5.1 本研究之特性與貢獻.....	60
5.2 未來發展方向.....	61
參考文獻.....	62
附錄 A 二十筆訂單情境各機台承接之工作表.....	63
附錄 B 重排程成功情境各機台承接之工作表.....	71
附錄 C 機台異常情境各機台承接之工作表.....	76

表目錄

表 2.1 集中式系統與分散式系統之比較.....	6
表 2.2 專家系統與一般電腦程式系統之比較.....	12
表 4.2 二十筆訂單資料.....	49
表 4.3 單一電腦 OABC 模擬 20 筆訂單 10 次之運算時間(秒).....	50
表 4.4 兩電腦 OB vs AC 模擬 20 筆訂單 10 次之運算時間(秒).....	51
表 4.5 三電腦 OB vs A vs C 模擬 20 筆訂單 10 次之運算時間(秒).....	51
表 4.6 分別以一台、兩台、三台電腦模擬所得之平均運算時間與標準差.....	52
表 4.7 重排失敗情境之十筆訂單.....	53
表 4.8 重排成功之十筆訂單.....	56
表 4.9 重排後之生產路徑.....	57
表 4.10 十五筆訂單原先排程結果.....	58
表 4.11 ETCH2 原定之生產排程.....	59
表 4.12 重排後訂單資訊.....	59
表 A.1 二十筆訂單情境 TF1 承接工作表.....	63
表 A.2 二十筆訂單情境 TF2 承接工作表.....	63
表 A.3 二十筆訂單情境 TF3 承接工作表.....	64
表 A.4 二十筆訂單情境 TF4 承接工作表.....	65
表 A.5 二十筆訂單情境 PHOTO1 承接工作表.....	65
表 A.6 二十筆訂單情境 PHOTO2 承接工作表.....	66
表 A.7 二十筆訂單情境 PHOTO3 承接工作表.....	66
表 A.8 二十筆訂單情境 PHOTO4 承接工作表.....	67
表 A.9 二十筆訂單情境 PHOTO5 承接工作表.....	67
表 A.10 二十筆訂單情境 ETCH1 承接工作表.....	68
表 A.11 二十筆訂單情境 ETCH2 承接工作表.....	68
表 A.12 二十筆訂單情境 ETCH3 承接工作表.....	68
表 A.13 二十筆訂單情境 ETCH4 承接工作表.....	69
表 A.14 二十筆訂單情境 ETCH5 承接工作表.....	70
表 B.1 重排程成功情境 TF1 承接工作表.....	71
表 B.2 重排程成功情境 TF2 承接工作表.....	71
表 B.3 重排程成功情境 TF3 承接工作表.....	71
表 B.4 重排程成功情境 TF4 承接工作表.....	72
表 B.5 重排程成功情境 PHOTO1 承接工作表.....	72
表 B.6 重排程成功情境 PHOTO2 承接工作表.....	73
表 B.7 重排程成功情境 PHOTO3 承接工作表.....	73
表 B.8 重排程成功情境 PHOTO4 承接工作表.....	73
表 B.9 重排程成功情境 PHOTO5 承接工作表.....	74
表 B.10 重排程成功情境 ETCH1 承接工作表.....	74
表 B.11 重排程成功情境 ETCH2 承接工作表.....	74

表 B.12 重排程成功情境 ETCH3 承接工作表	74
表 B.13 重排程成功情境 ETCH4 承接工作表	75
表 B.14 重排程成功情境 ETCH5 承接工作表	75
表 C.1 機台異常情境 TF1 承接工作表.....	76
表 C.2 機台異常情境 TF2 承接工作表.....	76
表 C.3 機台異常情境 TF3 承接工作表.....	77
表 C.4 機台異常情境 TF4 承接工作表.....	77
表 C.5 機台異常情境 PHOTO1 承接工作表	78
表 C.6 機台異常情境 PHOTO2 承接工作表	78
表 C.7 機台異常情境 PHOTO3 承接工作表	78
表 C.8 機台異常情境 PHOTO4 承接工作表	79
表 C.9 機台異常情境 PHOTO5 承接工作表	79
表 C.10 機台異常情境 ETCH1 承接工作表	80
表 C.11 機台異常情境 ETCH2 承接工作表	80
表 C.12 機台異常情境 ETCH3 承接工作表	80
表 C.13 機台異常情境 ETCH4 承接工作表	81
表 C.14 機台異常情境 ETCH5 承接工作表	82

圖目錄

圖 1.1 論文架構圖.....	4
圖 2.1 專家系統基本架構.....	15
圖 3.1 詢單流程.....	17
圖 3.4 機台決定交期與成本所需知識.....	21
圖 3.7 deftemplate 說明示意圖.....	24
圖 3.8 rule 說明示意圖.....	25
圖 3.9 deffunction 說明示意圖.....	25
圖 3.11 事件關係處理步驟說明圖.....	28
圖 3.12 本研究中 CLIPS 各 deftemplate 之設計.....	29
圖 3.13 new 轉換為 schedule 形式之法則設計.....	29
圖 3.14 重疊狀態中優先性最高之法則設計(以 during 為例).....	30
圖 3.15 重疊狀態中優先性次高之法則設計(以 finish 為例).....	30
圖 3.16 重疊狀態中優先性最低之法則設計(以 contains 為例).....	31
圖 3.17 非重疊狀態之法則設計(以 meet 為例).....	31
圖 3.18 接收到決定生產路徑訊息後處理示意圖.....	32
圖 3.19 CSA 解決 deadlock 及確保時間順序性的方法.....	34
圖 3.20 整體程式之接單基本流程圖.....	37
圖 3.21 接單模擬起始狀態.....	38
圖 3.22 接單模擬後所有路線與建議路線交期與成本示意圖.....	39
圖 3.23 各點接收訊息並排程之基本流程.....	40
圖 3.24 各機台之介面.....	41
圖 3.25 各點接收訊息後之流程.....	42
圖 3.26 傳遞訊息之解碼示意圖.....	43
圖 4.1 Array 廠生產流程示意圖.....	45
圖 4.2 Array 廠整體生產模式流程簡圖.....	46
圖 4.3 依照設計之訂單輸入排程.....	53
圖 4.4 訂單 8 完成排程時當無法滿足交期，詢問是否進行重排.....	54
圖 4.5 重排進行中示意圖.....	55
圖 4.6 訂單 6 重排後無法滿足已允諾之交期。顯示失敗訊息並回覆原狀.....	55
圖 4.7 重排失敗後，回復原狀態，並繼續進行未排程訂單之排程.....	56
圖 4.8 所有重排訂單滿足交期.....	57
圖 4.9 收到故障訊息後，取消對應之選取按鈕，相關訂單重排.....	58

第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

由於現今產品走向多元、客製化，而且產業變動快速，科技日新月異，也使得產品生命週期大幅下降，傳統的生產模式已無法滿足現在的產業。因此產業的生產結構也由以前的從頭到尾一手包辦轉變為保留核心部份，其他部分與專門的廠商合作，形成分散式專業分工的生產結構，以減少各種技術的研發與維護成本。

分散式的生產結構節省了對於各種專業的研發、維護與生產成本。但分散式生產也造成了生產過程中各階段主權的轉移也就是說，一個產品生產的時程不再是固定不變的，而是取決於分工的廠商有產能的時間。供應鏈中的大廠可以藉由在產業鏈中的主導地位取得相關的資訊，並使得供應鏈中其他廠商滿足其需求。但若供應鏈中沒有較具領導地位的廠商時，各廠商對於提供與利潤相關的生產資訊會持保留態度，以確保自己的利益。

企業在接收客戶訂單時，由於無法快速的得知訂單的可行性與否，往往會為了業績先承接，之後產能不足時再以加班、外包或拆單的方式出貨給客戶。除了增加額外的成本之外，也使得整個生產過程增加了更多不穩定的因子。

因此在分散式生產的產業環境中，如何在無法取得供應鏈中各廠商生產的資訊下，對客戶的詢單給予快速的回應，對於各個企業來說相當重要的議題。

本研究試著建立一分散式網路架構，在不取得(帶走)合作廠商不希望公開的資料地前提下，快速計算出一可行而較佳的生產路徑，藉以快速回應客戶。

1.2 研究問題與目的

許多關於多階多廠區或分散式環境的研究中，都將生產相關資訊(成本、時間、時間表等)視為已知，以各種方式去求最佳解。但是一來現實環境中，取得不同企業的生產資料的難度相當大。事實上，即使是從同企業中不同廠區取得生產資料都有一定的難度。二來，許多排程方法雖然可以取得最佳解，但是運算耗費過多的時間，在運算的過程中進入的新訂單往往會使得運算所得的最佳解變成非最佳解，失去原先的目的。

以往的研究在與其他廠商合作的部份，許多研究藉由通訊協定(protocol)，以固定的訊息格式來減少彼此間溝通所花費的時間。但雖然減少了溝通時間的浪費，仍不能確保廠商能及時回應。

本研究試著分析彼此之間合作關係並不那麼密切的廠商，在收到詢單需求時的運作，並將之流程化，以一定的架構來快速且自動地完成這個過程，節省人力並快速回應客戶。

本研究主要目的如下：

1. 為各階層合作廠商建立一通用性架構，其中包含了生產時間、成本、時間表等決策知識。
2. 以資料流的方式依生產順序傳遞訂單訊息至各廠商，其中資訊流的輸入與輸出只包含產品類型、數量、交期與成本(對廠商來說是售價，對我們來說是成本)等資訊，不帶走生產決策相關資訊(如各產品生產所需時間與成本，各機台的時間表等)。
3. 整個生產路徑的決策過程所耗費的時間很短。
4. 對於生產時各種狀況(如插單重排、機台異常等)有基本的應對能力。

1.3 研究方法與步驟

本研究的研究方法與步驟共分為四個階段：文獻探討、流程分析、模式建立、系統建立與情境模擬。

階段一、文獻探討

本研究的目的是建立一架構，在不取得(帶走)合作廠商的生產相關資訊的前提下，快速地完成詢單過程，並藉以快速地回應客戶。因此本研究首先將對訂單允諾、分散式環境、專家系統等方向進行文獻探討。

階段二、流程分析

此階段開始針對產業中接收到詢單訊息後所進行的動作進行分析，找出規律與建立架構的元素。

階段三、模式建立

將階段二中所整理出來的元素加以架構化，並介紹實際應用的軟體與元件予以系統化。

階段四、系統建立與情境模擬

將階段三的系統實作，並以之模擬數種可能發生的基本情境。

1.4 論文架構

本研究的架構如圖 1.1 所示，共分為五個章節。第一章敘述本研究的研究背景、動機、目的與研究方法；第二章針對供應鏈網路、分散式環境、訂單允諾、人工智慧專家系統之文獻作彙整；第三章探討企業在接收到詢單訊息時，內部進行的動作與反應，並將之系統化；第四章根據模式實作系統，並以情境模擬分析結果；最後第五章則針對未來發展進行探討。

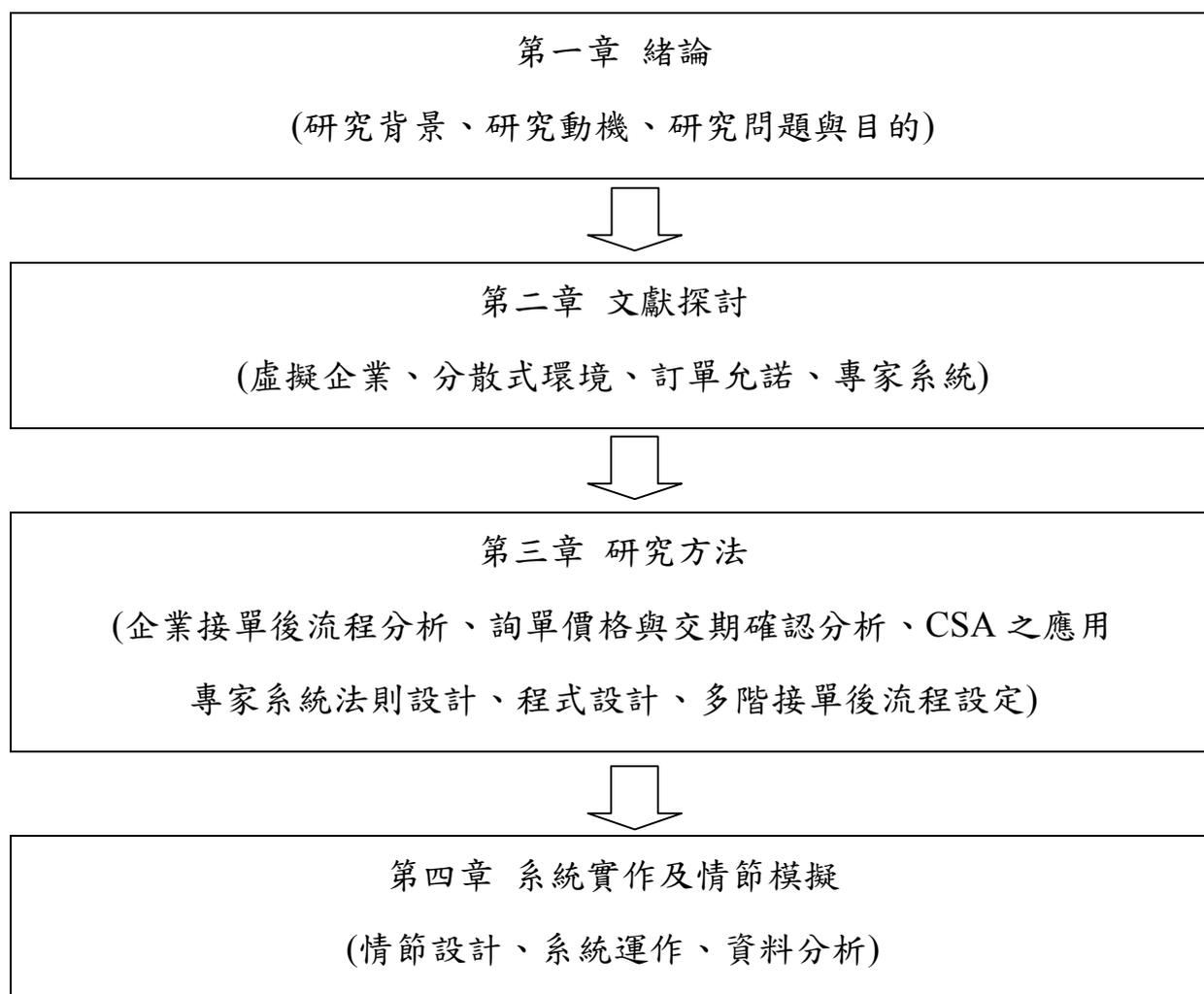


圖 1.1 論文架構圖

第二章 文獻探討

2.1 虛擬企業

現在的產業環境中，由於產品生命週期短暫且逐漸走向少量多樣的客製化生產模式，因此企業紛紛由從頭到尾自行生產的傳統生產模式改變為保留自己核心技術，其餘部份依照產品特性與專業的企業進行合作，進而完成整個產品的生產。這樣的企業合作生產方式，被稱之為虛擬企業(Virtual Enterprise)。

虛擬企業的合作模式中，因為各企業只保留自己的核心技術，而不需對其餘技術與設備進行投資與維護，因此可以有效的節省成本。但企業之間進行合作必然需要進行溝通，因此企業間的溝通就成了此一生產模式必然產生的議題。

企業之間存在許多差異，因此在溝通方面若沒有訂定特殊的方式，在名詞轉換或認知上會有許多的問題產生，進而延長了溝通所需要的時間。在虛擬企業產生之初，Davis 等人(Davis and Smith, 2003)提出了合約式網路協定(Contract Net Protocol, CNP)的概念，成為企業間合作溝通時的基本架構。CNP 主要流程為：

1. 當接收到本身無法處理的工作時，將工作發佈出去。
2. 網路中空閒且具備該工作所需能力的承包商對該工作進行投標。
3. 從所有標單中選擇一個最好的讓其得標。
4. 與該承包商達成協商合作。

雖然 CNP 可以解決各類型的企業合作問題，但其所需要的溝通時間較長，而理論上企業間合作企業的類型較為固定，因此後來有許多研究為企業間常見的互動一一設計了通訊協定(protocol)，如黃泰翔(黃泰翔, 2006)、陳志銘(陳志銘, 2007)等人，分別為企業間的各種互動設定了特定的通訊協定，藉此減少企業間溝通所需要的時間。

然而這許多研究都只是為企業間溝通進行標準化的格式設計。雖然大幅降低了企業間溝通所需要的時間，卻仍無法確認各個合作企業內部處理

該流程所需的時間，進而掌握整個流程所需要的總時間。

在整個生產過程中，企業之間許多互動中最需要快速回應的就是訂單允諾的部份。快速變動的產業環境中要求了各種流程的處理速度，因此對客戶訂單的回應速度極有可能左右了客戶訂單的歸屬。而先前的研究由於無法掌握合作企業的內部流程，因此也無法確認在接收到客戶詢單後，得到交期與成本等資訊來回應客戶整個流程所需的時間。

本研究試圖在虛擬企業的生產環境中，設計一個通用的架構，在不帶走生產知識(如各種產品所需的生產時間與成本、時間表等)的前提下，借由輸入生產資訊(如產品、數量、交期)，在該點進行轉換與排程，最後在短暫的時間內輸出不包涵生產知識的生產資訊，以之快速回應客戶。

2.2 分散式環境

2.2.1 分散式應用

過去有許多的觀點來定義分散環境系統結構的基本單位，如 fractal (Tharumarajah et al., 1996)、holon (Sousa and Ramos, 1999)來減低分散的動態環境對集中式系統所造成的衝擊，增加系統的彈性。

從表 2.1 的歸納與比較來看，以分散式的觀點來看待系統中的問題，較集中式的方式上具有較多的優點，同時較貼近現況系統所處的環境。

表 2.1 集中式系統與分散式系統之比較(引用自劉君毅, 2003)

	特性	分散式系統	集中式系統
集中式系統較佳	理論上最佳化	否	是
	計算之穩定性	低	高
分散式系統較佳	符合現實情況程度	高	低
	集中式資料的需求	否	是
	對變動的回應能力	強韌	脆弱
	系統重新組態的能力	容易	困難
	排程所需的時間	及時	緩慢

Arnold (Arnold, 1996)針對供應鏈中的動態環境、複雜與不確定性，利用非集中（decentralize）的規劃方法來處理生產方面所遭遇的問題。以碎形工廠（fractal factory）說明供應鏈結構中的基本組織單位，來增進供應鏈規劃的績效，依據環境特性進行生產規劃的方式，主要區分為下列三種型態：

1. 階層式規劃（hierarchical planning）

由具整體（global）資訊的監督規劃碎形單位產生粗略（rough）的生產規劃，並將結果分派至各個生產碎形單位來進行區域（local）的短期規劃。在此種規劃方式中，下層區域單位對於上層的規劃結果較少進行資訊的修正與回饋。以此方式較適應於複雜與不確定性較低的製造網路環境中。

2. 分散式規劃伴隨協調（distributed planning including coordination）

此規劃結構類似於階層式的方式，所增加的額外活動是在下階層的生產碎形單位間多了資訊的傳遞及協調來解決上層規劃結果所產生的衝突或是區域規劃結果變動所引發後續作業必須更動關聯性作業間的效應。同時上階層的規劃碎形單位接受資訊的回饋與修正，以提高後續規劃作業的可行性與準確性。惟此種方式規劃碎形單位需對下層所有的生產碎形單位維護即時性的資訊，如產能模型、單位的生產狀態等，需耗費大量資訊傳遞與更新方面的成本。

3. 完全分散式規劃（fully distributed planning）

網路中的各個生產碎形單位依據生產流程先後關係，採用循序式（sequential）的方式來進行生產規劃，直到完成整體性的規劃結果。此種方式由各個區域的碎形單位維護本身的生產相關資料，不會產生前述兩種方式有對整體性資料進行維護或更新方面的需求，惟碎形單位間的溝通及協調過程會較為冗長且頻繁。

由上可知，在供應鏈所處的分散環境中，適當的切割適宜的基本單位來處理其責任事項，可依據環境的性質來調整不同的策略合作方法，降低環境變動性所帶來的衝擊。

2.2.2 分散式應用的設計原則

一個分散式製造系統的設計原則應該考量下列四項主要的需求：

1. 區域性資料與決策權力

個別的元件都必須具有區域性資料與決策權力，並且對於創造與執行計畫或策略有必須具有一定的處理能力。

2. 合作

個別的元件不應該絕對自主的假設前提下作業。相反地，應該與其他元件合作，並且在系統限制下運作以及它們的行為必須根據協調資訊來運作。

3. 可調整性

元件的實體與資訊觀點的結合對這些元件可以簡單地整合至一個系統中而言是必要的。換句話說，分散式製造必須能夠藉著整合必要的元件而被建立，也必須能夠藉著增加、適應、調整與減少元件的行為簡單而且快速地重新安裝這個系統。

4. 可回朔性

一個製造系統可能會在不同的層級上將元件組合，其在不同層級上的元件必須在有意義的整合上從一個層級至另一個層級形成有結構化的架構。

2.3 訂單允諾

就字面上的意思來看，訂單允諾(Order Promising)的目的地為如何在顧客詢問時，能夠快速的回應客戶交期與售價。許多文獻中，訂單允諾(Order Promising)與交期指定(Due-date Assignment)被視為相同，最終結果都是為了取得交期。但在這些文獻中，通常都使用數學方法求得最佳解，與最佳化排程類似。

事實上訂單予諾確實與排程相當相似。但是兩者本質上所追求的目標卻有很大的差別。排程追求的是某個目標的最佳化(如最小成本、最大利潤

或綜合權重值最大等)，相對的可能會耗費不少時間在運算上；訂單允諾則追求客戶詢單後到答覆顧客的時間短暫，但同時排程的結果也不見得能達到完美。

以最佳化排程的方式來處理訂單允諾的問題，這或許與現實環境的常態有些關聯：由於排程費時，接單的業務往往無法及時確定訂單是否可在交期內完成，但為了業績通常會先將訂單接下，再由排程人員進行規劃。使用一些排程方法的確可以解決部分訂單交期的問題，但剩下無法以排程解決的部份，則會衍生出加班或外包等問題，使整體生產環境更加地不穩定，交期與成本更難以掌握，造成一種惡性循環。

在這許多關於訂單允諾的文獻中，可查詢到比較符合快速回應的原則的方法只有可允訂購量(Available to Promise, ATP)的概念。

引用「晶圓代工廠二階段訂單允諾機制」(吳志武, 2007)一文中對可允訂購量之定義如下：

「根據美國生產及存貨管理學會(America Product and Inventory Control Society, APICS)在 1987 年所出版的 APICS 字典中將傳統可允諾量(ATP)定義為製造商尚未允諾達交的完成品存貨與預計生產量加總。其數量由主排程(MPS)取得，且可作為顧客訂單允諾的依據。根據此一定義，可允諾量是作為製造商未被訂購的生產額度紀錄簿，製造商以此獲得的資料，做為客戶訂單需求允諾數量與交期的依據。」

可允訂購量的概念相當合理，由於是事前進行生產規劃，對於分散式各階層的排程分配耗時的缺點也一併解決了。但仍有其先天上的限制：

1. ATP 為未允諾庫存量與預計生產量的加總。而預計生產量必須用 MPS 依靠歷史資料排出。也就是說，這個方法需要參考歷史資料，不可能在一開始就執行。
2. 預測不一定準確。可能會多產造成庫存成本或少產造成機會損失。
3. 各品項其生產的資源，包含原物料及產能可能為彼此通用。因此為各種

產品設定預計生產量將對其他產品的可生產量產生影響。

除了可允訂購量之外，Huang 等人(劉君毅, 2003, Huang et al., 2008)提出了分散式製造系統之訂單確認機制，已有在不取得合作廠商生產資訊的狀態下完成排程之概念。但其模型較小，生產路徑的選擇較少。

訂單允諾的研究大致上仍停留在過去集中式的系統環境下，假設所有條件已知的情況中進行排程。對於目前分散式環境的研究寥寥可數。

2.4 人工智慧專家系統

2.4.1 專家系統簡介

在 1950 年代初期，電腦之發展主要以數值處理為主，1970 年代後便大量使用電腦來處理資料，而專家系統隨之開始發展。1972 年，MYCIN(血液感染疾病診斷專家系統)的誕生，突破專家系統應用層次之發展瓶頸，促成專家系統進入商業應用階段。1980 年代學者們開始研究人工智慧 (Artificial Intelligence, AI) 技術，許多專家系統建構工具相繼問世，歐美日主要國家均投入資金與人力推動人工智慧與專家系統之研究發展。

人工智慧之目的是讓電腦能夠處理認知問題，而不再僅是當作數值計算機。隨著人工智慧之興起，電腦應用層面逐漸超脫數值分析與資料處理之巢臼，亦讓電腦之應用程式逐步具有智慧，強化電腦與使用者間之互動。人工智慧主要之研究課題有：自然語言之溝通、符號處理、經驗法則搜尋和邏輯系統等，而其中發展較成熟並已有具體成就者為專家系統。

專家系統之發展史可分為以下五個時期：

1. 孕育期 (1960 以前)：

1937 年，Turing 提出理想計算機之概念。

1956 年，『人工智慧』一詞首度提出。

1957 年，Newell 等人提出通用問題解決法（General Problem Solver, GPS）。

1958 年，MaCarthy 提出 LISP 語言。

2. 誕生期（1960~1970）：

1965 年，史丹佛大學開發第一個專家系統 Dendral，為一套能推論化學結構之專家系統。

1965 年，Robinson 提出 Resolution Refutation 理論，使符號定理證明之技術向前邁進。

1965 年，Zadeh 提出 Fuzzy Logic 理論，使數值或符號之處理具有模糊化之特性。

1969 年，麻省理工學院（MIT）開發 MACSYMA（數學符號運算專家系統）。

3. 開創期（1970~1980）：

1972 年，史丹佛大學開發 MYCIN（血液感染疾病診斷專家系統）。

1972 年，史丹佛研究院（SRI）開發 Prospector（礦床探測專家系統）。

1972 年，法國 Colmerauer 與 Roussel 開發 PROLOG 邏輯程式語言。

1974 年，卡內基-美隆大學開發 OPS 語言（人工智慧與專家系統專用語言）。

1975 年，Minsky 提出框架式（Frame-based）知識表示法。

1977 年，Feigenbaum 提出知識工程（Knowledge Engineering）一詞。

1978 年，卡內基-美隆大學和 DEC 公司合作開發 R1（又稱 XCON），可依據客戶需求，架構適當之工作站電腦系統。

1979 年，Forgy 提出 Rete 演算法，提高專家系統（或稱為 Production System）的法則匹配速度。

4. 成長期 (1980~1990):

1980 年，具有 LISP 語言之機器開始生產問世。

1982 年，日本政府宣佈開發第五代電腦，以 PROLOG 做為核心語言。

1983 年，IntelliCorp 公司推出 KEE (結合多種知識表現與推論方法之專家系統建構工具)，隨後其他大量專家系統建構工具問世。如：ART，Knowledge Craft。

1984 年，歐洲共同市場訂定歐洲資訊技術研究發展策略計畫。

1988 年，Gallant 提出以類神經網路 (Neural Network, NN) 為基礎之專家系統架構。

1989 年，日本宣佈人類領域科學計畫 (第六代電腦計畫)，希望藉由類神經網路突破人工智慧之發展瓶頸。

5. 成熟期 (1990 以後):

1990 以後，進入商業競爭時代，專家系統廣泛應用於各行業。

專家系統為一具有專用智慧之電腦系統，以人類專家的知識及經驗法則為核心，藉由推理機制之運作，達到解決問題或提供建議之目的。然而專家系統並不會取代人類專家原有地位，反而可以使人類專家挪出較多心力與時間去思考或解決更深一層的問題，使專家能夠充實並提升本身的專業水準。

表 2.2 專家系統與一般電腦程式系統之比較

	專家系統	一般電腦系統
功能	解決問題、解釋結果、進行判斷與決策	解決問題
處理能力	處理數字與符號	處理數字
處理問題種類	多屬於準結構性或非結構性之問題，可處理不確定之知識、應用於特定領域	多屬於結構性之問題，處理具確定性之知識

一般言之，採用專家系統主要原因為：

1. 保存專業知識與經驗，在解決未來相關問題時，可作為重要之參考依據。
2. 解決專業人員缺乏與專家培養不易的問題，或以專家系統取代部分人類專家人員，使得專家知識不再難以取得。
3. 藉由應用電腦設備及專家系統，以合理價位從事需要昂貴知識之工作，以降低求助於專家時所需之費用。

而專家系統與一般電腦程式之差異性，可分其功能、處理能力與問題種類比較之，如表 2.1 所示。

2.4.2 專家系統之功能

專家系統主要應用之功能包括：解釋、預測、診斷、規劃、設計、監視、除錯、教育及控制等，以下針對各功能分別簡述。

1. 解釋 (Interpretation)：根據資料或數據 (Raw Data) 來產生高層資訊 (Meta Information)。
2. 預測 (Prediction)：依據現狀來預測未來結果。
3. 診斷 (Diagnosis)：依據現狀來推論導致故障之原因。
4. 規劃 (Planning)：擬定具有彈性、可供事後修正之初步計畫。
5. 設計 (Design)：在給定條件下進行量化計算。
6. 監視 (Monitoring)：根據預先設定之目標，隨時將現況加以記錄、比較。
7. 除錯 (Debugging)：針對故障原因下達解決指令。
8. 教育 (Instruction)：訓練學員有關診斷與除錯之動作。
9. 控制 (Control)：系統化之管理行為。

2.3.3 專家系統之基本架構

專家系統之基本架構應包括下列幾部份：

1. 知識庫 (Knowledge Base)：儲存專家系統所需要之經驗性和一般性知識，包括法則或事實。知識來源主要為領域專家或相關的研究報告、期刊與領域知識文獻等。
2. 推理機制 (Inference Engine)：為知識庫中法則與程序方法之啟動機制，其包括解譯器 (Interpreter) 與排程器 (Scheduler)。利用解譯器來搜尋與事實關連之知識庫法則，驗證事實之真偽，並以法則推論獲得新的事實，而排程器則可決定法則執行之順序。
3. 使用者介面 (User Interface)：為專家系統和使用者互動接觸之機制，使用者透過介面和系統溝通，良好之互動介面能夠幫助使用者瞭解系統運作流程，降低使用或學習系統之複雜度與困難度。
4. 工作記憶區 (Working Memory)：儲存專家系統在運作過程所需之現有事實或所推論之事實，如解決問題時所需之前提事實資訊，與知識庫法則所推論出之事實。
5. 架構完整且具有後續發展潛力之專家系統，另須具有：
 - (1) 解釋機制 (Explanation Facility)：將系統運作時所採用推論之法則與所依據之事實，提供使用者透明化之說明管道，使專家系統之推論具有透明化之特性，此亦為專家系統與傳統程式之主要差異。
 - (2) 知識擷取介面 (Knowledge Acquisition Facility)：將知識工程師 (Knowledge engineer) 從領域專家中訪談所獲得之經驗與知識，透過知識擷取介面，進行知識的擷取、維修與擴充知識庫之實體內涵。

圖 2.1 為使用者、專家、知識工程師與專家系統間之互動關係圖，知識工程師把領域專家之經驗及知識經過收集及整理，並將知識轉換成符合系統辨識之知識型式，而建立成知識庫。使用者透過使用者介面輸入所遭遇問題之事實，並獲取相關建議、解決方法及說明。

電腦硬體作業系統發展工具使用者介面解釋機制知識擷取介面工作記憶區推理機制知識庫使用者知識工程師專家

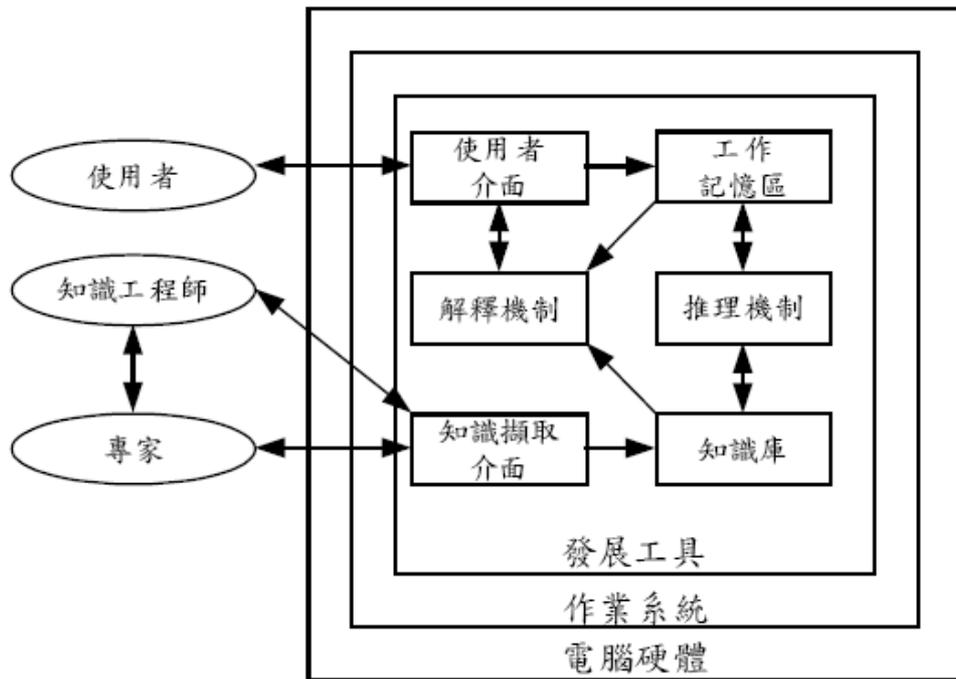


圖 2.1 專家系統基本架構

由圖 2.1 中，可得知在專家系統架構中，專家系統為透過使用者介面與使用者進行互動溝通，而藉由知識擷取介面與知識工程師及專家溝通，故專家系統另具有以下兩種特色：

1. 頻繁之使用者互動關係：專家系統主要以問答方式與使用者進行互動，並根據使用者回答之事實判斷下一個問題，或推理出新的事實。
2. 獨立與透明之知識庫：專家系統與傳統程式不同之處，為知識庫獨立於程式流程之外，具透明且容易修改之特性。

2.4.4 專家系統開發流程

開發專家系統之應用程式之主要程序為：

1. 確定問題領域
2. 擷取相關知識
3. 知識表達形式確認
4. 選定建構工具

5. 建立知識庫

6. 測試系統

系統開發完成後必須進行實例測試，以評估系統推論結果是否正確，並評估使用系統之操作性與簡便性，並於測試後修正或增加系統之知識庫。

第三章 研究方法

3.1 生產流程分析

現今產品生命週期短暫且高度客製化，MTS (Make-to-Stock)、MTO (Make-to-Order)、ATO (Assemble-to-Order)三種基本生產模式中，MTS除了生產大量庫存耗費庫存成本外，無法因應客戶客製化需求的缺點使它已明顯地無法適用在許多產業中。而MTO與ATO這兩種生產模式有一共通點，就是接單後的生產流程，也就是一連串的生產(組裝)活動。

一個採用MTO或ATO生產模式的廠商在接收到來自客戶的詢單需求時，會進行什麼動作？如圖3-1，首先查看庫存，庫存充足則由庫存發貨；庫存不足，則必須規劃生產，並以規劃結果回應客戶，最後客戶同意之後，再把訂單正式排入生產中。

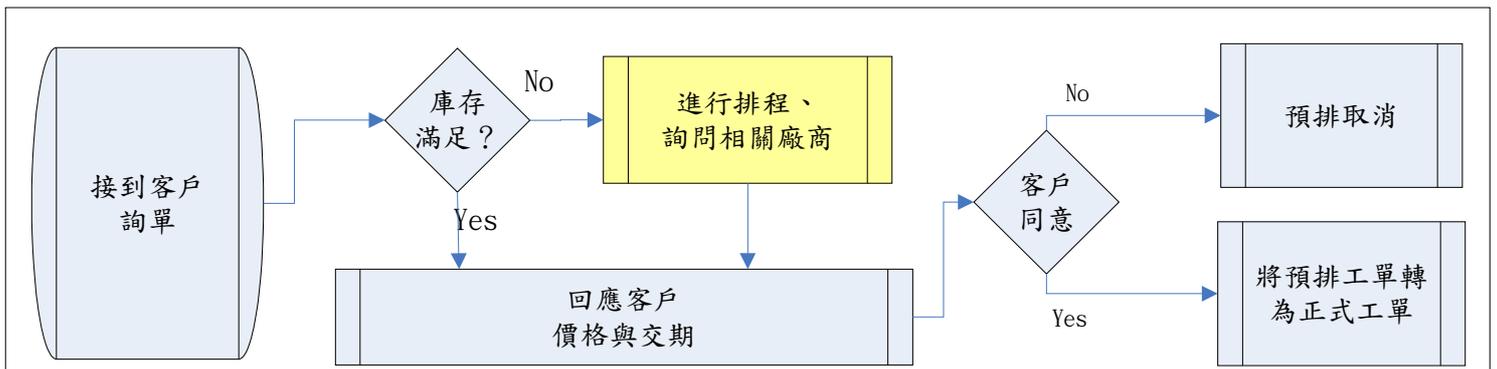


圖 3.1 詢單流程

生產過程猶如一個巨大的黑盒子。輸入產品類型、數量、期望交期等資訊，經過黑盒子處理後，最後輸出交期與成本等資訊。

代表了生產過程的黑盒子中又包含了許多中等的黑盒子，其代表了不同的廠房；中等黑盒子中又包含了較小的黑盒子，代表了生產線或是工作站等；較小的黑盒子中存在著最小的黑盒子，代表的是一個個的機台。

在企業內部中，這個代表了生產過程的黑盒子中的一切都是可以解碼的。從最小單位的機台開始，可以藉由各類工作進入機台時的處理流程對黑盒子進行解碼，再一步步的拓展到生產線與工作站，最後完成整體生產流程的解碼。

以圖 3.2 為例，企業中包含了三個廠區，三個廠區內又各自包含若干生產線，生產線由機台所組成。其中 A1~E4 為機台。一連串的機台可構成生產路徑，一條生產路徑表由依照生產步驟，可生產出完整產品的機台構成。如 A1-B2-C1-D3-E1 即為一可能之生產路徑。因此接到客戶詢單後要確認這張訂單是否可以在客戶所要求的交期前完成，就必須判斷整個企業中是否存在著一條以上完成時間小於交期的生產路徑。

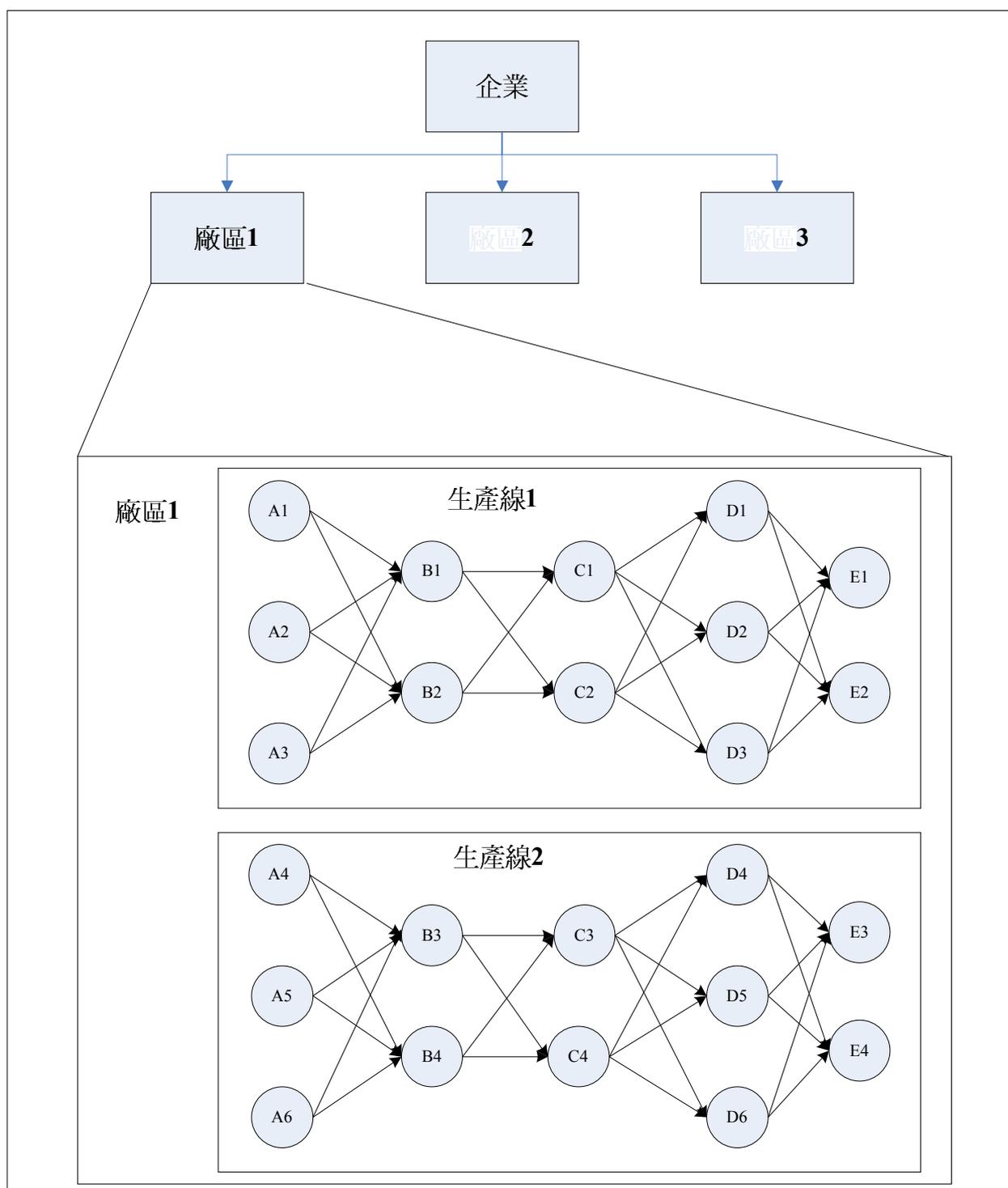


圖 3.2 企業內機台、生產線、廠區與企業關係圖

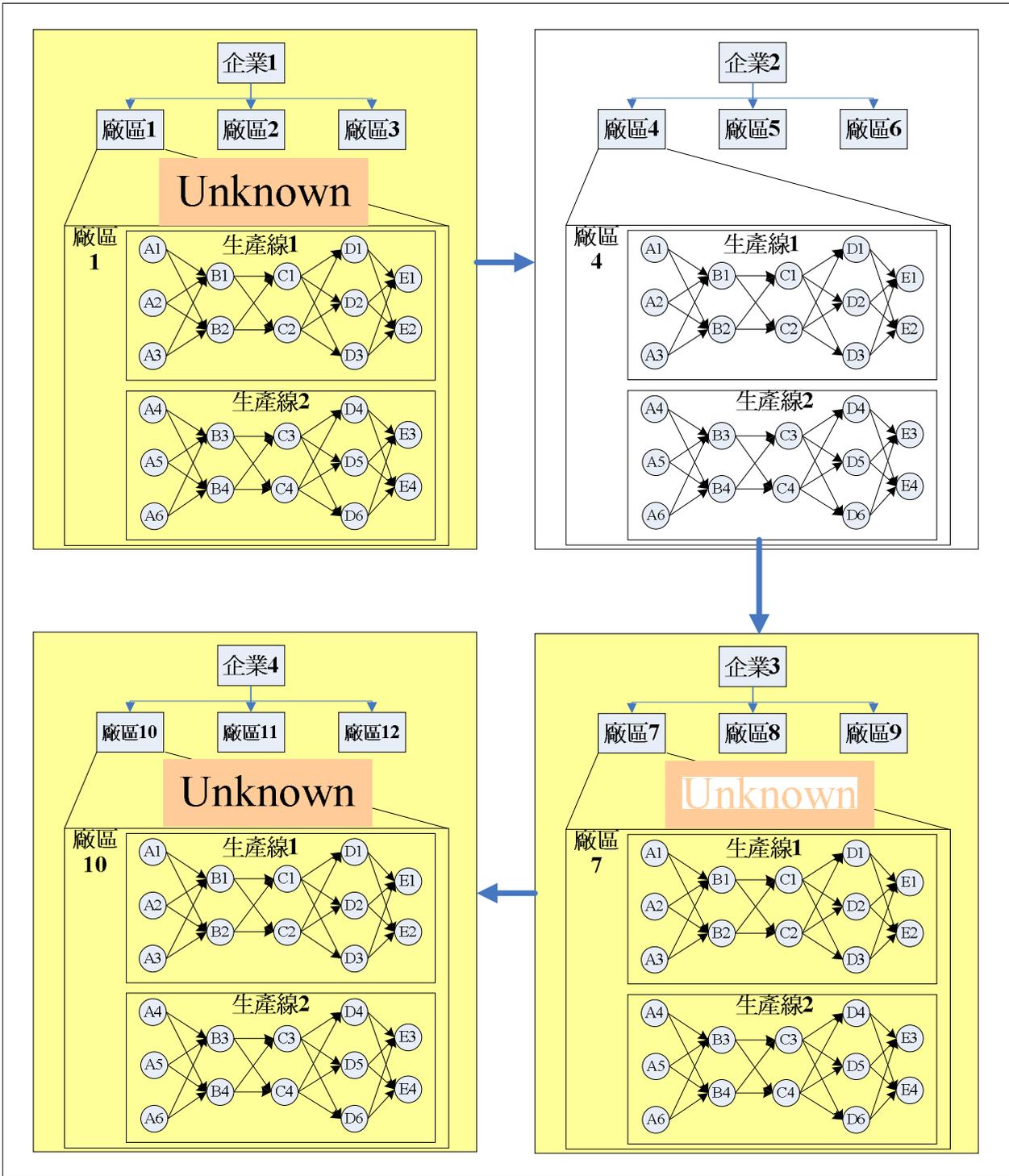


圖 3.3 多階多廠區之示意圖

但是在企業外，這些黑盒子就變得神秘而無法破解。以圖 3.3 為例，產品之生產需經過企業 1→企業 2→企業 3→企業 4。其中企業 2 代表企業本身，企業 1、3、4 分別為多階生產中不屬於企業本身之外部企業。其中可能之生產路徑為 1A1-1B2-1C2-1D3-1E1- 2A2-2B2-2C2-2D2- 2E1-3A1-3B1-3C2-3D1-3E2-4A1-4B2-4C2-4D3-4E2，但除了 2A2-2B2-2C2-2D2-2E1 之外，其他生產流程均屬於企業外部，無法直接取得相關之生產資訊。

整個生產流程中，對於企業外的生產步驟所需花費的時間與成本均難以掌握。生產資訊與廠商最終可以獲得的利潤有密不可分的關係，因此廠商們對於這些生產資訊的提供往往會持保留的態度。

許多廠商本身沒有足夠實力獲得供應鏈中的主導地位，無法迫使合作廠商提供這些資訊。然而在現今快速變動的生產環境中，企業之間的合作又是必要的。因此，如何在不取得這些資訊的前提下，得到所要的結果(也就是交期與成本，或是供應鏈中廠商所能提供的售價)就是本研究所要探討的課題。

除了企業外合作無法取得生產相關資訊的情況之外，在企業內部也存在著相似的狀況。排程人員對於各製程的了解不足，導致排程的結果往往有許誤差。實際生產中，一個小細節就有可能導致生產時間變動，這些小地方往往只有實際在現場操作的人員了解並能夠處理。換句話來說，這些現場人員就是其所操作機台的「專家」。

另一方面，企業內部不同廠區或是相關的關係企業由於其本身的獨立性，也有可能無法提供生產資訊，許多時候也必須比照企業間的合作模式處理。

因此，本研究除了企業外的運用之外，在企業內部存在著難以取得或分析部份時也可以得到很好的發揮。

3.1.1 詢問訂單價格與交期之流程分析

在此先對生產流程中最小的單位—機台作一定義：

機台為整體生產中最小之單位。一個機台同一時間僅能處理一件工作。

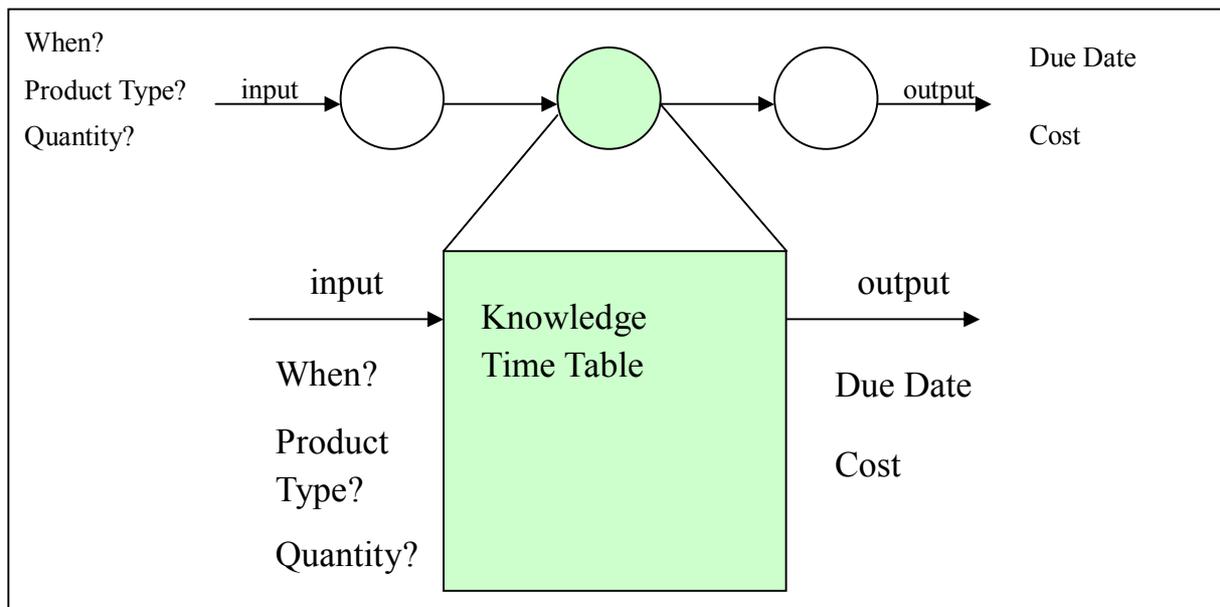


圖 3.4 機台決定交期與成本所需知識

以單一個機台來說，要判斷何時可以完成工作，首先要知道工作的類型與數量，換算求得工作時間與成本。然後在時間表中找出可以符合工作時間長度的空閒時間區段，最後才可計算出完工時間。因此，要判斷工作何時可完成及所需成本，必須具有以下的相关資訊：

1. 產品類型

不同的產品類型在各個機台會有不同的工作時間與成本。

2. 產品數量

訂單中的產品數量會影響到生產所需的總時間與總成本。

3. 進入時間

工作的進入時間表示該工作在該機台最早可開始的時間。進入時間與前站完成時間有很大的關聯。

4. 各種工作的平均工時或方程式

得到工作所需的總工時，才能在時間表中尋找一個可行的時間進行加工。

5. 各種工作的單位成本或方程式

除了完工時間外，在進行工作分配時，成本也是很重要的一个考量。

有些情況下，工作的成本與時間不見得會是常數，也有可能以方程式的

方式表示。這些部分都可以藉由不同的設定來表達。

6. 時間表

求得工作所需要的總時間後，就會試圖將之安排到排程中。以最早交期為例，工作愈早完成愈好。因此可以藉由時間表找出已排程工作之間符合工作時間長度的最早空閒時間。

上述六個決定工作完成時間與成本的基本資訊與知識中，產品類型、數量、進入時間等屬於可公開資訊；生產知識(包含各種工作的單位時間、單位成本等)與各機台的時間表關係到企業本身的利潤，屬於不可公開的資訊。

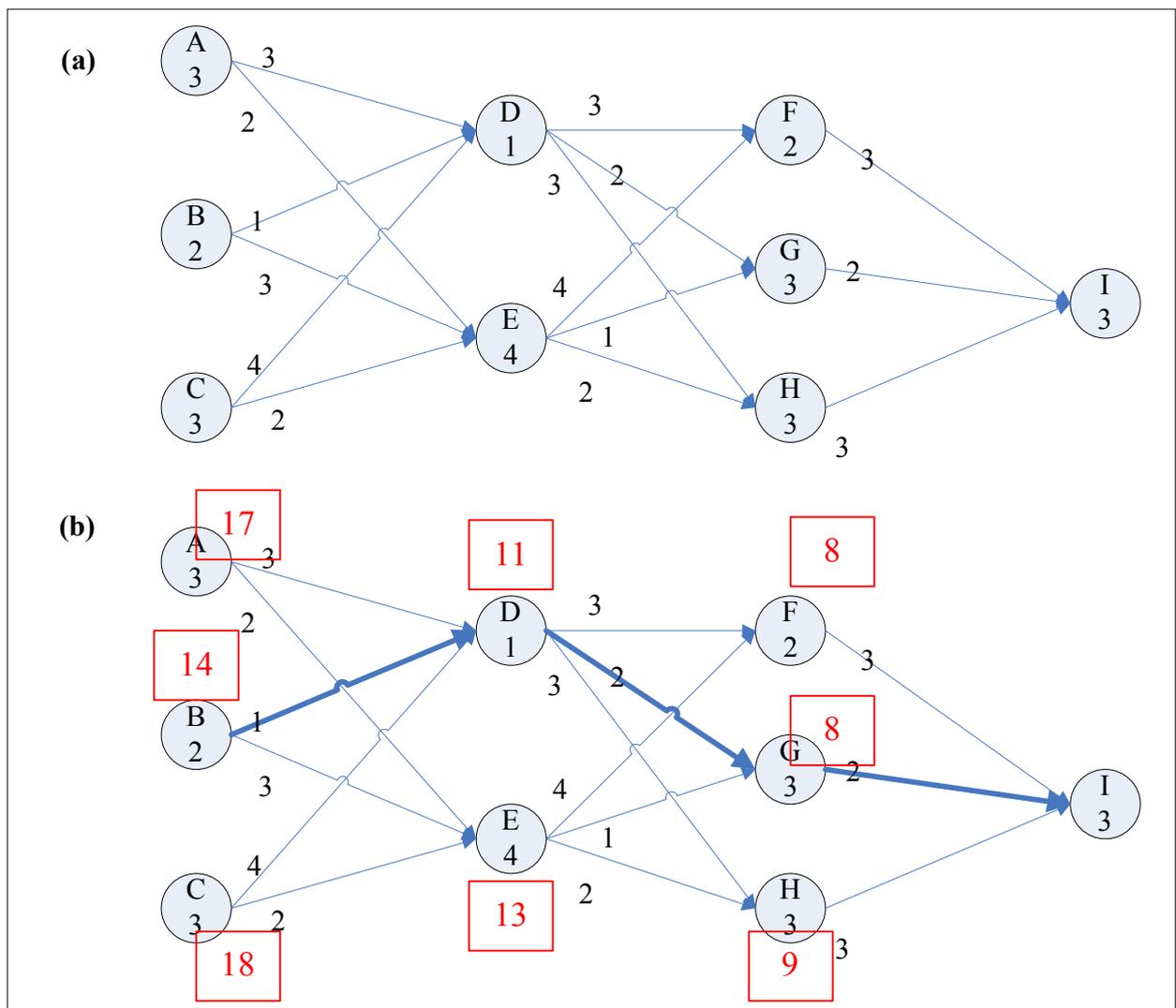


圖 3.5 作業研究最短路徑示意圖(a)最短路徑問題 (b)最短路徑解法

生產線與工作站就是一連串機台的組合。一個廠區包含了數個平行與

垂直的生產線與工作站。藉由這樣一連串機台的輸入→分析→輸出的動作後，最後可以得到訂單在整個廠區的排程結果。其中可能會有數條不同的可行生產路徑，根據所要求的條件不同(如：最早交期、利潤最大等)，選取其中最符合需求的一條，進而得到該訂單的成本與交期。

在所有資訊已知的前提下，生產路徑的選擇可以用類似作業研究中最短路徑的方法來解決。如圖 3.5。

本研究之問題與之類似，但又略有不同。如圖 3.6，各點之處理時間未知，且受到時間表中已有工作之影響，工作進入時可能因為已有安排的工作，無法在進入的時間點馬上開始工作。因此進入的時間點同時也會影響到最後工作完成離開該點的時間。

由於各點之工作完成時間無法在輸入進入時間前得知，因此本研究採用窮舉法，將所有可能的路徑列出，逐條處理各條可能之生產路徑，取得排程結果。但若生產步驟愈多，可能之生產路徑之數量將以倍數遞增，因此本研究採用區域窮舉之方式將生產步驟分段，降低需運算之路徑數，並取得一可行之較佳解。

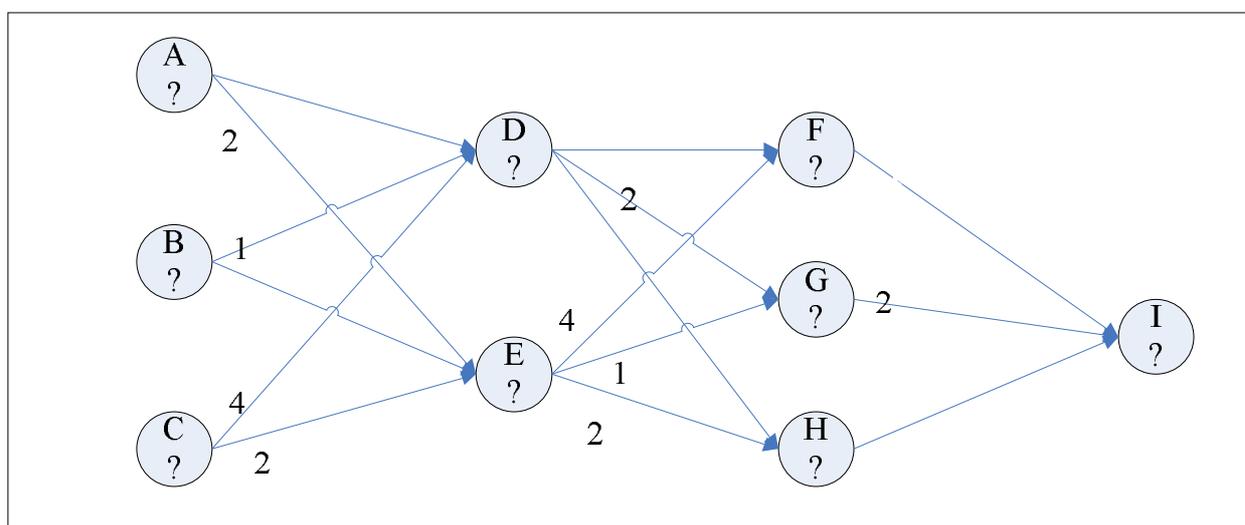


圖 3.6 本研究問題之示意圖

3.2 CLIPS

3.2.1 CLIPS

CLIPS (Joseph Giarratano, 2005)是一套專家系統的開發軟體。如 2.3 節中所述，專家系統藉由事實(facts)的狀態觸發法則(rules)，來產生新的事實。而新的事實又可能會觸發其他法則，進一步產生新的事實。如「電腦」與「停電」這兩個事實放在一起，則會觸發新的事實「無法開機」。相似但不同的情況下，所觸發的法則與產生的新事實也可能有差異。如「雨傘」和「下雨」觸發法則的結果是「不會淋溼」；但「雨傘」和「狂風暴雨」觸發法則的結果就很可能是「淋溼」+「雨傘損毀」。類似於這樣的情形就是專家系統發揮功用的時機。

本研究利用 CLIPS 來推論工作在機台的工作時間與成本，並以 CLIPS 建立時間表，利用生產系統中最小單位的機台同一時間僅能處理一件工作的原則來規劃排程。CLIPS 中對於事物的定義方式可以分為 deffacts、deftemplate、defrule 等數種，此處僅針對本研究使用到的部份作介紹。

Deftemplate 可以為 facts 建立一個樣板。建立 deftemplate 時，可以設定數個 slot，各自代表各種不同的屬性，如人類的性別、年齡等。使用 deftemplate 產生 fact 時，需設定每一個 slot 的數值。此方式可以確保同一類型的 fact，也同時具備有相同的屬性，以利於法則的設定與判斷。

```
(deftemplate human (slot name) (slot gender) (slot age))  
(human (name Eric) (gender male) (slot 19))  
(human (name Alice) (gender female) (slot 14))
```

圖 3.7 deftemplate 說明示意圖。以 deftemplate 建立 human 模板，以之建立出相同類型但不同屬性的 human。如 Eric 與 Alice 具有不同的性別與年齡，但都同樣是人類。

Defrule 用來定義法則。CLIPS 內的 facts 藉由觸發法則引起改變來產生

新的 facts。「 \Rightarrow 」符號前的式子稱為 LHS(Left Hand Side)，是觸發法則的條件；「 \Rightarrow 」符號之後的稱為 RHS(Right Hand Side)，是法則被觸發後所要進行的動作。為避免同時觸發多條法則而導致程式產生意料之外的結果，在設定 defrule 時，可以藉由加入(declare 數字)來定義各 rule 之優先順序，其中數字愈大則優先性愈高。

```
(defrule rain-wet
  (raining)
  (umbrella 0)
 $\Rightarrow$ 
  (assert (getting wet))
)
```

圖 3.8 rule 說明示意圖。此 rule 表示下雨且雨傘數=0 的狀況下，就會觸發出淋溼的新事實

```
(deffunction before (?t1 ?t2) (< ?t1 ?t2))
```

圖 3.9 deffunction 說明示意圖。此 deffunction 定義了時間關係 before，藉由時間 t1 與 t2，當滿足 $t1 < t2$ 的條件時，t1 before t2 的關係就成立了。

Deffunction 則是將常用的判斷簡化。簡化後的判斷可以被簡易的使用在 rule 的 LHS，成為觸發法則的一部分條件。

本研究中 CLLIPS 之法則主要應用在：

1. 工作排程
2. 工作時間與成本之計算

其中工作時間與成本之計算採用較簡單的方式定義之以簡化問題。

3.2.2 CLIPS 中時間軸之設計

Chinn 等人在其研究中(Chinn and Madey, 1999, Chinn and Madey,

2000) 採用了 Allen's temporal reasoning relations for intervals 作為事件之間時間關係的判斷方式，也針對 CLIPS 設計了事件間的各種時間關係的 functions。

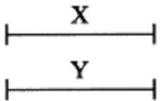
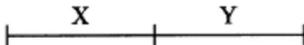
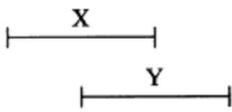
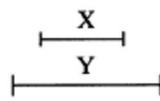
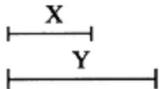
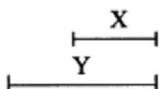
Relations	Pictorial Example	Functions
<i>X before Y</i> <i>Y after X</i>		(deffunction before (?t1 ?t2) (< ?t1 ?t2)) (deffunction after (?t1 ?t2) (> ?t1 ?t2))
<i>X equals Y</i> <i>Y equals X</i>		(deffunction equals (?t1 ?t2 ?t3 ?t4) (and (eq ?t1 ?t3) (eq ?t2 ?t4)))
<i>X meets Y</i> <i>Y met by X</i>		(deffunction meets (?t1 ?t2) (eq ?t1 ?t2))
<i>X overlaps Y</i> <i>Y overlapped by X</i>		(deffunction overlaps (?t1 ?t2 ?t3 ?t4) (and (< ?t1 ?t3) (< ?t2 ?t4) (< ?t3 ?t2))) (deffunction overlapped (?t1 ?t2 ?t3 ?t4) (and (< ?t3 ?t1) (< ?t4 ?t2) (< ?t1 ?t4)))
<i>X during Y</i> <i>Y contains X</i>		(deffunction during (?t1 ?t2 ?t3 ?t4) (and (< ?t3 ?t1) (< ?t2 ?t4))) (deffunction contains (?t1 ?t2 ?t3 ?t4) (and (< ?t1 ?t3) (< ?t4 ?t2)))
<i>X starts Y</i> <i>Y started by X</i>		(deffunction starts (?t1 ?t2 ?t3 ?t4) (and (eq ?t1 ?t3) (< ?t2 ?t4))) (deffunction started (?t1 ?t2 ?t3 ?t4) (and (eq ?t1 ?t3) (< ?t4 ?t2)))
<i>X ends Y</i> <i>Y ended by X</i>		(deffunction finishes (?t1 ?t2 ?t3 ?t4) (and (< ?t3 ?t1) (eq ?t2 ?t4))) (deffunction finished (?t1 ?t2 ?t3 ?t4) (and (< ?t1 ?t3) (eq ?t2 ?t4)))

圖 3.10 事件時間關係與 CLIPS 中相對之 Functions 定義

利用這些 functions，可以在建立 rules 時簡單地判斷工作之間的時間關係，進而設計出應對方式。然而在 Chinn 等人文中所建立的 functions 略有錯誤(原 overlap 之 function 設計包含了 before 與 after 之情況。若以同時判定的方式會造成兩種關係同時成立的狀況；但若如後述先判定 overlap 再判定 before 與 after 則不會造成異常。但保險起見本文仍以較嚴謹的方式定義之)，因此加以更正整理如圖 3.10。

各 functions 裡只包含 ?t1、?t2 的 function 中，?t1 表示第一個事件的結束

時間， t_2 表示第二個事件的開始時間。包含了 t_1 、 t_2 、 t_3 、 t_4 的 function 中， t_1 、 t_2 分別代表第一個事件的開始與結束時間， t_3 、 t_4 則分別代表第二個事件的開始與結束時間。

由於一個機台在同一時間僅能處理一件工作，因此機台的時間表中並不會存在事件重疊的情況，也就是不會發生 Allen's temporal reasoning relations 定義中的 equals、overlaps (overlapped by)、during (contains)、starts (started by)、ends (ended by) 等狀態。因此當一個新工作所要求的時間區段會與其他工作產生上述的關係時，則必須重新向後選擇另一個時間區段，直到不會發生事件重疊的狀況，也就是 before (after) 與 meets (met by) 兩種狀態。

由於時間表的排程以「避免發生事件重疊」的方式進行，因此將可能發生的情況依照可前進時間長短分為三類，給予其法則不同的優先性：

1. 事件重疊，已存在事實結束時間較新事實晚 (overlaps、during、starts)。

此類狀態由於可以一次前進的時間較多，給予較高的優先性。

2. 事件重疊，已存在事實結束時間等同新事實 (equals、ends、ended by)。

此類狀態可以一次前進的時間中等，給予次一級的優先性。

3. 事件重疊，已存在事實結束時間較新事實早 (overlapped by、contains、started by)。

此類狀態可以一次前進的時間最少，給予重疊事件中最低的優先性。

4. 事件不重疊 (before、after、meets、met by)。

給予所有事件中最低的優先性，當前述所有事件重疊狀態均不存在時方成立。

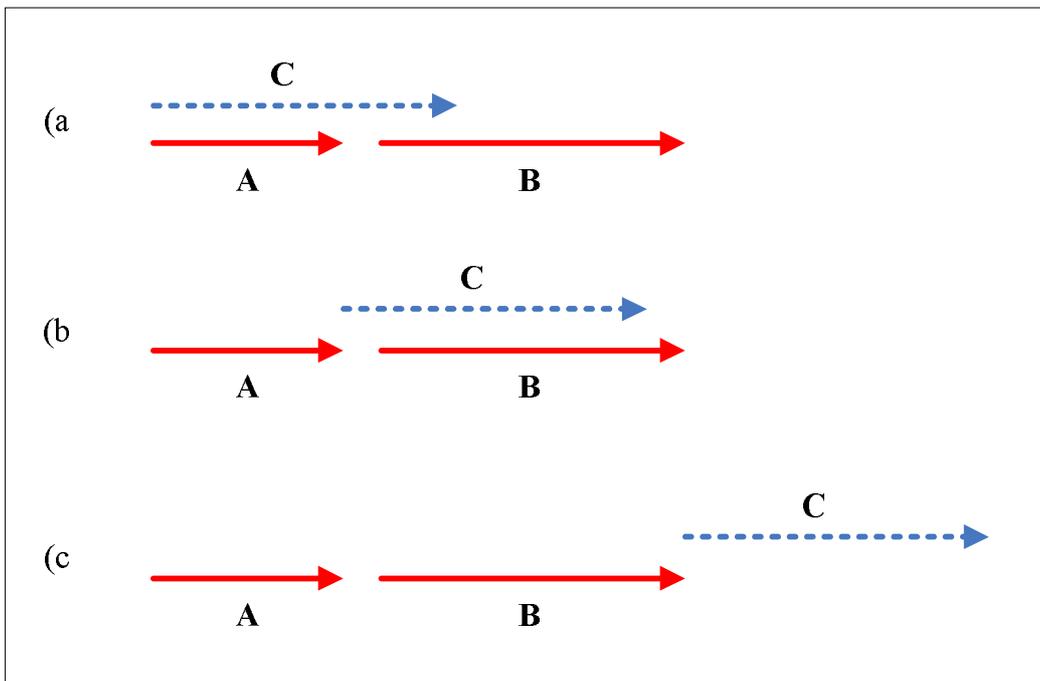


圖 3.11 事件關係處理步驟說明圖

這樣設定的方式主要是為了節省計算時間。如圖 3.11，當事件 C 同時分別與事件 A、事件 B 產生(C starts A)與(C overlaps B)之關係時，先處理 C 與 A 之間的重疊關係後，還需要對 C 與 B 之間的重疊關係進行處理。其步驟為(a)→(b)與(b)→(c)兩個步驟；若先處理 C 與 B 的關係，則 C 與 A 之間的重疊關係同時也可得到解決，步驟為(a)→(c)，比起先處理 C 與 A 之間重疊關係的方式少了一個步驟。

4.2.3 工作法則在 CLIPS 中之設計

本研究將 CLIPS 中的事實(facts)分為五類。

第一類為 fact，表已確定並已在排程中的工作。

第二類為 scheduled，表已預排，但未確認的工作。

第三類為 schedule，表將進行排程的工作。

第四類為 new，表新進入的工作。

第五類為 temp_fact 與 temp_scheduled，為重新排程時原有排程資訊的暫存形式。此類事實將視重新排程結果予以消滅，或復原為 fact 與 scheduled。

```

(deftemplate new (slot name) (slot type) (slot quantity) (slot line) (slot step) (slot enter))
(deftemplate schedule (slot name) (slot type) (slot quantity) (slot line) (slot step) (slot
beg_time)
    (slot end_time) (slot cost))
(deftemplate scheduled (slot name) (slot type) (slot quantity) (slot line) (slot step)
    (slot beg_time) (slot end_time) (slot cost))
(deftemplate fact (slot name) (slot type) (slot quantity) (slot line) (slot step) (slot beg_time)
    (slot end_time) (slot cost))
(deftemplate temp_scheduled (slot name) (slot type) (slot quantity) (slot line) (slot step)
    (slot beg_time) (slot end_time) (slot cost))
(deftemplate temp_fact (slot name) (slot type) (slot quantity) (slot line) (slot step) (slot
beg_time) (slot end_time) (slot cost))

```

圖 3.12 本研究中 CLIPS 各 deftemplate 之設計

new 包含一般性的工作資訊，如產品、數量、進入時間等。在進入 CLIPS 之後，會馬上轉換為 schedule。

```

(defrule new_order
  ?new <- (new (order_no ?order) (type ?type) (quantity ?quantity) (route ?route)
(step ?step) (begin_time ?begin) (end_time ?end) (accumulative_cost ?cost)
(revenue ?revenue) (expect_duedate ?duedate))
  (timecost (type ?type2&?type) (time ?time) (cost ?cost2))
=>
  (retract ?new)
  (assert (schedule (order_no ?order) (type ?type) (quantity ?quantity) (route ?route)
(step ?step) (begin_time ?begin) (end_time (+ ?begin (* ?quantity ?time)))
(accumulative_cost (+ ?cost (* ?cost2 ?quantity))) (revenue ?revenue)
(expect_duedate ?duedate)))

```

圖 3.13 new 轉換為 schedule 形式之法則設計

Schedule 藉由 new 的資訊與該產品在機台內的時間與成本設定，轉換出該工作在機台的總工作時間與成本，因此包含了工作開始時間、工作結束時間與累計成本等資訊。工作開始時間會先設定為進入時間，工作結束時間則為開始時間加上總工作時間。

```

(defrule test-during
  (declare (salience 400))
  ?job <- (schedule (order_no ?order1) (type ?type1) (quantity ?quantity1) (route ?route1)
  (step ?step1) (begin_time ?time1) (end_time ?time2) (accumulative_cost ?cost1)
  (revenue ?revenue1) (expect_duedate ?duedate1))
  (fact (order_no ?order2) (type ?type2) (quantity ?quantity2) (route ?route2) (step ?step2)
  (begin_time ?time3) (end_time ?time4) (accumulative_cost ?cost2) (revenue ?revenue2)
  (expect_duedate ?duedate2))
  (test (during ?time1 ?time2 ?time3 ?time4))
=>
  (retract ?job)
  (assert (schedule (order_no ?order1) (type ?type1) (quantity ?quantity1) (route ?route1)
  (step ?step1) (begin_time ?time4) (end_time (+ ?time4 (- ?time2 ?time1)))
  (accumulative_cost ?cost1) (revenue ?revenue1) (expect_duedate ?duedate1)))
  )

```

圖 3.14 重疊狀態中優先性最高之法則設計(以 during 為例)

```

(defrule test-finishes
  (declare (salience 240))
  ?job <- (schedule (order_no ?order1) (type ?type1) (quantity ?quantity1) (route ?route1)
  (step ?step1) (begin_time ?time1) (end_time ?time2) (accumulative_cost ?cost1)
  (revenue ?revenue1) (expect_duedate ?duedate1))
  (fact (order_no ?order2) (type ?type2) (quantity ?quantity2) (route ?route2) (step ?step2)
  (begin_time ?time3) (end_time ?time4) (accumulative_cost ?cost2) (revenue ?revenue2)
  (expect_duedate ?duedate2))
  (test (finishes ?time1 ?time2 ?time3 ?time4))
=>
  (retract ?job)
  (assert (schedule (order_no ?order1) (type ?type1) (quantity ?quantity1) (route ?route1)
  (step ?step1) (begin_time ?time4) (end_time (+ ?time4 (- ?time2 ?time1)))
  (accumulative_cost ?cost1) (revenue ?revenue1) (expect_duedate ?duedate1)))
  )

```

圖 3.15 重疊狀態中優先性次高之法則設計(以 finish 為例)

```

(defrule test-scheduled-contains
  (declare (salience 190))
  ?job <- (schedule (order_no ?order1) (type ?type1) (quantity ?quantity1) (route ?route1)
  (step ?step1) (begin_time ?time1) (end_time ?time2) (accumulative_cost ?cost1)
  (revenue ?revenue1) (expect_duedate ?duedate1))
  (scheduled (order_no ?order2&~?order1) (type ?type2) (quantity ?quantity2)
  (route ?route2) (step ?step2) (begin_time ?time3) (end_time ?time4)
  (accumulative_cost ?cost2) (revenue ?revenue2) (expect_duedate ?duedate2))
  (test (contains ?time1 ?time2 ?time3 ?time4))
=>
  (retract ?job)
  (assert (schedule (order_no ?order1) (type ?type1) (quantity ?quantity1) (route ?route1)
  (step ?step1) (begin_time ?time4) (end_time (+ ?time4 (- ?time2 ?time1)))
  (accumulative_cost ?cost1) (revenue ?revenue1) (expect_duedate ?duedate1)))
  )

```

圖 3.16 重疊狀態中優先性最低之法則設計(以 contains 為例)

```

(defrule test-meet
  (declare (salience 90))
  ?job <- (schedule (order_no ?order1) (type ?type1) (quantity ?quantity1) (route ?route1)
  (step ?step1) (begin_time ?time1) (end_time ?time2) (accumulative_cost ?cost1)
  (revenue ?revenue1) (expect_duedate ?duedate1))
  (fact (order_no ?order2) (type ?type2) (quantity ?quantity2) (route ?route2) (step ?step2)
  (begin_time ?time3) (end_time ?time4) (accumulative_cost ?cost2) (revenue ?revenue2)
  (expect_duedate ?duedate2))
  (test (meets ?time2 ?time3))
=>
  (retract ?job)
  (assert (scheduled (order_no ?order1) (type ?type1) (quantity ?quantity1) (route ?route1)
  (step ?step1) (begin_time ?time1) (end_time ?time2) (accumulative_cost ?cost1)
  (revenue ?revenue1) (expect_duedate ?duedate1)))
  )

```

圖 3.17 非重疊狀態之法則設計(以 meet 為例)

Schedule 藉由法則，與已存在的 facts 與 scheduled 兩類工作進行時間

關係的判斷。schedule 工作經由前面介紹過的事件時間關係判斷法則不斷向後改變在時間表中的位置，直到不會與 facts 及 scheduled 工作產生重疊的關係時，將之轉換為 scheduled；反之則該 schedule 的工作開始時間與結束時間會繼續往後推，並再次進行法則判斷，直到不會與 facts 及 scheduled 的工作產生時間重疊的關係為止。

Scheduled 表示已排程的工作，但仍未確認。當最後確定採用此一生產路線進行工作時，該路線的 scheduled 工作將轉換為 facts，表示已確定並排入生產中。該訂單其他路線的 scheduled 工作則會被移除。

```
(defrule route_decide
  (declare (salience 400))
  ?decide <- (route_decide ?order ?route1)
  ?route <- (scheduled (order_no ?order2&?order) (type ?type) (quantity ?quantity)
  (route ?route2&?route1) (step ?step) (begin_time ?begin) (end_time ?end)
  (accumulative_cost ?cost) (revenue ?revenue) (expect_duedate ?duedate))
=>
  (retract ?decide)
  (retract ?route)
  (assert (fact (order_no ?order2) (type ?type) (quantity ?quantity) (route ?route2)
  (step ?step) (begin_time ?begin) (end_time ?end) (accumulative_cost ?cost)
  (revenue ?revenue) (expect_duedate ?duedate))))
)

(defrule route_decide_cancel
  (declare (salience 500))
  ?decide <- (route_decide ?order ?route1)
  ?route <- (scheduled (order_no ?order2&?order) (type ?type) (quantity ?quantity)
  (route ?route2&~?route1) (step ?step) (begin_time ?begin) (end_time ?end)
  (accumulative_cost ?cost) (revenue ?revenue) (expect_duedate ?duedate))
=>
  (retract ?route)
)
```

圖 3.18 接收到決定生產路徑訊息後處理示意圖。接收到決定生產路徑訊息後，符合生產路徑之 scheduled 將轉換為 fact；不符合者則隨即被消滅。

3.3 CSA

3.3.1 Conservative Synchronization Algorithm

Conservative Synchronization Algorithm(以下簡稱 CSA)是一個為了確保分散式模擬時，各相關事件順序性的法則。

在分散式模擬時，往往以「跳過沒有工作的時戳(Time Stamp)」的方式來加速模擬速度。但是當模擬系統以跳躍的方式前進時，卻有可能會導致工作的因果關係發生錯誤。因此 CSA 讓分散式系統中的每一個點除了儲存本身之時間表(Time List)外，也額外儲存所有可能會發送工作給該點的相關點的時間表，藉由此一方式確認工作的前一步驟是否完成，以避免工作因果關係錯誤的情況發生。

何謂因果關係？簡單的說，在進行工作時會有一些先後順序，而在分散式系統中，每個點並不知道前一工作步驟是否完成，只知道依照規劃結果何時進行工作。因此比較常見的錯誤如：已經進行模擬到了較後面的階段才發現有時間較早的工作未完成或延遲，而必須回到前方從頭再來過。

即使分散式系統不以跳躍式的方式前進，若分散式系統間沒有溝通的管道，在進行工作時也很有可能出現前站工作延遲而本站卻毫不知情，以為工作已經開始進行了的情況。

CSA 能夠有效地處理工作之間的因果關係。它在每一個機台上都建立了與其有關聯的機台的時間表(time list)。當這些時間表上都不為空白的時候，就依照時間表上的順序一步一步往下進行；當有時間表隨著時間的進行而成為空白時，機台會以兩機台間的運送時間自動產生一個「最快何時會有工作」的空訊息。空訊息除了代表沒有工作之外，同時也代表了該時間點之前不會再有工作進入，因此可以放心進行下一步而不需擔心會違反因果關係。

本研究根據其原則，設計當運送時間可以忽略時，則會向該相關機台

發出詢問訊息，該機台則會在有工作進行中的狀態下，計算完成時間，回傳一個「什麼時候會有新工作」的新工作訊息，或是在沒有工作進行的狀態中回傳「什麼時候之前不會有工作」的空訊息來更新時間表。藉由這些時間表與規則，機台進行模擬的時候可以確保各個步驟的進行是完全順著時間流動而進行的，藉此來確保因果關係。

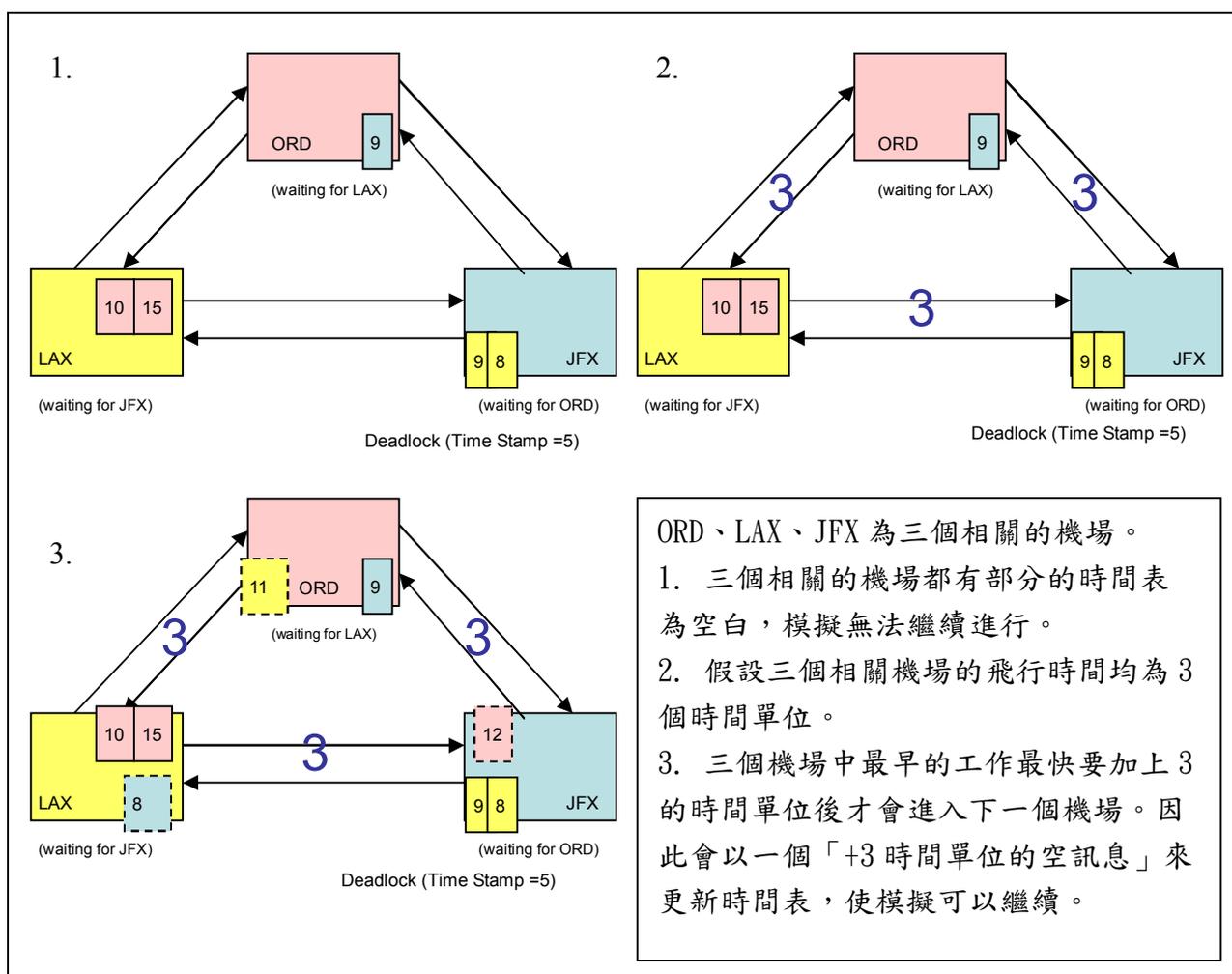


圖 3.19 CSA 解決 deadlock 及確保時間順序性的方法

3.3.2 CSA 之應用

CSA 之作用主要在維持分散式系統中，各事件的因果關係。帶入生產系統中，也就是用來確保生產過程中，所有的生產均照生產步驟，一步步的往下進行。舉例來說，也就是確保了不會發生生產步驟二已完成，而生產步驟一卻未進行的狀況。

本研究的程式分為兩部份，第一部份是生產規劃，也就是排程的部份。

排程的部份由事前所知之條件進行生產規劃。第二部份則是時間前進的部份。在這部份中，由於實際生產環境的異動(如機台故障等)，有可能導致某些工作無法進行或延遲，進而影響到整體生產的進行。因此本研究運用 CSA，以其確保因果關係的特性，來確保系統中在發生狀況時不同機台中相關工作的先後順序不會被違背。

本研究針對 CSA 的應用部份設計了六個步驟，一一說明如下：

1. 時間前進

接單介面通知各點更新時間。

2. 检查工作完成時間→工作結束→傳遞至下一站

各點更新時間後，搜尋是否有工作已完成。若有，則設定該工作為已完成並通知生產路徑中之下一站。此時也會將各點中所儲存的錢站工作表已到期的時間點去除。

3. 接收前站工作完成訊息→該工作下步驟改為可執行

各點接收到前站工作完成訊息，將該工作下一步驟改為改為可執行，表示進行該工作步驟時不會違背工作之間的因果關係。

4. 检查工作開始時間→工作開始→傳遞至下一站

檢查完已完成的工作後，檢查正要開始的工作。若有工作正要開始，則設定該工作進行中。由於本研究中設定各機台之間運送時間幾乎可忽略(亦即沒有運送時間)，因此在工作開始時便通知下一站，更新時間表，以使用 CSA 確保工作間的因果關係。

5. 接收前站開始工作訊息→更新前站時間表

接收到前站的工作開始訊息後變馬上更新前站時間表，將這些工作訊息加入。

6. 檢查是否有前站時間表數量為 0。若有，检查工作是否即將開始。若是，則回報接單介面：「前站異常」並進行相關訂單重排。

使用 CSA 之設定，當各點所儲存的前站工作表中工作的數量為零時，則必須確認前站狀態並補上新工作訊息或空訊息(null message)，以確保時間可繼續前進而不至於影響工作間的因果關係。

3.4 程式設計

3.4.1 程式功能

根據前方所歸納之因素與條件，一個結合 CSA 特性的分散式生產訂單快速回應程式應具備以下之功能：

1. 紀錄 Time List
2. 接收訂單資訊
3. 計算產品作業時間與成本
4. 找出滿足作業時間的時段，算出最早交期
5. 傳送訂單資訊

本研究使用 JAVA 撰寫使用者介面，使用 CLIPSJNI 連接 JAVA 與 CLIPS，運用 TCP/IP 架構處理資訊的接收與傳送，以 CLIPS 紀錄 Time List 中的各個時戳，並在收到新工作時計算工作的時間與成本並找出該點的最早交期。

一般而言，收到客戶詢單時會先查詢庫存是否充足。若是，則先使用庫存；若否，則進行生產規劃排程，取得交期。本研究程式主要目的為各機台生產資訊不公開的情況下快速完成排程，找出一較佳的可行解，並將交期與售價回應給客戶。因此省略庫存充足時耗用庫存的狀況。

程式之流程圖如圖 3.20 所示，接收到客戶詢單後依照目前可排程的機台產生生產路徑。將訂單資訊傳送按照生產路徑依序傳送給各機台，以求得成本與交期。最後從所有生產路徑中取得一個最滿足設定條件的解，以其交期回應客戶。

3.4.2 程式介面

以程式用途的設定來說，需要使用者介面的僅有接收訂單並發出模擬需求的接單單位。但為了推論與驗證方便，其他各點的狀態也會在個別電

腦分別顯示出來。以下分別討論之。

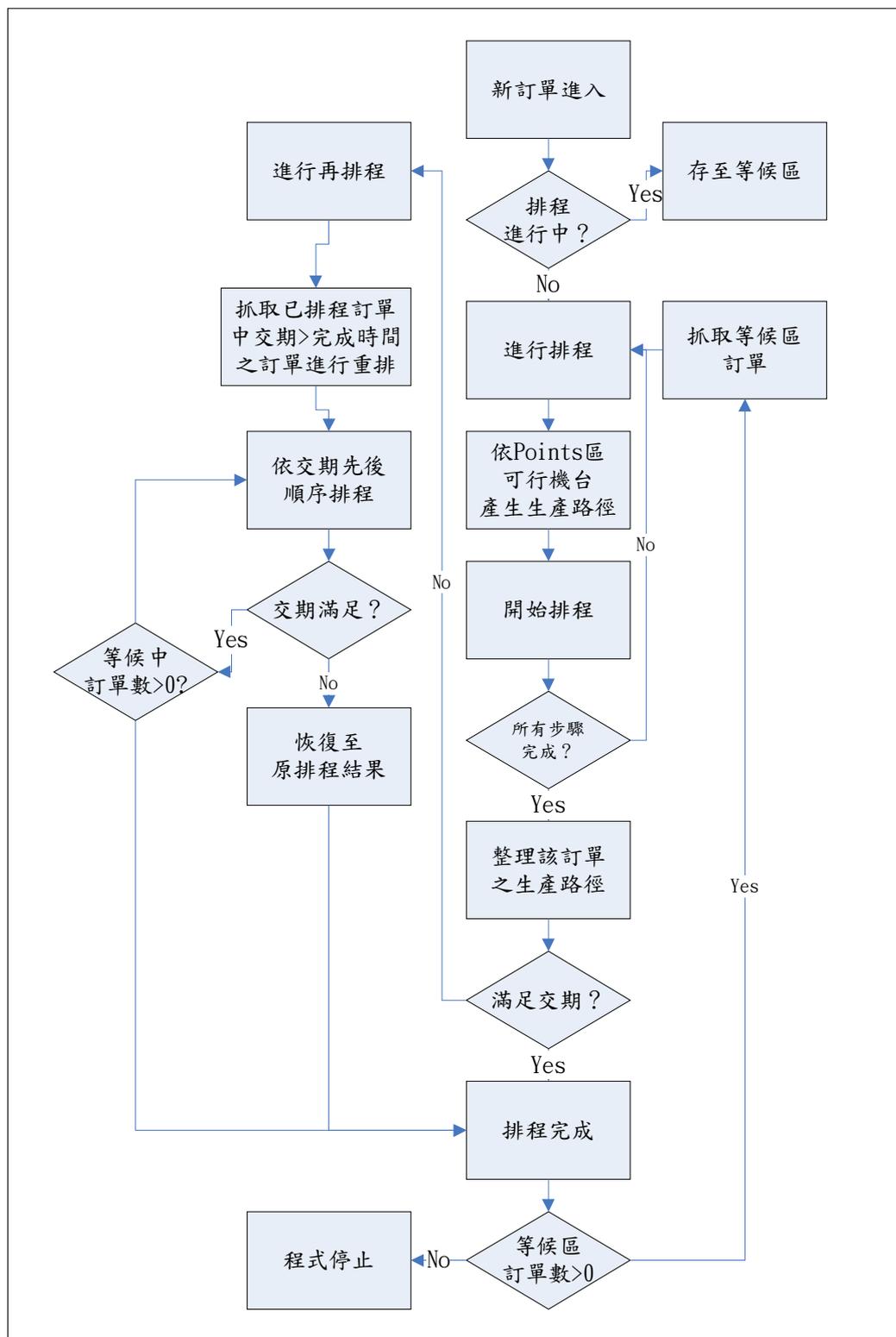


圖 3.20 整體程式之接單基本流程圖

1. 接單介面

接單單位可以輸入訂單相關資訊，並送出給下一步驟的所有點來開始

進行模擬。在模擬完成時，則會收到最後步驟的點所回傳的所有路線之交期與成本。然後會自動由這些路線中，選取「最滿足需求」的生產路徑。

除此之外，接單介面同時也負責了各種狀況的處理。如再排程、因機台故障產生的重新排程等。

如圖 3.21，接單介面包含了 Order Info.、Waiting、Scheduling、Scheduled、Confirmed、Rescheduled Temp、Information、Points 幾個區域。功能分述如下：

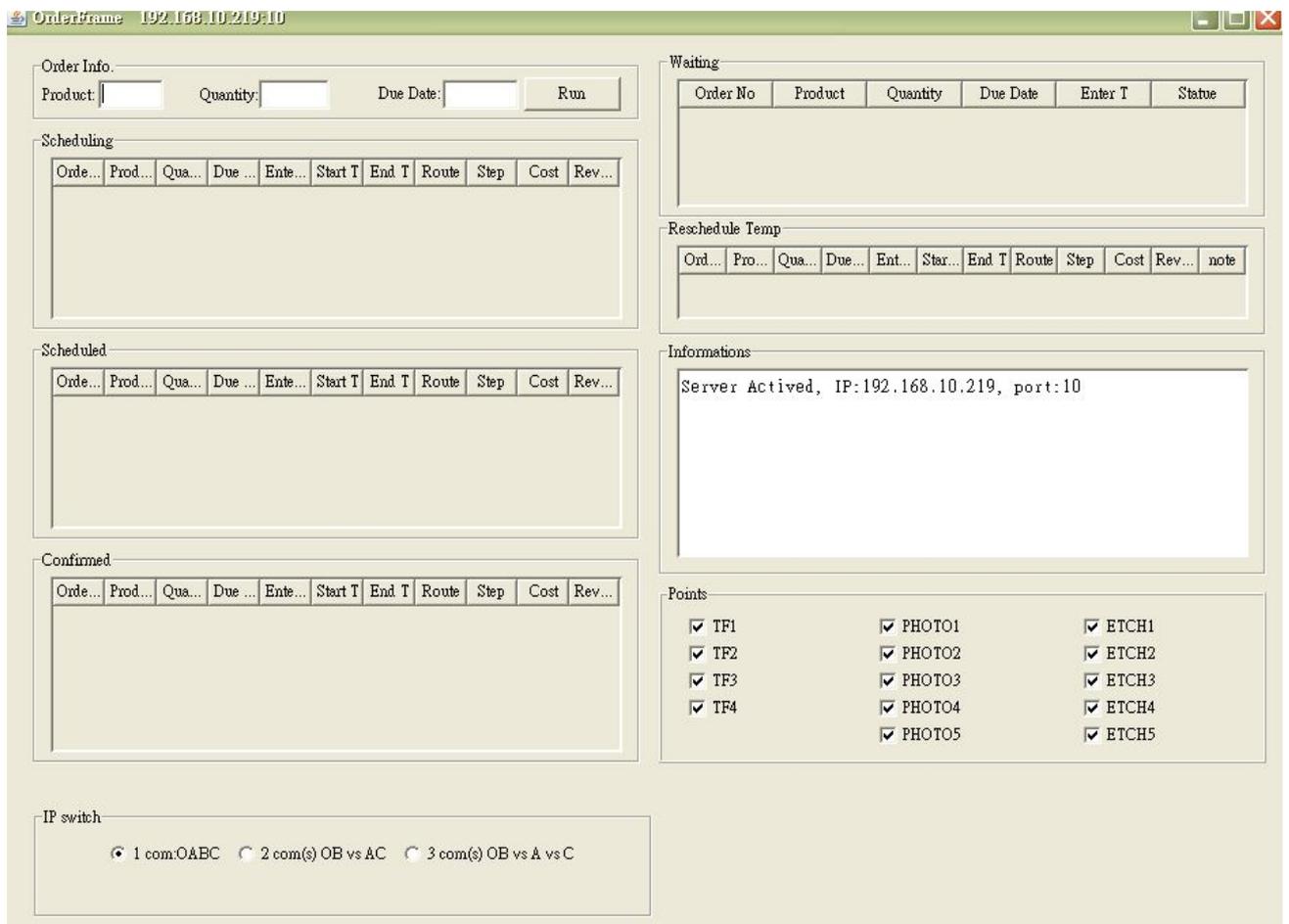


圖 3.21 接單模擬起始狀態

1. Order Info.區：用來輸入訂單資訊，其中包含了產品類型、數量、交期等三個最重要的訂單資訊。
2. Waiting 區：當輸入訂單資訊時，若有排程進行中，則該訂單資訊會先暫存至 waiting 區等候。當現有排程結束後，會從 waiting 區抓取訂單進行

下一步的排程。

3. Points 區：此區代表了整個生產系統中的機台，當機台發生故障或意外事件時，會先傳送訊息至接單單位，取消該機台在此處對應的選取。待機台恢復正常後，則會發送訊息至接單單位，恢復該機台在此處對應的選取。
4. Scheduling 區：當訂單開始排程時，會依照 Points 區中可用的機台產生生產路徑，並將之列在 Scheduling 區中。程式依照 Scheduling 區中所列出的生產路徑一一發送訊息給對應的機台，並取得結果，最後再所有路線中取一條最符合條件的列入 Scheduled 區，最後清空 Scheduling 區中所有的路徑，開始下一輪排程。

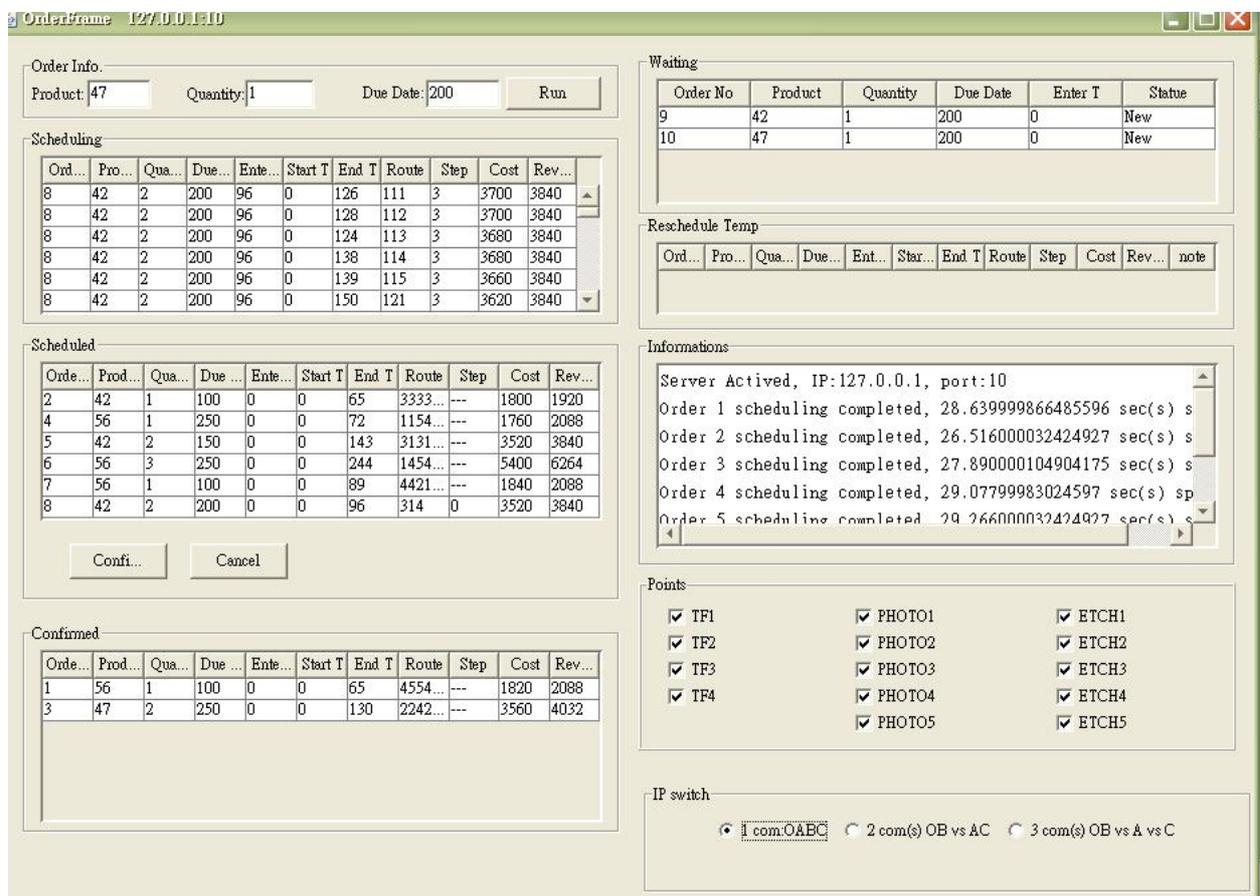


圖 3.22 接單模擬後所有路線與建議路線交期與成本示意圖

5. Scheduled 區：存放排程後被選取訂單生產路徑。當某訂單被客戶確認則轉移至 Confirmed 區：反之則清除所有機台中該訂單的排程；若客戶未確認也未取消，則這些訂單的排程會保留，當新訂單進入時也必須考量

到這些訂單，不與之重疊。

6. Confirmed 區：本區儲存以被客戶確認的訂單。本研究不考慮訂單取消的狀態，因此進入此處的訂單均已確認會被執行。
7. Reschedule Temp 區：當有重新排程的狀態產生時，以排程但符合重排條件的訂單會被移至此處暫存，直到完成重排被消滅或重排失敗被移回原有區域。
8. Information 區：顯示排程中各種資訊，如各訂單的生產路徑，排程花費的時間等。

2. 各機台介面

各機台之程式之基本功能如下：

1. 接收資訊，轉換為訂單資訊
2. 將訂單資訊轉換為工作時間與成本
3. 在時間表中進行排程
4. 傳送排程結果至生產路徑中之下一站
5. 紀錄前方工作站之時間軸，確保因果關係

其基本流程如圖 3.23，其中生產相關知識僅在 CLIPS 程式排程時使用，輸出資訊並未包含該點之生產相關知識，確保各點的獨立性

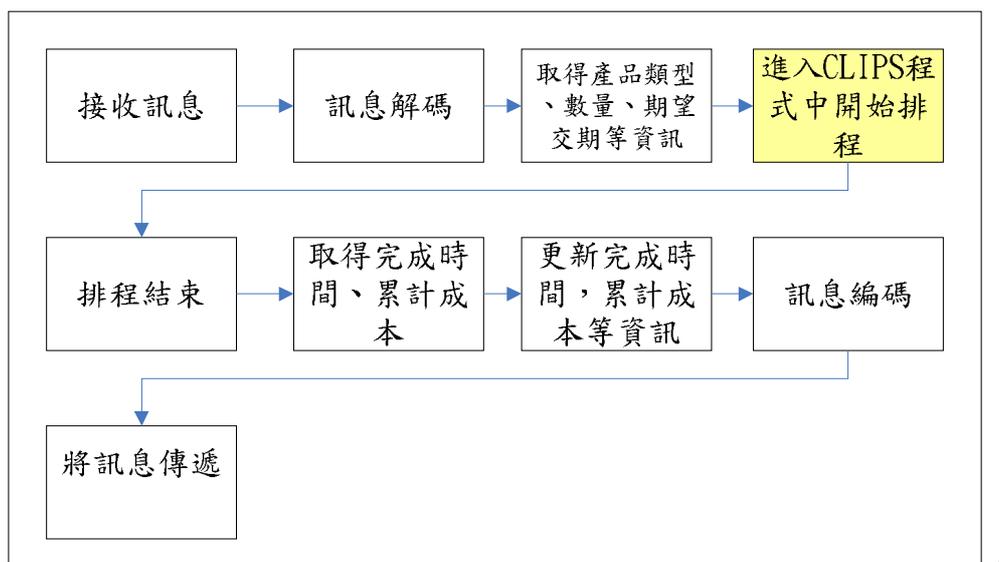


圖 3.23 各點接收訊息並排程之基本流程

各機台介面會列出其已排程工作的時間表，並列出每條訂單生產路線的時間與結果。如圖 3.24，Point Frame 包含了以下區域：Time & Cost、Scheduling、Jobs、Temp、Information 等，分別說明如下：

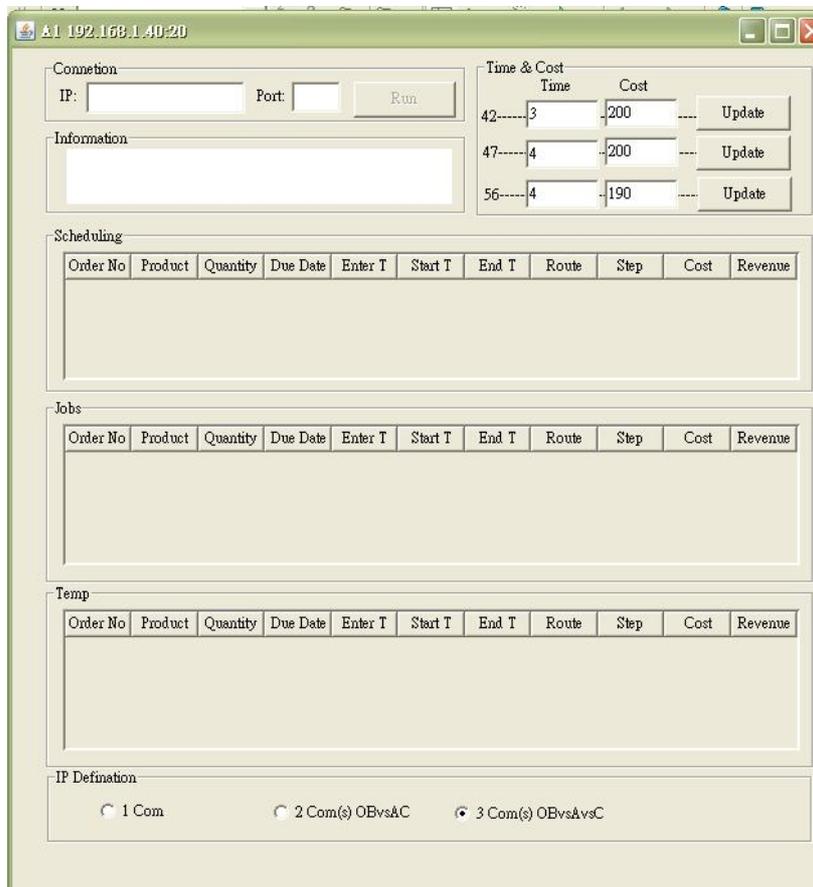


圖 3.24 各機台之介面

1. Time & Cost 區：存放了各類型工作所需的時間與成本。此區域同時也提供了修改各類工作時間成本的功能。但修改後所有訂單將釋出進行重排，以確保生產路徑的可行性。
2. Scheduling 區：收到來自前站的排程訊息後，使用 CLIPS 進行排程，然後將排程結果列於此處，並發送給下一站。
3. Jobs 區：當生產路徑被選取後，該訂單生產路徑會移至此處。
4. Temp 區：若收到重排訊息時，則需重排之訂單均從 Jobs 區移至此處，等重排完成後被消滅或重排失敗後回到原區域。
5. Information 區：排程中的資訊存放處。

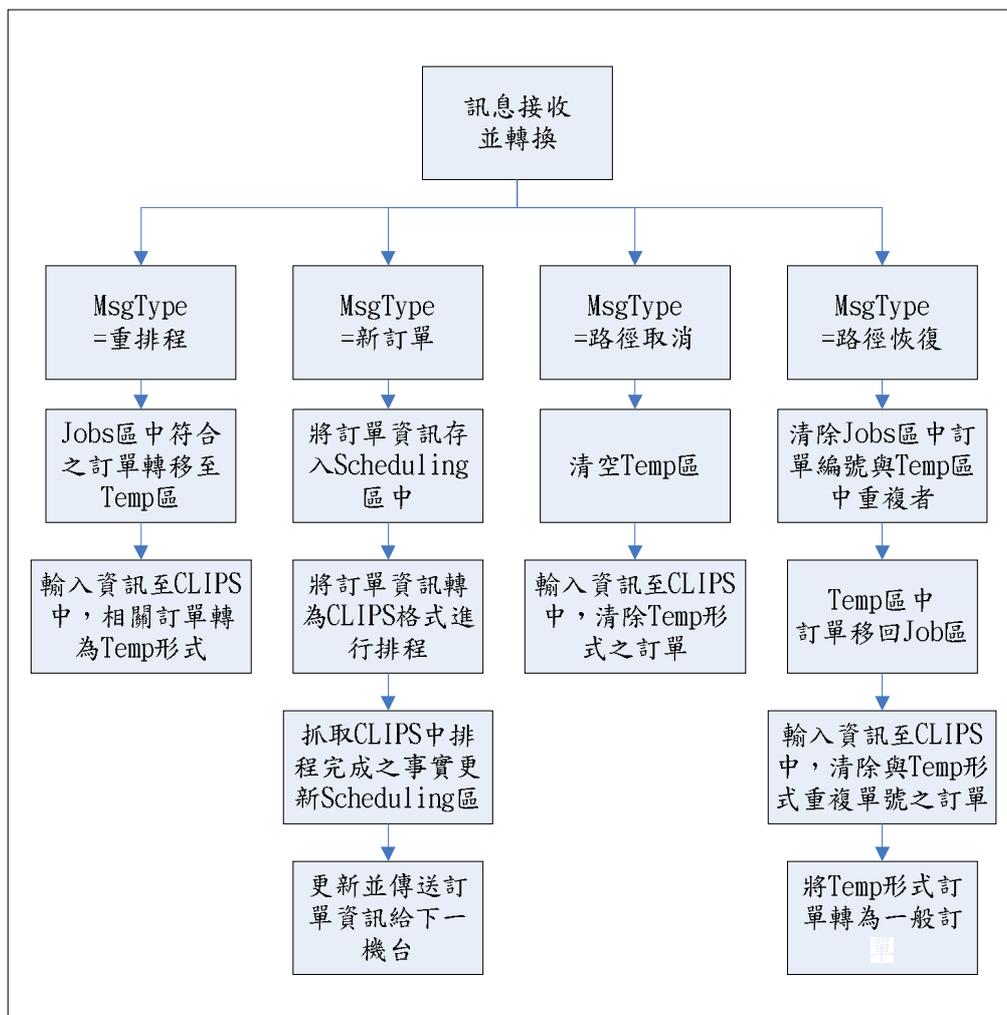


圖 3.25 各點接收訊息後之流程

重排由上述幾個訊息類型組合而成，說明如下：

1. 重排成功：重排程 → 新訂單 → 路徑取消
2. 重排失敗：重排程 → 新訂單 → 路徑恢復

3.4.3 傳遞資訊格式

程式中藉由 TCP/IP 架構所傳送的資訊流以固定的格式傳送之。其中包含了訊息類型、工單編號、產品類型、數量、生產路線、工作階段、開始時間、結束時間、累計成本、收入、期望交期等資訊。

其中訊息類型代表了接收到該訊息後所應執行的動作。不同的訊息類型所需要的資訊亦不相同，但此處仍保留資訊流中所有的資訊欄位，用不到的欄位給予 0 的值，以確保整體資訊流格式的一致性，分別說明如下：

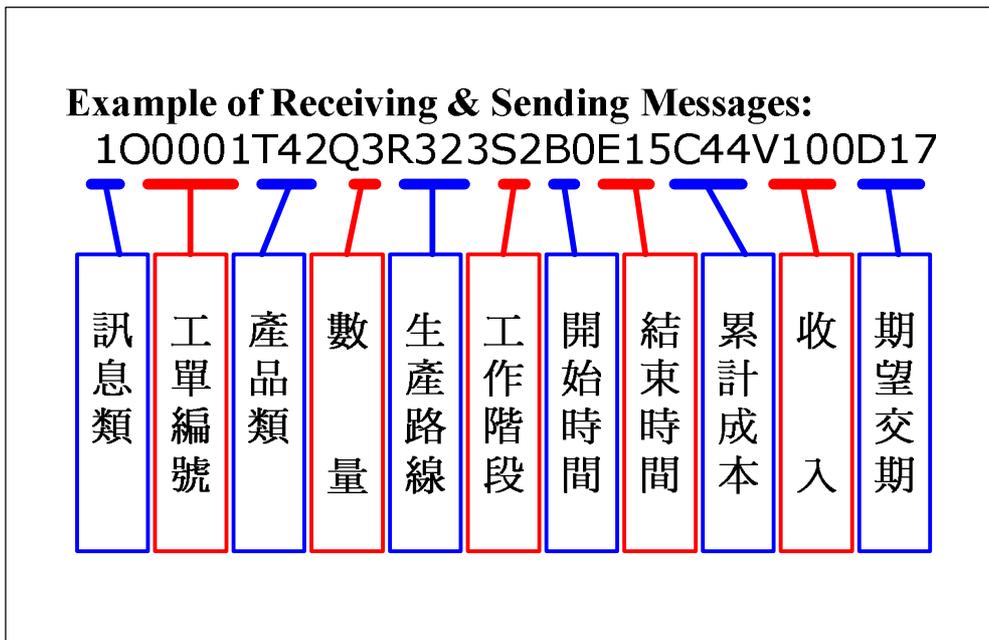


圖 3.26 傳遞訊息之解碼示意圖

工單編號：工作的身分識別，避免相似工作之間的混淆。

產品類型：產品類型影響收益、工作時間與成本。

產品數量：產品數量影響收益、工作時間與成本。

生產路線：生產路線代表該工單進行加工時所需經過的機台與生產線，不同的生產路線會產生不同的成本與交期。

工作步驟：每一個工單都會有許多個工作步驟，其中不同的步驟可能會重複經過某些功能相同的機台，此時工作階段的屬性就可以區別出同一張訂單在同一個機台的不同階段工作。

開始時間：以整體來說，是接單的時間點。但對各點來說是工作進入的時間點。

結束時間：結束時間以整體來說，是交期。但對各點來說是該點完成工作的時間點。

累計成本：採用累計成本的方式最後可以得出工作在整個生產路線的成本，同時也不會暴露出各點對於該工作的真實成本。

預計收入：視訂價策略可能會有改變，不過同樣的產品類型定價大致上一致。收入與累計成本可以得出利潤，藉以評估該訂單是否有承接

的價值。

期望交期：為客戶希望的交期。當整體結束時間晚於期望交期時，就必須進行進一步的溝通協調。

最後將詢單介面與各點程式結合成完整模式，整理如圖 3.27 所示。

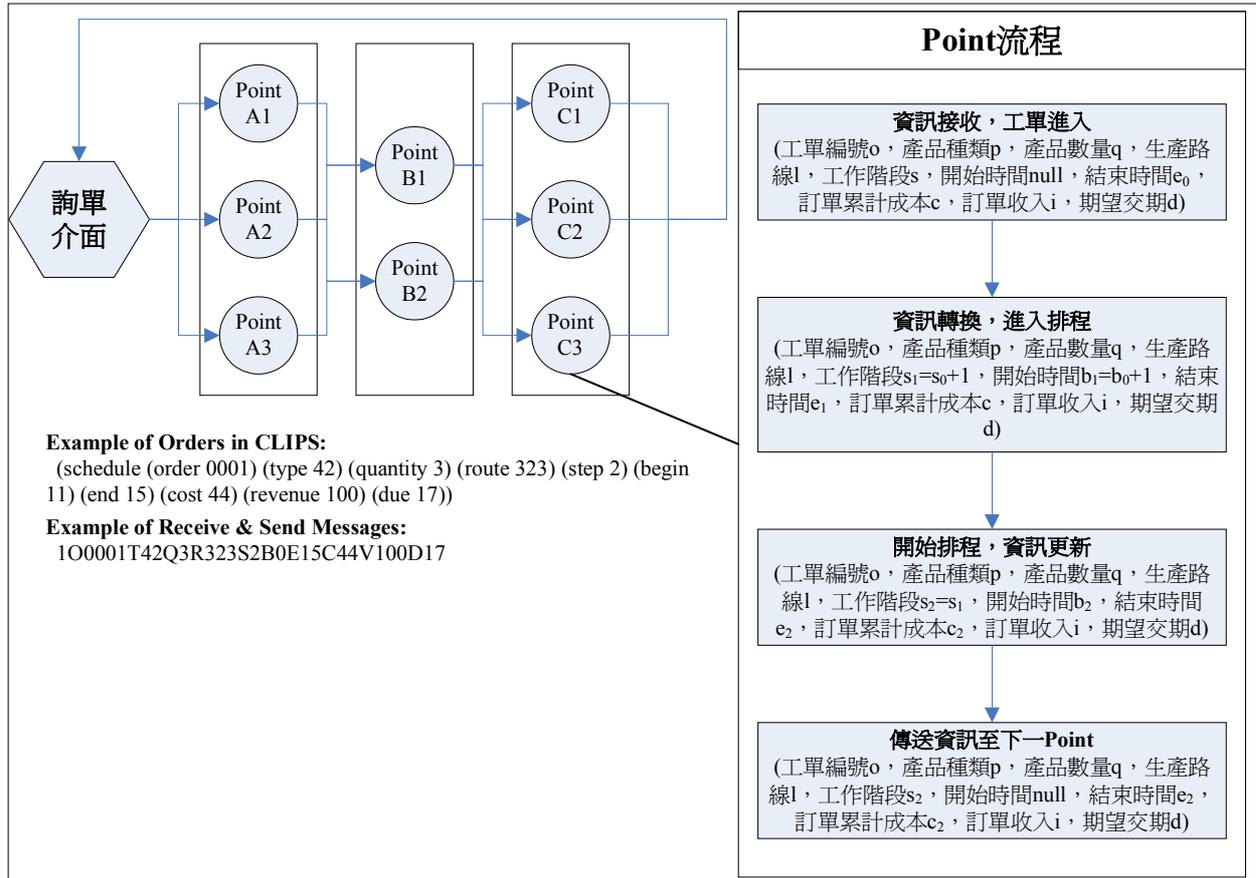


圖 3.27 整體程式示意圖

第四章 情境模擬

4.1 模擬環境背景—TFT-LCD 之 Array 廠

本研究使用面板廠中，Array、Cell、Module 三大步驟中的 Array 部分來做為情境模擬的環境。

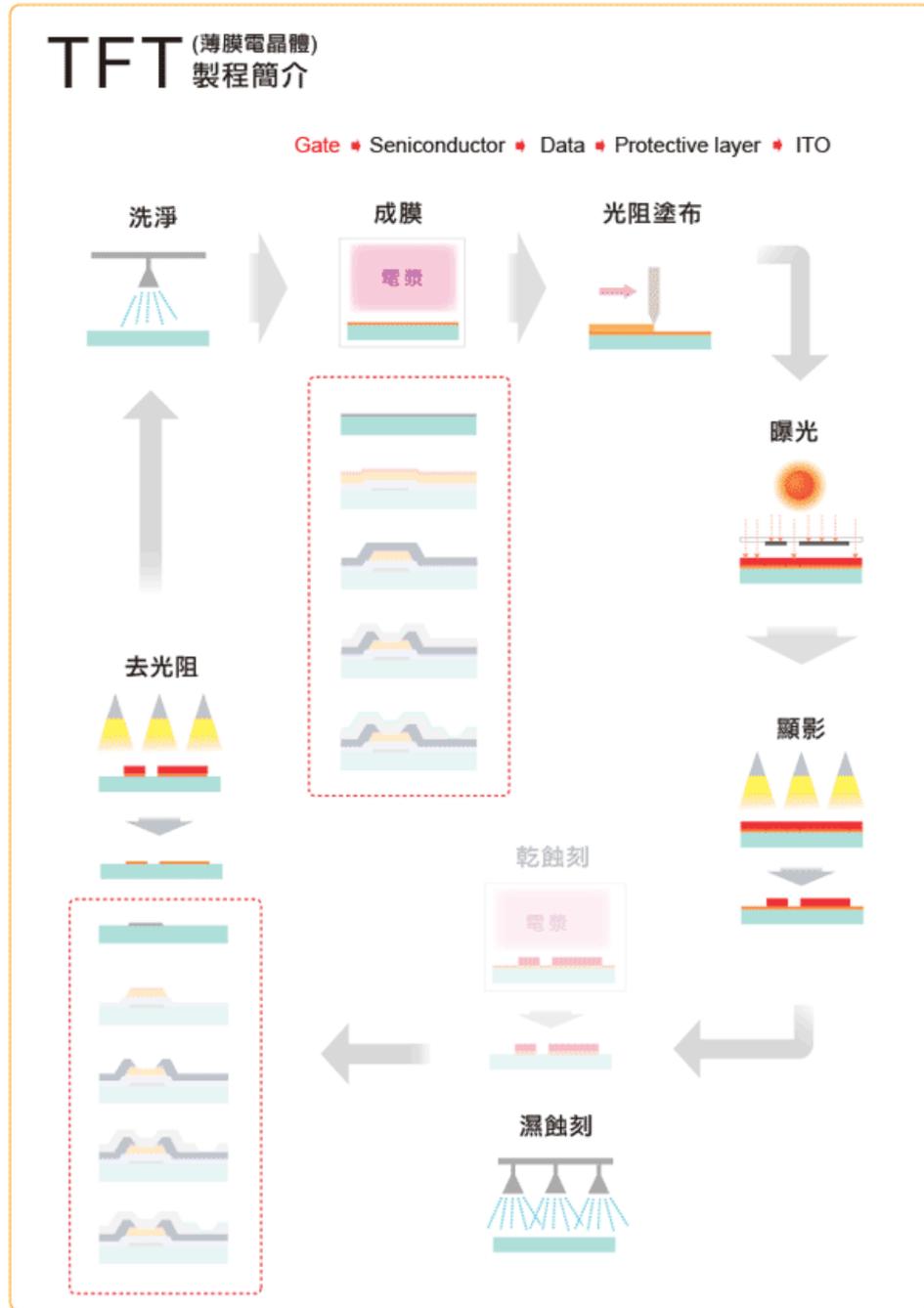


圖 4.1 Array 廠生產流程示意圖。其生產步驟可粗分為 TF(環光)、PHOTO(顯影)、蝕刻(ETCH)三大步驟(奇美電子, 2009)

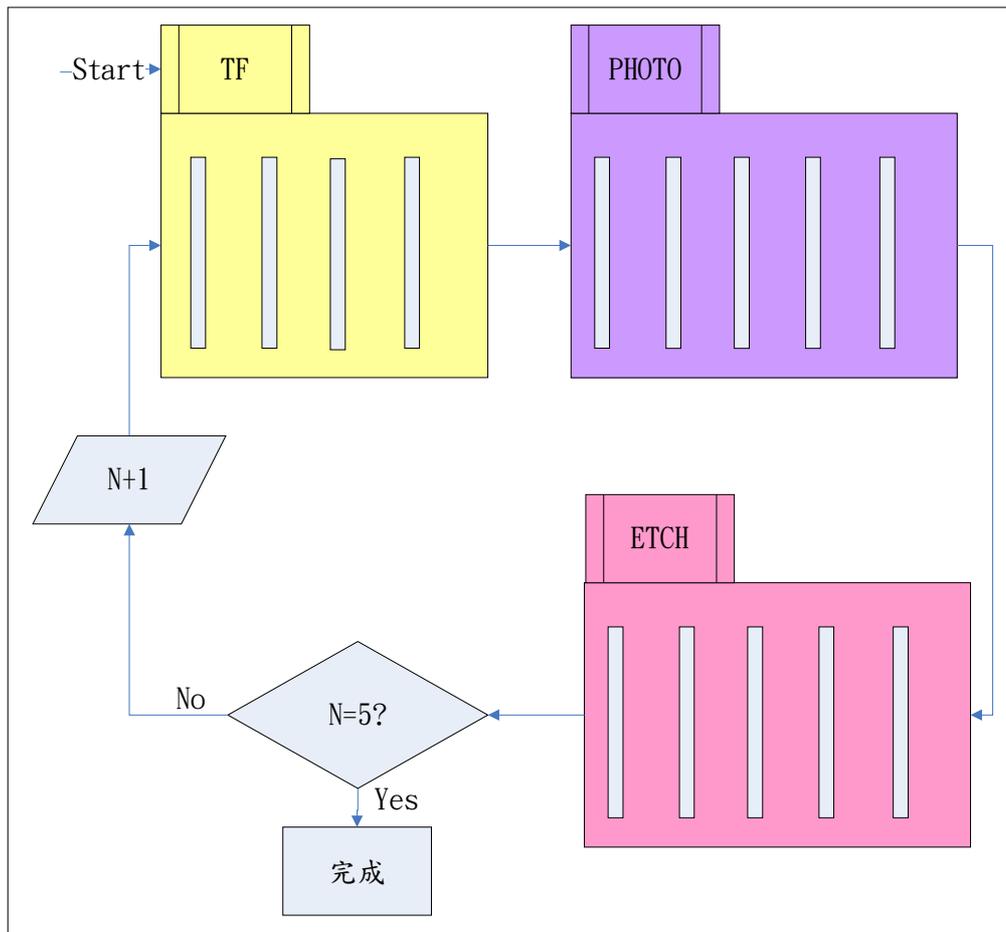


圖 4.2 Array 廠整體生產模式流程簡圖

以往在面板廠中由於設備昂貴，不論有無訂單都會盡量排入工單，以 MTS 的方式生產，使產能滿載。各種世代的廠房均有其預設的最佳生產尺寸，MTS 時也以此為依據生產庫存。

但隨著整體市場環境的快速變動，各種不同類型產品的盛行(如手機、i-pod、mp4、Net Book 等)，廠商也會接到不屬於規劃中尺寸的訂單。如這一兩年上網型筆電(Net Book)與大螢幕手機盛行，小尺寸面版的需求量大增。為了應付這些突如其來的需求，除了原先就規劃來生產小尺寸面板的舊世代廠房外，新世代的廠房也或多或少必須生產一些小尺寸面板以便即時交貨給客戶。為了應付客戶各種產品不同的需求，傳統的 MTS 模式已漸漸不適用。

除此之外，以 MTS 方式生產的面版除了佔用庫存，產生額外的庫存成本之外，在需求量不如預期的庫存積壓情況下，產品價值也隨著時間不斷減少。

另一方面 Array 生產模式的複雜性也很適合作為研究目標。Array 的生產包含了五個步驟：Gate、Semiconductor、Data、Protective Layer、ITO。這五個步驟所使用的機台、生產模式與生產流程是相同的。也就是說，一件工作必須在生產線中進行五次類似的循環後才算完成，比起許多單一生產路線的情境來得複雜的多。因此若不以 MTS 為生產模式，如何在接收到客戶詢單需求時快速進行排程並回應客戶，也是一個值得探討的議題。

4.1.1 參數設定

本研究採用面板廠中的 Array 製程。Array 製程中依照生產方式可以粗分為三個步驟：環光(TF)、顯影(PHOTO)、蝕刻(ETCH)。每一件產品在 Array 製程中必須經過 Gate、Semiconductor、Data、Protective Layer、ITO 等五個製程，每個製程必須經過前述的三個生產步驟。

本研究使用案例為 7.5 代廠，其最佳經濟切割尺寸為 42 吋與 47 吋，此外也可切割為 56 吋。數據如表 4.1 所示，TF 有四個平行機台、PHOTO 有五個平行機台、ETCH 有五個平行機台。以機台 TF1 為例，TF1 進行 42 吋面板的加工時，加工每一單位的面板需花 3 單位時間與 200 單位成本。由於事關商業機密，此處之時間與成本單位各自採一固定比例縮小。

表 4.1 模擬情境中各生產線之時間與成本表

		TF1	TF2	TF3	TF4	PH1	PH2	PH3	PH4	PH5	ET1	ET2	ET3	ET4	ET5
42"	T	3	4	3	4	8	9	7	8	8	4	5	3	4	6
	\$	200	190	180	200	400	380	420	390	360	250	250	240	240	230
47"	T	4	3	4	4	9	7	8	8	9	6	5	5	3	4
	\$	200	190	190	210	410	390	400	400	380	230	250	230	240	240
56"	T	4	4	4	3	9	9	9	8	7	5	4	5	5	3
	\$	190	200	210	200	380	390	400	400	390	250	240	230	240	240

4.2 模擬環境設定

環境設定前必須對於各種可能的情況預設準則，以便設定各種情況的方針。

4.2.1 不可插單

許多排程相關的文獻中會將插單視為一個重要的議題，以「這張訂單很重要」的說法，將之插入排程中。但插單有極大的可能會造成一張或數張已排定的訂單延後完成。定單延後完成，往往就代表無法在跟客戶允諾的交期內交貨給客戶。而延期交貨則代表了商譽損失與客戶流失，有時甚至會造成抽單或賠償的情況產生。

事實上，很少有訂單的重要性(利益)大到可以彌補這些有形與無形的損失。因此本研究不考慮因滿足新訂單而使現有訂單的完成日期延後至超出交期的情況。

除此之外，另一種插單的產生是基於現有訂單的不完美(如：因品質而被客戶退貨，必須補作等)，本研究也不考慮此一情況。現實中會影響排程的因素太多，本研究篇幅有限，無法一一予以考量，以免模糊焦點。

因此本研究對於訂單的處理為循序式的。新訂單必須在不影響現有訂單交期的情況下才能排入。也就是說，可以因為新訂單而進行整體的重新排程，但是不能夠影響到已經對客戶允諾的交期。

4.2.2 各點自主其生產交期、成本設定，且這些資訊無法分享

各機台之生產時間、交期與其時間表為各機台獨有之生產知識，無法藉由任何方式取得。藉此使各點之不願公開之資訊不外流，達到本研究真正分散式生產的研究目的。各點的成本與生產方程式的設定交由各廠商或廠區自行設定，如此一來便可確保不希望公開的資訊被公開。

現在的產業環境變動快速，為了確保能順利生產，同樣的元件或生產步驟往往會有兩個以上的合作廠商以便替代。在這樣的情況下，如果廠商設定的成本過高，所經過的生產路徑就不易被選擇而會被同性質的廠商取代；反之成本過低，則該廠商必須自己承擔損失。交期亦然，工作時間設

定過長，整體生產路徑的總工作時間就跟著變長，也就不易被選擇；工作時間設定過短雖然經過的生產路徑被選擇的機會大增，相對的也必須負起及時達交的責任。

4.3 情境模擬

一般接單流程中，會先考慮庫存是否充足。但本研究程式主要目的是進行分散式排程，快速地取得可行解回應客戶。因此情境省略一般情況下庫存充足時耗用庫存的情境。

一般而言，成本與交期是決定訂單是否可承接的重要因素，前者可換算為訂單收益，後者則是客戶會不會真正下單先決條件。因此本研究情境中最佳路徑設定為滿足交期後最低成本的生產路徑。事實上，最佳路徑的選取可以依照個人需求藉由各種屬性混合後以權重的方式決定，但本情境使用較為直觀的方式將問題單純化。

本研究設計三個情境，分別為排程、重排程與機台異動三種情境。

4.3.1 排程

表 4.2 二十筆訂單資料

單號	產品	數量	單號	產品	數量
1	56	1	11	56	1
2	42	1	12	47	2
3	47	2	13	56	1
4	56	1	14	47	3
5	42	2	15	56	3
6	56	3	16	56	2
7	56	1	17	47	2
8	42	2	18	42	2
9	42	1	19	56	1
10	47	1	20	47	2

此情境中設計了二十筆訂單，將之逐筆輸入系統中進行排程。由於先前沒有類似的研究(強調運算時間之訂單允諾)，因此將各筆訂單的處理時間列出做為參考。

本研究模擬情境之背景為 TFT-LCD 之 Cell 流程。如前方所述，分為五大製程，三大步驟。其中三大步驟 TF、PHOTO、ETCH 分別有 4 台、5 台、

5 台機台。也就是說，經過三大步驟的每一製程可行路徑有 $4*5*5=100$ 條。若以窮舉法計算之，則完成五大製程之生產路徑總數高達 100^5 條。

儘管以窮舉法可以得到真正的最佳解，但求得最佳解不是本研究之目的。因此本研究採用區域極值法，取每一製程 100 條生產路徑中最符合需求的生產路徑，並以其結果輸入下一製程。如此一來只須計算 $100*5=500$ 條生產路徑及可取得一條較佳的生產路徑。

本研究主要設定為各階之間無法取得彼此之生產訊息，因此將之接單介面與 TF、PHOTO、ETCH 三大步驟分別以 O、A、B、C 四部分表示之。單電腦 OABC 表四部分均在同一台電腦上進行模擬；二電腦 OBvsAC 表 O 與 B 部分在電腦一上進行模擬，A 與 C 部分則在電腦二上進行模擬；三電腦 OBvsAvsC 則表示 O 與 B 部分在電腦一上進行模擬，A 部分在電腦二上進行模擬，C 部份在電腦三進行模擬。其中 O 部分為接單介面，沒有涉及實際排程運算，因此將之與三大步驟中不直接與之連接的 B 部分放置於同一電腦上模擬。

表 4.3 單一電腦 OABC 模擬 20 筆訂單 10 次之運算時間(秒)

單號	次數1	次數2	次數3	次數4	次數5	次數6	次數7	次數8	次數9	次數10
1	32.953	32.078	32.781	27.609	28.375	22.375	20.656	25.469	25.688	25.859
2	34.203	31.703	35.578	33.547	31.625	30.078	20.266	24.891	25.406	25.329
3	33.438	31.485	37.875	31.547	31.75	29.672	23.375	24.968	25.109	25.343
4	40.782	39.547	43.703	37.922	36.781	30.407	29.968	24.844	25.094	25.328
5	40.281	38.906	44.891	42.75	37.782	28.828	29.5	24.719	24.766	25.407
6	21.906	21.859	22.078	21.75	23.813	23.375	29.063	24.172	24.546	24.5
7	30.969	28.641	30.203	30.234	32.953	30.063	29.172	24	24.719	24.609
8	28.625	32.562	32.844	32.578	33.187	29.625	29.922	24.062	24.641	24.625
9	31.688	33.172	31.968	32.297	41.219	30.297	28.578	24.532	24.89	25.094
10	41.094	41.078	37.61	38	41.328	30.5	28.578	24.218	24.782	24.922
11	22.391	23.156	22.797	22.985	22.641	36.422	28.875	25.218	25.782	25.922
12	31.953	30.485	31.875	31.719	31.609	36.453	29.25	26.218	26.782	26.922
13	33.906	31.781	32.766	32.578	32.235	31.14	29.797	27.218	27.782	27.922
14	35.922	35.203	32.219	34.937	34.765	35.438	29.656	28.218	28.782	28.922
15	43.656	38.172	39.296	39.063	43.657	35.219	33.375	29.218	29.782	29.922
16	22.391	23.172	23.922	23.234	23.25	35.718	30.687	30.218	30.782	30.922
17	29.422	29.781	29.75	31.797	29.063	36.547	34.532	31.218	31.782	31.922
18	32.828	34.938	36.546	32.422	32.797	34.719	30.922	32.218	32.782	32.922
19	33.625	32.5	36.704	32.266	33.484	37.062	33.593	33.218	33.782	33.922
20	37.922	43.781	43.375	36.156	37.5	35.985	34.485	34.218	34.782	34.922

表 4.4 兩電腦 OB vs AC 模擬 20 筆訂單 10 次之運算時間(秒)

單號	次數1	次數2	次數3	次數4	次數5	次數6	次數7	次數8	次數9	次數10
1	25.469	25.688	25.859	26.344	25.75	25.781	26.437	26.156	26.969	26.704
2	24.891	25.406	25.329	25.703	25.172	25.797	26.109	25.719	26.156	26.484
3	24.968	25.109	25.343	25.578	25.093	25.078	25.735	25.578	25.938	26.266
4	24.844	25.094	25.328	25.219	25.25	25.406	25.312	25.812	25.89	28.406
5	24.719	24.766	25.407	24.859	24.813	24.875	24.86	25.031	25.219	25.453
6	24.172	24.546	24.5	24.625	24.968	24.657	24.922	25.032	25.312	25.359
7	24	24.719	24.609	24.813	24.5	25.031	25.125	25.234	25.266	25.36
8	24.062	24.641	24.625	24.843	24.563	24.687	25.234	25.188	25.516	25.218
9	24.532	24.89	25.094	24.969	24.875	24.75	25.328	25.312	25.515	25.438
10	24.218	24.782	24.922	24.844	25.5	24.828	25.438	25.297	25.203	25.672
11	24.375	24.703	25.281	24.984	25.531	24.969	25.828	25.562	25.579	25.828
12	24.172	24.64	24.953	24.61	24.765	24.969	25.078	25.625	25.343	26.171
13	24.547	25	25.406	25.093	24.969	25.578	25.39	25.813	25.828	26.375
14	24.219	24.547	25.359	25.188	24.812	25.344	25.797	25.25	25.719	26.047
15	24.359	24.985	25.547	25.016	25.375	25.937	25.578	25.453	26.203	26.36
16	24.891	25.015	25.515	25.312	25.219	25.782	25.766	25.781	25.813	26.453
17	24.75	25.203	25.735	25.156	25.328	25.781	25.891	25.875	26.125	26.265
18	25.031	25.86	25.781	25.422	25.609	25.875	26.125	26.063	26.203	26.5
19	25.563	25.609	26.047	26.125	25.657	25.844	26.218	26.157	26.266	27.079
20	25.453	25.578	25.953	25.891	25.656	26.64	26.297	26.031	26.109	26.921

表 4.5 三電腦 OB vs A vs C 模擬 20 筆訂單 10 次之運算時間(秒)

單號	次數1	次數2	次數3	次數4	次數5	次數6	次數7	次數8	次數9	次數10
1	16.297	17.531	17.391	17.079	17.172	17.375	17.719	17.516	17.907	17.891
2	15.921	17.047	17.156	16.875	16.734	17.031	17.281	16.938	17.218	17.172
3	15.657	16.516	17.609	16.421	16.719	16.782	16.797	16.906	16.907	16.828
4	15.359	16.703	16.578	16.235	16.625	16.546	16.937	16.515	16.515	16.5
5	15.578	16.406	16.36	16.25	16.563	16.219	16.5	16.75	16.375	16.781
6	16.235	16.594	16.609	16.297	16.313	16.594	16.578	16.157	16.688	16.25
7	16.203	19.562	16.61	16.281	16.343	16.234	16.485	16.406	16.562	16.375
8	15.953	16.125	19.312	16.328	16.36	16.531	16.437	16.312	16.531	17.047
9	16.125	19.235	19.234	19.25	16.422	16.75	16.688	16.547	16.657	16.656
10	16.234	19.281	22.438	16.313	16.625	16.516	16.672	16.61	16.625	16.515
11	16.719	22.375	22.406	22.343	16.921	16.984	17.046	16.843	16.843	16.782
12	16.375	19.5	22.313	22.313	16.375	16.531	16.938	16.469	16.594	16.5
13	16.828	24.344	23.453	22.39	16.797	17.329	17.484	16.813	17.125	16.953
14	19.406	23.265	24.562	22.141	16.547	16.968	16.938	16.64	16.656	17
15	17.172	21.094	22.735	22.406	16.828	17.047	17.219	16.813	17.25	16.969
16	20.313	24.375	24.437	25.485	17.063	17.594	17.203	17.375	17.532	17.297
17	23.609	22.985	24.391	22.875	17.297	17.625	17.625	17.281	17.781	17.437
18	20.625	25.875	23.203	24.25	17.485	20.891	17.64	17.547	17.641	17.578
19	24.172	23.609	28.484	24.984	17.906	18.078	18.157	17.875	18.281	17.86
20	23.5	25.703	27.61	23.172	17.656	17.859	17.609	17.594	17.578	17.843

如表 4.6，將單電腦與二電腦，二電腦與三電腦分別作 T 檢定，得 p 值分別為 6.38842×10^{-7} 、 7.62748×10^{-16} ，均小於 0.05。因此單電腦與二電腦、二電腦與三電腦之平均運算時間有顯著差異。

其中兩電腦模擬之變異數較三電腦模擬時小，表示實際運算時間也受到網路傳遞狀態的影響。因此可視電腦能力給予其一台以上的機台數(企業內部)，以降低實際透過網路傳遞訊息耗費之時間。

如前所示，在本情境中，每一次的運算為 500 條生產路徑。綜合上述實驗所得之時間，每條生產路徑所花費之時間約為 0.036~0.065 秒。應用在不同生產模式時，可以將之與可接受之排程時間列入考量，設計出兼具速度與符合需求的模擬程式。

表 4.6 分別以一台、兩台、三台電腦模擬所得之平均運算時間與標準差

單號	產品	數量	最佳路徑	完成時間	單一電腦	兩電腦	三電腦
					OABC	OB vs AC	OBvsAvsC
1	56	1	455455455455455	65	#####	26.116	17.388
2	42	1	333333333333333	65	#####	25.677	16.937
3	47	2	224224224224224	130	#####	25.469	16.714
4	56	1	115445445445155	72	#####	25.656	16.451
5	42	2	313114333333333	143	#####	25.000	16.378
6	56	3	145455455455455	244	#####	24.809	16.432
7	56	1	442125122215452	89	#####	24.866	16.706
8	42	2	314143343333333	204	#####	24.858	16.694
9	42	1	314333324343314	117	#####	25.070	17.356
10	47	1	254335224234224	137	#####	25.070	17.383
11	56	1	145115112115145	157	#####	25.264	18.526
12	47	2	254224224224224	247	#####	25.033	17.991
13	56	1	152142125412455	175	#####	25.400	18.952
14	47	3	244334224224224	349	#####	25.228	19.012
15	56	3	115442455455455	356	#####	25.481	18.553
16	56	2	133142115145455	290	#####	25.555	19.867
17	47	2	214233234333335	343	#####	25.611	19.891
18	42	2	353311343141143	338	#####	25.847	20.273
19	56	1	115152335124125	227	#####	26.057	20.941
20	47	2	234214224244224	381	#####	26.053	20.612
				總平均	#####	25.406	18.153
				標準差	5.344	0.628	2.688

4.3.2 重排程

此情境中設計十筆訂單，第八筆訂單會因超出交期而使訂單重排。重排後會產生兩種情況：重排成功與重排失敗。在集中式情境下，

1. 重排失敗

表 4.7 重排失敗情境之十筆訂單

單號	產品	數量	期望交期	單號	產品	數量	期望交期
1	56	1	101	6	56	3	250
2	42	1	110	7	56	1	100
3	47	2	250	8	42	2	200
4	56	1	200	9	42	1	200
5	42	2	150	10	47	1	200

十筆訂單設計如表 4.7 所示，其中第八筆訂單將超出交期。重排時滿足重排之訂單與未進行排程之新訂單均暫存至 Temp 區。當第八筆訂單排程結束時，因為完成時間無法滿足交期，跳出視窗詢問是否需要重排，如圖 4.4。

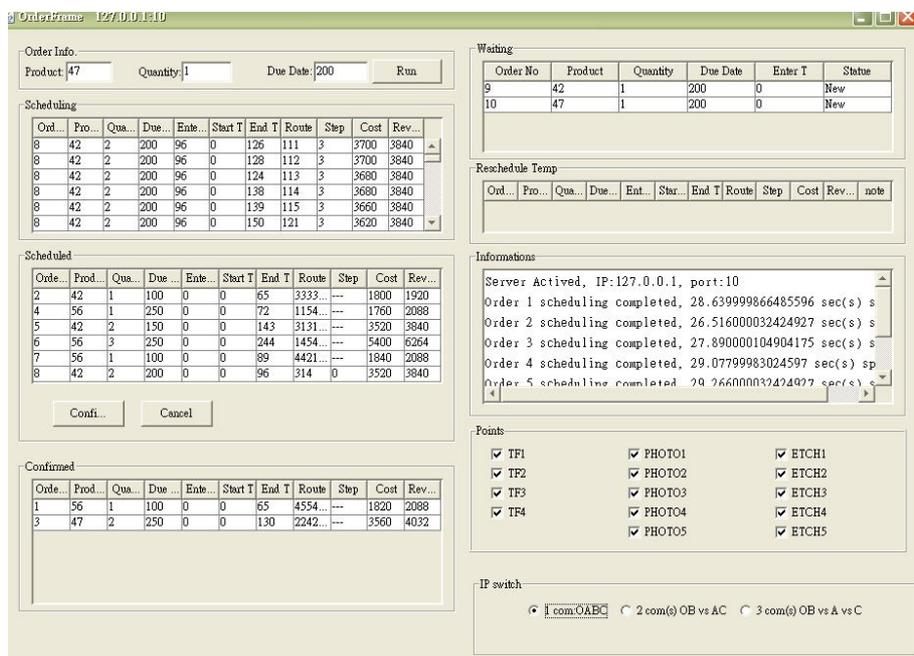


圖 4.3 依照設計之訂單輸入排程，其中訂單 1 與訂單 3 設定為已被客戶確認。

在不影響已排程訂單交期的前提下，進行重排時只有同時滿足(1)交期大於完成時間(2)交期大於或等於該排程失敗訂單交期者，會被抽出重新進行排程。此時排程會依照交期先後順序再次進行排程，排程時間視訂單數量多寡決定。在不影響已排程訂單交期的前提下，若重排中有任一張訂單的排程結果為完成時間超出交期，則宣告排程失敗，所有訂單狀態回復到重排之前。

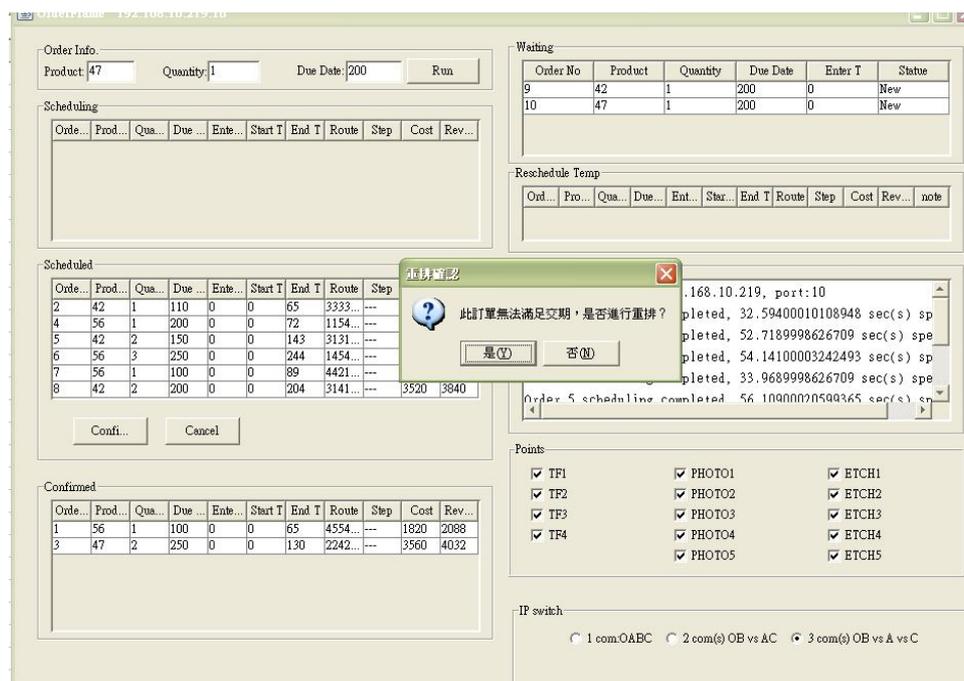


圖 4.4 訂單 8 完成排程時當無法滿足交期，詢問是否進行重排

圖 4.5 中，Scheduled 區與 Confirmed 區中符合重排條件之訂單原先之結果儲存於 Temp 區中，未進行排程的新訂單也暫存於 Temp 區。符合重排條件之訂單以新訂單狀態儲存於 Waiting 區中，依照交期先後進行重排。

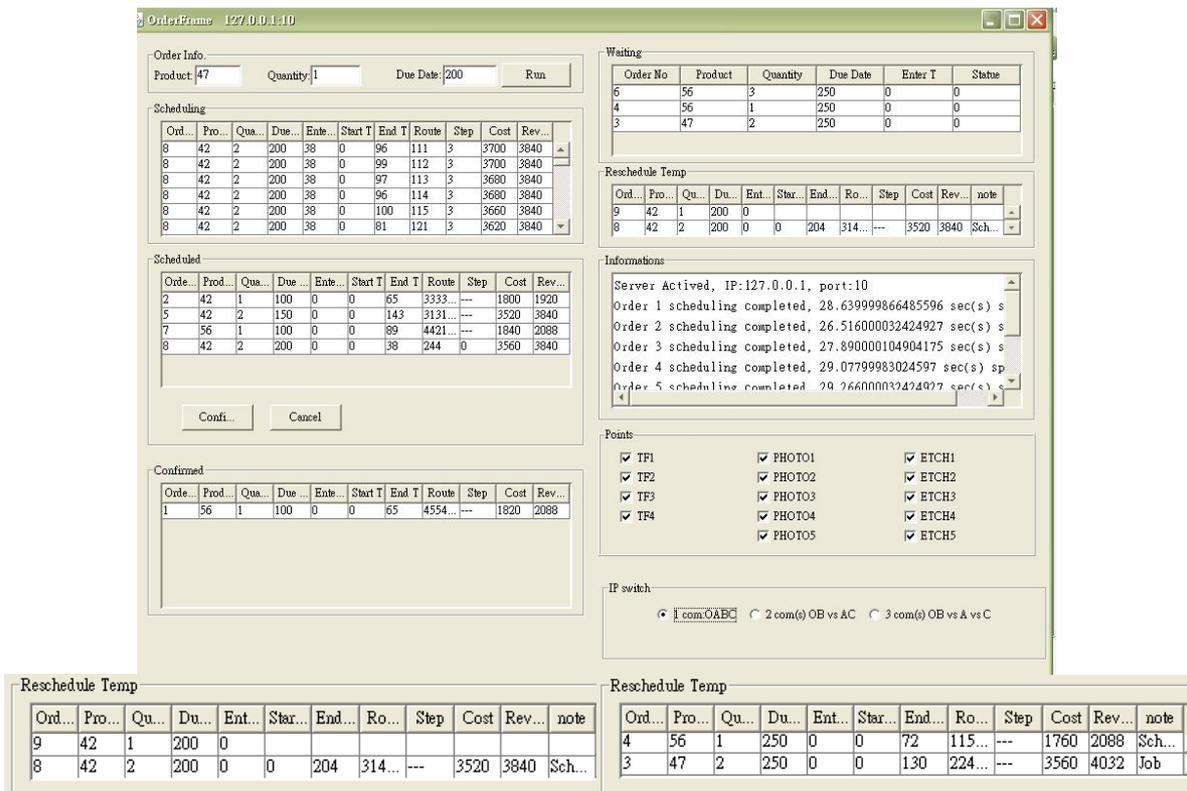


圖 4.5 重排進行中示意圖

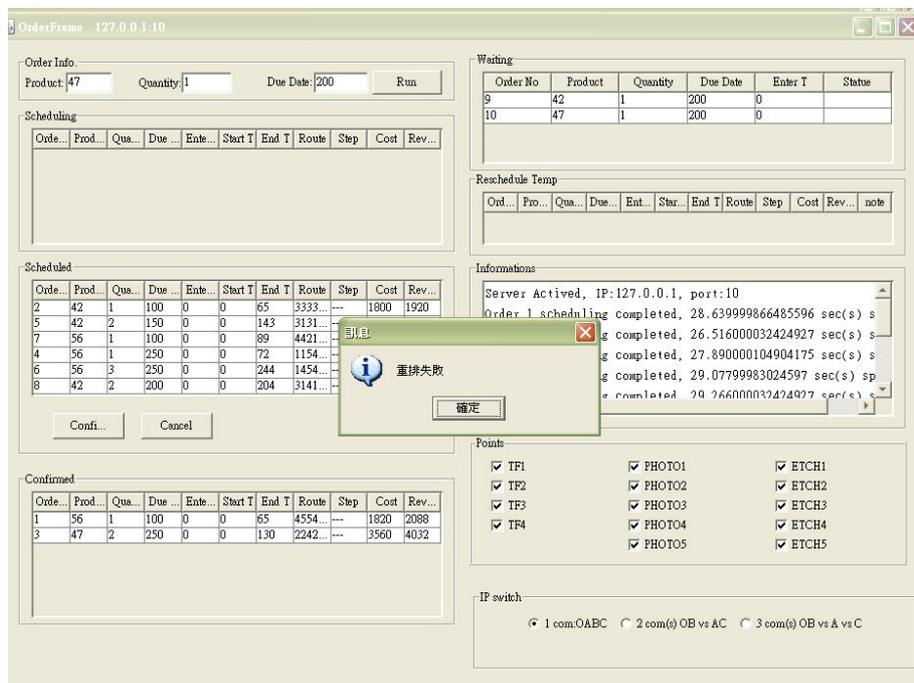


圖 4.6 訂單 6 重排後無法滿足已允諾之交期。顯示失敗訊息並回覆原狀。

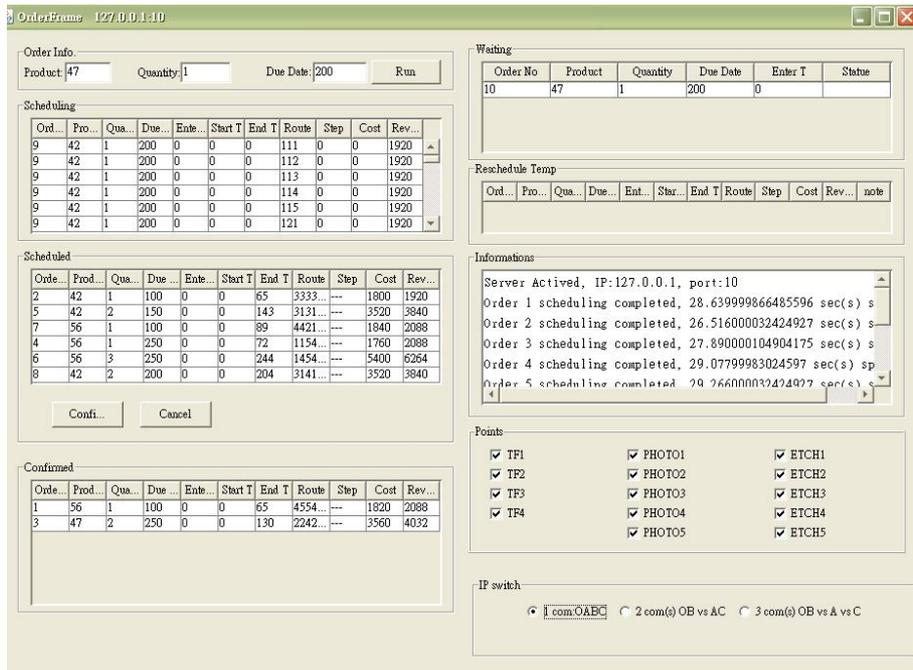


圖 4.7 重排失敗後，回復原狀態，並繼續進行未排程訂單之排程。

2. 重排成功

十筆訂單設計如表 4.8 所示，其中第八筆訂單將超出交期。除了訂單 6 之交期改為 400 之外，其餘皆與「重排失敗」情境之設計相同，第八筆訂單無法滿足交期而進行重排。

表 4.8 重排成功之十筆訂單

單號	產品	數量	期望交期	單號	產品	數量	期望交期
1	56	1	101	6	56	3	400
2	42	1	110	7	56	1	100
3	47	2	250	8	42	2	200
4	56	1	200	9	42	1	200
5	42	2	150	10	47	1	200

本情境中由於第 6 筆訂單交期改變，因此所有重排訂單均可滿足交期，如圖 4.8 所示。因此所有排程均以新排程結果進行。最後排程結果如表 4.9。

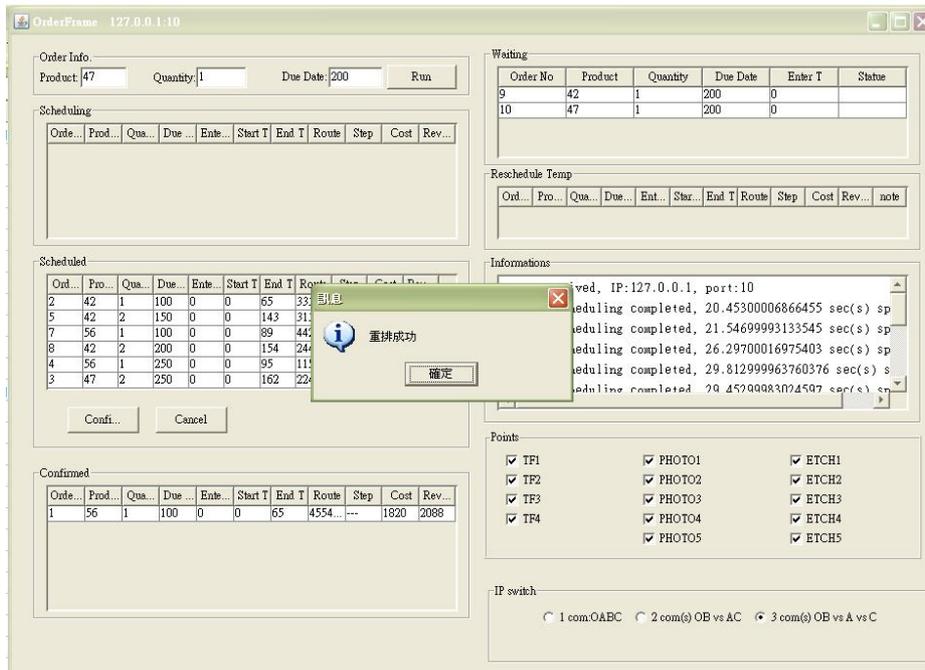


圖 4.8 所有重排訂單滿足交期

表 4.9 重排後之生產路徑

	產品	數量	原路徑	最終路徑	期望交期	完成時間
1	56	1	455455455455455	455455455455455	100	65
2	42	1	333333333333333	333333333333333	100	65
3	47	2	224224224224224	224224224224224	250	130
4	56	1	115445445445155	115112122455155	250	72
5	42	2	313114333333333	313114333333333	150	143
6	56	3	145455455455455	115445455455455	400	244
7	56	1	442125122215452	442125122215452	100	89
8	42	2	314143343333333	244241143353353	200	204
9	42	1	314333324343314	423343333324153	200	117
10	47	1	254335224234224	242344234245314	200	137

4.3.3 機台異動

生產過程難免會遇到各種意外產生，對於生產中發生意外的情形加以應對也是一個重要的議題。本情境為十五張訂單已排程的情況下，當其中一機台發生故障而進行的應對情境。

表 4.10 十五筆訂單原先排程結果

單號	產品	數量	最佳路徑	交期
1	56	1	455455455455455	65
2	42	1	333333333333333	65
3	47	2	224224224224224	130
4	56	1	115445445445155	72
5	42	2	313114333333333	143
6	56	3	145455455455455	244
7	56	1	442125122215452	89
8	42	2	314143343333333	204
9	42	1	314333324343314	117
10	47	1	254335224234224	137
11	56	1	145115112115145	157
12	47	2	254224224224224	247
13	56	1	152142125412455	175
14	47	3	244334224224224	349
15	56	3	115442455455455	356

ETCH2 原定之生產排程如表 4.11 所示，令 ETCH2 發出故障訊息。當接單介面收到 ETCH2 故障訊息後將取消對應 ETCH2 之選取按鈕。並將生產路徑包含 ETCH2 之訂單重排。如表 4.11 所示，訂單 7、11、13、15 將進行重排。

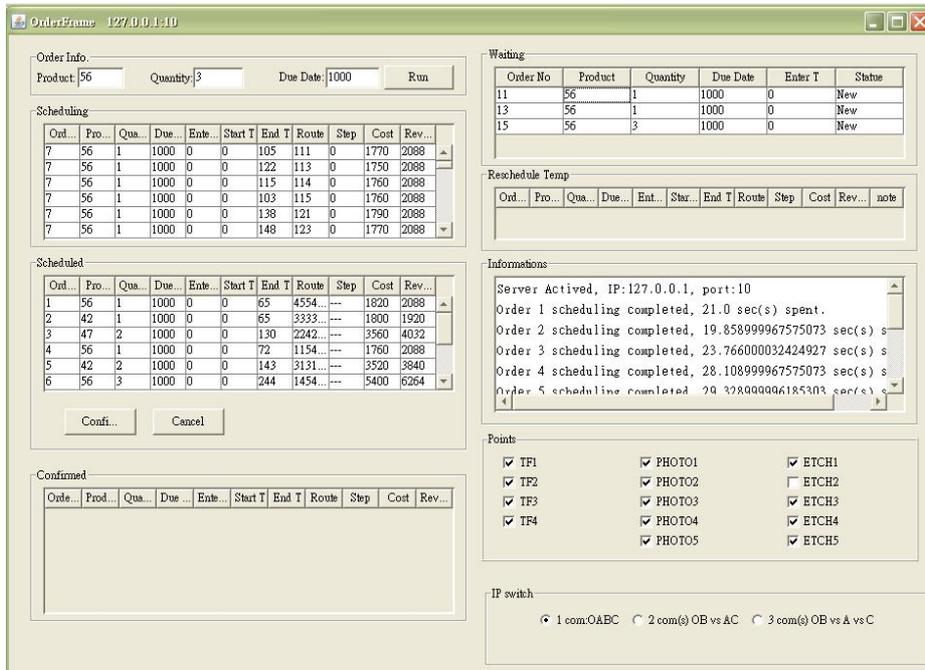


圖 4.9 收到故障訊息後，取消對應之選取按鈕，相關訂單重排

表 4.11 ETCH2 原定之生產排程

訂單	產品	數量	交期	進入時間	開始時間	完成時間	生產路徑	步驟	成本
7	56	1	1000	14	14	18	442	3	1840
7	56	1	1000	55	55	59	122	9	1780
7	56	1	1000	85	85	89	452	15	1820
11	56	1	1000	122	122	126	112	9	1760
13	56	1	1000	92	92	96	152	3	1780
13	56	1	1000	126	126	130	142	6	1800
13	56	1	1000	158	158	162	412	12	1800
15	56	3	1000	227	227	239	442	6	5520

表 4.12 重排後訂單資訊

訂單	產品	數量	交期	完成時間	生產路徑	成本	收益
15	56	3	1000	320	115415443455455	5280	6264
13	56	1	1000	90	443425123415451	1830	2088
11	56	1	1000	169	145115145124153	1800	2088
7	56	1	1000	207	153131155143444	1770	2088

4.4 本章結語

本章將本研究分散式訂單允諾之架構進行實證的工作。

4.3.1 節藉由輸入多筆訂單並記錄時間驗證其運算時間，並以多機方式驗證不取得(帶走)各方生產資訊的前提下，依舊可以快速完成排程，取得可行解回應客戶。

4.3.2 與 4.3.3 兩小節則針對交期無法滿足客戶需求、機台故障等可能出現之情況驗證程式的穩定度與應對彈性。

實驗的過程與結果可證實本研究分散式訂單允諾架構在無法取得合作廠商生產資訊的分散式環境中進行排程，進而回應客戶的可行性。

第五章 結論與建議

5.1 本研究之特性與貢獻

以往分散式生產之研究大多屬於企業內部多廠區訂單分配最佳化之研究。但分散式生產除了多廠區之外，同時也包含了不屬於企業內部的多階生產模式。過去許多研究對於企業與企業之互動使用通訊協定(protocol)的方式來減少企業之間溝通所需耗費的時間與成本。

以通訊協定的方式進行溝通固然避免了溝通上的誤會，降低溝通所需時間，但仍無法掌握合作企業內部為該次合作所需進行的預先排程與評估時間。舉例來說，以通訊協定的方式將訂單相關訊息快速而準確的提供給合作廠商，但該廠商內部進行排程與評估之時間可能需要一天以上，如此一來以通訊協定節省的時間就顯得沒有太大的意義。

本研究主要目的在於不取得企業外生產資訊的狀態下，快速決定企業內外的生產路徑，進而取得可行而較寬鬆的交期與成本並以之回應客戶，以最短的訂單允諾時間來爭取客戶訂單。

將本研究之特點歸納如下：

1. 各節點獨立

- 各節點資料不須共享，一來保留隱私，二來避免非專業人士無法判讀數據變動引起的錯誤決策。所經過之數據流只帶走交期與總成本資訊，不會使產能與成本資訊外洩。

2. 非最佳解，但反應快速

- 目的在於快速回應客戶詢單，因此不須得到最佳解。只需得到可行而較最佳解寬鬆的解即可回應客戶。

5.2 未來發展方向

本研究以架構為主，因此沒有針對排程方法進行更深入的探討。事實上，有許多排程方法可以比本研究所使用的區域窮舉法得到更好的結果與更短的運算時間。未來可以針對此點加以改進，使整個架構更為完整可行。

此外，本研究為簡化問題，省略各步驟之前置時間與庫存相關問題。

此一架構要能被廠商接受，首先程式碼部分自然必須要公開透明，確保不會帶走任何不該有的資訊，才能使廠商有使用的意願。除此之外，訊息格式的一致性也確保輸入與輸出資訊的可靠度。

此架構系統需要能夠與廠商現有系統連結，即時取得各參數的變動，加上與實際排程系統相同設定但較為寬鬆的生產時間設定，系統之間的連結還需要進一步研究。

參考文獻

中文部份

- TAKAHASHI, K. 2005. 新 JAVA2 550 個應用範例技巧大全集, 博碩文化.
- 位元文化 2006. JAVA2 視窗程式設計, 位元文化.
- 吳志武. 2007. 晶圓代工廠二階段訂單允諾機制. 碩士論文, 清華大學工業工程與工業管理學系.
- 奇美電子. 2009. <http://www.cmo.com.tw/>
- 黃泰翔. 2006. 協同製造之訂單管理通訊協定之研究. 碩士論文, 東海大學工業工程與經營資訊研究所.
- 陳志銘. 2007. 協同預測通訊協定之研究. 碩士論文, 東海大學工業工程與經營資訊研究所.
- 劉君毅. 2003. 分散式製造系統之訂單確認機制. 碩士論文, 東海大學工業工程與經營資訊研究所.

英文部份

- ARNOLD, J. 1996. Production planning and control within supply chains. *It and Manufacturing Partnerships*, 7, 139-148.
- CHINN, S. J. & MADEY, G. R. 1999. Extending CLIPS to support temporal representation and reasoning. *Expert Systems*, 16, 72-86.
- CHINN, S. J. & MADEY, G. R. 2000. Temporal representation and reasoning for workflow in engineering design change review. *Ieee Transactions on Engineering Management*, 47, 485-492.
- DAVIS, R. & SMITH, R. G. Year. Negotiation as a metaphor for distributed problem solving. *In: HUGET, M. P., ed., 2003. Springer-Verlag Berlin*, 51-97.
- HUANG, C. Y., HUANG, C. C. & LIU, C. Y. 2008. Order confirmation mechanism for collaborative production networks. *International Journal of Production Research*, 46, 595-620.
- JOSEPH GIARRATANO, G. R. 2005. *EXPERT SYSTEMS: PRINCIPLES AND PROGRAMMING*, Thomson.
- SOUSA, P. & RAMOS, C. 1999. A distributed architecture and negotiation protocol for scheduling in manufacturing systems. *Computers in Industry*, 38, 103-113.
- THARUMARAJAH, A., WELLS, A. J. & NEMES, L. 1996. Comparison of the bionic, fractal and holonic manufacturing system concepts. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 9, 217-226.

附錄 A 二十筆訂單情境各機台承接之工作表

表 A.1 二十筆訂單情境 TF1 承接工作表

單號	產品	數量	期望交期	進入時間	開始時間	完成時間	生產路徑	生產步驟	成本
4	56	1	1000	0	0	4	115	1	190
4	56	1	1000	0	58	62	155	13	190
5	42	2	1000	0	35	41	114	4	400
6	56	3	1000	0	4	16	145	1	570
7	56	1	1000	0	18	22	125	4	190
7	56	1	1000	0	41	45	122	7	190
8	42	2	1000	0	96	102	143	4	400
11	56	1	1000	0	22	26	145	1	190
11	56	1	1000	0	91	95	115	4	190
11	56	1	1000	0	107	111	112	7	190
11	56	1	1000	0	126	130	115	10	190
11	56	1	1000	0	142	146	145	13	190
13	56	1	1000	0	26	30	152	1	190
13	56	1	1000	0	102	106	142	4	190
13	56	1	1000	0	130	134	125	7	190
15	56	3	1000	0	45	57	115	1	570
16	56	2	1000	0	62	70	133	1	380
16	56	2	1000	0	165	173	142	4	380
16	56	2	1000	0	202	210	115	7	380
16	56	2	1000	0	234	242	145	10	380
18	42	2	1000	0	280	286	141	10	400
18	42	2	1000	0	310	316	143	13	400
19	56	1	1000	0	30	34	115	1	190
19	56	1	1000	0	151	155	152	4	190
19	56	1	1000	0	184	188	124	10	190
19	56	1	1000	0	210	214	125	13	190

表 A.2 二十筆訂單情境 TF2 承接工作表

單號	產品	數量	期望交期	進入時間	開始時間	完成時間	生產路徑	生產步驟	成本
3	47	2	1000	0	0	6	224	1	380
3	47	2	1000	0	26	32	224	4	380
3	47	2	1000	0	52	58	224	7	380
3	47	2	1000	0	78	84	224	10	380
3	47	2	1000	0	104	110	224	13	380
7	56	1	1000	0	59	63	215	10	200
10	47	1	1000	0	6	9	254	1	190
10	47	1	1000	0	97	100	224	7	190
10	47	1	1000	0	110	113	234	10	190
10	47	1	1000	0	124	127	224	13	190
12	47	2	1000	0	9	15	254	1	380
12	47	2	1000	0	143	149	224	4	380

表 A.2 二十筆訂單情境 TF2 承接工作表(續)

12	47	2	1000	0	169	175	224	7	380
12	47	2	1000	0	195	201	224	10	380
12	47	2	1000	0	221	227	224	13	380
14	47	3	1000	0	15	24	244	1	570
14	47	3	1000	0	232	241	224	7	570
14	47	3	1000	0	271	280	224	10	570
14	47	3	1000	0	310	319	224	13	570
17	47	2	1000	0	32	38	214	1	380
17	47	2	1000	0	209	215	233	4	380
17	47	2	1000	0	249	255	234	7	380
20	47	2	1000	0	38	44	234	1	380
20	47	2	1000	0	261	267	214	4	380
20	47	2	1000	0	291	297	224	7	380
20	47	2	1000	0	321	327	244	10	380
20	47	2	1000	0	355	361	224	13	380

表 A.3 二十筆訂單情境 TF3 承接工作表

單號	產品	數量	期望交期	進入時間	開始時間	完成時間	生產路徑	生產步驟	成本
2	42	1	1000	0	0	3	333	1	180
2	42	1	1000	0	13	16	333	4	180
2	42	1	1000	0	26	29	333	7	180
2	42	1	1000	0	39	42	333	10	180
2	42	1	1000	0	52	55	333	13	180
5	42	2	1000	0	3	9	313	1	360
5	42	2	1000	0	65	71	333	7	360
5	42	2	1000	0	91	97	333	10	360
5	42	2	1000	0	117	123	333	13	360
8	42	2	1000	0	16	22	314	1	360
8	42	2	1000	0	124	130	343	7	360
8	42	2	1000	0	152	158	333	10	360
8	42	2	1000	0	178	184	333	13	360
9	42	1	1000	0	9	12	314	1	180
9	42	1	1000	0	42	45	333	4	180
9	42	1	1000	0	72	75	324	7	180
9	42	1	1000	0	88	91	343	10	180
9	42	1	1000	0	102	105	314	13	180
10	47	1	1000	0	81	85	335	4	190
14	47	3	1000	0	187	199	334	4	570
17	47	2	1000	0	277	285	333	10	380
17	47	2	1000	0	311	319	335	13	380
18	42	2	1000	0	29	35	353	1	360
18	42	2	1000	0	218	224	311	4	360
18	42	2	1000	0	252	258	343	7	360
19	56	1	1000	0	168	172	335	7	210

表 A.4 二十筆訂單情境 TF4 承接工作表

單號	產品	數量	期望交期	進入時間	開始時間	完成時間	生產路徑	生產步驟	成本
1	56	1	1000	0	0	3	455	1	200
1	56	1	1000	0	13	16	455	4	200
1	56	1	1000	0	26	29	455	7	200
1	56	1	1000	0	39	42	455	10	200
1	56	1	1000	0	52	55	455	13	200
4	56	1	1000	0	16	19	445	4	200
4	56	1	1000	0	30	33	445	7	200
4	56	1	1000	0	44	47	445	10	200
6	56	3	1000	0	88	97	455	4	600
6	56	3	1000	0	127	136	455	7	600
6	56	3	1000	0	166	175	455	10	600
6	56	3	1000	0	205	214	455	13	600
7	56	1	1000	0	3	6	442	1	200
7	56	1	1000	0	75	78	452	13	200
13	56	1	1000	0	146	149	412	10	200
13	56	1	1000	0	162	165	455	13	200
15	56	3	1000	0	194	203	442	4	600
15	56	3	1000	0	239	248	455	7	600
15	56	3	1000	0	278	287	455	10	600
15	56	3	1000	0	317	326	455	13	600
16	56	2	1000	0	264	270	455	13	400

表 A.5 二十筆訂單情境 PHOTO1 承接工作表

單號	產品	數量	期望交期	進入時間	開始時間	完成時間	生產路徑	生產步驟	成本
4	56	1	1000	4	4	13	115	2	760
5	42	2	1000	9	13	29	313	2	1520
5	42	2	1000	41	41	57	114	5	1600
7	56	1	1000	63	63	72	215	11	780
8	42	2	1000	22	72	88	314	2	1520
9	42	1	1000	12	29	37	314	2	760
9	42	1	1000	105	105	113	314	14	760
11	56	1	1000	95	95	104	115	5	760
11	56	1	1000	111	113	122	112	8	760
11	56	1	1000	130	130	139	115	11	760
13	56	1	1000	149	149	158	412	11	780
15	56	3	1000	57	158	185	115	2	2280
16	56	2	1000	210	210	228	115	8	1520
17	47	2	1000	38	185	203	214	2	1580
18	42	2	1000	224	228	244	311	5	1520
19	56	1	1000	34	139	148	115	2	760
20	47	2	1000	267	267	285	214	5	1580

表 A.6 二十筆訂單情境 PHOTO2 承接工作表

單號	產品	數量	期望交期	進入時間	開始時間	完成時間	生產路徑	生產步驟	成本
3	47	2	1000	6	6	20	224	2	1540
3	47	2	1000	32	32	46	224	5	1540
3	47	2	1000	58	58	72	224	8	1540
3	47	2	1000	84	84	98	224	11	1540
3	47	2	1000	110	110	124	224	14	1540
7	56	1	1000	22	22	31	125	5	770
7	56	1	1000	45	46	55	122	8	770
9	42	1	1000	75	75	84	324	8	740
10	47	1	1000	100	100	107	224	8	770
10	47	1	1000	127	127	134	224	14	770
12	47	2	1000	149	149	163	224	5	1540
12	47	2	1000	175	175	189	224	8	1540
12	47	2	1000	201	201	215	224	11	1540
12	47	2	1000	227	227	241	224	14	1540
13	56	1	1000	134	134	143	125	8	770
14	47	3	1000	241	241	262	224	8	2310
14	47	3	1000	280	280	301	224	11	2310
14	47	3	1000	319	319	340	224	14	2310
19	56	1	1000	188	189	198	124	11	770
19	56	1	1000	214	215	224	125	14	770
20	47	2	1000	297	301	315	224	8	1540
20	47	2	1000	361	361	375	224	14	1540

表 A.7 二十筆訂單情境 PHOTO3 承接工作表

單號	產品	數量	期望交期	進入時間	開始時間	完成時間	生產路徑	生產步驟	成本
2	42	1	1000	3	3	10	333	2	780
2	42	1	1000	16	16	23	333	5	780
2	42	1	1000	29	29	36	333	8	780
2	42	1	1000	42	42	49	333	11	780
2	42	1	1000	55	55	62	333	14	780
5	42	2	1000	71	71	85	333	8	1560
5	42	2	1000	97	97	111	333	11	1560
5	42	2	1000	123	123	137	333	14	1560
8	42	2	1000	158	158	172	333	11	1560
8	42	2	1000	184	184	198	333	14	1560
9	42	1	1000	45	62	69	333	5	780
10	47	1	1000	85	85	93	335	5	780
10	47	1	1000	113	113	121	234	11	780
14	47	3	1000	199	199	223	334	5	2340
16	56	2	1000	70	137	155	133	2	1560
17	47	2	1000	215	223	239	233	5	1560
17	47	2	1000	255	255	271	234	8	1560
17	47	2	1000	285	285	301	333	11	1560

表 A.7 二十筆訂單情境 PHOTO3 承接工作表(續)

17	47	2	1000	319	319	335	335	14	1560
19	56	1	1000	172	172	181	335	8	820
20	47	2	1000	44	239	255	234	2	1560

表 A.8 二十筆訂單情境 PHOTO4 承接工作表

單號	產品	數量	期望交期	進入時間	開始時間	完成時間	生產路徑	生產步驟	成本
4	56	1	1000	19	19	27	445	5	800
4	56	1	1000	33	33	41	445	8	800
4	56	1	1000	47	47	55	445	11	800
6	56	3	1000	16	55	79	145	2	2340
7	56	1	1000	6	6	14	442	2	800
8	42	2	1000	102	102	118	143	5	1580
8	42	2	1000	130	130	146	343	8	1500
9	42	1	1000	91	91	99	343	11	750
11	56	1	1000	26	79	87	145	2	780
11	56	1	1000	146	146	154	145	14	780
13	56	1	1000	106	118	126	142	5	780
14	47	3	1000	24	154	178	244	2	2340
15	56	3	1000	203	203	227	442	5	2400
16	56	2	1000	173	178	194	142	5	1560
16	56	2	1000	242	242	258	145	11	1560
18	42	2	1000	258	258	274	343	8	1500
18	42	2	1000	286	286	302	141	11	1580
18	42	2	1000	316	316	332	143	14	1580
20	47	2	1000	327	332	348	244	11	1560

表 A.9 二十筆訂單情境 PHOTO5 承接工作表

單號	產品	數量	期望交期	進入時間	開始時間	完成時間	生產路徑	生產步驟	成本
1	56	1	1000	3	3	10	455	2	790
1	56	1	1000	16	16	23	455	5	790
1	56	1	1000	29	29	36	455	8	790
1	56	1	1000	42	42	49	455	11	790
1	56	1	1000	55	55	62	455	14	790
4	56	1	1000	62	62	69	155	14	770
6	56	3	1000	97	97	118	455	5	2370
6	56	3	1000	136	136	157	455	8	2370
6	56	3	1000	175	175	196	455	11	2370
6	56	3	1000	214	214	235	455	14	2370
7	56	1	1000	78	78	85	452	14	790
10	47	1	1000	9	69	78	254	2	760
12	47	2	1000	15	118	136	254	2	1520
13	56	1	1000	30	85	92	152	2	770

表 A.9 二十筆訂單情境 PHOTO5 承接工作表(續)

13	56	1	1000	165	165	172	455	14	790
15	56	3	1000	248	248	269	455	8	2370
15	56	3	1000	287	287	308	455	11	2370
15	56	3	1000	326	326	347	455	14	2370
16	56	2	1000	270	270	284	455	14	1580
18	42	2	1000	35	196	212	353	2	1440
19	56	1	1000	155	157	164	152	5	770

表 A.10 二十筆訂單情境 ETCH1 承接工作表

單號	產品	數量	期望交期	進入時間	開始時間	完成時間	生產路徑	生產步驟	成本
18	42	2	1000	244	244	252	311	6	3540
18	42	2	1000	302	302	310	141	12	3660

表 A.11 二十筆訂單情境 ETCH2 承接工作表

單號	產品	數量	期望交期	進入時間	開始時間	完成時間	生產路徑	生產步驟	成本
7	56	1	1000	14	14	18	442	3	1840
7	56	1	1000	55	55	59	122	9	1780
7	56	1	1000	85	85	89	452	15	1820
11	56	1	1000	122	122	126	112	9	1760
13	56	1	1000	92	92	96	152	3	1780
13	56	1	1000	126	126	130	142	6	1800
13	56	1	1000	158	158	162	412	12	1800
15	56	3	1000	227	227	239	442	6	5520
16	56	2	1000	194	194	202	142	6	3600
19	56	1	1000	164	164	168	152	6	1780

表 A.12 二十筆訂單情境 ETCH3 承接工作表

單號	產品	數量	期望交期	進入時間	開始時間	完成時間	生產路徑	生產步驟	成本
2	42	1	1000	10	10	13	333	3	1800
2	42	1	1000	23	23	26	333	6	1800
2	42	1	1000	36	36	39	333	9	1800
2	42	1	1000	49	49	52	333	12	1800
2	42	1	1000	62	62	65	333	15	1800
5	42	2	1000	29	29	35	313	3	3520
5	42	2	1000	85	85	91	333	9	3600
5	42	2	1000	111	111	117	333	12	3600
5	42	2	1000	137	137	143	333	15	3600
8	42	2	1000	118	118	124	143	6	3640
8	42	2	1000	146	146	152	343	9	3480
8	42	2	1000	172	172	178	333	12	3600
8	42	2	1000	198	198	204	333	15	3600
9	42	1	1000	69	69	72	333	6	1800

表 A.12 二十筆訂單情境 ETCH3 承接工作表(續)

9	42	1	1000	99	99	102	343	12	1740
16	56	2	1000	155	155	165	133	3	3580
17	47	2	1000	239	239	249	233	6	3580
17	47	2	1000	301	301	311	333	12	3580
18	42	2	1000	212	212	218	353	3	3360
18	42	2	1000	274	274	280	343	9	3480
18	42	2	1000	332	332	338	143	15	3640

表 A.13 二十筆訂單情境 ETCH4 承接工作表

單號	產品	數量	期望交期	進入時間	開始時間	完成時間	生產路徑	生產步驟	成本
3	47	2	1000	20	20	26	224	3	3560
3	47	2	1000	46	46	52	224	6	3560
3	47	2	1000	72	72	78	224	9	3560
3	47	2	1000	98	98	104	224	12	3560
3	47	2	1000	124	124	130	224	15	3560
5	42	2	1000	57	57	65	114	6	3680
8	42	2	1000	88	88	96	314	3	3520
9	42	1	1000	37	37	41	314	3	1760
9	42	1	1000	84	84	88	324	9	1720
9	42	1	1000	113	113	117	314	15	1760
10	47	1	1000	78	78	81	254	3	1760
10	47	1	1000	107	107	110	224	9	1780
10	47	1	1000	121	121	124	234	12	1800
10	47	1	1000	134	134	137	224	15	1780
12	47	2	1000	136	137	143	254	3	3520
12	47	2	1000	163	163	169	224	6	3560
12	47	2	1000	189	189	195	224	9	3560
12	47	2	1000	215	215	221	224	12	3560
12	47	2	1000	241	241	247	224	15	3560
14	47	3	1000	178	178	187	244	3	5400
14	47	3	1000	223	223	232	334	6	5400
14	47	3	1000	262	262	271	224	9	5340
14	47	3	1000	301	301	310	224	12	5340
14	47	3	1000	340	340	349	224	15	5340
17	47	2	1000	203	203	209	214	3	3640
17	47	2	1000	271	271	277	234	9	3600
19	56	1	1000	198	198	203	124	12	1780
20	47	2	1000	255	255	261	234	3	3600
20	47	2	1000	285	285	291	214	6	3640
20	47	2	1000	315	315	321	224	9	3560
20	47	2	1000	348	349	355	244	12	3600
20	47	2	1000	375	375	381	224	15	3560

表 A.14 二十筆訂單情境 ETCH5 承接工作表

單號	產品	數量	期望交期	進入時間	開始時間	完成時間	生產路徑	生產步驟	成本
1	56	1	1000	10	10	13	455	3	1820
1	56	1	1000	23	23	26	455	6	1820
1	56	1	1000	36	36	39	455	9	1820
1	56	1	1000	49	49	52	455	12	1820
1	56	1	1000	62	62	65	455	15	1820
4	56	1	1000	13	13	16	115	3	1760
4	56	1	1000	27	27	30	445	6	1840
4	56	1	1000	41	41	44	445	9	1840
4	56	1	1000	55	55	58	445	12	1840
4	56	1	1000	69	69	72	155	15	1780
6	56	3	1000	79	79	88	145	3	5400
6	56	3	1000	118	118	127	455	6	5460
6	56	3	1000	157	157	166	455	9	5460
6	56	3	1000	196	196	205	455	12	5460
6	56	3	1000	235	235	244	455	15	5460
7	56	1	1000	31	31	34	125	6	1780
7	56	1	1000	72	72	75	215	12	1800
10	47	1	1000	93	93	97	335	6	1800
11	56	1	1000	87	88	91	145	3	1800
11	56	1	1000	104	104	107	115	6	1760
11	56	1	1000	139	139	142	115	12	1760
11	56	1	1000	154	154	157	145	15	1800
13	56	1	1000	143	143	146	125	9	1780
13	56	1	1000	172	172	175	455	15	1820
15	56	3	1000	185	185	194	115	3	5280
15	56	3	1000	269	269	278	455	9	5460
15	56	3	1000	308	308	317	455	12	5460
15	56	3	1000	347	347	356	455	15	5460
16	56	2	1000	228	228	234	115	9	3520
16	56	2	1000	258	258	264	145	12	3600
16	56	2	1000	284	284	290	455	15	3640
17	47	2	1000	335	335	343	335	15	3600
19	56	1	1000	148	148	151	115	3	1760
19	56	1	1000	181	181	184	335	9	1880
19	56	1	1000	224	224	227	125	15	1780

附錄 B 重排程成功情境各機台承接之工作表

表 B.1 重排程成功情境 TF1 承接工作表

單號	產品	數量	期望交期	進入時間	開始時間	完成時間	生產路徑	生產步驟	成本
1	56	1	100	10	10	13	455	3	1820
1	56	1	100	23	23	26	455	6	1820
1	56	1	100	36	36	39	455	9	1820
1	56	1	100	49	49	52	455	12	1820
1	56	1	100	62	62	65	455	15	1820
7	56	1	100	31	31	34	125	6	1780
7	56	1	100	72	72	75	215	12	1800
4	56	1	250	13	13	16	115	3	1760
4	56	1	250	78	78	81	455	12	1820
4	56	1	250	92	92	95	155	15	1780
6	56	3	400	99	99	108	115	3	5280
6	56	3	400	141	141	150	445	6	5520
6	56	3	400	180	180	189	455	9	5460
6	56	3	400	219	219	228	455	12	5460
6	56	3	400	258	258	267	455	15	5460
10	47	1	200	107	108	112	245	12	1800

表 B.2 重排程成功情境 TF2 承接工作表

單號	產品	數量	期望交期	進入時間	開始時間	完成時間	生產路徑	生產步驟	成本
7	56	1	100	0	59	63	215	10	200
8	42	2	200	0	0	8	244	1	380
8	42	2	200	0	38	46	241	4	380
3	47	2	250	0	8	14	224	1	380
3	47	2	250	0	51	57	224	4	380
3	47	2	250	0	84	90	224	7	380
3	47	2	250	0	110	116	224	10	380
3	47	2	250	0	136	142	224	13	380
10	47	1	200	0	14	17	242	1	190
10	47	1	200	0	73	76	234	7	190
10	47	1	200	0	96	99	245	10	190

表 B.3 重排程成功情境 TF3 承接工作表

單號	產品	數量	期望交期	進入時間	開始時間	完成時間	生產路徑	生產步驟	成本
2	42	1	100	0	0	3	333	1	180
2	42	1	100	0	13	16	333	4	180
2	42	1	100	0	26	29	333	7	180
2	42	1	100	0	39	42	333	10	180
2	42	1	100	0	52	55	333	13	180
5	42	2	150	0	3	9	313	1	360

表 B.3 重排程成功情境 TF3 承接工作表(續)

5	42	2	150	0	65	71	333	7	360
5	42	2	150	0	91	97	333	10	360
5	42	2	150	0	117	123	333	13	360
8	42	2	200	0	98	104	353	10	360
8	42	2	200	0	126	132	353	13	360
9	42	1	200	0	22	25	343	4	180
9	42	1	200	0	42	45	333	7	180
9	42	1	200	0	72	75	324	10	180
10	47	1	200	0	55	59	344	4	190
10	47	1	200	0	112	116	314	13	190

表 B.4 重排程成功情境 TF4 承接工作表

單號	產品	數量	期望交期	進入時間	開始時間	完成時間	生產路徑	生產步驟	成本
1	56	1	100	0	0	3	455	1	200
1	56	1	100	0	13	16	455	4	200
1	56	1	100	0	26	29	455	7	200
1	56	1	100	0	39	42	455	10	200
1	56	1	100	0	52	55	455	13	200
7	56	1	100	0	3	6	442	1	200
7	56	1	100	0	75	78	452	13	200
4	56	1	250	0	68	71	455	10	200
6	56	3	400	0	108	117	445	4	600
6	56	3	400	0	150	159	455	7	600
6	56	3	400	0	189	198	455	10	600
6	56	3	400	0	228	237	455	13	600
9	42	1	200	0	6	10	423	1	200

表 B.5 重排程成功情境 PHOTO1 承接工作表

單號	產品	數量	期望交期	進入時間	開始時間	完成時間	生產路徑	生產步驟	成本
5	42	2	150	9	13	29	313	2	1520
5	42	2	150	41	41	57	114	5	1600
7	56	1	100	63	63	72	215	11	780
4	56	1	250	4	4	13	115	2	760
4	56	1	250	26	29	38	112	5	760
6	56	3	400	16	72	99	115	2	2280
10	47	1	200	116	116	125	314	14	790

表 B.6 重排程成功情境 PHOTO2 承接工作表

單號	產品	數量	期望交期	進入時間	開始時間	完成時間	生產路徑	生產步驟	成本
7	56	1	100	22	22	31	125	5	770
7	56	1	100	45	46	55	122	8	770
4	56	1	250	49	55	64	122	8	770
3	47	2	250	14	31	45	224	2	1540
3	47	2	250	57	64	78	224	5	1540
3	47	2	250	90	90	104	224	8	1540
3	47	2	250	116	116	130	224	11	1540
3	47	2	250	142	142	156	224	14	1540
9	42	1	200	10	10	19	423	2	780
9	42	1	200	75	78	87	324	11	740

表 B.7 重排程成功情境 PHOTO3 承接工作表

單號	產品	數量	期望交期	進入時間	開始時間	完成時間	生產路徑	生產步驟	成本
2	42	1	100	3	3	10	333	2	780
2	42	1	100	16	16	23	333	5	780
2	42	1	100	29	29	36	333	8	780
2	42	1	100	42	42	49	333	11	780
2	42	1	100	55	55	62	333	14	780
5	42	2	150	71	71	85	333	8	1560
5	42	2	150	97	97	111	333	11	1560
5	42	2	150	123	123	137	333	14	1560
9	42	1	200	45	62	69	333	8	780
10	47	1	200	76	85	93	234	8	780

表 B.8 重排程成功情境 PHOTO4 承接工作表

單號	產品	數量	期望交期	進入時間	開始時間	完成時間	生產路徑	生產步驟	成本
7	56	1	100	6	6	14	442	2	800
8	42	2	200	8	14	30	244	2	1540
8	42	2	200	46	46	62	241	5	1540
8	42	2	200	76	76	92	143	8	1580
6	56	3	400	117	117	141	445	5	2400
9	42	1	200	25	30	38	343	5	750
10	47	1	200	17	38	46	242	2	780
10	47	1	200	59	62	70	344	5	780
10	47	1	200	99	99	107	245	11	780

表 B.9 重排程成功情境 PHOTO5 承接工作表

單號	產品	數量	期望交期	進入時間	開始時間	完成時間	生產路徑	生產步驟	成本
1	56	1	100	3	3	10	455	2	790
1	56	1	100	16	16	23	455	5	790
1	56	1	100	29	29	36	455	8	790
1	56	1	100	42	42	49	455	11	790
1	56	1	100	55	55	62	455	14	790
7	56	1	100	78	78	85	452	14	790
8	42	2	200	104	104	120	353	11	1440
8	42	2	200	132	132	148	353	14	1440
4	56	1	250	71	71	78	455	11	790
4	56	1	250	85	85	92	155	14	770
6	56	3	400	159	159	180	455	8	2370
6	56	3	400	198	198	219	455	11	2370
6	56	3	400	237	237	258	455	14	2370
9	42	1	200	94	94	102	153	14	760

表 B.10 重排程成功情境 ETCH1 承接工作表

單號	產品	數量	期望交期	進入時間	開始時間	完成時間	生產路徑	生產步驟	成本
8	42	2	200	62	62	70	241	6	3580

表 B.11 重排程成功情境 ETCH2 承接工作表

單號	產品	數量	期望交期	進入時間	開始時間	完成時間	生產路徑	生產步驟	成本
7	56	1	100	14	14	18	442	3	1840
7	56	1	100	55	55	59	122	9	1780
7	56	1	100	85	85	89	452	15	1820
4	56	1	250	38	38	42	112	6	1760
4	56	1	250	64	64	68	122	9	1780
10	47	1	200	46	46	51	242	3	1810

表 B.12 重排程成功情境 ETCH3 承接工作表

單號	產品	數量	期望交期	進入時間	開始時間	完成時間	生產路徑	生產步驟	成本
2	42	1	100	10	10	13	333	3	1800
2	42	1	100	23	23	26	333	6	1800
2	42	1	100	36	36	39	333	9	1800
2	42	1	100	49	49	52	333	12	1800
2	42	1	100	62	62	65	333	15	1800
5	42	2	150	29	29	35	313	3	3520
5	42	2	150	85	85	91	333	9	3600
5	42	2	150	111	111	117	333	12	3600

表 B.12 重排程成功情境 ETCH3 承接工作表(續)

5	42	2	150	137	137	143	333	15	3600
8	42	2	200	92	92	98	143	9	3640
8	42	2	200	120	120	126	353	12	3360
8	42	2	200	148	148	154	353	15	3360
9	42	1	200	19	19	22	423	3	1800
9	42	1	200	38	39	42	343	6	1740
9	42	1	200	69	69	72	333	9	1800
9	42	1	200	102	102	105	153	15	1760

表 B.13 重排程成功情境 ETCH4 承接工作表

單號	產品	數量	期望交期	進入時間	開始時間	完成時間	生產路徑	生產步驟	成本
5	42	2	150	57	57	65	114	6	3680
8	42	2	200	30	30	38	244	3	3560
3	47	2	250	45	45	51	224	3	3560
3	47	2	250	78	78	84	224	6	3560
3	47	2	250	104	104	110	224	9	3560
3	47	2	250	130	130	136	224	12	3560
3	47	2	250	156	156	162	224	15	3560
9	42	1	200	87	87	91	324	12	1720
10	47	1	200	70	70	73	344	6	1800
10	47	1	200	93	93	96	234	9	1800
10	47	1	200	125	125	128	314	15	1820

表 B.14 重排程成功情境 ETCH5 承接工作表

單號	產品	數量	期望交期	進入時間	開始時間	完成時間	生產路徑	生產步驟	成本
1	56	1	100	10	10	13	455	3	1820
1	56	1	100	23	23	26	455	6	1820
1	56	1	100	36	36	39	455	9	1820
1	56	1	100	49	49	52	455	12	1820
1	56	1	100	62	62	65	455	15	1820
7	56	1	100	31	31	34	125	6	1780
7	56	1	100	72	72	75	215	12	1800
4	56	1	250	13	13	16	115	3	1760
4	56	1	250	78	78	81	455	12	1820
4	56	1	250	92	92	95	155	15	1780
6	56	3	400	99	99	108	115	3	5280
6	56	3	400	141	141	150	445	6	5520
6	56	3	400	180	180	189	455	9	5460
6	56	3	400	219	219	228	455	12	5460
6	56	3	400	258	258	267	455	15	5460
10	47	1	200	107	108	112	245	12	1800

附錄 C 機台異常情境各機台承接之工作表

表 C.1 機台異常情境 TF1 承接工作表

單號	產品	數量	期望交期	進入時間	開始時間	完成時間	生產路徑	生產步驟	成本
4	56	1	1000	0	0	4	115	1	190
4	56	1	1000	0	58	62	155	13	190
5	42	2	1000	0	35	41	114	4	400
6	56	3	1000	0	4	16	145	1	570
8	42	2	1000	0	96	102	143	4	400
15	56	3	1000	0	16	28	115	1	570
13	56	1	1000	0	41	45	123	7	190
11	56	1	1000	0	28	32	145	1	190
11	56	1	1000	0	91	95	115	4	190
11	56	1	1000	0	107	111	145	7	190
11	56	1	1000	0	130	134	124	10	190
11	56	1	1000	0	148	152	153	13	190
7	56	1	1000	0	45	49	153	1	190
7	56	1	1000	0	102	106	131	4	190
7	56	1	1000	0	152	156	155	7	190
7	56	1	1000	0	174	178	143	10	190

表 C.2 機台異常情境 TF2 承接工作表

單號	產品	數量	期望交期	進入時間	開始時間	完成時間	生產路徑	生產步驟	成本
3	47	2	1000	0	0	6	224	1	380
3	47	2	1000	0	26	32	224	4	380
3	47	2	1000	0	52	58	224	7	380
3	47	2	1000	0	78	84	224	10	380
3	47	2	1000	0	104	110	224	13	380
10	47	1	1000	0	6	9	254	1	190
10	47	1	1000	0	97	100	224	7	190
10	47	1	1000	0	110	113	234	10	190
10	47	1	1000	0	124	127	224	13	190
12	47	2	1000	0	9	15	254	1	380
12	47	2	1000	0	143	149	224	4	380
12	47	2	1000	0	169	175	224	7	380
12	47	2	1000	0	195	201	224	10	380
12	47	2	1000	0	221	227	224	13	380
14	47	3	1000	0	15	24	244	1	570
14	47	3	1000	0	232	241	224	7	570
14	47	3	1000	0	271	280	224	10	570
14	47	3	1000	0	310	319	224	13	570

表 C.3 機台異常情境 TF3 承接工作表

單號	產品	數量	期望交期	進入時間	開始時間	完成時間	生產路徑	生產步驟	成本
2	42	1	1000	0	0	3	333	1	180
2	42	1	1000	0	13	16	333	4	180
2	42	1	1000	0	26	29	333	7	180
2	42	1	1000	0	39	42	333	10	180
2	42	1	1000	0	52	55	333	13	180
5	42	2	1000	0	3	9	313	1	360
5	42	2	1000	0	65	71	333	7	360
5	42	2	1000	0	91	97	333	10	360
5	42	2	1000	0	117	123	333	13	360
8	42	2	1000	0	16	22	314	1	360
8	42	2	1000	0	124	130	343	7	360
8	42	2	1000	0	152	158	333	10	360
8	42	2	1000	0	178	184	333	13	360
9	42	1	1000	0	9	12	314	1	180
9	42	1	1000	0	42	45	333	4	180
9	42	1	1000	0	72	75	324	7	180
9	42	1	1000	0	88	91	343	10	180
9	42	1	1000	0	102	105	314	13	180
10	47	1	1000	0	81	85	335	4	190
14	47	3	1000	0	187	199	334	4	570

表 C.4 機台異常情境 TF4 承接工作表

單號	產品	數量	期望交期	進入時間	開始時間	完成時間	生產路徑	生產步驟	成本
1	56	1	1000	0	0	3	455	1	200
1	56	1	1000	0	13	16	455	4	200
1	56	1	1000	0	26	29	455	7	200
1	56	1	1000	0	39	42	455	10	200
1	56	1	1000	0	52	55	455	13	200
4	56	1	1000	0	16	19	445	4	200
4	56	1	1000	0	30	33	445	7	200
4	56	1	1000	0	44	47	445	10	200
6	56	3	1000	0	88	97	455	4	600
6	56	3	1000	0	127	136	455	7	600
6	56	3	1000	0	166	175	455	10	600
6	56	3	1000	0	205	214	455	13	600
15	56	3	1000	0	149	158	415	4	600
15	56	3	1000	0	194	203	443	7	600
15	56	3	1000	0	242	251	455	10	600
15	56	3	1000	0	281	290	455	13	600
13	56	1	1000	0	3	6	443	1	200
13	56	1	1000	0	19	22	425	4	200
13	56	1	1000	0	60	63	415	10	200
13	56	1	1000	0	75	78	451	13	200
7	56	1	1000	0	191	194	444	13	200

表 C.5 機台異常情境 PHOTO1 承接工作表

單號	產品	數量	期望交期	進入時間	開始時間	完成時間	生產路徑	生產步驟	成本
4	56	1	1000	4	4	13	115	2	760
5	42	2	1000	9	13	29	313	2	1520
5	42	2	1000	41	41	57	114	5	1600
8	42	2	1000	22	72	88	314	2	1520
9	42	1	1000	12	29	37	314	2	760
9	42	1	1000	105	105	113	314	14	760
15	56	3	1000	28	113	140	115	2	2280
15	56	3	1000	158	158	185	415	5	2340
13	56	1	1000	63	63	72	415	11	780
11	56	1	1000	95	95	104	115	5	760

表 C.6 機台異常情境 PHOTO2 承接工作表

單號	產品	數量	期望交期	進入時間	開始時間	完成時間	生產路徑	生產步驟	成本
3	47	2	1000	6	6	20	224	2	1540
3	47	2	1000	32	32	46	224	5	1540
3	47	2	1000	58	58	72	224	8	1540
3	47	2	1000	84	84	98	224	11	1540
3	47	2	1000	110	110	124	224	14	1540
9	42	1	1000	75	75	84	324	8	740
10	47	1	1000	100	100	107	224	8	770
10	47	1	1000	127	127	134	224	14	770
12	47	2	1000	149	149	163	224	5	1540
12	47	2	1000	175	175	189	224	8	1540
12	47	2	1000	201	201	215	224	11	1540
12	47	2	1000	227	227	241	224	14	1540
14	47	3	1000	241	241	262	224	8	2310
14	47	3	1000	280	280	301	224	11	2310
14	47	3	1000	319	319	340	224	14	2310
13	56	1	1000	22	22	31	425	5	790
13	56	1	1000	45	46	55	123	8	770
11	56	1	1000	134	134	143	124	11	770

表 C.7 機台異常情境 PHOTO3 承接工作表

單號	產品	數量	期望交期	進入時間	開始時間	完成時間	生產路徑	生產步驟	成本
2	42	1	1000	3	3	10	333	2	780
2	42	1	1000	16	16	23	333	5	780
2	42	1	1000	29	29	36	333	8	780
2	42	1	1000	42	42	49	333	11	780
2	42	1	1000	55	55	62	333	14	780
5	42	2	1000	71	71	85	333	8	1560
5	42	2	1000	97	97	111	333	11	1560
5	42	2	1000	123	123	137	333	14	1560

表 C.7 機台異常情境 PHOTO3 承接工作表(續)

8	42	2	1000	158	158	172	333	11	1560
8	42	2	1000	184	184	198	333	14	1560
9	42	1	1000	45	62	69	333	5	780
10	47	1	1000	85	85	93	335	5	780
10	47	1	1000	113	113	121	234	11	780
14	47	3	1000	199	199	223	334	5	2340
7	56	1	1000	106	137	146	131	5	780

表 C.8 機台異常情境 PHOTO4 承接工作表

單號	產品	數量	期望交期	進入時間	開始時間	完成時間	生產路徑	生產步驟	成本
4	56	1	1000	19	19	27	445	5	800
4	56	1	1000	33	33	41	445	8	800
4	56	1	1000	47	47	55	445	11	800
6	56	3	1000	16	55	79	145	2	2340
8	42	2	1000	102	102	118	143	5	1580
8	42	2	1000	130	130	146	343	8	1500
9	42	1	1000	91	91	99	343	11	750
14	47	3	1000	24	154	178	244	2	2340
15	56	3	1000	203	203	227	443	8	2400
13	56	1	1000	6	6	14	443	2	800
11	56	1	1000	32	79	87	145	2	780
11	56	1	1000	111	118	126	145	8	780
7	56	1	1000	178	178	186	143	11	780
7	56	1	1000	194	194	202	444	14	800

表 C.9 機台異常情境 PHOTO5 承接工作表

單號	產品	數量	期望交期	進入時間	開始時間	完成時間	生產路徑	生產步驟	成本
1	56	1	1000	3	3	10	455	2	790
1	56	1	1000	16	16	23	455	5	790
1	56	1	1000	29	29	36	455	8	790
1	56	1	1000	42	42	49	455	11	790
1	56	1	1000	55	55	62	455	14	790
4	56	1	1000	62	62	69	155	14	770
6	56	3	1000	97	97	118	455	5	2370
6	56	3	1000	136	136	157	455	8	2370
6	56	3	1000	175	175	196	455	11	2370
6	56	3	1000	214	214	235	455	14	2370
10	47	1	1000	9	69	78	254	2	760
12	47	2	1000	15	118	136	254	2	1520
15	56	3	1000	251	251	272	455	11	2370
15	56	3	1000	290	290	311	455	14	2370
13	56	1	1000	78	78	85	451	14	790

表 C.9 機台異常情境 PHOTO5 承接工作表(續)

11	56	1	1000	152	157	164	153	14	770
7	56	1	1000	49	85	92	153	2	770
7	56	1	1000	156	164	171	155	8	770

表 C.10 機台異常情境 ETCH1 承接工作表

單號	產品	數量	期望交期	進入時間	開始時間	完成時間	生產路徑	生產步驟	成本
13	56	1	1000	85	85	90	451	15	1830
7	56	1	1000	146	146	151	131	6	1810

表 C.11 機台異常情境 ETCH2 承接工作表

單號	產品	數量	期望交期	進入時間	開始時間	完成時間	生產路徑	生產步驟	成本

表 C.12 機台異常情境 ETCH3 承接工作表

單號	產品	數量	期望交期	進入時間	開始時間	完成時間	生產路徑	生產步驟	成本
2	42	1	1000	10	10	13	333	3	1800
2	42	1	1000	23	23	26	333	6	1800
2	42	1	1000	36	36	39	333	9	1800
2	42	1	1000	49	49	52	333	12	1800
2	42	1	1000	62	62	65	333	15	1800
5	42	2	1000	29	29	35	313	3	3520
5	42	2	1000	85	85	91	333	9	3600
5	42	2	1000	111	111	117	333	12	3600
5	42	2	1000	137	137	143	333	15	3600
8	42	2	1000	118	118	124	143	6	3640
8	42	2	1000	146	146	152	343	9	3480
8	42	2	1000	172	172	178	333	12	3600
8	42	2	1000	198	198	204	333	15	3600
9	42	1	1000	69	69	72	333	6	1800
9	42	1	1000	99	99	102	343	12	1740
15	56	3	1000	227	227	242	443	9	5490
13	56	1	1000	14	14	19	443	3	1830
13	56	1	1000	55	55	60	123	9	1770
11	56	1	1000	164	164	169	153	15	1770
7	56	1	1000	92	92	97	153	3	1770
7	56	1	1000	186	186	191	143	12	1790

表 C.13 機台異常情境 ETCH4 承接工作表

單號	產品	數量	期望交期	進入時間	開始時間	完成時間	生產路徑	生產步驟	成本
3	47	2	1000	20	20	26	224	3	3560
3	47	2	1000	46	46	52	224	6	3560
3	47	2	1000	72	72	78	224	9	3560
3	47	2	1000	98	98	104	224	12	3560
3	47	2	1000	124	124	130	224	15	3560
5	42	2	1000	57	57	65	114	6	3680
8	42	2	1000	88	88	96	314	3	3520
9	42	1	1000	37	37	41	314	3	1760
9	42	1	1000	84	84	88	324	9	1720
9	42	1	1000	113	113	117	314	15	1760
10	47	1	1000	78	78	81	254	3	1760
10	47	1	1000	107	107	110	224	9	1780
10	47	1	1000	121	121	124	234	12	1800
10	47	1	1000	134	134	137	224	15	1780
12	47	2	1000	136	137	143	254	3	3520
12	47	2	1000	163	163	169	224	6	3560
12	47	2	1000	189	189	195	224	9	3560
12	47	2	1000	215	215	221	224	12	3560
12	47	2	1000	241	241	247	224	15	3560
14	47	3	1000	178	178	187	244	3	5400
14	47	3	1000	223	223	232	334	6	5400
14	47	3	1000	262	262	271	224	9	5340
14	47	3	1000	301	301	310	224	12	5340
14	47	3	1000	340	340	349	224	15	5340
11	56	1	1000	143	143	148	124	12	1780
7	56	1	1000	202	202	207	444	15	1840

表 C.14 機台異常情境 ETCH5 承接工作表

單號	產品	數量	期望交期	進入時間	開始時間	完成時間	生產路徑	生產步驟	成本
1	56	1	1000	10	10	13	455	3	1820
1	56	1	1000	23	23	26	455	6	1820
1	56	1	1000	36	36	39	455	9	1820
1	56	1	1000	49	49	52	455	12	1820
1	56	1	1000	62	62	65	455	15	1820
4	56	1	1000	13	13	16	115	3	1760
4	56	1	1000	27	27	30	445	6	1840
4	56	1	1000	41	41	44	445	9	1840
4	56	1	1000	55	55	58	445	12	1840
4	56	1	1000	69	69	72	155	15	1780
6	56	3	1000	79	79	88	145	3	5400
6	56	3	1000	118	118	127	455	6	5460
6	56	3	1000	157	157	166	455	9	5460
6	56	3	1000	196	196	205	455	12	5460
6	56	3	1000	235	235	244	455	15	5460
10	47	1	1000	93	93	97	335	6	1800
15	56	3	1000	140	140	149	115	3	5280
15	56	3	1000	185	185	194	415	6	5400
15	56	3	1000	272	272	281	455	12	5460
15	56	3	1000	311	311	320	455	15	5460
13	56	1	1000	31	31	34	425	6	1820
13	56	1	1000	72	72	75	415	12	1800
11	56	1	1000	87	88	91	145	3	1800
11	56	1	1000	104	104	107	115	6	1760
11	56	1	1000	126	127	130	145	9	1800
7	56	1	1000	171	171	174	155	9	1780