

南華大學企業管理系管理科學博士論文

A DISSERTATION FOR THE DEGREE OF DOCTOR OF PHILOSOPHY

Ph. D PROGRAM IN MANAGEMENT SCIENCES

DEPARTMENT OF BUSINESS ADMINISTRATION

NANHUA UNIVERSITY

不同交期限制下之多訂單多產品成本最佳化的

生產設計與規劃

COST OPTIMIZATION FOR PRODUCTION DESIGN & PLAN WITH
MULTIPLE PRODUCTS MULTIPLE ORDERS UNDER CONSTRAINED
VARIOUS DEADLINES

指導教授：藍俊雄 博士

ADVISOR: CHUN-HSIUNG LAN Ph.D.

研究生：劉國鑑

GRADUATE STUDENT: KUO-CHIEN LIU

中 華 民 國 1 0 0 年 6 月

南 華 大 學

企業管理系管理科學博士班

博 士 學 位 論 文

不同交期限制下多訂單多產品成本最佳化的生產設計
與規劃

研究生：劉國鑑

經考試合格特此證明

口試委員：李右婷

藍天雄

吳心怡

鄧少華

陳嘉慶

指導教授：吳心怡

系主任：葉啟昆

口試日期：中華民國 100 年 6 月 10 日

南華大學企業管理系管理科學博士班

九十九學年度第二學期博士論文摘要

論文題目：不同交期限制下之多訂單多產品成本最佳化的
生產設計與規劃

研究生：劉國鑑

指導教授：藍俊雄 博士

論文摘要內容：

本研究針對多產品多重生產系統生產設計與規劃問題，藉由建構最低總生產成本為目標之數學模型與逐步演算法的發展，進行此類複雜問題的規劃求解。本研究乃針對工廠在實務上可能面臨不同類型單產品的實務問題加以探討，即工廠面臨多產品，多訂單、多交期、多成本、多機器選擇、以及多訂單交遞時程等問題，作全盤性的考量下，構建一個以追求生產成本最佳化為目標的數學模型。

關鍵詞：逐步演算法、多重生產系統、生產成本

Title of Dissertation : Cost Optimization for Production Design & Plan with
Multiple Products Multiple Orders Under Constrained
Various Deadlines

Department : Ph. D. Program in Management Sciences, Department of
Business Administration, Nanhua University

Graduate Date : June 2011 Degree Conferred : Ph. D.

Name of Student : Kuo-Chein Liu Advisor : Chun-Hsiung Lan Ph. D.

Abstract

A mathematical model which minimizes the production cost of an automatic and network-type multiple-order-production (MOP) system with restriction of time-phased order completion is presented. A step-by-step algorithm is described to find the minimal cost of production. In order to solve the combinatorial problems of the production rate, the machine cost, and numerous machines in parallel at each workstation of the production line, a feedback approach is also applied in the algorithm. An example of a large number of orders which is subdivided into different deadlines is shown to demonstrate the application of the algorithm that results in decreased production cost, enhanced production rate, improved efficiency of the production schedule, and on-time completion of production.

Keywords: A step-by-step algorithm, multiple-production-line system,
Production cost

目錄

中文摘要	i
英文摘要	ii
目錄	iii
表目錄	v
圖目錄	vi
第一章 序論	1
1.1 問題背景	1
1.2 研究動機與研究目的	2
1.3 論文架構	2
第二章 相關文獻探討	5
2.1 生產設計與規劃概述	5
2.2 生產設計與規劃設置考慮因素	7
2.3 生產設計與規劃之原則	9
第三章 多重生產系統模型之建立與求解	11
3.1 假設與符號說明	11
3.2 多重生產系統 MOP 模型建構	14
3.3 求解過程	16
3.4 逐步演算法	17
3.5 數值算例	19
3.6 生產策略分析	38
第四章 生產系統模型於產業界上之應用	40
4.1 存貨控制績效指標	40
4.2 自製或委外決策	43

4.3 MOP 模型實務應用	46
4.3.1 同類型產品網路生產設計系統.....	47
4.3.2 兩種不同類型產品網路生產設計系統.....	49
第五章 結論	53
5.1 主要研究成果及貢獻	53
5.2 未來研究方向	54
參考文獻	56
一、中文部分	56
二、英文部分	57
個人簡歷	61

表目錄

表 3.1 案例基本資料.....	20
表 3.2 每個工作站的單位製造成本.....	27
表 3.3 所有機器投入生產的生產率.....	28
表 3.4 各工作站機器投入在 A 產品生產線的最大生產率.....	30
表 3.5 各工作站機器投入在 B 產品生產線的最大生產率.....	31
表 3.6 各工作站機器投入在 C 產品生產線的最大生產率.....	32
表 3.7 生產計畫遞回檢驗表.....	33
表 3.8 產品所有生產可能組合.....	34
表 3.9 實際執行生產計畫下，產品成本計算.....	37
表 4.1 二張訂單 MOP 模型最佳化生產成本.....	47
表 4.2 三張訂單 MOP 模型最佳化生產成本.....	48
表 4.4 普通型以及豪華型 MMOP 模型最佳化生產成本.....	50
表 4.5 不同產品 MMOP 模型最佳化生產成本.....	52

圖目錄

圖 1.1 本研究架構流程圖	4
圖 3.1 A、B、C 產品訂單量與交貨時間分配圖	21
圖 3.2 多種不同類型產品網路生產設計系統.....	22
圖 3.3 A 型產品網路生產設計系統.....	23
圖 3.4 B 型產品網路生產設計系統.....	23
圖 3.5 C 型產品網路生產設計系統.....	24
圖 3.6 產品開始生產時間.....	36
圖 4.1 同類型產品網路生產設計系統.....	47
圖 4.2 兩種不同類型產品網路生產設計系統.....	50

第一章 序論

在現今景氣尚未復甦，但競爭卻日益激烈的環境下，開源節流實屬不易，工廠第一個想到的當然就是刪減成本，從生產管理方面刪減成本也是需要技巧，應該更積極地從生產設計與規劃創造價值的策略端去思考，甚或更積極改變生產模式贏在前端，這才是企業立於不敗之策。為了達到這樣目標，企業透過網路生產系統來降低成本，將生產設計與規劃形成網路系統模式，使生產更結構化、具體化，更有利分析生產成本問題。在生產規劃時，為能降低生產成本，對從生產起點到終點的各種可能採取的生產線予以分析探討，以獲得最低的生產成本。本研究以最佳化(Optimization) 之方法輔以複雜度之觀點探討多產品之生產設計與規劃，並將之應用於實務之生產。因此，以下說明問題背景、研究動機與目的、研究架構分述如下。

1.1 問題背景

生產規劃與排程系統，至今已發展為企業資源規劃系統 ERP (Enterprise Resource Planning System)，面臨如此的改變，傳統的規劃技術與方法已不能滿足目前需求。因為傳統的生產規劃與排程是循序式規劃方法，其內容包含；生產規劃、主排程規劃、產能需求規劃、詳細作業程序...等。其通常採用涵蓋一定時程範圍，是屬於定期性批量式規劃，無法即時反應掌握環境變化，也無法有效整合系統，因為其規劃與排程是各個獨立的系統完成，所以，要有一個先進的規劃與排程系統，該系統應屬於策略及長期性規劃系統，並可應用數學模式、網路模式、模擬方法等先進的規劃技術與方法。因此，在進行生產規劃時，能夠同

時考量產能限制與目標，並擬定最佳化的生產規劃與即時性資料進行規劃，可事前模擬分析或事後分析，幫助生產規劃人員做出正確的決策。

1.2 研究動機與研究目的

一般而言，工廠是在接到訂單後的情況下，才開始進行生產設計與規劃。然而，當考量到工廠有限的生產能力，同時自現階段起，即使工廠將產能使用率達滿載情況時，工廠亦無法如期如訂購量地將訂單產品交付廠商時，則必須考慮要將不足生產的部分產品訂購量交付外包工廠施行生產。有許多工廠不願意委外，主要原因就是害怕失去對營運流程的控制力，另外認為委外的品質一定比自己做來的差、委外成本高、或者委外會對工作團隊的保障造成威脅、委外的法律契約議題過多...等，都是工廠不願意委外的原因。不容置疑地，工廠的獲利情況必將受到影響與衝擊。倘若能洞逐先機，將先前各生產階段中的剩餘產能有效地加以規劃與利用，將可解決上述生產規劃所面臨的問題。

本研究藉由單產品多重生產系統 MOP (Multiple-Order-Production) 模型提出，以追求生產成本極小化為目標的數學模型，以利求解模式的構建，將複雜且符合實務的多產品、多訂單、多交期的生產設計與規劃問題加以落實，並透過逐步數學演算法的發展使此一繁複的問題可具體地進行求解。當企業面臨多產品多訂單多交貨期之問題時，可藉由本模式參數值的修改，使最適合的決策可迅速取得，更可為生產設計與規劃工程師提出有價值的參考依據。

1.3 論文架構

本研究首先回顧生產設計所考慮之原則，以生產成本效益為考量建

構一種最小化的生產成本佈置模式，並提出其求解演算法，並以一完整數值算例，具體描述生產設計與規劃問題之求解過程；此外並針對實務生產之環境進行生產策略分析，以提出生產設計進階段所應考慮及遵行之方針。接著在第四章中提出生產系統模型於產業界上之應用，最後總結本研究之貢獻及說明未來之研究方向則列於第五章。簡言之，本研究主要之章節架構羅列如下。

- (1) 研究動機與問題背景。
- (2) 相關文獻回顧。
- (3) 生產系統之佈置設計，模型建構與演算法求解。
- (4) 生產系統模型於產業界上之應用。
- (5) 生產成本量化指標。
- (6) 結論與建議。

至於整體研究架構流程圖請參閱圖 1.1。

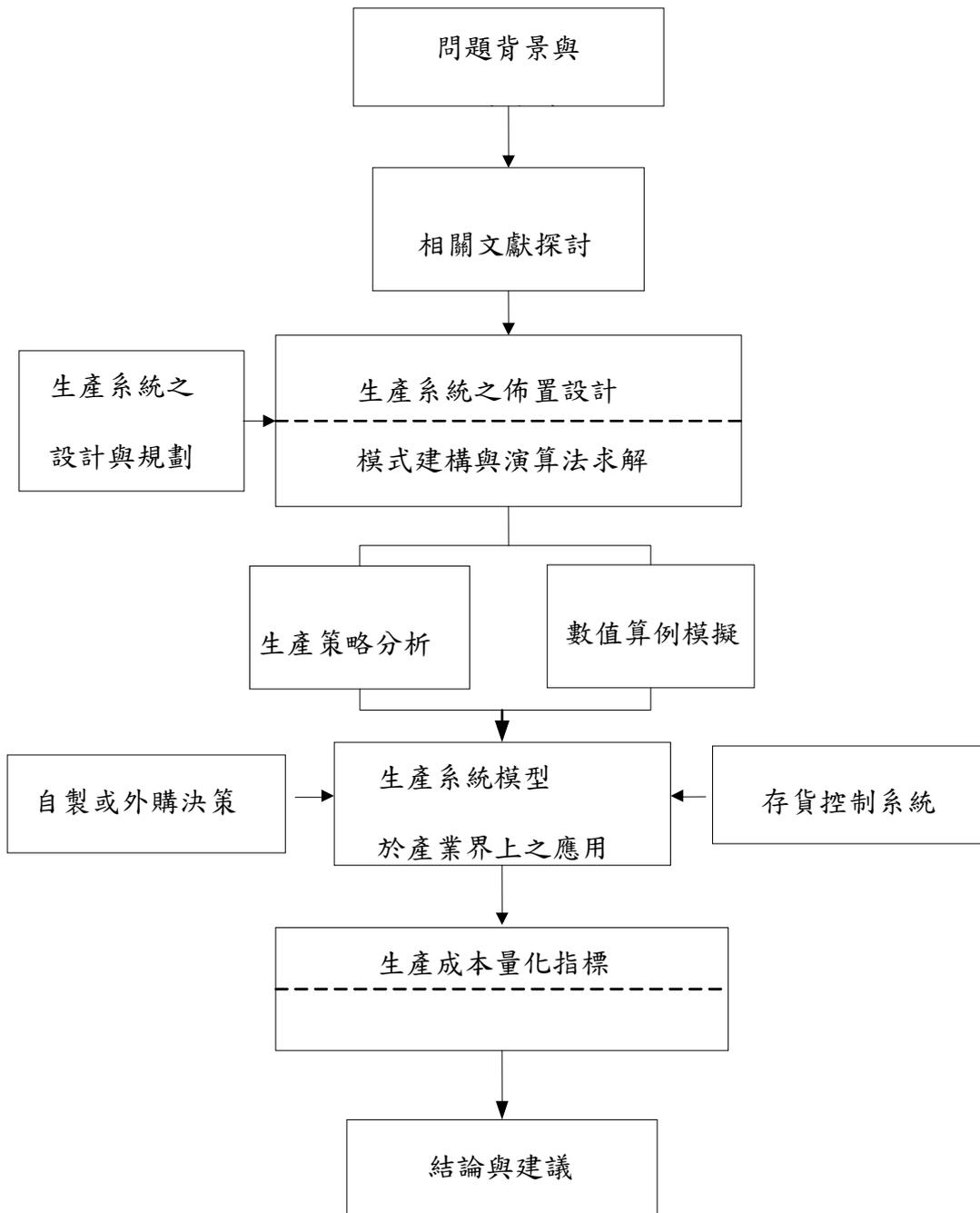


圖 1.1 本研究架構流程圖

第二章 相關文獻探討

本文的文獻是針對有關生產設計與規劃方面的相關文獻概述，及生產設計與規劃其設置要考慮因素，與生產設計與規劃的一些原則探討。

2.1 生產設計與規劃概述

一般而言，生產效率是決定於生產系統的設計，在不良的生產系統設計下再好的規劃與管理，也無法達到預期的產出與效率。企業從過去以生產為導向之生產策略，漸漸改成以顧客為導向之生產策略，而生產模式也由過去的少樣多量，變成多樣少量的生產模式，故生產排程變為更複雜化，其中包括交期時間限制，以及工廠的產能限制，故要發展更新的生產規劃與排程系統。所謂更新的生產規劃與排程系統，其應該包含網路設計系統、製造規劃、生產排程。其生產規劃步驟：首先要規劃生產排程，再決定產品與製造規劃、並思考如何以最大效率下完成生產，接著要考慮如何準時完成交貨，以及詳細討論分析生產排程、最後排定生產規劃與排程細節問題，例如：班次、排程時間、維修時間、維護時間...等問題。

至於生產設計績效評估方面，一般績效指標分成四類：1.交期、2.平均生產流程時間，3.工作站使用率，4. 成本。本文對於生產設計績效評估，採用工作站使用率與存貨成本為衡量生產設計績效指標。有關規劃與排程考量限制方面，要考慮到受時間限制。所謂時間限制是指開始加工時間與結束完工的時間限制，而時間限制中還應該包含交期的時間

限制。同時在產能限制方面也要一併考慮。所謂產能限制是指資源中可以使用的固定產能，在產能限制中還應該包括機台的生產率。其他有關生產排程方法方面，一般而言，最佳化為原則的生產排程方法有三種；1.最佳化排程法，2.列舉法，3.數學規劃法。

總之，生產系統佈置設計與規劃問題，確實是刻不容緩之議題，佈置設計之主要訴求，應朝向能提出一種科學、可量化且具可操作性之方法著手。有些學者都以最小成本化為生產系統佈置設計與規劃目標，例如；Guinet (2001)、Lee et al. (2002)、Gnoni et al. (2003)。本文生產系統佈置設計也是以成本最小化為規劃目標，其中成本包含了實際生產中可能發生的各種成本，例如；生產成本、設定成本、存貨成本，維修成本...等。並採用最佳化數學規劃法為生產排程方法。

根據 Chen & Lan (2001)設計網路型生產系統之設計，著實是一重要的考量。但 Chen & Lan (2001) 的設計網路型生產系統的研究，是針對單一產品進行大量生產的設計與工具機選擇，並發展逐步數學演算法，以求取該生產系統的最大生產利潤，及 Kalir & Arzi (1997)對生產設計系統工具機的選擇研究，對生產設計、規劃之價值具有極為重要之參考意義。然而，多訂單且有交貨期限制之生產設計與規劃，則鮮少有所討論。在生產線的最適成本設計方面，有關此研究亦可廣見於諸多文獻報告之中 Cheng & Gupta (1989) , Tzai & Yao (1993) , Panwalker (1994) 皆提到最適成本的設計。事實上，對於完製品的存貨、持有成本、交期限制...等實務問題，並未加以深入探討。故本研究乃針對多產品、多訂單、且擁有不同的交貨期限制之生產線的最適成本設計問題，藉由建構最低總生產成本為目標之數學模式，與逐步數學求解演算法的發展，進行此類

複雜問題的求解。另外本文也將計畫性生產與存貨策略納入研究範疇中。所謂的計畫性生產與存貨策略，乃為因應當工廠在某一規劃期時之產能上限無法有效並如期地完成該規劃期的訂購量時，則工廠必須在該規劃期前提前生產，藉由計畫性的存貨策略以因應上述有關工廠產能不足之問題。

2.2 生產設計與規劃設置考慮因素

一般而言，生產規劃的核心任務，適時地將客戶所需要的產品，依規格和品質要求，如期準時交貨。同時能將生產成本控制在一個可以允許接受的成本範圍之內，所以生產規劃的生產成本控制考慮因素，應包括所有訂單的數量、存貨成本、生產成本、維修成本、設定成本...等。在整體生產規劃方面，隨交貨時間的逼近，應注意生產環境發生變化而作適當的調整，其調整重點以存貨成本為首要，生產訂單量、未完成的訂單量、持有存貨成本等皆會影響生產成本。故在進行生產規劃與接單的環境中，會面臨訂單分配問題，即在不同的類型產品條件下，如何滿足企業在有限的產能限制下，追求最佳化的規劃與排程。Guinet (2001)指出訂單分配問題確實是一個棘手問題，也是一個重要研究議題。所以本研究需對訂單分配問題進行深入探討。

Cheng & Chen (1994)與 Kogan & Levner (1998)均著重研究探討單產品單訂單的生產規劃設計問題。並沒有研究多產品生產規劃設計問題。有關生產機具選擇問題之研究，Kalir & Arzi (1997, 1998), Lan & Lan (2000)均將其生產線的設計著重在生產機具的選擇方面之探討，進而求取該生產線的最大生產利潤。

此外，Olhager et al. (2001), Lan & Lan (2004) 針對長期性的生產規劃而言，交貨量與交貨時間的完善規劃不僅能為企業創造管理的效能，亦可為企業創造最適的利潤。事實上，在真實的生產製造中，生產時間的規劃與控制，往往是決定生產成敗的重要因素，而生產排程的良莠與否，對生產系統的獲利能力將扮演其重要的角色。所謂生產彈性係指生產系統因應不確定性環境變化的能力(Gerwin 1993, Upton 1994)。因此當工廠的生產彈性能力愈高時，則工廠愈有能力處理未來不確定的變動，且對工廠之獲利能力有正向關係(Anand & Ward, 2004 ; Chandra et al., 2005)。然而，De Toni & Tochia (1998)認為提升生產彈性，其可能增加生產設備的投資成本與提高生產系統的複雜度，並導致較高的生產成本。

再者，所謂的彈性路徑(routing flexibility)乃是從生產彈性的觀點下所衍生出一項主題。所謂彈性路徑是指生產系統可以有效採用不同生產路徑，以生產特定生產量的能力(Upton 1995, Petroni & Bevilacqua, 2002)。Koste & Malhotra (1999)則認為彈性路徑，係指每一項生產作業可以在超過一台以上的機器處理時謂之。故彈性路徑可平衡機器的負荷量及執行較有效率的生產排程。此外，當工廠的生產彈性能力愈高時，則工廠愈有能力處理未來不確定的變動，且對工廠之獲利能力有正向關係(Upton 1995, Anand & Ward 2004, Chandra, Everson & Grabis 2005)，有關生產成本方面，De Toni & Tochia (1998)亦曾指出，提升生產彈性，其可能增加生產設備的投資成本與提高生產系統的複雜度，並導致較高的生產成本。這些研究都顯示出從生產彈性的觀點下所衍生出議題，指生產系統可以有效採用不同生產路徑，以產生特定生產量的能力。因此，本研究擬從彈性路徑的觀點，在多訂單及多交期限制的複雜環境下探討

最適的生產系統問題。

此外，Tsubone, Horikaw (1999)以及 Zhang et al. (2003)皆認為彈性路徑有助於處理緊急訂單量插入生產系統的突發事件。Sheikhzadeh et al. (1998)則指出，若要增加生產資源可處理的範圍，可考慮由增加產品的彈性路徑著手，其可以減少交貨遲延及完製品存貨的機率。另一方面，Benjaafar (1994)以及 Benjaafar & Gupta (1998)透過數學分析的方法，發現當彈性路徑能力愈高時，個別批量的生產週期時間愈短進而將存貨水準降低。直至 Chen & Lan (2001) 雖其針對單產品單訂單且有交貨期限限制之生產設計、規劃與工具機選擇等問題開始進行研究，唯實務上常面臨的不同類型單產品多訂單且有交貨期限限制之生產設計與規劃之研究主題則鮮少被提及。本研究依據各規劃期中有限的工廠產能以及生產設備限制，藉由計畫性的生產與存貨策略，以因應完成各訂單中所要求的產品數量並符合其交貨日期之限制。

2.3 生產設計與規劃之原則

一般而言，組織是為了達成某一種特定的目標所組成的架構，若以系統的觀點來談組織，就把組織視為社會系統中的一個子系統。既然認為組織就是一個社會系統，然而在每一組織中必有受限制存在，因受限制因素會影響組織的發展，若不設法找出這些阻礙形成的原因，組織的競爭力會因而減弱，無法達成組織設立的目標。故任何限制資源上的損失相當於整個生產系統的損失，若將限制條件應用在管理理論中，其基本精神為任何組織皆有其限制，其會影響績效，因此要找出系統中的限制，並如何在不浪費限制的產能下管理該限制，並利用非限制的資源去配合限制所需用到的資源，以限制為優先考量，確保系統達到高績效，

再經由上述不斷改善系統的限制，原先的限制將不再是系統的限制了。故本文在產能限制上採用此限制觀點，利用非限制的存貨成本資源，去改善生產產能的限制，提高生產的績效。

針對訂單的生產環境，本文即針對不同類型產品，在需求量已知的情况下。將批量可允諾數量模型考慮多個不同類型產品，並加入了交貨日期更為彈性之選擇限制式，分別針對每類產品，探討每類產品單位利潤。同時，在生產製程方面，本文採取網路自動化製程，即需經過工作母機加工程序，所有產品的加工順序一致，例如；需依順序經過機器一、機器二、機器三...等。並且，每個產品會有其單獨採用的生產線與製造時間，不同的產品會因為採用的不同的生產線或機器不同，而產生不同的生產成本及不同的製造時間。

事實上，本研究不僅就各規劃期中其所擁有的生產機具設備進行最適利用進而佈置生產系統，更針對多種不同類型產品、多訂單、多交期限制的生產規劃提供其各訂單的生產時程決策，即開始生產時間、生產結束間、插單生產時間。而其所建構之生產設計與規劃數學模型，是以設計網路型生產系統來呈現整體生產系統。

第三章 多重生產系統模型之建立與求解

3.1 假設與符號說明

假設

1. 本研究所討論的生產系統為多重生產線系統。此系統中的各條生產線，可生產不同類型產品，而且這種不同類型產品，一系列的製造階段為已知。
2. 在生產規劃完成後，允許按交貨日期先後順序，先選擇某類產品生產，在生產不同類型產品時，其生產系統是各自獨立生產，不會受到干擾與影響生產產能。
3. 此系統允許有各種不同的生產線，可以組合為不同類產品線，但與執行相同工作的工作站連線在一起。(即多平行工具機網路模式之生產。)
4. 本研究所討論的生產系統為全自動化的生產線；每一條生產線的每個工作站，均有其特定序列製造階段，並且相同工作站中所佈置的機器類型均相等。
5. 機器在閒置與損壞期間均不計算操作成本。
6. 各工作站間生產線上有充足的緩衝區，因此免生產阻塞和不足。
7. 本研究假設緩衝區的成本，遠比操作成本與維修成本花費少，換言之，指緩衝區空間是容許很大的。
8. 在訂單交貨期限前，需完成該訂單的需求量，達到準時交貨。
9. 本研究中假設產品的單位時間、單位產品的持有成本固定不變。
10. 一旦決定生產系統的佈置，則不會中途更改佈置，僅有停機後再開機之設定問題，開機之設定成本固定不變。

11. 已接訂單後，有關是否獲利之情形評估，不在本研究中討論。
12. 本研究僅討論工廠的總生產率必須大於不同交期的訂單總交貨量。

$$\text{即 } PR\left(\sum_k \bar{t}_k\right) \geq \sum_k Q_k \text{ 的情況。}$$

符號說明

- n : 針對一已知產品所需之生產階段數目。
- N : 網路圖中所結點所成的集合， $N = \{\text{node } b \mid b = 0, 1, 2, \dots, n\}$ ；其中結點 b 代表所有 b 階段以前及 b 階段之生產均已完成且 $b+1$ 階段亦準備開始生產另外初結點僅代表第一生產階段即將開始而終結點表示所有的生產階段(從階段 1 到階段 n)均已被完成。
- MS : 所有可得機器型式所成的集合。
- ij : 工作站的編碼。 $0 \leq i < j \leq n$ 代表一個工作站可執行第 $i+1$ 從階段依序至第 j 階段之生產，如果存在一台機器 $M_{ij} \in MS$ ， ij 便稱為可行的工作站；其中 M_{ij} 代表一種工具機的型式，且此工具機乃具備執行從第 $i+1$ 階段連續至第 j 階段之能力。
- F : 網路圖中弧所成的集合， $F = \{ij \mid 0 < i < j < n, ij\}$ 。
- t_{ij} : 如果 $ij \in F$ ， t_{ij} 是單一 M_{ij} 工具機加工單位產品所需之加工處理時間長度；如果 $ij \notin F$ ，則 t_{ij} 被定義為 ∞ 。
- l_{ij} : 工具機 M_{ij} 在製造廠中所能獲得的最大機具數目；如果 ij 屬於不可行的工作站， l_{ij} 即被定義為 0。
- r_{ij} : 工具機 M_{ij} 的可用度，其被定義為 $r_{ij} = \frac{\varepsilon_{ij}}{\varepsilon_{ij} + \delta_{ij}}$ 其中 ε_{ij} 及 δ_{ij} 分別代表單一工具機 M_{ij} 正常運轉的平均時間長度(此時間長度為上一次壞損修復後至本次壞損發生所需的平均時間長度)及每次開始修復

到重新開始運轉的平均時間長度。

c_{ij} : 單一工具機 M_{ij} 在單位時間內操作成本。

c_{ij}^f : 單一工具機 M_{ij} 在單位時間內維修成本。

c_{ij}^h : 單一工具機 M_{ij} 在單位時間內持有成本。

pl : $pl = \{i_0i_1, i_1i_2, i_2i_3, \dots, i_{r-1}i_r\}$, 代表一條序列式生產線, 其中 $i_0i_1, i_1i_2, i_2i_3, \dots, i_{r-1}i_r$ 代表生產線中連續之工作站, 且 $0 = i_0 < i_1 < i_2 < i_3 \dots < i_r = n$ 。

K_{ij} : $K_{ij} = c_{ij}t_{ij} + c_{ij}^f \left(\frac{t_{ij}}{r_{ij}} - t_{ij} \right)$ 一個產品在工作站 ij 中的生產成本。

c_s : 單一工具機 M_{ij} 之設定成本(元/單位時間)。

$pl^{(l)}$: 網路(N, F, D)中之第 l 路徑, 其中

$$D = \left\langle d_{ij} / ij \in F, d_{ij} = c_{ij} + c_{ij}^f \frac{1}{r_{ij}} \quad 1 \right\rangle$$

為在網路(N, F, D)中所有弧長 d_{ij} 所組成, 而 $pl^{(l)}$ 可被表示如下;

$$pl^{(1)} \geq pl^{(2)} \geq \dots \geq pl^{(l)}$$

其中 l 代表所有可行生產線的編碼。

U_i : 為生產線 $pl^{(l)}$ 累加生產速率。即 $U_i = \sum_{l=1} PL^{(l)}$

Q_k : 第 k 張訂單後交貨數量。

\bar{t}_k : 第 k 張訂單交貨的時間與第 $k-1$ 張訂單交貨的時間的間隔, 其中

$$\bar{t}_0 = 0。$$

ΔQ : $\Delta Q = PRt_k - Q_k$ 為生產量的增量

Δt_k : $\Delta t_k = t_k - t_{k-1}$ 為生產時間的增量

μ_k : $\mu_k = \frac{1}{2} Q_k t_k$ 為平均存貨量

決策變數:

PR_{ij} : 所有(同一工作站)系統生產率。產品的生產系統在完成生產設計條件下，執行不同的生產線製造。

t_k : 第 k 張訂單的生產時間長度。

3.2 多重生產系統 MOP 模型建構

一般而言，工作站有時可以同時執行不同的生產系統，一條生產線有一序列的工作站組成，但在生產系統方面可能由多個不同的生產線來完成同類產品，而不同類型的產品由各立獨立的生產系統完成。例如：A 產品的生產系統在完成生產設計條件下，執行不同的生線製造 A 產品。B 產品的生產系統在完成生產設計條件下，執行不同的生線製造 B 產品。C 產品的生產系統在完成生產設計條件下，執行不同的生線製造 C 產品。

故本文建構的生產系統是由許多不同的工作站，形成一個網路生產系統，其生產線是自動化的生產系統，此自動化生產系統在當今的產業中廣泛被採用。在有限的產能、多交期的訂單、不同類型產品的限制下，以數學模型來建立，追求最低成本生產及準時交貨的生產設計與規劃。

最小成本

Min
 PR_{ij}, t_k

$$\sum_{k=1}^m \left\{ \left[\sum_{ij \in L} \left(c_{ij} + c_{ij}^f \left(\frac{1}{r_{ij}} - 1 \right) t_{ij} \right) PR_{ij} \right] T + \sum_{k=1}^m \left[u_k + \sum_{k=1}^m [(1 - d_k) \Delta Q \Delta t] \right] C_{ij}^h + C_s \sum_{k=1}^m d_k \right\}$$

限制式

- (1) s.t $d_k = 0$ if $[\Delta Q] > 0$ Note: $Q_0 = 0, t_0 = 0$
 $= 1$ if $[\Delta Q] = 0$
- (2) $t_k \leq \sum_{k=1}^m \bar{t}_k \quad \forall k = 1, 2, \dots, m$
- (3) $T = (t_1 \cup t_2 \cup \dots \cup t_m)$
- (4) $\sum_{k=1}^m Q_k \leq PR \left(\sum_{k=1}^k \bar{t}_k \right)$
- (5) $PR = \sum_j PR_{oj} = \sum_i PR_{im}$
- (6) $\sum_i PR_{ij} = \sum_k PR_{jk}$
- (7) $0 \leq PR_{ij} \leq \frac{l_{ij} r_{ij}}{t_{ij}}$
- (8) $PR_{ij}, t_k \geq 0$

以上模型建構與限制式說明如下：

$\left\{ \left[\sum_{ij \in L} \left(c_{ij} + c_{ij}^f \left(\frac{1}{r_{ij}} - 1 \right) t_{ij} \right) PR_{ij} \right] T \right\}$ 為製造成本。

$\sum_{k=1} \left\{ \mu_k + \sum_{k=1} \{(1-d_k)\Delta Q\Delta t\} \right\} C_{ij}^h$. 為平均存貨成本與執有成本。

$C_s \sum_{k=1}^m d_k$ 為機器設定成本。

- (1) 指比較當期實際生產量與當期訂單量。(若兩者相等 $\Delta Q = 0$ 則無發生執有成本，反之則產生執有成本。)
- (2) 指每張訂單生產時間小於生產間隔時間。
- (3) 指總生產時間等於不同交期累加生產時間。

- (4) 指總訂單量必須小於實際生產量。
- (5) 指生產線的產能由不同的工作站各生產率組合而成。
- (6) 指受某瓶頸機台影響下各工作站的產能必須相等。
- (7) 指各生產線的生產率大於工廠的實際生產率。
- (8) 生產率及時間為非負數。

3.3 求解過程

本研究採用遞回演算法，針對製造不同類型產品、多訂單、不同時期之交貨量、多平行工具機網路模式之生產，進行成本最小化之生產設計與規劃。

透過所建構之數學模型，在訂單之截止交貨時間內，以及可利用之機器數量限制下，考量訂單在其截止交貨時間之前，所有不同時期之交貨數量的總生產時間，不得超過所有訂單之截止交貨總時間，並且，計算多訂單下總生產成本最小。

本研究求解程序，是從最末一期訂單的交貨數量，開始規劃，若該期生產產能與訂單交貨時間內，可以完成生產如期交貨，則開始往前一期訂單的交貨量來規劃。若該期生產產能有限，不能在該訂單交貨時間內，如期完成該訂單交貨量，則需要再往前推算一期，規劃提早生產該訂單不足之交貨量。若當期的生產總數量，有包含下一期的交貨量時，則要根據此提早生產的交貨量，追加計算此交貨量的持有成本，並且，合併在下一期之生產成本內。同時，若生產時有需要增加生產線時，則要考慮機器的設定成本，併入在當期之生產成本內，如此，重覆檢驗每期訂單的實際生產狀況，擬定生產計劃後開始生產，直到全部完成總交

貨量為止。

利用此方式，根據各訂單交貨量與交貨時間，透過遞回演算法，計算各期的實際生產總數量、各期的實際生產總時間、各期開始生產時間點、以及，各期的實際生產率，同時，並考慮生產時，可能發生之機器設定成本與該產量之存貨持有成本。並且，計算各期訂單最低之生產成本，以及總訂單最低之生產總成本。

本研究限制，在考量各期交貨量，以及其截止交貨時間前之所有各期之生產時間總和，不得超過該訂單的截止交貨時間。所以，各訂單的生產時間、生產數量，以及所設定的生產工具機數，均可維持在實際的限制條件下，而不逾越訂單的參數條件。再者，由於訂單的截止交貨時間，均為已知參數，故訂單之生產時間與生產率為本數學模型決策變數。

本研究採用 Fortran 程式語言，進行數學模式計算，首先，將訂單的期數、生產線之數目、網路模式弧之數目、以及，工作站每單位產品所花的時間、機器使用率、機器數量、每期的交貨量、每期的交貨時間、等參數輸入，並且，考慮各種生產成本：製造成本、維修成本、存貨成本、設定成本。利用決策變數在符合數學模式限制條件下，求得最佳解。

3.4 逐步演算法

當工廠在接到訂單後，即開始實施生產排程與規劃，並計算其總生產成本時，使用逐步數學演算法求解，其步驟如下：

步驟一：根據各訂單交貨量與交貨時間，透過遞回演算方式，計算各期的實際生產總數量、各期的實際生產總時間、各期開始生產時

間點、以及各期的實際生產率，並與各期的訂單量比較分析 並檢驗是否如期交貨。

步驟二: 根據不同的交貨量與交貨時間，以工廠最大產能為原則下，初步規劃生產計劃。

若 $\bar{Q}_k > Q_k$ ，訂單量小於生產量，則正常生產

若 $\bar{Q}_k < Q_k$ ，訂單量大於生產量，則需提前生產

步驟三: 根據網路生產系統，規劃所有各種可能不同的生產線

步驟四: 計算所有不同的生產線的工作母機的單位製造成本 k_{ij}

$$k_{ij} = \sum \left\{ c_{ij} t_{ij} + c_{ij}^f \left(\frac{t_{ij}}{r_{ij}} - t_{ij} \right) \right\}$$

並按每個不同的生產線計算，單位製造成本，同時按大小排序，

$$pl^{(1)} < pl^{(2)} < pl^{(3)} < pl^{(4)} < pl^{(5)} < \dots < pl^{(m)}$$

步驟五: 計算工廠的平均最低生產率如下：

$$PR_{\min} = \frac{\sum_{k=1}^m Q_k}{T}$$

同時，計算各產品生產線上的最大生產率 PR_{\max} 及最大生產量 \bar{Q}_k ，並分析工廠產能是否能滿足各產品訂單量。

步驟六: 根據網路生產系統，分別按各產品的生產成本大小，並計算各種工作站的生產率 PR_{ij}

$$PR_{ij} = l_{ij} \frac{r_{ij}}{t_{ij}}$$

步驟七: 按各種生產線的成本大小，找出實際可以使用的各種生產線 $pl^{(i)}$ ，與實際各種生產線的瓶頸生產率 PR_{ij}^*

步驟八: 組合各種生產線的生產率，計算不同產能，擬定不同的生產計

畫。 S_{A_i} , S_{B_i} , S_{C_i} ... $i = 1, 2, 3, \dots$

步驟九: 首先針對不同產品如何選擇優先排入生產排程。本文以交貨時間先後為生產排程原則，接著利用電腦 fortran 程式語言，進行數學模式計算，計算各訂單的最低生產成本，其中包含計算訂單量的存貨成本、持有成本、設定成本、所謂存貨成本，即指生產量的平均存貨成本。所謂持有成本，即指生產完成後等待出貨的存貨持有成本，尤其當要提前生產時，持有成本會增加。所謂機器設定成本，即指配合生產計畫時，所發生的開機成本。

步驟十: 最後計算總訂單量的最低生產總成本

3.5 數值算例

某工廠於某日同時接到三種不同類型單產品的十張訂單。

說明如下：

A 型訂單產品編號為 A 1、A 2、 A 3、A 4、A 5。

B 型訂單產品編號為 B 1、B 2 、B 3。

C 型訂單產品編號為 C 1、C 2 。

交貨時間與交貨數量如下:

A 1 在接單後 120 小時，交貨 500 個。

A 2 在接單後 300 小時，交貨 500 個。

A 3 在接單後 900 小時，交貨 8000 個。

A 4 在接單後 1300 小時，交貨 500 個。

A 5 在接單後 2500 小時，交貨 9000 個。

B 1 在接單後 250 小時，交貨 500 個。

B2 在接單後 350 小時，交貨 1000 個。

B3 在接單後 1500 小時，交貨 2000 個。

C1 在接單後 150 小時，交貨 100 個。

C2 在接單後 1000 小時，交貨 900 個。

基本數值案例資料如表 3.1

表 3.1 案例基本資料

ij 編碼	M_{ij} 機器型號	t_{ij} 單位產品時間	r_{ij} 機器使用率	l_{ij} 最大機器數	C_{ij} 操作成本	C_{ij}^f 維修成本	C_{ij}^h 持有成本	
01	M_{01}	0.44	0.90	8	20.0	8.5	每單位產品時間持有成本固定為 0.01 元/時	
12	M_{12}	1.10	0.85	8	14.3	8.0		
23	M_{23}	0.30	0.90	8	15.0	8.0		
34	M_{34}	0.90	0.90	8	21.7	8.6		
45	M_{45}	0.50	0.90	8	20.0	8.5		
47	M_{47}	0.18	0.95	8	18.3	8.0		
78	M_{78}	0.15	0.90	8	18.3	8.0		
13	M_{13}	0.52	0.90	6	30.0	11.0		設定成本每開機一次為 300 元/次
25	M_{25}	1.00	0.95	6	26.0	10.0		
36	M_{36}	1.20	0.90	6	21.0	9.4		
46	M_{46}	0.60	0.95	6	23.3	9.6		

資料來源：本研究整理

首先，以圖形說明產品訂單量與交貨時間的關係，如圖 3.1 所示。

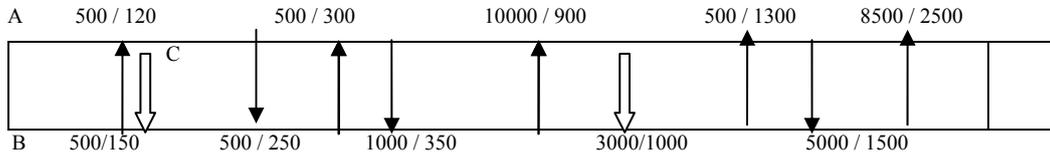


圖 3.1 A、B、C 產品訂單量與交貨時間分配圖

資料來源：本研究整理

根據以上圖 3.1 說明各訂單的累計交貨時間排序如下：

120→150→250→300→350→900→1000→1300→1500→2500

訂單按產品類型交貨先後順序排列如下：

A11→C11→B11→A12→B12→A13→C12→A14→B13→A15

工廠的相關生產設備基本資料(見表 3.1)利用表 3.1 計算每個工作站

的產品製造成本 k_{ij} (見表 3.2)， $k_{ij} = c_{ij}t_{ij} + c_{ij}^f \left(\frac{t_{ij}}{r_{ij}} - t_{ij} \right)$

計算結果其分別為：

$$k_{ij} = \left\{ \begin{array}{l} k_{01} = 9.22, \quad k_{12} = 17.30, \quad k_{13} = 16.20, \\ k_{23} = 4.77, \quad k_{25} = 26.53, \quad k_{34} = 20.39, \\ k_{36} = 26.45, \quad k_{45} = 10.47, \quad k_{46} = 14.28, \\ k_{47} = 3.37, \quad k_{78} = 2.88 \end{array} \right.$$

同時，也計算每個工作站的生產率 PR_{ij} (見表 3.3)，其分別為：

$$PR_{ij} = \left\{ \begin{array}{l} PR_{01} = 16.36, \quad PR_{12} = 6.18, \quad PR_{13} = 10.38, \\ PR_{23} = 24.00, \quad PR_{25} = 5.70, \quad PR_{34} = 8.00, \\ PR_{36} = 4.5, \quad PR_{45} = 14.40, \quad PR_{46} = 9.50, \\ PR_{47} = 42.22, \quad PR_{78} = 48.00 \end{array} \right\}$$

再根據工廠已生產佈置的多種不同類型產品網路生產系統(見圖 3.2)，規劃其多種不同類型產品，所有可能產生不同的生產線。

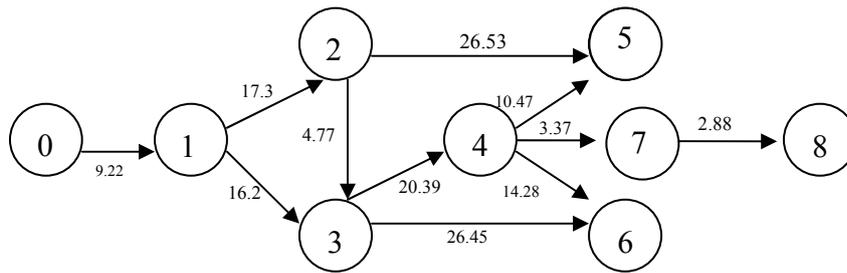


圖 3.2 多種不同類型產品網路生產設計系統

資料來源：本研究整理

同時再細分每單一產品的生產佈置的網路生產系統(見圖 3.3、3.4、3.5)，其產生每單一產品的不同的生產線，其結果分別如下；

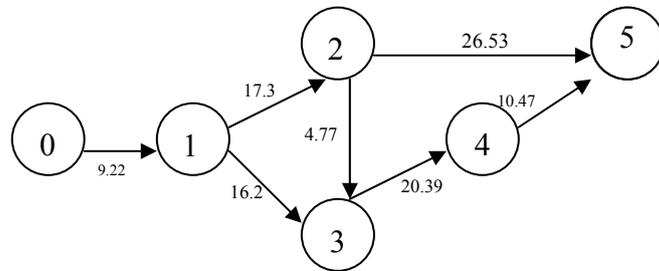


圖 3.3 A 型產品網路生產設計系統
資料來源：本研究整理

A 產品生產佈置的網路生產系統有三條生產線如下：

$$pl^{(1)} = 01-12-25$$

$$pl^{(2)} = 01-13-34-45$$

$$pl^{(3)} = 01-12-23-34-45$$

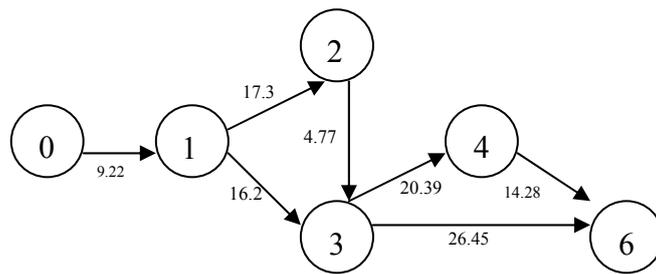


圖 3.4 B 型產品網路生產設計系統
資料來源：本研究整理

B 產品生產佈置的網路生產系統有三條生產線如下：

$$pl^{(4)} = 01-13-36$$

$$pl^{(5)} = 01-13-34-46$$

$$pl^{(6)} = 01-12-23-34-46$$

$$pl^{(7)} = 01-12-23-34-45$$

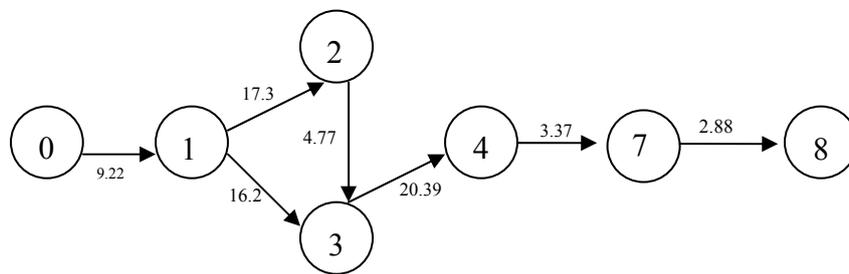


圖 3.5 C 型產品網路生產設計系統

資料來源：本研究整理

C 產品生產佈置的網路生產系統有二條生產線如下：

$$pl^{(8)} = 01-13-34-47-78$$

$$pl^{(9)} = 01-12-23-34-47-78$$

綜合上述工廠已生產佈置的網路生產系統，經過生產規劃，其所有可能產生不同的生產線，共有九條生產線。

$$pl^{(1)}, pl^{(2)}, pl^{(3)}, pl^{(4)}, pl^{(5)}, pl^{(6)}, pl^{(7)}, pl^{(8)}, pl^{(9)}$$

接著，檢驗總工廠的產能是否能完成總訂單量的生產要，考慮工廠的平均每單位時間的平均生產率是否能滿足總訂單量每單位小時的平

均最低生產率。

其分析計算如下：

$$PR_{\min} = \frac{\sum_{k=1}^m Q_k}{T}$$

$$\sum_{k=1}^m Q_k = 23000 \quad (\text{個})$$

$$\sum_{k=1}^m t_k = T = 2500 \quad (\text{小時})$$

$$PR_{\min} = 23000 / 2500 = 9.2 \quad (\text{個 / 時})$$

根據以上結果，工廠每小時的平均生產量不能低於 9.2 個，否則就不能滿足總訂單量每單位小時的平均最低生產率。A 產品每小時的最大生產量 13.7 個(見表 3.4)，B 產品每小時的最大生產量 12.5 個(見表 3.5)，而 C 產品每小時的最大生產量 8.00 個(見表 3.6)，其中 A 產品與 B 產品皆大於平均生產量 9.2 個，而 C 產品接近平均生產量 9.2 個，故判定應該能完成如期交貨。

接著下一步則要計算不同產品的不同生產線的產能，因受網路生產系統瓶頸影響(見圖 3.2)，其計算結果如下：(見表 3.4、3.5、3.6)

$$\text{A 產品生產線的產能：} U_1 = 5.7 \quad U_2 = 5.88 \quad U_3 = 0$$

$$\text{B 產品生產線的產能：} U_4 = 4.5 \quad U_5 = 8.00 \quad U_6 = 2.12 \quad U_7 = 0$$

$$\text{C 產品生產線的產能：} U_8 = 8.00 \quad U_9 = 0$$

同時，計算出每個工作站的真正實際發生的生產率 PR_{ij}^* 其分別為：
(見表 3.4~表 3.6)

A 產品每個工作站的真正實際發生的生產率：

$$PR_{01}^* = 13.7 \text{、} PR_{12}^* = 5.7$$

$$PR_{34}^* = 8.00 \text{、} PR_{45}^* = 8.00$$

$$PR_{13}^* = 8.00 \text{、} PR_{25}^* = 5.70$$

B 產品每個工作站的真正實際發生的生產率：

$$PR_{01}^* = 12.5 \text{、} PR_{12}^* = 2.12$$

$$PR_{23}^* = 2.12 \text{、} PR_{34}^* = 8.00$$

$$PR_{13}^* = 10.38 \text{、} PR_{36}^* = 4.50$$

$$PR_{46}^* = 8.00$$

C 產品每個工作站的真正實際發生的生產率：

$$PR_{01}^* = 8.00 \text{、} PR_{34}^* = 8.00$$

$$PR_{47}^* = 8.00 \text{、} PR_{78}^* = 8.00$$

為了控制生產製造成本，需瞭解不同型的產品在不同的生產線生產下，其有不同的製造成本，生產線在不同製造成本中找出最低製造成本的生產線，接著排序不同生產線的製造成本。

不同的生產線的單位製造成本，計算結果如下：

A 產品不同的生產線的製造成本：

$$k^{(1)} = 9.22 + 17.3 + 26.53 = 53.03$$

$$k^{(2)} = 9.22 + 16.2 + 20.39 + 10.47 = 56.28$$

B 產品不同的生產線的製造成本：

$$k^{(4)} = 9.22 + 16.2 + 26.45 = 51.87$$

$$k^{(5)} = 9.22 + 16.2 + 20.39 + 14.28 = 60.09.$$

$$k^{(6)} = 9.22 + 17.3 + 4.77 + 20.39 + 14.28 = 65.96.$$

C 產品不同的生產線的製造成本：

$$k^{(8)} = 9.22 + 16.2 + 20.39 + 3.37 + 2.88 = 52.06$$

綜合上述共有六條不同生產線，不同製造成本排序如下；

$$k^{(4)} = 42.65$$

$$k^{(8)} = 52.06$$

$$k^{(1)} = 53.06$$

$$k^{(2)} = 56.28$$

$$k^{(5)} = 60.09$$

$$k^{(6)} = 65.96$$

表 3.2 每個工作站的單位製造成本

機器型號	$1/r-1$ 機器故障率	$c^f (1/r-1)$ 維修成本	$c + c^f (1/r-1)$ 單位製造成本	$K = t^* \{c + c^f (1/r-1)\}$ 工作站製造成本
M_{01}	0.11	0.94	20.94	9.22
M_{12}	0.18	1.41	15.71	17.3
M_{23}	0.11	0.89	15.89	4.77
M_{34}	0.11	0.96	22.66	20.39
M_{45}	0.11	0.94	20.94	10.47
M_{47}	0.05	0.42	18.72	3.37
M_{78}	0.11	0.89	19.19	2.88
M_{13}	0.11	1.22	31.22	16.2
M_{25}	0.05	0.53	26.53	26.53
M_{36}	0.11	1.04	22.04	26.45
M_{46}	0.05	0.51	23.81	14.28

資料來源：本研究整理

表 3.3 所有機器投入生產的生產率

各工作站所有機器投入生產的生產率		
工作站編碼 ij	機器數 l_{ij}	生產率 $PR_{ij} = l_{ij} \frac{r_{ij}}{t_{ij}}$
01	8	16.36
12	8	6.18
23	8	24.00
34	8	8.00
45	8	14.40
47	8	42.22
78	8	48.00
13	6	10.38
25	6	5.70
36	6	4.50
46	6	9.50

資料來源：本研究整理

接著要計算交貨時間內，若工廠全線生情況下，其最大生產量。

再排序不同產品其自接單日起分別交貨累計時間如下：

A 產品交貨累計時間：

120 小時(A1) → 300 小時(A2) → 900 小時(A3) → 1300(A4) 小時 → 2500 小時(A5)

B 產品交貨累計時間：

250 小時(B1) → 350 小時(B2) → 1500 小時(B3)

C 產品交貨累計時間：

150 小時(C1) → 1000 小時(C2)

根據上述交貨時間內，若工廠全線生產情況下，其三種不同類型產品最大生產量分別如下(見表 3.7)：

$$(A1) : 13.7 \times 120 = 1644 \text{ 個}$$

$$(A2) : 13.7 \times 50 = 685 \text{ 個}$$

$$(A3) : 13.7 \times 550 = 7535 \text{ 個}$$

$$(A4) : 13.7 \times 300 = 4110 \text{ 個}$$

$$(A5) : 13.7 \times 1000 = 13700 \text{ 個}$$

$$(B1) : 12.5 \times 100 = 1250 \text{ 個}$$

$$(B2) : 12.5 \times 50 = 625 \text{ 個}$$

$$(B3) : 12.5 \times 200 = 2500 \text{ 個}$$

$$(C1) : 8.00 \times 30 = 240 \text{ 個}$$

$$(C2) : 8.00 \times 100 = 800 \text{ 個}$$

而實際根據訂單量要交貨的數量則分別為：

$$(A1) = 500 \text{ 個}$$

$$(A2) = 500 \text{ 個}$$

$$(A3) = 8000 \text{ 個}$$

$$(A4) = 500 \text{ 個}$$

$$(A5) = 9000 \text{ 個}$$

$$(B1) = 500 \text{ 個}$$

$$(B2) = 1000 \text{ 個}$$

$$(B3) = 2000 \text{ 個}$$

$$(C1) = 100 \text{ 個}$$

$$(C2) = 900 \text{ 個}$$

結論：為了生產計劃是否能滿足跨前一期生產的情形，需對生產量做反向檢驗工作，其結果(見表 3.7) 認為工廠實際產能皆能滿足每張訂單量，故可以接單生產。

表 3.4 各工作站機器投入在 A 產品生產線的最大生產率

A 產品生產線的最大生產率				
ij	理論生產率 PR_{ij}	實際生產率- $pl^{(1)}$ $U_1=5.7$	實際生產率 $pl^{(2)}$ $U_2=8.00$	實際使用生產率 PR_{ij}^*
01	16.36	10.66	2.66	13.7
12	6.18	0.48	0.48	5.7
23	24.00	24.00	24.00	0.00
34	8.00	8.00	0.00	8.00
45	14.40	14.40	6.4	8.00
47	42.22	42.22	36.52	0.00
78	48.00	48.00	48.00	0.00
13	10.38	10.38	2.38	8.00
25	5.70	0.00	0.00	5.70
36	4.50	0.00	0.00	0.00
46	9.50	9.50	9.50	0.00

資料來源：本研究整理

表 3.5 各工作站機器投入在 B 產品生產線的最大生產率

B 產品生產線的最大生產率					
ij	理論生產率 PR_{ij}	實際生產率- $pl^{(4)}$ $U_1=4.5$	實際生產率 $pl^{(5)}$ $U_2=5.88$	實際生產率 $pl^{(6)}$ $U_3=2.12$	PR_{ij}^* 實際生產率
01	16.36	11.86	5.98	3.86	12.50
12	6.18	6.18	6.18	4.06	2.12
23	24.00	24.00	24.00	21.84	2.12
34	8.00	8.00	2.12	0.00	8.00
45	14.40	14.40	14.44	14.40	0.00
47	42.22	42.22	42.22	42.22	0.00
78	48.00	48.00	48.00	48.00	0.00
13	10.38	5.88	0.00	0.00	10.38
25	5.70	5.70	5.70	5.70	0.00
36	4.50	0.00	0.00	0.00	4.50
46	9.50	9.50	3.62	1.50	8.00

資料來源：本研究整理

接著，再進一步用反向檢驗工作比較，不同類型產品生產量與產品訂單量，檢驗其是否能在生產期間內完成生產，若不能在生產期間內完成生產，要跨期提前生產，其比較結果如下：

- (A1) : 1644 個 > 500 個 (完成生產)
- (A2) : 685 個 > 500 個 (完成生產)
- (A3) : 7535 個 < 8000 個 (提前生產)
- (A4) : 4410 個 > 500 個 (完成生產)
- (A5) : 13700 個 > 9000 個 (完成生產)
- (B1) : 1250 個 > 500 個 (完成生產)
- (B2) : 625 個 < 1000 個 (提前生產)

(B3) : 2500 個 > 2000 個 (完成生產)

(C1) : 240 個 > 100 個 (完成生產)

(C2) : 800 個 < 900 個 (提前生產)

表 3.6 各工作站機器投入在 C 產品生產線的最大生產率

C 產品生產線的最大生產率			
ij	理論生產率 PR_{ij}	實際生產率- $pl^{(7)}$ $U_1=8.00$	PR_{ij}^* 實際生產率
01	16.36	8.38	8.00
12	6.18	6.18	0.00
23	24.00	24.00	0.00
34	8.00	0.00	8.00
45	14.40	14.40	0.00
47	42.22	34.22	8.00
78	48.00	40.00	8.00
13	10.38	2.38	8.00
25	5.70	5.70	0.00
36	4.50	4.50	0.00
46	9.50	9.50	0.00

資料來源：本研究整理

結論：認為工廠實際產能大部份皆能滿足每張訂單量，惟有 A3、B2、C2 三張訂單不能滿足，則需規劃 A3 不足 465 的產品數量，提前至 A1 生產。B2 的產品數量不足 375，提前至 B1 生產，C2 不足 100 的產品數量，提前至 C1 生產。

表 3.7 生產計畫遞回檢驗表

訂單編號	Q 訂單量		Q* 生產量		遞回演算		遞回結果
	數量	以下累積	數量	以上累積	生產量	訂單量	
A1	500	23000	1644	1644	33389	23000	Ok
B1	500	22500	1250	2894	31745	22500	Ok
C1	100	22000	240	3134	30495	22000	Ok
A2	500	21900	685	3819	30255	21900	Ok
B2	1000	21400	625	4444	29570	21400	Ok
A3	8000	20400	7535	11979	28945	20400	Ok
C2	900	12400	800	12779	21410	12400	Ok
A4	500	11500	4410	17189	20610	11500	Ok
B3	2000	11000	2500	19689	16200	11000	Ok
A5	9000	9000	13700	33389	13700	9000	Ok

資料來源：本研究整理

由表 3.8 可以計畫依序列所有生產可能組合，分別為

A 產品所有生產可能組合：

$$S_{A1} = 5.7 \text{ 個}$$

$$S_{A2} = 5.7 \text{ 個} + 8.0 \text{ 個} = 13.7 \text{ 個}$$

B 產品所有生產可能組合：

$$S_{B1} = 4.5 \text{ 個}$$

$$S_{B2} = 4.5 \text{ 個} + 5.88 \text{ 個} = 10.38 \text{ 個}$$

$$S_{B3} = 4.5 \text{ 個} + 5.88 \text{ 個} + 2.12 \text{ 個} = 12.5 \text{ 個}$$

C 產品所有生產可能組合：

$$S_{C1} = 8.0 \text{ 個}$$

表 3.8 產品所有生產可能組合

A、B、C 產品所有生產可能組合		
組合所有生產可能生產線	總生產率	排序
S_{A1}	5.7	1
S_{A2}	13.7	2
S_{B1}	4.5	1
S_{B2}	10.38	2
S_{B3}	12.5	3
S_{C1}	8.0	1

資料來源：本研究整理

現在進入生產排程計劃，針對三種不同產品如何選擇優先加入生產排程，本文以交貨時間先後為生產排程原則，即各種不同訂單的生產排程計畫如下：

$A1 \rightarrow C1 \rightarrow B1 \rightarrow A2 \rightarrow B2 \rightarrow A3 \rightarrow C2 \rightarrow A4 \rightarrow B3 \rightarrow A5$

生產排程中為能達到準時交貨，比較分析各產品交貨量與生產量，其結果如下：

- A1：交貨量為 500 個 < 生產量為 965 個。 (協助 A2 增產 465 個)
- A2：交貨量為 500 個 = 生產量為 500 個。
- A3：交貨量為 8000 個 > 生產量為 7535 個。 (不足 465 個由 A1 生產)
- A4：交貨量為 500 個 = 生產量為 500 個。
- A5：交貨量為 9000 個 = 生產量為 9000 個。
- B1：交貨量為 500 個 < 生產量為 875 個。 (協助 B1 增產 376 個)
- B2：交貨量為 1000 個 > 生產量為 625 個。 (不足 375 個由 B1 生產)
- B3：交貨量為 2000 個 = 生產量為 2000 個。
- C1：交貨量為 100 個 < 生產量為 200 個。 (協助 C2 生產 100 個)

C2：交貨量為 900 個 > 生產量為 800 個。 (不足 100 個由 C1 生產)

接著要計算，每個產品自接單後開始生產時間與結束生產時間與生產時間如下(見圖 3.6)：

A1：開始生產時間 49.56 小時，結束生產時間 120 小時，生產總時間 70.44 小時。

A2：開始生產時間 263.5 小時，結束生產時間 300 小時，生產總時間 36.5 小時。

A3：開始生產時間 350 小時，結束生產時間 900 小時，生產總時間 550 小時。

A4：開始生產時間 1212.28 小時，結束生產時間 1300 小時，生產總時間 87.72 小時。

A5：開始生產時間 1843.07 小時，結束生產時間 2500 小時，生產總時間 656.93 小時。

B1：開始生產時間 180 小時，結束生產時間 250 小時，生產總時間 70 小時。

B2：開始生產時間 300 小時，結束生產時間 350 小時，生產總時間 50 小時。

B3：開始生產時間 1307.32 小時，結束生產時間 1500 小時，生產總時間 192.68 小時。

C1：開始生產時間 125 小時，結束生產時間 150 小時，生產總時間 25 小時。

C2：開始生產時間 835.5 小時，結束生產時間 95.5 小時，生產總時間 100 小時。

結論：每張訂單的生產起始時間(見圖 3.6)點已知情況下，其網路生產系統即可開始自動化連續生產，直到完成最後一張的訂單量止。

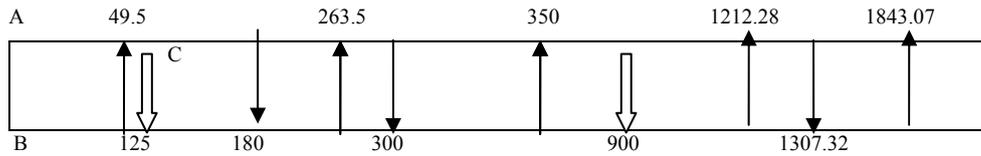


圖 3.6 產品開始生產時間

資料來源：本研究整理

表 3.9 實際執行生產計畫下，產品成本計算

交貨數量		交貨期間		實際 生產時間 t	$S = \sum_{A=1} \left\{ \left[\sum_{j \in L} k_{ij} PR_{ij} \right] T + \sum_{k=1} \left\{ \mu_k + \sum_{k=1} \{(1-d_k) \Delta Q \Delta t\} \right\} C_h + C_s \sum_{k=1}^m d_k \right\}$
\bar{Q} 訂單量	Q 實際 生產量	\bar{t} 交貨 時間	t^* 可用 生產 時間		
500	965	120	120	965/13.7 =70.44	$S = (53.03 \times 5.7 \times 70.44) + (56.28 \times 8 \times 70.44) + (1/2 \times 70.44 \times 0.01 \times 965) + (465 \times 0.01 \times 430) = 55346.25$
100	200	150	30	200/8 =25	$S = (52.06 \times 8 \times 25) + (1/2 \times 25 \times 0.01 \times 200) + (100 \times 0.01 \times 850) = 11287$
500	875	250	100	875/12.5 =70	$S = (42.65 \times 4.5 \times 70) + (60.09 \times 5.88 \times 70) + (65.96 \times 2.12 \times 70) + (1/2 \times 70 \times 0.01 \times 875) + (375 \times 0.01 \times 100) = 48637.5$
500	500	300	50	500/13.7 =36.5	$S = (53.03 \times 5.7 \times 36.5) + (56.28 \times 8 \times 36.5) + (1/2 \times 36.5 \times 0.01 \times 500) = 27557.9$
1000	625	350	50	625/12.5 =50	$S = (42.65 \times 4.5 \times 50) + (60.09 \times 5.88 \times 50) + (65.96 \times 2.12 \times 50) + (1/2 \times 50 \times 0.01 \times 625) + 300 \times 1 = 34710.72$
8000	7535	900	550	7535/13.7 =550	$S = (53.03 \times 5.7 \times 550) + (56.28 \times 8 \times 550) + (1/2 \times 550 \times 0.01 \times 7535) = 434602.25$
900	800	1000	100	800/8 =100	$S = (52.06 \times 8 \times 100) + (1/2 \times 100 \times 0.01 \times 800) + 300 \times 1 = 42348$
500	500	1300	300	500/5.7 =87.72	$S = (53.03 \times 5.7 \times 87.72) + (1/2 \times 87.72 \times 0.01 \times 500) = 26737.51$
2000	2000	1500	200	2000/10.38 =192.68	$S = (42.65 \times 4.5 \times 192.68) + (60.09 \times 5.88 \times 192.68) + (1/2 \times 192.68 \times 0.01 \times 2000) = 106986.38$
9000	9000	2500	1000	9000/13.7 =656.93	$S = (53.03 \times 5.7 \times 656.93) + (56.28 \times 8 \times 656.93) + (1/2 \times 656.93 \times 0.01 \times 9000) = 523908.89$

資料來源：本研究整理

由表 3.9 的實際執行生產計畫下，產品成本計算，生產計畫的最低生產成本分別為 55346.25 元、11287 元、48637.5 元、27557.9 元、34710.72 元、434602.25 元、42348 元、26737.51 元、106986.38 元、523908.89 元，其最低總成本為 1312122.4 元。

3.6 生產策略分析

經過上述案例計算後，透過 $l_{ij} = (PR_{ij}^* \times t_{ij}) / r$ 可計算機器使用台數，發現原本工廠的工作站的機器數，並非完全使用(見表 3.1、3.4、3.5、3.6)，例如：

工廠的機器數目：(8,8,8,8,8,8,8,6,6,6,6)，
A 產品線機器使用數目：(7,8,0,8,5,0,0,5,6,0,0)
B 產品線機器使用數目：(6,3,1,8,0,0,0,6,0,6,6)
C 產品線機器使用數目：(4,0,0,8,0,2,2,5,0,0,0)

由以上各產品使用工廠的機器設備分析， $l_{34} = 8$ 第四工作站使用的機器量最大幾乎完全被用盡，所以工廠若要採購機器設備，應該以該機器設備優先添購。其餘的閒置的工廠機器，皆可以再生產佈置生產部份產品，充分發揮其產能。

接著，透過生產訂單起始時間與結束時間，可以詳細利用空檔時間插單生產或保養機台設備。A、B、C 三個不同類型單產品其生產剩餘時間如下：

A 產品剩餘時間：A1 = 49.56 小時。(49.56-0)

A2 = 13.5 小時。(50-36.5)

A3 = 0 小時。(550-550)

A4 = 212.28 小時。(300-87.72)

A5 = 343.07 小時。(1000-656.93)

B 產品剩餘時間：B1 = 30 小時。(100-70)

B2 = 0 小時。(50-50)

B3 = 7.32 小時。(200-192.68)

C 產品剩餘時間：C1 = 5 小時。(30-25)

C2 = 0 小時。(100-100)

由以上各不同產品訂單的生產剩餘時間分析，可看出 A4 與 A5 生產剩餘時間很寬裕，表示 A4、A5 的生產線，可以插單生產，A1、A2、B1、B3 的生產線剩餘時間有限，其可借此空隙時間維修保養機台，A3、B2、C2 則要嚴格控制生產進度，因其沒有剩餘時間。

第四章 生產系統模型於產業界上之應用

4.1 存貨控制績效指標

成本管理系統著重規劃、管理和降低成本，本文利用 MOP 模型，追求最低生產總成本，並發展出存貨控制績效衡量指標，找出並消除或減少無增加產品價值的作業成本，達到最適化成本。本文以製造循環效率(Manufacturing-cycle Efficiency, MCE) 為存貨控制績效衡量指標。

符號與計算公式如下：

MCE: 為製造循環效率。

TMCE：為總製造循環時間(從接單到準時交貨所耗用的時間)。

PT：為加工時間(產品實際製造的時間)。

ST：為儲存時間(產品在裝運出貨前的存放時間)。

$$MCE = PT / TMCE$$

$$TMCE = PT + ST$$

在上述作業時間，加工時間(Process Time)為增加產品價值時間，儲存時間(Storage Time)為無增加產品價值時間。同時，無增加產品價值的作業所發生的成本，稱為無增加產品價值的成本。有增加產品價值的作業所發生的成本，稱為有增加產品價值的成本。

計算(作業資料見表 3.9)製造循環效率其步驟如下：

1. 首先區分加工時間及儲存時間，並分別求出其作業時間

(1) A 產品的加工時間

A1 產品 70.44 小時

A2 產品	36.50 小時
A3 產品	550.00 小時
A4 產品	87.72 小時
A5 產品	656.93 小時
<u>合 計</u>	<u>1401.59 小時</u>

(2) A 產品的儲存時間

A1 產品	465.22 小時(70.44/2+550-120)
A2 產品	18.25 小時(36.5/2)
A3 產品	275.00 小時(550/2)
A4 產品	43.86 小時(87.72/2)
A5 產品	328.46 小時(656.92/2)
<u>合 計</u>	<u>1130.79 小時</u>

(3) B 產品的加工時間

B1 產品	70.00 小時
B2 產品	50.00 小時
<u>B3 產品</u>	<u>192.68 小時</u>
<u>合 計</u>	<u>312.68 小時</u>

(4) B 產品的儲存時間

B1 產品	135.00 小時(70/2+200-100)
B2 產品	25.00 小時(50/2)
<u>B3 產品</u>	<u>96.34 小時(192.68/2)</u>
<u>合 計</u>	<u>256.34 小時</u>

(5) C 產品的加工時間

C1 產品	25.00 小時
C2 產品	<u>100.00 小時</u>
合 計	<u>125.00 小時</u>

(6) C 產品的儲存時間

C1 產品	862.50 小時(25/2+1000-150)
C2 產品	<u>50.00 小時(100/2)</u>
合 計	<u>912.50 小時</u>

2. 計算製造循環效率

A 產品 $MCE = 1402 / (1402+1130.79) = 0.55$

B 產品 $MCE = 313 / (313+256.34) = 0.55$

C 產品 $MCE = 125 / (125+912.50) = 0.12$

3. 結論

A 產品製造循環效率為 0.55，意指總製造時間只有 55%左右花在加工產品上，而其餘花在無增加產品價值的作業(存貨作業) 上。同理，B 產品總製造時間只 55%左右花在加工產品上。C 產品製造循環效率為 0.12，意指總製造時間只有 12%在左右花在加工產品上，而其餘 88%花在無增加產品價值的作業(存貨作業) 88%。以上分析，C 產品無增加產品價值的作業偏高，設法消除此無增加產品價值的作業成本，以及時生產理論來生產以降低 C 產品的存貨成本，或透過及時制度降低等待動工時間，以提高產品製造循環效率。

4.2 自製或委外決策

由工廠內部自製零件，而非向外界廠商購買零件的決策，稱為自製。實際上，一切有關垂直整合的決策都是自製策，因為工廠必須決定是否能由內部產能滿足其產品訂單，而不須向外界供應零件。自製的優勢，可不必過度依賴供應廠商，以及產品品質控管較容易，自製的零件是經由製造而非購買所產生，且利潤是來自其正常的營運。但自製也有許多風險，例如：與外購廠商無法建立良好關係，當工廠沒有足夠產能自製所有零件，很難立即獲得外購廠商幫助。此外，技術的改變常使自製零件成本高於向外界購買的價格。以上種種因素，為避免造成更大損失，自製決策必須仔細評估。

一般而言，自製或委外決策應考慮兩個層面-品質層面和數量層面。本文僅考慮有關成本問題的數量層面，暫不考慮品質層面，並且，比較分析自製成本和委外成本及每單位差異成本。除此之外，通常機會成本也會影響決策故要列入考慮。

自製或委外決策案例，採取本 MOP 模型數值模擬演算結果(見表 3.9)符號與計算公式如下：

AC：為單位產品平均製造成本。

TC：為產品總成本。

TQ：為產品總生產量。

$$AC = TC / TQ$$

利用表 3.9 資料及下例案例計算如下：

假設已知該工廠的每單位行政人員人事薪資為 20 元，每單位機台設備

折舊為 5 元。每單位產品外購價格：A 產品為 85 元，B 產品為 80 元，C 產品為 75 元。計算單位製造成本如下：

$$\text{A 產品：TC} = 53346 + 27558 + 434602 + 26738 + 523909 = 1068153 \text{ 元}$$

$$\text{TQ} = 500 + 500 + 8000 + 500 + 9000 = 185000 \text{ 元}$$

$$\text{AC} = 10681523 / 185000 = 57.74 \text{ 元}$$

$$\text{B 產品：TC} = 48638 + 34711 + 106986 = 190335 \text{ 元}$$

$$\text{TQ} = 500 + 1000 + 2000 = 3500 \text{ 元}$$

$$\text{AC} = 190335 / 3500 = 54.38 \text{ 元}$$

$$\text{C 產品：TC} = 11287 + 42348 = 53635 \text{ 元}$$

$$\text{TQ} = 100 + 900 = 1000 \text{ 元}$$

$$\text{AC} = 53635 / 1000 = 53.63 \text{ 元}$$

自製或委外成本決策，計算每單位差異成本如下：

A 產品成本分析

	<u>每單位差異成本</u>	
	<u>自製</u>	<u>委外</u>
製造成本	57.74 元/個	
人事薪資	20.00 元/個	
設備折舊	5.00 元/個	85.00 元/個
總成本	82.74 元/個	85.00 元/個
結論：	有利於自製的差異 2.26 元/個	

B 產品成本分析

	<u>每單位差異成本</u>	
	<u>自製</u>	<u>委外</u>
製造成本	54.38 元/個	
人事薪資	20.00 元/個	
設備折舊	<u>5.00 元/個</u>	<u>80.00 元/個</u>
總成本	<u>79.38 元/個</u>	<u>80.00 元/個</u>

結論：有利於自製的差異 0.62 元/個

C 產品成本分析

	<u>每單位差異成本</u>	
	<u>自製</u>	<u>委外</u>
製造成本	53.38 元/個	
人事薪資	20.00 元/個	
設備折舊	<u>5.00 元/個</u>	<u>75.00 元/個</u>
總成本	<u>78.68 元/個</u>	<u>75.00 元/個</u>

結論：有利於外購的差異 3.36 元

由以上結果，決策人員是否要停止自製，重點放在每單位差異成本上，如果攸關成本小於外購價格，那麼工廠繼續自製。反之，外購價格小於攸關成本時，自外界購入，方有所助益。本案例 C 產品則可放棄自製，接受外界廠商供應，更何況 C 產品製造循環效率 12%，意指總製造時間只有 12% 在左右花在加工產品上，其多數機台空閒閒置不用，若不自製 C 產品零件，所節省的空間重新佈置生產系統，產生新的產品線增加利潤，但其中會隱含機會成本決策人員須加以細仔考慮。

4.3 MOP 模型實務應用

企業可藉由本網路模式(見圖 3.1 及圖 3.2)的修改，如將不同的訂單量、不同的交貨時間，加以設定後，即可以計算出最佳生產的總成本，並藉由總成本的資料，求出單位成本，再利用成本加成法求出單位價格，接著可繼續求出總收入與總利潤，若有不同類型的產品訂單，則可分別求出各類產品的單位成本、單位價格、利潤...等。

符號與計算公式如下：

AC：為產品單位成本。

TC：為產品總成本。

TQ：為產品總生產量。

TI：為產品總收入。

TR：為產品總利潤。

P：為產品單位價格。

i：成本加成率

$$AC = TC / TQ$$

$$P = AC (1+i)$$

$$TI = p \times TQ$$

$$TR = TI - TC$$

4.3.1 同類型產品網路生產設計系統

此種網路生產系統，是針對單一產品，多交期限制下的生產設計系統(見圖 4.1)，並從下列三種不同的案例分別說明之。

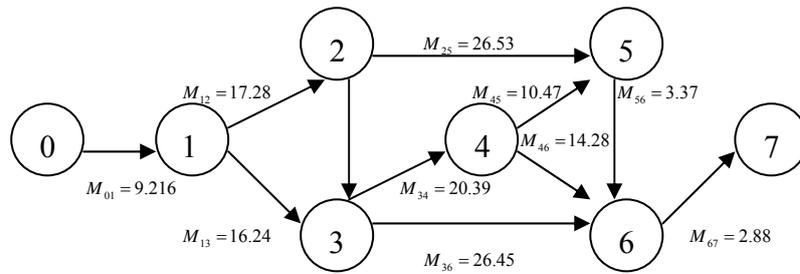


圖 4.1 同類型產品網路生產設計系統

資料來源：本研究整理

案例一：

某自動化工廠某日同時接到二張訂單，數量為 5000 個及 8500 個，第一張訂單在接單日起 270 小時交貨，第二張訂單在接單日起 700 小時交貨。其詳細計算結果如下：

表 4.1 二張訂單 MOP 模型最佳化生產成本

訂單編號	實際生產時間(小時)	實際生產量(個)	生產線(條)	生產成本(元)
2	500.00	8042.31	3	496669.97
1	93.89	957.69	2	58206.15
總生產成本：				554876.12

資料來源：本研究整理

TC = 554876.12 元

AC = 62 元

P = 111.6 元 (i=0.8)

$$TI = 1004000 \text{ 元}$$

$$TR = 449123.88 \text{ 元}$$

案例二：

某自動化工廠某日同時接到三張訂單，數量為 500 個、10500 個，9000 個，第一張訂單在接單日起 120 小時交貨，第二張訂單在接單日起 1300 小時交貨，第三張訂單在接單日起 1800 小時交貨。

其詳細計算結果如下：

表 4.2 三張訂單 MOP 模型最佳化生產成本

訂單編號	實際生產時間(小時)	實際生產量(個)	生產線(條)	生產成本(元)
3	500.00	8042.31	3	496669.97
2	1123.30	11457.69	2	725874.75
1	111.11	500	1	27969.47
總生產成本：				1250513.88

資料來源：本研究整理

$$TC = 1250513.88 \text{ 元}$$

$$AC = 63 \text{ 元}$$

$$P = 113.4 \text{ 元}(i=0.8)$$

$$TI = 2268000 \text{ 元}$$

$$TR = 1017486.12 \text{ 元}$$

案例三：

某自動化工廠某日同時接到五張訂單，數量為 500 個、500 個、10000 個，500 個、8500 個，第一張訂單在接單日起 120 小時交貨，第二張訂

單在接單日起 300 小時交貨，第三張訂單在接單日起 900 小時交貨，第四張訂單在接單日起 1300 小時交貨，第五張訂單在接單日起 1800 小時交貨。

其詳細計算結果如下：

表 4.3 五張訂單 MMOP 模型最佳化生產成本

訂單編號	實際生產時間(小時)	實際生產量(個)	生產線(條)	生產成本(元)
5	500.00	8040	3	496829
4	213.00	960	1	55912
3	600.00	9648	3	600599
2	83.52	852	2	49463
1	111.11	500	1	27969
				總生產成本： 1230772

資料來源：本研究整理

$$TC = 1120772 \text{ 元}$$

$$AC = 1120772 / 20000 = 56 \text{ 元}$$

$$P = 56 (1 + 0.8) = 100.8 \text{ 元}(i=0.8)$$

$$TI = 100.8 \times 20000 = 2016000 \text{ 元}$$

$$TR = 2016000 - 1120772 = 895228 \text{ 元}$$

4.3.2 兩種不同類型產品網路生產設計系統

此種網路生產系統，是針對兩種不同類型產品，在多交期限制下的生產設計系統(見圖 4.2)，並從下列二種不同的案例分別說明之。

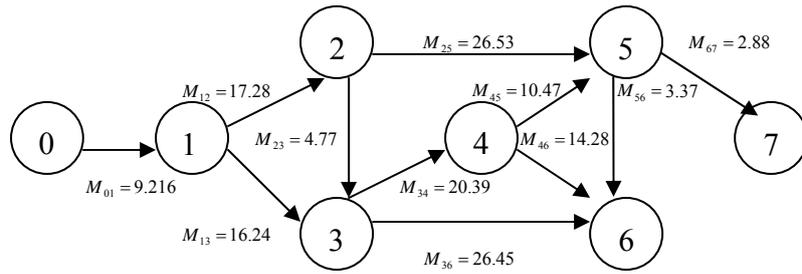


圖 4.2 兩種不同類型產品網路生產設計系統

資料來源：本研究整理

案例四：

某公司生產筆記型電腦分別為有普通型以及豪華型，某日同時接到四筆訂單其交貨日期與交貨數量如左：普通型筆電的兩訂單產品編號為 A1、A2，豪華型筆電的兩訂單產品編號為 B1、B2，普通型的筆電第一次交貨在接單後 10 日交貨 3000 台，普通型的筆電第二次交貨在接單後 40 日交貨 6500 台，豪華型的筆電第一次交貨在接單後 25 日，交貨 4000 台，豪華型的筆電第二次交貨在接單後 55 日，交貨 5500 台。

其詳細計算結果如下：

表 4.4 普通型以及豪華型 MMOP 模型最佳化生產成本

訂單編號	實際生產時間(小時)	實際生產量(個)	生產線(條)	生產成本(元)
4	360.00	4932	2	294930.00
3	333.43	4568	2	274253.54
2	259.95	5788	3	343656.77
1	230.85	3712	3	220605.66
總生產成本：				1133445.97

資料來源：本研究整理

$$TC = 1133445.97 \text{ 元}$$

$$TC_A = 220605.66 + 343656.77 = 564262.43 \text{ 元}$$

$$TC_B = 274553.54 + 294930.00 = 569483.54 \text{ 元}$$

$$AC_A = 564262 / 9500 = 59 \text{ 元}$$

$$AC_B = 569484 / 9500 = 60 \text{ 元}$$

$$P_A = 59 (1 + 0.8) = 106.2 \text{ 元 (} i=0.8 \text{)}$$

$$P_B = 60 (1 + 0.8) = 108 \text{ 元 (} i=0.8 \text{)}$$

$$TI_A = 106.2 \times 9500 = 1008900 \text{ 元}$$

$$TI_B = 108 \times 9500 = 1026000 \text{ 元}$$

$$TR_A = 1008900 - 564262.43 = 444637.57 \text{ 元}$$

$$TR_B = 1026000 - 569483.54 = 456516.46 \text{ 元}$$

$$TR = 444637.57 + 456516.46 = 901154.03 \text{ 元}$$

案例五：

假設某工廠同時接到，兩種不同類型產品的訂單：A1、A2 型不同產品的總訂單量為：26500 個，A1 型訂單量為 20000 個，A2 型訂單量為 6500 個，A1 型五次交貨時間依序為：50，300，1000，1100、2000(小時)，A2 型三次交貨時間依序為：250，350，1500(小時)，A1 型五次交貨量依序為：500，500，10000，500，8500(個)，A2 型三次交貨量依序為：500，1000，5000(個)

其詳細計算結果如下：

表 4.5 不同產品 MMOP 模型最佳化生產成本

訂單編號	實際生產時間(小時)	實際生產量(個)	生產線(條)	生產成本(元)
8	500.00	8040	2	481568.02
7	364.96	5000	2	193422.60
6	59.70	960	3	58517.88
5	622.00	10000	3	594964.47
4	50.00	685	2	25499.15
3	49.02	500	2	28135.09
2	142.98	815	1	6053.41
1	49.02	500	2	28838.39
總生產成本：				1416999.01

資料來源：本研究整理

$$TC = 1416999.01 \text{ 元}$$

$$TC_A = 1192023.85 \text{ 元} , TC_B = 224975.16 \text{ 元}$$

$$AC_A = 59.6 \text{ 元} , AC_B = 34.61 \text{ 元}$$

$$P_A = 107.28 \text{ 元}(i=0.8) , P_B = 62.30 \text{ 元}(i=0.8)$$

$$TI_A = 2145600 \text{ 元} , TI_B = 404950 \text{ 元}$$

$$TR_A = 953576.15 \text{ 元} , TR_B = 179974.84 \text{ 元}$$

$$TR = 1133550.99$$

第五章 結論

為能在今日瞬息萬變的動態環境中，充分地掌握資訊，並適切地施行規劃是企業決策者必備的能力。當今經濟環境不斷地變動，企業的生產成本也隨著起伏不定，因此嚴重影響企業營收的表現。如何達到永續經營，又有利潤可圖，企業除了不斷地產品創新，技術更新，以及開拓新的市場外，對內部的生產系統而言，則應強調如何降低生產成本，以增加其企業之獲利。對訂單生產者而言，當接受到多張訂單，且需在有限制的交貨時間內完成訂單數量的交遞時，同時企業內部又以達到生產成本最佳化的考量原則下，因此使此類企業面臨的問題更為複雜與難以求解。

5.1 主要研究成果及貢獻

一、研究成果

本研究針對不同類型產品考慮每一訂單的最佳生產時點、生產成本與存貨成本、有限生產機具的選擇、以及每次生產時所需的設定成本等種種因素，建構一具有實用性與操作性的生產設計與規劃之數學模型，並依據問題需求發展出一逐步數學演算法進行模式求解，以追求生產設計與規劃的整體總成本最低為本研究的最終目標。同時，發展存貨控制績效衡量指標，對成本管理系統有所助益。並且，以差異成本考量下，建立自製與外購的決策法則。

二、研究貢獻

本研究之主要貢獻分述如下。首先，本研究乃針對工廠在實務上可

能面臨的問題加以探討，即工廠面臨不同類型單產品多訂單、多交期、多成本、多機器選擇、以及多訂單交遞時程等問題，作全盤性的考量下，構建一個以追求生產成本極小化為目標的數學模型。因本模式乃依據實務情況所建構，使模式的複雜度增加，但藉由本文提出的遞回式演算法，將此一複雜的數學模式，成功的進行最佳解的求取。換言之，本研究將一複雜且實務的決策問題，藉由本模式與演算法的提出使其成功地落實。

同時，本研究在生產成本方面，作了更週全設計，在本研究發展的模式中除了設置了機具的操作成本、維修成本、固定成本、設定成本之外，有關產品的存貨成本也一併加以考量。就本研究的價值性而言，企業可藉由本模式與演算法參數值的修改，如將不同的訂單量、不同的交貨時間、不同的生產機具數量與種類、產品的存貨成本、以及生產的設定成本等加以設定後，即可以進行最佳生產規劃的求解。因此本研究具有高度的實務應用上的價值，端賴其擁有高度的使用彈性與重現性，故可為生產規劃工程師在生產規劃上提供出一有價值的參考依據。

5.2 未來研究方向

有關本研究後續的研究方向，可針對不同的產業別從事生產設計與規劃問題進行探討。此外，未來研究方向亦可針對不同的存貨計劃政策列入考慮範圍，可將存貨成本部分進行更深入的討論，以達精確的控制生產成本。同時，本案例是以交貨時間先後為生產排程原則，也可以生產時間長短、訂單數目大小、產品獲利程度、生產成本高低...等生產排程，其使用不同生產排程其生產總成本也不同，值得再研究。最後，為

因應未來少量多樣化的產品生產規劃問題，本模式將更趨複雜化。為因應龐大的變數輸入與運算時間的問題，未來研究方向亦可嘗試藉由計算智慧 CI(Computational Intelligence)的發展，來解決未來更繁複的最佳化生產規劃問題。

參考文獻

一、中文部分

1. 方世榮(民 91)，自動化生產系統及電腦整合製造，曉園出版社。
2. 何應欽(民 96)，作業管理，滄海書局。
3. 林則孟(民 95)，生產計畫與管理，華泰文化書局。
4. 李榮貴(民 71)，限制理論-製造管理的新觀念，機械工業雜誌，十二月號，212-223頁。
5. 吳鴻輝、李明煌(民 89)，晶圓廠之限制驅導式主生產排程模式研究，工業工程學刊，第17卷，3期，257-270頁。
6. 吳鴻輝(民 89)，瓶頸迴流前後作業之最佳作業間隔模式研究，工業工程學刊，第17卷，4期，349-358頁。
7. 陳美月(民 89)，成本會計學，台灣西書出版。
8. 傅和彥(民 94)，生產與作業管理，前程文化。
9. 岑昊、吳三發(民 94)，裝配生產線平衡的改善，上海管理科學，第27卷，5期，16-17頁。
10. 翁慶昌(民 89)，灰色系統基本方法及應用。
11. 蔡志弘(民 96)，零工型工廠交期設定模式之構建，博士論文，國立交通大學工業工程與管理學系。
12. 劉賓陽，(民 95)，作業研究。
13. 應立志、鍾燕宜(民 89)，整合分析方法與應用。

二、英文部分

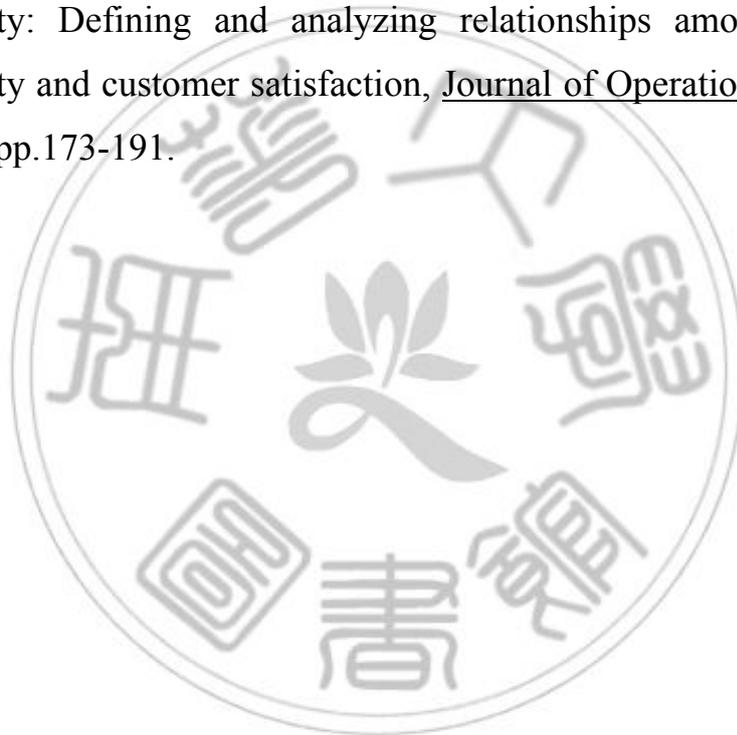
1. Anand, G. & Ward, P.T. (2004), Fit, flexibility and performance in manufacturing: Coping with dynamic environments, Production and Operations Management, Vol.13, pp.369-385.
2. Benjaafar, S. (1994), Models for performance evaluation of flexibility in manufacturing systems, International Journal of Production Research, Vol.32, pp.1383-1402.
3. Benjaafar, S. & Gupta, D. (1998), Scope versus focus: Issues of flexibility. Capacity and number of production facilities, IIE Transactions, Vol.30, pp.413-425.
4. Banks, J. (1988), Handbook of simulation, John Wiley & Sons.
5. Chen, M.S. & Lan, C.H. (2001), The maximal profit flow model in designing multiple-production-line system with obtainable resource capacity, International Journal of Production Economics, Vol.70, pp.176-184
6. Chen, C.Y., Zhao, Z.Y., & Ball, M.O. (2000), A Model for Batch Advanced Available-to-Promise, <http://www.rhsmith.umd.edu/>.
7. Chen, C.Y., Zhao, Z.Y., & Ball, M.O. (2001), Quantity-and Due-Date-Quoting Available-to-Promise, Information Systems Frontiers, Vol.3, pp.477-488.
8. Cheng, T.C.E. & Gupta, M.C. (1989), Survey of scheduling research involving due date determination decisions, European Journal of Operational Research, Vol.38, pp.156-166.
9. Cheng, T.C.E. & Chen, Z.L. (1994), Parallel-machine scheduling problems with earliness and tardiness penalties, Journal of the Operational Research Society, Vol.45, pp.685-695.
10. Chandra, C., Everson, M. & Grabis, J. (2005), Evaluation of enterprise-level benefits of manufacturing flexibility, Omega, Vol.33,

pp.17-31.

- 11.Chen, M.S. & Lan, C.H. (2001), The maximal profit flow model in designing multiple-production-line system with obtainable resource capacity, International Journal of Production Economics, Vol.70, No.2, pp.176-184.
- 12.De Toni., A., & Tochia, S. (1998), Manufacturing flexibility: A literature review, International Journal of Production Research, Vol.36, pp.1587-1617.
- 13.Gnoni, M.G., Iavagnilio, R., Mossa, G., Mummolo, G. & Di Leva, A. (2003), production Planning of a Mulit Site Manufacturing System by Hybrid Model: a Case Study from the Automotive Industry, International Journal of Production economics, Vol.85. pp.251-262.
- 14.Guinet, A. (2001), Mulit-site planning: a transshipment problem, Interational journal of Production economics, Vol.74, pp.21-32.
- 15.Gerwin, D. (1993), Manufacturing flexibility: A strategic perspective, Management Science, Vol.39, pp.395-410.
- 16.Johri, P.K. (1987), A linear programming approach to capacity estimation of automated production lines with finite buffers, International Journal of Production Research, Vol.25, pp.851-866.
- 17.Koste, L. & Malhotra, M. (1999), A theoretical framework for analyzing the dimensions of manufacturing flexicility, Journal of Operations Management, Vol.18, pp.75-93.
- 18.Kalir, A, & Arzi, Y. (1997), Automated production line design with flexible unreliable machines for profit maximization, International Journal of Production Research, Vol.35, No.6, pp.1651-1664.
- 19.Kalir, A, & Arzi, Y. (1998), Optimal design of flexible production lines with unreliable machines and infinite buffers, IIE Transactions, Vol.30, pp. 391-399.

- 20.Kogan K, Levner, E. (1998), A polynomial algorithm for scheduling small-scale manufacturing cells served by multiple robots, Computers Operations Research, Vol.25, pp.53-62.
- 21.Lan, T. S. & Lan, C.H. (2000), On a comparison of objective function in optimal design of flexible production line with the unreliable machines, Journal of Information & Optimization Sciences, Vol.21, pp. 221-231.
- 22.Lee, Y.H., Kim, S.H. & Moon, C. (2002), Production-distribution planning in supply chain using a hybrid approach, Production Planning and Control, Vol.13, pp.35-46.
- 23.Lan, C.H. & Lan, T.S. (2004), A combinatorial manufacturing resource planning model for long-term CNC machining industry, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol.26, pp. 1157-1162.
- 24.Olhager, J., Rudberg, M. & Wikner, J. (2001), Long-term capacity management: Linking the perspectives from manufacturing strategy and sales and operations planning, International Journal of Production Economics, Vol.69, pp.215-225.
- 25.Panwalker, S.S., Smith, M.L. & Seidman, A. (1994), Common due-date assignment to minimize total penalty for the one machine scheduling problem, Operations Research, Vol.41, pp.33-46.
- 26.Petroni, A. & Bevilacqua, M. (2002), Identifying manufacturing flexibility best practices in small and medium enterprises, International Journal of Operations and Production Management, Vol.22, 929-947.
- 27.Sheikhzadeh. M., Benjaafar, S. & Gupta, D. (1998), Machine sharing in manufacturing systems: Total flexibility versus chaining, International Journal of Flexible Manufacturing Systems, Vol.10, pp. 351-378.
- 28.Tsubone. H. & Horikawa, M. (1999), A comparison between machine flexibility and routing flexibility, International Journal of Flexible Manufacturing Systems, Vol.11, pp.83-101.

29. Tzai, D.M. & Yao, M.J. (1993), A line-balance-based capacity planning procedure for series-type robotic assembly line, International Journal of Production Research, Vol.31, pp.1901-1920.
30. Upton, D. (1994), The management of manufacturing flexibility, California Management Review, Vol. 36, pp.72-89.
31. Upton, D. (1995), What really makes factories flexible? Harvard Business Review, Vol. 73, pp.74-81.
32. Zhang, Q., Vonderembse, M.A. & Lim, J.S. (2003), Manufacturing flexibility: Defining and analyzing relationships among competence, capability and customer satisfaction, Journal of Operations Management, Vol.21, pp.173-191.



個人簡歷

姓名：劉國鑑

學歷：僑光商專統計科(五專)

逢甲管理學院統計系學士

中興大學農產行銷系研究所碩士

南華大學企業管理系管理科學博士

經歷：桃園復興高級工商職業學校專任教師

現職：僑光科技大學工業工程與管理系講師

E-mail: lkj@ocu.edu.tw