

國立交通大學
工業工程與管理學系

碩士論文

需求不確定下考慮部分委外代工
之產能規劃模式構建

Considering Partial Outsourcing Capacity Planning
Under Demand Uncertainty

研究生：王盈月

指導教授：許錫美 博士

中華民國九十三年六月

需求不確定下考慮部分委外代工之產能規劃模式構建

學生：王盈月

指導教授：許錫美 博士

國立交通大學工業工程與管理研究所

中文摘要

在需求變幻莫測的訂單式製造生產環境中，管理階層所面臨的一大難題在於如何減少需求不確定性對產能規劃所帶來的影響。以往僅考慮以廠內自有機台因應顧客需求，造成太高的機台閒置成本。若能利用委外代工因應顧客需求同時減少自有機台購置量以降低機台閒置成本，將是製造商減少需求不確定性影響的另一思考方向。

由訂單式製造廠商的角度，本研究考慮委外代工的環境，發展一個產能規劃模式。在受景氣波動以及產品生命週期影響的需求不確定下，考慮部分委外代工，滿足所有顧客需求，以最小化規劃期內期望總成本為目標，探討最佳自有機台購置量以及各期最佳委外代工機台訂購時數。文中對相關成本的參數進行分析，提供決策者參考，最後以一案例說明此產能規劃模式。

關鍵字：需求不確定、委外代工、產能規劃模式

Considering Partial Outsourcing Capacity Planning under Demand Uncertainty

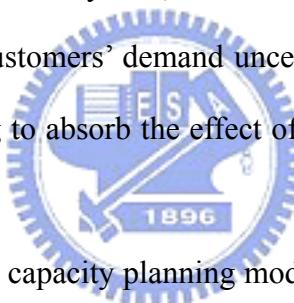
Student : Yin-Yueh Wang

Advisor : Dr. His-Mei Hsu

Department of Institute of Industrial Engineering &
Management National Chiao Tung University

Abstract

In a make-to-order production system, manufacturers usually face the challenge to deal with the problem of customers' demand uncertainty. It would be another way to consider partial outsourcing to absorb the effect of demand uncertainty and reduce equipment purchase cost.



In this study, we develop a capacity planning model for a make-to-order producer. Considering partial outsourcing under demand uncertainty influenced by production life cycle, customer demand will be fully satisfied, and aim to minimize expected equipment purchase cost. We discuss the optimal quantity of equipment and outsourcing order, and do parameter analysis to related cost. Finally, we use an example to illustrate this model.

Keywords : Outsourcing, Capacity Planning, Demand Uncertainty

誌謝

在交大學習的這兩年期間，承蒙指導教授許錫美博士的悉心指導與督促，不僅在學術領域上啟迪良多，在處世方面也獲益匪淺，使本論文得以順利完成，在此致上最誠摯的謝意。論文審查時，感謝巫木誠老師、彭德保老師的詳細審閱並提供本論文諸多指導及寶貴建議，使本論文更加完善，特此誌謝。

論文寫作期間，感謝研究室亦師亦友的同學子文、俊銘、偉誌、冠佑及仁耀的相互砥礪以及照顧扶持，同窗好友英泰、渙群、俊誠、翔百、民祥、鴻福、石隆、淙亮、楓凱、士凱在課業及生活上關愛與提攜，學弟在精神上的鼓勵，在此深致謝意。

最後，由衷的感謝父母的養育栽培，及姐姐的鼓勵與支持，讓我無後顧之憂的順利完成學業。願將此一喜悅和我親愛的家人及所有關心我的朋友分享，謝謝你們。

王盈月 謹誌

2004/6/30



目錄

中文摘要	ii
英文摘要	iii
誌謝	iv
目錄	v
表目錄	vii
圖目錄	viii
第一章 緒論	1
1.1 研究背景與動機	1
1.2 問題定義及限制	2
1.3 研究目的	4
1.4 研究流程	4
第二章 參考文獻	5
2.1 需求不確定下之產能規劃	5
2.2 彈性產能投資策略	7
2.3 委外代工	8
第三章 模式構建	17
3.1 問題定義	17
3.2 研究假設	20
3.3 模式構建	20
第四章 案例分析	23
4.1 案例構建	23
4.2 基本輸入資料	23
4.3 單一產品三期模式求算結果與分析	24
4.3.1 不同單位外包機台訂購成本之求算結果與參數分析	24
4.3.2 不同單位外包機台追加成本之求算結果與參數分析	28
4.3.3 單位外包機台訂購成本與委外代工容許修改幅度對總成本影響分析	33
4.3.4 不同需求平均之求算結果與參數分析	35
4.3.5 不同需求變異之求算結果與參數分析	37
4.4 多產品三期模式求算結果與分析	40
4.4.1 不同單位外包機台訂購成本之求算結果與參數分析	40
4.4.2 不同單位外包機台追加成本之求算結果與參數分析	48
第五章 結論與未來研究方向	57
5.1 結論	57

5.2 未来研究方向.....	58
参考文献	59



表目錄

表 2.3.1 委外代工情形分類及對應政策.....	11
表 4.3.1.1 不同單位外包機台訂購成本之求算結果.....	25
表 4.3.1.2 不同單位外包機台訂購成本對各項成本之影響.....	26
表 4.3.1.3 預備產能標準化.....	27
表 4.3.2.1 不同單位外包機台追加成本之求算結果.....	29
表 4.3.2.2 最佳廠內機台購置量趨勢分析.....	30
表 4.3.2.3 不同單位外包機台追加成本對各項成本之影響.....	31
表 4.3.2.4 預備產能標準化.....	32
表 4.3.3.1 單位外包機台訂購成本與委外代工容許修改幅度對總成本之影響..	33
表 4.3.4.1 不同需求平均之求算結果.....	35
表 4.3.5.1 不同需求變異之求算結果.....	37
表 4.4.1.1 不同單位外包機台訂購成本對總成本及個別機台成本之影響.....	41
表 4.4.1.2 不同單位外包機台訂購成本對特定機台 B 之求算結果.....	42
表 4.4.1.3 不同單位外包機台訂購成本對特定機台 B 各項成本之影響.....	43
表 4.4.1.4 預備產能標準化.....	44
表 4.4.1.5 不同單位外包機台訂購成本對共用機台 C 之求算結果.....	45
表 4.4.1.6 不同單位外包機台訂購成本對共用機台 C 各項成本之影響.....	46
表 4.4.1.7 預備產能標準化.....	47
表 4.4.2.1 不同單位外包機台追加成本對總成本及個別機台成本之影響.....	49
表 4.4.2.2 不同單位外包機台追加成本對特定機台 B 之求算結果.....	51
表 4.4.2.3 不同單位外包機台追加成本對特定機台 B 各項成本之影響.....	52
表 4.4.2.4 預備產能標準化.....	53
表 4.4.2.5 不同單位外包機台追加成本對共用機台 C 之求算結果.....	54
表 4.4.2.6 不同單位外包機台追加成本對共用機台 C 各項成本之影響.....	55
表 4.4.1.7 預備產能標準化.....	56

圖目錄

圖 1.2.1 產品 A、B 製程圖.....	2
圖 1.2.2 下單時點示意圖.....	2
圖 1.2.3 研究環境示意圖.....	3
圖 2.3.1 一般外包模型.....	12
圖 2.3.2 外包結構選擇.....	13
圖 2.3.3 考慮交易成本以及核心競爭力之外包模型.....	14
圖 2.3.4 factory within a factory.....	15
圖 3.1.1 產品 A、B 製程圖.....	17
圖 3.1.2 下單時點示意圖.....	18
圖 3.1.3 委外代工容許範圍示意圖.....	18
圖 3.1.4 製造廠商委外代工示意圖.....	19
圖 3.3.1 M_{ij} 、 K_{ij} 與 α 關係示意圖	21
圖 3.3.2 外包機台租用成本與需求值關係圖.....	21
圖 4.2.1 訂單式製造廠商供應鏈.....	23
圖 4.3.1.2 單位外包機台訂購成本之成本分析圖	26
圖 4.3.2.1 單位外包機台追加成本之參數分析圖	29
圖 4.3.2.2 最佳廠內機台購置量趨勢分析圖	30
圖 4.3.2.3 單位外包機台追加成本之成本分析圖	31
圖 4.3.2.4 預備產能標準化圖.....	32
圖 4.3.3.1 單位外包機台訂購成本與委外代工容許修改幅度對總成本分析圖 ..	34
圖 4.3.4.1 需求平均之參數分析圖.....	36
圖 4.3.4.2 需求平均之總成本圖.....	36
圖 4.3.5.1 需求變異之參數分析圖	38
圖 4.3.5.2 需求變異之總成本圖	39
圖 4.4.1.1 單位外包機台訂購成本對總成本及個別機台成本之分析圖	41
圖 4.4.1.2 單位外包機台訂購成本對特定機台 B 之參數分析圖	42
圖 4.4.1.3 單位外包機台訂購成本對特定機台 B 之成本分析圖	43
圖 4.4.1.4 預備產能標準化圖	44
圖 4.4.1.5 單位外包機台訂購成本對共用機台 C 之參數分析圖	45
圖 4.4.1.6 單位外包機台訂購成本對共用機台 C 之成本分析圖	47
圖 4.4.1.7 預備產能標準化圖	48
圖 4.4.2.1 單位外包機台追加成本對總成本及個別機台成本之分析圖	50
圖 4.4.2.2 單位外包機台追加成本對特定機台 B 之參數分析圖	51
圖 4.4.2.3 單位外包機台追加成本對特定機台 B 之成本分析圖	52

圖 4.4.2.4 預備產能標準化圖.....	53
圖 4.4.2.5 單位外包機台追加成本對共用機台 C 之參數分析圖.....	54
圖 4.4.2.6 單位外包機台追加成本對共用機台 C 之成本分析圖.....	55
圖 4.4.2.7 預備產能標準化圖.....	56



第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

現今企業環境變的越來越複雜，景氣的變幻莫測使顧客需求隨之變化。面對這樣急劇變化的需求波動，如果企業本身仍不採取因應措施將使自己面臨以下的問題：

景氣變壞時：顧客需求驟減，產能過剩，機台閒置，成本負荷沈重。

景氣變好時：顧客需求驟增，產能不足，無法滿足顧客需求，造成商譽以及收益的損失。有時因無法滿足顧客所有的需求，顧客會轉向其他廠商下單，造成客戶外流。



一般而言，企業為避免投資太多固定設備造成浪費，同時又要解決因景氣變化導致顧客需求波動的問題，可以採取部分委外代工的因應措施。依據兩種不同的產能來源，本篇論文將機台做以下的分類：

1. 廠內機台：企業本身所擁有的固定機台，不會隨著需求波動而變化。
2. 外包機台：企業向委外代工廠商租用之機台，因應需求波動。

本研究在考慮需求波動及部分委外代工的情境下，期望藉由對廠內機台購置成本以及外包機台訂購成本的考量，構建一決策模式，以決定最佳的廠內機台購置量及外包機台租用時數，以完全滿足顧客需求。

1.2 問題定義及限制

本研究考慮一訂單式生產且有固定合作委外代工廠商之製造廠商，生產 A、B 兩種產品。兩種產品製程如圖 1.1 所示：

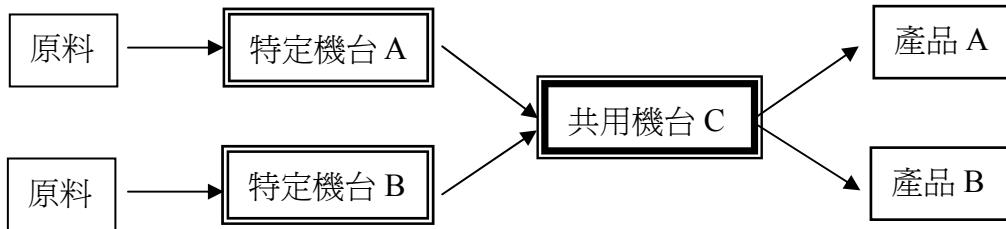
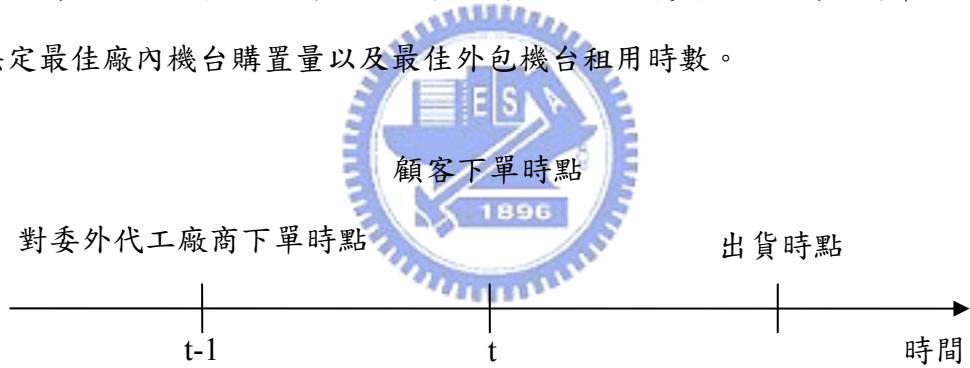


圖 1.2.1 產品 A、B 製程圖

此製造廠商將在需求不確定下進行 T 期的同步產能規劃，這裡所說的產能即為機台生產時數，包括了廠內機台以及外包機台。因此同步產能規劃就是希望能夠同時決定最佳廠內機台購置量以及最佳外包機台租用時數。



由圖 1.2 可知，顧客實際需求在 t 時點顧客訂單到達時才知道，然而，製造廠商在 $t-1$ 時點必須預測顧客在 t 時點的需求，對委外代工廠商下達 t 時點的外包機台租用時數。

顧客需求波動對企業所帶來的影響牽涉到以下兩種成本：

- (1)外包機台閒置的取消懲罰：企業高估顧客需求，使外包機台閒置，造成委外代工廠商損失。因此，企業必須受到懲罰，負擔委外代工廠商部分損失。
- (2)外包機台不足的追加成本：企業低估顧客需求，使外包機台不足以滿足顧客

需求。因此，企業必須在 t 時點，以較高的價格追加外包機台租用時數。

本研究考慮生命週期不同階段的需求特性，假設每期顧客需求皆為已知常態分配，而且越到規劃後期需求分配變異數越大。在這樣的問題情境之下，考量以下相關成本：

- (1) 廠內機台的購置成本。
- (2) 外包機台的訂購成本。
- (3) 外包機台閒置的取消懲罰。
- (4) 外包機台不足的追加成本。

假設顧客需求必須完全滿足下，最小化規劃期內產能購置期望總成本（產能購置成本包括：廠內機台購置成本、外包機台訂購成本及外包機台追加成本），構建出此同步產能規劃問題的數學模式，決定最佳廠內機台購置量及最佳外包機台租用時數，本研究問題情境如圖 1.3 所示：

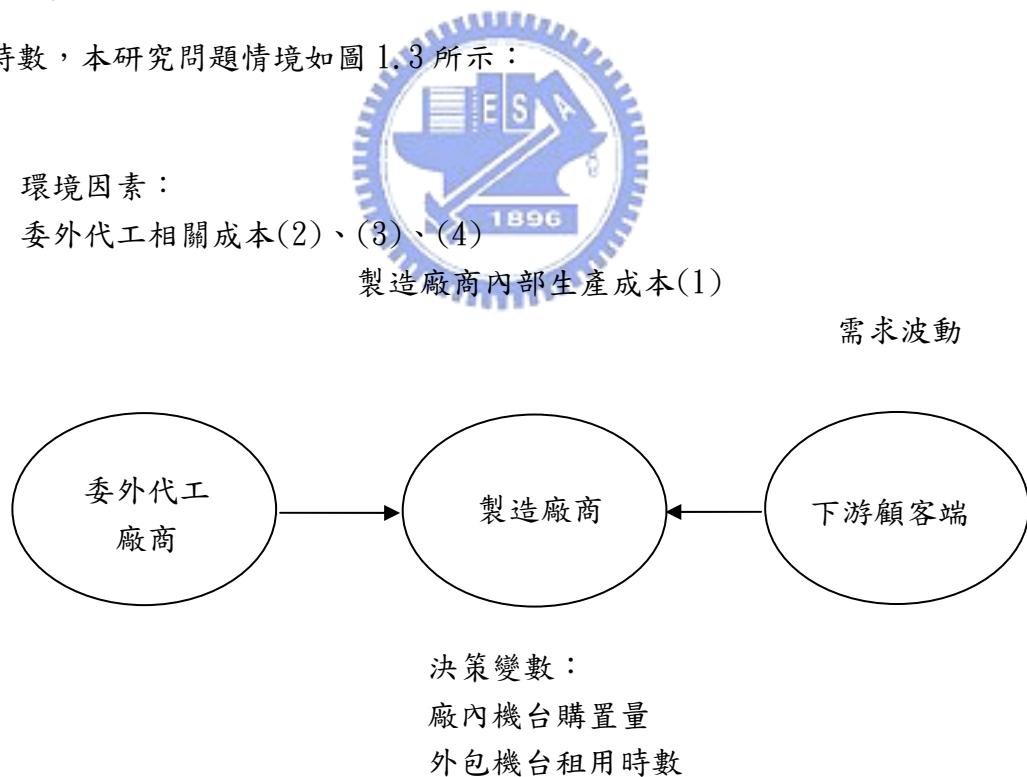


圖 1.2.3 研究環境示意圖

1.3 研究目的

本研究探討在需求波動下考慮部分委外代工之同步產能規劃問題。考慮規劃期內不確定的顧客需求，假設製造廠商在必須完全滿足顧客需求下，最小化規劃期內產能購置期望總成本，主要研究目的如下：

1. 決定最佳廠內機台購置量。
2. 決定最佳外包機台租用時數。
3. 觀察相關成本比值對上述兩項決策變數的影響。
4. 觀察需求平均對上述兩項決策變數的影響。
5. 觀察需求變異對上述兩項決策變數的影響。

1.4 研究流程

1. 緒論
2. 文獻回顧
3. 模式構建
4. 案例分析
5. 結論與未來研究方向



第二章 參考文獻

根據第一章所述之問題背景以及研究目的，以下將略述與本研究相關之文獻：

2.1 需求不確定下之產能規劃

Angelus 與 Porteus【1】探討短生命週期產品多期產能及產量規劃問題。在需求不確定的存貨式生產環境下，該文分以下兩種問題情境探討：

(1) 生產過剩產品，可在往後出售 (with carry-over of unsold units)：

有存貨以及缺貨問題；

(2) 沒賣完的產品，不能在往後出售也不考慮缺貨候補 (without carry-over of unsold units)：無存貨以及缺貨問題。

假設需求高峰點發生在第 t_p 期， $1 \leq t_p \leq T$ ，每期需求互相獨立，但為一已知可微分配 Φ_t 。期望需求從產品生命週期的期初隨時間遞增至一需求高峰點之後，隨即隨時間遞減至期末。給定產品生命週期、固定單位產品售價 p 、單位產品生產成本 C_p 、單位產能追加成本 K 、單位產能殘餘價值 k 、單位產能單期管理成本及單期折現率 α , $0 < \alpha \leq 1$ ，以最大化期望淨利現值為目標，求算最適產能與產量。

該研究構建線性規劃模式，求解出最佳產能目標區間。若期初產能低於最佳產能目標區間的下限，將期初產能追加至此下限；若期初產能高於最佳產能目標區間的上限，將期初產能減少至此上限；若期初產能已落在最佳產能目標區間中，則此期初產能即為該期最佳產能。

研究結果顯示：在問題情境 1 (with carry-over of unsold units)，最佳產能目標區間和存貨量之間有替代效應，最佳產能水準是起始存貨的遞減函數，最佳基本存貨水準 (base inventory level) 隨產能水準的增加而減少，最佳產能目標區間受存貨量影響，因此受實際需求值影響。

問題情境 2 (without carry-over of unsold units) 假設需求從產品生命週

期的期初隨時間遞增至一需求高峰點之後，隨即隨時間遞減至產品生命週期期末，使最佳產能水準有以下的趨勢：

- (1) 擴展期：產品生命週期期初。
- (2) 平穩期：產品生命週期期中。
- (3) 縮減期：產品生命週期期末。

最佳產能不受實際需求值影響，產能被充分利用，並求算出最佳產量以及最佳服務水準。

Burnetas 與 Gilbert 【4】探討固定時點前，在需求不確定及採購成本遞增下的產能規劃問題。

該研究假設對需求的觀測有助於對需求趨勢的了解，採購成本隨著產品銷售季節的接近依階梯型及線性函數遞增，產品生命週期短，顧客需求完全被滿足，無固定生產成本及固定下單成本。給定產品生命週期 N (離散)、單位產品固定售價 p 、產品生命週期期末單位存貨殘餘價值 s 、 j 期期初單位產品採購成本 c_j 、 j 期存貨水準為 0 之下發生一單位需求，此單位需求帶來的利潤 r_j 及 j 期需求 X_j 。

該研究構建一動態規劃模式決定最佳產能採購策略。研究結果顯示，最佳產能採購策略受折扣期長短及需求量的影響，且最佳產能採購時點集中在產能採購成本上漲前，最佳收益在折扣程度適中時，對折扣期的長短最敏感。由於對需求資訊的學習效果，我們發現除了極短的折扣期之外，階梯型產能採購成本遞增函數帶來較高的收益，線性產能採購成本函數相對於階梯型產能採購成本函數而言，傾向在早期下較多的訂單。

2.2 彈性產能投資策略

Van Mieghem 【8】探討在需求不確定下，考慮彈性產能（可依需求做調整）的兩產品單期最佳產能投資策略。

該研究假設產能投資策略必須在需求觀測前決定， j 產品的生產成本不會受所用的產能（特定或彈性產能）影響，產品單位收益不受產量影響。產品需求不確定性以機率表現。給定產品 j 單位收益 p_j 、產能 i 邊際投資成本 c_i 及產品 j 單位缺貨懲罰 $c_{p,j}$ 。

該研究構建線性規劃模式求解兩產品單期最佳產能投資策略。研究結果顯示兩產品需求相關性對產能投資策略，尤其對彈性產能投資策略有顯著的影響，彈性產能成為需求不確定性的因應機制，最佳產能投資策略只有以下三種情形：

1. 只投資特定產能；
2. 投資第一種特定產能以及彈性產能；
3. 投資三種產能。

且需求相關性增加時，特定資源最佳投資水準依凹函數增加，彈性資源最佳投資水準依凸函數減少；需求不確定增加時，確定資源最佳投資水準依凸函數減少，彈性資源最佳投資水準依凹函數增加。

2.3 委外代工

Vining 與 Globerman【11】將委外代工做以下詳盡的介紹：

委外代工基本概念：

委外代工是一家公司將部分公司內部生產活動，在生產資源不足、生產技術不足、節省生產成本以便最大化公司利益等考量之下，委託其他公司代為生產，並以雙方同意的價格及條件簽訂委外代工契約。委外代工活動可以視為增進公司效能(efficiency)的一種策略聯盟。委外代工的觀念在1990年間開始快速發展並廣泛被運用(Bryce and Useem , 1998)。

委外代工除了可以節省資源之外，還可以使公司將注意力集中在具備核心競爭力的活動上。

委外代工方式分類：

依據委外代工的程度可將委外代工分為以下兩類：

- (1) 委外代工公司核心活動：使公司顛覆傳統的幾乎不用從事生產活動。
- (2) 委外代工公司次要活動：例如資訊技術(IT)、會計系統…等。

此論文假設A B C公司在下列兩種情形之一發生時會以第一種方式進行委外代工：

1. 生產資源不足。
2. 委外代工成本小於公司內部生產成本。

委外代工相關成本：

一般公司在做是否委外代工決策時，會考慮到以下三種相關成本：生產成本(production costs)、還價成本(bargaining costs)以及機會成本(opportunism costs)。以下將這三種委外代工成本做簡單的介紹：

- (1)產品本身所需的支出：生產成本(production costs)

生產成本是公司為了取得產品所花費的成本。通常有下列兩種方式可以取得產品，生產成本也就由此而生：

1. 公司內部從事產品相關生產活動所花費的成本。例如：土地、人力以及資本；
2. 產品的直接購買價格。

許多學者的研究證據顯示委外代工可以有效的使生產成本降低，以下簡單歸納幾個原因：

1. 對於公司只有少量需求的產品採用自行生產的方式，無法提升公司效率。
(minimum efficient scale)。
2. 公司內部自行生產所需的產品，在沒有競爭對手的刺激之下產品績效較差，所花費的成本也較高。
3. 公司內部管理過多生產活動導致無法專注於具有核心競爭力的產品或活動，此時將次要的產品或活動委外代工可以使公司集中注意力於核心產品，提升公司的競爭力。
4. 進行公司內部生產活動帶給公司內部組織結構一定的影響以及挑戰，委外代工可以避免公司內部生產所可能引發的問題。

(2)委外代工所需的管理成本：還價成本(bargaining costs)

機會成本(opportunism costs)

還價成本是委外代工活動中，雙方在簽訂契約的過程中所涉及的支出，要在雙方都存在利己主義思想，而且都有良好信用的前提下才會發生
(Williamson, 1985)。包含以下四種情形：

1. 協商委外代工契約內容引發的成本；
2. 契約簽訂後，由於突發狀況導致契約需做改變引發的成本；
3. 監控簽訂契約雙方是否達成契約中協商內容引發的成本；
4. 發生問題時，簽訂契約雙方都不願利用事先同意的解決機制(例如：毀約機制)解決問題引發的成本。

機會成本是契約中任何一方為了自身利益試圖改變契約內容所引發的成

本，要在簽訂契約的至少一方存在利己主義思想，但卻沒有良好信用的前提之下才會發生。

此論文為使建構出來的委外代工模型方便讀者實際運用，假設模型中委外代工產能購置成本包涵所有委外代工活動的相關成本：生產成本、還價成本以及機會成本。

當委外代工所減少的生產支出大於委外代工所需的管理費用時，在成本最小化的目標下，我們會進行委外代工；相反的，當委外代工所減少的生產支出小於委外代工所需的管理費用時，在成本最小化的目標下，我們便不會進行委外代工。

委外代工成本決定因素：

(1) 產品／活動複雜度：

明確說明契約條文、監控契約內容以及監控產品品質…等活動都將隨著產品／活動複雜度的增加而遭遇更多執行上的困難，因此產品／活動複雜度會增加委外代工成本。



產品／活動的複雜程度同時也決定了：

1. 契約中的不確定環境：產品／活動複雜度越高，產品不確定性，例如：生產成本、生產流程以及生產環境…等不確定性也越高。
2. 資訊的不對稱性：產品／活動複雜度越高，資訊不對稱性發生的機率也越高；而資訊不對稱性又引發機會成本的產生。
3. 外在因素影響公司其他生產活動的機率。

產品／活動複雜度增加委外代工的困難性以及風險，因此有實例驗證產品／活動複雜度將增加公司內部生產的機率。

(2) 競爭性：

高競爭性減少機會成本的發生；相對的，低競爭性在契約協商階段容易造成委外代工廠商哄抬價格；即使在契約簽定後，低競爭性仍增加機會成本發生的機率，引發較多問題。

公司可以採取某些手段來提高或減低市場競爭力，以下各舉一例說明：

*提高競爭性：擴大公司尋求委外代工廠商的地域性。藉由地域性的擴張，吸引較多廠商角逐，提高競爭力。

*減低競爭力：提高對委外代工廠商的要求門檻。藉由門檻的提高，自動刪除一些服務品質不到門檻的廠商以減低競爭力。

(3) 產品獨特性：

產品獨特性包含許多層面，包括物理獨特性、地區獨特性以及人力資源獨特性…等。產品獨特性限制了該產品的用途，增加機會成本發生的機率，減低委外代工的程度。

委外代工情形分類以及對應政策：

表 2.3.1 委外代工情形分類及對應政策【11】

分類	產品/活動複雜度	產品獨特性	主要問題	解決方案
1	低	低	少	透過契約協商
2	低	高	有潛在問題	物理獨特性：外包廠商租用並擁有產品 時間獨特性：缺貨候補成本
3	高	低	品質以及績效呈現定義	依據實際指導方針互相協商
4	高	高	機會成本的產生	透過"租用觀念"緩和雙方投機心理

(AIDAN VINING, STEVEN GLOBERMAN, 1999)

Arnold【2】由傳統觀念開始介紹外包。outsourcing 為 outside resource using 的縮寫，可以分為以下三個部分介紹：

1. Outside：利用與外在伙伴的合作創造或增加價值至顧客端，形成一個沒有邊界的組織，早期供應商參與問題與策略決定為企業所面臨的核心問題。
2. Resource：環境資源的選用，搭配適當的採購決策，使企業具競爭力。
3. Using：利用供應鏈管理鞏固企業地位。

採購決策發展三階段：

1. 製造導向：對終端產品需求的重視勝過對整個供應鏈的重視程度。企業致力於大量生產以及生產方面的技術問題。
2. 銷售導向：大部分顧客需求已被滿足，企業競爭轉在銷售市場發生，銷售市場包括”4P's” (product 產品, place 地點, price 價格, promotion 促銷)。在上述兩階段中，採購決策站在一個輔助的角色，針對需求提供生產以及銷售幫助。
3. 市場導向：隨著競爭越演越烈，供應鏈的觀念漸漸出現，採購決策的重要性也隨著與供應商合作能提升產品品質及降低成本觀念的形成而提升。

一般外包模型：

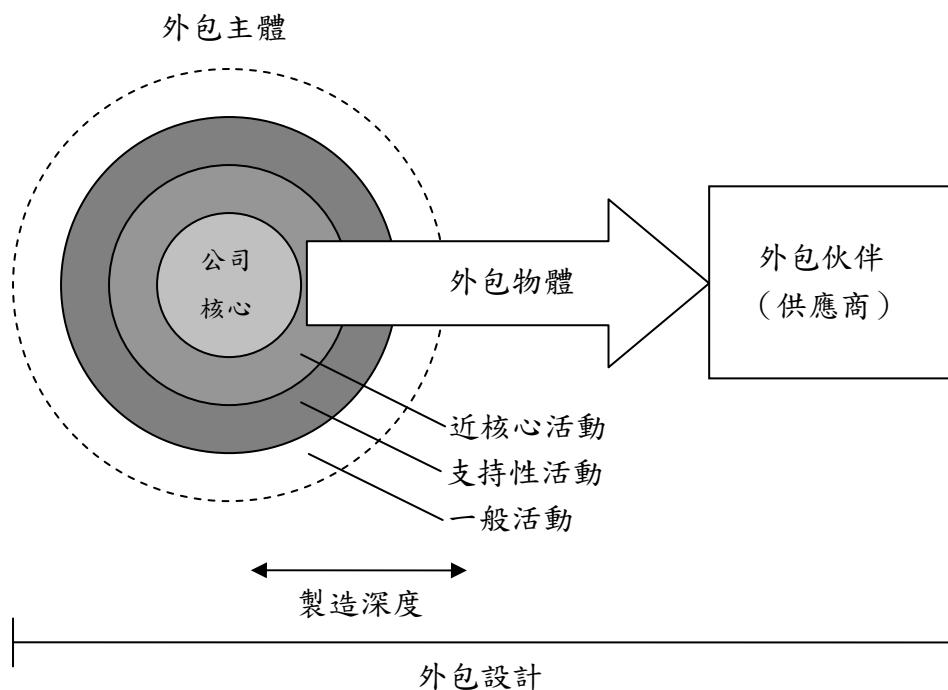


圖 2.3.1 一般外包模型【2】

經濟活動三大管理結構

1. 市場：價格控制交易；
2. 集團：管理控制交易；
3. 市場與集團混合：例如長期合約或策略聯盟。

考量經濟制度之外包模式設計：

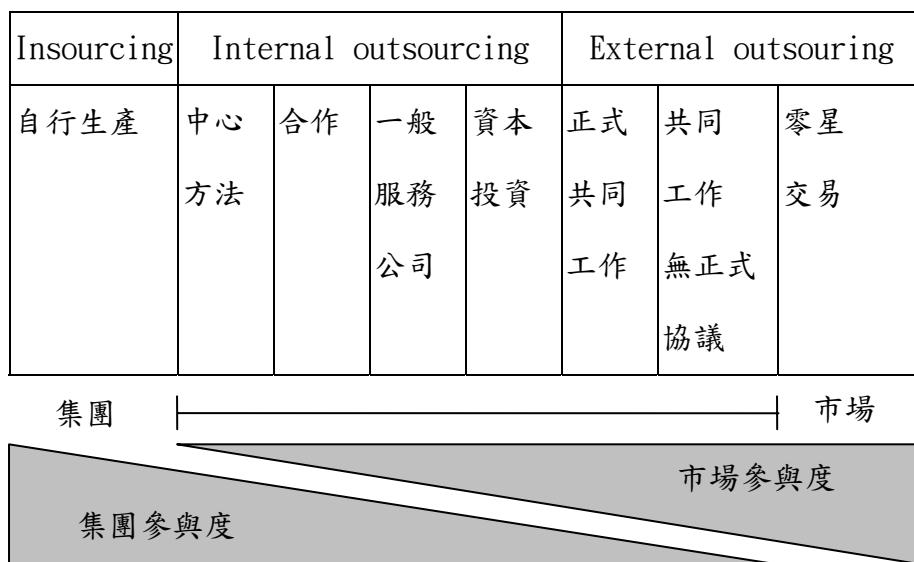


圖 2.3.2 外包結構選擇【2】

考慮生產深度之外包決策

1. 交易成本觀點：資訊不確定產生之契約簽訂成本，產品獨特性佔了舉足輕重的地位。產品獨特性低的產品可以採用外部外包(external outsourcing)，產品獨特性高的產品產生較高的交易成本，採用內部外包(internal outsourcing)。
2. 核心競爭力觀點：企業內部只生產具核心競爭力的產品或服務。

核心競爭力三大構成要件：

- (1) 在市場上有競爭優勢的產品或服務；
- (2) 具備並能維持競爭優勢的產品或服務；
- (3) 具備多項用途的資源。

考慮交易成本以及核心競爭力之外包模式：

1. 交易成本：短期且著重成本。
2. 核心競爭力：長期且著重交易品質。

兩種因素同時考量有截長補短之作用，使外包模式更完備。

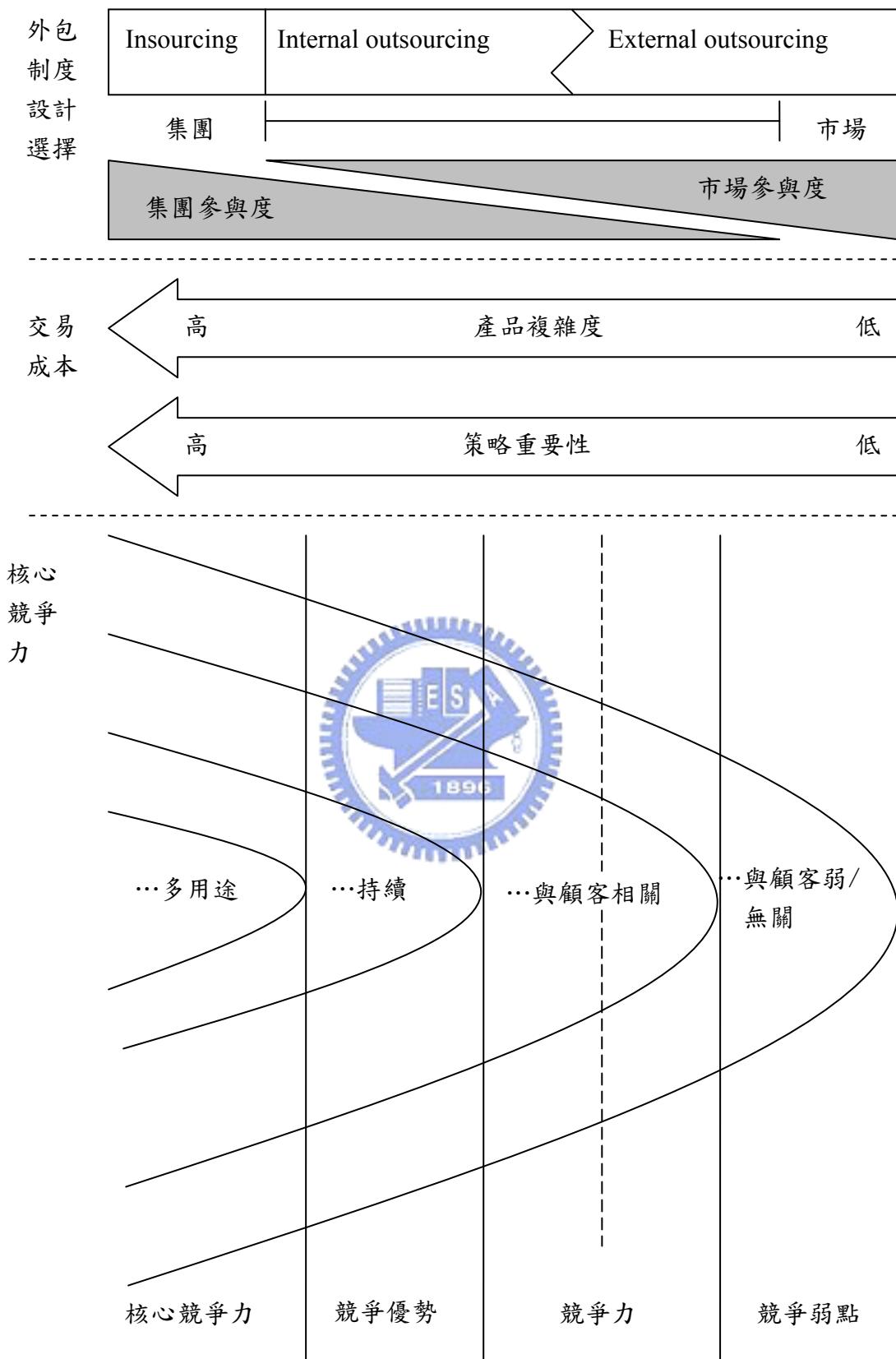


圖 2.3.3 考慮交易成本以及核心競爭力之外包模型【2】

外包決策發展 vs. 供應鏈管理

- 標準化→模組化→更緊密的供應鏈：factory within a factory

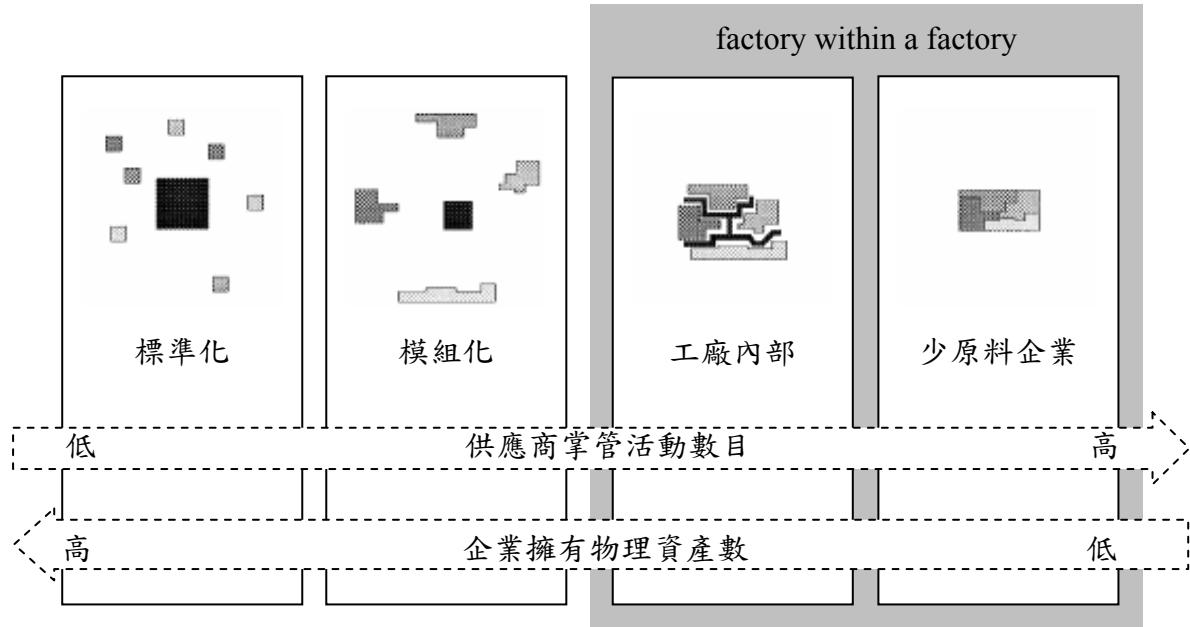


圖 2.3.4 factory within a factory 【2】

In-plant：企業負責最後組裝工作。

De-materialized：企業從事確保企業產品品質、市場以及銷售等工作，完全不負責生產方面的工作，包括最後的組裝工作。

Baxendale 【3】針對小型企業提供關於外包策略之量化分析。

外包相關成本

成本分類：變動成本 vs. 固定成本；

直接成本 vs. 間接成本。

成本分類關係：變動成本 同時也是直接成本

固定成本 可能為直接或間接成本

直接成本 可能為變動或固定成本

間接成本 同時也是固定成本

考慮相關人員學習效果花費：利用學習曲線分析，考慮員工學習效果使邊際成本隨員工工作量增加而遞減。基於最小化成本的目標，原決策(不考慮員工學習效果)將受影響。

考量直接變動成本以及直接固定成本之外包策略決定：利用無差異分析

考量預測誤差之外包策略決定：利用 Monte Carlo simulation

預測誤差：針對相關成本(直接變動成本以及直接固定成本)預測以及需求預測所產生的誤差。

考量直接變動成本以及設施維護成本之外包策略決定：利用 EVA(Economic Value Added)

本研究與過去研究不同之處：

1. 需求不確定方面：過去相關研究僅以一固定分配描述未來需求。本研究考慮生命週期不同階段的需求特性，針對規劃各期給予不同的常態需求分配。
2. 機台購置方面：過去相關研究在做機台購置決策時，僅考慮以廠內機台因應未來需求。本研究以部分委外代工因應顧客需求波動，在最小化規劃期內產能購置期望總成本的目標下，構建決定最佳廠內機台購置量及最佳外包機台租用時數之同步產能規劃模型。

第三章 模式構建

3.1 問題定義

本研究考慮一訂單式生產且有固定合作委外代工廠商之製造廠商，生產 A、B 兩種產品。兩種產品製程如圖 3.1.1 所示：

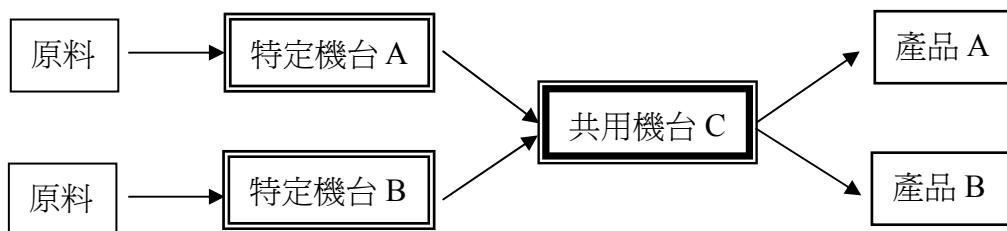


圖 3.1.1 產品 A、B 製程圖

此製造廠商將在考慮生命週期不同階段的需求不確定下進行 T 期的同步產能規劃，假設顧客需求必須完全滿足，並以最小化規劃期內產能購置期望總成本為目標。這裡所說的產能即為機台，包括廠內機台及外包機台，因此同步產能規劃就是希望能夠同時決定最佳廠內機台購置量及最佳外包機台租用時數。

以下將本研究提到的各種機台做詳盡的分類及介紹。

依據來源可以分為廠內機台及外包機台：

1. 廠內機台：企業本身所擁有的固定機台，不會隨著需求波動而變化。
2. 外包機台：企業向委外代工廠商租用之機台，因應需求波動。

依據生產特性可分為特定機台及共用機台：

1. 特定機台：只生產特定產品之機台，如圖 3.1.1 中的特定機台 A，只生產產品 A。
2. 共用機台：生產產品 A 及 B 製程中，共用的機台，如圖 3.1.1 中的共用機台 C。

製造廠商採訂單式生產，產品製造導期為一期，訂單需全部達交。在廠內機台負荷之外的顧客需求，以委外代工的方式滿足，對委外代工廠商必須在顧客下單的前一期下單。下單時點示意圖如圖 3.1.2 所示：

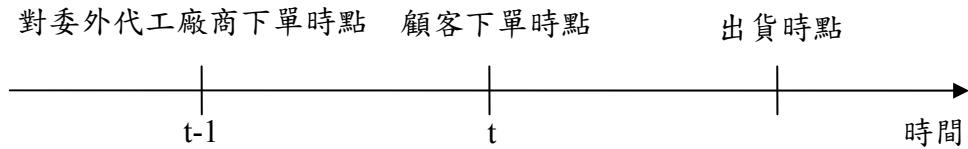


圖 3.1.2 下單時點示意圖

由圖 3.1.2 可知，顧客實際需求在 t 時點顧客訂單到達時才知道，然而，製造廠商在 $t-1$ 時點必須預測顧客在 t 時點的需求，對委外代工廠商下達 t 時點的外包機台租用時數。因此，委外代工廠商有二期的製造導期。

製造廠商可以在 t 時點，依據顧客實際需求，增加或減少對委外代工廠商下單的數量。但由於委外代工廠商的製造導期由二期縮減為一期，因此必須付出較高的訂單修改成本，假設容許的修改幅度為 α ， $0 < \alpha < 1$ 。

例如： $\alpha = 0.2$ ，製造廠商在 $t-1$ 時點對委外代工廠商下達了 100 單位的訂單，在 t 時點確認實際顧客需求後，欲將訂單作 20 單位的更改（將訂單改為 80 單位-120 單位）是可以被委外代工廠商所允許的；若製造廠商欲對訂單做超過 20 單位的大幅度修改則必須付出額外的訂單修改費用。

$\alpha = 0.2$ 示意圖：假設委外代工訂單為 100 單位

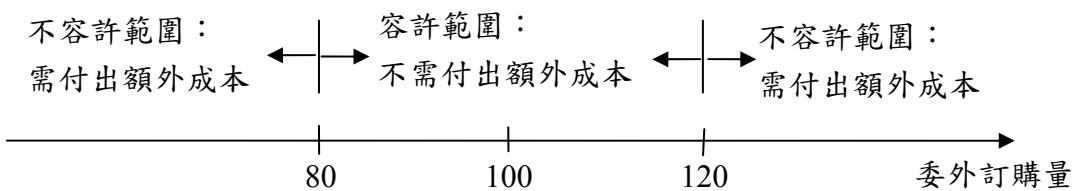


圖 3.1.3 委外代工容許範圍示意圖

本研究在上述的問題情境之下，考量以下相關成本：

- (1) 廠內機台的購置成本。
- (2) 外包機台的訂購成本。
- (3) 外包機台閒置的取消懲罰：企業高估顧客需求，使外包機台閒置，造成委外代工廠商損失。因此，企業必須受到懲罰，負擔委外代工廠商部分損失。
- (4) 外包機台不足的追加成本：企業低估顧客需求，使外包機台不足以滿足顧客需求，企業必須以較高的價格加購機台。

假設顧客需求必須完全滿足下，最小化規劃期內產能購置期望總成本，構建出此同步產能規劃問題的數學模式，決定最佳廠內機台購置量及最佳外包機台租用時數，本研究問題情境如圖 1.3 所示：

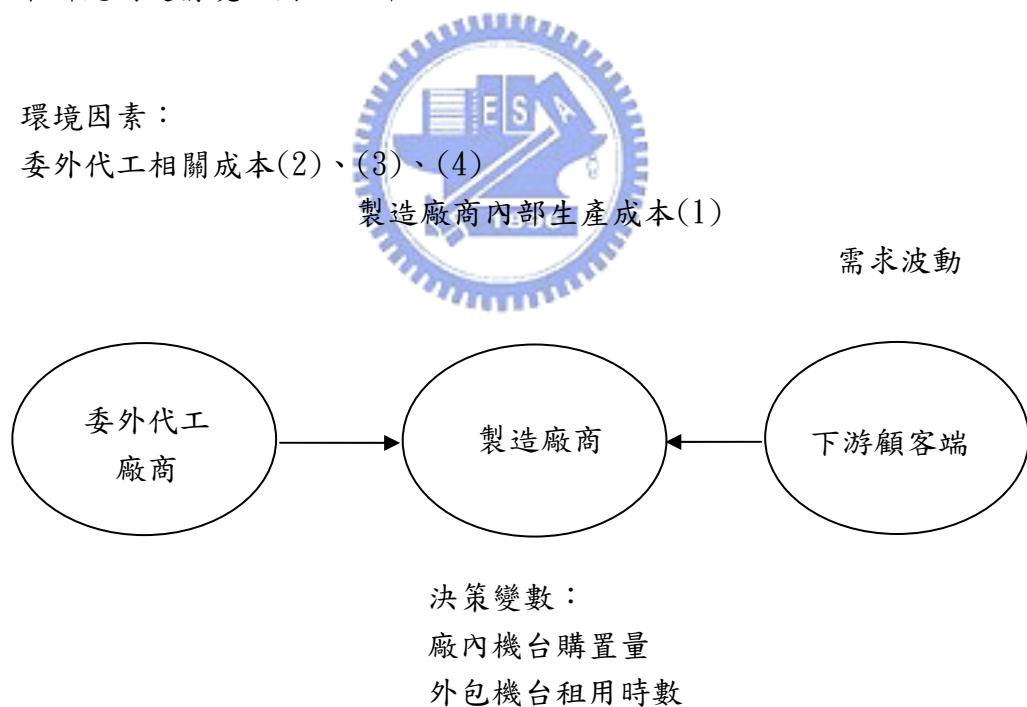


圖 3.1.4 製造廠商委外代工示意圖

3.2 研究假設

- 一期為一星期。
- 將顧客對產品的需求轉換為對機台的需求。

機台 i 在第 j 期的需求： D_{ij} ，本研究假設顧客需求為已知的常態分配。

$D_{ij} \sim N(\mu_{ij}, \sigma_{ij})$, $i=1$ 表機台 A, $i=2$ 表機台 B, $i=3$ 表機台 C, $j=1, 2, \dots, T$.

$N(\mu_{ij}, \sigma_{ij})$ ：平均數為 μ_{ij} ，變異數為 σ_{ij} 的常態分配。

而且越到規劃後期需求分配的變異數越大， $\sigma_{i1} < \sigma_{i2} < \dots < \sigma_{iT}$.

3.3 模式構建

符號定義

已知：

α ：委外代工訂單容許修改幅度, $0 < \alpha < 1$

D_{ij} ：機台 i 在第 j 期的顧客需求, $i=1$ 表機台 A, $i=2$ 表機台 B, $i=3$ 表機台 C

$j=1, 2, \dots, T$ (小時)



n_i ：單位機台 i 每期所能負荷之運轉時數。 (小時/台)

C_i ：單位廠內機台 i 購置成本, $i=1$ 表機台 A, $i=2$ 表機台 B, $i=3$ 表機台 C

(元/小時)

C_{oi} ：單位外包機台 i 訂購成本, $i=1$ 表機台 A, $i=2$ 表機台 B, $i=3$ 表機台 C

(元/小時)

C_{opi} ：單位外包機台 i 追加成本, $i=1$ 表機台 A, $i=2$ 表機台 B, $i=3$ 表機台 C

(元/小時)

決策變數：

M_i ：機台 i 所需之數量, $i=1$ 表機台 A, $i=2$ 表機台 B, $i=3$ 表機台 C (台)

K_{ij} ：第 j 期向委外代工廠商租用機台 i 之時數, $i=1$ 表機台 A, $i=2$ 表機台 B, $i=3$

表機台 C, $j=1, 2, \dots, T$ 。 (小時)

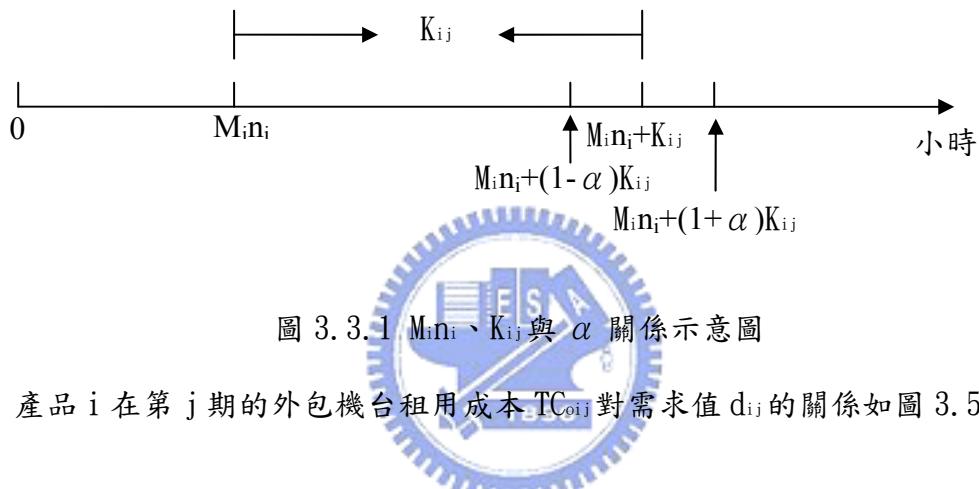
成本計算：

此同步產能規劃問題總成本可以分為兩個部分計算

— 廠內機台購置成本： TC_M

$$TC_M = \sum_{i=1}^3 C_i M_i$$

— 外包機台租用成本：受到需求值 D 的影響，以 $TC_{oi}(D)$ 表示。為說明需求對外包機台租用成本的影響，圖 3.4 將 $M_i n_i$ 、 K_{ij} 以及 α 三者之間的關係在數線上表示出來。



產品 i 在第 j 期的外包機台租用成本 TC_{oi} 對需求值 d_{ij} 的關係如圖 3.5 所示：

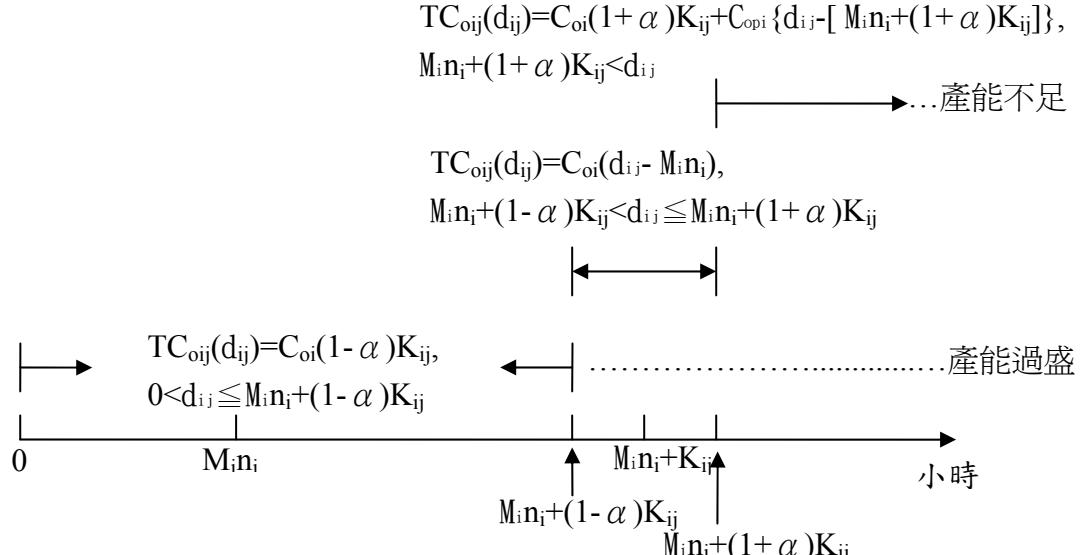


圖 3.3.2 外包機台租用成本與需求值關係圖

$$TC_{oi}(d_{ij}) = \begin{cases} C_{oi}(1-\alpha)K_{ij}, & 0 < d_{ij} \leq M_i n_i + (1-\alpha)K_{ij} \\ C_{oi}(d_{ij} - M_i n_i), & M_i n_i + (1-\alpha)K_{ij} < d_{ij} \leq M_i n_i + (1+\alpha)K_{ij} \\ C_{oi}(1+\alpha)K_{ij} + C_{opi} \{d_{ij} - [M_i n_i + (1+\alpha)K_{ij}]\}, & M_i n_i + (1+\alpha)K_{ij} < d_{ij} \end{cases}$$

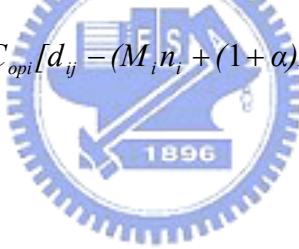
產品 i 在第 j 期的需求分配 pdf : $f(d_{ij}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_{ij}^2}} \exp\left[-\frac{(d_{ij} - \mu_{ij})^2}{2\sigma_{ij}^2}\right]$

$$\Rightarrow E[TC_o(D)] = \sum_{j=1}^T \sum_{i=1}^3 \int_0^{M_i n_i + (1-\alpha)K_{ij}} [C_{oi}(1-\alpha)K_{ij}] f(d_{ij}) dd_{ij} + \sum_{j=1}^T \sum_{i=1}^3 \int_{M_i n_i + (1-\alpha)K_{ij}}^{M_i n_i + (1+\alpha)K_{ij}} [C_{oi}(d_{ij} - M_i n_i)] f(d_{ij}) dd_{ij} \\ + \sum_{j=1}^T \sum_{i=1}^3 \int_{M_i n_i + (1+\alpha)K_{ij}}^{\infty} \{C_{oi}(1+\alpha)K_{ij} + C_{opi}[d_{ij} - (M_i n_i + (1+\alpha)K_{ij})]\} f(d_{ij}) dd_{ij}$$

同步產能規劃問題總成本受需求值影響，計算期望總成本以 E(TC) 表示：

$$E(TC) = TC_{oi} + E[TC_o(D)]$$

$$= \sum_{i=1}^3 C_i M_i + \sum_{j=1}^T \sum_{i=1}^3 \int_0^{M_i n_i + (1-\alpha)K_{ij}} [C_{oi}(1-\alpha)K_{ij}] f(d_{ij}) dd_{ij} + \sum_{j=1}^T \sum_{i=1}^3 \int_{M_i n_i + (1-\alpha)K_{ij}}^{M_i n_i + (1+\alpha)K_{ij}} [C_{oi}(d_{ij} - M_i n_i)] f(d_{ij}) dd_{ij} \\ + \sum_{j=1}^T \sum_{i=1}^3 \int_{M_i n_i + (1+\alpha)K_{ij}}^{\infty} \{C_{oi}(1+\alpha)K_{ij} + C_{opi}[d_{ij} - (M_i n_i + (1+\alpha)K_{ij})]\} f(d_{ij}) dd_{ij}$$



第四章 案例分析

4.1 案例構建

為說明本文第三章所構建之同步產能規劃模式，本章節以假設的生產環境進行三期同步產能規劃，並分單一產品以及多產品兩種案例進行模式說明。探討外包相關成本相對於廠內機台購置成本之比值、顧客需求平均與變異對最佳廠內機台購置量、最佳外包機台租用時數以及總成本的影響。藉由本章節後述之分析，歸納若干觀察以供決策者參考。

首先，在各案例中，本研究使用 MATHEMATICA 數學軟體，利用數值方法求解 3.3 節構建的同步產能規劃模式。隨之，進行參數的敏感度分析。

4.2 基本輸入資料

本研究探討範圍涵蓋訂單式製造廠商供應鏈之三階層（圖 4.2.1），系統相關之各項基本資料設定如下：

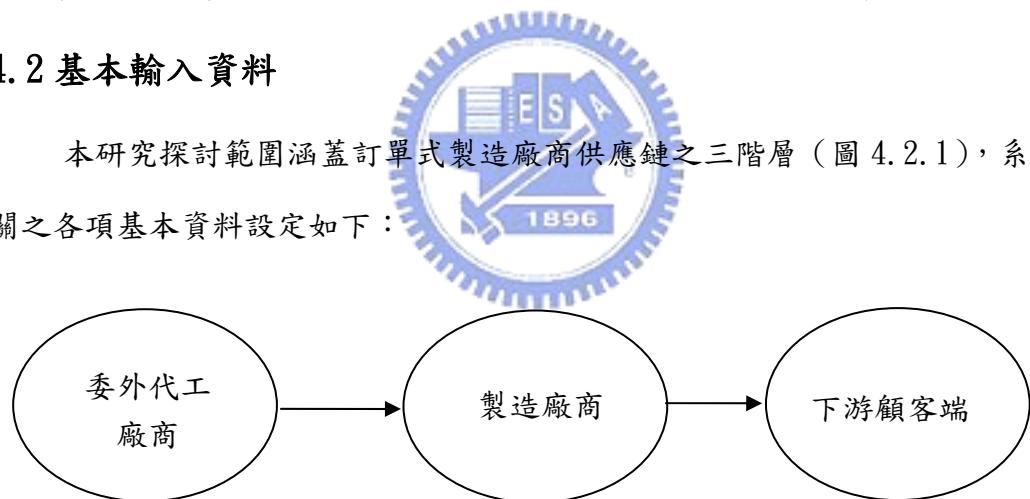


圖 4.2.1 訂單式製造廠商供應鏈

1. 下游顧客端基本資料

本研究假設顧客對產品的實際需求為已知常態分配，並且在模式構建前將顧客對產品的需求轉換為對機台的需求。

2. 製造廠商基本資料

(1) 不論機台種類，假設單位機台每期所能負荷之運轉時數
 $=8$ (小時/天) $\times 7$ (天/星期) $=56$ (小時/台)

(2) 單位廠內機台購置成本：為方便案例分析，將各案例廠內機台購置成本假設為 1，其他相關成本皆以與廠內機台購置成本的比值表示。

3. 委外代工商基本資料

- (1) 假設委外代工商容許訂單修改幅度為百分之二十，即 $\alpha = 0.2$ ；
- (2) 單位外包機台 i 訂購成本：以與單位廠內機台 i 購置成本相較之比值表示。
- (3) 單位外包機台 i 追加成本：以與單位廠內機台 i 購置成本相較之比值表示。

4.3 單一產品三期模式求算結果與分析

4.3.1 不同單位外包機台訂購成本之求算結果與參數分析

已知：

1. 假設下游顧客端未來三期不確定需求分配為常態分配，分別為 D_{11} 、 D_{12} 、 D_{13} 。

$D_{11} \sim N(700, 150^2)$ ； $D_{12} \sim N(1200, 180^2)$ ； $D_{13} \sim N(1000, 200^2)$ 。

2. 製造廠商基本資料：

單位機台每期所能負荷之運轉時數 $n_1 = 56$ ；

單位廠內機台 A 購置成本， $C_1 = 1$ 。

3. 委外代工商基本資料：

假設委外代工訂單容許修改幅度為百分之二十，即 $\alpha = 0.2$ ；

機台 A 單位外包機台追加成本， $C_{op1} = 3$ 。

本小節將不同單位外包機台訂購成本 $C_{op1} = 1.2, 1.5, 1.7$ 及 2 對最佳廠內機台購置量、最佳外包機台租用時數及各項成本之影響作一簡單的分析，分述如下：

(一) 求算結果：

表 4.3.1.1 列出不同單位外包機台訂購成本下，最佳廠內機台購置量以及各期最佳外包機台租用時數。將最佳廠內機台購置量換算為小時，與各期最佳外包機台租用時數相加，算出每期的預備產能水準，並繪製成圖 4.3.1.1。

表 4.3.1.1 不同單位外包機台訂購成本之求算結果

	$C_{ol}=1.2$	$C_{ol}=1.5$	$C_{ol}=1.7$	$C_{ol}=2$
最佳廠內機台購置量 (台)				
m_1 (機台數)	12	15	17	19
最佳廠內機台購置量 (小時)				
$56m_1$ (機台數 \times 56)	672	840	952	1064
最佳外包機台租用時數 (小時)				
k_{11} (第一期)	96.447	0	0	0
k_{12} (第二期)	586.105	393.287	260.461	106.429
k_{13} (第三期)	403.415	203.445	64.343	0
預備產能水準 (小時)				
$56m_1+k_{11}$ (第一期)	768.447	840	952	1064
$56m_1+k_{12}$ (第二期)	1258.105	1233.287	1212.461	1170.429
$56m_1+k_{13}$ (第三期)	1075.415	1043.445	1016.343	1064

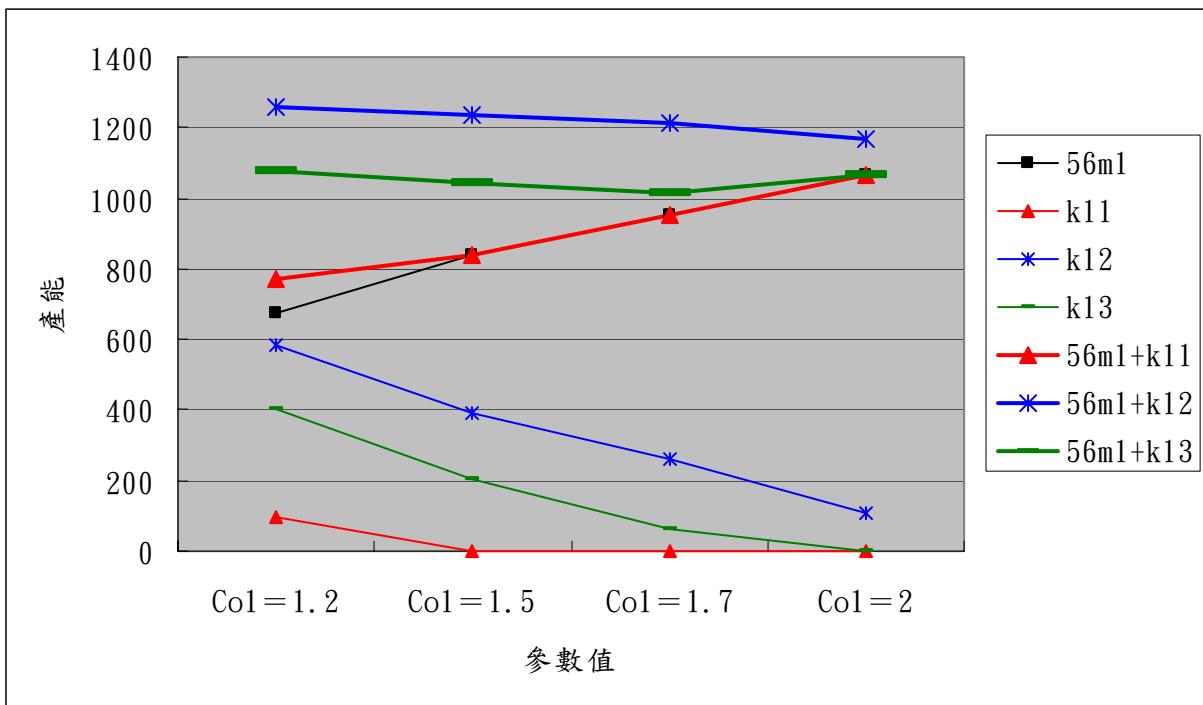


圖 4.3.1.1 單位外包機台訂購成本之參數分析圖

由以上的結果顯示，最佳廠內機台購置量會隨著單位外包機台訂購成本增加而快速增加；最佳外包機台租用時數則隨之遞減。

隨著單位外包機台訂購成本增加，各期預備產能水準對需求的變動的敏感度隨之減少，主要成因為各期預備產能水準大量依賴廠內機台，三期的預備產能因而固定。

(二) 成本解構：

表 4.3.1.2 列出不同單位外包機台訂購成本下之總成本，進一步將總成本解構，計算廠內機台購置成本及外包機台訂購成本，將其加總求算內外機台總成本。另外，針對內外機台閒置及外包機台追加成本求算期望值，並繪製成圖 4.3.1.2。

表 4.3.1.2 不同單位外包機台訂購成本對各項成本之影響

	$C_{ol}=1.2$	$C_{ol}=1.5$	$C_{ol}=1.7$	$C_{ol}=2$
廠內機台購置成本	2016	2520	2586	3192
外包機台訂購成本	1303.16	895.098	552.167	212.858
內外機台總成本	3319.16	3415.098	3408.167	3404.858
內外機台閒置成本	253.051	430.098	552.412	1058.88
外包機台追加成本	199.679	264.417	337.969	384.731
總成本	3449.66	3652.31	3740.96	3795.13

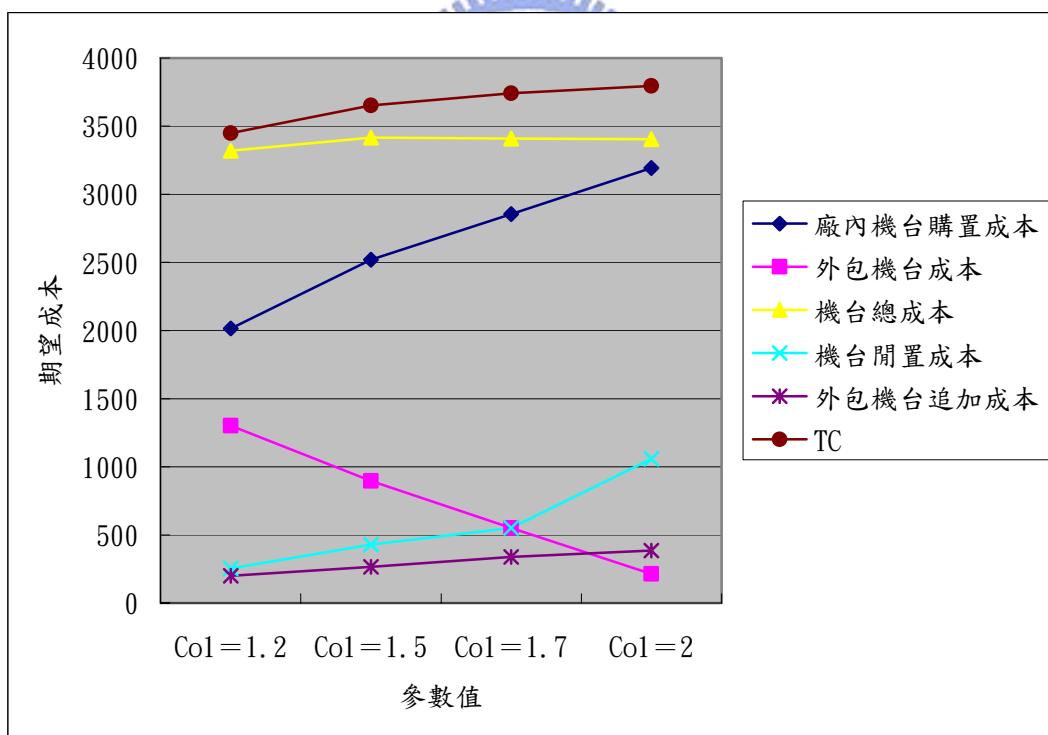


圖 4.3.1.2 單位外包機台訂購成本之成本分析圖

由以上的結果顯示，總成本隨單位外包機台訂購成本增加而遞增。由於廠內機台購置量隨單位外包機台訂購成本增加而遞增，因此廠內機台購置成本及內外機台閒置成本皆隨之遞增；外包機台訂購成本則隨之遞減。

當單位外包機台訂購成本超過某一水準時，內外機台總成本會下降，其成因為製造廠商傾向降低預備產能水準，而由外包機台追加量來滿足客戶需求，因此外包機台追加成本隨之遞增。

(三) 標準化預備產能：

表 4.3.1.3 將案例中各期預備產能水準對其常態分配需求標準化，並繪製圖 4.3.1.3。

表 4.3.1.3 預備產能標準化

	$C_{ol}=1.2$	$C_{ol}=1.5$	$C_{ol}=1.7$	$C_{ol}=2$
第一期	0.456	0.933	1.307	2.427
第二期	0.323	0.185	0.069	-0.164
第三期	0.377	0.217	0.082	0.32

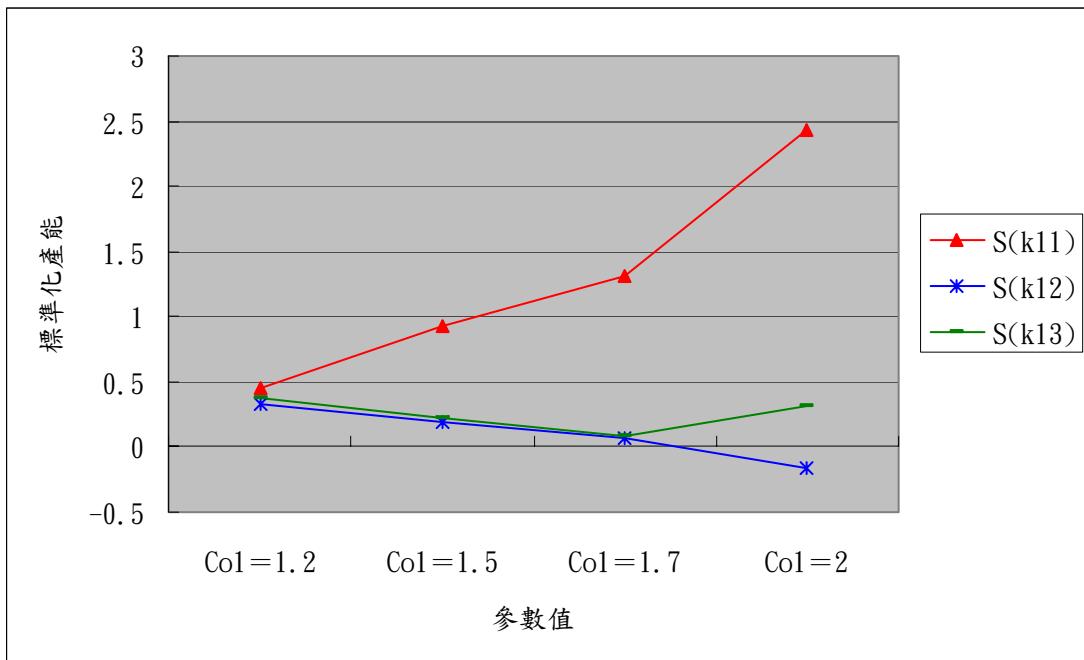


圖 4.3.1.3 預備產能標準化圖

由於單位外包機台訂購成本的提高，本案例趨向於利用廠內機台來滿足顧客需求，因三期預備產能水準相近，因此造成較高需求的期別，由外包機台追加量來滿足客戶需求；反之，較低需求的期別，有較大的機台閒置成本。

4.3.2 不同單位外包機台追加成本之求算結果與參數分析

已知：

1. 假設下游顧客端未來三期不確定需求分配為常態分配，分別為 D_{11} 、 D_{12} 、 D_{13} 。

$D_{11} \sim N(700, 150^2)$ ； $D_{12} \sim N(1200, 180^2)$ ； $D_{13} \sim N(1000, 200^2)$ 。

2. 製造廠商基本資料：

單位機台每期所能負荷之運轉時數 $n_1 = 56$ ；

單位廠內機台 A 購置成本， $C_1 = 1$ 。

3. 委外代工商基本資料：

假設委外代工訂單容許修改幅度為百分之二十，即 $\alpha = 0.2$ ；

機台 A 單位外包機台訂購成本， $C_{op1} = 1.2$ 。

本小節將不同單位外包機台追加成本 $C_{op1} = 1.5, 2, 2.5$ 及 3 對最佳廠內機台購置量、最佳外包機台租用時數及各項成本之影響作一簡單的分析，分述如下：

(一) 求算結果：

表 4.3.2.1 列出不同單位外包機台追加成本下，最佳廠內機台購置量以及各期最佳外包機台租用時數。將最佳廠內機台購置量換算為小時，與各期最佳外包機台租用時數相加，算出每期的預備產能水準，並繪製成圖 4.3.2.1。

表 4.3.2.1 不同單位外包機台追加成本之求算結果

	$C_{op1} = 1.5$	$C_{op1} = 2$	$C_{op1} = 2.5$	$C_{op1} = 3$
最佳廠內機台購置量 (台)				
m1 (機台數)	12	13	13	12
最佳廠內機台購置量 (小時)				
56m1 (機台數×56)	672	728	728	672
最佳外包機台租用時數 (小時)				
k11 (第一期)	0	0	16.664	96.447
k12 (第二期)	451.031	472	508.712	586.105
k13 (第三期)	225.306	272	319.89	403.415
預備產能水準 (小時)				
56m1+k11 (第一期)	672	728	744.664	768.447
56m1+k12 (第二期)	1123.031	1200	1236.712	1258.105
56m1+k13 (第三期)	897.306	1000	1047.89	1075.415

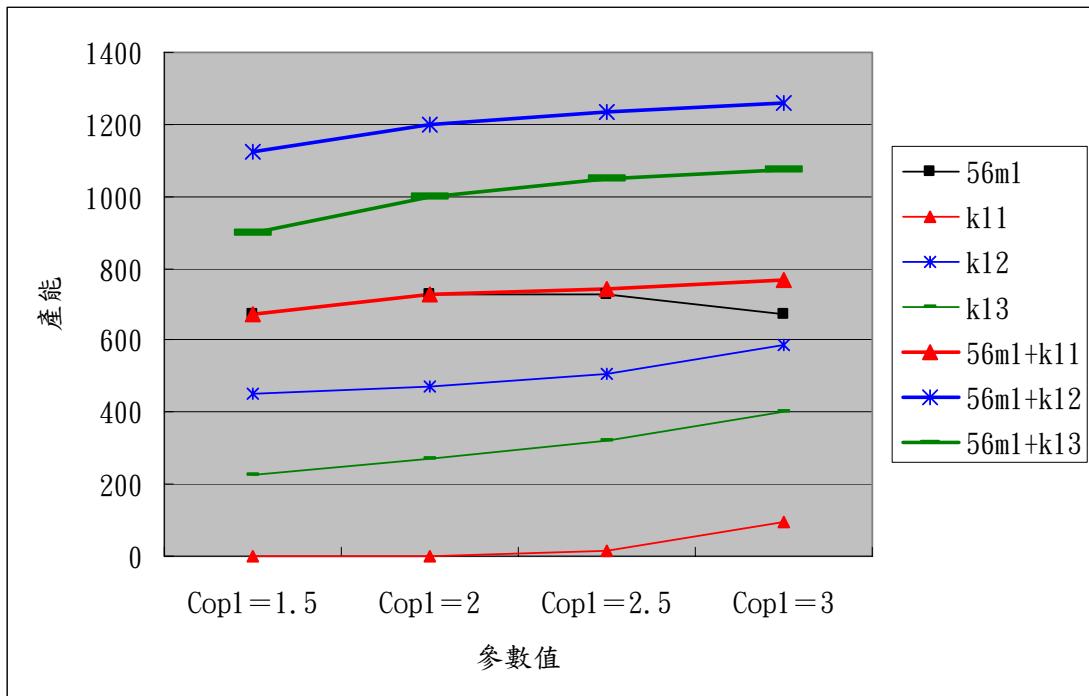


圖 4.3.2.1 單位外包機台追加成本之參數分析圖

由以上的結果顯示，隨著單位外包機台追加成本增加，最佳外包機台租用時數會隨之遞增，但最佳廠內機台購置量卻有先隨之遞增 ($C_{op1} = 1.5 \sim C_{op1} = 2.5$) 又隨之遞減 ($C_{op1} = 2.5 \sim C_{op1} = 3$) 的現象，此現象我將第二點分析作更詳盡的分析。

為減少外包機台追加量以降低成本，預備產能水準會隨著單位外包機台追加成本的增加而遞增，而且對三期的需求保持一定的敏感度。

(二) 最佳廠內機台購置量趨勢分析：

表 4.3.2.2 更詳盡的列出 $C_{op1}=3$ 附近的求算結果，並繪製成圖 4.3.2.2 以利分析。

表 4.3.2.2 最佳廠內機台購置量趨勢分析

	$C_{op1}=2.5$	$C_{op1}=2.8$	$C_{op1}=2.9$	$C_{op1}=3$	$C_{op1}=3.1$	$C_{op1}=3.2$	$C_{op1}=3.3$	$C_{op1}=3.4$
最佳廠內機台購置量 (台)								
$m1$ (機台數)	13	13	12	12	12	12	11	11
最佳廠內機台購置量 (小時)								
$56m1$ (機台數 $\times 56$)	728	728	672	672	672	672	616	616
最佳外包機台租用時數 (小時)								
$k11$ (第一期)	16.664	34.377	91.97	96.447	100.636	104.571	160.413	163.778
$k12$ (第二期)	508.712	523.824	582.166	586.105	589.81	593.305	650.259	653.301
$k13$ (第三期)	319.89	339.353	398.369	403.415	408.151	412.613	469.846	473.723
預備產能水準 (小時)								
$56m1+k11$ (第一期)	744.664	762.377	763.397	768.447	772.636	776.571	776.413	779.778
$56m1+k12$ (第二期)	1236.712	1251.824	1254.166	1258.105	1261.81	1265.305	1266.259	1269.301
$56m1+k13$ (第三期)	1047.89	1067.353	1070.369	1075.415	1080.151	1084.613	1085.846	1089.723

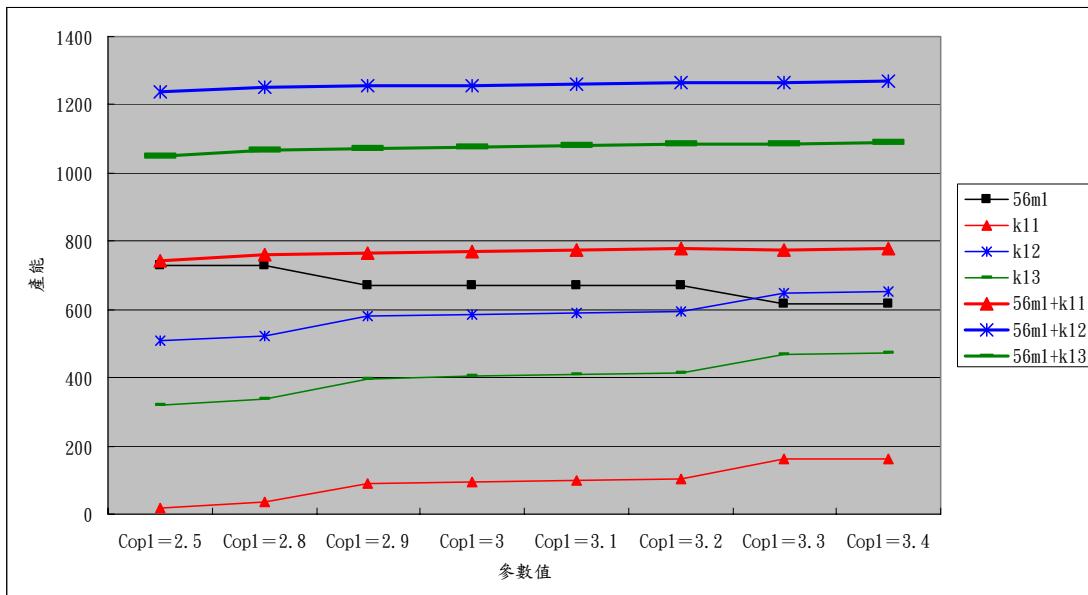


圖 4.3.2.2 最佳廠內機台購置量趨勢分析圖

由以上的結果顯示，當 C_{op1} 大於 2.5，隨著單位外包機台追加成本的增加，

最佳外包機台租用時數隨之遞增，但最佳廠內機台購置量卻隨之遞減。可能的成因在於，委外代工訂單有百分之二十的容忍修改幅度 ($\alpha = 0.2$)，因此最佳外包機台租用時數具有調整的彈性，可因應需求變異所帶來的部分影響，最佳廠內機台購置量則不具有此種特性。

(三) 成本解構：

表 4.3.2.3 列出不同單位外包機台追加成本下之總成本，進一步將總成本解構，計算廠內機台購置成本及外包機台訂購成本，將其加總求算內外機台總成本。另外，針對內外機台閒置及外包機台追加成本求算期望值，並繪製成圖 4.3.2.3。

表 4.3.2.3 不同單位外包機台追加成本對各項成本之影響

	$C_{op1} = 1.5$	$C_{op1} = 2$	$C_{op1} = 2.5$	$C_{op1} = 3$
廠內機台購置成本	2016	2184	2184	2016
外包機台訂購成本	811.604	892.8	1014.319	1303.16
內外機台總成本	2827.604	3076.8	3198.319	3319.16
內外機台閒置成本	108.924	197.599	238.435	253.051
外包機台追加成本	378.241	273.335	244.345	199.679
總成本	3261.37	3350.13	3408.7	3449.66

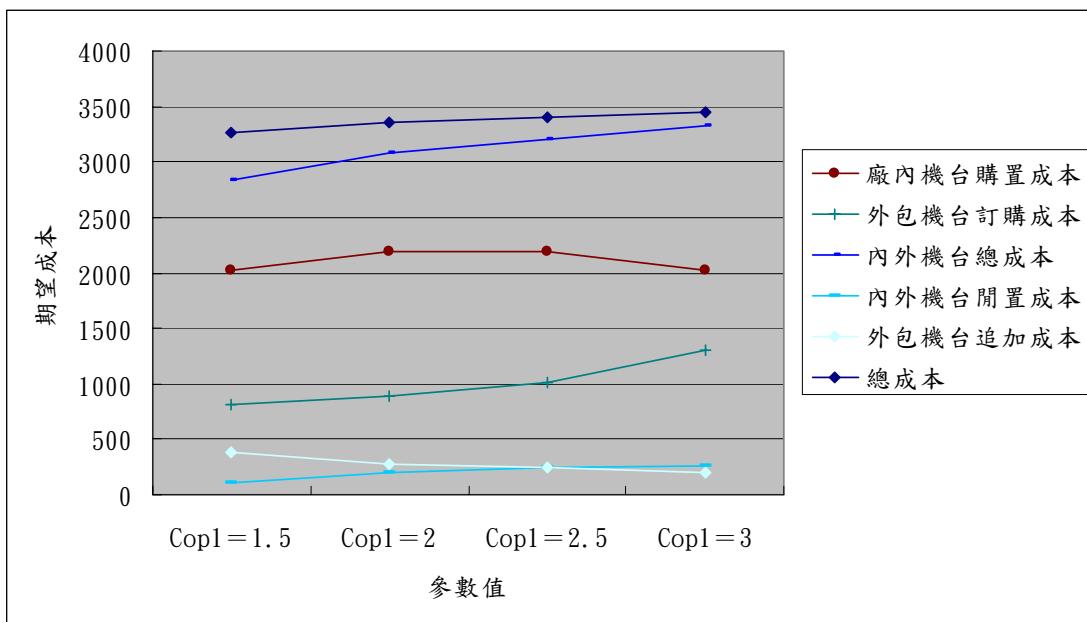


圖 4.3.2.3 單位外包機台追加成本之成本分析圖

由以上的結果顯示，隨著單位外包機台追加成本增加，總成本隨之遞增，廠內機台購置成本受最佳廠內機台購置量趨勢影響，先隨之遞增而後遞減。

為降低外包機台追加成本，外包機台訂購成本、內外機台總成本及內外機台閒置成本皆隨單位外包機台追加成本增加而遞增。

(四) 標準化預備產能：

表 4.3.2.4 將案例中各期預備產能水準對其常態分配需求標準化，並繪製圖 4.3.2.4。

表 4.3.2.4 預備產能標準化

	$C_{op1} = 1.5$	$C_{op1} = 2$	$C_{op1} = 2.5$	$C_{op1} = 3$
第一期	-0.187	0.187	0.3	0.456
第二期	-0.428	0	0.204	0.323
第三期	-0.513	0	0.239	0.377

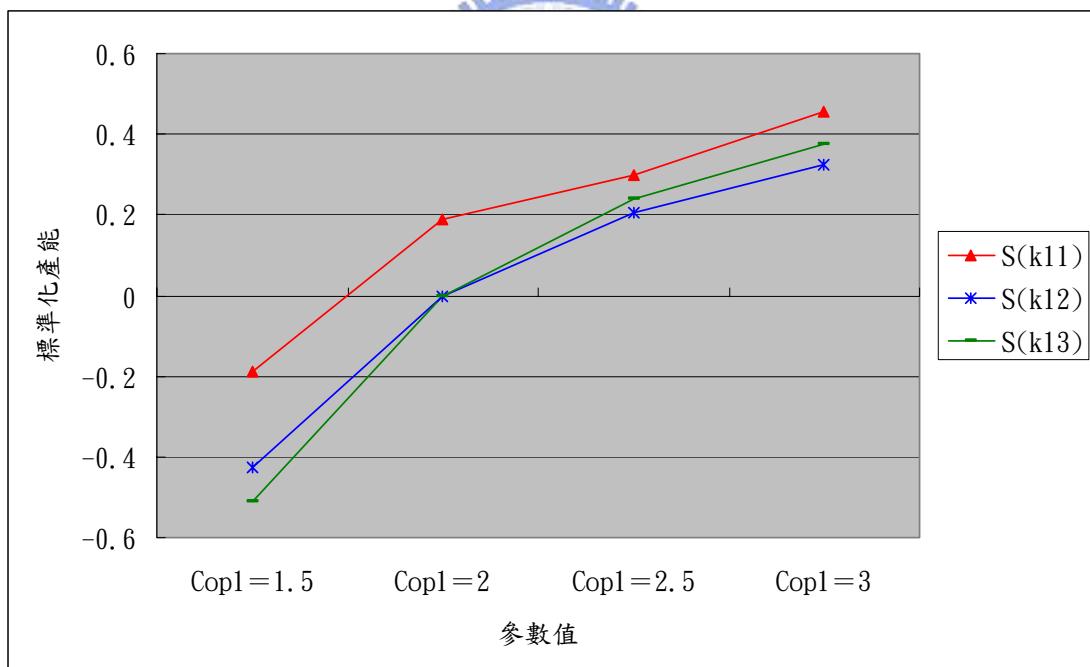


圖 4.3.2.4 預備產能標準化圖

由於單位外包機台追加成本的提高，本案例趨向於利用廠內機台購置量及外包機台租用時數來滿足顧客需求，盡量避免外包機台追加。因此預備產能水準隨著單位外包機台追加成本的增加，越來越能滿足顧客需求，且趨向一固定水準。

4.3.3 單位外包機台訂購成本與委外代工容許修改幅度對總成本影響分析

已知：

1. 假設下游顧客端未來三期不確定需求分配為常態分配，分別為 D_{11} 、 D_{12} 、 D_{13} 。

$D_{11} \sim N(700, 150^2)$ ； $D_{12} \sim N(1200, 180^2)$ ； $D_{13} \sim N(1000, 200^2)$ 。

2. 製造廠商基本資料：

單位機台每期所能負荷之運轉時數 $n_1 = 56$ ；

單位廠內機台 A 購置成本， $C_1 = 1$ 。

3. 委外代工商基本資料：

機台 A 單位外包機台追加成本， $C_{op1} = 3$ 。

表 4.3.3.1 在列出不同單位外包機台訂購成本與委外代工容許修改幅度組合下之最小產能購置期望總成本，並繪製成圖 4.3.3.1。

表 4.3.3.1 單位外包機台訂購成本與委外代工容許修改幅度對總成本之影響

	Co=1.2	Co=1.3	Co=1.4	Co=1.5	Co=1.6	Co=1.7	Co=1.8	Co=1.9	Co=2.0
$\alpha=0.2$	<u>3449.66</u>	3525.88	3593.56	3652.31	3702.34	3740.96	3763.18	3781.81	3795.13
$\alpha=0.25$	3402.52	3490.91	3561.72	3620.88	3675.92	3721.05	3751.15	3770.68	3787.94
$\alpha=0.3$	3359.79	<u>3459.61</u>	3530.2	3591.73	3649.81	3696.89	3735.18	3759.51	3778.71
$\alpha=0.35$	3323.91	<u>3429.46</u>	3502.01	3564.9	3623.2	3673.49	3716.7	3747.86	3768.31
	Co=2.1	Co=2.2	Co=2.3	Co=2.4	Co=2.5	Co=2.6	Co=2.7	Co=2.8	Co=2.9
$\alpha=0.2$	3805.29	3813.8	3817.91	3817.91	3817.91	3817.91	3817.91	3817.91	3817.91
$\alpha=0.25$	3799.26	3809.04	3817.04	3817.91	3817.91	3817.91	3817.91	3817.91	3817.91
$\alpha=0.3$	3792.61	3803.59	3812.91	3817.18	3817.91	3817.91	3817.91	3817.91	3817.91
$\alpha=0.35$	3785.44	3797.5	3808.06	3816.8	3817.91	3817.91	3817.91	3817.91	3817.91

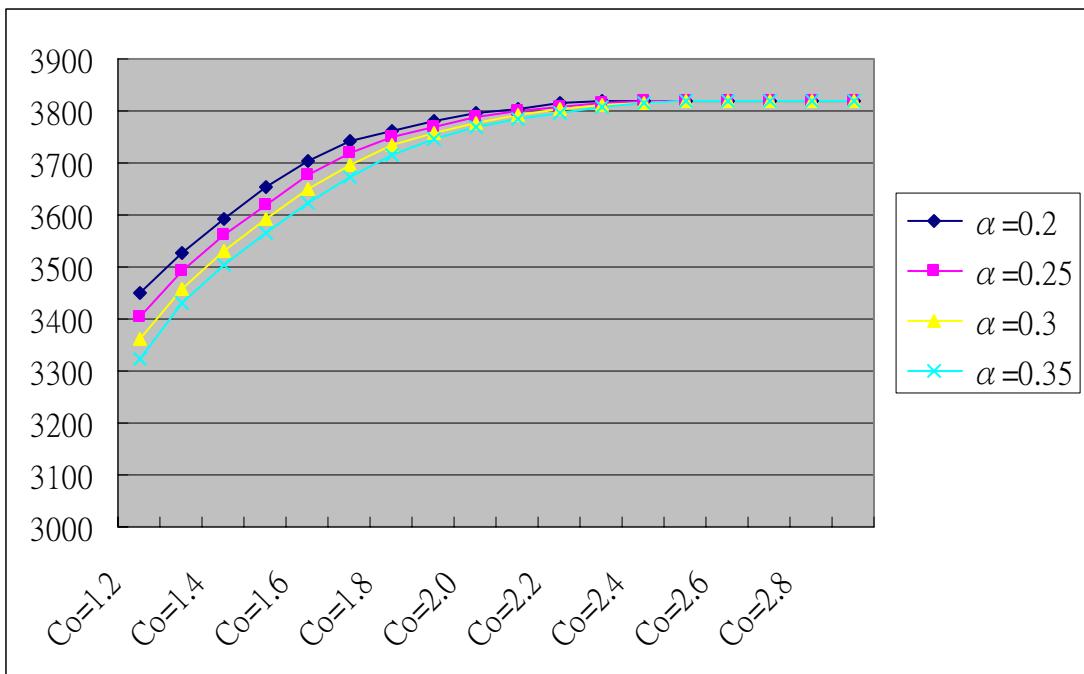


圖 4.3.3.1 單位外包機台訂購成本與委外代工容許修改幅度對總成本分析圖

由以上的結果顯示，最小產能購置期望總成本隨單位外包機台訂購成本增加而遞增，隨委外代工容許修改幅度增加而遞減，因此單位外包機台訂購成本與委外代工容許修改幅度兩者間存在一種交換（trade-off）關係。

例如：當單位外包機台訂購成本 $Co=1.2$ ，委外代工容許修改幅度 $\alpha=0.2$ 時之最小產能購置期望總成本為 3449.66，對此最小產能購置期望總成本，決策者可以選擇付出較高的單位外包機台訂購成本 $Co=1.3$ ，以換取較高的委外代工容許修改幅度 $\alpha=0.316$ （此值利用 $Co=1.3$ ， $\alpha=0.3$ 時 $TC=3459.61$ 與 $Co=1.3$ ， $\alpha=0.35$ 時 $TC=3429.46$ 內差求算）。對相同的產能購置期望總成本而言，決策者可依個別需求選擇較低的單位外包機台訂購成本或較高的委外代工容許修改幅度。

而且，最小產能購置期望總成本隨單位外包機台訂購成本增加會收斂到一固定值 3817.91，可能成因為製造廠商傾向於利用廠內機台作為預備產能水準，利用外包訂單追加滿足額外顧客需求，因此單位外包訂購成本的變動以無法對其產生影響。

4.3.4 不同需求平均之求算結果與參數分析

已知：

1. 假設下游顧客端未來三期不確定需求分配為常態分配，各期變異數分別為 σ_{11} 、

$$\sigma_{12} \text{、 } \sigma_{13} \text{。 } \sigma_{11} = 150 ; \sigma_{12} = 180 ; \sigma_{13} = 200 .$$

2. 製造廠商基本資料：

單位機台每期所能負荷之運轉時數 $n_1 = 56$ ；

單位廠內機台 A 購置成本， $C_1 = 1$ 。

3. 委外代工商基本資料：

假設委外代工訂單容許修改幅度為百分之二十，即 $\alpha = 0.2$ ；

機台 A 單位外包機台訂購成本， $C_{ol} = 1.2$ ；

機台 A 單位外包機台追加成本， $C_{opl} = 1.5$ 。

本小節將不同需求平均對最佳廠內機台購置量、最佳外包機台租用時數及各項成本之影響作一簡單的分析，分述如下：

表 4.3.4.1 列出不同需求平均下，最佳廠內機台購置量、各期最佳外包機台租用時數及總成本。將最佳廠內機台購置量換算為小時，與各期最佳外包機台租用時數相加，算出每期的預備產能水準，並繪製成圖 4.3.4.1 及圖 4.3.4.2。

表 4.3.4.1 不同需求平均之求算結果

$C=1$	$D_{11} \sim N(500, 150^2)$	$D_{11} \sim N(600, 150^2)$	$D_{11} \sim N(700, 150^2)$	$D_{11} \sim N(700, 150^2)$
$C_{ol}=1.2$	$D_{12} \sim N(1000, 180^2)$	$D_{12} \sim N(1200, 180^2)$	$D_{12} \sim N(1400, 180^2)$	$D_{12} \sim N(1000, 180^2)$
$C_{opl}=1.5$	$D_{13} \sim N(1500, 200^2)$	$D_{13} \sim N(1800, 200^2)$	$D_{13} \sim N(2100, 200^2)$	$D_{13} \sim N(1200, 200^2)$
最佳廠內機台購置量 (台)				
m_1 (機台數)	9	11	13	12
最佳廠內機台購置量 (小時)				
$56m_1$ (機台數 $\times 56$)	504	616	728	672
最佳外包機台租用時數 (小時)				
k_{11} (第一期)	0	0	0	0
k_{12} (第二期)	417.172	510.11	602.544	238.05
k_{13} (第三期)	929.327	1123.7	1317.07	439.025

預備產能水準 (小時)				
56m1+k11 (第一期)	504	616	728	672
56m1+k12 (第二期)	921.172	1126.11	1330.544	910.05
56m1+k13 (第三期)	1433.327	1739.7	2045.07	1111.025
總成本 (元)				
	3453.7	4099.5	4748.34	3260.59

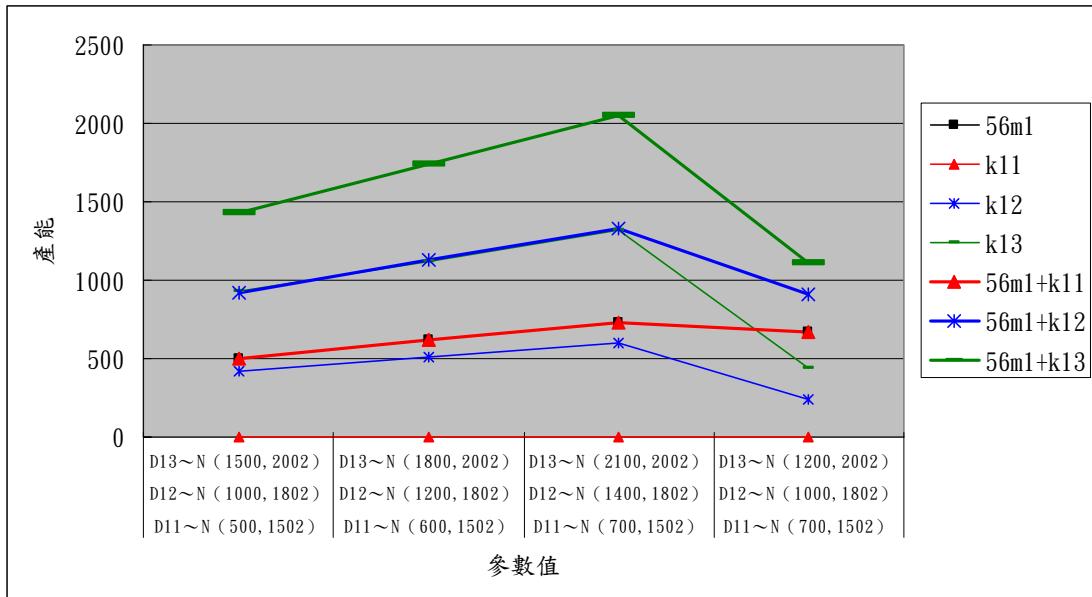


圖 4.3.4.1 需求平均之參數分析圖

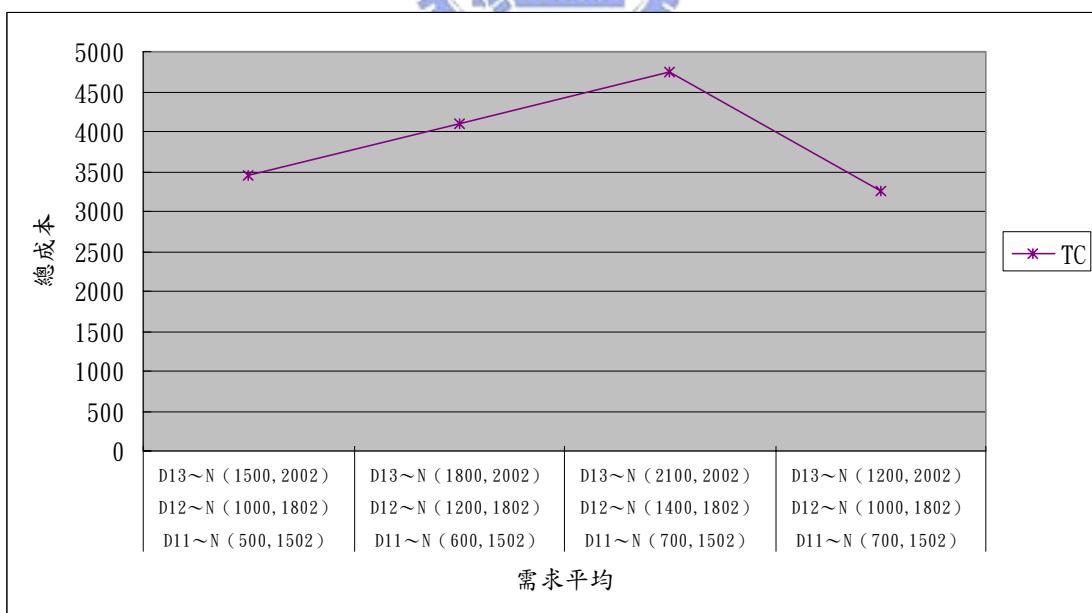


圖 4.3.4.2 需求平均之總成本圖

由以上的結果顯示，最佳廠內機台購置量、最佳外包機台租用時數、預備產能水準及總成本都對需求平均有良好的敏感度。

最佳廠內機台購置量受到規劃期間最低需求平均值的影響最大，但也受其他期間需求平均的影響。

4.3.5 不同需求變異之求算結果與參數分析

已知：

1. 假設下游顧客端未來三期不確定需求分配為常態分配，各期平均數分別為

$$\mu_{11} = 700, \mu_{12} = 1200, \mu_{13} = 1000。$$

2. 製造廠商基本資料：

單位機台每期所能負荷之運轉時數 $n_1 = 56$ ；

單位廠內機台 A 購置成本， $C_1 = 1$ 。

3. 委外代工商基本資料：

假設委外代工訂單容許修改幅度為百分之二十，即 $\alpha = 0.2$ ；

機台 A 單位外包機台訂購成本， $C_{ol} = 1.2$ ；

機台 A 單位外包機台追加成本， $C_{opl} = 1.5$ 。

本小節將不同需求變異對最佳廠內機台購置量、最佳外包機台租用時數及各項成本之影響作一簡單的分析，分述如下：

表 4.3.5.1 列出不同需求變異下，最佳廠內機台購置量、各期最佳外包機台租用時數及總成本。將最佳廠內機台購置量換算為小時，與各期最佳外包機台租用時數相加，算出每期的預備產能水準，並繪製成圖 4.3.5.1 及圖 4.3.5.2。

表 4.3.5.1 不同需求變異之求算結果

	$D_{11} \sim N(700, 50^2)$	$D_{11} \sim N(700, 100^2)$	$D_{11} \sim N(700, 150^2)$	$D_{11} \sim N(700, 150^2)$
	$D_{12} \sim N(1200, 100^2)$	$D_{12} \sim N(1200, 150^2)$	$D_{12} \sim N(1200, 200^2)$	$D_{12} \sim N(1200, 180^2)$
	$D_{13} \sim N(1000, 150^2)$	$D_{13} \sim N(1000, 200^2)$	$D_{13} \sim N(1000, 250^2)$	$D_{13} \sim N(1000, 200^2)$
最佳廠內機台購置量 (台)				
m_1 (機台數)	13	12	12	12
最佳廠內機台購置量 (小時)				
$56m_1$ (機台數 $\times 56$)	728	672	672	672
最佳外包機台租用時數 (小時)				
k_{11} (第一期)	0	0	0	0

k12 (第二期)	495.744	468.556	439.025	451.031
k13 (第三期)	256.905	225.306	193.096	225.306
預備產能水準 (小時)				
56m1+k11(第一期)	728	672	672	672
56m1+k12(第二期)	1223.744	1140.556	1111.025	1123.031
56m1+k13(第三期)	984.905	897.306	865.096	897.306
總成本 (元)				
	3149.31	3219.72	3294.3	3261.37

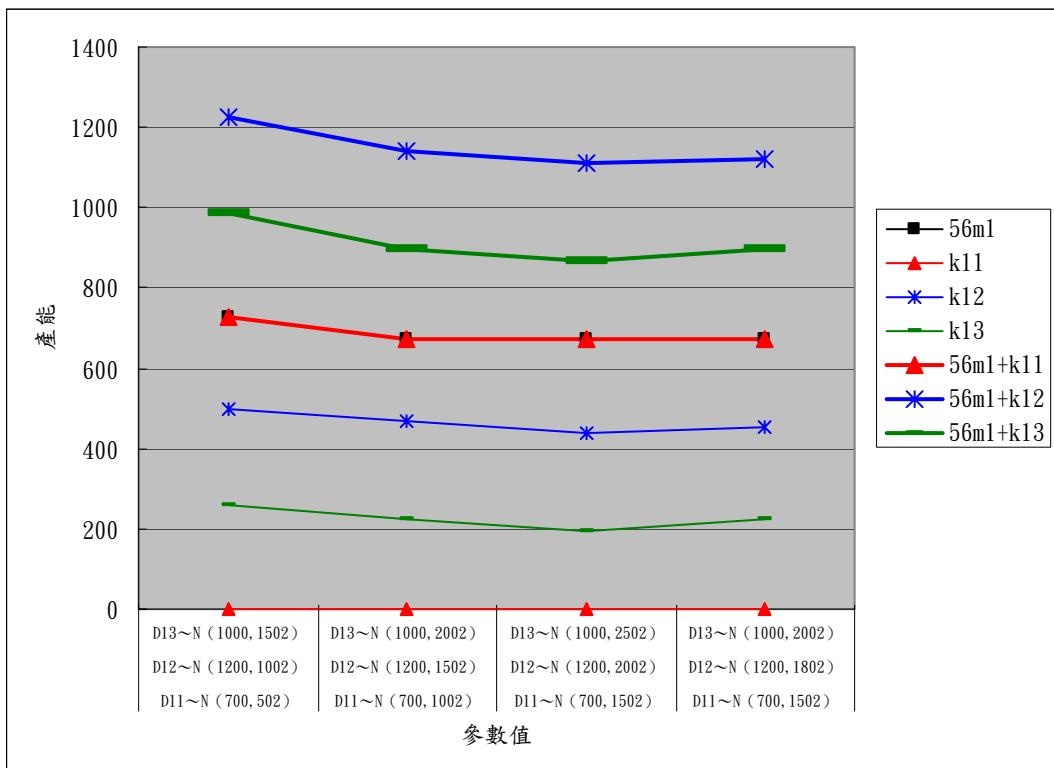


圖 4.3.5.1 需求變異之參數分析圖

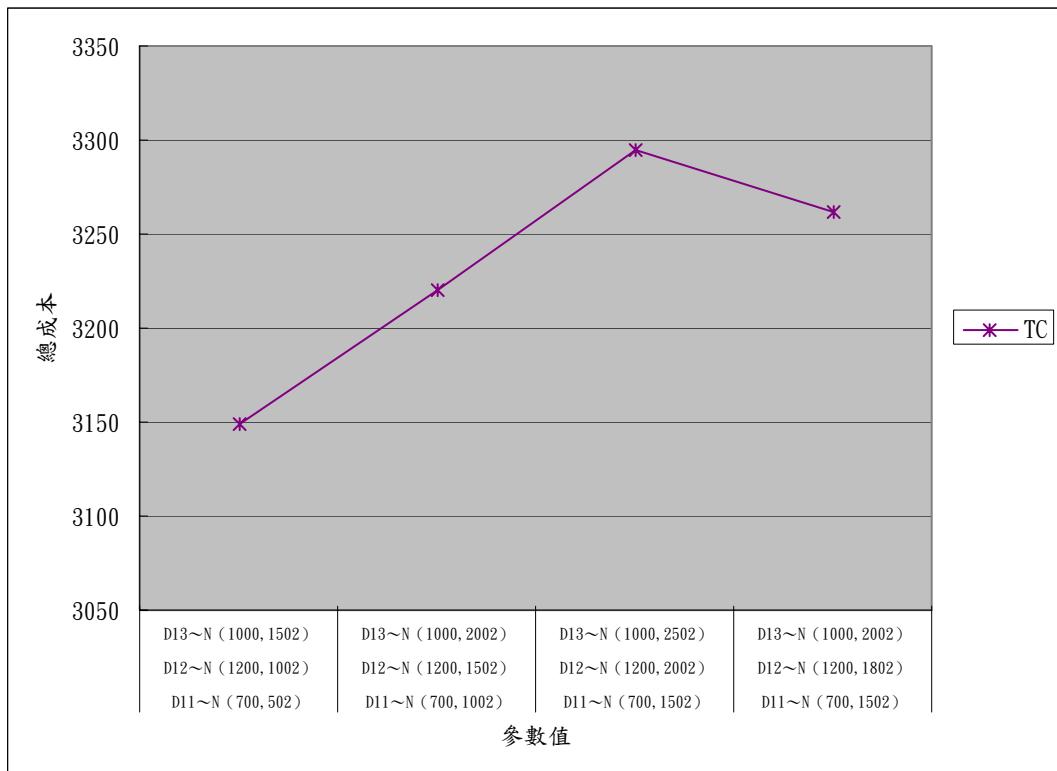


圖 4.3.5.2 需求變異之總成本圖

由以上的結果顯示，最佳廠內機台購置量、最佳外包機台租用時數及預備產能水準隨著需求變異增加而減少。也就是說，在需求變異小的時候，決策者可以比較大膽的做決策，讓產能水準隨著需求波動；相對的，在需求變異大的時候，決策者應該做比較保守的決策。

總成本隨著需求變異增加而增加。

4.4 多產品三期模式求算結果與分析

4.4.1 不同單位外包機台訂購成本之求算結果與參數分析

已知：

1. 假設下游顧客端未來三期不確定需求分配為常態分配：

特定機台 A 產品三期需求分別為 D_{11} 、 D_{12} 、 D_{13}

$D_{11} \sim N(700, 150^2)$ ； $D_{12} \sim N(1200, 180^2)$ ； $D_{13} \sim N(1000, 200^2)$ 。

特定機台 B 產品三期需求分別為 D_{21} 、 D_{22} 、 D_{23}

$D_{21} \sim N(600, 150^2)$ ； $D_{22} \sim N(1500, 180^2)$ ； $D_{23} \sim N(1800, 200^2)$ 。

共用機台 C 產品三期需求分別為 D_{31} 、 D_{32} 、 D_{33}

$D_{31} \sim N(1300, 212^2)$ ； $D_{32} \sim N(2700, 255^2)$ ； $D_{33} \sim N(2800, 283^2)$ 。

2. 製造廠商基本資料：

單位特定機台 A 每期所能負荷之運轉時數 $n_1 = 56$ ；

單位特定機台 B 每期所能負荷之運轉時數 $n_2 = 56$ ；

單位共用機台 C 每期所能負荷之運轉時數 $n_3 = 56$ ；

單位特定機台 A 購置成本， $C_1 = 1$ ；

單位特定機台 B 購置成本， $C_2 = 1$ ；

單位共用機台 C 購置成本， $C_3 = 1$ 。

3. 委外代工商基本資料：

假設委外代工訂單容許修改幅度為百分之二十，即 $\alpha = 0.2$ ；

特定機台 A 單位外包機台追加成本， $C_{op1} = 3$ ；

特定機台 B 單位外包機台追加成本， $C_{op2} = 3$ ；

共用機台 C 單位外包機台追加成本， $C_{op3} = 3$ 。

本小節將不同單位外包機台訂購成本對個別機台的最佳廠內機台購置量、最佳外包機台租用時數及各項成本之影響作一簡單的分析，分述如下：

(一) 成本分析：

表 4.4.1.1 列出不同單位外包機台訂購成本下之最小總成本以及個別機台最小成本，並繪製成圖 4.4.1.1。

表 4.4.1.1 不同單位外包機台訂購成本對總成本及個別機台成本之影響

	$C_o = 1.2$	$C_o = 1.5$	$C_o = 1.7$	$C_o = 2$	$C_o = 2.5$
TC	15677	17180.9	17733.8	18170.4	18217.5
TC ₁	3449.66	3652.31	3707.89	3795.13	3810.19
TC ₂	4537.52	5084.06	5294.27	5470.28	5502.33
TC ₃	7689.77	8444.52	8731.61	8904.98	8905.03

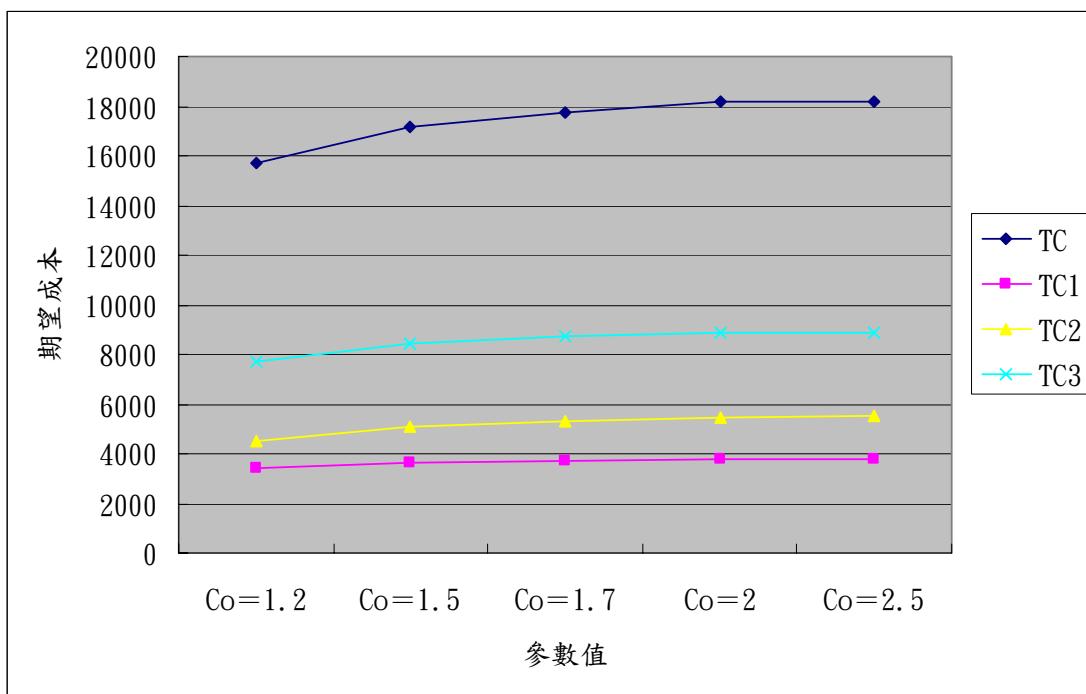


圖 4.4.1.1 單位外包機台訂購成本對總成本及個別機台成本之分析圖

由以上的結果顯示，各項成本隨著單位外包機台訂購成本增加而遞增，而且需求越多之機台所花費的成本越高。

(二) 特定機台 A：

已知與 4.3.1 相同，因此求算結果與參數分析也相同，請參閱之。

(三) 特定機台 B：

求算結果：表 4.4.1.2 列出不同單位外包機台訂購成本下，特定機台 B 之最佳廠內機台購置量以及各期最佳外包機台租用時數。將最佳廠內機台購置量換算為小時，與各期最佳外包機台租用時數相加，算出每期的預備產能水準，並繪製

成圖 4.4.1.2。

表 4.4.1.2 不同單位外包機台訂購成本對特定機台 B 之求算結果

	$C_{o2}=1.2$	$C_{o2}=1.5$	$C_{o2}=1.7$	$C_{o2}=2$	$C_{o2}=2.5$
最佳廠內機台購置量 (台)					
m2 (機台數)	12	15	19	28	28
最佳廠內機台購置量 (小時)					
56m2 (機台數×56)	672	840	1064	1568	1568
最佳外包機台租用時數 (小時)					
k21 (第一期)	3.125	0	0	0	0
k22 (第二期)	876.472	687.237	418.773	0	0
k23 (第三期)	1176.58	986.765	686.141	201.098	141.553
預備產能水準 (小時)					
56m2+k21 (第一期)	675.125	840	1064	1568	1568
56m2+k22 (第二期)	1548.472	1527.237	1482.773	1568	1568
56m2+k23 (第三期)	1848.58	1826.765	1750.141	1769.098	1709.553

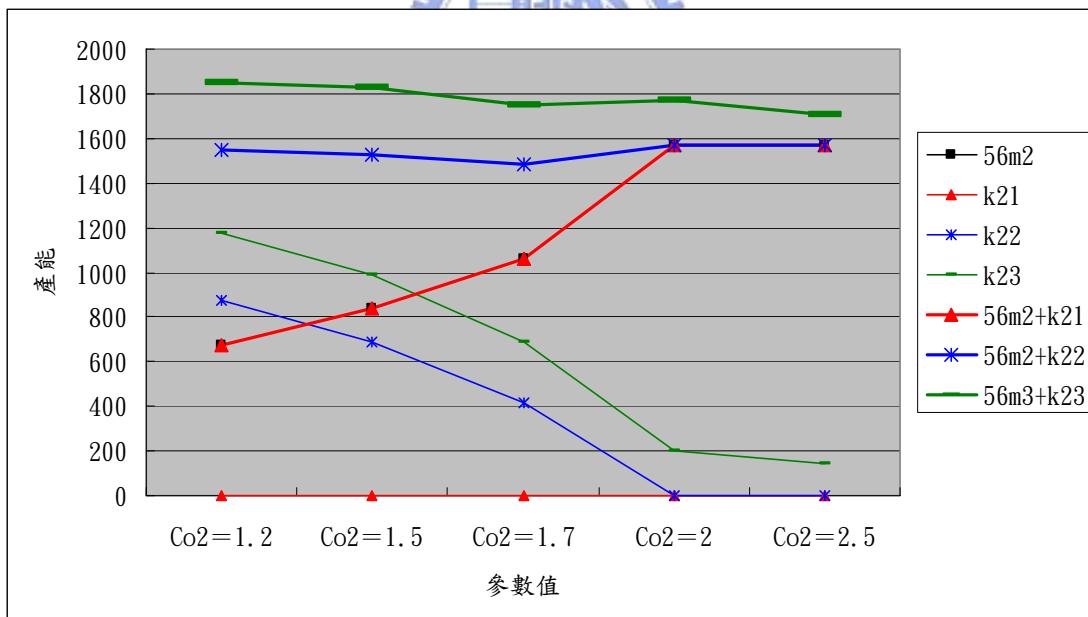


圖 4.4.1.2 單位外包機台訂購成本對特定機台 B 之參數分析圖

由以上的結果顯示，最佳廠內機台購置量會隨著單位外包機台訂購成本增加而快速增加；最佳外包機台租用時數則隨之遞減。

隨著單位外包機台訂購成本增加，各期預備產能水準對需求的變動的敏感度

隨之減少，主要成因為各期預備產能水準大量依賴廠內機台，三期的預備產能因而固定。

成本解構：表 4.4.1.3 列出不同單位外包機台訂購成本對特定機台 B 最小成本之影響，進一步將該成本解構，計算廠內機台購置成本及外包機台訂購成本，將其加總求算內外機台總成本。另外，針對內外機台閒置及外包機台追加成本求算期望值，並繪製成圖 4.4.1.3。

表 4.4.1.3 不同單位外包機台訂購成本對特定機台 B 各項成本之影響

	$C_{o2}=1.2$	$C_{o2}=1.5$	$C_{o2}=1.7$	$C_{o2}=2$	$C_{o2}=2.5$
廠內機台購置成本	2016	2520	3192	4704	4704
外包機台訂購成本	2467.412	2511.003	1878.354	402.196	353.883
內外機台總成本	4483.412	5031.003	5070.354	5106.196	5057.883
內外機台閒置成本	178.437	442.645	875.76	2256.09	2782.24
外包機台追加成本	137.1	102.749	261.104	354.27	472.696
TC_2	4537.52	5084.06	5294.27	5470.28	5502.33

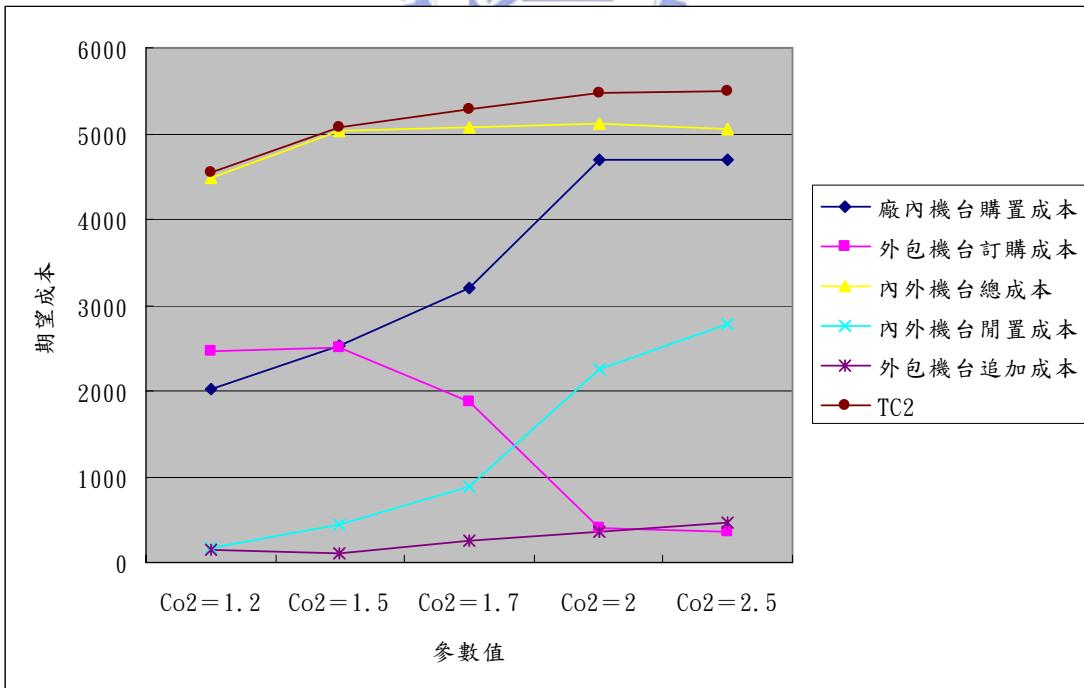


圖 4.4.1.3 單位外包機台訂購成本對特定機台 B 之成本分析圖

由以上的結果顯示，特定機台 B 之最小成本隨單位外包機台訂購成本增加而

遞增。

由於廠內機台購置量隨單位外包機台訂購成本增加而遞增，因此廠內機台購置成本及內外機台閒置成本皆隨之遞增；外包機台訂購成本則隨之遞減。

當單位外包機台訂購成本超過某一水準時，內外機台總成本會下降，其成因為製造廠商傾向降低預備產能水準，而由外包機台追加量來滿足客戶需求。

標準化預備產能：表 4.4.1.4 將各期預備產能水準對其常態分配需求標準化，並繪製圖 4.4.1.4。

表 4.4.1.4 預備產能標準化

	$C_{o2}=1.2$	$C_{o2}=1.5$	$C_{o2}=1.7$	$C_{o2}=2$	$C_{o2}=2.5$
第一期	0.501	1.6	3.093	6.453	6.453
第二期	0.269	0.151	-0.096	0.378	0.378
第三期	0.243	0.134	-0.249	-0.155	-0.452

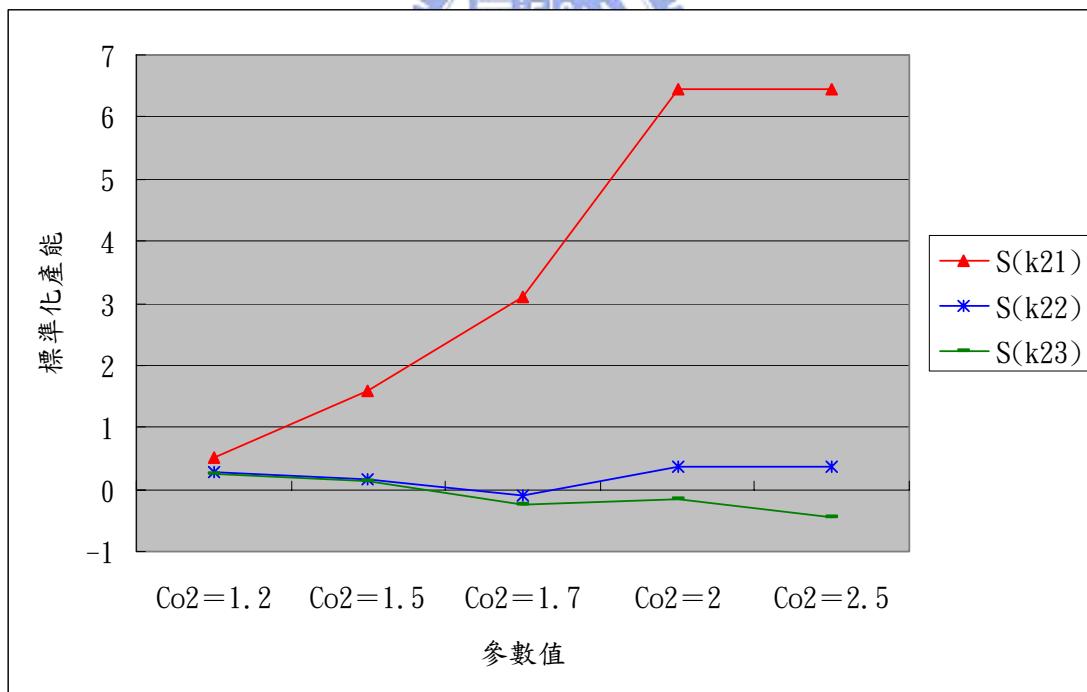


圖 4.4.1.4 預備產能標準化圖

由於單位外包機台訂購成本的提高，本案例趨向於利用廠內機台來滿足顧客需求，因三期預備產能水準相近，因此造成較高需求的期別，由外包機台追加量來滿足客戶需求；反之，較低需求的期別，有較大的機台閒置成本。

(四) 共用機台 C

求算結果：表 4.4.1.5 列出不同單位外包機台訂購成本下，共用機台 C 之最佳廠內機台購置量以及各期最佳外包機台租用時數。將最佳廠內機台購置量換算為小時，與各期最佳外包機台租用時數相加，算出每期的預備產能水準，並繪製成圖 4.4.1.5。

表 4.4.1.5 不同單位外包機台訂購成本對共用機台 C 之求算結果

	$C_{o3}=1.2$	$C_{o3}=1.5$	$C_{o3}=1.7$	$C_{o3}=2$	$C_{o3}=2.5$
最佳廠內機台購置量 (台)					
$m3$ (機台數)	26	29	35	49	49
最佳廠內機台購置量 (小時)					
$56m3$ (機台數 $\times 56$)	1456	1624	1960	2744	2744
最佳外包機台租用時數 (小時)					
$k31$ (第一期)	0	0	0	0	0
$k32$ (第二期)	1310.75	1112.3	701.576	0	0
$k33$ (第三期)	1419.06	1216.56	795.122	5.205	0
預備產能水準 (小時)					
$56m3+k31$ (第一期)	1456	1624	1960	2744	2744
$56m3+k32$ (第二期)	2766.75	2736.3	2661.576	2744	2744
$56m3+k33$ (第三期)	2875.06	2840.56	2755.122	2749.205	2744

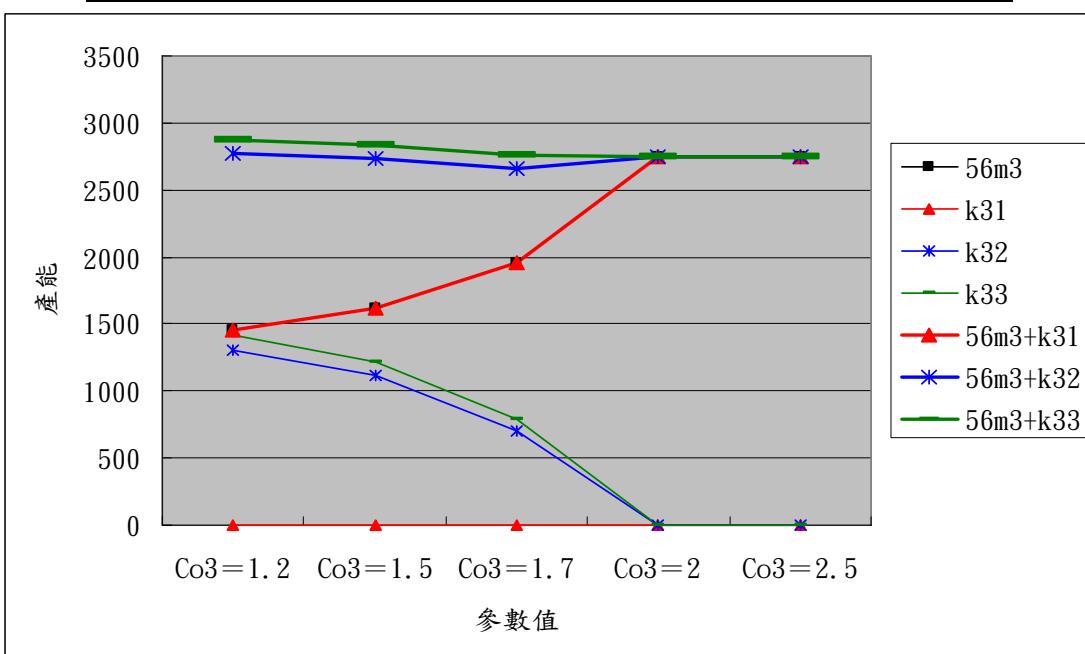


圖 4.4.1.5 單位外包機台訂購成本對共用機台 C 之參數分析圖

由以上的結果顯示，最佳廠內機台購置量會隨著單位外包機台訂購成本增加而快速增加；最佳外包機台租用時數則隨之遞減。

隨著單位外包機台訂購成本增加，各期預備產能水準對需求的變動的敏感度隨之減少，主要成因為各期預備產能水準大量依賴廠內機台，三期的預備產能因而固定。

成本解構：表 4.4.1.6 列出不同單位外包機台訂購成本對共用機台 C 最小成本之影響，進一步將該成本解構，計算廠內機台購置成本及外包機台訂購成本，將其加總求算內外機台總成本。另外，針對內外機台閒置及外包機台追加成本求算期望值，並繪製成圖 4.4.1.6。

表 4.4.1.6 不同單位外包機台訂購成本對共用機台 C 各項成本之影響

	$C_{o3} = 1.2$	$C_{o3} = 1.5$	$C_{o3} = 1.7$	$C_{o3} = 2$	$C_{o3} = 2.5$
廠內機台購置成本	4368	4872	5880	8232	8232
外包機台訂購成本	3275.772	3493.29	2544.387	10.41	0
內外機台總成本	7643.772	8365.29	8424.387	8242.41	8232
內外機台閒置成本	305.916	605.641	1250.32	3316.22	4140.86
外包機台追加成本	162.422	149.757	371.226	662.277	673.03
TC_3	7689.77	8444.52	8731.61	8904.98	8905.03

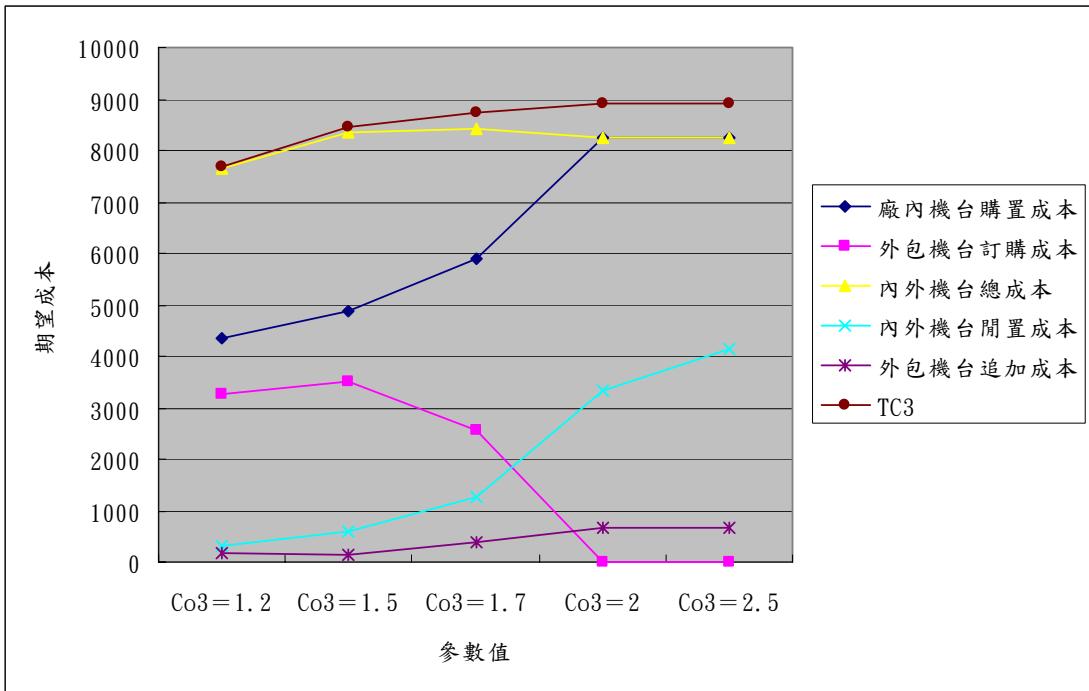


圖 4.4.1.6 單位外包機台訂購成本對共用機台 C 之成本分析圖

由以上的結果顯示，共用機台 C 之最小成本隨單位外包機台訂購成本增加而遞增。

由於廠內機台購置量隨單位外包機台訂購成本增加而遞增，因此廠內機台購置成本及內外機台閒置成本皆隨之遞增；外包機台訂購成本則隨之遞減。

當單位外包機台訂購成本超過某一水準時，內外機台總成本會下降，其成因為製造廠商傾向降低預備產能水準，而由外包機台追加量來滿足客戶需求，因此外包機台追加成本隨之遞增。

標準化預備產能：表 4.4.1.7 將各期預備產能水準對其常態分配需求標準化，並繪製圖 4.4.1.7。

表 4.4.1.7 預備產能標準化

	$C_{o3} = 1.2$	$C_{o3} = 1.5$	$C_{o3} = 1.7$	$C_{o3} = 2$	$C_{o3} = 2.5$
$S(k31)$	0.736	1.528	3.113	3.811	3.811
$S(k32)$	0.262	0.142	-0.151	0.173	0.173
$S(k33)$	0.265	0.143	-0.159	-0.179	-0.28

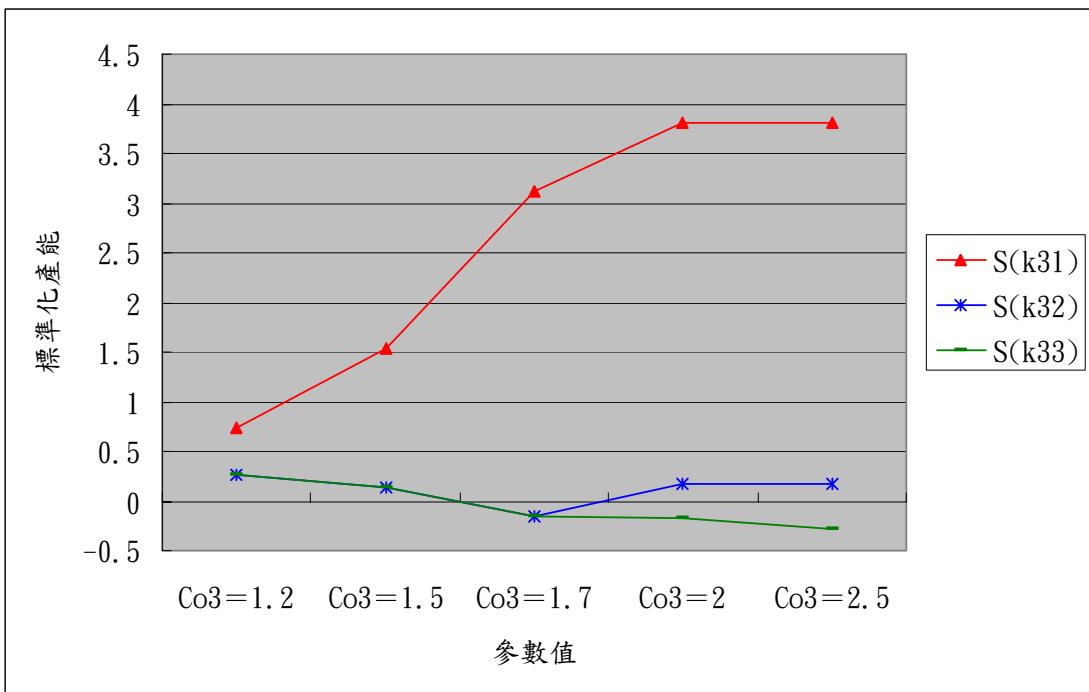


圖 4.4.1.7 預備產能標準化圖

由於單位外包機台訂購成本的提高，本案例趨向於利用廠內機台來滿足顧客需求，因三期預備產能水準相近，因此造成較高需求的期別，由外包機台追加量來滿足客戶需求；反之，較低需求的期別，有較大的機台閒置成本。

4.4.2 不同單位外包機台追加成本之求算結果與參數分析

已知：

1. 假設下游顧客端未來三期不確定需求分配為常態分配：

特定機台 A 產品三期需求分別為 D_{11} 、 D_{12} 、 D_{13}

$$D_{11} \sim N(700, 150^2); D_{12} \sim N(1200, 180^2); D_{13} \sim N(1000, 200^2)。$$

特定機台 B 產品三期需求分別為 D_{21} 、 D_{22} 、 D_{23}

$$D_{21} \sim N(600, 150^2); D_{22} \sim N(1500, 180^2); D_{23} \sim N(1800, 200^2)。$$

共用機台 C 產品三期需求分別為 D_{31} 、 D_{32} 、 D_{33}

$$D_{31} \sim N(1300, 212^2); D_{32} \sim N(2700, 255^2); D_{33} \sim N(2800, 283^2)。$$

2. 製造廠商基本資料：

單位特定機台 A 每期所能負荷之運轉時數 $n_1=56$ ；

單位特定機台 B 每期所能負荷之運轉時數 $n_2=56$ ；

單位共用機台 C 每期所能負荷之運轉時數 $n_3=56$ ；

單位特定機台 A 購置成本， $C_1=1$ ；

單位特定機台 B 購置成本， $C_2=1$ ；

單位共用機台 C 購置成本， $C_3=1$ 。

3. 委外代工廠商基本資料：

假設委外代工訂單容許修改幅度為百分之二十，即 $\alpha=0.2$ ；

特定機台 A 單位外包機台訂購成本， $C_{o1}=1.2$ ；

特定機台 B 單位外包機台訂購成本， $C_{o2}=1.2$ ；

共用機台 C 單位外包機台訂購成本， $C_{o3}=1.2$ 。

本小節將不同單位外包機台追加成本對個別機台的最佳廠內機台購置量、最佳外包機台租用時數及各項成本之影響作一簡單的分析，分述如下：

(一) 成本分析：

表 4.4.2.1 列出不同單位外包機台追加成本下之最小總成本以及個別機台之最小成本，並繪製成圖 4.4.2.1。

表 4.4.2.1 不同單位外包機台追加成本對總成本及個別機台成本之影響

	$C_{op}=1.5$	$C_{op}=2$	$C_{op}=2.5$	$C_{op}=3$
TC	15261.8	15452	15578.7	15677
TC ₁	3261.37	3350.13	3408.7	3449.66
TC ₂	4443.46	4485.22	4513.06	4537.52
TC ₃	7556.92	7616.67	7656.93	7689.77

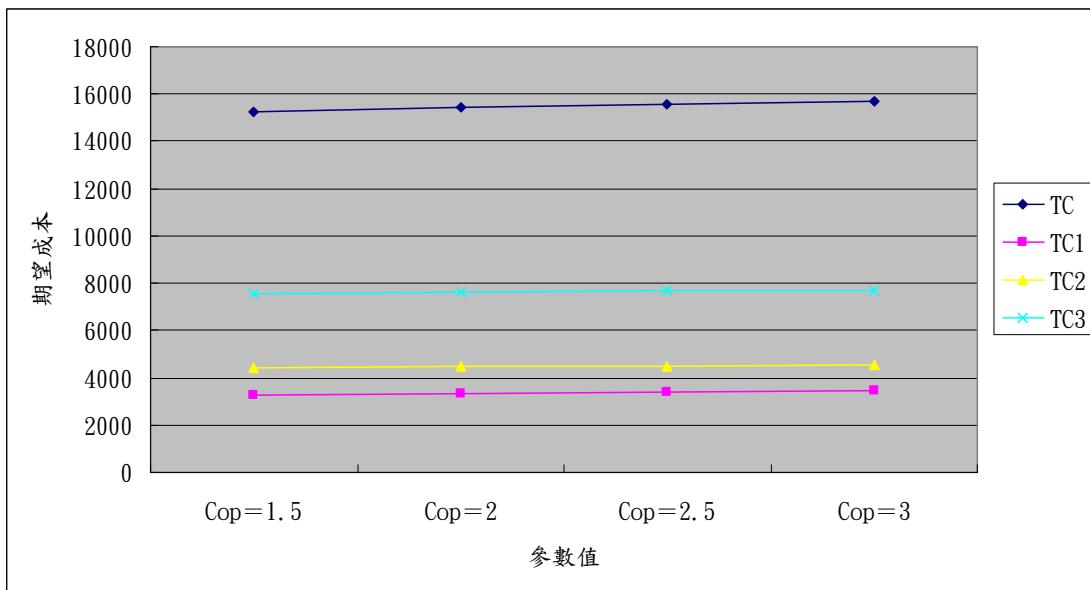


圖 4.4.2.1 單位外包機台追加成本對總成本及個別機台成本之分析圖

由以上的結果顯示，各項成本隨著單位外包機台追加成本增加而遞增，而且需求越多之機台所花費的成本越高。

(二) 特定機台 A：

已知與 4.3.2 皆相同，因此求算結果與參數分析也相同，請參閱之。

(三) 特定機台 B：

求算結果：表 4.4.2.2 列出不同單位外包機台追加成本下，特定機台 B 之最佳廠內機台購置量以及各期最佳外包機台租用時數。將最佳廠內機台購置量換算為小時，與各期最佳外包機台租用時數相加，算出每期的預備產能水準，並繪製成圖 4.4.2.2。

表 4.4.2.2 不同單位外包機台追加成本對特定機台 B 之求算結果

	$C_{op2}=1.5$	$C_{op2}=2$	$C_{op2}=2.5$	$C_{op2}=3$
最佳廠內機台購置量 (台)				
m2 (機台數)	11	12	12	12
最佳廠內機台購置量 (小時)				
56m2 (機台數×56)	616	672	672	672
最佳外包機台租用時數 (小時)				
k21 (第一期)	0	0	0	3.125
k22 (第二期)	823.532	828	857.368	876.472
k23 (第三期)	1123.71	1128	1157.37	1176.58
預備產能水準 (小時)				
56m2+k21 (第一期)	616	672	672	675.125
56m2+k22 (第二期)	1439.532	1500	1529.368	1548.472
56m2+k23 (第三期)	1739.71	1800	1829.37	1848.58

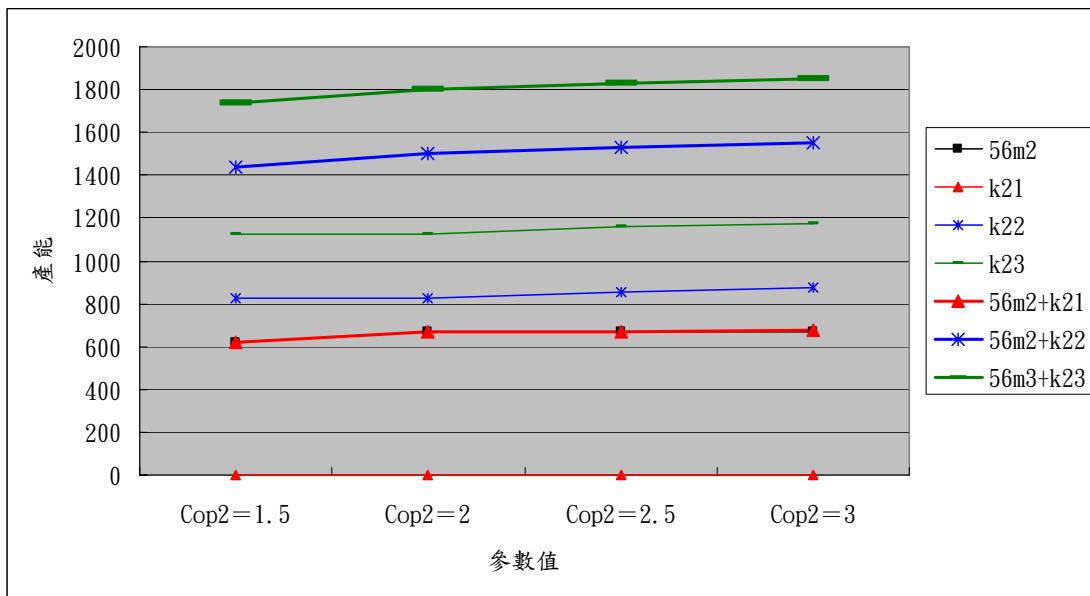


圖 4.4.2.2 單位外包機台追加成本對特定機台 B 之參數分析圖

由以上的結果顯示，隨著單位外包機台追加成本的增加，最佳廠內機台購置量以及最佳外包機台租用時數都隨之遞增。

為減少外包機台追加量以降低成本，預備產能水準會隨著單位外包機台追加成本的增加而遞增，而且對三期的需求保持一定的敏感度。

成本解構：表 4.4.2.3 列出不同單位外包機台追加成本對特定機台 B 最小成本之影響，進一步將該成本解構，計算廠內機台購置成本及外包機台訂購成本，將其加總求算內外機台總成本。另外，針對內外機台閒置及外包機台追加成本求算期望值，並繪製成圖 4.4.2.3。

表 4.4.2.3 不同單位外包機台追加成本對特定機台 B 各項成本之影響

	$C_{op2}=1.5$	$C_{op2}=2$	$C_{op2}=2.5$	$C_{op2}=3$
廠內機台購置成本	1848	2016	2016	2016
外包機台訂購成本	2336.69	2347.2	2417.686	2467.412
內外機台總成本	4184.69	4363.2	4433.686	4483.412
內外機台閒置成本	101.022	159.587	169.148	178.437
外包機台追加成本	160.05	122.023	129.002	137.1
TC_2	4443.46	4485.22	4513.06	4537.52

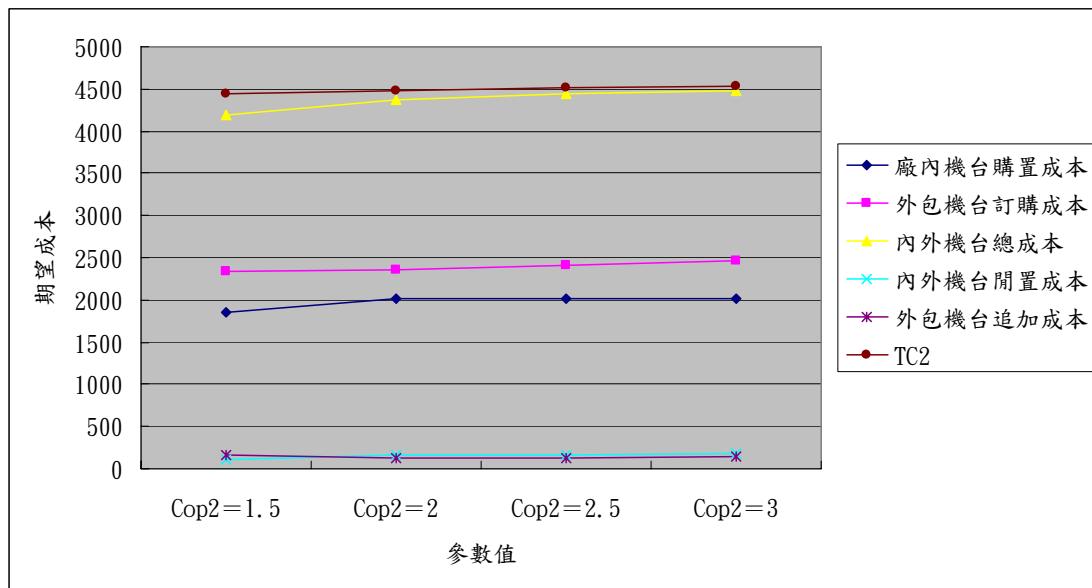


圖 4.4.2.3 單位外包機台追加成本對特定機台 B 之成本分析圖

由以上的結果顯示，隨著單位外包機台追加成本增加，總成本、廠內機台購置成本、外包機台訂購成本、內外機台總成本以及內外機台閒置成本皆隨之遞增，而且保持一固定水準。外包機台追加成本雖然沒有一明顯趨勢，卻也控制在一固定水準。

標準化預備產能：表 4.4.2.4 將各期預備產能水準對其常態分配需求標準化，並繪製圖 4.4.2.4。

表 4.4.2.4 預備產能標準化

	$C_{op2}=1.5$	$C_{op2}=2$	$C_{op2}=2.5$	$C_{op2}=3$
$S(k21)$	0.107	0.48	0.48	0.501
$S(k22)$	-0.336	0	0.163	0.269
$S(k23)$	-0.302	0	0.147	0.243

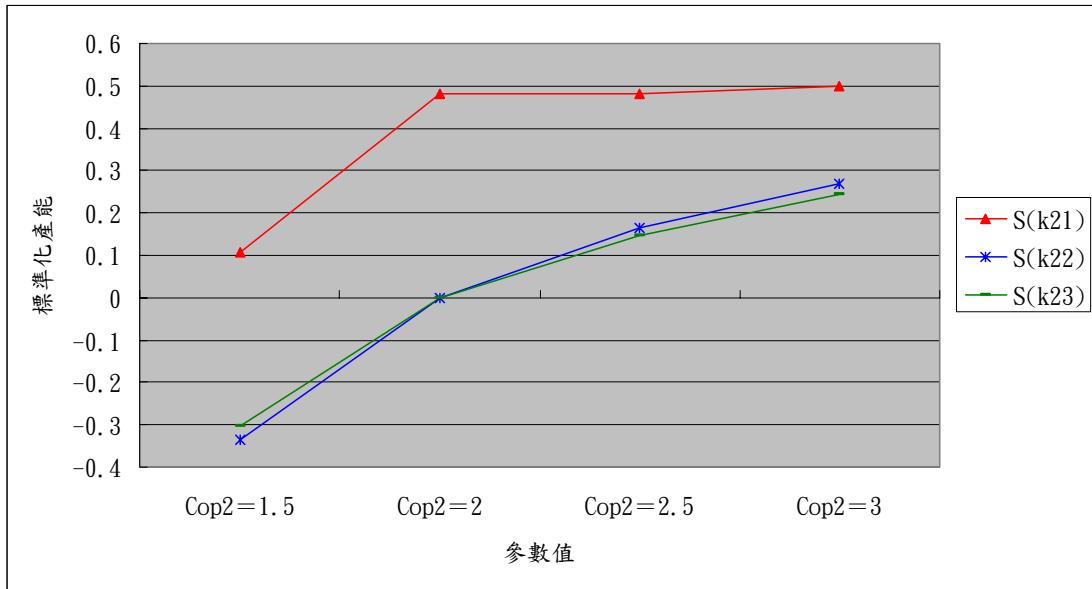


圖 4.4.2.4 預備產能標準化圖

由於單位外包機台追加成本的提高，本案例趨向於利用廠內機台購置量及外包機台租用時數來滿足顧客需求，盡量避免外包機台追加。因此預備產能水準隨著單位外包機台追加成本的增加，越來越能滿足顧客需求，且趨向一固定水準。

(四) 共用機台 C：

求算結果：表 4.4.2.5 列出不同單位外包機台追加成本下，共用機台 C 之最佳廠內機台購置量以及各期最佳外包機台租用時數。將最佳廠內機台購置量換算為小時，與各期最佳外包機台租用時數相加，算出每期的預備產能水準，並繪製成圖 4.4.2.5。

表 4.4.2.5 不同單位外包機台追加成本對共用機台 C 之求算結果

	$C_{op3}=1.5$	$C_{op3}=2$	$C_{op3}=2.5$	$C_{op3}=3$
最佳廠內機台購置量 (台)				
m3 (機台數)	24	25	25	26
最佳廠內機台購置量 (小時)				
56m3 (機台數×56)	1344	1400	1400	1456
最佳外包機台租用時數 (小時)				
k31 (第一期)	0	0	0	0
k32 (第二期)	1274.08	1300	1339.52	1310.75
k33 (第三期)	1363.36	1400	1444.54	1419.06
預備產能水準 (小時)				
56m3+k31 (第一期)	1344	1400	1400	1456
56m3+k32 (第二期)	2618.08	2700	2739.52	2766.75
56m3+k33 (第三期)	2707.36	2800	2844.54	2875.06

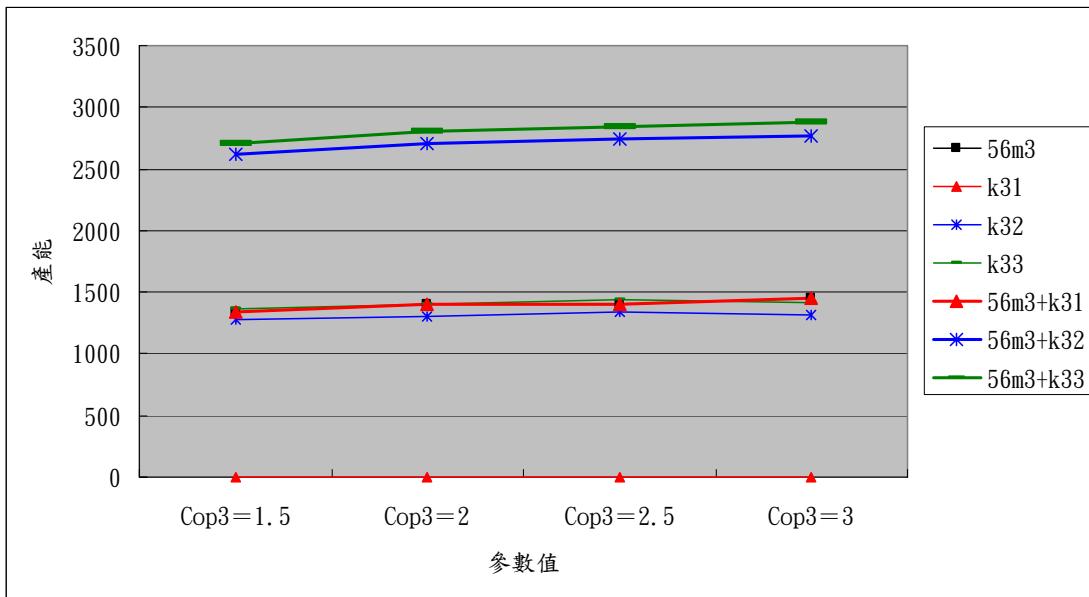


圖 4.4.2.5 單位外包機台追加成本對共用機台 C 之參數分析圖

由以上的結果顯示，最佳廠內機台購置量隨著單位外包機台追加成本的增加而遞增。為減少外包機台追加量以降低成本，預備產能水準隨著單位外包機台追加成本的增加而遞增，而且對三期的需求始終保持一定的敏感度。最佳外包機台租用時數則隨著預備產能水準以及最佳廠內機台購置量做調整。

成本解構：表 4.4.2.6 列出不同單位外包機台追加成本對共用機台 C 最小成本之影響，進一步將該成本解構，計算廠內機台購置成本及外包機台訂購成本，將其加總求算內外機台總成本。另外，針對內外機台閒置及外包機台追加成本求算期望值，並繪製成圖 4.4.2.6。

表 4.4.2.6 不同單位外包機台追加成本對共用機台 C 各項成本之影響

	$C_{op3}=1.5$	$C_{op3}=2$	$C_{op3}=2.5$	$C_{op3}=3$
廠內機台購置成本	4032	4200	4200	4368
外包機台訂購成本	3164.928	3240	3340.872	3275.772
內外機台總成本	7196.928	7440	7540.872	7643.772
內外機台閒置成本	159.168	226.003	240.005	305.916
外包機台追加成本	220.785	176.672	186.388	162.422
TC ₃	7556.92	7616.67	7656.93	7689.77

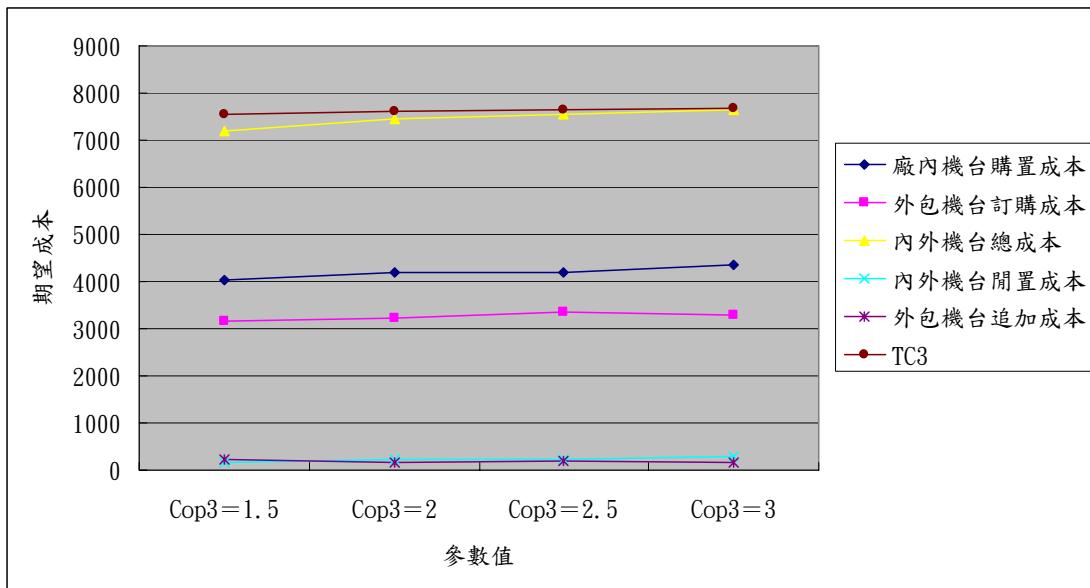


圖 4.4.2.6 單位外包機台追加成本對共用機台 C 之成本分析圖

由以上的結果顯示，隨著單位外包機台追加成本增加，總成本、廠內機台購置成本、內外機台總成本以及內外機台閒置成本皆隨之遞增，而且保持一固定水準。外包機台訂購成本隨廠內機台購置成本及內外機台總成本而調整，同樣維持在一固定水準。外包機台追加成本雖然沒有一明顯趨勢，卻也控制在一固定水準。

標準化預備產能：表 4.4.2.7 將各期預備產能水準對其常態分配需求標準

化，並繪製圖 4.4.2.7。

表 4.4.1.7 預備產能標準化

	$C_{op3}=1.5$	$C_{op3}=2$	$C_{op3}=2.5$	$C_{op3}=3$
$S(k31)$	0.208	0.472	0.472	0.736
$S(k32)$	-0.321	0	0.155	0.262
$S(k33)$	-0.327	0	0.157	0.265

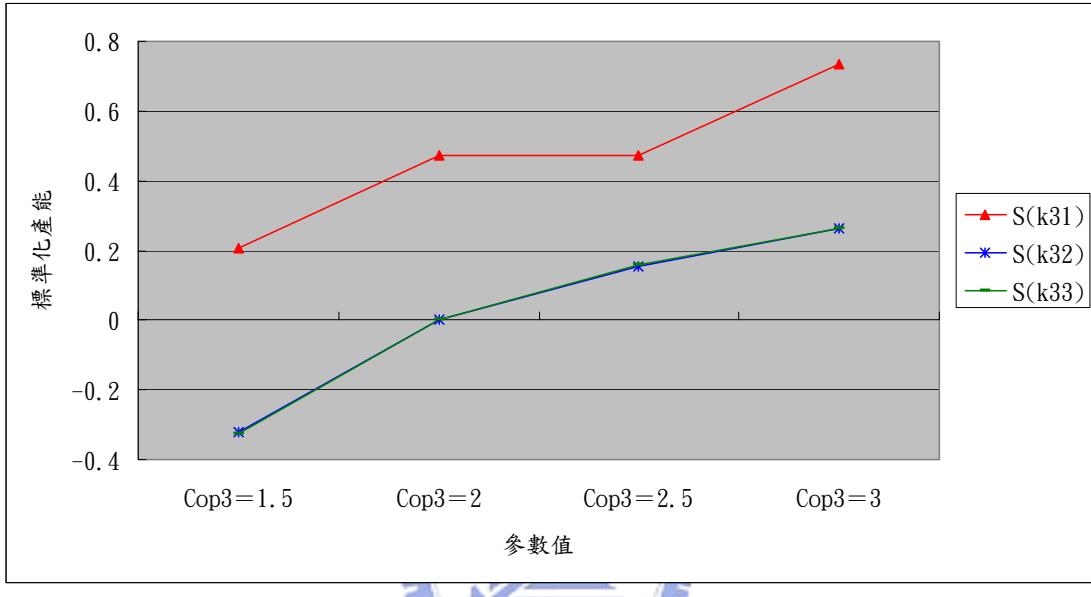


圖 4.4.2.7 預備產能標準化圖

由於單位外包機台追加成本的增加，本案例趨向於利用廠內機台購置量以及外包機台租用時數來滿足顧客需求，盡量避免外包機台追加。因此預備產能水準隨著單位外包機台追加成本的增加，越來越能滿足顧客需求。

第五章 結論與未來研究方向

5.1 結論

因景氣變幻莫測所引發的需求不確定性是決策者在做產能規劃時所面臨的重要問題；本研究站在一訂單式生產製造廠商的角度，考慮生命週期不同階段的需求特性，以部分委外代工因應需求不確定性，假設顧客需求必須完全滿足，以最小化規劃期內產能購置期望總成本為目標，構建需求不確定下考慮部分委外代工之同步產能規劃模式，營造製造廠商以及顧客雙贏的局面。根據以上章節所述及第四章之模式求算結果，可獲致下列結論：

1. 隨著單位外包機台訂購成本的提高，製造廠商趨向利用自有機台作為預備產能水準，利用外包訂單追加因應需求變異。
2. 隨著單位外包機台追加成本的提高，製造廠商趨向利用自有機台及外包機台租用時數作為預備產能水準，盡量避免外包機台追加所產生的高成本。除此之外，廠內機台購置量在單位外包機台追加成本增加至某一程度時，會開始減少，轉由具有修改幅度 α 之外包機台作為預備產能水準。
3. 規劃期間的需求平均對預備產能水準有一定程度的影響。最佳廠內機台購置量會訂在規劃期間最低需求平均附近，受其影響最大；最佳外包機台租用時數則會依各期需求作調整。
4. 規劃期間的需求變異也會對最佳產能水準造成影響。需求變異大時，決策者必須做較保守的決策；需求變異小時，決策者可以做出較大膽的決策。

5.2 未來研究方向

本研究之主要目標在於構建一考慮委外代工之同步產能規劃模式，求算最佳解並分析結果，主要未來研究方向可分為以下幾點：

1. 對規劃期間需求實際做預測，並求算結果，使本文的同步產能規劃模式更具完整性。
2. 藉由將本文中的廠內機台購置量視為安全庫存，外包機台租用時數視為產品購置量，將本文中所建構之同步產能規劃模式運用至存貨管理。
3. 利用第四章之模式求算結果中標準化預備產能的資料，作更深入的研究及分析，尋找各項參數與預備產能水準之間的關係，期望找出一個更簡單的關係式作為提供決策建議之依據。



參考文獻

- 【1】Angelus, A., and E.L. Porteus, "Simultaneous Capacity and Production Management of Short-Life-Cycle, Produce-to-Stock Goods Under Stochastic Demand," *Management Science*, Vol. 48, No. 3, pp. 399 - 413, 2002
- 【2】Arnold, U., "New Dimensions of Outsourcing: A combination of Transaction Cost Economics and the Core Competencies Concept," *European Journal of Purchasing & Supply Management* 6, pp. 23-29, 2000
- 【3】Baxendale, S. J., "Outsourcing Opportunities for Small Businesses: A Quantitative Analysis," *Business Horizons* 47/1, pp. 51-58, 2004
- 【4】Burnetas, A., and S. Gilbert, "Future Capacity Procurements under Unknown Demand and Increasing Costs," *Management Science*, Vol. 47, No. 7, pp. 979 - 992, 2001
- 【5】Gupta, A., C.D. Maranas and C.M. McDonald, "Mid-term supply chain planning under demand uncertainty: customer demand satisfaction and inventory management," *Computer & Chemical Engineering*, Vol. 24, 2613-2621, 2000
- 【6】Johansen, S.G., "Lot Sizing for Varying Degrees of Demand Uncertainty," *Int. J. Production Economics*, Vol. 59, pp. 405-414, 1999
- 【7】Lariviere, M.A., and E.L. Porteus, "Stalking Information : Bayesian Inventory Management with Unobserved Lost Sales," *Management Science*, Vol. 45, No. 3, pp. 346-363, 1999
- 【8】Mieghem, J.A.V., "Investment Strategies for Flexible Resources," *Management Science*, Vol. 44, No. 8, pp. 1071-1078, 1998
- 【9】Netessine, S., G. Dobson, and R.A. Shumsky, "Flexible Service Capacity: Optimal Investment and the Impact of Demand Correlation," *Operations Research*, Vol. 50, No. 2, pp. 375 - 388, 2002
- 【10】Tan, B., and S.B. Gershwin, "Production and Subcontracting Strategies for Manufacturers with Limited Capacity and Volatile Demand," *Annals of Operations Research* 125, pp. 205-232, 2004
- 【11】Vining, A., and S. Globerman, "A Conceptual Framework for Understanding the Outsourcing Decision," *European Management Journal*, Vol. 17, No. 6, pp. 645-654, 1999
- 【12】呂培瑜, "預先下單價格折扣模式之構建", 國立交通大學工業工程與

管理學系碩士論文，中華民國八十七年。

