


國立成功大學
工業與資訊管理學系碩士在職專班
碩士論文

最小成本訂單分配問題之研究
—以 IC 設計公司為例

On Solving the Minimum Cost Order Allocation Problems
- A Case Study of IC Design House



研究生：張貿傑
指導教授：王逸琳 博士

中華民國一百零四年六月

摘要

台灣的半導體產業舉世聞名，尤以 IC 設計與晶圓代工等技術見長。其中，台灣的 IC 設計業為節省人力與廠房設備折舊成本，大都以委外生產代工模式營運，導致委外代工在成本、時程與品質的有效控管十分重要。由於 IC 產品種類繁多，不同產品在其不同製程可能給不同供應商代工；而各供應商的不同製程可能又各有其不同的產能、成本與品質。如何能綜觀全局，在滿足品質與產能保證下，以最小總成本管控各類產品最佳的訂單指派分配，是台灣 IC 設計業營運模式的重大決策挑戰。

本研究以驅動 IC 設計公司 TCP/COF 產品之委外工單訂單分配為研究主題，將複雜的供應鏈多產品訂單網路分配問題視為一個具額外限制條件之最小成本多元商品流量問題，我們提出一個整數線性規劃模型，讓生產排程人員能在滿足生產品質要求與產能上限下，以最小總成本將各產品之各階原物料及半成品訂單分配給最合適的供應商，如此可大幅減少目前業界生管人員僅憑經驗手動分配訂單所造成的成本損失與誤判，又可分散風險，使公司獲取更多利益。

關鍵字：IC 設計；訂單分配；委外加工；整數線性規劃；最小成本多元商品流量；

On Solving the Minimum Cost Order Allocation Problems

- A Case Study of IC Design House

Mao-Chieh Chang

I-Lin Wang

Department of Industrial and Information Management

SUMMARY

This thesis seeks an optimal order allocation in a supply chain network for an IC design house at Taiwan. The supply chain network is composed by layers of single commodity networks, where each layer network represents possible manufacturing processes and connections between eligible companies for manufacturing a single product. The current practice usually results in an ineffective solution since it is based on negotiation between the procurement staff and production control staff without integrated information in the costs, qualities and capacities of manufacturers.

Here we treat the entire manufacturing supply chain network as a multicommodity network flow network. We formulate an integer linear program which involves flow balance constraints to receive and ship materials and products, individual or integrated quality requirement constraints for manufacturing, and manufacturing lower bound and capacity constraints for eligible companies. An integer flow variable is associated with each arc to represent orders shipped between companies. This problem is NP-hard, and we solve it by a state-of-the-art optimization solver on a PC.

Our mathematical model is easy to use. We have tested it on real-world data obtained from an IC design house for LCD. We also conduct sensitivity analysis to see the impacts of changing the capacity, manufacturing cost, quality requirement, manufacturing lower bound for each order, and adding or removing a company in the supply chain network. We conclude that our mathematical model is very useful to the semiconductor industry.

Key words: IC design, Order allocation, Outsourcing, Integer linear program, Minimum cost multicommodity network flows.

INTRODUCTION

In the supply chain of an IC design house at Taiwan, most manufacturing processes are outsourced to save the personnel costs and hardware investments. In fact, this is a common practice in semiconductor manufacturing industry, since the cycle of evolved new technologies becomes shorter and shorter. The demands for products that exploit new technologies arise every few months, so that an IC design house cannot afford to renew the hardware and personnel so frequently. The manufacturing process for a final product or final good (FG) starts from a wafer stage (WF), and then has to go over four stages in sequence: bumping (BP), circuit probe testing (CP), assembly and final testing (ASFT). Usually there are multiple companies eligible to receive outsourced orders in each stage, which makes the supply chain network very complicated. Different companies have different manufacturing costs, qualities, and capacities. How to allocate orders to suitable companies for each manufacturing stage is a common but challenging problem in semiconductor industry. In current practices, this problem is dealt by negotiation between the procurement staff who knows only the pricing information and the production control staff who knows only the quality and capacity information of each eligible company. Due to the lack of integrated information from both sides, the orders are usually not allocated in an optimal way, which in turn results in ineffective production of more costs or worse quality.

MATERIALS AND METHODS

To deal with this challenging problem, this thesis proposes an integer linear program, based on the theories of

minimum cost multicommodity network flows. In particular, for each final good, we draw a layer of network to present its possible manufacturing process. The network consists of 5 vertical layers (i.e. FG, WF, BP, CP, and ASFT) where each layer represents a manufacturing stage, a node in each layer represents an eligible company for that stage of manufacturing, and an arc represents a possible product flow between companies of adjacent layers.

Here we treat the entire manufacturing supply chain network as a multicommodity network flow network. We formulate an integer linear program which involves flow balance constraints to receive and ship materials and products, individual or integrated quality requirement constraints for manufacturing, and manufacturing lower bound and capacity constraints for eligible companies. An integer flow variable is associated with each arc to represent orders shipped between companies. By summing up the flows outgoing from (or incoming into) a node, we can calculate the allocated orders for its associated company. This problem is NP-hard, and we solve it by a state-of-the-art optimization solver called Gurobi on a PC equipped by Intel Core i5-3210M CPU, 6GB RAM, and Windows 8.1 OS.

RESULT AND DISCUSSION

Our model is easy to use. We have tested it on real-world data obtained from an IC design house for LCD, which consists of 239 products processed by 6 wafer suppliers, 6 bumping manufacturers, 8 circuit probe testing manufacturers, and 8 assembly and final testing companies. The optimal solution can be calculated within 1 minute. We also conduct sensitivity analysis to see the impacts of changing the capacity, manufacturing cost, quality requirement, manufacturing lower bound for each order, and adding or removing a company in the supply chain network. We conclude that our mathematical model is very useful to the semiconductor industry, since it can provide an integrated solution that takes manufacturing costs, qualities, and capacities into consideration at the same time.

CONCLUSION

In semiconductor industry, an IC design house usually has difficulty to assign manufacturing orders to an optimal set of companies in a complicated supply chain network. To allocate these orders in an optimal way such that the total costs are minimized with satisfied quality in a risk-spreading way, this thesis gives an integer linear program based on the multicommodity network flows. By using Gurobi, we can solve a real-world problem of manufacturing 239 products by 28 companies within 1 minute. Our model can be easily setup and configurable for sensitivity analyses. We observe that the quality and capacity constraints are crucial and may lead to very different manufacturing plans. For future research, we suggest to investigate the following two directions: (1) how to modify our models by taking the current inventory in different companies into consideration; and (2) sometimes we may use a product to substitute a product of lower or equal quality, should some companies could not fulfill the order in time, how to adjust the production plan in real-time for such cases would be more realistic and challenging problem.

致謝

碩士論文能夠順利完成，首先要感謝指導教授王逸琳老師不辭辛勞的諄諄教誨與細心教導，讓我在學術研究與研究生生活獲益良多，謹此致上由衷的敬意與謝忱。

論文口試期間，感謝李宇欣教授、林東盈教授、張宗勝教授的費心審閱，不吝提供指正與建議，使得論文內容更加完善。

回顧這三年來在研究所求學期間，在學業、工作等多方的壓力下，感謝孟修、政達、宥臻、郁馨、洵琳等同學的協助，讓我得以順利完成學位，也使得辛苦的求學過程中更增添了許多樂趣與回憶，在此致上由衷的感謝。

最後將這份完成學業的喜悅獻給我摯愛的父母及妹妹，你們的一路支持讓我得以堅持並完成學業，感謝你們多年來的細心栽培與支持。



目錄

第一章緒論.....	12
1.1 研究背景與動機.....	12
1.2 研究目的與重要性.....	42
1.3 論文架構.....	52
第二章文獻探討.....	72
2.1 IC 產業介紹.....	72
2.2 委外策略.....	82
2.3 訂單分配模式.....	92
2.4 小結.....	122
第三章 IC 設計訂單分配模型之建立.....	152
3.1 IC 設計生產銷售流程.....	152
3.2 訂單產品與委外分配架構.....	162
3.3 問題描述與研究假設.....	202
3.4 最小成本流量訂單分配模式建立.....	212
3.5 公式說明.....	282
3.6 小結.....	302
第四章數值測試分析與討論.....	322
4.1 簡例驗證測試.....	322
4.1.1 測試資料說明.....	322
4.1.2 測試結果.....	342
4.2 實例驗證測試.....	352
4.2.1 測試資料說明.....	362
4.2.2 測試結果.....	382
4.3 敏感度分析.....	392
4.3.1 供應商產能變動對總成本之影響.....	412
4.3.2 供應商委外生產價格變動對總成本之影響.....	442
4.3.3 品質限制分配比例變動對總成本之影響.....	472

4.3.4 每產品需下單之供應商數量下限變動對總成本之影響.....	<u>502</u>
4.3.5 供應商數量變動對總成本之影響.....	<u>532</u>
4.4 小結.....	<u>562</u>
第五章結論與建議.....	<u>582</u>
5.1 研究結論.....	<u>582</u>
5.2 研究貢獻.....	<u>592</u>
5.3 建議.....	<u>602</u>
參考文獻.....	<u>622</u>
附錄:敏感度分析資料.....	<u>642</u>



表目錄

表 2-1 訂單分配文獻整理.....	14
表 3-1 供應商資料表.....	28
表 4-1 簡例供應商資料表.....	32
表 4-2 簡例訂單資料表.....	32
表 4-3 供應商訂單分配總表.....	33
表 4-4 供應商資料表.....	36
表 4-5 實證訂單資料表.....	37
表 4-6 供應商訂單分配總表.....	38
表 4-7 敏感度分析參數表.....	40



圖目錄

圖 1-1 驅動 IC 供應鏈委外流程圖.....	2
圖 1-2 訂單及委外網路.....	3
圖 1-3 研究架構.....	6
圖 2-1 多產品供應鏈.....	12
圖 3-1 生產銷售流程.....	15
圖 3-2 客戶訂單及產品圖.....	17
圖 3-3 產品架構圖.....	17
圖 3-4 訂單分配圖.....	19
圖 3-5 多產品與多供應商訂單分配路徑圖.....	19
圖 3-6 訂單分配路徑圖.....	22
圖 3-7 製程路徑圖.....	27
圖 4-1 製程路徑圖.....	32
圖 4-2 訂單分配路徑圖.....	34
圖 4-3 製程路徑圖.....	37
圖 4-4 WF 訂單分配趨勢圖-產能倍數變動.....	41
圖 4-5 BP 訂單分配趨勢圖-產能倍數變動.....	42
圖 4-6 CP 訂單分配趨勢圖-產能倍數變動.....	42
圖 4-7 AS/FT 訂單分配趨勢圖-產能倍數變動.....	42
圖 4-8 總成本趨勢圖-產能倍數變動.....	43
圖 4-9 WF 訂單分配趨勢圖- W_6 價格變動.....	44
圖 4-10 BP 訂單分配趨勢圖- W_6 價格變動.....	45
圖 4-11 CP 訂單分配趨勢圖- W_6 價格變動.....	45
圖 4-12 AS/FT 訂單分配趨勢圖- W_6 價格變動.....	45
圖 4-13 總成本趨勢圖- W_6 價格變動.....	46
圖 4-14 WF 訂單分配趨勢圖-品質限制分配比例變動.....	48
圖 4-15 BP 訂單分配趨勢圖-品質限制分配比例變動.....	48

圖 4-16 CP 訂單分配趨勢圖-品質限制分配比例變動.....	48
圖 4-17 AS/FT 訂單分配趨勢圖-品質限制分配比例變動.....	49
圖 4-18 總成本趨勢圖-品質限制分配比例變動.....	49
圖 4-19 WF 訂單分配趨勢圖-訂單分配之供應商數量下限變動.....	51
圖 4-20 BP 訂單分配趨勢圖-訂單分配之供應商數量下限變動.....	51
圖 4-21 CP 訂單分配趨勢圖-訂單分配之供應商數量下限變動.....	51
圖 4-22 AS/FT 訂單分配趨勢圖-訂單分配之供應商數量下限變動.....	52
圖 4-23 總成本趨勢圖-訂單分配之供應商數量下限變動.....	52
圖 4-24 WF 訂單分配趨勢圖-供應商增減.....	54
圖 4-25 BP 訂單分配趨勢圖-供應商增減.....	54
圖 4-26 CP 訂單分配趨勢圖-供應商增減.....	54
圖 4-27 AS/FT 訂單分配趨勢圖-供應商增減.....	55
圖 4-28 總成本趨勢圖-供應商增減.....	55
圖 5-1 共用料示意圖.....	60



第一章

緒論

本章共分 3 節，首先描述本研究之背景與動機，接著說明研究目的與重要性以及論文架構。

1.1 研究背景與動機

台灣半導體產業近年來發展蓬勃，部分產品在電子產業中擁有極高的市場佔有率，諸如 IC 設計與晶圓代工等產業，在世界上皆有舉足輕重的地位，是世界 IC 重鎮之一。而 IC 設計公司在台灣高科技（特別是半導體）產業中扮演著相當重要的角色，為了節約人力成本與廠房設備折舊成本，這些台灣 IC 設計業者大都採取委外生產代工模式營運。由於 IC 產品種類繁多，各類產品的各階製程皆可能有許多供應商可接單代工，然而不同供應商有不同的產能、收費、與品質表現，委外代工的訂單分配是否得宜將直接影響 IC 設計業者的產品交期、品質、與成本。本研究以某驅動 IC 公司 TCP/COF(Tape Carrier Package/Chip on Film)產品為例，同時考量成本與品質，期望能在一穩定之品質要求與滿足產能限制條件下，將生產總成本最小化。

驅動 IC 生產製程如圖 1-1 所示，在晶圓代工廠生產晶圓(Wafer)後，送至封測廠進行長金凸塊製程(Gold Bump/Solder Bump)加工；完工後再送至針測廠進行晶圓測試(Circuit Probe Test)，最後再送至封測廠。封裝(Assembly)結束後會再進行最終成品測試(Final Test)，若測試良率符合需求，則出貨至客戶端組裝。另在委外過程中，連工帶料盡皆委託供應商處理，而不另行採購原物料(除 Tape 外)交付供應商代工；一來可以節省管理眾多原物料供應商之時間人力，再則經由專業代工廠所大量採購之原物料

亦可取得更好之價格。

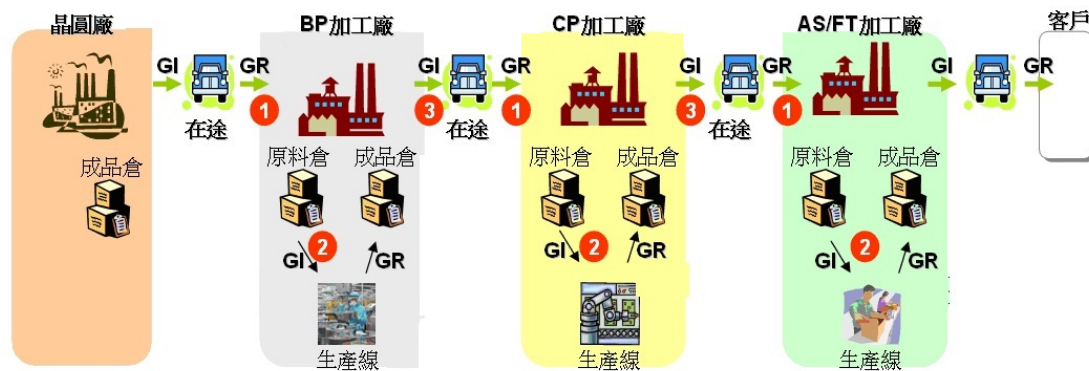


圖 1-1 驅動 IC 供應鏈委外流程圖

因為驅動 IC 產品具有需高速開發、生命週期短暫及市場變化快速等特性，大部分 IC 設計公司都採取「預測訂單式生產」。由於產品市場流動變化快速，且新產品需不斷推陳出新，IC 設計公司極少預備安全庫存，反而多以預測之訂單進行快速生產與出貨來降低庫存成本。因此，如何能準確地預測訂單需求為業務人員的一項重大挑戰；必須隨時與客戶聯繫確認並注意產業變化，用來決定三個月後需要出貨的產品型號及數量。因客戶的訂單預測與市場變化經常會大幅變動，而生產過程又需耗費約三個月，導致先前預先規劃之產品在產出後與實際市場需求大相逕庭，而先前已備料產品變成呆滯庫存，衍生庫存成本，進而造成現有市場實際需求產品演變成急單效應，衍生快速生產(Hot Run)等額外代工成本，所以預測準確需求成為所有 IC 設計公司的首要目標。

另一方面，因市場變化快速，若有新產品推出，可能導致已經生產完畢的他項庫存產品被淘汰，而正在製程中的該庫存半成品，可能被迫改變原生產計畫，以符合客戶需求並降低公司損失，因此業務及市場行銷管理人員必須掌握各產品與市場的最新動態，而生管與採購人員則必須隨時因應這些變化而進行即時改單及訂單重新配置。

目前 IC 設計公司的生產排程是由每週業務所得到的未來三個月預估出貨產品型號及對應數量、實際收到的當月出貨訂單量為基礎，依據物料

清單(BOM)去規劃每一階製程所需之投入量，以及各產品型號該投入哪家量產供應商；規劃過程必須同時考量成本、品質等因素，以獲取其最佳投產組合來滿足未來出貨需求。不同產品對應不同的出貨客戶，該項產品的各階物料所選擇之量產供應商因應品質需求亦有所限定。如圖 1-2 所示，來自業務的需求預估與客戶的實際訂單會彙總計算所需產品量，將之轉為下給晶圓廠的晶圓採購單及委外代工供應商的委外工單。每一階製程中，晶圓(Wafer)、長金凸塊(Bumping)、晶圓測試(Circuit Probe Test)、封裝(Assembly)與成品測試(Final Test)都可對應到多家不同的量產合格供應商。譬如在圖 1-2 中，晶圓可以向 V11、V12 或 V15 等供應商採購，晶圓測試可以委外給 V31、V33 或 V35，封裝/成品測試可以委外給 V42、V43 或 V45 等。在此種狀況下，當產品種類及可以被選擇的供應商數量眾多時，將會形成一個複雜的網路結構。

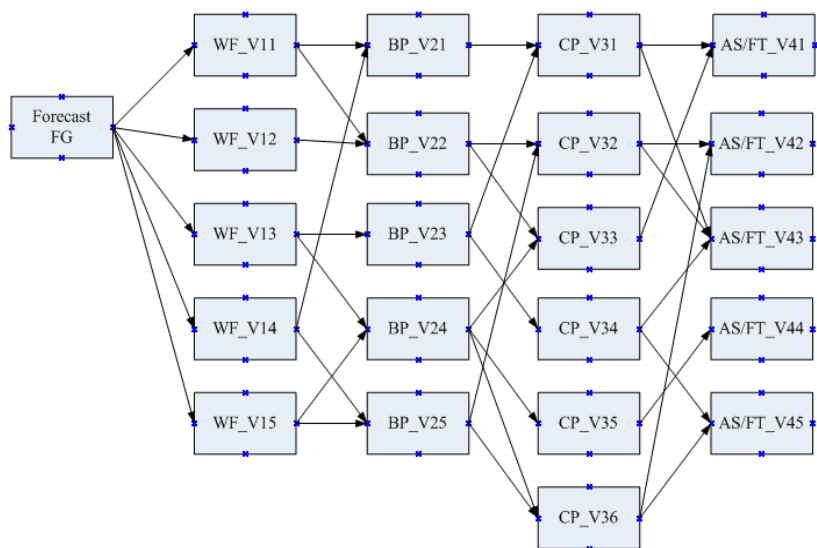


圖 1-2 訂單及委外網路圖

由於半導體產業變動波動幅度相當大，客戶所需的出貨數亦時常改變或調整，因此生管人員必須花費相當大的精力來因應訂單的變動，以重分配生產訂單。現有的規劃方式是由生管人員於線外 excel 控管，再憑藉經

驗法則於每週進行調整，耗時耗力，且容易有人為判斷疏失。另外，在實務上由於權責化分及避免舞弊的前提下，生管人員並不會知道每個物料於各個供應商下單時的單價，物料單價只有採購人員知曉，所以生管人員的排程依據僅以符合交期及品質為最大目標，最後排程結果出來後再由採購人員建議修改或是高階主管進行指示調整，如此反覆的決策過程，其結果對於公司整體成本考量不一定為最佳。就長期而言，生管人員都會有習慣的固定模式去分配訂單及開立委工單，這些習慣的模式或許可以加快工作速率，但是也忽略了可以改善效益的可能性，失去了找得更佳分配方式的機會。

1.2 研究目的與重要性

在整個 IC 設計供應鏈中，自產品研發開始，經過工程品驗證、最後客戶驗證而進入量產模式為止，各階段皆需要不同半導體供應廠商（例如晶圓廠、封裝廠、測試廠等）的協力配合。而現有的委外開單模式太過仰賴人員的經驗法則，頂多僅靠諸如 Excel 或是 VBA 等部分簡易程式輔助決策，無法將各產品之各階製程於不同供應商生產的利弊得失一併全盤考量。倘若遇上人員異動而工作未完整交接時，新接手人員往往必須花費許多時間才能上手；若再加上權責化分不明及重要價格資訊被刻意隱藏的狀況，極可能導致訂單分配決策不當，造成將訂單指派給成本較高而品質表現卻不如預期、或成本雖低但品質卻過差的供應商等缺失，長久下來這些損失的隱藏利益積少成多，對公司的獲利會造成影響。

本研究旨在提出一個數學規劃模型，供生產排程人員能將各製程、各代工供應商的利弊得失皆列入考量的情況下，求解出最佳的訂單分配決策。易言之，在滿足客戶要求的產品品質表現下，本研究的數學規劃模型可讓

生管人員在進行訂單分配給各階原物料及半成品給供應商時，能夠盡可能的符合最小成本，以幫公司獲取最大利益。以此系統化的數學規劃模型輔助訂單分配決策，將較傳統人為經驗法則的決策方式更加公平、全面、可靠且嚴謹，而生管人員所省下的排程時間亦可再利用去做其它更有價值的工作。此外，其它類似產業常面臨的訂單分配問題亦可適用於本研究所提出的數學規劃模型，我們也期望以此案例的成功經驗為基礎，未來能夠延伸擴展至其它案例，使此模型可以被更廣泛地使用。

1.3 論文架構

本論文之架構如圖 1-3：第一章為緒論，介紹研究背景、研究動機與目的和重要性以及論文架構。第二章為文獻回顧，簡介目前 IC 設計產業和發展現況及相關訂單分配文獻。第三章描述 IC 設計公司現況流程及詳細的問題描述，說明本研究之假設條件及參數設定，建構一個具額外限制條件(品質及風險控管)之最小成本多元商品流量問題之整數線性規劃模式，並舉範例說明模型。第四章為模型測試，使用 Gurobi 最佳化軟體代入實際資料進行求解，再以敏感度分析探討成本與品質之間的關係。第五章總結並提出研究結論與貢獻及建議未來研究發展方向。

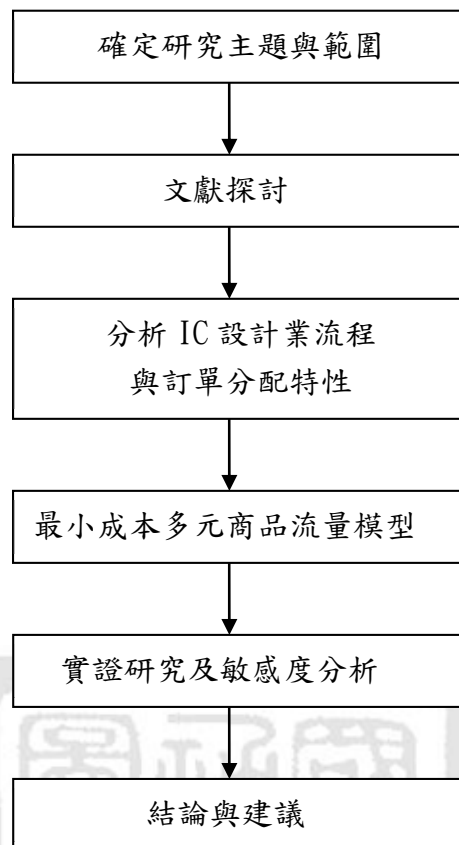


圖 1-3 研究架構

第二章

文獻探討

本章主要探討 IC 產業、訂單分配此兩議題的相關文獻。在 IC 產業部分，首先介紹半導體背景、分類應用，及其製造流程，接著回顧了訂單分配的相關文獻。

2.1 IC 產業介紹

半導體是指一種導電性可受控制，範圍可從絕緣體至導體之間的材料。無論從科技或是經濟發展的角度來看，半導體的重要性都是非常巨大的。今日大部分的電子產品，如計算機、行動電話等科技產品的核心單元都和半導體有著極為密切的關連。常見的半導體材料有矽、鍺、砷化鎵等，而矽更是各種半導體材料中，在商業應用上最具有影響力的一種。

半導體 (Semiconductor) 產業又可以分為積體電路 (Integrated Circuit, IC)、分離式元件 (discrete) 及光電元件 (optoelectronic) 三大類，主要是應用於資訊、消費、通訊、車用電子、工業、和國防太空等方面。其中 IC 產品在整體半導體市場中比率遠大於其他兩類，因此一般所稱半導體產業多是指 IC 產業。而 IC 產品依其功能可分為記憶體 (Memory) IC、微元件 (Micro-component) IC、邏輯 (Logic) IC、類比 (Analog) IC 等四大類。

IC 之製造流程主要包含 IC 設計，將光罩資料製作於底片上，再將底片交由專業晶圓代工廠將複雜的電路透過擴散、氧化沉積、微影 (黃光)、蝕刻及化學機器研磨等前段製程，以類似挖洞填土的繁複過程將複雜的電路圖製作於矽晶圓上；再將包含一堆電路的 8 吋或 12 吋矽晶圓 (Wafer)，交給專業的測試廠進行 CP (Circuit Probing) 測試，再將晶圓交給專業的封裝廠進行切開、黏著、打線、灌模、打印及引腳成型之封裝過程後再進

行最終功能性測試（Final Test）測試，完成後段製程而得 IC 成品。

而驅動 IC(Driver IC)則為液晶顯示器之基礎零件之一，為佔 LCD 成本比重中次高者。驅動 IC 的主要功能是輸出需要的電壓至像素，以控制液晶分子的扭轉程度。目前應用存在日常生活當中，主要供應 PC Monitor、NB 及 LCD TV 等用途的大尺寸面板及供應平板、手機、數位相機與可攜式多媒體播放器等用途的中小尺寸面板。

2.2 委外策略

陳純德等(民 100) 指出，供應鏈體系中，銜接下游品牌廠及上游供應商的中心廠最為重要。客戶下訂單給中心廠，中心廠則向上游供應商採購原物料並製造，最後交貨給客戶。如何快速達成客戶的訂單，且透過全球採購及全球生產的營運模式來創造利潤，成為中心廠努力的方向。台灣 IC 設計公司接受客戶訂單，並將之發包委外至對應的供應商，在整個半導體供應鏈中扮演著承先啟後的中心廠角色。

既然委外是 IC 設計公司的主要營利模式，一個良好的採購策略就相當重要，如何降低採購委外成本及人力成本極為重要。李超雄等(民 98)指出有效的供應鏈管理必需整合企業資訊系統及作業流程，企業可以藉由提昇資訊應用能力並建立標準化制度進而改善內部作業流程；在兩者整合下，能帶來作業流程改進、降低成本等效益，產生供應鏈管理之作業性利益。Xiang et al. (2013)指出採購委外存在兩種策略：單採購和多重採購，其中「單採購」係指所有供應商必須在數量和質量方面完全滿足買家的需求，最後的決定只會取最好的一個；而「多重採購」則需要同時選擇數個供應商，以避免依賴單一來源，如此不但可以避免企業資源被同一家供應商把持，也可以保持供應商之間不斷競爭。因此企業必須做出三個典型決定：

供應商選擇、訂單分配及訂單排程。在許多情況下，企業通常會選擇多個供應商來生產其產品，以確保供應的連續不間斷性。他們也可以在一段時間內從不同的供應商比較價格與服務(Shahroudi et al.,2011)。

對於一個製造商來說，其購買的物品（如原材料）成本可能佔其總營業額的 50-90%，因此企業必需審慎管理供應商的選擇，以建立一個有競爭力的和有效的採購訂單分配策略。選擇合適的供應商將使公司具有競爭力，有助於降低成本和提高最終產品的質量，因此企業皆希望能找出最佳的訂單分配方式，以做出更完善的生產規劃(Mafakheri et al.,2011)。

Cen et al.(2009)指出多供應商和多物料的採購流程行為主要取決於其成本分析結果，他們提出一種改進的基因演算法來決定給予供應商的最佳訂單數量。以一個冶金廠的原材料採購為例，首先必須高度重視其原材料的檔次和內含雜質量；由於材料的來源分散在多個供應商，他們要求這些供應商必須在同一時間點交貨，且須有最低訂購量的限制；最後，再以改進的基因演算法提出了購買決策模型。

對企業而言，降低採購成本是相當重要的一件事。Pan et al.(2011)指出材料成本對利潤的影響巨大，因此採購決策甚為重要。對大部分產業而言，其原材料和部件的成本構成產品的主要成本，在某些情況下原料成本可能會高達其總成本的 70%；而對高科技公司而言，購買材料和服務更佔了產品總成本的 80%。在這樣的環境中，研發人員和從業者將較以往更關注供應商的訂單分配方式。因此他們提出了一個多目標決策模型，用來處理隨機供應鏈的訂單分配問題，使總採購成本和風險成本最小化，並同時保持一個指定的服務水平和品質。

2.3 訂單分配模式

在訂單分配模式方面，多位學者提出了研究結果。Timpeand Kallrath

(2000)提出以一個具有多個製造工廠及銷售據點的化學企業為研究對象，以訂單數量、工廠產能、物料流量、存貨及運送為限制條件，建構以混整數線性規劃的問題模式，解決公司在獲利最大目標下，各工廠最適當的生產數量。Watson and Polito (2003) 提出一個以限制理論為基礎的啟發式模式，運用於傳統供應鏈對於多樣產品、多階層的實體分配環境，改善系統在成本上的表現。此研究以一製造商為例，分別用分配資源規劃 (Distribution Resource Planning, DRP) 與限制理論為基礎的啟發式模式兩種方法，分別比較此製造商對於多樣產品、多階層實體的訂單分配在成本上的績效，其結果顯示以限制理論為基礎的啟發式模式有最佳的訂單分配績效。

Dahel (2003) 在多供應商多種物料的情況下，處理供應商選擇及決定訂單數量的問題。他們使用混整數線性規劃模式，求解一個同時考慮最小採購成本、最少不良品數目、最少未達交產品數目的多目標規畫問題。Zarandi et al. (2003) 在多供應商多種物料的情況下，利用模糊理論並結合混整數規劃，處理供應商選擇及決定訂單數量的問題。Kumar et al. (2004) 在多供應商多種物料的情況下，處理供應商選擇及決定訂單數量的問題，他們利用模糊理論並結合混整數線性規劃，求解最小化總成本的單目標規畫問題。

Fazlollahtabar et al. (2011) 認為供應商的選擇是一個多重準則的最佳化問題，必須考慮有形和無形的因素，如何選擇最好的供應商及其最佳採購量是一個複雜的問題。他們提出了層級分析法(AHP)，先分析供應商、再使用逼近理想解排序法 (TOPSIS) 來區分及排名供應商，並以多目標非線性規劃來選擇最好的供應商及其最佳採購，以將採購的總價值極大化，並盡量減少預算、總懲罰、延遲時間以及缺陷率。而 Demirtas and Ustun (2005) 也探討同樣的問題，以網路分析法(ANP)和多目標混整數線性規劃 (MOMILP) 來求解，以極大化採購的總價值，並盡量減少預算和缺陷率。在該研究的選擇階段中，供應商將以 14 個標準進行評估，這些標準參照收

益、機會、成本和風險 (BOCR) 等四個控制層級，用以確定層級分析法的優先次序；在出貨階段中，則考慮決策者的偏好，再以 MOMILP 模型求解。

Sanayei et al.(2008) 提出多屬性效用理論 (MAUT) 和線性規劃 (LP) 用以評價和選擇最佳的供應商和確定最佳訂單中選擇的數量，以達總效用的最大化，並以一數值例子說明此方法的應用。Liu et al.(2013)研究了物流服務供應鏈的訂單分配過程，考量一個兩階段物流服務供應鏈組成的物流服務集成和數個供應商，建立了一個訂單分配最佳化模型；在收到客戶的訂單後，將之分配給不同的物流供應商，該模型考慮了成本最小化，供應商滿意度最大化，以及配合供應商不同的物流能力最佳化等三個目標。

Razmi and Rafiei(2010)提出一混整數非線性子模型 ANP 以篩選供應商及分配訂單，將合適的訂單數量分配到所選擇的供應商，最後應用實驗結果和敏感性分析來驗證所提出的模型。其研究以五個樣本問題來進行兩種敏感度分析，以驗證所建議的模型。

Hall and Liu (2010) 討論在一個多產品供應鏈中，製造商收到分別來自數個分銷商訂單之處理模式，如果現有的生產能力不能全部滿足所有訂單，製造商須重新配置產能及重新調整所收到的訂單。他們先後評估了(a)經由整合排程相關資訊到產能分配決策中所產生的效益、(b)分銷商通過分享他們的產能分配和協調其修訂後的訂單所賺取額外的利潤、(c)製造商跟分銷商經由協調這些決定而對整個供應鏈產生的效益，最後發展一個模型處理文中所提出的三個協調問題，且運用一個合適的演算法來找出最佳排程。

Yang et al.(2010)建立了一個名為 quasi-transportation 的混整數規劃模型，考慮到大量的訂單需要在很短時間內分配至不同日期的多個工廠，且讓總成本可以最小化。該研究建立一個訂單分配計劃以最小總成本滿足多工廠生產的各種產品，其中總成本包括運營成本，安裝成本，運輸成本，以及訂單延遲的懲罰成本。Chen(2006) 針對訂單分配和調度問題，亦提出

一個啟發式演算法，使用隨機生成的測試實例，在最壞的情況下分析評估其性能，以產生接近最佳的解決方案。

在一個上下游企業連結的供應鏈中，製造商經常下同一種類產品的訂單給同一個產業聚落中的多個供應商，Xiang et al.(2011)研究了兩個不同的順序分配策略，提出的訂單分配模型考量了各自製造商的生產能力、生產負荷和多個供應商，用來解決同一個產業聚落中的多個供應商訂單模擬分配問題。

Mak and Cui(2011) 提出一個新方法來同時解決供應商的選擇問題以及多產品供應鏈(如圖 2-1)的訂單分配問題。他們結合兩問題的特點，提出一個新的混整數規劃模型，並使用限制規劃法(constraint programming)和模擬退火法(simulated annealing)來求解，以協助製造商進行決策。

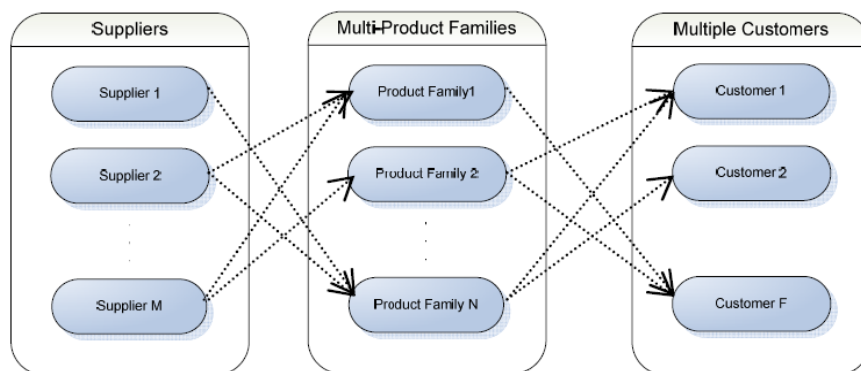


圖 2-1 多產品供應鏈

2.4 小結

綜上所述，我們整理文獻使用方法與求解目標如表 2-1 所示。本研究與文獻之相同處如下：(1)求解目標皆為最小成本並考量品質因素；(2)求解方法為整數線性規劃。而相異處如下：(1)產業別不同；(2)本研究使用多階層訂單分配網路架構；(3)本研究加入包括供應商數量下限、各訂單數量下限等更細緻且符合業界之限制條件。

本研究參考半導體、驅動 IC 與訂單分配等相關文獻，並將主軸設定為求解最佳訂單分配方式，參考表 2-1 列出之文獻處理訂單分配的各種狀況，找出可用的資訊，參考文獻中的模型建立及使用參數方式，並新增限制條件，用以輔助建構本研究所需規劃的最小成本多元商品流量整數線性規劃模型。



	學者	研究內容
1	Timpe and Kallrath (2000)	以混整數線性規劃，解決公司在獲利最大目標下，各工廠最適當的生產數量
2	Dahel (2003)	多供應商多種物料情況，處理供應商選擇及決定訂單數量問題。使用混整數線性規劃，目標是包含最小採購成本，最少不良品數目，最少未達交產品數目
3	Kumaretal. (2004)	利用模糊理論結合混整數線性規劃，考量最小化總成本，來處理供應商選擇及決定訂單數量的問題
4	Demirtas and Ustun (2005)	以網路分析法(ANP)和多目標混整數線性規劃 (MOMILP)來進行處理訂單分配問題，最大化採購的總價值，並減少預算和缺陷率
5	Fazlollahtabar et al. (2011)	提出了層次分析法(AHP)分析供應商、再使用逼近理想解排序法 (TOPSIS) 區分及排名供應商，並以多目標非線性規劃用來選擇最好的供應商和選定的供應商中確定最優數量，以最大限度地提高採購的總價值，並盡量減少預算、總懲罰、延遲時間以及缺陷率
6	Sanayei et al. (2008)	提出多屬性效用理論 (MAUT) 和線性規劃 (LP) 用以評價和選擇最佳的供應商和確定最佳訂單中選擇的數量，使總效用最大化
7	Razmi and Rafiei (2010)	提出一混整數非線性子模型 ANP 用來進行供應商篩選及訂單分配，用來同時分配訂單數量到所選擇的供應商
8	Yang et al. (2010)	建立了 quasi-transportation 的混整數規劃模型，處理公司多個工廠訂單分佈問題，使總成本最小化

表 2-1 訂單分配文獻整理

第三章

IC 設計訂單分配模型之建立

本研究以某 LCD 驅動 IC 設計公司 TCP/COF 產品為案例，分析了該公司的生產流程現況及問題，並了解銷售生管採購等營運單位的實務狀況，以便能找出一個最佳的訂單分配排程方法。本章共分成六節：第一節先描述介紹 IC 設計生產銷售流程，第二節舉範例說明訂單產品架構，第三節闡述問題與研究假設，第四節建立最小流量成本訂單分配模型以解決此問題，第五節說明模型公式意義，最後第六節小結本章重點。

3.1 IC 設計生產銷售流程

IC 設計公司大多無自有工廠，採取委外生產方式營運，其產品的製造生產測試都在供應商端進行，其生產銷售流程歸納為八個步驟，如圖 3-1，每個步驟作業說明如下：

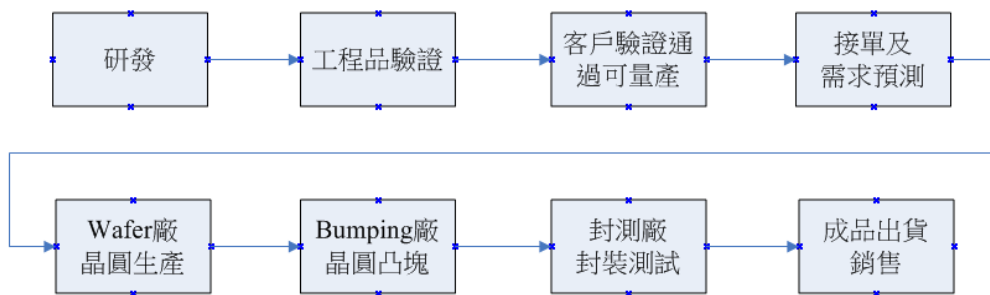


圖 3-1 生產銷售流程

- (1) 研發：依客戶規格書，設計與開發產品。
- (2) 工程品驗證：開發完成的工程品交由客戶測試驗證。
- (3) 客戶驗證通過可量產：客戶對產品確認驗證，確認可行可大量生產製造。
- (4) 接單及需求預測：客戶提出未來生產需求，業務依此製作產品銷售預測以供前段生管人員備料，而實際出貨則以客戶訂單為主。
- (5) Wafer 廠晶圓生產：由生產規劃提前三個月投單至 Wafer 廠以做晶圓生

產。

(6) Bumping 廠晶圓凸塊：Wafer 生產完畢後送至 Bumping 廠進行晶圓凸塊製作。

(7) 封測廠封裝測試：於封測廠進行晶圓測試(CP Test)、封裝(Assembly)及成品測試(Final Test)。

(8) 成品出貨銷售：最終成品依客戶訂單送至所需客戶廠區。

3.2 訂單產品與委外分配架構

本節將以幾個範例圖示分別說明客戶訂單及產品關係、產品架構及訂單分配方式。

當客戶對公司生產的產品群分別開出訂單和三個月後的預估需求時，生管人員必須明確地判斷該產品所需要的原物料和半成品是哪些，是否有共用料或替代料的情況，最後計算出未來要投入生產的 wafer 是哪一個型號及數量。如圖 3-2 所示，客戶 1 需要產品 1、2、6，客戶 2 需要產品 3 和 4，客戶 3 需要產品 3 和 5...等等；其中產品 1 和產品 2 需要的原料是同一個型號 wafer 1，產品 4 和產品 5 需要的原料是同一個型號 wafer 3，以此推論，最後可推導出 wafer 1 至 wafer n 各自的需求量，再依現有庫存與在製品決定出所需採購的 wafer 型號跟數量；因 wafer 製程時間為整個生產鏈最長，所以此作業必須於出貨前三個月就需執行，才不至後續作業不及。

圖 3-3 則是以某產品架構為例，說明後續製程投產對應半成品物料狀況，wafer 1 生產完畢後投入 Bumping 廠進行加工，加工完畢後進行 CP 測試。然而在此階段，因測試方式及程式不同，將會分支為 CP 1 和 CP 2，而後 CP 1 和 CP 2 再接續封測與測試製程，最終產出的產品為 FG 1 和 FG 2。Wafer 4 則是 Wafer 1 的再延伸，一樣於 Bumping 後的 CP 測試分支為 CP 5 和 CP 6，其中 CP 6 又再度於封測與測試製程階段分支為 AS 6 和 AS

7，最終的產品為 FG 5、FG 6 和 FG 7。

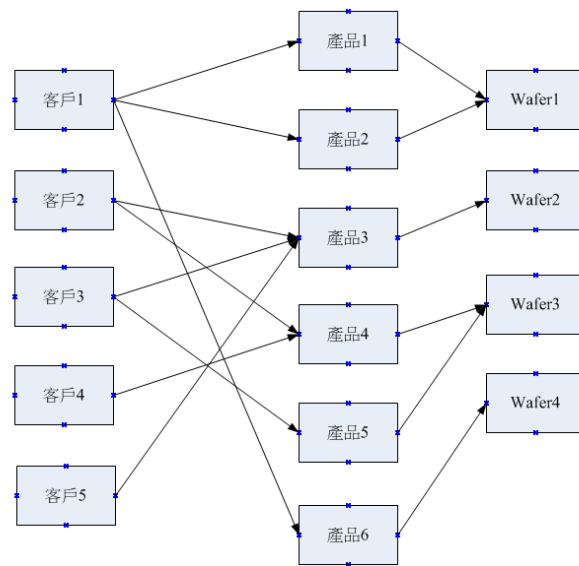


圖 3-2 客戶訂單及產品圖

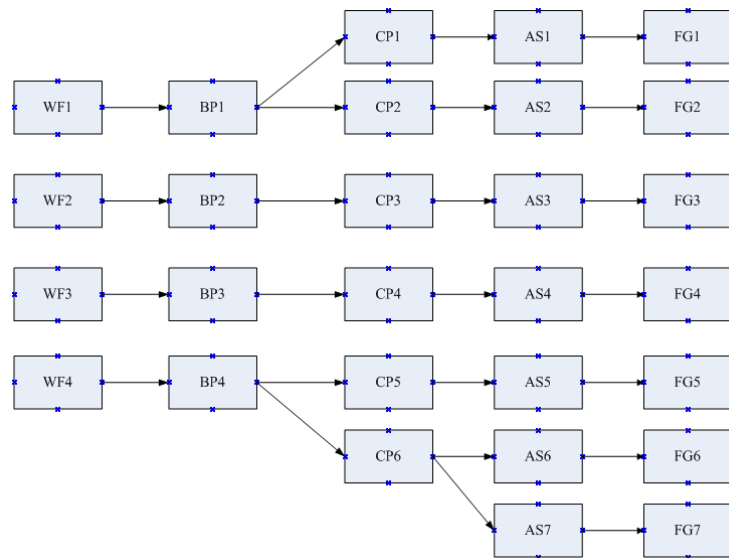


圖 3-3 產品架構圖

以上我們使用兩個簡易範例大略說明產品製程的多樣與複雜性，實際的產品製程將更複雜與多變，因此生管人員再進行訂單分配選擇之前，必須對產品 BOM 要有非常清楚的認知，若是發生錯誤，有可能產出的產品不是客戶要的形成呆滯料，也會導致客戶需求產品無法如期交出，影響層面頗大。

而近年來封測廠產業擴充及併購案的發生，許多供應商同時兼有著後段製程 Assembly 與 Final Test 的能力，在做完 Assembly 後不需再轉送到下一個供應商進行 Final Test 製程，而是直接在該廠即可進行 Final Test，一方面省下了運送成本，一方面也使得生管人員可以更好的管控產品狀態。就 IC 設計公司而言，兩道製程一起進行的費用也會比分別交給兩家供應商的成本要來的低，後續的產品品質控管也更加良好，是一個雙方都得利的模式。然而此種作法雖然有成本優勢，卻也因供應鏈廠商選擇性減少而失去了一些議價空間。

生管人員在清楚產品結構之後，就必須針對收到的客戶訂單、出貨計畫(Shipping plan)與未來需求預估(Forecast)，依據庫存及在製品決定該產品需開立採購單及委外工單給予哪家供應商。如圖 3-4 所示，當客戶訂單轉為所需要的 wafer 數量後，在 Wafer 這一階，可以選擇的供應商有 V11 跟 V22 兩家，因此就視這兩家 Fab 廠的產能、品質、交期及成本，進而決定出給予 V11 200 單位而 V12 是 50 單位；在此製程完畢之後，下一道製程 Bumping 也有兩家分別為 V21 和 V22，此時決定了 V11 產出的 200 單位，其中 100 送至 V21 進行加工，另 100 送至 V22，而 V12 產出的 50 單位全數送至 V22，因此 V22 總共收到了 150 單位需求，第三道製程 CP 也有同樣的狀況，分別從 V21 及 V22 的產出分配至 V31、V32 和 V33 三家供應商，在最後 AS/FT 製程階段，又將這三家供應商產出分別送至 V41 和 V42 兩家，而最終客戶的需求，再由 AS/FT 這兩家供應商分別送至客戶產線上。

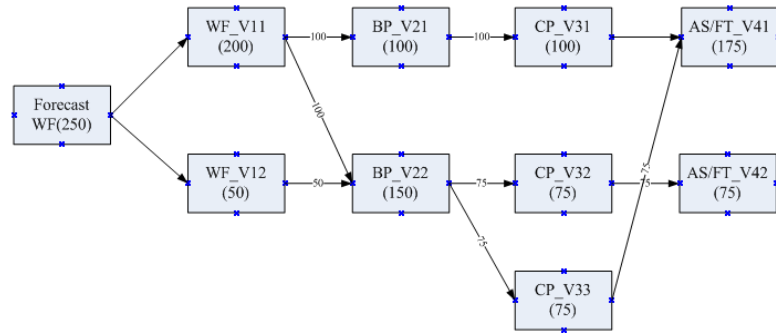


圖 3-4 訂單分配圖

此種模型會隨著製程與供應商的增加及製程選擇搭配而更加複雜。而當產品與供應商選項變多時，整個訂單分配路徑又將會更加多樣化及複雜如圖 3-5，生管人員若只依靠經驗法則來進行分配，往往會相當費時且產生盲點，故而需要一個數學規劃模型來輔助協助，以增進效率及效益。

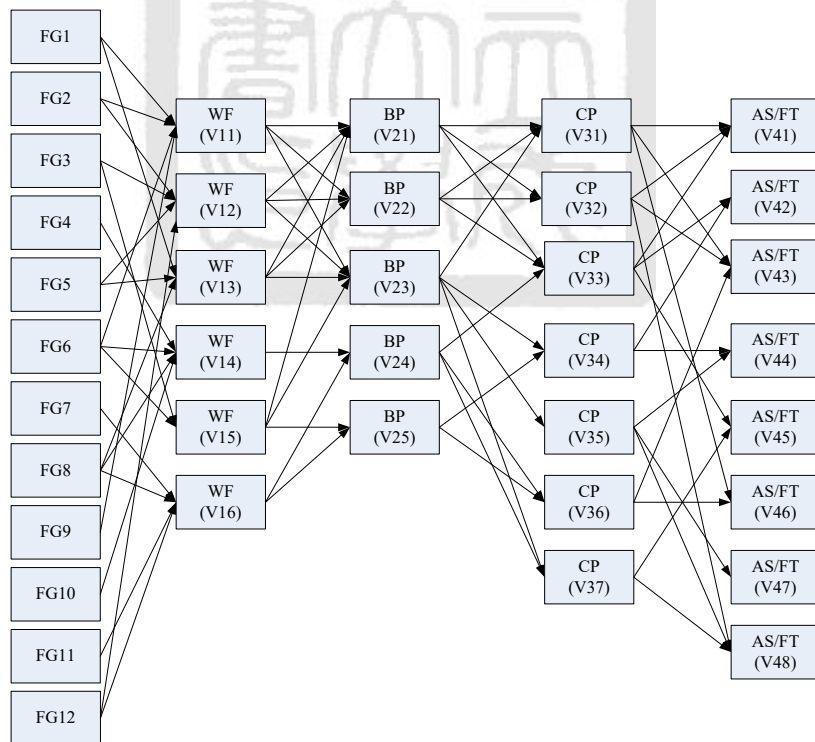


圖 3-5 多產品與多供應商訂單分配路徑圖

3.3 問題描述與研究假設

隨著研發技術的快速演進，產品生命週期越來越短，消費市場亦隨之劇烈變化，若無法快速生產消費者所喜好之新型號產品，舊產品所堆積之庫存將造成跌價損失，影響企業之獲利。為因應此種市場變化快速的特性，生管採購人員必須隨時針對這些變化而改單或重新分配訂單。如何在快速計算最小成本的訂單分配方式時，又能兼顧產品品質、風險分擔與各供應商產能等諸多限制，則為本研究的主要目標。

在所有製程皆委外的情況下，產品品質與成本之管控尤為重要。從現今業界常見的營運方式來看，通常委外廠會要求提高委外訂單數量做為保障產能之條件，如何與供應商協商取得所需要的產能及最小訂購量之共識亦相當重要。而生產排程人員必須依據業務每週所提供之最新出貨計畫、需求預估及其它委外相關因素，隨時且即時地更正開立給予委外廠商之訂單。以下列出幾項目前業界生管人員在分配訂單時通常考慮的事項：

- (1) wafer 缺口需考量需求預估、出貨計畫、現有庫存、已經開立的 wafer 採購單、wafer 正在進行製程中及已經投入至後段製程數量，且必須考慮良率(yield)及該片 wafer 可以切為多少顆(gross die)等因素。
- (2) 產品組合眾多，且每個產品有其限定每一段製程的數家合格供應商，甚至有客戶的指定供應商，故必須依客戶允許之品質條件下進行訂單分配。
- (3) 生管決定產能調配比例，但採購會因價格給予建議。因生管人員不知價格，只求產出，故分配的結果仍須視採購人員或是主管進行適度調整。
- (4) 供應商常有產能限制。因供應商機台有限，不見得能全盤接收其被分配到的訂單。此外，為分擔風險，生管人員可能會故意將訂單同時分

配給數家合格供應商。

- (5) 各階半成品製程組合眾多，且有不同的替代料件與共用料關係，增加生管人員求解最佳訂單分配方式的複雜性。
- (6) 需考量各階製程從開立採購單與委外單到供應商的實際下線時間，才能確實掌握供應商產能與實際完工時間。

由於需要考慮的因素眾多，本研究只針對其中最重要的成本、品質及風險分擔等三項深入研究，希望藉此發展出一數學規劃模型，幫助生產排程人員能夠隨時因應市場需求快速變化而衍生而出的排程及採購決策變更需求；也希望藉由分析定義出各項影響因子，讓使用者可以自行調整參數，而達到可以每週修改甚至每天修改，產出需求採購及委外單數量及對應供應商，而符合未來出貨計畫，完成客戶的要求產出，並能減少生產總成本，以降低公司成本。本研究的假設如下：

- (1) 預估需求已知。
- (2) 每一階產品合格供應商已知。
- (3) 每一階原物料或半成品之對應可符合交期之供應商的產能、生產單價皆已知。
- (4) 產品架構(BOM)已知。
- (5) 製程中無重工與損失。
- (6) 先假設成品及半成品單位皆為 pc，不計算 gross die 數，以方便數學模式計算。
- (7) 此模型先不考慮共用料與替代料交互搭配狀況。
- (8) 模擬產品為 TCP/COF，故 Assembly 與 Final Test 此種 Turnkey 狀況，將之合併為一階 AS/FT。

3.4 最小成本流量訂單分配模式建立

經由前三節歸納總結，本研究的生產訂單分配方式可用如圖 3-6 的多層訂單分配網路 $G=(N,A)$ 來表示。其中每層網路代表單一產品的訂單分配方式，多產品即以多層網路表示。把訂單量視為網路中各節線(arc)上的流量，將各產品的總需求量由起始點 N_F 流出，再依不同階段製程可能流經不同的供應商的對應關係以各段製程間的節線連結關係表示之。不同層的產品可能會委託同一供應商代工，此時即必須考慮其經過該供應商的各層產品總流量不能超過其產能限制。各節線上除有流量外，亦有其對應的生產單位成本、品質分數等參數；而各節點即代表代工之供應商，其產能可視為流經該節點之各層產品流量總合的上限。以此網路圖為基礎，即可設計出其對應的整數線性規劃模式，將目標式設定為最小化總流量成本，而限制式則包含各產品在各節點的流量守恆，各供應商之產能上限、品質要求限制、及風險承擔限制等等，茲說明如下：

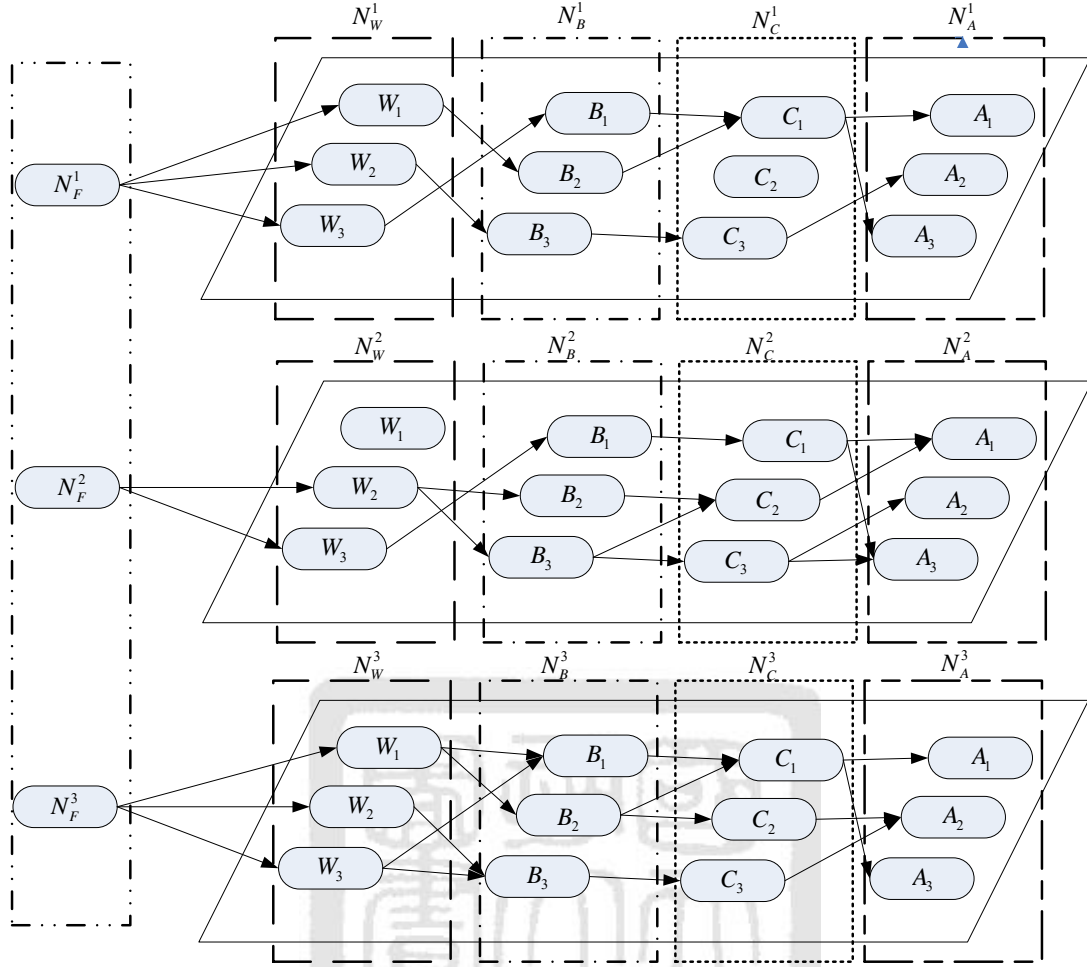


圖 3-6 訂單分配路徑圖

$$(1) \text{ 節點集合 } N = N_F \cup N_W \cup N_B \cup N_C \cup N_A = \bigcup_{\ell \in \{F, W, B, C, A\}} N_\ell = \bigcup_{\ell} \bigcup_{k \in N_F} N_\ell^k$$

F 、 W 、 B 、 C 、 A 分別代表著客戶需求(Demand)及各段製程。其中客戶需求視為虛擬供應商以 F 表示， N_F 代表需求產品集合； W 為晶圓廠製程， N_W 代表晶圓廠供應商集合； B 為 Bumping 廠製程， N_B 代表 Bumping 廠供應商集合； C 為 CP Test 製程， N_C 代表針測廠供應商集合； A 為 Assembly 與 Final Test 製程， N_A 代表封測廠供應商集合。

$$(2) \text{ 節線集合 } A = A_{FW} \cup A_{WB} \cup A_{BC} \cup A_{CA} = \bigcup_{\ell' \in \{FW, WB, BC, CA\}} A_{\ell'} = \bigcup_{\ell'} \bigcup_{k \in N_F} A_{\ell'}^k$$

FW 、 WB 、 BC 、 CA 表示各階物料委外路徑，其中 A_{FW} 代表由產品 $i \in N_F$

分配至晶圓廠 $j \in N_w$ 之路徑； A_{WB} 代表由晶圓廠 $i \in N_w$ 分配至 Bumping 廠 $j \in N_B$ 之路徑； A_{BC} 代表由 Bumping 廠 $i \in N_B$ 分配至針測廠 $j \in N_C$ 之路徑； A_{CA} 代表由針測廠 $i \in N_C$ 分配至封測廠 $j \in N_A$ 之路徑。

其中模型參數如下：

(1) c_{kij} 為產品 k 對供應商 j 進行採購或是委外加工的成本，

$$\forall (i, j) \in A, \forall k \in N_F。$$

(2) Q_i 代表供應商 i 可供應的產能， $\forall i \in N \setminus N_F。$

(3) V_i 代表供應商 i 之品質評分， $\forall i \in N \setminus N_F。$

(4) D_k 為客戶對產品 k 的需求數量，包含訂單及預估需求量， $\forall k \in N_F。$

(5) L_k^ℓ 為產品 k 對製程 ℓ 進行採購單或委外單時所必須分配之供應商數量下限， $\forall \ell \in \{W, B, C, A\}$ ， $\forall k \in N_F$ ；舉例而言，若 $L_2^B = 3$ ，表示產品 2 於 B 製程進行訂單分配時，所需分配之供應商數量至少要在三家以上。

(6) p_{ki} 為產品 k 對供應商 i 進行採購單或委外單時所必須給予最小生產比例， $\forall i \in N \setminus N_F$ ， $\forall k \in N_F$ ；舉例而言，若 $p_{2B_1} = 20\%$ ，表示產品 2 分配至 B 製程之供應商 B_1 時，所需給予訂單量至少要產品 2 需求數量之 20% 以上。

(7) g 為品質目標限制分配比例，即對高品質產品之要求比例。

(8) $\phi(g)$ 為將 g 代入後所求得之品質下限值。

而模型變數如下：

(1) x_{kij} 表產品 k 於供應商 i 該製程產出送至下段製程供應商 j 的數量，

$$\forall (i, j) \in A, \forall k \in N_F。$$

(2) y_{ki} 為產品 k 對供應商 i 是否給予訂單，若是則 $y_{ki}=1$ ，反之 $y_{ki}=0$ ，

$$\forall i \in N \setminus N_F, \forall k \in N_F。$$

此模型主要目標為求得最小流量成本下每個產品 k 之訂單分配，採用整數線性規劃模式求解，加總每一製程產量與單位成本之乘積，得出最小總成本公式為：

$$\text{Min Cost} = \sum_{k \in N_F} \sum_{(i,j) \in A^k} c_{kij} x_{kij} \quad (3.1)$$

此外在假設無耗損狀況下，投入生產數量必須等於客戶需求，得出限制式

$$\sum_{(i,j) \in A_{FW}^k} x_{kij} = D_k, \forall k \in N_F \quad (3.2)$$

每一供應商皆有其產能限制，來自上階製程每個產品 k 的委工單數量總和不可大於該供應商 i 的最大產能，得出限制式為

$$\sum_{k \in N_F} \sum_{(i,j) \in A^k} x_{kij} \leq Q_i, \forall i \in N \setminus N_F \quad (3.3)$$

再輔以流量守恒，假定無損失狀態下，每個產品 k 投入產線數量需等於其產出數量，以此設定了限制式公式如下：

$$\sum_{(i,j) \in A^k} x_{kij} = \sum_{(j,i) \in A^k} x_{kji}, \forall i \in N \setminus N_F \setminus N_A, k \in N_F \quad (3.4)$$

$$x_{kij} \geq 0, \forall (i, j) \in A, \forall k \in N_F \quad (3.5)$$

為了確保供貨的穩定性及避免被某家特定供應商壟斷，每個產品 k 在其各

製程 (W, B, C, A) 中皆必須規範所投產之供應商數量下限 $(L_k^W, L_k^B, L_k^C, L_k^A)$ 並對各製程之投產供應商 i 規範其最小投產量比例 p_{ki} 。

在供應商 i 有獲得產品 k 訂單情況下 $(y_{ki}=1)$ ，其獲得訂單數必須大於最小

投產量 $\left(\sum_{(i,j) \in A^k} x_{kij} \geq p_{ki} * D_k\right)$ ；反之，若供應商 i 沒有獲得產品 k 訂單情況下

$(y_{ki}=0)$ ，其獲得訂單數必須等於 $0\left(\sum_{(i,j) \in A^k} x_{kij} = 0\right)$ 。

以此設定了限制式公式如下：

$$\sum_{i \in N_\ell} y_{ki} \geq L_k^\ell, \ell \in \{W, B, C, A\}, \forall k \in N_F \quad (3.6)$$

$$\sum_{(i,j) \in A^k} x_{kij} + (1 - y_{ki}) * D_k \geq p_{ki} * D_k, \forall i \in N \setminus N_F, \forall k \in N_F \quad (3.7)$$

$$\sum_{(i,j) \in A^k} x_{kij} - y_{ki} * D_k \leq 0, \forall i \in N \setminus N_F, \forall k \in N_F \quad (3.8)$$

若 $\left(\sum_{(i,j) \in A^k} x_{kij} \geq p_{ki} * D_k\right)$ ，公式(3.8)會強迫 $y_{ki}=1$ ；反之，若 $\left(\sum_{(i,j) \in A^k} x_{kij} \leq p_{ki} * D_k\right)$

，公式(3.7) 會強迫 $y_{ki}=0$ ，進而導致 $\sum_{(i,j) \in A^k} x_{kij} = 0$ 。

委外品質亦是 IC 設計公司所重視的，然而成本與品質往往是相對的，品質高者採購或委外費用通常較高，而費用較低者，其品質通常也會較低。因此必須在成本與品質之間取得一個平衡點，並且視企業政策而做出改變，在一穩定品質下達到最小成本。將每個製程 (W, B, C, A) 中分別取出最高供應商評分加總得到品質最大總分值，並分別將最低供應商評分加總得到品質最小總分值，品質最大總分值再和企業政策所訂出的品質目標限制分配比例 (g) 相乘，品質最小總分值則和 $(1-g)$ 相乘，此兩結果值相加後與產品

總數量相乘得出企業品質下限值 $\phi(g)$ ，在進行訂單分配時，產品品質總分數必須大於企業品質下限值，得出限制式為

$$\phi(g) = \sum_{k \in N_F} D_k * \left\{ g * \left\{ \sum_{\ell \in \{W, B, C, A\}} \max_{i \in N_\ell} \{v_i\} \right\} + (1-g) * \left\{ \sum_{\ell \in \{W, B, C, A\}} \min_{i \in N_\ell} \{v_i\} \right\} \right\} \quad (3.9)$$

$$\sum_{k \in N_F} \sum_{(i,j) \in A^k} x_{kij} v_i \geq \phi(g) \quad (3.10)$$

舉例而言，若品質目標限制分配比例 $g = 70\%$ ，產品總數量 $\sum_{k \in N_F} D_k = 1000$ ，其中 W 製程供應商評分最大值為 $\max_{N_W} \{10, 3\} = 10$ ， B 製程供應商評分最大值為 $\max_{N_B} \{9, 4\} = 9$ ， C 製程供應商評分最大值為 $\max_{N_C} \{7, 2\} = 7$ ， A 製程供應商評分最大值為 $\max_{N_A} \{8, 3\} = 8$ ，所以品質最大總分值为 $\sum_{\ell \in \{W, B, C, A\}} \max_{i \in N_\ell} \{v_i\} = 34$ ；同理可得品質最小總分值为 $\sum_{\ell \in \{W, B, C, A\}} \min_{i \in N_\ell} \{v_i\} = 12$ ；故可以得出品質下限值 $\phi(g) = 1000 * \{70\% * 34 + (1 - 70\%) * 12\} = 27400$ 。之後在進行訂單分配時，分配至每個供應商訂單數量乘以供應商評分之加總 $\sum_{(i,j) \in A} x_{kij} v_i$ 必須大於此品質下限值 $\phi(g)$ 。

以上列出之整數線性規劃模型在作業研究理論中可視為一個具額外限制式（限制式(3.6)-(3.10)）之最小成本多元商品流量問題(min-cost multicommodity network flow problem)。此類問題早已被證明是 NP-hard(Ahuja et al. 1993)，主因是各產品的流量必須互相競爭同一供應商的產能，本研究不針對求解效率著墨，而將重點放在如何因應複雜的品質、產能與風險分擔等考量來設計數學規劃模型的各額外限制式（限制式(3.6)-(3.10)）。由於臺灣許多產業時常面臨類似複雜的代工訂單分配決策，因此本研究所建構之數學規劃模型在實務上十分有用，亦可以本模型為基礎，

進一步執行敏感度分析來探討不同環境參數對決策的影響程度。

3.5 公式說明

本研究首先將使用簡單資料驗證用以確認邏輯正確性，取 WF、BP、CP、AS/FT 各二家，產能、價格、訂單分配最少供應商數與最小訂單比例及品質評分如表 3-1，產品則取二個，數量分別為 5000 與 8000，品質限制分配比例則為 50%，而最後此測試所使用之上階製程供應商至下階製程供應商所允許路徑皆設為可執行如圖 3-7。

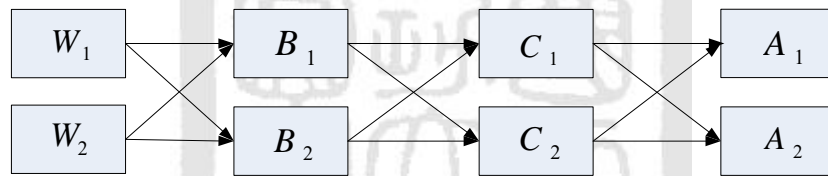


圖 3-7 製程路徑圖

製程	供應商 編號	產能 (PC)	價格 (USD)	品質分數	最少供應商 數量	最少下單比例 /每一產品,供應商
WF	W ₁	20000	384	9	2	10%
	W ₂	15000	328	7		
BP	B ₁	15000	67	7	2	10%
	B ₂	10000	71	8		
CP	C ₁	5000	37	5	2	10%
	C ₂	15000	40	8		
AS/FT	A ₁	10000	90	9	2	10%
	A ₂	10000	75	5		

表 3-1 供應商資料表

將供應商價格代入目標式(3.1)，並加總每一製程產量與單位成本之乘積，

$x_{F_i W_i}$ 表示產品 1 分配至 W 製程供應商 W_i 之數量， $x_{F_i W_i B_i}$ 表示產品 1 由 W 製

程供應商 W_1 分配至 B 製程供應商 B_1 之數量，依此類推，最後得出最小總成本公式為：

$$\begin{aligned} \text{Min Cost} = & 384x_{F_1W_1} + 328x_{F_1W_2} + 67x_{F_1W_1B_1} + 67x_{F_1W_2B_1} + 71x_{F_1W_1B_2} + 71x_{F_1W_2B_2} + 37x_{F_1B_1C_1} \\ & + 37x_{F_1B_2C_1} + 40x_{F_1B_1C_2} + 40x_{F_1B_2C_2} + 90x_{F_1C_1A_1} + 90x_{F_1C_2A_1} + 75x_{F_1C_1A_2} + 75x_{F_1C_2A_2} \\ & + 384x_{F_2W_1} + 328x_{F_2W_2} + 67x_{F_2W_1B_1} + 67x_{F_2W_2B_1} + 71x_{F_2W_1B_2} + 71x_{F_2W_2B_2} + 37x_{F_2B_1C_1} \\ & + 37x_{F_2B_2C_1} + 40x_{F_2B_1C_2} + 40x_{F_2B_2C_2} + 90x_{F_2C_1A_1} + 90x_{F_2C_2A_1} + 75x_{F_2C_1A_2} + 75x_{F_2C_2A_2} \end{aligned}$$

其次，在假設無耗損狀況下，投入生產數量必須等於客戶需求，以產品 1 為例，投入 W 製程供應商之數量總和必須等於產品 1 客戶需求量，代入公式(3.2)可得：

$$x_{F_1W_1} + x_{F_1W_2} = 5000$$

以 W 製程供應商 W_1 為例，由產品 1 與產品 2 分配至 W_1 之投產量不可大於 W_1 之產能，代入公式(3.3)可得：

$$x_{F_1W_1} + x_{F_2W_1} \leq 20000$$

以 W 製程供應商 W_1 為例，在流量守恆且生產無耗損狀態下，產品 1 投入 W_1 之數量必須等於 W_1 產出後分配至 B_1 與 B_2 之數量總和，代入公式(3.4)可得：

$$x_{F_1W_1} = x_{F_1W_1B_1} + x_{F_1W_1B_2}$$

分配至各供應商之數量必須大於 0，以產品 1 投入供應商 W_1 之數量為例，代入公式(3.5)可得：

$$x_{F_1W_1} \geq 0$$

產品 1 規範了當它投產至各製程時，所投產之供應商數量至少要為二家，以 W 製程為例代入公式(3.6)可得：

$$y_{F_1W_1} + y_{F_1W_2} \geq 2$$

同時，在供應商 W_1 有獲得產品 1 訂單情況下 ($y_{F_1W_1} = 1$)，其獲得訂單數必須大於最小投產量；反之，若供應商 W_1 沒有獲得產品 1 訂單情況下 ($y_{F_1W_1} = 0$)，其獲得訂單數必須等於 0。產品 1 規範它投入至供應商 W_1 之最小投產量最少必須為產品 1 需求量的 10%，代入公式(3.7) (3.8)可得：

$$x_{F_1W_1} + (1 - y_{F_1W_1}) * 5000 \geq 10\% * 5000$$

$$x_{F_1W_1} - y_{F_1W_1} * 5000 \leq 0$$

在本例中，品質最大總分值为各階製程評分最高者相加，以 W 製程供應商為例最高分為 9 分， B 製程供應商最高分為 8 分，依此類推可得品質最大總分值为 $(9+8+8+9)$ ；品質最小總分值为各階製程評分最低者相加，以 W 製程供應商為例最低分為 7 分， B 製程供應商最低分為 7 分，依此類推可得品質最小總分值为 $(7+7+5+5)$ ；而企業品質下限值 $\phi(g)$ 則是品質目標限制分配比例 (g) 乘以品質最大總分值为，再加上 $(1-g)$ 乘以品質最小總分值为，最後乘以產品總數量。產品品質總分數則是分配至該供應商之訂單數量乘以該供應商品質評分，最後加總而得。代入公式(3.9) (3.10)可得：

$$\phi(g) = (5000 + 8000) * \{50\% * (9 + 8 + 8 + 9) + (1 - 50\%) * (7 + 7 + 5 + 5)\} = 377000$$

$$\begin{aligned} & 9x_{F_1W_1} + 7x_{F_1W_2} + 7x_{F_1W_1B_1} + 7x_{F_1W_2B_1} + 8x_{F_1W_1B_2} + 8x_{F_1W_2B_2} + 5x_{F_1B_1C_1} + 5x_{F_1B_2C_1} + 8x_{F_1B_1C_2} + 8x_{F_1B_2C_2} \\ & + 9x_{F_1C_1A_1} + 9x_{F_1C_2A_1} + 5x_{F_1C_1A_2} + 5x_{F_1C_2A_2} + 9x_{F_2W_1} + 7x_{F_2W_2} + 7x_{F_2W_1B_1} + 7x_{F_2W_2B_1} + 8x_{F_2W_1B_2} + 8x_{F_2W_2B_2} \\ & + 5x_{F_2B_1C_1} + 5x_{F_2B_2C_1} + 8x_{F_2B_1C_2} + 8x_{F_2B_2C_2} + 9x_{F_2C_1A_1} + 9x_{F_2C_2A_1} + 5x_{F_2C_1A_2} + 5x_{F_2C_2A_2} \geq \phi(g) \end{aligned}$$

3.6 小結

本章在已知供應商針對每一階製程之採購或是委外加工成本、供應商符合交期之產能與客戶需求，以及供應商品質評分，在這些已知參數下，得到一最小成本流量訂單分配模式，並使用使用軟體 Gurobi，將已知參數代入，預期會產出符合客戶品質需求之各項產品種類的所有訂單資訊，包含下單於哪家供應商、需下單多少量等，並計算出最小成本及品質狀況，依此結果可以進而分析公司營運狀況，並再透過重複修正參數方式達到符合公司策略之最小成本與最佳品質。在第四章中，我們將會有更進一步的程式執行結果與分析。



第四章

數值測試分析與討論

在此章中，第一節以簡例資料代入驗證模型正確性；第二節則說明本研究之資料來源，以某驅動 IC 公司為對象進行蒐集，以實際資料為主，再加以推估修改而得，並將數據代入模型運算求解，求得該公司在進行訂單分配時之最佳化分配網路，哪項產品該下單至哪家晶圓廠及後段封測廠，並得出最小成本；第三節則進行敏感度分析，觀察敏感度測試中，對總成本較敏感的參數以及該參數變化時對總成本造成的影響；第四節則針對本次模型驗證做個小結。

4.1 簡例驗證測試

4.1.1 測試資料說明

本研究測試平台為 Windows 8.1，使用 Intel Core i5-3210M(2.5GHz / Turbo 3.1GHz)處理器，記憶體為 6G DDR3，程式開發則使用 C++ Visual Studio 2012，搭配 Gurobi 5.6.2 進行最佳化運算。

測試資料首先將使用簡單驗證資料用以確認程式邏輯，取 WF、BP、CP、AS/FT 製程各三家供應商，產能、價格、訂單分配之供應商數量下限與最小訂單比例及品質評分如表 4-1，成品、數量與品質限制分配比例如表 4-2，而最後此測試所使用之上階製程供應商至下階製程供應商所允許路徑皆設為可執行如圖 4-1。

製程	供應商編號	產能 (PC)	價格 (USD)	品質分數	供應商數量下限	最少下單比例 / 每一產品, 供應商
WF	W_1	20000	384	9	2	10%
	W_2	15000	328	7		
	W_3	10000	216	5		
BP	B_1	15000	67	7	2	10%
	B_2	10000	71	8		
	B_3	10000	64	7		
CP	C_1	5000	37	8	2	10%
	C_2	15000	40	9		
	C_3	12000	35	7		
AS/FT	A_1	10000	90	9	2	10%
	A_2	10000	75	7		
	A_3	10000	60	6		

表 4-1 簡例供應商資料表

產品編號	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5
數量	5000	2000	8000	6000	3000
品質限制分配比例 : 50%					

表 4-2 簡例訂單資料表

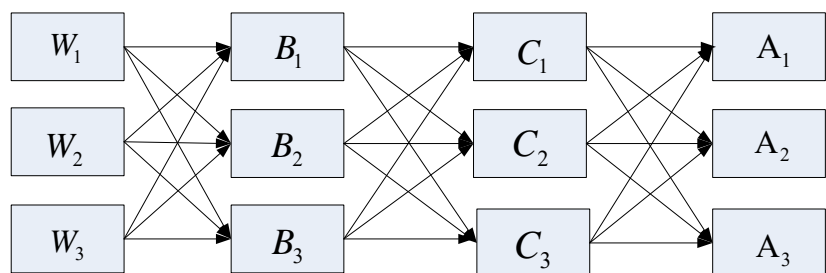


圖 4-1 製程路徑圖

4.1.2 測試結果

本次測試所執行時間小於一秒，結果顯示最小總成本為 11381000，經計算驗證後，此結果確為最小總成本，表示此模型能夠正確處理供應商訂單網路分配問題；由於各供應商有產能限制，並限制每個產品在每階製程至少要下單給二家供應商，且最少下單比例為該產品需求之 10%，另外再限制了此訂單分配結果所獲得品質總分數必須要大於品質下限值，再輔以各階製程至下階製程路徑皆可執行，求得各委外廠所獲得訂單如表 4-3，並將各產品之訂單分配路徑歸納整理如圖 4-2。

	供應商編號/數量(PC)/供應商小計											
產品編號	W_1	W_2	W_3	B_1	B_2	B_3	C_1	C_2	C_3	A_1	A_2	A_3
F_1	500	4500	0	2700	500	1800	500	4500	0	500	4000	500
F_2	200	0	1800	200	200	1600	200	200	1600	1600	200	200
F_3	2500	4700	800	800	6300	900	800	6400	800	800	5500	1700
F_4	0	1000	5000	0	600	5400	3500	1900	600	5400	0	600
F_5	300	300	2400	300	2400	300	0	2000	1000	1700	300	1000
總計	3500	10500	10000	4000	10000	10000	5000	15000	4000	10000	10000	4000

表 4-3 供應商訂單分配總表

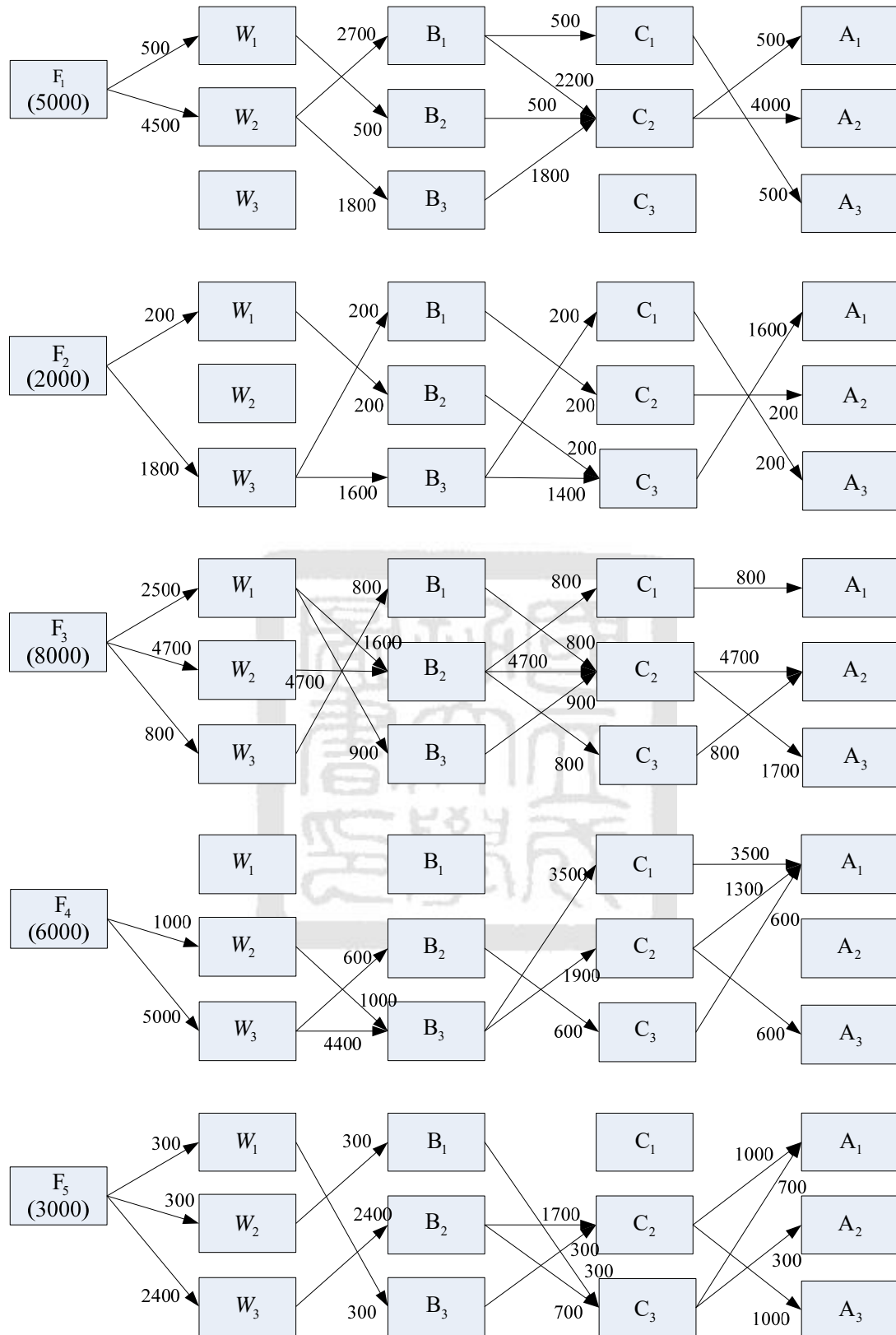


圖 4-2 訂單分配路徑圖

4.2 實例驗證測試

4.2.1 測試資料說明

本研究所使用實例驗證測試係參考某驅動 IC 設計公司 2014 年某月份之實際生產資料，再加以推估修改而得。其中 WF 供應商有六家，BP 供應商有六家，CP 供應商有八家，AS/FT 供應商有八家；生產之成品料號計有二百三十九個，而其中每個成品所對應各階製程 WF、BP、CP、AS/FT 之價格不盡相同，會視該產品實際規格而有不同的生產單位成本價格。在本研究中，我們會將此不同產品之各同一製程價格資料訂為平均值，以便後續程式運算簡化，此價格資料可依實際狀況代入而不影響運算邏輯。而關於品質限制分配比例部分，該公司雖在每一季均會對供應商評分，但實際上生管人員在開立訂單時並未將此因素落實考量進去(亦即目前實際上並未考慮此品質項目)，因此在測試驗證階段時採取平均品質比例，初次計算時只取 50% 做為高品質產品分配比例，而在後續進行敏感度分析時，再驗證因品質限制分配比例不同而造成的最小總成本差異。此外，WF、BP、CP 及 AS/FT 在 IC 品質重要性所佔的比例約為 10：4：3：3，因此在計算品質分數時必須將此比例加權加乘；產能、價格、訂單分配最少供應商數與最小訂單比率及品質評分如表 4-4，成品之數量與品質分配如表 4-5，測試所使用之上階製程之下階製程所允許路徑皆設為可執行如圖 4-3。

製程	供應商編號	產能 (PC)	價格 (USD)	品質分數	品質分數 (加權比例)	供應商數量 下限	最少下單比例 /每一產品, 供應商
WF	W_1	12000	384	84.5	845	2	10%
	W_2	11000	328	80.9	809		
	W_3	5000	216	78.9	789		
	W_4	6000	500	88.1	881		
	W_5	8000	252	80.2	802		
	W_6	10000	368	82.6	826		
BP	B_1	25000	67	81.1	324.4	2	10%
	B_2	15000	71	81.5	326		
	B_3	5000	64	79.5	318		
	B_4	20000	84	88.2	352.8		
	B_5	10000	71	84.1	336.4		
	B_6	20000	67	78.3	313.2		
CP	C_1	16000	37	78.8	236.4	2	10%
	C_2	12000	39	81.6	244.8		
	C_3	5000	40	84.1	252.3		
	C_4	10000	35	79.8	239.4		
	C_5	20000	47	84.3	252.9		
	C_6	7000	62	88.2	264.6		
	C_7	5000	49	81.6	244.8		
	C_8	10000	24	76.1	228.3		
AS/FT	A_1	3000	78	85.1	255.3	2	10%
	A_2	7000	90	89.6	268.8		
	A_3	10000	60	74.7	224.1		
	A_4	6000	80	85.5	256.5		
	A_5	18000	75	77.8	233.4		
	A_6	10000	78	81.7	245.1		
	A_7	6000	70	77.1	231.3		
	A_8	20000	85	81.2	243.6		

表 4-4 供應商資料表

產品編號	$F_1 \sim F_{50}$	$F_{51} \sim F_{100}$	$F_{101} \sim F_{150}$	$F_{151} \sim F_{200}$	$F_{201} \sim F_{239}$
數量	250	150	50	100	200

品質限制分配比例：50%

表 4-5 實證訂單資料表

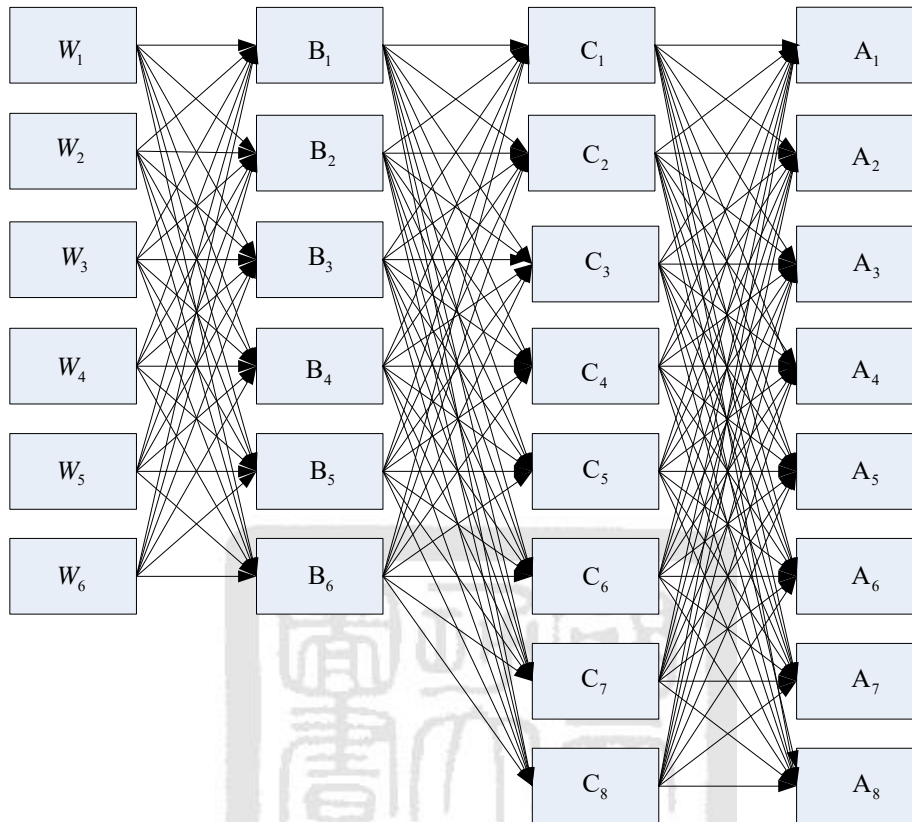


圖 4-3 製程路徑圖

4.2.2 測試結果

本次測試之執行時間約為 60 秒，結果顯示最小總成本為 18,093,300。由於各供應商皆有產能限制，並限制每個產品在每階製程至少要下單給二家供應商，且其各供應商之下單比例至少應為該產品需求之 10%。在品質要求方面，我們規範此訂單分配結果所獲得品質總分數必須要大於品質下限值。考量各階段之製程網路，使用最佳化軟體求解，可得各委外廠之最佳訂單分配量如表 4-6。

供應商 編號	接獲 訂單	供應商 編號	接獲 訂單	供應商 編號	接獲 訂單	供應商 編號	接獲 訂單
-----------	----------	-----------	----------	-----------	----------	-----------	----------

W_1	11300	B_1	5300	C_1	0	A_1	3000
W_2	11000	B_2	0	C_2	6767	A_2	7000
W_3	5000	B_3	0	C_3	5000	A_3	9300
W_4	0	B_4	20000	C_4	0	A_4	6000
W_5	8000	B_5	10000	C_5	19999	A_5	0
W_6	0	B_6	0	C_6	3534	A_6	10000
				C_7	0	A_7	0
				C_8	0	A_8	0
製程 小計	35300	製程 小計	35300	製程 小計	35300	製程 小計	35300

表 4-6 供應商訂單分配總表

4.3 敏感度分析

我們可藉由調整參數去觀察供應商訂單分配數量與最佳訂單分配的變化，進而探討各參數對於總成本之影響。本研究選擇以下五個變數做為敏感度分析之參數：

1.供應商產能：訂單分配網路中，產能決定了供應商實際可以提供的供給數量。在淡季時產能供過於求，企業可以選擇成本或品質等條件決定將訂單分派到哪間供應商；但是當處於旺季產能有限的狀況時，主導權就落在供應商，為了達到客戶的需求，就必須犧牲部份品質或成本，而以完成客戶訂單需求及出貨為優先考量。本研究將會針對各供應商產能進行一致性倍數增減，再將增減後產能結果代入最小成本流量模型，觀察此參數對訂單分配之影響。

2.供應商委外生產價格：價格直接決定了產品成本，價格越高，成本越高。就企業的利潤角度而言，會盡量將訂單分派至成本較低的供應商，並且在每一季皆會再和供應商協調降價，期望藉著降低採購委外成本來達到企業成本降低；針對各製程的各個供應商進行價格調整，皆會影響其訂單分配及總成本。在本研究中，因 WF 製程在整個 IC 製造成本中佔有

最高的比例，其成本異動影響產品總成本最大，故本研究針對無訂單之 WF 供應商中成本最高者進行降價調整，再將該供應商調降之後價格代入模型，觀察此變化對訂單分配之影響。

3.產品品質限制分配比例：產品的品質優劣影響了客戶對企業的滿意度及信任度，此影響品質因素除了產品良率，還包含了產品改版、修正問題的速度、交期穩定度及售後服務等；企業會綜合各項因素給供應商評分，再將企業政策所訂出的品質分配限制比例與供應商評分計算出企業品質下限值，在進行訂單分配時，產品品質總分必須大於企業品質下限值。本研究以不同之品質分配限制比例代入模型，觀察在企業不同之品質策略下訂單分配網路與總成本之變化。

4.每產品對該製程進行訂單分配之供應商數量下限：為了維持供應商供貨的安全穩定度，及避免被單一供應商所壟斷該產品，也為了該產品供應商品質異常問題時能緊急改單至其它供應商，每個產品皆不會只由單一供應商生產，而會選擇多家供應商，也可以因為有多家供應商選擇替換而有著議價優勢；然而也因為強迫選擇多家生產而無法單純只將全訂單下給價格最低之供應商，會使得成本往上提升，因此依企業政策選擇需該製程需至少下單多少家供應商來確保供貨安全穩定度，將會影響訂單分配網路及總成本。本研究將此參數代入模型，觀察其對訂單分配網路與總成本之影響變化。

5.增減供應商：在穩定的訂單網路之下，企業為了能夠降低成本，會再去尋求其它合格供應商，藉由新供應商的導入，對整個訂單分配網路產生新的變化，依此來降低成本；相對的，若是供應商退出了該製程又或是被其它供應商併購，也會使得訂單分配的選擇性降低並且影響成本。本研究以 IC 產品成本中所佔比例最高之 WF 為觀察對象，分別在現有的供應商中新導入一家供應商與刪除一供應商，將變動後之參數代入模型，觀察其對訂單分配網路與總成本之影響變化。

將上述敏感度分析參數整理如表 4-7：

變動參數		測試範圍
供應商產能	Q_i	0.75、1、1.25、1.5、1.75 倍
供應商 W_6 生產價格	c_{kij}	0.96、0.97、0.98、0.99、1 倍
品質限制分配比例	g	20%、35%、50%、55%、60%
每產品需下單之供應商數量下限	L_k^l	1、2、3、4、5
WF 製程供應商數量	i	+1、-1

表 4-7 敏感度分析參數表

4.3.1 供應商產能變動對總成本之影響

假定供應商可提供產能因淡旺季而有所變化時，每一個產品下訂單至 WF、BP、CP 及 AS/FT 的數量亦會因此而有所變化，而其總成本亦隨之變動。本分析調整產能以大環境因素為考量來進行產能評估，四道製程之各供應商產能皆以同一倍數進行增減，而不在就個別製程產能進行增減分析；故分別將各階製程之各供應商產能($Q_i, \forall i \in N - N_F$)同時以 0.75 倍、1 倍、1.25 倍、1.5 倍及 1.75 倍等倍數乘以原先產能後可得新供應商資料表如附錄表 1-1，將此供應商資料代入模型求解得供應商訂單分配趨勢表如附錄表 1-2、訂單分配趨勢圖 4-4 至 4-7 及總成本趨勢圖 4-8。

從圖 4-4 WF 供應商訂單趨勢可以看出，當供應商產能降為 0.75 倍時，因原先滿載之 W_1 、 W_2 、 W_3 及 W_5 產能不足，訂單將往因成本較高而無訂單之 W_4 及 W_6 移動；而當產能增加至 1.25、1.5 及 1.75 倍時，訂單則往成本較低之 W_2 、 W_3 及 W_5 移動，成本較高之 W_1 訂單數則逐漸遞減為 0。觀察 BP、CP 及 AS/FT 製程之訂單趨勢圖也有相同的趨勢變化，在產能增加時，訂單往成本較低之供應商移動，產能減少時則訂單往成本較高之供應商移動。

因此從各製程訂單分配趨勢圖及總成本趨勢圖我們可觀察到，當產能越接近需求量時，訂單分配的供應商選擇性越低，而以滿足訂單需求為優先，因此訂單會分布在較多的供應商，雖然部分供應商價格成本較高，但為了滿足訂單需求亦會下單給價格較高之供應商，使得總成本增加；反之，但當產能逐步提高時，訂單分配的選擇性也隨之提高，分配之趨勢將會在符合品質需求的情況下往成本較低的幾家供應商收斂，進而使得總成本越小化。

就企業的角度來說，是希望供應商能夠提供較高產能，在客戶有需求或是急單時能夠快速的跟供應商排定生產並且下訂單；然而就供應商而言，提供高產能代表著需要投入大量資金於生產設備，此策略是具有高風險，若是在淡季時，設備與人力的閒置就會對供應商營運產生極高壓力。企業可與供應商建立長期合作關係，承諾中長期訂單需求分配量，使供應商得以有信心購買設備擴大產能，使得雙方皆得其利。

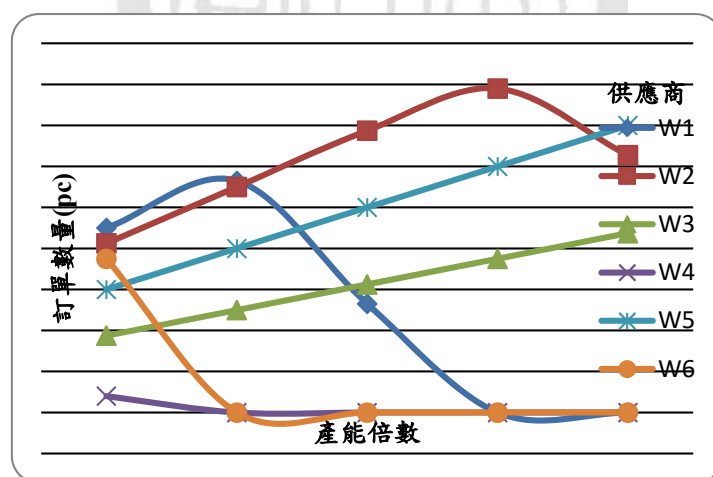


圖 4-4 WF 訂單分配趨勢圖-產能倍數變動

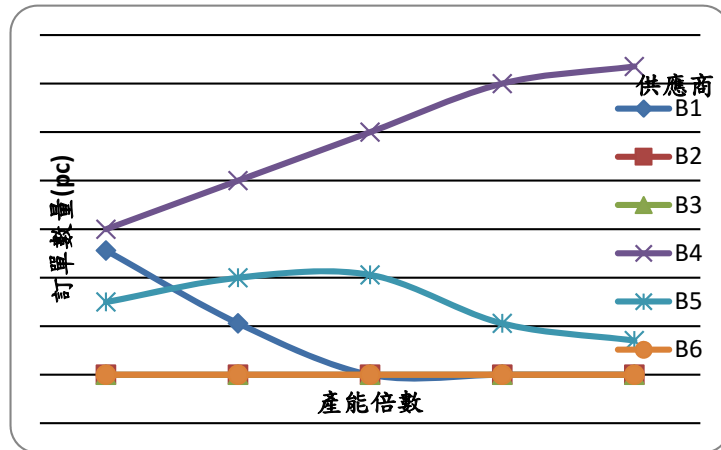


圖 4-5 BP 訂單分配趨勢圖-產能倍數變動

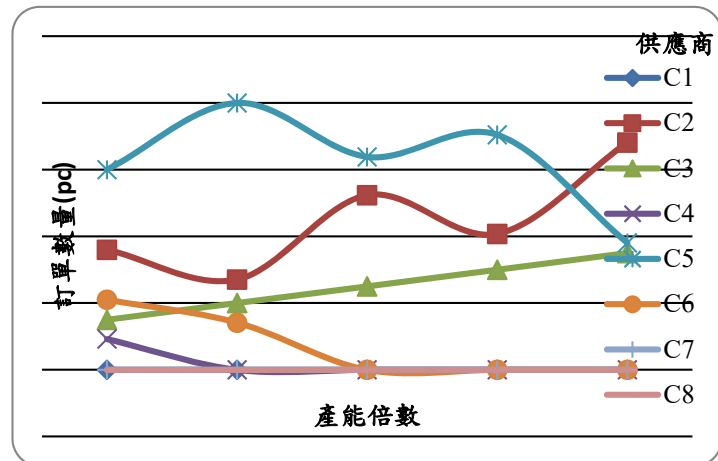


圖 4-6 CP 訂單分配趨勢圖-產能倍數變動

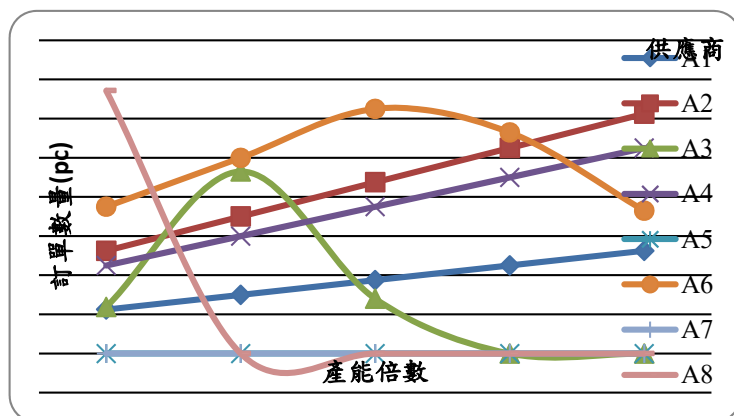


圖 4-7 AS/FT 訂單分配趨勢圖-產能倍數變動

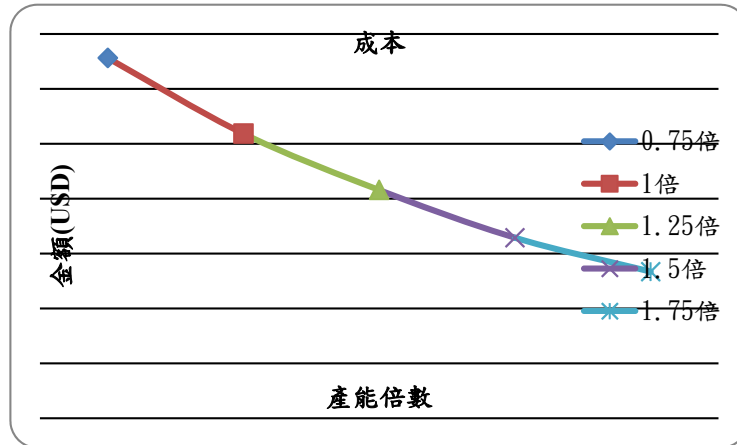


圖 4-8 總成本趨勢圖-產能倍數變動

4.3.2 供應商委外生產價格變動對總成本之影響

當產品進入生命週期中後段時製程相對穩定，且終端產品開始進入削價競爭階段時，客戶會開始壓縮產品的售價，為了維持企業產品的毛利表現，採購主管會訂立降價目標，採購人員則是依此目標去跟各供應商協商價格，因此會使得委外生產成本往下降；又或者是在原物料價格上漲的狀態下，供應商會提高該製程價格，進而使得企業的採購及委外成本上揚，企業生產總成本上升；不論是供應商價格之提高或降低，皆會影響公司產品總成本。在 IC 產品中，以 WF 所佔成本比例最高，而在 WF 此階製程且無訂單量之供應商中，若能與供應商再次協商價格，利用訂單量作為籌碼迫使供應商降價，勢必能夠改變訂單分配網路並降低企業生產總成本。故選擇無訂單量之供應商中價格最高之 W_6 來進行價格異動並分析探討，將 W_6 原價格乘以 0.96、0.97 倍、0.98 倍及 0.99 倍得新供應商資料表如附錄表 1-3，觀察此供應商價格變化對整個供應商訂單分配網路之影響，最後求解得出供應商訂單分配趨勢表如附錄表 1-4、訂單分配趨勢圖 4-9 至 4-12 及總成本趨勢圖 4-13。

從圖 4-9 WF 訂單分配趨勢圖可觀察到，原先的價格之下 W_6 並無任何

訂單，但當價格逐漸下降至 0.98 倍時， W_1 開始轉移部份至 W_6 ，而當價格降為 0.97 倍時， W_6 的訂單達到產能最大值；除了 WF 之外，尚有 CP 與 AS/FT 製程之訂單分配跟著變化，為了維持品質總分數，WF 的品質總分數下降而藉由 CP 與 AS/FT 品質評分上升來加以平衡。而從總成本趨勢圖亦可看出，藉由 W_6 的價格略降可以使得總成本下降。

在 IC 設計產業中，因無自有工廠而將生產委外，故供應商價格影響成本甚大，每些微的價格調降都可使企業獲得更高利潤。企業在進行採購前，便可依據未來預估需求先模擬訂單分配，並以此結果和供應商再議價，以訂單量為籌碼迫使供應商降價而產生新的訂單分配網路，最後使得企業採購總成本下降。

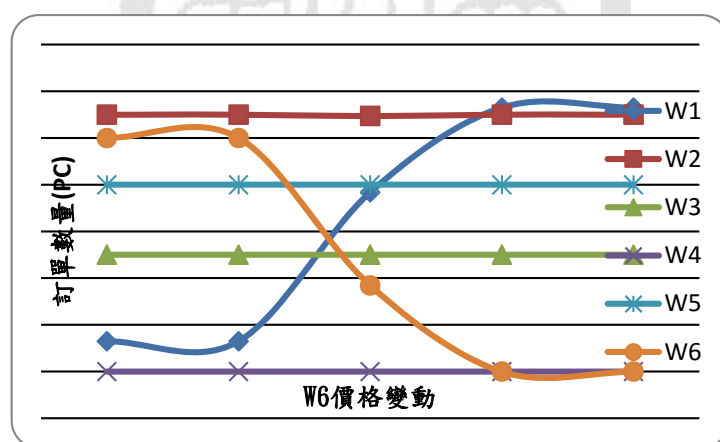


圖 4-9 WF 訂單分配趨勢圖- W_6 價格變動

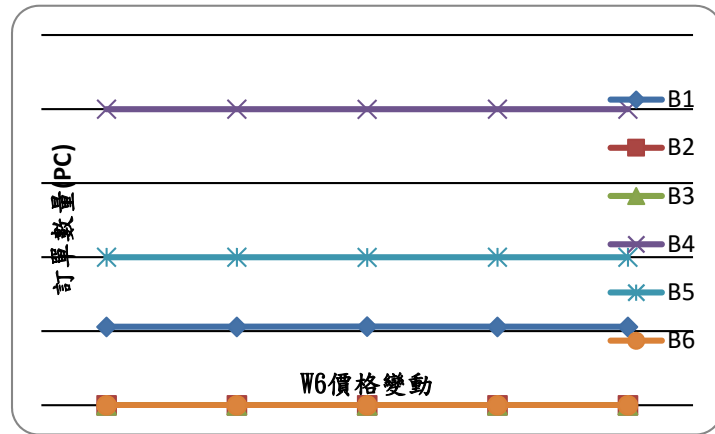


圖 4-10 BP 訂單分配趨勢圖-W₆ 價格變動

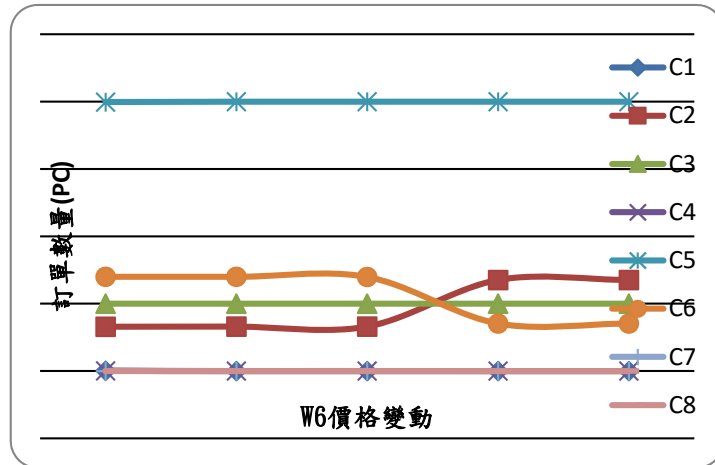


圖 4-11 CP 訂單分配趨勢圖-W₆ 價格變動

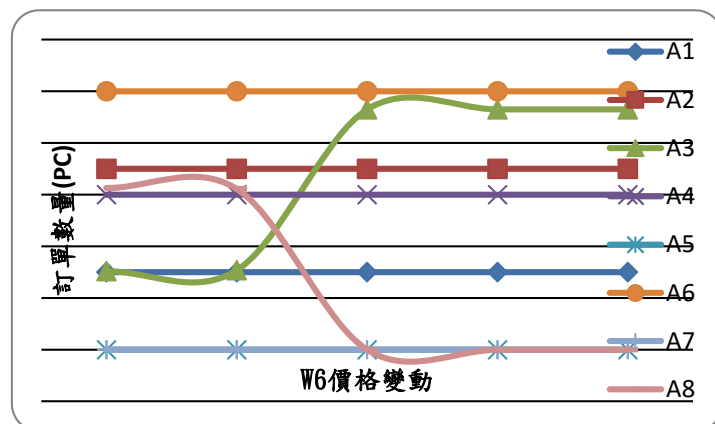


圖 4-12 AS/FT 訂單分配趨勢圖-W₆ 價格變動

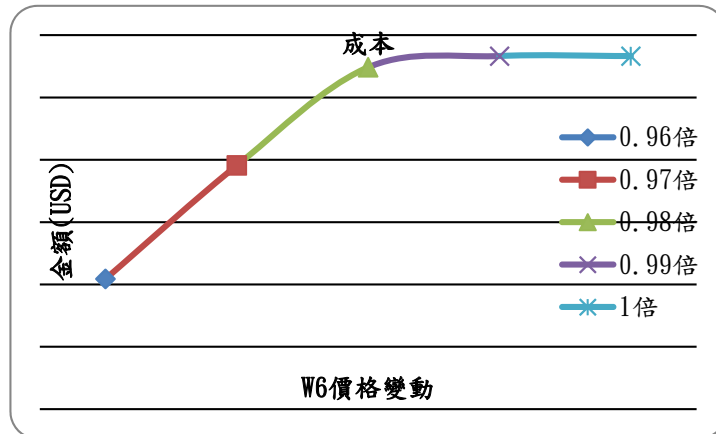


圖 4-13 總成本趨勢圖- W_6 價格變動

4.3.3 品質限制分配比例變動對總成本之影響

成本與品質往往是相對的，品質越高成本通常越高，在追求成本最小化的同時，往往犧牲的就是品質，而如何在一穩定的品質水準下得到最小成本，則是公司要去謹慎評估並訂定品質策略。在每一季公司採購、生管、品保及資訊等單位皆會對供應商進行評分，最後平均加權後得到供應商評分，在模型中便將此因素考量進去。

每一階製程中都有最高分數之供應商與最低分數之供應商，由原供應商資料表 4-4 之 WF 製程供應商資料來看，最高的是 W_4 的 88.1 分，最低的是 W_3 的 78.9 分，依該製程在 IC 產品的重要比例(WF:BP:CP:AS/FT=10:4:3:3)加權後是 881 分與 789 分，其他製程亦以同樣計算方式後求出各製程最高加權分數與最低加權分數之供應商，最後分別取各製程供應商中最高加權分數者相加後得到分數 1765，最低加權分數者相加得到分數 1554；依照實例驗證資料企業品質限制分配比例(g)定為 50%，該實驗驗證中限制條件企業品質下限值 $\phi(g)$ 為總生產量乘以製程最高加權分數總合，再乘以品質限制分配比例 50%，加上總生產量乘以製程最低加權分數總合再乘

以(1-50%)，而最後各產品在各階供應商之數量與評分乘積的加總需要大於此品質下限值，透過這種方式來控管產品生產的品質。

而企業品質策略可以隨著不同的時間點或針對特定客戶進行調整，本研究分別將品質限制分配比例(g)以 20%、35%、50%、55%及 60%代入模型進行求解，觀察此參數變化對整個供應商訂單分配網路與總成本之影響，最後求解得出供應商訂單分配趨勢表如附錄表 1-5、訂單分配趨勢圖 4-14 至 4-17 及總成本趨勢圖 4-18。從圖 4-14 的 WF 供應商訂單趨勢可以看出，當品質限制分配比例僅有 20%時，在品質評分較低的供應商 W_2 及 W_3 皆產能滿載；而當品質評分逐漸往上調整時， W_2 之訂單逐漸往品質評分較高的 W_1 移動，品質評分中等的 W_6 訂單亦逐漸遞減，最後在品質限制分配比例為 60%時， W_2 訂單降為 0，而 W_1 呈現產能滿載狀態。BP、CP 及 AS/FT 製程之訂單亦有相同趨勢變化，在品質限制分配比例逐漸調高時，訂單將往供應商評分較高者移動。從各製程訂單分配趨勢圖與總成本趨勢圖可觀察到，品質限制分配比例越低時，訂單會落在品質評分較低供應商，產品總成本會越低；而當品質限制分配比例越高時，品質評分較高供應商可獲得較多訂單，訂單分配的趨勢便會在符合產能需求的情況下往品質評分較高的幾家供應商收斂，而這些供應商價格較高，進而使得總成本越高。

對企業而言，成本最小化是第一優先目標，但客戶所要求的產品品質亦是不可忽略的。因此可以將客戶分群，針對品質要求較嚴格之國際品牌一線大廠訂定較高之品質限制分配比例，並給予較高售價；而針對二線品牌或是對品質要求寬鬆者，訂定較低之品質限制分配比例，並且降低售價；而客戶特殊產品需要特殊之品質要求時，再另行制定品質限制分配比例。如此一來可以符合客戶品質要求且依不同品質層級給予不同售價，亦可以依品質策略求得成本最小化之訂單分配網路。

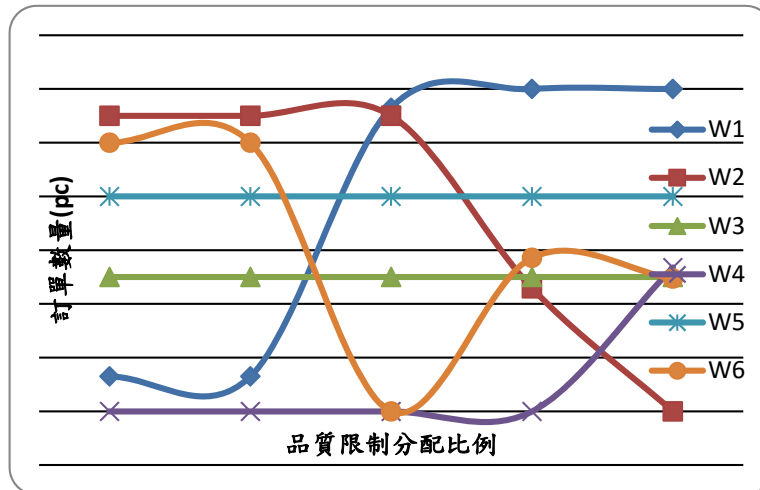


圖 4-14 WF 訂單分配趨勢圖-品質限制分配比例變動

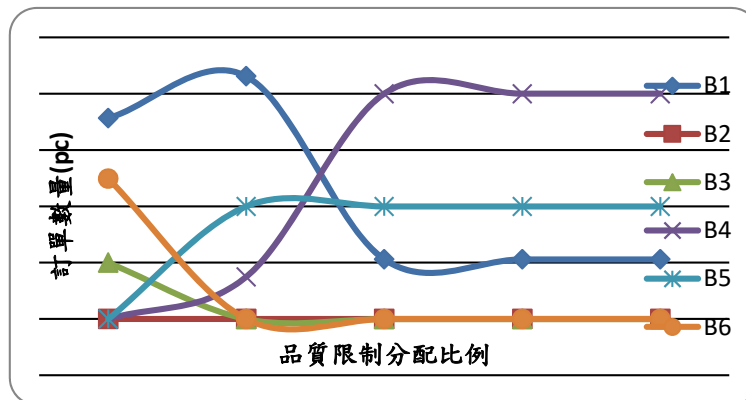


圖 4-15 BP 訂單分配趨勢圖-品質限制分配比例變動

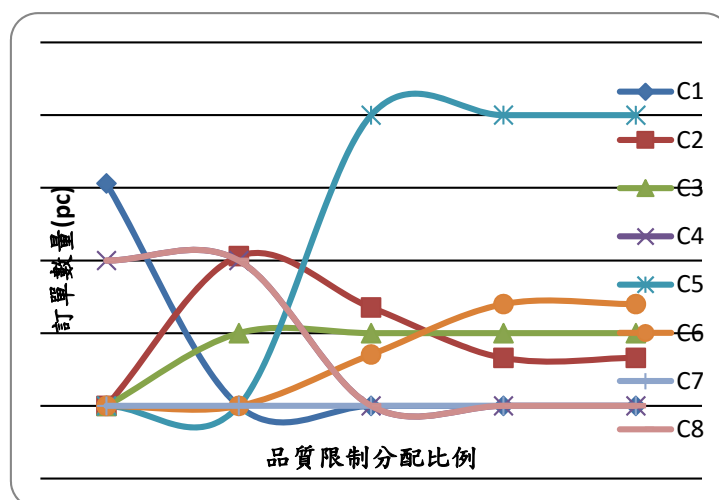


圖 4-16 CP 訂單分配趨勢圖-品質限制分配比例變動

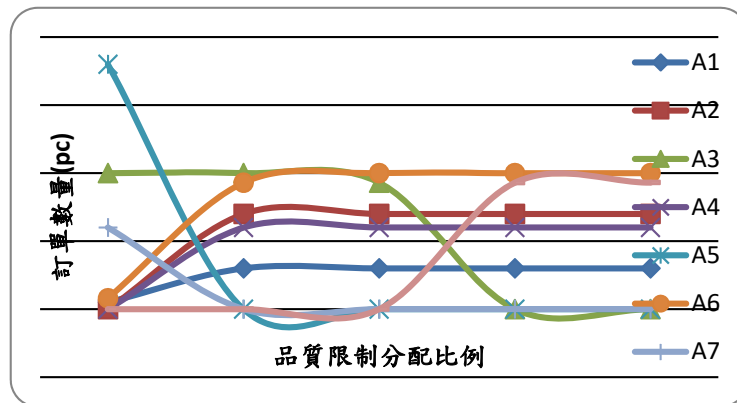


圖 4-17 AS/FT 訂單分配趨勢圖-品質限制分配比例變動

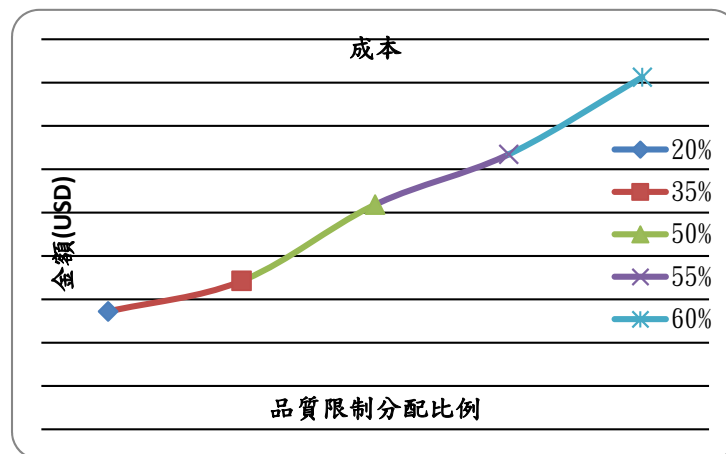


圖 4-18 總成本趨勢圖-品質限制分配比例變動

4.3.4 每產品需下單之供應商數量下限變動對總成本之影響

供貨的穩定與可靠是企業相當重視的，在供應商無法順利出貨時就必須採取其它訂單方案快速轉單至其它供應商，要達成此目標就需要在初期分配訂單給多個供應商，但如此一來勢必無法將所有訂單投產於單一較便宜供應商，而必須強迫分配至價格較高之供應商，使得生產總成本提高。如何在供貨安全與穩定和成本之間取得平衡則是企業必須去謹慎評估的，故本研究以各階製程在分配每產品訂單至各製程供應商時，需分配至少 1、2、3、4 及 5 個供應商，觀察多供應商對成本之影響；而供應商數下限為

1 則代表在分配訂單時不對供應商數做任何限制，可以分配至 1 家、2 家或是 3 家等；供應商數下限為 2 則代表在分配訂單時，至少要 2 家以上，不可只投產 1 家。依此對照觀察訂單分配網路與成本狀況，然而若是在供應商產能受限時，為滿足需求量訂單皆會分配至各供應商，相對看不出因供應商下限變化而導致之成本變化，故本分析進行時，需同時將產能調整為較為沒有限制的狀態如附錄表 1-6，最後將供應商相關資料代入模型求解得出供應商訂單分配趨勢表如附錄表 1-7、訂單分配趨勢圖 4-19 至 4-22 及總成本趨勢圖 4-23。

從圖 4-19 之 WF 供應商訂單趨勢可以看出，當供應商數量下限僅有 1 家時，訂單分配在價格較低的供應商 W_3 ；而當供應商數量限制逐漸往上增加調整時， W_3 其訂單逐漸往價格稍高的 W_5 及 W_2 移動，最後在供應商數量限制至少需有 5 家時，除了價格最高的 W_4 外其他供應商皆有獲得訂單。BP、CP 及 AS/FT 製程之訂單分配也有相同的趨勢變化，當供應商數量下限提高時，訂單分配會逐漸往價格高之供應商移動。另從各製程訂單分配趨勢圖及總成本趨勢圖可觀察到，供應商數量下限越小時，訂單會落在價格較低之供應商，企業的生產總成本亦會越低；而當供應商數量下限越高時，價格較高供應商亦可獲得較多訂單，訂單分配的趨勢便會在符合產能與品質需求的情況下往價格較高的幾家供應商發散，進而使得總成本越高。

企業在進行供應商數量下限決策時，必須先評估供應商供貨安全與穩定度，針對新產品新製程供應商品質較不穩定的狀況下，可以選擇提高供應商數量下限，此時就必須多付出額外成本用以確保產品能準時達交客戶；而在產品製程穩定狀況下，供應商生產出貨狀況良好，就可以將供應商數量下限降低，甚至在及穩定狀況下可以只分配給單一供應商，進而降低生產總成本。

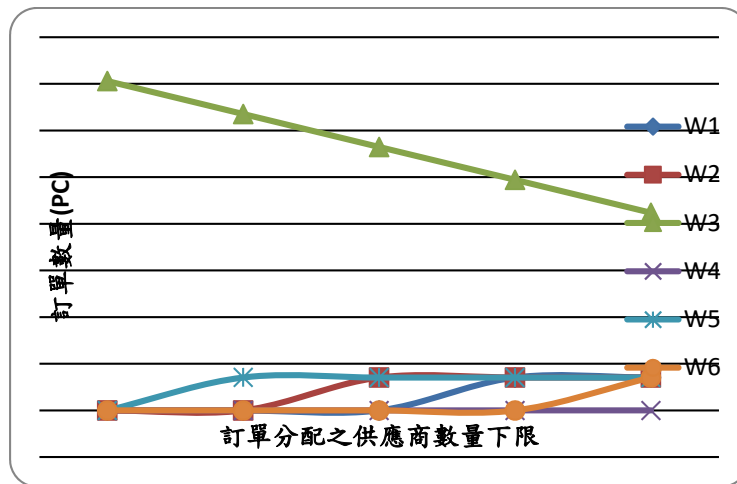


圖 4-19 WF 訂單分配趨勢圖-訂單分配之供應商數量下限變動

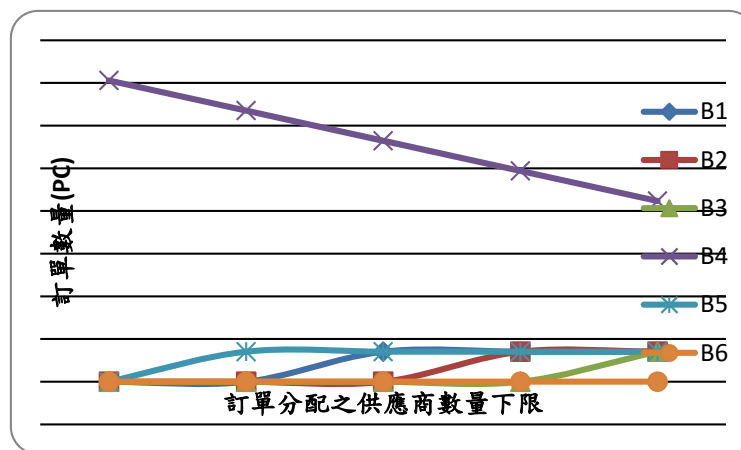


圖 4-20 BP 訂單分配趨勢圖-訂單分配之供應商數量下限變動

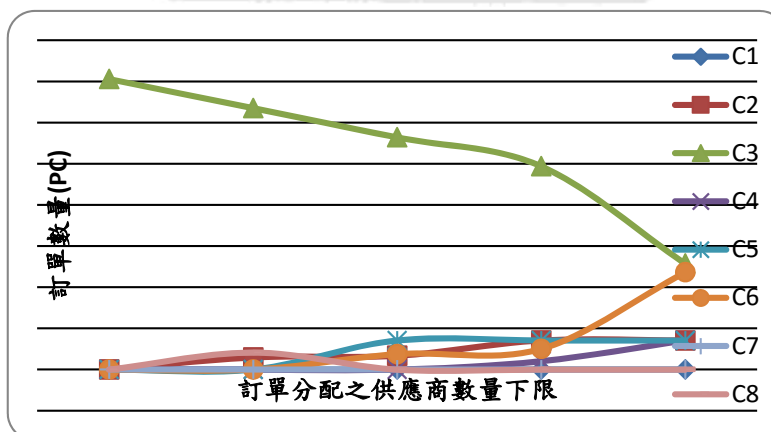


圖 4-21 CP 訂單分配趨勢圖-訂單分配之供應商數量下限變動

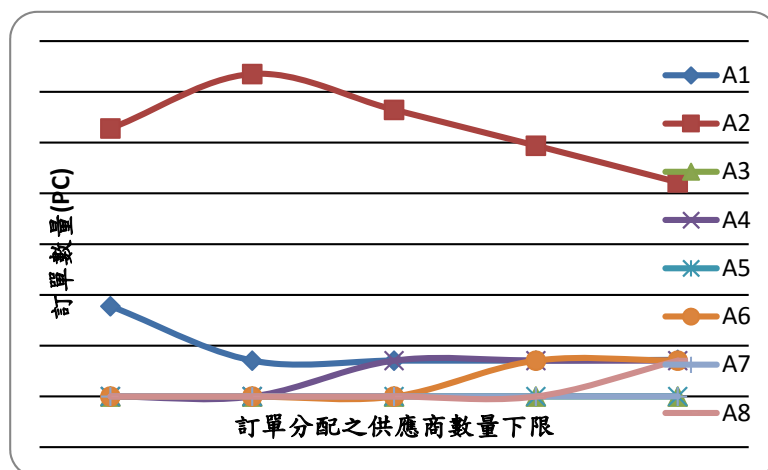


圖 4-22 AS/FT 訂單分配趨勢圖-訂單分配之供應商數量下限變動

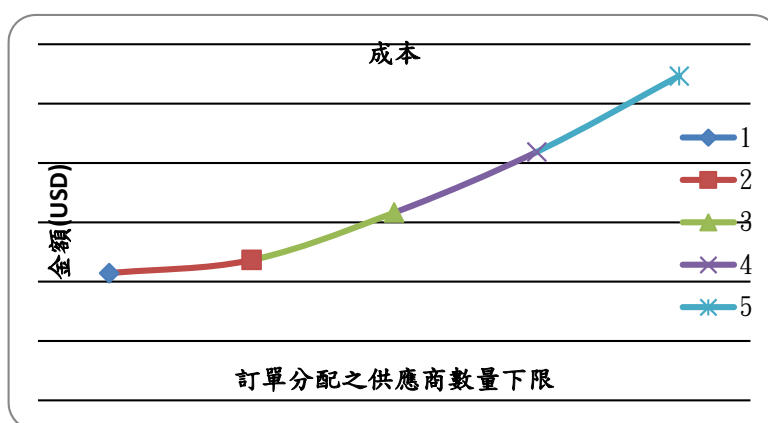


圖 4-23 總成本趨勢圖-訂單分配之供應商數量下限變動

4.3.5 供應商數量變動對總成本之影響

在穩定的供應鏈訂單分配網路中導入新的供應商，能使得訂單分配網路發生變化，藉由供應商之間的競爭關係，促使價格降低又或是供應總產能提高；此外供應商之間若發生了併購，亦會使得供應總產能及議價空間減少，增加或減少供應商都會使得生產總產本發生變化。

因 WF 製程佔 IC 成本最高比例，故本分析假設 WF 製程分別增加一家供應商及減少一家供應商來觀察其變化；因供應商 W_2 品質與價格位處

WF 供應商之中間部位，且在原先供應商資料代入模型後所得出之訂單分配中已有訂單量，故新增加之供應商 W_7 假設其價格與品質資料與 W_2 相同；而因供應商 W_5 在原先供應商資料代入模型後所得出之訂單分配中已有訂單量，且其供應商價格品質位處中間值，故假設減少供應商則選擇 W_5 。增減供應商後之供應商資料如附錄表 1-8，代入模型求解得出供應商訂單分配趨勢表如附錄表 1-9、訂單分配趨勢圖 4-24 至 4-27 及總成本趨勢圖 4-28。

從圖 4-24 的 WF 製程供應商訂單趨勢可以看出，當供應商增加一家 W_7 時，訂單分配價格較高的供應商 W_1 數量減少而轉單至新增供應商 W_7 ；而當供應商減少一家 W_5 時， W_5 原先之訂單逐漸往價格稍高的 W_6 移動。此變更除了影響原 WF 製程之訂單分配外，CP 及 AS/FT 階製程之訂單分配亦因 WF 訂單分配改變而跟隨改變。從總成本趨勢圖可觀察到，供應商數量增加時，訂單會轉單至價格較低供應商而使得總成本下降；而當供應商數量減少時，為符合需求，原先價格較高供應商亦可獲得較多訂單，進而使得總成本越高。

企業在營運過程中，會不斷開發新的供應商，透過導入新的供應商，使供應商間產生競爭關係，藉由供應商之間彼此競爭，而獲得對企業較有利的價格、品質或產能等，進而對企業產生較高的利潤或是生產具良好品質且於市場上有競爭力之產品。

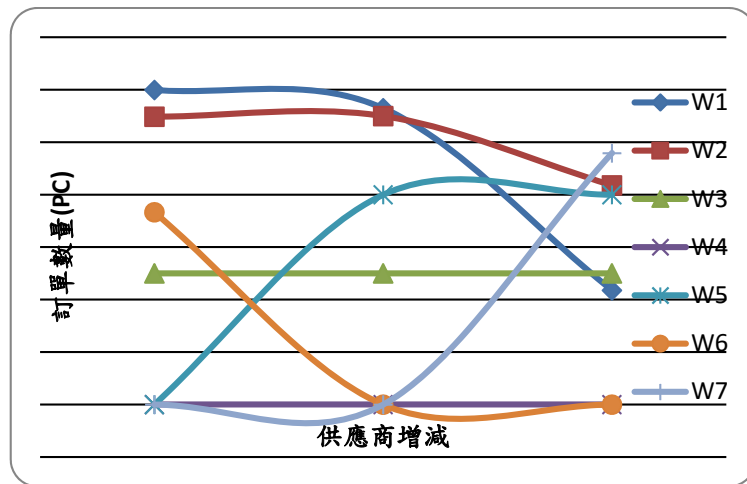


圖 4-24 WF 訂單分配趨勢圖-供應商增減

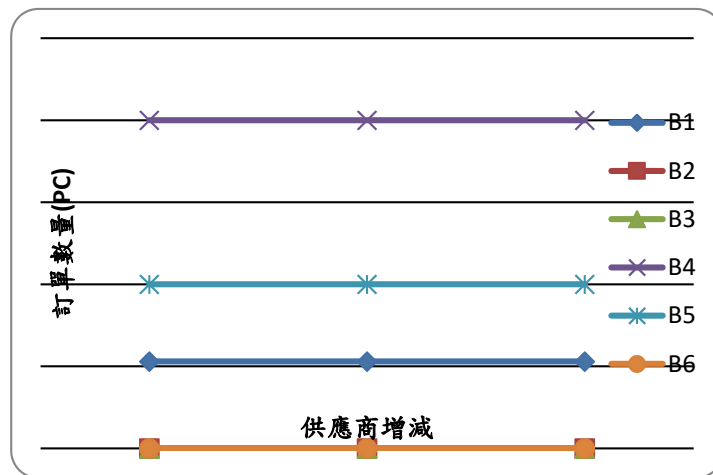


圖 4-25 BP 訂單分配趨勢圖-供應商增減

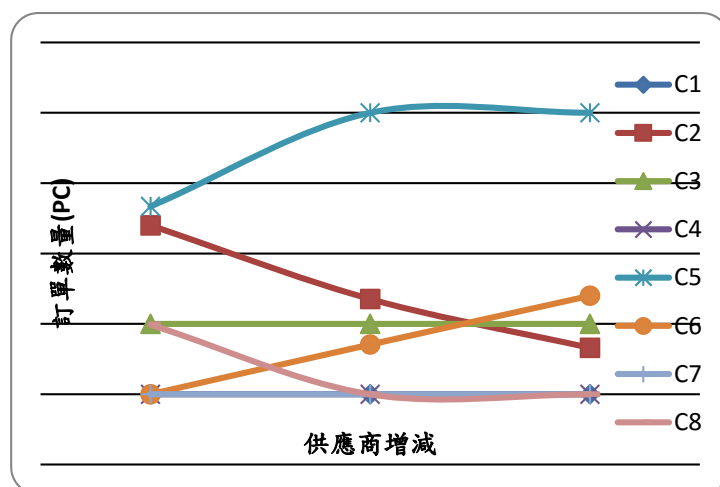


圖 4-26 CP 訂單分配趨勢圖-供應商增減

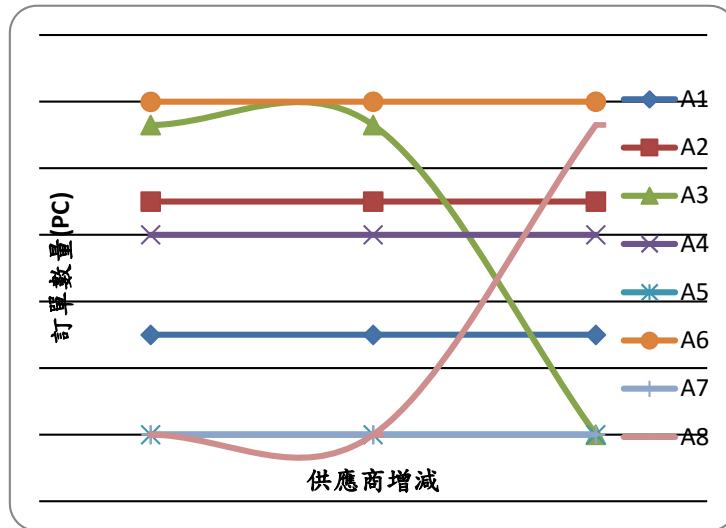


圖 4-27 AS/FT 訂單分配趨勢圖-供應商增減

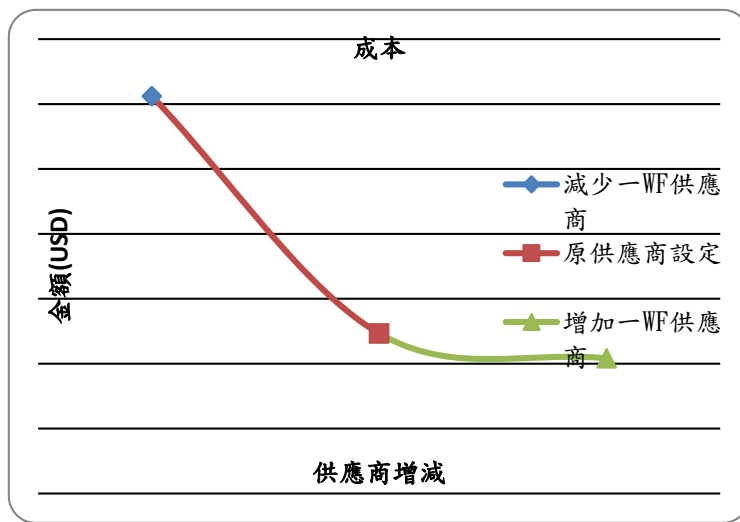


圖 4-28 總成本趨勢圖-供應商增減

4.4 小結

藉由供應商產能變動來求解敏感度分析時，當產能越接近需求量時，訂單分配的選擇性越低，以滿足訂單需求為優先，因此訂單會分布在較多的供應商，但當產能逐步提高時，訂單分配的選擇性也跟隨著提高，訂單分配的趨勢便會在符合品質需求的情況下往成本較低的幾家供應商收斂，進而使得總成本越小化。

供應商委外生產價格變動求解敏感度分析時，選擇其中一家 WF 製程

供應商議價使得價格下降以改變訂單分配網路，企業在進行採購時，便可依此訂單分配結果再和其他供應商議價，以訂單量為籌碼迫使供應商降價，最後使得企業採購總成本下降。

品質限制分配比例變動求解敏感度分析時，當品質評分逐漸往上調整時，訂單分配逐漸往品質評分較高的供應商移動，而評分高之供應商通常價格也較高，使得總成本越高；品質限制分配比例越低時，訂單則會落在品質評分較低供應商，公司的產品總成本則會越低。

訂單分配時需分配之供應商數量下限變動求解敏感度分析時，供應商數量限制越少時，訂單會落在價格較低供應商，而當供應商數量限制越高時，價格較高供應商亦獲得較多訂單，訂單分配的趨勢便會在符合產能與品質需求的情況下往價格較高的幾家供應商發散，進而使得總成本越高；而供應商數量限制越低，公司的產品總成本會越低，然而供貨安全性也會較低，若為了較高的供貨穩定安全，則總成本亦須提升。

在穩定的訂單分配網路中增減供應商求解敏感度分析時，當新的供應商導入且其價格較原先部分供應商便宜時，訂單會轉單至此價格較低供應商而使得總成本下降；而當供應商數量減少時，為符合需求，原先價格較高供應商亦可獲得較多訂單，進而使得總成本越高。

第五章

結論與建議

本研究主要探討 IC 設計公司在進行訂單分配時，考量供應商產能、價格及品質等因素，並分析了企業的生產流程現況及問題，利用數學模型求解最小化成本問題。本研究以某 LCD 驅動 IC 設計公司 TCP/COF 產品為案例，建立最小成本流量訂單分配模型以解決訂單分配問題，並建構出一個最佳的訂單分配網路。最後，進行敏感度測試分析，探討變動參數與總成本之間的關係。本章共分成三節，首先於第一節當中提出本研究之結論，接著第二節說明本研究之貢獻，最後第三節將說明本研究之建議。

5.1 研究結論

本研究以某 LCD 驅動 IC 設計公司 TCP/COF 產品之需求、生產及供應商資料代入最小成本流量訂單分配模型求解，觀察這些參數代入後所得到之訂單分配網路狀況。求解結果能夠以最小成本及符合品質要求、產能限制、及風險分擔等條件來滿足顧客的需求，幫助企業制定最佳之訂單分配方式。根據本研究之模型求解可以得到以下三結論：

1. 本研究所提出之模型可以解決複雜的多產品訂單分配問題，依據供應商產能、價格、品質與企業品質及供貨穩定度等政策，決定各產品在生產時所需分配之供應商路徑及產品流量，而此分配結果可以達到企業生產成本最小化。
2. 本研究透過變動參數來進行敏感度分析，並觀察其參數對於訂單分配網路與企業總成本之變化。根據這些變動結果可以得知本研究所考量之參數對於該模型求解結果之影響程度。

3. 本研究發現「供應商產能」及「企業品質策略」對生產總成本影響最大，此兩項參數之變化可明顯改變企業生產成本及訂單分配方式。與供應商議價或導入新的供應商亦可促使訂單分配方式產生變化使得成本下降；或是視產品生產供應狀況可調整每產品分配訂單所需決定之最少供應商，此亦可改變訂單分配方式。企業可以透過調整這些策略進而使得企業生產成本最小化。

5.2 研究貢獻

本研究建構最小成本流量訂單分配模型求解多產品訂單分配問題，該模型結合供應商產能、價格、品質與企業品質及供貨穩定度等政策求解出各產品在生產時所需分配之供應商路徑及產品流量，再輸入某 LCD 驅動 IC 設計公司 TCP/COF 產品之需求、生產及供應商資料進行求解來驗證模型合理性。本研究之貢獻可分為以下三點：

1. IC 設計業在進行訂單分配時多採取人工及經驗法則，頂多輔以簡單的電腦系統來推派訂單，此作法費時費力且無法顧到全局，造成企業無形的損失，經年累月下來損失的利潤相當可觀。透過本研究所提的「最小成本多元商品流量訂單分配模型」，我們可以快速計算出符合企業生產成本最小化之最佳訂單分配方式，可以省時省力並使企業獲得最大利潤。亦可依此模型事先分析預估所需生產成本，並視結果對企業策略進行調整以因應快速變化的市場需求。
2. 此最小成本流量訂單分配模型除可應用於 LCD 驅動 IC 設計公司 TCP/COF 產品外，亦可推廣至其它產品或是其它具有類似製程之企業，視企業或產品不同狀況制定模型參數，用以計算出符合企業最小成本之最佳訂單分配方式。

3. 使用多階層訂單分配網路架構，並同時考量供應商數量下限與最小訂單數量等風險分擔限制式以進行求解。

5.3 建議

後續研究可以進一步改變本研究之假設，使得求解結果更加精確且更符合實際企業狀況。在此提出三項未來研究方向與主題之建議：

1. 因本研究所使用之供應商價格、品質評分等屬於企業機密，故採用部分實際資料、部分推估而得。若未來將此模型導入企業中時，可以取得更準確及完整資料來測試模型，所得之最佳解會更加精確。
2. 本研究假定預估需求已知，然而在實際的 IC 產業中市場變化經常處於大幅變動狀態，再加上產品生產週期需要三個月，往往生產至一半時終端已無需求，必須立即視新產品的設計條件跟生產狀況，判斷是否能夠調整生產其它型號產品，以符合客戶需求並降低公司損失。若模型可加入每個產品於各製程現有庫存條件，可以使得求解結果能夠更符合現況。
3. 本研究不考慮共用料與替代料搭配狀況，如圖 5-1，產品一與產品二皆使用 wafer1 做為主生產料件，而後再送至 BP、CP 及 AS/FT 進行後續製程，產品一在 AS/FT 製程前已產出最終產品(產品一)而進行製造，然而因生產計畫改變，在進行 AS/FT 製程時將之轉為生產產品二；對產品一與產品二而言，wafer1 為此兩產品之共用料。而在 AS/FT 製程中，可使用不同之耗材(Tape)進行加工，此些不同之耗材可以相互替代。未來皆可將此些因素納入模型，使得模型更加符合實際生產、製程與產業實際情況。

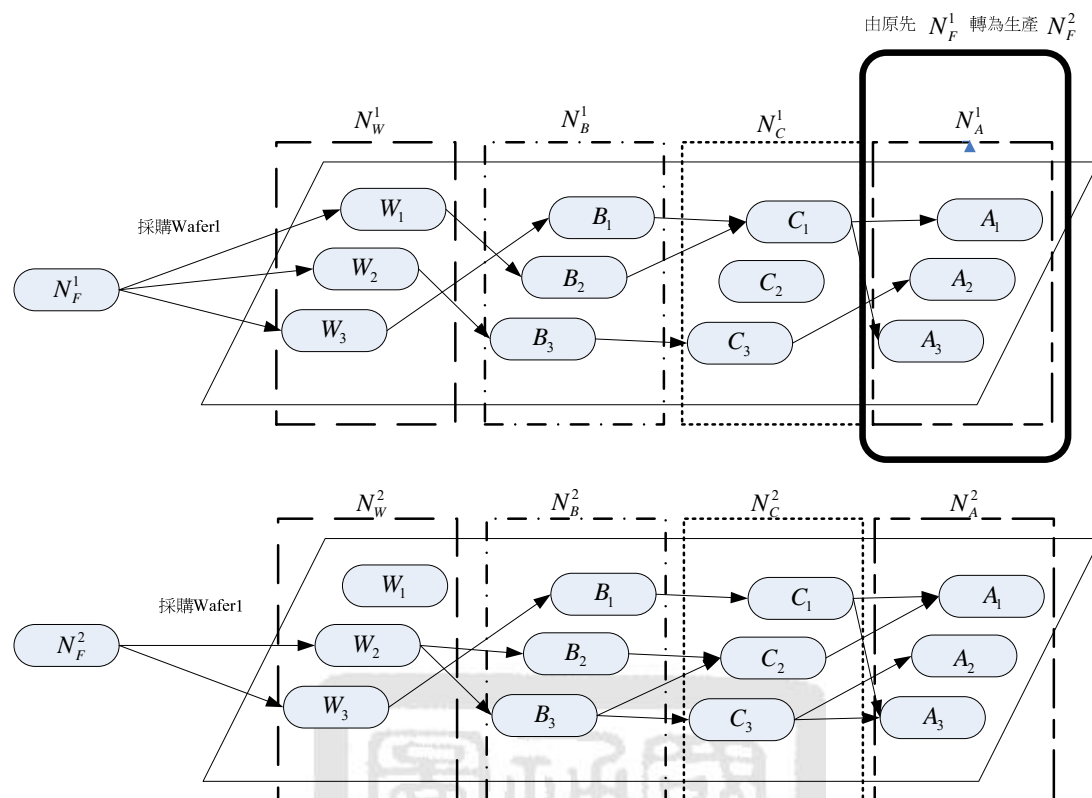


圖 5-1 共用料示意圖

參考文獻

中文文獻

- 李超雄、黃劭彥、林琦珍、盧雁琳。2009。資訊科技能力、策略、供應鏈管理利益與企業經營績效之關聯性研究：以資源基礎理論觀點。臺灣企業績效學刊。第三卷第一期：1-24。
- 陳純德、范懿文、范錚強。2011。企業市場導向、關係投資及供應鏈流程整合能力對供應鏈管理績效影響之研究：資訊科技能力調節效果之探討。商略學報，第三卷第二期：81-99。

英文文獻

- Ahuja, R.K., Magnanti, T.L., & Orlin, J.B. 1993. *Network Flows: Theory, Algorithms, and Applications*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Cen, Y.G., Cen, L.H., Chen, X.F. 2011. *A Raw Material Purchasing Decision-making Model of Order Allocation with Multiple Suppliers and Its Optimization*. The 1st International Conference on Information Science and Engineering.
- Chen, Z.L. 2006. Order Assignment and Scheduling in a Supply Chain, *Operations Research*, 54: 555-572.
- Dahel, N.E. 2003. Vendor selection and order quality allocation in volume discount environments. *Supply Chain Management*, 8: 335-342.
- Demirtas, E.A., Ustun, O. 2006. An integrated multiobjective decision making process for supplier selection and order allocation. *The International Journal of Management Science*, 36: 76-90.
- Fazlollahtabar, H., Mahdavi, I., Ashoori, M.T., Kaviani, S., & Mahdavi-Amiri, N. 2009. "A multi-objective decision-making process of supplier selection and order allocation for multi-period scheduling in an electronic market. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 52: 1039-1052.
- Hall, N.G., Liu, Z. 2010. Capacity Allocation and Scheduling in Supply Chains, *Operations Research*, 58: 1711-1725.
- Kumar, M., Vrat, P., & Shankar, R. 2004. A fuzzy goal programming approach for vendor selection problem in a supply chain. *Computers & Industrial Engineering*, 46: 69-85.
- Liu, W., Ge, M., & Liu, C. 2013. An Order Allocation Model based on the Competitive and Rational Pre-Estimate Behavior in Logistics Service Supply Chain. *Research Journal of Applied Sciences*, 6: 2141-2152.
- Mak, K.L., Cui, L.X. 2011. Optimal Multi-Period Supplier Selection and Order Allocation in a Multi-Product Supply Chain incorporating Customer Flexibility. *Proceedings of the World Congress on Engineering*, vol. I.
- Mafakheri, F., Breton, M., & Ghoniem, A. 2011. Supplier selection-order allocation: A two stage multiple criteria dynamic programming approach. *International Journal of Production Economics*, 132: 52-57.

- Pan, W., Wang, X., Zhong, Y.G., & Ran, L. 2011. An integrated multi-objective decision model under considering stochastic demand, price breaks and disruption risk for order allocation in a multiple-supplier environment. *Advanced Materials Research*, 204:387-390.
- Razmi, J., Rafiei, H. 2010. An integrated analytic network process with mixed-integer non-linear programming to supplier selection and order allocation. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 49:1195-1208.
- Sanayei, A., Mousavi, S.F., Abdi, M.R., & Mohaghar, A. 2008. An integrated group decision-making process for supplier selection and order allocation using multi-attribute utility theory and linear programming. *Journal of the Franklin Institute*, 345: 731-747.
- Shahroudi, K., Rouydel, H., Assimi, S., & Eyvazi, H. R. 2011. Supplier selection and order allocation a main factor in supply chain. *International Conference on Advanced Management Science*, 19: 148-153.
- Timpe, C.H., Kallrath, J. 2000. Optimal planning in large multi-site production network. *European Journal of Operational Research*, 126: 422-435.
- Watson, K., Polito, T. 2003. Comparison of DRP and TOC financial performance within a multi-production, multi-echelon physical distribution environment, *International Journal of Production Research*, 41: 741-765.
- Xiang, W., Song, F.S., & Ye, F.F. 2011. Simulation on Order Allocation within Multi-suppliers of Industrial Cluster. *Industrial Engineering and Engineering Management (IE&EM), 2011 IEEE 18Th International Conference*, 3: 1754-1758.
- Xiang, W., Song, F.S., & Ye, F.F. 2013. Order allocation for multiple supply-demand networks within a cluster. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 25(6): 1367-1376.
- Yang, F.C, Chen, K., Wang M.T., Chang, P.Y., & Sun, K.C. 2010. Mathematical modeling of multi-plant order allocation problem and solving by genetic algorithm with matrix representation. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 51: 1251-1259.
- Zarandi, F.M.H., Soroosh, S. 2003. A Comprehensive Fuzzy Multi-Objective Model for Supplier Selection Process, *IEEE International Conference on Fuzzy System*, 1: 368-373.

附錄:敏感度分析資料

表 1-1 供應商資料表-供應商產能變動

製程	供應商 編號	產能 (1 倍)	產能 (0.75 倍)	產能 (1.25 倍)	產能 (1.5 倍)	產能 (1.75 倍)	價格 (USD)	品質 分數	品質分數 (依重要 比例加權)	供應商 數量下 限	最少 下單比例 /每一產品, 供應商
WF	W_1	12000	9000	15000	18000	21000	384	84.5	845	2	10%
	W_2	11000	8250	13750	16500	19250	328	80.9	809		
	W_3	5000	3750	6250	7500	8750	216	78.9	789		
	W_4	6000	4500	7500	9000	10500	500	88.1	881		
	W_5	8000	6000	10000	12000	14000	252	80.2	802		
	W_6	10000	7500	12500	15000	17500	368	82.6	826		
BP	B_1	25000	18750	31250	37500	43750	67	81.1	324.4	2	10%
	B_2	15000	11250	18750	22500	26250	71	81.5	326		
	B_3	5000	3750	6250	7500	8750	64	79.5	318		
	B_4	20000	15000	25000	30000	35000	84	88.2	352.8		
	B_5	10000	7500	12500	15000	17500	71	84.1	336.4		
	B_6	20000	15000	25000	30000	35000	67	78.3	313.2		
CP	C_1	16000	12000	20000	24000	28000	37	78.8	236.4	2	10%
	C_2	12000	9000	15000	18000	21000	39	81.6	244.8		
	C_3	5000	3750	6250	7500	8750	40	84.1	252.3		
	C_4	10000	7500	12500	15000	17500	35	79.8	239.4		
	C_5	20000	15000	25000	30000	35000	47	84.3	252.9		
	C_6	7000	5250	8750	10500	12250	62	88.2	264.6		
	C_7	5000	3750	6250	7500	8750	49	81.6	244.8		
	C_8	10000	7500	12500	15000	17500	24	76.1	228.3		
AS/FT	A_1	3000	2250	3750	4500	5250	78	85.1	255.3	2	10%
	A_2	7000	5250	8750	10500	12250	90	89.6	268.8		
	A_3	10000	7500	12500	15000	17500	60	74.7	224.1		
	A_4	6000	4500	7500	9000	10500	80	85.5	256.5		
	A_5	18000	13500	22500	27000	31500	75	77.8	233.4		
	A_6	10000	7500	12500	15000	17500	78	81.7	245.1		
	A_7	6000	4500	7500	9000	10500	70	77.1	231.3		
	A_8	20000	15000	25000	30000	35000	85	81.2	243.6		

表 1-2 訂單分配趨勢表-供應商產能變動

供應商編號	0.75 倍	1 倍	1.25 倍	1.5 倍	1.75 倍
W_1	9000	11300	5301	0	0
W_2	8250	11000	13749	15801	12551
W_3	3750	5000	6250	7500	8749
W_4	800	0	0	0	0
W_5	6000	8000	10000	11999	14000
W_6	7500	0	0	0	0
B_1	12800	5300	0	0	0
B_2	0	0	0	0	0
B_3	0	0	0	0	0
B_4	15000	20000	25000	30000	31769
B_5	7500	10000	10300	5300	3531
B_6	0	0	0	0	0
C_1	0	0	0	0	0
C_2	9000	6767	13092	10188	17040
C_3	3750	5000	6250	7500	8750
C_4	2300	0	0	0	0
C_5	15000	19999	15958	17612	9510
C_6	5250	3534	0	0	0
C_7	0	0	0	0	0
C_8	0	0	0	0	0
A_1	2250	3000	3750	4500	5250
A_2	5248	7000	8750	10500	12250
A_3	2375	9300	2801	0	0
A_4	4500	6000	7499	9000	10500
A_5	0	0	0	0	0
A_6	7500	10000	12500	11300	7300
A_7	0	0	0	0	0
A_8	13427	0	0	0	0

表 1-3 供應商資料表-供應商價格變動

製程	供應商 編號	產能	價格 0.96 倍	價格 0.97 倍	價格 0.98 倍	價格 0.99 倍	價格 1 倍	品質 分數	品質分數 (依重要 比例加權)	供應商 數量下 限	最少 下單比例 /每一產品, 供應商
WF	W_1	12000	384	384	384	384	384	84.5	845	2	10%
	W_2	11000	328	328	328	328	328	80.9	809		
	W_3	5000	216	216	216	216	216	78.9	789		
	W_4	6000	500	500	500	500	500	88.1	881		
	W_5	8000	252	252	252	252	252	80.2	802		
	W_6	10000	35	357	361	364	368	82.6	826		
BP	B_1	25000	67	67	67	67	67	81.1	324.4	2	10%
	B_2	15000	71	71	71	71	71	81.5	326		
	B_3	5000	64	64	64	64	64	79.5	318		
	B_4	20000	84	84	84	84	84	88.2	352.8		
	B_5	10000	71	71	71	71	71	84.1	336.4		
	B_6	20000	67	67	67	67	67	78.3	313.2		
CP	C_1	16000	37	37	37	37	37	78.8	236.4	2	10%
	C_2	12000	39	39	39	39	39	81.6	244.8		
	C_3	5000	40	40	40	40	40	84.1	252.3		
	C_4	10000	35	35	35	35	35	79.8	239.4		
	C_5	20000	47	47	47	47	47	84.3	252.9		
	C_6	7000	62	62	62	62	62	88.2	264.6		
	C_7	5000	49	49	49	49	49	81.6	244.8		
	C_8	10000	24	24	24	24	24	76.1	228.3		
AS/FT	A_1	3000	78	78	78	78	78	85.1	255.3	2	10%
	A_2	7000	90	90	90	90	90	89.6	268.8		
	A_3	10000	60	60	60	60	60	74.7	224.1		
	A_4	6000	80	80	80	80	80	85.5	256.5		
	A_5	18000	75	75	75	75	75	77.8	233.4		
	A_6	10000	78	78	78	78	78	81.7	245.1		
	A_7	6000	70	70	70	70	70	77.1	231.3		
	A_8	20000	85	85	85	85	85	81.2	243.6		

表 1-4 訂單分配趨勢表-供應商價格變動

供應商編號	0.96 倍	0.97 倍	0.98 倍	0.99 倍	1 倍
W_1	1300	1300	7673	11300	11300
W_2	11000	11000	10940	11000	11000
W_3	5000	5000	5000	5000	5000
W_4	0	0	0	0	0
W_5	8000	8000	8000	8000	8000
W_6	10000	10000	3687	0	0
B_1	5300	5300	5320	5300	5300
B_2	0	0	0	0	0
B_3	0	0	0	0	0
B_4	20000	20000	19990	20000	20000
B_5	10000	10000	9990	10000	10000
B_6	0	0	0	0	0
C_1	20	0	5	0	0
C_2	3295	3300	3302	6767	6767
C_3	5000	5000	5000	5000	5000
C_4	15	0	0	0	0
C_5	19967	20000	19998	19999	19999
C_6	6998	7000	6990	3534	3534
C_7	0	0	0	0	0
C_8	5	0	5	0	0
A_1	3000	3000	3000	3000	3000
A_2	6998	7000	7000	7000	7000
A_3	3041	3076	9300	9300	9300
A_4	6000	6000	6000	6000	6000
A_5	0	0	0	0	0
A_6	10000	10000	10000	10000	10000
A_7	0	0	0	0	0
A_8	6261	6224	0	0	0

表 1-5 訂單分配趨勢表-品質限制分配比例變動

供應商編號	20%	35%	50%	55%	60%
W_1	1300	1300	11300	12000	12000
W_2	11000	11000	11000	4582	0
W_3	5000	5000	5000	5000	5000
W_4	0	0	0	0	5356
W_5	8000	8000	8000	7999	7999
W_6	10000	10000	0	5719	4945
B_1	17835	21553	5300	5300	5300
B_2	0	0	0	0	0
B_3	5000	0	0	0	0
B_4	0	3747	20000	20000	20000
B_5	0	10000	10000	10000	10000
B_6	12465	0	0	0	0
C_1	15300	0	0	0	0
C_2	0	10301	6767	3300	3301
C_3	0	5000	5000	5000	5000
C_4	10000	9999	0	0	0
C_5	0	0	19999	20000	19999
C_6	0	0	3534	7000	7000
C_7	0	0	0	0	0
C_8	10000	10000	0	0	0
A_1	500	3000	3000	3000	3000
A_2	0	7000	7000	7000	6998
A_3	10000	10000	9300	0	0
A_4	0	6000	6000	6000	6000
A_5	18000	0	0	0	0
A_6	800	9300	10000	10000	10000
A_7	6000	0	0	0	0
A_8	0	0	0	9300	9302

表 1-6 供應商資料表-供應商數量下限變動

製程	供應商 編號	產能	價格	品質 分數	品質分數 (依重要 比例加權)	供應商數 量下限	最少下單 比例 /每一產 品, 供應商
WF	W_1	38000	384	84.5	845	1、2、3、 4、5	10%
	W_2	37000	328	80.9	809		
	W_3	41000	216	78.9	789		
	W_4	36000	500	88.1	881		
	W_5	36500	252	80.2	802		
	W_6	39000	368	82.6	826		
BP	B_1	39000	67	81.1	324.4	1、2、3、 4、5	10%
	B_2	36000	71	81.5	326		
	B_3	35000	64	79.5	318		
	B_4	36500	84	88.2	352.8		
	B_5	38000	71	84.1	336.4		
	B_6	37000	67	78.3	313.2		
CP	C_1	39000	37	78.8	236.4	1、2、3、 4、5	10%
	C_2	37000	39	81.6	244.8		
	C_3	45000	40	84.1	252.3		
	C_4	46000	35	79.8	239.4		
	C_5	36500	47	84.3	252.9		
	C_6	37000	62	88.2	264.6		
	C_7	45000	49	81.6	244.8		
	C_8	43000	24	76.1	228.3		
AS/FT	A_1	42000	78	85.1	255.3	1、2、3、 4、5	10%
	A_2	44000	90	89.6	268.8		
	A_3	41000	60	74.7	224.1		
	A_4	51000	80	85.5	256.5		
	A_5	43000	75	77.8	233.4		
	A_6	37500	78	81.7	245.1		
	A_7	46000	70	77.1	231.3		
	A_8	47000	85	81.2	243.6		

表 1-7 訂單分配趨勢表--供應商數量下限變動

供應商編號	數量 1	數量 2	數量 3	數量 4	數量 5
W_1	0	0	0	3530	3530
W_2	0	0	3531	3530	3530
W_3	35300	31762	28237	24710	21180
W_4	0	0	0	0	0
W_5	0	3538	3532	3530	3530
W_6	0	0	0	0	3530
B_1	0	0	3530	3530	3530
B_2	0	0	0	3530	3530
B_3	0	0	0	0	3530
B_4	35300	31770	28240	24710	21180
B_5	0	3530	3530	3530	3530
B_6	0	0	0	0	0
C_1	0	0	0	5	0
C_2	0	1470	1675	3531	3530
C_3	35300	31770	28215	24709	12880
C_4	0	0	0	1015	3530
C_5	0	0	3530	3530	3530
C_6	0	0	1880	2510	11830
C_7	0	0	0	0	0
C_8	0	2060	0	0	0
A_1	8890	3530	3531	3533	3613
A_2	26410	31770	28239	24707	21097
A_3	0	0	0	0	0
A_4	0	0	3530	3530	3530
A_5	0	0	0	0	0
A_6	0	0	0	3530	3530
A_7	0	0	0	0	0
A_8	0	0	0	0	3530

表 1-8 供應商資料表-增減 WF 供應商

製程	供應商 編號	原產能	增加一 WF 供應商 W07 產能	減少一 WF 供應商 W05 產能	價格	品質 分數	品質分數 (依重要 比例加權)	供應商 數量下 限	最少下單比例 /每一產品, 供應 商
WF	W_1	12000	12000	12000	384	84.5	845	2	10%
	W_2	11000	11000	11000	328	80.9	809		
	W_3	5000	5000	5000	216	78.9	789		
	W_4	6000	6000	6000	500	88.1	881		
	W_5	8000	8000	0	252	80.2	802		
	W_6	10000	10000	10000	368	82.6	826		
	W_7	0	10000	0	328	80.9	809		
BP	B_1	25000	25000	25000	67	81.1	324.4	2	10%
	B_2	15000	15000	15000	71	81.5	326		
	B_3	5000	5000	5000	64	79.5	318		
	B_4	20000	20000	20000	84	88.2	352.8		
	B_5	10000	10000	10000	71	84.1	336.4		
	B_6	20000	20000	20000	67	78.3	313.2		
CP	C_1	16000	16000	16000	37	78.8	236.4	2	10%
	C_2	12000	12000	12000	39	81.6	244.8		
	C_3	5000	5000	5000	40	84.1	252.3		
	C_4	10000	10000	10000	35	79.8	239.4		
	C_5	20000	20000	20000	47	84.3	252.9		
	C_6	7000	7000	7000	62	88.2	264.6		
	C_7	5000	5000	5000	49	81.6	244.8		
	C_8	10000	10000	10000	24	76.1	228.3		
AS/FT	A_1	3000	3000	3000	78	85.1	255.3	2	10%
	A_2	7000	7000	7000	90	89.6	268.8		
	A_3	10000	10000	10000	60	74.7	224.1		
	A_4	6000	6000	6000	80	85.5	256.5		
	A_5	18000	18000	18000	75	77.8	233.4		
	A_6	10000	10000	10000	78	81.7	245.1		
	A_7	6000	6000	6000	70	77.1	231.3		
	A_8	20000	20000	20000	85	81.2	243.6		

表 1-9 供應商資料表-增減 WF 供應商

供應商編號	增加一 WF 供 應商	原供應 商設定	減少一 WF 供 應商
W_1	4356	11300	11995
W_2	8359	11000	10974
W_3	5000	5000	5000
W_4	0	0	0
W_5	8000	8000	0
W_6	0	0	7331
W_7	9585		0
B_1	5300	5300	5300
B_2	0	0	0
B_3	0	0	0
B_4	20000	20000	20000
B_5	10000	10000	10000
B_6	0	0	0
C_1	0	0	0
C_2	3300	6767	12000
C_3	5000	5000	5000
C_4	0	0	0
C_5	20000	19999	13345
C_6	7000	3534	0
C_7	0	0	0
C_8	0	0	4955
A_1	3000	3000	3000
A_2	7000	7000	7000
A_3	0	9300	9301
A_4	6000	6000	6000
A_5	0	0	0
A_6	10000	10000	9999
A_7	0	0	0
A_8	9300	0	0