

明新科技大學 97 年度校內專題研究計畫成果報告

應用 TRIZ 於製造系統的績效評估

Applying TRIZ in performance evaluation of manufacturing systems

計畫類別： 整合型計畫 個人計畫

計畫編號：MUST-97-工管-08

執行期間：97 年 3 月 1 日至 97 年 9 月 30 日

計畫主持人：黃嘉若

共同主持人：無

計畫參與人員：無

處理方式：除涉及專利或其他智慧財產權外得立即公開，
唯必要時本校得展延發表時限。

可立即對外提供參考
(請打√) 一年後可對外提供參考
兩年後可對外提供參考

執行單位：工業工程與管理系

中 華 民 國 97 年 9 月 30 日

中文摘要

製造管理的意義是有效的利用資源，來製造出品質最佳、產量最多、成本最低的產品，才能獲得顧客的最大滿意度。所以製造系統要如何來降低成本，將生產過程的績效提升到最高，是處於現在競爭激烈的市場中極需具備的基本管理要件。本研究透過創造性問題解決理論(TRIZ)，希望能在較短的時間裡找出各種創意解決方案的特點，並配合TRIZ 工具—質-場分析與 76 個標準解應用於製造系統運作的不良因素上，希望能減少影響製造系統績效的問題產生，使得整個製造系統的運作能夠更為穩定。

關鍵詞: 製造管理、製造系統、創造性問題解決理論、質-場分析

Abstract

Manufacturing management is aimed at efficiently utilizing resources to produce products with best quality and lowest cost at maximum output, so that customers will have optimum satisfaction. Excellent manufacturing management is an important factor to guarantee a high quality, high yield and high profit product. On the other hand, how to reduce costs and maximize production performance is one the core managerial aspects while facing the highly competition market. The purpose of this study is using TRIZ (Theory of Inventive Problem Solving) to systematically modulize the operation of a modern manufacturing system, and further to analyze problems and generate possible solutions through the Substance-Field Analysis and 76 standard solutions. Results indicated that TRIZ problem solving tools may generate some feasible improvement for the manufacturing systems.

Keywords: Manufacturing management 、 Manufacturing system 、 Theory of Inventive Solving 、 TRIZ theory 、 Substance-Field Analysis

圖目錄

圖 2-1	TRIZ 理論的基本解題步驟	13
圖 4-1	晶圓績效評估架構圖.....	23
圖 4-2	晶圓製造整廠性績效指標架構圖.....	25
圖 4-3	品質良率分支的因子效果圖.....	38
圖 4-4	產品週期分支的因子效果圖.....	39
圖 4-5	產品製程複雜度分支的因子效果圖.....	39
圖 4-6	生產力分支的因子效果圖.....	40
圖 4-7	交貨能力分支的因子效果圖.....	41
圖 4-8	機台能力分支的因子效果圖.....	41
圖 4-9	機台效率分支的因子效果圖.....	42
圖 4-10	簡化後的半導體製造廠層級架構.....	43

表目錄

表 1-1	製造管理量測指標分類表	7
表 2-1	分析層級法尺度表	12
表 2-2	三十九個工程參數	14
表 2-3	四十個創新原則	15
表 2-4	依特性分類的三十九個參數	15
表 2-5	矛盾矩陣表的使用	16
表 4-1	問卷調查數據表.....	27
表 4-2	整廠性績效數據表.....	30
表 4-3	黃光區績效數據表.....	30
表 4-4	數據經標準化轉換後的結果.....	31
表 4-5	Line yield 成對比較矩陣表.....	31
表 4-6	Line yield 經正規化後的矩陣.....	31
表 4-7	針對四個晶圓製造廠的權重數據總表.....	33
表 4-8	所有績效指標的權重總表.....	33
表 4-9	品質良率的成對比較矩陣.....	34
表 4-10	品質良率的三角模糊數的成對比較矩陣.....	34
表 4-11	Line yield 的模糊數參數估計.....	35
表 4-12	WAT yield的模糊數參數估計.....	35
表 4-13	Chip probing yield的模糊數參數估計.....	35
表 4-14	品質良率的三角模糊數的參數估計a, b, c.....	35
表 4-15	品質良率分支的直交表.....	37
表 4-16	品質良率分支的馬氏距離.....	37
表 4-17	產品週期分支的直交表.....	38
表 4-18	產品週期的馬氏距離.....	38
表 4-19	產品製程複雜度分支的馬氏距離.....	39
表 4-20	交期分支的馬氏距離.....	40
表 4-21	交貨能力分支的馬氏距離.....	40
表 4-22	機台能力分支的馬氏距離.....	41
表 4-23	機台效率分支的馬氏距離.....	42
表 4-24	簡化前後四家半導體製造廠在製造管理方面的優先序.....	43

目錄

中文摘要.....	2
英文摘要.....	3
圖目錄.....	4
表目錄.....	5
目錄.....	6
第一章 緒論.....	7
1.1 製造管理的重要性.....	7
1.2 研究動機.....	7
1.3 研究目的.....	9
第二章 文獻探討.....	9
2.1 績效評估的方法.....	9
2.2 分析層級法.....	10
2.3 創造性問題解決理論.....	12
2.3.1 TRIZ 來源與簡介.....	12
2.3.2 解決矛盾的工具.....	13
2.3.3 三十九個工具參數與四十個創新原則.....	14
2.3.4 TRIZ 在管理問題上的應用.....	16
第三章 研究方法與理論.....	18
3.1 研究方法.....	18
3.2 質-場分析.....	18
3.3 七十六個標準解.....	19
第四章 案例討論.....	23
4.1 建立績效指標的層級架構.....	23
4.2 問卷數據表.....	27
4.3 資料分析.....	31
4.4 層級分析評估.....	31
4.5 分析結果.....	34
4.5.1 AHP 分析結果.....	34
4.5.2 Fuzzy AHP 分析結果.....	34
4.5.3 Fuzzy MADA 分析結果.....	36
4.5.4 簡化 AHP 的層級架構.....	37
4.5.5 簡化後層級架構的驗證.....	42
4.6 結論.....	44
參考文獻.....	45

第一章 緒論

1.1 製造管理的重要性

製造科技是所有科技的基礎，創造人類文明的工具、機器、電腦等等都是製造科技；原始材料經過第一次的加工處理成為工業材料，工業材料經過第二次的加工成為產品。所謂製造管理就是探討產品製造過程中相關的管理活動：包括產品的研究發展、生產流程的規劃與管制、物料的管理與運送、工廠佈置與品質管理等等要項。

製造系統在生產各種產品時需要多種資源，一為無形的資源，如專業知識、技能以及管理能力等等，另一種為有形的資源，包括資金、土地、各種軟硬體工具、機台以及原料等等。所以製造管理的意義為有效的利用這些有限的資源，來達到製造出品質最佳、產量最多、成本最低的產品，才能得到顧客的最大滿意度。所以在高科技產業中，製造管理已成為不可或缺的工具。優良的製造管理是確保產品高品質、高良率與高利潤的重要因素。

製造管理的量測指標可以分為績效指標與決定因素這兩種，我們可依各指標的特性將其區分為四個部分：

- 1) 可量化: 此種績效指標可用簡單明瞭的單位來計算。
- 2) 不可量化或難以量化: 有些指標無法以計量的方式來評估，需要用敘述的方式來表達，或者衡量的單位無法為各家廠商所認同。
- 3) 有關聯: 指該指標與製造管理績效有關聯。
- 4) 不確定有關聯: 對於此部分指標，我們認為與製造管理的績效較不顯著。

表 1-1 製造管理量測指標分類表

	可量化	不可量化
有關聯	I	II
不確定有關聯	III	IV

由以上敘述得知，績效指標與決定因素非常的多而且繁瑣，我們在以後的研究範圍是第 I 區，第 II 區雖然較難以衡量，但因與製造管理有相當的關聯，在問卷中仍會加入此部份，以利深入的了解工廠的現況，但 III 及 IV 不在我們討論的範圍內。決定因素與績效指標以及決定因素與決定因素之間存在有關聯性，甚至有很強的相關性，雖說決策分析技術—分析層級法 (Analytic Hierarchy Process, AHP) 強調可以處理系統中出現互相依賴 (Interdependence) 的情形，但事實上仍須每一績效指標與決定因素為獨立才行，否則將無法作線性組合。

1.2 研究動機

對於二十一世紀的企業來說，感受最強烈的就是競爭環境的快速轉變，產品的生命週期越來越短，產品越來越多樣化，市場的競爭白熱化，因此企業除了要有快速反應顧客需求改變的能力外，也要有引領消費者需求、創造利基市場的能力。在大量生產的時代，產品和製程的生命週期配合一致，製程的設計主要是為了要生產特定的製品，新的製程也是整體研發計畫的一部份，可是這種方式，在產品生命週期快速縮短之際，必將

造成新產品上市的延後，使得企業喪失競爭力。所以，製造系統除了管理者要持續不斷的努力而有許多小步伐的改進，更要求藉由大筆資源投資於新技術與設備，而產生戲劇性的創新。

對於企業在這競爭激烈的今天。創新已成為不可缺少的要件，以往只注重如何研發出創新的產品或服務之未來發展。但是，現在為了使企業本身能夠有更多的競爭能力，就不只去考量產品的創新，還必須要在管理上加入創新的能量來改善企業的體質，讓企業能夠成功的去克服更多的變化與挑戰。利用創新觀點的解題方法作為改善的基礎，能使問題改善的過程中，所耗費的時間與人力上的減低，達到改善的目的和提升解決問題的能力與效用。所以，本研究就過去針對產品設計開發問題解決所使用的創造性問題解決理論(Theory of Inventive Problems Solving, TRIZ)，以高效率及可靠的創意思考及創新設計系統化特點，協助找出創新方向與有創意的解決方向，來增進問題的效率，作為解決引發製造系統運作產生之不良因素。

1.3 研究目的

本研究針對上述所提及的研究動機，對阻礙製造系統運作的問題進行研究，分析引發問題不良因素與作業程序，運用 TRIZ 的解題理念達成以下目的：

- 1) 瞭解 TRIZ 基礎理論與解題工具的特點。
- 2) 從製造系統營運的觀點找出影響生產運作的重要指標，並從製造系統中找出相關不良因素。
- 3) 利用 TRIZ 解題工具，提出改善不良因素之改善策略與方案。
- 4) 整合與運用內外部資源來降低成本與時間的耗損。

第二章 文獻探討

以下針對績效評估的重要性與績效評估方法及本研究中應用到的基礎理論加以探討：

2.1 績效評估的方法

一般來說，績效評估可以區分為兩大類型：一是組織的績效評估，即建立組織的績效管理系統；另一是員工的績效評估，即是建立對員工的回饋系統，兩者必須相互結合以發揮功能，本論文的主題比較切合前者“組織的績效評估”。績效評估對企業組織而言有其絕對的重要性，因為企業的主要目的就是要不斷的達成目標，而企業組織可以透過績效評估的結果，瞭解自身對於資源運用之效率與效能，作為管理階層在未來訂定經營管理策略與目標時的參考指標。

管理大師 Drucker (1973) 曾說：“管理工作的基本要素之一，就是衡量與評估，管理者建立尺度，對於組織內部成員的績效而言，很少有其他因素像它那麼重要”。而所謂建立尺度，指的就是建立評估模式準則與評估模式而言。績效評估可以用以衡量組織的整體運作績效，也具備控制的功效以顯示出組織運作是否偏離預期的目標，經由評估建立明確績效衡量準則，可以引導組織未來的行動方向，創造競爭性行為，期望最終目的在於提昇組織效率，引導組織朝向共同目標邁進以發揮整體績效，此即為績效評估的意義。

Schuler *et al.* (1990) 將所有會影響績效的衡量與評估的因素稱為績效評估系統，此系統包括：(1)執行工作分析不瞭解工作之職責，以建立績效標準。(2)選擇適當、有效的績效評估方法去評估工作的行為與結果。(3)在評估期間之前對現職者作依工作期望的調查。(4)建立一個與工作績效相關的回饋系統。(5)衡量績效評估系統是否達成其所宣稱的目標。Evans *et al.* 認為績效評估是管理控制的一環，績效評估及績效管理有助於公司更能有效的管理資源，以及衡量應具有日常作業性的控制系統及目標修正的功能，長期之下則為策略管理、規劃及達成的工具。由以上文獻可知，績效評估乃是為實現組織整體目標，透過一個量化標準或主觀認知，來衡量組織目標的達成程度與資源運用的情形，並做出適當的修正行動。

由於績效評估的本質常是多準則決策問題，必須建立一套結構合理、組織明確的準則架構，以清楚的描述各相關評估準則間的關係，並提供決策人員一項清晰可見的工具，來幫助分析、檢討評估的合理性，必要時也可以迅速作為進一步修正的參考與依據。

實務上常用的績效評估方法有下幾種：

- 1)Caplice *et al.* (1994)提出比值分析法，即「產出/投入」法，是傳統上企業在績效評估最廣為使用的方法。
- 2)Charnes *et al.* (1978) 談到資料包絡分析法(Data Envelopment Analysis, DEA)是根據效率觀點所發展出來的效率評估模式，藉由數學規劃的技巧，運用事後資料來評估效率，主要是將觀測值以效率前緣方法予以包絡，由生產面來分析決策問題。
- 3)Saaty (1980)認為 AHP 應用在不確定情況及具有多個評估準則的決策問題上。
- 4)黃世豪 (2000) 結合模糊理論和多準則決策方法應用於電子化企業經營績效評估上，進行不確定性資料的處理。

5)統計分析手法: 將績效評估中各項的關鍵指標, 利用敘述性統計或是多變量變異數分析手法來評估績效的高低。

還有其他的績效評估方法, 例如量表分析法、排序法、目標管理法與強迫選擇法等等。

當我們面對一個複雜與龐大的系統時, 層級結構適合用來描述這些系統間的關係, 層級式架構是一種有系統的方法, 它可以經由上下各層間連接, 將一個大的系統區分為幾個較小且彼此相關的系統, 而且 Robbins (1994)認為層級結構也合乎人們解決問題時所採用的思考方式。層級結構分析步驟是使用者先對複雜的問題系統訂出問題的總目標, 再逐層列出簡明的次目標, 直到明確的行動方案為止。

綜合以上的論述, 我們知道層級式的結構在解決績效評估問題時擁有許多的優點, 所以本研究中將以 AHP 方法來作為績效評估時, 建立評估準則權重的方法。

依據 Saaty 的說法 AHP 具有以下的優勢:

- 1)決策的統一性(Unity): AHP 提供簡單的、容易瞭解且具彈性的模式, 用來解決不具結構性的問題。
- 2)過程的重複性(Process repetition): 發生判斷不一致時, AHP 可以經由重複的過程, 使得決策者可以改進問題的定義, 以改善他們的判斷與認知上的一致性。
- 3)判斷與共識的一致性(Judgment and Consensus): AHP 不僅強調決策者間不同的意見, 而且能調合來自決策者多種判斷的代表性。
- 4)評估準則的取捨性(Tradeoffs): AHP 考慮問題中各種評估準則的相對優先權(Priorities), 並使決策者可以根據他們的目標(Goals), 來選擇最佳方案。
- 5)評估之綜合性(Synthesis): AHP 引導決策者在每一個可行方案之需求性(Desirability)上, 來進行一個全面的評估。
- 6)判斷之一致性(Consistency): AHP 依循符合邏輯的、一致的判斷, 用以決定優先權(Priorities)。
- 7)解決複雜性問題(Complexity): AHP 結合演繹與系統性的兩種方法, 解決複雜的決策問題。
- 8)評估準則之相依性(Interdependence): AHP 能處理問題裡面各種評估準則之相互關聯, 而不會僅強調直線性思考(Linear thinking), 也就是只考慮單一層面。
- 9)評估準則之層級性架構(Hierarchy structuring): AHP 反應自然的人性思考傾向, 將問題之評估準則分類於不同的層級, 亦即將類似的評估準則群組於同一層內。
- 10)評估準則之測量性(Measurement): AHP 提供一個標度, 用以測量無形的要素(Intangibles)與一個方法建立優先權(Priorities)。

2.2 分析層級法 (Analytic Hierarchy Process, AHP)

當面臨許多替代方案要做出決策時, 通常都是依幾個準則來加以評比, 以便選擇一個或多個替代方案, 其中分析層級法就是將複雜問題加以系統化之方式, 以便決策者可以有結構的來分析問題, 並決定替代方案之優先順序。分析層級法是首先由 Saaty (1971) 所發展出來的一套有系統的決策模式, 主要目的就是在不確定情況下及具有多個評估準則的決策問題, 將欲研究的複雜系統分解成簡明的層級結構系統, 透過成對比較矩陣的建立而求得各層級要素或方案的優先順序。所以分析層級法對於導出權重或順序的多重屬性及屬量而言, 是一種相當良好的分析方法。 Saaty 分別在 1972 至 1978 年間將分析層級法應用於美國國家科學基金會, 從事有關於產業電力配額、蘇丹運輸系統研究、美

國武器管制、及裁軍局 (ACDA) 分配資源於從事恐怖主義之分析等多項研究，使得分析層級法得以臻於成熟。以後經過不斷修正，分析層級法應用層面增加，例如，行為科學、行銷管理、投資組合等，最後 Satty (1980) 提出一套完整的方法論。分析層級法的應用範圍廣泛，目前在國外已應用於下列十三種決策問題：

1. 決定優先順序 (Setting priorities)
2. 產生可行方案 (Generating a set of alternatives)
3. 選擇最佳方案 (Choosing the best policy alternative)
4. 決定需要條件 (Determining requirements)
5. 根據成本效益分析制定決策 (Making decision using benefits and costs)
6. 資源分配 (Allocating resources)
7. 預測結果-風險評估 (Predicting outcomes-risk assessment)
8. 衡量績效 (Measuring performance)
9. 系統設計 (Designing a system)
10. 確保系統穩定性 (Ensuring system stability)
11. 最適化 (Optimizing)
12. 規劃 (Planning)
13. 衝突解決 (Conflict resolution)

分析層級法是以一個層次的結構，將計量因素與非計量因素同時考量之理論，同時匯集專家們的判斷與經驗，以產生所欲解決方案之優先順序，提供決策者參考。本法主要內容有四：

1. 將複雜的問題間之評估予以結構化，並建立層級結構；
2. 設定各問題之評比尺度，並建立成對比較矩陣；
3. 計算各問題之相對權數；
4. 檢定一致性。

分析層級法的流程可細分為下列幾個步驟：

1. 決策問題之認定：首先要釐清問題之所在，才可對問題下定義，方能清楚瞭解決策目的。尤其是在應用分析層級法時，對於評估要素之分層，更須充分掌握問題之方向。

2. 列舉各評估要素：在列舉各評估要素時，首在專家及決策者意見之整合，藉由其專業知識與實務經驗對決策所面臨之問題的評估要素，慎重列舉各評估要素，此時毋須考慮決策因素的順序及關聯性。有關專家及決策者意見之採用可用腦力激盪法(Group brainstorming) 或德懷術 (Delphi method) 以收彙整之效。

3. 建立層級：將各項評估要素，依各要素之相互關係與獨立性程度劃分層級。層級劃分多寡視分析問題之複雜度而定，但每一層級之要素至多七個以內，以免在評估時造成矛盾之現象，以致影響評估結果，各層級之要素彼此間應獨立。而層級之結構則可以從整體目標、子目標等，最後至決策之結果，進而形成多重層級，而層級之多少則視決策之複雜度與分析程度而定。層級之種類又可分成完整層級(Complete hierarchy) 與不完整層級 (Incomplete hierarchy)，完整層級是指每上下層級間之要素彼此間都有所相連如教育均等之分析層級結構，不完整層級則是指上下層級間並非全部都有聯結。

層級結構之建立是以群體討論的方式或參考相關文獻及專家之意見，經反覆修正後加以彙總而成。建立層級結構的原則可整理如下：

- 1) 第一層為決策問題的目標或評比之目的；
- 2) 重要性相近的要素應置於同一層級；
- 3) 同一層級內之要素個數不宜過多且應力求獨立；

4)最底層為決策問題的行動方案或評比對象。

建立層級時應注意的是：

1)最高層級代表評估之最終目標；

2)儘量將重要性相近的要素放在同一層級；

3)層級內之要素不宜多，依 Satty 之建議最好不要超過 7 個，因為受限於人之因素，同時過多時，也會影響層級之一致性。

層級結構建立以後，即根據問卷結果或專家評估同層級之各評估要素間的相對重要性。分析層級法之評比方式是以上一層級的要素為基準，將同層級內之任兩要素對該上層要素之重要性或影響力兩兩做比較，可減輕決策者在思考時的負擔，更能清晰地呈現決策因素的相對性。分析層級法係採用名目尺度為成對比較之評估指標，其可分為九個尺度如表 2-1 所示：

表 2-1 分析層級法尺度表

兩因素之相對重要性強度	定 義	說 明
1	一樣重要	兩因素對該目標有相同貢獻
3	稍重要	評比者認為 A 較 B 稍重要
5	很重要	評比者認為 A 較 B 頗重要
7	十分重要	對 A 有強烈偏好，甚重要
9	極其重要	A 之重要性絕對凌駕於 B
2, 4, 6, 8	重要性介於此數之相鄰	當需要折衷值時
上列之倒數		

2.3 創造性問題解決理論

人們需要有好的工具來發展新系統、解決問題以及選擇較優良的解決問題方法。創造性問題解決理論(Theory of Inventive Problem Solving, TRIZ)是一種有系統的思考方法，以創新知識資料庫或稱為專利資料庫，針對問題建立了一些分析原則，克服技術或物理上的衝突與矛盾而達成創新性的解決方案。無論是技術或非技術領域的問題，使用 TRIZ 不但能提高創新的成功率、縮短創新的週期，更能及早預測過程中的問題，因此近年來企業為降低成本，引進此技術的意願提高，例如英業達利用 TRIZ 改善筆記型電腦的設計，台灣電力公司運用 TRIZ 改善輸電地下電纜運轉容量，光聯科技以此改善液晶顯示器破裂專案等。其它方面如汽車產業、綠色工程、紡織、玩具產品等的創新設計，也都有不少成功利用 TRIZ 的實例。

2.3.1. TRIZ 來源與簡介

TRIZ 來自俄語 Teorija rezvenija izovretatelskih zadach 的縮寫，其意義為「創造性問題解決理論」。是由蘇俄的 Genrich Saulovich Altshuller(1926-1998) 在二次世界大戰後分析研究 20 多萬個專利後提出的理論，他發現不同種類的工程系統與技術皆有相同的專利發展過程，創新者或是問題解決者可以從過去專利發明規律以及路徑，仿效應用而產生新穎的專利技術，使發明過程得以預期，避免使用過多的試誤而浪費成本與時間。這

樣的技術直到 1990 年以後才藉由移民者傳出，在蘇俄以外的國家使用，接著 TRIZ 的軟體產生，使其相繼在美國、日本等其它國家發展更為快速，應用也更為廣泛。

TRIZ 理論一般是以類比的認知和運用為基礎，其解決問題基本步驟如圖 2.1 所示。首先針對特定的矛盾問題進行分析及抽象化。再將類似經驗運用於問題的提問上，有助於將解答原則轉換到特定的問題。形成的抽象問題套入 TRIZ 所提供的創新問題解決工具如矛盾矩陣、創新原則、質場分析等，找出抽象的解答後再以具體化的方式轉為實際問題適合的解答。

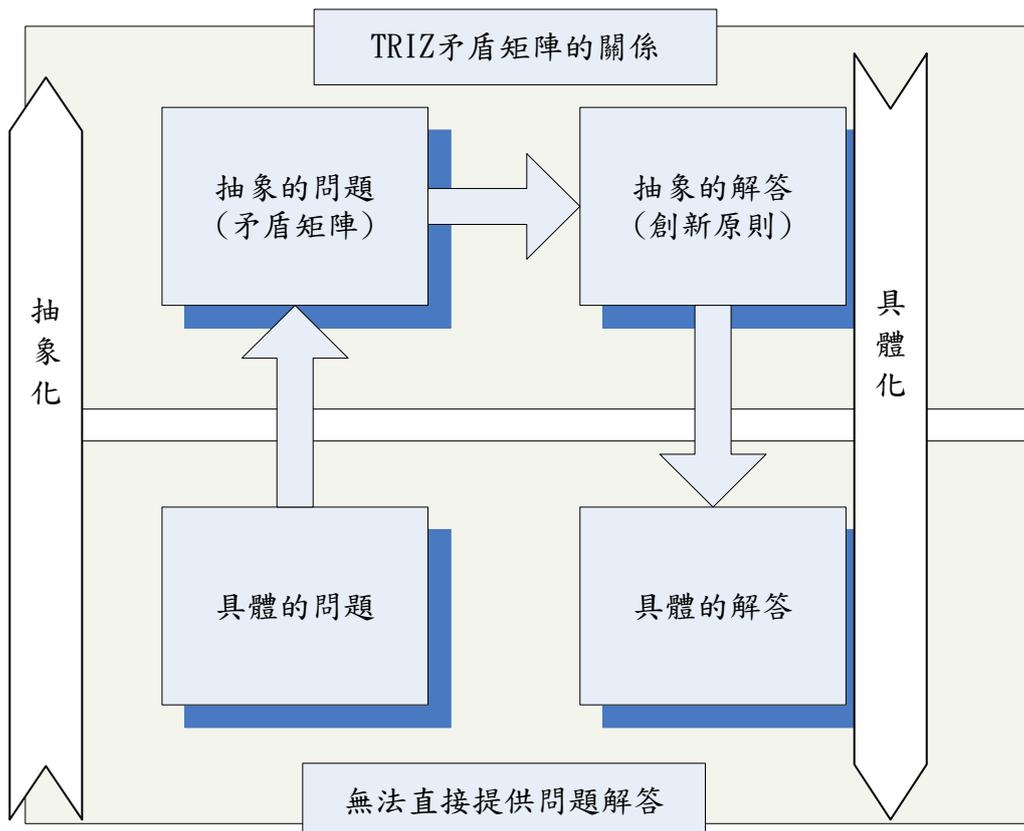


圖 2.1 TRIZ 理論的基本解題步驟

TRIZ 理論的中心概念包括矛盾(Contradiction)、來源(Resources)、理想化(Ideality)、演進模式(Patterns of evolution)、創新原則(Innovative principles)，使用 TRIZ 理論時，首先要有假設目標為刪除有害的功能而達到理想化設計、完全或部分刪除矛盾皆屬於創新的方法、創新過程可以具體化列出，如實體矛盾或技術矛盾。以簡單的模式取代過去許多不必要的複雜，有創意的解決問題、找出問題並檢視問題與解決方法，是 TRIZ 的主要工作。

2.3.2 解決矛盾的工具

矛盾衝突普遍存在於各種產品的設計之中，使用傳統設計的折衷法，無法將矛盾徹底解決，而是對產生矛盾的兩邊犧牲其中一方甚至兩方而取得折衷妥協方案，或是降低矛盾的度。Altshuller 利用大量的專利發明原理，研究出解決矛盾的 TRIZ 方法，提出能夠解決矛盾的創新原則，並建立解決矛盾的邏輯思考方法與工具，包括了三十九個矛盾參數(Contradiction Parameters)、四十個創新原則(Innovation Principles)、七十六個標準

解(Standard Solutions)、質場分析(Su-Field Analysis)以及龐大的知識資料庫等。TRIZ 理論認為產品創新的目的是解決或移除設計中的矛盾，而產生新的、具有競爭力的解。

Altshuller 將矛盾分為三類：管理矛盾(Administrative Contradictions)、實體矛盾(Physical Contradictions)以及技術矛盾(Technical Contradictions)。管理矛盾是指為了實現某些現象或希望取得某些結果，需要作一些事情，但不知道如何去做，如希望提高產品品質、降低原物料的成本，但不知道方法。實體矛盾是指為了實現某種功能，一個子系統或元件必須增加某種參數特性；同時為了實現另一種功能必須降低該參數特性。技術矛盾是指一個作用同時導致有用及有害兩種結果，也可指有利作用的引入或有害效應的消除導致一個或幾個子系統或系統變壞。管理矛盾本身只具有暫時性，而無啟發價值。技術上的矛盾可使用三十九個工程參數及四十個創新原理搭配矛盾矩陣加以解決，而實體矛盾我們則需使用分隔原則來解決，使系統達到理想化。

2.3.3 三十九個工程參數與四十個創新原則

TRIZ 理論經過對專利詳細研究後，提出三十九個通用工程參數來表示矛盾(如表 2.1)以及四十個創新原則(如表 2.2)。在實務上遇到矛盾時，找出兩個矛盾點對應的參數轉化成標準的技術矛盾。

表 2.1 三十九個工程參數

1.移動物件的重量	21.效能
2.靜止物件的重量	22.能量耗損
3.移動物件的長度	23.材料耗損
4.靜止物件的長度	24.資訊耗損
5.移動物件的面積	25.時間耗損
6.靜止物件的面積	26.材料數量
7.移動物件的體積	27.可信賴度
8.靜止物體的體積	28.測量的正確性
9.速度	29.組裝的正確性
10.作用力	30.影響物件的外在負面因素
11.壓力、張力	31.影響物件的內在負面因素
12.形狀	32.組裝的可親性
13.物體穩定性	33.使用的方便性
14.物件的抗壓性	34.維修的可親性
15.移動物件可持續性	35.適應力
16.靜止物件可持續性	36.自身結構的複雜性
17.溫度	37.控制安裝的複雜性
18.亮度	38.自動化的程度
19.移動物件的能量消耗	39.產能/生產力
20.靜止物件的能量消耗	

表 2.2 四十個創新原則

1.分割	11.預先緩衝	21.急衝	31.利用多孔材料
2.分離、提煉	12.均衡潛能	22.轉變害處為利處	32.改變顏色
3.局部最佳化	13.反置	23.回饋	33.均質性
4.非對稱	14.球體化	24.中介物	34.去除和重生
5.合併	15.動態化	25.自我服務	35.參數轉變
6.多功能	16.局部、過量作用	26.複製	36.狀態轉變
7.關聯性	17.移至新維度	27.以廉價物替代	37.熱脹冷縮
8.相對重量變化	18.機械震動	28.以機械系統替代	38.強氧化功能
9.預先平衡	19.週期性	29.氣、液壓構造	39.惰性介質
10.預先動作	20.利用動作連續性	30.彈性薄板或薄膜	40.複合材料

三十九個參數依特徵又可以分為六大類，如表 2.3 所示。

表 2.3 依特性分類的三十九個參數

類別	參數編號	類別	參數編號	類別	參數編號
幾何	3、4、5、6、7、 8、12	資源	19、20、22、23、24、 25、26	害處	30、31
物理	1、2、9、10、11、 17、18、21	能力	13、14、15、16、27、 32、34、35、39	操控	28、29、36、37、38

2.3.3.1 矛盾矩陣

矛盾矩陣將技術矛盾的三十九個參數與四十個創新原則建立了對應關係，為一 39×39 的二維矩陣，縱列為預改善的參數(Improved Feature)，由三十九個工程參數由上而下排列，橫列為惡化的參數(Worsened Feature)，由相同的工程參數由左至右排列。實際應用矛盾矩陣時，找出改善與惡化的兩個矛盾參數，對應到特定的矩陣元素，其中的數字便是推薦使用的創新原則。如表 2.4 所示，當改善「生產力(Productivity)」會使「移動物件的長度(Length of moving object)」惡化時，矛盾矩陣表建議使用四十個創新原則中的 18：機械震動、4：非對稱、28：以機械系統替代、38：強氧化功能，以建議的這四項原則進行矛盾問題的消除。

表 2.4 矛盾矩陣表的使用

		<i>Worsened Feature</i>						
		No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	...	No.39
<i>Improved Feature</i>								
1	Weight of moving object	-	-	15,8,29,34	-	29,17,38,34	...	35,3,24,37
2	Weight of stationary	-	-	-	10,1,29,35	-	...	1,28,15,35
3	Length of moving object	8,15,29,34	-	-	-	15,17,4	...	14,4,28,29
4	Length of stationary object	-	35,28,40,29	-	-	-	...	30,14,7,26
5	Area of moving object	2,17,29,4	-	14,15,18,4	-	-	...	10,26,34,2
...
39	Productivity	35,26,24,37	28,27,15,3	18,4,28,38	30,7,14,26	10,26,34,31	...	-

2.3.3.2 分隔原則

當技術矛盾無法解決問題、提供適當解答時，可將技術矛盾轉化為實體矛盾，並使用分隔原則解決。TRIZ 總結實體矛盾的各種專利研究方法，將其相似處歸納出下列四點：

1. 空間的分隔(separation of opposite requirements in space)
透過將元件在空間上做分隔，或將某元件分解成數個元件的方式來解決。
2. 時間分隔(separation of opposite requirements in time)
對某一系統的功能進行時間上的劃分，讓相互矛盾的需求、功能或條件在不同的時間點出現。換言之，將某一過程劃分為有時間先後次序的數個過程，但不至於影響所期待的功能。
3. 基於條件的分隔(separation upon condition)
當某一系統要滿足其矛盾的功能或是必須在矛盾的條件下運作時，該系統可以劃分為幾個次系統，並將某個矛盾的功能歸入另一個次系統中。
4. 整體或部分元件分隔(separation within a whole and its parts)
透過條件的修正來分隔彼此互相矛盾的要求，在這些條件下同時進行有利和有害的過程。但必須將系統或環境進行修正，只讓有利的過程可以進行。

2.3.4 TRIZ 在管理問題上的應用

TRIZ 方法大多是應用在技術領域上，來解決工程上的問題，但在這幾年，漸漸有學者試著把這方法引用到非技術的領域之中，像是社會與教育等。此外，有些學者則是利用修改原有的 TRIZ 方法及工具來套用在商業的管理議題上。Mann & Domb 依據 40 個創新原則將觀念帶入商業活動中，就每個創新原則提出對應的商業手法，建議當企業面臨類似問題時可以利用此 40 個創新原則作為解決的對策。Ruchti & Livotov 認為現在競爭激烈的商業環境，管理者通常需要在短時間做出決策並且還需要較佳的決策品質。然而在短時間去整理大量的資訊並且做出決定是需要有較佳的思考邏輯與模式，因為決策者以往只是藉由自己的經驗與直覺來做出決策，不過這些決策卻不是很好。Ruchti & Livotov 就利用 TRIZ 所具有系統化思考模式和解決問題的程序，將原有的 40

個創新原則加以修改，提出一個結合有關商業與組織管理問題解決的 12 條雙向原則作為解決問題的參考。Miller & Domb 則是對於饑荒問題做研究探討，首先定義出饑荒問題的主因，並且深入了解整個食物供應鏈的過程。利用 TRIZ 的質-場模型和七十六個標準解來解決問題，配合所提出的食物生命週期，包括食品供應(生產/保存/分送)各方面的問題，對於糧食供應鏈的問題提出解決方案，以解決不同限制條件下所產生的食物問題。Mann 發現在商場裡雙贏解決方案資料相當的少，但是雙贏解決方案對於企業來說有著高度的吸引力及相當的利益存在。所以 Mann 利用矛盾矩陣以及配合物理矛盾，以系統化的方法來產生具有雙贏解決方案的策略。Mann 所建構的新商業矛盾矩陣，主要是參考了品管大師-戴明博士所提出的影響生產系統的重要參數並且加上了適合度(Adaptability)、可靠度(Reliability)和系統有害影響(System generated harmful effects)，產生出 31 個新的矛盾參數和新的商業矛盾矩陣，作為雙贏解決方案的對策。Takemura 則是針對航空公司對於改善人為疏失訓練的管理，把 TRIZ 問題解決的觀念導入在其中，如：對於問題的思考，了解問題的結構，分析問題的主要因素，提出解決策略。並將 40 個創新原則和矛盾矩陣結合飛安相關理論作出修改，提供一個新的矛盾矩陣，作為改善的策略。

從以上有關 TRIZ 之應用與研究，可以了解 TRIZ 方法不只在於技術層面的應用，更拓展到其他非技術領域，也發現到 TRIZ 解題工具在管理上的應用主要是利用 40 個創新原則和矛盾矩陣，對於質-場分析和 76 個標準解則較少應用，本研究則是針對此應用現況，希望能夠拓展其他 TRIZ 解題工具使用層面，讓 TRIZ 能夠提供更多元的解題工具做為改善策略的利器。

第三章 研究方法與理論

本研究之目的在利用 TRIZ 方法針對製造系統的問題來展開與應用，利用 TRIZ 特有的將問題系統化的特性，快速釐清問題的癥結點，做出有效的解決方案。為達此目的，本研究先進行 TRIZ 文獻與個案資料蒐集與整理的工作，對於所探討之個案建構出質-場模型進行分析，利用 TRIZ 問題解決工具，對於問題提出具創新且可行之解決方案與策略，當系統愈趨理想化時，所花的成本也愈少，系統結構愈簡單，則愈有效率。因此當針對某個問題提出解決方案時，就可以透過對理想最終結果的追求而獲得突破性的創意，換言之，以理想最終結果作為目標來努力。

3.1 研究方法

本研究將採用下列的步驟來進行：

- 1) 對文獻進行探討，包括了 TRIZ 理論與工具文獻整理及應用在管理方面研究之探討。
- 2) 蒐集實際製造系統運作的情況。
- 3) 整理資料進行問題的分析。
- 4) 建構質-場模型，將問題予以系統化。
- 5) 提出改善方案與策略。

3.2 質-場分析

在 TRIZ 理論基礎種，Altshuler 在產品功能的研究中，提出了以下三個準則：

- 1) 所有的功能都可以分解為三個基本元件。
- 2) 一種存在的功能必定由三個基本元件所組成。
- 3) 將相互作用的三個基本元件有效的組合則可以產生一種功能。

質-場分析(Substance-Field Analysis)，其主要是用來定義問題與引導解決問題想法的方法。質-場模型是以上述三個準則為概念，把產品的功能視為兩個物質(Substance)和一個場(Field)所組成的系統。以圖形化的方式來呈現整體系統的現況。這三種組合為功能的基本元件為兩種物質(Substance)和一種場(Field)。物質的型態包括了五種分類，分別是材料、工具、零件、人和環境。此外，場也具有五個類型，如機械力，化學力、熱力、電力和磁力。組成功能的每個元件都具有其特定的意義。S1 是被動元件，扮演被操作和被改變的角色，S1 稱為被控制的材料、物體或過程。S2 是主動元件，使工具產生作用，以 S2 運作或改變被動元件 S1，所以 S2 也可以稱為工具，F 則是能量元件，讓 S1 和 S2 具有交互作用。從整個質-場系統來解釋，F1 為場，S1 與 S2 分別為物質，而整個質-場的意義為：場 F 通過物質 S2 作用在物質 S1 上並改變物質 S1。

質-場分析的問題分析與解決主要有三大階段，分別是：

- 1) 系統建置：須確認出問題之相關系統元件，以利於建構質-場系統，假使系統為非完整系統則重新建構，直到成為完整系統。
- 2) 系統判別：依據質-場系統的相互關係狀態進行質-場系統類型的判定，包括：有害、有意或缺乏相互關係，作為下階段的解題指示。
- 3) 解題過程：依據系統類型，選擇標準解進行解決方法的發展，利用標準解所提供的解

題概念配合相關知識工具，發展各種可能性的解決方案，並判別方案之效用與可行性，假使方案不具效用則重新選擇標準解與解決方案的構想。最後，進行有效用之方案的精簡化步驟，並可藉由第五類別的標準解，幫助精簡化的過程，使解決方案具有精簡化與整合有益的效用。

質-場模型可分為四大類型，分別是：

- 1)有效且完整的系統(Effective complete system): 代表一個完整的模型並且產生所需的作用。
- 2)未完整的系統(Incomplete system): 所需的作用無法或沒有產生，因此必須增加所需的元件，使系統完整。
- 3)有害的完整系統(Harmful system): 代表雖然是一個完整的模型，但是所產生的作用對於系統是有害的。解決此有害作用的方法是增加一個場(F2)或物質(S3)，來抵銷掉原先的有害作用。
- 4)不足的完整系統(Ineffective complete system): 代表雖然是完整的模型，但產生的作用不足，解決作用不足的方法有三種：改用新的場(F2)來取代原有的場(F1)，或是改用新的質(S3)和場(F1)；增加新的場(F2)使所需的作用增強；增加新的場(F2)和物質(S3)來增強原本的作用。

3.3 七十六個標準解

1975 到 1985 年，Altshuller 和工作團隊彙整提出 76 個標準解。這 76 個標準解主要分為五大類型：

- 1)以不改變或少量改變來改善系統：包括 13 個標準解決方法。
 - 2)利用改變系統方式來改善：包括 23 個標準解決方法。
 - 3)系統轉換：包括 6 個標準解決方法。
 - 4)檢查和量測：包括 17 個標準解決方法。
 - 5)簡化和改善政策：包括 17 個標準解決方法。
- 總計為 76 個標準解決方法。

第一類別：利用不改變或是少量改變來改良系統以得到想要的結果。這一類的問題包含了必要的辦法來使不完整的系統變成完整。在質-場模型裡，顯示出系統中缺少了 S1、S2 或 F，或是 F 不完整。此時建議解決問題的策略是：

1-1 改善不充足系統的性能

- 1-1-1 讓不完整的系統成為完整。假使在質-場模型裡只有物質(S1)，加入物質(S2)或是其互動的關係(亦即場，field)。
- 1-1-2 假使系統無法改變，但是可以增加永久性或是暫時性的內部添加物。例如在物質(S1)或物質(S2)中增加內部添加物。
- 1-1-3 採用一個永久性或是暫時性的外部添加物(S3)，來改變物質(S1)或物質(S2)。
- 1-1-4 利用環境中的資源作為內部或外部的添加物來產生改變。
- 1-1-5 修改或改變系統的環境。
- 1-1-6 少量的精確控制很難達成，故利用消除剩餘物的方式來控制量。
- 1-1-7 若中度的作用關係(場)無法有充分的效果，而且太強的作用會損害系統，那麼可將較大作用力施於另一元素再做用回原先的物質。
- 1-1-8 利用不同的影響模式(大/強烈和小/薄弱)。例如在指定區域係可藉由物質(S3)來保護指定區域減低元有效用，達到需要的較小效用。

1-2 消除或抵消有害的影響

- 1-2-1 現行的設計中同時存在有益和有害的影響。在物質(S1)和物質(S2)不需要直接接觸的情況時，利用導入物質(S3)來移除有害影響。
- 1-2-2 類似 1-2-1，但不加入新的物質，修改物質(S1)或物質(S2)來達到移除有害的作用。
- 1-2-3 由場而造成有害的作用，因此導入物質(S3)來吸收(承受)有害的影響。
- 1-2-4 在物質(S1)和物質(S2)必須接觸，而系統存在有益和有害影響的情況時，利用新的場來抵消有害的作用或得到其他有益的作用。
- 1-2-5 因系統中某一元件具有磁性，而存在著有害的影響，此時可透過磁性物質加熱超過居禮溫度點(Curie Point)的方式獲採用相反磁場來移除這個影響。

第二類別：利用改變系統方式達到改善系統模型之目的：這一類的問題主要是提升完整系統的作用，達到期望的效果。如在質-場模型哩，雖然顯示為完整的模型，但產生的作用無法達到預期的效果。此時建議解決問題的策略是：

2-1 轉變為複雜的質-場模型

- 2-1-1 連鎖的質-場模型：將原本單一模型轉變為鏈狀模型，亦即原有質(S2)以場(F1)作用於質(S3)上再以場(F2)作用於質(S1)。兩個連結模型必須能夠各別被操控。
- 2-1-2 雙重質-場模型：以不改變現行系統的條件下，欲改善操控不佳的系統，此時可增加第二個場(F2)作用於物質(S2)。

2-2 強化質-場模型

- 2-2-1 利用較易操控的場取代或加入於操控不佳的場。
- 2-2-2 將物質(S2)從巨大轉換為微小的等級。
- 2-2-3 將物質(S2)改變為能夠使氣體或液體通過的多孔或毛細管狀形式。
- 2-2-4 讓系統更具彈性和適應性，此種改變
- 2-4-5 利用添加劑方法使無磁性物體具有磁性。
- 2-4-6 在無法使物體具有磁性的情況下，可在環境中引入具強磁性材料。
- 2-4-7 運用自然現象，例如運用磁場將物體對齊，或者物體超過居禮溫度點會失去磁性等。
- 2-4-8 利用動態、易變或能自動調整的磁場。
- 2-4-9 藉由導入強磁性物質改變材料的結構，運用磁場效應來移動素，換言之將依無結構性系統轉變為具結構性，反之亦然。
- 2-4-10 在含鐵元素的模型中利用一致性節奏方式使其作用產生。例如：利用機械式震動提升磁性粒子在巨大系統中的運作。
- 2-4-11 利用電流產生磁場方式替代使用具磁性物質。
- 2-4-12 利用電廠控制液態流動性。它也能與其他方法結合，亦可模擬液態/固態階段時型態的轉變。

第三類別：系統轉換：此類別主要為在使用類別一、二和四還無法很有效的改善問題時，藉由轉換問題的係同層級，如高階系統或轉換成微小化做為新的改善策略。或者，希望系統本身具有更多或更大的功能。此時建議的策略為：

3-1 原單一系統轉換成雙系統或是綜合性的系統。

- 3-1-1 系統轉變：創造雙系統或是綜合性的系統。
- 3-1-2 增進雙系統或是綜合性系統之間的連結。
- 3-1-3 系統轉變：增強(加)元件之間的差異性。

3-1-4 簡化雙系統或綜合性系統。

3-1-5 系統轉變：利用全部或部分組成元件的相對性特徵。

3-2 轉變為微小層級

3-2-1 系統轉變：原有系統轉變為微小層級。

第四類別：檢查與量測：這一類的問題為系統主要功能是作為檢查與量測的功能，而如何使系統具有此或提升此功能，此時建議的策略為：

4-1 間接法

4-1-1 以修正系統方式替代檢查或是量測。

4-1-2 假使修正系統方式無法有效利用，則以複本或影像進行量測。

4-1-3 假使 4-1-1 或 4-1-2 無法有效運用，則改採兩段是檢測代替連續性的量測。

4-2 加入某元件或作用(場, field)在現行系統中，以建立或合成一量測系統

4-2-1 若無法檢查或量測一不完全質-場系統，則可將場作為產出建立單一或雙質-場系統。

4-2-2 量測加入的添加劑。針對添加物加入原有系統後所產生的變化予以量測。

4-2-3 假使無法加入任何元件到系統內，則加入添加劑於外部環境再量測其對場所產生的變化。

4-2-4 假使添加劑無法如 4-2-3 加入系統環境中，則以分解或改變原有環境中的添加劑的方式再對其所產生的系統變化進行量測。

4-3 提升量測系統

4-3-1 運用自然現象。使用在系統中已知會產生的科學效應，藉由觀察這些效應的變化來判斷系統的狀況。

4-3-2 假使無法直接或藉由場得知系統的變化，考慮以系統或一元素的共振頻率的量測來衡量變化情形。

4-3-3 當 4-3-2 不可行時，改量測連結至一已知的物體的共振頻率。

4-4 量測含鐵的場的方法：在遙控、微型設備、光纖，微處理器開發之前，利用具磁性材料進行量測是很正常的作法。

4-4-1 在系統中加入或利用磁性物質和磁場，以利於量測。

4-4-2 在系統中加入強磁性粒子或改變物質為具有強磁性，用判別出產生磁場的方式來幫忙量測。

4-4-3 假使無法把具有強磁性粒子直接加入系統中或無法以磁性物質取代原先物質，則以將磁性添加物加入物質的方式來建構複雜的系統。

4-4-4 假使無法把具有強磁性粒子直接加入系統，則改加入在環境中。

4-4-5 量測與磁力有關的自然現象。

4-5 量測系統發展的方向

4-5-1 轉變為雙系統或多個系統。當單一量測系統無法給予足夠的準確性，則採用兩個或多個量測系統作多樣化的檢測。

4-5-2 利用量測在地點或時間點上最初獲第二階段時所產生的衍生物，代替直接去量測現象。

第五類別：簡化與改善標準解法方案：利用上述四個類別改善問題，會使得系統變得複雜化。此類別主要對於所提出的解決方案作評定的步驟，將過多複雜的解法儘可能的簡化，使其系統更理想與明確，此時簡化步驟之標的有以下幾項：

5-1 利用物質

5-1-1 間接法。

- 5-1-1-1 利用”無實體”的方式。
- 5-1-1-2 利用場來替代物質。
- 5-1-1-3 利用外部添加劑代替內不添加劑。
- 5-1-1-4 利用小劑量的活性添加劑。
- 5-1-1-5 將添加劑集中在特定區域中。
- 5-1-1-6 暫時地引入添加劑。
- 5-1-1-7 假使添加劑不被允許加入到原始物件中，則改以原物件的複製品或模型使用添加劑。
- 5-1-1-8 加入化學混合物產生化學反應，讓原本有害的所需物質變為合適的元件。

5-1-2 切氛圍小單位元件。

5-1-3 使用完畢後添加劑會自行銷毀。

5-1-4 假使因環境因素無法使用大量的原料，則運用”無實體”方式。

5-2 使用場

5-2-1 利用原有的場創造出另一個場。

5-2-2 利用環境中已存在的場。

5-2-3 使用源自於場的物質。

5-3 轉變的階段

5-3-1 轉變階段一：替代階段。

5-3-2 轉變階段二：雙重式的階段。

5-3-3 轉變階段三：運用階段轉變所伴隨的現象。

5-3-4 轉變階段四：轉變為雙階段的狀態。

5-3-5 階段的相互影響：利用系統階段或系統元件間的相互影響增強系統效能。

5-4 應用自然現象

5-4-1 自我控制的轉變。假使物體必須在幾個不同的狀態中出現，必須能夠自行轉變到另一狀態中。

5-4-2 當輸入的場較弱時，則去增強產出的場。

5-5 產生較高或較低的物質型式

5-5-1 以分解來得到微粒物質。

5-5-2 以結合來獲得物質顆粒。

5-5-3 應用標準解 5-5-1 和 5-5-2。當物質必須在高結構狀態進行分解，然而卻無法進行分解，則嘗試在次高層分解。同樣地，某衣物體無法在較低結構層級時組成，則改由下各層級開始組成。

76 個標準解流程分為三條主要的解決路徑：系統改善、衡量和找出解決方法、預測可供改變之處。通常系統改善的路徑在一開始是建立明確問題系統的質-場模型，在之後的程序主要對於系統是否具有交互作用或不充分的交互作用，甚至是有害的交互作用來進行分項探討。76 個標準解的最後流程則是使用第五類別，對於所提出的解決對策做出最終的簡化和改善。此外，使用第一、二類別進行改善，有幾點要點：1) 建構為標準的質-場模型，2) 改變或構成完整的質-場模型，3) 確認新加入的質或場，4) 考慮改善後的相互關係之影響。在使用第四類別進行解決時，則是考量：1) 此問題有無需具備此功能的必要，2) 將量測功能集中在系統元件上，3) 參考標準解所提供之模式進行改善。而本研究另將原有細分出改善有害與缺乏相互關係之質-場系統的標準解 1-1 類別與標準解 1-2 類別合併，對於改善有害或缺乏的質-場系統能夠有更多的改善概念。

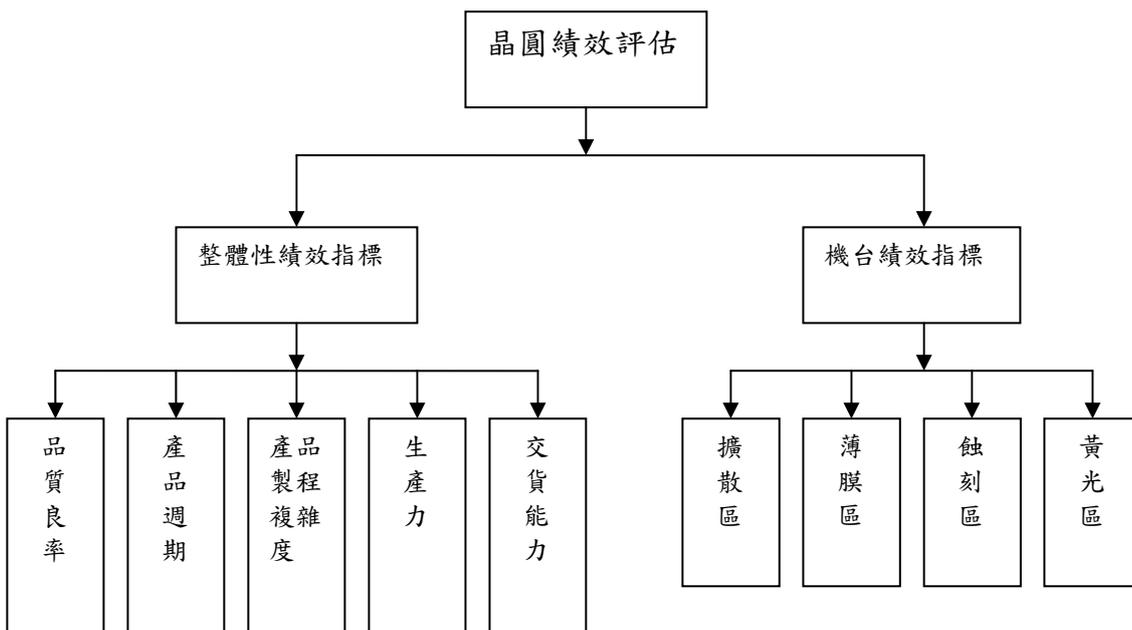
第四章 案例討論

本研究將以模型化的方式呈現，引入企業對於製造系統問題解決之中，透過系統化的方式，可以更明確的探求出問題，並配合 TRIZ 方法所提供的解題工具，提供更多、更具創新思考的改善方案。針對 TRIZ 方法解決問題的主要步驟如下：

- 1) 確認並說明問題: 首先確認作業的環境與資源需求,分析出有益之功能與相關有害的效應，初步估計理想結果。
- 2) 擬定問題: 以功能描述有關有意與有害的功能及兩者相互關係後，整理出可以討論的問題敘述。
- 3) 建構問題之系統: 利用質-場分析就整理之問題敘述，建構出質-場模型，表示此問題之作用元件，被動元件與相互關係的系統。
- 4) 提供改善策略的概念: 依據辨別出問題之質-場系統的類型與所需的機能，提供適當的標準解題類型，作為改善策略的思考方向，提出所有可能的解題概念。
- 5) 運用解題概念發展改善方案: 首先就所提供之解題概念進行方案發展，再對所提出方案進行理想化的程序，目的在使系統儘可能在最少修改幅度或新增元件得到理想的改善成效。
- 6) 提出改善策略: 根據上述所得之解題概念，做出建議之改善方案。

4.1 建立績效指標的層級架構

本研究是希望能建構一套適合於晶圓製造產業的績效管理評估系統，以供晶圓製造業參考，進而了解晶圓製造產業的優勢與劣勢，以提昇公司管理之績效。本研究收集了台灣地區四家主要晶圓製造廠商某年7月至9月之經營管理資料來加以分析。本研究的預期成果為建立晶圓製造產業的績效管理評估模式，將評比後的結果，提供給企業經營者制定經營策略時的參考與依據。



晶圓績效評估中主要的指標有整體性績效指標、機台績效指標二大類，就整體性績效指標方面包含品質良率、產品週期、產品/製程複雜度、生產力、交貨能力。機台績效指標方面包括擴散區、薄膜區、蝕刻區、黃光區。圖 4-1 為晶圓績效評估的架構圖。

整體性績效指標包含品質良率、產品週期、產品/製程複雜度、生產力、交貨能力，各層級指標架構如圖 4-2 所示，其中：

- 1) 品質良率：
 - 生產線良率(Line yield): Wafer acceptance test 前之晶圓良率。
 - WAT 良率: Wafer acceptance test 結果的良率。
 - 全廠產出的晶片良率(Chip probing yield): 經探針測量後為良品的總晶片數/全廠總晶片數。
- 2) 產品週期：
 - 平均每片晶圓在每加工層所花的時間(Average cycle time/Layer): 平均每晶圓的總加工時間/晶圓的總加工層數。
 - 平均每加工層理論週期時間(Theoretical cycle time/Layer): 在不需等待的時候，每片晶圓平均在每加工層所花的時間，也就是晶圓的總加工時間—加工過程中的等待時間。
- 3) 產品/製程複雜度：
 - Average mask layer: 全廠的總加工層數/全廠的總晶圓數，用以衡量該產品的複雜度。
 - Average process steps: Run card 上所記錄的流程步驟，用以衡量該產品在製程中所經過的步驟數。
 - 晶圓尺寸 (Feature size)。
- 4) 生產力：
 - 每月所生產的晶圓總數(良品)(Wafer/Month)，用以衡量晶圓廠的產能。
 - 每月所生產的晶圓總數×產品的平均加工層數(Production layer/Month)，用以衡量晶圓廠的實際產出能力。
 - 單位時間內的總加工的晶圓數(Move/Day)，用以衡量全廠每日所有機台的產出能力。
- 5) 交貨能力：
 - 全廠實際總達交晶圓數量/全廠應該達交的總晶圓數(Target hit rate by volume)，代表晶圓廠是否有案時間達成對客戶的承諾。
 - 全廠總達交的訂單數/全廠應該達交的訂單數(Target hit rate by order)，代表晶圓廠是否有案時間達成對客戶的承諾。

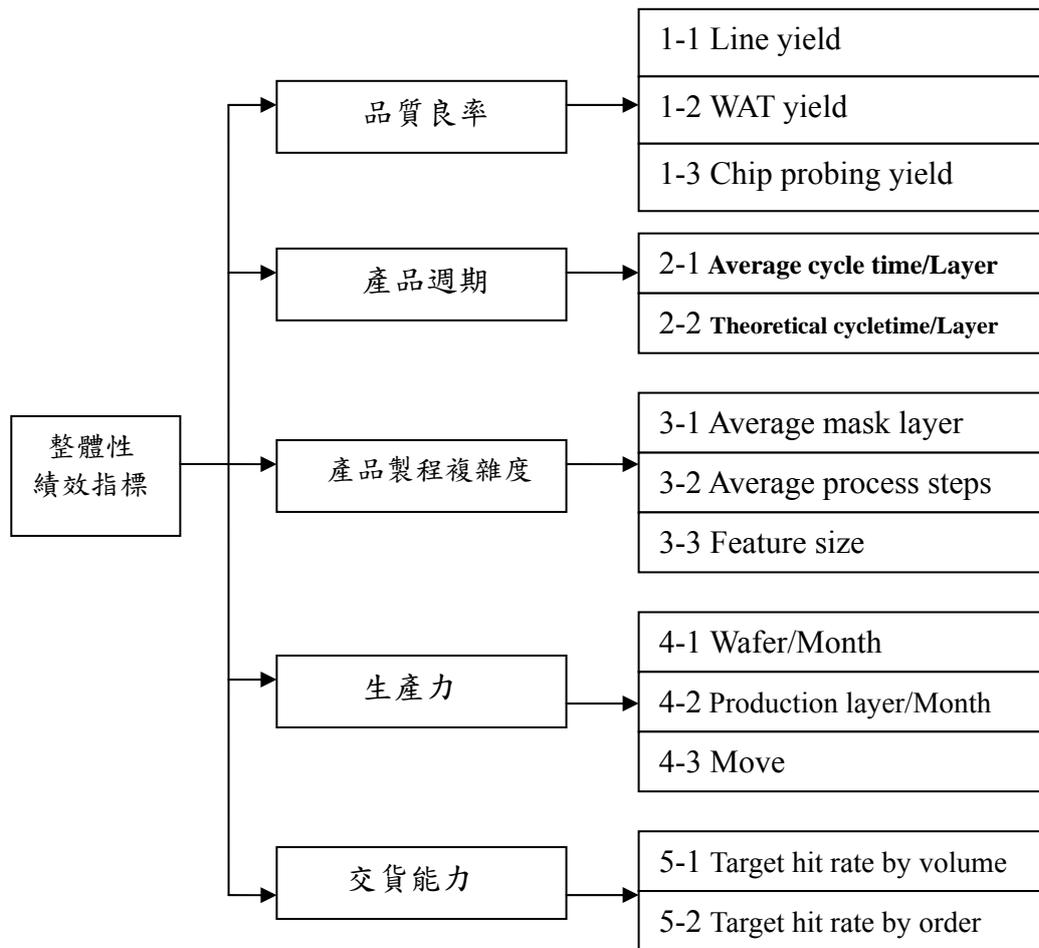


圖4-2 晶圓製造整廠性績效指標架構圖

機台績效指標包含了擴散區、薄膜區、蝕刻區、黃光區由四大區所組成。分述如下：
擴散區績效指標共有 16 大項，其層級指標如下所示：

- 1) 報廢率(Scarp Rate):可以每站製程或機台來統計，為晶圓報廢數除以總加工晶圓數。
- 2) 生產週期時間(小時):每一 Lot 進入到離開關鍵機台區域(含等待時間)完成加工所需的時間。
- 3) 每小時產出晶圓片數。
- 4) 移轉量: 依班別計算，以該站別(機台或製程)總加工晶圓片數。
- 5) 在製品週轉率: 為移轉量與當期平均 WIP 數的比值。
- 6) 統計製程品管(SPC)中的不良缺點數。
- 7) 正常生產時間(Uptime): 機台可用於生產的時間與工作總時間的比值。
- 8) 平均故障間隔時間 (Mean time between failure, MTBF)，代表每次當機間隔多久。
- 9) 平均故障修復時間 (Mean time to repair, MTTR): 多少時間內能將當機修好。
- 10)機台平均保養維護間隔時間(Mean time between planned maintenance, MTBPM)，代表多久保養維護多久。
- 11)每次保養維護的平均時間(Mean time to planned maintenance, MTTPM)，代表每次保養維護要多久的時間。
- 12)石英 (Quartz): 石英材料每片產出分攤成本。

13) 零件 (Parts): 每月零件領取費用。

14) 爐管機台，下面又細分為六項:

- 厚度大小(Thickness)的 CPK 值: 小於 1.33。
- 阻值(Resistance)的 CPK 值: 小於 1.33。
- 厚度均勻度必須小於規格值。
- TXRF 金屬含量: 其值小於 10。
- 電子與電動之聚合時間(BR life time): 其值大於 800。
- 粉塵(Particle)。

15) 化學站: 下面又細分為四項:

- 粉塵(Particle): 其值小於 30 顆。
- 蝕刻率(Etch Rate): OXIDE 厚度必須大於 20000A。
- 電子與電動之聚合時間(BR life time): 其值大於 800。
- TXRF 金屬含量: 其值小於 10。

16) 離子站: 下面又細分為兩項:

- 均勻度: 其值 $\leq 1.0\%$ 。
- TXRF 金屬含量: 其值小於 5。

薄膜區績效指標共由 18 項組成，其層級架構如下所示:

1) 至 11) 項均與擴散區相同。

12) 粉塵(Particle): 其值小於 25 顆。

13) 厚度 (Thickness): 其值為 7000 ± 700 。

14) E/D。

15) F 含量: 其值為 7.5 ± 0.5 。

16) 研磨速度: $(\text{進前9點厚度平均值} - \text{進後9點厚度平均值}) / \text{研磨時間(分鐘)}$ 。

17) 均勻度: $(\text{進前9點之個別厚度} - \text{進後9點之個別厚度}) / (\text{進前9點之平均厚度} - \text{進後9點之平均厚度}) \times 100\%$ 。

18) Scaling, 其值為 $(\text{右Carrier之研磨}) / (\text{左Carrier之研磨})$ 。

黃光區績效指標共由 14 項組成，其層級架構如下所示:

1) 至 11) 項均與擴散區相同。

12) 機台能力:

- 正常生產時間(Uptime), 黃光區機台為可加工狀態的時間佔總時間的百分比。
- 機台平均故障間隔時間 (Mean time between failure, MTBF)。
- 機台使用率(Utilization): 衡量黃光區機台的可用時間，用以評比機台的生產能力，為機台實際用來加工的時間佔機台可用於加工的總時間的比例。

13) 機台效率:

- 機台每小時的產出能力(Wafer per hour, WPH), 沒有考慮當機情況。
- 機台每小時的可產出能力($WPH \times \text{uptime}$)。
- 機台每小時的實際產出($WPH \times \text{utilization}$)。
- 單位成本下的機台可產出能力($WPH \times \text{time} / \text{Cost}$): 為投入產出效率指標。

14) 機台保養維護:

- 平均故障修復時間 (Mean time to repair, MTTR)。
- 機台發生故障到保養維護人員到達的平均時間 (Mean time to assistance, MTTA)。
- 每月每機台的平均保養時間(PM hours/Month)。

蝕刻區績效指標共由 17 項組成，其層級架構如下所示：

- 1)至11)均與擴散區相同。
- 12) 金屬蝕刻區
 - ER: 其值為 45000±7000A/Min。
 - 均勻度: 其值≤15%。
 - 粉塵 (Particle): 其值≤20 顆。
 - Profile check EP: 其值 45±3Sec。
- 13) 氧化層蝕刻:
 - ER: 其值 5200±500。
 - 均勻度: 其值<6.5。
- 14) 氧化矽石刻:
 - 粉塵(Particle): 其值<30 顆。
 - ER: 其值 2150±200A/Min。
 - 均勻度: 其值≤3%。
 - 側漏: 其值≤2m Torr/Min。
 - MFC 測試: 其值<10% setpa。
- 15) 最小線寬(Line width): 其值為((最大厚度差-最小厚度差)/(最大厚度差+最小厚度差))×%100%。
- 16) CD 大小: 單位為 mm。
- 17) PR Shrinkage 測試: GOF>0.95。

4.2 問卷數據表

針對以上的層級架構，設計問卷，並請三家半導體製造廠的四個工廠進行問卷的調查，得到以下的數據。此數據為原始資料且為機密文件，故以廠商 C1、C2、C3、C4 區分，來進行績效的評估與分析。

表 4-1 問卷調查數據表

指標名稱	C1	C2	C3	C4
一、整廠性績效指標				
品質良率:				
1. Line yield:	95%	98%	97%	95%
2. WAT yield:	88%	98%		98%
3. Chip probing yield:	80%	95%		85%
產品週期:				
1. Average cycle time/Layer	2.5day	2.2day	1.7day	1.8day
2. Theoretical cycle time/Layer	7day			1.7day
產品/製程複雜度:				
1.Average mask layer:	46 layers	25 layers	26 layers	28 layers
2.Average process steps:	205steps	325steps	350steps	620steps
3.Feature size:	8inch	8inch	8inch	8inch

生產力:				
1.Wafer/Month:	15000 片	35000 片	32000 片	25000 片
2.Production layer/Month:	650000layers	87500layers		500000layers
3.Move:	28000Move	25000Move		
交貨能力:				
1.Targer hit rate by volume:	86%	99%		97%
2.Targer hit rate by order:	88%	98%		99%
二、機台共同績效指標				
1.Scarp rate :				
2.產出週期 Cycle time (小時):				
3.每小時產出晶圓片數:				
4.移轉量:				
5.在製品週轉率:				
6. SPC :				
7.Uptime :				
8. MTBF :				
9. MTRR :				
10. MTBPM :				
11. MTTPM :				
三、擴散區績效指標				
1.Quartz :			10000	
2. Parts (零配件) :			30000	
3.爐管機台:				
3-1 厚度大小 (Thickness) 的 CPK 值:				
3-2 阻值 (Resistance) 的 CPK 值:				
3-3 厚度均勻度:				
3-4TXRF 金屬含量 :				
3-5BRLifetime > :				
3-6Particle :				
4. 化學站				
4-1 Particle:				
4-2 蝕刻率:				
4-3 BRLifetime :				
4-4 TXRF :				
5.離子站				
5-1 阻值、均勻度 :				
5-2 TXRF:				
四、薄膜區績效指標				
1.Particle:				
2.厚度:				
3.E/D:				
4.F 含量:				
5.研磨速率:				
6.均勻度:				

7.Scaling:				
五、蝕刻區績效指標				
1.金屬蝕刻區				
1-1 ER:	8000A/min			
1-2 均勻度:	<=10%			
1-3 Particle:	<15ea			
1-4 Profrle check EP:	60±5sec			
2.氧化層蝕刻:				
2-1 ER:	3000A/min			
2-2 U%:	<5%			
3.氧化矽蝕刻				
3-1 Particle	<20ea			
3-2 ER:	1500A/min			
3-3 均勻度:	<5%			
3-4 測漏:	≤2mTorr/min			
3-5 MFC 測試:	<10% setpa			
4.最小線寬(Line width):				
5.CD 大小:				
6.PR shrinkage 測試:				
六、黃光區績效指標				
1.機台能力:				
1-1.Uptime:	97%	99%	99%	90%
1-2.Mean time between failure:	2%			
1-3.Utilization	98%		100%	96%
2.機台效率:				
2-1.Wafer per hour:	10wafer		40wafer	50wafer
2-2.WPH*uptime:	9.7wafer		40wafer	1000wafer
2-3.WPH*utilization:	9.8wafer		40wafer	45wafer
2-4.WPH*uptime/cost				
3.機台保養維護:				
3-1.Mean time to repair	0.5hour			
3-2.Mean time to assistance:	0.01hour			
3-3.PM hours/Month	1hour			

表 4-2 整廠性績效數據表

	C1	C2	C3	C4
一、整廠性績效指標				
品質良率:				
1. Line yield:	95%	98%	97%	95%
2. WAT yield:	88%	98%	94.7%	98%
3. Chip probing yield:	80%	95%	86.7%	85%
產品週期:				
1. Average cycle time/Layer:	2.5days	2.2days	1.7days	1.8days
2. Theoretical cycle time/Layer:	7days	4.35 days	4.35 days	1.7days
產品/製程複雜度:				
1. Average mask layer:	46 layers	25 layers	26 layers	28 layers
2. Average Process Steps:	205steps	325steps	350steps	620steps
3. Feature size:	8inch	8inch	8inch	8inch
生產力:				
1. Wafer/Month:	15000 片	35000 片	32000 片	25000 片
2. Production layer/Month:	650000layers	87500layers	675000layers	500000layers
3. Move:	28000Move	25000Move	26000Move	26000Move
交貨能力:				
1. Target hit rate by volume:	86%	99%	94%	97%
2. Target hit rate by order:	88%	98%	95%	99%

因機台共同績效指標、擴散區績效指標、薄膜區績效指標、蝕刻區績效指標，績效差異性不大，在此不進行資料分析。針對整廠性績效指標、黃光區績效指標二大類指標進行資料分析，實際數據資料表如表 4-2 及 4-3 所示，因其中有些空格為空白，為了能夠繼續進行運算與分析，在不影響資料分析結果的情形下，將以平均值補入。

表 4-3 黃光區績效數據表

六、黃光區績效指標				
1.機台能力指標:				
1-1.Uptime:	97%	99%	99%	90%
1-2.Mean time between failure:	2%	2%	2%	2%
1-3.Utilization	98%	98%	100%	96%
2.機台效率指標:				
2-1. Wafer per hour:	10wafer	33.3 wafer	40wafer	50wafer
2-2.WPH*uptime:	9.7wafer	31.43 wafer	40wafer	1000wafer
2-3.WPH*utilization:	9.8wafer	32.6 wafer	40wafer	45wafer

4.3 資料分析

在使用 AHP 方法時，最困難的就是成對比較矩陣(Pair-wise comparison matrix)，的建立，首先將原始資料標準化，以便進行後續的分析，表 4-2 與表 4-3 中的資料數據經過標準化轉換後列於表 4-4 中。：

表 4-4 數據經標準化轉換後的結果

	C1	C2	C3	C4
Line yield	22.2	88.9	66.7	22.2
WAT yield	2.9	73.6	50.0	73.6
Chip probing yield	16.9	96.4	43.4	43.4
Average cycle time/Layer	9.4	36.5	81.6	72.5
Theoretical cycle time/Layer	9.2	50.0	50.0	90.8
Average mask layer	0.4	71.0	67.7	60.9
Average process steps	82.4	59.5	54.8	3.4
Wafer/Month	5.9	81.0	69.7	43.4
Production layer/Month	44.6	93.3	50.0	12.1
Move	90.8	9.2	50.0	50.0
Target hit rate by volume	3.3	79.2	50.0	67.5
Target hit rate by order	3.0	70.1	50.0	76.8
Uptime	55.9	71.5	71.5	1.2
Utilization	50.0	50.0	90.8	9.2
Wafer per hour	4.3	50.0	63.1	82.7
WPH*uptime	3.3	50.0	67.5	79.1
WPH*utilization	3.8	50.0	65.0	81.2

4.4 層級分析評估

我們用 Line yield 來做例子，則其成對比較矩陣如表 4-5 所示：

表 4-5 Line yield 成對比較矩陣表

Line yield	C1	C2	C3	C4
C1	1	1/7	1/6	1
C2	7	1	3	7
C3	6	1/3	1	3
C4	1	1/7	1/3	1
欄之和	15.00	1.62	4.50	12.00

將各欄之各元素除以該欄之和可以得到下列正規化之矩陣如表 4-6 所示：

表 4-6 Line yield 經正規化後的矩陣

Line yield	C1	C2	C3	C4
C1	0.07	0.09	0.04	0.08
C2	0.47	0.62	0.67	0.58
C3	0.40	0.21	0.22	0.25
C4	0.07	0.09	0.07	0.08

再將正規化矩陣之列平均，可以得到各廠在 Line yield 所佔的權重。

$$\overline{w_{c1}} = (0.07+0.09+0.04+0.08) \div 4 = 0.07$$

$$\overline{w_{c2}} = (0.47+0.62+0.67+0.58) \div 4 = 0.59$$

$$\overline{w_{c3}} = (0.40+0.21+0.22+0.25) \div 4 = 0.27$$

$$\overline{w_{c4}} = (0.07+0.09+0.07+0.08) \div 4 = 0.08$$

現檢查 Line yield 的成對比較矩陣其一致性 CR 是否小於 0.1。

經計算後得 $\overline{w_{c1}} = 0.07$ ， $\overline{w_{c2}} = 0.59$ ， $\overline{w_{c3}} = 0.27$ ， $\overline{w_{c4}} = 0.08$

$$A\overline{w} = \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{7} & \frac{1}{6} & 1 \\ 7 & 1 & 3 & 7 \\ 6 & \frac{1}{3} & 1 & 3 \\ 1 & \frac{1}{7} & \frac{1}{3} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.07 \\ 0.59 \\ 0.27 \\ 0.08 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.2793 \\ 2.450 \\ 1.127 \\ 0.342 \end{bmatrix}$$

可得 $n_{\max} = 0.2793 + 2.450 + 1.127 + 0.342 = 4.198$ ，對 $n=4$ 而言

$$CI = \frac{n_{\max} - n}{n - 1} = \frac{4.198 - 4}{4 - 1} = 0.066$$

$$RI = \frac{1.98(n - 2)}{n} = 0.990$$

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0.066}{0.990} = 0.067 \leq 0.1$$

所以，Line yield 的不一致程度不高，為可以接受。

在建立所有的成對比較矩陣後（總共有 17 個 4*4 矩陣），我們檢查矩陣一致性指標（C.I.），當它的值小於 0.1，我們就可以說它『接近且一致』，在本案例中，其中只有 3 個矩陣的一致性指標超出 0.1，但是仍小於 0.15，所以我們認為所有矩陣的一致性均可接受。表 4-7 為四個晶圓製造廠的權重數據總表。

表 4-7 針對四個晶圓製造廠的權重數據總表

	$\overline{w_{c1}}$	$\overline{w_{c2}}$	$\overline{w_{c3}}$	$\overline{w_{c4}}$
Line yield	0.07	0.59	0.27	0.08
WAT yield	0.05	0.41	0.14	0.41
Chip probing yield	0.04	0.61	0.17	0.17
Average cycle time/Layer	0.04	0.14	0.41	0.41
Theoretical cycle time/Layer	0.04	0.20	0.20	0.57
Average mask layer	0.04	0.38	0.32	0.27
Average process steps	0.51	0.23	0.23	0.04
Wafer/Month	0.04	0.49	0.33	0.15
Production layer/Month	0.18	0.60	0.18	0.04
Move	0.57	0.04	0.20	0.20
Target hit rate by volume	0.04	0.48	0.17	0.31
Target hit rate by order	0.04	0.39	0.18	0.39
Uptime	0.23	0.37	0.37	0.04
Utilization	0.20	0.20	0.57	0.04
Wafer per hour	0.04	0.18	0.25	0.53
WPH*uptime	0.04	0.17	0.31	0.48
WPH*utilization	0.04	0.18	0.29	0.49

接下來我們檢查上一層的權重及其矩陣一致性指標，如表 4-8 所示。

表 4-8 所有績效指標的權重總表

績 效 指 標	指 標 權 重
整廠性績效指標	0.67
黃光區績效指標	0.33
品質良率	0.26
產品週期	0.14
產品/製程複雜度	0.23
生產力	0.15
交貨能力	0.22
機台能力	0.33
機台效率	0.67
Line yield	0.33
WAT yield	0.33
Chip probing yield	0.33
Average cycle time/Layer	0.67
Theoretical cycle time/Layer	0.33
Average mask layer	0.50
Average Process Steps	0.50
Wafer/Month	0.40
Production layer/Month	0.40
Move	0.20
Target hit rate by volume	0.67

Target hit rate by order	0.33
Uptime	0.50
Utilization	0.50
Wafer per hour	0.33
WPH*uptime	0.33
WPH*utilization	0.33

4.5. 分析結果

4.5.1 AHP 分析結果

我們分別計算各廠的整體績效，將各廠的成績乘上各層級的權重，再加總後即為各廠的整體績效。C1 的整體績效=0.111，C2 的整體績效=0.334，
C3 的整體績效=0.274，C4 的整體績效=0.281
以上各廠績效排名如下：第一名為 C2 廠家，第二名為 C4 廠家，
第三名為 C3 廠家，第四名為 C1 廠家。

4.5.2 Fuzzy AHP 分析結果

當資訊是以模糊的詞彙方式呈現時，採用 Buckley 的 Fuzzy AHP 方法較簡單而廣為使用，其方法如下：

步驟 1: 在每一屬性下，估計兩兩方案的相關權重比率與每個方案的相關權重比率，現在以品質良率為例，其下一層級的三個績效指標, Line yield, WAT yield 以及 Chip probing yield 這三者若視為同等重要，則其成對比較矩陣在明確值時應如表 4-9 所示，但如果改採三角模糊數，則其成對比較矩陣應如表 4-10 所示，其單一屬性下的模糊數參數估計如表 4-11, 4-12, 4-13 所示。

表 4-9 品質良率的成對比較矩陣

品質良率	Line yield	WAT yield	Chip probing yield
Line yield	1	1	1
WAT yield	1	1	1
Chip probing yield	1	1	1

表 4-10 品質良率的三角模糊數成對比較矩陣

品質良率	Line yield	WAT yield	Chip probing yield
Line yield	1	(1/2, 1, 2)	(1/2, 1, 2)
WAT yield	(1/2, 1, 2)	1	(1/2, 1, 2)
Chip probing yield	(1/2, 1, 2)	(1/2, 1, 2)	1

步驟 2: 計算幾何平均數 $a_1 = (\prod_{j=1}^4 a_{1j})^{1/4}$ ， $a_2 = (\prod_{j=1}^4 a_{2j})^{1/4}$ ， $a_3 = (\prod_{j=1}^4 a_{3j})^{1/4}$ ，

$$a_4 = (\prod_{j=1}^4 a_{4j})^{1/4}, \text{ 因此 } a = \sum_{i=1}^4 a_i = 1$$

表 4-11 Line yield 的模糊數參數估計

Line yield/i	1	2	3	4	Σ
a_i	0.065	0.561	0.309	0.065	a=1
b_i	0.065	0.561	0.309	0.065	b=1
c_i	0.065	0.561	0.309	0.065	c=1

表 4-12 WAT yield 的模糊數參數估計

WAT yield/i	1	2	3	4	Σ
a_i	0.045	0.409	0.136	0.409	a=1
b_i	0.045	0.409	0.136	0.409	b=1
c_i	0.045	0.409	0.136	0.409	c=1

表 4-13 Chip probing yield 的模糊數參數估計

Chip probing yield/i	1	2	3	4	Σ
a_i	0.044	0.608	0.174	0.174	a=1
b_i	0.044	0.608	0.174	0.174	b=1
c_i	0.044	0.608	0.174	0.174	c=1

則品質良率其三角模糊數的參數估計 a, b, c, 分別如表 4-14 所示:

表 4-14 品質良率的三角模糊數的參數估計 a, b, c

品質良率/i	1	2	3	Σ
a_i	0.63	0.63	0.63	a=1.89
b_i	1	1	1	b=3
c_i	1.5874	1.5874	1.5874	c=4.7622

則其 $\tilde{w} = (w_1, w_2, w_3)$ 分別為:

$w_1 = (\text{下界、中界、上界}) = (0.1323, 0.3333, 0.8399)$,

$w_2 = (0.1323, 0.3333, 0.8399)$, $w_3 = (0.1323, 0.3333, 0.8399)$

則針對品質良率 $\tilde{w}_j(\bullet)\tilde{r}_{ij}$ 表示其(下界、中界、上界)分別為

C1 的為(0.0204, 0.0513, 0.1294), C2 的為(0.2087, 0.5259, 1.3254)

C3 的為(0.0819, 0.2263, 0.5198), C4 的為(0.0857, 0.2160, 0.5442)

按照這種方式由最下一層一直往最上一層運算, 則在最上層整體績效表現的 C1, C2, C3, C4 其(下界、中界、上界) 分別為

C1 的為 (0.0141, 0.1109, 0.9437)

C2 的為 (0.0387, 0.3380, 2.9328)

C3 的為 (0.0358, 0.2712, 2.2382)

C4 的為 (0.0345, 0.2798, 2.2970)

比較這四家晶圓廠在製造管理的績效表現時, 採用字典篩選排序法來進行比較, 我們先比較中間值也就是其眾數(Mode), 則以 C2 的表現最好, 其次為 C3 及 C4, 表現最

差的為 C1。我們僅比較中間值就得到採用 Fuzzy AHP 方法的排序結果，與前述使用 AHP 的結果完全相同。

4.5.3 模糊多屬性分析(Fuzzy MADA)的分析結果

在此分析中，為了找到最佳製造廠商 C_j 針對每一績效指標 A_i ，定義決策度量

$$D(C_j) = \bigcap_{i=1}^4 (M(A_i(C_j) \cup \overline{w_i}(C_j))), \text{ where } \overline{w_i} = 1 - w_i, \text{ 其中 } \overline{w_i} \text{ 的運作像是一個屏障}$$

(Barrier)，任何方案的評分若是小於此屏障則將其評分設為此屏障值。當目標越重要時，其所對應的屏障就設定的越低。而其下一層級的績效指標 A_{ir} (其權重 w_{ir})，我們定義

$$A_i(C_j) = \bigcap_{r=1}^R (M(A_{ir}(C_j) \cup \overline{w_{ir}}(C_j))), \text{ 其中 } R \text{ 表示績效指標 } A_i \text{ 其下一層 } A_{ir} \text{ 的個數。整個程}$$

序是採取遞迴的方式由下層往上層計算，要找出最佳的 C_j 值使得 D 值為最大。利用表 4-4 中經轉換的數據，製造廠商 C2 可以經由下列的方式計算出來：

$$\text{對 Line yield } A_{11} = \left\{ \frac{0.222}{C1} + \frac{0.889}{C2} + \frac{0.667}{C3} + \frac{0.222}{C4} \right\}$$

$$\text{對 WAT yield } A_{12} = \left\{ \frac{0.029}{C1} + \frac{0.736}{C2} + \frac{0.5}{C3} + \frac{0.736}{C4} \right\}$$

$$\text{對 Chip probing yield } A_{13} = \left\{ \frac{0.169}{C1} + \frac{0.964}{C2} + \frac{0.434}{C3} + \frac{0.434}{C4} \right\}$$

$$\overline{w_1}(C2) = \{\overline{w_{11}}(C2), \overline{w_{12}}(C2), \overline{w_{13}}(C2)\} = \{0.41, 0.59, 0.39\}$$

$$\overline{w_2}(C2) = \{\overline{w_{21}}(C2), \overline{w_{22}}(C2), \overline{w_{23}}(C2)\} = \{0.86, 0.8\}$$

$$\overline{w_3}(C2) = \{\overline{w_{31}}(C2), \overline{w_{32}}(C2)\} = \{0.62, 0.77\}$$

$$\overline{w_4}(C2) = \{\overline{w_{41}}(C2), \overline{w_{42}}(C2), \overline{w_{43}}(C2)\} = \{0.51, 0.40, 0.96\}$$

$$\overline{w_5}(C2) = \{\overline{w_{51}}(C2), \overline{w_{52}}(C2)\} = \{0.52, 0.61\}$$

$$\overline{w_6}(C2) = \{\overline{w_{61}}(C2), \overline{w_{62}}(C2)\} = \{0.63, 0.80\}$$

$$\overline{w_7}(C2) = \{\overline{w_{71}}(C2), \overline{w_{72}}(C2), \overline{w_{73}}(C2)\} = \{0.82, 0.83, 0.82\}, \text{ 則}$$

$$A_1(C2) = (\overline{w_{11}}(C2) \cup A_{11}(C2)) \cap (\overline{w_{12}}(C2) \cup A_{12}(C2)) \cap (\overline{w_{13}}(C2) \cup A_{13}(C2)) \\ = (0.41 \vee 0.889) \wedge (0.59 \vee 0.736) \wedge (0.39 \vee 0.964) = 0.736$$

$$A_2(C2) = (\overline{w_{21}}(C2) \cup A_{21}(C2)) \cap (\overline{w_{22}}(C2) \cup A_{22}(C2)) \\ = (0.86 \vee 0.365) \wedge (0.80 \vee 0.501) = 0.80$$

$$A_3(C2) = (\overline{w_{31}}(C2) \cup A_{31}(C2)) \cap (\overline{w_{32}}(C2) \cup A_{32}(C2)) = (0.62 \vee 0.71) \wedge (0.77 \vee 0.595) = 0.71$$

$$A_4(C2) = (\overline{w_{41}}(C2) \cup A_{41}(C2)) \cap (\overline{w_{42}}(C2) \cup A_{42}(C2)) \cap (\overline{w_{43}}(C2) \cup A_{43}(C2)) \\ = (0.51 \vee 0.81) \wedge (0.40 \vee 0.933) \wedge (0.96 \vee 0.092) = 0.81$$

$$A_5(C2) = (\overline{w_{51}}(C2) \cup A_{51}(C2)) \cap (\overline{w_{52}}(C2) \cup A_{52}(C2)) \\ = (0.52 \vee 0.792) \wedge (0.61 \vee 0.701) = 0.701$$

$$A_6(C2) = (\overline{w_{61}}(C2) \cup A_{61}(C2)) \cap (\overline{w_{62}}(C2) \cup A_{62}(C2)) = (0.63 \vee 0.715) \wedge (0.80 \vee 0.5) = 0.715$$

$$A_7(C2) = (\overline{w_{71}}(C2) \cup A_{71}(C2)) \cap (\overline{w_{72}}(C2) \cup A_{72}(C2)) \cap (\overline{w_{73}}(C2) \cup A_{73}(C2))$$

$$=(0.82 \vee 0.50) \wedge (0.83 \vee 0.50) \wedge (0.82 \vee 0.50) = 0.82$$

得製造廠商 C2 的

$$\begin{aligned} A(C2) &= (\overline{w_1}(C2) \cup A_1(C2)) \cap (\overline{w_2}(C2) \cup A_2(C2)) \cap (\overline{w_3}(C2) \cup A_3(C2)) \cap (\overline{w_4}(C2) \cup A_4(C2)) \\ &\cap (\overline{w_5}(C2) \cup A_5(C2)) \cap (\overline{w_6}(C2) \cup A_6(C2)) \cap (\overline{w_7}(C2) \cup A_7(C2)) \\ &= (0.736 \vee 0.826) \wedge (0.80 \vee 0.906) \wedge (0.71 \vee 0.846) \wedge (0.81 \vee 0.900) \wedge (0.701 \vee 0.846) \\ &\wedge (0.715 \vee 0.891) \wedge (0.82 \vee 0.7789) = 0.82 \end{aligned}$$

對於其餘的製造廠商我們可以採用相同的步驟，則表現最好的製造廠商為 C2。

$$\begin{aligned} D(C^*) &= \text{Max}\{A(C1), A(C2), A(C3), A(C4)\} \\ &= \text{Max}\{0.559, 0.82, 0.779, 0.791\} = 0.82 \end{aligned}$$

利用 Fuzzy MADA 法求得表現最好的製造廠商為 C2，其次為 C4 及 C3，與前面兩種方法所求的結果均相同。

4.5.4 簡化 AHP 的層級架構

以四家半導體晶圓製造廠為例，其層級架構如圖 4-4 所示。在最下一階層中共有 17 個績效指標，是否有可能可以簡化指標的個數，也還能完整的表達出衡量半導體晶圓製造廠的層級架構。而這就是所謂的績效指標的篩選(Feature extraction)或是維度的減少(Dimension reduction)。資料的收集已完成，並將所有不同類型與單位的資料轉換成介於 0 至 1 之間的無名數。如表 4-4 所示。

1)以品質良率分支來看，三個分支均同等的重要，所以先保留 Line yield，剩下來的 2 個績效指標要來決定其去留。利用 $L_4(2^3)$ 的直交表，其中 1 表示不使用該績效指標，2 表示使用該績效指標，則其直交表如表 4-15 所示。而四家廠商之間的馬氏距離經計算後列於表 4-16。將這些馬氏距離的數據代入 Minitab 統計軟體的田口式直交表中運算並選擇望大特性，此乃因為績效指標 Line yield、WAT yield 以及 Chip probing yield 等績效指標均為望大特性，並針對每一績效指標繪製因子效果圖，如圖 4-3 所示，依 SN 比愈大效果愈好的原則，所有因子均為顯著，也就是 WAT yield 以及 Chip probing yield 都需要保留，沒有績效指標可以篩選過濾掉。

表 4-15 品質良率分支的直交表

No.	1	2	附註
1	1	1	僅 A ₁₁
2	1	2	A ₁₁ 、A ₁₃
3	2	1	A ₁₁ 、A ₁₂
4	2	2	A ₁₁ 、A ₁₂ 、A ₁₃

表 4-16 品質良率分支的馬氏距離

生產能力	y1	y2	y3	y4
僅 A ₁₁	0.0493	0.7903	0.4449	0.0493
A ₁₁ 、A ₁₃	0.0503	0.9512	0.4979	0.2563
A ₁₁ 、A ₁₂	0.0566	0.9196	0.4892	0.5617
A ₁₁ 、A ₁₂ 、A ₁₃	0.0588	0.9601	0.8148	0.5733

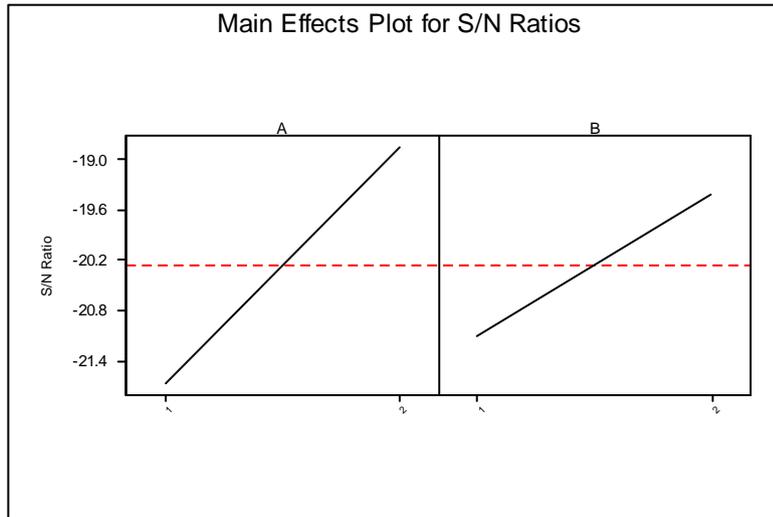


圖 4-3 品質良率分支的因子效果圖

2)以產品週期分支來看，其中以每加工層平均生產週期時間為最重要的績效指標，所以一定要保留，剩下來的 1 個績效指標要來決定其去留。利用 $L_4(2^3)$ 的直交表，其中 1 表示不使用該績效指標，2 表示使用該績效指標，則其直交表如表 4-17 所示。而四家製造廠之間的馬氏距離經計算後列於表 4-18。將這些馬氏距離的數據代入 Minitab 統計軟體的田口式直交表中運算並選擇望小特性，此乃因為績效指標每加工層理論生產週期時間為望小的特性，並針對每一績效指標繪製因子效果圖，如圖 4-4 所示，依 SN 比愈大效果愈好的原則，第一個績效指標為不顯著，也就是說每加工層理論生產週期時間這個分支不需要保留。

表 4-17 產品週期分支的直交表

No.	1	附註
1	1	僅 A_{21}
2	1	僅 A_{21}
3	2	A_{21} 、 A_{22}
4	2	A_{21} 、 A_{22}

表 4-18 產品週期的馬氏距離

品質	y1	y2	y3	y4
僅 A_{21}	0.0088	0.1332	0.6659	0.5256
僅 A_{21}	0.0088	0.1332	0.6659	0.5256
A_{21} 、 A_{22}	0.0098	0.2511	0.708	0.8258
A_{21} 、 A_{22}	0.0098	0.2511	0.708	0.8258

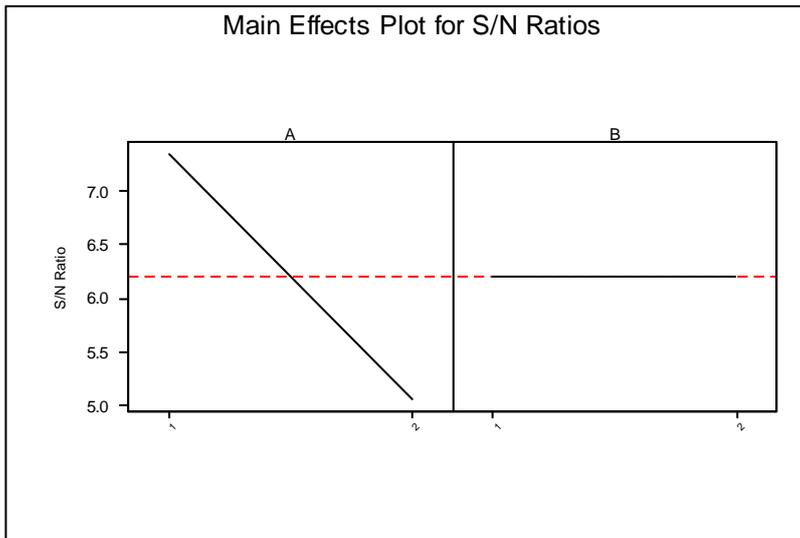


圖 4-4 產品週期的因子效果圖

3)以產品製程複雜度分支來看，兩個分支為同等重要的績效指標，所以先保留 Average mask layer，剩下來的 1 個績效指標要來決定其去留。利用 $L_4(2^3)$ 的直交表，而四家廠商之間的馬氏距離經計算後列於表 4-19。將這些馬氏距離的數據代入 Minitab 統計軟體的田口式直交表中運算並選擇望大特性，此乃因為績效指標 Average process steps 為望大的特性，並針對每一績效指標繪製因子效果圖，如圖 4-5 所示，依 SN 比愈大效果愈好的原則，Average process steps 為顯著，也就是要保留。

表 4-19 產品製程複雜度分支的馬氏距離

成本/利潤	y1	y2	y3	y4
僅 A ₃₁	0.0001	0.5041	0.4583	0.3709
僅 A ₃₁	0.0001	0.5041	0.4583	0.3709
A ₃₁ 、A ₃₂	0.9772	1.8926	1.6692	0.5651
A ₃₁ 、A ₃₂	0.9772	1.8926	1.6692	0.5651

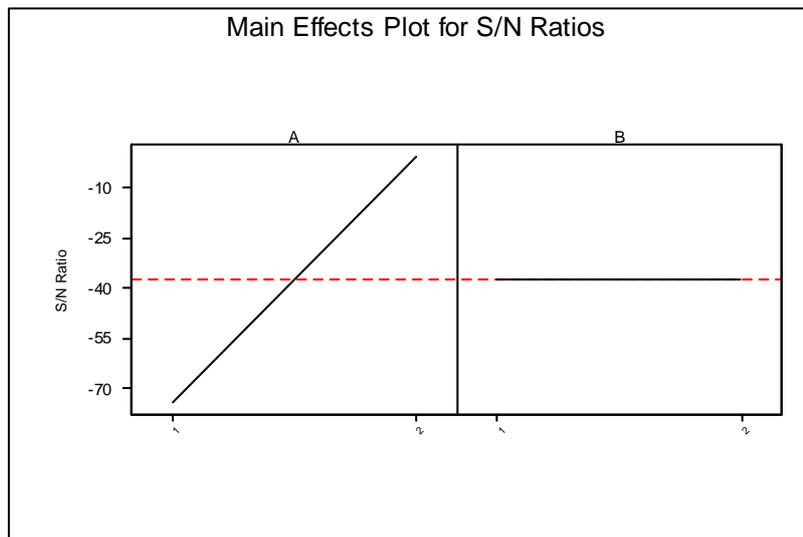


圖 4-5 產品製程複雜度分支的因子效果圖

- 4) 以生產力分支來看，其中以 Wafer/Month 為最重要的績效指標，所以一定要保留，剩下來的 2 個績效指標要來決定其去留。利用 $L_4(2^3)$ 的直交表，則四家廠商之間的馬氏距離經計算後列於表 4-20。將這些馬氏距離的數據代入 Minitab 統計軟體的田口式直交表中運算並選擇望大特性，此乃因為績效指標 Production layer/Month 以及 Move 等績效指標均為望大特性，並針對每一績效指標繪製因子效果圖，如圖 4-6 所示，依 SN 比愈大效果愈好的原則，僅第二個因子為顯著，也就是僅有 Move 此分支的需要保留，將 Production layer/Month 績效指標篩選過濾掉。

表 4-20 交期分支的馬氏距離

交期	y1	y2	y3	y4
僅 A ₄₁	0.0035	0.6561	0.4858	0.1884
A ₄₁ 、A ₄₃	5.9753	5.1699	8.8781	5.4004
A ₄₁ 、A ₄₂	0.2481	0.9979	0.5057	0.2079
A ₄₁ 、A ₄₂ 、A ₄₃	7.4756	6.6727	9.8547	5.6682

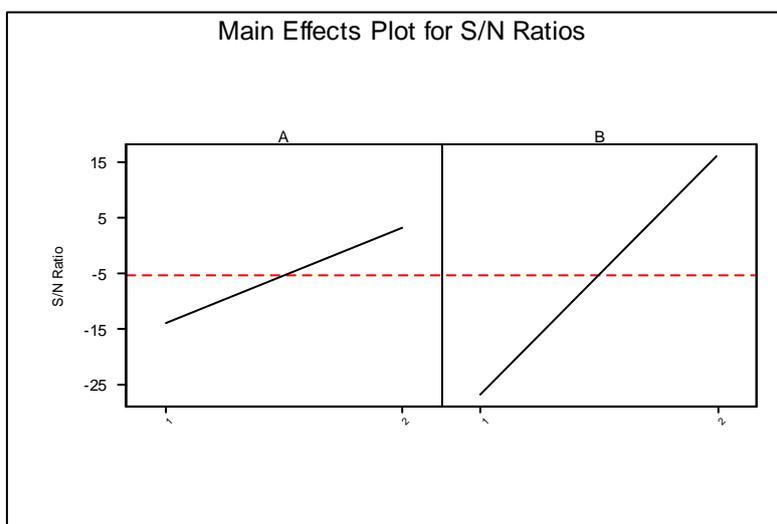


圖 4-6 生產力分支的因子效果圖

- 5) 以交貨能力分支來看，以 Target hit rate-volume 分支為較重要的績效指標，所以先保留，剩下來的 1 個績效指標要來決定其去留。利用 $L_4(2^3)$ 的直交表，而四家廠商之間的馬氏距離經計算後列於表 4-21。將這些馬氏距離的數據代入 Minitab 統計軟體的田口式直交表中運算並選擇望大特性，此乃因為績效指標 Target hit rate-order 為望大的特性，並針對每一績效指標繪製因子效果圖，如圖 4-7 所示，依 SN 比愈大效果愈好的原則，Target hit rate-order 為顯著，也就是要保留。

表 4-21 交貨能力分支的馬氏距離

成本/利潤	y1	y2	y3	y4
僅 A ₅₁	0.0011	0.6273	0.25	0.4556
僅 A ₅₁	0.0011	0.6273	0.25	0.4556
A ₅₁ 、A ₅₂	0.0012	0.7275	0.2532	0.6976
A ₅₁ 、A ₅₂	0.0012	0.7275	0.2532	0.6976

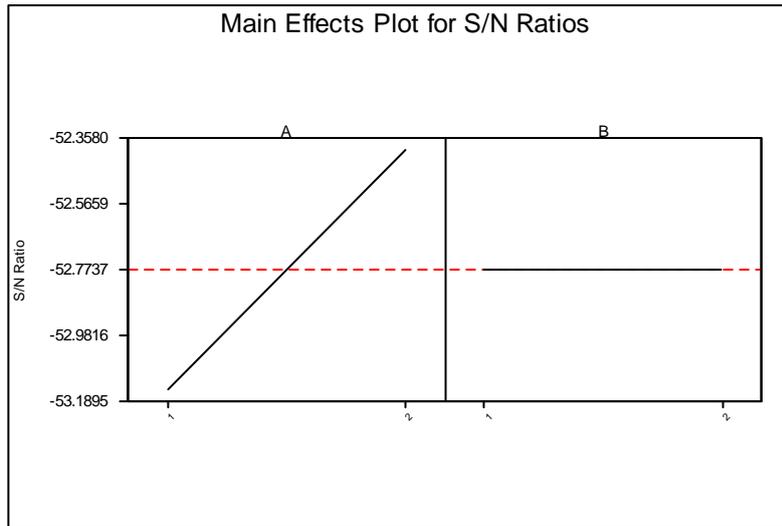


圖 4-7 交貨能力分支的因子效果圖

6)以機台能力分支來看，兩個分支為同等重要的績效指標，所以先保留 Uptime，剩下來的 1 個績效指標要來決定其去留。利用 $L_4(2^3)$ 的直交表，而四家廠商之間的馬氏距離經計算後列於表 4-22。將這些馬氏距離的數據代入 Minitab 統計軟體的田口式直交表中運算並選擇望大特性，此乃因為績效指標 Utilization 為望大的特性，並針對每一績效指標繪製因子效果圖，如圖 4-8 所示，依 SN 比愈大效果愈好的原則，Utilization 為顯著，也就是要保留。

表 4-22 機台能力分支的馬氏距離

成本/利潤	y1	y2	y3	y4
僅 A ₆₁	0.3125	0.5112	0.5112	0.0001
僅 A ₆₁	0.3125	0.5112	0.5112	0.0001
A ₆₁ 、A ₆₂	0.3139	0.562	0.8412	0.0258
A ₆₁ 、A ₆₂	0.3139	0.562	0.8412	0.0258

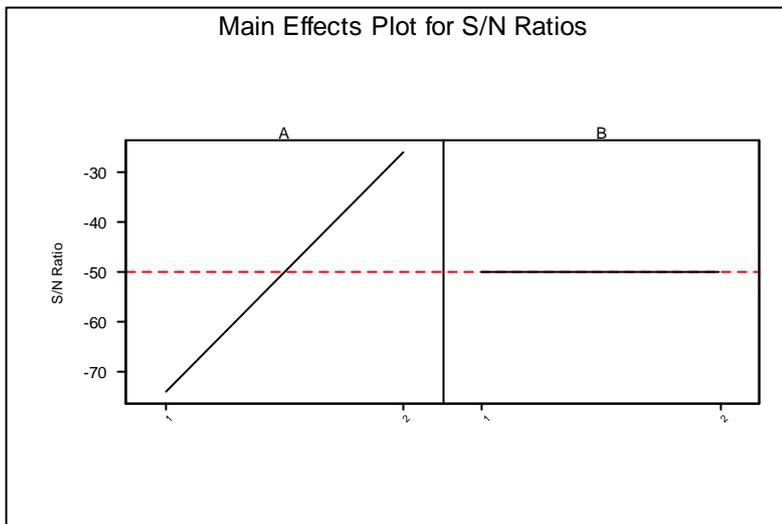


圖 4-8 機台能力分支的因子效果圖

7)以機台效率分支來看，三個分支為同等重要的績效指標，所以先保留 Wafer per hour，剩下來的 2 個績效指標要來決定其去留。利用 $L_4(2^3)$ 的直交表，而四家廠商之間的馬氏距離經計算後列於表 4-23。將這些馬氏距離的數據代入 Minitab 統計軟體的田口式直交表中運算並選擇望大特性，此乃因為績效指標 WPH*Uptime 以及 WPH*Utilization 均為望大的特性，並針對每一績效指標繪製因子效果圖，如圖 4-9 所示，依 SN 比愈大效果愈好的原則，所有因子均為顯著，也就是都要保留。

表 4-23 機台效率分支的馬氏距離

成本/利潤	y1	y2	y3	y4
僅 A ₇₁	0.0018	0.25	0.3982	0.6839
A ₇₁ 、A ₇₃	0.0153	0.2501	0.6074	0.7946
A ₇₁ 、A ₇₂	0.0115	0.2506	0.6211	0.7858
A ₇₁ 、A ₇₂ 、A ₇₃	112.7736	72.4319	77.8568	65.9943

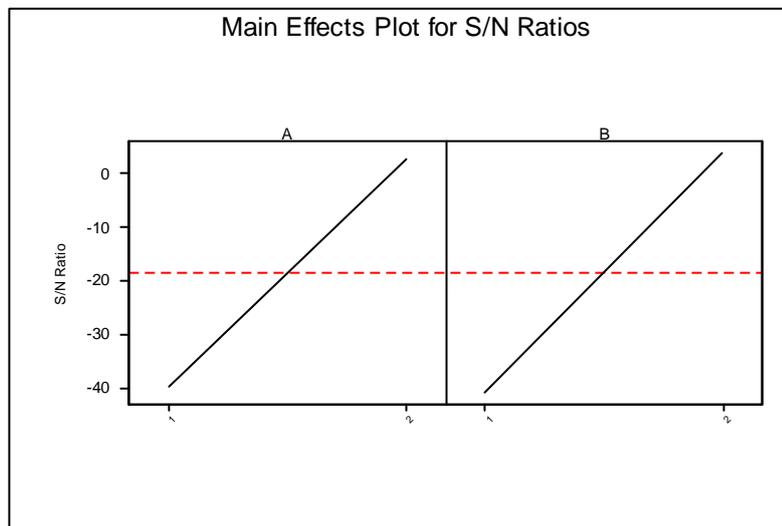


圖 4-9 機台效率分支的因子效果圖

利用 MTS 系統來縮減層級內各分支的指標個數，則總分支的個數由先前的 17 個績效指標，共篩選掉了 2 個而剩下 15 個績效指標，其架構如圖 4-10 所示。

4.5.5 簡化後層級架構的驗證

在篩選掉不必要的績效指標後，希望簡化後的層級架構圖仍然能夠完整的代表原系統。為了驗證此項結果，將減少績效指標個數後的簡化後層級架構套用 AHP，看是否能得到與先前研究相同的結果。則四家半導體晶圓廠其優先序的排序如表 4-24 所示。我們比較其優先序，可以發現其優先序幾乎完全相同，因此驗證了簡化後的層級架構與先前的層級架構具有相同的結果。

表 4-24 簡化前後四家半導體晶圓製造廠在製造管理方面的優先序

製造廠商	C1	C2	C3	C4
原先的優先序	0.111	0.334	0.274	0.281
原先的排名	4	1	3	2
簡化後的優先序	0.113	0.322	0.285	0.281
簡化後的排名	4	1	2	3

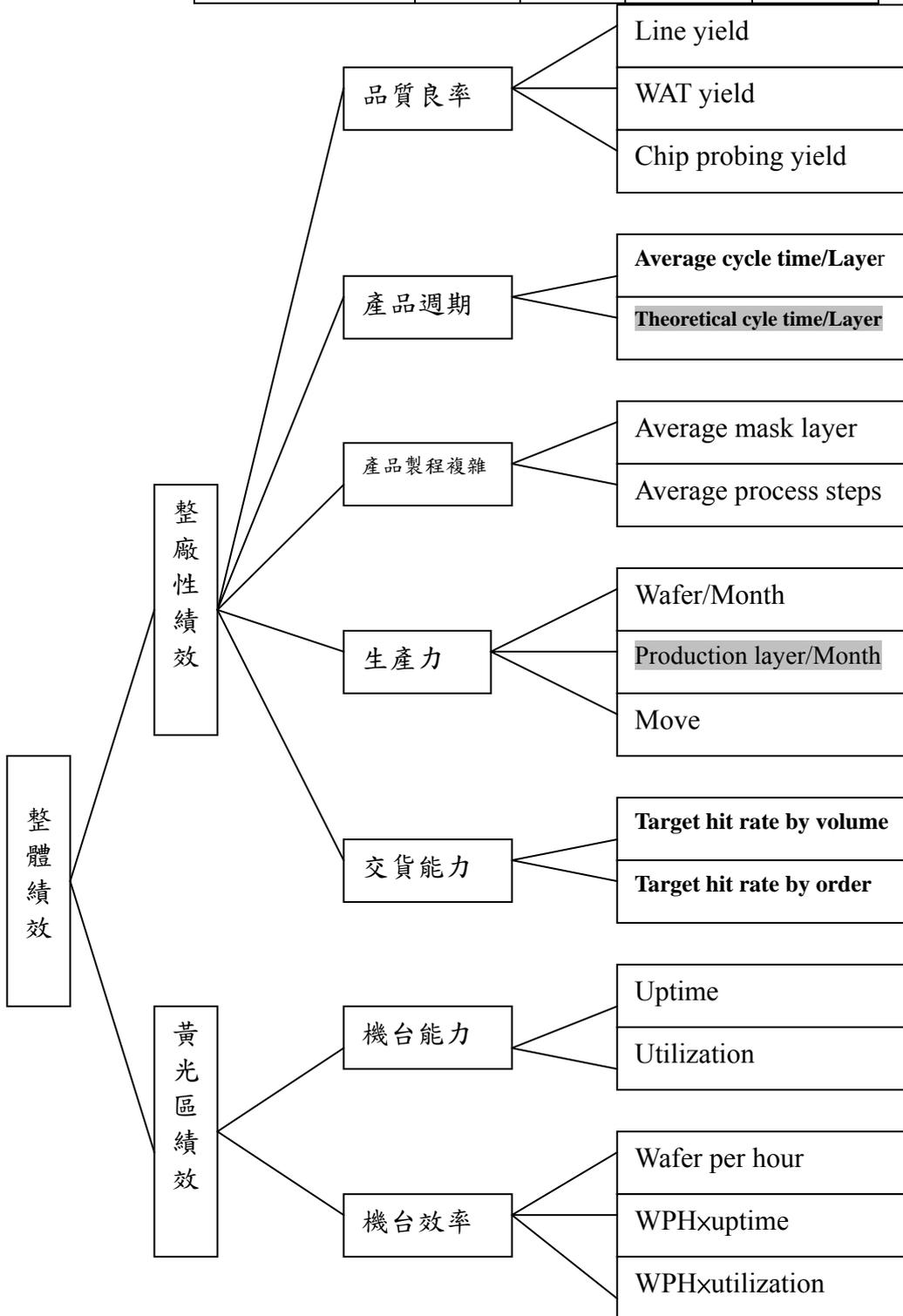


圖 4-10 簡化後的半導體製造廠層級架構

簡化後架構與原先的層級架構僅差了 2 個績效指標，顯示原先建構的 AHP 架構十分的合理與嚴謹，所以，以後在進行製造系統的績效評估時，使用 MTS 進行績效指標的篩選來簡化 AHP 的層級架構是很好的工具。

4.6 結論

大部份企業會把改變績效評估指標的順位排在最後一個，但這才是首要必須改變的項目！有了正確的績效評估指標，才能推動組織的變革。所以，改變績效評估方式的目的，與建立組織策略／資源／流程之間有密切的關聯性，藉由品質、時間、成本等不同績效指標的設立與結果的追蹤，不僅掌握企業活動的軌跡，並且能真正幫助企業提升客戶滿意度，促進流程改善，以創造企業更好的績效。

晶圓代工廠的競爭力在於如何針對不同客戶的需求，以低成本來生產高品質的晶圓，整廠性績效指標與黃光區績效指標是所有產業內外相關人士所關心的。處於半導體產業高度競爭的經營環境之下，管理者必須藉由有效的控制程序以監督相關作業的進行，並根據最後的成果與預期的目標相比，作為未來改進的依據以提昇經營績效。

參考文獻

1. 檀潤華，創新設計—TRIZ：發明問題解決理論，機械工業，民 91。
2. 邱翊豪，以 TRIZ 探討行動商務在技術演進的趨勢，逢甲大學工業工程所碩士論文，民 93。
3. 林美秀，運用 TRIZ 原理探討專利開發實例，中原大學機械工程學系碩士論文，民 93。
4. 張盛鴻、李榮貴，TOC 限制理論，中國生產力中心，民 94。
5. 朱晏樟，整合 TRIZ 與功能分析之設計方法研究，成功大學機械工程學系碩士論文，民 92。
6. 王仁慶，TRIZ 創新設計方法之改良研究，成功大學機械工程學系碩士論文，民 91。
7. 林豐隆，生產與作業服務管理，揚智出版社，民 93。
8. 王小璠，“多準則決策分析”，滄海書局，2005。
9. 吳振寧，「台灣半導體廠設備管理指標模型建立與評比」，國立清華大學工業工程與工程管理系碩士論文，1999 年。
10. 郭奕桓，「台灣半導體廠設備管理標竿：黃光區」，國立清華大學工業工程與工程管理系碩士論文，2001 年。
11. 電子技術編輯群編，「表面黏著技術」，電子技術出版社，1992 年。
12. 黃世豪，電子化企業經營績效評估之研究，大葉大學資訊管理研究所碩士論文，2000。
13. Altshuller, G. & Shulyak L., “40 Principles: TRIZ Keys to Innovation”, Worcester, MA:”Technical Innovation Center, 2002.
14. Domb, E. “The Ideal Final Result: Tutorial”, The TRIZ Journal, www.triz-journal.com, 1997.
15. Mann, D., “Systematic Win-Win Problem Solving In a Business Environment”, The TRIZ Journal, www.triz.com, 2002.
16. Ruchti, B. & Livotov, P. “TRIZ-based Innovation Principles and A Process for Solving in Business and Management”, The TRIZ Journal, www.triz-journal.com, 2001.
17. Takemura, M., “TRIZ Introduction in Airlines Management Division”, The TRIZ Journal, www.triz-journal.com, 2002.
18. D.H. Besterfield, Carol Besterfield-Michna, Glen H. Besterfield, MaryBesterfield-Sacre, *Total Quality Management*, Prentice Hall, 1995.
19. J. J. Buckley, “Fuzzy Hierarchical Analysis”, *Fuzzy Sets and Systems*, Vol 17, No. 3, pp233-247, 1985.
20. C. Caplice and Y. Sheffi, “A Review and Evaluation of Logistics Metrics,” *The International Journal of Logistics Management*, Vol. 5, No. 2, pp11-28, 1994.
21. A. Charnes, V. V. Cooper and E. Rhodes, “Measuring the Efficiency of Decision Making Units”, *European Journal of Operation Research*, Vol. 2, No. 6, pp. 429-444, 1978.
22. S. J. Chen and Hwang, C. L., *Fuzzy Multiple Attribute Decision Making – Method and Application, a State – of – Art Survey*, New York: Springer – Verlag, 1992.
23. C. H. Cheng and D. L. Mon, “Fuzzy System Reliability Analysis by Interval Confidence”, *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 58, pp29-35, 1993.
24. C. Douligeris and I. J. Pereira, A Telecommunications Quality Study Using the Analytic Hierarchy Process, *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol. 12, No. 2,

- pp241-250, 1994.
25. P. Drucker, *Management Tasks, Responsibilities, Practices*, Harper & Row, New York, 1973.
 26. H. Evans, G. Ashworth, M. Chellew, A. Davidson and D. Towers, "Exploiting Activity-Based Information: Easy as ABC," *Management Accounting, London*, pp24, 1996.
 27. J. Korpela and M. Tuominen, Benchmarking Logistics Performance with an Application of the Analytic Hierarchy Process, *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol. 43, No. 3, pp323-333, 1999.
 28. C. J. Huang and D. D. Sheu, "A Fuzzy AHP Evaluation of Manufacturing Management Performance for Notebook Computer Plants in Taiwan," *Proceeding of the 5th Annual International Conference on Industrial Engineering, Theory, Application and Practice*. Dec. 13-15, 2000, Paper No. 150, 2000.
 29. G. J. Klir and T. A. Folger, *Fuzzy Sets, Uncertainty and Information*, Prentice Hall, 1988.
 30. Y. J. Lai and C. L. Hwang, *Fuzzy Mathematical Programming*, Springer-Verlag, 1992.
 31. R. C. Leachman and D. A. Hodges, "Benchmarking Semiconductor Manufacturing", *IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing*, Vol. 9, No. 2, pp158-169, 1996.
 32. D. Mon, "Evaluating Weapon System Using Fuzzy Analytic Hierarchy Process Based on Entropy Weight", *Proceedings of 1995 International Conference on Fuzzy Systems*, Vol. 2, pp591-598.
 33. S. Ohnishi and H. Imai, "Evaluating for a Stability of Fuzzy Decision Making Using a Sensitivity Analysis", *1998 Conference of the North American Fuzzy Information Processing Society-NAFIPS*, pp86-90.
 34. Peng, S. L. . Assessing Manufacturing Management Performance for Notebook Plants in Taiwan: Model Construction and Application, M. S. thesis, National Tsing Hua University, Hsinchu, Taiwan, 1999. (In Chinese)
 35. S. P. Robbins, *Management*, Prentice-Hall, pp168-173, 1994.
 36. T. J. Ross, *Fuzzy Logic with Engineering Applications*, McGraw-Hill New York, 1995.
 37. T. L. Saaty, "The Analytic Hierarchy Process", McGraw-Hill, 1980.
 38. T. L. Saaty, "A Scaling Method for Priorities in Hierarchy Structures", *Journal of Mathematical Psychology*, 3, pp243-281, 1979.
 39. R. S. Schuler, V. L. Huber, *Personnel and Human Resource Management*, St. Paul, MN: West Pub. 1990.
 40. D. Sheu and Shieh, A., Benchmarking Manufacturing Management for Taiwan's Notebook Industry: Printed Circuit Board Assembly, *The 3rd Annual International Conference on Industrial Engineering Theories, Applications and Practices*, Dec. 28-31, 1998, Hong Kong.
 41. D. Sheu, S. Peng, "Assessing Manufacturing Management performance for Notebook Computer Plants in Taiwan", *The 4th Annual International Conference on Industrial Engineering Theories, Applications and Practices*. Nov. 17-20, 1999, San Antonio, Texas, U. S. A..
 42. A. Shieh, Benchmarking Manufacturing Management for Taiwan's Notebook Manufacturers: Printed Circuit Board Assembly, M. S. thesis, National Tsing-Hua University, Hsinchu, Taiwan, 1998. (In Chinese)
 43. T. Wakabayashi, K Itoh, T. Mitamura and A. Ohuchi, "A Framework of an Analytic Hierarchy Process Method Based on Ordinal Scale", *Proceeding of the Fifth IEEE International Conference on Fuzzy Systems*, Vol. 1, pp355-360.
 44. M. L. Wang, H. F. Wang and C. L. Lin, "Ranking Fuzzy Number Based on

- Lexicographic Screening Procedure”, *International Journal of Information Technology and Decision Making*, December 4(4), pp663-678, 2005.
45. R. Yager, A New Methodology for Ordinal Multi-objective Decisions Based on Fuzzy Sets, *Decision Sci.*, Vol. 12, pp589-600, 1981.
 46. L. A. Zadeh, “Fuzzy Sets”, *Information and Control*, Vol. 8, pp338-353, 1965.
 47. H. J. Zimmermann, *Fuzzy Set and Its Application*, Kluwer Academic Publishers, 1991, 2nd Edition.