

# 紫式決策分析以建構半導體晶圓廠人力規劃 決策模型

## UNISON Decision Analysis Framework for Constructing the Workforce Planning Decision Model for Semiconductor Manufacturing Fab

簡禎富 Chen-Fu Chien 游智閔 Chih-Min Yu 徐紹鐘 Shao-Chung Hsu  
國立清華大學工業工程與工程管理學系

Department of Industrial Engineering and Engineering Management,  
National Tsing Hua University

(Received October 16, 2007; Final Version May 9, 2008)

**摘要：**隨著知識經濟的發展與高科技產業規模日益擴大，半導體晶圓廠知識工作者的人力資源管理與人力資本提昇越來越重要。在面臨人力成本逐年升高及自動化程度提昇之經營環境下，如何規劃最適人力與提昇知識工作者的生產力成爲重要課題。然而，半導體晶圓廠的人力規劃決策影響因子眾多，如何在兼顧策略性經營目標與作業面實際人力需求和人力合理分配以規劃工廠最適人力實爲一大難題。本研究回顧相關文獻，依據紫式決策分析架構發展晶圓廠之人力規劃決策模型，同時利用深度訪談法以萃取領域專家的知識，建立相關績效評估指標爲管理依據，輔以戴明循環爲基礎的管理機制，整合成一套兼具提昇半導體晶圓代工廠人力管理合理性、員工生產力及公司競爭力的人力規劃決策模型與管理機制，以利工廠營運效率及員工生產力的提昇。本研究並以某半導體公司爲實證，在不影響研究效度及分析下，本文中的資料及指標已做必要之修正，研究結果已證明本研究之效度。

**關鍵詞：**人力資本、決策分析、紫式決策分析架構、半導體、人力規劃

---

\* 本研究承蒙匿名的領域專家協助及國科會計畫（NSC96-2628-E-007-035-MY3）與清華大學增能計畫（97N2521E1）之經費補助，謹此致謝。

**Abstract :** With the scale of semiconductor manufacturing increases, the amounts the knowledge-workers also raise hugely. Besides, we are facing the situation that the cost of automation and manpower is ascending year by year, and the engineers and technical operators play more and more important roles in the factory. The best headcount plan of manufacturing and the improvement of productivity have become an essential topic. However, many factors would affect the headcount plan of manufacturing in a semiconductor manufacturing. It is a difficult problem to reflect the real demand of manpower given different preference structures of various decision makers. This research aims to employ UNISON decision analysis framework and construct an operation headcount planning model for semiconductor manufacturing. We also discussed with domain experts to build up key performance index for human capital management. An empirical study was conducted in a semiconductor company for validation. The results showed that the proposed framework can assist the company to develop an operation workforce planning model and associated management mechanism to improve the decision quality and rationality. Thus, the company can enhance people productivity and human capital to maintain corporate competitiveness.

**Keywords :** Human Capital, Decision Analysis, UNISON Decision Analysis Framework, Semiconductor, Workforce Planning

## 1. 前言

隨著技術的發展，半導體產業的資本密集度越來越高，卻仍吸引各國爭相投資，主要是因為半導體積體電路是各類電子產品不可或缺且是價值最高的關鍵零組件之一，所以半導體積體電路也被喻為「工業之米」。隨著半導體元件應用的範圍越來越廣，產品生命週期也越來越短，因此如何提昇半導體晶圓製造生產力並持續降低成本以創造「比較利益」是重要的研究課題。

過去在半導體晶圓製造方面有關生產力提昇的研究，其範疇多著墨於機台設備部分，諸如每小時晶圓產出量 (Wafer Per Hour, WPH)、OEE、X-ratio 的改善等 (如 Chien and Hsu, 2006; Chien *et al.*, 2007a)，甚少有關人員生產力的討論。另一方面，近幾年來半導體工廠由於自動化程度增加所以知識工作者的數量比例遽增，加上人工成本逐年升高之經營環境下，製造人力的規劃與人員生產力的提昇已成為半導體晶圓製造管理與生產力提昇的重要課題。

本研究目的係針對半導體製造人力規劃的需求，根據紫式決策分析架構發展半導體晶圓廠最適人力規劃決策架構，以建構一套兼具半導體晶圓工廠人力管理合理性及提昇員工生產力的人力規劃決策模型與管理機制，以利工廠營運效率及公司競爭力的提昇。本研究並以某半導體公司為實例，針對間接人員 (即工程師及工程師以上) 的人力需求規劃，具體驗證所提出的方法。

## 2. 文獻回顧

本研究將依序針對過去常用的人力需求評估方法、及決策分析等方面探討其理論基礎，最後再就員工生產力績效指標的部分進行相關文獻的回顧，以作為後續研究的基礎。

### 2.1 人力需求評估方法

人力需求的評估一直是企業主首要面對的問題，茲將主要的人力需求預測方法與應用領域分述如下。時間序列（Time Series）將歷史資料以等間隔方式加以汲取分析，分析方式包括線性迴歸、非線性迴歸（曲線迴歸）、自我相關迴歸、自我相關整合移動平均法（ARIMA）等，主要是由既有資料的趨勢變動情形，對未來的發展進行評估。時間序列分析係 ARIMA 的評估法至少需要 40 筆以上的歷史資料，經過模式辨認、模式估計、模式診斷及模式驗證等四個步驟，才算是完整地使用該評估法，利用歷史資料中的最後 5~10 筆為驗證的基準，核對實際值與預測值的誤差情形，將實際值與誤差值的差取絕對值，再取其與實際值的比值，以百分比表示，求其平均數即為 MAPE（Mean Absolute Percentage Error），其值越小，表示其對未來的預測力越高。

灰色系統理論（鄧聚龍、郭洪，民 85）主要是針對系統模型不明卻及資訊不完整的情況，由系統現有的資訊推知系統的未來，在資訊雜亂無章的表象下，找出內部潛在的規律性，建立灰色系統模型來推估未來的狀態，達到灰色推測預估的功能。

帕內斯地中海區域計劃法（Parnes Mediterranean Regional Project Model, MRP）為世界經濟開發組織（OECD）國家於 1960 年所建立，作為「帕內斯地中海區域計劃」中人力需求預測的方法，為當時最早的人力預測模型之一（孫仲山、陳芳慶，民 95）。MRP 主要是依據國內生產毛額（GDP）、各業產值結構、勞動生產力、生產力中的職業分配與各職類的教育分配等的歷年資料來預測各行業中在各職類所需各教育程度的需求人數，其計算步驟為：

- (1) 先預估目標年的 GDP；
- (2) 再將 GDP 分配到各行業部門；
- (3) 經由勞動生產力計算各行業部門所需要的人力；
- (4) 把各部門的人力分配到各類別的職業中；
- (5) 將各職類的人力需求轉換為各教育別的人力需求。

此外，亦可利用質性研究方法，使用問卷或深度訪談的方式詢問某企業主或人力資源主管對於未來所需要的人力數量及類別，將回收問卷或調查結果整理後即可得該行業在未來的人力需求情形。其中，德菲法（Delphi Method）也是群體決策方法的一種，是「一種結構性的團體溝過程，過程中允許每位成員就某議題充分表達其意見並受到同等重視，以求得在該複雜議題上意見的共識」（Delbecq *et al.*, 1986）。其進行過程乃針對某特定議題，借重專家特殊的經驗與知識，透過反覆的問卷調查，藉由數回合反覆回饋循環式問答，直到專家間意見差異降至最低達

成共識，因此可以用 Delphi 法請專家判斷來預測人力需求。深入訪談法 (in-depth interview) 是以一結構性之訪談大綱為主軸。訪談大綱是研究者在訪談時和受訪者談話的主題，用來提醒研究者訪談的方向，研究者並不限制受訪者談話的內容及方向，也不預設立場，而是透過開放式的問題，讓受訪者用自己的脈絡、結構來陳述其判斷。

然而各種推估方法均有其使用上的限制，問卷調查方式會遭遇的困難是問卷回收率不高，或是一般雇主對此調查漠不關心，並未審慎填入需求數字，導致數字正確性堪慮。再者，即使雇主或人資主管願意配合訪談，預測期間越長，偏差的可能性會越大。

## 2.2 資料挖礦

「資料挖礦」是利用自動或是半自動的方式來探索和分析龐大的資料而從中去發現特殊的模式、關聯性、變化、異常以及顯著的結構性等以及發現專家們尚未知曉的新關係 (Berry and Linoff, 1997; 簡禎富等, 民 90)。

資料挖礦所處理的問題類型，可以歸納為預測 (prediction)、分類 (classification)、分群 (clustering) 以及關聯分析 (dependency analysis) 等。資料挖礦的主要技術，包括統計方法 (statistics)、人工智慧 (artificial intelligence)、決策樹 (decision tree)、類神經網路 (neural network)、基因演算法 (genetic algorithm)、關聯規則 (association rule) 與視覺化 (visualization) 等。

資料挖礦技術的應用範圍相當地廣泛，包括行銷、金融、財務、製造、醫療、顧客行為分析、失效預測、組織學習等 (Fayyad *et al.*, 1996; Berry and Linoff, 1997; Pyle, 1999)。然而資料挖礦技術在人力資源管理的應用尚不多見，簡禎富等 (民 94) 利用決策樹與關聯規則，根據半導體生產線人員的基本資料與其誤操作和績效表現的關係，發展出直接人員評選決策支援規則；並進一步利用約略集合理論分析半導體公司間接人員的基本資料與其績效表現和離職率的關係，發展出一套間接人員的遴選規則和配套的招募策略，提供主管做為人員遴選決策參考，以提昇人力資本 (Chien and Chen, 2007)。

## 2.3 紫式決策分析架構

「決策」(Decision Making) 是一種根據目標和預期結果來評估和取捨執行方案的過程 (毛治國, 民 92)。1978 年諾貝爾經濟學獎得主司馬賀教授 (Herbert Simon) 則認為決策是結合事實性 (factual) 與價值性 (valuational) 兩種判斷的邏輯推理過程之結果 (Simon, 1947, 1997)。

人力規劃決策面臨的障礙包括問題不明確、資訊有限、人力投入與產出相關性不明，再加上決策環境變動快、影響程度與複雜程度高、決策者難以權衡不同目標，決策結果不易衡量且無法滿足所有利害關係人、因此人力規劃決策不易與他人溝通，以至人力決策分析不易具體落實，且易受其他組織因素干擾等。

決策分析則是嘗試從此種複雜的情境中藉由系統化的邏輯推理與思考過程，例如以事實來檢驗決策問題的假設前提，釐清決策元素間的關連以及衡量決策預期結果的評估等，進而整理出系統化且可以學習應用的分析方法，以幫助決策者有效地綜合研判各種相關資訊、定義對的問題、找到最佳化和最適合的決策方案。因此，簡禎富（民 94）發展「紫式決策分析架構」(UNISON Decision Analysis Framework) 作為一般化的思維架構，包含六大階段：瞭解問題 (Understand)、界定利基 (Niche)、架構影響關係 (Structure Influence Relationship)、客觀敘述感受 (Sense and Describe the Results)、綜合判斷與主觀衡量 (Overall Judgment and Measurement) 以及最後的權衡與決策 (Tradeoff and Decision)，如圖 1 所示。

紫式決策分析架構已被於相關研究，包括評估風險下的積體電路最終測試方案 (Chien *et al.*, 2007b)，以提高作業效率、降低成本與風險，並進行敏感度分析，由於受到機台裝配、參數設置與測試程式影響，所以 IC 產品的最終測試結果是為不確定或風險情況下的決策問題，可依循圖 1 的統計決策模式進行決策。此外，針對半導體封裝外包與供應鏈管理的複雜企業策略與作

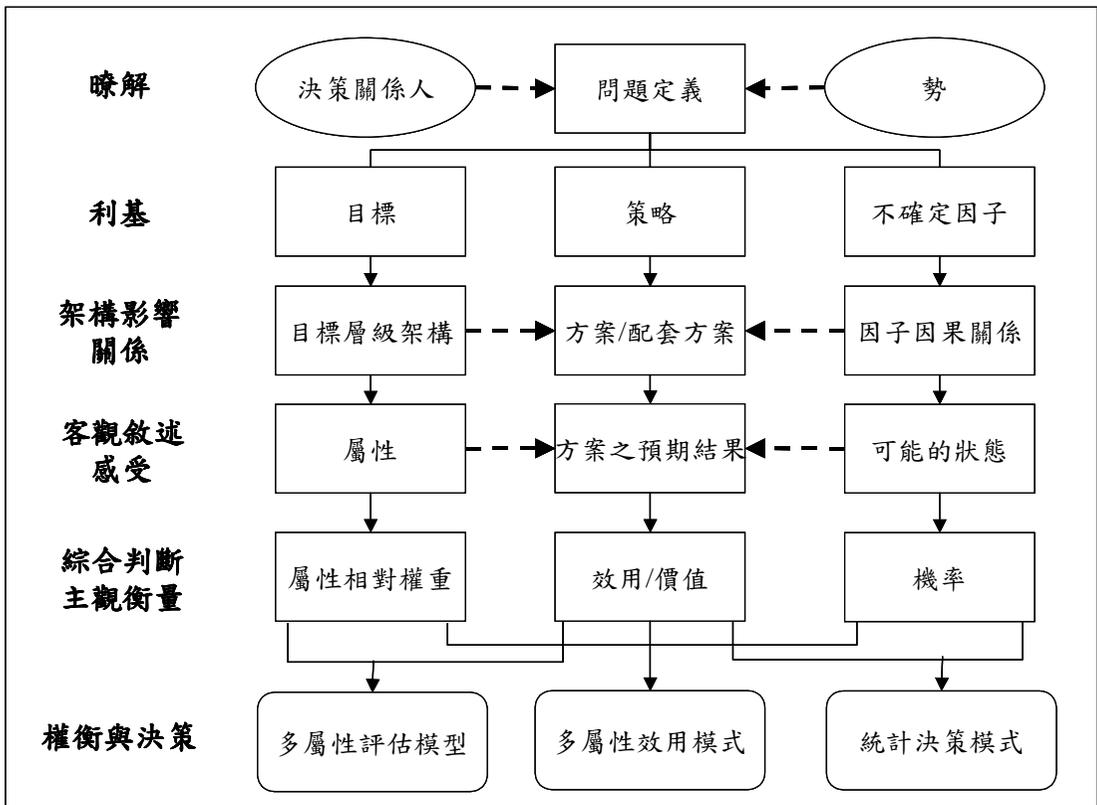


圖 1 紫式決策分析架構 (資料來源：簡禎富，民 94)

業管理決策問題，Wu and Chien (2008) 應用紫式決策結構同時處理策略層級的供應商選擇（半結構化決策問題）及對應的作業層級的訂單分配與物料需求規劃（結構化決策問題），透過系統化架構以提升整合決策的品質。

## 2.4 員工生產力指標

「生產力」觀念係由十八世紀經濟學者奎內 (F. Quesnay) 所提出 (主計處, 民 91)，在二次大戰後才普遍受到重視。以下回顧勞動生產力、財務指標、半導體員工生產力相關的績效指標。

勞動生產力，係指單位勞動投入之產出量或產出值，為衡量勞力運用效率與產業競爭力、明瞭勞動生產力變動與利益分配等之有效指標。行政院主計處目前所編制之生產力統計指標都是以「總產出」除以「總投入」的平均觀念來編制，計有產量勞動生產力、產值勞動生產力及多因素生產力統計三種；在與勞動者直接相關的生產力衡量指標中，主計處會按月編算產量勞動生產力、按季編算產值勞動生產力，然後將結果編入「薪資與生產力統計月報」，並將每年產值勞動生產力之統計結果編印成「勞動生產力趨勢分析報告」以利研究參考。

根據主計處的定義，勞動生產力之定義及計算公式如下：

- (1) 產值勞動生產力，目的在於正確反應我國勞動生產力之變動趨勢，指出未來資源流向及利用方式。

$$\text{產值勞動生產力} = \frac{\text{實質國內生產毛額}}{\text{勞動投入量 (工時、就業者、等就業者)}} \quad (1)$$

其中在公式(1)分母的部分為使用以前一年基期固定價格表示的實質國內生產毛額 (GDP)，而分子勞動投入量的部分則是以所有人力資源統計資料中就業者的勞動工作工時來表示，因為就常理而言，勞動工時的投入會比就業人數投入的變動更能反應生產力的變動；這裡定義的等就業者只是將不同工時的就業者的勞動投入標準化成同一工作時數的就業者。

- (2) 產量勞動生產力，係指單位勞動投入之產出量或產出值，為衡量勞力運用效率與產業競爭力、明瞭勞動生產力變動與利益分配等之有效指標，公式如下：

$$P = \frac{\text{生產指數}}{\text{受雇者工時指數}} \times 100 = \frac{\frac{\sum P_o Q_i}{\sum P_o Q_o}}{\frac{\sum {}_d M_{ri}}{\sum {}_d M_{r0}}} \times 100 \quad (2)$$

式中  $\sum {}_d M_{r0}$ ：表示基期 (O) 生產所投入之受雇者延人總時數。

$\sum_d M_{ri}$ ：表示計算期（i）生產所投入之受雇者延人總時數。

公式(2)中之生產指數，係採用經濟部所編之「工業生產指數」；工業生產指數係以該年工商及服務業普查暨前一年工廠校正暨營運調查結果各項產品之生產淨值加權，採拉氏（Laspeyres）公式計算而得。受雇者工時指數中的受雇者除包含「受雇員工薪資調查」之受雇員工外，並含由「人力資源調查」估計之不在廠地工作之廠外計件工作者，二者合計計算期延人總時數與基期延人總時數之百分比，亦即所謂之勞動投入指數，其計算公式如下：

$$\frac{\text{計算期受雇者延人總時數}}{\text{基期受雇者延人總時數}} \times 100 = \frac{\sum_d M_{ri}}{\sum_d M_{ro}} \times 100 \quad (3)$$

在衡量企業人員生產力指標上，包含投入人力與產出之定義；投入人力會隨著市場需求、景氣變動新事業/技術專案與內部改善計劃而變動，產出部份可從企業經營績效的財務指標當中，衡量員工對公司經營貢獻度的高低，主要可以用「員工銷貨額」（即平均每位員工為公司做了多少生意）以及「員工純益額」（即平均每位員工為公司賺了多少利潤，又稱「生產力指標」）等兩項財務導向的指標來評估員工的生產力。或是使用生產作業指標如產出來做為績效衡量。以半導體晶圓廠為例，直接與人力相關的生產力指標（Leachman and Hodges, 1996; Leachman *et al.*, 2007）包括：

- (1) 直接人員生產力（Director Labor Productivity）：每一現場直接人員每一工作日可以產出的晶片生產黃光製造層數（Wafer Layers, WL），公式如下：

$$WL = \left(\frac{WS}{WD}\right) \times TL \times LY' \quad (4)$$

其中，WS 代表每週晶片的平均投片生產量，而 WD 則是直接人員每週的工作天數，TL 是該晶片生產製造出貨所需的總黃光製造層數，而 LY' 則是生產線的生產良率。

- (2) 全員生產力（Total Labor Productivity）：每一工廠人員（包括直接與間接人員）每一工作日可以產出的晶片生產黃光製造層數（Wafer Layers, WL）。

而半導體製造協會（Semiconductor Manufacturing Technology, SEMATECH）用來衡量各半導體工廠生產績效的重要標的中，與人員生產力有關的指標也有兩個，其定義如下：

- (1) 直接人員生產力（Non-exempt Productivity）：每一工作現場直接人員每一工作小時能完成的晶片生產黃光製造層數。這裡定義的直接人員除了半導體廠內的工作技術員（operators）外，還包括了工廠內臨時聘雇或短期契約工作人員。
- (2) 間接人員生產力（Exempt Productivity）：工廠內每一間接人員每天能完成的晶片生產黃光製造層數。這裡定義的間接人員包括了半導體工廠內製造部的課長（Supervisor）和經理、工程部門的製程設備工程師與經理以及設備廠商長駐協助現場設備妥善率的工程師。

### 3. 研究架構

本研究主要內容分成人力規劃決策研究架構及建立評估指標與管理機制兩大部分：

#### 3.1 人力規劃決策研究架構

本研究根據「紫式決策分析架構」(簡禎富, 民 94) 建立半導體製造廠人力規劃決策架構, 包括問題定義、利基、架構、客觀敘述、主觀衡量以及權衡與決策等六大階段如圖 2 所示, 內容分述如下：

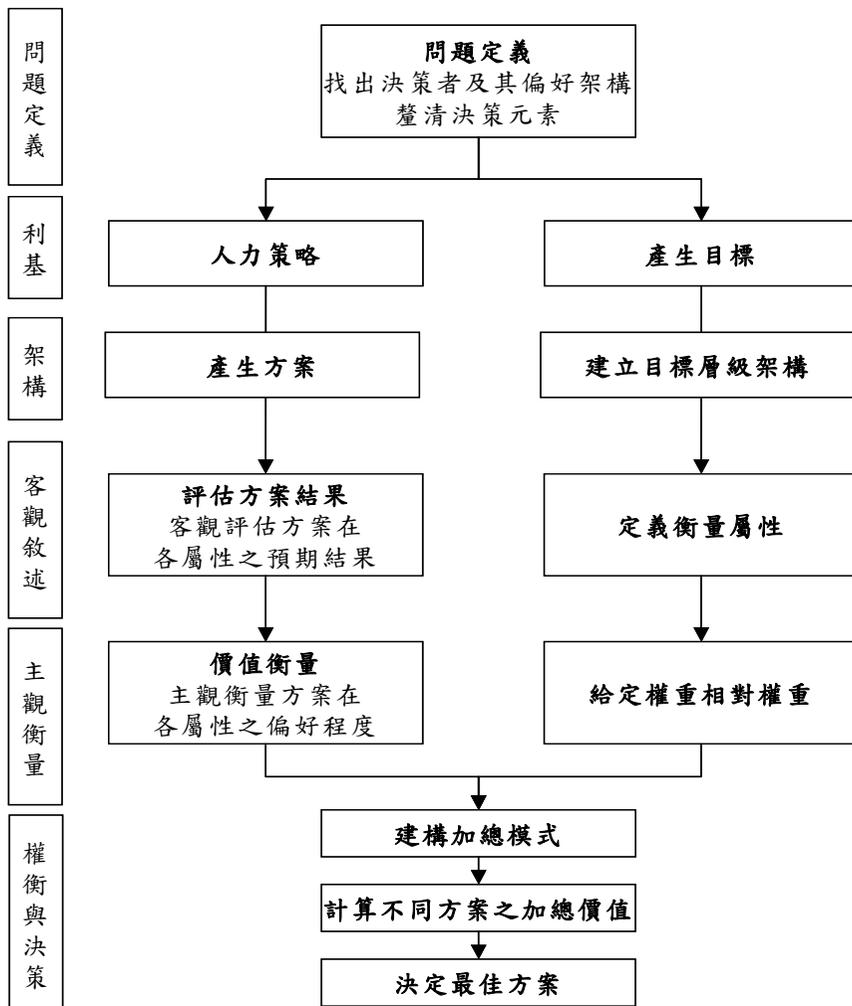


圖 2 半導體製造廠人力規劃決策架構

### 3.1.1 瞭解問題與問題定義

建立人力規劃決策模型的第一步就是要藉著釐清決策問題的構成元素來定義問題，決策元素可分為外在環境相關元素、相關的限制元素（如成本等）、決策相關的人士（如決策者、受決策影響者）以及決策定義域的元素（如目標、方案、不確定因子等）四大類。藉由決策元素檢核表（如表 1）檢視與分析決策元素，可以將一個大而複雜的決策問題有系統地進行組成元素的解構，讓決策者在進一步架構問題與評估方案前更清楚地掌握問題。

### 3.1.2 尋找利基並界定問題範圍

透過決策元素的探索可以更深入的整理探討整個決策問題的本質，並發掘決策問題的利基 (niche) 以聚焦在對的決策問題上，並界定該決策問題明確的範圍 (domain)。根據決策問題定義域，我們必須界定三項主要的決策元素：目標、方案與不確定因子；其中，目標代表著努力的方向，方案是達到目標的方法，不確定因子則是影響方案達成目標的水準與預期的成效，而本步驟主要是尋找利基並定義決策目標。本研究在定義決策目標階段會藉由相關決策主管訪談 (interview) 及焦點小組 (focus group) 討論並以 KJ 法（親和圖法）匯整。

表 1 半導體晶圓廠人力規劃決策元素檢核表

類型	決策元素	決策元素說明	檢核結果
環境趨勢	客戶	半導體營運生產相關廠處單位	V
	產業發展	半導體業知識工作者增加，工廠自動化程度不斷提昇	V
限制	執行決策的成本	人力支出預算	V
	執行決策的期限	每年第四季	V
	適用決策時機	非景氣低迷或需求硬著陸之際	V
決策關係人	決策者	執行長、營運副總及人力副總	V
	受決策影響者	工程師及現場技術員	V
	影響決策者和遊說團體	IE、工廠營運相關廠處長	V
	評估準則	每人創造的產值及產出	V
決策定義域	目標	人員生產力為業界第一名	V
	評估屬性	人員生產力(人機比、人產值及產出)	V
	不確定因子	景氣需求、產出及生產機台投資	V
	可能的結果	規劃人力過多或過少	V
	策略	兼顧工廠工作內容合理性、人員生產力提昇及與業界大廠競爭力	V
	方案	Top down、Bottom Up和Middle	V

Clemen (1996) 將目標以等級劃分為決策者最終想達到的策略目標 (strategic objectives)、反映決策者在特定決策問題所希望達成的根本目標 (fundamental objectives)、可以幫助決策者達成某些根本目標的工具目標 (means objectives)、及所有決策者在相同情況會同時考量的一般性目標 (generic objectives) 等四類；根據生產力指標相關文獻探討的結果，本研究整理半導體生產力根本目標及其定義如表 2 所示。

### 3.1.3 架構因子的影響關係

目標的架構方式包括基本目標層級(hierarchy)與工具性目標網路(network)，以利策略目標之達成 (Clemen, 1996)。由上而下的層級解構法是將綜合的策略性目標分解成低層較具可行性的次目標，藉由上而下地去解構的過程中，確保相關子目標可以完全代表該高層目標。反之，亦可由基層目標由下而上地去整合為涵蓋的綜合性目標。工具性目標是幫助決策者達成基本目標的手段，因此會交織成網路關係，如圖 3 所示。

架構目標層級之後，會以影響圖確認不確定因子與因子間之關連性，由於不確定因子主要是來自於外在環境的影響，包括新的應用如系統單晶片與 RFID 等，及新技術演進如奈米技術等。這些改變都會帶來新的商機以增加市場需求。而市場需求會影響生產機器設備的投資，因為人力的估計有部分來自機器數量，間接也會被影響；另外，經濟景氣高低或新興產業需求（如 TFT-LCD 面板業的興起）會影響工廠離職率，也需列入人力規劃的考量，以免屆時人力匱乏。

確認不確定因子才能準備配套方案，以降低可能發生的負面影響。由於在複雜的人力規劃決策中，不確定事件不只一個，要進行的決策也不只一個，因此，本研究在此階段採用影響圖 (influence diagram) 來確認有那些不確定事件與其彼此影響的關係，還有對決策的影響關係，

表 2 半導體生產力根本目標

半導體生產力指標		定義	目標
財務指標	員工純益額	平均每位員工可以為公司賺取的利潤值	極大化員工純益額
	員工銷貨額	平均每位員工為公司做了多少生意	極大化員工銷貨額
產出指標	全員生產力	每一工廠人員（包括直接與間接人員）每一工作日可以產出的晶片生產黃光製造層數	極大化員工可以產出的晶片生產黃光製造層數
	直接人員生產力	1. 每一現場直接人員每一工作日可以產出的晶片生產黃光製造層數 2. 每一工作現場直接人員(含臨時聘僱或短期契約工作人員)每一工作小時能完成的晶片生產黃光製造層數	
	間接人員生產力	工廠內每一間接人員(包括製造部課長和經理、工程部的製程設備工程師與經理以及設備廠商長駐工程師)每天能完成的晶片生產黃光製造層數	

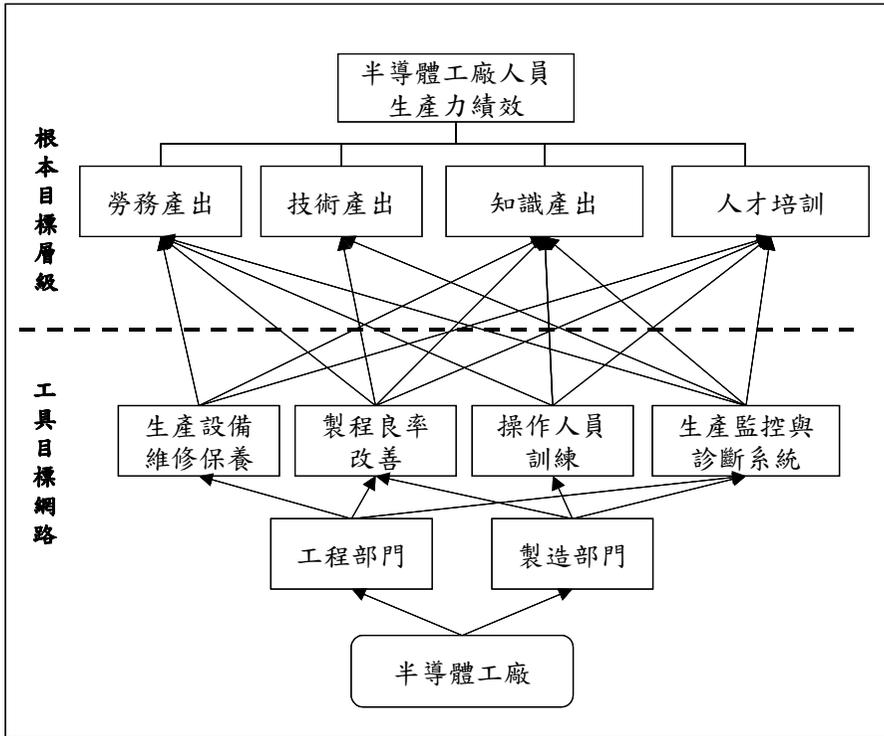


圖 3 半導體工廠人員生產力根本目標層級與工具目標網路架構

如圖 4 人力規劃因子影響示意圖；除此之外，影響圖也可以幫助我們再一次對決策元素之關連做一全面性的瞭解。

在擬定策略與方案設計方面，本研究除了採用策略產生表( strategy generation table )( Howard, 1988 )，將解決方案的構成要件解構成元素後藉著解構成元素的不同組合來產生策略方案，並透過名目群體技術( nominal group technique ) (Delbecq *et al.*, 1986)，在多次專家會議的過程中決定可行之方案集合。

### 3.1.4 感受和客觀敘述

因為人力規劃決策方案的好壞和企業營運績效有關，所以必須讓決策者用心感受方案的預期結果，為準確進行客觀敘述，必須區分在不同屬性下、不同自然狀態下的方案預期成果，才能使決策者想像置身於某決策情境中，真正清楚表達其偏好與風險態度。

本研究透過訪談廠長等領域專家及小組腦力激盪，根據投入 (Input)、過程 (Process) 及產出 (Output) 三個層面，如圖 5 所示，並依據 Keeney and Raiffa (1993) 所提出評估目標與屬性

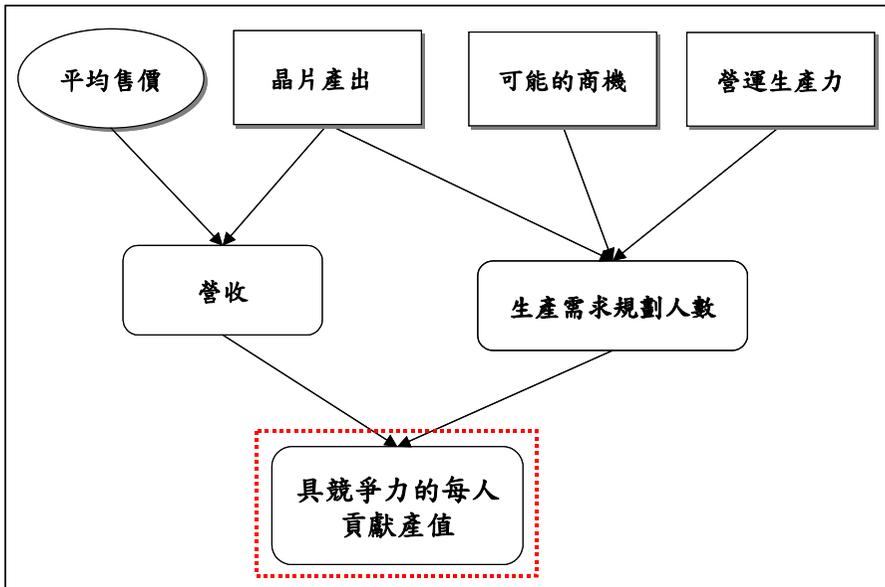


圖 4 人力規劃因子影響圖

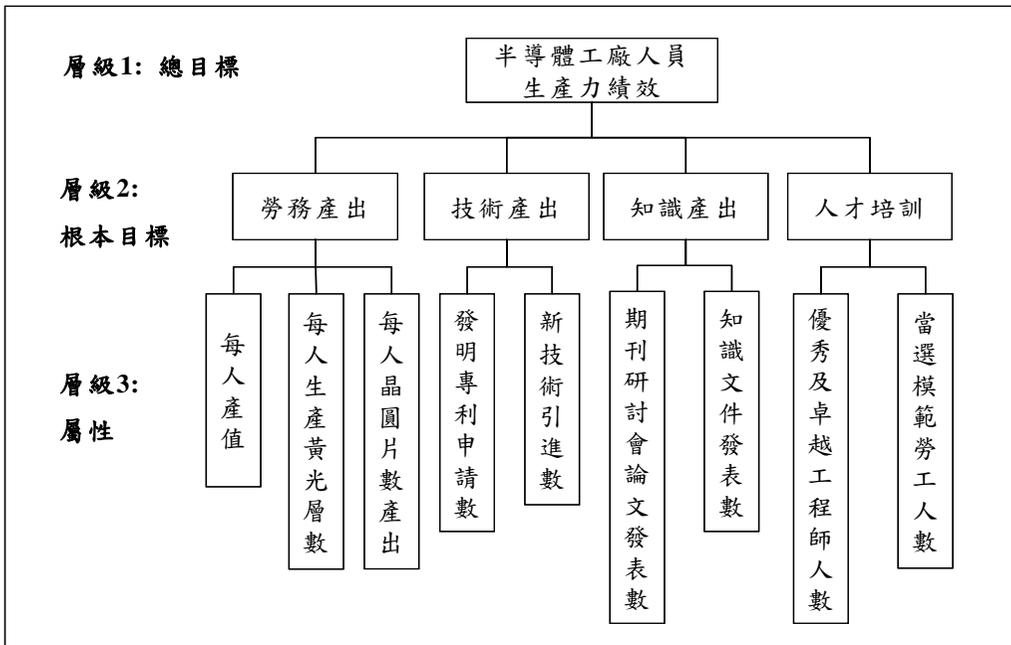


圖 5 目標層級架構與衡量屬性

集合的五個原則：完整性（complete）、可衡量性（measurable）、可解構性（decomposable）、不重複性（non-redundant）和最小性（minimal）來評估並改進所建構的人力規劃目標及衡量屬性。

接著為使決策者能清楚感受方案以預見對人力規劃可能的影響，我們建立「結果表」以匯整客觀敘述每個方案在各屬性下之預期結果，以利決策者在主觀判斷前先掌握全局。舉例而言，從層級 3 中挑選數個重要屬性，可以產生人力規劃方案結果表，如表 3 所示。

### 3.1.5 主觀衡量與綜合判斷

根據各規劃方案的客觀敘述的預期結果表，最後仍需要決策者進行主觀衡量及綜合判斷，包括決定各屬性的相對權重作為權衡的依據；由於人力規劃的各屬性之間相依性較小，因此可以採用多屬性評估模式以評估各方案對應各個屬性的價值（以  $V_i(X_{ij})$  表示），以反應決策者的偏好結構。

### 3.1.6 權衡與決策

透過本研究提出的紫式決策半導體製造廠人力規劃架構，決策者能夠依循明確的架構和步驟，選擇合適的決策方案並溝通決策的結果和依據。利用多屬性評估模式決定各方案加總後的總價值，可以得到最佳的人力規劃方案提供給決策者最參考。

## 3.2 評估指標與管理機制的建立

在人力規劃模型建立之後，接著執行年度人力績效的評估，因此需要建立人力績效評估指標與配套的管理機制。適切的評估指標不僅可以檢驗規劃模型的好壞，更可以藉由標竿學習（Benchmarking）來提昇各工廠員工的生產力；管理機制的建立則可以適時處理工廠人力患寡與患不均的急迫需求，補強人力規劃在執行上的彈性。

表 3 人力規劃方案結果表

目標/屬性	方案一	方案二	方案三	方案四
每人產值 (NT\$M)	9	9.6	8.7	9.3
每人晶圓片產出 (8 inc Wfrs)	200	220	190	210
專利申請數	25	18	26	21
優秀勞工人數	2	3	5	2

### 3.2.1 評估指標的建立

人力績效的表現情形與產生評估屬性方法相同，可利用投入（Input）、過程（Process）及產出（Output）三個層面的指標，並再度利用 Keeney and Rafiffa (1993) 所提出評估所建構的目標與屬性集合的五個原則來定義人力規劃的績效評估指標。

### 3.2.2 管理機制的建立

人力規劃的配套管理機制主要是爲了彌補在規劃時因爲資訊的不確定與執行時的落差而建立，本研究根據依據戴明循環，分規劃（Plan）、執行（Do）、檢視（Check）及改善行動（Act）四大部分，如圖 6 所示完成一個完整的循環機制以提昇決策品質，並分述如下：

- (1) 規劃（Plan）階段，人力規劃決策模型與策略目標之建立：以紫式決策分析架構產生人力規劃模型（如圖 2），同時確立策略目標及各屬性子目標以利規劃執行與改善。
- (2) 執行（Do）階段，規劃執行與彈性機制：藉由工廠人力負荷的定期監控（每月），當人力負荷超過一定值時，適當反應人力非預期性不足及廠間負荷不均的情形，採用緩衝配額（allowance）及廠間人力負荷平準（leverage）方式解決。
- (3) 檢視（Check）階段，監督目標達成績效暨內外部標竿學習：在績效指標的定期檢視下，及早發現單廠人力績效的偏差並予以警示以利改善，另外，藉由標竿學習（Benchmarking）來提昇工廠員工的生產力績效指標。

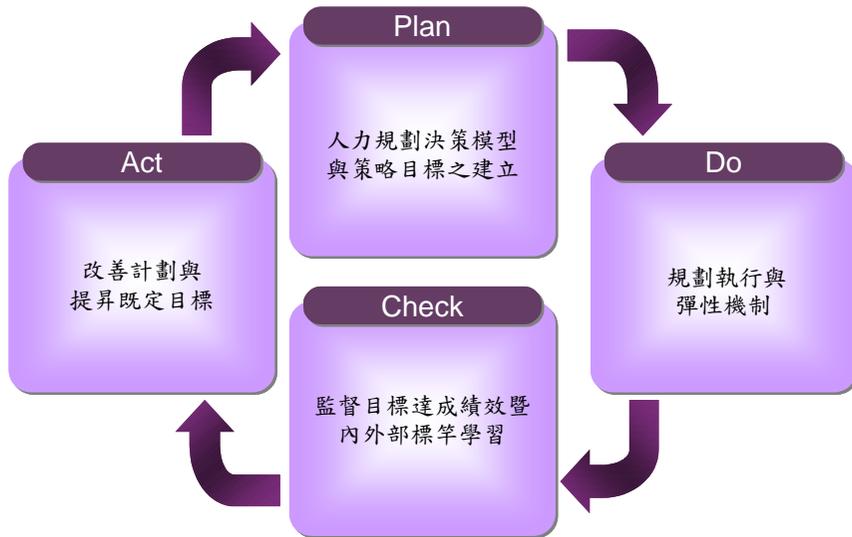


圖 6 人力規劃之 PDCA 配套管理機制

(4) 改善行動 (Act) 階段，改善計劃與提昇既定目標：透過績效指標的定期檢視與標竿學習，驅使各廠擬定改善計劃以追求廠際最佳標竿，提昇員工生產力，作為下一次人力規劃的基礎值。

透過本研究所發展的人力規劃決策模式與配套管理機制及 PDCA 循環，可以不斷提昇員工生產力，不僅可以將人力做最有效的運用以精實生產 (lean production)，更可驅動工廠員工對工作流程及做事方法尋求更有效率的改善之道以追求創新，追求卓越。

## 4. 半導體工廠人力規劃決策模型實證

本研究以某半導體公司為實例，依據圖 2 所示的人力規劃紫式決策分析架構，藉由決策元素的釐清、影響因子的解構、決策目標的定義及預期結果的客觀敘述，以及決策者的權衡與判斷等完整決策過程來決定最適方案。本研究資料為保障產學合作研究個案公司之營業機密，研究資料及指標已作必要之修正，然並不影響本研究之效度。

### 4.1 問題分析

根據表 1 決策元素檢核表的檢核結果，此實例中人力規劃所面臨的決策問題主要有下列二項：

(1) 人力估計影響因子眾多，無法合理反應工廠真正的人力需求：

晶圓工廠的人力組成主要分為兩類：直接人員與間接人員。直接人員就是生產線上的操作技術員，工作執掌是負責操作生產機台及上下貨批，工時固定且工作內容重複性高，其人力規劃多是根據產出預測與生產機台的數量來決定，但是，直接人員還包括了一些生產機台因子不相關的搬運員、訓練員及生產進度管制員等，這些人力是否需精確估算及如何估算會是一大問題。

間接人員主要是工程人員，包括設備工程師、製程工程師與製程整合工程師，當然還有生產線管理幹部。間接人員的人力需求評估較為複雜，因其工作內容並非常態，舉例來說，設備工程師及製程工程師大部分是根據機台的運轉狀況隨機處理機器及產品的突發狀況，產量的增加會使的需要支援的人力增加，但也不是呈現絕對的線性關係；再者，產品的複雜度也會影響其人力投入的多寡，高階產品貨產品種類多所需挹注的人力就會較多。而製程整合工程師則是肩負工程技術良率改善及客戶產品服務的雙重任務，在文獻上甚少見到其最適人力預測及規劃的研究，如何合理估算這些工程人員的人力需求將是一大挑戰。

(2) 參與決策的各決策者對人力規劃方案的偏好程度不一致：

參與人力決策的高階主管由於立場不同，其偏好也不一致，舉例來說，營運副總肩負生產出貨之重要任務，其關心重點會放在是否根據工廠產出計劃及工作內容合理估計工廠的人力需

求；人力副總則會要求加入招募與訓練的前置時程因子與景氣下滑後人力過剩的風險控管機制；總經理則是會關注景氣的變化、與世界各半導體大廠生產力的比較以及生產力提昇的機制；因此，要將各決策者的偏好因子皆放進人力規劃模型考量誠屬不易。

## 4.2 間接人員實證方案

由於直接人員之人力需求較容易由所從事工作分析與產出來做衡量，所以本研究將著重於間接人員人力估算，尤其是著重於與作業直接相關之人力如設備製程與整合工程師，因此在衡量屬上以勞務支出目標為主。整個研究已於某年第 2 季取得實證公司主管的認同並於第 4 季完成實證，最後的方案在經過多屬性評估方法 SMART-ROC 評估之後，其結果如表 4 所示。

而取得工廠共識並獲實證研究公司營運主管認同之全方位考量人力規劃決策的架構主要包括三大部分，如圖 7 所示：

- (1) 高階主管的“Top-down”決策觀點：從財務指標（例如每人能為公司創造的營收）及策略性考量來決定人力，以保持生產競爭力；
- (2) 營運主管的“Bottom-up”估計觀點：真正以貼近工廠實際作業模式的方法，根據營運目標來估計人力需求，以兼顧合理性；
- (3) 規劃單位的“Middle-in”改善觀點：從廠際的績效指標標竿學習著手，找出工廠生產力提昇的契機，不斷地驅使工廠進行改善，以利精實生產（lean production），保持世界級的生產力優勢。

在此針對間接人員部份其四大組成（設備工程師、製程整合工程師、製程工程師、製造部生產線課長）分述其模式架構及影響因子如下：

### (1) 設備工程師：

首先分析其行為模式，得知其日常工作主要為例行性保養 PM (Periodically Maintenance) 與故障排除 TS (Trouble Shooting)，此類行為與機台的數量，複雜度，維修難易度等相關度較高，故

表 4 採 SMART-ROC 法方案加權價值結果表

價值		全方位考量人力模型	純財務面之估計模型	簡易人機比之估計模型
每人產值 (NT\$M)	權重 $w_{1=11/18}$	22.6	22.6	20.8
每人黃光層數產出 (K Photo Layers)	權重 $w_{2=5/18}$	5.8	5.6	4.4
每人晶圓片產出 (8" WFRS)	權重 $w_{3=2/18}$	130.0	127.8	118.9
加權價值		158.4	155.9	144.1

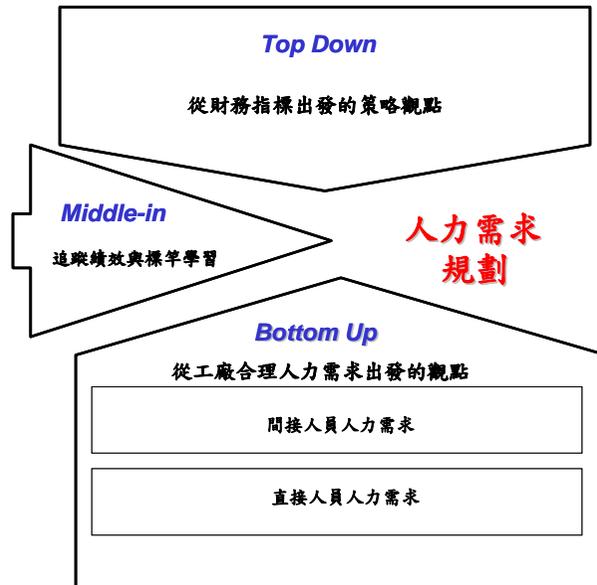


圖 7 人力規劃決策的概念架構

採用人機比 MMR (Man-Machine Ratio) 為基礎，而其他非例行工作（如推行節省成本專案等），則搭配 ABH (Activity Based Headcount) 做驗證並依工作優先順序進行篩選完成了合理性的人力估算，最後再經由財務及產出指標（每人可貢獻的營業額及產出）判斷其競爭力決定其最終的人力需求。

$$\text{設備工程師人力需求} = \text{主機台數} * \text{主機台人機比} + \text{量測機台數} * \text{量測機台人機比} + \text{專案支援需求人數。}$$

(2) 製程整合工程師：

對於製程整合工程師的人力需求模式，過去在欠缺較具體化的模式下，只能透過各廠自行編列其組織例行生產線維持工作（如：良率改善等）及新產品需求後，再進行各廠比較。本研究則透過要因分析，首先尋找出製程整合工程師其業務主要三大要因：產品引進及推行的複雜度，產量的多寡，客戶服務的數量及其重要性，再依其不同要因的屬性給與不同的權重，得出其人力需求。

$$\text{製程整合工程師人力需求} = \text{客戶服務困難度權重比例} * \text{生產線維持製程整合工程師人力基準} * \text{產品複雜度及產量的權重比例} + \text{專案支援需求人數。}$$

(3) 製程工程師：

首先將製程工程師分為兩個部分：生產線維持製程工程師及專案支援工程師；生產線維持的

計算運用 per-K 人力的原理 (亦即每增加 1K 產能, 需增加多少的製程工程師人力), 依不同生產區域、不同製程、不同的功能屬性、不同成熟度來作分類, 隨著產能假設的給定來推算出所需的生產線維持製程工程師需求如圖 8 所示。

至於專案支援製程工程師則是先依據年度規劃專案數提出人力需求後, 再由主管專案的最高長官來衡量是否需作調整, 最後再經由財務及產出指標 (每人可貢獻的營業額及產出) 判斷其競爭力決定其最終的人力需求, 模型流程如圖 9。

透過本研究所發展的製程工程師人力決策模型, 可將生產線維持及專案支援兩部分做區隔, 關於生產線維持的部分將產品複雜度、成熟度的因素考量進去, 針對先進製程或新製程可給予更多的人力, 以符合實際的生產狀況, 至於專案支援的部分依需求來推算人力, 使整個製程工程師的人力需求更合理化、更有可行性。

(4) 製造課長：

在製造課長的部分同樣可藉由 “Top-down”, “Bottom-up” 方法來建構出一套兼具合理性及有競爭力的人力計劃, 在 “Top-down” 的部分從高階主管重視財務角度出發, 使用每位製造部工程師可貢獻的淨利 (Net sales/IDL) 或是可貢獻的產出 (Output/IDL) 來評估人需求。

而 “Bottom-up” 的方式則將製造部工程師分為兩個部分：與直接人員相關的課長、專職訓練的工程師人數或是與產出相關的生產規劃師、CIM 與 AMHS 工程師；依最終直接人員的需求及產出的假設下推算出所需的製造部工程師人力需求, 決策模型架構如圖 10 所示。

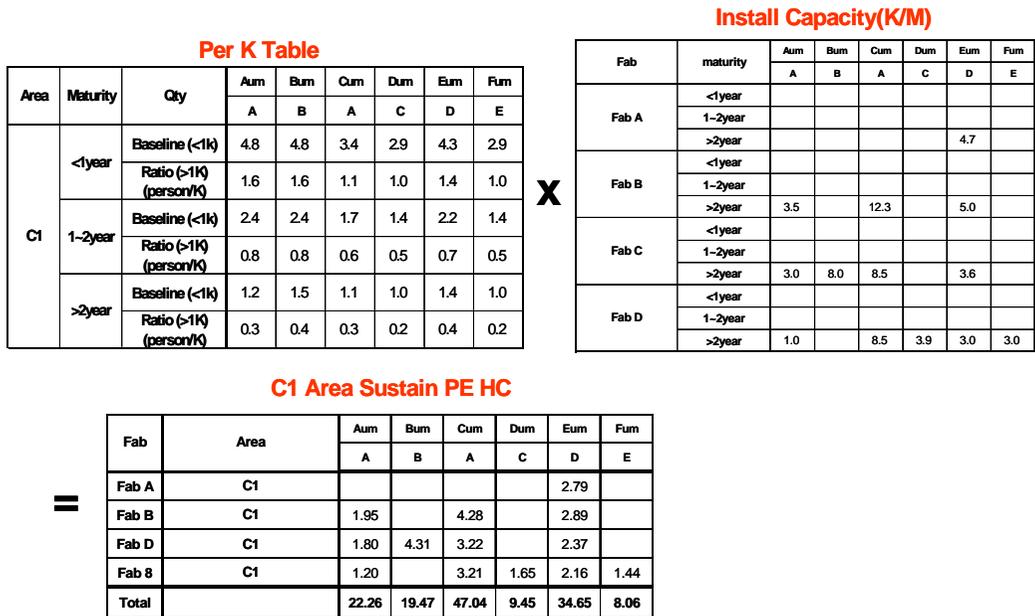


圖 8 生產線維持製程工程師估算原理示意

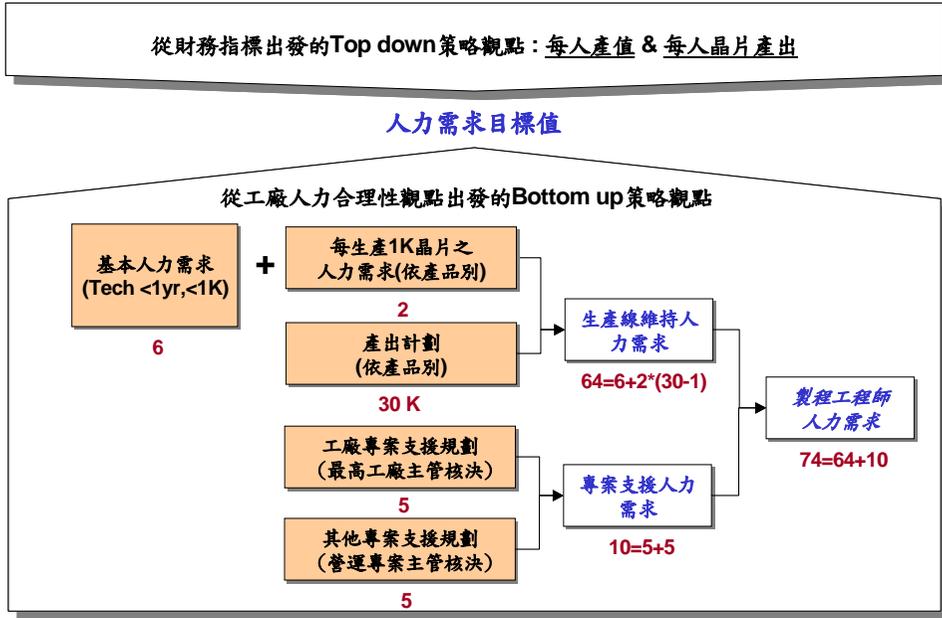


圖 9 製程工程師人力決策模型示意圖

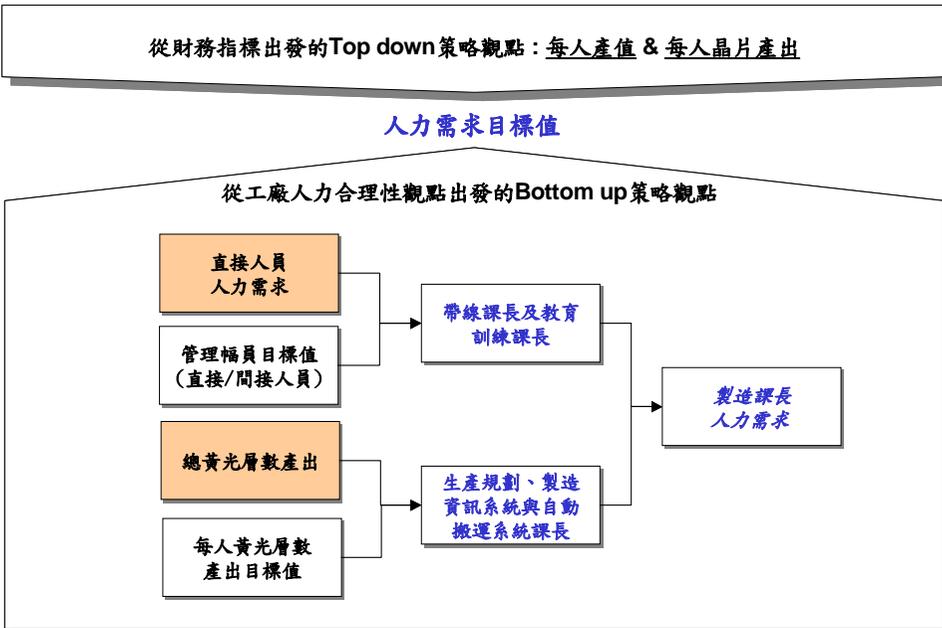


圖 10 製造課長人力決策模型架構

## 5. 人力規劃評估指標與管理機制的建立

雖然有了人力規劃決策模型來決定年度的人力計劃，但由於需求及人員離職的不確定因素會造成廠間人力的短少及負荷的不均，加上公司追求卓越的政策使然，相關配套的管理指標與機制更是解決人力患寡患不均及提昇人員生產力與競爭力不可或缺的一環。

### 5.1 人員生產力績效評估指標之訂定

經過高階主管及相關專家之訪談，並依據 Keeney and Raiffa (1993) 所提出評估所建構的目標與屬性集合的五個原則，定義出人力規劃的績效評估指標如下：

- (1) 綜效指標：間接人員包括每人產值(營收/人數)、每人產出(黃光層數產出或晶圓產出/人數)；直接人員則是每人創造的貨批產出。
- (2) 細項指標：
  - 1) 設備工程師：人機比及外包人數比例；
  - 2) 製程整合工程師：每人服務客戶數、每人貢獻之黃光層數產出及支援專案人數比例；
  - 3) 製程工程師：每人貢獻之黃光層數產出及支援專案人數比例；
  - 4) 製造部課長：每人管理直接人員人數及非生產線課長每人貢獻之黃光層數產出；
  - 5) 直接人員：每人主機台貨批產出、每人量測機台貨批產出、組長管理人數及生產線與非生產線人數比。

### 5.2 人力規劃管理機制

人力規劃的管理機制，如圖 11 所示分為三大部分，包括兼具合理性與競爭力的人力規劃、彈性調配機制與分析改善契機，分述如下：

- (1) 兼具合理性與競爭力的人力規劃：

利用前述整合工廠人力實際需求及考慮決策整偏好與競爭力，規劃年度營運人力需求。

- (2) 彈性調配機制以平均工作負荷：

根據短期實際出貨需求預測及人力浮動情形，每一季進行廠間人員彈性調配或以契約工輔助生產。

- (3) 分析改善契機以提昇員工生產力：

藉由每月廠間績效指標的比較，利用敏感度分析工具，如龍捲風圖(簡禎富，民 94)等，找出可能改善的機會點，以利工程提昇人員生產力。

以設備工程師為例，例行性保養與故障排除時間的改善是提昇期生產力的主要方向，先預設生產力提昇目標為 3%，可建立龍捲風圖如圖 12 所示。我們可以進行工作抽樣或是回收問卷以進行動作時間分析，將各項設備工程師的活動依花費時間比例由上到下排序，設定為我們人

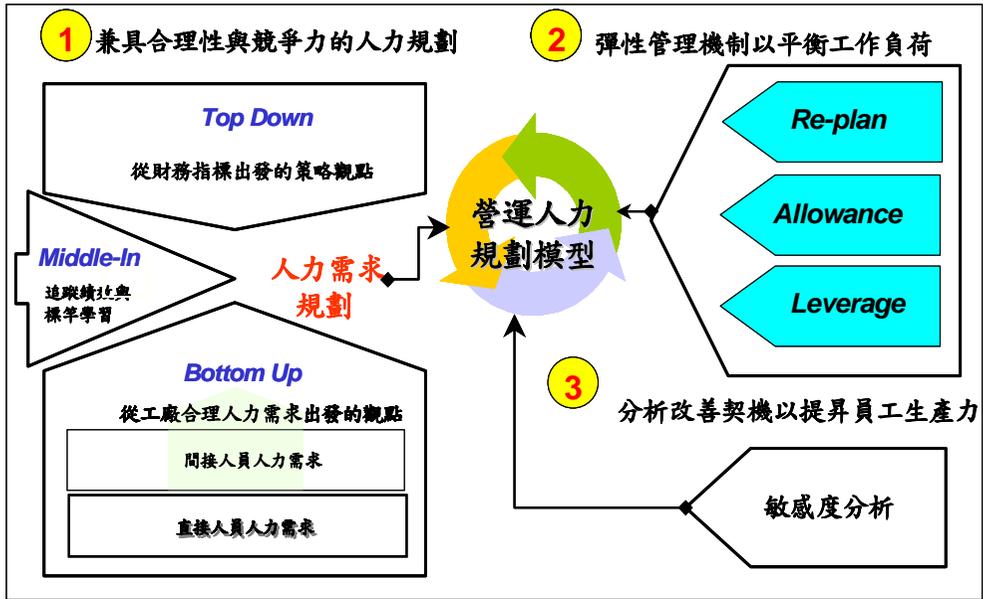


圖 11 半導體晶圓代工廠人規劃管理機

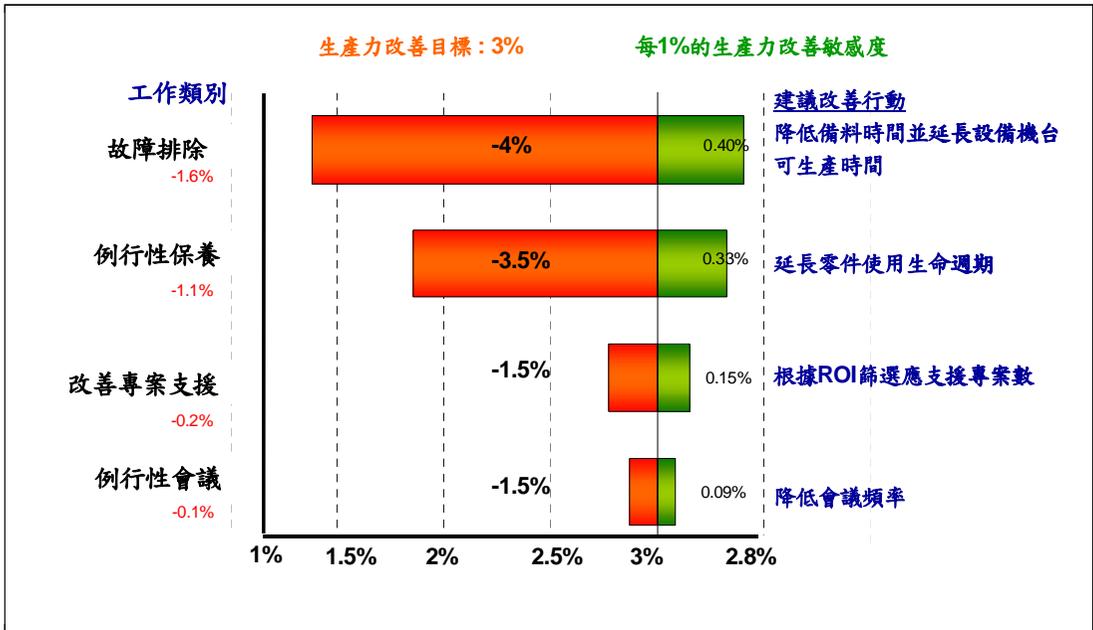


圖 12 設備工程師人力改善之龍捲風圖

員生產力的改善目標，如圖 12 中左半部的故障排除(40%)、例行性保養(35%)、專案支援(15%)以及固定會議(15%)的時間改善是預期提昇期生產力的主要方向，接著，由敏感度分析可知每減少 1%的故障排除、例行性保養、專案支援以及固定會議的時間可以減輕設備工程師的工作負荷依序為 0.4%、0.33%、0.15%及 0.09%，如圖 12 右半部所示。

因此，為了達成 3%精進生產力改善目標，將左半部活動預計改善的時間按比例權重分配，由上而下依序對應右半部的改善比例，可求得只要能減少 4%故障排除、3.5%例行性保養、1.5%專案支援以及 1.5%固定會議的時間，我們即可成功達成目標。至於建議改善行動經與工程部人員討論後，對圖 12 左半部預改善項目明列於龍捲風圖右側，可逐項展開計劃並追蹤成效。

本研究依據 PDCA 戴明循環建立了計劃、執行檢核及行動的標準流程以利人力規劃決策的後續執行追蹤，如圖 13 所示，從年度高階主管決策後的人力計劃開始，配合生產力績效追蹤及生產負荷監控，於年間進行人力彈性調整及廠際支援來平均負荷，最後根據標竿學習及敏感度分析改善建議，驅動工廠員工對工作流程及事務方法尋求更有效率的改善之道以提昇工廠營運效率及員工生產力。

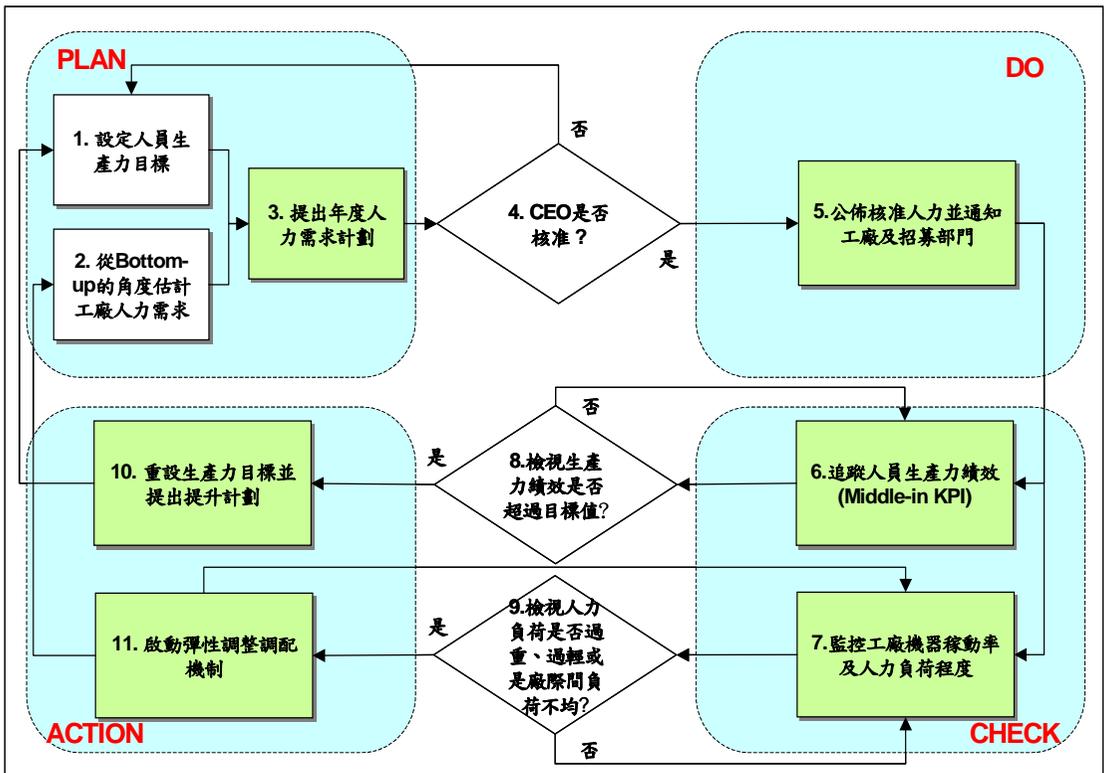


圖 13 人力規劃 PDCA 管理標準流程

## 6. 結論

人是知識經濟時代最寶貴的資產，但也是最難規劃與管理的一環，本研究整合決策分析及相關理論與方法，建構出一套兼具半導體晶圓工廠人力規劃合理性、員工生產力及公司競爭力的人力規劃決策模型與配套管理機制，不僅在規劃上可以輔助高階主管從不同角度切入進行人力決策的參考，實際執行面上也能解決瞬間人力短缺及廠間負荷不均的問題，不僅可以將人力做最有效的運用以精實生產，更可驅動工廠員工對工作流程及事務方法尋求更有效率的改善之道，以提昇工廠營運效率及員工生產力。

本研究也在基本人力估計模型中首次建構依據工作模式所發展的製程整合工程師人力估計模型，以較精確的模式解決了過去一直困擾估算及工廠相關單位的難題，也呼應上層主管從營運與財務觀點上對合理人力需求的期許。再者，生產力績效追蹤及標竿學習持續提昇員工生產力以精實生產，是因應未來半導體公司全面實施員工分紅費用化後，節省人力成本上的可行方向之一。

由於各種產業的景氣循環及工廠人員行為模式不盡相同，其人力規劃需求的方式就會有所不同。本研究之人力規劃決策模型應用以半導體工廠為主，且適用於輔助景氣持平或熱絡時的人力決策，文中數值模型內呈現的數字均已在不影響計算結果下經過線性轉換，以保障案例公司之智慧財產權。

## 參考文獻

- 主計處，「產值生產力統計與產量生產力統計」，薪資與生產力統計月報，中華民國統計資訊網主計處統計專區 <http://www.stat.gov.tw>，民國 91 年。
- 毛治國，決策，台北：天下出版社，民國 92 年。
- 孫仲山、陳芳慶，人力需求評估，高雄：復文圖書，民國 95 年。
- 鄧聚龍、郭洪，灰預測原理與應用，台北：全華科技出版社，民國 85 年。
- 簡禎富、林鼎浩、彭誠湧、徐紹鐘，「建構半導體晶圓允收測試資料挖礦架構及其實證研究」，工業工程學刊，第十八卷第四期，民國 90 年，37-48 頁。
- 簡禎富、蕭禮明、王興仁，「建構半導體製造管理目標層級架構與製造資料之資料挖礦」，工業工程學刊，第廿一卷第四期，民國 93 年，313-327 頁。
- 簡禎富、王興仁、陳麗妃，「利用資料挖礦提升半導體廠製造技術員人力資源管理品質」，品質學報，第十二卷第一期，民國 94 年，9-28 頁。
- 簡禎富，決策分析與管理，台北：雙葉書廊，民國 94 年。

- Berry, M. J. and Linoff, G., *Data Mining Techniques: For Marketing, Sales, and Customer Support*, NY: John Wiley & Sons, Inc., 1997.
- Clemen, R. T., *Making Hard Decision*, 2nd ed., CA : Duxbury Press, Belmont, 1996.
- Chien, C.-F. and Chen, L.-F., "Using Rough Set Theory to Recruit and Retain High-potential Talents for Semiconductor Manufacturing," *IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing*, Vol. 20, No. 4, 2007, pp. 528-541.
- Chien, C.-F. and Hsu, C., "A Novel Method for Determining Machine Subgroups and Backups with An Empirical Study for Semiconductor Manufacturing," *Journal of Intelligent Manufacturing*, Vol. 17, 2006, pp. 429-440.
- Chien, C.-F., Chen, H., Wu, J., and Hu, C., "Construct the OGE for Promoting Tool Group Productivity in Semiconductor Manufacturing," *International Journal of Production Research*, Vol. 45, No. 3, 2007a, pp. 509-524.
- Chien, C.-F., Wang, H.-J., and Wang, M., "A UNISON Framework for Analyzing Alternative Strategies of IC Final Testing for Enhancing Overall Operational Effectiveness", *International Journal of Production Economics*, Vol. 107, No. 1, 2007b, pp. 20-30.
- Delbecq, A. L., Van de Ven, A. H., and Gustafson, D. H., *Group Techniques for Program Planning*, Middleton, WI: Green Briar Press, 1986.
- Fayyad, U., Piatetsky-Shapiro, G., and Smyth, P., "The KDD Process for Extracting Useful Knowledge from Volumes of Data," *Communications of the ACM*, Vol. 39, 1996, pp. 27-34.
- Howard, R., "Decision Analysis: Practice and Promise," *Management Science*, Vol. 34, No. 6, 1988, pp. 679-695.
- Keeney, R. L. and Raiffa, H., *Decision with Multiple Objectives: Preference and Value Tradeoffs*, New York: Cambridge University Press, 1993.
- Leachman, R. C. and Hodges, D. A., "Benchmarking Semiconductor Manufacturing", *IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing*, Vol. 9, No. 2, 1996, pp. 158-169.
- Leachman, R., Ding, S., and Chien, C.-F., "Economic Efficiency Analysis of Wafer Fabrication," *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, Vol. 4, No. 4, 2007, pp. 501-512.
- Pyle, D., *Data Preparation for Data Mining*, San Francisco, CA: Morgan Kaufmann, 1999.
- Simon, H. A., *Administrative behavior*, 4th ed., New York: Free Press, 1997.
- Wu, J.-Z. and Chien, C.-F., "Modeling Strategic Semiconductor Assembly Outsourcing Decisions based on Empirical Settings," *OR Spectrum*, Vol. 30, No. 3, 2008, pp. 401-430.