

明新科技大學 校內專題研究計畫成果報告

半導體製造廠優序法則動態評估模式之建構
The Construction of Dynamic Prioriting Rules Assessment
Model for Wafer Fabrication

計畫類別：任務型計畫 整合型計畫 個人計畫

計畫編號：

執行期間：97年 3 月 1 日至97年 9 月 30 日

計畫主持人：林於杏

共同主持人：

計畫參與人員：林長廷、李逸琦、黃慧珠、江承澤

處理方式：公開於校網頁

執行單位：工業工程與管理系

中 華 民 國 九 十 七 年 九 月 八 日

中文摘要

半導體製造是資本密集、製程複雜之高科技產業，因此半導體製造廠大都以生產派工法做為達成生產目標的重要手段。目前常見之生產派工方法大都是針對單一生產目標而設計，較少同時考慮到其他生產目標的達成；除此之外，各生產目標間甚至存在互相衝突的情形，再加上生產績效目標會因產線狀況及外在需求而有所變動，因此，有必要釐清在不同的內外因素改變下所造成之生產特徵、及特定生產特徵與生產績效目標之關連性及其影響程度。本計畫及基於前述概念，在反映諸多改變因素下，探討考慮生產特徵之多目標派工法則評估架構，透過選取適當之派工法則達成既定之生產目標。本研究分兩年進行；第一年利用模糊德菲專家問卷分析及歸納生產特徵及相關之生產績效目標；第二年則利用第一年之成果(如生產相關特徵及生產績效目標等)建構『分析網路程序法』之派工法則評估模式，依據現場各項生產特徵(如瓶頸機台利用率等)，探討多種生產績效目標間之關係，及生產績效目標與生產派工法則之間相關性。本研究之『派工法則動態評選模式』提供一個考量環境變化、生產特徵及生產目標調整之現場派工法則分析模式，將有效的對半導體廠內之生產派工問題予以結構化分析，作為半導體製造生產控制人員決策之依據，提高派工決策之效能及品質。

關鍵字：半導體製造、派工法則、生產目標、模糊德菲法、分析網路程序法

英文摘要

Most of the semiconductor manufacturers resort to production dispatching as a means to enhancing production efficiency. Commonly used dispatching methods are designed to meet a specific production objective; few methods take multiple or even conflicting performance indicators into account. How to verify the rules of various dispatching methods and their impacts on the production objectives should be clarified. However performance objective frequently change with variances of shop floor and outside demands. It's necessary to list some important symptoms in production that caused by internal and external varying factors, to detect the related production objectives and to find out the relationships between production symptoms and production objectives. This two-year period project tries to link the above mentioned factors and applying ANP model to dynamically evaluate dispatching rules for semiconductor manufacturing. In the first year, the production symptoms and corresponding production objectives will be conducted in a deeply questionnaire survey by utilizing the Fuzzy Delphi method. In the second year, using the outputs of the first year research and applying Analytical Network Process (ANP) method to construct a dispatching rules evaluation model to explore the relationship among various performance indicators and dispatching rules. The ANP-based dispatching rule evaluation model can surely serves as an analytical architecture for decision making to dynamically evaluate dispatching rules for multiple performance indicators in the future.

Keywords: Semiconductor manufacturing, Dispatching rules, Production objectives, Fuzzy Delphi method, Analytical network process

目 錄

| | |
|-----------------------|-----|
| 中文摘要..... | I |
| 英文摘要..... | II |
| 目 錄..... | III |
| 表目錄..... | V |
| 圖目錄..... | VII |
| 第一章 緒論..... | 1 |
| 1.1 研究背景與動機..... | 1 |
| 1.2 研究目的..... | 3 |
| 1.3 研究範圍與限制..... | 3 |
| 第二章 文獻探討..... | 5 |
| 2.1 派工法則..... | 5 |
| 2.2 生產績效指標..... | 11 |
| 2.3 生產特徵因素..... | 16 |
| 2.4 綜合分析與討論..... | 18 |
| 第三章 研究方法..... | 20 |
| 3.1 ANP 理論概述..... | 20 |
| 3.2 ANP 決策流程..... | 24 |
| 3.2.1 ANP 法之流程步驟..... | 24 |
| 3.3 ANP 派工法則評估模式..... | 30 |
| 第四章 實證研究與分析..... | 37 |
| 4.1 專家問卷調查..... | 37 |
| 4.1.1 問卷設計..... | 37 |
| 4.1.2 問卷調查..... | 38 |
| 4.1.3 問卷效度..... | 39 |

| | |
|-----------------------------|----|
| 4.2 模式決策評估..... | 39 |
| 4.2.1 準則、方案之成對比較與一致性檢定..... | 40 |
| 4.2.2 超矩陣..... | 52 |
| 4.2.3 最適可行方案之選擇..... | 56 |
| 4.3 準則權重分析..... | 58 |
| 4.4 綜合討論..... | 61 |
| 第五章 結論與建議..... | 64 |
| 5.1 研究結論..... | 64 |
| 5.2 研究建議..... | 65 |
| 參考文獻..... | 67 |

表目錄

| | |
|---|----|
| 表 2.1 派工法則之類型 | 6 |
| 表 2.1 派工法則之類型 (續) | 7 |
| 表 2.2 傳統常見之派工法則文獻..... | 8 |
| 表 2.3 晶圓製造常見派工法則文獻..... | 9 |
| 表 2.3 晶圓製造常見派工法則文獻 (續) | 10 |
| 表 2.4 生產績效指標分類文獻..... | 12 |
| 表 2.4 生產績效指標分類文獻 (續) | 13 |
| 表 2.5 與產品相關之生產控制指標 | 14 |
| 表 2.6 與設備相關之生產控制指標 | 15 |
| 表 3.1 ANP 相關文獻..... | 22 |
| 表 3.1 ANP 相關文獻 (續) | 23 |
| 表 3.2 隨機指標 (R.I.) 表..... | 28 |
| 表 3.3 不同派工法則之考慮因子..... | 33 |
| 表 4.1 9 等級評估尺度意義及說明..... | 38 |
| 表 4.2 在『最佳之整廠生產績效』目標下，生產績效指標的成對比較表 ... | 40 |
| 表 4.3 在『較短週期時間』準則下，其他生產績效指標的成對比較表 | 41 |
| 表 4.4 在『高系統產出量』準則下，其他生產績效指標的成對比較表 | 41 |
| 表 4.5 在『低在製品水準』準則下，其他生產績效指標的成對比較表 | 42 |
| 表 4.6 在『高設備效率』準則下，其他生產績效指標的成對比較表 | 42 |
| 表 4.7 在『較短週期時間』準則下，生產績效之因素的成對比較表 | 43 |
| 表 4.8 在『高系統產出量』準則下，生產績效之因素的成對比較表 | 44 |
| 表 4.9 在『低在製品水準』準則下，生產績效之因素的成對比較表 | 44 |
| 表 4.10 在『高設備效率』準則下，生產績效之因素的成對比較表 | 45 |
| 表 4.11 在『較佳產品組合』因素下，其他生產績效之因素的成對比較表 .. | 46 |

| | | |
|--------|------------------------------|----|
| 表 4.12 | 在『發生緊急訂單』因素下，其他生產績效之因素的成對比較表 | 46 |
| 表 4.13 | 在『適當批次大小』因素下，其他生產績效之因素的成對比較表 | 47 |
| 表 4.14 | 在『滿足交期』因素下，其他生產績效之因素的成對比較表 | 47 |
| 表 4.15 | 在『發生機台當機』因素下，其他生產績效之因素的成對比較表 | 48 |
| 表 4.16 | 在『較佳產品組合比例』因素下，派工方法的成對比較表 | 49 |
| 表 4.17 | 在『發生緊急訂單』因素下，派工方法的成對比較表 | 50 |
| 表 4.18 | 在『適當批次大小』因素下，派工方法的成對比較表 | 50 |
| 表 4.19 | 在『滿足交期』因素下，派工方法的成對比較表 | 51 |
| 表 4.20 | 在『發生機台當機』因素下，派工方法的成對比較表 | 51 |
| 表 4.21 | 未加權超矩陣 M | 53 |
| 表 4.22 | 加權超矩陣 M' | 54 |
| 表 4.23 | 極限化超矩陣 M'' | 55 |
| 表 4.24 | 派工方法之綜合期望指標 (DI) | 56 |
| 表 4.25 | 各派工方法之期望指標排序 | 57 |
| 表 4.26 | 生產績效指標權重分析 | 58 |
| 表 4.27 | 生產特徵因素權重分析 | 60 |

圖目錄

| | |
|---|----|
| 圖 1.1 晶圓製造廠生產活動控制之範疇架構 | 4 |
| 圖 2.1 晶圓製造廠之生產績效衡量指標圖 | 13 |
| 圖 2.2 影響生產週期時間的系統組成因子 | 17 |
| 圖 3.1 第三章各章節之關連性..... | 20 |
| 圖 3.2 ANP 之結構關係示意圖 | 21 |
| 圖 3.3 ANP 法之問題架構示意圖 | 22 |
| 圖 3.4 ANP 網路層級評估模式架構圖 | 25 |
| 圖 3.5 外部及內部關係之成對比較示意圖..... | 27 |
| 圖 3.6 ANP 派工法則評估模式..... | 33 |
| 圖 3.7 生產績效指標（主要準則）間之相依關係圖..... | 34 |
| 圖 3.8 影響生產績效之因素（次要準則）間之相依關係圖..... | 34 |
| 圖 4.1 Super Decision 中的 ANP 派工法則評估模式 | 40 |
| 圖 4.2 各相對權重矩陣在超矩陣中的相對位置圖..... | 52 |
| 圖 4.3 Super Decision 中 ANP 派工法則評估模式之各派工方法期望指標 . | 57 |
| 圖 4.4 生產績效指標之專家共識度..... | 59 |
| 圖 4.5 生產特徵因素之專家共識度..... | 61 |

第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

半導體產業為目前台灣高科技產業的主流，而晶圓製造為其中最具有競爭力的一環。晶圓製造具備資本密集、製程複雜度高等特性，也因晶圓製造相當繁雜且重複性相當的高，一般大都需要數百道以上的製程，生產週期時間（Cycle Time）需要兩至三個月，再加上製程具有回流加工（Reentrant Process）及產品等候時限（Queue Time Limitation）等限制，使得生產排程與派工的困難大幅增加，容易產生交期不準、在製品存量過高、生產週期時間過長等現象[3]。

對晶圓製造業而言，生產的彈性及穩定的高良率是競爭優勢之所在，為維持這兩項核心能力，企業必須持續改進製程以提高生產績效。Uzsoy [58]等人曾指出在半導體製程中，由於具有生產週期時間長、設備多樣化、機台不定時當機、良率不穩定、大量資料蒐集與維護等特性，使得生產規劃及排程變得相當困難，也使得生產績效的提升面臨了瓶頸。

由於晶圓製程高度複雜性與機台設備昂貴，一般傳統生管人員皆以提高機台利用率，追求系統最大產出為生產目標；其作法不外大量投料，以提高機台的稼動率。然而，此舉往往造成瓶頸機台（或限制資源）被過度使用，不但不能增加系統的產出，反而將使現場的在製品量激增，生產週期時間被拉長；過長的產品生產週期時間，會使晶圓暴露在空氣中的時間相對地增加，造成晶圓上化學物質的污染，使產品的良率降低、影響有效產出。

生產系統中存在許多干擾，如機台當機、緊急插單、物料短缺、晶圓重加工、作業員操作不當等。這些現象可能直接或間接影響生產績效；例如，機台當機可能造成在製品水準的增高，使得生產週期時間變長，甚至影響系統產出；又如投料時，產品組合的改變將可能造成瓶頸機台的漂移。因此，在面對市場競爭時，各晶圓廠莫不致力於各種控制策略的考量與評估，以了解並分析各種生產現象（特徵）對生產系統所造成的變異，以構建一個穩健的生產環境，使得生產績效

的波動較不易受到各種不同情境轉變下所帶來的衝擊。

除了生產特徵因素的影響外，各種生產績效指標的變化狀況往往也很複雜，Koriyama [40]等人認為在晶圓製造中，總產出、良率、生產週期時間、在製品量、都是生管人員關心的重點，但這些績效指標之間卻可能存在著相互關聯性。例如當前一期的在製品升高，極可能造成下一期的生產週期時間變長，若未能通盤考量各種績效表現，各部門在本位主義下，極可能做出反功能性決策。此外，不同部門、不同層級的生產管理者，對於績效指標會有不同的關注焦點，因此在績效衡量上必須多加考量多項生產績效指標之表現。而今日的績效表現也可能與過去的現場生產環境有關，例如某前幾期的某機台當機，導致在製品增高，使得這期的生產週期時間變長。然而，使用不同的派工法則會對不同生產績效產生不同程度的影響，因此，針對晶圓製造特殊的環境發展出有效的派工法則以提高生產績效，乃是晶圓製造廠一直以來的重要課題。

應用於晶圓製造之眾多派工法則中，各因假設之環境及所選用之績效指標等因素，因此，沒有在各方面均獨優之派工法則[Blackstone *et al.*, 1982; Kiran and Smith 1984; Monazeri and Van Wassenhove 1990; Chang *et al.*, 1996; Braglia and Petroni 1999; and Subramaniam *et al.*, 2000]。即某派工法則可能在某一績效指標上表現良好，卻在其他的指標上表現成效不彰。探究其因，則是由於派工方法大都是為了某一績效指標所設計，較少考慮到其他績效指標，甚至是指標之間的衝突性。因此，管理者必須經常進行權衡與折衝，以達成系統主要之規劃目標。除此之外，不同生管人員對派工法則之採用易不盡相同。因此，如何將不同生產績效指標及生管人員之觀點納入選用派工法則之考量，是晶圓製造業面對激烈競爭環境下必須思考的總體問題。

因此，為解決此問題，本研究以「績效指標之相依關係」為思考方向，篩選適合的生產績效指標組合，並辨識影響生產績效的可能生產因素，運用『分析網路程序法』（Analytic Network Process；ANP），依據現場各項生產相關特徵（如瓶頸機台利用率等），探討多種績效指標間之關係，及績效指標與派工法則之間

相關性，提供一套能考量生產特徵及績效指標的動態評估模式，透過專家問卷將各生產問題及各派工法則之綜效予以整體展現式。透過這些績效指標與影響績效之生產因素的評估模式，生管人員即可將有效進行現場派工方式的調整。

1.2 研究目的

由於晶圓製造具有長的週期時間，因此，生產指標會因需求改變及產線狀況而有所變動，以單一的靜態指標來衡量生產績效無法滿足多變的製造環境，必須動態考慮多個生產指標才能適當的表達系統成效。所以，本研究將應用多準則規劃[56]之概念，首先探討晶圓製造之重要績效指標；再因應各績效指標及生產特徵之間存在著某種程度的衝突及相依關係，進一步利用『分析網路程序法』建構適合晶圓製造之派工模式，以滿足不同生產績效情況下之生產目標。

此外，本研究之研究目的並非提供一固定的最佳派工方法供使用者遵循，而是提出一個以『分析網路程序法』為基礎之『派工模式』，以提供給決策者未來在評估多種生產績效情況下，能採用一套快速且便利找出適宜派工策略之模式。

1.3 研究範圍與限制

本研究係針對晶圓製造廠短期生產活動控制（Production Activity Control）中之現場派工進行探討，研究範疇架構如圖1.1所示。

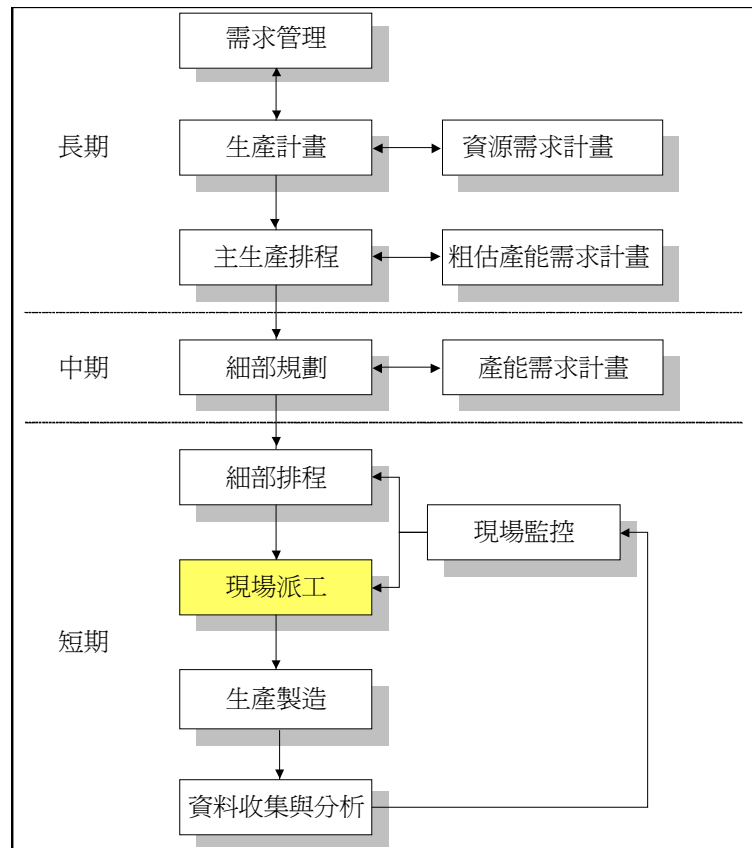


圖1.1 晶圓製造廠生產活動控制之範疇架構 [10]

此外，本研究在探討此一主題時，將限制在下列幾點之內：

1. 本研究係以訂單式生產 (Make To Order) 型態之晶圓代工廠為主要研究對象。
2. 本研究構建的ANP派工法則評估模式當中，各評估準則及選擇方案之衡量要素僅從過去相關文獻研究中歸納獲取。
3. ANP派工法則評估模式之中的各派工法則僅是作為替代方案的選擇，在本研究中並不涉及各派工法則在加工機台上之細部設定。
4. 由於晶圓製程相當複雜，本研究的ANP派工法則評估模式在實證過程中所求得的評估結果僅是表示某特定晶圓製造廠之結果。不同生產型態的晶圓製造廠仍須依據其生產環境及條件，適度的增刪本研究ANP派工法則評估模式中之衡量要素，確保所有要素符合本身生產系統之特性，使評估結果更為準確。

第二章 文獻探討

2.1 派工法則

派工法則經過近年來眾多學者的投入與研究已累積相當多的文獻，特別是在於求解零工型（Job Shop）的動態排程問題[18]。然而，在眾多的派工法則文獻中，常因研究假設、探討環境及選用之績效指標等因素，因此並無一個派工法則能完全優於其他的派工法則[27]。亦即，某派工法則可能在某一績效表現上良好，卻在其他的指標表現上成效不彰。各種派工法則的使用時機及績效表現，會因所關注之績效指標而有所不同，所以，派工法則的選擇是經由權衡分析後所得之結果[53]。一般來說，因為晶圓製造之生產機台特性的差異，其派工法則可以區分成一般機台派工法則與批量機台派工法則兩大類，本章將針對前者回顧相關之研究文獻，並檢視目前較為常見的派工法則。

Blackstone [26]將傳統之派工法則分成四個類別：

製程時間—如Shortest Processing Time、Shortest Remaining Process Time、Shortest Processing time Plus Setup Time等。

交期—如Earliest Due Date、Critical Ratio、Minimum Slack Time等。

工件特性—如Random、FIFO等。

混和上述兩種或三種類別的法則。

周煜智[8]針對晶圓製造環境，將派工法則依交期(降低延遲時間、工單數)、週期時間(降低平均週期時間與標準差)、機台工作負荷(極大化機台利用率與產出、延緩對下游機台之負荷)與其他等四個構面作一分類(如表 2.1 所示)。

表2.1 派工法則之類型 [8]

| 構面 | 名稱 | 描述 |
|----------------------------|---|--|
| 交 期 構 面 | ATC | (Apparent Tardiness Cost)：考慮等候時間因素後，選取最緊迫之工單先加工。 |
| | COVERT | (Largest Cost Over Time)：工單緊迫度為權重函式之參數，以降低平均延遲時間為目的。 |
| | CR | (Critical Ratio)：選取最緊迫的工單先加工。 |
| | EDD | (Earliest Due Date)：選取交期最早者先加工。 |
| | FSVL | (Fluctuation Smoothing for Variance of Lateness)：降低延遲時間之變異，考慮等候時間，可視為LS法之修正。 |
| | LS | (Least Slack)：最緊迫之工單先加工。 |
| | MOD | (Modified Operation Due Date)：考慮等候時間因素後，選取最緊迫之工單先加工。 |
| | R&M | (Rachamadagu and Morton heuristic)：類似COVERT法之理念，惟此法改以平準化加工時間配合指數函式計算權重。 |
| RR | (Raghu and Rajendran)：考量現有機台現況、交期與下一加工機台之負荷，其目的為最小化平均延遲時間與平均週期時間。 | |
| 週 期 時 間 構 面 | FRO | (Fewest number of Remaining Operation)：選取剩餘加工步驟數最少者優先加工，以增加系統產出。 |
| | FSMCT | (Fluctuation Smoothing policy for Mean Cycle Time)：降低平均生產週期時間。 |
| | FSVCT | (Fluctuation Smoothing policy for Variance of Cycle Time)：降低生產週期時間之標準差。 |
| | LTNV | (Longest expected processing Time until its Next Visit)：下次到臨該機台需經最長製程時間者優先，可減少於該機台之等候時間，以降低生產週期時間。 |
| | LWNQ | (Least Work Next Queue)：選取下一加工機台前等候線中屬同一產品之個數最少者優先，可降低等候時間。 |
| | MIVS | (Minimum Inventory Variability Schedule)：考慮現有步驟與下游步驟之在製品狀況，並依此劃分四種優序作為派工的依據。此法可降低平均生產週期時間與其標準差。 |
| | WINQ | (Work In Next Queue)：選取等候列工單中，其下一加工機台負荷最輕者優先加工。 |

表2.1 派工法則之類型 (續) [8]

| 構面 | 名稱 | 描述 |
|----------|--------|--|
| 機台工作負荷構面 | FGCA | (Fast Gain Control Amplifier)：選取下兩個加工步驟內將到臨瓶頸機台之工單優先加工，配合 FIFO 之使用，可避免瓶頸機台缺料。 |
| | LPT | (Largest Processing Time)：最長加工時間者優先，可延緩對下游機台之負荷。 |
| | LWKR | (Least Work Remaining)：最少剩餘加工時間者優先，可使工單早日離開系統，減輕系統負荷。 |
| | SPT | (Shortest Processing Time)：最短加工時間者優先，可增加機台單位時間產出。 |
| | SRPT | (Shortest Remaining Processing Time)：最短剩餘加工時間者優先，可增加系統單位時間產出。 |
| | STNV | (Shortest expected processing Time until its Next Visit)：下次到臨該機台需經最短製程時間者優先，可避免機台缺料。 |
| | TWORK | (Total WORK)：對系統造成最小負荷之工單優先。 |
| 其他構面 | CyClic | (單產品，再回流環境，適用於瓶頸機台) 假設目前經此機台之工單以第 m 層者為最多。選取 m+1 層之工單以 FIFO 加工；若無，則選取 m+2 層之工單以 FIFO 加工。 |
| | FIFO | (First In First Out)：先進先出，可得公平、簡單。 |
| | LDT | (Largest Divided Time)：該製程佔該產品總製品時間最大者優先。 |
| | LMT | (Largest Multiplied Time)：產品於該製程加工時間與總製程時間之乘積最大者優先。 |
| | LNQ | (Largest Number in Queue)：等候列中個數最多之工單優先加工，可維持產出平順。 |
| | M1-M2 | (單產品，再回流、雙瓶頸環境，適用於瓶頸機台) 瓶頸為 M1、M2 (先經過 M1 加工)。M1 選取最小剩餘加工時間之工單者優先；M2 選取最大剩餘加工時間之工單者優先。 |
| | RONDON | 隨機選取。 |
| | SMT | (Smallest Multiplied Time)：產品於該製程加工時間與總製程時間之乘積最小者優先。 |

針對過去傳統常見之派工法則的相關文獻，本研究將這些文獻之研究發現整理如表2.2所示。

表2.2 傳統常見之派工法則文獻

| | | |
|------|------|---|
| 1965 | 學者 | Conway [30] |
| | 研究發現 | 16種派工法則中，SRPT與FRO較能使在製品存貨減到最少，而LS在所有與交期設定相關的派工法則中針對交期效能相關標準中是表現最好的。 |
| 1975 | 學者 | Hershauer及Ebert [37] |
| | 研究發現 | 13種派工法則中，SRPT在平均流程時間 (Mean Flow Time) 為最小。LS在交期的表現比其它與交期相關的派工法則來的優。 |
| 1982 | 學者 | French [34] |
| | 研究發現 | 在單機、多個工作的確定性排程問題下，EDD能最小化所有工作的最大延遲 (Maximum Tardiness)。 |
| 1988 | 學者 | Wein [60] |
| | 研究發現 | M1-M2為在瓶頸機台表現較好的派工法則，FIFO在非瓶頸機台上的表現較好。 |
| 1996 | 學者 | Chang等人[27] |
| | 研究發現 | 對減少平均延遲 (Mean Tardiness) 及延遲工件 (Tardy Jobs) 的數目，以EDD、LS會產生較好結果。 |
| | 學者 | 徐光宏[10] |
| | 研究發現 | 接單式生產的晶圓廠為滿足顧客訂單的交期，EDD、CR常為列入考量使用的派工法則之一。 |
| 2003 | 學者 | 王治平[2] |
| | 研究發現 | 在高機台使用率情況下，EDD能有效減少延遲時間的變異 (Variance of Tardiness)。在單一瓶頸機台情況下，FIFO能減少流程時間的變異 (Variance of Flow Time)。 |
| 2004 | 學者 | 賴勇見[21] |
| | 研究發現 | EDD的執行，對整體作業的彈性與流程控制會有較佳的績效。 |

除了一般傳統常見之派工法則外，許多學者亦針對晶圓製造之特性發展出適合其環境之派工方法，如表2.3所示。

表2.3 晶圓製造常見派工法則文獻

| | | |
|------|------|--|
| 1988 | 學者 | Lozinski及Glasse [45] |
| | 派工法則 | SA (Starvation Avoid) |
| | 內容 | 該法在保持低在製品量下，盡量提高瓶頸機台使用率，並考慮再回流特性。當瓶頸機台有缺料危機時，SA優先處理預備供應給瓶頸機台的批量，並搭配SRPT (Shortest Remaining Processing Time)：當瓶頸資源無缺料危機時，給予SRPT較大權重，反之則給予SA法則較大權重。 |
| 1989 | 學者 | Lou及Kager [44] |
| | 派工法則 | TB (Two-Boundary) |
| | 內容 | 考慮機台隨機性的故障干擾與再回流特性，依據第一、第二製程步驟間之實際在製品水準與計劃在製品水準之差距 (WIP門檻) 以及第一製程步驟之實際累積生產與累積需求之差距 (Surplus門檻) 來決定投料與否的判斷依據，並利用在製品水準差值、產品權重與層級權重三者的乘積來決定派工優序。 |
| 1991 | 學者 | Lu及Kumar [46] |
| | 派工法則 | LBFS (Last Buffer First Serve) |
| | 內容 | 根據再回流的次數來決定加工的先後順序，模擬結果顯示LBFS對於平均延遲時間的降低有顯著績效。 |
| 1994 | 學者 | Lu等人[47] |
| | 派工法則 | FSMCT (Fluctuation Smoothing Policy for Mean Cycle Time) FSVCT (Fluctuation Smoothing Policy for Variance of Cycle Time) |
| | 內容 | Lu等人指出晶圓廠生產週期時間為純加工時間加總的2.5至10倍，而愈短的生產週期時間將愈具有滿足顧客需求的能力。該研究發現FSMCT可有效降低平均等候時間，而FSVCT則對於降低週期時間的標準差有顯著績效。 |
| 1996 | 學者 | Li等人[43] |
| | 派工法則 | MIVS (Minimum Inventory Variability Schedule) |
| | 內容 | 藉由減少存貨總量來縮短生產週期時間，並透過系統中所有機台的到達率以及利用率呈正相關來降低系統的變異。該研究針對現有步驟與下游步驟之在製品狀況，劃分四種優序作為派工的依據。經實驗求證[7] [20]，MIVS法在平均週期時間與變異的降低上，有很大的成效。 |

表2.3 晶圓製造常見派工法則文獻（續）

| | | |
|------|------|---|
| 1996 | 學者 | 徐光宏[10] |
| | 派工法則 | PADR (Photolithography Area Dispatching Rule) |
| | 內容 | 針對機台加工特性，考慮加工條件及優先值條件，並以權重植及門檻值觀念配合固定在製品投料法 (Fixed-WIP；FW) 及均勻投料法 (Uniform Loading；UL) 探討各權重因子對系統績效之影響。其結果顯示該派工法在系統的產出量、良率、平均生產週期時間等績效方面都較FIFO和SPT好。 |
| 1997 | 學者 | Hung及Chen [38] |
| | 派工法則 | MLS (Modified Least Slack) |
| | 內容 | 以等候理論為根據，預測批量剩餘加工時間，經模擬驗證該派工法則在降低生產週期時間變異上有顯著成效。 |
| 2001 | 學者 | 羅仕宗[23] |
| | 派工法則 | 及時派工法則 |
| | 內容 | 以過站值 (Turn Ratio) 為概念的派工法則，該研究對不同產品批次別經過每個製程階所需時間對過站值做加權動作，得到平均加權過站值 (Weighted Turn Ratio) 及各優先權下加權過站值，以之作為生產速度的估算，使其更接近產品加工時廠中生產流速。 |
| 2004 | 學者 | Chen等人[28] |
| | 派工法則 | DSDD (Dynamic State-Dependent Dispatching) |
| | 內容 | 針對晶圓製造廠之批量派工，提出一套動態派工演算法，其主要考量生產系統狀態，不斷地在不同的時間點找尋出系統之瓶頸機台；並依據瓶頸機台前等候線的負荷狀況使用三種不同的派工法則 ¹ 。其實驗證明該動態派工法則在改善生產系統的生產週期時間及在製品數量的平均值與標準差等方面均有顯著的績效。 |

因此，對晶圓製造廠而言，相關的派工法則大致可區分為控制交期、控制生產週期時間、控制機台工作負荷等方面。過去關於晶圓廠的派工法則研究中多以降低產品之生產週期時間及生產週期時間變異為目的，而與控制交期相關的研究

¹ 當瓶頸機台等候線長時，使用修正雙界法 (Revised Two-Boundary；TB+)。
 當瓶頸機台等候線短時，使用最短再回流時間法 (Shortest expected processing Time until its Next Visit；STNV)。
 針對所有非瓶頸機台，選擇修正先進先出法 (Revised FGCA；FGCA+)。

則是以降低批量平均延遲時間來作為績效評估指標。由此可知，對現今強調客戶導向之生產型態的晶圓廠而言，除了追求產出極大化之外，亦須同時顧及到產線之平衡與產品達交之績效，方能在這競爭激烈的產業中脫穎而出。

然而，派工法則雖然眾多，但卻沒有一種法則是絕對優於其他法則，原因是派工法則的效果要看系統的目標或是績效指標而定。亦即，在不同的生產型態與不同的假設條件下，所發展出來的派工法則自然有所差異。

2.2 生產績效指標

生產績效指標可將生產系統之運作狀態以量化的形式表達，因此，生管人員能藉此判斷系統的實際績效與規劃目標的差異程度，並協助其確認現場潛在的問題，以便適當的調整生產策略[14]。然而，由於晶圓製程具有高複雜性，導致在此產業中，無法以單一的指標來衡量其生產績效，需要同時考量數個指標，如產出率、在製品量、生產週期時間等，才能適當的表達系統成效。

過去的研究文獻在探討晶圓製造的生產績效指標時，幾位學者都各以不同的觀點提出其分類方式。如表 2.4 所示。

表2.4 生產績效指標分類文獻

| 學者 | 指標類別 | 指標項目 |
|-----------------------------------|---------------|---|
| Atherton 及 Atherton [24] | 決定工廠的生產運作模式 | <ul style="list-style-type: none"> • 設備集合 • 可用度 • 設施 • 產品組合 • 製程優先權 • 控制法則（投料與派工） • 排程 |
| | 反應既定生產運作模式的結果 | <ul style="list-style-type: none"> • 晶粒良率 • 產出量 • 生產週期時間 • 排程穩定度 • 設備利用率 |
| | 兼具前兩種模式的特性 | <ul style="list-style-type: none"> • 動態產能 • 存貨狀態 • 系統瓶頸 |
| Leachman 等人[41] | 品質 | <ul style="list-style-type: none"> • 產線平均良率 • 晶粒平均良率 • 缺陷密度 • 晶圓廠與晶粒類別整合良率 |
| | 生產力 | <ul style="list-style-type: none"> • 每日步進機種的晶圓作業數 • 每日直接人工的生產力 • 每日全體人工的生產力 • 主要設備的生產率 |
| | 生產速度與產出目標 | <ul style="list-style-type: none"> • 每光罩層平均生產週期時間 • 平均準時達交百分比 • 新製程導入至量產的效率 |

表2.4 生產績效指標分類文獻（續）

| 學者 | 指標類別 | 指標項目 |
|--------|-------|---|
| 林悅慈[4] | 產品 | <ul style="list-style-type: none"> • 每個層級 (layer) 的生產週期時間 • 總生產週期時間 • 實際/理論的生產週期時間比率 • 總在製品量利用率 • 延遲工件個數平均負荷大小 |
| | 設備 | <ul style="list-style-type: none"> • 可用時間比率 • 加工時間比率 • 當機及預防保養比率 |
| | 其它的資源 | <ul style="list-style-type: none"> • 生產成本 • 作業員的效率 • 品質因素 |

此外，詹偉順[17]藉由生產績效指標分析、生產系統模擬、迴歸分析以及決策分析的程序，構建晶圓製造廠之生產績效指標間的關係模式，其指出一般晶圓廠注重生產線平衡、設備利用率與準時送達等生產目標。黃宏文[15]將一般晶圓製造廠常用的績效衡量指標，分為產品、設備、在製品等三大類，並彙整每個類別中常用之指標項目，如圖 2.1 所示。

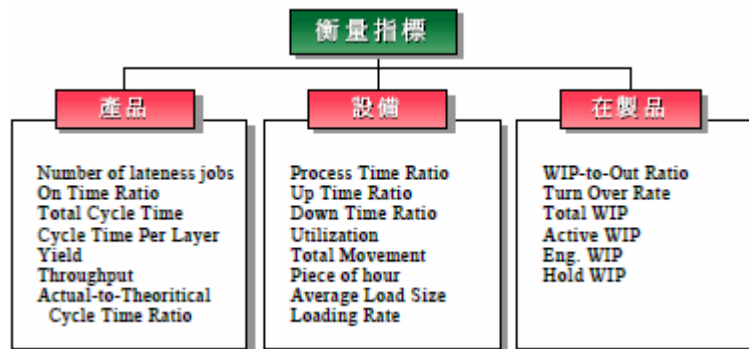


圖2.1 晶圓製造廠之生產績效衡量指標圖 [15]

周煜智[8]對晶圓製造廠常用之生產控制指標加以歸納整理，其區分為產品與設備兩大類，並依生產績效再細分成達交 (Delivery)、在製品 (WIP)、產出量 (Throughput)、週期時間 (Cycle Time)、設備效率 (Equipment efficiency) 等五種類別。本研究整理如表2.5、表2.6所示。

表2.5 與產品相關之生產控制指標 [8]

| 產品 | | | |
|---------|--|------|--|
| 類別 | 指標 | 單位 | 描述 |
| 達交 | Number of tardy jobs | # | 工單無法如期完工的數目 |
| | On time delivery ratio | % | 工單如期完工的比率 |
| | Mean lateness | Time | 工單之準確性(包括提早與延誤) |
| | Mean Tardiness | Time | 工單之延誤性(如考慮成本，則為延誤成本) |
| | Lateness variance | Time | 工單之準確度 |
| | Percentage of tardy jobs | % | 工單延誤之比率 |
| | Mean square error | Time | 顯示預測結果變異之大小 |
| | Mean absolute error | Time | 配合成本考量，此指標是指存貨成本與延遲成本之總和 |
| 在製品 | Total WIP | # | 系統存在的 WIP 總數 |
| | Max WIP | # | 系統曾出現之最大 WIP 總數 |
| | Active WIP (ratio) | #(%) | 系統存在執行於生產之 WIP 總數(比率) |
| | Engineering WIP (ratio) | #(%) | 系統存在執行於製程測試之 WIP 總數(比例) |
| | Hold WIP (ratio) | #(%) | 系統存在執行於暫停活動之 WIP 總數(比例) |
| | Rework WIP (ratio) | #(%) | 系統存在執行於重加工之 WIP 總數(比例) |
| | Cwip | % | 在製品水準控制能力(層級觀) |
| 產出量 | Throughput | # | 單位時間內產出量 |
| 在製品、產出量 | WIP-to-Out ratio | % | 系統總 WIP 數與產出量之比率，可解讀為每單位產出約需多少的 WIP 支援(產出導向) |
| | Turn over rate | # | 系統 WIP 流動的平均速率 |
| 週期時間 | Total cycle time | Time | 產品之總週期時間 |
| | Cycle time Std. Var. | Time | 產品週期時間之標準差 |
| | Cycle time per layer | Time | 產品流經各層級之週期時間 |
| | Actual-to-Theoretical Cycle time ratio | Time | 實際週期時間與理論週期時間之比值，可用於評估實際值與理論值差異 |

表2.6 與設備相關之生產控制指標 [8]

| 設備 | | | |
|------|--------------------|------|-----------------------------|
| 類別 | 指標 | 單位 | 描述 |
| 產出量 | Total movement | # | 單位時間內設備完成之工單數(一般針對瓶頸設備) |
| | Wafer per hour | # | 每小時設備產出的晶圓數 |
| | 負荷平衡圖指標 | % | 計算設備負荷率所衍生之指標，可用來預估產出狀況 |
| 週期時間 | Mean Queuing Time | Time | 機台前等候列之平均等候時間 |
| 設備效率 | Process time ratio | % | 實際加工時間與理論加工時間之比值 |
| | Up time ratio | % | 設備處於可利用狀況之比例 |
| | Down time ratio | % | 設備處於當機狀況之比例 |
| | Utilization | % | 設備執行加工作業之比例 |
| | Average load size | # | 設備平均裝載率(針對 batch equipment) |
| | Loading rate | % | 設備處於使用狀況之比例 |
| | OEE indexes | % | 設備真正使用於計劃生產的比例 |
| | CUBES indexes | % | 瓶頸設備真正使用於計劃生產的比例 |

儘管生產績效指標為數眾多，但大多屬於輔助性衡量指標。一般而言，接單式生產環境（如晶圓代工廠）特別著重在週期時間與交期達成率，而存貨式生產環境（如整合元件製造廠）則偏重在產出水準績效[48]。

Benson 等人[25]透過多變量方法、主成分分析（Principle Component Analysis）設計出一整合性生產力指標以衡量各晶圓製造商不同廠間的製造績效。然而，Benson 等人所提之生產力指標以光罩層數為產出單位，並假設系統瓶頸（步進機）為固定，對於存在瓶頸漂移的晶圓代工廠並不適用。因此，簡煌煜[22]認為產品組合的改變會導致工作站的負荷情形發生變化，甚至造成瓶頸漂移；所以，他考量不同產品組合下各工作站的負荷平衡圖，以線性回歸（Linear Regression）模式得出一適用於產品組合變化、瓶頸漂移之產出績效衡量指標。

施翔毓[9]指出目前晶圓廠在產出的績效衡量上，一般是利用產出量來加以評估，然而，由於晶圓廠的產品種類多，各產品的光罩層數與製程複雜度不盡相

同，因此單以產出量是無法看出一晶圓廠的績效優劣。因此，呂金隆[3]指出機台使用率常被晶圓製造業用來評估其生產效率時的重要指標之一。此外，晶圓製造的機器設備成本昂貴，生管人員往往皆以提高機台使用率的方式，以追求整體設備最大的產出當作生產目標，同時根據各製程機台使用率的蒐集，作為管理者在進行產能需求規劃時在生產排程、預估交期及瓶頸判定之依據。

林悅慈[4]並指出產出量及良率為晶圓廠主要的重點績效指標，也是考核績效的依據，然而影響績效指標的重要關鍵因素則為：生產週期時間、在製品量及機台利用率，故一般生產管理人員會將重點放在此關鍵因素上。雖然不同之生產目標必須有不同的指標來加以衡量，但整體而言，晶圓製造廠之生產績效指標包括總產出、生產週期時間、在製品量、設備利用率、移動及良率[17]。

過去研究對生產績效之見解與應用，通常依照不同的管理需求選擇適用之績效管理指標。對晶圓製造廠而言，為滿足生產管理之需求，亦有各種不同構面之衡量指標。晶圓製造廠在對生產系統做排程規劃與控制時，最主要關注的焦點仍不外乎為產出量、在製品水準、生產週期時間等績效指標。然而，由於晶圓製程的複雜性高，為衡量其生產績效往往必須考慮多個指標，但指標之間卻可能存在權衡取捨的關係。因此，設計一整合性生產力指標以衡量晶圓製造實有必要性[41]。

2.3 生產特徵因素

晶圓製造廠因其複雜的製程環境，包括再回流、等候時限、成批機台等特性，以及多種造成系統不確定性的因素，如機台當機、重加工、良率等[4]，使得生管人員不易作生產規劃與控制。過去一些文獻皆在探討，如何經由控制或改善某些影響系統績效的因子，促使某些特定的績效指標達到一定的目標水準。

Moodie等人[52]利用實驗設計來分析製造系統的五個因子，其分別為派工（Dispatching）、投料（Release）、批次大小（Batching Size）、緊急批量（Hot

Lot) 與機台當機 (Machine Down))，該研究發現派工、投料、批次大小等三個因子對總產出、生產週期時間及在製品等生產績效具有顯著的影響。

Crandell等人[31]從JIT生產系統的管理角度著手，探討在製品庫存水準、系統產出速率與系統停留時間三者之互動關係。其模擬結果指出當平均在製品庫存水準越高，總產出、前置時間、設備平均使用率等績效指標都會增加。為了要追求高產出與高設備使用率，可將平均在製品庫存水準提高；不過隨之而來的可能是系統停留時間的拉長與平均在製品庫存水準所導致之成本積壓。所以生管人員應將生產規劃重心擺在如何提升有效產出的最終目標，而非一味的提高在製品水準。

Enns [33]發現系統負荷 (Loading) 與工廠流程 (Work Flow) 的行為受到投料、有限的機台緩衝區 (Buffer) 設定與平衡機台工作量負荷的派工有關。其結果顯示投料、派工與緩衝區大小之控制可有效解決系統負荷與工廠流程的問題。Maiorana及Iuliano [48]指出降低系統的變異可改善生產週期時間，同時也可減少在製品的數量，使其能維持同一水準的產出。該研究並以魚骨圖來表示影響生產週期時間的系統組成因子，如圖2.2所示。而研究結果指出市場需求與生產線平衡為系統變異的產生來源。

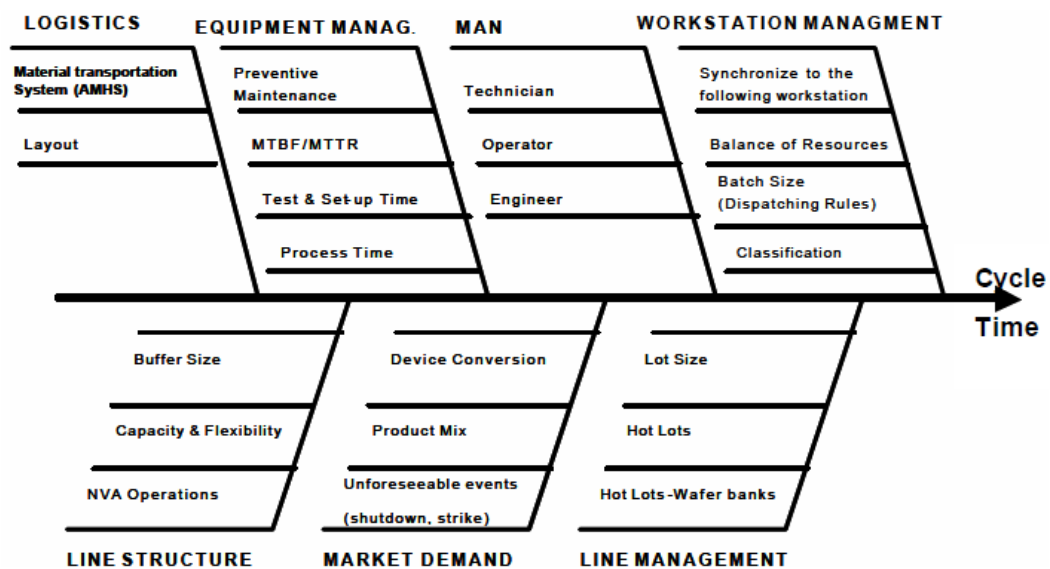


圖2.2 影響生產週期時間的系統組成因子 [48]

Martin [49]從總作業效率 (Total Operational Efficiency; TOE) 的觀點，探討產能與生產週期時間的影響因素。其指出產能要素應包含機台正常維修、機台異常當機、作業員可生產時間、原始製程時間與批次大小等因素，並發展一套評估生產線與機台組合績效的概念，以反應出機台、作業員與在製品存貨之間的交互影響，該結果可藉追蹤學習比率來比較實際表現與預期目標之差異。

在晶圓製造業中，由於製程特殊且多為接單式的生產環境，對於機台利用狀況之影響因素眾多，其中包括機器可用度、批量大小、當機行為、產品組合及系統平均的在製品水準。此外，在製品量對於生產週期時間的影響，不僅只來自於數量多寡，其相關的產品組合、製程特性、產線平衡等要素，都會影響產品在系統中的流動速度，因而影響生產週期時間。

對生產現場來說，批量投料時點、機台派工、機台使用狀況及批量大小等生產特徵因素都會綜合影響生產效率與結果，因此若能進一步探討其對生產績效的影響程度高低，將有助生管人員決定改善的重點及資源的調配。

2.4 綜合分析與討論

從以上所探討的文獻可知目前與半導體晶圓製造生產排程相關的文獻，主要皆集中在現場生產作業控制方面。過去一些成效良好的派工法則[43] [46] [47]，大都依據晶圓廠之生產目標所設計，如追求最大化的產出或最小化的生產週期時間。然而，由於使用不同的派工法則會影響到不同的生產績效衡量，因此，使用派工法則可以使生產系統（或機台）之特定績效最佳化，但相對地亦會使得某些績效不佳。故到目前為止並無任一派工法則堪稱最佳，也沒有任一法則可達到全部績效最佳化的目標。

此外，這些派工法則的設計大多皆以理論的觀點及條件限制，來達成特定的生產績效，這樣的作法不僅無法完全滿足產能規劃的整體生產目標，也因缺乏考量客觀條件（指標間的衝突關係）的著眼點，將可能導致所設計的派工法則並

無法與現今晶圓製造廠的生產排程相契合。而事實上，晶圓製造廠為便利現場排程之作業，實際採用之派工法則仍以過去較為簡單之方法為主。

而績效指標是用來衡量生產系統之績效好壞，並指出系統目前所處的狀況，以提供生管人員能夠因應不同生產特徵因素做出一較佳的決策。然而，晶圓製程步驟複雜、生產週期時間長、再回流次數多等因素，無法以單一的績效指標來評估績效，需要同時使用數個績效指標來評估績效。在以往的研究文獻中曾提到，在製品存貨水準與生產成本、達交績效的關係密切，當在製品量增加時，將導致產品在系統中等候加工的時間提高，導致造成顧客交期延誤、生產變異增加等不良影響。因此，如何權衡在製品存貨水準、生產週期時間、機台利用率與系統產出量四者之間關係，一直是個重要的研究方向。

晶圓製程的高複雜性環境，使得在生產系統中常存在許多不同的生產特徵因素，如產品組合、緊急批量、機台當機等。而這些因素（生產現象）也經常會影響系統之生產績效表現，像是在產能利用率低時，緊急訂單的插入不僅不會影響其他批量的生產績效，反而有可能會提高產能的使用狀況；反之，當產能滿載時，緊急訂單的批量卻可能造成一般訂單的批量生產週期時間的提高，進而導致在製品水準增加，良率降低。因此，根據不同的生產狀況調整現場派工策略將有助提升生產系統的整體績效。

本章係對本研究之參考文獻作一完整之回顧探討，包含派工法則、生產績效指標與生產特徵因素。

第三章 研究方法

本章將詳細說明 ANP 之理論方法，並介紹如何由該理論方法建構出本研究之 ANP 派工法則評估模式。文中將研究理論方法與應用分為四個章節，且於最後一節中介紹電腦輔助決策軟體 Super Decision，用以協助運算 ANP 模型之群組中的各個準則相對優勢度排序。

圖 3.1 為表示各章節之間的關連性，圖中說明了本研究由 3.1 與 3.2 節所之內容建構了 3.3 節中本研究之 ANP 派工法則評估模式，並應用 3.4 節所介紹之電腦輔助決策軟體來運算該模式中所有群組之各個準則的相對權重。

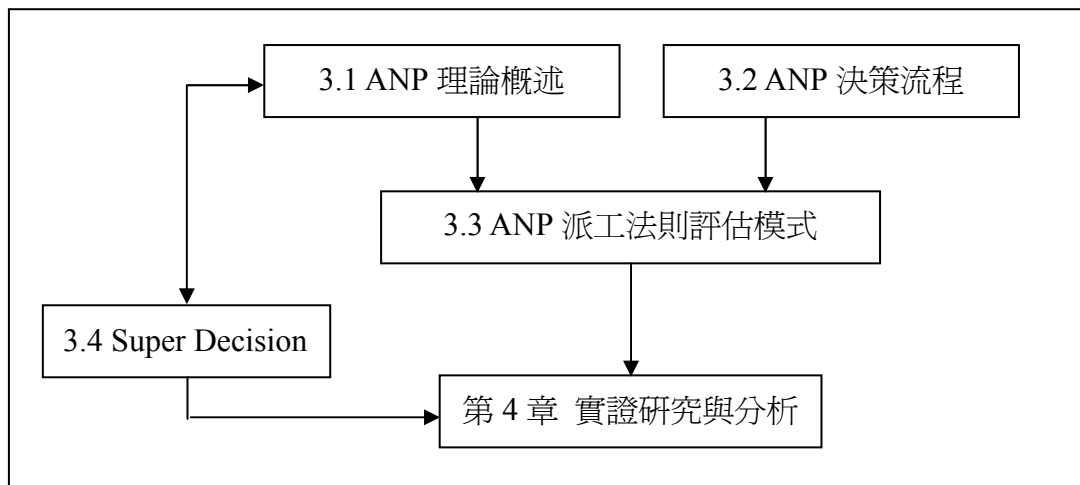


圖3.1 第三章各章節之關連性

3.1 ANP 理論概述

近年來分析層級程序法（Analytic Hierarchy Process；AHP）已廣泛應用於系統決策分析，其核心是將系統劃分層次，且只考慮上層元素對下層元素的支配作用，並假設同一層中的元素彼此獨立。但在許多的實際問題中，各準則層次內部的元素之間經常為相依存的，低層元素對高層元素也有支配作用，即存在回饋關

係，此時系統的結構類似於網路結構，而 ANP 法的產生便是用於解析此種網路系統結構問題[1]。

ANP 法為 Saaty [56]於 1975 年所提出，係由 AHP 法所延伸而來。Saaty 將 AHP 法加上回饋機制，使其可處理問題的相依及回饋關係，並透過比例尺度 (Ratio Scales) 之獲取，來預測所有準則、目標、方案間精確的內部關係，甚至用來做最佳決策。

ANP 法之結構關係如圖 3.2 所示[1]。首先可將系統分為兩大部分，第一個部分為控制層(Control Hierarchy)，係指包括問題目標(Goal)、決策準則(Criteria)及次準則 (Subcriteria) 之間的網路關係，它影響著系統之間的內部關係。第二部分為網路層 (Network Hierarchy)，是指要素 (Element) 與群組 (Clusters) 之間互相影響的網路關係。

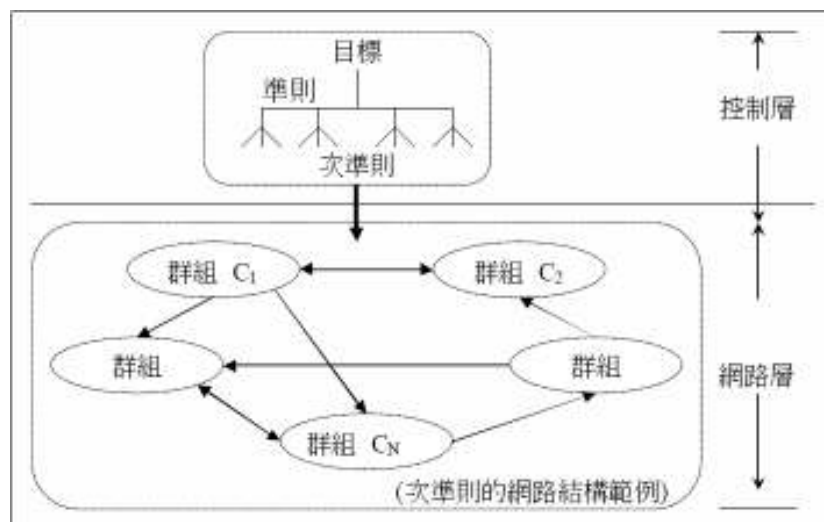
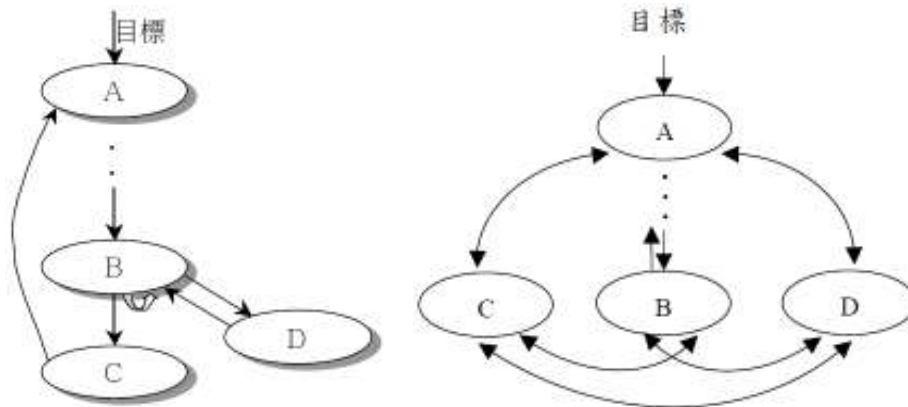


圖3.2 ANP之結構關係示意圖 [1]

ANP 法之問題架構如圖 3.3 所示，其網路關係除了可呈現出準則與準則之間的關聯性外，亦可計算每個準則之間的相對權重 (特徵向量) 以形成一個超矩陣 (Super Matrix)；最後，藉由超矩陣關係運算並經綜合評價後，即可求得各評估準則與方案間之相互依存關係之優先權重值。而優先權重值愈大者，則表示被採納之優先順序愈高，如此即可選擇出最適宜之方案[57]。因此，在進行決策時，運用 ANP 法所得之權重量化結果，使其在進行群體決策及評估結果時更具理論

及實用基礎之信賴度。



↪表示具有相互依存之關係。

圖3.3 ANP法之問題架構示意圖 [55]

本研究將過去曾使用 ANP 法之相關文獻作一歸納整理，如表 3.1 所示。

表3.1 ANP相關文獻

| | | |
|------|------|---|
| 1986 | 學者 | Saaty及Takizawa [55] |
| | 研究內容 | 提出矩陣應用方法來解決ANP法之網路結構，其方法類似於AHP法，但裡面主要考慮準則之間，以及準則與選擇方案之間的相依關係。 |
| 1999 | 學者 | Meade 及 Sarkis [50] |
| | 研究內容 | 提出利用ANP法進行決策分析以評估方案，並幫助組織變得較敏捷，可改善企業程序的特定目標。 |
| | 學者 | 黃雪晴[16] |
| | 研究內容 | 加入專家決策所需之模糊理論之ANP分析方法進行分析後，得到國內資訊電子業廠商在選擇聯盟夥伴時，最需要夥伴擁有技術資源之互補以及策略營運政策之互補。 |

表3.1 ANP相關文獻（續）

| | | |
|------|------|--|
| 2000 | 學者 | Lee及Kim [42] |
| | 研究內容 | 引用Saaty之ANP方法，並使用0-1整數目標規劃（Zero-One Goal-Programming；ZOGP）模式，應用至資訊系統方案之選擇，其反應出評估準則與可行方案之間的相依性。 |
| | 學者 | 陳俞如[12] |
| | 研究內容 | 以資源、能力、創新、品質、效率、客戶回應、佔有率及獲利率等評估指標為建構基礎，再針對公司與競爭對手的策略目標，決定出各指標的權重，透過ANP之網路流程算出混合的權重，最後以此基礎發展出策略性績效評估的衡量指標。 |
| 2002 | 學者 | 許淑瑜[13] |
| | 研究內容 | 提出一個系統化、多層面的可行性評估模式與評選方法，應用ANP法解決系統多目標與相互依賴的問題，建構評選模式並實作系統，協助企業進行企業資源規劃系統的選擇。 |
| 2005 | 學者 | 林家豪[6] |
| | 研究內容 | 對營造廠配置現場管理人力問題進行探討，應用因素分析法（Factor Analysis；FA），篩選專案困難度影響因子，再利用ANP法決定各項影響因子之相對權重，進而建立一評估專案之困難度指標。 |
| 2005 | 學者 | Jharkharia及Shankar [39] |
| | 研究內容 | 使用ANP法評估選擇提供物流服務業者之方案，其結果發現使用者與提供物流服務業者之間的協調是最重要之決定因素，該因素影響最後的選擇過程，並指出ANP法除了使決策者對於在決策中評估準則間之複雜關係能有較好之了解外，亦能在決策評估過程中改善決策之可靠度。 |
| | 學者 | Chung等人[29] |
| | 研究內容 | 採用Saaty的矩陣方法，提出一簡化之ANP結構來分析多種製程之投入與產出，並整合專家意見以得到半導體生產的最佳產品組合。 |

經由上述研究文獻得知 ANP 法大都應用於多種可行方案之選擇，如資源分配及排序等問題，以改善評估過程中之決策可靠度[39]。因此，本研究透過 ANP 法架構適合晶圓製造之整合性派工模式，以滿足不同生產績效下之生產目標。

3.2 ANP決策流程

處理複雜的問題時，必需利用有系統的方式加以分析。除AHP法外，ANP法亦秉承此一精神。當應用ANP法處理較複雜的決策問題，同時利用問卷方式調查多數專家對要素重要程度的判斷時，整個ANP法決策流程步驟詳見3.2.1節。

3.2.1 ANP法之流程步驟

【步驟1】 界定決策問題與成立決策群體 (Problem Structuring and Expert Group)

根據決策問題的本質，將可能影響決策問題之因素均納入探討，以界定決策問題的範圍。根據決策問題所涉及的領域及複雜的程度，匯集相關領域的專家意見，以成立決策群體。一般而言，專家人數不宜太多，以5-15人較佳，如果為單一決策者時，則此一步驟可以省略[19]。

【步驟2】 構建問題之網路階層結構 (Construct Model Construction)

經由整理歸納決策之問題的相關資訊，找出影響決策問題之考量因素，包括目標、準則以及可行方案或計畫等。在問題結構中，每一層級間可具有相互依存的关系，其利用迴圈弧形 (Loop Arcs) 以表示相互回饋之關係，如圖3.4之網路層級評估模式架構圖所示。

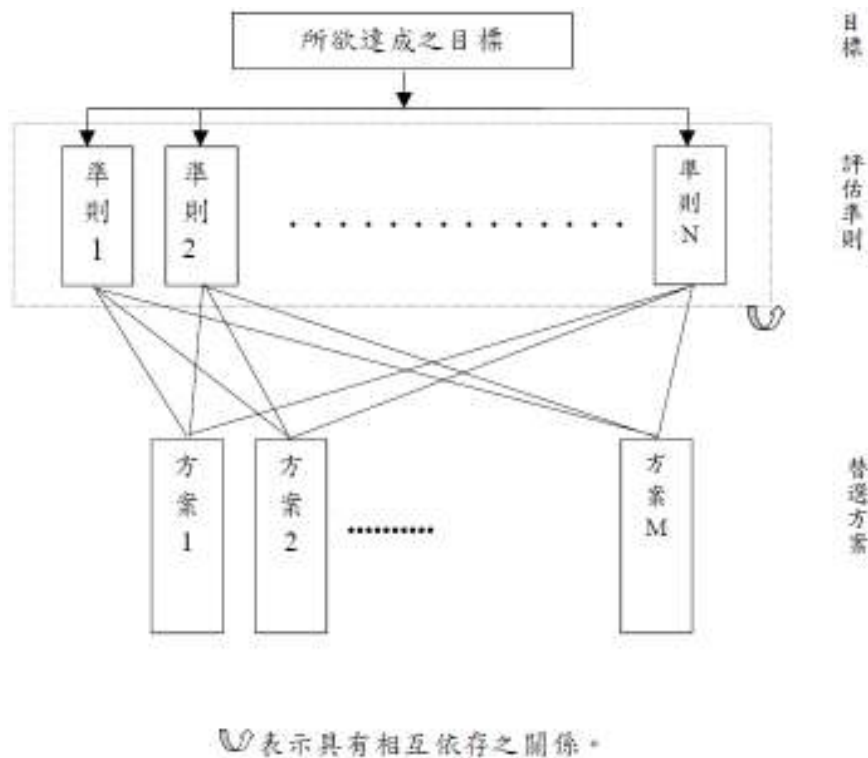


圖3.4 ANP網路層級評估模式架構圖 [56]

【步驟3】 問卷調查與專家偏好整合 (Questionnaire Survey)

根據問題之網路層級結構，每一要素在其上層要素作為評估基準下，由專家進行要素間之相對重要性程度判斷。一般藉由問卷方式進行調查，同時問卷必須清楚地陳述每一成對比較問題，以協助專家的判斷。

當決策者只有一位時，其判斷的結果並不涉及偏好的整合。但若有多位專家進行評估時，因為每位專家對問題的認知不同，所得到的成對比較權重值也不同，最後得到替代方案或計畫的重要性程度也不同，所以必須進行專家偏好的整合。偏好整合的方法甚多，基於判斷容易與計算簡單的考量下，可利用決策群體權重的平均值，進行專家偏好整合。平均值的計算方法，包括算術平均(Arithmetic Mean)與幾何平均(Geometric Mean)兩種方式，Saaty [54]認為幾何平均法之結果較佳。

【步驟4】 建立成對比較矩陣 (Pairwise Comparisons Matrices and Eigenvectors)

根據整合後專家之判斷偏好，即可得到多個各評估準則與方案間之成對比較

矩陣。ANP法係採用1-9之評估尺度，因此藉由求取成對比較矩陣之特徵向量值，再據以求取相對之權重值，並進而作為超矩陣結構內之數值，如此方可使其反應出各評估準則與方案間之相互依存關係與相對之重要性，其可求得如式(1)之成對比較矩陣A所示。有關矩陣運算理論及內容，在本研究中將不詳述。

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & & & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & & \vdots \\ \vdots & \vdots & & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

當在做成對比較時，可藉由求取成對比較矩陣的特徵值與特徵向量，再據以求取要素相對之權重。然而，當矩陣的階數（Order）愈高時，計算就變得愈複雜；因此，可利用近似特徵值解法求取特徵值與特徵向量，計算過程簡單，所得的解亦與精確值相近[19]。設若 n 個要素 ($A_1, \dots, A_i, \dots, A_n$) 的成對比較矩陣為 $A = [a_{ij}]$ ，則 A_i 要素的特徵向量 W_i 為：

$$W_i = \frac{\sum_{j=1}^n \left[\frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \right]}{n}, \quad \forall i, j = 1, 2, \dots, n \quad (3-1)$$

ANP之成對比較矩陣的比較方式可分為外部及內部關係，如圖3.5所示。外部關係之比較在於為判斷同一層級的準則達成上層目標的重要性或優越性的特徵向量值；內部關係之比較在於為判斷某一準則受內部其他準則影響的重要性或優越性的特徵向量值。

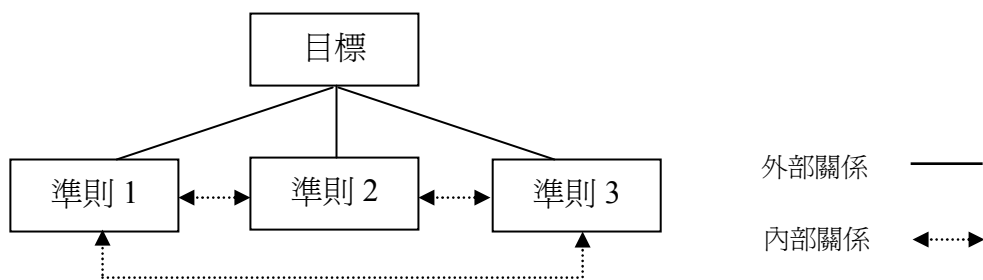


圖3.5 外部及內部關係之成對比較示意圖

【步驟5】 一致性檢定 (Consistency Test)

在ANP法中，決策者或專家的判斷偏好必須具遞移性，即滿足以下關係。然而人為的判斷常無法完全滿足下式的條件，因此，必須要經過一致性檢定 (Consistency Test) 的程序。

$$a_{ij} \cdot a_{jk} = a_{ik}, \forall i, j, k \quad (3-2)$$

其中， a_{ij} 表示要素 i 對要素 j 之相對重要性。

a_{jk} 表示要素 j 對要素 k 之相對重要性。

a_{ik} 表示要素 i 對要素 k 之相對重要性。

一致性檢定係根據成對比較矩陣的一致性比率 (Consistency Ratio ; $C.R.$) 進行檢定，其定義為

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} \quad (3-3)$$

其中， $C.I.$ 表示一致性指標 (Consistency Index ; $C.I.$)。

$R.I.$ 表示隨機指標 (Random Index ; $R.I.$)。

一致性指標 ($C.I.$) 為最大特徵值與階層數之差異程度，可作為判斷一致性高低的評量準則，其定義為

$$C.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (3-4)$$

其中， λ_{\max} 表示最大特徵值。

n 表示階層數。

若 $C.I.=0$ 時，表示要素之相對重要程度的判斷完全具一致性；若 $C.I.>0$ 時，則表示決策者或專家的判斷不一致。Saaty [54] 曾建議 $C.I. < 0.1$ 時，可獲得令人滿意的一致性，但最大可容許的誤差程度為 $C.I. < 0.2$ 。

隨機指標 ($R.I.$) 由隨機產生之正倒值矩陣而來， $R.I.$ 值根據成對比較矩陣的階數而定，即根據成對比較要素的個數 n 而定，詳如表3.2所示。

表3.2 隨機指標 ($R.I.$) 表

| n | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|-----|---|---|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| RI | 0 | 0 | 0.58 | 0.9 | 1.12 | 1.24 | 1.32 | 1.41 | 1.45 | 1.49 | 1.51 | 1.53 | 1.56 | 1.57 |

資料來源：Saaty [54]

一般而言，當 $C.R. \leq 0.1$ ，表示該成對比較判斷矩陣的一致性程度令人滿意，具有較佳的可接受性[54]。

【步驟6】 超矩陣運算 (Supermatrix Formation)

為處理問題結構中要素與要素間之相依關係，ANP法利用超矩陣²來計算要素的相對權重。其由許多子矩陣 (Sub-Matrix) 所組成，子矩陣即步驟4所得到的成對比較矩陣。在超矩陣中若有空白或0，則表示群組或要素間彼此是獨立而沒有相依性，其最大的好處是可以用來評估外部 (Outer) 及內部 (Inner) 二種相依性。外部相依為群組與群組間相互影響之關係，內部相依則為同一群組中各元素間的相互關係。

以超矩陣 M 為例，假設考慮到在主評估準則與次評估準則之間具有互相依存之關係存在時，則在一子矩陣 B 中各行的特徵向量 (Eigenvectors) 集，可表示為對於每一主評估準則所呈現的對於各次評估準則之衡量等級 (Scale)。同樣地，

²所謂超矩陣即將各群組與其所包含之要素所有子矩陣，依序列於矩陣左側與上方，形成一個超矩陣。

在另一子矩陣C中，各行的特徵向量集，可表示為對於每一次評估準則所呈現的對各主評估準則之相對優先性（Relative Dominance）。據此，超矩陣M包含了上述二個子矩陣B及C，其表示如下：

$$M = \begin{matrix} & \begin{matrix} \text{主評估} & \text{次評估} \\ \text{準則} & \text{準則} \end{matrix} \\ \begin{matrix} \text{主評估準則} \\ \text{次評估準則} \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & C \\ B & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

超矩陣M中之行向量總和若不符合行隨機原則³（Column-Stochastic），則稱之為「未加權超矩陣」(Unweighted Supermatrix)，此時必須經過特定的程序加以轉換成「加權超矩陣」(Weighted Supermatrix)。藉由上述轉換的程序，再經極限化（limiting）過程，即把M與M相乘至2k+1次方（k為主觀決定之值），相依關係將逐漸收斂，並得到要素間的相對權重[56]。

此外，決策問題所列舉的各個可行方案若對系統中的群組有影響時，需將它們列入超矩陣中進行運算，獲得含可行方案之極限化超矩陣，依該矩陣中各可行方案權重與各準則之間的相對權重，計算出每一個方案的整體權重，即可獲得最佳方案。

【步驟7】 選擇最適可行方案（Selection of Best Alternatives）

最適可行方案之選擇可利用「期望指標」（Desirability Index；DI）加以判斷，公式如下：

$$DI_i = \sum_{j=1}^r S_{ij} = \sum_{j=1}^r R_j W_{ij}, \quad \forall i, \quad j = 1, 2, \dots, r \quad (3-5)$$

³矩陣中之行向量總和不等於1時，則須將超矩陣之行向量作標準化(Normalize)，使行向量總和等於1，形成「隨機矩陣」(Stochastic Matrix)。其優點是所對應的最大特徵值為1，讓矩陣運算更為容易。

其中， DI_i ：第 i 個可行方案的期望指標

S_{ij} ：第 j 個次評估準則下，第 i 個可行方案的權重

R_j ：第 j 個次評估準則的相對權重

W_{ij} ：在第 j 個次評估準則下，第 i 個可行方案的相對權重

當具有最高期望指標值的可行方案，則即為最適可行方案 A^* ：

$$A^* = \left\{ A_i \mid DI_i = \max_{k=1,2,\dots,n} (DI_k) \right\} \quad (3-6)$$

經由上述之步驟，即可求得各評估準則與方案間之相互依存關係之優先權重值，而優先權重值愈大者，則表示被採納之優先順序愈高，如此方可選擇出最適之方案。

綜上所述，採用ANP法來評估替選方案不僅可考量存在於各方案及準則間之互相依存關係之實際面問題，同時對於經由此法所評估選擇出的結果，其亦達到方案評選之目標要求。

3.3 ANP 派工法則評估模式

半導體產業基本上是技術、生產導向，因此，過去現場派工之研究範圍多以單一主題為探討對象[43] [46] [47]。換言之，即是以提升單一生產績效為研究對象，雖然改善目標明確、可以解決某一部份的生產問題，但卻往往忽略了對其他生產績效之影響；如此一來，也就失去了晶圓廠以多重生產績效指標來衡量生產績效的管理意義，更容易產生管理上之盲點。因此，本研究將從整體性的角度切入，從多項績效指標相依性之觀點建構 ANP 派工法則評估模式。

詹偉順[17]以實證研究探討總產出、生產週期時間、在製品，以及瓶頸機台利用率四種績效指標之間的關聯性；Ehtesham [32]亦以實證方式探討相關主題之影響因素及其之間關係。因此，在 ANP 動態派工評估模式的選用上，本研究以

「生產週期時間」、「系統產出量」、「在製品水準」、「設備效率」，做為模式主評估準則要素。

目前晶圓製造廠之生產模式大致可分成訂單式生產 (Make To Order) 及存貨式生產 (Make To Stock)，對於訂單式生產模式而言，生產規劃與控制必須依照顧客訂單而決定。就生產排程因素來看，生產需求取決於訂單之種類，而訂單類別即是反應產品之複雜性，故產品製程技術不同、光罩層數、金屬製程多寡等因素，都將左右客戶的生產需求；就生產計畫而言，除了必須根據生產需求來排定廠內生產計畫外，生產線上的運作流程與相關生產管理制度亦會影響廠方之生產排程規劃，故就晶圓製造廠而言，產品複雜性、生產控制活動可能都是生產排程必須考量的因素，而這些因素亦可能進一步對生產績效造成影響。

緊急批量之插入，意味著生產線上必須空出產能，讓緊急批量優先通過，雖然可達成緊急訂單之交期要求，卻也可能會造成其他訂單生產週期的拉長，進而影響整體之生產績效；機台之設定可決定生產產品的種類，因此會影響廠內排程的規劃，而產品組合的比例正是機台設定的關鍵因素，故以產品種類數來衡量設定規則對生產績效之影響。

就生產現場而言，加工批量投入時點、機台派工、機台運用狀況及批次大小等因素都會綜合影響生產效率與效果，因此若能有系統的將這些因素組織起來，再進一步探討其對生產績效的影響程度高低，將有助管理者決定改善的重點及資源的調配。故根據上述，本研究嘗試將生產特徵因素分為「產品組合」、「緊急訂單」、「批次大小」、「交期」、「機台當機」等因素，來做為模式次評估準則要素。

生產管理的目的不外乎是為公司企業帶來更多的利潤與追求更高的績效，如較短的週期時間與精準的交期時間等，由於產業特性的不同，如何做到有效的管理，進而完成預期的目標就有賴審慎地做好生產作業控制。實際的製造現場常存在一些非預期性之事故，其對產出績效有著一定程度的影響。因此，為減少非預期性因素對系統所造成的損害，就需謹慎考量派工法則來保護系統的產能。

派工法則係決定等待加工工件執行作業的優先順序的方法，以提供生產設

備處理下一加工作業的選擇對象為何，而藉由這些選取規則的輔助，進而達到控制生產作業的目標，減少不確定性的因素所產生的衝擊，且適當的派工可為產出績效帶來眾多的助益。依據派工法則的不同，加工作業的優先選擇順序也不盡相同，相對的對系統所帶來的執行結果也不一樣。

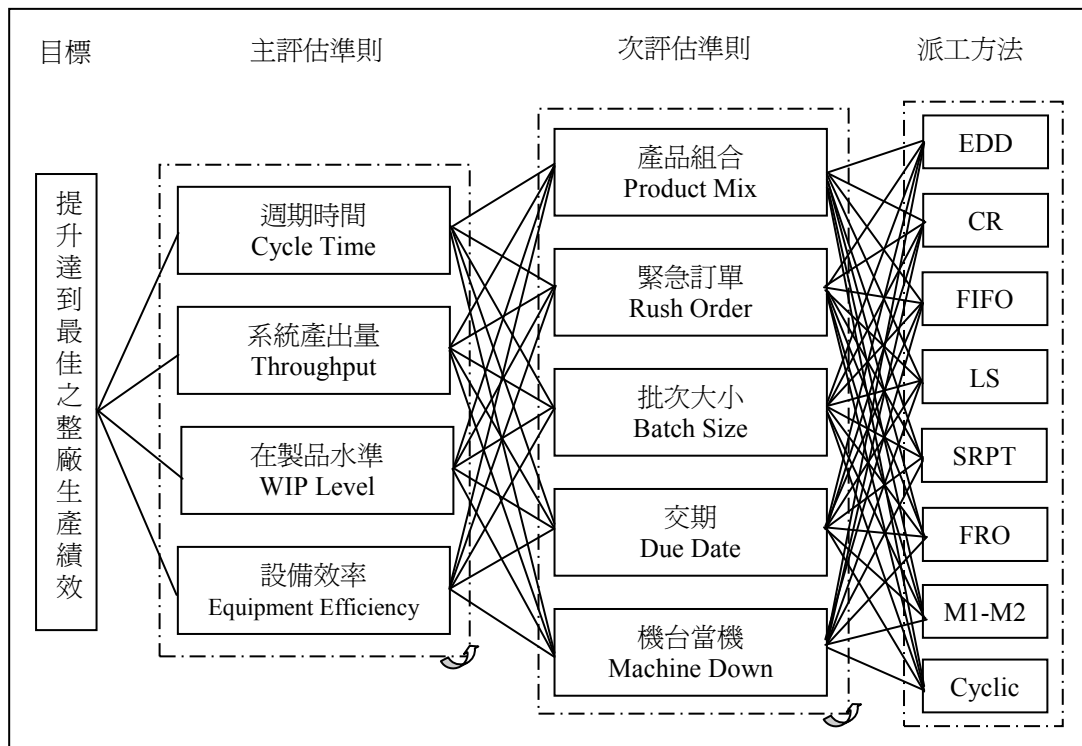
依 Stevenson [61]對最基本常用之派工法則的研究，其建議生管人員可依各種生產環境與目標績效需求，找出適用的不同派工法則。因此，本研究在派工方法的選用上，考量到現今晶圓製造廠以訂單式生產之生產環境居多，故針對不同類型之派工法則在一些特定的生產因素的成效表現上加以篩選，並參酌事先訪談過專家所認知常見的派工法則之資訊。

此外，就派工而言，雖然各加工區域的主要機台加工特性有相當大的差異，對具有不同加工特性的特定機台（如 Stepper、Sputter 等）應選擇適合其加工特性的派工法則。然而，由於半導體晶圓製造廠的高度複雜性，許多針對不同加工機台特性所發展的派工方法常被限制於十分簡化的研究模型當中，這些針對不同加工機台特性所設計之派工方法，也因研究之假設條件所限制，只有少數能實際應用在工作現場。再者，一些傳統常見之派工法則也經由過去研究證實其效果並不亞於針對晶圓製程特性所設計之派工方法，故本研究以傳統常見之派工法則作為主要之選用方法。表 3.3 為本研究歸納整理經由篩選後所選用之八種傳統常見之派工法則以及其所考慮之特性因子。

表3.3 不同派工法則之考慮因子

| 派工法則 | 考慮因子 | | | | | |
|--------|-------|-----|-----------|------------|------|------|
| | 非瓶頸機台 | 再回流 | 機台 利用率 | 在製品 量控制 | 滿足交期 | 緊急訂單 |
| EDD | | | | | 3 | 3 |
| CR | | | | | 3 | 3 |
| LS | | | | | 3 | 3 |
| FRO | | | | 3 | | |
| SRPT | | | | 3 | | |
| Cyclic | | 3 | 3 | | | |
| M1-M2 | | 3 | 3 | | | |
| FIFO | 3 | | | | | |

本研究之 ANP 派工法則評估模式架構如圖 3.6 所示，各主要評估準則與各次要評估準則之間的相依關係，則分別如圖 3.7 跟 3.8 所示。



註：↪ 表內部有相依關係

圖3.6 ANP派工法則評估模式

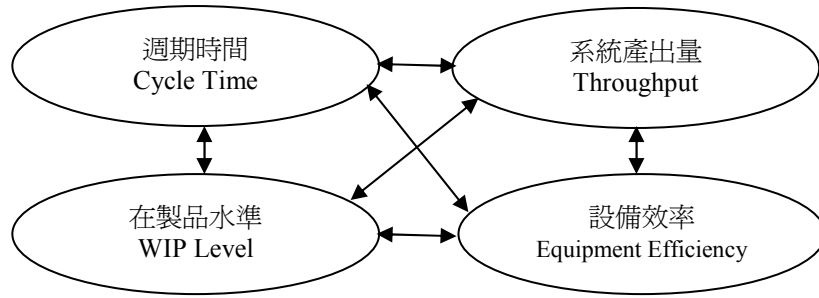


圖3.7 生產績效指標（主要準則）間之相依關係圖

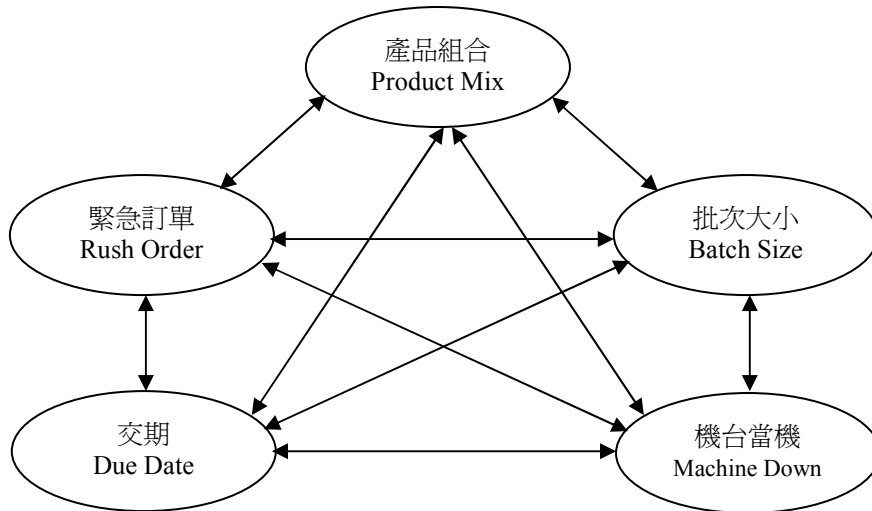


圖3.8 影響生產績效之因素（次要準則）間之相依關係圖

以下分別對 ANP 派工法則評估模式之目標、主準則、次準則、派工方法加以定義：

1. 目標 (Goal)：對晶圓製造廠而言，生產績效的達成與否，代表著製造現場之生產線是否平穩以及能否滿足訂單需求。因此，在本模式中所定義之目標為「**提升達到最佳之整廠生產績效**」。
2. 主準則 (Major Criteria)：依據第 2.2 節中之探討，常見之準則有產出量、在製品水準、生產週期時間，所以此處所採用之績效指標如下：
 - (1) **週期時間 (Cycle Time)** 為平均週期時間，係指單位生產從投料到製造廠的時間直到從製造廠離開所花費的時間，以小時表示。
 - (2) **產出量 (Throughput)** 係指固定時間內生產系統所完成的工件數。如晶圓廠的產出單位即為晶圓片數，機台產出單位為產出 / Moves 數。
 - (3) **在製品水準 (WIP Level)** 係指已投料到晶圓廠，但尚未在其所有製程步

驟完成加工之批量數，為生產現場中不包括原物料與成品的半成品存量。

- (4) **設備效率 (Equipment Efficiency)** 在生產過程中，如何有效的使用設備，為一種設備績效的衡量。包含 (a) 瓶頸利用率 (Bottleneck utilization) (b) 限制資源利用率 (CCR utilization)。瓶頸利用率係指在某一期間，系統裡瓶頸之平均利用率。由於整個製造系統的產出量是由瓶頸工作站決定，所以瓶頸利用率應該愈高愈好。限制資源利用率係指在某一期間，系統裡 CCR 之平均利用率。儘管 CCR 不是瓶頸，但實質上也有高利用率。當 CCR 利用率太高時，會有瓶頸漂移的可能性。

3. 次要準則 (Detailed Criteria)：

- (1) **產品組合 (Product Mix)** 係指將多種不同產品依不同的比例混合加工。
- (2) **緊急訂單 (Rush Order)** 係指未經安排在本次生產期間製造，卻由於某些原因必須優先交貨之訂單。
- (3) **批次大小 (Batch Size)** 係指在批次處理機台 (Batch Processing Machine) 上加工之批次數。批次作業 (Batch Operation) 可在批次處理機台上同時操作一批以上的加工作業，但此種機台一次作業有最大加工容量的限制。
- (4) **交期 (Due Date)** 係指製造廠接受訂單後給予客戶承諾或應客戶要求之交貨日，一般可分成依工作特性 (Job Characteristics) 指定交期、依現場狀況 (Shop Condition) 指定交期、依動態的現場負荷 (Dynamic Shop Workload) 指定交期。
- (5) **機台當機 (Machine Down)** 係指加工機台非預期性之當機。由於機台設備成本相當昂貴，折舊費用相當大，且機台的高當機率會對製造系統的產出造成負面的影響。

4. 派工方法 (Dispatching Rules)：

- (1) **最早交期法 (Earily Due Date ; EDD)**：依據加工批交期的前後順序給予優先值，交期近者先加工。
- (2) **關鍵比值法 (Critical Ratio ; CR)**：係將每一加工批到達交期前可用的加

工時間 (Time Remaining) 除以其剩下之加工時間 (Work Remaining)，
比值越小的加工批優先權越高。

- (3) **先進先出法 (First In First Out ; FIFO)** : 為最簡單且常用的一種派工法則，其給予在等候線中等候時間最長的加工批最高的優先值。
- (4) **最小浮時法 (Least Slack ; LS)** : 一加工批到達交期前可用的加工時間減去其剩下所需的加工時間稱之為浮時 [Slack Time = (Due Date – Present Time) – Remaining Processing Time]。浮時越小的加工批優先權越高。
- (5) **最短剩餘加工時間法 (Shortest Remaining Processing Time ; SRPT)** : 最短剩餘加工時間者優先，指剩餘加工作業之加工時間加總，不含 Queue Time、Wait Time。
- (6) **最少剩餘加工步驟數法 (Fewest number of Remaining Operation ; FRO)** : 根據目前在線上之加工批，選取剩餘加工步驟數最少者優先加工，以增加系統產出。
- (7) **CyClic 法 (適用於單產品，瓶頸機台，再回流環境)** : 假設目前經此機台之加工批以第 m 層者為最多，則選取 m+1 層之加工批以 FIFO 加工；若無，則選取 m+2 層之工單以 FIFO 加工。
- (8) **M1-M2 法 (適用於單產品，瓶頸機台，再回流環境)** : 假設瓶頸為 M1、M2 (加工批先經過 M1 加工)，則 M1 選取最小剩餘加工時間 (Smallest Remaining Processing Time) 之加工批優先加工；M2 則選取最大剩餘加工時間 (Largest Remaining Processing Time) 之加工批優先加工。

第四章 實證研究與分析

本評估模式建構之目的，在於協助晶圓製造廠進行生產派工時，能有效選取適合之派工方法；生管人員可透過本研究所建立的評估模式，從各種派工方法中進行選擇以達成生產目標。模式中會對派工方法以及評估準則進行成對比較，最後彙整決策人員之比較結果，求取不同派工方法之評估權重，經由權重結果的判讀，可以概括瞭解決策人員對派工方法間之綜合評價。

為了確實瞭解評估結果與實際生產派工情形之吻合度，本研究將依據第 3.3 節所建構之 ANP 模式評估各準則之相對權重，並挑選國內具有多年實務經驗之生管專家為對象，期望能夠經由實證說明模式的發展與評估，以提供一套可行又有效之模式來作為評估多準則之依據。

4.1 專家問卷調查

4.1.1 問卷設計

根據所構建之 ANP 派工法則評估模式（詳見圖 3.6），本研究利用問卷調查方式進行專家意見之調查。問卷內容為各評估準則或派工方法之成對比較判斷，其中問題的類型主要分為以下五種（有關 ANP 派工法則評估模式之專家調查問卷，詳如附錄 A 所示）。

- (1) 第一種問題類型為相依關係不存在時，各主要評估準則在達成目標下的相對重要性比較。
- (2) 第二種問題類型為相依關係存在時，各主要評估準則之間的相對重要性比較。

(3) 第三種問題類型為相依關係不存在時，各次要評估準則在各主要評估準則下的相對重要性比較。

(4) 第四種問題類型為相依關係存在時，各次要評估準則之間的相對重要性比較。

(5) 第五種問題類型為相依關係不存在時，各派工方法在各次要評估準則下的相對重要性比較。

此外，對於本研究專家問卷之評估尺度，則是利用 1~9 個等級評估準則間之相對重要性程度[54]，如表 4.1 所示。由於每個準則對目標的影響程度不盡相同，因此採取成對比較的方法，透過矩陣估算出各項準則對目標達成的相對權重。所以就各項成對比較的準則，依據其重要性的評比，勾選出最適當的值。

表4.1 9等級評估尺度意義及說明

| 評估尺度 | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 | 2、4、6、8 |
|------|------|------|------|------------|------------|---------|
| 定義 | 同等重要 | 稍微重要 | 頗重要 | 極重要 | 絕對重要 | 相鄰尺度中間值 |
| 說明 | 一樣重要 | 稍微傾向 | 強烈傾向 | 非常 強烈傾向 | 肯定 絕對傾向 | 需要折衷值時 |

4.1.2 問卷調查

本研究在進行最適晶圓製造派工方法之評估時，考量生產績效指標以及影響生產績效之生產因素，因此，在專家人選之條件上，主要考慮具有多年實務經驗之生管人員為對象。

此外，由於 TFT-LCD 產業的三段主要製程 (Array、Cell、Module Assembly) 中之前段的 Array 製程，包括顯影、曝光、蝕刻、薄膜等生產過程皆與半導體晶圓製程相似，所不同的是其將薄膜電晶體製作於玻璃上，而非矽晶圓上。若能將其納入考慮，將有助於了解 TFT-LCD 產業中的 Array 製程與半導體晶圓製程之間的差異程度，故本研究分別發放專家問卷給兩大產業中的生管專家。其中，晶圓製造產業總共發放 16 份，有效問卷 8 份；而 TFT-LCD 產業總共發放 2 份，有效問卷 2 份，整體問卷之回收率約為 56%。

在問卷調查中，專家主要的工作在於決定目標階層結構中，4種生產績效指標（主要準則）、5種生產特徵因素（次要準則），以及8種派工方法（選擇方案）的相對權重。本研究將問卷及相關說明資料分別直接郵寄給專家，專家填妥問卷後，再利用親自到訪方式回收問卷。如此，一來可確保問卷有效之回收，二來藉由會面之方式聽取專家提出之看法與意見，提供問卷內容之修正。

4.1.3 問卷效度

效度係指衡量工具確實能測出其所欲測量之特質或功能的程度，就本研究 ANP 派工法則評估模式而言，各評估準則之衡量要素均是經由理論、相關文獻實證研究文獻歸納（詳見第 2 章之文獻探討），以確保採用衡量要素之完整性與周延性。另外，在本研究的問卷設計之時，係經過具有相當實務經驗之生管專家提供意見以修正問題內容，故本研究之問卷應具有一定之專家效度。

4.2 模式決策評估

在經過第 3 章研究討論後，本研究已應用 Super Decision 軟體建立案例之 ANP 模型，如圖 4.1 所示。而模式建立完成後，將之前所整合群體專家意見之幾何平均數據值輸入至該決策軟體中之問卷模式當中，以使用來做各準則之間的成對比對（Pair-Wise Comparisons）。

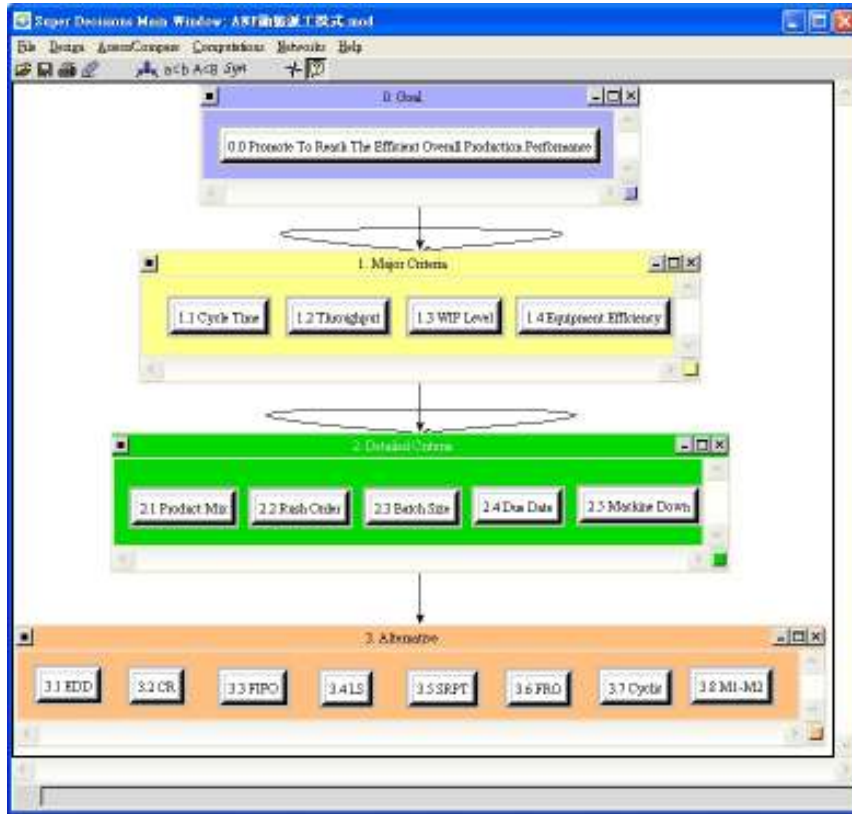


圖4.1 Super Decision 中的ANP派工法則評估模式

4.2.1 準則、方案之成對比較與一致性檢定

(一) 各主要準則對目標達成的相對重要性比較

由專家意見評估「週期時間」、「系統產出量」、「在製品水準」、「設備效率」四種生產績效指標（主要準則），對達成『最佳之整廠生產績效』目標的相對重要性，評估結果如表 4.2 所示。

表4.2 在『最佳之整廠生產績效』目標下，生產績效指標的成對比較表

| | 週期時間 | 系統產出量 | 在製品水準 | 設備效率 | 特徵向量 |
|-------|------|-------|-------|------|-------|
| 週期時間 | 1 | 1 | 1 | 3 | 0.308 |
| 系統產出量 | 1 | 1 | 2 | 3 | 0.357 |
| 在製品水準 | 1 | 1/2 | 1 | 1 | 0.200 |
| 設備效率 | 1/3 | 1/3 | 1 | 1 | 0.135 |

CR = 0.0442

為保證專家的判斷能獲得令人滿意的一致性，必須進行一致性檢定，由表 4.2 之成對比較矩陣計算結果，C.R. = 0.0442 小於 0.1，顯示專家的評估結果具有

一致性。而週期時間、系統產出量、在製品水準與設備效率這四種生產績效指標之相對權重值分別為(0.308、0.357、0.2、0.135)，顯示出系統產出量是專家較為重視之績效指標，週期時間則次之，設備效率則較不受重視。從表 4.2 之相對權重值，則可求得各主要準則在目標下的權重矩陣 A：

$$A = \begin{bmatrix} 0.308 \\ 0.357 \\ 0.200 \\ 0.135 \end{bmatrix}$$

(二) 各主要準則在「相依關係」存在下的相對重要性比較

進行各主要準則之間內部相互依存關係的成對比較，比較各準則間相互影響的程度，以求得各準則實際對目標影響之權重。而各主要準則間內部相依之關係如圖 3.7 所示，成對比較結果如表 4.3 至表 4.6 所示。

表4.3 在『較短週期時間』準則下，其他生產績效指標的成對比較表

| | 系統產出量 | 在製品水準 | 設備效率 | 特徵向量 |
|-------|-------|-------|------|-------|
| 系統產出量 | 1 | 1 | 1 | 0.333 |
| 在製品水準 | 1 | 1 | 1 | 0.333 |
| 設備效率 | 1 | 1 | 1 | 0.333 |

CR = 0.0001

從表4.3所示，即求得在較短週期時間準則下，系統產出量、在製品水準與設備效率這三種生產績效指標之相對權重值皆為0.333，顯示出這三者指標，無論何者的績效表現皆最直接影響到週期時間的績效好壞。此外，C.R.=0.0001小於0.1，顯示專家的評估結果具有一致性。

表4.4 在『高系統產出量』準則下，其他生產績效指標的成對比較表

| | 週期時間 | 在製品水準 | 設備效率 | 特徵向量 |
|-------|------|-------|------|-------|
| 週期時間 | 1 | 1/2 | 1 | 0.260 |
| 在製品水準 | 2 | 1 | 1 | 0.413 |
| 設備效率 | 1 | 1 | 1 | 0.327 |

CR = 0.0516

在表4.4中，以第三列第二行而言，則表示為在製品水準影響系統產出量準則的重要性是週期時間影響系統產出量準則重要性的2倍。故以此類推，則可求得各主要準則間相依關係成對比較之相對權重值。

因此，在『高系統產出量』準則下，週期時間、在製品水準與設備效率這三種生產績效指標之相對權重值分別為（0.26、0.413、0.327），顯示出在製品水準對系統產出量之績效是影響最大，週期時間則影響最小。此外，C.R.=0.0516小於0.1，顯示專家的評估結果具有一致性。

表4.5 在『低在製品水準』準則下，其他生產績效指標的成對比較表

| | 週期時間 | 系統產出量 | 設備效率 | 特徵向量 |
|-------|------|-------|------|-------|
| 週期時間 | 1 | 2 | 2 | 0.500 |
| 系統產出量 | 1/2 | 1 | 1 | 0.250 |
| 設備效率 | 1/2 | 1 | 1 | 0.250 |

CR = 0.0001

從表4.5所示，即求得在『低在製品水準』準則下，週期時間、系統產出量與設備效率這三種生產績效指標之相對權重值分別為（0.5、0.25、0.25），顯示出週期時間對在製品水準之績效是影響最大，其他兩者指標則影響最小。此外，C.R.=0.0001小於0.1，顯示專家的評估結果具有一致性。

表4.6 在『高設備效率』準則下，其他生產績效指標的成對比較表

| | 週期時間 | 系統產出量 | 在製品水準 | 特徵向量 |
|-------|------|-------|-------|-------|
| 週期時間 | 1 | 1/2 | 1 | 0.260 |
| 系統產出量 | 2 | 1 | 1 | 0.413 |
| 在製品水準 | 1 | 1 | 1 | 0.327 |

CR = 0.0516

從表4.6所示，即求得在『高設備效率』準則下，週期時間、系統產出量與在製品水準這三種生產績效指標之相對權重值分別為（0.26、0.413、0.327），顯示出系統產出量對設備效率之績效是影響最大，週期時間則影響最小。此外，C.R.=0.0516小於0.1，顯示專家的評估結果具有一致性。

由表4.3至表4.6之相對權重值，則可求得各主要準則間內部相互依存關係之權重矩陣B：

$$B = \begin{bmatrix} 0 & 0.260 & 0.500 & 0.260 \\ 0.333 & 0 & 0.250 & 0.413 \\ 0.333 & 0.413 & 0 & 0.327 \\ 0.333 & 0.327 & 0.250 & 0 \end{bmatrix}$$

(三) 各次要準則在各主要準則下的相對重要性比較

由專家意見評估「產品組合」、「緊急訂單」、「批次大小」、「交期」、「機台當機」五種影響生產績效因素（次要準則），對四種生產績效指標（主要準則）的相對重要性，成對比較結果如表4.7至表4.10所示。

表4.7 在『較短週期時間』準則下，生產績效之因素的成對比較表

| | 產品組合 | 緊急訂單 | 批次大小 | 交期 | 機台當機 | 特徵向量 |
|------|------|------|------|-----|------|-------|
| 產品組合 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1/2 | 0.200 |
| 緊急訂單 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.193 |
| 批次大小 | 1/2 | 1 | 1 | 1/2 | 1 | 0.152 |
| 交期 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 0.223 |
| 機台當機 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.232 |

CR = 0.0396

在表4.7中，以第二列第四行而言，則表示為產品組合在較短週期時間準則下影響之重要性是批次大小在較短週期時間準則下影響之重要性的2倍。故以此類推，則可求得各次要準則在各主要準則下成對比較之相對權重值。

因此，在較短週期時間準則下，產品組合、緊急訂單、批次大小、交期與機台當機這五種影響生產績效之因素之相對權重值分別為（0.2、0.193、0.152、0.223、0.232），顯示出機台當機因素對週期時間之績效是影響最大，其次是交期因素，批次大小因素則影響最小。此外，C.R.=0.0396小於0.1，顯示專家的評估結果具有一致性。

表4.8 在『高系統產出量』準則下，生產績效之因素的成對比較表

| | 產品組合 | 緊急訂單 | 批次大小 | 交期 | 機台當機 | 特徵向量 |
|------|------|------|------|----|------|-------|
| 產品組合 | 1 | 3 | 2 | 2 | 1 | 0.289 |
| 緊急訂單 | 1/3 | 1 | 1/2 | 1 | 1/3 | 0.098 |
| 批次大小 | 1/2 | 2 | 1 | 2 | 1/3 | 0.164 |
| 交期 | 1/2 | 1 | 1/2 | 1 | 1/3 | 0.107 |
| 機台當機 | 1 | 3 | 3 | 3 | 1 | 0.342 |

CR = 0.0182

從表4.8所示，即求得在『高系統產出量』準則下，產品組合、緊急訂單、批次大小、交期與機台當機這五種影響生產績效之因素之相對權重值分別為（0.289、0.098、0.164、0.107、0.342），顯示出機台當機因素對系統產出量之績效是影響最大，其次是產品組合因素，緊急訂單因素則影響最小。此外，C.R. = 0.0182小於0.1，顯示專家的評估結果具有一致性。

表4.9 在『低在製品水準』準則下，生產績效之因素的成對比較表

| | 產品組合 | 緊急訂單 | 批次大小 | 交期 | 機台當機 | 特徵向量 |
|------|------|------|------|----|------|-------|
| 產品組合 | 1 | 2 | 3 | 2 | 1 | 0.304 |
| 緊急訂單 | 1/2 | 1 | 1 | 2 | 1/2 | 0.164 |
| 批次大小 | 1/3 | 1 | 1 | 1 | 1/2 | 0.130 |
| 交期 | 1/2 | 1/2 | 1 | 1 | 1/2 | 0.123 |
| 機台當機 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 0.279 |

CR = 0.0175

從表4.9所示，即求得在『低在製品水準』準則下，產品組合、緊急訂單、批次大小、交期與機台當機這五種影響生產績效之因素之相對權重值分別為（0.304、0.164、0.13、0.123、0.279），顯示出產品組合因素對在製品水準之績效是影響最大，其次是機台當機因素，交期因素則影響最小。此外，C.R. = 0.0175小於0.1，顯示專家的評估結果具有一致性。

表4.10 在『高設備效率』準則下，生產績效之因素的成對比較表

| | 產品組合 | 緊急訂單 | 批次大小 | 交期 | 機台當機 | 特徵向量 |
|------|------|------|------|----|------|-------|
| 產品組合 | 1 | 4 | 2 | 4 | 1/3 | 0.280 |
| 緊急訂單 | 1/4 | 1 | 1/2 | 1 | 1/2 | 0.099 |
| 批次大小 | 1/2 | 2 | 1 | 1 | 1/2 | 0.145 |
| 交期 | 1/4 | 1 | 1 | 1 | 1/3 | 0.101 |
| 機台當機 | 3 | 2 | 2 | 3 | 1 | 0.375 |

CR = 0.0764

從表4.10所示，即求得在『高設備效率』準則下，產品組合、緊急訂單、批次大小、交期與機台當機這五種影響生產績效之因素之相對權重值分別為（0.28、0.099、0.145、0.101、0.375），顯示出機台當機因素對設備效率之績效是影響最大，其次是產品組合因素，緊急訂單因素則影響最小。此外，C.R.=0.0764小於0.1，顯示專家的評估結果具有一致性。

由表4.7至表4.10之相對權重值，則可求得各次要準則在各主要準則下的權重矩陣C：

$$C = \begin{bmatrix} 0.200 & 0.289 & 0.304 & 0.280 \\ 0.193 & 0.098 & 0.164 & 0.099 \\ 0.152 & 0.164 & 0.130 & 0.145 \\ 0.223 & 0.107 & 0.123 & 0.101 \\ 0.232 & 0.342 & 0.279 & 0.375 \end{bmatrix}$$

（四）各次要準則在「相依關係」存在下的相對重要性比較

進行各次要準則之間內部相互依存關係的成對比較，比較各準則間相互影響的程度，以求得各準則實際對目標影響之權重。而各次要準則間內部相依之關係如圖 3.8 所示，成對比較結果如表 4.11 至表 4.15 所示。

表4.11 在『較佳產品組合』因素下，其他生產績效之因素的成對比較表

| | 緊急訂單 | 批次大小 | 交期 | 機台當機 | 特徵向量 |
|------|------|------|----|------|-------|
| 緊急訂單 | 1 | 1 | 1 | 2 | 0.288 |
| 批次大小 | 1 | 1 | 2 | 2 | 0.338 |
| 交期 | 1 | 1/2 | 1 | 1 | 0.205 |
| 機台當機 | 1/2 | 1/2 | 1 | 1 | 0.169 |

CR = 0.0227

在表 4.11 中，以第三列第四行而言，則表示為批次大小影響產品組合因素的重要性是交期影響產品組合因素重要性的 2 倍。故以此類推，則可求得各次要準則間相依關係成對比較之相對權重值。

因此，在『較佳產品組合』因素下，緊急訂單、批次大小、交期與機台當機這四種影響生產績效之因素之相對權重值分別為 (0.288、0.338、0.205、0.169)，顯示出批次大小因素對較佳產品組合之表現是影響最大，機台當機因素則影響最小。此外，C.R. = 0.0227 小於 0.1，顯示專家的評估結果具有一致性。

表4.12 在『發生緊急訂單』因素下，其他生產績效之因素的成對比較表

| | 產品組合 | 批次大小 | 交期 | 機台當機 | 特徵向量 |
|------|------|------|-----|------|-------|
| 產品組合 | 1 | 2 | 1/2 | 1 | 0.227 |
| 批次大小 | 1/2 | 1 | 1/4 | 1/2 | 0.113 |
| 交期 | 2 | 4 | 1 | 1 | 0.386 |
| 機台當機 | 1 | 2 | 1 | 1 | 0.274 |

CR = 0.0227

從表4.12所示，即求得在『發生緊急訂單』因素下，產品組合、批次大小、交期與機台當機這四種影響生產績效之因素之相對權重值分別為 (0.227、0.113、0.386、0.274)，顯示出交期因素對發生緊急訂單之表現是影響最大，批次大小因素則影響最小。此外，C.R. = 0.0227 小於 0.1，顯示專家的評估結果具有一致性。

表4.13 在『適當批次大小』因素下，其他生產績效之因素的成對比較表

| | 產品組合 | 緊急訂單 | 交期 | 機台當機 | 特徵向量 |
|------|------|------|-----|------|-------|
| 產品組合 | 1 | 1 | 1 | 2 | 0.281 |
| 緊急訂單 | 1 | 1 | 2 | 2 | 0.340 |
| 交期 | 1 | 1/2 | 1 | 2 | 0.239 |
| 機台當機 | 1/2 | 1/2 | 1/2 | 1 | 0.140 |

CR = 0.0227

從表4.13所示，即求得在『適當批次大小』因素下，產品組合、緊急訂單、交期與機台當機這四種影響生產績效之因素之相對權重值分別為（0.281、0.34、0.239、0.14），顯示出緊急訂單因素對適當批次大小之表現是影響最大，機台當機因素則影響最小。此外，C.R.=0.0227小於0.1，顯示專家的評估結果具有一致性。

表4.14 在『滿足交期』因素下，其他生產績效之因素的成對比較表

| | 產品組合 | 緊急訂單 | 批次大小 | 機台當機 | 特徵向量 |
|------|------|------|------|------|-------|
| 產品組合 | 1 | 1/3 | 2 | 1/3 | 0.145 |
| 緊急訂單 | 3 | 1 | 4 | 1/2 | 0.335 |
| 批次大小 | 1/2 | 1/4 | 1 | 1/2 | 0.111 |
| 機台當機 | 3 | 2 | 2 | 1 | 0.409 |

CR = 0.0909

從表4.14所示，即求得在『滿足交期』因素下，產品組合、緊急訂單、批次大小與機台當機這四種影響生產績效之因素之相對權重值分別為（0.145、0.335、0.111、0.409），顯示出機台當機因素對滿足交期之表現是影響最大，批次大小因素則影響最小。此外，C.R.=0.0909小於0.1，顯示專家的評估結果具有一致性。

表4.15 在『發生機台當機』因素下，其他生產績效之因素的成對比較表

| | 產品組合 | 緊急訂單 | 批次大小 | 交期 | 特徵向量 |
|------|------|------|------|-----|-------|
| 產品組合 | 1 | 1/2 | 1 | 1/2 | 0.163 |
| 緊急訂單 | 2 | 1 | 2 | 1 | 0.326 |
| 批次大小 | 1 | 1/2 | 1 | 1/3 | 0.148 |
| 交期 | 2 | 1 | 3 | 1 | 0.363 |

CR = 0.0077

從表4.15所示，即求得在『發生機台當機』因素下，產品組合、緊急訂單、批次大小與交期這四種影響生產績效之因素之相對權重值分別為(0.163、0.326、0.148、0.363)，顯示出交期因素對發生機台當機之表現是影響最大，批次大小因素則影響最小。此外，C.R.=0.0077小於0.1，顯示專家的評估結果具有一致性。

由表4.11至表4.15之相對權重值，可求得各次要準則間內部相互依存關係之權重矩陣D：

$$D = \begin{bmatrix} 0 & 0.227 & 0.281 & 0.145 & 0.163 \\ 0.288 & 0 & 0.340 & 0.335 & 0.326 \\ 0.338 & 0.113 & 0 & 0.111 & 0.148 \\ 0.205 & 0.386 & 0.239 & 0 & 0.363 \\ 0.169 & 0.274 & 0.140 & 0.409 & 0 \end{bmatrix}$$

(五) 各派工方法在各次要準則下的相對重要性比較

進行每個派工方法對各次要準則的相對重要性比對，以求出每個派工方法對各次要準則之影響權重，其成對比較結果如表 4.16 至表 4.20 所示。

表4.16 在『較佳產品組合比例』因素下，派工方法的成對比較表

| | EDD | CR | FIFO | LS | SRPT | FRO | Cyclic | M1-M2 | 特徵向量 |
|--------|-----|-----|------|-----|------|-----|--------|-------|-------|
| EDD | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.139 |
| CR | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 0.173 |
| FIFO | 1/3 | 1/2 | 1 | 1 | 1/2 | 1 | 1/2 | 1/2 | 0.076 |
| LS | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 0.132 |
| SRPT | 1 | 1/2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 0.131 |
| FRO | 1 | 1/2 | 1 | 1/2 | 1/2 | 1 | 1 | 1 | 0.094 |
| Cyclic | 1 | 1/2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 0.134 |
| M1-M2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1/2 | 1 | 0.121 |

CR = 0.0300

在每個次要準則下各派工方法相對重要性比較之權重，以表4.16的第三列第四行而言，表示CR派工法相較於FIFO派工法，考慮較佳產品組合比例因素下所獲得之專家評估尺度值，即CR派工法影響產品組合因素的重要性是FIFO派工法影響產品組合因素重要性的2倍。以此類推進行相對重要性比較，故可求得各派工方法對於各次要準則之權重值。

因此，在『較佳產品組合比例』因素下，EDD、CR、FIFO、LS、SRPT、FRO、Cyclic與M1-M2這八種派工方法之相對權重值分別為(0.139、0.173、0.076、0.132、0.131、0.094、0.134、0.121)，顯示出CR派工法對較佳產品組合比例之結果是影響最大，FIFO派工法則影響最小。此外，C.R.=0.03小於0.1，顯示專家的評估結果具有一致性。

表4.17 在『發生緊急訂單』因素下，派工方法的成對比較表

| | EDD | CR | FIFO | LS | SRPT | FRO | Cyclic | M1-M2 | 特徵向量 |
|--------|-----|-----|------|-----|------|-----|--------|-------|-------|
| EDD | 1 | 2 | 4 | 2 | 2 | 4 | 3 | 2 | 0.260 |
| CR | 1/2 | 1 | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0.165 |
| FIFO | 1/4 | 1/3 | 1 | 1/3 | 1/2 | 1/2 | 1/2 | 1 | 0.055 |
| LS | 1/2 | 1 | 3 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 0.141 |
| SRPT | 1/2 | 1/2 | 2 | 1/2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 0.104 |
| FRO | 1/4 | 1/2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 0.104 |
| Cyclic | 1/3 | 1/2 | 2 | 1 | 1/2 | 1 | 1 | 1 | 0.090 |
| M1-M2 | 1/2 | 1/2 | 1 | 1/2 | 1 | 1/2 | 1 | 1 | 0.081 |

CR = 0.0260

從表4.17所示，即求得在『發生緊急訂單』因素下，EDD、CR、FIFO、LS、SRPT、FRO、Cyclic與M1-M2這八種派工方法之相對權重值分別為(0.26、0.165、0.055、0.141、0.104、0.104、0.09、0.081)，顯示出EDD派工法對發生緊急訂單之結果是影響最大，FIFO派工法則影響最小。此外，C.R.=0.026小於0.1，顯示專家的評估結果具有一致性。

表4.18 在『適當批次大小』因素下，派工方法的成對比較表

| | EDD | CR | FIFO | LS | SRPT | FRO | Cyclic | M1-M2 | 特徵向量 |
|--------|-----|-----|------|-----|------|-----|--------|-------|-------|
| EDD | 1 | 1/2 | 1 | 1/2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.102 |
| CR | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0.173 |
| FIFO | 1 | 1/2 | 1 | 1/2 | 1/2 | 1 | 1 | 1/2 | 0.086 |
| LS | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 0.157 |
| SRPT | 1 | 1/2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 0.133 |
| FRO | 1 | 1/2 | 1 | 1/2 | 1/2 | 1 | 1 | 1 | 0.094 |
| Cyclic | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.122 |
| M1-M2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.133 |

CR = 0.0186

從表4.18所示，即求得在『適當批次大小』因素下，EDD、CR、FIFO、LS、SRPT、FRO、Cyclic與M1-M2這八種派工方法之相對權重值分別為(0.102、0.173、0.086、0.157、0.133、0.094、0.122、0.133)，顯示出CR派工法對適當批次大小之結果影響最大，FIFO派工法則影響最小。此外，C.R.=0.0186小於0.1，顯示專

家的評估結果具有一致性。

表4.19 在『滿足交期』因素下，派工方法的成對比較表

| | EDD | CR | FIFO | LS | SRPT | FRO | Cyclic | M1-M2 | 特徵向量 |
|--------|-----|-----|------|-----|------|-----|--------|-------|-------|
| EDD | 1 | 2 | 4 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 0.258 |
| CR | 1/2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 0.145 |
| FIFO | 1/4 | 1/2 | 1 | 1/2 | 1/2 | 1/2 | 1/2 | 1 | 0.062 |
| LS | 1/2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 4 | 2 | 0.176 |
| SRPT | 1/3 | 1 | 2 | 1/2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.098 |
| FRO | 1/2 | 1/2 | 2 | 1/2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 0.103 |
| Cyclic | 1/3 | 1/2 | 2 | 1/4 | 1 | 1/2 | 1 | 1 | 0.077 |
| M1-M2 | 1/3 | 1/2 | 1 | 1/2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.081 |

CR = 0.0224

從表4.19所示，即求得在『滿足交期』因素下，EDD、CR、FIFO、LS、SRPT、FRO、Cyclic與M1-M2這八種派工方法之相對權重值分別為(0.258、0.145、0.062、0.176、0.098、0.103、0.077、0.081)，顯示出EDD派工法對滿足交期之結果影響最大，FIFO派工法則影響最小。此外，C.R.=0.0224小於0.1，顯示專家的評估結果具有一致性。

表4.20 在『發生機台當機』因素下，派工方法的成對比較表

| | EDD | CR | FIFO | LS | SRPT | FRO | Cyclic | M1-M2 | 特徵向量 |
|--------|-----|-----|------|-----|------|-----|--------|-------|-------|
| EDD | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 0.175 |
| CR | 1/2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0.131 |
| FIFO | 1/2 | 1/2 | 1 | 1 | 1 | 1/2 | 1/2 | 1 | 0.088 |
| LS | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0.144 |
| SRPT | 1 | 1/2 | 1 | 1/2 | 1 | 1 | 1 | 1/2 | 0.095 |
| FRO | 1/2 | 1 | 2 | 1/2 | 1 | 1 | 1 | 1/2 | 0.103 |
| Cyclic | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.131 |
| M1-M2 | 1/2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0.133 |

CR = 0.0344

從表4.20所示，即求得在『發生機台當機』因素下，EDD、CR、FIFO、LS、SRPT、FRO、Cyclic與M1-M2這八種派工方法之相對權重值分別為(0.175、0.131、0.088、0.144、0.095、0.103、0.131、0.133)，顯示出EDD派工法對發生機台當

機之結果是影響最大，FIFO派工法則影響最小。此外，C.R.=0.0344小於0.1，顯示專家的評估結果具有一致性。由表4.16至表4.20結果顯示，專家認為EDD與CR等以交期時間為主之派工方法表現較為良好

從表4.16至表4.20之相對權重值，則可求得各次要準則在各主要準則下的權重矩陣E：

$$E = \begin{bmatrix} 0.139 & 0.260 & 0.102 & 0.258 & 0.175 \\ 0.173 & 0.165 & 0.173 & 0.145 & 0.131 \\ 0.076 & 0.055 & 0.086 & 0.062 & 0.088 \\ 0.132 & 0.141 & 0.157 & 0.176 & 0.144 \\ 0.131 & 0.104 & 0.133 & 0.098 & 0.095 \\ 0.094 & 0.104 & 0.094 & 0.103 & 0.103 \\ 0.134 & 0.090 & 0.122 & 0.077 & 0.131 \\ 0.121 & 0.081 & 0.133 & 0.081 & 0.133 \end{bmatrix}$$

4.2.2 超矩陣

將 4.2.1 節之每個權重矩陣整合起來，即可求得 ANP 派工法則評估模式之未加權的超矩陣 M ，各權重矩陣在超矩陣中的相對位置與權重值如圖 4.2 與表 4.21 所示。表 4.21 中，由於未符合行隨機原則（行值和不等於 1）。因此，需給予適當權重以使各行值的和便為 1，形成加權的超矩陣 M' ，如表 4.22 所示。將加權之超矩陣極限化，即可得收斂後的超矩陣 M'' ，如表 4.23 所示。

| | | 目標 | 主準則 | 次準則 | 選擇方案 |
|-------|------|----|-----|-----|------|
| $M =$ | 目標 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 主準則 | A | B | 0 | 0 |
| | 次準則 | 0 | C | D | 0 |
| | 選擇方案 | 0 | 0 | E | 0 |

圖4.2 各相對權重矩陣在超矩陣中的相對位置圖

表4.21 未加權超矩陣M

| | | Goal | Major Criteria | | | | Detailed Criteria | | | | | Alternative | | | | | | | |
|-------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------|------------|-----------|----------------------|-------------------|------------|------------|----------|--------------|-------------|----|------|----|------|-----|--------|-------|
| | | Optimal Production Performance | Cycle Time | Throughput | WIP Level | Equipment Efficiency | Product Mix | Rush Order | Batch Size | Due Date | Machine Down | EDD | CR | FIFO | LS | SRPT | FRO | Cyclic | M1-M2 |
| Goal | Optimal Production Performance | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Major Criteria | Cycle Time | 0.308 | 0 | 0.260 | 0.500 | 0.260 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | Throughput | 0.357 | 0.333 | 0 | 0.250 | 0.413 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | WIP Level | 0.200 | 0.333 | 0.413 | 0 | 0.327 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | Equipment Efficiency | 0.135 | 0.333 | 0.327 | 0.250 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Detailed Criteria | Product Mix | 0 | 0.200 | 0.289 | 0.304 | 0.280 | 0 | 0.227 | 0.281 | 0.145 | 0.163 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | Rush Order | 0 | 0.193 | 0.098 | 0.164 | 0.099 | 0.288 | 0 | 0.340 | 0.335 | 0.326 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | Batch Size | 0 | 0.152 | 0.164 | 0.130 | 0.145 | 0.338 | 0.113 | 0 | 0.111 | 0.148 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | Due Date | 0 | 0.223 | 0.107 | 0.123 | 0.101 | 0.205 | 0.386 | 0.239 | 0 | 0.363 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | Machine Down | 0 | 0.232 | 0.342 | 0.279 | 0.375 | 0.169 | 0.274 | 0.140 | 0.409 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Alternative | EDD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.139 | 0.260 | 0.102 | 0.258 | 0.175 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | CR | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.173 | 0.165 | 0.173 | 0.145 | 0.131 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | FIFO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.076 | 0.055 | 0.086 | 0.062 | 0.088 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | LS | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.132 | 0.141 | 0.157 | 0.176 | 0.144 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | SRPT | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.131 | 0.104 | 0.133 | 0.098 | 0.095 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | FRO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.094 | 0.104 | 0.094 | 0.103 | 0.103 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | Cyclic | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.134 | 0.090 | 0.122 | 0.077 | 0.131 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | M1-M2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.121 | 0.081 | 0.133 | 0.081 | 0.133 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |

表4.22 加權超矩陣M'

| | | Goal | Major Criteria | | | | Detailed Criteria | | | | | Alternative | | | | | | |
|-------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------|------------|-----------|----------------------|-------------------|------------|------------|----------|--------------|-------------|----|------|----|------|-----|--------|
| | | Optimal Production Performance | Cycle Time | Throughput | WIP Level | Equipment Efficiency | Product Mix | Rush Order | Batch Size | Due Date | Machine Down | EDD | CR | FIFO | LS | SRPT | FRO | Cyclic |
| Goal | Optimal Production Performance | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Major Criteria | Cycle Time | 0.308 | 0 | 0.130 | 0.250 | 0.130 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Throughput | 0.357 | 0.167 | 0 | 0.125 | 0.206 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | WIP Level | 0.200 | 0.167 | 0.206 | 0 | 0.164 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Equipment Efficiency | 0.135 | 0.167 | 0.164 | 0.125 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Detailed Criteria | Product Mix | 0 | 0.100 | 0.144 | 0.152 | 0.140 | 0 | 0.113 | 0.140 | 0.073 | 0.082 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Rush Order | 0 | 0.097 | 0.049 | 0.082 | 0.050 | 0.144 | 0 | 0.170 | 0.167 | 0.163 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Batch Size | 0 | 0.076 | 0.082 | 0.065 | 0.072 | 0.169 | 0.057 | 0 | 0.056 | 0.074 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Due Date | 0 | 0.111 | 0.054 | 0.062 | 0.051 | 0.102 | 0.193 | 0.120 | 0 | 0.181 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Machine Down | 0 | 0.116 | 0.171 | 0.139 | 0.188 | 0.085 | 0.137 | 0.070 | 0.205 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Alternative | EDD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.069 | 0.130 | 0.051 | 0.129 | 0.087 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | CR | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.086 | 0.082 | 0.087 | 0.073 | 0.066 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | FIFO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.038 | 0.027 | 0.043 | 0.031 | 0.044 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | LS | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.066 | 0.071 | 0.078 | 0.088 | 0.072 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | SRPT | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.065 | 0.052 | 0.067 | 0.049 | 0.048 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | FRO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.047 | 0.052 | 0.047 | 0.052 | 0.052 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Cyclic | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.067 | 0.045 | 0.061 | 0.039 | 0.065 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | M1-M2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.061 | 0.040 | 0.066 | 0.041 | 0.067 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

表4.23 極限化超矩陣M”

| | | Goal | Major Criteria | | | | Detailed Criteria | | | | | Alternative | | | | | | |
|-------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------|------------|-----------|----------------------|-------------------|------------|------------|----------|--------------|-------------|----|------|----|------|-----|--------|
| | | Optimal Production Performance | Cycle Time | Throughput | WIP Level | Equipment Efficiency | Product Mix | Rush Order | Batch Size | Due Date | Machine Down | EDD | CR | FIFO | LS | SRPT | FRO | Cyclic |
| Goal | Optimal Production Performance | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Major Criteria | Cycle Time | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Throughput | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | WIP Level | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Equipment Efficiency | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Detailed Criteria | Product Mix | 0.082 | 0.082 | 0.082 | 0.082 | 0.082 | 0.082 | 0.082 | 0.082 | 0.082 | 0.082 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Rush Order | 0.122 | 0.122 | 0.122 | 0.122 | 0.122 | 0.122 | 0.122 | 0.122 | 0.122 | 0.122 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Batch Size | 0.071 | 0.071 | 0.071 | 0.071 | 0.071 | 0.071 | 0.071 | 0.071 | 0.071 | 0.071 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Due Date | 0.119 | 0.119 | 0.119 | 0.119 | 0.119 | 0.119 | 0.119 | 0.119 | 0.119 | 0.119 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Machine Down | 0.106 | 0.106 | 0.106 | 0.106 | 0.106 | 0.106 | 0.106 | 0.106 | 0.106 | 0.106 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Alternative | EDD | 0.099 | 0.099 | 0.099 | 0.099 | 0.099 | 0.099 | 0.099 | 0.099 | 0.099 | 0.099 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | CR | 0.078 | 0.078 | 0.078 | 0.078 | 0.078 | 0.078 | 0.078 | 0.078 | 0.078 | 0.078 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | FIFO | 0.035 | 0.035 | 0.035 | 0.035 | 0.035 | 0.035 | 0.035 | 0.035 | 0.035 | 0.035 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | LS | 0.075 | 0.075 | 0.075 | 0.075 | 0.075 | 0.075 | 0.075 | 0.075 | 0.075 | 0.075 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | SRPT | 0.055 | 0.055 | 0.055 | 0.055 | 0.055 | 0.055 | 0.055 | 0.055 | 0.055 | 0.055 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | FRO | 0.050 | 0.050 | 0.050 | 0.050 | 0.050 | 0.050 | 0.050 | 0.050 | 0.050 | 0.050 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Cyclic | 0.054 | 0.054 | 0.054 | 0.054 | 0.054 | 0.054 | 0.054 | 0.054 | 0.054 | 0.054 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | M1-M2 | 0.053 | 0.053 | 0.053 | 0.053 | 0.053 | 0.053 | 0.053 | 0.053 | 0.053 | 0.053 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

4.2.3 最適可行方案之選擇

根據 (3-5) 式以及超矩陣經由綜合評價後，即可求取各評估準則與方案間之相互依存關係之優先權重值，進而求得派工方法之綜合期望指標，結果如表 4.24 所示。

表4.24 派工方法之綜合期望指標 (DI)

| 評估準則 | | 派工方法權重 (W_j) | | | | | | | |
|--------------------|--------------|------------------|------------|------------|------------|------------|--------------|--------------|-------------|
| 次準則 | 權重 (R_j) | W_{EDD} | W_{CR} | W_{FIFO} | W_{LS} | W_{SRPT} | W_{FRO} | W_{Cyclic} | W_{M1-M2} |
| 產品組合 | 0.164 | 0.139 | 0.173 | 0.076 | 0.132 | 0.131 | 0.094 | 0.134 | 0.121 |
| 緊急訂單 | 0.244 | 0.26 | 0.165 | 0.055 | 0.141 | 0.104 | 0.104 | 0.09 | 0.081 |
| 批次大小 | 0.142 | 0.102 | 0.173 | 0.086 | 0.157 | 0.133 | 0.094 | 0.122 | 0.133 |
| 交期 | 0.238 | 0.258 | 0.145 | 0.062 | 0.176 | 0.098 | 0.103 | 0.077 | 0.081 |
| 機台當機 | 0.212 | 0.175 | 0.131 | 0.088 | 0.144 | 0.095 | 0.103 | 0.131 | 0.133 |
| $(R_j \times W_j)$ | S_{EDD} | S_{CR} | S_{FIFO} | S_{LS} | S_{SRPT} | S_{FRO} | S_{Cyclic} | S_{M1-M2} | |
| 產品組合 | 0.0228 | 0.0284 | 0.0125 | 0.0216 | 0.0215 | 0.0154 | 0.0220 | 0.0198 | |
| 緊急訂單 | 0.0634 | 0.0403 | 0.0134 | 0.0344 | 0.0254 | 0.0254 | 0.0220 | 0.0198 | |
| 批次大小 | 0.0145 | 0.0246 | 0.0122 | 0.0223 | 0.0189 | 0.0133 | 0.0173 | 0.0189 | |
| 交期 | 0.0614 | 0.0345 | 0.0148 | 0.0419 | 0.0233 | 0.0245 | 0.0183 | 0.0193 | |
| 機台當機 | 0.0371 | 0.0278 | 0.0187 | 0.0305 | 0.0201 | 0.0218 | 0.0278 | 0.0282 | |
| DI | 0.1992 | 0.1555 | 0.0715 | 0.1508 | 0.1092 | 0.1005 | 0.1074 | 0.1060 | |

由表 4.24 中綜合期望指標值 (DI) 所示，優先權重值愈大者，則表示被採納之優先順序愈高，將表中之各派工方法期望指標重新排序，如此即可選擇出最適宜之方案，如表 4.25 所示。

表4.25 各派工方法之期望指標排序

| 派工方法 | 綜合優勢度 | 排序 |
|--------|--------|----|
| EDD | 0.1992 | 1 |
| CR | 0.1555 | 2 |
| LS | 0.1508 | 3 |
| SRPT | 0.1092 | 4 |
| Cyclic | 0.1074 | 5 |
| M1-M2 | 0.1060 | 6 |
| FRO | 0.1005 | 7 |
| FIFO | 0.0715 | 8 |

而上述最適可行方案之選擇結果亦可由 Super Decision 軟體所獲得，如圖 4.3 所示。

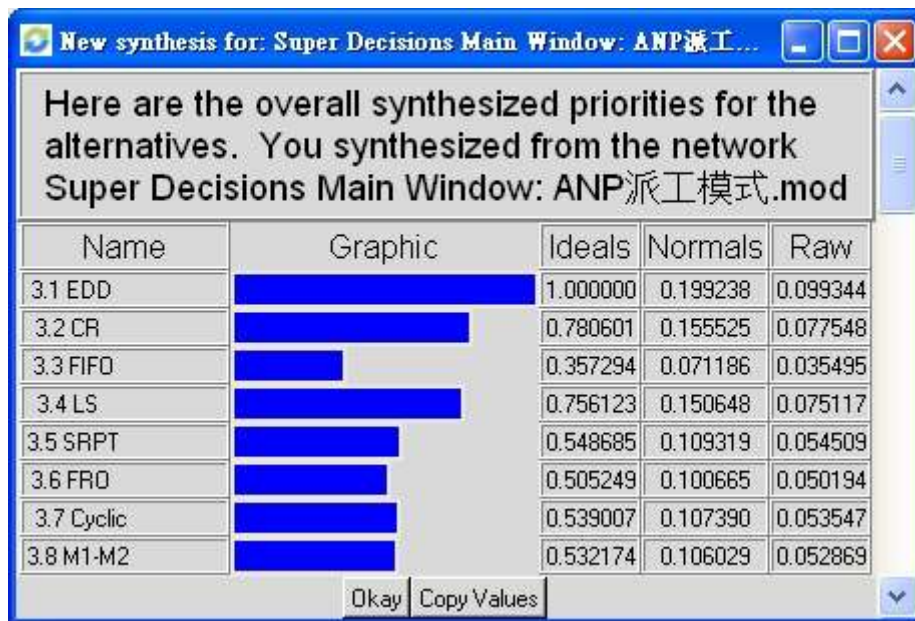


圖4.3 Super Decision 中 ANP 派工法則評估模式之各派工方法期望指標

根據表 4.25 之評估結果顯示，EDD 派工法明顯優於其他派工方法，因此，為能提升達到最佳之整廠生產績效，EDD 是最適優先使用之派工程序進行現場加工，其次為 CR 派工法，再其次為 LS 派工法，而 FIFO 派工法則表現最差。

4.3 準則權重分析

利用 ANP 法之決策程序，並根據 10 位生管專家具一致性之判斷，可分別求得專家對 4 種生產績效指標（主評估準則）及 5 項影響生產績效因素（次評估準則）之整體看法。此外，本研究亦將 2 位 TFT-LCD 廠生管專家之意見抽離，單純針對 8 位晶圓製造廠生管專家之意見進行整體看法分析，其結果分別如表 4.26 與表 4.27 所示。

表4.26 生產績效指標權重分析

| 專家 | 生產績效指標 | | | | |
|---------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 週期時間 | 系統產出量 | 在製品水準 | 設備效率 | |
| E1 | 0.2615 | 0.2831 | 0.2935 | 0.1619 | |
| E2 | 0.1768 | 0.3282 | 0.0870 | 0.4080 | |
| E3 | 0.3940 | 0.2111 | 0.2971 | 0.0978 | |
| E4 | 0.3386 | 0.1497 | 0.3542 | 0.1575 | |
| E5 | 0.1677 | 0.3753 | 0.0626 | 0.3944 | |
| E6 | 0.2220 | 0.3011 | 0.2812 | 0.1957 | |
| E7 | 0.2947 | 0.2437 | 0.3414 | 0.1202 | |
| E8 | 0.2059 | 0.1915 | 0.3128 | 0.2897 | |
| E9 | 0.3373 | 0.1351 | 0.4071 | 0.1206 | |
| E10 | 0.0661 | 0.3324 | 0.4022 | 0.1993 | |
| 10 位專家 (含 TFT-LCD 廠專家) | 平均值 | 0.2465 | 0.2551 | 0.2839 | 0.2145 |
| | 標準差 | 0.0982 | 0.0819 | 0.1184 | 0.1122 |
| | 全距 | 0.3279 | 0.2403 | 0.3445 | 0.3102 |
| 8 位專家 (不含 TFT-LCD 廠專家) | 平均值 | 0.2577 | 0.2605 | 0.2537 | 0.2281 |
| | 標準差 | 0.0803 | 0.0753 | 0.1133 | 0.1212 |
| | 全距 | 0.2263 | 0.2256 | 0.2917 | 0.3102 |

註：E1~E8 為晶圓製造廠生管專家；E9~E10 為 TFT-LCD 廠生管專家

表 4.26 中，包含 TFT-LCD 廠生管專家在內的 10 位專家對生產績效指標之平均權重分別為週期時間(0.2465)、系統產出量(0.2551)、在製品水準(0.2839)、以及設備效率 (0.2145)，顯示專家對在製品水準較為重視，系統產出量次之，

設備效率則最不受重視。再者，就 10 位專家看法的差距而言，以系統產出量的差距 (0.2403) 最小，而在製品水準的差距 (0.3445) 則最大。

此外，若純就 8 位晶圓製造廠生管專家之意見進行權重分析，則專家對生產績效指標之平均權重分別為週期時間 (0.2577)、系統產出量 (0.2605)、在製品水準 (0.2537)、以及設備效率 (0.2281)，顯示晶圓廠專家對系統產出量較為重視，週期時間次之，設備效率則最不受重視。再者，就 8 位晶圓廠專家看法的差距而言，以系統產出量的差距 (0.2256) 最小，而設備效率的差距 (0.3102) 則最大。

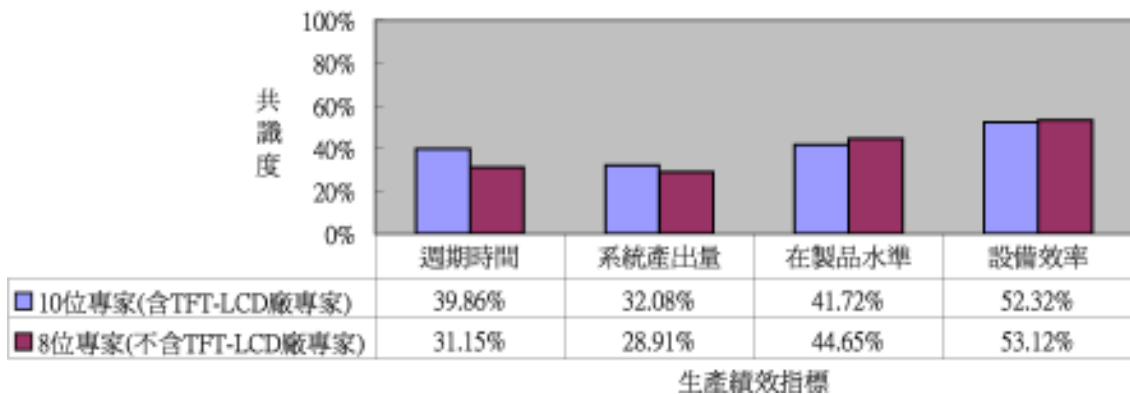


圖4.4 生產績效指標之專家共識度

另外，就專家整體共識度而言，可利用變異係數 (Coefficient of Variance; CV) 來判別權重變異的情形，如圖 4.4 所示。其中包含 TFT-LCD 廠生管專家在內的 10 位專家以系統產出量 (CV=32.08%) 的共識度差異最小，其次為週期時間 (CV=39.86%)，而設備效率 (CV=52.32%) 的共識度差異較大。而純就 8 位晶圓廠專家的整體共識度而言，以系統產出量 (CV=28.91%) 的共識度差異最小，其次為週期時間 (CV=31.15%)，而設備效率 (CV=53.12%) 的共識度差異較大。

表4.27生產特徵因素權重分析

| | 專家 | 生產特徵因素 | | | | |
|---------------------------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | 產品組合 | 緊急訂單 | 批次大小 | 交期 | 機台當機 |
| | E1 | 0.1433 | 0.3869 | 0.0543 | 0.3455 | 0.0700 |
| | E2 | 0.2936 | 0.1127 | 0.2308 | 0.1454 | 0.2175 |
| | E3 | 0.1633 | 0.2982 | 0.1049 | 0.1740 | 0.2596 |
| | E4 | 0.1259 | 0.3374 | 0.1211 | 0.2842 | 0.1315 |
| | E5 | 0.1368 | 0.2120 | 0.1515 | 0.2218 | 0.2779 |
| | E6 | 0.1315 | 0.2035 | 0.2385 | 0.1810 | 0.2456 |
| | E7 | 0.1989 | 0.2198 | 0.1647 | 0.2207 | 0.1959 |
| | E8 | 0.0590 | 0.2899 | 0.0882 | 0.2192 | 0.3437 |
| | E9 | 0.2738 | 0.2394 | 0.1399 | 0.2135 | 0.1334 |
| | E10 | 0.2105 | 0.2761 | 0.1296 | 0.1571 | 0.2267 |
| 10 位專家 (含 TFT-LCD 廠專家) | 平均值 | 0.1737 | 0.2576 | 0.1423 | 0.2162 | 0.2102 |
| | 標準差 | 0.0715 | 0.0774 | 0.0581 | 0.0605 | 0.0805 |
| | 全距 | 0.2345 | 0.2742 | 0.1842 | 0.2001 | 0.2737 |
| 8 位專家 (不含 TFT-LCD 廠專家) | 平均值 | 0.1565 | 0.2575 | 0.1442 | 0.2240 | 0.2177 |
| | 標準差 | 0.0679 | 0.0872 | 0.0656 | 0.0643 | 0.0860 |
| | 全距 | 0.2345 | 0.2742 | 0.1842 | 0.2001 | 0.2737 |

註：E1~E8 為晶圓製造廠生管專家；E9~E10 為 TFT-LCD 廠生管專家

表 4.27 中，包含 TFT-LCD 廠生管專家在內的 10 位專家對生產特徵因素之平均權重而言，以緊急訂單（0.2576）的權重最高，其次分別為交期（0.2162）、機台當機（0.2102）以及產品組合（0.1737），而批次大小（0.1423）較不受專家重視的準則。再者，就 10 位專家看法的差距而言，以緊急訂單（0.2742）的差距最大，其次為機台當機（0.2737）、產品組合（0.2345）以及交期（0.2001），而 10 位專家顯示對批次大小（0.1842）之因素在看法上差距最小。

此外，若純就 8 位晶圓製造廠生管專家之意見進行權重分析，則專家對生產特徵因素之平均權重而言，以緊急訂單（0.2575）的權重最高，其次分別為交期（0.224）、機台當機（0.2177）以及產品組合（0.1565），而批次大小（0.1442）較不受晶圓廠專家重視的準則。再者，就 8 位晶圓廠專家看法的差距而言，以緊

急訂單 (0.2742) 的差距最大，其次為機台當機 (0.2737)、產品組合 (0.2345) 以及交期 (0.2001)，而 8 位晶圓廠專家顯示對批次大小 (0.1842) 之因素在看法上差距最小。

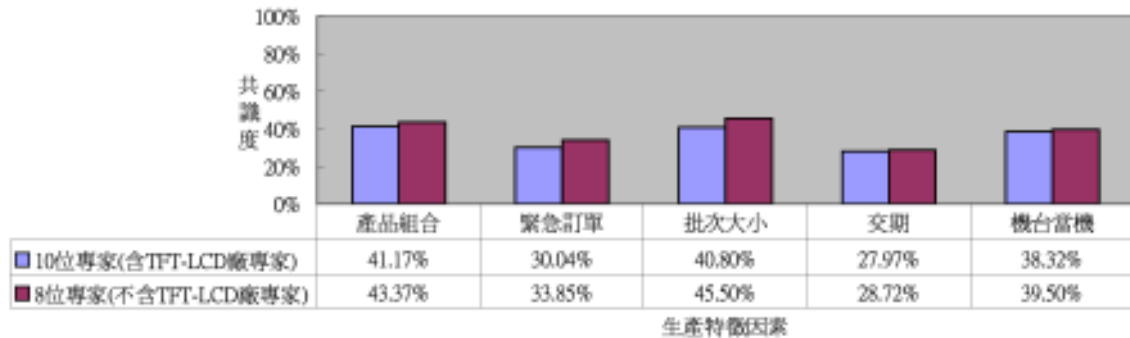


圖4.5 生產特徵因素之專家共識度

另外，就專家對生產特徵因素之整體共識度，可如圖 4.5 所示。其中包含 TFT-LCD 廠生管專家在內的 10 位專家共識度，以產品組合 (CV=41.17%) 及批次大小 (CV=40.8%) 等因素的共識度差異較大，而交期 (CV=27.97%) 因素的共識度差異最小。而純就 8 位晶圓廠專家的整體共識度而言，以批次大小 (CV=45.5%) 以及產品組合 (CV=43.37%) 等因素的共識度差異較大，而交期 (CV=28.72%) 因素的共識度差異最小。

4.4 綜合討論

本研究之 ANP 派工法則評估模式在實證過程中，經由 10 位具有多年實務經驗的專家所做出的決策評估之結果，可發現在考慮了多種關鍵績效指標之間的關聯性，以及多項影響生產績效因素之相關性後，對於有效提升整廠生產績效而言，EDD 派工方法是個首選方案，其次為 CR、LS 等派工方法。

這說明了對現今以客戶為導向之晶圓製造廠而言，滿足允諾客戶之訂單交期為主要生產目標之一，不難看出晶圓製造廠無不以提升交期達成率或是縮短生產週期時間作為生產標的。究其原因，晶圓製造不但是半導體產業中 (晶圓設計、晶圓製造、晶圓偵測及封裝等) 最複雜也最耗時的一個階段，同時更位於整個半

導體產業的上游部分，晶圓製造廠的產品若是延遲交貨，則將勢必連帶造成整體下游客戶的等待成本增加而造成巨大損失。因此，滿足客戶訂單交期不但可以減少遲交罰金外，亦可以提昇晶圓製造廠本身的聲譽以利於增加其市場競爭力，吸引更多的客戶訂單。此外，可能本研究之調查對象多為晶圓代工廠之關係，故此一說明應是較符合現今以訂單式生產（MTO）之晶圓製造廠的生產現象。

而在評估過程中，本研究亦觀察到四種績效指標當中，對於能有效達到最佳之整廠生產績效的目標，系統產出量依然是專家較為關注之生產績效，其次則是生產週期時間。這也指出對於晶圓製造廠而言，供貨的多寡亦是連帶影響到能否允諾給客戶訂單一個正確之交期。

本研究依據前述章節所進行派工方法評估之實證過程與分析，發現到選擇方案期望指標之計算方式，是將各方案在不同準則下的優越性進行成對比較以求取各方案的權重值，再經由該項準則的權重值進行修正後作綜合運算所得的結果，亦即權重值越大者代表方案本身的優越性越佳。換言之，本研究所得之結果顯示 8 種派工方法之期望指標（*DI*）中，以 EDD（0.1992）最高，CR（0.1555）次之，FIFO（0.0715）最低，亦即代表 EDD 較 CR 及其他派工方法優越，且其他派工方法又較 FIFO 優越。

此外，觀察求取派工方法之綜合期望指標的過程中，可以發現派工方法在不同影響生產績效之因素的單項評價（綜合權重值）上各有所長（參見表 4.24），例如 EDD、CR、SRPT 及 FRO 等派工法在緊急訂單準則的表現較佳；LS 派工法在交期準則的表現較佳；M1-M2、Cyclic 及 FIFO 等派工法在機台當機準則的表現較佳。換言之，從派工方法綜合權重值可以觀察各派工方法之間的優劣差異，從中瞭解派工方法的不足之處，以作為尋求提昇派工方法潛力的參考。

在生產績效指標權重之分析結果中（參見表 4.26）指出，就整體平均權重而言，週期時間、系統產出量、在製品水準以及設備效率等四種指標彼此並無顯著差異。但若就個別權重值來看，則可發現兩位 TFT-LCD 廠生管專家對在製品水準給予相當大的權重，此一說明了相較於晶圓製造廠多集中於系統產出或生產週

期時間等生產績效，對於 TFT-LCD 製造廠而言，生產線上在製品量的多寡是該產業別中相當關注之一項指標性績效，亦顯示出兩大產業對績效指標類別之著重程度的不同之處。

而在生產特徵因素權重之分析結果中(參見表 4.27)，就整體平均權重而言，緊急訂單相較於其他四個因素來得具有顯著差異，表示以製造現場來看，緊急訂單的插入確實比產品組合的比例或是加工批之批次大小明顯會影響到產能運作，進而影響到整體之生產績效。若就個別權重值來看，則可發現在晶圓製造廠專家的看法中，多位專家給予緊急訂單與機台當機有較大的權重；而 TFT-LCD 製造廠專家，亦對緊急訂單給予很大的權重，顯示出無論是晶圓製造或是 TFT-LCD 產業，緊急訂單都是一個滿令人相當看重之影響生產績效的生產因素。

此外，對於晶圓製造廠而言，生產設備高度精密且購置成本十分昂貴，加上機台當機為非預期性之事件，一旦發生機台當機將可能造成在製品水準的升高，使得生產週期時間變長，甚至影響產出，而造成整體績效下降；由此，可看出生管人員對該因素重視之程度。

對於專家的整體共識度(參見圖 4.4 與圖 4.5)，本研究觀察到無論是否包含 TFT-LCD 廠的專家之看法，在四種生產績效指標之中，系統產出量都是專家在共識度上較為接近。而在五種生產特徵因素之中，交期因素則是專家在共識度上較為接近，顯示對兩個產業別的專家來說，滿足交期都是一個很重要的共同生產因素。

第五章 結論與建議

5.1 研究結論

晶圓製造廠之生產指標常會因生產需求及產線狀況而變動，導致無法以單一的指標來衡量其生產績效，需要同時配合數個指標作考量，才能適當的表達系統成效。然而，由於各績效指標之間常存在著某種程度的衝突關係或是相依性，導致績效指標必須經常進行權衡取捨，以達成系統主要之規劃目標。

由於晶圓製造廠的高複雜性以及機台設備的昂貴，因此，派工方法是晶圓製造現場經常使用提升生產效率之重要手段。然而，使用不同的派工法則會對不同生產績效產生不同程度的影響，且派工法則常因環境限制及選用之績效指標等因素，導致其可能在某一績效指標上表現良好，卻在其他的指標上表現成效不彰。因此，選擇適當、有效率的派工法則可提高系統之生產績效。

本研究之研究成果並非提供一固定的最佳派工方法供使用者遵循，而是能將提供決策者未來在評估多種生產績效情況下，能較快速且便利找出適宜之派工程序。因此，本研究提出一個以『分析網路程序法』為基礎之『派工模式』，將不同的生產績效及常用之派工方法納入考量，以架構適合晶圓製造之派工模式，以滿足不同生產績效下之生產目標。據此，本研究從生產績效指標之觀點切入，並加入影響生產績效之生產特徵因素（如產品組合、機台當機...等），盡量使評估模式接近於實際工廠之運作狀況，吾人確信該派工模式能有效地解決晶圓廠內之派工及績效指標，並較過去以單一目標下設計之派工法更具可行性。

本研究利用分析網路程序法，構建 ANP 派工法則評估模式，並以晶圓製造廠為研究對象，進行製造現場最適派工方法評估之實證研究。此研究步驟及架構可使所欲探討之晶圓廠派工方法在選擇上的考量獲得較為客觀及有效率之評估結果，根據研究結果，可獲致以下幾點結論：

1. 本研究應用分析網路程序法之決策過程，在 10 位資深專家的評估判斷下，進行各個生產績效指標、影響生產績效之生產特徵因素、以及派工方法之成對

比較，求取出方案期望指標值（相對權重值），並據以決定最適的派工方法。應用 ANP 法可改善傳統 AHP 法假設元素間必需互相獨立的限制，並且元素間允許外部相依或回饋關係存在，避免可能過度簡化問題及造成評估結果偏差的缺點。

2. 在評估決策過程中，系統產出量是資深專家最為關注之生產績效，其次則是生產週期時間。此外，就派工方法在不同影響生產績效之因素的單項評價上，以 EDD、CR、SRPT 及 FRO 等派工法在緊急訂單因素的表現較佳；LS 派工法則在交期因素的表現較佳；M1-M2、Cyclic 及 FIFO 等派工法在機台當機因素的表現較佳。此一說明從方案綜合權重值可以觀察各選擇方案之間的優劣差異，從中瞭解選擇方案的不足之處，以作為尋求提昇方案潛力的參考。
3. 藉由準則權重之分析結果得知，對晶圓廠而言，緊急訂單的插入與機台當機的發生是影響生產線運作相當大之因素，甚而影響到整廠之生產績效。而產品組合的比例或是加工批之批次大小則對製造現場來說，影響整體產能相對較小。
4. 根據評估結果顯示，晶圓廠 ANP 派工法則評估模式的最適派工方法為 EDD 派工法，其次為 CR 派工法，再其次 LS 派工法，而 FIFO 派工法則為效果最差之派工方法。
5. 晶圓製程相當複雜，本研究的 ANP 派工法則評估模式在實證過程中所求得的評估結果僅是表示某訂單式生產（MTO）型態之晶圓製造廠之結果。對於存貨式生產（MTS）型態的晶圓製造廠仍須依據其生產環境及條件，適度的增刪本研究 ANP 派工法則評估模式中之衡量要素，確保所有要素符合本身生產系統之特性，使評估結果更為準確。

5.2 研究建議

本研究利用 ANP 法進行將資深的生管專家之意見整合到晶圓廠整合性派工

程序的決策評估，並應用電腦輔助決策軟體 Super Decision 運算出最適派工方法，作為生管人員在選擇派工策略從事生產規劃與控制時選定最適派工方法之參考。在研究過程中受到一些研究上的限制，未來的研究方向建議如下：

1. 由於 ANP 法在決策評估的過程中，忽略了專家評估判斷的模糊性（Fuzziness），因此本研究建議後續研究時，可應用模糊集合（Fuzzy Set）的概念加以分析運用。
2. ANP 法的決策過程中需要經過一些繁複的成對比較判斷，容易造成專家在進行準則與方案評估時的困擾，未來可考慮其他較簡易的權重計算方式，取代繁雜的成對比較程序。
3. 根據評估結果，顯示 EDD 法為最適派工方法，然而本研究所提出之 8 種派工方法係為單獨式派工方法，未來可針對此部分，可改以幾種組合式派工方法來取代單獨式派工方法。
4. 本研究之目的係提供晶圓廠未來在評估多種生產績效情況下，能較快速且便利找出適宜之派工模式。因此在建構生產績效指標上只考慮少數幾種，為的是簡化過於繁瑣的指標項目。對於後續的研究者，建議可加入其他與生產績效相關之評估準則，做更精確的評估。
5. 本研究發現綜合期望指標概念，可供生管人員作為評估現場派工的良好工具。因為綜合期望指標值，提供了一個生管人員將生產特徵因素對產能情況及生產績效做量化的評比方式。因此，後續研究者可加入更多的生產特徵因素項目，並進行更完整的現場最適派工方法之評比。
6. 本研究之 ANP 派工法則評估模式所考慮之衡量要素係以訂單式生產（MTO）型態之晶圓製造廠為主，未來可加入包含其他不同生產型態之晶圓製造廠之衡量要素作為評估，進行可適用不同生產型態的現場最適派工方法之評比。

參考文獻

1. 王蓮芬,「網路分析法 (ANP) 的理論與算法」, 系統工程理論與實踐, 第 3 期, 第 44-50 頁, 2001。
2. 王治平,「實際零工式生產排程問題的派工法則」, 國立政治大學資訊管理研究所, 碩士論文, 2003。
3. 呂金隆,「晶圓製造廠瓶頸管理模式之研究」, 華梵大學工業管理學系碩士班, 碩士論文, 2001。
4. 林悅慈,「以統計方法分析與設計半導體生產製造系統」, 國立臺灣大學工業工程學研究所, 碩士論文, 2000。
5. 林振國,「都市路外停車場設置區位評選之研究」, 國立成功大學交通管理學系, 碩士論文, 2001。
6. 林家豪,「營造廠現場管理人力配置之研究」, 國立台灣科技大學營建工程系, 碩士論文, 2002。
7. 邱偉雄,「半導體晶圓廠黃光區即時派工策略之構建」, 國立交通大學工業工程與管理學系, 碩士論文, 1997。
8. 周煜智,「晶圓製造廠目標導向型生產活動控制系統之設計」, 國立交通大學工業工程與管理系, 碩士論文, 1998。
9. 施翔毓,「晶圓製造廠多工單等級下之產能互換機制設計」, 國立交通大學工業工程與管理系, 碩士論文, 2000。
10. 徐光宏,「晶圓製造廠黃光區派工法則之探討」, 國立交通大學工業工程研究所, 碩士論文, 1996。
11. 徐士嘉,「晶圓製造廠訂單分類模式之構建」, 國立交通大學工業工程研究所, 碩士論文, 1998。
12. 陳俞如,「建構一個策略性績效評估模型以提昇公司競爭優勢之研究」, 國立彰化師範大學商業教育學系, 碩士論文, 2000。
13. 許淑瑜,「企業資源規劃(ERP)系統評選之研究應用分析網路程序法(ANP)」, 淡江大學資訊管理學系, 碩士論文, 2000。
14. 郭乃蓁,「晶圓製造廠多廠間訂單抵換機制之構建」, 國立交通大學工業工程與管理系, 碩士論文, 2001。
15. 黃宏文,「晶圓製造廠之限制導向型目標管理系統之構建」, 國立交通大學工業工程與管理學系, 攻讀博士班研究計劃書, 1997 年。
16. 黃雪晴,「國內資訊電子業聯盟夥伴選擇模式之研究」, 國立成功大學工業管理學系, 碩士論文, 1999。
17. 詹偉順,「晶圓製造廠生產績效指標關係模式之構建」, 國立交通大學工業工程與管理學系, 碩士論文, 1997。
18. 溫伊蓁,「晶圓製造廠多工單等級之生產活動控制系統設計」, 國立交通大學工業工程與管理系, 碩士論文, 2000。

19. 鄧振源，「層級分析法，計畫評估：理論與實務講義」，華梵大學工業管理學系，台北，2001。
20. 謝志岳，「晶圓製造廠黃光區與爐管區派工法則之研究」，國立交通大學工業工程與管理學系，碩士論文，1998。
21. 賴勇見，「應用系統模擬於鞋模具生產與派工之探討」，雲林科技大學工業工程與管理研究所，碩士論文，2004。
22. 簡煌煜，「產出績效衡量指標之研究」，國立交通大學工業工程與管理學系，碩士論文，1998。
23. 羅仕宗，「時間加權的及時派工法則」，國立清華大學工業工程與工程管理學系，碩士論文，2001。
24. Atherton, L. F. and R. W. Atherton, "Wafer Fabrication : Factory Performance and Analysis," Kluwer Academic Publishers, 1995.
25. Blackstone, J. H., Phillips, D. T. and Hogg, G. L., 1982, A state-of-the-art survey of dispatching rules for manufacturing job shop operations. *International journal of production research*, 20, 27-45.
26. Benson, R. F., S. P. Cunningham, and R. C. Leachman, "Benchmarking Manufacturing Performance in the Semiconductor Industry," *Production and Operations Management*, Vol. 4, No. 3, 1995.
27. Blackstone, J. H., D.T., Phillips, and G. L., Hogg, "A state-of-The Art Survey of Dispatching Rules for Manufacturing Job Shop Operations", *International Journal of Production Research*, Vol.20, pp. 27-45, 1982.
28. Chang, Y. T. Sueyoshi, and R. S. Sullivan, "Ranking Dispatching Rules by Data Envelopment Analysis in a Job Shop Environment", *IIE Transactions*, Vol. 28, pp. 631-642, 1996.
29. Chen , J. C., C. W. Chen, C. Y. Tai, and J. C. Tyan, "Dynamic state-dependent dispatching for wafer fabrication," *International Journal of Production Research*, Vol. 42, No. 21, pp. 4547-4562, 2004.
30. Chung, S. H, Amy H.I. Lee, and W.L. Pearn, "Analytic networkprocess (ANP) approach for product mix planning in semiconductor fabricator," *International Journal of Production Economics*, 96, pp. 15-36, 2005.
31. Conway, R. W., "Priority dispatching and work-in-process inventory in a job shop," *Journal of Industrial Engineering*, Vol. 16, pp. 123-130 and pp. 228-237, 1965.
32. Crandell, R. E. and T. H. Burwell, "The Effect of Work- in-Process Inventory Levels on Throughput and Lead Time," *Production and Inventory Management Journal*, Vol. 34, No. 1, pp. 6-12, 1993.
33. Ehteshami, B., R. G. Petrakian, and P. M. Shabem, "Trade-Offs in Cycle Time Management: Hot Lots," *IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing*,

- Vol. 5, No. 5, pp. 101-105, 1992.
34. Enns, S. T., "An Integrated System for Controlling Shop Loading and Work Flow," *International Journal Production Research*, Vol. 33, No.10, pp. 2801-2820, 1995.
 35. French, Simon, "Sequencing and Scheduling," Ellis-Horwood Inc., 1982.
 36. Fronckowiak, D., A. Peilert, and K. Nishinohara, "Using Discrete Event Simulation to Analyze the Impact of Job Priorities on Cycle Time in Semiconductor Manufacturing," *IEEE/SEMI Advanced Semiconductor Manufacturing Conference*, pp. 151-155, 1996.
 37. Goldratt, E. M. and J. Cox, "The Goal: A Process of Ongoing Improvement," North River Press, New York, 1992.
 38. Hershaner, J. C., and J. Ebert, "Search and simulation selection of a job-shop scheduling rule," *Management Science*, Vol. 21, pp. 53-63, 1975.
 39. Hung, Y. F. and C. B. Chen, "A Study of Wafer Fab Dispatching Rules Based on Empirical Flow Time Predictions," *IEEE/CPMT Int'l Electronics Manufacturing Technology Symposium*, pp. 430-438, 1997.
 40. Jharkharia, S. and R. Shankar, "Selection of logistics service provider: An analytic network process (ANP) approach," *Omega*, In Press, Corrected Proof, Available online 29, August, 2005.
- Kiran, A. S. and Smith, M. S., 1984, Simulation studies in job shop scheduling: a survey, *Computers and Industrial Engineering*, 8, 46-51.
41. Koriyama, H., Y. Yazaki, Y. Kato, and T. Kusakibaru, "Virtual Manufacturing System," *International Symposium on Semiconductor Manufacturing*, pp. 5-8, 1995.
 42. Leachman, R. C. and D. A. Hodges, "Benchmarking Semiconductor Manufacturing," *IEEE Transaction on Semiconductor Manufacturing*, Vol. 9, No. 2, 158-169, 1996.
 43. Lee, J.W. and S.H. Kim, "Using analytic network process and goal programming for interdependent information system project selection," *Computers and Operations Research*, 27, pp. 367-382, 2000.
 44. Li, S., T. Tang, and D. W. Collins, "Minimum Inventory Variability Schedule With Applications in Semiconductor Fabrication," *IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing*, Vol. 9, No. 1, pp. 145-149, 1996.
 45. Lou, S. and P. W. Kager, "A Robust Production Control Policy for VLSI Wafer Fabrication," *IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing*, Vol.2, No.4, pp. 159-164, 1989.
 46. Lozinski C. and C. R. Glassey, "Bottleneck Starvation Indicators for Shop Floor Control," *IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing*, Vol. 1, No. 4, pp.

- 147-153, 1988.
47. Lu, S. C. H. and P. R. Kumar, "Distributed Scheduling Based on Due Dates and Buffer Priorities," *IEEE Transactions On Semiconductor Manufacturing*, Vol. 36, No. 12, pp. 1406-1416, 1991.
 48. Lu, S. C. H., D. Ramaswamy, and P. R. kumar, "Efficient Scheduling Policies to Reduce Mean and Variance of Cycle-time in Semiconductor Manufacturing Plants," *IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing*, Vol. 7, No. 3, pp. 374-388, 1994.
 49. Maiorana, A. and G. Iuliano, "Improving Cycle Time through Managing Variability in a DRAM Production Line," *IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing*, pp. 29-32, 1997.
 50. Martin, D. P., "Total operational efficiency (TOE): the determination of capacity and cycle time components and their relationship to productivity improvements in a semiconductor manufacturing line," *IEEE/SEMI advanced Semiconductor Manufacturing Conference*, pp. 37-41, 1999.
 51. Meade, L.M. and J. Sarkis, "Analyzing organizational project alternatives for agile manufacturing processes: An analytical network approach," *International Journal of Production Research*, Vol. 37, No. 2, pp. 241-261, 1999.
 52. Meade, L.M. and A. Presley, "R&D project selection using the analytic network process," *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol. 49 No. 1, pp. 59-66, 2002.
 53. Montazeri, M. and Van Wassenhove, L. N., 1990, Analysis of scheduling rules for an FMS. *International journal of production research*, 28, 785-802.
 54. Moodie, C. L., T. Adachi, and J. J. Talayage, "A Pattern-Regression-Based Method for controlling a Multi-Loop Production System," *International Journal Production Research*, Vol. 26, No. 12, pp. 1943-1957, 1988.
 55. Pierreval, H. and N. Mebarki, "Dynamic Selection of Dispatching Rules for Manufacturing System Scheduling," *International Journal of Production Research*, Vol. 35, No. 6, pp. 1575-1591, 1997.
 56. Saaty, T.L., "The analytic hierarchy process", New York: McGraw-Hill, 1980.
 57. Saaty, T.L. and M. Takizawa, "Dependence and independence: From linear hierarchies to nonlinear networks," *European Journal of Operational Research*, 26, pp. 229-237, 1986.
 58. Saaty, T. L., *Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process*, RWS Publications, 1996.
 59. Saaty T. L., "Decision making in complex environments," *Super Decisions*, 2003.
 60. Uzsoy, R., C. Y. Lee, and A. Louis, "A Review of production and Scheduling Models in the Semiconductor Industry Part II : Shop-Floor Control," *IIE*

- Transactions, Vol. 26, No. 5, pp. 44-55, 1994.
61. Wang H.F., "Multicriteria Decision Making -- from Certainty to Uncertainty," Ting Lung Book, 2004.
 62. Wein, L.M., "Scheduling Semiconductor Wafer Fabrication," IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing, Vol.1, No.3, pp.115-130, 1988.
 63. William J. Stevenson, "Operations Management 7th Edition," McGraw-Hill companies, Inc, 2002.
 64. Super decisions software for decision making, <http://www.superdecisions.com>