


東 海 大 學

工業工程與經營資訊研究所

碩士論文

考量生產績效指標權重之派工模擬比較
-以 CNT-BLU 為例



研 究 生：林凡棋
指 導 教 授：蔡禎騰 博士
邱創鈞 博士

中 華 民 國 九 十 五 年 六 月

**Simulation of Dispatching Rules with Weighted
Performance Criteria-with CNT-BLU as an
Example**

By
Fan-Chi Lin

Advisor : Dr. Jenteng Tsai

Dr. Chuang-Chun Chiou

A Thesis
Submitted to the Institute of Industrial Engineering and
Enterprise Information at Tunghai University
in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
in
Industrial Engineering and Enterprise Information

June 2006
Taichung , Taiwan , Republic of China

考量生產績效指標權重之派工模擬比較-以 CNT-BLU 為例

學生：林凡棋

指導教授：蔡禎騰 博士

邱創鈞 博士

東海大學工業工程與經營資訊研究所

摘要

台灣高科技產業中的顯示器產業是我國經濟命脈之一，而薄膜電晶體液晶顯示器(TFT-LCD)又是顯示器產業中的主宰。由於 TFT-LCD 的背光模組在大尺寸的開發上存在著技術性的瓶頸，而奈米碳管背光模組(CNT-BLU)具有高亮度、低耗電、無汞蒸氣等特性正可取代現行 TFT-LCD 的背光模組。目前國內 CNT-BLU 的製造模式為零工式生產，若能為此階段做生產效能的改善，對於後續階段之研究發展會有一定程度的助益。而文獻中最廣泛使用於解決零工排程問題的方法即為派工法則，然而 CNT-BLU 現階段的生產績效考量指標與其他相關產業並不相同，於是不同的績效指標便可能具有其不同的重視程度。所以要用什麼方法判斷出符合現階段 CNT-BLU 生產需求的派工法則便顯出其重要性。

本研究建議整合 CNT-BLU 績效指標衡量派工法則的方法，其建構的基礎為用層級程序分析法(AHP)將定性與定量的績效因素一併做考慮，經由 AHP 法中的步驟找出研究對象的關鍵績效指標之權重。接著收集研究對象現場資料進行模擬實驗，來做各種派工法則的產前評估測試。最後以 AHP 法對派工法則在關鍵績效指標的實驗表現來遴選出最佳的派工法則。

結果發現考量權重之方案選擇法，可在符合決策者實際需求的情況下，使現階段 CNT-BLU 於選取派工法則時做出迅速且明確的建議，減少傳統評選法易發生的方案取捨困境。另一方面，使用系統模擬技術亦可以避免實際作業的成本與風險。

關鍵字：奈米碳管背光模組、零工式排程、派工法則、層級程序分析法、系統模擬

Simulation of Dispatching Rules with Weighted Performance Criteria - with CNT-BLU as an Example

Student: Fan-Chi Lin

Advisor: Dr. Jenteng Tsai

Dr. Chuang-Chun Chiou

Department of Industrial Engineering and Enterprise Information
Tunghai University

ABSTRACT

The display industry, particularly TFT-LCD, is one of the most important industries in Taiwan. The backlight unit (BLU) of TFT-LCD has long been considered the technical bottleneck in the development of large size displays. In order to overcome the limitation on size, Carbon Nano-tube (CNT) has been used for the production of the backlight unit (BLU) of the display. However, the present stage of CNT-BLU production is still under development, so the manufacturing of CNT-BLU is in the batch type job-shop manner. The objective of this research is to propose a method for job scheduling for the production of CNT-BLU under the current job-shop circumstance.

This study suggests a method considering multiple performance criteria. This method employs analytical hierarchy process (AHP) to identify and weigh the key performance criteria. Then, simulation is applied to generate production results using the weighted performance criteria. Finally, AHP is again used to choose the highest scoring dispatching rule after the simulation.

The experiment results show that the proposed method gives a feasible selection of dispatching rules with weighted performance criterion for the CNT-BLU job-shop production.

Keywords : CNT-BLU, Job-Shop Scheduling, Dispatching Rules, Analytical Hierarchy Process, System Simulation

誌謝

本文首先要感謝的是指導教授蔡禎騰博士、邱創鈞博士以及共同指導的彭泉博士與邱文志博士，除了在課業的教導外，在待人處事上的開示也讓我受益匪淺，十分的感謝老師們對論文的鞭正與提出寶貴的意見。感謝鄭豐聰博士與林豐智博士在口試時提出的建議與看法，這些建言對本研究而言如同滋養劑一般使得整個論文更臻完善，也感謝林於杏博士提出的關鍵解法，使得之前遭遇瓶頸的研究可以得到根本上的突破。此外，也特別感謝工研院影像顯示科技中心的蕭名君經理、林明宏副理、江耀誠博士、江良祐博士、詹立雄博士，還有其他二課、三課的專家與工讀生帥逸在我於工研院實習的期間所給予的支持與幫助，如果沒有你們的幫忙這篇論文是難以產生的。在此對你們獻上滿滿的祝福與感謝，以表達我對你們的敬意與思念。

而不可忽視的，是在艱苦的時刻共同努力的戰友：嚴謹的勇盛、精實的冠鶴、智多星智鈞、愛將光庭、戰神昕煒、急驚風哲峰，學弟妹豪哲、政益、原豪、茜雯的鼓勵，學長榮華、晉照、子平於口試前不厭其煩地傳授相關技巧，畢業的仲傑、雅婷、銘強、政欣的論文範本，還有舒茜對論文的勘誤。有這些堅實的後盾讓我在做研究的時候，可以有所依靠而不疑不懼地朝目標邁進。對這群共患難的好弟兄的幫忙，本文在此除了感謝還是感謝。另一方面，感謝室友陳健章使我見識到從事學術研究所應抱持的認真態度、室友李明展提供在找尋文獻時所要注意的事項，以及系上的林麗惠小姐、陳清爽助教在精神上的支持。也感謝中文系朱岐祥教授在處理眾多文獻所表現的獨見與執著，給了我暮鼓晨鐘的點悟和啟發。

最後感謝我的父母親願意供我唸完碩士，由衷的謝謝他們。七年前的知了聲將我迎進東海，如今陣陣的蟬鳴卻譜成我步出校園的離別曲。離開，不再是徬徨失措。而是帶著無比的信念去開疆闢地，願下一步可以走得更出色更輝煌。

林凡棋 于東海大學 E103A 研究室
中華民國九十五年六月二十九日夏

目錄

摘要.....	i
ABSTRACT	ii
誌謝	iii
目錄	iv
圖目錄	vi
表目錄	vii
第一章 緒論	1
1.1 研究背景與動機.....	1
1.2 研究問題描述.....	2
1.3 研究目的.....	2
1.4 研究架構.....	2
1.5 研究範圍與限制.....	5
第二章 文獻探討	6
2.1 奈米碳管背光模組.....	6
2.1.1 背光模組之介紹.....	6
2.1.2 奈米碳管背光模組製程.....	7
2.2 零工式生產排程.....	8
2.2.1 派工法則.....	9
2.2.2 績效指標.....	11
2.2.3 探討派工法則表現的相關文獻.....	13
2.3 多準則決策之相關文獻探討.....	15
2.3.1 層級程序分析法.....	16
2.3.2 層級程序分析法進行步驟與處理流程.....	16
2.4 模擬.....	17
2.4.1 模擬的意義.....	17
2.4.2 模擬適用範圍與時機.....	18

2.4.3 模擬的步驟.....	20
2.4.4 應用模擬技術於排程與高科技產業之文獻.....	20
2.5 本章小結.....	22
第三章 研究方法.....	23
3.1 層級程序分析法進行步驟.....	23
3.2 模擬的步驟.....	28
3.3 整合績效指標與評核方案之模式建構.....	31
第四章 實例驗證.....	38
4.1 研究案例.....	38
4.1.1 研究案例簡介.....	38
4.1.2 專家訪談過程說明.....	40
4.2 整合績效並評選方案的模式建構.....	41
4.3 結果分析.....	66
第五章 結論與建議.....	68
5.1 研究結論.....	68
5.2 未來方向與建議.....	68
參考文獻.....	70
附錄一 專家訪談問卷 (一).....	74
附錄二 專家訪談問卷 (二).....	79
附錄三 奈米碳管背光模組之介紹.....	89

圖目錄

圖 1.1 論文架構圖.....	4
圖 2.1 CNT-BLU 製程.....	7
圖 2.2 模擬研究的定義.....	18
圖 3.1 AHP 進行步驟流程圖.....	24
圖 3.2 系統模擬之研究步驟.....	30
圖 3.3 研究方法之階段程序圖.....	33
圖 4.1 CNT-BLU 構造圖及 LCD 背光模組取代圖.....	38
圖 4.2 CNT-FED 構造圖.....	39
圖 4.3 生產衡量指標架構圖.....	41
圖 4.4 四吋 CNT-BLU 陰極板製程.....	48
圖 4.5 二十吋 CNT-BLU 陰極板製程圖.....	49
圖 4.6 二十吋 CNT-FED 陰極板製程圖.....	49
圖 4.7 製程模擬主要模型圖.....	52
圖 4.8 活化處理區製程模型圖.....	53
圖 4.9 網印區製程模型圖.....	53
圖 4.10 加熱處理區製程模型圖.....	54
圖 4.11 濕式處理區製程模型圖.....	54
圖 4.12 選擇最適派工法則的階層構造圖.....	58

表目錄

表 2.1 常見派工法則.....	9
表 2.2 常見之排程績效指標.....	12
表 2.3 製造業與服務業有使用模擬者	18
表 3.1 AHP 評估尺度意義及說明	25
表 3.2 隨機指標表.....	27
表 3.3 派工法則績效指標模擬輸出表	35
表 3.4 總合評價表.....	37
表 4.1 問卷設計之主因子成對比較評估表	43
表 4.2 主因子評估指標成對比較矩陣	44
表 4.3 衡量生產績效主因子間相對重要度	46
表 4.4 「交期相關」評估指標成對比較矩陣	46
表 4.5 「契約要求」評估指標成對比較矩陣	46
表 4.6 生產績效衡量因子重要度與排名	47
表 4.7 生產要求內容.....	50
表 4.8 總產出時間對照表.....	55
表 4.9 派工法則績效指標模擬輸出表	57
表 4.10 五種方案在「總流程時間」績效衡量下的成對比較評估表	59
表 4.11 七個評估準則下替代方案的成對比較(a)~(g)	60
表 4.12 總合評價表.....	65

第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

高科技產業是台灣的經濟命脈，在 2002 年行政院提出「兩兆雙星」的產業政策，其中代表半導體與彩色影像顯示產業的「兩兆」，預計在 2006 年各自突破一兆元新台幣的產值。目前我國平面顯示器產業著重於生產薄膜電晶體液晶顯示器(TFT-LCD)，其中最亟需克服的關鍵問題之一便是 TFT-LCD 之背光模組，因其有含汞的冷陰極燈管而無法在歐盟地區銷售。近來國內工研院電子所(ITRI-ERSO)已成功開發出利用奈米碳管來做發射源的奈米碳管背光模組(Carbon Nanotube-Backlight Unit, CNT-BLU)計劃用來取代 TFT-LCD 之背光模組。因為 CNT-BLU 現階段的製造模式處於零工式生產，若能為此階段做生產效能的改善，對於接續下來的階段之研究發展會有一定程度的助益。然則零工式生產問題在這幾十年來一直是最複雜的排程問題之一，歷來有很多文獻對此做探討，亦有相關解法提出，如近似解法、最佳解法、派工法則等方法[39]。在求出的解之品質上，以近似解法、最佳解法較為有效，但是因為求解時間費時加上計算又複雜，所以在實際使用上有其不便之處，因此派工法則就因其簡單易懂而廣泛應用於現場排程上[6][20][39]。

在近來的研究中，已發現生產排程開始針對多目標去進行求解，所以排定生產排程時，必須考量多項因素，不能只侷限單一因素的考慮[26]。因此在衡量派工法則的目標績效方面，便是在多個績效衡量目標下找出最佳表現的法則，來提供決策者做排程時的決策參考。但是要找到一個派工法則可在全部績效表現都最佳是很困難的[11][27][37]，而因為 CNT-BLU 現階段的生產績效考量指標與其他相關產業並不相同，於是不同的績效指標便可能具有其不同的重視程度。所以在這種情況下派工法則的評核選取便需謹慎考慮，若無法明顯地建議一個真正合乎決策者需要的派工法則來，而去使用直觀式的判別法便容易陷入決策取捨的窘境中。因此要用什麼方法判斷出符合現階段 CNT-BLU 生產需求的派工法則，遂成為本研究關心之焦點。

1.2 研究問題描述

本研究要解決的問題為現階段 CNT-BLU 選擇派工法則時，在考量多個生產績效指標之不同重視度的情況下，需使用何種方法才可以判斷出符合現階段 CNT-BLU 生產需求之派工法則，乃為本研究嘗試解決之出發點。

1.3 研究目的

將常用到的績效指標融合生產相關需求做整體性的探討，再進行整個製造系統的模擬。對於派工法則模擬實驗的結果，使用層級程序分析法針對研究對象，將績效指標的重視程度做評比並擇其最適者，以提供決策者在判斷作業派工方案時的方法依據。

本文以文獻探討與現場訪談方式得出衡量績效的指標，並對專家進行問卷調查評選績效指標的權重。透過模擬軟體根據一實際研發單位的生產架構，建立生產的模擬模型，經由數種常用的派工法則得出模擬結果，以加權過的績效指標與一般直覺的多績效指標方式作比較評估分析。

歸結上述，其主要目的如下三點：

- 1.用層級程序分析法找出衡量績效的關鍵指標。
- 2.以模擬求出各派工法則在各關鍵指標之執行表現結果。
- 3.以層級程序分析法的替代方案選擇法找出最適派工法則。

1.4 研究架構

本研究共分為五個章節討論，各章節的探討要點敘於下，可參考圖 1.1 論文架構圖：

第一章 緒論

對研究背景、研究動機、問題描述、研究範圍與限制做說明。

第二章 文獻探討

主要探討零工式排程的派工法則以及績效評量指標這兩個重點要素。再就本研究所使用的工具，模擬與層級程序分析法做整理介紹。

第三章 研究方法

承接前一章未解說詳細的研究方法提出交代，並且敘述建立整合與評估績效指標的流程步驟。經由 AHP 法中的步驟將研究對象的關鍵因子權重給找出來。再配合關鍵績效因子收集需要的模擬實驗數據。最後再以 AHP 法對派工法則在關鍵績效因子的實驗表現以遴選出最佳的派工法則。

第四章 實例驗證

以研究案例做為實例驗證，取得其各績效指標權重、做模擬研究，最後依據這些權重資料與模擬結果，分析各派工法則在研究案例接單上的優劣。

第五章 結論與建議

綜合本研究的成果，提出結論與未來研究的建議。

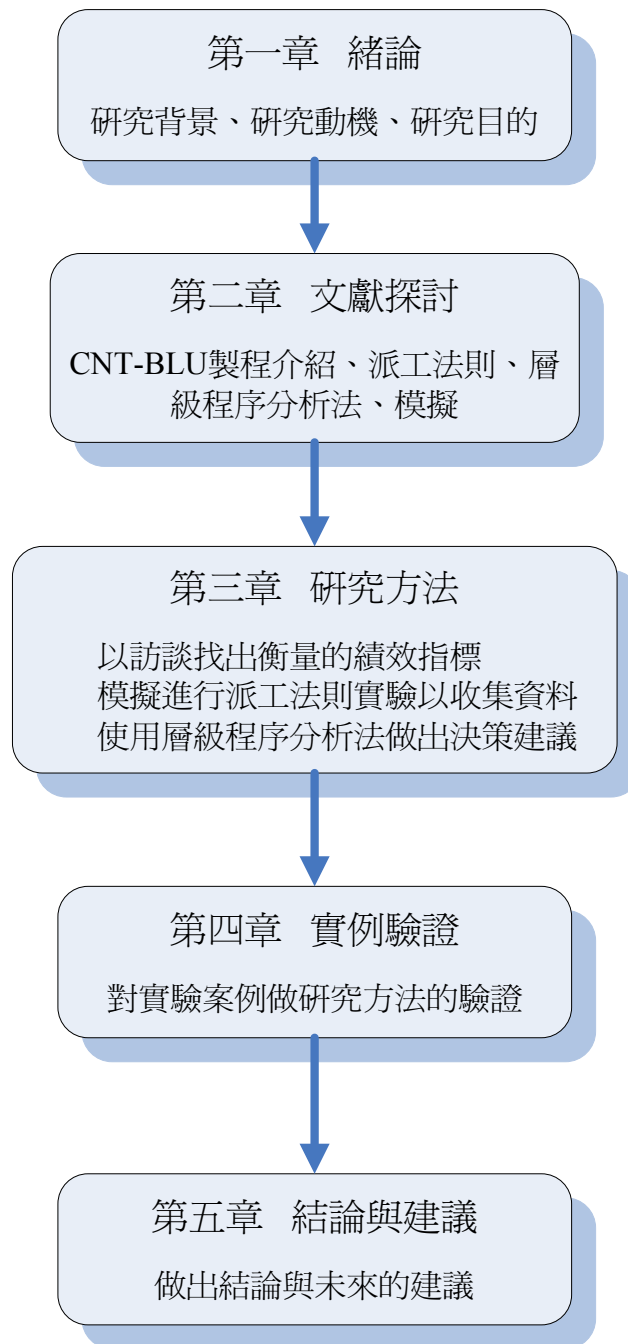


圖 1.1 論文架構圖

1.5 研究範圍與限制

本研究的研究主題在於，績效指標的輕重綜合考量，以研究案例來做驗證，其研究之範圍與限制如下：

1. 本研究針對研發階段 CNT-BLU 的陰極板製程進行零工式生產的實驗。
2. 在派工法則的選取上，是以常用的派工法則為主要基準。
3. 模擬研究的建模，不考慮搬運的相關因素與人為問題產生的工作暫停。
4. 績效指標的選取主要在於訪談研究對象所評選出來。

第二章 文獻探討

本章主要就目前 CNT-BLU 生產模式探討零工式排程的派工法則以及績效評量指標這兩個重點要素。再就本研究所欲使用的工具，模擬與層級程序分析法做整理介紹，以下進行各相關文獻的探討。

2.1 奈米碳管背光模組

2.1.1 背光模組之介紹

在許多平面顯示器應用市場中，雖然 LCD 已成為主流產品，但在大尺寸的應用市場上仍有許多問題，這其中最重要的關鍵之一便是 LCD 顯示器背光模組(Back Light Unit, BLU)的問題。由於現有 LCD 背光模組皆為線光源的設計，必須使用各種光學薄膜以搭配液晶的光學性質來顯現明暗，而 LCD 光學薄膜的技術仍多掌握在日本廠商手上，需仰賴進口或是技術移轉，以光學薄膜中用來改善液晶顯示器視角問題的一種補償膜，也就是廣視角膜為例，此項技術一直以來都是為日本富士寫真所掌握，也因此造成台灣 LCD 背光模組成本高昂。根據工研院經資中心 ITIS 計畫資料顯示，以目前市場主流 30 吋 LCD 面板為例，其 BLU 材料成本約佔其總成本近四成，此一比例將隨面板面積增加而倍增，已成為 LCD TV 全面取代傳統電視一大阻礙。

又目前 LCD 背光模組市場主要由 Cold Cathode Fluorescent tube (CCFL) 所主宰，不過當 LCD 顯示器朝向大尺寸發展，而改為直下式時，便會遭遇均齊度低、模組過厚，表面溫度高、耗電等問題；更重要的是 CCFL 的發光過程中需利用汞蒸氣作為放電介質，由於汞會對人體產生危害，目前名列歐盟特定有害物質管制指令中的禁用物質，2006 年後含汞的 CCFL 將無法在歐盟地區銷售。

為改善現有背光源技術用於大尺寸顯示器的缺點，而結合奈米技術與場發射平面顯示技術，利用低成本之厚膜網印與真空元件技術，製作出此一具有高亮度、低耗電、無汞蒸氣的環保技術與低表面溫度等特性的新型平面背光板，將是大尺寸背光模組的新選擇。此一奈米碳管場發射背光板，

以平面電場為背光發射基礎，光源強度分布平均，尤其適用於大面積顯示器[21]。

2.1.2 奈米碳管背光模組製程

對於台灣顯示器產業而言，目前只有工研院在 CNT-BLU 擁有完全的自主技術，其餘皆須依賴國外的授權，未來權利金將是成本的一大負擔。使用 CNT-BLU 不但可延續國內現有 LCD 顯示器產業之競爭優勢，未來更可銜接下一代顯示器 CNT-FED 的發展，而關於 CNT-BLU 製程如圖 2.1 CNT-BLU 製程所示。

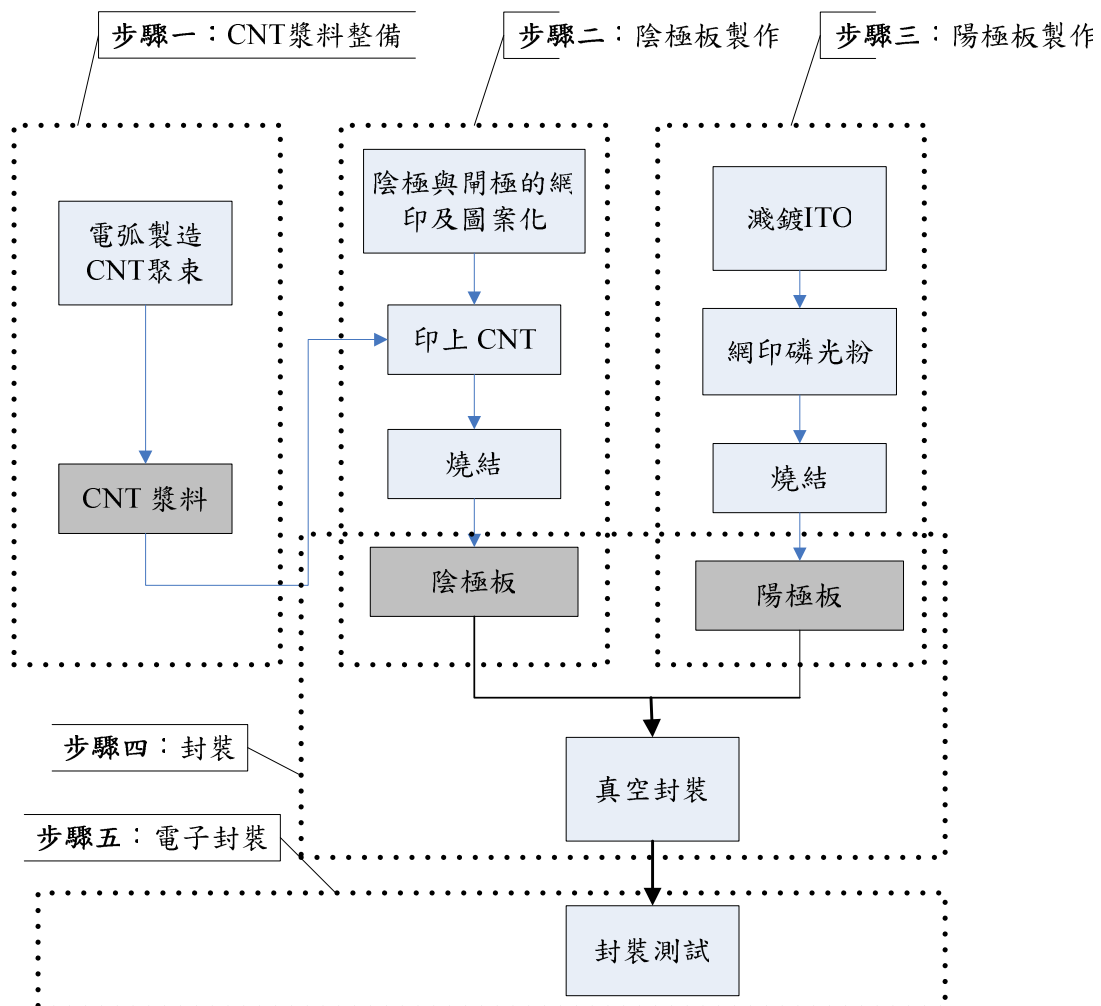


圖 2.1 CNT-BLU 製程

(資料來源：工研院電子所)

根據工研院電子所 (ITRI-ERSO) 提供的資料，目前 CNT-BLU 面板的基本製程包括五個主要步驟：第一是 CNT 漿料的整備，此部分包括 CNT 的裁切、研磨後形成 CNT 粉末在混合成漿料；第二是陰極板的製作，此部分包括將 CNT 漿料以模板壓印在玻璃基板上並將 CNT 直立硬化為小發射尖端與閘極形成陣列；第三步是陽極板的製作，此部分是將白色螢光粉利用網印技術塗佈在 ITO 或普通玻璃基板上，並在螢光板上鍍鋁膜以形成面板。第四步是封裝動作，在陽極板與陰極板之間加入空間支撐器，以玻璃膠封合並維持此一間隙的真空度；第五步是封裝品質與性能的測試；在此階段會針對亮度均勻問題做檢測。

而在這些步驟中的複雜度以第二步的陰極板製程為最高，所以只要掌握陰極板的製造生產便可對 CNT-BLU 的製造有長遠的影響。在經過文獻與實際訪談得知現階段的 CNT-BLU 陰極板製造方式是屬於零工式的生產模式，所以在零工式的陰極板生產做改善將對 CNT-BLU 的製造有所助益。而關於 CNT-BLU 的進一步之詳細介紹，請參照附錄三。

2.2 零工式生產排程

根據 Jones[40] 對排程的定義是「為確保任務在合理的時間內完成，而分派資源給這些任務的技術」。Stevenson[51]則認為排程建立在組織使用其特定資源的時程、設備與設施以及人們活動的時程相關。其目的在於各衝突目標之間獲得權衡取捨，其包含了人員、設備，與設施的有效利用；以及顧客等候時間、存貨，與加工時間最小化。

關於排程問題的發生，Conway[34]提出了他的看法，「當一群工件之執行順序需要被決定時，就出現了所謂的排程問題」。而根據周書賢[7]將排程問題依照機器數目及路徑型態分為五類：1.單一機器(Single-Machine)、2.平行機器(Parallel-Machine)、3.流線型工廠(Flow-Shop)、4.零工型工廠(Job-Shop)、5.開放式工廠(Open-Shop)。

其中以零工式生產是小規模的作業，當需要種類多、數量少的產品或服務時，就利用這種方式生產。零工式生產屬於間歇性(intermittent)製程；而工作從小工件轉一到下一個時，每一個都有不同的製程要求[51]。零工式工廠的加工衍生出的排程議題 Stevenson[51]認為有二：1.如何將工作負荷分配給工作中心；2.工作要採用何種加工順序。

零工式排程問題是排程問題最一般化的模式，它是屬於 NP-Complete 這一類型的問題[48][54]，最差的情況下，求得最佳解的時間複雜度呈指數複雜度，足見求解零工式排程問題之困難度。求解零工式排程問題的技術主要包含以下三類[38]：

- 1.派工法則(dispatching rule)
- 2.最佳解方法(optimization method)
- 3.近似解方法(approximation methods)

其中雖然最佳解法與近似解法的求解效果較佳，但是卻非常複雜且費時，並不若優先派工法則的使用簡便、易於實行於試驗工廠。因此遂成為本文討論優先派工法則的目的。

2.2.1 派工法則

所謂的派工法則就是指分派優先權給所有可被排序的作業，然後再從這些作業中選出優先權最高來進行作業的技術[39]。周書賢[7]又更進一步的說明：派工法則是將排程的問題化簡為單機之排序問題，其排程的決策是由每個機器個別執行，各個工件之個作業會在何時被加工並不事先安排，而只賦予各領班或機器適當之派工法則來個別決定之。

派工法則的優點是易於瞭解與實行且計算負擔小，因而求解零工式排程所需耗費的時間相當小，所以派工法則已經被廣泛運用於零工式生產的排程問題上[6][20][39]。

關於派工法則的研究文獻，較為著名的是 Panwalkar and Iskander[34]整理出過去二十年來的 100 餘種派工法則並加以分類。

派工法則雖然十分眾多，但是常被研究探討的派工法則卻大致為固定幾種，周書賢[7]對 16 種派工法則在不同規模大小、機器使用率及交期鬆緊因子組合下，應使用何種派工法則提出具體建議，王治平[2]用 7 種評量準則比較 13 種常用的派工法則在不同狀況下的表現。經過吳承宗[5]整理賴士葆、Stevenson 等學者的文獻，將常見的派工法則列出如表 2.1 的 12 種。

表 2.1 常見派工法則

法則	符號	意義	型式
1.先到先服務	FCFS	最早到的工作先處理	靜態
2.最短處理時間	SPT	處理時間最短的先處理	靜態
3.最長處理時間	LPT	處理時間總和最長的先處理	靜態
4.最早到期日	EDD	工作到期日最早的先處理	靜態
5.最小剩餘工作時間	LWR	每一工作剩下之未完成工作時間總和最小的優先處理	靜態
6.最小作業數	FOR	所需處理作業項目的總和最少的先做	靜態
7.浮時(寬放時間)	ST	距到期日所剩時間減所需處理時間最小的先處理	動態
8.浮時/所剩未完成時間	S/RW	浮時除以所剩之作業數目的比率最小的先處理	動態
9.關鍵比率	CR	距到期日所剩時間除以完成工作所需時間，最小的優先處理	動態
10.客戶關係	PCO	關係最佳的客戶先處理	靜態
11.隨機選擇	RS	隨機選擇，選中的優先處理	動態
12.混合式		應用兩種以上的派工法則	

資料來源：吳承宗[5]

這些常用的派工法則在實際使用上，要選擇使用哪一種，則需視所要達到的績效需求而定，而 Haupt[36]就將派工法則的使用方面上大致分為四大類：

- (1) 與加工時間(process time)有關的派工法則：如 SPT(Shortest Process Time)最短處理時間法則。
- (2) 與交期(due date)有關的派工法則：如 EDD(Earliest Due Date)最早到期日法則。

- (3) 與加工時間及交期無關的派工法則：如 FCFS(First Come First Served) 先到先服務法則。
- (4) 兩個或兩個以上上述派工法則之組合。

在此本研究選取常見且易於現場使用的派工法則來做實驗，經文獻可知 FCFS、EDD、SPT、LPT、PCO 這五種派工法則，使用最廣較易於一般現場使用，所以本研究選這些法則來做 CNT-BLU 之現場派工法則的實驗測試。

而在派工法則的優劣評定上，需要有衡量的績效指標才可進行判斷的動作，下一小節便就衡量生產績效的指標做一個介紹。

2.2.2 績效指標

績效指標是拿來衡量排程方法，在所要求目標的表現能力的一種評估標準。在過去的一些研究中，有學者就將常用的績效指標作了整理，Stevenson[51]認為常用的績效衡量指標有下列幾種：

- (1)平均流程時間 (Mean Flow Time)：流程時間是指一個工作在生產系統內停留的時間(包括等待加工時間)，而所有工件流程時間的平均值，則稱為平均流程時間。排程目的在於減少在製品在生產線上的停留時間。
- (2)平均延遲時間 (Mean Tardiness)：指一個工作的完成時間超出其到期日的時間。而所有工件延遲時間的平均值，則稱為平均延遲時間。排程的目標是期望所有工作的平均延遲時間越小越好。過多的延遲時間所造成的浪費極大，甚至導致利潤與信譽虧損，訂單的流失。
- (3)總完工時間 (Total Completion Time 或 Makespan)：指處理完所有工作後時間的總和，其排程目標是希望總完工時間越小越好。
- (4)平均工作數(平均在製品數量，Average work in process):在廠內考慮的工作為在製品存貨。

平均在製工作數=總流程時間/總完工時間。

而陳建良[11]更將以往常見的績效指標做整理並加以分類彙總成表 2.2。

表 2.2 常見之排程績效指標

分類	衡量準則
完工時間相關	平均流程時間(Mean flowtime) 最大流程時間(Maximum flowtime) 流程時間的變異數(Variance of flowtime) 總完工時間(Total completion time) 總加權完工時間(Total weighted completion time) 總時程(Makespan) 生產週期(Cycle time) 單位時間產量(Throughput)
交期相關	平均差異時間(Mean lateness) 平均早交時間(Mean earliness) 平均延遲時間(Mean tardiness) 最大延遲時間(Maximum tardiness) 總延遲時間(Total tardiness) 總加權延遲時間(Total weighted tardiness) 延遲工件數(Number of tardy jobs) 延遲工件比率(Proportion of tardy jobs)
機器及暫存區相關	平均機器使用率(Average utilization) 平均準備時間(Average setup time) 平均在製品數量(Average work in process) 平均等候時間(Average wait time) 最大等候時間(Maximum wait time)
物料搬運相關	平均物料搬運系統使用率 物料搬運系統空車時間

資料來源：陳建良[11]

關於研究派工法則與績效指標彼此關係，並探討其好壞表現的文獻如下一小節所述。

2.2.3 探討派工法則表現的相關文獻

Chang、Toshiyuki 以及 Robert[33]中產生 3750 個測試問題，根據個別的完成效能以及得出最佳解的數目將 42 個派工法則進行分等。效能比率針對 7 個標準與 SIPT(Shortest Imminent Process Time)作比較。如果某個法則有最好的等級、或有最多最佳解、或在某指標和其它法則比較來講有最佳的效能比，則此法則將會被選用來滿足特定指標。

在 Holthaus 及 Rajendran[37]中，測試了更多的工件在不同的交期鬆緊程度、機器使用率與流程時間大小的因子下，將新組合而成的五個派工法則進行測試比較；此五種派工法則如下：

- (1)PT+WINQ(Process Time + Work In Next Queue)
- (2)PT+WINQ+AT(Process Time + Work In Next Queue + Arrival Time)
- (3)PT+WINQ+SL(Process Time + Work In Next Queue + Negative Slack)
- (4)PT+WINQ+AT+SL
- (5)MCOVERT(modified COVERT)

在與 SPT、FCFS、COVERT、RR、WINQ 比較後發現此五種新派工法則，並沒有在 7 種績效指標中皆取得優勢表示，不過在特定績效指標下仍可得到較佳的解。

Rajendran & Holthaus[46]兩位學者探討流線型工廠及零工式工廠的動態製造系統中，在不同的生產型態及工件途程，做派工法則的比較研究，結果發現各種派工法則，在特定績效指標下能有不錯的表現。如：PT+WINQ 法則能有效地減化平均流程時間、AT-RPT 法則對於減少最大流程時間及流程時間變異的工件。

周書賢[7]研究開放型工廠透過模擬實驗結果的比較與分析，比較 16 種派工法則在 7 種績效指標下的表現，結果發現在平均流程及延遲工件比率的績效指標上 SPT 為最佳的派工法則，最大流程時間與流程變異的指標上以 AT-RPT 為最好，而 MST 在平均延遲時間與延遲變異時間上表現較好。

王治平[2]以機器使用率、交期設定和操作時間變異，模擬產生 12 種不同的狀況。然後以 7 種評量準則比較 16 個常用的派工法則在不同狀況下的

表現。在工作延遲比率標準下，SPT 表現優良。在平均延遲時間上，則以 RR 法最好。

高正峰[8]以提高交期率為目標，以表現較佳的關鍵比率法 CR 法為基礎，加入三種新觀念發展出遲交比例加權法(DCR)，再經模擬與傳統派工法則比對，發現達交率表現大為改進。

賴勇見[26]以製鞋模具業做四種派工法則(FCFS、RS、EDD、SPT)在七種評估指標下的模擬比較，結果發現 RS 平均早交時間上表現佳，SPT 在延遲訂單數與達交率有較佳的結果，而 EDD 因為在七種績效指標下達到相對多項的較佳成績，所以 EDD 在整體表現上有較佳的績效表現。

由以上的文獻探討可發現到，對於派工法則的優劣判斷採用的方法，有獲得較多最佳表現的派工法則為最好；或探討某種派工法則在某些績效指標的優良表現情形；或是針對單一或少數績效指標，做派工法則的改進。

這些文獻中在在都透露出，很難有派工法則能於每個績效指標下都有完美的表現，所以僅能在特定績效指標研究某些派工法則的表現或是做新派工法則的開發與改良。在此二法中，前者就特定績效指標做派工法則優秀表現的探討，對於選出符合整體需求的派工法則的幫助有限；後者做新派工法則的改善，則需在實際運用前就得投入資源與時間去做開發。

綜前所述可得知，要合乎簡便且能迅速應用於現場的方式，就是由現成、易懂的派工法則來做選擇。而傳統用來評斷派工法則好壞的方法，就是表現較多最佳解為優。這種方法看似合理，但卻有兩點較大的疑問：

1. 判斷方式難以反應指標輕重，以獲得多數最佳者為優的選擇方法，未必能在最重要的績效指標佔有優勢。
2. 決策上易陷取捨困境，當有數個派工法則皆取得同數量的績效指標優勢時，擇何者為優則令人無所適從。

所以我們可瞭解到因為事有輕重緩急，若將所有的績效指標視為同等重要，便難以反應出真正的需求。針對這個問題，若能將權重分配於多個績效指標，便可照應到傳統判別法的不足。此外，決策的取捨困境亦可利用權重的概念，有效地減少決策兩難的麻煩。

2.3 多準則決策之相關文獻探討

而類似這種需要考慮多個因子並做出綜合性判斷的過程，就屬於多準則決策(Multiple Criteria Decision Making, MCDM)的範圍，根據文獻[10][16][53]MCDM 主要分有三種:

1. 權重加權模式(Weighted Sum Model, WSM)

在此方法中，每一個準則都各自有自己的權重，是為變數之係數，而決策者把每一個準則項目下的值轉換以數字表現，將各方案的每個準則項目之數值乘以準則的權重數，再予以各自相加即可得每一個方案的總得分，然後依此算出每個方案總得分，得分數最高的方案就是第一優先考量的方案。

2. 權重乘積模式(Weighted Product Model, WPM)

跟 WSM 類似，只是其加總的方法改成用乘績的方式取得。

3. 層級程序分析法(Analytic Hierarchy Process, AHP)

主要應用在不確定的情況下及有多個評估準則的決策方法，可彙整專家的意見，進行階層因子權重的取得，最後再將各層級的因子權重加以整合，得到的總權重值較高的方案便為最適方案。

這三種方法中，由於 AHP 可以整合定性與定量的因子、而且使用階層架構，可使決策者有全面的系統觀，因而廣為業界所使用。基於這些因素本研究採用 AHP 法做為整合多個績效指標的工具。而且將 AHP 使用於高科技產業的文獻亦是數見不鮮。

張清輝[15]建立技術能力、技術移轉、半導體子產業等層級因素，並以 AHP 方法評估各層級因素，作為半導體產業引進及產業發展優先順序上之考量。

Alomoush[30]採用 AHP 在能源市場的調度上，使用這種評選法可以讓決策變得更具體化，能於系統操作、調度的多個方案上做偏好度的比較。在需要有優先順序、決策偏好的情況下，使用 AHP 可以在複雜的決策過程中將決策者的判斷數值化。

黃聖欽[18]針對營造業聯合承攬在高科技廠房進行探討分析，並藉由問卷調查及專家訪談提出相關關鍵成功因素，取得營造商評選項目重要性比

較，並應用層級程序分析法 AHP 整理歸納，得到廠商評選項目及其權重並對關鍵成功策略因子排序。

而 Subramaniam *et al.*[41][52]亦提出關於 AHP 在派工法則上的研究。由這些文獻可以知道 AHP 方法用於高科技產業或用於派工法則皆為可行的方法，所以本研究使用 AHP 為研究工具之一。

2.3.1 層級程序分析法

層級程序分析法 (Analytic Hierarchy Process, 簡稱 AHP) 是一種將定性分析和定量分析相結合的多目標決策分析方法。為 1971 年美國作業研究學家, Thomas L. Saaty 所發展出來的。AHP 分析法的基本原理: 根據問題的性質和需要達到的總目標, 將問題分解為不同的組成因素, 按照因素間的相互關聯影響以及隸屬關係, 按不同層次聚集組合, 形成一個多層次的分析結構模型, 最終把系統分析歸結為確定最低層 (方案、措施、因素等) 相對於最高層 (總目標) 的重要性權值或優劣次序的排序問題。

根據 Saaty (1980) 的研究, AHP 適用於解決 12 種類型的問題: 選擇最佳方案、規劃、決定優先順序、產生替代方案、決定需求、資源分配、預測輸出或風險評估、衡量績效、系統設計、確保系統穩定、最佳化、解決衝突。在優點方面, 根據鄧振源、曾國雄[22][23]的研究, 有以下四點: 1. 理論簡單、操作容易, 有效擷取多數專家與決策者有共識的意見; 2. 對於影響研究目標的相關因素, 皆能納入模型中, 配合研究目的, 考慮各種不同層面; 3. 相關影響因素, 經過專家學者評估及數學方法運算後, 能以具體的數值顯示各個因素的優先順序; 4. 將複雜的評估因素, 以簡單的層級架構呈現, 易為決策者所接受。

2.3.2 層級程序分析法進行步驟與處理流程

利用 AHP 進行決策問題時, 根據鄧振源、曾國雄[22][23]研究主要包括以下三個階段:

1. 第一階段—建立層級架構:

處理複雜的決策問題時, 利用層級結構加以分解, 將問題由最上層的決策目標分解成決策準則、決策子準則及最下層的可行方案, 形成一層級架

構。而根據研究發現，人類對 7 種以上事物進行比較時會發生感覺錯亂現象，因此每一層級的準則不宜超過 7 個。

2. 第二階段—各層級要素間權重的計算：

此一階段可區分為三個步驟：

- (1) 建立成對比較矩陣：某一層級的要素，以上一層級某一要素作為基準下，進行要素間重要性的成對比較，比較每兩個要素間相對重要程度，設定及相對重要性的比值。
- (2) 計算特徵值與特徵向量：成對比較矩陣得到後，即可求取各層級要素的權重。使用數值分析中常用的特徵值解法，找出特徵向量 (Eigenvalue) 或稱優勢向量 (Priority Vector)。
- (3) 一致性的檢定：一致性分析的目的是檢定評估者在整個評估過程中，所做判斷的合理程度。即檢定評估者在進行成對比較時，對各要素間權重判斷的一致性情形，以確定其判斷結果是否可信。

3. 第三階段—整體層級權重的計算：

各層級要素間的權重計算後，再進行整體層級權重的計算。最後依各替代方案的權重，以決定最終目標的最適替代方案。

在應用層級程序分析法處理複雜問題時，上述三個階段都可給予使用者做為參考之用，在下一章則會詳細地對層級程序分析法的步驟做一個交代。

本研究使用了 AHP 探討績效指標之權重與輔助決策判定，但在派工法則的結果比較上，因為實際去試驗各派工法則，必須承擔作業上的風險與執行上的成本，在真實系統進行實做確有其困難之處，所以事前的模擬實驗是必要的。

2.4 模擬

2.4.1 模擬的意義

Shannon[49]提出，模擬(Simulation)就是設計真實世界系統的模型與建構模型實驗所做的程序，是用來了解系統行為或評估不同系統的操作策略。

蔡禎騰[24]認為模擬研究的定義是「模擬研究包括了兩步驟，一是模式建立，一是模擬。前者是依真實系統建一模式，並驗明此模式的正確性，後者是製作一模擬器，對所建模式進行實驗。此階段需驗明該模擬器之正

確性。」圖 2.2 為其說明：



圖 2.2 模擬研究的定義

資料來源：蔡禎騰[24]

Harrell *et al.*[28]認為，模擬是依照真實系統之詳細模式進行試驗的技術，以確定對於系統本身之結構或環境改變時，會產生何種變化以及系統如何反應。亦即，建立一套與真實系統相類似的邏輯模型，透過電腦運作的過程，了解系統的作為，進而獲得不同決策參數下系統運作所獲得的績效，再由管理者調整決策參數，以改善系統績效。

姜林杰祐等人[14]表示，模擬的定義有二：(1)模擬是對真實世界中之特定體系加以觀察分析後，將其特性及互動因素關係，建立成抽象模式，藉以代表真實體系的動態現象所使用的技術。(2)模擬藉由抽象化複製真實體系的運轉，從而收集有關的統計資料，以了解該系統之特質，再透過建構模式以模仿實際體系的運作。

簡而言之，模擬就是建構與真實系統類似的模型，利用電腦的程式語言依照輸入的各項條件，執行產生結果，用結果去做系統分析。

2.4.2 模擬適用範圍與時機

最早在 1950 年時，美國開始使用電腦於戰爭的模擬，所以起先模擬是用在軍事用途上，其後因為電腦硬體的不斷進步與模擬軟體的推陳出新，使得模擬廣泛的運用在製造和服務業，其應用範圍歸納為表 2.3：

表 2.3 製造業與服務業有使用模擬者

製造業	服務業
-----	-----

工具機業 汽車業 電子產業 航空業 成衣製造業 石化工業 家具業 陶瓷玻璃業 鋼板製造業 鑄造業 重型機械業 橡膠與塑膠業	運輸業 金融業 餐飲業 配銷中心 醫院管理 危機專案計畫 政府機關 看護中心 補教業 廢棄物管理中心 遊樂園 公眾服務業 航空軍事
--	---

資料來源：簡聰海、鄒靖寧[28]

模擬對於製造系統的資源規劃與控管有一定的成效，在姜林杰祐[14]、吳承宗[5]的文獻中可知，模擬製造系統應用的範圍不外是工作排序、生產排程、資源利用與分析、系統改善這幾個方面。但並不是所有的問題都是可以使用模擬來解決，所以 Harrell[28]提出五點使用模擬的適當時機，如下：

1. 如果所遇建構數學模型表示太過困難或是無法達成。
2. 系統的相依變數不單純，含有一個或一個以上。
3. 系統要使用到相當複雜的動態規則。
4. 工作的目標需鎖定研究系統活動狀況的某特定時段。
5. 當使用動畫展示被視為是重要的手段時。

由此可見模擬擅長於研究複雜的系統，其優缺點的探討，Shannon[50]歸納出下列各點。

1. 模擬的優點如下四點：

- (1) 可以用來測試新的設計、設施擺置等，而不用投入資源使其真正的實行。
- (2) 讓我們確認瓶頸的資訊、物料與產品的流動，以及測試增加流量的選

擇方案。

(3)洞察被模擬的系統真正的運作及瞭解變數在表現時的重要性。

(4)模擬最有力的一點在於，其可在新的或不相干的環境中，實驗出所需要的答案。

2.模擬的缺點如下三點：

(1)模擬的建模需要專門的訓練，因此模擬人員的素質良莠不齊。

(2)收集高可靠性的資料很耗時且模擬出來的結果有時也是很有問題的。模擬無法彌補不適當的資料與糟糕的管理決策。

(3)模擬「跑」出來的是可能的結果，而非最佳解。

儘管模擬有這些缺點，不過在工程問題的製造、規劃、作業層級上的處理，模擬仍不失為一個可貴的工具。在這些方面，模擬可以提供決策的資訊、或是實際提供一個解來[45]。

2.4.3 模擬的步驟

在模擬的執行步驟方面，以往並沒有嚴格的限制，Harrell[28]將Shannon(1975), Gordon(1978), Law and Kelton(1991)學者的文獻中，歸納出下列大略上的五步：

1. 建立模擬目標與限制範圍。
2. 系統資料之收集、分析與使用。
3. 建立正確有用的模型。
4. 引導模擬實驗。
5. 資料文件化與模擬結果之報告。

這些步驟勾勒出模擬進行的基本程序與事項，然模擬步驟亦需做較為細部的導引，此容後一章節具文說明。

2.4.4 應用模擬技術於排程與高科技產業之文獻

Brun & Portioli[31]為了對零件完工的資料與零件間的關係有較精確的估計，而提出多代理人系統(Multi-Agent System)，再利用模擬軟體結合 C++ 語言，來模擬零工式生產的工廠。

陳湘琴[12]使用模擬方法針對中小學的課桌椅製造廠，做生產流程的規劃，使工廠的產量提昇、成本降低。

周書賢[7]針對流線型、零工式、開放式工廠進行派工法則的比較模擬研究，其使用了 Arena 模擬軟體來做模擬驗證，發現不同作業型態、工件到達時間、交期方案對派工法則的表現會產生影響。

Padberg[42]使用模擬軟體 Mod1 建構出可以提供明確排程策略的離散模型來，其功用在於建立一個動態排程模型，以方便決策者由不同的策略中，選擇最佳的方案。

Chan & H.K. Chan[32]使用模擬軟體 SIMAN IV 對三種派工法則 SPT、EDD、SPT*TOT(Total Process Time)進行模擬研究，結果分別對平均流程時間、平均延遲績效、平均提早完工時間有良好的表現。

蘇仁傑[29]為驗證其所提出的新派工法則，便以晶圓廠為對象使用模擬軟體 SIMPLE⁺⁺建構模擬模型，分別針對先到先服務 FCFS 及最短加工時間 SPT，最早到期日 EDD 及最小寬裕時間法 MST 四種派工法則，做比較研究，結果證實其提出之新派工法則能在交期的前提下，同時解決多項考慮因子。

賴勇見[26]運用模擬軟體 SimProcess Release 4.2 對鞋模具生產做四種派工法則(FCFS、RS、EDD、SPT)的模擬研究，結果發現 EDD 在整體上有最佳的表現。

Gupta *et al.* [35]研究半導體製造，提出針對零工工廠排程問題的離散物件模擬技術以建構模型，結果發現該模擬技術可以有效的解決多目標的排程問題。

吳承宗[5]利用模擬軟體 eM-plant 建構印刷電路板 PCB 的製程模擬系統，針對不同的派工法則、瓶頸站漂移現象、作業外包程度、緊急訂單是否先處理、批量分割大小，觀察對模擬模型的影響。得到 EDD 為實務上可行且較佳的方法，利用在製品來發現瓶頸站以及利用外包舒緩瓶頸站壓力、增加總產量，緊急訂單愈多對瓶頸製程愈有負面的影響，訂單批量愈小等待時間愈短等結果。

黃元鴻[17]以系統模擬的方法建構處於產能滿載的晶圓廠行為模型，分析晶圓廠中在製品的流動行為，並以產品流程時間的平均天數與標準差天數來描述工廠的行為。

郭佩純[9]為彌補單一派工法則只能使某特定排程目標接近最佳之缺點，採用了多屬性派工的方法。針對現實中所考量之多項目標，將多項績效值整合為單一績效值；以參數化派工之方式為基礎，藉以設定各屬性之權重，用以表示各屬性之重要程度。再利用 eM-Plant 模擬軟體建構模擬模式，比較既有派工方法與其所提派工法則之績效表現。

由以上文獻探討可知，模擬在排程以及高科技產業針對排程與派工法則上運用的廣泛性。其於新系統或規劃之實驗的事前評估上，可說是發揮了模擬的既有特長，這亦是本研究選擇模擬方法作為實驗測試工具的主要原因。

2.5 本章小結

歸結之前所述的文獻探討，可以瞭解到一般常用來選擇派工法則的方法傾向於直覺式的判斷，此類方法雖簡單但若在派工法則優劣難分的情形下，便顯得左右為難、懸而不決。本研究將權重的概念透過 AHP 法施加於各績效指標上，再經過模擬實驗各派工法則以得到其表現結果，最後使用 AHP 的方案選擇方法針對模擬結果選擇最適派工法，來輔助 CNT-BLU 現階段的決策以避免傳統直覺判斷方式的不足。

第三章 研究方法

本章節承接文獻探討所歸納的結論，採用 AHP 解決現階段 CNT-BLU 零工式排程多個衡量績效指標的問題並可藉此整合各指標的權重，而模擬則是用來彌補 CNT-BLU 真實系統無法進行實驗的缺憾，所以 AHP 與模擬方法將是本研究方法的重心。由於在前一章並未做詳細且深入的介紹，因此本章會先將 AHP 及模擬未清楚解說的部分做說明，並且敘述本研究所提出之整合評估績效指標與模擬方法的流程步驟。以下先就 AHP 與模擬的進程序做解說，再於第三小節將本研究所建立的流程步驟逐步說明。

3.1 層級程序分析法進行步驟

處理複雜的問題需要用有系統的方法加以解決，而 AHP 在多目標、多準則的決策問題上是既簡潔又實用的方法。而 AHP 進行時基本上有下列九個步驟，圖 3.1 為整個流程圖：

1. 確定評估問題

蒐集相關資訊後，藉由問題的提出、分析界定，進而確認最終的目標，並著手因素的定義與分類。本研究主要目標為找出網站評估項目的相對權重，以提供決策者評分參考之資訊。

2. 影響要素分析

將國內外文獻做探討再配合學者及決策者的意見，對所面臨的問題評估要素，進行德菲法與腦力激盪以整理出會影響問題決策的評估準則。

3. 建立層級架構

整個層級是由目標、準則、次準則及方案所構成。而層級的多少需視所定義問題的複雜度而定；而每層要素的項目，根據 Saaty(1980)之研究，在同一個層級之內的成對比較評估要素，以不超過七個為原則，如此可較有效的進行成對比較及獲得較好的一致性。且同一層級的各個集合必須互斥，集合內的要素要互相獨立，而上下層級會形成隸屬的層級關係。層級之種類又可分為完整層級與不完整層級，完整層級的上下層級的要素都有相連的關係；而不完整層級指的就與完整層級的意涵相反。

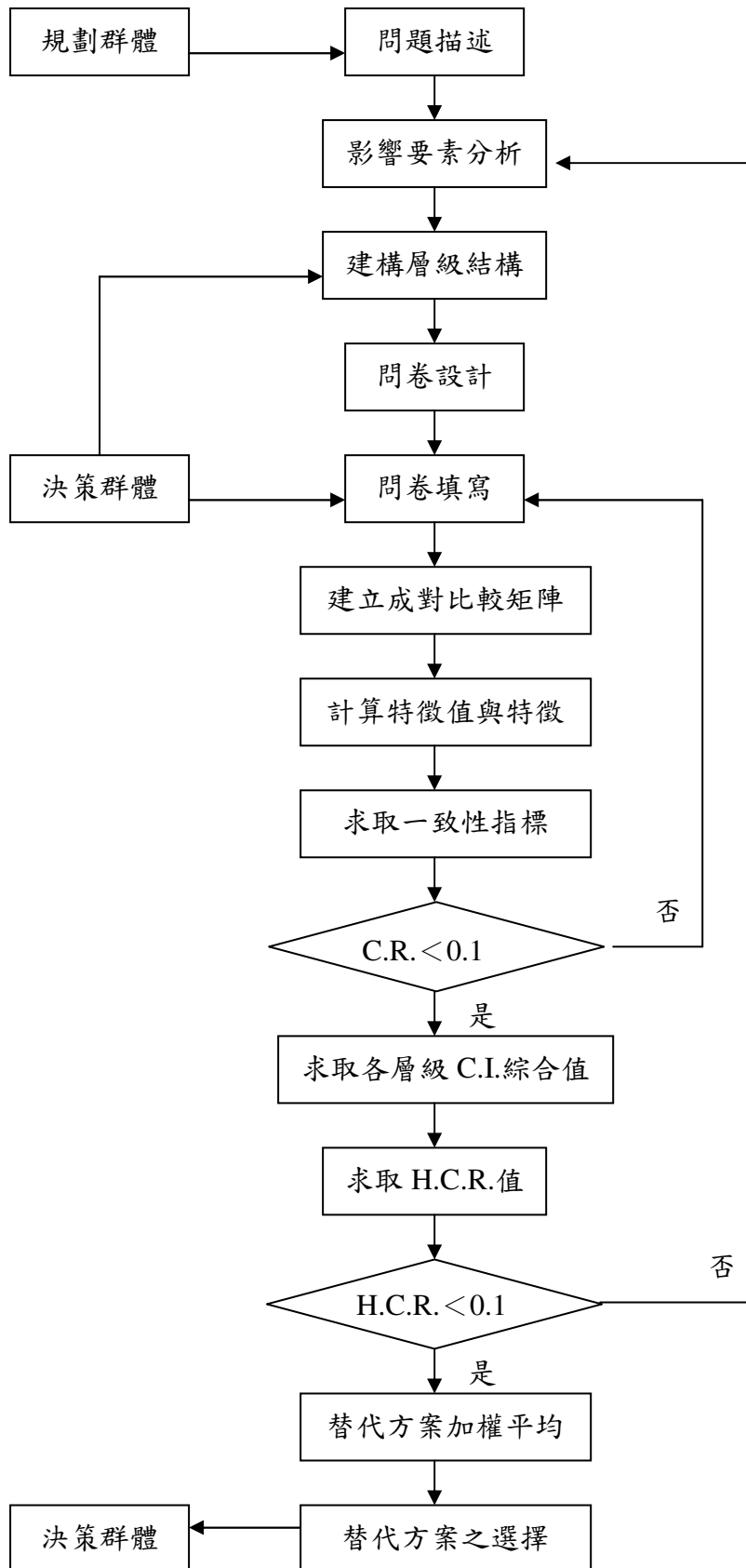


圖 3.1 AHP 進行步驟流程圖

資料來源：鄧振源、曾國雄[23]

4.問卷設計與填寫

在某一個層級之要素，以上一層級某一個要素為評估準則下，進行要素間的成對比較。依據AHP採用比率尺度做為衡量成對比較矩陣的衡量尺度，對每一個成對比較問題設計問卷，而AHP的評估尺度意義及說明如表3.1 AHP評估尺度意義及說明所示。在製作問卷時需將成對比較問題做描述，而且要附上詳細的填寫說明。

表 3.1 AHP 評估尺度意義及說明

評估尺度	定義	說明
1	同等重要 (Equal Importance)	兩比較方案的貢獻程度具同等重要性
3	稍重要 (Weak Importance)	經驗與判斷強烈稍微喜好某一方案
5	頗重要 (Essential Importance)	經驗與判斷強烈傾向喜好某一方案
7	極重要 (Very Strong Importance)	實際顯示非常強烈傾向喜好某一方案
9	絕對重要 (Absolute Importance)	有足夠證據肯定絕對喜好某一方案
2,4,6,,8	相臨尺度之中間值 (Intermediate values)	需要折衷值時。

資料來源：鄧振源、曾國雄[22]

5.建立成對比較矩陣，王學弘[3]

某一層級的要素，以上一層級某一要素為評估基準下，進行要素間的成對比較。若有 n 個要素時，則需進行 $n(n-1)/2$ 個成對比較。成對比較程序，一般是匯集學者專家進行群體評估，若能取得相同評估觀點自然最好，亦

可做多次研討後再下評比，但亦允許相異觀點並存。

Saaty 在一些合理之假設下，利用幾何平均數作為整合之函數。因為若某一個決策成員的判斷值為 a ，而另一個決策成員的判斷值為 $1/a$ 時，其平均值應為 1，而不是 $(a+1/a)/2$ ；所以 n 個決策成員的判斷值 X_1, X_2, \dots, X_n ，其平均值應為 $\sqrt[n]{X_1 X_2 \dots X_n}$ 。接著將 n 個要素比較結果的衡量值，至於成對矩陣的上三角形部分，而下三角形部分的數值，為上三角形部分相對數值的倒數，即成對比矩陣 A ，建立如下：

$$A = \begin{bmatrix} 1 & A_{12} & \cdots & A_{1n} \\ 1/A_{12} & 1 & \cdots & A_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/A_{1n} & 1/A_{2n} & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

6. 計算最大特徵值(eigenvalue) & 特徵向量(eigenvector)

為了瞭解所建立模型的一致性，及各要素間之相對權重，成對比較矩陣建立後，即可利用數值分析去求得特徵向量(Eigenvector) 及最大特徵值(Maximied Eigenvalue)。

關於特徵向量的解法，在實務中 Saaty 認為可利用列向量之元素相乘後，取其幾何平均數，再予以標準化後而得 W_i 。

$$W_i = \left(\prod_{j=1}^n A_{ij} \right)^{\frac{1}{n}} / \sum_{i=1}^n \left(\prod_{j=1}^n A_{ij} \right)^{\frac{1}{n}} \quad i, j = 1, 2, \dots, n$$

而最大特徵值 λ_{\max} 的計算方法如下：

先將成對矩陣 A 乘以特徵向量 W 後，得到新向量 W' 。

$$\begin{bmatrix} 1 & A_{12} & \cdots & A_{1n} \\ 1/A_{12} & 1 & \cdots & A_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/A_{1n} & 1/A_{2n} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \vdots \\ W_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} W'_1 \\ W'_2 \\ \vdots \\ W'_n \end{bmatrix}$$

再將 W' 中的每一個向量值分別對應除以 W 的每一個向量值，最後取所有數值的算數平均數，就得到最大特徵值 λ_{\max} 。

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \left(\frac{W_1'}{W_1} + \frac{W_2'}{W_2} + \dots + \frac{W_n'}{W_n} \right)$$

7.一致性的檢定

為了確認評估者在成對比較時，能盡量達到前後一致性，所以必須進行一致性的檢定，以便能對不合理的評估值做修正，避免造成不良的決策。AHP法利用C.R.值來衡量成對比較矩陣的一致性，主要是採用一致性指標(Consistency Index, C.I.)及一致性比率(Consistency Ratio, C.R.)為依歸。Saaty(1980)建議一致性比率(C.R.)應該要小於等於0.1，則一致性的程度才是可以接受的。一致性指標定義如下：

$$C.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (\lambda_{\max} \text{ 為最大特徵值。若C.I.值為0.1以下時，表示前後雖不完全一致，但偏誤可以接受})$$

根據Dak Ridge National Laboratory與Wharton School進行的研究，從評估尺度所產生的正倒值矩陣，在不同階數下，產生不同的C.I.值，稱為隨機指標(Random Index, R.I.)，其值隨矩陣階數之增加而增加。階數n及其相對應的隨機指標R.I.值如表3.2，1至11階的R.I.值係以樣本500個所求得之平均值，12至15階的R.I.值係以樣本100個所求得之平均值。

表 3.2 隨機指標表

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
R.I.	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

資料來源：Saaty (1980)

在相同階數的矩陣下，C.I.值與R.I.值的比率，成為一致性比率(C.R.)，

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.}, \text{ 若 } C.R. \leq 0.1, \text{ 則一致性程度視為滿意。但視情況若 } C.R. \text{ 小於}$$

0.15亦為可接受之範圍[1][13]。

因為層級間的重要性並不一樣，所以需要檢驗整各層級架構是否符合一致

性，唯有通過一致性檢定才可以接受估計值。而有 h 層的層級架構，其整個階層的一致性檢定 (Consistency Ratio of the Hierarchy; C.R.H.) 公式如下所示：

$$C.R.H. = \frac{M}{\bar{M}} = \frac{\sum_{l=2}^h M^{(l)}}{\sum_{l=2}^h \bar{M}^{(l)}}$$

其中 C.R.H.：整個層級結構的一致性比率

M ：整個層級的一致性指標的總和

\bar{M} ：整個層級隨機性指標的總和。

若 $C.R.H. \leq 0.1$ ，表示整個層級架構的一致性程度可視為滿意。

9. 計算方案優先值

將各層級對應上一層不同準則的特徵向量合併成一優先矩陣，再將每一層及優先矩陣相乘，求得綜合特徵向量，即為最下層各方案對最高層級目標的優先值。

在介紹完 AHP 的進行步驟後，對於 AHP 的內涵與程序就可有整體的瞭解，關於本小節所敘述到的步驟在第三節的研究方法都會用到，AHP 是本研究方法的主幹，從各指標權重的找尋到替代方案的選擇方法上都至關重要、缺一不可。而其中模擬扮演的角色，在於銜接第三節之階段 I 的指標權重與階段 III 的決定替代方案中間實際資料取得之空缺部份，下一小節將把模擬進行的步驟做介紹。

3.2 模擬的步驟

執行模擬的程序雖然沒有嚴格的規定，如果想要使模擬結果符合要求，就必須謹慎地規劃模擬的進行步驟，針對這點吳承宗[5]將 Law and Kelton、郭暉、林則孟等多位學者的文獻模擬之研究步驟整理如圖 3.2，其對各步驟的定義如下：

1. 認識系統 (System Realization)

首先必須訂定清楚的研究目的，瞭解要探討的問題與系統的範圍，定義

設定之參數與相關變數。

2.資料收集 (Data Collection)

針對欲模擬之系統收集相關的資料，因為資料的形式與樣本數將影響模型的執行與驗證，若未經過仔細的評估與確認，則所建立的模型將隱含許多的錯誤，會導致模擬模型輸出無效的結果，因此，資料收集的正確性顯得十分重要。

3.建構模型 (Model Construction)

想要建構一個完整的模擬模型，必須瞭解欲模擬系統之特性、模型的結構、系統內各項參數關係的確定、績效衡量之方法與電腦模擬程式的撰寫等，因此建構一個合適的模型非常的不易。

4.確認模型 (Model Validation)

此步驟的目的是確認模型的有效性，並確定電腦程式的正確性，使模型能夠真實的反映出系統的狀況。模型經過證明的步驟後確定其是否足以代表真實系統，再設計不同的試驗方案，將其所得之結果與真實系統所蒐集的資料進行比較，判斷所建立模型是否與真實系統相符。

5.實驗設計 (Experiments Design)

如果模擬模型中的各項參數是固定且已知的，則只需執行一次便能獲得解答。但若是模型中的參數都有不同的機率分配與隨機變數，則針對各項參數進行試驗，用經過驗證的模擬模型進行數種不同的實驗組合，以獲得客觀正確的結果。

6.結果分析 (Output Data Analysis)

利用統計方法對模擬之結果進行分析與解釋，以評估各項方案所得之績效，並根據定義的標準選出一個較好的方案。

7.文件記載 (Documentation)

將模擬模型的假設資料、模擬的流程、模擬程式與其他相關的資訊進行紀錄與建檔，以方便其他使用者分析或修改模型。

8.履行結果 (Implementation)

根據模擬模型的執行結果，由許多經過試驗的方案中選出執行績效較佳的方案，以此結果協助管理者制定決策。

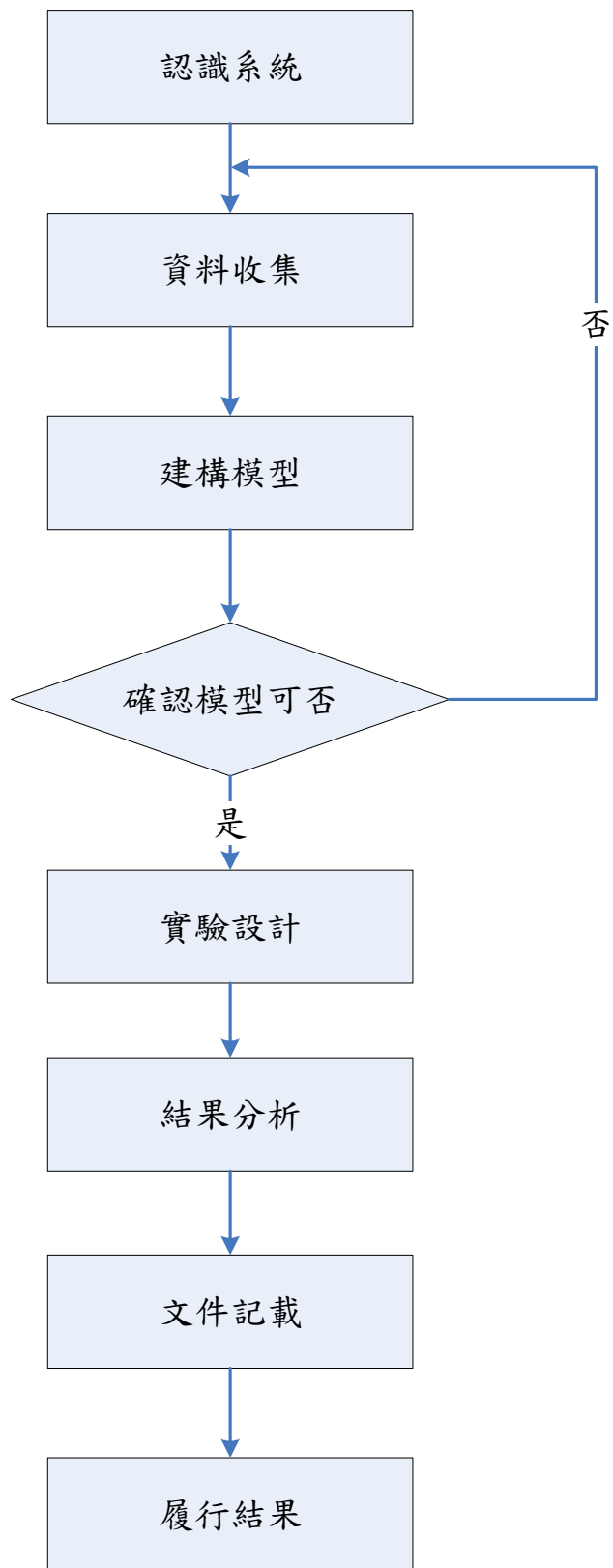


圖 3.2 系統模擬之研究步驟

資料來源：吳承宗[5]

模擬的步驟誠如前述所言並無硬性規定的程序，為求正確的施做模擬技術必須將所該做的步驟都一一做過說明，然兵無常勢、水無常形，若一味拘泥於固定步驟不知變通將使模擬工作室礙難行，對於此本研究在第三小節研究方法所用的模擬步驟將會依模擬對象之特性而略做改變，但模擬在本質上卻是一樣的。

模擬在第三小節的階段 II 中之任務乃是取得現實系統無法得到的實驗數據，若無模擬技術的從中協助，則階段 I 與階段 III 的存在對於整個派工法則的選取上是無意義的，所以模擬技術在本研究方法裡佔有著中流砥柱的地位。

下一小節就將 AHP 與模擬融合歸納出一套步驟，其所提出的程序及方法乃本研究之主要精神所在。

3.3 整合績效指標與評核方案之模式建構

本研究所建議整合 CNT-BLU 績效指標衡量派工法則的方法，其建構的基礎為用 AHP 法將定性與定量的績效因素一併做考慮，經由 AHP 法中的步驟將研究對象之關鍵指標的權重給找出來。接著收集研究對象現場資料進行模擬建模，其目的在於以模擬代替實際系統的運作，來做各種派工法則的生產前評估，再配合關鍵績效指標收集需要的模擬實驗數據。最後再以 AHP 法對派工法則在關鍵績效指標的實驗表現以遴選出最佳的派工法則。

本研究程序可分為三大階段如圖 3.3，使用了 AHP 法與模擬技術為建構基石：

階段 I：績效指標之權重取得。根本上植基於 AHP 法，目標在於求得關鍵績效指標權重，計有關鍵績效指標找尋、問卷設計、決定指標權重這三個步驟。

階段 II：模擬建模與實驗。此階段運用模擬技術做派工法則實際生產前的評估，以收集模擬實驗數據為主要目的，有問題定義、模型建構、模擬實驗、模擬數據收集，共四個步驟。

階段 III:最適方案的選取。結尾的階段又回到 AHP 法，與階段 I 不同的是，此階段得到階段 II 的實驗數據，所扮演的角色乃轉換派工法則的表現狀況為相對權重值，從而得到最適派工法則。其步驟有三，數據列表、分析問卷以求得個方案之表現權重、重要度的合成。

本小節說明將以分階段的方式進行，每個階段又下分一個步驟接續著一個步驟的解說，詳細請見下文各階段所述。

階段 I.績效因子之權重取得

此階段的目的是為了求得研究對象，其所考量相關於生產方面之評量績效因子。本階段之程序基本上是依循 AHP 的步驟進行，使用問卷調查並計算出，績效因子所佔的權重大小。步驟如下：

步驟一：進行績效因子的找尋。探究零工式排程常用的績效指標，並對研究對象的主管人員進行訪談，以求整理歸納出關鍵的績效因子。

步驟二：問卷的設計。根據步驟一所找到的關鍵績效因子，設計給專家填寫的問卷。

步驟三：決定各因子權重。回收填寫的問卷，進行 AHP 法的分析，計四個步驟：

1. 建立對比矩陣

$$A = \begin{bmatrix} 1 & A_{12} & \cdots & A_{1n} \\ 1/A_{12} & 1 & \cdots & A_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/A_{1n} & 1/A_{2n} & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

如果有 n 個因子，就得做 C_2^n 次的成對比較。每一各層級的因子最好不要超過 7 個以上。換句話說，成對比較次數會小於或等於 21 次。

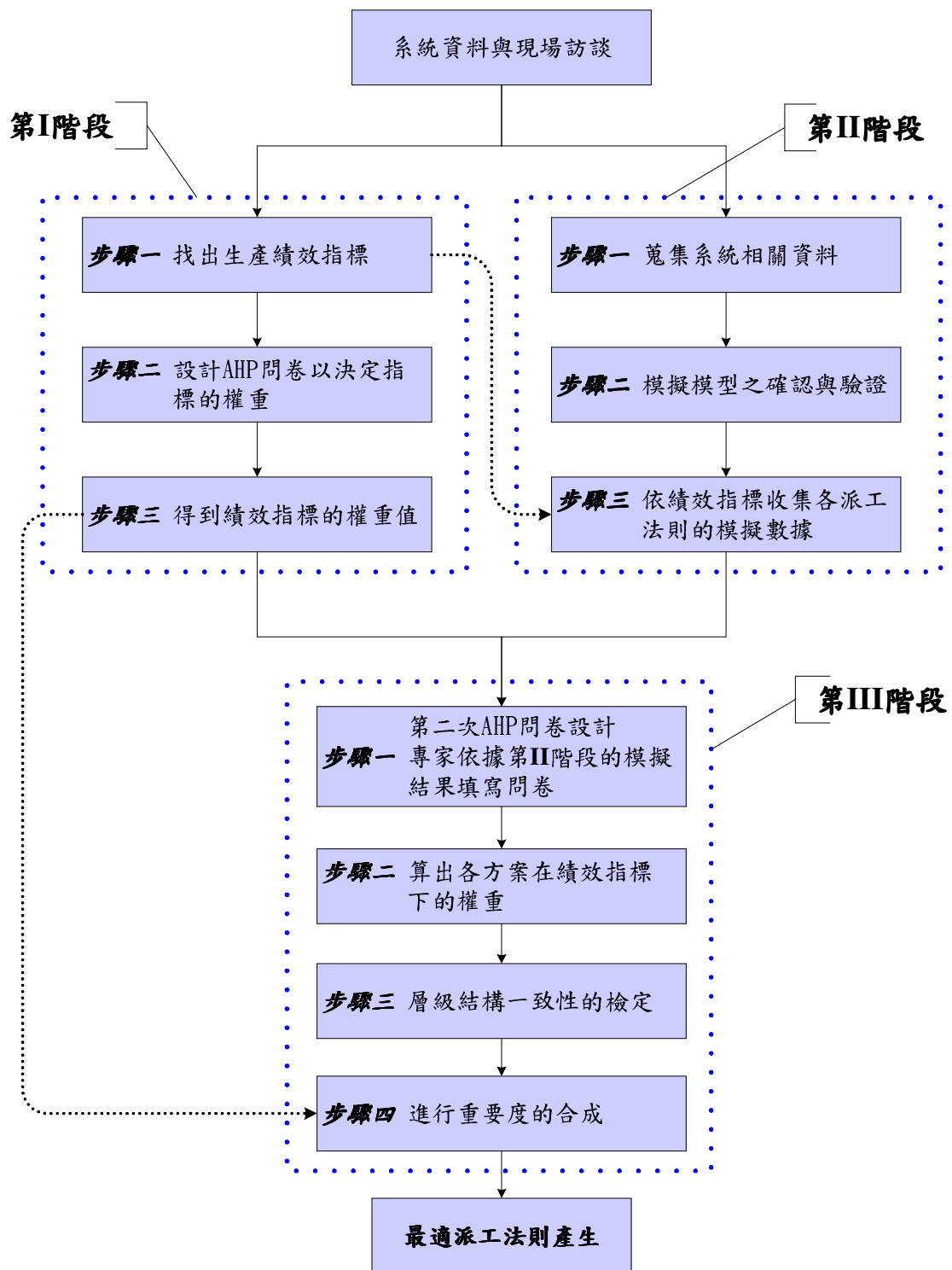


圖 3.3 研究方法之階段程序圖

2. 求矩陣之特徵向量與最大特徵值

(1)取得特徵向量(W)：列向量之元素相乘後，取其幾何平均數，再予以標準化後便得之。

(2)算出 W' ：

$$\begin{bmatrix} 1 & A_{12} & \cdots & A_{1n} \\ 1/A_{12} & 1 & \cdots & A_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/A_{1n} & 1/A_{2n} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \vdots \\ W_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} W_1' \\ W_2' \\ \vdots \\ W_n' \end{bmatrix}$$

(3)求最大特徵值(λ_{\max})：

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \left(\frac{W_1'}{W_1} + \frac{W_2'}{W_2} + \cdots + \frac{W_n'}{W_n} \right)$$

3. 一致性檢定

為了確認評估者在成對比較時，能盡量達到前後一致性，所以必須進行一致性的檢定，以便能對不合理的評估值做修正，避免造成不良的決策。AHP 法利用 C.R.值來衡量成對比較矩陣的一致性，主要是採用一致性指標(C.I.)及一致性比率(C.R.)為依歸。

(1)求一致性指標(C.I.)：

$$C.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \text{ (若 C.I.值為 0.1 以下時，表示前後雖不完全一}$$

致，但偏誤可以接受)

(2)求一致性比率(C.R.)：

在相同階數(N)的矩陣下，C.I.值與 R.I.值的比率，成為一致性比率(C.R.)， $C.R. = \frac{C.I.}{R.I.}$ ，若 $C.R. \leq 0.1$ ，則一致性程度視為

滿意。但視情況若 C.R.小於 0.15 亦為可接受之範圍。(R.I.值表見表 3.2)

4. 得到因子權重

經過一致性檢定後，且通過檢定($C.R. \leq 0.1$)，則所得之績效因子權重即為有效的因子權重。

階段 II. 模擬建模與實驗

在這一個階段將為研究對象進行模擬建模與實驗。其目的在於建構出的模擬模型，對各派工法則做模擬實驗，以收集實驗數據。其程序大致上遵循先前模擬學者[4][5]提出的步驟，茲列三步驟：

步驟一：模擬對象的相關資料收集。透過人員訪談明確的描述出問題，包括模擬的目的、所衡量的單位、還有工作現場的一些限制。除此之外，還要將模擬對象的範圍與細緻度設定清楚，方可收集建構模型所需之資料。

步驟二：模式建構。於前一步驟所取得的資料後，先從細部的模擬模型的參數輸入開始進行模式的驗證，所要模仿的是系統的每一小部分的行為。完成模式驗證後，就繼續模式確認的動作，此需從宏觀面下手，將模擬模型與現場的真實系統行為做比較，於比較的差異在統計檢定可接受範圍下，方可進入第三步驟。

步驟三：模擬實驗。此步驟在於依所欲比較的派工法則建立模擬方案，藉由模擬在訂單需求情形相同下，各派工法則的表現狀況。之後進行模擬數據收集。數據收集方面需配合階段 I 所得到的績效因子，做資料收集的動作。其所得到的數據將會製成如表 3.3 的表格，以利下一階段的進行。

表 3.3 派工法則績效指標模擬輸出表

	績效指標 1	績效指標 2	績效指標 3	...	績效指標 n-1	績效指標 n
派工法則 1						
派工法則 2						
派工法則 3						
...						
派工法則 k						

階段 III. 最適方案的選取

承接第 II 階段所收集的模擬數據，復延續 AHP 法中之決策方法-計算方案之優先值。旨在進行考慮績效因子後，各方案重要度的累計計算與結果，以利遴選出較為適合的方案來。

步驟一：第二次 AHP 問卷設計。匯整各派工法則在模擬實驗，相對於各績效因子的表現值，將這些數據整理列表並依此設計成問卷。

步驟二：進行成對比較與一致性檢定。把所考量的績效因子，在各派工法則(方案)之表現數據。給研究對象的主管參照表 3.1 的 AHP 評估尺度填寫問卷。而將問卷做分析後，得到之矩陣仍需做一致性檢定的動作。

步驟三：進行層級結構一致性的檢定。

針對整個層級做一致性的檢定求算 C.R.H.，其作法如下所示：

$$C.R.H. = \frac{M}{\overline{M}} = \frac{\sum_{l=2}^h M^{(l)}}{\sum_{l=2}^h \overline{M}^{(l)}}$$

其中 C.R.H.：整個層級結構的一致性比率

M ：整個層級的一致性指標的總和

\overline{M} ：整個層級隨機性指標的總和。

若 $C.R.H. \leq 0.1$ ，表示整個層級架構的一致性程度可視為滿意。

步驟四：基於階層進行重要度的合成。

令 W 矩陣為各績效因子的權重矩陣； V_i 矩陣為各方案在績效因子 i 的表現權重； X 矩陣為方案其總合性的重要度。

算式為： $X = [v_1, v_2, \dots, v_n]W$ ，再整理為

表 3.4 其中所填皆為權重值。方案總合性的重要度愈高者(X 矩陣中的權重值)，則為最適之派工法則。

表 3.4 總合評價表

	績效指標 1	績效指標 2	績效指標 3	...	績效指標 n	重要度
	W_1	W_2	W_3	...	W_n	
派工法則 1						
派工法則 2						
派工法則 3						
· · ·						
派工法則 k						

本章節所建立的整合績效指標與評核方案的模式，到此已做過完整的介紹。使用此方法可應用在零工式生產於考量多個績效指標下，融入專家意見的權重並整合多個指標，如此將能使派工法則的選取具有數值化的依據，讓決策更加明確。

第四章 實例驗證

本章以顯示器面板研製單位 A 中心為研究案例的對象，使得第三章建立的流程模式，可以得到較為具體的說明與驗證。

4.1 研究案例

4.1.1 研究案例簡介

研究案例 A 中心研製與奈米碳管技術(Carbon Nanotube, CNT)相關的顯示面板。目前主要製作的顯示面板有兩種：1.奈米碳管背光模組(Carbon Nanotube-Backlight Unit, CNT-BLU)、2.奈米碳管場發射顯示器(Carbon Nanotube-Field Emission Display, CNT-FED)。奈米碳管背光模組(以下略稱為 CNT-BLU)是為了取代置於液晶顯示器(Liquid Crystal Display, LCD)後面的冷陰極燈管，成為新的發光材料。而奈米碳管場發射顯示器(以下略稱為 CNT-FED)原理類似薄型的陰極射線管(Cathode Ray Tube, CRT)，是未來可能取代 LCD 的技術，見圖 4.1。

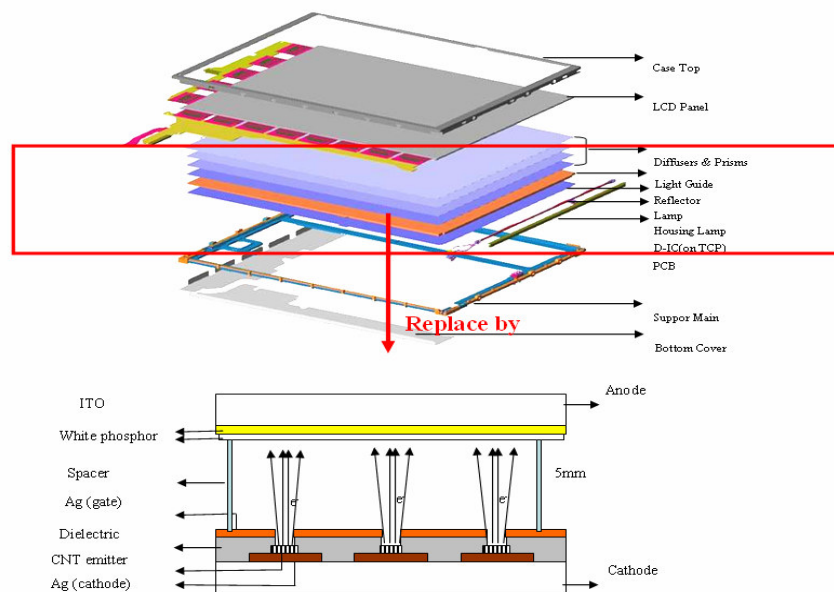


圖 4.1 CNT-BLU 構造圖及 LCD 背光模組取代圖

(資料來源：工研院電子所)

CNT-BLU 與 CNT-FED 的構造都是由陽極板(Anode)與陰極板(Cathode)組合而成，見圖 4.2。在陰極板上的是奈米碳管，其功能為射出電子撞擊陽極板上的磷光粉，使磷光粉激發出亮光來。發光的顏色隨著不同磷光粉的塗佈而有所不同，如：CNT-BLU 的陽極板磷光粉發的光為白光，而 CNT-FED 上的磷光粉可發出三原色。整體來說，CNT-BLU 與 CNT-FED 的主要構造為陽極板加上陰極板。其中以陰極板製程較為困難，是生產與改良的重點。

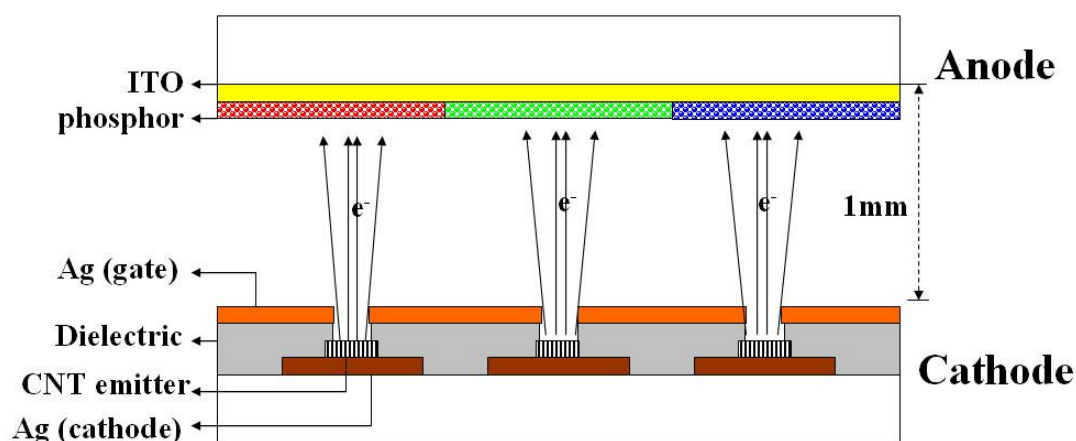


圖 4.2 CNT-FED 構造圖

(資料來源：工研院電子所)

而 CNT-BLU 與 CNT-FED 兩種陰極板生產的模式，基本上：一、根據與合作廠商簽訂的合約規定，進行合作廠商所需的陰極板的製作。二、組織內部為了改良產品特性，所做的試片跑貨，這是屬於例行性的實驗生產。在生產系統方面，各加工站零散排佈，每片工件依照各自所屬的加工路徑進行加工處理。而貨品的派工法則是採用先到先處理(FCFS)的機制，要交出的貨品有時間上的限制，再加上每個工作站的加工機台數量有限。

因此要怎麼選擇可較快瞭解又易於實行的派工法則，則是值得進一步思考的問題。然而以往的派工法則的評選方式，乃在多個績效指標上有多數表現最佳者中選，要是得到的績效指標最佳數一樣時，便易陷入決策的取捨困難。而且實際上各個指標的重要度不一，若要選擇具有切合整體績效的派工法則，則可使用本研究的方法，便能在無決策取捨困境的情形下，

得到具整合性績效考量的派工法則。

4.1.2 專家訪談過程說明

本研究共進行三次的訪問，一次專家訪談、兩次專家 AHP 深入訪談之問卷填寫。而訪談對象為研製 CNT-BLU 顯示器面板的 A 中心，對該中心三位瞭解生產狀況且實際帶領跑貨的工程師做訪談及問卷的填寫，計有 1. 專家訪談、2. 第一次 AHP 問卷填寫、3. 第二次 AHP 問卷填寫。今分別說明如下：

1. 專家訪談

根據之前陳建良[11]所整理的生產衡量績效指標，與現場的三位帶貨工程師分別做討論與意見的交換，經過多方思考三位工程師除了選取了總流程時間、平均機器使率、平均延遲工件數、平均延遲時間這四項績效指標外，又再建議加入跟契約相關的三項指標：顧客重要度、批量大小、訂單困難度。

所以經過此次專家的訪談共得到了七項績效指標：1. 總流程時間、2. 平均機器使率、3. 平均延遲工件數、4. 平均延遲時間、5. 顧客重要度、6. 批量大小、7. 訂單困難度。

2. 第一次 AHP 深入訪談之問卷填寫

承接專家訪談所取得的績效指標，設計指標間兩兩成對比較評估問卷，完成問卷的設計後，送交給前述之三位工程師做填寫的動作。這三位工程師在填寫的時候，對問卷所述之專有名詞有理解上的困難發生。因此就於其填寫時待在旁邊解說，以利填寫之進行。

在三位工程師填寫完畢後，回收問卷進行 AHP 法的分析，所得到的結果即代表三位專家意見在各績效指標的權重值。

3. 第二次 AHP 深入訪談之問卷填寫

在進行此一問卷填寫前，已得到了模擬實驗的結果，將這些模擬得到的五種派工法則(容後述及)的表現數據製成表格，然後設計在七項指標下之五種派工法則兩兩成對比較之評估問卷，完成問卷設計後，再交給之前填寫問卷之三位工程師填寫第二次的問卷調查。由工程師參照模擬輸出表格，對五種派工法則兩兩比較各自的優缺，而這一次的填寫工程師並沒有

填寫上的困難，很順利的完成了問卷的填寫。

回收填寫完成的問卷進行 AHP 分析，配合其替代方案選擇法，與第一次問卷的權重值做整合，就完成了問卷的動作。

4.2 整合績效並評選方案的模式建構

階段 I 績效因子之權重取得

步驟一：進行績效因子的找尋。

透過文獻探討所整理相關的績效因子，配合作業現狀與特性，對現場帶領跑貨的工程師做詢問訪談，歸納出衡量生產的績效因子，四項主要因子與七項次因子，如圖 4.3 所示，根據陳建良[11]各因子的定義如下：

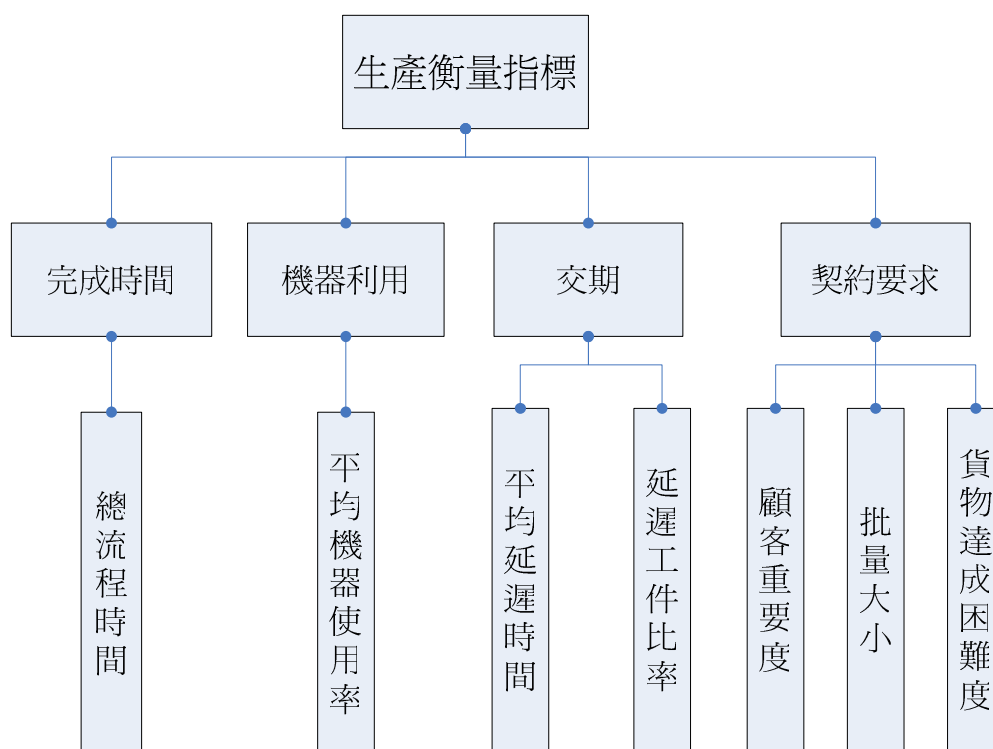


圖 4.3 生產衡量指標架構圖

1.完成時間相關：

泛指有關於作業流程所考量到的時間因子，本案例所考量的次因子有總流程時間。

- 總流程時間：

一個工件從進入生產系統到離開系統，在生產系統所花費的停留時間。衡量的績效是期望總時間愈短愈好。

2. 機器相關：

只要有關於機器的使用時間、使用率等，都會隸屬於機器相關這個主因子，本主因子下的次因子僅機器使用率。

● 機器使用率：

所有加工站機台的使用率之平均值。機器使用率愈高愈合乎績效衡量的期望。

3. 交期相關：

有訂單限制的交貨日期，就會有延遲及早交的相關問題。本案例所關心的次因子有平均延遲時間、延遲工件比率。

(1) 平均延遲時間：

所有工件的總延遲時間除以延遲的工件數，所得到的值為平均延遲時間。平均延遲時間愈短對績效衡量愈有正面的影響。

(2) 延遲工件比率：

所延遲的工件數佔所有工件數的比率，延遲工件的比率愈小愈好。

4. 契約要求：

契約的簽訂的規定亦對本案例的生產績效衡量造成影響，隸屬於其下的次因子有顧客重要度、訂單大小、訂單困難度。

(1) 顧客重要度：

合作計畫生產的顧客中相對重要的，應先予以處理。若顧客愈重要的貨物先處理完，則對績效的衡量造成正面的影響。

(2) 訂單大小：

訂單大者應優先予以處理。對訂單大者先完成，則有助於績效衡量的考核。

(3) 訂單的難易度：

困難的訂單應優先處理。如果困難的訂單先完成，則符合績效衡量的期望。

步驟二：AHP 權重問卷的設計。

確定衡量生產績效的因子架構後，將各因子列為評估指標。針對得到的主次因子架構設計問卷，提供現場的帶領工程師填寫。設計的問卷內容如表 4.1，主因子的跑貨評估指標之成對比較評估表，至於其他次因子之成對比較評估表亦同理設計，在此便不贅述，詳細請見附錄一。

表 4.1 問卷設計之主因子成對比較評估表

評估基準	重要程度																比較項目	
	絕對重要	←	極重要	←	頗重要	←	稍重要	←	同等重要	→	稍重要	→	頗重要	→	極重要	→		絕對重要
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8		9
完成時間																		機器利用
完成時間																		交期
完成時間																		契約
機器利用																		交期
機器利用																		契約
交期																		契約

本問卷請現場擔任帶領跑貨的三位工程師勾選，勾選結果經彙整後於第三步驟進行因子權重的計算。

步驟三：決定各因子權重。

本步驟為 AHP 法的分析，下分四個小步驟，本文先對主因子評估指標進行運算。至於其後的「完成時間相關」、「機器相關」、「交期相關」、「契約要求」的評估指標成對比較矩陣，因計算方法如出一轍，所以省去其計

算過程，僅在本步驟末將這些結果列出。

1. 建立對比矩陣

收集填寫後的問卷，將之轉換成對比較矩陣如表 4.2。

表 4.2 主因子評估指標成對比較矩陣

	完成時間	機器相關	交期相關	契約要求
完成時間	1.000	1.738	0.441	0.394
機器相關	0.575	1.000	0.763	0.563
交期相關	2.268	1.311	1.000	0.212
契約要求	2.538	1.776	4.718	1.000

$$\lambda_{\max} = 4.309 \quad C.I.=0.064 \quad C.R.=0.071$$

2. 求矩陣之特徵向量與最大特徵值

(1) 取得特徵向量(W)

先進行列向量之元素相乘後，取其幾何平均數。

$$\sqrt[4]{1 \times 1.738 \times 0.441 \times 0.394} = 0.741$$

$$\sqrt[4]{0.575 \times 1 \times 0.763 \times 0.563} = 0.705$$

$$\sqrt[4]{2.268 \times 1.311 \times 1 \times 0.211} = 0.890$$

$$\sqrt[4]{2.538 \times 1.776 \times 4.718 \times 1} = 2.147$$

接著予以標準化，得到特徵向量，如下頁：

$$W = \begin{bmatrix} \frac{0.741}{4.483} \\ \frac{0.705}{4.483} \\ \frac{0.890}{4.483} \\ \frac{2.147}{4.483} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.162 \\ 0.154 \\ 0.200 \\ 0.484 \end{bmatrix}$$

(2) 算出 W' :

$$W' = \begin{bmatrix} 1 & 1.738 & 0.441 & 0.394 \\ 0.575 & 1 & 0.763 & 0.563 \\ 2.268 & 1.311 & 1 & 0.211 \\ 2.538 & 1.776 & 4.718 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.162 \\ 0.154 \\ 0.200 \\ 0.484 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.709 \\ 0.672 \\ 0.871 \\ 2.004 \end{bmatrix}$$

(3) 求最大特徵值(λ_{\max}) :

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{4} \left(\frac{0.709}{0.162} + \frac{0.672}{0.154} + \frac{0.871}{0.200} + \frac{2.004}{0.484} \right) = 4.309$$

3. 一致性檢定

(1) 求一致性指標(C.I.) :

$$C.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} = \frac{4.309 - 4}{4 - 1} = 0.103$$

(2) 求一致性比率(C.R.) :

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I} = \frac{0.103}{0.9} = 0.11$$

介於 0.1 與 0.15 之間 → 可通過一致性檢定

4. 得到因子權重

得到主因子間相對重要性如表 4.3 :

表 4.3 衡量生產績效主因子間相對重要度

主因子	完成時間相關	機器相關	交期相關	契約要求
相對重要度	0.162	0.154	0.200	0.484
排名	3	4	2	1

本步驟尚有「完成時間相關」、「機器相關」、「交期相關」、「契約要求」次因子間的評估指標成對比較矩陣，其一致性檢定與次因子間的相對重要性還沒有羅列出來，結果如表 4.4 與表 4.5 所示。

表 4.4 「交期相關」評估指標成對比較矩陣

	平均延遲時間	延遲工件比率
平均延遲時間	1.000	5.24
延遲工件比率	0.191	1.000

$$\lambda_{\max} = 2.0003 \quad C.I.=0.000 \quad C.R.=0.000$$

表 4.5 「契約要求」評估指標成對比較矩陣

	顧客重要度	批量大小	訂單困難度
顧客重要度	1.000	6.481	4.243
批量大小	0.154	1.000	0.189
訂單困難度	0.236	5.292	1.000

$$\lambda_{\max} = 3.161 \quad C.I.=0.081 \quad C.R.=0.139 (< 0.15)$$

在彙整所有的評估指標權重後，將主因子評估指標與次因子評估指標權重對應相乘，所得之乘積就是每一評估指標在整個架構中的權重，結果如表 4.6 次因子總權重欄所示。

表 4.6 生產績效衡量因子重要度與排名

主因子	主因子權重	次因子	次因子總權重	排名
完成時間相關	0.162	總流程時間	0.162	3
機器利用相關	0.154	機器利用率	0.154	4
交期相關	0.200	平均延遲時間	0.168	2
		延遲工件比率	0.032	6
契約要求	0.484	顧客重要度	0.343	1
		訂單難易度	0.110	5
		批量大小	0.031	7

階段 II 模擬建模與實驗

步驟一：研究案例的相關資訊。

1. 問題描述

研究案例的 CNT-BLU 與 CNT-FED 陰極板製造型態是屬於按合作計畫生產的方式，在與合作廠商談妥後，便簽訂長期的合作計畫，每個月會要求有一定數量的成品產出。此外，尚需因應內部規制要求，還得做測試片的改良研製。由於生產進度有時間的限制，再加上每個工作站的機器數量有限，所以如何在所欲加工的多種玻璃貨品中，排定選擇加工優先順序的派工法則，讓跑貨時能有效利用生產資源進而有助於系統生產績效，則成為本研究案例的探討課題。

2. 模擬相關資料

(1) 生產系統描述

本研究案例的各個加工站並沒有連續性，相關的加工機台會擺放在互相靠近的地方。作業方式為每站處理完後的貨品，就送至下一個製程的加工機台，每種貨品皆有其各自的製程，屬於零工式的生產。

(2)陰極板資料

由之前的陰極板歷史生產資料裡，有 4 種陰極板佔主要的生產地位，分別是 20 吋 CNT-BLU、20 吋 CNT-BLU(霧玻璃)、4 吋 CNT-BLU 試片、20 吋 CNT-FED。其中霧玻璃指的是玻璃基板經過特殊處理，使玻璃霧化而達到均勻發光的效果。而試片指的就是內部規制所要求需做的貨品。

(3)加工製程的資料

20 吋 CNT-BLU 與 20 吋的 CNT-BLU(霧玻璃)的製程一樣，不同點只在玻璃基板是否有經過特殊處理，20 吋 CNT-FED 製程較長而且複雜度也相對的高。此 4 種陰極板製造流程分別繪製如下。

4 吋 CNT-BLU 陰極板製程

此種陰極板玻璃來到後，使用網印機將陰極導電材料印上去，經過烘烤固定電極形狀，再把 CNT 用網印機印上，接著進行高溫燒結把陰極導電材料與 CNT 永久固形，最後進行活化將雜質去除即完成 4 吋陰極板試片流程。

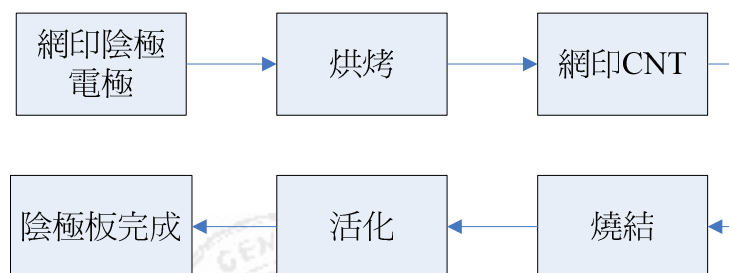


圖 4.4 四吋 CNT-BLU 陰極板製程

(資料來源：工研院影像顯示科技中心)

20 吋 CNT-BLU 陰極板製程

當 20 吋的玻璃來到，先清洗玻璃，接著滿板印上陰極導電材料，將濕的導電材料烤乾。再曝光、顯影出電極圖案，烤硬後網板對準陰極位置印上 CNT，之後將陰極導電材料與 CNT 燒結在一起，最後活化以清除雜質，20 吋 CNT-BLU 陰極板便告完成。

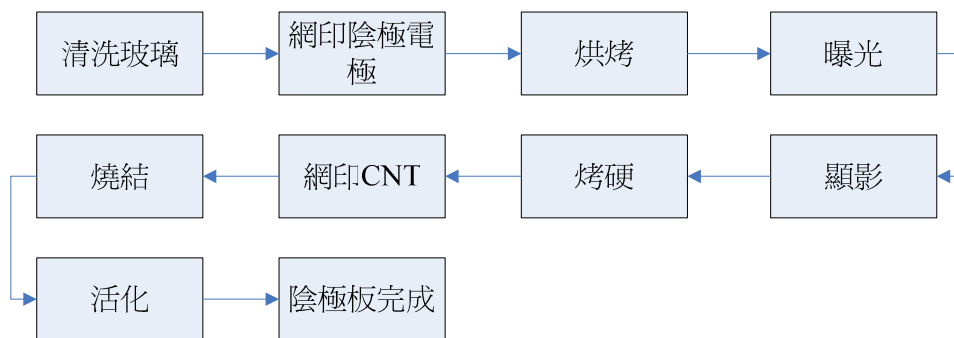


圖 4.5 二十吋 CNT-BLU 陰極板製程圖

(資料來源：工研院影像顯示科技中心)

20 吋 CNT-FED 陰極板製程

20 吋的 CNT-FED 陰極板製程在第一次活化前的製程與 20 吋 CNT-BLU 製程相同，其不同點乃在於網板圖案的不同。第一次活化後的製程就是網印介電層，其功用為阻絕閘極(通正電)與陰極(通負電)發生漏電的現象。接著再上光阻進行曝光、顯影出圖案，用蝕刻吃出洞將 CNT 裸露出來，最後拔除光阻進行燒結固形，然後活化清掉雜質，20 吋 CNT-FED 陰極板才得以完成。

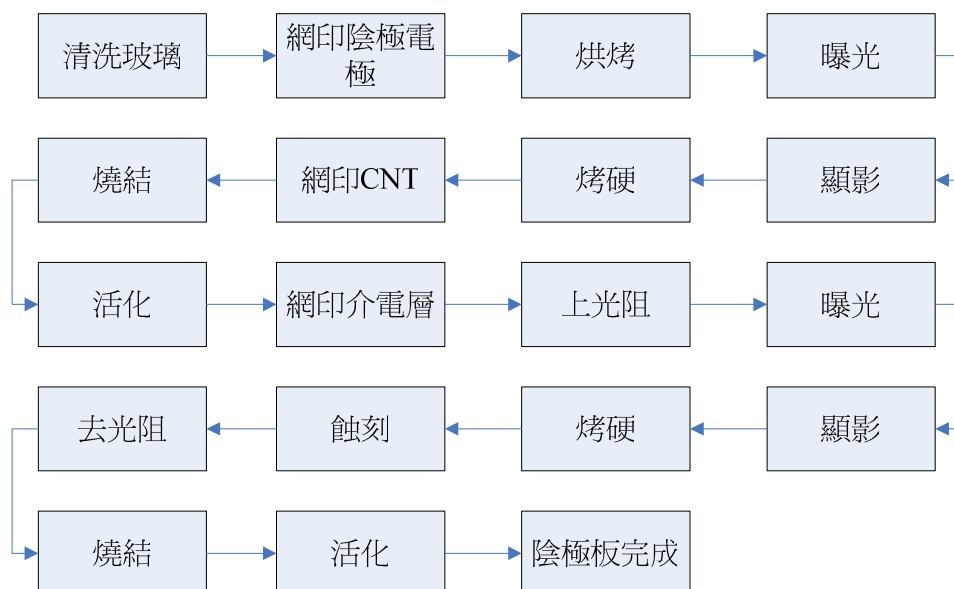


圖 4.6 二十吋 CNT-FED 陰極板製程圖

(資料來源：工研院影像顯示科技中心)

3.生產要求內容

分為合作計畫產出與內部實驗研製兩種，合作計畫有關的貨品為 20 吋 CNT-BLU 與 20 吋霧玻璃 CNT-BLU，而內部要求研製有 4 吋 CNT-BLU 與 20 吋 CNT-FED。據瞭解，這 4 種貨品各自的生產要求如下表 4.7 所示。其中，一個月有 20 個工作天，一天工作 8 小時。

表 4.7 生產要求內容

	要求數量	限制交出時間	備註
20 吋 CNT-BLU(霧)	30 片	24 天	合作計畫
20 吋 CNT-BLU	20 片	20 天	合作計畫
20 吋 CNT-FED	20 片	20 天	內部研製
4 吋 CNT-BLU	10 片	4 天	內部研製

4.各站加工時間

在各加工時間方面，由於現場收集的資料並不充足，而以往文獻中[44]記載三角機率分配於沒有足夠資料時適用，所以選用較適合於現場作業時間情形的三角機率分配(Triangular Distribution)，並請現場人員依靠之前數據與作業經驗，對加工站所需的時間參數做評估值的決定。此外，本研究並不考慮人為因素造成的製作失敗率，而機器設置時間則與加工時間合併考慮。

5.實驗條件說明

本研究所使用的模擬軟體為 eM-plant v.4.6，為了降低模擬時產生的誤差，所以將模擬重複(Replications)跑 10 次，並把 10 次 Replications 的數據平均做為模擬的輸出結果。每次模擬總共產生 80 片玻璃(Entity)，如此重複 10 次。而模擬中亂數的產生則依據 eM-plant 內建的亂數種子(Seed)來產生亂數。

6.模擬的方案與要蒐集的資料

本研究所要比較的模擬方案為五種派工法則分別是：

(1)先進先處理(FCFS)：每件玻璃到達的早晚決定要加工的順序，先到的

優先處理。

(2)最早到期日(EDD)：以交期時間最早到的為優先處理，若優先順序相同則先到的先處理。

(3)最短作業時間(SPT)：以加工時間最短的優先處理，如果優先順序相同，則先到的先處理。

(4)最長作業時間(LPT)：以加工時間最長的優先處理，如果優先順序相同，則先到的先處理。

(5)依顧客重要度(PCO)：顧客關係愈重要的貨品愈優先處理，若同等重要則先到的先處理。

所要獲得的模擬數據有平均等待時間、總流程時間、週期時間、平均延遲時間、機器利用率、平均延遲時間、延遲工件比率，還有重要顧客的訂單、訂單難易及訂單大小的處理狀況。

步驟二：模式建構。

所建的模擬模型與參數的輸入，必須經過模式驗證與模式確認這兩個步驟，才可確定模擬所建的模型與實際系統相差不會太大。

1.模式確認

此部份主要著重於模擬模型，是否如實際系統的運作行為相符合。

現場跑貨時貨品在到達加工站時，若前面有貨品接受處理，則會一旁等待加工處理，所依循的貨品選取加工的法則為 FCFS。因此本研究使用模擬軟體 eM-plant 建立模擬模型，亦是用 FCFS 法則來做模擬驗證，而所建的模擬模型如圖 4.7 所示。

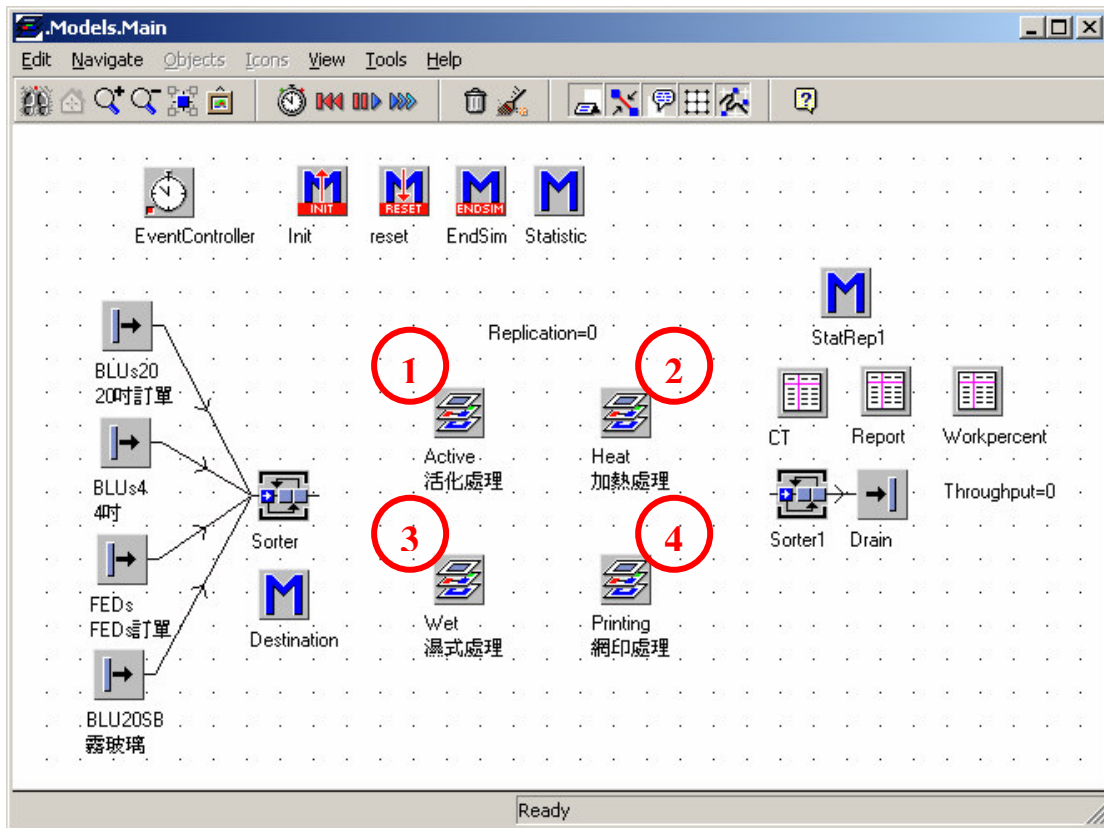


圖 4.7 製程模擬主要模型圖

當貨品(Entity)來到便會配送到各自的加工站去，圖 4.7 中的紅圈 1 代表子階層乃活化處理區如圖 4.8 所示。而其他子階層紅圈 2,3,4 則分別代表網印處理區(圖 4.9)、加熱處理區(圖 4.10)、濕式處理處理區(圖 4.11)。

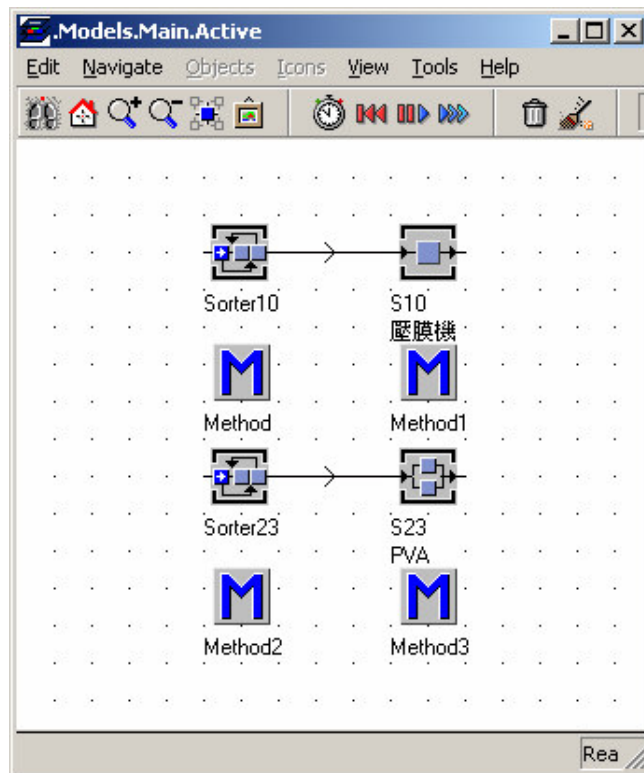


圖 4.8 活化處理區製程模型圖

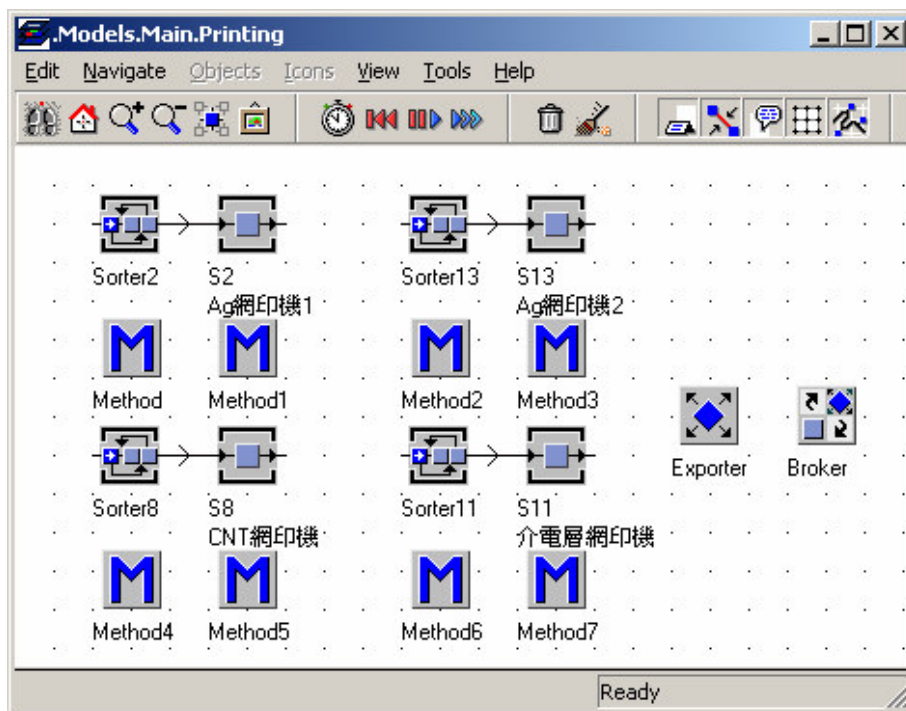


圖 4.9 網印區製程模型圖

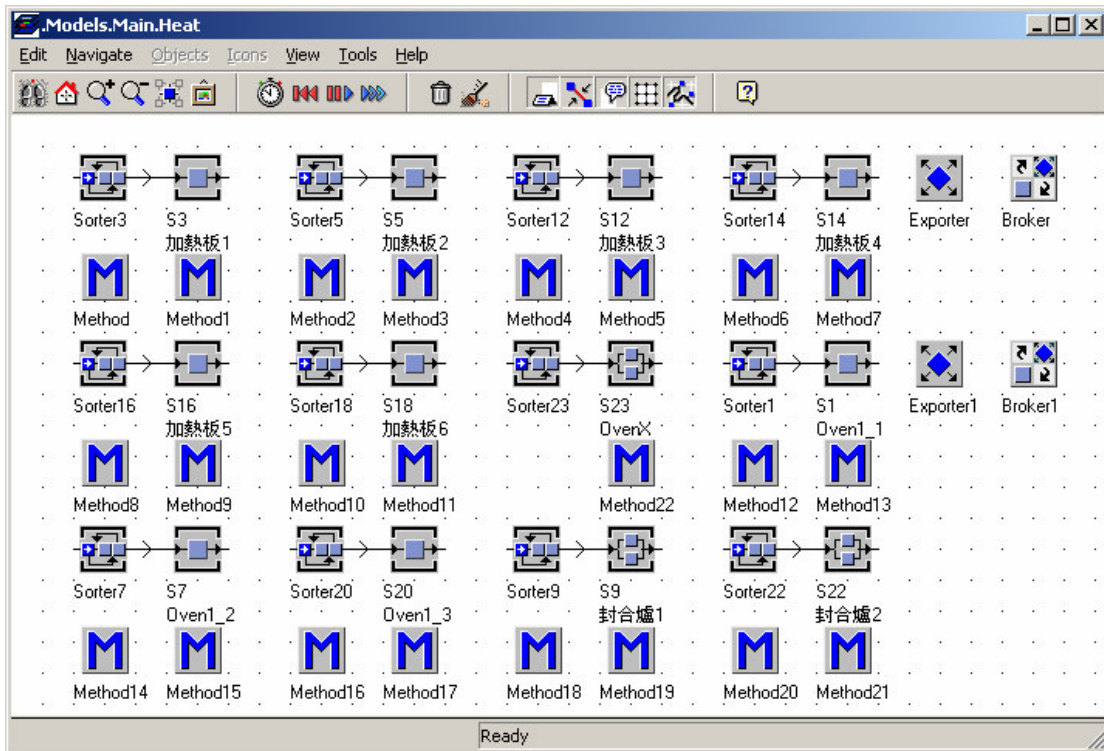


圖 4.10 加熱處理區製程模型圖

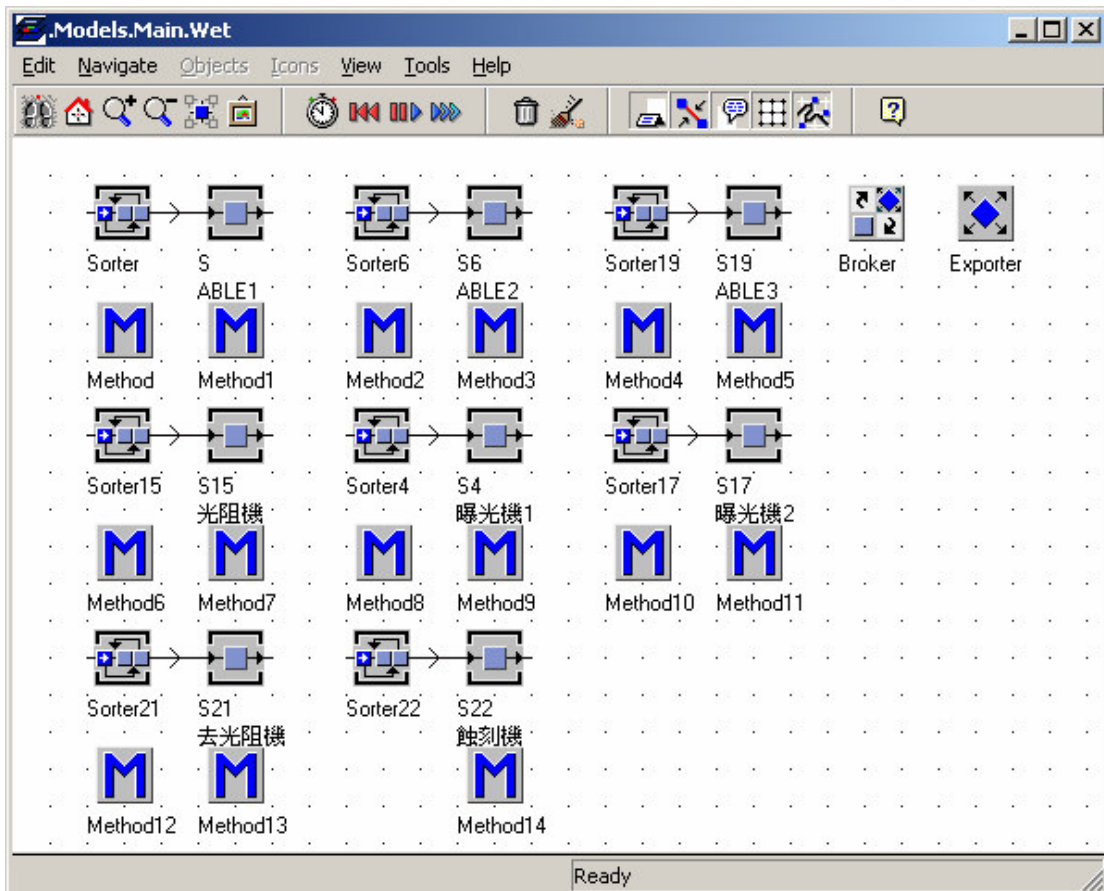


圖 4.11 濕式處理區製程模型圖

經過 eM-plant 的 EventController 中的 STEP 功能，一步步查看每種貨品從出現開始到完成結束的過程，結果發現與實際製程吻合，所以在模擬模型的行為上是確定與實際系統相符的。

2. 模型比較

本部份將對模擬輸出的數據與真實系統做比照，如果比對出來的結果差異不大，才可以證明模擬模型有代表實際系統的能力。本研究採用現場工程師根據過去的生產資料，所提供同時跑上述 4 種貨品 80 片的總產出時間的數據。再與模擬跑出的 4 筆數據做比較與檢定，如表 4.8。

表 4.8 總產出時間對照表

	實際數據(小時)	模擬數據(小時)
1	152	154.10
2	155	155.12
3	151	154.00
4	150	153.26

進行統計檢定：先做實際產出總時間與模擬數據總時間的變異數檢定。

$H_0: \sigma_1 = \sigma_2$ $H_1: \sigma_1 \neq \sigma_2$ ，顯著水準為 $\alpha = 0.05$

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2} \quad \text{拒絕域：} C = \left\{ F > F_{\alpha/2, n_1-1, n_2-1} \text{ 或 } F < F_{\alpha/2, n_1-1, n_2-1} \right\}$$

$$\because F_{3,3} = \frac{4.667}{0.588} = 7.937 \leq F_{0.025, 3, 3} = 15.439 \notin C$$

→ 無法否定 H_0

∴ 不能說 $\sigma_1 = \sigma_2$ 是錯的。

接下來做總時間的平均數檢定： $H_0: \mu_1 = \mu_2$ $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$

$$\text{顯著水準為 } \alpha = 0.05, \quad t_{(n_1+n_2-1)} = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

$$\text{拒絕域：} C = \left\{ t_{(n_1+n_2-1)} > t_{\alpha/2, (n_1+n_2-1)} \text{ 或 } t_{(n_1+n_2-1)} < -t_{\alpha/2, (n_1+n_2-1)} \right\}$$

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1-1)S_1^2 + (n_2-1)S_2^2}{n_1+n_2-2}} = 1.621$$

$$t_{(n_1+n_2-2)} = \frac{154.12-151.9}{1.621\sqrt{\frac{1}{2}}} = 1.937 < t_{0.025,6} = 2.447 \notin C$$

結果無法否定 H_0 ，所以不能說 $\mu_1 = \mu_2$ 是錯的。

➔ 表示在顯著水準 $\alpha = 0.05$ 下，無法證實模擬模型與實際系統間的差異是顯著的。所以模擬模型與實際系統的差異並沒有很大。

步驟三：模擬實驗。

模擬五種派工法則：1.先進先處理(FCFS)、2.最早到期日(EDD)、3.最短作業時間(SPT)、4.最長作業時間(LPT)、5.依顧客重要度(PCO)，在模擬模型的表現情形。

分別對七種績效指標進行蒐集與分析：1.總流程時間、2.平均延遲時間、3.機器利用率、4.延遲工件比率，還有 5.重要顧客的訂單、6.訂單難易及 7.訂單大小之處理狀況。

模擬四種貨品：(1) 20 吋霧玻璃 CNT-BLU 陰極板，30 片。(2) 20 吋 CNT-BLU 陰極板，20 片。(3) 4 吋 CNT-BLU 試片，10 片。(4) 20 吋 CNT-FED 陰極板，20 片。蒐集的數據為四種貨品同時在各種派工法則的執行狀況，每種派工法則各重複 10 次，績效指標中的 1~4 項的資料蒐集，分別取重複 10 次模擬的平均值，而 5~7 項則分析其模擬產出的訂單結果。其他相關限制詳見表 4.9。

模擬結果之數據及訂單狀況搜集如表，一個工作天 8 小時，一星期 5 個工作天：

表 4.9 派工法則績效指標模擬輸出表

派工法則	總流程時間(hr)	機器利用率(%)	平均延遲時間(天)	延遲工件比率(%)	顧客重要度	訂單難易度	訂單大小
FCFS	79.51	9.152	1.1	0.75	3 [*] →2→1	4→1→3→2	3→2→1
EDD	78.09	9.145	0.1	0.125	3 [*] →2→1	4→3→1→2	3→2→1
SPT	85.08	6.115	4.7	18.75	3→1→2 [*]	4→2→3→1	3→2→1
LPT	92.62	9.161	15.1	8.75	1→2→1→3[*]	1→3→2→4	2→3→1
PCO	97.35	6.602	9.2	23.25	1→3 [*] →2 [*]	2→3→4→1	1→2→3→2

註：1.顧客重要度欄位的數字愈小，表示顧客重要度愈高。*代表該訂單有延遲的情形發生

2.訂單難易度欄位，數字愈小代表訂單複雜度高。訂單大小欄位，數字愈小者表示訂單批量大。

3.箭號方向代表訂單完成的先後順序。

4.後三欄的績效衡量意義，請參照 p.41~42 契約要求相關的定義。

5.標示灰底者，表示在五種派工法則中績效表現相對較優。

階段 III.最適方案的選取

本階段要做的是，結合階段 I 的績效因子及階段 II 各派工法則的模擬結果，讓決策人員評選以拔擢出最適派工法則的選取。其階層構造共四層，如圖 4.12 選擇最適派工法則的階層構造圖所示：

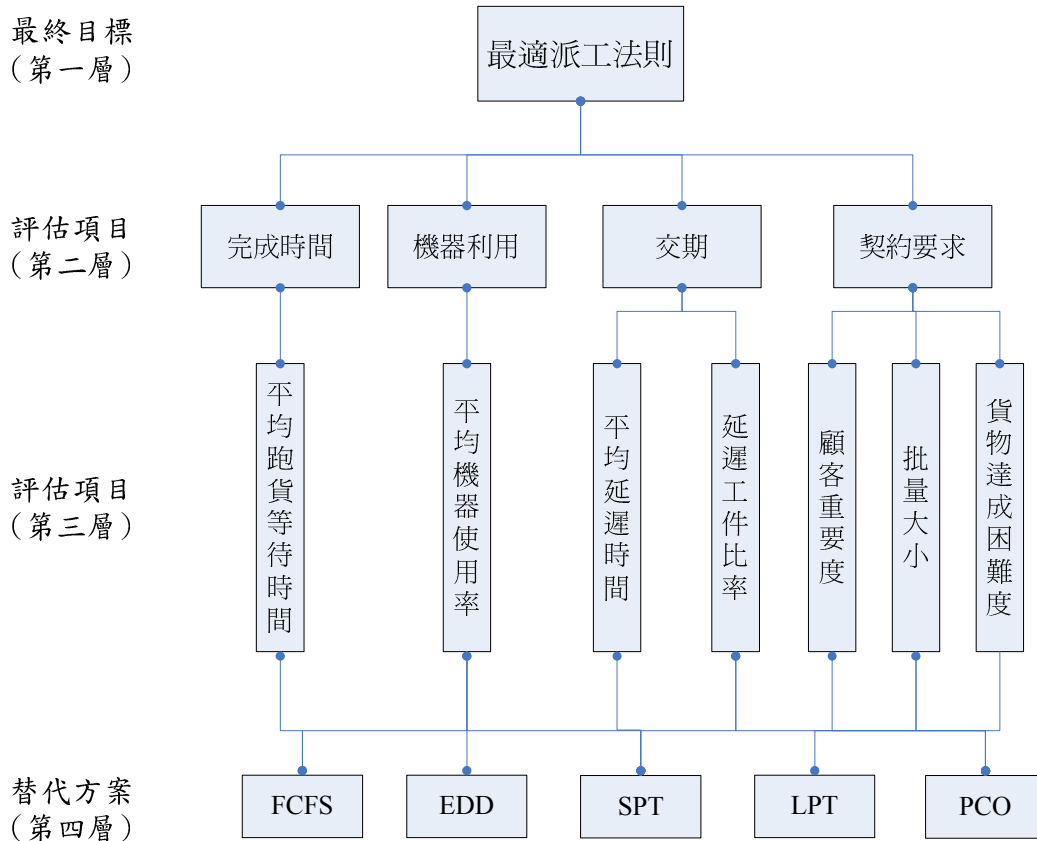


圖 4.12 選擇最適派工法則的階層構造圖

步驟一：第二次 AHP 問卷設計

與階段 I 類似，問卷部份的設計如表 4.10 詳細請見附錄二，由帶領跑貨的工程師根據階段 II 模擬產生的數據，針對各績效指標分別為五個方案的表現，做兩兩相對重要性的勾選評比，共需做七個績效指標的成對比較：

表 4.10 五種方案在「總流程時間」績效衡量下的成對比較評估表

方案 (I)	重要程度																方案 (II)	
	絕對 重要	←	極 重要	←	頗 重要	←	稍 重要	←	同 等 重 要	→	稍 重要	→	頗 重要	→	極 重要	→		絕對 重要
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8		9
FCFS																		EDD
FCFS																		SPT
FCFS																		LPT
FCFS																		PCO
EDD																		SPT
EDD																		LPT
EDD																		PCO
SPT																		LPT
SPT																		PCO
LPT																		PCO

步驟二：進行成對比較與一致性檢定

本步驟計算方法與階段 I 之第三步驟一樣，相同演算過程不再重複敘述，在此僅將結果表格列出，如表 4.11 所示：

表 4.11 七個評估準則下替代方案的成對比較(a)~(g)

(a) 總流程時間

	FCFS	EDD	SPT	LPT	PCO
FCFS	1.000	0.316	2.000	1.000	1.414
EDD	3.162	1.000	4.000	3.873	4.899
SPT	0.500	0.250	1.000	0.894	1.291
LPT	1.000	0.258	1.118	1.000	4.000
PCO	0.707	0.204	0.775	0.250	1.000

C.I.= 0.04 C.R.= 0.036

(b) 機器利用率

	FCFS	EDD	SPT	LPT	PCO
FCFS	1.000	1.225	3.464	0.408	3.873
EDD	0.816	1.000	2.828	0.354	3.873
SPT	0.289	0.354	1.000	0.224	1.225
LPT	2.449	2.828	4.472	1.000	4.472
PCO	0.258	0.258	0.816	0.224	1.000

C.I.= 0.06 C.R.= 0.054

(c) 平均延遲時間

	FCFS	EDD	SPT	LPT	PCO
FCFS	1.000	0.408	3.000	3.464	3.873
EDD	2.449	1.000	2.449	4.583	3.464
SPT	0.333	0.408	1.000	4.472	3.000
LPT	0.289	0.218	0.224	1.000	0.224
PCO	0.258	0.289	0.333	4.472	1.000

C.I.= 0.11 C.R.= 0.098

(d) 延遲工件比率

	FCFS	EDD	SPT	LPT	PCO
FCFS	1.000	0.289	5.916	3.873	6.708
EDD	3.464	1.000	4.472	4.899	6.708
SPT	0.169	0.224	1.000	0.289	2.449
LPT	0.258	0.205	3.464	1.000	5.477
PCO	0.149	0.149	0.408	0.183	1.000

C.I.= 0.11 C.R.= 0.098

(e) 顧客重要度

	FCFS	EDD	SPT	LPT	PCO
FCFS	1.000	1.000	1.000	0.250	0.866
EDD	1.000	1.000	0.333	0.250	1.000
SPT	1.000	3.000	1.000	0.258	1.732
LPT	4.000	4.000	3.873	1.000	4.472
PCO	1.155	1.000	0.577	0.224	1.000

C.I.= 0.03 C.R.= 0.027

(f) 訂單難易

	FCFS	EDD	SPT	LPT	PCO
FCFS	1.000	0.866	0.816	0.289	1.732
EDD	1.155	1.000	1.225	0.707	1.000
SPT	1.225	0.816	1.000	0.408	1.225
LPT	3.464	1.414	2.449	1.000	3.464
PCO	0.577	1.000	0.816	0.289	1.000

C.I.= 0.03 C.R.= 0.027

(g) 訂單大小

	FCFS	EDD	SPT	LPT	PCO
FCFS	1.000	0.500	1.414	0.333	0.258
EDD	2.000	1.000	2.000	1.000	0.200
SPT	0.707	0.500	1.000	0.289	0.258
LPT	3.000	1.000	3.464	1.000	0.258
PCO	3.873	5.000	3.873	3.873	1.000

C.I.= 0.05 C.R.= 0.045

步驟三：進行層級結構一致性的檢定。

$$M^{(3)} = [0.162 \quad 0.154 \quad 0.200 \quad 0.484] \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0.081 \end{bmatrix} = 0.0392$$

$$\bar{M}^{(3)} = [0.162 \quad 0.154 \quad 0.200 \quad 0.484] \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0.58 \end{bmatrix} = 0.2807$$

$$M^{(4)} = [0.162 \quad 0.154 \quad 0.168 \quad 0.032 \quad 0.343 \quad 0.110 \quad 0.031] \begin{bmatrix} 0.11 \\ 0.06 \\ 0.11 \\ 0.11 \\ 0.03 \\ 0.03 \\ 0.05 \end{bmatrix} = 0.07815$$

$$\overline{M}^{(4)} = [0.162 \quad 0.154 \quad 0.168 \quad 0.032 \quad 0.343 \quad 0.110 \quad 0.031] \begin{matrix} 1.12 \\ 1.12 \\ 1.12 \\ 1.12 \\ 1.12 \\ 1.12 \\ 1.12 \end{matrix}$$

$$= 1.12$$

$$\therefore M = 0.064 + 0.0392 + 0.07815 = 0.18135$$

$$\overline{M} = 0.90 + 0.2807 + 1.12 = 2.3007$$

$$C.R.H. = \frac{M}{\overline{M}} = \frac{\sum_{l=2}^4 M^{(l)}}{\sum_{l=2}^4 \overline{M}^{(l)}} = \frac{0.18135}{2.3007} = 0.079 < 0.1$$

由於 $C.R.H. < 0.1$ ，顯示整個層級構造的評估可以接受。

步驟四：基於階層進行重要度的合成。

W 矩陣為各績效因子的權重矩陣

v_i 矩陣為各方案在績效因子 i 的表現權重， $i=1,2,\dots,9$

由階段 III 得出的 v_i 矩陣如下所示：

$$v_1 = \begin{bmatrix} 0.157 \\ 0.479 \\ 0.109 \\ 0.174 \\ 0.081 \end{bmatrix} \quad v_2 = \begin{bmatrix} 0.229 \\ 0.198 \\ 0.077 \\ 0.430 \\ 0.066 \end{bmatrix} \quad v_3 = \begin{bmatrix} 0.283 \\ 0.384 \\ 0.177 \\ 0.051 \\ 0.105 \end{bmatrix} \quad v_4 = \begin{bmatrix} 0.284 \\ 0.483 \\ 0.063 \\ 0.132 \\ 0.037 \end{bmatrix}$$

$$v_5 = \begin{bmatrix} 0.120 \\ 0.099 \\ 0.177 \\ 0.495 \\ 0.109 \end{bmatrix} \quad v_6 = \begin{bmatrix} 0.149 \\ 0.185 \\ 0.156 \\ 0.386 \\ 0.124 \end{bmatrix} \quad v_7 = \begin{bmatrix} 0.088 \\ 0.147 \\ 0.076 \\ 0.190 \\ 0.499 \end{bmatrix}$$

由階段 I 所得之各績效因子的權重矩陣如下：

$$W^T = [0.162 \quad 0.154 \quad 0.168 \quad 0.032 \quad 0.343 \quad 0.110 \quad 0.031]$$

X 矩陣為方案其總合性的重要度：

$$X = [v_1, v_2, \dots, v_9]W$$

$$= \begin{bmatrix} 0.157 & 0.229 & 0.283 & 0.284 & 0.120 & 0.149 & 0.088 \\ 0.479 & 0.198 & 0.384 & 0.483 & 0.099 & 0.185 & 0.147 \\ 0.109 & 0.077 & 0.177 & 0.063 & 0.177 & 0.156 & 0.076 \\ 0.174 & 0.430 & 0.051 & 0.132 & 0.495 & 0.386 & 0.190 \\ 0.081 & 0.066 & 0.105 & 0.037 & 0.109 & 0.124 & 0.499 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.162 \\ 0.154 \\ 0.168 \\ 0.032 \\ 0.343 \\ 0.110 \\ 0.031 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 0.1852 \\ 0.2581 \\ 0.1401 \\ 0.3001 \\ 0.1056 \end{bmatrix}$$

以上計算式是為了求出各方案的重要度而做的矩陣運算，在此將本階段所得到的結果整理如表 4.12。

表 4.12 綜合評價表

	總流程 時間	機器 利用率	平均延遲 時間	延遲工件 比率	顧客 重要度	訂單難易	訂單大小	重要度
	0.162	0.154	0.168	0.032	0.343	0.110	0.031	
FCFS	0.157	0.229	0.283	0.284	0.120	0.149	0.088	0.1852
EDD	0.479	0.198	0.384	0.483	0.099	0.185	0.147	0.2581
SPT	0.109	0.077	0.177	0.063	0.177	0.156	0.076	0.1410
LPT	0.174	0.430	0.051	0.132	0.495	0.386	0.190	0.3001
PCO	0.081	0.066	0.105	0.037	0.109	0.124	0.499	0.1056

4.3 結果分析

由表 4.9 的模擬輸出結果依照一般的方法可以做出如下的判斷：FCFS 表現無一最佳，在顧客重要度、訂單大小方面表現不佳。但整體績效上的表現平均。

EDD 在總流程時間、平均延遲時間、延遲工件比率上表現優於其他四種方法。在顧客重要度、訂單大小方面表現不佳。

SPT 表現結果多遜於 FCFS，在訂單大小方面表現不佳。

LPT 在週期時間最短、機器利用率最高方面，相較於表現次佳的 FCFS 而言取得不明顯的優勢。而在顧客重要者及訂單較難者先處理完方面，因為表現較合乎要求，所以又取得此兩者優勢。但在平均延遲天數表現是最差的。

而 PCO 除了在訂單批量大的先處理這方面有最佳的表現外，其他方面如總流程時間、機器利用率、延遲工件比率這些績效指標的表現上是最差的。

綜合以上所述可得到下列結果：

- EDD 在三項指標取得最佳績效，另有兩項表現不佳。
- LPT 亦在三項績效指標獲得優勢，其中一項優勢較不顯著，另有一項表現最差。
- FCFS 在各方面表現平均，有兩項表現不佳。
- SPT 均未取得優勢，其中有一項不佳。
- PCO 只有一項表現最好，有三項是最差的。

從這些資料中要選出何種派工法則較優，以一般的做法因為兩者皆取得同數目的最佳績效，所以 EDD 與 LPT 兩者在整體績效上皆表現較佳。至於此二者中該選何者為實際生產時要依循的派工法則，便令人難下定論。如要強行二擇一，由於 EDD 的三項指標優勢均以壓倒性之姿勝過 LPT，而 LPT 取得的三項指標優勢相較於 EDD 則只有

二項較佳(顧客重要度、訂單難易度)，在另一項指標(機器利用率)取得的優勢就很不明顯。所以看起來似乎 EDD 表現得比 LPT 還要好得多。

若於此時依照本研究所建議的方法來做決定，很快的就可以在表 4.12 中找到答案。經由下過權重的指標與工程師在各績效指標下評定的權重值，所得到各方案的重要度。很明顯的，可以發現 LPT 的重要度為 0.3001，而 EDD 的重要度僅得 0.2581，所以 LPT 為最適之派工法則。經過兩相比對便可看出，本研究建議的方法能迅速且明確地避免 CNT-BLU 現階段在選取派工法則時，使用直觀式判斷方法造成的決策困難並降低決策時的錯誤判斷。

第五章 結論與建議

5.1 研究結論

本研究針對 CNT-BLU 在評選派工法則時需要考量到權重分配於多個績效指標的概念，透過 AHP 來取得績效權重與做方案的評選，其中用模擬來避免實際試驗派工法則所要承擔的風險與成本，並以研究案例為實證對象，得到以下結論：

1. 本研究結合了 AHP 與模擬的研究架構，可作為 CNT-BLU 廠商在建置適當派工法則時的參考架構。
2. 使用本研究架構可以明確的遴選 CNT-BLU 陰極板製程之最適派工法則。

5.2 未來方向與建議

本研究囿於時間與資料取得的限制，僅針對研製 CNT-BLU 的研究案例進行零工式生產的實驗。在目前尚在成長的 CNT-BLU 製程技術，其日後進展到量產流程式的生產是指日可待的，而關於 CNT-BLU 的量產流程式問題，則有待後續研究擴充。

在選擇用來比較的派工法則這方面，本研究基於簡單且易於實際進行的原則而選取了 FCFS、EDD、SPT、LPT、PCO 這五種廣為所知的派工法則。但實際上派工法則的種類繁多，若能對其他的派工法則進行後續的探討研究，則可找出更合適的派工法則來。

關於績效指標考量方面，由於本研究僅對生產績效與相關訂單需求方面來做考慮。所以建議在其他相關於派工法則的績效衡量指標，亦可做更進一步的研究。

本研究選擇 AHP 來作為整合多個績效指標的手段，如後世學者

對 AHP 能有所改善或是有更好的方法取代之，對於輔助決策判斷則會有正面的助益。

參考文獻

中文部份

1. 木下榮藏，入門 AHP，日科技連，日本東京都，2000。
2. 王治平，「實際零工式生產排程問題的派工法則」，資訊管理應用與發展研討會，景文技術學院，2004 年 6 月，26-26。
3. 王學弘，「以分析層級程序法進行彈性製造系統供應商之評選」，中原大學工業工程研究所，碩士論文，1994。
4. 林則孟，系統模擬理論與應用，滄海書局，台中市，2001。
5. 吳承宗，「應用模擬方法於印刷電路板生產排程影響因素之研究」，元智大學工業工程與管理研究所，碩士論文，2003。
6. 吳鴻輝、李榮貴，「生產排程之重排程決策問題的文獻探討與分析」，工業工程學刊，1997，14(2):147-158。
7. 周書賢，「開放型工廠派工法則之模擬研究」，朝陽科技大學工業工程與管理研究所，碩士論文，2000。
8. 高正峰，「半導體廠提高達交率的派工法則」，國立交通大學工業工程與管理研究所，碩士論文，2002。
9. 郭佩純，「多屬性待測品之半導體針測區機台排程模擬分析」，國立清華大學工業工程與工程管理研究所，碩士論文，2001。
10. 郭雅如，「應用層級分析程序支援行動電話推薦之研究」，國立中山大學資訊管理學系研究所，碩士論文，2003。
11. 陳建良，「排程概述」，機械工業雜誌第 12 月號，1995，122-137。
12. 陳湘琴，「電腦模擬應用於改善傢俱製程之研究」，台灣大學森林學研究所，碩士論文，2001。
13. 陳耀茂，階層構造分析法入門，台中，1998。
14. 姜林杰祐，系統模擬 eM-Plant(SiMPLE⁺⁺)操作與實務，華泰文化事業公司出版，台北，2000。
15. 張清輝，「我國半導體產業資源最適配置之研究」，國立台北大學公共行政暨政策研究所，碩士論文，1999。
16. 黃元鴻，「晶圓廠在製品流程時間之實證模式建構」，臺灣大學工業工程研究所，碩士論文，2004。
17. 黃聖欽，「營造業聯合承攬關鍵成功因素之研究--以高科技廠房為例」，中華

- 大學營建管理研究所，碩士論文，2004。
18. 許世洲，「IC 設計公司的外包產能規劃」，國立交通大學工業工程與管理研究所，博士論文，2002。
 19. 許勝源，「以資料挖礦為基之交期導向晶圓廠現場控制策略研究」，國立交通大學工業工程與管理系，博士論文，2002。
 20. 許瑞麟，「批量分割對零工式生產系統之影響」，大葉大學工業工程研究所，碩士論文，2000。
 21. 經濟部技術尖兵網頁，<http://www.st-pioneer.org.tw/>。
 22. 鄧振源、曾國雄，「層級分析法(AHP)的內涵特性與應用(上)」，中國統計學報，1989，27(6):5-22。
 23. 鄧振源、曾國雄，「層級分析法(AHP)的內涵特性與應用(下)」，中國統計學報，1989，27(7):1-20。
 24. 蔡禎騰，「系統理論應用於模擬」，東海學報，1985，26:795-806。
 25. 賴士葆，生產作業管理：理論與實務，華泰文化事業公司出版，台北，1995。
 26. 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，2005。
 27. 鍾淑馨、周煜智、溫伊蓁，「生產活動控制之探討與文獻回顧」，管理與系統，2000，7(4):459-484。
 28. 簡聰海、鄒靜寧，系統模擬，高立圖書有限公司，台北，2000。
 29. 蘇仁傑，「考慮再回流製程之派工法則」，交通大學工業工程與管理系，碩士論文，1999。

英文部份

30. Alomoush, M.I., 2004, "Using performance indices and analytic hierarchy process to select best dispatch option of energy markets," 39th International Universities Power Engineering Conference, 3(2):999-1003.
31. Brun, A. and A. Portioli, 1999, "Agent-Based Shop-Floor Scheduling of Multistage Systems," *Computers and Industrial Engineering*, 37:457-460.
32. Chan, F.T.S., H.K. Chan, H.C.W. Lau, and R.W.L. Ip, 2003, "Analysis of dynamic dispatching rules for a flexible manufacturing system," *Journal of Materials Processing Technology*, 138:325-331.
33. Chang, Yih-long, T. Sueyoshi, and R. S. Sullivan, 1996, "Ranking dispatching rules by data envelopment analysis in a job shop environment," *IIE Transactions*, 28:631-642.

34. Conway, R. W., 1965, "Priority dispatching and work-in-process inventory in a job shop," *Journal of Industrial Engineering*, 16:123-130 and 228-237.
35. Gupta, A. K. and A. I. Sivakumar, 2002, "Simulation based multiobjective schedule optimization in semiconductor manufacturing," Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference, 2:1862-1870.
36. Haupt, R., 1989, "A survey of priority rule-based scheduling," *OR Spektrum*, 11:3-16.
37. Holthaus, O. and C. Rajendran, 1997, "Efficient dispatching rules for scheduling in a job shop," *International Journal of Production Economics*, 48:87-105.
38. Jain, A. S. and S. Meeran, 1998, "A State-of-the-Art Review of Job-Shop Scheduling Techniques," Technical Report, Department of Applied Physics, Electronic and Mechanical Engineering University of Dundee, Dundee, Scotland, UK..
39. Jain, A.S. and S. Meeran, 1999, "Deterministic job-shop scheduling: Past, present and future," *European Journal of Operational Research*, 113(2):390-434.
40. Jones, A. and J.C. Rabelo, 1998, "Survey of Job shop Scheduling Techniques," NISTIR, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MP.
41. K. Rama Bhupal Reddy, Xie Na, and Velusamy Subramaniam, "Dynamic scheduling of flexible manufacturing systems" in *Innovation in Manufacturing Systems and Technology (IMST)*; 2004. <<http://hdl.handle.net/1721.1/3903>>.
42. Padberg, F., 2002, "Using Process Simulation to Compare Scheduling Strategies for Software Projects," Software Engineering Conference, 581-590.
43. Panwalker, S. S. and W. Iskander, 1977, "A survey of scheduling rules," *Operations Research*, 25(1):45-61.
44. Pegden, C. Dennis, R. E. Shannon, and R. P. Sadowski, 1995, *Introduction to simulation using SIMAN*, 2nd ed., McGraw-Hill, New York.
45. Pritsker, A.A. B., 1992, "Simulation: The Premier Technique of Industrial Engineering," *Industrial Engineering*, 24(7):25-26.
46. Rajendran, C., and O. Holthaus, 1999, "A comparative study of dispatching rules in dynamic flowshops and jobshops," *European Journal of Operational Research*, 116:156-170.
47. Saaty, Thomas L. and L. G. Vargas, 1991, *Prediction, projection, and forecasting : applications of the analytic hierarchy process in economics, finance, politics, games, and sports*, Kluwer Academic Publishers, Boston.
48. Sadeh N., 1991, "Look-Ahead Techniques for Micro-Opportunistic Job Shop Scheduling," Ph.D. Thesis, School of Computer Science, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA.
49. Shannon, R.E., 1975, *Systems Simulation: the Art and Science*, Prentice-Hall,

Englewood Cliffs, N.J..

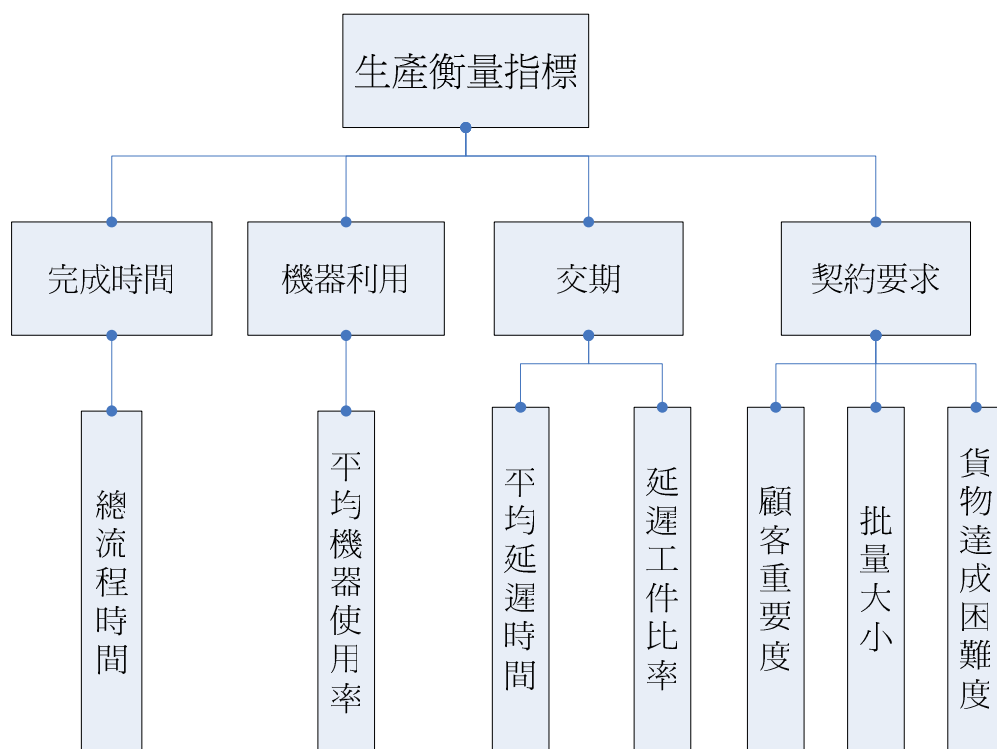
50. Shannon, R.E., 1998, "Introduction to the art and science of simulation," *Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference*, 1:7-14.
51. Stevenson, William J., 2002, *Operations Management*, 7th Ed., McGraw-Hill companies Inc.
52. Subramaniam V, G. K. Lee, G. S. Hong, Y. S. Wong, and T. Ramesh, 2000, "Dynamic selection of dispatching rules for job shop scheduling," *Production Planning & Control*, 11(1):73 –81.
53. Triantaphyllou, E. and A. Sanchez, 1997, "A Sensitivity Analysis Approach for Some Deterministic Multi-Criteria Decision-Making Methods," *Decision Sciences*, 28(1):151-194.
54. Yang, S. and D. Wang, , 2000, "Constraint Satisfaction Adaptive Neural Network and Heuristics Combined Approaches for Generalized Job-Shop Scheduling," *IEEE Transactions on Neural Networks*, March, 11(2):474-486.

附錄一 專家訪談問卷 (一)

一、問卷說明

本研究以貴中心跑貨時考量為例，其目的在探討零工式生產，影響衡量績效的關鍵因子，以做為將來整體考量衡量績效的基礎，進而找出最適的派工法則。本研究透過問卷調查，再經由層級分析程序法 (Analytic Hierarchy Process, AHP)，以求得各衡量績效關鍵因子的權重。

在生產衡量績效時考量的因子架構，本研究共分三層如下圖一所示，供填寫問卷時參考之用。而相關於填寫時所使用到的專有名詞，可參照表一的專有名詞對照說明表：



圖一 生產衡量指標架構圖

表一 專有名詞對照說明表

名詞	說明
完成時間	有關於作業流程所考量到的時間因子，此處主要是指總流程時間。
機器利用率	所有關於加工機台的使用率情況皆屬之，此處主要是指平均機器利用率。
交期相關	所有關於訂單時間所需考量的狀況皆屬之。
契約要求	所有關於訂單簽訂下來會影響生產的契約規定。
總流程時間	一個工件從進入生產系統到離開系統，在生產系統所花費的停留時間。
平均機器利用率	所有加工站機台的使用率之平均值。
平均延遲時間	所有工件的總延遲時間除以延遲的工件數，所得到的值為平均延遲時間。
延遲工件比率	所延遲的工件數佔所有工件數的比率。
顧客重要度	契約要求中顧客之相對的重要度，對生產所造成的影響力。
批量大小	契約要求中訂單大小對生產所造成的影響力。
貨物達成困難度	契約要求中訂單的複雜度對生產所造成的影響力。

二、填寫說明

本問卷採用名目尺度，對每一層級之指標作兩兩成對比較評估。AHP評估尺度的基本劃分如**表二**所示。請您針對各個兩兩成對的指標

做重要程度的比較，並勾選您的答案。

表二 評估尺度

評估尺度	定義	說明
1	同等重要	兩事件的貢獻度具同等重要性
3	稍重要	前事件較後事件稍重要
5	頗重要	前事件較後事件重要
7	極重要	前事件較後事件極重要
9	絕對重要	前事件較後事件絕對重要
2, 4, 6, 8	中間值	折衷值介於之前評估尺度之間

填寫範例：

下表三是某君在填寫本問卷時，對於各個考量因素的重視程度結果：

表三 問卷填寫範例

評估基準	重要程度																比較項目	
	絕對重要	←	極重要	←	頗重要	←	稍重要	←	同等重要	→	稍重要	→	頗重要	→	極重要	→		絕對重要
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8		9
完成時間							✓											機器利用
完成時間											✓							交期
完成時間															✓			契約

結果解說：

1. 某君認為完成時間在生產績效的考量上稍重要於機器利用率，因此在靠近完成時間的格子上勾選了稍重要這一個選項。
2. 某君認為交期的相關要求在生產績效的考量上稍重要於完成時間，因此在靠近交期要求的格子上勾選了稍重要這一個選項。
3. 某君認為契約要求在生產績效的考量上極重要於完成時間，因此在靠近契約要求的格子上勾選了極重要這一個選項。

三、問卷填寫

1. 跑貨評估指標之成對比較表

評估基準	重要程度																比較項目	
	絕對重要	←	極重要	←	頗重要	←	稍重要	←	同等重要	→	稍重要	→	頗重要	→	極重要	→		絕對重要
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8		9
完成時間																		機器利用
完成時間																		交期
完成時間																		契約
機器利用																		交期
機器利用																		契約
交期																		契約

2. 「交期」下評估指標之成對比較表

評估基準	重要程度																比較項目	
	絕對重要	←	極重要	←	頗重要	←	稍重要	←	同等重要	→	稍重要	→	頗重要	→	極重要	→		絕對重要
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8		9
平均延遲時間																		延遲貨物比率

3. 「契約要求」下評估指標之成對比較表

評估基準	重要程度																比較項目	
	絕對重要	←	極重要	←	頗重要	←	稍重要	←	同等重要	→	稍重要	→	頗重要	→	極重要	→		絕對重要
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8		9
顧客重要度																		批量大小
顧客重要度																		貨品達成困難度
批量大小																		貨品達成困難度

填表人：_____ 任職單位：_____ 職務：_____

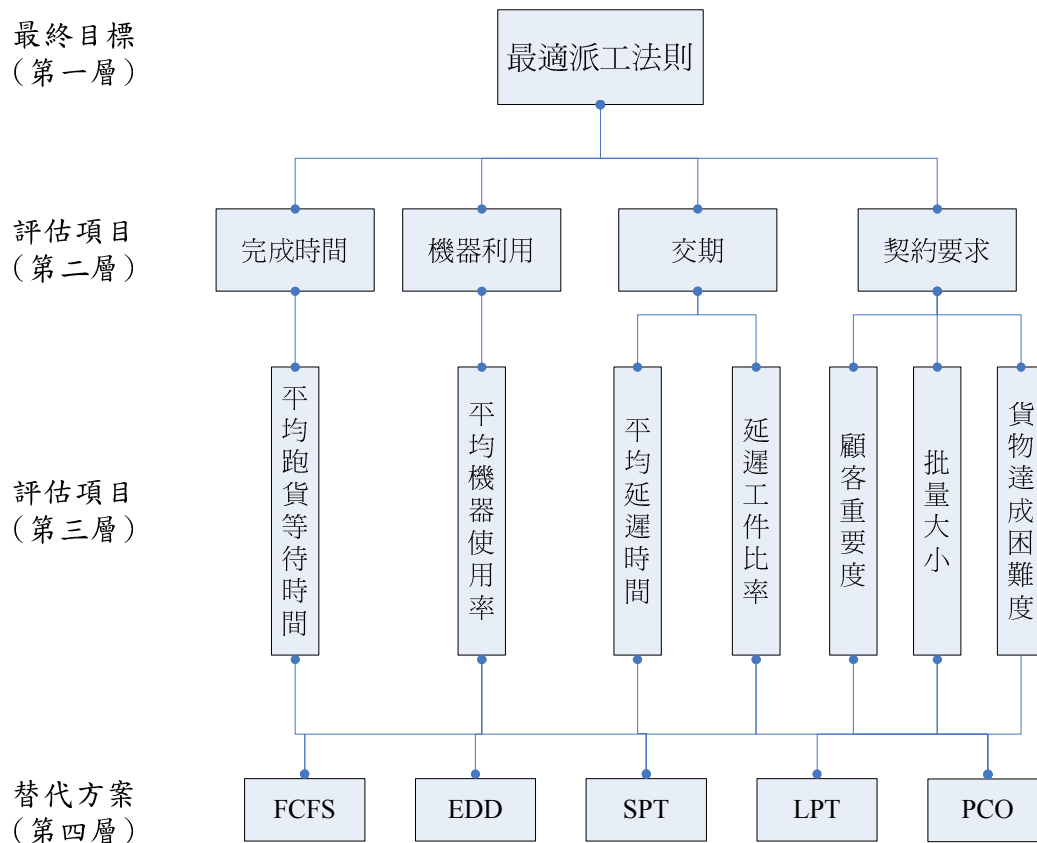
填寫日期：____年____月____日

附錄二 專家訪談問卷 (二)

一、問卷說明

本次問卷填寫承接著問卷(一)而來，本卷目的在於透過問卷調查，比較各派工法則的重要性，再經由層級分析程序法(Analytic Hierarchy Process, AHP)，以評選出最適的派工法則。

關於選擇最適派工法則的因子架構，本研究共分四層如圖一所示，供填寫問卷時參考之用：



圖一 選擇最適派工法則的階層構造圖

其中第四層的替代方案指的是五種派工法則，分別介紹如下：
(1)先進先處理(FCFS)：每件玻璃到達的早晚決定要加工的順序，先到的優先處理。

- (2)最早到期日(EDD)：以交期時間最早到的為優先處理，若優先順序相同則先到的先處理。
- (3)最短作業時間(SPT)：以加工時間最短的優先處理，如果優先順序相同，則先到的先處理。
- (4)最長作業時間(LPT)：以加工時間最長的優先處理，如果優先順序相同，則先到的先處理。
- (5)依顧客重要度(PCO)：顧客關係愈重要的貨品愈優先處理，若同等重要則先到的先處理。

二、填寫說明

本問卷採用名目尺度，對每一層級之指標作兩兩成對比較評估。AHP評估尺度的基本劃分如表一所示。請您針對各個兩兩成對的指標做重要程度的比較，並勾選您的答案。

表一 評估尺度

評估尺度	定義	說明
1	同等強度	兩事件的貢獻度具同等強度
3	稍強	前事件較後事件稍強
5	頗強	前事件較後事件強
7	極強	前事件較後事件極強
9	絕對強	前事件較後事件絕對強
2, 4, 6, 8	中間值	折衷值介於之前評估尺度之間

填寫範例：

節錄問卷其中一部份作為問卷填寫的說明範例，如表二---某君在參照附表(參見第58頁的表4.9)後對於FCFS (總流程時間 78.09小時)與EDD (總流程時間 92.62小時)兩者在「總流程時間」這項績效指標下做比較，認為EDD的表現極強於FCFS，所以在靠近EDD的極強項打勾。

表二 五種方案在「總流程時間」績效衡量下的成對比較評估表

方案 (I)	重要程度																方案 (II)	
	絕對強	←	極強	←	頗強	←	稍強	←	同等強度	→	稍強	→	頗強	→	極強	→		絕對強
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8		9
FCFS															✓			EDD

三、問卷填寫

1.五種方案在「總流程時間」績效衡量下的成對比較評估表

方案 (I)	重要程度																方案 (II)	
	絕對強	←	極強	←	頗強	←	稍強	←	同等強	→	稍強	→	頗強	→	極強	→		絕對強
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8		9
FCFS																		EDD
FCFS																		SPT
FCFS																		LPT
FCFS																		PCO
EDD																		SPT
EDD																		LPT
EDD																		PCO
SPT																		LPT
SPT																		PCO
LPT																		PCO

2.五種方案在「機器利用率」績效衡量下的成對比較評估表

方案 (I)	重要程度																方案 (II)	
	絕對強	←	極強	←	頗強	←	稍強	←	同等強	→	稍強	→	頗強	→	極強	→		絕對強
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8		9
FCFS																		EDD
FCFS																		SPT
FCFS																		LPT
FCFS																		PCO
EDD																		SPT
EDD																		LPT
EDD																		PCO
SPT																		LPT
SPT																		PCO
LPT																		PCO

3.五種方案在「平均延遲時間」績效衡量下的成對比較評估表

方案 (I)	重要程度																方案 (II)	
	絕對強	←	極強	←	頗強	←	稍強	←	同等強	→	稍強	→	頗強	→	極強	→		絕對強
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8		9
FCFS																		EDD
FCFS																		SPT
FCFS																		LPT
FCFS																		PCO
EDD																		SPT
EDD																		LPT
EDD																		PCO
SPT																		LPT
SPT																		PCO
LPT																		PCO

4.五種方案在「延遲工件比率」績效衡量下的成對比較評估表

方案 (I)	重要程度																方案 (II)	
	絕對強	←	極強	←	頗強	←	稍強	←	同等強	→	稍強	→	頗強	→	極強	→		絕對強
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8		9
FCFS																		EDD
FCFS																		SPT
FCFS																		LPT
FCFS																		PCO
EDD																		SPT
EDD																		LPT
EDD																		PCO
SPT																		LPT
SPT																		PCO
LPT																		PCO

5.五種方案在「顧客重要度」績效衡量下的成對比較評估表

方案 (I)	重要程度																方案 (II)	
	絕對強	←	極強	←	頗強	←	稍強	←	同等強	→	稍強	→	頗強	→	極強	→		絕對強
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8		9
FCFS																		EDD
FCFS																		SPT
FCFS																		LPT
FCFS																		PCO
EDD																		SPT
EDD																		LPT
EDD																		PCO
SPT																		LPT
SPT																		PCO
LPT																		PCO

6.五種方案在「訂單難易度」績效衡量下的成對比較評估表

方案 (I)	重要程度																方案 (II)	
	絕對強	←	極強	←	頗強	←	稍強	←	同等強	→	稍強	→	頗強	→	極強	→		絕對強
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8		9
FCFS																		EDD
FCFS																		SPT
FCFS																		LPT
FCFS																		PCO
EDD																		SPT
EDD																		LPT
EDD																		PCO
SPT																		LPT
SPT																		PCO
LPT																		PCO

7.五種方案在「訂單大小」績效衡量下的成對比較評估表

方案 (I)	重要程度																方案 (II)	
	絕對強	←	極強	←	頗強	←	稍強	←	同等強	→	稍強	→	頗強	→	極強	→		絕對強
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8		9
FCFS																		EDD
FCFS																		SPT
FCFS																		LPT
FCFS																		PCO
EDD																		SPT
EDD																		LPT
EDD																		PCO
SPT																		LPT
SPT																		PCO
LPT																		PCO

填表人：_____ 任職單位：_____ 職務：_____

填寫日期：___年___月___日

問卷到此完全結束

感謝您撥冗填寫

附錄三 奈米碳管背光模組之介紹

關於奈米碳管背光模組(CNT-BLU)的介紹，因為 CNT-BLU 為相當新穎的技術以致於歷來對 CNT-BLU 做探討的文獻寥寥可數，但由於 CNT-BLU 與本研究相關性較大，所以特為文來對 CNT-BLU 做說明，但凡前面有提過的地方就不再贅言覆述。本附錄共分三大部分，對所擁有的優勢、發光原理以及 CNT-BLU 的製程都有所著墨。

一、CNT-BLU 的優勢

對於台灣顯示器產業而言，由於台灣 LCD 產業已投入相當大的資金，而目前 Cold Cathode Fluorescent tube (CCFL)仍主宰整個 LCD 背光模組市場，不過當 LCD 朝向大尺寸發展，而改為直下式時，便會遭遇均齊度低、模組過厚，表面溫度高、耗電等問題；更重要的是 CCFL 的發光過程中需利用汞蒸氣作為放電介質，由於汞會對人體產生危害，目前名列歐盟特定有害物質管制指令中的禁用物質，2006 年後含汞的 CCFL 將無法在歐盟地區銷售。是以短期而言，利用 CNT-BLU 主要的五項優勢：具降低成本的潛力、低耗電量、無汞蒸氣的環保技術、可平面薄型化與低表面溫度，以降低 LCD 材料成本將是短期維持 LCD 產業競爭力的一條相當可行之路。事實上，目前國內的工研院電子所在 CNT-BLU 上的研究已經做到能在完全不需要引用國外任何專利的狀況下自行發展出 20 吋的白光 CNT-BLU 可作為 LCD 背光之用，此一技術已經成熟至可轉移階段，未來將能研究建立各種量產參數後順利轉移以解決 LCD 產業目前面臨的成本無法下降的危機。

二、奈米碳管背光模組的發光原理

要瞭解 CNT-BLU 的發光原理必得先知道 CNT-BLU 的構造，如圖一所示，由圖一可發現到 CNT-BLU 主要由陽極板(Anode)與陰極板

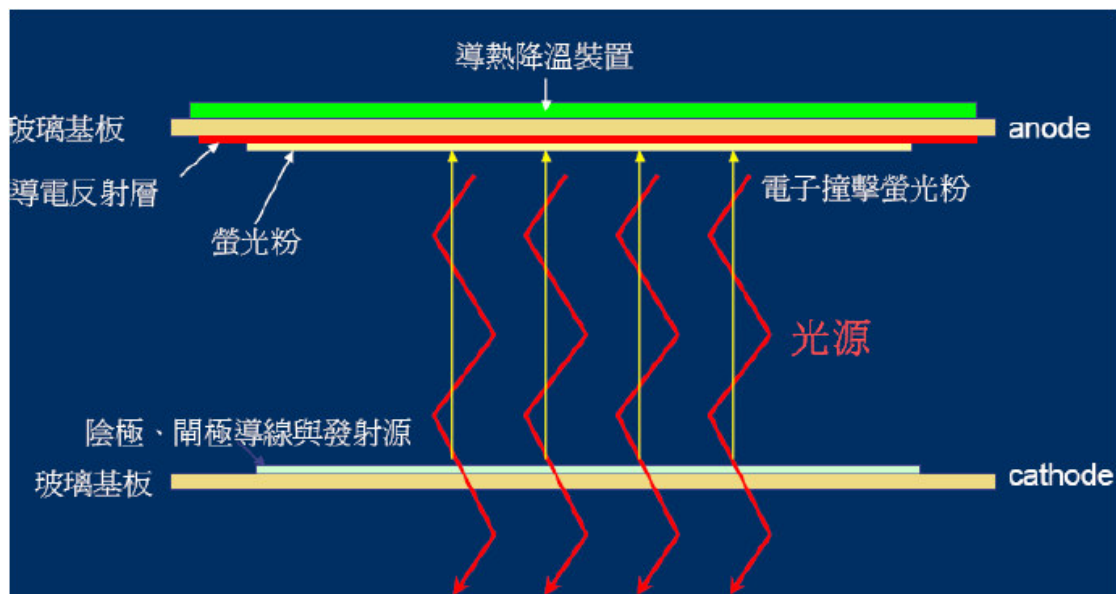
(Cathode)組合而成。

1.陽極板(Anode)

在陽極板之玻璃基板上需先濺鍍 ITO 導電層，其目的乃為達到導電的效果。在上一層反射光的反射層後，才可以將螢光粉(亦稱磷光粉)塗佈滿整個陽極板上。所以陽極板主要的構造的成分有 ITO 層、反射層、螢光粉層。

2.陰極板(Cathode)

陰極板乃 CNT-BLU 中最重要的構造，其必須先將銀電極鋪陳在玻璃基板上以為導電的基材，其後再將奈米級的 CNT 漿料塗佈上去，經過燒結的相關手續處理後，CNT 便成為電子發射源，至此陰極板才告完成。因此陰極板的構造有銀電極與 CNT 兩層，至於為何是 CNT-BLU 中最至關重要的部分，只消看過其製程便可瞭解。



圖一 CNT-BLU 構造與發光原理

資料來源：工研院電子所

而 CNT-BLU 發光的原理一樣可看到圖一，陽極板與陰極板要分別通上正電與負電，在電壓跨越初始電壓時 CNT 的尖端便射出電子，由於陽極板帶正電所以電子便會被吸引到陽極板去，也因此撞擊了陽

極板上塗佈的螢光粉層，螢光粉層受到電子的激發便會放射出白光，其射出的白光遇上陽極板的反射層白光盡數往陰極板方向射出，如此便可使白光完美的發射出來，此乃 CNT-BLU 發光的基本原理。

三、CNT-BLU 製程

CNT-BLU 製程如同其構造一樣，亦可分為兩大主要製程，即陽極板製程與陰極板製程。關於 CNT-BLU 的製程由於第二章的 2.1.2 節已有提及，所以這個部分只對未盡完善處做個補述。

由圖 2.1 可得知，有五大步驟包含於此製程中，步驟一的 CNT 漿料調製是最涉及化學專業技術性的，目前可知的是此步驟的 CNT 漿料好壞將會影響場發射的效果。

步驟二的陰極板製程，雖只需要兩層但由於製造此構造要用到複雜且困難的技術，所以堪稱最難處理的步驟。陰極板的製程因為要用到曝光、顯影乃至於網印 CNT 時的對位性、下刀的力度與高度，都是需要精密計算與一再地做參數試驗，是以陰極板的製造最為現場工程師所看重。

而相較於第三步驟的陽極板製程，乍看之下構造得需三層，但因為沒有曝光、顯影亦無網印時的對位問題，在難度上便相對的降低，無特別可陳之處。在第二、三步驟完成後，就需進行封裝的第四步驟，在此步驟中必須小心地將 spacer 黏好，等到完成高溫加熱封合之後，就需進行抽真空的手續，此道手續目的在於減少空氣分子對電子行進時造成的干擾，而使得發光效果降低。最後一道步驟是封裝測試，在這裡需要進行真空密閉室的通電點亮測試，只要發光情形肉眼可辨析出來就可判定該生產的 CNT-BLU 發光面板的優劣。

歸結前言可以知道 CNT-BLU 尚屬近幾年的新型奈米級高科技產業，而以上針對 CNT-BLU 所做的相關補充說明，因礙於資料蒐集的機密性，所以無法再做更為細部的介紹，僅能對於 CNT-BLU 做一般性的解說，然這樣亦足以瞭解到 CNT-BLU 在顯示器產業所佔的優勢與相關的原理及製程。