

東 海 大 學

工業工程與經營資訊研究所

碩士論文

高科技產品試作製程改善之績效評估-以奈
米碳管背光模組為例

研 究 生：陳尚琳

指導教授：蔡禎騰 博士

林水順 博士

中華民國九十七年六月

Improvement of Production Line for High-Tech Industry –Taking CNT-BLU as Example

By
Shang-Lin Chen

Advisor: Dr. Jen-Teng Tsai
Dr. Shui-Shun Lin

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 2008
Taichung , Taiwan , Republic of China

高科技產品試作製程改善之績效評估

-以奈米碳管背光模組為例

學生：陳尚琳

指導教授：蔡禎騰 博士

林水順 博士

東海大學工業工程與經營資訊研究所

摘要

台灣的製造業紛紛外移，在此趨勢下，台灣便轉型為以行銷與研發為主的中心。而在眾多產業中，又以高科技產業的影響為最大，其中有半導體、軟性電子等等。而這些高科技產業則具有設備資產額龐大、產品生命週期短等特徵。而兩兆雙星之一的平面顯示器也面臨這些問題。本研究即以此正在研發試作的奈米碳管背光模組為例，來進行模擬評估。期能以此為例來當作未來高科技產業在研發試作階段的效益評估之參考。

以學術的角度來看，本研究採用層級程序分析法，並透過實際的專家訪談，來得到奈米碳管製程的關鍵績效指標。接著收集現場資料並運用系統模擬技術來模擬所建構之生產線，並以所得到的關鍵績效指標來做為模擬生產線的效益評估。

實務應用的預期貢獻：本研究可提供業界在導入新製程前的一個模式，藉由系統模擬和層級分析法，來評估各績效因子的影響，建立好可控管之製程；及導入前後對實證對象的效益評估。此研究結果將有助於高科技產業量產前的預測及控管。

關鍵字詞： 奈米碳管背光模組、層級程序分析法、系統模擬

Improvement of Production Line for High-Tech Industry—Taking CNT-BLU as Example

Student: Shang-Lin Chen

Advisor: Dr. Jen-Teng Tsai

Dr. Shui-Shun Lin

Department of Industrial Engineering and Enterprise Information
Tunghai University

ABSTRACT

Taiwanese manufacturing has been moved abroad more and more in the past decade. With the trend, industries here are transferred to marketing and research and development. Thus it's crucial to have strong R&D capabilities including such as semiconductors and flexible electronics. These high tech industries are marked with characteristics of expensive machines and shortened product life cycle. The flat display industry also encounters such problems. The study takes Carbon Nano-tube Back Light Unit (CNT-BLU) which is still in the research and development stage as an example.

First, the study uses analytical hierarchy process (AHP) and professional questionnaires to identify critical performance indicators of the CNT-BLU production line. Second, we will construct the simulate production line by collecting data of a related factory. Finally those critical performance indicators identified will be used for performance evaluation of the simulation.

The significances of the study follow: the study will provide a model for the high tech industry before their operation of a new production line. It can establish a controlled production line and performance evaluation by system simulation and analytical hierarchy process. And lastly it allows evaluating influences of performance indicators before adopting the new production line.

Keywords: CNT-BLU, AHP, System Simulation.

誌謝

首先要感謝的是指導教授蔡禎騰博士、林水順博士以及共同指導的彭泉博士、邱創鈞博士與邱文志博士，對論文提出寶貴的意見與更正。除了在課業的教導外，在待人處事上的潛移默化也讓我受益匪淺。也感謝鄭豐聰博士與莊文傑博士在口試時提出的建議與看法，使得論文更加的完善。除此此外，也特別感謝在工研院顯示科技中實習的那一段期間照顧我的蔡明良先生、蕭雲嬌小姐以及林明宏副理、周麟恩博士、魏宏吉先生、江良佑先生、陳光中先生等等許多人的幫忙，讓我能在實習的期間順利把論文完成，在此對你們獻上滿滿的祝福與感謝。

另外最重要的是在艱苦的時刻共同努力的研究室同學：敬倫、嘉男、志宇、宗億、政憲，大家一起經歷這段難忘的過程。還有已畢業的政益、豪哲、原豪、茜雯，謝謝你們提點了我懵懂的一年級生活。

另外感謝學弟妹任志、炫文、美瑜、珈倫、玠筠在這段期間的幫忙處理瑣事。對這群好同學的幫忙，除了感謝還是感謝。最後感謝我的父母親願意提供我唸到碩士，在這段漫長的求學生涯中無怨無悔的陪伴著我，讓我能夠順利的唸完碩士。

仲夏裡喧鬧的蟬聲，譜成我步出校園的驪歌。兩年的研究所生活，就此劃上美妙的句點。

陳尚琳 于東海大學 ISLAB 研究室
中華民國九十七年六月二十日夏

目錄

第一章 緒論.....	1
1.1 研究背景與動機.....	1
1.2 研究目的.....	1
1.3 研究範圍與限制.....	2
1.4 研究方法.....	2
1.5 論文架構.....	2
第二章 文獻探討.....	4
2.1 奈米碳管背光模組介紹.....	4
2.1.1 奈米碳管背光模組結構.....	4
2.1.2 奈米碳管背光模組製程.....	5
2.2 績效評估指標.....	6
2.2.1 高科技產業生產線績效評估指標相關文獻.....	6
2.3 多準則決策模式 (Multi Criteria Decision Making)	7
2.3.1 多屬性決策方法.....	8
2.3.2 層級分析法.....	10
2.3.3 層級分析法的應用程序.....	10
2.4 系統模擬.....	16
2.4.1 模擬的步驟.....	17
2.4.2 模擬的優點.....	19
2.4.3 系統模擬在績效評估的應用.....	19

第三章 研究方法與設計.....	20
3.1 績效評估模式建構.....	20
3.2 模式建構步驟.....	20
第四章 關鍵績效評估指標.....	23
4.1 績效評估指標構面與因子之分析.....	23
4.2 專家問卷填寫.....	25
4.3 關鍵績效指標評選模式建構與分析.....	27
4.3.1 小結.....	32
第五章 模擬實驗用於 CNT-BLU 製程.....	33
5.1 CNT-BLU 製程分析.....	33
5.1.1 CNT-BLU 製程機台說明.....	34
5.2 CNT-BLU 製程生產線之規劃.....	35
5.3 CNT-BLU 製程生產線績效模擬與分析.....	36
5.3.1 生產線模擬之範圍與限制.....	36
5.3.2 生產線模擬之實驗條件.....	36
5.3.3 生產線模擬建構與分析.....	37
5.3.4 生產線模擬之統計數據假設檢定.....	39
5.4 生產線模擬結論.....	42
第六章 結論與建議.....	43
6.1 研究結論.....	43
6.2 未來研究方向與建議.....	43
參考文獻.....	44
附錄.....	47

圖目錄

圖 1.1 研究架構圖.....	3
圖 2.1 奈米碳管背光模組的場發射結構概略圖.....	5
圖 2.2 奈米碳管背光模組製程圖.....	6
圖 2.3 AHP 流程圖.....	11
圖 2.4 模擬概念圖.....	17
圖 2.5 系統模擬建構程序.....	18
圖 4.1 CNT-BLU 製程生產能力績效評估構面層級圖.....	24
圖 4.2 CNT-BLU 製程機器設備能力績效評估構面層級圖.....	25
圖 5.1 CNT-BLU 製程流程圖.....	34
圖 5.2 CNT-BLU 製程原始生產線流程圖.....	36
圖 5.3 CNT-BLU 製程新生產線流程圖.....	36
圖 5.4 CNT-BLU 製程原始生產線系統模擬圖.....	38
圖 5.5 CNT-BLU 製程新生產線系統模擬圖.....	39

表目錄

表 2.1 AHP 的評估尺度定義與說明.....	13
表 2.2 隨機指標表.....	15
表 4.1 CNT-BLU 製程績效指標構面及因子說明表.....	23
表 4.2 CNT-BLU 生產能力績效評估構面成對比較表.....	25
表 4.3 CNT-BLU 機器設備能力績效評估構面成對比較表.....	26
表 4.4 生產能力構面評估指標成對比較矩陣.....	28
表 4.5 生產能力績效主因子間相對重要度.....	29
表 4.6 機器設備能力構面評估指標成對比較矩陣.....	30
表 4.7 機器設備能力績效主因子間相對重要性.....	32
表 5.1 CNT-BLU 製程之工作機台說明表.....	34
表 5.2 eM-plant 物件對照表.....	37
表 5.3 平均日產能統計數據表.....	39
表 5.4 瓶頸機台使用率統計數據表.....	41

第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

在中國龐大與廉價的勞工衝擊下，台灣的製造業紛紛西進大陸，造成產業外移。在此趨勢下，台灣便漸漸轉型為以行銷與研發為主的中心。而在眾多產業中，又以高科技產業的影響為最大，其中有半導體、軟性電子、面板產業等等。在高科技產業中，產品具有週期短、設備資本額龐大這些特性，強化新產品研發能力及改善管理手法能增加產業競爭力。

在2002年政府所推動的「兩兆雙星」計畫當中，其中之一為平面顯示器產業[20]。經過這幾年的努力，工研院顯示器中心成功研發出具有比現有薄型顯示器更大的競爭優勢的奈米碳管背光模組(Carbon Nano-tube Back Light Unit)。CNT-BLU具有的優勢有：包括低耗電與低表面溫度之光源、低的模組製造成本、不需國外技術授權金來稀釋獲利、環保技術與容易大面積製造技術等[19]。因此奈米碳管背光模組主要目標為取代現行的背光模組，並成為大尺寸液晶顯示器的背光源。

經由實地訪廠結果，CNT-BLU現階段還未大量生產，其仍以零工式生產進行試產。然而在CNT-BLU取代現行液晶顯示器之背光源後，為滿足市場大量需求，勢必得規劃出連續型生產線。並且若能為此階段做生產前的效能評估，對於接續下來的階段之研究發展會有一定程度的助益。

1.2 研究目的

承接於上節之研究背景與動機，以及奈米碳管背光模組此研究，雖然有方勇盛[1]提到CNT-BLU正在進行研發製程品質改善階段。林凡琪[4]在考量生產績效指標權重之派工模擬比較—以CNT-BLU為例的研究中，使用eM-Plant來對派工法的優劣選取作一比較。以及梁豪哲[15]在高科技產業研發管理之研究—以模擬建置奈米碳管背光模組陰極板製程為例的研究中，也利用eM-Plant來對流程式及迴流式兩種不同生產型態的產線作績效比較。由於他們的研究範圍都僅限於陰極板製程，未能充份完整呈現出CNT-BLU製程的整體架構，為了彌補此一不足，本研究將研究範圍從陰極板製程擴大為整條製程讓完整性更加充分。

本研究主要的目的為提供一套效益評估模式，以提供業界未來在導入

新製程前，藉由層級分析法及系統模擬，來評估各績效因子的影響；以及導入前後對實證對象的效益評估。此研究結果將有助於高科技產業量產前的預測及控管。

1.3 研究範圍與限制

本研究的兩大主題為求出關鍵績效指標的和製程的系統模擬，問卷訪談的對象是以 CNT-BLU 研發單位人員為主，因為這些人員長期操作生產機台，並對製程有一定的熟稔。而在系統模擬上，受限於現場環境的因素，固模擬有些受到限制。其範圍與限制整理如下：

1. 針對CNT-BLU製程作績效評估指標構面及其因子之定義。
2. 績效指標選取的訪談對象為CNT-BLU研發單位人員。
3. 系統模擬之建構，不考慮生產線上相關搬運和人為問題。
4. 模擬研究之機台參數由現行研發單位之工作站機台標準工時而得。

1.4 研究方法

本研究先以文獻探討和專家訪談來定義出 CNT-BLU 製程的績效因子，以及生產能力和機器設備能力兩大構面，由於此分析乃屬於多目標決策，故採用層級分析法來進行分析，實施專家問卷來分析構面下之績效指標權重，以找出關鍵績效評估因子。另外，因為模擬技術在建置生產線具有成本低、省時與符合現實佈線等優點。故本研究乃利用模擬軟體來建置符合 CNT-BLU 製程特性之生產線，並使用所得到之關鍵績效評估指標來分析比較本研究所建置的生產線效率。總而言之，層級分析法與系統模擬為本研究主要的研究方法。

1.5 論文架構

本研究架構共分為五個章節討論，各章節的探討要點於下，如錯誤！找不到參照來源。所示：

第一章 緒論

對研究背景與動機、研究目的、研究範圍與限制作說明。

第二章 文獻探討

先針對奈米碳管背光模組之現況與製程做一介紹，再對本研究所使用之工具，層級分析法與系統模擬作文獻探討。

第三章 關鍵績效指標

運用文獻探討所介紹的層級分析法來計算與分析奈米碳管背光模組製程的關鍵績效評估指標。

第四章 實例驗證

依據實地調查來建構符合奈米碳管背光模組製程特性之生產線型態，並使用模擬軟體 em-plant 來進行模擬，以所得之關鍵績效指標來分析生產線績效優劣。

第五章 結論與建議

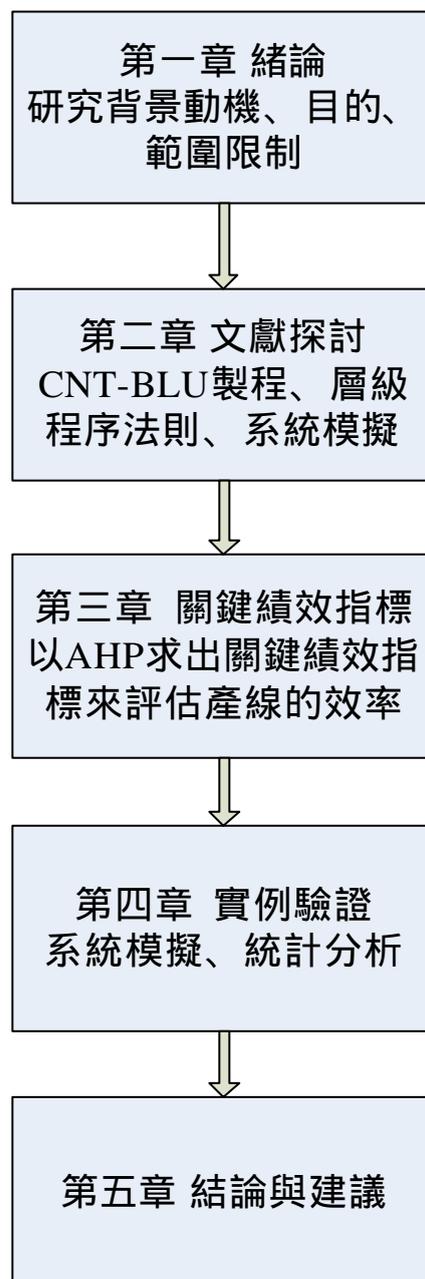


圖 1.1 研究架構圖

第二章 文獻探討

本章主要介紹研究之對象 - 奈米碳管背光模組製程特性做一完整整理，再探討其使用工具「層級程序分析法」和「系統模擬」，以下為各相關文獻的探討。

2.1 奈米碳管背光模組介紹

目前顯示器市場以液晶顯示器(Liquid Crystal Display, LCD)為最大宗，不過當面板尺寸逐漸增大時，便會遭遇表面溫度過高、耗電大等問題。並且由於 LCD 面板的背光模組乃是採用冷陰極管，雖然冷陰極管具有光學性安定、壽命長並且耐震等優點，但是在發光過程中需以汞蒸氣作為放電介質，對人體會造成危害。

有鑑於此，工研院所研發的奈米碳管背光模組(Carbon Nano-tube Back Light Unit, CNT-BLU)具有低耗電與低表面溫度之光源、不需國外技術授權金、環保技術、容易大尺寸製造等技術[19]。相較於 LCD 有更大的競爭優勢。

2.1.1 奈米碳管背光模組結構

奈米碳管背光模組的結構設計主要是源自於電漿顯示器的製程結構。包含了下層的陰極板(Cathode)、上層的陽極板(Anode)、中間的奈米碳管(Carbon Nano-tube, CNT)及銀電極(Ag)。發光作用原理為於陰極板導電，驅使陰極板上的奈米碳管發射電子(e^-)撞擊陽極板上的螢光粉(White phosphor)，因而產生發出亮光的效果。如圖 2.1 所示。

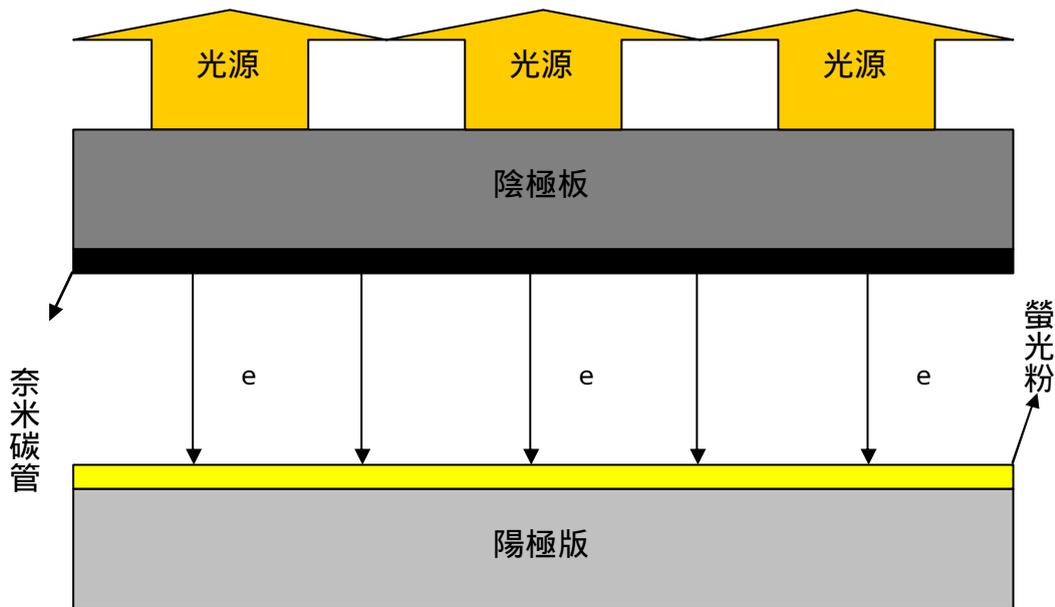


圖 2.1 奈米碳管背光模組的場發射結構概略圖
 (資料來源：工研院影像顯示科技中心[19])

2.1.2 奈米碳管背光模組製程

奈米碳管背光模組製程有前置的 CNT 漿料整備，主要製程可分為陽極板(Cathode)、陰極板(Anode plate)、封裝(Vacuum sealing)三大製程。如圖 2.2 所示。

奈米碳管背光模組的製造步驟[1][4][15]為：

- (1)CNT 漿料的整備：包括 CNT 的裁切、研磨，形成 CNT 粉末再混合成漿料。
- (2)陰極板的製作：先網印導電層（銀），再將 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，最後進入燒結爐燒結，燒結完畢後進行活化，即完成製作。
- (3)陽極板的製作：先於玻璃基板鍍上鍍鋁膜以形成反射層。再利用網印技術將螢光粉網印在反射層的另一面，最後放至空間支撐器(Spacer)在玻璃基板上，並進行燒結即完成製作。
- (4)陰極板與陽極板封裝：在陽極板上黏著框架(Side Frame)塗上黏著劑，後與陰極板做結合，並以玻璃膠封合並維持此一間隙的真空度，最後進行燒結即完成封裝。

(5)品質的測試：將製作完成的成品放置在抽真空高壓台上，進行抽真空及點亮的動作，主要針對亮度均勻度來做檢測。

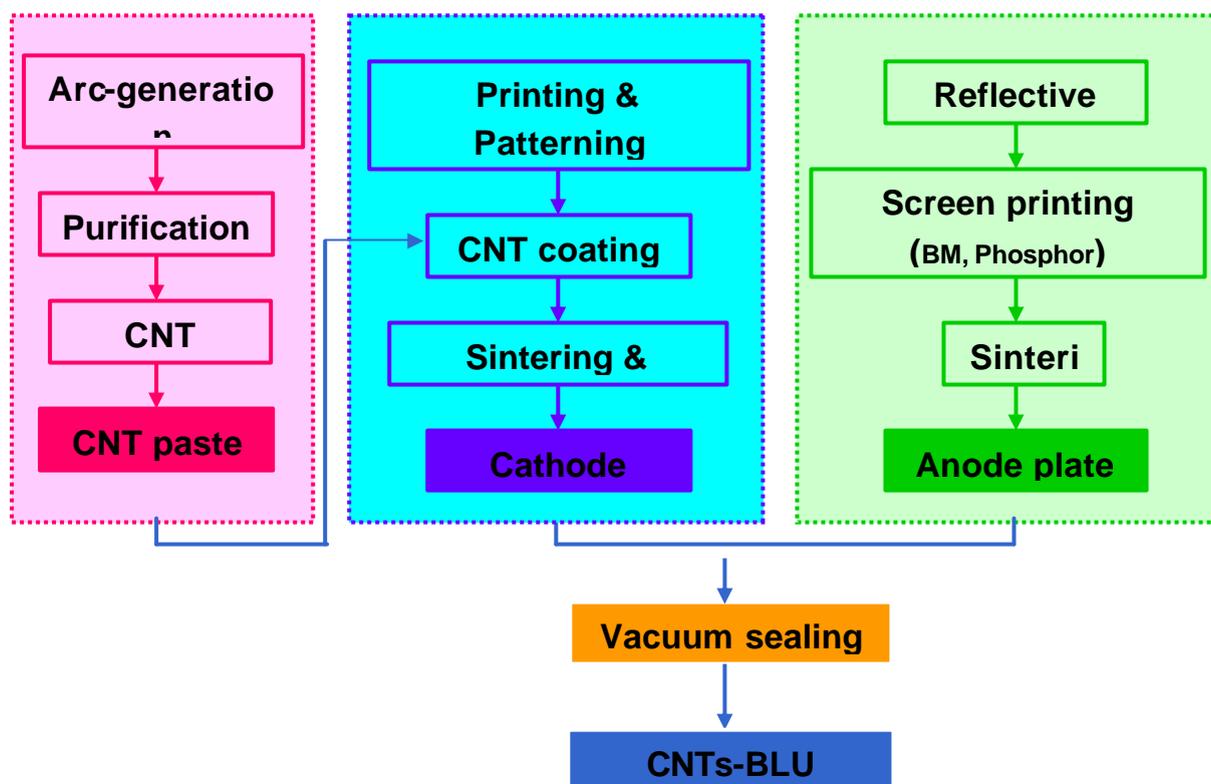


圖 2.2 奈米碳管背光模組製程圖

(資料來源：工研院影像顯示科技中心[19])

2.2 績效評估指標

指標是一種測量的工具，績效指標則是測量各項行為與作業的成果工具[10]。Drucker[25]認為設定績效指標的目的在於，讓抽象的使命，轉化為具有可操作性，也就是有價值的衡量依據。並且定義績效衡量方式時，應注意具體明確不要太空泛且不易達成的指標。

透過上述對於績效的定義以及衡量指標之目的與方式作了解後，下小節即討論高科技產業生產線績效評估指標相關文獻，並以此作為專家訪談的基本依據。

2.2.1 高科技產業生產線績效評估指標相關文獻

績效指標運用在高科技產業的生產線績效評估已有許多前例可循。本研究參考相關高科技產業所運用之績效指標，以及駐廠半年所實地觀察的

現象。並與研發單位人員做相關討論，以得到符合CNT-BLU製程需求之績效衡量指標因子，並以此作為專家問卷之基礎。以下為相關文獻之討論。

李晉裕[3]在半導體測試廠有限資源產能規劃之研究裡，採用瓶頸機台使用率、瓶頸機台使用累計天數、平均重工機台比率、產線平均不良率等六項績效指標來衡量此測試廠產能表現。

謝仲為[17]在先進規劃與排程系統應用於TFT-LCD產業之研究中，利用產出量、需求量、累計達交數、達交比例等績效指標來評估其系統應用之優劣。

陳子立[13]在以模擬為基礎之先進規劃與排程法-以TFT-LCD模組廠為例研究中，使用滿足訂單交期、在製品最小化、及時交貨、品質異常發生率等績效評估指標來檢視其所建立的生產線排程模式是否符合實際需求。

黃彥彰[8]在TFT-LCD產業多廠區訂單規劃與排程研究中，以最大訂單達交率、最大數量產出率、最小批量製造週期、瓶頸資源最大利用率與最小換線率等作為評估訂單規劃是否滿足需求的績效衡量指標。

吳承宗[2]針對印刷電路板在生產排程上的影響因素進行探討，為了診斷各項方案輸出的數據結果，使用績效衡量指標作為比較分析的基礎。其使用的績效衡量指標包含在製品數量、製程利用率、完工時間、等待時間及系統產出量。

張逸輝[11]在晶圓廠模擬模式之建立與分析的研究中，根據產出的資料加以分析，找出顯著的指標以作為結果評析之用。其使用的績效指標有操作、維修及檢測站生產線站數比例、生產週期時間、機台使用率、平均在製品數量、產出量及交期達成率。

許棟樑、黃嘉若[12]在半導體製造廠黃光區機台規劃研究中，採用產出個數、機台使用、生產週期時間以及系統中在製品個數等績效指標來衡量系統表現。

2.3 多準則決策模式(Multi Criteria Decision Making)

新經濟時代下，決策者面臨的是複雜且多變的環境，因此決策問題已經不是可以利用傳統單一準則之決策方法所能解決。決策者必須將各種準則納入考量，據以做出審慎決策，為多準則決策，此種決策方法適用於管理科學以及作業研究方面。依據Hwang and Yoon[29]之分類，多準則決策又

可分為連續型評估問題及離散型評估問題，前者稱為多目標決策(multiple objective decision making, MODM)，後者稱為多屬性決策(multiple attribute decision making, MADM)。

一般而言，多目標決策之主要方法，是透過數學規劃之模式，以求得決策之替選方案；而多屬性決策之主要方法，則是利用評估各屬性之相對重要性，以界定出各替選方案之最佳方案。而本研究之主題為層級分析法，屬於「多屬性決策」之範疇，故本節之重點將著重於探討多屬性決策模式之概念。在多屬性決策模式中，決策者在多個目標或準則下，針對多個方案進行評估，以評定其方案之優先順序。多屬性決策方法眾多，其中又以「簡單加權法」、「簡單多屬性評點法」、「多屬性效用理論」、「理想解類似度偏好順序評估法」、「選擇法」、「層級分析法」較為常見。故下小節將依序介紹此六種方法，其中「層級分析法」將在2.32節予以更完整說明。

2.3.1 多屬性決策方法

1. 簡單加權法(simple additive weighting, SAW)

Klee[31]提出在簡單加權法中，每一個屬性均分配有一權重，是為變數之係數，而決策者把每一個屬性項目下的值轉換成數字尺度，將每一方案的每一屬性之尺度乘以屬性權重數，即可得到每一方案的總得分。爾後依序利用此種方法計算出每一方案之總得分再予以比較，其得分最高者之方案，為第一優先考量之方案。

2. 簡單多屬性評點法(simple multi-attribute rating technique)

為Edwards[26]所提出之簡單的多準則評點決策方法，目的在於簡化多屬性效用理論之應用。此法利用比率評估的方式，以獲得要素之權重，接著使用簡單之相加模式的方式，予以加總計算得結果，以供決策者使用。

3. 多屬性效用理論(multi-attribute utility theory)

依經濟學上之假設，認為決策者在面對不同方案時，會以偏好序列選取效用最大之方案。Fishburn[27]認為多屬性效用函數由期望效用觀念發展而來，也就是效用函數能以各種評估效用之期望值表示，期望效用函數之成立需假設偏好關係滿足完整性、獨立性、連續性、不相等機率、複合性等公理。

4.理想解類似度偏好順序評估法(Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)

Jee and Kuang[30]提出TOPSIS 之方法、步驟為：(1)正規化(2)決定正理想解與負理想解(3)計算分離度(4)計算相對接近度。

5.選擇法(elimination et choice translating reality method)

最初由Benayoun et al., [23]提出構想，再經由Roy et al., [34]加以改良而成。ELECTRE 評估法主要建立出一致矩陣和非一致矩陣，再經由此二矩陣找出個方案之相互關係，以成對比較為基礎並以各方案相互之間之凌越關係來幫助決策者求得最佳方案，即利用優勢關係之概念，來表達方案間之優勢關係。

6.層級分析法 (Analytical hierarchy process, AHP)

是一種將決策者對複雜問題的決策思維過程模型化、數量化的過程。經由這種方法，可以將複雜問題分解為若干層次和若干因素，在各因素之間進行簡單的比較和計算，就可以得出不同方案重要性程度的權重，從而為決策方案的選擇提供依據。Ramanathan[35]認為層級分析法包含下列四個步驟：(1)將決策問題建構成階層模式(2)藉由成對比較獲得判斷矩陣(3)求算矩陣本身之優先順序及一致性(4)整合各階層之優先順序。

在層級分析法的應用領域中，黃聖欽[9]在營造業聯合承攬關鍵成功因素之研究-藉由問卷調查及專家訪談提出相關關鍵因素，取得營造商評選項目重要性比較，並使用層級程序分析法來歸納，得到評選項目和權重並對關鍵成功策略因子排序。Alomoush[21]在 Using performance indices and analytic hierarchy process to select best dispatch option of energy markets 研究中採用層級分析法作為在能源市場的調度上的研究方法，並認為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。並且由於層級分析法之理論推理簡單易懂，易為決策者所接受，非常具有實用性，故本研究採用層級分析法為研究工具。下一節即針對層級分析法做更進一步的探討。

2.3.2 層級分析法

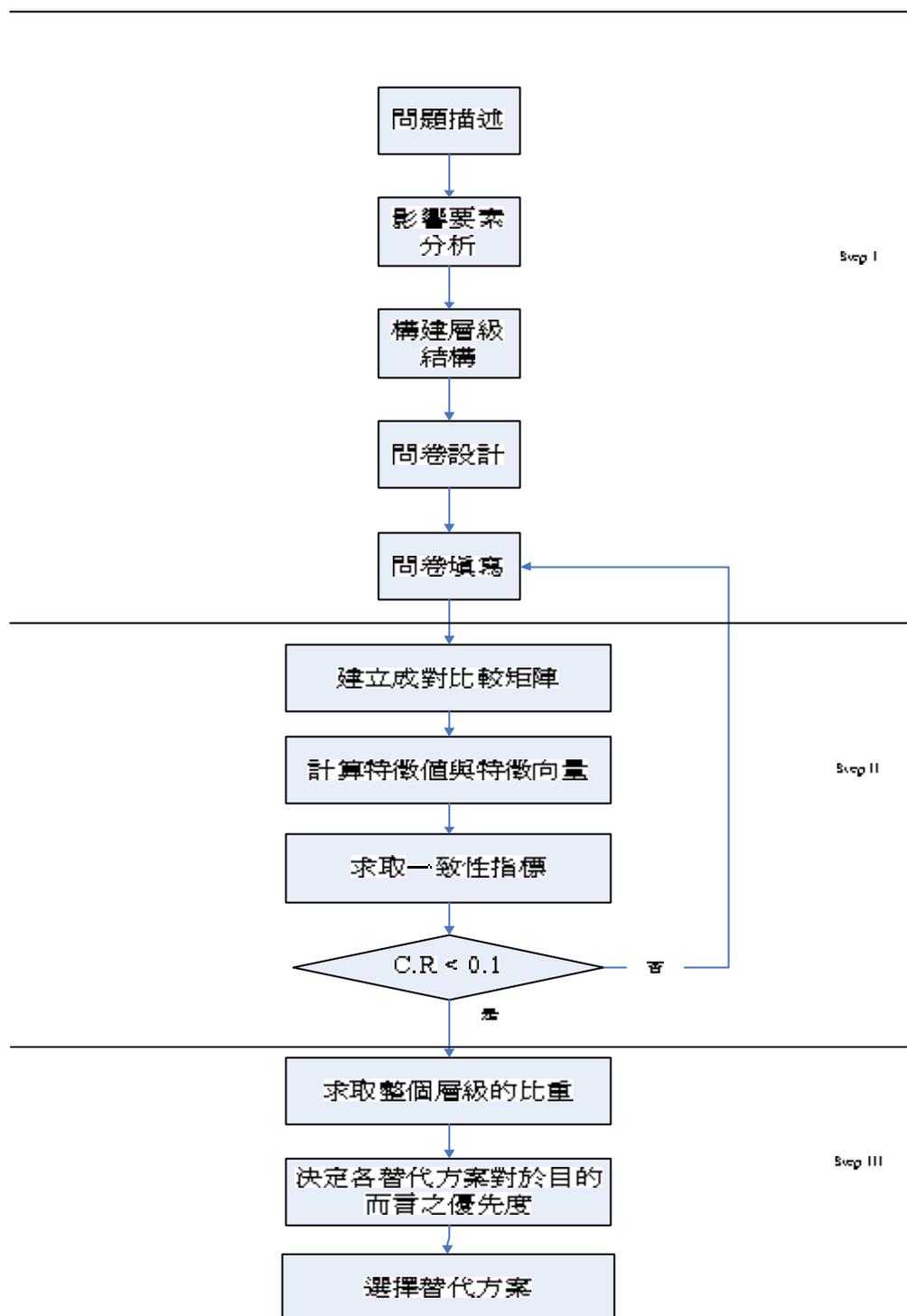
層級分析法 (Analytical Hierarchy Process 簡稱AHP) 主要應用在多個評估準則的決策問題上，其目的就是將複雜的問題系統化，由不同的層面給予層級分解，把各重要因素予以質化後加以綜合評估，以提供決策者選擇適當方案的充分資訊，同時減少決策錯誤的風險性。

根據Saaty [37]研究指出，層級分析法的應用領域包含有決定優先順序、產生替代方案、選擇最佳方案、決定需求、資源分配、預測結果或風險評估、衡量績效、系統設計、確保系統穩定、最佳化、規劃、解決衝突等12 類問題。

有關層級分析法之優點方面，首先Ramanathan[35]指出層級分析法具彈性，可結合量化及質化的要素，並處理群體決策的問題，以結合不同專家的觀點。接下來Bodin and Gass[24]認為MBA 學生若具有層級分析法之基本知識，將可利用此項能力來解決各種重要的決策問題。Yusuff et al.,[40]也指出層級分析法之優勢在於其有能力作為建構複雜、多人、多屬性、多時期問題的階層，並以上一層級之準則為基準，建立要素（方案或準則）之成對比較，而此成對比較乃是使用尺度(scale)表示兩個要素之強度，並可經由尺度過程轉換成為方案之優先順序權重。且Tseng and Lin[39]認為人類思考過程是有其限制的，因此可以利用層級分析法來解決複雜問題，並簡化複雜的問題，其方法是透過將複雜問題細分成許多階層，每一階層的數量化可為決策者提供豐富的資訊，並藉以分析問題，以選擇最佳之方案。另外Al-Tabtabai and Thomas[22]認為層級分析法可用來處理衝突管理，描述衝突管理的量度及質化思考，且在實際衝突狀況中，藉由層級分析法於利益/損失之量化下，來分析及解決衝突。

2.3.3 層級分析法的應用程序

利用AHP 法評估環境問題時，主要包括以下四個步驟，其詳細應用程序如圖2.3 所示：



AHP 實行步驟逐一說明。

1. 建立層級架構階段

決策者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，形成層級架構。此階段主要包含四個步驟。

(1) 問題描述

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。

(2) 影響要素分析

將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) 建構層級架構

整個層級是由目標、準則、次準則及方案所構成。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。建立層級架構的原則根據鄧振源與曾國雄[16]，建立層級時應注意第一層為決策問題的目標或評比之目的、重要性相近的要素應置於同一層級、同一層級內之要素個數不宜過多且應力求獨立，且最底層為決策問題的行動方案或評比對象。

(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。問卷中評估不同要素之相對重要水準劃分為五級，以表 2.1 示之。

表 2.1 AHP 的評估尺度定義與說明

評估尺度	定義	說明
1	同等重要 (Equal Importance)	兩比較方案的貢獻度具同等重要。 等強 (Equal)
3	稍重要 (Weak Importance)	經驗與判斷稍微傾向喜好某一方 案。稍強(Moderately)
5	頗重要 (Essential Importance)	經驗與判斷強烈傾向喜好某一方 案。頗強(Strongly)
7	極重要 (Very Strong Importance)	實際顯示非常強烈傾向喜好某一方 案。極強(Very Strong)
9	絕對重要 (Absolute Importance)	有足夠證據肯定絕對喜好某一方 案。絕強(Extremely)
2、4 6、8	相鄰尺度的中間值 (Intermediate Value)	需要折衷值時。

(資料來源：鄧振源、曾國雄[16])

2. 各層級要素間權重計算階段

在計算各層級要素間相對權重時，首先建立成對比較矩陣以計算其權重。計算成對比較矩陣後，使用特徵值(eigenvalue)解法，找出特徵向量(eigenvector)。最後再進行一致性檢定，以確定其判斷結果是否可信。以下為本階段的三大步驟做逐一說明。

(5) 建立成對比較矩陣

某層級的要素，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。Saaty[36] 在一些合理之假設下，利用幾何平均數作為整合之函數。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，即成對比較矩陣 A 。數學式如下所示。

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

(6) 計算特徵值與特徵向量(eigenvector)

關於特徵向量的解法，在實務中 Saaty[37]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 I_{\max} 的計算方法為把成對矩陣 A 乘以特徵向量 W 後，得到新向量 W' 。數學式如下所示。

$$A \times W = W'$$

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

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 I_{\max} 。

$$I_{\max} = \frac{1}{n} \left(\frac{W'_1}{W_1} + \frac{W'_2}{W_2} + \cdots + \frac{W'_n}{W_n} \right)$$

(7) 一致性的檢定

理性決策者的偏好架構應該滿足遞移律，因此，理想上成對比較的結果應該滿足遞移律。然而，人為主觀判斷所構成的成對比較矩陣不容易完全遵照遞移律，因此可以容許遞移性稍微降低，但須測試其偏好一致性的程度。AHP 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。

$$C.I = \frac{I_{\max} - n}{n - 1}$$

其中, C.I.=0 表示前後判斷完全一致, C.I.>0.1 表示前後判斷有偏差, C.I.<0.1 表示前後判斷不完全一致但可接受。

另外，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2.2所示。

表 2.2 隨機指標表

階數	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[38])

$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.}$ ，若 $C.R. \leq 0.1$ ，則一致性程度視為滿意。但實務上若 C.R.

小於 0.15 亦為可接受之範圍 [14]。

3. 整體層級權重計算階段

因為層級間重要性並非相同，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。最後再計算方案間的優先順序。本階段包含最後兩步驟。以下逐一說明。

(8) 整體層級權重計算

當整體有 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.)數學式如下。

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

C.R.H.：整個層級結構的一致性比率

M：整個層級一致性指標的總和

\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

把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。再讓每一層及優先矩陣相乘，求得綜合特徵向量。此即為最下層各方案對最高層級目標的優先值。

2.4 系統模擬

系統模擬在近10年才逐漸普及於製造業[18] 所謂模擬(Simulation)乃模仿真實世界過程或系統中的操作性行為。主要透過電腦的快速運算能力，來觀察操作性系統在隨著時間的前進下，系統內各組成份子相關資料下所產生的交互影響，以推論該系統行為的績效與特質，作為決策之參考[5]。

系統模擬一般劃分為模式概念化(Modeling)與實際模擬(Simulation)兩個階段，於模擬概念化階段，係將真實的世界予以建構成觀念模式的過程，而實際模擬階段，是將觀念模式轉化製成電腦模擬程式的過程，如圖2.4 所示[41]。

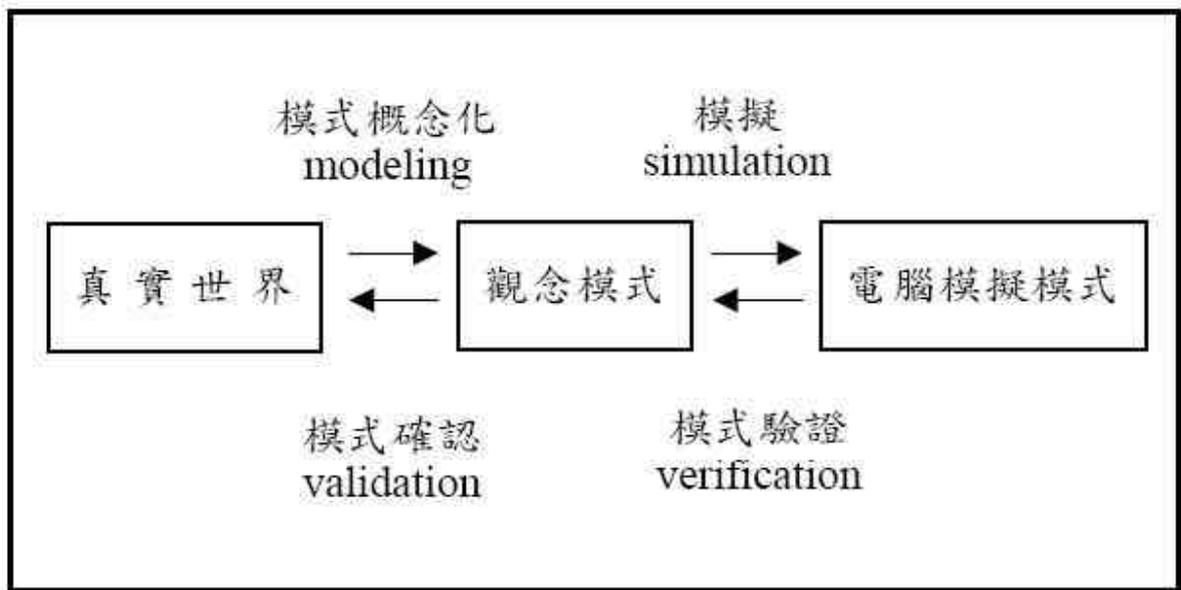


圖 2.4 模擬概念圖
(資料來源：Zeigler[41])

2.4.1 模擬的步驟

Law [32]所提出的七個建構系統模擬的程序如圖 2.5：

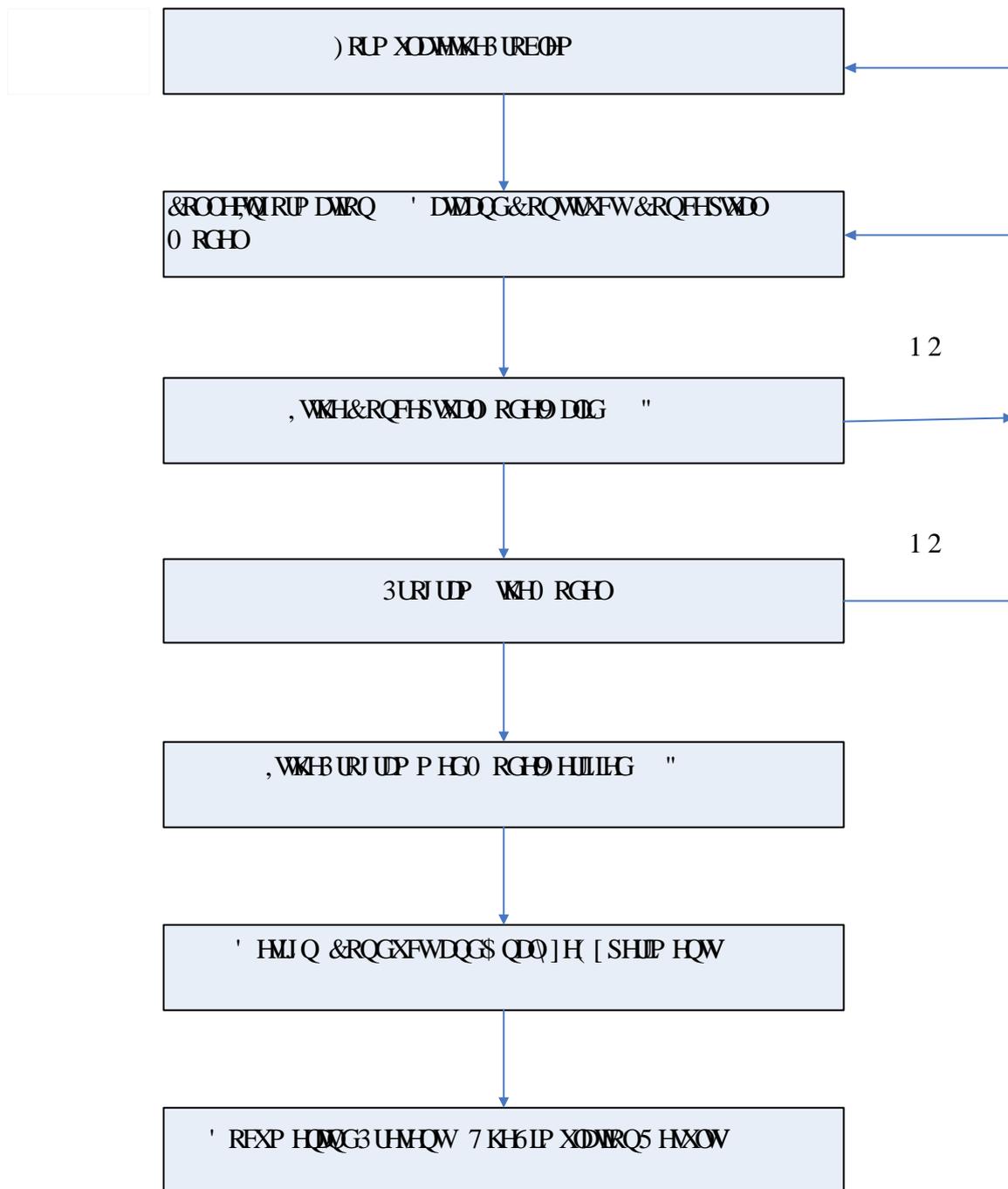


圖 2.5 系統模擬建構程序
 (資料來源：Law, A. M.[32])

為了提高系統模擬結果的有效性，Law [32]認為除了對系統的了解外，與決策者保持密切且經常性的溝通，明確掌握決策者所期望的績效指標、蒐集正確的系統資訊、正確的使用機率分配、以及多次的模擬分析而非僅以一次模擬結果當作決策依據等，都是建構一個成功模擬架構的重要因素。

2.4.2 模擬的優點

模擬的優點[6][41]：

1. 能夠解決龐大而且複雜的問題。
2. 較具彈性，尤其以電腦來處理模擬模型時，可以試驗不同的假設狀況。
3. 模擬模型較解析模型更接近真實系統，會提高其解答的適用性。
4. 模擬可以縮短試驗時間。
5. 模擬模型變數之機率分配可由經驗或歷史資料導入，非解析模型特定機率分配函數。
6. 模擬可與理論分析印證，甚至導出理論結果。
7. 模擬可以驗證模型與真實系統之間的相同性。

2.4.3 系統模擬在績效評估的應用

系統模擬應用在高科技產業績效評估是相當的廣泛，其相關文獻有：Mehmet[33]對電子裝配廠分別模擬拉式與推式排程，比較最小生產批數、WIP 與最終產出數績效指標。徐政宏[7]應用 Arena 軟體建構生產系統，比較多能工派工法則與 FIFS(first in first serve)、LNQ(length of the queue)、LSF(last station first)在緊急插單下的排程績效，其研究結果顯示:以顧客滿意度為績效指標時，LSF 派工法則有較高的滿意度。F.T.S. Chan 與 H.K. Chan[28]以 SIMAN IV 模擬軟體配合三種基本派工法則，模擬彈性製造系統的生產環境，以 SPT 法則在平均流程時間上最佳，而 EDD 法則在平均延遲績效上最小化，在以 $SPT * TOT$ (Total Process Time)平均提早完工績效衡量準則的小化，有不錯的表現。梁豪哲[15]在高科技產業研發管理之研究—以模擬建置奈米碳管背光模組陰極板製程為例的研究中利用 eM-Plant 來對流程式及迴流式兩種不同生產型態的產線作績效比較。林凡琪[4]也在 CNT-BLU 陰極板製程研究上使用 eM-Plant，來對派工法的選取作一比較。

由以上的文獻可得到在 CNT-BLU 的應用上有林凡琪[4]、梁豪哲[15]，由於他們的研究範圍都僅限於陰極板製程，未能充份完整呈現出CNT-BLU 製程的整體架構，為了彌補此一不足，本研究將研究範圍從陰極板製程擴大為整條製程讓完整性更加充分。

第三章 研究方法與設計

本章節承接文獻探討所歸納的結論，採用 AHP 解決 CNT-BLU 多個衡量績效指標的問題，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。本章將完整介紹 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。

3.1 績效評估模式建構

由於高科技產業具有產品週期短且設備資產額龐大等特性，若能做出快速反應便能夠強化管理來增加產業競爭力。而模擬技術可透過電腦來模擬真實世界的狀況，不用耗費大量的人力、物力來進行測試，並且可快速的實驗出測試結果，即使產品週期短的不利因素也能快速做出反應。

在 CNT-BLU 績效指標取得上，本研究採用整理文獻資料輔以專家訪談來得到可符合的績效指標。而本研究在 CNT-BLU 績效指標所尋找的方法，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，再配合關鍵績效指標收集需要的模擬實驗數據。最後針對所設計的不同生產線作效益比較。

本研究程序可分為三大階段，使用了 AHP 法與模擬技術為建構基石：

階段 I：績效指標取得。先整理文獻資料找出相關產業的績效指標，再輔以專家訪談來得到可符合 CNT-BLU 製程的績效指標，共有文獻探討、專家訪談兩步驟。

階段 II：關鍵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，共有問卷設計、決定指標權重二個步驟。

階段 III：模擬建模與實驗。此階段運用模擬技術做生產線實際生產前的評估，以收集模擬實驗數據為主要目的，共有模擬對象的相關資料收集、模型建構、模擬實驗，共三個步驟。

3.2 模式建構步驟

本小節說明將以分階段的方式進行，對每個階段又下的幾個步驟做一詳細解說。

階段 I：績效指標取得

此階段的目的是為了求得能夠符合研究對象的製程績效指標所進行的程序

步驟一：文獻探討。先整理相關高科技產業文獻資料找出眾多的績效指標。

步驟二：專家訪談。為了能夠求得能夠與 CNT-BLU 製程貼近的生產線績效因子，把所整理的績效指標與專家做討論，篩選出適合的因子。

階段 II.關鍵績效指標之權重取得。

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：問卷的設計。根據階段 I 所找到的績效因子，設計給專家填寫的問卷。問卷的目的在於能夠求得的關鍵績效指標能夠與所要分析的 CNT-BLU 製程一致。

步驟二：決定各因子權重。回收填寫的問卷，進行 AHP 法的分析，計有建立對比矩陣、求矩陣之特徵向量與最大特徵值、一致性檢定、得到因子權重四個步驟。

階段 III：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。其目的在於建構出不同的模擬模型，以 AHP 所得到的關鍵績效指標來做模擬實驗，並做效益比較。

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，包括所衡量的單位、還有工作現場的一些限制，方可收集建構模型所需之資料。

步驟二：模型建構。於前一步驟所取得的資料後，先從現場的製程作相同的原始模擬生產線，再與現場專家討論出新的模擬生產線。由所得到的兩種不同生產線模型在進行下一個步驟。

步驟三：模擬實驗。此步驟在於依所欲比較的不同生產線建立模擬方案，數據收集方面採用階段 II.所得到的關鍵績效因子，來做效益評估。

本章節所建立的績效指標模擬評估的模式，到此已做過完整的介紹。

使用此方法可應用在考量多個績效指標下的生產線，融入專家意見的權重並整合多個指標，如此將能使生產線的選取具有數值化的依據，讓決策更加明確。

第四章 關鍵績效評估指標

本章節承接文獻探討所歸納的結論，研究方法採用 AHP 定義出奈米碳管背光模組製程的關鍵績效評估指標，由於本研究不做最佳方案之決策，故本模式建構不做整體層級權重分析，僅依建立層級架構、計算各層級要素間權重等二階段分析與計算。

4.1 績效評估指標構面與因子之分析

首先本研究歸納第二章所做的績效指標因子相關文獻探討，以及自身半年的實習經驗而後進行專家訪談，訪談對象為 CNT-BLU 製程的研發人員，將適合奈米碳管背光模組製程的績效指標特性予以加入或剔除，最終做出共八項績效評估指標：1.平均日產能 2.平均在製品數量 3.總流程時間、4.週期時間 5.瓶頸機台使用率 6.工作站數 7.機台故障率 8.機台等待率。如表 4.1 所示。

接著提出奈米碳管背光模組製程的二大績效指標構面，包含生產能力指標面與機器設備能力指標面，如圖 4.1 及 4.2。

表 4.1 CNT-BLU 製程績效指標構面及因子說明表

名詞	說明
生產能力指標評估構面	
平均日產能	生產線一天之內平均產品生產數量
平均在製品數量	生產線上在暫存區等待加工之產品個數
總流程時間	一產品從投入到最後產出所花費之時間
週期時間	瓶頸機台加工時間
機器設備指標評估構面	

名詞	說明
瓶頸機台使用率	瓶頸機台的加工利用率。
工作站數	生產線中工作機台總站數。
機器故障率	機器故障的機率
機器等待率	機器設備等待工件到來的機率

(資料來源：本研究整理)

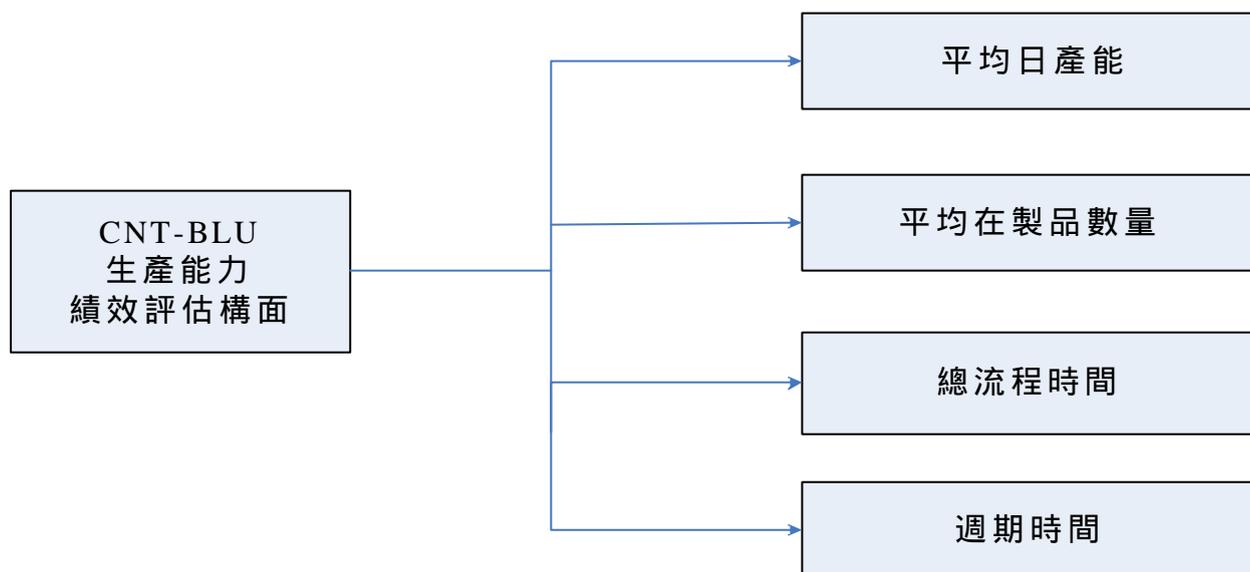


圖 4.1 CNT-BLU 製程生產能力績效評估構面層級圖

(資料來源：本研究整理)

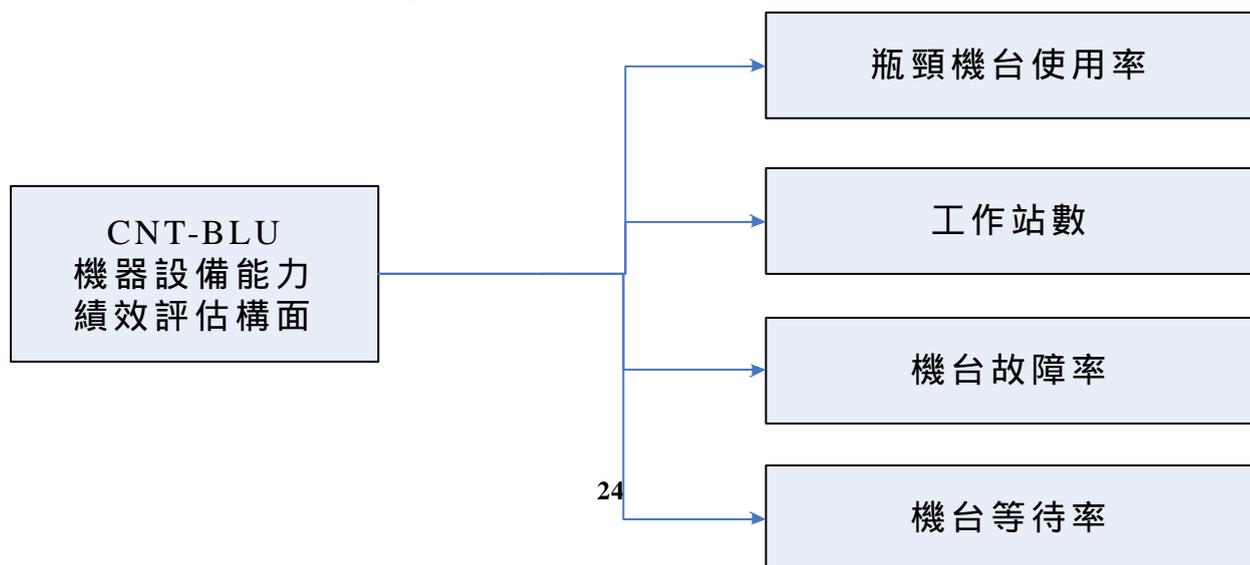


圖 4.2 CNT-BLU 製程機器設備能力績效評估構面層級圖

(資料來源：本研究整理)

4.2 專家問卷填寫

根據上節得到的績效指標及構面後，本研究針對此二層級架構設計出一份符合 AHP 之成對比較問卷。如表 4.2 及 4.3 為生產能力構面及機器設備能力構面之因子分析問卷。問卷詳細內容請參考附錄一，本節就不再列出。

接著將問卷發給專家人員填寫，訪談對象為三位 CNT-BLU 製程的資深工程師，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。

表 4.2 CNT-BLU 生產能力績效評估構面成對比較表

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
總流程時間																		平均日產能
總流程時間																		平均在製品數量
總流程時間																		週期時間
平均日產能																		平均在製品數量
平均																		週期時間

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
日產能																		
平均在製品數量																		週期時間

表 4.3 CNT-BLU 機器設備能力績效評估構面成對比較表

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
瓶頸機台使用率																		工作站數
瓶頸機台使用率																		機器等待率

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
瓶頸機台使用率																		機器故障率
工作站數																		機器等待率
工作站數																		機器故障率
機器等待率																		機器故障率

4.3 關鍵績效指標評選模式建構與分析

在得到專家問卷後，對所得到的結果來作分析，以得到兩構面下的關鍵績效指標，以下為操作過程：

1. 建立對比矩陣

收集填寫後的問卷，先對生產能力構面作分析，將之轉換成對比較矩陣如表 4.4。

表 4.4 生產能力構面評估指標成對比較矩陣

	平均日產能	平均在製品數量	總流程時間	週期時間
平均日產能	1.000	2	6.542	1.976
平均在製品數量	0.5	1.000	0.620	0.5
總流程時間	0.153	1.613	1.000	0.161
週期時間	0.506	2	6.211	1.000

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。

$$\sqrt[4]{1 \times 2 \times 6.542 \times 1.976} = 2.255$$

$$\sqrt[4]{0.5 \times 1 \times 0.62 \times 0.5} = 0.627$$

$$\sqrt[4]{0.153 \times 1.613 \times 1 \times 0.161} = 0.446$$

$$\sqrt[4]{0.506 \times 2 \times 6.211 \times 1} = 1.583$$

接著予以標準化，得到特徵向量：

$$W = \begin{bmatrix} \frac{2.255}{4.911} \\ \frac{0.627}{4.911} \\ \frac{0.446}{4.911} \\ \frac{1.583}{4.911} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.459 \\ 0.128 \\ 0.091 \\ 0.322 \end{bmatrix}$$

(2) 算出 w'：

$$W' = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 6.542 & 1.976 \\ 0.5 & 1 & 0.62 & 0.5 \\ 0.153 & 1.613 & 1 & 0.161 \\ 0.506 & 2 & 6.211 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.459 \\ 0.128 \\ 0.091 \\ 0.322 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.947 \\ 0.575 \\ 0.420 \\ 1.375 \end{bmatrix}$$

(3)求最大特徵值(I_{\max}) :

$$I_{\max} = \frac{1}{4} \left(\frac{1.947}{0.459} + \frac{0.575}{0.128} + \frac{0.42}{0.091} + \frac{1.375}{0.322} \right) = 4.405$$

3.一致性檢定

(1)求一致性指標(C.I.) :

$$C.I. = \frac{I_{\max} - n}{n - 1} = \frac{4.405 - 4}{4 - 1} = 0.135$$

(2)求一致性比率(C.R.) :

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I} = \frac{0.135}{0.9} = 0.15$$

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 4.5 :

表 4.5 生產能力績效主因子間相對重要度

主因子	平均日產能	平均在製品數量	總流程時間	週期時間
相對重要度	0.459	0.128	0.091	0.322
排名	1	3	4	2

由表 4.5 可得出平均日產能為生產能力構面之關鍵績效指標。

在機器設備能力構面 :

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 4.6

表 4.6 機器設備能力構面評估指標成對比較矩陣

	瓶頸機台使用率	工作站數	機台故障率	機台等待率
瓶頸機台使用率	1.000	5.130	2.237	1.710
工作站數	0.195	1.000	0.138	0.177
機台故障率	0.447	7.246	1.000	4.217
機台等待率	0.585	5.650	0.237	1.000

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。

$$\sqrt[4]{1 \times 5.13 \times 2.237 \times 1.71} = 2.105$$

$$\sqrt[4]{0.195 \times 1 \times 0.138 \times 0.177} = 0.263$$

$$\sqrt[4]{0.447 \times 7.246 \times 1 \times 4.217} = 1.922$$

$$\sqrt[4]{0.585 \times 5.65 \times 0.237 \times 1} = 0.941$$

接著予以標準化，得到特徵向量：

$$W = \begin{bmatrix} \frac{2.105}{5.231} \\ \frac{0.263}{5.231} \\ \frac{1.922}{5.231} \\ \frac{0.941}{5.231} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.402 \\ 0.05 \\ 0.367 \\ 0.179 \end{bmatrix}$$

(2)算出 W' :

$$W' = \begin{bmatrix} 1 & 5.13 & 2.237 & 1.71 \\ 0.195 & 1 & 0.138 & 0.177 \\ 0.447 & 7.246 & 1 & 4.217 \\ 0.585 & 5.65 & 0.237 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.402 \\ 0.05 \\ 0.367 \\ 0.179 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.786 \\ 0.211 \\ 1.664 \\ 0.784 \end{bmatrix}$$

(3)求最大特徵值(I_{\max}) :

$$I_{\max} = \frac{1}{4} \left(\frac{1.786}{0.402} + \frac{0.211}{0.05} + \frac{1.664}{0.367} + \frac{0.784}{0.179} \right) = 4.394$$

3.一致性檢定

(1)求一致性指標(C.I.) :

$$C.I. = \frac{I_{\max} - n}{n - 1} = \frac{4.394 - 4}{4 - 1} = 0.131$$

(2)求一致性比率(C.R.) :

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I} = \frac{0.131}{0.9} = 0.146$$

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 4.7 :

表 4.7 機器設備能力績效主因子間相對重要性

主因子	瓶頸機台使用率	工作站數	機台故障率	機台等待率
相對重要度	0.402	0.05	0.367	0.179
排名	1	4	2	3

由表 4.7 可得出瓶頸機台使用率為機器設備能力構面之關鍵績效指標。

4.3.1 小結

本研究依所建立的 CNT-BLU 製程之生產能力、機器設備能力兩績效評估構面，經專家問卷訪談及 AHP 分析，分別求得平均日產能、瓶頸機台使用率在構面下的最大權重因子。本研究即定義此二個最大權重因子為 CNT-BLU 生產線關鍵績效評估指標，為第五章的模擬實驗績效評估標準。

第五章 模擬實驗用於 CNT-BLU 製程

本章重點在於對研發單位提供一套符合製程的生產線系統模擬與分析模式，而不再於最後效益結果。並利用第三章所定義出的關鍵績效指標來分析所提出的兩種符合製程特性之生產線型態。本章在 5.1 節中，完整介紹奈米碳管背光模組製程，並針對加工機台做用途以及參數說明。且於 5.2 節中規劃兩種符合製程特性之生產線流程。最後，在 5.3 節中利用模擬軟體 eM-plant 模擬建置出 5.2 節所規劃的生產線，並針對第三章所定義的關鍵績效指標作效益分析。

5.1 CNT-BLU 製程分析

CNT-BLU 製程可拆解為陰極版、陽極板及封裝製程三大部分。以下分別為三大製程的詳細介紹：

1.陰極板製程：共 10 道子製程，依序為玻璃基板清洗(Cleaner)、網印銀電極(Printer Ag)、軟烤(Bake soft)、曝光(Exposure)、顯影(Develop)、硬烤(Bake hard)、網印奈米碳管(Printer CNT)、燒結(Sinter)、活化(Taping)及裁切(Cutter)等。

2.陽極板製程：共 10 道子製程，依序為玻璃基板清洗(Cleaner)、真空濺鍍鋁膜(Plate aluminum)、網印銀電極(Printer Ag)、軟烤(Bake soft)、網印螢光粉(Printer Powder)、擺放空間支撐器(Spacer)、燒結(Sinter)及裁切(Cutter)等。

3.封裝製程：共三道製程，包含擺放 side Frame 封合、燒結封合(Sinter)、點亮測試(Test)。圖 5.1 為製程流程圖。

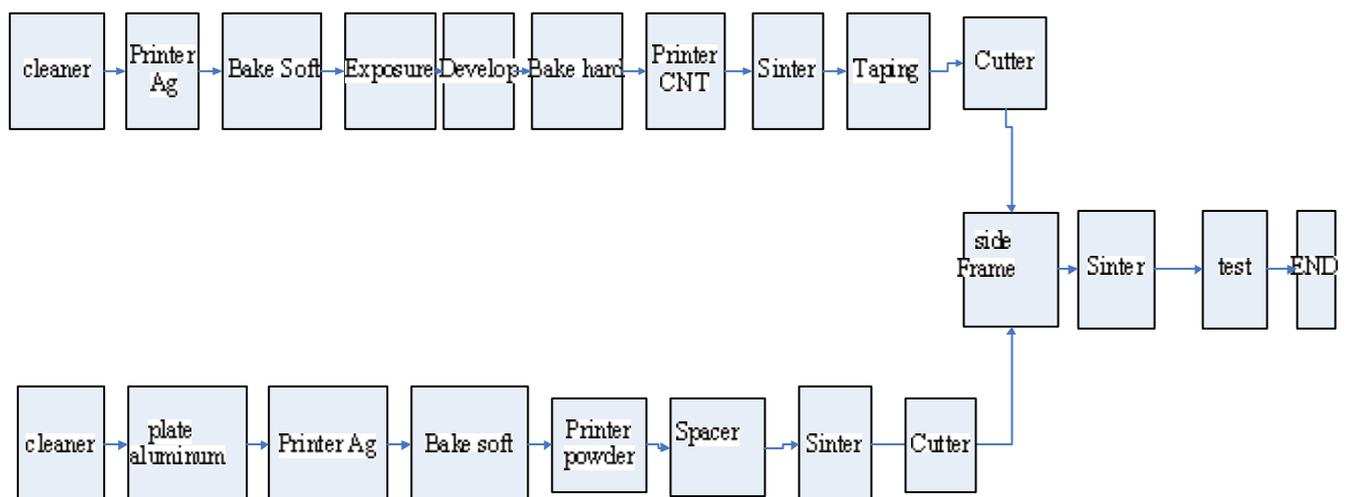


圖 5.1 CNT-BLU 製程流程圖

(資料來源：本研究整理)

5.1.1 CNT-BLU 製程機台說明

本研究的機台參數資料乃根據研發單位所提供的資料為設定。表 5.1 為各個機台參數的詳細說明。

表 5.1 CNT-BLU 製程之工作機台說明表

機台名稱	機台功用	機台參數
清洗機	沖洗玻璃基板粉塵	U(195,200)sec/batch
網印機 (Ag)	厚膜網印銀電極漿料	10sec/unit
網印機 (CNT)	厚膜網印奈米碳管漿料	10sec/unit
網印機 (螢光粉)	厚膜網印奈米碳管漿料	10sec/unit
鍍鋁膜機	真空濺鍍鋁模在玻璃基板上	30sec/unit
軟烤機	乾烤已網印銀電極漿料	7min/batch
硬烤機	烘烤已曝顯基板	10min/batch
燒結爐	高溫燒結面板	10hr/batch

機台名稱	機台功用	機台參數
曝光機	滿版網印後圖形曝光	U(5,10)sec/unit
顯影機	曝光後顯影製程程序	U(150,180)sec/unit
活化機	去除基板上雜質	8min/unit
裁切機	裁切基板的需求尺寸	U(1,1.5)min/unit
Spacer 機	擺放 spacer 到陽極版玻璃基板上	2min/unit
封合機	將陽極版和陰極板加以封合	U(15,17)min/unit
測試機	測試面板發光效率	7min/unit

(資料來源：工研院影像顯示科技中心[35]，本研究整理)

5.2 CNT-BLU 製程生產線之規劃

目前顯示器中心所使用的生產線型態是如圖 5.2。此生產型態當作模擬的原始生產線，而 CNT-BLU 製程依其製程特性，因為製程中的陰極板及陽極板多道子製程具有相同的加工模式，經與研發單位人員討論，可將重覆加工之特性以設計成合併生產線型態作新產線流程模擬試驗模型。圖 5.3 為新建構之生產線型態。而此二種不同的生產線差異在於製程的合併與否。

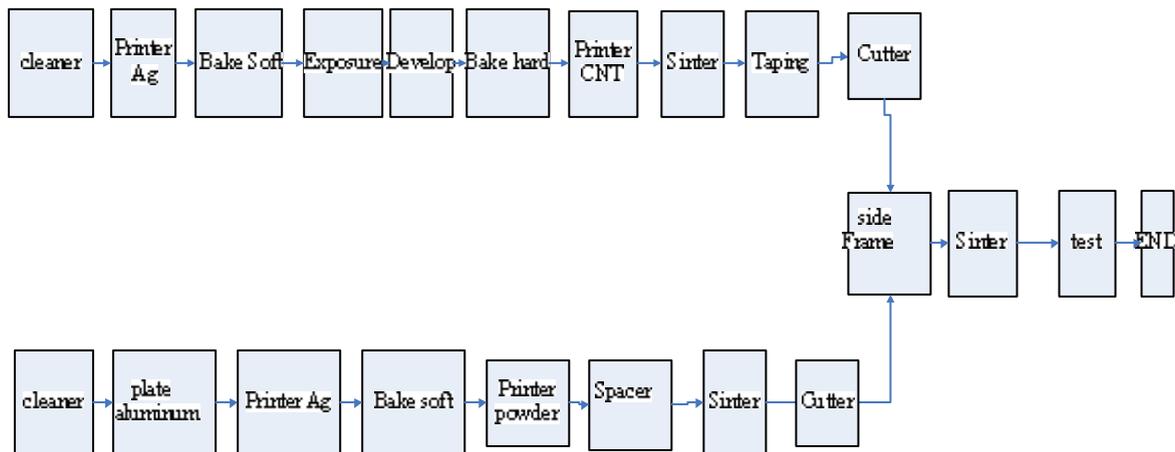


圖 5.2 CNT-BLU 製程原始生產線流程圖

(資料來源：本研究整理)

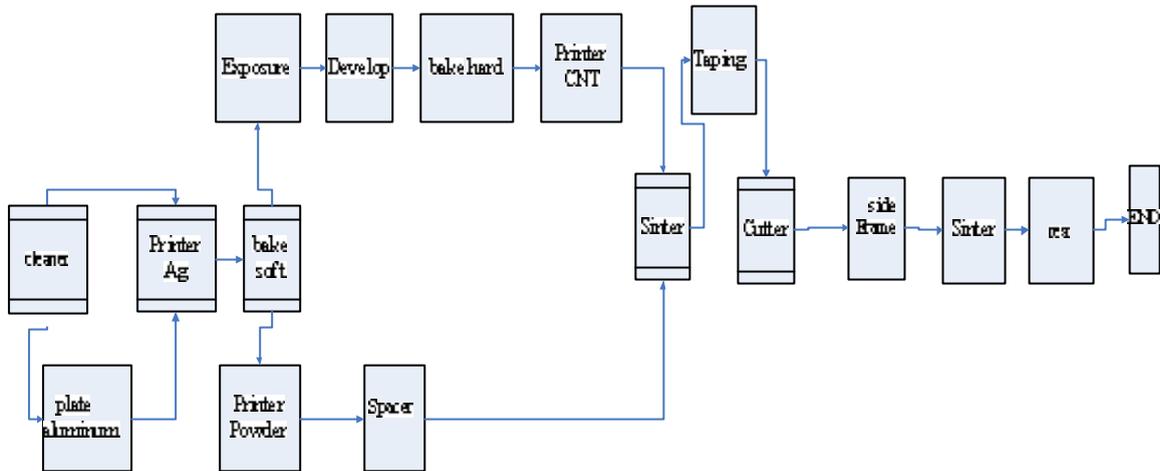


圖 5.3 CNT-BLU 製程新生產線流程圖

(資料來源：本研究整理)

5.3 CNT-BLU 製程生產線績效模擬與分析

5.3.1 生產線模擬之範圍與限制

所模擬的生產線受限於資料的可取得性等因素, 而有以下的假設條件：

1. 模擬之生產線不納入機台購置成本。
2. 模擬之生產線其工作天數為一星期五天，每日二十四小時。
3. 暫存區的容量無限制。
4. 不考慮產品搬運時間。
5. 派工法則為先進先出法(first in first out, FIFO)。
6. 不考慮人為因素所造成之各種狀況。

5.3.2 生產線模擬之實驗條件

本研究所使用的模擬軟體為 eM-plant v4.6。本生產線模擬實驗次數(Replication)共行 5 次，並把 5 次實驗數據的平均值做為模擬的輸出結果。每次實驗皆連續進行五天的模擬，且所需之亂數是依據軟體內建的亂數種子(Seed)來產生。

5.3.3 生產線模擬建構與分析

本小節依據 5.2 節所規劃出的產線流程，並使用模擬軟體 eM-plant，建構出符合 CNT-BLU 製程之原始生產線及新生產線，如圖 5.4 及圖 5.5 所示。另外，模擬模式中所使用的機台圖示、類別及功能，本研究以表 5.2 來說明其與實際對應物件之對照。

表 5.2 eM-plant 物件對照表

eM-plant 物件	功能	實際對應說明
 Source	產生工件來到	玻璃基板來到
 Drain	工件離開系統	成品離開系統
 Entity	可移動之工件	玻璃基板
 SingleProc	單一加工機台	網印機、曝光機、顯影機、活化機、裁切機、鍍鋁膜機、Spacer 機、封合機、測試機
 ParalleProc	平行加工機台	清洗機、軟烤機、硬烤機、燒結爐
 Buffer	在製品暫存區	半成品暫存區
 FlowControl	加工件分流控制	玻璃基板分配流向
 EventController	控制系統運作狀態	設定模擬時間
 Method	工件屬性控制	統計結果、屬性給定

(資料來源：本研究整理)

圖 5.4 為模擬 CNT-BLU 製程的原始生產線，其所佈置的機台總數為 21 台，共有 4 個暫存區。而清洗機台、軟烤機台及軟硬烤機台的機台加工批量為 6 片，燒結爐的機台生產批量為 12 片，其餘機台為單片加工模式。而原物料到來之設定為無限來源。

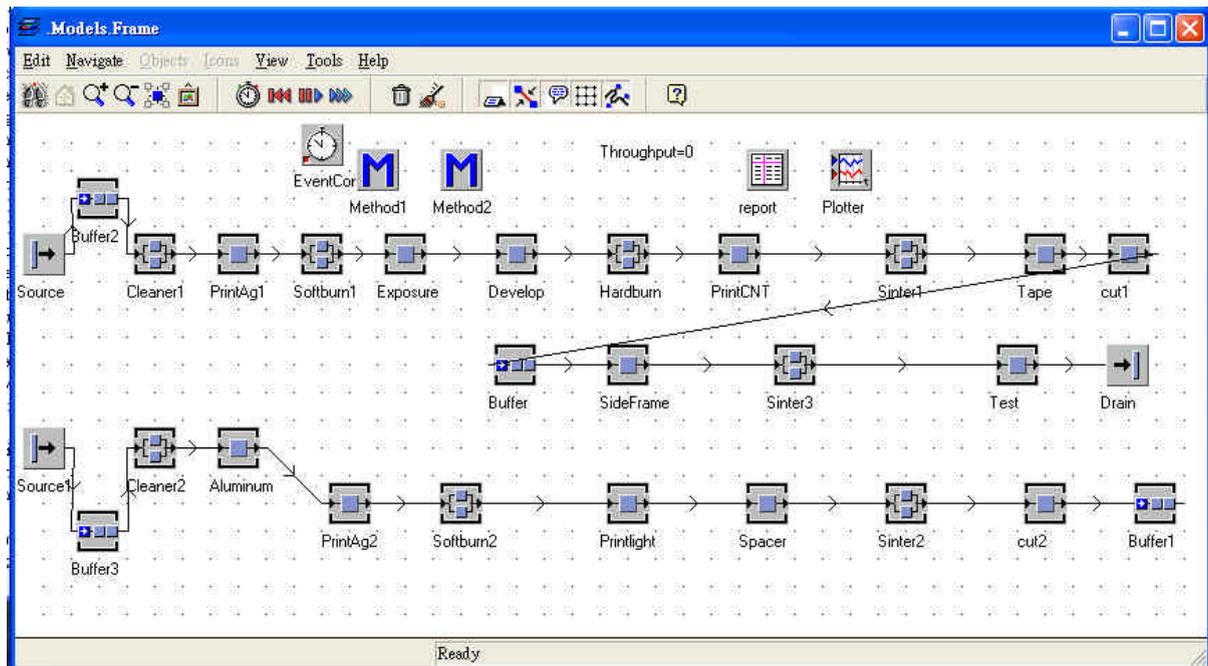


圖 5.4 CNT-BLU 製程原始生產線系統模擬圖

(資料來源：本研究整理)

圖 5.5 為模擬 CNT-BLU 製程的新生產線，其所佈置的機台總數為 16 台，共有 3 個暫存區。而清洗機台、軟硬烤機台的機台加工批量為 6 片，燒結爐的機台生產批量為 12 片，其餘機台為單片加工模式。而原物料到來之設定為無限來源。

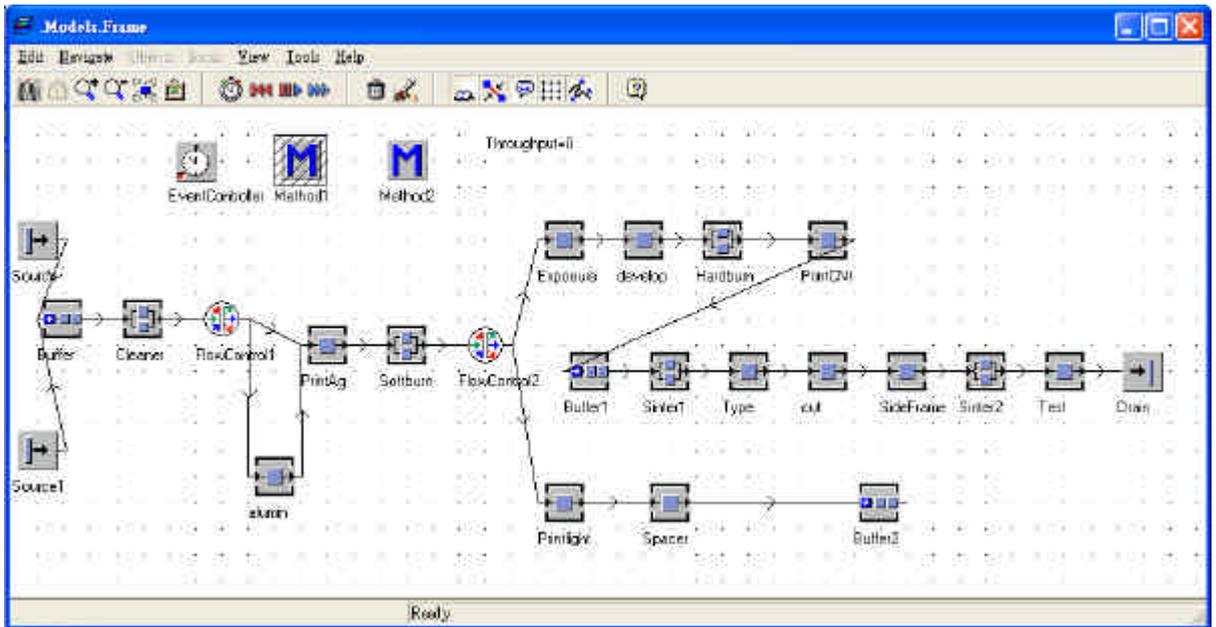


圖 5.5 CNT-BLU 製程新生產線系統模擬圖

(資料來源：本研究整理)

5.3.4 生產線模擬之統計數據假設檢定

由第三章所得到的關鍵績效因子，分別為平均日產能及瓶頸機台利用率時間，來做為模擬的效益依據。表 5.3 與表 5.4 即為兩生產線模擬後之數據輸出統計結果。

表 5.3 平均日產能統計數據表

原始生產線		新生產線	
實驗次數	平均日產能(片)	實驗次數	平均日產能(片)
1	13.6	1	26
2	13.8	2	25.7
3	14	3	25.5
4	13.5	4	25.9
5	13.7	5	25.6
平均	13.72	平均	25.74

(資料來源：本研究整理)

將得到的數據進行統計檢定：原始生產線與新生產線的變異數檢定

$H_0: s_1 = s_2$ $H_1: s_1 \neq s_2$, 顯著水準為 $\alpha = 0.05$

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

$$\because F_{4,4} = \frac{0.037}{0.043} = 0.86 \leq F_{0.025, 4, 4} = 9.605 \notin C$$

→無法拒絕 H_0

∴不能說 $s_1 = s_2$ 是錯的。

接下來做平均數檢定： $H_0: m_1 \geq m_2$ $H_1: m_1 < m_2$

$$\text{顯著水準為 } \alpha = 0.05, \quad t_{(n_1+n_2-2)} = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

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

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1-1)S_1^2 + (n_2-1)S_2^2}{n_1+n_2-2}} = 0.2$$

$$t_{(n_1+n_2-2)} = \frac{13.72 - 25.74}{0.2 \sqrt{\frac{2}{5}}} = -95.03 < -t_{0.025, 8} = -2.306 \in C$$

結果拒絕 H_0 , 所以不能說 $m_1 \geq m_2$ 是對的。

→表示在顯著水準 $\alpha = 0.05$ 下 , 證實新生產線的日產能明顯優於原始生產線的日產能。

表 5.4 瓶頸機台使用率統計數據表

原始生產線		新生產線	
實驗次數	使用率 (%/)	實驗次數	使用率 (%/)
1	92.93	1	92.09
2	92.9	2	92.02
3	93.12	3	92.14
4	92.85	4	92.11
5	92.95	5	92.05
平均	92.95	平均	92.08

(資料來源：本研究整理)

進行統計檢定：原始生產線與新生產線的變異數檢定

$$H_0 : s_1 = s_2 \quad H_1 : s_1 \neq s_2 , \text{ 顯著水準為 } \alpha = 0.05$$

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

$$\because F_{4,4} = \frac{0.01045}{0.00275} = 3.8 < F_{0.025,4,4} = 9.605 \notin C$$

→ 無法拒絕 H_0

∴ 不能說 $s_1 = s_2$ 是錯的。

接下來做平均數檢定： $H_0 : m_1 \geq m_2 \quad H_1 : m_1 < m_2$

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

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

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} = 0.081$$

$$t_{(n_1+n_2-2)} = \frac{92.95 - 92.08}{0.081\sqrt{\frac{2}{5}}} = 16.983 > -t_{0.025,8} = -2.306 \notin C$$

結果無法拒絕 H_0 。

→表示在顯著水準 $\alpha = 0.05$ 下，原始生產線的瓶頸站使用率是比新生產的瓶頸站使用率要來的高。

5.4 生產線模擬結論

由結果可以得知，以目前研發單位現有之機台型態以及參數設定下，本研究所規劃的 CNT-BLU 製程之兩種不同型態生產線，不論在平均日產能或瓶頸機台使用率等方面，其模擬輸出的統計結果皆有顯著差異。此亦表示在不同的佈置條件下對於製程的影響程度有顯著影響，另外，由於製程中的燒結子製程所需的機台作業時間為 10 小時，其與兩型態產線之週期時間相較，很明顯可以得知其為產線中最大的瓶頸製程。如能增加燒結爐之生產批量，或者改善燒結爐之升降溫曲線的時間，則能大幅增加產能及縮短週期時間。

而此模擬目的在於提供一套模擬建置產線及分析比較之模式，以期給予高科技產業在新產品從研發到產品欲量產前有生產線建置之依循的建議。

第六章 結論與建議

6.1 研究結論

本研究以 CNT-BLU 為例做模擬驗證，可提供高科技產業對於新產品從研發到量產前的過程中，生產線模擬建置之方法與效益分析比較的評估模式。總而言之，本研究得到以下幾點成果：

1. 經由文獻探討及專家訪談定義出 CNT-BLU 製程的評估指標，包含平均日產能、平均在製品數量、總流程時間、週期時間、瓶頸機台使用率、工作站數、機台故障率、機台等待率等八項指標，並總結得到生產能力及機器設備評估兩大構面。藉由這些績效指標的取得，在往後 CNT-BLU 的大量生產上，可利用此績效指標來作為生產線效益的衡量參考。
2. 使用 em-plant 來模擬 CNT-BLU 生產線佈置之決策，此一套模式提供了高科技產品製程可以利用系統模擬軟體彈性的遴選出最適生產線。
3. 將之前研究限定的陰極板製程擴大為完整製程。
4. 本研究藉由層級程序分析法定義出關鍵績效評估指標，來提供一套可利用模擬軟體建置生產線以及方案比較分析的模式。藉由這套模式的應用，可提供高科技產業在未來產品量產前，可遵循此一模式來做生產線的效益評估。

6.2 未來研究方向與建議

基於產品研發時程、資料的可取得性等限制，尚有許多不完備之處。針對本研究缺失，以下提供幾項建議。

1. 可進行 AHP 以外之研究方法來分析比較所得到之關鍵績效指標是否有差異。
2. 本研究僅針對製程作產線的模擬建置，後續研究可加入派工法則、產能規劃、訂單排程等問題做更詳細的情境模擬。
3. 本研究模擬建置之產線，未考慮機台購置成本、機台體積以及廠房空間與面積等實際建廠佈線時所會面臨之問題。後續研究若可考慮這些問題，一定能夠更完善。

參考文獻

中文部份(依姓氏筆劃排序)

1. 方勇盛(2006),以失效模式與效應分析為基的製程問題分析模式-以奈米碳管背光模組為例,東海大學工業工程與經營資訊研究所碩士論文。
2. 吳承宗(2003),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學系研究所碩士論文。
3. 李晉裕(2000),半導體測試廠有限資源產能規劃之研究,中原大學工業工程研究所碩士論文。
4. 林凡棋(2006),考量生產績效指標權重之派工模擬比較-以 CNT-BLU 為例,東海大學工業工程與經營資訊研究所碩士論文。
5. 林則孟(2001),系統模擬理論與應用,滄海書局,台中市。
6. 林宏澤、林清泉(1991),系統模擬,高立圖書有限公司,台北。
7. 徐政宏,多能工派工法則之模擬比較-以面臨緊急訂單之流線型生產系統為例,碩士論文,朝陽大學工管研究所,民 89。
8. 黃彥彰(2003),TFT-LCD 產業多廠區訂單規劃與排程研究,東海大學工業工程與經營資訊研究所碩士論文。
9. 黃聖欽(2004),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。
10. 張錫惠(2001),績效管理 - 非營利組織經營管理研修粹要,洪建全文教基金會。
11. 張逸輝(2003),晶圓廠模擬模式之建立與分析,國立成功大學製造工程研究所碩士論文。
12. 許棟樑 黃嘉若(2006),在半導體製造廠黃光區機台規劃,計量管理期刊,3(1):79-94
13. 陳子立(2002),以模擬為基礎之先進規劃排程法 - 以 TFT-LCD 模組廠為例,清華大學工業工程與管理研究所碩士論文。
14. 陳耀茂(1998),階層構造分析法入門,作者印行,台中市。
15. 梁豪哲(2007),高科技產業研發管理之研究-以模擬建置奈米碳管背光模組陰極板製程為例,東海大學工業工程與經營資訊研究所碩士論文。
16. 鄧振源、曾國雄(1989),層級分析法(AHP)的內涵特性與應用(下),中國統計學報,27(7):1-20。
17. 謝仲為(2002),先進規劃與排成系統應用於 TFT-LCD 產業之研究,東海大學工業工程與經營資訊研究所碩士論文。
18. 簡聰海、鄒靖寧,系統模擬,二版,高立書局,民 89。
19. 工研院影像科技顯示中心(2007),<http://www.eol.itri.org.tw>。

20. 行政院經濟建設委員會(2002), 挑戰 2008 - 國家發展重點計畫, 行政院經委會, 台北市。

英文部份(依姓氏字母排序)

21. 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.
22. Al-Tabtabai H.M. and Thomas, V.P. (2004), "Negotiation and Resolution of Conflict Using AHP: An Application to Project Management," *Engineering, Construction and 70 Architectural Management*,11,2,pp.90-100.
23. Benayoun, R., Roy B. and Sussman N. (1966), "Manual de Reference du Programme ELECTRE :Note de Synthese et Formation," *Direction Seientifique SEMA*,25.
24. Bodin, L. and Gass, S.I. (2003), "On Teaching the Analytic Hierarchy Process," *Computers & Operations Research*,30,pp.1487-1497.
25. Drucker, P.E. (1990), *Managing the nonprofit organization : Principles and practices*, New York : Harper Colins Publichers.
26. Edwards, W., (1977), "How to Use Multi-attribute Utility Measurement for Social DecisionMaking," *IEEE Transaction on Systems , Man, and Cybernetics*, SMC7(5),pp.326-340.
27. Fishburn, P.C. (1970), *Utility Theory for Decision Making*, John Wiley & Sons, New York.
28. F.T.S. Chan , H.K. Chan. (2003),Analysis of dynamic dispatching rules for a flexible manufacturing system,Journal of Materials Processing Technology 138,325 – 331.
29. Hwang, C.L. and Yoon K. (1981),*Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications:A State-of-the-Art Survey*, Springer-Verlag, New York.
30. Jee, D.H. and Kang, K.J. (2000), "A Method for Optimal Material Selection Aided with Decision Making Theory," *Materials and Design*,21,pp.199-206.
31. Klee, A.J. (1971), "The Role of Decision Models in the Evaluation of Competing Environmental Health Alternatives," *Management Science*,18(2),pp.52-67.
32. Law, A. M. (2003), How to Conduct. A Successful Simulation Study, Proceeding of the 2003 Winter Simulation Conference, P66-70.
33. Mehmet, S. (1997), "Simulation Analysis of A Pull-Push System for An Electronic Assembly Line," *International Journal of Production Economics*, Vol.51, pp.205-214.
34. Roy, B. and Bertier, B. (1981), "Lamerhode ELECTRE II: Use methode de classmenr en presencede criterres multiples," *Direction Scientifique*, working paper,142.
35. Ramathan, R. (2001), "A Note on the Use of the Analytic Hierarchy Process for

- Environmental Impact Assessment,” *Journal of Environmental Management*,63,pp.27-35.
36. Saaty, T.L. (1980),_The Analytic Hierarchy Process, New York : McGraw-Hill.
 37. Saaty, T.L. and Vargas, L.G (1991), Prediction, projection, and forecasting :applications of the analytic hierarchy process in economics, finance, politics, games, and sports, Boston: Kluwer Academic Publishers.
 38. Saaty, T.L. (1977), A scaling method for priorities in hierarchical structures, *Journal of Mathematical Psychology*, 15(2):234-281.
 39. Tseng, Y.J. and Lin, Y.H. (2005), “A Model for Supplier Selection and Tasks Assignment,”*Journal of American Academy of Business, Cambridge*, 6, 2, pp197-207.
 40. Yusuff, R.M., Yee, K.P. and Hashmi, M.S.J. (2001), “A Preliminary Study on the Potential Use of the Analytical Hierarchical Process(AHP) to Predict Advanced Manufacturing Technology(AMT) Implementation,” *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*,17,pp.421-427.
 41. Zeigler, B. P. (1976). *Theory of the modeling and simulation*, John Wiley and Sons, Inc., New York.

附錄

奈米碳管背光模組製程關鍵績效評估指標之 問卷

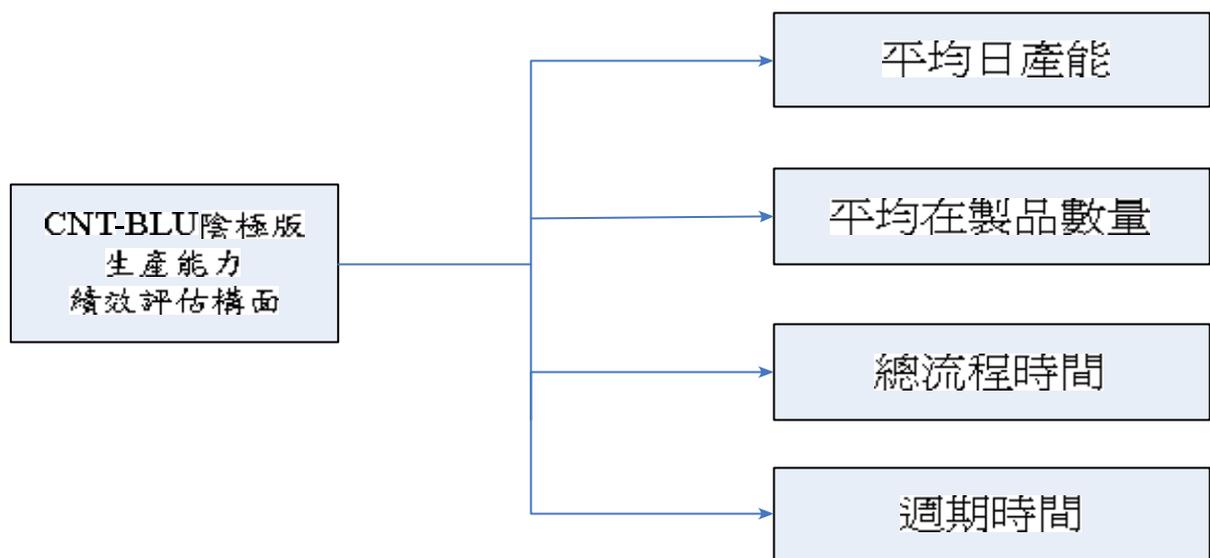
您好，學生是東海大學工業工程與經營資訊研究所研究生。針對 CNT-BLU 即將進入產品化的量產階段，正進行定義 CNT-BLU 生產線關鍵績效評估指標之研究。此問卷結果對於未來 CNT-BLU 欲量產時，進行評估所建置之生產線有顯著助益。懇請您撥冗填寫本問卷。本問卷僅供學術研究使用，不作其他用途，請放心填寫。

本問卷共分為問卷說明、填寫說明及問卷填寫等三大部分。因本問卷採用 AHP 法分析，其有一致性等學術限制。煩請逐一詳細閱讀並耐心填寫。謝謝您的受訪。

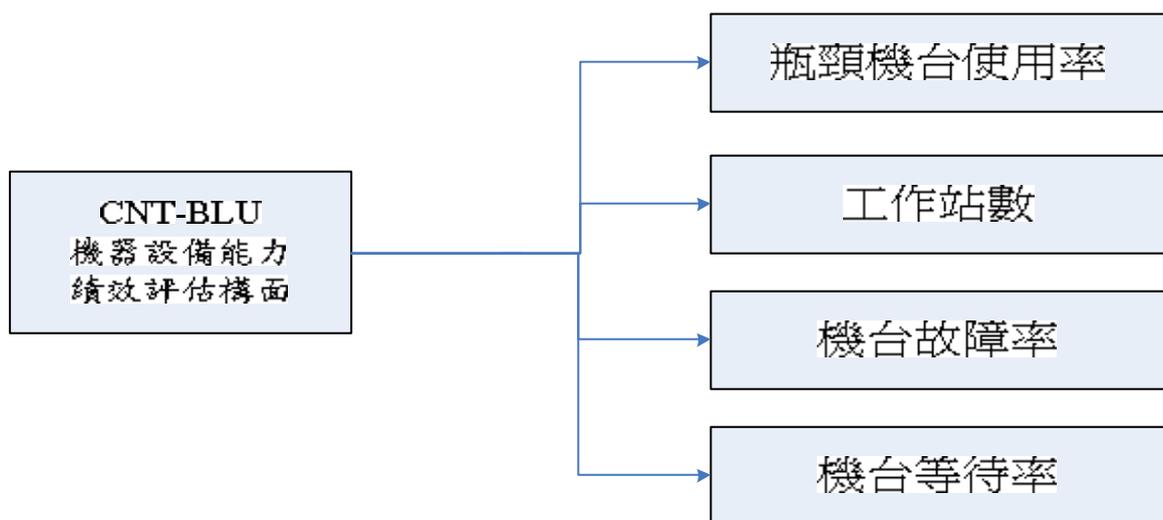
一、問卷說明

本問卷受訪者為 CNT-BLU 研發單位的專業工程師。本問卷以未來量產 CNT-BLU 生產線為例。目的在探討當量產時，研發人員評估符合產品特性之生產線中各項績效指標因子，進而找出最適的關鍵績效評估指標，來達到生產最佳化。本研究透過問卷調查，再經由層級分析程序法 (Analytic Hierarchy Process, AHP)，以求得各衡量構面之績效關鍵因子的權重。

在績效評估的因子層級架構中，本問卷將績效評估指標分為二種層級構面如圖一及圖二所示。而填寫時會使用的專有名詞，已詳載於表一。以上供填寫問卷時參考之用。



圖一 生產能力構面指標架構圖



圖二 機器設備能力構面指標架構圖

表一 專有名詞說明表

名詞	說明
生產能力指標評估構面	
平均日產能	生產線一天之內平均產品生產數量
平均在製品數量	生產線上在暫存區區等待加工之產品個數
總流程時間	一產品從投入到最後產出所花費之時間
週期時間	瓶頸機台加工時間
機器設備指標評估構面	
瓶頸機台使用率	生產線中所需加工時間最長之機台的加工利用率
工作站數	生產線中工作機台總站數。
機器故障率	機器故障的機率
機器等待率	機器設備等待工件到來的機率

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

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
週期時間																		平均日產能
週期時間																		平均在製品數量
平均日產能																		平均在製品數量

範例結果解說

1. 某君認為「週期時間」在產線績效的考量上稍重要於「平均日產能」，因此在靠近「週期時間」的格子上勾選了稍重要這一個選項。
2. 某君認為「平均在製品數量」在產線績效的考量上稍重要於「週期時間」，因此在靠近「平均在製品數量」的格子上勾選了稍重要這一個選項。
3. 某君認為「平均在製品數量」在產線績效的考量上極重要於「平均日產能」，因此在靠近平均在製品數量的格子上勾選了極重要這一個選項。

* 請注意，因子間彼此的優越程度有『遞移性』關係，請勿隨意勾選。以免問卷分析結果失效與失真。

三、問卷填寫

1. 「生產能力面」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
總流程時間																		平均日產能
總流程時間																		平均在製品數量
總流程時間																		週期時間
平均日產能																		平均在製品數量
平均日產能																		週期時間
平均在製品數量																		週期時間

2. 「機器設備能力面」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
瓶頸機台使用率																		工作站數
瓶頸機台使用率																		機器等待率
瓶頸機台使用率																		機器故障率
工作站數																		機器等待率
工作站數																		機器故障率

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
機器等待率																		機器故障率

填表人：_____