

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

CNT 在平面顯示技術生產製造之先導型研究--子計畫5:運用模擬
技術分析CNT-BLU/CNT-FED 之量產最佳化研究(3/3)
成果報告(完整版)

計畫類別：整合型

計畫編號：NSC 96-2221-E-029-008-

執行期間：96年 08月 01日 至 97年 07月 31日

執行單位：東海大學工業工程與經營資訊學系

計畫主持人：蔡禎騰

共同主持人：邱創鈞

計畫參與人員：陳尚琳，紀美瑜，蕭任志，范珈綸

報告類型：完整報告

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 97 年 08 月 18 日

中文摘要

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。

本研究計畫之第三年計畫主要是透過第一、二年所收集的機台數據及模擬過程發展出一套標準模式。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

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.

The project is to be implemented in three years. The objective in the third year is to get a standard model by collection and simulation which the first and second years did. 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.

目錄

中文摘要.....	I
ABSTRACT.....	II
目錄.....	III
圖目錄.....	IV
表目錄.....	V
1. 前言.....	1
2. 研究目的.....	1
3. 文獻探討.....	1
3.1 奈米探管背光模組介紹.....	1
3.2 奈米碳管背光模組結構.....	1
3.3 績效評估指標.....	2
3.3 多準則決策模式.....	2
3.4 層級分析法.....	3
3.5 系統模擬.....	3
4. 研究方法.....	3
4.1 績效評估模式建構.....	3
4.2 模式建構步驟.....	4
5. 結果與討論.....	4
5.1 績效評估指標構面與因子之分析.....	4
5.2 專家問卷填寫.....	5
5.3 關鍵績效指標評選模式建構與分析.....	5
5.4 CNT-BLU 模擬製程分析.....	7
5.5 CNT-BLU 製程生產線規劃.....	7
5.6 CNT-BLU 製程生產線績效模擬與分析.....	8
5.7 模擬結論.....	10
6. 計畫成果自評.....	10
參考文獻.....	11
附件一.....	12
附件二.....	13

圖目錄

圖 5.1 CNT-BLU 製程生產能力績效評估構面層級圖.....	5
圖 5.2 CNT-BLU 製程機器設備能力績效評估構面層級圖.....	5
圖 5.3 CNT-BLU 製程流程圖.....	7
圖 5.4 CNT-BLU 製程原始生產線流程圖.....	8
圖 5.5 CNT-BLU 製程新生產線流程圖.....	8
圖 5.6 CNT-BLU 製程原始生產線系統模擬圖.....	9
圖 5.7 CNT-BLU 製程新生產線系統模擬圖.....	9

表目錄

表 5.1 CNT-BLU 製程績效指標構面及因子說明表.....	4
表 5.2 生產能力構面評估指標成對比較矩陣.....	5
表 5.3 生產能力績效主因子間相對重要度.....	6
表 5.4 機器設備能力構面評估指標成對比較矩陣.....	6
表 5.5 機器設備能力績效主因子間相對重要性.....	6
表 5.6 CNT-BLU 製程之工作機台說明表.....	7
表 5.7 eM-plant 物件對照表	8
表 5.8 平均日產能統計數據表.....	9
表 5.9 瓶頸機台使用率統計數據表.....	9

1. 前言

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[15]。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[14]。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。

2. 研究目的

承接於以上之研究背景與動機，以及奈米碳管背光模組此研究，在計畫的第一及第二年中，林凡琪[3]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[11]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。為了讓完整

性更加齊全，第三年計畫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。

本計畫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。

3. 文獻探討

3.1 奈米探管背光模組介紹

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[14]。相較於LCD有更大的競爭優勢。

3.2 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。

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。奈米碳管背光模組的製造步驟為：

- (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。

3.3 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[7]。Drucker[16]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。

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。以下為高科技產業應用績效指標的相關文獻之討論。

李晉裕[2]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[12]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[10]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[6]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[1]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[8]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[9]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。

3.3 多準則決策模式

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[18]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，下小節將簡單介紹層級分析法。

3.4 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 [20]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。

3.5 系統模擬

系統模擬在近10年才逐漸普及於製造業[13]。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，系統內各組成份子在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[4]。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。

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[19]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與最終產出數績效率指標。徐政宏[5]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[17]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。

4. 研究方法

4.1 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。

4.2 模式建構步驟

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

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，其所考量相對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。

5. 結果與討論

5.1 績效評估指標構面與因子之分析

首先本研究歸納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 5.1 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 5.1 及 5.2。

表 5.1 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

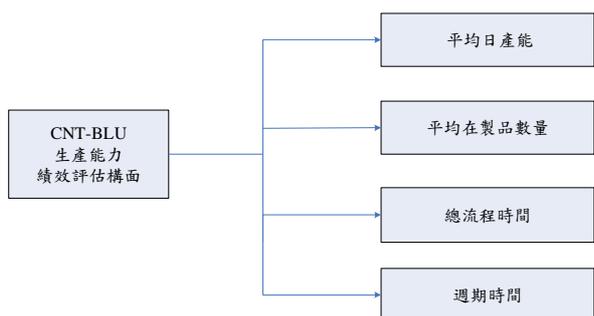


圖 5.1 CNT-BLU 製程生產能力績效評估構面層級圖

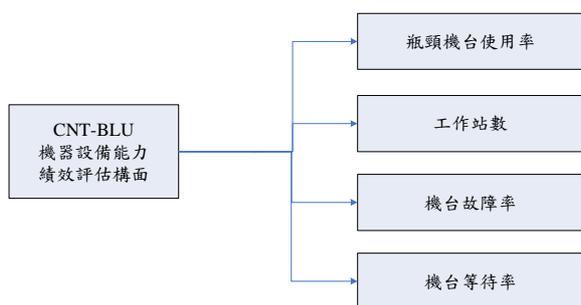


圖 5.2 CNT-BLU 製程機器設備能力績效評估構面層級圖

5.2 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。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。

5.3 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：

在生產能力構面：

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 5.2。

表 5.2 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(λ_{\max}):

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

3.一致性檢定

(1)求一致性指標(C.I.):

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

(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 5.3:

表 5.3 生產能力績效主因子間相對重要性

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

由表 5.3 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 5.4

表 5.4 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(λ_{\max}):

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

3.一致性檢定

(1)求一致性指標(C.I.):

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

(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 5.5:

表 5.5 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
相對重要性	0.402	0.05	0.367	0.179
排名	1	4	2	3

由表 5.5 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。

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，為接下來的模擬實驗績效評估標準。

5.4 CNT-BLU 模擬製程分析

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 5.3 為製程流程圖。

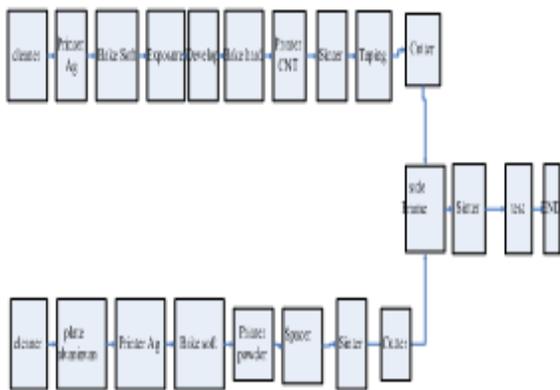


圖 5.3 CNT-BLU 製程流程圖

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 5.6 為各個機台參數的詳細說明。

表 5.6 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	真空濺鍍鋁膜在玻璃基板上	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
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

5.5 CNT-BLU 製程生產線規劃

目前顯示器中心所使用的生產線型態是如圖 5.4。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 5.5 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。

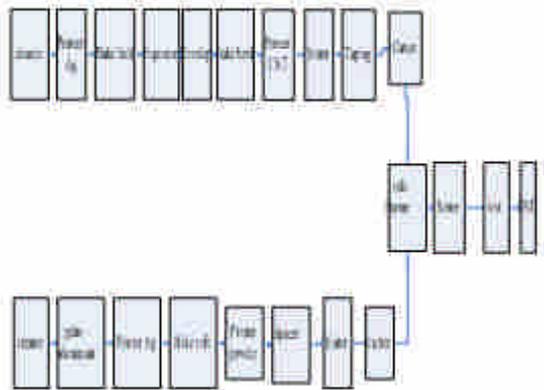


圖 5.4 CNT-BLU 製程原始生產線流程圖

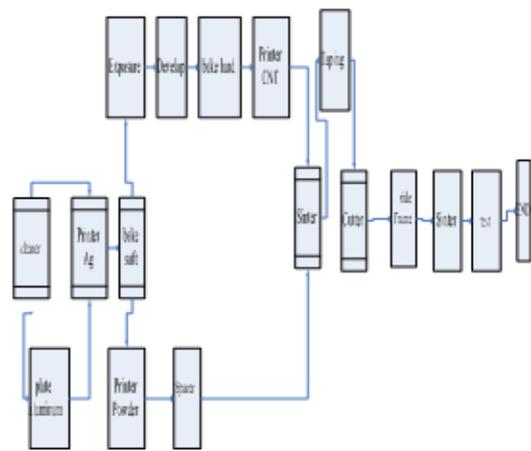


圖 5.5 CNT-BLU 製程新生產線流程圖

5.6 CNT-BLU 製程生產線績效模擬與分析

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。

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。

以下依據 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 5.7 來說明其與實際對應物件之對照。

表 5.7 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

圖 5.6 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。

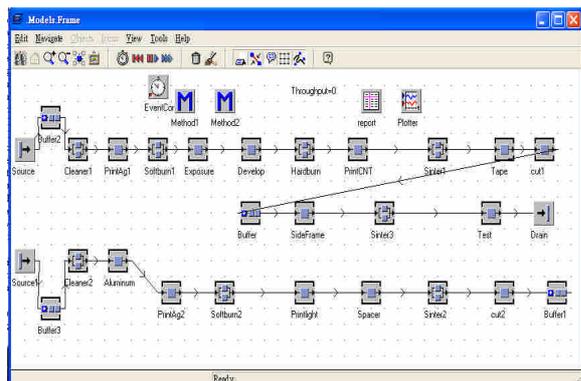


圖 5.6 CNT-BLU 製程原始生產線系統模擬圖

圖 5.7 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。

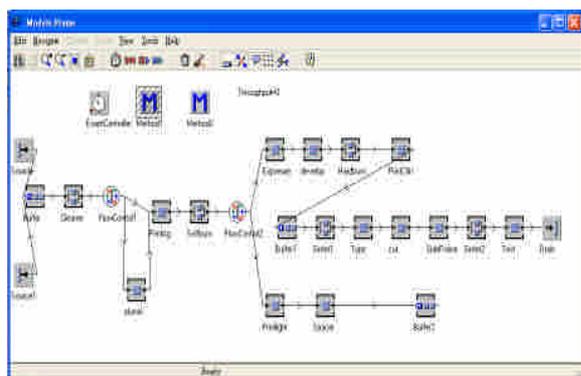


圖 5.7 CNT-BLU 製程新生產線系統模擬圖

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 5.8 與表 5.9 即為兩生產線模擬後之數據輸出統計結果。

表 5.8 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

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：

$$H_0 : \sigma_1 = \sigma_2 \quad H_1 : \sigma_1 \neq \sigma_2$$

顯著水準為 $\alpha = 0.05$

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2} \quad \text{拒絕域：}$$

$$C = \left\{ F > F_{\alpha/2, n_1-1, n_2-1} \text{ 或 } F < F_{1-(\alpha/2), n_1-1, n_2-1} \right\}$$

$$\therefore F_{4,4} = \frac{0.037}{0.043} = 0.86 \leq F_{0.025,4,4} = 9.605$$

$\notin C \rightarrow$ 無法拒絕 H_0

\therefore 不能說 $\sigma_1 = \sigma_2$ 是錯的

接下來做平均數檢定：

$$H_0 : \mu_1 \geq \mu_2 \quad H_1 : \mu_1 < \mu_2$$

顯著水準為 $\alpha = 0.05$

$$t_{(n_1+n_2-2)} = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

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

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

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

$\in C \rightarrow$ 結果拒絕 H_0

\therefore 不能說 $\mu_1 \geq \mu_2$ 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 5.9 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

進行統計檢定：

原始生產線與新生產線的變異數檢定：

$$H_0: \sigma_1 = \sigma_2 \quad H_1: \sigma_1 \neq \sigma_2$$

顯著水準為 $\alpha = 0.05$

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2} \quad \text{拒絕域：}$$

$$C = \left\{ F > F_{\alpha/2, n_1-1, n_2-1} \text{ 或 } F < F_{1-(\alpha/2), n_1-1, n_2-1} \right\}$$

$$\therefore F_{4,4} = \frac{0.01045}{0.00275} = 3.8 < F_{0.025,4,4} = 9.605$$

$\notin C \rightarrow$ 無法拒絕 H_0

\therefore 不能說 $\sigma_1 = \sigma_2$ 是錯的

接下來做平均數檢定：

$$H_0: \mu_1 \geq \mu_2 \quad H_1: \mu_1 < \mu_2$$

顯著水準為 $\alpha = 0.05$

$$t_{(n_1+n_2-1)} = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

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

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

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

$\notin C \rightarrow$ 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。

5.7 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。

6. 計畫成果自評

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。

參考文獻

1. 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。
2. 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。
3. 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。
4. 林則孟(2001)，系統模擬理論與應用，滄海書局，台中市。
5. 徐政宏(1998)，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，朝陽大學工管研究所碩士論文。
6. 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。
7. 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。
8. 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。
9. 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。
10. 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。
11. 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。
12. 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。
13. 簡聰海、鄒靖寧(1998)，系統模擬，二版，高立書局。
14. 工研院影像科技顯示中心(2007)，<http://www.eol.itri.org.tw>。
15. 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。
16. Drucker, P.E. (1990), Managing the nonprofit organization : Principles and practices, New York : Harper Colins Publishers.
17. 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.
18. Hwang, C.L. and Yoon K. (1981), Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications : A State-of-the-Art Survey, Springer-Verlag, New York.
19. Mehmet, S. (1997), Simulation Analysis of A Pull-Push System for An Electronic Assembly Line, International Journal of Production Economics, 51, 205-214.
20. 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.

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 成果報告
 期中進度報告

CNT 在平面顯示技術生產製造之先導型研究--子計畫 5:運用模擬

技術分析 CNT-BLU/CNT-FED 之量產最佳化研究(3/3)

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 96-2221-E-029-008-

執行期間：96 年 08 月 01 日至 97 年 08 月 31 日

計畫主持人：蔡禎騰

共同主持人：邱創鈞

計畫參與人員：陳尚琳，紀美瑜，蕭任志，范珈綸

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

赴國外出差或研習心得報告一份

赴大陸地區出差或研習心得報告一份

出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、
列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：東海大學工業工程與經營學系

中 華 民 國 97 年 08 月 18 日

可供推廣之研發成果資料表

 可申請專利 可技術移轉

日期：97年8月18日

國科會補助計畫	計畫名稱：CNT 在平面顯示技術生產製造之先導型研究--子計畫 5: 運用模擬技術分析 CNT-BLU/CNT-FED 之量產最佳化研究(3/3) 計畫主持人：蔡禎騰 計畫編號：NSC 96-2221-E-029-008 學門領域：工業工程
技術/創作名稱	高科技產品試作製程改善之績效評估模式
發明人/創作人	蔡禎騰
技術說明	<p>中文：以奈米探管背光模組為例，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。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模式。</p> <p>英文：Taking CNT-BLU as 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 study takes Carbon Nano-tube Back Light Unit (CNT-BLU) which is still in the research and development stage as model.</p>
可利用之產業及可開發之產品	適用於具有設備資產額龐大、產品生命週期短特徵的高科技產品
技術特點	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。
推廣及運用的價值	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。