

提升生產製造系統組裝作業績效之研究

A Study to Enhance the Assembly Operation Efficiency of Production Manufacturing System

黃允成¹ 蔡志宏²

摘要

液晶面板模組廠為一勞力密集之產業，在生產加工過程中，需僱用大量作業員進行在製品組裝作業，但大量的作業人力不但會使得企業付出更多的人工成本，亦容易因工作指派不佳而造成生產線失去平衡，不僅使得生產績效變差，作業員工作滿意度也會隨之降低。故本研究以個案公司為例，在了解少量多樣的生產模式與製造現場工作環境後，首先利用攝影機、流程程序圖等工具，記錄作業員現況組裝作業內容，並訂定現況改善前各項指標，例如：生產線平衡率、每日目標產能、作業人力需求、製品不良率及單件完工時間等，以做為衡量改善後之成效。其次是以剔除、合併、重排及簡化等改善手法，針對各工作站進行分析與實務上試作，此試作型態共有 A、B、C 及 D 等四種，在此四種型態試作後，並經統計之假設檢定驗證，以 D 型態作業方式在各項指標表現上較佳。最後，提出本研究六項結論，並提供個案研究公司參考，以彰顯研究之價值。

關鍵詞：生產線平衡、生產績效、面板模組廠、組裝作業

Abstracts

The liquid crystal module(LCM) factory is the most labor-consuming industry. In the whole production process, this stage need to employ large number of operators to assemble work in progress . But the manpower-consuming makes companies not only more labor cost but also production unbalanced due to non-well working assignment. Besides, it may causes the worse production performance and lower employee-satisfaction.

In this study, after understanding the high-mix and low -volume of production model and manufacturing environment, we record operators' current working condition of assembly using digital video camera , production process flow or classification of instrument. And we also set up each index before the condition improved such as production balance rate , daily objective target , production manpower demand to non conformance product rate and unit completion time, to work on improvement results. Next, we proceed trial work analysis on each operation station using some improved techniques like eliminating, merging and combining, rearranging and simplify modifying. The test work status condition involves A, B ,C ,D classification. After these 4 kind of classification test , we compile statistically to hypothesis test verification and use D pattern operation method as the best . Finally , we bring out the 6 bottle neck analysis logic conclusion , and to provide each case study references , and use as the research analysis as merit.

¹國立屏東科技大學工業管理所教授

²國立屏東科技大學工業管理所

Keywords : Production balance、Production achievement、TFT-LCD module、Assembly operation

1. 前言

薄膜電晶體液晶顯示器 (Thin Film Transistor-Liquid Crystal Display, TFT-LCD) 產業是繼半導體產業後, 台灣近年來最主要發展工業, 而隨著 TFT-LCD 產業發展, 顯示器 (Display) 亦逐漸由體積較大的陰極射線管 (Cathode Ray Tube, CRT), 轉型為較輕薄的液晶平面顯示器 (Liquid Crystal Display, LCD), 由於 TFT-LCD 面板技術的不斷演進及價格下降, 受到成本競爭壓力與下游客戶外移中國大陸的影響, 除了台灣廠商於中國大陸投資模組廠外, 日本及韓國的 TFT-LCD 廠商亦於中國大陸投資。展望未來, 隨著國際化的競爭, 以及中國大陸市場開放, 唯有不斷地降低生產成本 (在製造業中, 企業會尋求提高人員作業績效方法或改善影響製造現場正常生產因素等, 藉由工作研究之改善手法, 進而以較少人力、較短時間且在不影響品質狀況之下, 完成在製品加工, 增加企業競爭力) 及擴大企業經濟規模, 才能使獲利空間增加, 謀求 TFT-LCD 產業生存與發展。

TFT-LCD 之製程包括有陣列 (Array)、組立 (Cell) 及模組 (Module), 其中 Module 屬於勞力密集產業, 其中又以組裝作業線使用作業人力最多, 在面對少量多樣的生產模式下, 組裝線作業績效亦顯得更加重要, 在相關文獻中, 主要探討議題為組裝線平衡問題 (Assembly Line Balancing Problem, ALBP) 及工作指派問題。組裝線平衡為考慮如何有效分配每個組裝工作, 使整條組裝線使用率最高, 閒置時間最短。而工作指派 (Task Assignment) 之前均必須先選擇一個可行的裝配順序, 以便於在工作指派到工作站時, 可以找到工作負荷平衡的最佳或近似最佳解 (陳世廷, 2002)。

本研究範圍主要是針對在少量多樣生產製造系統模式中, 探討組裝作業型態之生產線績效衡量等問題做一研究, 並以 TFT-LCD 產業中後段的模組組裝製程為例。

而相關研究限制如以下四點所示:

1. 產品作業區域為無塵室環境。
2. 產品組裝生產線別代碼為 TS Line。
3. 受測者為同一批人員, 且皆為熟練工。
4. 工作站之間在製品搬運乃利用輸送帶 (Conveyer) 方式傳送。

因此, 本研究將針對組裝線作業績效問題, 以國內面板模組製造廠做為探討與研究改善對象, 於該模組製造廠中進行組裝作業方法、時間研究分析, 透由細部作業動作群組化、合理化後, 規劃出各種不同適當且優於現況之組裝作業型態, 並以實務試作推行方式驗證其可行性, 進而建立一套高效率、低成本及品質穩定之組裝作業線。綜合以上所述, 歸納出本研究目的有以下四點:

1. 提升組裝製程之作業績效。
2. 無效益組裝動作之發現與排除。
3. 以工作研究改善手法 (剔除、合併、重排與簡化) 提出新作業型態。
4. 針對不同績效指標提出最適作業型態。

2. 文獻探討

本節將回顧並了解既有文獻和本研究相關之理論與方法, 主要針對生產線平衡、工作指派及生產績效改善原則與衡量等問題做一探討, 最後, 提出本研究與相關文獻差異點, 以彰顯本研究重要性及實用性。

2.1 生產線平衡

生產線平衡定義是指使生產線上各工作站之產出相等，使原料、零件在生產線上得以平穩的按一既定速度流動，以避免瓶頸作業之產生。通常為了達成此一目的，管理者必須根據產量的需求而決定工作站之數目，然後將正式配備工作至各工作站。在完成配置後，管理者並應就整體及各工作站之產能利用率或效率進行計算，以決定瓶頸作業及生產線之效率。

生產線平衡的目的，乃期望在相同的時間內，完成工作站的分配，以減低生產線上機器及人員的閒置時間，使人力及設備能高度使用。若每個工作站的工作時間不相等，就會發生閒置現象，速度快的工作站必須閒歇性地等待前面工作站的產出；而速度慢的作業員若不停的工作亦會影響健康及士氣，而可能導致品質及產量問題。

Baybars (1986) 針對簡單裝配線平衡問題 (Simple Assembly Line Balancing Problem, SALBP) 所提出定義，它必須滿足十一項限制：1.所有輸入變數都有確定值。2.一個作業不能分配到兩個以上的工作站。3.作業有技術上的先行關係，不得任意變動。4.所有作業都要處理完畢。5.任一作業分配到任一工作站其處理效果均應相同。6.作業時間是獨立的；即它不受工作站及前、後作業時間影響。7.任一作業都可以在任一工作站中處理。8.整條裝配線的工作站都是串聯的型態，不得有分支或並聯的型態。9.裝配線的設計僅考量單一產品。10.工作站循環時間是給定的。11.工作站數目是給定的。而 Joseph (1994) 以三個步驟來進行研究選擇成本最低之裝配順序：1.採用鑽石圖表示所有可行裝配順序的方法。2.評估一個裝配順序在裝配系統上執行時的成本。3.可有效的產生最低成本裝配順序之啟發式解法，這個研究的目標是決定模擬退火法可有效地提出裝配順序選擇問題的解、提出近似最低成本及所選出的裝配順序是工程上可行的。另外，Isabel (1997) 將最大候選法、位置權重分類法及混合式啟發式解法三種啟發式解法應用在手工生產線的平衡問題上，使得各工站之工作負荷可以達到平衡的目標。Saeid 及 Anwar (1997) 等提出以模擬退火搜尋法，在已經定義的先行關係圖中，搜尋最佳的裝配順序，以得到最小的裝配時間及最少的再準備次數，但這個方法並不保證可以得到最佳解。黃志剛 (1998) 提出運用傳統生產線平衡之啟發式解法配合模擬退火程序來求解生產線平衡問題。並在系統使用率趨近於最佳且穩定狀態的同時，提供建構標準化生產線的安排方式。張敏君 (2000) 在混合性產品裝配線平衡之研究中，首先以 0-1 整數規劃法建構線性規劃模式，利用作業研究軟體 LINDO 確定模式之正確性，進而找出零件在裝配階段等候時間最短者，最後再利用 Visual Basic 撰寫模擬軟體模擬最佳解下的所有產品裝配順序組合資料，作為評估混合性裝配線工作站使用率之用。曾懷恩、張堂聖及湯承恩 (2003) 等人提到組裝規劃的研究起點必須考慮到各零件和零件間的關係。還有葉文耀 (2006) 針對少量多樣接單式生產型態以實務改善方式探討兩種不同生產作業型態之大生產線與小生產線，兩者在少量多樣訂單生產時，其生產線平衡率、產品品質及使用作業人數等衡量其作業績效。

2.2 工作指派

Boneschanscher (1990) 提出一個應用在彈性裝配線的工作指派方法 (Task assigner for Flexible Assembly Cell) 以最小裝配時間為目標函數，並決定每一批次的生產排程，同時可以決定適當的裝配順序及分配工具到工作站中。而 Alessandro (1992) 提出的方法稱為動態多項式規劃 (Dynamic Programming Polynomial Time Algorithm) 的方法，應用在管線式單一產品生產線上，目的為達到工作站的工作負荷平衡。另外，Isabel (1997) 使用三種工作指派方法如下：最大候選法是將工作從第一個工站開始指派，指派的原則是將工作以工時最長的優先指派。位置權重分類法則是依據裝配

順序，將作業依照權重的大小順序指派到工作站中。混合式啟發式解法則是依據四個工作指派法則將工作優先指派到工作站中。還有李藍怡（2002）建構知識管理系統可獲得工作指派之週期時間，達到減少工作指派時間、知識共享與經驗傳承的目的。

2.3 生產績效改善原則與衡量

Jones（1990）、Schragehntem（1990）、Umble（1990）、Goldratt（1996）及李榮貴（1992）等人提到，要改善生產績效問題，可由六個原則開始探討，1.生產要平衡的是流程（Flow），而不是平衡產能。2.資源的使用率（Utilization）和有效性（Activation）是不同的。3.非瓶頸資源的利用程度是由系統的瓶頸資源所決定的。4.瓶頸一個小時的損失則是整個系統的一個小時的損失。5.非瓶頸資源一小時的節省只是一種假象。6.瓶頸資源控制了整個系統的產出和庫存。而許棟樑和柳昌良（2004）曾針對台灣筆記型電腦產業中的後段系統組裝線做為主要研究對象，提出對各廠商系統組裝部門流程再造建議。其衡量績效指標共分為七種，而與本研究相關之績效指標如表 1 所示。

表 1 生產績效衡量指標

項目	計算方式	單位	期望值	意義
1 生產力	每日生產時間/產距時間	台/每日	望大特性	由平均日產能的計算，可了解到瓶頸站的週期時間
2 生產線平衡率	$\frac{(\prod_{i=1}^N T_i)^{1/N}}{\text{Max}(T_i)}$ ti：第i製程的時間；N：生產線全部製程？	百分比	望大特性	評估各站在生產線上的平均使用效？，各站與瓶頸站的差距愈少，則各站的使用效？會愈高，則生產線平衡？愈高。

資料來源：許棟樑和柳昌良（2004）

葉文耀（2006）針對大生產線與小生產線作業績效衡量指標（簡稱為 K 值），當 K 值>1 時，代表小生產線的成本會比大生產線的成本低，生產效率可以提升，預測的生產模式及流程可以被執行，當 K 值≤1 時，必須重新評估與分配工作，不再討論與分析。

綜合上述可知，雖然相關提升作業績效文獻數量已經累計了不少，但仍有下列四點缺失：

- 1.多數相關研究都著重在數量（演算法）模式分析與推導，對於企業在實務改善與推行上幫助有限。
- 2.大部份生產線平衡研究以理論結果推論其可行性，並未實際驗證研究之產業別是否真的適用。
- 3.以實務改善方式提出最適組裝作業建議，進而提升生產線作業績效的研究極為缺乏。
- 4.經研究後所得之結果，其對於產品品質影響明顯地被忽略。

3. 研究方法

本章首先說明進行工作研究改善之研究架構，其次是本研究的研究對象、工具之選取，再者規劃實驗設計執行步驟，最後提出資料處理與統計分析方法。

3.1 研究架構

工作研究目的，主要希望透由方法研究及時間研究兩種手法，找尋並確認最經濟有效及令人勝任愉快的工作方法與工作時間，以確保投入資源能有效運用，達到提升作業績效之目的。其整體規劃可區分成七大步驟，如圖 1 研究架構所示（傅和彥，民 84）。

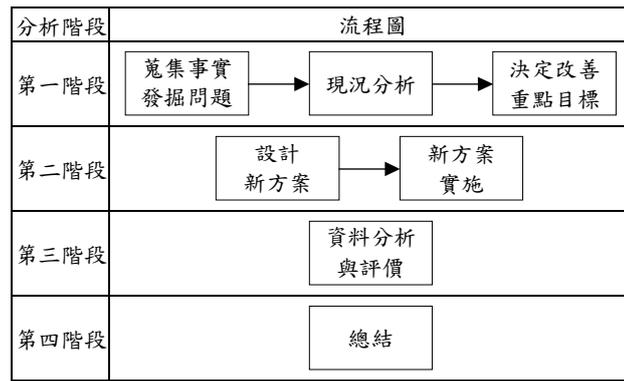


圖 1 研究架構

資料來源：傅和彥（民 84）

3.2 研究對象

本研究之受試人員共 16 名，皆為個案研究公司組裝製程早班之女性作業員，平均年齡 24 歲，從事組裝作業加工平均年資 15 個月，另外受測期間人員健康狀況良好，皆無不適應問題產生。

3.3 研究工具

本研究使用工具共有三種，第一為攝影機，藉由影片錄製，將各細微動作鉅細靡遺拍攝下來，做為分析改善之依據。第二為碼錶計時器，將所拍攝有效動作內容，加以記錄其作業需求時間，其時間需包括寬放係數值。第三為流程程序圖，用以記錄搬運距離、延遲、儲存時間等隱藏成本之浪費，進而改善浪費降低成本。

3.4 實驗設計

在研究架構基礎之下，本研究將以四個階段進行實務改善與分析，各階段細部作業內容如圖 2 所示。

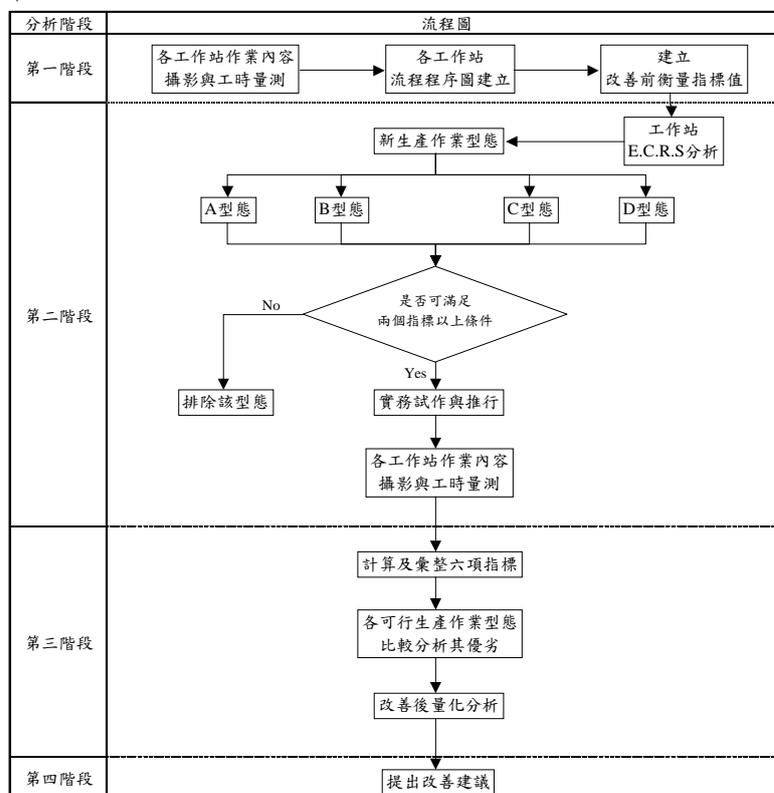


圖 2 各實務改善階段細部流程圖

第一階段：利用 VTR 法 (Video Tape Recorder) 及碼錶計時器進行組裝作業各工作站別之細部作業動作記錄、分析與時間量測，在各站工時量測剔除異常工時後，共記錄 20 筆有效作業工時 (同時考量 10% 寬放係數)，並建立流程程序圖及生產線平衡率指標，做為改善前之作業工時及基礎分析資料。

第二階段：利用 ECRS (E: Eliminate (剔除無效作業動作)、C: Combine(合併作業內容)、R: Rearrange(重新安排作業內容或順序)、S: Simplify(簡化作業內容)) 管理改善思考程序進行組裝作業現場改善及分析。經各站工作站做 ECRS 管理改善分析，共規劃出四種 (A、B、C 及 D) 之生產流程型態如表 2 所示。

表 2 A、B、C、D 型態組裝作業線規劃

型態別	工作內容 剔除	工作內容 簡化	工作內容 重排	工作站 合併	備註
A 型態	V	V	-	-	-
B 型態	V	V	V	X	1.重排方式如表4.5所示 2.合併工作站：C4及C5
C 型態	V	V	X	V	
D 型態	V	V	V	V	

在理論結果可行後，進行實務上現場試作，然後再利 VTR 法及碼錶計時器進行組裝作業各工作站別之細部作業動作記錄、分析與時間量測，在各站工時量測剔除異常工時後，共記錄 20 筆有效作業工時 (同時考量 10% 寬放係數)，做為改善後之分析資料。

第三階段：經實務試作推行後，使用統計檢定分析方式，比較各型態間是否有顯著上差異，再選擇一個整體最適作業之型態，分析其改善後效益，並且分別針對下列六個項目 (生產線平衡率、每日產能、每班使用人力、單件完工時間、投資回收年限及平均每人每班產出片數) 做量化分析。

第四階段：彙整本研究之結果，提出最後結論，並提供未來研究者對於後續相關問題之研究方向與參考。

3.5 資料處理與統計分析方法

本研究所得之資料，主要以統計軟體 Minitab 來做分析，底下為採用之分析方法的敘述。

- 1.成對 t 檢定：檢定改善前與各型態之生產線平衡率是否有顯著上差異，經檢定後其 P-Value 若 < 0.05，則代表兩者有差異，反之則無差異。
- 2.Tukey 多重比較分析：探討各型態在不同指標下之組間差異，若兩者信賴區間有包括到零，則代表兩者無顯著上差異，反之則有差異。

4. 組裝作業績效提升個案研究

本章主要是先針對本研究之個案公司做一研究背景、生產流程、組裝作業線之現況分析與問題說明等敘述，最後以實驗設計方式，規劃出四種不同且理論可行之作業型態，再比較各作業型態之優劣及統計假設檢定分析，並提出最適建議供個案公司參考。

4.1 個案公司簡介

本研究之個案公司屬於兩兆雙星之影像顯示器產業，其主要生產產品為薄膜電晶體液晶顯示器面板，目前共擁有兩座 LCD 廠，三座 Module 廠。個案公司生產面板流

程，可區分成四個製程，而本研究所探討的為組裝製程，其生產流程圖說明，如圖 3 所示：

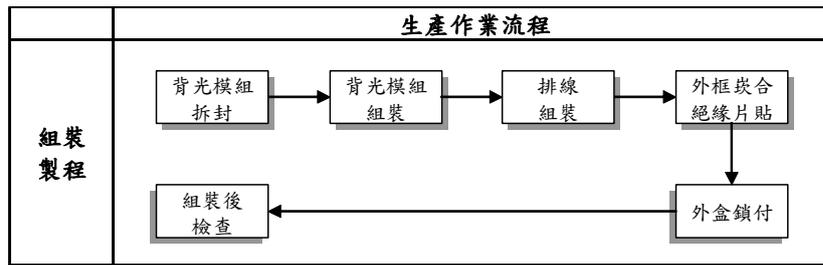


圖 3 各實務改善階段細部流程圖

4.2 組裝作業線現況分析

組裝作業線即為組裝製程，表 3 為其細部工作站代碼表。

表 3 組裝製程各工作站代碼表

製程別	工作站	代碼
組裝	背光模組拆封	C1
	背光模組組裝	C2
	排線組裝	C3
	外框嵌合/絕緣片貼付	C4
	外盒鎖付	C5
	組裝後檢查	C6

在組裝製程生產流程中，在製品的運輸方式是利用輸送帶傳送至各工作站別加工，而各工作站除 C3 外，其餘皆設置在輸送帶兩側，因 C3 使用的材料有污染無塵室疑慮，故獨立設置在其他地方加工。如上述所提及，在製品是以輸送帶方式輔助生產，而使用輸送帶容易有兩點問題，第一：各工作站生產平衡率低時，會使得作業員有閒置時間浪費。第二：輸送帶提供工作站越多，容易讓現場領班人員安排更多人力作業，雖然產出時間變短，但會使用過多的人力作業。此外，現場領班在指派作業員工作內容及人數時，是依個人經驗法則，這也容易造成四點問題，第一：使用過多的人力作業。第二：沒有考量生產線平衡率問題。第三：未經過數據、動作分析，必須一直調整作業員工作內容與項目。第四：因工作內容一直做變更與調整，使得作業員學習率不佳、體力負荷較重進而降低工作滿意度。

面對多樣少量的消費者市場，企業必須保持著高度生產彈性，以增加企業競爭力，而如何提高生產作業效率、作業人員工作滿意度、適當工作指派及不浪費的狀況下生產，即成為企業生產改善重點項目之一了，故本研究將利用工作研究中剔除、合併、重排及簡化等現場改善手法，提升個案研究公司組裝作業線作業績效，以期改善企業內部缺點，強化企業外部競爭力。

4.3 選定試作產品與機種

本研究依個案公司 2007 年銷售計劃可得知，投入生產最大量的產品為 19”，而 19”主要生產的機種為 190SEN，然後再藉由實務至製造現場觀測作業員工作內容及蒐集相關資料（如：每日產能標準、製品不良率等）後，得到如表 4 組裝作業線各工作站之基本資料。

表 4 組裝作業線各工作站改善前基本資料

作業工時(秒/片)	C1	C2	C4	C5	C6
AVG	55.20	160.76	147.88	63.89	177.04
單件完工時間	604.77				
需求人力	1.19	3.45	3.18	1.37	3.80
實際配置人力	2	4	4	2	4
	16				
平均產出時間	27.60	40.19	36.97	31.95	44.26
瓶頸站工時	44.26				
生產線平衡率	80.66%				
製品不良率	0.20%				
每日產能	1789片				

4.4 A 型態實務試作與分析

本節將說明如何利用 ECRS 改善手法中的剔除 (Eliminate) 與簡化 (Simplify)，將改善前的作業型態變更為一種新的且可行的作業型態 (本研究定義為 A 型態)，並驗證其新型態之可行性。

4.4.1 剔除與簡化多餘的檢驗

在組裝作業過程中，除了必要之操作、搬運等作業外，最有顯著改善效益的項目，即為在製品檢驗部份，故本研究首先即針對個案公司組裝作業線檢驗項目做一瞭解，經分析後，可改善的檢驗時間如表 5 所示。

表 5 組裝作業線各工作站檢驗項目預估改善效益表

類別	工作站	檢驗項目	檢驗標準時間(sec/pcs)			改善手法
			改善前 (a)	改善後 (b)	估計可節省 (c)=(a)-(b)	
第一種	C1	液晶面板外觀	17.30	10.16	7.14	簡化
	C2	B/L表面異物	18.84	10.11	8.73	
	C6	畫質檢查	81.82	64.33	17.49	
第二種	C4	在製品外觀	5.21	0.00	5.21	剔除
	C5	Shielding Cover外觀	3.18	0.00	3.18	

4.4.2 實務試作推行

以兩天時間每日早班投入 500 片 (總計投入 1000 片) 試作品至生產線進行實驗，及衡量 A 型態作業方式是否對於品質有不良影響，至於品質驗證方式則是以個案公司出貨品質保證部門，依正常檢驗水準抽檢試作品。在進行完實務試作後，可得到 A 型態各工作站實際作業工時、使用人力等基本資料，如表 6 所示，其結果的確優於改善前狀況，且由表 4 得知，改善前製品不良率為 0.2%，A 型態則為 0.1%，證明 A 型態不僅可行，且製品不良率亦沒有上升趨勢。

表 6 A 型態各工作站基本資料

作業工時(秒/片)	C1	C2	C4	C5	C6
AVG	47.29	152.51	142.41	60.52	158.13
單件完工時間	560.86				
需求人力	1.02	3.28	3.06	1.30	3.40
實際配置人力	2	4	4	2	4
	16				
平均產出時間	23.65	38.13	35.60	30.26	39.53
瓶頸站工時	39.53				
生產線平衡率	83.16%				
製品不良率	0.10%				
每日產能	2002片				

4.4.3 統計假設檢定分析

本研究使用 Minitab 統計分析軟體以利證明兩者間是否有顯著上差異，首先進行兩者之假設檢定敘述：

H0：改善前與 A 型態之生產線平衡率是相等的

H1：A 型態之生產線平衡率比改善前佳

經分析後，因 P-Value < 0.05，故接受 H1，其結果代表著經改善後，A 型態生產線平衡率有顯著優於改善前。

4.5 B 型態實務試作與分析

本節將說明如何利用 ECRS 改善手法中的重排 (Rearrange)，以 A 型態做為基礎，在考量個案公司實際生產狀況之下，將 A 型態中之各工作站作業內容做一重排，形成第二種新的且可行的作業型態 (本研究定義為 B 型態)，並驗證其新型態之可行性。

4.5.1 工作內容重排

在進行各工作站作業內容重排前，必須先了解 A 型態各工作站每片平均產出時間，以分析該將哪些工作站工作負荷降低及提升負荷低的工作站，圖 4 為 B 型態各工作站作業負荷狀況，從表中可得知，C1 及 C5 兩工作站之工作負荷較低，而 C2、C4 及 C6 則超過平均產出時間水準。

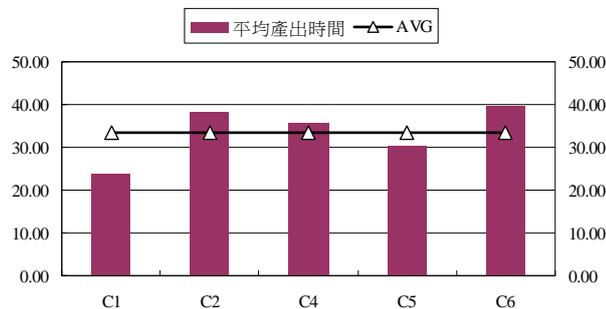


圖 4 B 型態各工作站作業負荷

經考量個案公司實際生產狀況分析後，本研究建議重排方式如表 7 所示，將 C2、C4 及 C5 等三個工作站之部份工作內容移至 C1 工作站，至於 C6 工作站因工作性質與其他工作站不同，故無法做重排之改善。

表 7 B 型態各工作站作業重排

工作站	作業內容	作業時間 (sec/pcs)
C2	拆除B/L保護袋	12.00
C4	排螺絲盤	8.14
C5	排螺絲盤	13.56
合計增加C1作業時間(sec/pcs)		33.70

4.5.2 實務試作推行

實務試作條件與 A 型態相同，在進行完實務試作後，可得到 B 型態各工作站實際作業工時、使用人力等基本資料，如表 8 所示，其結果在使用人力方面的確優於改善

前狀況，且由表 4 得知，改善前製品不良率為 0.2%，B 型態則為 0.1%，證明 B 型態不僅可行，且製品不良率亦沒有上升趨勢。

表 8 B 型態各工作站基本資料

作業工時(秒/片)	C1	C2	C4	C5	C6
AVG	82.37	140.51	134.27	46.96	158.13
單件完工時間	562.25				
需求人力	1.77	3.02	2.88	1.01	3.40
實際配置人力	2	4	3	2	4
	15				
平均產出時間	41.19	35.13	44.76	23.48	39.53
瓶頸站工時	44.76				
生產線平衡率	80.34%				
製品不良率	0.10%				
每日產能	1769片				

4.5.3 統計假設檢定分析

本研究使用 Minitab 統計分析軟體以利證明兩者間是否有顯著上差異，首先進行兩者之假設檢定敘述：

H0：改善前與 B 型態之生產線平衡率是相等的

H1：B 型態之生產線平衡率比改善前佳

經分析後，因 P-Value < 0.05，故接受 H1，其結果代表著經改善後，B 型態有顯著優於改善前。

4.6 C 型態實務試作與分析

本節將說明如何利用 ECRS 改善手法中的合併 (Combine)，以 A 型態做為基礎，在考量個案公司實際生產狀況之下，將 A 型態中之 C4 及 C5 兩個工作站作業內容做一合併，形成第三種新的且可行的作業型態 (本研究定義為 C 型態)，並驗證其新型態之可行性。

4.6.1 工作站合併

在組裝作業線中，在製品是依序由 C1、C2、C4、C5 及 C6 等五個工作站做組裝加工，其中有兩個工作站 (C2 及 C6) 不能與其他工作站合併，因其工作桌為較特殊設計 (C2) 與工作環境不能太過明亮之特性 (C6)，故本研究建議朝向 C4 及 C5 兩工作站做一合併作業規劃，又此兩工作站有一相同之處，即為皆有使用電動螺絲起子做在製品加工，在工作性質類似狀況之下，可增加合併作業可能性。

4.6.2 實務試作推行

實務試作條件與 A 型態相同，在進行完實務試作後，可得到 C 型態各工作站實際標準工時、使用人力等基本資料，如表 9 所示，其結果的確優於改善前狀況，且由表 4 得知，改善前製品不良率為 0.2%，C 型態則為 0.1%，證明 C 型態不僅可行，且製品不良率亦沒有上升趨勢。

表 9 C 型態各工作站基本資料

作業工時(秒/片)	C1	C2	C4&5	C6
AVG	47.29	152.51	193.75	158.13
單件完工時間	551.68			
需求人力	1.02	3.28	4.16	3.40
實際配置人力	2	4	5	4
	15			
平均產出時間	23.64	38.13	38.75	39.53
瓶頸站工時	39.53			
生產線平衡率	86.72%			
製品不良率	0.10%			
每日產能	2002片			

4.6.3 統計假設檢定分析

本研究使用 Minitab 統計分析軟體以利證明兩者間是否有顯著上差異，首先進行兩者之假設檢定敘述：

H0：改善前與 C 型態之生產線平衡率是相等的

H1：C 型態之生產線平衡率比改善前佳

經分析後，因 P-Value < 0.05，故接受 H1，其結果代表著經改善後，C 型態有顯著優於改善前。

4.7 D 型態實務試作與分析

本節將說明如何利用 ECRS 改善手法中的重排 (Rearrange) 與合併 (Combine)，以 B 型態做為基礎，在考量個案公司實際生產狀況之下，將 B 型態中之 C4 及 C5 兩個工作站作業內容做一合併，形成第四種新的且可行的作業型態 (本研究定義為 D 型態)，並驗證其新型態之可行性。

4.7.1 工作站重排與合併

在本研究中，已分別探討與分析過 B 型態 (工作內容重排) 及 C 型態 (工作站合併) 兩種組裝作業方式，接下來的 D 型態則是將兩種改善的作業方式再做一結合。

4.7.2 實務試作推行

實務試作條件與 A 型態相同，在進行完實務試作後，可得到 D 型態各工作站實際標準工時、使用人力等基本資料，如表 10 所示，其結果的確優於改善前狀況，且由表 4 得知，改善前製品不良率為 0.2%，D 型態則為 0.1%，證明 D 型態不僅可行，且製品不良率亦沒有上升趨勢。

表 10 D 型態各工作站基本資料

作業工時(秒/片)	C1	C2	C4&5	C6
AVG	82.37	140.51	172.19	158.13
單件完工時間	553.20			
需求人力	1.77	3.02	3.70	3.40
實際配置人力	2	4	4	4
	14			
平均產出時間	41.19	35.13	43.05	39.53
瓶頸站工時	43.05			
生產線平衡率	92.02%			
製品不良率	0.10%			
每日產能	1839片			

4.7.3 統計假設檢定分析

本研究使用 Minitab 統計分析軟體以利證明兩者間是否有顯著上差異，首先進行兩者之假設檢定敘述：

H0：改善前與 B 型態之生產線平衡率是相等的

H1：B 型態之生產線平衡率比改善前佳

經分析後，因 P-Value < 0.05，故接受 H1，其結果代表著經改善後，D 型態有顯著優於改善前。

4.8 各作業型態比較與量化分析

本節將說明經利用 ECRS 改善手法產生之各型態結果後，其各型態之優劣比較，並將最適之作業型態做量化分析，以了解改善後之效益。

4.8.1 各型態之優劣比較

經研究後，綜合各型態分析結果，在不同指標上之優劣表現如表 11 所示。

表 11 各型態不同指標差異比較表

各型態		改善前	A 型態	B 型態	C 型態	D 型態
項目	改善方式	-	剔除及簡化 多餘的檢驗	工作內容 重排	工作站 合併	工作內容重排 工作站合併
1	生產線平衡率(%)	IV	III	II	II	I
2	每日產能(片/天)	III	I	IV	I	II
3	使用人力(人/班)	III	III	II	II	I
4	製品不良率(%)	I	I	I	I	I
5	單件完工時間(秒/片)	III	II	II	I	I
6	平均生產片數(班/人)	IV	III	III	I	II

註：各符號代表意思 I 表示最佳、II 表示次佳、III 表示佳、IV 表示最差

每一種作業型態對應各項績效指標皆有其優劣，例如若個案公司需求是提升生產線平衡率，讓各工作站間人員作業負荷率能較一致時，可選擇 D 型態作業模式，但若是以每日產能最大化而言，則需選擇瓶頸站作業工時最短之型態，也就是 A 或 C 兩型態作業模式，個案公司可依評估指標項目不同而選擇適當之生產型態。

經本研究統計分析可得到整體指標表現最佳者為 C 及 D 型態，而最差者為改善前型態，另外從表 11 可以看出，實務改善後，每一種不同作業型態在各指標上（除製品不良率以外，因各型態並無顯著之差異）皆比改善前型態佳，故可證明本研究使用 ECRS 改善手法對個案公司作業績效有顯著提升。

4.8.2 最適作業型態之量化分析

如表 11 所示，在各型態中以 C 及 D 型態整體表現較其他型態佳，不過以個案公司實際生產狀況來分析，組裝製程並非瓶頸製程（前製程），雖然 C 型態每日可以產出 2002 片，但已超過瓶頸製程每日產能約 302 片，而 D 型態僅超過瓶頸製程每日產能約 139 片，又能以 14 人完成組裝製程工作，每日需求人數相較 C 型態之下，更可節省 3 人，經分析後，最適個案公司作業型態為 D 型態，故本研究以 D 型態做一改善後量化分析範例，其結果如表 12 所示以供個案公司參考之。

表 12 D 型態量化分析

	改善前	D 型態	改善提升效益
1 生產線平衡率(%)	80.66%	92.02%	14.09%
2 每日產能(片/天)	1789片	1839片	2.82%
3 使用人力(人/班)	16人	14人	12.50%
4 單件完工時間(秒/片)	604.77秒	553.20秒	8.53%
5 平均生產片數(班/人)	37.27片	43.79片	17.49%
6 投資回收年限			0.094年

5. 結論與建議

5.1 結論

本研究主要的目的在於提升面板模組製造廠組裝作業線績效與平衡率，經由四個階段逐一建立各項基礎與改善等資料，以利分析個案研究公司組裝作業線，綜合以上之分析結果，本研究歸納出以下六個結論，以彰顯研究之價值。

1. 本研究以工作研究、實驗設計及統計分析等手法進行實務上改善，有效改善個案公司組裝作業之績效。
2. 各種不同指標使用在各型態中，最佳使用型態如下列六點所示。
 - 2.1. 生產線平衡率：工作內容重排及工作站合併後，D 型態為最佳作業安排，因其各站工作負荷較一致。
 - 2.2. 每日產能：以 A、C 兩型態為最佳，因其瓶頸站工時最短。
 - 2.3. 每班使用人力：以 D 型態為最佳，因改善作業檢查項目與內容。
 - 2.4. 製品不良率：各型態間並無顯著改善差異，不良率未受到影響。
 - 2.5. 單件完工時間：以 C、D 兩型態為最佳。
 - 2.6. 平均每人每班生產片數：以 C 型態為最佳。
3. 透過工作改善技術 ECRS，可以提升工作現場作業績效，以本研究 D 型態而言，運用了 ECRS 四種手法，得到了整體最適作業型態。
4. 需定期（例如：一季或是半年）檢查是否有無效之檢驗動作，以及作業工時更新，以確保生產線能維持較佳之生產績效，而在本研究中，將在製品及 Shielding Cover 外觀檢查等項目剔除後，不良率沒有增加，作業績效包括了生產線平衡率、每日產能、單件完工時間及平均每人每班生產片數等，皆有顯著改善。
5. 在勞力密集產業中，若能導入自動化設備，將有助於改善生產作業績效，經本研究觀察後發現，個案研究公司需花費不少時間將螺絲排入螺絲盤中，故建議導入螺絲供應器以輔助生產。
6. 透過整體改善方式，可讓個案研究公司之製造現場領班人員了解到，除依經驗管理作業員外，尚必須重視依科學方法了解不同之作業方式對整體組裝作業線之影響，在製造成本最小化、作業員工作負荷內及生產線平衡率等考量下，做最適當之工作指派。

此外，個案研究公司已採用本研究之 D 型態作業模式，完成組裝作業線重新設計與人力安排，並持續監控 D 型態產品品質水準與人員作業績效。

5.2 未來研究方向

對於後續要從事相關實務方面研究者，本研究提供下列四點建議。

1. 可探討各種不同輸送帶速度、各站別作業桌距離及工時等條件，且可滿足產能、品質狀況下，尋求最適之生產型態，以求資源運用最大化。
2. 可探討如何建立一個有效的機制或系統，可避免檢驗項目日益增多的問題之產生。
3. 可針對所有工作若由一人組裝完成，其人員負荷、產能或品質上，在不增加人力的狀況下，是否會有利於多站分工作業之方式，後續研究者可再探討之。
4. 若不使用輸送帶，改變其作業方式，在這樣生產條件之下，是否仍可維持一樣的生產品質甚至更佳，亦可加以研究及探討之。

參考文獻

1. 李榮貴(1992), 「限制理論-製造管理的新觀念」, 機械工業 117 期, 頁 212-223。
2. 李藍怡(2002), 「PCB 手插件工作指派之知識管理系統」, 私立華梵大學工業管理學系碩士論文。
3. 陳世廷(2001), 「多種產品混合裝配生產線工作指派方法之研究」, 國立雲林科技大學工業工程與管理研究所碩士論文。
4. 許棟樑及柳昌良(2004), 「筆記型電腦廠系統組裝線流程分析」, 國立清華大學工業工程與工程管理研究所, 工業工程學刊, 第二十一卷, 第二期, 頁 203-212。
5. 黃志剛(1998), 「系統工作站數無限制之下探討生產線平衡問題-以模擬退火程序求解」, 科技學刊, 第七卷, 第二期, 頁 123-128。
6. 張敏君(2000), 「混合性產品裝配線平衡之研究」, 碩士論文, 國立雲林科技大學工業工程與管理研究所碩士論文。
7. 曾懷恩、張堂聖及湯承恩(2003), 「組裝規劃中以模擬退火法產生組裝順序的探索」, 私立大葉大學工業工程學系, 工業工程學刊, 第二十卷, 第二期, 頁 91-100。
8. 葉文耀(2006), 「提升電子組裝業生產線之生產績效-以交換式電源供應器為例」, 國立屏東科技大學工業管理研究所碩士論文。
9. 傅和彥, 「工廠管理」, 前程企業管理公司, 民 84, 第八版, 頁 255-258。
10. Alessandro Agnetis(1992), "Task Assignment in Pipeline Assembly Systems," *Proceedings of the 1992 IEEE International conference on Robotics and Automation*, Nice, France, May, pp.1133-1138.
11. Baybars, I(1986)., "A survey of exact algorithms for the simple assembly line balancing problem," *Management Science*, Vol. 32, No.8, pp.909-932.
12. Boneschanscher N.(1990), "Task Assignment for A Small Batch Flexible Assembly Cell Incorporating Multiple Robots," *Industrial Electronics Society*, 1990. IECON '90 , 16th Annual Conference of IEEE, vol.1, pp.746-750.
13. Goldratt, E.M. (1990), *Theory of constraints*, Croton-on-Hudson, NY: North River Press.
14. Goldratt, E.M. (1990), *The Haystack Syndrome*, Croton-on-Hudson, NY: North River Press.
15. Isabel C. Praca, August(1997), "SimBa:An approach for Manual Production Lines Balancing," *Proceedings of the 1997 IEEE international Symposium on Assembly and Task Planning*, Marina del Rey, CA-August, pp.42-45.
16. Jones, G. and Roberts, M. (1990) *Optimized Production Technology(OPT)*, IFS Publication, U.K.
17. Joseph M. Miller(1994), "Using Simulated Annealing To Select Least-Cost Assembly Sequences, Robotics and Automation," 1994. *Proceedings., 1994 IEEE International Conference on*, vol.3, pp. 2058-2062.
18. Schragenhem M.L. and Ronen(1990), "M.M. Synchronous Manufacturing as in OPT: from Practice to Theory," *Computer and Industrial Engineering*, Vol. 18, No. 4, 585-600.
19. Saeid Motavalli, Anwar- ul Islam(1997), "Multi-Criteria Assembly Sequencing," *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 32, no.4, pp.743-751.
20. Umble, M. M., and Srikanth, M. (1990), *Synchronous Manufacturing: Principles for World Class Excellence*, South-Western Publishing Co., Cincinnati, OH.