

明新科技大學 97 學年校內專題研究計畫成果報告

運用 TRIZ 發展自動化連接器組裝線之創新設計

The innovative design of applying TRIZ theory in automated
assembly system for the electronic connector

計畫類別：任務型計畫 整合型計畫 個人計畫

計畫編號：MUST-97-工管-03

執行期間： 97 年 3 月 1 日至 97 年 9 月 30 日

計畫主持人：李得盛

共同主持人：

計畫參與人員：

處理方式：公開於校網頁

執行單位：工業工程與管理系

中 華 民 國 97 年 9 月 12 日

中文摘要

隨著科技發展日新月異，新技術新產品不斷地被開發，產品生命週期縮短，企業在面臨與日俱增的市場競爭下，為求生存與發展，愈來愈依賴創新以提高其競爭力，建立永續生存的利基。創新已成為企業提昇競爭力之重要手段。在今日複雜多變的競爭環境下，如何創新已然成為重要的議題。早在 1946 年，TRIZ 理論 (Theory of Inventive Problem Solving) 被俄國發明家 G. Altshuller 所發展出。G. Altshuller 與他的同事們分析歸納 1,500,000 件專利，整合世界上成功的創新思考模式之經驗與知識，並能提供設計工程師們在創新設計過程中，處理矛盾衝突的情況，此方法則被稱為 TRIZ 方法。本研究以電子連接器之自動化組裝系統為實際案例，進行專家及相關人員之訪談，接著運用 TRIZ 方法中的矛盾矩陣表 (Contradiction Matrix) 加以初步分析個案中的相關問題，另一方面，以分析層級法 (Analytical Hierarchy Process, AHP) 及四十項建議法則 (Inventive Principles) 加以評估及分析自動化組裝系統之層級架構。

藉由結合 AHP 及四十項建議法則之方法加以分析，能驗證先前的矛盾矩陣表法分析的結果，而此研究結果能提供後續研究之參考。

關鍵詞： TRIZ 理論、矛盾矩陣表法、分析層級法

Abstract

As developments in science and technology are progressing on a daily basis, product life cycles are shortening as new products and technologies are developed. With growing market competition, to survive and develop enterprises are increasingly reliant on innovation to improve their ability to competitiveness, and ensure their long time survival. Innovation is the main strategy for improving enterprise competitiveness. In the current complex and changeable market, how to innovation is an important topic. TRIZ was created by the Russian inventor G. Altshuller and his research fellows in 1946. Altshuller et al. analyzed and integrated 1,500,000 patents with knowledge and experience of the world's finest inventive minds, to help design engineers handle conflict conditions during problem solving related to design innovations, this approach is called "TRIZ" (Theory of Inventive Problem Solving). This work comprises a practical case study based on interviewing related experts of automated assembly system for electronic connector. The Contradiction Matrix is applied to analyze a practical case study. On the other hand, the Analytical Hierarchy Process (AHP) and Inventive Principles are used to evaluate and analysis hierarchical structure of automated assembly system.

This research could validate the former method (Contradiction Matrix) by combining AHP and Inventive Principles methods, and the result of this study could be offered for further research.

Keywords: TRIZ 、 Contradiction Matrix 、 AHP

目錄

中文摘要.....	i
Abstract.....	ii
目錄.....	iii
表目錄.....	iv
圖目錄.....	v
第一章 緒論.....	1
1.1 研究動機.....	1
1.2 研究目的.....	2
1.3 研究之範疇與限制.....	2
1.4 研究架構與流程.....	3
第二章 文獻探討.....	5
2.1 TRIZ理論簡介.....	5
2.2 訪談法.....	9
2.3 AHP層級分析方法.....	9
2.4 個案相關文獻--電子連接器.....	121
第三章 研究方法.....	13
3.1 TRIZ 的系統架構.....	13
3.2 研究流程.....	14
3.3 訪談法.....	17
3.4 AHP分析層級法決定權重.....	19
第四章 個案研究.....	26
4.1 個案簡介及問題描述.....	26
4.2 專家訪談結果與矛盾矩陣表法初步分析.....	31
4.2.1 矛盾問題組合 (第一組).....	31
4.2.2 矛盾問題組合 (第二組).....	35
4.2.3 矛盾問題組合 (第三組).....	37
4.3 分析層級法分析問卷結果.....	39
第五章 結論與建議.....	53
5.1 結論.....	53
5.2 後續研究建議.....	55
參考文獻：.....	56
中文參考文獻：.....	56
英文參考文獻：.....	588
網站參考資料：.....	59
計劃成果自評表：.....	60

表目錄

表 3.1 矛盾矩陣表.....	13
表 3.2 TRIZ 一般問題之解決步驟.....	14
表 3.3 自動化組裝系統之層級架構.....	18
表 3.4 本研究之問卷.....	19
表 3.5 AHP 評比尺度說明表.....	21
表 3.6 隨機產生矩陣的平均一致性指數.....	22
表 3.7 自動化組裝系統主要準則之成對比較陣.....	23
表 3.8 自動化組裝系統主要準則之優勢向量 W	24
表 3.9 自動化組裝系統主要準則之優勢向量 W'	24
表 3.10 自動化組裝系統之主要準則之最大特徵計算表.....	25
表 4.1 矛盾問題組合 (第一組).....	31
表 4.2 第一組對應法則(1).....	31
表 4.3 第一組對應法則(2).....	33
表 4.4 矛盾問題組合 (第二組).....	35
表 4.5 第二組對應原則.....	35
表 4.6 矛盾問題組合 (第三組).....	37
表 4.7 第三組對應法則.....	37
表 4.8 主要準則間之成對比較矩陣.....	39
表 4.9 主要準則間之權重分析.....	39
表 4.10 系統功能構面下各評估參考細項之成對比較矩陣.....	40
表 4.11 系統功能準則下各評估參考細項之權重.....	40
表 4.12 環境安全準則下各評估參考細項之成對比較矩陣.....	41
表 4.13 環境安全準則下各評估參考細項之權重.....	41
表 4.14 成本準則下各評估參考細項之成對比較矩陣.....	42
表 4.15 成本準則下各評估參考細項之權重.....	42
表 4.16 本研究層級架構主要準則與評估參考細項之權重 (占全體之權重).....	43
表 4.17 各主要準則及評估參考細項之權重分析表.....	44
表 4.18 TRIZ 建議法則選用表.....	46
表 4.19 四十項建議法則選用於自動化組裝之三大機構分析表(1).....	47
表 4.20 四十項建議法則選用於自動化組裝之三大機構分析表(2).....	48
表 4.21 四十項建議法則選用於自動化組裝之三大機構分析表(3).....	49
表 4.22 四十項建議法則選用於自動化組裝之三大機構分析表(4).....	50
表 4.23 四十項建議法則選用於自動化組裝之三大機構分析表(5).....	51
表 4.24 四十項建議法則選用於自動化組裝之三大機構分析表(6).....	52

圖目錄

圖 1.1 論文架構流程.....	4
圖 2.1 物質-場互動作用	8
圖 3.1 TRIZ 方法解決問題之一般性流程.....	15
圖 3.2 研究流程.....	16
圖 4.1 電子連接器零件圖.....	26
圖 4.2 自動化組裝系統配置圖.....	28
圖 4.3 自動化組裝系統流程圖.....	29
圖 4.4 自動化組裝系統動作說明流程圖.....	30
圖 4.5 自動化組裝系統 TRIZ 建議法則選用之架構圖.....	45

第一章 緒論

1.1 研究動機

環境的快速變化帶來許多衝擊，尤其是在國際化的競爭壓力下，新產品不斷的在市場上出現。因此，如何快速研發低成本、高品質且具創新性的新產品，是目前產業界最關注的議題之一。企業要能生存在國際化的競爭壓力下，需具備核心競爭優勢，並能快速達成顧客多元的需求，所以創新在此就成為了不可缺少的一項要件。傳統上，當有矛盾的情況發生時，設計者會採取妥協的方式並限制設計者本身在創新設計上的表現，而 TRIZ 理論 (Theory of Inventive Problem Solving, TRIZ) 能在創新的設計階段中，協助工程師於概念設計的改善[14]。

但在創新的設計階段中，設計者往往會遇到系統不相容或是有衝突問題產生於設計上，而在設計上改變某些系統參數時，會使其他的參數變差，要解決此情況通常需花很多的時間，甚至是無法得到可行的方案。

TRIZ (Theory of Inventive Problem Solving 俄文的縮寫)，其意思為創造性問題解決的理論，是由前蘇聯發明家 Altshuller 研究分析150萬件世界專利，發現成功發明者的思考和行為模式是有系統性的，進而歸納推導出一系列解決發明問題的方法。自 1980 年代起，由蘇聯把 TRIZ 理論介紹給世界各地，TRIZ 理論愈來愈受現代企業的重視，漸漸被使用在解決技術難題及實現創新的有效工具[27, 30]。儘管 TRIZ 理論漸漸受到歡迎，但從來沒任何理論方法能宣稱是極盡完美的，TRIZ 理論也不是沒有任何缺點的，它只是一種在解決技術衝突時，給無頭緒的設計者或決策者一些建議的方法，並非為最佳的方案。

TRIZ 理論整合了知識與經驗的創新方法，能提供設計工程師在處理創新設計上所產生的矛盾情況[43]，TRIZ 方法包括了矛盾矩陣 (Contradiction Matrix) 表法、物質-場法 (Substance and Field Theory)，簡稱 Su-Field 方法、理想化 (Ideal Result) 方法、TRIZ 的演算規則 (Algorithm of Inventive Problem Solving, ARIZ)[32]。

這些 TRIZ 的方法，是用來幫助設計者解決工程問題，進而得到產品的創新解決方法。矛盾矩陣表是由 Altshuller 分析歸納經常遇到技術矛盾的系統特徵共有三十九個，將其對應解決的法則，整理成矩陣的方式，提供一個快速簡單的方式，幫助你找到解決

技術矛盾的法則，這個矩陣即為 39x39 的矛盾矩陣表，共有 1263 個元素，有關矛盾矩陣表詳細內容參閱附錄 A。

本研究以電子連接器之自動化組裝系統為個案，進行專家及相關人員的訪談，接著運用 TRIZ 方法中的矛盾矩陣表法加以分析及探討。早期我國連接器廠商專注在電腦應用發展，隨著電腦科技進步快速，電子連接器所扮演的角色也日趨重要，從訪談的過程中分析出設計者是從人工作業著手分析組裝流程，發現了以人工作業有許多問題導致成本增加，所以導入了自動化組裝系統於電子連接器組裝流程；一般而言，TRIZ 理論在設計階段就需導入，但此自動化組裝系統已經完成了，所以本文依當初設計者的設計理念著手分析，接著以 TRIZ 方法中的矛盾矩陣表，初步分析個案中的相關問題，再以 AHP 分析層級法評估自動化組裝系統設計構面各準則的相對重要性，最後結合 AHP 及 TRIZ 方法中的四十項建議法則加以選用及分析，能驗證先前的矛盾矩陣表法分析的結果。

1.2 研究目的

依據上節所述之研究動機，本研究對此導入在電子連接器之自動化組裝系統，運用 TRIZ 方法及 AHP 分析層級法所達成以下目的：

- ◆ 矛盾矩陣表初步分析個案中的相關問題，從人工作業之電子連接器組裝流程，了解其中的不良因素，並提出改善不良因素之建議。
- ◆ 運用 AHP 分析層級法評估自動化組裝系統設計構面之各準則的相對重要性。
- ◆ 依自動化組裝系統各設計構面的權重高低，結合常出現的四十項建議法則之統計結果為選用的優先順序後再加以分析。

1.3 研究之範疇與限制

本研究是以自動化組裝系統於電子連接器為議題，以 TRIZ 方法及 AHP 分析層級法加以分析自動化組裝系統的設計理念，主要研究範圍要點如下：

- ◆ 以矛盾矩陣表法分析導入在電子連接器之自動化組裝系統所面臨的問題，再以 AHP 分析層級方法評估自動化組裝系統設計構面之各準則的相對重要性。
- ◆ TRIZ 方法中的四十項建議法則加以分析及選用。

此外，研究過程的限制：

- ◆ 電子連接器以 A 公司為例，且由於導入在電子連接器的自動化組裝系統已經完成了，經由本研所得之改善策略，只適用於本研究之電子連接器（圖4.2）之自動化組裝系統，對於電子連接器詳細的介紹，會在第四章加以說明。
- ◆ 由於設計者對於 TRIZ 理論不是很了解，因此本研究是依 AHP 分析層級法評估自動化組裝系統設計構面各準則的相對重要性，最後運用 TRIZ 方法中的四十項建議法則加以選用及分析。
- ◆ 本研究因為沒有那麼多的個案可做驗證，所以只針對一個個案（自動化組裝系統）之設計者及相關人員來做訪談，進而加以分析研究。

1.4 研究架構與流程

本研究共分為四大部分，各章主要內容分別如下：

第一章 緒論：包含研究動機、研究目的、研究之範疇與限制、論文架構與流程。

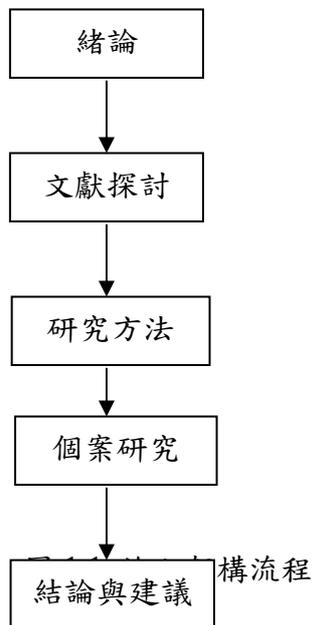
第二章 文獻探討：TRIZ 理論相關文獻探討。

第三章 研究方法：以訪談法及 TRIZ 理論研究個案中有關設計構面的相關問題，再以 AHP 分析方法進行評估。

第四章 個案研究：以電子連接器之自動化組裝系統為個案，接著運用 TRIZ 方法中的矛盾矩陣表法初步分析個案中的相關問題，再以 AHP 分析層級法評估自動化組裝系統設計構面各準則的相對重要性，最後運用四十項建議法則加以選用及分析。

第五章 結論與建議

本研究流程如圖 1.1：



第二章 文獻探討

2.1 TRIZ理論簡介

現今科技的發展日新月異，市場環境變化快速，消費者的偏好多樣且善變，產品生命週期短，企業面臨如此強大的競爭壓力，需持續增加企業本身創新的競爭能力，才能因應快速變化的環境所帶來的衝擊。

創新在此成為一項不可缺少的要件，創新的形成是需透過創意激發與創造力發展的互動過程。過去，當研發創新者欲解決問題時，經常以專利檢索、試誤、腦力激盪等方式協助開發，有別於這些方法，近年發展迅速的 TRIZ 為一系統化創新問題解決理論，以提供研發創新者或決策者一些建議方法。

TRIZ 將問題歸納為物理矛盾與技術矛盾，在物理矛盾方面，將採取「時間」、「空間」、「物質的物理狀態」，三個層面來將矛盾予以分離，以解決物理矛盾的問題[14]；技術矛盾方面，當改善特定的一個參數屬性於此系統，將會使另一個參數特性惡化，稱為技術矛盾[43]；而前者為改善參數 (Improving Parameter, IP)，後者為避免惡化參數 (Avoiding Degeneration Parameter, ADP)，Altshuller 分析歸納經常遇到技術矛盾的系統特徵共有三十九個，將其對應解決的法則，整理成矩陣的方式，提供一個快速簡單的方式，幫助你找到解決技術矛盾的法則，這個矩陣即為 39x39 的矛盾矩陣表，共有 1263 個元素[1]。TRIZ 方法中的矛盾矩陣表法與四十項建議法則，是本研究探討其應用於自動化組裝系統的主要工具，因此附錄 A、B、C 將會詳細地加以說明。

當一個設計者解決一項創新上的設計問題時，往往會遇到系統不相容或是有衝突問題產生在設計上，而 Altshuller 分析歸納 150 萬個專利，決定一般工程矛盾的型式，發展出創新建議法則 (Inventive Principles)，並認為解決矛盾就是創新發明的機會[22]。三十九個工程特徵參數經由分析摘要出來，再將其對應解決的法則，整理成矩陣的方式，幫助設計者在系統不相容或是有衝突問題產生時，能得到一個快速的方式，以找出解決技術矛盾的法則，此矩陣為 39*39 的二維矩陣表，共有 1263 個元素。

Jung 等人[33]應用 TRIZ 發展一種新型自動對焦的照機，對於相機來說反應時間是

最重要的一項因素。因此從分析產品得到了相機本身的構成要素，包括絕緣油、電解質、及絕緣體為主要影響反應時間的因素，再由分析問題中得到欲改善的技術矛盾為油質的防水特性，其對應欲改善的參數為參數 13 物體穩定性 (Stability of Object) 及欲避免惡化的參數為參數 11 張力或壓力 (Tension/Pressure)，對應矛盾矩陣表共可得發明法則 #2 抽離 (Extraction)、 #35 性質轉換 (Transformation of physical and chemical states of an object)、 #40 複合材料 (Composite materials) 共三個建議法則。針對油的防水性，運用二項建議法則 #2 抽離 (Extraction) 及 #35 性質轉換 (Transformation of physical and chemical states of an object)，將三種油質加以混合來取代原本的油質，並以實際的實驗來測試，發現實驗結果具有更高的防水性且也由原先的反映時間 200 ms 減少至的 50 ms，改善了高反應時間的問題。

Terninko 認為在 TRIZ 理論是只針對在產品概念設計階段的系統化方法，而並沒有在產品規格細部方面有具體設計。因此，其提出在使用 TRIZ 方法時應該與其他的品質設計方法如品質機能展開方法、田口品質設計方法搭配使用，這樣設計者在概念設計階段就能設計出更好的產品[35]。

Mao 更以 TRIZ 方法定義出問題，並提供摩托車在設計概念上的建議法則，使得在摩托車可以不用熄火就可以輕鬆的打開車箱蓋，或是直接從鑰匙孔的位置就可以打開車箱蓋無須再到機車側面的鑰匙孔進行開車箱蓋，而運用 TRIZ 方法於此項新設計，能充分的滿足了使用者的需求。以 TRIZ 之四十項建議法則與39*39個工程參數對應的矛盾矩陣去解決技術矛盾，並促進問題解決後的品質及效率[43]。

Liu 與 Chen 提出以單一特性法則方法來解決空矩陣的問題，結合同一參數中欲改善參數與惡化參數所有出現的法則，出現次數愈高，即表示該法則用來解決問題的成功機率愈高，並利用矛盾矩陣表得到範例中專利的矛盾參數與建議法則，進而以範例來證實解決空矩陣元素方法的可行性[26]。

朱晏樟則結合 TRIZ 方法之創新性與知識庫可保存資訊並更新的特性，利用 TRIZ 方法產生創新概念，並以功能分析將現有產品及創新概念轉換為系統化的基礎功能模型與功能元件模組。圖型化的資訊一方面易於以知識庫來儲存，一方面功能元件模組可與基礎功能模型進行連結組合，再經由創意設計軟體 Tech Optimizer 進行評估，消除設計上的矛盾而產生多樣性的新設計[2]。

許君平運用 TRIZ 創意設計方法結合功能規格與操作環境規劃，依其三十九項工程

參數與四十項建議法則推導出可能之雛型構想，以機械產品設計需求條件建構產品設計流程[9]。

張永謹以液晶平面顯示器為例，以 TRIZ 找出所產生的技術性衝突，並建立因果關係流程圖來得到相關因數解決方向，再利用 TRIZ 中的矛盾矩陣表法得到建議法則，並利用產品資料管理 (Product Data Management, PDM) 系統，搜尋屬性與創新原則屬性相關的文件，經由整理研究得到有效的研究結果[14]。

張祥唐結合綠色創新設計輔助軟體 (Eco-Design Tool)，考量環境效率要素並連結 TRIZ 之綠色創新設計流程，設計出具環保概念的產品，首先以生命週期評估資料可視為調整未來新產品設計走向的參考依據，將生命週期評估資料對應至環境效率要素，可檢視該類型產品或競爭產品的缺失，找出較高環境衝擊之處並做為未來改進方向。如果沒有生命週期評估資料者、或是一個嶄新的設計，可以嘗試以群體討論或分析層級程序法，將 7 個環境效率要素在新設計中考量的先後順序排列出來，如此可以成為新設計的方針。

對新款車胎綠色創新設計者而言，在延長車胎使用壽命的同時，如何維持車胎抓地力便成為一項設計挑戰。減少商品的原料密集度及延長產品的耐久性的設計目標，「減少商品的原料密集度」該要素可以對應三十九個工程參數中的參數 23 物質的耗費 (Waste of Substance) 及參數 26 物質的量 (Amount of Substance)；而在「延長產品的耐久性」該要素可以對應三十九個工程參數中的參數 15 移動物體的耐久性 (Durability of Moving Object)。由於未知這兩個設計目標所屬之工程參數何者為欲改善參數或欲避免惡化參數。因此，將該群參數視為均有此兩種可能，接著以簡單的統計方式找出所有的矛盾組合與對應之建議法則。在各矛盾所對應之建議法則中，以建議法則 #3 局部特性 (Local Quality) 出現次數最多，而計設者運用此建議法則，將車胎表面混入不同磨耗性質、不同抓地力的橡膠材質，依據不同磨耗狀況適時改變抓地力，以延長車胎使用壽命，而發展出新款「複合磨耗層 (Dual-Layer Tread)」環保車胎[13]。

王仁慶認為 TRIZ 理論的另一種方法為：物質-場 (Substance and Field Theory) 方法，簡稱 Su-Field 方法，就技術系統而言，最小的元素是執行單一功能的元素，而工程系統可分成兩個物體或物質， S_1 為功能作用體和 S_2 為功能主體，而此兩個物體或物質可以為系統的兩個零件、或系統本身和系統所作用的產品、或系統和外部環境[1]。在這兩個物體或物質之間的作用是經由一個場(Field)，場的形式可以是力學場、聲音場、

熱場、化學場、電場、磁場六種，二種物質與場之間的互動存在各種可能性，其中最重
要兩種為有益效應 (Desired Effect) 及有害效應 (Harmful Effect) 如圖2.1 及二種物質
 S_1 和 S_2 與場之間的分析步驟如圖2.2 [6]。

Terninko 提出了對整個物質-場方法的流程與製作並搭配七十六標準解加以詳盡的
說明介紹[37]。

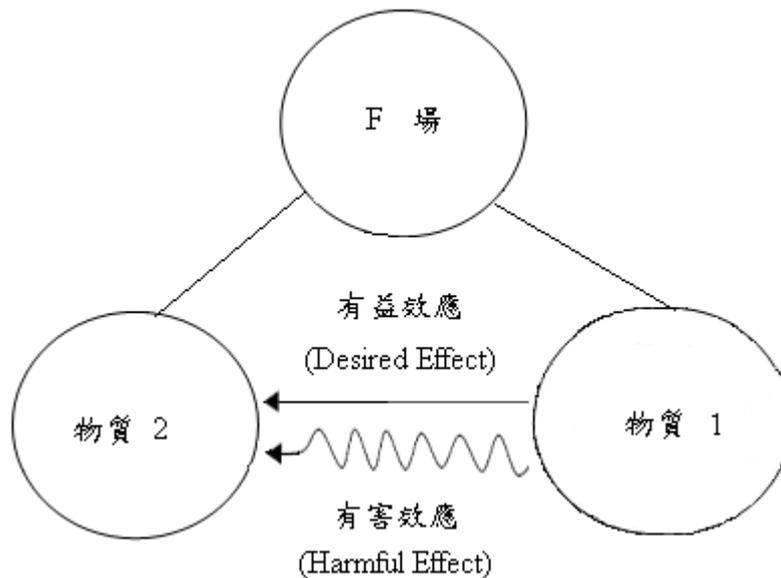


圖 2.1 物質-場互動作用

TRIZ 理論加以應用分析現今成熟階段的科技，一個系統化的 TRIZ 方法能增快一
個企業產品發展過程，並運用 TRIZ 理論去分析，以幫助一個特定產品發展做出適當的
決策，Michael 等人以煙霧感應器 (Smoke Detector) 為例，將應用於攝影機的固態影
像元件，運用物質-場法 (Substance-Field) 改善傳統的煙霧感應器，加入了電荷耦合原
件影像感測器 (CCD) 技術於煙霧感應器，能使煙霧感應器偵測之正確性提高，且能在
無人的狀態下進行拍攝，以降低危險狀況發生的機會[39]。創造了一個新科技領域的專
利 (煙霧感應器 Smoke Detector)，使得成熟階段的科技得以成功的延續。

七十六個標準方法是由 G. Altshuller 和他的同事在 1975 到 1985 年間共同編輯
出來，把他們分成五大類 [22, 35]。

- ◆ 少量或不改變已有系統：13種標準解；
- ◆ 改變已有系統：23種標準解；
- ◆ 系統傳遞：6種標準解；
- ◆ 檢查與測量：17種標準解；
- ◆ 簡化與改善策略：17種標準解。

在將問題分析完後，將其問題以物質-場模型表示，接著判斷其屬於哪一種的物質-場系統，再配合五類總共七十六個標準方法依序考慮套入系統中，找尋並發展出最適合的解決方法。

潘弘崧運用功能分析法先將整個 IC 黏晶機系統作分析，並了解各個次系統之功能。物質-場法模型建立完成後，再配合七十六個標準方法 (參閱附錄 D) 改變現有系統缺失及將系統重新進行概念設計。接下來針對在問題公式化所產生的兩個矛盾點建立物質-場法。並針對 IC 黏晶機取放頭、頂針機構與取放臂提出數個創新的機構概念設計，最後並利用機構模擬軟體 ADAMS 模擬取放臂四個新構型的動態情形[17]。

這些建議法則及方法能幫助設計者在系統不相容或是有衝突問題產生時，能得到一個快速的方式，以找出解決技術矛盾的法則。再加上 TRIZ 經過半世紀以上的研究與實證，是一套高效率及可靠的創意思考及創新設計系統化方法，應用範圍包含產品及製程的改善、消除製程上的限制、科技預測、新產品開發、專利迴避等。

2.2 訪談法

呂俊霖以實際的生產作業系統為案例，經過實地訪談及了解其生產系統的作業現況與問題，依據 TRIZ 理論能夠在較短的時間裡產生各種創意解決方案的特點，並配合 TRIZ 工具：物質-場法與 76 個標準解應用於改善生產作業系統運作上的不良因素，進而減少影響生產運作的問題產生，使整體生產系統運作更為穩定[5]。

本研究在選擇訪談方式時，考量訪談的技巧與設計之後，採半結構化訪談來進行，主要目的為蒐集較完整且深入的資訊，減少整個訪談時間的耗費。利用事前準備的訪談大綱來輔助研究者進行訪談工作，並使受訪者較不受限於問題的形式，能夠更針對問題加以談論，讓研究者獲取更多所需資訊。因此，本研究以專家訪談的方式，建構出「自動化組裝系統設計構面之評估研究」的衡量構面及衡量構面參考細項，經由問卷評估「自動化組裝系統」各層級間的相對重要性。

2.3 AHP 層級分析方法

多準則決策法 (Multiple Criteria Decision-Making, MCDM) 可對相關屬性進行整體性考量與綜合評估。在多準則決策的方法中，分析層級程序法 (Analytical Hierarchy Process, AHP) 為其中的方法之一，其理論簡單、使用容易且同時甚具實用性，因此廣受

學術及實務界所使用[41]。AHP 分析方法目的是要將複雜的問題系統化，由不同層面給予層級分解，並透過量化的判斷後加以綜合評估，以提供決策者選擇適當方案的充分資訊，同時減少決策失誤，AHP 分析方法概念易懂、操作簡易。

Saaty 發展出 AHP 分析方法，主要是針對在許多不確定情況下與具有數個評估準則的決策問題，利用 AHP 法系統化的由高層次往低層次分解複雜且非結構化的問題，並且透過量化的方式來判斷，以取代以往只有直覺判斷之決策程序[41]。

許君平利用 AHP 分析方法進行決策問題分析，分為四個步驟：

1. 問題描述，建構層級結構，定義每一層級與元素。
2. 建立各階層之成對比較矩陣，求得各層級之優先比較向量與特徵值。
3. 檢定成對比較矩陣之一致性。
4. 替代方案之選擇。

蕭玉華針對國際會議主辦單位決策者進行實證調查與分析，運用此模糊 AHP 法做為地點選取評估模式之基礎；AHP 適用範圍廣泛，根據 Saaty 研究，它適合應用在下列 12 種類型的問題中[23]。

1. 規劃 (Planning)
2. 產生多種替代方案 (Generating a set of alternatives)
3. 設定優先順序 (Setting Priorities)
4. 選擇最佳方案 (Choosing a best policy alternatives)
5. 資源分配 (Allocating resources)
6. 確定需求 (Determining requirements)
7. 預測輸出或風險評估 (Predicting outcomes / Risk assessment)
8. 系統設計 (Designing system)
9. 績效量測 (Measuring performance)
10. 確認系統穩定 (Ensuring system stability)
11. 最佳化 (Optimization)
12. 解決衝突 (Resolving conflict)

鄧振源與曾國雄所做出的研究，層級分析法之基本假設包括下列九項[18]：

1. 一個系統可以被分解成許多種類或成分，並形成像網路的層級結構。
2. 層級結構中，每一個層級的要素設為獨立性。

3. 每一層級內的要素，可用上一層級內某些要素或所有要素作為評估準則，進行比較評估。
4. 比較評估時，可將絕對數值尺度轉換成比例尺度 (Ratio Scale)
5. 進行成對比較後，可使用正倒值矩陣 (Positive Reciprocal Matrix) 處理。
6. 偏好關係滿足遞移性。不僅優劣關係滿足遞移性，同時強度關係也滿足遞移性。
7. 完全具遞移性不容易，因此容許不具遞移性的存在，但需測試其一致性的程度。
8. 要素的優勢程度，經由加權法則求得。
9. 任何要素只要出現在階層結構中，不論其優勢程度是如何小，均被視為與整個評估層級結構有關，而非檢核階層結構的獨立性。

張祥唐以 AHP 分析方法來決定環境化效率因素之權重，以找出相對應於 TRIZ 的工程參數，進而找出環境化創新產品的建議法則，設計雙層胎面環保輪胎產品[13]。

許君平利用分析層級程序法 (Analytical Hierarchy Process, AHP) 來針對不同的考慮因素進行評估，依權重高低將 TRIZ 建議法則針對不同設計條件加以選用及分析，以利在企業中的決策者能在充足的資訊下作出對新產品可行性的判別依據或選擇適合的方案。新產品流程在主觀設計方面，以 TRIZ 解決問題方法針對矛盾問題並依機械產品設計時考慮到的因素來做設計[9]。

Yurdakul 在機器工具的選擇上，運用 ANP 法及 AHP 法計算出機器工具替代方案在製造組織的生產策略，並排序權重得分最高者為建議之機器工具。並以一家位於土耳其首都的 Dizayn 機械工程公司為例，Dizayn 為承包大型組裝及製造生產的公司，從三種加工中心 (VTC-200B、FJV-250、VARIAXIS 500) 與一種傳統製造機器相比較，並運用 ANP 法及 AHP 法計算出最適的方案為 VARIAXIS 500 的加工中心[40]。

林長廷以分析網路程序法 (Analytic Network Process, ANP) 整合資深生管專家意見到晶圓廠整合性派工程序的決策評估，評估結果顯示晶圓廠 ANP 派工法則評估模式的最適派工方法為交期最早者 (Earliest Due Date, EDD) 派工法，同時運用 Super Decision 電腦輔助決策軟體，運算出最適派工方法[7]。

2.4 個案相關文獻---電子連接器

台灣連接器產業起源於 1970 年代，當時主要是生產電源插座、插頭或電源線組等低階產品，但隨著個人電腦產業的興起，1980 年代期間，連接器廠商如雨後春筍般地出現[3]。並隨著電腦科技快速進步，電子連接器所扮演的角色也日趨重要；早期我國連接器廠商專注在電腦應用發展，但在電腦連接器微利低價化及新市場的應用下[10]，再加上電子技術日新月異，電子連接器更是推陳出新，因此國內廠商多轉型往通訊或消費性電子市場等發展，而我國廠商在低生產成本及市場的驅使下亦紛紛赴大陸設廠，面對兩岸在連接器產業的競爭，我國應導入自動化生產技術，確保降低成本，以因應連接器趨向國際化及生命週期短之特性，提高我國電子連接器產業在全球的競爭力。

台灣連接器是伴隨著 PC 產業的成長而發展至今，而在台灣的連接器廠商應用在 PC 相關領域的產品，就佔了總產值的八成多[15]，因此電子連接器在此扮演著重要的角色。由於連接器負責電子訊號的傳遞，其性能是否優異，勢必會影響到電器系統之間的聯繫。目前在數位傳輸系統中對連接器的要求，主要在於「高頻傳輸」、「結構小型化」、「腳位間距細微化」、「成本與品質考量」、「無線傳輸需求」等五點 [12]。為了確保訊號傳輸的正確性，一個良好的連接器同時要能兼具「保持較低的接觸阻抗」、「耐磨耗」、「可承受較高的插拔力」、「高頻穩定性」等特性。因此，電子連接器的製造必須兼備模具設計、射出成形、端子製造、電鍍、裝配組立、與測試等多項技術[4]。再加上受惠於手機、遊戲機與數位相機的成長，讓台灣連接器廠商有機會接觸到更廣泛的應用領域，而台灣廠商也可隨著應用產品朝向「輕、薄、短、小」的趨勢，發展更進一步的產品技術[24]，因此唯有加強技術的研發、提升產品的品質才能掌握連接器的市場。

本研究以 A 公司為例，探討設計者對於 A 公司生產電子連接器的組裝流程分析，依當初設計者的設計理念著手分析，初步以 TRIZ 理論之矛盾矩陣表法分析自動化組裝系統的相關問題，再以 AHP 分析層級法評估自動化組裝系統各設計構面之相對重要性，依自動化組裝系統各設計構面的權重高低，將四十項建議法則加以選用及分析。

第三章 研究方法

3.1 TRIZ 的系統架構

TRIZ 將問題歸納為物理矛盾與技術矛盾，在物理矛盾方面，將採取「時間」、「空間」、「物質的物理狀態」，三個層面來將矛盾予以分離，以解決此類的問題[14]；技術矛盾方面，當系統改善特定的一個參數屬性，將會使另一個參數特性惡化，稱為技術矛盾[43]；Altshuller 分析歸納經常遇到技術矛盾的系統特徵共有三十九個，將其對應建議法則，整理成矩陣，提供一個快速簡單的方式，幫助你找到解決技術矛盾的法則[1]。TRIZ 方法中的矛盾矩陣表與四十項發明法則，是本研究探討其應用於自動化組裝系統主要的分析工具，表3.1為矛盾矩陣表的簡例；表3.2為 TRIZ 理論於一般問題之解決步驟[44]。

Jung 等人[33]應用 TRIZ 分析產品得到相機本身構成要素的相關問題，經由分析得欲改善問題為油質的防水特性，其對應欲改善參數為參數 13 物體穩定性 (Stability of Object) 及欲避免惡化參數為參數 11 張力或壓力 Tension/Pressure)，對應矛盾矩陣表可得建議法則 #2 抽離 (Extraction)、 #35 性質轉換 (Transformation of physical and chemical states of an object)、 #40 複合材料 (Composite materials) 共三個建議法則。

表 3.1 矛盾矩陣表

IP \ ADP	1	2	3	4	11	39
1								
2								
3								
4								
13						#2,#35,#40		
39								

表 3.2 TRIZ 一般問題之解決步驟

步驟	名稱	內容說明
一	確認並說明問題	操作環境 資源需求 主要有利功能 相關有害效應 理想結果
二	擬定問題	找出技術性之衝突 把多個無法解決技術性之衝突轉化為物理性之衝突 輸入：以功能方式描述相關之有利或有害之功能及兩者關係 輸出：問題之敘述
三	問題敘述之分類	問題敘述將以下列三種方式分類： 解決問題之重要性 改善系統之重要性 問題太一般化而不被考慮
四	確認適當發民法則	對每一問題敘述依技術衝突表確認適當建議法則
五	確認與提出所有可能解題概念	利用建議法則提出解題概念
六	評估解題概念	擬定標準確認理想解題概念
七	實施理想解題概念	工程計算 工程設計 原型製作 系統、產品測試

資料來源：<http://www.dyu.edu.tw/~msung/Research/TRIZ.htm>[44]

3.2 研究流程

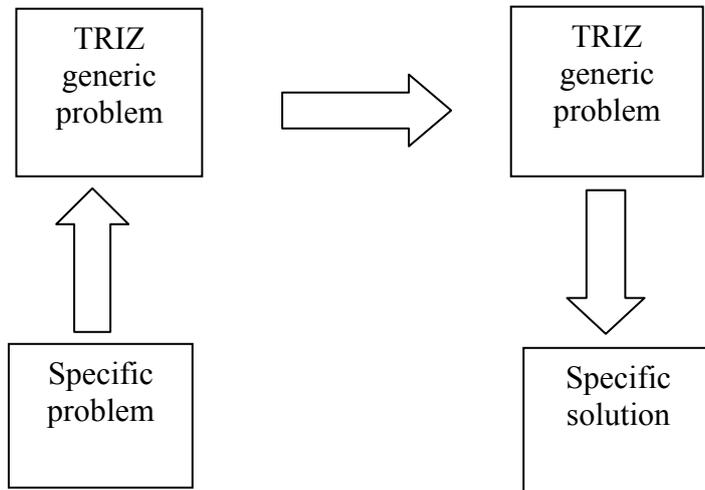


圖 3.1 TRIZ 方法解決問題之一般性流程

TRIZ 研究者在專利的研究中發現，只有某一小部分的建議法則在創新發明的過程中會被用到，為了使用有系統的創新步驟來找到這些法則，首先將特定問題從原始之抽象概念中抽離，接著將特定問題投影至一般性的 TRIZ 問題 (TRIZ generic problem)，某些 TRIZ 的一般性問題將會被引導至一般性的 TRIZ 解答 (TRIZ generic solutions)，而這些一般性的 TRIZ 解答必須轉回原本之定義域來解決最初之問題；這種一般性的流程如上圖3.1[29]。

Rantanen and Domb 對於建議法則選用的適用狀況，認為四十項建議法則逐一運用方法是最簡單，也就是不考慮工程參數與矛盾問題，直接將 TRIZ 四十項建議法則做為激發創意的提示，逐一進行思考。此法最直接、也不會遺漏，但會花費較多時間，也不容易針對問題的特性進行思考，有失焦以及效率較差的顧慮[38]。Terninko 等人卻認為依矛盾矩陣表中常出現建議法則的統計結果為選用的優先順序，同樣不考慮工程參數與矛盾問題，但為了進行創新思考時的效率，將 TRIZ 之矛盾矩陣表中所有矛盾對應的建議法則進行統計排序，依出現機率的高低順序逐一進行創意思考，直到問題獲得解決為止。其順序為：

35>10>1>28>2>15>19>18>32>13>26>3>27>29>34>16>40>24>17>6>14>22>39>4>30>37
>36>25>11>31>38>8>5>7>21>23>12>33>9>20。

此法是由四十項建議法則中，較常被用來解決問題的法則，對一般性問題較前者所

提出的四十項建議法則逐一運用方法來的有效率，以獲得適當的建議法則與創意激發，雖然所有的統計法都不能排除對一些問題有例外狀況，只是期望能增加找到適當建議法則的機會與效率，但此法因完全不具問題針對性[38]。

本研究採用的方法為 Terninko 等人[38]所提出的，依矛盾矩陣表中常出現建議法則的統計結果為選用的優先順序，但由於此方法完全不具問題針對性，對於優先順序最後者，無論在何種情況皆為最後考量的法則，本研究因為不使任何可能的解決方法有所遺漏。因此，以 TRIZ 理論對電子連接器做初步的分析，在訪談專家及相關人員後，進行自動化組裝系統各層級之設計構面的建立，接著參考鄧振源與曾國雄設計出本研究之問卷[18]，如下表3.2，接著以 AHP 分析層級法進行自動化組裝系統設計構面之各準則的相對重要性評估，依自動化組裝系統各設計構面的權重高低，並結合矛盾矩陣表中常出現的四十項建議法則之統計結果為選用的優先順序，一一地進行選用並加以分析。本研究之研究流程為下圖3.2所示。

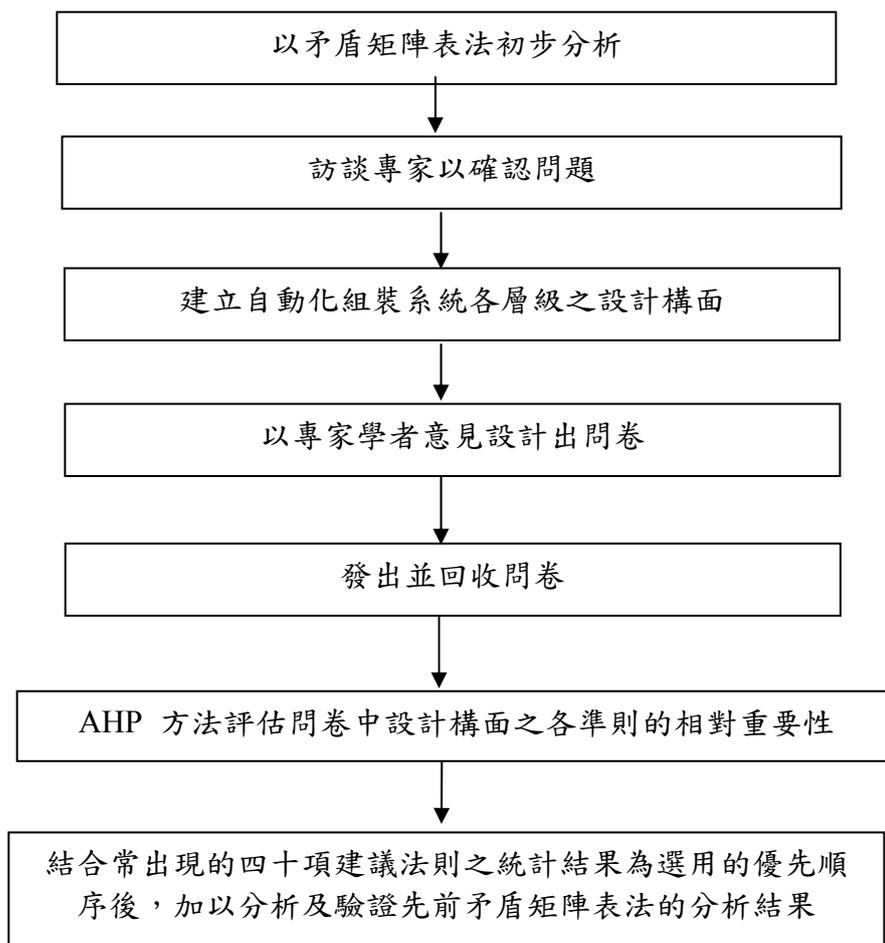


圖 3.2 研究流程

3.3 訪談法

訪談法是利用各種調查訪問方式進行調查，它是蒐集受訪者的社會經濟背景、態度、意見、動機與行為的有效方法。而不同的訪談方式，適用於不同的場合，各有其優缺點。

訪談法依據的彈性程度大致可分為非結構式訪談、半結構式訪談與結構式訪談[5]。在非結構式訪談中，最常見的為深度訪談 (in-depth interview)，深度訪談是一種無結構的、直接的、個人的訪談法。此方法訪談人員本身必須有相當的敏感度與經驗，假使沒有相關背景或訪談技巧的訓練，不應該採用此方式，否則容易偏離蒐集評鑑相關資訊的任務、工作，變成針對個人或專業問題的業餘諮詢。

半結構化訪談是事前決定訪談者涵蓋的主要領域，同時可以自由調整實際用字和順序以及問題。當訪談過程即將結束時，再回頭確認並詢問任何漏掉的主題。半結構式訪談在事前規劃是條列出一個採訪大綱，並在正式訪談前將此訊息傳給受訪對象，使受訪者對於整體訪談內容有所了解，進而作為後續更為詳實資料檔案提供之參考。

完整的結構式訪談具備一套事前擬妥的問題，題目順序也固定，如同一份自填問卷，問題包括封閉式問題 (是／否、或有固定選項的選擇題)，也可加入一些開放式問題。此法讓擅長訪談者處於此種社會情境時，可以在自己與對象之間建立。而可能產生的缺點是受訪者可能會設法維護自己形象，並且會耗費不少時間。並且在設計問題時，問題的具體措辭很重要。假使受訪者看不懂問題，或是不同受訪者有不同解讀，就很難獲得有用的資料[16]。

本研究在選擇訪談方式時，考量訪談的技巧與設計之後，採半結構化訪談來進行，主要目的係能夠蒐集較完整且深入的資訊，減少整個訪談時間的耗費。利用事前準備的訪談大綱來輔助研究者進行訪談工作，補訪談技巧之不足，並使受訪者較不受限於問題的形式，能夠更針對問題加以談論，讓研究者獲取更多所需資訊。因此，本研究以專家訪談的方式，建構出「自動化組裝系統設計構面之評估研究」的衡量構面及衡量構面參考細項，並以專家意見設計問卷。最後以 AHP 分析層級法來評估「自動化組裝系統」各層級間的相對重要性，接著運用 TRIZ 之四十項建議法則加以分析。本研究的自動化組裝系統之層級架構如下表3.3。

表 3.3 自動化組裝系統之層級架構

A 評估標的	B 主要準則	C 評估參考細項
自動化組裝系統	系統功能	組裝系統穩定
		組裝系統進料便利
		組裝速度快捷、產能大量
	環境安全	操作環境
		符合人體工學
		安全裝置
	成本	維護成本
		人工成本
		精密度要求所需的成本

資料來源：本研究整理

評估標的(層級A)：在於探討設計自動化組裝系統所需考量的衡量構面及參考細項。

主要準則(層級B)：本研究經由專家訪談及相關人員的討論後，從系統功能、成本、原料、產能、外在因素等五大構面進行探討，整理出自動化組裝系統所需考量的三大衡量構面。分別為：

1. 「系統功能」
2. 「環境安全」
3. 「成本」

評估參考細項(層級C)：

1. 「系統功能」包含三個評估指標：「組裝系統穩定」、「組裝系統進料便利」、「組裝速度快捷、產能大量」。

2. 「環境安全」包含三個評估指標：「操作環境」、「符合人體工學」、「安全裝置」。

3. 「成本」包含三個評估指標：「維護成本」、「人工成本」、「精密度要求所需的

成本」。

本研究以訪談專家及相關人員所建構出自動化組裝系統之設計構面之各準則後，並以專家意見設計問卷進行調查，希望透過匿名問卷的方式，以取得自動化組裝系統設計構面之各準則中兩兩之間重要性評估；評估設計構面之各準則是以 AHP 分析層級法進行問卷中設計構面之各準則中兩兩之間重要性評估。本研究之問卷是以下表 3.4 為例，在自動化組裝系統主要準則構面下，對於三項評估因素（「系統功能」、「環境安全」、「成本」），進行各參考因素兩兩之間的重要性評估。

表 3.4 本研究之問卷

要素A	重要性程度																		要素B
	絕對重要		很重要		頗重要		稍重要		同等重要		稍重要		頗重要		很重要		絕對重要		
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
系統功能																			環境安全
系統功能																			成本
環境安全																			成本

3.4 AHP分析層級法決定權重

Saaty 提出 AHP 法的決策程序，步驟列示如下[31]：

階段一、發展決策層級：

由管理者依決策目標來訂定相關的準則，再依決策問題的整體目標、次目標、準則等來建立整個決策的層級架構。

階段二、建立兩兩成對比較矩陣：

每一層級的評比因素作為基準，並以其所屬的下一層n個評比因素，進行兩兩比較，

若有n個因素時，則須進行 $C(n,2) = \frac{n(n-1)}{2}$ (次) 成對比較。將 n 個要素比較結果的衡

量值，置於成對比較矩陣 A 中主對角線的右上方，而將右上方之衡量值的倒數放置於主對角線的左下方相對位置。因此，假設 a_{ij} 為第 i 個要素，與第 j 個要素之相對重要權，則 $a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$ 。且主對角線表示每一個要素自身的比較，所以衡量值為 1，如下的成對比較矩陣。

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ \frac{1}{a_{12}} & 1 & \dots & a_{2n} \\ a_{12} & \vdots & \dots & \vdots \\ \frac{1}{a_{12}} & \frac{1}{a_{2n}} & \dots & 1 \\ a_{1n} & a_{2n} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (3.1)$$

資料來源:鄧振源、曾國雄(1989)

階段三、計算準則的相對權重：

此階段主要是根據數學式(3.1)的要素值以求算各方案的特徵向量，以獲得各準則下每一個選擇方案之相對權重。亦即以成對比較矩陣 A 乘以已求得之優勢向量 W ，就可以得到一個新向量 W' ，再以 \sum 中的每一個元素除以 W' 的對應元素，然後將所得數值求取算術平均數，即得 λ_{max} 。其數學式如下(3.2)至(3.5)：

$$\text{成對比較矩陣 } A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ \frac{1}{a_{12}} & 1 & \dots & a_{2n} \\ a_{12} & \vdots & \dots & \vdots \\ \frac{1}{a_{12}} & \frac{1}{a_{2n}} & \dots & 1 \\ a_{1n} & a_{2n} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (3.2)$$

$$\text{優勢向量 } W = \begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \vdots \\ W_n \end{bmatrix} \quad (3.3)$$

$$\text{新向量 } W' = A \times W = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ \frac{1}{a_{12}} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \frac{1}{a_{1n}} & \frac{1}{a_{2n}} & \dots & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \vdots \\ W_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} W_1' \\ W_2' \\ \vdots \\ W_n' \end{bmatrix} \quad (3.4)$$

$$\text{計算最大特徵值： } \lambda_{max} = \frac{1}{n} \left(\frac{W_1'}{W_1} + \frac{W_2'}{W_2} + \frac{W_3'}{W_3} + \dots + \frac{W_n'}{W_n} \right) \quad (3.5)$$

資料來源:鄧振源、曾國雄(1989)

另外，成對比較矩陣尚需計算一致性比率 (Consistency Ratio, *CR*)，判斷決策者進行成對比較時是否具一致性。一致性比率由一致性指標 (Consistency Index, *CI*) 及隨機性指標 (Random Index, *RI*) 的比率求得；當 $CR \leq 0.1$ 時，表示成對比較矩陣具有讓人滿意的一致性，若判斷結果具不一致性時應即時修正。

階段四、選擇最佳方案：

彙整層級中所有準則的相對權重，計算各選擇方案的整體權重，並以權重的高低排序選擇方案的優先順序。

依鄧振源、曾國雄建議採用分析層級法的評估尺度分為包括五項，即同等重要、稍重要、頗重要、極重要及絕對重要，並賦予名目尺度1、3、5、7、9 的衡量值；另有四項介於五個基本尺度間，並賦予2、4、6、8 的衡量值。各尺度所代表的意義如下表3.5 所述[18]。

表 3.5 AHP 評比尺度說明表

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 ●等強 (Equally)
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	很重要 (Very Strong Importance)	實際顯示非常強烈傾向喜好某一方案 ●極強 (Very Strongly)
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	兩相鄰尺度之中間值 (Intermediate Values)	需要折衷值時
---------	------------------------------------	--------

在建立成對比較矩陣時，是為了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，根據表3.5的評比尺度，設定及相對重要性的比值。成對比較矩陣得到後，即可求得各層級要素的權重。使用數值分析中常用的特徵值解法，找出特徵向量或稱優勢向量，再以一致性分析的去檢定整個評估過程中的評估者，所做合理程度的判斷。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，以確定其判斷結果的信度。Saaty (1980) 認為 $CI < 0.1$ 時，可獲得令人滿意的一致性；若 $CI > 0.1$ 時，則表示決策者或專家的判斷不一致。隨機指標根據成對比較矩陣的階數而定，即根據成對比較要素的個數 n 而定[41]。

首先計算出一致性指標 (Consistency Index ; CI) 數學式(3.6)[18] :

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (3.6)$$

(公式中： n 為層級因素個數， λ_{max} 為評估者所建立比較矩陣之特徵值) 再算出隨機指標 (Random Index ; RI)，以一隨機性指數 RI 當作一致性指標的參考，此一致性指標是從等級 1 到 9 和其倒數所隨機產生的倒數矩陣。以下的表格提供了矩陣的維度 n 和平均 RI 值，如表3.6[18] :

表 3.6 隨機產生矩陣的平均一致性指數

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	1.14	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

再算出一致性比率 (Consistency Ratio ; CR) 數學式(3.7)為[18] :

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (3.7)$$

Saaty (1980) 當 $CR \leq 0.1$ ，則表示決策者在建立成對比較矩陣為一致性的，對於各要素權重判斷的偏差程度尚在可接受的範圍之內。

再根據比較矩陣內的要素值求算各方案的特徵向量，以獲得各準則下每一個選擇方案之相對權重。進而加以整合層級中所有準則的相對權重，計算各選擇方案的整體權重，並以權重的高低排序選擇方案的優先順序。

本研究以 AHP 分析層級法求解自動化組裝系統設計構面之相對重要性權重，以主要準則為例：

步驟一、經由運算資料，得到以下的成對比較矩陣。

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1.27476 & 2.83314 \\ 0.78446 & 1 & 1.95647 \\ 0.35297 & 0.51113 & 1 \end{bmatrix}$$

資料來源：本研究整理

步驟二、將步驟一的成對比較矩陣整理成表 3.7，並做直式加總。

表 3.7 自動化組裝系統主要準則之成對比較陣

主要準則	系統功能	環境安全	成本
系統功能	1	1.27476	2.83314
環境安全	0.78446	1	1.95647
成本	0.35297	0.51113	1
直式加總	2.13743	2.78588	5.78960

步驟三、計算標準化數值，例如：用表 3.7 中的 $\frac{1}{2.13743} = 0.46785$ ，

$\frac{0.78446}{2.13743} = 0.36701$ ， $\frac{1.27476}{2.78588} = 0.45758$ ，……以此類推，得到表 3.8 的優勢向量 W，並

做橫式加總，以及求出平均數。

表 3.8 自動化組裝系統主要準則之優勢向量 W

主要準則	系統功能	環境安全	成本	橫式加總	平均數=橫式加總/3 (2)
系統功能	0.46785	0.45758	0.48935	1.41478	0.47159
環境安全	0.36701	0.35895	0.33793	1.06389	0.35463
成本	0.16514	0.18347	0.17272	0.52133	0.17378

資料來源：本研究整理

由表 3.8，可以得知影響自動化組裝系統主要準則的優先次序是「系統功能(優勢向量 0.47159)」、「環境安全(優勢向量 0.35463)」、「成本(優勢向量 0.17378)」。

步驟四、利用表 3.8 的平均數乘以上表 3.7 中相對應的主要準則值，例如：

$0.47159 \times 1 = 0.47159$ ， $0.47159 \times 0.78446 = 0.36995$ ， $0.35463 \times 1.27476 = 0.45207$ ，……以此類推，得到如表 3.9 的優勢向量 W'。

表 3.9 自動化組裝系統主要準則之優勢向量 W'

主要準則	系統功能	環境安全	成本	橫式加總 (1)
系統功能	0.47159	0.45207	0.49233	1.41599
環境安全	0.36995	0.35463	0.33999	1.06457
成本	0.16646	0.18126	0.17378	0.52149

資料來源：本研究整理

步驟五、彙整表 3.9 的橫式加總(1)，除以表 3.8 的平均數(2)，可以從表 3.10 計算表求得最大特徵值 λ_{max} 。

表 3.10 自動化組裝系統之主要準則之最大特徵計算表

主要準則	橫式加總 (1)	平均數=橫 式加總/5 (2)	(3)=(1)/(2)
系統功能	1.41599	0.47159	3.00258
環境安全	1.06457	0.35463	3.00190
成本	0.52149	0.17378	3.00095
合計			9.00542

當 $n=3$ ，

$$\begin{aligned}\lambda_{max} &= \frac{1}{n} \left(\frac{W'_1}{W_1} + \frac{W'_2}{W_2} + \frac{W'_3}{W_3} + \dots + \frac{W'_n}{W_n} \right) \\ &= \frac{1}{3} \left(\frac{1.41599}{0.47159} + \frac{1.06457}{0.35463} + \frac{0.52149}{0.17378} \right) \\ &= \frac{9.00542}{3} = 3.00181, \text{ 接近 } n \text{。}\end{aligned}$$

步驟六，求一致性指標： $CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} = \frac{3.00181 - 3}{3 - 1} = 0.00090$ 。

步驟七，求一致性比率：

當 $n=3$ 時，隨機性指標查表 3.6 得 $RI=0.58$ ， $CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0.00090}{0.58} = 0.00156$ 。

因為， $CI \leq 0.1$ ， $CR \leq 0.1$ ，符合 Saaty 所提的 AHP 要求，認為這個矩陣的一致性程度是令人滿意的。

第四章 個案研究

4.1 個案簡介及問題描述

此研究以 A 公司所生產的電子連接器為例，電子連接器主要的功能，在於正確的導通電子訊號於兩個以上的電器系統，並擔任電器系統對外溝通的重要介面。電子連接器包含 Insert、銅質導線、與 Housing 等三個部分，如圖 4.1[11]。

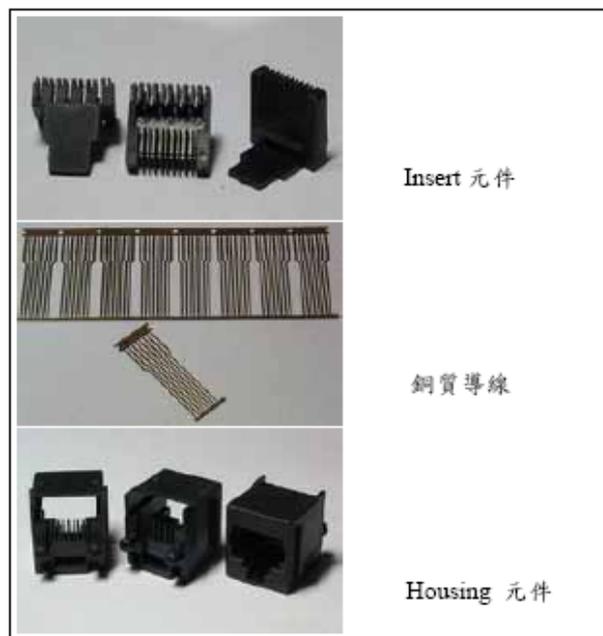


圖 4.1 電子連接器零件圖

Insert 材質為塑膠，為一個 L 型的立方體，設有 8 個溝槽，可讓金屬排線沖壓入線徑為 0.45 mm Insert 元件溝槽。電子連接器由於導線與 Insert 元件的接合複雜，此項技術如何克服是設計者相當大的挑戰，而導入自動化機構來針對此項困難的技術；而在金屬排線可選擇部分區域電鍍，更可降低材料的成本。而設計者從人工方式著手研究電子連接器組裝流程及自動化組裝系統的建立[11]。以 A 公司實際量測發現[11]：

- a. 以人工作業因動作繁瑣，造成組裝速度太慢，為了符合訂單需求，需採用較多人工，造成成本增加。
- b. 電子連接器的計劃產量極大，且組裝步驟相當繁瑣，以人工方式進行組裝，

易產生倦怠感而導致效率不佳。

- c. 各站間彼此獨立，Insert 元件穿入導線後並加以折彎，即為半成品，通常堆積於儲存筒中，而 Insert 元件的導線極多，造成導線相互糾纏。
- d. 以人工將 Insert 元件與 Housing 元件組合時，外表極易刮傷，容易形成不良品。

由於 A 公司的生產流程是以人工方式為主，而為了要提升 A 公司的競爭力，增加電子連接器的產能。在技術上設計者導入自動化系統，本研究並從中探討自動化與流程之相關問題，並以 TRIZ 理論之矛盾矩陣表法初步分析自動化組裝系統的相關問題。

設計者從人工的角度，發現了實際上的問題，進而設計規劃出一套自動化組裝系統 [11]：

- a. 將人工的作業流程，加以重新安排組裝流程，整合兩個工作站，設計出一套自動化組裝系統，讓成品不斷地從單一出口產出。
- b. 設計自動化機構：
 - b.1. 設計自動化入料機構，將 Insert、銅線、Housing 等元件送至定位。
 - b.2. 設計自動多功能刀具，以六種元件組合而成，包括了四個刀片與二個固定座，使 Insert 能自動壓線與折彎。
 - b.3. 設計自動化組合機構，以組合 Insert 元件與 Housing 元件。
 - b.4. 以自動化取代所有的人工動作，除了替代人工及增加生產速度外，更以穩定的機械操作而降低不良率。
- c. 改善組裝速度上，採用自動化組裝提高生產速度，使用一台自動化設備，即可使年產量超過二百萬個成品。
- d. 採用電腦監控組裝系統，確保每個工作環節的穩定性，能確實管制工作流程。因此設計者設計出一套如下圖 4.2 所示的自動化組裝系統配置圖 [11]；而自動化組裝系統流程如下圖 4.3；圖 4.4 為自動化組裝系統動作說明流程圖。

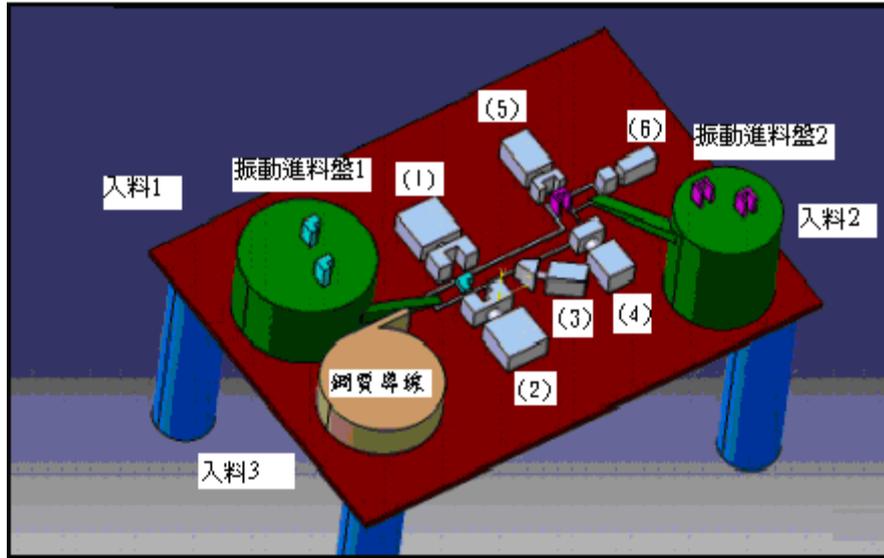


圖 4.2 自動化組裝系統配置圖

圖 4.2 為本研究之自動化組裝系統配置圖，其中有入料 1、入料 2、及入料 3，還包括了(1)至(6)支氣壓缸及自動化組裝機構等等。

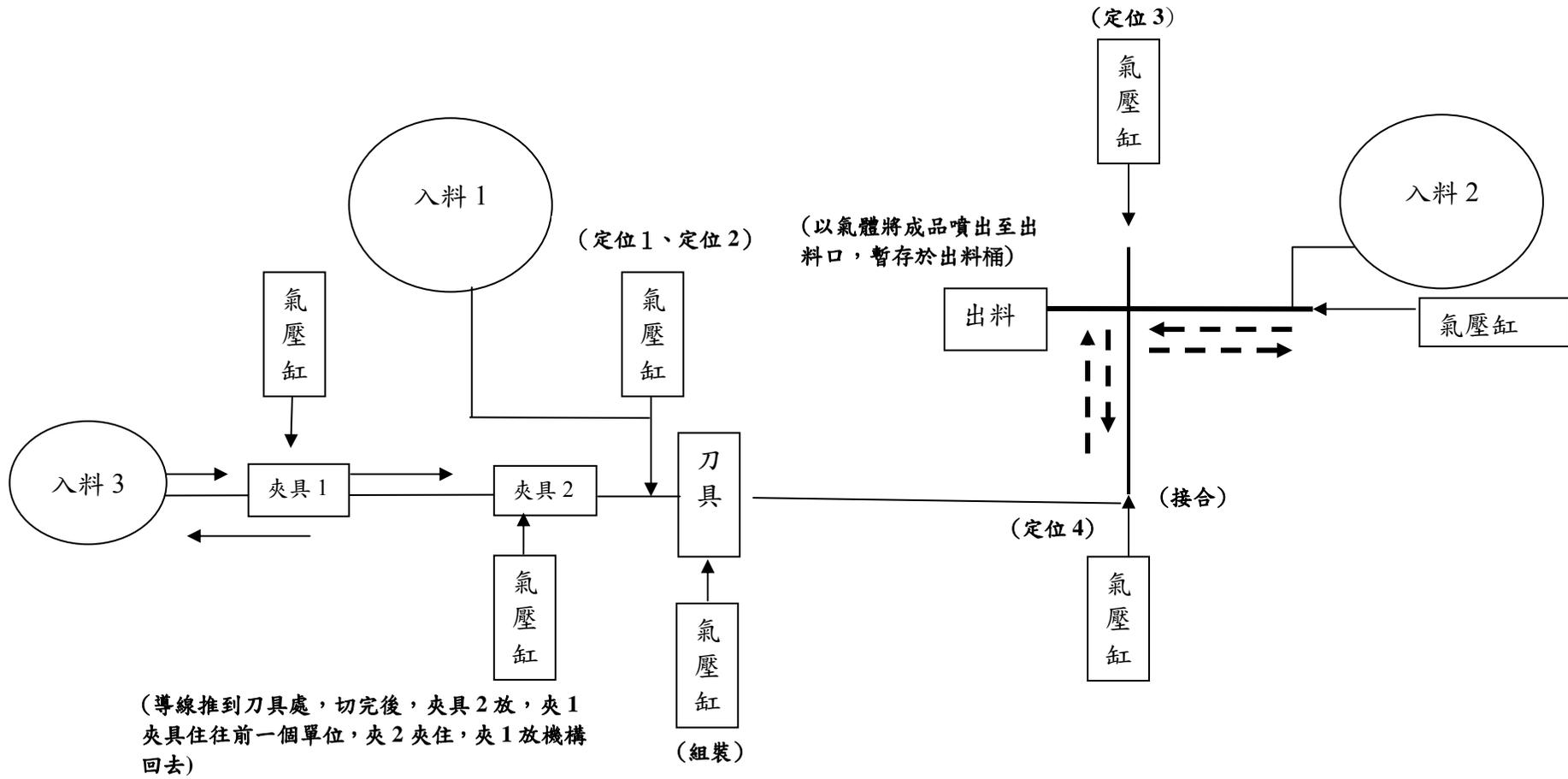


圖 4.3 自動化組裝系統流程圖

自動化組裝系統動作說明：

自動化組裝系統以振動進料盤送入 Insert 元件，以金屬導線盤供應銅線。當氣壓缸將 Insert 元件到達定位，氣壓缸作動將導線嵌合裁切並折彎，完成後的導線模組沿著軌導繼續前行，至軌道尾端時停止。另一個振動進料盤將 Housing 元件送入，利用氣壓缸將 Housing 元件送至定位，再以氣壓缸將 Housing 元件送至與 Insert 元件接合，再將成品送至出料口輸出。自動化組裝系統動作說明流程圖，如下圖 4.4(參閱圖 4.3)。

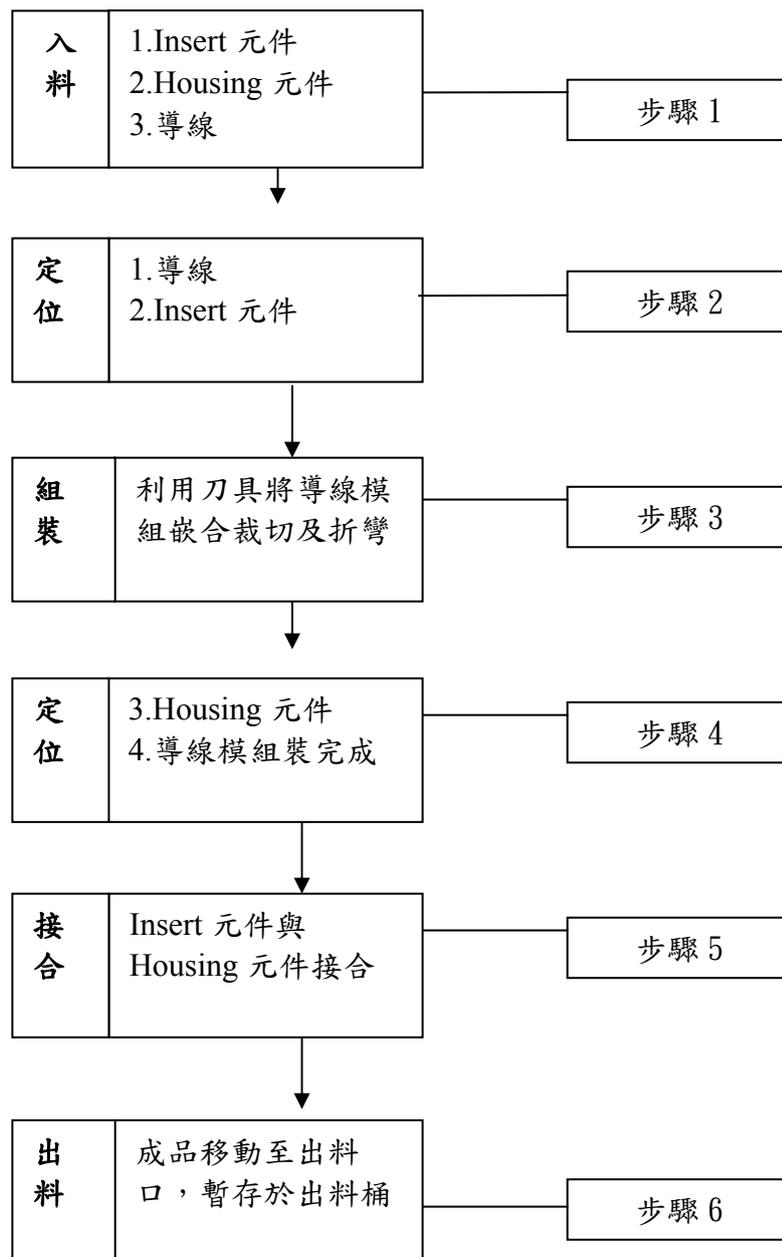


圖 4.4 自動化組裝系統動作說明流程圖

4.2 專家訪談結果與矛盾矩陣表法初步分析

首先，以 TRIZ 理論之矛盾矩陣表法初步探討電子連接器在傳統人工作業上所需改善的問題，並加以驗證自動化組裝系統的設計理念，歸納出以下三點：

1. 人工作業繁瑣，改善人工組裝速度。
2. 簡化人工組裝程序。
3. 提升電子連接器的產能。

4.2.1 矛盾問題組合 (第一組)

由專家訪談的過程中，了解到設計者從人工方式著手研究電子連接器組裝流程及自動化組裝系統的建立，欲改善的問題為人工組裝速度，因此所對應的工程參數為參數 9 速度 (Speed)，而將組裝速度加快，會影響製造上的不準確而產生了技術矛盾的問題。因此在以 TRIZ 理論之矛盾矩陣表 (參閱附錄 A) 進行初步的分析，其對應的惡化參數為參數 29 製造準確度 (Accuracy of measurement) 如表 4.1；而表 4.2 可知欲改善的工程參數為參數 9 速度 (Speed) 與避免惡化參數為參數 29 製造準確度 (Accuracy of measurement) 對應的建議法則分別為：#10、#25、#28、#35 (參閱附錄 A)。對於建議法則詳細說明請參閱下表 4.2。

表 4.1 矛盾問題組合 (第一組)

欲改善參數	避免惡化參數	對應之建議法則 (1)、(2)	說明
改善速度 (參數 9) (Speed)	製造準確度 (參數 29) (Accuracy of measurement)	#10、#25、#28、 #35	欲改善速度但又要避免製造準確度惡化，因為速度快可能會造成製造上的不準確。
	可靠度(參數 27) (Reliability)	#11、#27、#28、 #35	欲改善速度但又要避免組裝系統或物體不能正常執行功能的能力。

表 4.2 第一組對應法則(1)

參數	原則	說明	個人建議的應用方向
10	預先作用 (Prior action)	a. Carry out the required action in advance, in full or in part. b. Arrange objects so that	1.預先將 Insert、Housing、導線物料置於進料盤或在預先的位置，且在最方便的位置繼續做下一個動

		<p>they can go into action, without time loss while waiting for the action (and from the most convenient position).</p> <p>c. Replace a linear motion with a rotating motion, utilize a centrifugal force.</p>	<p>作。</p> <p>2. Insert 工件在自動化過程，在導線嵌入完成後，預先置於(4)氣壓缸前，等待(6)母件推定位，(5)氣壓缸推動以完成一個成品。附註：圖4.2。</p> <p>3.在自動化組裝過程中，預先以裁切導線的刀具與導線呈垂直的方向且在導線的正上方放置，進行裁切導線；在刀具預先動作上為 a. 刀切右邊的支撐片 b.將導線嵌入 c. 刀切左邊的支撐片(三項刀具)，再預先的把導線折彎。</p>
25	自我供給維修 (Self-service)	<p>a. Make the object service itself and carry out supplementary and repair operations.</p> <p>b. Make use of waste material and energy.</p>	<p>1. Insert、Housing 的振動進料盤進行自動補給 Insert、Housing、及導線進料。</p> <p>2.自動錯誤檢測，使用感測器偵測氣壓缸的位置。</p> <p>3.在 Insert、Housing、導線的輸入前設有感測器，以自動偵錯，以防止有缺料的情況。</p>
28	機械系統的替換 (Replacement of a mechanical system)	<p>a. Replace a mechanical system by an optical, acoustical or odor system.</p> <p>b. Use an electrical, magnetic or electromagnetic field for interaction with the object.</p> <p>c. Replace fields</p> <p>d. Use a field in conjunction with ferromagnetic particles.</p> <p>Ex:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Stationary fields change to moving fields. 2. Fixed fields become fields that change in time. 3. Random fields change to structured ones. 4. To increase a bond of metal coating to a 	<p>1.出料時，以噴嘴吹風，將成品吹出。(以風力代替機械(金屬)將成品推出，以機械(金屬)推出成品容易造成磨損)。</p> <p>2.檢測品質(以電子的方式做訊號檢測)。</p>

		thermoplastic material, the process is carried out inside an electromagnetic field to apply force to the metal.	
35	性質轉換 (Transformation of physical and chemical states of an object)	Change the aggregate state of an object, the concentration of density, the degree of flexibility or the temperature.	無

另一方面改善組裝速度，需避免組裝系統不能正常的執行其功能而產生了技術矛盾的問題，因此在以 TRIZ 方法中矛盾矩陣表（參閱附錄 A）對應於欲改善的工程參數便為參數 9 速度 (Speed)，惡化參數為參數 27 可靠度 (Reliability)；由矛盾矩陣表（參閱附錄 A）可知欲改善的工程參數為參數 9 速度 (Speed) 與惡化參數為參數 27 可靠度 (Reliability) 對應的建議法則分別為：#11、#27、#28、#35。對於建議法則詳細說明請參閱下表 4.3。

表 4.3 第一組對應法則(2)

參數	原則	說明	個人建議的應用方向
11	預先補救 (Cushion in advance)	a. Compensate for the relatively low reliability of an object by countermeasures taken in advance.	<p>1.致動器再加上適合的機構來產生切導線的力，但為了防止致動器、與適合的機構過切造成破壞 Insert 元件，建議加上定位螺栓。</p> <p>2.從人工組裝過程中，為了不使導線模組糾纏於桶裝，因此使用自動化的組裝過程，導線模組能即時與 Housing 接合，不但能使組裝速度加快更可以使導線模組不會彼此糾纏及元件外表刮傷等變異情況。</p> <p>3.Insert 進料速度太快，使得 Insert 無法很準確的到達定位，建議使用感測器來確認 Insert 是否能準確的到達定位，並可確保每次的 Insert 進料不會有缺料的狀況。</p>

			<p>4.Insert 與導線在嵌合時，需考慮是否嵌合緊密，因此在導線的設計上需加上菱形卡榫並加以考慮導線的材質，以防止嵌合時斷裂。</p> <p>5.Insert 與 Housing 接合時，也需考慮是否接合緊密，因此在 Insert 的設計上加上卡榫，Housing 的設計上加上能接受卡榫的地方；而接合時防止因碰撞而破裂，所以在 Insert 與 Housing 的材質上也需多加考量。</p> <p>6.金屬排線上的支撐片是為了防止在嵌合動作時導線散開。</p>
27	用後即棄 (An inexpensive short-life object instead of an expensive durable one)	<p>a. Replace an expensive object by a collection of inexpensive ones, compromising other properties (longevity, for instance). Ex: Diapers that are disposable.</p>	<p>1.以部分電鍍金屬排線取代全部鍍金的金屬導線，以降低成本。</p> <p>2.金屬排線上支撐片切除後丟棄。</p>
28	機械系統的替換 (Replacement of a mechanical system)	<p>a. Replace a mechanical system by an optical, acoustical or odor system.</p> <p>b. Use an electrical, magnetic or electromagnetic field for interaction with the object.</p> <p>c. Replace fields.</p> <p>d. Use a field in conjunction with ferromagnetic particles.</p> <p>Ex: 1. Stationary fields change to moving fields. 2. Fixed fields become fields that change in time. 3. Random fields change to structured ones. 4. To increase a bond of metal coating to a thermoplastic</p>	<p>1.控制系統採用順序控制，必需設計良好方法，以防止步驟之間無法協調，所以建議以感測器來確認致動器或再加上適合的機構是否到達定位，才能準確的進行下一個步驟。</p>

		material, the process is carried out inside an electromagnetic field to apply force to the metal.	
35	性質轉換 (Transformation of physical and chemical states of an object)	a. Change the aggregate state of an object, the concentration of density, the degree of flexibility or the temperature.	無

4.2.2 矛盾問題組合 (第二組)

由專家訪談的過程中，了解到從人工方式組裝電子連接器需要較為繁雜的程序，因此欲改善的問題為製造上的容易程度，但同時又要避免系統或物體對外在條件改變後，不能正常的回應，因此所對應的工程參數為參數 32 製造性 (Ease of manufacture)，而將改善組裝程序從繁到易，又避免系統對使在條件改變後，不能正常回應而產生了技術矛盾的問題，因此在以 TRIZ 理論中矛盾矩陣表法進行初步分析，其對應惡化參數為參數 35 適應性 (Adaptability) 如表 4.4。而表 4.5 欲改善的工程參數為參數 32 製造性 (Ease of manufacture) 與避免惡化參數為參數 35 適應性 (Adaptability) 對應的建議法則分別為：#2、#13、#15 (參閱附錄 A)。對於建議法則詳細說明請參閱下表 4.5。

表 4.4 矛盾問題組合 (第二組)

欲改善參數	避免惡化參數	對應之建議法則	說明
改善製造性 (參數 32) (Ease of manufacture)	適應性 (參數 35) (Adaptability)	#2、#13、#15	欲改善組裝程序從繁到易，又要避免系統或物體對外在條件改變後，不能正常的回應。

表 4.5 第二組對應原則

參數	原則	說明	個人建議的應用方向
2	抽離 (抽出、取回、搬移) (Extraction)	a. Extract (remove or separate) a “disturbing” part or property from an object.	1.從人工組裝過程中，為了不使導線模組糾纏於桶裝，因此使用自動化的組裝過程，導線模組能即時與 Housing 接合，不但能使

		<p>b. Extract the only necessary part or property. Ex: Using a tape recorder, reproduce a sound known to excite birds in order to scare them from the airport. (The sound is separated from the birds.)</p>	<p>組裝速度加快更可以使導線模組不會彼此糾纏及元件外表刮傷等變異情況。</p>
13	<p>反向操作 (Inversion)</p>	<p>a. Instead of an action dictated by the specifications of the problem, implement an opposite action. b. Make object a moving part, or make nonmoving part movable and outside environment immovable. c. Turn the object upside down.</p>	<p>1.在人工組裝時，Housing 是置於治具上，等待導線模組來與 Housing 接合；改以自動化組裝時，卻是由導線模組不動，等待 Housing 來接合。</p>
15	<p>動態化 (Dynamicity)</p>	<p>a. Make characteristics of an object or outside environment automatically adjust for optimal performance at each stage of operation. b. Divide an object into elements able to change position relative to each other. c. If an object is immovable, make it movable or interchangeable. Ex: A flashlight can have a flexible gooseneck between the body and the lamp head.</p>	<p>無</p>

4.2.3 矛盾問題組合 (第三組)

針對改善電子連接器的產能，改善生產力同時又要避免製造上的不準確，因而產生了技術矛盾的問題，因此在以 TRIZ 理論中矛盾矩陣表 (參閱附錄 A) 進行初步分析，其對應改善的工程參數便為參數 39 生產力 (Productivity)，惡化參數為參數 29 製造準確度 (Accuracy of measurement) 如表 4.6; 由表 4.7 欲改善的工程參數為參數 39 生產力 (Productivity) 與避免惡化參數為參數 29 製造準確度 (Accuracy of measurement) 對應的建議法則分別為：矛盾矩陣表可知對應的建議法則為 #1、#10、#18、#32。對於建議法則詳細說明請參閱下表 4.7。

表 4.6 矛盾問題組合 (第三組)

欲改善參數	避免惡化參數	對應之建議法則	說明
改善生產力 (參數 39) (Productivity)	製造準確度 (參數 29) (Accuracy of measurement)	#1、#10、#18、#32	欲改善生產力又要避免製造上的不準確。

表 4.7 第三組對應法則

參數	原則	說明	個人建議的應用方向
1	分割 (Segmentation)	a. Divide an object into independent parts. b. Make an object sectional. c. Increase the degree of an object's segmentation.	1. 裁切導線的刀具以 6 個元件組合而成，裝置在氣壓缸上，能同時進行裁切嵌合及折彎的動作。
10	預先作用 (Prior action)	a. Carry out the required action in advance, in full or in part. b. Arrange objects so that they can go into action, without time loss while waiting for the action (and from the most convenient position). c. Replace a linear motion with a	1. 預先將物料 Insert、Housing、導線置於進料盤或在預先的位置，且在最方便的位置繼續做下一個動作；進料盤中加上感測器，可感應出何時為進料盤中的容納極限。 2. 在自動化組裝過程中，預先以裁切導線的刀具與導線呈垂直的方向且在導線的正上方放置，進行裁切導線；在刀具預先動作上為 a. 刀切右邊的支撐片 b. 將導線嵌入 c. 刀切左邊的支撐片，再預先的把導線折彎。

		rotating motion, utilize a centrifugal force.	3.原本以人工將導線嵌入 Insert 時，是將 Insert 置於治具上，嵌入完再將導線折彎，改以自動化組裝的方式預先設置一個溝槽能讓 Insert 移動至導線嵌入的位置做嵌合，不但能減少人工組裝步驟且能節省人力成本。
18	機械的振動 (Mechanical vibration)	<ul style="list-style-type: none"> a. Set an object into oscillation. b. If oscillation exists, increase its frequency, even as far as ultrasonic. c. Use the frequency of resonance. d. Instead of mechanical vibrators, use piezovibrators. e. Use ultrasonic vibrations in conjunction with an electromagnetic fields. 	1.如果以人工將 Insert 與 Housing 元件進料時，以彈匣式進料，則需以更精密的機器或人工裝填，並將元件以人工的方式校正方向，人工進料完時，還需更換彈匣，浪費時間和成本，而以振動進料盤進料取代人工的方式進料，能自動整列及進料，能縮短進料的時間和成本；振動進料盤中加上感測器，可感應出何時為進料的容納極限。
32	改變顏色 (Changing the color)	<ul style="list-style-type: none"> a. Change the color of an object or its surroundings. b. Change the translucency of an object or its surroundings. c. Use color additives to observe difficult to see objects or processes. d. If such additives are already used, employ luminescent traces or tracer elements. 	無

4.3 分析層級法分析問卷結果

本研究運用 Expert Choice 2000 軟體來計算、分析自動化組裝系統設計上所需考量的衡量構面及參考細項。

問卷調查對象：並非所有人都可以參與自動化系統設計上所需考量因素的評比，因此本問卷的調查對象是以專家問卷為主。

本研究之問卷共計發放 12 份，實際回收 12 份，回收率為 100 %。回收問卷所得之數據採用 Expert Choice 軟體進行結果分析。為檢驗填答者之問卷結果是否滿足優劣關係與遞移性 (Transitivity)，故首先針對問卷結果進行一致性檢定，檢視填答者有無判斷誤差或不一致之矛盾情況發生，因此扣除一致性不合標準及剔除問卷填寫不完整等之無效 3 份無效問卷，經由整理後的 9 份有效問卷後，將所有專家學者對各層級構面及衡量指標之成對比較分數，求得幾何平均數 (a geometric mean)，以建立成對比較矩陣 (pairwise comparison matrix)，進一步求得權重及其一致性比率。本研究各評估因素之成對比較矩陣及其權重分析如表4.8~表4.15：

表 4.8 主要準則間之成對比較矩陣

主要準則	系統功能	環境安全	成本
系統功能	1	1.27476	2.83314
環境安全	0.78446	1	1.95647
成本	0.35297	0.51113	1
總和	2.13743	2.78588	5.78960

資料來源：本研究整理

表 4.9 主要準則間之權重分析

主構面	系統功能	環境安全	成本	權重	排序
系統功能	0.46785	0.45758	0.48935	0.47159	1
環境安全	0.36701	0.35895	0.33793	0.35463	2
成本	0.16514	0.18347	0.17272	0.17378	3

$$\lambda_{\max} = 3.00181, CI = 0.00090, CR = 0.00156$$

資料來源：本研究整理

由表4.9得知，最大特徵值 $\lambda_{\max} = 3.00181$ ；一致性指標 $CI = 0.0090$ ，一致性比率 $CR = 0.00156$ ，均小於 0.1，符合 Saaty 所提的要求。

分析在自動化組裝系統設計上所考量主要準則之優勢向量，發現「系統功能(優勢向量 0.47159)」是最重要的主要準則，其次是「環境安全(優勢向量 0.35463)」，最後考慮「成本(優勢向量 0.17378)」。

表 4.10 系統功能構面下各評估參考細項之成對比較矩陣

評估參考細項	組裝系統穩定	組裝系統進料便利	組裝速度快捷、產能大量
組裝系統穩定	1	3.263581	3.107232506
組裝系統進料便利	0.306412	1	0.550321208
組裝速度快捷、產能大量	0.32183	1.817121	1

資料來源：本研究整理

表 4.11 系統功能準則下各評估參考細項之權重

評估參考細項	組裝系統穩定	組裝系統進料便利	組裝速度快捷、產能大量	權重	排序
組裝系統穩定	0.614159	0.536711	0.667138	0.606003	1
組裝系統進料便利	0.188186	0.164455	0.118157	0.156932	3
組裝速度快捷、產能大量	0.197655	0.298834	0.214705	0.237065	2

$$\lambda_{\max} = 3.033605, CI = 0.016802, CR = 0.02897$$

資料來源：本研究整理

由表4.11得知，最大特徵值 $\lambda_{\max} = 3.033605$ ；一致性指標 $CI = 0.016802$ ，一致性比率 $CR = 0.02897$ ，均小於 0.1，符合 Saaty 所提的要求。

分析在自動化組裝系統設計上所考量評估參考細項之優勢向量，發現「組裝系統穩定(優勢向量 0.606003)」是最重要的評估參考細項，其次是「組裝速度快捷、產能大量(優勢向量 0.237065)」，最後考慮「組裝系統進料便利(優勢向量 0.156932)」。

表 4.12 環境安全準則下各評估參考細項之成對比較矩陣

評估參考細項	操作環境	符合人體工學	安全裝置
操作環境	1	2.035558	0.561583
符合人體工學	0.491266	1	0.324306
安全裝置	1.78068	3.083504	1

資料來源：本研究整理

表 4.13 環境安全準則下各評估參考細項之權重

評估參考細項	操作環境	符合人體工學	安全裝置	權重	排序
操作環境	0.305629	0.332659	0.297782	0.312023	2
符合人體工學	0.150145	0.163424	0.171965	0.161844	3
安全裝置	0.544227	0.503918	0.530254	0.526133	1

$$\lambda_{\max} = 3.002906, CI = 0.001453, CR = 0.002506$$

資料來源：本研究整理

由表4.13得知，最大特徵值 $\lambda_{\max} = 3.002906$ ；一致性指標 $CI = 0.001453$ ，一致性比率 $CR = 0.002506$ ，均小於 0.1，符合 Saaty 所提的要求。

分析在自動化組裝系統設計上所考量評估參考細項之優勢向量，發現「安全裝置(優勢向量 0.526133)」是最重要的評估參考細項，其次是「操作環境(優勢向量 0.312023)」，最後考慮「符合人體工學(優勢向量 0.161844)」。

表 4.14 成本準則下各評估參考細項之成對比較矩陣

評估參考細項	維護成本	人工成本	精密度要求所需的成本
維護成本	1	1.532658	1.059862
人工成本	0.652461	1	0.555047
精密度要求所需的成本	0.943519	1.801648	1

資料來源：本研究整理

表 4.15 成本準則下各評估參考細項之權重

評估參考細項	維護成本	人工成本	精密度要求所需的成本	權重	排序
維護成本	0.385211	0.353611	0.405315	0.381379	2
人工成本	0.251335	0.230717	0.212263	0.231438	3
精密度要求所需的成本	0.363454	0.415672	0.382422	0.387183	1

$$\lambda_{\max} = 3.010087, CI = 0.005044, CR = 0.008696$$

資料來源：本研究整理

由表4.15得知，最大特徵值 $\lambda_{\max} = 3.010087$ ；一致性指標 $CI = 0.005044$ ，一致性比率 $CR = 0.008696$ ，均小於 0.1，符合 Saaty 所提的要求。

分析在自動化組裝系統設計上所考量評估參考細項之優勢向量，發現「精密度要求所需的成本(優勢向量 0.387183)」是最重要的評估參考細項，其次是「維護成本(優勢向量 0.381379)」，最後考慮「人工成本(優勢向量 0.231438)」。

表 4.16 本研究層級架構主要準則與評估參考細項之權重（占全體之權重）

A 評估標的	B 主要準則	權重	C 評估參考細項	權重
自動化組裝系統	系統功能	0.472	組裝系統穩定	0.28579
			組裝系統進料便利	0.07404
			組裝速度快捷、產能大量	0.11177
	環境安全	0.355	操作環境	0.11065
			符合人體工學	0.05739
			安全裝置	0.18658
	成本	0.174	維護成本	0.06621
			人工成本	0.04014
			精密度要求所需的成本	0.06725

表 4.17 各主要準則及評估參考細項之權重分析表

評估標的	主要準則	權重	排序	次準則	相對權重	權重	排序
自動化組裝系統	系統功能	0.472	1	組裝系統穩定	60.600%	0.28579	1
				組裝系統進料便利	15.700%	0.07404	5
				組裝速度快捷、產能大量	23.700%	0.11177	3
	環境安全	0.355	2	操作環境	31.202%	0.11065	4
				符合人體工學	16.184%	0.05739	8
				安全裝置	52.613%	0.18658	2
	成本	0.174	3	維護成本	38.100%	0.06621	7
				人工成本	23.100%	0.04014	9
				精密度要求所需的成本	38.700%	0.06725	6

資料來源：本研究整理

由上表4.16與表4.17之研究結果分析得知，綜合專家及相關人員看法，認為自動化組裝系統在設計上的考量，各主要準則之權重為「系統功能」與「環境安全」兩者較高，「系統功能」中以「組裝系統穩定」及「組裝速度快捷、產能大量」兩者最重要；「環境安全」則以「安全裝置」及「操作環境」兩者最重要。個別權重排序，雖然「成本」之整體權重僅占總權重的 0.174，但評估參考細項中「精密度要求所需的成本」衡量指標之個別權重卻是所有衡量指標中之最高，表示所有衡量指標之重要程度以「精密度要

求所需的成本」最為重要。

由 AHP 分析層級法評估出系統設計構面之細部分項權重，依設計構面的權重高低，並結合常出現的四十項建議法則之統計結果為選用的優先順序後，加以分析及驗證先前矛盾矩陣表法的分析結果。

選用建議法則的依據為 Terninko 等人所提出，依矛盾矩陣表中常出現建議法則的統計結果為選用的優先順序，同樣不考慮工程參數與矛盾問題，但為了進行創新思考時的效率，將四十項建議法則進行統計排序，依出現機率的高低順序逐一進行創意思考，直到問題獲得解決為止。其順序為：

35>10>1>28>2>15>19>18>32>13>26>3>27>29>34>16>40>24>17>6>14>22>39>4>30>37>36>25>11>31>38>8>5>7>21>23>12>33>9>20。

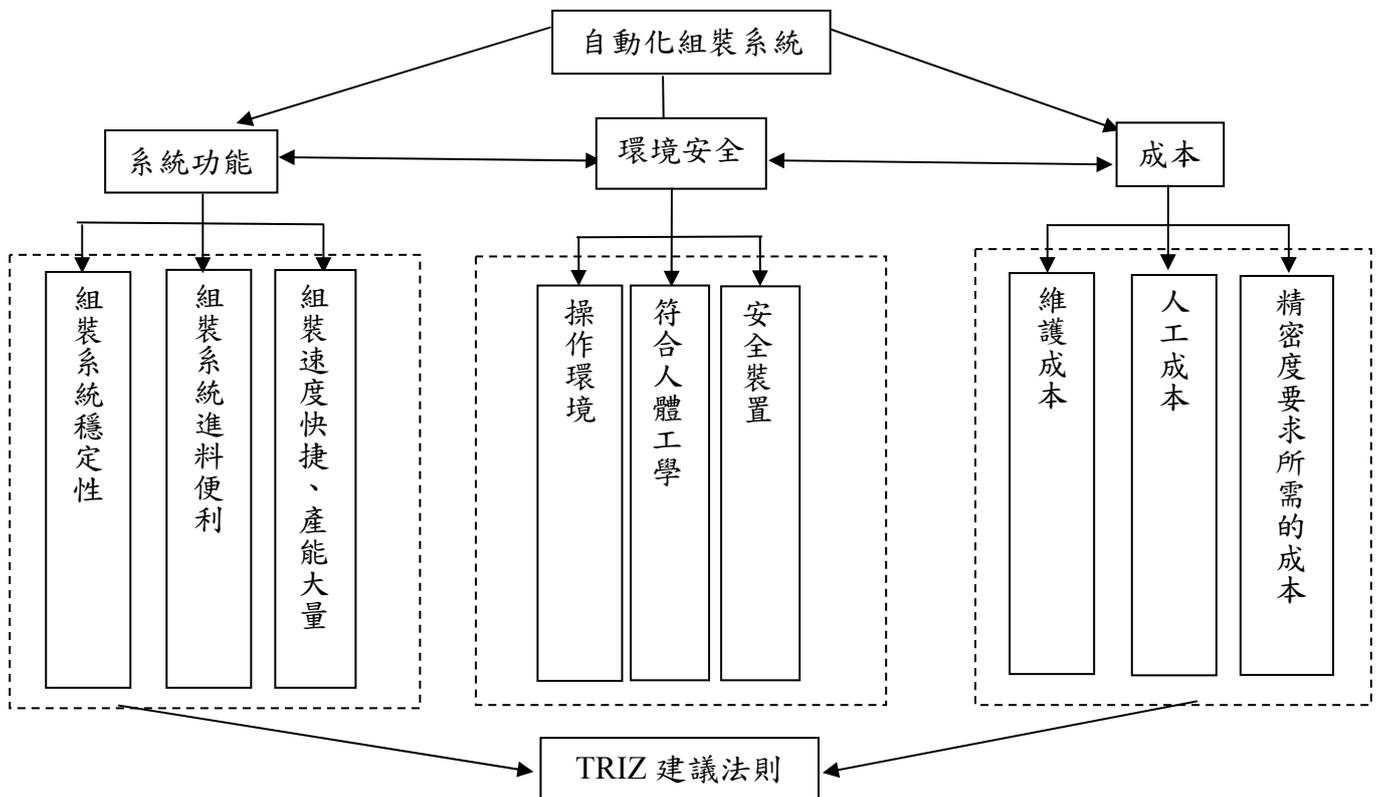


圖 4.5 自動化組裝系統 TRIZ 建議法則選用之架構圖

圖4.5為自動化組裝系統各設計構面所選用四十項建議法則之架構圖，將分析結果整理於表4.18。

表 4.18 TRIZ 建議法則選用表

主要準則	評估參考細項	權重	TRIZ 相關設法則
系統功能	組裝系統穩定	60.60%	局部特質、預先作用、預先補救 有效動作的連續性、自我供給維修
	組裝系統進料便利	15.70%	預先作用、機械的振動、有效動作的連續性
	組裝速度快捷、產能大量	23.70%	合併、預先作用、自我供給維修
環境安全	操作環境	31.20%	抽離、預先作用、預先補救 機械的振動、改變顏色、熱膨脹
	符合人體工學	16.18%	局部特質、等位性
	安全裝置	52.61%	分割、預先作用、預先補救、改變顏色
成本	維護成本	38.10%	分割、抽離、合併、預先作用、預先補救、動態化、媒介物、用後即棄、去除與再生、複合材料
	人工成本	23.10%	預先作用、預先補救、機械系統替換
	精密度要求所需的成本	38.70%	局部特性、多功能、套疊、合併 有效動作的連續性、同質性/均質性、預先作用 預先補救、機械的振動

資料來源：本研究整理

表 4.18 為是由 AHP 分析層級法將各設計構面(主要準則及評估參考細項)，計算出權重高低，接著對應於各設計構面，將所選用的建議法則整理歸納於表 4.18 的最右欄。

本研究藉由結合 AHP 及四十項建議法則，加以驗證以矛盾矩陣表法所得的三組矛盾問題組合之分析結果(請參閱本文 4.2 節)。接著本研究進一步驗證已完成的自動化組裝系統之設計理念，以四十項建議法則加以分析及驗證，經由訪談設計者後，初步分析所得的三大機構(包括入料 1 至 3、組合機構、多功能刀具)，詳細分析結果請參閱表 4.19 至表 4.24。表 4.19 至表 4.24 第一列為三大機構，而第二列為四十項建議法則選用於自動化組裝系統之三大機構的分析表。

表 4.19 四十項建議法則選用於自動化組裝之三大機構分析表(1)

入料 1 及入料 2	入料 3	組合機構	多功能刀具
<p>預先作用：</p> <ol style="list-style-type: none"> 預先將物料 Insert、Housing 置於進料盤或在預先的位置，且在最方便的位置繼續做下一個動作，同時也能節省能源成本。 振動進料盤中加上感測器，可感應出何時為進料盤中的容納極限；並在振動進料盤中給予事先限制條件，達到此條件才能通過並進料。 啟動設備時，所需要的條件，必須以人工的方式去達成，才能運轉。 	<p>預先作用：</p> <ol style="list-style-type: none"> 導線預先以整捆的方式置於最方便的位置繼續做下一個動作，同時也能節省能源成本。 原本以人工將導線嵌入 Insert 時，是將 Insert 置於治具上，嵌入完再將導線折彎，改以自動化組裝的方式預先設置一個溝槽能讓 Insert 移動至導線嵌入的位置做嵌合，不但能減少人工組裝步驟，增快組裝速度且能節省人力成本。 	<p>預先作用：</p> <ol style="list-style-type: none"> Insert 工件在自動化過程，在導線嵌入完成後，預先置於(4)氣壓缸前，等待(6)母件推定位，(5)氣壓缸推動以完成一個成品。附註：圖 4.2。 以磁簧感測器來感測氣壓缸所在的位置。 事先將物體放置於適當的位置，使物件能直接從最近且方便的位置，開始進入操作，不但能達成同時連續性的組裝及入料，而且還能節省能源成本。 預先設置控制氣體開關，以避免在處理生產狀況時，造成不必要的傷害。 預先在氣體源頭加入過濾水氣，使元件使用壽命增長。 	<p>預先作用：</p> <p>在自動化組裝過程中，預先以裁切導線的刀具與導線呈垂直的方向且在導線的正上方放置，進行裁切導線；在刀具預先動作上為 a.刀切右邊的支撐片 b.將導線嵌入 c.刀切左邊的支撐片(三項刀具)，再預先的把導線折彎。</p>

表 4.20 四十項建議法則選用於自動化組裝之三大機構分析表(2)

入料 1 及入料 2	入料 3	組合機構	多功能刀具
<p>機械振動： 以人工將 Insert 與 Housing 元件進料時，以彈匣式進料，則需以更精密的機器或人工裝填，並將元件以人工的方式校正方向，人工進料完時，還需更換彈匣，浪費時間和成本，而以振動進料盤進料取代人工的方式進料，能自動整列及進料，能縮短進料的時間和成本；振動進料盤中加上感測器，可感應出何時為進料的容納極限。</p>		<p>機械系統替換： 1.出料時，以噴嘴吹風，將成品吹出。以風力代替機械(金屬)將成品推出，以機械(金屬)推出成品容易造成磨損。 2.檢測品質(建議以電子的方式做訊號檢測)。 3.控制系統採用順序控制，必需設計良好方法，以防止步驟之間無法協調，因此建議以感測器來確認致動器或再加上適合的機構是否到達定位，才能準確的進行下一個步驟。</p>	<p>機械系統替換： 1.感測器來確認致動器是否到達定位，以壓線及折彎刀具，將導線同時嵌入並折彎，取代以人工方式將導線一條條嵌入 Insert 物件。</p>
			<p>複合材料： 如刀具經常切削，硬度須增強，因此使用複合材料(工具鋼)。</p>
<p>局部特質： 振動進料盤設置於適當的位置，避免產生共振及噪音。</p>		<p>局部特質： 軌道需加強硬度，避免導線嵌合經由刀具向下壓而有毀損或造成原件損壞。</p>	<p>局部特質： 刀具需加強硬度，避免刀具向下壓時，有毀損或造成原件損壞。</p>

表 4.21 四十項建議法則選用於自動化組裝之三大機構分析表(3)

入料 1 及入料 2	入料 3	組合機構	多功能刀具
<p>有效動作的連續性： 1.需考量原料尺寸是否為一致化及入料機構的振動頻率。(所有的流程動作是否有正確的到達所需位置)。</p>	<p>有效動作的連續性： 1.需考量進給尺寸是否一致化。</p>	<p>有效動作的連續性： 需考量氣缸及感測器的設計位置。</p>	<p>有效動作的連續性： 需考量導線入料有無有效動作的連續性(如無有效動作則導線可能會卡在刀具內)。</p>
<p>合併： 1.建議選擇保養液，能讓大部分的物件能使用，讓潤滑程度相同。</p>	<p>合併： 1.建議選擇保養液，能讓大部分的物件能使用，讓潤滑程度相同。</p>	<p>合併： 1.建議出料時無需以噴嘴吹風將成品吹出,可在入料的氣缸前進時，同時可帶動成品運出。 2.建議選擇保養液，能讓大部分的物件能使用，讓潤滑程度相同。</p>	<p>合併： 1.組裝條件有：壓線、折彎、切斷，融合為同一個刀具。 2.建議選擇保養液，能讓大部分的物件能使用，讓潤滑程度相同。</p>
<p>等位性： 振動進料盤設置的位置不能設置太高，如此一來物件將不需被舉升，便於操作人員以倒入的方式補料。</p>	<p>等位性： 導線送料機構設置的位置不能設置太高，如此一來物件將不需被舉升，便於操作人員以整捆的方式補料。</p>	<p>等位性： 出料成品設置的位置不能設置太低，如此一來物件將不需被降低，便於操作人員以拿取成品。</p>	
<p>改變顏色： 建議設置安全裝置(Insert、Housing 移動之軌道加裝遮蓋物並以顏色區別於設備本身)及建議設置入料時，顯示狀態的警示燈。</p>	<p>改變顏色： 建議設置入料時，顯示狀態的警示燈。</p>	<p>改變顏色： 建議設置安全裝置(Insert、Housing 接合之軌道加裝遮蓋物並以顏色區別於設備本身)及當系統有當機時，能即時警告操作人員(包含警告燈及蜂鳴器)。</p>	<p>改變顏色： 建議設置安全裝置(導線嵌入及折彎處加裝防護罩並以顏色區別於設備本身，以避免操作人員誤觸)。</p>

表 4.22 四十項建議法則選用於自動化組裝之三大機構分析表(4)

入料 1 及入料 2	入料 3	組合機構	多功能刀具
<p>預先補救：</p> <p>1.建議加裝感測器、峰鳴器、顯示器，以告知操作人員，以人工的方式備料。</p> <p>2.Insert 進料速度太快，使得 Insert 無法很準確的到達定位，因此建議使用感測器來確認入料元件是否能準確的到達入料的定位，並可確保每次的入料不會有缺料的狀況。</p>	<p>預先補救：</p> <p>1.金屬排線上的支撐片是為了防止在嵌合動作時導線散開。</p> <p>2.建議加裝感測器、峰鳴器、顯示器，以告知操作人員，以人工的方式備料。</p> <p>3.Insert 進料速度太快，使得 Insert 無法很準確的到達定位，因此建議使用感測器來確認入料元件是否能準確的到達入料的定位，並可確保每次的入料不會有缺料的狀況。</p>	<p>預先補救：</p> <p>1.Insert 與導線在嵌合時，需考慮是否嵌合緊密，因此在導線的設計上需加上菱形卡榫並加以考慮導線的材質，以防止嵌合時斷裂。</p> <p>2.Insert 與 Housing 接合時，也需考慮是否接合緊密，因此在 Insert 的設計上加上卡榫，Housing 的設計上加上能接受卡榫的地方；而接合時防止因碰撞而破裂，所以在 Insert 與 Housing 的材質上也需多加考量。</p> <p>3.軌道常磨耗，為了避免材料變質，所以需注意設備所選用的材質，並在組合尺寸時預留。</p>	<p>預先補救：</p> <p>1.致動器再加上適合的機構來產生切導線的力，但為了防止致動器、與適合的機構過切造成破壞 Insert 元件，建議加上定位螺栓，調整最佳參數，及建議再增加一個(安全裝置)。</p> <p>2.從人工組裝過程中，為了不使導線模組糾纏於桶裝，因此使用自動化的組裝過程，導線模組能即時與 Housing 接合，不但能使組裝速度加快更可以使導線模組不會彼此糾纏及元件外表刮傷等變異情況。</p>

表 4.23 四十項建議法則選用於自動化組裝之三大機構分析表(5)

入料 1 及入料 2	入料 3	組合機構	多功能刀具
<p>媒介物： 利用油質當一個媒介物來執行氣缸運作。</p>	<p>媒介物： 利用油質當一個媒介物來執行氣缸運作。</p>	<p>媒介物： 利用油質當一個媒介物來執行氣缸運作。</p>	<p>媒介物： 利用油質當一個媒介物來執行氣缸運作。</p>
<p>用後即棄： 耗材，如氣缸中的活塞、氣管的接頭。</p>	<p>用後即棄： 1.以部分電鍍金屬排線取代全部鍍金的金屬導線，以降低成本。 2.金屬排線上支撐片切除後丟棄。 3.耗材，如氣缸中的活塞、氣管的接頭。</p>	<p>用後即棄： 耗材，如氣缸中的活塞、氣管的接頭。</p>	<p>用後即棄： 耗材，如氣缸中的活塞、氣管的接頭。</p>
<p>去除與再生： 建議在選用元件時，須考量日後的維修。</p>	<p>去除與再生： 建議在選用元件時，須考量日後的維修。</p>	<p>去除與再生： 建議在選用元件時，須考量日後的維修。</p>	<p>去除與再生： 建議在選用元件時，須考量日後的維修。</p>
<p>動態化： 建議設計機構好拆裝，以利往後的維修及維護。</p>	<p>動態化： 建議設計機構好拆裝，以利往後的維修及維護。</p>	<p>動態化： 建議設計機構好拆裝，以利往後的維修及維護。</p>	<p>動態化： 建議設計機構好拆裝，以利往後的維修及維護。</p>

表 4.24 四十項建議法則選用於自動化組裝之三大機構分析表(6)

入料 1 及入料 2	入料 3	組合機構	多功能刀具
<p>抽離： 振動進料盤加裝隔振器。</p>		<p>抽離： 1.從人工組裝過程中，為了不使導線模組糾纏於桶裝，因此使用自動化的組裝過程，導線模組能即時與 Housing 接合，不但能使組裝速度加快更可以使導線模組不會彼此糾纏。 2.軌道移動、環境變化時所產生的表面氧化，予以清除。</p>	
<p>同質性/均質性： 由於內部機構元件動作時，會與其它元件作表面摩擦，將二者的材料性質選擇相同的，以減少磨耗的目的。</p>	<p>同質性/均質性： 由於內部機構元件動作時，會與其它元件作表面摩擦，將二者的材料性質選擇相同的，以減少磨耗的目的。</p>	<p>同質性/均質性： 由於內部機構元件動作時，會與其它元件作表面摩擦，將二者的材料性質選擇相同的，以減少磨耗的目的。</p>	
		<p>反向操作 1.在人工組裝時，Housing 是置於治具上，等待導線模組來與 Housing 接合；改以自動化組裝時，卻是由導線模組不動，等待 Housing 來接合。</p>	

第五章 結論與建議

5.1 結論

本研究係以自動化組裝系統作為主要的研究對象，回收專家問卷共 12 份，其中剔除問卷填寫不完整等之無效問卷共 3 份，經由整理後的 9 份有效問卷。並應用分析層級法(Analysis Hierarchy Process, AHP)評估自動化組裝系統設計構面各準則的相對重要性，了解自動化組裝系統設計構面的優勢向量後，再運用 TRIZ 建議法則時做最佳法則之選用。在此研究結果中，可以提供參考於自動化組裝系統設計者在選用設計構面的優先次序上。

研究結果發現自動化組裝系統在設計上的考量，各主要準則之重要度依序是「系統功能(優勢向量0.47159)」，其次是「環境安全(優勢向量0.35463)」，最後考慮為「成本(優勢向量0.17378)」。環境安全固然重要，但依據分析結果顯示系統功能構面在自動化組裝系統設計上為最優先考量的因素，次之為環境安全構面，最後考量的才是成本構面的考量；考量系統功能的評估參考細項時，最重要項目的為「組裝系統穩定(優勢向量0.606003)」，次之為環境安全中設計構面下的「安全裝置(優勢向量0.526133)」，最後考量為成本設計構面中的「精密度要求所需的成本(優勢向量0.387183)」。自動化組裝系統系統功能中的穩定性在整個自動化系統佔了非常重要的角色，不但優先考量於環境安全，更優先於成本構面的考量。

就個別權重之排名來看，雖然「成本」之整體權重僅占總權重的0.174，但評估參考細項中「精密度要求所需的成本」衡量指標之個別權重卻是所有衡量指標中之最高，表示所有衡量指標之重要程度以「精密度要求所需的成本」最為重要。

本研究之結論分為以下四點：

1. 以矛盾矩陣表加以初步分析自動化組裝系統，可得到三組矛盾問題的分析結果。
2. 運用 AHP 分析層級法建立自動化組裝系統之架構並計算出各設計構面之權重。
3. 結合 AHP 分析層級法及四十項建議法則加以分析及驗證初步分析(參閱

4.2專家訪談結果與矛盾矩陣表初步分析)的三組矛盾問題組合。

4. 運用四十項建議法則加以分析及驗證，由訪談設計者後，初步分析所得的三大機構(入料1至3、組合機構、多功能刀具)，詳細分析結果請參閱表4.19至表4.24)。

5.2 後續研究建議

本研究針對電子連接器之自動化組裝系統設計構面各準則的相對重要性加以評估，針對後續研究學者提出下列建議，以更周延電子連接器之自動化組裝系統設計構面之研究。

1. 本研究之自動化組裝系統為已經設計完成的，因此，建議未來設計類似系統之初步概念導入時，可運用品質機能展開技術與分析層級評估方法以達成此階段之作業。建立以顧客需求為主要目標，整合相關自動化組裝系統設計構面。
2. 本研究是以分析層級方法評估設計構面，權重訂定方式是以專家或相關人員根據其專業性直接設定其數值，建議可運用模糊數學方法利用模糊集與截集定義權重，如此能避免主觀因素太過強烈之缺點。
3. 此篇論文在系統設計部分只著重於自動化組裝系統之研究，而針對不同新產品所設計的新系統，可以參考本研究的設計構面。

參考文獻：

中文參考文獻：

1. 王仁慶，TRIZ 創新設計方法之改良研究，成功大學機工程學系碩士論文，2002。
2. 朱晏樟，整合 TRIZ 與功能分析之設計方法研究，國立成功大學機械工程學系碩士論文，2003。
3. 呂照斌，台灣連接器產業現況，工研院 IEK 中心化學與材料研究組，2002.4.4。
4. 呂照斌，2002 年連接器產業現況，科技專案成果報告，經濟部技術處 ITIS 資料，2003.10。
5. 呂俊霖，創造性問題解決理論在生產系統之應用，明新工程管理研究所碩士學位論文，2006。
6. 林美秀，運用 TRIZ 探討專利開發實例，中原機械工程系碩士論文，2003。
7. 林長廷，應用分析網路程序法於晶圓製造廠派工法則評估模式之探討，明新科技大學工程管理研究所碩士論文，2006。
8. 華曉佩，應用 TRIZ 理論探討綠色產品設計研發機制之研究，聖約翰科技大學自動化及機電整合研究所碩士學位論文，2006。
9. 許君平，新產品開發流程，中央大學機械工程研究所碩士論文，2004。
10. 黃家慶，我國連接器產值躍升全球前三大，電子零組件及材料工研院IEK化材組，2004.7.29。
11. 黃信行，電子連接器自動化組裝技術研發與系建置，明新科技大學機械工程系，2006。
12. 張奇明，連接器產業之回顧與展望，工業材料，159 期，109-112 頁，2000.3。
13. 張祥唐，整合 TRIZ 與可拓方法之綠色創新設計研究，國立成功大學機械工程學系博士論文，2004。
14. 張永權，PDA 與 TRIZ 整合應用之研究----以液晶顯示器產業為例，朝陽科技大學工業工程與管理系碩士論文，P.36，2005。
15. 楊子德，連接器下游應用市場--手機、數位相機、遊戲機，工研院 IEK 化材組，2004。
16. 楊政學，實務專題製作—企業研究方法的實踐，文經出版社，2005。

17. 潘弘崧，黏晶機創新改良之概念設計，中興大學機械工程研究所，2002。
18. 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，第27卷，第7期，pp.1-20，1989。
19. 賴俊隆，工業自動化廠商專案風險評估因素之研究，中華大學科技管理研究所碩士論文，2004。
20. 魏希聖，鄭怡世譯，方案評估：原理與實務，洪葉文化事業有限公司，2005。
21. 蕭兆宏，晶圓取放機構電腦輔助設計之研究，中原大學碩士論文，1997。
22. 蕭詠今，Tech Optimizer 訓練教材 Version 1.5，1999。
23. 蕭玉華，國際會議地點選址評估模式之研究—Fuzzy AHP 之應用，南華大學旅遊事業管理研究所碩士論文，2005。
24. 經濟部技術處，兩岸連接器產業研究專題調查，科技專案成果報告，經濟部技術處 ITIS 資料，2001。

英文參考文獻：

25. C.C. Liu, "Development of Product Green Innovation Design Method", Department of Mechanical Engineering, National Cheng Kung University, 2001.
26. C.C. Liu and J.L. Chen, "A TRIZ Inventive Design Method without Contradiction Information", The TRIZ Journal, <http://www.triz-journal.com/September 2001>.
27. D. W. Clarke, "TRIZ: Through the Eyes of an American TRIZ Specialist", Ideation International Inc., Southfield, MI, 1997.
28. D. Hillson, "Extending the risk process to manage opportunities," International Journal of Project Management, Kidlington, Vol. 20, No. 3, pp.235-242. 2002.
29. Ellen Domb, "Contradictions: Air Bag Applications", The TRIZ Journal <http://www.realinnovation.com/archives/1997/07/a/index.html>.
30. G. Altshuller, "And Suddenly the Inventor Appeared: TRIZ, The Theory of Inventive Problem Solving", Technical Innovation Center, MA, 1996.
31. G. S. Kearns, "A Multi-Objective, Multi-Criteria Approach for Evaluating IT Investments: Results from Two Case Studies", Information Resources Management Journal, 17, 37-62, 2004.
32. Hsiang-Tang Chang and Jahau Lewis Chen, "The conflict-problem-solving CAD software integrating TRIZ into eco-innovation", Department of Mechanical Engineering, National Cheng Kung University, advances in Engineering Software 35, 2004.
33. Hayong Jung, Jaeyoung Bae, Seunghee Suh, Hyunju Yi, "Use of TRIZ to develop a novel auto-focus camera module", The TRIZ Journal, <http://www.triz-journal.com/archives/2006/08/02.pdf>.
34. John Terninko, "Zusman, Alla; Zlotin, Boris: STEP-by-STEP TRIZ: Creating Innovative Solution Concepts", Responsible Management Inc, 1996.
35. John Teninko, "The QFD, TRIZ and Taguchi Connection: Customer-Driven Robust Innovation", The Ninth Symposium on Quality Function Deployment, 1997.
36. John Terninko, Alla Zusman, Boris Zlotin, "Systematic Innovation : An Introduction to TRIZ", 1998.
37. John Terninko, "Su-Field Analysis", The TRIZ Journal, http://www.triz-journal.com/archives/2000/02/d/article4_02-2000.PDF.
38. Kalevi Rantanen and Ellen Domb, "Simplified TRIZ: new problem-solving applications

for engineers & manufacturing professionals”, St. Lucie Press, pp.182, 2002.

39. Michael Tompkins, Tim Price, Timothy Clapp, “Technology Forecasting of CCD and CMOS Digital Imaging Technology using TRIZ”, The TRIZ Journal, <http://www.triz-journal.com/archives/2006/03/04.pdf>.
40. Mustafa Yurdakul, “AHP as a strategic decision-making tool to justify machine tool selection”, journal of Materials Processing Technology 146, 365-376, 2004.
41. T.L. Saaty, “The Analytic Hierarchy Process”, McGraw-Hill companies, New York, 1980.
42. Tzann-Dwo Wu, “The Study of Problem Solving by TRIZ and Taguchi Methodology in Automobile Muffler Designation”, The TRIZ Journal, <http://www.triz-journal.com/archives/2004/03/2004-03-03.pdf>.
43. Yan-jie Mao, “Case Studies in TRIZ: An Integrated Steering Shaft Lock for Motorcycles”, The TRIZ Journal, <http://www.triz-journal.com/archives/2000/03/c/index.htm>.

網站參考資料：

44. <Http://www.dyu.edu.tw/~msung/research/TRIZ.htm>.

其它具體成效：

1. 提供 TRIZ 個案研究於學術研究與實務性研究
2. 提昇工程設計與解析能力
3. 遠過 AHP 方法，提昇更客觀方案評估與決策能力