

Conforms with QFD, TRIZ and Bicycle of Chain Wheel Process Taguchi Multi-class Research and Development Destructiveness Innovation Designs

Dyi-Cheng Chen¹, Ci-Syong You*¹, Chieh-Hsin Ni¹, Mu- Jung Yu²

¹Department of Industrial Education and Technology National Changhua University of Education

²Department of Special Education National Changhua University of Education

*Corresponding author e-mail:n8846111@yahoo.com.tw

(Received 13 November 2015; final version received 25 February 2016)

ABSTRACT

Nowadays the bicycle industry is prosperous, the Taiwan market mainly focused on higher-priced parts of components production and development, therefore, this article mainly through the viewpoint of destructive innovation theory conduct the research, the purpose of the study are as follows: Using the theory of disruptive innovation to find the bicycle chain wheel asymmetric motives in the current market. And combined with QFD on the concept of product development, To establish a set of concept evaluation program mode. In the QFD analysis can be obtained the customer demand side by situation analysis from disruptive innovation theory, then to obtain quality characteristics by the patent analysis, to verify the model of this research how to develop Planning model of product design and development, expecting integration the customer demand properly. Import the idea of mold design and manufacturing technology creativity, coordinates the TRIZ theory to develop conflict matrix table and invention principle, and to solve the contradiction of relationship of QFD quality characteristic. According to the simulation of finite element method, by using Taguchi method analysis the optimal result, then carries on the forecast best numerical value by the heredity calculating method neural network, carrying on periment after determining the optimum parameter. Finally, the experimental results of manufactured product prices is lower than the market quotation, therefore, to enter the market using the mold mass quantity manufactures, moreover, can verify the feasibility of using the theory of disruptive innovation to carry on cheap, simple and convenient.

Keywords: QFD、TRIZ、Taguchi method

References

- Castro, C. F., António, C. A. C. & Sousa, L. C. (2004). Optimisation of shape and process parameters in metal forging using genetic algorithms. *Journal of Materials Processing Technology*, 46, 356-364.
- Chan, C. Y. (2005). Where does human creativity come from? *Scientific American*, 45, 38-41. (In Chinese)
- Chen, Y. M. & Wu, H. H. (2007). Product Design by Customer-Driven Innovation through TRIZ. *Journal of Quality*, 14(4), 457-477. (In Chinese)
- Chen, D. C., Chen, C. P., Li, J. Y., You, C. S., & Rau, C. H. (2009). Mold design and manufacturing techniques creativity course planning. 2009 *International Conference on Creativity and Educational Innovation*, pp.26-34. National Changhua University of Education, Taiwan. (In Chinese)
- Christensen, C. (1997). *The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail*. Audiobook at Brilliance Audio.
- Christensen, C. & Raynor, M. (2003). *The Innovator's Solution: Creating and Sustaining Successful Growth*. US: Harvard Business School Press.
- Huang, I. C. (2006). Creativity education. *The Journal of Education Science*, 399, 6-11. (In Chinese)
- Hung, Y. C. (2004). Introduction to TRIZ Theory. Retrieved: [http://designer.mech.yzu.edu.tw/articlesystem/article/compressedfile/\(2004-12-28\)%20TRIZ%E7%90%86%E8%AB%96%E8%88%87%E6%87%89%E7%94%A8%E7%B0%A1%E4%BB%8B.pdf](http://designer.mech.yzu.edu.tw/articlesystem/article/compressedfile/(2004-12-28)%20TRIZ%E7%90%86%E8%AB%96%E8%88%87%E6%87%89%E7%94%A8%E7%B0%A1%E4%BB%8B.pdf) (In chinese)
- Kim, P. H., Chun, M. S., Yi, J. J., & Moon, Y. H. (2002). Pass schedule algorithms for hot open die forging. *Journal of Materials Processing Technology*, 130, 516-523.
- Lucchetta, G., Bariani, P. & Knight, W. (2005). Integrated design analysis for product simplification. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 54(1), 147-150.
- Scyoc, K. V. (2008). Process safety improvement: Quality and target zero. *Journal of Hazardous Materials*, 159, 42-48.
- Tang, Y. N. trans. (2009). *Using QFD, TRIZ, and Taguchi Methods to enhance the efficiency of Research and Development* (Original by Tsutomu Konno et al.). Taipei: Corporate Synergy Development Center. (In Chinese)

整合 QFD、TRIZ 及田口法研發破壞性創新之 自行車鏈輪製程設計

陳狄成¹、尤麒熊^{1*}、倪婕炘¹、游沐蓉²

¹ 國立彰化師範大學工業教育與技術學系

² 國立彰化師範大學特殊教育學系

*通訊作者，e-mail: n8846111@yahoo.com.tw

摘 要

現今自行車業興盛，台灣市場主要鎖定在高價位之各部位零件生產與開發，因此本文主要藉由破壞性創新理論的觀點來進行研究，研究目的如下：

利用破壞性創新理論找出現行市場中自行車鏈輪不對稱動機。並結合 QFD 在產品開發的概念上，建立一套概念評選的程序模式，在 QFD 分析中可從破壞性創新理論藉由情境分析得到顧客需求面，再由專利分析得到品質特性，以驗證本研究之模式如何去發展產品設計開發的規劃模式，以期妥善地整合客戶需求。導入模具設計與製造技術創造力之觀念，配合 TRIZ 理論發展出矛盾衝突矩陣表與發明原理，進而解決 QFD 品質特性之矛盾關係，根據有限元素法模擬，並利用田口方法分析之最佳化結果，再以遺傳演算法神經網路進行預測最佳值，確定最佳參數後最後再進行實驗。最後實驗結果製造出來的成品價格遠低於市場行情，因此可以應用模具大量生產以進入市場，更可以驗證利用破壞性創新理論來進行便宜、簡單、便利的可行性。

關鍵詞：QFD、TRIZ、田口法

1. 緒論

1.1 前言

台灣為世界最大自行車製造國家，台灣製造之高品質自行車更為世人所讚譽，由於週休二日國人開始重視休閒活動，政府及民間機構推廣自行車運動不遺餘力，因此自行車運動在國內蔚為風潮，自行車不僅僅為交通工具，更是一種競賽活動，自行車競賽在速度及時間的嚴苛考驗下，自行車之設計朝著輕量化及高強度之方向發展，但強度往往與重量成正比，如何在高強度與輕量化之間取得平衡點，一直是自行車產業所待解決之課題，在自行車運動及產業蓬勃發展之帶動下，各種符合人體工學之設計、高強度結構及輕量化的自行車亦相繼問市。但是台灣的騎車環境，自行車騎士需與汽、機車爭道，險象環生，且高價位自行車通常都會經歷環島、山路、越野巔簸路段，造成自行車鏈輪在疲勞累積或強大壓力下而磨損或是卡住鏈條造成鏈條脫落，造成安全問

題層出不窮，故業界不斷從材質、形狀中改善藉以提高鏈輪耐用程度，朝向高強度、輕量化具備的目標邁進。大多數的自行車都是靠齒盤帶動輪子來讓自行車可以順利的前進。前面透過腳踏的旋轉來帶動的齒輪稱之為大齒盤，而大齒盤透過鍊條來帶動後輪的小齒輪就是鏈輪。鏈輪的材質，決定了鏈輪夠不夠硬與夠不夠輕。目前常見的材質有以下種。鋼：目前很常見的飛輪材質，可加硬處理與鍍鉻處理讓飛輪更佳的好。鋁：材質較輕，但是缺點就是硬度沒有鋼那樣的好。鈦：又輕又硬的材質，通常用於較小的齒輪上。鏈輪是消耗品之一，使用一段時間之後，鏈輪的齒變化慢慢的變尖，磨損到最後的結果就是鏈條無法順利帶動飛輪，進而產生喀喀的聲音，一般來說顧客會更換鏈條與鏈輪使騎乘時更流暢。由於業界不斷從材質、形狀中改善藉以提高鏈輪耐用程度，朝向高強度、輕量化。但反而造成一種現象，高強度、輕量化的鏈輪其價格反而更高，高等級鏈輪的價位就可以買一台平價的腳踏車。一般不是自行車玩家

級的可能有興趣，但一般民眾並不太會考慮買這麼高級的鏈輪，退而求較低價但品質接近高級的鏈輪。

1.2 研究動機

本研究旨在自行車鏈輪產品開發管理中，藉由融入破壞性創新理論來處理個人創意與群體意見之矛盾，設計出來之產品能爭取尚未消費的新顧客，期能設計出更便宜、更便利、更容易使用的產品，讓尚未消費於自行車鏈輪的顧客願意花錢。以滿足尚未消費顧客心理上所想要的產品。產品創意開發與創新設計成為與顧客關係管理的重要環節，只要管理者在理論分類階段做對事，想建立成功的創新事業，最大的挑戰在於如何創造出顧客願意購買而廠商有利可圖的產品，只要能達成這項任務，成功便唾手可得。因此本研究以創新理論結合 QFD 於創新產品開發上，期望能找到符合創新產品之設計管理流程。

在以往的模具設計過程中，模具設計概念多使用試誤法、直覺法等來進行，一項成功的設計往往經歷很長的一段時間，花費較多的時間與金錢，產品的性能多決定於設計人員的經驗、素質等因素，導致設計的水平難以控制。設計過程是解決問題的過程，是產品由初始狀態通過單步或多步而接近理想狀態的過程，如果在設計過程所有的步驟都已知，且稱為一般問題，如果至少有一步未知，則稱為發明問題的設計是創新設計，核心是解決設計中的衝突，目前 TRIZ 是最具有代表性的一種。創造力是利用既有的知識與經驗，經過思考與轉化的歷程，發展有效的、實用的、多樣的、且具有價值的動態或靜態反應之能力（陳狄成、陳清檳、李靜儀、尤麒麟、饒誌軒，2009）。因此在 TRIZ 的模具設計的開發過程中其研究者需要有模具專業的背景經驗才足以勝任。但對於在學校或者是產業界的新人則難以採用此方式進行創新設計。

因此本文為解決新手難以入門的情形，導入模具設計與製造技術創造力用於發明問題解決理論（TRIZ），以供技職校院學生及產業新鮮人在模具設計時之參考指標。

1.3 研究目的

根據研究背景與動機，將針自行車鏈輪製造進行開發研究。故本研究之研究目的為：利用破壞性創新理論找出現行市場中自行車鏈輪不對稱動機。並結合 QFD 在產品開發的概念上，建立一套概念評選的程序模式。在 QFD 分析中可從破壞性創新理論藉

由情境分析得到顧客需求面，再由專利分析得到品質特性。以驗證本研究之模式如何去發展產品設計開發的規劃模式，以期妥善地整合客戶需求。導入技職校院模具設計與製造技術創造力之觀念，配合 TRIZ 理論發展出矛盾衝突矩陣表與發明原理，進而解決 QFD 品質特性之矛盾關係。根據有限元素法模擬，利用田口方法分析之最佳化結果，再以類神經遺傳演算法進行預測最佳值，確定最佳參數後最後再進行實驗。

2. 文獻探討

2.1 破壞式創新

《創新的兩難》（Christensen, 1997）、《創新者的解答》（Christensen & Raynor, 2003）、《創新者的修練》（Christensen C., Anthony S., 與 Roth, 2004）等書中，對於企業的成長提出了一些獨特的看法。他認為創新可分成「維持性創新」（Sustaining innovation）和「破壞性創新」（disruptive innovation）。所謂的維持性創新是指在主流產品上銷售性能更好、更高價的產品給高階顧客。圖 1 的時間-性能座標平面界定了顧客購買產品的特定應用市場，克氏稱此座標平面為價值網絡（Value Network），係指特定環境時空背景之下，廠商建立產品的成本結構與作業流程，並結合了供應商與通路的合作，以滿足顧客的消費價值主張。圖 1 使用二度空間呈現破壞式創新是為了方便解說，而真正適當的說明克氏的觀念是應該以三維來說明。

圖 2 內中橫軸及縱軸的定義和圖 1 相同，差別在第三軸：新顧客層與新的消費環境背景，也就是新的價值網絡。這部分是由過去沒錢購買或是不會使用這類產品的新顧客所構成的。在新價值網絡中代表性能的縱軸和原來價值網絡的縱軸不相同，因為不同價值網絡中顧客對產品的性能有不同的考量和定義。接下來，藉圖 2 說明「新市場的破壞性創新」與「低階市場的破壞性創新」的差異。「新市場的破壞性創新」係指第三軸上新的價值網絡，指尚未消費的新顧客群，因為破壞性的創新可帶給這類顧客更便宜、更便利、更容易使用的產品，讓尚未消費這種產品的顧客願意花錢。

新市場破壞創新在剛開始時爭取尚未消費的顧客，但是當產品性能改善後就會吸引原先價值網絡中的顧客，最後完全顛覆（取代）原來市場的在位者之地位。而「低階市場的破壞性創新」就是攻擊原有或主流價值網絡中的低階市場，並沒有創造新市場，只是利用低成本掠奪市場在位者的低利潤顧客。

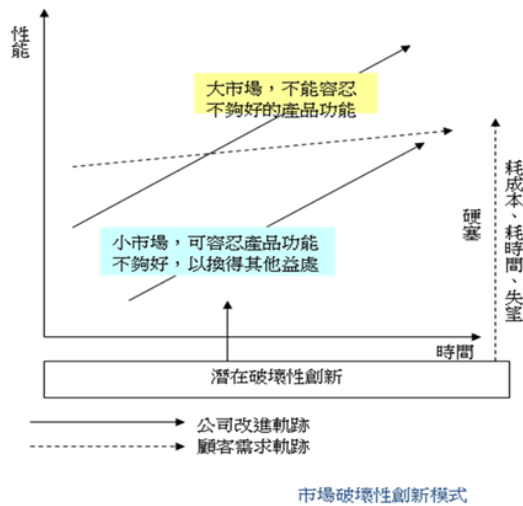


圖 1 破壞性創新模型

資料來源：Christensen, C., *The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail*, 1997.

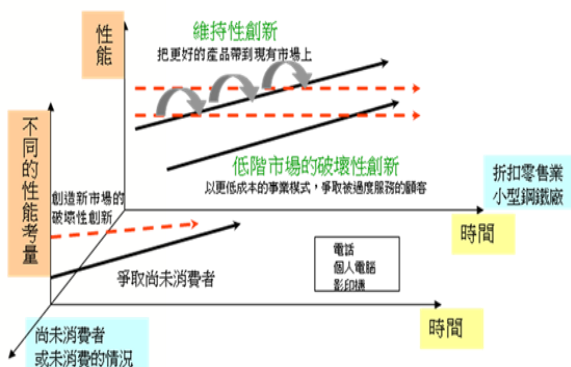


圖 2 破壞式創新模型標準圖

資料來源：Christensen, C., *The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail*, 1997.

2.2 品質機能展開(QFD)

品質機能展開 QFD 是日本品管大師水野滋所提出。主要是為了更貼近顧客，了解顧客想法需求才能改進設計產出顧客心目中的產品(今野勤、井上清和、安部有正、林裕人、池田光司，2009)。QFD 可以粗分為品質企劃與品質傳達兩部分。本文探討的對象是品質企劃這部分的 QFD。開發過程中，開發課題的釐清已不成問題。但由於無法真正掌握顧客的需求，導致產品開發最後還是以失敗收場的例子，仍履見不鮮。企劃新品時，能否找到顧客真正的需求和品質機能展開，都是決定新品開發成敗的重點。可是要直接從顧客那兒聽到真正的需求，也就是聽到

顧客「想要買」該產品的極具魅力的聲音，卻非易事。這是因為，顧客多半對產品不滿或不平的時候，才會直接表達出來。所以本文顧客的掌握上結合了破壞性創新理論以爭取尚未消費的顧客或未消費顧客之 VOC。

2.3 發明問題解決理論—TRIZ

TRIZ 是俄文創新發明問題解決理論的字首縮寫 (Theory of Inventive Problem Solving)，「TRIZ」發音為/tri:z/。時間回溯到 1946 年，Genrich Altshuller (1926-1998) 在前蘇聯產生了有關 TRIZ 的第一個構想，這 50 多年來 Altshuller 帶著學生和工作夥伴一起從事 TRIZ 的開發和使用。在冷戰結束後，許多 TRIZ 的專家移民到了歐洲和美國等地；因此在西方國家裡的人開始學習它。大概是 1992 年，TRIZ 相關的顧問活動和軟體工具開發，開始在美國出現。最近 TRIZ 已經被導入到美國的大型企業內。在日本，TRIZ 也已在 1997 年夏天被導入和推廣。目前正廣泛被運用到經營管理、服務業上。TRIZ 提供了思考方法的革命性知識資料庫。它將再創新發明上的人類經驗加以表述出來並量化。針對創新發明的問題解決它建立了分析性的原則，它能夠克服各種基本工程矛盾一步步去達成突破性的概念。

TRIZ 用以解決矛盾。當拿到一個問題時，必須先判定這個問題的矛盾點是技術矛盾還是物理矛盾，如果此矛盾點是技術矛盾，則可以使用 TRIZ 中的「矛盾矩陣」來解決矛盾。在利用矛盾矩陣的方法中，TRIZ 整理出常用的 39 個工程上的參數，利用參數間常出現的矛盾，用矛盾矩陣在 40 個創新法則中找出其中可能解決此矛盾點的法則，而從這些被建議的法則利用類比思考的方式可以提供解決矛盾的思考方向(洪永傑，2004)。如果在矛盾矩陣中的 39 個工程參數找不到適合的參數，或在 40 個創新法則中找不到適合的法則，則必須把技術上的矛盾轉換成物理上的矛盾，再利用時間、空間或尺寸上的分離原理將物理上的矛盾分離，然後使用類比思考的方式求解。Scyoc (2008)研究探討 TRIZ 理論而長期建立品質的改進，改善安全領域和工作團隊的績效，Lucchetta, Bariani, 與 Knight (2005)提出 DFMA 與 TRIZ 進行合併的共同特點和連接這兩個相輔相成的方法。主要解決 TRIZ 功能分析在確定技術設計的問題，並做出最有效的問題解決。

2.4 模具設計與製造技術創造力

詹志禹 (2005) 認為創造力可從三方面來看，從思考歷程來看，創造力比較仰賴擴散性思考而非

聚斂性思考；從產物來看，創造性產物必須具有「新穎」和「價值」兩大類條件；從人物來看，人人都具有創造力，只是程度不同、領域不同。黃英中（2006）指出發明或製成前所未有事物的能力，只要個人的行為不止於重複、模仿或陳述他人曾經提出的觀念或創作，而是提出自己發展出來的事物，即為創造力。陳狄成（2009）指出日常生活中所使用到的各種工具和產品，大到機床的底座、機身外殼，小到一個螺絲、鈕扣以及各種家用電器的外殼，無不與模具有密切的關係。附錄 1 為模具設計與製造技術創造力觀念圖，若學校教師能以產品的獨創性、實用性、精密性、美觀性、互換性之知識單元為主，使能因應新科技趨勢與創新研發工作的需求。

2.5 鋁合金物理與機械特性

而本研究所使用的材料，鋁合金 6061，為鋁、鎂、矽合金，主要特色為成形穩定、熱處理後安定性佳、材料親合性高等，且易於焊接，是業界經常使用的材料。鋁合金 7075，為鋁、鋅合金，主要優勢為切削韌性高、強度高、熱處理後安定性高等，但焊接時所需的環境與技術相當高，較適合一體成形，在航太工業，自行車業等都見到其蹤影，其合金成份。

2.6 鍛造之研究

鍛造的研究，Castro, António 與 Sousa (2004) 利用遺傳演算法有效的數值運算來達到金屬鍛造製程的最佳參數製程組合與形狀最佳化，Kim (2002) 使用類神經網路進行開模鍛造的製程參數搜尋與優化，並分析其力學塑性變型行為、鍛造壓力等製程參數，以減少鍛造製成的週期時間。

2.7 有限元素法及分析軟體 DEFORMTM 3D 之簡介

到了現今，有限元素法已是研究學者與工程師時常使用的分析工具，應用的領域包含固體力學、流體力學、熱傳、製造模具、以及梁柱結構設計等皆可，它的基本原理是將問題由繁化簡，再求其解，而所得的解僅為近似值，但只要連續體之場變數與各參數假設正確，在容忍誤差量中，即可將近似解視為精確解。有限元素法之優點如下：

- (1)減少實驗成本及相關開銷。
- (2)降低實驗材料變異困難性。
- (3)參數方便操控。
- (4)可獲得實驗中無法取得的資料。

但在提高結果精確度時，網格數量是一大指標，如提高網格數量會造成元素大增的現象，造成計算矩陣上，電腦需要長時間的時間與運算效能，在精確度和效率上常常無法兼顧。而由於現今科技日新月異，電腦效能已快速進化，已可運算繁複且大量的數據資料，使得問題變得簡單許多，而各種有限元素分析軟體也有如雨後春筍般出現，如 ANSYS、MARC、ABAQUS、LS-DYNA3D 與 DEFORM 等，目前許多領域都已開始使用，因傳統工業的試誤法，以師傅的經驗設計模具、做出模型、實驗模具，投入實驗，但成品不如預期時得再從頭來過，這樣的模式已不被現今提供高效率與低成本的業界所接受，故有限元素分析軟體的出現，就是期望它能取代大量的實驗，減少設備、耗材、人力的開銷，以及提升模具壽命等。而上述所提及的 DEFORM 是近年來廣為使用有限元素分析軟體，是一套模擬有限元素法運算過程的系統，主要是用在鍛造製程與模具設計上，其功能為模擬各種成形方式的製作過程，如鍛造、擠製、拉伸、環壓等，經由等效應力、等效應變、破壞值等來預測模具可能的破壞與發生位置，使開發者能夠針對模擬結果進行模具改良或變更加工方式等，而優秀的材料資料庫與功能設定，使得模擬結果更加貼近實驗，更確定有限元素分析軟體的適用性。

2.8 田口方法之簡介

本研究採用田口方法作為模擬分析方法，主要步驟為選定研究變項(Factor)及其水準範圍(Level)，搭配直交表，以較少的次數來取代所有的實驗，並配合多重品質特性、S/N 比及變異數分析(Analysis of variance, ANOVA)，計算出最佳組合參數，以下即做簡要介紹：

2.8.1 田口方法介紹

相傳一開始是在 1923 年由英國人 R. A. Fisher 開始應用於農業上，而日本為了提升其經濟，聘請國外統計學專家授課，將統計學理論運用在品質改善上，而田口玄一博士將其演進，發展出「品質工程學」，在 1990 年時更得到了「藍帶獎」，此獎為日本工業界最高榮譽，之後擴展到美國，而被美國稱為「田口方法」(Taguchi Method)。美國人又稱其為田口方法，或是實驗計劃法 (Design of Experiments, D.O.E.)。田口方法為強調以最低成本來達到最高品質的研究方式，運用較為簡便的 S/N 比來說明各變項的影響，不但能縮小變異，也能調整中心值的落點，在不增加成本的條件下，改善生產製程，提升產品品質，甚至能夠降低成本，特別適用於產品、技術開發初期，效

果更加顯著，而田口方法的理念較特殊之處在於品質損失函數 (Quality Loss Function, QLF) 與穩健設計 (Robust Design)。品質損失函數是指無論何者，只要與目標有差異的，都是社會損失，而穩健設計則是田口博士所提出的三大步驟，即概念設計 (Concept design)、參數設計 (Parameter design) 及允差設計 (Tolerance design)，靠這三步驟來達到優良的產品品質與服務，故如需將控制變項最佳化，藉以修正製程水平時，田口方法不失為一項好選擇。而台灣則是在 1990 年至 1995 年間開始盛行，直至今日，許多企業與大專院校也還是陸續的在使用。

2.8.2 實驗設計法

為田口博士與其他學者所設計，主要概念為比較少的實驗次數獲得所需資料，為成本及實驗精確度都須具備的情況下，此方式相當合適。直交表通常都以 $L_a(b^c)$ 來表示，a 為總實驗次數、b 為各因子水準數量、c 則為因子數量，如需使用兩種水準的直交表，其表示方式為 $L_a(b^c \times d^e)$ ，之後再計算出各因子反應圖及反應表，來找出最佳組合參數，運用此方法，通常最佳組合參數都不在直交表實驗中，因在此假設各因子效應都是個別獨立的，如要確認其結果，最好的方式即是將最佳組合參數進行實驗，來比較實驗結果與預測結果之差異性，如結果相近，則說明直交表實驗法是有效的。

2.8.3 S/N 比

S/N 比 (signal to noise ratio) 為田口博士利用品質損失為基底，進而開發出的品質量化指標，因一開始是用於通訊工程中，故又稱信號雜訊比，所使用的單位為分貝 (dB) 主要功能為評估製程品質穩定之程度，當 S/N 比愈高時，代表雜訊少，品質越趨穩定。不同的領域需要使用不同的 S/N 比計算方式。

2.8.4 變異數分析

變異數分析 (Analysis of Variation, ANOVA)，在田口方法中主要的功能為評估實驗誤差 (Experimental error)，內容包含平方和、自由度、變異數、貢獻度、F 值、信心水準等，而因本研究的模擬不止為單一結果，且單位都不相同，故選擇使用多重品質特性，即整體評估標準 (Overall Evaluation Criteria, OEC)，給予各個品質特性其比例，先統整為一個數值，再轉換為 S/N 比，才能進行變異數分析。

2.8.5 遺傳神經網路 (Genetic Neuron Network, GNN)

遺傳神經網路 (genetic neural networks, GNN) 是一種結合類神經網路的非線性模型能力與遺傳演算法的總體最佳化能力的一種決策系統，它可以利用「強化式學習」(reinforced learning) 的策略來優化神經網路的連結權值。強化式學習與監督式學習 (supervised learning) 的差別在於監督式學習的訓練樣本含有目標輸出值，而強化式學習的訓練樣本不含目標輸出值，但其模型仍可用一個計量衡量值來評估是否已被優化及預測輸出層。因此本研究所使用之遺傳神經網路之架構如圖 3 所示。

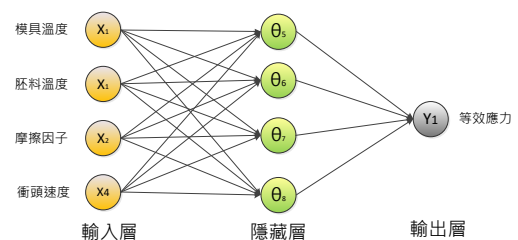


圖 3 遺傳神經網路之架構

3. 結果與討論

3.1 自行車鏈輪破壞性創新

本研究以「破壞性創性」(Christensen & Raynor, 2003) 為起始論點，在使用創新理論預測產業變化時，第一個步驟是了解什麼時候可以合理預期一項創新將會導致預見產業變化的新公司或新事業模式出現，辨識與分析重要的「變化跡象」，涉及評估三個顧客群：1. 尚未消費任何產品者，或是被迫只能在不便利的環境下消費者。2. 尚不滿足的顧客。3. 過度滿足的顧客。第二步驟為評估「競爭戰役」，首先必須評估對手的長處與弱點，我們也可以檢視企業的資源、流程和價值主張。詮釋對手的過往記錄，可辨識他們的長處與弱點、能力與動機。第三步驟探討影響破壞過程的「策略選擇」，新進者的準備工作可能使他們瞄準錯誤的顧客群；他們也可能發展出和在位者互補的事業模式與能力，尤其是當他們建立和在位者重疊的價值網絡時。這兩種情況都可能造成有利於在位者的競爭情勢。至於在位者方面，可透過創設獨立的事業組織以抵擋破壞者帶來的威脅，或是發展內部能力，一再創造破壞性成長，這兩種策略都可以促使在位者變成破壞的高手。

由上所述因此本文用「變化跡象」、「競爭戰役」及「策略選擇」來說明自行車鏈輪發展狀況摘要如表 2 所示。藉由讓顧客覺得產品「夠好」或者能使顧客做二選一的決定(不購買我們的鋁合金鏈輪只能換一般的鋼製鏈輪)來使得鋁合金鏈輪將其普遍化。

表 1. 自行車鏈輪發展狀況摘要

變化跡象	環保意識的抬頭，因為想爭取願意付更高價格購買改善產品的顧客，許多自行車推出以輕量化、高強度自行車鋁合金鏈輪進軍高階市場。且鋁合金鏈輪價格高，造成過度滿足顧客，對某些顧客來說產品「太好」而消費後有後悔的想法，在於顧客並不需要這麼好的產品。
競爭戰役	大廠以高階鋁合金自行車鏈輪以滿足頂尖客戶的需求，小廠以低階市場品質更差、容易生銹的鋼製鏈輪。
策略選擇	以現有的技術設計製造更簡單、便宜、便利的鋁合金鏈輪進入低階市場，爭取對鋁合金鏈輪之尚未消費顧客及尚不滿足的顧客。讓顧客覺得產品「夠好」或者能使顧客做二選一的決定(不購買我們的鋁合金鏈輪只能換一般的鋼製鏈輪)。

表 2. 情境預測

破壞性創新構面	情境分析	KJ 法分類(顧客 VOC)
便宜	想要便宜的自行車鏈輪，但又不想買到差的產品。不希望買到會生銹的鏈輪。	價格合理、不會生銹
	想要組好的鏈輪穩定、輕量、耐磨損、穩定性好、又拉風其價格又合理。	重量輕、不易磨損、不易產生震動、外形好看
便利	可以加裝在舊的鏈輪上或者增強其結構。	強度增強、替換方便
	替換方便，用手動作即可更換鏈輪不需要到自行車修理場。	不需專人維修
簡單	組裝很容易，不需要特殊工具拆卸。	組裝很容易

圖 4 為高階市場自行車鏈輪，其材質為輕量化之鋁合金，不會生銹耐腐蝕。圖 5 為低階市場自行車鏈輪，其材質為一般鋼材，使用久了容易產生鐵銹，造成快速的磨損，減少自行車的壽命。表 2 為情境預測，藉由「策略選擇」中的以現有的技術設計製造更簡單、便宜、便利的鋁合金鏈輪進入低階市場，爭取對鋁合金鏈輪之尚未消費顧客及尚不滿足的顧客。再以「便宜」、「便利」、「簡單」為構面，情境分析顧客在講買產品時的心聲，因此破壞性創新將高階自行車鏈輪的價值鏈移往低階市場自行車鏈輪，讓更多的人使用鋁合金鏈輪並將其普遍化。圖 6 為自行車鏈輪創新方法的選擇，其分類為「維持型」、「新市場的破壞」、「低階市場的破壞」，依照各個方法及理論分析決定最佳的策略。本研究主要在於低階市場的破壞，利用模具技術快速生產的優點，尋求取代 CNC 鏈輪加工技術並利用高階市場與低階市場的不對稱性而進入市場。



圖 4 高階市場自行車鏈輪



圖 5 低階市場自行車鏈輪

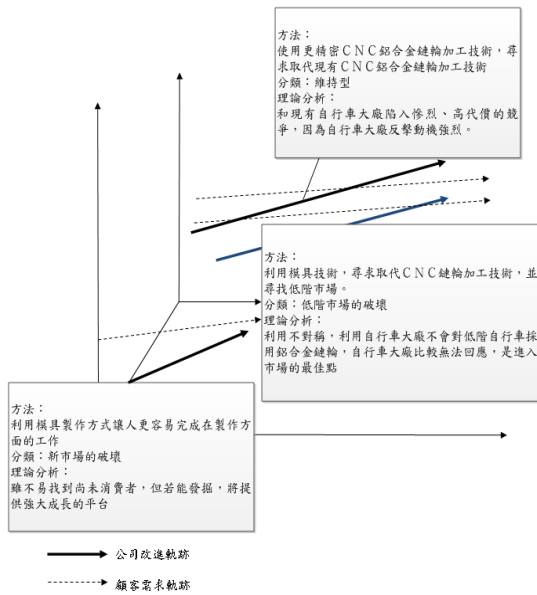


圖 6 創新方法的選擇

3.2 QFD 機能展開

研究考量自行車鏈輪產品的使用對象依據破壞性創新理論來假設可能的使用情境狀況來探索，因此區隔市場分析的對象不是顧客，而是顧客所處的情境為基礎為分類方法，並提供有助益的指引。以找出其理想的顧客與應用領域，發掘未消費顧客或尚未消費要求的期望，進而將顧客要求清楚地定義為「便宜」、「便利」、「容易」如表 3 所示。經由情境預測再經由 KJ 法整理後可得知顧客想要的 VOC。表 4 為收集、尋找以及整理國內自行車鏈輪的專利和相關資料改善之品質特性主要是同時找出改善各品質特性的標準解法或創意解法。對於不足的品質特性透過相關資料來將其補齊並根據顧客之 VOC 來進分類。

表 3 自行車鏈輪專利品質特性

顧客 VOC	品質特性	公開號	對應之專利名稱
重量輕	輕量化	422800	具有在鏈條接收邊緣下方的凹部的自行車鏈輪
強度增強	結構強度	201000360	鏈輪結構
組裝很容易	組裝度	273218	組合式自行車鏈輪組

		2004058	自行車的後鏈輪總成的頂部鏈輪及自行車的後鏈輪總成
		492460	自行車飛輪組齒片結合裝置
價格合理	經濟性	200938431	自行車鏈輪結構
替換方便	替換性	200938431	
不會生銹	耐蝕性	200938431	
不易產生震動	穩定性	M397352	腳踏車鏈輪
		393414	自行車後變速系統之鏈輪組構形
		373616	自行車鏈輪組齒片結構
外形好看	美觀性	456909	自行車鏈輪盤(一)
不易磨損	磨損度	549287	飛輪齒盤

圖 7 為品質特性矛盾關係圖，意在尋找有無可以提升重點 VOC 充足度的品質特性，同時在矛盾的品質特性之間取得平衡。但在破壞性創新理論的思考點上，並非以不斷提升品質來進入市場，而是以更便宜為基礎的角度去設想，必須使成本更低的角度去探討品質特性矛盾關係。如圖 7 所示「經濟性 vs 耐蝕性」、「經濟性 vs 結構強度」、「經濟性 vs 輕量化」、「經濟性 vs 磨損度」、「經濟性 vs 穩定度」等之間關係，因本文設計模具只考慮「經濟性 vs 輕量化」、「經濟性 vs 磨損度」，因此本文「組裝度 vs 經濟性」、「美觀度 vs 經濟性」、「穩定度 vs 經濟性」是屬於模具製造後的製程，需要更專業的機構設計等領域來探討，故不在本文探討的範圍內。

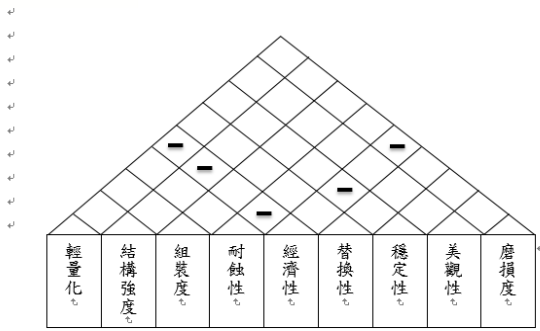


圖 7 品質特性矛盾關係圖

3.3 TRIZ 結合模具創造力

以自行車鏈輪模具設計為分析對象，導入技職校院模具設計與製造技術創造力之觀念，配合 TRIZ 理論發展出矛盾衝突矩陣表與發明原理，進而解決自行車鏈輪模具設計上之缺點與品質特性矛盾關係。表 4 為 39 項工程參數分為六個構面分別為「幾何」、「物理」、「資源」、「能力」、「害處」、「操控」。因此在 TRIZ 的模具設計的開發過程中其研究者需要有模具專業的背景經驗才足以勝任。但對於在學校或者是產業界的新人則難以採用此方式進行創新設計。因此本文為解決新手難以入門的情形導入模具設計與製造技術創造力於發明問題解決理論 TRIZ，以供技職校院學生及產業新鮮人在模具設計時作為 TRIZ 理論開發之參考指標。

表 4. 39 項工程參數與模具創造力指標

39 項工程參數(六大群組)			模具創造力能力指標
幾何	3	移動件長度	刀具選用、加工概念
	4	固定件長度	支持、夾緊與工具固持原理、治具與夾具的型式
	5	移動件面積	刀具選用、加工概念、溶膠、溶膠波前面積與溶膠波前速度
	6	固定件面積	支持、夾緊與工具固持原理、治具與夾具的型式
	7	移動件體積	刀具選用、加工概念
	8	固定件體積	支持、夾緊與工具固持原理、治具與夾具的型式
	12	形狀	澆口設計、製品尺寸與形狀考量
物	1	移動件重量	加工概念、夾持結構之變化

	2	固定件重量	鑽模、治具與夾具的型式
	9	速度	溶膠波前面積與溶膠波前速度
	10	力量	機械性質與測試、拉伸試驗分析
	11	張力、壓力	模具或成品內外部應力、射出膠料壓力
	17	溫度	機械性質與測試、放電加工技術
	18	亮度	機械性質與測試、雷射加工技術
	21	動力	機械性質與測試、研磨加工技術
資源	19	移動件消耗能量	機械性質與測試、放電加工技術
	20	固定件消耗能量	機械性質與測試、雷射加工技術
	22	能源浪費	模具製造花費、生產過程成本、整體耗材成本、材料回收利用、產品創新、材料回收利用
	23	物質浪費	模具製造花費、生產過程成本、整體耗材成本、充填模式、材料回收利用、產品創新
	24	資訊喪失	模具製造花費、生產過程成本、整體耗材成本
	25	時間浪費	模具製造花費、生產過程成本、整體耗材成本
	26	物料數量	模具製造花費、生產過程成本、整體耗材成本、零件規格化
害處	30	物體外部有害因素	機具性能與壽命計算、腐蝕及材料損傷
	31	物體產生的有害因素	機具性能與壽命計算、腐蝕及材料損傷
操控	28	量測精確度	產品精度規劃、模具尺寸控制、模具最佳化
	29	製造精確度	測量數據處理技術、工程材料試驗
	33	使用方便性	快速裝卸機構簡單化
	36	裝置複雜性	零件規格化、材料通用標準化
	37	控制複雜性	快速成型技術、模型重建技術

	38	自動化程度	CAD/CAM軟體應用、程式製作基本概念
能力	13	物體穩定性	流道設計與流道平衡、支持、夾緊與工具固持原理
	14	強度	硬度試驗分析
	15	移動件耐久性	研磨加工技術、加工概念
	16	靜止物體作用時間	機械性質與測試、模具冷卻設計
	27	可靠度	產品精度規劃、模具尺寸控制、模具最佳化
	32	製造性	零件規格化、材料通用標準化
	34	可修理性	零件規格化、材料通用標準化
	35	適合性	零件規格化、材料通用標準化
	39	生產性	零件規格化、材料通用標準化、模具最佳化

在自行車鏈輪模具設計在開發初期的問題，最主要是成品的製造過程中將物料的浪費減少到最低，如果設計過於浪費成本，將會造成大量的損失。依據圖 8 品質特性矛盾關係圖設計模具只考慮「經濟性 vs 輕量化」、「經濟性 vs 磨損度」因此我們在 TRIZ 39 個工程參數中選用 No.23「物質的浪費」對應其模具創造力指標為模具製造花費、生產過程成本、整體耗材成本、充填模式、材料回收利用、產品創新。建立 TRIZ 衝突矩陣，如表 5 所示。在模具欲改善的特性為 NO.29 物質浪費(模具製作花費、生產過程成本、整體耗材成本)，惡化的特性為 NO.23 製造精密性其對應之指標為「測量數據處理技術」、「工程材料試驗」，工程材料試驗裡包含了耐蝕性、輕量化、結構強度、穩定性、磨損度等矛盾相關，因此可與圖 8 品質矛盾相關圖對應。其發明原理為 10、24、31、35 如表 6 所示。圖為衝模下料模具有限元素模擬圖，在企業界或者設計初期最常使用之方法，以衝頭直接衝壓板材下料，以達成快速量產之目的，下料後大多需作二次加工為衝模下料之自行車鏈輪，經過沖剪效應後其齒型因沖頭設計不良造成扭曲變形。浪費的材料更多為衝模下料之多餘材料，其經濟效益不如預期。圖 9 為經由 TRIZ 發明原理 10 而設計之衝壓模，將胚料設計為管狀，再設計可成形之齒模。經加壓成形後。為加壓成形之自行車鏈輪，其成形無產生多餘材料。經加壓後其精度高、強度與硬度更好，

從而解決了物質浪費與製造精密性之衝突問題，既保證了成品的質量又不使設計變得很複雜，完全符合理想的工程經濟。再結合發明原理 35 改變材料之溫度再進行加壓，更可以得到更佳之產品。

表 5. 衝突矩陣

改善的特性	惡化的特性
	No.23 製造精密性
No.29 物質浪費	10.24.31.35

表 6. 發明原理

序號	名稱	發明原理內容	可行性評估
10	Preliminary Action (預先作用)	事先準備使物體可及時並在適當的地方作用。預先完成全部的動作或至少完成部分動作。	可行，可利用模具設計與製造技術創造力獨創性之衝模與塑膠模設計來進行設計。
24	Mediator (媒介)	利用一個中間物質去轉換或完成一個動作。暫時將一個物體和另一物體連接在一起，以便將它移除。	不可行，太多媒介物必須花費更多精力與時間，不符合工程經濟。
31	Porous Materials (多孔材料)	使物體多孔化或使用附加多孔元件的物體(入件，蓋等)。假如物體有許多孔，則預先填充物質。	不可行，模具需有高強度。
35	Transformation of Properties (改變物質特性)	改變物體各種狀態、密度、濃度、彈性、溫度。	可行，此方式可與序號 10 預先作用結合，並運用田口法求出最佳參數

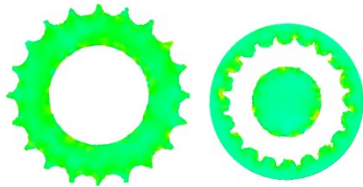
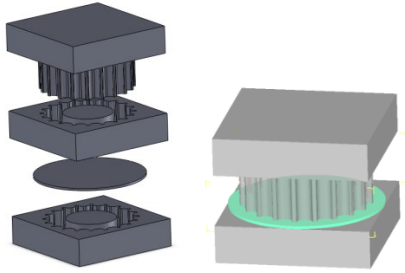


圖 8 衝模下料模具有限元素模擬圖

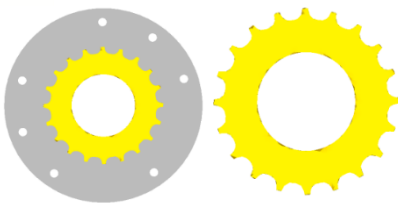
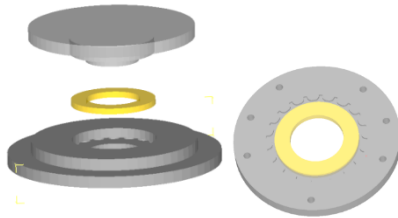


圖 9 TRIZ 發明原理 10 設計之衝壓模

3.4 田口品質設計

應用田口品質工程的手法，首先我們要定義出品質目標及品質特性，本次實驗的品質目標為自行車鏈輪模具應力值，因為是求最小化，故其品質特性為望小特性；再來我們要找出幾個會影響品質反應值的因子和它們的水準，共有 4 個參數分別為 TRIZ 改良模具與胚料溫度的改變及自行車鏈輪模具影響較大為摩擦因子、衝頭速度，因此選用模具溫度、胚料溫度、摩擦因子、衝頭速度當作是實驗的因子。經由以上水準的訂定，本實驗的因子與水準如表 7。

表 7. 因素與水準定義表

	A(模具溫度)	B(胚料溫度)	C(摩擦因子)	D(衝頭速度)
水準 1	300	300	0.1	0.8
水準 2	400	400	0.2	0.9
水準 3	500	500	0.3	1

自行車鏈輪模具在鍛壓過程中其胚料與模具接觸的應力會影響其加工性，尤其等效應力越大越難以鍛壓。本次實驗的品質目標為模具鍛壓之等效應力，因為是求最小化，故其品質特性為望小特性，望小特性之 S/N 比為：

$$S/N = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 = -10 \log (\bar{y}^2 + s_n^2) \quad (1)$$

其中 n 是每組實驗的實驗次數， y_i 表示每組實驗的實驗數據，我們利用(1)式計算了每一組實驗的 S/N 比，各組的 S/N 比如表 8 右邊第一行所示，而各組品質特性(等效應力)的平均值如表 8 右邊第二行所示。

表 8. 各組實驗之平均品質特性及 S/N 比

實驗組別	A	B	C	D	平均值 Ave	S/N 比
1	1	1	1	1	302.5	-49.6
2	1	2	2	2	267	-48.53
3	1	3	3	3	277.5	-48.8
4	2	1	2	3	266	-48.49
5	2	2	3	1	214.5	-46.62
6	2	3	1	2	142.5	-43.07
7	3	1	3	2	223.5	-46.98
8	3	2	1	3	122.5	-41.76
9	3	3	2	1	52.5	-34.4
平均					207.6	-45.37

表 9 最後一列為因子的效應分析，因子效應愈大，表示此因子的變動對實驗有較大的影響，因子效應的計算是以各水準的最大值減去最小值，在表 10 中 A (模具溫度) 因子與 B (胚料溫度) 對 S/N 比的效應分別是 7.95 dB、6.25dB，相對其他二個

因子 C (摩擦因子) 與 D (衝頭速度) 的 S/N 比效應分別是 3.62dB、2.83dB 來得大，因此判定 A (模具溫度) 因子與 B (胚料溫度) 在 S/N 比的反應中是有較大的影響力。如圖 10 各因子對 S/N 反應圖，我們可找出一組最佳的因子水準組合，使得 S/N 比是最大的，此組合 A3B3C2D1。

表 9. 各因子對 S/N 比的反應表

	A(模具溫度)	B(胚料溫度)	C(摩擦因子)	D(衝頭速度)
水準 1	-49	-48.36	-44.81	-43.54
水準 2	-46.06	-45.64	-43.81	-46.19
水準 3	-41.05	-42.11	-47.49	-46.37
因子效應分析 (effect)	7.95	6.25	3.62	2.83
rank	1	2	3	4

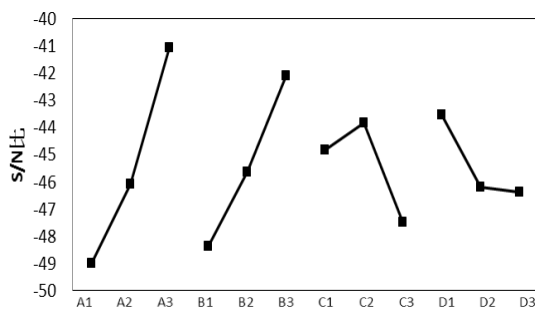


圖 10. S/N 比的因子反應圖

變異數分析 (ANOVA, Analysis of Variance) 主要是求得各因子的變動對品質特性變異的效應，也是找出哪個因子對整個實驗最具影響力的另一種有效的方法，表 10 為本實驗之變異數分析結果表。其中 SS (Sum of Square) 為平方和，DOF (Degrees of Freedom) 表自由度，Var 代表變異數 (Variance)，Probability 是指該因子不具影響力的概率，F 則是計算 Probability 時必要的數據，Confidence 是指信心度，而表中最右一行 Significant 是表示因子是否有影響力是相對於某一信心水準 (Confidence Level) 而言，一般的信心水準大多是採用 99%、95% 或 90%，在此我們採用 99 的信心水準。從表 10 中的數據可知因子 A 與 B 是唯一達到 99% 信心水準的因

子，因此我們判定因子 A 與 B 相對其他因子來講，對整個實驗是具有較大的影響力，此結果可與 S/N 和品質特性之因子效應分析相呼應。由此更可證實 A (模具溫度)、B (胚料溫度) 更具有影響力。

表 10. S/N 比變異數分析結果表

因子 Factor	平方和 SS	自由度 DOF	變異數 Var.	F	Confidence	是否達顯著水準 Significant?
A(模具溫度)	97.0	2	48.5	15.9	99.8%	是
B(胚料溫度)	58.9	2	29.4	9.6	99.4%	是
C(摩擦因子)	21.7	2	10.8	3.5	92.5%	否
D(衝頭速度)	15.0	2	7.5	2.4	85.4%	否
Error	27.4	9	3.0	S=1.74		
Total	220.	17	* NOTE: At least 99% confidence			

而由 S/N 因子反應和品質特性因子之最佳組合參數分別為 A3B3C2D1 與 A3B3C1D1 二組，再次進行模擬，以驗證最佳參數組合的結果如表 11 所示。

3.5 遺傳演算法神經網路預測

本研究使用 PCNeuron5.0 軟體中的遺傳演算法神經網路 (GANN): 為多層感知器架構, 但使用遺傳演算法修正權值。利用遺傳演化倒傳遞類神經網路模型預測模具等效應力，乃是此模型將網路的誤差項，透過回想的過程，不斷地改善，以搜尋至最適化的網路架構，其執行步驟先以遺傳演算的方式選取最適的網路架構，之後再執行倒傳遞類神經網路進行預測模具等效應力，並觀察各期間的績效表現與預測方向準確度。分別以遺傳演化倒傳遞類神經網路模型的參數設定、網路架構之選取及其預測結果作說明。在遺傳演算法神經網路 (GANN) 之參數設定上，PCNeuron5.0 中的遺傳演算法神經網路 (GANN) 原理與類神經模式有很大的不同，為

多層感知器架構，但使用遺傳演算法修正權值並進行最佳化，包括連結加權值、隱藏層層數與節點數。將染色體解碼成類神經網路的權重，染色體中基因按順序被讀取而成為權重遺傳演算法以三個操作程序（複製、交配和突變）演化取代倒傳遞的學習法。利用遺傳演算法神經網路（GANN）開始訓練原始範例資料，其參數設定如表 12 所示。經由訓練原始範例資料再進行驗證資料，表 13 為驗證資料其田口法直交表之等效應力與經由遺傳演算法神經網路（GANN）之平均預測誤差為 6.84%，表示與真實所量測之數值在於正負 6.84%之間。表 14 為 4 因子 3 水準之所有排列組合共 81 組。藉由遺傳演算法神經網路（GANN）再進行 81 組之預測以確定田口法最佳組合。

表 11. 最佳參數組合

	A(模具溫度)	B(胚料溫度)	C(摩擦因子)	D(衝頭速度)	等效應力
S/N 比	500	500	0.2	0.8	51.7

表 12. 遺傳演算法神經網路(GANN)之參數設定

輸入變數-數目	4	輸出變數數目	1
交配率	0.7	突變率	0.007
交配法	均一交配	突變法	固定突變率
群體數	30	亂數種子	0.456
演化代數	1000000	測試週期	10000

表 13. 驗證資料

模具溫度	胚料溫度	摩擦因子	衝頭速度	等效應力	預測等效應力	誤差 %
300	300	0.1	0.8	302.5	293.28	3.1%
300	400	0.2	0.9	267.0	249.22	6.7%
300	500	0.3	1	277.5	271.61	2.1%
400	300	0.2	1	266.0	287.34	7.5%
400	400	0.3	0.8	214.5	207.20	3.4%
400	500	0.1	0.9	142.5	113.07	20.8%
500	300	0.3	0.9	223.5	218.88	2.1%
500	400	0.1	1	122.5	141.79	14.6%
500	500	0.2	0.8	52.5	51.85	1.24%
平均						6.84%

表 14. 田口最佳組合之預測值

	A(模具溫度)	B(胚料溫度)	C(摩擦因子)	D(衝頭速度)	等效應力	預測值	誤差
S/N比	500	500	0.2	0.8	51.7	51.8	0.01%
品質特性	500	500	0.1	0.8	53.8	58.1	7.4%

表 14 為田口最佳組合之預測值可驗證田口實驗最佳組合是 81 組實驗中最佳之組合。表 15 為 81 組之預測值，第 16 組為 81 組預測組中等效應力最小，因此與田口最佳組合相符合，更可確認真實實驗的可靠參數。

表 15. 81 組之預測

編號	模具溫度	胚料溫度	摩擦因子	衝頭速度	等效應力預測值
01	300	300	0.1	0.8	293.2
02	400	300	0.1	0.8	258.2
03	500	300	0.1	0.8	137.4
04	300	400	0.1	0.8	254.0
05	300	500	0.1	0.8	189.7
06	400	400	0.1	0.8	163.2
07	500	500	0.1	0.8	58.1
08	400	500	0.1	0.8	78.5
09	500	400	0.1	0.8	76.0
10	300	300	0.2	0.8	299.1
11	400	300	0.2	0.8	244.6
12	500	300	0.2	0.8	172.1
13	300	400	0.2	0.8	238.8
14	300	500	0.2	0.8	207.4
15	400	400	0.2	0.8	195.0
16	500	500	0.2	0.8	51.8
17	400	500	0.2	0.8	97.9
18	500	400	0.2	0.8	79.8
19	300	300	0.3	0.8	559.2
20	400	300	0.3	0.8	245.9
21	500	300	0.3	0.8	198.9
22	300	400	0.3	0.8	255.0
23	300	500	0.3	0.8	209.7

24	400	400	0.3	0.8	207.0
25	500	500	0.3	0.8	52.4
26	400	500	0.3	0.8	140.0
27	500	400	0.3	0.8	109.0
28	300	300	0.1	0.9	305.3
29	400	300	0.1	0.9	270.5
30	500	300	0.1	0.9	197.2
31	300	400	0.1	0.9	259.8
32	300	500	0.1	0.9	224.0
33	400	400	0.1	0.9	215.9
34	500	500	0.1	0.9	60.4
35	400	500	0.1	0.9	113.0
36	500	400	0.1	0.9	94.7
37	300	300	0.2	0.9	453.2
38	400	300	0.2	0.9	252.9
39	500	300	0.2	0.9	215.9
40	300	400	0.2	0.9	249.2
41	500	500	0.2	0.9	59.4
42	500	400	0.3	0.9	165.2
43	300	500	0.2	0.9	219.9
44	400	400	0.2	0.9	220.5
45	400	500	0.2	0.9	153.8
46	500	400	0.2	0.9	123.2
47	300	300	0.3	0.9	673.1
48	400	300	0.3	0.9	334.9
49	500	300	0.3	0.9	218.8
50	300	400	0.3	0.9	391.8
51	300	500	0.3	0.9	220.6
52	400	400	0.3	0.9	219.3
53	500	500	0.3	0.9	75.1
54	400	500	0.3	0.9	185.1
55	500	400	0.3	0.9	165.2
56	300	300	0.1	0.9	305.3
57	400	300	0.1	0.9	270.5
58	500	300	0.1	0.9	197.2
59	300	400	0.1	0.9	259.8
60	300	500	0.1	0.9	224.0
61	400	400	0.1	0.9	215.9
62	500	500	0.1	0.9	60.4
63	400	500	0.1	0.9	113.0
64	500	400	0.1	0.9	94.7
65	300	300	0.2	0.9	453.2
66	400	300	0.2	0.9	252.9

67	500	300	0.2	0.9	215.9
68	300	400	0.2	0.9	249.2
69	300	500	0.2	0.9	219.9
70	400	400	0.2	0.9	220.5
71	500	500	0.2	0.9	59.4
72	400	500	0.2	0.9	153.8
73	500	400	0.2	0.9	123.2
74	300	300	0.3	0.9	673.1
75	400	300	0.3	0.9	334.9
76	500	300	0.3	0.9	218.8
77	300	400	0.3	0.9	391.8
78	300	500	0.3	0.9	220.6
79	400	400	0.3	0.9	219.3
80	500	500	0.3	0.9	75.1
81	400	500	0.3	0.9	185.1

3.6 自行車鏈輪鍛壓實驗

在完成鏈輪模擬鍛壓之後，為了能確認模擬結果是否和真實情況相符合，故需進行鍛壓實驗，將模擬最佳組合以實作方式進行，以便相互比較。圖 12 分別為成品之重量與市售之鋼製鏈輪重量分別為 19.55 公克與 34.939 公克且鋼製鏈輪有挖空如圖 a、b 所示，由此可驗證其成品具有輕量化之效果。藉由圖 a 之重量來評估成本，成品重量為 19.55 公克，如果鋁合金以一公斤 400 元來計算，其一片鏈輪的成本約在 8 元。以現在市場上的鋁合金鏈輪的市價來比較其價格是成本的幾十倍。更可以應用模具大量生產以進入市場，因此更可以驗證利用破壞性創新理論來進行便宜、簡單、便利的可行性。



(a) 鋼製重量



(b) 鋁合金 7075 重量

圖 12 成品之重量與市售之鋼製鏈輪重量

4. 結論

本文經由研究目的而得出之結論如下：

- (1) 利用破壞性創新理論找出自行車鏈輪現行市場中自行車鏈輪不對稱動機中找出了在低階市場的破壞，使用了模具技術快速生產的優點，尋求取代CNC鏈輪加工技術並利用高階市場與低階市場的不對稱性而進入市場。因此破壞性創新將高階自行車鏈輪的價值鏈移往低階市場自行車鏈輪，讓更多的人使用鋁合金鏈輪並將其普遍化。
- (2) 在QFD分析中可從破壞性創新理論藉由情境分析進而將顧客要求清楚地定義為「便宜」、「便利」、「容易」。以破壞性創新理論的成本更低的角度去探討品質特性矛盾關係。如「經濟性」與「耐蝕性」、「經濟性」與「結構強度」、「經濟性」與「輕量化」、「經濟性」與「磨損度」、「經濟性」與「穩定度」等之間關係。
- (3) 導入模具設計與製造技術創造力之觀念，配合TRIZ理論發展出矛盾衝突矩陣表與發明原理，進而解決QFD品質特性之矛盾關係。經由TRIZ發明原理10而設計之衝壓模，將胚料設計為管狀，再設計可成形之齒模。經加壓成形後。為

加壓成形之自行車鏈輪，其成形無產生多餘材料。經加壓後其精度高、強度與硬度更好，從而解決了物質浪費與製造精密。性之衝突問題，既保證了成品的質量又不使設計變得很複雜，符合模具設計與製造技術創造力中的工程經濟。再結合發明原理35改變材料之溫度進行有限元素分析與田口實驗與遺傳類神經預測再進行加壓，經由田口法與遺傳類神經相互驗證得到最佳參數為模具溫度500度、胚料溫度500度、摩擦因子0.2、衝頭速度0.8mm/sec。

- (4) 經由有限元素分析之磨耗分析與微組織分析得到自行車鏈輪的「磨損度」與「結構強度」。確定最佳參數設計後進行實作，藉由鋁合金的材料性質可得到良好的「輕量化」與「耐蝕性」，最後經由TRIZ將模具所產生多餘的材料減少到最小。因此解決了「經濟性」與「磨損度」、「結構強度」、「輕量化」、「耐蝕性」之間的矛盾問題。「穩定度」需確定量產後可再進行檢測。
- (5) 以現在市場上的鋁合金鏈輪的市價來比較其價格是成本的幾十倍。更可以應用模具大量生產以進入市場，因此更可以驗證利用破壞性創新理論來進行便宜、簡單、便利的可行性。

參考文獻

- 今野勤、井上清和、安部有正、林裕人、池田光司 (2009)。利用 QFD、TRIZ、田口方法提升開發暨設計的效率。台北市：財團法人中衛發展中心。(Tang, 2009)
- 洪永杰 (2004)。TRIZ 理論與應用簡介。取自：
[http://designer.mech.yzu.edu.tw/articlesystem/article/compressedfile/\(2004-12-28\)%20TRIZ%E7%90%86%E8%AB%96%E8%88%87%E6%87%89%E7%94%A8%E7%B0%A1%E4%BB%8B.pdf](http://designer.mech.yzu.edu.tw/articlesystem/article/compressedfile/(2004-12-28)%20TRIZ%E7%90%86%E8%AB%96%E8%88%87%E6%87%89%E7%94%A8%E7%B0%A1%E4%BB%8B.pdf) (Hung, 2004)
- 陳以明、吳繪華 (2007)。以顧客導向之 TRIZ 方法於產品創新設計。品質學報，14(4)，457-477。(Chen & Wu, 2007)
- 陳狄成、陳清楨、李靜儀、尤麒熊、饒誌軒 (2009)。模具設計與製造技術創造力課程規劃。2009 年創造力與教育創新國際學術研討會 (頁 26-34)。彰化：國立彰化師範大學。(Chen, Chen, Li, You, & Rau, 2009)
- 黃英忠 (2006)。創造力教育。科學發展月刊，399，6-11。(Huang, 2006)
- 詹志禹 (2005)。人類的創造力從何而來？科學人，45，38-41。(Chan, 2005)

References

- Castro, C. F., António, C. A. C. & Sousa, L. C. (2004). Optimisation of shape and process parameters in metal forging using genetic algorithms. *Journal of Materials Processing Technology*, 46, 356-364.
- Chan, C. Y. (2005). Where does human creativity come from? *Scientific American*, 45, 38-41. (In Chinese)
- Chen, Y. M. & Wu, H. H. (2007). Product Design by Customer-Driven Innovation through TRIZ. *Journal of Quality*, 14(4), 457-477. (In Chinese)
- Chen, D. C., Chen, C. P., Li, J. Y., You, C. S., & Rau, C. H. (2009). Mold design and manufacturing techniques creativity course planning. *2009 International Conference on Creativity and Educational Innovation*, pp.26-34. National Changhua University of Education, Taiwan. (In Chinese)
- Christensen, C. (1997). *The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail*. Audiobook at Brilliance Audio.
- Christensen, C. & Raynor, M. (2003). *The Innovator's Solution: Creating and Sustaining Successful Growth*. US: Harvard Business School Press.

- Huang, I. C. (2006). Creativity education. *The Journal of Education Science*, 399, 6-11. (In Chinese)
- Hung, Y. C. (2004). Introduction to TRIZ Theory. Retrieved:
[http://designer.mech.yzu.edu.tw/articlesystem/article/compressedfile/\(2004-12-28\)%20TRIZ%E7%90%86%E8%AB%96%E8%88%87%E6%87%89%E7%94%A8%E7%B0%A1%E4%BB%8B.pdf](http://designer.mech.yzu.edu.tw/articlesystem/article/compressedfile/(2004-12-28)%20TRIZ%E7%90%86%E8%AB%96%E8%88%87%E6%87%89%E7%94%A8%E7%B0%A1%E4%BB%8B.pdf) (In chinese)
- Kim, P. H., Chun, M. S., Yi, J. J., & Moon, Y. H. (2002). Pass schedule algorithms for hot open die forging. *Journal of Materials Processing Technology*, 130, 516-523.
- Lucchetta, G., Bariani, P. & Knight, W. (2005). Integrated design analysis for product simplification. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 54(1), 147-150.
- Scyoc, K. V. (2008). Process safety improvement: Quality and target zero. *Journal of Hazardous Materials*, 159, 42-48.
- Tang, Y. N. trans. (2009). *Using QFD, TRIZ, and Taguchi Methods to enhance the efficiency of Research and Development* (Original by Tsutomu Konno et al.). Taipei: Corporate Synergy Development Center. (In Chinese)

作者簡介

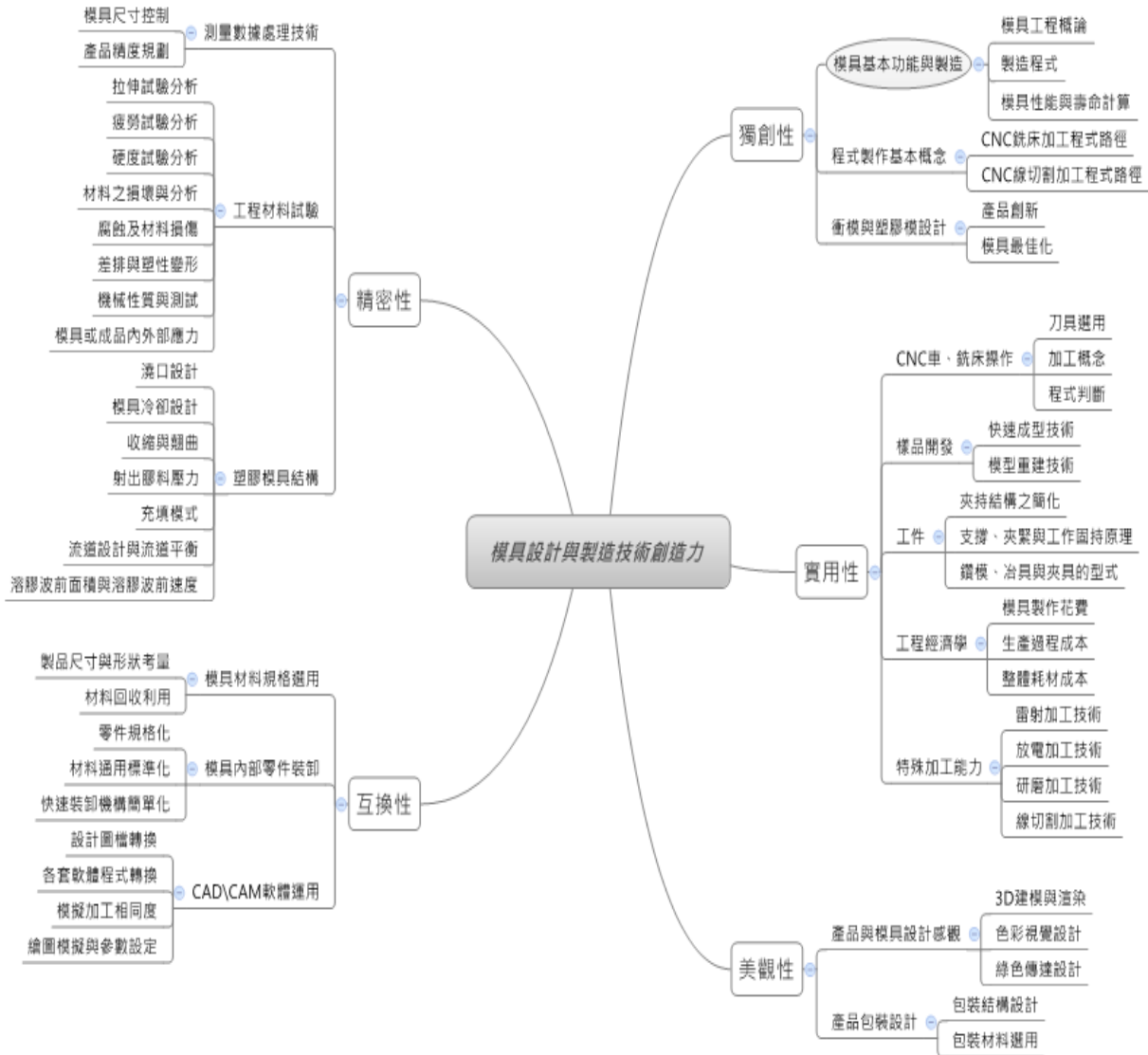


陳狄成目前任教於國立彰化師範大學工業教育與技術學系教授，研究領域為金屬成型、模具設計與製造技術、工程技術教育。



尤麒熊目前就讀於國立彰化師範大學工業教育與技術學系博士班，研究領域為金屬成型、刀具切削、工程教育、創新管理。

附錄 1



附錄 1 模具設計與製造技術創造力觀念圖

陳狄成、陳清檳、李靜儀、尤麒熊、饒誌軒，模具設計與製造技術創造力課程規劃，2009年創造力與教育創新國際學術研討會，pp. 26-34，彰化，台灣，11月3~4日，2009。