

系統化產品創新設計之研究-以突擊步槍人槍介面為例

張鵬祥^{1*} 葉昭南²

¹陸軍軍官學校管理科學系

²國防大學理工學院國防科學研究所

摘 要

本研究從產品概念設計階段有系統建立一個「創新設計流程」，有效地整合品質機能展開(QFD)、創新發明問題解決理論(TRIZ)及價值工程(VE)理論把顧客的需求轉換成相對應之工程特徵，同時解決工程特徵技術性矛盾及限制進行元件創新設計，並透過創新元件之功能分析、評估，進而找出價值較低之元件，利用 TRIZ 理論及理想化思維解決其問題，甚至加以修減，形成成本更低、功能性更高之新型設計產品方案。本研究將此流程應用於「突擊步槍人槍介面設計」，研究成果使人槍介面具備舒適性、便利性、穩定性、模組化等滿足顧客需求之設計特色，並可提供國軍未來輕兵器系統創新設計參考。

關鍵詞：品質機能展開，創新發明問題解決理論，價值工程

A Study on the Creative Design of Systematic Products - Take Assault Rifle Interface Design for example

Peng-Hsiang Chang ^{1*}, Jau-Nan Yeh ²

¹ Department of Management Sciences, Chinese Military Academy

² Graduate School of Defense Science, Chung Cheng Institute of Technology, National Defense University

ABSTRACT

The study is based on conceptual design to systematically build a procedure of creative design that effectively combines the theories of QFD (Quality Function Deployment), value engineering theory and TRIZ (Theory of Inventive Problem Solving) to transform customers' demand into the corresponding project characteristics. Meanwhile, it can solve the technical contradiction and restriction to do element creative design. In addition, the elements of lower value can be found out by TRIZ theory as well as the new schemes which cost less and are in higher function will be produced. This study applies the procedure on assault rifle interface design, as such, it not only makes the rifle interface comfortable, convenient, stable, and modulize which meets the customers' satisfactory, but provides reasonable references of the creative design on the light weapon system in the future.

Keywords: QFD, TRIZ, value engineering

一、前言

在產品開發的系統設計過程中，最重要的議題乃是滿足消費者需求。過程通常伴隨著需求確認、問題定義、產生概念設計進而創造發明等。為了滿足消費者多元化的需求，其中釐清問題並確認設計目標，通常設計者可經由反覆的與需求顧客確認得知，但在從文字敘述的規格與需求清單中產生設計概念的思考創新過程通常是靠個人的經驗累積與瞬間的靈感以產生設計概念，並以嘗試錯誤與腦力激盪等方法去尋求解決方向。然而現今的開發新的構想或看法方法種類繁多，如水平思考法、腦力激盪法、公理設計、價值工程、品質機能展開、創造思考問題解決、設計 6 標準差、發明創新問題解題理論等。本研究系統性地整合不同的群體決策、創新及設計等方法於創新產品開發上，期望能找到符合產品概念階段之設計流程。

本研究從產品概念設計階段，針對顧客需求有系統建立一個「創新設計流程」，運用品質機能展開(Quality Function Deployment；QFD)把顧客的需求轉換成相對應之工程特徵，同時有效地整合 TRIZ 理論解決工程特徵技術性矛盾及限制進行元件創新設計，並以價值工程(Value Engineering，VE)進行產品元件之功能分析、評估，進而找出價值較低之元件，利用 TRIZ 理論及理想化思維解決其問題，甚至加以修減，形成成本更低、功能性更高之新型設計產品方案。本研究將此流程應用於「突擊步槍人槍介面設計」個案探討，針對突擊步槍人槍介面進行創新設計，解決創新設計過程中的矛盾問題，避免因錯誤的設計概念造成設計與實際需求目標的偏離與差異。使突擊步槍人槍介面各總成具備舒適性、便利性、穩定性、模組化設計等特色，研究成果可提供國軍未來輕兵器系統創新設計參考。

二、文獻探討

本研究文獻探討首先針對用來轉化顧客需求的品質機能展開 QFD 作說明；其次探討用來解決創新問題的 TRIZ 理論之相關文獻；接著將價值工程於產品設計應用之相關文獻進行探討；俾利作為研究參考依據。

2.1 品質機能展開(QFD)應用

QFD 方法可將顧客的聲音(Voice of Customer；VOC)，有效結合企業製造、開發、技術、採購等方面功能，進而轉化成工程的聲音(Voice of Engineering；VOE)，讓工程師可以很容易瞭解其間的關聯與重點，迅速掌握設計與生產的關鍵和顧客的需求；品質機能展開是一個結構化的規劃工具，可以確保所設計生產出來的產品能滿足顧客的期望、縮短產品開發的時間、容易設定產品開發方針、減少工程設計變更次數[1]。

顧客的需求語言一般為抽象表現的概念，因此對產品開發人員而言關鍵在於如何將顧客需求轉化為其產品設計、相關製程參數，並使最終產品特性能滿足顧客所需。因此 Bergquist 與 Abeysekera[2]認為在產品開發階段應藉由 QFD 手法開發符合顧客需求產品。McLaughlin 與 Stratman[3]認為 QFD 能提供一完整的轉換模式以將市場需求轉化為產品屬性及其相關之製程能力，並將製程特性、產品特性以及顧客需求間的關係進行鏈結。

2.2 TRIZ 應用

創新發明問題解決理論(TRIZ：Teoriya Resheniya Izobreatatelskikh Zadatch；TIPS：Theory of Inventive Problem Solving)是前蘇聯發明家 Altshuller 所提出的。TRIZ 理論發展至今已超過半個世紀，目前應用此理論創新發明的產品不勝枚舉，如盧啟宏[4]以 TRIZ 之創新方法並配合矛盾矩陣之輔助，找出具可行及符合多功能投幣機構之設計。宋明弘[5]整理有關 TRIZ 的解決工具有：資源、質場分析、76 標準解、技術效應、演進模式及創新性問題解決演譯法。朱晏樟[6]整合 TRIZ 與功能分析之設計方法，利用 TRIZ 方法產生創新概念，以功能分析將現有產品及創新概念轉換為基礎功能模型與功能元件模組。Wang *et al.*[7]利用 TRIZ 方法來改善品質機能展開表的 VOC 部分；Bassler and Grawatsch [8]則運用預測未來情境需求的技術(Scenario Technique)以結合 QFD 與 TRIZ 方法，來改良產品的設計。上述 TRIZ 理論發展與應用之相關學術著作係多針對一般大眾產品之創新設計與開發，除廖健雄[9]及孫懷谷[10]等學者將 TRIZ 理論應用於

M14 步槍扳機創新機構設計的研究改善外,鮮少運用於輕兵器研發與創新設計領域。

2.3 價值工程於產品設計應用

價值工程是美國 General Electric 公司於 1947 年發展出來的,是一種降低成本、分析元件功能、提高產品價值及經濟效益的方法。針對價值工程應用於產品開發設計文獻包括,賴自堅[11]採用價值工程之觀念,針對產品再設計步驟流程,藉由機能展開、功能分析配合產品參數資料庫(產品問題、使用機能、製造成本)計算,引導出改善問題點及發展出系統化設計程序。黃世慶[12]藉由價值工程以及其它多重技術整合到新產品開發上,並建議一個三階段的品質屋展開模式於整個開發流程中。劉榮庭[13]提出一套系統化整合 TRIZ 方法與價值工程理論的產品簡約設計流程,有效地將不同功能的子系統整合為一個新的產品,降低成本,增加產品價值。陳銘仁[14]提出一套系統化產品創新流程,藉由功能屬性分析步驟與產品價值的角度,找出問題進行改善,設計經由連結分析給予各項功能的參數數值,進行評估以降低產品的成本,來增加產品的利潤。林芳如[15]利用價值工程建構一套協同產品開發之價值模式,尋找可創造最大產品價值之方案。

上述 QFD、TRIZ、價值工程理論發展與應用之學術著作多針對一般大眾產品之創新設計與開發,鮮少運用於輕兵器研發與創新設計領域。本研究運用品質機能展開理論把顧客(兵監、兵工廠專家)的想法融入產品概念設計發展過程中,將需求轉換成相對應之工程特徵及元件設計需求,同時運用 TRIZ 理論解決技術性限制與矛盾,並結合價值工程之功能分析、策略編輯及價值評估等方法,藉以設計符合目標顧客需求的突擊步槍人槍介面,達到顧客滿意的目標。

三、研究方法

本研究整合品質機能展開、TRIZ 與價值工程等理論,透過顧客需求有系統建立一個「創新設計流程」以突擊步槍人槍操作介面為例進行創新設計研究,流程如圖 1 所示。茲將本研究將相關理論應用說明如次:

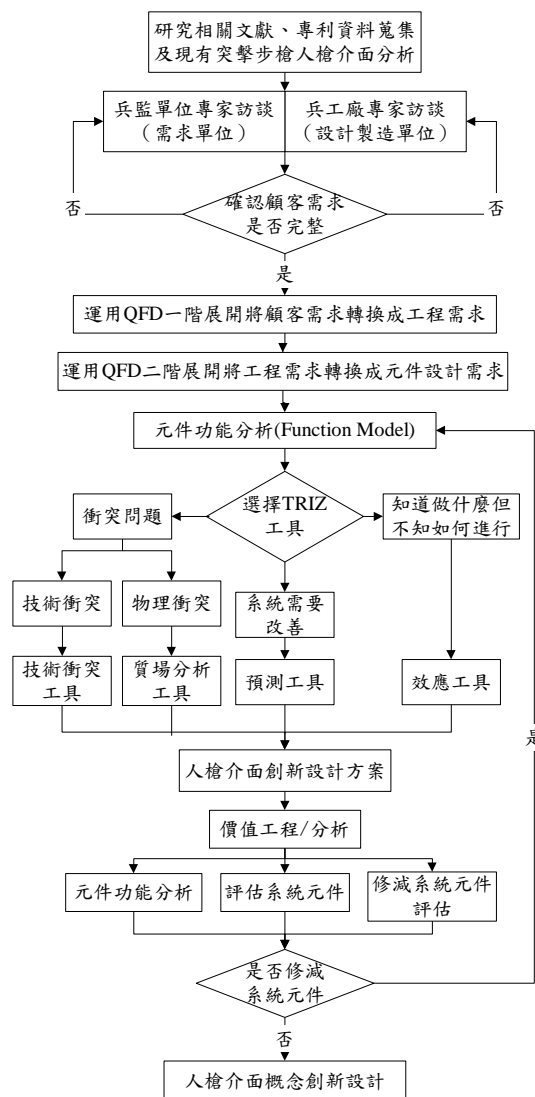


圖 1. 研究架構流程圖

3.1 品質機能展開(QFD) 理論

品質機能展開一般以「品質屋(House of Quality)」矩陣來分析顧客需求、產品特性、工程特徵與製程特性等之間的關係,主要分為六個部份[16,17],如圖 2 所示:

- (1) 顧客需求(VOC): 顧客需求的清單。
- (2) 技術需求/工程特徵(VOE): 一系列相關且重要的產品技術與工程特性。
- (3) 規劃矩陣: 市場中顧客的認知,包括企業或競爭者的反應之相對重要程度。
- (4) 關係矩陣: 團隊對於顧客需求(VOC)與技術需求(VOE)間之相互關係的看法。
- (5) 技術相關矩陣(屋頂): 確認產品在設計階段的技術需求間是為相輔相成或互相矛盾。

盾的情況。

(6) 技術優先：藉著矩陣運算來排定技術需求的優先順序，衡量競爭產品的技術所到達的水準以回應顧客之所需。

技術相關矩陣（屋頂）係指技術需求/工程特徵上的正相關（相輔相成）或負相關（矛盾）的相關性。當有負相關出現時，即代表其對應的兩項技術有矛盾或衝突，尚待技術能有突破式的創新以解決。

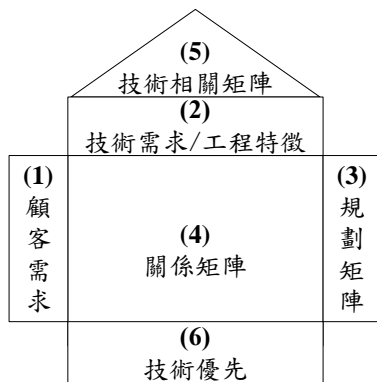


圖 2. 品質屋

本研究運用 QFD 將顧客需求轉換成工程需求後，根據第一階段的品質機能展開結果繼續將工程需求重點進行第二階段的品質機能展開，俾利瞭解各項工程需求之內部元件設計需求，展開的結果使本研究獲知能夠滿足顧客真正需求的技術需求特徵，另外，針對各項工程需求之內部設計之矛盾運用 TRIZ 理論進行創新設計。

3.2 TRIZ 理論

本研究將 QFD 分析結果進行元件功能分析，包括釐清系統、子系統目的(Purpose)，人槍介面元件與元件間的相互關係(Actions)，人槍介面元件和外界環境的交互作用的一般性功能，進而發現問題所在，以選擇 TRIZ 工具進行改善及創新設計。

根據功能分析結果選擇 TRIZ 工具進行改善及創新研究，針對「已知道要做什麼不知道如何進行」時運用效應工具篩選合適方案；「衝突問題發生」時採用質場分析工具及技術衝突工具篩選合適方案，「系統需要改善」時利用預測工具篩選解決方案，茲將 TRIZ 分析工具說明如次。

3.2.1 效應工具

效應是兩個或兩個以上參數在一定的操作條件下所產生的交互作用，且參數間彼此交互作用的結果，會產出一定水準的輸出參數。本研究人槍介面間參數交互作用可透過效應資料庫(Effects Database)轉換至適合的屬性和質能，流程圖如圖 3 所示。其中，能量或場包括機械能、聲能、熱能、化學能等。質量包括固體、液體、氣體或混合體。定量和定性表示固體轉換成液體的可量化和其特性[18]。

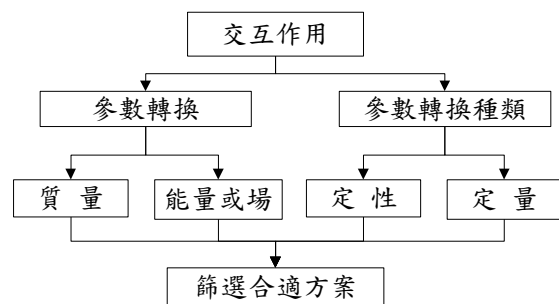


圖 3. 效應工具流程圖[10]

3.2.2 預測工具

預測工具包括八種型態，流程圖如圖 4 所示。若不將技術流程區分成這些型態，則其現象是隨機且無法預測的。透過以往資料的現象觀察分析，區分型態後將可達到可預測性[18]。

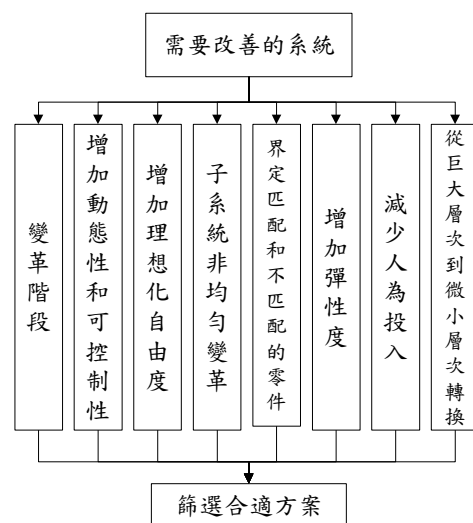


圖 4. 預測工具流程圖[10]

3.2.3 質場分析工具

兩物質間的關聯互動，具有一個場在其間作用。這兩個物質，一種稱為功能主體，另一是功能作用體，而場為一種能量。利用質場分析方式來進行發展改良的流程如圖 5 所示。此工具可依據 Altshuler 等所提出的 76 個標準問題解作為特定物理問題的解決方法[18]。

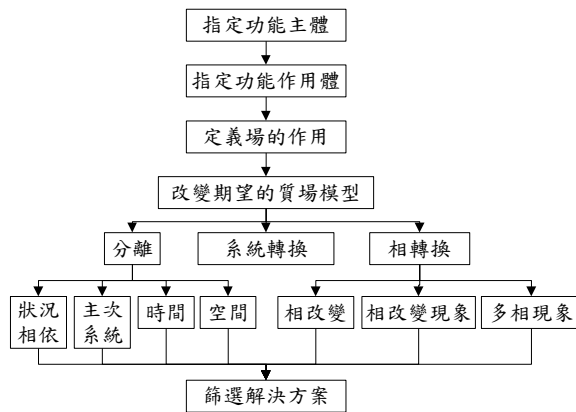


圖 5. 質場分析工具流程圖[10]

3.2.4 技術衝突工具

TRIZ 所謂的衝突(Contradictions)，當試圖改善一個產品或製程的工程特性時，卻導致另一個工程特性惡化。面對如此技術上的衝突，傳統方法採取妥協(Compromise)方式。但 Altshuler 認為，一個具有創意的解決方案，設計時即可找出這些惡化因素，且可完整有效地消除之。Altshuler 針對最具創意的 40 萬個專利案件中，發現 39 個工程特性的改進和惡化因素組成一個衝突矩陣表(Contradiction Matrix)，並歸納出解決這些衝突的 40 項發明原則。因此將希望改善項目(Object-affected Harmful Factors)與避免惡化項目(Area of Stationary Object)放入此矛盾矩陣，可得知解決工程參數矛盾之相關發明原則。

3.3 價值分析理論

此理論係以系統化方法，分析原產品元件設計之功能、成本與問題，進而找出價值較低之元件加以修減，形成成本更低、功能性更高之新型設計產品方案。本研究整合價值工程分析理論於創新設計流程中，將 TRIZ 人槍介面創新設計方案進行價值工程分析，包括元件功能分析、評估系統元件、修減系統元件等功能分析模型。

3.3.1 元件功能分析

功能分析係探討元件彼此間，及元件與外界環境的交互作用，藉以定義元件於系統中之功能。運用功能分析可以展現系統元件設計目的及其系統表現，進而發現問題所在，再探索其他方法來加以改進。功能分析可以藉由建構「功能模型(Function Model)」來完成，一個完整功能模型包含：

- (1) 系統目的(Purpose)、元件(Component)及超系統(Super System)。
- (2) 元件與元件、元件與目的、及元件與超系統之間相互關係，即功能作用(Actions)。為了更精確描述與分析系統功能作用，可將功能作用分為有益功能及有害功能。其中有益功能又可區分正常功能、不足功能及過度功能。

3.3.2 評估系統元件

在功能模型中，系統元件與作用是可以調整改變的，目的為藉由元件與功能作用的改變，使得系統效能、性能更加精進，產品功能價值更高。當吾人思考以何者原件或功能作用進行簡化或改良時，透過對其進行價值評估(Evaluation)可以做為輔助決策工具，評價計算後的結果可以縮小選擇範圍。系統元件評價方式組合包含：功能等級(Function Rank)、問題等級(Problem Rank)及策略編輯(Stratgy Editor)等三類：

- (1) 功能等級：功能等級係由功能作用位置與遠近決定，依照下列法則決定之[19]：
法則 1：元件直接執行在系統目的上的作用，其作用等級為 B。
法則 2：元件執行在執行作用 B 的元件上的作用，為 1 階附屬(Auxiliary)作用，其作用等級為 A1。
法則 3：同理，元件執行在執行作用 Ai 的元件上的作用，為 i+1 階附屬作用，其作用等級為 A(i+1)。
法則 4：元件提供在超系統上之作用，其等級為 A1。
法則 5：將最低功能作用等級設定為 1 (附屬作用階數愈高，功能作用等級愈低)。
法則 6：Ai 等級值=A(i+1) 等級值+1。
法則 7：B 等級值=A1 等級值+2。

依照法則 1~4，可訂定功能等級如表

1，並利用法則 5~8，計算功能等級數值，如圖 6。將單一元件所提供的作用加總，即為個別元件之功能等級數。再將功能等級數最高者之數值設定為 10，其餘依比例調整，即可得到所有元件之功能等級。

表 1. 法則對應決定等級表[19]

法則 1	Component 1 → ^B Purpose
法則 2	Component 2 → ^{A1} Component 1 → ^B Purpose
法則 3	Component 5 → ^{A(i+1)} Component 1 → ^{Ai} Purpose
法則 4	Component 5 → ^{A1} Supersystem element

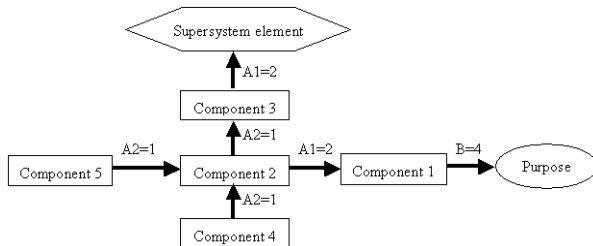


圖 6. 功能等級數值計算[19]

(2) 問題等級：前述提及功能作用區分為有益功能及有害功能。其中有益功能又可區分正常功能、不足功能及過度功能。將有害功能、不足功能及過度功能，設定為問題功能，問題功能的等級值定義如表 2 所示。問題等級則由功能模型中各問題作用的程度計算出，各問題作用的程度多寡則由設計者判定。將單一元件所提供的問題功能作用等級值加總，即為個別元件之問題功能等級數。再將問題功能等級數最高者之數值設定為 10，其餘依比例調整，即可得到所有問題元件之問題等級。

表 2. 問題作用[19]

問題功能	等級值 (Problematic Function)
有害功能 (Harmful Function)	即作用危害的程度， 範圍 0~20
不足功能 (Insufficient Function)	即作用表現不足的程度， 範圍 0~20
過度功能 (Excessive Function)	即作用表現過度的程度， 範圍 0~20

(3) 策略編輯：藉由「成本降低 (Cost Reduction)」、「價值提升 (Value Increasing)」、「問題排除 (Problem Elimination)」等策略，針對系統所有元件進行價值評估，計算結果即為系統之各元件價值；將前述功能等級、問題等級或元件成本代入公式中，即可求得各元件價值評估值，評價公式如表 3。

表 3. 評價公式[19]

策略	評價公式	意義
Cost Reduction	$K=1/C$	在「成本降低」策略下，元件的成本越高，其評價值越低。
Value Increasing	$K=(F*F)/(P+C)$	在「價值提升」策略下，元件的功能重要度越低、問題越多、成本越高，其評價值越低。
Problem Elimination	$K=1/P$	在「問題排除」策略下，元件的問題越多，其評價值越低。

K：表元件的評價值。F：表元件的功能等級。
P：表元件的問題等級。C：表元件的成本。

3.3.3 修減系統元件

在完成系統各元件價值評估計算後，針對價值較低或問題較嚴重的元件進行修減 (Trimming)，對原有的功能或元件進行簡化與合併，成為一個新的產品系統架構。如何解決功能與元件進行簡化與合併後所產生的問題，則應用 TRIZ 理論加以引導與解決。

四、結果與討論

4.1 QFD 建立與分析

本研究人槍介面一階品質機能展開，如圖 7 所示。經相關矩陣運算後其中工程需求排序前六項分別為槍托、貼腮部、前握把、彈匣卡榫、托肩部與護手，本研究將此六項工程需求特徵間彼此相關性並進一步歸類為槍托總成 (含槍托、貼腮部與托肩部)；護手總成 (含前握把與護手)；彈匣總成 (含彈匣與彈匣卡榫) 等三總成。

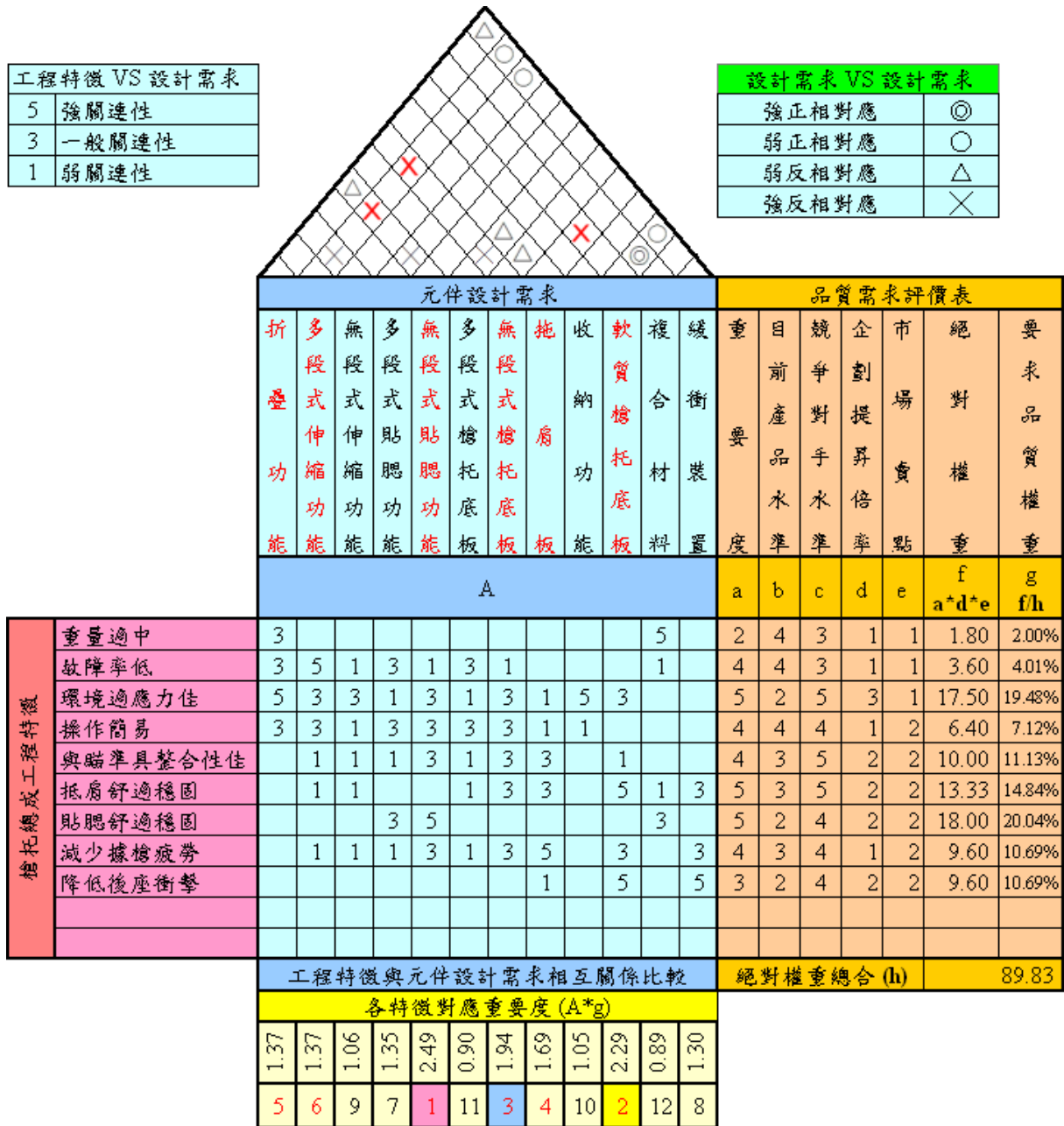


圖 8. 槍托總成品質機能展開

另外，針對護手總成與彈匣總成進行二階品質機能展開後，同樣由技術相關矩陣（品質屋頂）可看出其中固定式前握把+扶握功能及側壓式彈匣卡榫+後壓式彈匣卡榫彼此間存在技術矛盾。

本研究運用一階 QFD 成功地將顧客需求轉換為工程需求，並將人槍介面聚焦為槍托總成、護手總成、彈匣總成等三部分。接著透過二階 QFD 發現各項工程需求之內部元件設計間的技術矛盾。而這些技術矛盾本研究將運用 TRIZ 理論的導入來獲得解決，如圖 9 所示。

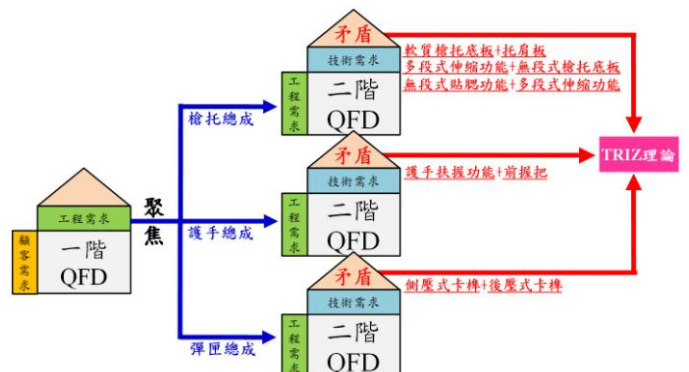


圖 9. 品質機能展開階層示意圖

4.2 TRIZ 於人槍介面創新設計應用

本研究針對 QFD 二階展開後工程特徵的矛盾，導入 TRIZ 理論進行探討與解析，並運用矛盾矩陣表尋找適當發明原則。透過本研究創新設計流程，使得需求與人槍介面創新間的關係做一相關性推演，達到人槍介面設計創新之目的，其運用 TRIZ 理論所展開之創新設計模式及運用成果說明如下：

4.2.1 解決槍托軟質槍托底板與托肩板技術矛盾

將希望改善項目(31：Object-Affected Harmful Factors)與避免惡化項目(6：Area of Stationary Object)放入矛盾矩陣，可得知解決軟質槍托底板與托肩板工程參數矛盾之發明原則包括#01、#22、#40。本研究採#01 分割(Segmentation)為設計參考方向，將托肩板與槍托底板劃分成獨立之零件，如圖 10 所示。

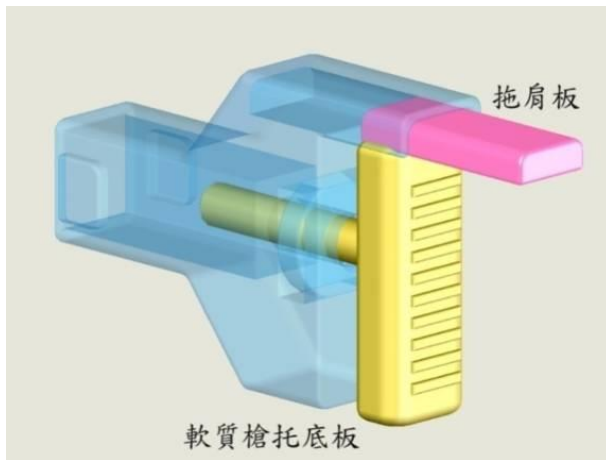


圖 10. 分割發明原則示意圖

4.2.2 解決槍托多段式伸縮功能與無段式槍托底板技術矛盾

將希望改善項目(8：Volume of Stationary Object)與避免惡化項目(12：Shape)放入矛盾矩陣，可得知解決多段式伸縮功能與無段式槍托底板工程參數矛盾之發明原則包括#2、#7、#35。本研究採#7 大小依次套疊(Nesting)為設計參考方向，將螺桿與槍托固定基座進行套疊設計，以解決槍托多段式伸縮功能與無段式槍托底板技術矛盾，套疊發明原則示意圖如圖 11 所示。

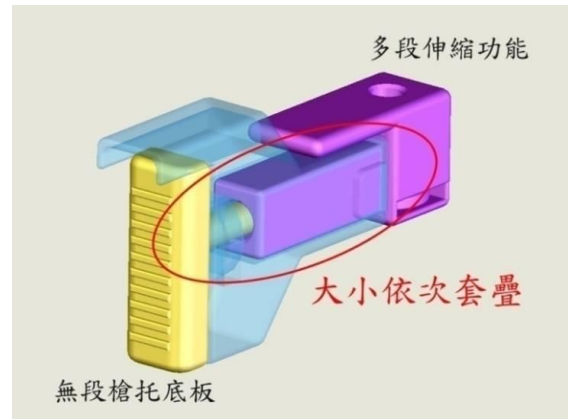


圖 11. 套疊發明原則示意圖

4.2.3 解決槍托無段式貼腮功能與多段式伸縮功能技術矛盾

將希望改善項目(36：Device Complexity)與避免惡化項目(3：Length of Moving Object)放入矛盾矩陣，可得知解決槍托無段式貼腮功能與多段式伸縮功能工程參數矛盾之發明原則包括#1、#19、#24、#26。本研究採#24 媒介物(Mediator)為設計參考方向，在無段式貼腮功能及多段式伸縮功能間設計一媒介物，使兩運動方向彼此不干涉，如圖 12 所示。

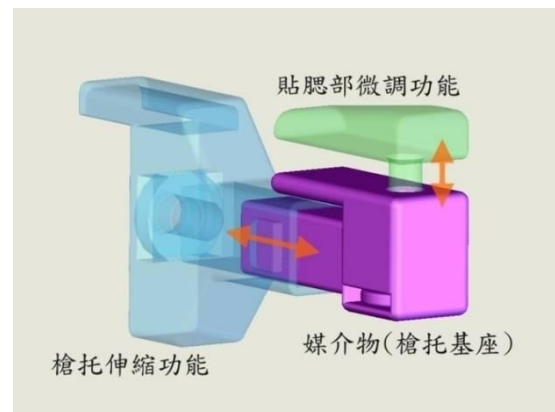


圖 12. 運用 TRIZ 理論設計原理—媒介物發明原則示意圖

4.2.4 解決護手總成護手扶握功能與前握把技術矛盾

將希望改善項目(33：Ease of Operation)與避免惡化項目(36：Device Complexity)放入矛盾矩陣，可得知解決護手總成護手扶握功能與前握把工程參數矛盾之發明原則包括#12、#17、#26、#32。本研究採#17 轉換維度(Moving

to a New Dimension)為設計參考方向，將前握把豎置(垂直變成水平)並以豎置後前握把之一面做為扶握之表面，如圖 13 所示。

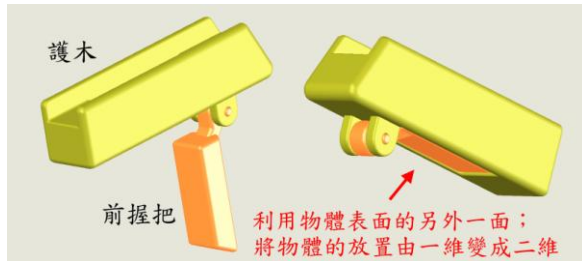


圖 13. 運用 TRIZ 理論設計原理—轉換維度發明原則示意圖

4.2.5 解決彈匣總成側壓式卡榫與後壓式卡榫技術矛盾

將希望改善項目 (26 : Quantity of Substance) 與避免惡化項目 (36 : Device Complexity) 放入矛盾矩陣，可得知解決彈匣總成側壓式卡榫與後壓式卡榫工程參數矛盾之發明原則包括#3、#10、#13、#27。本研究採#3 改進局部性質原理(Local Quality)為機構設計參考方向，將後壓式卡榫兩側增加凸耳設計並將後壓式卡榫姆指前壓的運動方式改為以食指下壓，即能提供左右射手快速更換彈匣之功能，如圖 14 所示。

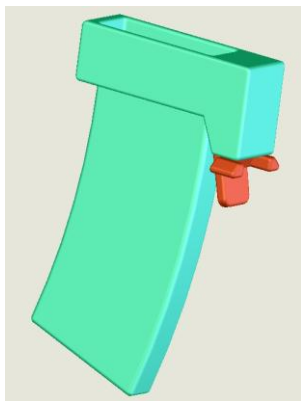


圖 14. 改進局部性質原理發明原則示意圖

4.3 人槍介面創新設計方案

本研究 QFD、TRIZ 轉換顧客需求並解決設計概念產生矛盾問題，完成槍托、護手與彈匣等三總成，如圖 15 所示。而目前國軍全面換裝服役中的步槍為 T91 戰鬥步槍，T86 步槍為其研發過渡離型槍種 (並未量產)，此二款

槍枝其槍托及彈匣形式相同，護手總成有些許差異。而本論文新型槍托、彈匣及護手總成等，可供後續國軍下一代戰鬥步槍研發參考運用，茲將各總成設計特色說明如次。



圖 15. 人槍介面創新設計示意圖

4.3.1 槍托總成設計特色

槍托總成可區分為槍托部、貼腮部與托肩部三個次系統總成，其中槍托部可提供折疊功能、多段式伸縮功能、無段式槍托底板功能；貼腮部可提供無段式貼腮功能；托肩部可提供平推式托肩板功能，如圖 16 所示。而 T91、T86 步槍槍托僅具多段式伸縮功能，詳細功能比較表如表 4。



圖 16. 槍托總成示意圖

表 4. 本研究槍托與 T91、T86 槍托功能比較表

功能項目	本研究槍托	T91 槍托	T86 槍托
摺疊功能	✓	✗	✗
伸縮功能	✓	✓	✓
托肩板功能	✓	✗	✗
貼腮部微調功能	✓	✗	✗
槍托底板功能	✓	✗	✗

4.3.2 護手總成設計特色

護手總成具有創新折疊式前握把設計，可提供護手扶握功能與前握把使用功能，能滿足各種射手不同射擊習慣與使用需求。護手前端下方設計 50mm 標準戰術導軌，可提供射手依需求選配戰術強光燈、兩腳架或雷射指示器等戰術配件。此外，護手總成亦有槍背帶環、護手止滑槽與排氣槽等多項功能設計，以滿足國內目標顧客需求，如圖 17 所示。



圖 17. 護手總成示意圖

本研究護手與國造 T91、T86 步槍護手功能比較表如表 5。

表 5. 本研究護手與 T91、T86 護手功能比較表

功能項目	本研究護手	T91護手	T86護手
護手止滑槽	✓	✓	✓
標準戰術導軌	✓	✓	✗
折疊式前握把	✓	✗	✗

4.3.3 彈匣總成設計特色

彈匣總成設計特色包括，具有創新雙凸耳後壓式彈匣卡榫設計，能使慣用左手或右手之使用者均能快速更替彈匣。彈藥檢視窗提供使用者檢視射擊前後餘彈之數量。另外，彈匣前設計輔助支撐點（含止滑槽）之人槍介面設計，提供射手抓握以利近戰時快速反應射擊，如圖 18 所示。



圖 18. 彈匣總成電腦輔助設計示意圖

本研究彈匣與國造 T91、T86 步槍彈匣功能比較表如表 6。

表 6. 本研究彈匣與 T91、T86 彈匣功能比較表

功能項目	本研究彈匣	T91彈匣	T86彈匣
殘彈檢視	✓	✓	✓
輔助支撐點	✓	✗	✗
可左右手更換	✓	✗	✗

4.4 創新設計方案價值分析

依照本研究創新設計流程完成人槍介面設計方案後進行價值分析，以系統化方法，分析創新元件設計之功能、成本與問題，進而找出價值較低之元件，利用 TRIZ 理論及理想化思維解決其問題，甚至加以修減，形成成本更低、功能性更高之新型設計產品方案，本研究持續以槍托總成為例進行價值分析。

4.4.1 建立功能模型

槍托之「伸縮功能」、「折疊功能」、「貼腮部微調功能」、「槍托底板微調功能」與「托肩板功能」可以設定為「系統目的(Purpose)」，「使用者(User)」與「槍身部」可以設定為功能模型之「超系統(SuperSystem)」。系統目的與超系統設定後，藉由槍托操作動作分析，可定義槍托元件之間交互作用，建立功能模型(如圖 19)。其中各元件及超系統說明如表 7，元件功能說明如表 8。

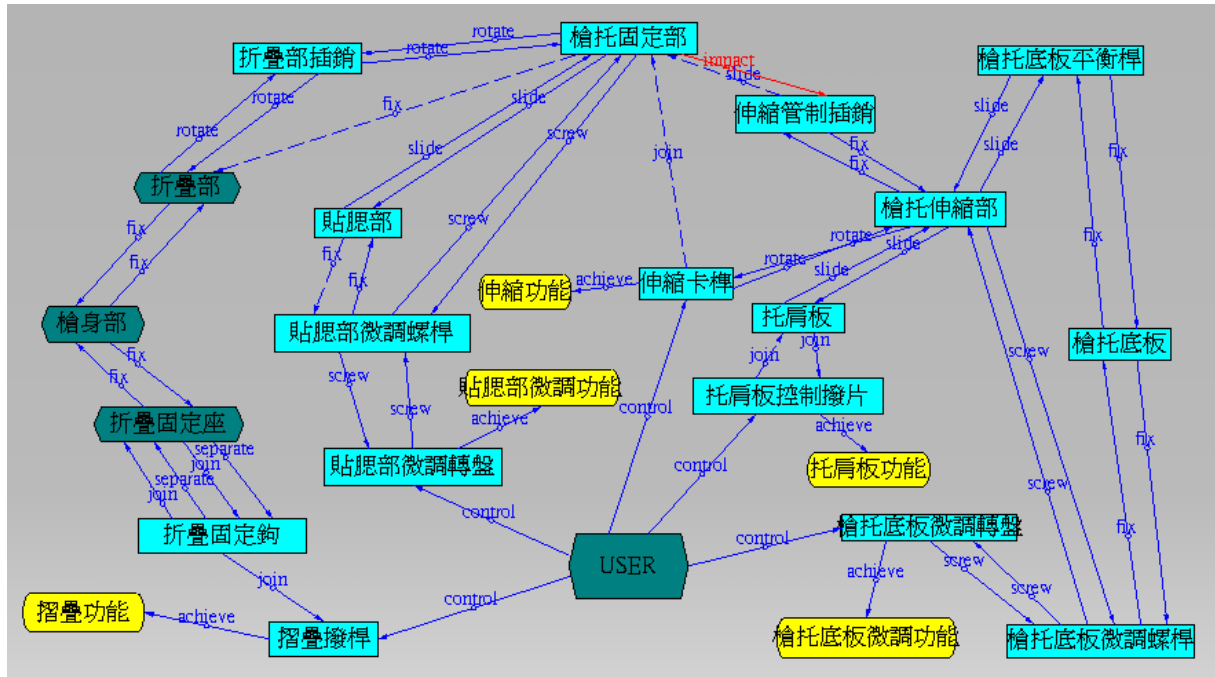


圖 19. 槍托元件功能模型

表 7. 元件及超系統說明表

元件	說明
折疊撥桿	使用者可撥動折疊撥桿以控制槍托折疊功能。
折疊固定鉤	撥動折疊撥桿時可控制折疊固定鉤是否與折疊固定座結合，達到槍托與槍身分離與結合之目的。
折疊部插銷	可結合槍身部與槍托固定部，兩者可藉由折疊部插銷互相轉動。
槍托固定部	為槍托之基座，並提供槍托伸縮與貼腮微調裝置之媒介。
貼腮微調轉盤	轉動貼腮微調轉盤可控制貼腮部無段上升或下降。
貼腮微調螺桿	貼腮微調螺桿提供貼腮微調轉盤控制貼腮部升降之媒介。
貼腮部	提供射手瞄準射擊時舒適的貼腮裝置。
伸縮卡榫	按壓伸縮卡榫可使槍托伸縮部前後滑動，調整槍托長度；釋放時可卡入槍托固定部使槍托伸縮部固定。
槍托底板微調轉盤	轉動槍托底板微調轉盤可控制槍托底板無段前後伸縮。

槍托底板微調螺桿	槍托底板微調螺桿提供槍托底板微調轉盤控制槍托底板伸縮之媒介。
槍托底板	提供射手抵肩射擊時舒適的據槍裝置。
槍托底板平衡桿	槍托底板前後伸縮時避免左右轉動之裝置
槍托伸縮部	為槍托伸縮活動之主件，並提供槍托底板與托肩部伸縮裝置之媒介。
伸縮管制插銷	伸縮管制插銷可避免槍托伸縮部與槍管固定部脫離。
托肩部控制撥片	提供射手藉以將托肩部推出之裝置
托肩部	提供射手長期臥射時舒適的據槍裝置，可避免槍枝滑落。
超系統	說明
User	射手或使用者。
槍身部	全槍為槍身部與槍托部所組成，槍身部為提供槍枝主要射擊功能之裝置。
折疊固定座	為提供槍身部與槍托部結合固定之媒介

表 8. 功能說明表

功能	說明
Control	超系統控制目標元件
Achieve	主元件達成系統目的
Join	目標元件結合在主元件上
Screw	主元件使目標元件螺旋旋轉
Fit	主元件與目標元件固定
Rotate	主元件使目標元件旋轉
Slide	主元件對目標原件可作滑動
Separate	主元件與目標元件分離
Impact	主元件衝擊目標元件
備註	目標元件：箭頭指向之元件；主元件：箭頭出發之元件

4.4.2 評估元件價值

完成槍托機構之功能模型後，即可依 3.3.2 節說明計算各元件之功能等級，計算結果如表

9 及表 10。

有關問題等級部分，本研究針對槍托機構作用問題及原因，訂定及說明如表 11。

完功能等級及問題等級訂定後，考量對新型槍托設計進行功能分析目的應以消除現有設計問題為主，且並無元件成本可供參考依循，故無法選擇「成本降低」與「價值提昇」策略，而採取「問題消除」策略來進行元件價值評估，依照問題等級對系統元件進行評價；當元件問題愈嚴重時，其價值性愈低。「問題消除」策略如表 3， $K=1/P$ 公式，其中，K 代表元件的評價值，P 代表元件的問題等級。

元件評價愈低，代表元件價值性愈低，可予以簡化或刪除；經評估元件價值後(如表 12)，評價值由低至高依序為「槍托固定部」、「托肩板控制撥片」、「伸縮管制插銷」、「貼腮部」及「伸縮卡榫」等 5 項，其中「槍托固定部」、「托肩板控制撥片」、「伸縮管制插銷」等 3 項價值偏低，建議列為優先改善元件。

表 9. 功能等級表

功能			等級值	表現
元件	作用	元件		
摺疊撥桿	achieve	摺疊功能	B	adequate
貼腮部	fix	貼腮部微調螺桿	A2	n/ adequate
	slide	槍托固定部	A2	adequate
槍托底板微調轉盤	screw	槍托底板微調螺桿	n/d	adequate
	achieve	槍托底板微調功能	B	adequate
托肩板控制撥片	join	托肩板	n/d	n/ adequate
	achieve	托肩板功能	B	n/adequate
托肩板	slide	槍托伸縮部	A1	adequate
	joint	托肩板控制撥片	A1	adequate
槍托底板平衡桿	slide	槍托伸縮部	A2	adequate
	fix	槍托底板	A2	adequate
槍托底板	fix	槍托底板平衡桿	A2	adequate
	fix	槍托底板微調螺桿	A2	adequate

註：等級值空白表示超系統元件，不予計算。

表 10. 功能等級表

元件	功能		等級值	表現
	作用	元件		
槍托底板微調螺桿	fix	槍托底板	A1	adequate
	screw	槍托底板微調轉盤	A1	adequate
	screw	槍托伸縮部	A1	adequate
伸縮卡榫	join	槍托固定部	n/d	n/adequate
	rotate	槍托伸縮部	n/d	adequate
	achieve	伸縮功能	B	adequate
貼腮部微調轉盤	achieve	貼腮部微調功能	B	adequate
	screw	貼腮部微調螺桿	n/d	adequate
折疊部插銷	rotate	槍托固定部	A1	adequate
	rotate	折疊部	A1	adequate
貼腮部微調螺桿	screw	貼腮部微調轉盤	A1	adequate
	fix	貼腮部	A1	adequate
	screw	槍托固定部	A1	adequate
折疊固定鉤	join	折疊固定座	A1	adequate
	separate	折疊固定座	A1	adequate
	join	摺疊撥桿	A1	adequate
槍托固定部	impact	伸縮管制插銷	H	
	rotate	折疊部插銷	A2	adequate
	slide	貼腮部	A2	adequate
	screw	貼腮部微調螺桿	A2	adequate
	fix	折疊部	A1	n/adequate
槍托伸縮部	fix	伸縮管制插銷	A1	adequate
	slide	槍托底板平衡桿	A1	adequate
	rotate	伸縮卡榫	A1	adequate
	slide	托肩板	A1	adequate
	screw	槍托底板微調螺桿	A1	adequate
伸縮管制插銷	slide	槍托固定部	A2	n/adequate
	fix	槍托伸縮部	A2	adequate
槍身部	fix	折疊固定座		adequate
	fix	折疊部		adequate
折疊固定座	fix	槍身部		adequate
	joint	折疊固定鉤		adequate
	separate	折疊固定鉤		adequate
USER	control	伸縮卡榫		adequate
	control	槍托底板微調轉盤		adequate
	control	貼腮部微調轉盤		adequate
	control	托肩板控制撥片		adequate
	control	摺疊撥桿		adequate
折疊部	fix	槍身部		adequate
	rotate	折疊部插銷		adequate

註：等級值空白表示超系統元件，不予計算。

表 11. 問題等級表

元件	作用	元件	問題屬性	等級值	理由
貼腮部	fix	貼腮部微調螺桿	不足功能	5	螺桿位置偏離托腮部中心，操作上稍嫌不便。
托肩板控制撥片	join	托肩板	不足功能	10	無法將拖肩板固定於槍托內，槍枝朝上時拖肩板將掉出。
	achieve	托肩板功能	不足功能	5	無法將拖肩板固定於槍托內，槍枝朝向時拖肩板將掉出，影響托肩板功能。
伸縮卡榫	join	槍托固定部	不足功能	5	無法無段式伸縮，功能稍嫌不足。
伸縮管制插銷	slide	槍托固定部	不足功能	10	僅有槍托固定部上方單邊管制，功能稍嫌不足。
槍托固定部	impact	伸縮管制插銷	有害功能	15	伸縮管制插銷單邊管制槍托伸縮功能，零件容易損壞。
	fix	折疊部	不足功能	15	將槍托向右折疊後會擋住扳機，妨礙右手正常射擊功能，宜將槍托固定部增加為可向左或向右折疊功能。

表 12. 元件評價值由低至高排列

元件	問題等級	評價值
槍托固定部	10	0.1
托肩板控制撥片	5	0.2
伸縮管制插銷	3.33	0.3
貼腮部	1.67	0.6
伸縮卡榫	1.67	0.6

4.4.3 問題消除

針對「槍托固定部」、「托肩板控制撥片」、「伸縮管制插銷」等 3 項價值偏低元件，可先檢視是否有矛盾問題，再利用 TRIZ 理論中理想化思維與矛盾矩陣予以消除問題，建議方向如下：

「槍托固定部」之「將槍托向右折疊後會擋住扳機，妨礙右手正常射擊功能」問題：改善此問題沒有技術矛盾問題，僅需將槍托固定部設計成兩種樣式即可解決，即折疊部位於右邊及折疊部位於左邊之樣式，槍身部配合設計為同時具左右邊之折疊部。當槍托固定部之折疊部位於右邊與槍身部結合時，槍托可向右折疊，可提供左手射擊；當槍托固定部之折疊部位於左邊與槍身部結合時，槍托可向左折疊，可提供右手射擊。

「槍托固定部」之「伸縮管制插銷單邊管

制槍托伸縮功能，零件容易損壞」問題：改善此問題亦沒有技術矛盾問題，僅需將槍托固定部下方再增加一伸縮管制插銷，槍托伸縮時由上下管制銷平均受力，即可解決單一零件易集中應力而損壞問題。

「托肩板控制撥片」之「無法將拖肩板固定於槍托內，槍枝朝向時拖肩板將掉出」問題：利用「改變操作原理」之理想化思維，將原「托肩板控制撥片」改為「托肩板控制扭」，原手動推送托肩板控制撥片作動模式，改為按鈕自動彈出方式。托肩板不使用時，將其壓入槍托內即可自動與槍托伸縮部結合固定；使用時按壓「托肩板控制扭」，即可將托肩板彈出使用。

「伸縮管制插銷」問題：同「槍托固定部」之問題解決方法。

五、結 論

本研究從產品概念設計階段，針對顧客需求有系統建立一個「創新設計流程」，流程中以多個疊代循環方式解決不同階段問題，其優點為可快速的找出任一階段中多個解決方案，且與顧客需求密切結合。如在運用品質機能展開(QFD)階段把顧客的需求以轉換成相對應之工程特徵，同時在 TRIZ 階段有效地解

決工程特徵技術性矛盾及限制進行元件創新設計，並在價值工程分析階段進行產品元件之功能分析、評估，進而找出價值較低之元件加以解決問題，形成功能性更高之新型設計產品方案。

本研究將此流程應用於「突擊步槍人槍介面設計」個案探討，解決創新設計過程中的矛盾問題，避免因錯誤的設計概念造成設計與實際需求目標的偏離與差異。使突擊步槍人槍介面各總成具備舒適性、便利性、穩定性、模組化設計等特色，研究成果可水平展開至其他輕兵器概念創新設計與機能改良上。

參考文獻

- [1] 赤尾洋二，新產品開發—品質機能展開之實際應用，中國生產力中心，第 1-20 頁，1991。
- [2] Bergquist K. and Abeysekera J., “Quality Function Deployment(QFD) – A means for developing usable products,” *International Journal of Industrial Ergonomics*, Vol. 18, Issue 4, pp. 269-275, 1996.
- [3] McLaughlin, C. P. and Stratman, J. K., “Improving the quality of corporate technical planning: dynamic analogues of QFD,” *R&D Management*, Vol. 27, Issue 3, pp. 269-279, 1997.
- [4] 盧啟宏，以 TRIZ 輔助多功能投幣機構之設計，國立中山大學機械工程學系碩士論文，高雄，2000。
- [5] 宋明弘，TRIZ 萃智：系統性創新理論與應用，鼎茂圖書，第 97-136 頁，2010。
- [6] 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，台南，2003。
- [7] Wang, H., Chen, G., Lin, Z., and Wang, H., “Algorithm of integrating QFD and TRIZ for the innovative design process,” *International Journal of Computer Applications in Technology*, Vol. 23, pp. 41-52, 2005.
- [8] Baessler, E., Breuer, T., and Grawatsch, M., “Combining the scenario technique with QFD and TRIZ to a product innovation methodology,” *The TRIZ Journal*, Vol. 1, pp.2-6, 2002.
- [9] 廖健雄，以 TRIZ 理論應用於兵器機構設計之研究，國防大學理工學院動力及系統工程學系碩士論文，桃園，2009。
- [10] 孫懷谷、鄧世剛、葉昭南、廖健雄，“以 TRIZ 理論應用於 M14 步槍扳機機構創新設計之研究”，*中正嶺學報*，第 39 卷，第 1 期，第 187-213 頁，2010。
- [11] 賴自堅，價值工程於產品再設計之應用：以多功能防身器為例，大葉大學設計研究所碩士論文，彰化，2002。
- [12] 黃世慶，建構一整合型品質機能展開模式用於筆記型電腦開發之研究，淡江大學管理科學研究所碩士論文，台北，2005。
- [13] 劉榮庭，使用萃思工具及價值工程於產品簡約設計研究，清華大學工業工程與工程管理學系碩士論文，新竹，2007。
- [14] 陳銘仁，TRIZ 結合價值工程於產品創新之研究，大葉大學工業工程與科技管理學系碩士論文，彰化，2008。
- [15] 林芳如，價值工程應用於協同產品開發之研究-以數位相機為例，逢甲大學工業工程與系統管理學系碩士論文，台中，2009。
- [16] Hauser, J. R. and Clausing, O., “The house of quality,” *Harvard Business Review* (May-June), pp. 63-73, 1988.
- [17] Chakraborty S. and Dey S., “QFD-based expert system for non-traditional machining processes selection,” *Expert Systems with Applications*, Vol. 32, pp. 1208-1217, 2007.
- [18] 黃永東，“整合 TRIZ 和 QFD 的創新產品規劃之探討”，*品質月刊*，第 41 卷，第 2 期，第 64-68 頁，2005。
- [19] 尤春風，CATIA V5 使用手冊 進階應用篇，知城數位科技股份有限公司，第三章 1-12 頁，第四章 1-55 頁，2003。