

國立臺灣大學工學院機械工程學系

碩士論文

Department of Mechanical Engineering

College of Engineering

National Taiwan University

Master Thesis

運用田口法、模糊理論以及TRIZ於產品之重新設計
Product Redesign Using Taguchi Method, Fuzzy Theory,
and TRIZ

沈穎廷

Shen, Ying-Ting

指導教授：陳湘鳳 博士

Advisor: Shana Smith Ph.D.

中華民國 98 年 7 月

July, 2009

目錄

目錄.....	ii
圖目錄.....	v
表目錄.....	vi
符號說明.....	vii
中文摘要.....	ix
Abstract.....	x
誌謝.....	xii
第一章 緒論.....	1
1.1 研究動機.....	1
1.2 研究目的及方法.....	2
1.3 相關文獻.....	3
第二章 田口法、TRIZ 與模糊理論.....	5
2.1 田口法.....	5
2.1.1 品質損失函數.....	5
2.1.2 實驗因子.....	6
2.1.3 直交表.....	6
2.1.4 參數設計.....	8
2.1.5 交互作用.....	8
2.2 TRIZ.....	9
2.2.1 使用三十九個工程參數與矛盾矩陣求解.....	11
2.2.2 分離原則.....	12
2.2.3 物質-場分析.....	12
2.2.4 ARIZ.....	13

2.2.5	TRIZ 中各方法的使用時機.....	14
2.3	模糊理論與應用.....	15
2.3.1	模糊理論.....	15
2.3.2	將語意公式化.....	16
第三章	產品重新設計方法.....	19
3.1	產品重新設計方法的流程介紹.....	20
3.2	設計流程細節介紹.....	22
3.2.1	步驟一：闡明計畫.....	22
3.2.2	步驟二：建立元件因子表.....	24
3.2.2.1	元件因子.....	24
3.2.2.2	購買因子和元件重要性評估.....	24
3.2.2.3	計算元件重要性之範例.....	26
3.2.3	步驟三：選擇直交表.....	29
3.2.4	步驟四：分析結果.....	29
3.2.5	TRIZ 求解.....	29
3.2.6	步驟五：驗證結果.....	31
第四章	案例研究.....	32
4.1	闡明計畫.....	32
4.2	建立表格.....	34
4.2.1	元件因子.....	34
4.2.2	購買因子.....	35
4.2.3	元件重要性評估.....	36
4.3	選擇直交表.....	40
4.4	分析結果.....	43
4.5	TRIZ 求解.....	45

4.6 小結.....	50
第五章 結論與討論.....	51
參考文獻.....	52
附錄 A 39個 TRIZ 工程參數.....	55
附錄 B 矛盾矩陣.....	56
附錄 C 40個 TRIZ 發明原理.....	62



圖片目錄

圖 1	品質損失函數.....	6
圖 2(a)	A&B「強交互作用」.....	9
圖 2(b)	C&D「弱交互作用」.....	9
圖 3	TRIZ 概念圖.....	10
圖 4	用火藥除去基樁的尖頭.....	12
圖 5	Su-Field 模型.....	13
圖 6	用三角模糊數將語意區分.....	16
圖 7	三角模糊數之左值及右值.....	17
圖 8	顧客需求與產品重新設計之間的關係.....	19
圖 9	產品重新設計方法之流程圖.....	21
圖 10	產品分解圖.....	23
圖 11	TRIZ 流程簡圖.....	30
圖 12	研究範例之流程圖.....	32
圖 13	現有產品.....	33
圖 14	元件因子的篩選結果.....	40
圖 15	自行車與健身車之元件因子圖.....	41
圖 16	將回應值填入直交表.....	42
圖 17	選擇交互作用之元件因子.....	42
圖 18	分析結果.....	44
圖 19	輪子與車子主體之間的交互作用.....	44
圖 20	概念產品一.....	47
圖 21	車輪活動式設計.....	48
圖 22	概念產品二.....	49

表格目錄

表 1	因子階層表.....	8
表 2	直交表 $L_8(2^7)$	8
表 3	知識與問題的種類.....	11
表 4	Su-Field 模型中線條代表的意義.....	13
表 5	TRIZ 各創新工具使用時機.....	15
表 6	五種語意區分及相對應之模糊權重值.....	18
表 7	同一系列產品之範例.....	22
表 8	元件因子表.....	24
表 9	元件與購買因素之間的重要性評估表.....	25
表 10	元件與購買因素之間的權重表.....	26
表 11	各元件重要性評估.....	26
表 12	原子筆的購買因子與元件因子之間的相關性評估.....	27
表 13	原子筆的購買因子與元件因子之間的權重值 w	27
表 14	各種類元件的重要性評估.....	28
表 15	確認產生矛盾之工程參數.....	31
表 16	腳踏車與健身車之元件因子表.....	34
表 17	購買因子(問卷調查結果).....	36
表 18	設計者對於自行車元件因子與購買因子之間的相關性評估($j=1$).....	37
表 19	自行車元件因子與購買因子之間的權重表 ($j=1$).....	37
表 20	設計者對於健身車元件因子與購買因子之間的相關性評估 ($j=2$).....	38
表 21	健身車元件因子與購買因子之間的權重表 ($j=2$).....	39
表 22	各元件之重要性評估結果.....	40
表 23	確認產生矛盾之工程參數.....	45

符號說明

$L(y)$	品質損失函數
y	品質特性
m	品質的目標值
c_l	品質函數中的常數
f_i	購買因子值
i	購買因子編號
j	產品編號
k	元件編號
m_j	編號 j 產品的購買因子數量
N	問卷數量
n_i	購買因子 i 被勾選的次數
H	相關性高
L	相關性低
M	相關性中等
VH	相關性非常高
VL	相關性非常低
w	模糊權重值



w_{ki}	元件因子與購買因子之間的權重值
$\mu_L(x)$	三角模糊函數之左值
$\mu_R(x)$	三角模糊函數之右值
$\mu_H(x)$	代表相關性“高”的模糊集合
$\mu_{max}(x)$	最大值集合
$\mu_{min}(x)$	最小值集合



中文摘要

在這個多元化市場的時代市場的需求不斷的再改變，相較於研發一樣新產品，重新改良、設計一件現有的產品，將能夠有效的縮短設計的時間週期以及成本。有鑑於此，本研究將提出一套通用的產品重新設計方法，以田口法、模糊理論與 TRIZ 為基礎進行產品設計。市面上許多新產品雖然有新功能或新設計，但這些新東西大部分都能在其他產品上看到，因此，一個需要被重新設計之產品若是能延用其他產品的既有元件達到產品升級的效果，便能縮短不少設計時間。另外，設計方向的規劃是產品設計或改良時最重要的階段，當產品加入新功能時，通常會有一些不明顯的矛盾隱匿在產品當中，若無法即早發現矛盾將會浪費許多時間及資金。總和以上原因，本研究將以把原本功能不足之產品額外加入不同產品的元件達成產品升級效果為前提，把設計重點放在解決元件結合時產生的衝突，完成產品之重新設計。本研究中的重點工作有以下幾點：

- (1) 找出不同產品元件結合時，產生矛盾衝突的元件。
- (2) 篩選出重要程度較高的元件，減少不必要的設計。
- (3) 使用 TRIZ 創新工具，消除元件之間組合時的矛盾現象，進而得到最佳元件組合，完成新產品的概念設計。

在產品設計初期，先將需要被重新設計的產品分解成數個元件，並使用模糊理論結合設計者與消費者對產品的意見，找出較重要的元件進行分析。為了能夠在設計初期就找出這些不明顯的矛盾，我們運用田口分析法的參數分析能力，找出存在交互作用的元件，並將產品之間的交互作用視為一種矛盾。有別於一般使用改變參數及修改參數階層的方法降低或消除交互作用的影響，我們使用 TRIZ 這個創新工具來消除這個被視為矛盾的交互作用。當矛盾被消除之後所有元件便可以合理的被組合在一起，完成一件新產品。論文最後以自行車結合健身車之功能做為研究範例，並完成兩個概念產品。

關鍵字：產品重新設計、田口法、TRIZ、模糊理論、交互作用

Abstract

In industry, products often need to be redesigned, after they are on the market for some time, to adapt to new market trends. Compared with designing a new product from scratch, product redesign can reduce design cycle time and resources. The concept of product redesign is not extraordinary, but many prior studies only focus on particular products. A generic redesign method is needed. Additionally, product redesign often requires tackling problems related to improving the functions of a product. Introducing or adding new functions might cause some indistinct contradictions between the new and existing functions of the product. Often, such contradictions might not be found until the final design stage is reached. To find out contradictory information in short time and deal with the majority of products, we present a comprehensive redesign method using the Taguchi method, fuzzy theory, and TRIZ. The major assignments of this paper are described as follows.

- (1) Find the contradictory components between the new functions and existing functions.
- (2) Reduce the unnecessary design by selecting more important components.
- (3) Eliminate the contradictions between the contradictory components by TRIZ.

In the initial stage of the product design, products which need to be redesigned need to be decomposed into several components first. Then, designers can evaluate the importance of each component by fuzzy theory, based on the designers' and consumers' opinions. Thus, the more important components can be found for further analysis. With the proposed approach, the Taguchi method is used to find contradictions after obtaining the more important components. Taguchi control factors are replaced by product components. In the past, designers eliminated or decreased interactions by eliminating interactive parameters or changing the levels of interactive

parameters. With the developed approach, component interactions are regarded as contradictory information. After finding interactive components, rather than removing the interactive components, TRIZ is used to eliminate the contradictions by keeping and improving the existing functions of the interactive components. After eliminating all contradictions, a conceptual design solution is created for the new product. Finally, a bike redesign example is introduced to illustrate and support the validity of the developed product redesign method.

Keyword : Product redesign 、 Taguchi method 、 TRIZ 、 Fuzzy theory 、 Interactions



誌謝

本論文得以順利完成，首先要感謝我的指導老師陳湘鳳教授，在我短短的兩年研究的生活當中，不斷地給予關懷、鼓勵及學術中各方面的指導，當我遇到瓶頸時，適時地指點我正確的方向及耐心地與我討論，讓我受益匪淺，也成長了不少。除此之外，對於我為人處事的態度及人生的歷練也是相當正面的模範。師恩浩蕩，在此致上最深的謝意。在這裡同時要特別感謝劉正良教授以及鍾添東教授諄諄教誨，對於本文題提供了許多珍貴的建議以及指正，讓論文得以更加嚴謹及完整。在此感謝各位老師們對於學生的付出與關愛。

在我研究所的日子當中，感謝同窗好友及學弟們維祥、肇慶、士航、仰逸、威達、昱融、于章、威瀚、偉智等對於我課業與研究上的幫助與相互扶持，大家提供各種意見及熱烈地討論，使得我的研究歷程更佳的多彩多姿，謝謝你們。接著，我要感謝我的父母及姐弟在我背後不斷地支持我及關心我，尤其要感謝我的父親讓我能夠在無後顧之憂的學習環境下，能夠專心致力於學術研究並得到成果。最後，謹以此文獻給所有幫助過我與關心過我的人。

第一章 緒論

1.1 研究動機

科技進步一日千里,唯有不斷的創新才具競爭力。由於人類的生活品質不斷的進步,消費市場已經與過去大不相同。許多企業為了維持自家品牌的競爭力,所以必須不斷的推出新品與開闢新的市場以迎合不同的消費族群。部份消費者也會購買許多只有部分功能不同的類似產品。另外,許多消費者喜歡追求最新流行的產品,使得部份的舊產品即使功能仍然完整,卻因為部份功能不足而被淘汰,而這些類似的產品只有部份的功能不同。因此,市面上許多產品的使用週期遠短於它們的生命週期,如此一來會造成許多自然資源的浪費以及對自然生態的破壞。所以,產品的使用週期及生命週期對環境保護來說一直都是非常重要的。為了減少產品的浪費,製造商應該積極生產能夠代替多樣產品的多功能產品。

目前市面上有許多聲稱擁有多功能的產品,在設計完成的初期,具有的新功能通常只是最基礎的部分,在產品上市之後再不斷將產品更新改版本,增加這些產品的實用性。例如,近年來越來越多消費者喜歡隨身攜帶相機。在探討相機獲得消費者的親睞因素之後,可以發現相機與手機有許多的相似處。除了照相功能來記錄生活點滴的風潮外,數位相機輕巧好攜帶,又有電池可更換等方便的功能,與手機有許多相似之處。除此之外,在硬體設備上的液晶螢幕、大容量電池、塑膠或金屬外殼等也是相似的地方。於是,腦筋動得快的業者開始研發數位照相手機,也成了新一波的手機銷售大戰。但仔細回顧這些剛上市的手機,幾乎所有手機的照相功能都與當時的數位相機差距甚大,然而不斷的推陳出新,使得許多常用照相功能的消費者必須不定期更換新手機。如此一來,不只有手機,其他許多種類的產品也會因為這個原因縮短了使用的壽命,造成自然資源的浪費及環境破壞。

由上述手機的例子當中,我們將數位相機的照相功能視為「目標功能」,

一般普通的手機視為「原始產品」，照相手機則是「目標產品」，並把具有目標功能的產品元件延用至原始產品產生目標產品，換句話說就是將以上兩種產品之關鍵元件組合成一項新產品。當產品結合時，找出並消除整合時遇到的矛盾，便可設計出一台照相功能與數位相機更接近的照相手機。如此一來，相較於為手機特別另外設計照相功能的元件之下，節省了不少開發的時間及經費。但是很不幸的，在多數的情況下尋找及解決矛盾的任務都是相當乏味且時間冗長的。一般來說，設計者會花費大約 60% 的研發時間在尋找相關資訊、參數及正確設計方向 [1]。

1.2 研究目的及方法

本研究之目的在於發展產品重新設計之流程，找出設計重點所在，減少不必要的設計。根據客戶對於原有產品的功能之需求做為考量，尋找關鍵的元件，找出兩個產品之關鍵元件結合時，可能產生的矛盾，並且針對有矛盾的地方進行改良。在本研究當中，為了能在短時間內找出矛盾，我們將使用田口分析法的參數分析能力，幫助我們尋找產品重新設計時可能產生的矛盾。當使用田口法時，我們將產品較重要元件視為實驗因子，取代原本田口法裡的實驗參數。

對一般使用田口分析法而言，主要是用於參數分析，當遇到參數之間的交互作用(Interactions)時，可以視情況修改參數或是調整參數的階層(Levels)，降低交互作用的影響。設計者在降低參數間的交互作用所得到的解，雖然不一定是最好的結果，但卻是最穩定的組合。但是在本研究當中，所放入田口分析的元件通常是必要的元件，這些必要的元件將提供新產品特定的功能，所以必須保留下來。換句話說就是我們必須尋找其它的方法，代替更換參數或是調整參數的階層來降低交互作用的影響。因此在本研究中，我們將元件與元件之間的交互作用視為一種矛盾，尋找消除矛盾的方法達成降低交互作用的效果。

一般來說，為了解決設計矛盾這個問題，以下有幾個方法是較常被設計者

使用的[2]：

- (1) 藉由靈感找出解決方案：不過這個方法是可遇不可求的，設計者並不是常常會有這種機會找出解決方法，而且此法過於主觀，往往欠缺多方面的考量。
- (2) 藉由試誤法尋找可能解：這是比較保守的方法，通常需要耗費時間以及資金，設計者若不是經驗豐富，結果很可能徒勞無功，效果不彰。
- (3) 腦力激盪法：這是最常見的方法，藉由一個組長領導小組進行 30~45 分鐘的討論，當中組員大可以暢所欲言，提出看法。這個方法是不斷的提出建議或聽取建議，常因為聽了某些他人的提議之後，產生了先入為主的觀念，使得討論結果局限在一個範圍內，效果有限。

除了上述的方法之外，635 Method、Gallery Method 等[2]，也都是企業界較常見的創新方法。在本研究中，將使用 TRIZ 這個較有系統的創新方法，解決設計矛盾。我們所提議的流程將進行產品重新設計，預計能有效且簡單的將符合市場趨勢的目標功能與原始產品結合，並縮短產品重新設計的週期。



1.3 相關文獻

產品重新設計的目的有很多種，例如增加產品使用壽命、降低製造成本及對特定族群量身訂做等。Salhieh 提出一套方法論[3]，這套方法可以從同樣一個系列的產品當中，以每個產品元件提供給消費者的功能為依據，找出這些產品可共用的元件。將這些共通的元件重新設計成統一規格，便可有效的減少製造及維修的成本。Li *et. al.* 基於 Model-Based Diagnosis 開發一套演算法，用來解決產品重新設計相關的問題[4]。Bovea 和 Wang 提出一套流程進行現有產品升級[5]，產品升級時以市場未來的趨勢及新技術發展的方向為主要考量，同時考慮對環境友善的製造過程，進而設計出新的產品。Kasarda *et. al.* 提出產品順適設計(Adapt Design)的概念，也被使用在產品設計上，賦予產品適應不同使用需求的能力，使用者可以根據不同的使用環境限制，使用習慣及物理限制調整產品的操作方式

[6]。除了上述的方法之外，Product Family Formation[7,8]、Value-Oriented Life Cycle Costing[9]、品質機能展開法(Quality Function Deployment, QFD)[10]等方法也被使用於現有產品重新設計分析。

TRIZ 這個創新方法是集結許多領域之專利作品而成[11]，因此也非常適合被各領域的設計者所使用。Wu[12]將 TRIZ 融入產品創新創新流程方法(iNPD)中，輔助設計者使用 iNPD 找到現有產品需要改善之處後，可以根據 TRIZ 提供的發明原理得到更多且更客觀的解決方案。Wu[13]使用 TRIZ 解決工業設計及產品設計面臨的問題，並且將 TRIZ 提供的數個概念解進行專利分析比對，幫助業界研發具有可專利性產品，避免侵權疑慮及糾紛。Lee[10]使用 QFD 分析顧客及消費者對於生活需求上的要求，接著將這些顧客需求轉換成設計參數，將參數放入 TRIZ 創新方法得到設計概念，並將這些概念具體化變成商品。Zhao[14]將 Six-Sigma 用於發展新產品並且將 TRIZ 融入，提升 Six-Sigma 之效率與多元性。Houng[15]將仿生學的概念用於產品設計，當生物特性與人類的設計發生衝突時，便使用 TRIZ 提供的消除矛盾建議，並且完成設計。Wang *et. al.*[16]提出了運用 TRIZ 找出能使產品改善之工程參數，並用田口分析法找出最穩定的參數組合，以達成現有產品效能及穩定度提同時提升的效果。另外，當設計者使用 TRIZ 之矛盾矩陣時，需要同時考慮到欲改善之工程參數與可能惡化之工程參數。Liu[17]提出單一工程特性對應發明原理的方法，幫助 TRIZ 使用者面臨沒有特定的惡化參數的情況下，找出較合適的發明原理。

第二章 田口法、TRIZ 與模糊理論

本研究中主要的工作包含元件分析及消除元件矛盾，使用到的方法有田口法、TRIZ 與模糊理論三種，在本章節將簡單介紹這些方法。

2.1 田口法

早期在二次世界大戰之後，日本為了提升通訊品質創立了 Electronic Communication Laboratory，1949 年在實驗室裡研究的田口玄一博士為了提高品質降低成本，逐漸發展出控制產品或製程品質的一套方法「品質工程」，在田口博士所謂產品與製程的品質包含[18,19]：

- (1)產品設計的最佳狀態在進入製造階段依然能維持最佳狀態
- (2)產品進入至不同使用者手中在不同環境下使用，仍能維持產品應有的品質

2.1.1 品質損失函數(Quality Loss Function)

圖 1 為品質損失函數，品質損失函數的概念是由田口博士所提出的，他認為一個產品從設計、製造到落入顧客手中，若不能發揮其應有的機能，這就是一種成本的浪費，甚至是對地球資源的浪費，於是田口博士站在消費者的立場將損失函數描述成 $L(y)$ ，如式 2.1 及圖 1 所示，當 y 值離目標 m 越遠時 $L(y)$ 會上升，表示自然資源的浪費值也上升。

$$L(y) = c_1(y - m)^2 \quad (2.1)$$

y : 品質特性

m : 品質特性的目標

c_1 : 常數

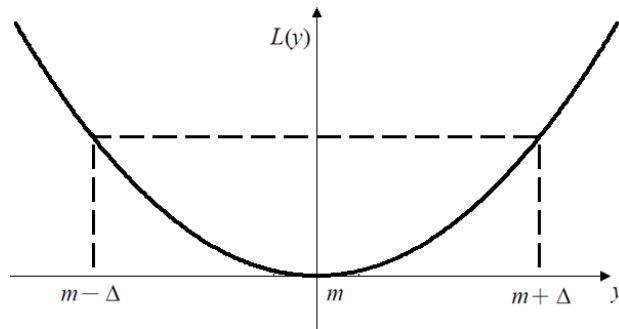


圖 1 品質損失函數

2.1.2 實驗因子

在實驗設計當中，所有考慮到的實驗因素都可視為實驗因子，調整這些因子可以決定是否能夠達成 $y = m$ 的目標，這些影響 y 值的因子一共有三種，下列陳述三種影響實驗結果的三種因子以及一種判斷品質特性的標準：

- (1) 訊號因子(Signal Factor)：訊號因子由了解該產品發背景的設計工程師依據需要的回應值來調整，當 y 值偏離目標值 m 時就可藉由調整訊號因子修正。
- (2) 控制因子(Control Factor)：控制因子由設計人員在最初的設計階段就已經決定，設定控制因子的目的是希望將 y 的偏差值降到最低。
- (3) 干擾因子(Noise Factor)：干擾因子與控制因子以外的影響因素稱雜訊因素，干擾(Noise)通常會隨著環境而改變，較捉模不定。除此之外，只要是需要高成本或長時間觀察的因子，設計者可將這些因子依需求視為雜訊，也就是不去控制它們。
- (4) 訊號與雜訊比(Signal to Noise Ratio, S/N)：判斷產品或製程穩健度的標準，按照不同的實驗目標有不同的計算公式，S/N 值愈大品質愈好。

2.1.3 直交表

當設計者以實驗的方式進行參數設計時，用來進行實驗安排的直交表有三種：一次一因子直交表、全因子直交表以及田口式直交表。在本論文中所用的直交表皆為田口式直交表，並簡稱直交表。直交表定義如下列所示。

直交表定義： $L_a(b^c)$

L：拉丁方格(Latin Square)

a：需要實驗的次數(Number of Treatments)

b：控制因子的階層數(Number of Levels)

c：直交表中控制因子數的上限

表 1 為階層(Level)範例。其中第一列註明了實驗中考慮的七個控制因子，每個控制因子下面的數字“1”、“2”表示該因子的階層，若因子一是溫度，其兩個階層可以分別為 35°C 及 50°C。表 2 則是適用於分析這七個控制因子的直交表。 $L_8(2^7)$ 表示有八次實驗及七個二階層的控制因子。第一行註明了實驗中的實驗編號，一個實驗編號代表一次獨立的實驗，實驗時須參照直交表提供的訊息選擇因子進行實驗。就一般實驗而言，直交表包含二個部分，內側直交表(Inner Orthogonal Array)與外側直交表(Outer Orthogonal Array)。

內側直交表主要提供控制因子組合，若用於產品設計時，一次實驗代表一個產品；外側直交表則是填入干擾因子，一個列代表一個干擾因子的組合。本研究所使用直交表的目的並非用來改變或調整設計參數，外側直交表並不列入考慮。

選直交表之步驟如下：

- (1) 確認因子數量與各因子之階層數
- (2) 考慮是否有交互作用
- (3) 計算總自由度
- (4) 根據上面三步驟之結果，決定適用的直交表

表 1 因子階層表

Factors Levels	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6	Factor 7
Level 1	1	1	1	1	1	1	1
Level 2	2	2	2	2	2	2	2

表 2 直交表 $L_8(2^7)$

實驗 編號	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6	Factor 7	回應值
1	1	1	1	1	1	1	1	
2	1	1	1	2	2	2	2	
3	1	2	2	1	1	2	2	
4	1	2	2	2	2	1	1	
5	2	1	2	1	2	1	2	
6	2	1	2	2	1	2	1	
7	2	2	1	1	2	2	1	
8	2	2	1	2	1	1	2	

2.1.4 參數設計

進入參數設計階段時，可以將實驗視為一個系統，此系統的輸出結果是由所有控制因子組合而成，實驗目的除了要使系統輸出結果最佳化之外，還要同時使得系統對於雜訊因子敏感度降至最低。田口實驗設計法當中最主要的工作，就是處理控制因子與控制因子之間錯綜複雜的關係。在本研究當中，就是將產品元件當作控制因子，進行元件分析。

2.1.5 交互作用

交互作用是一種控制因子間相互疊加(Additivity)的結果。舉例來說，甲、乙二人搬東西，當甲獨自移動物體時能扛 30kg 的重物，當乙獨自移動物體時能扛 20kg 的重物，如果甲乙合作時能夠扛起 55kg 的重物時，表示在他們搬東西實

驗當中，存在著交互作用。在田口法中交互作用可分成二種，第一種「強交互作用」則是應該要避免的，如圖 2(a)所示；第二種「弱交互作用」是可以被接受的，如圖 2(b)所示。

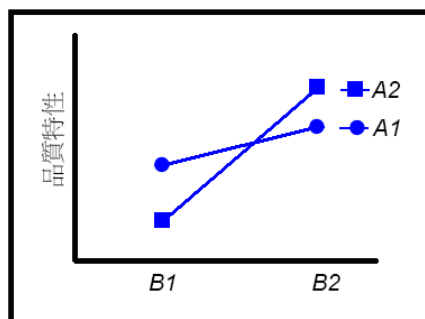


圖 2(a) A&B 「強交互作用」

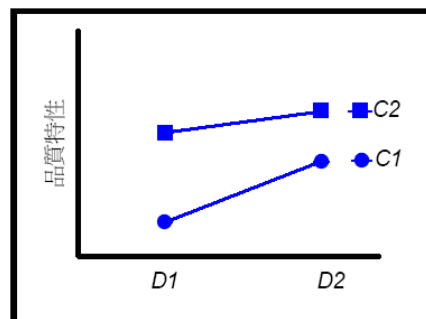


圖 2(b) C&D 「弱交互作用」

2.2 TRIZ

TRIZ 是俄文的縮寫，翻成英文就是「Theory of Inventive Problem」，是 1946 年由當時二十歲的前蘇聯海軍專利局擔任專利審核員 Genrich Altshuller 為首所創立的[10, 20, 21]，由學界與業界成立的百人小組分析 20 萬件專利，挑出 4 萬件與創新較有關的進行整理而成，這個整理出來的創新方法主要包含三個部分。第一部分是將粹取的發明原理用矛盾矩陣(Contradictive Matrix)的方式表達；第二部分分離原則(Separation Principle)；第三部分運用物質-場分析(Substance to Field Analysis)的方式找出問題的關鍵，並提出解決方法[12]。另外，針對看不出矛盾的複雜創新問題，Altshuller 也提出一套分析問題流程“ARIZ”，協助設計者使用抽絲剝繭的方式逐步解決問題。圖 3 為 TRIZ 解決問題之概念圖。

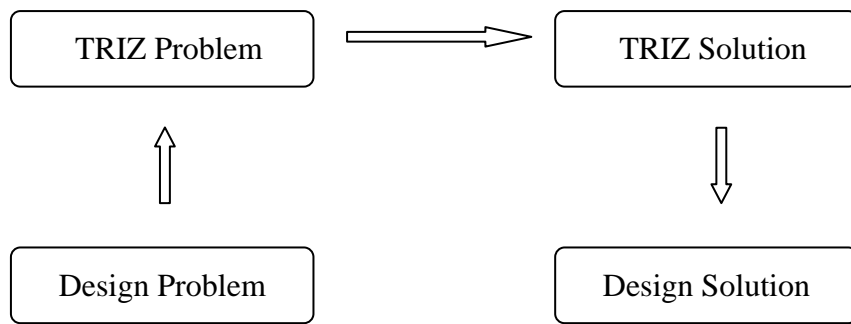


圖 3 TRIZ 概念圖

什麼是創新的問題？如果我們將所面臨的問題分成二個區域，一個是已經知道的問題，這類的問題通常都已經被解決，若是用新技術解決舊問題，則稱為產品的改良，可提升原本既有的功能達到更好的效果。另一個則是新的問題，當工程師在做研發或設計時遇到從前沒遇到或沒有看過的問題時，同樣的可以選擇尋求新的科技或是舊有的技術解決問題，如表 3 所示。

例如使用新研發的塑膠材質減輕產品的重量是用心知識解決舊的問題，將新的雷射技術用於處理美容或醫療界面臨的新問題，便是將新知識用於新問題上。但是這二種選擇都各存在著風險或缺點。新技術往往花費昂貴而且效果有待證實，若不是相關新科技的專家很難進行評估；而舊的技術要解決新的問題，設計者會因為個人的專長領域或過去的設計經驗，傾向於特定的思考方向，這種心理的慣性通常使得問題的解答陷入膠著且效果不彰。而 TRIZ 的優點就是幫助設計者使用舊方法時，能跳脫自己的思維，得到更多元的解決方案，這種用舊方法克服新的問題，產生新的功能就是發明及創新。表 3 舉出幾個用不同知識解決不同問題的例子。

表 3 知識與問題的種類[22]

	Known Problem	New Problem
New Knowledge	New knowledge applied to known problems Example : New plastics provide strong and lightweight products.	New knowledge applied to new problems Example : Various uses of lasers.
Existing Knowledge	Existing knowledge applied to known problems Example : All tasks with generally known solutions.	Existing knowledge does not provide satisfactory solution. This is inventive problems

對 TRIZ 這個方法而言，工程師在進行創新設計時所遇到的新問題，都可以運用工程相關的參數表達，並把問題視為工程矛盾，解決矛盾便是達成創新設計。雖然 TRIZ 已有一段歷史了，但是在現今社會仍然廣泛的被使用。

2.2.1 使用三十九個工程參數與矛盾矩陣求解

面對工程或是設計問題時，常會遇到為了要改善一些工程性質，而讓其他工程性質惡化，Altshuller 指出所謂的創新大部分都是在解決這一類的問題，若能針對這一類的矛盾問題解決，勢必能突破原有的技術[22]。Altshuller 在整理完上萬件專利之後，歸納出 39 個與技術有關的工程參數以及各個參數之間產生的矛盾如何解決，共有 40 個消除矛盾的發明原理(Inventive Principles)。附錄 A、附錄 B 及附錄 C 分別為 TRIZ 之 39 個工程參數、矛盾矩陣及 40 個發明原理。

矛盾矩陣的重點主要有二個部分，首先矩陣的第一行是在設計過程中想要改進的工程參數，當改進這些參數時，往往會犧牲其他工程特性，於是 Altshuller 將這些工程參數放在第一列，使得改善的參數與惡化參數能一對一的尋找解決方法。當發現工程矛盾時，改善參數與惡化參數不相同，此時稱為技術矛盾，大多數的情況下可經由查詢矛盾矩陣得到數個發明原理的代碼。但是當希望改善的參

數與惡化參數相同時，則稱為物裡矛盾。物裡矛盾的解決方案將於 2.2.2 中介紹。

2.2.2 分離原則

TRIZ 提供的第二個方法「分離原則」，可以被用來消除物理矛盾，分離原則可分為三項主題：

(1)時間分離：例如建造大型建築時，基樁打入地底時必須是尖頭的，然而對建築物來說，基樁必須平頭的才能保持穩定性。解決這問題的方法就將尖頭基樁打入後再將基樁改成平頭，圖 4 為示意圖。

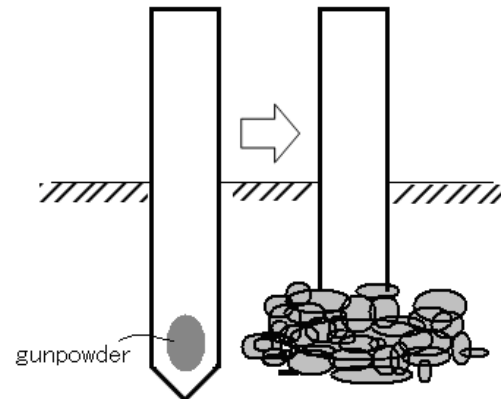


圖 4 用火藥除去基樁的尖頭

(2)空間分離：例如用金屬鍍膜隔絕空氣與金屬。

(3)系統級別分離：例如自行車變數器就是運用級別分離的設計。

2.2.3 物質-場分析

Substance to Field Analysis 簡稱 Su-Field Method，是 Altshuller 提供的第三種方法。Su-Field 將每一個技術或系統分成「物質(S)」、「場(F)」二個部分。不論是系統、系統產物或系統環境都可視為「物質」。機械力、熱力、化學力、電力或磁力都可視為「場」。場與物質的關係可由利用圖五表示。

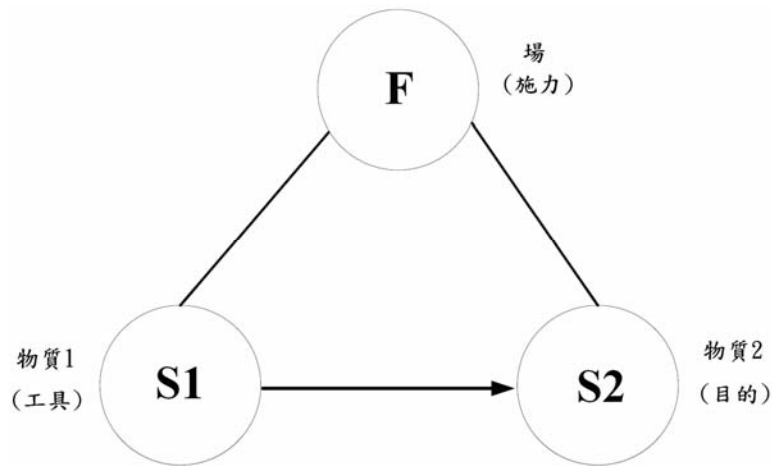


圖 5 Su-Field 模型

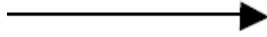
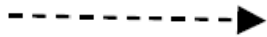

S1：原本使用的方法

S2：問題處理完的效果

F：輔助原始方法不足的地方

S1 指向 S2 的箭頭若使用實線，表示問題圓滿解決。若是效果不如預期則用虛線表示；若處理方法(S1)會產生有害的結果則用鋸齒線表示。大部分的問題都可表示成這三種箭頭，針對這三種設計中遇到的問題 TRIZ 都提出有系統的方法解決。表 4 指出不同型式箭頭代表的意義。

表 4 Su-Field 模型中線條代表的意義

符號	意義
	得到需要的效果
	得到不足的效果
	產生有害的效果

2.2.4 ARIZ

ARIZ 是 TRIZ 中為了處理較複雜的創新問題而發展出來解決問題流程，其主要的原理就是綜合前三節所介紹的方法，使用抽絲剝繭的方式將問題解決，

其詳細步驟如下：

步驟一：使用創新情境問卷(Innovative Situation Questionnaire, ISQ)，協助設計者確認問題與闡述問題。

步驟二：將設計計畫中有問題的部分，使用物質-場分析了解問題。

步驟三：建立最終理想的結果(Ideal Final Result, IFR)。

步驟四：列出可用的內部與外部資源。

步驟五：瀏覽資料庫中的類似案例，找出類似的解決方案，解決一部分的問題。

步驟六：分別使用矛盾矩陣及分離原理解決技術矛盾及物理矛盾，解決一部分的問題。

步驟七：使用物質-場分析法，產生數個可用的概念。

步驟八：運用可利用的資源實現步驟七產生的概念，解決剩下的問題。

步驟九：分析修改過後的設計，確認是否有新問題產生。

在 ARIZ 流程中的步驟一~三的目的是架構與分析原有問題，而步驟四~六用來移除實體限制，最後的步驟七~九則是要找出問題的答案。

2.2.5 TRIZ 中各方法的使用時機

TRIZ 工具介紹的幾個方法會因為設計者面臨不同問題而被選用，個方法使用時機陳列於表 5 之中。表 5 說明 Altshuller 在分析完上萬件專利之後，將被解決的問題分成五個階層，並將問題的比例統計出來，如表所示“層級一”的問題是具有明顯改善方式的問題，在 Altshuller 分析的數萬件專利中占 32%，解決這一類的方法可以根據 TRIZ 提供的一些簡單例子便可解決問題，但並非真正的創新；“層級二”的問題是具有部分矛盾的問題，在專利解決的問題中約占 45%，這一類的問題可使用 TRIZ 中的矛盾矩陣與分離原理處理；“層級三”的問題是具有多處矛盾的問題，而且需要集結不同領域的知識，這類的問題約占 18%，使用物質-場分析可以幫助設計者解決問題；“層級四”的問題是屬於需要

顛覆既有概念的問題，這類的問題約占 4%，設計者可以運用 ARIZ 協助處理問題；“層級五”的問題是以前沒有發現過的新問題。

表 5 TRIZ 各創新工具使用時機

層級	問題內容	比例	可用的 TRIZ 工具
1	具有明顯的改善方式	32%	根據一些例子便可改善系統，並非真正的創新。
2	次要改善，工程問題中有部分矛盾需要消除	45%	矛盾矩陣表以及分離原理
3	重要的改善，需要集結化學、幾何學或不同領域知識	18%	物質-場分析
4	改變/顛覆原始的概念	4%	ARIZ
5	以前沒有的新發現	1%	

2.3 模糊理論與應用

2.3.1 模糊理論

模糊邏輯的使用有別於更早期的布林邏輯(Boolean Logic)，布林邏輯只使用了二個值，0 與 1 來解釋真與假或者是與非。但是在模糊邏輯中是允許集中的元素同時擁有不同的屬性，並且用 0.0 到 1.0 之間的數字表達出此元素涉及不同屬性的程度。到了 1970 年中後期，模糊理論相關研究已有許多不錯的成果發表，所以 1980 年之後開始被具體化。至今，在日常當中大多數的面臨到的是非好壞問題都屬於有程度上的差異，所以模糊相關的理論已經在各領域被廣泛的使用，例如人工智慧、影像分析、醫療診斷、管理學、專家系統、環境評估或心理學等。處除了上述專業領域外，模糊理論也被使用於生活中的細節，以提升人類生活品質。例如：變頻冷氣、燈具亮度控制或熱水器。

2.3.2 將語意公式化

在資訊發達的時代裡，了解人類的思考模式越來越重要。模糊推理是一個系統化的方式將人類的知識轉換成數字[23]，並且能將提供的資訊放入工程系統中，計算出結果。除了工程系統推理之外，在顧客服務及產品設計領域中，了解顧客需求及偏好相當重要的，但是客戶能夠提供的訊息通常是根據個人的思考邏輯回答，通常會顯得很抽象且過於主觀，所以語意分析很重要的一環。Chen 與 Hwang[24]曾經提出相關的模糊理論用於多屬性決策(Multiple Attribute Decision Making)。Shen 與 Smith[25]將此理論應用於進行機械系統之生命週期與功能最佳化設計時，將元件與各種製程的相關性之語意評估分成下列五種不同程度的三角模糊函數：{非常低，低，中，高，非常高}，如圖 6 所示。

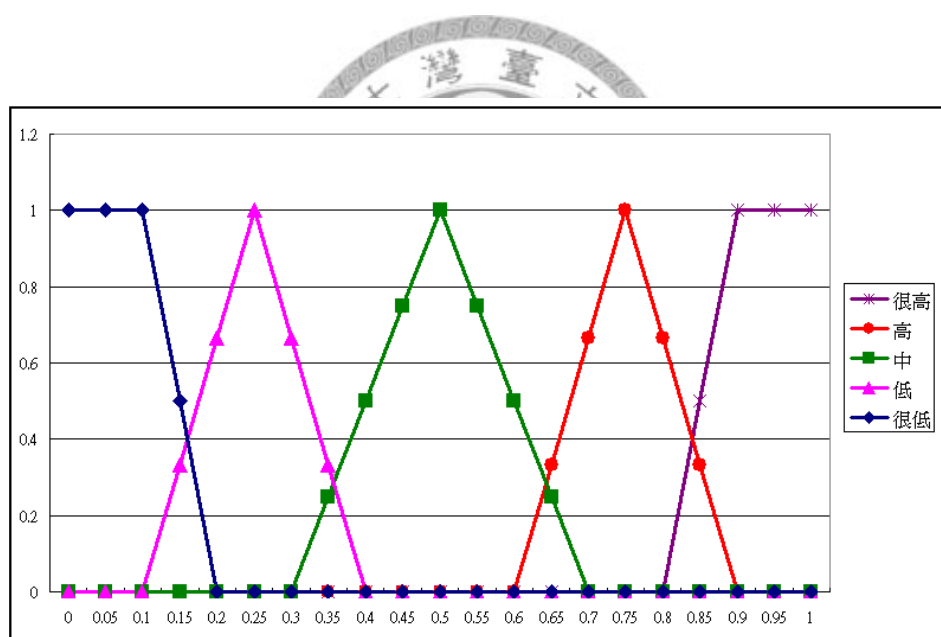


圖 6 用三角模糊數將語意區分

圖 7 中以圖 6 中代表“高”的三角模糊函數 $\mu_H(x)$ 作為例子，計算其明確值 (Crisp Value)。式 2.2 與式 2.3 分別為最大值集合(Maximizing Set)與最小值集合 (Minimizing Set)。

$$\mu_{\max}(x) = \begin{cases} x, & 0 \leq x \leq 1 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2.2)$$

$$\mu_{\min}(x) = \begin{cases} 1-x, & 0 \leq x \leq 1 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2.3)$$

式 2.4 表示最大值集合與代表“高”的右半邊三角模糊函數交集，並且取投影值，得到一個三角模糊函數之右值 $\mu_R(x)$ 。同樣地式 2.5 中取最小值集合與左半邊三角模糊函數交集點，並且取投影值，可以得到三角模糊函數之左值 $\mu_L(x)$ 。

左值與右值定義如下：

$$\mu_R(x) = \sup_x [\mu_H(x) \wedge \mu_{\max}(x)] \quad (2.4)$$

$$\mu_L(x) = \sup_x [\mu_H(x) \wedge \mu_{\min}(x)] \quad (2.5)$$

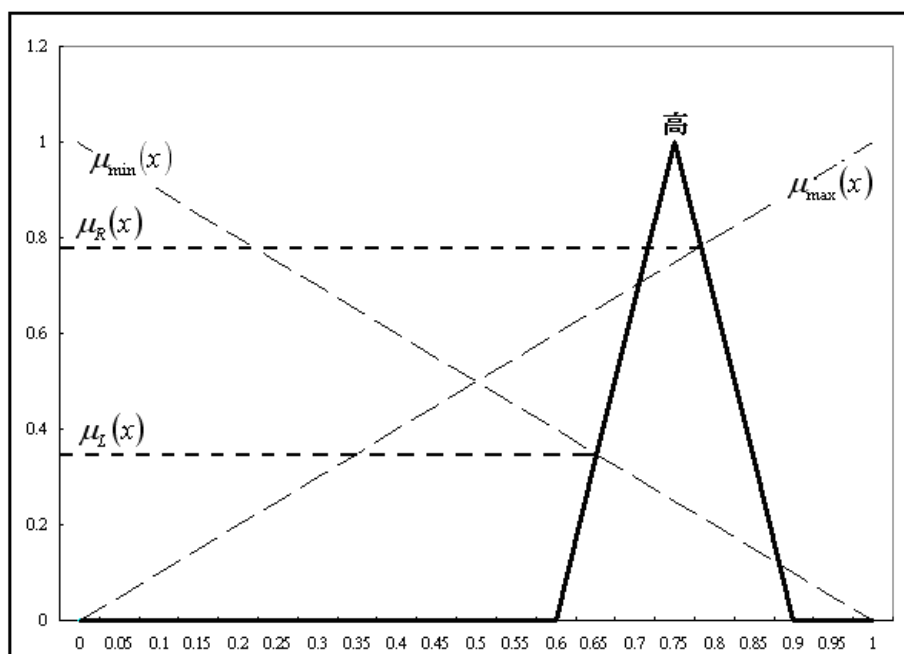


圖 7 三角模糊數之左值及右值

完成左值與右值計算之後，式 2.6 中顯示如何運用模糊函數之左值與右值計算模糊函數之明確值，此明確值即為語意轉換而成的權重值(w)：

$$w = [\mu_R(x) + 1 - \mu_L(x)] / 2 \quad (2.6)$$

表 6 中列出五種語意區分及相對應之模糊權重值，例如用語意評估的相關性為“非常高”，則可對應到其權重值是 0.909。

表 6 五種語意區分及相對應之模糊權重值

語意	非常高(VH)	高(H)	中(M)	低(L)	非常低(VL)
模糊權重(w)	0.909	0.717	0.5	0.283	0.136



第三章 產品重新設計方法

在上一章節簡單介紹各使用到的方法之後，本章將介紹產品重新設計方法的流程，流程內容包含五個步驟：闡明計畫、建立元件因子表、選擇直交表、分析結果及驗證結果。在此流程中模糊理論幫助設計者篩選出較關鍵的元件，並使用田口法找出相互矛盾的元件，最後再經由 TRIZ 解決矛盾的問題。

產品設計最關鍵的部分就是了解設計需求。圖 8 為產品設計與市場需求的關係圖。設計者若能清楚地了解市場趨勢，將能提高設計的效率。一般來說我們可以將一個產品拆解成數個不同且獨立的元件，這些元件在當初設計時大部分都有它的作用存在才被設計出來的，所以我們能夠在這些元件上找出它的功能，小從螺絲提供產品需要的結構強度，大到飛機翅膀提供飛行時所需要的浮力等。本研究的設計流程，就是透過了解市場趨勢得知新產品應具備的功能，進而找出元件設計的重點所在，藉此元件及功能之間的關係當作客戶或市場與設計者之間的橋梁，也就是設計者根據客戶需要功能去尋找需要被設計的元件。所以本設計流程的第一件工作就是了解客戶需求，這也最重要的一步。

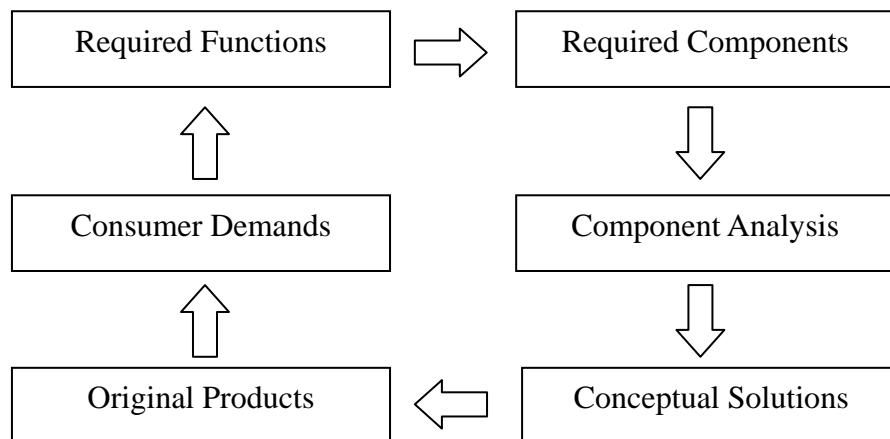


圖 8 顧客需求與產品重新設計之間的關係

3.1 產品重新設計方法的流程介紹

在訂定明確的計畫目標之後，便可進入各元件評分的階段，此階段包含訂定評分的依據或是建立方程式。本設計流程包含五步驟，圖 9 為產品重新設計之流程圖，茲詳細的步驟說明將在 3.2 呈現。



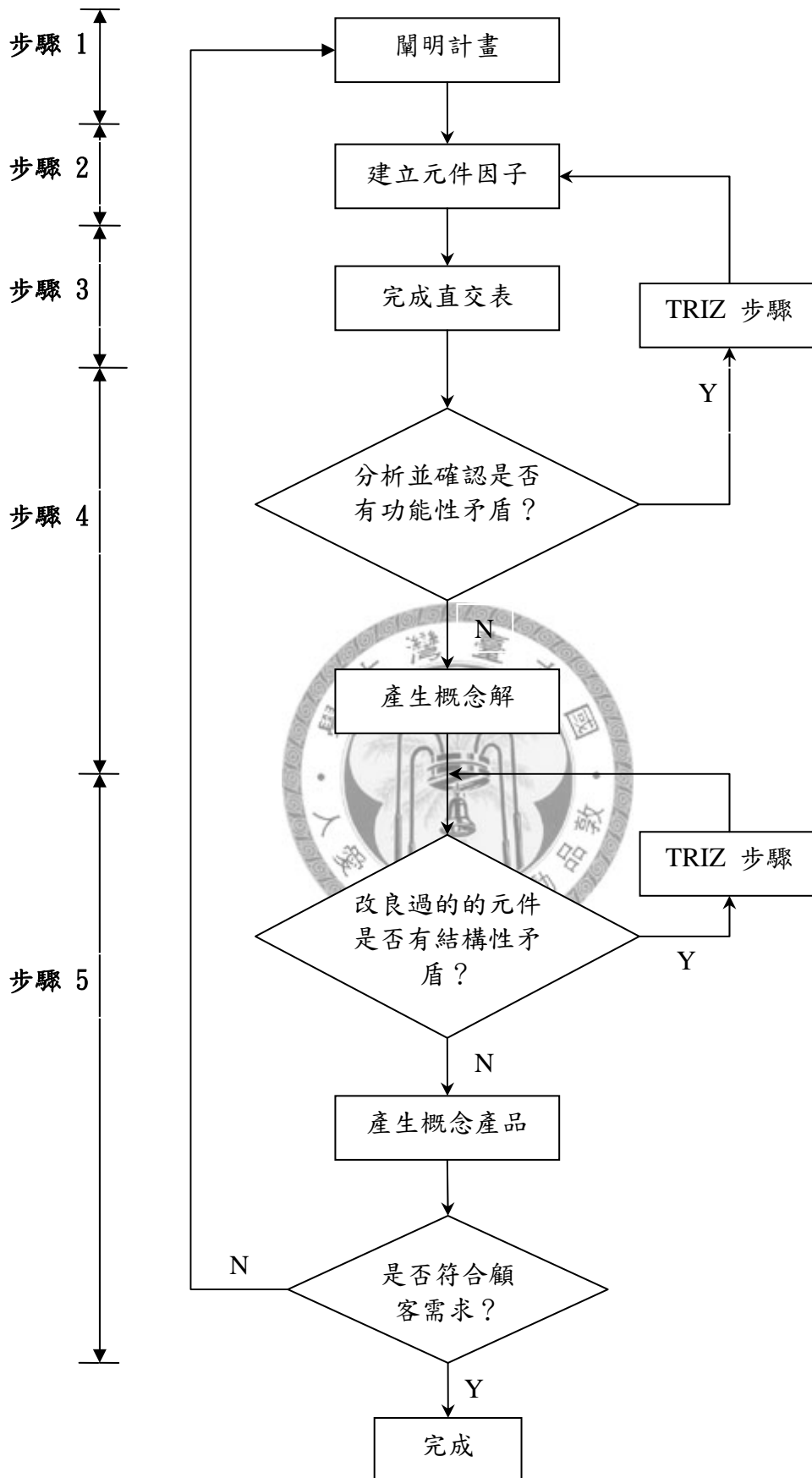












圖 9 產品重新設計方法之流程圖

3.2 設計流程細節介紹

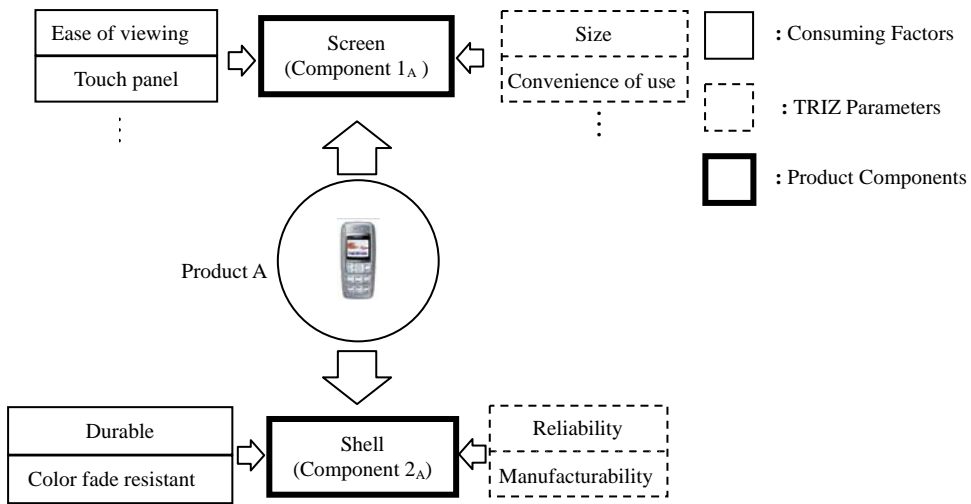
3.2.1 步驟一：闡明計畫

本研究的目標是根據市場趨勢改善及重新設計現有的產品。在進行設計的最初階段，須先選取二個或二個以上的上市產品。擁有「目標功能」的產品與原始的產品必須為同一類的產品。例如表 7 中，手機、數位相機、GPS 與 PDA 因為有類似的特徵所以同樣被視為消費性電子產品系列。

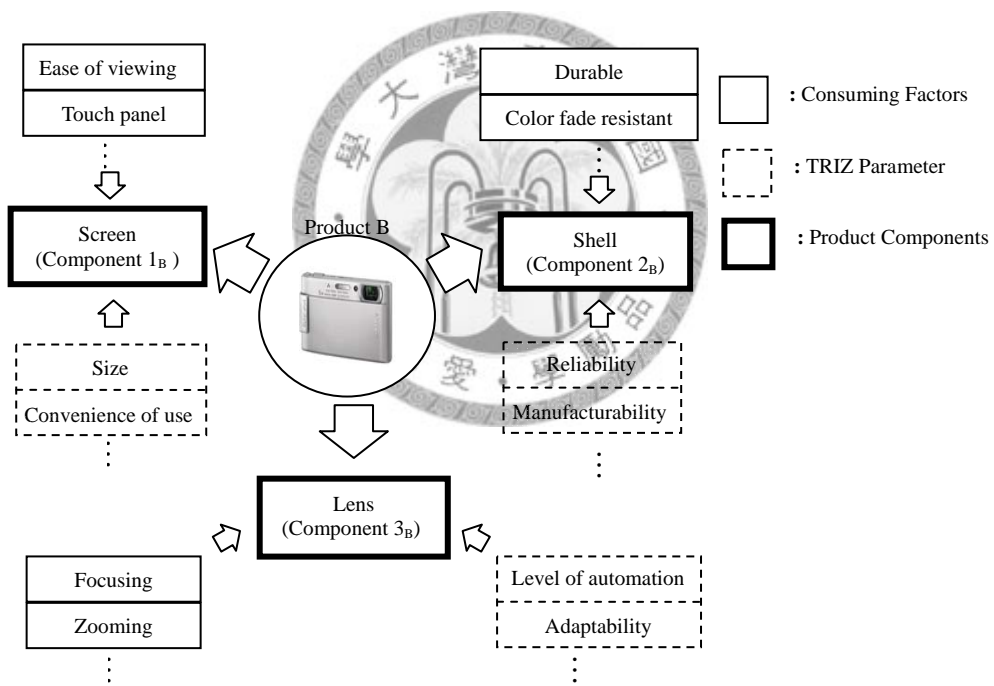
表 7 同一系列產品之範例

Product Cluster \ Product	Product 1	Product 2	Product 3	Product 4
Consumer electronic products				
Office products				
Machining products				

接著將產品分解成數個基本元件。例如，一支手機可以拆解成螢幕、手機殼以及電池等，並根據產品元件之特徵找出相對應之 TRIZ 工程參數。如圖 10 所示。



(a) 手機分解圖



(b) 數位相機分解圖

圖 10 產品分解圖

3.2.2 步驟二：建立元件因子表

3.2.2.1 元件因子

在元件因子表中，產品 A 中有一個元件為螢幕(component 1_A)，產品 B 中有一個元件為螢幕(component 1_B)。這二種螢幕也許有不同的規格，功能或材質，但是這二個螢幕仍是屬於同一種元件。所以在此將這二種螢幕視為螢幕這個元件的二種階層。表 8 為元件因子表的例子，此表源自於田口法中的因子與階層表。表中螢幕共有三個階層，分別是相機中取出的螢幕 1、手機中取出的螢幕 2、GPS 中取出的螢幕 3。

表 8 元件因子表

Factors Level	Screen	Shell	Lens	Press- Button	Battery
Camera	1	1	1	1	1
Mobile phone	2	2	-	2	2
GPS	3	3	-	3	3

初步完成元件因子表之後，所有元件因子便可清楚地陳列出，但是通常不是所有的元件因子對於產品都有很大的影響力，所以在這個步驟的後半段便是要減少元件因子的數量，留下較重要的元件因子。在此處的元件因子與顧客購買時考量的因子之相關程度是由設計者依照設計需求規劃，不同的重要程度將會得到不同的權重值，也會影響到哪些元件因子應該優先被刪去，在下一章的範例研究中，自行車與健身車的例子裡，將以顧客問卷調查的結果，做為評估元件因子重要性的依據。

3.2.2.2 購買因子和要性評估

購買因子表示消費者在購買產品時考慮的因素，每個購買因子都與產品本身某些元件有相當程度的關係，譬如有消費者希望買到有防水功能的手機，防水

功能這個購買因子便與手機殼或螢幕的設計有關。表 9 就是由專家或設計者將產品的購買因子與元件因子之間的關係整理成表格，每一種產品都有各自的重要性評估表。表 10 中 f_i 值表示經過問卷調查得到的第 i 個購買因子之因子值，購買因子值 f_i 計算方法如下：

$$f_i = \frac{n}{N} \times 100\% \quad (3.1)$$

i ：問卷中購買因子編號

n ：問卷調查結果中，選取第 i 因子為重要因子的人數

N ：問卷調查受測人數

得到購買因子值之後，將表 9 中的購買因子及產品元件之件的相關程度轉換成表 10 中的模糊權重值 w (權重值如表 6 所示)，便可經由式 3.2 計算各元件的重要性。元件種類 k 在產品 j 中的重要性 $I(C_{kj})$ 定義如下：

$$I(C_{jk}) = \sum_{i=1}^{m_j} f_i \cdot w_{ki} \quad (3.2)$$

m_j ：編號 j 產品有 m_j 個購買因子

j ：產品編號

k ：元件編號

w ：根據語意得到的模糊權重



表 9 元件與購買因素之間的重要性評估表

購買因子 元件因子	購買因子 1	購買因子 2	購買因子 3	購買因子 4	購買因子 5
產品元件 1	產品與元件之間的相關性評估：{VH,H,M,L,VL}				
產品元件 2	VH:相關性非常高；H:相關性高；M: 相關性中等；L: 相關性低；				
產品元件 3	VL:相關性非常低				

表 10 元件與購買因素之間的權重表

購買因子 購買因子值 元件因子	購買因子 1	購買因子 2	購買因子 3	購買因子 4	購買因子 5
	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5
元件 1	w_{11}	w_{12}	w_{13}	w_{14}	w_{15}
元件 2	w_{21}	w_{22}	w_{23}	w_{24}	w_{25}
元件 3	w_{31}	w_{32}	w_{33}	w_{34}	w_{35}

表 11 中可見產品 1 與產品 2 均有計算元件 1 的重要性，計算結果分別為 $I(C_{11})$ 與 $I(C_{21})$ 。在完成 2 次重要性計算之後，取最大值做為元件種類 1 的重要性。定義元件種類 k 之重要性 $I(C_k)_{max}$ ：

$$I(C_k)_{max} = \max[I(C_{jk})] \quad \text{其中 } j \text{ 是產品變數, } k \text{ 是元件種類} \quad (3.3)$$

表 11 各元件重要性評估

元件因子 產品	元件 1	元件 2	元件 3
產品 1	$I(C_{11})$	$I(C_{12})$	$I(C_{13})$
產品 2	$I(C_{21})$	$I(C_{22})$	$I(C_{23})$
$I(C_k)_{max}$	$\max[I(C_{11}), I(C_{21})]$	$\max[I(C_{12}), I(C_{22})]$	$\max[I(C_{13}), I(C_{23})]$

3.2.2.3 計算元件重要性之範例

本節以原子筆為例計算其各元件的重要性。首先將原子筆分解成筆蓋、筆管及筆芯等，一共三個元件，同時將耐摔、書寫流暢及方便攜帶等，一共三個購買條件做為購買因子進行市場調查。調查內容是詢問每位受測者，當他們購買原子筆時，哪些購買條件是必需要列入考量的。假設對 100 位受測者做調查的結果為 50 人認為耐摔重要，60 人認為書寫流暢重要以及 10 人認為方便攜帶重要，我們針對這個結果進行原子筆元件之重要性評估。

由式 3.1 計算三個購買因子值。

$$\text{購買因子“耐摔”的因子值： } f_1 = \frac{50}{100} \times 100\% = 50(\%)$$

購買因子“書寫流暢”的因子值： $f_2 = \frac{60}{100} \times 100\% = 60(\%)$

購買因子“方便攜帶”的因子值： $f_3 = \frac{10}{100} \times 100\% = 10(\%)$

表 12 為專家或設計者將元件與購買因子相關性評估，以筆蓋與耐摔的相關性為例子，其相關程度為中等，所以在兩者關係表格中填入“M”。

表 12 原子筆的購買因子與元件因子之間的相關性評估

購買因子 元件因子	耐摔	書寫流暢	方便攜帶
筆蓋	M	VL	H
筆管	L	H	M
筆芯	H	VH	L

將購買因子與元件因子之相關程度根據 2.3 節中的表 6 轉換成權重值，如表 13 所示。

表 13 原子筆的購買因子與元件因子之間的權重值 w

購買因子 元件因子	耐摔	書寫流暢	方便攜帶
筆蓋	M ($w_{11}=0.5$)	VL ($w_{12}=0.136$)	H ($w_{13}=0.707$)
筆管	L ($w_{21}=0.283$)	H ($w_{22}=0.707$)	M ($w_{23}=0.5$)
筆芯	H ($w_{31}=0.707$)	VH ($w_{32}=0.909$)	L ($w_{33}=0.283$)

由式 3.2 計算各元件之重要性(原子筆為編號 1 產品， $k=1$)。

筆蓋的重要性： $I(C_{jk}) = I(C_{11}) = \sum_{i=1}^3 f_i \cdot w_{1i} = 0.5 \times 50 + 0.136 \times 60 + 0.707 \times 10 = \underline{40.23}$

$$\text{筆管的重要性： } I(C_{21}) = \sum_{i=1}^3 f_i \cdot w_{2i} = 0.283 \times 50 + 0.707 \times 60 + 0.5 \times 10 = \underline{61.57}$$

$$\text{筆芯的重要性： } I(C_{31}) = \sum_{i=1}^3 f_i \cdot w_{3i} = 0.707 \times 50 + 0.909 \times 60 + 0.283 \times 10 = \underline{92.72}$$

假設第二樣產品為自動鉛筆，同樣的程序可以計算自動鉛筆各元件之重要性(自動鉛筆為編號 2 產品， $k=2$)。

$$\text{筆蓋的重要性： } I(C_{12}) = \underline{0}$$

$$\text{筆管的重要性： } I(C_{22}) = \underline{70}$$

$$\text{筆芯的重要性： } I(C_{32}) = \underline{30}$$

由式 3.3 計算各元件種類之重要性。

$$\text{元件種類“筆蓋”之重要性： } I(C_1)_{\max} = \max[I(C_{11}), I(C_{21})] = \max[40.23, 0] = 40.23$$

$$\text{元件種類“筆管”之重要性： } I(C_2)_{\max} = \max[61.57, 70] = 70$$

$$\text{元件種類“筆芯”之重要性： } I(C_3)_{\max} = \max[92.72, 30] = 92.72$$

表 14 中即為各種類元件的重要性評估結果。

表 14 各種類元件的重要性評估

元件因子 產品	筆蓋	筆管	筆芯
原子筆	40.23	61.57	92.72
自動鉛筆	0	70	30
$I(C_k)_{\max}$	40.23	70	92.72

同樣的元件在不同的產品中會有不同的重要性之計算值，此步驟代表的意義是指從這幾次的計算結果，挑出最大值做為該元件種類的最終重要程度。在此，計算結果可以得到筆蓋這個種類的元件重要性為 40.23，筆管種類的元件重要性為 70 及筆芯種類的元件重要性為 92.72。接著設計者依照此計算結果進行元件篩選的工作，並繼續後面的田口分析程序。

3.2.3 步驟三：選擇直交表

在完成篩選元件因子及階層之後，便可選取適用的直交表，其步驟如下：

- (1) 列出元件因子表，確認元件因子數量及階層
- (2) 決定元件因子之交互作用
- (3) 計算自由度

$DOF = \text{所有元件因子的自由度} + \text{所有交互作用的自由度}$

元件因子的自由度：該元件之階層數-1

交互作用的自由度：產生該交互作用之所有因子自由度相乘

- (4) 根據元件因子數量、階層、交互作用及自由度挑選適用的直交表

完成直交表之後，將回應值填入直交表，在此回應值指的是顧客或是設計者對於每一組元件因子組合所提供之功能的滿意度，在此定義的考慮產品之功能滿意度不包含對於產品外觀及產品結構上的滿意度。接著便可進入因子分析的步驟。



3.2.4 步驟四：分析結果

根據分析結果，找出產生明顯交互作用之元件因子，並將交互作用視為一種元件結合上的矛盾，此矛盾現象意味著當設計者從兩種元件因子中各挑出較好的階層，得到的回應值卻不會是增加的，反而可能降低其回應值。為了解決這個元件組合上的問題，必須重新設計這些產生交互作用的元件。

3.2.5 TRIZ 求解

經過上列步驟完成田口分析法之後，設計重點放在產生矛盾之元件。TRIZ 屬於較有系統且客觀的創新工具，所以能夠幫助使用者跳脫主觀的設計思維。如圖 11 所示，運用 TRIZ 時首先確認問題的層級，接著使用不同層級適用的創新方法尋找設計方向。得到的設計方向通常只有提供簡單的設計概念，至於如何運用及實作，設計者需要考量其設計需求與專業知識進行類比思考進而得到產品的

概念設計。層級五的問題是屬於無法使用既有的技術或方法解決的發明問題，需要藉由新發明的技術處理。

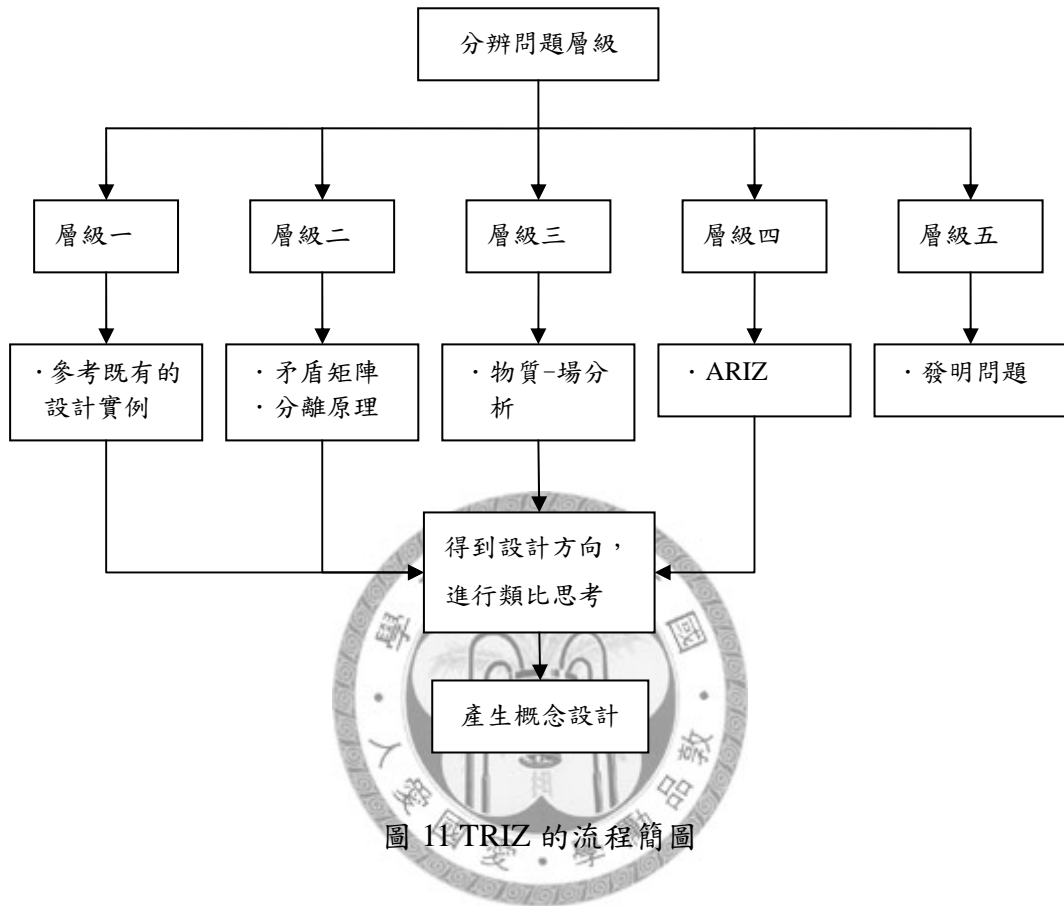


圖 11 TRIZ 的流程簡圖

在 TRIZ 程序中使用矛盾矩陣時需要有工程參數與工程參數之間的矛盾訊息。因此，為了要使用矛盾矩陣消除此元件組合上的矛盾，我們用 TRIZ 提供的工程參數描述元件之特徵，接著一一比對參數與參數之間的關係，確認讓元件產生矛盾的原因。一般來說，一個產品的元件可以找出一個以上可用來描述該元件特性的 TRIZ 工程參數。表 15 舉一個尋找參數矛盾的簡單實例，因為市場的需求市面上出現許多的大型傢俱，但是一般家庭的出入口是無法讓太大的物體進出，因此產生了兩個物件之間的矛盾。為了使用 TRIZ 解決這個問題，先將傢俱的體積、重量還有門框的面積等參數列出，接著可以比較出體積與面積之間出現矛盾。體積與面積的矛盾在矛盾矩陣中可以找出一組創發明原理「分割」，朝這

個原理的方向進行設計的話，最終的概念解就是目前常見的組合式傢俱。

表 15 確認產生矛盾之工程參數

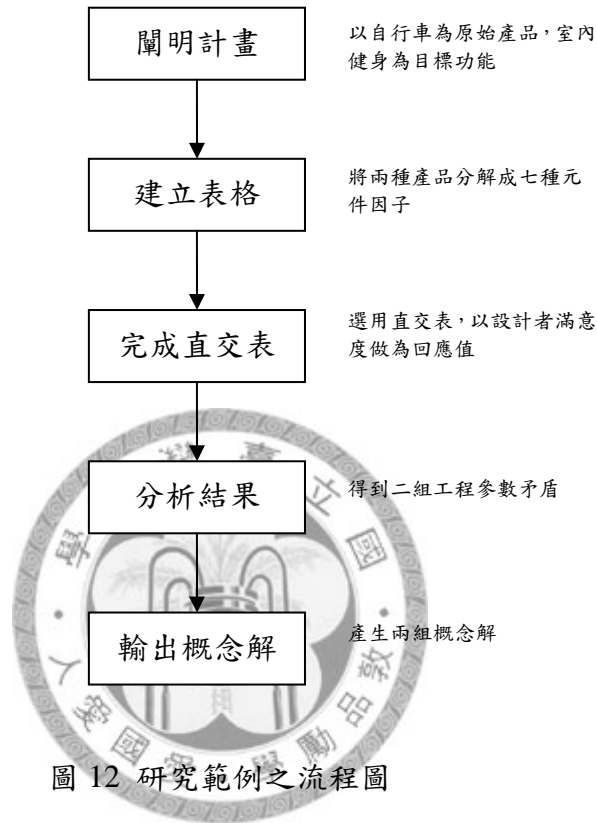
矛盾物件		參數矛盾 (Y/N)
大型傢俱	門框	
TRIZ parameters		
體積	面積	Y
重量	面積	N

3.2.6 步驟五：驗證結果

依據 TRIZ 創新法則，完成消除功能性的矛盾之後，可以得到新元件的概念解。為了確認新的元件是否有產生新的矛盾，設計者可以將新元件列入元件因子表再次進行田口分析法，確認新元件的可用性。或者是直接將新出爐的概念解，進行市場接受度調查，驗證其效果。另外，除了上述的功能性矛盾需要求解外，最後選定之產品元件以及重新設計出的新元件之間，可能存在其他物理性質或結構上的矛盾。此時，設計者同樣地可以使用 TRIZ 創新方法協助消除矛盾。

第四章 案例研究

為了驗證本流程的可用性，本章節以第三章流程為主進行測試，圖 12 為案例研究之流程圖。



4.1 闡明計畫

因為環保意識的興起，許多國家與環境保護團體致力於提倡節能省碳的重要性。如此以來，對於一般大眾而言衝擊最大的地方就是油料的使用，許多消費者開始將自行車做為交通工具之一。根據財團法人金屬工業研究發展中心統計，自行車產量從 2002 年至今年複合成長率達到 6.7%，2007 年全球自行車產量達到 1.3 億輛。由此可見，環保意識及油價高漲有助於自行車市場之成長，因此自行車產業對於全球消費市場也占有一席之地。由於自行車是屬於短程的代步工具，所以目前許多自行車產業發展都是專注於發展電動自行車，增加自行車的實用性。不同於目前自行車市場研究的主流，本研究範例希望藉由賦予自行車其它功

能以達成增加自行車使用價值的目的。圖 13 中，自行車被本範例選定需要改良的原始產品，健身車功能為自行車需要的目標功能。



(b) 健身車

圖 13 現有產品

4.2 建立表格

4.2.1 元件因子

健身車與自行車的結構設計上有許多相似之處。在本範例中以功能設計為主要考量，所以在此分解產品的規則有以下 2 個：

- a. 在兩種產品均有的同一個部分，但是為了提供不同的功能所以產生不同的設計，此部分視為一個單位元件。
- b. 在兩種產品當中的一個產品獨自擁有的部分，而另一個產品裡沒有，此部分視為一個單位元件。

在此範例中，a 步驟得到的元件有前叉、腳踏板、車主體、螢幕、座椅及變速器；b 步驟得到的元件有輪子。接著將上述元件分解結果置入元件因子表，如表 16 所示。

表 16 腳踏車與健身車之元件因子表(k=1~7)

Factors		Levels	室內健身車 (Level 1)	自行車 (Level 2)
規則 a	Component ₁ (前叉)		1(健身車的前叉)	2(自行車的前叉)
	Component ₂ (車主體)		1(健身車的主體)	2(自行車的主體)
	Component ₃ (腳踏板)		1(健身車腳踏板)	2(自行車腳踏板)
	Component ₄ (變速器)		1(健身車變速器)	2(自行車變速器)
	Component ₅ (座椅)		1(健身車的座椅)	2(自行車的座椅)
規則 b	Component ₆ (螢幕)		1(健身車的螢幕)	2(自行車的螢幕)
	Component ₇ (輪子)		1(沒有使用輪子)	2(小尺寸) 3(26'以上)

4.2.2 購買因子

根據客戶對產品的需求或看法進行統計，統計結果可以得到購買因子重要性，此購買因子重要性加入設計者評估，給予權重將可以計算出元件因子的重要程度。表 17 為問卷調查統計結果，受測人數有 61 位男性及 42 位女性共 103 人，年齡層介於 18-35 歲之間。此問卷中包含 2 種產品($j=1,2$)，產品一自行車的購買因子有 19 個(當 $j=1$ ，則 $i=1\sim 19$)，產品二健身車的購買因子有 16 個(當 $j=2$ ，則 $i=1\sim 16$)。

表 17 購買因子問卷結果以自行車($j=1$)的購買因子 1 號“品牌”為例子，103 位受測者中有 57 位認為品牌是重要的購買考量因子，由式 3.1 計算 f_i ：

$$f_i = \frac{n}{N} \times 100\% = \frac{57}{103} \times 100\% = 55.3\%$$

n ：問卷調查結果中，選取第 i 因子為重要因子的人數

N ：問卷調查受測人數



表 17 購買因子(問卷調查結果)

自行車(j=1)				健身車(j=2)			
購買因子及編號 (i=1~19)		被勾選 次數(n)	百分比% (fi)	購買因子及編號 (i=1~16)		被勾選 次數(n)	百分比% (fi)
1	品牌	57	55.3	1	品牌	45	43.7
2	外型	76	73.8	2	外型	33	32.0
3	價格	96	93.2	3	價格	88	85.4
4	舒適	81	78.6	4	舒適	73	70.9
5	客製化	4	3.9	5	客製化	13	12.6
6	輕巧	49	47.6	6	輕巧	19	18.4
7	用途	53	51.5	7	安全性	61	59.2
8	安全性	49	47.6	8	體積小	41	39.8
9	體積小	14	13.6	9	防盜	4	3.9
10	防竊	30	29.1	10	防鏽	18	17.5
11	防鏽	23	22.3	11	能裝載雜物	9	8.7
12	能裝雜物	25	24.3	12	方便收納	46	44.7
13	雙載	8	7.8	13	易維修	29	28.2
14	方便收納	24	23.3	14	腳踏板特殊設計	23	22.3
15	方便攜帶	20	19.4	15	螢幕	68	66.0
16	耐撞	21	20.4	16	多段阻力	54	52.4
17	易維修	39	37.9				
18	多變速	28	27.2				
19	螢幕	4	3.9				

4.2.3 元件重要性評估

在問卷中的每一個詞彙的背後都與部分產品元件有相關，至於相關程度的高低就是由設計者判斷，並將整理結果表示成表 18 至表 21 的型式。如下列表格所示，表 18 顯示設計者對於自行車的購買因子與自行車的元件因子之間的關係評估結果。表 19 是對照表 5 將表 18 語意評估結果改成權重值，並將表 17 中自行車的購買因子值填入。表 20 顯示設計者對於健身車的購買因子與健身車的元件因子之間的關係評估結果。表 21 是對照表 5 將表 20 語意評估結果改成權重值，並將表 17 中健身車的購買因子值填入。

表 18 設計者對於自行車元件因子與購買因子之間的相關性評估(j=1)

購買因子 元件因子及編號		品牌	外型	價格	舒適	客製化	輕巧	用途	安全性	體積小	防竊
1	前叉	VL	H	M	H	H	H	H	M	H	L
2	車主體	VL	H	H	H	M	VH	H	M	VH	H
3	腳踏板	VL	M	L	M	H	VL	L	L	L	VL
4	變速器	VL	L	M	H	H	L	H	L	M	VL
5	螢幕	VL	VL	H	L	M	L	H	L	L	VL
6	輪子	VL	M	M	M	H	H	M	M	VH	L
7	座椅	VL	M	M	VH	H	L	H	L	L	L

表 18(續)

購買因子 元件因子及編號		防生鏽	裝載雜物	雙載	方便 收納	方便 攜帶	耐撞	易維修	多變速	螢幕
1	前叉	H	M	M	H	H	H	L	L	L
2	車主體	VH	VH	H	VH	VH	H	M	M	L
3	腳踏板	M	VL	VL	L	L	L	H	L	L
4	變速器	H	VL	H	M	M	L	H	VH	L
5	螢幕	L	VL	VL	M	M	H	H	L	VH
6	輪子	H	VL	H	VH	H	M	L	M	L
7	座椅	L	H	L	L	L	L	L	L	L

表 19 自行車元件因子與購買因子之間的權重表 (j=1)

購買因子值 元件因子	品牌	外型	價格	舒適	客製化	輕巧	用途	安全性	體積小	防竊
	$f_1=$ 55.3	$f_2=$ 73.8	$f_3=$ 93.2	$f_4=$ 78.6	$f_5=$ 3.9	$f_6=$ 47.6	$f_7=$ 51.5	$f_8=$ 47.6	$f_9=$ 13.6	$f_{10}=$ 29.1
前叉	0.136	0.717	0.5	0.717	0.717	0.717	0.717	0.5	0.717	0.283
車主體	0.136	0.717	0.717	0.717	0.5	0.909	0.717	0.5	0.909	0.717
腳踏板	0.136	0.5	0.283	0.5	0.717	0.136	0.283	0.283	0.283	0.136
變速器	0.136	0.283	0.5	0.717	0.717	0.283	0.717	0.283	0.5	0.136
螢幕	0.136	0.136	0.717	0.283	0.5	0.283	0.717	0.283	0.283	0.136
輪子	0.136	0.5	0.5	0.5	0.717	0.717	0.5	0.5	0.909	0.283
坐椅	0.136	0.5	0.5	0.909	0.717	0.283	0.717	0.283	0.283	0.283

表 19(續)

購買因子值 元件因子	防生鏽	裝載 雜物	雙載	方便 收納	方便 攜帶	耐撞	易維修	多變速	螢幕
	$f_{11} =$ 22.3	$f_{12} =$ 24.3	$f_{13} =$ 7.8	$f_{14} =$ 23.3	$f_{15} =$ 19.4	$f_{16} =$ 20.4	$f_{17} =$ 37.9	$f_{18} =$ 27.2	$f_{19} =$ 3.9
前叉	0.717	0.5	0.5	0.717	0.717	0.717	0.283	0.283	0.283
車主體	0.909	0.909	0.717	0.909	0.909	0.717	0.5	0.5	0.283
腳踏板	0.5	0.136	0.136	0.283	0.283	0.283	0.717	0.283	0.283
變速器	0.717	0.136	0.717	0.5	0.5	0.283	0.717	0.909	0.283
螢幕	0.283	0.136	0.136	0.5	0.5	0.717	0.717	0.283	0.909
輪子	0.717	0.136	0.717	0.909	0.717	0.5	0.283	0.5	0.283
座椅	0.283	0.717	0.283	0.283	0.283	0.283	0.283	0.283	0.283

表 20 設計者對於健身車元件因子與購買因子之間的相關性評估 ($j=2$)

購買因子 元件因子及編號		品牌	外型	價格	舒適	客製化	輕巧	安全性	體積小	防盜
1	前叉	VL	H	H	M	H	M	H	H	VL
2	車主體	VL	H	H	M	L	H	H	H	VL
3	腳踏板	VL	L	M	L	M	L	L	L	VL
4	變速器	VL	L	H	L	M	L	M	M	VL
5	螢幕	VL	L	H	VL	M	M	L	M	VL
6	座椅	VL	M	M	H	H	L	L	L	VL

表 20(續)

購買因子 元件因子及編號		防鏽	能裝雜物	方便收納	易維修	腳踏板特殊設計	螢幕	多段阻力
1	前叉	H	M	H	H	VL	VL	VL
2	車主體	H	H	H	L	VL	VL	VL
3	腳踏板	M	L	L	M	VH	VL	VL
4	變速器	H	VL	M	H	VL	VL	VH
5	螢幕	L	VL	L	M	VL	VH	VL
6	座椅	L	M	L	M	VL	VL	VL

表 21 健身車元件因子與購買因子之間的權重表 (j=2)

購買因子值	品牌	外型	價格	舒適	客製化	輕巧	安全性	體積小	防盜
元件因子	$f_1=$ 43.7	$f_2=$ 32.0	$f_3=$ 85.4	$f_4=$ 70.9	$f_5=$ 12.6	$f_6=$ 18.4	$f_7=$ 59.2	$f_8=$ 39.8	$f_9=$ 3.9
前叉	0.136	0.717	0.717	0.5	0.717	0.5	0.717	0.717	0.136
車主體	0.136	0.717	0.717	0.5	0.283	0.717	0.717	0.717	0.136
腳踏板	0.136	0.283	0.5	0.283	0.5	0.283	0.283	0.283	0.136
變速器	0.136	0.283	0.717	0.283	0.5	0.283	0.5	0.5	0.136
螢幕	0.136	0.283	0.717	0.136	0.5	0.5	0.283	0.5	0.136
座椅	0.136	0.5	0.5	0.717	0.717	0.283	0.283	0.283	0.136

表 21(續)

購買因子值	防鏽	能裝雜物	方便收納	易維修	腳踏板特 殊設計	螢幕	多段阻力
元件因子	$f_{10}=$ 17.5	$f_{11}=$ 8.7	$f_{12}=$ 44.7	$f_{13}=$ 28.2	$f_{14}=$ 22.3	$f_{15}=$ 66.0	$f_{16}=$ 52.4
前叉	0.717	0.5	0.717	0.717	0.136	0.136	0.136
車主體	0.717	0.717	0.717	0.283	0.136	0.136	0.136
腳踏板	0.5	0.283	0.283	0.5	0.909	0.136	0.136
變速器	0.717	0.136	0.5	0.717	0.136	0.136	0.909
螢幕	0.283	0.136	0.283	0.5	0.136	0.909	0.136
座椅	0.283	0.5	0.283	0.5	0.136	0.136	0.136

表 21 中以健身車元件因子 1“前叉”當作例子($k=1, j=2$)，由式 3.2 計算健身

車前叉之重要性 $I(C_{21})$ ：

$$\begin{aligned}
 I(C_{jk}) &= \sum_{i=1}^{16} f_i \cdot w_{ji} = 43.7 \times 0.136 + 32 \times 0.717 + 85.4 \times 0.717 + 70.9 \times 0.5 + 12.6 \times 0.717 \\
 &+ 18.4 \times 0.5 + 59.2 \times 0.717 + 39.8 \times 0.717 + 3.9 \times 0.136 + 17.5 \times 0.717 + 8.7 \times 0.5 + 44.7 \times 0.717 \\
 &+ 28.2 \times 0.717 + 22.3 \times 0.717 + 66 \times 0.136 + 52.4 \times 0.136 = 303.6
 \end{aligned}$$


表 22 各元件之重要性評估結果

	前叉	車主體	腳踏板	變速器	螢幕	輪子	座椅
自行車	375.8	457.8	224.6	313.8	265.3	333.0	304.5
健身車	303.6	291.8	192.2	273.8	241.6	0	213.5
$I(C_k)_{max}$	375.8	457.8	224.6	313.8	265.3	333.0	304.5

表 22 中以元件種類“前叉($k=1$)”為例，由式 3.3 計算該種類元件之重要性 $I(C_k)_{max}$ 。

$$I(C_1)_{max} = \max[I(C_{11}), I(C_{21})] = \max[375.8, 303.6] = 375.8$$

表 22 為計算結果，選出 $I(C_k)_{max}$ 較高的 4 個元件作為關鍵元件，最後決定用來當作主要考量的元件有前叉、車主體、變速器及輪子 4 個元件因子。圖 14 為元件因子的篩選結果。



Factors		Levels	室內健身車 (Level 1)	自行車 (Level 2)
規則 a	Component ₁ (前叉)		1(健身車的前叉)	2(自行車的前叉)
	Component ₂ (車主體)		1(健身車的主體)	2(自行車的主體)
	Component₃(腳踏板)		1(健身車腳踏板)	2(自行車腳踏板)
	Component ₄ (變速器)		1(健身車變速器)	2(自行車變速器)
	Component₅(座椅)		1(健身車的座椅)	2(自行車的座椅)
規則 b	Component₆(螢幕)		1(健身車的螢幕)	2(自行車的螢幕)
	Component ₇ (輪子)		1(沒有使用輪子)	2(小尺寸) 3(26'以上)

圖 14 元件因子的篩選結果

4.3 選擇直交表

根據 4.2 節篩選元件結果，便可以根據需求選定直交表。一般情況下使用直交表之前，會先將可能產生交互作用的因子列出，並將此交互作用視為一個因子，並依照直交表使用規則放入直交表裡特定的行。在本時範例中，使用統計分析軟體 JMP 做為輔助。使用此軟體進行田口分析的第一步驟是將考慮的因素及

階層填入。圖 15 為本案例研究中，篩選完成的元件因子表。

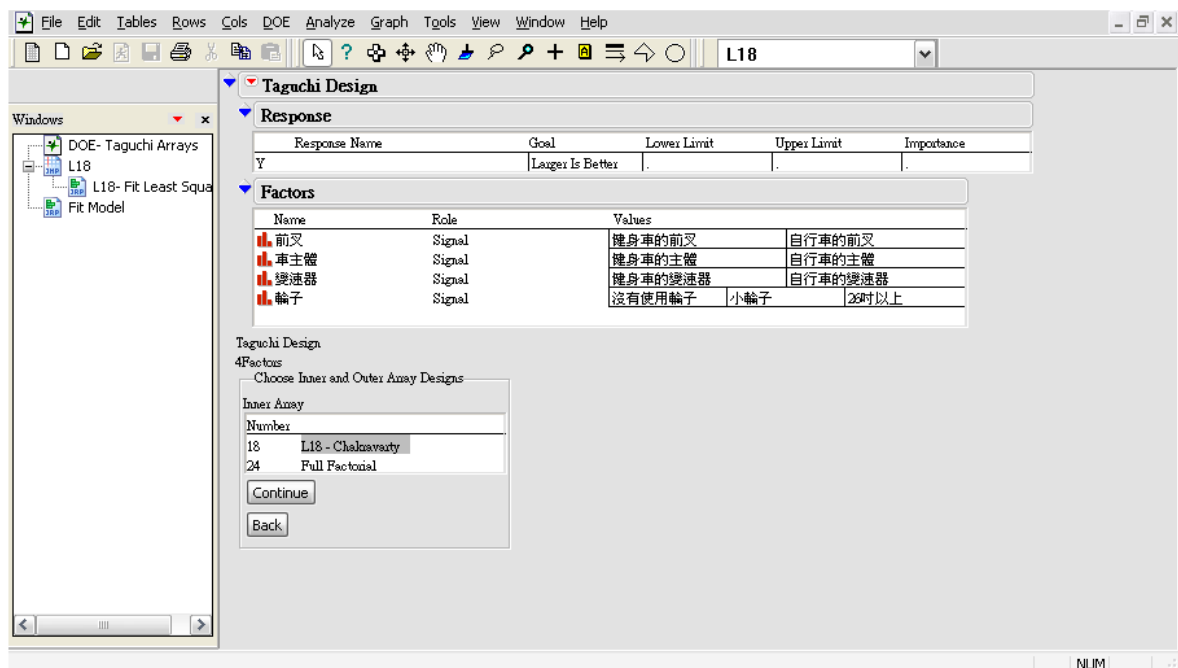


圖 15 自行車與健身車之元件因子圖

完成元件因子以及階層設定之後，軟體會提供一個以上的直交表選項。L18 是本案例中選用的直交表，每一列為一組重要元件組合而成的目標產品。表中每一個組合會根據其擁有或缺少本案例一開始設定之目標產品功能，而被設計者增加或減少對此組合之評分，並將評分結果填入標有 run1 之行中，如圖 16 所示。

	前叉	車主體	變速器	輪子	Patten	run 1
1	健身車的前叉	健身車的主體	健身車的變速器	沒有使用輪子	----	50
2	健身車的前叉	健身車的主體	健身車的變速器	小輪子	---0	75
3	健身車的前叉	健身車的主體	健身車的變速器	26吋以上	---+	68
4	健身車的前叉	自行車的主體	自行車的變速器	沒有使用輪子	-++-	20
5	健身車的前叉	自行車的主體	自行車的變速器	小輪子	-++0	69
6	健身車的前叉	自行車的主體	自行車的變速器	26吋以上	-+++	78
7	健身車的前叉	自行車的主體	自行車的變速器	沒有使用輪子	-++-	23
8	健身車的前叉	自行車的主體	自行車的變速器	小輪子	-++0	68
9	健身車的前叉	自行車的主體	自行車的變速器	26吋以上	-+++	77
10	自行車的前叉	健身車的主體	自行車的變速器	沒有使用輪子	+--+	55
11	自行車的前叉	健身車的主體	自行車的變速器	小輪子	+--+0	82
12	自行車的前叉	健身車的主體	自行車的變速器	26吋以上	+---+	74
13	自行車的前叉	自行車的主體	健身車的變速器	沒有使用輪子	++--	18
14	自行車的前叉	自行車的主體	健身車的變速器	小輪子	++-0	56
15	自行車的前叉	自行車的主體	健身車的變速器	26吋以上	+++	68
16	自行車的前叉	自行車的主體	健身車的變速器	沒有使用輪子	++--	20
17	自行車的前叉	自行車的主體	健身車的變速器	小輪子	++-0	55
18	自行車的前叉	自行車的主體	健身車的變速器	26吋以上	+++	68

圖 16 將回應值填入直交表

接下來是填寫直交表的最後一步驟，將可能產生交互作用之因子選出，並放入填寫直交表的考量當中。一般而言，三個因子以上的高次交互作用，往往需要增加許多次的實驗次數，在工程實務操作中並不實用，所以在本案例中並未將三次以上之高次交互作用列入考量。圖 17 中列出放入設計者考量的交互作用。完成考量交互作用的步驟之後，便可執行 Run Model 功能，進入下一步驟。

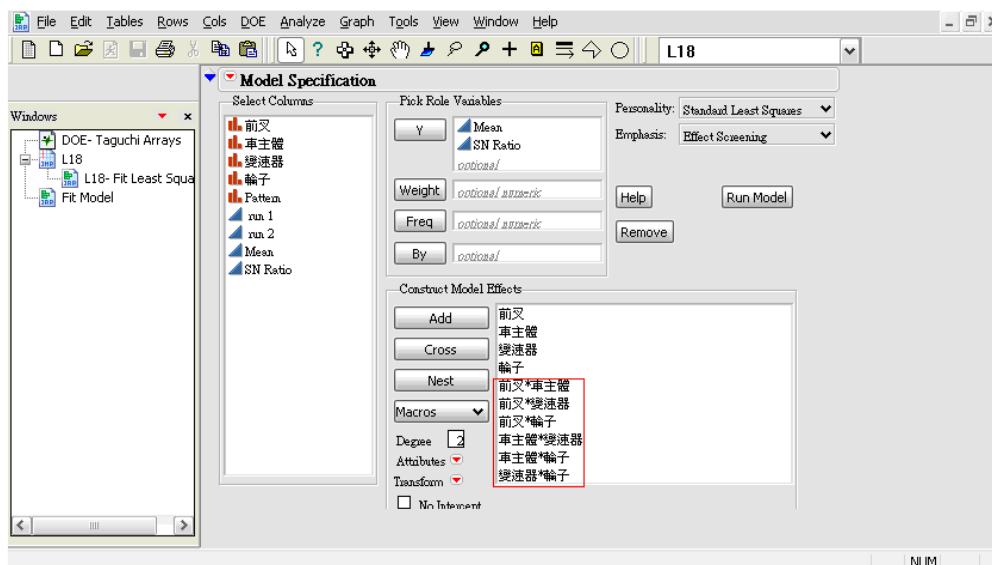


圖 17 選擇交互作用之元件因子

4.4 分析結果

圖 18 為田口分析的結果，圖中的第一列陳列出每一個元件因子當中的每一個階層，根據結果數據顯示，設計者對於未來設計出的目標產品的要求包含了分數較高的健身車的主體、自行車的變速器及 26 吋以上的大輪子。雖然上圖所顯示的資料中，可以找一個能找出一個最佳的組合，但是在這個最佳的組合裡，還藏有一些交互作用，若能改善交互作用的情形，便可以得到更佳的答案。

圖 19(a)上的 2 條線代表元件因子“車主體”中 2 個階層對於回應值的影響，很明顯的在大部分情況下，代表健身車的線條回應值較高，所以代表健身車較受填寫回應值的設計者親睽。根據圖 19(b)顯示，三條直線當中，代表“沒有使用輪子”這個階層的直線所對應的回應值均偏低，所以不使用輪子的設計不列入選項。所以剩下來的 2 個階層“使用小輪子”或“使用大輪子”，就必須二選一挑出一個合適的階層。一般來說設計者會選擇回應值高的階層使用，但是圖 19(b)中剩下的 2 條直線對應的回應值會因為在不同的車體上變高或變低，也就是說當選用自行車主體時，選擇大輪子可以得到比小輪子高的回應值。但是選用分數高的健身車主體時，使用小輪子可以得到比大輪子高的回應值這個結果顯示選用高分的健身腳踏車時，同時選用高分的大輪子，得到的回應值卻是降低的，這表示輪子與車子主體之間產生交互作用。本案例中以此部分作為設計重點進行產品改良。

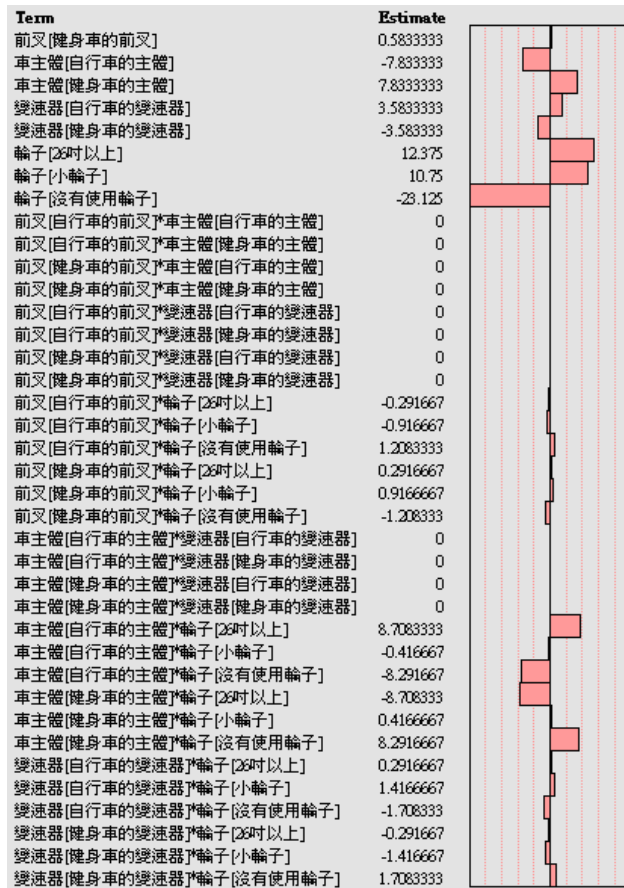


圖 18 分析結果

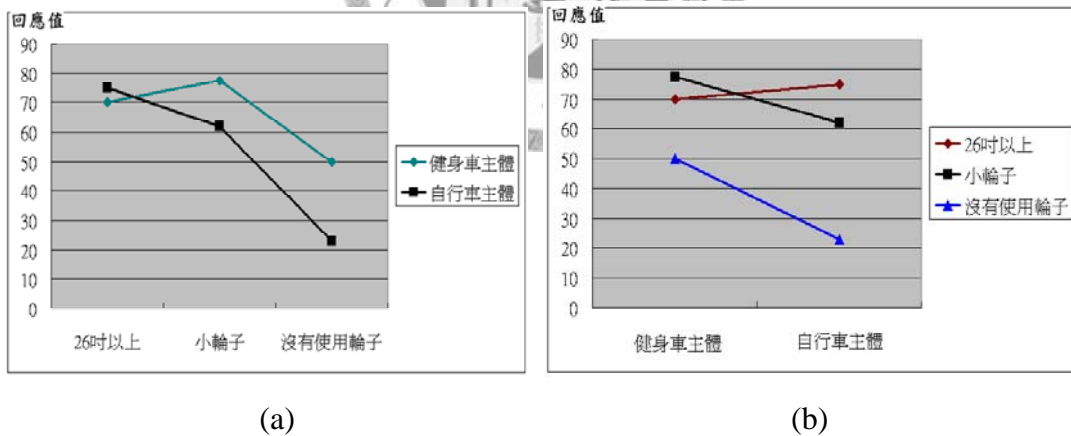


圖 19 輪子與車子主體之間的交互作用

表 23 將列出車主體與輪子之間的工程參數。一般選擇自行車及健身車時，都有大小重量的不同，所以選擇車主體之工程參數時，將體積及重量列入考量；另外，一般消費者在使用自行車及健身車兩種產品的功能時，需要根據想要從事的運動交換使用兩種產品，所以將“使用方便性”這個 TRIZ 參數也列入車

主體之工程參數。而車輪部分則是考慮其體積。在本案例中若依照田口法分析出的結果選用回應值較高的元件“健身車主體”及“26 吋以上輪子”，健身車的主體增加了新產品的「使用方便性」及車主體的「體積」，但也限制 26 吋車輪的使用，所以產生兩組工程參數的矛盾。如表 23 所示，「移動件體積」與「移動件體積」為第一組矛盾參數，「使用方便性」與「移動件體積」為第二組矛盾參數。

就元件車主體而言，正常情況下若要提升車主體的「使用方便性」，會使車主體結構變複雜，車主體之「體積」也會增加。因此，在本案例中先嘗試以「使用方便性」及「移動物件之體積」是為主要矛盾參數，完成之後再確認第二組矛盾是否依然存在，並進入 TRIZ 求解的步驟。

表 23 確認產生矛盾之工程參數

產生交互作用之元件		參數矛盾(Y/N)
車主體	輪子	
TRIZ 工程參數		
移動件之體積	移動件之體積	Y
移動件之重量	移動件之體積	N
使用方便性	移動件之體積	Y

4.5 TRIZ 求解

得到矛盾參數之後，我們將「使用方便性」當作欲改善之參數，「移動件之體積」當作惡化參數，對照矛盾矩陣表(附錄 B)可得到以下四個建議的發明原理：

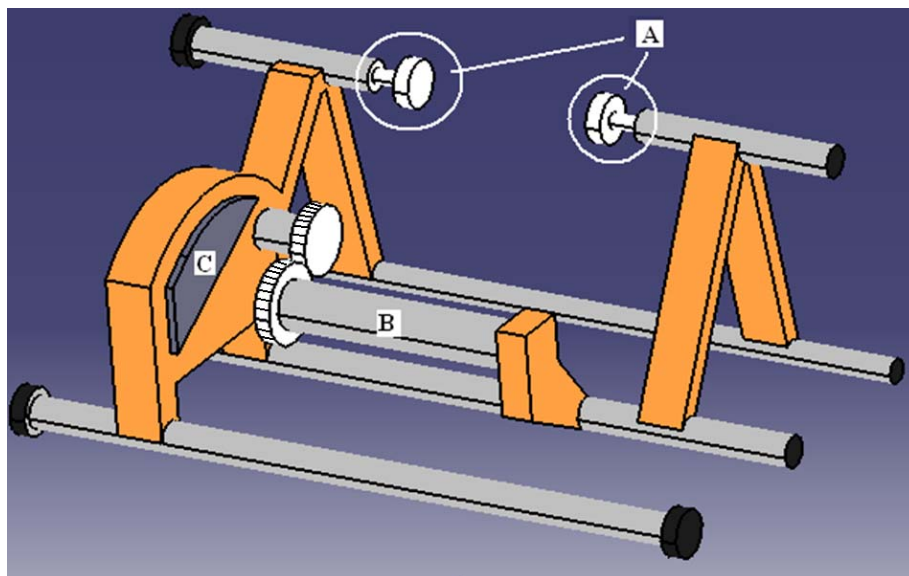
- #1 Segmentation 分割
- #15 Dynamics 動態
- #16 Partial or Excessive Actions 部分或過份的作動
- #35 Transformation of Properties 改變物質特性

本案例採用#1、#15 做為解決方案。

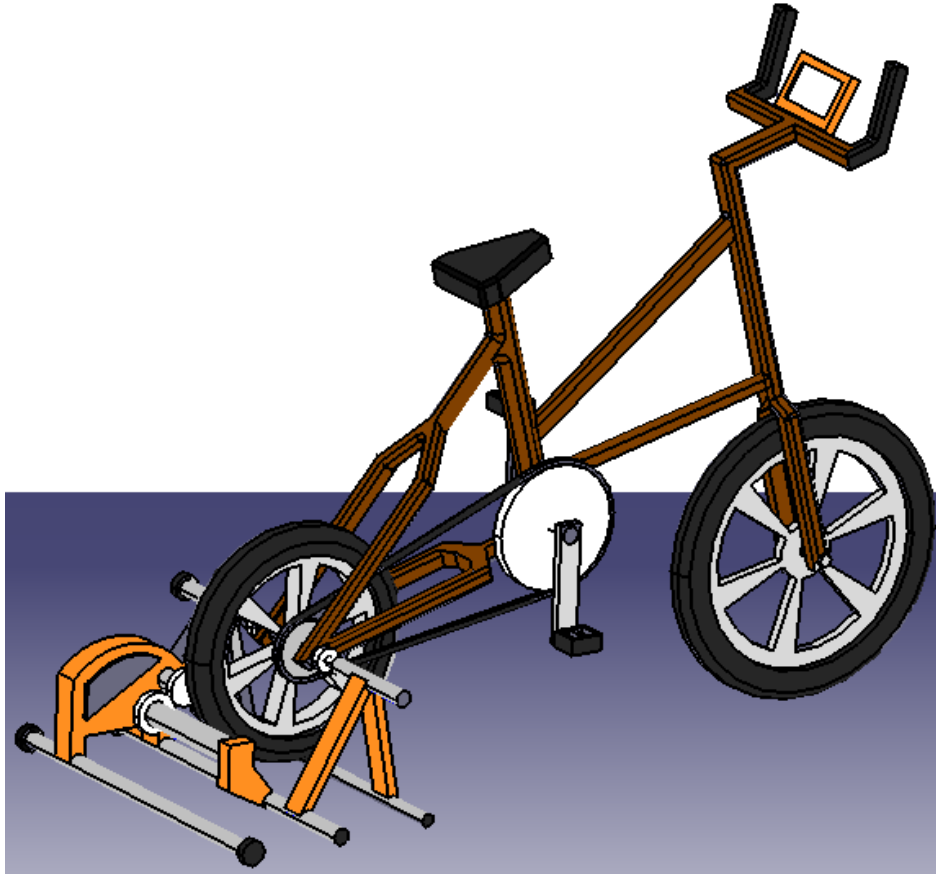
解決方案一「分割」的意義有以下三種(附錄 C)：

- a. 將物體分割成獨立的零件。
- b. 為了簡單組裝或分解，作成組合式的物體。
- c. 增加物體分割的程度。

根據以上解釋，為了不讓健身車元件壓縮到車輪的空間，我們將健身車主體中提供阻力的元件外移，將健身車之功能用放置在一個自行車架上，當使用者需要使用健身車的功能時，便可藉由車架提供阻力。圖 20(a)為概念產品一的示意圖，圖中 A 為一組夾具，當使用者使用此產品時，將自行車後輪之軸心用 A 夾具固定，並讓自行車後輪之外胎與車架中的 B 桿件接觸，讓自行車轉動時同時驅動 B 桿件。車架中 C 處內部為一組與健身車相同設計的阻力元件，當車架被使用時，C 處阻力元件提供的阻力將藉由齒輪組傳遞至 B 桿件，再藉由 B 桿件與自行車後輪的接觸提供騎乘自行車時需要的反力，完成賦予自行車擁有健身車相同功能的目的。圖 20(b)是將有阻力裝置的車架裝上一般自行車的示意圖，此車架為第一個完成的概念產品。



(a) 概念產品一示意圖



(b) 概念產品一使用情境示意圖

圖 20 概念產品一

解決方案二「動態」的意義有以下三種(附錄 C)：

- a. 使物體的特性或外在環境能在作業的各階段，為了達到最適性能而調整。
- b. 將物體分割成元件，使各元件間的位置能被改變。
- c. 使無法移動的物體可移動或可替換。

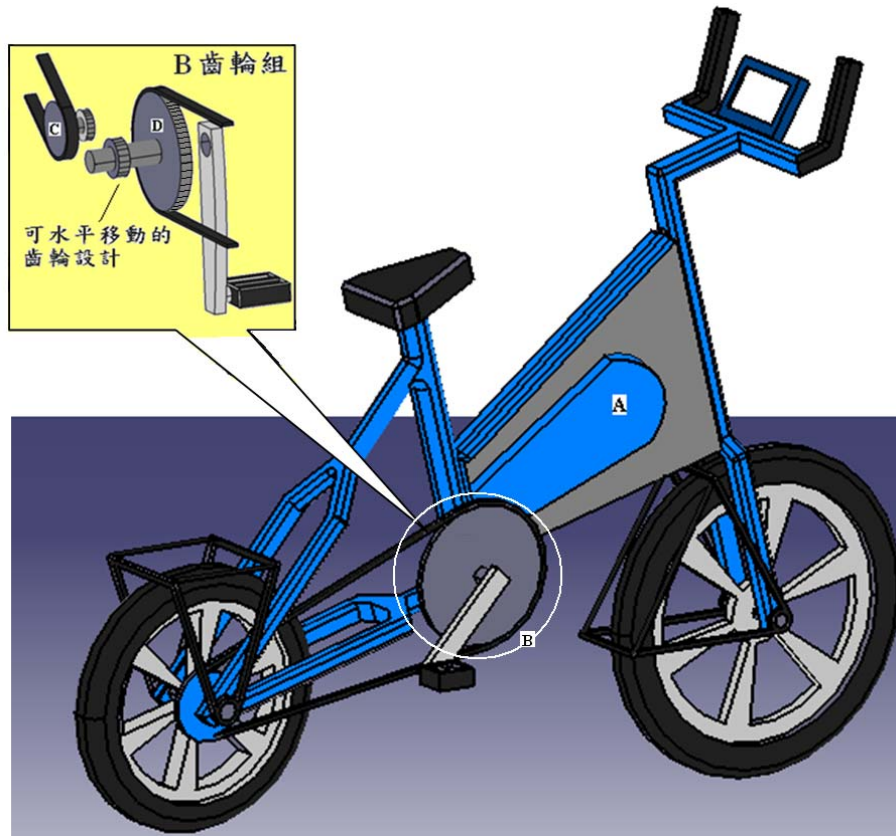
根據此以上解釋，為了保留自行車之輪胎及健身車上提供阻力之元件，我們可以將提供阻力之元件或車輪設計成活動式元件，如圖 21 為一個活動式元件的概念，圖中自行車的車後輪可以依照不同的使用狀況調整位置。但為了將設計方案簡化，最後決定捨棄使用將元件設計成活動式的方案，改成提供阻力之元件移動至車主體之中間，並做成固定式元件。

圖 22(a)(b)是根據解決方案二提供的設計方向構想出的概念產品，此概念

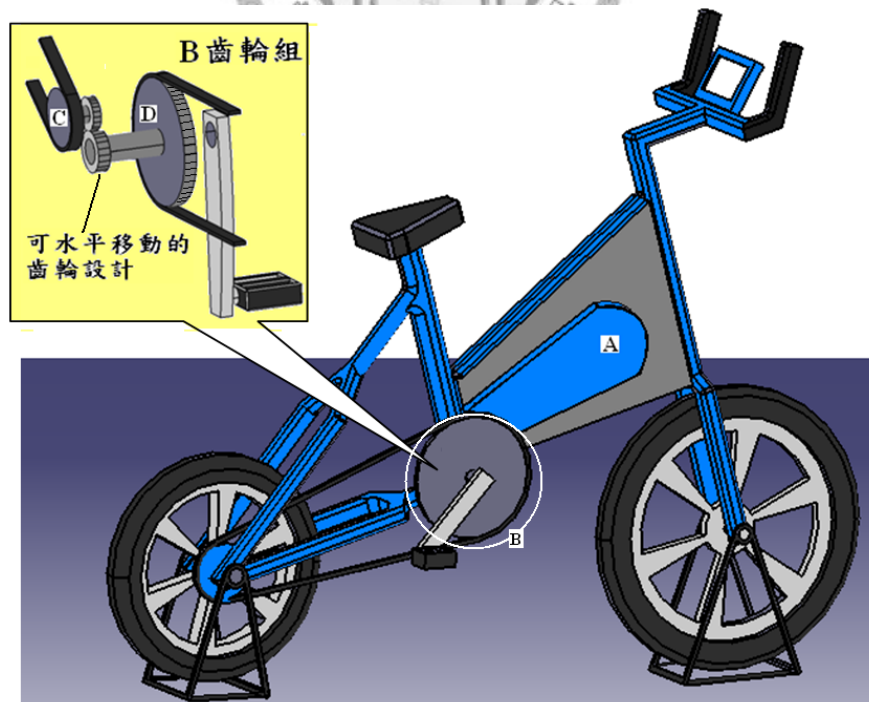
產品中同時包含自行車與健身車的功能，圖 22(a)中 A 處內部為一組與健身車相同設計的阻力元件，而 B 齒輪組是一組可依照使用需求做調整的齒輪機構，其中 B 齒輪組中包含了一個連接阻力元件的齒輪 C 與一個驅動自行車後輪的輪盤 D。在齒輪組當中，D 齒輪是由使用者踩腳踏板驅動。C 齒輪與 D 齒輪之間放置一個可延著 D 齒輪轉軸移動的齒輪，使用者藉由控制此可移動齒輪的位置，選擇是否帶動 C 齒輪。圖 22(a)為此概念產品提供自行車功能的示意圖，此時可移動齒輪未接觸 C 齒輪。圖 22(b)為此概念產品提供健身車功能的示意圖，此時可移動齒輪與 C 齒輪接觸，並且讓 C 齒輪所連接的阻力元件產生效果。使用健身車功能的同時，將附在前後輪的車架放下，使輪胎離開地面，便可以使用此概念產品的健身車功能。



圖 21 車輪活動式設計



(a) 概念產品二示意圖(使用自行車功能)



(b) 概念產品二示意圖(使用健身車功能)

圖 22 概念產品二

4.6 小結

本研究範例中，自行車與健身車之結構原本就差異不大，在延用原始元件的前提下使用 TRIZ 的發明原理，產生了 2 個概念解。概念解一是將健身車之元件建立在額外的車架上，所以與腳踏車之間的結構矛盾較少，後續設計重點在將放在車架之尺寸與如何讓車架上的阻力有效地傳遞至腳踏車。概念解二則可能產生較多的結構矛盾，需要考慮到外加入之元件是否能容納得下或使用者使用時是否舒適等，後續設計重點將放在修改腳踏車之部分結構或尺寸。完成概念解的細部設計之後便可進行市場調查或者它商業上的考量。另外，從田口分析法結果得到的另一組參數矛盾，在新的概念解中並沒有明顯的影響，所以目前不需要再改良設計方案。



第五章 結論與討論

在未來的消費市場裡，消費者的需求越來越多元化，為因應如此多變的消費趨勢，產品重新設計是一個值得開發的方向。除此之外，藉由分析現有產品，也能幫助設計者了解客戶需求及市場趨勢。本論文中所提出的方法，導入田口法之參數分析能力，以及將產品與產品之件的矛盾分解成元件與元件之間的矛盾，幫助設計者縮小設計範圍，並運用有系統且客觀的創新工具 TRIZ，經過前面幾個章節的詳細介紹後，本研究之結論統整如下：

- (1) 有別大部分研究將田口法用於實驗設計及穩健設計上，本研究將此參數分析能力用於產品元件評估，找出較關鍵元件，讓現有產品可以在改變最少原始設計的情況下加入新功能。在第四章範例得到的概念解中，有許多元件是可以延用，例如變速器、前叉、輪子、螢幕以及阻力元件等。
- (2) 在一般產品設計流程中，解決問題是主要的工作，但是尋找問題也是相當重要的一環。部分研究提及 TRIZ 的使用會針對 TRIZ 之改良或是將 TRIZ 融入不同領域的知識，所以本研究將重點放在找尋產品之矛盾所在，設計者若能結合不同的 TRIZ 運用方法，將能得到更多元的設計方向，進而找到更多概念解。
- (3) 本研究中產品設計方法以產品之功能性為主要考量，但是在一般產業中設計產品時，除了考慮產品功能之外，同時須考量到消費者對於新產品外型的要求及使用產品時的舒適性。因此，實際應用本設計方法時還必須考量到產品外型設計及人體工學等其他因素，讓本產品重新設計方法更加實用。
- (4) 表 9 元件與購買因素之間的重要性評估表是由設計者評估，若能加入被設計產品該領域專家之意見，相信能讓關鍵元件的掌握更準確。
- (5) 為了增加最終概念產品與於市場需求契合度，直交表之回應值若改用問卷方式，實驗結果將可以更客觀。

參考文獻

- [1] Natraj, I., Yagnanarayanan, K., Kuiyang, L., Subramaniam, J., Karthik, R., 2003, “A Reconfigurable 3D Engineering Shape Search System Part I: Sharp Representation”, ASME 2003 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference, 1(23), pp. 89-98.
- [2] Zhu, Y.Z., 2003, “A Study on Integrating the TRIZ Method with Functional Analysis”, Master Thesis. National Cheng Kung University.
- [3] Shieh, M.D., Yan, W., Chen, C.H., 2008, “Soliciting Customer Requirements for Product Redesign Based on Picture Sorts and ART2 Neural Network”, Expert Systems with Applications, 34, pp. 194–204.
- [4] Li, Z.S., Kou, F.H., Cheng, X.C., Wang, T., 2006, “Model-Based Product Redesign”, International Journal of Computer Science and Network Security, 6 (1), pp. 99-102.
- [5] Bovea, M.D., Wang, B., 2007, “Redesign Methodology for Developing Environmentally Conscious Products”, International Journal of Production Research, 45(18 & 19), pp. 4057-4072.
- [6] Kasarad, M.E., Terpenney, J.P., Inman, D., Precoda, K.R., Jelesko, J., Sahin, A., Park, J., 2007, “Design for Adaptability (DFAD)—A New Concept for Achieving Sustainable Design”, Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 23, pp. 727–734.
- [7] Thevenot, H.J., Nanda, J., Simpson, T.W., 2006, “Redesign Product Families using Heuristics Shared Ontology Component Information”, Information Reuse and Integration, Proceedings of the 2006 IEEE International Conference on Information Reuse and Integration, IRI-2006, pp. 330-335.

- [8] Alizon, F., Shooter, S.B., Simpson, T.W., 2007, “Improving an Existing Product Family Based on Commonality/Diversity, Modularity, and Cost”, *Design Studies*, 28(4), pp.387-409.
- [9] Janz, D., Sihn, W., 2005, “Product Redesign Using Value-Oriented Life Cycle Costing”, *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 54(1), pp. 9-12.
- [10] Lee, M.T., 2006, “A Study of Integrating QFD and TRIZ Into Breakthrough Umbrella Design Process For Ripe Old Age”, Master Thesis, National Yunlin University of Science & Technology.
- [11] Glenn, M., 2008, “Theory of Inventive Problem Solving (TRIZ)”, Available at: <http://www.mazur.net/triz/>. Accessed on: Jan. 15th 2008.
- [12] Wu Z.M., 2007, “Product Eco-Innovation by Combining TRIZ and Integrated New Product Development Process”, Master Thesis, National Cheng Kung University.
- [13] Wu, L.K., 2007, “Application of Inventive Principle on Systematic Innovation”, Master Thesis, National Taiwan University.
- [14] Zhao, X., 2005, “Integrated TRIZ and Six Sigma Theories for Service/Process Innovation”, *Services Systems and Services Management*, 1, pp. 529-532.
- [15] Houn, 2007, “The Application of Biomimetics in Product Innovative Design”, Master Thesis, National Cheng Kung University.
- [16] 王通、徐人平、李剛，2008， “運用 TRIZ 和田口法的集成開發產品” ，*機電產品開發與創新*，21(2)，pp.50-52。
- [17] Liu, C.C., 2003, “A Study of TRIZ Method Improvements and Eco-Innovative Design Methods”, Ph.D. Thesis, National Cheng Kung University.
- [18] Phadke, M.S., 1989, “Quality Engineering Using Robust Design”, Englewood Cliffs, N.J, Prentice-Hall.
- [19] Roy, R.K., 2001, “Design of Experiments Using the Taguchi Approach”, New York, Wiley.

- [20] Introduction to TRIZ. Available at:
<http://www.ee.iitb.ac.in/~apte/CV_PRA_TRIZ_INTRO.htm>. Accessed on:
Jan. 30th 2009.
- [21] Optimal Design Laboratory of YZU - A Knowledge Service Provider, Available
at: <<http://designer.mech.yzu.edu.tw/>>. Accessed on: Aug. 5th 2008.
- [22] What is an Inventive Problem. Available at:
<http://www.ideationtriz.com/source/12_Inventive_Problem.htm>. Accessed on:
Aug. 20th 2008.
- [23] Li-Xin Wang, 1996, “A Course in Fuzzy Systems and Control”, NJ, USA,
Prentice-Hall, Inc.
- [24] Chen, S., Hwang, C., 1996, “Fuzzy Multiple Attribute Decision Making”,
Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, 375, pp.466–482.
- [25] Shen, Z., Smith, S., 2005, “Optimizing The Functional Design and Life Cycle
Cost of Mechanical Systems Using Genetic Algorithms”, International Journal of
Advanced Manufacturing Technology, 27, pp. 1051-1057.
- [26] Domb, E., Miller, J., MacGran, E., 1998, “Explanation of the 39 Features of the
Contradiction Matrix”, Available at: <<http://www.triz-journal.com/>>. Accessed
on: Nov. 15th 2008.
- [27] Chang, H.T., Chen, J.L., 2004, “The Conflict-Problem-Solving CAD Software
Integrating TRIZ into eco-innovation”, Advances in Engineering Software, 35, pp.
553–566.
- [28] Chang H.T., 2003, “The Study of Eco-Innovative Design Integrating TRIZ with
Extension Method”, Ph.D. Thesis, National Cheng Kung University.

附錄A 39個TRIZ工程參數[26]

Moving objects	Objects which can easily change position in space, either on their own, or as a result of external forces. Vehicles and objects designed to be portable are the basic members of this class.
Stationary objects	Objects which do not change position in space, either on their own, or as a result of external forces. Consider the conditions under which the object is being used.
1 Weight of moving object	The mass of the object, in a gravitational field. The force that the body exerts on its support or suspension.
2 Weight of stationary object	The mass of the object, in a gravitational field. The force that the body exerts on its support or suspension, or on the surface on which it rests.
3 Length of moving object	Any one linear dimension, not necessarily the longest, is considered a length.
4 Length of stationary object	Same.
5 Area of moving object	A geometrical characteristic described by the part of a plane enclosed by a line. The part of a surface occupied by the object. OR the square measure of the surface, either internal or external, of an object.
6 Area of stationary object	Same
7 Volume of moving object	The cubic measure of space occupied by the object. Length x width x height for a rectangular object, height x area for a cylinder, etc.
8 Volume of stationary object	Same
9 Speed	The velocity of an object; the rate of a process or action in time.
10 Force	Force measures the interaction between systems. In Newtonian physics, force = mass X acceleration. In TRIZ, force is any interaction that is intended to change an object's condition.
11 Stress or pressure	Force per unit area. Also, tension.
12 Shape	The external contours, appearance of a system.
13 Stability of the object's composition	The wholeness or integrity of the system; the relationship of the system's constituent elements. Wear, chemical decomposition, and disassembly are all decreases in stability. Increasing entropy is decreasing stability.
14 Strength	The extent to which the object is able to resist changing in response to force. Resistance to breaking.
15 Duration of action by a moving object	The time that the object can perform the action. Service life. Mean time between failure is a measure of the duration of action. Also, durability.
16 Duration of action by a stationary object	Same.
17 Temperature	The thermal condition of the object or system. Loosely includes other thermal parameters, such as heat capacity, that affect the rate of change of temperature.
18 Illumination intensity	Light flux per unit area, also any other illumination characteristics of the system such as brightness, light quality, etc.
19 Use of energy by moving object	The measure of the object's capacity for doing work. In classical mechanics, Energy is the force X distance. This includes the use of energy provided by the super-system (such as electrical energy or heat.) Energy required to do a particular job.
20 Use of energy by stationary object	same
21 Power	The time rate at which work is performed. The rate of use of energy.
22 Loss of Energy	Use of energy that does not contribute to the job being done. See 19. Reducing the loss of energy sometimes requires different techniques from improving the use of energy, which is why this is a separate category.
23 Loss of substance	Partial or complete, permanent or temporary, loss of some of a system's materials, substances, parts, or subsystems.
24 Loss of Information	Partial or complete, permanent or temporary, loss of data or access to data in or by a system. Frequently includes sensory data such as aroma, texture, etc.
25 Loss of Time	Time is the duration of an activity. Improving the loss of time means reducing the time taken for the activity. "Cycle time reduction" is a common term.
26 Quantity of substance, Quantity of things	The number or amount of a system's materials, substances, parts or subsystems which might be changed fully or partially, permanently or temporarily.
27 Reliability	A system's ability to perform its intended functions in predictable ways and conditions.
28 Measurement accuracy	The closeness of the measured value to the actual value of a property of a system. Reducing the error in a measurement increases the accuracy of the measurement.
29 Manufacturing precision, production precision.	The extent to which the actual characteristics of the system or object match the specified or required characteristics.
30 External harm affects the object or system	Susceptibility of a system to externally generated (harmful) effects.
31 Object (or system)-generated harmful factors	A harmful effect is one that reduces the efficiency or quality of the functioning of the object or system. These harmful effects are generated by the object or system, as part of its operation.
32 Ease of manufacture; more generally, ease of production	The degree of facility, comfort or effortlessness in manufacturing or fabricating or producing the object/system.
33 Ease of operation	Simplicity: The process is NOT easy if it requires a large number of people, large number of steps in the operation, needs special tools, etc. "Hard" processes have low yield and "easy" process have high yield; they are easy to do right.
34 Ease of repair	Quality characteristics such as convenience, comfort, simplicity, and time to repair faults, failures, or defects in a system.
35 Adaptability or versatility	The extent to which a system/object positively responds to external changes. Also, a system that can be used in multiple ways under a variety of circumstances.
36 Device or system complexity	The number and diversity of elements and element interrelationships within a system. The user may be an element of the system that increases the complexity. The difficulty of mastering the system is a measure of its complexity.
37 Difficulty of detecting and measuring	Measuring or monitoring systems that are complex, costly, require much time and labor to set up and use, or that have complex relationships between components or components that interfere with each other all demonstrate "difficulty of detecting and measuring." Increasing cost of measuring to a satisfactory error is also a sign of increased difficulty of measuring.
38 Extent of automation	The extent to which a system or object performs its functions without human interface. The lowest level of automation is the use of a manually operated tool. For intermediate levels, humans program the tool, observe its operation, and interrupt or re-program as needed. For the highest level, the machine senses the operation needed, programs itself, and monitors its own operations.
39 Productivity	The number of functions or operations performed by a system per unit time. The smaller the time for a unit function or operation, the higher the productivity. The output per unit time, or the cost per unit output.

附錄B 矛盾矩陣[25]

Worsening Feature Improving Feature		Weight of moving object	Weight of stationary object	Length of moving object	Length of stationary object	Area of moving object	Area of stationary object	Volume of moving object	Volume of stationary object	Speed	Force (Intensity)	Stress or pressure	Shape	Stability of the object's composition
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Weight of moving object	+	-	15, 8, 29, 34	-	29, 17, 38, 34	-	29, 2, 40, 28	-	2, 8, 15, 38	8, 10, 18, 37	10, 36, 37, 40	10, 14, 35, 40	1, 35, 19, 39
2	Weight of stationary object	-	+	-	10, 1, 29, 35	-	35, 30, 13, 2	-	5, 35, 14, 2	-	8, 10, 19, 35	13, 29, 10, 18	13, 10, 29, 14	26, 39, 1, 40
3	Length of moving object	8, 15, 29, 34	-	+	-	15, 17, 4	-	7, 17, 4, 35	-	13, 4, 8	17, 10, 4	1, 8, 35	1, 8, 10, 29	1, 8, 15, 34
4	Length of stationary object		35, 28, 40, 29	-	+	-	17, 7, 10, 40	-	35, 8, 2, 14	-	28, 10	1, 14, 35	13, 14, 15, 7	39, 37, 35
5	Area of moving object	2, 17, 29, 4	-	14, 15, 18, 4	-	+	-	7, 14, 17, 4		29, 30, 4, 34	19, 30, 35, 2	10, 15, 36, 28	5, 34, 29, 4	11, 2, 13, 39
6	Area of stationary object	-	30, 2, 14, 18	-	26, 7, 9, 39	-	+	-		-	1, 18, 35, 36	10, 15, 36, 37		2, 38
7	Volume of moving object	2, 26, 29, 40	-	1, 7, 4, 35	-	1, 7, 4, 17	-	+	-	29, 4, 38, 34	15, 35, 36, 37	6, 35, 36, 37	1, 15, 29, 4	28, 10, 1, 39
8	Volume of stationary object	-	35, 10, 19, 14	19, 14	35, 8, 2, 14	-		-	+	-	2, 18, 37	24, 35	7, 2, 35	34, 28, 35, 40
9	Speed	2, 28, 13, 38	-	13, 14, 8	-	29, 30, 34	-	7, 29, 34	-	+	13, 28, 15, 19	6, 18, 38, 40	35, 15, 18, 34	28, 33, 1, 18
10	Force (Intensity)	8, 1, 37, 18	18, 13, 1, 28	17, 19, 9, 36	28, 10	19, 10, 15	1, 18, 36, 37	15, 9, 12, 37	2, 36, 18, 37	13, 28, 15, 12	+	18, 21, 11	10, 35, 40, 34	35, 10, 21
11	Stress or pressure	10, 36, 37, 40	13, 29, 10, 18	35, 10, 36	35, 1, 14, 16	10, 15, 36, 28	10, 15, 36, 37	6, 35, 10	35, 24	6, 35, 36	36, 35, 21	+	35, 4, 15, 10	35, 33, 2, 40
12	Shape	8, 10, 29, 40	15, 10, 26, 3	29, 34, 5, 4	13, 14, 10, 7	5, 34, 4, 10		14, 4, 15, 22	7, 2, 35	35, 15, 34, 18	35, 10, 37, 40	34, 15, 10, 14	+	33, 1, 18, 4
13	Stability of the object's composition	21, 35, 2, 39	26, 39, 1, 40	13, 15, 1, 28	37	2, 11, 13	39	28, 10, 19, 39	34, 28, 35, 40	33, 15, 28, 18	10, 35, 21, 16	2, 35, 40	22, 1, 18, 4	+
14	Strength	1, 8, 40, 15	40, 26, 27, 1	1, 15, 8, 35	15, 14, 28, 26	3, 34, 40, 29	9, 40, 28	10, 15, 14, 7	9, 14, 17, 15	8, 13, 26, 14	10, 18, 3, 14	10, 3, 18, 40	10, 30, 35, 40	13, 17, 35
15	Duration of action of moving object	19, 5, 34, 31	-	2, 19, 9	-	3, 17, 19	-	10, 2, 19, 30	-	3, 35, 5	19, 2, 16	19, 3, 27	14, 26, 28, 25	13, 3, 35
16	Duration of action by stationary object	-	6, 27, 19, 16	-	1, 40, 35	-		-	35, 34, 38	-				39, 3, 35, 23
17	Temperature	36, 22, 6, 38	22, 35, 32	15, 19, 9	15, 19, 9	3, 35, 39, 18	35, 38	34, 39, 40, 18	35, 6, 4	2, 28, 36, 30	35, 10, 3, 21	35, 39, 19, 2	14, 22, 19, 32	1, 35, 32
18	Illumination intensity	19, 1, 32	2, 35, 32	19, 32, 16		19, 32, 26		2, 13, 10		10, 13, 19	26, 19, 6		32, 30	32, 3, 27
19	Use of energy by moving object	12, 18, 2, 8, 31	-	12, 28	-	15, 19, 25	-	35, 13, 18	-	8, 35, 35	16, 26, 21, 2	23, 14, 25	12, 2, 29	19, 13, 17, 24
20	Use of energy by stationary object	-	19, 9, 6, 27	-							36, 37			27, 4, 29, 18

附錄B 矛盾矩陣(續)

Worsening Feature Improving Feature		Strength	Duration of action of moving object	Duration of action of stationary object	Temperature	Illumination intensity	Use of energy by moving object	Use of energy by stationary object	Power	Loss of Energy	Loss of Substance	Loss of Information	Loss of Time	Quantity of substance
		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
1	Weight of moving object	28, 27, 18, 40	5, 34, 31, 35	-	6, 29, 4, 38	19, 1, 32	35, 12, 34, 31	-	12, 36, 18, 31	6, 2, 34, 19	5, 35, 3, 31	10, 24, 35	10, 35, 20, 28	3, 26, 18, 31
2	Weight of stationary object	28, 2, 10, 27	-	2, 27, 19, 6	28, 19, 32, 22	19, 32, 35	-	18, 19, 28, 1	15, 19, 18, 22	18, 19, 28, 15	5, 8, 13, 30	10, 15, 35	10, 20, 35, 26	19, 6, 18, 26
3	Length of moving object	8, 35, 29, 34	19	-	10, 15, 19	32	8, 35, 24	-	1, 35	7, 2, 35, 39	4, 29, 23, 10	1, 24	15, 2, 29	29, 35
4	Length of stationary object	15, 14, 28, 26	-	1, 10, 35	3, 35, 38, 18	3, 25	-	-	12, 8	6, 28	10, 28, 24, 35	24, 26	30, 29, 14	
5	Area of moving object	3, 15, 40, 14	6, 3	-	2, 15, 16	15, 32, 19, 13	19, 32	-	19, 10, 32, 18	15, 17, 30, 26	10, 35, 2, 39	30, 26	26, 4	29, 30, 6, 13
6	Area of stationary object	40	-	2, 10, 19, 30	35, 39, 38		-		17, 32	17, 7, 30	10, 14, 18, 39	30, 16	10, 35, 4, 18	2, 18, 40, 4
7	Volume of moving object	9, 14, 15, 7	6, 35, 4	-	34, 39, 10, 18	2, 13, 10	35	-	35, 6, 13, 18	7, 15, 13, 16	36, 39, 34, 10	2, 22	2, 6, 34, 10	29, 30, 7
8	Volume of stationary object	9, 14, 17, 15	-	35, 34, 38	35, 6, 4		-		30, 6		10, 39, 35, 34		35, 16, 32, 18	35, 3
9	Speed	8, 3, 26, 14	3, 19, 35, 5	-	28, 30, 36, 2	10, 13, 19	8, 15, 35, 38	-	19, 35, 38, 2	14, 20, 19, 35	10, 13, 28, 38	13, 26		10, 19, 29, 38
10	Force (Intensity)	35, 10, 14, 27	19, 2		35, 10, 21	-	19, 17, 10	1, 16, 36, 37	19, 35, 18, 37	14, 15	8, 35, 40, 5		10, 37, 36	14, 29, 18, 36
11	Stress or pressure	9, 18, 3, 40	19, 3, 27		35, 39, 19, 2	-	14, 24, 10, 37		10, 35, 14	2, 36, 25	10, 36, 3, 37		37, 36, 4	10, 14, 36
12	Shape	30, 14, 10, 40	14, 26, 9, 25		22, 14, 19, 32	13, 15, 32	2, 6, 34, 14		4, 6, 2	14	35, 29, 3, 5		14, 10, 34, 17	36, 22
13	Stability of the object's composition	17, 9, 15	13, 27, 10, 35	39, 3, 35, 23	35, 1, 32	32, 3, 27, 16	13, 19	27, 4, 29, 18	32, 35, 27, 31	14, 2, 39, 6	2, 14, 30, 40		35, 27	15, 32, 35
14	Strength	+	27, 3, 26		30, 10, 40	35, 19	19, 35, 10	35	10, 26, 35, 28	35	35, 28, 31, 40		29, 3, 28, 10	29, 10, 27
15	Duration of action of moving object	27, 3, 10	+	-	19, 35, 39	2, 19, 4, 35	28, 6, 35, 18		19, 10, 35, 38		28, 27, 3, 18	10	20, 10, 28, 18	3, 35, 10, 40
16	Duration of action by stationary object		-	+	19, 18, 36, 40		-		16		27, 16, 18, 38	10	28, 20, 10, 16	3, 35, 31
17	Temperature	10, 30, 22, 40	19, 13, 39	19, 18, 36, 40	+	32, 30, 21, 16	19, 15, 3, 17		2, 14, 17, 25	21, 17, 35, 38	21, 36, 29, 31		35, 28, 21, 18	3, 17, 30, 39
18	Illumination intensity	35, 19	2, 19, 6		32, 35, 19	+	32, 1, 19	32, 35, 1, 15	32	13, 16, 1, 6	13, 1	1, 6	19, 1, 26, 17	1, 19
19	Use of energy by moving object	5, 19, 9, 35	28, 35, 6, 18	-	19, 24, 3, 14	2, 15, 19	+	-	6, 19, 37, 18	12, 22, 15, 24	35, 24, 18, 5		35, 38, 19, 18	34, 23, 16, 18
20	Use of energy by stationary object	35				19, 2, 35, 32	-	+			28, 27, 18, 31			3, 35, 31

附錄B 矛盾矩陣(續)

	Worsening Feature Improving Feature	Reliability	Measurement accuracy	Manufacturing precision	Object-affected harmful factors	Object-generated harmful factors	Ease of manufacture	Ease of operation	Ease of repair	Adaptability or versatility	Device complexity	Difficulty of detecting and measuring	Extent of automation	Productivity
		27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
1	Weight of moving object	1, 3, 11, 27	28, 27, 35, 26	28, 35, 26, 18	22, 21, 18, 27	22, 35, 31, 39	27, 28, 1, 36	35, 3, 2, 24	2, 27, 28, 11	29, 5, 15, 8	26, 30, 36, 34	28, 29, 26, 32	26, 35, 18, 19	35, 3, 24, 37
2	Weight of stationary object	10, 28, 8, 3	18, 26, 28	10, 1, 35, 17	2, 19, 22, 37	35, 22, 1, 39	28, 1, 9	6, 13, 1, 32	2, 27, 28, 11	19, 15, 29	1, 10, 26, 39	25, 28, 17, 15	2, 26, 35	1, 28, 15, 35
3	Length of moving object	10, 14, 29, 40	28, 32, 4	10, 28, 29, 37	1, 15, 17, 24	17, 15	1, 29, 17	15, 29, 35, 4	1, 28, 10	14, 15, 1, 16	1, 19, 26, 24	35, 1, 26, 24	17, 24, 26, 16	14, 4, 28, 29
4	Length of stationary object	15, 29, 28	32, 28, 3	2, 32, 10	1, 18		15, 17, 27	2, 25	3	1, 35	1, 26	26		30, 14, 7, 26
5	Area of moving object	29, 9	26, 28, 32, 3	2, 32	22, 33, 28, 1	17, 2, 18, 39	13, 1, 26, 24	15, 17, 13, 16	15, 13, 10, 1	15, 30	14, 1, 13	2, 36, 26, 18	14, 30, 28, 23	10, 26, 34, 2
6	Area of stationary object	32, 35, 40, 4	26, 28, 32, 3	2, 29, 18, 36	2, 29, 39, 35	22, 1, 40	40, 16	16, 4	16	15, 16	1, 18, 36	2, 35, 30, 18	23	10, 15, 17, 7
7	Volume of moving object	14, 1, 40, 11	25, 26, 28	25, 28, 2, 16	22, 21, 27, 35	17, 2, 40, 1	29, 1, 40	15, 13, 30, 12	10	15, 29	26, 1	29, 26, 4	35, 34, 16, 24	10, 6, 2, 34
8	Volume of stationary object	2, 35, 16		35, 10, 25	34, 39, 19, 27	30, 18, 35, 4	35		1		1, 31	2, 17, 26		35, 37, 10, 2
9	Speed	11, 35, 27, 28	28, 32, 1, 24	10, 28, 32, 25	1, 28, 35, 23	2, 24, 35, 21	35, 13, 8, 1	32, 28, 13, 12	34, 2, 28, 27	15, 10, 26	10, 28, 4, 34	3, 34, 27, 16	10, 18	
10	Force (Intensity)	3, 35, 13, 21	35, 10, 23, 24	28, 29, 37, 36	1, 35, 40, 18	13, 3, 36, 24	15, 37, 18, 1	1, 28, 3, 25	15, 1, 11	15, 17, 18, 20	26, 35, 10, 18	36, 37, 10, 19	2, 35	3, 28, 35, 37
11	Stress or pressure	10, 13, 19, 35	6, 28, 25	3, 35	22, 2, 37	2, 33, 27, 18	1, 35, 16	11	2	35	19, 1, 35	2, 36, 37	35, 24	10, 14, 35, 37
12	Shape	10, 40, 16	28, 32, 1	32, 30, 40	22, 1, 2, 35	35, 1	1, 32, 17, 28	32, 15, 26	2, 13, 1	1, 15, 29	16, 29, 1, 28	15, 13, 39	15, 1, 32	17, 26, 34, 10
13	Stability of the object's composition		13	18	35, 24, 30, 18	35, 40, 27, 39	35, 19	32, 35, 30	2, 35, 10, 16	35, 30, 34, 2	2, 35, 22, 26	35, 22, 39, 23	1, 8, 35	23, 35, 40, 3
14	Strength	11, 3	3, 27, 16	3, 27	18, 35, 37, 1	15, 35, 22, 2	11, 3, 10, 32	32, 40, 25, 2	27, 11, 3	15, 3, 32	2, 13, 25, 28	27, 3, 15, 40	15	29, 35, 10, 14
15	Duration of action of moving object	11, 2, 13	3	3, 27, 16, 40	22, 15, 33, 28	21, 39, 16, 22	27, 1, 4	12, 27	29, 10, 27	1, 35, 13	10, 4, 29, 15	19, 29, 39, 35	6, 10	35, 17, 14, 19
16	Duration of action by stationary object	34, 27, 6, 40	10, 26, 24		17, 1, 40, 33	22	35, 10	1	1	2		25, 34, 6, 35	1	20, 10, 16, 38
17	Temperature	19, 35, 3, 10	32, 19, 24	24	22, 33, 35, 2	22, 35, 2, 24	26, 27	26, 27	4, 10, 16	2, 18, 27	2, 17, 16	3, 27, 35, 31	26, 2, 19, 16	15, 28, 35
18	Illumination intensity		11, 15, 32	3, 32	15, 19	35, 19, 32, 39	19, 35, 28, 26	28, 26, 19	15, 17, 13, 16	15, 1, 19	6, 32, 13	32, 15	2, 26, 10	2, 25, 16
19	Use of energy by moving object	19, 21, 11, 27	3, 1, 32		1, 35, 6, 27	2, 35, 6	28, 26, 30	19, 35	1, 15, 17, 28	15, 17, 13, 16	2, 29, 27, 28	35, 38	32, 2	12, 28, 35
20	Use of energy by stationary object	10, 36, 23			10, 2, 22, 37	19, 22, 18	1, 4					19, 35, 16, 25		1, 6

附錄B 矛盾矩陣(續)

	Worsening Feature	Improving Feature	Weight of moving object	Weight of stationary object	Length of moving object	Length of stationary object	Area of moving object	Area of stationary object	Volume of moving object	Volume of stationary object	Speed	Force (Intensity)	Stress or pressure	Shape	Stability of the object's composition
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
21	Power		8, 36, 38, 31	19, 26, 17, 27	1, 10, 35, 37		19, 38	17, 32, 13, 38	35, 6, 38	30, 6, 25	15, 35, 2	26, 2, 36, 35	22, 10, 35	29, 14, 2, 40	35, 32, 15, 31
22	Loss of Energy		15, 6, 19, 28	19, 6, 18, 9	7, 2, 6, 13	6, 38, 7	15, 26, 17, 30	17, 7, 30, 18	7, 18, 23	7	16, 35, 38	36, 38			14, 2, 39, 6
23	Loss of substance		35, 6, 23, 40	35, 6, 22, 32	14, 29, 10, 39	10, 28, 24	35, 2, 10, 31	10, 18, 39, 31	1, 29, 30, 36	3, 39, 18, 31	10, 13, 28, 38	14, 15, 18, 40	3, 36, 37, 10	29, 35, 3, 5	2, 14, 30, 40
24	Loss of Information		10, 24, 35	10, 35, 5	1, 26	26	30, 26	30, 16		2, 22	26, 32				
25	Loss of Time		10, 20, 37, 35	10, 20, 26, 5	15, 2, 29	30, 24, 14, 5	26, 4, 5, 16	10, 35, 17, 4	2, 5, 34, 10	35, 16, 32, 18		10, 37, 36, 5	37, 36, 4	4, 10, 34, 17	35, 3, 22, 5
26	Quantity of substance		35, 6, 18, 31	27, 26, 18, 35	29, 14, 35, 18		15, 14, 29	2, 18, 40, 4	15, 20, 29		35, 29, 34, 28	35, 14, 3	10, 36, 14, 3	35, 14	15, 2, 17, 40
27	Reliability		3, 8, 10, 40	3, 10, 8, 28	15, 9, 14, 4	15, 29, 28, 11	17, 10, 14, 16	32, 35, 40, 4	3, 10, 14, 24	2, 35, 24	21, 35, 11, 28	8, 28, 10, 3	10, 24, 35, 19	35, 1, 16, 11	
28	Measurement accuracy		32, 35, 26, 28	28, 35, 25, 26	28, 26, 5, 16	32, 28, 3, 16	26, 28, 32, 3	26, 28, 32, 3	32, 13, 6		28, 13, 32, 24	32, 2	6, 28, 32	6, 28, 32	32, 35, 13
29	Manufacturing precision		28, 32, 13, 18	28, 35, 27, 9	10, 28, 29, 37	2, 32, 10	28, 33, 29, 32	2, 29, 18, 36	32, 23, 2	25, 10, 35	10, 28, 32	28, 19, 34, 36	3, 35	32, 30, 40	30, 18
30	Object-affected harmful factors		22, 21, 27, 39	2, 22, 13, 24	17, 1, 39, 4	1, 18	22, 1, 33, 28	27, 2, 39, 35	22, 23, 37, 35	34, 39, 19, 27	21, 22, 35, 28	13, 35, 39, 18	22, 2, 37	22, 1, 3, 35	35, 24, 30, 18
31	Object-generated harmful factors		19, 22, 15, 39	35, 22, 1, 39	17, 15, 16, 22		17, 2, 18, 39	22, 1, 40	17, 2, 30, 18, 40	35, 28, 3, 23	35, 28, 3, 23	35, 28, 1, 40	2, 33, 27, 18	35, 1	35, 40, 27, 39
32	Ease of manufacture		28, 29, 15, 16	1, 27, 36, 13	1, 29, 13, 17	15, 17, 27	13, 1, 26, 12	16, 40	13, 29, 1, 40	35	35, 13, 8, 1	35, 12	35, 19, 1, 37	1, 28, 13, 27	11, 13, 1
33	Ease of operation		25, 2, 13, 15	6, 13, 1, 25	1, 17, 13, 12		1, 17, 13, 16	18, 16, 15, 39	1, 16, 35, 15	4, 18, 39, 31	18, 13, 34	28, 13, 35	2, 32, 12	15, 34, 29, 28	32, 35, 30
34	Ease of repair		2, 27, 35, 11	2, 27, 35, 11	1, 28, 10, 25	3, 18, 31	15, 13, 32	16, 25	25, 2, 35, 11	1	34, 9	1, 11, 10	13	1, 13, 2, 4	2, 35
35	Adaptability or versatility		1, 6, 15, 8	19, 15, 29, 16	35, 1, 29, 2	1, 35, 16	35, 30, 29, 7	15, 16	15, 35, 29		35, 10, 14	15, 17, 20	35, 16	15, 37, 1, 8	35, 30, 14
36	Device complexity		26, 30, 34, 36	2, 26, 35, 39	1, 19, 26, 24	26	14, 1, 13, 16	6, 36	34, 26, 6	1, 16	34, 10, 28	26, 16	19, 1, 35	29, 13, 28, 15	2, 22, 17, 19
37	Difficulty of detecting and measuring		27, 26, 28, 13	6, 13, 28, 1	16, 17, 26, 24	26	2, 13, 18, 17	2, 39, 30, 16	29, 1, 4, 16	2, 18, 26, 31	3, 4, 16, 35	30, 28, 40, 19	35, 36, 37, 32	27, 13, 1, 39	11, 22, 39, 30
38	Extent of automation		28, 26, 18, 35	28, 26, 35, 10	14, 13, 17, 28	23	17, 14, 13		35, 13, 16		28, 10	2, 35	13, 35	15, 32, 1, 13	18, 1
39	Productivity		35, 26, 24, 37	28, 27, 15, 3	18, 4, 28, 38	30, 7, 14, 26	10, 26, 34, 31	10, 35, 17, 7	2, 6, 34, 10	35, 37, 10, 2		28, 15, 10, 36	10, 37, 14	14, 10, 34, 40	35, 3, 22, 39

附錄B 矛盾矩陣(續)

	Worsening Feature	Strength	Duration of action of moving object	Duration of action of stationary object	Temperature	Illumination intensity	Use of energy by moving object	Use of energy by stationary object	Power	Loss of Energy	Loss of Substance	Loss of Information	Loss of Time	Quantity of substance
		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
21	Power	26, 10, 28	19, 35, 10, 38	16	2, 14, 17, 25	16, 6, 19	16, 6, 19, 37		+	10, 35, 38	28, 27, 18, 38	10, 19	35, 20, 10, 6	4, 34, 19
22	Loss of Energy	26			19, 38, 7	1, 13, 32, 15			3, 38	+	35, 27, 2, 37	19, 10	10, 18, 32, 7	7, 18, 25
23	Loss of substance	35, 28, 31, 40	28, 27, 3, 18	27, 16, 18, 38	21, 36, 39, 31	1, 6, 13	35, 18, 24, 5	28, 27, 12, 31	28, 27, 18, 38	35, 27, 2, 31	+		15, 18, 35, 10	6, 3, 10, 24
24	Loss of Information		10	10		19			10, 19	19, 10		+	24, 26, 28, 32	24, 28, 35
25	Loss of Time	29, 3, 28, 18	20, 10, 28, 18	28, 20, 10, 16	35, 29, 21, 18	1, 19, 26, 17	35, 38, 19, 18	1	35, 20, 10, 6	10, 5, 18, 32	35, 18, 10, 39	24, 26, 28, 32	+	35, 38, 18, 16
26	Quantity of substance	14, 35, 34, 10	3, 35, 10, 40	3, 35, 31	3, 17, 39		34, 29, 16, 18	3, 35, 31	35	7, 18, 25	6, 3, 10, 24	24, 28, 35	35, 38, 18, 16	+
27	Reliability	11, 28	2, 35, 3, 25	34, 27, 6, 40	3, 35, 10	11, 32, 13	21, 11, 27, 19	36, 23	21, 11, 26, 31	10, 11, 35	10, 35, 29, 39	10, 28	10, 30, 4	21, 28, 40, 3
28	Measurement accuracy	28, 6, 32	28, 6, 32	10, 26, 24	6, 19, 28, 24	6, 1, 32	3, 6, 32		3, 6, 32	26, 32, 27	10, 16, 31, 28		24, 34, 28, 32	2, 6, 32
29	Manufacturing precision	3, 27	3, 27, 40		19, 26	3, 32	32, 2		32, 2	13, 32, 2	35, 31, 10, 24		32, 26, 28, 18	32, 30
30	Object-affected harmful factors	18, 35, 37, 1	22, 15, 33, 28	17, 1, 40, 33	22, 33, 35, 2	1, 19, 32, 13	1, 24, 6, 27	10, 2, 22, 37	19, 22, 31, 2	21, 22, 35, 2	33, 22, 19, 40	22, 10, 2	35, 18, 34	35, 33, 29, 31
31	Object-generated harmful factors	15, 35, 22, 2	15, 22, 33, 31	21, 39, 16, 22	22, 35, 2, 24	19, 24, 39, 32	2, 35, 6	19, 22, 18	2, 35, 18	21, 35, 2, 22	10, 1, 34	10, 21, 29	1, 22	3, 24, 39, 1
32	Ease of manufacture	1, 3, 10, 32	27, 1, 4	35, 16	27, 26, 18	28, 24, 27, 1	28, 26, 27, 1	1, 4	27, 1, 12, 24	19, 35	15, 34, 33	32, 24, 18, 16	35, 28, 34, 4	35, 23, 1, 24
33	Ease of operation	32, 40, 3, 28	29, 3, 8, 25	1, 16, 25	26, 27, 13	13, 17, 1, 24	1, 13, 24		35, 34, 2, 10	2, 19, 13	28, 32, 2, 24	4, 10, 27, 22	4, 28, 10, 34	12, 35
34	Ease of repair	11, 1, 2, 9	11, 29, 28, 27	1	4, 10	15, 1, 13	15, 1, 28, 16		15, 10, 32, 2	15, 1, 32, 19	2, 35, 34, 27		32, 1, 10, 25	2, 28, 10, 25
35	Adaptability or versatility	35, 3, 32, 6	13, 1, 35	2, 16	27, 2, 3, 35	6, 22, 26, 1	19, 35, 29, 13		19, 1, 29	18, 15, 1	15, 10, 2, 13		35, 28	3, 35, 15
36	Device complexity	2, 13, 28	10, 4, 28, 15		2, 17, 13	24, 17, 13	27, 2, 29, 28		20, 19, 30, 34	10, 35, 13, 2	35, 10, 28, 29		6, 29	13, 3, 27, 10
37	Difficulty of detecting and measuring	27, 3, 15, 28	19, 29, 39, 25	25, 34, 6, 35	3, 27, 35, 16	2, 24, 26	35, 38	19, 35, 16	18, 1, 16, 10	35, 3, 15, 19	1, 18, 10, 24	35, 33, 27, 22	18, 28, 32, 9	3, 27, 29, 18
38	Extent of automation	25, 13	6, 9		26, 2, 19	8, 32, 19	2, 32, 13		28, 2, 27	23, 28	35, 10, 18, 5	35, 33	24, 28, 35, 30	35, 13
39	Productivity	29, 28, 10, 18	35, 10, 2, 18	20, 10, 16, 38	35, 21, 28, 10	26, 17, 19, 1	35, 10, 38, 19	1	35, 20, 10	28, 10, 29, 35	28, 10, 35, 23	13, 15, 23		35, 38

附錄B 矛盾矩陣(續)

	Worsening Feature Improving Feature	Reliability	Measurement accuracy	Manufacturing precision	Object-affected harmful factors	Object-generated harmful factors	Ease of manufacture	Ease of operation	Ease of repair	Adaptability or versatility	Device complexity	Difficulty of detecting and measuring	Extent of automation	Productivity
		27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
21	Power	19, 24, 26, 31	32, 15, 2	32, 2	19, 22, 31, 2	2, 35, 18	26, 10, 34	26, 35, 10	35, 2, 10, 34	19, 17, 34	20, 19, 30, 34	19, 35, 16	28, 2, 17	28, 35, 34
22	Loss of Energy	11, 10, 35	32		21, 22, 35, 2	21, 35, 2, 22		35, 32, 1	2, 19		7, 23	35, 3, 15, 23	2	28, 10, 29, 35
23	Loss of substance	10, 29, 39, 35	16, 34, 31, 28	35, 10, 24, 31	33, 22, 30, 40	10, 1, 34, 29	15, 34, 33	32, 28, 2, 24	2, 35, 34, 27	15, 10, 2	35, 10, 28, 24	35, 18, 10, 13	35, 10, 18	28, 35, 10, 23
24	Loss of Information	10, 28, 23			22, 10, 1	10, 21, 22	32	27, 22				35, 33	35	13, 23, 15
25	Loss of Time	10, 30, 4	24, 34, 28, 32	24, 26, 28, 18	35, 18, 34	35, 22, 18, 39	35, 28, 34, 4	4, 28, 10, 34	32, 1, 10	35, 28	6, 29	18, 28, 32, 10	24, 28, 35, 30	
26	Quantity of substance	18, 3, 28, 40	13, 2, 28	33, 30	35, 33, 29, 31	3, 35, 40, 39	29, 1, 35, 27	35, 29, 25, 10	2, 32, 10, 25	15, 3, 29	3, 13, 27, 10	3, 27, 29, 18	8, 35	13, 29, 3, 27
27	Reliability	+	32, 3, 11, 23	11, 32, 1	27, 35, 2, 40	35, 2, 40, 26		27, 17, 40	1, 11	13, 35, 8, 24	13, 35, 1	27, 40, 28, 27	11, 13, 27	1, 35, 29, 38
28	Measurement accuracy	5, 11, 1, 23	+		28, 24, 22, 26	3, 33, 39, 10	6, 35, 25, 18	1, 13, 17, 34	1, 32, 13, 11	13, 35, 2	27, 35, 10, 34	26, 24, 32, 28	28, 2, 10, 34	10, 34, 28, 32
29	Manufacturing precision	11, 32, 1		+	26, 28, 10, 36	4, 17, 34, 26		1, 32, 35, 23	25, 10		26, 2, 18		26, 28, 18, 23	10, 18, 32, 39
30	Object-affected harmful factors	27, 24, 2, 40	28, 33, 23, 26	26, 28, 10, 18	+		24, 35, 2	2, 25, 28, 39	35, 10, 2	35, 11, 22, 31	22, 19, 29, 40	22, 19, 29, 40	33, 3, 34	22, 35, 13, 24
31	Object-generated harmful factors	24, 2, 40, 39	3, 33, 26	4, 17, 34, 26		+					19, 1, 31	2, 21, 27, 1	2	22, 35, 18, 39
32	Ease of manufacture		1, 35, 12, 18		24, 2		+	2, 5, 13, 16	35, 1, 11, 9	2, 13, 15	27, 26, 1	6, 28, 11, 1	8, 28, 1	35, 1, 10, 28
33	Ease of operation	17, 27, 8, 40	25, 13, 2, 34	1, 32, 35, 23	2, 25, 28, 39		2, 5, 12	+	12, 26, 1, 32	15, 34, 1, 16	32, 26, 12, 17		1, 34, 12, 3	15, 1, 28
34	Ease of repair	11, 10, 1, 16	10, 2, 13	25, 10	35, 10, 2, 16		1, 35, 11, 10	1, 12, 26, 15	+	7, 1, 4, 16	35, 1, 13, 11		34, 35, 7, 13	1, 32, 10
35	Adaptability or versatility	35, 13, 8, 24	35, 5, 1, 10		35, 11, 32, 31		1, 13, 31	15, 34, 1, 16	1, 16, 7, 4	+	15, 29, 37, 28	1	27, 34, 35	35, 28, 6, 37
36	Device complexity	13, 35, 1	2, 26, 10, 34	26, 24, 32	22, 19, 29, 40	19, 1	27, 26, 1, 13	27, 9, 26, 24	1, 13	29, 15, 28, 37	+	15, 10, 37, 28	15, 1, 24	12, 17, 28
37	Difficulty of detecting and measuring	27, 40, 28, 8	26, 24, 32, 28		22, 19, 29, 28	2, 21	5, 28, 11, 29	2, 5	12, 26	1, 15	15, 10, 37, 28	+	34, 21	35, 18
38	Extent of automation	11, 27, 32	28, 26, 10, 34	28, 26, 18, 23	2, 33	2	1, 26, 13	1, 12, 34, 3	1, 35, 13	27, 4, 1, 35	15, 24, 10	34, 27, 25	+	5, 12, 35, 26
39	Productivity	1, 35, 10, 38	1, 10, 34, 28	18, 10, 32, 1	22, 35, 13, 24	35, 22, 18, 39	35, 28, 2, 24	1, 28, 7, 10	1, 32, 10, 25	1, 35, 28, 37	12, 17, 28, 24	35, 18, 27, 2	5, 12, 35, 26	+

附錄C 40個TRIZ發明原理[13, 27, 28]

編號	創新法則		
1	Segmentation 分割	解釋	a. 將物體分割成獨立的零件。 b. 作成組合式的物體。(為了簡單組裝或分解)。 c. 增加物體分割的程度。
		舉例	免削鉛筆、組合式沙發、積木、相容電腦硬體、接起來花園水管
2	Extraction 萃取	解釋	a. 從一個物體中取出(移除或分離)具妨礙性的零件或屬性。 b. 僅取出需要的零件或屬性
		舉例	照 X 光、無噪音中央真空吸塵系統、機場用鳥聲音嚇走小鳥
3	Local Quality 局部特性	解釋	a. 將一物體或外在環境(動作)由相同成分組成的結構轉變成由不同成分組成的結構。 b. 具有不同零件的物體以執行不同的功能。 c. 將物體各零件置於最適合操作的條件下。
		舉例	水中焊接、鉛筆加橡擦、低噪音長壽命的複層輪胎
4	Asymmetry 不對稱	解釋	a. 以不對稱形狀取代對稱形狀。 b. 如果一物體已經不對稱，增加其不對稱的程度。
		舉例	輪胎不對稱的紋路、不對稱的爐子、可旋轉機身的迷你數位相機
5	Combining 合併	解釋	a. 同質或產生連續作業的物體在空間上加以結合。 b. 同質的或連續的作業在時間上加以結合。
		舉例	高性能筆記型電腦冷卻系統
6	Universality 通用／普遍性	解釋	具備多功能的物體，可消滅對其他物體的需求。
		舉例	太陽能車的電瓶、沙發床、汽車座位、蓄太陽能發光路標
7	Nesting 依次套疊	解釋	a. 物體內可依序放入其他物體。 b. 一個物體可通過另一個物體的孔洞。
		舉例	免削鉛筆、俄羅斯娃娃、CSP 封裝
8	Counterweight 平衡力	解釋	a. 連接另一個具有舉升力的物體，以抵銷物體的重量。 b. 與環境提供之空氣動力或水力互動，以抵銷物體的重量。
		舉例	Run-Flat 輪胎系統、水翼船
9	Prior Counteraction 預先抵銷	解釋	事先給予反張力補償物體上過度與不想要的應力。
		舉例	加強混合柱、捲線收納器
10	Preliminary Action	解釋	a. 事先完成全部動作或至少完成部分動作。 b. 安置物體使他們在行動時，不會浪費時間在等待。

	預先作用	舉例	打石膏前放入鋼條、免用電池與電燈泡之手電筒
11	Beforehand Cushioning 預先緩衝	解釋	事先採取對策以補償低可靠性的物體。
		舉例	賽車旁的輪胎稻草、圖書館的磁片、自清式抽油煙機排風罩
12	Equipotentiality 等位性	解釋	改變工作的狀況，使得物體不需被舉起或降低。
		舉例	在地下坑內引擎換機油、特殊車輛搬動大水管
13	Inversion 反向	解釋	a. 執行相反的動作，以取代制式的動作。（如：冷卻取代加熱）。 b. 使物體的可動零件或外在環境固定，且不動零件可移動。 c. 使物體上下顛倒。
		舉例	利用振動法去掉表面的清潔、汽機車的測試的運動
14	Spheroidality-Curvature 球狀、曲線	解釋	a. 以曲線取代線性零件或平面，以球體取代立方體。 b. 使用滾筒、球、螺旋。 c. 以旋轉運動取代線性運動，或利用離心力。
		舉例	利用圓形跑道取代直線、電腦滑鼠球的運動改變為平面
15	Dynamics 動態	解釋	a. 使物體的特性或外在環境能在作業的各階段，為了達到最適性能而調整。 b. 將物體分割成元件，使各元件間的位置能被改變。 c. 使無法移動的物體可移動或可替換。
		舉例	三組輪子的汽車過凸塊
16	Partial or Excessive Actions 部分或過份的作動	解釋	如果不易獲得 100% 的預期效應，可將動作作得多一點或少一點以 簡化問題。
		舉例	漆滴在圓柱上，旋轉圓柱
17	Moving to a New Dimension 移至新的空間	解釋	a. 利用二維運動來移動物體，以取代線性運動。利用三維運動來移動物體，以取代平面運動。 b. 以多層組合取代單層。 c. 傾斜物體。 d. 投射影像到物體的鄰近區域或另一側。
		舉例	凸透鏡讓房間照明提高、垂直放置木頭
18	Mechanical Vibration 機械振動	解釋	a. 使物體振動。 b. 如果物體已有振動，增加它的頻率，甚至可達到超音速。 c. 使用共振頻率。 d. 使用壓力振動以取代機械振動。 e. 利用電磁場與超音波振動結合。

		舉例	超音波振動清洗機械元件、鑄件的振動
19	Periodic Action 週期運動	解釋	a. 以週期性的動作（或脈衝），取代連續動作。 b. 如果已經是週期性的動作，改變它的頻率。 c. 在脈衝間暫停，並提供額外的動作。
		舉例	噴水灑草、煙囪冒煙、扳手用力、警示閃燈
20	Continuity of Useful Action 利用動作連續性	解釋	a. 不間斷的完成一個動作。一個物體的全部零件皆全力運作。 b. 移除閒置的及中間的動作。 c. 以巡迴動作取代來回動作。
		舉例	折斷鐵絲、懶惰蘇珊
21	Rushing Through 急速通過	解釋	a. 在高速下完成有害或危險的作業。
		舉例	切割薄的圓塑膠管，高速切下
22	Convert Harm into Benefit 將害處轉換為好處	解釋	a. 利用環境上的有害因素或效應以獲得一個正面的效應。 b. 加上另一有害因素，以移除原有的有害因素。 c. 增加有害動作的量，直到它的害處被終止。
		舉例	沙用在雪地、高頻率電流會使金屬表面加熱，用作表面處理
23	Feedback 回饋	解釋	a. 導入回饋。 b. 如果回饋已存在，將它反轉。
		舉例	主動避震控制、主動噪音控制
24	Mediator 媒介	解釋	a. 利用一中間物體去轉換或完成一動作。 b. 暫時地將一物體和另一個可方便移除的物體連接。
		舉例	影印碳粉
25	Self-service 自助	解釋	a. 使物體自己完成補充及修護作業。 b. 使材料和能源的使用不浪費。
		舉例	錐形混泥土的霸
26	Copying 複製	解釋	a. 使用簡單、便宜的複製品，以取代複雜、昂貴、易脆或不方便的物體來操作。 b. 以光學複製品或光學影像取代一物體或系統，一尺度可被用來縮小或放大影像。 c. 以紅外線或紫外線複製取代可見光複製。
		舉例	利用影子量高樓、利用拍照方式量樹頭尺寸
27	Dispose 丟棄	解釋	以便宜的物體取代昂貴的物體，以補償其他性質。（如：壽命）。
		舉例	紙尿布、紙褲

28	Replacement of Mechanical Systems 取代機械系統	解釋	a. 以視覺的、聽覺的或嗅覺的系統取代機械系統。 b. 以電場、磁場或電磁場來使物體互相影響。 c. 更換場。 d. 利用結合了強磁性粒子的場。
		舉例	監聽工具機狀態
29	Pneumatics and Hydraulics 使用氣壓和液壓	解釋	以氣體或液體取代一物體的固體零件。這些零件能利用空氣或水的膨脹，或利用空氣或流體靜力作為緩衝。
		舉例	載貨車箱用氣球充空間、包裝用汽包、汽車安全汽囊
30	Flexible Shells and Thin Films 使用撓性殼和薄膜	解釋	a. 以彈性膜及薄膜取代原來構造。 b. 以薄膜將物體與外界環境隔離。
		舉例	用薄膜分隔在不同液體的油罐車
31	Porous Materials 多孔材料	解釋	a. 使物體多孔化或使用附加多孔元件的物體（插入物、覆蓋物等）。 b. 假如物體已有許多孔，可預先填充某物質。
		舉例	印表機墨水盒的海綿、人工腎臟
32	Color Changes 改變顏色	解釋	a. 改變一物體或其周圍事物的顏色。 b. 改變一物體或其周圍事物的透明程度。 c. 使用顏色添加劑去觀察不易看到的物體或過程。 d. 如果顏色添加劑已被使用，可再利用發光追蹤元素。
		舉例	鋼廠用布幕保護工人的熱度、汽車隔熱紙、電池充電與否
33	Homogeneity 同質	解釋	使物體的相互作用來自於相同材料，或性質相近的材料。
		舉例	利用氧的蒸汽器融化固態氧
34	Discarding and Recovering 拋棄與復原	解釋	a. 當物體的功能已完成或無用時，把它拋棄或修正（如：拋棄、分解、揮發）。 b. 直接復原已耗盡的零件或物體。
		舉例	子彈的彈殼、發射衛星的援助筒
35	Transformation of Properties 改變物質特性	解釋	改變物體各種狀態、密度、濃度、彈性或溫度等。
		舉例	轉換物體之物理、化學狀態
36	Phase Transitions	解釋	在物質的相的轉變過程中執行一有效的發展。如：在體積改變過程中可釋放熱量或吸收熱量。

	相轉變	舉例	波浪狀的管、液態瓦斯
37	Thermal Expansion 熱膨脹	解釋	a. 利用熱使得材料收縮或膨脹。 b. 使用具不同膨脹係數的材料。
		舉例	雙金屬
38	Strong Oxidants 強氧化劑	解釋	a. 以加濃空氣取代正常空氣。 b. 以氧氣取代加濃空氣。 c. 在空氣或氧氣中進行離子化。 d. 使用氧離子。
		舉例	增加爐火，加氧
39	Inert Atmosphere 惰性環境	解釋	a. 以惰性環境取代正常環境。 b. 在真空中完成過程。
		舉例	滅火器、啞焊隔離氧
40	Composite Material 複合材料	解釋	以複合材料取代同質材料。
		舉例	飛機、自行車

