

以設計原則累計權重方法於 TRIZ 法則設計新產品之研究

張祥唐 吳立仁 吳俊男 陳瑞彬 陳家豪

國立成功大學機械工程學系

台南市大學路一號

國科會補助編號：NSC89-2212-E-006-169

摘要：前蘇聯學者 Genrich S. Altshuller 所提出之 TRIZ (Theory of Invention Problem Solving) 法則，是由無數計之專利所推演、分析與歸類之獨到工程衝突解決方法，對於設計工程問題有相當程度之助益。然而 TRIZ 方法之精髓 - 衝突表 (Contradiction Table) 僅能顯示兩參數衝突所能解決之原則，對於設計者在產品初始設計面臨多項工程衝突時較不易搜尋判斷主要解決原則。本研究吾人主要以 TRIZ 方法中所提出之衝突表為中心，再以腦力激盪法 (Brain Storming) 或是品質機能展開法 (Quality Function Deployment, QFD) 列舉多項工程參數後，轉化為衝突項目並以吾人所提出之累計權重方法尋求相關主要設計原則，再判別各項設計原則之適用性，篩選出合適之設計原則，以作為產品設計之方針。吾人選定日常文具修正帶機構、CD 外盒、行動電話與開罐器為實際演繹對象，得到可行之新設計或驗證。

關鍵字：TRIZ 法則、累計權重、腦力激盪法、品質機能展開法

1. 前言

由前蘇聯學者 Genrich S. Altshuller 所提出之 TRIZ (Theory of Invention Problem Solving) 法則，在歐美等國家學者引入【1】並為它闡釋與應用後，終突破國界與語言文化之藩籬，逐漸廣為世人知悉。此項由無數計之專利所推演、分析與歸類之獨到工程衝突解決方法，對於設計工程問題有相當程度之助益。也由於 TRIZ 法則提供產品設計者一套有系統且具相當可行性的理論方法，無論是新產品設計或是改良現有產品特性，皆可應用此一法則。然而 TRIZ 方法之精髓 - 衝突表 (Contradiction Table) 僅能顯示兩參數衝突所能解決之原則，對於設計者在產品初始設計面臨多項工程衝突時，較不易搜尋判斷主要解決原則。本文吾人主要以 TRIZ 方法中所提出之衝突表為中心，再以腦力激盪法 (Brain Storming) 或

是品質機能展開法 (Quality Function Deployment, QFD) 列舉多項工程參數後，轉化為衝突項目並以吾人所提出之累計權重方法尋求相關主要設計原則，再判別各項設計原則之適用性，篩選出合適之設計原則，以作為產品設計之方針。

2. TRIZ 法則與累計權重方法

簡單地說，TRIZ 法則是以科學的方法，搜尋已有各類問題案例，找尋其中相似處，做系統性的區分與歸類。這些問題多半是屬於設計理念與實際現象的衝突，或是多種現象聚集時所產生之矛盾。經過這樣的問題歸類，可以探索出改善同質性問題的數個解決方法，並推論出解決衝突問題之有利解決方法。由於 Altshuller 等人廣泛與深度地蒐集問題案例，已建立一相當完整的問題解決方法，衝突表 (或稱矛盾矩陣

表)即是 TRIZ 方法最具代表之產物。而整個 TRIZ 方法也在不斷地擴充與進步，以適應各種問題。

概括地說，TRIZ 方法可由下列三點組成：

1. 技術的演化。
2. 理想的系統或解答。
3. 技術與物理矛盾衝突的解決。

而最易讓人瞭解與易於應用的，即是由 39 個設計參數與 40 個發明法則所組成之衝突表。對於衝突表，一般設計者直覺性的利用是在遭遇設計衝突問題(如想要改變之特性 - 設計物移動之重量與不希望產生之結果 - 設計移動之長度)時，搜尋所對應之建議解決途徑(如利用動態、平衡力、氣動或水利構造與拋棄及再生零件等)，利用這些改善提示對設計物作解決或改善。

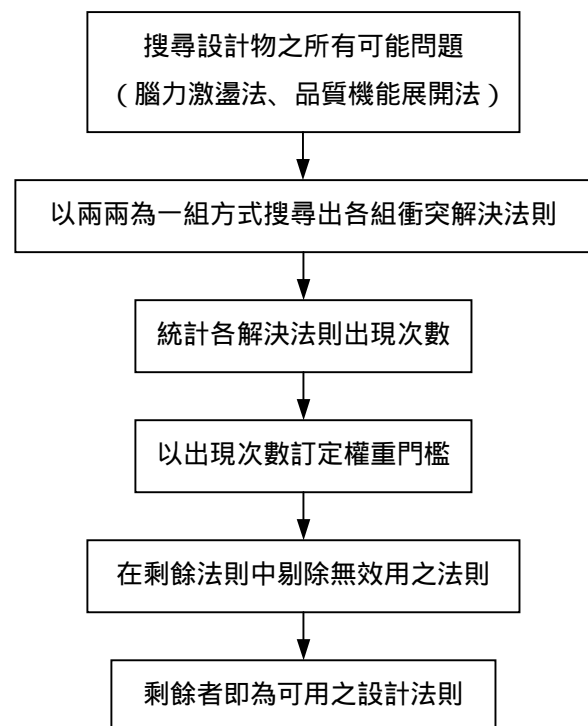
現今已有許多應用 TRIZ 方法做產品設計或改良之研究，包括：汽車外型設計之研究【2】、較舒適腳踏車坐墊之研究【3】、腳踏車煞車設計【4】、可快速開啟且可靠之信封【5】與可重複使用且具自鎖之螺帽研究【6】等。然而當設計者面對的問題往往不是單純的二項條件衝突，可能是一連串互相影響的衝突，而這些衝突解決方案可能在設計者在設計產品時會出現在腦海中，或是被忽視。這樣的狀況往往會讓設計者無法正確或容易地掌握設計方針，徒增設計時間。

在初始階段找尋設計問題時，無論是嶄新設計或是針對現有產品做改良，可用腦力激盪法或品質機能展開法搜尋出設計問題，這些問題可以視作衝突表中的設計參數，而參數與參數之間可能存有一個或一個以上之衝突。

本文所提出的累計權重方法即是對於設計問題所能產生之衝突逐一列出，再搜尋各單組衝突互相產生之解決法則，如此可以產生多樣且具重複性之解決法則。吾人再將這群法則作統計，依據出現次數的多寡決定權重，判定其是否為設計之參考目標。最後再判定這些解決法則的可行性，剔除與本設計無關之法則，殘餘者可為設計者遵循之解決目標或改進方針。後[圖一]為整個方法之流程。

在訂定出現次數權重門檻方面，可以隨設計者要

求作變更。吾人在後述之範例訂定以最高出現次數之 1/3 或 1/2 為門檻，低於此者則不予考慮。可以預見的是，門檻訂定的愈低，所能獲取的設計法則愈多；反之則愈少。過多的設計法則對於設計者未必能達到有效的設計。由於 TRIZ 方法所能提供之設計法則皆為較抽象之描述，附帶案例所能提供之設計聯想未必能滿足需求，但經過此一權重方法之初步過濾後，不但對於設計物有較多面考量，讓各種未知的衝突交互作用顯現，也能避免掉許多不必要之設計法則。



[圖一] 累計權重方法應用至 TRIZ 方法之流程

3. 應用案例

3-1. 修正帶裝置之再設計

修正帶在文具用品界的定位是為了取代修正液(俗稱立可白)，最早也是日本(如後[圖二])與德國開始販售。而目前市場上眾多廠牌之修正帶雖然功能皆是用來修補文件，但其裝置構造也不盡相同。吾人對於其體積大小、零件數量、修正帶補充替換性與製造性認為皆有改良再設計空間，故吾人找出數個再設計目標：

1. 零件數量越少越佳。
2. 零件製造容易。

3. 零件組裝容易。
4. 體積小型化。
5. 機能健全不減損。
6. 迴避現有設計。
7. 成本低廉。

由上述設計目標，產生實際的設計參數如下列所示：

- [3] Length of Moving Object (移動物體之長度)。
- [4] Length of Nonmoving Object (非移動物體之長度)。
- [7] Volume of Moving Object (移動物體之體積)。
- [8] Volume of Nonmoving Object (非移動物體之體積)。
- [23] Waste of Substance (物質之浪費)。
- [25] Waste of Time (時間之浪費)。
- [26] Amount of Substance (物質之數量)。
- [29] Accuracy of Manufacture (製造精確度)。
- [32] Ease of Manufacture (製造容易)。
- [36] Complexity of Device (裝置複雜度)。
- [39] Productivity (製造性)。

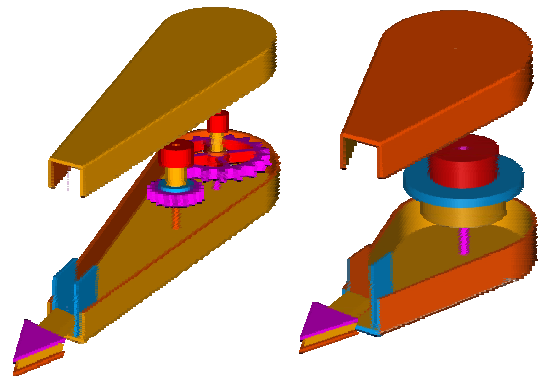
較值的注意的是，設計參數之選定初期可以較廣泛地選定，因為在後續之權重方法介入後，低出現率與無效的解決法則會被刪除。再由權重方法（如附錄圖一），得到解決設計法則，可視為新設計目標如下：

- 1 Segmentation (區隔)。
- 2 Extraction (抽出)。
- 10 Perior Action (先前動作)。
- 24 Mediator (中介物)。
- 28 Replacement of a Mechanical System (更換機械系統)。

由 1 Segmentation (區隔) 2 Extraction (抽出) 與 24 Mediator (中介物) 之概念以一同軸滾輪取代。此滾輪之動作如同 28 Replacement of a Mechanical System 更換原有之機械系統，但不阻礙其原始動作路徑；達到有在新修正帶滑出使用後，殘餘帶能同時滑回本體內並收納，滿足 10 Perior Action (先前動作) 之效果。後[圖二]為利用 I-DEAS 軟體繪製之市面原始產品與新設計產品。



[圖二] 現有產品 - 日本 Pentel 修正帶 ZT45-WT



[圖三] 原始產品（左）與新設計（右）

3-2. CD 盒之再設計

隨著電腦業日新月異的發展 CD 片幾乎充斥著整個市場。可是當在使用 CD 盒時總是發現一些問題，希望能藉由評估過程針對 CD 盒設計上之缺失不夠完整處加以討論。首先分析一般之 CD 盒在使用上的不方便處，對於消費者對於 CD 盒功能之需求以及設計參數之評估。在經由反覆地操作 CD 盒的過程中，可以大致上歸納出下列幾項缺點：

1. 接合處易斷。
2. 表面破裂。
3. CD 片不易取出（太緊）。
4. 說明書（歌詞）不易取出。
5. 關不緊。

由上述之改善設計目標，產生實際的設計參數如下列所示：

- [8] Volume of Nonmoving Object (非移動物體之體積)。
- [11] Tension/Pressure (張力、壓力)。
- [12] Shape (形狀)。
- [14] Strength (強度)。

〔32〕Ease of Manufacture (製造容易)。

〔33〕Ease of Use (使用方便性)。

經由上述設計參數所得到的改善法則中，經過權重方法對可得到對本設計有確切改善的法則如下：

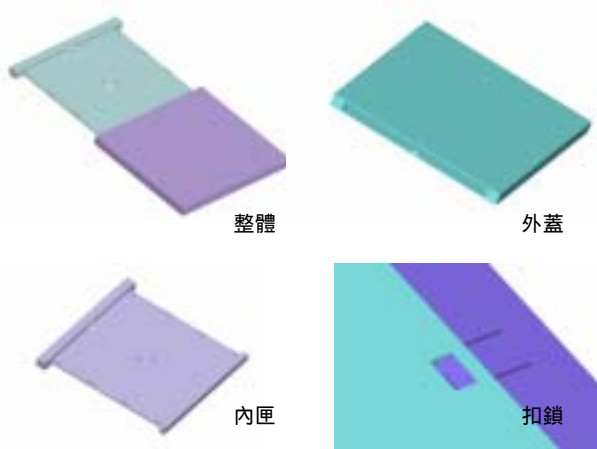
2 Extraction (抽出)。

3 Local Quality (局部特性)。

15 Dynamicity (動態)。

〔圖四〕為經由 TRIZ 方法之衝突表與累計權重方法所得之改良 CD 盒之新設計，以 ProE 軟體所繪之設計圖樣。歸納改善後之產品為：

1. 以滑槽取代原有之接合方式。
2. 在表面貼上一類似軟橡膠之保護層或是以較耐撞耐磨之複合材料以防止其破裂。
3. 以圓錐形式取代原有之圓柱形固定 CD 片之方式。
4. 把原本用來固定說明書(或歌詞)之裝置取消掉，而將說明書(或歌詞)直接至於 CD 片上。



〔圖四〕改良之新 CD 盒設計

3-3. 市售開罐器之再設計驗證

多功能開罐器在市面上早已行之有年，目前單一功能的開罐、開瓶器已越來越少，主要為迎合消費者便利性的需求，因此開罐器增加了一些附加功能，相對的也增加其附加價值。目前開罐器的設計不但要滿足便利性的要求，也越來越重視其設計美感，設計出各種不同的造型，以刺激消費者購買的慾望。

吾人認為傳統開罐器在使用便利性、省力和外型

的設計上均有再設計改良的空間，因此找出數個再設計目標：

1. 操作容易。

2. 節省施力。

3. 造型設計。

由上述設計目標，轉換實際設計參數如下所示：

〔10〕Force (力量)。

〔22〕Waste of Energy (能源的浪費)。

〔33〕Convenience of Use (使用方便性)。

接下來利用衝突表以及權重方法，得到下列解決設計法則，視為新設計目標：

1 Segmentation (區隔)。

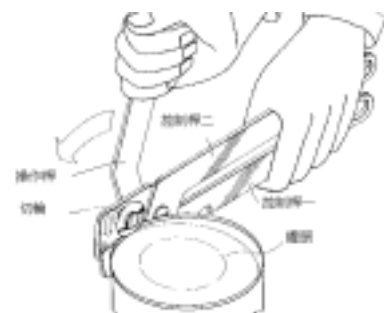
13 Inversion (倒轉)。

28 Replacement of a Mechanical System (更換機械系統)。

35 Transformation of Physical and Chemical States of an Object (物理及化學狀態的變換)。

由 1 Segmentation (區隔) 之概念應用，可做成組合式的物體。而由 13 Inversion (倒轉) 聯想到罐頭與開罐器互動關係之轉換，或是省略開罐器的應用，將罐頭設計成拉環式罐頭。由 28 Replacement of a Mechanical System (更換機械系統)，可利用電力來代替人力，如此一來力量的問題便可迎刃而解，而電動開罐器早在 70 年代便已問世。

35 Transformation of Physical and Chemical States of an Object (物理及化學狀態的變換)，可改變罐頭或開罐器的材質。下〔圖五〕為美國專利局第 US5970618 號專利：Cutter Wheel Type Can Opener，1998 年由台灣人所申請的專利。



〔圖五〕Cutter Wheel Type Can Opener

3-4. 手機形式之概念設計驗證

現在的手機大眾的需求希望能愈小愈好，才能方便攜帶且重量越輕越好；而手機越小撥號按鍵也必須設計的小，如此則造成我們使用上的不方便。若手指粗大者其撥號過程將產生困難。再者，我們要的收訊效果若要愈好則電磁波強度則會愈大，雖然至今尚未證實電磁波強度是否對人體會造成傷害，但我們仍希望電磁波強度能減到最小。由以上幾點，吾人以為有改良空間，並列出下列再設計目標：

1. 體型最小化，按鍵最大化。
2. 使用的可靠度與有害副作用。

由上述設計目標，產生實際的設計參數如下所示：

- 〔6〕Area of Nonmoving Object (固定物體面積)。
- 〔27〕Reliability (可靠度)。
- 〔30〕Harmful Factors Acting on Object (有害的副作用)。
- 〔33〕Ease of Use (使用方便性)。

上述的設計參數選定後，再加入權重方法，挑選出現次數多且可實行的解決方法作為實際的設計法則，如下所示：

- 2 Extraction (抽出)。

- 35 Transformation of Physical and Chemical States of an Object (物理及化學狀態變換)。

針對吾人對於手機的缺點所提出再設計中，「手機最小化、按鍵最大」化之想法可由 2 Extraction 加以改善：設計立體式按鍵讓使用者明確作用某特定按鍵，降低撥號錯誤率以提升使用方便性；「使用的可靠度與有害副作用」可由 35 Transformation of physical and chemical states of an object 應用改變天線型式、傳輸型態，以降低電磁波的強度。

4. 結論

在實驗案例中，吾人使設計問題從以往端憑個人天分以斷優劣扭轉為採用較為系統化的方法亦可達相當效果的情勢。無論是新設計或是設計驗證，皆可發現利用 TRIZ 方法確實可使設計者獲得可行的設計概念與產品。權重方法可以讓多組之衝突混合應用之設計問題便捷地應用 TRIZ 衝突表來解決問題。此種

簡易之權重計算方式，不但可以將有效用設計原則易於凸顯、剔除無效或低效用之原則。對於設計者而言，此設計流程讓設計者易於發現主要設計問題、凸顯產品設計特徵與掌握設計變數。

5. 參考文獻

1. Swamyon D. Savransky, Engineering of Creativity. (Introduction to TRIZ Methodology of Inventive Problem Solving), Boca Raton, CRC Press, 2000
2. Leoncio Jimenez Candia, The Altshuller's Contradiction Matrix in the Knowledge Creation of Innovation Case Study: The Honda City, TRIZ Journal, 2000,11
(<http://www.triz-journal.com/archives/2000/11/b/index.htm>)
3. Darrell Mann, Case Studies in TRIZ: A Comfortable Bicycle Seat, TRIZ Journal, 1998,12
(<http://www.triz-journal.com/archives/1998/12/b/index.htm>)
4. Chung-Ping Chiang and Ching-Huan Tseng, Development of Conceptual Design for Brake Shoes of a Bicycle by Using TRIZ, TRIZ Journal, 1999,10
(<http://www.triz-journal.com/archives/1999/10/b/index.htm>)
5. Jia-Lin Chen and Ching-Huan Tseng, Case Studies In TRIZ: A Quickly and Reliably Method for Opening Envelopes, TRIZ Journal, 1999,8
(<http://www.triz-journal.com/archives/1999/08/b/index.htm>)
6. Darrell Mann, Case Studies in TRIZ: A Re-Usable, Self-Locking Nut, TRIZ Journal, 1999,4
(<http://www.triz-journal.com/archives/1999/04/a/index.htm>)

6. 附錄-各案例發明原則統計表

3-1. 修正帶裝置之再設計

發明原則	出現次數	初步判別應用	最終判別應用
1 區隔	12	Yes	Yes
2 抽出	9	Yes	Yes
3 局部特性	5	No	-
4 不對稱	4	No	-
5 結合	2	No	
6 多面性	5	No	-
7 大小依次跌套	3	No	-
8 平衡力	1	No	-
10 先前動作	18	Yes	Yes
12 等位性	1	No	-
13 倒轉	5	No	-
14 球狀化	7	Yes	No
15 動態	5	No	-
16 局部或過度動作	5	No	-
17 移到新的次元	4	No	-
18 機械振動	10	Yes	No
19 週期性動作	2	No	
20 有效動作連續性	1	No	
23 回饋	3	No	-
24 中介物	11	Yes	Yes
25 自助	3	No	-
26 複製	7	Yes	No
27 以便宜短壽命物取代昂貴持久物	5	No	-
28 更換機械系統	10	Yes	Yes
29 運用氣動或水力構造	14	Yes	No
30 彈性膜或薄膜	4	No	-
31 使用多孔材料	3	No	-
32 改變顏色	8	Yes	-
33 同質性	2	No	-
34 拋棄及再生零件	7	Yes	No
35 物理及化學狀態的轉換	21	Yes	No
36 相的轉變	1	No	-
37 熱膨脹	3	No	-
38 使用強氧化劑	3	No	-
39 非活性的環境	5	No	-
40 合成材料	1	No	-
備註	最高出現 21 次 1/3 為 7 次	以前列最高次之 1/3 以 上為採用	以適用設計 為修先考量

3-2. CD 盒之再設計

發明原則	出現次數	初步判別應用	最終判別應用
1 區隔	4	No	-
2 抽出	5	Yes	Yes
3 局部特性	8	Yes	Yes
4 不對稱	3	No	-
5 結合	2	No	-
7 大小依次跌套	1	No	-
9 先前的反作用力	4	No	-
10 先前動作	7	Yes	No
11 事先緩和	4	No	-
12 等位性	4	No	-
13 倒轉	3	No	-
14 球狀化	5	Yes	No
15 動態	5	Yes	Yes
16 局部或過度動作	3	No	-
17 移到新的次元	3	No	-
18 機械振動	4	No	-
19 週期性動作	1	No	-
24 中介物	1	No	-
26 複製	2	No	-
27 以便宜短壽命物取代昂貴持久物	1	No	-
28 更換機械系統	7	Yes	No
29 運用氣動或水力構造	2	No	-
30 彈性膜或薄膜	2	No	-
31 使用多孔材料	2	No	-
32 改變顏色	11	Yes	No
34 拋棄及再生零件	3	No	-
35 物理及化學狀態的轉換	7	Yes	No
37 熱膨脹	1	No	-
39 非活性的環境	2	No	-
40 合成材料	8	No	-
備註	最高出現 11 次 1/3 為 4 次	以前列最高次之 1/3 以上為採用	以適用設計為修先考量

3-3. 市售開罐器之再設計驗證

發明原則	出現次數	初步判別應用	最終判別應用
1 區隔	2	Yes	Yes
2 抽出	1	No	-
3 局部特性	1	No	-
13 倒轉	2	Yes	Yes
14 球狀化	1	No	-
15 動態	1	No	-
19 週期性動作	1	No	-
22 將害處轉換為益處	1	No	-
25 自助	1	No	-
28 更換機械系統	2	Yes	Yes
35 物理及化學狀態的轉換	2	Yes	Yes
36 相的轉變	1	No	-
38 使用強氧化劑	1	No	-
備註	最高出現 2 次	以 2 次以上為採用標準	以適用設計為修先考量

3-4. 手機形式之概念設計驗證

發明原則	出現次數	初步判別應用	最終判別應用
2 抽出	3	Yes	Yes
4 不對稱	2	No	-
8 平衡力	1	No	-
15 動態	1	No	-
16 局部或過度動作	1	No	-
17 移到新的次元	1	No	-
18 機械振動	1	No	-
24 中介物	1	No	-
25 自助	1	No	-
27 以便宜短壽命物取代昂貴持久物	3	Yes	No
28 更換機械系統	1	No	-
32 改變顏色	1	No	-
35 物理及化學狀態的轉換	3	Yes	Yes
39 非活性的環境	3	Yes	No
40 合成材料	3	Yes	No
備註	最高出現 3 次 選取 3 次	以前列出現次數 3 次為採用	以適用設計為修先考量