



資料整理：洪永杰(2004-12-21)；推薦：徐業良(2004-12-28)。

## TRIZ 理論與應用簡介

### 1. TRIZ 的緣起

TRIZ 理論是俄文(Theoria Resheneyva Isobretatelskeuh Zadach，創意問題解決理論)的字首縮寫。1946 年，二十歲的 TRIZ 創始人 Genrich Altshuller 任職於前蘇聯海軍專利局擔任專利審核員，在專利的審核作業中，他察覺到任何一種技術系統的創新過程中都是有其一定的型態與過程。因此他開始從 200,000 件的專利中著手進行研究，挑出其中 40,000 件被視為具有較佳創新方法的專利，來探索其解決之道與運用方法，企圖從其中歸納出基本原則與型態。他發現每一個具有創意的專利，基本上都是在解決“創意性”的問題。所謂“創意性”的問題，其中包含著“需求衝突”的問題，也就是他所謂的“矛盾”。此外，他也發現解決這些衝突的基本解被一再的使用，而且通常是在隔了數年之後。他據此推論，如果後來的發明家能夠擁有早期解決方案的知識，那麼他們在創新發明的的工作將會更為容易。

### 2. TRIZ 的理論

#### 2.1 工程問題常見的矛盾

在面臨工程的問題時，Altshuller 指出發明者常面臨到“技術矛盾”與“物理矛盾”的問題。“技術矛盾”是指在一系統中，當一個參數被改善時，另一個參數即變差，例如動力對照耗油量、重量對照強度等；“物理矛盾”則是指同一個參數的兩個互相相對的特性，例如冷和熱、長和短、軟和硬等。

以下以一家庭房車的例子來說明這兩項矛盾。當我們在城市裡找停車位時，希望車子小以方便停車，但是在開車時又希望車子大，感覺寬敞舒適，這就是物理上的矛

盾。而在汽車製造廠中，如果要使汽車內部空間寬敞，當然外型上也會跟著加大，這就是技術上的矛盾。其中，汽車內部空間寬敞為好的因子，外型大為壞的因子。

圖 1 為 TRIZ 用以解決矛盾之流程圖。當拿到一個問題時，必須先判定這個問題的矛盾點是技術矛盾還是物理矛盾，如果此矛盾點是技術矛盾，則可以使用 TRIZ 中的「矛盾矩陣」來解決矛盾。在利用矛盾矩陣的方法中，TRIZ 整理出常用的 39 個工程上的參數，利用參數間常出現的矛盾，用矛盾矩陣在 40 個創新法則中找出其中可能解決此矛盾點的法則，而從這些被建議的法則利用類比思考的方式可以提供解決矛盾的思考方向。如果在矛盾矩陣中的 39 個工程參數找不到適合的參數，或在 40 個創新法則中找不到適合的法則，則必須把技術上的矛盾轉換成物理上的矛盾，再利用時間、空間或尺寸上的分離原理將物理上的矛盾分離，然後使用類比思考的方式求解。

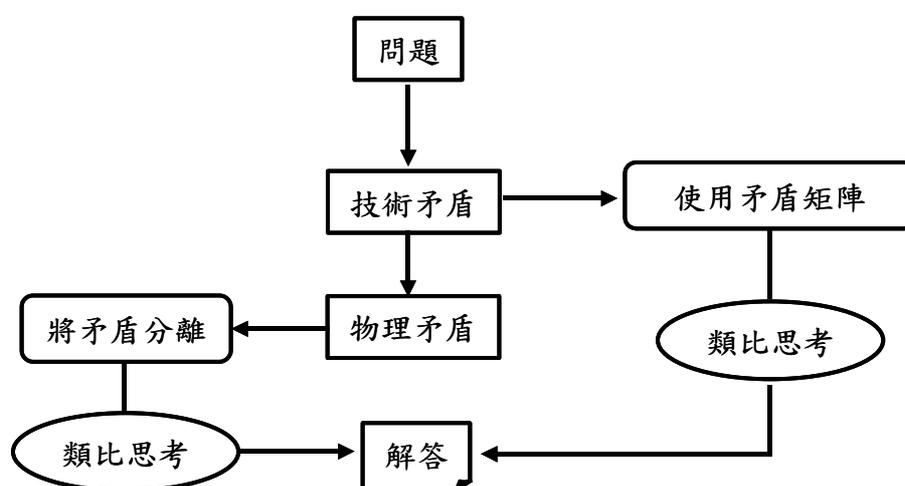


圖 1. TRIZ 解決矛盾流程圖

## 2.2 矛盾矩陣表與 39 參數

當我們遇到設計上的問題並試圖改善一個工程特性時，常發生的情況卻是導致另外一個工程特性惡化。傳統的方法是用妥協的方式，而 TRIZ 卻是利用消除的方法。依據 Altshuller 的分析歸納，經常遇到技術矛盾的系統特徵共有 39 個，將其對應解決的法則，整理成矩陣的方式，成為 TRIZ 方法中最廣為人知的矛盾矩陣。矛盾矩陣的縱軸為惡化的工程特性，而橫軸則為欲改善的工程特性，假設當設計者欲改善工程特性 A 時，將令工程特性 B 發生惡化的情況，即可經由直交快速找到解決問題的創新法則。矛盾矩陣為一 39×39 的矩陣，共有 1263 個元素。表 1 為矛盾矩陣表的簡表，表 2 為 39 個工程參數依其屬性分類之六大群組分類表。

表 1. 矛盾矩陣表簡表

欲改善的參數 惡化的參數	1.移動件重量	2.固定件重量	...	39.生產性
1.移動件重量				(35), (3), (24), (37)
2.固定件重量				(1), (28), (15), (35)
...				
39.生產性	(35), (26), (24), (37)	(28), (27), (15), (3)		

表 2. 39 項工程參數 (六大群組)

幾何	3.移動件長度 4.固定件長度 5.移動件面積 6.固定件面積 7.移動件體積 8.固定件體積 12.形狀	資源	19.移動件消耗能量 20.固定件消耗能量 22.能量浪費 23.物質浪費 24.資訊喪失 25.時間浪費 26.物質數量	害處	30.物體上有害因子 31.有害的側效應
物理	1.移動件重量 2.固定件重量 9.速度 10.力量 11.張力、壓力 17.溫度 18.亮度 21.動力	能力	13.物體穩定性 14.強度 15.移動件耐久性 16.固定件重量 27.可靠度 32.製造性 34.可修理性 35.適合性 39.生產性	操控	28.量測精確度 29.製造精確度 33.使用方便性 36.裝置複雜性 37.控制複雜性 38.自動化程度

### 2.3 40 創新法則與其範例

依據表 1 中，利用欲改善之特性參數與惡化的參數對應而得到之矩陣元素中出現之數字即代表建議之法則，此為 TRIZ 方法中 40 創新法則，其詳細說明列舉如下。

#### (1) Segmentation (分割)

- 將一個物體拆解成幾個獨立的部分。
- 使一個物體容易拆開。

- 增加分裂或分割的程度。

例子：組合式家具、模組化的電腦設備等。

## (2) Extraction (萃取)

- 從一個物體中萃取出令人不快的元件或屬性。
- 僅萃取出需要的零件或屬性。

例子：以往在進行晶圓接合時，會導致晶圓外圍的變形且降低其承受應力的強度。因此可以考慮在完成晶圓接合後切除外圍變形的部分，萃取出中間較完整的部分，如圖 2 所示。

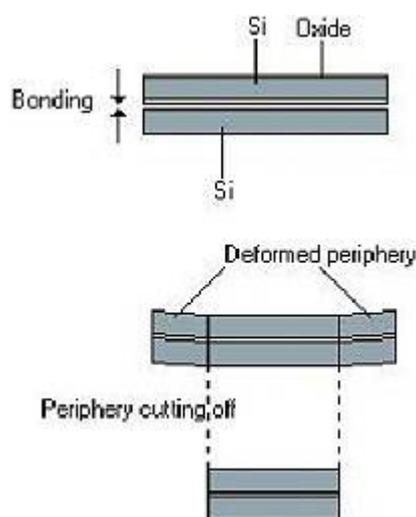


圖 2. 切出已變形的晶圓

## (3) Local Quality (局部特性)

- 把一個物體由相同成分組成的結構轉換成不同成分組成的結構。
- 使一個物體在其限制條件下，每部分元件皆能達成最合適的操作。
- 使一個物體每一部分都能達到不同且有用的功能。

例子：利用熱爐管對晶圓進行熱製程時，通常在爐管中央的晶圓會有較高的溫度，而靠近爐管兩側的晶圓溫度較低。因此，若是於爐管兩側增加線圈數使其較中央為多，這樣就能使爐管的溫度較為均勻，如圖 3 所示。

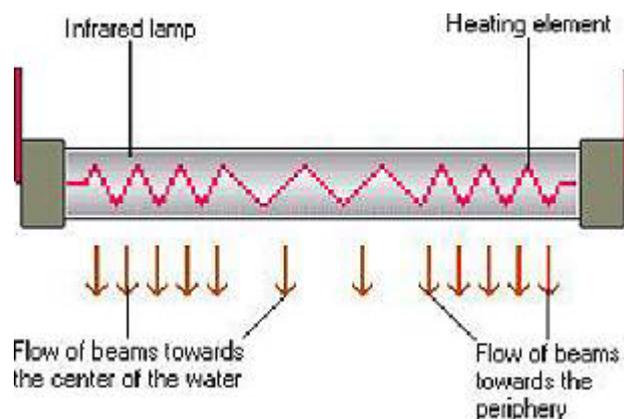


圖 3. 改變兩側線圈數之熱爐管

#### (4) Asymmetry (不對稱)

- 把一個物體由對稱結構改為不對稱結構。
- 如果一物體原為不對稱結構，則改變其不對稱的程度。

例子：由於對稱性的漏斗其造成的漩渦會使水向外拋，減緩漏水速度，因此利用不對稱形狀的漏水口設計可降低旋渦速度，而增快漏水速度。

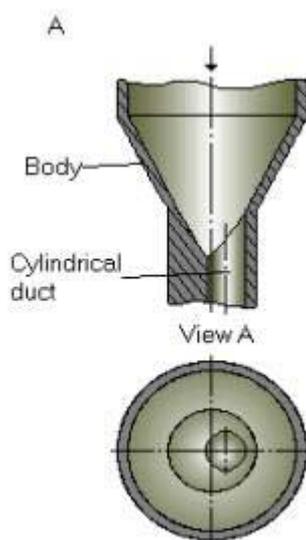


圖 4. 不對稱型漏斗設計

#### (5) Combining (合併)

- 合併相同或相似的物體，或集合相同或相似的元件來達成相同的操作。

- 將相同或連續性的操作在時間上加以結合。

例子：在進行海底救援的潛水夫通常需要帶好幾套的潛水設備給受困者，而這會阻礙救援行動的效率，因此結合受困者的潛水設備到救援者的氧氣系統上，便可增加救援行動的效率，如圖 5 所示。

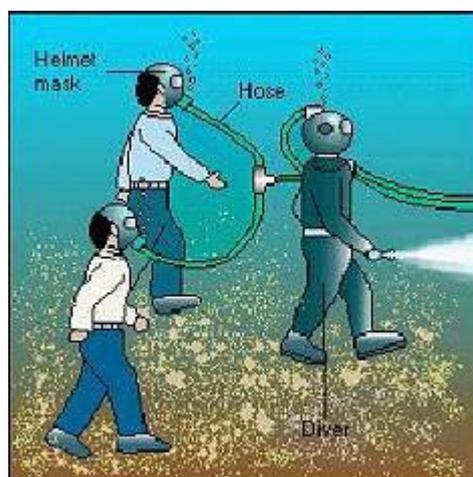


圖 5. 救援用潛水裝備的結合

#### (6) Universality (通用 / 普遍性)

- 將一物體或結構具備多樣功能，以消除其他部分的需求。

例子：在白天為沙發而在晚上可轉換為床的沙發椅、迷你客貨車坐椅可調整成適合乘坐、睡覺或載貨。

#### (7) Nesting (依次套疊)

- 物體內可放入另一物體。
- 一物體可通過另一物體的孔洞。

例子：要使晶圓裡的電容容量加大而又不增加它的尺寸大小，則可以利用導電層與介電層的交替使用使電容依次套疊，這樣電容就可以有較大的容量且能維持原來大小，如圖 6 所示。

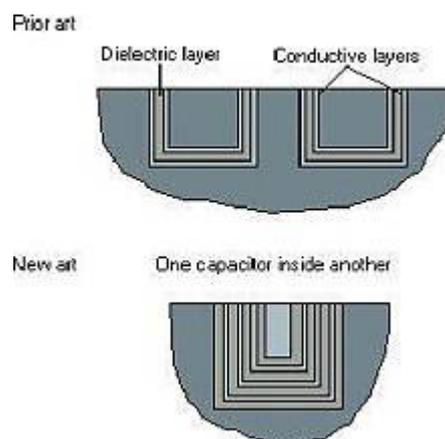


圖 6. 溝渠式電容器

**(8) Counterweight (平衡力)**

- 為了補償一個物體的重量，可以和其他具有升力(lifting force)的物體相連接。
- 為了補償一個物體的重量，可以和環境所提供之空氣動力或水的浮力產生互動。

例子：水翼船、汽車擾流板。

**(9) Prior Counteraction (預先抵銷)**

- 如果需要的話，應事先考慮反作用力。
- 在一物體內預先給予一壓（張）力來對抗一個已知且存在的壓（張）力。

例子：晶圓保護層內的正電荷會使底下晶圓的物理性質變差，因此於沉積保護層前，預先於底下的晶圓離子植入負電荷來降低保護層的正電荷，如圖 7 所示。

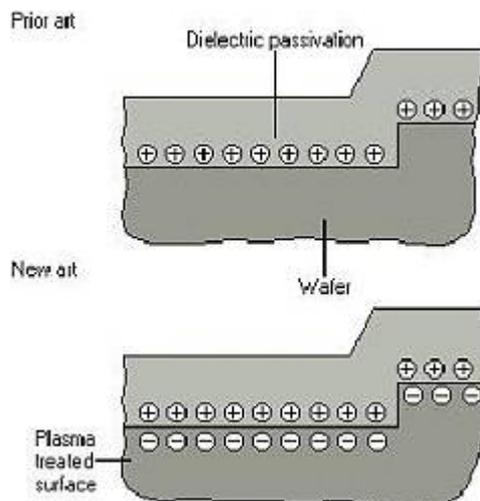


圖 7. 降低保護層的正電荷

**(10) Preliminary Action (預先作用)**

- 事先準備使物體可及時並在適當的地方作用。
- 預先完成全部的動作或至少完成部分動作。

例子：美工刀片上的溝槽讓使用者可以折斷鈍的刀片。

**(11) Beforehand Cushioning (預先緩衝)**

- 為了補償低可靠性的物體，可預先採取對策。

例子：為減低車子撞擊護欄時之衝擊力道，預先於護欄裝置廢棄輪胎以避免猛烈撞擊後導致車輛與乘客之重度傷害，如圖 8。

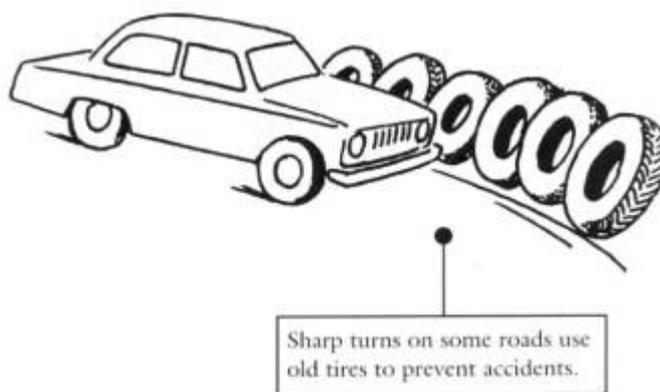


圖 8. 加裝廢棄輪胎之護欄

## (12) Equipotentiality (等位性)

- 改變工作的狀態，可減少物體被舉起或降低的次數。

例子：在衝床上裝設滾輪運輸裝置，同時利用螺桿的升降控制滾輪恰好高於衝床的高度，如此工人便可輕易的在衝床上移動重物，如圖 9 所示。

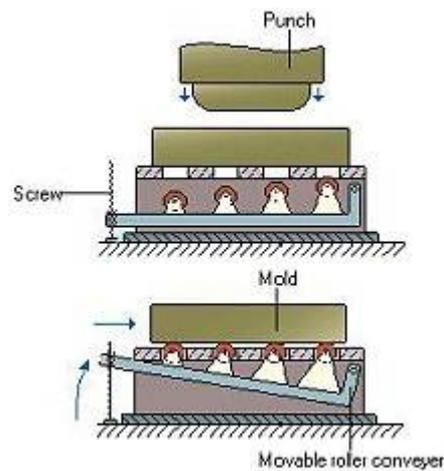


圖 9. 在衝床表面上裝設滾輪運輸裝置

## (13) Inversion (反向)

- 把一個通常用來解決特定問題的方法反向思考。
- 把一個可移動的物體固定，把一個固定的物體讓它變成可移動。
- 將物體或過程上下顛倒。

例子：在鑄造有較高薄壁的鑄鐵模件時，杓子總得舉到高處，且在灌模末期會有不均勻的流動情形。若將原本杓子舉到高處的動作變成鑄模的下降，如此杓子變維持在固定高度，且鑄模液的流動較能以層流的方式流動，也使鑄件的品質較好，如圖 10 所示。

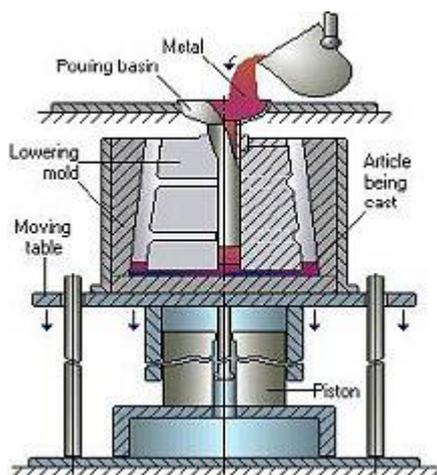


圖 10. 鑄模的移動

#### (14) Spheroidality-Curvature (球狀、曲線)

- 利用曲線取代直線元件或表面、以球體取代立方體。
- 使用滾筒、球或螺旋。
- 把直線運動改成滾動，使用離心力。

例子：平底式的比薩盒容易因重量造成凹陷與隔熱效果差，若改為拱型底則可增加強度與隔熱效果，如圖 11。

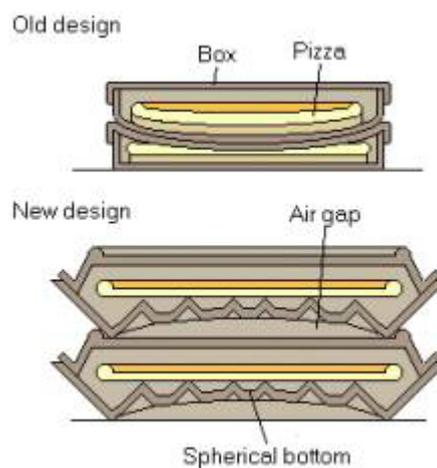


圖 11. 拱底型比薩盒

**(15) Dynamics (動態)**

- 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自動的調整。
- 把一個物體分成幾個部分且有相對運動的能力。
- 如果一個物體或過程是剛性或不可撓曲的，把它變成可動或是可撓曲的。

例子：多個晶片常共用一個散熱片，要保證散熱的效果，散熱片必須與每個晶片良好接觸。若將散熱片分割為適當大小，再用彈性體連接，如此可以使個別散熱片能與晶片接觸良好，如圖 12。

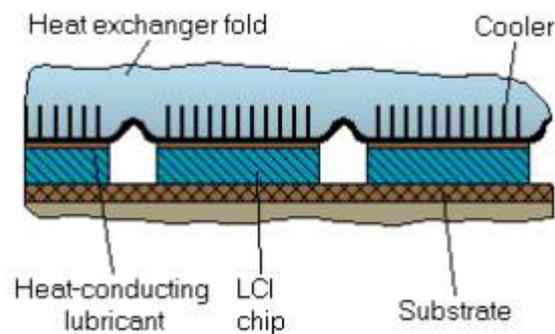


圖 12. 彈性散熱片

**(16) Partial or Excessive Actions (部分或過份的作動)**

- 如果不易做到 100% 的期望效果，則用一樣的方法，考慮使用少一點或多一點的量來解決可能會容易些。

例子：利用蝕刻得到的孔洞尺寸只能有一最小之極限。因此在蝕刻之後，若再多做一沉積的步驟使孔洞側壁上覆蓋一層金屬層，便能得到更小的孔洞尺寸，如圖 13 所示。

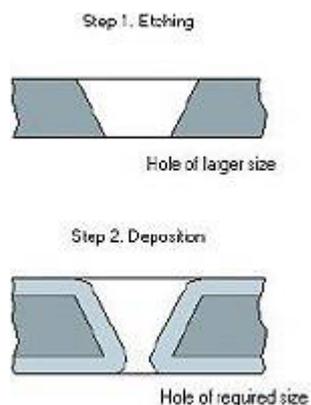


圖 13. 沉積到需要的孔洞尺寸

(17) Moving to a New Dimension (移至新的空間)

- 把一個物體移至二維或三維的空間。
- 以多層組合取代單層。
- 傾斜物體。
- 投射影像至鄰近區域或該物體的另一側。

例子：平面停船（車）太佔空間，以立體化停船（車）的方式將可有效節省空間，  
圖 14。

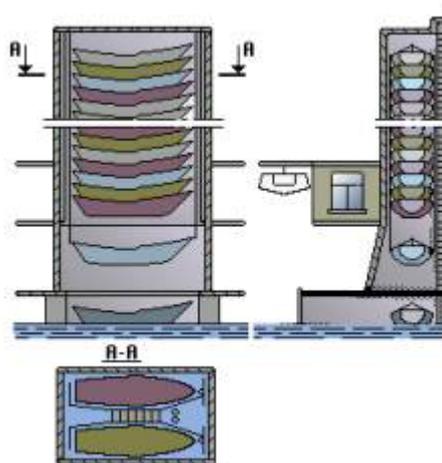


圖 14. 立體化停船方式

**(18) Mechanical Vibration (機械振動)**

- 使物體振動。
- 增加振動的頻率。
- 使用物體的共振。
- 用壓電振動取代機械振動，結合超音速和電磁場振動。

例子：利用熱來移除無線電的天線結冰需大量耗電，而且冰融化後之水氣會對無線電設備有相當程度的影響。若是在天線內裝置壓電振動器，利用機械振動的方式能輕易使結冰碎裂，而且耗電量也較小，如圖 15。

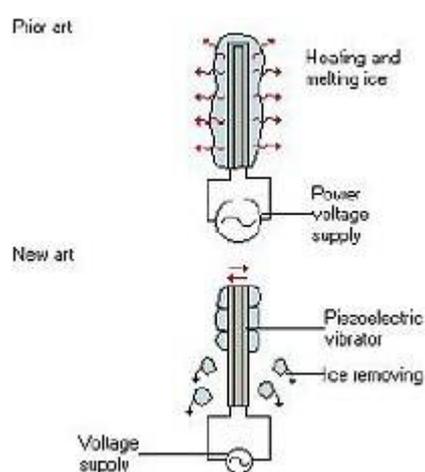


圖 15. 將無線電天線上之結冰移除的方法

**(19) Periodic Action (週期運動)**

- 使用週期性運動取代連續性的運動。
- 如果已經是用週期運動，則改變振幅或頻率。
- 使用脈衝間的暫停時間來達成一個不同的運動。

例子：鑽孔機一直維持高速運轉不但會降低效率且耗電量大。利用週期性的兩段式鑽孔能提高鑽孔效率且減少耗電量，如圖 16。

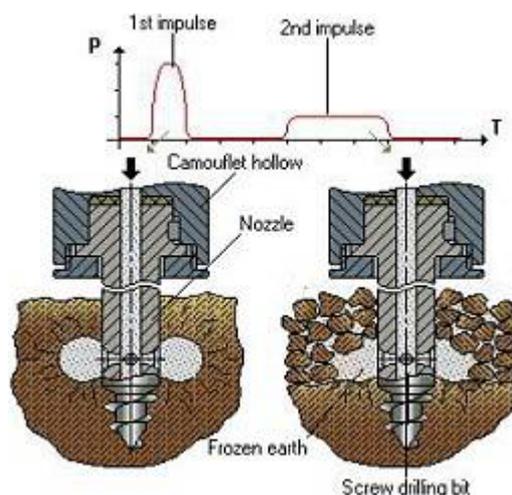


圖 16. 週期性的鑽孔方式

### (20) Continuity of Useful Action (有效動作的連續性)

- 不間斷的完成一個動作，物體所有的零件應該全力作業。
- 移除無益及中間動作。
- 用迴轉運動取代來回運動。

例子：鑽頭的刀口允許正轉及反轉切削。

### (21) Rushing Through (急速通過)

- 在高速下完成有害或危險的動作。

例子：在室溫下的一般金屬都有結晶結構，如果能夠使融熔金屬急速冷卻，便能提高金屬強度且同時增加金屬塑性的抗腐蝕強度，如圖 17。

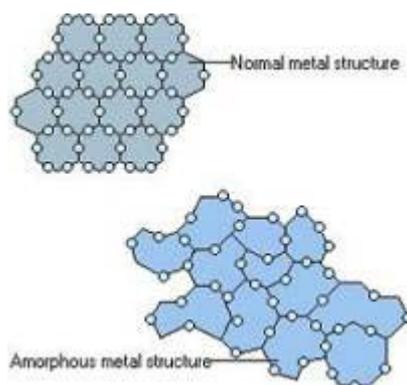


圖 17. 急速冷卻的金屬

## (22) Convert Harm into Benefit (將害處轉換為好處)

- 使有害的因子達成正面的影響。
- 以另一個有害的因子來取代原有害因子。
- 增加有害因子的量直至它停止造成傷害。

例子：利用氣體感測器量測時，常會受到溫度與溼度等外界因素的影響。若是加上另一個相同的參考感測器，便可忽略溫度與溼度的影響，如圖 18。

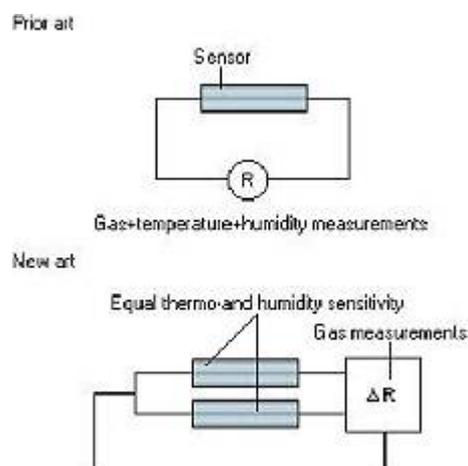


圖 18. 合併的氣體感測器

## (23) Feedback (回饋)

- 引進回饋來改善一個動作或過程。
- 如果回饋已存在，則改變其大小或影響。

例子：主動避震系統、主動噪音控制。

#### (24) Mediator (媒介)

- 利用一個中間物質去轉換或完成一個動作。
- 暫時將一個物體和另一物體連接在一起，以方便將它移除。

例子：如影印機中的碳粉。

#### (25) Self-service (自助)

- 使物體能自己完成補充及修護作業。
- 使材料和能源沒有浪費。

例子：在製造半導體的電極時通常是最後再沉積上一層金屬層，但很難精確的對準。因此若是選擇會與底下晶圓產生反應的金屬層，則形成的化合物便能自行對準，如圖 19 所示。

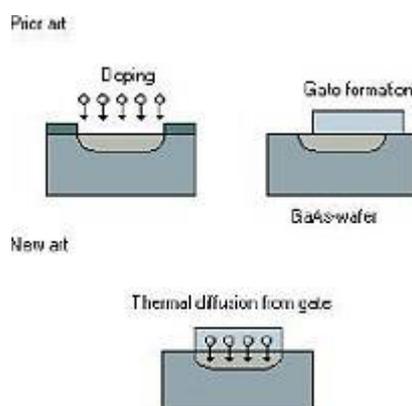


圖 19. 自行對準製程

#### (26) Copying (複製)

- 用簡單、便宜的複製品取代複雜、昂貴、易脆、不方便的物體來操作。
- 以光學複製品，光學影像代替一個物體或系統，一個尺度能被用來縮小或放大影像。
- 以紅外線或紫外線複製取代可見光複製。

例子：物體的高度可由測量它們的陰影面決定。

### (27) Dispose (丟棄)

- 利用多樣複合低價格的東西代替昂貴的物品，達到品質的妥協。

例子：丟棄式尿布、單次使用的照相機。

### (28) Replacement of Mechanical Systems (取代機械系統)

- 以視覺、聽覺、嗅覺系統取代機械系統。
- 以電場、磁場、電磁場使物體互相影響。
- 把靜態場改成動態場，把無結構場改成有結構場。
- 使場和活化粒子（磁）結合。

例子：利用聲波監聽裝置監聽工具機轉軸轉動時之音頻，藉以檢測其是否異常。

### (29) Pneumatics and Hydraulics (使用氣壓和液壓)

- 以氣體或液體取代一個物體的固體零件，而這些零件能用空氣或水面膨脹或用空氣或流體靜力的緩衝墊。

例子：使用氣泡封套或類似泡沫的材料運送易碎產品。

### (30) Flexible Shells and Thin Films (使用撓性殼和薄膜)

- 以彈性膜及薄膜更換原來的構造。
- B. 以純淨的薄膜將物體和外界環境隔離。

例子：氟原子會滲透進氧化層而影響氧化層的結構，利用一層氮化鈦薄膜作為阻障層使氟原子無法滲透進氧化層，達到隔離的效果，如圖 20 所示。

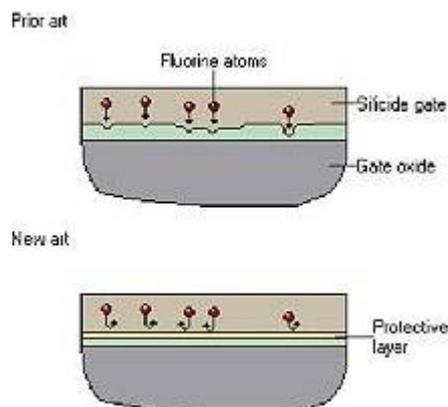


圖 20. 阻障層薄膜

### (31) Porous Materials (多孔材料)

- 使物體多孔化或使用附加多孔元件的物體（嵌入件，蓋等）。
- 假如物體有許多孔，則預先填充物質。

例子：汽缸內如油漬等黏性較大的液體沒辦法用幫浦抽出，油漬會越積越多。將多孔性材料放進汽缸內，它會吸收油漬，這樣就可以很簡單的清潔汽缸內油漬了。

### (32) Color Changes (改變顏色)

- 改變一個物體或它周圍事物的顏色。
- 改變一個物體或它周圍事物的透明程度。
- 使用顏色添加劑去觀察不易看到的物體或過程。
- 如果此種添加劑已被使用，可再運用發光追蹤元素。

例子：使用透明繃帶，不須將包紮除去就能檢查傷口。

### (33) Homogeneity (同質)

- 使物體的相互作用得自於相同材料或接近其行為的材料。

例子：研磨粒供給裝置的表面是由通過供給裝置的相同材料所製成，因此表面將可持續復原而不會磨耗。

**(34) Discarding and Recovering (拋棄與復原)**

- 當物體的功能達成後或無用時把它拋棄或修正（如拋棄、分解、消散）。
- 直接復原已耗盡的零件或物體。

例子：槍發射後彈殼被彈出；完成功用後火箭推進器被分離。

**(35) Transformation of Properties (改變物質特性)**

- 改變物體各種狀態、密度、濃度、彈性、溫度。

例子：轉換物體之物理或化學特性。

**(36) Phase Transitions (相轉變)**

- 在物質的相的轉變過程中實現一個有效的成長。例如，在體積改過程中可釋放熱量或吸收熱量。

例子：固定在彈簧末端的零件常會掉落，因此將零件的溝槽與彈簧最末圈熔化，再將它冷卻到固相金屬，即可有效避免掉落的情形發生。

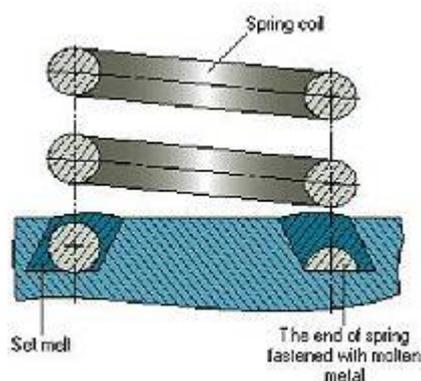


圖 21. 熔化彈簧末端

**(37) Thermal Expansion (熱膨脹)**

- 運用熱使材料膨脹或收縮。
- 使用具有不同熱膨脹係數的材料。

例子：將雙金屬板和溫室屋頂窗戶連接以控制其開閉。當溫度改變，雙金屬板就彎曲使窗口打開或關閉。

### (38) Strong Oxidants (強氧化劑)

- 以加濃空氣取代正常空氣。
- 以氧氣取代加濃空氣。
- 在空氣或氧氣中進行離子化。
- 使用氧離子。

例子：為了從火炬中得到更多的熱量，以氧氣取代大氣中的空氣。

### (39) Inert Atmosphere (惰性環境)

- 以非活性環境取代正常環境。
- 在其空中完成過程。

例子：為預防棉花儲存時著火，在運輸過程中以鈍氣處理。

### (40) Composite Material (複合材料)

- 以合成材料取代同質材料。

例子：軍機機翼為了高強度和輕量化，以塑膠與碳纖維的合成材料製造。

## 2.4 矛盾矩陣表與分離原理

在矛盾矩陣表中，左邊和上面的欄位是上述中的 39 個工程上的參數，分別是從 1 到 39，其中左邊的是變壞的參數，而上面則是需要改善的參數，至於中間的欄位裡的數字則是上述 40 個創造性的法則，也是 TRIZ 裡提供我們解決矛盾點的思考方向。

IMPROVED ATTRIBUTE / DETERIORATED ATTRIBUTE		1	2	3	4	5			22			33	39
		Weight of a moving object	Weight of a stationary object	Length of a moving object	Length of a stationary object	Area of a moving object			Loss of energy			Object-affected harmful factors	Productivity
1	Weight of a moving object			15,8 29,34		29,17 38,34			6,12 32,19			22,21 18,27	35 24
2	Weight of a stationary object				10,1 20,35			18,19 29,15			2,19 22,37	1,1 15,1	
3	Length of a moving object	8,15 29,34				15,17 4		7,2 35,39			1,15 17,24	14 28	
4	Length of a stationary object		35,28 40,29					6,28			1,18	30, 7,1	
5	Area of a moving object	2,17 29,4		14,15 18,4				15,17 30,26			22,33 28,1	10, 34	
33	Ease of operation	25,2 15,13	6,13 1,25	1,17 13,12		1,17 13,16		2 19,13			2,25 28,39	15 2	
39	Productivity	35,26 24,37	28,27 15,3	18,4 28,38	30,7 14,26	10,26 34,31		28,10 29,35			22,35 13,24		

圖 22. 矛盾矩陣簡表

如圖 22 所示，要使原系統中使用方便性(33)的優點繼續存在，而又要改善能量浪費(22)的缺點，由矛盾矩陣表可得 2，13，19 三個數字，其代表意義為 40 個創造性法則(2)萃取(Extraction)、(13)反向(Inversion)、與(19)週期運動(Periodic Action)，因此可以利用這三個創造性原理的方向去思考找尋解答。

如果使用矛盾矩陣仍無法解決問題的矛盾點，則必須將技術上的矛盾轉換成物理上的矛盾，再利用「分離原理」將物理上的矛盾分離。以下將利用一簡單的實例來說明如何操作分離原理。

### (1) 將技術矛盾轉換成物理矛盾

在設計飛機機翼時，往往為了使飛機的上升力量增大，所以把飛機的機翼設計的很大，藉以增加飛機在起飛時的上升力。但是在飛機高速飛行時，機翼太大會增加空氣阻力，降低飛行速度，所以飛機上升力和飛行速度會互相矛盾，形成一組技術上的矛盾，如圖 23 所示。如果運用上述的矛盾矩陣表仍無法解決此問題，則可以將此技術上的矛盾轉換成物理上的矛盾再解決之，如“飛機機翼”本身即為其技術上的矛盾轉換後之物理上的衝突之一。原因為我們對飛機機翼的要求是機翼要大也要小，可視為一個物理上的矛盾。

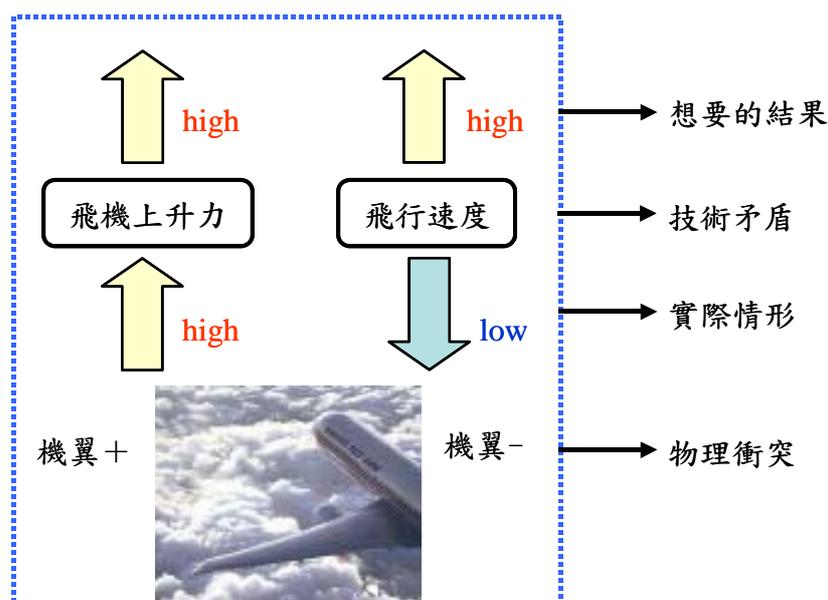


圖 23. 技術矛盾轉換成物理矛盾

## (2) 利用分離原理將物理上的矛盾分離

仔細想想，機翼因為什麼原因要長？什麼原因要短？飛機在起飛時需要較長的機翼，在高速飛行時需要較短的機翼，在此我們選擇利用時間來分離此問題物理上的矛盾，將機翼作成可摺疊式，在起飛時打開機翼，在高速飛行時再將機翼摺起來，利用起飛時跟高速飛行時兩個時間來達成分離物理上的矛盾。

## 3. 利用「物質—場分析法(Substance-Field Analysis)」解決矛盾

### 3.1. 物質—場的模型

「物質—場分析法(Substance-Field Analysis)」簡稱 Su-Field 方法，是用來定義問題與解決導引的一種方法，主要是建立起問題和存在技術上系統的關係，而每一個系統都是為了完成某些功能而被創造的。物質—場的模型是將一個系統分成兩個物質(substance)與一個作用場(field)。如圖 24 所示，物質 1 與物質 2 分別代表系統工具(tool)與系統目的(article)，作用場則代表系統的施力方式，其中 substance 為包含各種複雜層次的物體，而它們可以為單一系統或是複雜的系統，而動作或完成的手段稱之為場。物質—場分析法提供了一個快速且簡單的模型來表達可能使用的各種點子。

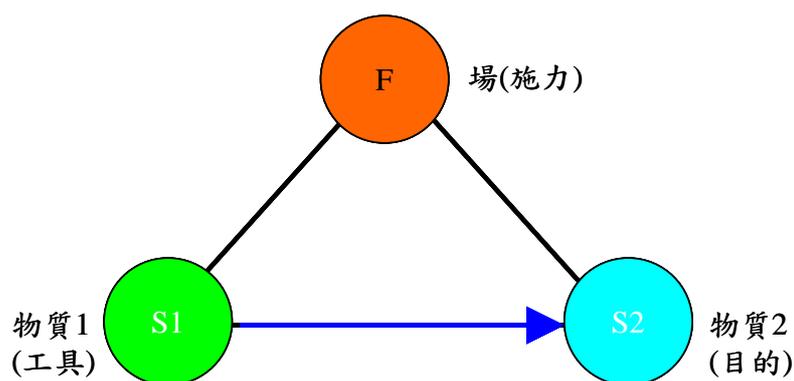


圖 24. 基本物質一場三角形模型

物質的型式有以下 5 種分類，包括材料、工具、零件、人、與環境。而場的型式亦可區分為 5 大類，包括機械力、熱力、化學力、電力、與磁力。物質一場最基本的模型即如圖 24 所示，以兩個物質和之間的場構成的三角形，在這個模型中作用線（圖 24 中的藍線）的線條型式不同，可使模型表達更加完整。如表 3，實線代表有用的效應，虛線代表有用但不夠充足的效應，波浪線代表有害的效應，箭頭代表解答注釋。如果物質一場三角形模型中有虛線或波浪線的存在，代表這系統需要進行創新改善。

表 3. 物質一場線條型式代表意義

符號	意義
→	需要的效果
- - - →	不足的效果
~ ~ ~ →	有害的效果

在 TRIZ 的理論中，物質一場的模型分為四大類，分別是(1)有效且完整的系統、(2)未完整的系統、(3)有害的完整系統、與(4)不足的完整系統，以下將針對此四個分類逐一做說明。

### (1) 有效且完整的系統(Effective complete system)

有效且完整的系統是指模型完整且需要的效果有產生，如圖 25，吸塵器利用機械力（吸力）來達到清潔地毯的目的。

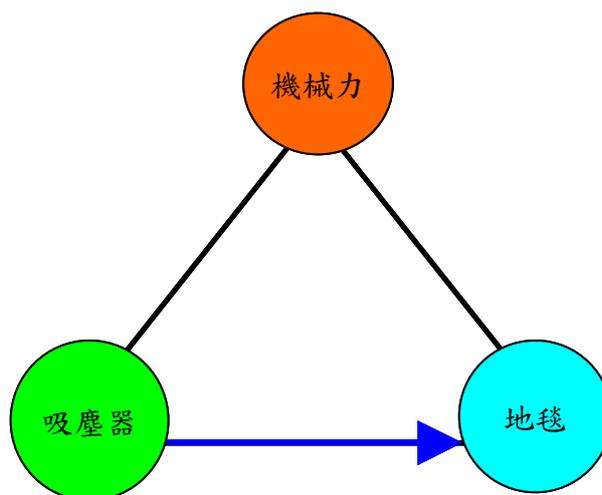


圖 25. 有效且完整的系統

## (2) 未完整的系統(Incomplete system)

未完整的系統的系統是指需要的效果沒有產生，表示模型缺少一至兩個元件，如圖 26。解決的方式為增加需要的元件，完成物質場三角形，如圖 27，一個液體(S1)含有空氣泡(S2)，增加離心力(F)可以分離空氣泡。



圖 26. 未完整的系統

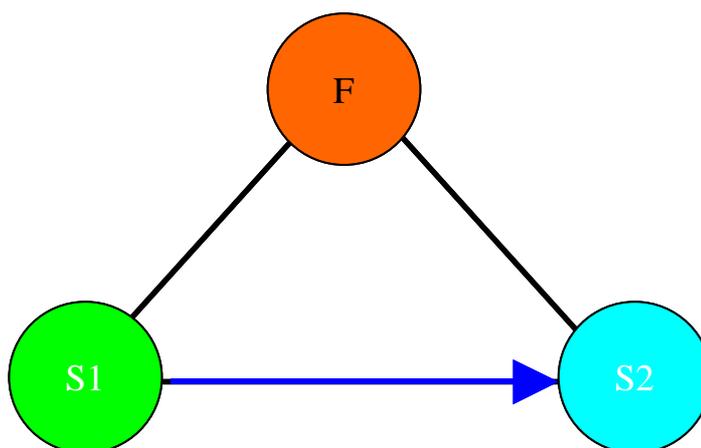


圖 27. 增加需要的元件使系統完整

### (3) 有害的完整系統(Harmful complete system)

有害的完整系統的系統是指模型的三個元件都在，但是產生有害的效果，如圖 28。解決的方式為增加另一個場(F2)，用來平衡產生有害效果的場，如圖 29，例如要避免零件在加工時彎曲，增加一個相對的力。

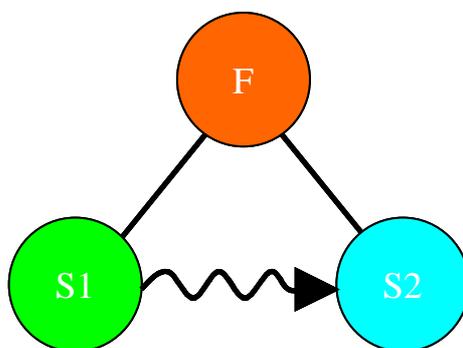


圖 28. 有害的完整系統

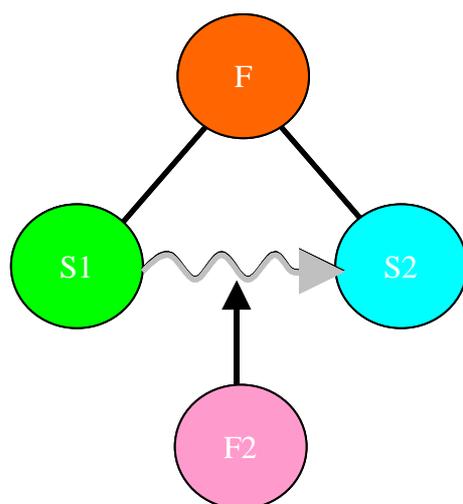


圖 29. 增加另一個場來平衡產生有害效果的場

### (4) 不足的完整系統(Ineffective complete system)

不足的完整系統是指模型的三個元件都在，但是需要的效果不足，如圖 30。

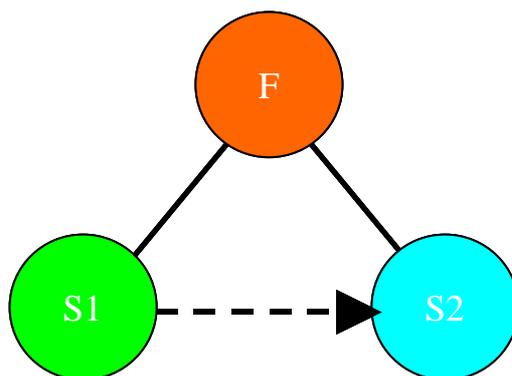


圖 30. 不足的完整系統

欲解決此不足的完整系統的方法有三，如下說明。

- 改用新的場(F2)或場和物質(F2+S3)來代替原有的場(F1)或場和物質(F1+S1)，如圖 31，例如壁紙很難用刀子刮掉，改用蒸氣。

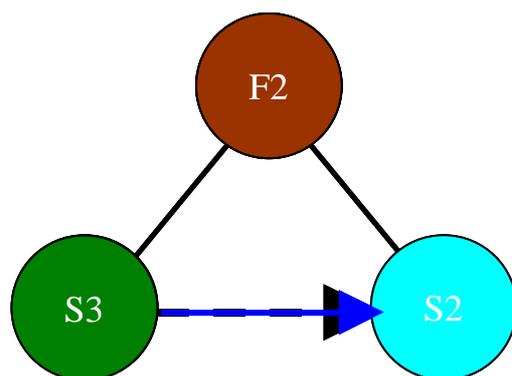


圖 31. 解決不足之完整系統方法一

- 增加一個新的場(F2)來增強需要的效果，如圖 32，例如要黏合兩個零件時，用夾子幫助固定。

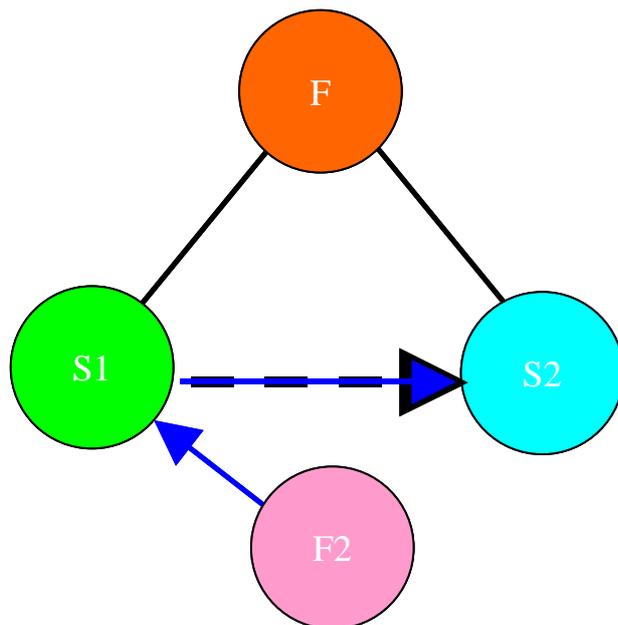


圖 32. 解決不足之完整系統方法二

- 增加新的場(F2)和物質(S3)來加強原有的效果，如圖 33，例如用電場使小粒子凝聚，來加強過濾器的效果。

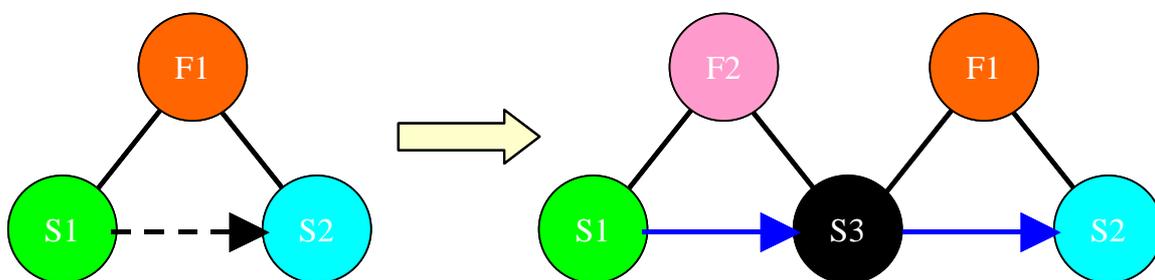


圖 33. 解決不足之完整系統方法三

### 3.2 轉化為有效且完整的系統模型

在建立物質一場分析模型後，Altshuller 和他的同事提出了 76 個標準方法來協助解決將未完整的系統、有害的完整系統與不足的完整系統此三類問題模型轉化為有效且完整的系統模型的途徑。此 76 個標準方法分為五大類，如表 4。

表 4.76 個標準方法

1	不改變或少量改變來改良系統	13 個標準解
2	改變系統來改良	23 個標準解
3	系統轉換	6 個標準解
4	檢查與量測	17 個標準解
5	簡化及改善策略	17 個標準解
		共 76 個標準解

以下對此 76 個標準方法的五大分類作一簡單介紹：

### (1) 不改變或少量改變來改良系統

利用不改變或是少量改變來改良系統以得到一個想要的結果。這一類的問題包含了必要的辦法來使一個不完整的系統變成完整。在 Su-field 的形式裡，表示系統中少了 S1、S2 或 F，或者 F 不完整。

- 改進不充分系統的性能
- 消除或抵抗有害的影響

### (2) 改變系統來改良

發展 Su-field model 系統。

- 轉變到複雜的 Su-field model
- 強制發展 Su-field model
- 利用控制元素的頻率來符合或不符合自然震動頻率而達到改進性能的效果
- 強磁材料和磁場的整合對於改進系統性能是一個有效的方法。在 Su-field model 中，磁場是一個比較特殊的例子，所以給定一個特殊命名，稱之為 Fe-field，或  $F_{fe}$ 。

### (3) 系統轉換

- 轉換成雙或多系統
- 轉變成 micro level

#### (4) 檢查與量測

檢查與量測為控制的基本代表。檢查只是判別發生或未發生，量測則是有一些定量或精確的等級。

- 非直接法
- 創造或合成量測系統
- 增加或提高量測系統
- 量測 Fe-field
- 測量系統的發展趨勢

#### (5) 簡化及改善策略

簡化以及改善標準解的方法

- 導入物質
- 使用場
- 相轉變
- 應用自然現象(使用物理影響)
- 產生物質高或低的形式

在將問題分析完後，將其問題以物質-場模型表示，接著判斷其屬於何種物質-場系統，再配合五類總共 76 個標準的解決方法依序考慮套入系統中，找尋並發展出最適合的解決方式。

## 4. TRIZ 實例操作

### 4.1 TRIZ 矛盾問題求解

這一節將嘗試利用一簡單之實例來介紹 TRIZ 理論之操作。圖 34 為一般家用馬桶蓋，依使用者之習慣，男性通常小便時，需將其掀起，避免因使用不慎沾濕座墊，如廁時則蓋上；而女性使用者於小便及如廁時皆須蓋上。以工程問題的矛盾點來看，此問題包含了物理矛盾與技術矛盾。就物理矛盾而言，此處為“時間”參數的矛盾，我們希望隨使用者使用時機不同決定掀起或不掀起；就技術矛盾而言，每次依使用者不同而需要不同之動作，使用頗為不便，所以我們希望使用時可減少掀起的動作。



圖 34. 一般家用馬桶蓋[<http://www.lcb.com.tw/2020.html>]

綜合分析，馬桶蓋的蓋上時機為男性與女性如廁時，馬桶蓋的掀起時機為男性小便時，因此利用物理矛盾中之空間分離原理，如另外設置一男性小便斗即可解決，但一般家庭由於空間不足因此無法增設。此時利用技術矛盾來嘗試解決，當我們試著改善「使用方便性(Convenience of use, 33)」這個參數時，「時間浪費(Waste of time, 25)」這個參數反而會因此惡化。對於如此的技術矛盾，Altshuller 的矛盾矩陣表（圖 35）提供了下列四項法則：

- 04：非對稱性(Asymmetry)
- 28：取代機械系統(Replacement of Mechanical)
- 10：預先作用(Preliminary Action)
- 34：拋棄與復原(Discarding and Recovering)

避免惡化參數

預改善參數	Feature to Change	Undesired Result (Conflict)																								
		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	Strength	Durability of moving object	Durability of non-moving object	Temperature	Brightness	Energy spent by moving object	Energy spent by non-moving object	Power	Waste of energy	Waste of substance	Loss of information	Waste of time
21	Power	26,10,28	19,35,10,38	16	2,14,17,25	16,6,19	16,6,19,27			10,35,38	26,27,18,38	10,19	35,20,10,6	4,34,19												
22	Waste 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	Waste of substance	35,28,31,40	26,27,3,18	27,16,18,38	21,36,39,31	1,6,13	35,18,24,5	26,27,12,31	26,27,18,38	35,27,2,31			15,18,35,10	6,3,10,24												
24	Loss of information		10	10		19			10,19	10,10			21,28,28,32	24,28,35												
25	Waste of time	29,3,28,18	20,10,28,18	28,20,10,18	35,29,21,18	1,18,26,17	35,38,19,18	1	35,20,10,6	10,5,18,32	35,18,10,39	24,28,28,32		35,38,18,16												
26	Amount 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	10,30,1,4	21,28,40,3												
28	Accuracy of measurement	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		21,34,28,32	2,6,32												
29	Accuracy of manufacturing	3,27	3,27,40		19,28	3,32	32,2		32,2	13,32,2	35,31,10,24		32,25,28,18	32,30												
30	Harmful factors acting on object	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	35,18,64	35,33,29,31												
31	Harmful side effects	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	Manufacturability	1,3,10,32	27,1,4	35,18	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	1,28,34,4	35,23,1,24												
33	Convenience of use	22,40,3,28	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												

圖 35.矛盾矩陣表

此處選擇第 28 個法則「取代機械系統(Replacement of Mechanical)」來做為產品改善的指標，例如將手動掀起方式改為電動方式，如中華民國專利第 220,089 號「具自動掀、蓋之馬桶蓋裝置」，利用分段驅動馬達來傳動主軸使馬桶蓋做轉動操作（圖 36）。

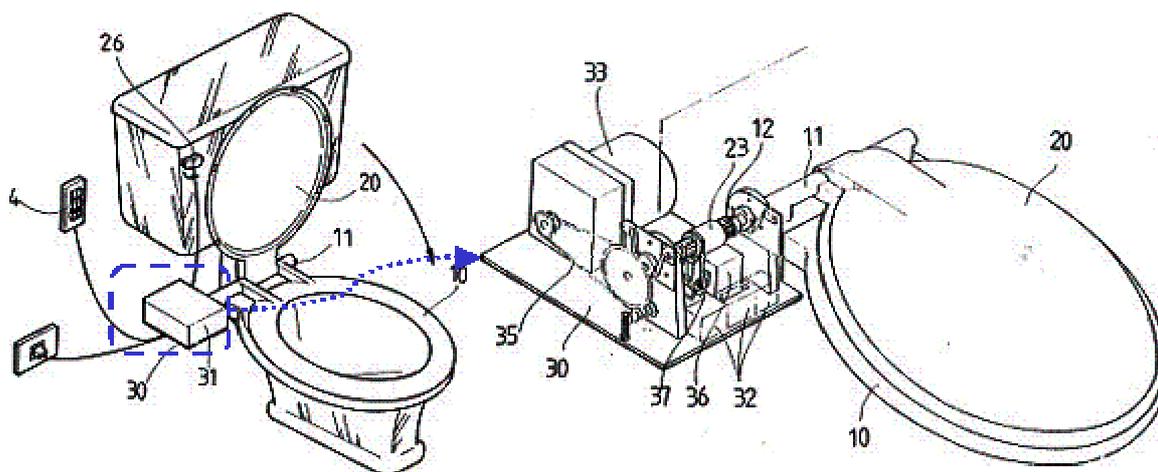


圖 36. 具自動掀、蓋之馬桶蓋裝置 (中華民國專利第 220,089 號)

但是改良後需利用較多額外的元件同時須外接電源，當我們試著改善「使用方便性(Convenience of use, 33)」這個參數時，「物質浪費(Waste of substance, 23)」這個參數反而會因此惡化。對於如此的技術矛盾，Altshuller 的矛盾矩陣表 (圖 37) 提供了下列四項法則：

- 28：取代機械系統(Replacement of Mechanical)
- 32：改變顏色(Color Changes)
- 2：萃取(Extraction)
- 24：媒介(Mediator)

避免惡化參數

預改善參數	Undesired Result (Conflict)	Feature to Change													
		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
		Strength	Durability of moving object	Durability of non-moving object	Temperature	Brightness	Energy spent by moving object	Energy spent by non-moving object	Power	Waste of energy	Waste of substance	Loss of information	Waste of time	Amount of substance	
21	Power	28,10, 28	19,35, 10,38	16	2,14, 17,25	16,6, 19	16,6, 19,37			10,35, 38	28,27, 19,38	10, 19	35,20, 10,6	4, 34, 19	
22	Waste of energy	28			19,38, 7	1,13, 32,15			8,38		35,27, 2,37	19, 10	10,18, 32,7	7, 18, 25	
23	Waste of substance	35,28, 31,40	28,27, 3,18	27,16, 18,38	21,35, 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			24,28, 28,32	24,28, 35	
25	Waste 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	24,28, 28,32		35,38, 18,16	
26	Amount of substance	14,35, 34,10	3,35, 10,40	3,35, 31	3,17, 39		34,29, 18,18	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, 38	10,28	10,30, 4	21,28, 40,3	
28	Accuracy of measurement	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	Accuracy of manufacturing	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	Harmful factors acting on object	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	Harmful side effects	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	Manufacturability	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	34, 33, 18,16	32,24, 18,16	35,28, 34,4	35,23, 1,24	
33	Convenience of use	22,40, 3,28	26,3, 8,25	1,16, 25	26,27, 13	13,17, 1,24	1,13, 24		35,34, 2,10	2,13	28,32, 2,24	1,10, 27,22	4,28, 10,34	12,35	

圖 37. 矛盾矩陣表

此處選擇第 24 個法則「媒介(Mediator)」，利用一個中間物質去轉換或完成一個動作，來做為產品改善的指標，例如中華民國專利第 579,815 號「馬桶坐墊掀起裝置」，利用一扭轉彈簧來控制改良後的馬桶蓋，即可自行上掀，如圖 38。或者加裝另一裝置，例如美國專利第 6,470,503 號“Foot operated device for lifting a seat of a toilet”，利用腳踏連桿方式來掀起與放下馬桶蓋，如圖 39。

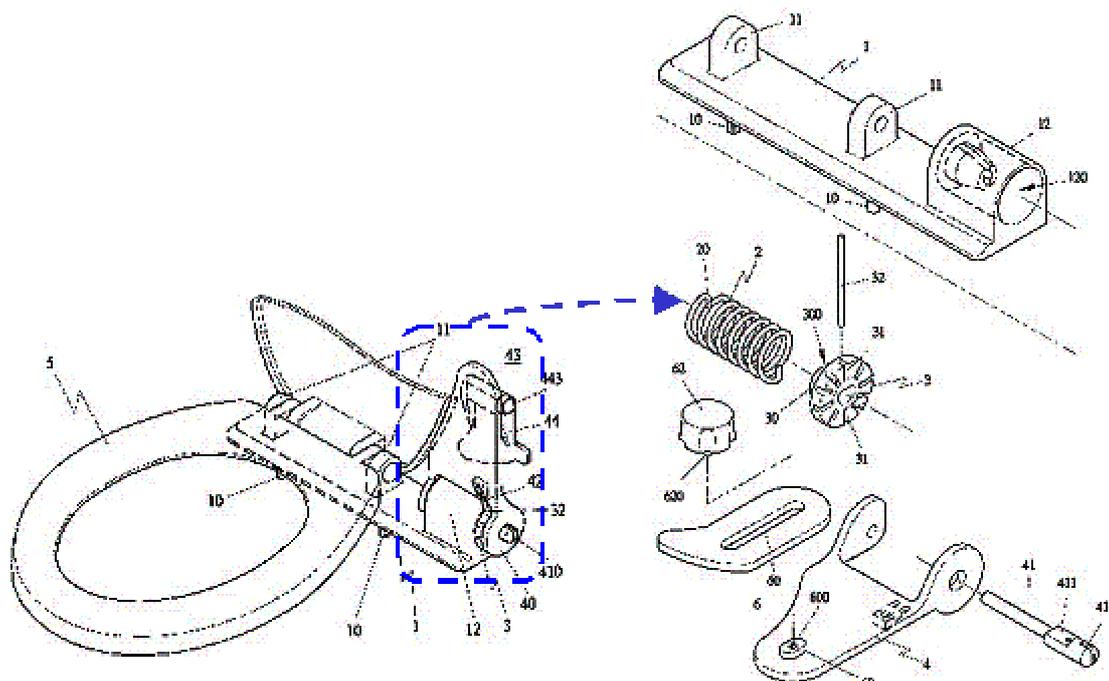


圖 38. 馬桶坐墊掀起裝置 (中華民國專利第 579,815 號)

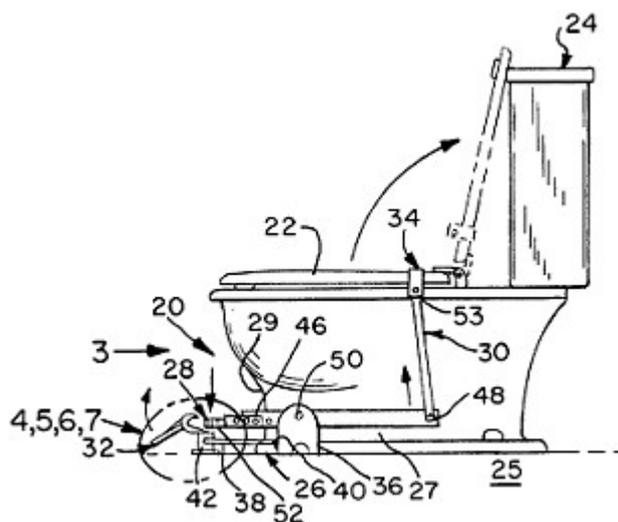


圖 39. 馬桶坐墊掀起裝置 (美國專利第 6,470,503 號)

#### 4.2 物質場分析求解

電鍍純銅時，少許電解液會留在銅表面的微孔中。若不清除，電解液乾燥時會留下氧化的痕跡，減少產品的外觀和價值。因此通常在儲存之前，要先沖洗表面。但是因為微孔很小，即使用大量的水沖洗，還是會有一些電解液留在微孔中，有無改進的方法？

首先建立物質-場模型解析問題，如圖 40 所示，顯然這是一個「不足的完整系統 (Ineffective complete system)」，此問題將嘗試利用 76 個標準的解決方法依序考慮套入系統中，找尋並發展出最適合的解決方式。

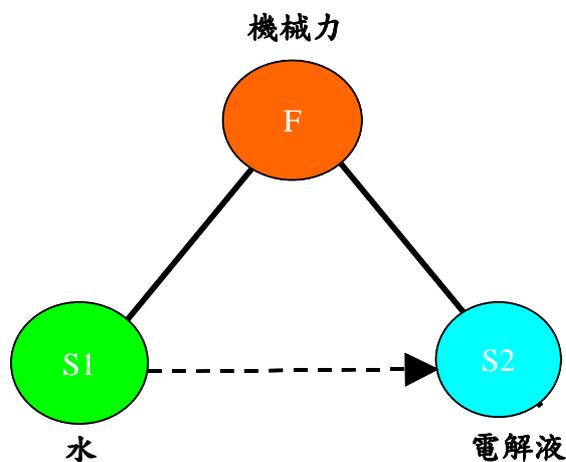


圖 40. 本問題之物質-場模型

- 首先考慮 76 個標準解法中層級一「不改變或少量改變來改良系統」中之「改進不充分系統的性能」此類型問題來尋求解答。在此類型問題的解法中提出了在不改變原來系統組成的情形下，試著加入第三個物質(S3)協助增進功效。因此，圖 40 的 Su-field 模型嘗試加入一噴嘴來協助產生高壓水柱以便清洗電解液，如圖 41。

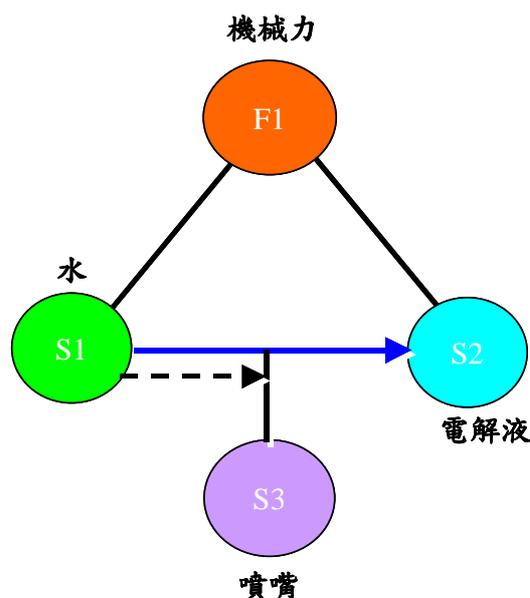


圖 41. 加入一噴嘴來協助產生高壓水柱以便清洗電解液

- 若是上述系統表現仍為一不足的完整系統，則接著嘗試利用 76 個標準解法中層級二「改變系統來改良」中之「轉變到複雜的 Su-field model」此類型問題來尋求解答。在此類型問題的解法中提出了試著加入一新的場(F2)於系統中協助增進功效。因此，圖 42 的 Su-field 模型嘗試利用超音波將水轉變為微小水泡的方式來深入銅表面的微孔中以便清洗電解液。

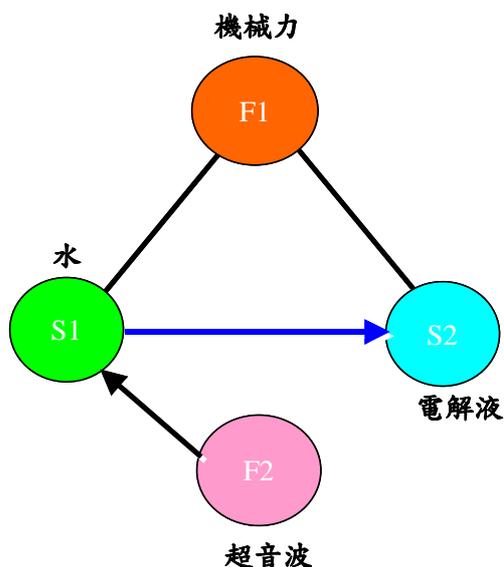


圖 42. 利用超音波將水轉變為微小水泡

- 另一個可考慮的方案為「改變系統來改良」中之「轉變到複雜的 Su-field model」此類型問題中，提出了試著嘗試利用增加新的場(F2)和物質(S3)來加強原有的效果。因此，圖 43 的 Su-field model 嘗試利用將常溫水升高至超過 100°C 以便產生蒸氣，同時利用高壓將其強迫深入銅表面的微孔中，以便清出電解液。

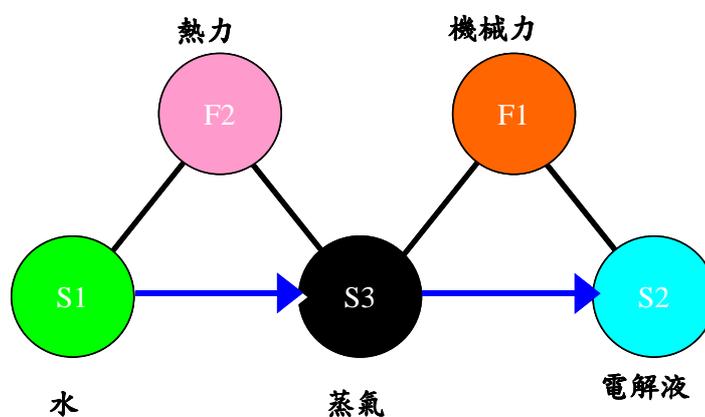


圖 43. 產生蒸氣，同時利用高壓

## 參考資料

<http://www.ecaa.ntu.edu.tw/weifang/sysEng/Triz-tutor2.htm>, TechOptimizer Ver.3.0 – Principles.

<http://www.mazur.net/triz/>, Theory of Inventive Problem Solving (TRIZ).

<http://www.dyu.edu.tw/~msung/Research/TRIZ.htm>，創意問題解決－TRIZ。

潘弘崧，“黏晶機創新改良之概念設計”，中興大學碩士論文，2002年6月。

王仁慶，“TRIZ 創新設計方法之改良研究”，成功大學碩士論文，2002年6月。

劉志成，“TRIZ 方法改良與綠色創新設計方法之研究”，成功大學博士論文，2003年1月。

朱晏樟，“整合 TRIZ 與功能分析之設計方法研究”，成功大學碩士論文，2003年6月。

陳華民，“具自動掀、蓋之馬桶蓋裝置”，中華民國專利新型第 220,089 號，民國八十三年。

承益企業股份有限公司，“馬桶坐墊掀起裝置”，中華民國專利新型第 579,815 號，民國九十三年。

Holmes, Mark F., “Foot operated device for lifting a seat of a toilet,” United States Patent 6,740,503 2002.