

# — TRIZ —

## 6 Sigma 創意問題解決的新利器

### 一、前言

TRIZ，對經常上網瀏覽國外有關6 Sigma發展近況的讀者來說，應該不會是一個陌生的字眼，因為最近一些世界知名的6 Sigma顧問公司，如Juran Institute、BMG、America Supplier Institute，都在積極推廣講授有關TRIZ的課程。TRIZ究竟為何許人物，值得讓這些知名顧問公司為它大張旗鼓的推廣宣揚？TRIZ的原義是「Theory of Inventive Problem Solving」，是一種系統化的發明工程方法論，它原本是要幫助發明家透過有系統有規則的方法來解決發明過程中所可能碰到的種種問題。而最先將TRIZ引進品質工程領域的是America Supplier Institute，America Supplier Institute認為一家企業若要在產品設計與流程管理達到世界級的水準，就必須懂得如何將QFD、TRIZ與Robust Design這三項工具手法做緊密的搭配整合應用，而且她也務實地朝著這個方向進行教育訓練方面的推廣工作。之後，隨著6 Sigma的興起，大家發現在解決QFD品質之屋的技術需求衝突與實驗計劃法的參數衝突上，TRIZ可以提供了一套很完整也很有效的解決工具與方法後，才開始在企業界受到大家的重視與青睞，並廣為推展。

就奇異公司的實務經驗，在追求6 Sigma的過程中，單靠DMAIC方法的努力最多祇能達

\* 作者為專業經營管理顧問



\* 曾念民

到5 Sigma的水準，若要達到6 Sigma的境界，則必須繼續向Design For Six Sigma的階段邁進，而在DFSS的作業過程中必然會碰到，也必須要解決的，都是一些高難度的創意問題，要解決這些創意性的問題，就得應用TRIZ的工具與手法，由此可見TRIZ在6 Sigma領域的地位與重要性。

就個人的瞭解，在國內6 Sigma的活動領域中，尚未有關TRIZ的課程與文獻可供參考，個人有幸應品質學會關祕書長之邀，為黑帶領導工程師講授一天有關TRIZ的介紹課程，現將課

程的講授內容略為整理發表，提供有興趣的朋友參考，更希望藉此引發大家討論研究與應用TRIZ的興趣與動機。

## 二、TRIZ的緣起

TRIZ是俄文「創意問題解決理論」的字首縮寫。1946年，時二十歲的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(Technical System)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，企圖從世界上最具創意的專利中找出其中的基本原則與型態。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，Altshuller的定義是：其中包含著「需求衝突」的問題，也就是他所謂的「矛盾」(Contradictions)。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工作將會更為容易。因此，他開始著手此類相關知識的萃取、組織與編輯。

經過整理後的專利資料庫與隨後陸陸續續進行的分析工作，不斷地揭露發現能夠幫助解決創意性問題的創新過程與方式，如此，在Altshuller與他的弟子五十多年的持續不斷努力下，終於演繹出一套能夠以系統化方式解決當前創意性問題的創新發明理論與技術，這套理論技術包含了創新問題定義與確認的規則程序、一套解決創新問題的工具箱與龐大的知識資料庫。

## 三、TRIZ的方法論與工具箱

Genrich Altshuller與其夥伴弟子在持續五

十多年的創意問題解決研究過程中，所演繹出許多解決創意問題的TRIZ工具與手法，可依其討論的主題內容與發展的歷史概分為八大項目，在此分別扼要逐一介紹說明如下：

### 1. 矛盾矩陣(Contradiction Matrix)

TRIZ所謂的矛盾出現在，當試圖改善一個產品或製程的工程特性時，卻導致另一個工程特性的惡性的情況下。面對這技術上的矛盾，傳統的作法都是採取妥協(Compromise)的方式處理之。但就Altshuller的想法，一個具有創意的解決方案，應該是能夠完整有效消除這個「矛盾」的解決方案。

在Altshuller針對最具創意40,000件專利的研究中，他發現其中僅有「39個工程特性」在彼此相對的改善或惡化，因此，每一個問題可以被描述為39個工程參數(圖一)彼此之間的衝突，就過去諸多專利的研究分析中，可以發現它們都是在許多不同的領域上解決這些工程參數的衝突與矛盾。這些衝突矛盾一再的出現，也一再的被解決，Altshuller從這些創新的專利

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

圖一

- |  |   |
|--|---|
| 1. Segmentation 分割                       | 21. Skipping 急衝                             |
| 2. Taking out 提鍊                         | 22. 'Blessing in disguise' 轉變害處為利處          |
| 3. Local Quality 局部品質                    | 23. Feedback 回饋                             |
| 4. Asymmetry 非對稱性                        | 24. 'Intermediary' 調節器                      |
| 5. Merging 組合                            | 25. Self-service 自我服務                       |
| 6. Universality 普遍性                      | 26. Copying 複製                              |
| 7. 'Nested doll' 重疊放置                    | 27. Cheap short-living 以便宜物體取代              |
| 8. Anti-weight 配重                        | 28. Mechanics substitution 置換機械系統           |
| 9. Preliminary anti-action 事前的平衡動作       | 29. Pneumatics and hydraulics 氣壓或液壓構造       |
| 10. Preliminary action 事先動作              | 30. Flexible shells and thin films 可撓性薄板或薄膜 |
| 11. Beforehand cushioning 進一步緩衝          | 31. Porous materials 使用多孔性材料                |
| 12. Equi potentiality 均衡潛能               | 32. Color changes 改變顏色                      |
| 13. 'The other way around' 反置            | 33. Homogeneity 均質性                         |
| 14. Spheroidality 球體化                    | 34. Discarding and recovering 去除且重新產生零件     |
| 15. Dynamics 動態性                         | 35. Parameter changes 轉換物體之物理、化學狀態          |
| 16. Partial or excessive actions 部份或過量作動 | 36. Phase transitions 相變化                   |
| 17. Another dimension 移至新的維度             | 37. Thermal expansion 熱膨脹                   |
| 18. Mechanical vibration 機械振動            | 38. Strong oxidants 使用強氧化劑                  |
| 19. Periodic action 週期性動作                | 39. Inert atmosphere 鈍氣環境                   |
| 20. Continuity of useful action 利用動作連續性  | 40. Composite material 複合材料                 |

圖二

IMPROVED ATTRIBUTE / DETERIORATED ATTRIBUTE	1	2	3	4	5	22	30	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 34,19	22,21 18,27	35,3 24,37
2 Weight of a stationary object				10,1 29,35		18,19 28,15	2,19 22,37	1,28 15,35
3 Length of a moving object	8,15 29,34				15,17 4	7,2 35,39	1,15 17,24	14,4 28,29
4 Length of a stationary object		35,28 40,29				6,28	1,18	30,14 7,26
5 Area of a moving object	2,17 29,4		14,15 18,4			15,17 30,26	22,33 28,1	10,26 34,2
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	15,1 28
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	

圖三

案件中，歸納出解決這些衝突的「40項發明原則」(圖二)。之後，Altshuller更進一步的將這些最常發生的衝突與衝突解決原則，組織成一張由39個改善參數與39個惡化參數所構成的矩陣表，在彼此衝突參數的交叉欄位裏，放上解決此類衝突最常使用的四項「發明原則」，這

張矩陣圖表，就是TRIZ最著名的矛盾矩陣表(Contradiction Matrix)(圖三)。

2. 創新的層次

在研究200,000件的專利中，Altshuller發現專利的內容範圍，包含了從極為普通的創新到極具創意的創新，Altshuller將這個範圍劃分為五個層次，這也就是TRIZ所謂的創新的層次(Levels of Inventions)。

**Level 1**：顯而易見的解決方式案(佔所有專利的32%)

- 技術系統簡易的改善
- 取材自同一領域的案例
- Altshuller覺得Level 1的發明祇是對現有的系統提供一些改善，並沒有解決任何問題，因此不能算是真正的創新(Innovation)。

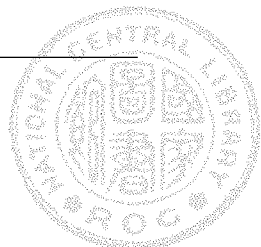
**Level 2**：次要的改善，除去一些矛盾(佔所有專利的45%)

- 使用40項發明原則，分離與解決技術上的矛盾。
- 需要應用來自同一領域不同區域的知識。

**Level 3**：重要的改善，需要應用質一場分析的技巧(佔所有專利的18%)

- 使用76個標準解，解決物理上的衝突。
- 效應的運用(如物理效應、化學效應或幾何效應...)
- 需要應用來自其他領域的知識。

**Level 4**：根本的改變 / 新的概念，需要應用ARIZ的技巧(佔所有專利的4%)



—使用ARIZ完整地敘述說明「真正」的問題與可能的「新」的解決方案。

**Level 5：前所未有的新發現(佔所有專利的1%)**

Altshuller建議將Level 1與Level 5的創新排除在TRIZ工具與應用方法之外。如上所述，當創新的層次逐步從Level 2提升到Level 3，Level 4時，它所使用的工具也越具威力，每一層次的創新發明也都有它自己定義問題的方式與它自己解決問題的工具與方法。

### 3. 技術系統演化的型態

在編輯整理衝突矩陣表的同時，Altshuller發現不同技術系統的演化過程並非漫無章法，而是有它實際的法則，Altshuller發現任何系統的演化都能夠與他發展演繹出來的八種技術系統演化型態的其中一種相互吻合。以下便是Altshuller所建立的技術系統演化的八種型態：

- (1) 從誕生，成長，成熟到死亡的生命週期  
實例：船與槳被蒸氣引擎與螺旋槳所取代。
- (2) 越來越理想化的趨勢  
實例：解析度更好、速度更快的列表機。
- (3) 子系統發展不一致所導致的衝突  
實例：飛機引擎的發展快於機翼的設計發展。
- (4) 首先是匹配的組件，而後是不匹配的組件(以取得某種優勢)  
實例：首先是單一刀片的口袋刀具，而後是多刀片的口袋刀具，最後則是搭配整合剪刀、螺絲起子與開罐器的瑞士刀。
- (5) 先是不斷地複雜化，然後透過整合的簡單化  
實例：從零件繁多的PCB演化到積體電路。
- (6) 從大系統到極小系統的轉換  
實例：製造玻璃用的滾輪，從大尺寸的鋼輪演化到以錫爐中的錫分子為滾輪。
- (7) 不斷改善的動態與操作性能  
實例：從木製指示棒，可伸縮的指示棒到雷

射指示棒。

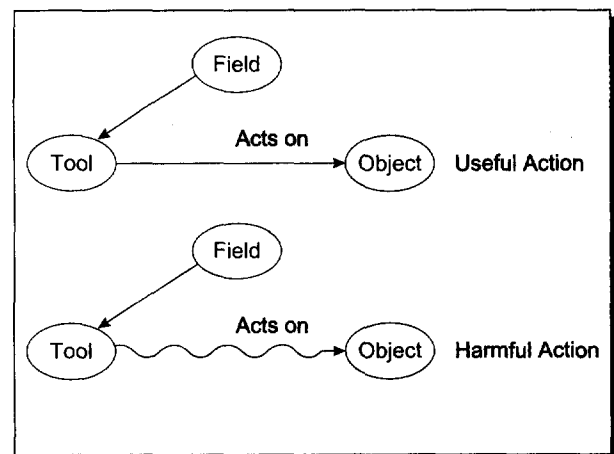
(8) 以逐漸的自動化來減少人的參與

實例：安裝於衛星上的控制系統。

### 4. 質一場分析與標準解答

就Altshuller TRIZ的想法，每一個技術系統都可被視為是由許多各別執行其特定任務的子系統所構成的一種網路，因此，每一個系統都有它的子系統，而每個子系統都有其歸屬的大系統。子系統可以再給予進一步的細分，直到質子、分子、電子與原子的微觀層次(Microlevels)，而大系統則有其隸屬的環境為其大系統。

就技術系統而言，其最小的單元為祇「執行單一功能」的單元。所謂的功能，Altshuller的定義是：兩個物質之間的互動，而且有一個「場」(Field)在其間作用。這兩個物質，一個稱之為「對象」或「目標」(以S1代表之)，一個稱之為「工具」(以S2代表之)，場則為「能」(Energy)的一種型態，可以是機械力、電力、磁力...等等，在這三者之間的互動存在著許多的可能性。其中最重要的就是「有用的互動」與「有害的互動」兩種，如圖四所示。



圖四

當技術系統不以專業名詞敘述表達，而採簡化的質—場模型來表示時，那麼，就有可能透過以質—場模型有關的「共通問題的模型類別」來辨認目前系統所存在的問題。Altshuller證實這些共通的問題，已被早期的研究發明人員以不同專利的解決方案解決了。他將這些解決方案依其解決問題的內涵與方式區分成五種類別的標準解答，並從專利中編輯整理出這些標準解答的知識資料庫，以下就是標準解答資料庫的類別：

類別一：質—場的建立與破壞

類別二：質—場的發展

類別三：從基本系統轉換到大系統或子系統，  
以至於微觀層次

類別四：系統內部事與物的衡量與偵查

類別五：說明如何引進質或場到技術系統內

有用功能的改善與有害功能的消除，是使用質—場模型改善系統問題的主要考量。每一次對質—場模型與其實體(兩個物質與一個場)所做的調整與修正，就意味著系統的轉變或變型，Altshuller建議系統改善的點子可以從類似的質—場模型中以類比的方式產生之，Altshuller根據質—場模型物質與場的變異與調整方式，確認出76個質—場模型的標準解答。

## 5. 理想法則與理想化的最後結果(Ideal Final Result)

理想法則強調，任何技術系統都可以不斷的朝向理想化的境界邁進，也就是說系統可以透過理想法則不斷地變得更可靠、更簡單、更有效...。在TRIZ的想法中，一個理想化的系統可定義為：一個可以執行其預期的功能但卻不存的系統。當系統越理想化時，它花的成本也越少，也越簡單、越有效率...。

理想化反映了一種如何將系統資源—無論是在子系統本身或大系統之中的免費資源如重

力、空氣、熱、磁場與光線...等予以極致利用的想法與概念。Altshuller表示：「發明的藝術就在於如何移走邁向理想化途徑上的障礙物，從根本上來改善技術系統。」下面是一些讓技術系統表現更理想化的途徑與做法：

- (1) 增加系統的功能，讓系統具備多元化的功能
- (2) 儘可能的將更多的功能轉移到產生最終功能的工作元件上
- (3) 將系統的部份功能轉移到去大系統去
- (4) 利用存在於內部與外部的資源

根據「所有技術系統都是朝向理想化的方向不斷演進」的理想法則，每個系統的設計師必須定義系統所要產出的理想功能，這就是所謂的「理想化的最後結果」。「理想化的最後結果」的概念對研發工程人員在進行產品與流程的設計作業時，非常有幫助，它能夠協助研發工程人員：

- (1) 將重點放在必須的功能上(而非目前正在使用的流程與設備上)
- (2) 剔除重工(一開始就做「對」的事情)
- (3) 導引出突破性的想法

理想化的最後結果可以透過參照所謂的「理想的產品」與「理想的製程」的想法與觀念應用在實際產品與流程的規劃設計上。一個理想的產品是能夠執行其預期功能而不存在的產品，而一個理想的製程是能夠傳遞出必要的動作卻不需要花費任何的能源與時間。因此，在問題解決的過程中，特別是要在數個解決方案中擇一採行時，研發工程人員必須時時將「理想化的最後結果」這個概念牢記在心。

## 6. 系統中的系統與系統的資源

如前所述，在TRIZ的想法中，所有的技術系統都可被視為是「系統中的系統」，就像階級制度中所包括的大系統(Supersystem)、基本系統(Base system)與子系統(Subsystems)一樣。



據此，所有大系統、基本系統、子系統可運用的資源，都可視為是整個系統的資源。Altshuller認為對系統中可用資源的有效運用就是邁向理想化的途徑與境界。在技術系統中，可以加以有效運用的資源如下：

- (1) 空間資源(Space Resources)
- (2) 時間資源(Time Resource)
- (3) 系統資源(System Resource)
- (4) 功能資源(Function Resource)
- (5) 資訊(Information)
- (6) 物質(Substance)
- (7) 能與場的資源(Energy and Field Resources)

#### 7. 科學與技術的效應(Effects)

從1965年起，Altshuller與他的工作夥伴開始以繪製質一場模型的方式探討系統功能合成(Synthesis)的問題。當一個技術系統的需求被分解到最簡化的質一場模型時，它就必須使用它僅能獲得的資源去實現或執行它的功能，這個特殊的限制(也就是祇可以使用手頭上可利用的資源)需要許多不明顯的創意點子來實現它期望的功能。

對此，Altshuller發展了一個科學效應的抽象模式，在這個模式中，效應被描述為兩個或兩個以上參數在一定的操作條件下所產生的彼此交互作用。參數間彼此交互作用的結果，則會產生一定水準的輸出參數。因此，就某種層次來說，所謂的效應是指一個運算元(非線性的)在一組輸入(一組參數)中運作，並且生產製造一組輸出(另一組參數)。

在1965~1970，Altshuller與他的工作夥伴開始著手建立所謂的效應資料庫(Effects Database)，這個資料庫是一種「從技術目標到實現手段」方法論的總匯，這可說是一個重新全來的工作。由於傳統的科學效應都是以科學家或發明家來命名的，因此，當一個發明家需

要了解一個特殊的功能，譬如說移動液體吧，就必須在物理、化學等不同的領域，甚或從與有類似效應的專利中搜尋可能的解決方案，當一個發明家對他專業領域之外的事物所悉甚少時，這將會是一個極為困難的工作。因此，Altshuller將一個技術系統所要達成的基本目標與達成這個目標的可能方法，逐一彙整編輯成一個大型的效應資料庫。現在，發明家可以先決定他所需要甚麼樣的基本功能(依質一場模型的需求)，然後就可以從效應資料庫中尋找出要實現同樣功能的創意概念。

標準解答提出如何在質一場模型上進行特定的系統轉型的建議，而科學與技術效應則提供質一場模型轉型後實現功能所需要的效應。而且，科學與技術效應也常被應用在需求功能的質一場模型已知，但卻不知如何將其實現的狀況下，這種情形也就是前面所謂的系統功能的合成(the synthesis of functions)。

#### 8. ARIZ：發明問題解決的規則系統

為了讓現代的發明家儘可能的熟悉瞭解發明問題解決的過程，Altshuller著手整理一套有系統有步驟，可供人們遵循解決包含矛盾衝突的創意性問題的規則系統，這套有系統有步驟的規則系統，稱之為：ARIZ(Algorithm for Inventive Problem Solving)。

ARIZ是TRIZ的核心分析工具，它主要是用來解決表面上看來沒有明顯的矛盾衝突存在，而且結構看來也非常複雜的問題的一種系統化程序。ARIZ的分析程序包含了九個如下的主要步驟：

- 步驟一：確認問題並有系統的敘述下來—使用  
創新情境問卷調查(ISQ)。
- 步驟二：針對有問題的系統建立質一場模型。
- 步驟三：理想化的定義與明確的說明出所要的  
「理想化的最後結果」。



- 步驟四：列出可自系統中獲得並利用的資源。
- 步驟五：在專利案例的知識資料庫搜尋，找出類似的解決方案。
- 步驟六：使用矛盾矩陣表或分離原則解決技術或物理上的矛盾衝突。
- 步驟七：以質一場模型為基礎，運用「標準解答知識庫」與「效應知識庫」產生可能的解決方案。
- 步驟八：祇使用可自系統中自由取得的資源執行解決方案。
- 步驟九：分析修正後的系統，以確認沒有新的缺點出現。

#### 四、應用TRIZ解決創意性問題的流程步驟

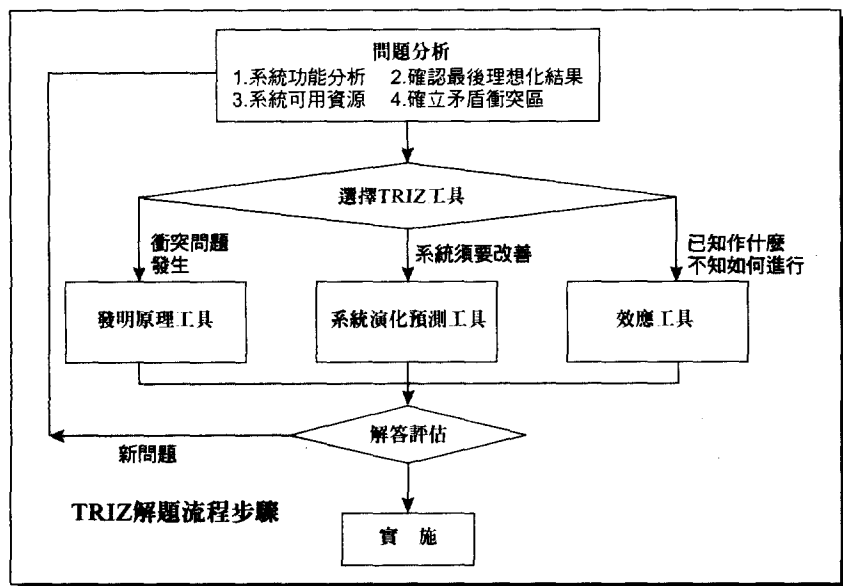
在對TRIZ的工具與方法有了初步的認識後，接下來要做的就是如何將它們活用在創意問題解決的工作上去。一般的做法是先從問題的分析開始，問題分析的項目包括了功能分析、理想化最後結果的確認、系統可用資源分

析與確定矛盾衝突區，其中的功能分析部份可就實務上的應用再細分為「技術系統分析」與「技術流程分析」兩大類。將問題分析過程中所遭遇的問題詳細的整理記錄下來後，再依問題的屬性類別選擇適當的解決工具，在這個問題解答產生的作業階段中，為了找出更多可能的解決方案，可以使用與TRIZ有關的應用套裝軟體的知識資料庫(例如，TechOptimizer)來強化這個階段作業的廣度與深度。在找出可能的解決方案後，接著就必須針對這些解決方案進行評估，通常的作法是採用Pugh's Concept Selection Method來進行解決方案的比較評估，而後擇其最優者實行之(圖五)。

#### 五、結語

就應用的效益來說，TRIZ不僅可以用來幫助我們解決推展6 Sigma活動過程中所碰到的創意性問題，它也是知識創新的必備工具與手法，如果能夠善予應用並整合在我們日常的工作，肯定能夠大幅提升企業的創新能力與競爭力。

由於篇幅的關係，本文僅就TRIZ的工具與方法作一概要的說明介紹，日後我們將陸續就TRIZ的每個工具與手法做更深入的探討，希望對提昇國內企業的創新能力有所助益與貢獻。



圖五

#### 參考資料：

- Introduction to TRIZ Innovative Problem Solving Dr. Prakash R. Apte
- TRIZ的應用 曾錦煥
- 發明創新問題解題理論 莊錦賜

