



應用 TRIZ and VA/VE 提昇產品競爭力

李榮興^{1*} 黃哲鋒² 羅啟源³

Larry J.H. Lee, David Huang, Chi Yuan Lo

¹ 台灣科技大學工業管理博士研究

² 大同公司 IE 專案經理

³ 台北科技大學工業工程與管理系教授

*larrylee@anet.net.tw

摘要

價值分析與價值工程(VA/VE)發展至今已近 60 年歷史,由持續的累積案例可發現 VA/VE 是很有效的管理工具,但由於競爭環境的愈來愈嚴苛,單一的管理改善工具已不足以因應現況,因此結合其他工具是必然趨勢,TRIZ 是由專利整理出來的創新解決問題理論與工具,能促進創新解決問題的方法,與 VA/VE 一起運用應可發揮綜效。本文探討產品發展過程,運用跨功能小組進行價值研析,並建構一整合 TRIZ 與 VA/VE 的管理模式,小組依據此管理模式進行價值研析,當機能分析階段完成機能系統圖後,小組選出關鍵機能隨即進行 TRIZ 之矛盾矩陣分析,尋求理想化問題解決方案,再進入判斷與發展階段,使替代方案逐漸成型,由案例成果證明,此整合模式確實可提昇產品競爭力。

關鍵字: TRIZ; VA/VE; 跨功能小組、機能系統圖

一、前言

環境一直在變,伴隨著競爭的情況也隨時在變,而且愈來愈激烈。為使產品能永續經營,競爭力的提昇是不可免的。本文介紹價值工程研析與 TRIZ 整合的方法,先將兩種方法之執行步驟與效益做一介紹,由文獻探討 VA/VE、TRIZ 及兩者整合運用文獻,進而導出更合適之模式,提出 VE-TRIZ 整合模式,由實際案例的分析與成果可以發現本法確實可以有效解決問題,提昇產品或服務的競爭力。

二、文獻背景

2.1 VA/VE

價值方法論由美國 GE 公司 L.D.Miles 在 1940's 末期發展出來的,當時稱為價值分析(Value Analysis)主要被用來分辨與消除不必要的成本。價值分析被廣泛運用在產品或服務、專案與管理流程等的改善上,而不再局限於初期時的成本上 [IVM, 2003]。價值方法論可以廣泛地應用在硬體如建築物或其他建設標的、與軟體如製造與建造流程、健康管理、環境管理、管理系統等;而愈早在開發設計階段應用,愈可能獲得最大利益 [SAVE International, 1998]。價值工程(VE)是一個能產生創造力很有用的工具,不僅可強化各產品的競爭力,同時也可提昇服務品質[Lo, 2002]。

價值管理研析一般分為資料階段、機能分析、創意、評估、發展及建議階段 [SAVE International, 1998]。

- 資料階段: 資料搜集、決定改善目標含價值、成本、性能等因子之分析。
- 機能分析: 定義機能以動詞加名詞方式敘述產品、專案或程序之機能; 進行機能分類、整理; 建構機能模型或機能系統圖; 分派成本予各機能; 計算價值指數(Value Index = cost/worth)尋求改善機會; 確定研析對象。
- 創意階段: 發展大量的替代構想; 不受習慣、傳統、負面態度或先入為主等限制, 進行創意發想; 創意時主要原則為, 暫時不批評及評估, 使構思在無批判狀況下, 能流暢無阻。

- 評估階段：整理創意階段產生的構想及觀念，從中選擇較可行的構想以進一步發展及改善，其步驟為：刪除毫無意義的構想；歸納同類型構想；淘汰沒有人支持的構想；進行構想之優缺點評估；評估排列構想等級；使用矩陣分析進一步來排列符合機能的構想；選擇優選構想供價值改善。
- 發展階段：從最高排序值替代方案開始，發展一套效益分析及實施要求；進行效益分析；整理建議替代方案相關技術資訊；準備實施計劃；完成所有建議內容。
- 建議階段：包括初步的口頭報告以及隨後完成之完整書面報告，小組提出之建議方案不是獲得同意實施，就是被要求再補充資訊。書面報告應記錄每個建議方案及其所支持的數據，並確認為管理階層所接受之實施方案。研析的自我評價，未來的改善計畫等也是書面最終報告的重點。而對小組成員的貢獻應予適當獎賞 [Lee, 1997]。

2.2 TRIZ

TRIZ 是四個俄文字首字母的縮寫，由俄國人 Genrich Altshuller 在 1940's 年代，分析四十萬筆專利之後所整理出來的法則，稱為發明性解決問題的理論(Theory of Inventing Problem Solving)，簡稱 TRIZ，這些法則顯示接近機能績效高峰系統中的任何部份，在技術系統改善進化期間，將引起與其他部份的衝突。此衝突最後將被改善至最小，持續自我永續改善的程序，促使系統朝向更接近理想狀態 [Savransky, et al., 1996; Shulyak, 2003]。

創新程序分成五個步驟：(1) 問題的敘述；(2) 問題定型化(Formulation)；(3) 分辨先後順序與產生構想；(4) 發展解決問題的概念；(5) 評價結果。Altshuller 透過專利的分析發展出 40 個發明性原則(inventive principles)，其中三個最頻繁的原則是 Segmentation, Inversion, 與 Prior Action [Dvorak, 2001]。

- Segmentation：建議將組件細分成兩個或更多個部份，使更具彈性或容易調整。
- Inversion：建議運用與目前方法反向的思考。
- Prior Action：優先執行需要的行動。(部份或完整)

TRIZ 方法也可說是矛盾移除法，TRIZ 方法論的概念是利用資源找出理想解來消除矛盾。矛盾是在技術系統內的衝突，資源是系統周圍未被使用，而可以改善效能的元素 [DE Carvalho, and Back, 1996]。發明性原則方法是最簡單也是通用的 TRIZ 方法，它包含兩個主要的概念即工程參數(Engineering parameters)與發明性原則(Inventing principles)。工程參數是從不同學科對技術系統的變數，發明性原則是由專利彙整的結果與解決組合。這此原則重複的被用來解決問題。共有 40 個原則。

矛盾矩陣是 TRIZ 的工具，用來選擇發明性原則來解決特定的矛盾。在矩陣列(rows)置放應該被改善的工程參數，矩陣行(columns)置放改善列上之工程參數會降低影響度的工程參數，而矩陣內各交叉之空格置放可解決矛盾的發明性原則的號碼。

ARIZ(Algorithm to Solve an Inventive problem)是 TRIZ 的中心分析工具，它提供特定的程序發展，以解決複雜的問題，以下簡要敘述 ARIZ 解決問題的九個步驟：[Shulyak, 2003]

Step # 1：問題的分析：由含糊不明的問題敘述到簡單地描述微小問題。包含衝突狀態的分析，那些矛盾應被進一步的解決，一旦決定則問題的模式即成型。

Step # 2：問題模式的分析：簡化操作區的衝突模式圖被畫出來，然後做出所有可用的資源評估。

Step # 3：最後理想成果 (Ideal Final Result, IFR) 的成型：描述 IFR 可顯示出在操作區內對系統重要組件矛盾需求，即物質矛盾。在許多案例，到 Step # 3 已經將問題解決，則可跳至 Step #7、8、9。

Step # 4：外部物質與資源的利用：使仍不清楚的問題，得到更佳的了解。

Step # 5：資訊資料庫的利用：如物質效應資料庫的運用。

Step # 6：改變或重塑問題：使尚無法解決的問題再回到起點與由次系統重塑問題，如此可循環數個迴圈直到發現解決方案。

Step # 7：分析移除物質矛盾的方法：以檢測解決問題的品質，確定是否已理想地移除物質矛盾。

Step # 8：發現解決方案的利用：以分析新系統對週邊系統的影響，同時迫使研究者研究對其他技術問題的應用。

Step # 9：導引解決步驟的分析：以比較實際流程與 ARIZ 方法的差異，做為未來參考。

2.3 整合 TRIZ 與價值工程

價值工程更廣泛的被應用，有更多的小組活動與更充分的評價與發展建議方案，而 TRIZ 提供更多更快的解決方案，更有潛力獲得技術的突破，但是它與機構系統問題更密切，僅在最近幾年才發展去突破更大範圍的問題 [Dull, 1999]。

Dull 提出三種整合價值管理與 TRIZ 的方式 [Dull, 1999]：

第一種方式：由 TRIZ 專家先進行離線 TRIZ 分析，TRIZ 專家與 VE 小組核心進行研析前活動，再分別進行各別的步驟；TRIZ 的建議再與價值工程創意整合進行分析；最後價值工程與 TRIZ 創意被分析、發展與實現。

第二種方式：TRIZ 分析完整地單獨進行，TRIZ 分析的結果加入到價值管理分析評價階段或發展階段。

第三種方式：TRIZ 僅被用來解決，價值工程所產生之創意與發展階段中，因含有無法解決有害的效應的部分。

Clarke,1999 提出整合 TRIZ 與價值管理方法是在價值研析腦力激盪階段，應用 TRIZ 工具來強化，而價值研析的機能系統圖，產生明確的機能成為 TRIZ 進行理想化流程的標的，一旦概念完整明確，再應用價值研析成本分析、發展、產生替代方案 [Clarke, 1999]。

TRIZ 應用在價值管理研析模式為：價值管理資料階段之資料提供 TRIZ 專家做問題分析，機能分析整理出來之機能資訊與機能系統圖在 TRIZ 問題模式分析階段給予，TRIZ 最後理想成果成型資料反饋回資料階段，價值管理之判斷階段與發展階段，所篩選下來的創意或有不良效應暫時無法解決之替代創意，提供予 TRIZ 問題模式分析階段，TRIZ 最後階段導引解決步驟分析的成果，移入價值管理判斷階段，進行判斷、發展、與建議，完成整個程序[李榮興、羅啟源,2003]，如圖 1 所示。

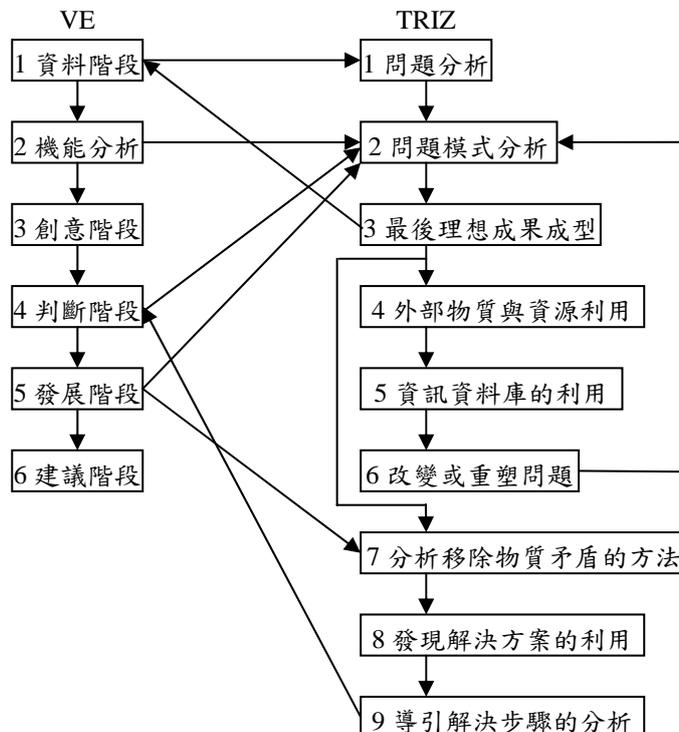


圖 1. TRIZ 應用在價值管理研析模式圖

3 應用 VE-TRIZ 模式

TRIZ 與價值工程皆是很有效的問題解決的工具，但是 TRIZ 較傾向於工程機構問題方面的解決，而價值工程卻含蓋產品、建設之硬體，及專案、組織、流程管理等軟體問題也可應用價值工程方法來解決。

本研究提出 VE-TRIZ 模式為：價值研析機能分析整理出來之機能指數與關鍵機能，投入 TRIZ 模式選擇適當參數後進行物質場分析、資源分析之後，再進行矛盾分析找出 TRIZ 最後理想結果饋回 VE 評價階段，與價值工程創意篩選整合，再進入發展階段進行效益分析至完成所有建議內容，最後到建議階段產生完整之替代方案，正式提出可提升產品或流程價值的改善方案，如圖 2 所示。

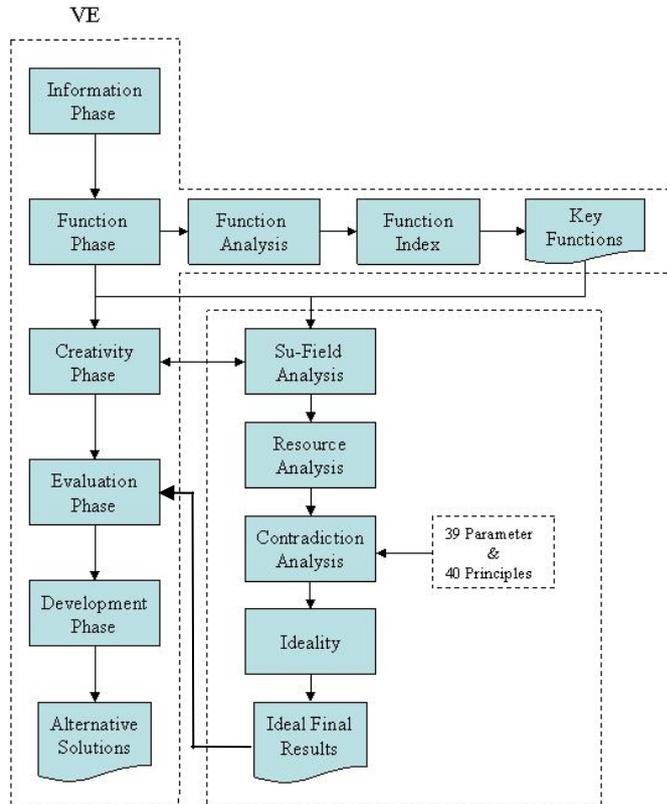


圖 2. VE-TRIZ 模式圖

4 案例探討

本案例以 T 公司所生產之冰箱製程中，經由成本與品質分析後找出可能的改善機會，再組成跨功能小組，含開發、製造、技術、IE、QC、採購、產銷等，必要時更請供應商與經銷商支援，依據 VE-TRIZ 模式進行研析。

4.1 冰箱門扉的製造方法簡介

冰箱門扉分為五大主要零件 A.門板、B 門襯、C 門飾板、D 發泡料、E 螺絲，(如圖 1)其組裝步驟如下：

- (1). 門板的製造流程是先把鋼卷經過剪床的裁剪，成為一片一片固定尺寸的鋼板，再經過彎床將兩翼彎折成型即完成一個門板。
- (2). 門襯的製造流程是把塑膠粒加熱融化成液態，再經由製板機的擠製，由吐料口吐出後慢慢冷卻成塑膠板，再裁剪成固定尺寸的塑膠片，塑膠片再經由真空成型機，將之成型為門襯胚料，之後以沖床將多餘邊料裁去，即完成一個門襯。
- (3). 門飾板的製造流程是把塑膠粒加熱融化成液態，再經由塑膠射出成型機，射出成型即成為門飾板。

- (4). 發泡料內含三種成分 A 冷媒 C5(環異戊烷第 II 品種) B 二烷甲苯二異氰酸脂(俗稱發泡黑料) C 多元醇混合液(俗稱發泡白料)，將 C5 冷媒與發泡白料預先混合,待執行發泡製程時將 C5 白料與黑料一併射出,黑白料一經混合後立即產生發泡的化學反應,會將體積膨脹並漸漸硬化成為一個保溫隔熱材質。
- (5). 門扉組合的製造流程為,將上下門飾板與門板組合在一起成為門本體,並放置於發泡治具上,再將 PU 發泡料注入門板裡待其發泡硬化,發泡完成後,再將門襯裝上,並以螺絲將門板與門襯固定成為門扉組合,此為一般常見的冰箱門扉分離發泡製程。

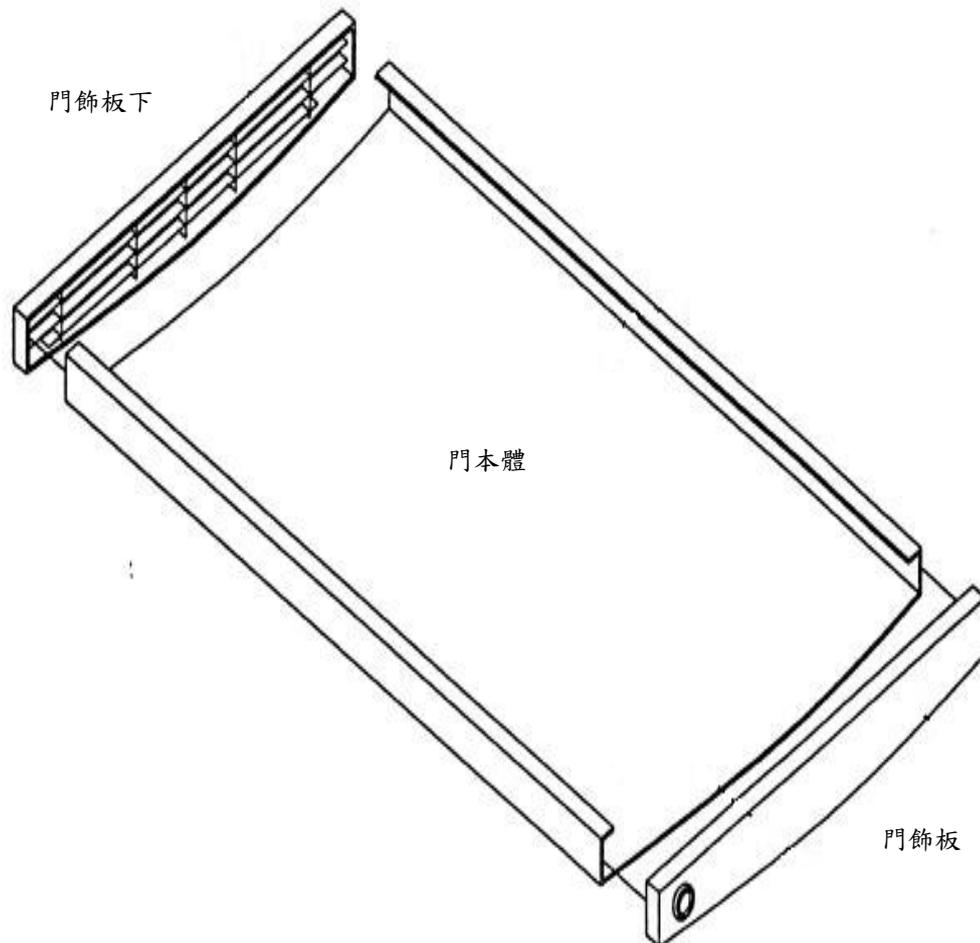


圖 1.門扉示意圖

4.2 VE 分析

我們先使用 VE 的方法做此一門扉的功能分析,由表 1 的分析,我們經由門扉 5 大零件的分解,我們列出了各個零件所提供的功能,也找出了各個零件的期初成本及所貢獻的價值,再換算出較無價值的功能,其中最沒有價值的是螺絲所提供的固定零件功能,第二是發泡料所提供的連結零件功能,第三是門板的外觀功能,經由表 1 的機能分析我們知道在門扉發泡裡前三大需要增加價值的功能,其關鍵機能為固定組件、連結組件與美化表面,但是分析至此,我們並無法想出解決的對策,需要再引進其他的工具來做結合,以達成改善的目標。

表 1 機能分析

資料階段				機能分析			
專案名稱：冰箱價值研析							
項目：門扉組立				1 頁 6 頁			
分項	機能(1)			成本 (2) Cost	機能價值 (3) Worth	(2) Cost (3) Worth	備註
	動詞	名詞	種類				
門板	顯示	商標	S	6.6	5.5	1.20	
	美化	表面	B	23.1	17	1.36	3
	隔絕	熱源	B	23.1	21.8	1.06	
	連接	組件	S	6.6	5.5	1.20	
	防止	生鏽	S	6.6	5.1	1.29	
門襯	美化	表面	S	8.1	6.8	1.19	
	儲存	食物	B	10.8	9.3	1.16	
	區劃	空間	B	10.8	9.8	1.10	
	隔絕	熱源	B	18.9	15.7	1.20	
	連接	組件	S	5.4	4.4	1.23	
門飾板	美化	表面	S	8.3	6.7	1.23	
	連接	組件	B	38.6	35.4	1.09	
	隔絕	熱源	S	8.3	7.7	1.07	
發泡料	隔絕	熱源	B	120.0	113	1.06	
	連接	組件	S	30.0	21.1	1.42	2
螺絲	固定	組件	S	2.1	0.8	2.63	1

(1)B=主要機能 (2)初始成本 (3)機能價值
 S=次要機能
 RS=必要次要機能

4.2 TRIZ

接下來我們引進 TRIZ 這個創新解決問題的工具，利用 TRIZ 來分析時，先做基本原素的分析，我們的 Subject 是門襯及門板，我們的 Tool 是螺絲及發泡料，我們擁有的 resource 是空氣、水、溫度、壓力、螺絲、發泡料等...，再利用物場分析(圖 2)，我們的 S1 是門襯，S2 是螺絲，場 F 是電動起子的機械能，要達到的功能是將門襯及門板發泡後結合在一起。

解法 1. 可以引進另一種物質 S3 來加以固定門襯。解法 2. 可以引進另一種場 F2 來施加。

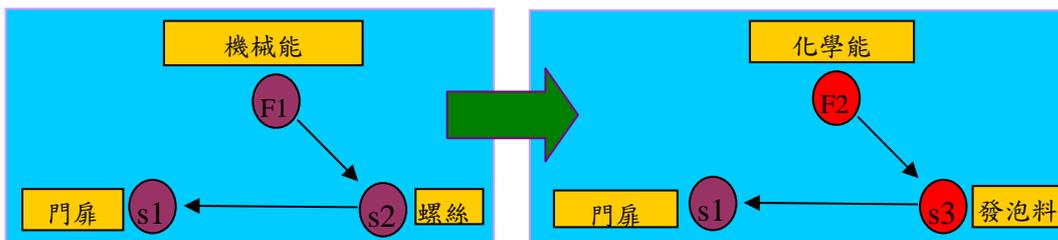


圖 2. Su-Field 分析

最後我們結合使用矛盾表，我們希望工時可以降低，生產力可以增加，因為 $V=F/C$ 在這裡 Function 不變，是將門襯及門板發泡後結合在一起，我們只要達成 Cost 下降，那麼就實現 Value 的提升，但在生產力提升的同時，遇到技術矛盾，那就是自動化的程度會增加，可能是機器設備的增購或修改，我們也希望改善門的隔熱功能，讓溫度得到改善，但不希望能源的耗費及控制的複雜性及生產力惡化，此時矛盾表給我們一些建議(表 2)，我們利用 5 結合的概念及 12 等位性及物理或化學狀態的變換來改善(表 3)，我們利用了發泡料這個 resource，不增加新的物質，將發泡料當做 S3 來取代 S2 的螺絲，也利用了發泡料的化學能做為新的場 F2，讓門扉及門板經由發泡料來做黏合，變成發泡的時候也同時完成了固定的動作，如此沒有多增加 resource 的消耗，節省了工時，也節省了螺絲，達成了我們要的功能不變，但成本下降的目標。

在這個階段的改善裡，我們也同時增進了冰箱的性能，在以往門扉為分離發泡的時候，發泡料只有在門板裡發泡，等製發泡結束再與門襯做結合，也因此，門襯裡面是空的，保溫隔熱的效果就較差，這也使得壓縮機必須增加負荷以提升製冷能力，如此一來較為耗損電力，在改善後的製程中，門扉為一體發泡，在上下治具中一邊發泡，一邊將門板與門襯結合在一起，此時門襯裡充滿了發泡料，保溫隔熱的效果大增，壓縮機製冷的負荷降低，時間也達到了省電的功能。

表 2. 門扉及門板發泡矛盾分析

		38		22		37		39	
		自動化程度		能源的耗費		控制複雜性		生產力	
39	生產力	5	12						
		35	26						
17	溫度			21	17	3	27	15	28
				35	38	35	31	35	

表 3. 由矛盾矩陣選出之發明性原則

3	局部特性
5	結合(整合)
12	等位性
31	使用多孔材料
35	物理或化學狀態的變換

另外，針對門板的外觀功能，我們一樣利用矛盾表來分析(表 4)，希望門板的外觀可以獲得改善，但不希望增加額外的重量，也不希望長度有所改變，更不希望增加太多工時或是造成生產力的降低，甚至不良率的增加而產生物質的耗費，經由矛盾表我們得到許多建議，其中利用 5 結合及 10 先前動作的概念

(表 5)，我們想出了新的門扉製程，我們將門板的材質由鋼片改為透明的塑鋼素材，並在透明塑鋼的內表面印刷出圖案，再借由上述的一體成型發泡製程製作出門扉，如此一來，透過不同圖案的印刷及成型機凸模的不同設計，可使冰箱門扉之圖樣及造型呈現活潑多樣化(圖 3)，另外，因為外觀圖案係直接印刷於透明塑鋼素材之內表面上，當冰箱門扉完成時，外觀圖案則位於冰箱門扉之內表面上，如此可避免因為頻繁使用之接觸而導致外觀圖案脫落之問題。

表 4. 門板外觀矛盾分析

		1		4		25		39		23	
		移動物體的重量		不動物體的長度		時間的耗費		生產力		物質的耗費	
12	形狀	8	10	13	14	14	10	17	26	35	29
		29	40	10	7	34	17	34	10	3	5

表 5. 由矛盾矩陣選出之發明性原則

10	先前動作
5	結合(整合)



圖 3. 門板改善後外觀

4.3 成果

門扉門板發泡鎖螺絲固定方式，改為門扉門板經由發泡結合在一起，即節省每台 2.5 分工時，再乘上每小時的工資費用率 797 元，節省金額為 33.2 元，同時 18 顆螺絲也一起省下，節省金額為 2.1 元，如

此一年即可節省 3,748,800 元，如再波及展開至其他機型，其節省金額就更加可觀。至於門板外觀改善，經初步核算並無大金額的節省，但此型推出之後深獲顧客贊賞，銷貨量提升約兩成，明顯提昇產品競爭力。

表 6. 門扉門板發泡改善成果

節省項目		節省金額	節省金額合計	年節省金額
工時節省	2.5分/台	33.2	35.5	NT\$3,748,800.00
材料節省	18顆螺絲/台	2.1		

5 結論

本研究將 VE 與 TRIZ 做進一步的整治，除發揮 VE 有系統的研析方法外，利用 TRIZ 套用專利分析出來的參數與原則，以科學的方法來解析問題，找出最理想的問題解決方法，可以發揮 TRIZ 強大的工程系統問題解決能力。由實際冰箱改善的案例，可發現 VE-TRIZ 模式確實是有效的解決問題的方法，未來可結合更多改善工具，進行創新研析，對產品或服務的競爭力提昇必有很大幫助。(最後感謝本文指導老師羅啟源教授，對於本文的精警見解及修正意見，致使本文能更加完美，特此感謝。)

6. 參考文獻

1. Clarke, Dana W. , (1999), Integrating TRIZ with Value Engineering: Discovering Alternatives to Traditional Brainstorming and the Selection and Use of Ideas, SAVE International Conference Proceedings 1999, pp. 42-51.
2. DE Carvalho, M. A., and Back, Nelson, (1996), TRIZ METHODOLOGY AND ITS USE IN SYSTEMATIC ENGINEERING DESIGN, Anais do COBEM '99 (Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica). Águas de Lindóia, 1999.
3. Dull, C. Bernerd, (1999), Comparing and Combining Value Engineering and TRIZ Techniques, SAVE International Conference Proceedings 1999, pp. 71-76.
4. Dvorak, Paul, (2001), A systematic way to solve technical problems, Machine Design, June 7, 2001, www.machinedesign.com.
5. IVM, (2003) "Value Management," <http://www.ivm.org.uk/>.
6. Lee, J. H. Larry, (1997), "VE PERFORMANCE IN A MANUFACTURER," SAVE International Conference Proceedings, pp.151-157.
7. Lo, Chi Yuan et al.,(2002), "Streamline Customer Satisfaction Using Value Engineering," The 2002 Conference of Knowledge and Value Management, pp.185-195.
8. SAVE International, (1998) "VM Standard," http://www.value-eng.org/about_vmstandard.php.
9. Savransky, Semyon D. and Craig Stephan, (1996), TRIZ: The Methodology of Inventive Problem-Solving, December 1996 Volume 2, Number 4, pp. 22-25.
10. Shulyak, Lev, (2003), Introduction to TRIZ, <http://www.triz.org/downloads/40Ptriz.pdf>.
11. 李榮興、羅啟源, (2003), 價值管理 TRIZ 手法應用在新產發展階段之研究, 2003 知識與價值管理學術研討會