

Applying TRIZ Theory for Renewable Energy Design—A Case Study of Washing Machine

Tien-Ting Chiu^{1*}, Ting-Kuo Peng², Tzu-yang Chiu³

¹Department of Industrial and Systems Engineering, Chung Yuan Christian University, Chung-Li 32023, Taiwan, R.O.C.

²Department of Industrial Engineering and Management, Minghsin University of Science and Technology, Hsinchu 30401, Taiwan, R.O.C.

³Miaoli County Datong Senior High School, Junan 350, Taiwan, R.O.C.

*Corresponding author, E-mail: tdchur@mail.nctu.edu.tw_

(Received 18 November 2016; final version received 17 February 2017)

The quantity of water available in Taiwan is a very serious issue. Regardless of high annual rainfall, there are four possible reasons why Taiwan's water provision is out of balance. (1) uneven distribution of available water, (2) extreme fluctuations in the availability of water, (3) steep slopes, and (4) rapid runoff. Therefore, the aim of this study attempts to design creative design concepts, The research methods involved brainstorming, scenarios analysis, TRIZ theory with 6 Sigma method according to DMADV (define, measure, analyze, design, verify) 5 steps diagram and retrieving patent from Taiwan patent search. Questionnaire average scores up to 4.2 or more. Results of this study showed that a washing machine is important of renewable energy (Green energy). A washing machine is feasible to creative integration of renewable energy systems in the design of homes.

Keywords: 6 Sigma, TRIZ, brainstorming, scenarios analysis

References

- Benyon, D. (2014). *Designing Interactive Systems: A Comprehensive Guide to HCI, UX and Interaction Design* (Third Ed.). UK: Pearson.
- Bodker, S. (2000). Scenarios in User-Centered Design — Setting the Stage for Reflection and Action. *Interacting With Computers*, 13(1), 61–75.
- Carroll, J. (2000). *Making use: Scenario-based design of human-computer interactions*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Chen, C. H. (Trans.) (2009). *Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction* (Original by Sharp, H., Rogers, Y. & Preece, J., 2006). New Taipei City: Chuan Hwa Book Co., Ltd. (In Chinese)
- Cheng, C. S. (2010). *Quality Management: Contemporary Concepts and Practical Applications* (Forth Ed.). New Taipei City: Chuan Hwa Book Co., Ltd. (In Chinese)
- Chiang, T. L. (Trans.) (2008). *An Introduction to TRIZ: The Russian Theory of Inventive Problem Solving*. (Original by Kaplan, S., 1996). Taipei: Yu He Cultural Publishing. (In Chinese)
- D. Y. Sha (2014). Systematic Innovation Methods (Class material). Department of Industrial Engineering and Management, National Chiao Tung University, Taiwan. (In Chinese)
- Deng, K. Y. (September 29th, 2014). Do you know Taiwan ranked the 18th in the world as the country most lack of water? Do you know Taiwan's pipeline leakage rate reaches 20% high? *CommonWealth Magazine*. Retrieved February 15th, 2016: <http://www.cw.com.tw/article/article.action?id=5061444> (In Chinese)
- Hsiao, Y. C. (Trans.) (2009). *TRIZ Keys to Technical Innovation* (Original by Altshuller, G., translated by Shulyak, L., Rodman, S., 1997). Taipei: Cubic Creativity Co., Ltd. (In Chinese)
- Jhong, Y. D., Kuo, C. C., & Chen, C. S. (2009). The Temporal Variation of Regional Rainfall Characteristics in Taiwan. *Journal of Chinese Agricultural Engineering*, 55(4), 1-18. (In Chinese)
- Jugulum, R., & Sefik, M. (1998). Building a robust manufacturing strategy. *Computers & Industrial Engineering*, 35, 225-228.
- Kuo, Y. C. (2008). *Using TRIZ to Solve Lead Frame Delamination in Component Package* (Master's thesis). National Tsing Hua University, Taiwan. (In Chinese)
- Rettig, M. (1994). Prototyping for tiny fingers. *Communications of the ACM*, 37(4), 21-27.
- Robles, G. C., Negny, S., & Le Lann, J. M. (2009). Case-based reasoning and TRIZ: A coupling for innovative conception in Chemical Engineering. *Chemical Engineering and Processing*, 48(1), 239-249.
- Sung, M. H., Chao, C. H., Tsai, W. S., Wang, C. Y., & Chen, M. R. (2012). *Learn TRIZ the Easy Way* (First Ed.). Taipei: Tingmao Publish Company. (In Chinese)
- Tiger, L. (1992). *The Pursuit of Pleasure*. Little, Brown & Co., Boston, MA, as cited in Benyon, D. (2014) *Designing Interactive Systems: A Comprehensive Guide to HCI, UX and Interaction Design* (Third Ed.). UK: Pearson.
- Water Resources Agency, Ministry of Economic Affairs, R.O.C. (2008). Water Conservation Indicator. Retrieved February 15th, 2016 from: <http://www.wcis.org.tw/Case/rate.asp> (In Chinese)
- Worldwatch Institute. (2008). *State of the World 2008: Innovations for a Sustainable Economy: a Worldwatch Institute Report on Progress toward a Sustainable Society*. NY: W.W. Norton.
- Yamashina, H., Ito, T., & Kawada, H. (2002). Innovative product development process by integrating QFD and TRIZ. *International Journal of Production Research*, 40(5), 1031-1050.

TRIZ 理論應用於綠能設計概念-以洗衣機設計為例

邱添丁^{1*}、彭定國²、邱子洋³

¹ 中原大學 工業與系統工程學系

² 明新科技大學 工業工程與管理系

³ 苗栗縣立大同高中

*通訊作者 e-mail: tdchur@mail.nctu.edu.tw

摘要

台灣地區因雨量豐枯分配不均、地形山坡陡峻、水庫開發不易、及地狹人稠等先天條件，被歸列缺水國家之一。在 2104 年台灣飽受地球暖化影響，發生嚴重缺水現象，造成國內各行各業用水非常吃緊。有鑑於此，本研究提出洗衣機綠能創意設計概念，將洗衣過程中所產生的剩水儲存起來，以供家庭清潔用途使用。本設計概念先由觀察日常生活家庭與洗衣機使用互動過程，再將 TRIZ 理論融入 6 Sigma 方法，依據 DMADV (定義、衡量、分析、設計、驗證) 等五步驟中設計思考做出明確指引，尤其在分析與設計階段，將 TRIZ 理論融入其中，以促使設計更趨於最佳化。本設計產品概念進行使用性及使用者經驗評估，其結果分別：(1)使用性原則：92 份問卷，平均分數值高達 4.2 以上；(2)使用者經驗：12 位專訪，給予愉悅經驗評價。證實本設計產品符合使用者省水綠能設計期待，本研究設計概念方法與結果，適用國內洗衣機製造廠商設計之參考。

關鍵詞：TRIZ 理論、6 Sigma、使用性、使用者經驗

1. 設計背景說明

1.1 設計動機

依據水利署 2008 年調查，每人每日生活用水量為 274 公升，每人每日家庭用約 238 公升，其中約 21% 用於洗衣、約 20% 用於洗澡、約 15% 用於一般水龍頭、約 17% 用於清潔或其他用途、約 27% 用於馬桶沖廁，如圖 1。統計每人每月則使用 8,220 公升的水，換算成 158 公升(或 35 加侖)為單位的油桶，約使用 52 個油桶容量，使用水容量相當驚人。若將洗衣後的用水，供沖馬桶及清潔其他用途使用，則可降低水資源的使用。然如何將一般家庭洗衣用水如何設計，以達降低水資源使用，此為本設計最初動機。

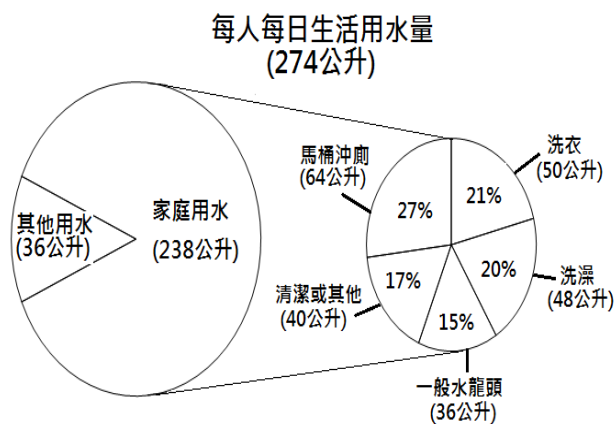


圖 1. 台灣地區家庭用水比例分析

資料來源：本研究參考水利署 2008 年調查重繪

1.2 設計目的

依 2008 年世界觀察組織(Worldwatch Institute), 報告指出：「專家估計目前全球有 40% 的人口(約 28 億人)，有缺水壓力。到 2025 年全球，將有四分之三的人口面臨水資源短缺問題。」依鍾侑達、郭峻菖、陳昶憲(2009)研究指出：「台灣年降雨量約 2,500 公厘，為世界平均值的 2.6 倍」。但台灣因季節性雨量豐枯分配不均、地形山坡陡峻、水庫開發不易、及地狹人稠居世界第二，致使每平方公里每人分配之降雨量不及世界平均值的 1/5，為世界排名第 18 位缺水國家(鄧凱元，2014)。從此可見，水資源綠色設計對於我國是顯得格外重要的。在綠色設計考量維度如：減少用水量、降低電功率、減少洗滌時間、減少噪音等，這些向度中，以減少用水為綠色設計的重要部分。有鑑於此，本設計目的將思考如何設計洗衣機在每階段洗衣過程中，所產生用水節省下來，以供沖馬桶及其他清潔使用，以達水資源再使用，水不浪費的目的。

2. 文獻探討

六標準差整合品質管理手法，並提供實務應用的指示，使設計者可以清楚的了解問題改善的有效工具之一。其方法為 DMADV (定義，define, D；衡量，measure, M；分析，analyze, A；設計，design, D；驗證，verify, V)六步驟分別去解決產品問題、品質及流程改善(鄭春生，2010)。

- 定義(Define)：定義問題是什麼？(如顧客產品需求是什麼？)

- 衡量(Measure)：蒐集產品的資訊，運用管理、統計工具及方法，找出產品或服務特性。
- 分析(Analyze)：利用腦力激盪、標竿學習及 TRIZ 以獲得設計之概念，以達成所需要的品質要求。
- 設計(Design)：進行細部設計，將設計朝向最佳化目標努力。
- 驗證(Verify)：進行設計雛型產品測試，證實最佳可行的設計方法與生產模式。

2.1 問題定義

任何產品及服務設計，均要以人為中心的設計，其方式要知道使用者如何工作？使用者如何思考？及使用者生活的方式如何？以提供符合使用者為中心的人性化產品。而一般分析方法如 6W1H1G 問題分析

- 6W1H1G 問題分析
 - (1) What problem? (問題點是什麼?)
 - (2) What? (要改變或增加什麼?)
 - (3) When was it happen? (什麼時候會產生問題?)
 - (4) Where is it found? (那些地方會有這些問題?)
 - (5) why? (為何會發生或為何要做?)
 - (6) who? (哪些人受到影響?)
 - (7) How was it happen? (問題怎麼發生?)
 - (8) Goal (結果目標)

2.2 衡量

萃思(TRIZ)提供了一套較系統化的方法，協助釐清使用者需求、定義問題、並產生設計創新的概念。考量在不影響既有功能情形下，提升改善的參數，並降低有害的參數，以達到最佳的效果，往理想化的目標前進。而理想性設計解決問題有固定的思考程序，經由下列步驟問與答互動過程中，引導出知識性問題，再藉由知識與資料庫搜尋，以了解其他產品設計是否有類似解決問題方式。其步驟如下(沙永傑, 2014)：

- (1) 什麼是系統的最終目標？
- (2) 什麼是理想化最終結果？
- (3) 那些事情阻止我們完成理想化最終結果？
- (4) 這些事情為什麼阻止我們？
- (5) 如何使該等事情消失？
- (6) 可以使用那些資源建構環境？
- (7) 有否其他人能解決此問題？

2.3 分析與設計

2.3.1 情境分析(Situation Analysis, SA)及概念設計

情境分析是一種「非正式性的敘事描述」(Carroll, 2000)，使用故事方式，描述人類活動，以發掘活動上下脈絡關係與需求。讓設計有關人員了解，並能參與整個發展程序。情境分析用來解讀使用者心型模式與作業方式，其手法常被用來表達所提想像或實際與摸

擬情形，以協助概念設計。Bodker(2000)確認了情境法可能的角色：(a)為整體設計的基礎、(b)提供技術與設計執行依據、(c)為領域合作、設計團隊間合作溝通工具。其常用有下列幾種方式

(1) 故事板(Storyboarding)

故事板是由一系列呈現使用者如何進行工作的情境草圖。此技巧常與情境分析結合，故事板比文字描述情境提供更多細節，並使活動有關人員藉由預設情境中的步驟瞭解互動過程。

(2) 概念設計

概念設計是把使用者需求變成概念模式的活動。而概念設計模式定義為「是一套整合設計構想提案系統的描述、系統執行、運作及外形的概念，必須是符合使用者行為的模式」(陳建雄, 2009)。此模式的設計基礎，在於產品以使用者為中心的設計，運用一系列可產生「最好」或是「夠好」的需求資料。其概念設計原則為

- 瞭解使用者及其情境
- 與產品或系統權益關係人討論
- 利用原型以取得快速的回饋。
- 反覆、反覆、再反覆手法，產生愈多的構想(Rettig, 1994)。

(3) 概念設計與使用情境法

陳建雄(2009)提出設計概念 7 步驟：(a) 發展產品概念：定義使用者、決定產品功能；(b) 執行研究與需求分析：考量使用者不同及人類學觀察；(c) 任務分析與架構路徑：使用操作分析用來作業程序；(d) 構想發展：使用故事板或構想流程圖、(e) 建立原型：構建原型；(f) 細部設計：詳細說明使用的設計品；(g) 評估測試：可使用觀察式評估或調查式評估(訪談、情境訪談與問卷調查)及可用性測試。

2.3.2 發明問題解決理論(TRIZ)

TRIZ 為俄文Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch 之縮寫，意即「發明問題解決理論」。由俄國科學家Genrich Altshuller 及其研究團隊於1946 年根據所研讀之25,000筆以上的發明專利後，針對創新發明所創造出的一套嚴謹之理論方法(姜台林, 2008)。TRIZ 理論為一系統化之創意設計方法，透過有系統、有規則的方法，解決創新過程中有可能碰到的種種問題，致力於釐清和強調系統中所存在的矛盾。此外，TRIZ 理論具有提升創新及解決抽象問題的能力，且TRIZ 理論之應用不局限於某特定領域，能協助工程人員針對技術問題及產品開發流程找到創新的解決方案，以取代低效率的盲目搜尋。到目前為止，TRIZ 理論被認為是最為全面且有系統地論述解決發明問題、實現技術創新的理論 (Jugulum and Sefik,

1998; Yamashina, Ito, and Kawada, 2002; Robles, Negny, and Le Lann., 2009; 郭宇智, 2008)。

TRIZ 理論解決問題之工具包括：39 項工程參數(如表1)、矛盾矩陣(Contradiction matrix) (如表2)、40 項發明原則(The 40 Principles) (如表3)、物質-場分析(Substance-field)、76 個標準準則(76 Standard solutions)、發明問題解決演算法 (Algorithm for Inventive Problem Solving, ARIZ)等，本節僅介紹研究中所運用之工具：「矛盾矩陣」、「40 項發明原則」。而構成矛盾矩陣之39 項工程參數為Altshuller 分析各種工程問題狀況，所歸納出的系統衝突矛盾特徵。

矛盾矩陣表中縱軸稱為改善參數(Improving parameters)、橫軸為惡化參數(Worsing parameters)所構成，因此，矩陣之中本身就建立起一個發明與解決矛盾的分類表，在特定的 I 與 J 框格中，是由上述的39個工程參數與40個發明原則一起構成而形成的發明問題解決方法的系統，而使用者可以在矛盾矩陣中確認發明問題中技術矛盾的工程參數，而後再矛盾矩陣中找尋適當的表格與發明原則的識別代碼，經由這些過程，分析這些運算子中哪個可以運用來解決現今面對的特定問題。如此，就可以發展出能夠較完整解決相關技術矛盾問題的方法(宋明弘等, 2012)。

表1. 39 項工程參數

編號	工程參數	編號	工程參數
1	移動物體的重量	21	功率
2	靜止物體的重量	22	能源的浪費
3	移動物體的長度	23	物質的浪費
4	靜止物體的長度	24	資訊的損失
5	移動物體的面積	25	時間的浪費
6	靜止物體的面積	26	物質數量
7	移動物體的體積	27	可靠性
8	靜止物體的體積	28	量測準確度
9	速度	29	製造準確度
10	力量	30	作用於物體的有害因素
11	張力、壓力	31	有害副作用
12	形狀	32	製造性
13	物體穩定性	33	使用方便性
14	強度	34	維護性
15	移動物體之作用期間	35	適應性
16	靜止物體之作用期間	36	設備複雜性
17	溫度	37	控制複雜性
18	明亮度	38	自動化程度
19	移動物體消耗之能源	39	生產力
20	靜止物體消耗之能源		

表 2. 矛盾矩陣(Contradiction matrix)

惡化參數 \ 改善參數	1. 移動物體的重量	2. 靜止物體的重量	...	39. 生產力
1. 移動物體的重量	—			*35, 3 24, 37
2. 靜止物體的重量		—		*1, 28 15, 35
.....		
39. 生產力	*35, 26, 24, 37	*28, 27, 15, 3		—

Note: 矛盾矩陣內*各數字是提供40發明原則。

表 3. 40 項發明原則(The 40 Principles)

1.分割	11.事先預防	21.快速作用	31.多孔材料
2.分離	12.等位能	22.將有害變成有益	32.顏色改變
3.局部品質	13.逆轉	23.回饋	33.同質性
4.非對稱性	14.曲度	24.中介物	34.消失與再生
5.合併	15.動態性	25.自助	35.參數改變
6.多功能	16.不足或過多的作用	26.複製	36.相轉變
7.巢狀結構	17.轉變至新的空間	27.拋棄式	37.熱膨脹
8.反重力	18.機械振動	28.機械系統替代	38.使用強氧化劑
9.預先的反作用	19.週期性動作	29.使用氣體或液體	39.鈍性環境
10.預先作用	20.連續的有用動作	30.彈性殼和薄膜	40.複合材料

2.3.3 使用性(Usability)評估

驗證是設計完成各階段後，用以決定產品使用性及可接受度的過程，亦可當成對設計各種標準的量測，包含許多使用者操作時的失誤、外觀吸引力及符合需求的程度等檢驗。其最終目的為「我們是否正確地建構產品？」(Are we building the product right?)。依Benyon (2014) 研究指出互動設計系統之使用性設計準則，是設計重要參考依據之一，為了確認產品是否有達到使用性之目標，則在驗證評估階段可以此項原則，進行評估，以確保達到設計之目標。

- (1) **可視度(Visibility)**：使用者可以看到可用的功能，以及系統目前的作業狀。讓使用者容易認得，不需要靠回想。假如可視度難以達到，則可透過聲音和觸覺達成。
- (2) **一致性(Consistency)**：對於設計特性之際，要保持一致性，且對於相似系統和標準化工作方式亦要保持一致性，無論是概念性的，或實體的一致性都是很重要的。

- (3) **熟悉(Familiarity)程度**：使用語言和符號讓使用者感覺更加親近，然不同人的認知也都不盡相同。因此，對於不太熟悉使用者，可提供隱喻，以幫助他們轉換熟識的知識到另一個領域。
- (4) **可視線索(Affordance)**：系統的細部設計應與其目的相符。通常指事件擁有的特質，以及該特質如何與被使用的事物相互關連，一般而言，多為文化之決定。如“按鈕”表示壓下它、“椅子”用來坐的。
- (5) **引導導航(Navigation)**：系統適時提供，如地圖、指示標誌、及資訊標誌。
- (6) **控制(Control)**：允許使用者取得控制權，知道正在做什麼及如何達成；讓使用者清楚功能與效應之間的邏輯對應，及讓使用者瞭解系統運作時對外界產生的影響。
- (7) **回饋(Feedback)**：系統應快速的回應適當資訊給使用者。
- (8) **回復(Recovery)**：系統應能快速且有效的處理使用者犯下的錯誤，回復至原來的狀況。
- (9) **限制(Constraints)**：系統應該設下限制，避免使用者犯下致命錯誤，造成損害或人身安全。如果使用者可能犯下無法挽回的錯誤時，系統應該要求使用者再確認(reconfirm)一次。
- (10) **彈性(Flexibility)**：允許不同方法進行同一件事情；也可讓使用者在使用系統時，能夠依其個人的經驗與興趣彈性使用。甚至可以讓使用者有機會，將系統外觀或使用介面改為他喜歡的個人化格式
- (11) **風格(Style)**：好的設計外觀與樣式，應該具有吸引人的風格。
- (12) **享受(Conviviality)**：吸引人的系統應該具備有禮貌、友善的、及愉悅的特質。

2.3.4 使用者經驗設計(Experience design)評估

使用者經驗(Experience)設計將提供吸引力和令人愉快的經驗，是有關於產品使用者、上下脈絡、活動、技術之間的互動是交互作用而成的(Benyon, 2014)，其目的是創造使用者愉悅的使用經驗，進而影響他人產生羨慕及想擁有它慾望。而實現這設計目標原則為「排除使用者的負面經驗，創造使用者的愉悅經驗。」依 Tiger(1992)提到追求愉悅的四個面向為：生理愉悅(physio-pleasure)、社會愉悅(socio-pleasure)、心理愉悅(psycho-pleasure)、意識愉悅(ideo-pleasure)。

- (1) **生理愉悅**：常受到生理本能的影響如感官的接受有關，包括觸覺、視覺、味覺、嗅覺、觸覺的愉悅性，這種愉悅和人類本能及行為層次有關。設備與人體的物理配合度就是人因工程專家設計新產品時關心的重點。
- (2) **社會愉悅**：是一種經由與他人相處的互動下得到的愉悅性，通常是藉由與朋友、家人、同事和愛人等之間的互動，在良好的人際關係互動下產生社會愉悅。

悅。

- (3) **心理愉悅**：涉及使用產品時的反應和心理狀態，心理的愉悅關係包含經由產品經驗所產生的情感反應，例如發覺容易使用、效率高和學習到新技能的滿足感。
- (4) **意識愉悅**：是有關人類價值觀與渴望，涉及人們欣賞產品的美學、品質及產品可以改善生活和尊敬環境的程度。

3. 省水洗衣機設計概念

3.1 洗衣機省水綠能設計操作情境分析(Operations Scenario Analysis / Situation Analysis)

- (1) 家庭洗衣機用水及其他消耗用水項目。
- (2) 儲存洗衣機各階段用水(如圖 1)
- (3) 儲存水可供洗車、馬桶、澆花草...(如圖 2)

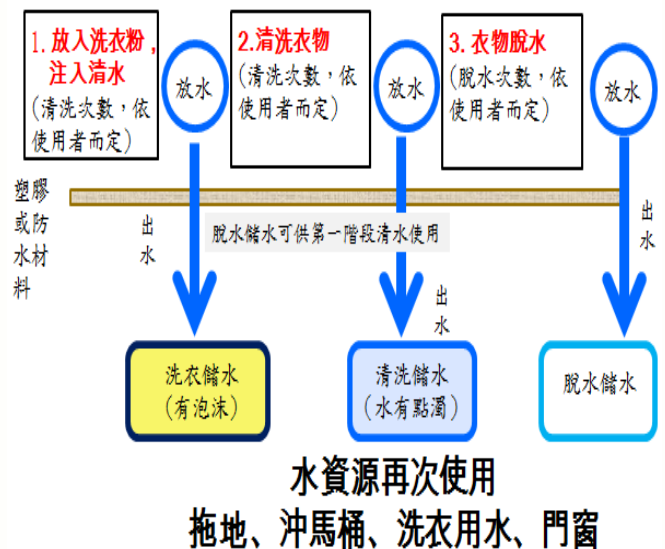


圖 1. 家庭洗衣機各階段省水綠能設計示意圖。

資料來源：本研究自繪

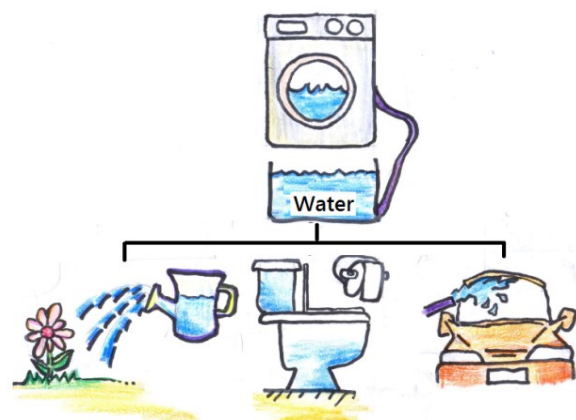


圖 2. 家庭洗衣機省水綠能設計示意圖。

資料來源：本研究自繪

3.3 6WIHIG 問題分析

本研究使用 6WIHIG 問題分析洗衣機清洗衣物時，所造成水資源浪費流失的問題分析，以確認問題所在，如表 1。

表 4. 6WIHIG 問題分析

項目	問題分析與說明
What problem? 問題點?	洗衣機用水浪費，是否可以再利用
What? 要改變或增加什麼?	組件、子系統、系統及超系統的結合
When was it happen? 什麼時候會產生問題?	當每天洗衣服時
Where is it found? 那些地方會有這些問題?	放置洗衣機處
why? 為何會發生或為何要做?	放洗衣粉、洗滌衣服、置入清水、脫水時
who? 哪些人受到影響?	家庭財富開銷及水資源浪費
How was it happen? 問題怎麼發生?	洗衣機在各階段清洗工作項目
Goal 結果目標	衣服乾淨、大量水資源流失

4. 產品設計發展

4.1 TRIZ 應用

(1) 問題描述

在洗衣機在各階段清洗工作項目，所延伸的用水；造成水資源浪費，試想用水是否可以再利用。

- **問題分析**：本設計目標是將各階段用水儲存起來，可以供家庭各項用途，如洗車、沖馬桶...等。
- **矛盾衝突點**：水資源浪費很可惜，而且還會造成家庭費用格外支出。但為了節省用水浪費，而洗衣機放置處可能要進行結構性改變，將會帶來不方便，進而打消裝設意願。

(2) 定義矛盾

- **改善參數**：改善洗衣機水資源的再使用，此為“物質的損耗”
- **惡化參數**：從自動化洗衣，為了再充分使用水資源，系統須增加一些物品，而造成需要操作的不便性，此為系統之“容易操作使用”

(3) 矛盾矩陣

改善參數-物質的損耗 \ 惡化參數-容易操作使用的矛盾矩陣如表 5 所示。

表 5. 矛盾矩陣

改善參數 \ 惡化參數	容易操作使用(33) Usability
物質的損耗(23) Loss of Substance	32, 28 2, 24






(4)發明原則

從矛盾矩陣表中找出“32 改變顏色原理 Change the color、28 替換場系統 Mechanical interaction substitution、2 分離原理 Extraction、24 中介物質原理 Mediator”，如表 6 所示(蕭詠今，2009)。

表 6. 發明原則

	40 創意發明原則	原理說明	設計發想
32	改變顏色原理	<ul style="list-style-type: none"> • 改變物體或其環境的顏色。 • 改變物體或其環境的透明度。 	一般洗衣機有三階段功能：放入洗衣粉、衣物清洗、脫水)。儲存槽外觀分別：紅、黃、綠三種顏色。
28	替換系統	<ul style="list-style-type: none"> • 使用另一種感測的方法(聲、光、視覺、聽覺、嗅覺、味覺、觸覺等)取代現行的方法。 • 使用電場、磁場、或電磁場，與物體或系統交互作用。 	<ul style="list-style-type: none"> • 利用視覺感測，(1) 儲水槽存第一道放入洗衣粉—紅色板、(2) 儲水槽存第二道衣物清洗用水—黃色板、(3) 儲水槽存第三道脫水用水—綠色板。 • 為了能再使用循環水資源，一般設計者會建議泵浦協助；但在不增加能源耗損先提之下，本設計則使用物體與系統交互作用，以人力為主。
2	分離原理	<ul style="list-style-type: none"> • 從物體中拆出“干擾”部分或者相反，分出唯一需要的部分或需要的特性。 • 與上述把物體分成幾個相同部分的技法相反，這裡是要把物體分成幾個不同的部分。 	<ul style="list-style-type: none"> • 使用相容原理，依洗衣機三道功能分別儲水至三個組件儲水槽。 • 為了防止洗衣過程，因雜物堵住儲水槽出水口，本設計概念將在水槽內部將設分離板。
24	中介物質原理	<ul style="list-style-type: none"> • 兩個物體、系統、或作用間使用中介物。 • 使用暫時性中介物，當其功能完成後能自動消失，或是很容易移除。 	<ul style="list-style-type: none"> • 考量一般住家為了引用此綠能系統，而去更改建築，它將是一件困難工程。因此，本綠能系統，是在原設備架構下以墊高方式進行，以降低施作的不便性。 • 當儲水槽組件裝載滿水後，使用者暫時還不會使用，可以抽離方式，更換另一空的儲水槽。

4.2 目前相關創作或產品之介紹與比較

 <p>http://scitech.people.com.cn/BIG5/n/2012/1113/c1007-1</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 優點 「Washup」將洗衣機與馬桶結合在一起，優點是節省空間外還可以将洗衣的廢水再利用，供沖洗馬桶 • 缺點 (1) 存水有限 (2) 洗衣操作不便
 <p>http://www.wwn.tw/2015/08/14</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 優點 洗衣機放入可回收與可分解的洗衣粉，當再加入液態二氧化碳，會產生壓力與溫度變化，而完成清洗衣物的任務。 • 缺點 洗滌功能及清洗後衣服殘留存疑
 <p>http://forum.gamer.com.tw/Co.php?bsn=60433&sn=460696</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 優點 (1) 運動、娛樂、及複合式組合 (2) 節省能源 • 缺點 (1) 洗衣量有限 (2) 需人力
 <p>http://www.yoka.com/dna/d/343/229.html</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 優點 (1) 以腳踏車運動+洗衣的複合式組合 (2) 節省能源 • 缺點 萬一家庭成員，因故而無法騎此系統時，衣物洗滌與衛生則招受挑戰
 <p>http://www.biosmonthly.com/article.php?article=2400</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 優點 (1) 以腳踏方式，達洗衣之目的 (2) 節省能源 (3) 適用於人口數較少的個體 • 缺點 (1) 洗衣量較少 (2) 洗衣期間人員須在場

5. 創意作品
5.1 創意特點說明

本研究創新在於利用矛盾矩陣（改善參數及惡化參數），找出四十發明原則中：「改變顏色原理(32)、替換場系統(28)、分離原理(2)、中介物質原理(24)」發展出來。本產品設計概念創意特點，計有

- (1) 水資源再使用。
- (2) 使用者依水槽外顏色提示，可以充分某階段用水。
- (3) 使用汲水系統簡單。
- (4) 儲水槽滿時，可以更換另一儲水槽。
- (5) 儲水槽內設分離板，以防止物品堵住。

5.2 應用範圍

- (1) 使用情境：一般家庭洗衣、且願意執行綠能運動者。
 - (2) 適用對象：適合一般家庭。
 - (3) 適用地點：洗衣間。
- 適用領域：缺水地區或一般家庭。

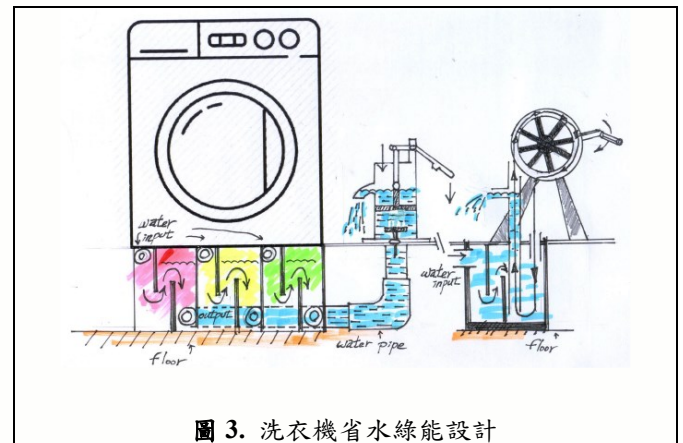


圖 3. 洗衣機省水綠能設計

- **改變顏色原理(32)**：儲存槽外觀分別：紅、黃、綠三種顏色，依序儲存洗衣、清洗、脫水等階段用水。
- **替換場系統(28)**：不增加能源耗損先提之下，本設計則使用物體與系統交互作用，以人力為主。
- **分離原理(2)**：(1)使用相容原理，依洗衣機三道功能分別儲水至三個組件儲水槽。(2)為了防止洗衣過程，因雜物堵住儲水槽出水口，本設計概念將在水槽內部將設分離板。
- **中介物質原理(24)**：(1)本綠能系統，是在原設備架構下以墊高方式進行，以降低施作的不便性。(2)當儲水槽組件裝載滿水後，使用者暫時還不會使用，可以抽離方式，更換另一空的儲水槽。

5.3 產品設計評估

本研究問卷填卷對象為 18 歲以上高中生家長。發出 100 份問卷，回收數 95 份，回收率 95%；扣除填答不全與胡亂填答之無效問卷 3 份，共得有效問卷 92 份，有效比率為 96.8%。在填卷說明會，將此產品設計離型進行操作，讓填卷者瞭解本設計操作情形。產品設計使用性各項變數主要是以李克特 (Likert Scale) 5 點量表做為主要衡量依據，非常同意為 5、同意為 4、無意見為 3、不同意為 2、非常不同意為 1。經由 Cronbach's α 係數進行信度分析， $\alpha = 0.927$ ，信

度分析結果達高度接受之範圍。使用性問卷分數高達 4.2 以上 (如表 7), 表示本產品設計使用性設計是受到使用者的支持, 亦為使用者經驗設計奠下參考依據。

表 7. 產品設計評估問卷表

使用性設計準則		M	SD
1	可視度 請問您, 可以看到洗衣機目前作業狀況	4.58	0.58
2	一致性 請問您, 本洗衣機很容易操作	4.59	0.56
3	熟悉程度 請問您, 本洗衣機的控制圖示很容易懂	4.57	0.58
4	可視線索 請問您, 本洗衣機的控制鈕與您所操作目的一致	4.49	0.60
5	引導導航 請問您, 本洗衣機適時提供資訊標誌, 讓您不會迷失	4.61	0.59
6	控制 請問您, 知道您正在做什麼及如何達成	4.63	0.55
7	回饋 請問您, 本洗衣機能夠快速回應當下資訊給您	4.64	0.50
8	回復 請問您, 本洗衣機能快速且有效的處理當下狀況	4.53	0.60
9	限制 請問您, 本洗衣機可避免您發生操作錯誤	4.39	0.63
10	彈性 請問您, 本洗衣機可隨時依您想要操作而改變	4.28	0.80
11	風格 請問您, 本洗衣機外觀與樣式很吸引人	4.39	0.69
12	享受 請問您, 本洗衣機使用上, 整體而言讓你感到很友善與愉悅	4.22	0.87

5.4 使用者經驗設計評估

訪談 12 位受試者, 年齡層介於 32~58 歲間, 其中男性 2 名、女性 10 名; 本研究請受試者就本產品設計概念示意圖, 陳述各自喜好、厭惡、魅力、愉悅... 情形。本研究再將受試者敘述時, 所使用的詞彙提取, 加以整理歸納成下列表格(表 8)。

表 8. 產品設計使用愉悅評估表

生理愉悅	社會愉悅	心理愉悅	意識愉悅
產品看來操作容易與方便、產品造型簡單、儲水槽可替換及搭配性高、順眼	想和大家一起分享使用、現代家庭洗衣必需品、省錢、特殊性(與眾不同)、值得炫耀	開心的感覺、符合使用習慣(使用時)驚奇、觸動內心共鳴	新鮮、跳脫以往的使用習慣、環保與健身、符合個人風格與習慣

6. 結論

本設計是將 TRIZ 理論融入 6 Sigma 方法中, 依據 DMADV (定義、衡量、分析、設計、驗證) 等五步驟中思考做出明確指引。經過 TRIZ 理論融入分析與設計階段, 可促使設計趨向最佳化。另為了評估本設計產品符合使用者為中心的設計, 經過使用性問卷結果, 問卷分數值高達 4.2 以上, 並有愉悅經驗感受, 間

接證實本設計產品是符合省水綠能使用性, 此設計方法及結果提供洗衣機製造商設計之重要參考。

6.1 設計限制

本設計產品限於不大興土木破壞前提之下, 將洗衣機墊高。在墊高多出的空間, 用來擺置再生水資源儲存槽。在綠能要求之下, 若使用者有用水需求時, 必須使用人力泵浦(不使用電力), 把在低處水往高處送。

6.2 未來設計

未來泵浦也許可以由太陽能源來取代之。

參考文獻

- 宋明弘、趙哲輝、蔡宛珊、王昭懿、陳銘仁(2012)。TRIZ 輕鬆學(初版)。台北市: 鼎茂。(Sung et al, 2012)
- 沙永傑(2014)。系統化創新方法(課程講義)。國立交通大學工業工程與管理學系: 新竹市。(Sha, 2014)
- 姜台林(譯)(2008)。TRIZ 發明問題解決理論(原作者 Kaplan, S., 1996)。台北市: 宇河文化。(Chiang, 2008)
- 郭宇智(2008)。應用萃思工具解決封裝元件導線架脫層問題。國立清華大學工業工程與工程管理學系。(Kuo, 2008)
- 陳建雄(譯)(2009)。互動設計: 跨越人-電腦互動(原作者: Sharp, H., Rogers, Y. & Preece, J., 2006)。新北市: 全華圖書股份有限公司。(Chen, 2009)
- 經濟部水利署(2008)。節約用水指標。2016 年 2 月 15 日取自 <http://www.wcis.org.tw/Case/rate.asp> (Water Resources Agency, Ministry of Economic Affairs, R.O.C., 2008)
- 鄧凱元(2014 年 09 月 29 日)。你知道台灣是全世界第十八名的缺水國家嗎? 你知道全台灣管線的漏水率高達 20% 嗎?。天下雜誌。2016/2/15 取自 <http://www.cw.com.tw/article/article.action?id=5061444> (Deng, 2014)
- 鄭春生(2010)。品質管理: 現代化觀念與實務應用(第四版)。新北市: 全華圖書公司。(Cheng, 2010)
- 鍾侑達、郭峻菖、陳昶憲(2009)。台灣區域降雨趨勢分析。農業工程學報, 55(4), 1-18。(Jhong, Kuo, & Chen, 2009)
- 蕭詠今(譯)(2009)。TRIZ 創意- 40 錦囊妙計(原作者: Altshuller, G., Shulyak, L., Rodman, S., 1997)。台北市: 建速有限公司。(Hsiao, 2009)

References

- Benyon, D. (2014). *Designing Interactive Systems: A Comprehensive Guide to HCI, UX and Interaction Design* (Third Ed.). UK: Pearson.
- Bodker, S. (2000). Scenarios in User-Centered Design — Setting the Stage for Reflection and Action. *Interacting With Computers*, 13(1), 61–75.
- Carroll, J. (2000). *Making use: Scenario-based design of human-computer interactions*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Chen, C. H. (Trans.) (2009). *Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction* (Original by Sharp, H., Rogers, Y. & Preece, J., 2006). New Taipei City: Chuan Hwa Book Co., Ltd. (In Chinese)
- Cheng, C. S. (2010). *Quality Management: Contemporary Concepts and Practical Applications* (Forth Ed.). New Taipei City: Chuan Hwa Book Co., Ltd. (In Chinese)
- Chiang, T. L. (Trans.) (2008). *An Introduction to TRIZ: The Russian Theory of Inventive Problem Solving*. (Original by Kaplan, S., 1996). Taipei: Yu He Cultural Publishing. (In Chinese)
- D. Y. Sha (2014). Systematic Innovation Methods (Class material). Department of Industrial Engineering and Management, National Chiao Tung University, Taiwan. (In Chinese)
- Deng, K. Y. (September 29th, 2014). Do you know Taiwan ranked the 18th in the world as the country most lack of water? Do you know Taiwan's pipeline leakage rate reaches 20% high? *CommonWealth Magazine*. Retrieved February 15th, 2016: <http://www.cw.com.tw/article/article.action?id=5061444> (In Chinese)
- Hsiao, Y. C. (Trans.) (2009). *TRIZ Keys to Technical Innovation* (Original by Altshuller, G., translated by Shulyak, L., Rodman, S., 1997). Taipei: Cubic Creativity Co., Ltd. (In Chinese)
- Jhong, Y. D., Kuo, C. C., & Chen, C. S. (2009). The Temporal Variation of Regional Rainfall Characteristics in Taiwan. *Journal of Chinese Agricultural Engineering*, 55(4), 1-18. (In Chinese)
- Jugulum, R., & Sefik, M. (1998). Building a robust manufacturing strategy. *Computers & Industrial Engineering*, 35, 225-228.
- Kuo, Y. C. (2008). *Using TRIZ to Solve Lead Frame Delamination in Component Package* (Master's thesis). National Tsing Hua University, Taiwan. (In Chinese)
- Rettig, M. (1994). Prototyping for tiny fingers. *Communications of the ACM*, 37(4), 21-27.
- Robles, G. C., Negny, S., & Le Lann, J. M. (2009). Case-based reasoning and TRIZ: A coupling for innovative conception in Chemical Engineering. *Chemical Engineering and Processing*, 48(1), 239-249.
- Sung, M. H., Chao, C. H., Tsai, W. S., Wang, C. Y., & Chen, M. R. (2012). *Learn TRIZ the Easy Way* (First Ed.). Taipei: Tingmao Publish Company. (In Chinese)
- Tiger, L. (1992). *The Pursuit of Pleasure*. Little, Brown & Co., Boston, MA, as cited in Benyon, D. (2014) *Designing Interactive Systems: A Comprehensive Guide to HCI, UX and Interaction Design* (Third Ed.). UK: Pearson.
- Water Resources Agency, Ministry of Economic Affairs, R.O.C. (2008). Water Conservation Indicator. Retrieved February 15th, 2016 from: <http://www.wcis.org.tw/Case/rate.asp> (In Chinese)
- Worldwatch Institute. (2008). *State of the World 2008: Innovations for a Sustainable Economy: a Worldwatch Institute Report on Progress toward a Sustainable Society*. NY: W.W. Norton.
- Yamashina, H., Ito, T., & Kawada, H. (2002). Innovative product development process by integrating QFD and TRIZ. *International Journal of Production Research*, 40(5), 1031-1050.

作者簡介



邱添丁博士自 2011 年以來在台灣中原大學當專/兼任助理教授。在此之前，曾在國立交通大學腦科學研究中心、及國立空中大學及明新科技大學...等單位 20 年的教學研究與服務經驗。邱助理教授從國立交通大學獲得工學博士學位、從國立清華大學獲得工業工程碩士學位並從中原大學獲得工業工程學士學位。他的研究領域包括人因工程與設計、人機介面設計、系統化創新、工業工程與管理。



彭定國博士於 1996 年從台灣清華大學工業工程系取得博士學位，隨後於台灣資訊工業策進會擔任資深工程師，負責產品生命週期資料鏈的推廣業務，並於 1998 年至台灣明新科技大學工業工程與管理系擔任助理教授。他的研究領域包括產品資料管理、供應鏈管理、資料探勘和排程演算法。



邱子洋同學目前仍是高中生。在此之前，他在對於系統性創新、自然科學有濃厚好奇與興趣。邱同學分別參加「2016 第九屆海峽兩岸創新方法研討會發表獲得最佳論文獎」、「2016 第六屆系統化創新方法(TRIZ)應用競賽獲得佳作」。他將持續努力於系統化創新、自然科學及其他學科專業知識的學習。