

應用品質機能展開探討個人清潔用品容器之綠色設計

Quality Function Deployment and Green Design Applications on Container Design of Personal Cleaning Products

何其福¹ 柯耀宗²

¹東海大學 工業設計系 | 研究生 | maver139@yahoo.com.tw

²東海大學 工業設計系 | 教授 | mike.ko@thu.edu.tw

Maverick Ho¹ Yao-Tsung Ko²

¹ Graduate Student, Dept. of Industrial Design, Tunghai University, maver139@yahoo.com.tw

² Professor, Dept. of Industrial Design, Tunghai University, mike.ko@thu.edu.tw

引用本文：

何其福、柯耀宗 (2024)。應用品質機能展開探討個人清潔用品容器之綠色設計。《感性學報》，12(2)，26-53。取自 <http://jokansei.twtik.org/>

隨著個人清潔用品的廣泛使用，近年來引發了一系列環境和健康問題，部份清潔用品含有害化學物質，可能會對人體健康和環境造成不良影響，其殘留物如未經過適當處理，對於環境具有破壞性。有鑑於此，本研究參考綠色永續設計準則，以及調查統計相關數據之量化分析，探討使用者需求與設計指標的關聯性，依此量化分析結果，運用於清潔用品容器設計之綠色品質機能展開，進行權重評核與核心活動矩陣展開，做為綠色設計資源的分配依據與設計方針擬定；依研究結果歸納出 14 項設計要項及對應解決方案，提出清潔用品容器創新設計，並通過智財局新型專利申請核准，證明本研究最終綠色設計成果具有一定的可行性。

關鍵字：綠色永續設計、品質機能展開、清潔用品容器設計、新型專利

With the widespread use of personal cleaning products, a series of environmental and health problems have arisen in recent years. Some cleaning products contain harmful chemicals, which may have adverse effects on human health and the environment. If their residues are not properly treated, they will be harmful to the environment. In view of this, this study refers to the green sustainable design principles and statistical related analysis to deconstruct the basic characteristics and correlation strength of the sample. Based on the quantitative analysis results, it applies the industrial design techniques of green quality function development to carry out quality function development. The weight evaluation and core activity matrix extension serve as the basis for the allocation of design resources and the formulation of design goals; based on the research results, 14 design elements and corresponding solutions are summarized, a new design is proposed, and the patent application is approved by the Intellectual Property Bureau.

Keyword: Green sustainable design, Quality Function Deployment (QFD), container design of personal cleaning products

一 緒論

清潔用品隨著人類的文明發展演進，從內容物到包裝泰半使用石油和天然氣等烴類化合物作為原料，隨著工業革命的到來，清潔用品開始工業化生產，數量和種類不斷增加，如肥皂、洗衣粉、漂白劑等。然而，隨著清潔用品的廣泛使用，也引發了一系列環境和健康問題。單就洗髮精的統計資料（Statista, 2023），從 2012 至 2022 年全球產值增幅 30%，預估 2025 年來到了 1050 億美金，這背後代表著數以萬計增長的生活廢棄物，其他類型的清潔用品也是等倍成長。然而，清潔用品使用完畢，因容器清洗不易，多數人直接丟棄，其殘留物如未經過適當處理，對於環境及人體健康具有嚴重的破壞性及影響性，例如 Paraben 為一種常用於化妝品和個人護理產品的防腐劑，具有一定的內分泌干擾作用，並與一些健康問題有關，如荷爾蒙失調、生殖問題、乳腺癌等（Darbre et al., 2004）。根據統計，現今垃圾可以回收再利用的，約只有 4 成，然而資源回收再利用的效率並不高，台灣資源回收再利用率約僅 3%（財團法人塑膠工業技術發展中心，2014）。世界衛生組織（WHO）更指出，家庭廢水中含有各種有害物質，這些物質可能會對水質、環境和公共健康產生不良影響。本研究除探討個人清潔用品容器設計與使用者需求行為分析外，也歸納出完整的設計脈絡，未來此研究方法亦可應用於其他綠色產品設計。

二 研究架構

本文之研究架構與流程共分成四個階段，整理如下圖 1:

(1) 研究方向與議題界定：藉由文獻探討，探究清潔用品之內含物性質及其對環境之影響；運用綠色及永續設計手法，融入品質機能展開法，進行設計優化。

(2) 研究方法整合與歸納：本階段採用問卷調查方式，運用統計軟體 SPSS 進行相關檢定分析，將其結果及綠色設計整合至品質機能展開矩陣，擬出設計方針。

(3) 實務設計與驗證：依照前述研究及量化結果，整理出設計脈絡與分析元素，進行實務設計；提供產品原型給使用者進行使用測試以驗證原始問題的改善度及新型設計問題點。

(4) 結論與建議：依本研究創作結果做解析與檢討，提出適切的設計建議及設計脈絡流程給後續相關研究作參考。

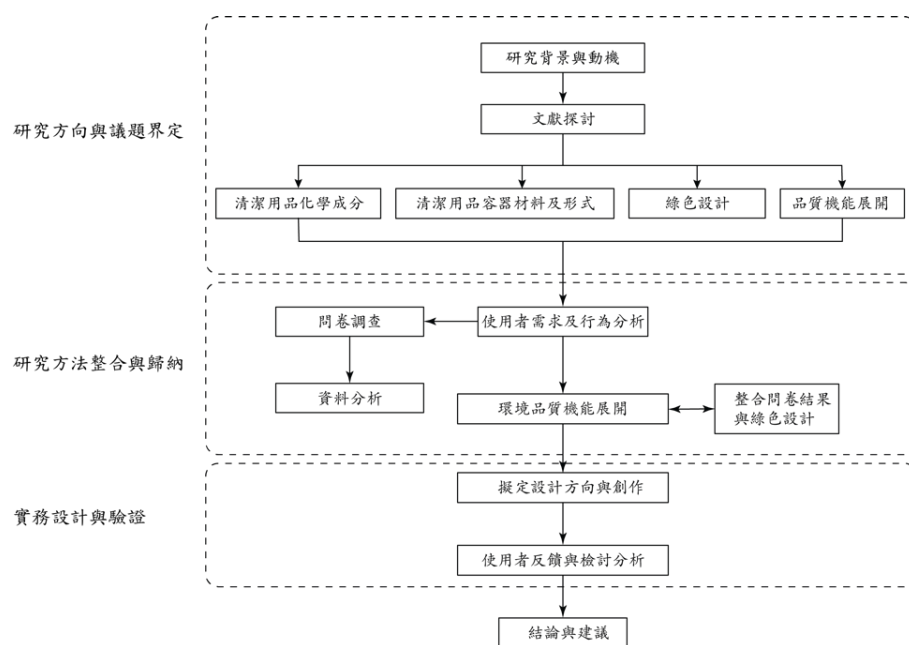


圖 1 | 研究流程與架構

三 文獻探討

本研究將從清潔用品的內含物對生態影響及個人清潔用品容器設計相關文獻論述，進而探討綠色設計及品質機能展開法(QFD)之運用，進行系統性查閱、整理和評估，以建立客觀之研究觀點與設計方向。

3.1 清潔用品化學成份

本研究整理出清潔用品對於環境影響層面較大的四項化學成份，而這些化學成份，在食物鏈的循環下，最終成為人類的食物，進而影響人類的健康，這四項化學成份說明如下：（一）丙二醇：主要提供潤濕、柔順、保濕及穩定的功能，研究顯示約有 1~5% 的人會對丙二醇產生局部的皮膚過敏濕疹反應，長時間接觸丙二醇，對生殖功能有一定影響。（二）十二烷基硫酸鈉：表面活性劑，廣泛應用於個人護理產品和清潔劑中，提升清潔產品清潔能力，藉由皮膚接觸與血液運送而影響心臟、眼睛、肝臟等器官的正常功能，且會長期存留在細胞組織內，干擾身體運作機制。（三）類防腐劑類：雖具有優異的抗菌和防腐性，但會干擾生物內分泌運作，並導致相關健康問題，如：荷爾蒙失調、生殖問題、乳腺癌等。（四）王基苯酚：俗稱環境荷爾蒙，因其結構類似雌激素，當它進入動物體後即會干擾內分泌系統。

3.2 清潔用品容器材料及形式

清潔用品容器的發展歷史可以追溯到人類對衛生和清潔的需求開始，在塑膠發明之前，液體是以玻璃或陶瓷分裝，聚乙烯（PE）於 1933 年在英國問世（Piringer & Baner, 2008），為包裝產業帶來破壞式創新。

本研究將容器的重要里程碑和發展趨勢整理如下（Smith et al., 2022; Zhang et al., 2020）：

- （1）古代容器：容器通常是由天然材料製成，如陶器罐、石製容器或動物皮囊。
- （2）工業革命：工業革命時期，大量的清潔用品被生產出來，這促使了容器設計和製造的進步，以滿足商品包裝和銷售的需求。
- （3）塑料容器：20 世紀初，塑料的發明改變清潔用品容器的面貌，使得清潔劑和清潔用品更方便和易於使用。
- （4）可回收和環保容器：隨著對環境保護和可持續發展的關注增加，許多清潔用品公司開始使用可回收的材料製造容器，並提倡減少包裝的使用量。
- （5）創新設計：現代清潔用品容器的設計趨向於更加方便和智能，例如：噴霧瓶、泵式瓶和壓縮氣體容器的使用，使得清潔劑的使用更加方便和精確。
- （6）無包裝清潔產品：無包裝清潔產品的概念開始受到關注，這些產品以固體或液體形式存在，無需傳統的塑料包裝。

現今清潔用品容器常用的材料有以下幾種：

- （1）PET（聚對苯二甲酸乙二酯）：具可回收性及低毒性，生產過程相較於其他塑膠，能耗較低，有助於減少溫室氣體排放。因透明度高且質地輕盈，常用於製造寶特瓶，但耐熱度有限（約 60-85°C），不建議盛裝高溫液體或重複使用。
- （2）HDPE（高密度聚乙烯）：具有良好的耐化學性和耐候性，不易腐蝕或分解，使用壽命長，耐熱度較高（約 90-110°C），常用於牛奶瓶、清潔劑瓶等。
- （3）PVC（聚氯乙烯）：柔軟且可塑性高，但耐熱度較低，且可能含有對環境有害的物質，較少用於食品或清潔用品包裝。
- （4）PP（聚丙烯）：質地堅韌，耐熱度高（約 100-140°C），常用於豆漿瓶、微波爐餐盒等。
- （5）PS（聚苯乙烯）：分為發泡和未發泡兩種，發泡 PS 即為保麗龍，未發泡 PS 則常用於製造透明容器，但耐熱度較低，不建議盛裝高溫液體。

(6) 其他材質：如玻璃、金屬等，雖然較環保，但成本較高且易碎，較少用於大量生產的清潔用品容器。

選擇清潔用品容器時，除了考慮材料特性外，還需注意產品標示，確認容器是否適用於盛裝特定清潔劑，並避免使用已破損或老舊的容器，以確保使用安全。

3.3 綠色設計

綠色設計 (Green Design) 起源於 80 年代末，人們開始對工業科技化的社會進行深思及檢討；隨著科技進步和工業化的快速發展，人類行為對於環境的衝擊越來越明顯，包括資源枯竭、能源浪費、環境污染和生態系統破壞等問題。國外學者 Paul Burall (1994) 首先提出環保設計 4R (Reduce, Reuse, Recycle, Regeneration)，且普遍被用來衡量綠色設計之基本指標，並主張以產品功能不變前提，設計應節省用料、優化製造程序及節省資源；學者 Gretchen Brewer (1994) 更提出 KISS (Keep It Simple, Stupid) 原則，主張產品在設計及生產製造時，應該單純簡單化，在產品設計、製造銷售時則應減少材料、包裝及複雜設計。

3.4 品質機能展開法

品質機能展開法 (Quality Function Deployment, QFD) 是一種品質管理方法，

1966 年由日本的赤尾洋二教授和水野滋教授提出，旨在將顧客需求轉化為具體的產品或服務特性，並將其與企業的內部活動相關聯，品質機能展開法過程分為四個階段：工程規劃、元件展開、製程規劃以及產品規劃階段。

品質機能展開法為將產品品質與對應之工程係數系統化展開，赤尾洋二教授曾提到 QFD 的定義：「將顧客的需求轉換為替代的特性 (品質特性)，來確保完成品的設計品質」。萃取顧客的聲音，體認顧客真正的需求，轉換成品質特徵 (Quality Characteristics)，有系統地將品質特徵展開到各個機能零件，以關聯性矩陣結合製造工程要素，使產品符合顧客需要，所使用的工具是矩陣，稱為品質屋

(House of Quality, HOQ) (Bossert, 1991)，如圖 2。

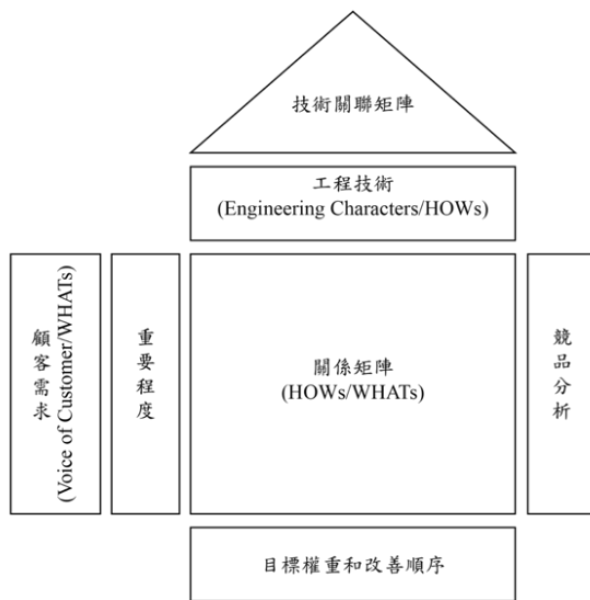


圖 2 | 品質屋架構

品質機能展開法（Quality Function Deployment, QFD）是一種將顧客需求轉化為產品設計要求的系統性方法，其基本步驟如下：

（1）蒐集顧客聲音（Voice of Customer, VOC）：通過市場調查、訪談、問卷等方式，蒐集顧客對產品的需求、期望、喜好等資訊。

（2）建立顧客需求清單：將蒐集到的顧客聲音整理歸納，建立一份清晰、具體的顧客需求清單。

（3）建立品質特性清單：根據顧客需求，確定產品需要具備哪些品質特性才能滿足這些需求。品質特性可以是功能性的（如清潔力、耐用性）、美觀性的（如外觀、顏色）、或是其他方面的（如環保性、安全性）。

（4）建立關係矩陣（Relationship Matrix）：分析顧客需求與品質特性之間的關係，建立關係矩陣。矩陣中的每個元素表示一個顧客需求與一個品質特性之間的相關程度，通常以符號或數字表示。

（5）建立技術評估矩陣（Technical Evaluation Matrix）：評估各個品質特性對顧客滿意度的重要性，以及企業自身在實現這些品質特性方面的能力。

（6）建立品質屋（House of Quality, HOQ）：將上述資訊整合到一個矩陣圖中，形成品質屋。品質屋通常包括顧客需求、品質特性、關係矩陣、技術評估矩陣、競爭對手比較等資訊。

(7) 制定設計目標：根據品質屋的分析結果，確定產品設計的具體目標，包括各個品質特性的目標值、優先順序等。

(8) 展開設計工作：根據設計目標，進行產品設計、開發、測試等工作，確保產品能夠滿足顧客需求。

(9) 驗證與回饋：將開發出的產品交付顧客使用，收集顧客回饋，驗證產品是否達到預期效果。如有需要，進行修正和改進。

3.5 綠色品質機能展開法

品質機能展開法在產業界應用於產品設計規劃，以顧客聲音為主軸，環保因素並未考慮在內，以至於大多數產品設計未達到環境永續發展的目標（王明好等人，2006）。日本產業環境管理協會（Japan Environmental Management Association for Industry）有鑑於傳統品質機能展開法所設計出的產品，未能達到永續發展目標，因此於 2001 年發表環境品質機能展開法（Quality Function Deployment for Environment, QFDE）的方法。QFDE 旨在識別和解決整個產品生命週期中的環境問題，從原材料提取到處置及回收，它考慮了能源效率、資源節約、減少廢物、可回收性以及使用環保材料或工藝等因素，將環境相關之四大議題：生產、製造、使用及廢棄，也就是生命週期評估（Life Cycle Assessment）併入品質屋矩陣推演。

針對上述文獻探討與本研究進行比較分析後發現，本研究在以下幾個方面展現了其獨特性和創新性：

(1) 研究對象的特殊性

大部份現有文獻探討的是一般工業產品或耐用消費品的綠色設計方法，而本研究則專注於個人清潔用品容器這一特殊領域。清潔用品由於其使用過程中會產生化學廢棄物，對環境造成一定威脅，因此對其包裝容器進行綠色優化設計具有重要意義，但相關研究較為缺乏。

(2) 研究方法的融合創新

本研究將問卷調查的定量分析結果與品質機能展開(QFD)的質性分析方法相結合，並從環境的角度應用"環境品質機能展開"(QFDE)設計方法來進行研究。這種定量與質性、理論與實踐相結合的綜合研究路徑，較單一使用某種方法更具創新性。

(3) 研究視角的全面性

現有文獻大多只關注產品生產製造環節的綠色設計，而忽視了產品使用和廢棄階段的環境影響。本研究則從產品全生命週期的角度出發，不僅考慮材料和製程，還重視了使用便利性、可重複利用性、回收再利用性等因素，研究視角更為全面。

(4) 實用性強,成果可落地

本研究不僅提出了理論方法,還通過實際的 3D 打印建模和專家評核,對新型綠色容器設計方案進行了驗證,並最終申請了專利。這種高度結合理論與實踐的做法,確保了研究成果的實用性,為推廣綠色設計奠定了基礎。

總體來說,本研究在清潔用品綠色包裝這一獨特領域開拓性地應用了多種理論方法並取得實用性成果,所選擇的研究對象、分析路徑和視角都體現了創新性,是對現有文獻做了很好的補充和拓展。這種創新探索對於推動可持續發展理念在不同行業的實踐具有一定借鏡意義。

④ 研究方法

4.1 量化分析

本研究為探討現今個人清潔用品容器設計之問題構面，透過問卷調查方式，調查使用者行為與問題解析，為檢驗彼此變項之間的關係，採用統計軟體 SPSS 以相關檢定解構樣本的基本特性與關聯強度，透過項目分析及信度分析檢驗問卷鑑別度與信度，最後歸納彙整出問題點與設計方針。此次問卷調查有效樣本 207 份，信賴度 95% 誤差±6.8%，採用 Cochran Formula (Cochran, 1977) 進行計算，計算方式見公式 1；本研究於 112 年 3 月 20 日至 3 月 31 日間，採用網路問卷與實體問卷調查兩種方式進行調查，網路有效之樣本數為 120 份，樣本來源為塔拓問卷代發平台，實體問卷發行 87 份，有效問卷 87 份，實體問卷調查施測於台中捷運文心中清站入口，研究者隨機發放，受測者如有不清楚題意之處，予以說明，並待受測者填寫完畢後，進行初步檢視，所以皆為有效問卷。問項共計 30 題，蒐集屬性數據、行為數據及態度數據，其中 17 題採用李克特五點量表，以了解受測者對問項的認同程度及心理反應 (Likert, 1932)，量表尺度從 1 分到 5 分，1 分表示很不同意，5 分表示很同意。在正式進行調查之前，問項先進行預試 (Pretest)，選取

目標受測族群及產品設計人員，進行問項測試並予以適當修正與調整。

$$\text{Sample size} = \frac{z^2 * p (1-p)}{e^2}$$

$$z \text{ (z-score) } = 1.96$$

$$e \text{ (margin of error) } = 0.068$$

$$p \text{ (standard of deviation) } = 0.5$$

另外，在問卷題項設計方面，有些題項看似與綠色設計無直接關聯性，但深究其脈絡則又會引發出更具影響性的關聯，例如：「清潔容器用品方便使用性」，這一題項雖然是屬於「使用功能」的範疇，看似與環保無關，但實際上它與產品的使用階段有關。一個設計合理、操作簡便的產品，可以減少使用過程中的資源浪費，延長使用壽命，從而減少不必要的廢棄物產生。例如：

- (1) 一個便於使用的設計，可以幫助消費者充分利用產品，減少殘留浪費。
- (2) 一個方便清潔維護的設計，可以延長產品使用壽命，延緩更換頻率。
- (3) 一個人性化的設計，可以提高消費者的使用體驗，減少過度包裝和浪費。

因此，雖然「方便使用」看似與綠色設計無關，但從產品全生命週期的角度來看，它實際上是有助於減少資源浪費、延長使用週期、減少環境負荷的。所以將其納入綠色設計的考量範圍是有其必要性。再者，「產品色彩」與綠色設計似乎沒有直接關聯。但實際上，色彩選擇在綠色設計中也扮演了一個重要的角色，主要體現在以下幾個方面：

(1) 色彩對消費者心理和行為的影響

合理的色彩設計可以吸引消費者，增加產品的吸引力和美感體驗，從而延長產品使用壽命。越是吸引人的產品，消費者就越不願輕易丟棄，有利於資源的節約和重複利用。

(2) 色彩對產品環保訴求的傳達

一些特定的色調(如綠色、棕色等)給人一種自然、環保的感覺,可以加強產品的環保形象。適當使用這些色彩，有助於傳達產品的環保理念，引導消費者的綠色消費意識。

(3) 色彩在回收再利用中的作用

如果產品使用環保色彩，在回收再利用時就更容易識別和分類，有利於資

源的高效利用。

因此，雖然色彩設計看似與綠色設計無關，但實際上它對延長產品壽命、引導綠色消費和資源回收再利用等方面都有一定的促進作用。所以將色彩納入綠色設計的考量範疇是很有必要的。

總體而言，綠色設計不僅關注產品的結構和材料，還需要從顏色、心理影響、生產流程等多角度來考慮，對產品整個生命周期的環境影響做出系統優化，通過提升產品的使用體驗和便利性，可以間接實現綠色設計的目標，這也是本文在問卷中設置這些相關題項的原因。

4.2 質性分析

統整運用前一章節問卷統計之量化分析數據，應用於品質機能展開法進行質性分析。質性分析係藉由文本、圖像、聲音或視頻等非量化資訊的解構探討，以求研究主題背後的意義和脈絡，相較於定量研究方法，質性分析關注的是主觀詮釋和認識的過程，本研究認為品質機能展開法屬於量化分析與質性分析的綜合設計手法，赤尾洋二（1992）將品質機能展開定義為「將非量化的顧客需求轉換為量化參數的方法，並且展開其開發特性的組成機能，將組成機能展開成子系統及零件，最後推演成製造程序中的參數。」顧客需求（產品開發特性）之重要性評估、工程技術（核心活動）與顧客需求（VOC）之權重值推算以及展開屬於量化分析手法，工程技術作業選定、工程技術關係矩陣評比及技術關聯矩陣則屬於質性分析。而在環境品質機能展開法的運用上，本研究參照 JEMAI（2001）所提出之 QFDE 執行手法，但其僅涵蓋工程規劃與元件展開兩階段，在製程規劃及產品規劃尚未有明確的施行方式，再者，這兩階段涉及工廠設備調整與更新，須經跨部門共同討論，因此本研究礙於研究時間與資源，將僅依序藉由工程規劃與元件展開結果，提出設計改善方案。

⑤ 實例驗證與分析

5.1 問卷調查分析

本章節將問卷回收數據，將文字答項轉碼為數字，匯入統計軟體（SPSS），進行研究假設驗證，並對問卷進行項目與信度分析。本研究將採用李克特尺度的 17

題問項，藉由 SPSS 轉碼成為李克特尺度變數，先求出平均值，在依此數據按百分數，分為高分群（第 73 百分位數）與低分群（第 27 百分位數），高低分群與李克特尺度變數進行獨立樣本 t 檢定，其中 $p < 0.05$ 代表顯著性高，表示此問卷有鑑別度，如表 1。

表 1 | 李克特尺度問項獨立樣本 t 檢定

獨立樣本檢定											
變具款等式的 Levene 檢定					平均值等式的 t 檢定						
李克特尺度問項	採用相等變異數	F	顯著性	t	df	顯著性		平均值差異	標準誤差異	差異的 95% 下限	信賴區間上限
						單面 p	雙面 p				
李克特尺度問項	不採用相等變異數	12.760	0.000	-	156	0.000	0.000	-0.58103	0.03350	-0.64720	-0.51487
	採用相等變異數			-	84.454	0.000	0.000	-0.58103	0.03769	-0.65597	-0.50610

Cronbach's alpha（克朗巴赫係數）是一種常用的用於評估測量工具內部共同性的統計方法，通常用於評估多項指標構成的測量工具（例如：問卷調查及測試等）的一致性。通常情況下，Cronbach's alpha 係數值大於等於 0.70 被認為是較好的內部一致性，值越接近 1 表示一致性越好。本研究李克特尺度的 17 題問項，進行信度分析，得到的 Cronbach's alpha 值為 0.708，代表該研究方法有穩定性及一致性，如表 2。

表 2 | 信度分析表

觀察值處理摘要			
		數目	%
觀察值	有效	207	100
	已排除	0	0
	總計	207	100
a. 根據程序中的所有變數成批刪 可靠性統計量			
Cronbach's Alpha	項目數		
0.708	17.0		

敘述統計分成人口統計變數與設計要素兩項，在人口統計變數方面，受測樣本女性比例高約 7%，年齡層以 30-50 歲族群（68.1%）佔多數，教育程度以學士學位（56%）居多，居住區域以北部（53.6%）居多，工作產業別則以服務業（28.5%）佔最多。而在洗碗劑、洗衣粉跟個人護理用品，主要是以購買清潔用品（44.5%）為主。設計相關問項方面，則以清潔用品容器方便使用（29.7%）為主要訴求；在裝填補充包之前，會清洗舊罐子最主要原因是不想和舊的溶液混在一起（50.3%），對於現行的清潔用品容器，多數人認為無法看到內容物含量（26.1%）是需要改進的，其次是清洗性（23.5%）；顏色選項方面，冷暖色調及交叉使用比例相當，將顏色偏好與性

別進行交叉分析，男性偏好暖色調（54.6%）多於女性，冷色調則男女比例相同；而在交叉使用上，女性（58.5%）高於男性；在手繪 17 種造型供受測者選取調查，前三項分別是造型 3（21.74%），10（14.01%）以及 4（11.59%），形狀與顏色進行交叉分析，不同形狀會有不同色調傾向的趨勢；60.9%受測者偏好略有紋理的表面質地；透過性別進交叉分析，無顯著差異，一位女性受測者則回饋方便拿取的部份需略有紋理。

本研究藉由 T 檢定來判斷各個變項的平均數是否存在顯著差異。李克特尺度的 17 題問項，所有問項平均值皆高於中間值 3，遂進行單一樣本 T 檢定，共計 14 題問項認同度達中上程度。

本研究將李克特尺度的 17 題問項分群為屬性、態度與行為變數，藉由 SPSS 轉碼成為李克特尺度變數，該指標為歸納為環保意識。此次受測樣本分佈於台灣全區，透過單因子變異數分析結果顯示，不同區域的人的環保意識的確不一樣，且達顯著性（ $p=0.033<0.05$ ），南部受訪者的環保意識顯著大於北部（ $p=0.033<0.05$ ），推論是因為台灣南部長期缺水，南部民眾對水資源的重視度高(表 3)。形狀與下列要素透過受測樣本單因子變異數分析，並無顯著差異：標籤設計、瓶嘴設計、表面質地、環保訴求在意度、重量在意度、居住區域及工作產業。

表 3 | 環保意識與區域單因子變異數分析表

變異數分析						
李克特尺度問項		平方和	df	均方	F	顯著性
群組之間		1.304	2	0.652	3.471	0.033
組內		38.305	204	0.188		
總計		39.609	206			
多重比較						
依變數:李克特尺度問項		平均值差異	標準誤	顯著性	95%信賴區間	
(I) 居住地區	(J) 居住地區				下限	上限
北部	中部	-0.06774	0.07919	0.694	-0.2630	0.1275
	南部	-.18821*	0.07145	0.033	-0.3644	-0.0120
中部	北部	0.06774	0.07919	0.694	-0.1275	0.2630
	南部	-0.12046	0.08941	0.405	-0.3409	0.1000
南部	北部	-.18821*	0.17145	0.033	0.0120	0.3644
	中部	0.12046	0.08941	0.405	-0.1000	0.3409

5.2 環境品質機能展開法應用

5.2.1 工程規劃階段

依據上一章節分析結果，將單一樣本 T 檢定結果，認同度達中上程度之 14 題

問項轉換成產品開發特性，邀集專業且具環保意識人員共同討論，經腦力激盪與德菲法（Martino, 1993）列出環境 VOC，再應用 KJ 法分群概念，統整出產品開發特性兩個層面：第一層面為環保訴求，第二層面為功能導向，產品開發特性整理如下表 4：

表 4 | 產品開發特性彙整表（顧客需求聲音）

產品開發特性	顧客需求聲音	李克特尺度 平均值	標準 差
仗用功能多元	q9 清潔用品容器的設計會影響我的購買意願	3.74	0.907
補充包回填設計	q10 在購買清潔用品時，我很在意是否有補充包	3.76	1.100
方便清洗	q11 補充包如果氣味或品牌不同，會影響我的購買意願	3.78	1.083
方便拆裝 / 底部易清潔	q14 清潔用品丟棄前，我會先沖洗	3.63	1.231
方便拆裝 / 資源節約	q15 沖洗過程中，需要用到大量的水才能清洗乾淨，是種資源浪費	3.73	1.045
方便清洗	q16 我有意識到清潔化學殘留物對環境的影響	4.03	0.913
材質可回收再利用 / 方便拆裝	q17 我有意識到在垃圾回收過程中，殘留物會增加回收成本及資源損耗	3.86	1.020
方便清洗 / 使用回收材料 / 生命週期	q18 類似的氣味跟功能，但價格偏高約 10%，我會挑選具有環保設計的產品	3.37	1.106
耐用 / 使用功能多元	q21 我會因為容器使用久，外觀磨損，而丟棄	3.68	1.148
耐用 / 生命週期	q22 容器使用久，外觀磨損，但具有環保再利用的設計，會讓我延長使用時間	3.75	0.997
品牌識別度	q23 容器的設計會讓我跟品牌形象聯想在一起	3.79	1.040
操作容易	q27 瓶嘴設計在意度	4.13	0.799
材質可回收再利用 / 方便拆裝 / 方便清洗	q29 環保訴求在意度	3.87	0.878
材質	q30 重量在意度	3.67	0.886

專家小組將單一產品開發特性，進行五階層級之重要度評估：非常不重要=1、不重要=3、普通重要=5、很重要=7 以及非常重要=9；平均數為該項重要度權重參數。表 2 為產品開發需求特性之權重評核表，重要度權重的計算方式為專家評核之平均數。權重百分比則是由重要度權重除以重要度之合計值再乘以 100，例如：操作容易之重要度權重 8.6，操作容易權重百分比的計算方式則為 $8.6 \div 93.2 \times 100 = 9.23\%$ 。由上述步驟可得出個人清潔用品容器之產品開發需求特性之重要度（表 5），以操作容易為首要，產品開發特性放置於品質屋左側。

表 5 | 產品開發特性權重評核表

KJ 分群	產品開發特性	重要度權重	權重百分比	排序
環保	高度重複使用性	7	7.51%	6
	部品相容共用性	8.2	8.80%	2
	資源節約(生產/使用/回收)	8.2	8.80%	2
	材質可回收再利用	8.2	8.80%	2
	使用回收材料	7.8	8.37%	4
	生命週期	6.2	6.65%	7
功能	方便清洗	6.2	6.65%	7
	方便拆裝	8	8.58%	3
	使用功能多元	5.8	6.22%	8
	操作容易	8.6	9.23%	1
	底部易清潔	4.6	4.94%	9
	補充包回填設計	7.4	7.94%	5
	品牌識別度	7	7.51%	6
	合計	93.2	100.00%	

設計為求符合產品開發特性與綠色設計，經過訪談專業人員與參考綠色設計準則（郭財吉，2002），提出對應之工程技術（核心活動作業），將顧客的語言轉變成適切的產品特性；工程技術分為產品設計與綠色設計兩個構面，十三項工程技術放置於環境品質屋上方，如圖 3。專家小組依強、中、弱以及無關聯性等四個尺度評鑑各工程技術之間的關聯度，整理於圖 3 上方之工程技術關係矩陣。

單一工程技術與顧客聲音關聯計分方式為各專家評分累計，工程技術關聯計分值則是顧客聲音重要度權重乘以關聯度分數，如「材質可回收再利用」與「零件重複使用性」之關聯計分累計為 20，顧客聲音重要度權重為 8.2，工程技術關聯計分值則為 $20 \times 8.2 = 164$ 。接著將各項計分直行相加，此為該工程技術之加權計分值。「重複使用設計準則」該項工程特性相對權重值最高，為 10.61，表示其與顧客聲音相關性最高，其次則是「零件再使用」。

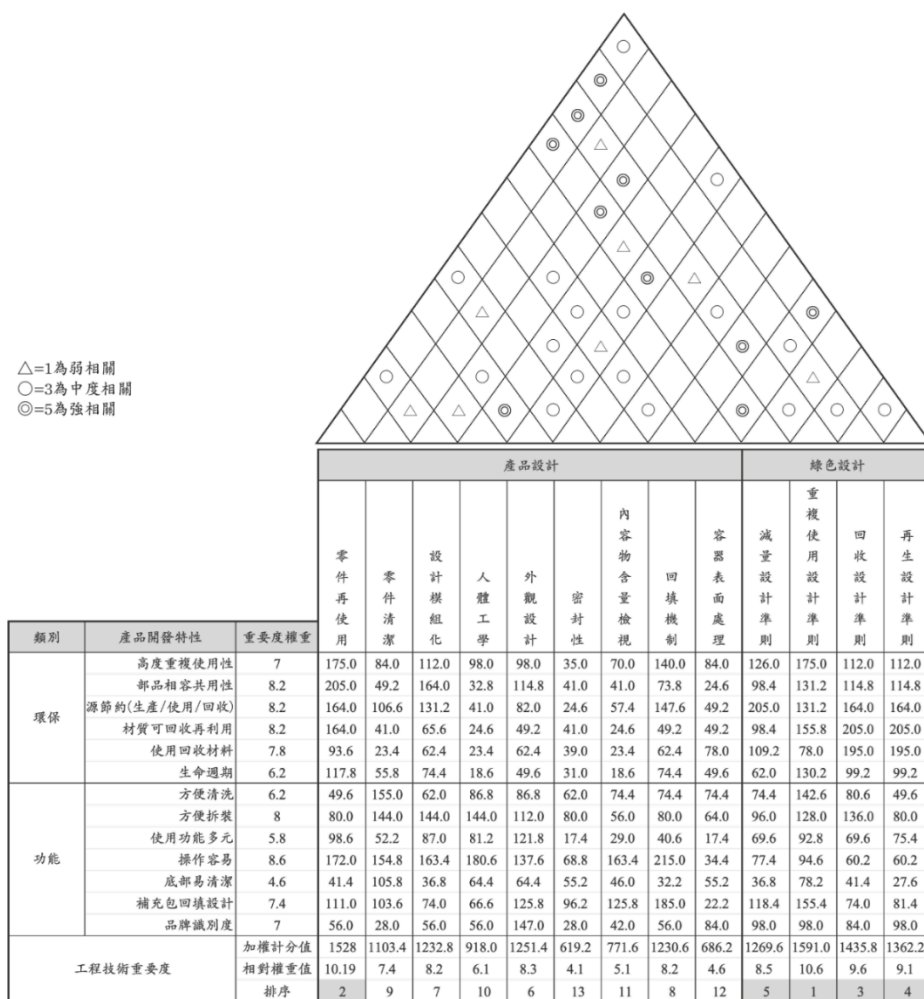


圖 3 | 工程規劃品質機能展開圖

5.2.2 元件展開階段

本研究之專家小組根據個人清潔用品容器的組成架構，歸納出必要的元件特徵 (Part characteristics) 為罐體、瓶蓋、壓嘴及標籤，並放於此階段品質屋上方。將工程規劃之工程技術及其相對權重放於此階段品質屋左側。專家小組將單一元件特徵與工程技術，進行關聯度評比，關聯計分方式為各專家評分累計，元件特徵關聯計分則是工程技術重要度權重乘以關聯度分數，如「罐體」與「零件再使用」之關聯計分累計為 25，工程技術重要度權重為 10.19，元件特徵關聯計分則為 $25 \times 10.19 = 254.75$ 。接著將各項計分直行相加，此為該元件特徵之加權計分。以「罐體」為例，其加權計分値之計算方式為： $254.75 \times 10.19 + 184 \times 7.36 + 189.06 \times 8.22 + 153 \times 6.12 + 175.14 \times 8.34 + 86.73 \times 4.13 + 97.66 \times 5.14 + 172.2 \times 8.2 + 95.97 \times 4.57 + 194.58 \times 8.46 + 201.59 \times 10.61 + 220.11 \times 9.57 + 172.52 \times 9.08 = 2197.31$ ，其相對權重値之計算方式則為 $2197.31 / 4997 \times 100 = 43.97$ 。加權計分値與

相對權重值置於品質屋下方，由表 6.可知在各元件特徵中，「罐體」之相對權重最高，為 43.97，表示罐體與各項工程技術關聯性最高，也體現出罐體這項元件與消費者需求的關聯性最高，若改善罐體設計，更能符合消費者需求。

表 6 | 元件展開之品質機能展開表

類別	工程技術	重要度權重	罐體	瓶蓋	壓嘴	標籤
產品設計	零件再使用	10.19	254.75	152.85	152.85	0.00
	零件清潔	7.36	184.00	110.40	184.00	0.00
	設計模組化	8.22	189.06	123.30	123.30	0.00
	人體工學	6.12	153.00	42.84	91.80	0.00
	外觀設計	8.34	175.14	108.42	41.70	125.10
	密封性	4.13	86.73	28.91	61.95	0.00
	內容物含量檢視	5.14	97.66	0.00	0.00	0.00
	回填機制	8.20	172.20	123.00	0.00	0.00
	容器表面處理	4.57	95.97	0.00	0.00	0.00
綠色設計	減量設計準則	8.46	194.58	211.50	126.90	42.30
	重複使用設計準則	10.61	201.59	265.25	159.15	53.05
	回收設計準則	9.57	220.11	143.55	143.55	47.85
	再生設計準則	9.08	172.52	45.40	45.40	45.40
元件特徵重要度	加權計分值		2197.31	1355.42	1130.6	313.7
	相對權重值		43.97	27.12	22.63	6.28
	排序		1	2	3	4

5.2.3 改善規劃

本研究經兩階段的展開後，提出個人清潔用品容器「罐體設計」的改善方案。由表 3.可知元件特徵關聯計分高於 190 分的有 4 項，約佔產品開發特性的 1/3，依序為「零件再使用」、「回收設計準則」、「重複使用設計準則」及「減量設計準則」，表示新型設計如能具有此四項要素，更能符合消費者的需求。針對此四項工程特性，應用工程規劃品質展開手法，探討當新型設計具有此四項工程特性時，各項產品開發特性被影響的幅度為何。作法將此四項工程特性放於品質屋上方，依據前述之計算方式，演算出各項產品開發特性之權重值，結果整理如表 7。

表 7 | 「罐體」元件規劃矩陣表

類別	產品開發特性	重要度權重	零件再使用	回收設計準則	重複使用設計準則	減量設計準則	產品開發特性加權計分	產品開發特性相對權重
環保	高度重複使用性	7	175.0	112.0	175.0	126.0	4116.0	0.10
	部品相容共用性	8.2	205.0	114.8	131.2	98.4	4505.1	0.10
	資源節約(生產/使用/回收)	8.2	164.0	164.0	131.2	205.0	5446.4	0.13
	材質可回收再利用	8.2	164.0	205.0	155.8	98.4	5110.2	0.12
	使用回收材料	7.8	93.6	195.0	78.0	109.2	3711.2	0.09
	生命週期	6.2	117.8	99.2	130.2	62.0	2537.0	0.06
功能	方便清洗	6.2	49.6	80.6	142.6	74.4	2152.6	0.05
	方便拆散	8	80.0	136.0	128.0	96.0	3520.0	0.08
	使用功能多元	5.8	98.6	69.6	92.8	69.6	1917.5	0.04
	操作容易	8.6	172.0	60.2	94.6	77.4	3476.1	0.08
	底部易清潔	4.6	41.4	41.4	78.2	36.8	909.9	0.02
	補充包回填設計	7.4	111.0	74.0	155.4	118.4	3395.1	0.08
	品牌識別度	7	556.0	84.0	98.0	98.0	2352.0	0.05
工程技術重要度	加權計分值		1528.0	1435.8	1591.0	1269.6		
	相對權重值		26.2	24.7	27.3	21.8		

圖 4 為根據表 7 所繪製「罐體」之產品開發特性重點分析柏拉圖。柏拉圖「關鍵少數」之原則 (Reed, 2001) 可以提供重點管理的指標, 有效率掌握產品開發及改善。由圖 4 可知, 若罐體設計符合「零件再使用」、「回收設計準則」、「重複使用設計準則」及「減量設計準則」, 就能大幅提升 (61.2% 信心度) 消費者對新型設計具有資源節約、材質可回收再利用、部品相容共用性、高度重複使用性、使用回收材料及方便拆裝的期望。

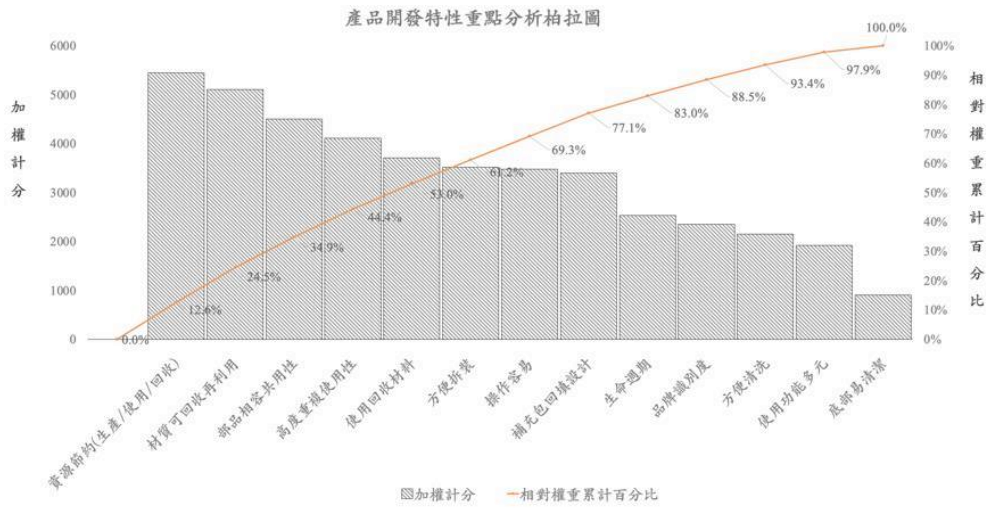


圖 4 | 產品開發特性重點分析柏拉圖

六 實務產品設計與驗證

本研究經由前述之質性與量化分析結果，歸納整理出設計脈絡與分析元素，依此進行實務產品設計。本研究將設計要項彙整於表 8，設計流程脈絡整理如圖 5。

表 8 | 設計要項表

編號	調研方法	階段	設計要項
1	環境品質機能展開	元件展開 工程技術	零件再使用
2			回收設計
3			重複使用設計
4			減量設計
5	環境品質機能展開	工程規劃 產品開發特性	操作容易
6			部品相容共用性
7			資源節約(生產/使用/回收)
8			材質可回收再利用
9			方便拆裝
10	問卷調查	敘述統計	清潔用品容器方便使用(29.7%)
11			無法看到內容物含量(26.1%)
12			清洗舊罐子最主要原因是不想和舊的溶液混在一起佔(50.3%)
13			清洗性需要改進(23.5%)
14			手繪 17 種造型，前三項分別是造型 3(21.74%)，10，以及 4(11.59%)
15			不同形狀會有不同色調傾向的趨勢(圖 4.3)
16			偏好略有紋理的表面質地(60.9%)

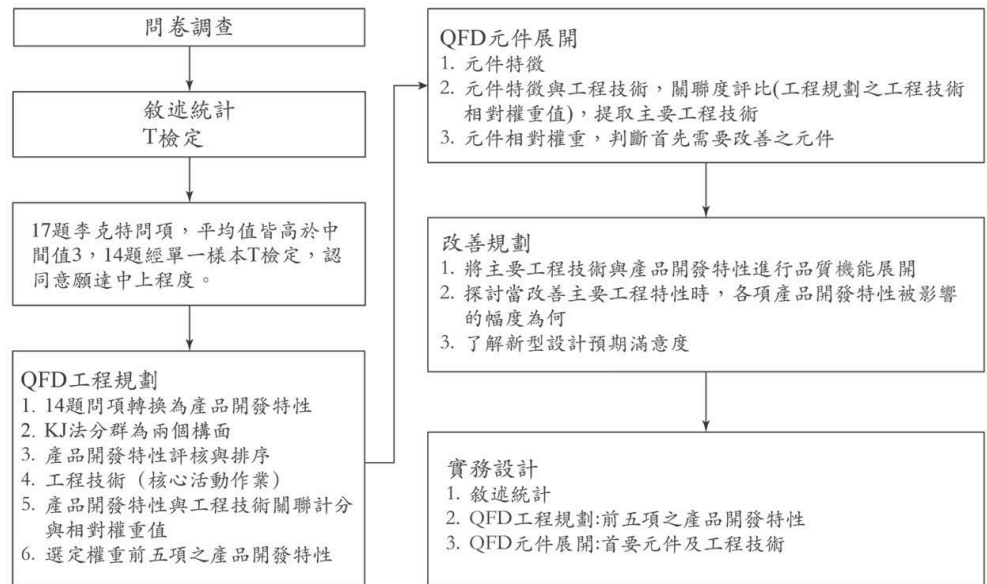


圖 5 | 設計流程脈絡圖

6.1 概念構成與專利申請

針對 16 項設計要項，本研究提出解決方案，詳述如下：

(1) 零件再使用：將相關尺寸規格標準化，以利於提高產品的互換性，減少生產和設計成本。

(2) 回收設計：符合綠色設計準則。

(3) 重複使用設計：同要項 1。

(4) 減量設計：減化結構複雜度與資源浪費。

(5) 操作容易：結構避免不必要的複雜性，使操作流程與產品界面保持簡單。

(6) 部品相容共用性：同要項 1。

(7) 資源節約（生產/使用/回收）：塑膠射出為廣泛使用的製程，避免過於複雜的結構或無法從模具中脫模的設計，簡單的設計更易於製造和組裝，且減少生產資源。

(8) 材質可回收再利用：採用消費後回收塑料（PCR，Post-Consumer Recycled Plastic）。

(9) 方便拆裝：容器需有密封性，計畫採用螺紋連接，兩個零件通過的螺紋連接在一起，可以實現其固定與或拆卸。

(10) 清潔用品容器方便使用：「手握持」為人因工程中常見的概念，外型設計讓使用者可以輕鬆地握住和操作，並且適合手部的結構和力學特點。

(11) 無法看到內容物含量：透明材質生產上，損耗成本相對高，解決方案擬採用「觀景窗」概念。

(12) 清洗舊罐子最主要原因是不想和舊的溶液混在一起：新型設計需提供使用者方便且省時的清洗方式。

(13) 清洗性需要改進：新型設計如能具有「方便拆裝」及「操作容易」功能，能提升清洗性。

(14) 手繪 17 種造型，前三項分別是造型 3 (21.74%)，10 (14.01%)，以及 4 (11.59%)：受訪者雖偏好造型 3 的容器，但罐體相對大，無法具有「方便使用」及符合 4R 設計準則；造型 4 具有扭曲曲面，生產製造成本相對高，且同樣無法符合 4R 設計準則；於此，新型設計朝造型 4 進行。

(15) 不同形狀會有不同色調傾向的趨勢：外型確認後，進行三維模型行渲染，提供給市場行銷或決策人員選擇。

(16) 偏好略有紋理的表面質地：表面咬花處理，避免複雜製造工藝。

根據上述解決方案，先進行初步構想設計(圖 6)。初步構想圖已將主要概念定義清楚，之後進行細部修正與定稿，因採上下拆件型式，分界點關係到視覺平衡與美感，擬參照黃金比例進行拆件；因採螺紋連接結構，外型跟大小需要符合人因工程，提供良好握持與旋轉操作介面。最終本設計創作通過智慧財產局新型專利申請，專利證書：M627086。

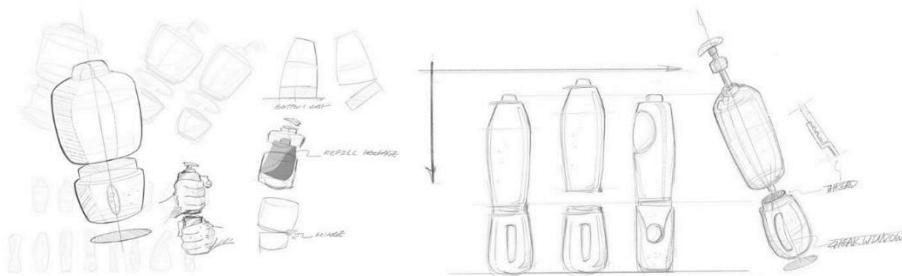


圖 6 | 初步構想圖

6.2 3D 建模及外觀設計

依照設計草圖，進行 3D 建模，上下件的拆分點，參照黃金比例進行上下件的拆分，圖 7 為產品尺寸與立體圖。卡合結構採用螺紋連接，螺紋由五大要素構成，分別是牙型（圓形）、公稱直徑（大徑，54mm）、線數（單線）、螺距（或導程，2mm）以及旋向（左旋），細部設計尺寸如圖 8，現階段尺寸為概念基點，期望與業界討論，統一設計規格，以達到綠色設計之目標。

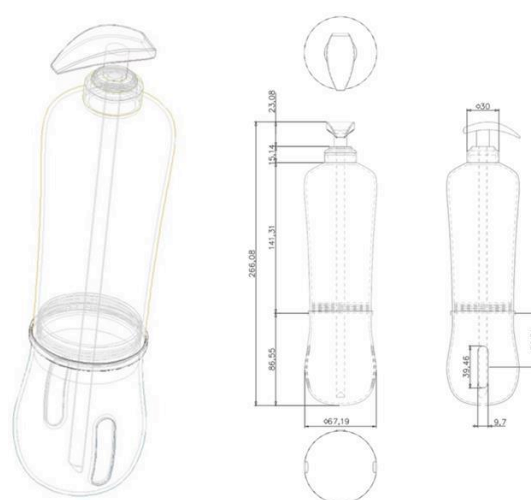


圖 7 | 產品尺寸與立體圖

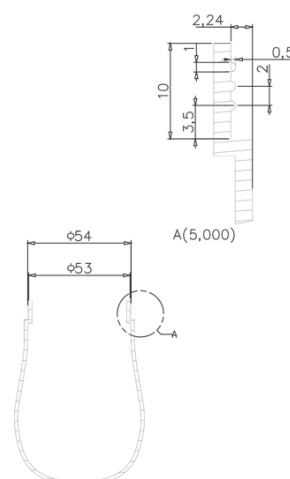


圖 8 | 細部設計尺寸圖

此項創新綠色產品設計主要構造為：壓嘴（Spout）、蓋子（Cap）、上瓶（Upper）、下瓶（Bottom）、封條（Seal）及內含量檢查視窗（Residue check window）。考慮到在商場展售之誤開疑慮，設計上有增加安全封條（Seal）。材質

則採用消費後回收塑料（PCR， Post-Consumer Recycled Plastic），依照敘述統計之顏色結果，顏色未有明顯喜好偏向，本設計創作採用中性色調，米色搭配炭黑，也要求達到 4R 設計準則與綠色效益。米色與黑色，在塑料調色成本與生產，相對簡單，圖 9 為產品意象圖。



圖 9 | CMF 示意圖

6.3 模型實測與設計修正

為驗證新型設計對原始問題的改善度及操作介面的實際體驗，將產品進行第一版 3D 列印 (Mk1)，專家小組進行使用評估，並予以回饋，雖然新型設計整體的改善完成度已達「認同」水準，但本研究針對專家小組的訪談結果，參照前述之工程規劃階段手法，繼續進行設計調整；表 9 為修正設計前後差異表。

圖 10 為外型修正發想草圖，藉由創意思維的過程，生成新的概念，最終選定造型 2，其底座穩定，且兼顧綠色設計之製造資源節約，美學形式上符合十大原則的對稱、均衡及比例 (Hamlin, 1952)。Mk1 與 Mk2 外型對照如圖 11，圖 12 細部設計圖。

表 9 | 修正設計前後差異表

產品規格	Mk1	Mk2
罐體容量	543ml	1000ml
上緣開口加大	孔徑 24mm	孔徑 32.8mm
螺紋設計/方向	上下一樣	上蓋螺紋左旋與下蓋右旋(順逆時針方向)
螺紋設計/方向	螺紋間細小 緊密配合	調整螺紋設計，預留螺紋間隙，公差合理化
防漏設計	卡合深度：10mm	增加卡合深度 20mm，增加卡合力，視實際需求，增加 O ring
卡合對位	無導角特徵	增加導角特徵
耐磨外觀	咬花表面處理	外型修正，增加提高握持力特徵
罐體穩定性	底面無顯著支撐面	外型修正，增加支撐面
公稱直徑	54mm	77.75mm
標示區	無	增加標示專區，統一視覺美感

拆件位置調至上方

整合上方拆件與上蓋，加大充填口徑(備案)

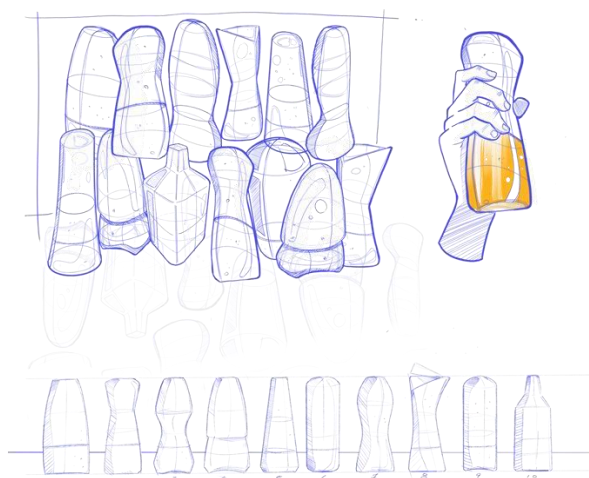


圖 10 | 外型修正發想草圖



圖 11 | Mk1 Mk2 外型對照圖

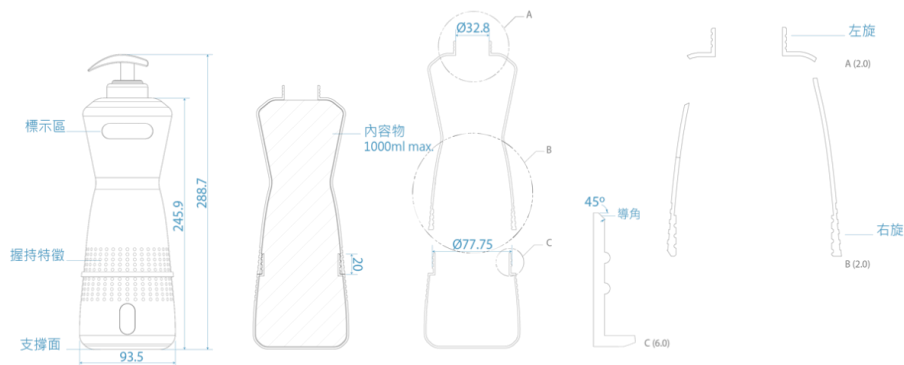


圖 12 | 細部設計圖

6.4 修正方案實物評核

修正後之設計，重新進行 3D 列印 (Mk2)，提供給專家小組重新進行使用評估，評鑑是否有解決初版產品的問題點。每項 Mk1 問題點的總評核，係為五位專家採用李克特五點尺度評核的平均值，如罐體容量為 $(4+4+4+4+5)/5=4.8$ ，總結如下：

(1) 表 10 為專家小組評核表，平均值 4.3，修正後之新型設計針對「Mk1 問題解決度」完成度，達「認同」水準。

(2) 罐體容量適中，如考量節省材料，可作調整。

(3) 實際使用補充包充填，上緣開口大小適切。

(4) 安全機制設計，雖有一定效果，但仍有誤開疑慮，產品應作標註，後續可針對鎖附結構做探討。

(5) 螺紋設計卡和及對位介面，比 Mk1 合適，如要量產，須與業者及結構專家討論細節，以達氣密及量產水準。

(6) 防漏設計仍有疑慮，但如同上一點，需要檢討螺紋氣密設計，此為傳統工藝，飲料瓶蓋皆有防漏功能，工程困難度低，後續可針對信賴性做測試與研討。

(7) 外觀握持特徵採用凹槽式，節省材料浪費，多點排列樣式充分提供指腹施力面積，減少外觀磨損，延長產品使用年限。

(8) Mk1 最顯著問題，「罐體不穩定」已完全改善。

(9) 增加標示區，視覺統一。

表 10 | Mk2 專家小組評核表

Mk1 問題點	評分
罐體容量	4.8
上緣開口加大	4.6
安全機制	4.2
螺紋設計/方向	4
防漏設計	3
卡合對位	4.6
耐磨外觀	4
罐體穩定性	5
標示	4.8
拆件位置調至最上方，整合上蓋	N/A
只適合在個人清潔用品	N/A
螺紋統一	N/A
生產方式	N/A
平均值	4.3

七 結論與建議

本研究詳細梳理了從問卷調查、數據分析到設計改進的全部過程，並總結出一條完整的設計技術路線，這一流程不僅適用於清潔用品容器設計，亦可實踐應用於其他領域的綠色產品設計實踐中，具有一定的借鏡價值。總體而言，本研究在理論創新、方法拓展、實踐驗證等多個層面對綠色設計領域做出具體貢獻。為推動不同行業的環保設計實踐提供了有益的探索。本研究主要藉由工業設計手法，倡導綠色設計，旨在產品設計和開發階段，將環境和可持續性因素納入設計考量。新型設計經過模型驗證與專家小組考核，其符合綠色設計之高度重複使用性、部品相容共用性及資源節約。然而，綠色設計也可能與產業利益衝突，例如：綠色設計可能會增加產品的成本並反映在售價上，這可能會導致消費者的反彈。通用螺紋設計，雖有效達到模組化設計理念，但要說服所有廠商，需要透過政府機關的共同推行制定共同規範，畢竟，因有些廠商是以銷售瓶身或配件設計為主力，通用的設計必定會影響廠商產品的市場競爭力。因時間及資源的限制，本研究仍有未完善之處，對後續的研究方向，本研究有以下建議：

(1) 本研究所提出之新型設計，實測樣本為專案小組，後續研究可增加測試樣本群體、相關信賴性驗證及減量排碳之關聯度，以獲得更多使用回饋與提高問題解決信心度，如此方式接受度高，方可進行通用螺紋設計與製造成本研討，逐步推廣此項設計。

(2) 本研究只對罐體進行改善，壓嘴的設計可進行人機介面調研，閥芯為其核心要件，用來控制液體流量，新的設計可研究消費者能接受的壓力與流量，以及適當的按鈕大小，對現行設計的耐用性進行量化分析，並與品質專家討論其生命週期，藉由信賴性研究，了解產品的潛在失效模式與時間點。

(3) 環境品質機能展開於此研究，僅使用工程規劃與元件展開階段，製程規劃及製程管制階段並未於此研究施行，此二階段對產品量產性及是否全面達到綠色設計，影響深遠，也需要跨部門的協調與廠商的協同配合，以期減少生產過程的環境衝擊與資源損耗，完善整個產品生命週期。

(4) 經由調研過程與工業設計手法，本研究歸納出完整的設計脈絡，但不限於個人清潔用品容器設計，可依此研究架構與步驟，進行其他綠色產品設計，如遇工程設計衝突，建議可輔以萃智法(TRIZ)之矛盾矩陣(林永禎 & 謝爾蓋·伊克萬科，2021)來尋求解決方案。

參考文獻

- Bossert, L. J. (1991). *Quality function deployment: A practitioner's approach*. New York, NY: ASQC Quality Press.
- Brewer, G. (1994). French twist on packaging recovery. *Resource Recycling*, 30, 1-8.
- Burall, P. (1994). *Green-ness is good for you*. Design Council.
- Cochran, W. G. (1977). Sampling techniques. *The Annals of Statistics*, 10(1), 1-10.
- Darbre, P. D., Aljarrah, A., Miller, W. R., Coldham, N. G., Sauer, M. J., & Pope, G. S. (2004). Concentrations of parabens in human breast tumors. *Journal of Applied Toxicology*, 24(1), 5-13.
- JEMAI. (2001). *Study on the introduction and promotion of environmentally conscious business activities (Design for Environment)*. JEMAI.
- Hamlin, T. (1952). *Forms and functions of twentieth-century architecture*. Columbia University Press.
- Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology*, 22, 5-55.
- Martino, J. P. (1993). *Technological forecasting for decision making*. McGraw-Hill.
- Piringer, O. G., & Baner, A. L. (2008). *Plastic packaging: Interactions with food and pharmaceuticals*. Wiley-VCH.
- Reed, W. J. (2001). The Pareto, Zipf and other power laws. *Economics Letters*, 74(1), 15-19.

- Statista. (2023). Retrieved from <https://www.statista.com/statistics/254608/global-hair-care-market-size/>
- Smith, R. L., Takkellapati, S., & Riegerix, R. C. (2022). Recycling of plastics in the United States: Plastic material flows and polyethylene terephthalate (PET) recycling processes. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 10, 2084-2096.
- Zhang, R., Ma, X., Shen, X., Zhai, Y., Zhang, T., Ji, C., & Hong, J. (2020). PET bottles recycling in China: An LCA coupled with LCC case study of blanket production made of waste PET bottles. *Journal of Environmental Management*, 260, 1-11.
- 王明好, 黃烜焜, & 曾建閔. (2006). 應用環境品質機能展開於塑膠抽屜式整理箱之設計改善- 以北縣市大學生的需求為例。 *環境與管理研究*, 7(2), 37-52。
- 林永禎, & 謝爾蓋·伊克萬科 (Sergei Ikovenko). (2021). *TRIZ 理論與實務：讓你成為發明達人*。台北：五南圖書出版股份有限公司。
- 赤尾洋二. (1992). *品質展開入門* (陳耀茂譯, 編者)。台北：聯經出版事業公司。
- 財團法人塑膠工業技術發展中心. (2014). 綠色設計。 *綠色環保報*, 86, 58-65。
- 郭財吉. (2002). 綠色產品設計-綠色品質機能展開。 *永續產業發展*, 2, 45-58。