

自動化產品設計系統

魏秋建* 陳啟斌** 陳永杰***

*中華大學工業工程與管理研究所

**銘傳大學企業管理學系

***中華大學工業工程與管理碩士

(收稿日期：86 年 8 月 26 日；第一次修正：87 年 2 月 23 日；

接受刊登日期：87 年 4 月 16 日)

摘要

傳統的產品設計方式，大都依據工程師個人的主觀判斷來進行，使得產品在未來生產或銷售上充滿著不確定性，輕者造成產品成本的提高，嚴重者導致整個開發的失敗。因此本研究試圖提出一個以顧客需求發展產品概念，並結合電腦輔助設計 (CAD)，電腦輔助工程分析 (CAE)，以及電腦輔助製造 (CAM) 之樣品製作 (Prototyping)，所架構出來的一套產品設計自動化系統。首先利用電腦網路即時地蒐集顧客意見，再配合品質機能展開 (QFD) 將顧客的需求轉換成設計參數的工程規格，然後以參數式設計的觀念，將工程規格自動繪出產品立體圖形，為了提高視覺效果，再將這些立體線架構圖輸出到動畫軟體進行產品外觀模型的模擬。本系統主要目的是希望降低研發成本，縮短研發時間，提高產品的品質以符合顧客需求，並能在以後市場需求改變的情況下，快速地得出新的設計方案。

關鍵詞彙：產品設計，設計自動化，參數式設計，QFD，CAD / CAE / CAM

壹 前言

台灣即將於不久的將來加入國際貿易組織 (WTO, World Trade Organization)，我國產業勢必走向貿易自由化，進而面臨全球市場的激烈競爭，所以國內業者必須迅速提升產業技術，以優良的產品品質與研發技術，來保有國際市場的競爭優勢。早期的台灣製造業是以原廠委託製造 (OEM, Original Equipment Manufacturer) 為主，主要競爭國家為韓、泰、東南亞等開發中國家。而隨著國內產業技術的提升，競爭對象也隨之轉變為歐、美、日等先進國家。近年來國際對智慧財產權的保護，已促使國內業者開始加強產品的研發能力，希望能逐步走向以原創設計 (ODM, Original Design Manufacturer) 或自創品牌 (OBM, Original Brand Manufacturer) 的方式，推出自己的產品。而顧客需求的快速反應攸關產品的品質及市場佔有率，因此縮短市場調查一直到產品量產的時間，是國內製造界必須努力的方向。

傳統的產品開發與設計過程中，多半是依賴設計工程師個人的知識與經驗，而造成設計上的疏失，這樣的結果將會使產品必需一再地修正才能正式量產。整個過程可能要耗掉許多設計時間及研發成本，使得公司喪失市場的利基。因此，在設計的初期，如果能獲得最佳設計方案，公司就能以較少的成本，在最適當的時機，推出最具競爭力的產品。

目前一些先進企業為了佔有全球市場，紛紛採取各種競爭策略，包括提高生產效率、縮短產品開發週期、研發高品質產品等，目的就是要推出品質更高、功能更強、成本更低及變化更多的產品，而且希望在最短的時間內完成產品的設計、測試及製造，使產品搶先進入市場以取得競爭優勢。為了達成這些目標，許多業者紛紛採用「生產自動化」的方式來達成上述目的，但是幾年下來，發現生產自動化確實能縮短產品上市時間，但卻不能保證產品一定能受到市場的喜愛。就以在 1980 年代，美國蘋果電腦公司為例，為了提昇上市的時效及提高產品的品質而投入數億美元的自動化生產設備，而這些投資幾乎佔了其產品生產總成本的百分之八十五，結果在 1985 年因生產過剩，產品無法讓消費者接受，導致庫存急速增加 (陳洪業, 1990)。由此可知，對於一個無法被消費者喜愛的產品，不論如何縮短產品開發上市時間，這些生產自動化設備往往只會為業者帶來虧損而已。

近年來因為電腦、通訊等資訊媒體的快速發展，使得產品的設計開發與生產製造發生了結構性的改變，結果對產業造成了幾個影響 (Thurmond and Kunak, 1988)：

- (1)縮短產品開發設計和將其轉變成製造量產的時間。
- (2)限制工程師對市場需求所進行設計變更的時間。
- (3)因產品的平均獲利時間比過去縮短，為了維持競爭力，公司每年必須增加新產品的數目及降低產品的研發成本。

根據研究指出，所有上市的新產品，只有百分之八十五可算是成功，而最早推出新產品的前兩家廠商，其市場佔有率竟高達百分之八十 (Raelin and Balachadra, 1985)。所以除了提昇產品上市的成功率外，還得縮短產品開發設計的時間，這兩者是產品上市成敗的重要關鍵。為了達成上述目標，一定要藉由電腦來輔助產品的設計，使設計過程也能達成自動化，這裡所謂的產品設計自動化是指市場需求、產品概念、設計工作、分析作業到樣品製作，一貫作業的系統化過程。

為了改進傳統黑箱法或稱感性法的直覺式設計 (Boothroyd and Dewhurst, 1991), 本研究將採用「理性法」來進行產品的設計, 並提出以量化的方式來表達顧客需求及設計概念, 希望能有效解決下列四個問題:

- (1)在產品開發初期就將顧客的需求明確定義, 以減少設計變更的次數。
- (2)設計分析過程中, 在傳達上能以圖形作為溝通之媒介, 減少設計認知上的誤差, 以提升設計的效率。
- (3)消費者需求越來越多樣化, 導致新產品日趨少量多樣, 其結果是增加模型開發成本及模具製作費用, 直接抑制了業者投資產品開發的意願, 如能以電腦模擬真實產品的效果, 將可降低新產品開發之風險。
- (4)傳統的樣品製作十分費時, 若能將產品設計的 3D 圖形直接連結快速原型機, 將可大幅縮短樣品製作時間。

因此本研究提出「設計自動化」的觀念, 由網際網路蒐集顧客的需求, 再藉由 QFD 技術的運用, 配合公司相關部門的意見, 將顧客需求轉換成產品的設計規格, 然後再利用參數式繪圖軟體, 將這些設計規格, 以立體模型呈現出來, 而為了真實表現產品的質感等視覺效果, 再以電腦 3D 動畫軟體, 來模擬產品的顏色、紋理等外觀設計。

貳 文獻探討

產品設計在歐、美、日等先進國家的發展已有數十年的歷史, 而國內為了提升產業技術, 政府及業界也積極投入相關活動。產品設計的優良與否, 牽涉到需求的取得, 構想的產生, 設計過程的掌控等因素, 因此本節將就產品設計的本質、產品設計的階段、及設計構想的產生等相關文獻作一探討。

產品設計可解釋為「為某一目的而賦予產品形狀、色彩和機能」。優良的產品特質, 不只是產品的結構, 而是應該兼顧使用需求與生產能力 (左口七郎, 1990)。

有關界定產品設計產生階段的研究有很多, 不過看法大都是大同小異。Jones (1992) 將產品設計的過程分為三大階段:

- (1)分析階段: 設計問題的界定、成形與轉換。
- (2)綜合階段: 產生各種不同的設計概念或方案。
- (3)評估階段: 去除不可行的方案, 並選擇最合適的設計方案或建議。

石川弘 (設計概論, 1990) 在「工業設計」一書中將產品設計歸納為四個基本階段:

- (1)計劃階段：了解產品最基本的問題點，探討其解決之道。
- (2)概念構成階段：討論各個解決方案的合宜性，並保留所有合適者。
- (3)提出階段：評估及選出最佳方案，並將其提送給各相關及決策部門。
- (4)施行階段：按照最後的確認方案，將產品量產化。

產品設計最重要的部份在於設計規格的產生，主要是希望在創意思考的階段，能夠產生突破創新或符合顧客需求的構想。設計規格的產生方法，可以歸納為以下幾種方法 (Jones, 1992 ; Papanek and Vitor, 1991 ; Pahl, Gerbard, Beitz and Wolfgang, 1984) :

- (1)類比法：以類似的問題替代將要考慮的問題。
- (2)檢核法：利用先前所獲取的知識來比較相近的狀況。
- (3)屬性法：利用以前獲知的觀點，來套用組合於產品的特質或設計問題。
- (4)提喻法：將設計認知的自發性行為，類比於設計問題的探討及轉換。
- (5)形態箱：界定所有可能被接受的設計參數，並對每一設計變數舉出一些設計方案，然後選出有效的方案組合，以獲取設計成果。
- (6)形態樹：與形態箱類似，只是以樹狀分析結構來表示。
- (7)文獻搜尋：書籍、技術性學刊與專利之研究。
- (8)市場研究：利用問卷與訪談來分析，以導出設計變數。
- (9)特質覆審：在一設計上對產品的特徵或品質予以考量修改。
- (10)方法 635：以腦力激盪法為基礎，透過六名參與者對一設計問題各提供三個簡要的解答，而後再由其他參予者各補充三個額外解答。
- (11)Delphi 法：在產生所有可能設計方案後，由參予者修改、改變與消除方案，然後選一最佳方案。
- (12)腦力激盪法：透過小組成員運作方式，產生所有是否合理的設計變數。
- (13)利用設計型錄：由型錄或使用手冊上，列出一些相關產品之重要特徵，然後指出設計參數。
- (14)仿生學與生物力學：對自然型態、生物構造或組織的研究。
- (15)消除心理障礙法：利用轉移觀念來探討設計問題，並尋求新的解答。
- (16)現有系統技術之分析：分析現有產品設計的象徵意義及實質含意。
- (17)實體程序之系統化研究：基於一已知之產品實體，分析其相依與獨立變數間之關係，然後確認設計變數。
- (18)系統化的找尋分類之技法：列舉並分類所有可能的設計問題與解答，再予以分組並確認設計變數。

上述設計構想的產生方法，大都是屬於文字敘述的設計說明，而且偏重於設計者主觀的設計意識，沒有一種方法是全面性的適用。

有關決定最適可行設計方案的研究，目前主要以品質機能展開 (QFD, Quality Function Deployment)，及產品設計專家系統 (Expert System) 為主。品質機能展開著重的觀念是從掌握顧客的需求開始，藉由使用者的意見調查，將顧客的聲音利用數次的展開轉變成顧客的具體需求 (要求品質)，再透過品質屋 (House of Quality) 的運用，將顧客需求與工程參數間的關係予以量化，轉換成設計規格以訂定產品設計的品質標準，然後將設計品質有系統地展開成各個構件的品質，及製造工程要素的相互關係上，使產品在事前就完成品質保證，確保由企劃、開發、設計至生產過程的品質，是契合顧客的認知和需求 (水野茲、赤尾洋二, 1987)。台灣在 1988 年開始採用，主要是以電子、電機、橡膠、服裝等製造業為主 (赤尾洋二, 1991)。

專家系統是擷取專家的經驗法則，產生一知識庫，仿效人類的思維模式，以推論產品的最適可行設計方案 (Encarnacao and Schlechtendahl, 1993)。Hu (1987) 提出一種構件設計的策略，將優良產品的構想資訊，彙整成一產品構件特徵知識庫，然後再選出那些要修改的構件，最後組合這些構件成為新的設計方案。林銘泉發展了外在設計輔助程序於產品設計專家系統之模式 (林銘泉, 1990)，用以產生新的設計方案，主要是藉由「既存優良設計產品」中各設計變數內構件的選取，將其組合以產生一新的設計方案。

工業革命前，產品是由熟練的工匠依自己歷年累積之經驗，不斷地嘗試錯誤及利用一些工具將產品做出來，其間並沒有很多的圖面輔助說明，所以每件產品都帶有個人的藝術風格。工業革命後，因為產品的大量生產，必須標準化，因此產品就以工程圖的方式來表達。但二度空間的三面視圖往往無法表達出產品在視覺上的立體感，因而產生了等角視圖與透視圖，等角視圖可配合工程圖將產品的相對尺寸位置表現出來；而透視圖能將平面的圖形立體化，造成視覺上的距離空間感。上述的圖形表現方式，是用線狀架構 (Wireframe) 的方式來產生，無法模擬真實效果，因此精描圖 (Rendering) 的表現技法便因應而生，除了能表現出平面圖像的立體感外，還能對色彩、材質、光線所產生的明暗、陰影及背景作一番潤飾，表達給觀視者真實產品的感受。

近年來電腦軟硬體快速成長與急速演進，直接帶動業者利用電腦輔助設計軟體來幫助設計，而透過 CAD 繪圖軟體來進行電腦圖形的表現，除了易修改、易複製、易提取組合優點外，還能將材質的真實性與實際使用的週遭

環境表現出來，突破了手繪精描圖的水準，而且能以三度空間的立體模型呈現，使設計者能從任何角度去探討，另外還可加上模擬動態 (Animation) 的操作方式，所以已逐漸取代傳統手繪圖形 (陳文龍, 1996)。

目前電腦記錄圖形資料的相關研究，主要以向量式 (Vector) 與圖素式 (Pixel) 兩種型式為主 (紹揮洲, 1991)：向量式是以向量式曲線 (B-spline, B'zier) 的特性，以有意義的數學符號或公式記錄圖像的資料，其應用軟體與圖檔格式，主要以機械製圖軟體為主，如：Auto CAD, CADKEY, Master CAM 的 DXF、DWG、CADL、IGES 格式檔等 (陳炤彰, 1992)；圖素式則利用點陣的方式，記錄螢幕上圖素點的位置及顏色等資料，主要以 2D 繪圖軟體為主，如：Corel Draw、Painter 的 PCX、TGA、TIF 的格式等。另外還有可同時能讀取這兩類檔案的軟體，像是一些動畫軟體，如：3D STUDIO、ALIAS、TOPAS 等，都可採用先讀取向量式圖檔建立產品的外觀尺寸圖，再設定燈光、攝影機、材質及背景效果來呈現產品的質感、明暗與陰影，以模擬出產品真實效果的精描圖，最後再轉成 2D 的圖素式資料檔出圖。

參 研究方法

產品設計除了強調設計的品質及效率外，最重要的是最終設計方案必須符合市場需求，而且設計人員要在最短時間內察覺顧客需求的變化，快速修改設計方案。因此本研究的目的，就是希望結合電腦的強大功能及網際網路的普及應用，將傳統支離破碎式的設計方式，結合成由需求調查到樣本製作的一貫化產品設計系統，以提升產品設計品質及縮短研發時間。

產品設計自動化的發展，是將產品設計流程電腦化，並配合現今各階段的設計方法來達成的，目的是希望能在產品設計之初就排除顧客不想要的因素，而納入顧客對產品的要求品質，以確保設計出來的產品，能符合消費者的期望，提高顧客的滿意度。產品設計如果以單純的文數字表示，並不能呈現產品的真實性 (設計界的術語：描述產品的文字說明，不如用圖形表現出來；而圖面的表現方式，不如呈現產品的立體模型)，因此為了呈現產品造型、立體感、顏色、人機及視覺傳達的設計構成理念，本研究將整合數套電腦輔助設計 (CAD) 繪圖軟體，使產品的設計理念得以電腦圖形立體化，並利用圖形檔轉換格式，支援後續的電腦輔助製造 (CAM)，或是提供進一步的工程分析與製模。

針對設計自動化的目標，本研究所採用的方法如下：

- (1) 運用視覺培基 (Visual Basic, VB) 語言，將顧客需求調查電腦化。透過問

卷的設計，將產品的顧客意見分成數個定義區域，再利用程式的物件導向設計，把定義區域設計成視窗化的連續流程，使其成為一套顧客意見調查軟體，以作為產品設計獲得顧客需求的主要途徑。

- (2)使用品質機能展開 (QFD) 系統來產生設計變數上的工程規格。由品質屋運算出品質要素之相對重要度，然後作連續機能的展開；將顧客需求資料轉換成各構件設計上的工程規格。
- (3)以 Auto CAD 繪圖軟體上的 Autolisp 程式語言發展各構件的繪圖程式。將各構件的產品設計特徵「模組化」，使各構件能透過 Autolisp 與 Auto CAD 的整合，在由 QFD 輸入設計參數值後，直接地將立體圖形自動繪出，如此將可提高構件繪圖與修改上的效率。
- (4)將 Auto CAD 所繪製完成的圖面輸出 (Export) 成各種資料型態檔，以作更進一步的圖形精描或工程分析。
- (5)採用 3D Studio 動畫軟體來模擬產品的真實效果。利用 Auto CAD 所 Export 出來的 3ds 或 DXF 檔的格式，配合 Color、Layer 的命名方式進入 3D Studio，對產品的顏色、材質、質感、背景燈光做進一步地編輯，以模擬真實產品的視覺效果。
- (6)以衛浴蓬蓬頭設計為發展本系統的應用個案。將傳統的設計過程電腦化，把設計屬性的工程值以三維立體線架構圖呈現，最後以精描圖型態作圖形的輸出，並模擬其在動態操作環境下的效果。

一、研究發展之步驟

本研究發展之基本步驟流程如圖一所示。值得注意的是本研究以消費性產品的再設計 (redesign) 為主要研究對象，並非針對全新產品的開發。

步驟 1. 訂定產品策略的方向

首先利用 SWOT 分析法 (優點 Strength、缺點 Weakness、機會 Opportunity、威脅 Threat)，針對產品作廣泛性地探討，使公司各部門能對產品的競爭優勢、劣勢、可能改善地方及可能構成威脅之其他公司產品做深入的了解，以擬定產品再設計策略。

步驟 2. 定義對象產品的問題點

將各部門相關人員集合起來，利用前述所提之產品構想產生方式，如：腦力激盪法，來制定一套產品的使用者需求定義系統，並利用 Visual Basic 語言將其視窗化，變成一套使用者需求調查軟體。

步驟 3. 顧客需求情報的獲取

由行銷部門在網際網路及公司產品各個行銷據點，架構網路性的顧客需求調查軟體，以蒐集分析顧客需求、意見、抱怨、及與其它產品比較之優劣點等產品走向。

步驟 4. 品質機能展開的運用

利用品質機能展開中的品質屋運算，配合顧客需求，設定要求品質相對的權重值及品質要素的評估值，本步驟應歸納行銷、設計、生產、製造、工程等部門人員的意見，以減少工程變更的機率。

(1)訂定設計的屬性：利用 QFD 的連續機能展開，得出每一展開過程中，較重要的設計屬性，並對此作次一階段之展開，目的在獲取決定產品設計品質的主要及次要功能，以作為產品工程規格的重要排序依據。

(2)建立各構件的工程設計規格：以相關的外觀型態尺寸及非尺寸特性(顏色、材質等)兩類來表達可行設計方案之設計參數。尺寸參數，將被用來作為下一步驟繪圖程式的參數式設計之數，使各構件皆有其對應的自動參數設計繪圖程式；而非尺寸參數，則作為在 3D 動畫繪圖軟體上編輯構件材質資料庫的依據。

步驟 5. 建立產品的 3D 線架構圖

本步驟主要是利用各構件的外形尺寸參數，來發展 Auto lisp 的程式語言。首先設定一基底之構件，及此構件的基準點，再利用各構件的設計參數所給定的變數，發展每個構件的繪製原則與成形方式，最後以構件的基準點位置為連接點之接合運算起始值來連結各構件，組合成一完整之產品立體線架構圖。

步驟 6. 非尺寸性設計參數的編輯

本步驟將透過由上一步驟所得到的立體線架構圖，轉換到 3D 動畫繪圖軟體上，依據各構件的材質、顏色等設計參數資料逐一編輯，進而再設定燈光背景的視覺效果，使產品圖形在完成電腦著色後，能表達出產品在使用場合的真實效果。

步驟 7. 有限元素之分析 (Finite Element Analysis, FEA)

本步驟主要是將在 3D 線架構圖中所建構完成後的 3D 曲線資料，轉換成 IGES 的格式檔，取得每一斷面切割後之斷面控制點資料，透過表面熱流分析或結構分析之軟體 (如 ANSYS)，來進行與產品使用相關之工程分析，例如產品主體截面的溫度分佈圖。

步驟 8. 設計案的評估選擇

本步驟主要在評估所發展的設計案，在上市後是否具有競爭力。設計過程常會產生幾個替選方案，因此必須從眾多的設計方案中，選取最好的一個作為最終之設計案，而 Pugh 法常被用來作為設計方案之篩選 (Papanek and Vitor, 1991)。此法的基本作法是將各設計構想依照符合消費者需求的程度加以計分後，比較各構想的相對積分以選取最佳的設計方案 (分數最高者)。

步驟 9. 快速成型的應用 (Rapid Prototyping, RP)

很多產業界在加快產品設計的速度後，卻在製造產品原型的步驟中產生瓶頸，此時運用快速成型的技術，將可加速由 CAD 到 CAM 的原型製作流程，使工程師在完成 3D 圖元的建構後，即可很輕易地獲得一尺寸精確之原型。其加工過程是以光感應硬化或是逐層堆疊的方式建立實體原型。

肆 需求的取得與參數的轉換

本節主要探討產品設計過程之前期階段，也就是獲取顧客需求，再透過品質機能展開技術的應用，得出各設計參數的規格值，並據以建立產品各構件的設計參數資料庫。

一、顧客需求資料的取得

顧客對產品的使用需求是本研究設計概念的來源，因此本節將敘述顧客需求資料輸入軟體的程式設計流程，及其操作說明。首先根據所需的問卷操作流程，設計出一套顧客需求資料輸入軟體，其程式設計流程如圖二所示。

使用者需求輸入軟體，主要由「現有產品之問題點分析」與「希望新產品之設計特性」兩部份組成，目的是要尋求「顧客的重要需求」與「重要的工程特性」兩大訊息。以下將各界面之功能分別說明：

(1)使用者個人資料輸入界面

在進入主畫面後，以滑鼠點一下 (Click) 主螢幕即可進入此功能，使用者在此輸入個人基本資料至對話框中 (如下頁圖三)：

(2)顧客使用意見調查界面

在輸入完個人資料後，按一下確定鍵即可進入此功能項，此界面主要由「現有產品之問題點分析」與「希望新產品之設計特色」兩部份組成，使用者可點兩下 (Double Click) 任一圖像，就可進入此部份的輸入功能。

圖三 使用者個人資料輸入對話框

(3)現有產品之使用問題點分析

在進入此選項後，需要連續輸入三種形式的問題點：購買產品考慮之因素、有那種功能會使你更滿意、現有產品不滿意之處，使用者可依自己的需求在對話框中輸入結果。如圖五所示。

(4)新產品之設計特色

在進入此選項後，使用者可在此輸入喜好的產品造型特色之程度值，及產品主體的顏色值。如圖六所示。

(5)儲存，回到主螢幕

輸入完所有的意見調查對話框後，按一下儲存鍵，即可依你是第幾個使用者的檔名方式儲存資料，最後再跳回主螢幕下。

(6)將顧客需求排序，並設定重要度

儲存完後的資料，依照顧客所標註的項目逐次累加，以獲取顧客的需求偏向，並在計算各項比重後，得到顧客要求品質的相對重要度，以提供品質機能展開時品質屋運算之依據。圖七為顧客需求重要度排序之操作界面。

二、品質機能展開之運用

在將顧客需求資料以品質機能展開法轉成工程規格的過程中，本研究將依據下列各步驟，進行品質機能的展開，以設定各構件設計參數之工程規格(赤尾洋二, 1991)，並以「淋浴蓮蓬頭」為個案進行說明。

(1)將問卷收集的顧客原始資料，轉換成要求品質項目，進而得出顧客對品質的具體要求。如表二所示：

表二 原始資料轉換表的例子

NO	資料屬性		原始資料	場合		要求項目	要求品質
	性別	年齡		5W IH			
1	男	22	感到舒適安全	長時間使用	手部握持時的感覺	握持的舒適	
				溫度調整的適應	溫度不會突然太高	水溫的安全性	

- (2)產品機能之展開，產品機能是指該產品設計應達成的目的與功能，利用多次的機能展開可清楚了解顧客需求應如何達成。表三則是本研究淋浴蓮蓬頭的「要求品質展開表」。
- (3)品質要素(品質特性)的展開，是將顧客要求品質項目透過公司內相關技術人員，以腦力激盪法(Brainstorming)的方式，得出許多設計構想的品質特性，並用 KJ 法將其歸類。表四上端為本研究個案之「品質要素展開」，共有一次展開「設計特性」等五項，二次展開「造型」等十四項。
- (4)對要求品質與品質要素之對應關係強度，以下列方式計分(赤尾洋二, 1991)：
強相關：5分； 中相關：3分；▽弱相關：1分
- (5)由顧客原始資料來統計出要求品質重要度(W)，並將其轉換成品質要素的重要度，採用顧客觀點算出品質要素重要度(以顧客的要求品質與品質要素的對應乘積為主)。

表三 淋浴蓮蓬頭之要求品質展開表

一次	二次	三次
1.經久耐用	1-1.出水孔暢通	水垢不堵塞 水垢易清楚
	1-2.不易破損	材質不易碎裂 接合牢固 扭轉不掉落 材質不生銹
	1-3.高溫環境正常使用	材質不溶化 外型不變形
2.良好設計	2-1.水流可調整	分段給水裝置 集中或分散式水流
	2-2.水溫可控制	微調式溫度控制
3.握持舒適安全	3-1.手部握持不受壓迫	握柄防滑設計 握柄大小適中 握柄 R 角設計
	3-2.高溫防止裝置	溫度上限控制
4.使用方便	4-1.操作容易	使用方法易於了解 開關調整方式簡便
	4-2.操作不累	重量適中 大小適中 可掛在牆上使用 蓮蓬頭可扭轉
5.處理容易	5-1.容易維修	組件接合處易拆設計
	5-2.安裝容易	螺絲或卡損設計
6.設計美觀	6-1.造型精緻	符合造型語意 功能性造型
	6-2.顏色搭配	配色新穎 主體色高貴感

(6)針對品質要素 (品質特性) 達成技術的發展程度 (D)，以三個等級來評價：

- 技術成熟確立 1 分
 可以改善發展之技術 3 分
 值得研究開發 (具競爭力) 之技術 5 分

表四 要求品質展開表與品質要素展開表之對應關係矩陣

品質要素展開		一次	設計特性				安全性		耐久性			出水性		操作性			重要度
		二次	造形	尺寸	重量	顏色	安全設計	隔熱設計	耐摔性	耐熱性	構件密合度	水流調整性	出水孔樣式	開關特性	使用性	手握性	
要求品質展開		D	3	1	3	3	5	3	3	1	3	3	3	3	3	5	W
經久耐用	出水孔暢通																4
	不易損壞																3
	高溫正常使用																2
良好設計	水流可調整																5
	水溫可控制																4
握持舒適安全	握持不受壓迫																5
	高溫防止																3
使用方便	容易操作																5
	操作時不累																5
處理容易	容易維修																3
	容易安裝																2
設計美觀	造型精緻																3
	顏色搭配																3
品質要素權重值			58	76	49	24	27	30	20	40	46	60	47	121	154	81	
綜合評估值(E)			106	95	82	48	70	63	29	54	98	99	80	214	232	171	
品質要素大小優先順序			4	7	8	13	10	11	14	12	6	5	9	2	1	3	

W：要求品質重要度；D：品質要素特性技術值

對應關係： 5：強相關； 3：中相關；∇1：弱相關

計算例：(3x3)+(1x5)+(3x5)+(1x5)+(5x3)+(3x3)=58

(7)將該產品的技術因素納入品質特性中，使品質要素的評估能同時符合顧客的要求品質與公司內技術的考量，並以下列公式進行綜合評價(Evaluation)：

$$E = (W + D) \times R$$

W 為要求品質重要度、D 為品質特性實現技術的發展程度、R 為對應關係

(8)針對品質要素綜合評估值決定優先順序，可得出「使用性」排序為第

一，依序為「開關特性」「手握性」，同理，此優先順序可做為設計人員在分析評估設計品質重點時之參考。

- (9)次系統零件品質之展開。將前面得到的品質要素，再進一步展開成零組件的品質及工程特性。表五則是淋浴蓮蓬頭「次系統零件 - 品質要素」展開表之例，左方的次系統零件共有五項，分別是握把、下接頭、水流調整鈕、噴水頭蓋、及螺絲等，最右邊則是計算後之權重值。

表五 品質要素與次系統零件展開表之對應關係矩陣

品質要素 展開	一次	設計特性				安全性		耐久性			出水性		操作性			權 重 值	絕對 權重 %
	二次	造 形	尺 寸	重 量	顏 色	安 全 設 計	隔 熱 設 計	耐 摔 性	耐 熱 性	構 件 密 合 度	水 流 調 整 性	出 水 孔 樣 式	開 關 特 性	使 用 性	手 握 性		
握把																274.5	37.7
下接頭																102	14
開關調整鈕																183.1	25.2
噴水頭蓋																133.1	18.3
螺絲																34.7	4.8
品質要素權重值	58	76	49	24	27	30	20	40	46	60	47	121	154	81			
絕對權重%	7	9.1	5.9	2.9	3.2	3.6	2.4	4.8	5.5	7.2	5.6	14.5	18.5	9.7			

- (10)零件品質保證 (QA) 表之製作。將次系統零件展開表所得之項目權重，依大小排序，在品質要素欄中依對應關係強度依序記入對應之品質特性，接著評定此零件的機能、設計特性、工程規格、及達成規格值之必要理由等。右頁表六為蓮蓬頭之零件品質保證表。

三、構件規格資料庫的建立

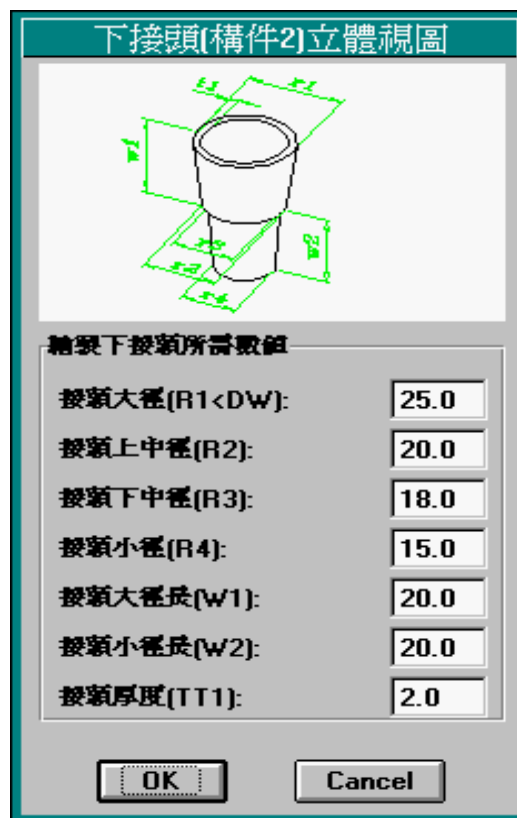
本研究的設計個案共包含五個設計構件，其中除螺絲為標準零件，可不予考慮外，其餘分別為握把、下接頭、水流調整鍵、噴水頭蓋。根據零件品質保證 (QA) 表中的規格值，與其對應的構件，利用 Visual Basic 寫成物件導向的對話框形式，圖八為各構件的設計參數資料庫界面。圖九及圖十則分別為各構件的立體視圖和對應之工程規格。將每一個構件組合在一起，會得到

表六 蓮蓬頭之零件品質保證 (QA) 表

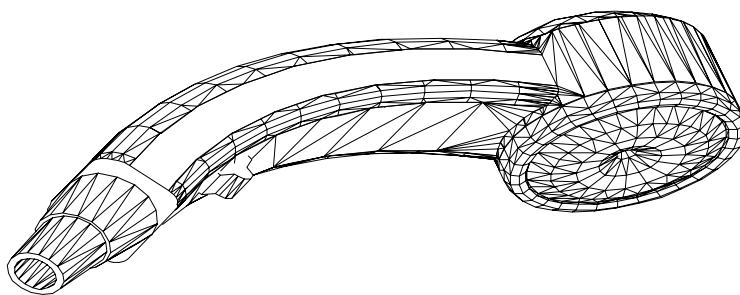
項目	品質要素	零件機能	零件設計特性	規格值	規格值達成之必要理由
握把	造型 尺寸 使用性 手握性 重量 隔熱設計 耐摔性 耐熱性 顏色	操作零件	手握部位形狀 手握部位長度 手握部位直徑 出水部位大小 止滑紋 接合小徑 材質 色彩	圓弧 R 角 120-160 20-30 50-65 5 條 15-20 酚醛樹脂 柔和色	手部之舒適性 整個手掌長能握住 整個手掌寬能握住 配合噴水頭蓋 易於握持 配合下接頭 熱及水之高抵抗性 使主體美觀
開關 調整鈕	開關特性 使用性 造型 安全設計 顏色	控制零件	控制方式 大小 材質 色彩	6 段間距式 8 x 10 ABS 塑膠 顯明色	拇指易於調整 抗損傷力.著色力高 將開關位置凸顯
噴水 頭蓋	出水孔樣式 耐熱性 造型 尺寸 重量 顏色 構件密合度	出水零件	噴水孔徑 直徑大小 厚度 材質	1-2 50-65 5-8 矽酮橡膠	使水柱細而均勻 優良耐高低溫性質 軟性材質易除水垢
下接頭	造型 尺寸 耐熱性 構件密合度 重量 顏色	接合零件	小徑 大徑 長度 形狀 材質	15 25-30 25-45 圓形 鋁鍍鋅	配合管線直徑 配合握把螺徑 易於旋轉接合 鋁質輕.鋅使表面光潔
螺絲	耐摔性 構件密合度	固定零件	直徑 長度	M4 x 8	噴水頭蓋與握把之結合

如圖十一所示之完整產品立體圖，此圖為未作表面視覺處理的線架構圖。經過外觀的修飾，配合浴室內輔助物品的設計，圖十二提供了近似真實的視覺效果。圖十三則是加入動畫的模擬，設計者可以查看蓮蓬頭出水的狀況，並可繞著蓮蓬頭作 360 度的旋轉觀視。





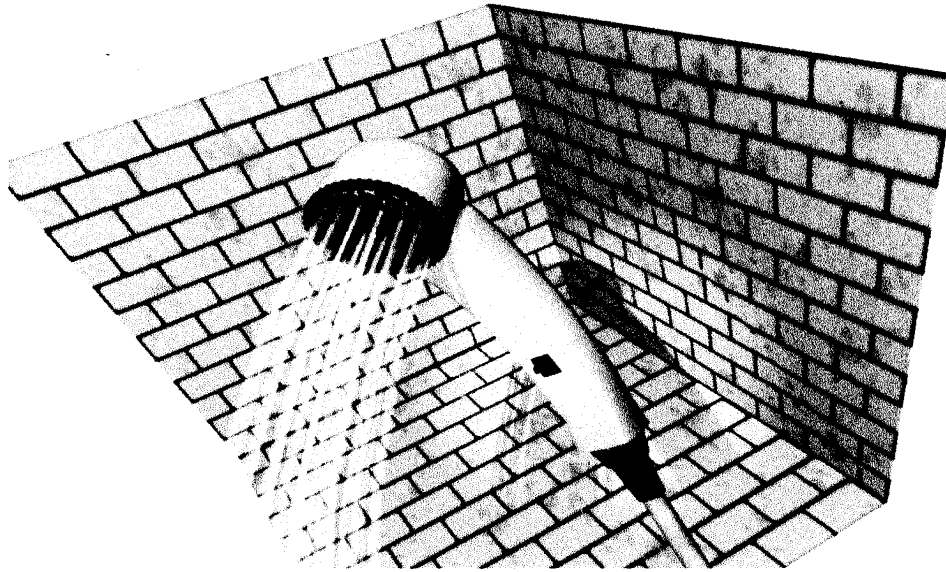
圖九 握把及下接頭立體視圖



圖十一 產品立體組合圖



圖十二 產品經燈光設定後之造型



圖十三 運用輔助物件及動畫之產品造型

伍、結論

本論文提出一個全新的產品設計自動化的觀念，將產品設計由市場調查，工程規格轉換，圖形繪製，工程分析，動畫模擬，到樣品製作，全面整合成一套連貫的電腦系統。首先利用放在各個銷售據點的電腦問卷市場調查系統收集顧客需求，需求透過網路傳送回公司設計部門，由於顧客需求多為敘述性的文字說明，因此集合公司內部相關部門，進行產品的品質機能展開，目的是將顧客需求，依序展開成產品零件的工程規格，也就是代表產品各個構件大小、形狀、及樣式的工程參數值。然後利用 Autolisp 語言，配合交談式的操作界面，將這些工程參數值，在 Auto CAD 的環境下，繪製成立體線架構圖。為了呈現產品的真實紋理、顏色等質感，再將立體線架構圖輸出到 3D Studio 軟體，進行外觀的著色、陰影等處理，並配合實際使用場合的設計，使操作者有身臨其境的感覺，立體圖形的繪製不但可以清楚呈現產品的外觀，而且可以提供工程應力及熱流分析之用。最後把圖檔送至快速成型機，將產品模型快速地製作出來。

本研究有以下幾個特點：

- (1)將市場需求電腦化及網路化，如此不但可以增加調查的普及率，並且可以即時反應市場變化。
- (2)利用品質機能展開的方式，可以確保產品的品質符合顧客需求。

- (3)產品零件的繪圖程式各自獨立，在以後的產品修改或重新設計時，可以迅速地做彈性的變化。
- (4)繪圖觀念採用參數式的技巧，可以簡化圖形的編輯程序。
- (5)以電腦動畫來模擬產品外觀的真實效果及操作情境，可以減少產品認知的差距，提高產品說服力。

本論文的後續研究可以朝以下幾個方向進行：

- (1)將工程分析納入系統中，由於軟體系統間的搭配問題，可能需要克服檔案轉換的問題。
- (2)將品質機能展開得到的工程參數值，直接透過動態資料交換方式 (DDE, Dynamic Data Exchange)，連接到 Autolisp 的各個參數上，以進一步提升圖形繪製的效率。

參考文獻

- 王瑞銘，「Auto CAD 及 Auto LISP 進階應用技術」，第三波文化事業，1997。
- 比爾·蓋茲，「擁抱未來」，臺灣遠流出版社，1996。
- 水野茲、赤尾洋二，「品質機能展開」，傅和彥譯，前程企業管理公司，台北，1987。
- 左口七郎，「設計概論」，藝風堂，第 26、184 頁，1990。
- 赤尾洋二，「新產品開發-品質機能展開之實際應用」，中國生產力中心 QFD 研發小組編譯，1991。
- 林銘泉，「外在設計輔助程序於產品設計專家系統模式之發展」，博士論文，1990。
- 紹揮洲，「麥金塔電腦繪圖在工業設計之應用」，經濟部工業局，1991。
- 秦自強，「電動手工具之產品開發程序」，工業設計雜誌，第 92 期，1996，頁 35-40。
- 陳文龍，「工業設計師重新定位的機會點」，設計雜誌，第 68 期，1996，頁 22-29。
- 陳炤彰，「淺談 CAD/CAM 資料交換標準」，CAD 與自動化，12 月號，1992，頁 71-80。
- 陳洪業，「切開 Apple 蘋果個人電腦的故事」，遠流出版公司，1990。
- 黃俊堯、巫木誠、林文燦，「幾何式品質機能展開」，工業工程學刊，第 11 卷，第 1 期，1994，頁 9-20。

- 張悟非, 「對 CAID 的初步認識」, 設計, 第 71 卷, 1996, 頁 50-54。
- 張律言, 「Auto CAD 3D 作圖」, 松崗電腦圖書公司, 1995。
- 張曉芬, 「優勢整合 Auto CAD 及 3D STUDIO」, CAD 與自動化, 一月號, 第 22-24 頁, 1997。
- 楊啟杰, 「品質機能展開模式應用在工業設計上的研究」, 亞太工業工程暨中國工業工程協會八十三年度年會論文集, 1994, 頁 110-115。
- 廖文良, 「3D STUDIO 4.X 易學易用專輯」, 碁峰資訊, 1994。
- 盧師德, 「Autolisp 與 DCL 實例整合專輯」, 碁峰資訊, 1996。
- ASQC, The Third Symposium on Quality Function Deployment, pp. 24-25, June, 1991 .
- Boothroyd, G. and P. Dewhurst, "Product Design For Assembly," Boothroyd Dewhurst Inc., Wakefield, 1991 .
- Eastman, C. M. and N. Fereshetian, "Information Models for Use in Product Design: A Comparison," Computer Aided Design, Vol. 26, No. 7, 1994, pp. 551-572.
- Encarnacao, J., and Schlechtendahl, E. G., " Computer-Aided Design: Functions and System Architectures," Springer-Verlag, 1993, pp. 71-129.
- Foley, James D., Andries, Van Dam, Feiner, Steven K., and Hughes, John F., "Computer Graphics Principles and Practice," Addison Wesley, 1990, pp. 533-559.
- Hauser, John R., and Don Clausing, "The House of Quality," Harvard Business Review, 1988, pp.63-73.
- Hauser, John R., "How Puritan-Bennett Used the House of Quality," Sloan Management Review, Vol.34, 1993, pp. 61-70.
- Hunter Michael R., "Listening to the Customer Using QFD," Quality Progress, 1994, pp. 55-59.
- Hu, Po-Ckieng, "A Design Matrix Representation of Selected Industrial Engineering Design Strategies," Master Thesis, University of Missouri-Columbia, 1987, pp. 3-17.
- J. A. Raelin and R. Balachadra, "R&D project termination in high-tech industries," IEEE Trans, Engineering Management, Vol. EM-32, No.1, 1985, pp. 16-23.
- Jones J. C., "Design Methods," Van Nostrand Reinhold, New York, 1992.
- Papanek and Vitor, "Design for the Real World," 2nd Edition, Thames and Houston, London, 1991.
- Pahl, Gerbard, Beitz and Wolfgang, "Engineering Design the Design Council," Springer-Verlag, 1984.
- R. C. Thurmond and D. V. Kunak, "Assessing the Development / Production Transition," IEEE Transactions on Engineering Management, Vol.35, 1988, pp. 232-237.

Automatic Product Design System

CHIU-CHI WEI, WEN-CHIN CHEN AND YUAN-CHIEH CHEN

Department of Industrial Engineering and Management, Chung-Hua University

ABSTRACT

The traditional product design method is implemented generally based on the engineer's personal judgement. This subjective method can create uncertainties in the production and marketing, either increases the product cost or retards the entire project. This research intends to propose a needs-based product design framework coupled with computer aided design, computer aided engineering, and computer aided manufacturing to form an automatic product design system. First of all, the customers' needs are extracted from remote terminals located at distribution centers, and transferred to the R&D division via computer network. The collected needs are next transformed into the engineering design specification using quality function development. To graphically display the product, the design specification is connected to the parametric autolisp program. Up to this stage, the market desires have been successfully converted into a three dimensional object. If vision enrichment is necessary, this object can be exported to the animation software, such as 3D Studio to render the surface texture and simulate the working conditions. This automatic product design system can reduce R&D cost, shorten product design cycle, improve product quality, and most importantly, rapidly adapt to the market change.

Keywords : Product design, design automation, parametric design, QFD, CAD/CAE/CAM