

產品概念設計的同步化分析

吳品先 余志成*

國立臺灣科技大學 機械工程系

摘要

本文以同步工程的觀點，系統化的分析概念設計的功能模型，將概念設計流程分成產品定義與機能分析及產品陳列設計兩個階段。產品定義與機能分析階段，藉由顧客需求分析、產品規格訂定、機能展開與零件規劃的逐步推衍，落實顧客導向的設計。而產品陳列設計，則將各物件屬性及其間的鏈結與陳列干涉關係，建構成設計表現模型，配合推論法則進行拆卸裝配順序的推導，應用於適宜裝配、維修與環保的同步分析系統架構中。為系統化的記錄概念設計的活動中產品設計的相關資料，本文提出一套產品設計資料模型提出，涵蓋產品生命週期中包括功能、實體以及管理三方面的設計資料，使得產品設計在功能與實體方面能同時進行且互相參照。最後以硬幣分類機設計為例，說明應用流程，並說明同步工程評估系統 CECOD 的雛型架構，以進行品質機能分析、產品裝配效率分析、維修模態分析及環保性評估之自動化分析。

關鍵字：同步工程、品質機能展開、陳列設計、適宜裝配的設計、適宜維修的設計、適宜環保的設計

1. 背景與目的

隨著消費意識的逐漸提升，顧客對於商品的要求日益提高，單純機能設計的產品已無法滿足顧客的需求。由於多樣化的要求縮短了產品的壽命週期，且在品質的追求上，除了工程技術要求盡善盡美，更應重視顧客的聲音，將生產導向的觀念改變成市場導向。因此在產品開發初期首要掌握顧客的需求，分析產品自規劃、設計、製造

等階段具有之價值與關聯性，藉以定義產品設計，將顧客需求轉換成產品的目標規格，再以產品機能分析，將設計需求實體化，以目標規格作為選擇可行之設計概念的依據，以期在最低成本下滿足顧客需求。典型的分析手法包括品質機能展開 (Quality Function Deployment) [1]、機能樹分析 (Functional Tree Analysis) [2]、概念選擇矩陣(Pugh's method)[5]、可靠度分析等。

結構陳列設計 (Product Structure Layout Design) 是產品實體化的重點，主要考量產品之組成物件與其間的關連，這些關連包括物件的模組化、物件間如何組合，以及物件在產品空間中如何陳列。結構陳列設計影響到零組件拆卸與裝配的過程，因此在設計初期就必須權衡產品生命週期的各項相關因素。典型的分析手法包括可裝配性評估(Design for Assemblability, DFA)[7]、可維修性 (Design for Serviceability, DFS) [9]及環保性分析 (Design for Environment, DFE)[11]等。

在進行同步工程的過程中，企業間皆需快速的且有效的傳達產品的資訊，而產品在各個相關部門常需進行設計評估與修改，所以同步工程設計需建立一套系統性的分析方法，將顧客的需求轉變成陳列設計的過程中，記錄設計者將抽象概念實體化的思考流程；接著對產品之產品的裝配效率、可維修性與環保性進行評估，以期能在概念設計階段便掌握設計的最佳化，並建立一套涵蓋整體產品生命週期的設計資料模型，使有效達成產品資訊的共享與管理，縮短產品的開發流程。

在此概念設計階段所應用的產品設計資訊，主要包括功能設計、結構與管理資料[3]。圖 1 顯示了在產品概念設計階段，相關的設計分析與設計資料的關連性，從需求的產生、產品規格的

訂定、機能的分析與結構陳列的配置、到個別元件的特性描述及版本修改的紀錄。

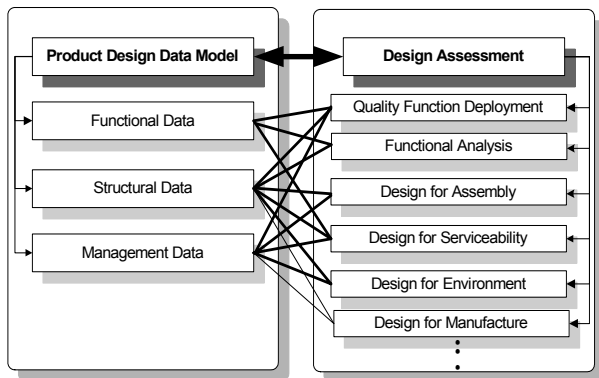


圖 1 產品概念設計與相關設計資料示意圖

為系統化的建構產品概念設計的設計流程與使產品資訊保有一致性與可分享性，本文首先分析概念設計流程，利用 IDEF0 建構概念設計的功能模型架構。接著從此概念設計的活動中，分析設計的資料結構，以 DEF1X 之實體關係模型建立資料間的關聯性，並以 ISO10303-STEP (Standard for the Exchange of Product model data, STEP) [4]產品資料標準，提出產品設計資料模型[17]，以作為未來同步化設計的基礎。最後開發一套同步工程評估系統 CECOD 的雛型架構，進行品質機能分析、產品裝配效率分析、維修模態分析及環保性評估之自動化分析。

2. 概念設計功能模型

設計初期就必須從事使用需求分析、產品機能分析、結構陳列設計、組裝拆卸設計、維修乃至於環保特性之處理，以期能在概念設計中便掌握設計的最佳化。在產品設計初期即進行相關程序的同步化分析，雖可能使初期研發時程略為增加，但可大量減少製造配合階段時設計變更的次數、降低裝配時間、提高產品品質，因而可以縮短產品整體開發的時間。

本文將產品概念設計階段的流程，以 IDEF0 表示系統中相關的性能性需求、程序和資料流，來表達概念設計開發流程之功能模型(圖 2)。透過此模型的各種方法或輔助工具，將市場的趨勢轉變成適當的產品定義與陳列設計，以達成產品生命週期各階段性的目標。而所提出的通用的設計功能模型，將產品同步化概念設計分成產品定義與機能分析及產品陳列設計兩個階段。

在產品定義與機能分析階段經由需求建立功能方塊，將市場的需求轉變成系統化的顧客需求

資訊；藉由品質的展開轉換顧客需求至可量化的產品設計特性，最後使用機能分析的方法，以期能清楚涵蓋與說明產品整體功能，並藉以向下展開至零組件，探討實現產品特性的機能是否能以現狀的零組件達成。透過顧客需求分析、產品規格訂定、機能展開、零件展開至選擇出最適零件群組的逐步推行，以落實顧客導向的設計。

在產品陳列設計的評估中，掌握產品裝配、維修與環保的適宜性，首先建立共通的设计表現法[15]，將概念設計中零件之間的裝配方式與空間幾何關係建構成推演模型，配合推論法則進行拆裝順序的推導，並將各物件屬性及其物件間的鏈結與陳列的干涉關係，應用於裝配、維修與環保的同步分析系統架構中。

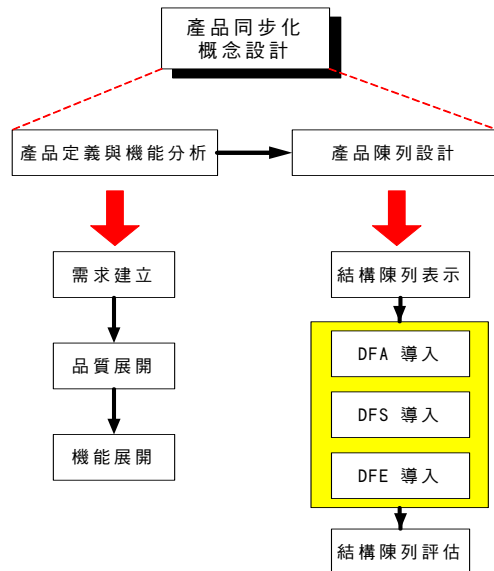


圖 2 概念設計功能模型示意圖

在評估工具的探討方面，如圖 3 所示。首先以市調法收集顧客的需求與其重要性，藉由品質機能展開[1]將使用者的需求對應到產品特性的重要度；接著集合技術與工程人員將產品特性聯想成個別的機能，透過功能樹(Functional Tree)[2]將機能向下展開以期能涵蓋產品整體機能；而實現產品的各種機能可衍生出不同的可行設計，因此藉由 Pugh 概念選擇矩陣[5]選擇出最佳的概念設計零件群組。

為完整描述產品零組件間之實體鏈結及陳列干涉關係，文中採用物件陳列表示法[16]來表現與記錄產品資料結構，並透過關聯矩陣合理化的推導，推論產品之合理組裝拆卸順序，以應用於組裝、維修及環保三方面的設計評估。

在適宜組裝的設計是參考「修正式西屋組裝評估法」(Modified Westinghouse Method) [6][7]，將產品裝配特性參數化，將裝配的難易程度以裝配時間的長短表示出來，再配合裝配順序最佳化的推論，找出裝配時間最短的裝配順序，並以零件效率 (Part Efficiency) 及組裝評比 (Assembly Rating) 作為可裝配性的評估指標。

適宜維修的設計則是先以故障樹(Fault Tree) [8]事先發掘系統中的缺陷或弱點，於系統設計之時即能加以不斷改進，使系統的可靠度提高至目標水準；並將顧客的需求對應到零件的重要程度，配合故障模態與效應分析(Failure Mode and Effect Analysis, FMEA)[9]，找出產品故障時對使用者的風險性；而維修動作的進行免不了要對產品進行拆裝，透過維修步驟的拆卸推論，找出每一個維修模態的最少拆卸步驟，再針對維修步驟進行成本評估，配合零件故障風險性，估計產品於生命週期中的維修成本，作為設計變更的參考依據[10]。

適宜環保的設計則評估產品生命週期從原料製造、使用與報廢後對環境的衝擊，分別對產品生產控制、使用設計與回收設計三方面進行分析 [11]，並由綠色設計策略[12]討論改善方式，而此三方面環保性指標的優劣，可作為環保性設計的參考依據。

在完成裝配、維修與環保評估後，將各階段所提出不同的變更設計提案，透過結構陳列評估綜合對生命週期成本的影響，來決定提案的可行性。

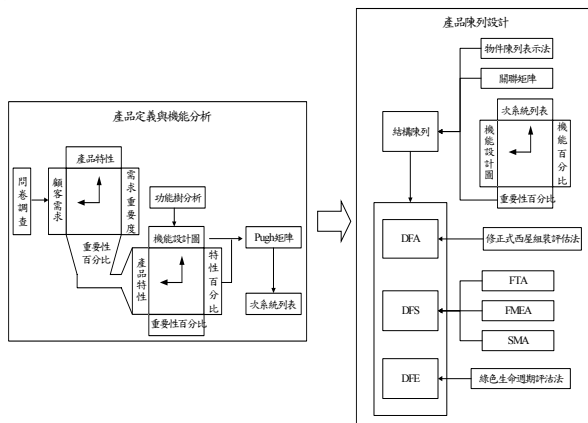


圖 3 概念設計評估工具

2.1 產品定義與機能分析

產品定義與機能分析可分為需求建立、品質展開與機能分析三個階段。經由需求建立功能方塊，將市場的需求轉變成系統化的顧客需求資

訊；藉由品質的展開轉換顧客需求至可量化的產品設計特性，最後使用機能分析的方法，以期能清楚涵蓋與說明產品整體功能，並藉以向下展開至零組件，探討實現產品特性的機能是否能以現狀的零組件達成。

2.1.1 品質機能展開

品質機能展開[1]以矩陣式的分析架構，將顧客需求對應到滿足顧客的設計品質，並將設計目的及品質保證的重點，展開到生產階段，將設計品質的重點透過 QFD 的網路，傳達至產品規格的訂定、各個相關零件的品質及製造品管的要素。

在概念設計階段進行系統分析的觀點下，所關心的是如何從顧客的需求找出相對重要的產品特性。以 QFD 分析概念，對概念設計階段之產品定義與機能分析進行三個基本的展開，將顧客需求重要性轉換至產品特性、機能及次系統列表，以瞭解各特性參數在整體設計價值中所扮演的角色。圖 4 是概念設計階段中應用 QFD 之分析流程。

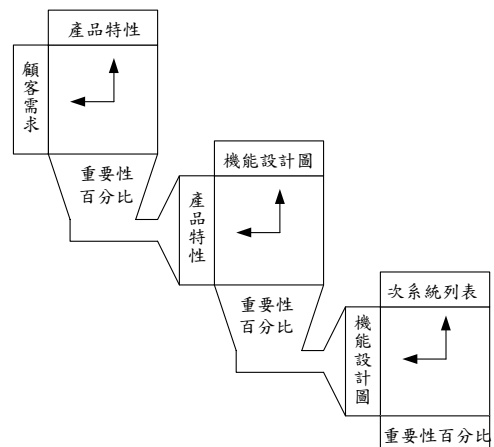


圖 4 概念設計之 QFD 分析流程

2.1.2 產品機能分析

產品設計都有其希望達成之主機能，然而產品機能並非如此單一化，主機能往往是由許多隱含的次機能構成。功能樹[2]為機能分析常採用的工具，以主機能為依據，採向後推論法則 (Backward Searching) 之邏輯，對機能的功用、採取的方式、及欲達成的目的，採詢問的方式建構次機能，以期能清楚涵蓋和清楚說明產品整體功能。

而這些機能分析資訊屬於設計資料中功能資料的一部份，且在終端機能之後，則可對應到展現此機能之實體零件，滿足同一機能之實體零件

可能有很多種具體方式，藉由不同的組合，則可產出許多可行之概念設計，再由 QFD 零件規劃矩陣來評估個別設計之優劣，功能資訊與實體資訊也因而彼此產生關連。

2.1.3 Pugh 概念選擇矩陣

滿足同一機能之零件可能有很多種具體方式，因此衍生出許多可行之概念設計，本研究以 Pugh 概念選擇矩陣[5]，藉由預定產品的規格、成本的考量、工程技術的可行性、投資的效益、可靠度狀況等等，來評估各種設計差異間的成本與效益。首先由可行的設計中挑選出基準設計，接著以標準清單評估每一個可選用的設計，並找出與基準設計比較中較具競爭力的特徵。完成此項評估後，設計人員可藉此作為選擇最終系統的依據，從這些可選擇的設計中，採用其中的優點並排除其缺點，組合成較佳的混合設計。接著評估現狀零組件實現產品特性之機能的程度，並以 QFD 矩陣來評估設計之優劣。

2.2 產品結構陳列設計評估

結構陳列設計主要考量產品之組成物件與其間的關連，這些關連包括物件間如何組合，以及物件在產品空間中如何陳列。陳列設計影響到零組件拆卸與裝配的過程，因而對於產品的可裝配性、可維修性、與環保特性有相當密切的關係。本文採用物件陳列表示法來表現與記錄產品資料結構，並透過關聯矩陣合理化的推導，推論產品之合理組裝拆卸順序[16]，以應用於組裝、維修及環保三方面的設計評估。

產品組裝成本直接受到零組件的數目、接合方式與裝配特性所影響，適當的模組化、簡化裝配動作與對位，為提昇產品可裝配性的主要訴求。而當產品發生故障，如何減少故障發生的影響性則是產品的可維修性的評估因素，從減少維修步驟以降低直接的工資成本，到提升故障的可偵測性、適當設計零件壽命以平衡製造與維修開支、安全機能的設計以降低故障對使用者的衝擊等。而產品的環保則針對生產過程、使用過程與後置處理的方式，評估產品的環保適宜性，提供產品設計師設計改良之參考依據。而這些設計評估都需由功能資訊與實體資訊紀錄與分析。

2.2.1 陳列設計表現法

本文將組成最終產品所需的物件分成兩大類[16]：功能件類別與非功能件類別。功能件類別是指用來組成最終產品且能達成預定機能之主

要物件群。非功能件類別主要是指分離的結合作件 (fastener)，用於維持由兩個或兩個以上的功能件的結構穩定性。產品的組裝、維修與環保考量主要考慮到功能件間的關聯，而結合作件的目的是在於建立功能件間的穩定關係，因此其安裝或拆卸順序主要伴隨者所須固定的功能件，且在概念設計階段，物件間的固定方式常因設計適宜性的評估而改變，因此在陳列表示法與物件拆卸順序的推論只須考量功能件，以大幅簡化推論過程。

接著將產品零組件間之關聯性分為實體鏈結 (Physical Connection) 及陳列干涉 (Layout Interference) 兩大類。所謂實體鏈結是指兩零件間藉由結合作件或零件間的幾何互動，產生直接接觸的鏈結關係，因而造成二者某些運動自由度的限制。而兩物件不論有無接觸到，皆可能因產品結構空間陳列的關係，使得其中一個物件的移除或裝配會受到另一個物件影響，造成二者拆裝順序的必要條件，則稱此兩個物件存在陳列干涉關係。

最後將所定義出的功能件類別與物件之鏈結關係匯入關聯矩陣中。關聯矩陣 (RM) [16] 是一個 $N \times N$ 的矩陣， N 代表該產品中功能零件的數目。關聯矩陣之每一行或列均代表某一功能件名稱，矩陣縱軸“A”為主動零件 (Active)，橫軸“P”為被動零件 (Passive)。若兩功能件 A_i 、 A_j 間存在實體鏈結關係，且 A_i 主動鏈結到 A_j 上，則對於 A_i 與 A_j 這個鏈結對而言， A_i 稱為「主動鏈結」， A_j 稱之為「被動鏈結」，則 $RM(i, j)$ 以“+”表示。若兩零件 A_i 、 A_j 間存在陳列干涉關係，且 A_j 的「主動式鏈結」的移除受到某物件 A_i 的影響，以致物件 A_j 無法順利移出的情況產生，則 $RM(i, j)$ 以“(+)”表示。依此規則建立的矩陣，稱之為「關聯矩陣」。

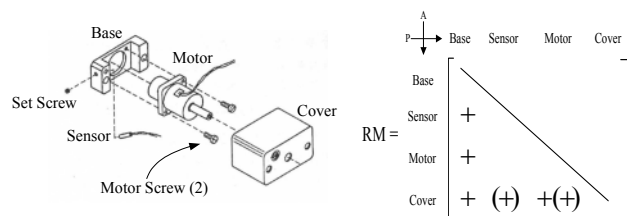


圖 5 改良式線性驅動器[7]

矩陣之每一行或列均代表一個零件，從左至右或從上到下之零件順序，即代表一組關聯建立的順序，一般而言，由產品零件間之關聯性所產生之最初關係順序不一定是合理的組裝順序，可藉由關聯矩陣中行列順序的合理化步驟，產生合

理之組裝順序，使先裝的零件不會影響到後來安裝的零件，此時關聯矩陣中對角線右上方的元素皆為零，此合理之組裝順序將可應用於組裝、維修與環保之適宜性分析中。

2.2.2 適宜組裝的設計

適宜裝配的設計利用簡化裝配過程及減少裝配零件等觀念，達到降低裝配成本的目的，一般多以習用設計準則的方式作為定性的評估依據。而為了達到降低裝配成本的目的，DFA 則經常建議將多個分離的零件整合為相同功能的單一零組件，但卻有可能導致許多相關零件的設計變更，因此在設計初期即進行 DFA 的評估是十分重要的。

裝配過程包括零件的持取、結合與檢驗，適宜裝配的設計，經由裝配上操作動作的改良，以及多餘構件的移除等途徑，來提升產品的裝配效率。產品之裝配性評估可從零件幾何特徵、分件難易度、對位辨識，以及裝配動作、組合方式等，將裝配困難度予以參數化，藉以分析產品之可裝配性。

2.2.3 產品維修適宜性

產品生命週期的可維修性分析可分成三部分：事先發掘系統中的缺陷或弱點、故障的風險性與其直接維修成本。為系統設計之時即能加以不斷改進缺失，以故障樹分析[8]方法，對於不希望發生之現象，使用邏輯符號，將發生經過、發生原因及發生機率作解析分析，使系統的可靠度提高至目標水準。故障的風險性即元件故障對產品機能所造成的效應，可藉由故障模態與效應分析(FMEA)[10][13]來評估，由故障的可偵測性、發生性與重要性分析，可辨識出主要的故障模態。而故障的直接維修成本則取決於該零件在產品陳列設計中的可接近性、重組裝性與零件的可修復性。而維修的過程進行免不了要對部分零件進行拆卸以及重新裝配的程序，而拆卸及裝配的困難度，直接影響維修工資。設計的可接近性與重組裝性皆會影響維修動作的時間，因此如何去評估維修過程中，拆卸與組裝的困難度，則成為評估設計可維修性的重要步驟。

而故障模態與效應分析之零件故障的可偵測性，是屬於機能設計的一部份，且零件重要性則與 QFD 第三階段零件規劃中的資料相關，藉由 QFD 找出個零件對使用需求的影響，透過此機能與實體面的連結，提供更客觀的評。

2.2.4 產品環保適宜性

同步工程主張在產品設計階段便要進行環保的適宜性分析，針對產品製造與使用之能源、材料種類、零件數目、連接元件材料的相容性、拆卸連接方式和後置處理方式（回收/回用/報廢），評估產品的回收適宜性，提供產品設計師設計改良之參考依據。本文並提出綠色產品生命週期的評估方法，評估產品生命週期從原料製造、使用過程與後置處理方式，分別對生產控制、使用設計與回收設計進行分析，藉以評估產品對環境之衝擊。

3. 概念設計資料模型建構

本研究採用 IDEF1X 資料分析法，首先由 IDEF0 建立之概念設計功能模型中，藉由圖形中的輸入、輸出、控制與機制粹取出所需要的資訊，配合功能模型所採用的設計評估工具，提出同步化分析的資料結構（圖 6）。接著以 STEP 之 EXPRESS-G 圖形加以詳加描述，並提出同步化分析的資料模型。

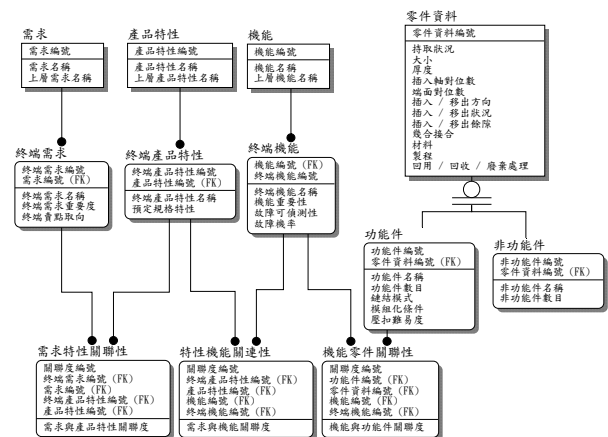


圖 6 同步化分析的資料結構

3.1 STEP 產品資料標準

為整合產品生命週期中的所有資訊，包括了研發設計、生產及維修等階段所使用的技術資料、維修手冊、產品設計圖說及操作說明等，且避免多種資料標準之同時並行，造成資料交換與管理的困難，於是有產品資料交換標準 STEP[4]之中性資料表現格式被提出。STEP 的主要目的，為支援整體產品生命週期中，所有相關產品資料的一致表示法，和在不同作業系統間資料的交換格式，進而達成不同系統或部門間同步工程的目的。

標準採用 EXPRESS 語法[14]，作為描述產品資料結構的工具。EXPRESS 為一種正式化(formal)、不混淆的文字型態資料描述語言，也是一種模型建構語言(modeling language)。其具有物件導向及繼承的特性，可容易被瞭解和電腦譯讀。EXPRESS-G 則為描述 EXPRESS 資料架構之圖形化表示法，提供人類對於模型建立和理解之更佳途徑。透過圖形化的表示，模型中各實體和屬性的關係將更容易被理解和表現。

3.2 產品設計資料架構

本文將產品設計資訊分為功能資料、實體資料和管理資料三個部份(圖 7)[17]。這三個部份的資料，彼此相互影響，並非獨立存在。從產品設計流程來看，使用者對是項產品的需求會藉由產品的預期特性來滿足，產品的特性則藉由產品設計機能來達成。而設計機能則對應至產品的實體資料；如元件、組件與其組合關係。反之，產品結構面的設計變更，也會循以上的路徑影響到使用者需求滿足程度。此外，產品設計自概念規劃至成品之各階段設計資料，皆與管理資料中的設計變更和版本資訊相關。而在陳列設計變更的動作和行為時，更牽涉產品實體資料的改變，而每一次的設計變更也形成不同的版本資訊。

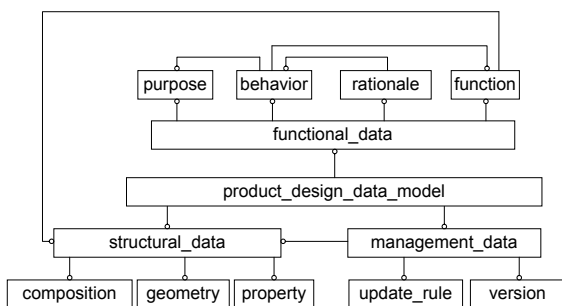


圖 7 產品設計資料模型之 EXPRESS-G 表示法

3.2.1 設計資料之功能資料

產品的功能資料涵蓋了客戶需求、產品機能、行為以及理由。在設計適宜性分析上，主要著重於品質機能展開與產品機能間的相對關係。若產品的研發發展方向完全是由顧客需求和重要性所決定，而不是由設計部門的想像出來，則品質的企劃和設定更能確保顧客滿意度，但顧客的需求有時並不符合設計機能的要求，所以權衡需求與功能間的關聯性，形成決定機能的重要因素。

3.2.2 設計資料之實體資料

實體資料則描述產品之結構組成、幾何、製程和材料等細部資訊。在評估設計適宜性時，免不了要對產品進行裝配或拆卸的動作，而拆卸及裝配的難易主要和零件的屬性與零件間的鏈結有關。為提升產品的拆裝效率，零件組合關係中的拆裝方向與狀況、相對餘隙和鏈結方式，以及幾何關係中的尺寸大小、厚度、對位和持取狀況皆為設計時應考量之重要因素。

在評估設計適宜性中，可裝配性分析將設計資訊記錄於實體資訊中組成與幾何兩部分，描述裝配關係與組裝動作的困難度；可維修性分析，將描述拆卸裝配關係與拆裝動作的困難度，記錄於實體資訊中組成與幾何兩部分，零件的故障發生性則屬於實體資訊中的物件性質並將故障的可偵測性與重要性記錄於功能資訊中；而環保所需的分析，與實體資訊中的組成與幾何資訊相關，其個別物件所使用的材料與其環表性則記錄於性質資料中。

3.3 產品設計資料之資料對映

圖 8 為產品設計資料的應用參考模型，以 EXPRESS-G 的表示法顯現產品資料之間的關係，圖中可見在設計適宜性分析時產品資料間的相互關係，如在概念設計時產品需求(requirement)與產品規格(specification)間的關係，及規格與功能(function)間的關係。而產品結構間的物件關連(relationship)可表示進行產品裝配與拆卸時所應考慮到的零件鏈結與干涉關係。而產品的規格亦可記錄物件的概念特性如幾何、材質、壽命等，可用在設計分析的參考依據。

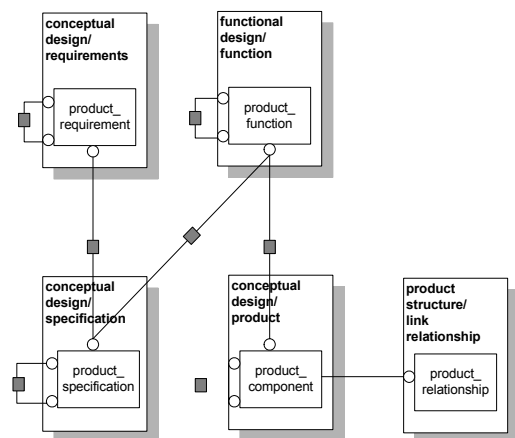


圖 8 產品設計資料的 ARM

圖 9 為產品設計資料的應用解釋模型，依據以上分析理論規劃出的產品設計資料，以 STEP 標準定義出所需要的應用資料模組後，經由 AIM 以 EXPRESS 語法為標準來描述那些資料模組，進而轉化為 STEP 標準檔案。本文主要採取 Part41 與 Part44 通用資源中的實體(entity)。

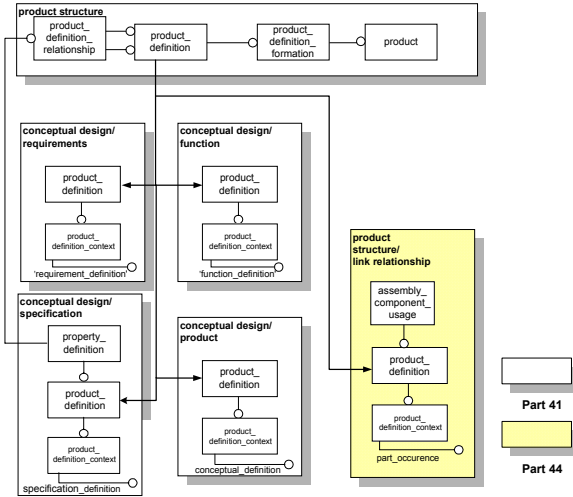


圖 9 產品設計資料的 AIM

4. 電腦輔助概念設計同步化分析

本文將利用物件導向的資料結構方式，從顧客的需求，產生符合顧客需求的產品特性，藉由機能樹分析衍生出實現機能要求之產品零組件，接著定義各零件的零件名稱、鏈結關係、干涉關係及使用材料等資料，設計一套概念設計同步工程分析系統 CECOD (Concurrent Engineering of Conceptual Design)，藉以印證設計資料模型與概念設計流程。此系統共可分為七個模組：

- (1). 物件資料模組：使用者可在此模組中輸入產品設計之資料，其中包含顧客需求、產品特性、設計機能、物件屬性與關聯，以及這些資料間的對應關係。
- (2). 資料庫模組：存放裝配時間、拆卸時間、材質相容性以及製程能源損耗等資料。
- (3). 品質機能模組：本模組應用 QFD 可分為產品規劃、機能規劃與零件規劃三個階段，其所對應的設計資訊包括：使用需求、產品特性、機能分析、零件結構、四個方面。而在 QFD 矩陣中的關連性則描述資料彼此間的關係，並藉以求得重要性權重特性。
- (4). 物件鏈結模組：在完成產品之鏈結及干涉關係的定義之後，CECOD 便會根據這些資

料，在此模組中配合關聯矩陣合理化推論法則與組裝拆卸步驟推論語法，求得產品之合理化裝配拆卸步驟。

- (5). 裝配適宜性分析模組：本模組參考 Modified Westinghouse Method 的分析評估工具，透過組裝順序最佳化的推論找出較佳的組裝順序，再配合裝配時間資料庫，分析產品的裝配適宜性。
- (6). 維修適宜性分析模組：本模組分為兩部分，一為故障模態與效應分析，以零件的重要度取代以往機能故障嚴重度，配合機能故障的頻率與可偵測性找出故障模態的風險優先指標，第二部分則為可維修性分析，同時考量故障模態的影響、維修零件的拆裝困難度及零件成本等，以找出產品生命週期中的維修工資集中處。
- (7). 環保適宜性分析模組：評估產品生命週期從原料製造、使用與報廢對環境的衝擊，作為產品環保性評估的依據。

在開發軟體的選擇上，本文使用以物件為設計導向的 MS Visual Basic 6.0(VB6)做為軟體的開發工具，透過使用者輸入顧客需求、產品特性、機能特性、零件裝配狀況、使用材料、維修回收處理方式以及零件與零件之間的鏈結及干涉狀況，系統便將各個資料轉為物件導向的資料結構，配合資料庫中各種資料的定義，進行產品規劃、機能規劃、零件規劃、DFA、DFS 和 DFE 的分析工作，利用電腦列表的方式可呈現目前設計的生命週期成本集中處，作為設計變更的參考依據。圖 10 為 CECOD 的運作流程圖，圖 11 為 CECOD 的系統介面。

5. 結論

本文提出一套產品概念設計功能模型，透過設計初期進行之需求分析、產品機能分析、結構陳列設計、組裝、維修乃至於環保性分析，以期能在概念設計中便掌握設計的最佳化。配合此設計功能模型之設計資訊，引用各種概念設計評估方法，建立一套系統化的概念設計分析流程。為記錄產品產品概念設計功能模型在生命週期中所有的設計資料，從概念設計的活動中，提出一套產品設計資料模型，涵蓋產品生命週期中包括功能、實體以及管理三方面的設計資料，使得產品設計在功能與實體方面能同時進行且互相參照。最後本文以 VB6 為程式發展背景，設計一套互動式的視窗分析軟體 CECOD，根據使用

者所輸入的資料，系統將自動產生四大分析圖表，進行產品自動化評估。

- (1). 品質機能展開(產品規劃矩陣、機能規劃矩陣與零件規畫矩陣)
- (2). 組裝評估表
- (3). 維修評估表(故障模態與效應分析及維修模態分析表)
- (4). 環保評估表(生產控制、使用設計與回收設計檢核表)

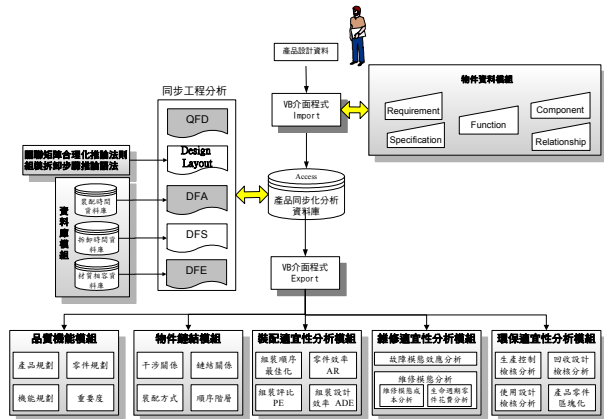


圖 10 CECOD 運作流程圖

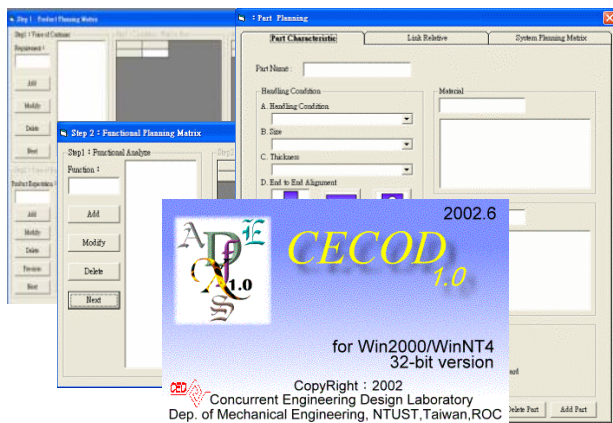


圖 10 CECOD 系統介面

6. 參考文獻

- [1] Akao, Y., *QFD Integrating Customer Requirements into Product Design*, Productivity Process. (1990)
- [2] Don Clausing, "Total Quality Development: A Step-by-Step Guide to World-Class Concurrent Engineering", *New York ASME press*. (1994)
- [3] Rosenman, M. and Wang, F., "CADOM: A Component Agent-based Design-Oriented Model for Collaborative Design", *Research in Engineering Design* 11:193-205 (1999)
- [4] International Standard Organization 10303-1, *Industrial Automation Systems and Integration - Product Data Representation and Exchange - Part*

1: Overview and Fundamental Principles, Dec.(1994)

- [5] Pugh, S., *Total Design Integrated Methods for Successful Product Engineering*, Addison Wesley. pp.210-212 (1990)
- [6] Struges, R.H. and Kilani, M.I. "Towards an Integrated Design for an Assembly Evaluation and Reasoning System," *Computer Aided Design*, Vol.24 No.2, 67-79. (1992)
- [7] Boothroyd, G., Dewhurst, P., *Design for Assembly: a designer's handbook*, Boothroyd Dewhurst Inc., Wakerfield, Rhode Island, (1983)
- [8] Brown, David B., *System Analysis & Design for Safety*, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, N. J.(1976)
- [9] Dewhurst, P. and Abbatiello, N. "Design for Service", *Design for X Concurrent Engineering Imperatives*, ed. Huang, G.Q., London: Chapman & Hall, pp.298-317. (1996)
- [10] DiMarco, P., Eubanks, C.F. and Ishii, K., "Service Modes and Effect Analysis: Integration of Failure Analysis and Serviceability Design", *ASME Computers in Engineering Conference*, pp.1-8 (1995)
- [11] N. F. Nissen, H. Griese, A. Middendorf, J. Müller and H. Pötter, H. Reichl, "Comparison of Simplified Environmental Assessments versus Full Life Cycle Assessment (LCA) for the Electronics Designer," *Life Cycle Networks*, F.-L. Krause & Seliger (Eds.), Chapman & Hall, pp. 301-312, (1997)
- [12] Carolien H. & Han B., *Ecodesign: a promising approach*, *Delft university of technology*, pp.17-21(1996)
- [13] Gevirtz, C. *Developing New Products with TQM*, New York: McGraw-Hill (1994)
- [14] International Standard Organization 10303-11, *Industrial Automation Systems and Integration - Product Data Representation and Exchange - Part 11: Description Methods: The EXPRESS Language reference manual*, Dec.(1994.)
- [15] 廖偉志和余志成, "產品裝配維修及回收設計同步化分析之物件陳列表示法", *中國機械工程學會第十五屆學術研討會*, pp.721-728, (1998),
- [16] 江吉祥, "以 STEP 為基之物件陳列表示法進行產品組裝拆卸步驟推論", *中國機械工程學會第十六屆學術研討會*, (2000)
- [17] 林怡君、吳品先、余志成, "以 STEP 為基之產品設計資料模型進行產品可維修性分析", *中華民國自動化科技學會第十二屆全國自動化科技研討會論文集*, (2001)