

以 STEP 為基支援同步工程概念設計之設計資料模型

林怡君 余志成*

國立台灣科技大學，機械工程研究所

摘要

為達成同步工程之產品開發，本文針對設計時所涵蓋之產品資料，導入產品資料標準 STEP，建構一套產品設計資料模型。產品設計資料模型，包含產品之功能、實體和管理資料。產品之功能資料描述產品的需求、機能及行為特性；實體資料則包括產品結構組成之細部資訊，如物件屬性與鏈結關係；管理資料則記錄設計過程與產品版本。此資料模型可做為產品同步工程分析之設計資料架構。而依據 STEP 標準所建立之資料模型，除系統化的整理產品設計相關資料外，更可作為未來跨平台作業的資料交換。本文描述概念設計階段的分析流程，包括使用需求分析、產品機能分析、結構陳列設計、組裝拆卸設計等針對以上分析，說明各個設計資料間的關係，配合推論法則的建立，將可做為未來同步化分析的資料架構，進行設計評估的自動化。

關鍵字：品質機能展開、陳列設計、裝配設計、維修設計、回收設計、同步工程

1 背景與目的

隨著產品的不斷推陳出新，產品設計資料的記錄與管理成為目前重要的課題之一。在進行同步工程 (Concurrent Engineering) 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，所以在概念設計階段即建立一套涵蓋整體產品生命週期的設計資料模型，可有效達成產品資訊的共享與管理，縮短產品的開發流程。

ISO 10303 (STEP) 提供了一套產品資訊的交換標準與泛用的語言架構。許多學者依據 ISO 10303 的定義，發展出各種系統整合環境；Rosenman 與 Wang[3] 提出以 STEP 基礎之設計導向整合資訊模型 (Design-Oriented Model)，Wang 與 Mills[1] 亦建構一套支援同步工程之產品資料表現模型 (Collaboration-oriented Product Representation Model, CPRM)，藉以提供虛擬產品資料發展的模式。另外

有些學者則以 STEP 為基之產品資料模組運用於設計分析上；如組裝適宜性分析，建構包含零件幾何特徵、組裝鏈結關係及鏈結操作的資訊，並配合推論法則的建立，應用於拆卸與組裝順序的推演 [5][15]。或運用 AP 210 於印刷電路板之可組性分析決策系統的建立，用以檢定元件配置是否符合可組性之要件 [2]。或應用於產品的可維修性分析，評估故障的可偵測性、發生機率與影響性，以及零件的可接近性與維修過程中拆卸裝配的困難度 [16]。另有文獻 [17] 使用 AP 203 之產品資料模型，應用於電子化型錄系統的建構，便於查詢所得之資料直接導入電腦輔助系統中。

在同步工程的設計流程中，相關工程師常需使用產品設計資料進行產品的設計評估與修改，包括使用需求分析、產品機能分析、結構陳列設計 (Product Structure Layout Design)、組裝拆卸設計、可靠性分析等。典型的分析手法如品質機能展開 (Quality Function Deployment)、機能樹分析 (Functional Tree Analysis)、可裝配性評估 (Design for Assembly)、可維修性及可回收性分析。在此概念設計階段所應用的產品設計資訊，主要包括結構與功能設計資料，為使產品資訊保有一致性與可分享性，本文利用 ISO 10303-STEP 產品資料標準，建構產品設計資訊，作為未來同步化設計的基礎。

2 STEP 為基的產品設計資料架構

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，這些產品設計資訊可分為功能資料、實體資料和管理資料三大部份 [3]。本文將針對設計評估中所牽涉之結構與功能資訊，應用 STEP 標準與 EXPRESS 語法，建構一套產品設計資料模型，並描述如何應用於產品初期的設計開發上，以達到同步化的設計分析，便於設計資訊進行跨平台、跨組織的交換與分享。

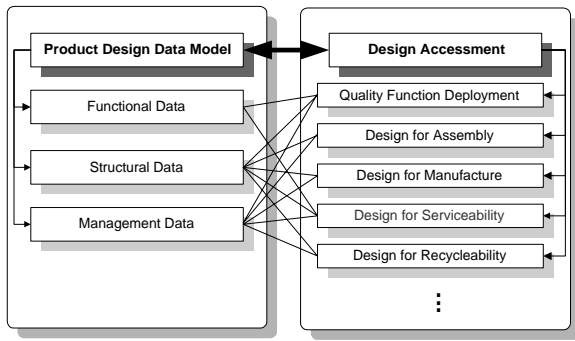


圖 1 產品概念設計與相關設計資料示意圖

2.1 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，於是產品資料交換標準 STEP (Standard for the Exchange of Product data)[6]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。使產品所有資料包括功能需求、設計分析、製造生產及檢測品管間，都有一致的表示方法，進而達成不同系統或部門間同步工程的目的。

STEP 依據其功能和範圍不同，主要可區分為六大部份，並分別以 Part 做為區別。若將 STEP 整體視為一部字典，每個 Part 如同單字般都是一部完整的標準說明，其中間可因應時間的改變，新增或刪除而不停更新。STEP 產品模型之主要架構如圖 2 所示：

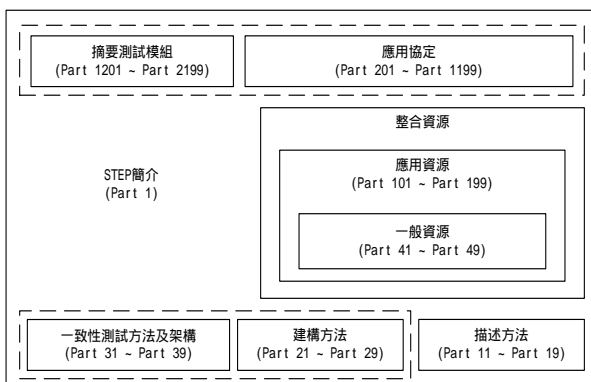


圖 2 STEP 產品資料模型架構

2.2 EXPRESS 語言表示法

STEP 標準採用 EXPRESS 語法[7]，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。但 EXPRESS 是一種靜態的資料描述架構，並非實際的程式語言，它可以進行編譯 (compile)，卻無一般程式語言具有之輸出及輸入的功能，因此其不能被執行產生任何結果。因此在電腦化整合環境中，還需要透過其它高階語言如 C++ 等輔助，作為介面與分析的功能。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。

2.3 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。功能資料涵蓋了產品之需求 (Customers' Requirements)、設計機能 (Functional Design) 和產品特性 (Product Characteristics)；實體資料描述產品之結構組成、幾何、製程和材料等細部資訊；而管理資料則為設計過程中維持及控制設計變更及產品版本之資訊。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產品的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。

本文將以 STEP 為基建構產品設計資料模型，描述產品之設計資訊，尤其是研發初期的概念的成形、設計分析與評估。EXPRESS 語言具物件導向的擴充性，在不同的設計階段皆可在此模型中增添資料模組，因而可應用於同步化的工程設計中。圖 3 為本文所採用產品設計資料模型之 EXPRESS-G 表示法。

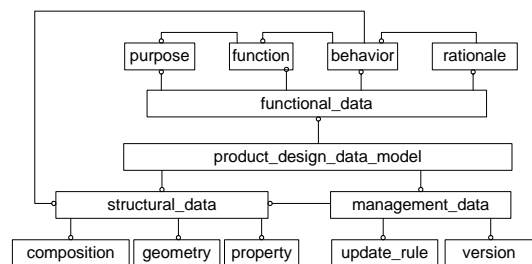


圖 3 產品設計資料模型之 EXPRESS-G 表示法

2.3.1 功能資料

功能資料(Functional Data)描述產品物件之主要目的和達成方法，可細分為三個主要的部份：需求、機能和特性，其定義如下：

- (1). 需求(purpose)：用以描述產品的設計意圖，即使用者對產品的要求。這些描述通常是比較概念性的，是產品需滿足的項目。
- (2). 機能(function)：描述滿足用途的產品機能，即設計進行的方式。除了主要的功能外，亦可記錄產品的次要或延伸功能，最終延伸的機能，稱為終端機能。
- (3). 行為(behavior)：描述設計所呈現的產品特性、動作或對其它產品間之相互關係。
- (4). 理由(rationale)：解釋產品行為的合理性，藉由特性的限制條件，對結構設計進行規範。

需求、機能、行為與理由間互有關聯但也很容易混淆，需求通常是描述為什麼(Why)需要此產品，機能為此產品功能是什麼(What)，行為是產品如何(How)滿足需求，而理由則對行為提供限制法則。以電風扇為例，使用者對此項產品的需求為提供涼爽，而以動力源轉動葉片即為產品設計機能，電扇帶動氣流的現象稱為行為，若因滿足特定需求而限制風扇最低轉速則為理由。通常顧客的需求會轉換至產品的規格，再對應至產品機能，機能完成行為，由理由規範行為特性，此即功能面之設計資訊。

2.3.2 實體資料

產品之實體資料表現概念設計階段的產品組件和零件與其間的關連性，包含三個主要部份：組成(composition)、幾何(geometry)和性質(property)。其定義如下：

- (1). 組成：產品的組成包括組成最終產品且能達成預定機能之物件群，與物件間的實體組裝關係與物件陳列所造成的裝配拆卸的先後必要條件。
- (2). 幾何：表示產品組成物件的幾何特性、尺寸、對位及零件持取狀況。
- (3). 性質：描述產品組成物件的工程性質，如材料、製程及發生故障的機率等。

2.3.3 管理資料

管理資料為設計過程中維持及控制設計變更及產品版本之資訊。在設計過程中，產品資訊可能需要不停的更新，以因應功能資料或實體資料的修改，管理資料則會對應到實體資料之變更。管理資料包含更新規則和版本兩部份：

- (1). 更新規則(Update Rule)：陳述產品設計變更時的動作和行為，與實體資料的群組和繼承關係等都

有相當的關聯，更新規則的型態可以由動作/情況/修正(Action/Condition/Correction)來表示。

- (2). 版本(Version)：產品設計變更的過程中，會產生許多版本資訊，其與設計者與變更時間有最主要的關聯。

3 產品同步設計

在產品設計初期即進行相關程序的同步化分析，雖會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。因此在設計初期就必須從使用需求分析、產品機能分析、結構陳列設計、組裝拆卸設計、維修乃至於產品報廢之處理，以期能在概念設計中便掌握設計的最佳化，降低生命週期成本。本節將簡述相關分析，以瞭解所需之設計資訊與之間的關係。

3.1 品質機能展開

產品設計首重掌握使用者的需求，因為所謂品質的好壞乃取決於顧客對該項產品的期望與設計者所提供的產品性能之間的差距。因此在產品研發初期需從市場分析與產品定位著手，以期在最低成本下創造最高品質。品質機能展開(Quality Function Deployment)[10]以矩陣式的分析架構(圖 4)，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。確保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。利用品質展開，新產品開發時間得以縮短，並且資訊可在公司內部儲存，作為各部門間溝通的工具，讓任何人都很容易瞭解其間的關聯與重點。

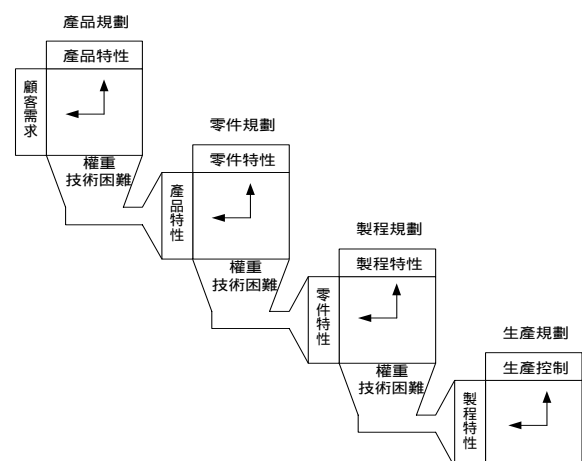


圖 4 典型的 QFD 分析流程

QFD 的應用主要可分為四個階段；產品規劃、零件規劃、製程規劃與生產規劃。其所對應的設計資訊包括使用需求、產品特性、零件結構、製程與品管五個方面，其中使用需求與產品特性歸類於設計資料模型中的功能資料，而零件結構、製程與品管，則屬於產品的實體資訊。而在 QFD 矩陣中的關連性(Correlation)則描述資料彼此間的關係。

3.2 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(Functional Tree)[11]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。

機能的定義，以動-名詞(Verb-Noun)的形式表示。推論的順序由整體系統至次系統的觀點依次討論。對於產品機能的设计，主要可分為任務機能(Task function)、支援機能(Support function)與延伸機能(Enhance function)。而功能樹的建構，可由反覆尋問以下三個問題來達成：

- (1) 此機能的作用(What)?
- (2) 要完成此機能時，需要由那些機能完成(Which)?
- (3) 如何達成此機能(How)?

產品的主機能在無論任何情況下，都會滿足以上問題的直接答案，而用以解釋主機能如何達成者，即為次機能，次機能可視設計者之需求範圍而終止，而最後無法再細分的機能則稱為終端機能。最後可採「Why」之詢問方式，由次機能反推至主要能做為最終檢查。在圖形的建構上，任務機能置於最左側，而支援機能、延伸機能分別配置於功能樹的上、下半部向右延伸。經反覆確認後功能樹可完整描述產品涵蓋之所有機能，圖 5 為功能樹的主要表示法。

這些機能分析資訊明顯屬於設計資料中功能資料的一部份，而在終端機能之後，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。

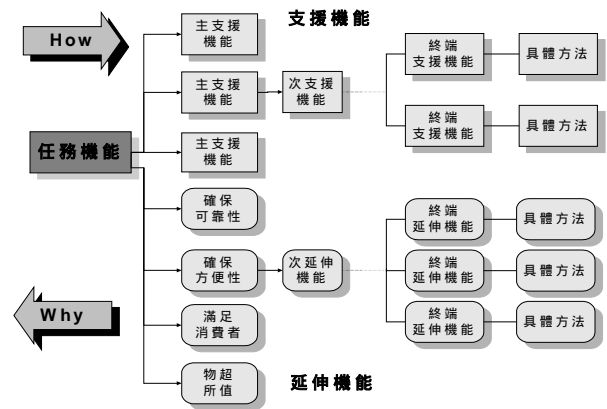


圖 5 功能樹的表示法

3.3 產品結構陳列設計

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、與產品報廢時的回收拆卸有相當密切的關係。

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。而產品的廢棄則需評估選用材料的廢棄處理方式，對於可回收或需掩埋焚化材料分類拆解，以期降低處理成本。這些設計評估都需由功能資訊與實體資訊紀錄與分析。

3.3.1 適宜組裝的設計

適宜裝配的設計(Design for Assemblability, DFA)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。有些文獻[12][13]則將組裝時間參數化，分別以「組裝評比」及「零件效率」作為產品裝配簡化過程及零件整合程度的指標，並且從各步驟所佔的總時間比例、動作的複雜度、固定件的數目等，作為設計的改進標準。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。這些設計資訊主要屬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

3.3.2 產品維修適宜性

適宜維修的設計 (Design for Serviceability, DFS) 在於研究產品的維修瓶頸，用以改進設計組合、簡化拆卸步驟、權衡零件壽命與維修困難度，確保使用者的滿意度及降低產品維修成本。產品維修性可從六個因素來探討[16]：重要性(Importance)、發生性(Occurrence)、可偵測性(Diagnoseability)、可接近性(Accessibility)、重組裝性(Reassemblability)與可修復性(Repairability)。

產品生命週期的可維修性分析可分成兩部分：故障的風險性與其直接維修成本。故障的風險性即元件故障對產品機能所造成的效應，可藉由故障模式與效應分析(FMEA) [4][14]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式。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。

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。

可維修性分析所牽涉到的設計資訊包括實體資訊與功能資訊。實體資訊中組成與幾何兩部分，描述拆卸裝配關係與拆裝動作的困難度。而零件的故障發生性由零件的設計壽命決定，此資料則屬於實體資訊中的物件性質。而故障的可偵測性與重要性則記錄於功能資訊中，零件故障的可偵測性屬於機能設計的一部份，而零件重要性則與先前 QFD 第二階段零件規劃中的資料相關，藉由 QFD 分析找出個零件對使用需求的影響。

3.3.3 產品回收適宜性

適宜回收的設計 (Design for Recycleability, DFR) [9]以減少產品廢棄時對環境所造成的衝擊為訴求。在國際間一片環保風潮中，國際標準組織 (ISO) 於 1996 年訂定了「國際環境管理標準 ISO14000」。部份對環保意識較高的國家早已訂定相關法令，如美國的「綜合環境處理、補償與責任法」、日本的「資源再生促進法」(1991)及德國的「產品包裝廢棄物回收法」(1992)和「電子產

品廢棄物回收法」，對抑制企業的垃圾製造量和加強事業單位再回收利用義務，有莫大的幫助。基於上述理由，產品的回收是勢在必行的，而如何降低回收的處理成本，則成為企業界所關心的議題，因此同步工程主張在產品設計階段便要進行回收的適宜性分析，針對材料種類數目、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。

回收材料分類所需的拆卸分析，與實體資訊中的組成與幾何資訊相關，而個別物件所使用的材料與其回收特性則記錄於性質資料中。

4 產品設計資料建構

本文在產品設計的資料架構中，首先以實體關係模型分析資料間的關連性，進而應用先前提出的 STEP 設計資料架構，探討包括在機能分析與零件重要度分析中的功能資料，與零件結構與特性等實體資料。

4.1 設計資料結構

實體關係模型(Entity Relationship Model ; ER)的模型化概念，是一個很普遍的高階概念資料模型，通常應用在資料庫通用程式的概念設計。而 EER 模型除了 ER 模型的概念外，還包含了子類別(subclass)、超類別(superclass)、一般化(generalization)及特殊化(specialization)之概念。而伴隨這些概念的屬性繼承(attribute inheritance)將更有效率的建構父子間的關係資料。

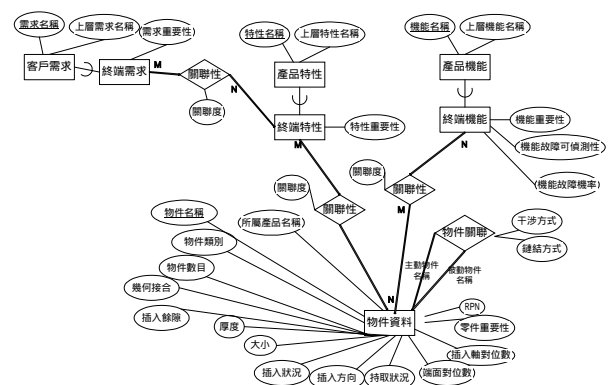


圖 6 設計資料之 EER 模型

為了方便產品設計資料的記錄，本文使用 EER 物件導向式的資料結構定義。在功能面包括了需求和機能。而在結構關係涵蓋了零件本身的屬性，以及零件間的鏈結關係。圖 6 為設計資料之 EER 模型。

4.2 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，主要著重於客戶需求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。

4.3 設計資料之實體資料

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幾何特性與零件間的鏈結有關。組成最終產品所需的物件可分成兩大類：功能件類別與結合物件類別。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，包含元件、次組件、零件及主組件。而結合物件類別是指分離的固定件（fasteners），如螺絲、扣環、固定銷等，主要用於維持由兩個或兩個以上的功能件的結構穩定性。

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物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。此類鏈結又可歸類成永久接合及可拆式接合。但物件間除了可能存在實體鏈結外，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。

產品拆裝的過程包括零件的持取、結合與檢驗，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。

4.4 產品設計資料之資料對映

圖 7 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，與規格與產品零件(component)間的關係。在功能(function)與零件間的對應可找出相對重要的功能進行零件失效的風險分析，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 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)。

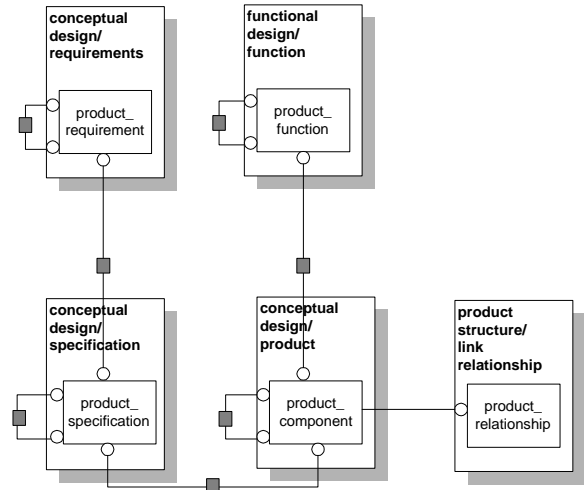


圖 7 產品設計資料的 ARM

圖 8 以 EXPRESS-G 表示實體間的定義與關係，框底為白色的部份為採用 Part41 的標準，灰格的部份是採用 Part44 的標準。在產品的顧客需求、機能以及零件都是以產品定義(product definition)實體來表示，透過產品定義背景(product definition context)的定義區分產品定義資料所屬的設計階段。而設計規格是以特性定義(property definition)描述，產品的組裝關係則是由產品結構模組中組裝定義用法(assembly component usage)表示。在不同資料間的相互關係，可使用產品定義關係(product definition relationship)的實體記錄。

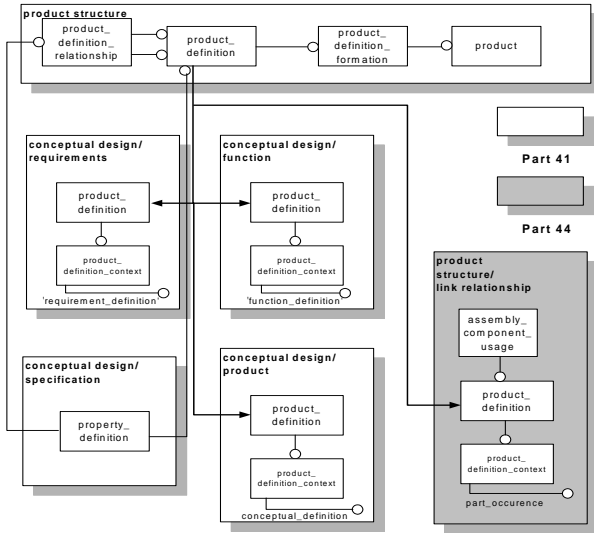


圖 8 產品設計資料的 AIM

5 同步工程概念設計

由先前提出的 STEP-Based 產品設計資料模型，以及設計適宜性評估中所需用到之資料模組，可將產品設計資與 STEP 標準進行對應，使產品設計資料得以置入 STEP 模型中，並予以標準化。而配合推論法則，便可推論出 QFD 分析、功能分析、與零件拆裝步驟分析[15]，因而產生 DFA、DFS 與 DFR 之適宜性評估。

對於同步進行設計適宜性分析時，可藉由匯入 STEP 檔案進行分析，亦可匯出 STEP 檔案做為分析結果之格式輸出。在 STEP 標準中，Part 21 交換檔[8]是以清楚的交換結構將產品資料編碼，規範產品之資料交換結構格式，而此檔案格式適用於電腦系統間產品資料的轉換。為便利於產品可維修性之推論，在我們的研究中以 VB6 撰寫介面程式，將 Part 21 標準交換檔中的產品資訊轉置入 Access 資料庫中，並使用 ST-Tools Inc.所發展的 ST-Developer 軟體，對 STEP 檔案進行交換。ST-Developer 提供 C++ 類別庫及管理使用 STEP 標準資料的工具，亦為發展 STEP 產品資料模型的整合型基礎工具。同時不管是以 ISO 10303 標準所定義的資料模型，或是自己應用的需求而使用 EXPRESS 語言定義自己的資料，皆可使用此套工具。另外軟體也結合 ROSE 資料庫，並且可將 ROSE 之檔案格式轉換為 Part 21 之 STEP 標準資料檔案，作為一中立的檔案格式，達成產品資料分享的目的。設計適宜性分析自動化的流程(圖 9)。

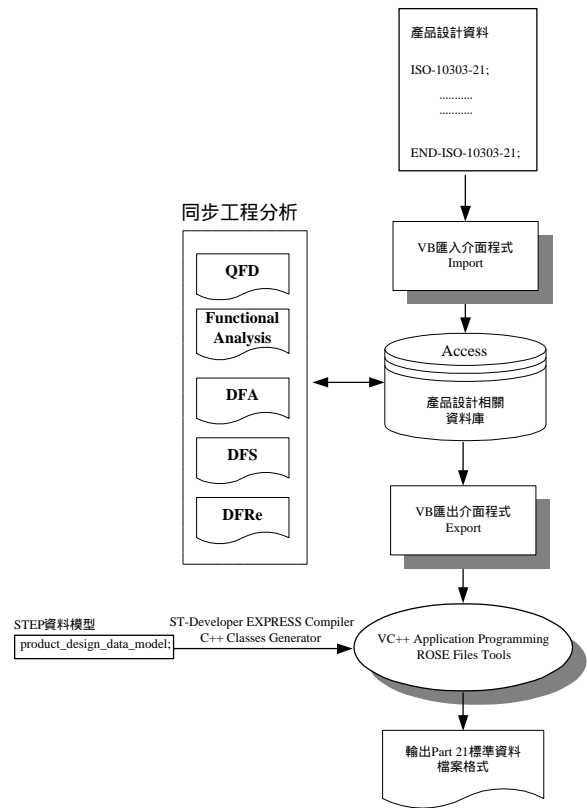


圖 9 同步工程分析自動化流程

6 結論

本文提出一套以 STEP 為基礎的產品設計資料模型，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。而國際產品資料標準 STEP 的導入，使此資料模型具有交換的一致性與分享性，且 EXPRESS 語言可因應不同的產品資料進行擴充，故此系統可做為日後同步工程分析之資料架構。而配合 Step-Based 產品設計資料庫的架構與推論引擎的建立，可對依 ISO 10303 Part 21 標準建立之產品設計，進行跨平台式的設計分析自動化，將可做為未來同步化設計分析之模式建立基礎。

7 參考文獻

- [1] Wang, F. and Mills, J., "A Product Data Model and Processor Supporting Virtual Product Development", *Proc. of the ASME 2000 Design Engineering Technical Conferences And Computers and Information in Engineering Conference*, DETC2000/CIE-14618 (2000)
- [2] Liu, T.H., Trappey, A.J.C., and Shyu, J.B., "ISO 10303-Base PCB Assembly Data Model for Assembly Analysis", *Concurrent Engineering: Research and Applications*, Vol.7, NO.2, pp.159-176.(1999)
- [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] DiMarco, P., Eubanks, C.F. and Ishii, K., “Service Modes and Effect Analysis: Integration of Failure Analysis and Serviceability Design”, *Proc. of ASME Computers in Engineering Conference*, pp.1-8 (1995)
- [5] Liu, T.H., Fischer, G.W., “An Assembly Code Classification and Coding Schema Based on a STEP Mechanical Product Model”, *Manufacturing Review*, Vol.8, NO.1, March 1995, pp.33-46. (1995)
- [6] International Standard Organization 10303-1, *Industrial Automation Systems and Integration - Product Data Representation and Exchange - Part 1: Overview and Fundamental Principles*, Dec.(1994)
- [7] 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.)
- [8] International Standard Organization 10303-21, *Industrial Automation Systems and Integration - Product Data Representation and Exchange - Part 21: Implementation Methods: Clear text encoding of the exchange structure*, Dec. (1994.)
- [9] Ishii, K., Eubanks, C.F., and Marks, M. “Evaluation Methodology for Post-Manufacturing Issues in Life-cycle Design”, *Concurrent Engineering: Research and Application*, vol. 1, pp.61-68. (1993)
- [10] Akao, Y., QFD Integrating Customer Requirements into Product Design, *Productivity Process* .(1990)
- [11] Pugh, S., *Total Design Integrated Methods for Successful Product Engineering*, Addison Wesley. pp.210-212 (1990)
- [12] Boothroyd, G., Dewhurst, P., *Design for Assembly: a designer's handbook*, Boothroyd Dewhurst Inc., Wakerfield, Rhode Island , (1983)
- [13] 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)
- [14] Gevirtz, C. *Developing New Products with TQM*, New York: McGraw-Hill (1994)
- [15] 江吉祥, 以 STEP 為基進行產品組裝與拆卸分析之推演架構, 國立台灣科技大學機械系, pp.30-31, (2000)
- [16] 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)
- [17] 盧東宏、蔡志成, “以 STEP 支援分散式機械設計電子化型錄系統之研究”, 中華民國自動化科技學會第十一屆全國自動化科技研討會論文集, pp. 229-236 (1999)