

# 從設計簡述的語意建構產品功能模型

## Generation of Function Structures from Semantic Views

計劃編號: NSC 88-2212-E-002-068  
執行期限: 86年8月1日至87年7月31日  
主持人: 尤春風 [you@w3.me.ntu.edu.tw](mailto:you@w3.me.ntu.edu.tw)  
執行單位: 臺灣大學機械系

### 一、摘要

本文提出系統化的電腦化流程，進行功能結構的合成。合成的過程分為兩階段。第一階段將設計問題以設計簡述的形式表達，透過設計知識為導向的語料庫以進行解譯，轉換為以動詞及名詞為核心的功能導向要求，並釐清設計屬性及其功能項目，建立初步功能模組。第二階段先建立功能模組內部的功能，再以功能模組合成整體的功能結構，最後將功能結構內部功能之間的連結關係記錄成文字檔案形式。文中舉出桌上鑽床的設計例，推演其主要的功能結構，並驗證本流程的可行性。

關鍵詞：設計方法、概念設計、功能結構、功能模組、設計簡述、語料庫

Before establishing the function structure, the design briefs with design concepts are interpreted. The semantic libraries are included to aid analyzing design attributes. Comparing the keywords from the interpretation and functional specification in the library of the default product, a reference model is selected. After the characteristics of the input and output are matched with the reference model, elementary functional modules are built. Functional module consists of functional units, including a

core function, boundary functions for input and output, and also some auxiliary and transient functions. After the relationships between functional modules are clarified, functional units are connected together in their boundaries. At last, a functional structure that satisfies the original design needs is established. A *drill press* is used as an example to verify the feasibility of the algorithm.

**Keywords:** function structure, function synthesis, functional module, functional unit, design brief.

### 二、計劃緣由及目的

傳統的機械設計領域裡，因研究性質的不同及領域的劃分，可大致分成機械元件的設計和機構的合成設計。論其設計的目的都是針對特定的需求，以明確的設計目標，利用已知的知識，合成出滿足原始要求的實體。設計任務接續的執行過程，近代有學者Cross[1]、Pahl & Beitz[2]曾歸納系統化的工程設計流程，便於掌握設計的步驟及增進設計效率。

設計流程可以區分為概念設計及細部設計兩階段。細部設計可以透過設計經驗的累積，知識庫的支援，以增進設計的效率；概念設計需要仰仗設計者的合成創造能力，比較不容易透過電腦的輔助達成。概念設計的流程包含目標與問題邊界的確立、功

能的合成與初步實體的合成等階段。

80年代起，設計方法[1,2,3,4]的理論漸趨成熟，學者嘗試提出系統化、結構化的設計步驟，用以規劃產品開發各階段中的設計工作，建立較能掌握的流程，提升設計的品質及效率。

美國空軍[5]在1981年訂定了簡稱IDEF的規範。在IDEF0的規範模型中，用流程進行順序的觀點，將概念設計表達為方塊串接的結構。流程進行的架構可以依據訊息流、產品流建構。

Li、Tan、及Chan[6]曾提出定性及啟發示的概念合成方法。利用既存的機構類型資料庫，配合設計的規範，找到數種組合情況的設計解。在其提出的定性的元件(device)資料模組中，每一元件包含輸入、輸出、相互關係、控制等資料項。

抽象功能層面的合成，Hundal及Byrne[7]曾提出系統化的方法，透過電腦的輔助，達到建構功能方塊圖之目的，他們將輸出入的介質分為能量、物質、訊號三大類，並歸類出主要的六大類功能，各類功能中包含許多明確的細項機械功能。

圖1中的設計簡述(design brief)是以簡單的語句表達原始設計概念，當作設計任務下達的工具，分析的原始資訊。整體內容歸納為以下幾點：

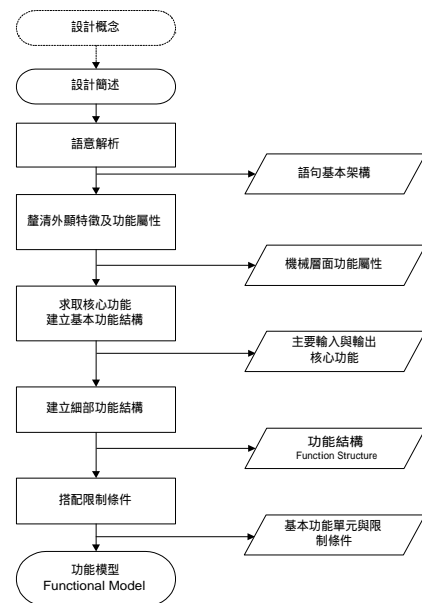


圖 1 系統架構圖

- (1) 產品的外顯特徵或是內在結構上的含義乃透過英文特定的語法結構表達。
- (2) 語句的解譯透過句型資料庫及單字語料庫做比對，找到核心語意及相關衍生語意。
- (3) 對於特徵屬性的表達，參考已知的功能模型，避免表達的不周全或遺漏基本的設計特性。
- (4) 透過功能銜接的資料庫，使輸入與輸出和核心功能逐步相連接。比對預設的局部功能結構，使功能結構中，基本功能單元間的相連關係，賦予實際的機械設計意義。

### 三、研究方法

本文著眼於機械產品的概念設計過程裡，問題的推演以及功能結構的建立。本段處理的部分屬於設計問題釐清及歸納設

計方向，目的在針對設計需求，建構產品初步的功能模組，其方法共分兩方面進行；其一，利用簡單語句，表達設計上的需求，或是產品的外顯特徵以及內在運作上的含義；其二，區分產品設計的功能架構類型，輔助主功能結構之建立，及設計重點的掌握。圖 3 說明由產品類別及特徵敘述推演初步功能模組的流程。

設計概念表達的形式可以透過限定語法的表達加以規範，以簡潔明確的語句陳述設計的目標或內容。設計要點乃根據設計經驗，由設計要求對應到機械功能項目，這些機械功能項目是概念合成的目標。

### 3.1 設計簡述與設計要點表達

設計簡述的表達和語意表達的原理有關，主要內容為原始設計概念。設計概念是由發現需求者提出，由具備機械設計知識背景者將原始的需求內容轉換到機械設計應予考量的因素。敘述機器的功能現象時，描述者的思維涉及以往對機器的認知經驗，透過想像，提出新產品設計上的功能需求，這是產品概念表達的粗略過程。

設計需求涵蓋多種層面，表達的方式可以用基本單字及片語，所謂基本單字及片語是依據以往設計涉及的關鍵字，統一整理後，當作表達用字的規範。需求的表達可以模仿，因為語言在使用上，可以改變類似結構的語句，更換可替換的字，表達的架構維持不變。

### 3.2 設計簡述的初步解譯

解譯的目的在找尋對應的設計

要點及功能特點，衍生為產品局部的功能模組，以便功能模組互相合成產生產品功能結構。本節先討論解譯第一階段的初步流程，目的在找到原始語句的語句結構，按照語句結構決定關鍵字與片語。

### 3.3 進階解譯

解譯的第二階段主要在找尋產品的初步功能模組。因為設計簡述的功能要求，無法包含產品整體的設計要求，此階段引入產品參考模型，減少遺漏設計要點，產品參考模型的資料架構如圖6所示。圖8列舉四種產品基本類型。複雜的設計系統可以用此四種基本類型合成複合式的主功能結構。

本段說明如何由功能導向需求對應到機械設計採取的手段上，借助參考模型，找到機械設計的屬性。例如平穩度的維持、垂直度、力的平衡、扭矩的傳遞等。由功能導向設計需求配合參考模型推演出設計屬性。例如桌上鑽床的主要功能導向要求為drill holes，功能輸出項目為鑽切扭矩及進給力量，銜接介面功能為力的傳遞、扭矩的傳遞等。

### 3.4 初步功能模組

以上進階解譯所得的主要功能項目、銜接介面功能、設計屬性等可以組合成初步功能模組。初步功能模組乃產品功能推演的單位，以功能導向要求的功能項目為中心，在模組的介面安排處理輸入與輸出的功能項目。

依功能的性質以及在功能模組中扮演的角色，可以區分為核心功能、過渡功能、輔助功能及介面功能。依功能的複雜度，可以區分為高階功能及低階功能。低階功能為機械

的基本功能，在實際解的資料庫中可以找到搭配特定限制條件的解。高階功能，在實際解資料庫中找不到直接對應的解，經過功能細分化，可以變成低階功能的組合，例如自動量測、自動排列、衣服脫水、剪草、爬樹、擦黑板、自動上鎖、自動調節溫度等屬於高階功能。

機械設計是實體合成的設計，必需考慮實體的動力特性(例如，力的平衡)、動作先後順序的控制、量的控制(例如，進給功能中的衝程控制)，滿足模組邊界的條件。桌上鑽床的初步功能模組範例。

如果由產品參考模型不能找到對應的核心功能，只有輸入輸出類型時，初步功能模組只包含處理輸入介面的功能。如果只有核心功能，但沒有對應的輸出的功能屬性或參數時，例如設計簡述中只提到攪拌的主要功能要求，沒有提到受攪拌的物質之特性或攪拌前後物質的變化等，則缺乏推求輸入輸出介面功能的條件。

### 3.5 功能結構的建立

本段主要在探討如何將初步功能模組中主要的功能項目，細分成基本的功能單元，並討論功能單元之間的連結。如果把功能結構劃分為功能模組區塊，則產品整體功能結構可以視為不同功能模組之間的結合。功能模組包含核心功能，介面處理功能及輔助功能。如果核心功能不屬於基本功能，稱之為高階功能。功能模組靠銜接介面的功能和外界相接，依銜接方式不同，形成不同形態的功能模組。

#### 3.5.1 功能類型與基本功能

功能類型依處理的介質形態來區分，分為能量、物質、訊號等三類。機械設計有關的功能項目很多，可以依功能特徵再細分為幾大類[7]，機器內部的功能可以分為和動態運作有關的動態功能，動態功能常常透過靜態的功能輔助，例如旋轉動力傳遞屬於動態功能，輔助功能為支撐功能，屬於靜態功能。機械元件可以區分為動態元件及靜態元件。

#### 3.5.2 高階功能

如果設計屬性不是基本功能項目，且功能資料庫中沒有此高階功能對應的實際解，則採取功能分解的方式，拆解為基本功能的組合。功能拆解的方法歸納為以下兩種。其一，先將功能前後的輸入與輸出項目釐清，如果可以找到輸入與輸出之間過渡的屬性或參數狀態，則可以反推其中經過的處理流程，由資料庫中尋找可能的功能項目。

#### 3.5.3 功能模組的形態

功能模組的核心功能，源自功能導向需求的關鍵詞。功能模組的型態由此四種基本型態細分，表2列舉幾種功能模組的型態，每一類可以依核心功能的不同再細分。如果把功能之間的銜接和回文針的連接形狀相比，則可以區分為單鏈式、含支鏈的單主鏈式、多主鏈式、含閉迴路之主鏈等構型。

#### 3.5.4 功能模組的結合

功能模組依不同的組合方式可以形成不同形態的功能結構。本文中限定支鏈中功能的層數最多為2，因為支鏈要表達的是輔助功能或介面功能，一般的情況，輔助功能不需要做功能細分化，所以只有一層。

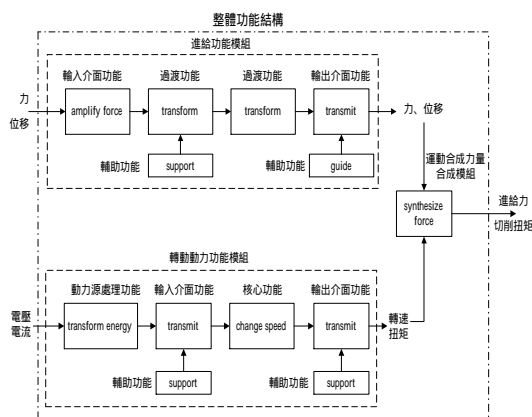


圖 2 桌上鑽床的功能結構

#### 四、結論與成果

桌上鑽床的功能結構如圖2所示。

設計需求的釐清是系統化設計方法的第一步，功能結構是概念合成重要的表達方式。本文嘗試以設計方法的理論為基礎，由語句表達設計概念出發，以功能結構的建立為目標，兩者之間透過功能模組作連接，處理的過程及結果所獲得的結論如下：

1. 透過限定語法的表達可以釐清部分的設計需求，但表達者必需熟悉機械專有名詞以及動詞的使用。
2. 產品參考模型可以輔助釐清功能需求以及判斷產品輸入、輸出的內容。
3. 由設計需求對應到功能項目和設計經驗有關，所以藉助產品參考模型記錄的功能規範，釐清設計屬性。

#### 參考文獻

- [1] Cross, N., *Engineering Design Method*, 2nd Edition, John Wiley & Sons, Singapore, 1994.
- [2] Pahl, G. & Beitz, W., *Engineering Design*, ed. K. Wallace, The Design Council, London, pp.57-160, 1984.
- [3] Hundal, M.S., "Research in Design Theory and Methodology in West Germany", *ASME Design Theory and Methodology*, DE-Vol.27, pp235-238, 1990.
- [4] Ward, A.C., & Seering, W.P., "The Performance of a Mechanical Design 'Compiler'", *Journal of Mechanical Design*, Vol.115, pp.341-345, 1993.
- [5] Kusiak, A. & Larson, T. Nick, "Reengineering of Design and Manufacturing Processes", *Computers & Industrial Engineering*, pp521-536, Vol.26, No.3, 1994.
- [6] Li, C.L., Tan, S.T., Chan, K.W., "A Qualitative and Heuristic Approach to the Conceptual Design of Mechanisms", *Engineering Applic. Artif. Intell.*, Vol.9, No.1, pp.17-31, 1996.
- [7] Hundal, M.S., & Byrne, J.F., "Computer-Aided Generation of Function Block Diagrams in a Methodical Design Procedure", *ASME Design Theory and Methodology*, DE-Vol.27, pp.251-257, 1990.