

學習 Pro/ENGINEER 的 一些重要觀念

1-1 Pro/ENGINEER
具有的特色

1-2 Pro/ENGINEER
的架構

CHAPTER



Pro/ENGINEER 具有的特色

1985 年在美國成立了一家稱為 Parametric Technology Corporation 的公司（簡稱 PTC），並於 1988 年推出他們的第一個產品，這個產品就是著名的電腦輔助設計（Computer Aided Design，簡稱 CAD）軟體 Pro/ENGINEER（簡稱 Pro/E）的第一版，雖然 PTC 是一家相當年輕的公司，可是自 Pro/E 推出之後，每年都具有驚人的銷售成長率，並於短短幾年內躍居電腦輔助設計市場中的銷售冠軍。Pro/E 會如此成功，主要在於 PTC 公司在發展此軟體時所制訂的多項實體模型建構技術方面的新標準，這些標準後來也被同領域的其它公司引用作為研發新版本時的規範。因此對於一個想要學習 Pro/E 的讀者，或者應該說想要學習任何一套實體模型建構軟體的讀者，都有必要好好地瞭解由 PTC 公司所提出來的這幾個新觀念，因為這些觀念已經成為實體模型建構軟技術領域的共同規範，幾乎在任何一套屬於這個應用領域的軟體，如 I-DEAS、Solidworks、Solid Edge 等，都可以看得到這些觀念。

由 PTC 公司所提出的全新觀念，或者說 Pro/E 所具有的特色中，最重要者可歸納為以下四項：

- (1) 實體模型（Solid Modeling）：CAD 技術的發展大致上是依 2D、3D、線架構模型、曲面模型、實體模型，這樣的順序來發展的，在 1988 年所推出的 Pro/E 即是第一套實體模型軟體。在當時正是 AutoCAD 在 CAD 市場打遍天下無敵手的時代，而 Pro/E 的出現則為使用者開拓了在 CAD 領域的一個全新視野。操作一套實體模型軟體和操作一套 2D 繪圖軟體是完全不一樣的概念，最大的一個差異在於，在 2D 繪圖軟體中使用者必須確確實實地畫出整個三視圖中的每一條線，但是在實體模型軟體中使用者要做的不是畫圖，而是建立一個如圖 1-1 般具有實體的 3D 模型，至於最後要輸出的三視圖，則只是該 3D 模型在各個視角的投影圖而已，因此出圖的工作是由軟體自動幫使用者完成的。

另外，在以線架構為主的軟體中，由於模型是由線條所構成，並不存在一個真實的實體，因此當然無法分析產品的體積、質量等物理特性，也無法進行零件組合的干涉檢查或零件加工模擬；反之，在一個實體模型軟體內，由於擁有零件的 3D 真實模型，因此上述的各項計算當然全都不成問題。

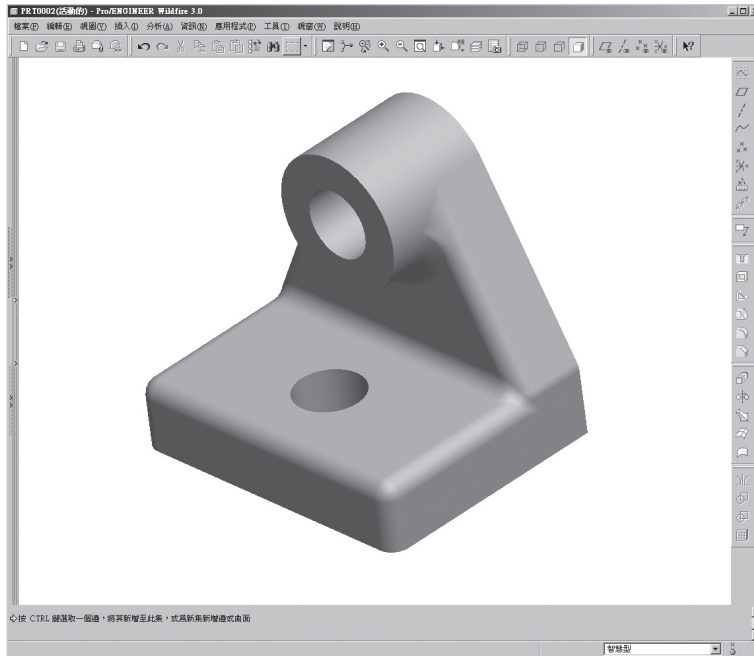


圖 1-1

(2) 以特徵為基礎 (Feature Based)：要瞭解所謂的特徵在實體模型中所代表的意義，最簡單的想法就是把它想成加工步驟，想像要製造出一個如圖 1-2 所示的一個基座零件，其步驟應該是：找一塊素材→銲上一根圓棒→挖出一個孔→四邊進行倒圓角。而這四個步驟也等同於在一個以特徵為基礎的軟體上建構此零件的步驟：建立一個長方塊→建立一個圓柱→挖一個孔→倒圓角。換一個說法，也可以說這個零件是由這四個步驟所構成，操作者只要在軟體內完成這四個步驟即可建構出此零件，因此這裡的每一個加工步驟即可以視為一個特徵，而此零件即是由這四個特徵所組成。這樣的觀念將工程師所慣用的，如孔、槽、切削、倒角等術語融入零件建構中，不僅操作上更貼近使用者的直覺思考，而且由於整個模型的各個部位被獨立出來，成為一個一個的特徵，因此日後的零件修改會變得極為容易，使用者只需找出需進行修改的特徵即可進行變更，而不會影響到零件的其它部分。例如輸入新的數值來移動孔的位置、或者改變倒圓角半徑等，然後再加上一個再生指令即可完成零件的變更。

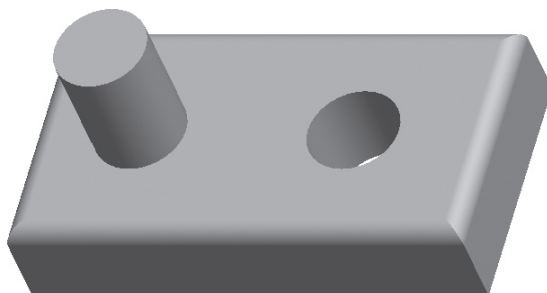


圖 1-2

- (3) 參數式設計 (Parametric Design)：此項功能有多重要只需從開發 Pro/E 者當時創建公司時以 Parametric Technology 作為公司名稱即可瞭解。在實體模型軟體中有一項很重要的技術稱為尺寸驅動設計 (Dimension-driver Design)，在此技術中尺寸被化為如 x 、 y 般的變數 (Variables)，而整個幾何形狀間的各個尺寸相互形成了函數的關係，亦即尺寸間會受到這些函數的拘束而維持其形狀。這裡所謂的函數及拘束，指的不僅是尺寸數值，也可以是平行、垂直、共線、相切等幾何關係。因此修改任何變數值便可以將所有相關的尺寸自動重新調整，而完成整個相關設計的變更。由於有這樣的功能，所以在 Pro/E 中欲畫出一個幾何圖形時，剛一開始可以任意畫出一個近似的外型，然後再藉由尺寸數值的指定以產生正確的形狀，以圖 1-3 為例，雖然我們要的是一個如右圖般的瘦高五邊形，但是可以先任意畫一個矮胖的五邊形，隨後藉由尺寸數值的變更，即可將左圖的矮胖五邊形變成右圖的瘦高五邊形。

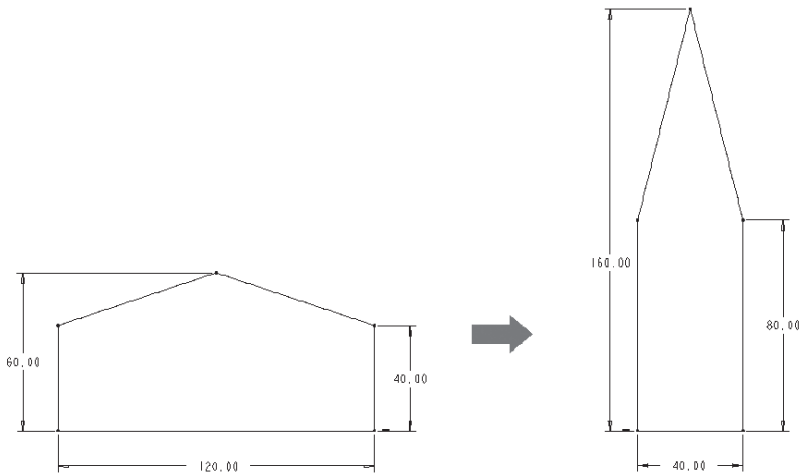


圖 1-3

在尺寸驅動設計中可再細分出兩大派別，分別為變數式設計（Variational Design）及參數式設計（Parametric Design）。兩者間最大的差異在於變數式是同時求出所有聯立方程組之解；而參數式則為依序逐條求出方程式之解。變數式設計系統最成功的商業化產品首推一直都是 Pro/E 死對頭的 I-DEAS；而參數式設計系統最著名的當然就是 Pro/E，這兩種方法到底誰優誰劣的問題早已爭論多年，就理論觀點而言，變數式幾何的功能應該是強於參數式幾何的，但耐人尋味的是，使用變數式的 I-DEAS 一直都是使用參數式的 Pro/E 手下敗將，甚至最後還被併購。換了東家的 I-DEAS 是否能整裝重新出發擊敗 Pro/E，則有待時間的證明。

- (4) 完全聯結（Full Associativity）：在使用 Pro/E 進行零件設計時，一個零件至少會出現在三個不同的地方。第一，它當然是儲存於建構本身的零件檔案內；第二，當零件建構完成後，為檢查它與其它零件間的配合尺寸是否正確，設計師會在一個組立檔內進行模擬組裝，因此此零件也會存在於組立檔內；第三，當確認零件的所有尺寸都正確後，設計師必須再要求 Pro/E 輸出零件工程圖（三視圖），因此此零件又必須存在於工程圖檔內。由於同樣一個零件會同時存在於三個不同檔案內，Pro/E 必須具備完全聯結的功能，其意義在於不管在組立檔內、

零件檔內或工程圖檔內，設計者都可以對零件進行修改，而且任何一處修改完畢後，另外兩處亦會自動更新，設計者無須再去費心其它檔案內的零件更新動作。圖 1-4 即是此功能的示範，在組立檔修改完某個零件的尺寸後，再開啟此零件的工程圖檔，即可看到同一尺寸已自動更新。設想如果三者之間不存在有聯結關係的話，假設在組立檔內

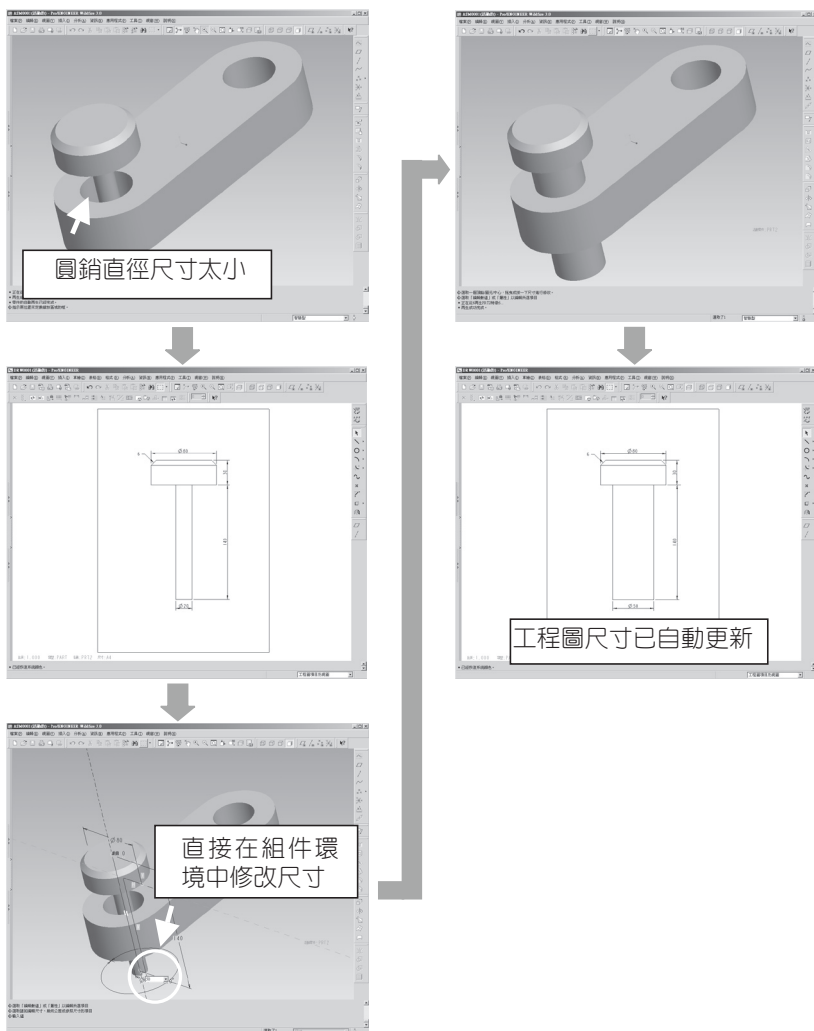


圖 1-4

發現某個零件尺寸有錯進行修改，卻忘了去修改工程圖內的尺寸，結果加工人員仍然會按照工程圖上面的錯誤尺寸進行加工，那麼最後的成品尺寸仍然是錯誤的。

要達成完全聯結功能，Pro/E 是以單一資料庫技術來儲存零件的，意思是說，雖然一個零件會出現在三個地方，但是零件的尺寸資料卻只單一儲存於建構零件本身的零件檔案內；組立檔中所儲存的資料僅有各零件之間的相對組裝關係而已；工程圖檔內所儲存的僅有零件的各個視圖的設定資料而已。這兩個檔案內完全沒有任何尺寸的相關資料，因此雖然可在組立檔或工程圖檔環境內進行尺寸修改，但在 Pro/E 內部，這些修改動作最終其實都還是被轉到零件檔內去執行。如此，靠著單一資料庫的功能，Pro/E 就能達成完全聯結的要求了。

1-2 Pro/ENGINEER 的架構

除了前述四個 Pro/E 的特色之外，Pro/E 的另一個樹狀結構概念也需要在此先向讀者說明。筆者強烈認為讀者若能先建立這些基本觀念再來學習 Pro/E，必能收事半功倍之效，而且由於目前諸多實體模型軟體都具有這些概念，因此若弄懂了這些概念，日後要再學習其它軟體也必極易上手。

前述說到在 Pro/E 軟體中，一個零件是由若干特徵所組合而成的，因此有一個所謂「特徵樹」（Feature Tree）這樣的名詞。以前述基座零件為例，它是由四個特徵所構成，因此可以畫出如圖 1-5 所示之圖形來代表此零件，這樣的圖形好像一棵倒過來的樹形狀，零件為根、特徵為枝幹，因此稱此圖形為特徵樹，在第二章的環境介紹章節中，讀者就會看到在 Pro/E 的零件模式中，亦會有一個視窗中是以此構造圖來代表一個零件的。

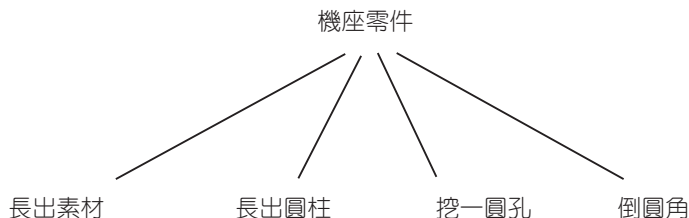


圖 1-5

將這個概念加以延伸，日後讀者在建立各種特徵時會發現，一個特徵亦是由若干元素（Elements）所組合而成的。舉個例子來說，如果要以混成（Blend）特徵建立一個如圖 1-6 所示的零件（此指令會在第四章介紹），思考一下，使用者需給足哪些資訊才能使此零件的形狀及大小具有唯一性？首先，需先確認兩平面間的連線為直線或曲線？其次，兩平面各為什麼形狀？再來，兩平面順序為何？是小的在上還是大的在上？最後，兩平面間距離多少？當這四個問題的答案都給定了之後，這個零件的形狀及大小就可以確定，Pro/E 也可以畫出這個零件了；反之，缺少任何一個答案就無法確定這個零件的唯一性，Pro/E 當然無法畫出零件圖形。

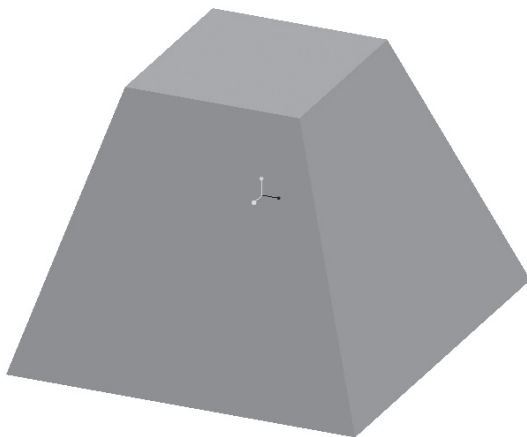


圖 1-6

以此概念進行思考，當在 Pro/E 中欲建立此零件時，可以想像 Pro/E 會出現如圖 1-7 所示的視窗，視窗中會依序逐一要求使用者給足這些問題的答案。此視窗內含有「屬性」、「截面」、「方向」、「深度」等四個元素，分別對應上述的四個問題，元素的右側註明「定義」，就表示現在正在處理這個問題；註明「必須的」，就表示 Pro/E 也需要這個問題的答案，但要等一下才會處理到。簡單地說，在 Pro/E 中建立一個特徵有如在回答一題題的填充題，把 Pro/E 要的答案依序填入空格中，這個特徵就產生出來了。請讀者隨時記得這一個概念，如此日後要學習建立任何特徵都會變得簡單許多，您只要瞭解這個特徵需要哪些元

素？順序為何？依序給定後，特徵就可以完成了。

Pro/E 在 Wildfire 版本推出前，所有的特徵建立流程都有類似圖 1-7 的視窗，因此「一個特徵是由多個元素所組合而成」這樣一個概念是很清楚的，但是因為指令式操作的友善性不夠，一直為人詬病，因此 Pro/E 才在 Wildfire 版本之後，將許多特徵建立方式改成現在讀者所看到的圖標板圖形介面，使操作變得容易，但元素的概念也跟著變得較不明顯，可是這個重要觀念仍是在 Pro/E 中欲建立特徵時需深刻理解的。

「一個零件可分解成多個特徵」、「一個特徵可分解成多個元素」，再加上原本大家都很清楚「一台機器可分解成多個模組」、「一個模組可分解成多個次模組」、「一個次模組可分解成多個零件」（次模組層數不限定一層，依機器複雜度而定），這樣一層一層分解下來，一台機器可以被畫成如圖 1-8 所示一般的一個樹狀結構，最上層是一整台機器；最下層則是一個個元素，這樣的觀念就是本節標題所要帶給讀者的樹狀結構的概念。

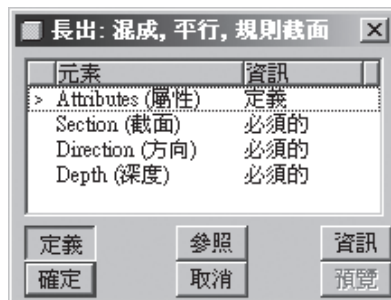


圖 1-7

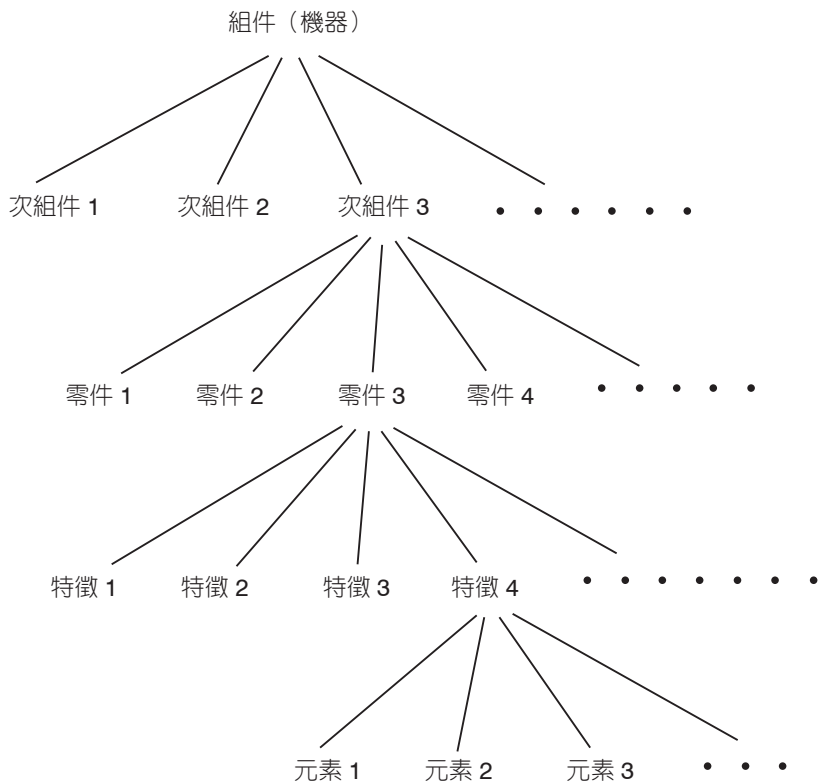


圖 1-8

最後，為方便從第二章起的實際演練，請讀者先在您電腦的硬碟中建立一個「proe_exercise」資料夾，例如 D:\ proe_exercise，並將本書所附的光碟片中的「exercise」資料夾中的所有檔案複製到此資料夾中。