

## 第二章 文獻探討

### 2-1 物件導向方法之相關研究

電腦輔助設計(Computer Aided Design)是現代機械設計與製造發展的方向。世界各國製造業發展方向，莫不往此發展以期降低人工設計所花費的時間。近年來由於需求複雜，彈性及易維護性之軟體發展日益增多，結構化程式雖降低複雜軟體的複雜度，然而一旦程式達到一定複雜程度時，即使利用結構化程式其效率及困難度亦相當之高。而物件導向法最早發展於 1960 年代，使用於人工智慧上。由於它具有再使用性、擴展性大及資料抽象等優點，目前已大量使用在各種領域中，包括各種作業系統、程式語言、系統設計、資料庫設計等等。其最大之特色為利用人類思維之方式，將真實世界中各種現象，以更接近自然的形式，在電腦科學中表現出來。例如 Zhou、Greenwell 與 Tannock<sup>[16]</sup>以物件導向法發展出一套製造檢測系統。蕭炎泉<sup>[17]</sup>以物件導向程式 C++ 來模擬建築行為及應用於營建工程。Trappey 與 Lin<sup>[18]</sup>以物件導向程式 Smalltalk 發展在 CIM 環境中物件導向材料表。Samaras、Spooner 與 Hardwick<sup>[19]</sup>以物件導向法建立一套查詢分類的方法。綜上所述，傳統程式主要以函數為主，且資料與函數是分開的，其中函數為解決問題的演算法，資料只提供給函數使用，如圖 2-1 所示<sup>[20]</sup>。

物件導向的基本觀念認為世界是由各種「個體」或「物件」(Object)所組成，同類的物件可以再加以抽象化而成類別(Class)，而每一類別具有自己的「屬性」(Attribute)來描述其特性與「方法」(Method)。其動態之行為，彼此間之互動藉由「訊息」(Message)傳遞來溝通，且每個物件有自己處理的方法(Methods)，此方法是封裝(Encapsulation)在物件內部<sup>[21,22,23]</sup>。物件導向觀念以個體為中心思想，其主要觀念有個體、類別、案例、使個體間產生互動的訊息以及個體與個體間的相互關係<sup>[24]</sup>。換言之，物件導向由持有行為的物件所組成，就像一個複雜的機器由各種不同功能與用途組件、零組件所組成<sup>[25]</sup>，如圖 2-2 所示<sup>[20]</sup>。

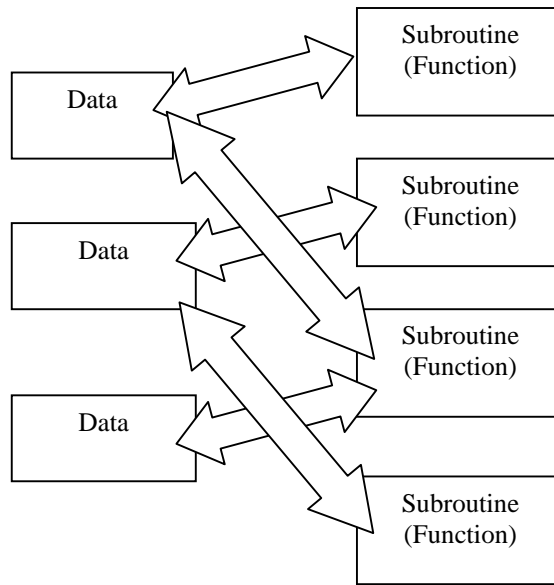


圖 2.1 傳統程式資料與函數分開<sup>[20]</sup>

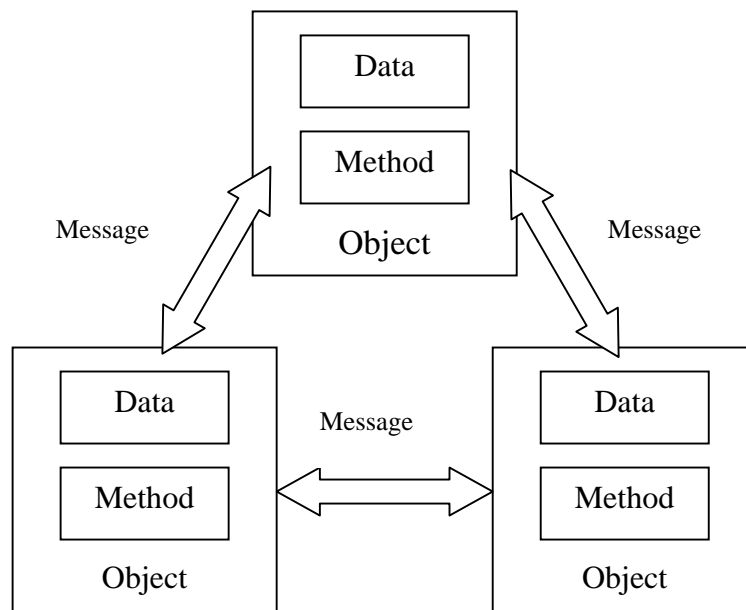


圖 2.2 物件導向程式資料與方法包封在物件內部<sup>[20]</sup>

物件導向法的基礎是建立於資料封裝型式，它將資料與解決問題的方法封裝在物件內部，故能限制軟體的改變。同時利用類別的繼承性，將屬性傳送到各階層的類別當中，而兩物件的溝通是利用訊息達成。由此觀之，各物件彼此獨立，所以其優點為在修改上及擴展上比傳統程式便利。

我們可以對物件導向程式歸納出以下一些特性：

- 一、 **注重資料**：物件導向程式，由於資料分別封裝於各物件內部，在修改及擴充本系統時，面對的僅是物件內部較少量的資料，故所遭遇到的困難度相對降低。
- 二、 **資料隱藏**：由於資料在物件內受封裝之影響，使得資料與程式碼避免被誤用，也使程式具有較高的可靠性及完整性，程式也因此容易修正及而程式碼之重用性亦增加。
- 三、 **抽象化**：將真實世界之事物以物件來模擬並使之抽象化，使得處理複雜之系統更為容易。
- 四、 **正確之模型**：物件導向與人類思維較接近，且符合真實世界及抽象的構想。物件可以表示人或事並包含物件中所要負責的動作，增加使用者的易讀性。
- 五、 **繼承性**：繼承性是一個有用的模型概念。物件導向之繼承增加程式之可了解性與重用性，不至於太早被操縱，因此增加本系統之易讀性與可維護性。
- 六、 **延後決定**：類別之繼承性使得所決定之物件，可放在最適當之層級，而此物件程式碼及資料在需要時才被操縱與使用。

## 2-2 資料庫之相關研究

在過去的三十年中，資料庫技術從階層式、網路式資料庫系統發展到關聯式資料庫系統。80年代後半期以來，物件導向程式設計(OOP)技術得到了迅速的發展和廣泛的應用，並且被程式設計之外的諸多應用領域所注目，因而發生了技術上的普遍移轉。因此，新的資料庫技術需求的應用，使得物件導向資料庫管理系統(OODBMS)應運而生<sup>[26]</sup>。

資料庫簡單的定義就是收集一些彼此關連、可共享、具控制性的資料。以資料庫設計可分解為三層結構即外部層(External Level)、概念層(Conceptual Level)又叫邏輯層(Logical Level)及實體層(Physical Level)，如圖 2-3 所示<sup>[27]</sup>。

使用者所接觸的那層稱之為外部層，而作業系統與資料庫管理系統(DBMS)所控制的那層叫實體層。其中，外部層是由使用者來決定，不同使用者有不同的觀點，而實體層是用來存放資料結構和檔案組織。兩者間加入一個中間層，即概念層，為內部與外部的橋樑。

此概念層即為資料庫的核心。其模式可分「資料庫為基礎的邏輯模式」(Record-Based Logical Model)和「物件為基礎的邏輯模式」(Object-Based Logical Model)。四種最廣被採用的「資料庫為基礎的邏輯模式」如下：

一、網路式資料模式(Network Data Model)。

網路模式利用點或節點來代表記錄型(Record Type)，父層與子層間的記錄型是用箭號連繫起來。故其關係可有一對一或一對多兩種來表示，由於其模型與網狀相似，稱之為網狀模型。

二、階層式資料模式(Hierarchical Data Model)。

階層資料模式可說是網路資料模式之特例，也就是只有一對一的關係，在箭尾就稱為記錄型的父層，箭頭稱為記錄型的子層，簡單的說它是一種樹枝狀結構。

### 三、 關連式資料模式(Relational Data Model)。

而關連資料模式是由幾個關連框架和幾個記錄值所組成，每一個關係由一個表格來決定，所需的關係越多，就必須有更多的表格來表示其間的關係。因此近年來各製造系統紛紛採用此法來發展。例如郭真祥、馮品正與林丕鑫<sup>[27]</sup>以實體關連模型軟體 ORACLE 來發展簡要船舶規範書之製作。Dangerfield 與 Morris<sup>[28]</sup>以實體關連模型之原理來探討發展材料表系統之可行性。張瑞芬與連孟斌<sup>[29]</sup>等以實體關連模型資料庫軟體 Fox Pro 發展材料表系統。

### 四、 物件導向式資料庫模式(Object-Oriented Data Model)。

物件導向式資料庫模式乃是將資料庫以一組「抽象化資料型態」(A Collection of Abstract Data Types) 來表示，這組抽象化資料型態各有其所屬的運算 (Operations) 以及屬於其該型態中的「物件實例」(Instances)。這些實例都得透過定易於其資料型態上的運算來存取或作適當處理。另外，資料型態間有縱向 (Generalization and Specialization)、「橫向」組合 (Aggregation) 與繼承關係 (Inheritance)。物件與物件間透過訊息 (Message) 來溝通<sup>[27]</sup>。

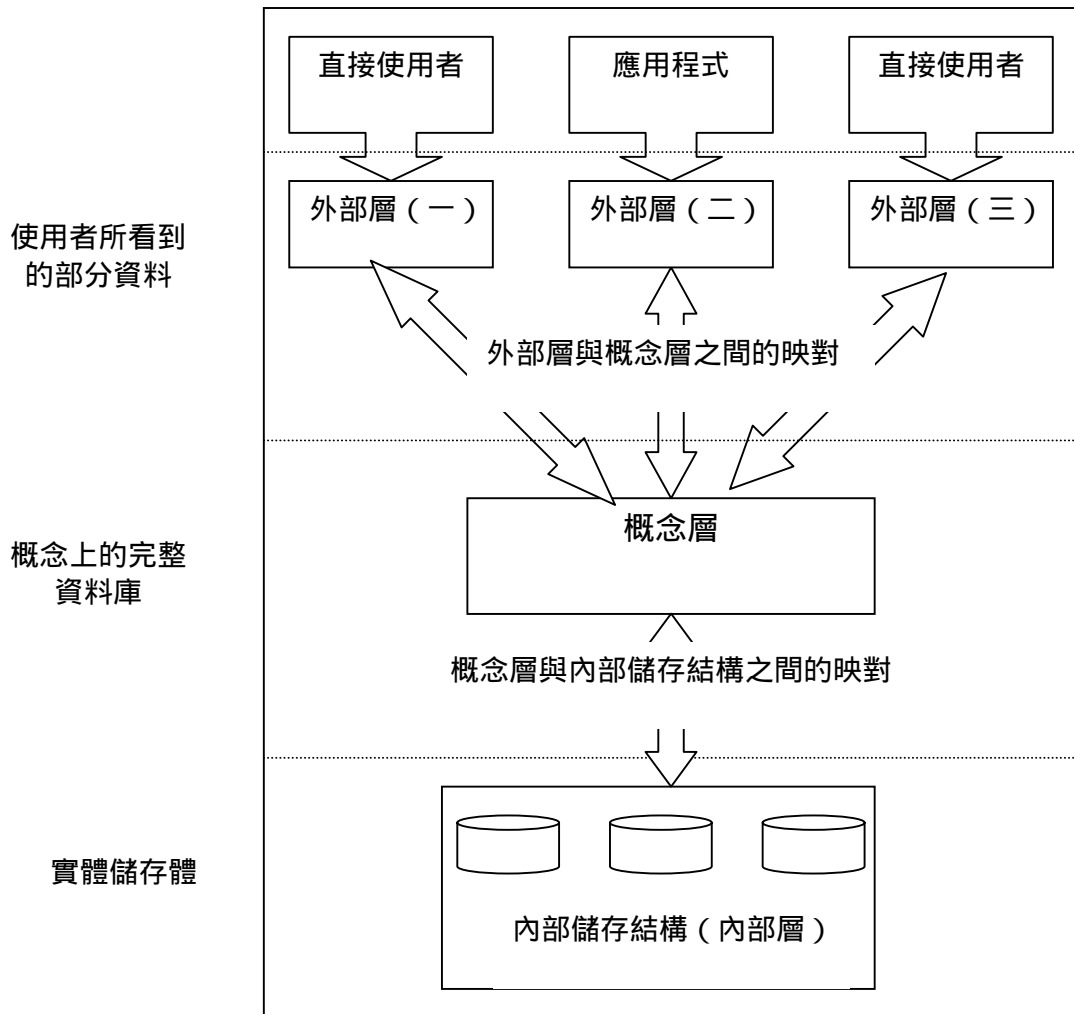


圖 2.3 完整的資料庫系統架構<sup>[27]</sup>

## 2-3 3D 電腦輔助系統之相關研究

### 2-3-1 Solid Edge 電腦輔助繪圖系統簡介

Solid Edge 是一個 3D 實體繪圖設計工具，讓使用者擁有直覺式的設計空間，使用物件導向軟體技術，採用特徵管理員(Feature Manager)的參數設計 3D 繪圖，採用實體模型核心(ParaSolid)，並且擁有多種的檔案相容性，具有載入、編輯與輸出 IGES、Parasolid、STL、ACIS、STEP、TIFF、VDAFS 及 VRML 檔案格式的功能。它是一個架構在 Windows 作業系統上的尺寸驅動式參變數實體模型繪圖軟體，也是一個開放性的系統架構，因此可外掛多種自訂功能的應用程式(Third Party)。並適用於微軟的 Windows 95/98 和 WindowsNT40 平台。它具有以下特色：

- (一) 標準 Windows 使用者界面。
- (二) 高速的幾何模型運算核心。
- (三) 開放式架構。
- (四) 特徵管理員。
- (五) 支援物件連結與嵌入。
- (六) 參變數尺寸驅動。

其模型設計概念為先建立一個 2D 的草圖，2D 草圖建立完畢後，再做伸長、旋轉、掃出、疊層拉伸等動作，此時就完成了基本的 3D 模型，然後繼續在特定平面上畫 2D 的草圖，再做伸長等動作，就像在堆積木一樣。在設計過程中，另一個重要的觀念就是特徵的運用，特徵零件包括：圓角、導角、薄殼、除料、以及鑽孔等功能，善加利用特徵可以設計非常複雜的零件，並且大大地縮減計算的時間。

Solid Edge 支援主要的 CAD 檔案格式，如：IGES、Parasolid、STL、ACIS、STEP、TIFF、VDAFS 及 VRML 格式。且具有讀取和輸出傳統 CAD 軟體檔案的能力，其存檔及輸出格式如下：

- (一) Solid Edge 零件檔案 (\*.prt, \*.sldprt)。
- (二) Solid Edge 組合件檔案 (\*.asm, \*.sldasm)。

- (三) Solid Edge 工程圖檔案 (\*.drw , \*.slddrw )。
- (四) IGES 檔 (\*.igs)。
- (五) STL 檔 (\*.stl)。
- (六) ACIS 檔 (\*.sat)。
- (七) STEP AP203 檔 (\*.step)。
- (八) VDAFS 檔 (\*.vda)。
- (九) Parasolid 檔 (\*.x\_t)。
- (十) VRML 檔 (\*.wrl)。
- (十一) Tiff 檔 (\*.tif)。
- (十二) AutoCAD 檔 (\*.dxf , \*.dwg)。

Solid Edge 支援物件連結與嵌入(Object Linking and Embedded) , 可以使用連結與嵌入(OLE)功能, 這種拖放嵌入的能力, 提供您靈活的外部資源通路, 去抓取外部的文字與資料如 Word 與 Excel 等, 使得 Solid Edge 變成一個功能強大的設計工具。

外掛應用程式(Third Party) : Solid Edge 是一個開放式的 3D CAD 設計環境。外掛應用程式的領域包括機構分析, 電腦輔助製造, 有限元素分析等, 其應用如下列所示 :

- (一) PhotoWorks 影像處理模組。
- (二) Toolbox/SE, SolidMech 標準零件庫。
- (三) IPA(Interactive PerAssembly)動態組裝系統。
- (四) Working Model 運動模擬系統。
- (五) Design Works 運動分析。
- (六) COSMOS 及 DesignSpace 應力應變分析。
- (七) CAMWorksMasterCAM SurfCAM 電腦輔助製造。
- (八) X-Manager 檔案管理系統。
- (九) REV WORKS 逆向工程。
- (十) Algor 有限元素分析。



(十一) SmarTeam Works 產品資料管理(PDM)。

### 2-3-2 傳統製圖、2D 電腦輔助繪圖與 3D 電腦輔助繪圖之比較

在工作環境方面，Solid Edge 軟體不像 AutoCAD 一樣使用結構化的選單，而是遵從 Windows 和 Office 的標準，它可以開啟多重視窗來代替(View port)，而一次也可開啟多份檔案，同時編輯。Solid Edge 使用特徵命令，可以減少很多的命令圖示和下拉視窗，Solid Edge 軟體採用更有效率的 Smart Cursor 方式，取代了 AutoCAD 的鎖點模式(Snap)。應用 Smart Cursor 功能，允許你很容易地經由游標與元素之間，得到其視覺上回授，以供您對元素執行編修的動作。在 Solid Edge 中，元素可視為物件(object)。在 AutoCAD 環境裡，為了準確地放置圖元，長度、距離和角度是在提示命令下使用鍵盤輸入。而在 Solid Edge 環境裡，要放置幾何圖形僅需使用最少的勞力，即可與其他既有的元素建立幾何關係。採用主動式尺寸，當您改變元素的幾何尺寸後，幾何尺寸也會自動隨之更新，以反應出尺寸的修改<sup>[31]</sup>。

而 2D 電腦輔助繪圖 (2D CAD) 與 3D 電腦輔助繪圖 (3D CAD) 之最主要差異在於 2D CAD 的應用主要是延續以往工程製圖的觀念，是將物體造型應用投影的原理以線條來表現，與以往手工繪圖的差別只存於工具的不同。3D CAD 不論是面架構塑型方式或實體塑型方式，都是真正塑造一個模型 (Model)，這個模型可由各個視角去觀測，實際量測幾何資料，甚至計算物理特性。由於具有實際的模型資料存在，後續可將這些模型資料轉至電腦輔助製造 (CAM) 軟體作 CNC 加工設計、轉至電腦輔助分析 (CAE) 軟體作有限元素分析、轉至彩現軟體作材質模擬、光影模擬。而 2D 工程圖，對 3D 電腦輔助軟體而言只是一個自動化的投影出圖動作，以往在 2D 電腦輔助繪圖時三視圖的位置，線條的對應、接合，視圖的完整性等問題，在 3D CAD 工程圖中是不會發生的。若是需要各種視角投影、剖面圖、局部放大等機械製圖需求，在 3D CAD 工程圖中也能經由條件設定後自動作各種視圖展現<sup>[32-39]</sup>。

2D CAD 與 3D CAD 軟體除了應用原理不同外，對模型的思考邏輯，也是完全不同。在 2D CAD 軟體所要瞭解的是模型最終的造型稜線，產生的是以視覺觀測所能展示的邏輯線條，但 3D CAD 軟體在塑型過程中必須理解模型的幾何結構，甚至產品設計原理，才能忠實完整的將模型建構出來<sup>[40]</sup>。

表 2.1 所列為傳統製圖、AutoCAD 與 3D 電腦輔助繪圖之優缺點比較得知，3D 電腦繪圖雖然擁有開放性的應用架構可以做多方面的運用，其功能遠優於傳統製圖與 2D 電腦輔助繪圖。但在使用者學習曲線方面較長，且曲線、曲面繪製較為不易、開發時間依然有待提升。故發展出一套 3D 自動繪圖系統將可改善目前 3D 電腦輔助繪圖工具在運用上的諸多缺失及新增更多的繪圖設計功能以簡化設計繪製流程。

	傳統製圖	電腦輔助繪圖 Auto CAD	3D 電腦輔助繪圖
優點	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 增加視圖空間能力。</li> <li>2. 謹慎小心的工作態度。</li> <li>3. 寫出一手漂亮的工程字。</li> <li>4. 可以運用數學解析方法輔助繪製幾何圖形。</li> <li>5. 可以迅速求出交線展開的邊視圖與實長。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 適合一些管路圖 銲接圖等等，特殊圖面的繪製。</li> <li>2. 交線展開較方便建立。</li> <li>3. 價格較低廉。</li> <li>4. 學習較容易。</li> <li>5. 圖面整潔 準確性與可靠度高。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 單一資料庫，修改任何一個圖面則整個系統就會跟著修正。</li> <li>2. 3D 屬於實體模型建構，故建構導角、圓弧相當容易。</li> <li>3. 易於結合 RE/RP/CAE 之快速成型加工與分析。</li> <li>4. 縮短開發及生產時間。</li> <li>5. 圖面整潔、準確性與可靠度高。</li> </ol>
缺點	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 繪圖速度慢。</li> <li>2. 需上墨圖面整潔、準確性、可靠度差。</li> <li>3. 所需工具多，故桌面凌亂。</li> <li>4. 建檔保存不易、費時。</li> <li>5. 局部設計變更，需重新繪製。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 圖面修改費時且管理不易。</li> <li>2. 三面的圓弧、導角相接不易繪製。</li> <li>3. 分析軟體與後續加工 RE/RP /CAE 結合不易。</li> <li>4. 曲線、曲面繪製不易。</li> <li>5. 長期暴露在電腦紫外線下，對生理健康有害。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 價格昂貴。</li> <li>2. 學習較不易。</li> <li>3. 曲線、曲面繪製不易。</li> <li>4. 長期暴露在電腦紫外線下，對生理健康有害。</li> </ol>

表 2.1 傳統製圖、電腦輔助繪 Auto CAD 與 3D 電腦輔助繪圖之優缺點比較

[41]

## 2-4 3D 電腦輔助設計系統之相關研究

### 2-4-1 電腦輔助設計系統之文獻回顧

有關電腦輔助設計系統的探討文獻中，George Vosniakos<sup>[42]</sup>建立 CAD 的規劃流程，提供 3D CAD 的系統建立參考，如圖 2.4 所示。Watanabe<sup>[43]</sup>等提出元件之圖形分析及模組化與人性化之設計觀念。Bardasz 等<sup>[10]</sup>及 Bardey 等<sup>[11]</sup>則提出系統設計之記憶認知模式與結構之開發方法。國內方面，李榮顯等<sup>[44]</sup>在 AutoCAD 系統下，利用 Auto Lisp 語言將各模具元件之設計特徵予以參數化及程式化。唐敦兵等<sup>[45]</sup>利用 Auto Lisp 語言發展以圖素為基礎的拼合參數化設計系統，以提高圖形處理的效率。施乃中<sup>[46]</sup>則進行圖面自動管理系統研究。

有關自動設計系統的探討文獻中。楊子傑、吳景凱<sup>[47]</sup>以商船之滑油管路系統立體模型之製作與組合為例，說明參數化電腦輔助設計於管路系統之應用、製作要領及參數化的優點。李興生、鄧日楨<sup>[48]</sup>針對管路繪製規範加以探討，並透過幻燈片製作與螢幕座標判斷輸入法之系統設計方式，建立 2D 管路平面圖之自動繪圖系統。謝茂炯<sup>[49]</sup>利用微電腦發展管路設計系統，以精確的計算能力及多項功能之效果，將單線管路設計問題分類處理，以便求出管長、管徑、流量與壓力差等資訊。黃崑能<sup>[50]</sup>根據使用電腦輔助管路設計與分析套裝軟體的經驗，提供電腦輔助管路設計一般功能，及建立管路系統步驟之基本參考。李興生<sup>[51]</sup>發展管路設計與 3D 繪圖整合系統作為系統整合之參考。

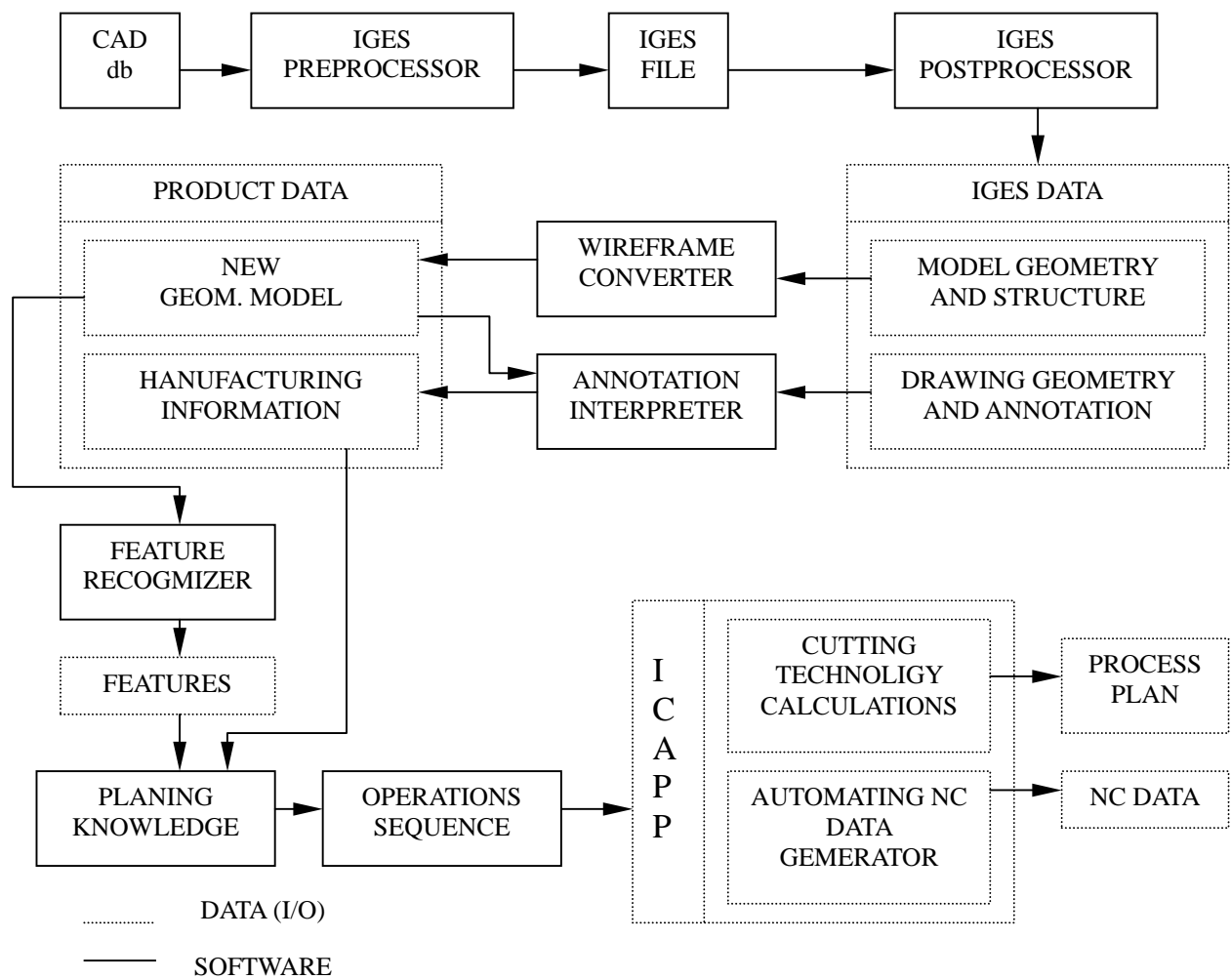


圖 2.4 CAD 系統結構<sup>[42]</sup>

### 2-4-2 電腦輔助設計系統中的物件連結與嵌入

OLE 的目的是要使各種 CAD/CAM/CAE 應用程式，達到相同的相容性。所有的軟體本身就必須具備共享共通資料的能力，好讓使用者不必為如何從另一個應用程式將資料轉換到另一個應用程式而煩惱，設計者他們只要專心機械設計方面的細節就可以了。OLE 是以微軟公司的 Component Object Model (簡稱 COM) 為基礎。COM 則是一種為了產生軟體元件而設計的可擴充架構<sup>[52]</sup>。這些元件可以在執行時間進行整合而產生另一個應用程式，使得新產生的應用程式也完全的涵蓋了原元件應用程

式的功能。

每一個元件就是它自己的資料之主控者，當接到要求的時候，它的資料可以經過一個或好幾個 COM 介面，展現給別的元件。每一個零件或半成品都可以當作連結到組件文件或內嵌在組件文件的獨立文件。換句話說，組件文件是零件文件和其他文件的「容器」。這些零件來自任何支援 OLE 介面的 CAD 系統。

CAM 和 CAE 應用程式需要靠額外的介面來執行它們的功能。除了顯示能力和零件定位之外，它們還需要存取模型的幾何圖形和拓樸資料。應用程式可以存取拓樸物件(例如表面、邊緣、頂點等等)和這些物件對應的幾何圖形，以產生有限元素網格或機器的刀具路線。曲線和曲面評估可以要求零件模型製作程式處理，或者可以取得數學曲線和曲面的幾何圖形資料。介面也支援拓樸物件的選擇。對於一個選定的表面來說，容器可以儲存一個「參考鍵」，以便在零件經過關聯式重建之後，還能夠找到這個表面，如此一來，像工程負荷或曲面加工等屬性，就可以關聯形式安置。

在 CAD 應用程式中用來描述模型的高階資料結構，轉換時都有許多先天上的問題，透過 COM 介面，達到資料分享的目標。而 COM 的用途是將各種應用緊密的整合，而不需要變更任何的程式碼，也不必重新編譯<sup>[53]</sup>。故設計所產生資料的應用程式或零件，可藉由 COM 介面提供該資料給其他的零件。由於是以動態連結的方式，所以任何零件都可以隨時檢查是不是最新版本，或者取得的資料是不是最新的，以免事後又要全部重新轉換。因為這些介面都已經成為標準，支援 OLE 的應用程式，都可以即插即用，譬如，一個組件的模型製作程式，可以將別的實體模型製作程式所產生的零件，組裝在同一個組件內。同樣的，一個有限元素元件應用程式，可以配合任何遵循 OLE 的 CAD 系統所製作的模型作業。

本研究在自動設計系統部分將使用的資料存取模式為微軟推出的萬維資料存取模式 (Universal Data Access, UDA)，以及實作使用的

OLE DB/ADO 技術。OLE DB 是存取資料來源的系統層次介面，它將資料區分為提供者與使用者，並以 COM 元件模式將資料存取的行為，封裝成 Data Source、Session、Command 及 Roeset 四個主要類別，其 UDA 存取架構圖，如圖 2.5 所示<sup>[54]</sup>。

在 3D 自動繪圖系統部分，將在 Solid Edge 操作環境下，經由 OLE 所提供的許多介面供使用者作客戶化(Customization)的工作，規劃適合本身需求的視窗介面及參數輸入對話框，並建立專用之參數化三維模型，以便進一步提供給出圖或採現，以解決工廠設計人員常為部分尺寸設變而重繪設計圖之困擾，並且將 Solid Edge 標準視窗畫面改為專用之特殊介面，在使用者按下某按鈕後，隨即開啟參數式尺寸輸入對話框；在使用者輸入尺寸並壓下確定鍵入對話框之後，電腦便快速自動地產生特定尺寸的三維模型。而產出的模型亦可根據日後的需求作彩現、側視圖、剖面圖、質量性(mass propeny)分析或轉成其他有限或模擬軟體可接受的檔案格式，這對常需做尺寸變動的產品而言，確有大幅提高設計及出圖速度之功效<sup>[55]</sup>。

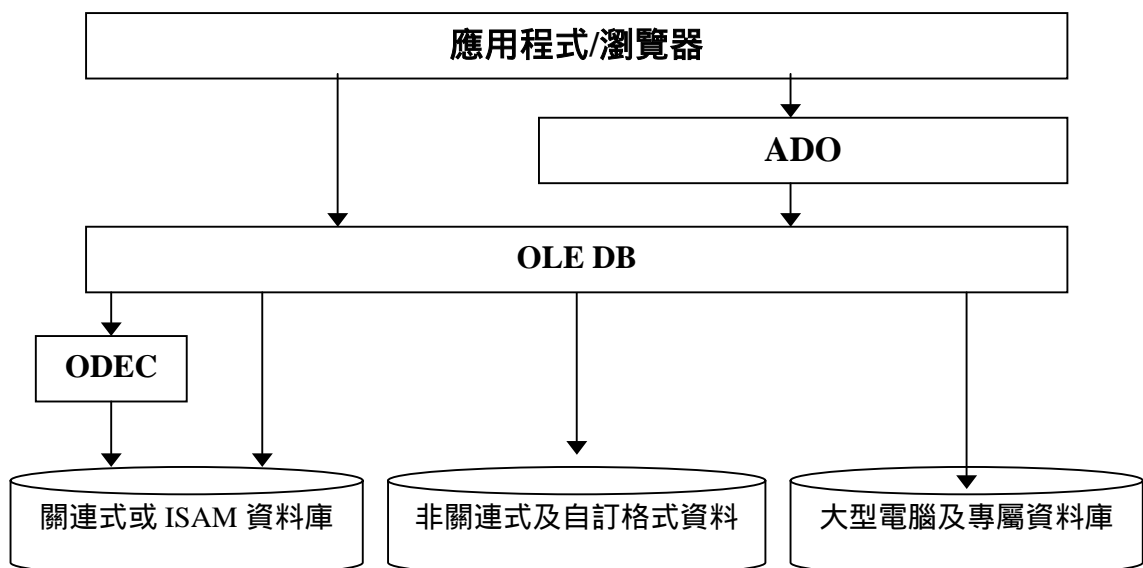


圖 2.5 UDA 的架構圖<sup>[54]</sup>

## 2-5 齒輪設計理論研究

齒輪為機械之主要元件之一，大部分機械傳動機構中又以正齒輪為主，次以螺旋齒輪、傘型齒輪及蝸桿與蝸輪，本節僅對正齒輪簡要介紹其公式、計算方法與繪製齒輪工作圖為主。以下公式整理參考林清安<sup>[56]</sup>、張天津<sup>[57]</sup>、陳朝光<sup>[58]</sup>、張永爵<sup>[59]</sup>、李均得<sup>[60]</sup>、機械技術出版社<sup>[61]</sup>等著作。

### 2-5-1 正齒輪名詞註解<sup>[56-61]</sup>

- (一) 正齒輪(spur gear):齒面與軸平行且呈直線的圓筒齒輪，通常用於平行的兩軸間作旋轉運動。
- (二) 標準正齒輪(standard spur gear):基準節圓上的圓弧齒厚正好等於基準節距一半的齒輪。
- (三) 轉位正齒輪(modified gear or involute profiled shifted gear):在漸開線正齒輪中與基準齒輪無背隙嚙合時，其基準節圓與基準線不相切者，乃指證齒輪作切削時，故意將刀具的基準節線挪離受切削正齒輪之基準節圓(卸轉位量)所切削得的齒輪。
- (四) 基準齒條(standard rack):乃指基圓之尺寸、齒型、全齒高、齒冠高及齒厚等尺寸均合乎標準正齒輪規格之齒條，依其標準齒輪規格所切削出來之齒條稱為基準齒條。
- (五) 基準節圓(standard pitch circle):用以決定齒輪各部尺寸的基準圓。
- (六) 基準節線(standard pitch line):齒條上的一條特定節線或沿一條以測定齒條的齒厚，為節距約二分之一。
- (七) 作用節圓(action pitch circle):乃指一對正齒輪在階合作用時，各有一相切作滾動的運動圓。
- (八) 基準節距(standard pitch):以選定的標準節距作為基準者，與基準齒條的節距相等。
- (九) 節圓(pitch circle):兩齒輪連心線上的嚙合接觸點在各齒輪上留下的軌跡稱為節圓。



- (十) 節徑(Pitch diameter):乃稱節圓直徑，亦為齒輪設計與製造上主要的數據。
- (十一) 基圓(base circle):繪製漸開線齒形時作為基礎之圓。
- (十二) 齒根圓(dedendum circle):通過齒根之圓。
- (十三) 節面(Pitch surface):代表輪齒之假想面。正齒輪之節面是圓柱面，斜齒輪之節面是圓錐面。
- (十四) 全齒高(whole depth):為齒冠高與齒根高之和。
- (十五) 有效齒高(working depth):乃指一對正齒輪齒冠高的和，有時稱為工作齒高。
- (十六) 齒冠高(addendum):齒頂圓與節圓直徑間的半徑差。
- (十七) 齒根高(dedendum):節圓到齒底圓的距離。
- (十八) 齒厚(tooth thickness):沿節圓量度的齒輪厚度。
- (十九) 齒隙(backlash):兩齒輪嚙合時，齒面與齒輪的齒隙。
- (二十) 齒間(space):為節圓上相鄰兩齒之距離。
- (二十一) 齒寬(face width):軸徑方向的齒輪厚度。
- (二十二) 齒頂隙(clearance):兩齒輪嚙合時，一齒輪的齒頂圓對另一齒輪底間的空隙。
- (二十三) 節點(Pitch point):一對齒輪嚙合與節圓相切的點。
- (二十四) 節線(Pitch line):係指節面與垂直放大小二齒輪軸線之截面上之交線。
- (二十五) 齒面(tooth face):齒輪齒部的嚙合面。
- (二十六) 齒型(tooth profile):齒輪的斷面形狀。
- (二十七) 節距(Pitch):相鄰兩齒間相對應點的弧線距離。
- (二十八) 周節(circular pitch):節圓上或節線上所測定相鄰兩齒相對應點距離。
- (二十九) 法線節距(normal pitch):漸開線齒輪沿特定斷面的同一垂線所測得的距離。

- (三十) 弦線齒厚(chordal thickness):為弧線齒厚所對之弦長。
- (三十一) 齒腹(tooth flank):為在節圓以下至齒根間,即齒之表面。
- (三十二) 壓力角(pressure angle):相嚙合兩齒之接觸點法線與節圓共同法線所成之角度。
- (三十三) 模數(module):用以表示公制齒輪上齒之大小。
- (三十四) 徑節(diametral pitch):用以表示英制齒輪上齒之大小。

### 2-5-2 齒數之選擇方法<sup>[56-61]</sup>

齒輪之計算必須選定齒數,以決定齒數比。所選定之齒數必須符合 CNS1Z 7001 等比標準數之系列 R20 與 R40 為佳。決定齒輪之齒數時,如果齒數少,則會發生過切(Under cut),使得輪齒之強度變弱而發生齒輪之干涉。為防止發生過切,必須使限界齒數在壓力角  $20^\circ$  時為 17 齒,而實用上都採用 14 16 齒。表 2-2 及表 2-3 所示係小齒輪採用  $R \approx 40$ ,大齒輪採用  $R=20$  之標準數之示例。為減少同一齒之接觸次數,小齒輪之齒數,均採用奇數。

14	15	16	17	18	19	20	21	23	24
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

表 2.2 小齒輪齒數 ( $R \approx 40$ ) [32]

25	28	31	35	40	45	50	56	63	71	80
90	100	112	125	140	160	180	200	224	250	

表 2.3 大齒輪齒數 ( $R \approx 20$ )

### 2-5-3 模數之選定<sup>[56-61]</sup>

齒輪之模數可視為表示輪齒之抗彎強度,因而對於研定齒輪減速機之扭矩,必須具有充分之抗力,然而模數則在抗力之範圍內愈小愈佳。設計齒輪時,根據所定馬力、旋轉數、齒數等之數值,先假設適當之模數大小,而後以齒輪之強度計算,檢討該模數足否適當,才可正式決定模數。

### 2-5-4 齒面寬之選定<sup>[56-61]</sup>

齒輪之齒面寬，一般都採用表 2.4 所示之方法決定其尺寸。

種類 接觸	正齒輪	螺旋齒輪	斜齒輪	蝸輪
普通接觸	M ( 8~12 )	$\frac{m_n}{\sin \beta_o} \bullet 1.05$ 以上	m ( 5~8 )	m ( 6~8 )
寬接觸	M ( 15~25 )	$\frac{m_n}{\sin \beta_o} \bullet 1.4$ 以上	m ( 8~11 )	

表 2.4 齒面寬尺寸

如軸承中心間隔小，軸之撓度小者，可選用齒輪之齒面寬較大者。另一種方法是由齒輪中心距離選定齒面寬。此法係以齒面寬係數 表示。即  $\phi = b/a$  ( $b$ =齒面寬， $a$ =齒輪中心距離)。表 2.5 所示為係齒面寬係數。

0.2	0.25	0.30	0.40	0.50	0.60	0.80	1.0	1.2
-----	------	------	------	------	------	------	-----	-----

表 2.5 齒面寬係數

同理，可應用計算輪齒之抗彎強度計算式求出齒面寬，也可應用 2.1 式求出模數。

$$F = f_w \bullet f_v \bullet \sigma_b \bullet b \bullet \pi \bullet m \bullet y \quad (2.1)$$

$F$  = 作用於輪齒上之切線力 (kg)， $f_w$  = 動負載係數， $f_v$  = 速度係數  
 $\sigma_b$  = 齒輪之容許抗彎強度 (kg/mm<sup>2</sup>)， $b$  = 齒面寬， $m$  = 模數， $y$  = 齒廓係數 (表 2.6)

也可由面壓強度求寬度。

$$F = f_v \bullet K \bullet D_1 \bullet b \bullet \frac{2z_2}{z_1 + z_2} \quad (2.2)$$

$K$  = 接觸面應力係數 (比應力係數)， $D_1$  = 小齒輪節圓直徑， $z_1$  = 小齒

輪齒數， $z_2$ =大齒輪齒數。

根據上述之結果並配合使用狀況及材料等決定最適合之尺寸。

齒數	壓力角 (14.5 度)	壓力角 (20 度)	壓力角 (20 度:短齒)	內齒輪 (正小齒輪)	內齒輪 (內齒輪)
12	0.067	0.078	0.099	0.104	
13	0.071	0.083	0.103	0.104	
14	0.075	0.088	0.108	0.105	
15	0.078	0.092	0.111	0.105	
16	0.081	0.094	0.115	0.106	
17	0.084	0.096	0.117	0.109	
18	0.086	0.098	0.12	0.111	
19	0.088	0.1	0.123	0.114	
20	0.09	0.102	0.125	0.116	
21	0.092	0.104	0.127	0.118	
22	0.093	0.105	0.129	0.119	
24	0.095	0.107	0.132	0.122	
25	0.098	0.11	0.135	0.125	
28	0.1	0.112	0.137	0.127	0.22
30	0.101	0.114	0.139	0.129	0.216
34	0.104	0.118	0.142	0.132	0.21
38	0.106	0.122	0.145	0.135	0.205
43	0.108	0.126	0.147	0.137	0.2
50	0.11	0.13	0.151	0.139	0.195
60	0.113	0.134	0.154	0.142	0.19
75	0.115	0.138	0.158	0.144	0.185
100	0.117	0.142	0.161	0.147	0.18
150	0.119	0.146	0.165	0.149	0.175
300	0.122	0.15	0.17	0.152	0.17
齒條	0.124	0.154	0.175		

表 2.6 正齒輪之齒形廓係數  $y$

## 2-5-5 正齒輪之強度計算<sup>[56-61]</sup>

### (一) 輪齒之抗彎強度

計算齒輪之強度時，考慮齒廓形狀之影響之計算法中，有著名且廣泛採用的路易斯公式(Lewis formula)，因使用方法既容易且易於理解，同時，係數之使用種類較少。亦即以一個之齒頂承受作用於齒輪之旋轉力，係相當於一作用力對齒面寬全寬均勻作用之懸臂梁。

$$F = \sigma_b \cdot b \cdot \pi \cdot m \cdot y \quad (2.3)$$

$\sigma_b$  : 容許抗彎應力,  $m$  : 模數,  $y$  : 齒廓係數

以路易斯齒輪公式再考慮速度係數, 則為 Barth 之計算式, 即成

$$F = f_v \cdot \sigma_b \cdot b \cdot \pi \cdot m \cdot y \quad (2.4)$$

此外, 考慮作用於齒輪之負載狀態(對於負載作用方法之係數), 即動負載係數時, 則如下式

$$F = f_w \cdot f_v \cdot \sigma_b \cdot b \cdot \pi \cdot m \cdot y \quad (2.5)$$

$F$  : 作用於輪齒之切線力(kg)(N)

$f_v$  : 速度係數(如表 2.7)

$f_w$  : 動負載係數(如表 2.8)

$\sigma_b$  : 齒輪之容許抗彎強度(kg/mm<sup>2</sup>)(MPa)(表 2.9)

$b$  : 齒面寬(mm)

$m$  : 模數

$y$  : 齒廓係數(Form Factor)(如表 2.6)

可應用下式求齒輪接觸時, 作用於齒冠之切線力  $F$ 。

$$F = \frac{102 \cdot L \cdot \eta_1}{V} (kg)$$

$$F = \frac{999.6 \cdot L \cdot \eta_1}{V} (N) \quad (2.6)$$

$L$  : 動馬力(kW),  $V$  : 周速度(m/s),  $\eta_1$  : 齒輪之傳動效率。

也可應用下式求抗彎強度。

$$\sigma_b = \frac{P_0}{b \cdot m \cdot \cos \alpha_b} Y \cdot Y_\epsilon \cdot f_s \cdot f_a \cdot f_w \cdot f_m \quad (2.7)$$

$\sigma_b$  : 正齒輪之抗彎應力(kg/cm<sup>2</sup>)

$P_0$  : 接觸節圓之切線力 =  $P_n \cdot \cos \alpha_0$

(實際上也可用  $P_0 = \frac{\text{旋轉力矩}}{\text{節圓半徑}}$ )

$\alpha_0$  : 接觸壓力角(在標準齒輪  $\alpha_0 = \alpha_b$ , 及工具壓力角 = 接觸壓力)

角，(工具壓力角  $\alpha_0 = 20^\circ$ )

$$P_n: \text{作用線上之負載} = \frac{\text{旋轉力矩}}{\text{小齒輪之基圓半徑}} = \frac{2M_d}{d_0 \cdot \cos \alpha_0}$$

b : 齒面寬(cm)

m : 模數 (cm) [mm 單位要換算為 cm 單位]

Y : 齒廓係數(表 2.10)

$Y_\epsilon$  : 接觸率係數：齒輪誤差大時，難求兩對輪齒之載重分坦，因此  $Y_\epsilon = 1$ 。

$K_s$  : 疲勞強度減低因數。內圓角曲線部分之圓角半徑在 0.2m 以上時， $f_s = 1$ 。

$K_A$  : 衝擊係數。(表 2.11)

$K_D$  : 動負載係數

$f_m$  : 輪齒(接觸)係數 1~2，一般齒輪採用 1.2。

齒輪種類	齒輪周速度 V(m/s)	速度係數 $f_v$ 之式	用途
普通齒輪	0.5~10(低速)	$f_v = \frac{3.05}{3.05 + V}$	吊車、絞車等
精密齒輪	6~20(中速)	$f_v = \frac{6.1}{6.1 + V}$	馬達等一般機械
高精密齒輪	20~50(高速)	$f_v = \frac{5.5}{5.5 + \sqrt{V}}$	輪機等高速高精密 機械

表 2.7 速度係數  $f_v$  之計算

負載狀態	$f_w$
靜負載	0.80
有變動的負載	0.74
有衝擊的負載	0.67

表 2.8 動負載係數  $f_w$

JIS 記號	材料	抗拉強度 (kg/mm <sup>2</sup> )	勃式硬度	容許複變抗彎應力 (kg/mm <sup>2</sup> )
FC15	鑄鐵	15	160	7
FC20	鑄鐵	20	180	9
FC25	鑄鐵	25	240	11
FC30	鑄鐵	30	240	13
SC42	鑄鋼	42	140	12
SC46	鑄鋼	46	160	19
SC49	鑄鋼	49	190	20
S25C	機械構造用碳鋼	45	183	21
S35C	機械構造用碳鋼	52	207	26
S45C	機械構造用碳鋼	58	229	30
S15CK	表面硬化鋼	50	400	30
SNC21	表面硬化鋼	80	600	40
SNC22	表面硬化鋼	980	600	55

表 2.9 齒輪之容許抗彎強度  $\sigma_b$

齒數	齒廓係數	齒數	尺廓係數
17	2.79	25	2.48
18	2.7	30	2.4
19	2.68	35	2.32
20	2.65	40	2.25
21	2.6	50	2.2
22	2.57	75	2.13
23	2.5	100 以上	2.05

表 2.10 齒廓係數 Y

衝擊	從動機械	驅動原動機	
		電動機	輪機、多缸引擎
小	發電機、離心鼓風機、壓縮機	1.0	1.25
中	車床、起重機、攪拌機	1.25	1.5
大	鍛造機	1.75	2.0

表 2.11 衝擊係數  $K_A$

## (二) 面壓強度

齒輪壽命長短，常受抗彎強度及輪齒磨損之影響，特別在齒輪減速機，齒輪旋轉時在相接觸之齒面，因有反覆接觸應力之作用發生磨損、疲勞及點蝕(Pitching)現象，因此由面壓強度計算齒輪為一重要事項。設計時一定要將作用於齒面之應力設計在所定材料之容許值以內。一般採用一組齒輪之接觸，可看作二個平行圓柱體之接觸，此為赫茲接觸(Heriziam contact)之應力論，可應用下式求節圓周上之力F。

$$F = f_v \cdot k \cdot D_0 \cdot b \cdot \frac{2z_2}{z_1 + z_2} \quad (2.8)$$

F：作用於輪齒之接觸力(kg), [N]

$f_v$ ：速度係數(表 2.7)

$D_0$ ：節圓直徑(mm)

$z_1$ ：小齒輪齒數

$z_2$ ：大齒輪齒數

k：接觸面應力係數(比應力係數，表 2.12)

此外，也可用下式求面壓強度。

$$\sigma_h = \sqrt{K} \cdot Z_h \cdot Z_E \cdot \sqrt{f_a} \cdot \sqrt{f_w} \cdot \sqrt{f_m} \quad (2.9)$$

$$K = \frac{P_0}{b \cdot d_0} \cdot \frac{i \pm 1}{i}$$

K：齒輪耐磨係數(表 2.13)

$$P_0 = P_n \cdot \cos \alpha_0 P_0$$

b=齒面寬(cm)

i=齒輪比，外齒輪時為正(+)，內齒輪時為負(-)。

一對齒輪之彈性模數及蒲氏比之係數 =

$$Z_H = \sqrt{0.35 \cdot \frac{E_1 \cdot E_2}{E_1 + E_2}} = \sqrt{0.35 \cdot \frac{E^2}{2E}}$$

$K_A$ ：衝擊係數(表 2.11)



KM：輪齒接觸係數 1-2，一般採用 1.2。

K<sub>0</sub>：動負載係數

小齒輪齒輪材料 (硬度 HB)	大齒輪齒輪材 料(硬度 HB)	容許壓應力 (kg/mm <sup>2</sup> )	比應力係數 K (壓力角 14.5 度)	比應力係數 (壓力角 20 度)
鋼(150)	鋼(150)	35	0.02	0.027
鋼(200)	鋼(150)	42	0.029	0.039
鋼(250)	鋼(150)	49	0.04	0.053
鋼(200)	鋼(200)	49	0.04	0.053
鋼(250)	鋼(200)	56	0.052	0.069
鋼(300)	鋼(200)	63	0.066	0.086
鋼(250)	鋼(250)	63	0.066	0.086
鋼(300)	鋼(250)	70	0.081	0.107
鋼(350)	鋼(250)	77	0.098	0.13
鋼(300)	鋼(300)	77	0.098	0.13
鋼(350)	鋼(300)	84	0.116	0.154
鋼(400)	鋼(300)	88	0.127	0.168
鋼(350)	鋼(350)	91	0.137	0.182
鋼(400)	鋼(350)	99	0.159	0.21
鋼(500)	鋼(350)	102	0.17	0.226
鋼(400)	鋼(400)	120	0.234	0.311
鋼(500)	鋼(400)	123	0.248	0.329
鋼(600)	鋼(400)	127	0.262	0.348
鋼(500)	鋼(500)	134	0.293	0.389
鋼(600)	鋼(600)	162	0.43	0.569
鋼(150)	鑄鐵	35	0.003	0.039
鋼(200)	鑄鐵	49	0.059	0.079
鋼(250)	鑄鐵	63	0.098	0.13
鋼(300)	鑄鐵	65	0.105	0.139
鋼(150)	磷青銅	35	0.031	0.041
鋼(200)	磷青銅	49	0.062	0.082
鋼(250)	磷青銅	60	0.902	0.135
鑄鐵	鑄鐵	63	0.132	0.188
鎳鑄鐵	鎳鑄鐵	65	0.14	0.186
鎳鑄鐵	磷青銅	58	0.116	0.155

表 2.12 接觸面應力係數與比應力係數 k

小齒輪材料(HB)	大齒輪材料(HB)	容許接觸應力 Sb(kg/mm <sup>2</sup> )	耐磨係數 k (kgf/mm <sup>2</sup> ) 壓力角 14.5 度	耐磨係數 k (kgf/mm <sup>2</sup> ) 壓力角 20 度
鋼 150	鋼 150	35	0.02	0.027
鋼 200	鋼 150	42	0.029	0.039
鋼 250	鋼 150	49	0.04	0.053
鋼 200	鋼 200	49	0.04	0.053
鋼 250	鋼 200	56	0.052	0.069
鋼 300	鋼 200	63	0.066	0.086
鋼 250	鋼 250	63	0.066	0.086
鋼 300	鋼 250	70	0.081	0.107
鋼 350	鋼 250	77	0.098	0.13
鋼 300	鋼 300	77	0.098	0.13
鋼 350	鋼 300	84	0.116	0.154
鋼 400	鋼 350	88	0.127	0.169
鋼 350	鋼 350	91	0.137	0.181
鋼 400	鋼 400	98	0.158	0.21
鋼 400	鋼 350	105	0.182	0.241
鋼 450	鋼 400	102	0.171	0.227
鋼 500	鋼 400	109	0.196	0.26
鋼 600	鋼 400	113	0.211	0.279
鋼 450	鋼 450	120	0.237	0.314
鋼 600	鋼 450	123	0.249	0.331
鋼 500	鋼 500	134	0.296	0.392
鋼 550	鋼 550	148	0.361	0.479
鋼 600	鋼 600	162	0.433	0.574
鋼 150	鑄鐵	35	0.02	0.027
鋼 200<	鑄鐵	49	0.04	0.053
鋼 150	磷青銅	35	0.02	0.027
鋼 200	磷青銅	46	0.035	0.046
鋼 200<	磷青銅	58	0.056	0.074
鑄鐵	鑄鐵	56	0.052	0.069

表 2.13 齒輪耐磨係數 K

### 2-5-6 齒輪各部之尺寸<sup>[56-61]</sup>

構成齒輪之主要部分為輪緣(Rim)，輪轂(Boss)，輪輻(Arm)。小齒輪用如圖 2.6 所示，將齒輪全體製成為和齒寬同厚度之圓筒形齒輪。中間尺寸齒輪如圖 2.7 所示，輪緣和輪轂以一圓板連結之構造。大尺寸之

齒輪如圖 2.8 所示輪緣和輪轂以不同剖面之輪輻連結之構造。輪輻之剖面形狀如圖 2.9 所示。

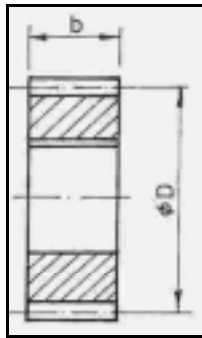


圖 2.6 小齒輪之形狀

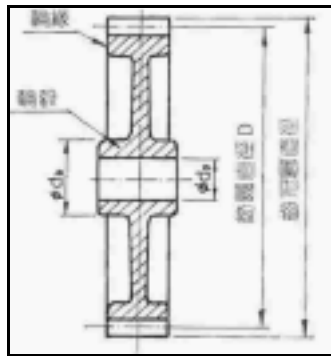


圖 2.7 中齒輪之形狀

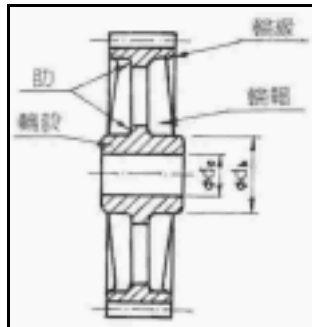


圖 2.8 大齒輪之形狀

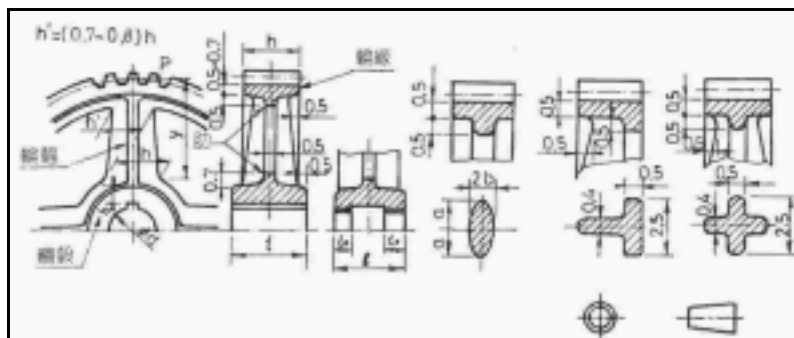


圖 2.9 鑄造齒輪之各部尺寸比率

### (一) 小齒輪尺寸

如前述齒輪全體製成和齒面寬同樣厚度之形狀時，各部分尺寸如下。

齒冠圓直徑  $D=(Z+2)m$

鍵槽底與齒根間之厚度：

鑄鐵時  $S \geq 0.9P(\text{mm})$

鋼時  $S \geq 0.7P(\text{mm})$   $P(\text{周界}) = \pi m$

齒根部與軸孔之距離：

鋼，鑄鋼時  $\delta = 0.3(d+10)(\text{mm})$

鑄鐵時  $\delta = 0.4(d+10)(\text{mm})$

全齒高  $h=2m+0.25m$ ：

可用下式檢討齒根和軸孔之距離。

$$\delta = \frac{\text{齒輪外徑}(D) - \text{軸徑}(d) - 2(\text{全齒高 } h)}{2}$$

### (二) 大齒輪尺寸

1. 輪緣之厚度  $a=(0.5\sim 0.6)t_0$ ， $t_0$ =基圓節徑(周節) =  $m$

2. 輪輻尺寸。

a. 橢圓之剖面時其剖面之比例定為 1 : 2。依彎曲矩計算其強度。

$$\text{彎曲矩 } M = F \cdot R = \frac{n}{4} \cdot \sigma_{wb} \cdot Z$$

F：齒輪節圓上之傳動力(kg) · [N]

R：齒輪節圓半徑

n：輪輻數量

$\sigma_{wb}$ ：齒輪材料之覆變彎曲疲勞強度(kg/mm<sup>2</sup>)

Z：輪輻之剖面模數(mm<sup>3</sup>) =  $\frac{0.5 \times h_3}{10}$

輪緣端之尺寸比輪轂端之尺寸為小時，其比例如下。

$$h_1 = (0.7 \sim 0.8)h$$

b. 輪輻之剖面呈 T 字形時，其剖面模數  $Z = \frac{th^2}{6}$

t : 輪輻厚度 =  $\frac{h^3}{5}$  時 :

$$M = R \cdot F = \frac{n}{4} \cdot \sigma_{wb} \cdot Z = \frac{n}{4} \cdot \sigma_{wb} \cdot \frac{h^3}{30}$$

輪輻高度  $h' = 0.75h$

### 3. 輪轂外徑

$D = 1.6d \sim 1.8d$  (鑄鋼)

$D = 2d$  (鑄鐵)

可參考表 2.14 所示，決定輪輻數。

齒數(z)	輪輻數(n)
60 以下	4
61~80	5
81~130	6

節圓直徑( $d_0$ )	輪輻數(n)
$d_0 \leq 500$	4~5
$500 < d_0 < 1500$	6
$1500 < d_0 < 2400$	8
$d_0 > 2400$	10~12

表 2.14 齒輪輪輻數

## 2-6 使用者介面與應用程式整合

如前所述，本系統分為自動設計與 3D 自動繪圖兩部分以及整合此兩部分作為發展基礎。在自動設計部分將以 Access 建立的 MDB(Microsoft DataBase)資料庫格式，與 VB 內建的 Jet 資料庫搭配。而在 3D 自動繪圖部分則導入了 Solid Edge 客戶化的新方法：ActiveX Automation。ActiveX Automation 是新版的 OLE Automation 程式介面，所謂 OLE Automation 是指一個應用程式與應用程式之間的溝通式連繫介面，而其整體三方之間關係如圖 2.10 所示。

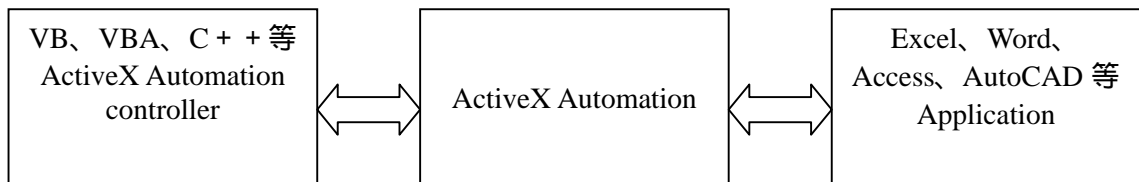


圖 2.10 OLE Automation 與應用程式間的關係圖

ActiveX Automation 允許與應用程式無關的巨集，使用通用的腳本式語言(例如 Visual Basic)設計一個或多個應用程式。結合 ActiveX Automation 服務的軟體元件，透過能夠在使用者定義程序內功能的腳本式工具標準介面揭露它們的功能。透過 Automation 揭露功能的軟體元素稱為 Automation 物件(Objects)，啟動或使用該功能的腳本或應用程式則稱為 Automation 控制員(Controllers)。

Word、Excel、Access 等 Microsoft Office 的應用程式系統都支援 ActiveX Automation，而依據 Microsoft 的軟體程式發展標準 Component Object Model (COM)<sup>[62]</sup>，這些應用程式系統為了讓 ActiveX Automation Controller 經由 ActiveX Automation 介面來與之溝通，因此都會明文揭示其系統功能對應的類別繼承關係(Class Hierarchy)，而這就是所謂的應用程式物件模型。Solid edge 的物件模型如圖 2.11 所示<sup>[63]</sup>。

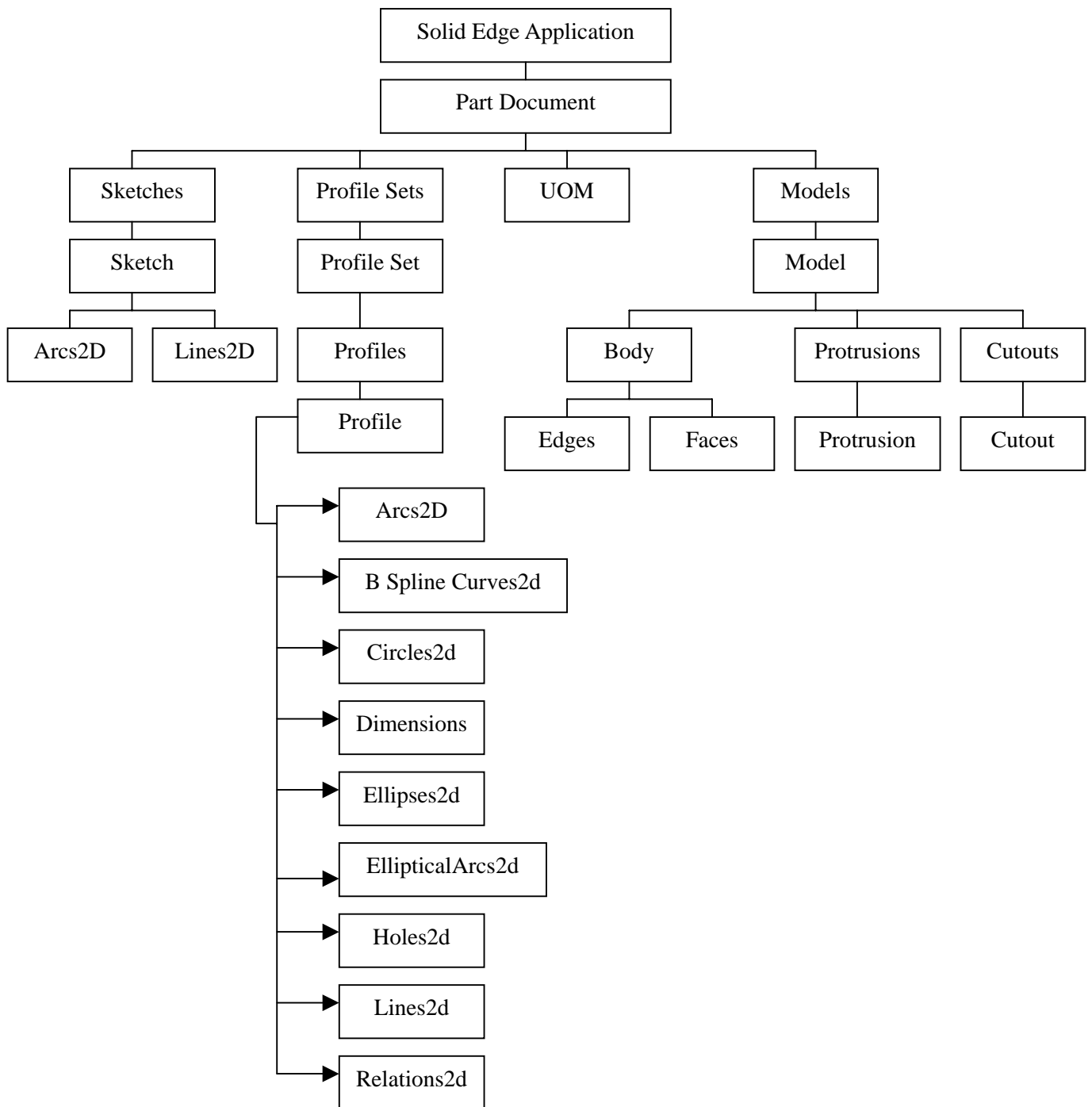


圖 2.11 Solid part 的物件階層(部分) <sup>[63]</sup>

類型程式庫 (type library) 描述 Automation 物件所揭露的性質與方式，並有效地在 Automation 物件與 Automation 控制員之間提供橋樑。

為使軟體程式能達成更自動之物件化功能，除了解其揭示之物件模型外，個別物件在類型程式庫內有對應之屬性、方法及事件<sup>[64]</sup>。

Microsoft Visual Basic(VB)是 Microsoft Windows 環境最著名的 ActiveX Automation 控制員，Visual Basic 現在可以提供獨立的發展環境，來發展 Solid Edge 的應用程式。與 Visual Basic 整合的程度提高，可以減少 Windows 桌上應用程式之間的時間隙，並使它們整合成為一個完整的工作與設計環境。本研究利用 Solid Edge 提供的 ActiveX Automation 技術，透過 VB 控制員，在機械元件繪圖模式下，啟動 Solid Edge Part 繪圖模組。ActiveX Automation 技術的利用，讓 Visual Basic 整合不同應用程式軟體，將原本殊異的使用介面，轉換成提供單純的介面。使用者不需要熟悉每一種應用程式軟體的使用，藉由 VB 將軟體資源整合再生，仍舊可以達成需求的目標。



