

由產品特徵參數化推演複合衝壓模設計

劉大銘

大葉大學機械工程學系
彰化縣大村山腳路 112 號

摘 要

衝壓模設計自動化是本文主旨，系統使用者輸入欲製作產品圖形之特徵參數，即可由電腦依據系統建立的知識庫及分析法則來自動的計算、運作，告知使用者此項設計是否可運用本系統來做模具之設計。若分析為可行，則電腦可立即推演工程師設計步驟及考慮因素，最後能快速設計與繪出所有組配零件之規格。

關鍵詞：知識庫，專家系統，b-rep 實體模型

Parametric Compound Mold Design Based on Product Features

TA-MING LIU

*Department of Mechanical Engineering, Da-Yeh University
112, Shan-Jeau Rd., Da-Tsuen, Chang-Hwa, Taiwan*

ABSTRACT

The automation of the design for a press die is the main focus of this research. The system process begins as the user inputs the desired parameters characteristic of the product to be made. Then the system follows the established logical steps where by the knowledge-based and analytical rules respond via man-machine interface. The present mold design system for compound blanking and drawing can simulate the engineering design process and output a drawing for the design of a mold component.

Key Words : knowledge-based, expert system, b-rep solid model



一、緒論

目前市面上很多的 CAD/CAM 套裝軟體，都標榜可以增進設計之效率，例如：將各常用零件建立零件圖形庫，由使用者依需要擷取其圖形，達到快速繪圖之目的，雖然其的確可以增進繪圖速度，然而有很重要的一點，其卻是無法達到真正的自動設計功能，一個缺少自動設計的工具，就好像人少了一隻腳般，總是有著些許不便。所以如何以產品之外觀特徵參數自動設計衝壓模具，並結合二維轉三維之圖形辨識系統將模具以實體圖之模式繪出，並於電腦試模，便是本研究所要探討與應用的範圍。

在國內的研究上有 [9] 應用特徵辨識理論應用於射出模具的上下模設計上，然而也僅限於這上下模的主形狀上，對於其他相關之零件之裝配結合性上，並未探討，因為一整付模具總不可能由兩個零件便能完成生產，必定結合了其他零件如：螺栓，定位銷以及模座等等。在 [8] 冷擠伸取面模具之電腦輔助設計與製造整合系統中，其對材料的塑性流動作了分析，設計出模具之幾何外型，並轉換成 CAM 加工碼，然而如上般，只完成單一零件之設計，且又缺乏考慮擠伸加工時上下模間所需之配合度問題，因為當胚料厚度不同時，其會對上下模間造成了不同之額外補正量，方能達到要求之加工需求。

另外，在 [3] CAD/CAM 於複合衝壓模上的應用中，其對胚料的材質與特性做了分析、與計算，求得了複合模上之設計參數，然其對於各組件間之裝配，與規格尺寸，只完成參數化繪圖部分，對於實際設計上還是須仰賴人工進行設計與輸入，所以本研究便是要對其缺少之部分做一加強，使其能真正達到由電腦依據人工思維推演出整個模具系統設計之目標。

模具的種類繁多，非是寥寥數人可於一年半載間便可使其達到電腦化自動設計之目的，故本研究預定以複合模一下料、引伸模作為初步之設計研究，所取產品為盤碟型類產品，作為研究主題。對於引伸率較低之複合模設計，下料、引伸於一道加工次數下完成加工，減少了多次加工少造成的生產成本，以及加工上之精確度，對於引伸率較高之複合模設計，本系統亦可進行多到次之複合模設計，所以可達到精密模具自動化設計之要求，大大的減少人員的浪費。

二、研究方法

本研究的步驟主要可分為兩個方面同時進行，參數化資料庫與分析法則的建立及相關程式的開發設計，大致流程如下述：

(一) 參數化資料庫與分析法則

主要的參數化資料庫可分為以下幾個部分：

1. 各種常用沖床的加工特性如：最高衝程，平台寬，最大衝壓力等。
2. 參數化通用零件如：常用定位銷規格，螺栓尺寸規格與其剪斷荷重等。
3. 胚料材適用性質如：抗剪應力，適正引伸率，抗拉強度及各種所需性質。
4. 模具材料規格：形式，適用範圍等。
5. 分析資料庫：設計作業與裝配上所需的參考係數，如剪刀刃與衝磨之間隙，模具最小厚度，螺栓與定位銷之間距最小或最大值等等。
6. 本系統所用零件之型態以及各零組件間相互關連配合性。
7. 可擴充，修改參數、規格之人機介面。

對第 2 及第 5 點中所列之參數主要參考 [1, 6, 7]，來定義出數值以為設計之依據。對於第 6 點中所言以圖 1 所示之圓形淺盤產品圖簡單評估可能之沖壓模具，如圖 2 所示，然後以產品圖中之特徵參數建立相關模具工件之參數（如表 1 所示）以利設計程式之設計。

(二) 程式開發設計

程式的部分又可分為下列幾個部分，分別為：圖形轉換擷取系統、零件設計規劃系統及參數化繪圖系統。對於整個系統運作情形如圖 3 所示。

在傳統複合模具上設計的依據主要為成形品之外觀，然後依此特徵，決定其他模具零件之規格尺寸，其中這些尺寸的計算則經工程師依其經驗來設計這些零件，再經由工程師



圖 1. 圓形淺盤示意圖



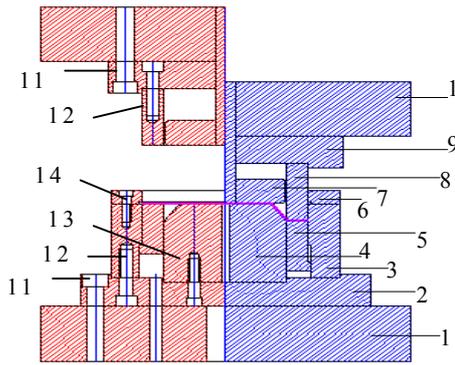


圖 2. 複合衝模組合圖及零件位置

表 1. 圓形淺盤外觀參數與模具中各工件關聯參數分析表

參數名稱	d1	d2	d3	s	at1
件號 3 之螺絲距離 GW1		●			
件號 3 之小徑 GW2	●				
件號 3 之外徑 (GW3、GW4)		●			
件號 3 之倒角 (GR1、GR2)					●
件號 3 之高 (GH1)	●	●	●	●	●
件號 5 之外徑 (BW1、BW2)	●	●	●	●	
件號 5 之內徑 (BW3)		●			
件號 5 之高 (BH1)	●	●	●	●	●
件號 3 之外徑 CW1	●	●	●	●	
件號 3 之內徑 (CW2、CW3、CWS)	●	●	●	●	
件號 3 之高 Ch1	●	●	●	●	●
件號 3 之高 Ch2	●	●		●	
件號 3 之外徑 (EW1、EW2、EW3、EW4)	●	●	●	●	
件號 2 之外徑 (EW7)		●			
件號 8 之外徑 (IW1)	●	●	●	●	
件號 8 之螺絲距離 (IW@)	●	●	●	●	
件號 8 之內徑 IW3		●			
件號 8 之高 lh1	●	●	●	●	●
件號 9 之外徑 (DW1、DW2、DW3、DW4)	●	●	●	●	
件號 6 之外徑 FW1	●	●	●	●	
件號 6 之內徑 FW2	●	●	●	●	●

●：代表有關聯，及當工件參數大小改變時，模具參數設計程式需相對應改變之參數

本身或繪圖員繪出其個別元件尺寸，然後發包施工、試模，然在這段期間對於人員的應用並不經濟，或會造成溝通上的誤差，所以本研究主要步驟即推仿工程師之作業流程，將計算、設計步驟交由電腦進行運算，及決定其可行性對於其運算流程預定如下：

1. 圖形擷取系統：

首先定義適合在本系統加工之整個模具所需零件總類（如圖 2 及表 2），再由成形品預設之成形品形狀藉由參數的給定，其數據如：板厚，上下輪廓面外型，尺寸等，由此

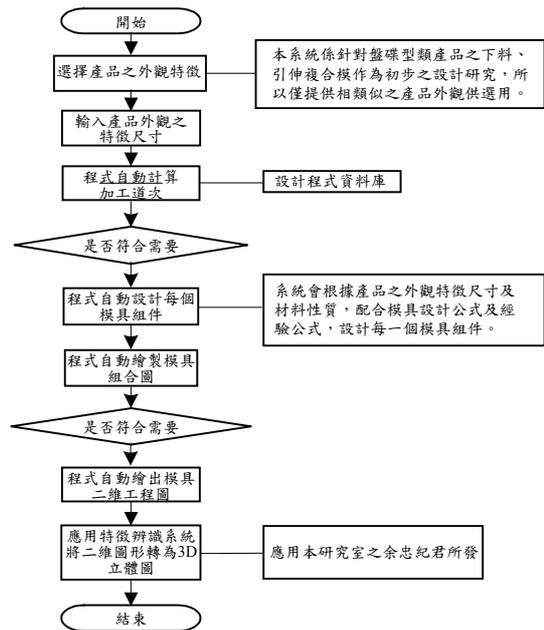


圖 3. 系統流程圖

表 2. 模具主要零件一覽表

件號	名稱	數量	材料	備註
1	下模座	1	S45C	20#
2	下壓力板	1	SK4	
3	下剪模	1	SK2	
4	下模仁	1	SKD11	
5	迫緊環	1	SK2	
6	剝料板	1	SS41	
7	退料板	1	S45C	
8	上剪板	1	SKD11	
9	上壓力板	1	SK4	
10	上模座	1	S45C	20#
11	螺栓	8	S45C	M12
12	螺栓	8	S45C	M10
13	螺栓	8	S45C	M8
14	螺栓	8	S45C	M6

數據對產品所需胚料做計算，算出其所需面積，其計算方式為假設變形前後其總表面積不變，以參考 [7] 中盤型製品為例（如圖 1）：盆圓錐底部直徑 $d_1=75\text{ mm}$ ，盆圓錐頂部直徑 $d_2=100\text{ mm}$ ，盆圓錐垂直高度 $h=25\text{ mm}$ ，外緣長度 $a=12\text{ mm}$ ，若略去倒角，盆圓錐斜面長 $S=h/\cos 30^\circ =28.87\text{ mm}$ ， $d_3=d_2+2a=124\text{ mm}$ ，則製品展開直徑 D ，依公式 (1)：



$$D = \sqrt{d_1^2 + 2S(d_1 + d_2) + (d_3^2 + d_2^2)} \quad (1)$$

可計算得 $D = 145.28 \text{ mm}$ ，在加上弧長，以及由資料庫內擷取所需之整緣欲度可知須加大 15 mm ，所以算得實際衝裁加工所需圓直徑為 161 mm 。其次為計算料件之剪縮率 (reduction ration)，其乃引伸加工困難度的一種表示法。依據公式 (2)：

$$n = \frac{(D - d_{aj})}{D} \quad (2)$$

式中 d_{aj} 為平均直徑，等於圓錐盆上部與下部圓直徑的平均值， n 表減縮率，計算出 n 值後比對資料庫中對於 n 值的可接受範圍，若不可接受表示無法做一次引伸完工，須修改設計，若可則進行下一步驟，計算引伸壓力，引伸壓力的計算 P_{MAX} 的計算可依公式 (3)：

$$P_{MAX} = \pi d t n \sigma_u \quad (3)$$

式中： σ_u 為材料之抗拉強度， Kg/mm^2 ， d 為平均直徑， n 為引伸因素， t 為厚度 mm 。當計算出壓力後即可初步決定加工之可能性，若可則可由資料庫決定適用機台，及其相關機台特性，以利於往下作業。

2. 零件設計系統：

在進行設計時首先要做的是選取設計基準配合點，在本研究上是採用假想各組件之圓心軸為設計上的配合依據，其原因為此複合模之組件形狀幾乎皆為圓柱面、或圓階面，且各組件間斷面皆為同圓心，所以由圓心軸往外擴展不會產生組件相互結合時，配合誤差放大之情形產生。

當決定完加工胚料所需相關規格後便有了足夠參數可依其規格進行模具的尺寸設計規劃，首先決定衝裁胚料相關零件，如圖 2 中之上剪刀 (6)，下剪模 (4) 與下壓迫環 (5)，下模仁 (9) 之外部尺寸，其中必須擷取含入資料庫中對其相關定義衝剪下料時剪刀與剪模對應之間隙值，如此方是正確的內外徑模具尺寸，然因厚度還未定，所以須先從資料庫內計算取得可接受之下壓迫環厚度，當決定完組件 (5) 的厚度時，再計算取得下模仁之最小厚度與及預留往後之修模厚度再加上下壓迫環行程，即可得到實際所需之下模仁厚度，再因其與下剪模對應關係可得下剪模厚度，如此即完成 (零件 3、4、5) 之所有外部尺寸，可以繼續往下。在零件

8 與上退料板 (7) 之厚度因與 (零件 4、5) 呈互動對應關係，故依此原理可決定其所有外觀尺寸。現在剩下未決定之零件上下壓力板，上下模座，同樣的可經由資料庫擷取相關條件與各零件互動相對關係，決定出尺寸。

當決定完所有模具的外部尺寸後，接下來的便是做各零件間裝配上所需的挖孔，以及接合零件 (螺栓，定位銷) 的尺寸決定。

首先對分別對各零件計算其所需之螺栓與定位銷之尺寸，其規格決定可依資料庫內建立之規格表找尋相關適合尺寸，作為設計依據。

對於因裝配所需達到之準確定位與緊固，故最少須有兩個定位銷，以及兩個螺栓，方能達到其效果，若是下模仁不能同時容納這四個零件，則最少須有一根螺栓做緊固工作，其原因為下模仁已與下壓力板做緊配合鑲入，其已具一定定位效果。

當決定完螺栓，定位銷規格後，即可由設計系統對每一零件進行挖孔位置的決定，本研究的預定設計為採圓之四分點作為設計之初始規劃且定位銷與螺栓各為對角關係，來進行分析檢測是否有足夠強度，若不足則增加螺栓數，由此規劃來決定須挖孔的所有位置，以及相對應裝配位置之挖孔，例如組件 8 與 9 便具有裝配關係存在，所以須確保其一致性。

經由上述流程步驟對於整個模具零組件算是完成，呼叫參數繪圖系統一經過電腦運算之各零組件之參數做圖形的繪出，及相關的尺寸展示，以供工程師做最後之確認，即可同時多零件進行加工。

對於上述過程，共包含了下列數個系統，圖形轉換系統，零件設計系統、參數化繪圖系統，資料庫及分析系統，使成為一完整之複合模具電腦輔助設計系統，而在其中最具困難度的為其分析系統，因為在分析上很難定義出一個具最佳化與唯一性之標準，而若是採用市面上套裝軟體如 ANSYS 等，對其作分析則可能造成時間的拖長無法顯現其時效性，或是無法作分析的困境，例如做胚料剪斷時，上剪模與下剪模其如何定義出間隙值，將會是一大難題，故本研究採用的方式為以業界上較能認可之經驗法則和參考衝壓加工便覽來進行分析之研究，或者是由設計者自行依資料庫所提供之擴充功能，輸入其經驗法則，以補系統之不足。

在研究整個流程上對各子系統採同時進行方式來作業，其中在模具零組件設計系統上，最初採理想化設計方式



即不考慮各組件之補正量，各組間為完全配合，待資料庫系統建立大部分參數時，再行引入設計變量，如此可避免研究流程之互動關係而造成時效之拖延。

以上所述之系統由物件導向之 Borland C++ Builder 和 AutoCAD R14 所提供之設計語言如：(AutoLISP, ARX) 來做程式之撰寫以及執行，其作業硬體為 PC 級電腦，作業系統為 WINDOWS 95/98 以及 WINDOWS NT，使期能符合目前國內企業一般需求，避免因缺乏工作站級電腦而無法運作情形。

三、模具組件設計

在進行設計過程時，首要做的是選取設計基準配合點，本文所述之複合衝壓模為圖 1 所示，是採用假想各組件之圓心軸為設計上的配合依據，其原因是因為此複合衝壓模之組件形狀幾乎皆為圓柱面或圓階面，且各組件間斷面皆為同心圓，所以由圓心軸往外擴展設計各組件時，不會產生組件相互結合時配合誤差放大之情形產生。

在整個參數設計的過程，模具零組件的大小變化都源於沖製品外形特徵值的變化。本文所述之圓形淺盤（如圖 1 所示），圖中所標註的外形特徵參數 d_1 、 d_2 、 d_3 及 S 將是主導整個模具變化的關鍵。接下來將就各零組件間及零組件與圓形淺盤的關聯性做一敘述（如表 1 所示）。至於所有衝壓模具個別組件之設計原則因篇幅關係，在此就不再詳細說明。

四、參數繪圖

經過上述之步驟，此時系統會將以設計完成之衝壓模具零組件圖於 AutoCAD 中出圖繪出（如圖 4 所示），其圖檔是以參數繪圖的觀念來建構。系統最後只需將每一個零組件的每一部位尺寸的值運算出來，再把這些運算值傳送給參數圖檔來讀取，參數圖檔會依據系統所給定的尺寸大小值來建構每一個零組件。系統中建構了此複合模模具的主要零組件（如：上下剪模、上下壓力板、迫緊環、下模仁、KO 板、剝料板及退料板）與所使用螺栓（M6、M8、M10 及 M12）的參數繪圖圖檔。

以往模具設計者，在設計整個模具的過程中，幾乎都是利用手動的方式，將已存在之標準零件圖插入圖面中，對於未標準化之零件則以修改其尺寸大小。通常在設計每一個模具之間，僅有其零組件的數量、尺寸與組裝的差異，故決定

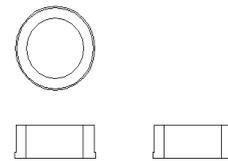


圖 4. 程式自動會出圖形

以參數化的方式來簡化此沖模設計程序。本系統為架構在 AutoCAD 繪圖軟體之下的應用程式，且利用其所提供之功能並配合其限制來開發幾何參數的模型。此參數的最大益處，在於這模組只儲存參數不存圖檔，可大大減少繪圖系統在儲存圖檔所佔的空間，並可降低同架構的圖檔的管理困難度。本系統若結合 2D 工程圖轉換成 3D 實體系統，可使系統不僅可自動繪出 2D 工程圖，並可得到 3D 實體圖，進而在電腦上完成衝壓模具之試模工作。

五、2D 工程圖轉換成 3D 實體系統

依作者 [3] 系統可自動將參數繪出 2D 工程圖轉換成 3D 實體圖，而且因為本轉換系統係針對不特定形狀之所有二維工程圖轉換成 3D 實體圖所開發，因此將研究步驟與理論簡要說明如下。

(一) 重建 3D 直線稜邊 (edges) 與頂點 (vertices)

在以往文獻 [10] 中主要是先做頂點的重建，然後由視圖間之投影關係以及頂點資料來建立 3D 稜邊，然而這可說是不必要的，因為由視圖間之投影關係即可建構出稜邊資料，而稜邊資料中即包含了頂點資料，故於本研究中將直接做稜邊的重建，然後由稜邊建構出頂點資料。

稜邊資料的產生主要是由各視圖間之對應投影關係所產生，而空間上一條直線稜邊於各視圖中之投影關係有如圖 5 所示之數種情形，所以依作者 [2] 的研究可據此投影關係找出一組不會有重複搜尋並且能建立所有可能直線稜邊之搜尋分類。若就其分類來說，則將稜邊的重建過程予以細部區分如下數個部分：

1. 前視圖之水平線與相關視圖的比對可決定出所有由前視圖觀之為水平線之可能 3D 稜邊，以及平行 XY 平面之斜線。
2. 前視圖之之垂直線與相關視圖的比對可決定出所有由前視圖觀之為垂直線之可能 3D 稜邊，以及平行 YZ 平面之



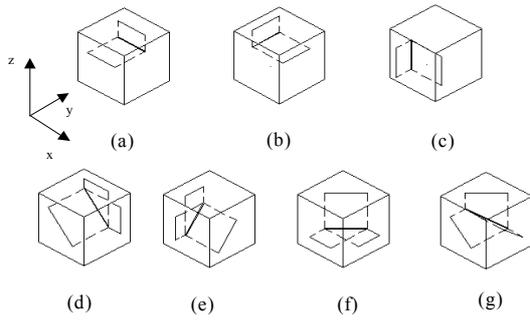


圖 5. 三視圖上直線稜邊投影情形

斜線。

3. 上視圖之垂直線與相關視圖的比對可決定出所有由上視圖觀之為垂直線之可能 3D 稜邊。
4. 前視圖之水平線與相關視圖的比對可決定出所有平行 YZ 平面之斜線。
5. 視圖中斜線與其他視圖之斜線比對可決定出所有不與任何座標軸，座標平面平行之歪斜線。

經由上述分類可重建出所有可能稜邊（如圖 6a），使用的演算程式為 Create FH_TH_TS_Line () 如下所述：

- (1) 由前視圖水平線資料中選取一直線 L1。
- (2) 由上視圖水平線資料中選取一直線 L2。
- (3) 比對 L1, L2 兩線段若兩線段為分離，回步驟 2，反之繼續下一步。
- (4) 比對線 L1、L2 於側視圖之對應投影點是否存在於側視圖的端點串列中，若有則繼續下一步，反之回步驟 2。
- (5) 找出線段 L1、L2 之所有對應包含點並加以排序，然後由所有存在之對應包含點轉換為 3D 座標點並依序的分割產生數個線段，將其加入 3D 稜邊之串列中

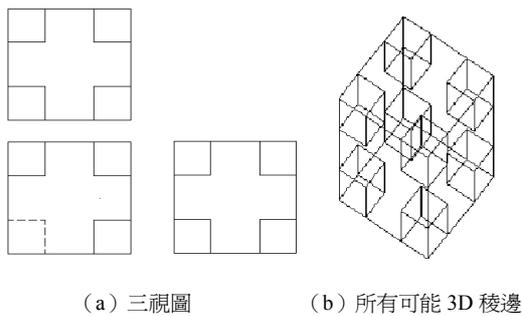


圖 6. 重建後之 3D 稜邊

(gr->edges_list)，並同時記錄此稜邊於對應投影視圖上之線型類別以利於往後之深度資料的應用。最後則將各線段之兩頂點加入頂點串列中 (gr->vet_list) 並累計其頂點之相鄰稜邊數。

- (6) 回步驟 2，直至已無水平線資料時。
- (7) 由上視圖讀取一斜線。
- (8) 同步步驟 3~5。
- (9) 直至已無斜線資料時。
- (10) 回步驟 7。直到已無資料時，回步驟 1。

經由以上流程便可建立出由前視圖觀之為水平線或平行 XY 平面之所有可能的直線稜邊了，然後我們便可再依具相同之投影對應關係原理分別求得其他分類之 3D 稜邊，如此即可建構出所有的可能 3D 稜邊（如圖 6b）。

(二) 三維空間圓的重建

取圖 7a 之上視圖為例：若上視圖中有圓的存在，則對前視與側視所有端點資料做搜尋，若同時在前視圖與側視圖中皆有此一組分別相對應於圓的極限點的端點資料存在，加入此圓於稜邊串列中，並記錄其型態為圓，其中 Z 座標為上視與側視所共同的 Z 座標，然後繼續找尋下一組符合條件之圓，加入稜邊串列中如圖 7a 於前視圖中共有兩組點存在分別為點 (a,b)、(c,d)，而在上視圖中有三組點存在分別為點 (e,f)、(i,j)、(g,h)，而點 (i,j) 在前視圖中並無對應點存在，故捨棄所以只輸出兩個圓稜邊，其高度分別為點 (a,c) 所存在之高度，最後由上而下分別於圓之四個極限點做線段連接並將此四線段加入稜邊串列中，如此即可構成封閉之圓柱（如圖 7b）。同理找出前視圖與側視的圓的空間位置，加入稜邊串列中。

(三) 三維空間圓弧的重建

當建立所有空間線後，最後才做圓弧處理，取上視圖為例，若上視圖有圓弧資料存在，則做射線搜尋頂點串列中之

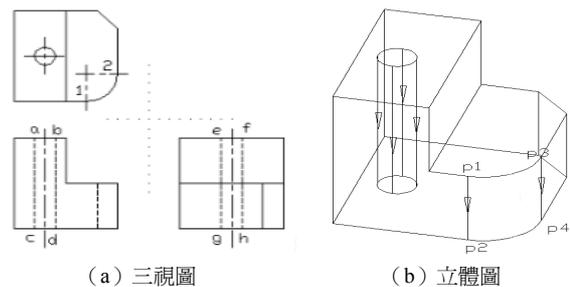


圖 7. 圓與弧產生以及其測邊稜邊



資料，若在某一水平高度中，有兩個頂點分別為圓弧之起始點，與終點，則加入此圓弧於稜邊資料串列中如圖 7 第一組圓弧兩端點為 P1P3，然後找下一組存在之圓弧（兩端點為 P2P4），若有則加入此圓弧於稜邊串列中，同時加入連接此兩圓弧之兩線段（線段 P1P2, P3P4），與頂點於 gr 資料中。即是為以兩圓弧和兩射線構成一封閉曲面（如圖 7b）。然後同理找出前視圖與側視的圓的空間位置與相關資料，加入稜邊、頂點串列中。

（四）稜邊資料整理與初步之消除

經上述流程可建立所有可能之稜邊資料與頂點資料，然而有些資料為錯誤或需修正，由圖 8 可以看出產生很多不應該存在的稜邊，這些多餘資料是由於視圖投影不明確所造成，故在實體限制為 manifold 的實體情況下將經由以下規則來做多餘資料的初步消除 [5]：

1. 頂點 P 只與單一稜邊相鄰，則頂點與此稜邊皆為多餘資料移除之（如圖 9a）。
2. 頂點只與兩或多個以上無不共面稜邊相鄰，則其頂點與所有稜邊皆為多餘資料，移除之（如圖 9b）。
3. 頂點只與兩共線稜邊相鄰則頂點為多餘資料，移除此頂點，並將兩共線稜邊結合成單一稜邊（如圖 9c）。
4. 若頂點之稜邊共有數為三，且其中兩線段具共線關係則移除不具共線關係之線段並結合兩共線線段成單一線段同時移除此共頂點（如圖 9d）。



圖 8. 選擇製品外型對話框

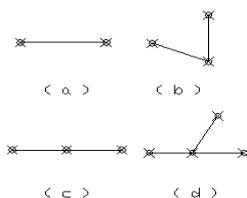


圖 9. 可確認之多餘線段消除

5. 在 3D 稜邊中，若稜邊是在可見面之最上層資料上，且其線類別為虛線，則表其為不存在之線段，移除此稜邊與兩端點。其中所謂最上層資料是為分別平行 XY, XZ, YZ 平面之在視角上第一個接觸面（如圖 10）。

（五）輪廓面建立與多餘資料消除應用『路徑消除法』

於前面所提及之文獻中對於輪廓面的產生主要是搜尋所有並建立所有可能輪廓面，然才進行多於資料的消除；但是若加以深入探討，可以發覺有很多之多餘稜邊資料事實上是可先剔除的，不需等所有輪廓面建立後方能處理。所以在本研究之處理方法上為於輪廓面建立的同時做多餘稜邊之消除，以縮減不必要之搜尋與後續處理，而此方法主要是藉由輪廓面稜邊迴路之串連路徑決定時所何者為該捨棄之多餘稜邊資料，故可稱之為路徑消除法。至於該如何同時做輪廓面建立與找出多餘資料之予以剔除呢？其方法如下：

1. 輪廓面的重建順序予以排序

首先建立所有空間中輪廓線的 XYZ 座標值分存於三座標串列，並依視角前後關係排序（由前至後），例如將 X 座標值由最大值至最小值排列可符合右側視圖之觀測順序，將 Z 座標值由最大值至最小值排列可符合上視圖之觀測順序，將 Y 座標值由最小值至最大值排列可符合前視圖之觀測順序，至於斜面則可由兩線決定一平面方式找出所有可能輪廓面並予以排序，其順序如圖 11 所示。

2. 依序擷取一未處理之可能輪廓面，由步驟 3、4 所述方式進行輪廓面迴路之建立並剔除多餘稜邊（如圖 12），直至所有可能輪廓面皆已處理。

3. 起始稜邊的選定

起始稜邊的選定以稜邊的兩端點之相鄰稜邊數皆為三者為第一優先選擇，如圖 13b 中之稜邊 E_{12} , E_{23} 在端點（1、2、3）上點之相鄰稜邊數皆為三（除了於圖 13b 中所看到的

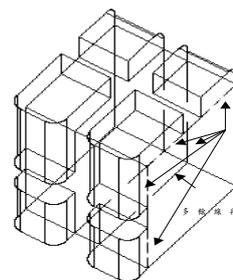


圖 10. 深度資料應用



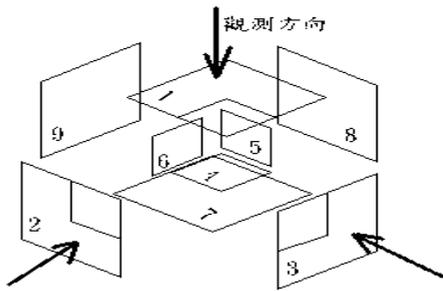


圖 11. 輪廓面搜尋建立順序 (依編號順序)

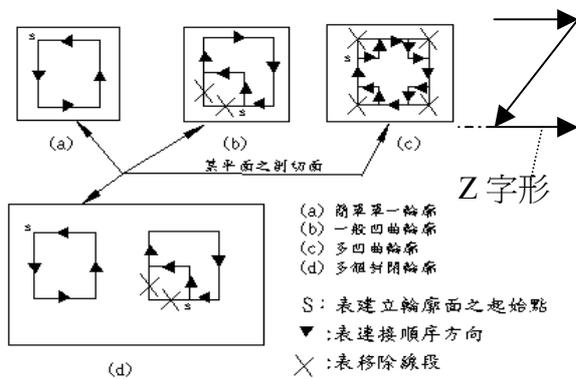


圖 12. 迴路之稜邊串接順序與多餘線段消除

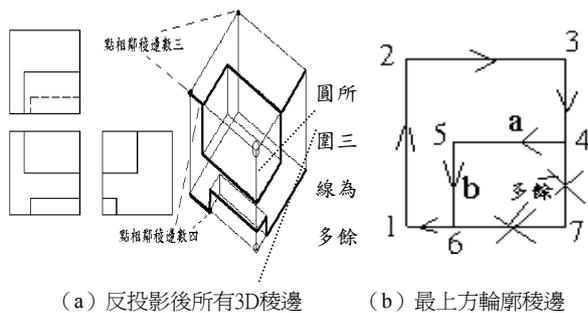


圖 13. 正確輪廓面迴路路徑之簡例以最上方輪廓為例

兩相交線外，還有一表示深度之稜邊，所以相鄰稜邊數為三），若不幸於剖面輪廓上無上述稜邊可供選定時，則以稜邊之尾端點的相鄰稜邊數為三且無共線稜邊者為次一選擇如圖 13b 中之稜邊 E_{65} , E_{45} 其尾端點為頂點 5。（方向無一定限制，但尾端點的相鄰稜邊數必定須為三）。

4. 其他稜邊之選定 (Z 字形法)

經選定起始稜邊後即依頂點順序找尋下一稜邊，若有兩

個以上路徑可供選擇時，則以最順向 (Z 字形法) 方式找最順向之稜邊加入其串接迴路中 (如圖 5, 12)，其他捨棄之稜邊即表示為可能之多餘稜邊。

(六) 資料檢測

當建立完所有輪廓面後，若是還有稜邊與兩個以上之輪廓面相鄰，則表示還有不存在之輪廓面需處理，則再以下述之過濾方法來消除不存在面：

1. 稜邊串列中找出所有稜邊之面的歸屬數為二的面，令其為正確稜邊，所屬面為正確面，將資料抽離原有串列改放入正確稜邊，正確面串列中。
2. 經上述過程，現在資料內剩下不確定邊、面，然後再對每一不確定邊做搜尋，尋找所有不確定面中，有幾個面是含有此稜邊資料的。
3. 若是此邊只有一個不確定面存在，則此不確定面是不存在的，所以可將此面資料移除並更新稜邊資料，將此稜邊加入正確稜邊中。
4. 若是經搜尋後無不確定輪廓面，則表示此稜邊已經處理為正確稜邊了，故修正其資料並加入正確稜邊串列中。
5. 若是搜尋後有兩個以上不確定面存在，則不處理。
6. 反覆步驟 2，直至處理完成。若於步驟 2~6 這稜邊整個搜尋循環中無任何輪廓面、稜邊可修正，則表示消除失敗。
7. 結果顯示消除失敗，則表示可能為具多實體解型態，而本程式主要目的是建立一個唯一解，所以本程式提供一可供人為處理之交談視窗，以圖形方式展現稜邊與面關係，供使用者自行消除多餘面或增加面來做最後處理。

(七) 實體建立

實體的產生主要的依據 Moebius rule 法則 (如圖 14)，與 [10] 所述之重建方式來建立出 B-rep 實體。在其步驟上首先需計算各輪廓面的法線方向，然後據此建構出各個組件，再依輪廓面間包含關係決定各組件型態，並經由尤拉運算 (Euler operators) 作實體資料檢測是否符合其規範，最後組構成一實體 (如圖 15)。

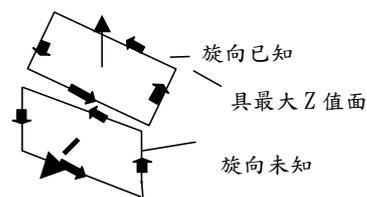


圖 14. Moebius 法則



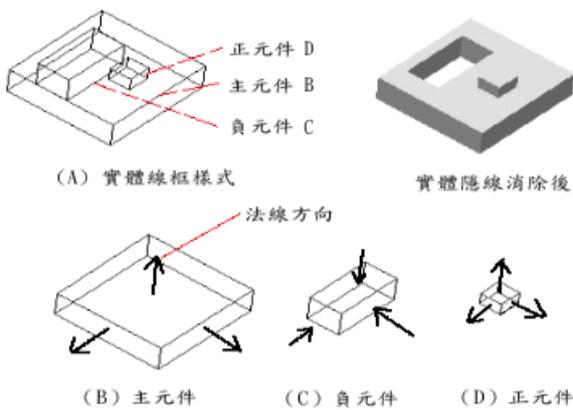


圖 15. 實體中各組件型態

五、系統操作過程

進入本系統之後首先要選擇所要加工類別，是以單一工程、複合工程或連續工程加工，進而選擇製程類別是屬於沖孔或引伸加工，再來選擇衝壓製品類別，選擇完類別完之後再來選擇外型，外型的種類如圖 8 所示，進而進入輸入產品尺寸特徵這部份，在這本系統可以讓使用者直接輸入上一步驟所選擇製品外型選項產品尺寸，並計算所需料片展開直徑及引伸率等如圖 16 所示。到完成第一部份進入第二部份開始計算引伸率、料片材料選擇，本系統建立有材料資料庫供使用者選擇如圖 17 所示，再計算完引伸衝模入口半徑、衝頭肩、剪斷或引伸加工模具所受力之後就進入出圖部份。選擇完所要出圖部份系統自動繪出三視圖如圖 4 所示，再進入二維轉換三維視圖系統轉換成三維視圖如圖 18 所示，到此完成整個系統程序。

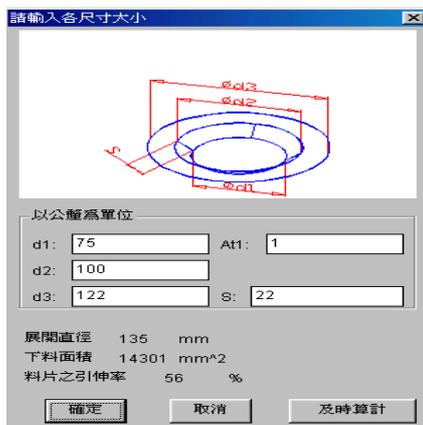


圖 16. 輸入製品幾何參數模組



圖 17. 料片材料的選用

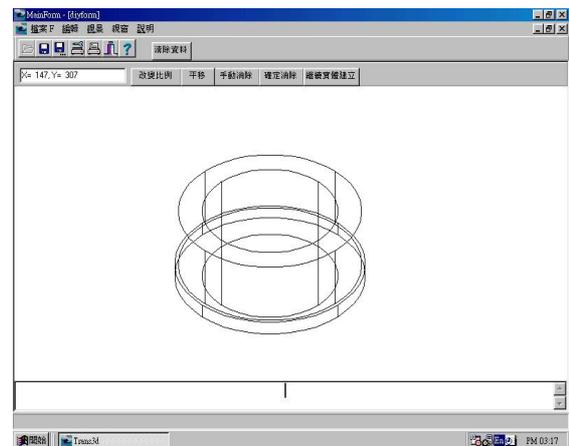


圖 18. 換完成三視圖

六、結論

本研究的主要特性有：

1. 將模具設計所須之相關知識及設計手冊、經驗知識，整合為一知識庫，做為推論與計算的工具。讓系統能快速完整的設計出適當的衝壓模具，可縮短模具的開發時間，提高模具設計產能。
2. 使用中文對話框之人機介面，增加系統之可親性，拉近本系統與使用者的距離。
3. 透過產品特徵參數化及系統的自動繪圖功能，每組產品之模具資料並不需要存模具圖檔，節省儲存空間。
4. 因本系統已將料片材料資料庫與設計程式作了整合，使得使用者可以於設計模具時同時直接瞭解料片材料之特性及成本等材料之特性。料片材料資料庫可直接利用資料庫管理程式來管理，於工商業界的實用價值而言，增加系統的擴展性，節省金錢、時間。
5. 自動設計繪製出模具二維工程視圖，然後可以轉換為 3D 立體圖形，又因為 3D 立體圖形可以直接在電腦上作模具試模之工作，更使模具設計的效率提高。



本電腦輔助機械設計系統構建於 AutoCAD 或 MDT 系統下，對於中小企業而言，可節省設備建立的成本花費，對於類似形狀製品用模具可依系統建構邏輯增建必要之知識庫就能快速自動化的設計衝壓模具，提高設計人員適宜性，達成工商業界需求。

參考文獻

1. 小栗富士雄 (民 83)，標準機械設計圖表便覽，台隆書局，台北。
2. 房福忠、張鍾靈譯 (民 85)，沖模設計基本原理，徐氏基金會，台北。
3. 黃啓祐 (民 89)，衝壓模具之電腦輔助設計研究，大葉大學機械工程學系碩士論文。
4. 劉大銘、楊聰賢、紀明昕 (民 87) CAD/CAM 在複合衝壓模上的應用，中國機械工程學會第十五屆學術研討會，頁 715-720。
5. 劉大銘、余忠記 (民 88)，有序化處理 2D 工程圖轉換成 3D 實體之研究，中國機械工程學會第十六屆學術研討會。
6. 賴子雄、賴子屯、楊義雄編譯 (民 85)，沖壓加工便覽，機械技術雜誌社，台北。
7. 戴宜傑 (民 85)，沖壓加工與沖模設計，新陸書局，台北。
8. Lee, J. Y. (1996) Geometric reasoning for knowledge-based parametric design using graph representation. *Computer Aided Design*, 28, 831-841.
9. Joshi, S. (1988) Graph-based heuristics for recognition of machined features form a 3d solid model. *Computer Aided Design*, 20, 58-66.
10. Timo Laakko (1993) Feature modelling by incremental feature recognition. *Computer Aided Design*, 25, 479-492.

收件：90.01.18 修正：90.05.04 接受：90.05.15

