

國立台灣大學工學院機械工程學研究所

碩士論文

Graduate Institute of Mechanical Engineering

College of Engineering

National Taiwan University

Master Thesis

汽車鈹金模具設計之設計導引

Design Guide for Stamping Die of Automobile Sheet

Metals

陳正富

Cheng-Fu Chen

指導教授：尤春風 博士

Advisor：Chun-Fong You, Ph.D.

中華民國 99 年 7 月

July, 2010

誌謝

回首研究所求學的時光，特別感謝尤春風教授在碩士生活中的指導與照顧，在研究上給予諸多協助，在求學與處事態度方面也令學生獲益良多，讓學生有進一步的成長，在此獻上最真誠的感謝。並感謝口試委員賴景義教授、王世衛博士與盧宜坤副理對本論文提供的意見與指正，讓本文內容更為完整。

接著感謝中鋼、耿鼎、維輪、悅誠與開億公司諸位前輩在模具方面的協助與指導，在程式功能撰寫與使用上提供許多意見，在此獻上最高的謝意。

感謝實體模型系統實驗室甦農、易龍、祐禎、凱威、見宜、俊斌、雲鈞等學長在專業知識與軟體技術上的協助；感謝昆育、振揚、亦蓮、孜佑等同窗好友在學業上相互砥礪；感謝友渝、康豪、育銘、建成、順原、大堃、又璇、孟貞、淑婷等學弟妹平日在實驗室的陪伴與協助。

最後感謝我的家人，感謝你們在生活上的各項照顧與支持，使我順利完成學業。

汽車鈹金模具設計之設計導引

摘要

經驗傳承一直是模具設計的最大問題，主要的原因在於設計流程並未標準化與系統化，因此模具設計能力常掌握在具有經驗的專家身上，有鑑於此，因此本研究的目的在於開發一套汽車鈹金模具的設計系統，主要是透過專家訪談的方式來收集模具設計的知識與規範，並以工作分析的概念將模具設計的流程細分，細分後之設計流程再依重要性與順序性訂立一個標準作業流程，希望藉由標準作業流程(standard operation procedure, SOP)可以將模具設計的概念以系統化呈現方式傳達給設計人員。

本系統建構於 CATIA 平台上，主要是藉由 CATIA 所提供之二次開發的功能建構汽車鈹金模具之設計工具，並以 VB 程式語言建構使用者介面，使用者只需依程式指示依序執行，即可在 CATIA 上完成鈹金模具之設計，且因系統結合參數化設計的概念，因此可以保有設計彈性，可以適用於不同廠商的設計規範，另外，系統化的呈現方式除了可以加速設計人員掌握模具設計的要領之外，還可以增加設計人員除錯的能力，設計人員還可以藉由系統所開發之輔助工具來縮短設計時程。

關鍵字：汽車鈹金模具、二次開發、參數化設計、設計導引

Design Guide for Stamping Die of Automobile Sheet Metals

Chen,Cheng-Fu

Abstract

Experience inheritance has been the major problem in the mould design. The main reason is that the design flow is not standardized and systematized, so the capability of mould design is mastered by some experts with rich experiences. Therefore, this paper proposes to develop a design guided system for mould design of automobile sheet metal. It collected knowledge and operation process of mould design through the interview of experts, and subdivided the mould design processes based on the concept of job analysis into some segments of process. After subdivision the design flow, some standard operation procedures can be established in terms of the importance and sequence order. Therefore the concept of mould design could be more clearly delivered to the designer in the systematic manners by means of standard operation procedures.

The system is based on CATIA platform, which builds the design devices of mould mainly through the functionality of secondary development of CATIA system. In addition, with the assistance of VB programming for constructing the user's interface, the user only fill the necessary information based on the program instructions, and then complete the whole design drawing of sheet metal. The system combines the concept of parameterized design, so the system also maintains design flexibility and capability to fit the different manufacture factories. Furthermore, the systematic visualization mode

could not only assist the designer for fulfilling the key issues of mould design, but also improve the designer capability for detecting the design errors. The design time can be greatly decreased through some auxiliary tools developed by the system.

Key Word : Stamping Die of Automobile Sheet Metals, Secondary Development,
Parameterized Design, Design Guide



目錄

誌謝	I
摘要	II
Abstract.....	III
目錄	V
圖目錄	IX
表目錄	XVII
第一章 緒論	1
1.1 前言	1
1.2 研究背景與動機	2
1.3 文獻回顧	6
1.3.1 參數化設計	6
1.3.2 衝壓模具	7
1.3.3 設計導引	9
1.3.4 二次開發	9
1.4 研究方法	10
1.5 論文架構	11
第二章 汽車鈹金模具設計概述	12
2.1 前言	12
2.2 汽車鈹金逆向開發	12
2.2.1 鈹件逆向 CAD 模型建構	13
2.2.2 模具開發	14

2.2.3 模具加工	19
2.3 CATIA 簡介	19
2.4 Visual Studio 簡介	23
第三章 引伸模具設計	24
3.1 前言	24
3.2 引伸模種類	24
3.3 引伸模具結構介紹	26
3.4 引伸模具設計要素	27
3.4.1 主體結構設計	27
3.4.2 結構庫	30
3.4.3 頂桿孔設定與胚料定位	32
3.5 引伸力量計算	35
第四章 剪切模具設計	38
4.1 前言	38
4.2 剪切模具導引方式與種類	38
4.3 剪切模具設計要素	40
4.3.1 剪切模具主體結構設計	42
4.3.2 刀塊設定	45
4.4 剪切規範與力量計算	50
第五章 凸輪機構模具設計	56
5.1 前言	56
5.2 凸輪機構種類	56
5.3 凸輪機構設計	59
5.3.1 凸輪角度選用	59

5.3.2 作動行程	61
5.3.3 凸輪基本尺寸	63
5.4 加工力量計算	66
第六章 系統說明與模具建構	69
6.1 前言	69
6.2 引伸模具設計	71
6.2.1 引伸模具設計流程	71
6.2.2 引伸模具設計實作討論	89
6.3 剪切模具設計	90
6.3.1 剪切模具設計流程	90
6.3.2 剪切模具設計實作討論	102
6.4 折彎模具設計	103
6.4.1 折彎模具設計流程	103
6.4.2 折彎模具設計實作討論	111
6.5 整型模具設計	112
6.5.1 整型模具設計流程	113
6.5.2 整型模具設計實作討論	119
6.6 設計導引	120
第七章 設計導引	122
7.1 前言	122
7.2 設計導引平台	122
7.3 心智圖	128
第八章 結論與未來展望	129
8.1 結論	129

8.2 未來展望	131
參考文獻	132
附錄 A	134



圖目錄

圖 1.1 引伸工序示意圖	2
圖 1.2 剪切工序示意圖	3
圖 1.3 折彎工序示意圖	3
圖 1.4 整型工序示意圖	4
圖 1.5 國內模具業廠商主要競爭	5
圖 1.6 模具業者希望提升之能力	5
圖 1.7 草圖之參數化設計	6
圖 1.8 自定義特徵	8
圖 1.9 研究流程圖	10
圖 2.1 石膏模製作	13
圖 2.2 鈹件逆向 CAD 模型建構	13
圖 2.3 傳統模面設計	14
圖 2.4 3D 軟體建構之模面	14
圖 2.5 第一工程工法圖	15
圖 2.6 第二工程工法圖	15
圖 2.7 第三工程工法圖	16
圖 2.8 第四工程工法圖	16
圖 2.9 傳統模具設計	17
圖 2.10 3D 實體模具	17
圖 2.11 傳統模具開發流程	18
圖 2.12 數位化模具開發流程	18

圖 2.13 模具加工流程	19
圖 2.14 CATIA 二次開發基本流程	21
圖 2.15 CATIA 實體集合二次開發流程	22
圖 2.16 CATIA 混合元素二次開發流程	22
圖 3.1 導向板型式引伸模 3D 圖	24
圖 3.2 導向板型式引伸模 2D 圖	25
圖 3.3 Heel 導引型式引伸模	25
圖 3.4 引伸模具結構說明	26
圖 3.5 下模中仁規範示意圖	27
圖 3.6 環模規範示意圖	28
圖 3.7 上模規範示意圖	28
圖 3.8 中仁與環模之間隙規範示意圖	28
圖 3.9 大批量生產引伸模具鑄件壁厚示意圖	29
圖 3.10 減重孔規範示意圖	31
圖 3.11 鑄件肋條佈置	32
圖 3.12 頂桿腳設計	32
圖 3.13 頂桿孔佈置	33
圖 3.14 頂桿與頂桿腳接觸位置	34
圖 3.15 環模肋條佈置	34
圖 3.16 定位塊的結構尺寸	35
圖 3.17 衝拉荷重計算示意圖	36
圖 4.1 導柱加導跟導引型式	39
圖 4.2 鐵板式廢料滑槽	39
圖 4.3 鑄件式廢料滑槽	40

圖 4.4 剪切模具結構說明	41
圖 4.5 使用氮氣缸壓料	42
圖 4.6 使用彈簧壓料	43
圖 4.7 葉子鈹壓料板之導板位置	43
圖 4.8 引擎蓋鈹壓料板之導板位置	44
圖 4.9 下模廢料滑槽角度	44
圖 4.10 未將複雜或易磨損部分獨立	45
圖 4.11 將複雜或易磨損部分獨立	45
圖 4.12 刀塊分割不良	46
圖 4.13 刀塊分割與切點位置	46
圖 4.14 小角度刀塊分割	46
圖 4.15 廢料刀設置規範(1)	47
圖 4.16 廢料刀設置規範(2)	47
圖 4.17 長型廢料尺寸	48
圖 4.18 L型廢料尺寸	48
圖 4.19 廢料刀尺寸規範示意圖	48
圖 4.20 葉子鈹廢料刀數量位置	49
圖 4.21 引擎蓋鈹廢料刀數量位置	49
圖 4.22 一般剪切間隙	50
圖 4.23 斜面剪切間隙	51
圖 4.24 剪邊夾角角度規定	51
圖 4.25 垂直正剪最大角度規範示意圖	52
圖 4.26 衝頭直徑與最大傾斜角	53
圖 4.27 波浪剪	55

圖 5.1 懸吊凸輪機構示意圖	56
圖 5.2 非懸吊凸輪機構	57
圖 5.3 上傾式凸輪機構	57
圖 5.4 凸輪機構分類	58
圖 5.5 水平凸輪設計參數	59
圖 5.6 正向凸輪設計參數	60
圖 5.7 反向凸輪設計參數	60
圖 5.8 水平作動示意圖	61
圖 5.9 傾斜作動示意圖	61
圖 5.10 凸輪作動參數圖	62
圖 5.11 凸輪作動圖	62
圖 5.12 凸輪設計參數	63
圖 5.13 滑動件尺寸參數	63
圖 5.14 驅動件個數與寬度參數示意圖	64
圖 5.15 滑動件耐磨板配置	65
圖 5.16 水平凸輪作用力示意圖	66
圖 5.17 下傾凸輪作用力示意圖	66
圖 5.18 上傾凸輪作用力示意圖	67
圖 6.1 模具設計模組選單	69
圖 6.2 模具設計流程	70
圖 6.3 模具工法	70
圖 6.4 引伸模具設計流程	71
圖 6.5 引伸模具設計工具列	72
圖 6.6 結構庫工具列	72

圖 6.7 引伸模具模高配置使用者介面	72
圖 6.8 引伸模具模高配置結果	73
圖 6.9 引伸模具產品樹定義結果	73
圖 6.10 下模基座使用者介面	74
圖 6.11 上模基座使用者介面	74
圖 6.12 環模基座使用者介面	75
圖 6.13 引伸模具基座	75
圖 6.14 下模專用模塊使用者介面	75
圖 6.15 上模專用模塊使用者介面	76
圖 6.16 上模與下模加入專用模塊	76
圖 6.17 模具基座完成圖	77
圖 6.18 導跟使用者介面	78
圖 6.19 導跟實作	78
圖 6.20 箱根使用者介面	79
圖 6.21 箱根實作	79
圖 6.22 快速定位槽使用者介面	80
圖 6.23 快速定位槽實作	80
圖 6.24 U 形溝槽使用者介面	81
圖 6.25 U 形溝槽實作	81
圖 6.26 耐磨板座使用者介面	82
圖 6.27 耐磨板座實作	83
圖 6.28 承面使用者介面	83
圖 6.29 承面實作	84
圖 6.30 減重孔型式	84

圖 6.31 減重孔使用者介面	85
圖 6.32 減重孔實作	85
圖 6.33 吊耳使用者介面	86
圖 6.34 吊耳實作	87
圖 6.35 重心搜尋	88
圖 6.36 床台引用情形	88
圖 6.37 引伸力量計算實作	89
圖 6.38 引伸模具實作成果	90
圖 6.39 剪切模具設計工具列	91
圖 6.40 剪切模具設計流程	91
圖 6.41 剪切模具模高配置使用者介面	92
圖 6.42 剪切模具模高配置結果	93
圖 6.43 剪切模具產品樹定義	93
圖 6.44 剪切模具上下模基座	94
圖 6.45 中仁分類	95
圖 6.46 全周中仁建立	95
圖 6.47 大角度剪切中仁	95
圖 6.48 剪切模具中仁設計	95
圖 6.49 壓料板實作	96
圖 6.50 壓料板完成圖	96
圖 6.51 剪切模具機構引用	97
圖 6.52 機構刀塊	98
圖 6.53 刀塊設計使用者介面	99
圖 6.54 剪切刀塊設計結果	99

圖 6.55 特殊造型肋條使用者介面	100
圖 6.56 剪切模具上、下模座	100
圖 6.57 剪切力量計算使用者介面	101
圖 6.58 剪切力量計算結果	101
圖 6.59 剪切模具實作成果	102
圖 6.60 折彎模具設計工具列	103
圖 6.61 折彎模具設計流程	104
圖 6.62 非懸吊機構使用者介面	105
圖 6.63 懸吊機構建立使用者介面	105
圖 6.64 機構實作	106
圖 6.65 折彎模具模塊基本建立	107
圖 6.66 正折刀使用者介面	107
圖 6.67 正折刀實作結果	108
圖 6.68 擋塊使用者介面	108
圖 6.69 擋塊實作	109
圖 6.70 定位柱使用者介面	109
圖 6.71 定位柱實作結果	110
圖 6.72 補強肋使用者介面	110
圖 6.73 補強肋實作結果	111
圖 6.74 折彎模具實作成果	112
圖 6.75 整型模具設計流程	113
圖 6.76 整型模具設計工具列	114
圖 6.77 門側機構	114
圖 6.78 整型刀塊建構使用者介面	115

圖 6.79 程式整型刀塊實作	115
圖 6.80 門側整型刀塊完成圖	115
圖 6.81 引擎蓋側機構	116
圖 6.82 引擎蓋側整型刀塊實作	116
圖 6.83 整型模具複動座	117
圖 6.84 上模與壓料板導引草圖	117
圖 6.85 上模與壓料板導引實作	118
圖 6.86 整型模具初步模塊建立	118
圖 6.87 加入結構庫後之上下模座	119
圖 6.88 整型模具實作成果	120
圖 6.89 汽車鈹金模具設計之設計導引	121
圖 7.1 汽車鈹金模具設計導引心智圖	122
圖 7.2 模具設計軟體心智圖	123
圖 7.3 引伸模組心智圖	124
圖 7.4 剪切模組心智圖	124
圖 7.5 折彎模組心智圖	125
圖 7.6 整型模組心智圖	125
圖 7.7 鈹金成型流程	125
圖 7.8 五金部品心智圖	126
圖 7.9 凸輪機構心智圖	127

表目錄

表 3.1 小批量生產引伸模具鑄件壁厚	29
表 3.2 大批量生產引伸模鑄件壁厚	30
表 3.3 鑄件減重孔尺寸	31
表 3.4 衝拉荷重係數(K_1)	37
表 4.1 一般剪切間隙值	50
表 4.2 剪邊夾角角度值	52
表 4.3 斜面與剪切方向垂直之最大傾斜角	52
表 4.4 衝孔最大傾斜角	53
表 5.1 滑動件設計參數值	64
表 5.2 驅動件設定數量	65
表 5.3 q 值	68
表 8.1 模具開發設計時間	130

第一章 緒論

1.1 前言

汽車工業是當今全球最大的製造產業，且因其產業鏈龐大，牽連相關之產業極廣，因此素有「火車頭工業」之稱。我國汽車市場規模較小，且日趨飽和，但在汽車零組件部分因為外銷市場仍有相當大的發展空間，因此成為我國、韓國與中國等國家必爭之地。一部汽車的零組件約有三萬多件，其中有 80%的比重為金屬類，金屬類產品大概可分為鍛造產品、鑄造產品、液壓成型產品及衝壓產品四大類，車身覆蓋件即為衝壓產品之一，光車身部位就含有 70~110 個覆蓋件及上千個中小型衝壓件，其中又以碰撞零件為市場最大需求[15]。

汽車碰撞零件在美國汽車維修市場可分為原始設備廠零件(original equipment manufacturing, OEM)及售後服務廠零件(after marker, AM)二種，售後服務廠零件市場中又以生產碰撞零件為主，依材料可分為車燈、鈹金、塑料及保險桿等，其中又以鈹金類零件為碰撞維修市場最主要之零件項目，2004 年其市場規模已達 100 億美元(資料來源：經濟部電子報 2005/07/01)，2005 年國內鈹金結構年產值約達到新台幣 576 億[16]，也使得台灣成為全球 AM 碰撞零件產品重要出口國家之一。近幾年受全球金融風暴的影響，消費者因此不再購買新車，延長汽車的使用年限，對於以售後服務市場為主的供應商來講是有相對助益，因此雖受全球新車銷售不佳的情況影響，但對於國內零組件產業的衝擊卻是較小。

1.2 研究背景與動機

鈹金衝壓模具依作用項目大概區分為四個階段，1.鈹料的引伸；2.剪切造型面以外之餘料；3.折彎；4.整型與衝孔[7]。引伸就是將鈹料經過引伸抽引的方式使之成為立體空間的工件，如圖 1.1 所示，因為鈹金在引伸過程中破裂或皺折都會影響到後續工程的進行，因此引伸是鈹金衝壓成型中最重要的工序。剪切則是將引伸完成之鈹金件剪切成鈹金成品展開的形狀，如圖 1.2，剪切完成之鈹件是作為折彎與整型準備之用，因此剪切範圍需考慮後工序所需的料長。折彎是將剪切完之鈹件翻轉至方便整型與衝孔加工之角度，如圖 1.3。整型與衝孔是鈹金成型的最後工序，整型是利用整型刀將鈹金件側邊造型完成，如圖 1.4，整型或衝孔時常要配合凸輪機構將衝床加工之垂直運動的力量轉變成水平或傾斜方向加以運用。

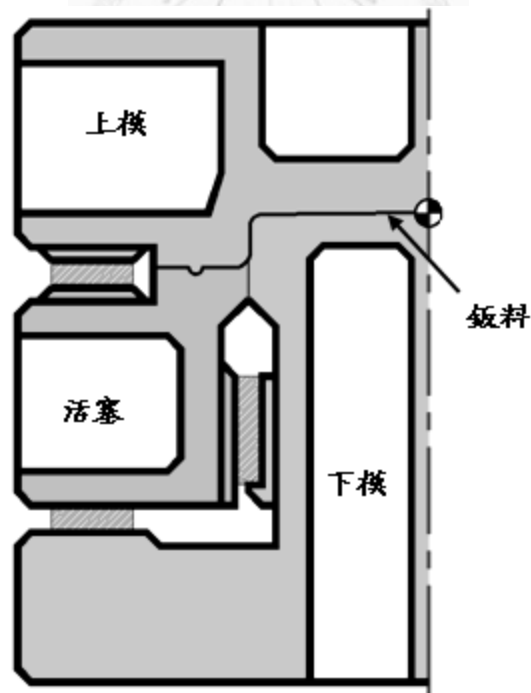


圖 1.1 引伸工序示意圖

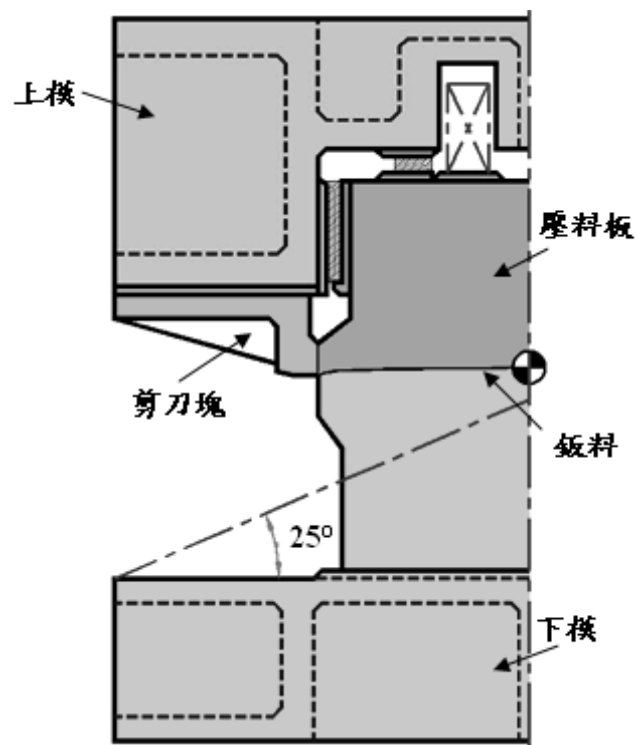


圖 1.2 剪切工序示意圖

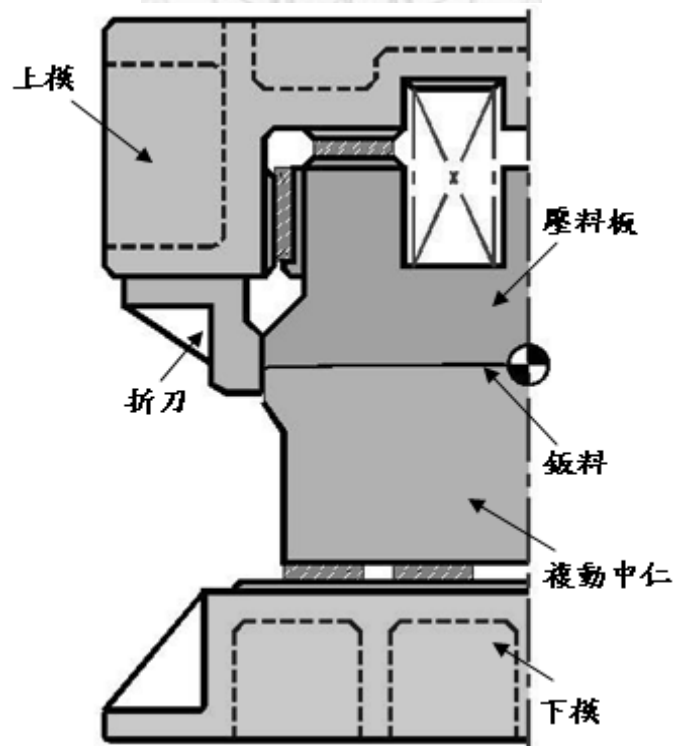


圖 1.3 折彎工序示意圖

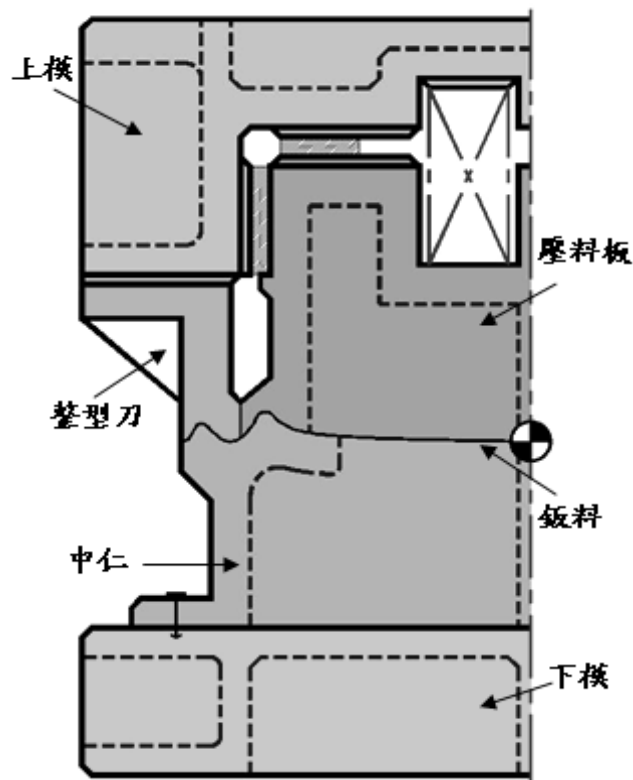


圖 1.4 整型工序示意圖

近年來模具業的競爭態勢愈趨激烈，除了要接受國內同業的競爭之外，還要面臨中國、日本及韓國等國家的挑戰，如圖 1.5。有鑑於此，國內業者普遍認為應該提升設計能力與生產速度等技術來因應此一衝擊。國內目前衝壓模具設計多半停留在 2D 的圖面設計，因此在產品開發設計上頗為費時，但汽車鈑金衝壓模具設計是非常複雜的設計過程，若以 2D 圖面設計常會因視圖複雜而造成檢圖不易，此外，2D 設計要進行干涉檢查是件非常困難的事，而且在後續設計變更上困難度亦相當高，也因此常會造成設計時程拉長的困擾，因此，衝壓模具業者開始導入 3D 繪圖軟體，期望藉由 3D 繪圖軟體的輔助大幅提升設計能力並縮短設計時程。本研究即是針對此一問題提出設計導引的概念，藉由軟體的輔助幫助設計人員迅速掌握設計要點，並結合參數化設計的概念，降低後續設計變更的困難度。另外，藉由 3D 軟體建構完成之模具亦可直接進行干涉檢查，若檢查通過亦可直接以建構完

成之模具進行雕刻加工模擬，如此可大幅縮短設計與製造花費的時間。

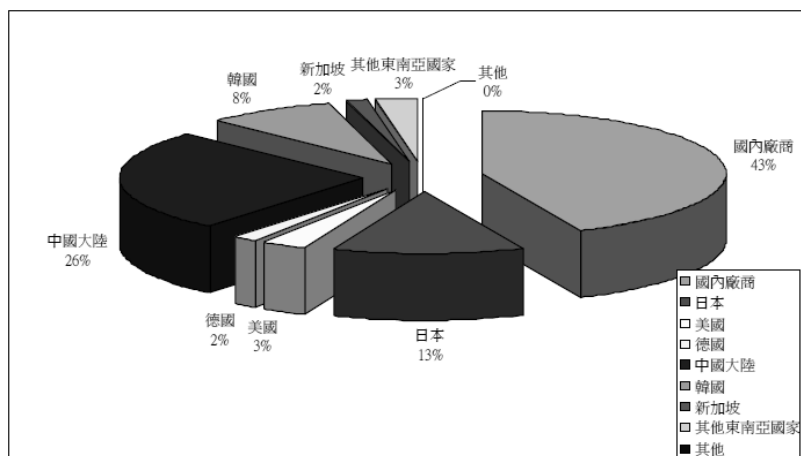


圖 1.5 國內模具業廠商主要競爭

資料來源：模具公會競爭力調查/金屬中心 ITIS 計畫整理[16]

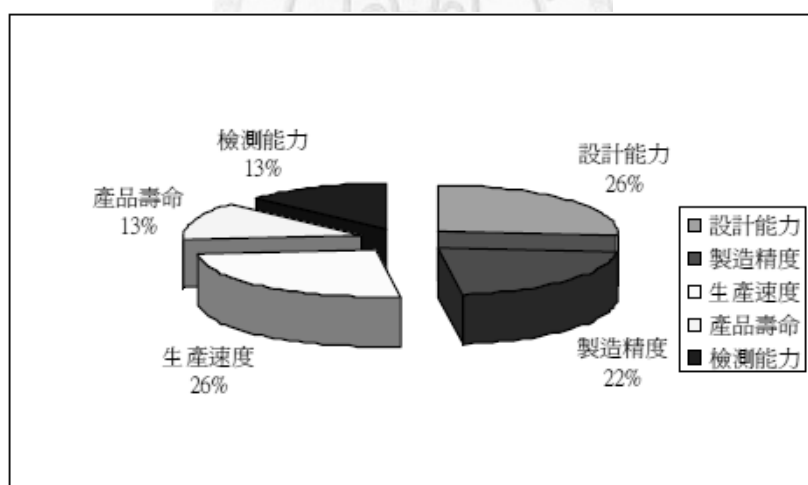


圖 1.6 模具業者希望提升之能力

資料來源：模具公會競爭力調查/金屬中心 ITIS 計畫整理[16]

1.3 文獻回顧

本文中將參考文獻分成參數化設計、衝壓模具、設計導引及軟體二次開發等四部分進行回顧探討。參數化設計在產品設計中是重要的設計方法之一，主要從設計變更的角度做考量。衝壓模具在本文中以汽車鈹金模具為探討對象。設計導引是有鑑於產品設計上具有資料蒐尋不便等問題而衍生。軟體二次開發是為了更貼近產業適用性，並提升設計技術，縮短產品開發時程。

1.3.1 參數化設計

在設計過程中為了提高產品互換性，常會使用標準零件，在汽車鈹金模具設計中卻只有小部分零件有標準系列，但實際上許多模塊的幾何和拓模關係是相同亦或相似的，所以必須透過參數化的設計建立模塊的模型。

Anderl 和 Mendgen[1]在 1995 年對產品參數化應用於 CAD 系統上的參數化特點做出描述，並點出參數化設計對產品設計之影響與重要性，在研究中以草圖作為參數化設計的對象，利用草圖之尺寸大小與位置限制進行參數化設計，運用公式或符號運算等規則來重新定義草圖。

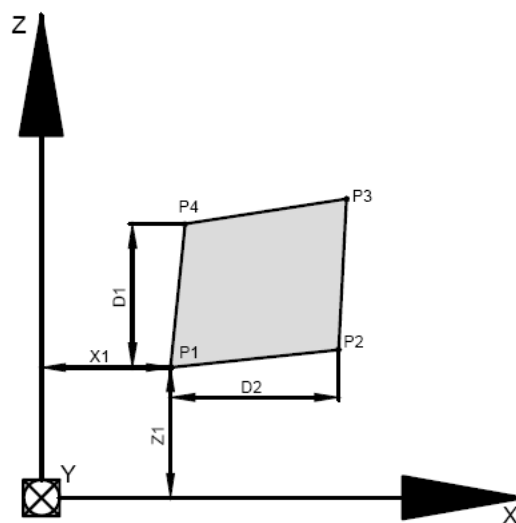


圖 1.7 草圖之參數化設計

2003 年張治[11]提出三維 CAD 造型系統的參數化設計方法，研究中以三維裝配關係作為拘束限制的條件，建立零件間之參數關係式，進而實現三維實體的參數化設計，並依據零件幾何形狀之複雜程度提出三種參數化建模的方法：(1)基于特徵建模的參數化；(2)基于草圖的參數化設計；(3)基于裝配的參數化設計。基于特徵建模的參數化設計方式適合形狀規則簡單之建模，基于草圖的參數化設計方式是透過草圖的拉伸與旋轉等方式達成參數化設計的目標，此種方式對截面複雜的零件較為實用，基于裝配的參數化設計則是將裝配關係引入參數化設計中，以對整體零件做參數化設計，此法可以解決複雜的模型定位關係。

1.3.2 衝壓模具

Klaus Siegert[6]於 1997 年提出單動式多點緩衝的引伸方式，此種引伸方式是將衝床的緩衝以多點作用在環模之上，於研究中顯示使用單動式多點緩衝的引伸方式將可改善雙動式引伸鈹件成品的品質，單動式多點緩衝的引伸方式其模具結構與雙動式的引伸模具有相當大的差異，國內售後服務廠零件之生產方式與模具設計則是採用單動式多點緩衝引伸。

2003 年 Heyong Shin 等人[5]從 GPM(Generative Pattern Machining)的角度分析模具結構，將模具分成數個模塊用以模擬加工路徑，文中除了將模具分成上模、下模、活塞及壓料板等部分，更用切層的概念來完成模具雕刻。

楊玉英[12]於 2004 年提出汽車覆蓋件模具結構模板化設計的概念，將模具分為上模、下模和輔助模塊(引伸模的壓邊圈或修衝模的壓料芯)三個部分，又依結構特點把每個模塊分為模架子模塊(主要用於支撐、定位的模塊)和專用型面子模塊(用於衝壓等作用的凹凸部分)，文中更提出積木式設計的模具設計方式與素材庫的概念。

蔣武[13]則將素材庫延伸定義為自定義特徵(User Defined Feature, UDF)間之調用，所謂自定義特徵是由基準特徵、創建特徵與修改特徵所組成，如圖 1.8 所示。基準特徵是由點、線與平面所組成，是作為放置創建特徵之用，創建特徵是由草圖所衍生之特徵元素，是參考基準特徵而創建的，修改特徵則是指針對點或邊局部修改，如圓角或倒角皆屬修改特徵。

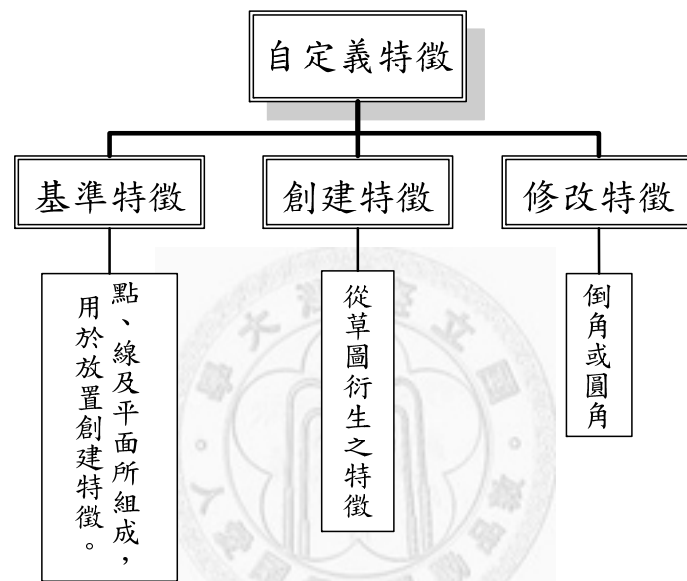


圖 1.8 自定義特徵

2007 年 Bor Tsuen Lin 與 Shin Hsin Hsu[4]在 CATIA 平台上建構一套引伸模具設計系統，讓使用者只需輸入模具建構所需之輸入條件及床台資訊即可自動完成引伸模具的設計，此篇研究中是以 CATIA 軟體中 Part Design、Knowledge Advisor 與 Macro 等功能完成系統建構。

Sang-Jun Lee[3]等人則是針對 Korean motor 公司開發一套模具設計系統，將 Korean motor 公司之設計規範整合在系統內，系統以 C++撰寫並與 CATIA 做連結，主要用於引伸模具與剪切模具的設計。

1.3.3 設計導引

模具設計是一種很複雜的設計行為，在設計中常涉及許多規範文件、相關公式計算、圖表與經驗法則的使用，有鑑於此，高銘傑與蔡昕燁[10]提出模具設計導引的概念，藉由建立衝壓模具設計資料庫的方式避免設計階段翻閱型錄尋找資料的時間浪費，且按照設計導引的步驟進行設計工作，可避免人為疏失，達到設計標準化、快速化的目的。在研究中將衝壓製程基本概論、衝壓件材料基本概論、衝壓模具設計圖繪製技術、衝壓模具衝製配合與構造設計技術、衝壓模具元件設計技術、衝切模具設計技術與引伸模具設計技術等六大技術和設計過程中會用到的公式整合至網路平台上，讓設計者能在短時間內找到所需的文件資料與公式。

鍾文仁[17]以塑膠射出模具為研究對象，使用 Por/E Wildfire 中內建網頁瀏覽器功能，將模座設計的步驟與經驗以互動式網頁功能來完成，藉由智慧型模座設計流程的引導建立模具，主要目的在於快速組立模座與相關零件之設計，以大幅縮短設計時程。

1.3.4 二次開發

CATIA 二次開發依 CATIA V5 Automation[2] 文件說明，可分為進程內 (In-Process) 與進程外 (Out-Process) 二種。進程內是利用巨集 (Macro) 生成 VBScript (Visual Basic Script) 或 VBA (Visual Basic for Application) 語言，主要是將使用者的繪圖流程記錄下來；進程外則是使用其他語言進行開發，如 VB (Visual Basic)。

胡挺與吳立軍在 CATIA 二次開發技術基礎[9]一書中介紹用 Visual Basic 對 CATIA 進行二次開發，書中說明實體建構、草圖建構、參數定義及組合裝配等，並以 VB 建構使用者圖形介面 (Graphic User Interface, GUI)，讓使用者可以更方便對 CATIA 進行編程。

1.4 研究方法

系統程式以法國達梭(Dassault)所開發的 3D 繪圖軟體—CATIA 為設計平台，應用軟體所提供之二次開發的功能進行開發，並使用 Visual Studio 2005 進行程式撰寫。為了讓使用者能夠清楚瞭解汽車鈑金模具設計，所以運用設計導引的概念將設計步驟與規範整合於系統之中，並定義模具所需之參數來進行設計工作。模具設計是一個複雜的設計工作，因此在程式設計上將各工程的設計流程以工作分析的概念完成，工作分析即是將工作內容化整為零成為若干分項技能之過程，也就是將動作目標依發生之邏輯順序分成數個獨立的動作或因素，使設計者依序完成這些分解動作後就能串連成動作目標，為了瞭解各工程動作目標，因此在初期時透過工廠實習的方式建立模具設計相關知識，並運用面談法擬定設計流程。

本論文之研究流程如圖 1.9 所示。

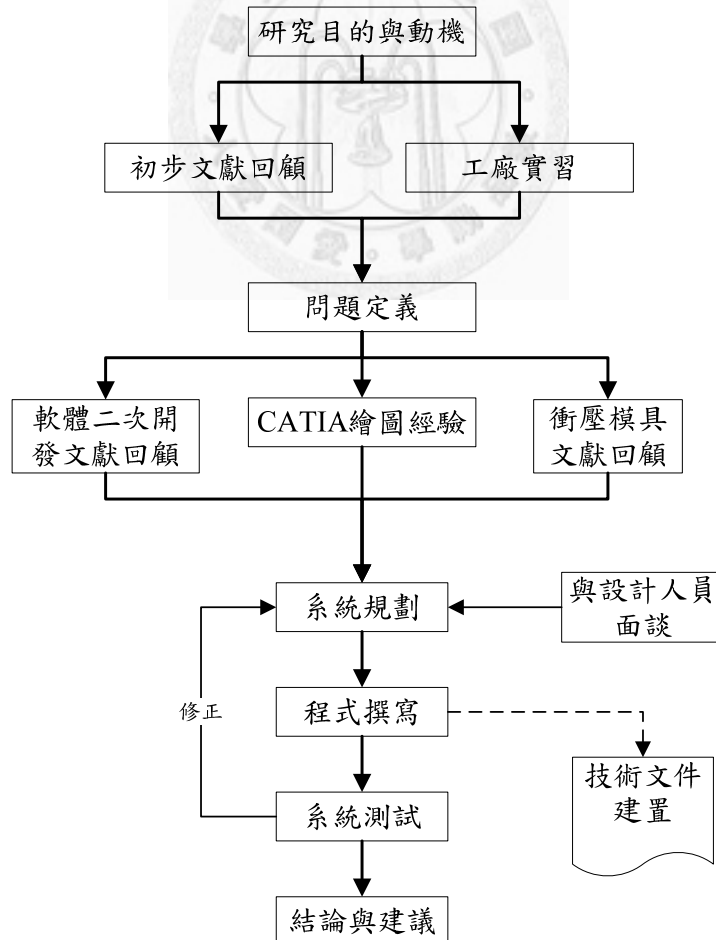


圖 1.9 研究流程圖

1.5 論文架構

本論文共分為七章，各章節介紹如下：

第一章介紹汽車鈹金零組件市場概況，說明目前國內模具業者所面臨的挑戰與急需提升的能力，文中除對鈹金成型簡單描述之外，亦說明本研究相關背景、文獻、研究動機與研究方法。

第二章說明汽車鈹金逆向開發流程，比較傳統模具開發與數位化模具開發間之差異，並介紹程式開發平台、開發方法及模具設計軟體，針對研究主軸做詳細說明。

第三章介紹引伸模的種類與基本結構，文中針對引伸模設計之設計規範列出幾個重要參考依據，並說明引伸力量計算公式。

第四章介紹剪切模具種類與設計要素，剪切模具設計首重廢料排除，因此文中特別對於廢料尺寸與排料限制做說明，最後說明剪切限制與剪切力量計算。

鈹金成型工序中後工程會運用大量的機構，因此第五章針對凸輪機構模具做說明，文中介紹凸輪機構分類，並說明凸輪機構設計要素與選用規則。

第六章對於程式開發之模組進行說明，並利用研究開發的程式針對葉子鈹設計一套模具，從設計過程中詳細介紹程式功能。

第七章對於研究提出總結並對未來發展提出心得與看法，提供後續研究者做為研究方向參考。

第二章 汽車鈹金模具設計概述

2.1 前言

汽車鈹金模具逆向開發是一連串複雜的過程，依作業對象主要可分為鈹件逆向 CAD 模型建構、模具開發與模具加工等三個階段。鈹件逆向 CAD 模型建構是取得 OEM 鈹件後，再以掃描的方式獲得點資料以還原鈹件 CAD 模型，模具開發則是從取得鈹件 CAD 模型後一直到保麗龍模具建構完成，這中間的過程皆屬模具開發階段，模具加工則是對鑄件進行加工修整的工作，因此整個修模、試模直到量產前都屬於模具加工階段。本章將概略說明 AM 廠鈹件之生產流程、研究目的與應用，並比較傳統設計模式與目前研究所採用方法間之差異，最後介紹開發環境與 CATIA 繪圖軟體。

2.2 汽車鈹金逆向開發

汽車鈹金逆向開發可分為(1)逆向 CAD 模型建構，此階段的目的是在於還原鈹件 CAD 模型；(2)模具開發，模具開發主要目的是在於保麗龍模具的建構，其中重點在於工法推論與實體建構；(3)模具加工，為汽車鈹金逆向開發之最後流程，主要目的在於成品的實際生產，其中試模與修模的過程會影響產品的品質。

2.2.1 鈹件逆向 CAD 模型建構

鈹件逆向 CAD 模型建構是以五件 OEM 取十個左右之位置做量測，計算平均值後，以較為接近平均值之鈹件分成檢具件、模具件、外觀件及備用件等。傳統鈹件逆向 CAD 模型建構是以模具件製作石膏模，如圖 2.1 所示，並以接觸式掃瞄之方式取得鈹件曲面之點資料。現在國內業者開始導入逆向工程軟體後，則採用光學非接觸式的掃瞄方式，藉由鈹件上的標籤點來定位，經電腦運算後自動定位，取得鈹件曲面的點資料，再經由運算產生 STL 格式資料，產生的網格資料要經網格整理、區域成長及邊界順化等動作，才能進行鋪面與曲面調整，鈹件逆向 CAD 模型建構流程，如圖 2.2 所示。



圖 2.1 石膏模製作

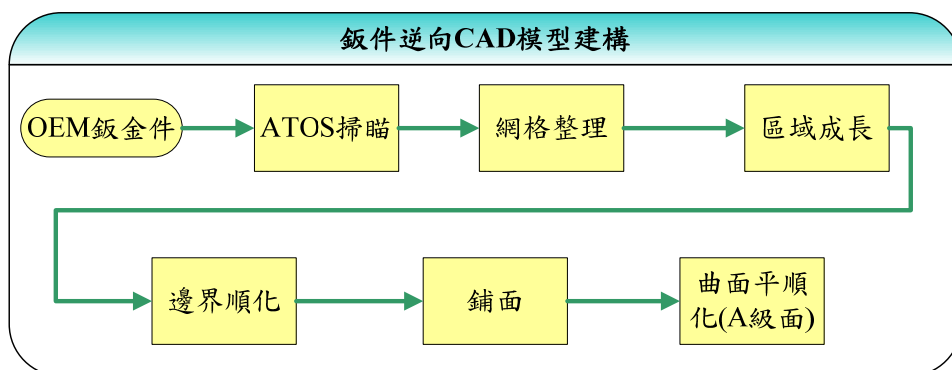


圖 2.2 鈹件逆向 CAD 模型建構

2.2.2 模具開發

鈹金面逆向 CAD 模型建構完成後，緊接著即是模面設計。傳統模面設計是在石膏模製作時將餘肉造型一併完成，如圖 2.3 所示。但因為 CAD 系統的成熟，國內廠商逐漸以 3D 繪圖軟體來建構鈹金件之餘肉造型，使用 3D 繪圖軟體建構模面，具有可直接進行 CAE 成形性分析與設計變更容易等優點，如圖 2.4 所示。

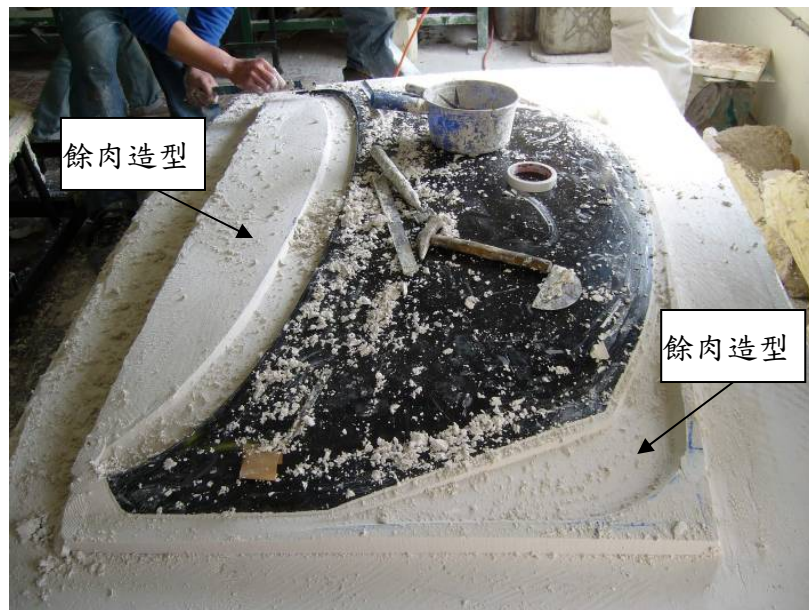


圖 2.3 傳統模面設計



圖 2.4 3D 軟體建構之模面

工法推論是模具開發過程中的關鍵環節，工法是決定工程數及工程動作，工法會依各工程需求輸出工法圖，工法圖中包含有投取料方向、五金零件位置、剪刀與廢料刀位置、整型範圍與區域、機構選用型式及加工方向等資訊，如圖 2.5～圖 2.8，工法不只關係到後續模具實體建構，亦影響各工程翻轉角度與加工方式，因此模具開發過程中工法的決定往往耗費相當多時間討論。

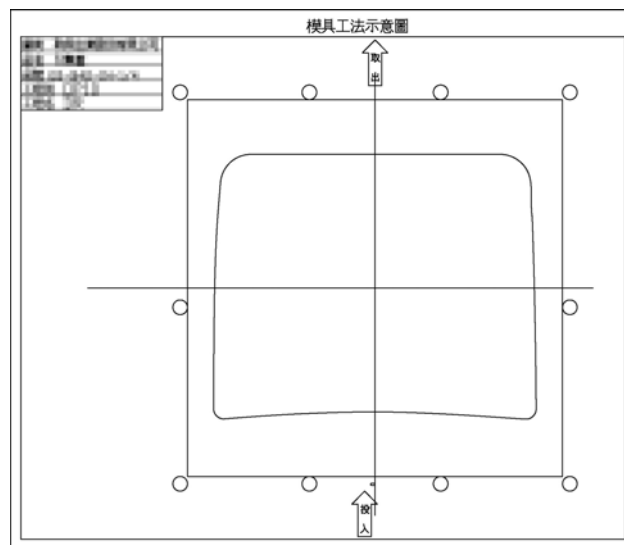


圖 2.5 第一工程工法圖

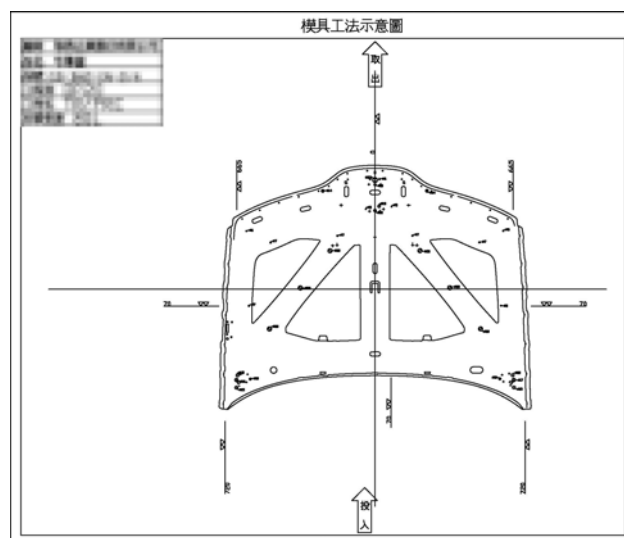


圖 2.6 第二工程工法圖

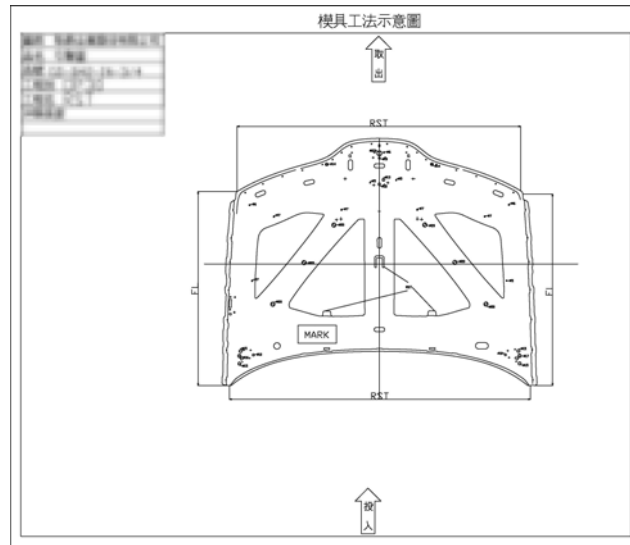


圖 2.7 第三工程工法圖

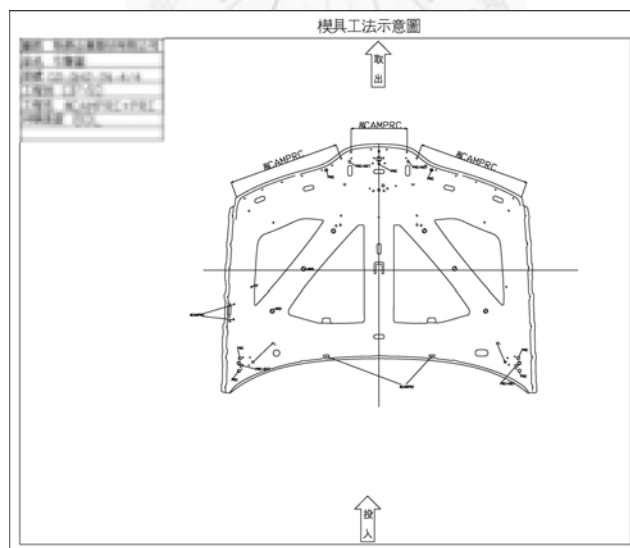


圖 2.8 第四工程工法圖

模具設計是將工法推論之結果實現的過程，模具設計必須依照各工程加工重點及設計規範製作保麗龍模具。傳統的設計方式是依工法圖提供之資訊繪製 2D 圖，圖面上包含機構位置、模具高度標示與加工中心等，如圖 2.9，傳統模具設計由於採用 2D 圖面繪製，圖面過於複雜，所以常會有讀圖不易、較難查覺干涉與修

改困難等問題，有鑑於此，國內廠商紛紛導入 3D 建模，如圖 2.10，3D 模型具有快速修改、易檢查干涉與可應用於 CAM 加工之模型等優點，但相對於 2D 圖面繪製較花時間，且難度較高，因此本研究主要目的在開發一套汽車鈑金模具設計系統，以輔助模具設計人員建構模具三維實體，除了希望能夠縮短設計時間之外，亦透過參數化設計使設計變更更容易，此外設計完成之模具亦可直接應用於加工程式編寫。

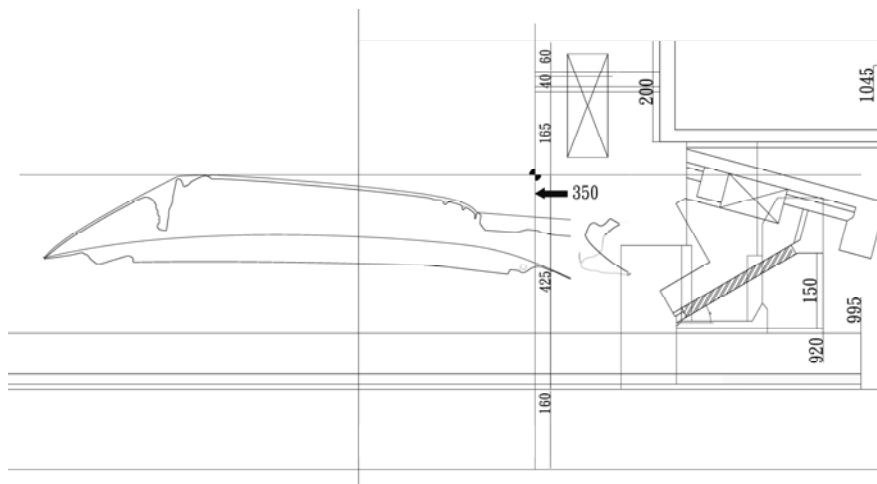


圖 2.9 傳統模具設計

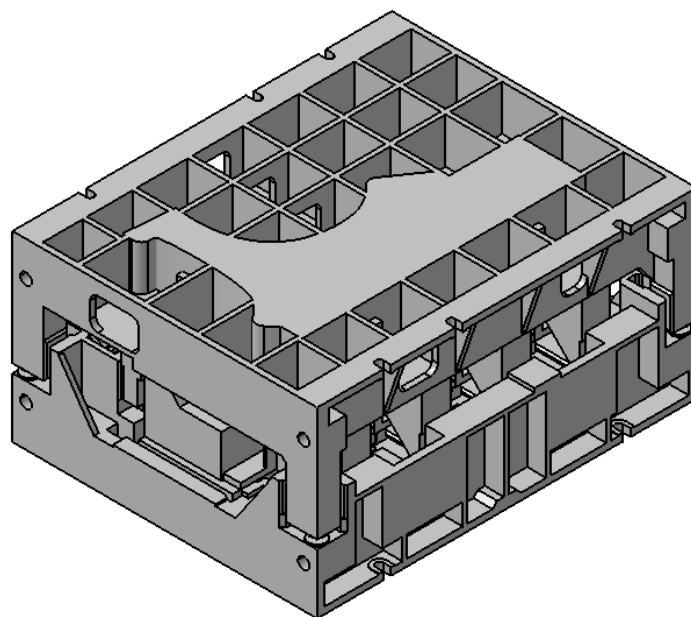


圖 2.10 3D 實體模具

近年來因為汽車衝壓模具知識工程的重視，因此在原本的設計流程中加入特徵辨識的流程，林振揚[8]提出串聯鈑件特徵辨識、製程規劃與模具結構設計之設計架構，先儲存鈑金件曲面、特徵、製程與模具結構等各階段資料於資料庫中，當新的鈑件開發時即可從資料庫中取得需要的資訊，以加速產品設計的速度，因此此模具開發流程也逐漸由圖 2.11 演變為

圖 2.12 所示。

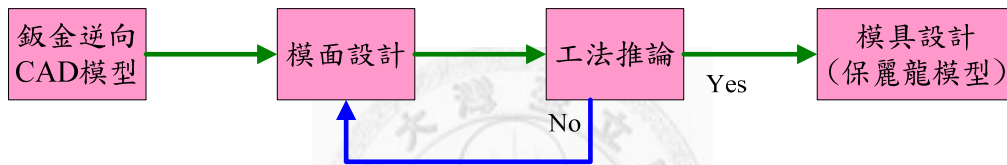


圖 2.11 傳統模具開發流程

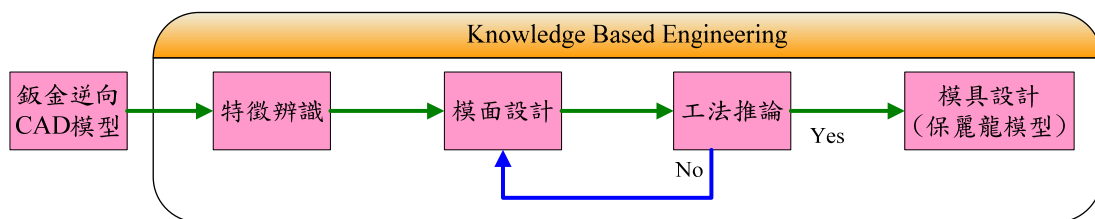


圖 2.12 數位化模具開發流程

2.2.3 模具加工

從保麗龍模具送往翻砂鑄造開始，一直到產品真正量產為止，這中間的過程皆屬於模具加工的環節，模具加工包含產品面的銑削、鎖固面加工、分塊加工安裝、機構加工、試模與修模等等，其中試模與修模是需要重覆測試的過程，也是花費最多時間的階段，通常在試模之前是無法知道產品面是否需要修正，或者是剪切完成之後所留下來的鈹金是否能夠提供後工程整型使用，所以試模之後會經過不斷修模再試模，如此直到鈹件品質能夠符合要求的地步。作業流程如圖 2.13 所示。

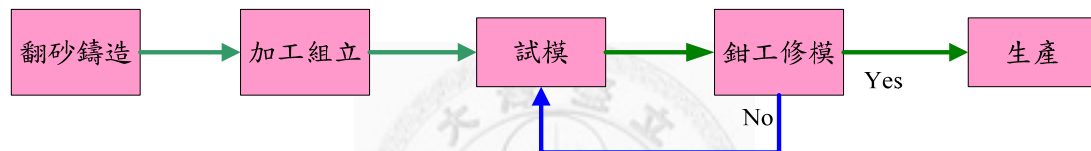


圖 2.13 模具加工流程

2.3 CATIA 簡介

CATIA 是法國達梭飛機製造公司所研發的 CAD/CAE/CAM 軟體，目前廣泛應用於航太、汽車、機械與電子等產業，它具有強大的曲面造型功能，提供豐富的造型工具、產品設計製造與分析模擬功能，因此能夠滿足工業界的需求，除此之外，CATIA 具有相當方便的元件參數修改功能，因此程式選擇在 CATIA 平台上建構。

CATIA 具有強大開放性的二次開發功能，讓使用者可以依產業需求進行二次開發，CATIA 二次開發主要有二種方式，第一種是使用 CAA 進行開發，VAMOS 與 DYNAVISTA 皆是用 CAA 所開發出來之軟體；第二種則是使用巨集進行開發，在研究中所採用之二次開發即是採用巨集的方式。

CATIA 巨集主要是建立在 Automation 基礎上，透過物件對象模型(Component Object Model, COM)提供分享物件在不同應用程式，CATIA 巨集又可分為進程內(In Process Application)與進程外(Out Process Application)二種，其詳細說明如下：

(1) 進程內(In Process Application)

進程內是利用 CATIA 內建選單進行錄製，進程內可使用 VBScript、CATScript 及 VBA 三種類型進行編輯，VBScript 是 CATIA 本身預設的語言，它可儲存在零件文檔中，也可以單獨以文件形式儲存，CATScript 是 CATIA 特定的語言是為了要向下兼容而保留，實際運行時仍會被當作 VBScript 來運行，VBA 與其他二種差不多，只是 VBA 能夠提供更多更豐富的界面，且因為 VBA 與 VB 的開發環境十分相似，因此常會先以 VBA 錄製再導出到 VB 中編輯。

(2) 進程外(Out Process Application)

進程外是建立在 CATIA Automation 的基礎上，在外部程序中 CATIA 被當成一個 OLE(Object Linking and Embedding)，外部程序則是透過 COM 接口來呼叫 CATIA 內部的程序，藉由此種方式可以自由決定撰寫程式之語言，甚至將其放在網頁中，對於設計者而言相對擁有較大的彈性。

CATIA 二次開發需先獲得 Application 的資訊，之後才能對 CATIA 進行巨集編輯，其二次開發流程如圖 2.14 所示，Application 對象包含 Documents、Cameras 與 Windows 等三種，在研究中主要是以 Documents 為操作對象，藉由 Documents 底下之 Product、Part 等物件來達成模具設計開發。

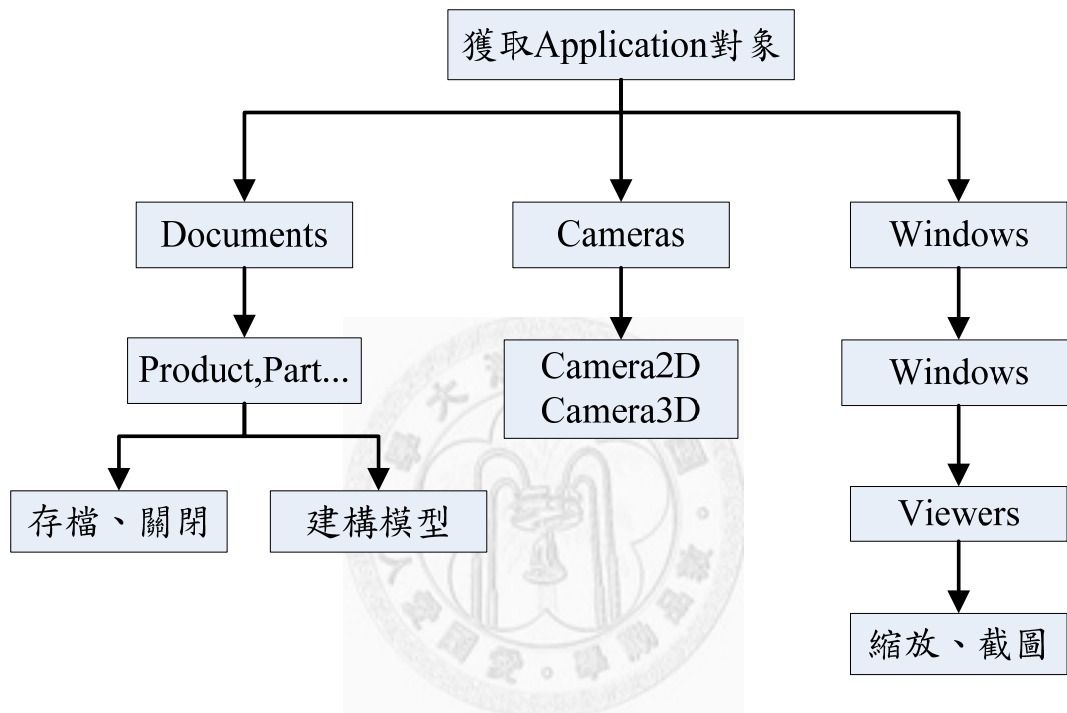


圖 2.14 CATIA 二次開發基本流程

在 CATIA 二次開發中主要是對於 Documents 下之物件進行操作編輯，Documents 下的物件包含 Product 與 Part 二種，在研究中是對 Part 之下的 Bodies 與 HybridBodies 二個物件進行操作建模，在 CATIA 二次開發上 Bodies 為模具實體集合，而 HybridBodies 則是曲面與曲線等之集合，在 CATIA 二次開發中操作流程如圖 2.15、圖 2.16 所示。

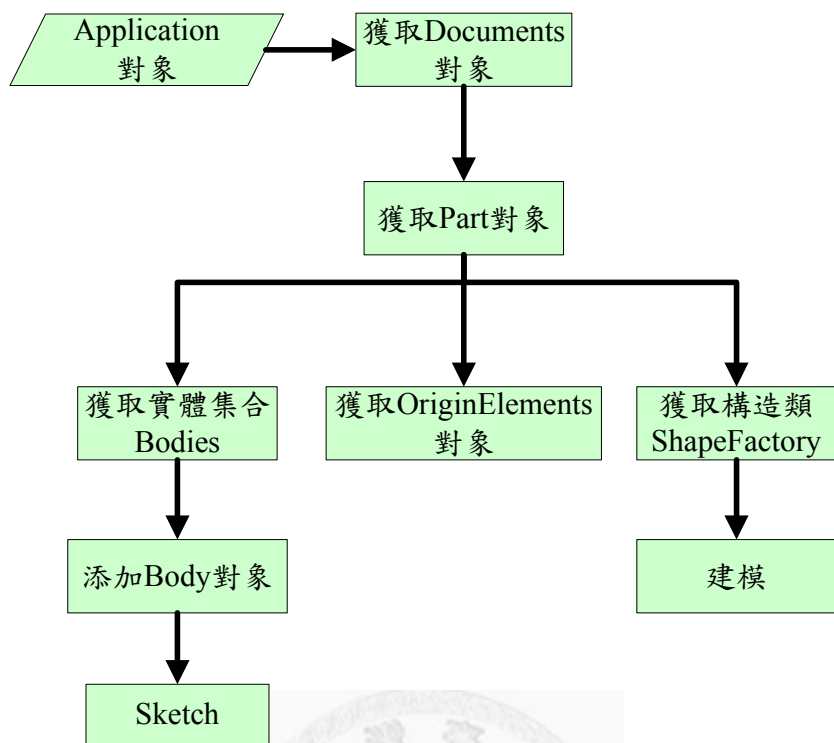


圖 2.15 CATIA 實體集合二次開發流程

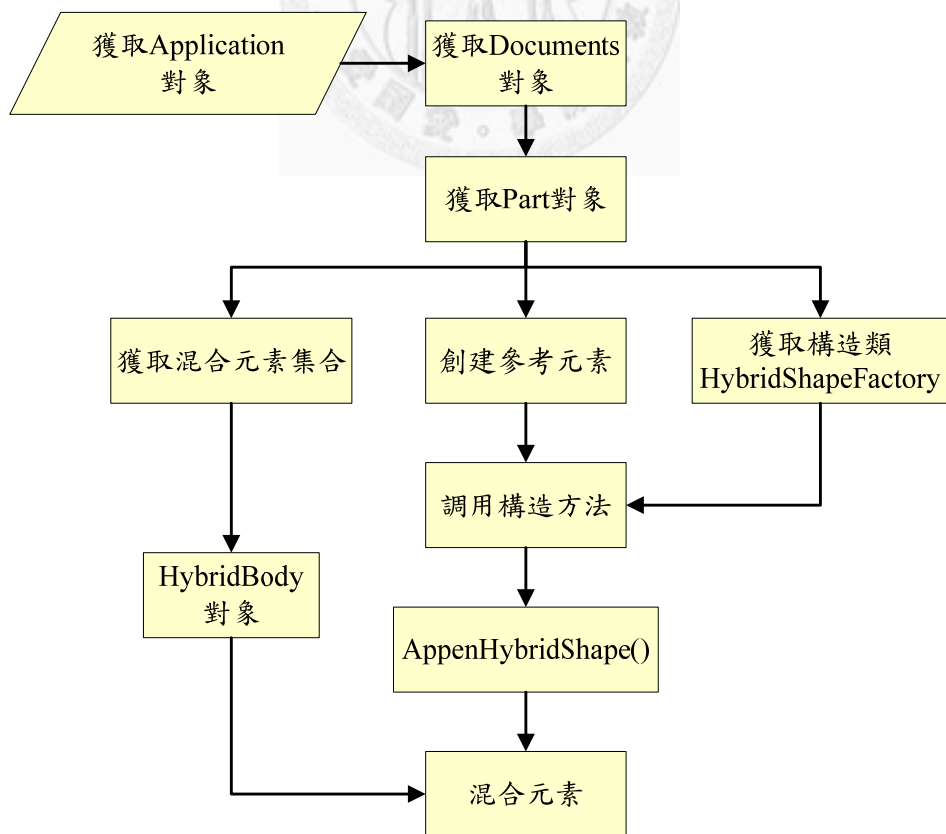


圖 2.16 CATIA 混合元素二次開發流程

2.4 Visual Studio 簡介

Visual Studio 是美國微軟公司的開發工具套件系列產品， Visual Studio 包含 Visual Basic、Visual C++、Visual C#和 Visual J#，在 2002 年微軟對 Visual Studio 最大改進就是使用 .NET 框架引入受控代碼開發環境，Visual Studio.NET 可以被用來開發 Windows 應用程式(使用 Windows Forms)、Web 應用程式(使用 ASP.NET 與 Web 服務)及移動裝置(.NET Compact Framework)。

研究中程式在 Microsoft Visual Studio2005 上撰寫，Visual Studio2005 提供相當方便的使用者界面(User Interface, UI)建構工具，讓使用者更易於使用程式來建構模具，此外在 Visual Studio 上進行開發具除錯容易的優點。



第三章 引伸模具設計

3.1 前言

引伸模是鈹金模具最主要的工程，作用是將平板狀的胚料經過引伸過程使之成型為立體空間的工件。引伸模依生產方式可分為雙動與單動二種型式。引伸模凸模與環模在上，凹模在下，此種方式採雙動式衝床生產；引伸模凹模在上，凸模與環模在下者，則採用單動式衝床生產。目前國內 AM 鈹金製造廠皆採用單動式衝床生產，因此研究中的模具亦是根據單動式衝床的生產模式進行模具設計，單動式生產的最大特點是在於其頂桿的使用，因此引伸模具設計時必需考慮頂桿的位置。

3.2 引伸模種類

引伸模的種類依目前國內 AM 廠的設計可區分為導向板與 Box Heel 加上 Corner Heel 合用二種。導向板型式在業界又稱為簡易模，其結構簡單，成本較低，模座用鋼板或整體鑄件，適用於淺拉伸和側向壓力小的引伸件及中小量生產，如圖 3.1 與圖 3.2 所示。

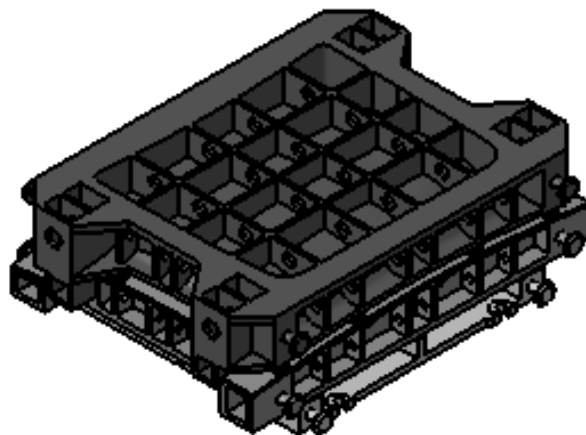


圖 3.1 導向板型式引伸模 3D 圖

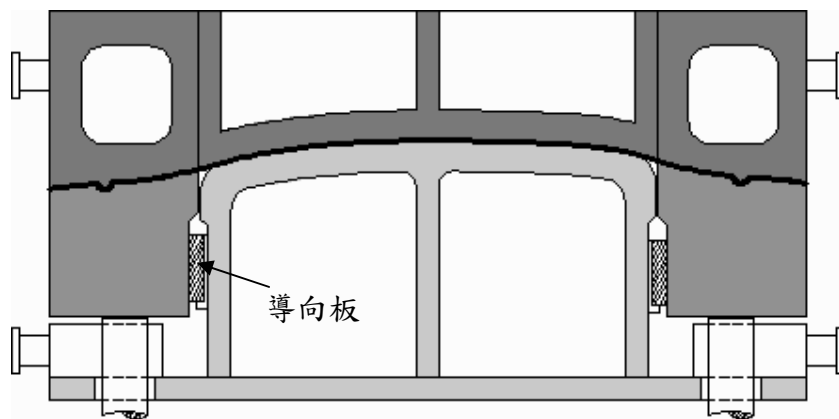


圖 3.2 導向板型式引伸模 2D 圖

Heel 導引主要用於大模具，是一種常用的標準結構型式，如圖 3.3，Heel 導引較導向板型式的剛性高，適用於產品面高低落差較大的引伸模，整體式鑄件的結構可以有效消除引伸時所產生之側向力，保持引伸時公母模間隙。

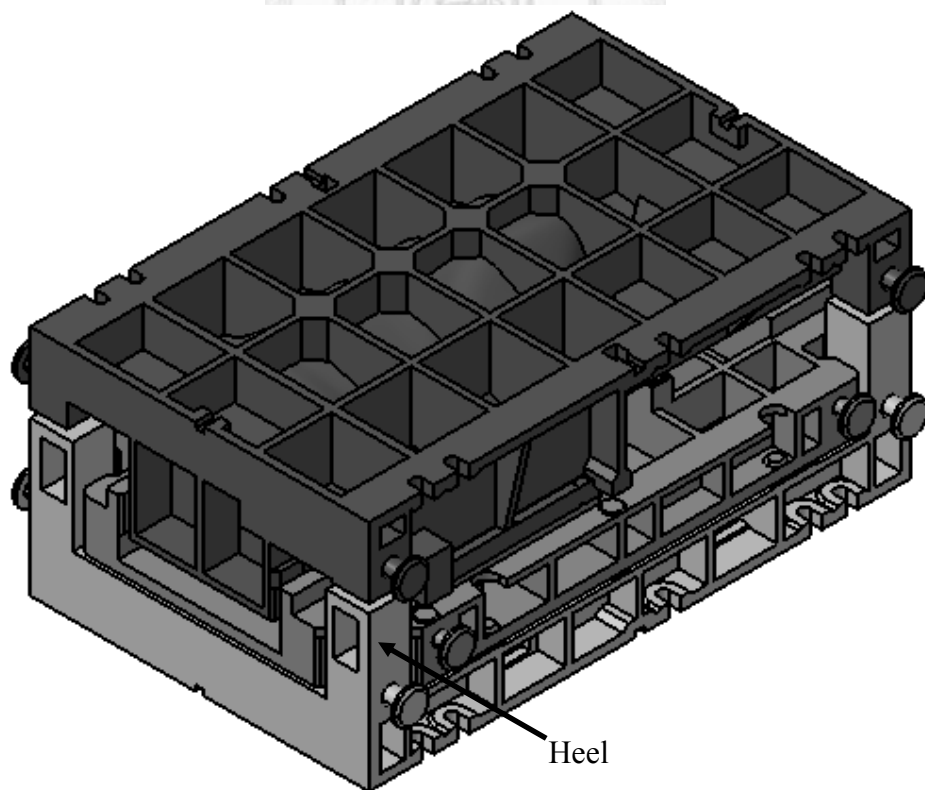


圖 3.3 Heel 導引型式引伸模

3.3 引伸模具結構介紹

引伸模具主要可區分為上模、環模及下模三大模塊，各模塊為主體模塊(通用模塊與專用模塊)與結構結合而成，如圖 3.4 所示。

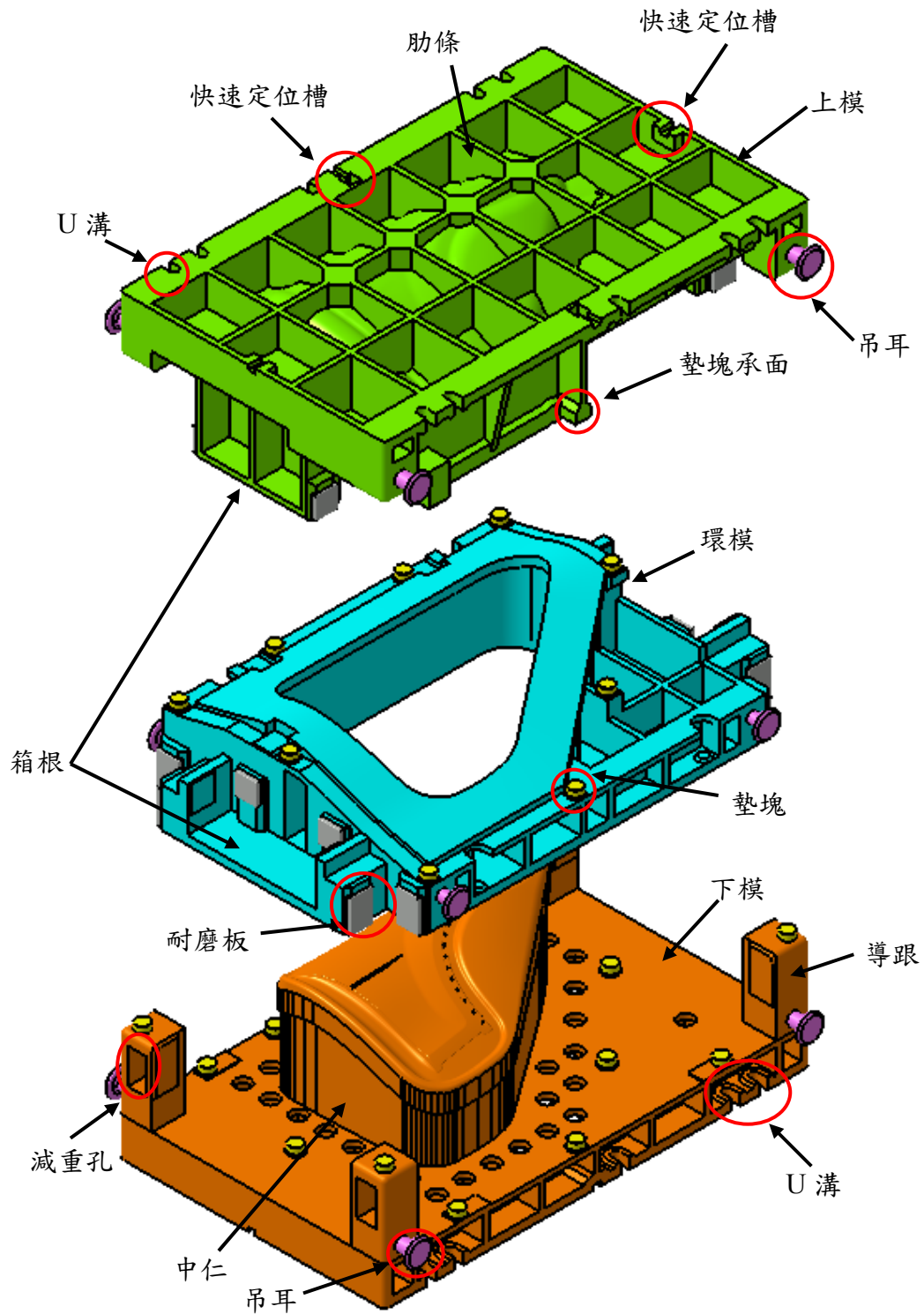


圖 3.4 引伸模具結構說明

3.4 引伸模具設計要素

引伸模設計可概略分成主體結構與結構庫。在主體結構部分又可區分為由成品面或分模線組成之模塊及各自獨立之模塊，而結構庫則包含 U 形溝槽、吊耳、平衡塊及減重孔等。結構庫是外加在主體結構之上，此部分的設計規範變化不大，在 AM 廠之引伸模具設計上大部分皆採用一致的尺寸。

3.4.1 主體結構設計

引伸模具主體結構設計首要考慮導引型式，不同的導引型式模具結構也會有所差異，次則需要考量模具強度及各主體模塊間之配合關係。模具強度端看鑄件厚度與助條分佈，在模具設計中有一定的規範可以依循，這些設計規範必須依模具尺寸變更，且要考慮模具是大批量生產或中小批量生產。目前汽車鈑金生產已訂立一套參考的設計準則，小批量生產時引伸模鑄件厚度示意圖如圖 3.5～圖 3.8 所示，數據如表 3.1。

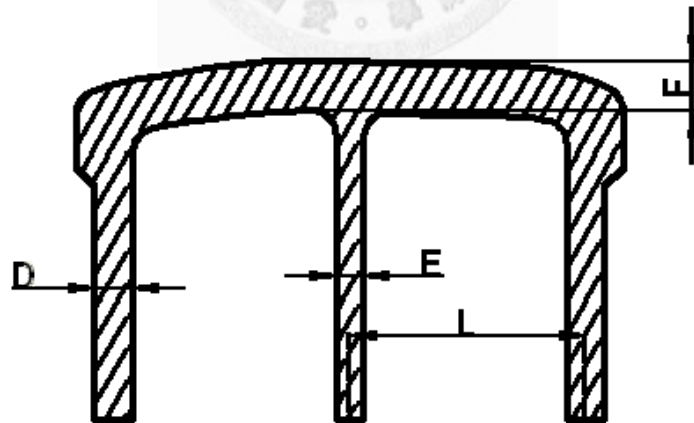


圖 3.5 下模中仁規範示意圖

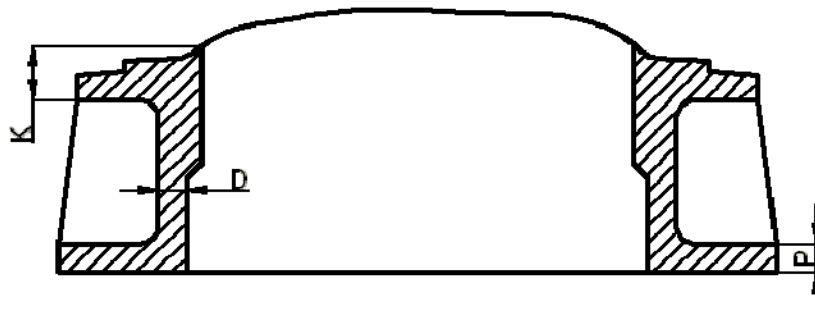


圖 3.6 環模規範示意圖

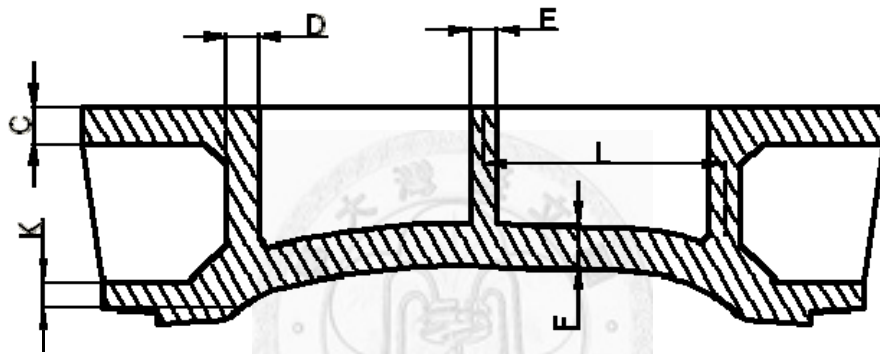


圖 3.7 上模規範示意圖

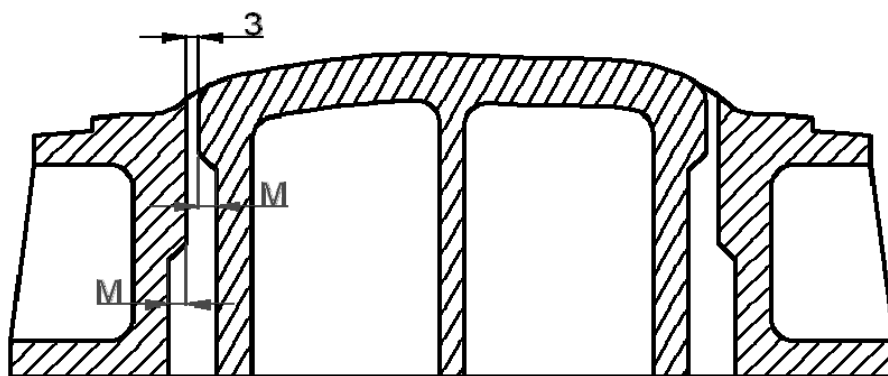


圖 3.8 中仁與環模之間隙規範示意圖

表 3.1 小批量生產引伸模具鑄件壁厚

單位:mm

模具尺寸	C	D	E	F	K	M	P	L _{max}
3000×5000	50	50	40	50	60	20	60	300
2000×4000	40	40	30	50	50	20	50	300
1600×3000	30	30	30	40	40	10	30	300
800×1600	30	30	30	30	30	10	30	200

大批量生產的引伸模具會在鑄件壁厚加大，使模具能夠承受較大的力量，如圖 3.9 所示，大批量生產的引伸模之鑄件壁厚參考值如表 3.2 所示。

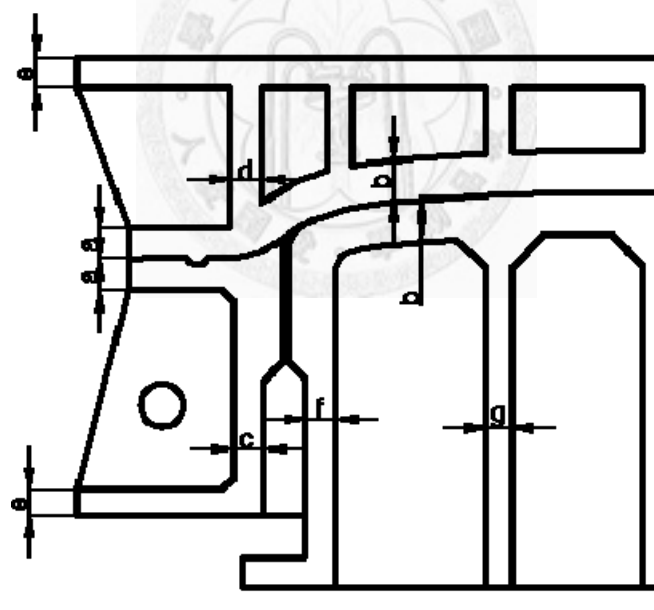


圖 3.9 大批量生產引伸模具鑄件壁厚示意圖

表 3.2 大批量生產引伸模鑄件壁厚

單位：mm

模具大小 (長+寬)	a	b	c	d	e	f	g
中小型 (>3500mm)	40~50	35~45	35~45	30~45	35~45	30~35	30
大型 (<3500mm)	75~120	60~80	50~65	45~55	50~65	40~50	30~40

3.4.2 結構庫

結構庫是各工程模具設計時皆會使用之功能集合，包含有導引型式、肋條建構、快速定位槽、U 形溝槽、吊耳與減重孔等，用以輔助設計者快速建構模具常用結構，這些常用結構會因模具廠商要求而有些許的變化，但肋條與減重孔等設計規範由於直接關係模具強度，因此必須依照設計規範來建構。模具設計的基本要求是重量輕卻要有足夠的強度和剛度，因此在設計時會將鑄件非重要的部分挖空，並在影響強度和剛度的部位增加肋條，模具設計時應設計之清砂孔和減重孔如圖 3.10 所示，減重孔設計參考數據如表 3.3 所示。

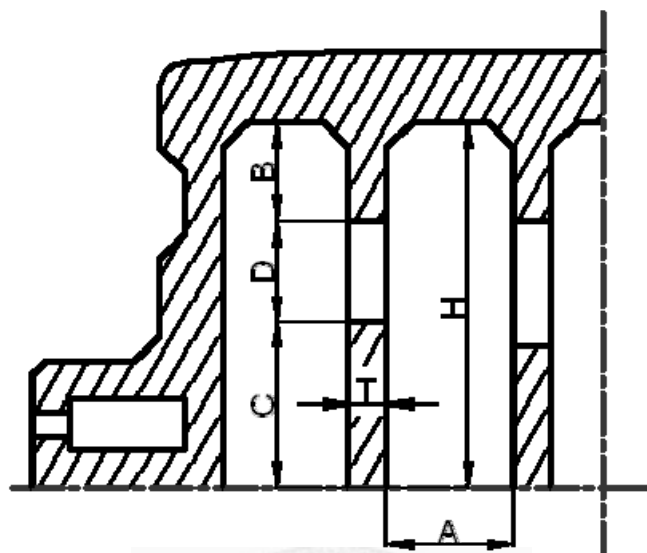


圖 3.10 減重孔規範示意圖

表 3.3 鑄件減重孔尺寸

單位：mm

A	最小 50
B	最小 20
C	最小 60(2.5A 以下)
D	最小 40(T/2 以上)
H	2.5A 以下
T	25~60

肋條的佈置在模具設計上應避免十字交叉，如圖 3.11 所示，壁厚盡可能要均勻，不要有急驟變化的斜面，此外肋條厚度亦不可過薄，否則澆鑄時金屬的流動會變差。

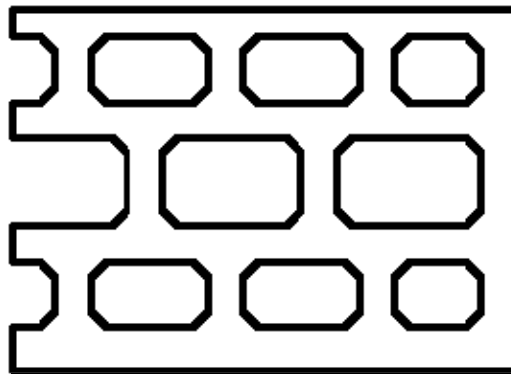


圖 3.11 鑄件肋條佈置

3.4.3 頂桿孔設定與胚料定位

引伸模設計需與床台之頂桿孔配合，在頂桿孔的位置會設置頂桿腳，頂桿腳長約 100mm~200mm，頂桿腳直徑必需較頂桿大至少 20mm，下模頂桿位置的逃隙約在頂桿腳外側 15mm 以上的間隙設計，以防止頂桿腳干涉。

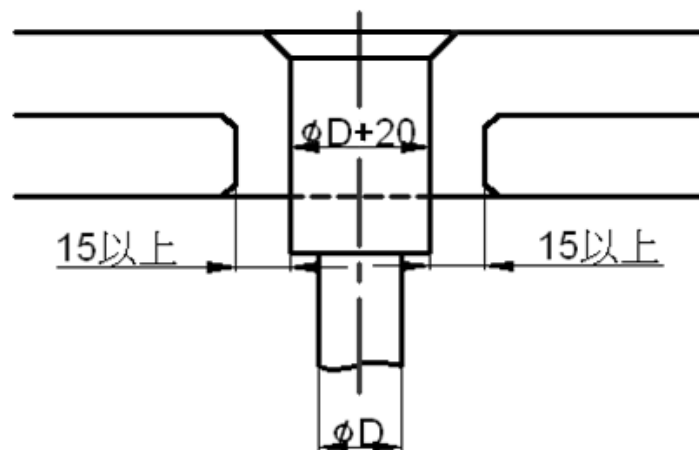


圖 3.12 頂桿腳設計

頂桿孔的設置要與引伸模之分模線配合，盡可能使頂桿孔靠近分模線的位置，而且頂桿孔的選擇必需採用跳孔原則。所謂跳孔就是頂桿孔要間隔選取，如圖 3.13，此外頂桿與頂桿腳的接觸位置也是引伸模具設計很重要的工作，其接觸要求如圖 3.14 所示。由於產品造型不同會造成分模線的差異，且又須依照跳孔原則來設置頂桿孔，因此頂桿孔的設定是引伸模具中最費時的工作，本文中提出先以分模線之重心為參考依據，讓設計者可在最短時間內找出床台中心位置與頂桿孔位置。

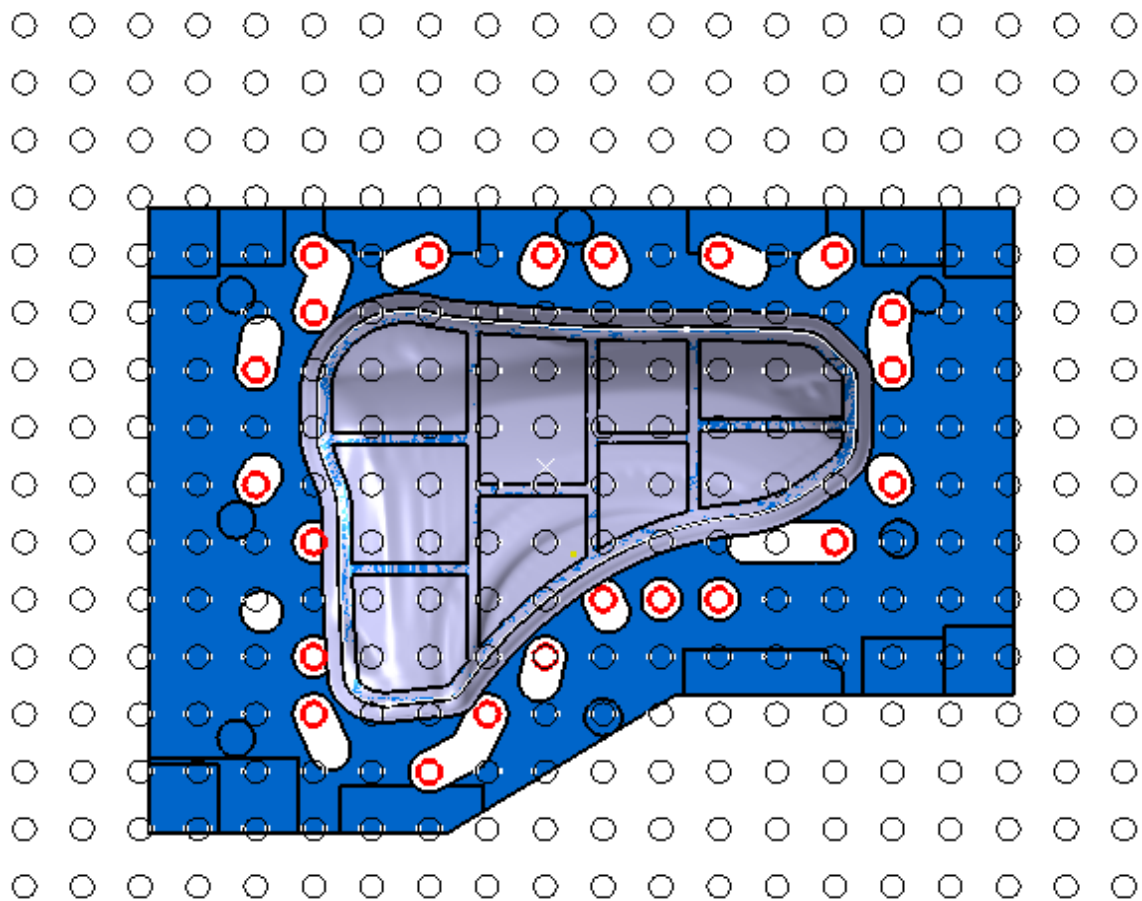


圖 3.13 頂桿孔佈置

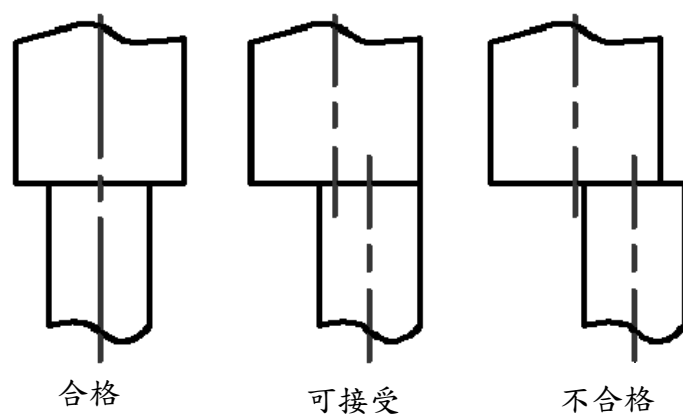


圖 3.14 頂桿與頂桿腳接觸位置

引伸時環模在頂桿腳處會承受較大的力量，所以模具設計時會在頂桿腳上設置肋條加其結構強度，此外在模具閉合時擺放墊塊的位置亦會有助條支撐，如圖 3.15 所示。

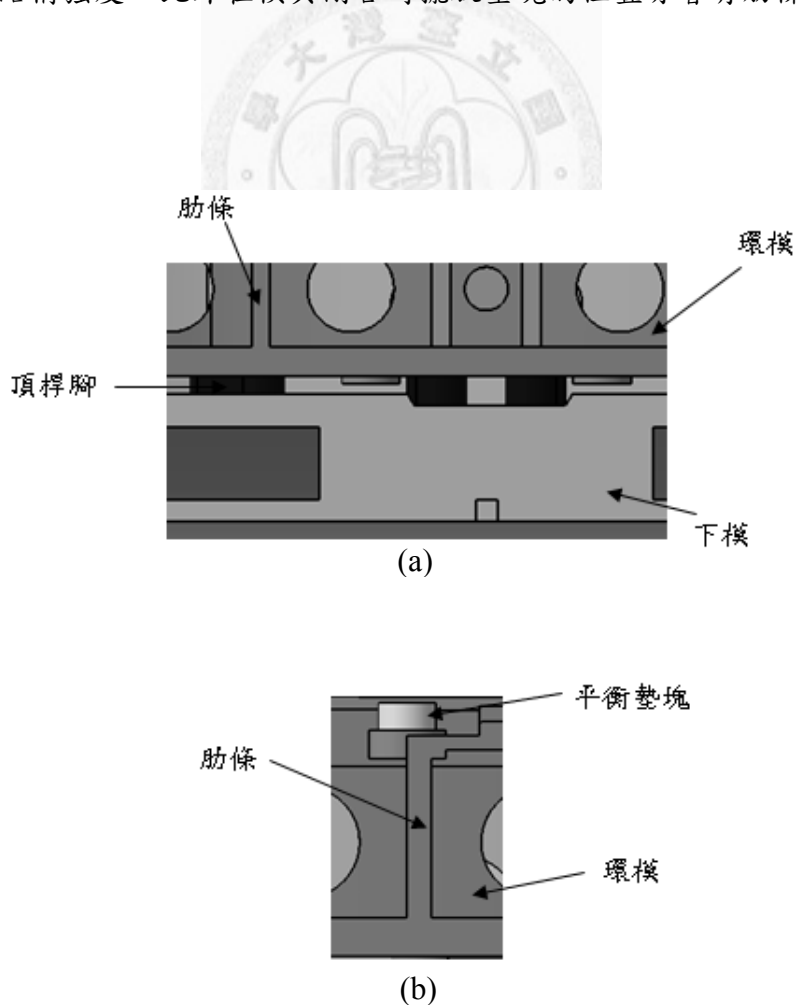


圖 3.15 環模肋條佈置

胚料定位有定位銷與定位塊二種方式，圖 3.16 為定位塊的結構尺寸，定位塊是由三個零件焊接而成，由於定位塊比定位銷好，具有可調整與方便定位，因此目前引伸模具廣泛採用定位塊。

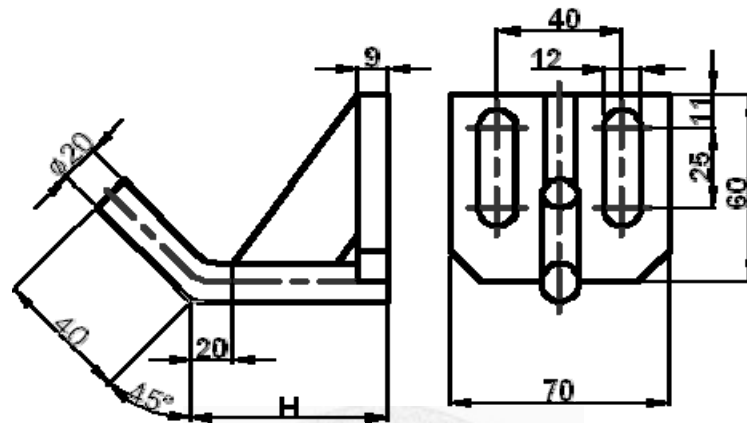


圖 3.16 定位塊的結構尺寸

3.5 引伸力量計算

引伸模具設計除了結構之外，引伸成型力量的計算在引伸模具設計時是不可或缺的資訊，引伸力量為衝拉荷重與抑皺壓力的總合，以圓形與橢圓形物件為例，其衝拉荷重計算如公式(3.1)~(3.4)所示，抑皺壓力計算如公式(3.5)所示。

(1)圓筒

$$\text{初衝拉} \quad P_{\max} = \pi d_1 t \sigma_B K_1 \quad (3.1)$$

$$\text{再衝拉} \quad P_{\max} = \pi d_2 t \sigma_B K_2 \quad (3.2)$$

(2)橢圓形筒

$$\text{初衝拉} \quad P_{\max} = \pi df_1 t \sigma_B K_1 \quad (3.3)$$

$$\text{再衝拉} \quad P_{\max} = \pi df_2 t \sigma_B K_2 \quad (3.4)$$

t ：鈹厚 mm

d_1 ：初衝拉衝頭直徑 mm

d_2 ：再衝拉衝頭直徑 mm

K_1, K_2 ：係數

df_1 ：橢圓形初衝拉衝頭平均直徑 mm

df_2 ：橢圓形再衝拉衝頭平均直徑 mm

σ_B ：胚料材料的抗拉強度 kg/mm^2

D ：胚料直徑 mm

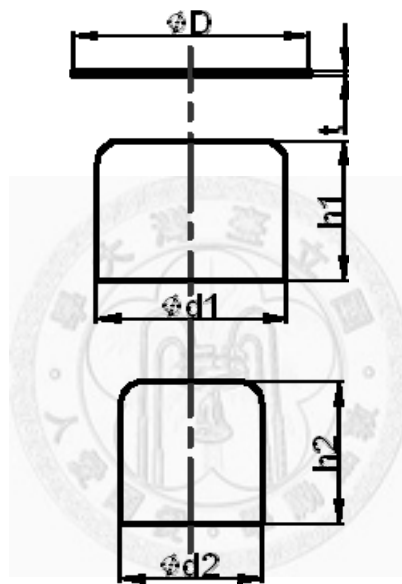


圖 3.17 衝拉荷重計算示意圖

抑皺壓力的計算方式：

$$Q = \frac{\pi}{4} [D^2 - (d_1 + 2r_d)^2] q \quad (3.5)$$

Q ：下限抑皺 kg

q ：單位面積的下限抑皺壓力 kg/mm^2

D ：圓形胚料直徑 mm

d_1 ：第一工程衝拉的衝模直徑 mm

r_d ：衝模角半徑 mm

衝拉荷重計算時，AM 廠對於公式中的係數有一定的經驗值，此經驗值的設定如表 3.4。

表 3.4 衝拉荷重係數(K_1)

板件型別	係數
淺抽板件(車頂、車門、引擎蓋)	3.5
深抽板件(葉子板)	4.0
一般內板件(引擎蓋內板)	4.5
形狀面深或變化大的板件(車門內板)	5.0

廠商將會以上述經驗數值取代衝拉荷重之係數，以大概的衝拉荷重值進行引伸成型模擬。



第四章 剪切模具設計

4.1 前言

剪切模具是用來將引伸工序中的餘肉造型和壓料面切除的模具，剪切模包括單純的剪切、剪切和衝孔的複合模，依其刀塊運動方向又可分垂直正剪、凸輪剪切及垂直凸輪剪切三種。垂直正剪是指刀塊與衝床運動方向一致，凸輪剪切係指刀塊水平或傾斜運動。垂直凸輪剪切為一些刀塊作垂直方向運動，而另一些刀塊則作水平或傾斜方向運動。在本研究對象中，葉子鈹的生產所使用的剪切方式屬垂直凸輪剪切，引擎蓋鈹則多為垂直正剪。

4.2 剪切模具導引方式與種類

剪切模具因要求精度較高，因此在上下模導引改採用導跟與導柱配合的導引方式，如圖 4.1 所示，另外剪切模設計還會依廢料排除的方式分成二大類(以 AM 廠為例)，第一種是架廢料滑槽於模座上，如圖 4.2，此種型式的模具設計較為單純，主要是在廢料刀座及中仁平台上架起鐵板，以利剪切廢料順著鐵板滑至回收槽內，在模具設計上較為單純，只需注意鐵板放置最小角度不可小於 25° ，且不可超過廢料刀高度即可，第二種型式是在模具設計時即將廢料滑槽與下模座合在一起，如圖 4.3，在模具設計上需要考量廢料刀最短刀長與滑槽角度，所以此類型模座之下模高度設計會較高，以利於廢料排除。

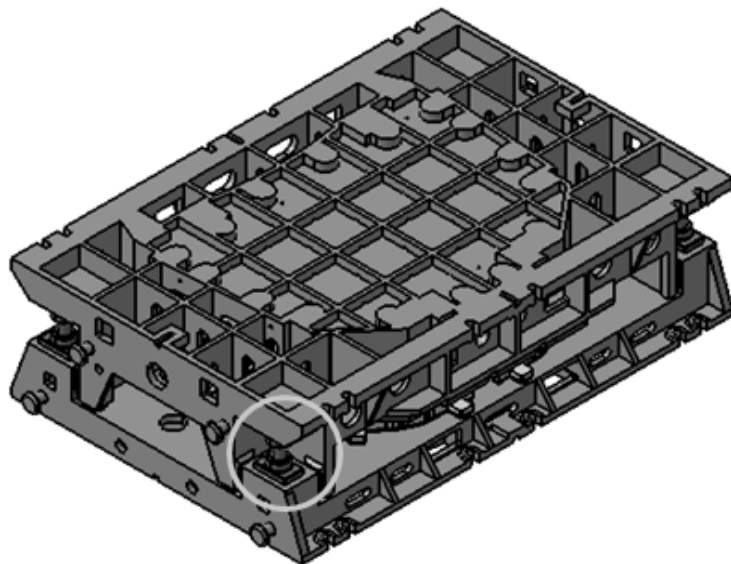


圖 4.1 導柱加導跟導引型式

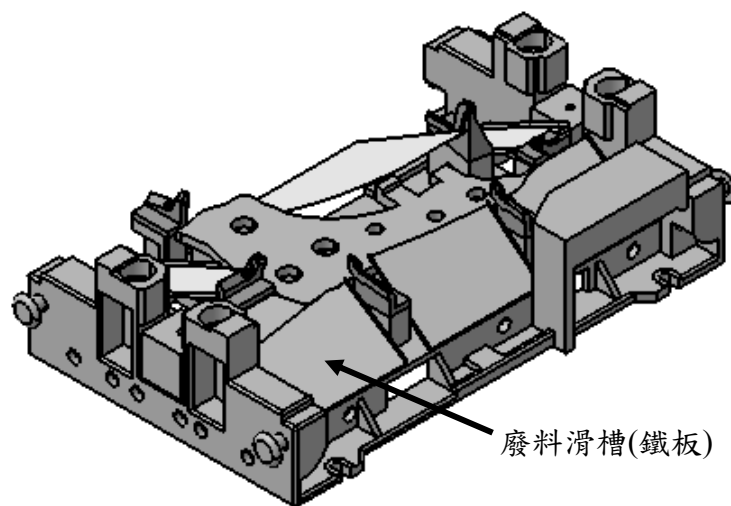


圖 4.2 鐵板式廢料滑槽

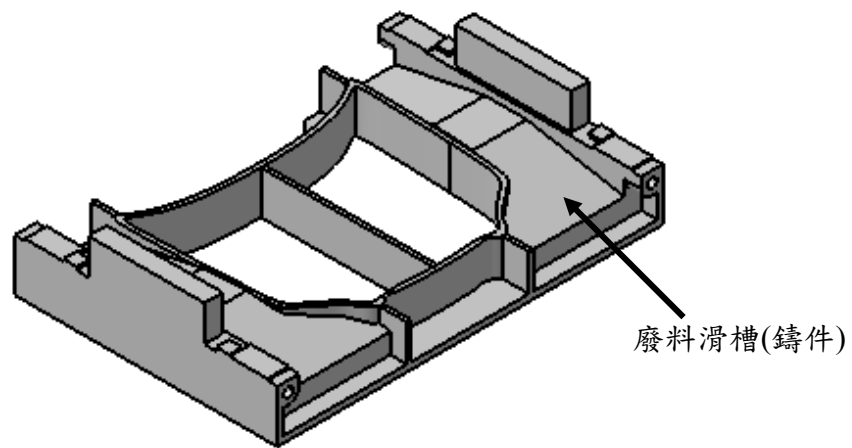


圖 4.3 鑄件式廢料滑槽

4.3 剪切模具設計要素

剪切模具依第三章的概念可將模具分成主體結構與結構庫二部分，主體結構包含上模座、下模座、壓料板、中仁與分塊等組合而成，結構庫由基本導引型式、U 形溝槽、吊耳及刀具承面等組成，如圖 4.4 所示，剪切模具設計著重於與剪線相關部分結構，因剪切時力量會集中在剪線附近，因此在設計時要針對剪線周圍加強其強度。

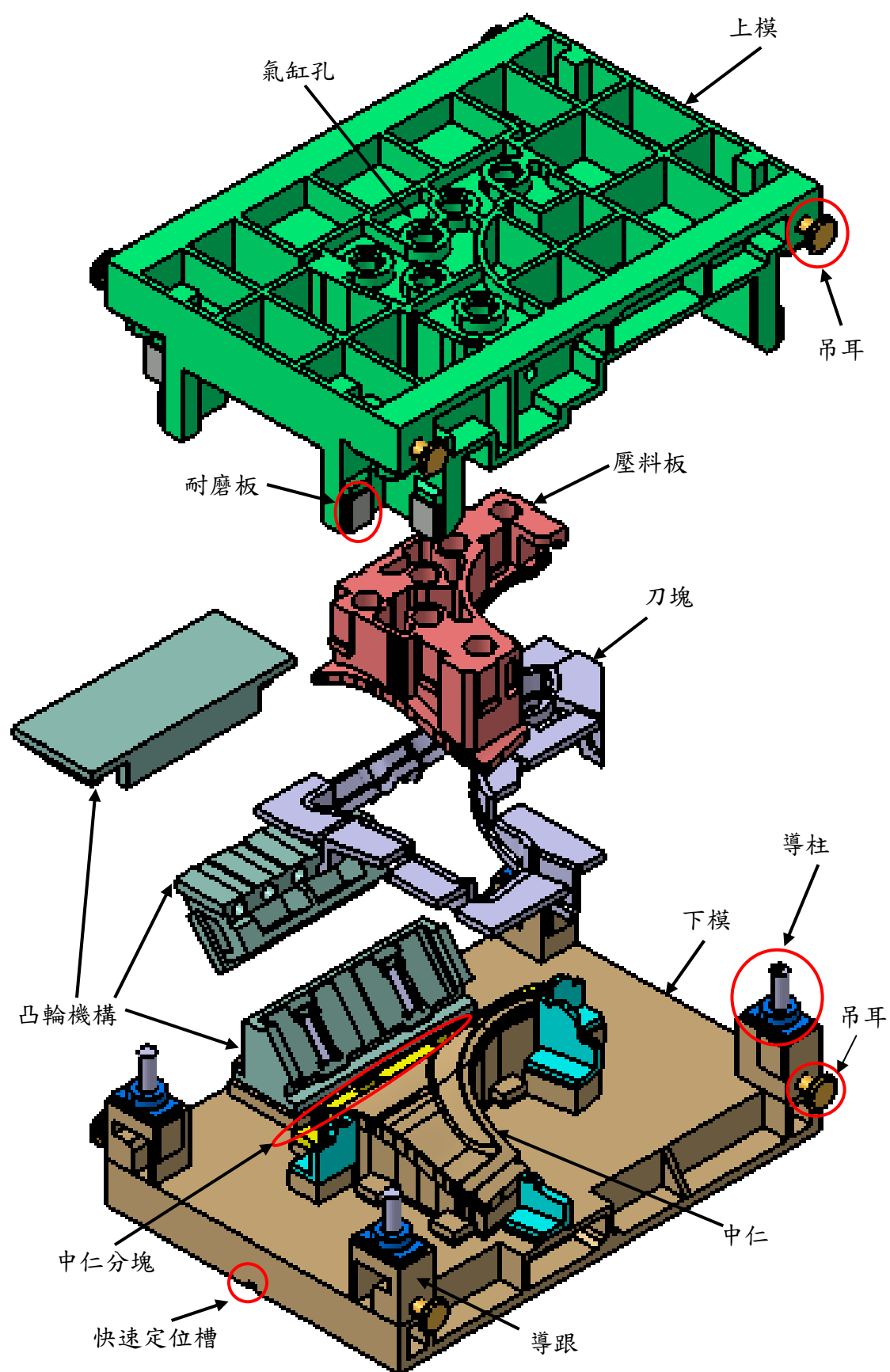


圖 4.4 剪切模具結構說明

4.3.1 剪切模具主體結構設計

剪切模與引伸模最大的差異在於剪切模並非利用環模與上模固定鈹件，從剪切模之後的工序皆採用壓料板和中仁固定鈹件，這也使得上模的造型與引伸模具產生極大的差異。在引伸模設計時上模考量重點在於素材尺寸及分模線附近所產生之力量，而剪切模具的設計重點則為剪線附近之強度及剪切刀塊的設計。另外剪切模具因採用壓料板來固定鈹件，因此壓料板的壓力來源也是影響設計的要素之一，目前常用之壓料力量來源有氮氣缸與彈簧二種方式，圖 4.5 為氮氣缸壓力源壓料時的樣式，使用氮氣缸壓料在上模設計需預留氮氣缸的位置，如圖 4.6 為，使用彈簧力量壓料的模具型式，在設計上彈簧位置需均勻分佈在剪線附近，使得剪切時鈹件不會跟著移動。

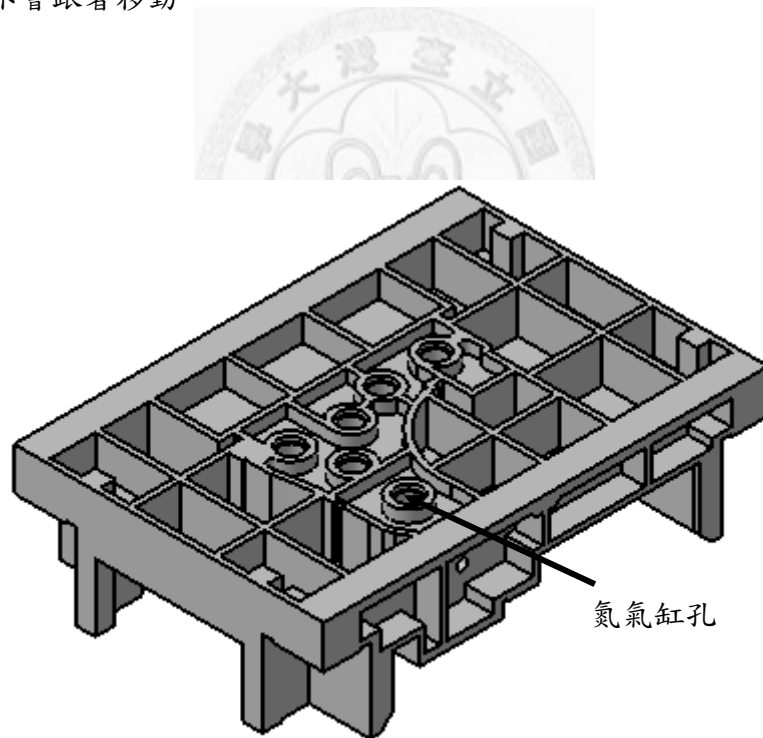


圖 4.5 使用氮氣缸壓料

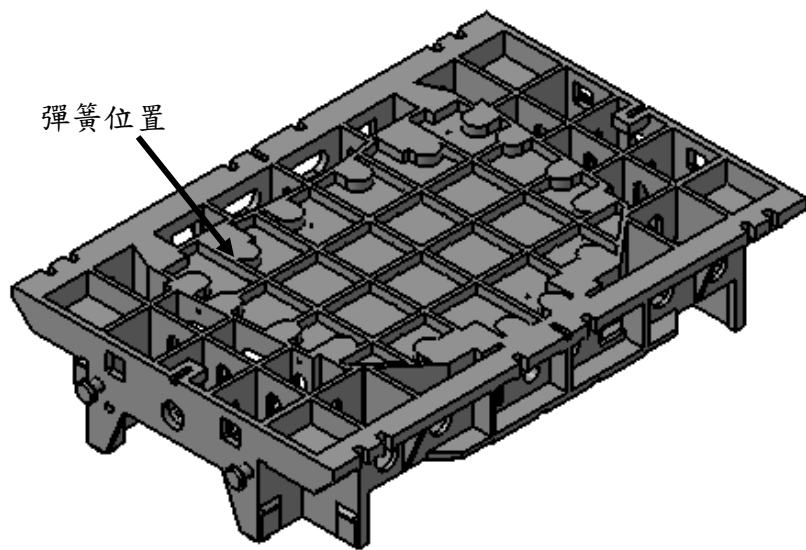


圖 4.6 使用彈簧壓料

壓料板設計要考量壓力源、導板與側吊位置，壓力源對設計的影響與上模相同，導板與側吊則會因不同鈹件而有不同的配置方式，圖 4.7 為葉子鈹剪切模具之壓料板，葉子鈹的壓料板在引擎蓋側與門側會有各有二個導板，引擎蓋側於導板旁會安置側吊，下巴、輪弧與燈側亦各設置一個導板，側吊則設定在下巴處，若鈹件下巴處過於狹小才會設置於輪弧處。

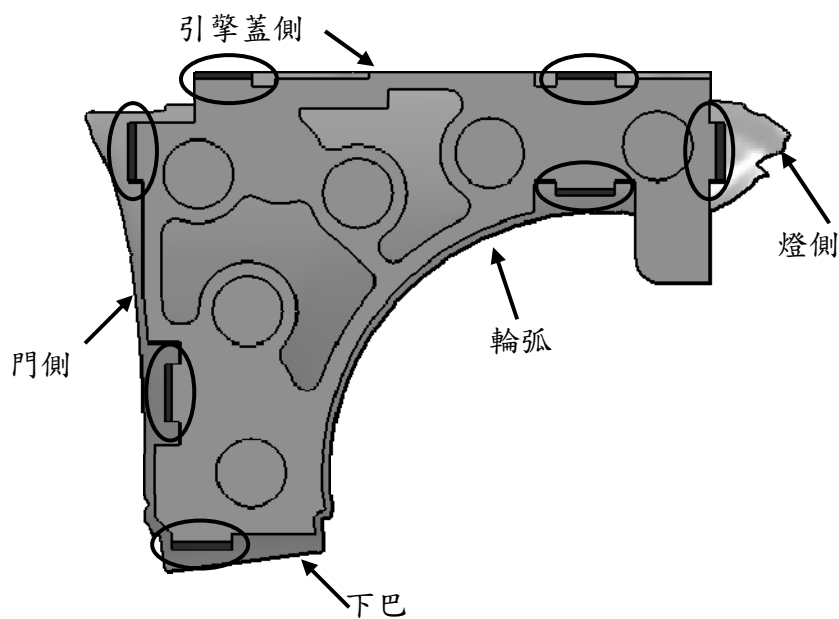


圖 4.7 葉子鈹壓料板之導板位置

引擎蓋鈑之壓料板如圖 4.8 所示，引擎蓋鈑的壓料板型式較葉子鈑單純，導板數量約八個，在頭燈側、擋風玻璃側及左右葉子鈑側各二個，側吊會在頭燈側與擋風玻璃側導板位置旁，彈簧孔則沿著剪線均勻分佈。

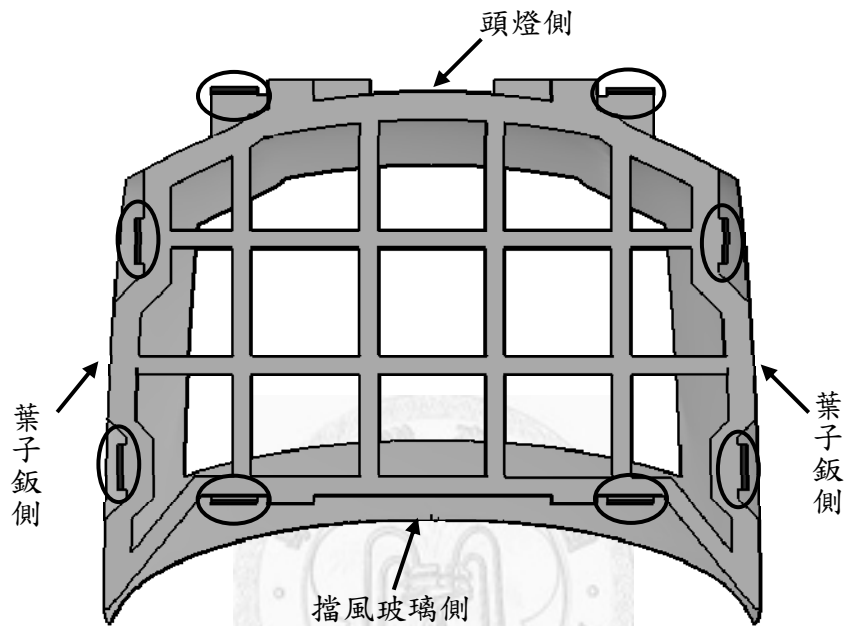


圖 4.8 引擎蓋鈑壓料板之導板位置

剪切模具下模設計必須考慮廢料排除，在模具內之廢料滑槽角度最小為 30° ，衝模邊緣到衝床工作台邊緣最小為 25° ，如圖 4.9 所示，鑄件式之廢料滑槽最小角度亦為 25° ，若因設計需求使得角度小於 20° 時，應在滑槽設置減少摩擦力的導滑措施。

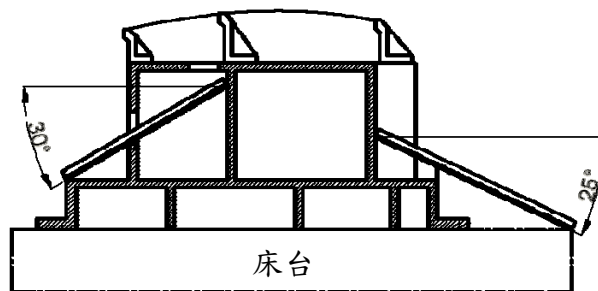


圖 4.9 下模廢料滑槽角度

4.3.2 刀塊設定

分塊設計必須依剪切線判斷形狀較複雜或容易磨損的部分，這些部分都應單獨分開且尺寸盡量不要太大，如圖 4.10 即未將複雜或易磨損部分獨立，且長度設計過長，圖 4.11 將其獨立並取適當長度，在生產過程中若發生磨損，會比較方便更換。

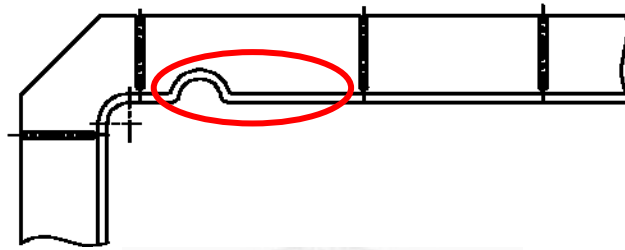


圖 4.10 未將複雜或易磨損部分獨立

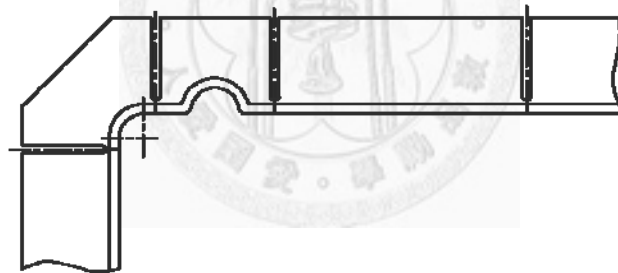


圖 4.11 將複雜或易磨損部分獨立

剪切刀塊在圓弧和直線連接處應注意不要分割在切點上，如圖 4.12 所示，分割位置應距離切點 3~5mm，如圖 4.13 所示，葉子鈑在燈側等部位會有如圖 4.14 的情形，當 θ 角度或 R 特別小時，分割位置會落在終止點附近的直線部位。

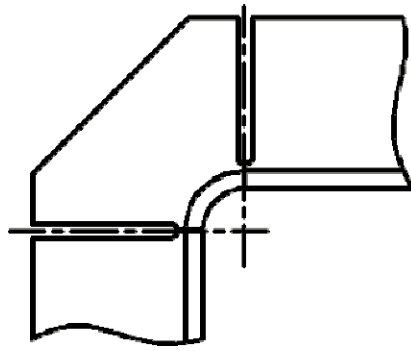


圖 4.12 刀塊分割不良

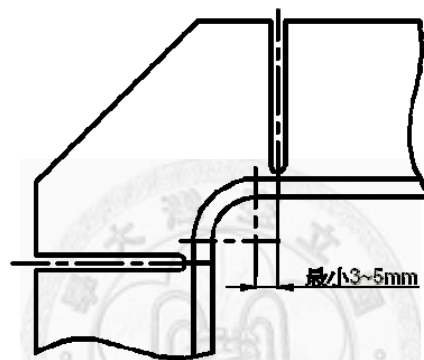


圖 4.13 刀塊分割與切點位置

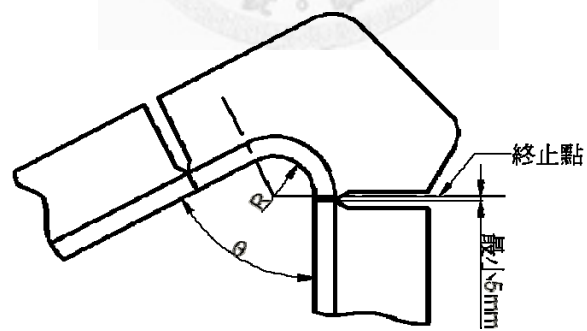


圖 4.14 小角度刀塊分割

廢料刀設置時其刀座不可超過剪切線外圍輪廓，如圖 4.15 所示，此外廢料刀位置設定還需要考慮廢料重心必須在二廢料刀連線之外，如圖 4.16。由於剪切模具首重廢料排除，因此在安排廢料刀時還需考慮廢料大小，一般來說廢料可粗略分成細長近似直線的廢料與 L 型的廢料，細長近似直線之廢料長度盡量不要大於 650mm，寬度盡量不要大於 250mm，如圖 4.17 所示，L 型廢料最大長度不可大於 600mm，高度不可大於 300mm，如圖 4.18 所示，廢料長度規範主要是確保廢料可以順利進入廢料收集槽內，因此實際尺寸要求是可以視廠商設備而定，此處之尺寸為建議值。



圖 4.15 廢料刀設置規範(1)

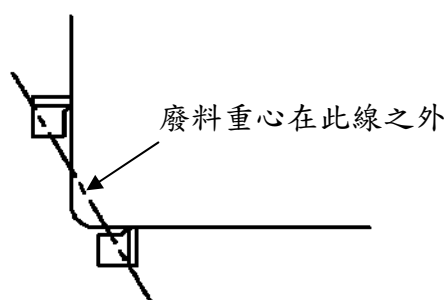


圖 4.16 廢料刀設置規範(2)

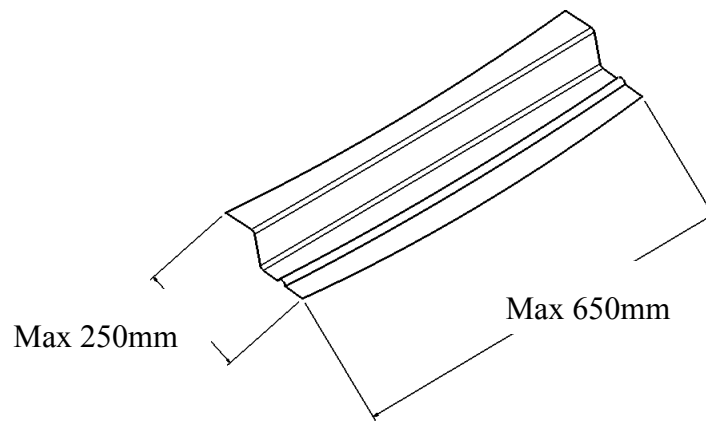


圖 4.17 長型廢料尺寸

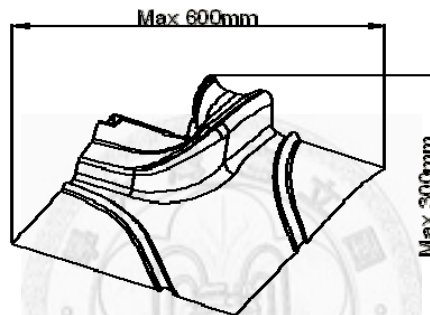


圖 4.18 L型廢料尺寸

廢料刀的尺寸規範如圖 4.19 所示，廢料刀的寬度尺寸 S 必須按照引伸模胚料尺寸加大 10mm 左右，廢料刀高度 H(廢料刀剪線二端較低點至刀座平面距離)約為 1.5 倍的刀座寬度，鎖固螺絲需距廢料刀至少 15mm。

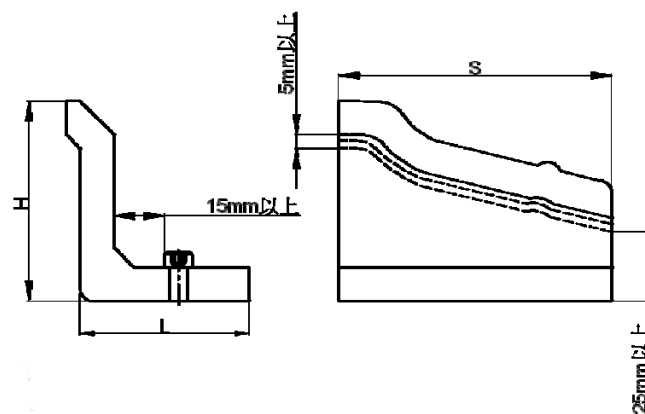


圖 4.19 廢料刀尺寸規範示意圖

廢料刀的擺設會依鈹件而有差異，以 AM 廠的設計而言，葉子鈹的廢料刀約 6 支左右，如圖 4.20 所示，在引擎蓋側二支，門側、燈側、輪弧及下巴各一支，但實際擺設位置仍需視廢料尺寸而定。引擎蓋鈹的廢料刀約 6~8 支左右，如圖 4.21 所示，頭燈側與擋風玻璃側至少各有二支，中間(粗黑三角形位置)的廢料刀會視鈹件大小來決定要不要增加，而二側與葉子鈹相鄰的部分則各有一支廢料刀。

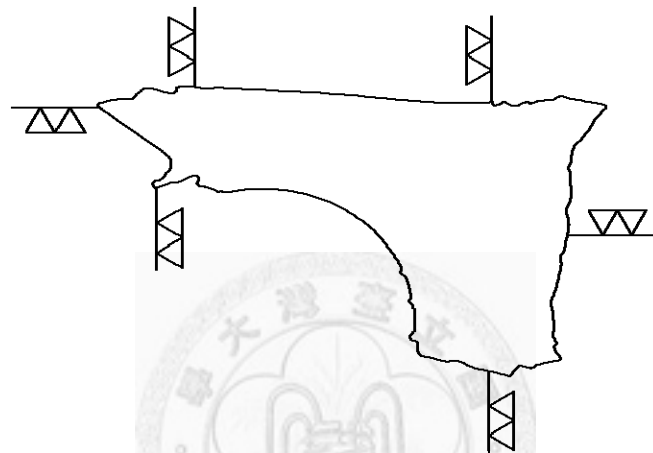


圖 4.20 葉子鈹廢料刀數量位置

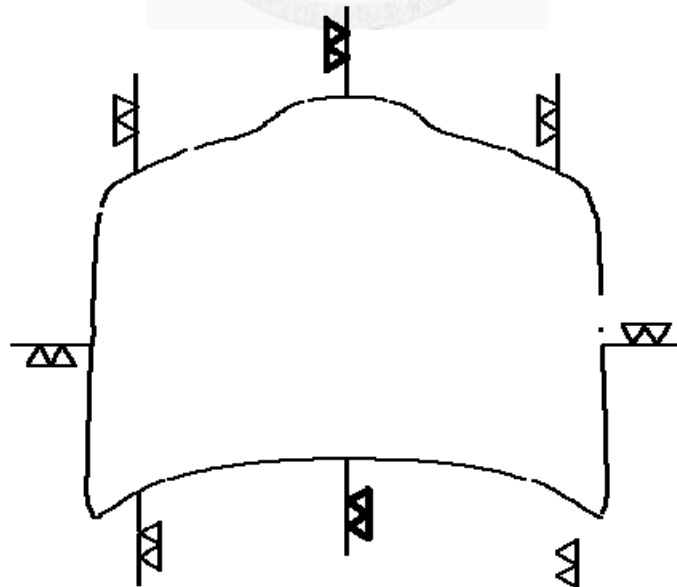


圖 4.21 引擎蓋鈹廢料刀數量位置

4.4 剪切規範與力量計算

剪切時刀塊與模仁之間必須依據鈹金厚度保留間隙，圖 4.22 為一般剪切時的間隙示意圖，間隙值如表 4.1 所示。若剪切點是在傾斜面上則視鈹金夾角來決定間隙，在設計規範中以 40° 為分界，大於 40° 則間隙取零，介於 $25^\circ \sim 40^\circ$ 則間隙為 $\frac{c}{2}$ ，如圖 4.23 所示。

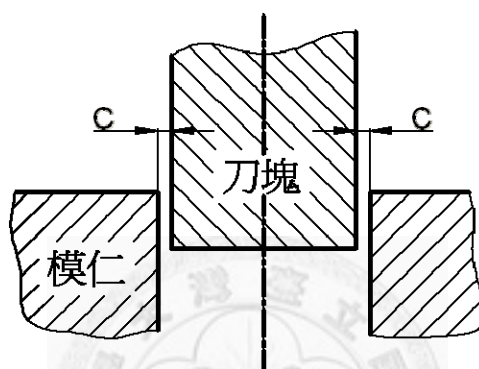


圖 4.22 一般剪切間隙

表 4.1 一般剪切間隙值

製品板厚 $t(\text{mm})$	剪邊間隙 c 板厚(%)
$t \leq 0.8$	$t \times 5\%$
$0.8 \leq t < 1.2$	$t \times 7\%$
$1.2 \leq t < 1.8$	$t \times 8\%$
$1.8 \leq t < 3.2$	$t \times 10\%$
$3.2 \leq t < 4.5$	$t \times 12\%$
$4.5 \leq t$	$t \times 15\%$

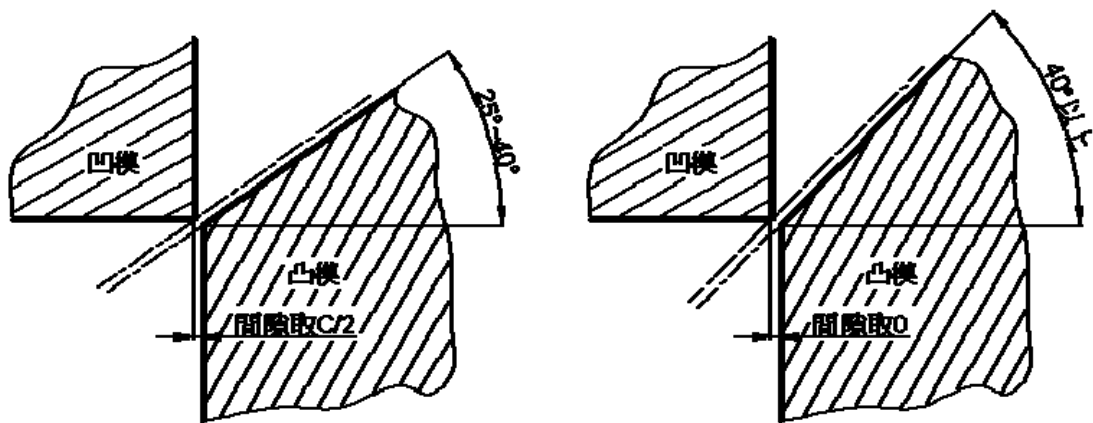


圖 4.23 斜面剪切間隙

垂直正剪時須注意鈹件與剪切方向夾角，如圖 4.24，此夾角之最小角度要求會視鈹件厚度不同，如表 4.2 所示，除了最小角度限制，在垂直正剪有規定與剪切方向垂直之最大傾斜角(θ_1 、 θ_2)，如圖 4.25 與表 4.3 所示，若設計時超出規定角度時則要考慮使用機構進行剪切工序。

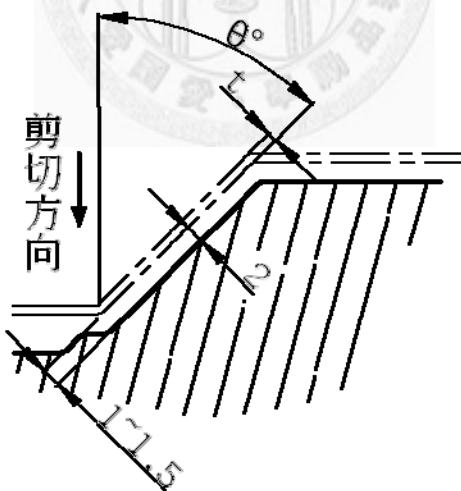


圖 4.24 剪邊夾角角度規定

表 4.2 剪邊夾角角度值

製品板厚 $t(\text{mm})$	最小傾斜角 θ°
0.6	(5.7°)6°
0.7	8°
0.8	10°
0.9	11°
1.0	12°
1.2	14°
1.4(1.5)	17°
1.6	19°
1.8	22°
2.0	24°

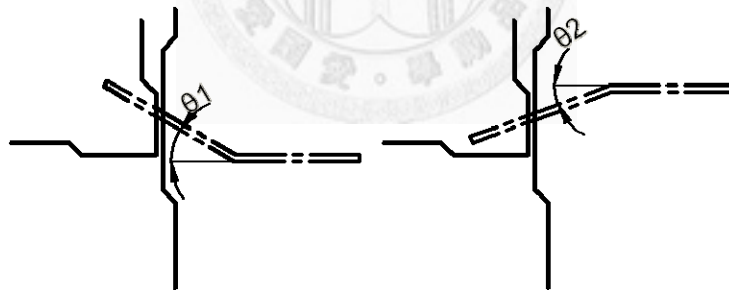


圖 4.25 垂直正剪最大角度規範示意圖

表 4.3 斜面與剪切方向垂直之最大傾斜角

製品板厚 $t(\text{mm})$	最大 θ_1°	最大 θ_2°
$t \leq 1.4$	20	25
$1.4 < t < 2$	15	20
$t \geq 2$	10	15

剪切工序中除了切除引伸完後多餘的造型之外，通常還會視情況一併完成衝孔的動作，衝孔時若鉋金與衝孔方向夾角過大可能會造成擴孔或產生毛邊，因此衝頭位置與孔位在設計上需特別注意二者間之夾角，其夾角限制如圖 4.26 與表 4.4 所示。

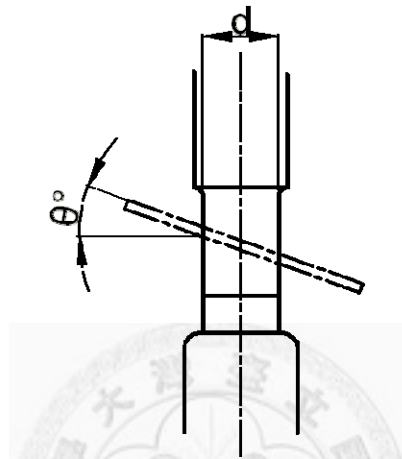


圖 4.26 衝頭直徑與最大傾斜角

表 4.4 衝孔最大傾斜角

衝頭直徑	傾斜角 θ
$d \leq 6$	$\theta \leq 5^\circ$
$6 < d \leq 12$	$\theta \leq 10^\circ$
$d > 12$	$\theta \leq 15^\circ$

剪切模具所需計算的力量可大致分成二個，一是剪切時衝床所需的力量，二是壓料板所需給予的壓料力量，剪切力量計算如公式(4.1)與公式(4.2)，但剪切時為了減少噪音與剪切力會採用波浪剪，如圖 4.27 所示，波浪型刀口剪切力量計算如公式(4.3)所示，模具設計時所承受之側向壓力會因剪裁力量大小而有差異，其側向力計算如公式(4.4)所示。

平口剪切：

$$P_0 = L t \tau \quad (4.1)$$

斜口剪切：

$$P_1 = 0.5 \frac{t^2 \tau}{\tan \theta} \quad (4.2)$$

P_0 ：平口剪切力(kg)

P_1 ：斜口剪切力(kg)

L ：剪切周長(mm)

t ：材料厚度(mm)

τ ：抗剪強度(kg/mm²)

θ ：刃口夾角



波浪剪：

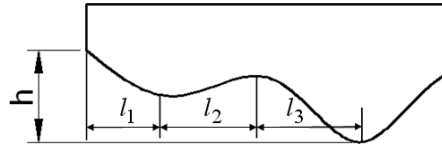


圖 4.27 波浪剪

$$P_1 \approx 0.5 \frac{t^2(l_1 + l_2 + \dots + l_n)\sigma_b}{h} \quad (4.3)$$

$$l_1 + l_2 + \dots + l_n = L$$

剪切模具側向力計算：

$$P_{\text{側}} = \frac{1}{3}(P_0 + P_1) \quad (4.4)$$

壓料板力量在模具設計上是非常重要的資訊，壓料力量足夠才不會讓鈹金在剪切時被拉動，若在剪切過程中因壓料板力量不足，則鈹件會變成拉斷而非剪斷，因此會有毛邊的產生，此外壓料板力量的計算也可視力量大小選擇使用彈簧亦或是使用氮氣缸，壓料板力量計算如公式(4.5)所示。

壓料板力量計算：

$$P = t \times L \times \tau \times 5\% \quad (4.5)$$

第五章 凸輪機構模具設計

5.1 前言

模具設計的工序中，剪切模具之後會經過正折和整型，但從剪切之後的工序皆會使用機構來達成加工目的，因此在文中將其統整描述。凸輪在模具設計上的功能是將模具垂直運動轉換成水平或沿某一特定角度作動，目的為整型、衝孔及剪切，藉由凸輪機構方可在同一工序中完成二個或二個以上部位的整型加工或衝孔，凸輪機構的搭配可使模具工程數減少，降低生產成本。

5.2 凸輪機構種類

凸輪機構依驅動件所在位置可分為懸吊與非懸吊二種，懸吊凸輪驅動件位於下模，如圖 5.1 所示，機構座與滑動件安置於上模。非懸吊凸輪機構則與懸吊機構相反，驅動件在上模，機構座與滑動件安置在下模，如圖 5.2 所示。

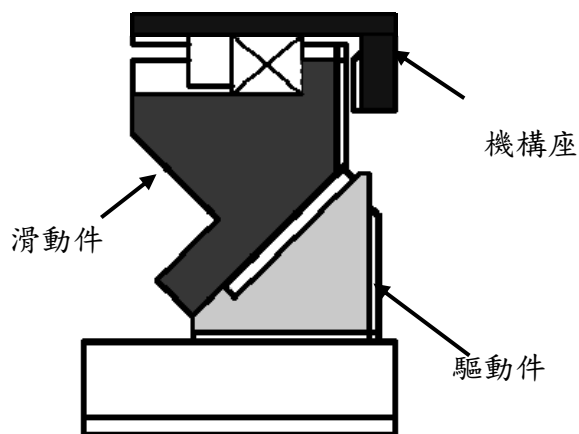


圖 5.1 懸吊凸輪機構示意圖

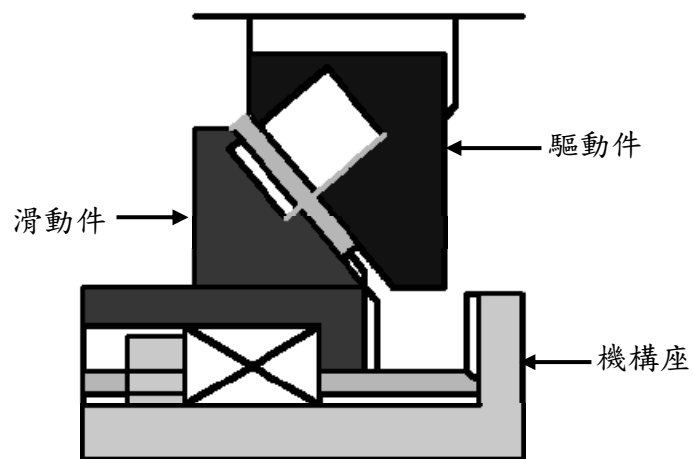


圖 5.2 非懸吊凸輪機構

機構若以其作動的角度又可分為水平、向下傾斜與向上傾斜三種，圖 5.1 為向下傾斜之凸輪，圖 5.2 為水平之凸輪，圖 5.3 為向上傾斜之凸輪。在 AM 廠模具設計中大部分只會使用到水平與向下傾斜二種型式，向上傾斜則十分少見，主要是向上傾斜的凸輪機構加工與安裝不易。水平作動之凸輪機構是最常用之機構，主要優點有產品穩定性好，操作性好，向下傾斜式之凸輪機構在水平方向凸輪機構無法加工時選用。

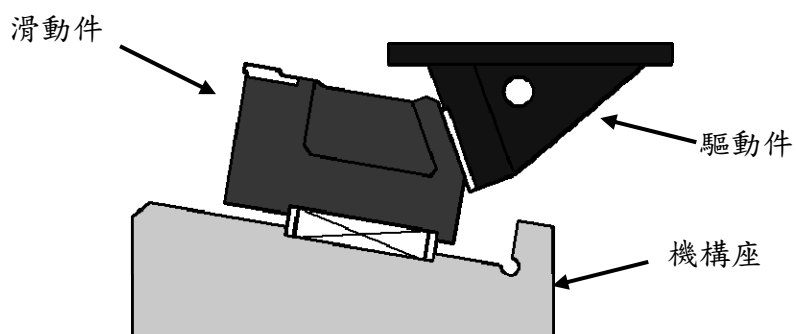


圖 5.3 上傾式凸輪機構

凸輪機構樣式繁多，除了從滑動件方向來分類之外，還可以從作動形式、承受壓力大小與取得來源分類，如圖 5.4 所示。

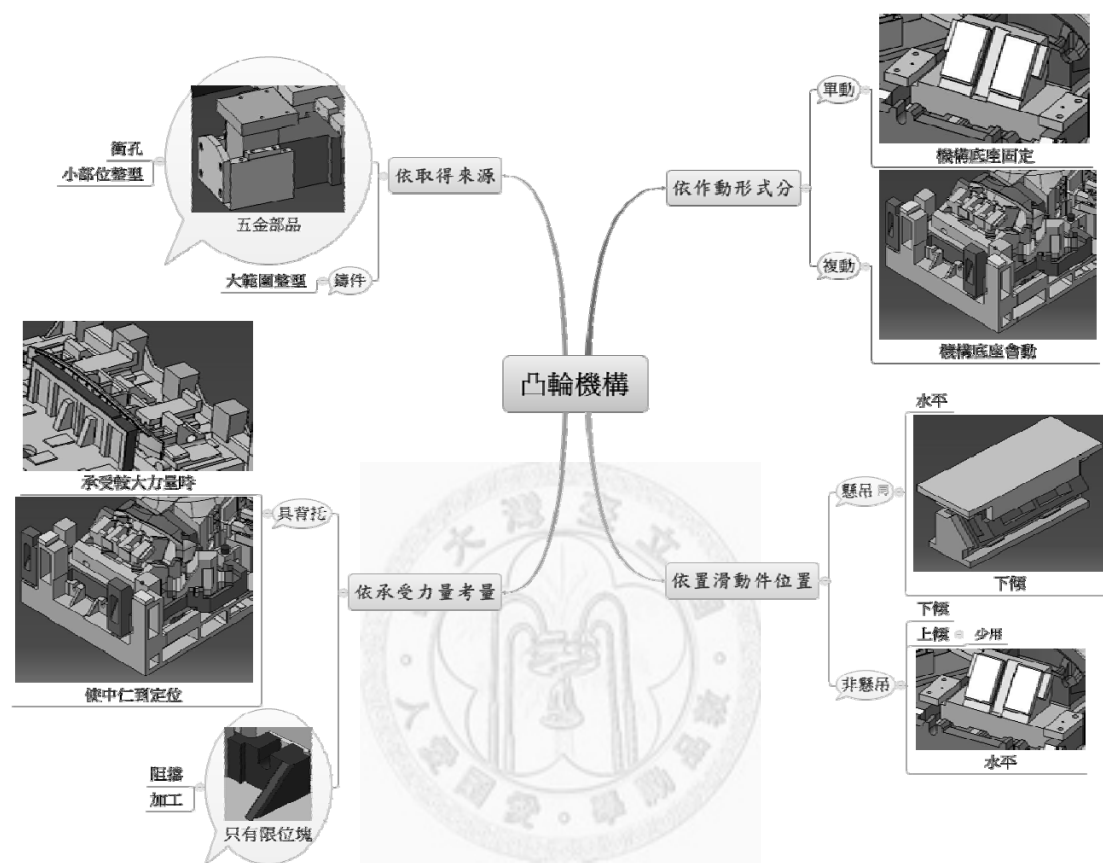


圖 5.4 凸輪機構分類

5.3 凸輪機構設計

凸輪機構在後工程模具設計時佔有很重要的因素，選用正確的凸輪機構可使工程數減少，亦可減少成本。凸輪機構設計要考量使用場合、作動行程與基本結構尺寸。

5.3.1 凸輪角度選用

在 5.2 節中說明凸輪機構的分類，在本小節中則說明凸輪機構選用的條件。當凸輪機構作動方向為水平方向 $\pm 10^\circ$ ，最好選用水平凸輪機構，如圖 5.5 所示，水平凸輪機構 α 角介於 $80^\circ \sim 100^\circ$ 之間，驅動件與滑動件之接觸角 β 則取 $50^\circ \sim 60^\circ$ ，若行程不足方可取 45° 。

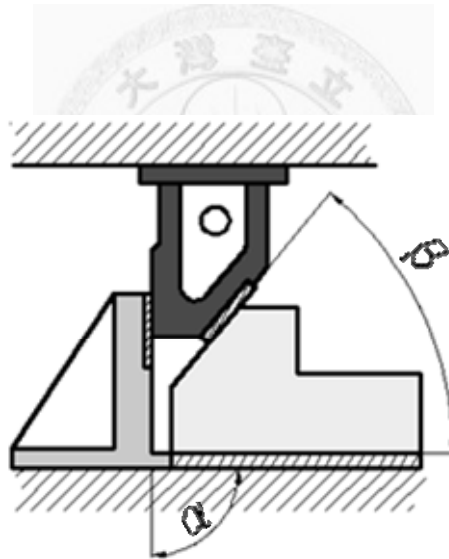


圖 5.5 水平凸輪設計參數

向下傾斜式的凸輪機構又稱為正向凸輪，如圖 5.6 所示，正向凸輪在模具設計上使用非常多，主要用於具負角整型之場合，其 γ 角約為 $45^\circ \sim 80^\circ$ ，當 $\alpha = \beta$ 時，驅動件垂直運動的距離會等於滑動件行程距離。

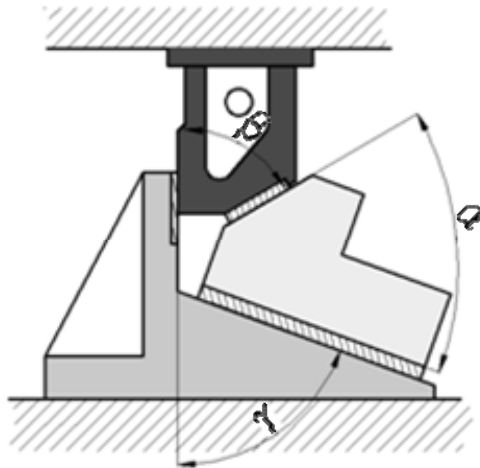


圖 5.6 正向凸輪設計參數

向上傾斜式的凸輪機構又稱為反向凸輪，如圖 5.7 所示，反向凸輪機構極為少用，葉子鉸可能會因翻轉角度在鼻頭包角處使用反向凸輪，一般來說 γ 介於 $100^\circ \sim 105^\circ$ 時會選用反向凸輪。

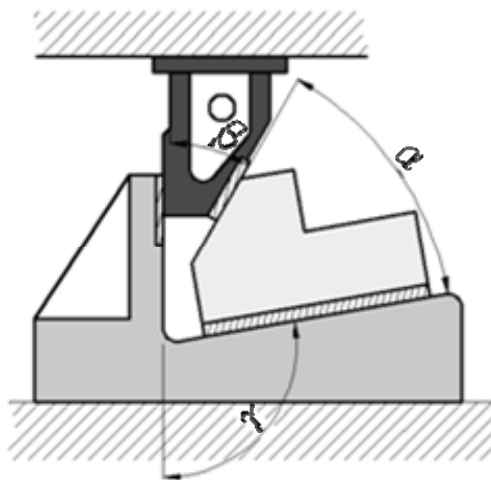


圖 5.7 反向凸輪設計參數

5.3.2 作動行程

凸輪機構使用時要特別注意行程，凸輪機構的行程與鈹金整型區域之深度有關，對於模具之高度、寬度與長度皆有影響，因此工法在提供所用之機構類型之後模具設計人員就要計算行程，用以決定模具的基本尺寸。依據凸輪角度可大概將運動分為水平運動與傾斜運動二種情況加以說明。圖 5.8 為水平作動時之示意圖，水平運動時，驅動件垂直作動距離與滑動件之水平位移行程之比值為 $\frac{S_1}{S} = \cot \alpha$ ，圖 5.9 為傾斜作動時之示意圖，傾斜作動時，驅動件垂直作動距離與滑動件斜向位移行程之比值為 $\frac{S_1}{S} = \frac{\cos(\alpha - \beta)}{\sin \alpha} = \csc \alpha \times \cos(\alpha - \beta)$ 。

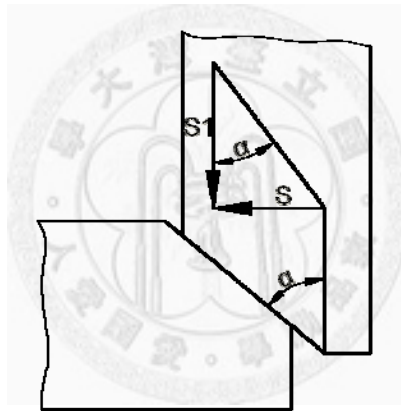


圖 5.8 水平作動示意圖

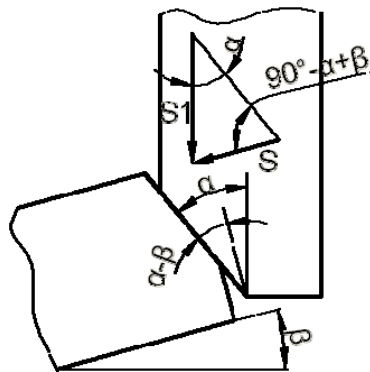


圖 5.9 傾斜作動示意圖

凸輪機構作動線圖在模具設計上可以推算模具接觸與凸輪機構作動之關係，藉由作動線圖可清楚了解各機構作動之順序，圖 5.10 為凸輪作動參數圖，其中 W 為作業行程，S 為導滑動件行程，C 為凸輪頂出器行程，L 為驅動件行程，繪製完成之凸輪作動圖如圖 5.11 所示，驅動件行程 L 可由公式(5.1)求得。

驅動件行程計算：

$$L = S \frac{\cos(\theta_1 - \theta_2)}{\sin \theta_1} \quad (5.1)$$

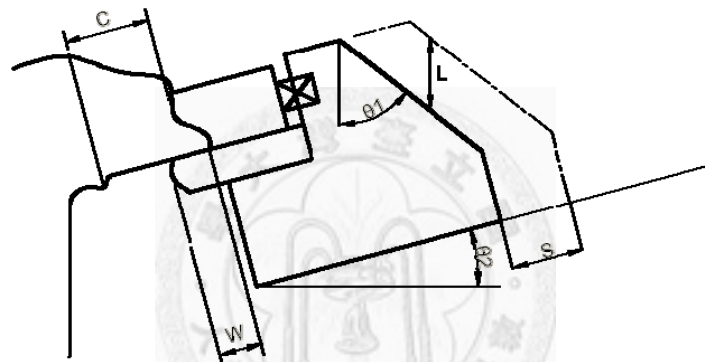


圖 5.10 凸輪作動參數圖

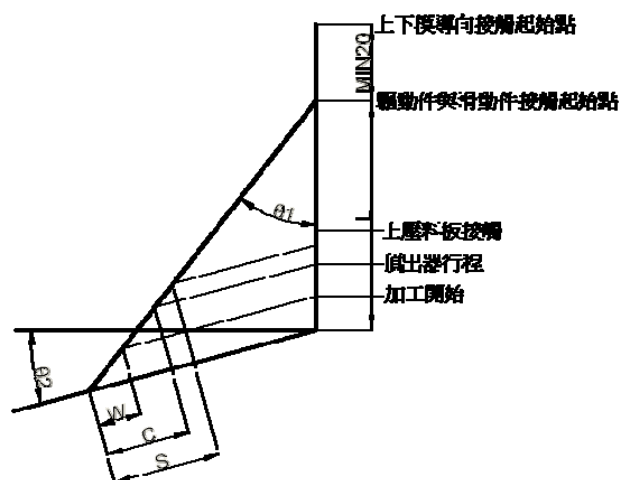


圖 5.11 凸輪作動圖

5.3.3 凸輪基本尺寸

凸輪樣式雖然多種，但凸輪設計時仍有一定的規則，圖 5.12 為凸輪設計之參數，圖中驅動件之長度 $H1$ 需視閉模高度而定， $W1$ 約為 $H1$ 之 1.5 倍，滑動件設計時需注意作用點 B 的作用力與滑動面的交點 A 應位於滑動件寬度 $W2$ 內，在一般情況下， $W2=(1.5\sim2.0)H2$ ，最小亦應保持 $W2=H2$ 。

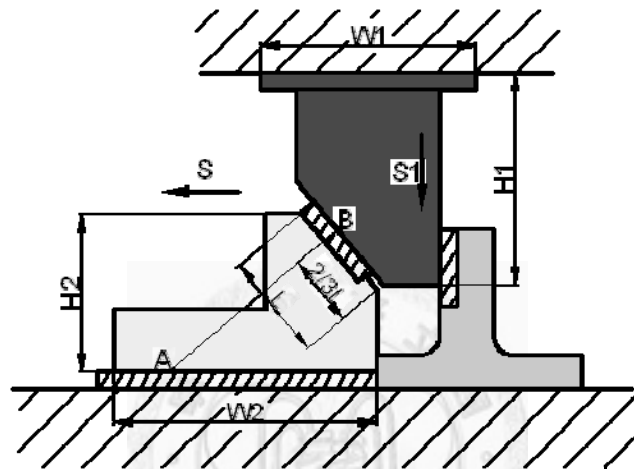


圖 5.12 凸輪設計參數

滑動件尺寸設計與所要加工的區域範圍有關，基本尺寸參數如圖 5.13 所示，為求機構加工時的穩定性，凸輪寬度與滑軌寬度如表 5.1 所示。

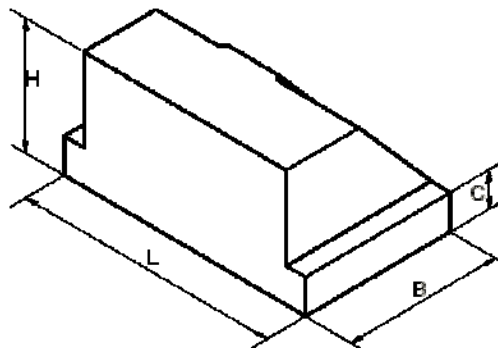


圖 5.13 滑動件尺寸參數

表 5.1 滑動件設計參數值

滑動件長度尺寸(L) (mm)	滑動件寬度 $B = L \times K$		滑軌寬度	
	K 值(mm)		C 值(mm)	
	衝裁類	成型類	衝裁類	成型類
150~200	1.2~6.9	1.0~0.7	38	38
>200~500	0.9~0.5	0.7~0.4	38	48
>500~800	0.5~0.4	0.5~0.3	48	58
>800~1200	0.4~0.3	0.4~0.3	58	75
>1200~1600	0.3~0.25	0.3~0.25	58	75
>1600~2000	0.25~0.2	0.25~0.2	75	100

凸輪設計除了斷面尺寸之外，還要考量驅動件個數與滑動件耐磨板寬度。驅動件個數與滑動件耐磨板寬度皆與凸輪長度有關，圖 5.14 為驅動件主要參數示意圖，所規定設置個數與尺寸如表 5.2 所示，圖中 L 為加工區域長度，W 為驅動件寬度。滑動件耐磨板寬度計算需與驅動件個數計算一樣，皆需視凸輪長度而決定，其示意圖如圖 5.15 所示，耐磨板寬度計算可由公式(5.2)計算，若滑動件長度大於 1000mm 時取 0.5L。

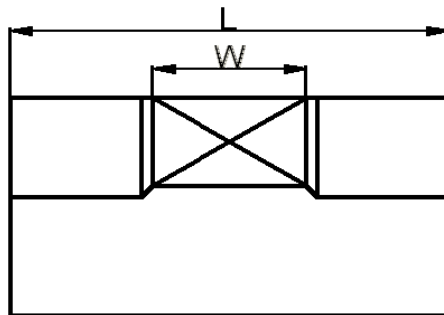


圖 5.14 驅動件個數與寬度參數示意圖

表 5.2 驅動件設定數量

凸輪長度(L) (mm)	剪切		整型	
	驅動件接觸面寬度(W) (mm)	個數	驅動件接觸面寬度(W) (mm)	個數
≤ 200	75	1	100	1
$> 200 \sim 300$	100	1	100~125	1
$> 300 \sim 500$	75~100	2	100~125	2
$> 500 \sim 700$	100~125	2	125~150	2
$> 700 \sim 900$	150	2	150~200	2
$> 900 \sim 1200$	125~150	3	150	3
> 1200	150~200	3	150~200	3~4

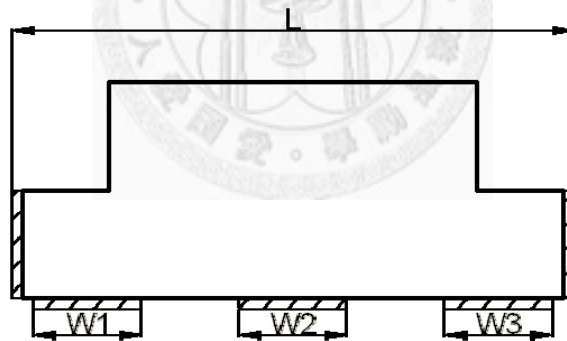


圖 5.15 滑動件耐磨板配置

滑動件耐磨板寬度計算：

$$0.4W \leq (W1 + W2 + \dots) \leq 0.7W \quad (5.2)$$

5.4 加工力量計算

凸輪依作動方向所能提供之力量亦有所不同，圖 5.16～圖 5.18 為水平、下傾與上傾三種情形時之受力情形，各情形凸輪驅動件斜面與滑動件底面之正向力及加工所能提供之加工力計算可由公式(5.3)～(5.11)計算而得。

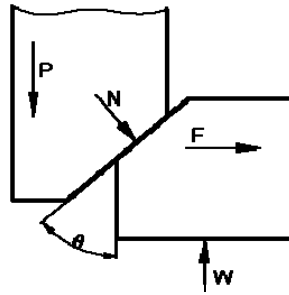


圖 5.16 水平凸輪作用力示意圖

(a)水平凸輪作用力計算：

$$N = \frac{F}{\cos \theta} \quad (5.3)$$

$$F = \frac{P}{\tan \theta} \quad (5.4)$$

$$W = F \tan \theta = P \quad (5.5)$$

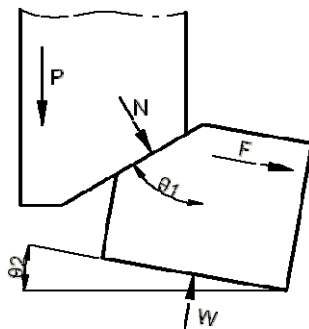


圖 5.17 下傾凸輪作用力示意圖

(b)下傾凸輪作用力計算：

$$N = \frac{F}{\cos(\theta_1 - \theta_2)} \quad (5.6)$$

$$F = \frac{\cos(\theta_1 - \theta_2)}{\sin \theta_1} \times P \quad (5.7)$$

$$W = F \times \tan(\theta_1 - \theta_2) \quad (5.8)$$

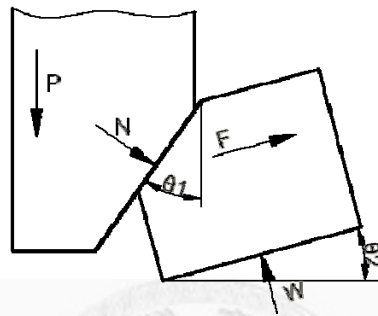


圖 5.18 上傾凸輪作用力示意圖

(c)上傾凸輪作用力示意圖：

$$N = \frac{F}{\cos(\theta_1 + \theta_2)} \quad (5.9)$$

$$F = \frac{\cos(\theta_1 + \theta_2)}{\sin \theta_1} \times P \quad (5.10)$$

$$W = F \times \tan(\theta_1 + \theta_2) \quad (5.11)$$

P ：壓力機壓力 kg

W ：滑動件底面反力 kg

N ：凸輪斜面上之力 kg

F ：加工力 kg

加工力量在此分成純壓彎與整型壓彎二大類，在剪切工序之後可能會進行正折工序，此即為純壓彎，整型壓彎則是將鈹金件側面造形完整呈現之加工，加工力量計算如公式(5.12)、(5.13)，若加工是屬於壓彎加整型，則加工力量 $P=P_1+P_2$ ，凸輪所提供之加工力量則必須滿足 P 力，而壓料板所須提供之力量約等於總加工力量之 25%。

$$\text{最大壓彎力： } P_1 = \frac{C_1 \times \sigma_B \times b \times t^2}{2L} \quad (5.12)$$

$$\text{整型力量： } P_2 = A \times q \quad (5.13)$$

σ_B ：材料的抗拉強度 kg/mm^2

b ：板厚 mm

t ：板寬 mm

$2L$ ：衝模肩寬度 mm

C_1 ：係數

C_1 之常數值需視衝模肩寬與板厚比值而定

$t=0.8\text{mm}$ 時 $C_1 = 1.33$

$t=1.2\text{mm}$ 時 $C_1 = 1.24$

$t=1.6\text{mm}$ 時 $C_1 = 1.20$

A ：整型面積 mm^2

q ：整型單位壓力 kg/mm^2

q 值可分為輕整型、重整型與精整型，其值如表 5.3 所示

表 5.3 q 值

輕整型	2~4
重整型	3~5
精整型	4~7

第六章 系統說明與模具建構

6.1 前言

前面章節探討模具設計的規範，系統將部分設計規範結合於程式之中，讓設計者節省翻查時間，並以模組化的方式建置模具設計所需使用的工具，圖 6.1 即為本研究開發之模具設計模組選單，研究中以鈹金成型基本流程做為模組選單，選單裡將模具分成引伸、剪切、折彎與整型等四大模組，設計者可依實際設計的模具特性選擇所需的輔助模組，模具設計中常會將剪切、折彎與整型加工結合於同一工程，因此設計者可視其需求將這些模組混合搭配組合成複合模。

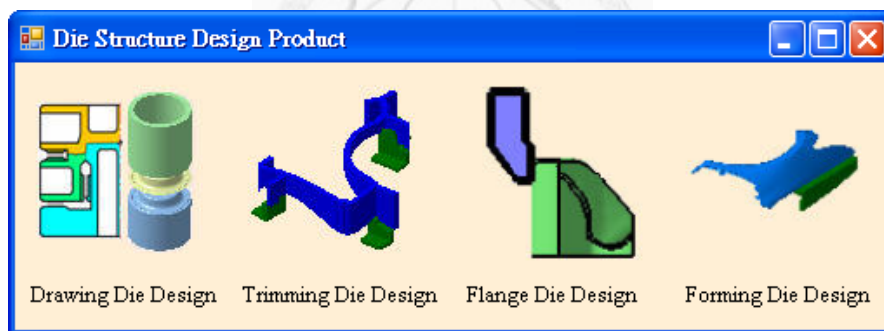


圖 6.1 模具設計模組選單

本文在模具設計上以 AM 廠之汽車葉子鈹與引擎蓋鈹做為模具設計實例，利用所開發的模具設計程式輔助模具開發，藉由程式的輔助及設計規範之建立讓設計者可加速模具開發設計，驗證實例為研究合作廠商於 97 年所開發之載具。模具設計流程如圖 6.2 所示，其中模具工法是劉昆育[14]提出汽車鈹金衝壓模具設計之鈹金製程規劃所開發的程式排定，工法示意如圖 6.3 所示，點擊工法系統的樹狀節點即可將加工資訊呈現在畫面中，模具設計即是以工法所提供之資訊進行設計，工法可提供各工程翻轉角度、加工機構類型、機構中心位置及機構加工行程等。

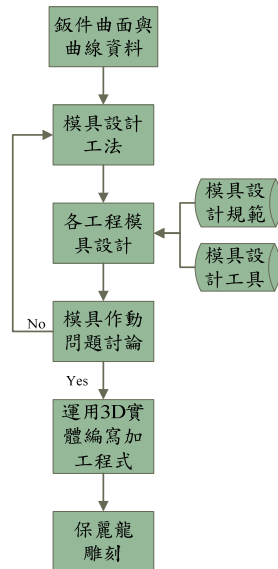


圖 6.2 模具設計流程

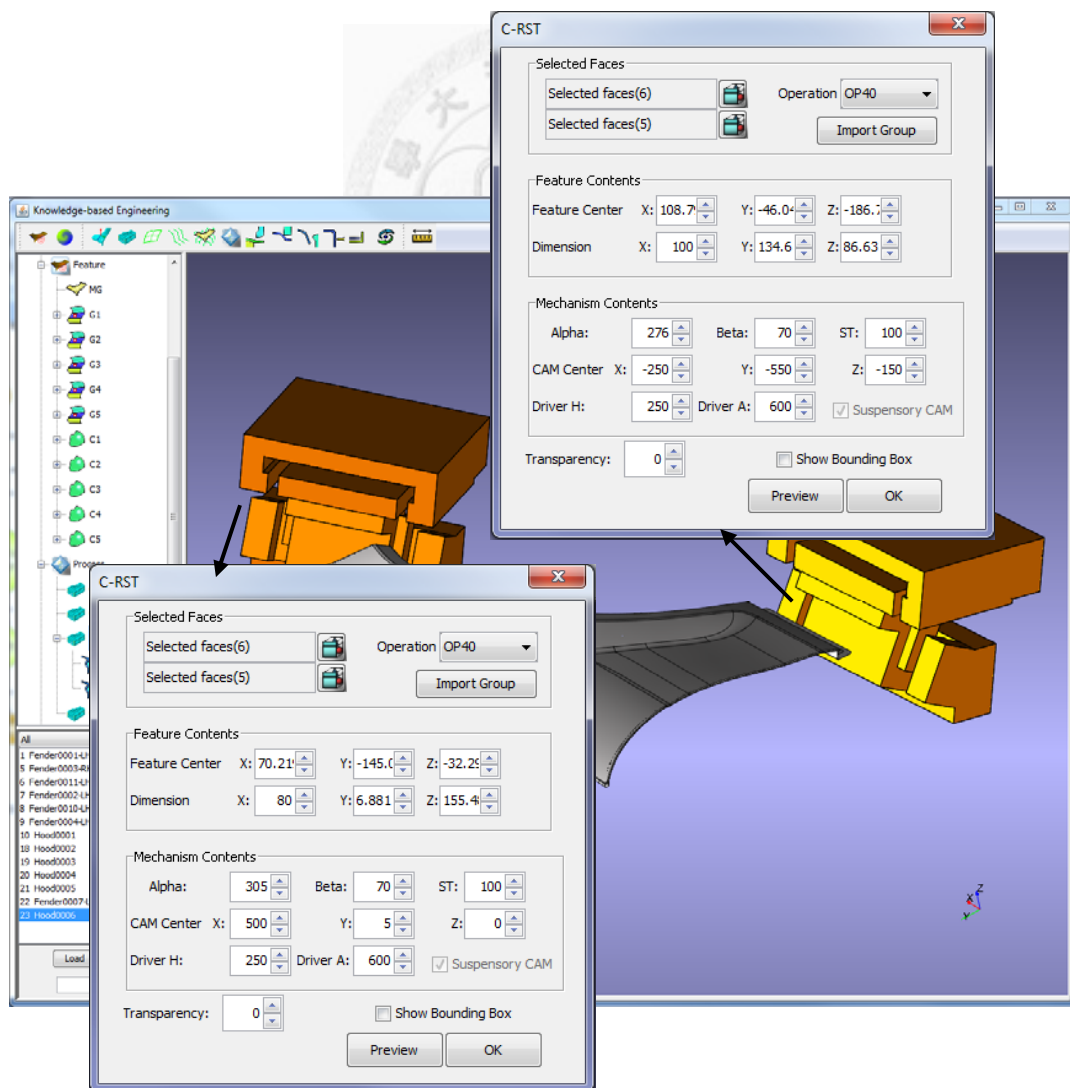


圖 6.3 模具工法

6.2 引伸模具設計

引伸模具設計分為上模、下模與環模三部分，設計時要注意各模塊間之相對位置與配合部品，實體建構時盡可能將配合部位參考相同的輸入條件才能有效節省建構時間。

6.2.1 引伸模具設計流程

引伸模具設計流程如圖 6.4 所示，研究開發的程式就是以此流程安排工具列，程式中進入引伸模具設計模組即會出現引伸模具設計工具列與結構庫工具列如圖 6.5 與圖 6.6 所示。

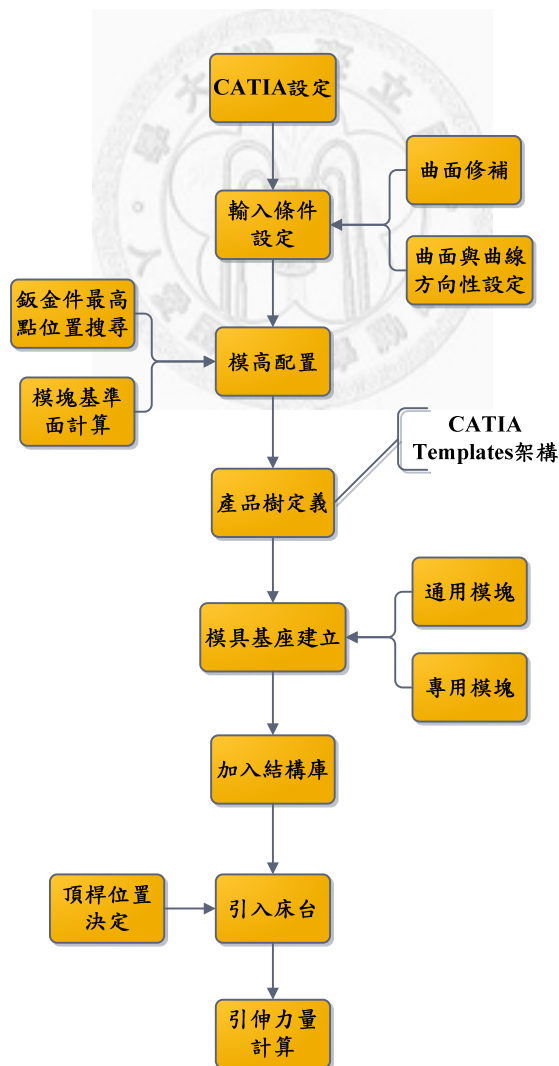


圖 6.4 引伸模具設計流程



圖 6.5 引伸模具設計工具列



圖 6.6 結構庫工具列

(1)模高配置

汽車鈹金引伸模具模高配置需先確定鈹金曲面加工厚度，因此先找出鈹金曲面之最高點平面，圖 6.7 為模高配置的使用者介面，設計者只需指定模具設計所需之鈹金曲面與曲線，程式會依所輸入之鈹件做初步配置，配置完成後各模塊的距離仍為設計者可調整之參數。

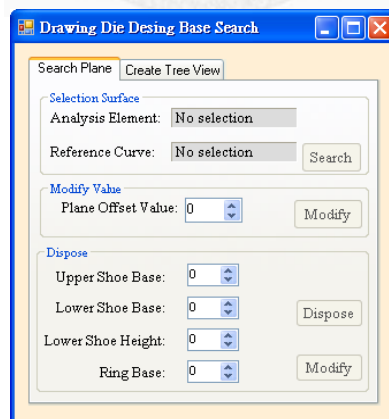


圖 6.7 引伸模具模高配置使用者介面

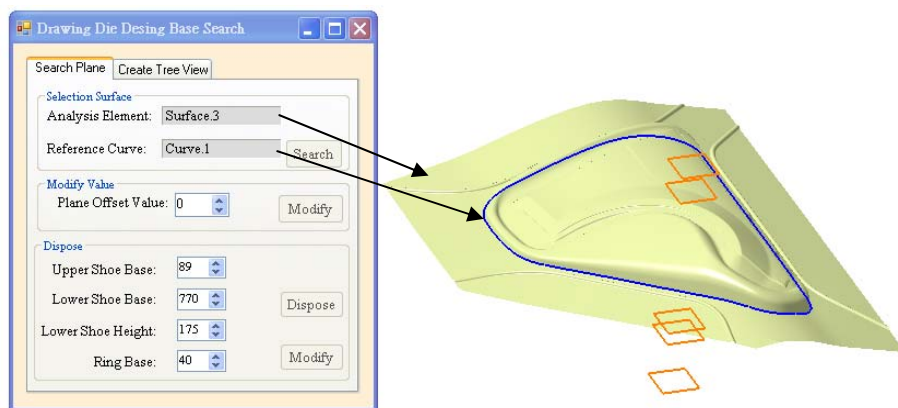


圖 6.8 引伸模具模高配置結果

(2)產品樹定義

產品樹定義目的是為符合 CATIA templates 架構，設計者依各載具編號可自行定義模具名稱，並自行定義各模塊的檔名，程式會將設計者所給予的命名建構如圖 6.9 之架構，模具實體皆會附加在所命名的 product 之下，在建構的同時程式亦會將各模塊設計所需參考之平面、曲面與曲線複製到各模塊的 part 之下，方便後續實體建構。

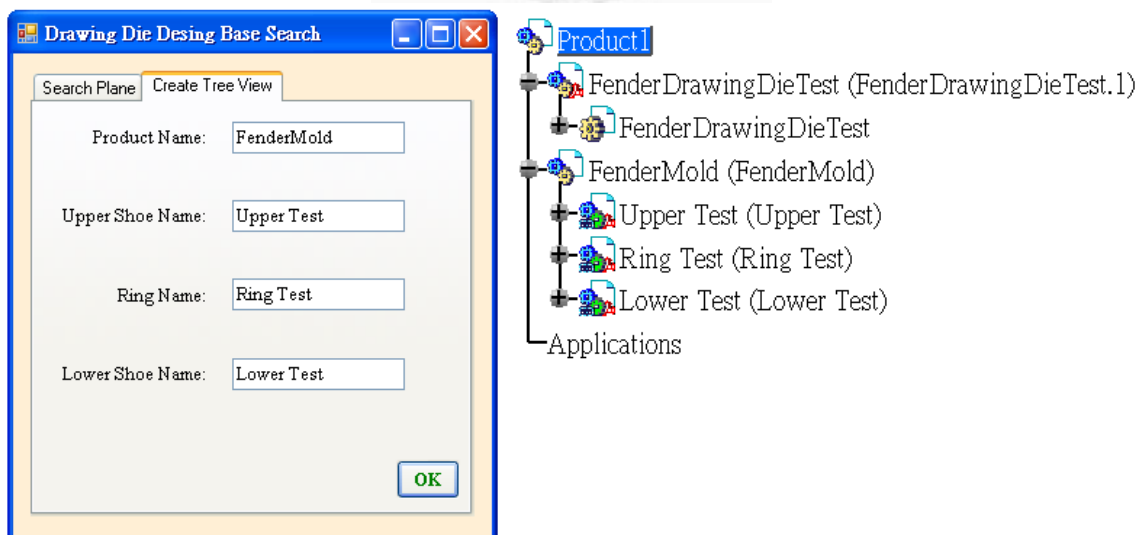


圖 6.9 引伸模具產品樹定義結果

(3)基座建立

引伸模具設計分下模基座、上模基座與環模基座，圖 6.10～圖 6.12 為通用模塊基座的使用者介面，基座初步設計如圖 6.13 所示，其中環模會在基座建立的同時將肋條完成，上模與下模則必須視分模線或胚料草圖而增加肋條，因此程式中亦提供此一功能，使用者介面如圖 6.14 與圖 6.15 所示，結果如圖 6.16，上模與下模切除部分即為上模壓料與下模中仁部分。建立基本樣式之後即可參考鈹金曲面加入中仁與墊塊放置平台，完成結果如圖 6.17 所示。

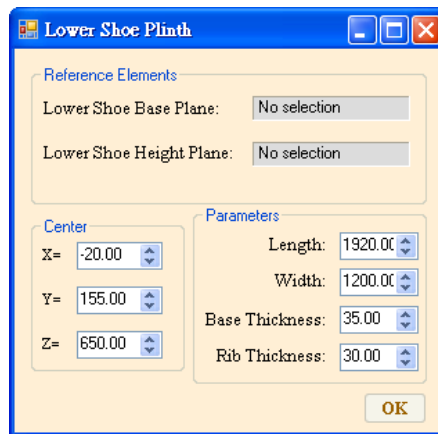


圖 6.10 下模基座使用者介面



圖 6.11 上模基座使用者介面

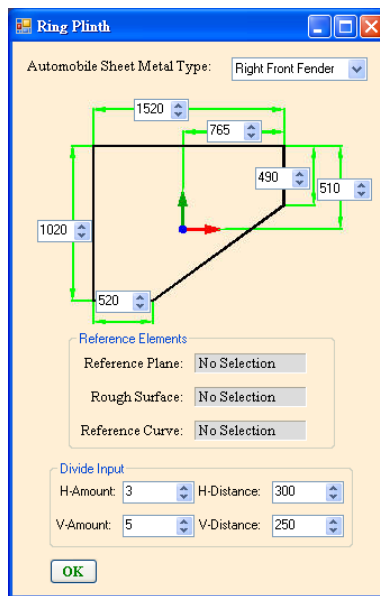


圖 6.12 環模基座使用者介面

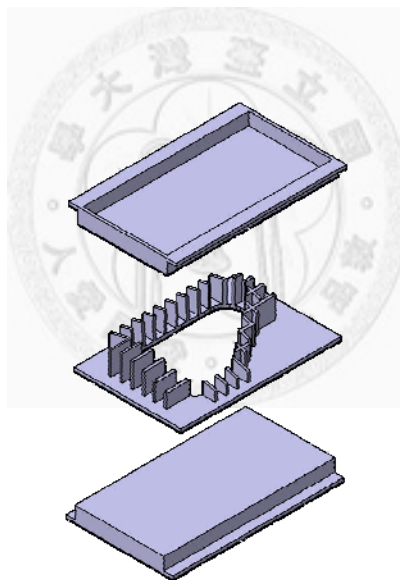


圖 6.13 引伸模具基座

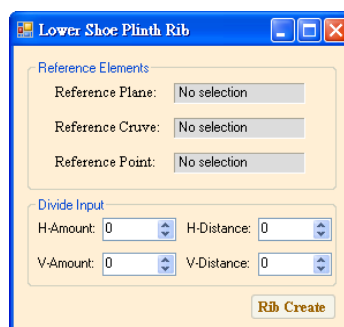


圖 6.14 下模專用模塊使用者介面

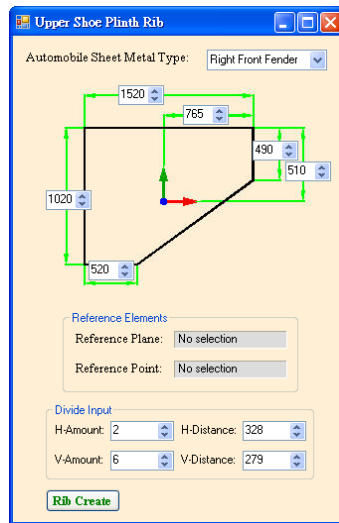


圖 6.15 上模專用模塊使用者介面

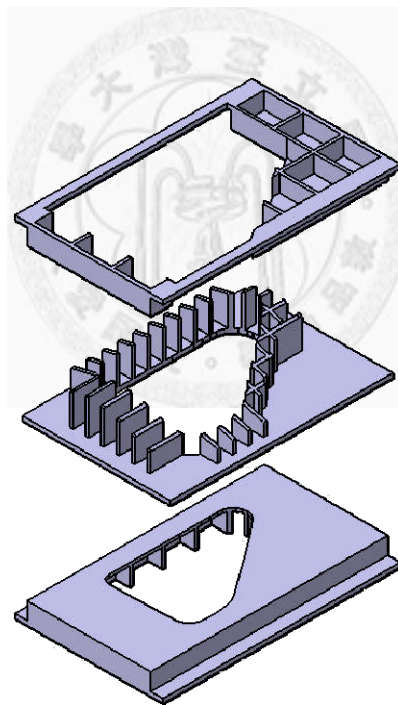


圖 6.16 上模與下模加入專用模塊

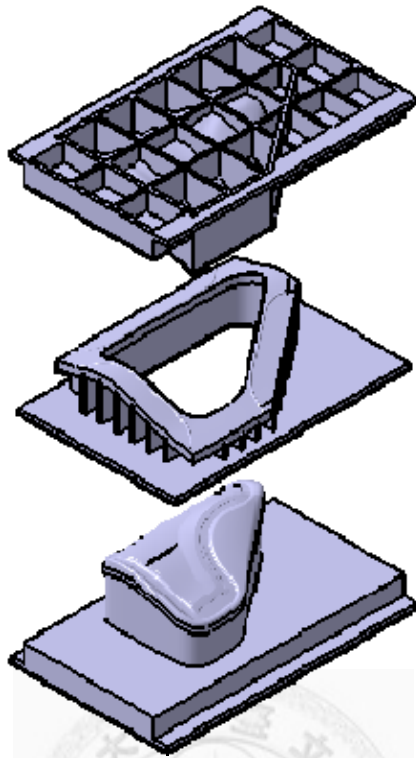


圖 6.17 模具基座完成圖

(4)結構庫使用

實例驗證之載具會使用到之結構庫功能包含導跟、箱根、快速定位槽、U形溝槽、耐磨板座、承面、減重孔、吊耳及床台引用等，設計實例如下所示：

(a)導跟

導跟附加於下模與上模基座，其使用者介面如圖 6.18，設計者只需在基座上指定欲加導跟之位置並輸入導跟尺寸，程式就會自動產生，此處導跟位置因考量設計上位置點決定困難，因此皆是直接截取模具基座之四個角落，程式會依輸入條件座標自行決定方向，結果如圖 6.19 所示。

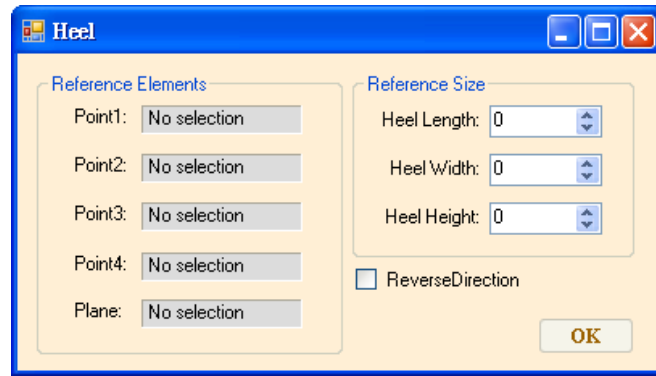


圖 6.18 導跟使用者介面

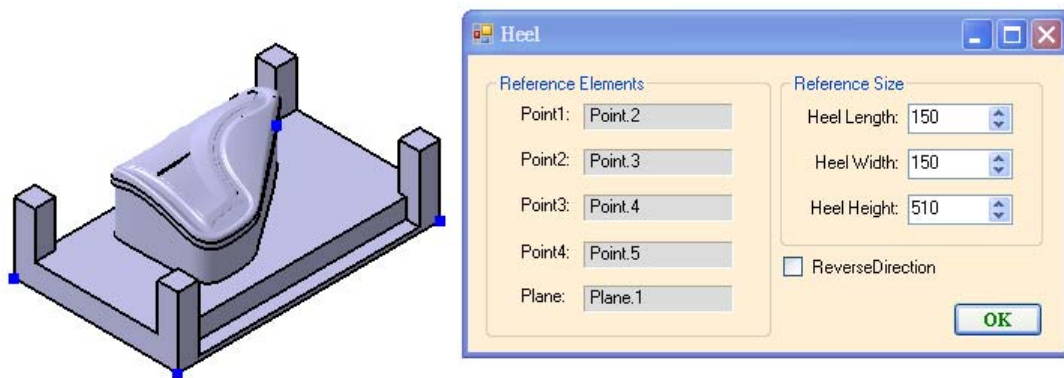


圖 6.19 導跟實作

(b)箱根

箱根用於導引上模與環模，因此程式建構時必須同時產生，以確保上模與環模相對位置，此外環模的箱根還必須與下模做導引，所以整體箱根設計尚需根據模具寬度來決定，程式只能依使用者輸入之參數建構，並不能決定整體位置。箱根建置使用者介面如圖 6.20 所示，實作結果如圖 6.21 所示。

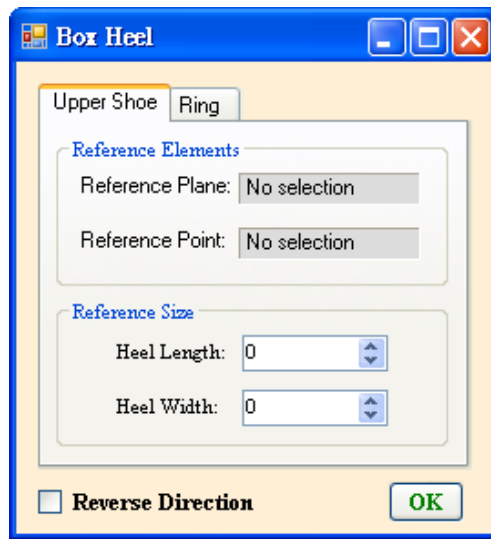


圖 6.20 箱根使用者介面

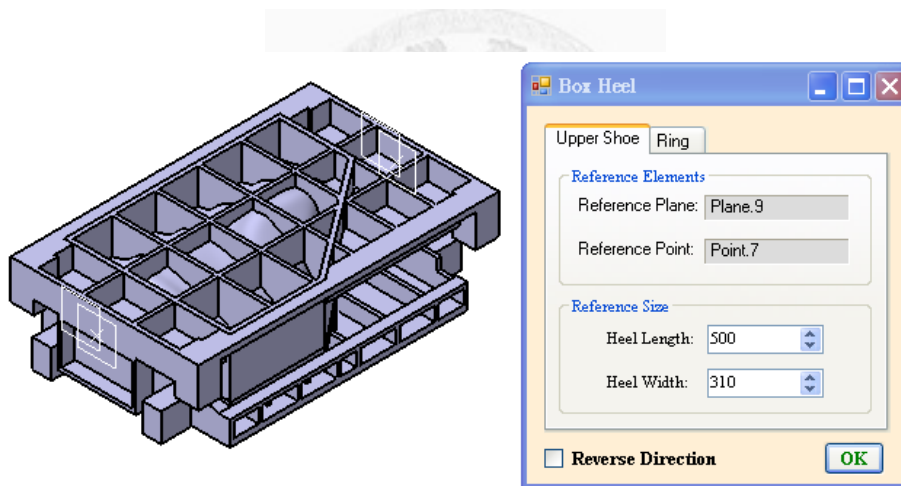


圖 6.21 箱根實作

(c)快速定位槽

快速定位槽用於模具快速定位之用，主要附加在上模與下模基座上，快速定位槽一般會在模具長寬之半的地方，程式使用者介面如圖 6.22 所示，設計者只需指定快速定位槽之位置與尺寸即可，此外模具設計快速定位槽可能會因廠商要求或結構考量而將快速定位槽刪減為二個，在程式中亦可改變快速定位槽之個數。程式執行結果如圖 6.23。

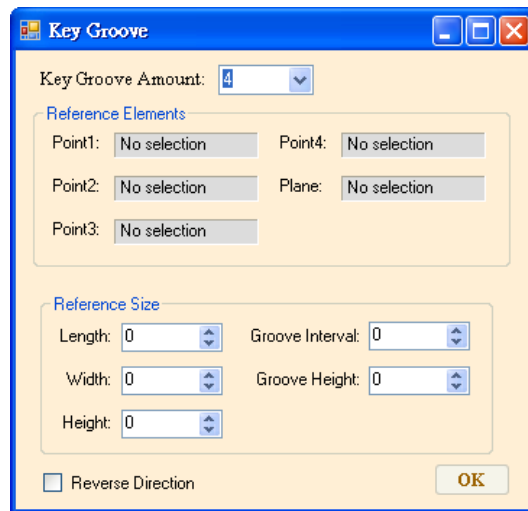


圖 6.22 快速定位槽使用者介面

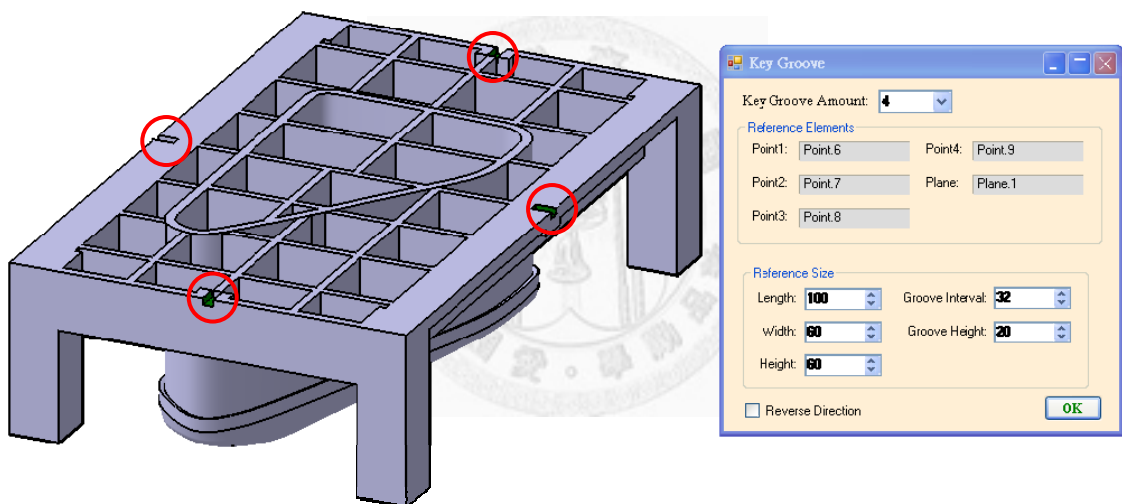


圖 6.23 快速定位槽實作

(d)U 形溝槽

U 形溝槽用途在於將模具固定於衝床，主要附加在上模與下模基座上，此外個數亦會因廠商特殊規範而有差異，在程式中提供 12、6、4 及 1 個等四種模式供設計者選擇，程式使用者介面如圖 6.24 所示，設計者只需指定各 U 形溝槽所在位置點，此位置點以模具基座邊緣創建即可，程式會判斷位置點的座標，計算 U 形溝槽附加方向，程式實作結果如圖 6.25。

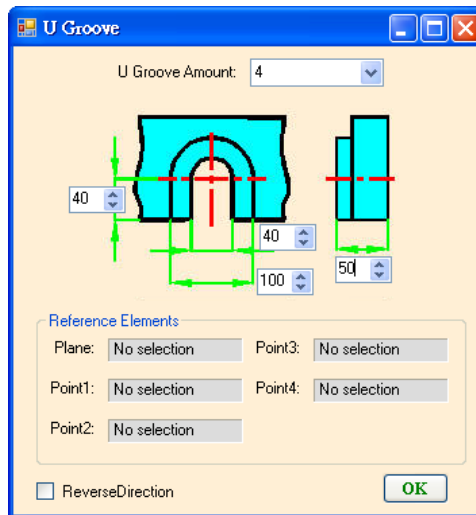


圖 6.24 U 形溝槽使用者介面

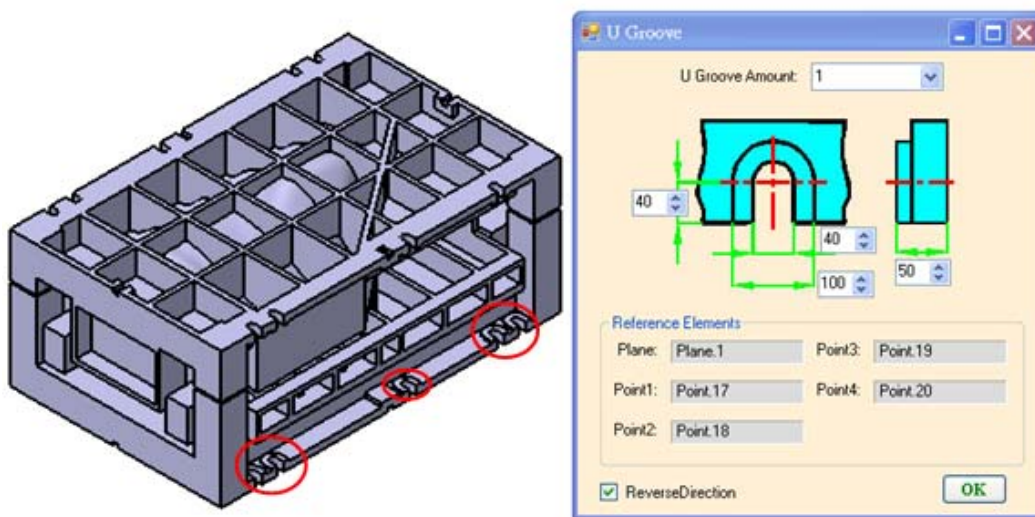


圖 6.25 U 形溝槽實作

(e) 耐磨板座

模具各部位導引皆需使用耐磨板，耐磨板需要耐磨板座做為鎖固之用，在模具設計上耐磨板座是使用相當普遍的結構，在程式中提供一次建構二個與一次建構一個耐磨板座的方式，主要為因應導跟使用與其他定位柱使用的情況，其使用者介面如圖 6.26 所示，設計者只需指定耐磨板之中心位置、耐磨板座型式與承面所在平面並輸入耐磨板尺寸即可，在程式執行時

會依照輸入條件所在 part 來新增，因此輸入條件需各別創建在各自的 part 之下，程式執行結果如圖 6.27 所示。

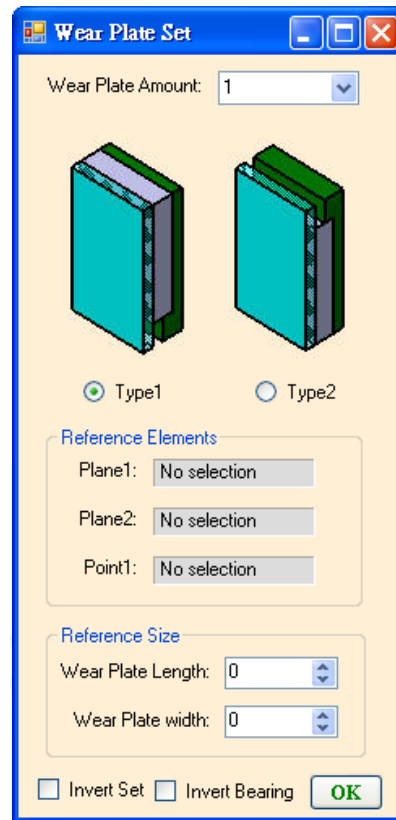


圖 6.26 耐磨板座使用者介面

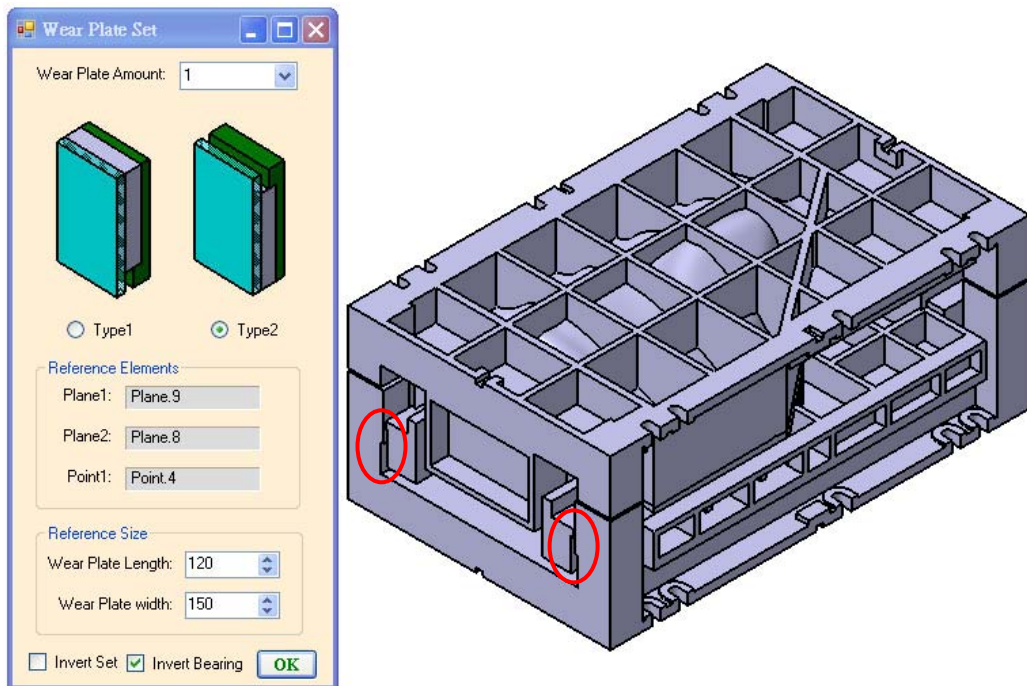


圖 6.27 耐磨板座實作

(f) 承面

承面用於置放墊塊或定位置等五金零件，程式使用者介面如圖 6.28 所示，在 AM 廠所使用之承面造型以圓形與矩形較為常用，因此程式建構時以這二種為主，使用者在建構時只需指定中心、所在曲面與方向等，並輸入參數即可快速建構承面，其執行結果如圖 6.29 所示。

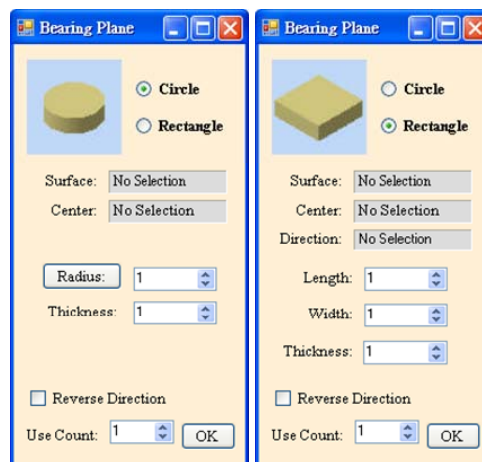


圖 6.28 承面使用者介面

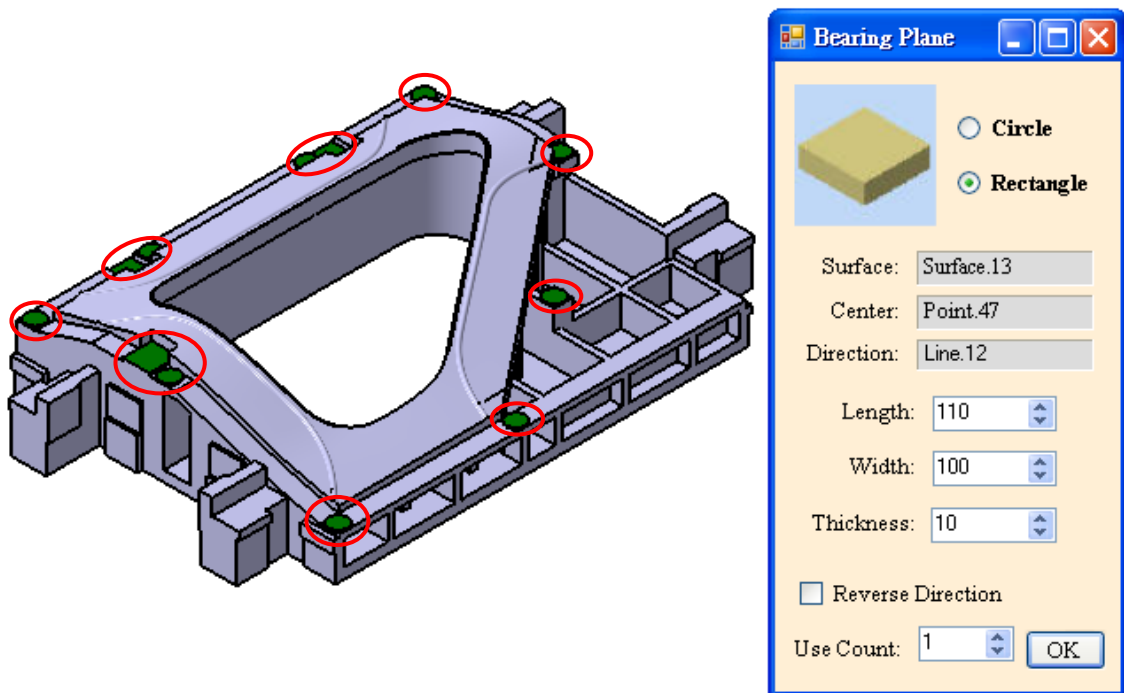


圖 6.29 承面實作

(g)減重孔

減重孔的功用在於減輕模具重量，降低模具成本，減重孔設定時要注意與肋條之距離，減重孔邊界與肋條距離不可小於 30mm，在程式中提供減重孔較常出現的三種樣式供使用者選擇，如圖 6.30 所示，每種減重孔所需要之輸入條件與參數皆不太相同，各減重孔使用者介面如圖 6.31 所示，程式實作如圖 6.32。

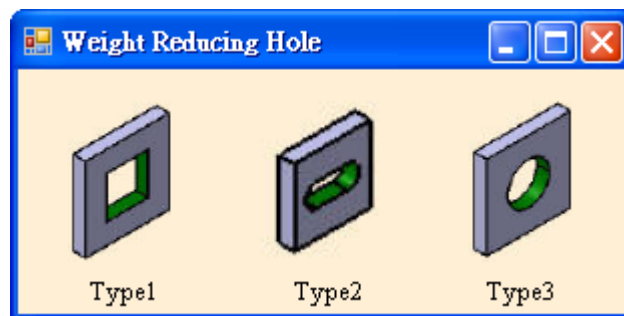


圖 6.30 減重孔型式

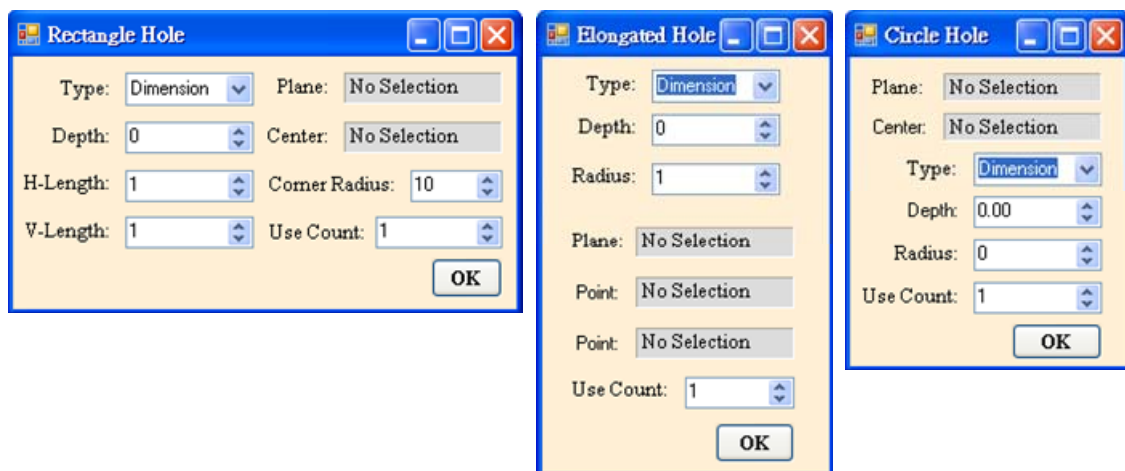


圖 6.31 減重孔使用者介面

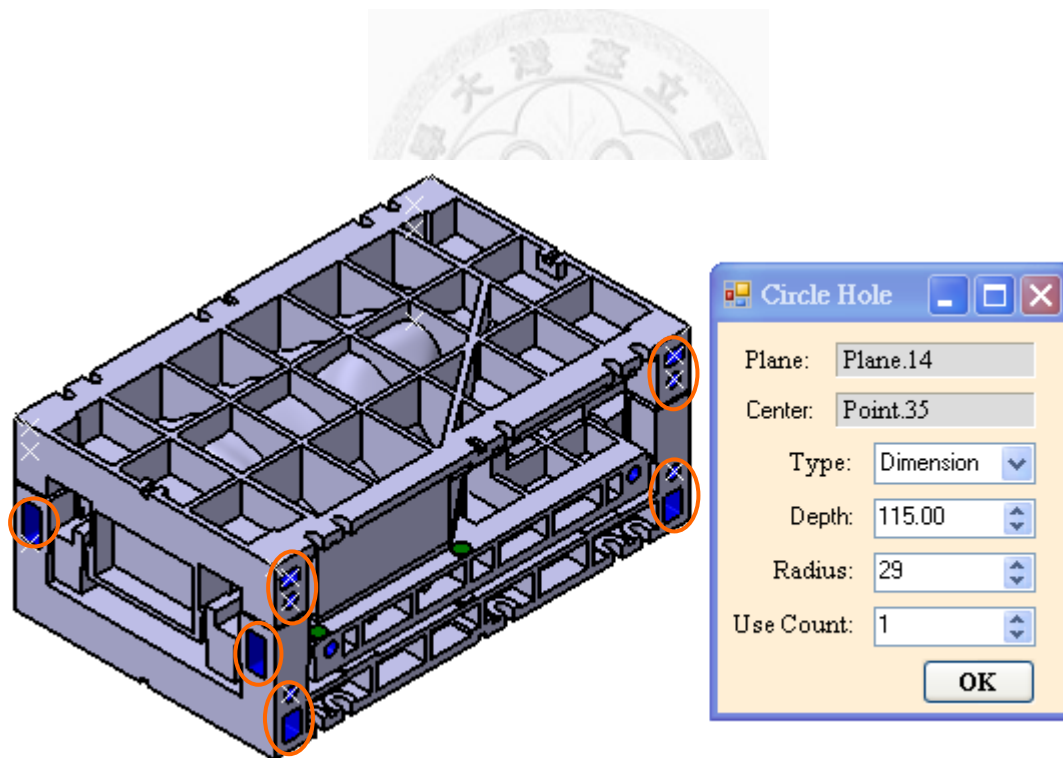


圖 6.32 減重孔實作

(h) 吊耳

吊耳在模具設計中是常見的結構，在上模、下模與環模皆會有吊耳，主要用於各模塊組立時以起重機吊掛之用。程式吊耳創建使用者介面如圖 6.33 所示，設計者除了指定建構的基準面與中心點之外，還要輸入各部位尺寸，程式內部已包含 AM 廠商常用之尺寸規範，若不輸入任何數值，則程式會依內定值進行建構，建構結果如圖 6.34 所示。

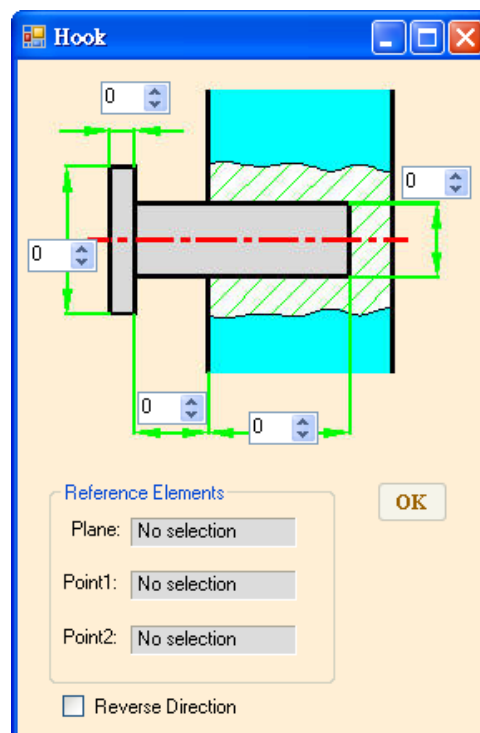


圖 6.33 吊耳使用者介面

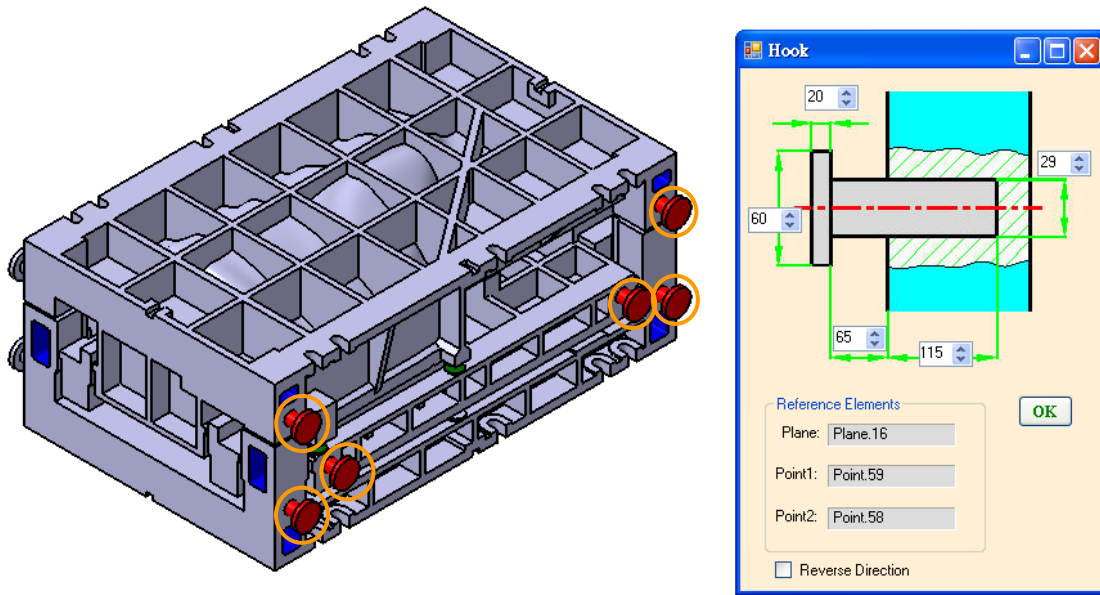


圖 6.34 吊耳實作

(i) 床台引用

引伸模具設計過程中床台的位置會決定頂桿位置，因此床台設定是引伸模設計的重要課題，傳統的設計方式是在 AutoCad 中不斷平移檢查，以尋找正確的位置，本文中則以分模線重心位置當成參考中心，以此中心做調整依據，求得頂桿施力最為平均的位置。床台引用前先在 Drawing Die Design Tool 中以機械中心的功能尋找重心位置，如圖 6.35 所示，程式會依所輸入的分模線產生建議的床台中心點，床台引入之後再依分模線將床台頂桿孔調整至最靠近分模線的位置即可，結果如圖 6.36 所示。

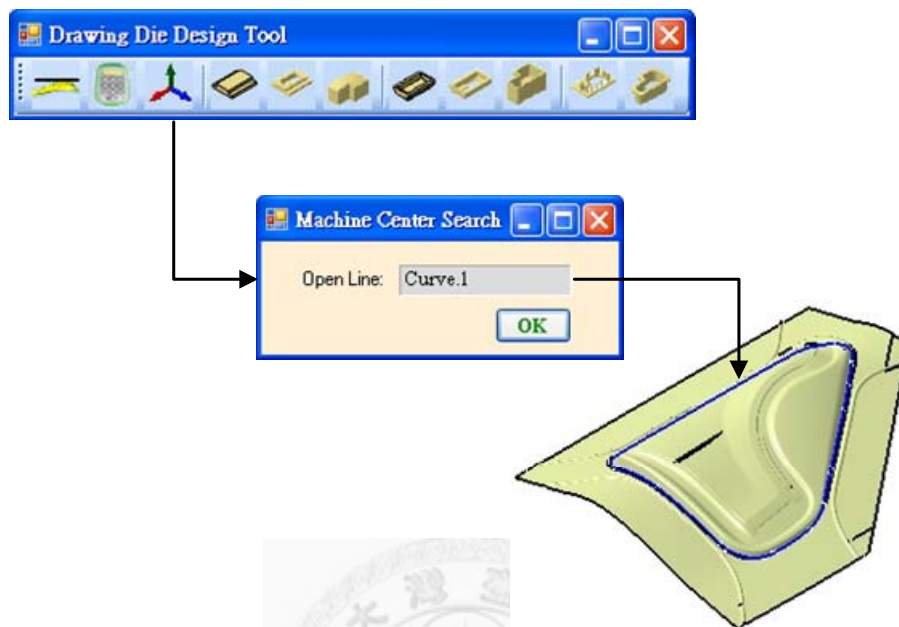


圖 6.35 重心搜尋

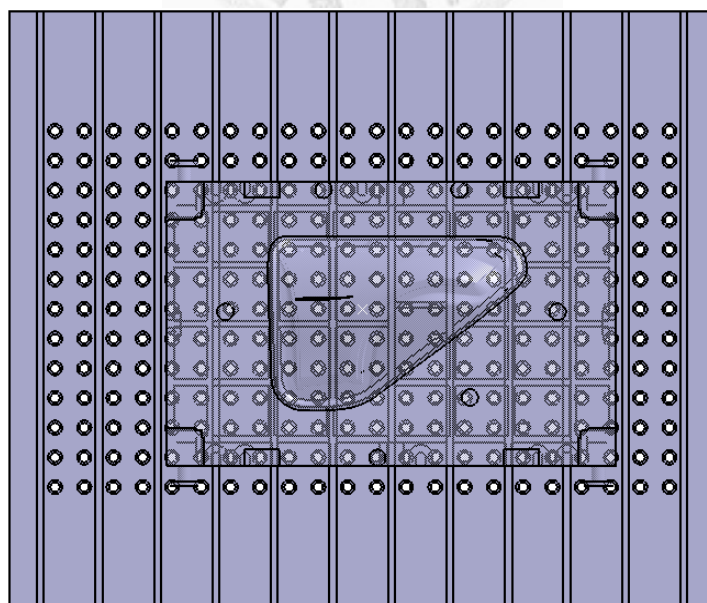


圖 6.36 床台引用情形

(5)引伸力量計算

引伸力量計算是依據 3.5 節中說明的公式計算引伸力量，此數值提供設計者後續進行成型性分析與試模時的初步參考值，程式執行時需指定模面與分模線，並輸入鈹厚、鈹件抗拉強度與加工類型(深抽或淺抽)，系統就會在計算完成後提供設計者生產時床台噸數，其結果如圖 6.37 所示。

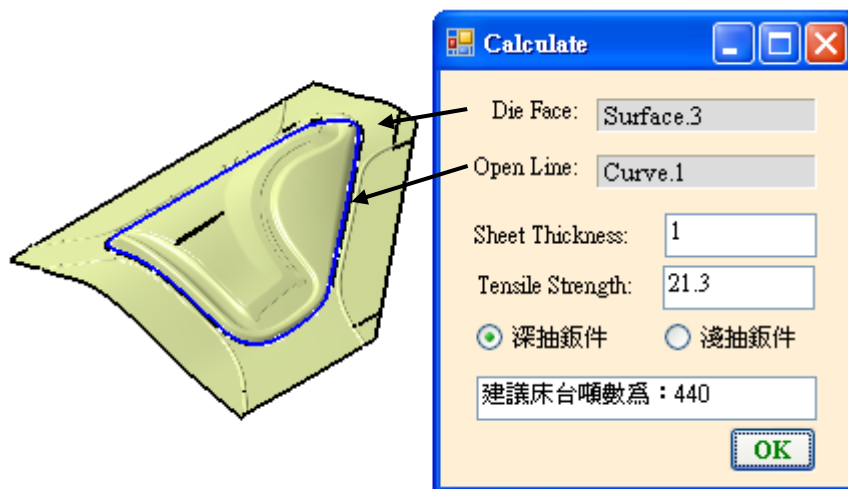


圖 6.37 引伸力量計算實作

6.2.2 引伸模具設計實作討論

引伸模具設計約七、八成左右之結構可藉由研究所開發的程式進行實作，但在環模部分因墊塊與定位具之平台並非參照鈹金曲面或曲線建構，所以此部分需手動建置較多，以整體來看，藉由程式輔助建構引伸模具約費時四小時左右，以往手動建構時間相互比較約可節省 40~50%的時間，建構完成之引伸模具如圖 6.38 所示。

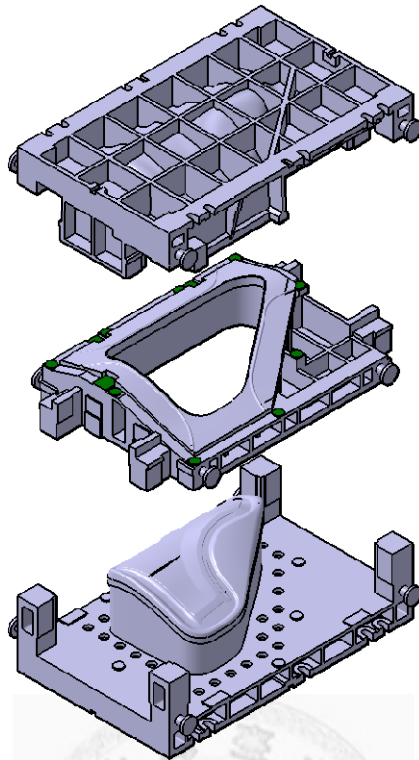


圖 6.38 引伸模具實作成果

6.3 剪切模具設計

剪切模具設計重點在刀塊與廢料排除，刀塊設計時要留意廢料刀的位置，廢料不可過長排料時才不會受到阻礙，此外，各刀塊切深也是設計時要特別留意的地方。

6.3.1 剪切模具設計流程

在模具設計模組選單中選擇剪切模組後程式會出現模具設計所需使用之工具列，如圖 6.39，剪切模具設計工具列是參考剪切模具設計流程圖所創建，如圖 6.40，程式依剪切模具設計流程提供各模塊輔助建構功能，除了模塊建構所需功能之外，程式亦提供廢料滑槽與造型肋條之功能，以因應複雜的模具設計。



圖 6.39 剪切模具設計工具列

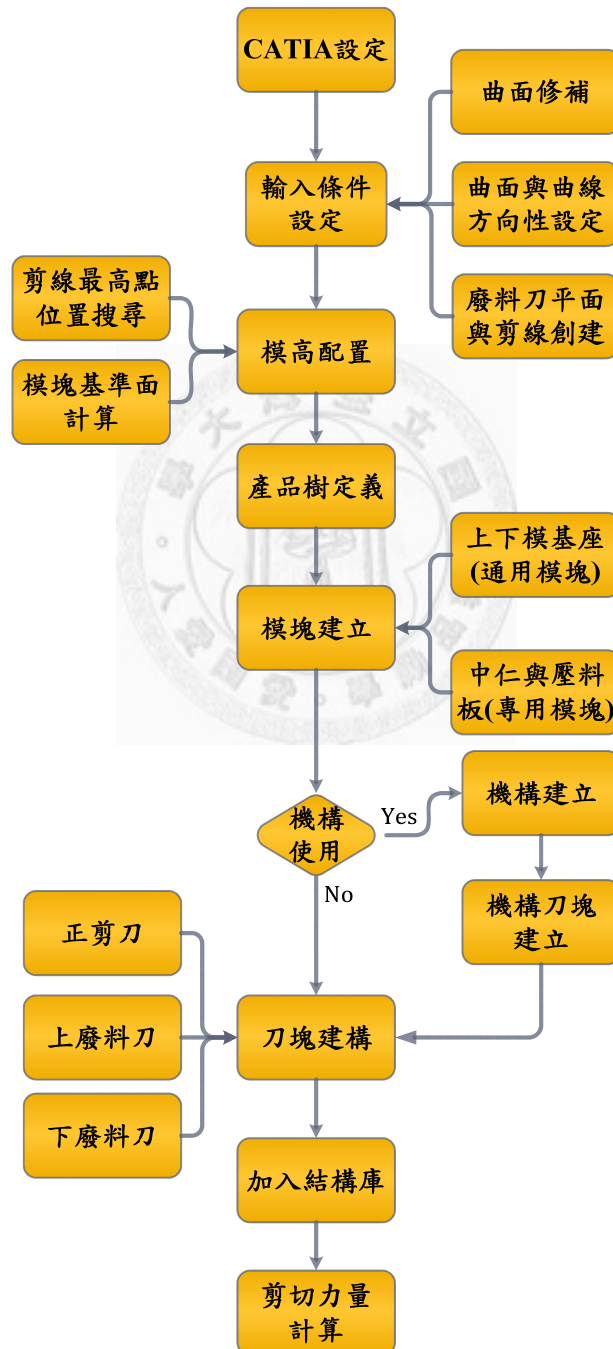


圖 6.40 剪切模具設計流程

(1)模高配置

剪切模具設計與引伸模具設計在模高配置上具有相當大的差異，引伸模具設計時較在意與鈹金曲面相關部分之厚度，要避免加工後厚度不足，剪切模具設計重點則是刀塊，要確保剪切刀塊之強度，所以必須注意最短刀長，剪模設計搜尋對象也變成剪切線最高點平面，模具高度即是由此平面推算而得。模高配置使用者介面如圖 6.41 所示，程式將模高配置分成引擎蓋和葉子鈹二種模式，主要是因為二者的下模座未必屬於相同模式，通常引擎蓋的剪切模具下模座會連同廢料滑槽一併鑄造，所以才會將配置方式分為二類，模高配置結果如圖 6.42。

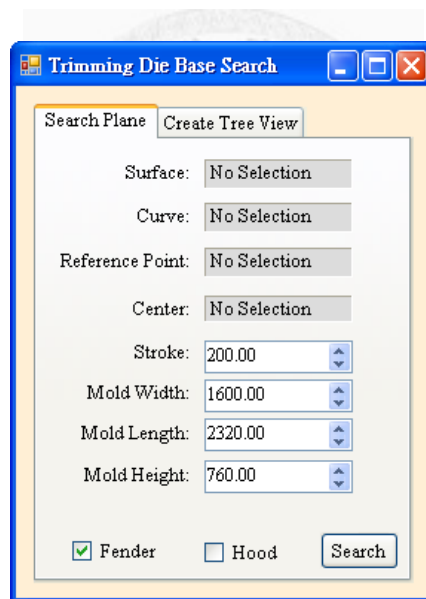


圖 6.41 剪切模具模高配置使用者介面

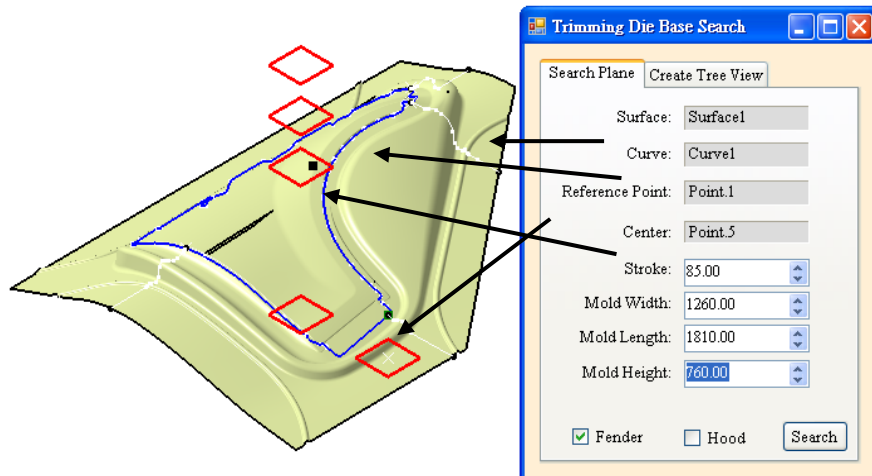


圖 6.42 剪切模具模高配置結果

(2)產品樹定義

剪切模具設計產品樹定義與引伸模具相似，差別只有從剪切模具開始增加壓料板，且已不具有環模，因此產品樹定義變成上模、壓料板與下模，其使用者介面與結果如圖 6.43 所示。

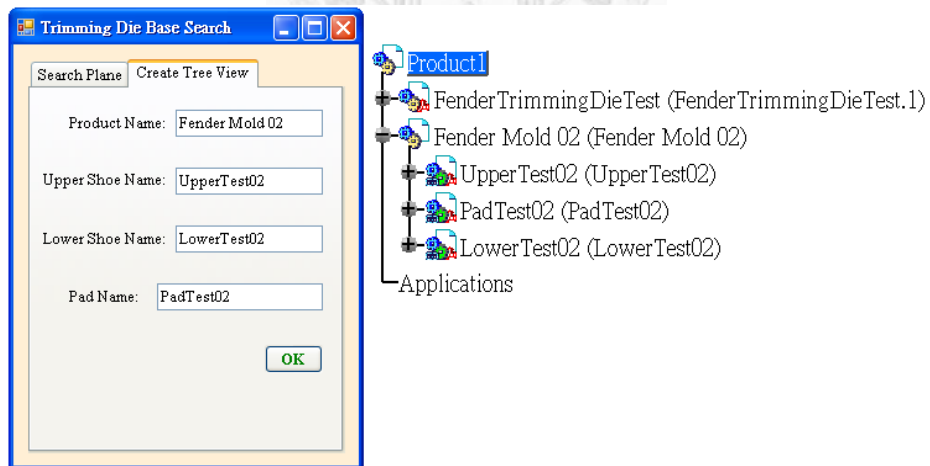


圖 6.43 剪切模具產品樹定義

(3)上下模基座建立

剪切模具設計並未如引伸模具設計一樣每個模塊都可先建立基座，在剪切模具設計中只有上模與下模可先行建立基座，基座建立方式與介面與 6.2.2 節說明相同，其建立結果如圖 6.44 所示。

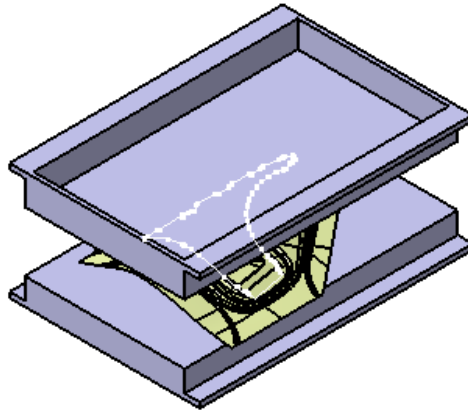


圖 6.44 剪切模具上下模基座

(4)中仁建立

模具設計從剪切模具開始需要將分塊分割的情形。分塊的位置與尺寸均由工法所提供，程式只提供分塊建立的功能，在程式中將分塊分為全周、局部整型與大角度之剪切等三部分，如圖 6.45 所示，此驗證載具剪切模具設計中會使用到全周與大角度剪切來建立中仁，全周建立使用者介面與執行結果如圖 6.46，大角度剪切中仁結果如圖 6.47 所示，此中仁與水平夾 50° 之機構進行剪切，所以中仁側邊造型也必須沿 50° 的方向建構。此載具因為加工要求必須運用二種中仁，在程式輔助建構完成之後仍需作細部調整，完成之中仁如圖 6.48 所示。

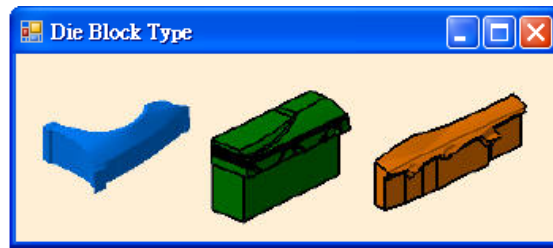


圖 6.45 中仁分類



圖 6.46 全周中仁建立

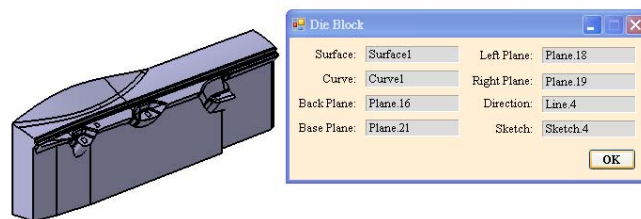


圖 6.47 大角度剪切中仁

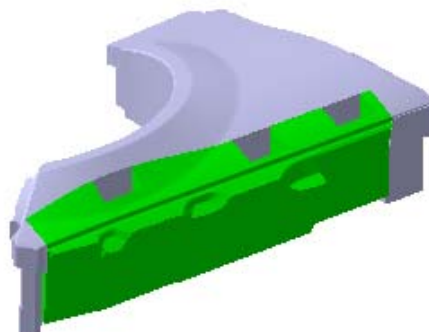


圖 6.48 剪切模具中仁設計

(5)壓料板建立

汽車鈹金模具從剪切模具開始就會有壓料板，壓料板作用是避免鈹金加工時產生位移，壓料板設計非常複雜，設計方式會因所使用的壓力來源及鈹金加工位置不同而有差異，因此在程式中只提供輔助功能，讓設計者指定鈹金曲面、剪切線與導板配置的草圖來產生最簡單樣式的壓料板，如圖 6.49 所示，待建立完成後設計者可依實際情形修改，此載具所用之壓力源為氮氣缸，側吊銷有三個，導板之位置如 4.3.1 節之規則，完成後的壓料板如圖 6.50 所示。

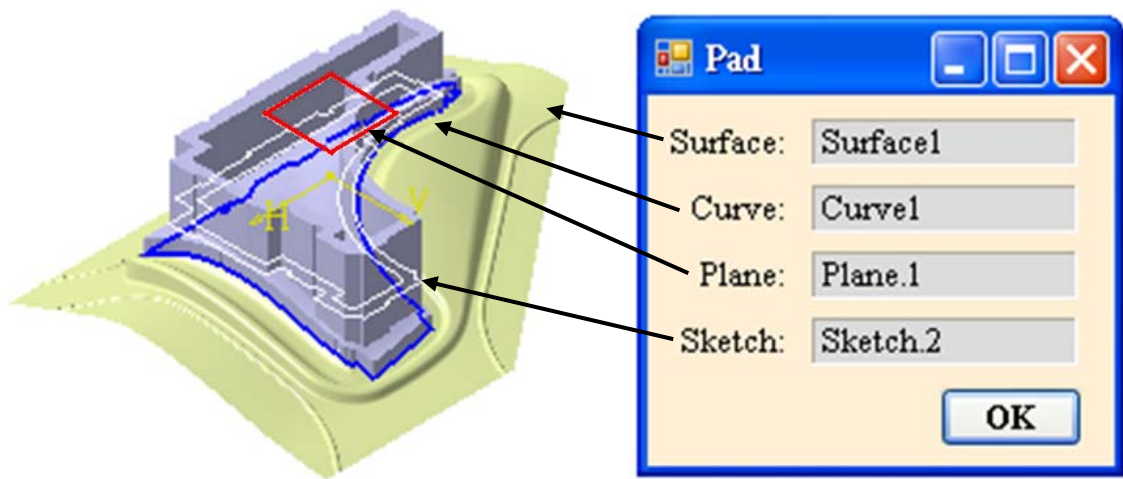


圖 6.49 壓料板實作

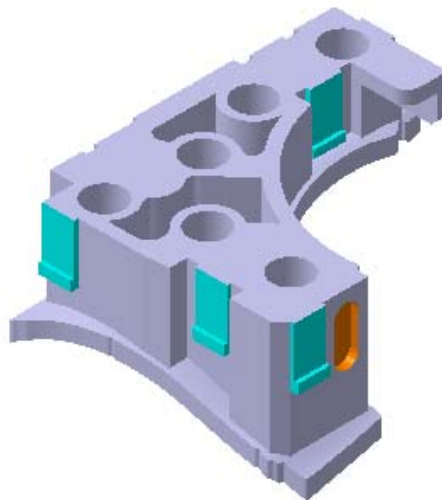


圖 6.50 壓料板完成圖

(6)機構使用

設計者可依實際需求將機構附加在任一個模塊之下，或新增 part 來承接，程式會依設計者所指定之輸入條件的位置自行將實體建構在輸入條件之下，在剪切模具設計時由於機構並非一定會使用，因此剪切模具設計工具列並未將機構的功能納入，所以要引入機構可進入折彎模組新增，此部分功能留待 6.4 節再作深入探討。此驗證載具機構的中心座標為(-45,-337,-39)，剪切長度為 610mm，行程為 45mm，傾斜角度為 50° ，機構之樣式為懸吊向下傾斜，實際引入結果如圖 6.51 所示。

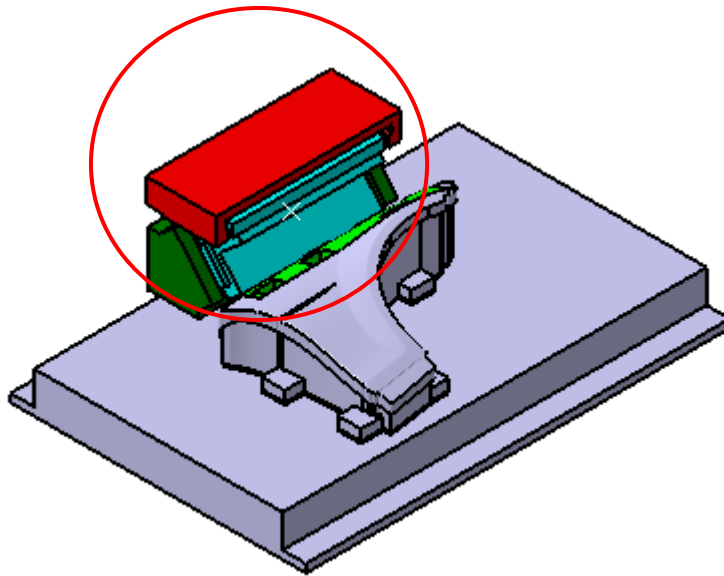


圖 6.51 剪切模具機構引用

(7)機構刀塊建立

機構刀塊可分為剪切用與整型用，程式依其作用功能與方式不同將二種刀塊分別加在剪切模組與整型模組中，此處則是以建構剪切用刀塊為主。機構刀塊會與機構作動方向相同，在此處採用正剪刀的建構方式完成刀塊建立，完成圖如圖 6.52 所示。

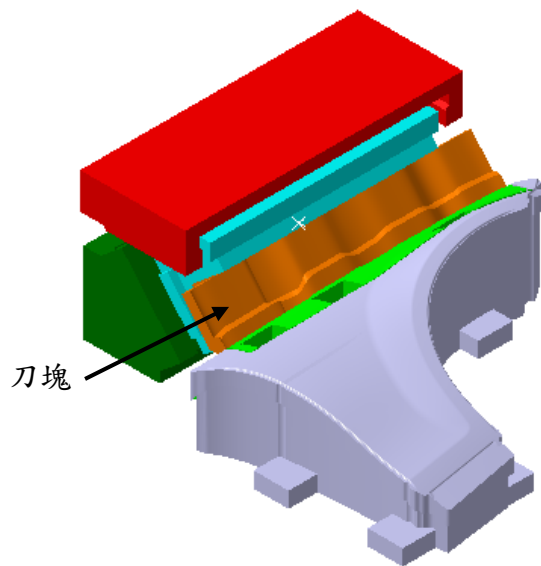


圖 6.52 機構刀塊

(8)刀塊建立

汽車鈹金剪切模具設計中將刀塊分為正剪刀與廢料刀二大類，廢料刀又依所在位置分為上廢料刀與下廢料刀，刀塊設計功能中亦將刀塊分成正剪刀、上廢料刀與下廢料刀三種供設計者選擇，刀塊設計功能使用者介面如圖 6.53 所示，程式將國內 AM 廠對刀塊切入量寫至程式碼中，讓使用者不用設定只需指定輸入條件與曲線順化值即可快速建構刀塊，程式執行之輸入條件需參考 4.3.2 節之規定將剪切線自行分段，刀塊設計結果如圖 6.54。

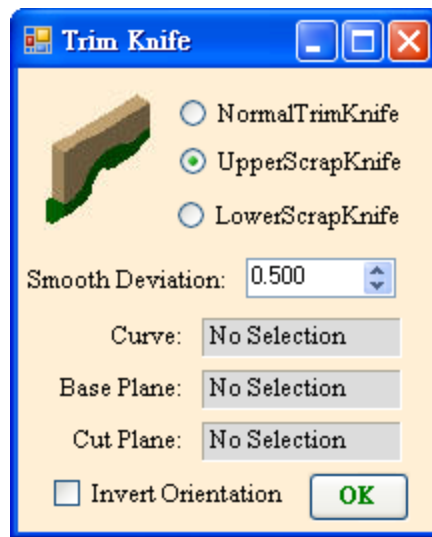


圖 6.53 刀塊設計使用者介面

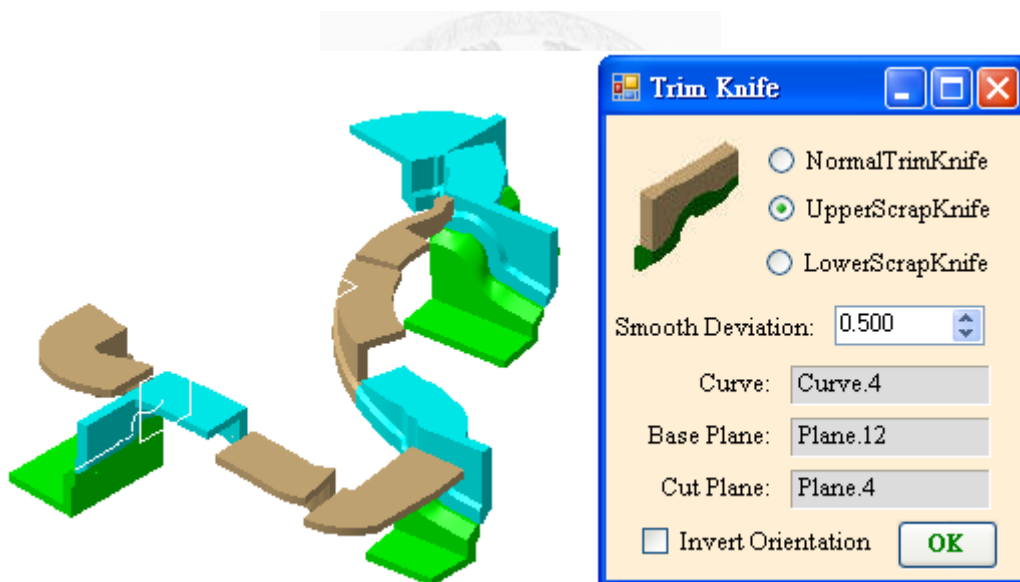


圖 6.54 剪切刀塊設計結果

(9)加入結構庫與上、下模基座調整

此載具的剪切模具設計所使用之結構庫包含導跟、U形溝槽、快速定位槽、肋條、耐磨板座與吊耳等，結構庫之使用與 6.2.1 相同，在此處不再贅述。上、下模基座調整主要是確定刀塊位置與機構放置之承面，另外上模還需建構與壓料板導引之空間，在建立時可配合程式提供的特殊造型肋條輔助設計，特殊造

型肋條使用者介面如圖 6.55，特殊造型肋條是輔助設計者因應模具高低落差設計，且有三種模式可供設計者依實際設計情況選用。上、下模座加入結構庫與細部調整後之結果如圖 6.56 所示。

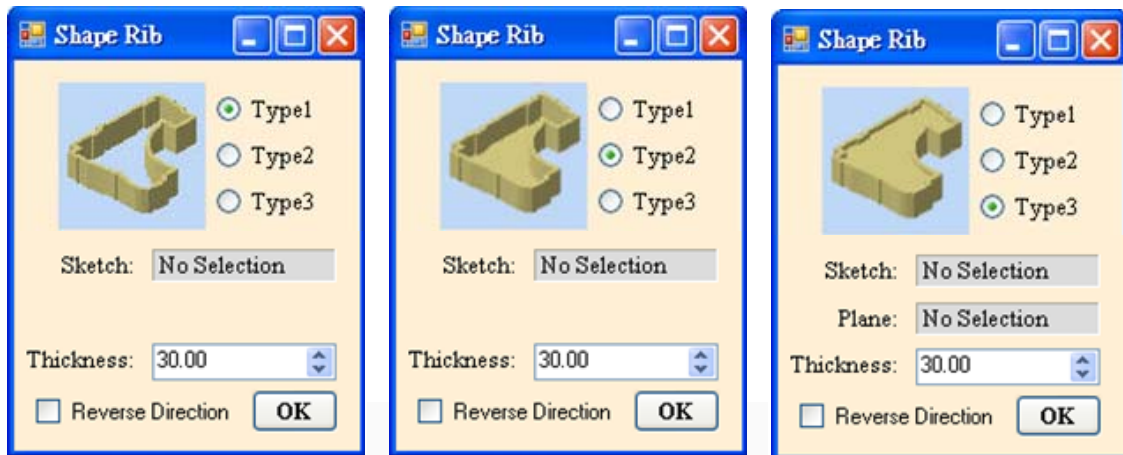


圖 6.55 特殊造型肋條使用者介面

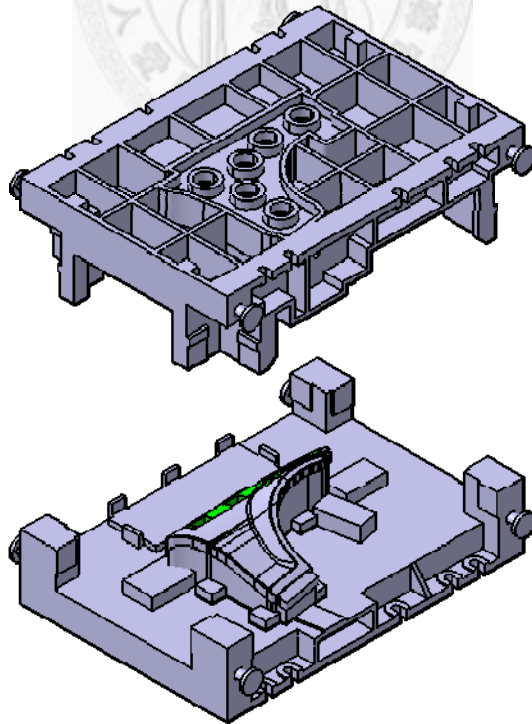


圖 6.56 剪切模具上、下模座

(10) 剪切力量計算

剪切力量計算旨在提供設計者大概的數值，讓設計者可參考此一數值設計床台力量與評估壓料板所要採用之壓力來源，剪切力量計算以 4.4 節中之公式為依據，在程式中將剪切情況視為全周正剪方式計算，用以提供設計者剪切力量最小值作為設計參考，程式使用者介面如圖 6.57，輸入條件為剪切線並需指定板厚與抗剪強度，程式將結果顯示在介面上，計算結果如圖 6.58 所示。

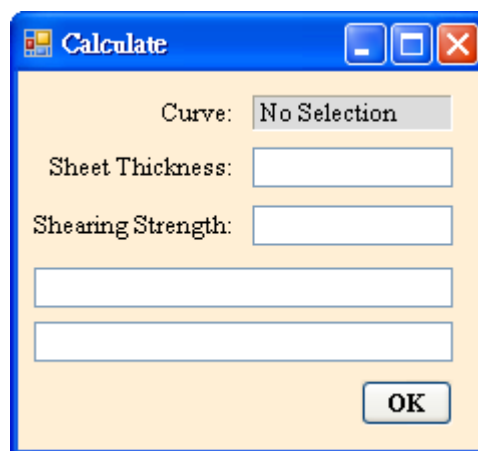


圖 6.57 剪切力量計算使用者介面

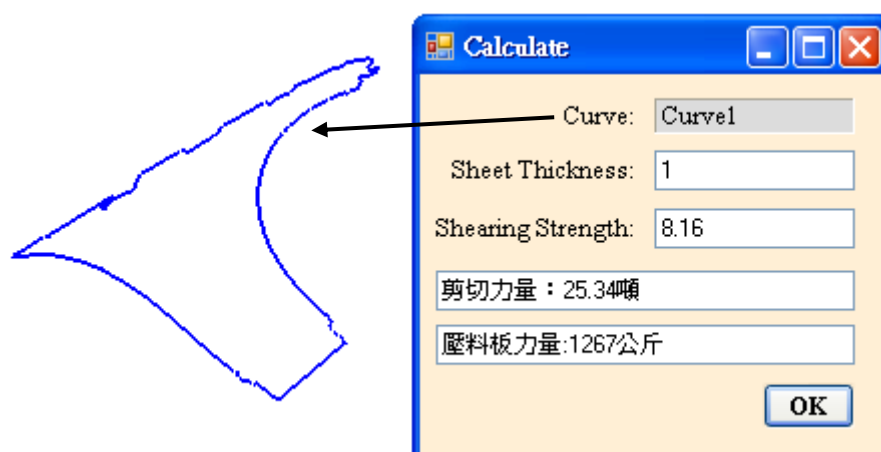


圖 6.58 剪切力量計算結果

6.3.2 剪切模具設計實作討論

剪切模具設計較引伸模具複雜，所以模具結構約五至六成左右可由程式輔助建構，其餘部分還是要手動建構，此套載具在上模設計因為高低落差較大，因此在設計上較為複雜，此外與刀塊相關位置需要以手動設定方式完成，但整體設計時間仍可藉由程式輔助縮短模具設計時間，經由程式輔助模具設計時間約 3~4 個工作天(24~32 小時)，若未使用程式輔助則設計時間約 4~5 個工作天(32~40)。

完成之剪切模具設計如圖 6.59 所示。



圖 6.59 剪切模具實作成果

6.4 折彎模具設計

折彎模具設計盡可能以正折為主，其次才考慮使用機構，設計上要注意折刀吃入量與機構位置，折刀吃入量需由設計者自行輸入，吃入量的資訊可由鈑件側邊造型料長推估，機構位置則會影響模座造型，若機構超過模座設定大小时，模座需視情況延伸。

6.4.1 折彎模具設計流程

模具設計選單中選擇折彎模組系統即會出現折彎模具設計輔助工具列，如圖 6.60 所示，折彎模具設計因為複雜度較引伸與剪切高，因此並無一定計算模高計算的法則，程式也以輔助功能為主，提供模具設計者包含上模、下模、壓料板與分塊等基本建構功能，並加入機構建構與折刀的建構，設計者可參考建構流程並配合程式完成折彎模具設計，設計流程如圖 6.61。

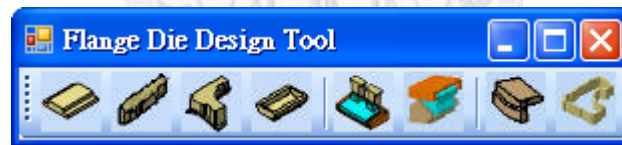


圖 6.60 折彎模具設計工具列

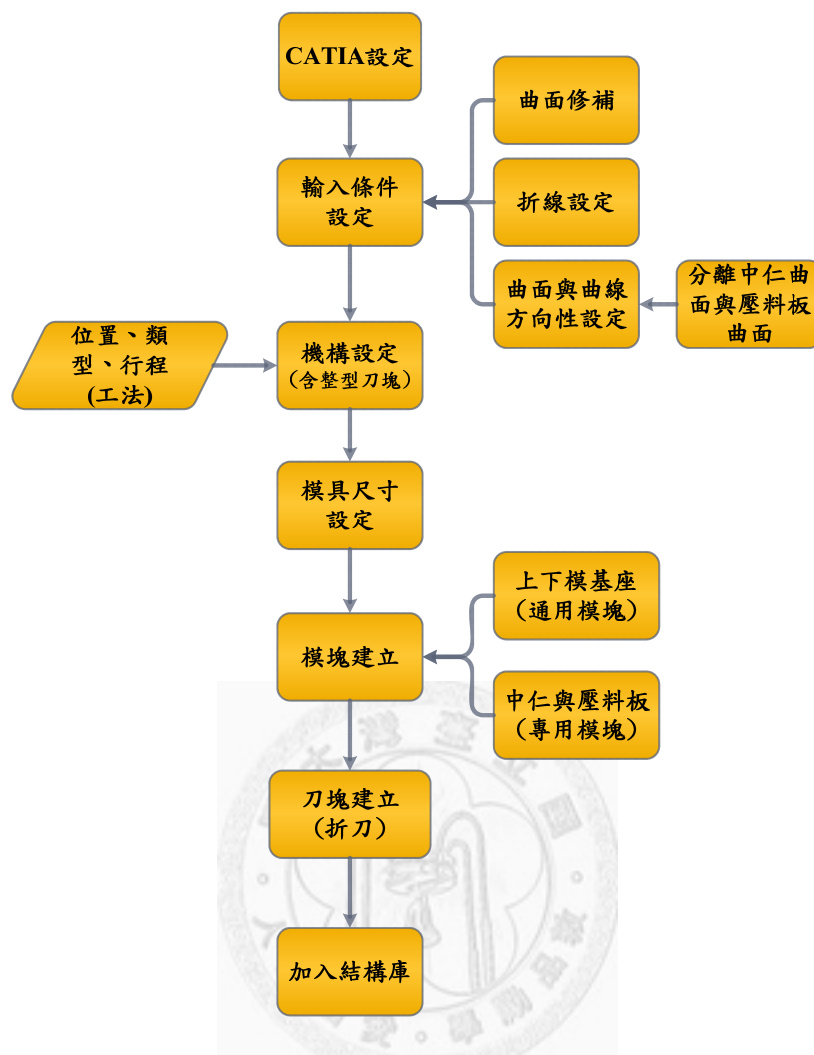


圖 6.61 折彎模具設計流程

折彎模具設計重點在於正折位置、退料與機構三大部分，目前程式可輔助設計者建構機構與刀塊，正折方面提供正折刀的輔助建構功能，但退料是依每個钣件的特性而設定，因此無法提供一個模組化的功能尚需手動設定。折彎模具設計模塊建立與引伸和剪切模具設計相似，所以折彎模具設計只針對部分功能介紹，主要使用功能如下：

(1) 機構建立

程式將機構分為懸吊與非懸吊二種，機構又依加工性質分成剪切與整型二種規範設定，機構建立的使用者介面如圖 6.62 與圖 6.63 所示，設計者只需指

定工作方向，長度方向與機構中心點位置並輸入參數，程式結合 5.3.3 所提之規範，讓設計者可快速建構適宜的機構。

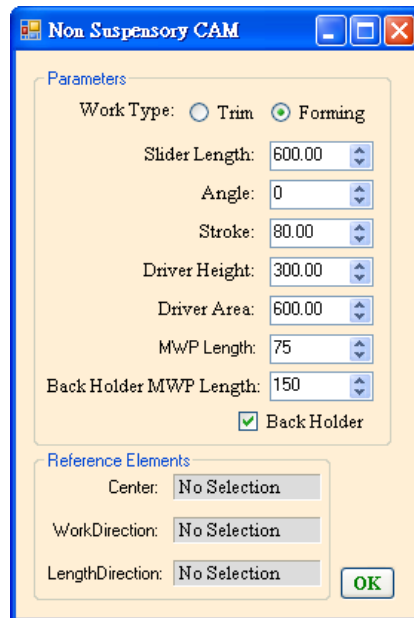


圖 6.62 非懸吊機構使用者介面

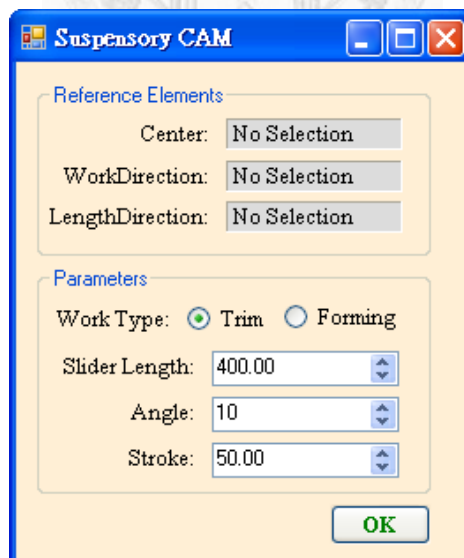


圖 6.63 懸吊機構建立使用者介面

此套載具使用二個機構來整型，斜度皆為 70° ，主要是考慮引擎蓋側和輪弧側的正折，所以下巴與燈側需要用機構進行整型，實際機構建構如圖 6.64 所示，其中燈側位置刀塊由於角度太陡峭，所以只能手動修正建構。

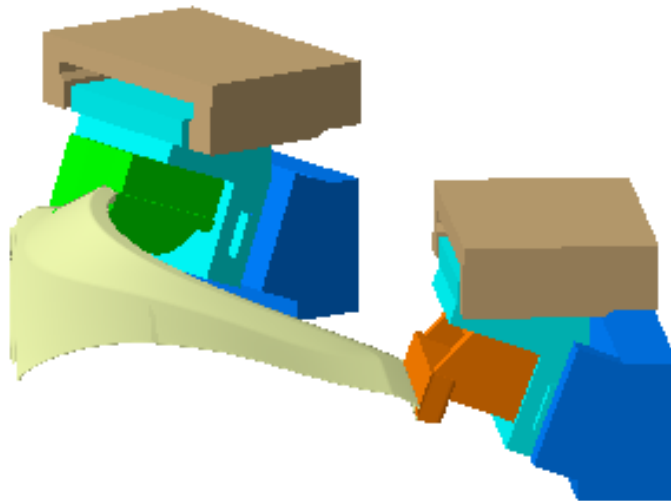


圖 6.64 機構實作

(2)模塊建立

模塊建立主要完成上、下模座基本樣式，並依曲面與曲線資料完成壓料板與中仁，如圖 6.65 所示，其中折彎模具下模包含複動座，此部分以手動建構為主，基本模塊建立完成後待折刀與結構庫加入後還會針對部分做微調的動作，所以目前階段還是一個大概的模具架構。

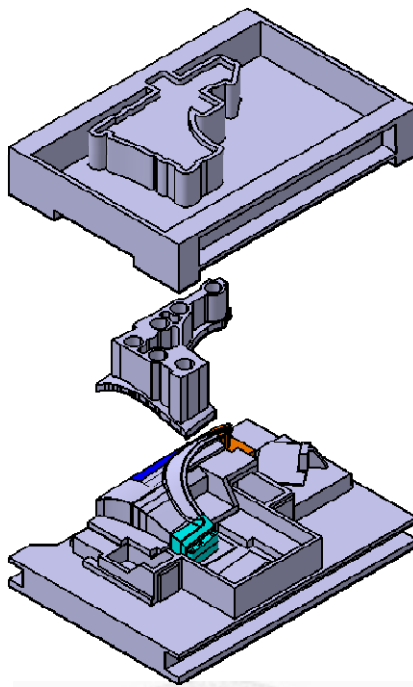


圖 6.65 折彎模具模塊基本建立

(3) 刀塊建立

此套載具依工法設定在引擎蓋側、輪弧與門側部分採用正折，在建立折刀時必須先將正折部分的折線截取出來，並進行分段，分段原則與 4.3.2 節相似，折刀與剪刀不同的地方是折彎必須同時折入。正折刀使用者介面如圖 6.66 所示，程式中需要設計者指定折深，折深量視鈑件側邊造型深度，折刀吃入量至少要到側邊造型深度之半，折刀實作結果如圖 6.67 所示。

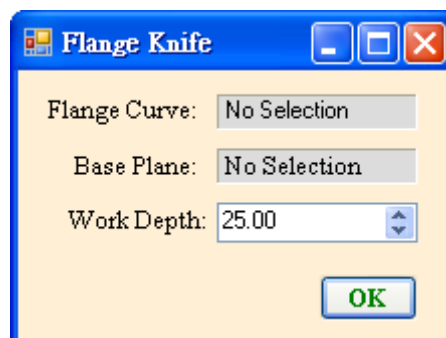


圖 6.66 正折刀使用者介面

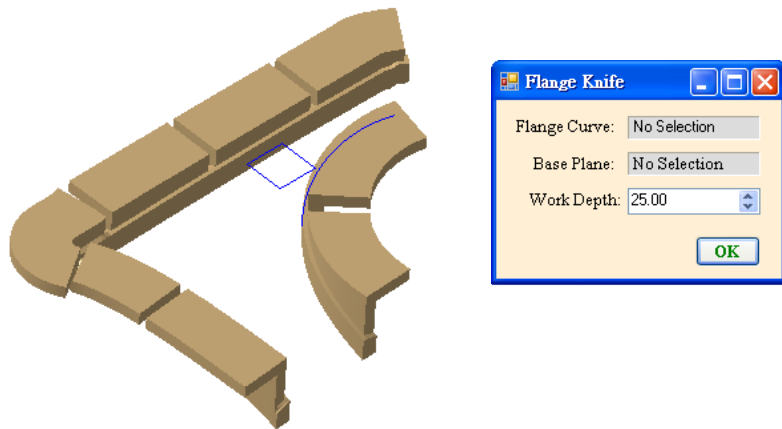


圖 6.67 正折刀實作結果

(4)結構庫使用

此載具之折彎模具使用之結構庫包含導跟、U 型溝槽、快速定位槽、肋條、吊耳、耐磨板座、承面、擋塊、定位柱與補強肋等，本節將說明前章節未提及之擋塊、定位柱與補強肋。

(a)擋塊

擋塊的功用主要是機構或複動座回退時的定位，此外擋塊亦可作為加工時鎖固機構一同加工之用，擋塊製作的使用者介面如圖 6.68 所示，設計者需指定中心位置、工作方向與長度方向即可快速建立擋塊，實作結果如圖 6.69 所示。



圖 6.68 擋塊使用者介面

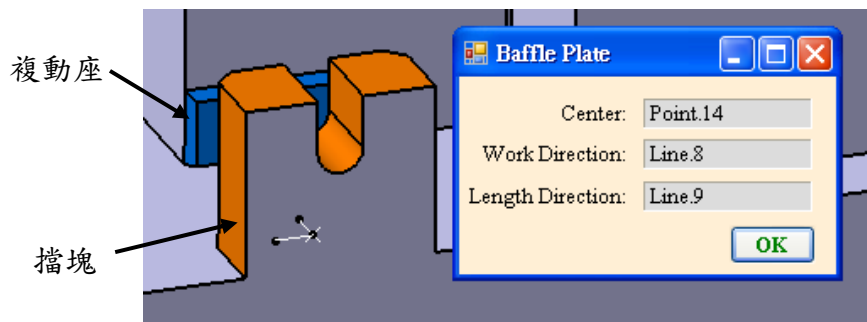


圖 6.69 擋塊實作

(b) 定位柱

當模具有複動座時通常皆設置定位柱，定位柱可確保機構開始作動前分塊已到達加工位置，在折彎模具與整型模具設計中相當常見，定位柱建立的使用者介面如圖 6.70 所示，定位柱與擋塊的輸入條件相同，設計者必須指定中心點、工作方向與長度方向，其中工作方向與長度方向需符合右手定則，定位柱實作結果如圖 6.71。

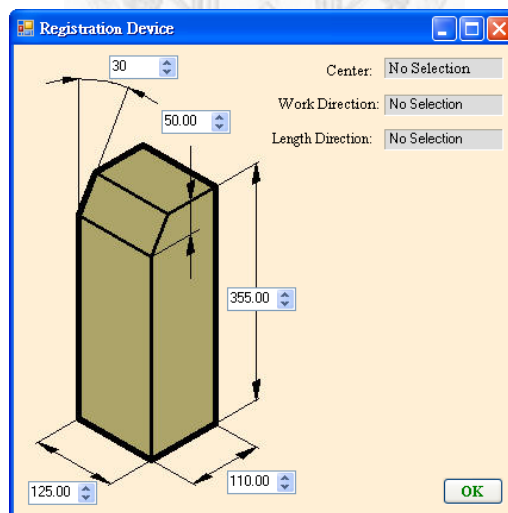


圖 6.70 定位柱使用者介面

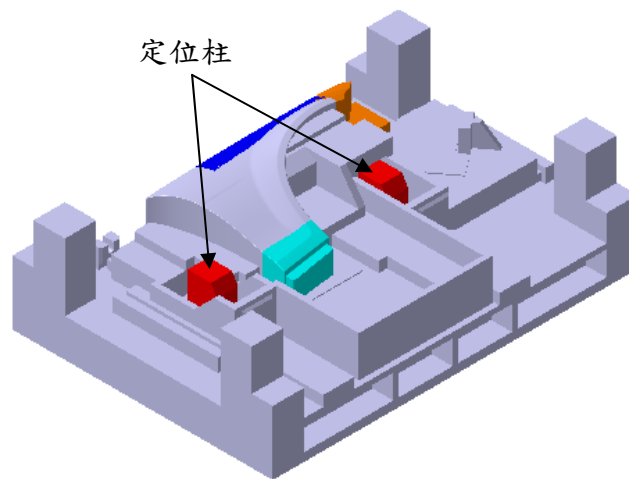


圖 6.71 定位柱實作結果

(c)補強肋

後工程模具常在模座上增加補強肋，建構時設計者需指定補強肋所在之水平、垂直面與參考中心，其中水平與垂直面之法線方向必須朝補強肋所在方向，程式使用者介面如圖 6.72 所示，程式執行結果如圖 6.73。

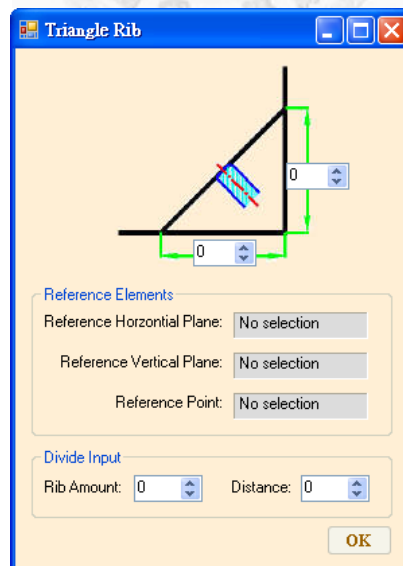


圖 6.72 補強肋使用者介面

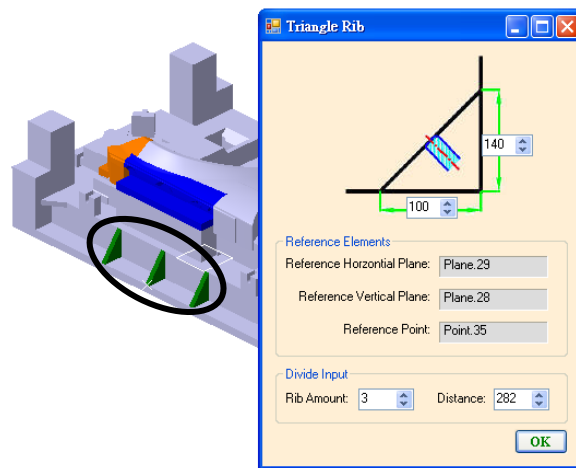


圖 6.73 補強肋實作結果

6.4.2 折彎模具設計實作討論

折彎模具設計過程中最難的部分是複動座，複動座的設計複雜且無法以程式輔助設計，因此在設計過程中需花費較多時間，其餘部分程式輔助設計完成後約可佔五成，若未使用程式輔助模具設計則設計時間約需 7 個工作天左右，使用程式輔助折彎模具設計則只需 4 至 5 天左右，完成之折彎模具如圖 6.74 所示。

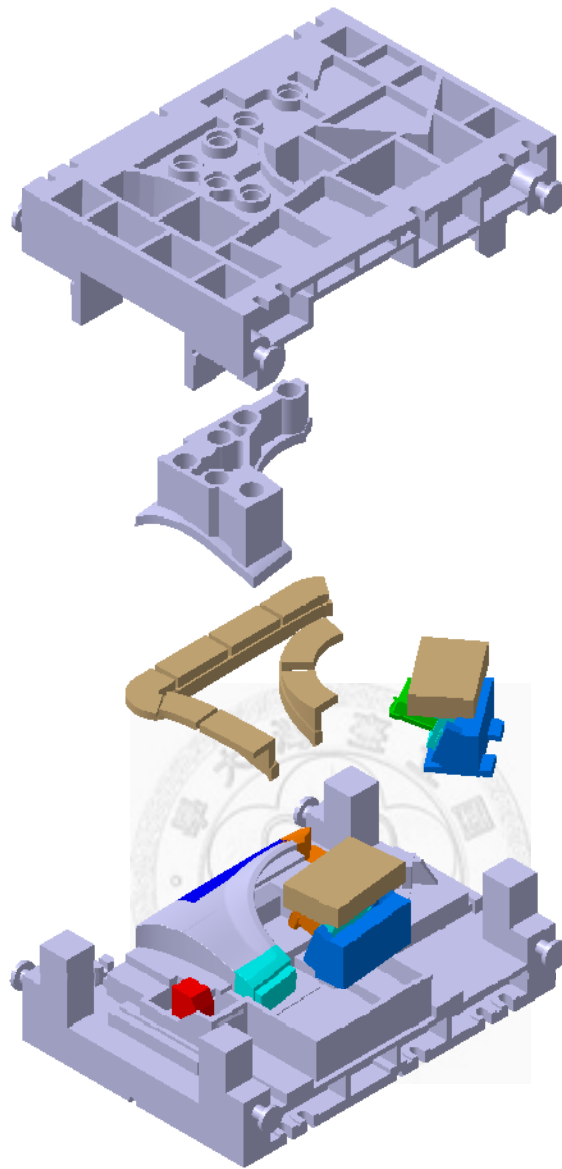


圖 6.74 折彎模具實作成果

6.5 整型模具設計

整型模具設計重點在機構與整型刀塊，大面積整型時所需力量較大，設計者就需選擇具有背托的機構，此時模具亦需向外延伸，整型刀塊除了依曲面資訊建構之外，還要考慮回料問題，需要注意在刀塊回退方向減 $2\sim 5^\circ$ ，避免整型完成之鈹金面在機構回退時被拉回。

6.5.1 整型模具設計流程

整型模具設計與折彎模具設計相似，設計流程如圖 6.75，因為從折彎模具開始以凸輪機構為設計重點，模具配置上亦是隨著機構而作變更，但整型模具設計以機構整型為主，並非如折彎模具以正折為主要加工，整型模具由於著重機構整型，因此對於產品整型後所產生的負角如何退料是設計的重點，通常都是使用複動座來克服退料問題，目前程式只能建構複動座上的實體，例如中仁分塊、擋塊、定位柱及承面，其餘部分仍需由設計者參照工法標示手動建構。

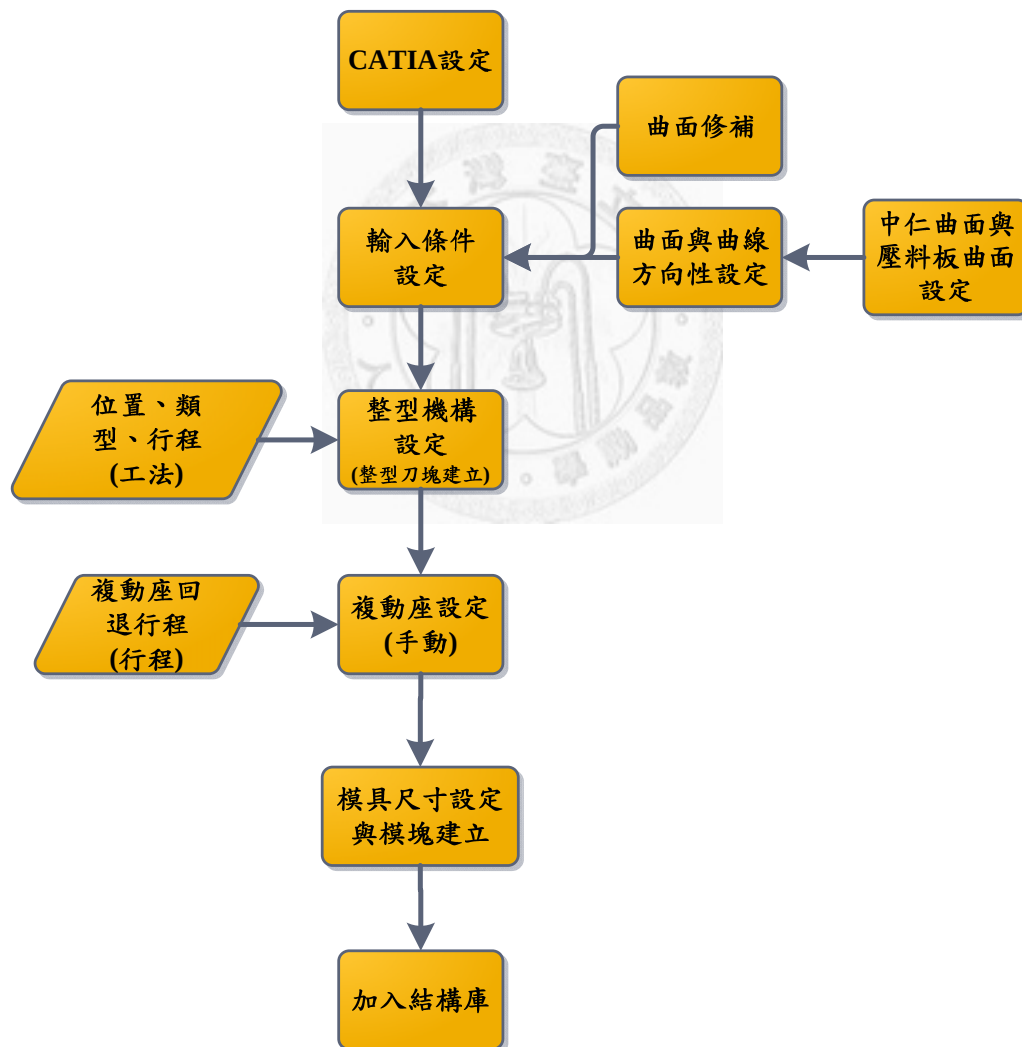


圖 6.75 整型模具設計流程

整型模具設計模組包含上下模基座、中仁分塊、壓料板、非懸吊機構、懸吊機構、整型刀塊與 shape rib 等功能，介面如圖 6.76 所示。

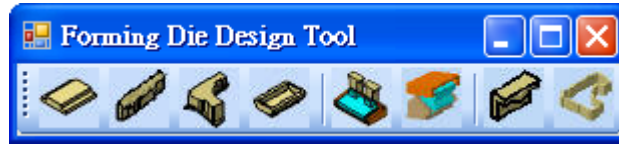


圖 6.76 整型模具設計工具列

整型模具設計重點仍在於機構，模具尺寸也是視機構尺寸做變更，因此本節主要重點仍是放在機構使用，模具設計詳細步驟如下：

(1)門側機構建立

門側機構中心座標為(-633,140,-85)，行程為 55mm，整型長度 520mm，加工傾斜角度約 30° ，如圖 6.77 所示，門側機構整型主要完成門側負角與造型，整型刀塊須依機構角度設定，程式所提供之整型刀塊建構使用者介面如圖 6.78 所示，設計者需指定整型區域曲面、刀塊外形參考曲線與機構二個平面並設定參數，程式輔助建構完成之整型刀塊如圖 6.79 所示，程式輔助建構完成後還需要視情況手動新增肋條以確保整型刀塊強度，結果如圖 6.80。



圖 6.77 門側機構

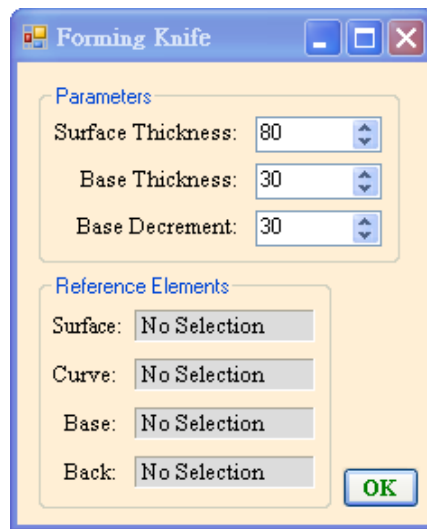


圖 6.78 整型刀塊建構使用者介面

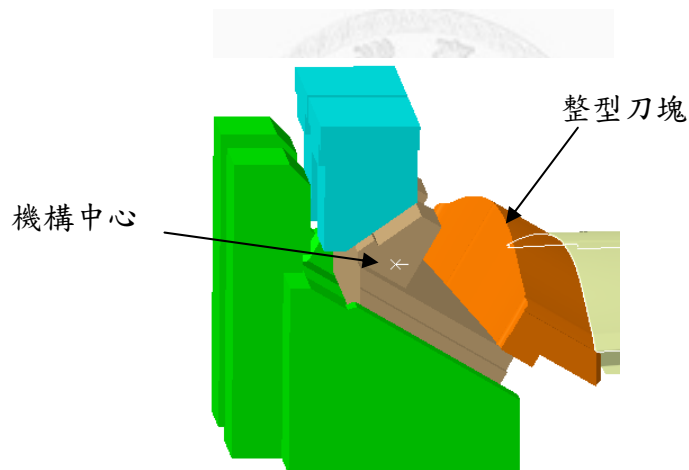


圖 6.79 程式整型刀塊實作

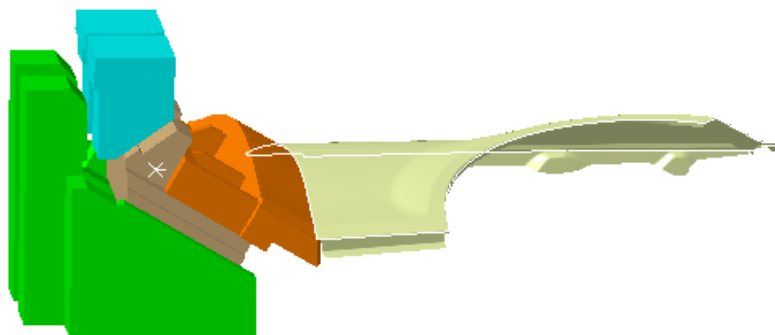


圖 6.80 門側整型刀塊完成圖

(2)引擎蓋側機構

引擎蓋側的機構是為了整出無法在引伸成型之部分，機構中心座標為(-80,-305,180)，整型長度 580mm，以水平正整的方式完成加工，引擎蓋側機構如圖 6.81 所示，整型刀塊實作結果如圖 6.82 所示。

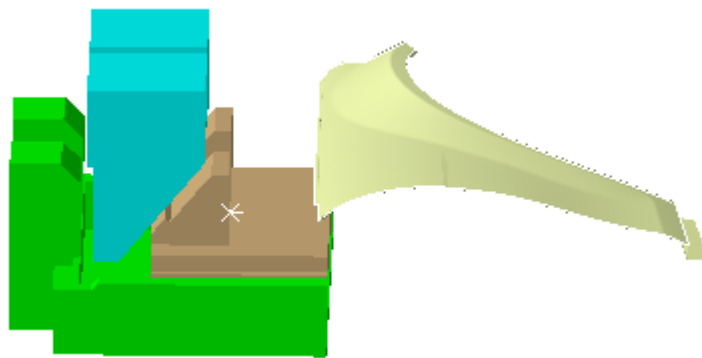


圖 6.81 引擎蓋側機構

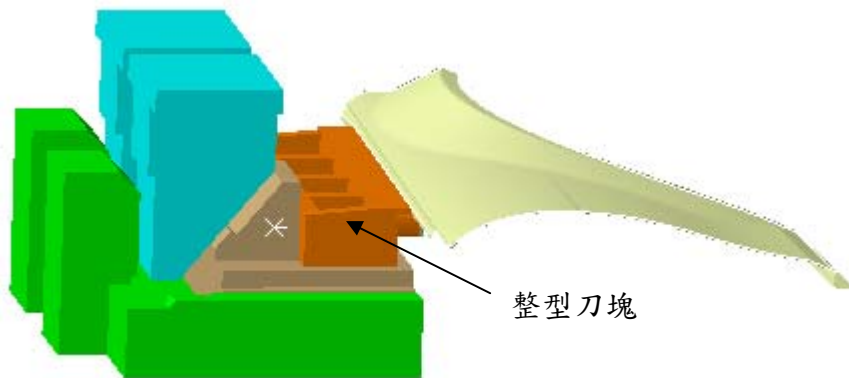


圖 6.82 引擎蓋側整型刀塊實作

(3)複動座設定

此套載具的整型模具依工法排程標示有二個複動座，主要是考量門側與引擎蓋側整型產生負角後之退料，引擎蓋側與燈側之複動座退料行程分別為 35mm 與 10mm，複動座位置與造型如圖 6.83 所示，在此複動座仍需以手動建構，程式能提供定位柱與承面功能輔助建構。

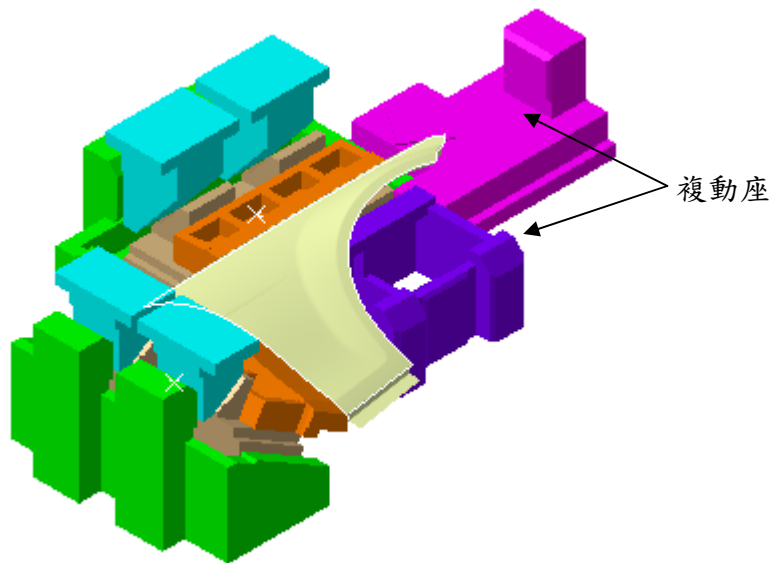


圖 6.83 整型模具複動座

(4) 模具尺寸設定與模塊建立

模具尺寸必須參考所有機構的位置與高度，此套模具中心為(-50,0)，模具長寬為 1900×1360mm，閉模高度為 800mm，模塊建立時，上模座必須參考壓料板導引的草圖，在程式使用中建議設計者先完成基座再參考壓料板設計導引部分草圖，如圖 6.84 所示，草圖完成後再利用特殊造型肋條的功能完成上模與壓料板之導引，使用特殊造型肋條建構上模與壓料板導引結果如圖 6.85 所示。模塊建立初始設計如圖 6.86，之後再加入結構庫做些微調整即可完成整型模具設計。

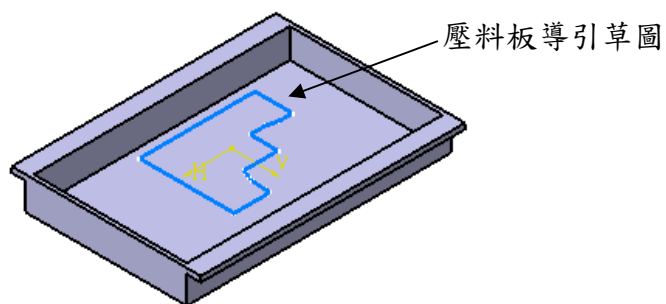


圖 6.84 上模與壓料板導引草圖

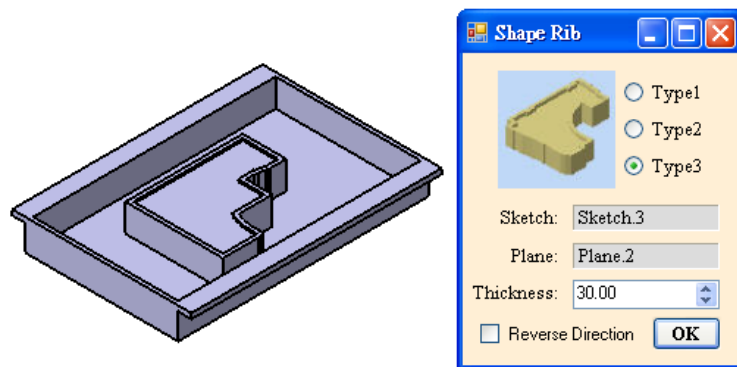


圖 6.85 上模與壓料板導引實作

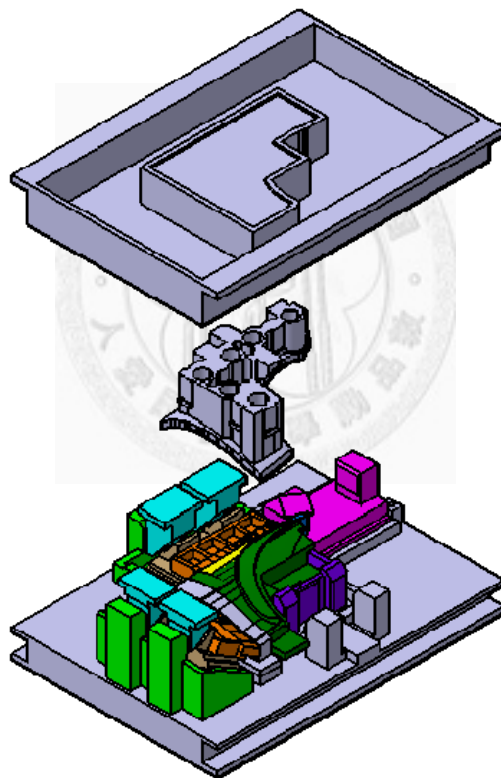


圖 6.86 整型模具初步模塊建立

(5)加入結構庫

此套載具的整型模具設計所使用之結構庫包含導跟、定位柱、肋條、補強肋、快速定位溝槽、耐磨板座、吊耳、U 型溝槽、擋塊與減重孔等功能，加入結構庫後之上下模座如圖 6.87 所示。

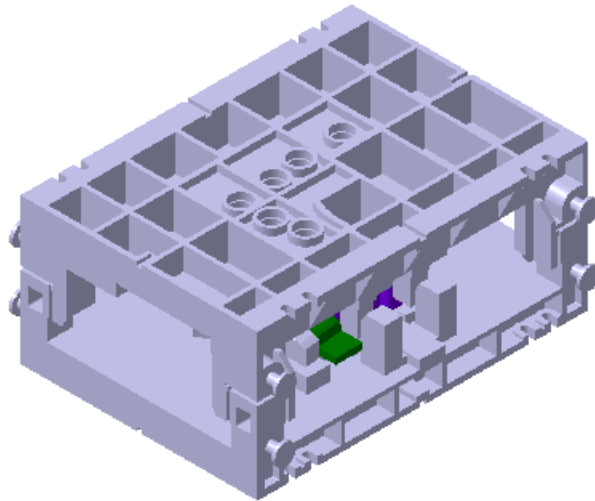


圖 6.87 加入結構庫後之上下模座

6.5.2 整型模具設計實作討論

整型模具設計實作在複動座的設計上仍舊是最困難的地方，由於複動座並無固定形式且需依鈹件特性變更，因此程式目前無法有效克服複動座設計的問題，無法提供一個有效率的設計方式，目前整型模具設計程式可提供機構、整型刀、模具基座、壓料板、中仁與結構庫，程式輔助設計完成後約可佔五成，未使用程式輔助下設計約需費時 10 個工作天，若以程式輔助設計則約 5 至 7 天左右，設計完成後之整型模具如圖 6.88 所示。

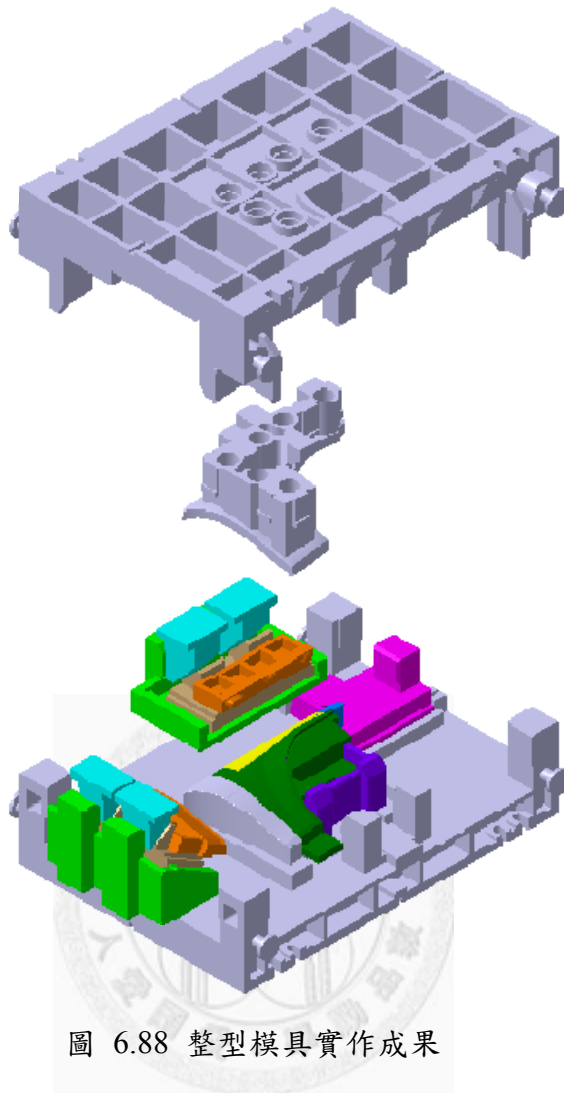


圖 6.88 整型模具實作成果

6.6 設計導引

模具設計常需要參考公司的設計規範，在系統中將模具設計的相關資料整合，方便設計者隨時查閱，設計導引除了提供設計者了解 AM 廠模具設計的流程外，用心智圖呈現說明的方式亦可幫助新進人員更容易記憶模具設計的要素，此外模具設計的方法隨著鈹金造型日益複雜，規範也會演進，心智圖的呈現方式提供設計者可隨時新增或修改。程式設計導引的方式除了以心智圖的方式呈現說明，在程式執行時可隨時查閱相關的規範，例如，在設計模具基座時可在基座建立的功能下直接開啟基座肋條限制等文件，亦可查詢程式的使用說明。設計導引的概念如圖 6.89 所示。

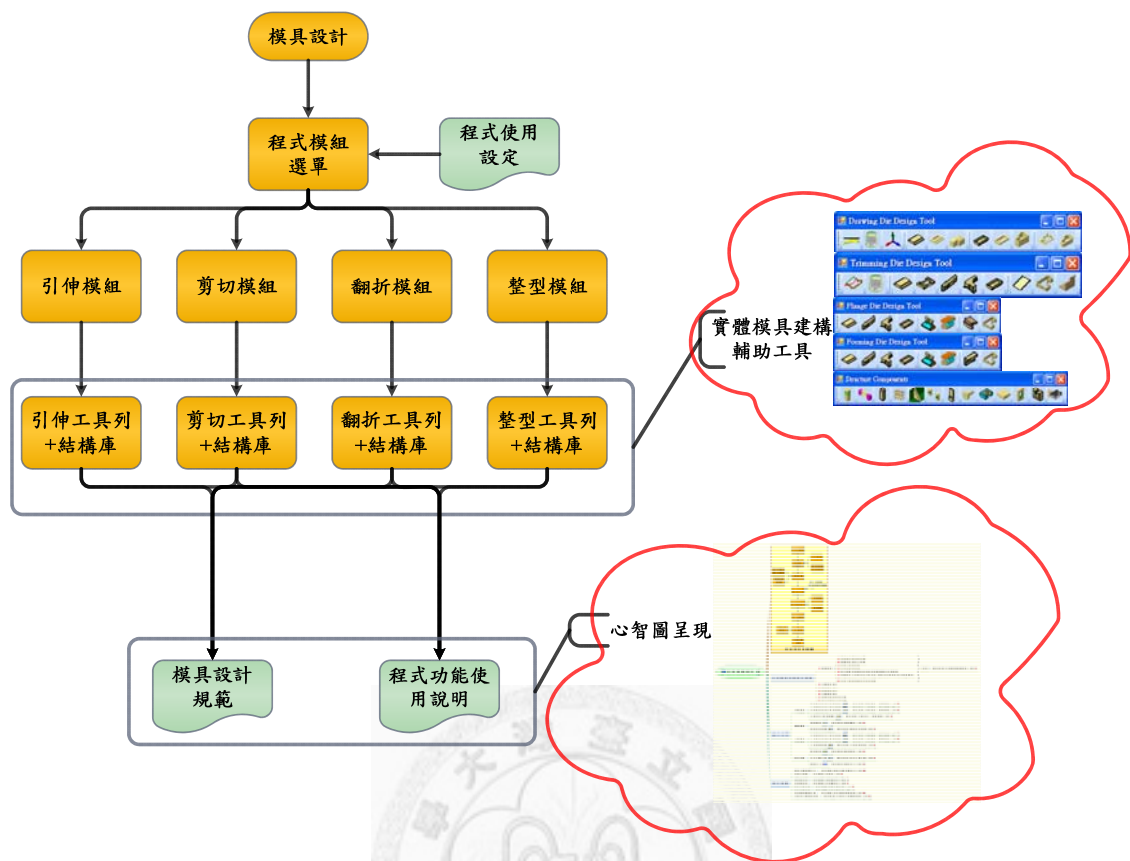


圖 6.89 汽車鈹金模具設計之設計導引

第七章 設計導引

7.1 前言

汽車鈹金模具設計過程中常需參考相關設計文件、計算公式、圖表和經驗法則，藉由建立汽車鈹金模具設計導引可以讓設計者迅速獲得相關資訊，如此可大幅縮短資料翻查時間，進而加速設計開發時程，此外依循設計流程可以減少人為疏失、降低開發成本。

7.2 設計導引平台

本研究將汽車鈹金模具設計導引架構以心智圖的模式呈現，使用者利用模具設計系統建構 3D 實體模具時即可隨時查閱，以汽車鈹金模具設計的基本知識為主軸展開，分成模具設計軟體、鈹金成型流程、常用五金部品、凸輪機構與通用模具設計規範等五個主軸，如圖 7.1 所示。

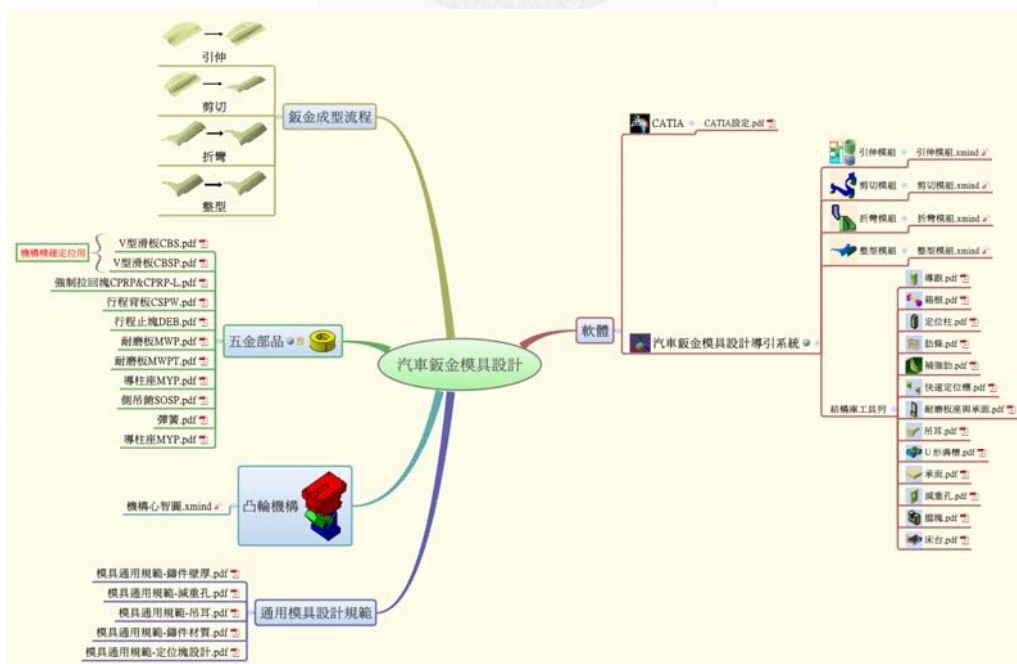


圖 7.1 汽車鈹金模具設計導引心智圖

模具設計軟體以 CATIA 為主，配合汽車鈹金模具設計導引系統，由於模具設計需配合輔助程式，因此在設計前需針對 CATIA 的環境做基本設定，並確認輸入條件的方向性，在心智圖中也提供教學文件，此外圖中分別介紹程式各模組與結構庫工具列，如圖 7.2 所示。

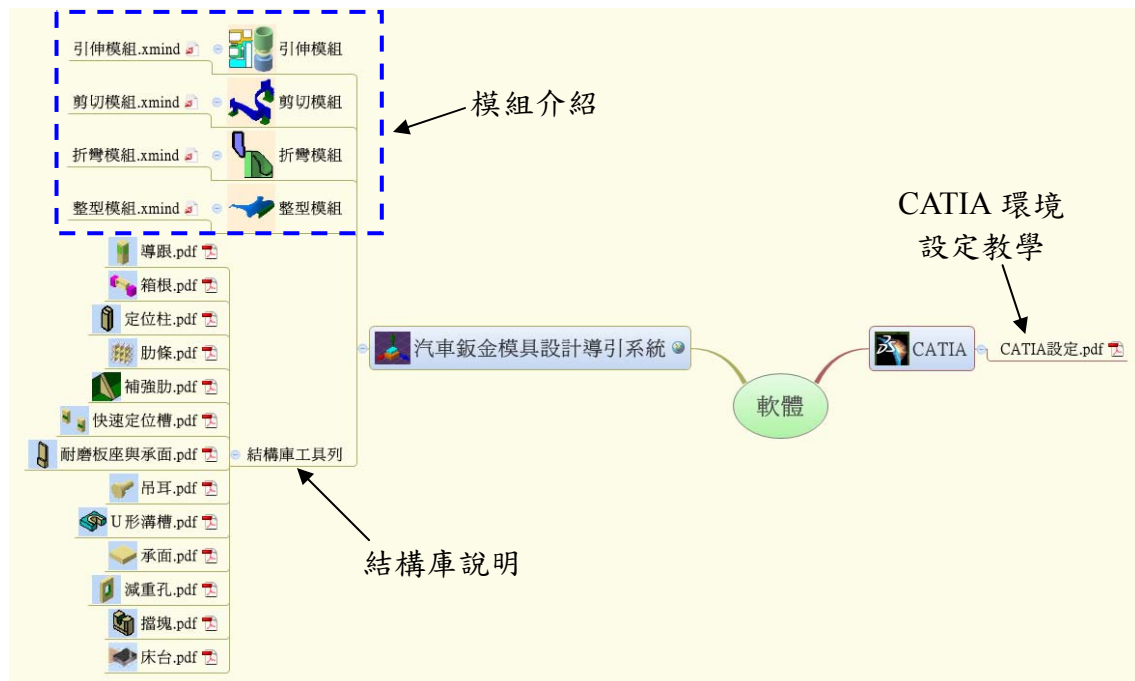


圖 7.2 模具設計軟體心智圖

設計導引需配合模具設計輔助模組，在模具設計模組選單中可查詢汽車鈹金模具設計導引心智圖，在各模組則可查詢各模組的心智圖，各模組心智圖中除了設計流程與功能操作說明之外，亦包含模具設計規範，設計規範用於說明模具尺寸計算與設計注意事項，如圖 7.3～圖 7.6 所示。

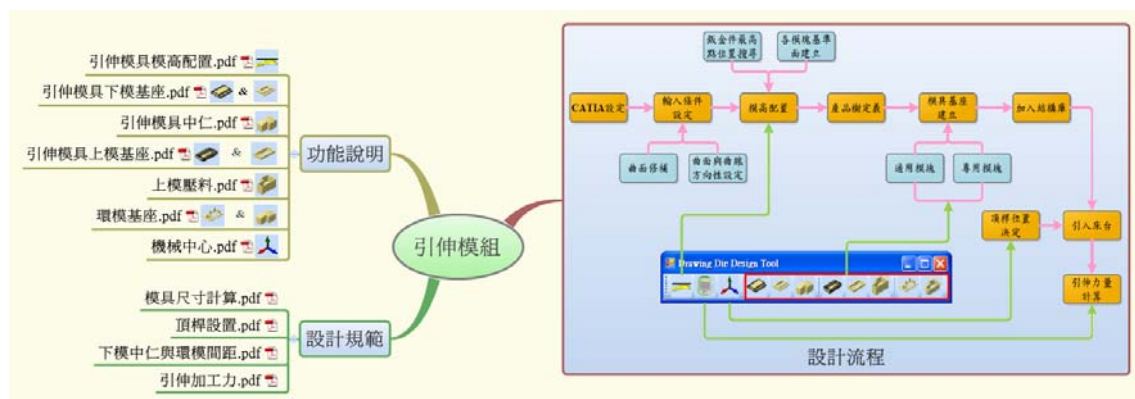


圖 7.3 引伸模組心智圖

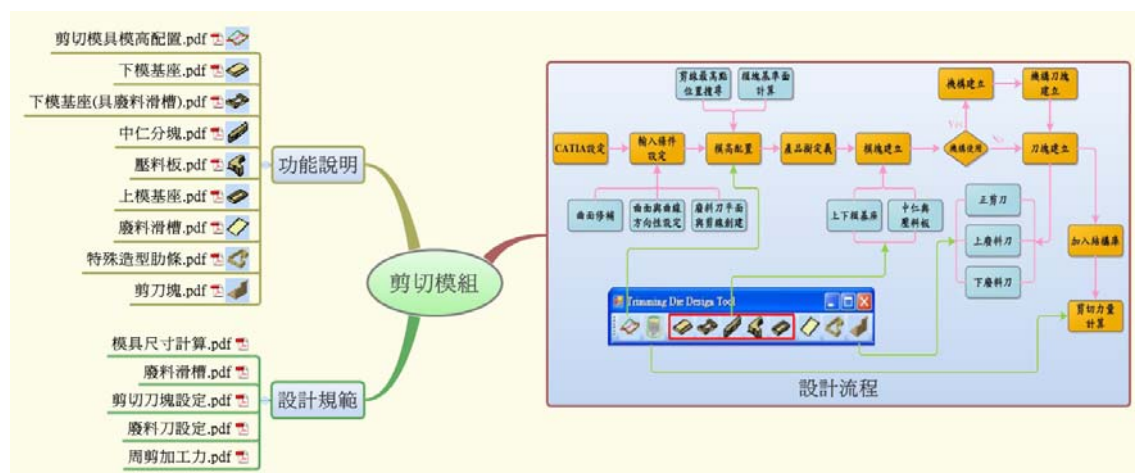


圖 7.4 剪切模組心智圖

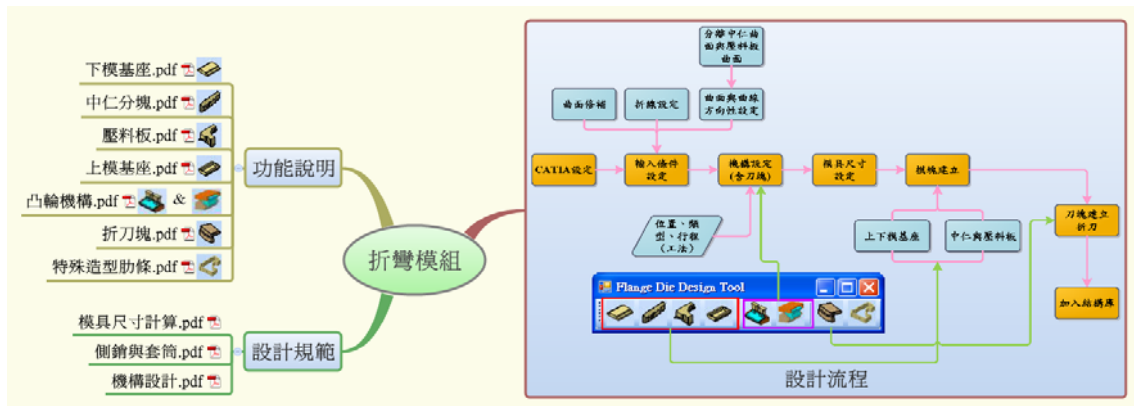


圖 7.5 折彎模組心智圖

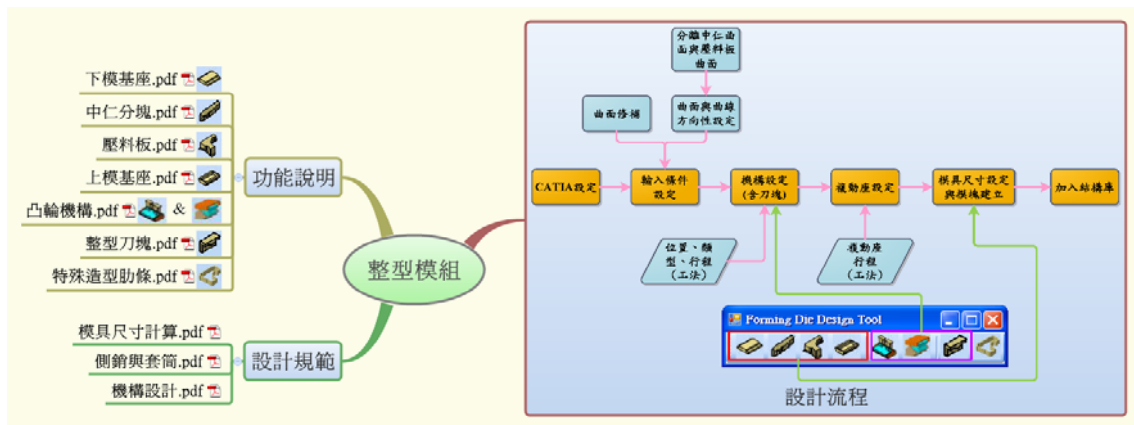


圖 7.6 整型模組心智圖

鈹金成型流程透過圖示讓新進人員了解模具各工程作動與生產流程，如圖 7.7，並了解程式模組分類方式。



圖 7.7 鈹金成型流程

五金部品中介紹模具設計時常用的五金部品，內容包含五金部品規格與供應廠商，並提供了台灣模具製品總覽網頁連結，如圖 7.8 所示，讓設計者於設計過程中隨時查詢所需的資訊。



圖 7.8 五金部品心智圖

凸輪機構則介紹機構分類與設計要點，藉由圖片讓初學者可以快速建立凸輪機構的基本概念，依機構作用功能介紹，讓設計者對於機構是否使用背托或擋塊有較深刻的理解，如圖 7.9 所示。

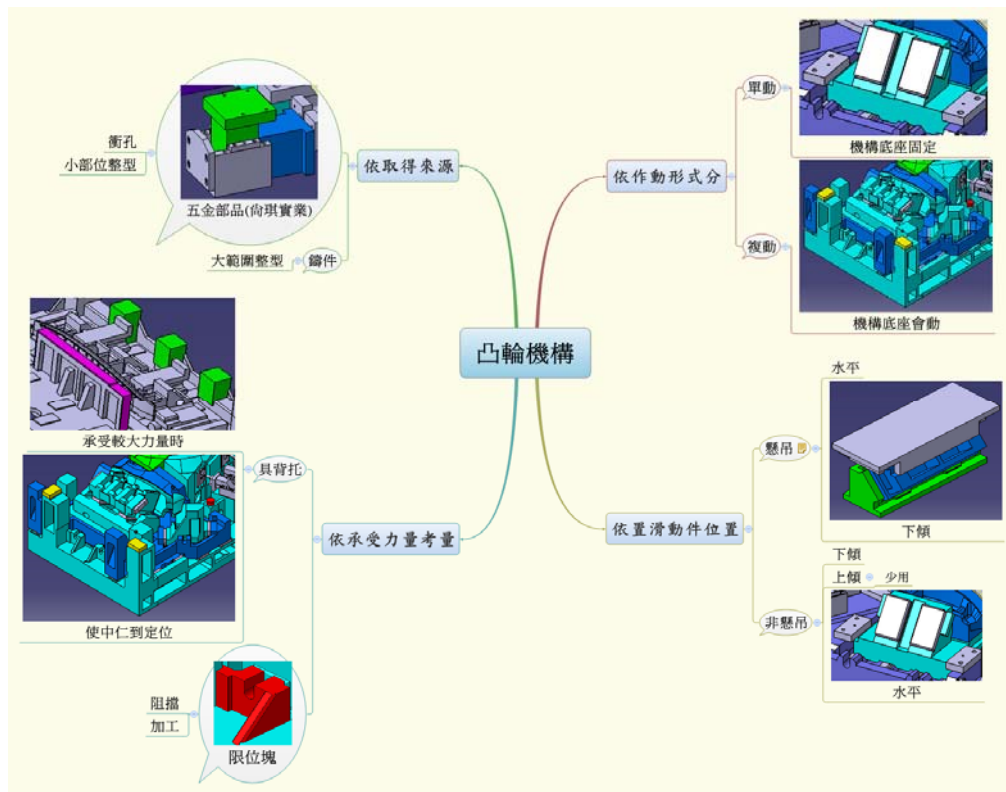


圖 7.9 凸輪機構心智圖

設計導引文件依其模組進行分類，並以 PDF 檔案形式呈現，文件分門別類放置，在使用者使用模具設計輔助程式時可選擇開啟該功能之設計規範或開啟整個心智圖參考，以快速掌握設計要點。

7.3 心智圖

汽車鈹金模具設計過程相當複雜，除了要翻閱相當多的規範之外，還必須對鈹金成型的過程、加工方式與加工力量有一定呈度的了解，於研究中以心智圖的方式呈現汽車鈹金模具設計，心智圖為英國 Tony Buzan 博士於 1970 年提出的一種輔助思考工具，它是環繞者一個主題將想法放射狀放在中心主題周圍節點，用圖像式記憶的方式讓設計者可以快速了解模具設計的流程與規範等細節。

使用心智圖搭配上模具設計輔助程式是因為模具設計規範與加工方式會因廠商要求或成本考量而變更，心智圖由於採放射節點的呈現方式，因此在修改設計方式或新增設計規範會比較容易，可增加設計彈性設計者編修也比較簡單。



第八章 結論與未來展望

8.1 結論

本研究以 CATIA 為模具設計的平台，利用二次開發的技術建構模具設計所需的輔助工具，進而取代傳統 2D 模具設計，研究中針對引伸、剪切、折彎與整型模具進行模組化的功能開發，並將設計規範電子化，供設計者在設計過程中可隨時翻查，讓設計者可以縮短實體模具建構與翻查規範的時間。研究過程中整理歸納以下幾項結論：

(1) 模高配置

模高配置是模具設計前必須知道的資訊，傳統 2D 設計只能在各視圖間以人為決定的方式配置高度，在程式中則利用切平面的方式快速幫設計者配置模具高度，利用電腦自動判斷可減少配置時間，且可提高可靠度。

(2) 實體參數化

本研究利用參數化設計的特點，讓設計者在設計過程中方便隨時修改，模具設計完成後若要進行設計變更也可從參數中修改，本文將模具設計時需大量重複性建構的物件以鍵入參數方式進行設計，可大幅縮短繪製時間。

(3) 實體模板化

模具設計結構雖然複雜，但將其細分後仍可找出一些相似性極高的部分，研究中將這些部分做成模板化，讓使用者可直接套用，且 CATIA Template 的樹狀架構也可幫助設計者完成客製化的模板。

(4)積木式設計方法

模具設計是一連串複雜的動作組成，研究中將模具的概念以堆積木方式完成，在模具基座上堆放中仁與許多結構以完成模具設計的動作，將與曲面和曲線相關的物體獨立建構，在模具設計上可減少電腦運算的時間，且可與曲面曲線無關的模座套用至相似的鈹金模具設計，再細部調整結構即可完成新鈹件的模具，可減少重新繪製的時間。

(5)設計導引

模具設計常要參考許多規範，本研究將模具設計所需參考之設計規範建立電子檔，配合程式使用時可隨時查閱，以減少設計人員尋詢相關資料的時間，此外運用心智圖的呈現方式較貼近思考的模式，可幫助新進人員快速掌握鈹金模具的設計要點，且在設計規範變更時亦較容易新增。

本研究主要目的在縮短汽車鈹金模具開發設計時間，採用模板化、參數化、積木式設計與設計導引的方式將設計與資料查詢的時間縮短，縮短時間如表 8.1 所示，一般繪製時間由廠商所提供，以此套驗證載具而言，程式輔助設計縮短時間需視鈹件特性與工法而定。

表 8.1 模具開發設計時間

	一般繪製時間 (由廠商提供)	使用程式輔助	節省時間(%)
引伸模具設計	1 天	半天	50
剪切模具設計	4~5 天	3~4 天	20
折彎模具設計	7 天	4~5 天	28
整型模具設計	10 天	5~7 天	30

8.2 未來展望

汽車鈹金模具設計是一項複雜且需要豐富設計與加工經驗的學問，研究中雖然提出縮短開發設計時間的方法，但在本研究中尚有部分未能深入探究，在此提出仍需加強的部分：

(1)複動座

複動座在剪切工序之後即被大量使用，尤其若是自動化生產則複動座的使用會更加頻繁，但複動座樣式並無統一，在設計上也沒有準則可依循，若能歸納複動座的基本樣式，讓複動座可圍繞這些基本樣式變化，而可快速建構複動座，則可更加縮短設計時間。

(2)機構樣式擴增與設計

目前研究中所提供使用的機構皆是基本的樣式，在模具設計中機構會佔開發成本較多部分，因此若能將二到三個加工動作結合在一個機構中，則可以縮短設計時間，亦可減少模具開發成本。

(3)模具同步修改

目前模具設計以各模塊獨立建構的方式進行，對手件的設計亦只是截取所在位置的資訊，因此模具修改時必須注意相關部位也要一起變更。若能在修正一個部分後其他關連部分一同修改，則設計變更可避免人為疏失也可大幅縮短變更模具的時間。

(4)二次開發工具系統

本研究所開發的工具系統尚需進一步調整與擴充，提高系統的通用性並增加客制化的設計工具，才能更適合使用者的需求。

參考文獻

- [1] R.Anderl and R.Mendgen. 1955. "Parametric design and its impact on solid modeling applications". Institute of Computer Integrated Design. Faculty of Mechanical Engineering. Germany.
- [2] CATIA V5 Automation, CATIA V5 R17, Dassault Systems, 2006.
- [3] Sang-Jun Lee, Keun-Sang Park, Jong-Hwa Kim and Seoung-Soo Lee. 2007. "Development of a design supporting system for press die of automobile panels". *Lecture Notes in Computer Science*. pp.207-216.
- [4] Bor-Tsuen Lin and Shin-Hsin Hsu. 2008. "Automated design system fro drawing dies". *Expert Systems with Applications*, pp.1586-1598.
- [5] Heyong Shin, Gustav J.olling, Yun C.chung, Bo H.Kim and Bu K.Cho. 2003. "An integrated CAPP/CAM system for stamping die pattern machining". *COMPUTER-AIDED DESIGN*. pp.203-213.
- [6] Klaus Siegert and Stuttgart and Germany. 1997. "Development and manufacture of dies for car body production". *Annals of the CIRP*. Vol.46. pp.535-543.
- [7] 林群弼，2006，汽車鈹金模具 CAD 建構技術發展，國立中央大學機械工程研究所碩士論文。
- [8] 林振揚，2009，汽車鈹金模具沖壓模具設計之知識工程，國立台灣大學機械工程研究所碩士論文。
- [9] 胡挺、吳立軍，2006，CATIA 二次開發技術基礎，電子工業出版社。
- [10] 高銘傑，蔡昕燁，2007，共用性衝壓模具設計導引之應用，鍛造期刊，第十六卷第三期。

- [11] 張治、陳志英，2003，基于裝配約束關係的零部件參數化設計，機械科學與技術期刊，第五期。
- [12] 楊玉英、石磊、蘇越，2004，汽車覆蓋件模具結構的模板化設計，中國機械工程，第十五卷第十期。
- [13] 蔣武，2004，基于實例的汽車覆蓋件模具設計系統，華中科技大學碩士論文。
- [14] 劉昆育，2010，汽車鈹金衝壓模具設計之鈹金製程規劃，國立台灣大學機械工程研究所碩士論文。
- [15] 薛乃綺，2005，汽車金屬零組件市場調查，金屬中心產業報告。
- [16] 薛乃綺，2006，從鈹金結構件市場看汽車售後零件產業之發展，機械工業雜誌，第 309 期，pp.34-36。
- [17] 鍾文仁、吳俊賢、李泰志、賴柏榕、李銘衍，2008，自動化模具設計與製造引導系統，中原大學產學合作暨成果發表專刊，第二十六篇。

附錄 A

引擎蓋鈑設計實例

A.1 引伸模具設計

此套載具的引伸模具採簡易模的設計方式，下模座的造型比較簡單，其餘部分設計則與葉子板引伸模具設計相似，開始會先建立模具基座，基座是做為結構庫建立的基礎，如圖 A 1 所示。

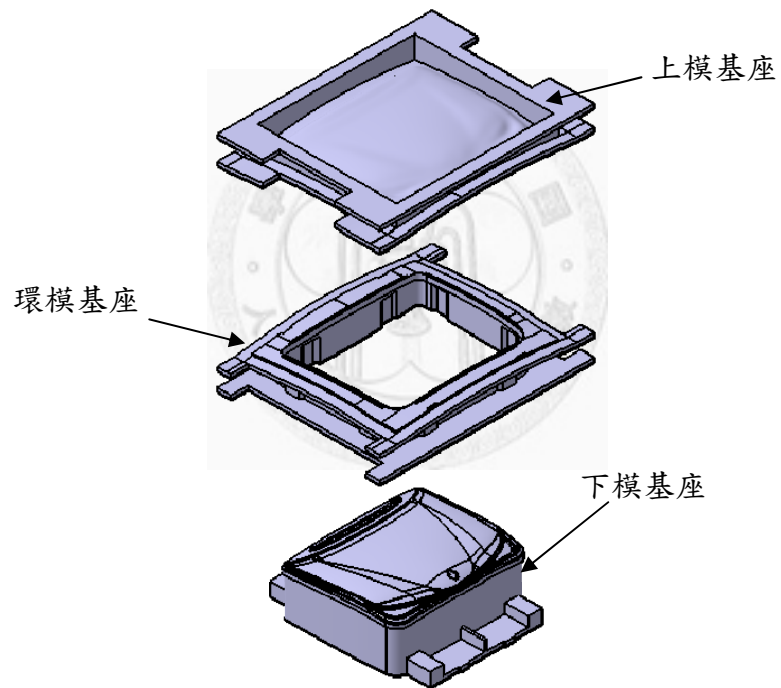


圖 A 1 引擎蓋鈑引伸模具基座

模具基座建立完成後需選擇此套模具各模塊間之導引及各部位結構，此套載具引伸模具設計使用之結構包含導跟、肋條、減重孔、吊耳與 U 形溝槽等，完成後的引伸模具如圖 A 2 所示。

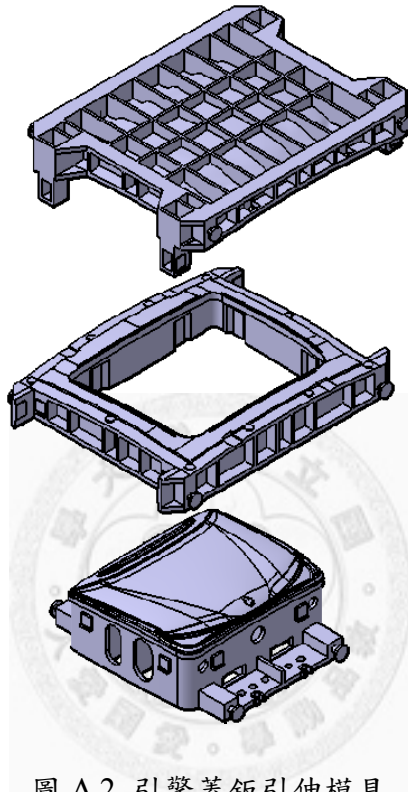


圖 A 2 引擎蓋鈑引伸模具

此套載具引伸力量計算結果如圖 A 3 所示，引擎蓋鈑屬於淺抽鈑件，鋼鈑抗拉強度約為 $26\sim40\text{kg/mm}^2$ 左右。

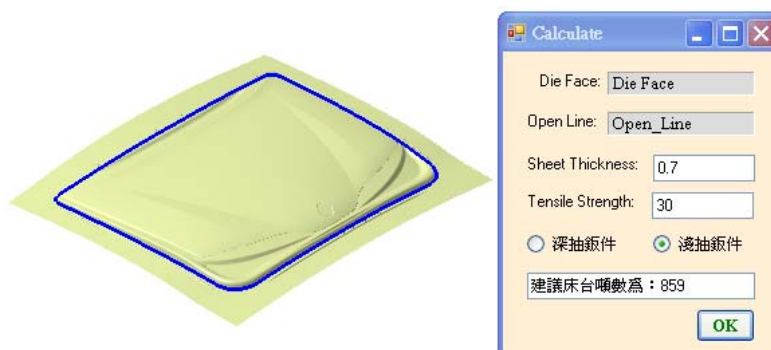


圖 A 3 引擎蓋鈑引伸力量計算

A.2 剪切模具設計

引擎蓋鈑剪切模具設計與葉子鈑剪切模具相似，模具基座可分成上下模座、中仁與壓料板等模塊，如圖 A 4 所示。

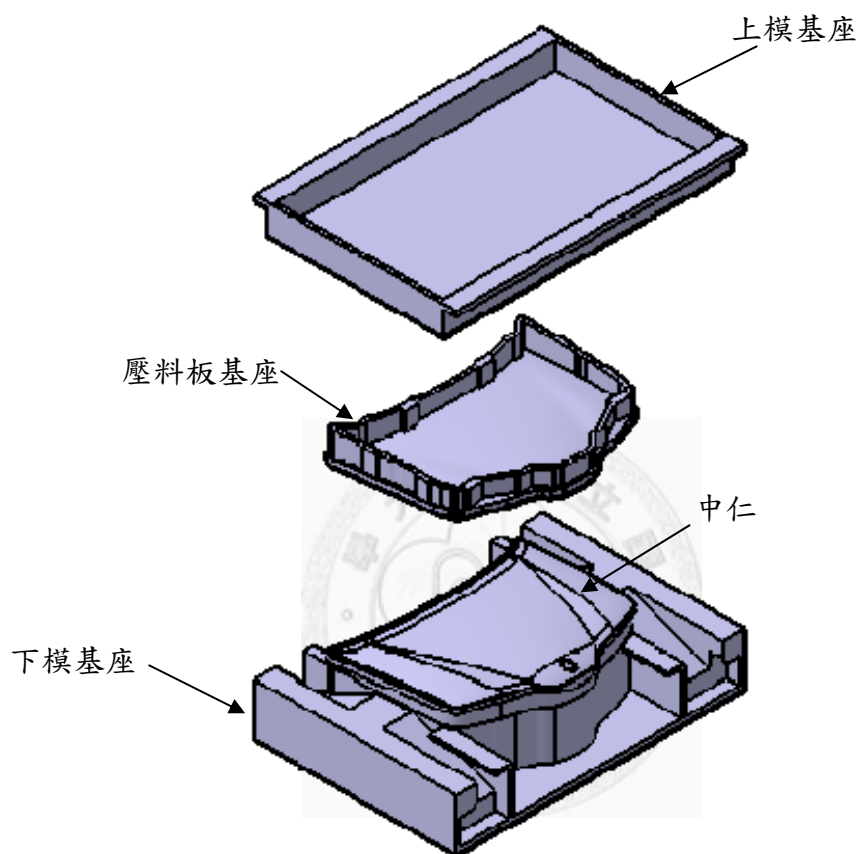


圖 A 4 引擎蓋鈑剪切模具基座

完成模具基座後還要依實際需求加上結構庫完成剪切模具設計，所使用之結構包含吊耳、U 形溝槽、承面、減重孔與箱根等，並依據工法資訊設計刀塊，本載具在剪切時以全周正剪進行加工，並設置 8 處廢料刀，如圖 A 5 所示。

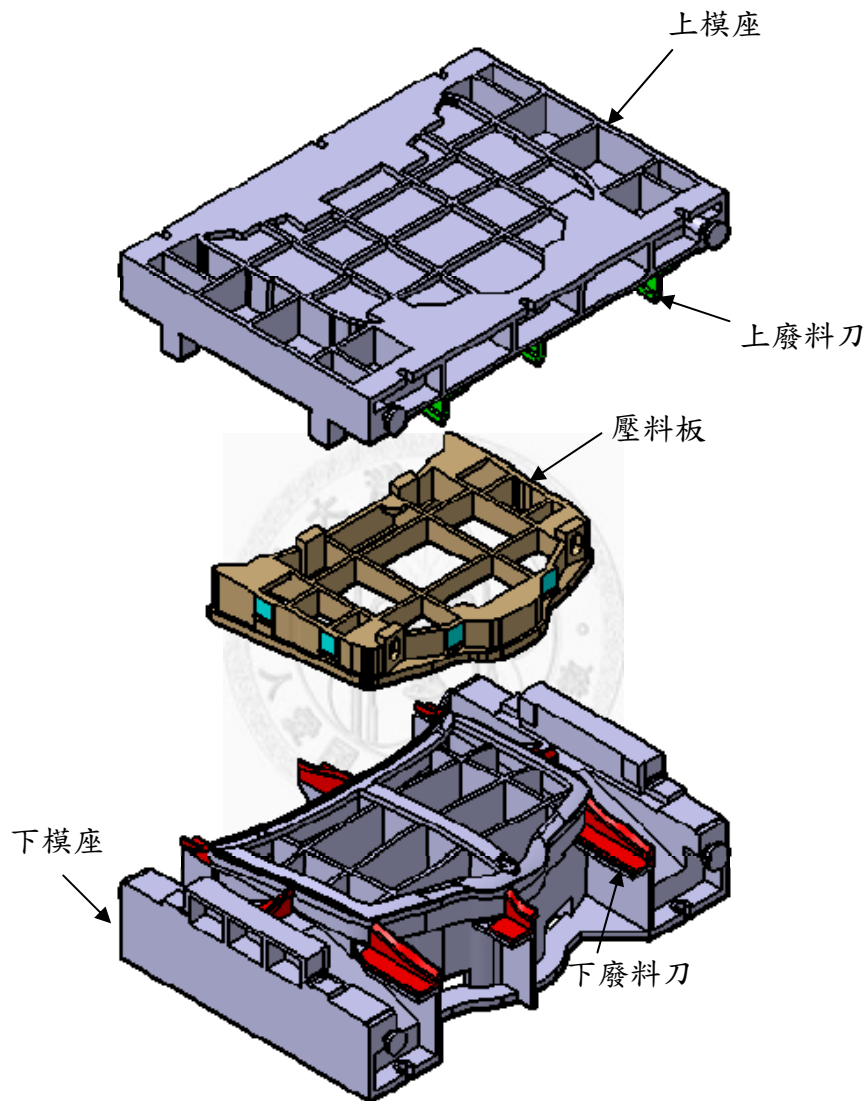


圖 A 5 引擎蓋鈑剪切模具

A.3 折彎模具

此套載具在折彎模具設計中在引蓋前側使用凸輪機構折彎，依工法所提供的資訊，此凸輪機構為單動非懸吊機構，下傾角度為 20° ，行程為 75mm，整型長度為 1300mm 左右，如圖 A 6 所示。

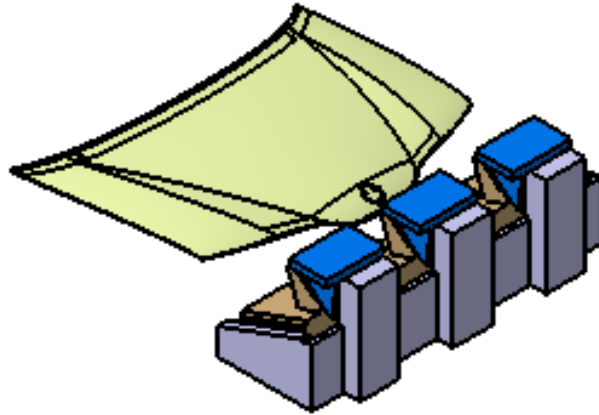


圖 A 6 引擎蓋鈑折彎模具凸輪機構

折彎模具的模座尺寸需配合機構進行設計，在機構引入之後才能建立模具基座，模具基座分成上模、下模、中仁與壓料板四部分，如圖 A 7 所示。

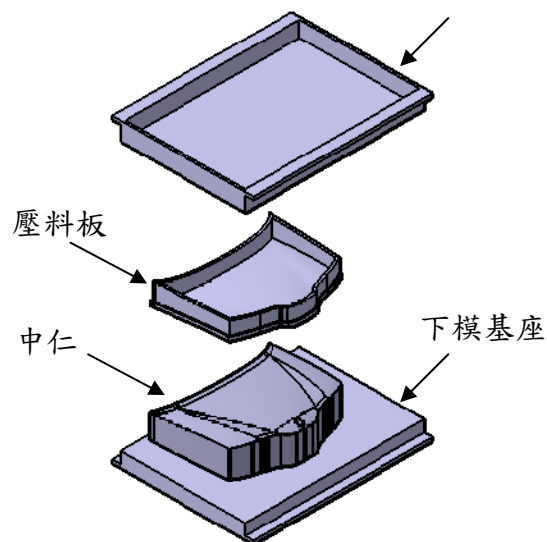


圖 A 7 引擎蓋鈑折彎模具基座

機構位置、角度與行程確定並完成基座建立後即可在基座上加上結構，模具設計時所運用之結構庫包含耐磨板座、承面、肋條、補強肋、吊耳、U 形溝槽與特殊造型肋條等，完成之折彎模具如圖 A 8 所示

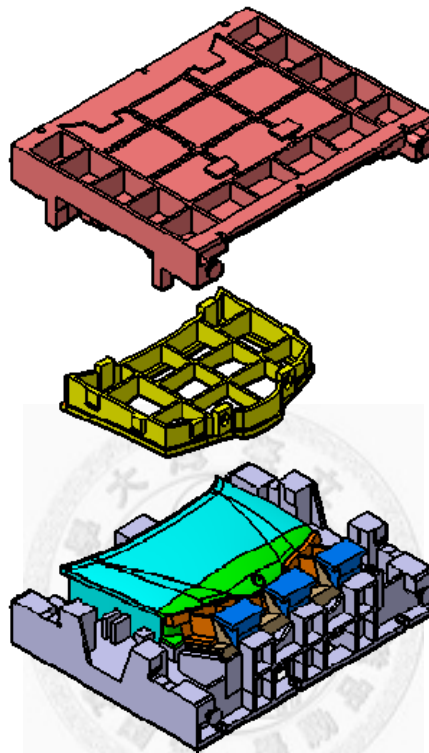


圖 A 8 引擎蓋鈑折彎模具

引伸模具設計導引包含設計流程圖、初始設計流程、程式說明與設計規範等，如 A1~A4 所示，模具設計細節與文件在程式中可由設計者自行選擇要閱讀設計規範或程式說明。

作者簡歷

姓名：陳正富

生日：民國 73 年 9 月 14 日

學歷：民國 99 年國立台灣大學機械工程研究所畢業

民國 96 年國立彰化師範大學工業教育與技術學系畢業

民國 91 年國立東勢高級工業職業學校機械製圖科畢業

民國 88 年台中縣立太平國中畢業

民國 85 年台中縣立坪林國小畢業

住址：台中縣太平市大興里大興路 748 號

電話：0910-505561

e-mail：r96522610@ntu.edu.tw

