

# 車燈射出模具設計之知識化工程建立與運用

林維新<sup>1</sup> 陳建忠<sup>2</sup>

<sup>1</sup>國立虎尾科技大學機械與電腦輔助工程系 副教授

<sup>2</sup>國立虎尾科技大學機械與機電工程研究所 研究生

## 摘 要

面對產品開發時程縮短的壓力，模具設計人員除利用加班方式完成模具開發工作以外，亦企圖思考從模具設計方法進行改善。本文針對汽車產業中之車燈模具設計過程進行探討，經由分析發現，模具頂出系統及水路循環系統在模具設計過程中，需要花費相當長時間於參數設定與調整，因此有必要進行改善。

本研究利用多重指令結合參數設計功能，以 CATIA 設計軟體為平台，建構知識化工程，以降低模具設計負荷，縮短模具開發時間。經由改善結果，在頂出系統方面，頂出銷之開發時間，已由原來之 8 小時縮短為 0.5 小時；而在水路循環系統方面，水路噴流之開發時間，更由原來之 14 小時大幅縮短為 2 小時。改善效果非常顯著。

**關鍵詞：** 模具設計、知識化工程、參數設計

## 壹、模具設計的困境

車燈造型之模具設計，目前大都採取 2D 繪圖為主、3D 繪圖為輔的設計方式[1, 2, 3, 4]，在零件部品方面使用 2D 繪製，可直接由設計圖庫插引運用，具有快速、便利之優點；成品造型結構部分則必須使用 3D 繪圖來實際繪製，其優點是可以避免 2D 繪圖之盲點，產生錯誤結構。3D 模具設計完成後，更可以往下延伸至 CAM 程式設計運用，縮短整體模具製作時程。雖 2D 繪圖與 3D 繪圖各有其優點，但由於 2D 與 3D 模具設計仍無法滿足模具開發之時程要求，其問題點在於模具設計過程中兩種方法皆需花費相當多時間。

### 一、2D 模具設計問題點

部品零件均有建構成 2D 標準圖檔，其運用上非常之便利，但卻僅限於平面 2D 圖檔，無法實際運用於備料狀態，往往都需要藉由 3D 繪圖取得成品的相對尺寸，才有完整部品的規格，所以其 2D 平面圖的繪製須由 3D 繪圖來輔助求得其中資訊，此為目前車燈模具業較為常用的作法。

循環水路繪製在 2D 繪圖中更是一大難題，往往一個疏忽即導致模具損壞，所以均必須 2D 繪製完成後，利用 3D 圖檔來做剖面檢查，以防止水路與其他部品干涉；在水路噴流部分，又必須依賴 3D 成品來量測噴流高度，以防止槍鑽鑽穿模面的問題。

綜合以上問題，都逃不了與 3D 模具設計有相關聯，很多尺寸都要經 3D 量測、檢查，所以 3D 模具設計絕對是未來發展的重點。然而目前 3D 模具設計仍有很大的問題，無法真正加快模具設計的速度。

### 二、3D 模具設計問題點

既然 2D 模具設計這麼依賴 3D，為何不在 3D 上進行模具設計呢？如同上述所言，繪製速度並不比 2D 繪圖迅速，在這個時間緊湊的日程壓力下確實無法如此，在部品零件的尺寸往往只是做個剖面進行量測，在 3D 模型上，無法再繼續做有效的運用；在水路循環部份，無法與部品零件做自動干涉

檢查，僅能採用人為判斷，容易造成水路干涉，模具損壞；噴流深度的設定取得既費時且更容易造成人為疏忽。

### 三、理想的模具設計

目前車燈產品的模具設計是以 2D 為主，3D 為輔的設計方式，雖然 2D 繪圖的速度快，但無 3D 實際建構模型，作相互干涉檢查來的保險，所以以 2D 為主的模具設計，都有風險較高的缺點。然而 3D 模具設計雖有較高的安全性，卻在速度上無法有效的符合日程的要求，所以如能使 3D 模具設計的速度提升，操作更加的便利，使模具設計能以 3D 為主，2D 為輔，如此模具設計才能達到真正便利、快速又保險的地步。

## 貳、創新多重指令結合參數設計之知識工程

要將 2D 模具設計和 3D 模具設計結合，發揮其優點而排除其缺點，就要運用到多重指令結合，以便在 3D 模具設計中，將必須反覆使用的指令結合成為一個指令，操作者不必浪費時間反反覆覆的一直操作相同指令，這樣的功能確實有不錯的效果，一個部品能藉由一個指令就能產生 3D 實體；不過這樣的功能彷彿就像是部品零件庫的效果，使用在一般模座的部品零件確實不錯，但使用在與成品有相關聯的部品零件就沒有什麼便利性了，因為產品的多變性使成品相關的部品零件就成為非標準品零件了，所以就無法便利的使用。

非標準部品零件大部份均與成品相關，為了克服產品的多變性，許多設計軟體都相繼採用參數設定功能，預先插入部品零件，再藉由部份尺寸參數設定，以得到操作者所需要的結果；如此改變，確實使 3D 模具設計更加方便，但仍然需要利用人為方式設定各個參數的大小，以得到所需要的部品零件。雖然利用參數設計方式進行模具設計，可以加快模具設計速度，但仍然無法滿足實際需求。

創新的多重指令結合參數設計可以改善人為輸入參數的問題，其參數可藉由 3D 成品與模具間的關係自動取得適當的數值，再藉由操作者設定的

條件或規則，自動產生我們所需要的部品零件，其操作將更為簡單，速度將更為快速，且保有參數的特質，縱使變更位置或尺寸，亦會自動運算，不須再重新設定，即可自動更新；但在同部品不同規格的零件，其零件庫的建立，確實是一大難題，太多太多的規則與條件，使建立多重指令結合參數設計上困難重重，也有其指令建立的難度。

這些問題可藉由知識化工程來克服，雖然零件的多樣化，使其規則不可循，條件無法定義；但藉由知識化工程，將部份參數建構成 EXCEL 表，只要由操作者輸入其中一個參數，其他參數便可直接由 EXCEL 自動取得，此方法可彌補規則與條件的不足，而知識化工程更可以在判斷上、運用上加入運算功能，使其自動化指令更加完善。

知識化工程的功能不只是建構標準零件庫 EXCEL 表，它可以說是一個電子化的知識庫，在模具設計過程中，須經常查詢、計算一些零件強度與模具和射出機相關的數據，而查詢與計算也是在花費模具設計的時間，所以藉由知識化工程的建立，可以減少查詢、計算的時間，對於新進的模具設計人員，將可以藉由知識化工程，更快速的達到獨立設計階段。

## 參、實例運用

3D 模具設計能有效的降低開模風險[5, 6, 7]，在時程急迫之下，不允許開模過程中有犯錯、疏忽的可能，所以只有藉著多重指令結合知識工程來改善它，在模具設計中，有哪些須花費設計者較長的時間，就把它設定為改善的目標；分析模具設計流程，其中在頂出系統中的頂出扁銷、圓銷，冷卻循環系統中的冷卻噴流，都是在模具設計中尺寸極為重要，不容出錯的地方，且必須利用人為方式取得尺寸，再回饋至 2D 加工圖上，所以本文以此作為對象，建立多重指令結合知識工程來運用，以有效降低人為過失，提升模具設計速度。

### 一、頂出圓銷

頂出圓銷為模具射出成型後頂出成品用之一項零件，設計重點為圓銷長度與模座鑽孔深度；依

成品的造型，每一支頂出圓銷尺寸亦不同，所以傳統做法就必須由人為方式取得尺寸資料，相當曠日費時。利用多重指令結合知識化工程進行改善時，其設定步驟如下：

#### (一) 圓銷基本構造

如圖 1 所示，其尺寸包括  $d$ 、 $D$ 、 $H$  和  $L$  四個部份，依據 DMA 標準零件[4]，稱呼規格為  $d \cdot L$ 。



圖 1 圓銷構造

#### (二) 參數分析

將  $d$  與  $L$  設定為變數， $D$ 、 $H$  設定為定數，製作 EXCEL 表，輸入  $D$ 、 $H$  標準零件尺寸， $d$  為輸出預選項目， $L$  數值作為自動取得之數， $L$  為頂出上下板中間面至成品的長度。

#### (三) 多重指令結合參數設定理論

為了建立圓銷之 3D 圖檔，必須操作複雜且重複的動作，所以將圓銷製作過程所運用的指令結合成只須輸入 2~3 個選取項目即可完成一支頂出圓銷的 3D 實體，它包含了 DMA 標準零件尺寸， $L$  長度會自動地計算出來，且自動運用到零件上，更加便利的是其鑽孔與逃孔也會被自動地建立起來，以對應後續的干涉檢查與槍鑽工程。在此，即使圓銷尺寸或位置改變，依然會隨著改變後的狀態，自動更新，完全不會造成操作者的煩惱與過失。

#### (四) 多重指令結合參數設定流程

先簡化圓銷繪製流程，分析預建立圓銷的輸入條件，其輸入條件須與圓銷繪製流程的指令相關聯，所以圓銷的製作僅須一直線，與一個實體孔指令即可；而輸入的條件設定為一個點，即為預放置圓銷的位置，與頂上下板中間面，即為圓銷的作動面，一個點就有 X 軸和 Y 軸的特性，而與平面的關係就有長度的資訊，利用此原理，即可將製作圓銷的指令結合起來，選擇一點和一平面就能得到  $L$

長度的結果，輸入 d 規格即能建立出我們所需要的圓銷零件，並進一步進行 Drill Hole 設計，並使後續干涉檢查及鑽孔工程一同自動產生。

**(五) 在 CATIA 軟體上建立與運用**

依據其原理與流程建立於軟體上，以達到運用的目的。

步驟一：建立預輸入條件，一個定位點，一個平面，此平面為頂上下板的中間面，如圖 2 所示。

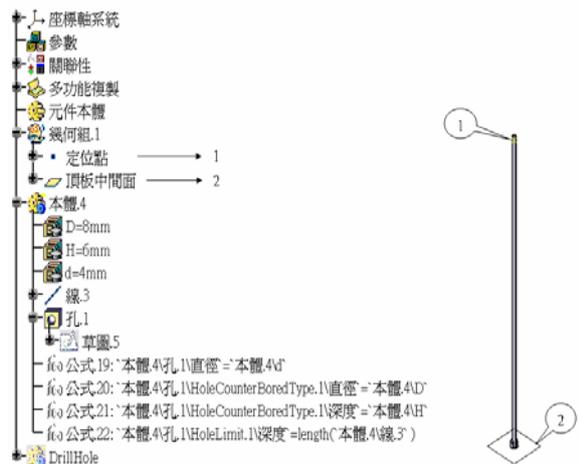


圖 2 圓銷預輸入條件

步驟二：建立圓銷實體，並建立運用於模具時鑽孔的 Drill Hole 鑽孔實體，如圖三所示。

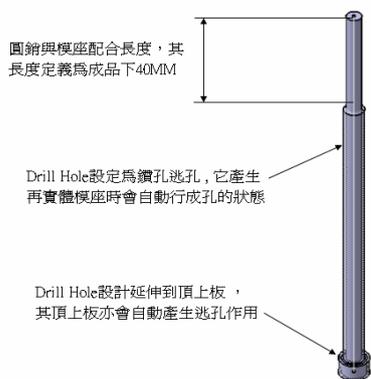


圖 3 圓銷逃孔 Drill Hole 設定

步驟三、建立如圖 2 中之規則公式.19~22，其中公式.19 設定為稱呼規格 d，公式.20 設定為 D，公式.21 設定為 H，公式.22 設定為點到平面的距離，並自動計算而得到 L 尺寸，Drill Hole 設定為公式.27~30，其主要設定為 Drill Hole 與圓銷之間的相對尺寸，因為鑽孔尺寸在未配合的地方，必須

比圓銷大 1 mm，作為逃孔用，如圖 4 所示。

公式.19: 本體.4孔.1直徑 = 本體.4d  
 公式.20: 本體.4孔.1HoleCounterBoredType.1直徑 = 本體.4D  
 公式.21: 本體.4孔.1HoleCounterBoredType.1深度 = 本體.4H  
 公式.22: 本體.4孔.1HoleLimit.1深度 = length(本體.4線.3)

公式.27: DrillHole孔.2直徑 = 本體.4d + 2mm  
 公式.28: DrillHole孔.2HoleCounterBoredType.2直徑 = 本體.4D + 2mm  
 公式.29: DrillHole孔.2HoleCounterBoredType.2深度 = 本體.4H  
 公式.30: DrillHole孔.2HoleLimit.2深度 = length(本體.4線.3) - 40mm

圖 4 圓銷公式設定

建立相關聯後即能運用至不同產品之模具設計上，使用的方法如圖 5 所示，如此便能自動取得預設計的頂出圓銷了。



圖 5 圓銷運用方法

**二、頂出扁銷**

頂出扁銷亦為模具射出成型後頂出成品用之一項零件，它與圓銷不同之處是扁銷和成品接觸的地方不同，為了因應成品的造型不同所延伸出的樣式，它的重點比圓銷還要來的多，不只是長度的設定，它還牽扯到頂出行程的設定，所以使用多重指令結合知識工程來改善，更能有效提升效率。

**(一) 扁銷基本構造**

如圖 6 所示，其尺寸包括 d、D、H、L、n、w 和 t，依據 DMA 標準零件，稱呼規格為 d · L · w · t。

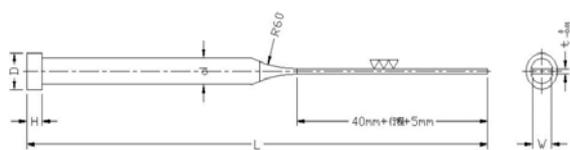


圖 6 扁銷構造

(二) 參數分析

d、D、H、L 與圓銷設定同，不同的地方為 w、t，其選用標準取決於成品頂出位置的空間，故按產品特性作設定。

(三) 多重指令結合參數設定理論

扁銷的構造比圓銷複雜的很多，要建構其 3D 實體，必須花費更長的時間，所以採用多重指令結合參數設定，相同的設定簡化輸入條件，L 長度亦是由輸入的條件，自動計算出來，但須藉由與成品接觸點和扁銷與動模配合接觸面長加上頂出行程與預留量，以得到 n 的尺寸，且逃孔尺寸也需要隨著 n 的變化而改變，所以在使用上也如同圓銷的方式。

(四) 多重指令結合參數設定流程

依據扁銷零件尺寸建立實體模型，並注意與其預輸入條件的關聯性，藉此關聯性取得參數條件資訊，以滿足參數條件，扁銷與圓銷不同之處是多了方向的設定，所以必須多輸入一個條件來完成扁銷的自動化設定，預輸入的條件為一點、一平面與扁銷位置邊界線，此邊界線有方向的屬性，由於扁銷的位置須有方向性的考量，故採用這樣的方法，在使用輸入的參數也須要增加一個行程的變數，它會經過演算後產生 n 值，以方便扁銷的備料。

(五) 在 CATIA 軟體上建立與運用

步驟一：分析扁銷的製圖流程，建立預輸入的條件設定，如圖 7 所示，首先建立定位點，然後頂上下板中間面，最後增加一條曲線，此曲線能控制扁銷的方向，且在模具實體上，較容易選取。

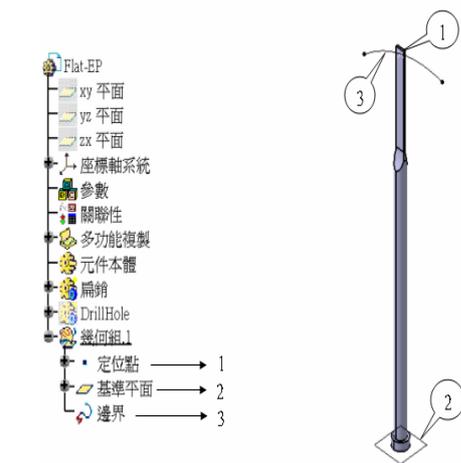


圖 7 扁銷輸路條件

步驟二：建立與預輸入條件關聯的扁銷零件，並建立 Drill Hole 鑽孔尺寸實體逃孔，其逃孔尺寸必須考量頂出行程，如圖 8 所示。



圖 8 扁銷 Drill Hole 設定

步驟三：將預輸入條件與頂出扁銷建立關聯，並建立規則公式，如圖 9 所示，其重點為扁銷 n 部尺寸，為頂出行程 + 配合模座尺寸 (35~40 mm) + 安全預留量。

- 公式35: 扁銷凸塊4第一限制長度=length(扁銷線1)
- 公式36: 扁銷凸塊6第一限制長度=length(扁銷線1):扁銷頂出行程-5mm-35mm
- 公式37: 扁銷減重槽3草圖16偏移84\Offset'=35mm+扁銷頂出行程
- 公式38: 扁銷減重槽4草圖17偏移90\Offset'=35mm+扁銷頂出行程
- 公式39: 扁銷凸塊5草圖13\半徑101\半徑=扁銷D1' /2
- 公式40: 扁銷凸塊6草圖15\半徑82\半徑=扁銷D2' /2
- 公式41: 扁銷凸塊5第一限制長度=扁銷H1'
- 公式42: 扁銷凸塊4草圖12偏移75\Offset'=扁銷W2'
- 公式43: 扁銷凸塊4草圖12偏移74\Offset'=扁銷H2'
- 公式32: 'DrillHole\軸2\草圖18\偏移109\Offset'=扁銷D1' /2+1mm
- 公式33: 'DrillHole\軸2\草圖18\長度110\長度=扁銷H1'
- 公式34: 'DrillHole\軸2\草圖18\偏移112\Offset'=扁銷D2' /2+1mm

圖 9 扁銷與 Drill Hole 公式設定

扁銷的運用，必須考量產品的造型，並不是所有的產品都是適合使用，但在車燈模具上卻使用非常廣泛，建立多重指令結合參數設定就有效率，其運用方法如圖 10 所示。選擇 1~3 物件即可建立頂出扁銷，且可透過頂出行程的參數變更行程，即可得到我們所需要的零件。

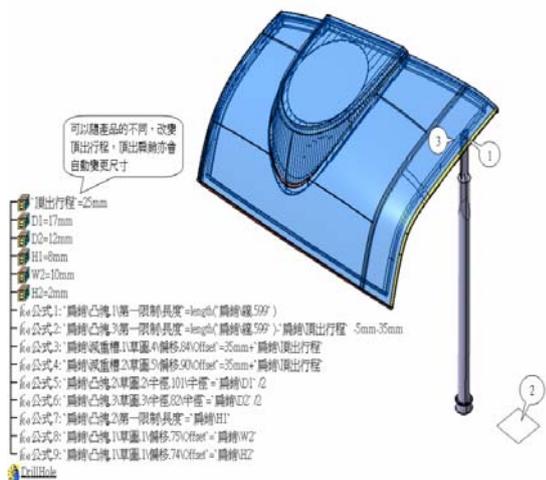


圖 10 頂出扁銷運用

### 三、冷卻循環噴流

冷卻循環噴流為模具設計中極為重要的冷卻循環系統，其中因造型關係無法使模具均溫，必須藉由噴流來為模具做冷卻，由於車燈產品高低造型落差較大，水路設定一定要大量依賴噴流，在模具設計上也就花費較多的人為時間來測量鑽孔深度，而大量的使用人為設定，也就容易發生疏忽，造成模具損壞，故噴流也非常需要使用多重指令結合參數設定來自動地取得噴流深度，並建立 3D 實

體來提供干涉檢查，以防止與其他部品零件干涉。

#### (一) 噴流的構造

如圖 11 所示，只有 D、L 兩個尺寸，D 表示噴流的直徑，L 表示噴流鑽孔深度，如果深度錯誤，即有可能會貫穿模面，造成模具損壞，所以噴流雖構造簡單但卻極為重要。

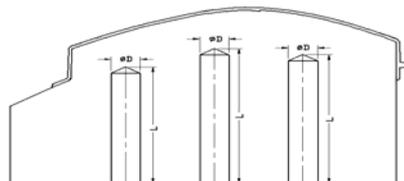


圖 11 噴流的構造

#### (二) 參數分析

噴流變數為 D 與 L，D 為輸入的值，L 為自動取得的數。

#### (三) 多重指令結合參數設定理論

噴流的構造非常簡單，其重要的是模座底到成品面的深度，所以必須要建立噴流位置，與成品面的垂直的距離並扣除一段預留量，即為噴流的深度。

#### (四) 多重指令結合參數設定流程

繪製一直徑 D 的圓柱，其長度 L 設定為參數自動取得，再建立相關聯的輸入條件，其為一點與一曲面，一點為水路噴流定位點，曲面為成品設定面，長度 L 的計算為點到曲面的垂直距離減掉預留量，即為水路噴流的長度了。

#### (五) 在 CATIA 軟體上建立與運用

步驟一、先建立預輸入的條件，此條件必須注意須與建立水路噴流的實體有關聯，所以建立一個定位點，一個平面，這個平面的功能，定義為方向，最後一個曲面，此曲面為成品的曲面，建構成圖 12。

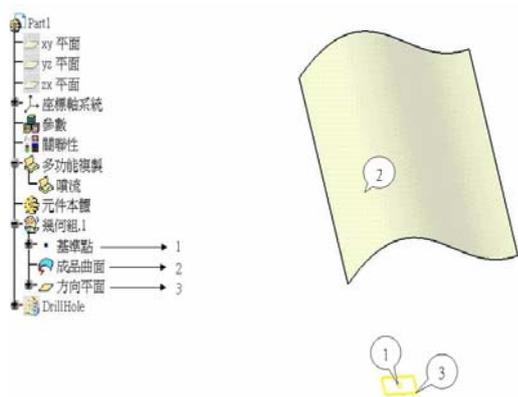


圖 12 噴流預輸入條件

步驟二、建立以 Drill Hole 幾何組的水路噴流實體，如圖 13 所示。

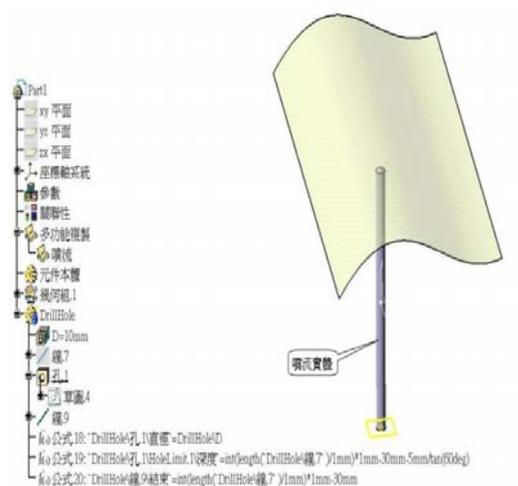


圖 13 噴流實體

步驟三、建立如圖 3 中之規則公式.18~20, 公式.18 為參數 D 直徑, 公式.19 為定位點垂直到成品面減掉預留量, 公式.20 為建立量測線, 方便量測用, 其公式如圖 14 所示。

公式 18:  $\text{DrillHole}\{孔\}\{直徑\} = \text{DrillHole}\{D\}$   
 公式 19:  $\text{DrillHole}\{孔\}\{HoleLimit\}\{深度\} = \text{int}(\text{length}(\text{DrillHole}\{線7\}) / 1\text{mm}) * 1\text{mm} - 30\text{mm} - 5\text{mm} * \tan(60\text{deg})$   
 公式 20:  $\text{DrillHole}\{線9\}\{結束\} = \text{int}(\text{length}(\text{DrillHole}\{線7\}) / 1\text{mm}) * 1\text{mm} - 30\text{mm}$

圖 14 噴流公式設定

建立水路噴流多指令結合參數運用方法非常的簡單, 僅須依圖 X 數字順序, 即可自動建立水路實體噴流, 其運用範例如圖 15 所示。

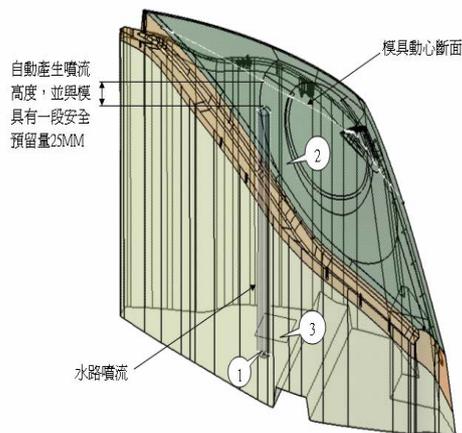


圖 15 噴流運用

## 肆、效益分析

雖然只是幾個簡單的指令運用, 但是在模具設計開發日程上影響卻是很大; 一個塑膠產品如果沒有模具成形就沒有辦法大量生產, 一個模具如果沒有設計圖, 就無法繼續延續下去, 只有完成模具設計圖後, 才能分散工作, 同步進行, 所以說模具設計是模具製作的精髓所在, 一點都不為過。

經過實際的模具設計運用, 在設計上確實有很大的幫助, 縮短了煩雜反覆的指令操作, 加速了 3D 建構速度, 雖然傳統做法不需要花費時間在建構 3D 零件上, 但卻要由 3D 來量測實際尺寸, 所以在節省工時上並沒有想像的多, 不過在設計風險上大大的降低, 其節省的時間分析如下:

### 一、頂出系統

(一) 傳統做法: 經由 3D 建構剖面, 由 2D 來做量測成品與模座相關的位置, 取得零件關鍵尺寸, 以一付傳統模具設計頂出銷為例, 平均需花費 8 小時。

(二) 創新做法: 直接在 3D 建構, 直接量測, 並自動建立 3D 實體零件, 以一付創新模具設計頂出銷為例, 平均需花費 0.5 小時。

所以一付模具在頂出系統的設計上, 平均可以

節省 7.5 小時，這是在非設計變更時所節省的時間，如又有設計變更下創新的做法更能發揮其效能。

## 二、冷卻噴流

(一) 傳統做法：也是使用剖面來測量成品與模座相對的位置，來取得噴流實際高度，以一付傳統模具設計水路噴流為例，平均需花費 14 小時 (含動靜模座與動心)。

(二) 創新做法：利用 3D 成品面與模座關係，自動取得水路噴流深度，以一付創新模具設計水路噴流為例，平均需花費 2 小時 (含動靜模座與動心)。

所以一付模具在水路噴流上平均可節省 12 小時，且在水路檢查上更加的方便，那卻是無形的效益。

分析結果雖然只能縮短幾天的工作天，但也許因為幾天的工作天造就無窮商機，這些都是無形的效益，所以技術提升也是公司最重要的資產。

## 伍、結論與未來展望

以 CATIA V5 軟體來建立多重指令結合參數設計方式來降低目前模具設計負荷，是一種創新的作法，打破零件庫的方式，更便利的運用，又能避免設計者錯誤的風險，確實是極佳的方法，本文雖僅對頂出系統與水路循環系統作分析改善，已有不錯的實質效益，未來將致力於其他功能的建立，務求能使模具設計的時間縮短，並正確無誤的開發，以達到產品開發的日程。

## 參考文獻

1. 法國達梭公司，Tooling Methodologies：Mold Desing，2005.
2. Eckart Köhler and Thomas Bach，Design in Context External References，2002.
3. 大億交通製造股份有限公司，模具設計標準書，2001年7月。
4. 總興工業有限公司，DMA塑膠模具用標準零

件，2005年2月。

5. 尤春風，CATIA使用手冊機械設計篇，2002年6月。
6. 尤春風，CATIA使用手冊曲面造型篇，2002年7月。
7. 尤春風，CATIA使用手冊進階應用篇，2003年2月。

# The Construction and Application of Knowledge Based Engineering for Headlight Injection Mold Design

Wei-Shin Lin <sup>1</sup> Chien-Chung Chen <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Mechanical and Computer-aided Engineering

<sup>2</sup>Department of Mechanical and Mechanronic Engineering

## Abstract

Facing the pressure of shorten the production development schedule, the mold designer was forced to complete the mold development work by work overtime. The mold designer was also considered to improve the mold design technique. This paper was pointed to improve the mold design of headlight with knowledge based engineering. The design of ejection system and water cooling cycle system must spent many times in set and adjustment of design parameters.

This study was tried to construct a knowledge base engineering by multi-command combined with parameter design method, in order to reduce the mold design load, shorten the mold development time. Through the improvement, the development time of ejection pin was shorted from 8 hours to 0.5 hours. And the development time of water cooling cycle system was shorted from 14hours to 2 hours. The improvement effect was very evident.

