

模座調校分量模組化研究與數位功能模組設計

Research of Die Holder Adjustment Component Module and Its Digital Functional Module Design

陳汀順¹、溫志群^{1*}、吳宗哲²

¹ 國立高雄科技大學

² 中國鋼鐵股份有限公司

*E-mail: ccwen@nkust.edu.tw

摘要

螺絲製程中目前生產線上成形模具調整多以人工經驗反覆試模操作調機，如此缺乏操作準則進行模座調校將拉長產線停機時間，亦無法累積對人員的調模訓練經驗。本研究以單沖模建立模座分量分析技術，解析調校機構中的調整分量與調校過程中產生的交互影響量後再構建其調校程序。應用此分量分析與程序設計技術可以延伸至正軸心、偏軸心、負軸心、負偏軸心等形式之各類成形機之模座內部架構並建立其模座功能之調模參數次模組。螺絲成形設備之多沖程模座功能可由次模組之並聯或串聯組合而成，甚至部分設備模座功能是多串聯加多並聯之不同次模組所組成。故於本研究將以並聯式多沖模二模二沖模座、串聯式的一模二沖模座以及複合型的二模四沖模座等三種主要扣件業常使用型態之鍛造成形設備進行成形機調校功能數位模組之建立。本研究之數位模組操作功能並以網頁操作方式進行開發，所開發之三種主要關鍵模座功能模組可以透過筆記型電腦、平板或手機等裝置以瀏覽器開啟直接操作，期望能直接在生產現場進行成形機模座調校過程中即時對照操作，以及提供輔助訓練調模師傅快速理解模座調校過程更將有利於技術傳承。本研究成果規劃於中鋼的台灣扣件產業服務雲合作提供數位功能服務模組，將此成果提供給扣件業者進行虛擬試模調整與訓練成為一種軟體技術應用服務模式，進而解決螺絲生產線調機操作現況以協助產業之數位應用轉型提升國際競爭力。

關鍵詞： 模具調校、分量分析、數位功能模組、數位技術服務

Abstract

The adjustment of forming dies on the current production line is predominantly based on manual experience and operates machine by trial-and-error method in screw manufacturing process. Such a lack of operating guidelines for die holder adjustment prolongs the downtime of the production line and hinders the accumulation of die adjustment training experience for personnel. This study employs single-punch die holder component analysis and analyzes the interactive effects, subsequently constructing its process in the adjustment of operating the forming mechanism.

The application of this component analysis methods can be extended to the internal structure of die holders in various forming machines with configurations such as sub-modules named positive axis center, eccentric axis center, negative axis center, and negative eccentric axis center. This will establish the sequence of die adjustment parameters for the die holder functions. The multi-stroke die holder functions of screw forming equipment can be composed of parallel or series combinations of sub-modules. Some equipment die holder functions are even composed of multiple series-connected and multiple parallel-connected sub-modules.

Therefore, the parallel type as multi-die two-die two-punch die holder, the serial type as one-die two-punch die holder, and the composite type as two-dice four-punch die holder will be utilized to build their digital modules for these main types of adjustment functions of screw forming equipment that

were commonly used in the fastener manufacturing industry.

The web-based digital module operation functions are proposed in this research. The three main die holder adjustment function modules developed can be directly operated on a laptop, tablet, or mobile phone by any browser. It is expected that they can be directly operated during the die holder adjustment process on-site, as well as provide the auxiliary training for die adjustment.

The results of this research planned to provide the digital functional modules service through cooperation with China Steel Company's Taiwan Fastener Industry Service Cloud for virtual trial die adjustment and training. This solution aims to solve the current status of machine's die adjustment in screw forming production lines for providing the digital upgrading applications and enhancing the industrial international competitiveness.

Keywords: die adjustment, component analysis, digital functional module, digital technology services

1. 前言

台灣扣件產業位居全球扣件產業的第三大出口國，但因為勞動力短缺、中國與東南亞國家削價競爭、中美貿易戰、全球疫情等因素使得台灣的扣件產業必須進行數位轉型，數位轉型包含數位化、數位優化、數據化管理提升營運效率與利潤，並且通過數據化可以更有效的整合、管理、分析、優化，使產業有辦法提出更佳解決方案提高自身競爭優勢[1]。

在數值控制加工機就是以 G 代碼進行編寫 NC 程式控制加工機進行加工生產，為了讓加工過程可以更加順利完成，除了避免加工路徑撞刀之外，還有加工機本身機台上的碰撞，洪[2]針對六軸加工機的碰撞進行分析及模擬，加入運動學定義座標系統建構出機構運動學方程式，並且設定六軸加工機的組成元件，以六軸加工機的 CAD 設計、3D 視覺化組立虛擬實境的六軸加工機，建立碰撞偵測原理以及演算法，再由電腦模擬並開發動畫模擬程式及提出碰撞警訊。借鑒此做法建立出調模過程作動軌跡，設計出調模演算法以及動畫模擬來進行驗證。

在工具機調校相關的研究中洪[3]針對工具磨床進行研磨性能調校，對工具磨床運動軸向所搭配使用的控制器與伺服驅動器進行參數調整，利用雷射干涉儀檢測機台各軸向的定位精度誤差，經由田口實驗設計法取得各軸的最佳參數，以刀具研磨點定位精度進行最佳參數驗證，提升對各軸向定位之精度。

在模具進行對正校正方面的研究因應高分子產業市場的快速生產，對於產品需求改變為少量但多樣的特性，所以在需要頻繁的進行換模的情況下模具上下模快速定位的要求也隨之提高，故邱[4]設計一組可乘載模具本體之 X-Y-C 三軸之定位移動的模具水平對位平台，並且將其整合進熱壓成形機與射出成形機中，以可微調能力與傳統成形機做出區隔。

在螺絲打頭機成形模座之研究中，楊[5]針對多模多沖的螺絲成形機進行了調模分析，並且對於螺絲扣件的頭部與桿部間之偏心問題分析成形模座與整頭模座在不同軸心下所產生的偏移軌跡，藉由偏心向量分解運算得到 XY 軸向之偏心分量，並基於調模程序步驟來達到系統調模與降低螺絲模座偏心調模誤差之目的，建立了調模演算法以及調模程序。而宋[6]則是針對於一模二沖打頭機設計調模演算法，利用光學檢測儀器進行量測與紀錄螺絲扣件的頭部以及桿部間之偏心量，以電腦模擬與三次元量測驗證結果，並將研究結果應用於實際打頭機上進行調模實驗，證實通過將調模過程進行數據化可以減少傳統調模方式的反覆調校次數。

應用網頁做為服務平台的研究中，邱[7]將 CNC 工具機以虛擬機台的形式放進雲端網頁後處理服務平台之中，提供各種機台構型之逆向後處理服務讓使用者使用，以及讓機台初學者透過虛擬機台進行演練與熟悉流程，克服面對機台不熟悉時的操作恐懼實行實務操作教育訓練。

2. 研究方法

2.1 螺絲成形機模座說明

圖 1 為螺絲偏心示意圖，在圖中右側大圓部分為螺絲頭部其大圓中心即為螺絲頭部中心，而小圓部分則為螺絲桿部其小圓中心及即為螺絲桿部中心，大小圓中心間的偏差量即為螺絲偏心量。

圖 2 為單冲模公模座可將螺絲成形模具放置於其模穴中並與母模側模具進行鍛壓成形，而校正螺絲頭部以及桿部之對心問題就是要解決公模座與母模座兩者模具對位問題，透過公模座上的調整螺絲使公模座進行偏移以此方式校正成形螺絲頭部與桿部的偏心差。

單冲模座之調校是由調整螺絲推動公模座以一固定旋轉軸心進行偏移，模穴中心會隨著單冲模座一起進行偏移，上述為單冲模調模過程概述，由調整螺絲推動偏移值、固定旋轉軸心位置以及模穴中心位移量這三元素可以建構出單冲模之調模程序的輸入數值、冲模座參數以及輸出數值如圖 3 所示。

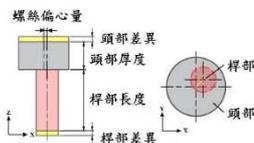


圖 1 扣件螺絲偏心示意圖

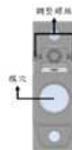


圖 2 單冲模模座結構

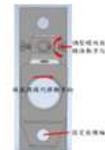


圖 3 單冲模座作動說明

2.2 數位模組

2.2.1 數位模組功能

螺絲分量資訊的取得可以由宋[6]與溫等人[8]中透過影像光檢儀量測以傳統投影方式量測螺絲外型尺寸，可以測量出螺絲桿徑(桿寬)、頭寬、法蘭寬、總長、桿長(頭下長)、頭高(頭厚)、頭中心、桿中心以及螺絲偏心量等資訊，在取得分量資訊後以傳統方式的流程是透過調模師傅的經驗進行判斷成形機模座需要進行何方向的調整，而本研究之目的就在欲建立判斷成形機模座調整方向與調整量功能之數位模組。

2.2.2 模座分量解析與參數定義

以單冲模的作動過程為例將調整螺絲進行轉動後會將模座推動一位移量，同時模穴中心會跟著模座一起偏移，透過繪圖軟體將原調整螺絲位置與模穴中心位置以及偏移後調整螺絲位置與偏移後模穴中心紀錄後，搭配橫向為 X 軸縱向為 Y 軸之座標系統觀察，可得圖 4 的模座分量關係並從中可以了解到模座調校所需的三大類參數。

- (1). 輸入參數：調整螺絲 X 軸向之調整量、調整螺絲 Y 軸向之調整量
- (2). 模座參數：固定旋轉軸心至調整螺絲之距離、固定旋轉軸心至模穴中心之距離、調整螺絲螺距
- (3). 輸出參數：扣件螺絲 X 軸向偏心差值、扣件螺絲 Y 軸向偏心差值

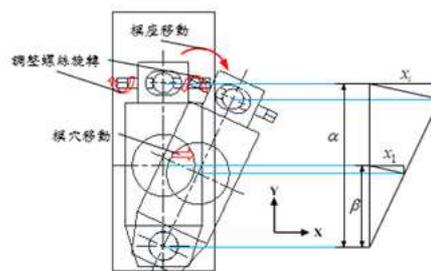


圖 4 模座調模分量

這些參數會根據不同的模座類型而增加或減少，後續的次模組以及模座調校功能模組都是由這三類參數內容延伸組合。

2.2.3 數位功能模組方塊圖

以方塊圖內容做為模座轉換關係方程式，左訊號為輸入右訊號為輸出上方訊號則為模座參數。在設計初始的次模組程序方塊圖是根據「調整螺絲調整量」轉換為「模座位移量 X/Y」開始建立。在模座進行調校過程中操作者需要給予調整螺絲位移量，模座開始偏移使模穴進行移動，從模座的作動過程中可直觀的得出結果如圖 5 所示。但在現場操作模座的調校過程中，需要進行到模座調校的動作是成品螺絲之尺寸已超出規範數值，故要以「模座位移量 X/Y」轉換為「調整螺絲調整量」之程序方塊圖才較為符合實際使用情況如圖 6 所示。而兩者之差異在於輸入輸出參數兩者關係的調換。



圖 5 初始次模組程序方塊圖



圖 6 實際次模組程序方塊圖

2.3 模座功能之調校參數次模組建立

在圖 4 中了解到模座調校作動是由調整螺絲帶動模座移動進行調整，所以模座調校演算法最基礎之兩項公式分別為：調整螺絲由旋轉角度 $Rotation_X$ 除以角度 360° 後再乘上調整螺絲之牙距 $Pitch_X$ 可以得調整螺絲調整量之解的公式(1)，以及調整螺絲之調整量 x_i 配合旋轉軸中心至調整螺絲之距離 α 與旋轉軸中心至模穴中心 β 以三角形邊長比例關係得出的模穴 X 軸向偏移量 x_1 的公式(2)，後續模組內的演算法都是由公式(1)與公式(2)的想法開始延伸。

$$x_i = \frac{Rotation_X}{360^\circ} \times Pitch_X \quad (1)$$

$$x_1 = \frac{\beta}{\alpha} \times x_i \quad (2)$$

2.3.1 正軸心調校次模組

模座之旋轉軸心、模穴中心以及調整中心三者皆於同一軸心之上，其中旋轉軸心位於最下方即為正軸心，滿足以上條件皆可適用正軸心調校次模組。在正軸心次模組中當調整螺絲進行 X 軸向推動後透過公式(1)轉換產生一個輸入值 x_i 後，結合已知的模座參數旋轉軸中心至調整螺絲之距離 α 與旋轉軸中心至模穴中心 β 經由公式(2)計算可以得到輸出值 x_1 ，由於模座是以旋轉的方式進行作動，在模穴進行 X 軸向調校時會產生一個 Y 軸向的影響量如圖 7 所示。Y 軸向影響量是透過相似三角形關係加上線性近似法推導過後可以得到公式(3)。當正軸心模座輸入數值後由公式(1)、公式(2)以及公式(3)可以產生出 x_1 與 y_{1a} ，可得正軸心調校次模組程序方塊圖如圖 8 所示。

$$y_{1a} \approx \frac{x_1^2}{2\beta} \quad (3)$$

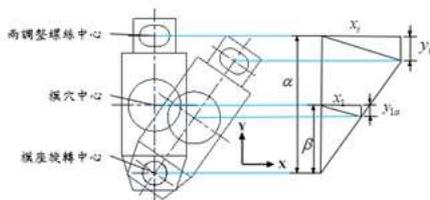


圖 7 正軸心架構與分量參數

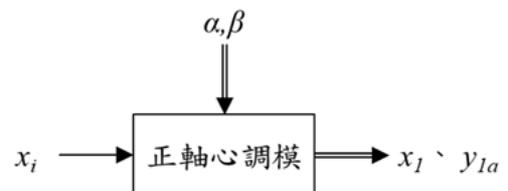


圖 8 正軸心次模組程序方塊圖

2.3.2 負軸心調校次模組

負軸心即為正軸心以 X 軸正進行鏡射所以負軸心模座之旋轉軸心、模穴中心以及調整中心三者皆同於一軸心之上，但是旋轉軸中心會位於模座上方調整中心位於模座下方如圖 9 所示。在負軸心的演算法以及次模組程序方塊圖與正軸心相同，當負軸心模座輸入數值帶入公式(1)、公式(2)以及公式(3)可以產生出 x_1 與 y_{1a} ，其負軸心調校次模組程序方塊圖圖 10 所示。但是當輸出數值帶入方向性時兩者之 Y 軸向影響量之正負符號會互為相反，正軸心 X 軸向調校時之 Y 軸向影響量 y_{1a} 為 $-\frac{x_1^2}{2\beta}$ ，負軸心 X 軸向調校時之 Y 軸向影響量 y_{1a} 為 $+\frac{x_1^2}{2\beta}$ 。

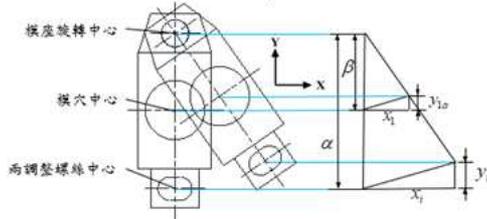


圖 9 負軸心架構與分量參數

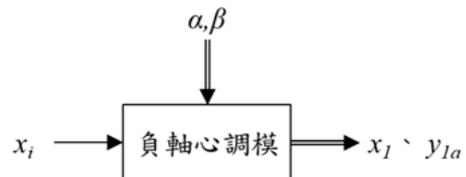


圖 10 負軸心次模組程序方塊圖

2.3.3 左偏正軸心/右偏正軸心調校次模組

當模穴中心與調整中心在同一軸心上但旋轉軸中心與前兩者不在同一軸心之上並且偏向於左側時即為左偏正軸心，將正軸心與左偏正軸心的作動方式進行比較後發現左偏正軸心進行偏移作動時需要再多增加一個偏差值 d。而右偏正軸心則是由左偏正軸心以 Y 軸正進行鏡射翻轉此時左調校與右調校之關係會互相相反如圖 11 所示。

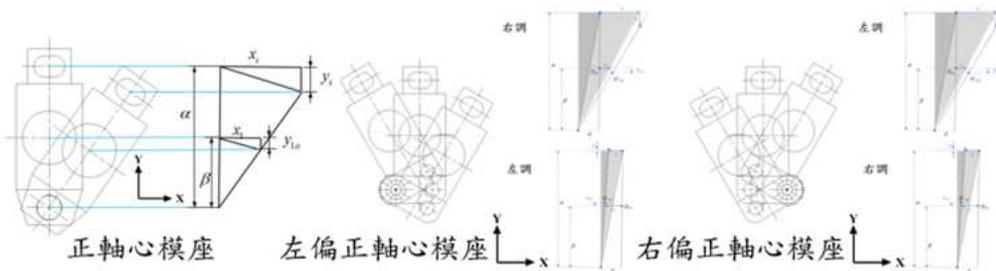


圖 11 正軸心/左偏正軸心/右偏正軸心作動差異

左偏正軸心的演算法設計是依據三角形邊長比例關係定理，由 x_1 可以求出 D_{C1} 處的邊長，而此處邊長可以拆分為兩段得出，將以上關係合併後即可得出一方程式，再將此方程式進行換位後提出我們的求解目標模穴左右位移量 x_1 後可得到右調校演算法公式 4 與左調校演算法公式 5。而上下位移 y_{1a} 則是先由證明各個角度間的關係，最後使用三角函數正切公式可以得出公式 6。當左偏正軸心給予一個輸入值在經過公式 4、公式 5 以及公式 6 後並帶入方向性可以得出如圖 12 的左偏正軸心調校次模組程序方塊圖。

因為右偏正軸心為左偏正軸心之鏡像故在右偏正軸心的演算法中，左偏正軸心的右調校演算法會變成右偏正軸心的左調校演算法，左偏正軸心的左調校演算法會變成右偏正軸心的右調校演算法，故右偏正軸心的右調校演算法為公式 5 左調校演算法為公式 4。當右偏正軸心同樣給予一個輸入值並帶入公式 4、公式 5 以及公式 6 後並加入方向性可以得出如圖 13 的右偏正軸心次模組程序方塊圖。

$$x_1 = x_i \frac{\beta}{\alpha} + d \left(\frac{\beta}{\alpha} - 1 \right) \quad (4)$$

$$x_1 = x_i \frac{\beta}{\alpha} + d(1 - \frac{\beta}{\alpha}) \quad (5)$$

$$y_{1a} \approx x_1 \theta_a \quad (6)$$

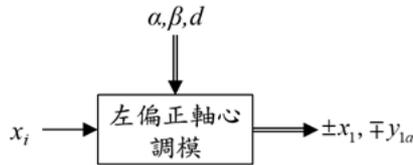


圖 12 左偏正軸心次模組程序方塊圖

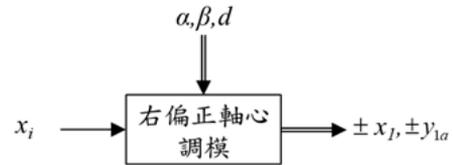


圖 13 右偏正軸心次模組程序方塊圖

2.3.4 左偏負軸心/右偏負軸心調校次模組

左偏負軸心為 2.3.2 相同原理之應用是將左偏正軸心以 X 軸正進行鏡射，右偏負偏軸心則是將左偏負軸心以 Y 軸正進行鏡射後而成，因為左偏負軸心以鏡射之關係而成故其旋轉軸心的位置會由原本的左下變為左上，而右偏負軸心也是進行過一次鏡射而成所以其旋轉軸心的位置會變為右上，圖 14 與圖 15 所示。

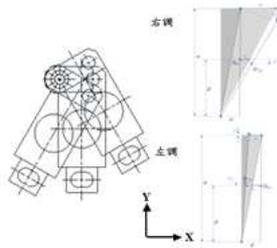


圖 14 左偏負軸心模座

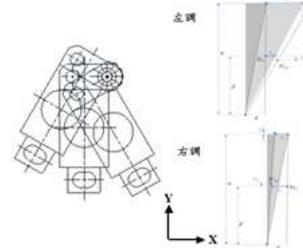


圖 15 右偏負軸心模座

左偏負軸心在向左調整時因偏軸心旋轉移動的關係是以向左及向下偏移，所以模穴 X 軸向位移量 x_1 之值為負數 Y 軸向位移 y_{1a} 之值為負數；在向右調整時也是因偏軸心的旋轉移動關係是以向右及向上偏移，所以模穴 X 軸向位移量 x_1 之值為正數 Y 軸向位移 y_{1a} 之值為正數，其結果與右偏正軸心的演算法相同。形成左偏負軸心的左調演算法與右偏正軸心的左調演算法相同為公式 4，左偏負軸心的右調演算法與右偏正軸心的右調演算法相同為公式 5；右偏負軸心的旋轉移動是與左偏正軸心相同，右調整是向右並且向下左調整是向左並且向上，所以右調整演算法與左偏正軸心的右調整演算法相同為公式 4，左調整演算法與左偏正軸心的左調整演算法相同為公式 5。左偏負軸心與右偏負軸心之次模組程序方塊圖如圖 16 與圖 17 所示。

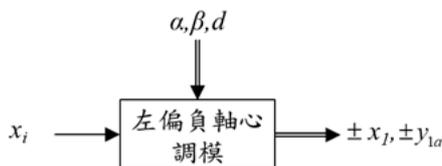


圖 16 左偏負軸心次模組程序方塊圖

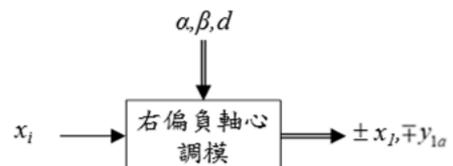


圖 17 右偏負軸心次模組程序方塊圖

2.4 模座調模功能模組

2.4.1 二模二冲模座調校功能模組

二模二冲模座之組成可以拆分為正軸心模座次模組以及左偏正軸心模座次模組並聯而成如圖 18 所示，因兩者為並聯關係故進行調校過程中不相互影響，其調校程序為各自獨立之程序如圖 19 所示

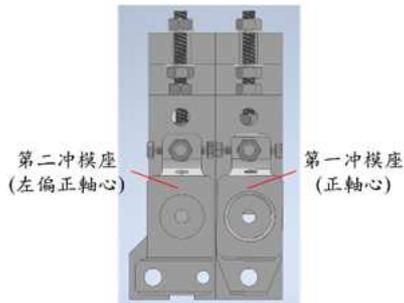


圖 18 二模二冲模座次模組組成圖

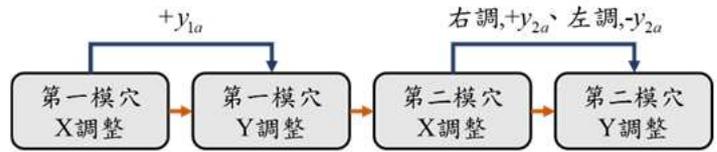


圖 19 二模二冲模座功能模組程序方塊圖

2.4.2 一模二冲模座調校功能模組

一模二冲模座為一體兩模穴但是其調校模組可以拆分為兩種次模組串聯而成，上模穴為正軸心模座次模組下模穴為負軸心模座次模組如圖 20 所示。因為公模座為一體兩模穴並且上模穴的旋轉軸心是位於下模穴中心，此情況是因為模座結構關係在下模穴後方有一凸緣並有一襯套抱住凸緣後使下模穴在完成調整後可以固定住如圖 21 所示，所以在進行模座調校的過程中上下模穴會有相互影響量產生，故在設計調模程序時除了考慮進行 X 軸向的調校時所產生的 Y 軸向影響量外也需要將下模穴對上模穴的影響量考慮進去最後可得到如圖 22 之調校程序。

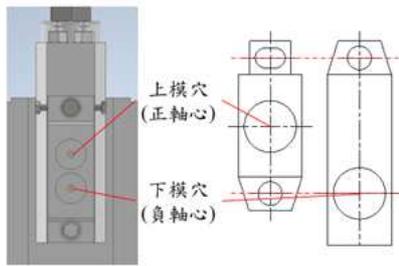


圖 20 一模二冲模座次模組組成圖

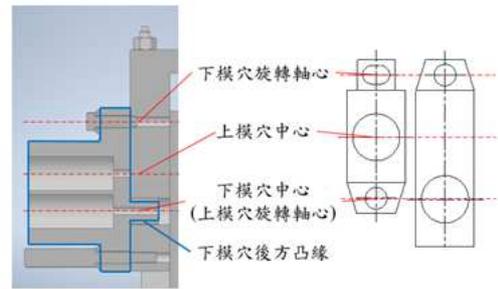


圖 21 模座調校結構圖

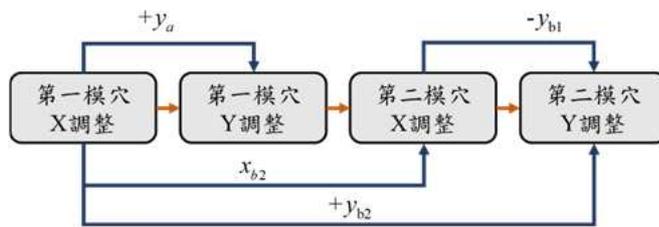


圖 22 一模二冲模座功能模組模組程序方塊圖

2.4.3 二模四冲模座調校功能模組

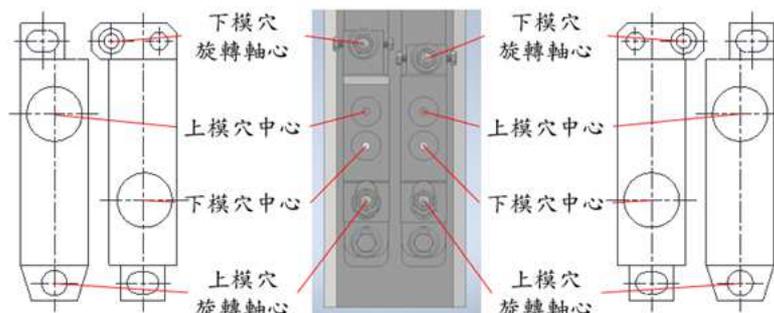


圖 23 二模四冲次模組組成圖

二模四冲模座可拆分為兩組一模二冲模座並聯，所以整體共為四個次模組組合而成。在右側模座中是由上模穴以正軸心模座次模組與下模穴以右偏負軸心模座次模組組合而成，在左側模座中是由上模穴以正軸心模座次模組與下模穴以左偏負軸心模座次模組組合而成如上圖 23 所示。

在調校程序上左右側模座為並聯兩者間不會有相互影響關係產生，但在左右側模座各自調校中上下模穴會有相互影響關係產生，由圖 24 中所示其模座結構與 2.4.2 中描述的一模二冲模座同樣於下模穴後方有一凸緣，但在二模四冲模座中凸緣並無襯套使凸緣固定，所以二模四冲模座之上下模穴關係與一模二冲模座的下模穴中心為上模穴旋轉中心之上下模關係不同，導致二模四冲模座之調校只能是以反覆調整將尺寸收斂至規範中，故如圖 25 中所示二模四冲模座之調校程序需要反覆操作無法一次調校完成。

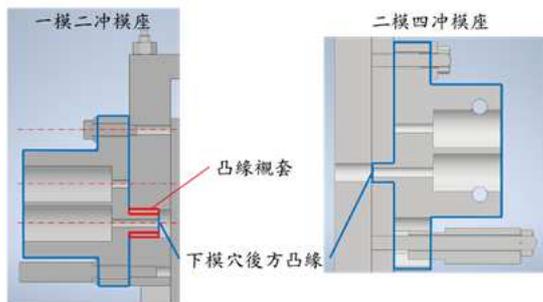


圖 24 二模四冲模座上下模穴關係圖

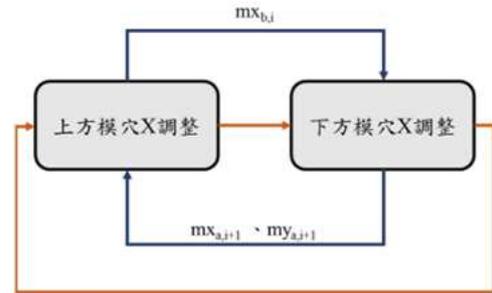


圖 25 二模四冲模座功能
模組程序方塊圖

3. 研究應用

3.1 網頁內容

本研究之模具調校數位功能模組以網頁的形式進行實際應用，在本網頁首頁中會先有「網頁使用流程」簡介以及「模具調整流程」簡介如圖 26。網頁使用流程說明於圖 27-圖 30，模具調整流程說明於圖 31。

其中操作模座調校數位功能模組之網頁首先選擇欲調整之模座後預覽模座調校機構示意圖如圖 27；依照網頁使用流程開始第一步建立成形機模座尺寸參數設定模座大小如圖 28；第二步建立成形機模座調整功能參數，設定各個調整螺絲之導程以及調整機構中所需參數如圖 29；第三步輸入成形螺絲尺寸，設定螺絲型號、規格尺寸以及量測數值，此步驟中需輸入上述各參數如圖 30 是以輸入成形螺絲之頭厚與桿長參數為例；第四步模座需調整量，此步驟內容為模具調整流程由螺絲頭厚、螺絲桿長、螺絲 X 向偏心最後至螺絲 Y 向偏心之調整量說明，在模具調整流程之各階段中皆包含螺絲簡圖、模座模型動畫以及所需調整量，如圖 31 以成形螺絲頭厚之結果為例。

3.1 皆是以二模二冲模座為圖例，在實際模具調校數位功能模組網頁中已包含前面 2.4.1、2.4.2、2.4.3 中所說明的三種成形機的模座。而只要可以由本研究中所建立之次模組以串聯或並聯方式組合之成形機模座，皆可以建立於本模具調校數位功能模組網頁中。

在模座調校數位功能模組網頁中最主要功能是最後的模具調校流程，透過各步驟中的動畫去了解調整機構作動後對模座的偏移狀況，以及對調整模座的流程順序並且由各調整螺絲之調整量數值做為調校依據，擺脫過往憑經驗的試誤法調整方式。

4. 結 論

本研究對模座進行調校作動的分量解析並建立演算法後結合訊號方塊圖完成模組化的設計，並且針對正軸心、負軸心、左偏正軸心、右偏正軸心、左偏負軸心以及右偏負軸心六種類型之模座建立次模組與其相對應之模座調校程序方塊圖。並已順利的將次模組應用於二模二冲模座、一模二冲模座與二模四冲模座三種業界目前常見的成形機模座之上，分別建立三種模座之調校功能模組在網頁平台模具調校數位功能模組中。其餘業界中也可見之成形機模座如四模四冲模座、六模六冲模座、二模三冲模座等皆可以套用本研究中所設計之次模組以串聯或並聯的方式組合皆可建立該設備之模具調校數位功能模組於網頁中。本研究成果規劃將於中鋼的台灣扣件產業服務雲合作提供數位功能服務模組，欲將其提供給扣件業者進行虛擬試模調整與調模訓練成為一種軟體技術應用服務模式，進而解決扣件生產線調機操作現況以協助產業之數位應用轉型提升國際競爭力。



圖 26 模具調校數位功能模組首頁



圖 27 使用流程-模座調整機構示意圖



圖 28 使用流程-成形機模座尺寸參數設定

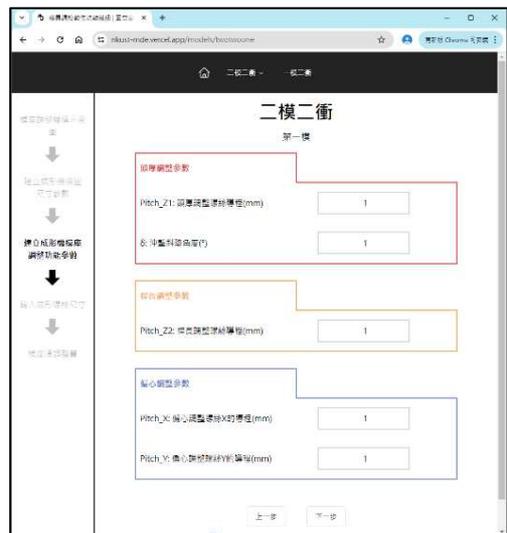


圖 29 使用流程-成形機模座調整功能參數設定



圖 30 使用流程-成形螺絲尺寸
(頭厚與桿長參數輸入)

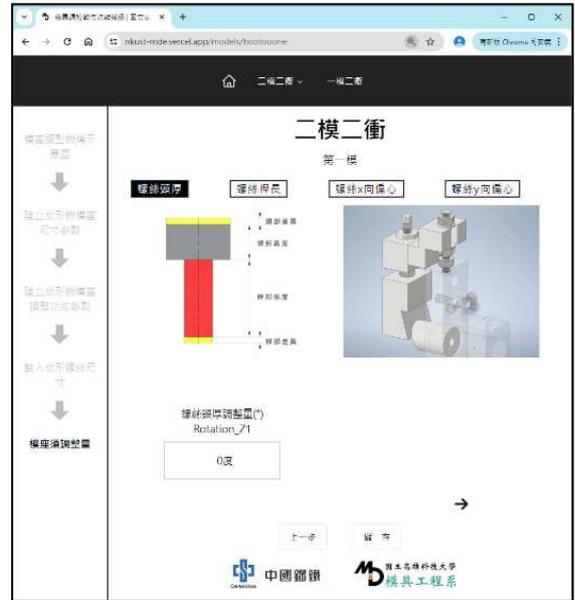


圖 31 調校流程-模座需調整量
(螺絲頭厚結果)

5. 參考文獻

1. 黃小玲，數位化轉型與價值創造之研究—以扣件產業為例，碩士論文，國立中山大學管理學院高階經營碩士學程在職專班，2023
2. 洪榮星，六軸CNC加工機之運動學與碰撞分析及模擬，碩士論文，國立中正大學機械工程研究所，2006
3. 洪志銘，工具磨床研磨性能調校模式可行性分析，碩士論文，國立虎尾科技大學機械與電腦輔助工程系，2012
4. 邱正豪，模具定位系統應用於高分子加工之研究，博士論文，國立高雄科技大學模具工程系，2020
5. 楊智傑，多冲模成形機調模方法之研究，碩士論文，國立高雄科技大學模具工程系，2023
6. 宋祥亦，一模二冲螺絲成形機之調模演算法設計，碩士論文，國立高雄科技大學模具工程系，2023
7. 邱子豪，以網頁為基的小型五軸銑削加工工具機加工路徑運動模你系統研發，碩士論文，國立高雄應用科技大學機械與精密工程研究所，2012
8. 溫志群、林世偉，金屬螺絲鍛造成形機模具調校分量解析系統研究，模具暨應用產業技術論文發表會，財團法人金屬工業研究發展中心，2019