

中華民國第 62 屆中小學科學展覽會

作品說明書

高級中等學校組 工程學(一)科

第三名

052317

銑床六面基準加工類比數位化之研究探討

學校名稱：國立秀水高級工業職業學校

作者： 職三 葉育展 職三 黃冠霖 職二 陳柏鈞	指導老師： 洪振傑 柯凱鴻
---	-----------------------------

關鍵詞：媒合軸系、動態化原理、分壓原理

摘要

銑床基礎加工實習，技術層面著重於六面體銑削。如何將六面體相臨兩平面間垂直精度建立，決定了工件後續尺寸控制依據。

實習老師指導我們對銑床主軸中心、虎鉗鉗口固定面、虎鉗底面校正，旨意建立材料置位對應虎鉗夾持角度對合關係；問題是實作上我們無法重現精確達成。依功能性分析發現關鍵在於夾具、工件、軸系三者間無法快速定位校正問題！本研究創新方式是設計增加可重置夾持單元及類比轉數位角度控制單元，以銜接置換維度方式進行定義”固定件位置”，快速獲取重置加工基準面趨近一致於機台軸系方式，有效解決人為校正操作技能不確定性。

壹、前言（含研究動機、目的、文獻回顧）

一、研究動機

圖 1，車床中心校正有人以圓切線性質創作出簡單泛用性高量錶校正器；銑床基準邊校正有人依偏心原理創作出無需停機簡易尋邊器，唯獨對 CNC 銑床及傳統銑床加工工件六面體銑削至今尚保留以角尺技術性校正來達成，而此間存在不定性是角尺本身準確性、台面清潔與否、加工面的夾持順序、虎鉗與傳動軸台面平行度、停機校正夾持等問題。是問題也是需求，觸發我們對六面體兩平面間垂直度建立方式進行研究探討動機。

註：圓切線性質量錶校正器(參考於 109 年全國專題及創意競賽作品角度偏心原理分析於高速車床加工突破性調校之應用)

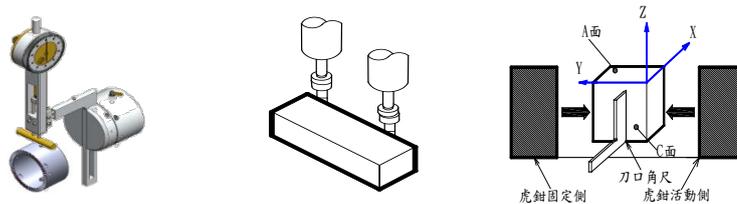


圖 1.圓切線性質中心錶校圖、銑件尋邊校測圖、銑件角尺校正圖

二、研究目的:

工欲善其事，必先利其器。對銑件創新校製需求，我們希望研究後，能達到以下目的:

- 1.了解目前六面銑削校正方法，媒合軸系趨向一致性，縮小加工角度校正誤差。
- 2.技術性操作技能數位化轉換，增廣角度控制單元。
- 3.設計一組操作簡單、精度高之角度轉換輔具。

三、文獻回顧

文獻探討取向於相關銑床加工類論文作品、產品及專利查尋，分述如下：

- 1.2014 小論文工程類，篇名直角皇帝大-銑削垂直度之比較為台北市立木柵高工模具科胡軒璋等三位同學所研究之七次銑削六面體與使用直角規來銑削六面體兩種方式作比較，藉以了解差別與二者方式之準確性，其結論結果可供本組參考的是七次銑削法可改善工件六面銑削角尺校正誤差。對我們研究而言，此法具有獨特加工便利參考性。
- 2.查詢中華民國資訊檢索系統的公告號(M475336)，為一種可提供直線移動、同心迴轉及分度功能夾持虎鉗裝置，迴轉座設有滑槽及環形刻度，可做 360° 精確分度加工，足以應付多種複雜加工情況(如圖 2-A)。此款設計為可自由旋轉角度虎鉗，依照需求可精確調整角度。對於此創作更誘發我們深入了解，看看是否有更精進的結構設計可用於夾持便利與泛用性。
- 3.查詢中華民國資訊檢索系統的公告號(M480445)，為一種球體萬向虎鉗裝置，既維持垂直、水平面夾持銑削加工外，可將虎鉗調整至加工機器刀軸呈任一角度，以便利銑削較為複雜形狀工件。美中不足地方是利用球體曲面做為改變角度運動，好處是：容易調整、操作容易；缺點是不易固定(如圖 2-B)。對此作品，給予本組研究參考部分是球體曲面設計靈活性。
- 4.第 57 屆中小學科學展覽會高中組工程學科(一)由國立民雄高級農工職業學校張祥智、黃立杰、歐陽大年三位所做研究，主題是「可調式虎鉗之研究」，目的是達到構造簡單、成本低、增加夾持力、提升精準度(如圖 2-C)。其設計目的是防止虎鉗夾持工件上翹，提供本組參考部分是螺桿導程減小反而增大夾持力；當螺桿高度與固定鉗口受力中心成一直線，虎鉗鉗口就不會因為力偶產生傾斜而導致工件浮起。
- 5.查詢中華民國資訊檢索系統公告號(I504482)，一種雙頰虎鉗夾顎下壓裝置(如圖 2-D)，由於虎鉗螺桿低於工件，導致活動鉗口產生傾斜出現上浮。因此利用導螺桿擠壓圓柱，使圓柱發生旋轉帶動鉗口產生反方向傾斜。因圓柱於底面斜切一平面，且平面最高邊高過圓柱中心，可使導螺桿碰觸圓柱時，讓圓柱產生旋轉下壓力傳至活動鉗口得下壓夾緊工作物者。

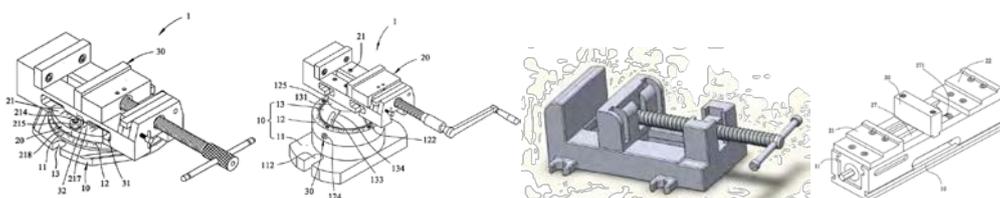


圖 2. M475336 作品 A、M480445 作品 B、57 屆科展作品 C、I504482 專利作品 D

貳、 研究設備及器材

(一) 加工機器設備	(四)使用工具及刀具
<p>主要以學校現有設備，完成全部零組件加工：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.車床(台中精機) 2 鑽床(金鋼) 3.立式銑床(首鑽) 4.平面磨床(福裕) 5.桌上虎鉗、磨床虎鉗 6.桌上型電腦 7.CNC 銑床(愛格瑪 A6) 8.CNC 車銑複合機(台中精機 V-A20) 8.點焊機(鐵漢) 9.電銲機(鐵漢) 9.AMADA 金屬雷射切割加工機 10. AMADA 伺服折床 ES30 11.3D 列印機(PING D300) 	<p>主要以學校技藝選手現有刀具與工具，完成全部零組件加工：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.車刀（外、切槽、倒角車刀、內徑車刀） 2.銑刀(加長型銑刀 Ø12、Ø10mm、Ø5mm、Ø6mm 球刀、 3.攻鑽削（Ø12mm 鉸刀、螺絲攻 M5、M6 沉頭鑽、鑽頭、..） 4.倒角刀 Ø12.7mm 5.氣動拋光機
	(五)使用材料
<p>主要以學校量具室現有的設備完成檢測工作：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.分厘卡（內、外徑分厘卡） 2.槓桿量錶 3.花崗岩平板、花崗直角板 4.示波器 5.塊規 6.雙桿高度規 7.附錶遊標卡尺 8.精密虎鉗 9.五軸加工機(永進 FV85A，精度 10^{-6}mm) 	<ol style="list-style-type: none"> 1.不銹鋼板 100X100X1mm 一片 2.圓棒 ø165*70 一支 3.圓棒 ø25*70 一支 4.圓棒 ø50*70 一支 5.扁鐵 115*73*50 一支 6.扁鐵 205*135*77 7.電銲槍、銲錫..。 8.單頭六角螺柱..。 9.行動電源 5V 10.杜邦線
(二)檢驗儀器設備	(六)角度電控元件
	<ol style="list-style-type: none"> 1.Arduino Uno、電阻器 2.液晶顯示器 LCD 16*2 3.日製 10 圈精密可變電阻 4.ADS1115 5.Button 6.USB to UART converter 7.麪包板 8.接腳
(三)電腦軟體設備	
<ol style="list-style-type: none"> 1.繪圖軟體 Solidworks2018 2.AutoCAD2019 2.雷射印表機 HP5550 3.電腦作業系統 Win 10 4.文書處理軟體 WORD 5.印表機 	

參、 研究過程或方法

本研究流程如圖 3:

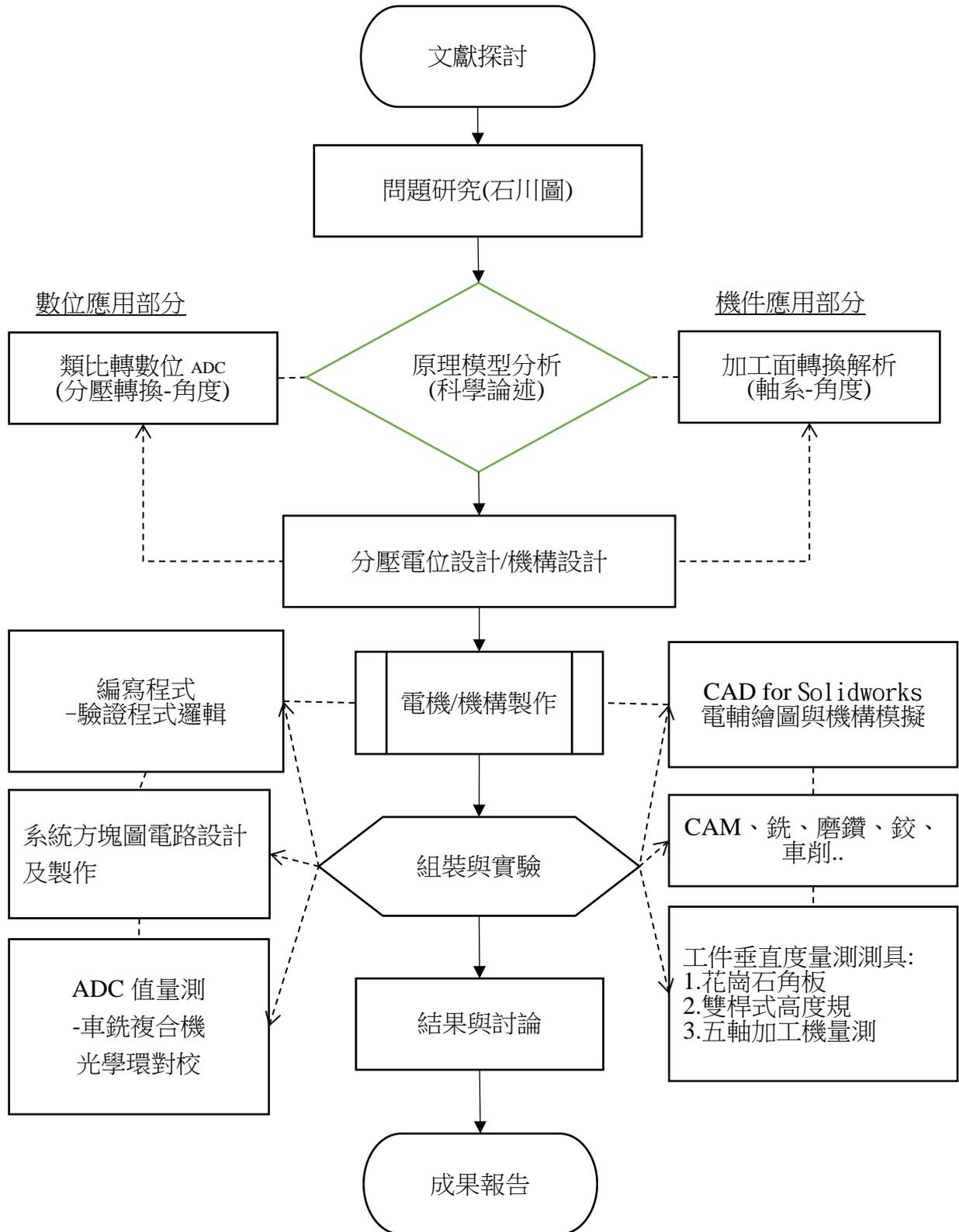


圖 3.研究流程圖

問題研究

本組以石川圖(圖 4.)整理六面體銑削要因，圖示分支-表面上看起來似乎是各別要項，實際上皆存在值得研究探討創作點；本研究分析創作一開始，是先釐清值得改善問題點，其中有關銑床基礎加工習知技術性最為關聯的是夾持與量測。

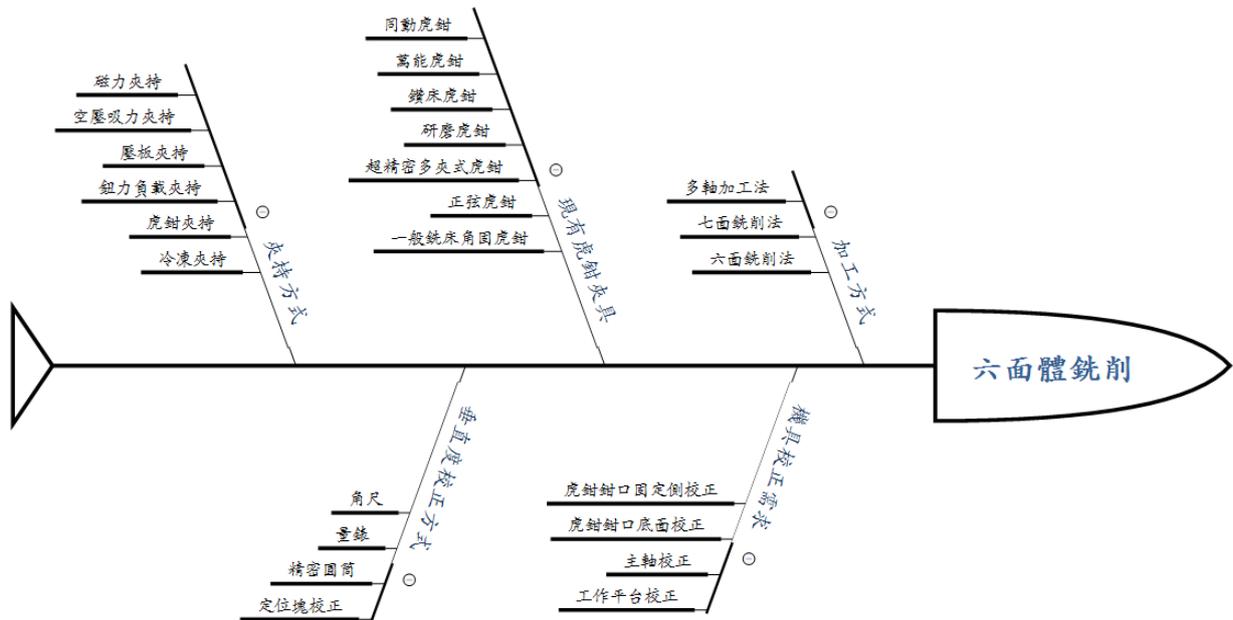


圖 4.六面體銑削需求問題石川圖

本研究對於問題確認，採用專題製作課學習到的 TRIZ 系統性創新技法，主要經由此過程來獲得技術性創新導向，達成解決銑床六面基準銑削夾持與量測問題，簡述如下：

創作情境分析：

- 1.欲改良問題解析-運用工件六面基礎銑削功能模型 FA 分析(圖 5.)分析、關係矩陣(表 1.)及因果衝突鏈分析(圖 6.)。
- 2.運用資源-連桿組圖(圖 7.)分析出 TRIZ 改善與惡化參數作為矛盾矩陣(表 2.)分析參考。
- 3.問題現況資訊-傳統銑床工件夾持固定校正精度重現性不穩定。
- 4.系統變換-五軸加工機。
- 5.選擇解答概念準則-降低操作複雜度。
- 6.嘗試過解答歷史-查尋中華民國資訊檢索系統的公告號(M480445)，為一種球體萬向虎鉗裝置(圖 2.)，既維持垂直、水平面的夾持銑削加工外，可將虎鉗調整至加工機器的刀軸呈任一角度，以便利銑削較為複雜形狀工件。

1.欲改良問題解析

(1)功能模型 FA

如圖 5.所示，主要是針對影響校正功能關聯性進行分析，發現系統內有六大軸系形成直接或間接影響，代表功能元件(心軸、工件、虎鉗、床台、機身)皆在系統內，關聯超系統分別是我們的手(含輔助調校正用軟槌)操控、校正用角尺、校正用量錶、地基..等。下列是我們與老師討論分析地方。

- A.技術性校正動作上，手協調重現性未必完全掌控。
- B.角尺校正時，角尺本身精準度、與工件接觸刀口直線狀態及角尺底部與虎鉗鉗口底部接觸平整度不足以完全被定義量校參考。
- C.量錶與鉗口固定邊垂直、底面水平校正接觸點對應平整性容易形成不確定性。
- D.整機軸系以水平儀獲取校正，水平儀功能參考確定(不需討論)。
- E.與角尺輔校時，在只顧工件與角尺刀口密合不透光，不小心連同角尺一起敲歪了。

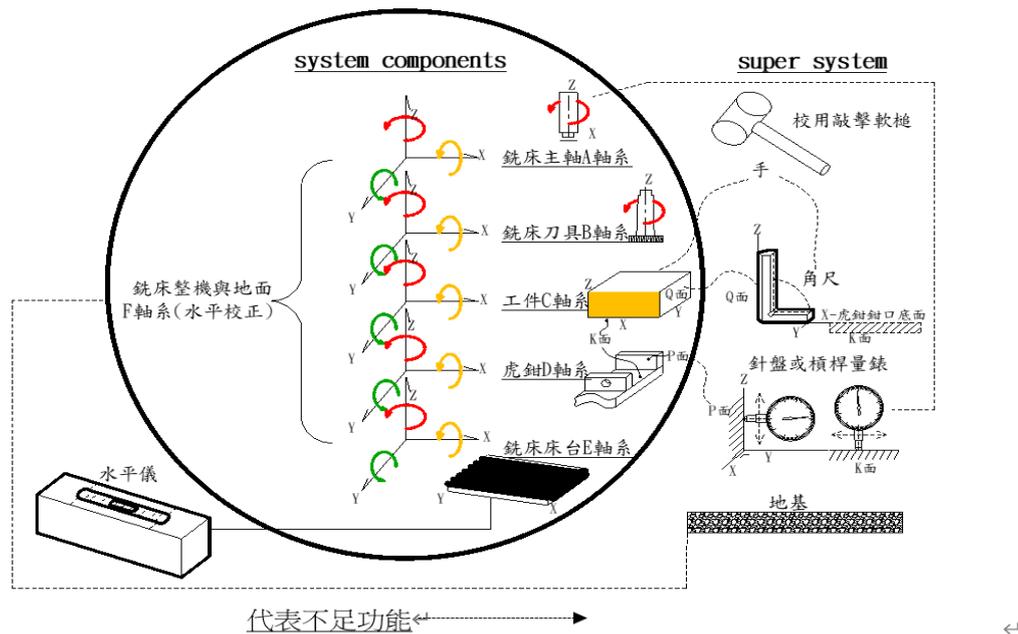


圖 5.工件六面基準銑削校正功能模型 FA 分析

(2)關係矩陣表

在 FA 分析之後，本組將系統元素、工件、虎鉗及超系統元素以關係矩陣分析(表 1.)，獲取關聯最多的是 4+虎鉗與 4+工件(平行塊會有操作型累加誤差暫不討論)，作為因果分析方向。

表 1.關係矩陣表

+號代表關聯	手	角尺	量錶	工件	虎鉗	床台
手		+	-	+	-	-
角尺	+		-	+	+	-
量錶	-	-		+	+	+
工件	+	+	+		+	-
虎鉗	-	+	+	+		+
床台	-	-	+	-	+	

(3)因果衝突鏈分析

由圖 6.因果衝突鏈分析圖，得知工件軸系 XZ 面角度與虎鉗夾持軸系 Y 向決定於之後加工工件基準精度，而傳統操作角尺校正與技術型操作所建立的方式，有必要研究以更明確建立與機台軸系進行媒合方式。



圖 6.因果衝突鏈分析圖

2.運用資源

(1)連桿組圖

當因果衝突鏈分析出工件 ZX-2D 軸系與虎鉗夾持 Y-1D 軸系對合問題點之後，連桿組圖(如圖 7.)主要是從傳統銑床工件夾持固定校正重現性不穩定現象，需求改善技術型操作複雜

性為取向，期以獲得有益六面銑削調校系統優勢。而改善過程亦會出現矛盾惡化影響因素-
因此本組繼以矛盾矩陣表查得最有益創作發明原理作為研究參考設計方向。

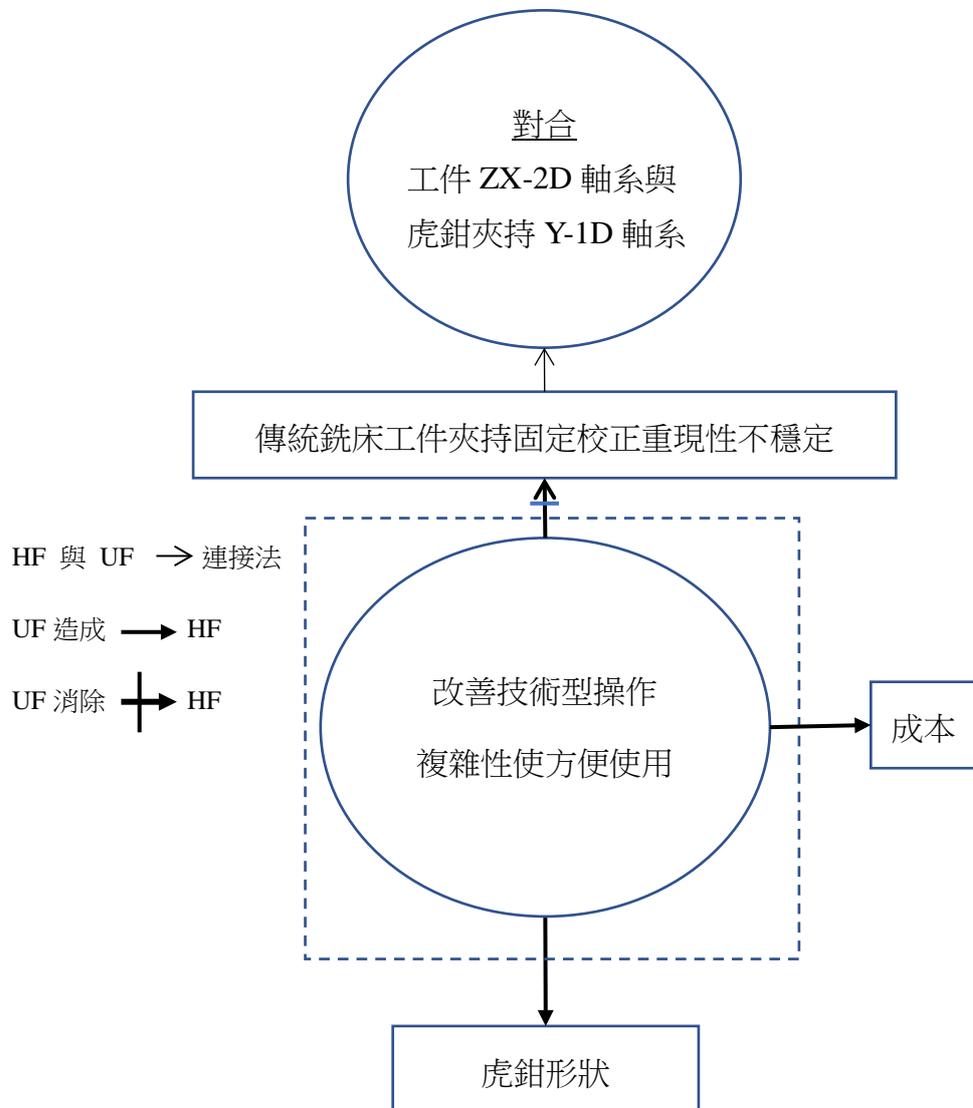


圖 7.連桿組圖

(2)矛盾矩陣表

矛盾矩陣表之 39 工程參數中有關「操控」方面參數是 33 容易操作使用、28 取化機械系統、29 製造精確度、07 移動件體積、08 固定件體積、12 形狀。

39 工程參數應用上述兩項參數，分別定義與本組研究參數最具相關可行參考參數是改善參數為 33 容易操作使用，惡化參數為 12 形狀。經由矛盾矩陣表(表 2.)查得單一發明原理 15 動態化原理、34 拋棄再生元件、29 氣壓或液壓、28 取化機械系統。

表 2. 矛盾矩陣表

問題		衝突表	
目標	對合工件 ZX-2D 軸系與虎鉗夾持 Y-1D 軸系	惡化	參數 12 形狀
方法	改善技術型操作 複雜性使方便使 用	改善	
新問題	虎鉗形狀	參數 33 容易操作使用	15 動態化原理 34 拋棄再生元件 29 氣壓或液壓 28 取代機械系統

原理模型分析

本專題研究要解析的是要整合對應二個部分:

- (1) 工件 ZX-2D 軸系，選用 28 取代機械系統原理。
- (2) 虎鉗夾持 Y-1D 軸系，選用 15 動態化原理。

發明原理 28 取代機械系統；替代方式是使用分壓電位對應於可旋動式虎鉗作為系統對應作用方式。此原理運用創作部分是本組製作角度控制單元，達成類比轉數位化角度控制功能(可適用任一需求角度)，解決目前角尺校正與加工工件側向垂直接觸面不確定因素。

發明原理 15 動態化說明在不同條件下，物體或系統特徵要能(自動)改變以達到最佳的效果或分割物體成為可以相互移動元件。此原理在應用上是解決需要雙手及手臂同時操作技術性操作問題，創作方式是將原銑床虎鉗進行分割設計，使成為一組左右手兩段可旋動虎鉗。

操作方式：

1. 左右虎鉗皆夾持固定工件，銑削完成第一面(此為與 X 軸同向之面)。
2. 左虎鉗夾，右虎鉗鬆，夾側可轉 90 度使工件原右側垂直面轉成面向主軸方向進行銑削第二面(此面亦同與 X 軸同向之面)。
3. 左虎鉗夾側旋回 0 度，右虎鉗夾固再左虎鉗放鬆，此時控制轉動右虎鉗往右轉 90 度面向

主軸方向進行銑削第三面(此面亦同與 X 軸同向之面)，此式即是接力煤合軸系方式。

- 當轉動虎鉗主軸時，對應結合可變電阻心軸，此時 ADC 將機械結構虎鉗轉軸類比信號同分壓原理經 MCU 程式執行運算，最終 LCD 顯示出轉換後數位角度值(如圖 8)。

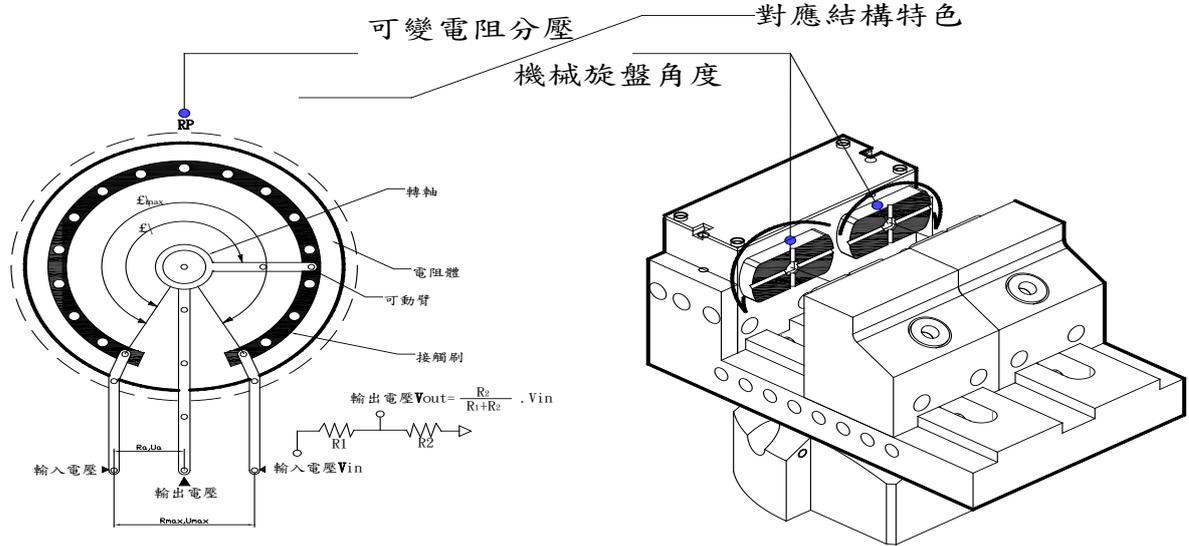


圖 8.分壓原理與機械機構旋轉方式對照圖

研究分壓電位設計及機械機構設計單元說明

為了達成可信度高分壓電位設計，首先對選用元件開始說明。

(1) 可變電阻

本研究選用日製 20KΩ10 圈精密可變電阻屬線繞式電阻原因是線繞電阻器阻值精確、工作穩定、溫度係數小、耐熱性能好、功率較大，適用於低頻且精確度要求高的電路，但相對成本也較高。

可變電阻的阻值隨旋軸轉動角度而不同,其角度阻值關係有很多種,圖 9.所示即是電阻率與有效回轉度(%)曲線關係，圖中 B 型為趨近直線關係，相對適合本研究所需求。

- A 型——15%對數關係
- B 型——直線關係
- C 型——15%反對數關係
- D 型——10%對數關係
- E 型——25%反對數關係
- U 型——介於 A 與 B 型之中間
- W 型——相當於 S 形狀關係

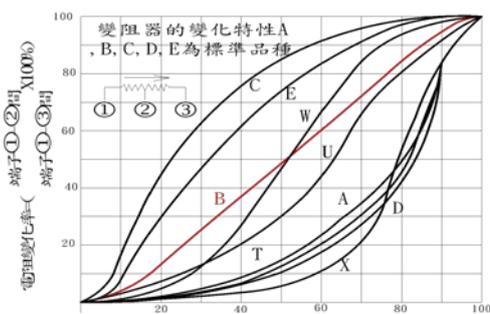


圖 9.電阻率與有效回轉度(%)曲線關係圖

我們所選用的日製 20KΩ10 圈精密可變電阻為了確認是否為 B 型直線關係。

驗證圖 9 之 B 曲線實驗方式是先轉動可變電阻心軸每隔 50 度量測一次，利用示波器來量測其對應實際電壓值和 LCD 上顯示的角度值，並利用圖表驗證曲線是否趨近於直線。

下表為經由示波器及 LCD 顯示器量測結果如下表所示。

表 3.B 曲線驗證表

理想目標 (度)	LCD 顯示器 量測(度)	實際電壓值 (V)	理想目標 (度)	LCD 顯示器 量測(度)	實際電壓值 (V)
50	49.88	0.085	1600	1599.25	2.24
100	99.77	0.16	1650	1649.13	2.26
150	149.65	0.234	1700	1700.48	2.34
200	199.54	0.289	1750	1750.37	2.4
250	249.42	0.373	1800	1800.25	2.48
300	300.18	0.419	1850	1850.14	2.56
350	350.66	0.502	1900	1900.02	2.63
400	400.55	0.562	1950	1949.91	2.71
450	450.43	0.641	2000	1999.79	2.76
500	500.32	0.718	2050	2049.68	2.84
550	550.2	0.785	2100	2099.56	2.89
600	600.08	0.865	2150	2150.92	2.96
650	649.97	0.899	2200	2199.33	3.04
700	699.85	0.979	2250	2249.22	3.11
750	749.74	1.06	2300	2300.57	3.18
800	799.62	1.12	2350	2350.45	3.26
850	849.15	1.2	2400	2400.34	3.31
900	900.86	1.28	2450	2450.22	3.38
950	950.75	1.34	2500	2500.11	3.45

1000	1000.63	1.43	2550	2549.99	3.52
1050	1050.52	1.47	2600	2599.88	3.6
1100	1100.4	1.54	2650	2649.76	3.65
1150	1150.28	1.6	2700	2699.65	3.73
1200	1200.17	1.68	2750	2749.53	3.78
1250	1250.05	1.76	2800	2799.42	3.86
1300	1299.94	1.82	2850	2849.3	3.92
1350	1349.82	1.9	2900	2899.19	4
1400	1399.71	1.94	2950	2949.07	4.08
1450	1449.59	2.02	3000	3000.42	4.14
1500	1499.48	2.08	3050	3003.36	4.15
1550	1549.36	2.16			

藉由經分壓所得之 R1 和 R2 後，所量測實際電壓值和實際角度值和理想值，如下圖所示，顯示本次使用日製 20K Ω 10 圈精密可變電阻，該電阻值達到 B 型可變電阻的近似直線關係。

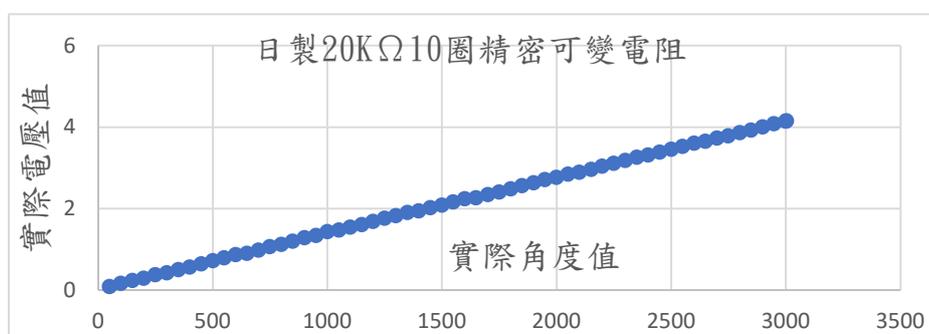


圖 10.實際電壓值與實際角度值比對圖

(2)ADS 1115 超小型 16 位精密模數轉換器 ADC 開發板

此元件具有 16 位元解析度，其中最高位元是代表正負位元，但由於使用可變電阻做分壓量測是不會有負數值，所以 ADS1115 實際上只用 15 位元解析度(2 的 15 次方)。依據 ADS 1115 超小型 16 位精密模數轉換器 ADC 開發板資料手冊中，9.5.1.1 章節中(Table 4. ADDR Pin Connection and Corresponding Slave Address)可以直接指定使用腳位設定 I2C 的位址。

ADS1115 總共最多有 4 個 address 可以設定同時使用，使用方法如圖 11.所示，可以同步針對 4 組訊號做擷取。

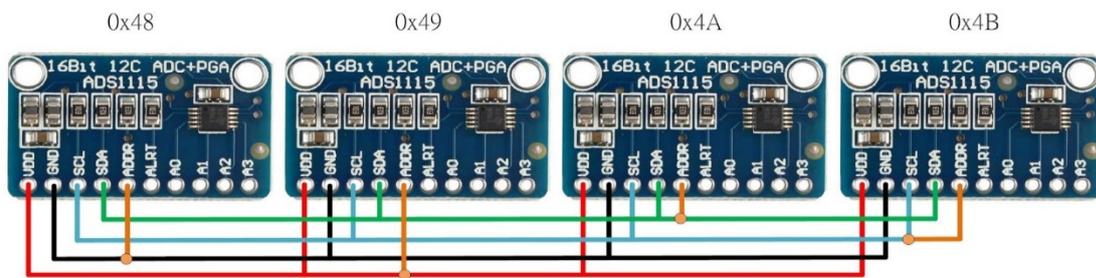


圖 11.ADS1115 之 4 個 address 設定圖

因機械組虎鉗轉軸具有 A 軸、B 軸及 Z 軸控制角度，需三軸各自顯示在三組 LCD 液晶顯示器，所以各自以一片 ADS1115 來讀取類比訊號避免相互干擾。我們為了要使用 I2C 位址為 0x48，所以把 ADDR 要接至 GND，並程式配合定義 I2C address 為 0x48，以便 Arduino 讀取訊號，如圖 12。

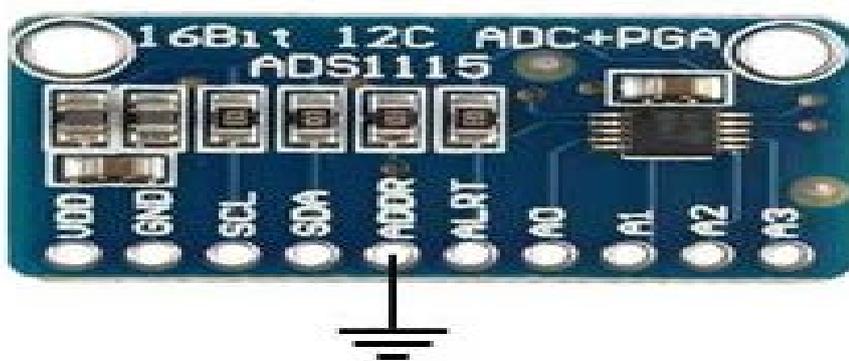
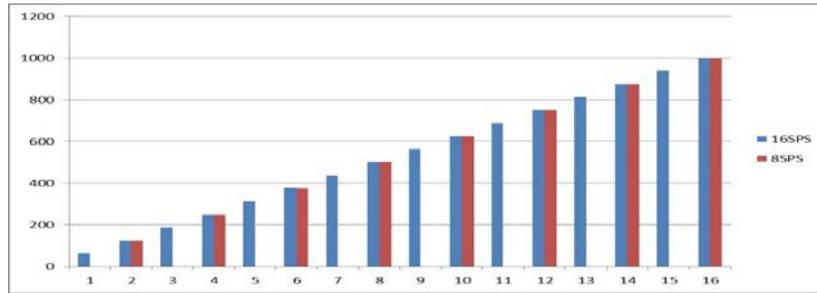


圖 12.I2C address

(3)設置暫存模式說明:

依據 ADS 1115 資料手冊 9.6 章節中，可知 ADS 1115 透過 I2C 串接傳輸，可以選擇四個 8SPS 至 860SPS，最高達每秒可以取 860 個樣本(SPS)。專題實作取樣訊號，因變動值沒有持續變化太大。表 4.長條狀顯示分別為 8SPS(紅色)及 16SPS(藍色)在每秒取樣的數量。若選用 16SPS 每秒取樣數量剛好為 8SPS 的一倍，但取樣太少容易造成誤差。所以經實驗結果，最後採用 16SPS 取樣樣本模式，每秒取樣 8 個樣本訊號，每個樣本所需時間為 62.5ms($1s/16SPS=62.5ms$)。因此在 Arduino 的 A5 接腳接受的訊號就要大於 62.5ms，才不會造成讀取誤差。在研究中，我們將值設定為 70ms。ADS1115 每取樣一個樣本後 7.5ms，就換 Arduino 將訊號讀入儲存。

表 4.ADS 1115 透過 I2C 串接傳輸取樣訊號表



(4)角度量測器說明

角度測量器利用可變電阻進行分壓經 MCU 運算轉換成數位角度值，如圖 13.所示。中間的轉換需要利用 [ADC \(Analog-to-Digital Converter\)](#)的功能。ADC 會將連續類比訊號或者物理量(通常為電壓)轉換成數位訊號。MCU (Micro Controller Unit)會用數位訊號做運算處理轉換成角度值。

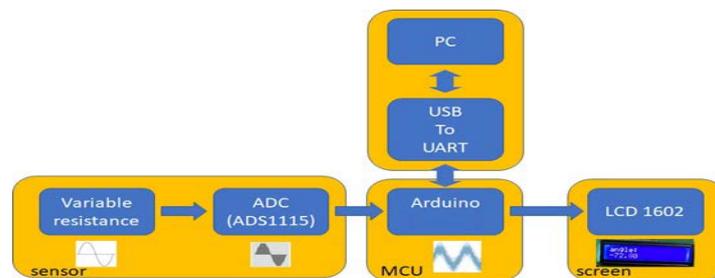


圖 13.分壓轉換成角度系統架構圖

上述分壓轉換角度系統圖如圖 13.所示，因考量三軸各自獨立性，實驗將製作出 3 組，且使致各自顯示 A、B 轉軸和 Z 軸角度值。

實驗所用到元件接線圖如圖 14.所示，將針對各個元件簡單敘述作用。

1. 按鈕開關用 **Arduino Uno A5** 腳位做數位輸入，做為角度值歸零按鈕。
2. VR 將旋轉角度轉換成類比訊號。
3. ADS1115 將類比訊號轉換成數位訊號，透過 I2C 介面傳送給 MCU 做運算，I2C address: 0x48。
4. Arduino Uno 將讀到的數位訊號做運算處理轉換成角度值，透過 LCD 顯示出來。
5. LCD 顯示角度值，I2C address: 0x27。

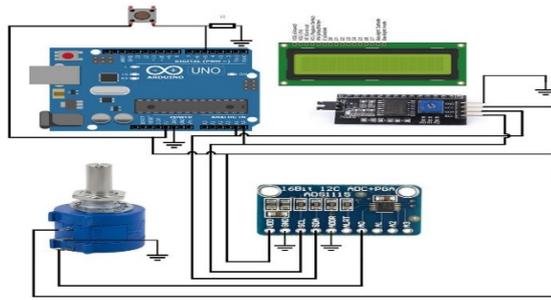


圖 14.接線圖

程式流程圖(圖 15.)說明:

1. 一開機進行初始化動作，設定 LCD 背光、暫存器值清空。
2. 讀取 8 次 ADC 讀值，並判斷是否讀到數值與 ADC 暫存器值是否不一樣，如果 8 次 ADC 讀值與暫存器值不同才會更新暫存器值-主要是過濾掉讀值浮動問題。
3. 判斷歸零按鈕是否啟用，是將 ADC 暫存器值給 BT 暫存器，這樣兩個數值相減得零。
4. 將 ADC 暫存器和 BT 暫存器相減得到的值做角度換算，換算方式是可變電阻有效旋轉角度除 ADC 解析度
5. 將換算好的值以 LCD 來顯示

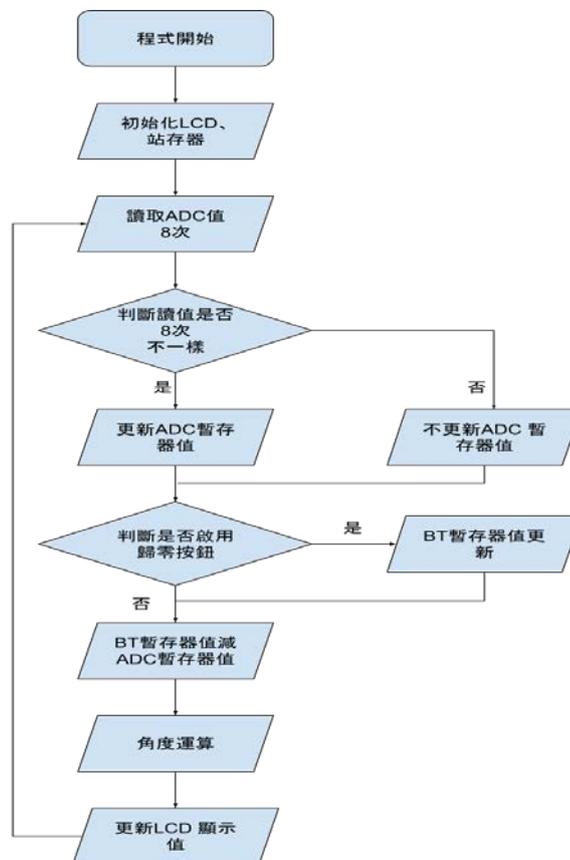


圖 15.程式流程圖

量測實驗對照實驗說明:

- (1) 三次取測值用途主要是取得測值重現性，作為後續加工成果與 ADC 測值穩定性參考。
- (2) 實驗設備-光學環對 Pot 角度量測；量測對照分為台中精機 V-20 機型 CNC 車銑複合機 C 軸讀值及可變電阻電壓軸經 ADC 及 MCU 微處理器程式運算後 LCD 顯示轉換角度值。

表 5.光學環與 Pot 角度量測實驗表

參數名稱 回應值(度)		參數 A 取樣時間 1s/16SPS=62.5ms			參數 B 取樣時間 1s/8SPS=125ms		
設定	量測 編次	機台 C 軸讀值	Pot 旋角讀值	平均	機台 C 軸讀值	Pot 旋角讀值	平均
90°	第 1 次	90°	90.82°	90.33 (0.33)	90°	89.08°	89.89 (-0.11)
	第 2 次	90°	89.37°		90°	90.52°	
	第 3 次	90°	90.82°		90°	89.08°	
180°	第 1 次	180°	180.19°	179.23 (-0.77)	180°	176.73°	177.7 (-0.3)
	第 2 次	180°	178.75°		180°	176.73°	
	第 3 次	180°	178.75°		180°	179.65°	
270°	第 1 次	270°	269.57°	270.05 (0.05)	270°	268.68°	268.2 (-1.8)
	第 2 次	270°	271.01°		270°	268.68°	
	第 3 次	270°	269.57°		270°	267.24°	
360°	第 1 次	360°	360.38°	360.38° (0.38)	360°	354.89°	355.85 (-0.25)
	第 2 次	360°	360.38°		360°	356.33°	
	第 3 次	360°	360.38°		360°	356.33°	
720°	第 1 次	720°	720.76°	720.76° (0.76)	720°	711.22°	711.69 (-0.31)
	第 2 次	720°	720.76°		720°	709.78°	
	第 3 次	720°	720.76°		720°	714.09°	

電位器（英文：Potentiometer）又稱為可變電阻器（VR，Variable Resistor）

為獲取穩定讀值，實驗計畫是以程式取樣時間作為研究參數，3 次 C 軸及 Pot 讀值進行比對參數 A(取樣時間 $1s/16SPS=62.5ms$)說明:

(1)ADS1115 利用示波器(圖 17.)實際量測電壓值最高為 4.14 伏特，Arduino Uno 板 Vcc 實際量測到電壓為 5.06 伏特。 $(4.14 \text{ 伏特}/5.06 \text{ 伏特}) * 3600 \text{ 度}/32768$ (ADS1115 最大的解析度為 2 的 15 次方) $=0.08988814$ 。此數值為撰寫程式時，擷取訊號後*0.0898814 為實際角度。

(2)取樣時間 $1s/16SPS=62.5ms$

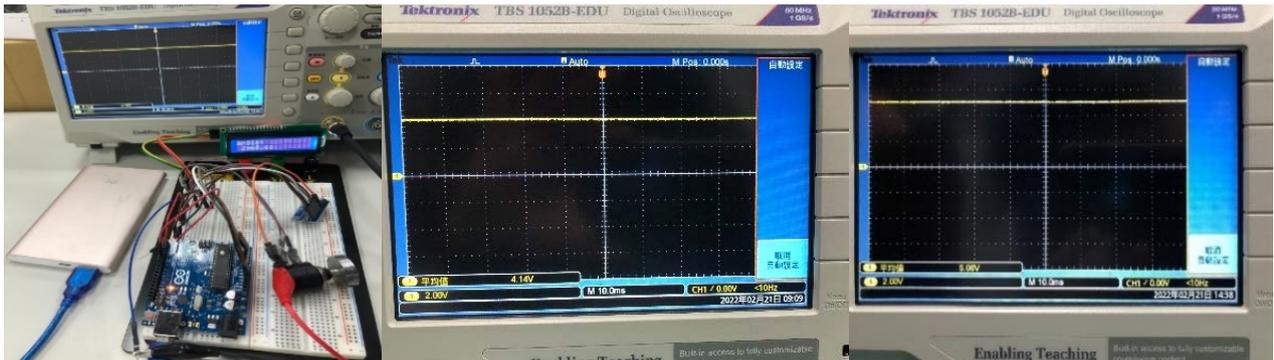


圖 17.為示波器量測圖

參數 B(取樣時間 $1s/8SPS=125ms$)說明:

(1)ADS1115 操作手冊標示電壓值最高為 4.096 伏特，Arduino Uno 板 Vcc 操作電壓為 5 伏特。 $(4.096 \text{ 伏特}/5 \text{ 伏特}) * 3600 \text{ 度}/32768$ (ADS1115 最大解析度為 2 的 15 次方) $=0.09$ 。此數值為撰寫程式時，擷取訊號後*0.09 為實際角度。

(2)取樣時間 $1s/8SPS=125ms$

本次實驗結果，得到以下結果:

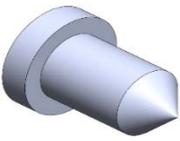
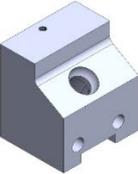
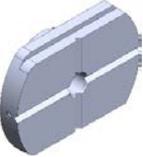
- (1)相同角度量測，因每次量測時我們將可變電阻逆轉至起始位置，因正逆轉造成數值有些微偏移差異。但若持續往同一方向轉動，偏移誤差就會比較少。
- (2)每組 ADS1115 利用示波器實際量測電壓值都不一定，範圍為 4.12~4.17 伏特，而 Arduino Uno 板 Vcc 實際量測到電壓範圍為 4.9~5.06 伏特。因此每拿到一片新的 ADS1115 和 Arduino Uno 板時，都需要在程式上修正其相對數值。
- (3)因本校示波器顯示最多為小數點第 2 位，若採用更高精密示波器來量測校正，誤差值應該會更小。

機械機構設計製造部分-製作材料與機具、儀器設備

在研究上所使用設備與器材係以學校現有設備為主，分述如下：

加工機器設備	使用工具及刀具
<p>以學校現有設備，完成全部零組件加工：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.車床 2.鑽床 3.立式銑床 4.平面磨床 5.桌上虎鉗 6.桌上型電腦 7.CNC 銑床 8.點焊機 9.金屬雷射加工機 10.伺服折床 	<p>主要以學校技藝選手工具車上現有之刀具與工具，完成全部零主件之加工：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.車刀（外、切槽、倒角車刀、內徑車刀） 2.銑刀(加長型銑刀 Ø12、Ø10mm、Ø5mm、Ø6mm 球刀) 3.攻鑽削（鑽頭、Ø12mm 鉸刀、螺絲攻 M5）
檢驗儀器設備	電腦軟體設備
<p>以學校量具室現有的設備完成檢測工作：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.分釐卡（深度分釐卡、內、外徑分厘卡） 2.銷（Ø1、Ø3） 3.槓桿量錶 4.花崗岩平板、花崗直角板 5.塊規 6.雙桿高度規 7.精密虎鉗 	<ol style="list-style-type: none"> 1.繪圖軟體 Solidworks2018 2.雷射印表機 HP5550 3.電腦作業系統 Win 10 4.文書處理軟體 WORD
使用材料	角度電控元件
<ol style="list-style-type: none"> 1.不銹鋼板 60X60cm 一片 2.圓棒 Ø 165*70 一支 3.扁鐵 115*73*50 一支 4.扁鐵 205*135*77 	<p>Arduino Uno、電阻器</p> <p>液晶顯示器 LCD 16*2</p> <p>日製 10 圈精密可變電阻</p> <p>ADS1115、Buttom' USB to UART converter</p>

表 6.製作設計元件、加工與元件功能說明表

CAD 立體圖	加工	元件功能說明
	高速車床加工 	頂心 定位工件孔位之用
	立式銑床加工 	固定角度塊 用於固定
	CNC 車銑複合機 	固定螺桿環 使螺桿能精確定位到偏心桿
	高速車床加工 	偏心桿 施於滑軌與活動邊鉗口之固定
	高速車床加工 	活動邊固定環 與平行塊做固定且內部放置頂心與彈簧
	立式銑床加工 	活動邊鉗口 作用於滑軌之上
	立式銑床加工 	平行塊 與活動邊鉗口配合進行施壓動作
	CNC 銑床 	平行塊外掛 增大平行塊的接觸面

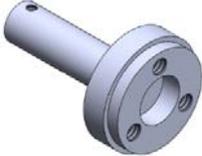
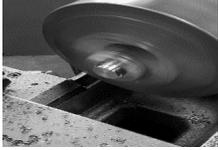
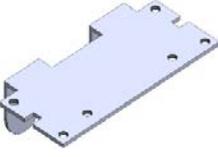
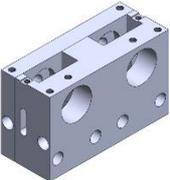
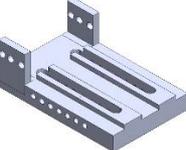
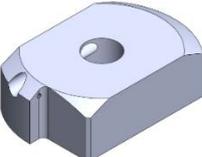
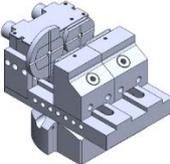
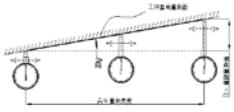
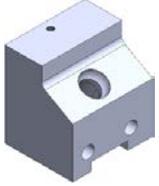
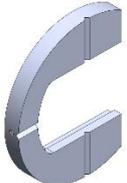
	<p>高速車床加工</p> 	<p>固定邊固定環 與平行塊做固定且內部放置頂心與彈簧</p>
	<p>高速車床加工</p> 	<p>可變電阻固定套 防止可變電阻受到外部傷害</p>
	<p>伺服折床</p> 	<p>上蓋 防止固定邊角度控制機構受到傷害</p>
	<p>CNC 銑床</p> 	<p>固定邊角度控制機構 內部用於定位多個元件並與滑軌作固定</p>
	<p>立式銑床加工</p> 	<p>滑軌 能使活動邊鉗口作單軸向的作動並固定</p>
	<p>高速車床加工</p> 	<p>旋轉盤底座 放置於滑軌下方使整體作旋轉</p>
	<p>組立</p> 	<p>組立件 用以了解各元件間相對運動是否有干涉現象</p>
	<p>量測</p> 	<p>完成六面體工件，以雙桿高度規及槓桿量錶進行量測。(工件對照組是花崗石直角板)</p>

表 7.加工問題及解決方案說明表

元件名稱	加工問題	解決方案
<p>固定環</p> 	<p>與平行塊攻牙時，因雙方都是平面，導致孔位難以校正</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 使用虎鉗夾緊，確保雙方貼齊 2. 利用適當大小的軸來校正孔位
<p>固定角度塊</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 壁厚不足，導致容易扭斷 2. 體積太小，無法使用平行塊 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 使用較小鑽頭來當導引孔，再逐漸擴大尺寸 2. 自製平行塊，用於銑削小型物件
<p>可變電阻固定套</p> 	<p>壁厚不足，容易變形且無法夾持，進而無法切削</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 使用較小的鑽頭來當導引孔，再逐漸擴大尺寸 2. 車削適當的軸來配合銑削
<p>活動邊鉗口</p> 	<p>需要角度鑽孔且底部貫穿，下方無法放置 V 形枕</p>	<p>尋找特製 V 形枕，用以銑削該元件</p>
<p>平行塊外掛</p> 	<p>不完整圓形，無法夾持</p>	<p>與另一件元件做組合進行夾持</p>

實驗量測規劃

可變電阻組 ADC 量測值與車銑複合機光學環對校後，接下來機械設計與製作過程是以電腦繪圖軟體 Solidworks、AutoCAD 進行相互旋轉移動之虎鉗機構元件設計→電腦輔助製造則以 MasterCAM 製作加工程式→CNC 銑床進行相關曲面加工→組立創作出雙轉軸具角度量測功能虎鉗即為量測用**實驗組**單元。**對照組**單元以精密六面體模塊為校對基準。

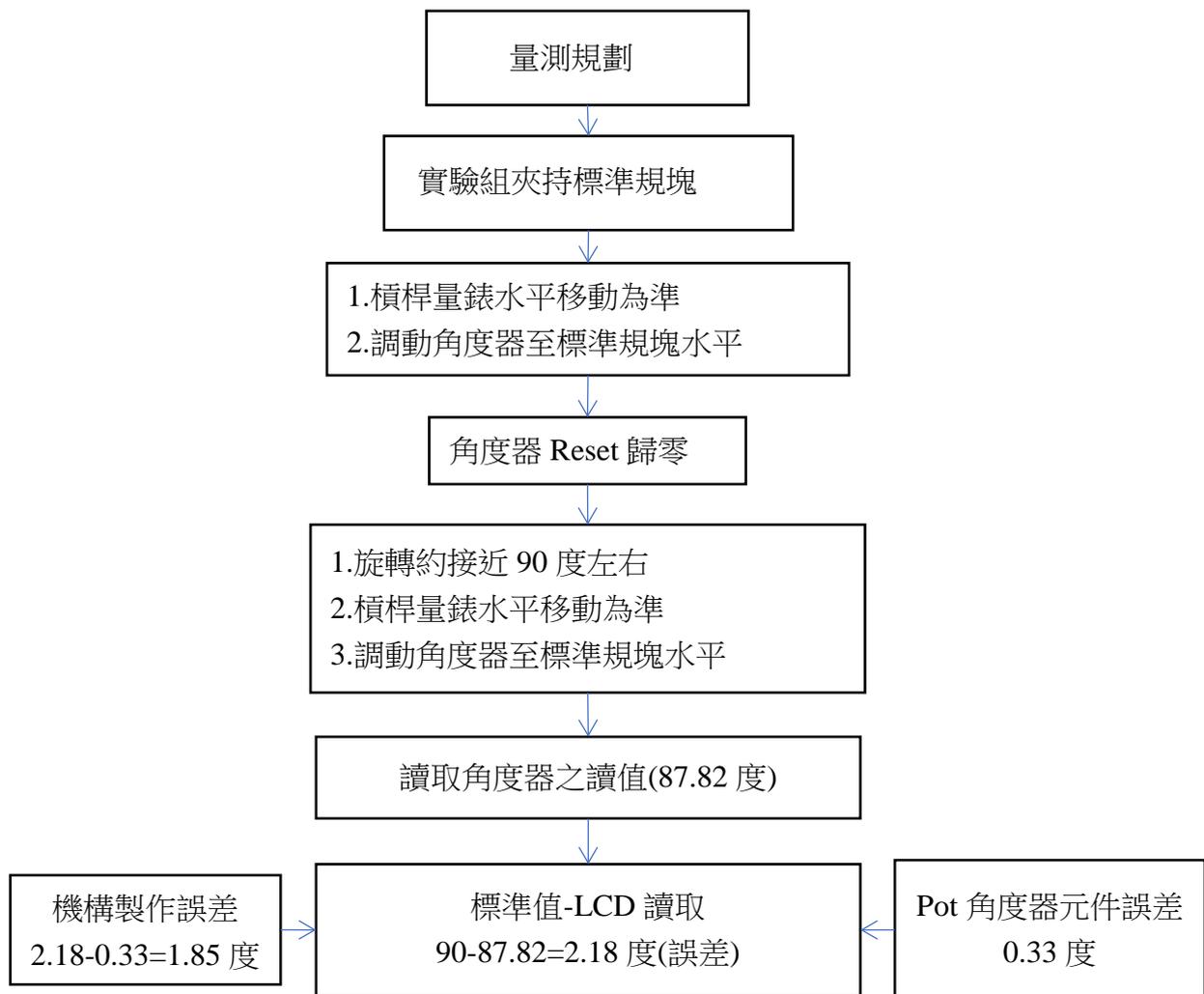


圖 18.研究製作模組實驗量測步驟圖

經標準規塊量測結果為標準值 90-量測顯示值 87.82=2.18 度，此數值為現場實測值，同時也是與目標標準值不同的誤差值。討論造成誤差值原因有二項：

- 1.Pot 角度器元件誤差 $90-89.89=0.33$ 度(與前述光學環比較所測值)
- 2.機構製作誤差 $2.18-0.33=1.85$ 度(總誤差值-Pot 角度器元件誤差所得值)，圖 19.為角度量測示意圖。

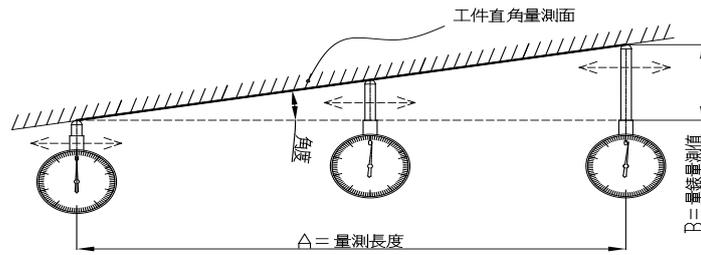


圖 19.角度量測示意圖

由量測實驗得知

(一) 量測誤差於電控裝置，因電位測值波動誤差存在是源自於光學環與 Pot 角度量測實驗對比誤差，可以透過程式小幅修改，以縮小讀值抖動(此演算法是經由平均值概念著想，如圖 20.)。但本研元件精度尚不足以達成目標值

(二)本組製作機構精度尚未能很精密製作，故累加誤差產生

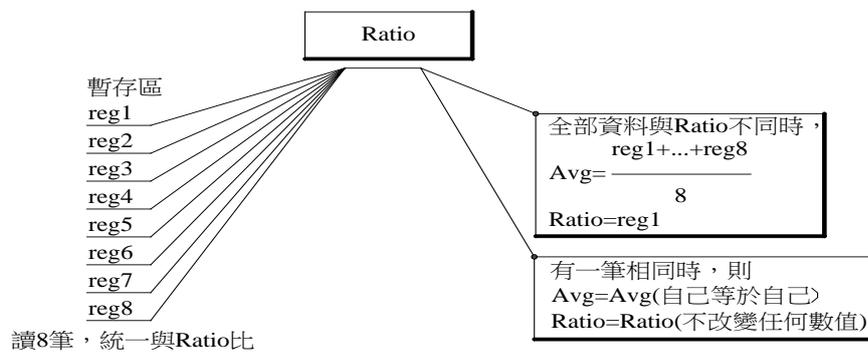


圖 20.讀值抖動濾波功能程式設計

肆、 研究結果

傳統銑床虎鉗夾持操作	改善設計應用	結果
雙手控制工件與鉗口接觸定位、身體某部位輔助虎鉗螺桿夾位。	1.分割虎鉗使之動態調整夾持工件，獲取完全換角定位夾持，減小人為操作誤差。 2.電位分割方式可隨時依需求執行角度重置以調整誤差，節省一些量測具(角尺、量錶)校正時間。	規塊量測結果為標準值 90- 量測顯示值 87.82=2.18 度。 1. 電位元件誤差 2. 製作精度誤差 3. 將 87.82 為 90 度調位
技術性控制操作相臨兩邊直角度，且先備條件皆須虎鉗、床台之軸系完全對位條件下。	媒合軸系對應關係 1.將所有垂直方向加工面重置為單一水平切削方向(X 軸)，同理可證，任一與 X 軸需成一定角之定位方式亦適用。 2.量校值數位化顯示，消去目測誤差。	可隨時調整虎鉗鉗口固定邊垂直於 X 軸向(同理設計 Y 或 Z 軸轉軸方式亦同)，讓工件加工尺寸得以精密掌控。

本研究設計增加可重置夾持單元，以銜接置換維度方式進行定義”固定件位置”，快速獲

取重置加工面一致於機台軸系方式，解決人為校正操作不確定性。因此呈現優勢是類比轉數位-操作簡要、快速輔助對六面體製作，且可進一步控制任一加工角度或多面體銑削工作，著實便利操作運用。

伍、 討論

討論實驗組與對照組誤差原因有下列五點：

- 1.無熱處理，零組件結構鋼性較不足。
- 2.加工件製作及組立精度有改善空間
- 3.可變電阻心軸正逆轉(如同螺桿與螺帽正逆轉背隙)平均誤差約 0.27 度(此值取自車銑 C 軸旋轉 0~90→90~0 時，LCD 獲取之相差讀值)，實驗上我們會先轉過頭再旋回量測位(ex:90 度)再 RESET 重置歸零，減小累加誤差及縮減變動值範圍為最小範圍。
- 4.蝸桿與蝸輪機械傳動仍有小誤差
- 5.2.18 度角度誤差是依目前研究設計後我們整件作品傳動建立加工模式作品與量測對照組比較所呈現誤差。
- 6.因本校示波器顯示最多為小數點第 2 位，若採用更高精密示波器來量測校正，誤差值應該會更小。

改善方向

- (1)熱處理改善鋼性
- (2)機構元件加工要求精度更高
- (3)採用平均誤差以程式修正方式漸次測試改善
- (4)可進一步深入研究考慮可變電阻自行設計，改善目前電控分壓控制精密性。

本研究媒合研究發生於問題原始點-軸系對位，此研究方向是正確的，只因元件與製作誤差，導致現階段高職程度研究無法完全展現出精度控制，但組員相信大家以台機電的研究團隊精神繼續研究下去一定可獲取收斂相關誤差，且將有助於作品商品化需求。只要研究方法正確，精度高對加工業來說是值得推廣與應用。

本研究完整設計圖(如圖 21)，為最完整之 4D 控制媒合軸系設計，至於第四軸應用原理同於 A、B 軸，因本組對 X 旋轉軸加工能力尚不足，因此以目前製作作品代表參賽。

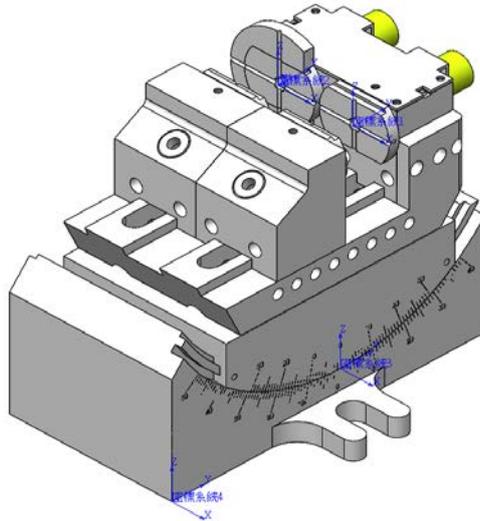


圖 21.媒合軸系設計

陸、 結論

銑床實習課時，我們控制直角度銑削時一直沒做好六面體基準銑削，分析因素來自下列幾點：

- 一、虎鉗軸系與銑床床台軸系校正未構成等效軸系
- 二、虎鉗本身精度因長時使用，變形因素會造成判值誤差影響所有量具校正依據。
- 三、未做好校正技能
- 四、現場校正量具精度問題

巧奪天工，當銑床基準加工依據邊界條件未能滿足精度控制需求時，本組運用專題製作課程學習到的系統性創新方法找出六面體基準銑削技術性操作面臨問題，結合機械、電機控制設計規劃實驗驗證，具體實務創作，(對於誤差部分進行等距調整以暫用目前調製加工)階段性達成下列成果：

- 一、「媒合」軸系趨向一致性，縮小加工製作角度校正誤差。
- 二、技術性操作技能數位化轉換，增廣角度控制單元，因具重置功能免去現場量具使用。
- 三、此機能模式為提供操作簡單、精度高之任一角度轉換輔具。

此輔具貢獻度是

- 1.提供數位化角度操作輔助加工
- 2.可直接快速定位小數以下角度
- 3.相較高成本之 CNC 機械及光學環尺，改良式媒合虎鉗成本值得參考。

柒、 參考資料及其他

- 1.中華民國專利資訊檢索系統 經濟部智慧財產局 <http://twpat.tipo.gov.tw/>
 - 2.創意快閃 TRIZ 大思維，原著【俄】Genrich Altshuller 編著(2006 年 5 月)，建速個人工作室
 - 3.車床實習 I 陳順同 蔡俊毅 編著 (民 91 年 6 月)，，台北市，全華科技圖書股份有限公司，P98~P100、P156~P160
 - 4.車床實習 I 黃世峰 陳文峰 編著 (2000 年 8 月)，，台北縣，台科大圖書股份有限公司，P52~P58
 - 5.黃漢農(中華民國);為一種可提供直線移動、同心迴轉及分度功能之夾持虎鉗裝置。中華民國專利號 M480445
 - 6.陳勤仁、施忠良(2020.12)P95。銑床實習。台北縣：台科大圖書公司
 - 7.陳清檳(Ching-Pin Chen);張文宗(Wen-Tsung Chang);蕭育琳(Yu-Lin Hsiao);楊仁聖(Jen-Sheng Yang) 高職機械科產業導向專題製作能力項目與課程內涵之建構。中等教育； 64 卷 1 期 (2013 / 03 / 01)，P85
- 102.<http://www.airitilibrary.com/Publication/alDetailedMesh?docid=10180230-201303-201304160002-201304160002-85-102> 華藝線上圖書館

【評語】 052317

1. 作品針對銑床六面加工工件六面體銑削兩平面間垂直度精度，提出創新方式是設計增加可重置夾持單元及類比轉數位角度控制單元，快速獲取重置加工基準面趨近一致於機台軸系，有效解決人為校正操作不確定性。
2. 報告對過去相關研究有進行深入了解，包含這些作品的優缺點及特色，研究過程與方法說明清楚詳盡，對於研究問題有深入解析，方法符合科學實驗方法，是非常優質的作品！
3. 成果結合機械設計及電機控制，並規劃實驗驗證，為具體實務創作之研究，目前雖仍未見完美，實驗組與對照組仍然存在兩度左右的誤差，但有具體討論誤差原因，值得鼓勵。
4. 建議應該加強對銑床六面基準加工類比數位化之效果好壞程度與系統整體效益進行評估，並應探討其相關機制。
5. 建議應該有一個圖片說明系統中各部分的功能，以及有另一張圖包含多個使用步驟，來圖示說明操作的順序。

作品簡報

銑床六面基準加工類比數位化之研究探討

科別：工程學科（一）

組別：高級中等學校組

前言

文獻探討、研究動機、研究目的

傳統高速車床加工-中心(含偏心)校正技術

圓切線性質進行中心校正工作(圖1)

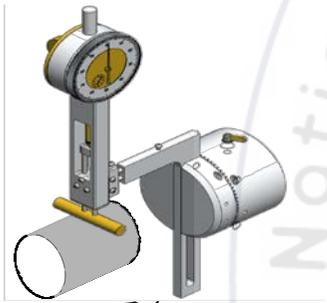


圖1

(參考於109年全國專題及創意競賽作品角度偏心原理分析於高速車床加工突破性調校之應用)

國立民雄高級農工職業學校張祥智等三位所做研究目的防虎鉗夾持工件上翹



圖3

(參考57屆科展作品「可調式虎鉗之研究」)

2014小論文工程類，篇名直角皇帝大-銑削垂直度之比較為台北市立木柵高工模具科胡軒瑋等論述)

傳統立式砲塔式銑床加工-定位基準技術

圓切線性質進行尋邊校正工作(圖2)

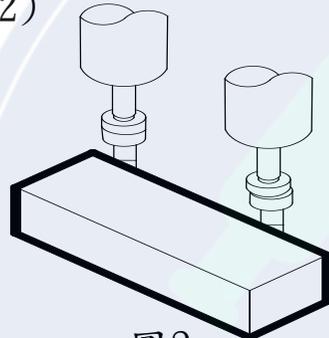


圖2

(參考中華民國專利M534058尋邊器結構改良)

可自由旋轉角度虎鉗，依照需求可精確調整角度(圖4)

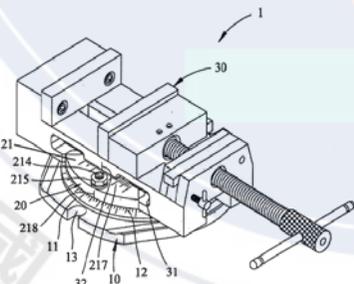


圖4

(參考於中華民國專利M475336種可提供直線移動、同心迴轉及分度功能夾持虎鉗裝置)

☆對於銑件基準調校存在技術性問題?

六面基準銑削法之夾持與量校工作(圖3)

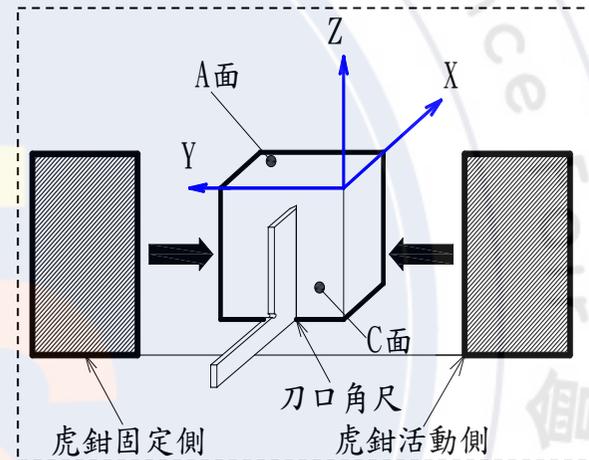
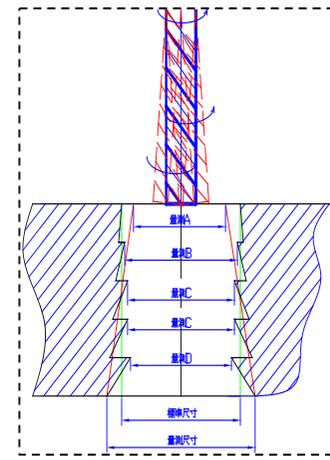


圖5



銑削不確定性?

研究目的

對銑件創新校製需求，研究後，能達到以下目的:

1. 了解目前六面銑削校正方法，媒合軸系趨向一致性，縮小加工角度校正誤差。
2. 技術性操作技能數位化轉換，增廣角度控制單元。
3. 設計一組操作簡單、精度高之角度轉換輔具。

研究方法

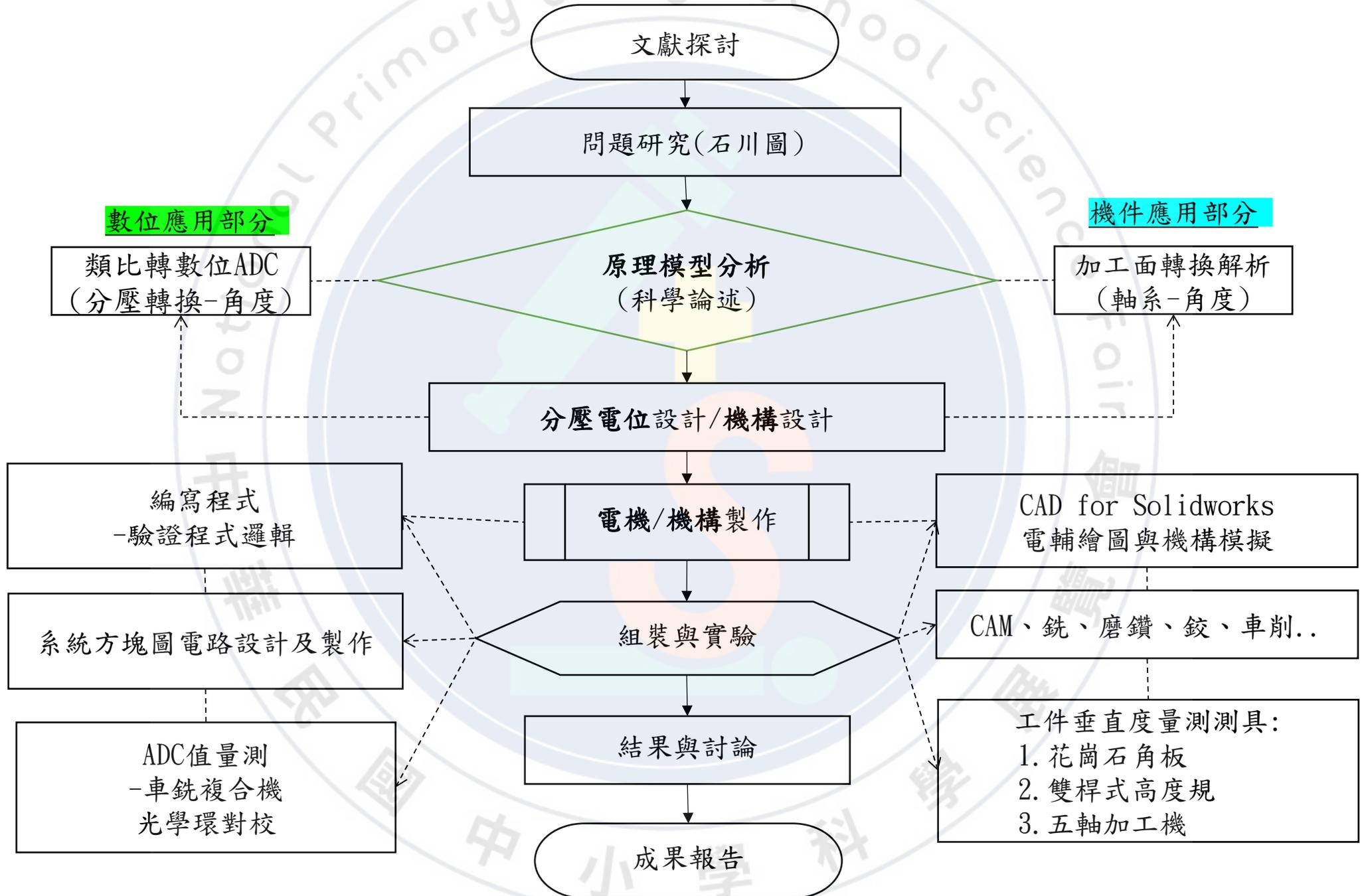


圖6. 研究流程圖

研究方法-原理模型分析-(科學論述)

校正功能性分析

數學模型分析

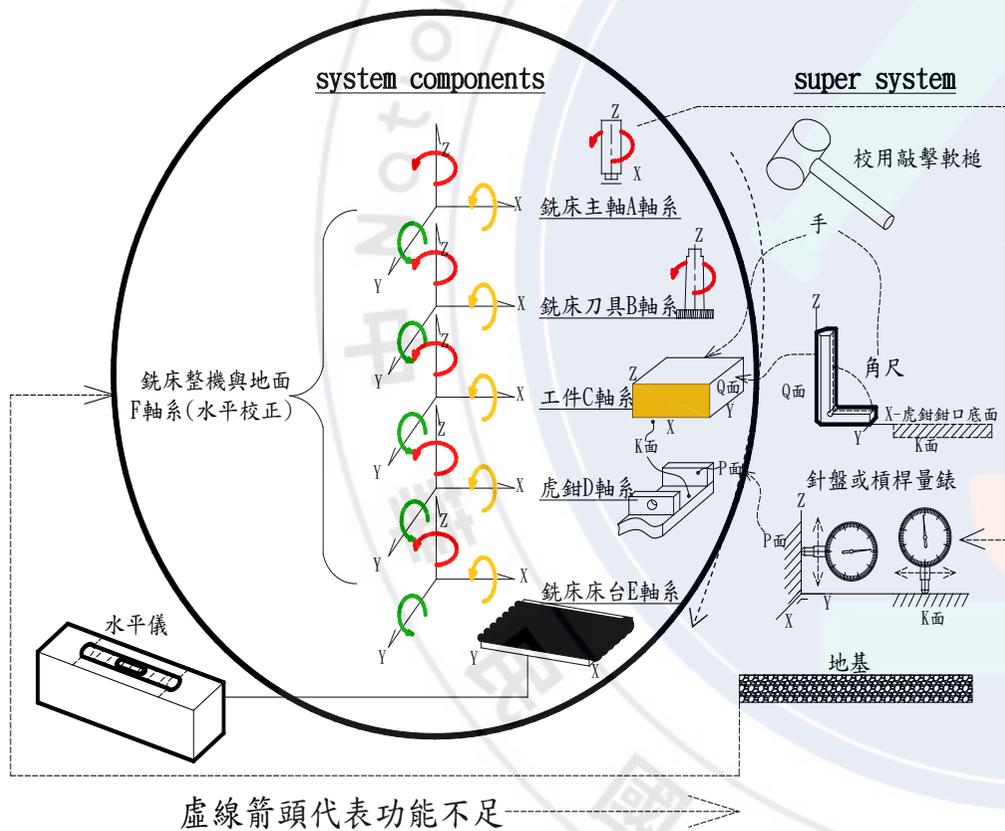


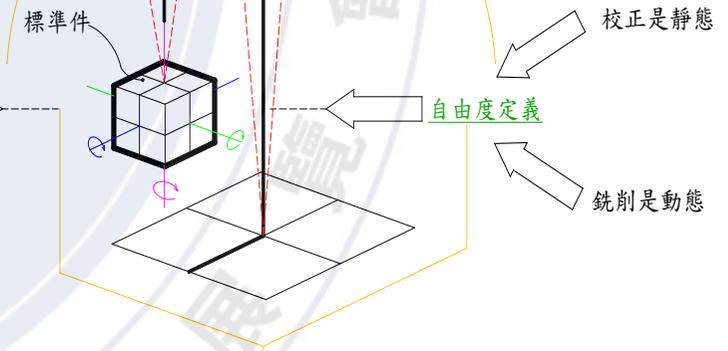
圖7. 軸系功能性分析圖

科學尋根!
這個就是那個!

$$\begin{matrix}
 a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} & a_{15} & a_{16} & \dots \\
 a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} & a_{25} & a_{26} & \dots \\
 a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} & a_{35} & a_{36} & \dots \\
 a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} & a_{45} & a_{46} & \dots \\
 a_{51} & a_{52} & a_{53} & a_{54} & a_{55} & a_{56} & \dots \\
 a_{61} & a_{62} & a_{63} & a_{64} & a_{65} & a_{66} & \dots \\
 \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots
 \end{matrix}$$

軸系座標轉換
(線性代數行列式)

仿軸裝置
(無規矩不足以成方圓)

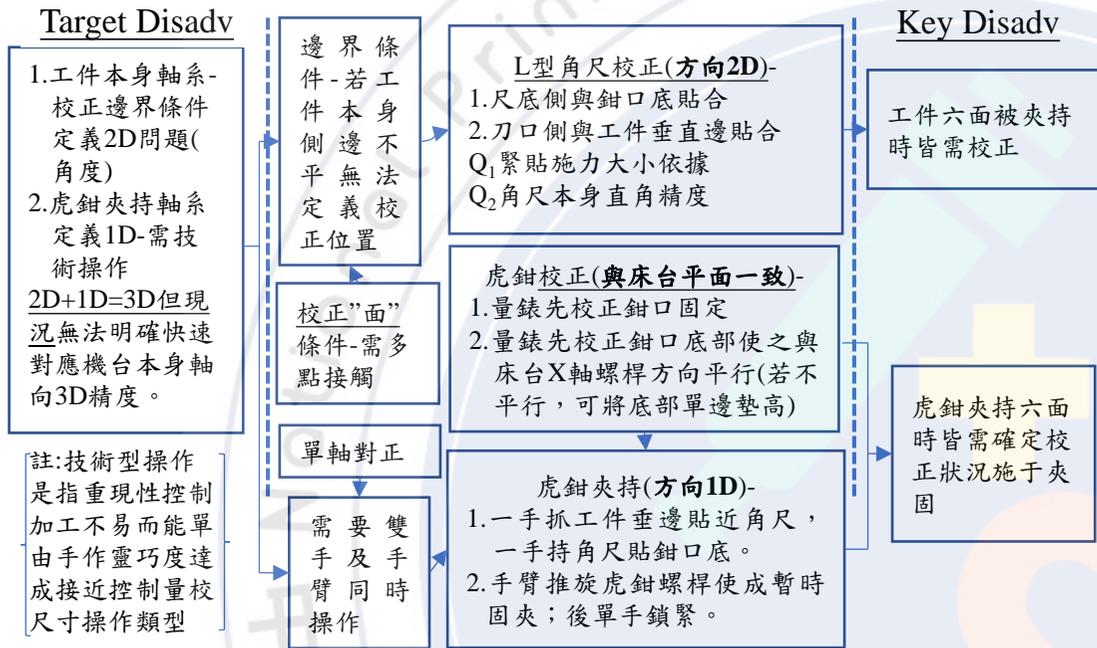


銑床六面基準加工類比數位化之研究探討

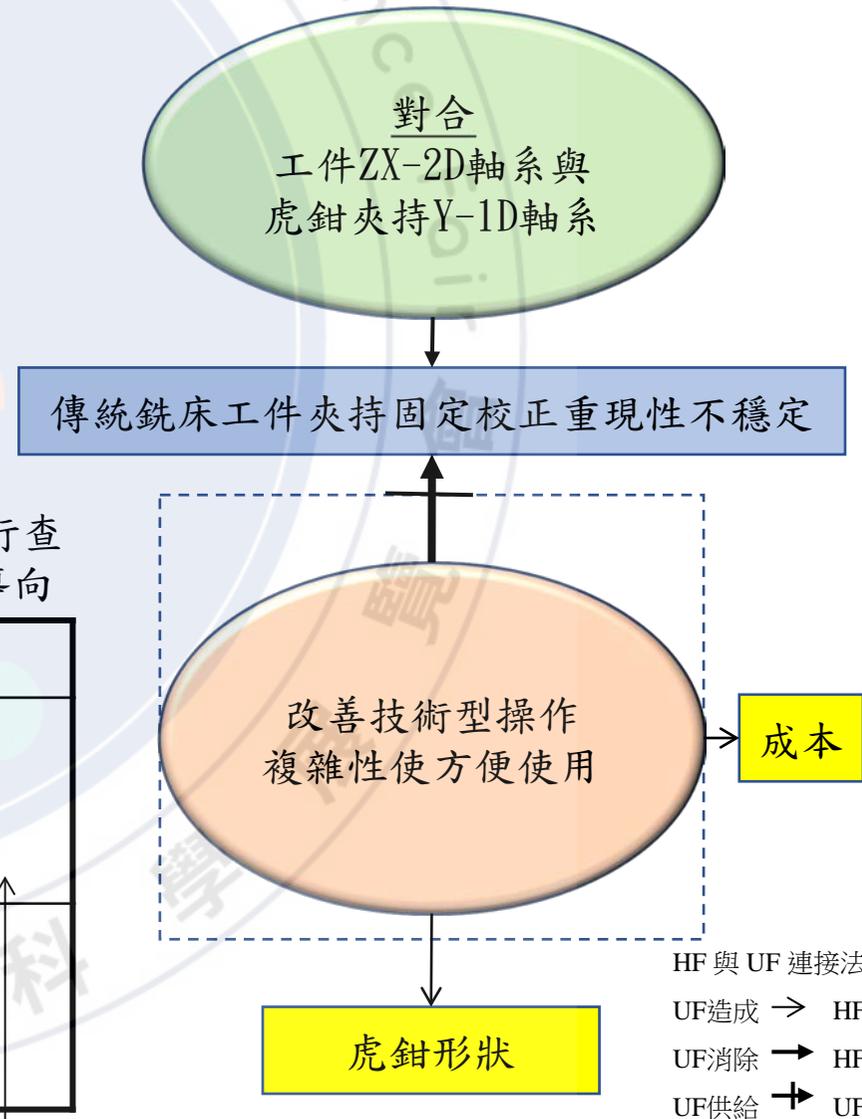
圖8. 等效軸系自由度定義圖

研究方法 - 創新過程

因果衝突鏈分析圖: 發現問題方式



連桿組圖: 依因果衝突鏈分析發現問題, 尋求有用解決問題工程方法及相關對應原系統有造成之影響



矛盾矩陣表: 對問題進行改善, 卻延生惡化問題所形成之技術矛盾進行查表獲取40個發明原理中可進行達成目標之創新解決方法導向

問題		衝突表	
目標	對合工件ZX-2D軸系 與虎鉗夾持Y-1D軸系	惡化	參數12 形狀
方法	改善技術型操作複雜性使方便使用	改善	參數33 容易操作使用
新問題	虎鉗形狀		15 動態化原理 34拋棄再生元件 29氣壓或液壓 28取代機械系統

原理應用

分壓原理

TRIZ發明原理

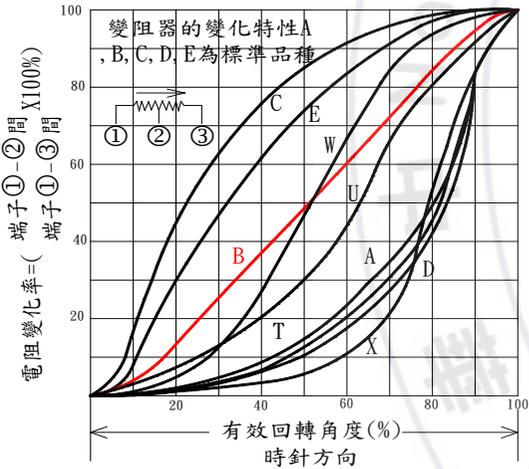
ADC值轉換角度值為目前角度值X(X度/2的15次方)=目前角度值
FSR:4.096V LSB 125 解析度為2的16次方



TRIZ系統性發明原理與實務創作應用

(1) 工件ZX-2D軸系-選用28取代機械系統原理。

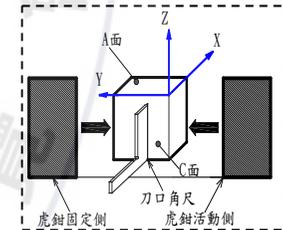
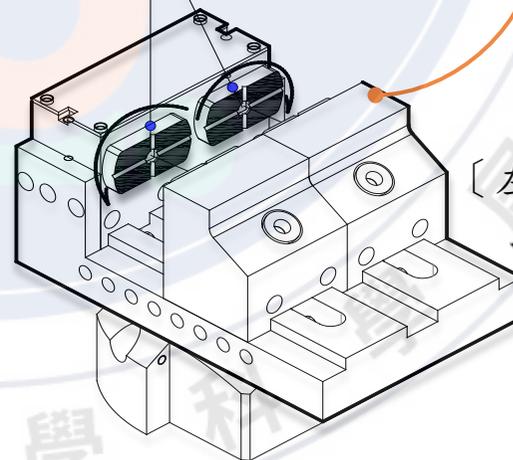
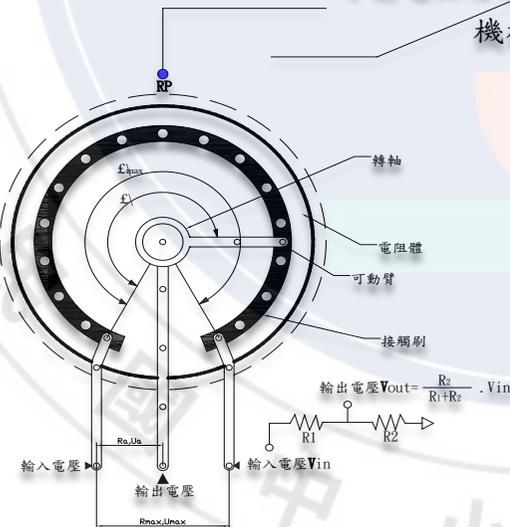
(2) 虎鉗夾持Y-1D軸系-選用15動態化原理。



ZX-2D(角度轉換控制)

Y-1D(夾持方式)

可變電阻分壓 對應結構特色
機械旋盤角度

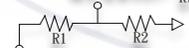


[左手交給右手-成為好幫手]

1D夾持後再定義2D需求角度

ZX-2D

$$\text{輸出電壓 } V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V_{in}$$



分壓轉換設計

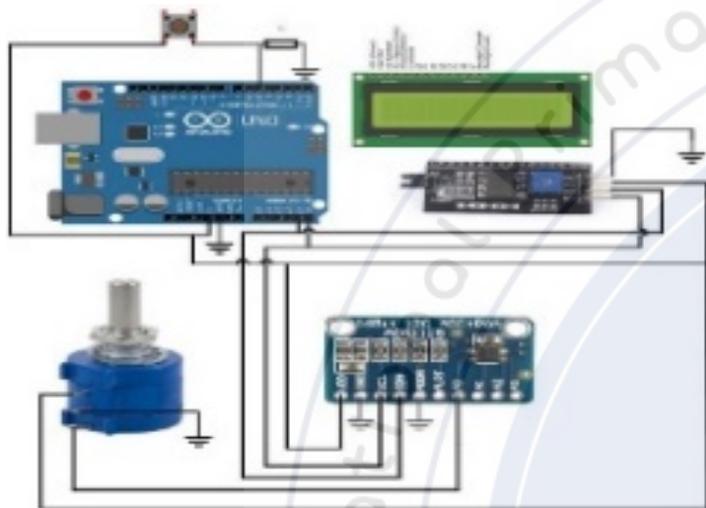


圖9. 系統原件連接圖

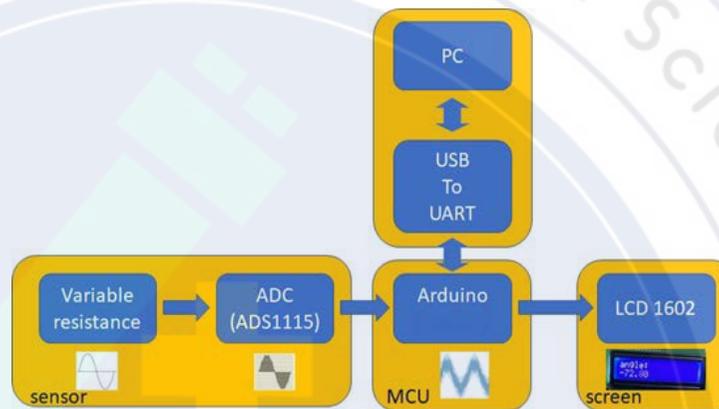


圖11. 分壓轉換成角度系統架構圖

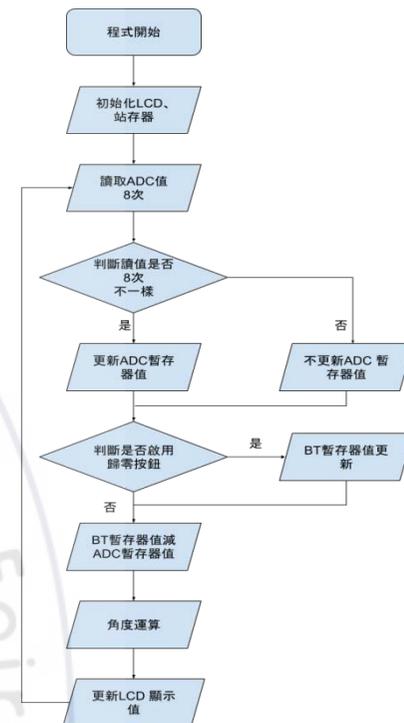


圖12. 程式流程圖

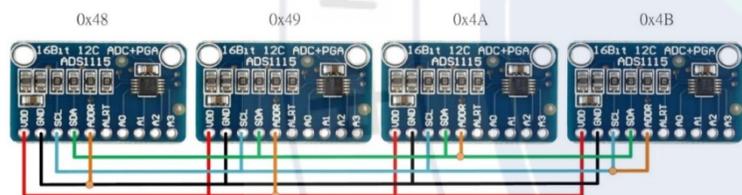
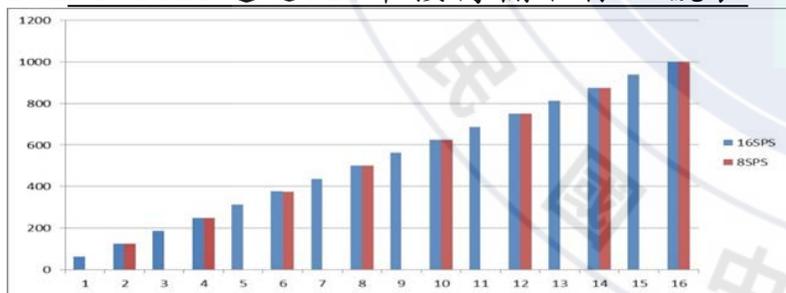


圖10. ADS1115之4個address設定圖

表1. ADS 1115透過I2C串接傳輸取樣訊號表



ADS1115總共最多有4個address可以設定同時使用，使用方法如圖E. 所示，可以同步針對4組訊號做擷取。

左手↔右手-Y軸夾持不離位

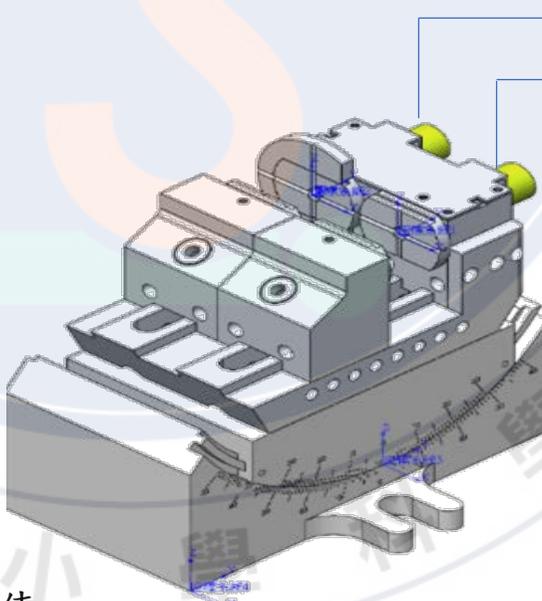


圖13. 媒合軸系設計

類比→數位-軸系角度校正

分壓原理模組設計實驗量測

表2. CNC車銑複合機光學環與Pot角度量測實驗表

參數名稱		參數 A 取樣時間 1s/16SPS=62.5ms			參數 B 取樣時間 1s/8SPS=125ms			
回應值(度)		機台 C 軸讀值	Pot 旋角讀值	平均	機台 C 軸讀值	Pot 旋角讀值	平均	
設定	量測 編次							
	90°	第 1 次	90°	90.82°	90.33 (0.33)	90°	89.08°	89.89 (-0.11)
	第 2 次	90°	89.37°	90°		90.52°		
第 3 次	90°	90.82°	90°	89.08°				
180°	第 1 次	180°	180.19°	179.23 (-0.77)	180°	176.73°	177.7 (-0.3)	
	第 2 次	180°	178.75°		180°	176.73°		
	第 3 次	180°	178.75°		180°	179.65°		
270°	第 1 次	270°	269.57°	270.05 (0.05)	270°	268.68°	268.2 (-1.8)	
	第 2 次	270°	271.01°		270°	268.68°		
	第 3 次	270°	269.57°		270°	267.24°		
360°	第 1 次	360°	360.38°	360.38° (0.38)	360°	354.89°	355.85 (-0.25)	
	第 2 次	360°	360.38°		360°	356.33°		
	第 3 次	360°	360.38°		360°	356.33°		
720°	第 1 次	720°	720.76°	720.76° (0.76)	720°	711.22°	711.69 (-0.31)	
	第 2 次	720°	720.76°		720°	709.78°		
	第 3 次	720°	720.76°		720°	714.09°		

參數B(取樣時間1s/8SPS=125ms)說明:

- (1)ADS1115操作手冊標示電壓值最高為4.096伏特，Arduino Uno板Vcc操作電壓為5伏特。
 $(4.096 \text{ 伏特} / 5 \text{ 伏特}) * 3600 \text{ 度} / 32768 (\text{ADS1115 最大解析度為2的15次方}) = 0.09$ 。此數值為撰寫程式時，擷取訊號後*0.09為實際角度。
 (2)取樣時間1s/8SPS=125ms 1s/16SPS=62.5ms

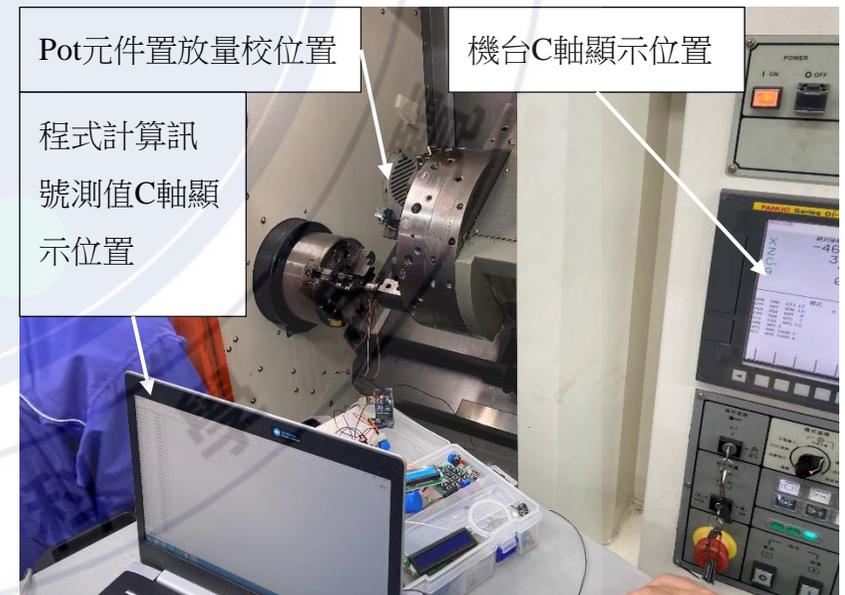
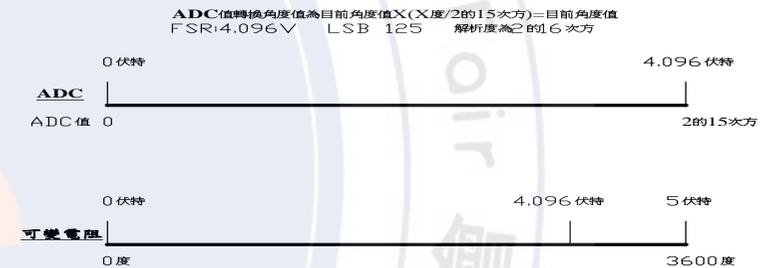


圖14. 台中精機V-A20 CNC車銑複合機

量測規劃



圖15. 研究製作模組實驗量測步驟圖

研究探討

軸系誤差補位，精準到位。

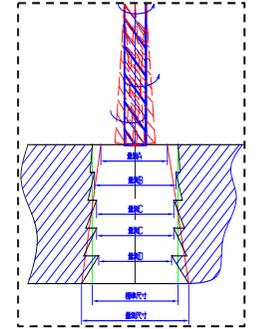
表3.實驗研究比較表

<u>實驗前</u> 傳統銑床虎鉗夾持操作	<u>實驗中</u> 改善設計應用	<u>實驗後</u> 結果
雙手控制工件與鉗口接觸定位、身體某部位輔助虎鉗螺桿夾位。	<ol style="list-style-type: none">1. 分割虎鉗使之動態調整夾持工件，獲取完全換角定位夾持，減小人為操作誤差。2. 電位分割方式可隨時依需求執行角度重置以調整誤差，節省一些量測具(角尺、量錶)校正時間。	規塊量測結果為標準值90-量測顯示值87.82=2.18度。 誤差原因： <ol style="list-style-type: none">1. 電位元件誤差2. 製作精度誤差 暫行方式:將87.82定義為90度調位作為目前補值處理
技術性控制操作相臨兩邊直角度，且先備條件皆須虎鉗床台之軸系完全對位條件下	媒合軸系對應關係 <ol style="list-style-type: none">1. 將所有垂直方向加工面重置為單一水平切削方向(X軸)，同理可證，任一與X軸需成一定角之定位方式亦適用。2. 量校值數位化顯示，消目測誤差。	可隨時調整虎鉗鉗口固定邊垂直於X軸向(同理設計Y或Z軸轉軸方式亦同)，讓工件加工尺寸得以精密掌控。

結論

銑床實習課時，我們控制直角度銑削時一直沒做好六面體基準銑削，分析因素來自下列幾點：

- 一、虎鉗軸系與銑床床台軸系校正未構成等效軸系
- 二、虎鉗本身精度因長時使用，變形因素會造成判值誤差影響所有量具校正依據。
- 三、未做好校正技能
- 四、現場校正量具精度問題

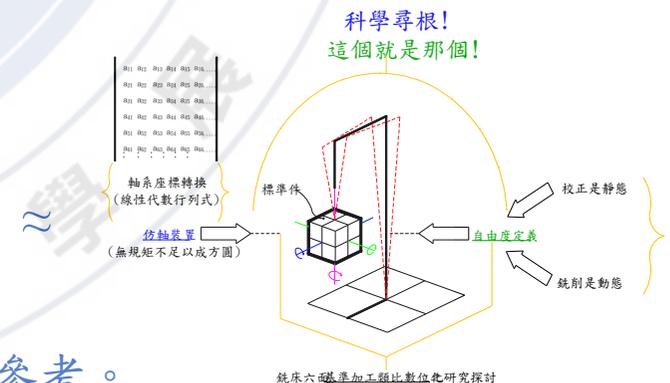
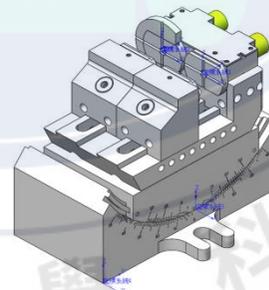


巧奪天工，當銑床基準加工依據邊界條件未能滿足精度控制需求時，本組運用專題製作課程學習到的系統性創新方法找出六面體基準銑削技術性操作面臨問題，結合機械、電機控制設計規劃實驗驗證，具體實務創作，(對於誤差部分進行等距調整以暫用目前調製加工)階段性達成下列成果：

1. 「媒合」軸系趨向一致性，縮小加工製作角度校正誤差。
2. 技術性操作技能數位化轉換，增廣角度控制單元，因具重置功能免去現場量具使用。
3. 此機能模式為提供操作簡單、精度高之任一角度轉換輔具。

專題研究基準加工輔具貢獻度

1. 提供數位化角度操作輔助加工
2. 可直接快速定位小數以下角度
3. 相較高成本之CNC機械及光學環尺，改良式媒合虎鉗成本值得參考。



參考資料

參考資料及其他

1. 中華民國專利資訊檢索系統 經濟部智慧財產局<http://twpat.tipo.gov.tw/>
2. 創意快閃TRIZ大思維，原著【俄】Genrich Altshuller編著(2006年5月)，建速個人工作室
3. 車床實習 I 陳順同 蔡俊毅 編著 (民91年6月)，，台北市，全華科技圖書股份有限公司，P98~P100、P156~P160
4. 車床實習 I 黃世峰 陳文峰 編著 (2000年8月)，，台北縣，台科大圖書股份有限公司，P52~P58
5. 黃漢農(中華民國);為一種可提供直線移動、同心迴轉及分度功能之夾持虎鉗裝置。中華民國專利號M480445
6. 陳勤仁、施忠良(2020.12)P95。銑床實習。台北縣：台科大圖書公司
7. 陳清檳(Ching-Pin Chen);張文宗(Wen-Tsung Chang);蕭育琳(Yu-Lin Hsiao);楊仁聖(Jen-Sheng Yang) 高職機械科產業導向專題製作能力項目與課程內涵之建構。中等教育; 64卷1期(2013 / 03 / 01), P85
102. <http://www.airitilibrary.com/Publication/allDetailedMesh?docid=10180230-201303-201304160002-201304160002-85-102>華藝線上圖書館