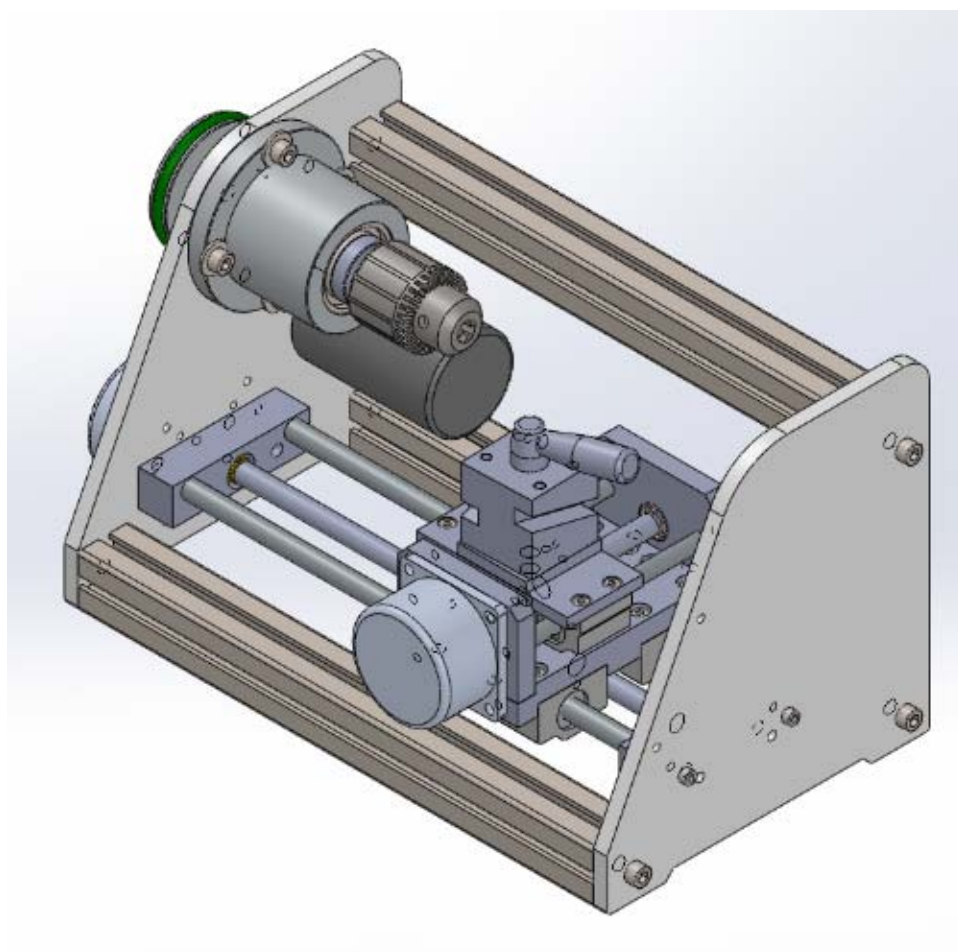


全國高職學生 105 年度專題製作競賽暨成果展報告書封面

群別：機械群

參賽作品名稱：人機介面應用於微型車床

關鍵詞：自動化、人機介面、車床



目 錄

壹、摘要.....	1
貳、研究動機.....	1
參、研究方法.....	2
一、流程圖.....	2
二、設備及材料.....	3
三、機構設計.....	4
四、控制系統.....	11
肆、研究結果.....	14
一、主軸傳動之測試.....	14
二、X、Z 軸滑軌傳動定位測試.....	14
三、原點復歸測試.....	15
四、歸零動作測試.....	16
五、刀座進給測試.....	16
六、手動切削測試.....	17
七、尺寸控制測試.....	18
伍、討論.....	18
陸、結論.....	19
柒、參考資料.....	20

全國高級中等學校專業群科 105 年專題暨創意製作競賽

「專題組」作品說明書

【人機介面應用於微型車床】

壹、摘要

為了將學校所學的專業技能應用於本專題上並且達到務實致用之目標，機械與電機跨群合作，以機械的機構配合電機的控制，做出「機電整合」的專題製作。

在設計零件時，考慮到目前高職學生普遍的加工能力，特別將原本傳統車床複雜的零件，以學生製作的出來為原則，改成較為簡易、好加工，使大部分零件都能由我們自行製作。而製作出的微型車床也可以讓教師用來上課教學用，作為教具或應用於高三專題製作，切削小型非金屬之軟材料(如塑料)，不用擔心夾持問題而無法加工。

本專題顛覆大部分數值控制的按鈕式面板，採用最近流行的觸控式「人機介面」，不只減少複雜的配線，還可以隨時依照自己的需求更改介面，在使用上更為便利。

其測試結果在主軸及刀座傳動皆能運轉順暢且旋轉方向正確，原點復歸能做單軸與雙軸之復歸，人機介面能做歸零與進給參數設定，而切削能力的部分車削深度以直徑 1~3mm 為較佳，在尺寸控制部分則只能達 0.5mm 之誤差。

貳、研究動機

走在學校的操場上，在遠方看到一個熟悉的背影，原來是我的國中同學，小聊了幾句知道原來他就讀的是電機科，閒談之中才知道他們有上「人機介面」的課程，因此突發奇想，如果能夠將人機介面應用在機構上，那一定非常有趣且實用，所以我們決定各找幾位具有不同專長的同學，發揮平常在學校所學的專業技能，一起做出有關機電整合的專題作品。

在一次的競賽當中，競賽題目為製做一台微型車床，在比賽的過程中，我們小組覺得有些地方可以做得更好，於是在賽後向老師提出意見，並針對可以改良的地方做修正，此為我們主要設計的方向，因此我們從網路及書籍找尋一些相關資料，欲設計出一台不一樣的「微型車床」，並搭配「人機介面」做使用，人機介面運用觸控式面板可以建立人與電腦之間的連繫，輸入及輸出指令，不像普通 CNC 車床的面板多使用按鍵式，配線複雜，又無法隨時更改控制面板之設定。

本專題微型車床主要以競賽題目之機構為基本架構，並針對各部位零件加以改良設計，控制之部分以人機介面的方式進行機構控制，並可做為教師上課之教具，其研究目的如下。

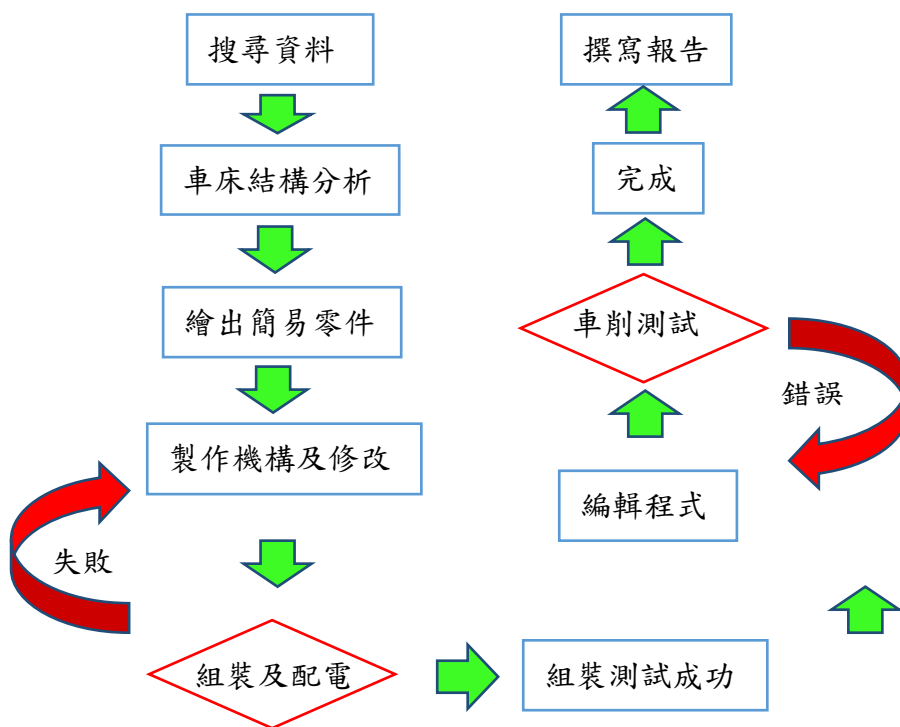
- (一) 設計改良微型車床並加工製作。
- (二) 利用人機介面控制刀座進給與位移。
- (三) 檢測人機介面控制微型車床切削能力之。

參、研究方法

本專題之研究方法分別以流程圖、設備及材料、機構設計和控制系統四個部分加以分段說明分段說明。

一、 流程圖

我們透過書籍、網路查詢相關資料，並觀察實體車床的構造，發現競賽之刀塔機構與實體車床有些落差，而在傳動機構之部位，其順暢性仍需改善，所以我們利用 Solid Works 2010 繪製出 3D 立體零件並進行模擬組裝，如有干涉，馬上進行修改，確認無誤後再使用 Auto Cad2012 畫出 2D 零件圖及標明公差，運用各式加工機做出機構零件，並進行零件組裝及配電，運轉測試成功則進入人機介面之程式編輯，並加以車削試驗，修改程式到成功運轉，便開始撰寫報告，其詳細之研究流程圖如圖(1)。



圖(1) 人機介面應用於微型車床之研究流程圖

二、 設備及材料

本專題所使用之設備及材料，主要以加工設備、零件材料、切削刀具、電控設備、專業軟體五個部分進行說明，其詳細內容如下，如表(1)所示。

- (一) 加工設備：銑床、車床、鑽床、磨床、砂輪機、帶鋸機，如圖(2)。
- (二) 零件材料：鐵塊、銅塊、鋁塊(棒)、鐵桿、螺桿、大量螺絲(帽)。
- (三) 切削刀具：鑽頭、銑刀、鋸條、螺絲攻、車刀、砂輪、刮花刀等...
- (四) 電控設備：步進馬達控制器、直流馬達控制器、可程式控制器。
- (五) 專業軟體：Auto Cad、Microcoft Word、Solid Works、Mastercam、Somachine。

表(1) 設備及材料需求表

項目	名稱	單位	數量	備註
加工設備	CNC 銑床	台	1	圖(2)A
	磨床	台	1	圖(2)B
	機力車床	台	2	圖(2)C
	銑床	台	1	圖(2)D
	鑽床	台	1	圖(2)E
	砂輪機	台	2	圖(2)F
	帶鋸機	台	1	
零件材料	鐵塊	塊	若干	依照需求選用不同尺寸
	鋁塊(棒)	塊	若干	依照需求選用不同尺寸
	銅塊	塊	2	依照需求選用不同尺寸
	鐵桿	條	1	依照需求選用不同尺寸
	螺桿	條	1	M10x1.5 長 1m
	螺絲(帽)	個	大量	M3.M4.M5.M6
切削刀具	鑽頭	支	若干	依照需求選用不同尺寸
	銑刀	把	若干	依照需求選用不同尺寸
	鋸條	條	1	14T 鋸條
	螺絲攻	支	4	M3.M4.M5.M6
	車刀	把	若干	內外徑、圓角、倒角
	砂輪	片	2	氧化鋁、碳化矽
	刮花刀	支	1	
電控設備	步進馬達控制器	套	2	
	直流馬達控制器	套	1	
	可程式控制器	套	1	

專業軟體	Auto Cad 2012	套	1	2D 工作圖
	Microcoft Word 2013	套	1	書面報告
	Solid Works 2010	套	1	3D 立體圖
	Mastercam	套	1	CNC 模擬驗證
	Somachine	套	1	編輯程式、規劃人機



(A)CNC 銑床



(B)磨床



(C)機力車床



(D)傳統銑床



(E)鑽床



(F)砂輪機

圖(2) 機器外觀

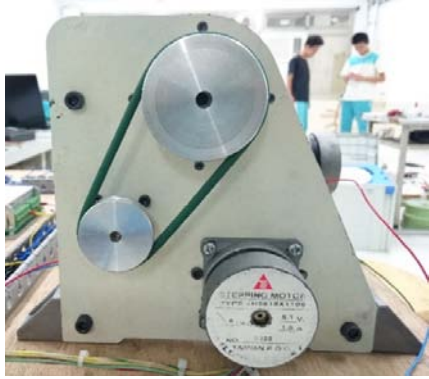
三、機構設計

為了改善競賽之刀塔機構與實體車床的落差，及傳動機構之順暢性。本專題依機構之部位分為：機架、主軸、刀座、滑軌系統等四個主要區塊，其詳細說明如下。

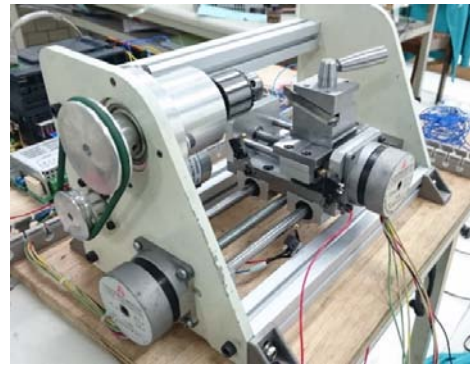
(一)機架設計

機架為固定機件，其目的為固定位置支持或限制活動機件運動範圍之機件(葉倫祝，2015)。本專題之機架是以兩片側立板及鋁擠型做為支撐，側立板的材質為黑鐵，其孔位是以雷射切割製成，用來裝配馬達及

固定機構，如圖(3)；鋁擠型之長度決定車床Z軸長度，增加穩固性，還能裝置極限開關及固定座，如圖(4)。因為側立板外型較薄，用傳統工具機切削加工不易夾持，因此利用雷射切割的方式來進行加工製作，所以我們直接訂製現成的來使用。



圖(3) 側立板



圖(4) 鋁擠型、極限開關、固定座

(二)主軸設計

主軸的功能是為了讓工件旋轉，讓車刀可以藉由工件的轉動來去除材料；為了可以順利轉動我們將主軸設計分為夾頭、主軸、主軸軸承箱及皮帶輪四個區塊去做分類說明。

1、夾頭

車床加工中，能將工件牢固夾持，使刀具穩定地對工件加工的夾具，有以下常用的六種：三爪連動夾頭、四爪獨立夾頭、雞心夾頭、面板、動力夾頭及套筒夾頭等，(張弘智、陳順同，2014)。

一般在車床上使用最頻繁的是三爪及四爪夾頭，如圖(5)。可是夾頭體積過於龐大，對於夾持小工件不太方便，且在金錢考量下，沒辦法特別訂製，所以我們採用「鑽夾」來當作夾頭，如圖(6)。夾持力雖然不比三爪、四爪那麼好，但夾持較小工件卻是綽綽有餘。



圖(5) 三爪夾頭



圖(6) 鑽夾

一般鑽夾上方具加諾錐度的錐形孔(張弘智、陳順同，2014)，加諾錐度簡寫為 J.T，錐度值固定為 1/20，是一種理想的錐度，所以被 C.N.S 及 I.S.O 採用，尺寸大小仍以號數表示，由號數可推算大、小徑 及長度：

$$\begin{aligned} \text{大徑} &= \text{號數} / 8 \\ \text{小徑} &= \text{號數} / 10 \\ \text{長度} &= \text{號數} / 2 \end{aligned}$$

加諾錐度為自鎖性錐度，雖然有其便利，但因發展較晚，尚少為機械製業採用。加諾錐度的錐度值與尺寸，如表(2)所示(陳俊焜、尤克勤，2001)。本專題之夾頭是採用 J.T5。

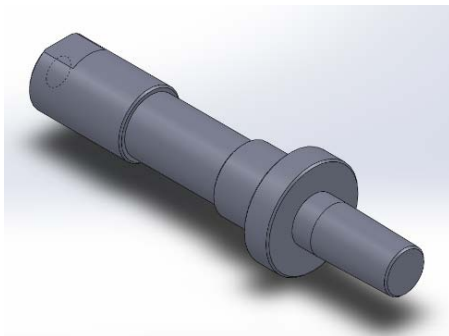
表(2)加諾錐度(尺寸單位：英吋)

錐度名稱	號數	1	2	3	4	5	6	7
加諾錐度	大徑	0.125	0.25	0.375	0.5	0.625	0.75	0.875
	錐率	1/20	1/20	1/20	1/20	1/20	1/20	1/20
	小徑	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70
	長度	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5

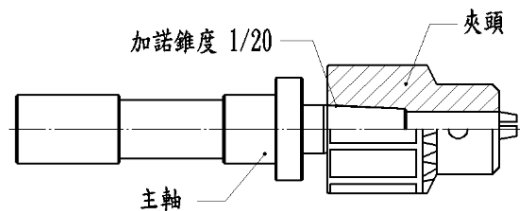
2、主軸

主軸是夾頭與皮帶輪間不可或缺的傳動原件，是為了馬達傳送動力時透過皮帶輪使主軸轉動，進而帶動夾頭旋轉，達到工件切削之目的；為了使皮帶輪與主軸可以鎖更緊，我們在主軸後端銑出平面，讓止付接觸更多的面，如圖(7)。

因為鑽夾是採用加諾錐度，為了與夾頭可以緊密配合，我們在主軸前端也採用加諾錐度做為錐度設計，使主軸及夾頭間具有自鎖之功能，防止主軸在旋轉過程中，夾頭會飛出來而發生危險，如圖(8)。



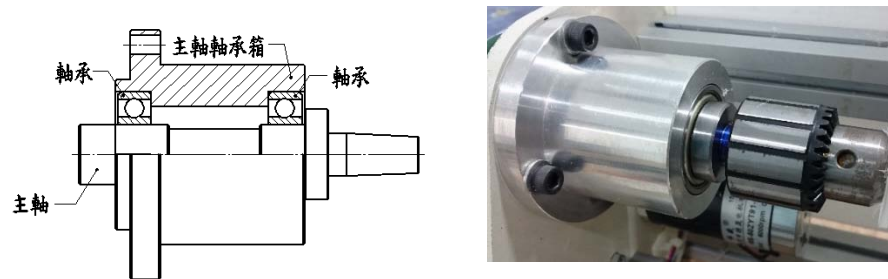
圖(7) 主軸



圖(8) 加諾錐度配合示意圖

3、主軸軸承箱

主軸軸承箱照字面上來看是裝有主軸及軸承的地方，它是用來固定軸承及使主軸穩固的一個機件。在設計方面，我們為了使主軸在運轉時有良好的順暢度，把軸承設置在軸承箱的左右兩側，並利用軸承的內孔來使主軸保持平行，但是放置軸承的部位必定要精密配合，如圖(9)。因此，以3條的公差來做配合，以免組裝時產生晃動及不平行的狀況發生。



圖(9) 主軸軸承箱示意圖

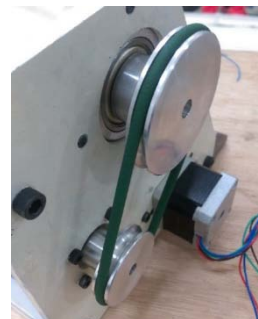
4、主軸皮帶輪

皮帶傳動如果速比需要很精確，那就必須使用「確動皮帶」，如圖(10)。但是確動皮帶需與相同齒型之帶輪配合傳動，以目前學校機具設備無法自行加工製作確動皮帶輪，則需另行購買，本專題希望大部分零件皆為自行加工，所以我們採用圓形皮帶作為傳動，如圖(11)。雖然無法達到精準速比，對於製作方面卻容易許多。

圓形皮帶斷面成圓形，多為人工纖維、人工橡膠或兩者混和製成，適用於輕負荷之傳動，如腳踏縫紉機、滑軌車等之傳動裝置(葉輪，2013)。



圖(10) 確動皮帶



圖(11) 圓形皮帶輪

(一) 刀座設計

刀座為車床放置車刀的地方，為了在使用上更為方便，分成上刀座及下定位墊片，詳細說明如下。

1、上刀座

起初競賽題目設計採用螺栓固定刀座方式鎖固，如圖(12)，但是在使用時發現效果不盡理想且不美觀，因此我們參考傳統車床的刀座，如圖(13)，設計出可直接用手就可以輕鬆轉開的把手，因而改善了轉動刀塔時要使用額外工具的缺點；至於置刀槽部分，為了配合刀塔把手的運用，我們從一個置刀槽改成兩個，一方面是為了使刀座兩邊重量平衡，另一方面是在有狀況發生時以最快速度排除問題，如圖(14)。



圖(12) 螺栓固定刀座



圖(13) 傳統車床刀座



圖(14) 改良後刀座

2、下定位墊片

原先在我們的設計裡是沒有這個零件的，但經過測試後，我們發現刀座在旋轉換刀時，刀座與車床之垂直度不好校正，因此我們設計出一個墊塊，在以螺絲固定後，不但符合刀座大小、刀座旋轉時不會卡到馬達側板，也能輕易使刀座垂直於車床，如圖(15)。



圖(15) 刀座墊塊之使用實況

(二) 滑軌系統

滑軌系統為本車床刀具溜座的傳動機構，以磨光銷做為支撐與引導，並利用導螺桿配合馬達來帶動刀座 X 軸與 Z 軸之傳動，因此本滑軌系統依軸承、導螺桿、導螺桿傳動塊，詳細說明如下。

1、軸承

機構傳動中，用來支持、引導並限制傳動軸在一定的位位置運動的機件，稱為「軸承」，(葉倫祝，2013)。其中滾動軸承啟動時阻力較小、潤滑容易、磨損小，適合精密配合，可長時間高速運轉，其各類產品多以標準化、互換性高、維修容易，但不能承受太大附載，且運轉時噪音大。

為了使螺桿傳動更為順暢，我們利用 CNC 銑床銑出符合軸承公差的槽，在 X 軸與 Z 軸的後端加裝軸承，通常軸承都是使用於兩側，但我們製作的零件不比外面精密，所以只有單邊使用軸承，如圖(16)所示，前端部份改成撓性聯結器，下面我們會再做介紹，設計的目的是讓零件能有些許偏差，不導致螺桿傳動時因阻力過大造成無法順利轉動。



圖(16) X 軸與 Z 軸軸承側

2、導螺桿

一般傳統車床使用的是梯形螺紋，如圖(17)，梯形螺紋在加工製造上並不容易，且微型車床所需之導螺桿尺寸設計並不大，所以我們改用 M10x1.5 的牙桿做為微型車床之導螺桿，如圖(18)。

螺桿在車床中扮演著重要的角色，負責帶動刀座，需配合馬達方能帶動螺桿，使刀座可以前後左右移動；螺桿一定要與磨光銷平行，否則在傳動時會因此卡住，造成馬達燒壞等其他問題。



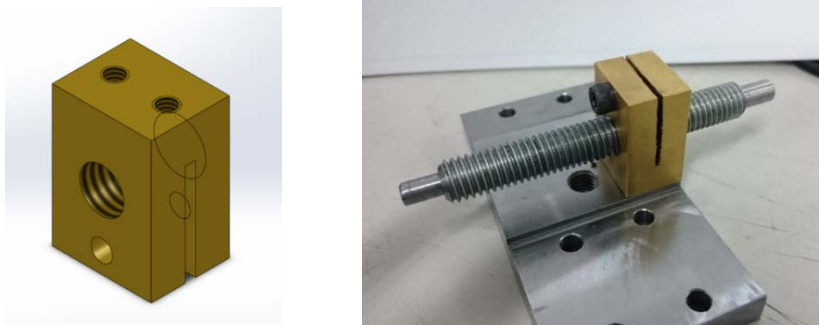
圖(17) 梯形螺桿



圖(18) 傳動螺桿

3、導螺桿傳動塊

此零件負責連接導螺桿及底板，為傳動之重要零件，而選用銅塊的原因為銅比鐵更具有韌性，卻又不像鋁一樣容易變形，製作時首先攻製 M4 和 M10 螺紋孔，M4 螺紋孔主要做為刀座之連結，而 M10 螺紋孔是為了配合導螺桿傳動。傳動塊之中間槽縫，其目的為使傳動塊具有彈簧般的彈性，再將 M4 螺紋鑽掉一邊，把螺絲從通孔往螺紋孔鎖緊，使其夾緊螺桿，以達消除傳動間隙之目的，如圖(19)所示。

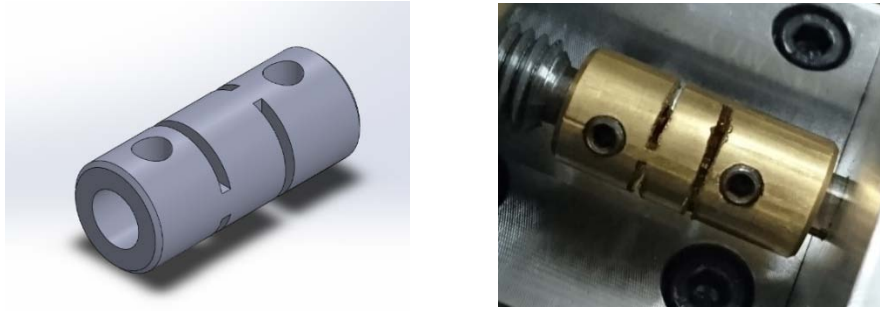


圖(19) 導螺桿傳動塊 3D 立體圖及實際使用狀況

4、撓性連結器

撓性連結器主要做為導螺桿與馬達傳動之連結，在組裝過程中為避免零件加工而造成組立之誤差，致使無法傳動。因此，連結器必須具備適當之撓曲性允許兩軸間有小量之角度偏差、中心線偏差，甚至能吸收震動(葉輪，2013)。

原先在競賽題目設計上只有讓馬達與螺桿用銅套做連結，使其傳動，缺點是會造成螺桿旋轉不順利，而且只要稍有偏差，及無法傳動；為了改善此問題，我們重新設計零件，把原本的銅套連結器分段，每 90 度雙邊鋸開三分之一，使它有如撓性連結器的功能，克服小量中心線之偏差，甚至能吸收震動，如圖(20)。



圖(20) 銅套連結器立意圖、實際零件圖

四、控制系統

為了使機構能夠運轉，即必須藉由馬達轉動來帶動螺桿和夾頭。在控制方面我們採用「人機介面」增加操控之可變更性(梁賢達、黃慧容，2015)，以下為馬達選用及人機介面之詳細說明。

(一)馬達選用

是一種將電能轉化成機械能，並再使用機械能產生的動能，用來驅動其他裝置的電氣設備，稱為「馬達」。大部分的電動馬達通過磁場和繞組電流，在電機內產生能量，使電器產品可以運轉，本專題採用直流及步進馬達之原因於以下進行說明。

1、直流馬達

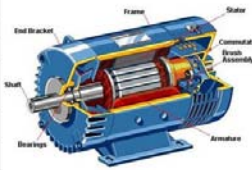
直流馬達 (DC Motor) 的好處為在控速方面比較簡單，只須控制電壓大小即可控制轉速，但此類馬達不宜在高溫、易燃等環境下操作，而且由於馬達中需要以碳刷作為電流變換器 (Commutator) 的部件 (有刷馬達)，所以需要定期清理炭刷磨擦所產生的污物。無碳刷之馬達稱為無刷馬達，相對於有刷，無刷馬達因為少了碳刷與軸的摩擦因此較省電也比較安靜。製作難度較高、價格也較高，如圖(21)。

主軸採用直流馬達是因為直流馬達成本較低，且構造簡單，其配線只有兩條(正極、負極)，容易安裝於機器上，因此可當車床主軸馬達用。



直流馬達構件

英文	中文
Shaft	軸心
Bearing	軸承
Stator	定子(磁鐵)
Armature	轉子(電機)
Brush	碳刷
Commutator	整流子
Brush Assembly	碳刷架
Frame	外殼
End Bracket	端部軸承架

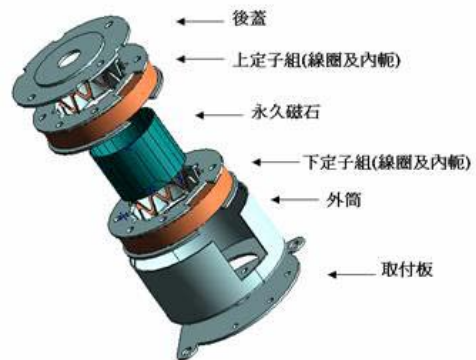


圖(21) 直流馬達及其構造

2、步進馬達

步進馬達只需要通過脈波信號的操作，即可簡單實現高精度的定位，並使工作物在目標位置高精度地停止。步進馬達是以基本步進角的角度為單位來進行定位。以2相步進馬達為例，其基本步進角為1.8，因此可以將馬達轉1圈分為200等分(=360度 / 1.8)，以此方式來細分每次行進量做為定位基準，如圖(22)。

刀座移動軸採用步進馬達原因是因為步進馬達製作的精密度極高，讓步進馬達有高精準定位的功能，在無負載的情況下，停止時的誤差精度為±3分(0.05°)。



圖(22) 步進馬達及其構造

(二)人機介面

人機介面幫助使用者更簡單、更正確、更迅速的操作機械，也能使機械發揮最大的效能，以下分為控制面板和控制器做說明。

1、控制面板

人機介面大量運用在工業與商業上，簡單的區分為「輸入」與「輸出」兩種，輸入指的是由人來進行機械或裝置的操作，如把手、開關、門、指令(命令)的下達或保養維護等，而輸出指的是由機械或裝置發出來的通知，如故障、警告、操作說明提示等。

本專題使用的人機廠牌為施耐德 HMIGTO5310。人機介面可以取代現在的開關按鈕，省掉許多配線，如圖(23)，又能監控流程，更可以隨時依照需求更改介面，比起傳統，人機就像跨時代的進步，因此我們選用人機介面來操控微型車床，如圖(24)。



圖(23) CNC 銑床按鍵式面板



圖(24) 人機介面面板

2、控制器

可程式控制器，簡稱 PLC，是一種具有微處理器的數位電子設備，用於自動化控制的數位邏輯控制器，可以將控制指令隨時載入記憶體內儲存與執行。PLC 可接收「輸入」及發送「輸出」多種型態的電氣或電子訊號，並使用他們來控制或監督幾乎所有種類的機械與電氣系統，(維基百科，2016)。

本專題採用施奈德公司 PLC，其型號為 M241，如圖(25)，主要配合人機介面，接收人機介面操控指令，以控制微型車床的馬達及回授車床的各類信號，傳送給人機介面顯示。



圖(25) 施奈德 PLC

肆、研究結果

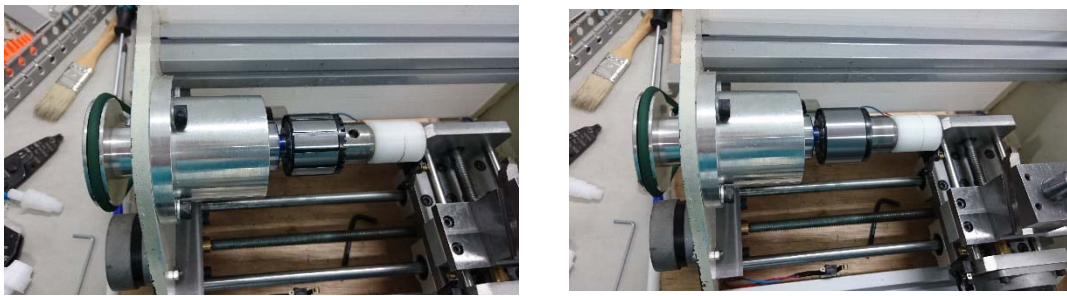
在機構及配電完成後，我們輸入程式，以面板操控進行傳動、定位、切削，測試之工件為塑膠材質，測試方法和結果說明如下。

一、主軸傳動測試

我們在沒有切削負載的情況下對主軸做兩項測試，分別是主軸傳動順暢及主軸旋轉方向正確為題，做以下說明。

(一) 主軸傳動順暢

透過人機介面之啟動按鈕控制 PLC 讓主軸馬達的運轉，帶動主動皮帶輪，傳送至主軸，促使夾頭旋轉，運轉情形順暢，確定主軸可以轉動，如圖(26)。



圖(26) 夾頭旋轉前及旋轉後

(二) 主軸旋轉方向正確

一般在做外徑車削時，主軸正轉是指面對夾爪方向，主軸進行逆時針旋轉，經過測試後，程式控制使轉向為正轉，符合外徑車削加工旋轉方向。

二、X、Z 軸滑軌傳動定位測試

我們藉由面板輸入測試數值，再利用 X 軸與 Z 軸正負向進行測試是否能移動、傳動是否順暢、進給率是否符合預期、座標是否正確，以下為測試結果。

(一) 刀座位移方向正確

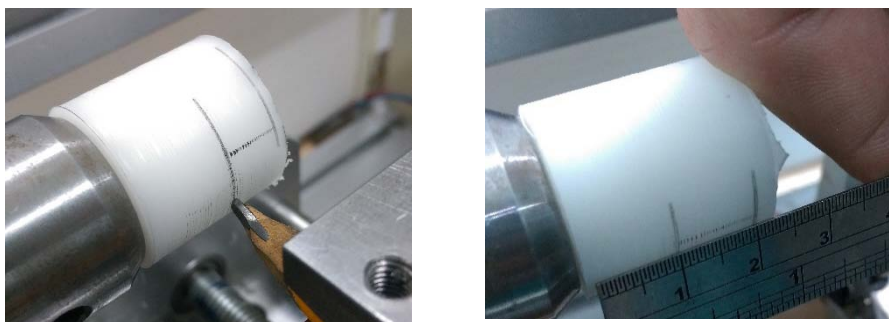
從控制面板輸入 X 軸與 Z 軸進給率後，分別測試 X 軸正負向和 Z 軸正負向，各個進給率皆可移動，符合我們預期。

(二) 滑軌傳動順暢

利用控制面板輸入進給率後，觀察螺桿在旋轉時是否順暢，經過測試後，各個進給率的傳動都非常順暢。

(三) 刀座移動時座標顯示正確

我們將鉛筆放入置刀槽，測試 Z 軸長度時將鉛筆對到工件表面，如圖(27)。測試 X 軸時將鉛筆對到側立板，如圖(28)。座標歸零後，移動 10mm 後，以鋼尺測量線段距離皆能與人機介面座標顯示之數值相符。



圖(27) Z 軸長度測試



圖(28) X 軸長度測試

三、原點復歸測試

一般CNC都具備原點復歸的功能，使刀座遠離工件更方便執行下一個動作，我們在極限位置裝置極限開關，當刀座碰到極限開關，移動變會停止。為了使刀座回原點更方便使用，我們分成雙軸同動及單軸位移描述。

(一) 雙軸同動

測試時，我們先將兩軸移開原點，從控制面板按下 home 鍵，如圖(29)，刀座便會同時移向原點，經過多是試驗 X 軸與 Z 軸到原點的位置都相同，此達我們預期之結果。

(二) 單軸位移

原先在程式設計上，我們只有設計雙軸同動的原點復歸，但是在使用上不太方便，所以我們用人機介面新增了單軸的復歸鈕，如圖(30)。單軸移動分為僅 X 軸或 Z 軸的原點復歸，測試時先將刀座移至其他位置，再分別按復歸鍵，測試結果，可以分別以單軸復歸，達成我們預期。



圖(29) 控制面板雙軸同動



圖(30) 控制面板單軸位移

四、歸零動作測試

我們在設定刀具位置時，會使用歸零動作使刀具的原點固定在同一位置上。首先我們將刀座移開原點，點擊觸控面板之 X 軸與 Z 軸之歸零鍵，接著依序 X、Z 正負向移動，觀察座標位置是否如刀座實際位移相同，經過多次測試後，我們確定兩軸都有歸零功能，符合我們預期。

五、刀座進給測試

由於控制器之因素，進給率採用 Hz 單位，分別以 100、200、500、1000、1500Hz 進行測試，並計算出進給速度之對應表。其作法，先在螺桿上用奇異筆做定位劃計，開始傳動時以計時器計時螺桿轉一圈所需要的時間，由於 500Hz 以上進給率過快，我們改用錄影方式，再將影片放慢以利觀察結果。其進給速度之計算為將三次的測試時間作平均，再將螺桿之導程(1.5mm)除以每轉平均時間，其進給率及進給速度對應參照表如表(3)。

表(3) 進給率及平均速度對應參照表

進給率 (Hz)	第一次 (sec/rev)	第二次 (sec/rev)	第三次 (sec/rev)	平均時間 (sec/rev)	進給速度 (mm/sec)
100	4.4	4.4	4.3	4.36	0.34
200	2.5	2.4	2.4	2.46	0.61
500	0.7	0.8	0.8	0.76	1.97
1000	0.3	0.4	0.4	0.36	4.16
1500	0.2	0.3	0.2	0.23	6.54

六、手動切削測試

我們進行切削測試，測試項目有能否車削、是否打滑、切深極限、能否控制尺寸精度，分別於以下進行詳述。

(一) 可以進行車削

我們將進給參數設定為 2，開始進行車削測試，結果在小切深的情況下可以車削，符合我們預期，如圖(31)。



圖(31) 實際車削狀況

(二) 大切深時皮帶輪會打滑

經過測試，我們發現切深越大，皮帶打滑越嚴重，此問題將在「討論」進行說明。

(三) 可車削深度的極限

為了確定本專題之安全性，我們進行車削深度極限的測試。詳細測試結果如表(4)。

表(4)切削深度極限 (單位:mm)

切深(直徑)	切削順暢度	切削(直徑)	切削順暢度
1	佳	5	尚可
2	佳	6	差
3	佳	7	X
4	尚可	8	X

由此表格得知，本專題之切削深度 1 至 3mm 時切削順暢，4 至 5mm 時略有阻力，6mm 不建議切削，且容易震刀，7mm 以上無法切削。

七、尺寸控制測試

各加工機在控制尺寸部分是不可或缺的，車床也不例外，傳統車床是使用手輪做控制，而我們使用人機介面作為尺寸的主要控制方式，程式設定位移精度為1mm，我們針對本專題去做長度及直徑的測試。

(一)長度控制

車削長度與Z軸傳動位移與有關，由上述可知在做測量時位移量是準確的，但在切削工件時會不會因阻力而導致尺寸不精確，我們以5、10及15mm做測試，如表(5)。

表(5) 長度控制測試(單位:mm)

目標	第一次	第二次	第三次
5	5	5	5
10	10.5	10	9.5
15	16	15.5	15

在測試結果看來，在進5mm時，並不會產生誤差；車削10mm左右，有0到50條的誤差；到了15mm時，有大約1mm之誤差，由此可知，在車削工件時，長度進越多，偏差值越高。

(二)直徑控制

車削直徑與X軸傳動位移與有關，在螺桿轉動時會因為按面板的時間而產生精度有誤差的現象發生。測試時先將工件夾至鑽夾，移動刀座至碰到工件，先車一刀後以游標卡尺量測尺寸為10.91mm，以面板控制X軸前進1mm時(直徑減少2mm)，預計車削尺寸為8.91mm，測量後，其值為8.57mm，測試之誤差達0.34mm，在正負1mm之內，此結果符合我們預期。

伍、討論

本專題在機構製作與控制的過程中發現一些問題，我們整理出幾個部分，在以下進行討論。

(一)圓形皮帶輪會打滑

本專題使用之圓形皮帶，在低負載時傳動還算順暢，但是切深越大造成阻力越大，就容易形成打滑，使轉速比不精確，改善的方式最好使用確動皮帶進行傳動，但是在預算的考量上，本專題還是使用圓形皮帶配合自行車製的皮帶輪傳動。

(二) 刀座位移不穩定

本專題在測試時，發現 X 軸與 Z 軸每次測試時的位移量皆不同，因此在車削方面，尺寸控制較不穩定，經過多次確認後，我們發現是程式無法準確計算出數值，會因為累積誤差，導致刀座位移不穩定，甚至越來越嚴重，經過多次細微修改，情況稍微好轉，但移動數次後，位移量還是會產生誤差，此為我們改進之方向。

(三) 工件尺寸控制不易

由於人機介面位移量的最小精度為 1mm，再加上觸控面板按壓時間長短不同，導致位移距離誤差大，因此無法精確控制進刀量。以及車削阻力過大，也會成為無法控制尺寸的因素。在 PLC 的部分，用高速計速器計算 PLC 輸出頻率的赫茲，用 PLC 讀出來的數據經過程式編輯與計算，才會得到尺寸，但是計算不易，因為程式要從高速輸出到高速計數器，再經 PLC 傳送到人機需要很多時間，時間會造成誤差，所以在工件尺寸上控制不太容易。

(四) 通訊協定調整 IP 方式較易設定

本專題在進行配電控制時，人機介面與 PLC 之連接是使用網路，因為網路的速度最快，但是在測試時會有 IP 無法對應之問題，所以必須要調整 IP 或是自訂 IP，我們選擇使用調整 IP，這樣只需要修改部分 IP 位置即可，如果使用自訂 IP 就必須是(192.168.XXX.X.XX)或(10.10.XX.XXX.XX)非常麻煩。

(五) 電源供應器供應不足

本專題製作時，電源供應器因為供電不足，原因可能是 3 顆馬達同時運轉負載過大，再加上電源供應器本身的瓦特數不夠，導致主馬達跟 X、Z 軸馬達同時運轉時，轉速會降低。現在使用的電源供應器是 150w 的，需要提升到 200w 或是 250w，才可解決降速的問題。

陸、結論

這次的專題我們跨群合作，以機械所學的機械製圖、機械加工，配合電機所學的可程式控制、工業配線，發揮每個人的專長，合力做出「人機介面應用於微型車床」之專題。在跨群合作中最困難的部分莫過於討論。首先，必須配合每個人的時間，如果平日沒辦法集合討論，就必須利用假日時間，機械的同學必須把車床的知識告訴電機的同學，電機再將其理論編輯為程式，輸入控制器裡，利用觸控面板來控制機構。

為了將本專題做得更完善，修改零件時我們花了非常多的時間，每個馬達固定的孔位置都不一樣，在我們確定使用此馬達後，開始思考每個孔位要放在何處，以及如何固定，所有零件都修改完畢後，我們開始製做零件，大部分的零件是使用數控銑床製作，其精度較為準確，將零件組裝起來後，最後才進行配線及控制。

本專題經過測試後，在主軸及刀座傳動皆能運轉順暢且旋轉方向正確，原點復歸能做單軸與雙軸之復歸，人機介面能做歸零與進給參數設定，而切削能力的部分車削深度以直徑 1~3mm 為較佳，在尺寸控制部分則只能達 0.5mm 之誤差，其精度控制不佳，以及控制時常常受到其他干擾，導致通訊中斷。在未來希望能有機會可以再把此微型車床出現的問題改善，將精密度達到 0.1mm，甚至是更低，或者能夠再做出有關機電整合的其他機械，例如三軸的銑床，這些都是我們的目標。

我們也希望本專題能夠應用在老師的教學上，讓剛接觸機械的學生能夠親自操作，讓學生更輕鬆認識車床的每個部位，還有其傳動原理，經過測試後，確定本專題可以進行塑膠材質之工件加工，能使三年級在做專題的同學，車削塑膠材質時更為方便。

柒、參考資料

- 一、張弘智、陳順同(2014)。機械基礎實習。新北市：全華圖書。
- 二、葉輪(2013)。機件原理總複習。新北市：科友圖書。
- 三、葉倫祝(2013)。機件原理。新北市：全華圖書。
- 四、陳俊焜、尤克勤(2001)。車床能力本位訓練教材錐度基本認識。行政院勞工委員會職業訓練局。
- 五、蔡武城(2013)。結構化 PLC 程式設計。台北市：宏友圖書。
- 六、梁賢達、黃慧容、陳德貴、張雅鈞(2015)。電工機械 II。新北市：台科大。
- 七、鄧富源(2015)。創異思考·思考創意。新北市：全華圖書。
- 八、維基百科。人機介面。2016 年 3 月 12 日，取自
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E4%BA%BA%E6%9C%BA%E4%BA%A4%E4%BA%92>
- 九、維基百科。可程式控制器。2016 年 3 月 12 日，取自
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%8F%AF%E7%BC%96%E7%A8%8B%E9%80%BB%E8%BE%91%E6%8E%A7%E5%88%B6%E5%99%A8>