

# 中華民國第 54 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

高職組 機械科

第三名

090909

微型沖床的製作研究

學校名稱：臺北市立木柵高級工業職業學校

作者：  職二 張哲維  職二 李丞浩	指導老師：  楊弘意
---------------------------------	------------------

關鍵詞：微型機械、沖床、偏心凸輪機構

## 摘要

這篇研究，主要是在探討製作一部微型衝床的方法。我們利用學校實習工廠現有的機器，自行設計、自行配線、自行製作一部微型衝床，它的外型尺寸僅約15×19×29 cm，比市售桌上型衝床縮小了20倍，相當於一張A4紙的大小。另外，這篇論文也有針對衝床的類型、用途、安全防護裝置進行討論，並應用在微型衝床的設計上，內容包括微型化設計、曲軸設計、齒隙調整設計等等。這個作品，從構想到成品，我們皆在學校實習工廠完成，沒有委外代工，「動手做、做中學」，也是這個題目的特色之一。

## 壹、研究動機

我們兩人是機械科二年級的儲備選手，平常訓練的內容，不外乎就是車床、銑床、磨床等技術訓練。升上二年級後，得知有科展可以參加，便向指導教練提出，想參加比賽的想法，剛開始，老師給了我們一篇過去他指導過的小論文做參考，題目是微型機器的設計與應用。看完之後，便激起我們製作小型機器的念頭，我們覺得，如果我們可以利用平常訓練所用過的機器，來製作一部比它更小的機器，而且是真正可以操作的，應該也算是真正的學以致用了。挑了挑，聯想到高一機械製造課程中，沖壓工作的單元，我們認為沖床機器的機構簡單、機械動作單純，是我們在學校學到的技術範圍內，比較適合製作的機器，因而萌生製作微型沖床的想法。

微型沖床的製作研究，內容跟學校的課程，有很多單元是相關的。在機械製造 I的第九章工作機械課程中，有沖床的介紹跟應用。在沖床的運動與力學分析方面，範圍則與機械力學 I第五章的運動學，第七章的動力學相關。馬達的功率計算與傳動，在力學第八章功與能有教過。齒輪機構的介紹，則與機件原理 II第十章齒輪單元有相關。

## 貳、研究目的

- 一、 探討微型沖床實用性：微型沖床可以使用的範圍，及其運動的的力學分析
- 二、 探討製作微型沖床方面的困難：機器材料選擇、製作工法等
- 三、 探討微型沖床所需的規格尺寸：以市面上的微型沖床為例縮小外型製作
- 四、 探討沖床安全防護機制

## 參、研究設備及器材

在器材設備方面，主要分成機器設備與電子零件兩大類。這個題目使用到的加工設備，學校實習工廠都有，包括立式銑床、車床、鑽床與磨床等，電子零件則以控制馬達動作所需零件為主，機器與電子零件的分項介紹如下。

### 一、銑床(瑩順銑床 YSM-16SS)

銑床是機械製造領域的重要工具機，它能做平面、階級、角度、溝槽、甚至齒輪、螺旋等多項加工，它的工作範圍很廣，工作效率又高，是機械行業與職業學校不可缺少的加工設備。銑床依構造、用途等不同，可分成柱膝式銑床、固定床台式銑床、龍門式銑床與數值控制中心切削機等類型[1]。而本論文所使用的機型是砲塔式銑床，其主軸頭上方有電動機與皮帶塔輪做為主軸動力及變速機構，在操作上方便、靈活，適合於較輕型切削之加工，也是各職業學校機械科必備的機器之一，圖 1 即為本次使用的銑床機器，應用在微型沖床的板型構件製作上。表 1 為此銑床的規格表。



圖1 立式銑床

表1 銑床規格

電壓	220V
轉速	有段變速60-2750 rpm.
輸出功率	Max. 3PS
精度	光學尺0.01mm
刀塔斜度	NT 30
刀具	端銑刀 Max.25 mm

### 二、車床(峰興機械 Modle CL 4055)

車床是最早被發明的工具母機，許多的新型工具機設計，皆以車床的加工原理為基礎。隨著工業的發展，車床也發展成多種不同功能與樣式，以適應產業界的多樣化要求。其中，又以普通車床使用最為普遍，其主軸以齒輪系傳動，構造精密，是當今機械工廠、學校及訓練單位使用最多的車床[2]。這次車床的使用，我們則用來製作微型沖床的皮帶輪與曲軸，用到的車床工具包括：百分表、外徑車刀、切槽刀、倒角刀以及成型車刀等。圖 2 所示為學校的車床機器，表 2 是它的規格表。



圖 2 普通車床

表 2 車床規格

轉速	100-2000 rpm.
精度	0.05mm
兩心距離	Max. 550mm
主軸孔徑	$\phi$ 45 mm
床身	1785*890 (長 x 寬)
主軸型式	ASA-A1-5
主軸馬達	Max. 5 PS

### 三、靈敏鑽床(慶岱精密鑽床 CDS-204A)

鑽床的種類很多，依照結構不同，分別適用於各種鑽孔工作。常用的機器有靈敏鑽床、立式鑽床、懸臂鑽床、成排鑽床、多軸鑽床等[3]。本次使用的是靈敏鑽床，通常用於直徑  $\phi 13$  mm 以下的鑽頭，主軸與馬達以三角皮帶傳動，用在小型工件的鑽孔，是機械工廠與學校必備的機器。在這個題目上，則用於鑽削組合件的螺絲孔、沉頭孔，以及圓孔的倒角加工上。圖 3 是我們使用的鑽床實體，表 3 是鑽床規格。



圖 3 靈敏鑽床

表 3 鑽床規格

最大直徑	$\phi 13$ mm
鑽孔深度	80 mm
旋徑	$\phi 350$ mm
床面尺寸	$\phi 290$ mm
機械總高度	1100 mm
馬達	1/2 PS

### 四、精密磨床(佳邦機械)

磨床加工屬於精密、小量的加工方法，利用磨輪旋轉而對零件表面加工的工具機，主要使用在精密工件的製作上[4]。在這個題目上，我們是用在微型沖床的工作面研磨，以確保其之後沖壓工作的精密度。圖 4 是學校的磨床機器，表 4 是磨床規格表。



圖 4 精密磨床

表 4 磨床規格

床檯尺寸	150×460 mm
研磨行程	480 mm (左右)
	170 mm (前後)
精度	0.005 mm
砂輪尺寸	$\phi 203 \times 19 \times 31.75$ mm
主軸轉速	3450 rpm.
主軸馬達	2 PS

### 五、電子零件

除了上述使用的機械設備外，這個題目也用到了很多電子零件，包括驅動用的、指示燈、按鈕開關、緊急開關、電源供應器、保險絲、繼電器，以及傳感器等電子零件，如圖 5 所示。



(a) 減速馬達



(b) 指示燈



(c) 按鈕開關



(d) 緊急開關



(e) 電源供應器



(f) 保險絲



(g) 繼電器



(h) 傳感器

圖 5 微型沖床使用的電子零件



## 肆、研究過程或方法

### 一、資料收集

文獻探討部份，我們將針對沖床的機床類型、驅動機構、沖壓床的應用，以及安全防護機制等四個部份，進行討論。

#### (一) 機床類型

沖壓床可依機床類型，分類成四種型式，如圖 6 所示的機床架構圖。

1. 凹口式沖床：為 C 型結構設計，適用於長且寬之金屬板工作。
2. 拱門式沖床：適用於小負荷大面積之剪料、彎曲、修邊工作。
3. 直柱式沖床：機架結構剛性強度大，適合重沖壓工作。
4. 突角式沖床：機架強度低，用於圓桶型工件的沖孔、鉚接工作。

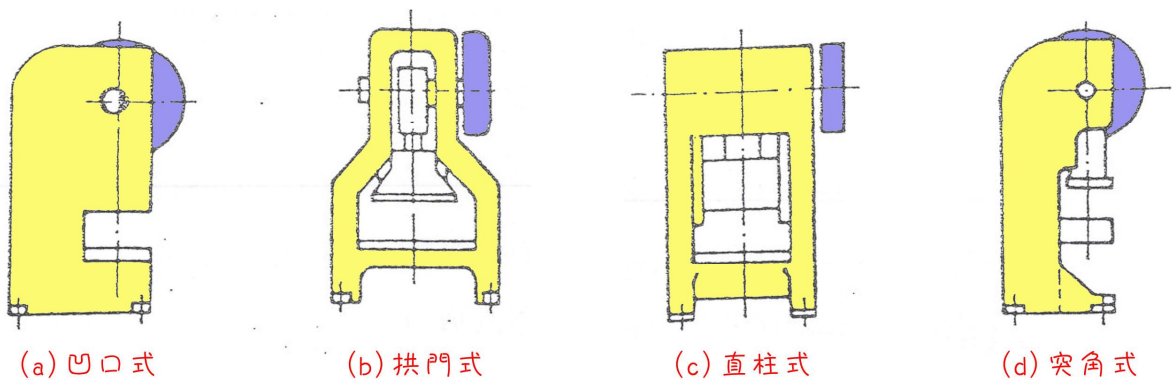


圖 6 機床類型[5]

#### (二) 驅動機構

沖床的驅動方式，依照驅動機構，可以分成八種驅動方式[6]，如圖 7 所示。

1. 單曲柄式：最普遍，滑塊運動類似簡諧運動，最大速度在沖成終點處。
2. 凸輪式：藉由凸輪子的偏心滾動，使從動件產生沖程運動。
3. 齒條與齒輪式：滑塊動作緩慢並均勻，適用行程長之工件。
4. 肘節式：利用肘節機構驅動，沖程短，下壓速度較慢。
5. 關節式：利用曲柄及關節增壓，在曲柄死點產生極大壓力且力量平均。
6. 液壓式：以水壓或油壓驅動滑塊，適用大型機器。
7. 偏心式：運動方式與曲柄一樣，但沖程較短，主軸剛性高。
8. 螺旋式：利用摩擦輪帶動飛輪產生加速，驅動緩慢且做沖擊作用較小。

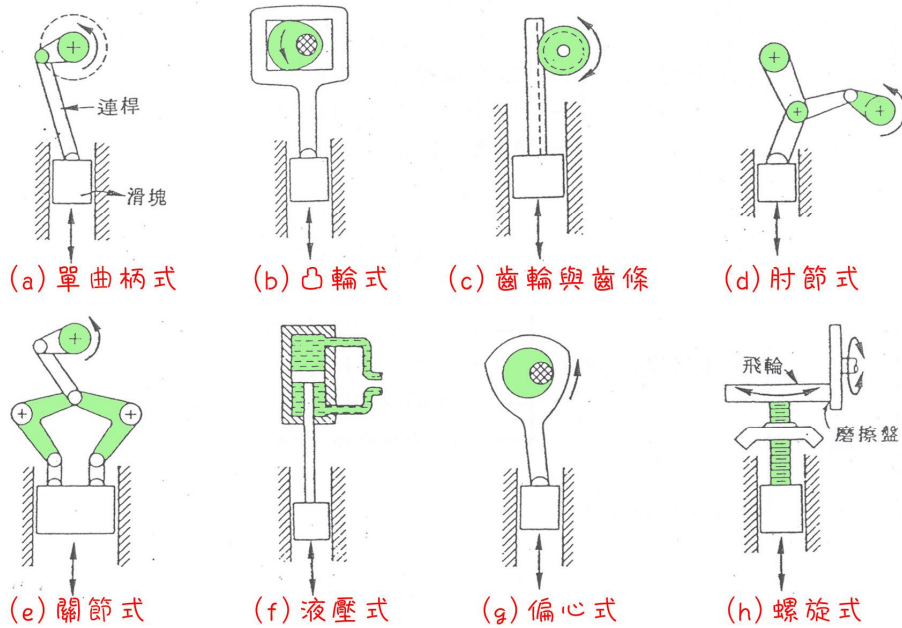


圖 7 沖床的驅動機構

### (三) 沖壓床的應用

壓床的應用很多，沖床一般為曲柄式、偏心軸式驅動動作快、壓力小，適用於剪切、沖孔、下料等工作。沖床加工是一種利用剪切方式，使材料超越抗剪強度之應力，讓原物料分離，以獲取需要工件。一般而言，加工速度會影響表面粗糙度，因此，縮短沖頭上下的加工時間，可以獲取較好的表面粗糙度。壓床一般則為液壓式機構驅動，動作慢，壓力大，適用於擠壓、彎曲、引伸等工作[6]。圖 8 是各種沖壓床的應用示意圖。

1. 下料：切下的板材為成品胚料。
2. 沖孔：切下的板料為廢料，留下的洞為需要的成品胚料。
3. 沖縫：又稱矛製，將板料剪切三邊保留一邊。
4. 沖凹孔：將板料切一邊留三邊，如：電腦主機散熱孔。
5. 整緣：把抽製過的工件邊緣，多餘的材料或毛邊切除。
6. 修邊：將工件表面做微量的尺寸修正，又稱刮鉋。
7. 彎曲：將材料加以彎曲及變形，彎曲成需要的形狀。
8. 引伸：適用於後金屬板加工，製作成 U 型杯狀製品。

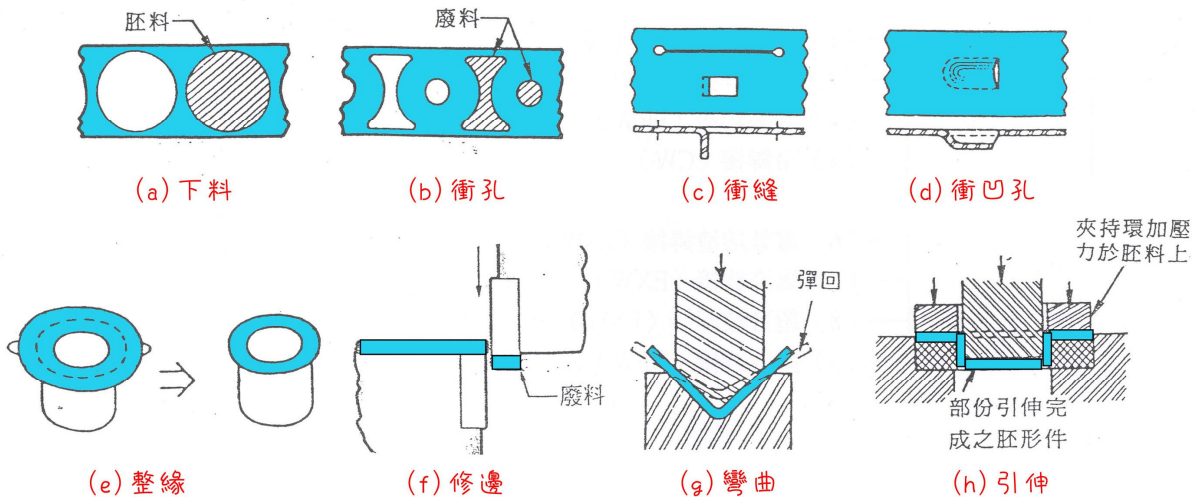


圖 8 沖壓床的應用

#### (四) 安全防護機制

沖壓床的工作方式，是利用機械構件原理，在極短的時間內，產生極大壓力，讓材料發生剪切或變形加工。每一次的沖程都在極短的時間完成，也因此，沖床的工業安全意外，在新聞上時有所聞。另一方面，勞委會也在 2009 年有針對沖剪機器，制定勞工安全法規，要求沖剪機器列入機械檢驗的首要項目[7]。目前，沖壓床的安全防護機制，可藉由機構的安全設計、安全裝置、安全防護以及電子回路控制等方式，達到保護操作者安全的目的。圖 9 所示為雙手操作式安全裝置，圖 10 所示則為防護式的安全裝置，利用光學感應的原理，當光線被遮斷時，就切斷機械電源，達到安全防護的目的。

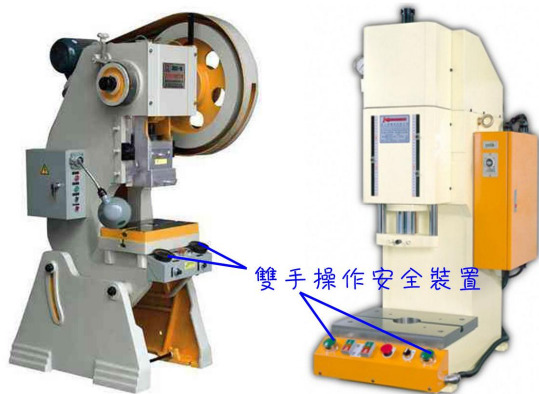


圖 9 雙手操作式安全裝置

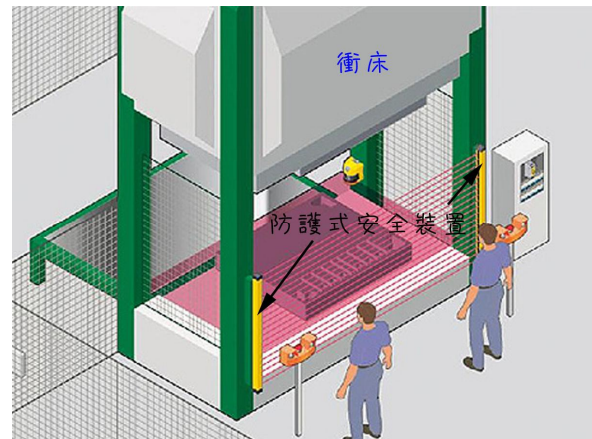


圖 10 防護式安全裝置[8]

#### 二、研究流程規劃

在確定了研究題目後，我們將微型沖床的製作分成 CAD 設計、安全防護設計，與作品說明書寫作三大方向，並將工作細項分配，如圖 11 所示。從板件鋸切、下料，到零件的製作，都是在學校自己設計、加工到組配完成。研究所用到的機器在實習工廠也都有，有車床、銑床、磨床與鑽床等等。沖床加工屬於高危險的工作性質，因此，我們也規劃了兩種安全的防護設計：雙按鈕啟動設計、光感應防護設計。至於電控部份，沖床的功能與目的是由我們來規劃，並購買電子零件，然後再請電機科選手幫忙協助配線部份。沖床製作完成後，我們將實驗的過程照片整理，並撰寫成文章，最後再交給老師來修稿。

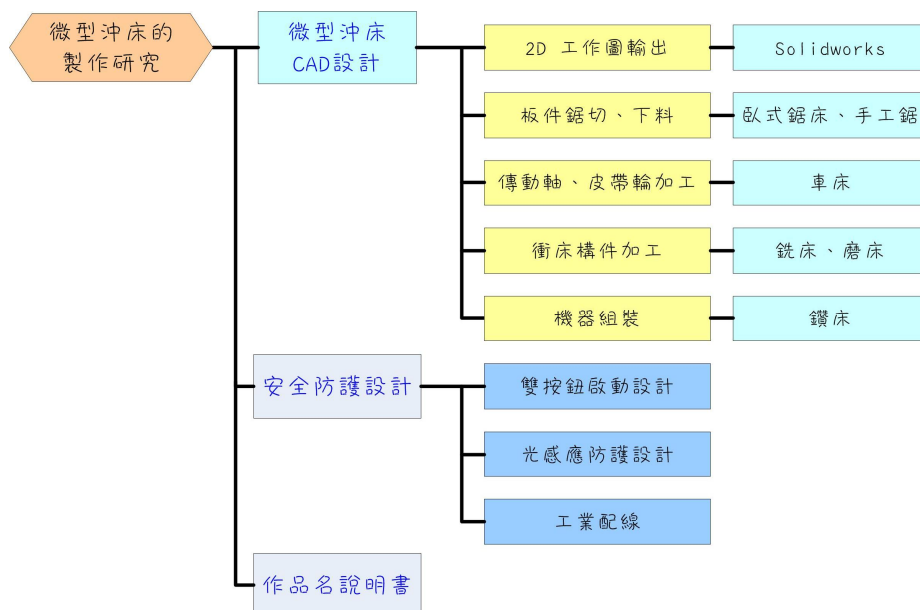


圖 11 工作流程規劃



### 三、沖床微型化設計

在微型化的設計部份，我們參考了市售的工業用桌上沖床，發現其主要用於儀錶、服裝、鞋帽等小五金行業。圖 12 是目前我們收集到的資料中，最小型的沖床，其尺寸約 495×470×570 mm，機器的重量 90kg，馬達 1/4 PS，輸出壓力 1000 kg，沖程 30 mm，合模高度 130 mm，工作面積 155×230 mm[9]。然而，不管是鐘錶、藝品或小五金製作，這些都屬於輕加工範圍，需要的工作機器外型、馬力或許可以再縮小一點。因此，我們自行設計了一部微型沖床，外型尺寸 150×195×290 mm，使用馬達 6 瓦特，比起市售桌上型沖床體積與馬力均約縮小了 20 倍，其設計如圖 13 所示，主要構件包括底座、側板、滑軌、工作檯與曲軸等等。



圖 12 市售的桌上型沖床[10]

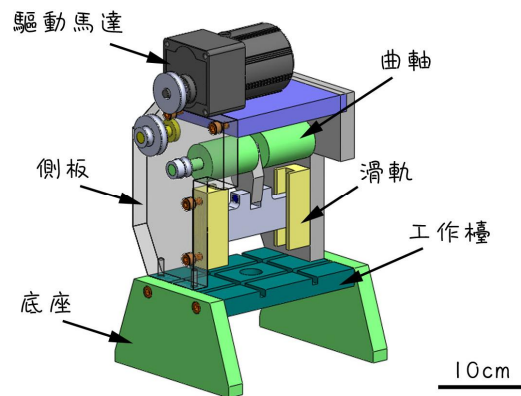


圖 13 微型沖床設計圖

### 四、傳動設計

微型沖床的傳動方式，是使用減速馬達帶動偏心曲軸旋轉，配合連桿、滑塊與滑軌來產生上下的位移運動。減速馬達的馬力是 6 瓦特，減速機構 12.5 比，曲軸的偏心距離是 12 mm，如圖 14 所示，兩端設計成  $\phi 10\text{ mm}$  的基軸制配合，也可以搭配 NO.6000 軸承組裝，來減少摩擦損耗。圖 15 所示是車床件的加工成品，其中包括曲軸與皮帶輪。

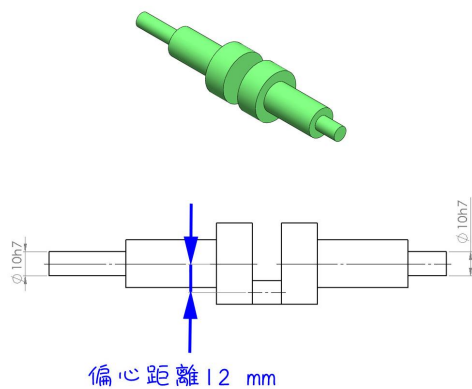


圖 14 曲軸設計

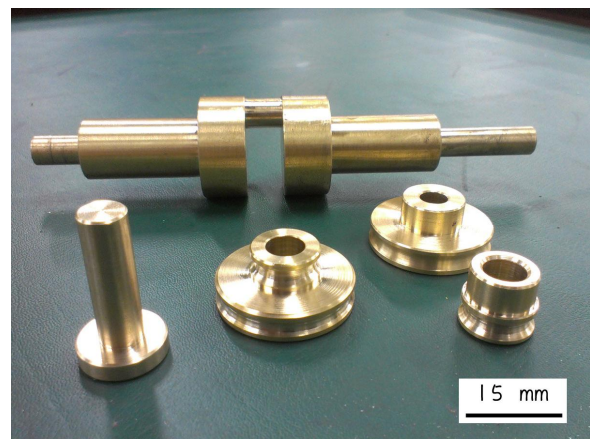


圖 15 車床件加工成品

### 五、齒隙微調設計

傳動的設計除了馬達與曲軸外，中間的連結方式，我們最先設計是以皮帶輪連接，但經過初步組裝測試，發現皮帶與皮帶輪之間的摩擦力太小，無法帶動曲軸產生運動。所以後來與老師討論後，改用兩個模數 1，齒數 70 齒的正齒輪來連結動力。圖 16 所示是齒輪結合的示意圖，其中，齒輪背隙對於傳動的影響很大，適當的背隙，可以做為齒輪加工精度些許誤差的調適空間，也可使潤滑油膜形成，讓齒輪運轉更為順暢。因此，在微型沖床的設計上，我

們特別將馬達設計成可以左右調整，來微調兩齒輪間的背隙距離，如圖 17 所示。在我們的設計上，兩齒輪的中心距為 70 mm，左右可以調整的距離 5 mm，經過計算，可以調整的中心誤差約 0.18 mm。

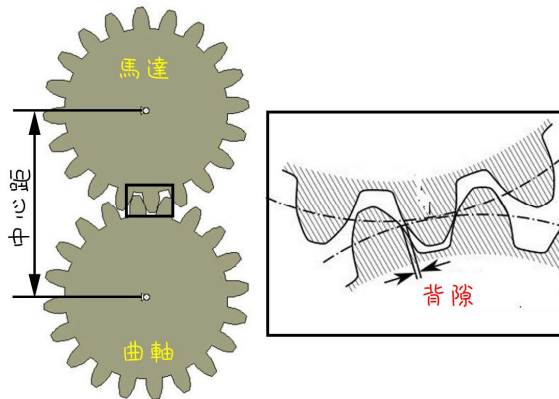


圖 16 齒輪構造

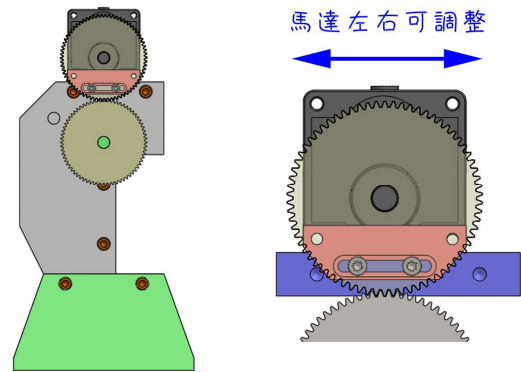


圖 17 齒隙調整示意圖

## 六、實驗過程

我們的實驗過程如圖 18 所示，我們先從學校的材料室找來適當的板材鋸切、劃線、下料。之後，分工進行零組件的加工，包括面銑削、端銑削、打中心孔、鑽孔、磨床加工、車床加工，到最後的組裝測試。微型沖床的製作研究，我們都在學校工廠裡面，從無到有，設計、加工、組裝完成。

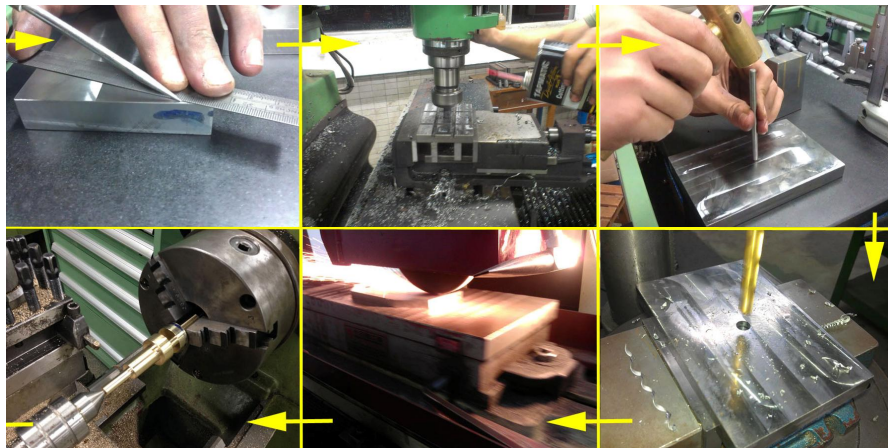


圖 18 實驗過程實況

## 伍、 研究結果

藉由上述各零組件的設計，我們成功設計出一部微型沖床，並依照所設計之零件圖，利用車床、銑床、鑽床與磨床等工作母機，逐一製作出各個零件，組裝測試。在完成機械本體加工後，我們也融入電控部份，讓製作的微型沖床真正可以操作，也更能貼近實際的商用沖床。圖 19 所示即為研究成果，一部自行設計、自行製作，自行配線的微型沖床。目前，已經完成的動作包括：

- (1) 打開總開關，左、右按鈕會亮
- (2) 按下紅按鈕，斷掉總電源
- (3) 按下左邊按鈕，左邊綠燈亮
- (4) 按下右邊按鈕，右邊綠燈亮
- (5) 同時按下左、右按鈕，沖床開始動作
- (6) 前置傳感器接受訊號後，沖床立刻停止動作；訊號移除後，恢復動作
- (7) 前置傳感器接受訊號後，沖床立刻停止動作；訊號移除後，恢復動作

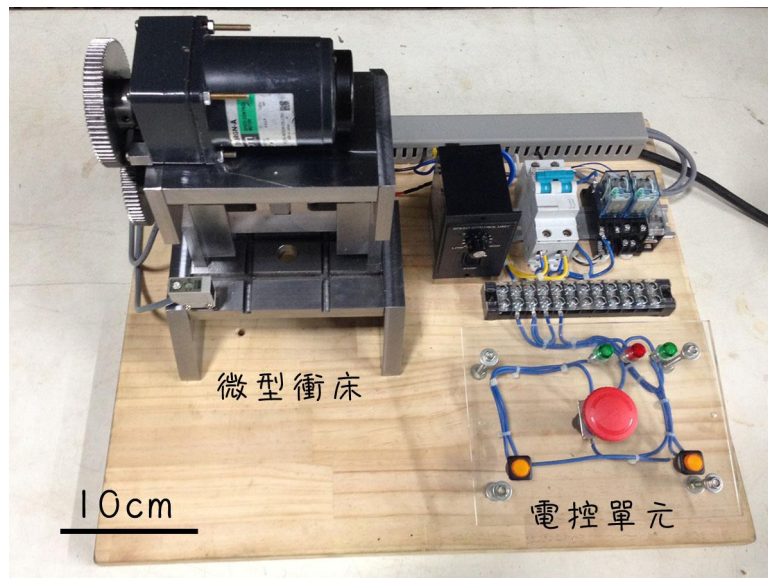


圖 19 研究成果-微型沖床製作

## 陸、討論

### 一、零組件加工

由於學校的機具都是傳統機具，在夾持大材料上維持應有的垂直度，是有一點困難。不僅胚料都為黑皮，而且尤其邊極為凹凸不平，而角尺難以對準。在車削凸輪時，由於工件過長，而偏心量極大，在車削時容易使銅凸輪變形，應使用頂心頂住，減少震動，維持工件精度。經過了本次的研究，我們發現以下這幾點問題需要注意。

- (一) 車偏心時，一定要拿活動頂心等著端面，以免工件彎曲變形
- (二) 銑六面體時，一定要先抓準基準面，才可進行加工尺寸
- (三) 使用平行塊時，一定要把工件敲到讓平行塊不會動才可加工
- (四) 使用磨床時，一定檢察砂輪是否耗損，需修整
- (五) 使用磨床時，一定要擦拭好平面，孔、邊的毛邊修乾淨，以免工件不平整
- (六) 使用鑽床時，一定要注意虎鉗是否有鐵屑，要清理才可加工
- (七) 在銑削滑塊時，需要特別注意四邊的互相垂直，避免在滑塊運作時會有死點，以破壞滑塊在滑軌裡之順暢度。

### 二、製作的困難檢討

當我們要製作微型沖床時，第一件事就是"定型"。在形狀方面我們想了很多種類的沖床，還有傳動機構的部分，也要我們可以製作的出來的。剛開始就是拼命從網路上找齊所有大概樣式的沖床，還有各類的傳動機構，慢慢的配對，哪一種的床台應該搭配哪一種的傳動機構最為合適，還有不偏離主題的"微型"，所以機器必須是簡單與輕量化。小組討論下來，參考了各式的資料之後，開始設幾個機器的樣子，最初的問題終於解決的。再來，就是製作的部分。整個沖床的各零件看起來很簡單，但實際上卻不然，因為要把未加工的一大片的金屬大面積的銑削時會出現幾項問題。

- (一) 虎鉗的錢口寬度跟高度不構:造成銑削時加工的速度必須放慢，不斷搖晃的金屬片也使表面光度很差，會有明顯的刀痕。
- (二) 測量：這麼大片的工件也必須有一定的精密度，這時只能使用不精準的大量具。
- (三) 鑽孔：因為材料過大，以至於無法被夾持在鑽床虎鉗上。做了一些小實驗，為了解決工件搖晃的問題，我們把相對稱的工件(如:兩側腳架)同時銑削，然後用同夾金兩塊金屬板夾住，此舉一次解決的兩個問題:因為增加了厚度，使加工時工件的剛性增加，大大降低了搖晃，也因為夾在一起使我們不需要再一次的量取兩對稱的工件，因為只要夾在一起加工，在尺寸上面是沒有關係的，因為都一樣大；再來就是鑽孔，剛剛前面說的鑽床虎鉗不夠大，哪我們就使用銑床來鑽孔，只有需要加工的時間增加一些而已。
- (四) 車床加工：中間的偏心曲軸的偏心量為 12mm，所以是搖晃 24mm，偏心調完，開機之後明顯的工件搖晃，而切斷刀下去的同時也有明顯的撞擊聲，雖然是銅，是屬於軟金屬，但還是令人擔憂切槽時的安全問題，還有重擊力使整個軸變形，如果變形會導致最後組裝時的困難。我們想到了一個方法，在尾部的地方用中心鑽一個中心孔，然後再用頂心抵著工件尾部，不僅大幅降低了變形，也讓切削時不用怕哪一刀讓工件出意外，刀毀工件亡。
- (五) 電控：機械的部分完成後，這台機器還需要電路系統來讓它運作，但是我們不是電機科的學生，然而電機的部分也只學過皮毛，所以有請電機科的選手指導我們配電，還有老師留下來跟我們說個感應器的用途。整個過程其實是完全沒有經驗的，再剪線、包線、接接頭的每一步都怕出錯，因為是最後一步，不想讓整個團隊功虧一簣。



### 三、偏心輪的運動軌跡

這個題目採用的是偏心運動的驅動方式，因此，在偏心輪的運動分析上。我們參考中山大學得碩論文-沖床的合成與分析的研究，內容提到偏心運動的運動曲線。經過無因次化後，其運動曲線可分五部分，如圖 20 所示。

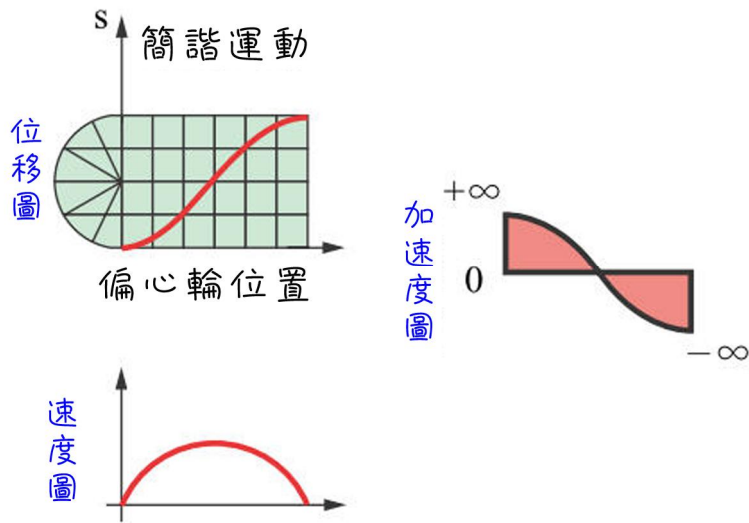


圖 20 偏心運動曲線

### 四、本研究的沖壓力分析

在力學分析方面，在微型沖床製作完成後，我們利用功率的計算公式，如式 1 所示。其中 P 是功率(N-m/sec)，F 是沖壓力量(N)， $\pi$  為圓周率，D 是轉軸直徑(m)，N 則為轉速(rps)。實驗的方式，分別以 20rpm 做為一個轉速計算單位，分別求出在不同轉速下，微型衝床的沖壓力曲線，分析結果如圖 21 所示。隨著轉速的增加，沖壓力下有下降的趨勢，符合基本的力學理論。圖 22 所示，則為測量沖壓力的實驗架構，我們將微型沖床底下，架設了一個壓力計，用來分析並紀錄微型沖床的即時沖壓力量。

$$P = F \times \pi \times D \times N \quad (式 1)$$

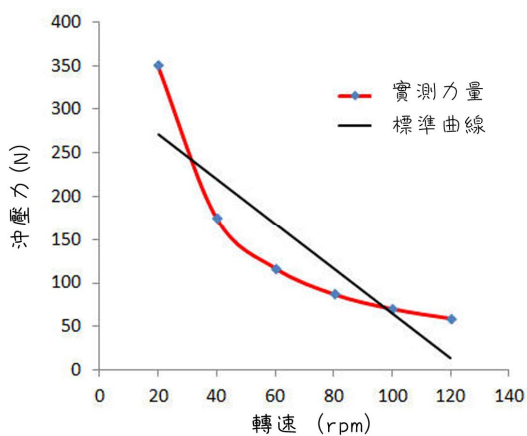


圖 21 實測沖壓力曲線

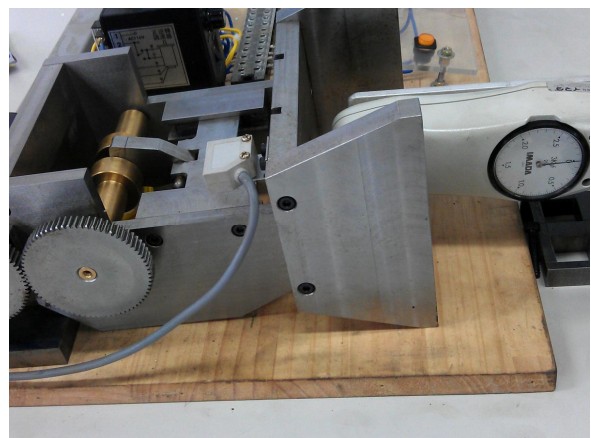


圖 22 沖壓力測量架構示意



## 柒、結論

綜合上述內容，我們將高職所學之機械加工技術與 3D 繪圖設計，活用在實品的創作上。從構想到成品，皆在學校實習工廠完成，沒有委外代工，「動手做、做中學」，也是這個題目的特色之一。藉由上述微型沖床零件的設計、加工方式和研究設備工具等應用，我們成功地設計並製造出一部微型沖床機械。過程我們利用在學校所學的基礎加工用的銑床、車床、磨床、鉗工、配電等工具，只要依照事先設計出之加工步驟，就可以製作出比一般沖床小許多的微型沖床。

- 一、在這次設計與製造的過程中，讓我們了解學習到設計沖床的主要機構概念與繪圖技巧。
- 二、在這次設計與製造的過程中，讓我們學習到配電概念與技巧
- 三、在這次設計與製造的過程中，讓我們學習到有關車床、銑床、磨床等的加工方法和技巧
- 四、在設計與製造的過程中，讓我們學習到沖床偏心(軸)式的設計與原理

在對於這次的研究，讓我們對於銑床、車床、磨床、鉗工、配電等工具有更進一步的研究與了解，因為要設計並製作出一台微型沖床並不是一件簡單的事，在一開始我們從沒有想法，開始一直上網查詢相關的資訊，才慢慢建構出製作的概念，然後再向老師請教 3D 繪圖軟體得使用方法，繪製出成品等形狀的示意圖。

另一方面，剛開始加工時我們遇到了許多困難，因為這次製作材料的尺寸都比一般的還大，所以每一塊鑄鐵我們都需要自己去鋸切加工到我們所需的尺寸才可以上銑床加工，抓準基準面銑出六面體才可進行下一步驟劃線鑽孔切削。

在車床部分，因為我們的材料選用黃銅，偏心量非常大，所以車偏心軸時十分危險，因為怕材料過長變形，所以在後面我們利用了活動頂心，頂住工件端面來保持平衡，因為我們一開始是要製作以皮帶來帶動沖床，所以也製作一些帶動皮帶得軸，而放置皮帶的槽我們是利用白車刀磨成半徑 3 mm 的刀子來車槽。之後製作出成品時發現，因為皮帶的磨擦力無法帶動具有重量的滑塊，所以臨時改成以齒輪來代替皮帶，製作完成發現十分成功。

最後，我們請教了電機科主任教導我們如何配電，老師也很熱心地在旁指導我我們教導如何操作，我們也加裝了傳感器的遮斷開關，是因為在現在工業界裡都非常強調工業安全，所以我們設計了這個裝置，怕在沖壓時發生危險，不怕一萬只怕萬一，過程中雖然遇到了許多大大小小的困難，例如：孔距抓錯、尺寸不精準、加工步驟錯誤等，但也因為這些失敗造就了我們這次的研究，就像愛迪生說得：「失敗為成功之母」，我們大家都認為這次的研究真的讓我們受益良多，讓我們學習到在學校所學不到的知識與概念，並增進了我們寫論文的技巧和利用網路的許多資訊，最後我們獻上萬分的感謝楊老師的指導。

## 捌、參考資料及其他

- [1] 莊錫欽(民 90 年)。銑床選用。中華民國職業訓練研究發展中心，1-8 頁。
- [2] 陳順同(民 102 年)。機械基礎實習。新北市：全華。158-173 頁。
- [3] 陳順同(民 102 年)。機械基礎實習。新北市：全華。90-110 頁。
- [4] 鄭志賢(民 95)。機械製造 II。新北市：台科大。44-48 頁
- [5] 蔡俊毅(民 99)。機械製造 I。新北市：台科大。
- [6] 林英明(民 99)。機械製造 I。新北市：全華。154-158 頁。
- [7] 張家瑜(民 98 年)。沖床機械危害預防簡報。金豐機器工業股份有限公司。
- [8] 台灣西克股份有限公司。民 102 年 11 月 11 日，取自：<http://www.sick.com.tw/>
- [9] 震通機械有限公司。民 102 年 11 月 12 日，取自：<http://www.chentloun.com.tw/>
- [10] F.Y.Chen, Mechanics and Design of Cam Mechanisms, Pergamon Pr, 1982.

## 【評語】 090909

1. 動機傑出，具有開創新契機的眼光，所研發的標的，具有市場應用性。
2. 研究方法採用機械動力學、機構學原理及機電整合技術，完成複雜連動工具機的功能。
3. 所完成沖床，已試用多種實物加工之試機，得到成功的結果，驗證創意及設計之成功性。
4. 所完成之微型沖床，適合小型物件之加工，體型小能源使用較小，具有市場差異化之產品。