

摘要

作品名稱：工業虎鉗 2.0

摘要

虎鉗，是機械行業不可或缺的夾緊工具，它的功能是讓工件可以被牢牢固定不會移動，以方便手工或機械加工，也是我們高職機械科上課時，實習工廠必備的工具。

可是，在實習課的操作練習中，有時候因為虎鉗鎖得太緊，夾持力過大，造成工件發生變形和夾傷的痕跡。相反的，虎鉗如果沒有確實鎖緊，會導致造成刀具在切削過程，工件被整個拔起造成意外，非常危險。

因此，我們有個創意想法，就是透過簡易方式改良市售的虎鉗，在鉗口的內部埋入力量感測器，然後請電子科的同學幫忙做一個電路，藉由抓取感測器的訊號，並用燈號來表示工件是否安全夾緊。這樣一來，可以讓每一次的虎鉗夾持力量被控制在一個適當的範圍，不會把工件夾傷，也可以讓機械操作更安全。

專題內容

一、前言

虎鉗，是機械行業不可或缺的夾緊工具，它的功能是讓工件可以被牢牢固定不會移動，以方便手工或機械加工，也是我們高職機械科上課時，實習工廠必備的工具。可是，在實習課的操作練習中，有時候因為虎鉗鎖得太緊，夾持力過大，造成工件發生變形或夾傷，如圖 1。相反的，虎鉗如果沒有確實鎖緊，會導致造成在切削過程，工件被刀具咬起噴飛，如圖 2，造成意外。

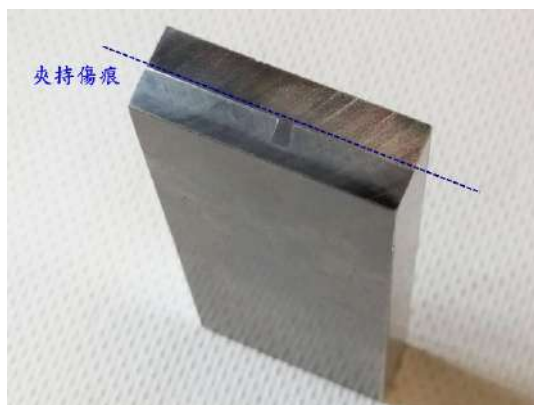


圖 1 夾持力量過大，造成傷痕



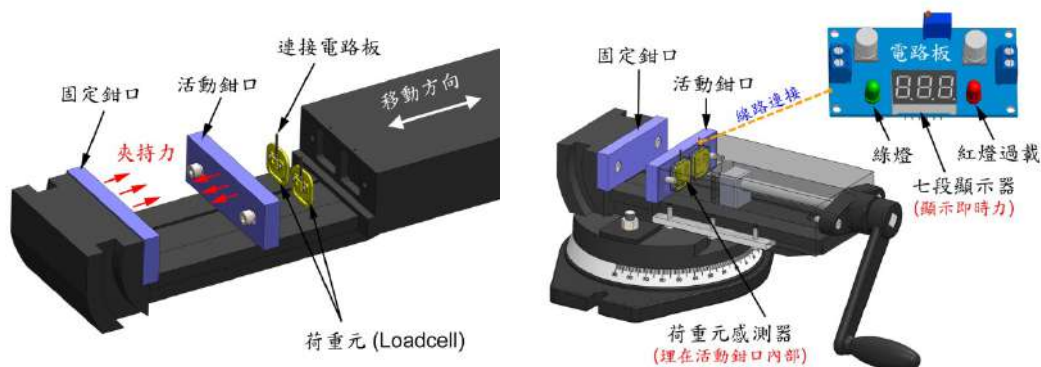
圖 2 夾持力量不足

因此，我們有個創意想法，就是透過簡易方式改良市售的虎鉗，在鉗口的內部埋入力量感測器，然後請電子科的同學共同合作一個電子電路，藉由抓取感測器的訊號，並用燈號來表示工件是否安全夾緊。這樣一來，可以讓每一次的虎鉗夾持力量被控制在一個適當的範圍，不會把工件夾傷，也可以讓機械操作更安全，簡單又實用。

二、研究方法(過程)

(一) 機械設計

在「工業虎鉗 2.0」的專題設計上，如圖 3 所示，我們改良學校實習工廠現有的銑床虎鉗，在其活動鉗口的內側，加工了兩個凹槽，做為力量感測器(荷重元)的安裝位置。感測器的線路經由虎鉗上方開孔拉出，再連接訊號放大電路板，如圖 4 所示。同時，為了達到快速辨識的目的，在電路板的設計上，我們會使用一塊 **Arduino 單晶片微控制器**、**HX711 重量感測模組與荷重元**，以及一組**七段顯示器**，來顯示即時的力值；並在上面設計三顆 LED 燈，當力量達到標準時，亮黃燈；當力量過載時，亮紅燈。透過這樣簡單的改良加工，再與電子電路結合，就能達到力量控制的創意目的，實現智慧虎鉗的設計概念，簡單又實用。



機械領域優等(1)

圖 3 荷重元安裝位置設計

圖 4 電子電路設計概念

- | | | |
|-----------|---|-------------|
| (1) 綠燈 |  | 待機狀態 |
| (2) 黃燈 |  | 標準，夾緊力量達到標準 |
| (3) 紅燈 |  | 警戒，力量過載 |
| (4) 七段顯示器 |  | 即時的夾緊力量(Kg) |

(二) 力量感測流程圖

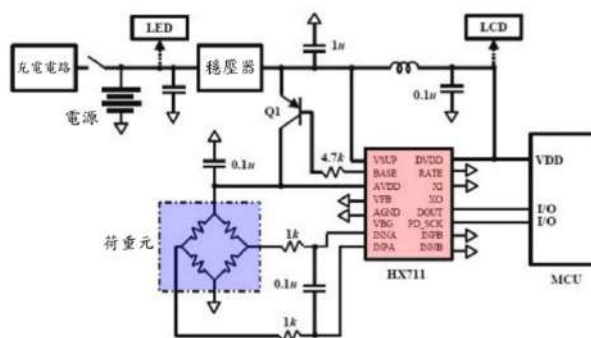
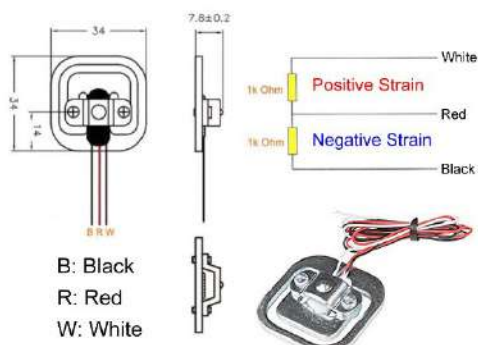
夾持力量適應控制方法，是「力量感測式智慧虎鉗」研究的主軸，目的是希望透過燈號輔助的方式，給予適當的鎖緊力量，不要讓工件在加工過程發生意外或發生夾持變形。具體的方法如圖 5，實驗之初，我們必須利用壓力計進行簡單實驗，以校正荷重元，訊號跟力量的係數。當虎鉗夾緊力量達到標準時，綠燈亮；如果繼續鎖緊虎鉗，力量超標，則紅燈亮，代表夾持力量過大，即將會有夾持變形發生。透過這樣簡易的適應控制法，可以保護操作者在安全的狀態下使用機器。



圖 5 力量感測流程

(三) 荷重元感測電路

力量感測元件廣泛被使用在工業量測中，所應用的感測原理主要是利用壓電效應、壓阻效應，或是電容效應三種方式。在我們的研究中，使用的是金屬電阻應變片，俗稱荷重元，如圖 6 所示。它的結構主要有四個部份：包括電阻應變片、金屬導線、壓頭和壓板組成，以惠斯登電橋方式連接，當感測元件受力時，會使電阻變化而產生電壓差。但是，因為應變片的電阻變化很微小，信號需要透過適當的放大電路處理如圖 7，才能檢出測量。我們只要利用壓力計，透過簡單的荷重實驗，求得電壓與負荷的比例係數，經過換算，就可以得到虎鉗即時的夾持力量，達到力量適應的研究目的。



機械領域優等(1)

圖 6 荷重元感測器

圖 7 訊號放大電路圖

(四) 訊號比例參數換算

在銑床改裝之前，我們先用了簡易虎鉗單獨夾持荷重元，做初步的可行性實驗，如圖 8 所示。簡易虎鉗上夾持兩個荷重元作出電橋放大電壓差，這個壓差訊號給 HX711 後，經過類比/數位訊號轉換，使用 IIC 兩線式將數位信號傳輸給 Arduino，最後透過七段顯示器與 LED 顯示功能。其中，HX711 有內建的函式庫，可以將數位訊號轉換成公斤單位，我們只需要做比例參數的校正，再把校正參數寫入的程式，就完成了。校正實驗如圖 9 所示，我們是用一組拉壓力計，以 5 公斤為一個單位，連續做了 5 次實驗，計算得到比例參數約為 0.023 g/signal。



圖 8 訊號簡易測試

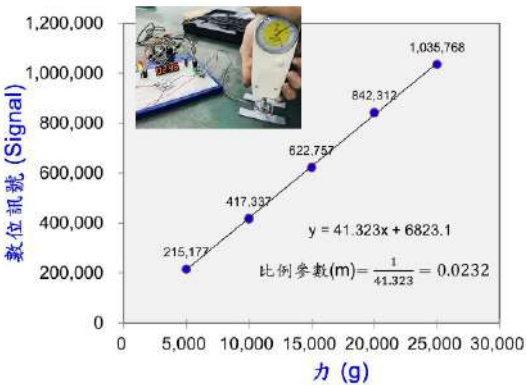


圖 9 比例參數校正

(五) 智慧判別材料種類

在未來，面對不同的材質，我們還希望藉由測量被夾持物的電阻係數，例如機械製造業常見的金屬與非金屬材料，如碳鋼、鋁合金、黃銅，或是壓克力和塑鋼等。虎鉗可以智慧辨識材料，給予不一樣的夾持力量。辨識流程如圖 10 規劃，相關材料電阻係數如表 1 所示。

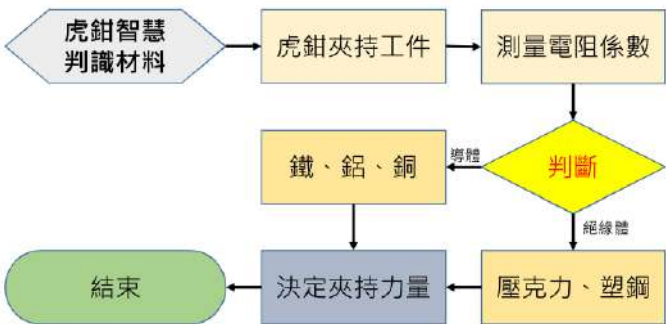


圖 10 智慧辨識材料流程

表 1 電阻係數 (Ωm)	
鐵材	10×10^{-8}
鋁合金	2.7×10^{-8}
黃銅	6.0×10^{-8}
壓克力	$> 10^{13}$ (絕緣體)
塑鋼	1.0×10^{14} (絕緣體)

(六) 材料應力計算

虎鉗夾緊時，對材料施予外力，材料內部就會產生抵抗外力的反作用力，即為材料的內力；如果材料在沒有產生變形的情況下，就代表外力與內力達到平衡，作用力等於反作用力(合力=0)。但，由於外力的大小會隨著形狀的外型或尺寸而有所差異，所以在機械性質中，我們會用「應力 σ 」來表示材料本身的強度，如下列公式，單位為 MPa 或 N/mm²；P 代表外力，在這邊表示虎鉗的夾持力，單位 N；A 則代表材料被虎鉗所夾持的面積，單位 mm²。

機械領域優等(1)

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

三、研究結果

(一) 電子电路設計

「工業虎鉗 2.0」的專題研究目的有兩個：(1)以燈號辨識虎鉗夾持力量、(2)可即時顯示虎鉗力量。在這邊，我是用 Arduino 微處理器打出所需要的功能，並使用 altium designer2018 繪製電路圖。圖 11 是我們的設計電路，包括 HX711 類比/數位訊號轉換、還有降壓整流、濾波與穩壓的設計。實驗之初我們先用麵包板測試，如圖 12 所示，確定功能正常後，再繪製電路佈線圖，製作電路板。

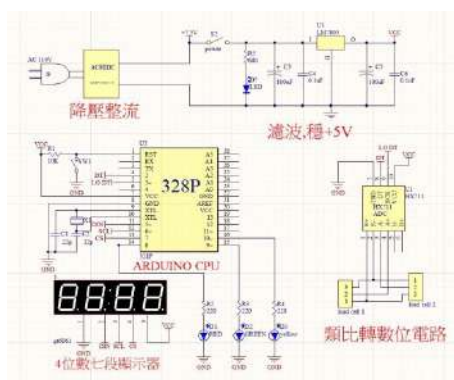


圖 11 電路設計

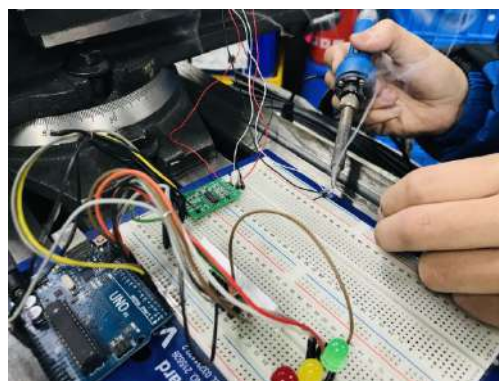


圖 12 電子電路銲接

(二) 機械加工

經過初步的實驗，證明這樣的電路設計可行的。我們就分頭開始製作專題，電子科同學開始製作 PCB 電路板，我們機械科開始拆解虎鉗，如圖 13，進行改裝加工。荷重元的位置確定後，接著我們依照訊號線實際的出線方向，畫出約略位置，並在上面加工一個可以讓訊號線通過的槽，如圖 14。如此一來，鉗口鎖上時才不會壓到訊號線，而導致訊號不良或是量測錯誤等。開槽加工的過程，因為加工量不大，所以我們直接選用直徑 4mm 的精銑刀加工，完成後，要用油石確實去毛邊，不然毛邊很可會割傷訊號線。圖 15 是加工完成後，訊號線實際的出線位置。



圖 13 活動鉗口拆卸



圖 14 荷重元的凹槽空間



圖 15 荷重元出線位置

(三) 鉗口壓力測試

虎鉗組裝時，要特別注意，否則會嚴重影響測量訊號，如圖 16 所示。當硬體全部組裝完成後，我們必須再一次測試，檢查組裝後的虎鉗夾持，訊號是否正常，數值是否正確。檢查的作法跟校正參數測試一樣，如圖 17，我們直接利用拉壓力計，施加力量在虎鉗鉗口，同時觀察電路板上的顯示器，是否為相同數值。圖 18 是我們實

機械領域優等(1)

際夾持測試，功能完全正常，數值也是正確的。

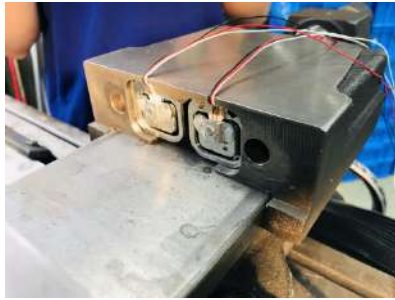


圖 16 荷重元組裝



圖 17 鉗口壓力測試

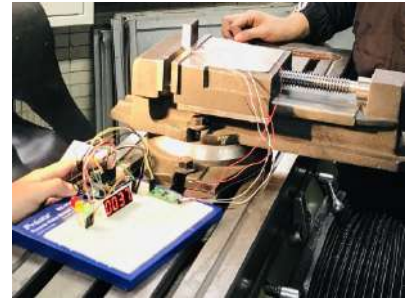


圖 18 實際夾持測試

(四) Layout PCB 電路板

最後，經過麵包板測試的電路，確認功能正常後，就可以開始 layout PCB 電路板，如圖 19，這裡我們是使用 30mil 線寬單面跑線，電路以可以通過 EMI 審核來進行排版。Layout 完成後，使用顯影劑將電路呈現，如圖 20。蝕刻完成的板子，我們再利用雕刻機將電路板鑽孔，電路板便製作完成，如圖 21。接著，再把需要的電子零件鉗上，就大功告成了。



圖 19 電路 layout



圖 20 洗電路板

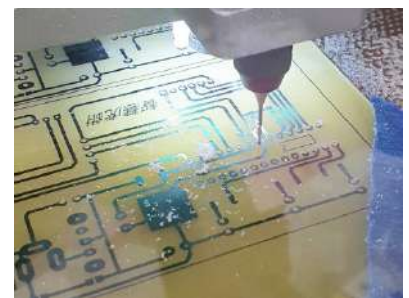


圖 21 雕刻機鑽孔

四、結論

「工業虎鉗 2.0」這個專題題目，從過年前開始進行，我們大概花了兩個月的時間，從設計到作品實體。這是一個跨科的專題作品，結合機械科和電子科的技術，經過小組討論，還有一連串的測試、校正、改裝與加工，我們成功做出了一部智慧虎鉗，它可判斷虎鉗即時力量，並以燈號提醒操作者。圖 22 是我們 PCB 電路板的成品，經過 layout、洗製、佈線與測試，功能跟預期的目標一樣，達成率 100%。圖 23 是我們的專題成果「工業虎鉗 2.0」，它很簡易實用，具通用性，可廣泛安裝於市售各樣式的虎鉗。



圖 22 電路板成品

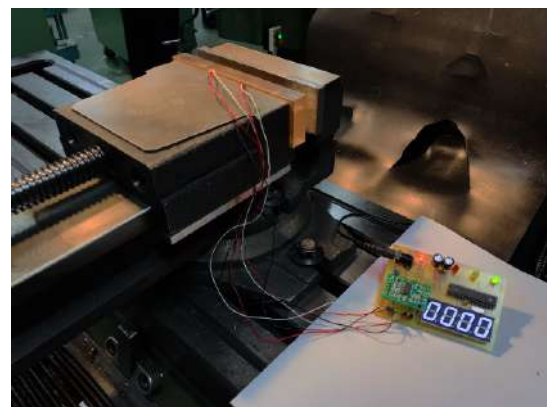


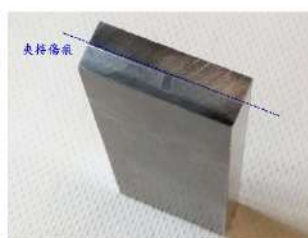
圖 23 專題成果-工業虎鉗 2.0



工業虎鉗2.0

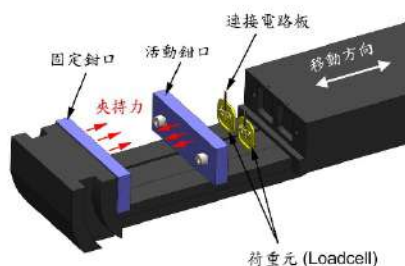
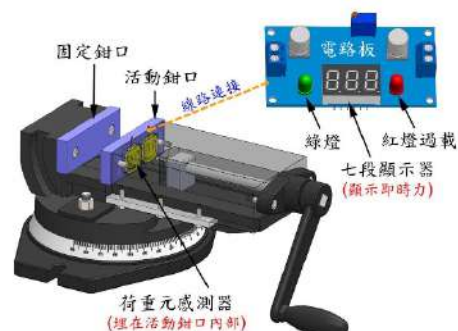
壹、創意動機

- ① 虎鉗是機械行業不可或缺的夾緊工具
- ② 高職機械科實習工廠必備工具
- ③ 工件變形、夾傷，或造成工安意外

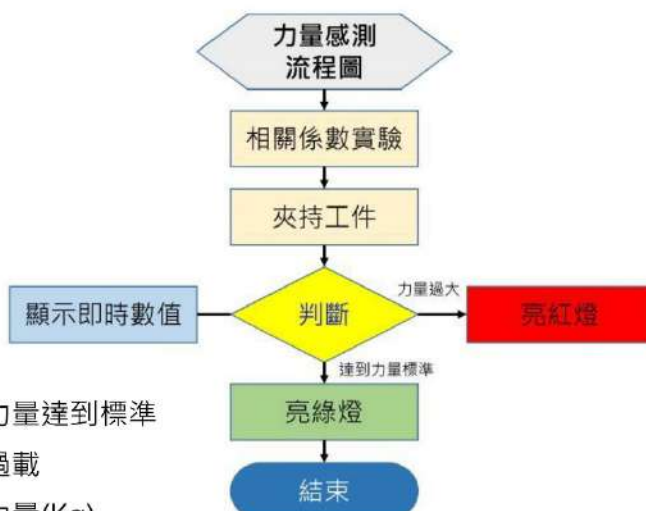


貳、創意設計概念

- ① 提出一種虎鉗夾持力量判斷的方法
- ② 透過簡易方式改良市售的虎鉗
- ③ 與電子科共同合作電子電路
- ④ 埋入荷重元感測器，抓取訊號
- ⑤ 用燈號顯示工件是否安全夾緊
- ⑥ 讓機械操作更安全、簡單、實用



- | | | |
|-----------|--|-------------|
| (1) 綠燈 | | 待機狀態 |
| (2) 黃燈 | | 標準，夾緊力量達到標準 |
| (3) 紅燈 | | 警戒，力量過載 |
| (4) 七段顯示器 | | 即時的夾緊力量(Kg) |

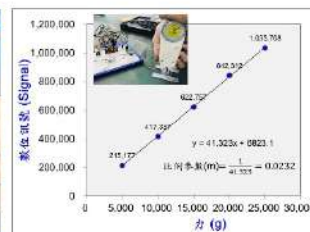
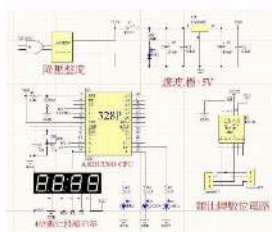
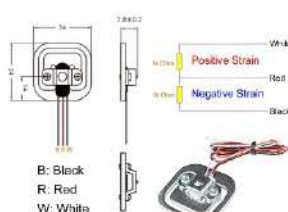




工業虎鉗2.0

參、專題製作歷程

- ① 荷重元感測電路，電橋放大電壓差
- ② 訊號經HX711，類比/數位轉換
- ③ 使用 IIC兩線式將數位信號傳輸給Arduino
- ④ 透過七段顯示器與LED顯示功能
- ⑤ 校正實驗，比例參數約為0.023 g/signal



- ⑥ 初步實驗，證明電路設計可行的，分頭製作專題
- ⑦ 虎鉗拆解、機械加工、荷重元組裝、Layout電路板



肆、專題成果

- ① 成功做出了一部智慧虎鉗
- ② 判斷虎鉗即時力量
- ③ 操作方式簡單實用

