

中華民國第 55 屆中小學科學展覽會 作品說明書

高職組 土木科

佳作

最佳創意獎

091203

雷射水平儀校正釘槍

學校名稱：雲林縣私立永年高級中學

作者： 職二 吳易霖 職三 蔡侑憲 職三 周韋澄	指導老師： 陳尚民 黃琪騰
---	-----------------------------

關鍵詞：雷射、水平儀、安全卡榫

摘要

通常在匯報、教學、導遊人員都會使用雷射筆來投映一個光點或一條光線指向物體，本研究把雷射筆這個瞄點的特性運用在釘槍上，並且加入氣泡水準儀檢驗機器安裝面或平板是否水準，及測知傾斜方向與角度大小的測量儀器並增加板機安全卡榫，降低操作危險，而本研究使用的釘槍是氣動式釘槍在工業上使用的好處比電動式釘槍更有效率，為了新手可以更快上手，也能在工業上提高釘東西的精準度，避免在材料上釘東西失誤而浪費，本研究使用了兩個氣泡水準儀不只有立著釘也可以平著釘，不會受到材料上的限制，而失去該有的垂直度，並且本研究還加裝雷射筆，可以讓距離做到有效的控制。

壹、研究動機

某一次本人被老師選上木工教室隔間設計美化，第一次拿釘槍的我，總是覺得釘槍操作時很難放平，都會釘歪，且一不小心掉落地面或觸控板機，皆有安全上的疑慮。讓我想到可以跟雷射和水平儀做結合這樣就可以讓我們知道釘槍到底有沒有放正，還有設計板機安全卡榫，讓操作上危險性降低。本研究釘槍打出去的動力使用了我們課程裡教的氣壓，藉由氣的壓縮把釘子打出去效果比電動式的好。在生活中常常使用釘槍打歪而一直弄得物件上一洞一洞的，使成品變得不美觀，所以為了解決釘槍釘的不夠垂直我們不只用了雷射，還有我們想到了可以加水平儀這個東西，我們的目的是為了方便新手也能夠像老手一樣釘的垂垂直直的一樣漂亮，主要還是為了工業上所要求的精準度，且不論任何工作，工安是最基本的要求，這也是本研究的目的之一。

貳、研究目的

本研究目的有下列幾點：

- 一、改良釘槍，使土木工程木板接縫處更美觀。
- 二、避免釘槍釘歪，造成時間浪費，而增加不必要的成本。
- 三、雷射投影可對施工物與釘槍距離位置做校正，減少接合處應力不均現象。
- 四、讓新手操作釘槍實作時，能更上手，增加安全性減少工安事件發生。

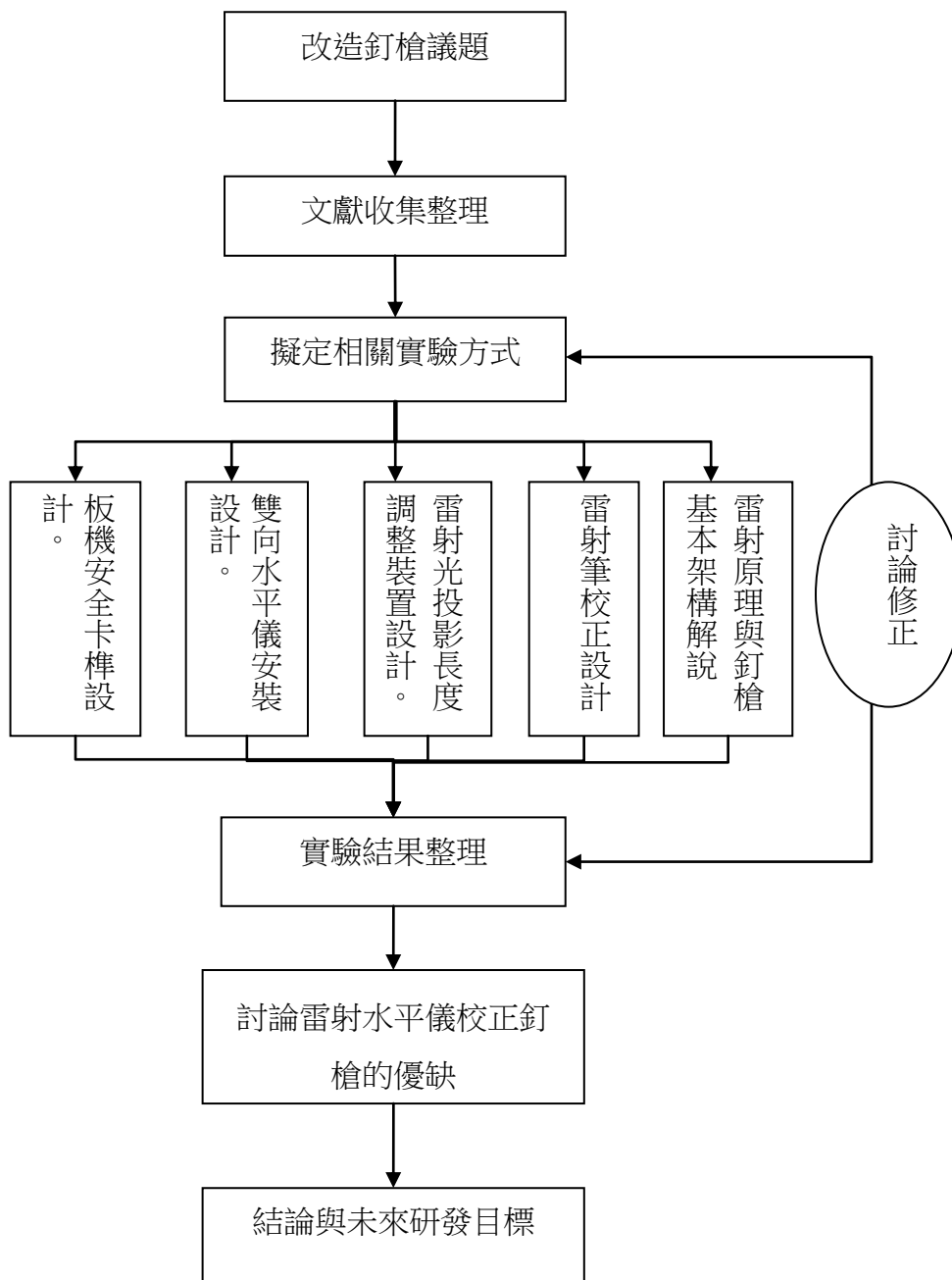
參、研究設備及器材

表一、研究設備及其用途

編號	物品	數量	用途
一	筆記本、筆	1 本 2 支	實驗日記，紀錄觀察結果
二	筆電、數位相機	2 台	紀錄與拍攝實驗過程
三	鑽床	1 台	零件之鑽孔加工
四	虎鉗	1 台	挾持工件
五	釘槍	2 支	改裝實驗用
六	三夾板	10 塊	釘槍測試用
七	雷射筆	2 只	釘槍校正用
八	手工具	1 組	鋸切工件
九	開口板手	1 組	鎖固及鬆脫工件
十	整體電源	1 組	DC24V 轉換開關
十一	水平儀	2 組	實驗用
十二	塑鋼土	1 桶	黏合用
十三	電池	4 顆	雷射供電
十四	空壓機	1 台	釘槍動力
十五	鐵片	5 組	實驗用
十六	各式螺絲	5 組	零件組合

肆、研究過程或方法

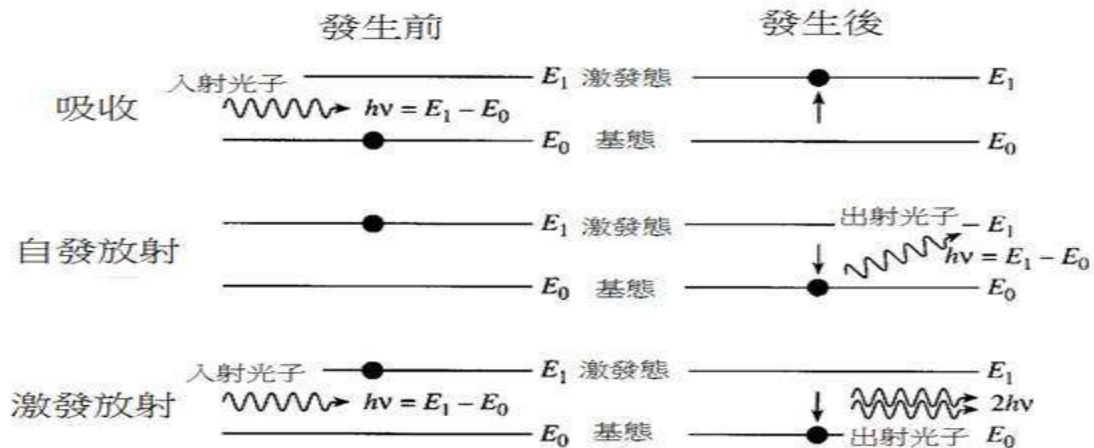
本研究過程方法的流程圖如下所示：



圖一、研究流程

一、雷射原理

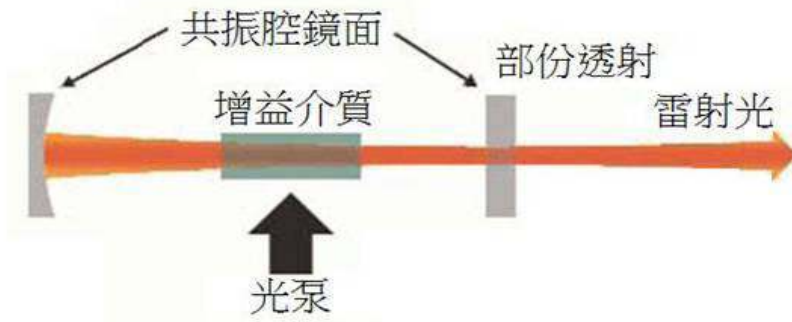
凡是能「吸收」或「發射」光的物質，都以「介質」稱之，如原子、分子及晶體等，會選擇性地吸收某些波長的電磁波，而進入了「受激態」。假設介質A及B原處於較低能態的 E_1 狀態，若介質A吸收了一部分的光波而升至較高的 E_2 狀態，使入射的光波強度減弱，這便是吸收。吸收是機率性的，介質A或B不一定會吸收光波，但若是能吸收則必定要滿足一項條件，那就是光的頻率 f 必定滿足 $f = (E_2 - E_1) / h$ ， h 稱為「普郎克常數」，它的值是 6.6×10^{-34} 焦耳·秒。



圖二、電子的躍遷

一般雷射波產生器有三個基本要素

- (一)「增益介質」(gain medium)
- (二)「激發來源」(pumping source) 或稱為光泵(optical pump)
- (三)「共振腔」(resonator)



圖三、雷射波產生器有三個基本要素

1. 「增益介質」 (gain medium)

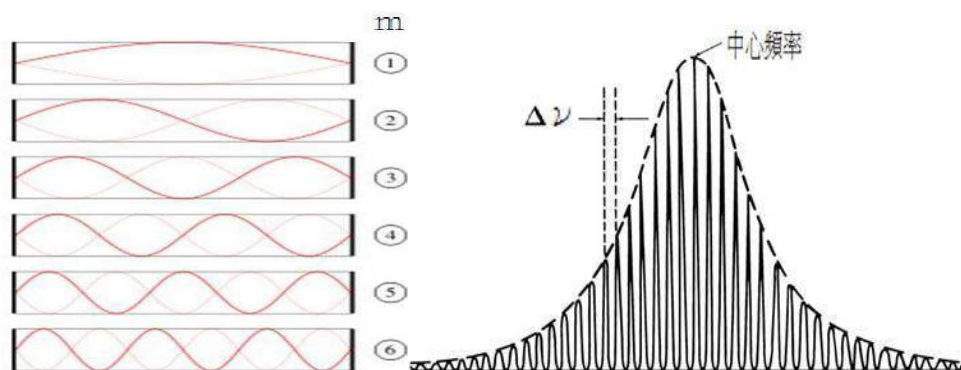
共振腔內「『被激發而釋放光子』的電子所在的原子、分子、晶體」等物質，其物理特性會影響所產生雷射的波長等特性。

2. 「激發來源」 (pumping source) 或稱為光泵(optical pump)

在「增益介質」的說明中，我們用到了能階的概念，而不同的雷射會有不同的能階，使用的能階數可能也不只有四階，而光泵的選擇就必須依照增益介質的能階來選擇。光泵不一定是光，目前常用的有：電激發、弧光燈、閃光燈、電流、染敏、化學反應、或用其它雷射。光泵的目的只是要”讓電子躍遷至要求的能階”，所以並不一定要用光，後面半導體雷射中所用的「激發源」就是電流。

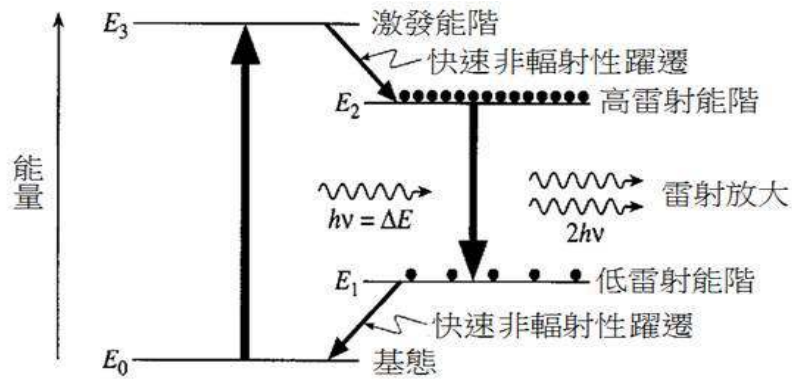
3. 「共振腔」 (resonator)

物理告訴我們，要讓共振腔內的能量增加的方法就是要讓內部產生駐波(standing wave)，那，要怎麼樣才會產生駐波呢？由示意圖中可以看到滿足形成駐波的條件是 $2L=m\lambda$ ， L 為腔長、 λ 為光的波長、 m 為任意正整數。而我們知道波速=波長×頻率，所以對光來說 $c=\lambda\nu$ ， c 為光在真空中之波速、 λ 為波長、 ν 為頻率，若用 $\lambda=c/\nu$ 代入 $2L=m\lambda$ 中可以得到： $2L=mc/\nu$ ，移項得 $\nu=mc/2L$ ，可以看到頻率的間隔是固定的



圖四、雷射波長頻率與共振性質圖

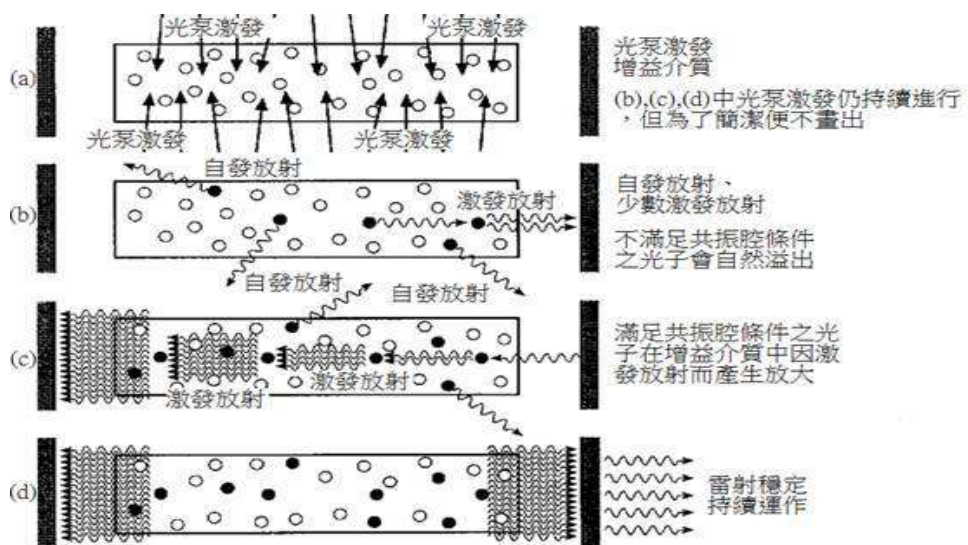
另外，事實上在任何的增益介質中，電子的任何能態都並不是很單一的，都會是一個帶(band)，同一階中有不同的”小能階”，因此，激發放射的光也不會是很完美的單頻光，而會是一個分佈。這也是另外一個我們需要共振腔的原因，因為共振腔如上面解釋的，具有”挑選”的功能，不對的頻率就不會在共振腔內產生增益就無法產生雷射，因此我們可以利用共振腔對頻率進行篩選，只讓那些我們要的頻率可以在腔內產生駐波。



圖五、雷射能階躍遷

共振腔是兩面互相平行的鏡子，一面全反射，一面半反射。作用是使光線在反射鏡間來回反射，目的是使被激發的光經過增益介質多次以得到足夠的放大，當放大到可以穿透半反射鏡時，雷射便從半反射鏡發射出去。因此，此半反鏡也被稱為輸出耦合鏡(output coupler)。兩鏡面之間的距離也對輸出的雷射波長有著選擇作用，只有在兩鏡間的距離能產生共振的波長才能產生雷射。

將電子激發至高能階，第一顆會以自發放射的形式回到基態，若放出的光子不滿足共振腔的駐波條件(我們的對光的要求)，則無法產生增益，若自發放射的光子滿足條件則會在共振腔中來回跑，當其通過增益介質時則會誘發激發放射產生更多和它一模一樣的光子，如雪崩般的增加光子數量直到滿足共振腔放出光的條件(超過臨界值)。



圖六、共振腔內部運作圖

二、基本結構

(一)釘槍

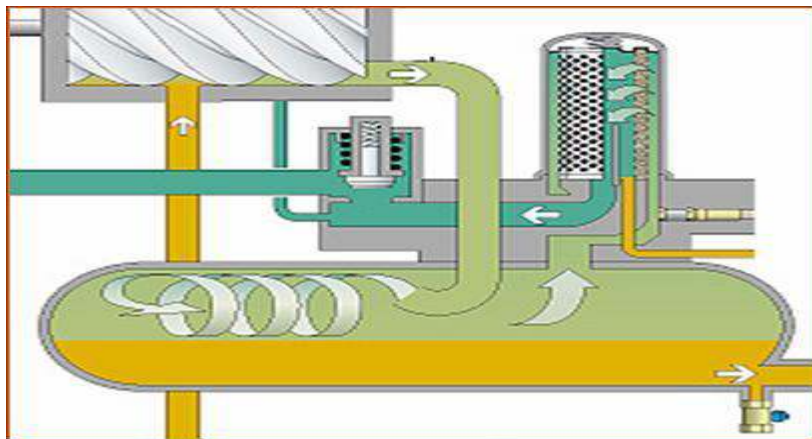
為了更進一步了解釘槍構造，所以我們把釘槍全部拆解開來一探究竟(如圖七)，研究完裡面的構造後，我們試著可不可以讓我們在釘槍上加裝方便的功能，讓釘槍有更好更方便的使用方法。



圖七、釘槍拆解圖

(二) 空壓機

空壓機是一種將氣體壓縮並同時提升氣體壓力的機械(如圖八)依據其運作原理，可分為容積式壓縮機與氣體動力式壓縮機，空壓機壓縮出來的空氣可以給我們的釘槍一個相當大的能量。



圖八、空壓機內部構造圖

三、雷射筆校正設計

(一)雷射筆的功率與用途

以下是常見的雷射用品功率與用途：

表(二) 雷射用品功率與用途

功率	用途
1 - 5 mW	簡報用雷射筆
5 mW	CD-ROM
5 - 10 mW	DVD 播放器或 DVD-ROM drive
100 mW	高速的 CD-RW
250 mW	16x DVD-R 燒寫
400 mW	DVD 24x 雙層記錄
1 W	高功率雷射筆
1 - 20 W	微細加工
30 - 100 W	手術雷射器
100 - 3000 W	工業雷射切割
100 kW	軍事用

(二)雷射筆波長種類

我們在敘述雷射的種類時，會利用波長來區分成紫光、藍光、綠光、黃光、紅光。單位是奈米(nm)。以下為各波段簡介：

1.紫光：常見波長:405nm

由於非常接近不可見光了，人眼對於此光的判斷力很弱，所以很難看見他的顏色。

2.藍光：常見波長:445nm、450nm

可以做成高功率雷射筆(2000mW 以上)，聚熱能力強，適合燒東西。

3.綠光：常見波長:532nm

人眼最清楚的波長為 555nm，因此綠光雷射看起來相當亮眼，適合做為指星筆，由於 532nm 綠光要用倍頻(下述)，所以綠光雷射筆的功率很難做到 1500mW 以上，市面上功率灌水最嚴重的也是綠光。

4.黃光：常見波長:593.5nm

此光非常漂亮，不過是近幾年才發明出來的，除了功率不高之外，價格也相當驚人，例如 80mW 的黃光雷射筆要價 850 美元(約台幣 25000)，而 2000mW 的藍光雷射筆也才台幣 7000 左右。

5.紅光：常見波長:645nm、650nm、665nm

最常見的想必就是紅光了，市面上最高只看到 200mW 的，由於紅光聚熱能力不好，又接近紅外線看不清楚，因此很少做到高功率的。

6.紅外光：常見波長:808nm、1064nm

紅外光看不清楚，但 532nm 綠光雷射就是利用 1064nm 紅外光雷射產生的。上面提到 532nm 是用倍頻而來的，意思是頻率加倍。公式： $V_w = f \lambda$ （波速=頻率 x 波長）介質不變的情況下波速不變，而我們利用倍頻晶體來讓他的頻率加倍(x2)，同時他的波長就會減半。利用這個方法，我們將製造出的 1064nm 紅外光倍頻，可產生出 532nm 的綠光，因此綠光製作起來複雜，價格也比較高。

(三) 雷射筆選擇

本研究參考各式雷射筆波長與價格如下：

表(三)雷射價格與波長

	紅光	黃光	綠光	藍光	紫光
波長	671nm	593nm	532nm	473nm	405nm
價格	低	高	低	中	高

經過我們討論與研究過後，我們發現紅光雷射筆波長為671nm，為雷射筆中效率最高穩定性最高最常見且價格最低的(表一)，所以我們選擇了最符合我們要求且價錢又低的紅光雷射筆，沒有選擇其它顏色的雷射筆是因為它沒有比紅色來的經濟實惠。

(四) 製作材料

本研究自製雷射固定架，以下材料如下所示：

L 型角架 x1、固定鐵片 x4、M5 內六角螺絲 x2、M4 十字螺絲 x4、墊片 x32



圖九、雷射固定架材料



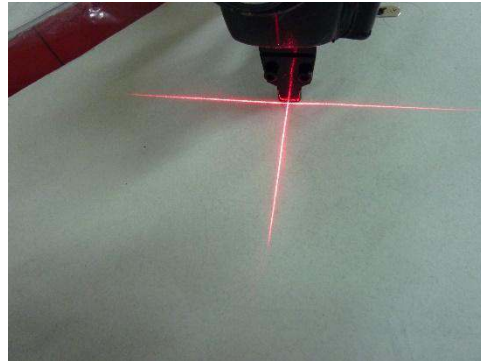
圖十、紅光雷射筆為製作器材

四、雷射光投影長度調整裝置設計

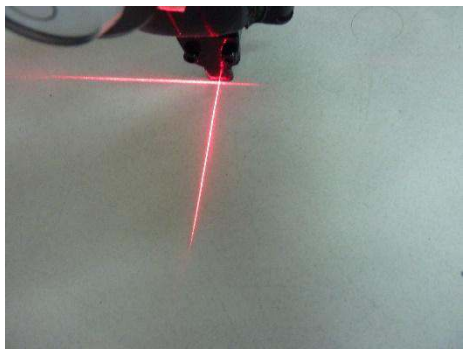
本研究在自製的雷射固定架上，設計旋轉式雷射光長度調整裝置，考量設計材料取得之便利性，本實驗以書局和文具行常見的鱷魚夾作材料，取兩個短鱷魚夾改裝，利用鱷魚夾轉動調整左右兩側紅光雷射的長度，藉此有效控制釘槍施工的間距。(如圖所示)



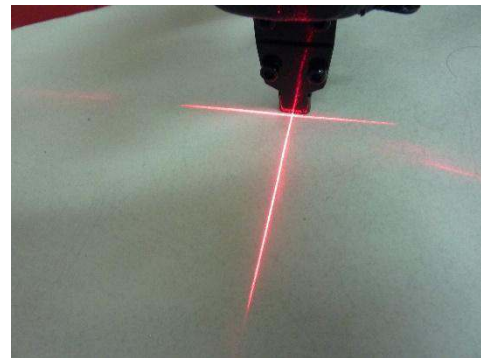
圖十一、利用鱷魚夾改造雷射光投影裝置



圖十二、未改裝前的投影長度



圖十三、單邊改裝可任意調整投影長度



圖十四、雙邊改裝，兩側都可任意調整投影長度

四、雙水平儀設計

本研究總共挑了兩種水平儀，第一種長條式水平儀(如圖十一)，第二種圓扁式水平儀(如圖十二)，試用之下發現圓扁式水平儀比較適合，因為長條式水平儀安裝在釘槍上不易安裝，並且水平定位也不是非常精準總是會有偏移的情形，至於圓扁式水平儀它既可以滿足我們所需要的垂直度和水平度，還能節省空間。



圖十五、長條式水平儀



圖十六、圓扁式水平儀



圖十七、釘槍俯側水平儀安裝位置



圖十八、釘槍正側水平儀安裝位置

五、板機安全卡榫設計

本實驗考量工安事件層出不窮，且釘槍具有高度危險性，稍不注意會造成身體嚴重的傷害，釘槍板機長度與尺寸各不相同，安全卡榫若要符合各式釘槍板機尺寸，勢必取得材料一定要常見且尺寸多樣，本人注意到坊間文具店與書局長販賣的長尾夾，尺寸與樣式極多，選擇釘槍板機合適尺寸的長尾夾，夾子夾住板機，尾部頂住槍身與板機的間距，在槍身頂住的部分黏貼魔鬼氈，增加長尾夾尾部的摩擦力，使固定更牢靠，這樣就可以鎖住板機，而無法作動，有效減少因掉落或誤觸造成釘針射出傷人的事件，要使用板機時，只要將長尾夾尾部扳下即可。以下為本研究的設計圖與實際操作情形。



圖十九、選擇適合尺寸的長尾夾做安全卡榫



圖二十、安全卡榫安裝過程



圖二十一、安全卡榫解開情形



圖二十二、安全卡榫鎖住情形

六、組裝過程

- (一)首先本研究先將 AB 塑鋼土以 1:1 的比例揉均勻(如圖十三)。
- (二)將 AB 塑鋼土塗抹在水平儀上(如圖十四)。
- (三)將水平儀平貼在釘槍後蓋上
- (四)鎖上L型角架
- (五)固定3號電池電池座



圖二十三、AB塑鋼土材料



圖二十四、AB塑鋼土塗抹水平儀



圖二十五、將水平儀平貼在釘槍後蓋上



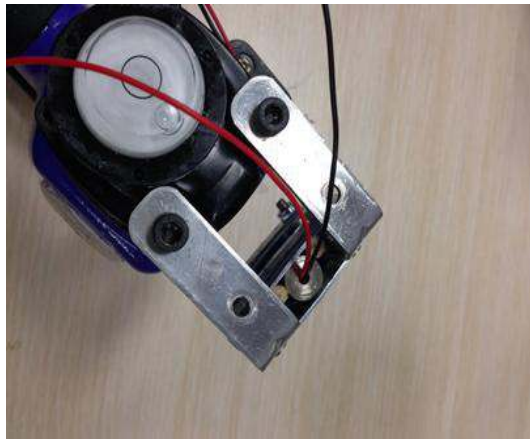
圖二十六、鎖上L型角架



圖二十七、固定3號電池電池座



圖二十八、完成品正面



圖二十九、完成品反面



圖三十、完成品側面

伍、研究結果

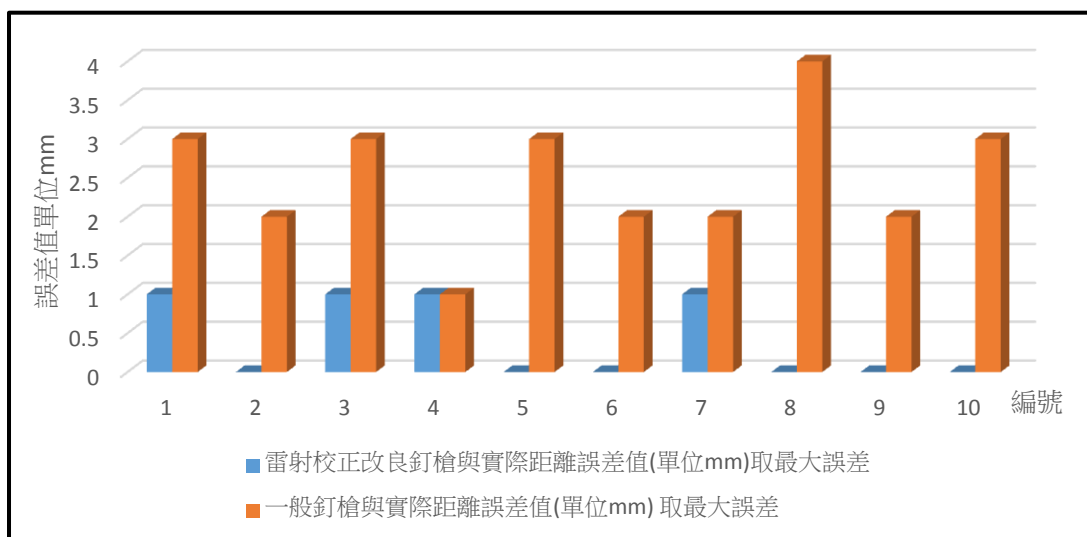
釘槍改良組裝後，本研究測試釘槍改良結果分成下列各點敘述：

一、雷射筆校正結果

本研究安裝雷射筆改良後釘槍，請高一新手學弟實際測試，以直線木板操作釘槍試釘10點預設的位置，並將改良釘槍與一般釘槍下釘後與預設位置(含ㄇ字型釘寬度)誤差值做比較，得到下列比較的柱狀圖。

表(四) 雷射校正改良釘槍與一般釘槍施作誤差值比較

預設點編號	雷射校正改良釘槍與實際距離誤差值(單位mm)取最大誤差	一般釘槍與實際距離誤差值(單位mm)取最大誤差
1	1	3
2	0	2
3	1	3
4	1	1
5	0	3
6	0	2
7	1	2
8	0	4
9	0	2
10	0	3



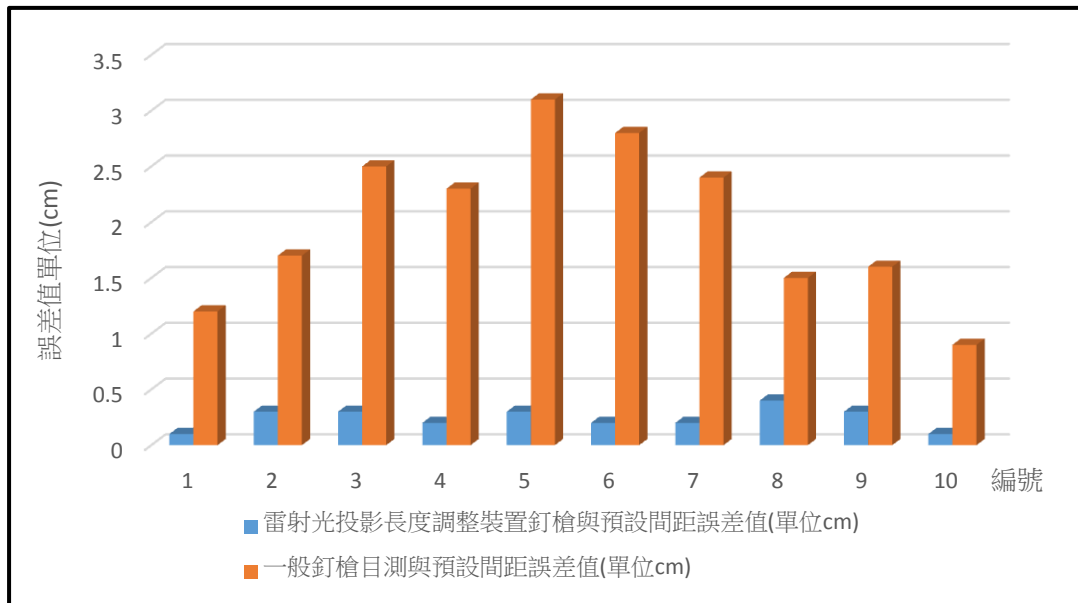
圖三十一、雷射校正改良釘槍與一般釘槍誤差值比較柱狀圖

二、雷射光投影長度調整裝置設計結果

本研究以鱷魚夾當雷射光投影長度調整裝置，同樣比較具調整裝置改良的釘槍與一般釘槍實際操作結果，以木板固定施作總距離(1公尺)直線下釘10點，每點間距10公分，比較改良後釘槍與一般釘槍下釘位置與預設間距的誤差值，其結果如下所示。

表(五) 雷射光投影長度調整裝置與一般釘槍施作間距誤差值比較

預設點 編號	雷射光投影長度調整裝置釘槍 與預設間距誤差值(單位cm)	一般釘槍目測與預設間距誤差 值(單位cm)
1	0.1	1.2
2	0.3	1.7
3	0.3	2.5
4	0.2	2.3
5	0.3	3.1
6	0.2	2.8
7	0.2	2.4
8	0.4	1.5
9	0.3	1.6
10	0.1	0.9



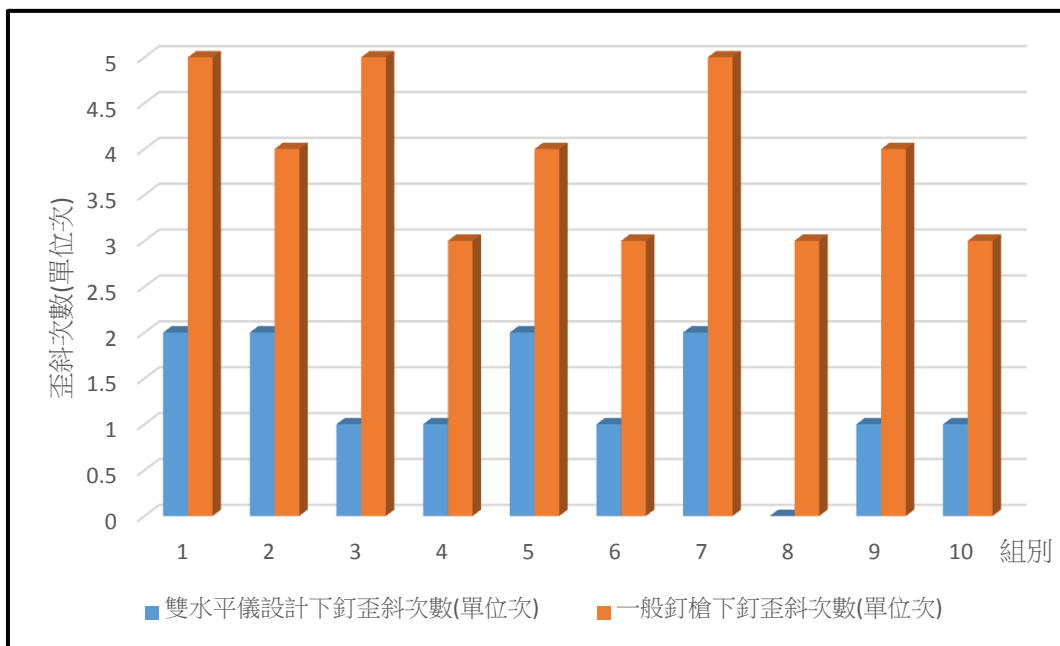
圖三十二、雷射光投影長度調整裝置與一般釘槍施作間距誤差值比較柱狀圖

三、雙水平儀設計結果

本研究加裝雙水平儀設計釘槍與一般釘槍實際操作，比較施作10組，每組下釘10次，統計下釘位置釘針歪斜的情形，兩者比較結果如下：

表(六) 雙水平儀設計與一般釘槍施作下釘歪斜度比較

組別編號	雙水平儀設計下釘歪斜次數 (單位次)	一般釘槍下釘歪斜次數(單位 次)
1	2	5
2	2	4
3	1	5
4	1	3
5	2	4
6	1	3
7	2	5
8	0	3
9	1	4
10	1	3



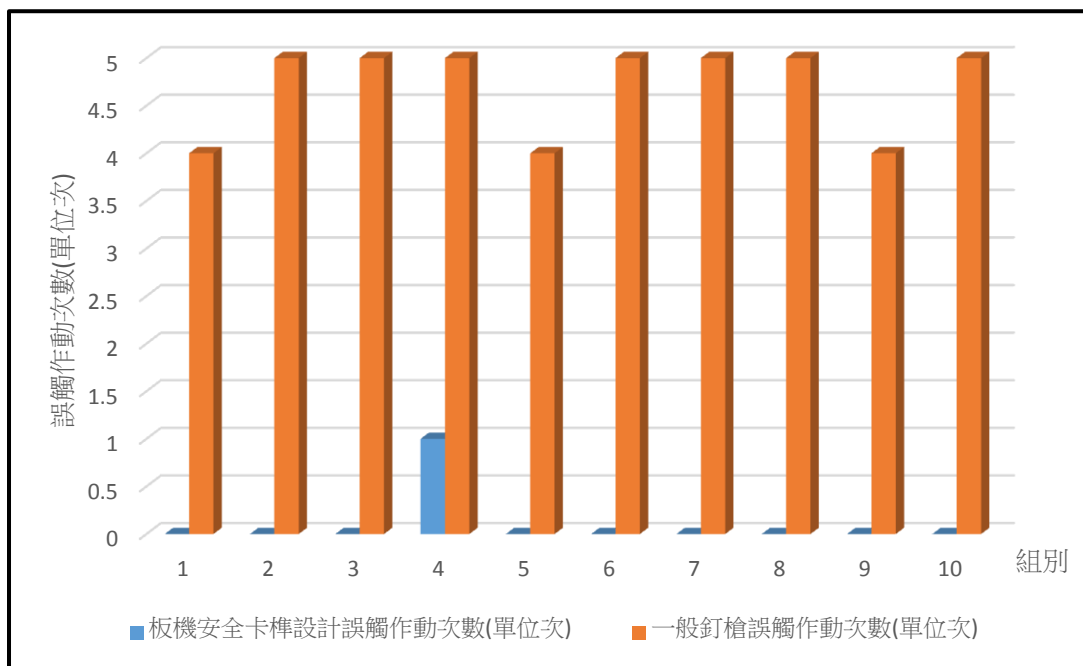
圖三十三、雙水平儀設計與一般釘槍施作下釘歪斜度比較柱狀圖

四、板機安全卡榫設計結果

本研究考量釘槍的危險性，以長尾夾改良成釘槍板機安全卡榫，並將改良後釘槍與一般釘槍板機部分綁上繩子(避免危險將槍匣釘針清空)，打開空壓機並拉扯繩子，測驗模擬板機誤觸情形，實驗一共模擬10組，每組拉扯繩子五次，並統計誤觸作動次數。

表(七) 板機安全卡榫設計與一般釘槍施作下誤觸作動次數比較

組別編號	板機安全卡榫設計誤觸作動次數(單位次)	一般釘槍誤觸作動次數(單位次)
1	0	4
2	0	5
3	0	5
4	1	5
5	0	4
6	0	5
7	0	5
8	0	5
9	0	4
10	0	5



圖三十四、板機安全卡榫設計與一般釘槍施作下誤觸作動次數比較柱狀圖

五、研究結果過程示意

本研究將完成作品時的操作，紅外光段準實作木板，十字絲明顯呈現導引，本研究實地比較一般釘槍，由同一人實地操作改良後釘槍與一般釘槍，結果如下所示：



圖三十五、雷射水平儀校正釘槍



圖三十六、一般釘槍



圖三十七、實作木工教室



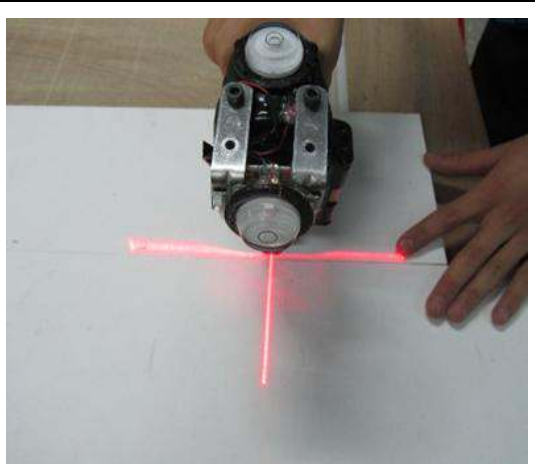
圖三十八、實作木工教室近照



圖三十九、改良後的紅光十字絲



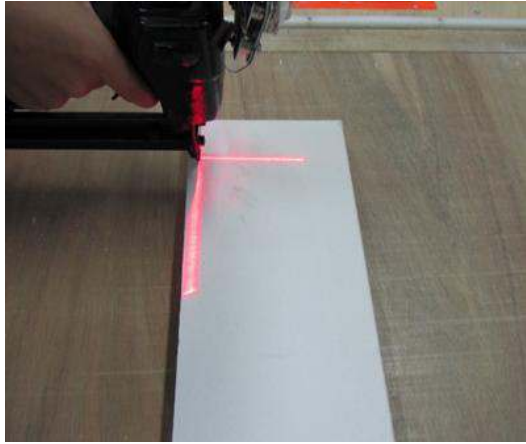
圖四十、一般槍無紅光校正



圖四十一、雷射釘槍實作情形



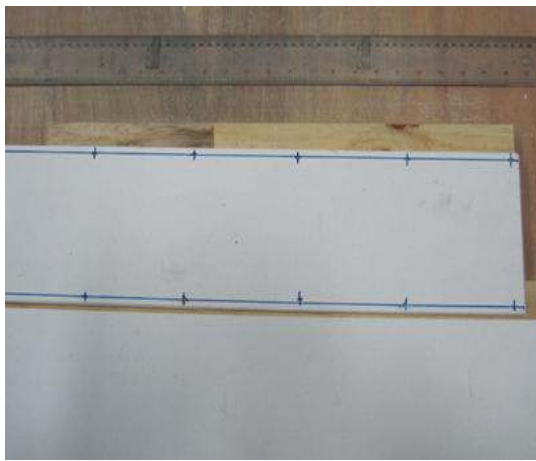
圖四十二、一般釘槍實作情形



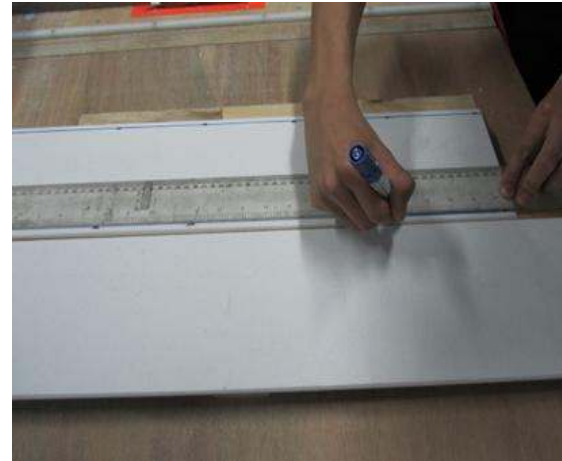
圖四十三、雷射釘槍校正邊緣



圖四十四、一般釘槍無校正易釘歪



圖四十五、雷射釘槍釘子排列整齊



圖四十六、一般釘槍需重新規劃

陸、討論

一、由研究結果顯示，雷射水平儀校正釘槍中，紅光雷射定位與雙水平儀設計，有效改善目測定位所產生誤差值，可以減少釘針因歪斜或下釘位置誤差太大的耗損，且提升工作效率，改造成本低廉且合宜。

二、雷射水平儀校正釘槍，對於初使用釘槍的新手，其助益良多，尤其在釘直線時，有效改善下釘位置，唯改裝後機身稍重，長時間使用手腕較容易痠痛，之後會針對實驗品做輕量化設計，改善此缺失。

- 三、水平儀選擇部分，在本研究團隊討論結果後，決定用最新版本，圓扁式水平儀，配上10mw紅光雷射筆，來做我們校正的工具。
- 四、由實驗結果得知，雷射光投影長度調整裝置設計，有效增加釘槍下針位置與間距得準確度，施作物所承受的力會越平均，不但可以增加完成品的使用壽命，並在施作過程中，減少一般釘槍量尺規畫的時間，使工作更有效率。
- 五、若技術純熟的木工人員，單憑經驗也可以辦到雷射釘槍效能，因此要如何讓老手青睞本產品，勢必要在設計出對老手有幫助的功能，這將是未來的一大挑戰。
- 六、釘槍皆有一定的危險性，之後設計會考量土木施工時，釘槍的安全性，本研究利用長尾夾改造後設計出版機安全卡榫，有效防止因釘槍掉落或誤觸板機發生的工安事件。
- 七、未來研究針對安全部分，預計加裝紅外線熱感系統，只要瞄準物具有人體體溫範圍，釘槍會做反應，確認物體非生命才施工。
- 八、釘槍的空壓機作動時，聲音很吵雜，之後研究亦針對空壓機的噪音汙染做改善。
- 九、長期手持釘槍，亦容易造成職業傷害，今後設計針對滑台式支架做研究，在直線操作時，能將釘槍掛在支架上，設定距離寬度，滑台滑動自動上釘。

柒、結論

本研究結合雷射與水平儀的概念，製作新一代釘槍，做了一支符合新手使用的釘槍，可以使新手使用起來更方便，並有效提升精準度，而本研究當初的想法，是由我們要做教室隔間，所做的木板牆壁，為了不讓釘槍的釘子釘歪，所以想到了這個題目，但事一開始只是想到了水平儀，後來經過思考後，才加入了雷射筆、雷射光投影長度調整裝置與板機安全卡榫，最後我們才完成了這個題目，今後未來的努力方向朝著釘槍握把的便利性，預計將握把改成滑軌式可調角度型，可適應各種施工角度；紅外線感測安全裝置，使釘槍對準生物體時能有效發出預警，並改變釘槍材質，減輕重量增加攜帶度。

捌、參考文獻

一、期刊論文

(一)孫瑜編著(2010)。《電工機械I》，五南書局。

(二)曹智鈞(2007)。“電動打釘槍的設計與分析”，國立成功大學碩士論文。

(三)陳信宏、許鳳火(2008)。「裝訂機握把與手掌使用舒適度之研究」工業設計，第三十一期，p.186~193。

(四)楊逸帆(2005)，「鉗擊式釘槍之改良開發與人因評估」碩士論文，朝陽科技大學設計研究所。

二、網路資料

(一)雷射筆基本構照(2014/12/14)

<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%BF%80%E5%85%89%E7%AC%94>

(二)空壓機基本構照(2014/12/14)

<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%8E%8B%E7%BC%A9%E6%9C%BA>

【評語】 091203

針對木工釘槍，以雷射指示筆及水準器組合，用以改善釘槍之安全性與精確性。本裝置具有創意，以實際操作之數據驗證其改善效果，其安全卡榫以長尾夾替代之設計略嫌簡易，本裝置之可靠性及耐久度仍有待加強。此外宜對釘槍在木料角材及板材不同角度接合時之精準度進行後續探討。