

全國高級中等學校專業群科 106 年度專題暨創意製作
競賽「創意組」作品說明書封面

群別：土木建築群

作品名稱：3D 列印水準測量尺夾設計

關鍵詞：3D 列印、閉合水準測量、水準尺尺夾



目錄

壹、創意動機及目的	1
一、創意動機	1
二、創意目的	1
貳、作品特色與創意特質	1
參、研究方法或過程	2
肆、依據理論及原理	3
伍、作品功能與操作方式	3
一、作品設計圖及功能說明	4
二、實際應用	7
陸、製作歷程說明	7
一、水準尺夾 SOP 標準架設流程	7
二、製作歷程	8
三、問題討論	8
四、結論	10
柒、參考文獻	10
附件一、使用材料及設備	A
附件二、工作時程表（甘特圖）	D

壹、創意動機及目的

一、 創意動機

「水準測量」^[註1]是測量的基礎，其目的為測得未知點位的高程，主要儀器包含水準儀與水準尺，為保持整個水準尺穩定性，常使用尺夾固定尺身鎖於腳架，並與地面成垂直直立狀態。目前廣為使用之鋁製尺夾有以下缺點：1. 攜帶笨重、效率低且轉動受限；2. 不易架設，架設不當易造成觀測誤差；3. 市場需求總量小，售價居高不下，本次研究即針對上述問題進行改善。

二、 創意目的

以精簡的設計概念，配合 3D 列印技術，製作一套實用的測量儀器配件：

1. 設計具有操作便捷性與實用性的水準尺夾。
2. 以 3D 列印技術取代舊有製造方法，發展可彈性修正的製作方式來製作水準尺夾。
3. 以具有可回收再利用特性的 PLA(玉米澱粉塑膠)材質製作水準尺夾，達到耗材少、成本低且具一定強度之尺夾，以符合經濟與環保效益。

貳、 作品特色與創意特質

本組 3D 列印水準尺夾設計，融合「創新」、「未來」、「展示」、「教學」等四大功能，其設計符合「實際所需」、「創意設計」、「模型成品」、「機能靈活」等需求，製造出一個幫助作業的好夥伴。本組作品設計說明圖一如下：



圖一 作品特色示意圖

一、啟發思想

經由觀察及不斷的嘗試培養的數理及邏輯思考能力，並嘗試由實作中鍛鍊突破問題時所需的態度與能力，並以創新思維改善既有儀器配件的功能。

二、可行性高

將現有儀器(三角環架、鱷魚夾、鋁製尺夾)改善為3D列印水準尺夾，經由不斷的修正，以「便於作業」為主要指標，使用3D列印技術製作水準尺夾，並實際操作驗證，發展出製作水準尺夾的標準製程。

三、符合課程需求

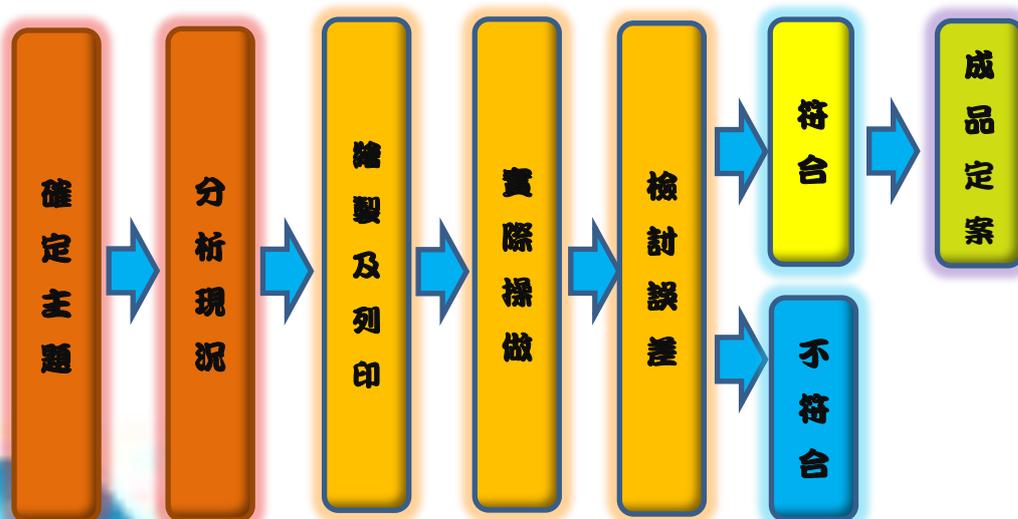
3D列印水準尺夾分為：單面、雙面、全方位等三種不同款式，不論是外觀或功能，其必需能配合各個類型的水準尺架設，並適應各種現場及量測方法（例：閉合水準測量、方格測量…等），更能符合測量實習課程所需。

四、師生互動

顛覆「老師教，學生學」的傳統觀念，透過與師長的討論，學習有效溝通的表達能力並主動尋找解決問題的方法，間接達到師生教學相長。

參、研究方法或過程

研究流程圖：



圖二 研究流程圖

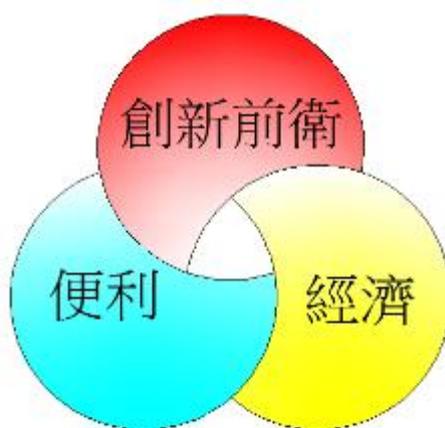
在測量相關課程的學習與測量實習操作過程中發現鋁製尺夾操作不易，具有極大的改善空間。例如：鋁製尺夾有笨重、轉動受限、攜帶不易、價格高等缺點亟待改良，本次研究即針對此問題點進行討論並訂定研究方向。

本次研究過程分為繪製圖形、實際製作、編纂報告三大部分，使用電腦繪圖軟體「Skepchup」^[註2]繪製圖形，並將完成的圖形轉存立體圖檔(*.stl)，輔以 Cura 切片軟體轉換為 Gcode 檔案(*.gcode)存入 SD 卡，並傳輸至 3D 印表機進行成品印製。以實際測量的方式檢測成品是否符合需求，並即時修正設計後列印新產品，逐步改善至符合需求，確定完成作品後繕寫書面文件。

於實際測量中使用 3D 列印尺夾作業並調查使用者意見，訂定可提高整體測量作業效率且人人都可以輕鬆上手使用的標準作業程序 SOP (Standard Operating Procedure) 操作流程。

肆、依據理論及原理

藉由課堂中所學習到有關水準測量相關知識^[註3]為起點(例如：閉合水準測量、方格測量…等)，並統整實習過程的心得來設計尺夾，以設計具前衛性的創新產品為原則，同時考量經濟性與便利性，其發想相關意象如圖三所示：

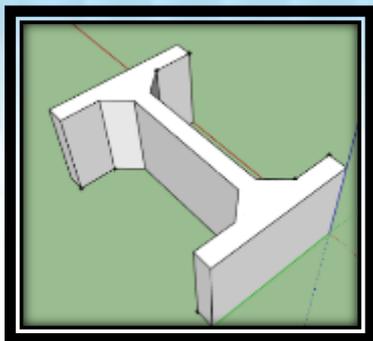


圖三 發想相關意象示意圖

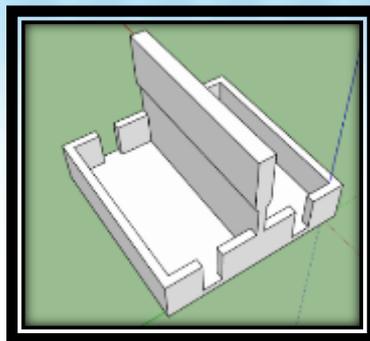
伍、作品功能與操作方式

一、作品設計圖及功能說明

設計過程：剛開始架設水準尺尺夾時沒有設計卡榫，導致水準尺架設時易與尺墊分離；同時也發現架設水準尺的時候，常常因為固定器的底部與外圍厚度不夠而屢屢造成水準尺底部固定器斷裂。



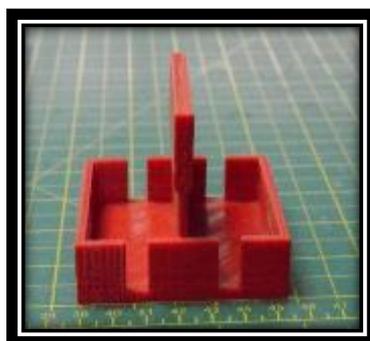
圖四 使用 Sketch up 繪製尺夾



圖五 Sketch up 繪製底部固定器



圖六 尺夾成品



圖七 底部固定器成品



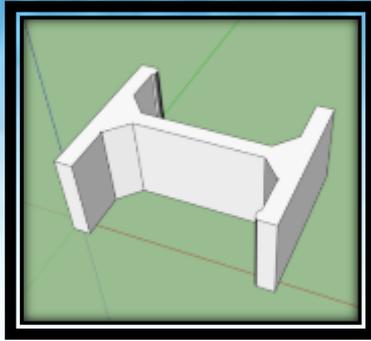
圖八 尺夾套入水準尺



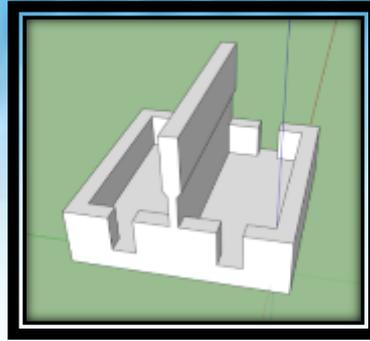
圖九 底部固定器套入水準尺

說明 1：在架設時因用力過度導致斷裂

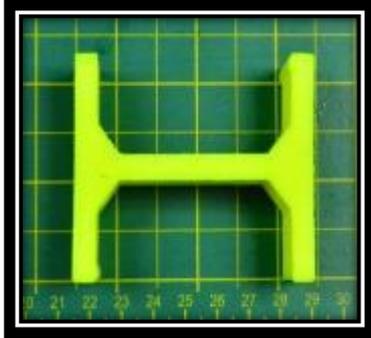
設計過程：架設水準尺的過程中發現三角形卡榫與水準尺過於密合，拆卸時易斷裂；所以將固定器的底部加厚並於中心點設計一個圓弧 [註 4] 使其與尺墊更加貼合。



圖十 重新繪製尺夾



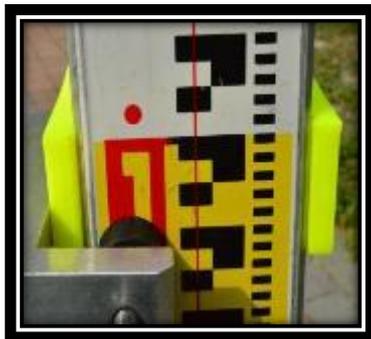
圖十一 重新製底部固定器



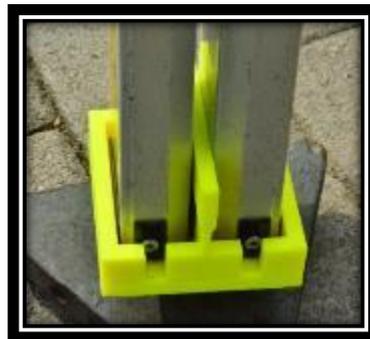
圖十二 重新列印尺夾



圖十三 重新列印出底部固定器

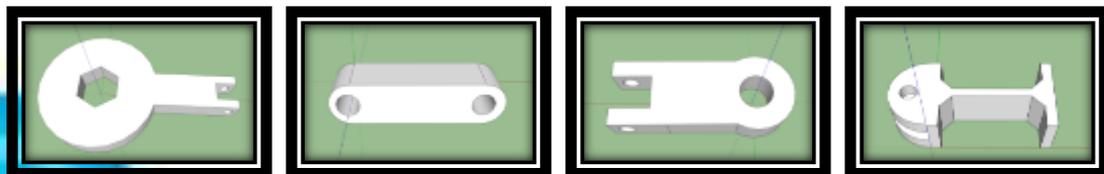


圖十四 重新將尺夾套入水準尺

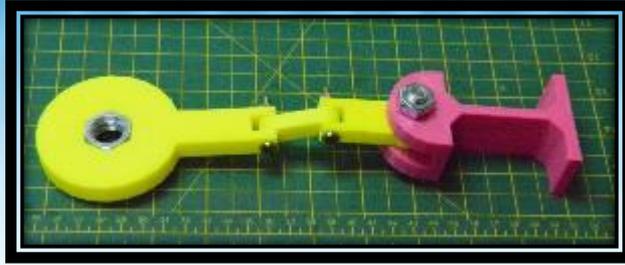


圖十五 重新將水準尺底部固定器

設計過程：設計水準尺夾的過程中為了達到便於攜帶，所以設計一體成形的尺夾來代替鋁製尺夾讓其攜帶更加輕巧，但尺夾的接合處並不够穩固需再改善。



圖十六 使用 Sketch up 繪製尺夾

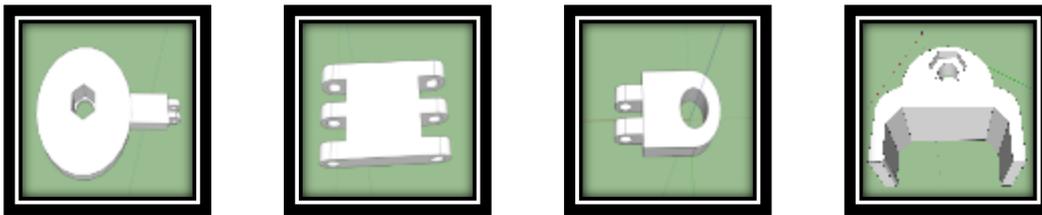


圖十七 利用 3D 列印機列印出尺夾成品，並將其以螺絲組合而成



圖十八 將尺夾套入水準尺，比對比例是否有錯誤

設計過程：使用於乙級檢定考場實作。



圖十九 使用 Sketch up 繪製尺夾



圖二十 利用 3D 列印機列印出尺夾成品，並將其以螺絲組合而成



圖二十一 將尺夾套入水準尺，比對比例是否有錯誤

二、實際應用



圖二十二 乙級測量檢定之方格水準測量

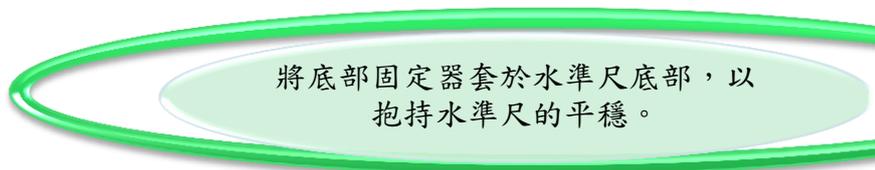
由於 3D 列印尺夾操作簡易、便利性佳，於是我們將其運用於乙級測量檢定之水準尺架設，如上圖所示。

陸、製作歷程說明

一、水準尺夾 SOP 標準架設流程



將水準尺和尺夾進行組裝，確定其與尺夾緊密貼合。



將底部固定器套於水準尺底部，以抱持水準尺的平穩。

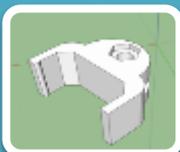


放置於觀測點位，配合專業水準氣泡及尺夾設計之轉動機能，進而調整水準尺的水平。

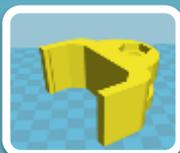


上述步驟結束後，及水準尺架設完成。

二、製作歷程



用Sketch Up軟體繪製尺夾圖形



使用Cura切片軟體進行轉檔



使用3D印表機列印成品



進行模型套量

三、問題討論

(一)尺夾之比較

探討 3D 水準尺夾及傳統鋁製尺夾的差異，條列說明如下：

表 1、尺夾之比較

	3D 列印-水準 尺單面尺夾	3D 列印-水準 尺雙面尺夾	鋁製尺夾
相對誤差值	高 (≤ 0.003)	高 (≤ 0.005)	中 (≥ 0.005)
裝置時間	短	短	長
使用壽命	中 (1~2 年)	中 (1~2 年)	長 (數年)
成本	低 (100 元以內)	低 (100 元以內)	高 (約 2000 元)
視角	窄 (165 度)	高 (300 度)	窄 (165 度)
總結:效率比	高	高	中

1. 相對誤差值：3D 列印水準尺夾與尺面緊密貼合，和鋁製尺夾相比，相對誤差值低。
2. 裝置時間：3D 列印水準尺夾為一體成形，在架設上比鋁製尺夾迅速。

3. 使用壽命：3D 列印水準尺夾，可使用 1~2 年；鋁製尺夾是金屬製品，妥善使用下可用數年。
4. 成本：3D 列印水準尺夾為 DIY 作品，和訂製的鋁製尺夾相比下，其成本低，經濟效益高。

整體總結不管在成本、裝置時間又或者精度方面上，3D 列印水準尺夾的效率比都比鋁製尺夾還要優。唯一美中不足的是，其屬塑膠材料，使用一段時間後容易產生塑膠劣化現象。

(二) 機器之設定

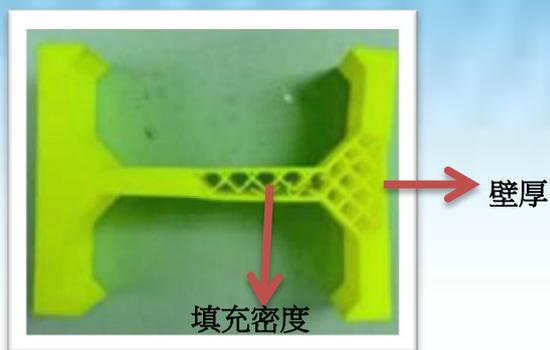
表 2、機器設定之比較

	機器設定	原始設定	最終設定
列印品質	層厚 (mm)	0.3	0.3
	壁厚 (mm)	0.8	1.2
填充	底/頂層厚度 (mm)	0.9	0.9
	填充密度 (%)	30	50
速度及溫度	列印速度 (mm/s)	35	30
	機器設定	原始設定	最終設定
速度及溫度	列印溫度 (C)	210	210
	熱床溫度	0	50
支撐	支撐類型	Everywhere	Everywhere
	黏附平台	0	0
列印材料	直徑 (mm)	1.75	1.75
	流量 (%)	100	100
	列印品質	劣	優

以上為列印尺夾時 3D 印表機的設定，為了使它品質更好我們將幾項原始設定進行調整，調整的項目有壁厚、填充密度、列印速度、熱床溫度等四大主要因素說明如下：

1. 壁厚：可決定此結構體是否容易斷裂。（如圖（六）水準尺夾之內部構造）
2. 填充密度：可決定結構體的硬度。（如圖（六）水準尺夾之內部構造）
3. 列印速度：可決定成品的質地。

4. 熱床溫度：可降低成列印時的失敗率(成品翹邊)。



圖二十三 水準尺夾之內部構造

四、結論

將 3D 列印水準尺尺夾與鋁製尺夾的接合度及緊密度進行比較，由於 3D 列印尺夾的設計與水準尺緊密貼合，比起以螺栓接合的鋁製尺夾來的高，另外 3D 列印尺夾為一體成形，架設迅速，可縮減以鋁製尺夾的架設時間，儘管 3D 列印水準尺尺夾使用壽命不比鋁製尺夾好，僅約一至二年的使用時間，但只要妥善使用下即可延長使用年限。

柒、引注資料

[註 1]王儂、過靜琚，**現代普通測量學**，五南出版社（2003）

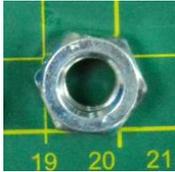
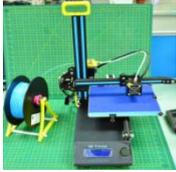
[註 2]施永富，**測量學**，三民書局股份有限公司-修訂三版（2013）

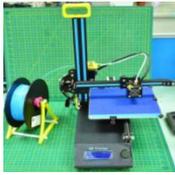
[註 3]陳坤松，**Google SketchUp8 設計大師從入門到精通**，松崗資產管理股份有限公司(2012)

[註 4]陳坤松，**SketchUp2017 室內設計繪圖實務**，旗標出版社（2017）

附件一、使用材料與設備

一、材料

編號	名稱	說明	圖片	使用圖片
1.	大六角螺帽	與所設計角架固定環結合，使其不意滑動亦可替代笨重的鋁製尺夾		
2.	中六角尼龍螺帽	可使尺夾與旋轉軸更加固定，而使用尼龍螺帽可使更加不易脫落		
3.	中六角螺絲	加強中六角尼龍螺帽的穩定性，使其能更加穩固		
4.	小六角尼龍螺帽.	用於固定尺夾，可讓尺夾有更多的活動性，使其可自由移動,然而使用尼龍螺帽可不易脫落		
5.	小六角螺絲	加強小六角螺帽之活動性，使其不意脫落		
6.	PLA 原料	尺夾原料，使尺夾更堅固，不易損壞，製作出的尺夾也可讓螺絲螺帽更加貼合亦可增加尺夾之耐久性		

編號	名稱	說明	圖片	使用圖片
9.	鋼捲尺	用來測量所需要的距離		無
10.	3D 列表機	用來列印所設計的尺夾		無

二、設備

編號	名稱	說明	圖片	使用圖片
1.	水準儀	測量水準尺		
2.	水準尺	測出的數據可得知是否有誤差		
3.	水準尺尺夾	讓水準尺與腳架固定在一起使不易滑動		
4.	腳架	用來固定水準尺		
5.	尺墊	讓水準尺可以更加穩定的固定在腳架上		
6.	水準氣泡	使水準尺可以垂直水平		無
7.	木樁	使用木樁法來得知儀器無誤差		
8.	鐵釘	釘在木樁上測量木樁法		

