

第十七屆旺宏科學獎

成果報告書

參賽編號：SA17-323

作品名稱：角度游標卡尺

姓名：馮俊翰

關鍵字：游標卡尺、操作方便、可測量角度

目 錄

壹、摘要.....	1
貳、研究動機.....	1
參、研究目的.....	1
肆、研究方法.....	2
一、研究流程.....	2
二、文獻探討.....	3
三、設備、工具及材料.....	4
四、第一代角度游標卡尺設計與製作.....	5
五、第一代角度游標卡尺實際測試.....	11
六、改良干涉與游尺 B 長度問題.....	12
七、【第一代】角度游標卡尺爆炸圖與實體圖.....	13
八、【第二代】角度游標卡尺設計與製作.....	14
九、【第三代】角度游標卡尺設計與製作.....	20
伍、研究結果.....	24
陸、討論.....	27
柒、結論.....	29
捌、參考資料.....	30
附錄一：第一代角度游標卡尺量測數據與結果.....	31
附錄二：第二代角度游標卡尺量測數據與結果.....	33
附錄三：第三代角度游標卡尺量測數據與結果.....	36

壹、摘要

本研究由三部分組成。第一項為本尺，測爪加厚和開槽的游標卡尺並刻有本尺刻度。第二部分為游尺 A，刻有角度刻度並在基座有特殊的階級可與第一部分的槽和第三部分的圓孔作相對轉動與滑動。第三部分為游尺 B，刻有游標刻度並在基座有階級可在第一部份上滑動，可與第二部分的階級作轉動並配合指針可以量測 $0^{\circ}\sim 70^{\circ}$ ，且可直接讀值，不須再換另外一個量測工具量測。

第一代由於盤面過小利用雷射雕刻無法刻的太過於密，以免造成讀值困難，精度可到達 5 度，量測的誤差值介於 0.89%~2.6% 之間。第二代改良重點在於：改良角度盤面以提高讀值精度達到 3.6 度、增加深度測桿、增加推鈕以方便使用，量測的誤差值介於 0.53%~1.6% 之間。

最後製作完成的第三代角度游標卡尺其精度已可達到 2.5 度，指針並可以很清楚的進行刻度讀值辨識，量測的誤差值介於 0.065%~0.37% 之間，未來預計繼續精進第三代改良進化成第四代，第四代將利用微分原理來大幅提升精度至 0.1 度，若完成應可大幅提高商業上的實用性。

貳、研究動機

在高一、高二學校的機械加工實習當中會遇到需要加工含有角度的工件，然而在檢測時需要特定的量具或規具，而就我們學習到的可以用來測量角度的方法，就只有量角器、組合角尺、正弦桿、角度塊規、三次元測量機還有游標角度規，如果遇到需要量測角度時，需另外準備量具或規具，造成工件量測的不便，降低工作效率。同時市面上現有的量測工具有些非常昂貴或是無法直接讀值。所以本團隊就決定將加工現場常見的游標卡尺結合角度量測的功能，在使用操作上可以達到簡單、方便又快速。

參、研究目的

1. 當現場操作人員需要時可快速的量測角度且可直接讀值。
2. 可以在測量角度之功能和測量內外徑、深度之功能之間快速切換。
3. 確保角度功能和長度功能之間不會相互影響。
4. 使其具有快速且準確之角度量測功能。

肆、研究方法

一、研究流程

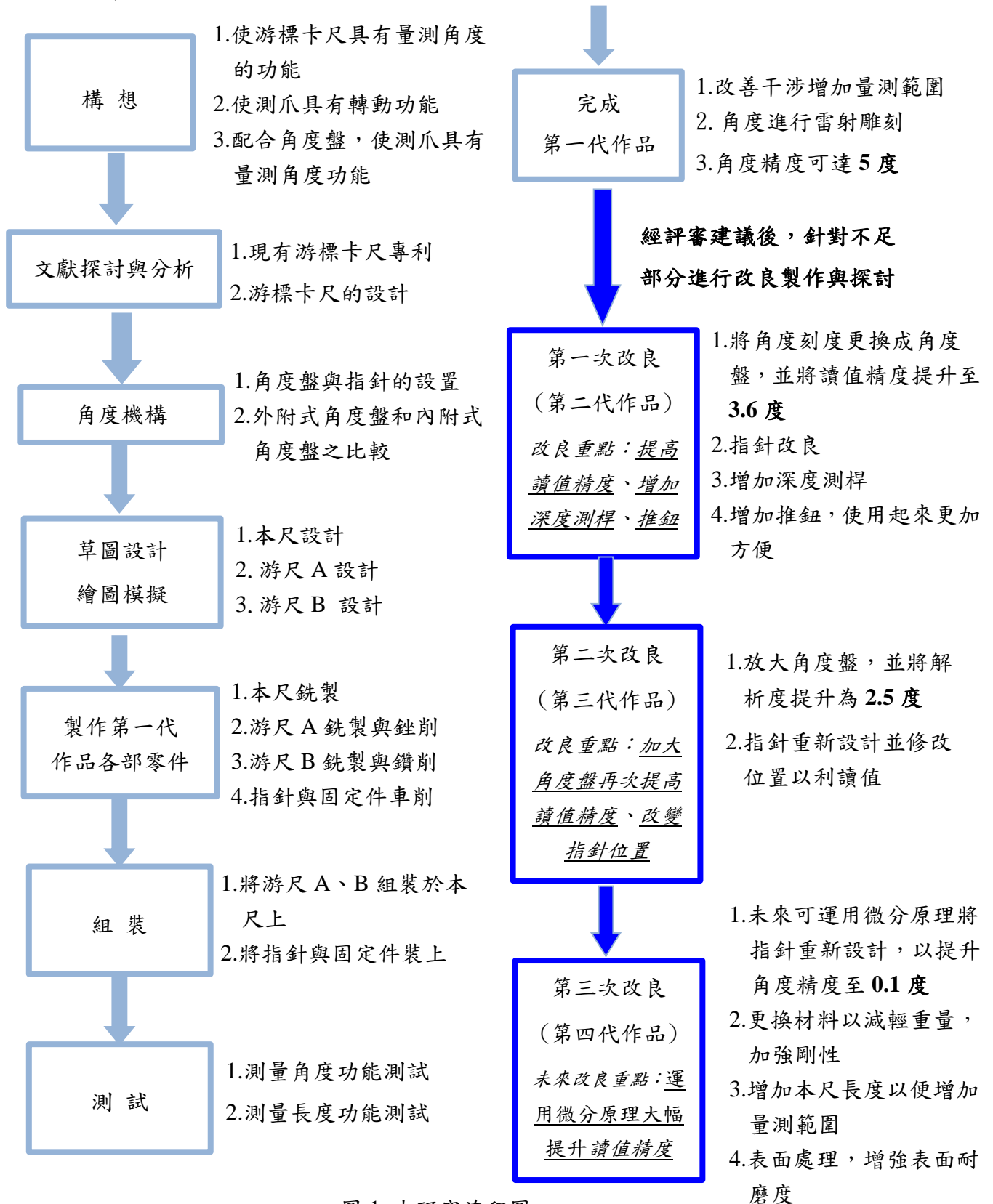
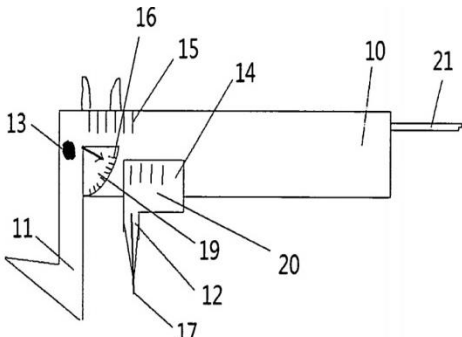
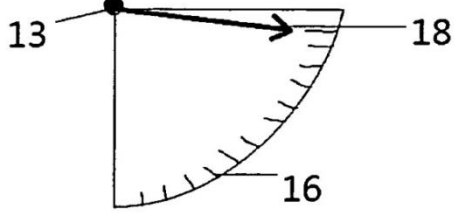


圖 1 本研究流程圖

二、文獻探討

(一) 相關專利搜尋

表 1 專利搜尋、分析與啟發，關鍵字:游標卡尺

專利名稱:多功能游標卡尺	專利案號:M473508
	<p>專利摘要:</p> <p>一般使用游標卡尺時，不能夠量測角度。所以此專利游標卡尺上設置量角器及原規，裝置在游標卡尺前端，前端有針筆，上有一量角器。也有一支斜筆方便畫圓標角度，此專利可以使一把多功能游標卡尺就能測量出所有的尺寸。</p>
	<p>整理歸納:</p> <p>此專利是在西元 2013 年 11 月 27 日公告，此專利是在本尺上設置量角器，在量測時配合針筆在工件表面劃線，同時刻劃角度。</p> <p>可以藉此專利來啟發我們團隊對於角度盤的設計與設置位置。</p>

(二) 現有角度量具規具比較

表 2 比較量測角度的工具

比較種類 量測儀	可否直接讀值	價格	操作技術	儀器體積 (攜帶便利性)
量角器	可	低	低	好
組合角尺	可	低	低	好

正弦桿	不可	低	低	好
角度塊規	可	中	中	好
萬能量角器	可	低	中	好
三次元測量機	可	高	高	差

三、設備、工具及材料

本團隊所使用的設備與工具如下表 3、表 4 所列：

表 3 本研究所使用機台設備



 <p>立式銑床</p>	 <p>磨床</p>	 <p>鉗工桌</p>
 <p>機力車床</p>	 <p>光學投影機</p>	 <p>萬能工具磨床</p>

表 4 本團隊所使用到的工具

銑刀	車刀	鑽頭
面銑刀	V 型枕	六角板手
球心棒	分厘卡	平行塊
游標卡尺	鋼尺	氣槍
鉛塊	虎鉗	搪孔頭
游標高度規	槓桿式量錶	萬能工具磨床
雷射雕刻機	電焊機	板金剪刀
挫刀	光學尺	花崗岩平板

本團隊所使用的材料如下表 5 所列

表 5 本團隊所使用的材料



四、第一代角度游標卡尺設計與製作

(一) 本尺加工

1. 設計概念

本團隊之本尺一開始的設計是將一般游標卡尺的本尺中間開槽，但後來發現淬火後工具鋼不方便加工，便先使用鋁材加工，製做出角度游標卡尺的本尺。


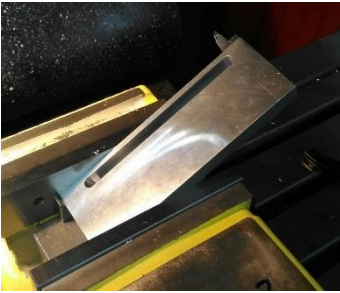
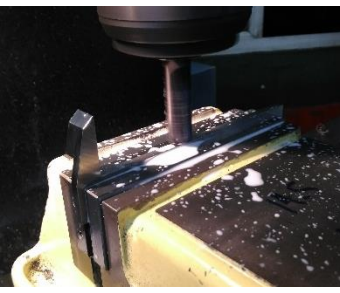

用鋁材加工後發現，鋁材硬度太低導致變形，為了防止變形便將材料改為中碳鋼，達到防止變形的硬度。外徑測爪為了與游尺 A、B 配合

必須將外徑測爪加厚，並且內徑測爪也需要往游尺擺放的方向貼近，才可與游尺 A 內徑測爪貼齊，就可以達到量測的功能。

2.製作

下表 6 為本尺設計與製作

表 6 本尺設計與製作

本尺設計重點	3D 設計圖	
<ol style="list-style-type: none"> 1.主要目的是可以將游尺 A、B 達到量測角度及內、外徑的功能。 2.提供游尺 A 旋轉的底座 3.提供游尺 B 直線滑動的底座 4.加厚外徑測爪 5.捨棄深度桿 		
<p>本尺製作過程與完成圖</p>		
 <p style="text-align: center;">粗加工</p>	 <p style="text-align: center;">精加工</p>	 <p style="text-align: center;">成品</p>

(二) 游尺 A 加工

1.設計概念

本團隊將游尺分為游尺 A 與游尺 B。我們將游尺 A 底下製作成特殊階級，則此階級分成上下兩部分，靠近游尺 A 本身上面部分的



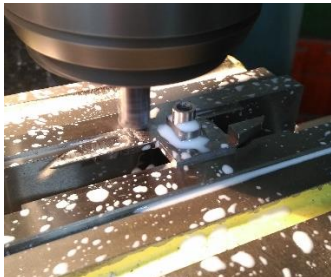

圓桿，我們將其加工成平行的兩個平面，以便在本尺上直線滑動，即可量測內外徑。

特殊階級加工下面部分的圓桿目的是在於，游尺 A 在量測角度時需要旋轉，本團隊便設計出圓軸，以量測角度。

2. 製作

下表 7 為游尺 A 設計與製作

表 7 游尺 A 設計與製作

游尺 A 設計重點	3D 設計圖	
<ol style="list-style-type: none"> 1. 設計的目的為可量測內、外徑以及角度之尺寸 2. 以階級的設計，可切換直線運動與旋轉運動 3. 內徑測爪旁倒圓角的目的是為了方便刻角度刻度以及不因旋轉而卡到指針 4. 內徑測爪往本尺方向貼齊，以便與本尺的內徑測爪貼齊 5. 以內徑車刀搪出特殊階級 		
<p>游尺 A 製作過程與完成</p>		
 <p style="text-align: center;">粗加工</p>	 <p style="text-align: center;">精加工</p>	 <p style="text-align: center;">成品</p>

(三) 游尺 B 加工

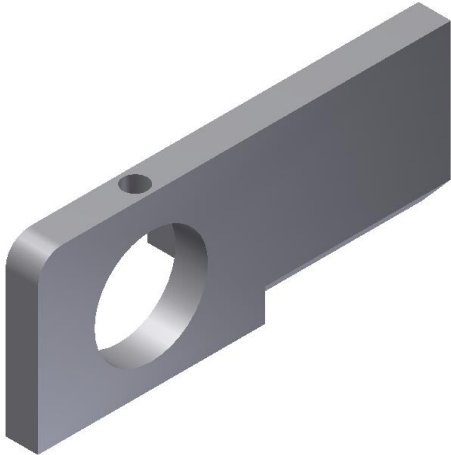
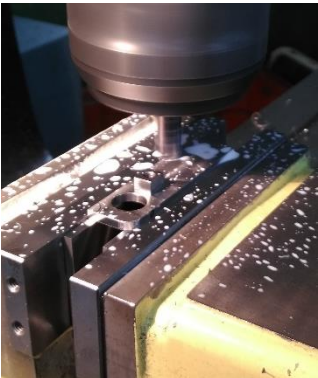

1. 設計概念

游尺 B 的設計主要是為了要觀測內徑、外徑、階級的數值以及讓游尺 A 量測角度時的轉動不會晃動。本團隊設計游尺 B 右側有銑一個斜面，是為了方便與本尺上的刻度靠近方便我們觀測數值，還有在游尺 B 的上方有開一個盲孔，是為了將量測角度的指針用銷連接固定，方能讓角度得以觀測。

2. 製作

下表 8 為游尺 B 設計與製作

表 8 游尺 B 設計與製作

游尺 B 設計重點	3D 設計圖
<ul style="list-style-type: none">1. 主要目的為觀測內外徑數值2. 游尺 B 上的圓孔是為了穩定游尺 A 量測角度的轉動3. 倒外圓(R6)角是為了避免游尺 A 的內徑測爪與游尺 B 產生干涉4. 游尺 B 後方的小方塊是為了讓其在本尺上直線移動	
游尺 A 製作過程與完成	
 <p style="text-align: center;">加工</p>	 <p style="text-align: center;">成品</p>

(四) 角度指針加工

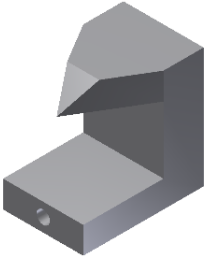
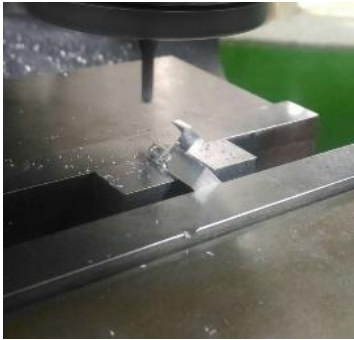


1. 設計概念

角度指針的主要目的為，在量測角度時為了指示游尺 A 上的角度刻度，而從游尺 B 上用直徑 3mm 的銷連接固定角度指針。

2. 製作

下表 9 為角度指針設計與製作

表 9 角度指針設計與製作

角度指針設計重點	3D 設計圖	
1. 用於指示角度 2. 用銷配合在游尺 B 上		
角度指針製作過程與完成		
 加工	 成品	 實際配合

(五) 固定件加工

1. 設計概念

固定件主要是將游尺 A、B 固定於本尺上，並配合六角沉頭螺釘將其鎖緊。

2. 固定件製作與設計

下表 10 為固定件設計與製作

表 10 固定件設計與製作

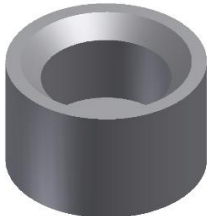





設計重點	3D 設計圖	
1. 運用車床加工並鑽孔 2. 用於固定游尺 A、B		
製作過程與完成		
 加工	 成品	 實際配合

表 11 雷射雕刻刻度




本尺刻度雷射雕刻	游尺刻度雷射雕刻
	

(六) 自製角度規

1.設計概念：自製角度規主要是讓本研究的附加角度量測功能之游標卡尺量測角度的用途。

2.加工製作：利用砲塔銑床加工，下表 12 即為自製角度規實體圖。

表 12 自製角度規實體圖

45°	50°	60°
		

五、第一代角度游標卡尺實際測試

在實際測量時我們使用自製量規量測，發現測量到 60° 以上的自製量規時，在游尺 A 的直角處發生干涉，如圖 2 所示。導致測爪無法順利貼合工件表面，造成角度值不正確。



(a) 實際量測時發現有干涉現象



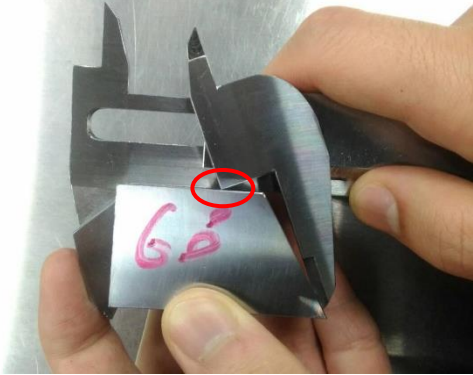

(b) 塗藍色處即為干涉區域

圖 2 實際量測角度發現干涉現象

六、改良干涉與游尺 B 長度問題



由於以上缺點，本團隊想到將游尺 A 上的直角倒一個圓角解決干涉的問題，以便量測 30° 以上角度。以下表 13 所示。

表 13 游尺 A 的改良

改良前	改良後
 <p data-bbox="373 987 663 1021">改良前，有明顯干涉</p>	 <p data-bbox="976 987 1235 1021">改良後，干涉消除</p>

本團隊在製作第一代角度游標卡尺時，發現游尺 B 的長度太短，在製造刻度時，不易與本尺的的刻度配合，所以本團隊在製作第二組工件時，將游尺 B 的長度加厚，以便與本尺配合量測角度。以下表 14 表示，完成第一代角度游標卡尺製作。

表 14 游尺 B 的改良

改良前	改良後
 <p data-bbox="395 1899 652 1933">改良前，長度太短</p>	 <p data-bbox="960 1899 1217 1933">改良後，長度增加</p>

七、【第一代】角度游標卡尺爆炸圖與實體圖

(一) 各部位名稱與用途說明

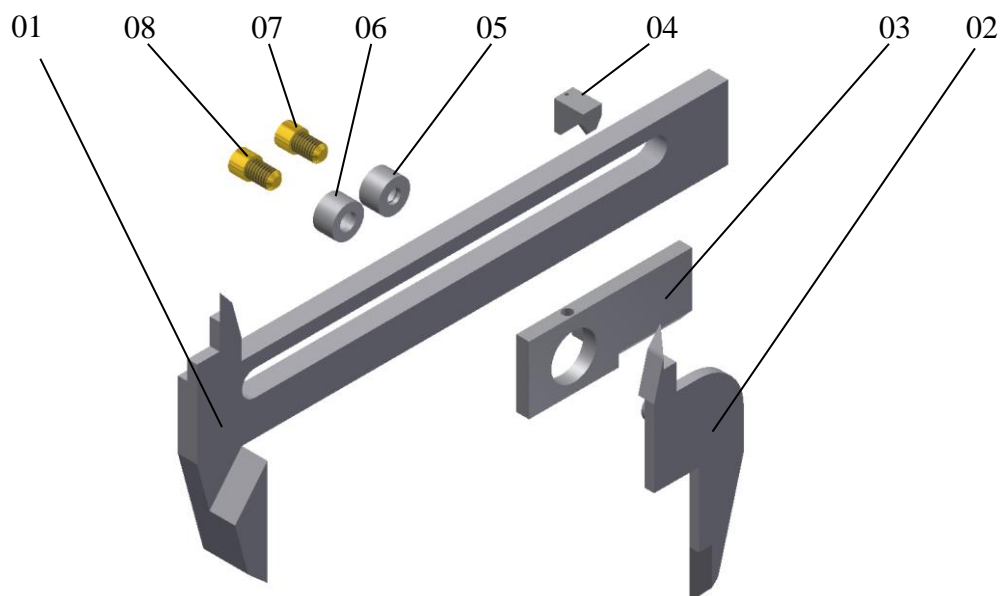


圖 3 第一代角度游標卡尺爆炸圖

細部零件名稱與用途說明如表 15 所示：

表 15 【第一代】角度游標卡尺各部位名稱與用途

編號	名稱	用途	編號	名稱	用途
01	本尺	測量內外徑	04	角度指針	指示角度
02	游尺 A	量測角度	05、06	固定件	固定游尺 A、B
03	游尺 B	量測內、外徑	07、08	六角沉頭螺帽	連接固定件固定游尺 A、B

(二) 實體圖與各細部說明

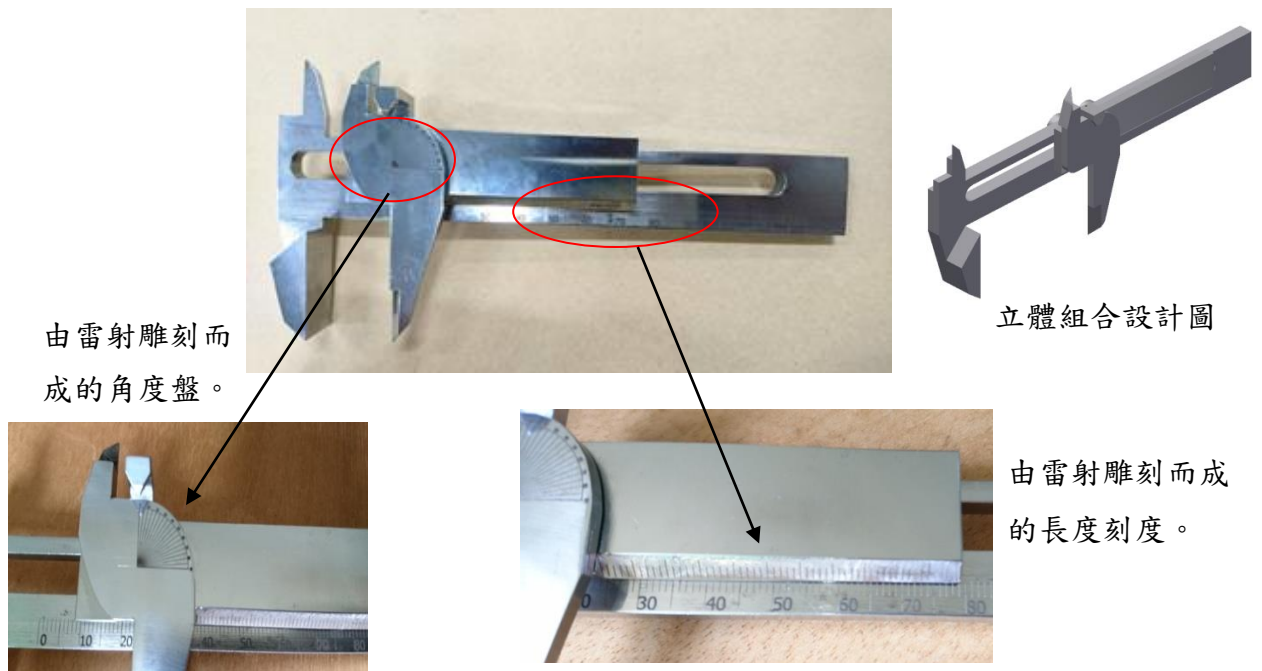


圖 4 第一代作品設計圖與實體細部製作說明

八、【第二代】角度游標卡尺設計與製作

經評審審查建議後，我們意識到作品的不足。在經過思考與討論後，將加裝深度測桿與改善角度辨識不清的問題。本團隊將 TESA 附表式游標卡尺做拆解，希望能從中獲得啟發。其中本團隊發現可將拆下的零件加以改良，可以解決上述兩個問題。



圖 5 TESA 游標卡尺拆解圖

(一) 第二代角度盤辨識改良

原本的角度盤為每刻度 5 度，但是因為空間問題導致刻度過小，無法輕鬆地辨識量測值。在討論後，本團隊將 TESA 的錶盤拆下後代替原本的角度盤，安裝在游尺 A 上並且配合改良指針。因為錶盤分為 100 格，所以每格為 3.6 度，這樣精度也提升了，辨識度也增加了，可謂是一舉兩得。

在改良角度盤時，本團隊發現在錶盤左下方從數字 50 到數字 85 在錶盤轉動時會發生干涉。因此本團隊將干涉部分以斜口鉗剪除。

以下圖與下表表示干涉部分及加工

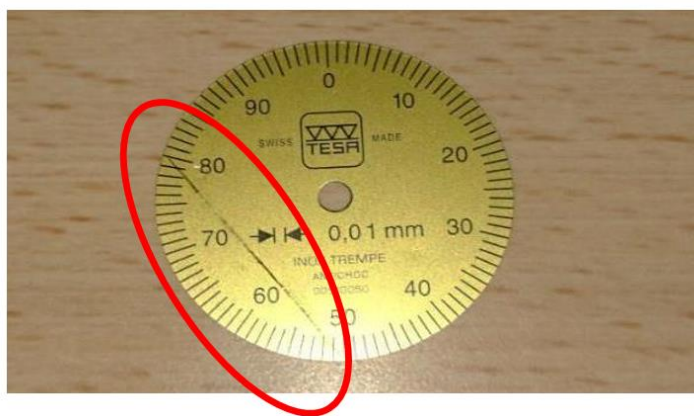


圖 6 TESA 表盤干涉部分

表 16 TESA 表盤加工

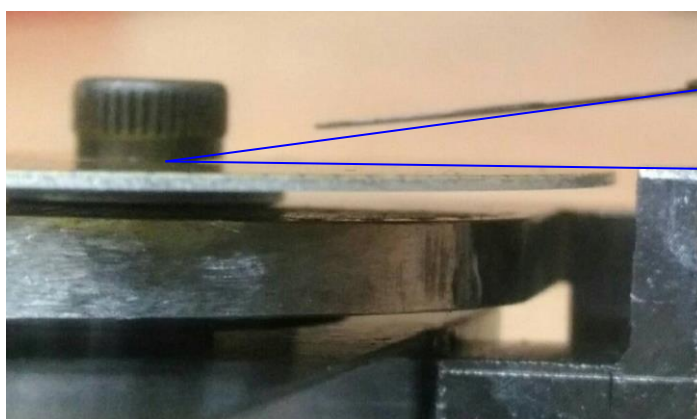
		
TESA 錶盤	剪除干涉部分	成品

(二) 第二代指針改良

當本團隊在使用原本設計的指針量測時，發現指針所指的地方與角度刻度有高低差造成辨識不便，便想加以改良，我們就以 TESA 的指針代替並在指針的中間鑽孔，這樣可以讓表盤有加大的空間，也可以使指針尖端指著刻度。



圖 7 第二代角度游標卡尺



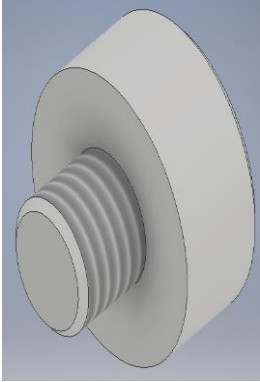



此為指針的高低差，會造成讀值時產生些微誤差

圖 8 指針誤差示意圖

(三) 推鈕設計與加工

本團隊發現當使用者在使用游標卡尺時，在移動游尺的時候因為沒有施力點，所以在使用上有稍微地困難。為了解決這個問題，本團隊在游尺 B 上鑽孔，並使用車床車出一個推鈕。加工過程如下表所示：


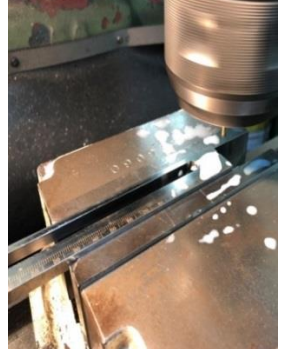


表 17 推鈕加工製作過程

			
<p>INVENTOR 3D 設計圖</p>	<p>車床加工</p>	<p>鑽孔</p>	<p>推鈕成品與 實際安裝</p>

(四) 深度測桿

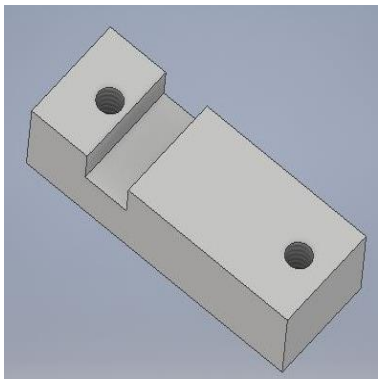

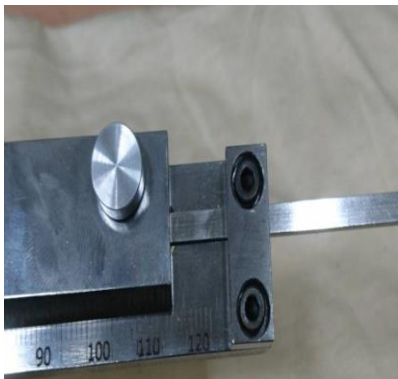
原本本團隊並沒有將深度測桿加入設計，但為了將游標卡尺的原本功能完整呈現，於是加以改良加入深度測桿，並增加了角度游標卡尺的功能，也完整的呈現一般式游標卡尺的功能。因此本團隊在本尺及游尺 B 上銑出深度桿，並將深度桿以氬焊焊接在游尺 B 上。其加工過程如下表所示：

表 18 深度測桿製作過程

			
<p>INVENTOR 3D 設計圖</p>	<p>深度桿槽加工</p>	<p>焊接</p>	<p>成品</p>

為了使深度桿在伸出時不會因應力而彎曲，造成量測誤差。所以本團隊在本尺末端設置了一塊擋塊。並以螺釘固定。其加工過程如下表所示：

表 19 擋塊製作過程

		
<p>INVENTOR 3D 設計圖</p>	<p>擋塊加工</p>	<p>成品</p>

當本團隊將擋塊裝上後發現會對游尺 B 產生阻擋。進而產生下列表格中的問題。並將擋塊干涉以下圖與表格表示。

表 20 設置擋塊所衍生問題

問題	產生原因	解決方法
<p>內、外徑量測範圍遭到限制，最大量測範圍約為 62mm</p>	<p>為了增加角度功能，因此游尺 B 的長度比一般游尺來的長。此外，本作品中本尺的的長度相較於一般的機械式游標卡尺來的短約 45mm</p>	<p>增加本尺的長度</p>
<p>深度測量範圍遭到限制，最大量測範圍約為 62mm</p>	<p>因為深度測桿焊接於游尺 B 上，進而產生量測限制</p>	<p>增加本尺長度</p>

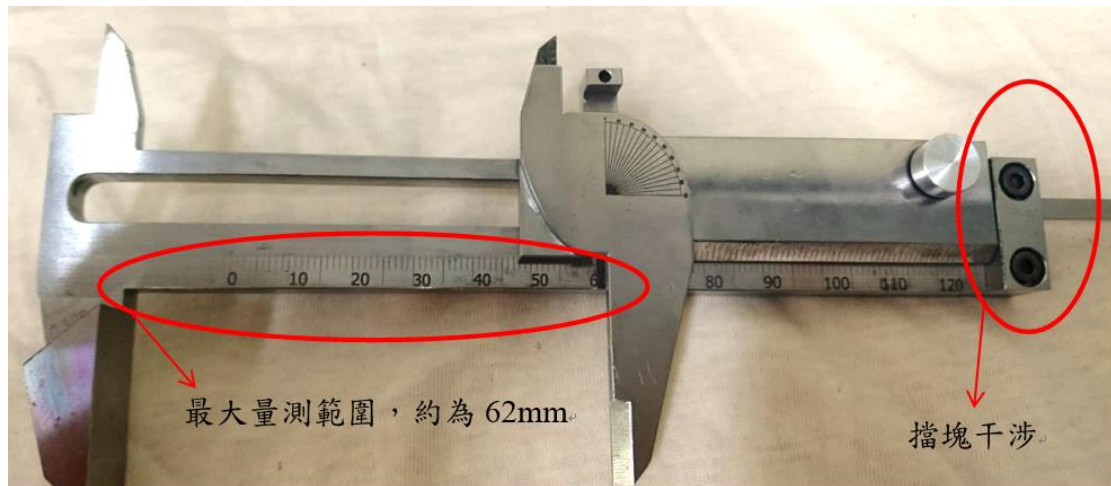




圖 9 擋塊干涉圖

同時，本團隊比較了普通機械式游標卡尺上的擋塊與本研究中所設計的擋塊之間的差異。兩者之間度不同以下表表示。

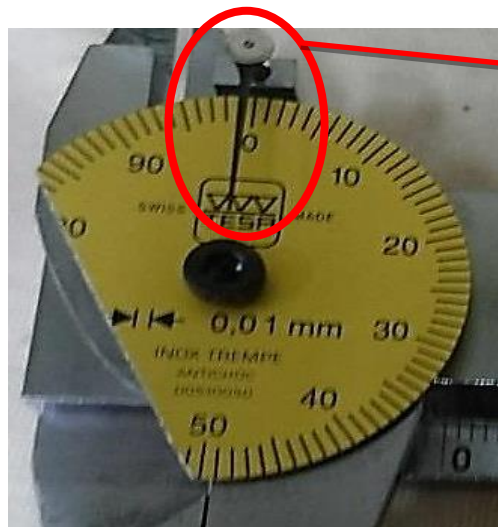
表 21 擋塊比較表

	普通機械式游標卡尺擋塊	本研究中所設計的擋塊
實體圖		
固定位置	本尺下方	本尺上方
固定方式	以螺釘固定	以螺釘固定
目的	防止游尺被拉出而造成使用不便	1.防止深度測桿彎曲 2.確保量測準確

九、【第三代】角度游標卡尺設計與製作

(一) 第三代角度盤辨識改良

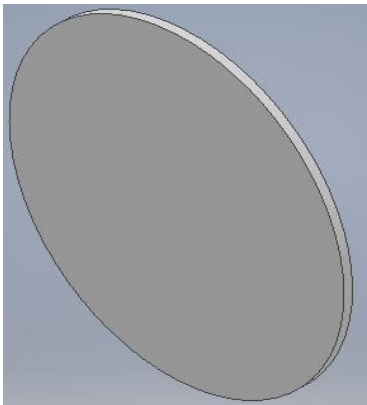
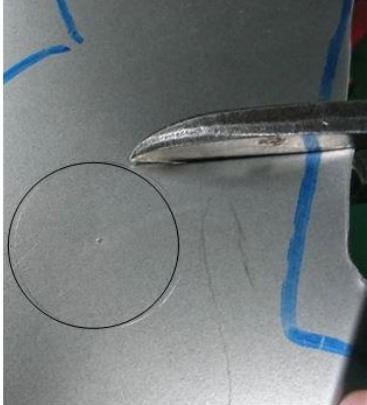

在經過實際量測檢驗後，發現雖然角度盤的解析度提升到3.6度。可是所量測出的數值皆不為整數。同時又因指針蓋住刻度而易導致讀值不清楚之情形產生，因此本團隊將角度盤與指針重新設計。將解析度提升到2.5度，並且將角度盤放大，其干涉與加工過程如圖10與表22所示。



指針蓋住刻度，易導致讀值不清楚或判讀不準確。



圖 10 指針干涉圖

表 22 角度盤板金裁剪加工

		
INVENTOR 3D 設計圖	利用板金剪將 1mm 厚的鐵板剪下	成品

當剪下角度盤後發現角度盤不平整，用鐵鎚修整後還是無法平整。本團隊接著使用油壓虎鉗夾緊，但是還是無法貼平磨床檯面。加工過程如下表 23 所示。

表 23 角度盤板金整平、研磨加工

	
<p>使用油壓虎鉗夾緊，希望能夠將角度盤壓平</p>	<p>在研磨前發現，角度盤沒有貼緊磨床檯面。電磁夾頭無法作用</p>

本團隊發現板金加工無法滿足我們的要求，所以我們利用車床與鉗工加工出符合我們要求的角度盤，加工過程如表 24 所示。

表 24 角度盤車床、鉗工加工





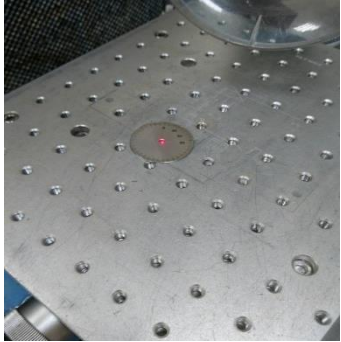

		
<p>車床加工</p>	<p>車床切斷</p>	<p>鉗工銼削</p>

表 25 角度盤磨床研磨整平、雷射雕刻角度

		
磨床研磨	雷射雕刻	角度盤成品

新的角度盤一樣需要將盤面干涉的部分剪除，成品如圖 11 所示。

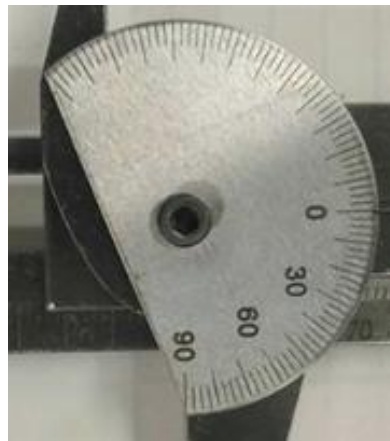
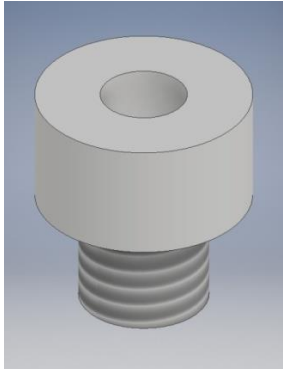
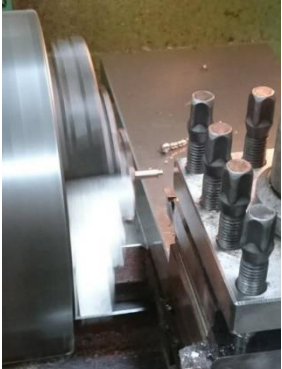



圖 11 角度盤消除干涉圖

(二) 第三代指針改良




當本團隊將角度盤放大後，也將指針的設計重新改良。並改變指針位置，使指針指到盤面的長度約為 2mm，這樣可解決指針蓋住刻度的問題，加工過程如表 26 所示。

表 26 指針加工

		
<p>INVENTOR 3D 設計圖</p>	<p>車床加工</p>	<p>成品</p>

為了將改良指針三代可以與角度盤配合，本團隊將指針偏移到游尺 B 上，並鑽孔與攻牙。可使指針固定在游尺 B 上，加工過程如表 27 所示。

表 27 游尺 B 加工

		
<p>INVENTOR 3D 設計圖</p>	<p>游尺 B 鑽孔</p>	<p>成品</p>

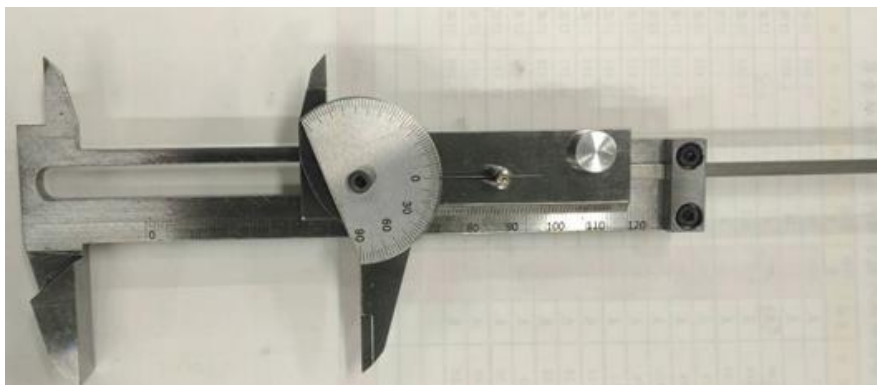


圖 12 第三代角度游標卡尺作品實體圖

伍、研究結果

一、自製檢測用角度塊

本團隊為方便檢驗成品的角度量測是否準確，因此自製各種角度(30、45、50、60度)之角度塊，本團隊在加工自製角度塊，為了使角度塊的角度精密，而利用精密 V 枕在下方作為精密墊塊進行銑削，銑削後再以精密量表來跑錶檢測是否水平以求達到精密的角度，如右圖 13 所示。



圖 13 量表檢驗角度塊是否水平

二、第一代角度由標卡尺量測數據與圖表(如附件一)

第一代作品選用 30、45、50 度個別量測數據與結果如附件一，並將三種角度量測結果整合如下圖 14 所示。

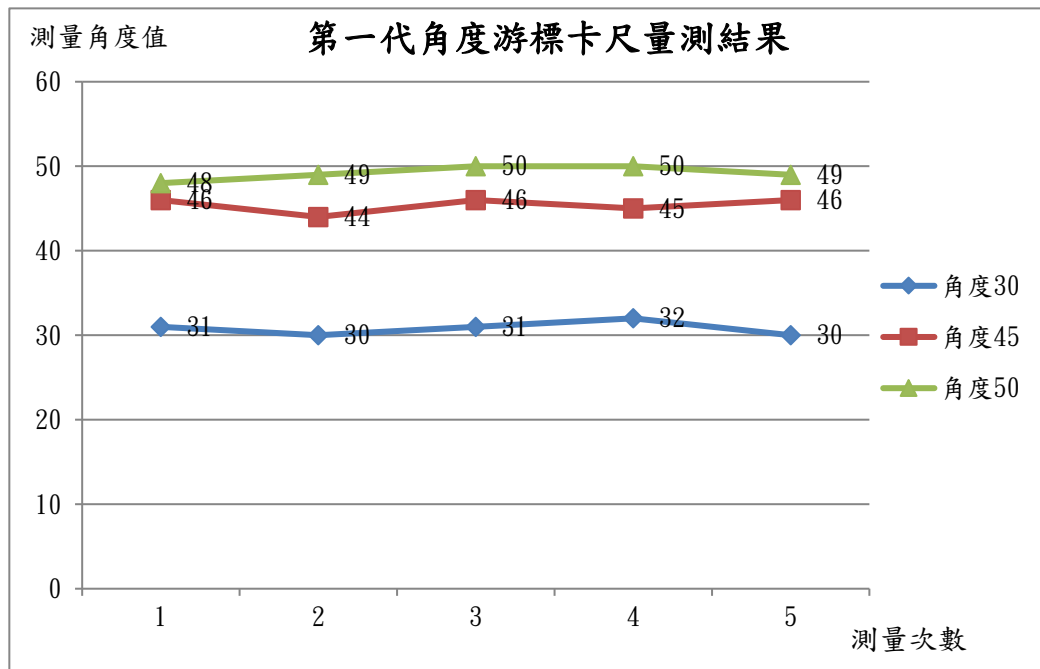


圖 14 第一代角度游標卡尺三種角度測量結果折線圖彙整

從圖 14 可知，第一代作品之測量值與實際值誤差：30 度誤差值為 2.6%、45 度誤差值為 0.89%、50 度誤差值為 1.6%，誤差並不大，經過團隊討論誤差產生應與雷射雕刻時產生誤差有關，且也應與量測時的視差有關。

三、第二代角度由標卡尺量測數據與圖表(如附件二)

第二代作品一樣選用 30、45、50 度個別量測數據與結果如附件二，並將三種角度量測結果整合如下圖 15 所示。

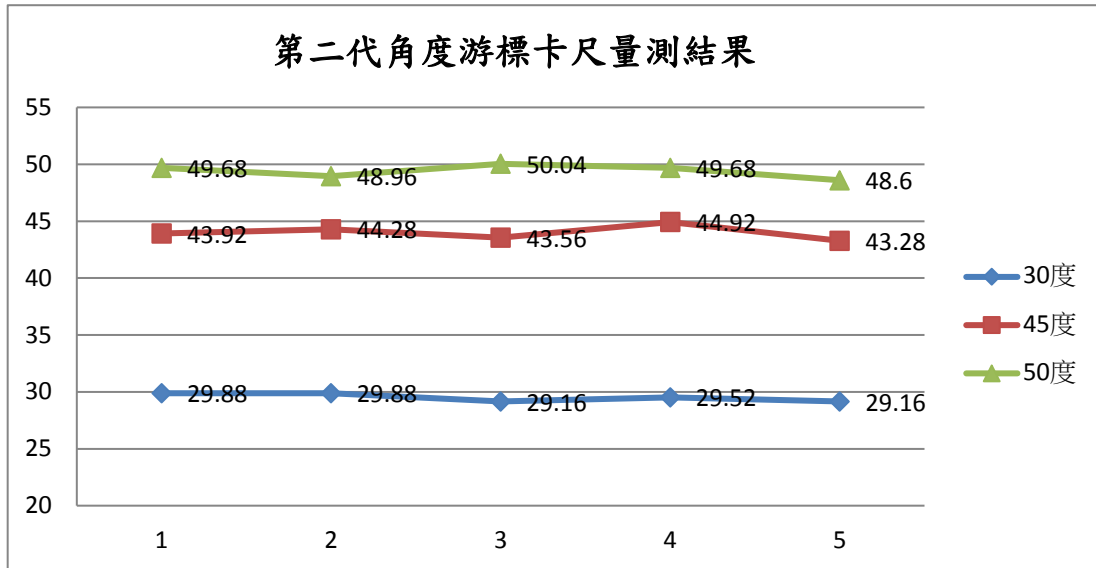


圖 15 第二代角度游標卡尺三種角度測量結果折線圖彙整

由圖 15 可知，第二代作品測量值與實際值誤差：30 度誤差為 1.6%、45 度誤差為 0.53%、50 度誤差為 1.2%。量測精度相較於前一代已經有明顯地提升。

四、第三代角度游標卡尺量測數據與圖表(如附件三)

第三代作品同樣選用 30、45、50 度個別量測數據與結果如附件三，並將三種角度量測結果整合如下圖 16 所示。

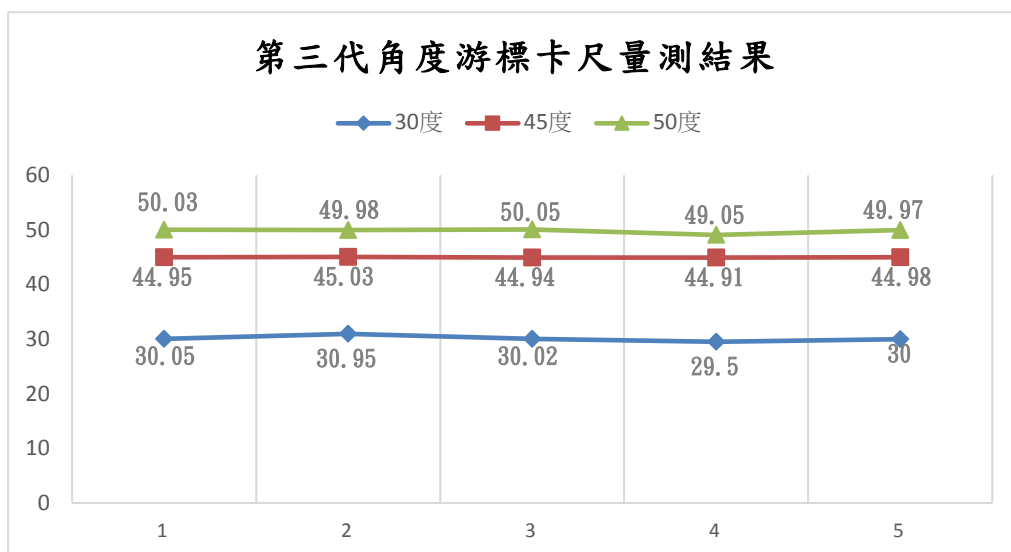


圖 16 第三代角度游標卡尺三種角度測量結果折線圖彙整

由圖 16 可知，第三代作品測量值與實際值誤差：30 度誤差值為 0.65%、45 度誤差值為 0.08%、50 度誤差值為 0.37%。量測精度相較於第一代與第二代已經有明顯地提升。

表 28 第一代、第二代、第三代角度量測偏差值比較表

量測角度	第一代	第二代	第三代
30	2.6%	1.2%	0.065%
45	0.88%	0.53%	0.08%
50	1.6%	1.2%	0.37%

經過每一代分別以 30 度、45 度、50 度量測，每一個角度分別量測 5 次取平均值，將其實際量測結果經由計算後之偏差值整合如表 28 所示，結果發現第二代的 30 度量測值偏差值相較於第一代減少 1.72%，45 度量測偏差值減少 0.35%，50 度量測偏差值減少 0.4%。第三代的 30 度量測偏差值相較於第二代減少 0.55%，45 度量測偏差值減少 0.41%，50 度量測偏差值減少 0.83%。

統整以上製作與實際量測結果，可以得知本作品經由每次製作之後團隊討論、實際使用與量測，得知作品不足之處並再進行改良，經過每一次的製作、量測、討論、改良、製作、量測、討論、改良...不斷的循環並逐步進步，一直精進本作品的實用完整性。

最後製作完成的第三代角度游標卡尺其精度可達到 2.5 度，指針並可以很清楚的進行刻度讀值辨識，量測的誤差值介於 0.065%~0.37%之間，相較於第一代、第二代已進步許多，但我們並不以此為滿足，我們未來還想要再精進第三代改良進化成第四代，第四代本團隊經討論過後將利用微分原理來大幅提升精度至 0.1 度，其設計圖與設計構想我們將其放在後面的討論部分。

陸、討論

- 一、游尺 A 的特殊階級因常在本尺上滑動，容易造成磨損，所以可以考慮在本尺及游尺 A 的貼合處電鍍，以增加耐磨性。
- 二、目前的設計是在本尺中間挖槽，又因材料較軟，只能增加厚度以防變形。未來可改變工件材質，提升硬度的同時也可以減少厚度以利減輕重量。
- 三、現有的外徑測爪因長度太短，可加長以增加角度量測的範圍。
- 四、傳統機械加工製程精準度不足，以及零件加工困難，可以改用 CNC 加工以增加精準度以及加工難度。
- 五、在改良第二代角度游標卡尺時，發現因增加深度測桿造成量測範圍受到限制。解決方法是將本尺長度加長約 45mm，以增加內、外徑量測範圍。
- 六、在改良第二代指針時，發現指針會對內徑測爪造成干涉。現已改良成第三代指針干涉問題已解決。
- 七、第三代角度游標卡尺其精度可達到 2.5 度，指針並可以很清楚的進行刻度讀值辨識，相較於第一代、第二代已進步許多，但我們並不以此為滿足，未來想要再精進改良進化成第四代，第四代本團隊經討論過後預計利用微分原理來大幅提升精度至 0.1 度，其設計構想圖與說明如下：

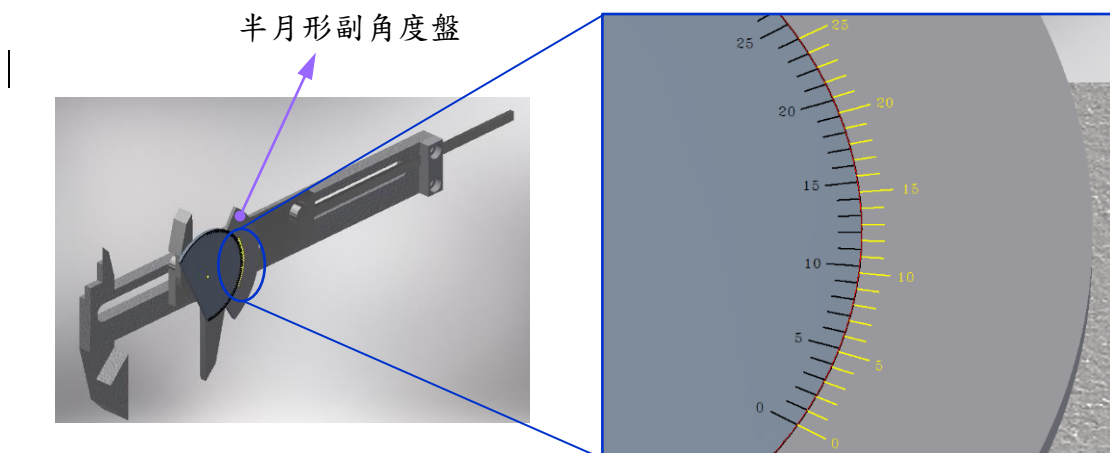


圖 17 第四代角度游標卡尺設計構想與微分原理

第四代將增加半月形副角度盤，並於其上以雷射雕刻出 25 格，主角度盤上 24 格剛好對到副角度盤的 25 格，因此精度可以利用此微分原理，主角度盤每一格精度為 2.5 度，副角度盤把主角度盤的 24 格分畫成 25 格，所以主角度盤與副角度盤每一間隔為 $2.5/25=0.1$ 度，因此可得精度為 0.1 度之第四代角度游標卡尺。

八、外徑測爪可以加長，以提升角度量測的範圍。

九、雷射刻度時的誤差，造成長度測量時有 0.2~0.3mm 的誤差。未來可配合光學尺檢驗與游標高度規提前畫出基準線以減少誤差。

十、經團隊討論之後，未來想要將本研究成果申請專利。

柒、結論

在量測角度時，最麻煩的是需要另外拿其他的量測角度工具，而且，有些量測角度的工具無法直接讀值，所以本研究的目的是在於讓量測角度更方便，所以本團隊就將一般機械式游標卡尺附加角度量測功能。

在量測角度時，本研究的設計因游尺 A 的旋轉可直接量測 $0^{\circ}\sim 70^{\circ}$ ，且可直接讀值，不須再換另外一個量測工具量測。而需要量測時只要將游尺 A 拉起就可旋轉，測量角度。因外徑測爪的長度，限制了角度量測的範圍，但可量測範圍內的角度可自由地測量。

本研究當中所有的零件都是由學校的機台加工，主要以銑床為主要的加工機，將本尺、游尺 A、B 和固定件製作出來，以上各零件皆是本團隊將高職三年所學的原理、設計、製造的知識運用在此研究中。

第一代由於盤面過小利用雷射雕刻無法刻的太過於密，以免造成讀值困難，精度可到達 5 度，量測的誤差值介於 0.89%~2.6% 之間。第二代改良重點在於：改良角度盤面以提高讀值精度達到 3.6 度、增加深度測桿、增加推鈕以方便使用，量測的誤差值介於 0.53%~1.6% 之間。

最後製作完成的第三代角度游標卡尺其精度已可達到 2.5 度，指針並可以很清楚的進行刻度讀值辨識，量測的誤差值介於 0.065%~0.37% 之間，相較於第一代、第二代已進步許多，但我們並不以此為滿足，未來預計繼續精進第三代改良進化第四代，第四代設計構想與原理已於討論部分清楚交代，利用微分原理來大幅提升精度至 0.1 度，若完成應可大幅提高商業上的實用性。

捌、參考資料

- 1.經濟部智慧財產局。中華民國專利查詢系統網站。
- 2.馮俊翰、彭寶緯、黃志偉。角度游標卡尺。中學生網站小論文工程技術類。
2017年11月15日。
- 3.林英明、徐文法、林彥伶。機械製造 II。2014年10月出版。P.2~P.38
- 4.柯雲龍、潘建安。機件原理 I。2012年4月初版。P.4-4~P.4-17
- 5.廖倉祥、黃世峰、陳文峰、林鴻儒。機械基礎實習。2014年4月初版。P.1-2~P.7-7
- 6.張郭益、許全守。精密量測。2014年12月出版。P.19~P.55

附錄一：第一代角度游標卡尺量測數據與結果

第一代實際角度量測數據與圖表

我們利用不同角度的自製角度規實際量測，選用的為 30 度、45 度、50 度三種分別進行五次量測，其結果如下表 29、表 30、表 31 所示，並將其結果利用折線圖來表示，其分別為圖 18、圖 19、圖 20。

表 29 30 度角度塊進行五次量測

量測次數	量測結果
1	31
2	30
3	31
4	32
5	30
平均	30.8

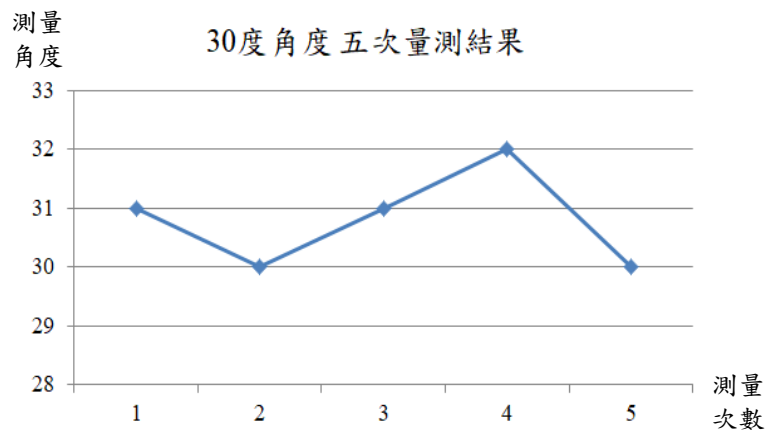


圖 18 30 度角五次測量結果圖

表 30 45 度角度塊進行五次量測

量測次數	量測結果
1	46
2	44
3	46
4	45
5	46
平均	45.4


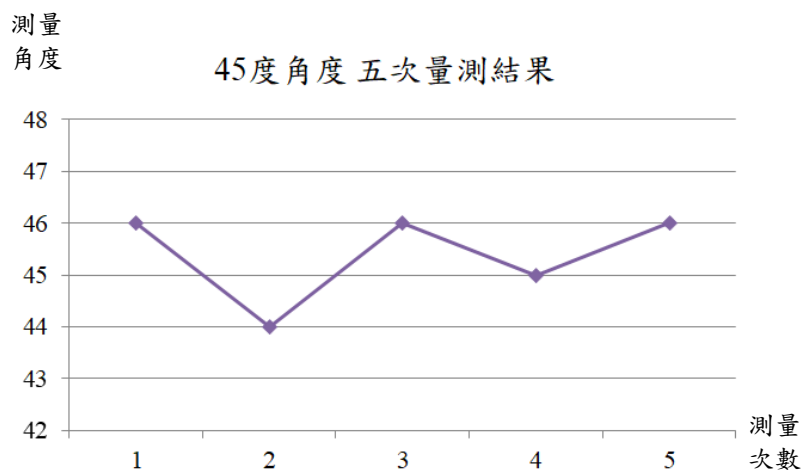



圖 19 45 度角五次測量結果圖

表 31 50 度角度塊進行五次量測

量測次數	量測結果
1	48
2	49
3	50
4	50
5	49
平均	49.2


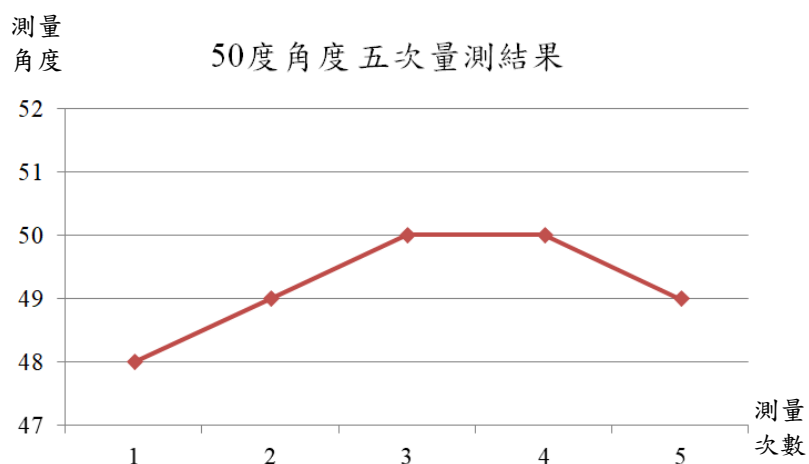



圖 20 50 度角五次測量結果圖

附錄二：第二代角度游標卡尺量測數據與結果

第二代實際角度量測數據與圖表

在經過第一次作品改良後的第二代游標卡尺，本團隊一樣利用不同角度的自製角度規(30度、45度、50度)分別進行五次量測，其結果如下表 32、表 33、表 34 所示，並將其結果利用折線圖來表示，其分別為圖 21、圖 22、圖 23。

表 32 30 度角度塊進行五次量測

量測次數	表盤格數	量測值
1	8.3	29.88
2	8.3	29.88
3	8.1	29.16
4	8.2	29.52
5	8.1	29.16
總平均	29.52	

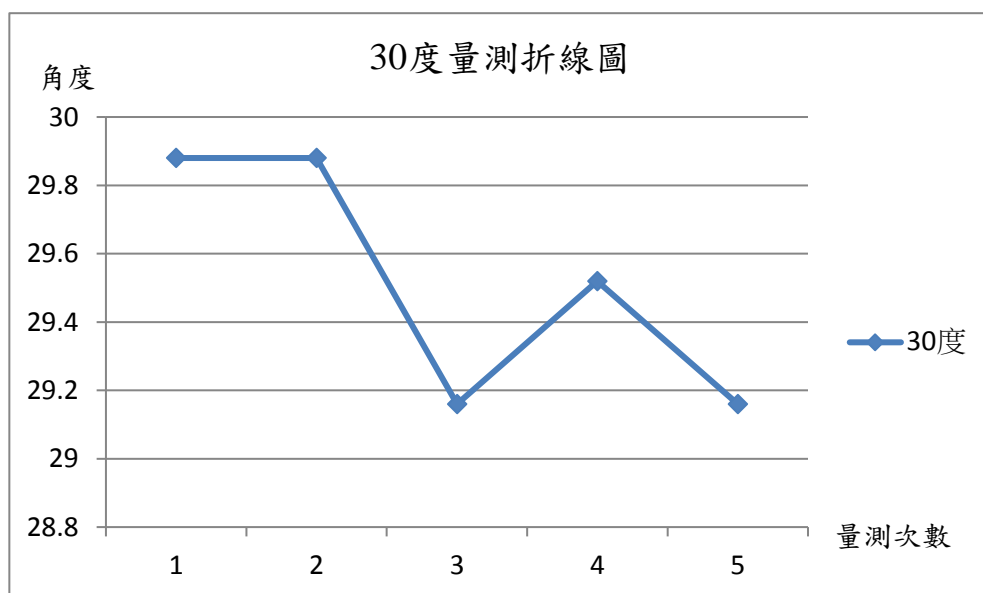


圖 21 30 度角五次測量結果圖

表 33 45 度角度塊進行五次量測

量測次數	表盤格數	量測值
1	12.5	45
2	12.4	44.64
3	12.4	44.64
4	12.3	44.28
5	12.5	45
總平均	44.76	

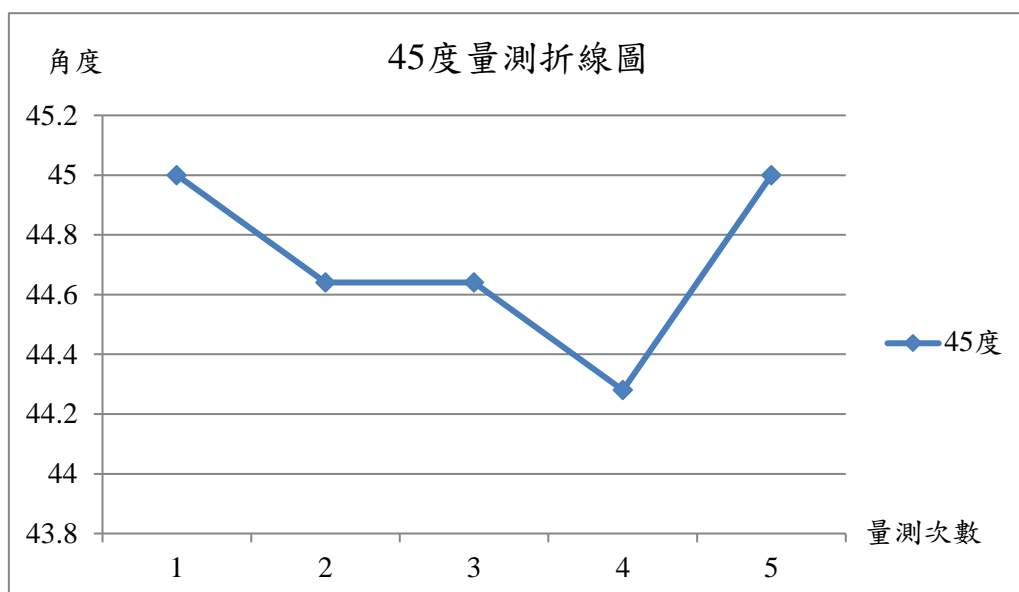


圖 22 45 度角五次測量結果圖

表 34 50 度角度塊進行五次量測

量測次數	表盤格數	量測值
1	13.8	49.68
2	13.6	48.96
3	13.9	50.04
4	13.8	49.68
5	13.5	48.6
總平均	49.39	

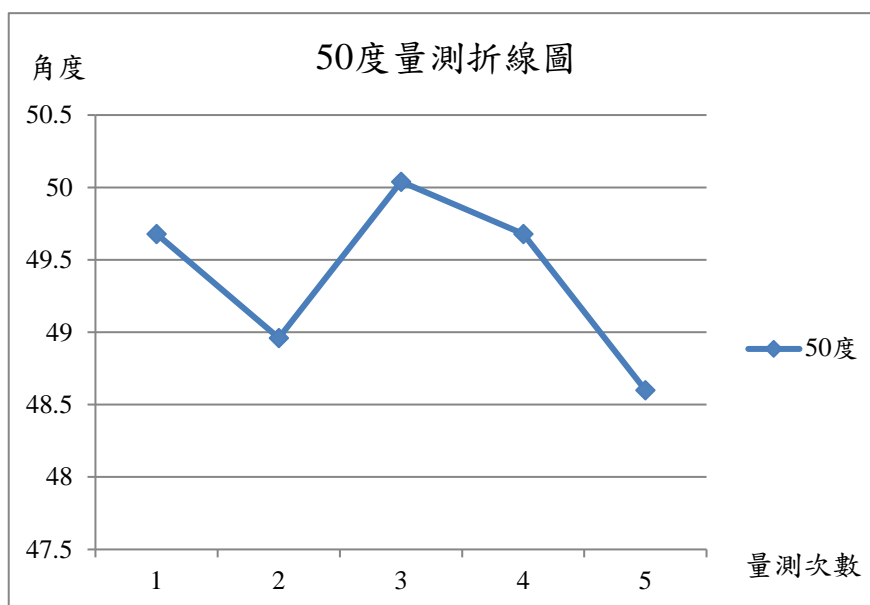


圖 23 50 度角五次測量結果圖

附錄三：第三代角度游標卡尺量測數據與結果

第三代實際角度量測數據與圖表

在經過第二次作品改良後的第三代游標卡尺，本團隊同樣利用不同角度的自製角度規(30度、45度、50度)分別進行五次量測，其結果如下表 35、表 36、表 37 所示，並將其結果利用折線圖來表示，其分別為圖 24、圖 25、圖 26。

表 35 30 度角度塊進行五次量測

量測次數	表盤格數	預估值	量測值
1	12	0.02	30.05
2	12	0.38	30.95
3	12	0.008	30.02
4	11	0.8	29.5
5	12	0	30
總平均	30.194		

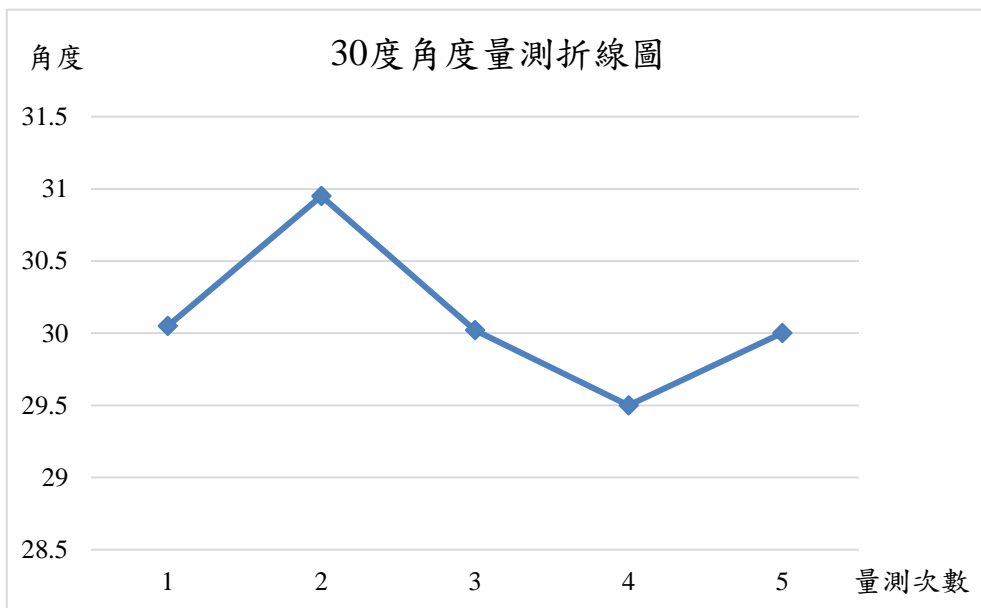


圖 24 30 度角五次測量結果圖

表 36 45 度角度塊進行五次量測

量測次數	表盤格數	預估值	量測值
1	17	0.98	44.95
2	18	0.012	45.03
3	17	0.976	44.94
4	17	0.964	44.91
5	17	0.992	44.98
總平均	44.962		

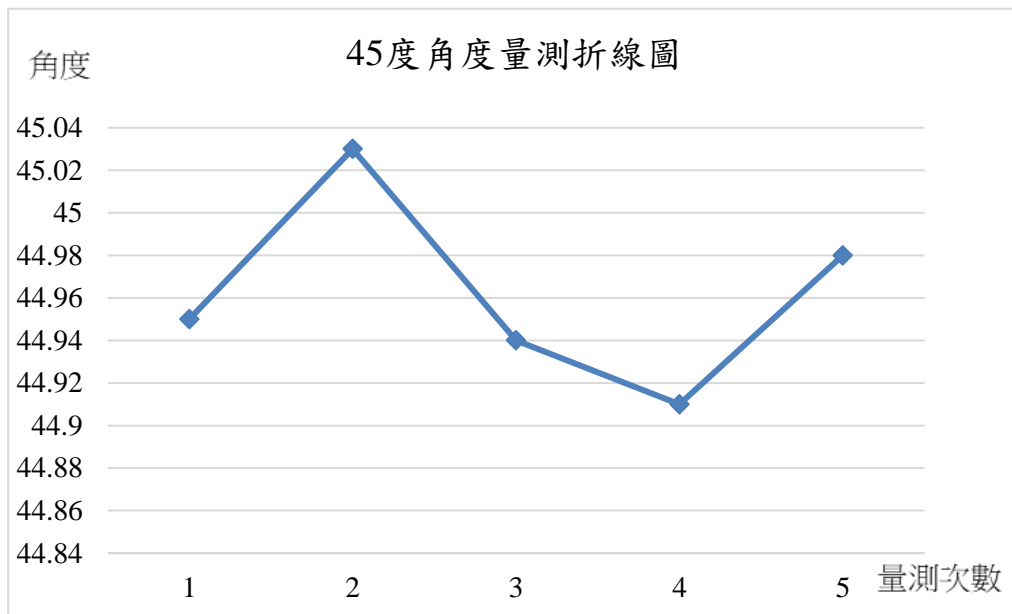


圖 25 45 度角五次測量結果圖

表 37 45 度角度塊進行五次量測

量測次數	表盤格數	預估值	量測值
1	20	0.012	50.03
2	19	0.992	49.98
3	20	0.02	50.05
4	19	0.62	49.05
5	19	0.988	49.97
總平均	49.816		

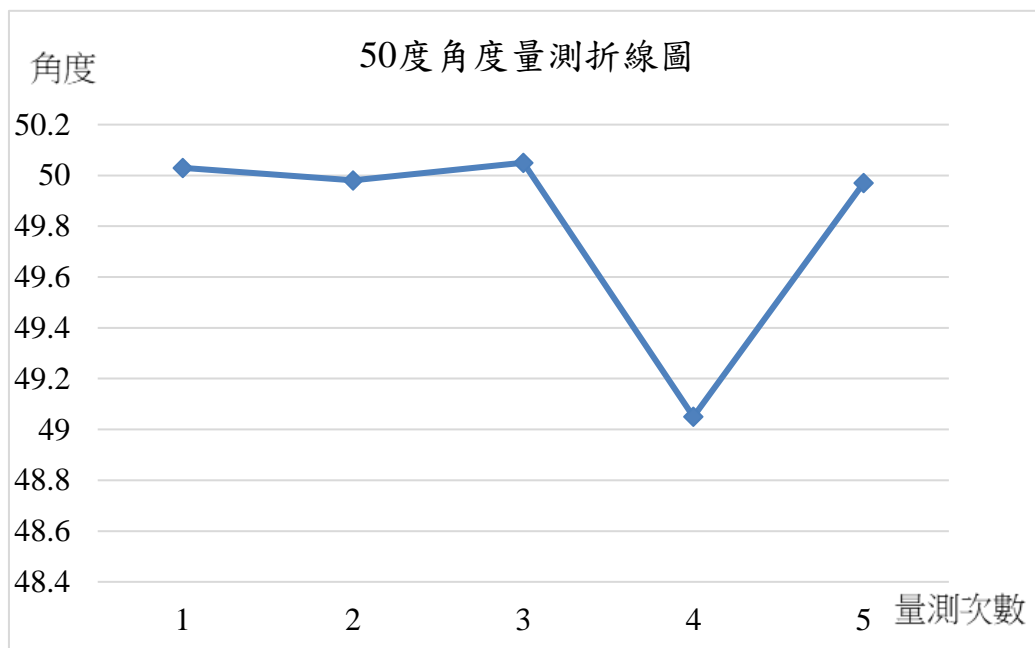


圖 26 50 度角五次測量結果圖