

中華民國第 61 屆中小學科學展覽會 作品說明書

高級中等學校組 工程學(一)科

052310

精密量測高手

學校名稱：臺中市立大甲工業高級中等學校

| | |
|---|-----------------------------|
| 作者： 職三 王亭惠 職三 陳孟暉 職二 陳冠宇 | 指導老師： 王金柱 張書維 |
|---|-----------------------------|

關鍵詞：精密量測平台、多功用量測平台

摘要

在機械實習中，不同單元就需有不同量測工具，所以老師須依不同單元準備不同量具，加上老師與學生所自行量測會有些許誤差，因此小組想以這為主題，可以讓老師能簡單快速量測學生加工成精度，同時學生也可檢測自己加工成品的精度，減少上課老師準備量具的困擾，團隊才有如此想法，設計出一個多功能量測平台，供老師及同學使用。

本作品特色是設計製作一個多功用精密量測平台，平台上可以同時進行平行度、垂直度、同心度、長度（階級）、槽寬（溝槽）、外徑、斜度（角度）、錐度、偏心、粗糙度等量測，達到方便進行各項量測工作，改善這些不方便與減低量測誤差的作品，同時減低老師量測時間，讓學生自評老師監督就可正確得到學生加工精度。

壹、研究動機

量測是機械加工中很重要的技能，從高一開始到高三，專業實習課程學習很多機械操作加工，機械實習課程中，老師會依單元給各式各樣的加工圖，為讓老師能方便簡單快速測量學生加工成品精度，同時學生也可檢測得自己加工成品的精度，減少上課老師準備量具的困擾，團隊才有如此想法，設計出一個多功能量測平台，供老師及同學使用。

在機械加工中不同單元技能就需有不同測量工具，所以老師須依不同單元準備不同量具，加上老師與學生所自行量測總會有些許誤差與不同，因此我們小組想以這為主題，能讓老師能方便簡單快速量測學生實習加工成品精度，同時學生也可自行檢測到自己加工成品的精度，減少上課老師準備量具的困擾，團隊才有如此想法，設計出一個多功能量測平台，供老師及同學使用。

團隊希望做出一個可以多功能精密量測平台，改善這些不方便與減低量測誤差的作品，同時降低老師量測時間，讓學生自評老師監督就可正確得到學生加工精度。

貳、研究目的

在機械加工中不同單元技能就需有不同測量工具，所以老師須依不同單元準備不同量具，加上老師與學生所自行量測總會有些許誤差與不同，因此我們小組想以這為主題，為讓老師能簡單快速測量學生加工成精度，同時學生也可檢測得自己加工成品的精度，可減少上課時老師準備量具的困擾，團隊才有如此想法，設計出一個多功能量測平台，可以提供老師及同學使用。

本研究目的，是設計製作一台多功用精密量測平台，平台上可以同時進行作品的平行度、垂直度、同心度、長度（階級）、槽寬（溝槽）、外徑、斜度（角度）、錐度、偏心、粗糙度等等的精密量測工作。

參、研究設備與器材

一、研究設備及器材

1.研究設備

車床

銑床

磨床

鑽床

CNC 銑床

Master cam 軟體

指示、槓桿量錶及量錶架

數位組合尺

表面粗糙度儀

2.研究器材

滾珠螺桿

線性滑軌

鋁擠型及相關配件

鐵材、黃銅、鋁材

3.研究工具

刀 具：鑽頭、銼刀、車刀、螺絲攻、螺絲模，沉頭銑刀、端銑刀、壓花刀、鉸刀。

手工具：手提電鑽，螺絲起子、六角扳手、螺絲攻扳手、螺絲模扳手。

肆、研究過程與方法

一、研究過程

(一) 建立構想

本研究的目的只要能達到綜合多功用精密量測平台，希望能達到平行度、垂直度、同心度、長度（階級）、槽寬（溝槽）、外徑、斜度（角度）、錐度、偏心、粗糙度等的量測。

成員和老師經多次集思廣益，本研究想利用線性滑軌與滾珠導螺桿來作精密滑動機構，配合所設計的各式夾治具定位，來達到各式尺寸的精密量測。

經多次討論後概念如圖 4-1 所示：

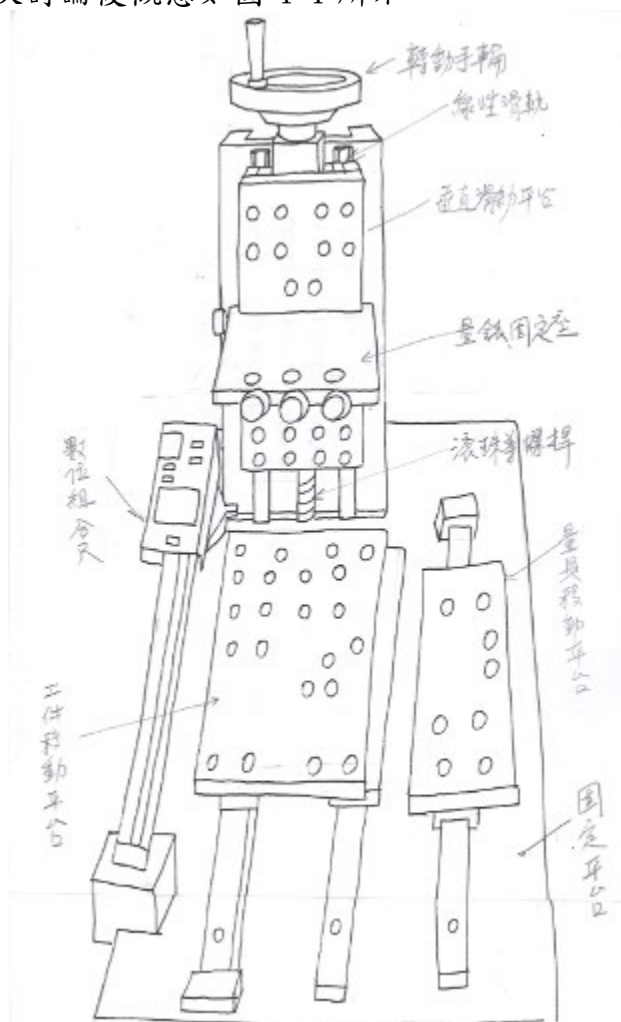


圖 4-1 精密量測平台設計草圖

精密量測平台加上線性滑軌與滾珠導螺桿來作精密滑動機構，還有多組量測夾治具，都是用鐵金屬加工重量不輕，考量平台移動方便，設計一帶輪固定架達到方便快速移動功能如圖 4-2

所示，固定架整體架構由鋁擠型架構成機架，提供精密量測平台固定，即可達到精密量測平台快速移動使用定位研究目的。

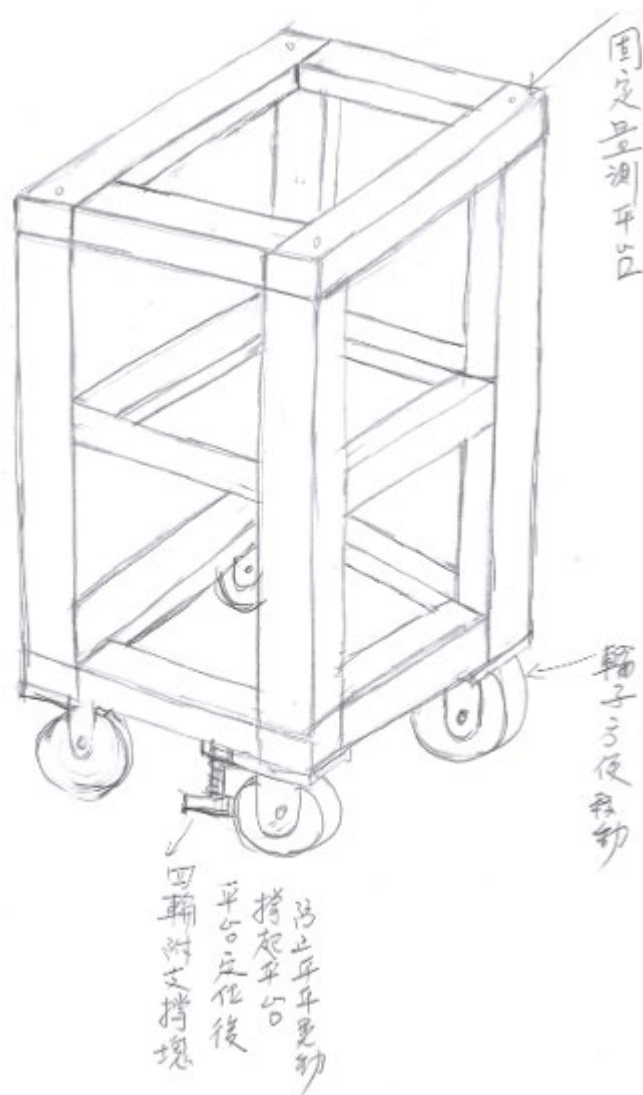


圖4-2 固定架設計草圖

(二) 製作與組裝

1. 市售零件與準備：

滾珠螺桿

線性滑軌

鋁擠型及相關配件

鐵材、黃銅、鋁材

2. 製作零件：利用車床，對相關圓桿件加工階級與外徑車削，並透過壓花與鑽孔完成機構握把；利用銑床對機構基座與相關零組件進行面、端銑削達到所需外型尺寸及

孔的加工，在經過磨床精密研磨完成精密量測平台所需零件，及各式量測治具的加工如圖 4-3~4-10 所示。



圖 4-3 平台底座零件加工



圖 4-4 平台滑塊零件加工



圖 4-5 量測治具零件研磨



圖 4-6 量測治具銑削加工

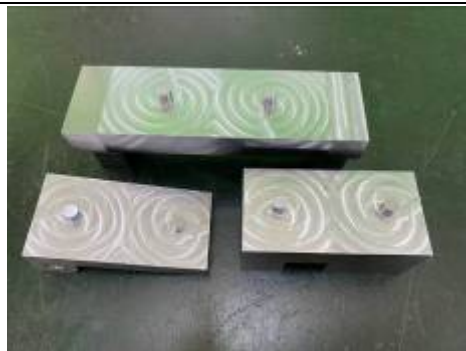


圖 4-7 量測治具 CNC 銑削加工

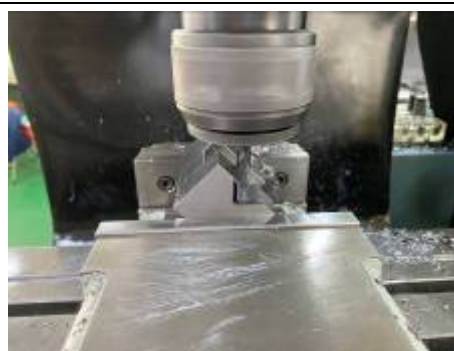


圖 4-8 量測治具銑削加工

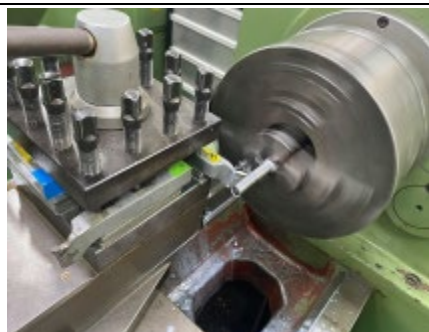





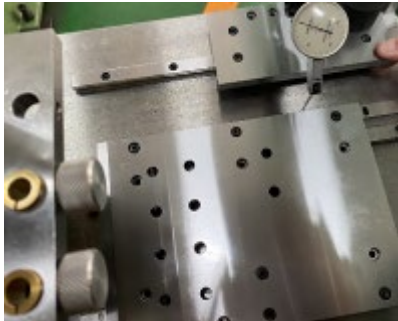




圖 4-9 量測治具車削加工



圖 4-10 平台滑塊研磨加工

3.組裝：將市購品及加工完成零組件進行組裝組裝，先行進行支撐用架構組裝，骨架中含有可方便推動用輪子，再進行各部位單一功能機構組裝，最後再將各部位零組件，進行整體組裝，並進行精度整校正，如圖 4-11~4-18 所示。

| | |
|---|--|
|  |  |
| <p>圖 4-11 支撐架組裝</p> | <p>圖 4-12 量測平台組裝</p> |
|  |  |
| <p>圖 4-13 量測平台滑軌組裝</p> | <p>圖 4-14 平台與支撐架固定組裝</p> |
|  |  |
| <p>圖 4-15 量測治具組裝</p> | <p>圖 4-16 平台精度調整組裝</p> |
|  |  |
| <p>圖 4-17 平台滑軌固定塊組裝</p> | <p>圖 4-18 量具精度調整組裝</p> |

二、研究方法

利用小組製作的精密量測平台，與原本的量測方法進行實際研究比對，來應證實驗的結果成效，以下是研究方法：

(一) 功能測試

1. 工件平行度與垂直度量測測試，如圖 4-19~4-20 所示。

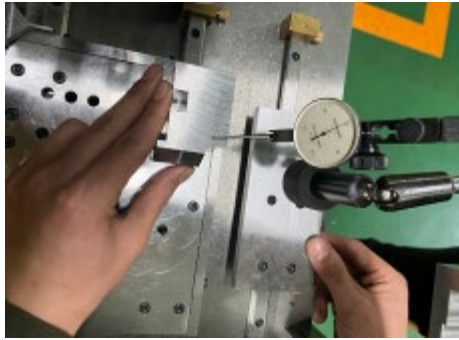


圖 4-19 平行度量測

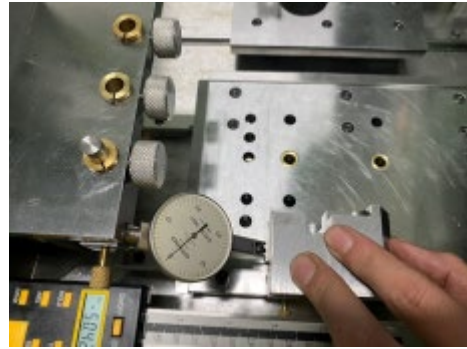


圖 4-20 垂直度量測

2. 工件同心度量測測試，如圖 4-21~4-22 所示。



圖 4-21 同心度量測



圖 4-22 同心度量測

3. 工件長度與階級量測測試，如圖 4-23~4-24 所示。



圖 4-23 長度量測



圖 4-24 階級量測

4.工件槽寬、溝槽量測測試如圖 4-25~4-26 所示。



圖 4-25 槽寬量測



圖 4-26 溝槽量測

5.工件外徑量測測試，如圖 4-27~4-28 所示。



圖 4-27 外徑量測



圖 4-28 外徑量測

6.工件斜度（角度）量測測試，如圖 4-29~4-30 所示。



圖 4-29 斜度量測

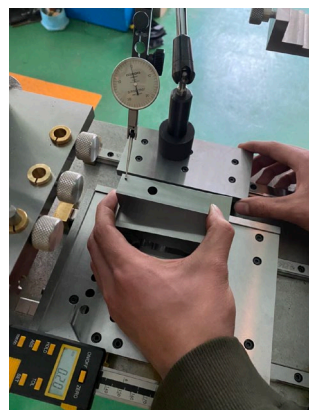
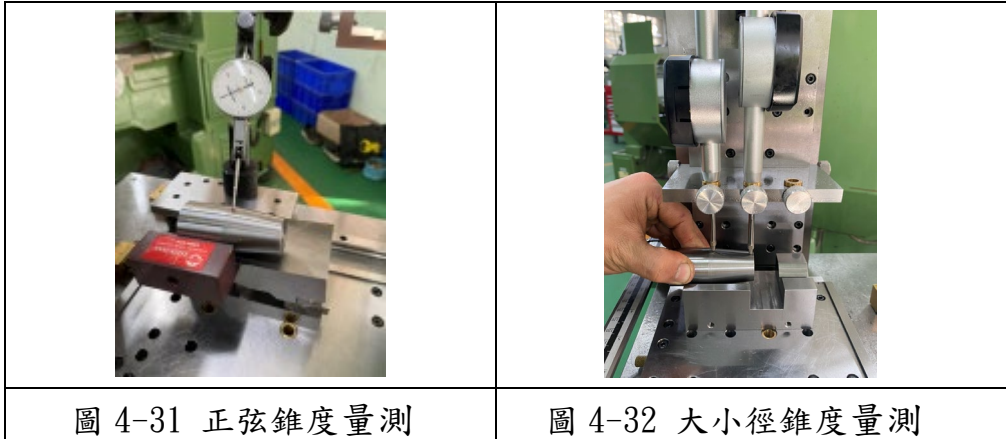
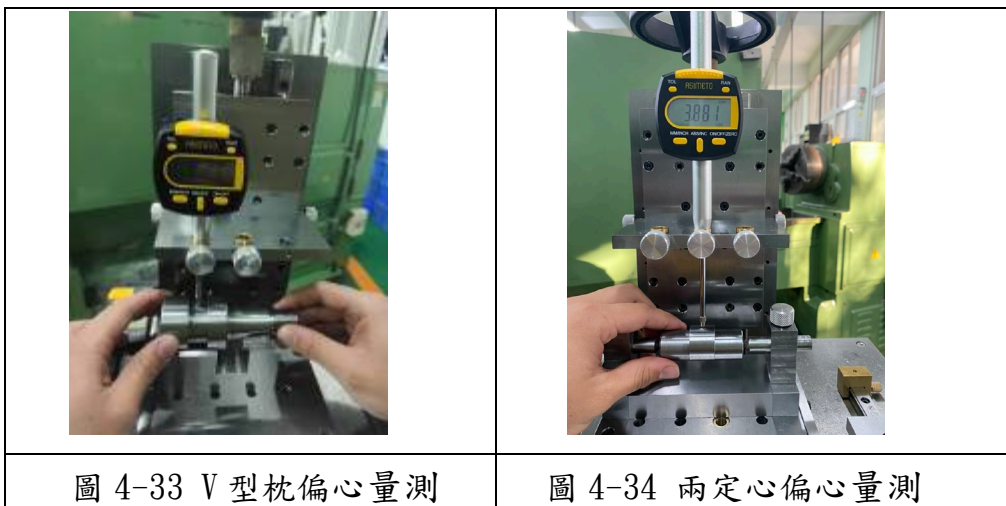


圖 4-230 角度量測

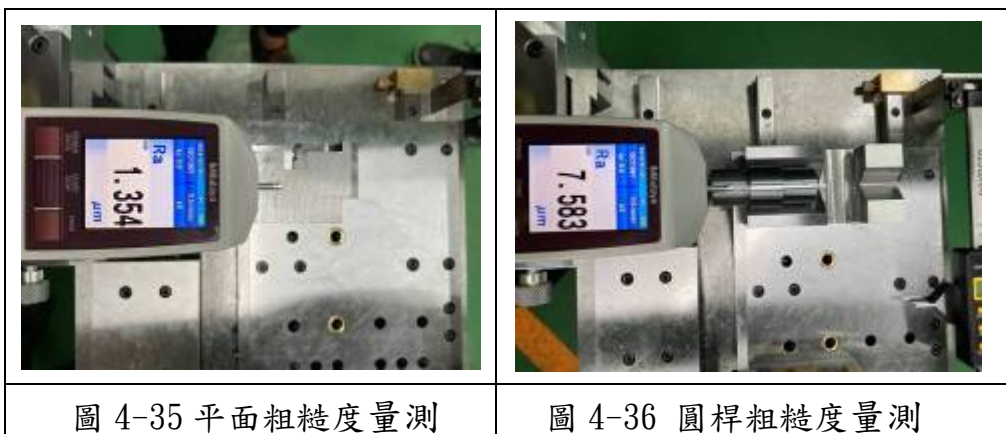
7. 工件錐度量測測試，如圖 4-31~4-32 所示。



8. 工件偏心率量測測試，如圖 4-33~4-34 所示。



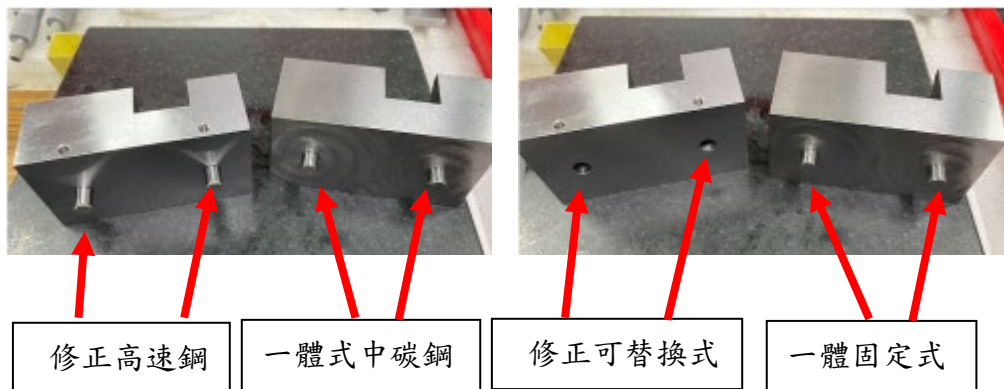
9. 工件粗糙度量測測試，如圖 4-35~4-36 所示。



(二) 零件治具修正

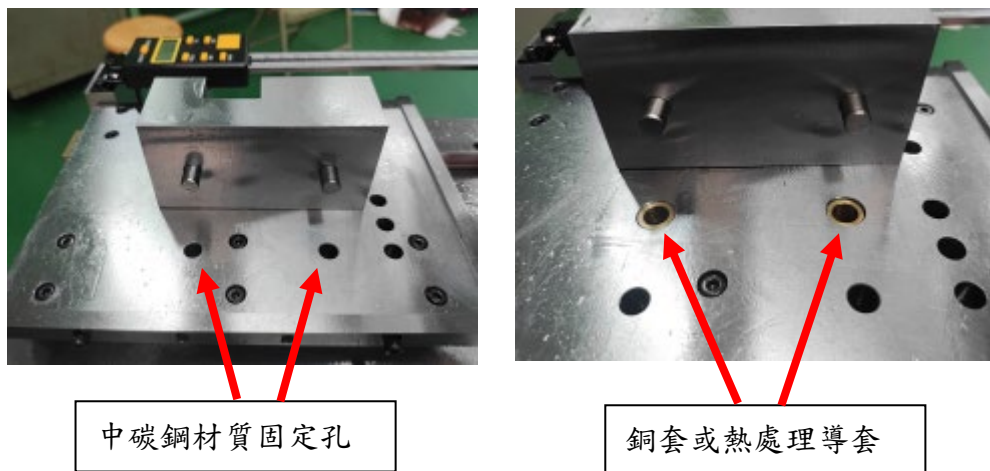
1. 定位機構修改

量測模組定位原本設計與量測模組為一體，機構完成後經過反覆測試使用，發現定位圓柱會磨損造成晃動，所以更改設計加工為圓孔，定位圓柱改為高速鋼材質，可以解決磨損問題，也可以解決圓柱磨耗時須整組的量測模組重新製作浪費時間與成本。



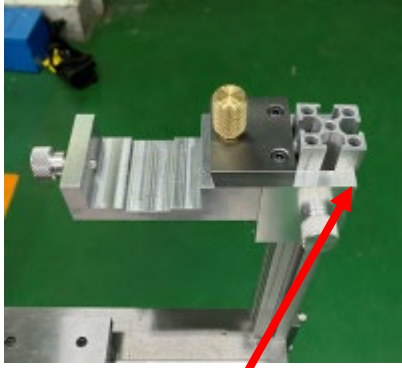
2. 定位孔修正

定位孔直徑小，本身主體並無硬化處理，如定位圓棒為高速鋼材質，容易會造成本體圓孔磨損，會造成圓孔磨損降低定位精準度，所以改變設計修正為導套方式，磨損時可直接更換導套，就不需要將整個本體塊更換，可以節省本體重新製作成本，導套設計可製作成銅套或熱處理導套。

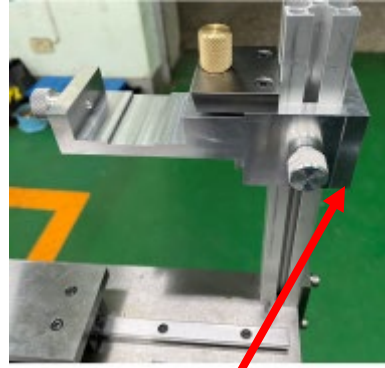


3. 表面粗糙度儀固定機構修正

此機構式固定表面粗糙度儀而設計，方便儀器可快速上下移動調整到量測位置，原本設計缺少後固定塊，所以上下移動時表面粗糙度儀會晃動嚴重，較不易精準調整到所要位置，改變設計在滑動座後方加一塊固定板，讓上下移動時滑動變成平順穩定，位置調整更精準快速。



原本設計移動容易晃動









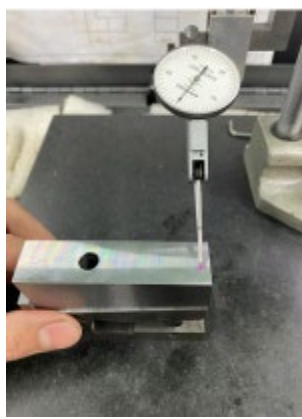

增加後固定板移動不易晃動






伍、研究結果

本研究之研究目的是製作一個多功用精密量測平台，平台上可以同時進行平行度、垂直度、同心度、長度（階級）、槽寬（溝槽）、外徑、斜度（角度）、錐度、偏心、粗糙度等的量測，以下為研究與原本量測方法精度比較數據結果表 5-1 所示。

表 5-1 研究與原本量測方法精度比較數據

| 量測種類 | 原本方式量測結果 | 精密平台量測結果 | 兩者量測誤差值 |
|------|---|--|--|
| 平行度 |  |  | 原本方式量測結果平行度 0~0.015mm。 精密平台量測結果平行度 0~0.015mm。 |
| 垂直度 |  |  | 原本方式量測結果垂直度 0~0.015mm。 精密平台量測結果垂直度 0~0.012mm。 |
| 同心度 |  |  | 原本方式量測結果同心度 0.04mm。 精密平台量測結果同心度 0.043mm。 |

| | | | |
|--------------------|---|--|---|
| <p>長度 (階級)</p> |  |  | <p>原本方式量測結果長度值 32.03mm。 精密平台量測結果長度值 32.031mm。</p> |
| <p>槽寬 (溝槽)</p> |  |  | <p>原本方式量測結果槽寬值 8.11mm。 精密平台量測結果長度值 8.13mm。</p> |
| <p>外徑</p> |  |  | <p>原本方式量測結果外徑值 24.12mm。 精密平台量測結果外徑值 24.117mm。</p> |
| <p>斜度</p> |  |  | <p>原本方式量測結果斜度值 0~0.01mm。 精密平台量測結果斜度值 0~0.005mm。</p> |

| | | | |
|--------------------|---|--|--|
| <p>錐度 (角度)</p> |  |  | <p>原本方式量測結果錐度值 1:5 大小徑值差 0.01 mm。 精密平台量測結果錐度值 1:5 大小徑值差 0.013 mm。</p> |
| <p>偏心</p> |  |  | <p>原本方式量測結果偏心值 3.885mm。 精密平台量測結果偏心值 3.881mm。</p> |
| <p>粗糙度</p> |  |  | <p>原本方式比對結果粗糙度值介於 7-8 Ra μm。 精密平台量測結果偏粗糙度值 7.583 Ra μm</p> |

陸、討論

一、有辦法快速量測小工件的錐度值？

目前量測錐度受限量錶厚度，最小只能量測到最小錐度長 15mm 以上，且兩個錶面背對背觀看大小徑量測值也較不方便，原本設計是使用測針型測頭加螢幕顯示器如圖 6-1、6-2 所示，但兩支測針型測頭加螢幕顯示器價格要 6 萬元，因為經費問題就放棄此做法，如使用測針型測頭加螢幕顯示器，就可量測到最小錐度長 10mm 以上。



圖 6-1 測針型測頭



圖 6-2 螢幕顯示器

二、有辦法快速量測圓形工件的外徑值？

目前量測平台量測階級外徑時，僅能最大值徑尺寸可直接讀出尺寸值，階級中較小尺寸需要用，大直徑尺寸值減去小直徑量測值除於 2 再比對量錶數值，所以小直徑無法直接讀出尺寸，目前已經想出解決的方式，增加一個較高的基準面，然後測頭固定於新增的垂直方向滑軌，方便移動測頭上下量測圓形不同直徑大小外徑，並且能讀出外徑尺寸如圖 6-3、6-4 所示。



圖 6-3 新增的垂直方向滑軌



圖 6-4 直接量測外徑

柒、結論

本研究之研究目的是製作一個多功用精密量測平台，平台上可以同時進行平行度、垂直度、同心度、長度（階級）、槽寬（溝槽）、外徑、斜度（角度）、錐度、偏心、粗糙度等的量測。

經研究測試結果證實，多功用精密量測平台與老師原本使用量測方式，量測所得的尺寸均與多功用精密量測平台量測值相同，由此證明本研究達成研究目的。

捌、參考資料及其他

- 謝文隆（2001）機工精密量測學。台北市 大中國圖書公司
- 王金柱（2020）機械加工實習。新北市 全華圖書股份有限公司
- 王金柱（2019）機械基礎實習。新北市 全華圖書股份有限公司
- 楊仁聖（2020）機件原理。新北市 科友圖書股份有限公司
- 賴育材（2019）機械製造。新北市 台科大圖書股份有限公司
- 三豐精密量測儀器型錄（2019）台中市 立融儀器貿易有限公司
- 安度精密量測儀器型錄（2019）彰化縣 川崎五金商行
- 中華民國智慧財產局（2021）<https://twpat.tipo.gov.tw/>

【評語】 052310

1. 精密量測在加工上有其重要性，團隊透過巧思，設計製作出一個可以同時進行平行度、垂直度、同心度、長度（階級）、槽寬（溝槽）、外徑、斜度（角度）、錐度、偏心、粗糙度等的多工精密量測平台，可見其團隊在相關議題上有豐富的實作經驗，從中發現問題，試圖解決，具有精益求精的工匠精神，議題也具有實用性，值得鼓勵！
2. 報告中的摘要、研究動機、研究目的之內容高度重疊，建議這部分可更精簡陳述。成品製作過程有清楚呈現，方便讀者理解。報告中較為欠缺設計理念、設計原理的探索、以及多種量測需求互相衝突時的選擇與最佳化，這部分應該要加強，完整呈現科研探索的過程。
3. 所開發實為一個完整系統，建議定義系統內可進行各種量測的工件大小範圍，和以更系統性的數據來呈現可達到的量測精度。
4. 科研論述需要有量化數據以及和現有系統的比較，建議就本系統的量測成果和標準量測方法結果相互比較，探討相互之間的異同，確立優劣點，或可更明確定義本多功能系統的價值，也可同步探索和評估技轉變成商品的可行性。

作品簡報

作品名稱：精密量測高手



壹 作品摘要

在機械實習中，不同單元技能需要不同量測工具，老師須依不同單元準備不同量具，加上老師與學生自行量測會有些許誤差，因此我們小組想以這為主題，可以讓老師能簡單快速量測學生加工成精度，同時學生也可檢測得自己加工成品的精度，減少上課老師準備量具的困擾，團隊才有如此想法，設計出一個多能量測平台，供老師及同學使用。

本作品特色是設計製作一個多功用精密量測平台，平台上可以同時進行**平行度**、**垂直度**、**同心度**、**長度（階級）**、**槽寬（溝槽）**、**外徑**、**斜度（角度）**、**錐度**、**偏心**、**粗糙度**等等的量測。達到方便進行各項量測工作，改善這些不方便與減低量測誤差的作品，同時減低老師量測時間，讓學生自評老師監督就可正確得到學生加工精度。



課前教師需準備多種量測工具與量具。



研究精密量測平台，可省去量具與量測時間。

精密量測平台可量測種類

量測是機械加工中很重要的技能，從高一開始到高三，專業實習課程學習很多機械操作加工，機械實習課程中，老師會依單元給各式各樣的加工圖，為讓老師能**方便簡單快速測量**學生**加工成品精度**，同時學生也可檢測得自己加工成品的精度，減少上課老師準備量具的困擾，團隊才有如此想法，設計出一個多功能量測平台，供老師及同學使用。

在機械加工中不同單元技能就需有不同測量工具，所以老師須依不同單元準備不同量具，加上老師與學生所自行量測總會有些許誤差與不同，因此我們小組想以這為主題，能讓老師能方便簡單快速量測學生實習加工成品精度，同時學生也可自行檢測到自己加工成品的精度，減少上課老師準備量具的困擾，團隊才有如此想法，設計出一個多功用量測平台，供老師及同學使用。

團隊希望做出一個可以多功用精密量測平台，改善這些不方便與減低量測誤差的作品，同時降低老師量測時間，讓學生自評老師監督就可正確得到學生加工精度。本研究目的，是設計製作一台多功用精密量測平台，平台上可以同時進行作品的平行度、垂直度、同心度、長度（階級）、槽寬（溝槽）、外徑、斜度（角度）、錐度、偏心、粗糙度等等的精密量測工作。

平行度

長度

斜度

錐度

槽寬

偏心

垂直度

外徑

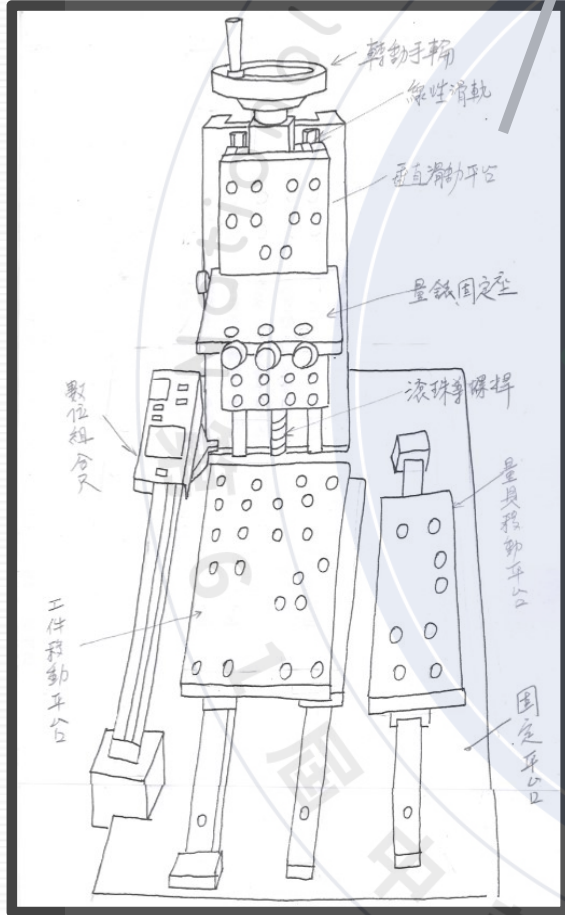
同心度

粗糙度

參

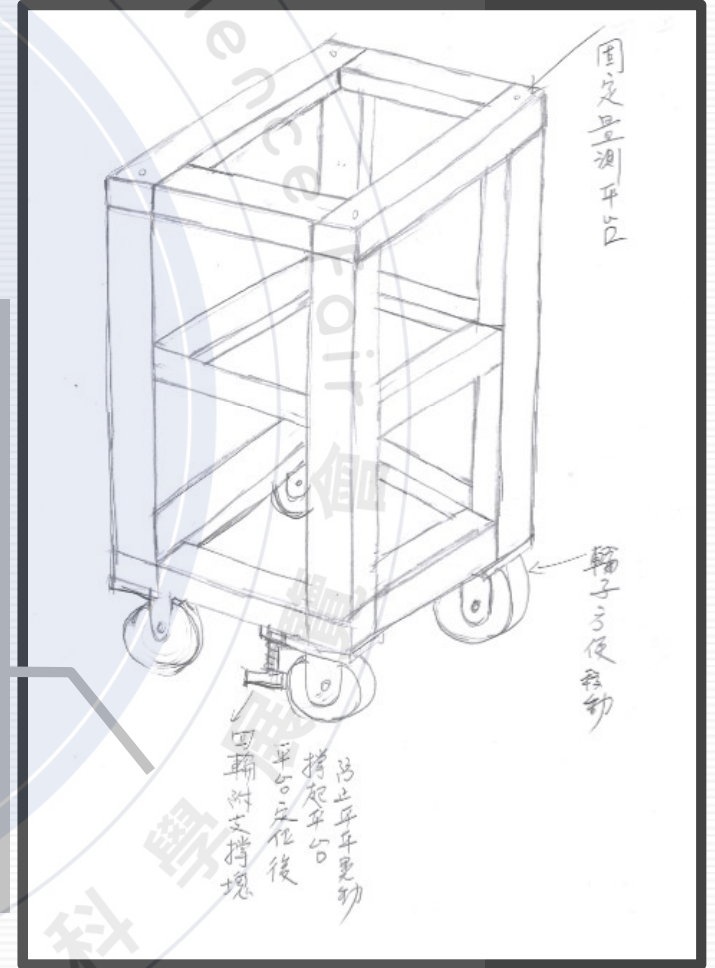
研究過程

一、建立構想



成員和老師經多次集思廣益，本研究想利用**線性滑軌與滾珠導螺桿**來作精密滑動機構，配合所設計的各式夾治具定位，來達到各式尺寸的精密量測。

精密量測平台加上**線性滑軌與滾珠導螺桿**來作精密滑動機構，還有**多組量測夾治具**，都是用鐵金屬加工重量不輕，考量平台移動方便，**設計一帶輪固定架**達到**方便快捷移動功能**，固定架整體架構由鋁擠型架構成機架，提供精密量測平台固定，即可達到精密量測平台**快速移動**。

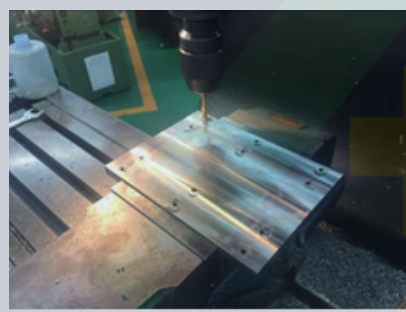


二、製作與組裝

1. 市售零件與準備：滾珠螺桿、線性滑軌、鋁擠型及相關配件(鐵材、黃銅、鋁材)
2. 製作零件：利用車床，對相關圓桿件加工階級與外徑車削，並透過壓花與鑽孔完成機構握把；利用銑床對機構基座與相關零組件進行面、端銑削達到所需外型尺寸及孔的加工，在經過磨床精密研磨完成精密量測平台所需零件，及各式量測治具的加工



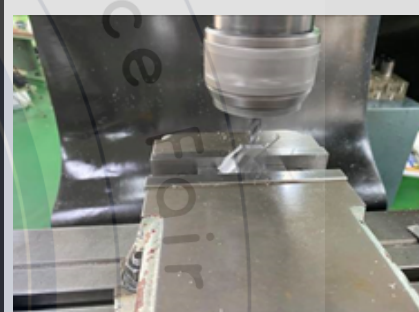
平台底座零件加工



平台滑塊零件加工



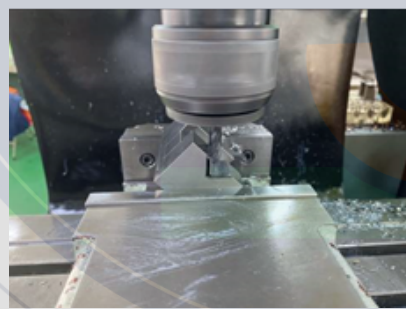
量測治具零件研磨



量測治具銑削加工



量測治具CNC銑削加工



量測治具銑削加工



量測治具車削加工



平台滑塊研磨加工

3. 組裝：將市購品及加工完成零組件進行組裝組裝，先行進行支撐用架構組裝，骨架中含有可方便推動用輪子，再進行各部位單一功能機構組裝，最後將各部位零組件，進行整體組裝，並進行精度整校正。



支撐架組裝



量測平台組裝



量測平台滑軌組裝



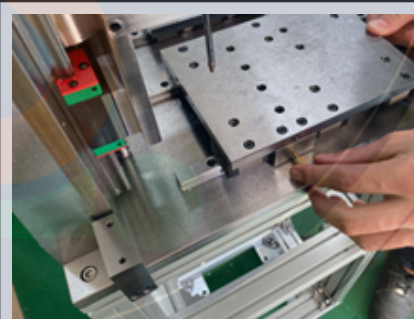
平台與支撐架固定



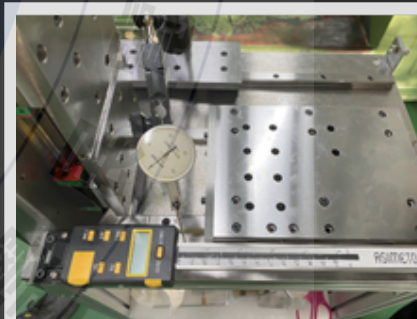
量測治具組裝



平台精度調整組裝

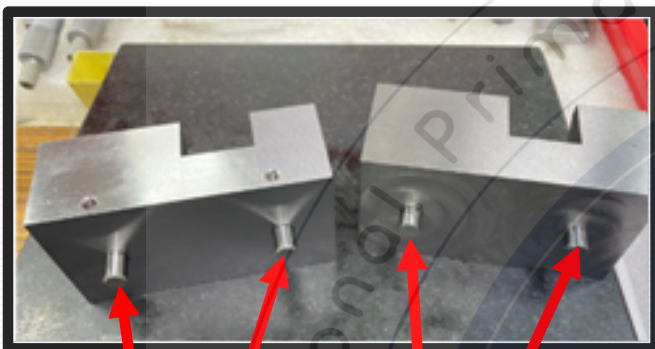


平台滑軌固定塊組裝



量具精度調整組裝

三、研究改善—零件治具修正



修正高速鋼

一體式中碳鋼

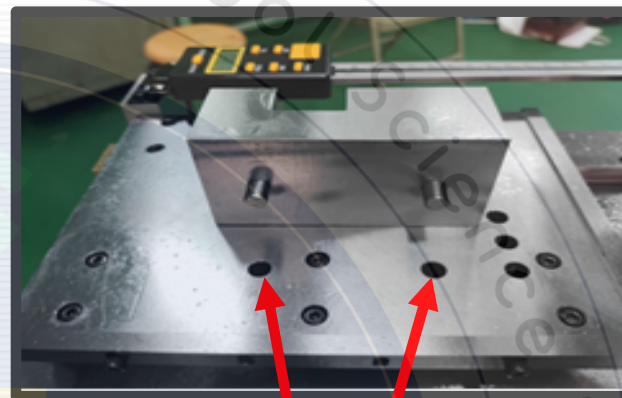


修正可替換式

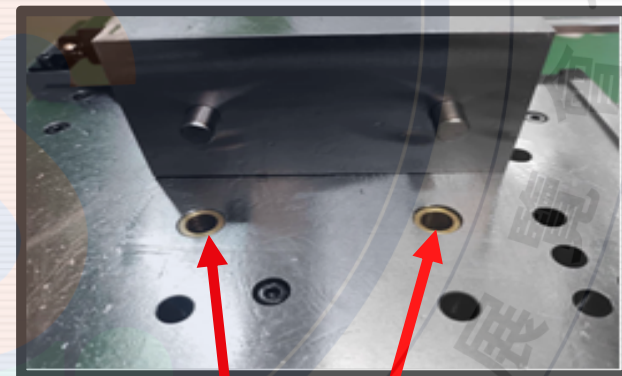
一體固定式

定位機構修改

量測模組定位量體，
原本設計為一體，經使
測模組完成後，測試定
機構反覆發現磨損，所
過用，柱晃動，設計加
圓成晃動設計，為高
更圓孔，為高可
為圓柱材質，磨損問題，
解決磨損，以解決圓
也可磨耗，量測模
柱磨的製，重新製
組重新製作時間與成本。



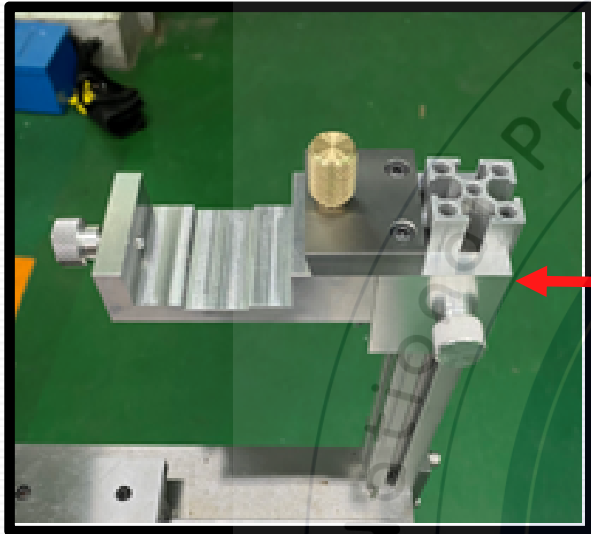
中碳鋼材質固定孔



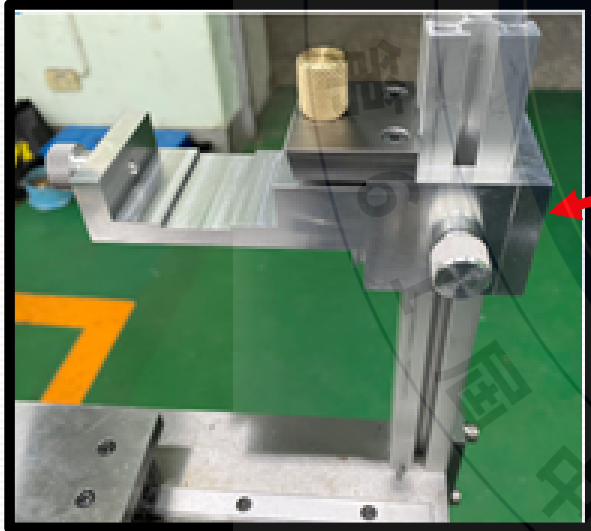
銅套或熱處理導套

定位孔修正

定位孔直徑小，
本身主體並無
硬化處理，為
定位圓棒，本
速鋼材造成磨
易會孔磨損，
圓造成圓孔，
造降低定所以
度設計，所以
套方直，接更
時可套，就本
導要將更換，
塊更省本體，
節製作成本，
製套設計可製
成銅套或熱處
理導套。



原本設計移動時容易晃動



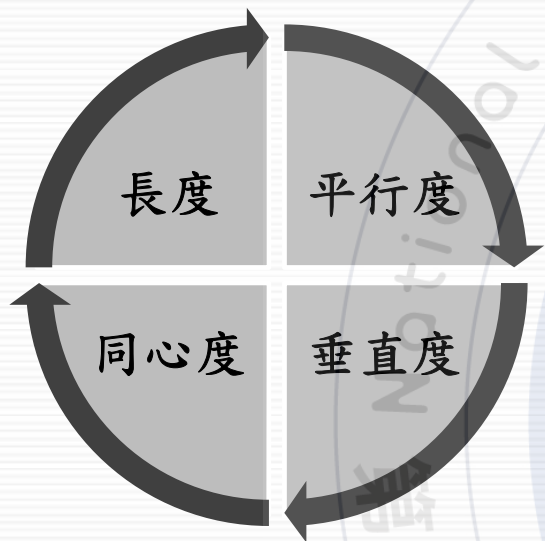
固定板增加後移動時不易晃動

表面粗糙度儀固定機構修正

此機構式固定表面粗糙度儀而設計，方便儀器可快速上下移動調整到量測位置，原本設計缺少後固定塊，所以上下移動時表面粗糙度儀會晃動嚴重，較不易精準調整到所要位置，改變設計在滑動座後方加一塊固定板，讓上下移動時滑動變成平順穩定，位置調整更精準快速。

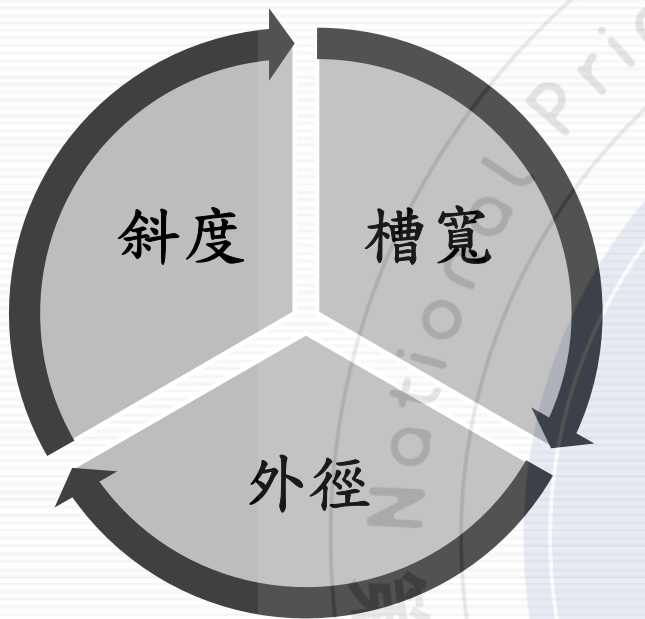
肆

量測結果



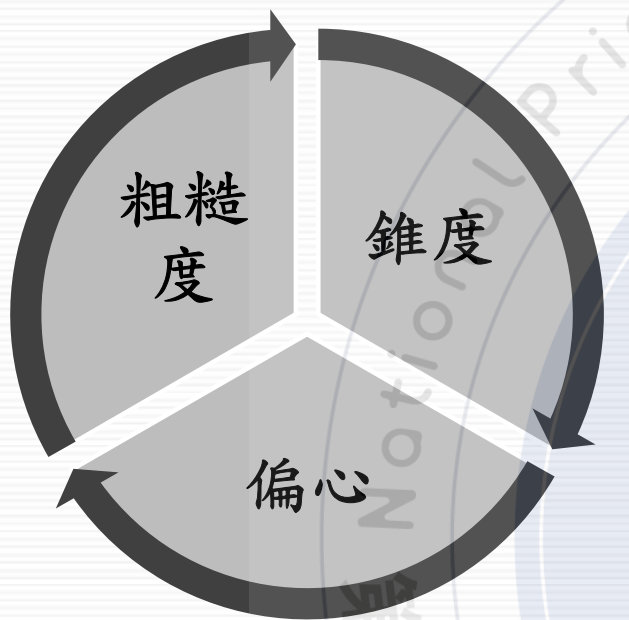
研究數據表



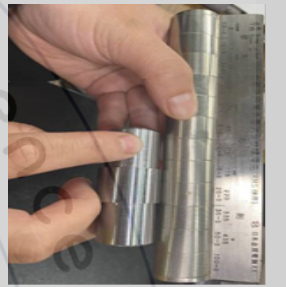


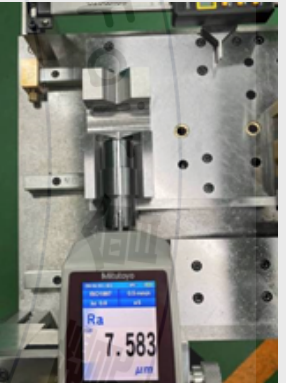
| 量測種類 | 平行度 | 垂直度 | 同心度 | 長度(階級) |
|-----------|---|--|--|--|
| 傳統方式量測結果 |  |  |  |  |
| 精密平台量測結果 |  |  |  |  |
| 兩者量測精度值比較 | 原本方式量測結果平行度 0~0.015mm。 精密平台量測結果平行度 0~0.015mm。 | 原本方式量測結果垂直度 0~0.015mm。 精密平台量測結果垂直度 0~0.012mm。 | 原本方式量測結果同心度 0.04mm。 精密平台量測結果同心度 0.043mm。 | 原本方式量測結果長度值 32.03mm。 精密平台量測結果長度值 32.031mm。 |



研究數據表

| 量測種類 | 槽寬(溝槽) | 外徑 | 斜度 |
|-----------|--|--|--|
| 傳統方式量測結果 |  |  |  |
| 精密平台量測結果 |  |  |  |
| 兩者量測精度值比較 | 原本方式量測結果槽寬值 8.11mm。 精密平台量測結果長度值 8.13mm。 | 原本方式量測結果外徑值 24.12mm。 精密平台量測結果外徑值 24.117mm。 | 原本方式量測結果斜度值 0~0.01mm。 精密平台量測結果斜度值 0~0.005mm。 |



| 量測種類 | 錐度(角度) | 偏心 | 表面粗糙度 |
|-----------|--|--|--|
| 傳統方式量測結果 |  |  |  |
| 精密平台量測結果 |  |  |  |
| 兩者量測精度值比較 | 原本方式量測錐度值1:5大小徑差0.01 mm。 精密平台量測錐度值1:5大小徑差0.013 mm。 | 原本方式量測結果偏心值3.885mm。 精密平台量測結果偏心值3.881mm。 | 原本方式比對粗糙度值介於7-8 Ra μm。 精密平台量測粗糙度值7.583 Ra μm。 |

研究數據表

伍

結論

本研究之研究目的是製作一個多功能精密量測平台，平台上可以同時進行平行度、垂直度、同心度、長度（階級）、槽寬（溝槽）、外徑、斜度（角度）、錐度、偏心、粗糙度等的量測。

經研究測試結果證實，多功能精密量測平台與老師原本使用量測方式，量測所得的尺寸均與多功能精密量測平台量測值相同，由此證明本研究達成研究目的。

謝謝評審們的聆聽