

中華民國第 60 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

第一名

052316

原始點解決了角度偏心之研究

學校名稱：國立秀水高級工業職業學校

作者：  職二 陳睿莆  職二 陳堉嘉  職三 曾羿芸	指導老師：  張漢佑  李欣璋
---	-----------------------------

關鍵詞：角度偏心、切線性質、平行軸系

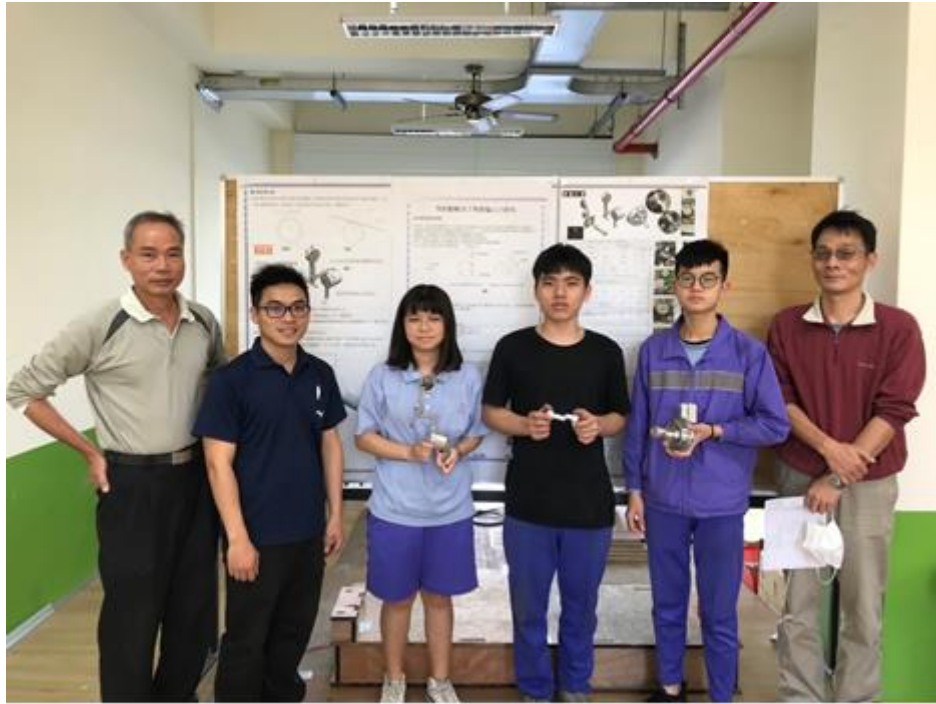
# 得獎感言

## 充滿驚喜的學習與實作之旅

很高興今年參加全國科展可以獲得第一名的成績，國中時就參加國中技藝教育班，每週到高職端參加半天訓練，進入秀水高工就讀後也持續參加選手培訓，當時在模具科曾竣元主任的指導下，技術能力進步很多，因為技術還不錯，科裡老師就詢問我是否有意願參加科展，隨後就進入了科展研究的領域，增加了不同且更深入的學習體驗！

在科展研究過程中，非常感謝機械科蘇義豐技士、姚昂老師、李欣璋主任及張漢佑組長的指導及協助。偏心在高職機械科的車床加工是一項基本技能，檢定車床丙級題目中就有偏心車削，可是同一工件若設計多個偏心要車削準確、精度高時，就非常不容易。所以我們決定針對這個題目進行研究，過程中主要面臨兩個問題，第一是如何調整、第二是如何檢驗。張老師建議我們先從如何車製偏心夾角 120 度的三個偏心做起。偏心車削就是工件中心偏移的概念，不考慮工件外偏擺情況下做中心座標偏移的動作，實際調整起來發現很不容易調校，經過與老師同學討論後嘗試其他的解決方式，蘇義豐技士教我們使用石川圖要因分析、專題研究 5W1H 法、因果衝突鏈分析(原始點分析)這幾個工具來釐清研究方向，透過研究分析，我們試著將 3D 的問題轉化成 1D 的方法，也順利解決問題達到預設的目標。

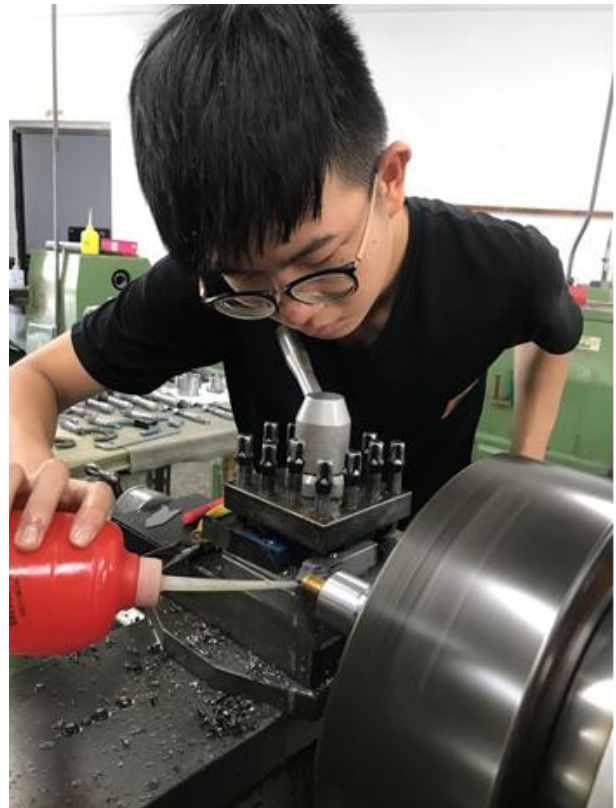
參加科展的感想是：高職生參加科展在加工技術方面都不會有太大問題，比較困難的地方是理論探討，如果能學會及透過各種工具如 TRIZ 等，可以讓我們更容易釐清問題及解決方法。有了研究方向後就要努力去完成每個階段的任務，當你完成一階段的工作後，就會有新的想法要再去探討或改良。科展作品是一連串的測試、修正及驗證過程，這樣的過程對於我們未來的學習及研究有很大的幫助。



研究團隊團體照



陳堉嘉操作數控機器



陳睿蕭操作高速車床加工工件

## 摘要

車床實習課程中，「角度偏心」技能於教科書資料不多，網路查尋資訊亦少，而此難度高技能所製作產品是迴旋轉直線運動曲柄軸機構所應用。

原始點分析為一種創作情境思維模式，此模式起源於問題產生時之因果關係。專題理論發想源自夾持偏心軸系定位關係及幾何學中「圓」切線性質。此發想讓我們研擬出兩項車製角度偏心核心調校關鍵技術；一是夾頭夾持軸系與工件維度所在軸系定義；二是工件量測位置定義。

依二項技術需求，本組設計出一套輔助定位模組；且經由實驗證明此模組貢獻度是解決車床角度偏心調校問題及對曲柄軸達成簡易快速定位角度量測功能。效度上明顯已達突破性調校應用。對於車床加工人員，提供調校操作簡易方便且精度控制顯著性高的選擇。

## 壹、研究動機

車床實習課程中，我們對車床加工技能方面學習既已產生濃厚興趣，此時正當實習老師順口一提的一項不好操作技能「角度偏心」挑起了我們的注意力。

中心校正大家都會，偏心校正大部份同學也會，但對「角度偏心」操作技能在全班似懂非懂熱烈討論情況下，大部分同學都知難而退，因為在現有車床技能操作上要做到精確與快速定位至該角度偏心量難度高；再加上學校現有量測與校正器具無法充分達成驗證專題所討論車製成品偏心角度量測，由此存在**校正與量測**雙向需求，引發了我們想去探索好奇心。

## 貳、研究目的

經由學校所教車床實習車製角度偏心難校對技術性問題，進行專題研究，其目的如下：

- (一) 了解目前角度偏心校正與量測方法
- (二) 運用原始點分析創作出快速角度偏心校正方式
- (三) 運用原始點分析創作出快速角度偏心量測方式
- (四) 設計及製作一套泛用性調校輔具

### 參、研究設備及器材

在研究上所使用的設備與器材係以學校現有設備為主，分述如下：

#### 一、加工機器設備

主要以學校現有設備，完成全部零組件之加工：

- (一) 車床
- (二) 鑽床
- (三) 平面磨床
- (四) 桌上虎鉗
- (五) 桌上型電腦
- (六) 立式銑床
- (七) 光纖打標機
- (八) CNC 車銑複合機

#### 二、使用工具、刀具

主要以學校現有刀具與工具，完成全部零組件加工：

- (一) 車刀（左、右手外徑車刀、切槽、倒角車刀、內徑車刀）
- (二) 銑刀（圓弧刀、面銑刀、 $\phi 12$ 、 $\phi 7$ 、 $\phi 5$  端銑刀）
- (三) 鑽鉸攻工刀具（鑽頭、鉸刀、M2X0.5、M8X1.25 螺絲攻、中心沖、絲攻扳手）

#### 三、檢驗儀器設備

主要以學校量具室現有的設備完成檢測工作：

- (一) 分釐卡（深度分釐卡、內、外徑分厘卡）
- (二) 銷（ $\phi 3$ ）
- (三) 針盤量錶
- (四) 花崗岩平板
- (五) 塊規
- (六) 高度規
- (七) 精密虎鉗

#### 四、電腦軟體設備

- (一) 繪圖軟體 Solidworks2018
- (二) 雷射印表機 HP5550
- (三) 電腦作業系統 Win 7
- (四) 文書處理軟體 WORD2010、XMind8

#### 五、使用材料

- (一) 圓鋁材  $\varnothing 200 \times 50 \text{mm}$  一塊、 $\phi 75 \times 100 \text{mm}$  一塊
- (二) 方鋁材  $25 \times 150 \text{mm}$  一塊
- (三) 扁鋁材  $15 \times 150 \times 300 \text{mm}$  一塊
- (四) 方鐵  $25 \times 150 \text{mm}$  一塊
- (五) 線性軸承各 2 個、螺絲 M2X0.5 等

## 肆、研究過程或方法

本研究之流程如圖 1:

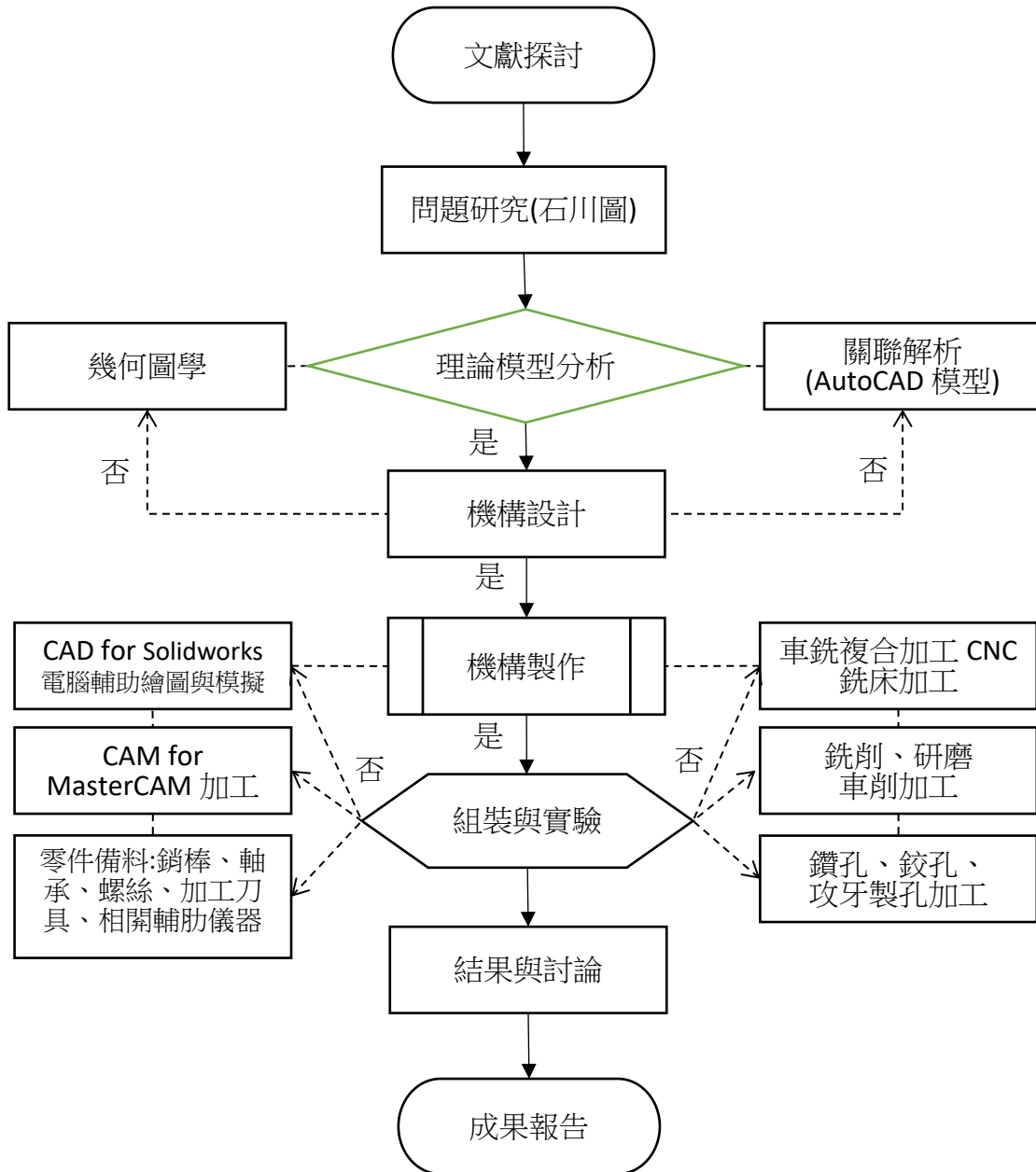


圖 1.研究步驟流程圖

## 一、文獻探討

有關偏心、角度偏心主題應用相關性分述如下：

- (一) 100 年全國高職學生實務專題製作競賽由國立新營高級工業職業學校模具科黃奎統等 5 位同學對偏心件量測方式所作專題研究，作品名稱是有關其設計之多功能量測組件，該作品所呈現的是利用一組內外錐盤為偏心量測件支撐桿，而此組盤件置放於一組等高 V 型塊上，接著移動該組件，使量錶測頭對於中心軸線上，經轉動盤軸由量錶上獲取量測偏心率。此多功能量測組合重點在降低量錶測軸與量測件心軸間位置測角所形成之餘弦函數誤差、另外作品與偏心檢查器作比較驗證其兩種方式所獲取精度之差異性。對此創作給于我們啟發是量測偏心件時，組件定位方式便捷性及比較於偏心檢驗儀獲取之量測精度與時間差距供于參考。
- (二) 逢甲大學自動控制工程學系許育銘、謝春辰同學專題論文「曲柄軸研磨之模擬」研究有關 CNC 磨床製作曲柄軸方式，將原先砂輪軸心是以兩維圓周運動之研磨方式修改為砂輪軸心以一維線性移動方式進行，試以改善偏心曲柄軸於高速旋轉時，因重力、離心力及偏心主軸的影響，對研磨精度將造成非常不利的影響。而對於本專題而言是希望在低成本耗費即可於高速車床上經由可靠性高量測校正方式將角度偏心率校正於車床主軸線上，用以達成正確偏心率車製。
- (三) 第 12 屆中小學科展國立霧峰高級農工職業學校王豐文、賴威成同學所作研究，主題是「利用半錐角定義導出數位多元量測系統之研究」，目的是要達成操作簡單、免除計算、搬運容易、低成本、高精度目標量測系統。作品設計(如圖 2 所示)原理取決於 a、b 兩測點，經圓筒規校正歸零，次將 b 測點固鎖使為固定側，而 a 測點為活動桿，此桿端面與量錶適壓接觸以傳遞量測位移值，接下來只要 a、b 兩測點去接觸段差(階級、斜度、偏心)部位，即可獲量測值。此作品給予最大收穫是能運用偏心件高低階級差距以簡單構造創作出操作方便迅速且實用性量具，值得學習。

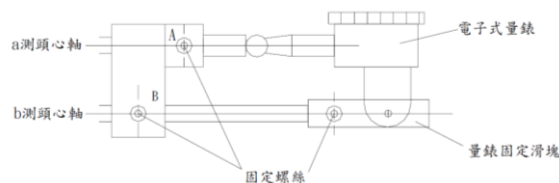


圖 2. 半錐角定義導出數位多元量測系統



(四) 107 年專題及創意製作競賽，作品名稱「蘇格蘭軛應用於針盤量錶中心校正輔具之設計」。該作品運用 TRIZ 系統性創新方法，確立中心校正遇到問題，經由惡化與改善參數矛盾矩陣表獲取事先預防原理發明導向，而此導向巧得雙滑塊運動機構適得其解，此解特色是中心校正適用多型材之中心校正。對於此研究結果更誘發我們想深入了解，看看是否有更精進結構設計優化於車床件校正工作便捷與泛用性。

## 二、問題研究

偏心工件通常是用於圓周旋轉轉換為往復直線運動或往復直線轉換為圓周旋轉運動，例如汽機車氣缸曲柄活塞機構、曲柄軸衝床、牛頭鉋床、健康按摩器、紡織機、空壓機、高壓柱塞泵、自動分料機、快篩機、手提震動電鑽、碎石機、木工鑿孔機等運用十分廣泛。而對於車床車製偏心件是如何達成呢?以下是收集教科書、網路資訊整理所作分析。

石川圖(如圖 3)要因分析，針對車床中心及偏心校正問題，我們確知三爪夾頭可經由墊塊夾持工件或偏心三爪夾頭製作單一偏心，但皆無法進行角度偏心；而花盤單限於單一外型工件且需另製夾治具進行定位；四爪夾頭因各爪為單動調整可控性高，但對非正向於夾爪位置之角度位置即難以將量錶與夾爪所對應位置快速獲取校正；兩頂心方法需先配合 V 型枕、劃線台、量角器、雞心夾頭、頂針、圓規、中心沖、趨動盤、鑽孔在工件端面等操作，易因獲取中心孔定位操作技能精細度耗時、變動性受限。

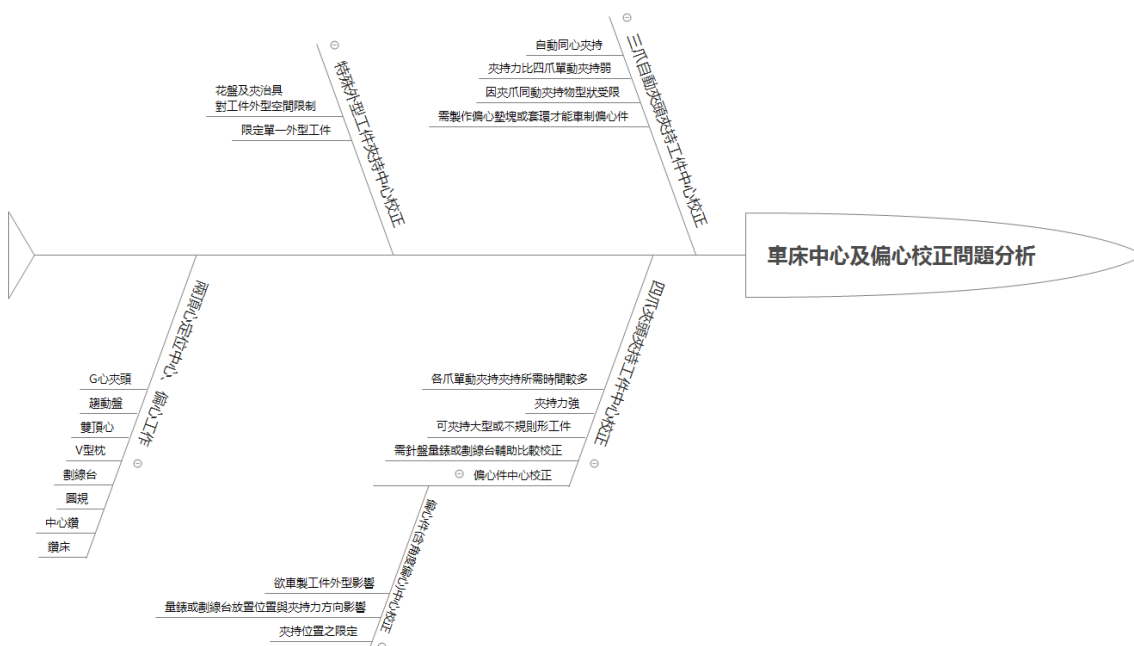


圖 3.要因分析-石川圖

由石川圖(如圖 4)車削偏心零件裝夾策略分析，共計有下列八大方法，其中會吸引更多想像空間的是專用夾具及輔助輔具設計方法，因為變則通的法則，在選擇導向上是希望設計出突破性角度偏心調校方式獲得便捷且可控性佳、精度高、成本低之輔具。

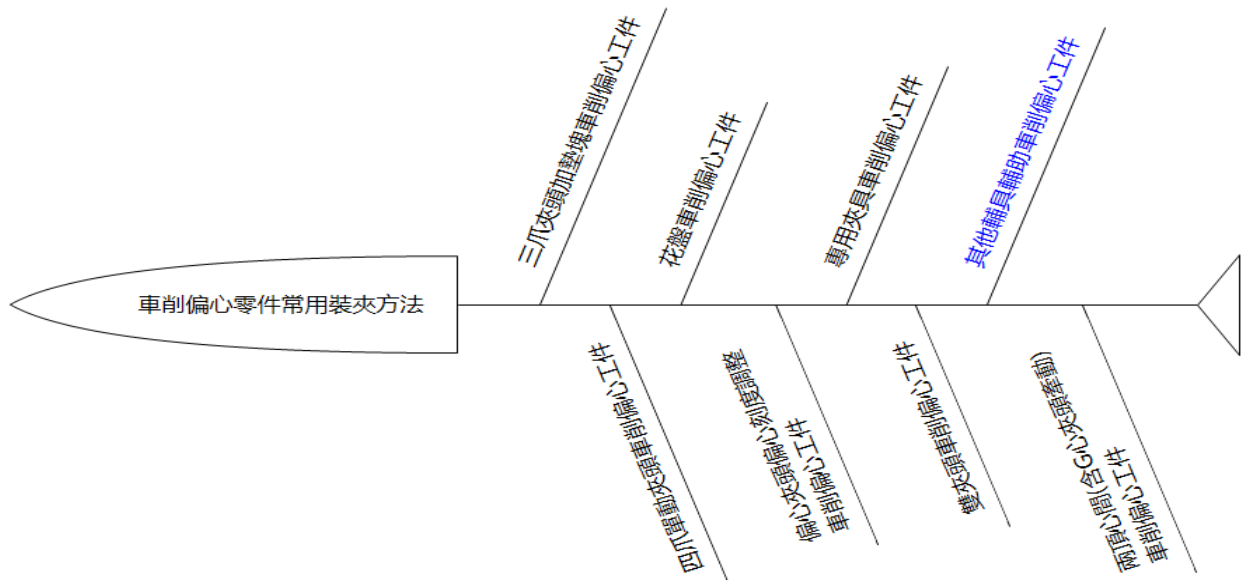


圖 4.策略分析-石川圖

偏心件製作是高職車床實習課程中技術性學習相當重要項目之一，實習課老師為了讓我們對此章節務實學習，更增強幾何公差觀念以及車床實作偏心校正工作練習。課程單元「偏心校正」中，老師提到非單一方向之偏心工作，問題是運用四爪夾頭進行量錶對校角度偏心操作困難性高；雖有兩頂心法，但事先為了定位頂心中心所投入的相關工作又很多，且精度控制將伴隨劃線、打中心沖、鑽孔精確定位技術所影響，因此有必要對角度偏心研究出更精準且有效率的解決方式。

### 三、理論模型分析

自然界任何事物必有其原理，專題研究 5W1H 法「如何做」，首先我們先對偏心原理進行了解。偏心定義是在無偏擺的條件下對偏心軸進行定義的，而所謂偏心軸是指外圓與外圓的軸線平行而不重合的意思，其特點是不僅能傳遞自轉，同時還能傳遞公轉。

What-校正時發生了什麼事?

校正部份我們分四種情況進行觀察論述:

第一種情形:無偏心校正-四爪夾頭一般中心校正方式如圖 5 說明

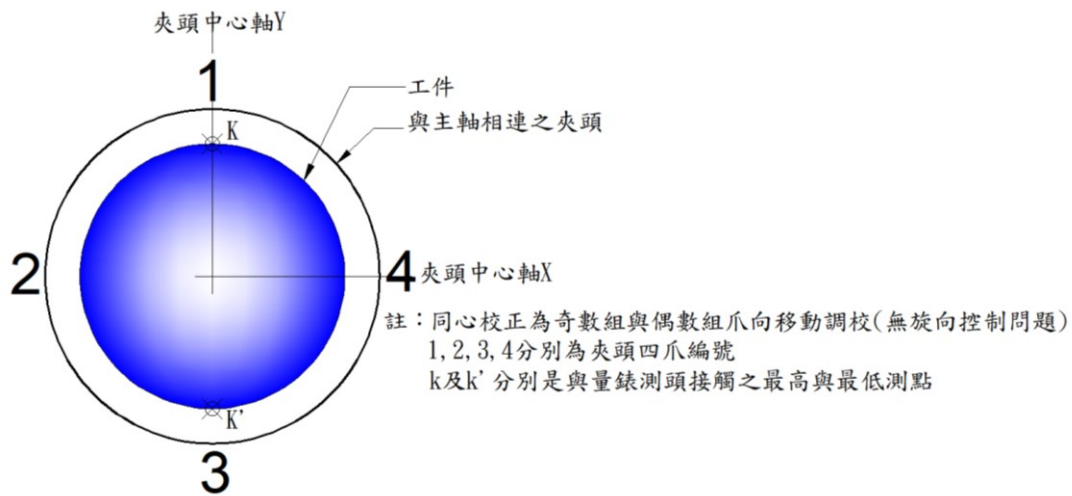


圖 5.四爪中心校正圖

同心校正為運用車床四爪夾頭進行校正工作，動作技能是採用夾爪編號奇數組與偶數組兩組夾爪以一鬆一夾方式來控制移動調校，過程中因是同心校正故對工件夾持而言即無特定旋向控制問題，因此在調校操作上是最容易上手完成的車床基礎操作技能。

第二種情形:軸向偏心校正:如圖 6 所示

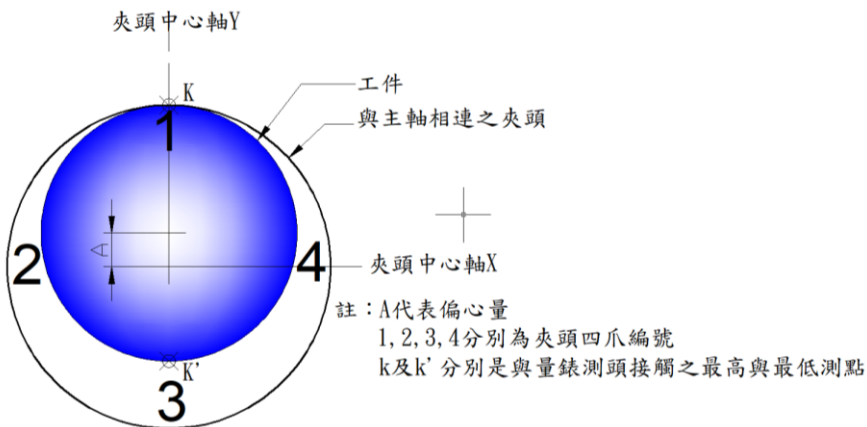


圖 6 .軸向偏心校正圖

軸向(與夾爪夾持方向同向)偏心之校正方式與同心校正操作相同，動作技能亦採用夾爪編號奇數組與偶數組兩組夾爪以一鬆一夾方式來控制移動調校。

第三種情形:劃線導引平行線對校如圖 7(網路查得的校正方式)

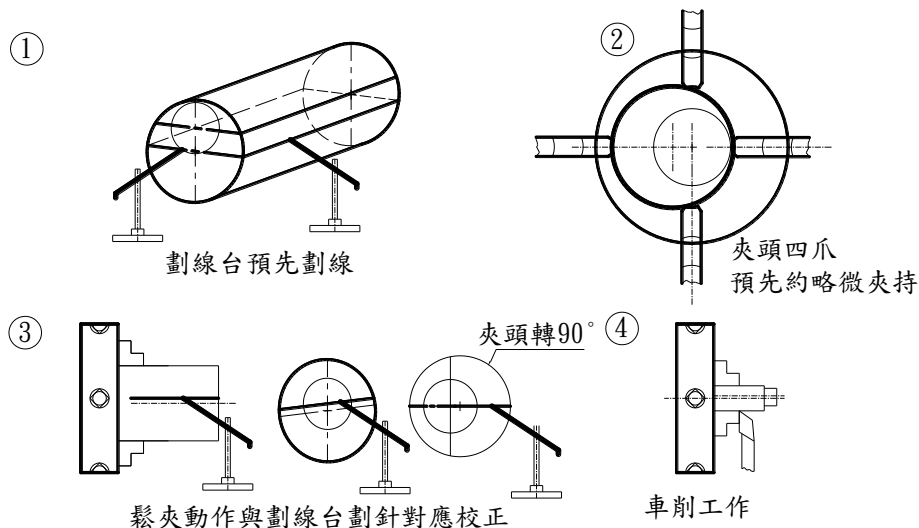


圖 7.劃線導引平行線對校圖

劃線導引校正步驟是：

1. 把劃好線的工件如①圖裝在四爪夾頭上。在裝夾時，先調節夾頭兩爪使其呈不對稱位置，另兩爪成對稱位置，工件偏心圓線在夾頭中央，如②圖。
2. 在床面上放好小平板和劃針盤，針尖對準偏心圓線，校正偏心圓。然後把針尖對準外圓水平線，如③圖所示，自左至右檢查水平線是否水平。把工件轉動 90°，用同樣的方法檢查另一條水平線，然後緊固夾爪和複查工件裝夾情況。
3. 工件校準後，把四爪再旋緊一遍，即可進行切削。如④圖

#### 第四種情形:角度偏心

採用四爪夾頭校正時，角度偏心如圖 8 所示，

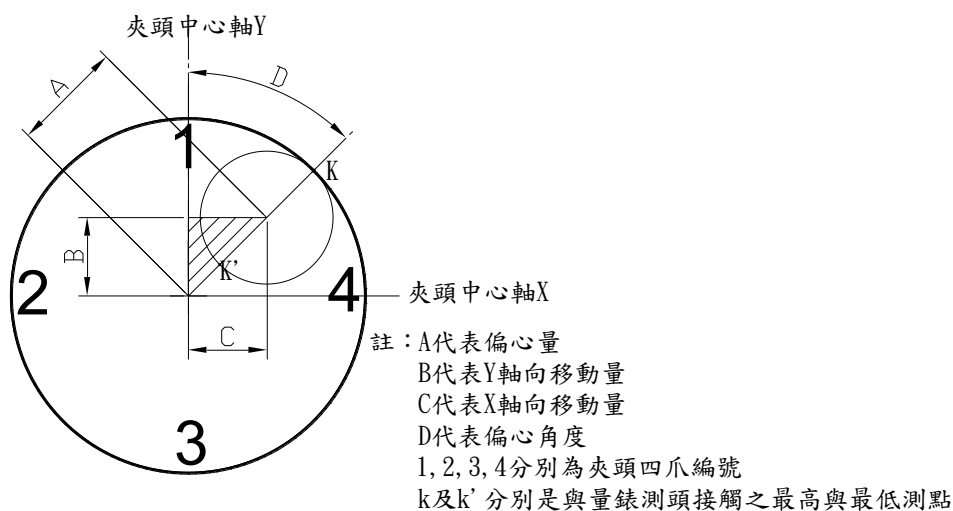


圖 8.角度偏心示意圖

一般採用兩段式進行偏心工作，理想操作模式如下：

(1)以量錶放置於工件約相對 1 號爪位，2、4 微夾隨後再先調放 3 而後 1 進方式調至約 B 尺寸 (B 為三角函數  $AsinD$  計算所獲取之尺寸)，注意量錶目標值為 1、4 間最高位置在 K 位。

(2)以量錶放置於工件約相對 4 號爪位，1、3 微夾隨後再先調放 2 而後 4 進方式調至約 C 尺寸 (C 為三角函數  $AcosD$  計算所獲取之尺寸)，注意量錶目標值為 2、3 間最低位置在 K'位。如此反覆操作一直達到接近 A 值。(量測時需將測位置於正上方較方便讀取)

(3)進行車削(材料預留偏心量 2 倍再多加 0.5mm)

表 1.實驗量測表

外偏心量 e 偏心項目		1±0.02	2±0.02	5±0.02
		偏心量測 (90 度軸向)	精度 mm	1.05
限時 min	7		7	7
角度偏心量 A 量測 (非正交角量測)	精度 mm	1.23	2.15	5.19
	限時 min	20	20	20

經表 1.實驗量測表所示之實驗，分別對偏心值 1±0.02、2±0.02、5±0.02 進行校正，90 度軸向精度顯示控制較佳，而非正交角之角度偏心校正不但時間長，且偏心角度又無法確定，結果所呈現的是此法校正角度偏心量精度難掌握。

What-量測時發生了什麼事？

量測分析部分我們以(1)V 型枕+量錶，如圖 9，(2)V 型枕+塊規來量測，如圖 10。

量測此工件結果，量錶所得之數值比對於塊規疊加量測之尺寸值相差 0.13，過程中 (1) 塊規疊加組合不易。(2) 過程煩雜、不易量測。(3) 量測速度慢。(4) 量錶測位，易因工件偏轉而移位。而二種方法雖有量測值，但無法確知偏心角度 D 是否正確。量測時間長，且尺寸未達標準，顯然此行量測操作不易。

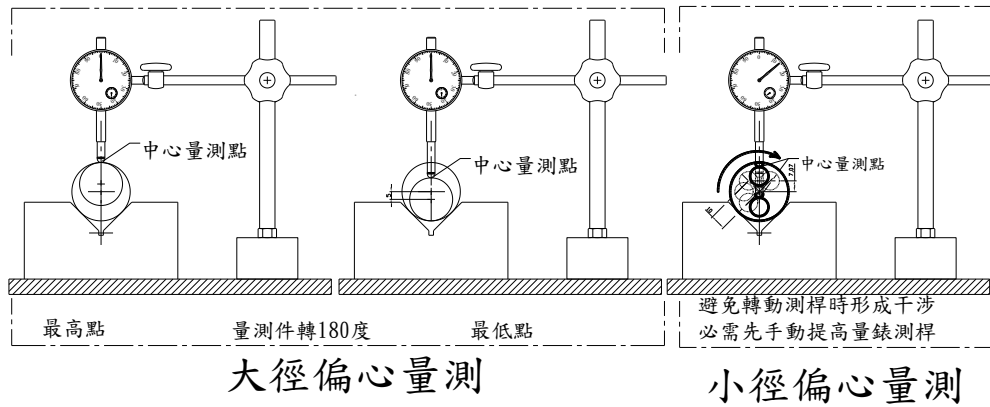


圖 9.大小徑偏心率量測圖

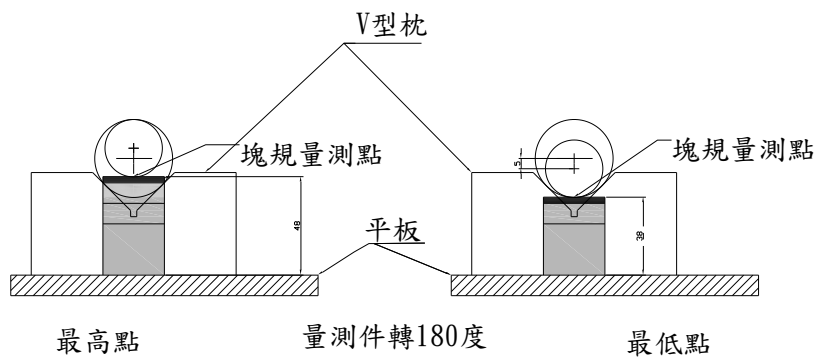


圖 10.V 型枕、塊規偏心率量測圖

### 問題與原理尋根

由上述兩種現場量測方法皆無法量得正確偏心率之角度值，且量測值漂移不穩定，因此有必要設計一組得以快速且方便量測儀器來獲取正確角度偏心率值。

### 理論模型分析

校正工作是調校各自中心之座標位置，比對非正交角度偏心率與單軸向角度偏心率中心之坐標位置(如圖 9 大小徑偏心率可能正確，但偏角不能確認，因上面所用量測方法無法量得到)在未能完成定義量測情形下，我們運用了以下的創作情境分析(原始點分析法):

- ①確認問題
- ②衝突分析

問題解析:

問題一、測位問題，校正時需調整經由三角函數計算兩垂直軸向之偏置量；一般量錶調整定

位後因測頭為圓球，圓球中心(測軸移動方向))無法一次測定至主軸軸向與工件接觸之量測點，故測位餘弦誤差即形成。

問題二、主軸軸系移動自由度問題，調校時因角度偏心需同時於未鎖固材料狀態下調動夾頭四個夾爪；理想值是定義該角度偏移軸系至該主軸軸系位置，但當鬆爪時此理想位移即受到影響，因此需要克服此可能形成轉動變位所至之誤差問題。

綜合此二問題所呈現的現象，我們得知需改善因素是轉動變位問題，形成有害控制因素是因工件是圓形，對於任意夾爪與圓形外型工件間軸向無從限定，即無法進行絕對限制其該圓件同向移動夾持關係，因此對此進行下列所述因果衝突鏈分析(原始點分析)，如圖 11。

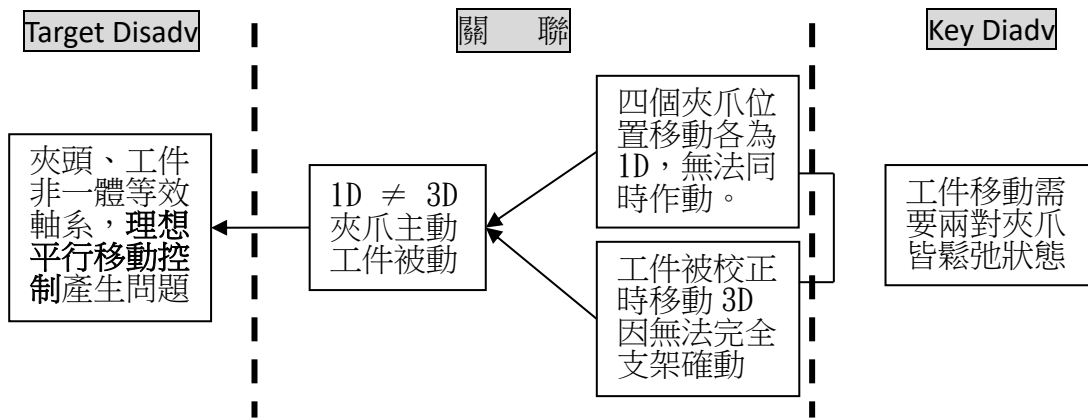


圖 11.因果衝突鏈分析圖

有因必有果，由上圖分析獲知即要夾物又需鬆持方便移動，同時具二種反向要因，形成極端限位物理矛盾衝突，而此衝突必然影響校正的精確性。

### 創新原理 1-平行軸系定理

經分析衝突原因是工件移動需要兩對夾爪皆鬆弛狀態，故造成結果是來自於夾頭、工件非一體等效軸系，在平行軸系移動間產生控制性問題，如圖 12 軸系由 B 校正到 A。為了解決此問題，我們再往前推論其關連性，了解其形成關聯是自由度控制無法等效達成。而當  $1D \neq 3D$  情形下，我們轉藉出工件定位移動中之  $2D$ ，旨意是在使工件位移亦成為  $1D$  與夾爪  $1D$  成對等關係，如此即可銜接上兩軸系移動完全控制。

創作產生原始點是簡化其關係為  $1D=1D$  之後，接下來需要將工件  $2D$  方向轉化出去成為連接介質物，而該介物則依邊界條件(夾爪、加工材料幾何外形所定義接觸位置)來進行設計。

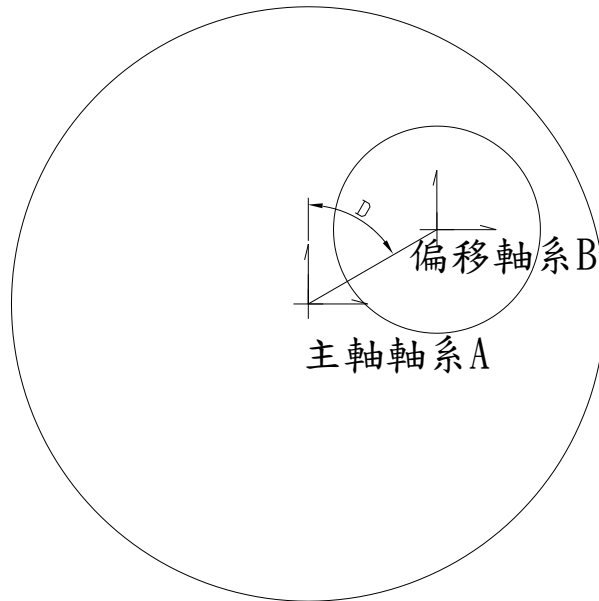


圖 12.平行軸系 B 至 A 簡圖

力學平行軸定理是  $I=MR^2$ ，本專題研究平行軸系是指兩軸系於空間中相對坐標位~~移~~定位關係，故將此限位關係以 solidworks 3D 進行設計如 BOM 表 2

表 2.卡盤結構設計 A 及功能說明

件數	構件名稱	功用說明
2	90 度 L 型導引滑塊構件	依夾爪側面為限定軸向用
1	卡 環	連接導引滑塊與工件限制垂直與水平方向移動依據。
4	固定螺絲	將卡盤架鎖於校正好主軸中心之工件上

動作步驟:

1. 先調整好四支固定用螺絲使能容納夾持工件直徑範圍
2. 將卡盤套入工件並貼妥於四爪端面。
3. 將兩滑塊分別移動至與相臨 90 度角之兩夾爪右側面貼合(滑塊只能滑動不能轉動狀態)
4. 配合手壓著滑塊不放狀態，將四支螺絲固鎖工件。
5. 依夾頭方牙螺絲螺距(螺距為 5mm)預先調放工件約接近軸向偏心值位置。
6. 夾爪鬆夾搭配量錶接觸量測指示，直至完成軸系平移定位。



說明:

「卡盤」功能為限位調整之用，其需求原因是當第一次工件中心校正之後、進行調校角度偏心時，先放鬆四爪才可移動，而此動作一產生，當下經中心校正所獲取之 X、Y 軸之兩軸向定位即會因此改變，而基準一經改變將造成無法與圖面所標示之角度正確對應比較，因此需要限位卡環協助我們完成進行水平與垂直軸之限位工作。

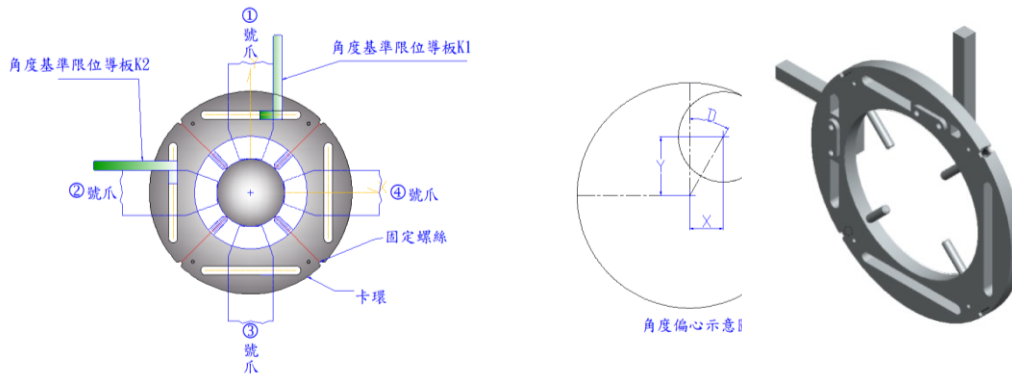


圖 13.卡盤機構設計圖 A

表 3.卡盤結構設計 B 及功能說明

件數	構件名稱	功用說明
1	夾爪 U 型導槽構件	依夾爪側面為限定軸向，經插銷與分度卡盤同動定位
1	分度卡盤	連接導引滑塊與工件限制垂直與水平方向移動依據。
4	M6 固定螺絲	將分度卡盤同心校鎖於校正好主軸中心之工件上
2	Ø4mm 插銷	連接夾爪 U 型導槽構件及分度卡盤同動定位之用

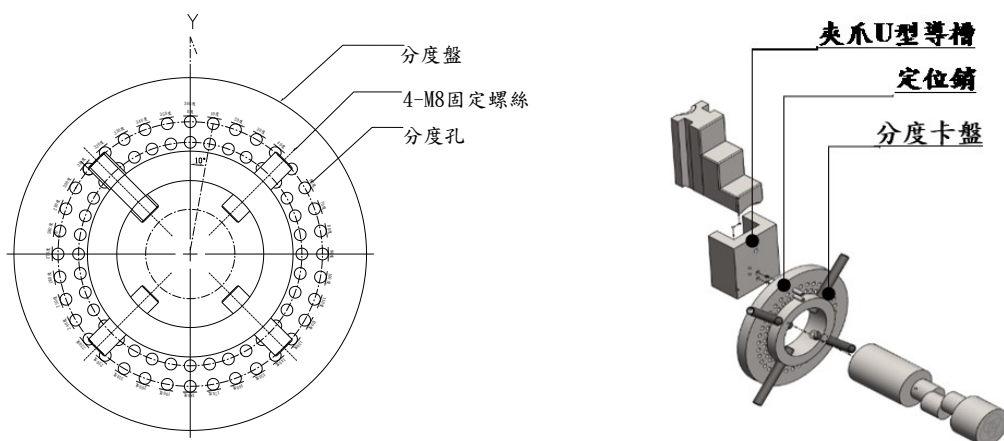


圖 14.卡盤機構設計圖 B

A、B 兩種卡盤解決夾爪與工件間限位衝突問題，其中以 B 型校正最為快速，原因是 B 型卡盤將雙軸向對校，轉為單軸向對校控制性更佳，因此往後實驗採用 B 型進行實驗(B 型操作方式於後面實例中說明)。接下來要進行的研究是量錶校正對位問題。

### 創新原理 2-圓切線性質定理

首先分析一下量測點與工件位置關係，圖 15A 呈現的是一般量錶測頭因連續性接觸位置所作移動圖，顯然是存在對應接觸會有離開接觸點導致量測出現無法順利對位問題。

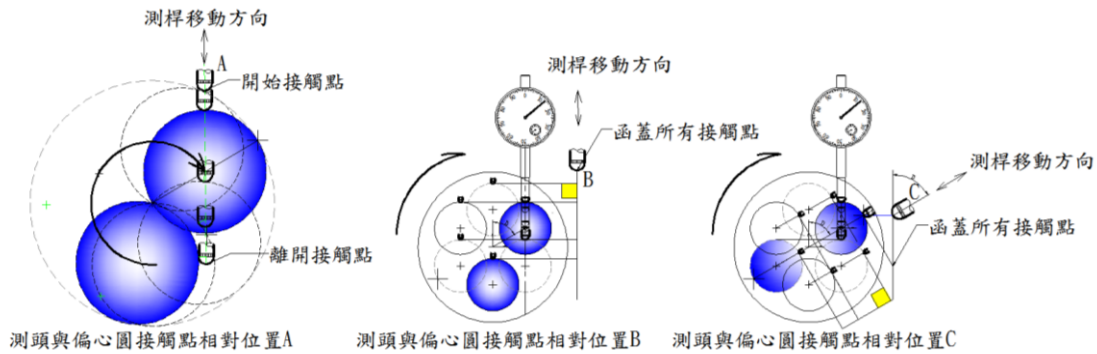


圖 15.測位接觸關係圖

對於量錶測位問題，本組先從幾何圖學代表意義進行定義：

切線性質定理：圓切線「垂直」於經過切點的半徑。

性質 1：經過圓心且垂直於切線的直線必經過切點。

性質 2：經過切點且垂直於切線的直線必經過圓心。

換言之，將無限多條切線包絡起來即形成圓(如同量測工件)之關係；應用在圓上每一切點(如同量測點)必存在有一條無限大直徑周長所形成的切線，而此切線具備存在維持垂向圓心之半徑關係，此接觸點關聯即是解題之原始點，如圖 16 所示。

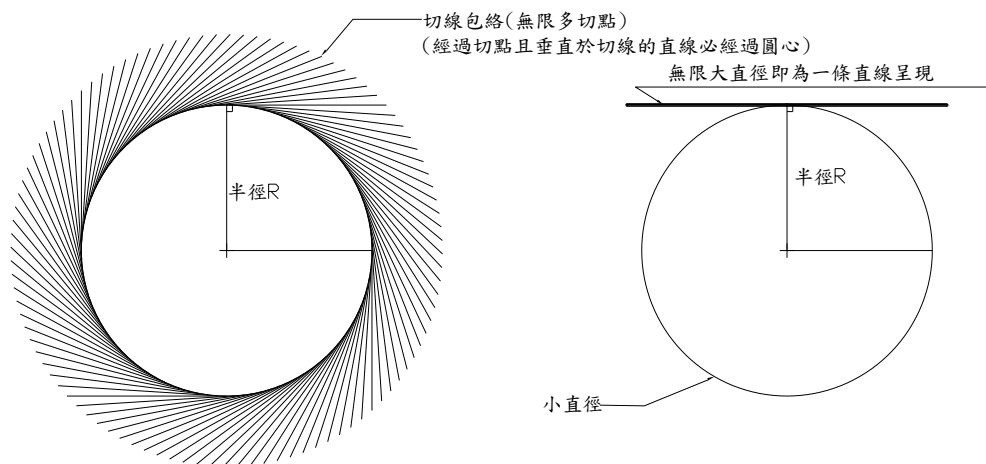


圖 16.圓切線性質幾何關係對照圖

角度偏心量測突破性想法是由轉動關聯原始點來定義(主軸是自轉、偏心圓是公轉關係)。

重點說明：主軸中心校正是圓周上無限多量測位皆可量校，而公轉之偏心輪與主軸輪連心線(偏心值)所定義出的方向為唯一調校之偏心方向，對應於圖 15B 軸向量校、圖 15C 角度量校可清楚表現出量測切線始終維持垂向圓心或連心線之軸線方向，因此成就了理論，實現了想法，解決了角度偏心量測需求。

#### 四、機構設計與製作

依理論建構模型如圖 17 所示(比對圖 15B)之 90 度軸向偏心及圖 18(比對圖 15C)之非 90 度偏心。

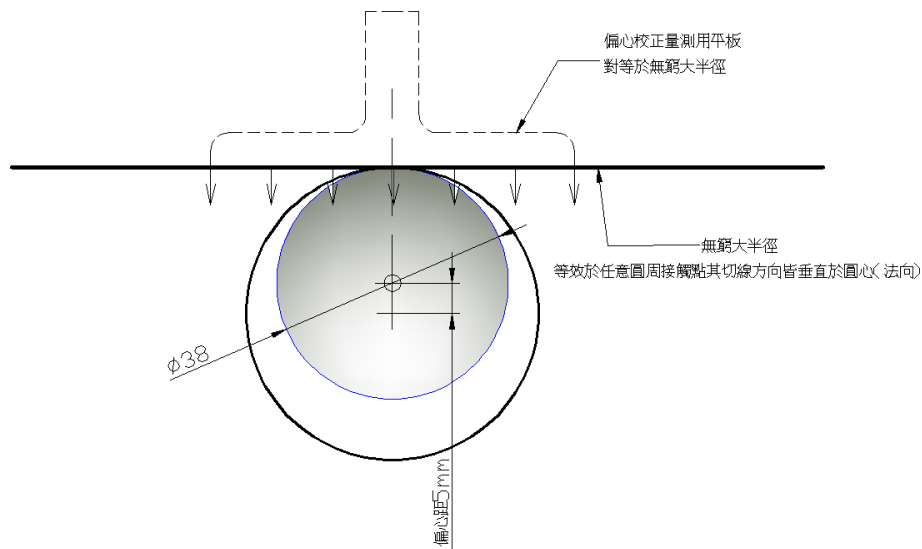


圖 17.理論模型 1

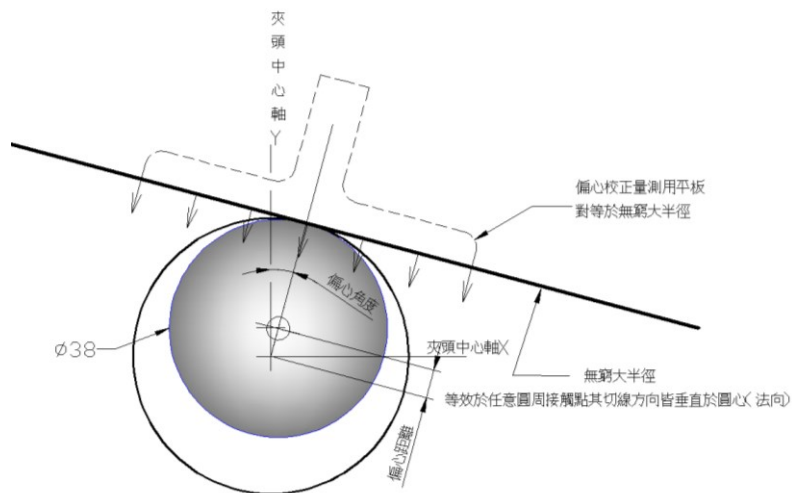


圖 18.理論模型 2

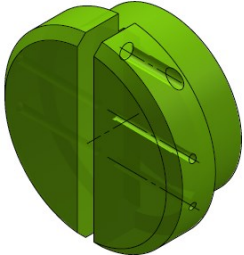

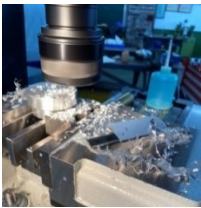
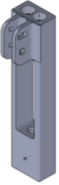

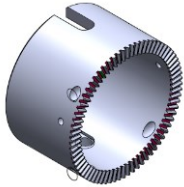

完成理論模式之後，我們即進行設計(表 4)、加工(表 5、表 6)、組立與實驗了。

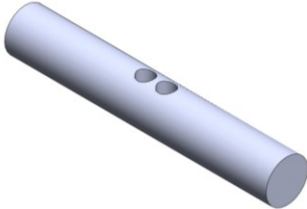



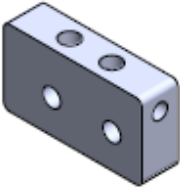
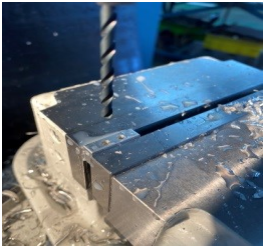

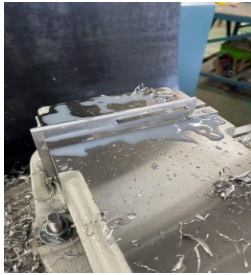


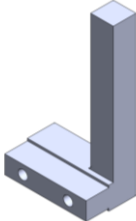
製作過程如下:

表 4.理論模型與實體設計對應表

理論模型	對應實體設計	說明
圓	工件外圓、偏心圓	欲量測或需中心校正之對應範圍
切線	量測圓棒	測棒(無限大圓直徑)為測頭與工件直徑相切，其間形成接觸關係是兩直線相交形成一交點，此交點無一般量錶對位不正所形成餘弦誤差量測。
半徑	中心距、偏心距	偏心件如同自轉(主軸)與公轉(偏心軸)一樣，精確量測位需永遠向著圓心，故半徑所代表意義是通過圓心且垂直於切線關連性。而當多段角度偏心量測時，各段偏心軸線與主軸基準軸線間夾角關係，準確度即很重要。

表 5.各元件設計與製作

CAD 立體圖	加工	元件功能說明
	 車床加工  銑床加工	<b>轉軸連結塊</b> 為求得在車床快速定位，故轉軸連結塊主要設定在量錶連接單元
	 銑床加工	<b>測桿連接座</b> 架固量錶體與量測接觸單元用
		<b>齒套筒</b> 連接尾座、連結塊、刀口定位延伸板用，並提供角度定位之用

	CNC 車銑複合機加工	
	 高速車床加工	<b>圓棒測桿</b> 等同於無限大直徑中一線段，作為量測用(圓桿測座部分可測內偏心)。
	銑床加工	<b>雙桿固定帽</b> 固定雙滑桿用
	高速車床加工	<b>軸承套</b> 連接 $\varnothing 3$ 線性軸承及測桿連接座
		<b>轉接塊</b> 轉接測桿連接座及延伸桿用
		<b>刀口定位延伸板</b> 由轉軸連結塊轉換角度後用以定位於齒套筒達成角度定位用
	規格品	$\varnothing 3$ 圓棒
	規格品	$\varnothing 3$ 線性軸承
	銑床加工	<b>限位滑桿</b> 以夾爪之邊界條件輔凸導引用



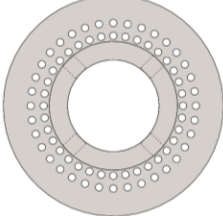
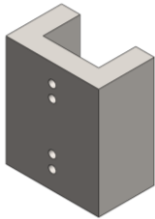
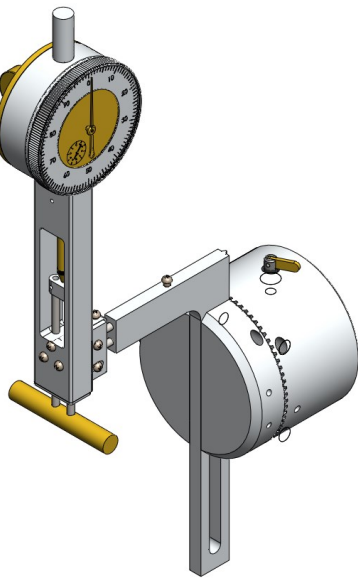
		<p><b>卡環</b> 轉接限位滑桿與固定螺絲固定工件用</p>
		<p><b>定位分度盤</b> 功能在於轉換角度定位用-具同心 36 等分雙定位孔位，分度數字部分以台灣三軸光纖打標機製作</p>
	<p>銑床加工</p>	<p><b>定位夾爪滑塊</b> 功能是依據夾爪單一軸向定位用-具雙定位孔位與分度盤配合</p>

表 6.加工問題與解決方案

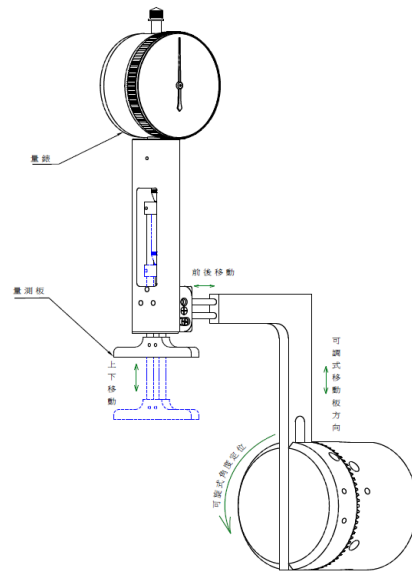
元件名稱	加工問題	解決方案
 <p>齒套筒</p>	<p>環形 V 槽所定義的角度是每格 5 度(360/72)，定位角度需很精密。</p>	<p>先以 Solidworks 繪圖，再以 CNC 車銑複合機加工。 此件逃角很小需以小徑球刀銑削，故需要加工製作時間較長。</p>
 <p>測桿連接座</p>	<p>導座功能主要是對合 <math>\varnothing 3</math> 線性軸承所組合銷棒及量錶測桿，傳導定位重直度需很準。</p>	<p>銑床加工以光學尺控制進給精度且孔位需以鉸孔鉸削</p>
 <p>刀口定位延伸板</p>	<p>刀口角度 60 度，學校無此規格端銑刀</p>	<p>因沒有剛好角度刀具故以中心鑽為刀具，小進量漸次側銑削。 板件長，大量切削易形成溫差變形，故加工要小量進給冷卻控溫。 板厚鑽 <math>\varnothing 3\text{mm}</math> 深孔加工亦是要小心</p>
 <p>定位分度盤</p>	<p>各組孔位間於圓心角需要十分精準，不宜以劃線、定中心沖、鑽孔行之。</p>	<p>學校台中精機 A-20 車銑複合機，具 C 軸定位功能，以極座標方式定義鑽孔位置及加工。</p>



## 五、組立與實驗



組立彩現圖



作動位置表現圖

圖 19.組立圖

圖 19 為 Solidworks 組立模組設計圖，其間可進行傳動干涉分析，以確定正確各零件加工圖。



卡盤結構設計 A



卡盤結構設計 B

圖 20.實驗校正圖

圖 19 右為量測移動及角度轉動作動位置圖，圖 20 為依設計所製作出專題設計模組卡盤結構設計 A、卡盤結構設計 B 之現場校正操作。

實驗驗證部分，本組對以下工件進行對校及加工：

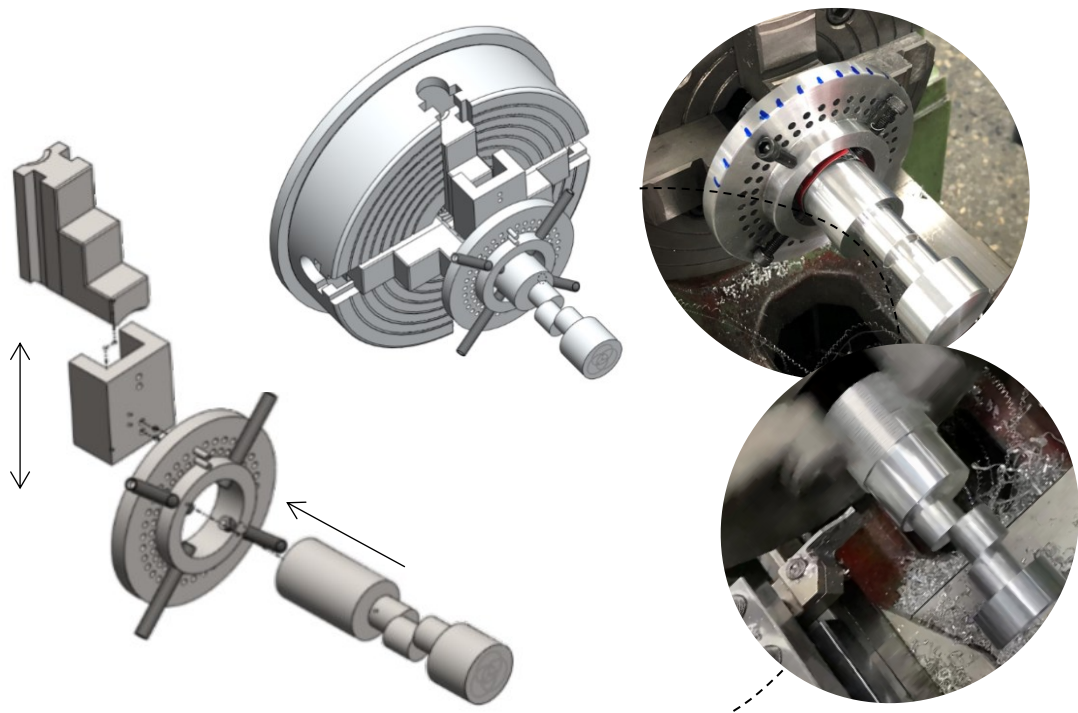
實習應用驗證實例:以高速車床進行三段連續角度偏心軸件製造，各角度偏心量  $e=5\text{mm}\pm 0.02$ ，相隔角度為 120 度(作品名稱:時序動作傳動軸-如圖 21，加工完成後，需量測該角度偏心值)。

表 7.三連段偏心調校操作說明

三連段偏心調校操作說明(採用卡盤結構設計 B)		
偏心定位次序	偏心度	說明
0	任意角位	<b>操作技能-工件校正:</b> 第一次工件中心校正作為基準軸校正
1	0	<b>操作技能-軸向定位與卡盤同心校正:</b> 將分度卡盤套入剛校好之軸件⇒2 支 $\phi 4\text{mm}$ 定位銷插入分度盤 0 度 2 孔位，同時繼續深入已套在上方夾爪位(例如編號 1 之爪位)置之 U 型導槽對應之 2 孔位，完成與夾爪同向定位。 ⇒第二次同心校正是對分度卡盤，此法同夾頭夾爪功能一樣，情形是利用卡盤四支螺絲調校於工件上，完成卡盤定位。
2	120	<b>操作技能-工件轉換角度與偏心校正:</b> 四爪放鬆並事先將 3 號爪放一圈，1 號爪進一圈(夾爪螺桿螺距為 5mm)⇒2 支 $\phi 4\text{mm}$ 插銷拔出，再將插鎖插入分度盤 120 度之孔位。⇒續將此角度位旋至剛 1 號爪位之 U 型導槽對應之 2 孔位。⇒開始進行 1 號爪向之 5mm 偏心(原角度偏心簡化為單一偏心)。⇒完成校正⇒車製。
3	240	<b>操作技能-工件轉換角度與偏心校正:</b> 1、2 爪微鬆即可⇒2 支 $\phi 4\text{mm}$ 插銷拔出，再將插鎖插入分度盤 240 度孔位。⇒續將此角度位旋至剛 1 號爪位之 U 型導槽對應 2 孔位。⇒1 號爪向偏校⇒完成校正⇒車製。

註:因工作圖面之偏心角度為 120 度，當第 2 次校好偏心之後，第 3 次方位隸屬同位校正，故 1、2 爪微鬆即可，之後再將工件角度快速轉至 Y 軸定向，此時夾爪只需少量調校即可達成。





專題輔具夾持校正靜態展示及切槽方式車製三階偏心加工圖

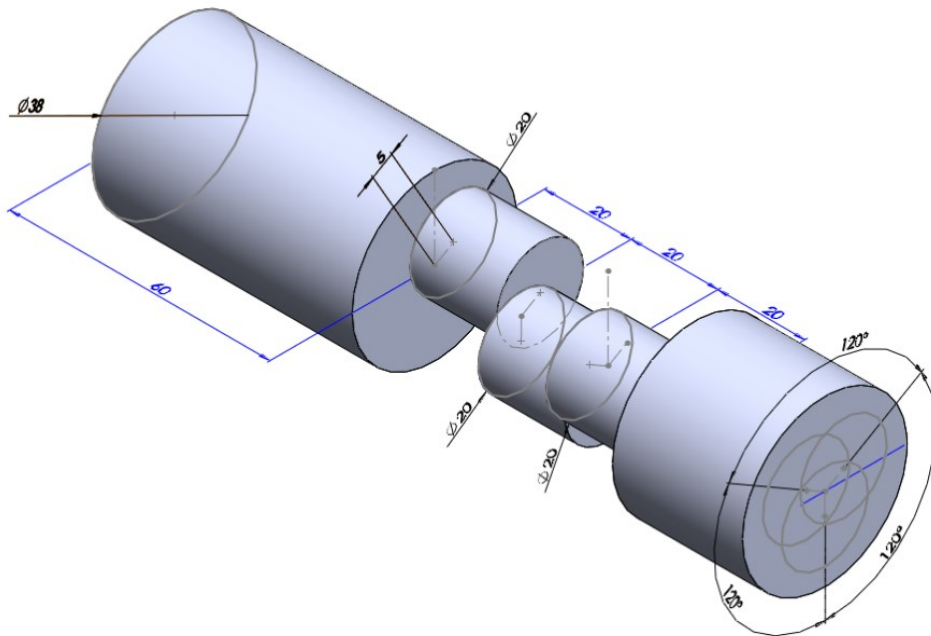


圖 21.時序動作傳動軸

表 8.時序動作傳動軸實驗加工說明









實驗加工圖			
偏心度	校正圖	加工圖	說明
任意角位			操作技能- 工件校正與軸心車製 -細部說明如表 7
0 度			操作技能- 軸向定位與卡盤同心校正 -細部說明如表 7
120 度			操作技能- 第二階工件轉換角度與偏 心校正 -細部說明如表 7
240 度			操作技能- 第三階工件轉換角度與偏 心校正 -細部說明如表 7

表 9.時序動作傳動軸實驗量測

量校實驗			
轉盤轉度	校正圖片	量測記錄值	說明
60° (5° 順向 12 格)		 10.005	使用實驗模組齒盤轉 12 格至 60 度位進行偏移量量測
-60° (5° 逆向 12 格)		 10.015	使用實驗模組齒盤逆轉 12 格至-60 度位進行量測(量錶轉朝上)
90° (垂直格位)		 10.008	使用本實驗模組齒盤轉至正上方垂直格位進行量測
實驗結果	$10.005/2=e=5.0025$ , $10.008/2= e=5.004$ , $10.015/2= e=5.0075$ 偏心率 $e=0.02$ 比較於上述量測記錄值，皆在圖面尺寸需求。		

## 伍、研究結果

### (一) 實驗量測操作對照

此項實驗是為獲取一般量錶與本輔具量錶使用差異性，因此進行單階各 3 次偏心率角度量測校對比較。SWOT 優劣勢分析用以將本研究量具操作優勢對應證實，如表 10

表 10.兩組量具組合量測比較

校正比較(單階偏心練習)					
量校具名稱	校正方式	差異性比較			
		校正時間 限測 5min	校正準度 mm	操作便捷性	使用範圍
A 組 一般磁力座 量錶	☑軸向 偏心	第 1 次	0.05	軸向調整如同一般 中心校正	測針接觸工件 範圍小量偏心 可用
		第 2 次	0.06		
		第 3 次	0.06		
	☐角度 偏心	第 1 次	✕無法達成	測桿中心不易對位 工件轉動時，測桿 受側向推擠而跑位	無法確定角度 位置
		第 2 次	✕無法達成		
		第 3 次	✕無法達成		
B 組 專題設計組 量錶(含卡 盤)	☑軸向 偏心	第 1 次	0.005	量測桿放置於工件 上無需對位，快速 可進行量測	橫向測桿範圍 皆可量
		第 2 次	0.01		
		第 3 次	0.01		
	☑角度 偏心	第 1 次	0.02	分度盤旋轉至角度 偏心角度位置,續將 量測桿放置工件上 無需對位，快速可 進行量測	(1)可確定角度 位置 (2)橫向測桿範 圍皆可量
		第 2 次	0.015		
		第 3 次	0.02		
優劣勢分析  SWOT	優勢 S	B 組精度控制優、量測範圍適應性高、好定位、方便操作			
	劣勢 W	對放置位置而言 B 組需與車床尾座配合使用，A 組可以任意吸附			
	機會 O	B 組小資本廠考慮成本且精度不差情形下所採用(比較 CNC 機具成本)			
	威脅 T	雖角度偏心校正 B 組遠優於 A 組，但若使用者決定是以最低成本為首選的話，B 組即受到威脅。			



## (二) 實驗量測對照

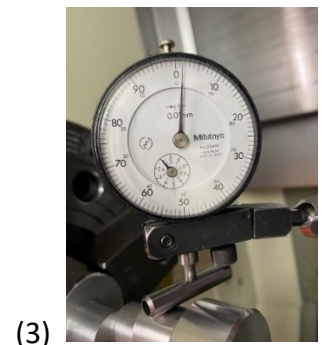
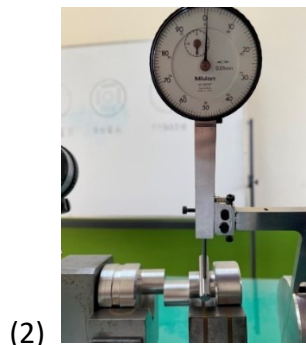
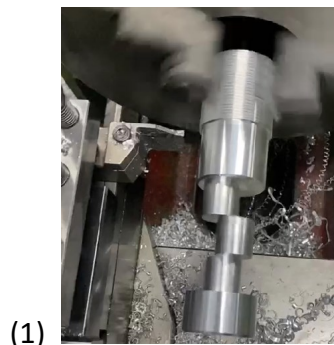
為了驗證 B 組專題設計組之量測校正準確度，本組考慮過本校三次元量床量測該三段式 120 度偏心件，其量測方式是於圓周上平均三點量測求得圓心，以此類推求其他二角度偏心圓，最後將三圓心點座標位置換算回來即可證明偏心角度是否準確。但事與人違，三圓都有重疊區，故當探針移時路徑會干涉，因此此法不適用。

另法，本校有 CNC 車銑複合機，運用 C 軸定位功能實驗量測角度。

方式是預先調整夾 CNC 車床夾爪範圍使適於工件夾持範圍→置工件入爪內後夾鎖→置量錶測部與工件接觸並調變量錶可容納偏心移動範圍(量錶座固定於塔輪刀架上)→切換模式為手動脈沖器調至控制 C 軸位置→旋動手動脈沖器手輪轉動夾頭至量錶指針正反向轉換點→量錶指針歸零、車床控制器螢幕切換式 POS 為相對座標全軸歸零→H(角度)歸零度→將量錶移至第二階並移動量錶至 U=0 位置→切換至手輪控制角度至接近 120 度，再看看量錶指針至正反向轉換點，觀看螢幕顯示之 H 值即是製作角度偏心之角度值→第二階、第三階如上述方式求得。如法往下進行量測到第三階量測位。

實驗規劃：

- (一) 採用卡盤結構設計 B 及圓桿量具配合製作本實驗欲量測工件
- (二) 使用圓桿量具設定量測角度及 V 枕配合量測實驗工件--實驗組
- (三) CNC 車銑複合機之 C 軸角度定位功能及圓桿量具量測角度配合量測實驗工件，獲取角度值一對照組。



以下是二種量測結果所進行實驗對照比較：

表 11.對照量測方式比較表

校對量測方式比較(偏心值 $e=5\pm 0.02$ ，實驗計劃望小)										
量測方式	量測用具	角度定位與量錶校正值								
		第一階			第二階 $120^\circ$			第三階 $240^\circ$		
實驗組- 專題設計組 (校正與加工)	分度卡盤組	$0^\circ$			$120^\circ$			$240^\circ$		
	圓桿量測組 (Y 軸)	10.005			10.008			10.015		
	分厘卡 量測階桿	$\varphi 19.995$			$\varphi 19.997$			$\varphi 19.993$		
校正時間		工件	分度盤		5 分 5 秒			3 分 23 秒		
		3 分	4 分 15 秒							
校正時間 $(3+4+5+3)'+(15+5+23)''=15$ 分 43 秒，平均校正精度 10.009 及偏心量 $e=5.0046$										
實驗組 V.S. 對照組量測比較										
實驗組 D- 專題設計組 (與 V 型枕配合) 進行量測	圓桿量測 組	10.006			10.01			10.018		
對照組 C- CNC 車銑複合機	C 軸定位	$0^\circ$ 錶測最高返折點 C 軸角度歸零			$120.212^\circ$			$240.227^\circ$		
	刀塔上 圓桿量測 組	10 .005			10 .008			10 .015		
對照組-CNC 車銑複合機 定位重現性	$0^\circ$	$0^\circ$			$120^\circ$			$240^\circ$		
		一	二	三	一	二	三	一	二	三
	$180^\circ$	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		-10. 0054	-10. 0054	-10. 0055	-10. 0078	-10. 0078	-10. 0079	-10. 0143	-10. 0144	-10. 0145
重現誤差	0.0001			0.0001			0.0002			
定位重現性 $0.2 \mu m$ ，主要針對對照組 CNC 車銑數複合機 C 軸 $0^\circ$ 、 $120^\circ$ 、 $240^\circ$ 定位精度檢測。過程配合千分錶測桿與各階工件 3 次量校所呈現的數值，以作為與實驗組比較依據。										

### 三階偏心角度量測比對



第一階(0°) 第三件量校值



第二階(120°) 第三件量校值



第三階(240°)-第三件量校值



第一階

(調至本專題測值 10.005)



第二階

(調至本專題測值 10.008)

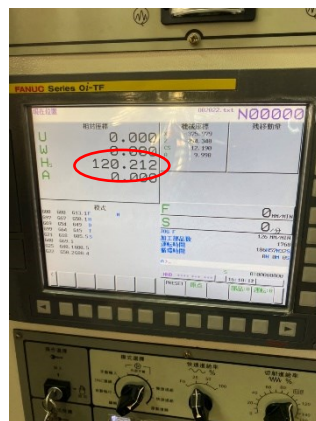


第三階

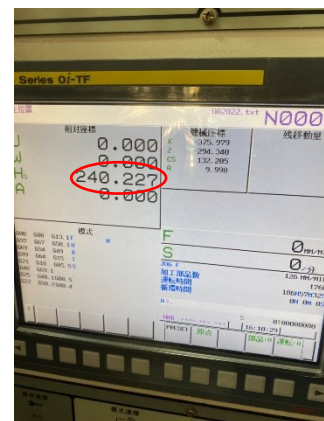
(調至本專題測值 10.015)



第一階(基準歸零)



第二階(觀察記錄 Hs 測值)



第三階(觀察記錄 Hs 測值)

由上表 11 所呈現結果，進行下列實驗對照說明：

- (一) 量測基準依據:量測方式首先將對照組之量錶移至同實驗組相同值(加工時之校正值)位置→待轉動 C 軸至量錶指針至正反向轉換點→記錄 Hs 測值(偏移角度)→完成量

測。H<sub>s</sub> 測值與專題角度定義值比較，誤差角度 0.212 度及 0.227 度，比較兩階誤差為 0.015 度，代表實驗組所進行之角度量測於現場量校可信度高。(註:實驗中第一階設定為零是基於檢測基準需求，爾後各階則依實驗組與對照組一致性偏移值為基準對照，再來返回觀察彼此角度誤差值，定義出實驗組精確度)。

(二) 本實驗共車製工件三件，第三件量校值每階測值趨向一致 0.8 條，代表使用專題輔具量校控制穩定，對精度提升顯著性高。

(三) 專題設計組量測結果(量錶讀值/2=e)，可知以本輔具製作偏心加工件皆可製作在偏心值公差內(最大  $e=10.015/2=5.0074<5.02$ )。

## 陸、討論

本專題研究經由原始點解析方式針對角度偏心難校正之二項關鍵性定位問題，突破性的創作出一套調校輔具，對於高速車床現場加工作業人員而言提供操作便捷、高精度、量校泛用性高選擇。「巧奪天工」，對我們高職生而言，履行於學習務實，致用於巧工。本專題成果雖因巧解決問題，但仍存在一些限制問題，分述如下:

1. 偏心角度若要更小，則分度卡盤之分度製作需更細，成本相對增加。
2. 卡盤內圓有一定夾持範圍，若工件外徑需求變化很多時，卡盤運用因不同夾持範圍製作亦將隨之提高成本。
3. 卡盤材質受限(操作時要輕又要剛性好)，最好使用 7000 系 Al-Zn 鋁合金製作(輔助校正時輔具輕校正相對可減輕手部負擔，剛性好夾持力亦相對提升)，此項亦相對與成本有關。
4. 原始點推論方式非唯一，不同的思維角度出發，定位動作是否會有更快方式?仍值得我們未來更進一步由不同方向切入構思與創建研究主題。



## 柒、結論

經由本次研究給于我們三項成長，分述如下：

第一、知識應用:高職所學機件原理教我們機構作動原理有助於設計構思能力、機械製造相關學術科培養我們動手作能力、專題製作訓練我們激發創作思考統合應用。

第二、發現問題: 學習車床實習課程中，角度偏心單元技術層面問題，啟發研究動機。

第三、回歸原始點定義問題:我們對角度偏心校正操作控制研究，真的很難想像得到其間發生的衝突問題；為了解決這些問題，讓我們學會尋根，確立定位技術性操作問題後，再由因果衝突鏈分析推導出足以驗證的二項幾何關係學理，一則平行軸系，二則圓切線性質。有了學理基礎再由學理驗證實物，經機械科所學之技術，實務性的漸次進行設計與加工，最終具體完成作品。

本研究貢獻度是輔具可適用業界、學校專題製作、實習課工件加工製作及需要現場多層外偏心、內偏心、曲柄軸量測使用。在現今生活上有很多產品、機具零件都需要偏心輪設計製作的地方，有了這項突破性研究成果，將縮短校正時間，提昇校正製作、量測方便性。

## 捌、參考資料及其他

蔡秋明、劉清波 .(民 70 年 10 月) 車工技術. 臺北市：全華科技圖書股份有限公司

陳順同、蔡俊毅.(民 97 年 7 月)車床實習Ⅲ.台北市:全華科技圖書股份有限公司，P98~P100、P156~P160

黃世峰、陳文峰 .(2000 年 8 月)車床實習 I .台北縣:台科大圖書股份有限公司，P52~P58

楊玉清 . 數值控制機械實習.高雄市:昱網科技股份有限公司

陳國俊. 車床實習Ⅲ.台北縣:台科大圖書股份有限公司，p40~p61

陳清檳(Ching-Pin Chen)、張文宗(Wen-Tsung Chang)、蕭育琳(Yu-Lin Hsiao)、楊仁聖(Jen-Sheng Yang).高職機械科產業導向專題製作能力項目與課程內涵之建構.中等教育； 64 卷 1 期 (2013 / 03 / 01)，P85 - 102

[http://www.airitilibrary.com/Publication/alDetailedMesh?docid=10180230-201303-](http://www.airitilibrary.com/Publication/alDetailedMesh?docid=10180230-201303-201304160002-201304160002-85-102)

[201304160002-201304160002-85-102](http://www.airitilibrary.com/Publication/alDetailedMesh?docid=10180230-201303-201304160002-201304160002-85-102) 華藝線上圖書館

## 【評語】 052316

1. 發想源自夾持偏心軸系定位關係及幾何學中「圓」切線性質。此發想研發出兩項車製角度偏心核心調校關鍵技術；一是夾頭夾持軸系與工件維度所在軸系定義；二是工件量測位置定義。依二項技術需求，本作品設計出一套輔助定位模組；且經由實驗證明此模組貢獻度是解決車床角度偏心調校問題及對曲柄軸達成簡易快速定位角度量測功能，具創新應用及實用性。
2. 有對過去相關研究進行探討及了解，對於創作過程及相關學理說明詳細，實測驗證亦嚴謹，達到預期目標，對於作品的限制亦有詳細說明。



# 原始點解決了角度偏心之研究

## 車床實習課發現問題

角度偏心-校正操作難度高，尤其指多段角度偏心校正耗時且偏角正確值無法完成確定。本組對此操作型技能所面臨的問題產生好奇心，希望能透過原始點解析獲取其間關鍵性可控因素，從而創作出可精確校正及量測兼具之輔具。

經研究車床角度偏心校正時發現二項關連性技術問題：

1. 第一項是夾頭部分-夾持軸系與工件維度所在軸系定義(如圖1)
2. 工件部分-量測位置定義(如圖2)

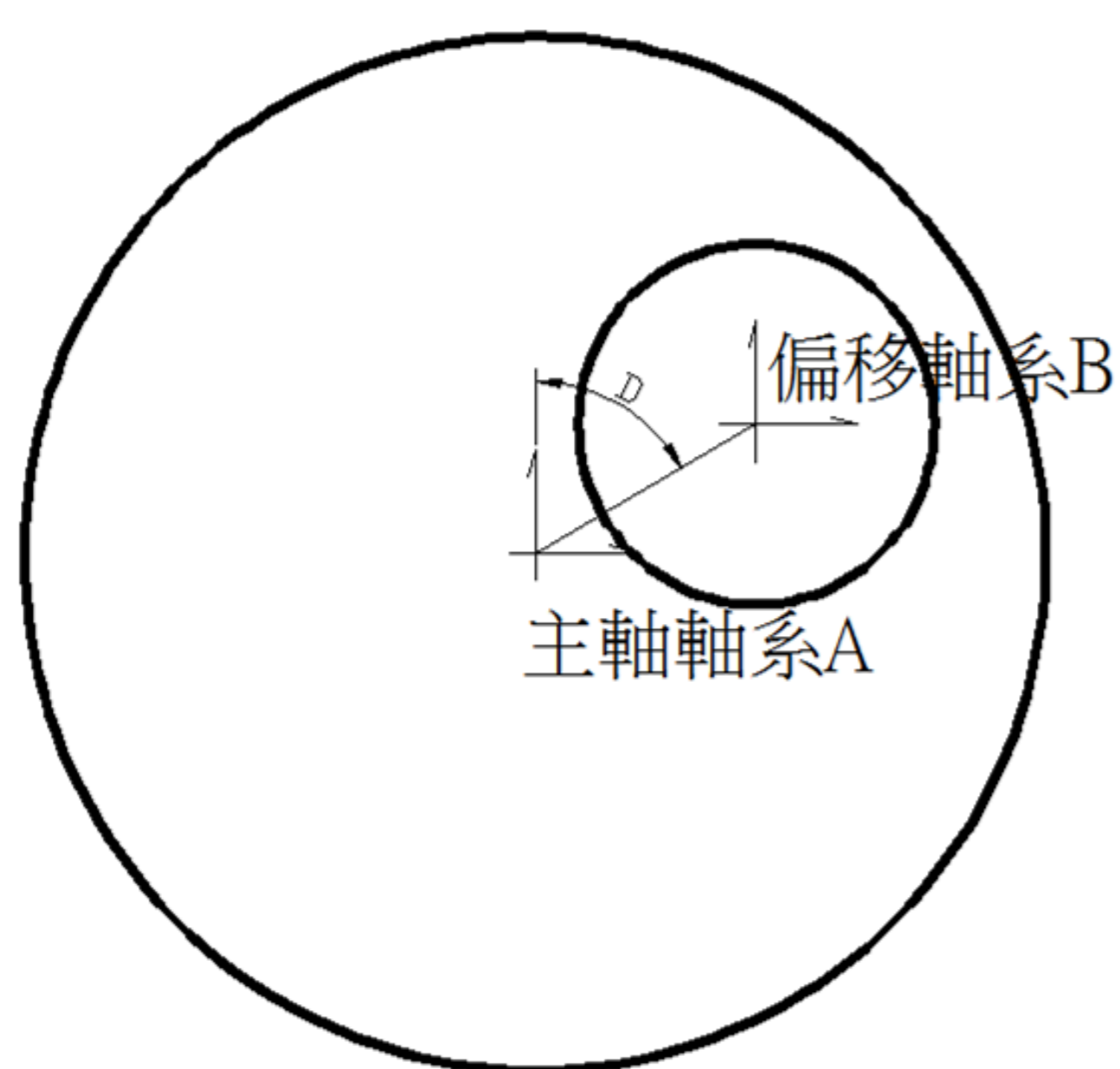
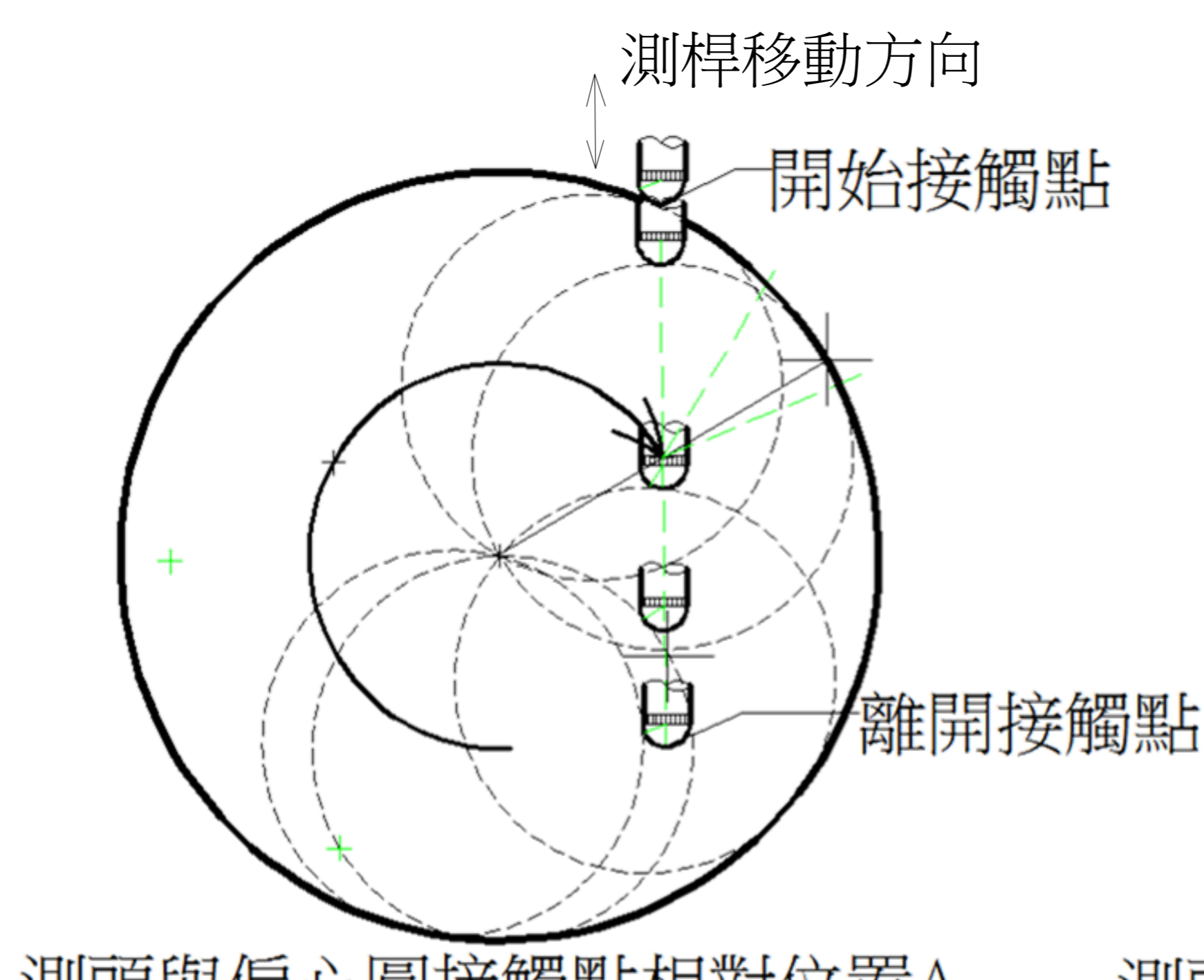
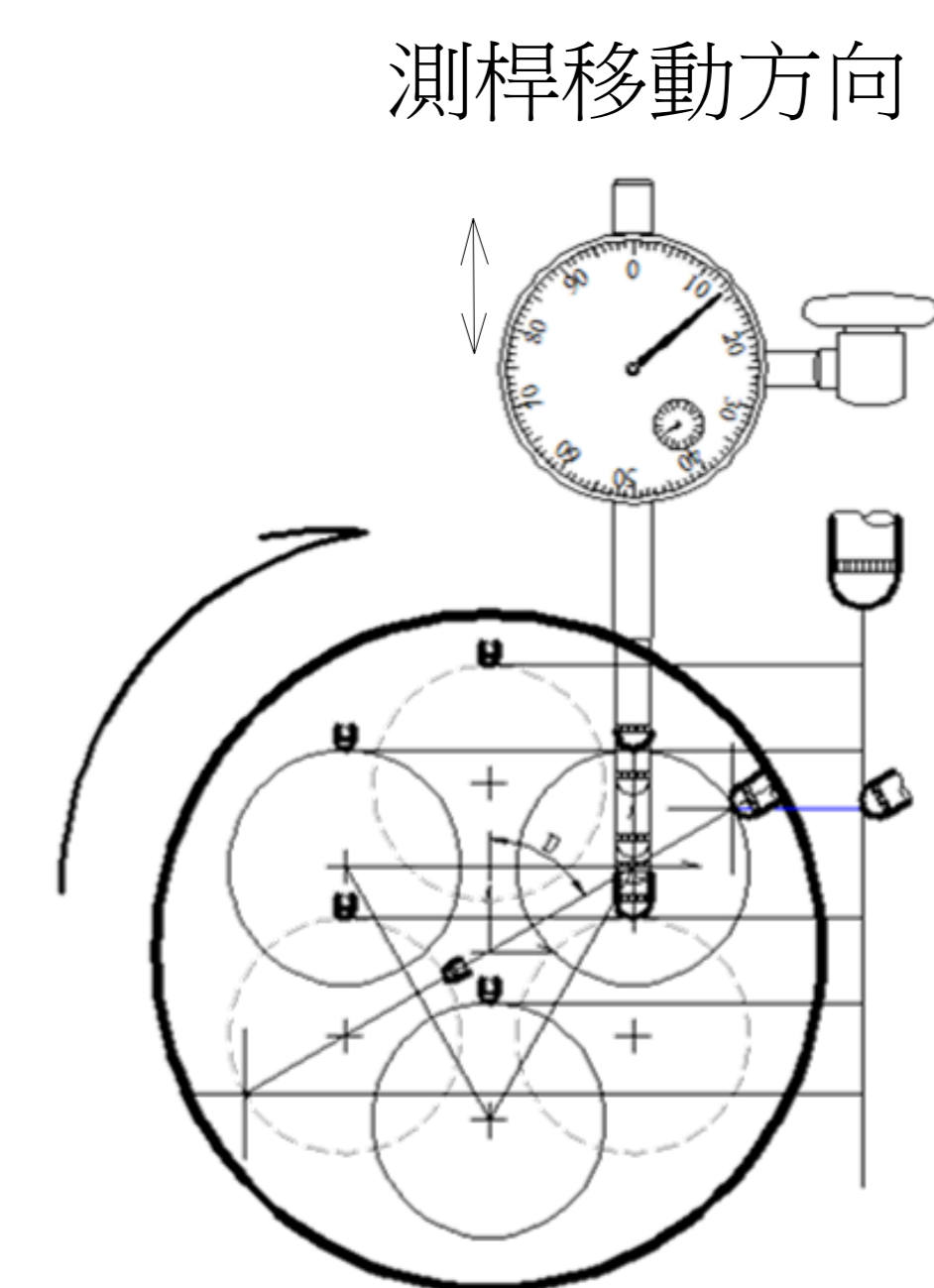


圖1.



測頭與偏心圓接觸點相對位置A

圖2.



測頭與偏心圓接觸點相對位置B

## 研究動機

本研究動機是來自學校車床實習單元中角度偏心校正難控制之操作技能，希望透過專題研究方式得以獲取精確與可控性佳之調校輔具。

## 研究目的

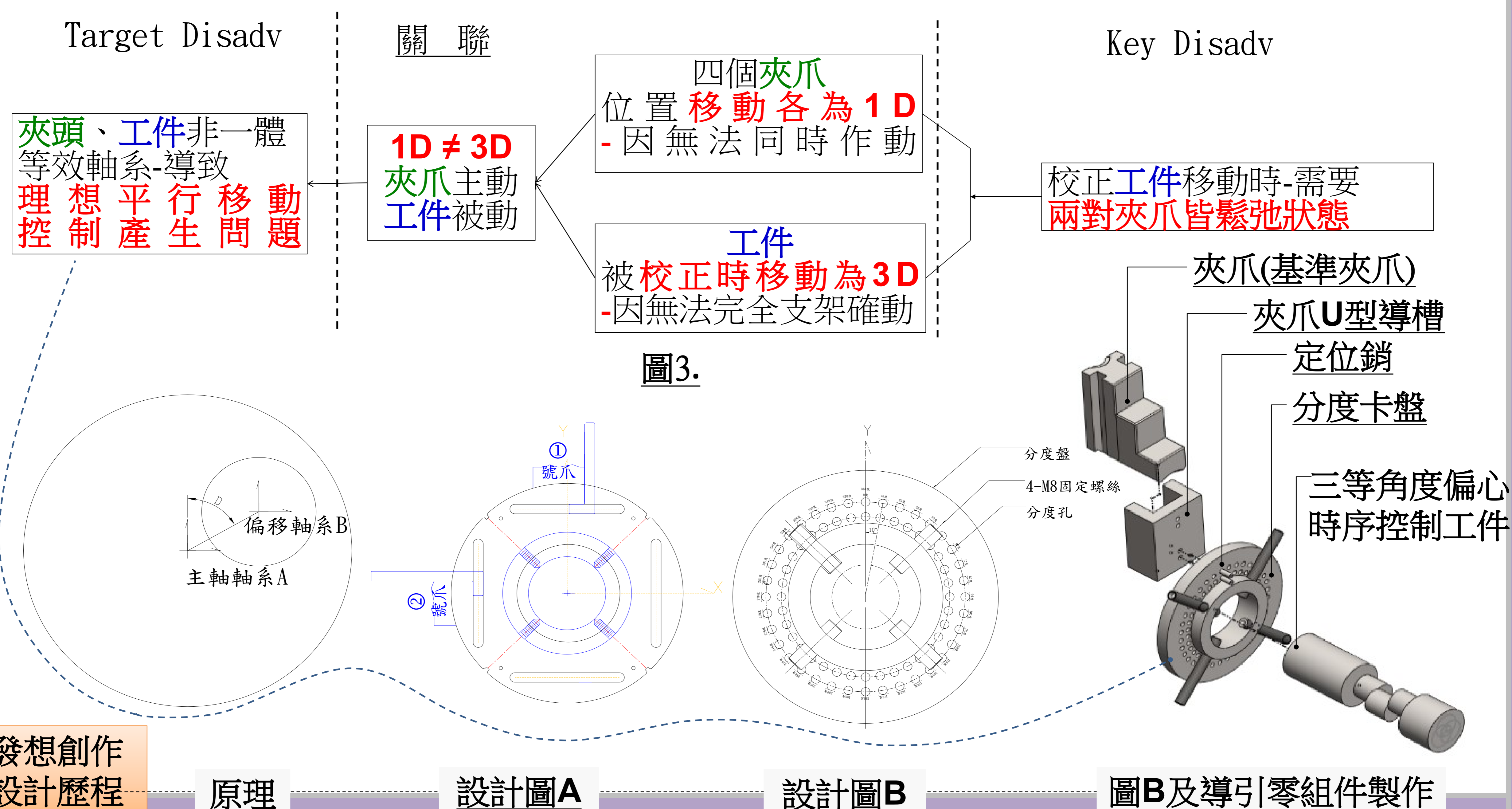
- (一)了解目前角度偏心校正與量測方法
- (二)運用原始點分析創作出快速角度偏心校正方式
- (三)運用原始點分析創作出快速角度偏心量測方式
- (四)設計及製作一套泛用性調校輔具

## 創新原理

本專題研究原始點分析應用在二項定理上，分別是(1)平行軸系定理(2)圓切線性質定理。

平行軸系定理：

經由因果衝突鏈分析(如圖3)-分析獲知即要夾物又需鬆持方便移動，同時具二種反向要因，形成極端限位物理矛盾衝突。創作產生原始點是簡化其關係為1D=1D需要將工件2D方向轉化出去成為連接介質物，而該介物則依邊界條件(夾爪、加工材料幾何外形所定義接觸位置)來進行設計。



發想創作  
設計歷程

原理

設計圖A

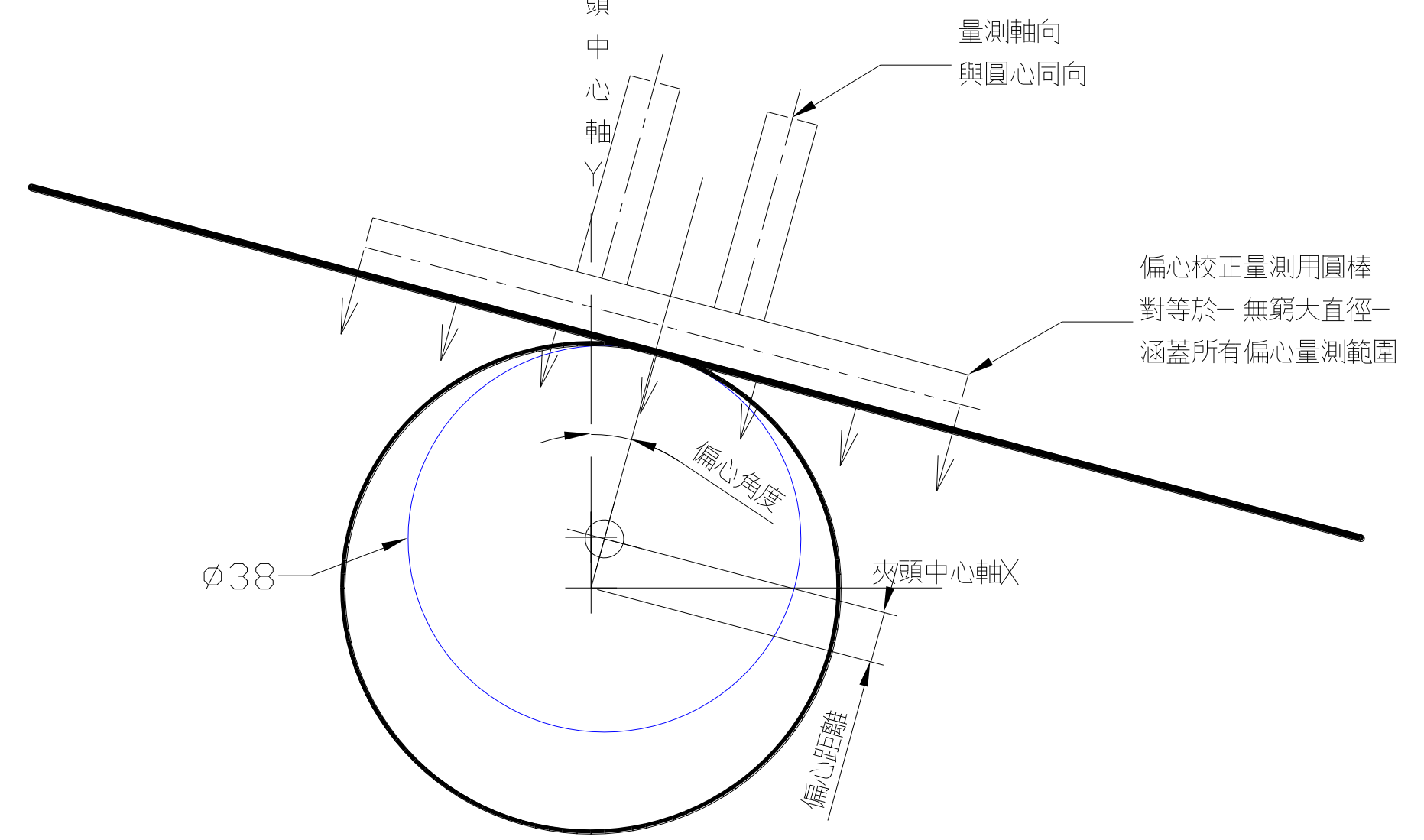
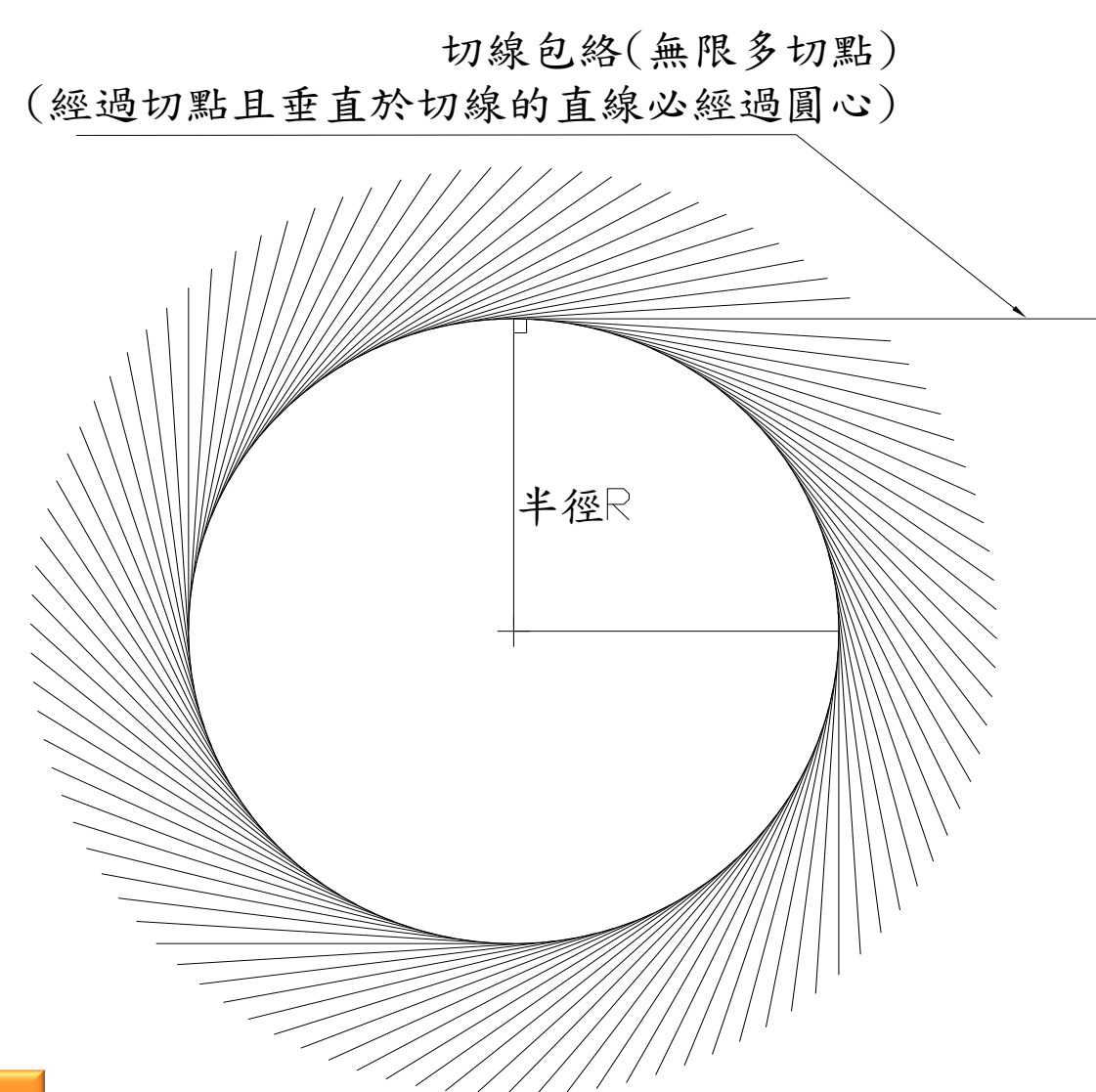
設計圖B

圖B及導引零組件製作



**圓切線性質定理:**

經過切點且垂直於切線的直線必經過圓心; 將無限多條切線包絡起來即形成圓之關係，且任一條切線皆對等於一條無限大直徑周長所形成的切線，如圖4所示。



發想創作  
設計歷程

原理

設計

測桿連接座-連接量錶與測棒

刀口定位延伸桿-軸向偏轉角度定位

製作

切線測棒(無限大直徑)-  
--涵蓋軸向量測範圍  
(內外偏心皆可量測)

齒套筒-提供偏心角度定位

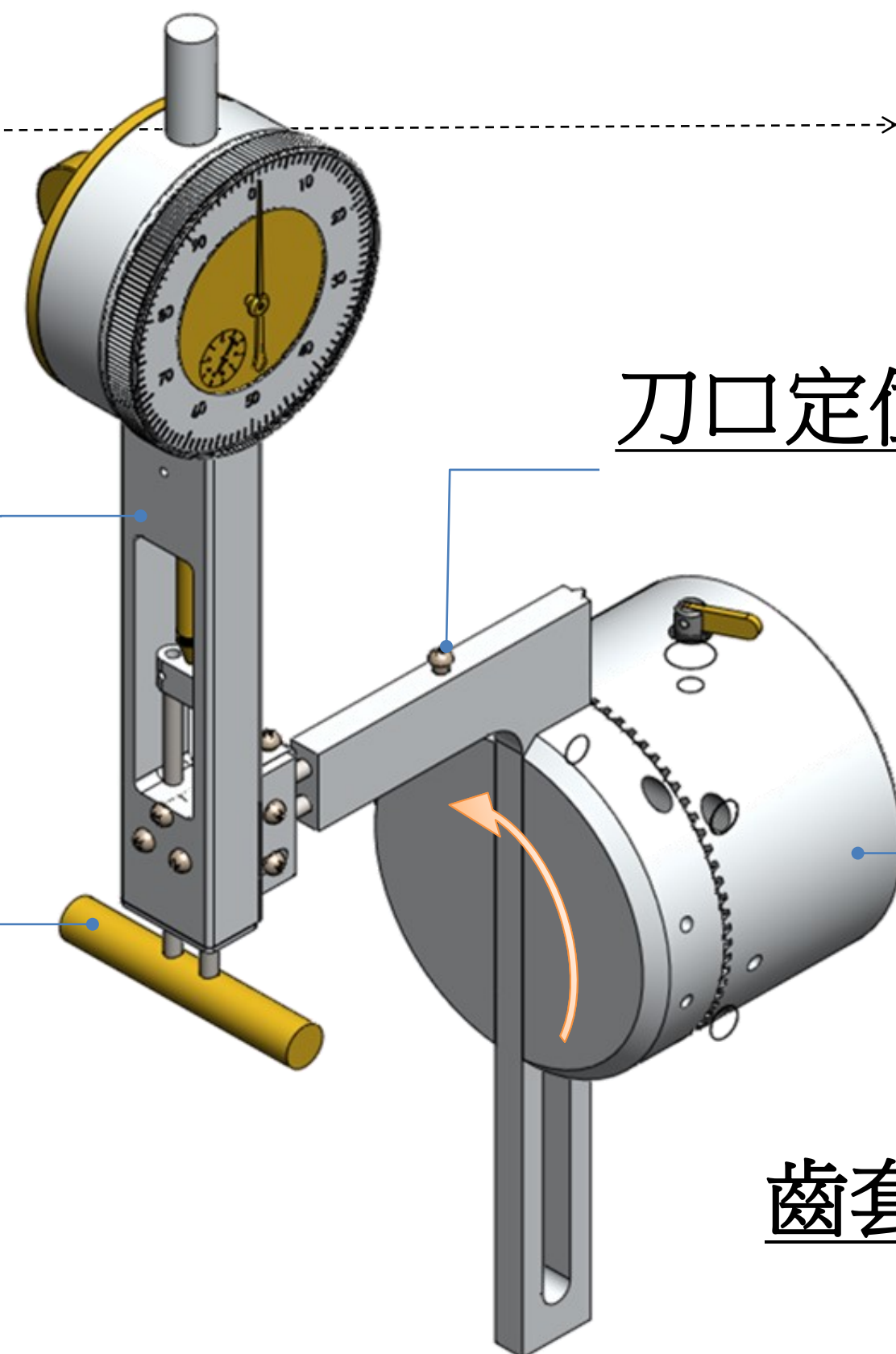


圖4.

**實驗規劃:**

- (1)採用卡盤結構設計B及圓桿量具配合製作本實驗欲量測工件
- (2)使用圓桿量具設定量測角度及V枕配合量測實驗工件...(實驗組)
- (3)CNC車銑複合機之C軸角度定位功能及圓桿量具量測角度配合量測實驗工件，獲取角度值...(對照組)。

實驗驗證部分，本組對以下工件進行對校及加工：

實習應用實例(圖5):以高速車床進行三段連續角度偏心軸件製造，各角度偏心率  $e=5\text{mm}\pm 0.02$ ，相隔角度為120度(作品名稱:時序動作傳動軸，加工完成後，需量測該角度偏心率)。

實驗加工圖			
偏心率	校正圖	加工圖	說明
任意角位			<b>操作技能-</b> 工件校正與軸心車製
0度			<b>操作技能-</b> 軸向定位與卡盤同心校正
120度			<b>操作技能-</b> 第二階工件轉換角度與偏心校正
240度			<b>操作技能-</b> 第三階工件轉換角度與偏心校正

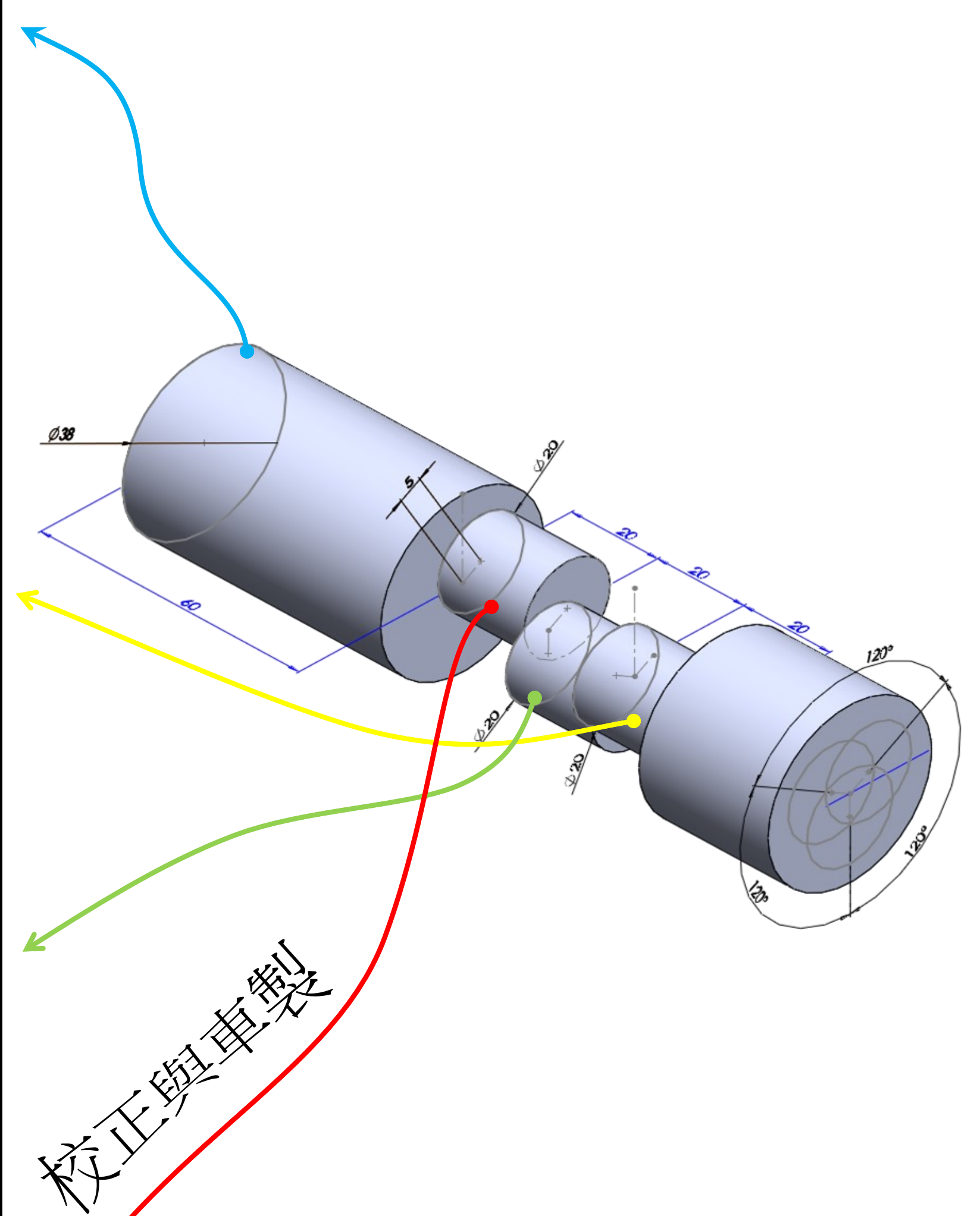
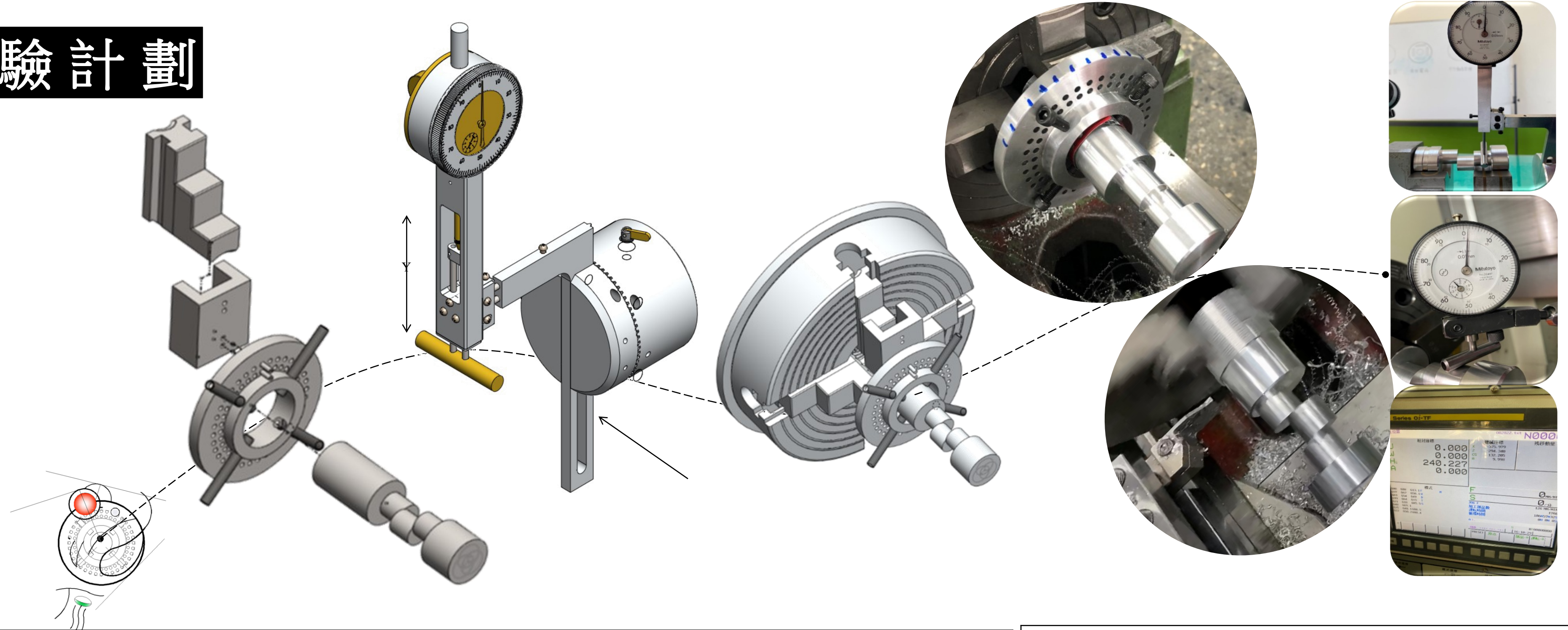


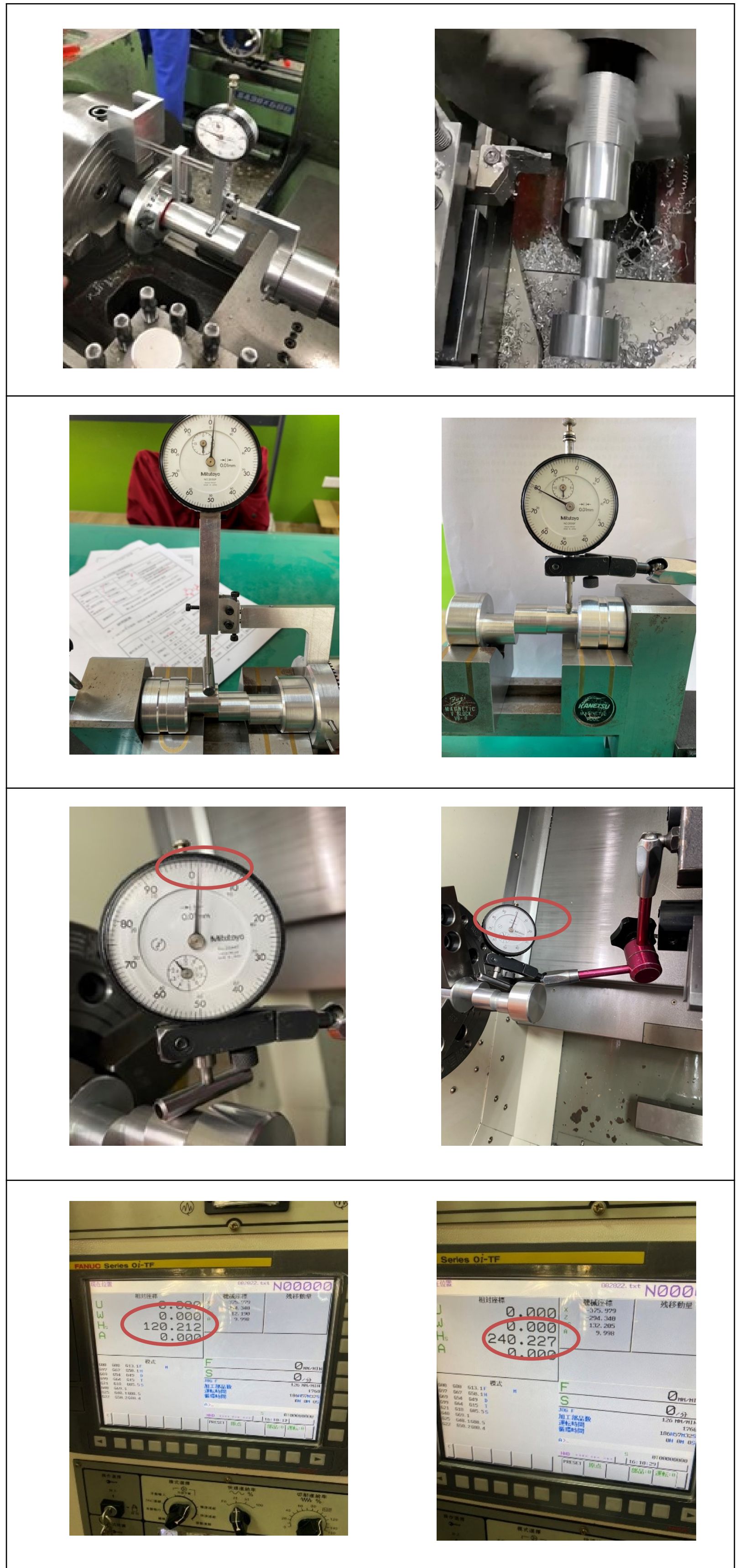
圖5.時序動作傳動軸



# 實驗計劃



校對量測方式比較(偏心值 $e=5\pm 0.02$ ，實驗計劃望小)										
量測方式	量測用具	角度定位與量錶校正值								
		第一階	第二階 $120^\circ$	第三階 $240^\circ$						
實驗組- 專題設計組 (校正與加工)	分度卡盤組	$0^\circ$	$120^\circ$	$240^\circ$						
	圓桿量測組(Y軸)	10.005	10.008	10.015						
	分厘卡 量測階桿	$\phi 19.995$	$\phi 19.997$	$\phi 19.993$						
校正時間	工件	3分	5分5秒	3分23秒						
	分度盤	4分15秒								
校正時間 $(3+4+5+3)'+(15+5+23)''=15$ 分43秒，平均校正精度10.009及偏心量 $e=5.0046$										
實驗組V.S. 對照組量測比較										
實驗組D- 專題設計組 (與V型枕配合) 進行量測	圓桿量測組	10.006	10.01	10.018						
對照組C- CNC 車銑複合機	C軸定位 錶測最高返折點 C軸角度歸零	$0^\circ$	$120.212^\circ$	$240.227^\circ$						
	刀塔上 圓桿量測組	10.005	10.008	10.015						
對照組-CNC 車銑複合機 定位重現性	$0^\circ$	一	二	三	一	二	三	一	二	三
		0	0	0	0	0	0	0	0	0
	$180^\circ$	-10.0054	-10.0054	-10.0055	-10.0078	-10.0078	-10.0079	-10.0143	-10.0144	-10.0145
		重現誤差	0.0001			0.0001			0.0002	
定位重現性 $0.2\mu\text{m}$ ，主要針對對照組CNC車銑數複合機C軸 $0^\circ$ 、 $120^\circ$ 、 $240^\circ$ 定位精度檢測。過程配合千分錶測桿與各階工件3次量校所呈現的數值，以作為與實驗組比較依據。										



## 研究結果

由上表所呈現結果，進行下列實驗對照說明：

1. 量測基準依據:量測方式首先將對照組之量錶移至同實驗組相同值(加工時之校正值)位置→待轉動C軸至量錶指針至正反向轉換點→記錄HS測值(偏移角度)→完成量測。HS測值與專題角度定義值比較，誤差角度 $0.212^\circ$ 及 $0.227^\circ$ ，比較兩階誤差為 $0.015^\circ$ ，代表實驗組所進行之角度量測於現場量校可信度高。(註:實驗中第一階設定為零是基於檢測基準需求，爾後各階則依實驗組與對照組一致性偏移值為基準對照，再來返回觀察彼此角度誤差值，定義出實驗組精確度)。
2. 本實驗共車製工件三件，第三件量校值每階測值趨向一致 $0.8$ 條，代表使用專題輔具量校控制穩定，對精度提升顯著性高。
3. 專題設計組量測結果(量錶讀值/ $2=e$ )，可知以本輔具製作偏心加工件皆可製作在偏心值公差內(最大 $e=10.015/2=5.0074 << 5.02$ )。

## 結論

本研究貢獻度是輔具可適用業界、學校專題製作、實習課工件加工製作及需要現場多層外偏心、內偏心、曲柄軸量測使用。在現今生活上有很多產品、機具零件都需要偏心輪設計製作的地方，有了這項突破性研究成果，將縮短校正時間，提昇校正製作方便性。

