

中華民國第42屆中小學科學展覽會

::: 作品說明書 :::

高職組-機械

科 別：機械科

組 別：高職組

作品名稱：利用半錐角定義導出

數位多元量測系統之研究

關 鍵 詞：半錐角、要因分析、多元量測

編 號：090906

學校名稱：

國立霧峰高級農工職業學校

作者姓名：

王豐文、賴威成

指導老師：

廖繼意、蔡漢源



一、研究動機：

當我們完成加工工件，或加工過程要檢驗錐度、角度、垂直度等量測時，會發現現有之量具有很多缺點，因而造成在量測方面有很多的困擾。如下：

(一)單一功能：

如：萬能量角器，只能量角度，且僅表達度、分、秒，碰到錐度、垂直度，用長度關係表示者，即不適合使用。

(二)操作困難：

- 1.三次元量測除須死記操作程式外，還要製作固定基準面之夾具。
- 2.用塊規、圓棒量測錐度時須計算($T = d/L$)外，圓棒置放於塊規上，容易滾動，不易量測。
- 3.用正弦桿量測錐度，除須要計算外，還需要製作固定夾具，否則易滾動。

(三)笨重不易搬動或環境不適合：

如：三次元及光學投影比較儀，由於機體笨重及現場環境，如溫度、濕度、灰塵 等，不佳情況下並不適合在工作現場使用。

(四)無明確量測數據：

如：直角規、角度塊規，只能作比較，用目視看透光程度，至於誤差多少，則無法用明確數據表現出來。

基於以上種種缺點或困擾，激發我們對錐度、角度、垂直度等，高精度、操作簡便之多功能量測系統研究的興趣。

二、研究目的：

- (一)使錐度、角度、垂直度等之量測，採用同一種量測系統即可作多能量測以避免須換他種量具之困擾。
- (二)達成操作簡單、免除計算、搬運容易、低成本、高精度目標之量測系統。
- (三)依錐度之定義 $T = d/L$ ，使 L (長度)有明確可靠之數據以利計算，以改進正弦桿量測之缺點。
- (四)依實際情況之垂直度表示法，分角度誤差及長度誤差，皆能在本系統明確劃分量測表現出來，以改進一般量測普遍無法達到之缺點。
- (五)應用在車床車削錐度、外圓磨床研磨錐度之加工前校正角度，不僅可達到確實需要之精度，更可減少校正時間。

三、研究設備器材：

(一)加工設備：

- 1.車床 2.銑床 3.磨床 4.鉗床 5.CNC 綜合加工機。

(二)量測設備：

- 1.直角圓筒規 2.塊規 3.表面粗度儀
4.光學投影比較儀 5.精密高度規 6.角度塊規
7.標準平板。

(三)材料：

以學校現有實習用材料為主。

(四)標準零件：

- 1.電子式量錶 2.彈簧 3.六角沉頭螺絲
4.六角無頭固定螺絲 5.標準圓棒(直銷)。

(五)其他附屬設備：

- 1.586 桌上型電腦 2.列表機 3.轉換器。

四、研究過程或方法：

(一) 錐度、垂直度、角度各種傳統方式量測優、缺點探討。(由現有量具優、缺點之了解，作為研究改進之方向)。

1. 錐度量測：<1>正弦桿量測 <2>塊規、圓棒量測 <3>三次元量測。

<1>正弦桿量測：

A. 優點：

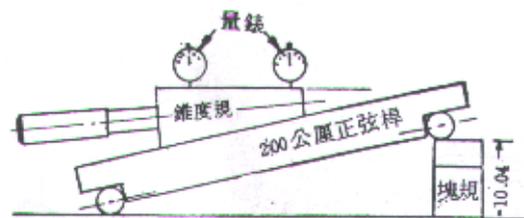
a. 精密度高。 b. 操作容易簡單。 c. 可在加工現場量測。

B. 缺點：

a. 欲測工件須留中心孔，做兩心間量測，否則基準面難固定，且易滾動，很難作精密度高之量測。

b. 須計算墊高之塊規。

c. 因錐度 $T = d/L$ ，此法 L (長度)較難定出，故只能以 d ，在正弦桿上方，以量錶回轉變變化量來判定是否準確，可算是非正統量測方法。



圖：正弦桿錐度量測

<2>塊規、圓棒量測：

A.優點：

- a.精密度高。 b.操作簡單。 c.成本低。 d.可在加工現場量測。

B.缺點：

- a.量測基準面須與錐度軸線垂直，量測值才算可靠。
- b.圓棒在塊規上易滾動，容易造成人為誤差。
- c.須經過計算才能得到量測值， $T = \frac{\phi D - \phi d}{H}$ 。

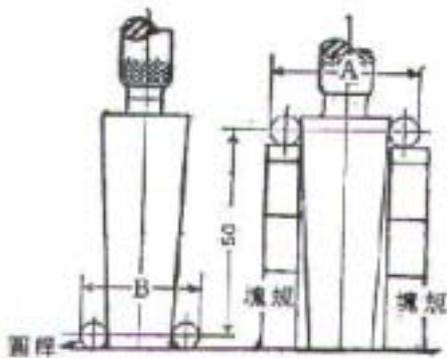
<3>三次元量測：

A.優點：

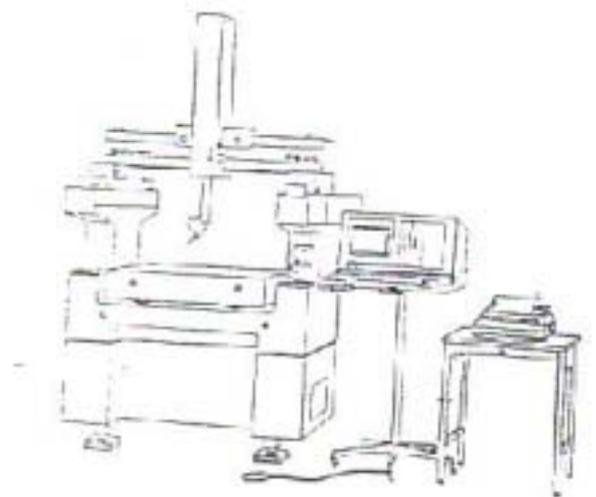
- a.不需要特殊技術。 b.讀數值，可避免人為誤差。
- c.可免除人為計算。 d.可發展成高度自動化量測。

B.缺點：

- a.須熟記程式。 b.量測錐度須配合適當之夾具等附件。
- c.設備昂貴。 d.不適合現場使用。
- e.需在控制溫、溼度及防塵環境下作量測。



圖：圓棒、塊規錐度量測。



圖：三次元量測。

(二)垂直度與角度量測：

1.垂直度量測：<1>直角尺 <2>直角圓筒規 <3>量角器 <4>自動視準儀。

<1>直角尺量測：

- A.優點：a.現場加工操作簡便。
- B.缺點：b.沒有量測數據，無法確知誤差大小多少，僅用目視透光大小來判讀。

<2>直角圓筒規量測：如圖(1)

- A.優點：a.適合加工現場使用。
b.精密度高。
- B.缺點：a.須配合量錶使用。
b.如以角度誤差表示垂直度，則須再計算。
c.僅能作單一功能量測—垂直度量測。

<3>量角器量測：

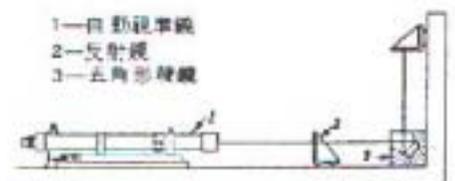
- A.優點：a.輕便。
b.適合加工現場使用。
- B.缺點：a.需讀游標易造成人為誤差。
b.垂直度如以長度誤差表示，則無法量測。
c.因屬於游標刻劃故有其限制，精度不高，只適合粗級加工量測。

<4>自動視準儀量測：如圖(2)

- A.優點：a.精度高。
- B.缺點：a.只適合大型工件量測。
b.造價貴、成本高。
c.一般僅作垂直度之單一功能量測。



圖(1)：直角圓筒規量測。



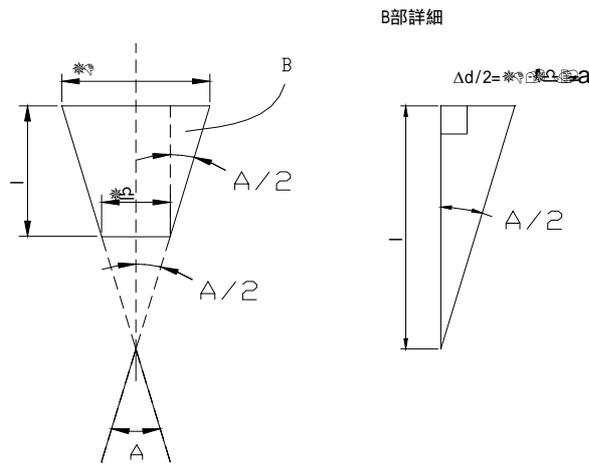
圖(2)：自動視準儀量測。

(三)原理與設計：

1.半錐角定義：在圓柱上加工成一端直徑大，另一端直徑較小，即行成一圓錐體，其圓錐體間夾角的一半，即半錐角(A/2)。如圖(1-b)。

<1>圓錐體加工係工作物迴轉，以迴轉中心為基準，且對稱，故量測或加工只要考慮半錐角即可。

<2>圖示說明：



圖(1-b)：半錐角 A/2

B 部詳細

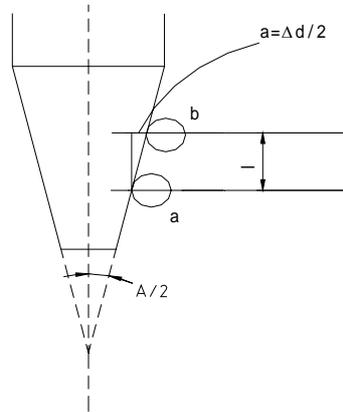
由 B 部詳細得知

$$\tan A/2 = (d/2)/L = 1/2 \times d/L \quad (d = \text{ØD} - \text{Ød}) \text{ 或 } A/2 = \tan^{-1} \frac{d/2L}{1} = \tan^{-1} T/2$$

$$T \text{ 表錐度即 } 1 : X \text{ 或 } 1/X \quad T = d/L = (\text{ØD} - \text{Ød})/L = 2a/L$$

2.本創作量測原理：依半錐角定義設計出量測錐度與垂直度之通用量具。

<1>錐度量測：由兩根圓棒在固定距離 L 接觸錐面，由於錐面直徑差，造成 a 、 b 兩圓棒位置差即 $d/2$ ($d = \varnothing D - \varnothing d$)，檢出後，即可由電腦計算出 T (錐度)或半錐角 $A/2$ 。



$$\text{錐度 } T=1/X=2a/L$$

$$\text{半錐角}(A/2)=\tan a/L(\text{和加工有關})$$

(例)若標準之 T 為 $1:5$ 或 $1/5 \pm 0.003$ ，而本作品之 $L=20\text{m/m}$ (固定值)，

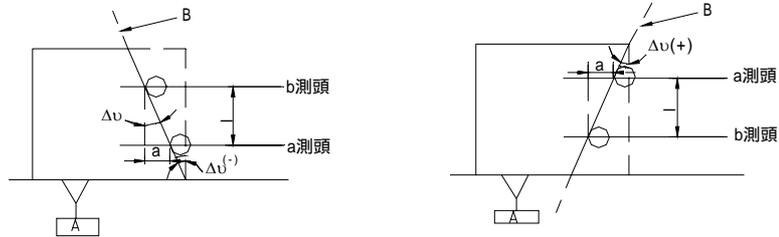
a 檢測出為 2.02 則實際量測值為 $T_1=2a/L=2 \times 2.02/20=0.202$

標準值為 $T=1/5=0.200$

$$T(\text{誤差值})=T_1 - T=0.202 - 0.2=0.002$$

$T < 0.003$ 表示錐度仍在公差內為合格品。

<2>角垂直度量測：如下圖所示，B 面和基準面 A 之垂直度誤差量測法。



A.第一種情形：a 測頭在下方。

B.第二種情形：a 測頭在上方。

a.角度誤差表示法：±

$$\tan \Delta v = a/L \quad \pm \quad = \tan a/L$$

b.標準長度之偏差量表示法：

X/L'	A
------	---

長度	偏差
L	a
L'	L'/L×a

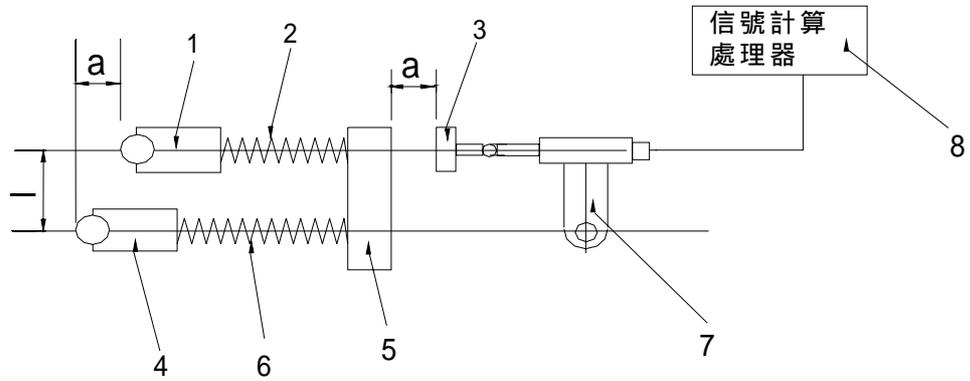
即 $X = L'/L \times a$

(例)若本作品檢測出 $a = 0.015/20$ 則 60 長之垂直度誤差為若干？

$$X = L'/L \times a = 60/20 \times 0.015 = 0.045\text{mm}/60$$

X 值和 A 作比較，即可知垂直度是否合格。

3.本作品構造示意圖說明：測點接觸工件表面之直徑差或平面有角度之段差。測頭 a 即收縮 a 距離，件 5 與件 3 亦產生 a 距偏差，再由電子式量錶測得，並將信號傳至 8 計算處理，即可求得所需要之測量值。

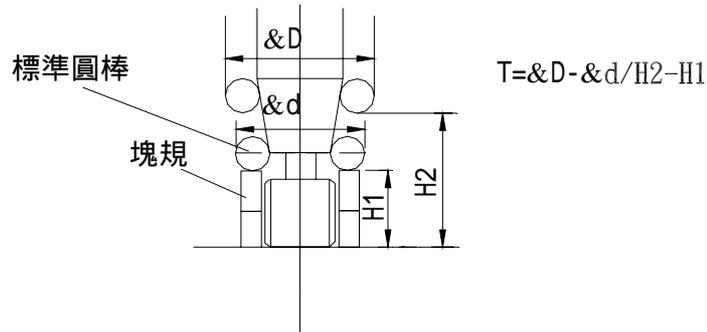


Ps.

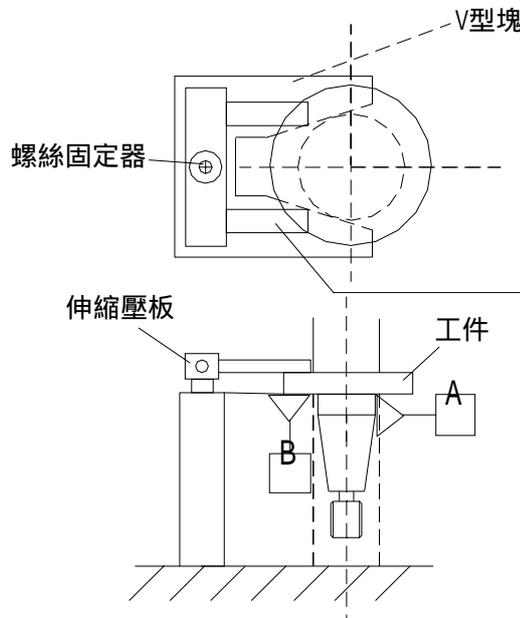
- | | |
|----------|------------|
| 1. 測頭 a | 2. 復歸彈簧 |
| 3. 位差滑塊 | 4. 測頭 b |
| 5. 整體滑塊 | 6. 復歸彈簧 |
| 7. 電子式量錶 | 8. 信號計算處理器 |

4.欲檢測工件之安裝固定方法探討：如圖(4-b)

<1>傳統量測方式：採用塊規和圓棒，欲測工件則以最底端，端面當基準面，置放於平台，若端面和錐度之軸不垂直，則容易產生累積誤差，且圓棒在塊規上，呈現不穩定狀態，也會產生量測誤差。還有量測值讀出後，須再次計算，所以此法量測後較為困難與麻煩。

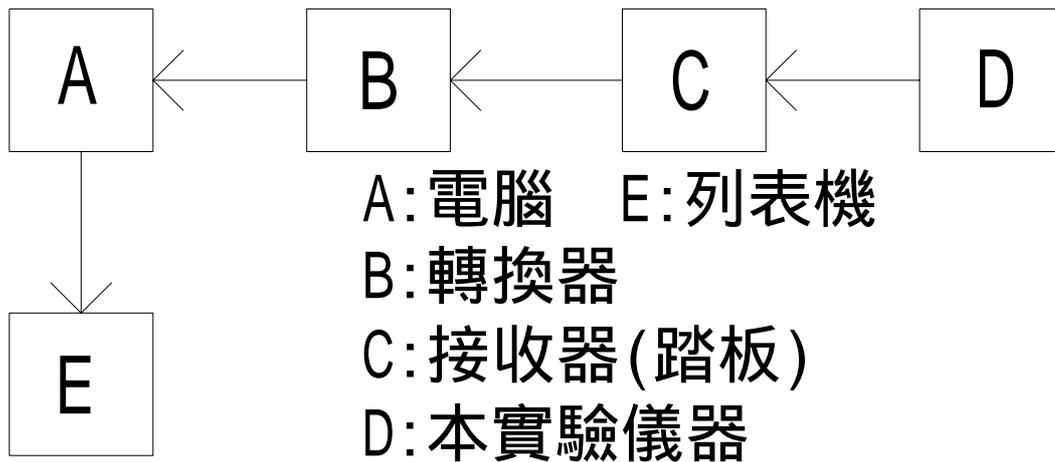


<2>本作品工件安裝方式：採用和錐度配合面有相關之 A、B 兩面為基準面(一般加工都會將 A、B 兩面和錐度面同時作研磨加工)同軸度、垂直度較無問題，緊貼於標準之 V 型塊上面，再以螺絲及平板固定其上，整個結構非常穩定，可減少不必要之累積誤差，而且測點接觸後，錐度值或垂直度馬上可以讀出，不必計算。



5.信號計算處理方法：分軟體、硬體兩部分。

<1>硬體部分：本量測儀器所需之硬體配備方面，十分簡便，只需一部個人電腦 (至少 Pentium)、轉換器、接收器(腳踏板)、列表機、塊規.....等。



執行過程：

主要是由儀器所量測的數值，經過腳踏板的擷取資料，再經由轉換器將資料傳送至電腦作即時運算。

程式內容：

透過擷取而送到電腦的資料，再經由 M.V.B 程式轉碼為“數值”及“字串”再加以計算。

轉換成數值的數據，依其所選 (錐度、角度、垂直度) 加以計算，最後計算完成的數值，只要按面板上的輸入，即可呈現在實測 1、2、3、4 的表格上。

最後，完成的資料即可由列表機列印出來。

<2>軟體部分：本量測儀器所需之軟體配備方面，主要是利用自行寫製的 M.V.B 程式來作即時運算，內容約略如下。

```

Private Sub Form_Load()
Dim i As Integer
MSComm1.PortOpen = True
Text16.Text = Date$
End Sub

```

```

Private Sub Command1_Click()
Dim text1text As String
Dim text6text As String
Dim text18text As String
Dim text19text As String
Dim text20text As String
Dim t1 As String
Dim tt1 As String
Dim ttt1 As String
Dim ttt2 As String
Dim ttt3 As String
Dim ttt4 As String
Dim ttt5 As String
Dim teet1 As Single
Dim teet18 As Single
Dim teet19 As Single
Dim teet20 As Single
Dim teet21 As Single
Dim teet22 As Single
Dim ts1 As Single
Dim ts2 As Single
Dim tss2 As Single
Dim tss1 As Single
Dim tss3 As Single
Dim test1 As Single
Dim test2 As String
If Option1.Value Then
If MSComm1.InBufferCount > 0 Then
t1 = MSComm1.Input
tt1 = Mid$(t1, 8, 12)
ts1 = Val(tt1)
tss1 = ts1 * 2 / 20.44
ttt3 = Str$(tss1)
ttt2 = Left$(ttt3, 6)
ttt1 = "0" + ttt2
Text1.Text = ttt1
End If
End If

```

```

If Option2.Value Then
If MSComm1.InBufferCount > 0 Then
t1 = MSComm1.Input
tt1 = Mid$(t1, 8, 12)
ts1 = Val(tt1)
tss1 = Atn(ts1 / 20.44) * (180 / 3.14159265358979)
If tss1 >= 10 Then
tts2 = Left$(tss1, 2)
tts3 = Mid$(tss1, 4, 7)
Else
tts2 = Left$(tss1, 1)
tts3 = Mid$(tss1, 3, 6)
End If
ts2 = Val(tts3)
tss2 = (ts2 * 0.0001) * 60
tts4 = Left$(tss2, 2)
tts1 = Str$(tts2) + "。" + Str$(tts4) + ""
Text1.Text = tts1
End If
End If
If Option3.Value Then
If MSComm1.InBufferCount > 0 Then
t1 = MSComm1.Input
tt1 = Mid$(t1, 8, 12)
ts1 = Val(tt1)
tss1 = (ts1 / 20.44) * 70
tts2 = Str$(tss1)
tts1 = Left$(tts2, 8)
Text1.Text = tts1
End If
End If
If Text1.Text = "" Or Text18.Text = "" Or Text19.Text = "" Or Text20.Text = "" Then
Text6.Text = ""
Else
teet1 = Val(Text1.Text)
teet18 = Val(Text18.Text)
teet19 = Val(Text19.Text)
teet20 = Val(Text20.Text)
teet21 = teet18 + teet19
teet22 = teet18 + teet20
If teet1 > teet21 Or teet1 < teet22 Then
Text6.Text = " X "
Else
Text6.Text = " O "

```

```
End If
End If
Command1.Enabled = False
Command9.Enabled = True
Timer1.Interval = 0
Text11.Text = ""
Text11.Text = Text17 + "sec"
Text17.Text = "0"
End Sub
```

```
Private Sub Command8_Click()
End
End Sub
```

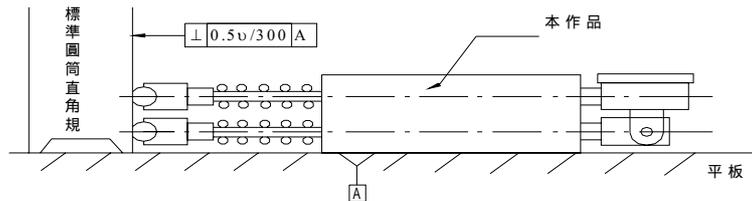
```
Private Sub Command9_Click()
Timer1.Interval = 1000
Command9.Enabled = False
Command1.Enabled = True
Command2.Enabled = True
Command3.Enabled = True
Command4.Enabled = True
End Sub
```

```
Private Sub Command10_Click()
Label25 = Text18.Text
Label26 = Text19.Text
Label27 = Text20.Text
End Sub
```

```
Private Sub Timer1_Timer()
If Timer1.Interval = 0 Then
Else
Text17.Text = Text17.Text + 1
End If
End Sub
```

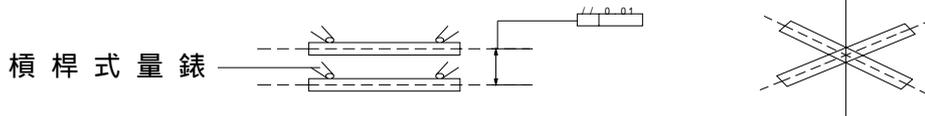
(四)組裝與校正(定位)：

1.垂直校正：學校現有最好的垂直度檢測設備應該屬於標準圓筒直角規，其精度高、搬運、操作簡單方便。如下圖所示由平板、圓筒直角規作 a、b 兩測點垂直歸零動作。



2.測點平行度校正與中心距離量測及定位：

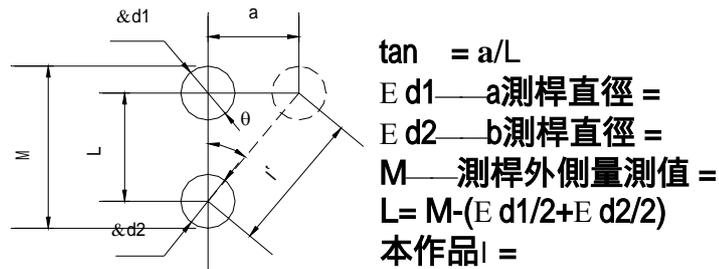
<1>平行度校正：用高度規裝上槓桿式量表在平板上作測桿兩端檢測校正，如圖(2)上視圖兩測桿偏差，則屬於加工垂直度偏差比較難校正。



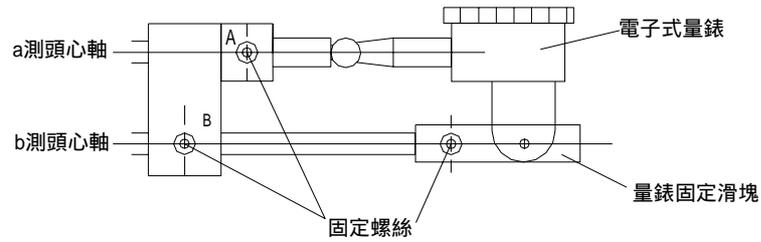
圖(1)：正視圖。

圖(2)：上視圖。

<2>兩測桿中心距離量測定位：因兩測桿之中心距離相等於檢測之 L 邊長，故要先定出。



<3>a 測點與指示量錶接觸定值：



a 測頭與 b 測頭作垂直度歸零後，A 滑塊和 B 滑塊緊貼分別固定於 a、b 測點心軸上，再移動量錶固定滑塊使量錶測點接觸 a 測頭心軸端面，約 0.10mm，再鎖緊固定於 b 測頭心軸上，並接量錶歸零鍵歸零，即定位完成，並可作量測工作。

(五)加工組裝與校正定位探討：

1.加工問題探討：

<1>因屬研究開發階段及工作方便性考慮，在設計上儘量利用學校現有的設備與材料，所以熱處理加工便省略掉。(因學校材料皆為低碳鋼)。

<2>每一流程皆相關性，各成員須不斷協調、溝通。

<3>遇到問題，馬上探討原因，思考解決對策。

2.要因分析：

<1>本作品除標準零件(彈簧、螺絲、直銷 等)外購外，其餘須加工者100%自製。

<2>每一加工、組裝都會碰上問題，問題就必須作要因分析。

<3>所有加工困難度最高者，首推 a 測頭與 b 測頭之兩平行桿之鉗孔加工，如以下討論。

原因 A：孔之長度太長(約 120mm 長)而 $\varnothing 5.8$ 鉗頭有效切削刃口之長度也只有 60mm 長，如採銲接加長，更易產生撓曲，且有擴孔現象。

原因 B： $\varnothing 5.8$ 鉗頭太細，受力即產生撓曲現象，尤其只有單一鉗邊切削時受力不平衡更易撓曲(有如懸臂樑，自由端受力現象)。

原因 C：以上兩者原因只要是鉗頭太細、孔太深，易產生傾斜孔或擴孔現象，如改兩點分開鉗，就不會有孔太深現象，但分開鉗，基準位置改變，第二位置鉗的孔要和原來第一位置的孔成百分之百一直線，簡直太難了。

原因 D：由於虎鉗座面和心軸不垂直、平行塊平行度不佳、工作物平行度不佳及毛邊未清除，鐵屑未清除乾淨，造成工作物面和鉗頭不垂直，形成單一鉗邊切削，受力不平衡時即產生傾斜孔或擴孔導致無法鉗削。

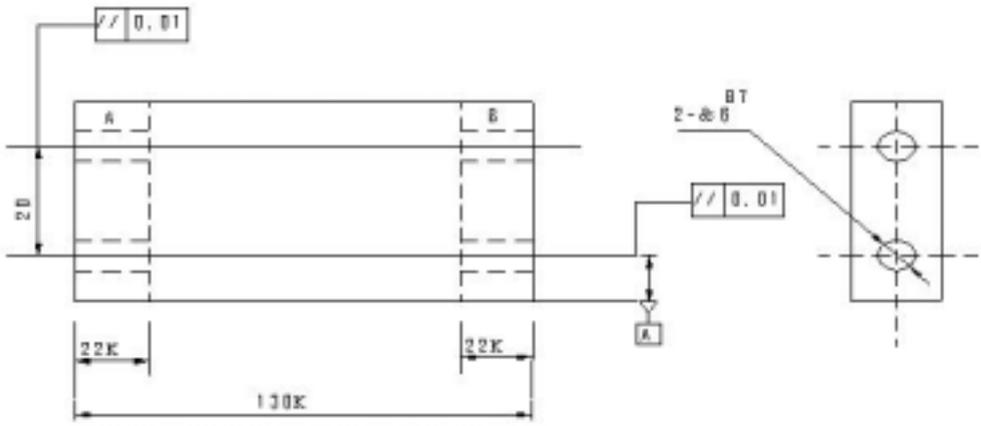
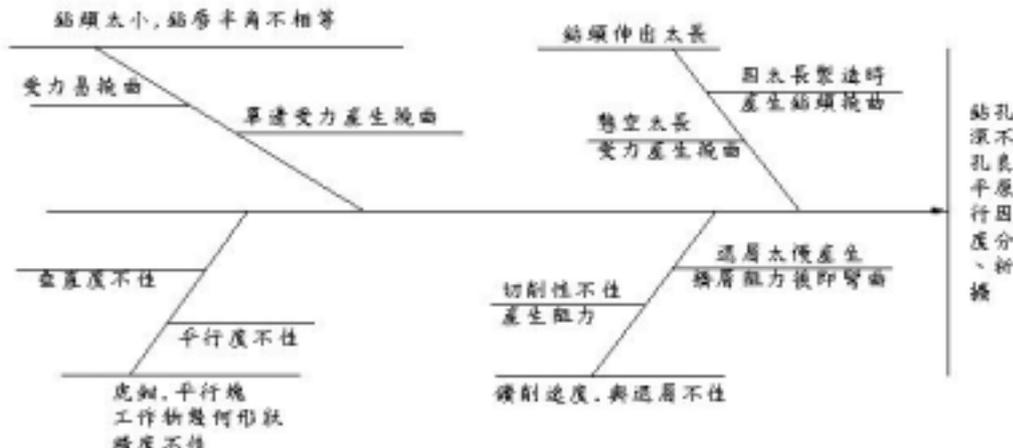
要因分析表

工作項目：

日期：

分析者：

編號：DA

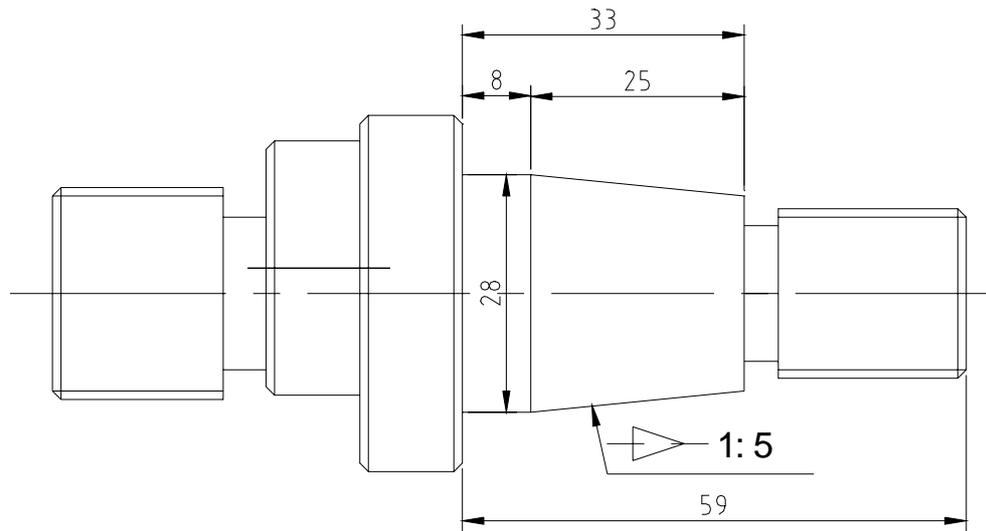
<p>圖 解 說 明</p>		
<p>要 因 分 析</p>		
<p>解 決 對 策</p>	<p>1.變更設計：將整體細分成中間 A、B 兩塊鉗孔部分，及上蓋與下蓋，鉗孔時將 A、B 兩塊疊在一起同時鉗孔、鉗孔，組裝時再將兩塊分開和蓋子用螺絲，固定銷連接固定，即可依縮短鉗孔深度。</p> <p>2.分多次鉗孔：因一次用 $\phi 5.8$ 鉗一定會擴孔，即無法絞削 $\phi 6H7$ 改先用 $\phi 5$ 鉗，再用 $\phi 5.8$ 鉗。如此 $\phi 5.8$ 切削量變為很小，阻力小，不易撓曲。更可修正孔之作用。</p> <p>3.選擇正確切削速度：即 $S = DN/1000$ $N = 1000S/D$。切削性較佳，採用新的鉗頭其角度鉗邊較為正確，不易產生單邊受力，不平衡現象。</p> <p>4.輕削，加切削劑、退屑次數增加：以降低阻力。</p>	
<p>結 果</p>	<p>情況良好</p>	<p>備註 1.此工件花的工作時間超出預期工時很多，即嘗試多次工作方法，才完成，但得到經驗最多。</p>

五、研究結果：

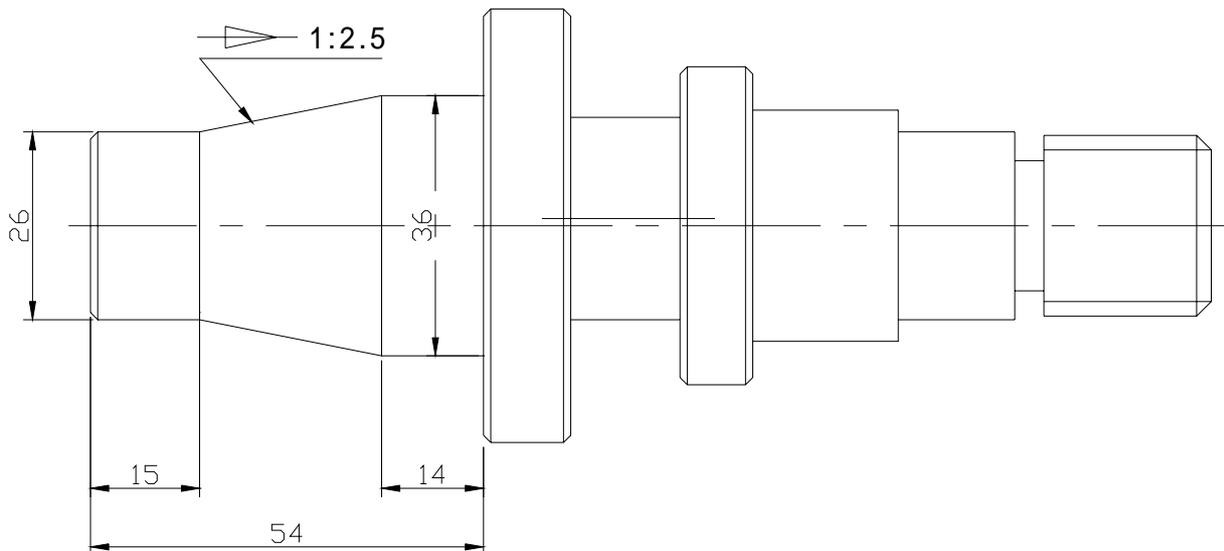
(一)實際樣品：錐度-W01(W02)、角度 W-03、垂直度-W04

1.錐度實測樣品檢圖：

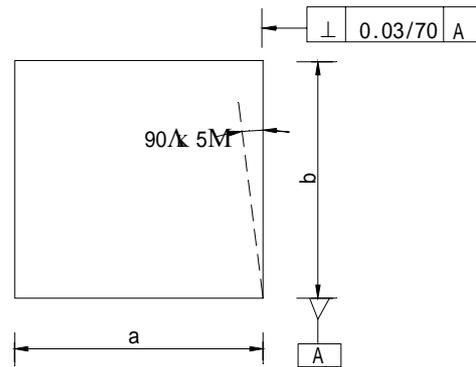
<1> $T=1/5 \pm 0.003$ (W01-)



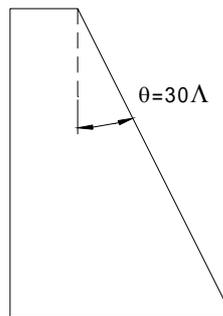
<2> $T=1/2.5 \pm 0.003$ (W02-)



2.垂直度實測樣品(W04)簡圖：



3.角度實測樣品(W03)簡圖：採用標準角度塊規



(二)實際實測比較：

編號：W01-1-3 日期：2000-03-21 量測員：opoi

開始計時	標準尺寸：0.2	公差上限：+0.003	輸入
		公差下限：-0.003	

方式 公差	本 作 品			其它(傳統量測)		
	0.2 $\begin{matrix} +0.003 \\ -0.003 \end{matrix}$ (T=1:5)			同 左		
次數	實 測	判定時 間		實 測	判定時 間	
輸入	0.1885	0	4sec	37.64-38.64/10 =0.2	0	64 sec.
輸入	0.1885	0	5sec	37.62-38.64/10 =0.2	0	67 sec.
輸入	0.1885	0	4sec	37.66-38.64/10 =0.2	0	67 sec.
輸入	0.1885	0	5sec	37.62-38.64/10 =0.188	0	67 sec.
平均	0.1885	0	4.5sec	0.18875	0	67 sec.
列 印	備 註 單位：mm					

清除資料
缺 閱

分析：
1：傳統量測試只用塊規、棒（ $\phi 6$ ）、平盤式分厘卡（25-50mm）套筒來量測，此法操作員已經很熟練操作，如非熟練者所花可能時間更長，且變動數據更大。
2：本作品量測值之重覆穩定性高。

(三)綜合結果：

件號：W01-1-3

編號：L2

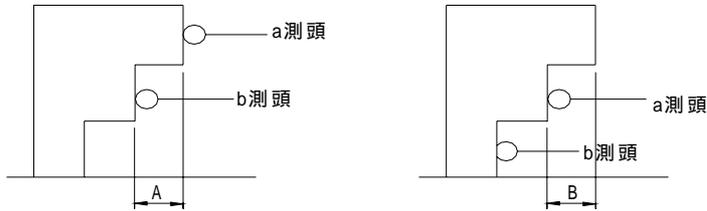
epo1

比較名稱：精度與簡便性

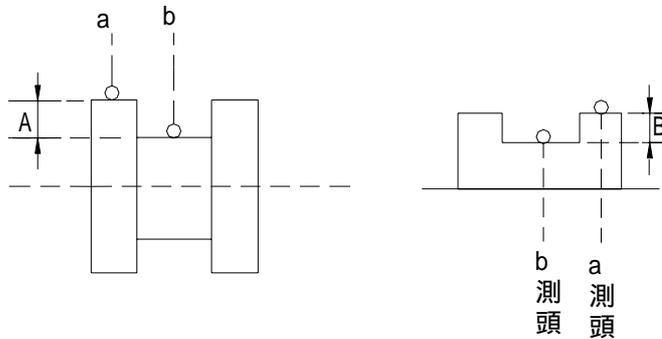
方式	本 作 品				其他：(傳統量測)				
類別	檢測員	P01	P02	P03	P04	P01	P02	P03	P04
量測尺寸精度	0.5 μ /格								
	+0.005								
	(+)								
量測速度 (簡便性)	0.2								
	(-)								
	-0.003								
		平均：0.1995 mm				平均：0.1998 mm			
量測速度 (簡便性)	(簡便性)								
	速度								
	度 (T) (SEC)								
	5 秒/格								
		平均：4.5 sec				平均：67 sec			
分析		1、精度：可看出本作品測出數據較為穩定，傳統量測如不是同一人所量，則數據變動差異更大。 2、簡便性：本作品除操作簡單外，速度更為傳統量測的 15 倍以上。							
		PS.精度單位每格：0.5 μ 簡便性單位每格：5 sec							

(四)其他應用功能結果：

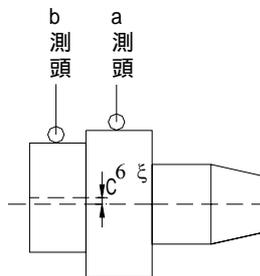
1.階級量測：如下圖所示，a 測頭放在較高(凸出)位置，反之 b 測頭放在較低位置，電子量錶直接顯示之尺寸即 A、B 之尺寸。



2.槽深量測：如下圖所示，a 測頭放在較高(凸出)位置，反之 b 測頭放在較低位置，電子量錶直接顯示之尺寸即 A、B 之尺寸。



3.偏心率量測：a 測頭放在最大徑，b 測頭放在最小徑，工作物旋轉一圈，量錶最大值減掉最小值再除以二，即實測偏心率，再和工作圖上之偏心率作比較，即可判定其誤差。



$$C' = \text{最大值} - \text{最小值} / 2$$

誤差 T

(\hookrightarrow) 當 $C' > C$

則 $T = C' - C$ (正值表過大)

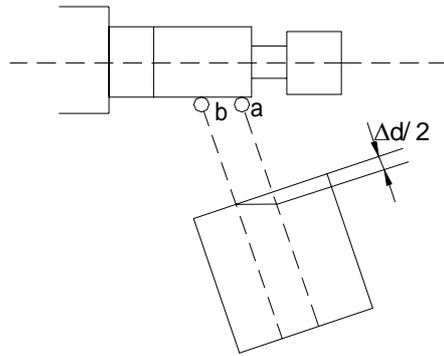
(\searrow) 當 $C' < C$

則 $T = C - C'$ (負值表偏心率不夠)

4.加工角度校正應用：

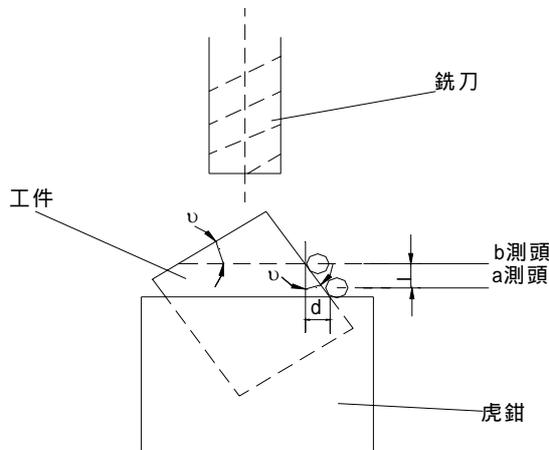
<1>車床車削錐度刀座傾斜角度校正：

將本機構和工件作歸零動作，然後鬆開刀座螺絲，旋轉至 a 測頭感應量錶值為 $d/2$ ，即為車削錐度之角度，比傳統之校正要快又簡單。外圓磨床磨削錐度同理。



<2>銑床上加角度之校正：

將本作品置放在鉗口上，工件傾斜至 a 測頭感應為 d ，再將虎鉗夾緊工件即完成。



$$\tan \alpha = d/l$$
$$d = l \xi \tan \alpha$$

註：l 為定值
為欲加工之角度
可查表得 $\tan \alpha$ 值。

六、討論：

- (一)由實驗結果證明本作品操作簡單、快速、且量測功能範圍大。
- (二)由於本作品屬開發性質材料選擇以學校現有實習材料(S20C)較為方便，所以把熱處理省略。(因低碳鋼熱處理效果不佳)。
- (三)依學校現有設備、儀器無法和專業廠商比，但能夠達到此水準，已經算不錯，尤其由實驗結果知其重覆性要比其他方法要好，因為傳統方法較易產生人為誤差如量測壓力、基準面選擇錯誤、量具手持傾斜、工件固定不穩等等。
- (四)本作品在計算處理部分，為求方便，暫時採用泛用型電腦處理，以後可採用單晶片專用處理，便可減少體積，降低成本攜帶至加工現場使用方便。
- (五)本作品在設計上，力求簡單化，不但操作、維修容易，且成本低，更重要的是可和電腦連線，改進傳統需要計算之困擾，而且可作量產統計管制分析，更能顯現其快速方便。
- (六)本作品特殊機構的設計，很適合進一步發展為自動化檢測。因為量測值只和a、b測頭之差值有關，和床台自動位移位置之定位精度誤差無關，並可防止定位誤差之撞機而損胚量具之顧慮(因有30 mm之安全範圍)。應用在加工前(如車床、外圓磨床)之床台角度定位，比傳統方法精確、快速、簡單，如測頭依工件量測條件改變設計即可達多元化量測。

七、結論：

『工欲善其事，必先利其器』。品質管制是優良產品的保證，而精密的量測儀器就是品質管制的利器。因此有精密的量測檢驗儀器之後，才会有精密的工業。所以發展新型精密量測儀器誠為當務之急。雖然學校在設備的經費無法和外面專業廠商相比，但是我們仍然本著克服萬難的研究精神，嚴格控制每一步驟，期望能達到更完美的結果，並解決量測不便之種種問題。由於我們發揮團隊精神和學校大力支持，使得本作品在學校有限的設備下，卻能創造出如此成果，在此非常感謝學校、指導老師的教導與鼓勵。

八、參考資料及其他：

- | | | |
|------------------------|-----------|---------|
| (一) Visual basic 6.0 | 王國榮 著 | |
| (二)測定技術 | 吳芳博 著 | 南台圖書公司 |
| (三)精密計量學 | 吳家駒 譯 | 徐氏基金會 |
| (四)公差與配合 | 周方世 周惠文 著 | 徐氏基金會 |
| (五)精密量具之檢驗 | 周惠亮 著 | 雙日出版社 |
| (六)機械工廠工作便覽 | 張甘堂 著 | 三文出版社 |
| (七)機工精密量具學 | 謝文隆 著 | 三文出版社 |
| (八)日本 MI TU TO YO 產品型錄 | | 三豐儀器製作所 |

(第三名)

能運用簡單數學原理，創作出實用性量具，難能可貴，操作方便迅速極具推廣價值，故予以推薦。