

16.1
5157

东北農学院農業机械系
公差及技術測量實驗指導書

机器修理教研組

1956

实 驗 規 則

1. 实验前必須按实验指導書預習，要求初步了解实验目的，測量原理，仪器構造以及实验進行步驟。未預習者，不能参加实验。
2. 進入实验室前应戴好工作袖套，除必要書籍外，其它衣物不得携入室内。
3. 本实验室設備均为貴重仪器，凡与本次实验无关和非教員指定學習的仪器，一概不許动手。
4. 在实验前应先檢查所用的仪器，如有损坏或短缺者应报告指導教師。在实验过程中应特別細心地來操作（避免仪器损坏）。实验完畢必須將仪器進行徹底保养（以防仪器生鏽）並放回原处，請指導教師檢查。
5. 实验同学应按規定時間進行实验，不遲到，不早退；並准时結束实验，以免影响別班同学实验。
6. 实验报告应当堂交入，如有特殊情况者須經指導教師同意后，始准帶回去做，並必須於翌日由課代表或本人交到教研室。
7. 除病假外，一概不給补作实验。
8. 遇有未尽事宜得隨時修改。

1—主尺； 2.5—內尺寸測量器； 4—游標框架； 5.5—外尺寸測量器；

7—游標， 8—尾索螺絲； 9—微量調整螺絲。

圖 1 游標卡尺

3. 游標量具讀數原理。

主尺与游標的相互关系，在圖 1 中，並可用一般算式說明，

$$n = \frac{1}{\Delta}, \quad n' = \tau\delta - 1, \quad (n - n') = n(\tau\delta - 1)$$

目 錄

1. 实验規則	1
2. 实验一: 游标量具的应用	4
3. 实验二: 內徑千分表的应用	6
4. 实验三: 机械比較仪与指示千分尺的应用	9
5. 实验四: 光学比較仪的应用	13
6. 实验五 A: 用双管顯微鏡測量表面光潔度	18
7. 实验五 B: 角度与錐度的測量	20
8. 实验六 A: 千分尺的应用	23
9. 实验六 B: 表面几何形狀与相互位置偏差的檢驗	26
10. 实验七 A: 利用塊規調整可調節式卡規	29
11. 实验七 B: 滚动軸承的檢驗	31
12. 实验八: 工具顯微鏡的应用	36
13. 实验九 A: 齒輪齒厚的測量	39
14. 实验九 B: 齒輪公法線長度的測量	

實驗一

游标量具的应用

§ 1. 实验目的：

1. 熟悉游标量具的类型，構造及其讀數方法。
2. 掌握使用游标量具的技能。

§ 2. 游标量具概述：

1. 类型：游标量具按其用途可分为三种：(1) 游标卡尺，(2) 游标高度尺，(3) 游标深度尺。
游标卡尺測量內外徑。游标高度尺主要用於測量高度，但亦可作划線用。游标深度尺用於測量深度。
游标量具的游标刻度值視需要情况而不同，其讀數精度有 0.1, 0.05 及 0.02 公厘三种。

2. 構造：游标量具的構造及各部分的功用可参考圖 1, 2 及 3。

1—主尺； 2,5—內尺寸測量脚； 4—游标框架； 3,6—外尺寸測量脚；
7—游标； 8—压紧螺絲； 9—微量調節螺母。

圖 1 游标卡尺

3. 游标量具讀數原理：

主尺与游标的相互关系，參閱圖 4 並可用一般算式說明。

$$n = \frac{a}{i}, a' = ra - i, l = na' = n(ra - i)$$

游標尺另給出的數值（公厘數），其大再確定游標上第九條線與主尺相線相重合，以游標上重合的線乘以游標尺的精度（即標尺的倍數）。

1—主尺； 2—游標； 3—游標框架；
4—底座； 5—框架，用以夾持可換量
腳； 6—銳頭可換量腳，用以划線；
7—量高度用可換量腳，用以量兩面間
的高度或量下平面到圓柱面上面間之
高度； 8—微動調節螺母。

圖 2. 游標高度尺

1—主尺； 2—橫樑其下表面為測量
面； 3—游標； 4—微動調節螺母。

圖 3 游標深度尺

式中：

l ——為游標刻度總長度；

a ——主尺的刻度間距；

a' ——游標尺的刻度間距；

i ——游標刻度值；

n ——游標刻線格數；

r ——模數（一般用 1 與 2）。

例：已知 $i=0.05$ 公厘， $a=1$ 公厘， $r=2$ ，求 n 、 a' 及 l 。

$$n = \frac{a}{i} = \frac{1}{0.05} = 20$$

$$a' = ra - i = 2 \times 1 - 0.05 = 1.95 \text{ 公厘}$$

$$l = na' = 20 \times 1.95 = 39 \text{ 公厘}$$

4. 讀數方法：

所有游標量具讀法均相同。今以游標卡尺為例來說明：將機件夾入量腳間之後，應首先確定主尺

另線与游标尺另線間的整数值（公厘数）；其次再确定游标上第几条線与主尺刻線相重合，以游标上重合的線乘以游标尺的刻度值，即得小数部份数值。

內徑千分表的应用

§ 1. 实验目的：

1. 熟悉內徑千分表的构造，并能正确使用它的功能。
2. 了解如何测量不同形状的孔。

§ 2. 量具概述：

圖 4

圖 4 中 6. r. e 及 3. 为测量另件时主尺与游标的相对位置。今以 2 說明，所用的游标刻度值为 0.05 公厘，游标另線与主尺另線距离为 80 公厘，游标第 7 条線与主尺刻線重合，則另件尺寸为：

$$80 + 7 \times 0.05 = 80.35 \text{ 公厘。}$$

§ 3. 实验步驟：

1. 使用前必須檢查量具的正确性，使兩量脚接触（靠攏），若游标和主尺的另線不重合时則应記下其誤差，在实际測量数值中消去。

2. 利用游标卡尺測量二个拖拉机上另件，用游标高度尺和深度尺各測量一个另件，並用鉛筆画草圖，把測得的尺寸标注在草圖上。为了减少測量誤差，每个尺寸必須測 3—4 次，取其平均值作为測量結果。

3. 測量时另件被夾在兩量脚之間其松緊程度（測量压力）需靠感觉來确定；即另件应能均匀的沿量脚移动，但無活动間隙，否則会影响測量的精确性。

§ 4. 思考問題：

1. 游标量具有那些缺点？
2. 用游标卡尺測量內徑时應該怎样來讀数？
3. 用游标高度尺測內孔高度时怎样來讀数？

內徑千分表在機床和拖拉機修理廠中應用很廣；它用於測量孔的直徑。其形狀和各部分的作用見圖 1。

說明：此量具之固定量桿 8 可以更換，以測量不同直徑的孔徑；2 與 3 的接觸端為固定量桿 14 的接觸端。因此量

孔時，此量具就與孔壁接觸（圖 1）。測量時只讀出千分表（圖 1）的數值即可。

實 驗 二

內徑千分表的应用

§ 1. 實驗目的：

1. 熟悉內徑千分表的構造，並獲得使用它的技能。
2. 掌握測量發動機缸套尺寸與幾何形狀的方法。

§ 2. 量具概述：

各部分功用說明：

- 1—曲桿，能繞軸 10 擺動；
- 2—活動量桿；
- 3—固定量桿；
- 4—底板；
- 5—千分表護壳；
- 6—長管；
- 7—千分表；
- 8—鋼珠；
- 9—傳動長桿；
- 10—軸；
- 11—絕熱外套；
- 12—彈簧，用來確定測量壓力及使長桿 9 經常保持與曲桿 1 接觸。
- 13—護壳固定螺釘；
- 14—定心裝置；
- 15—彈簧。

圖 1 內徑千分表

內徑千分表在農場和拖拉機站修理廠中應用很廣；它用來測量孔的直徑。其形狀和各部分的作用見圖 1 及其圖旁說明。此量具之固定量桿 3 可以更換或調節，以適應所測量的孔徑；2 與 3 的軸線適為定心裝置 14 的中垂線，因此量孔時，此定心裝置保證了 2 與 3 的軸線必定經過圓心，所以在量孔時只須左右擺動（見圖 2），讀出它的最小讀數，即為測量數值。

§ 3. 實驗步驟：

1. 在使用內徑千分表以前必須選擇合適的固定量桿，在安裝時必須使未被壓縮的活動量桿加上固定量桿後的長度，能大於所測量孔的直徑約 2~3 公厘。

2. 用千分尺將量桿對到所測量孔的名義尺寸（如缸套的標準尺寸或經上次修理後的修理尺寸），轉動千分表表盤使另線對準指針，並記下小指針所指的數字。

3. 將測量桿伸入缸套時，必須用手將活動量桿壓縮，待量桿進入缸套後才可把手放开，以避免量頭的磨損。

圖 2 用內徑千分表測量孔徑

4. 測量位置：對新的（標準的或修復後的）缸套可取三個截面內的兩個彼此垂直方向測量 6 點。而對磨損後的缸套，由於各地帶的磨損程度不同，必須按照規定的地帶進行測量，第一處距缸套上緣 25 公厘，第二處距缸套上緣 80 公厘，第三處在缸套中部，第四處距缸套下緣 80 公厘；在每一處按側壓方向和小軸方向各量一點。注意在缸套內移動內徑千分表時，必須將它略作傾斜，以防止量頭的迅速磨損。

5. 將測量結果填入報告表內，並計算其橢圓度和錐度，最後作出適用性的結論。

§ 4. 思考問題：

1. 用內徑千分表來測量孔徑是屬於那種測量方法？
2. 進行測量時為什麼要左右擺動？應該怎樣來讀取它的測量數值？
3. 缸套的橢圓和錐度應該怎樣計算？

其傳動比 $K = \frac{L}{S}$

式中:

L ——長針尖到上表形刃口的距離

S ——上表形刃口之距離

一般比

為 0.1 公厘, $K = \frac{L}{S} = \frac{100}{0.1} = 1,000$ 也就是說每轉度值

為 0.001 公厘。

§ 1. 實驗目的:

熟悉機械比較儀與指示千分尺的構造及其原理。

並獲得使用它們的技能。

§ 2. 儀器概述:

1. 機械比較儀:

比較儀的類型很多但其操作方法並無很大區別, 本實驗只舉一種常用的槓桿式機械比較儀為例加以說明。

(1) 構造: 機械比較儀的形狀及其各部分的功用參考圖 1 及其圖旁說明。

各部分功用說明:

1—指示表, 刻度值為 0.001 公厘或 0.002 公厘;

2—支臂;

3—指示表固定螺絲;

4—測量頭;

5—測量頭提升槓桿;

6—工作台;

7—工作台水平調節環;

8—固定螺絲, 用以固定環 7;

9—工作台固定螺絲;

10—工作台升降微動調節螺母;

11—主柱;

12—支臂固定螺絲;

13—支臂升降調節螺母。

圖 1 機械比較儀

(2) 原理: 此種比較儀單純利用槓桿機構原理而制成的, 其機構如圖 2: 其上刃口 1 是擺動的, 量桿 2 是由二片彈簧片 3 來支持, 螺旋彈簧 4 使上下二菱形刃口經常與中間體 V 形槽緊緊的保持接觸; 此彈簧保證測量壓力並減少振動和沖擊, 但中間體的與 V 形槽經常壓着和擺動, 因此很易磨損。

其傳動比 $K = \frac{L}{a}$ 。

式中:

L ——指針尖到上菱形刃口的距離;

a ——二菱形刃口之距離。

一般比較儀上其刻度間距為 1 公厘如 L 為 100 公厘, a 為 0.1 公厘, 則 $K = \frac{L}{a} = \frac{100}{0.1} = 1,000$ 也就是說其刻度值為 0.001 公厘。

其產生誤差的主要原因, 是由於量桿的直線位移和指針的角位移不成正比。

2. 指示千分尺:

(1) 構造: 指示千分尺的構造和各部分的功用見圖 3 及圖旁說明。

(2) 原理: 除了附加一系列槓桿、指針、標尺外, 其原理基本上與千分尺相同。附加槓桿其傳動比為 550, 標尺刻度

圖 2 指示表的構造

各部分功用說明:

- 1—量桿; 2—傳動槓桿;
- 3—扇形齒輪; 4—盤香彈簧;
- 5—彈簧 (保持測量壓力 700 ± 200 克);
- 6—槓桿 (限量桿 1 不致被彈簧彈出, 並能使量桿 1 離開工件);
- 7—刻度套筒; 8—螺絲測桿。

圖 3 指示千分尺的構造

間距為 1.1 公厘。因此其刻度值為 $i = \frac{C}{K} = \frac{1.1}{550} = 0.002$ 公厘。

式中: C ——刻度間距, 公厘;

K ——傳動比。

§ 3. 實驗步驟:

1. 用機械比較儀測量另件:

- 1) 按被測量另件的名義尺寸組成塊規組, 並選擇合適的測量頭。
- 2) 工作台水平位置的檢查可利用較精密的水平尺來測定, 正確者則水平尺上的水泡應在刻線的中央, 否則應調節工作台水平調節環 7 (參考圖 1), 直到水平為止。
- 3) 將塊規放在工作台 6 上, 利用支臂升降螺母調節支臂, 使測量頭剛剛與塊規表面接觸, 注意切勿使支臂急劇下落以免損壞儀器。固定住支臂, 然後用螺母 10 微量上升或下降工作台直到指示表針指另線為止。將所有各固定螺絲扭緊, 再檢查指針有否變動, 如有變動, 則應重新調節。
- 4) 利用測量頭提升槓桿, 提起量頭取下塊規。

5) 按被測量另件的上下偏差數值, 調節指示表上的小紅針。可將后部小蓋抽開, 鬆開固定螺, 進行調節。

6) 測量位置: 可取三個截面的兩個彼此垂直方向測量 6 點, 每點至少測量 3 次, 取其平均值。在兩端所選的截面距邊緣不得小於 2 公厘。

2. 用指示千分尺測量另件。

1) 用指示千分尺自帶的標準桿夾在二測量端面之間, 正確者螺絲測桿始線應與刻線套筒另線相重合, 同時側面表盤中指针正指在標尺另線位置, 否則應進行調節。

2) 取下標準桿。按被測另件的上下偏差調節表盤中的小紅針。

3) 將千分尺調整到被測另件的名義尺寸並固定之。

4) 卡入或取出另件時, 必須用機鈕使槓桿 6 撥開量桿以免損壞測量端面和另件。

§ 4. 思考問題:

1. 指示千分尺的測量壓力由誰來控制?

2. 你對傳動比與刻度間距和刻度值之間的關係是怎樣理解的?

3. 你有否熟悉了根據另件的公差和尺寸, 來選擇量具的方法? (應用圖 4、5 與 6)。

圖 4 測量外徑的量具選擇

圖 5 測量內徑的量具選擇

圖 6 測量深度的量具選擇

實 驗 四

光学比較儀的应用

§ 1. 实验目的：

熟悉立式光学比較儀的構造及其原理，並獲得使用它的技能。

§ 2. 仪器概述：

仪器刻度尺有 ± 100 分划，每分划代表 0.001 公厘（即其刻度值），故刻度尺的测量范围为 ± 0.1 公厘。仪器的最大测量極限（用塊規作比較度量）为 180 公厘。其指示誤差極限：在 0.06 公厘內任何一段長不应超过 ± 0.2 公微；大於 0.06 公厘的長度內不超过 ± 0.3 公微。

立式光学比較儀適用於测量下列几种标准工件：

- (1) 测量較精密的圓柱形工件；
- (2) 测量光滑的極限柱塞驗規；
- (3) 测量 5 和 6 等的塊規尺寸或檢驗 3 和 4 級塊規的精确度。

立式光学比較儀的形狀和各部分的作用見圖 1 及其圖旁說明。

其原理系利用光線反射現象而產生放大作用。光線自光源投射到刻線鏡片 A 处后，將刻線鏡上刻度尺之尺影經過透鏡（使光線变为平行光線）投射到反射鏡上；於是反射鏡又將尺影經過透鏡反回到刻線鏡片上之空白处（B 处）構成尺影（此即目鏡中所見到的刻度尺），見圖 2(a)。若反射鏡被工件抬高（或降低）而轉一小角度时，則反射回來的尺影即將与水平位置（有一固定的指标線）錯开一段距离（上或下），此距离即代表工件之偏差，見圖 2(b) 透鏡到刻線鏡間之距离为焦点距，若令 F 为焦点距， a 为反射鏡之支点到测量桿間距离， S 为工件的尺寸差，則放大比值：

$$K = \frac{2F}{a} \cdot S$$

光学比較儀备有三种测量头：即球面形、平面形及刀刃形。测量平面或圓柱面时选用球面测量头，测量小於 10 公厘的圓柱体工件时用刀刃式测量头；平面测量头則是在测量滾珠时才採用。若工作台不与测量桿垂直，則用平面测量头测量时将会產生誤差，見圖 3。

工作台与测量桿的垂直度可用端面塊規檢驗。其方法系用 10 公厘厚的端面塊規与平面测量头接觸一小部分，如圖 4 中的第一个位置，將投影幕上的刻度对准另位；而后將塊規轉動 90° （即圖 4 中的第二个位置），檢查其是否对准另位，若發生变化，表示工作台有傾斜，需進行微量調節；一直要調整到如圖 4 中的 4 个位置都接近对准另位，其誤差不大於 0.5 公微为止。

各部分功用說明:

1—燈(光源); 2—支臂固定螺絲; 3—支臂; 4—支臂上下調節螺母。
5—底座; 6—工作台; 7—工作台調節螺絲; 8—測量頭; 9—測量頭提
升槓桿; 10—鏡管體; 11—鏡管體固定螺絲; 12—鏡管體上下微量調節
螺絲; 13—刻度尺微量調節鈕; 14—投影幕; 15—關閉鈕; 16—光源射
入筒。

圖 1 立式光學比較儀

1. 提起測量桿（用提升螺絲），移去塊規，換上鋼直尺。每個零件應取三個截圓內的兩個彼此垂直方向上測量 6 點，取其最大和最小的尺寸填入報告表內。

§ 4. 思考問題：

1. 何種光學比較儀的原理是怎樣理解的？
2. 如何來調節光學比較儀的另位？
3. 立式光學比較儀和臥式光學比較儀的主要區別在那里？
4. 試能否舉出一些汽車能應用上的零件將要用光學比較儀來測量的例子嗎？

圖 2 光學比較儀的原理

圖 3

圖 4

§ 3. 實驗步驟：

1. 根據被测工件的名義尺寸來選擇塊規並組成塊規組。
2. 選擇合適的測量頭。
3. 將塊規組放在工作台上，調節測量桿的高度（松开支臂固定螺絲 2，旋轉螺母 4），使測量桿與塊規接觸，直到投影幕上看到刻度為止（調節時應特別注意，勿使測量桿急劇下降的尤其是當測量與塊規即將接觸時，易使儀器和塊規遭受損壞），而后旋緊固定螺絲 2。再用微量調節螺絲 12 調節刻度尺位置使對准另位，並用螺絲給予 11 固定；若固定時刻度尺位置稍有變動，可用鉗 13 作微量調節。

实 驗 五

用双管显微镜測量表面光潔度

§ 1. 实验目的：

1. 掌握使用双筒顯微鏡的技能。
2. 熟悉評定表面光潔度的标准。

§ 2. 仪器概述：

双筒顯微鏡適用於測量 ∇_3 — ∇_7 級表面光潔度，其所測得表面光潔度数值用 H_{cp} 表示。此仪器是根据光截面法原理而制成，其形状和各部分的功用見圖 1 及圖旁說明。

各部分功用說明：

- 1—支臂；
- 2—对物鏡焦距（鏡頭上下微动，調節手柄；
- 3—鏡頭体；
- 4—目鏡測微尺外壳；
- 5—目鏡；
- 6—目鏡測微尺固定螺絲；
- 7—目鏡測微尺刻度套筒；（4、5、7 总積目鏡測微尺）
- 8—对物鏡頭；
- 9—工作台；
- 10—縱橫移动千分尺，以标示工件移动距离；
- 11—支臂固定螺絲；
- 12—光源；
- 13—支臂上下調節螺母；
- 14—光線投射管鏡頭焦距調節环；
- 15—光線投射位置調節鈕，它可使光線投射管以樞軸 16 为中心擺动，以便使光帶位於目鏡視界中央；
- 16—樞軸；
- 17—投射光線鏡頭。

圖、1 双管顯微鏡

其測量範圍決定於所選擇的鏡頭。測量較高的表面光潔度時選用小焦距的鏡頭；反之，則用大焦距鏡頭。選擇鏡頭時可根據下表：

表 1

物鏡放大倍數	視測範圍 (公厘)	所能測得的微測不平度的高度	
		H _{cp} (公微)	ГОСТ 2759~51
60×	0.3	0.5~1.5	▽▽▽ ₁₀ ~▽▽▽ ₈
30×	0.6	1.5~5	▽▽▽ ₈ ~▽▽▽ ₆
14×	1.3	5~15	▽▽▽ ₇ ~▽▽▽ ₅
7×	2.5	15~50	▽▽ ₅ ~▽▽ ₃

§ 3. 測量原理：

利用光截面法測量表面光潔度的原理如圖 2 所示。系將一條狹長光線與表面成 45° 投射到表面上，在對面也是與表面成 45° 的方向（與投射光線成 90° ）觀察，則表面糙度之光影構成如圖中的一條白色光帶。如果能將光影的高度測出，即可算出表面之實際糙度。

$$\text{實際糙度高} = \text{光影高度} \times \cos 45^\circ$$

圖 2 光截面法原理

光影起伏的高度可用目鏡測微尺來測量。圖 3 是目鏡測微尺的構造示意圖。標線與十字線系刻在同一玻璃片上，用螺絲與刻度套筒相連；旋轉刻度套筒時，標線與十字線即隨之向其軸向移動。字標是刻在另一玻璃片上的，不隨標線與十字線移動，用以記錄套筒旋轉的圈數；標線在字標上移過一格，表示套筒已轉過一圈。套筒斜面上等分成 100 刻度，其刻度值為 0.01 公厘。

測量時將目鏡千分尺繞鏡筒旋轉，使目鏡內十字線之一與光帶平行，並與光影之峯頂相切（如圖 4a），然後旋轉套筒切於谷底（如圖 4b）。十字線所移動的距離可由刻度套筒上讀出；但十字線移動之軌跡系成 45° 斜向移動（如圖 4b，十字線中心之移動軌跡為 oo' ）。因此光影高度（頂峯至谷底