

互換性原理与技术測量

实驗指導書

机切教研組編

西安交通大學

1962. 8

互換性原理与技术測量实验指导书

編輯者：西安交通大学机切教研組

發行者：西安交通大学教材供应科

印刷者：西安交通大学印刷厂

一九六二年八月第一版

、 印数：670 册

目 录

实验一	表面光洁度的检查.....	1
实验二	内外圆锥的测量.....	10
实验三	圆柱形工件的检查.....	21
实验四	圆柱螺纹的检查.....	29
实验五	圆柱齿轮的检查.....	37

实验一 表面光洁度的检查

(甲) 操作部分——用双管显微镜检查表面光洁度

一、目的和任务：

1. 目的：掌握双管显微镜测量表面光洁度的方法。
2. 任务：根据测量结果计算出平均高度 H_{av} ，按表 1-2 确定工件的表面光洁度的等级，作出合格与否的结论。

二、测量原理：

本仪器的基本原理是光截面法(见图 1-1)。仪器的原理见图 1-2：光束通过狭缝 2 和物镜 3 后，成为倾斜某一角度的光带，射向待检查的工件的表面 6，将工件的表面截断，形成一个假想的截面、再把截面的轮廓放大，放大后的象 N 可以从目镜 4 中看到。由于待检查的工件的表面有一定的粗度，所以目镜中看到的轮廓不是一条直线，而是一条曲线，见图 1-3。这条曲线上各个峰的高度 H 依次用目镜千分尺(见图 1-5)量出来。

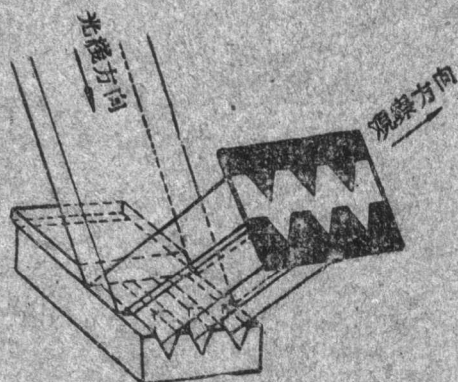


图 1-1 光截面法

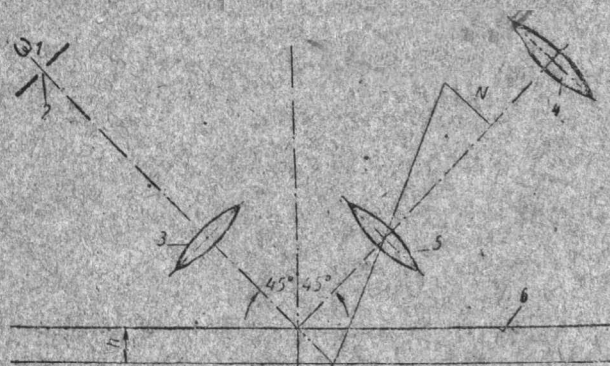


图 1-2 双管显微镜光学系统图

- 1—光源；2—狭缝光栏；3 及 5—物镜；
4—目镜；6—度量对象。

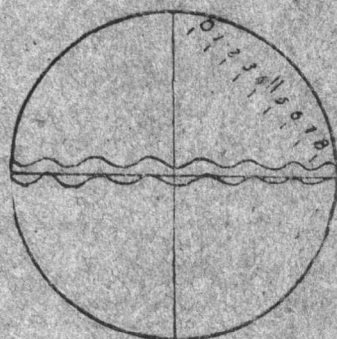
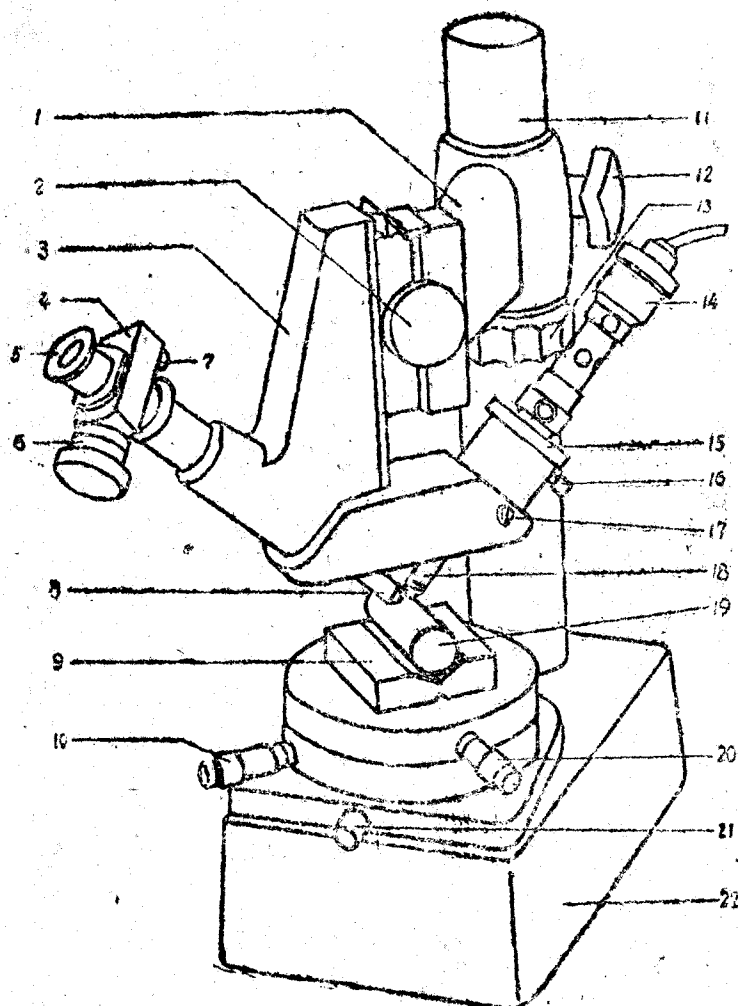


图 1-3 双管显微镜的视界附有十字线的目镜千分尺

三、仪器说明:

双管显微镜可以测量3-10级的表面光洁度。根据工件的光洁度等级,从表1-1选用适当放大倍数的物镜组。仪器的外形和说明见图1-4。



1—支臂; 2—细调手轮(转动2可以使显微镜的镜头支架上升或下降); 3—支臂; 4—目镜千分尺罩壳; 5—目镜; 6—目镜千分尺刻度筒(4、5、6合称目镜千分尺); 7—目镜千分尺固定紧螺钉; 8—物镜; 9—V形工作台(用来安放圆柱形工件); 10—移动工作台的千分尺; 11—立柱; 12—支臂; 13—锁紧螺钉; 14—光源; 15—光源镜头调节环(转动它可以把光带调节到最狭,象最清楚); 16—光管调节螺钉(转动16光管可以绕轴心17摆动,以便把光带移至目镜视界中间); 17—光管转动轴心; 18—投射光线物镜; 19—工件; 20—移动工作台千分尺; 21—工作台旋锁紧螺钉; 22—底座。

图 1-4 双管显微镜外形图

四、测量步骤:

1. 根据工件的技术条件,按表1-1选用合适的物镜组,并装在图1-4的8和18的位置上。
2. 旋转手轮2(或松开螺钉12,转动螺帽13),把镜头支架上升到安放工件时工件不会碰到物镜8及18。
3. 把工件放在工作台中(本实验是测量平面工件):

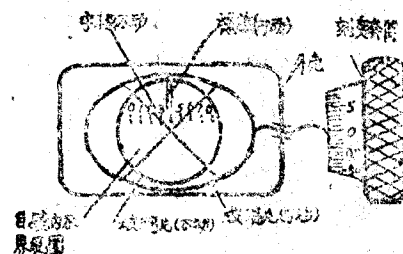


图 1-5 目镜千分尺

1) 当测量外园柱面时:

a. 用紗布把 V 形鉄 9 擦淨, 并輕放在工作台上。

b. 把工件 19 放在 V 形鉄上,

2) 当測量平面时: 直接把工件放在工作台上。

4. 把光源上的小插头插入 6V.5W 的变压器, 然后把变压器的大插头插在 220V 的配电板上, 注意不得插錯, 否則灯泡会燒坏。

5. 工件要測量的輪廓綫应按图 1-1 所示方向安放。

6. 先緩慢下降鏡頭支架 3 (轉动手輪 2, 或松开螺釘 12, 轉动螺帽 13), 直到工作表面上看到一条狹长的录色光带。

7. 再轉动手輪 2, 使鏡頭緩慢下降, 直到在目鏡 5 中看到如图 1-6 情况。

8. 轉动螺釘 16, 使光带和图 1-6 的圆形窗叠。

9. 緩慢轉动調节环 15, 使目鏡中看到的光带最狹、最清楚 (图 1-7)。

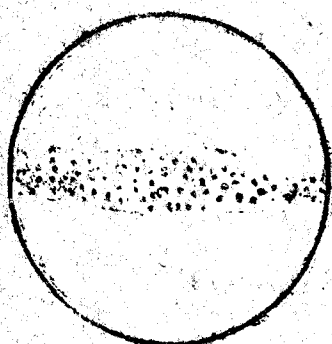


图 1-6

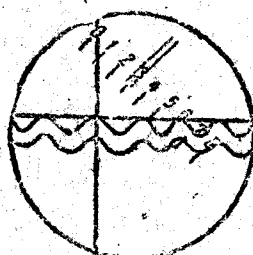


图 1-7

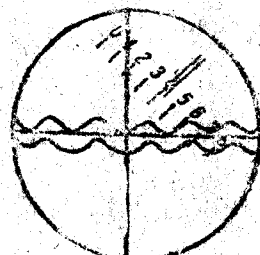


图 1-8

10. 松开螺釘 7, 旋轉目鏡千分尺。从而得到类似 (图 1-8) 的情况, 然后鎖紧螺釘 7。这时十字綫的水平綫与光带平行。

11. 緩慢旋轉 6, 使目鏡中十字綫的水平綫与波峯相切 (与最清楚的一边相切, (如图 1-7), 記下目鏡千分尺上的第一次讀数 (量哪一个峯, 十字綫交点就应靠近哪一个峯)。

12. 慢慢旋轉千分尺轉筒 6, 使十字綫的橫綫与谷底相切 (图 1-8), 記下目鏡千分尺上的第二次讀数。

13. 依次測量 6 个峯, 在这 6 个峯的范围内这段輪廓綫的长度应在 8 毫米以上, 否則应多量几个峯。量出来的結果記在报告內, 并按下式算出平均高度 H_{op} (每个同学選擇一个部位进行測量)。

$$H_{op} = \frac{H_1 + H_2 + H_3 + H_4 + H_5 + H_6}{6} \times B = \text{微米。}$$

14. 按 H_{op} 值, 从表 1-2 中查出这个数值是属于几級光洁度。

註: 由于投射光带与被測表面成 45° , 因此反射在目鏡中的像放大 $\sqrt{2}$ 倍; 由于目鏡千分尺中十字綫的橫綫的位移方向傾斜 45° , 因此位移又多了 $\sqrt{2}$ 倍, 所以在計算測度值时应修正它。

表 1-1

物鏡放大 倍 数	总 放 大 倍 数	測量范围 (微米)		相当于 ГОСТ 2789-51 的級数	可以用下列不 同加工方法得到
		最 大	最 小		
60	520	1.5	0.5	10~9 級	金剛石、精車、 精磨、鉸磨等
30	260	5	1.5	9~7 級	精車、細磨、精鉸等
14	120	15	5	7~5 級	光車、光銑、精鉸
7	60	50	15	5~3 級	粗車、粗銑、粗磨

註：測量范围是指能够測量的尺寸，这尺寸就是工件表面上峯谷之間的距离。

ГОСТ 2789-51 規定表面光洁度分类

表 1-2

光洁度 級別	符 号	H_{ex} (微米)	H_{cy} (微米)
1	∇_1	—	>125~200
2	∇_2	—	>63~125
3	∇_3	—	>40~63
4	$\nabla\nabla_4$	—	>20~40
5	$\nabla\nabla_5$	>3.2~6.3	>10~20
6	$\nabla\nabla_6$	>1.6~3.2	>6.3~10
7	$\nabla\nabla\nabla_7$	>0.8~1.6	>3.2~6.3
8	$\nabla\nabla\nabla_8$	>0.4~0.8	>1.6~3.2
9	$\nabla\nabla\nabla_9$	>0.2~0.4	>0.8~1.6
10	$\nabla\nabla\nabla\nabla_{10}$	>0.1~0.2	>0.5~0.8
11	$\nabla\nabla\nabla\nabla_{11}$	>0.05~0.1	>0.25~0.50
12	$\nabla\nabla\nabla\nabla_{12}$	>0.025~0.05	>0.12~0.25
13	$\nabla\nabla\nabla\nabla_{13}$	—	>0.06~0.12
14	$\nabla\nabla\nabla\nabla_{14}$	—	0.06以下

目鏡千分尺轉發筒度值的鑑定

由于目鏡千分尺轉筒 6 上的刻度值与选用的物鏡組的放大倍数有关,同时物鏡放大倍数也不够准确,因此第一次測量工作以前,要先鑑定轉筒上每一小格所代表的数值(刻度值),这鑑定是利用校准刻度尺进行的(校准尺是用玻璃板做成的),外形如图 1-9;尺的中間有刻度,每小格为 0.01 毫米;刻度部分长 1 毫米,放大后的图形见图 1-10。

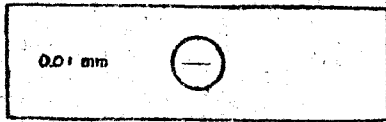


图 1-9

鑑定步驟:

1. 步驟見(四)中(4)
2. 轉动手輪 2 (或松开螺釘 12, 轉动螺帽 13) 使鏡頭支架 3 下降到工作台上看到一条狹长的綠色光帶。
3. 步驟同(四)中 7 和 8。
4. 轉动手輪 2, 使显微鏡架上升, 把校准尺放在工作台中, 正面朝上(有字的一面为正面), 并使刻綫与光帶相垂直。
5. 緩慢轉动手輪 2, 使显微鏡架下降到在目鏡中看到一条明亮的光帶, 并把这条光帶移在目鏡視場的中央。
6. 用手細微的移动校准尺, 使在目鏡中能看到校准尺的刻度的象, 并使刻度綫与光帶垂直(如图 1-11 所示), 如刻度綫看不清楚, 可以轉动調節环 15, 使刻綫的象清楚。
7. 松开螺釘 7, 轉动目鏡千分尺, 使目鏡中的 0 至 8 的刻綫平行于校准尺刻綫(即与光帶垂直)。
8. 轉动 6, 使十字綫交点落在校准尺的任一时刻綫上(如图 1-11 实綫位置)記下目鏡千分尺第一次讀数。
9. 轉动 6, 使十字綫交点移动到另一刻綫上(图 1-11 虛綫位置)(十字綫交叉点移动的距离至少要 10 根刻綫)記下第二次讀数。

10. 按下式計算出目鏡千分尺轉筒之刻度值 E ;

$$E = \frac{Z \times T}{2A}$$

上式中: Z —— 目鏡中十字綫交点在校准尺上移过的格数;

T —— 校准尺刻度值为 0.01 毫米;

A —— 目鏡千分尺轉筒两次讀数之差。

11. 轉动手輪 2, 使显微鏡架升高, 取下校准尺, 包好放在仪器盒中。

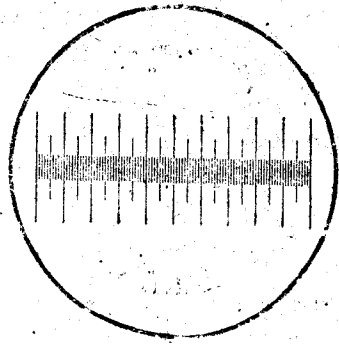


图 1-10

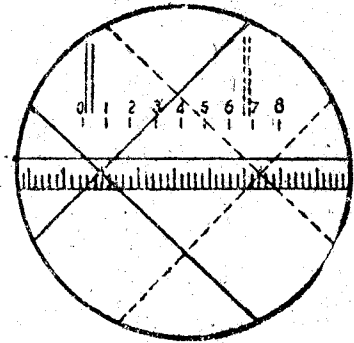


图 1-11

思考題:

1. 平均高度 H_{op} , 除用双管显微鏡測量外, 还可以用什么量具和仪器測量?
2. 均方根偏差 H_{ec} 如何測量?

实验内容:

1. 用 _____ 测量第 _____ 号工件的表面光洁度, 按表 1-2 所列
(填写仪器名称)
数值, 确定表面光洁度等级,
2. 双管显微镜可以测量 _____ 级到 _____ 级, 即 _____ 微米到 _____ 微米。
3. 采用目镜组为 _____ 倍, 目镜千分尺刻度值 $E = \frac{Z \times T}{2.4} =$ _____ 微米。

上式中:

Z —— 目镜中十字线交点在校准尺上移过的距离 _____ 格。

T —— 校准尺刻度值 _____ 毫米,

A —— 目镜千分尺转筒上两次读数之差 _____ 格。

4. 测量结果:

测 量 简 图	检 查 次 序	目镜千分尺读数 (格)		
		第 一 次	第 二 次	二次之差
	H_1			
	H_2			
	H_3			
	H_4			
	H_5			
	H_6			
二次差之平均值 _____ 格				
$H_{sp} = \text{平均值} \times E =$ _____ 微米 属于几级 光 洁 度 _____ 级				
工件技术条件 _____ 级 是否合格 _____				
_____ 年 _____ 月 _____ 日	班 级			指导教师
	学 生 姓 名			签 名

(乙) 示範部分

測量表面光潔度用的儀器，品種很多，不能一一討論。現在，按工作原理的差別，把最常用的幾種說明如下。

一、光潔度樣板 它用來比較工件的光潔度。使用時，樣板的材料、加工方法和表面形狀應跟待檢查工件相同。比較的方法有兩種：用手摸或用眼睛觀察工件和樣板，從而決定工件的光潔度是否合格；用顯微鏡來觀察樣板和工件，從而決定工件的光潔度等級。

光潔度樣板的優點是簡單，經過訓練的工作人員能決定一般用途的工件的光潔度。

二、干涉顯微鏡 它是利用光的干涉，見圖 1-12：從同一光源發出的光，經稜鏡後分成兩束，它們經過不同的光程後重新合在一起，它們匯合後可能相互加強或減弱，它們的光程差是半波長的奇數倍數時則相互減弱，形成干涉帶，利用干涉帶的彎曲程度來決定工件的光潔度等級。

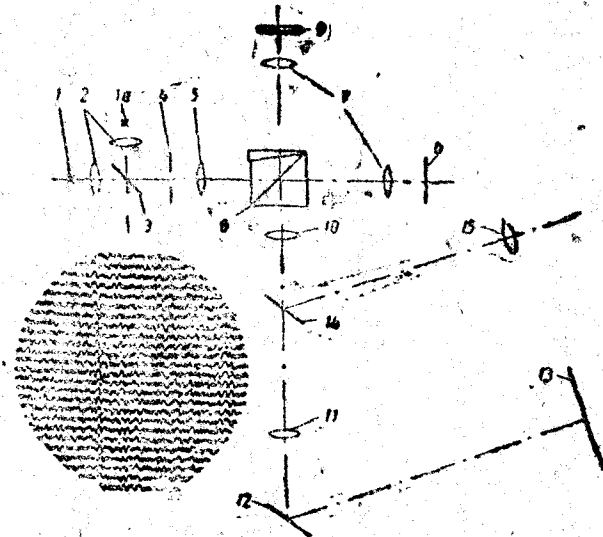


圖 1-12

1—單色光源；2—聚光器；3—平鏡；4—小孔屏；5—透鏡；6—分光稜鏡；7—物鏡；8—側平鏡；9—工件；10—物鏡；11—照相目鏡；12—反射鏡；13—毛玻璃；14—反光鏡；15—目鏡。

本儀器用來檢查 $H_{ep} 10 \sim 14$ 級即 $0.3 \sim 1$ 微米的表面光潔度。它有三種用法：

1. 利用目鏡千分尺量出圖 1-13 上干涉帶的彎曲程度，從 $H = \frac{a}{b} \cdot \frac{\lambda}{2} = \frac{N_1 - N_2}{N_1 + N_2} \times \frac{\lambda}{2}$ 算出 H 的數值，通過查表來確定待檢查工件的表面光潔度等級。
2. 用附在儀器上的照相機，將干涉條紋拍成照片，根據干涉帶的彎曲程度來決定光潔度的等級。
3. 用眼睛觀察干涉帶，從而估計工件的光潔度等級。

本仪器有两种光源：单色光用在加工痕迹有一定规律，其它采用白光。（如刮光，抛光之类的工件）。

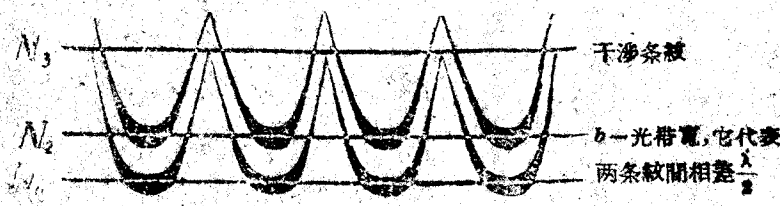


图 1-13

三、电动轮廓仪 工作原理是利用电磁感应，从图 1-14 看出线圈 3 是不动的，在弹片 8 的作用下，可以使可动衔铁 4 上下移动，磁铁 1 的磁阻很大，测量时，由于工件表面不平，使量针 7 推动可动衔铁 4，这样就改变了磁阻，使部分磁力线经线圈 3 形成回路，这种现象用放大器 10 放大后，在电表 11 指示出来，指针所指的数字就是 H_{ck} ，从 H_{ck} 值的大小来决定光洁度的等级。本仪器用来检查 5~12 级的光洁度。

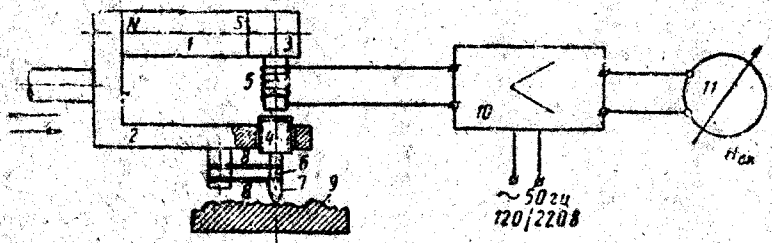


图 1-14

仪器的优点：测量方便，它不需要任何计算就可迅速决定工件的光洁度等级。

缺点：测针易磨损，有时因周围磁路的干扰会影响测量时的准确性。

四、压电晶体轮廓仪（图 1-15） 工作原理是改变压电晶体承受的弯曲力，因为这种晶体变形后会产生微小的电流。这种仪器能量出 H_{ck} ，同时又能把待检查表面的轮廓记录下来，用来检查 7~12 级光洁度。

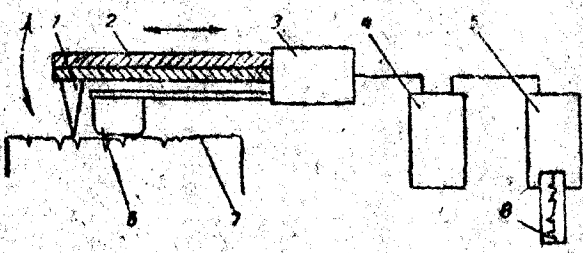


图 1-15

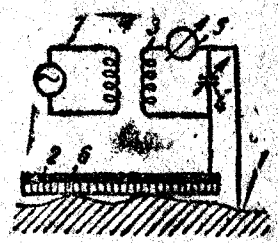


图 1-16

五、电容仪（图 1-16） 工作原理是改变仪器的电容。待检查表面是电容器的一个板极，另一板极是 2，6 是绝缘板。电流计 5、电容 4 和线圈 3 组成一个并联谐振电路，数字 7 表示并联谐振电路。这两谐振电路按电流计的指示数调整到共振。读数按可变电容的标准电容器来进行。本仪器能检查 8~12 级光洁度。

六、光电仪(图 1-17) 工作原理是光电管的光电效应: 待检查表面 3 越光滑, 光的散射越少, 射入光电管 5 的光线越多, 光电管的电阻减少得多, 否则减少得少。这电阻的变动情况, 经过放大后用电表的指针指出来。本仪器可用来检查 10~14 级光洁度。

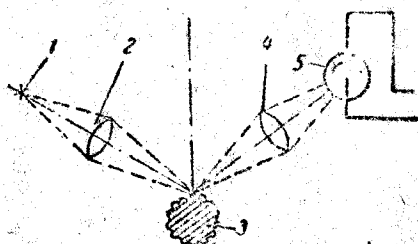


图 1-17

七、气动仪(图 1-18) 工作原理是改变空气的流量: 当喷嘴 2 和待检查表面 3 接触时, 密封的好坏决定于待检查表面的光滑程度, 从而决定漏出去的空气的数量。漏出的空气的多少, 决定浮子的位置, 再用标尺决定工件的光洁度。这仪器用来检查 4~9 级光洁度。

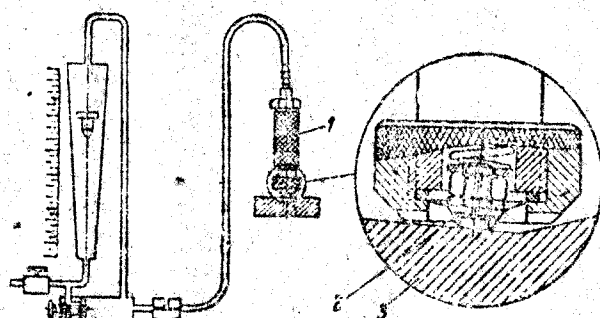


图 1-18

目前, 检查光洁度用的仪器, 品种虽然很多, 但是都不很适应生产上的要求。在现有的仪器中存在的缺点是生产率低, 适用范围太狭。例如气动量仪, 生产率很高, 但是只适用于检查 4~9 级光洁度的平面。

实验二 内外园錐的測量

一、实验的目的和任务:

1. 目的: 掌握游标量具, 千分尺, 指示表, 正弦尺等的使用, 熟悉間接測量的方法和意义。
2. 任务: 根据所给具有内外园錐的工件, 应用游标角尺, 正弦尺等量具进行測量, 通过对測量結果的計算, 从而精確的決定内外园錐的錐角。

二、測量原理:

1. 游标角尺測量外錐角, 利用游标角尺的游标讀数装置进行精密的測量, 因为量具的二測量尺长度不够, 因此直接測量角度 $\angle\beta$, 間接計算得 $\angle\alpha = 2(90^\circ - \angle\beta)$ (见图 2-1)。測量面与工件母綫的接触情况根据光隙法来判断。所謂光隙法即为根据測量尺与工件母綫接触时产生的隙縫, 視其是否均匀 (隙縫大小在扩錐处应到处一样), 若隙縫均匀表示接触良好。另一測量面与工件大端端面接触 (該端面为測量基面)。

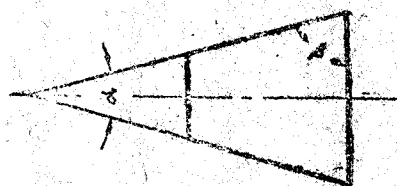


图 2-1

2. 用正弦尺測量外錐角

根据三角学知道 (图 2-2),

$$\sin \alpha = \frac{h}{L} \quad (1)$$

因此当 L , h 为已知时, 就可确定 α 的角度值。正弦尺就是根据这个原理而設計的一种量具, 其結構簡图見 (图 2-3), 正弦尺二园柱間的中心距即为直角三角形的斜边长度 L 。

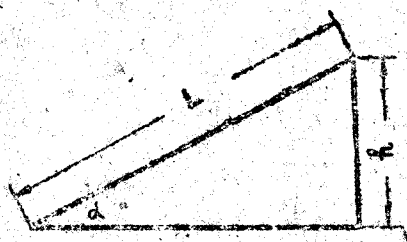


图 2-2

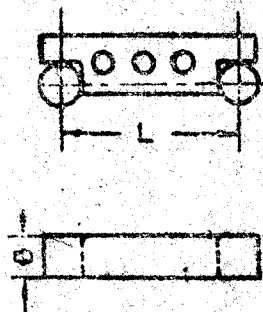


图 2-3

当已知正弦尺和圆柱间中心距离 L 和圆锥角的公称值 α_1 后按(1)式可得

$$h = L \sin \alpha_1 \quad (2)$$

根据(2)式计算所得 h 值选择块规组, 然后将块规组与正弦尺一起安置在平台上(如图2-4), 将工件放在正弦尺上(如图2-5)。若工件圆锥角 $\alpha = \alpha_1$ 则圆锥母线将与平台平面

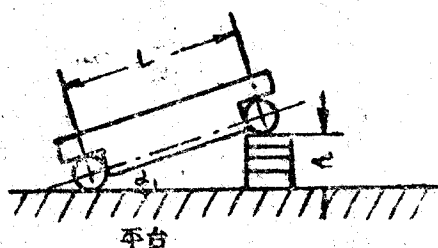


图 2-4

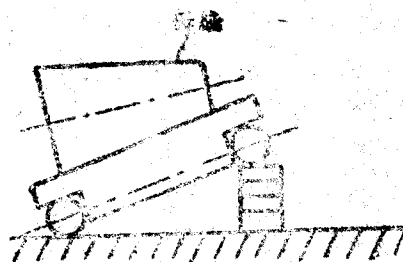


图 2-5

平行, 否则将不平行。具体测量(如图2-6)在母线上任取二点 a, b , 其 a, b 间距离为 l 。用一指示表在 a, b 二点处相继读数, 若读数相等则说明 $\alpha_1 = \alpha$ 。若 $\alpha > \alpha_1$ 则(如图2-7) a, b 二点有读数差 $+x$, 这时 $\alpha = \alpha_1 + \Delta\alpha$ 。当 $\alpha < \alpha_1$ 时 a, b 两点相差 $-x$ (如图2-8), 这时 $\alpha = \alpha_1 - \Delta\alpha$ 。根据(图2-7)或(图2-8)可知 x 与 $\Delta\alpha$ 关系如下

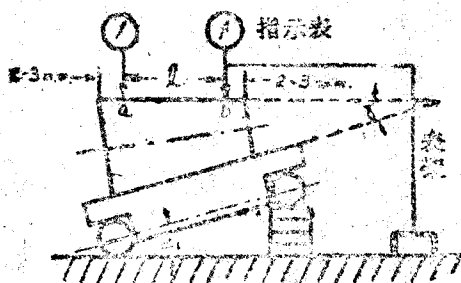


图 2-6

$$\Delta\alpha \approx \sin \Delta\alpha \approx \operatorname{tg} \Delta\alpha = \frac{x}{l} \quad (3)$$

式中 $\Delta\alpha$ ——单位弧度,

l —— a, b 二点间距离, 单位毫米,

x 差值, 单位毫米。

(註: 1 弧度 $= 2 \times 10^5$ 秒)

3. 内锥角测量 由(图2-9)可知, 形成夹角 α 的二直线与 O_1, O_2 两圆相切, 这时

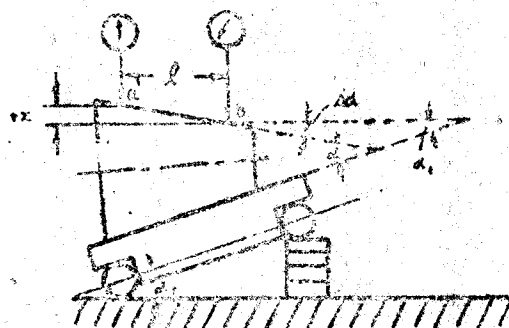


图 2-7

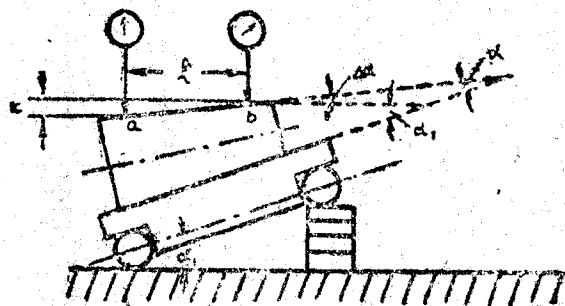


图 2-8

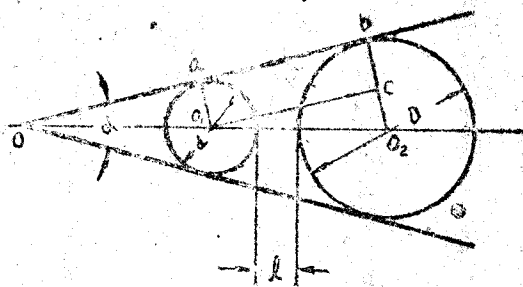


图 2-9

$\triangle O_1O_2C$ 为直角三角形且 $\angle CO_1O_2 = \frac{\alpha}{2}$, 根据三角关系已知 $\overline{O_1O_2}$ 及 O_1, O_2 二圆的直径 d 与 D 即可计算得

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{O_2C}{O_1O_2} = \frac{(D-d)/2}{(D+d)/2 + l} \quad (4)$$

式中 D ——为 O_2 圆直径,
 d ——为 O_1 圆直径,
 l ——为二圆相隔距离。

根据上述关系测量内锥孔的锥角只需要选择适当大小的二个钢球依次投入内锥孔中并测量得尺寸 l_1 与 l_2 (如图 2-10), 即可求得

$$l = l_1 - l_2 - D \quad (5)$$

将(5)式代入(4)式得

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{\frac{1}{2}(D-d)}{\frac{1}{2}(D+d) + (l_1 - l_2 - D)} = \frac{\frac{1}{2}(D-d)}{\frac{1}{2}(D+d+2l_1-2l_2-2D)} = \frac{D-d}{d-D+2l_1-2l_2} \quad (6)$$

于是

$$\frac{\alpha}{2} = \sin^{-1} \frac{D-d}{d-D+2(l_1-l_2)}; \alpha = 2 \left[\sin^{-1} \frac{D-d}{d-D+2(l_1-l_2)} \right] \quad (7)$$

测量时上述参数 D, d, l_1, l_2 都可用量具量得, 因此 α 亦可根据(7)式而计算得之。

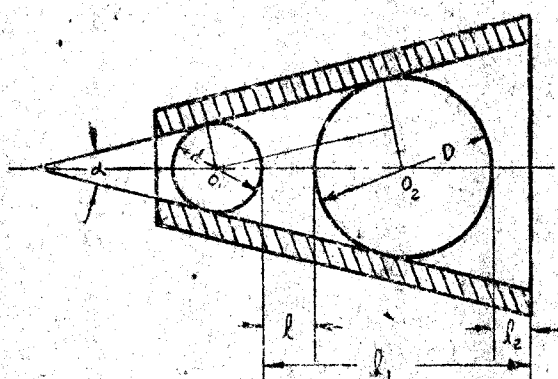


图 2-10

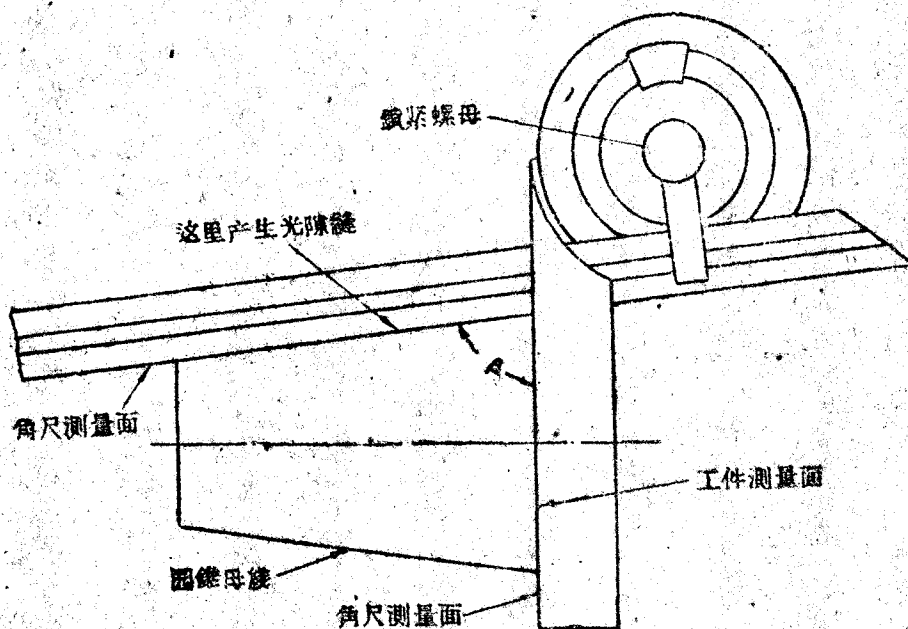


图 2-11

三、测量步骤:

1. 用游标角尺测量外锥角 α ：

i) 首先测量 $\angle\beta$ 值。

a) 右手执角尺，左手持工件（如图2-11）测得 β 角数值。 $\angle\beta$ 数值的测量准确度和量具测量面与工件的接触好坏很有关系。判断接触好坏的方法为根据角尺测量面与工件接触后产生的光隙缝是否均匀而决定，若隙缝均匀表示已接触好，不均匀则没有接触好，需重新调正。

b) 旋紧锁紧螺母，再次检查接触情况，若接触不好重新调正直至接触良好为止，取下量具进行读数。

c) 读数方法（如图2-12），游标“0”线介于主标尺刻线 87° 与 88° 之间，说明该角度值 $>87^\circ$ 而 $<88^\circ$ ，其次检查游标上各刻线中哪一根刻线与主标尺刻线重合，图中为游标尺上“0”线的右边第二根与主标尺刻线重合，游标刻度值为 $5'$ 故游标读数表示为 $2 \times 5' = 10'$ 。因此，这时角度值为 $87^\circ 10'$ ，同时检查游标可发现游标尺上“0”线左边部分的第10根刻线亦与主标尺刻线重合，这时游标读数应为 $10 \times 5' = 50'$ ，注意这时角度值应为 $88^\circ - 50' = 87^\circ 10'$ ，这一点注意不要搞错。

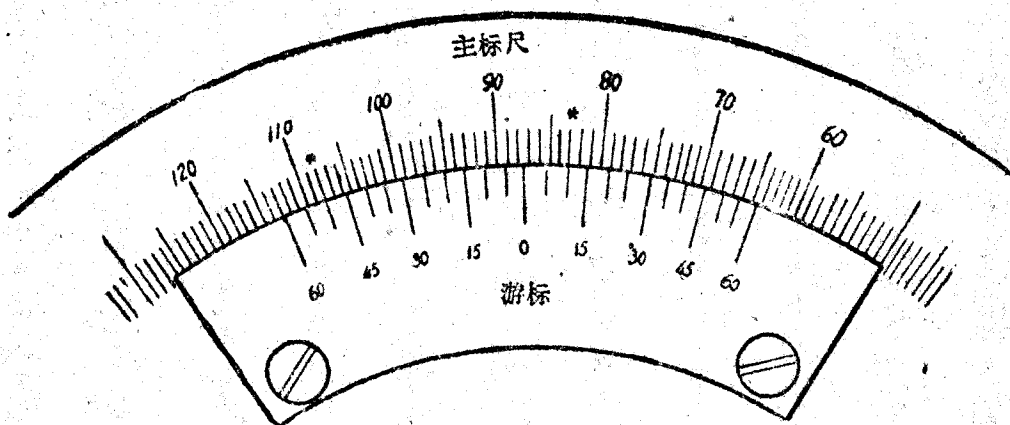


图 2-12

ii) 绕轴线每转过 90° 各测量一次（如图2-13），得四次读数记入报告中，将四次读数求得平均值 $\angle\beta_{\text{平均}} = \frac{\angle\beta_1 + \angle\beta_2 + \angle\beta_3 + \angle\beta_4}{4}$ 。

iii) 根据 $\angle\beta_{\text{平均}}$ 计算 $\angle\alpha = 2(90^\circ - \angle\beta_{\text{平均}})$

2. 用正弦尺测量外锥角

i) 根据外锥角公称值 α_1 及正弦尺二圆柱间距离 $L = 200\text{mm}$ 按公式(2)计算得块规组的尺寸 h 值，然后根据块规选择原则挑选组合之。

ii) 将块规组，正弦尺，工件放在平台上（如图2-5）。

iii) 调正指示表及表架高度使指示表测量头与工件接触，并压缩指针旋过1~2圈（如图2-6，图2-7，图2-8），然后在圆锥母线 a, b 两点进行测量，并记下指示表的读数。 a, b 两点间距离 l 可用钢支尺控制在 100mm ，以利计算。注意 a, b 二点选择使与圆锥端面保持有 $2 \sim 3\text{mm}$ 的间距，以免圆锥倒角影响测量。

iv) 在 a 点与 b 点各重复测量五次，将测量结果填入报告中，并进行计算，求出 α 值。

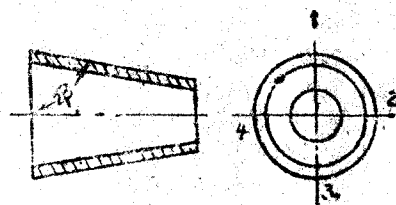


图 2-13

8 內錐測量

i) 用千分尺測量大小鋼球的直徑 D 與 d ，測量前首先檢查千分尺的初讀數是否為“0”，否則記下初讀數，然後進行測量，將讀數值按初讀數進行修正。

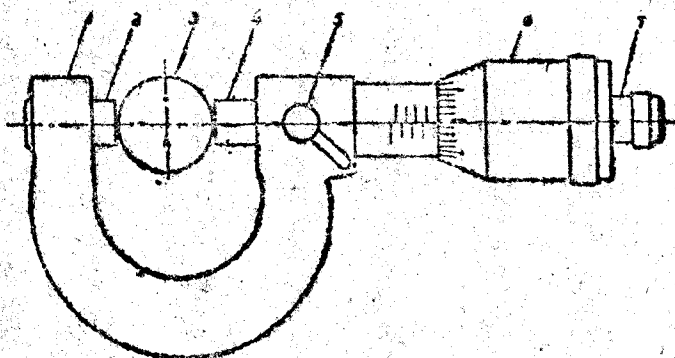


圖 2-14

1—弓架； 2—固定量砧； 3—鋼球；
4—測量杆； 5—鎖緊裝置； 6—罩壳； 7—棘輪裝置。

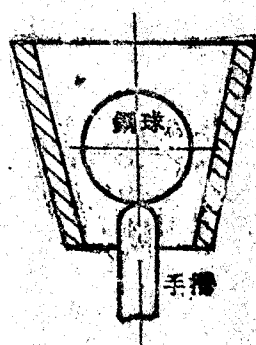


圖 2-15

ii) 左手持千分尺弓架1，右手旋轉棘輪裝置7，鋼球3於在工作台上進行測量，利用千分尺測量杆4右端棘輪裝置7旋轉罩壳6使測量面與球3接觸（如圖2-14），然後用鎖緊裝置5鎖緊測量杆4，進行讀數按上述第i條進行讀數處理後，將 D 與 d 的實際尺寸記入報告中（ D 、 d 讀數需重複測量五次）。

iii) 橫放工件將小球輕輕滾入錐孔中或將工件傾斜某一角度，將手指由小端伸入錐孔中抵住小球，然後漸漸下降使鋼球與工件內壁很好接觸（如圖2-15）。切忌將鋼球垂直投入使球與錐孔接觸太緊。

iv) 用深度游標尺測得 l_1 值（如圖2-16），測量時將深度游標尺測量面 b 大致放在錐孔中心，然後使深度游標尺尺框下降與工件端面接觸，測量面 b 與小鋼球最高點接觸，並作來回移動，鎖緊螺釘2進行讀數得 l_1 讀數值，需重複進行五次得五個讀數記入報告中。深度游標尺讀數方法与角度游標尺相同。

v) 取出小鋼球，投入大鋼球，重複上述iii~iv的動作，量得 l_2 的五次讀數記入報告中。

vi) 最後把測量所得各值求出平均值。將各平均值代入公式(7)計算 α 值。

四、注意事項：

1. 千分尺結構（如圖2-17）應用時旋轉棘輪11以保持恆定測量力。

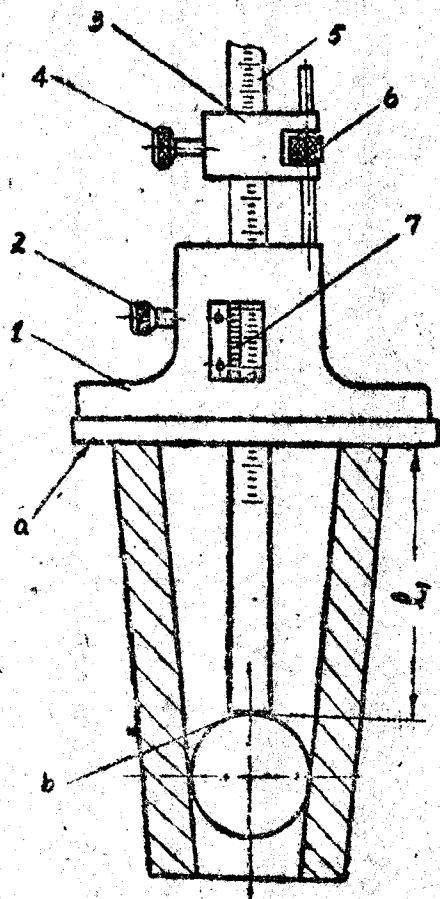


圖 2-16

1—尺框； 2—鎖緊螺釘； 3—滑塊；
4—鎖緊螺釘； 5—主刻度尺；
6—微動螺母； 7—游標。