

## 实验题目：力学基本测量 长度、质量和物体密度的测定

学号：164618 姓名：张允泽 班级：软件163 成绩 90  
同组人：邢光梁 实验日期、时段：3月12日三时段 教师签名：董立平

### 一、实验目的与要求

①掌握米尺、游标卡尺、螺旋测微器几种常用测量长度仪器的使用方法。

②掌握一般仪器的读数规则，巩固有效数字和误差的基本概念。

### 二、实验仪器

游标卡尺、螺旋测微器、电子天平、工件。

### 三、实验原理

#### 1. 游标原理：

若主尺的分度值为 $a$ ，游标的分度值为 $b$ ，设游标上 $n$ 个分度值的总长与主尺上 $(n-1)$ 分度值的总长相等，则有  $nb = (n-1)a$ 。

主尺与副尺每个分度值的差值即游标尺的分度值，游标的最小精度

$$a - b = a - \frac{(n-1)a}{n} = \frac{a}{n}$$

#### 游标尺的读数方法：

先读出游标零线以左的那条线上毫米级以上的读数 $l_0$ ，即为整数值；然后再仔细找到游标尺上与主尺刻线准确对齐的一条刻线，数

出这条线是副尺上的第 k 条，则待测物体长度  $L = L_0 + k \times \frac{\alpha}{n}$ .

### 2. 螺旋测微原理.

主要部分是一个测微螺旋杆和套在螺旋杆上固定套筒及坚固在螺杆上的微分筒。

当其上有 50 个等分格，当微分筒转过一格时，测微螺旋杆沿轴线方向移动 0.01mm。

读数时先以微分筒的棱边为准线，从固定套筒上读出整毫米数与半毫米数，再以固定套筒的水平线为准线，从微分筒上读出毫米以内的小数部分。

### 3. 测圆柱物体密度测定（以圆柱体为例）

$$\rho = \frac{m}{V} \quad V = \frac{1}{4}\pi d^2 h \Rightarrow \rho = \frac{4m}{\pi d^2 h}$$

## 四、实验内容与步骤

### 1. 测小圆筒的内径、外径、高度以及深度。

- ① 用游标卡尺垂直测量圆筒的内径、外径、高度、深度，游标卡尺测量爪不能歪斜
- ② 读主尺毫米时，要使零刻度线对准主尺
- ③ 同一部位两次垂直测径，测得六组数据

### 2. 测圆柱的体积

- ① 螺旋测微计在测量前必须读取零点读数，转动测力装置，使测微螺旋杆和测砧刚好接触，当听到“咯、咯、咯”此时读数即为零点读数。  
测量结果 = 测量读数值 - 零点读数值

- ② 用螺旋测微计垂直测量圆柱的直径，读数时应注意固定套筒的读数是否超过 0.5mm。

- ③ 用游标卡尺测量圆柱的高度。

### 3. 测量圆柱的质量

- ① 先对电子天平进行水平调整，取下托盘，即可看到水平仪，调节底脚螺栓。
- ② 天平校正，如果天平在空载的情况下偏离零点，按去皮键使天平归零。
- ③ 将物体放在托盘中心，测量4组值。

## 五、数据记录

### (一) 用游标卡尺测量圆筒尺寸

游标尺编号 5-6411，量程 0~125mm，分度值 0.02mm，仪器误差 0.02mm。

次数 内容	外径 D(mm)	内径 d(mm)	高 H(mm)	深 h(mm)
1	37.46	22.20	36.10	28.84
2	37.40	22.18	36.08	28.82
3	37.38	22.22	36.06	28.80
4	37.36	22.24	36.08	28.82
5	37.40	22.20	36.10	28.80
6	37.42	22.22	36.12	28.86
平均值	37.40	22.21	36.08	28.82

### (二) 测量圆柱体的高度

游标尺编号 5-6411 量程 0~125mm，分度值 0.02mm，仪器误差 0.02mm。

次数	1	2	3	4	平均值
高度 h(mm)	34.92	34.90	34.94	34.90	34.92

河北工业大学 物理实验报告

(三)螺旋测微器测圆柱体的直径  
千分尺编号 13200383, 量程 0~25mm 分度值 0.01mm, 仪器误差 0.004mm.

次数	1	2	3	4	平均值
零点 $d_0$ (mm)	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002
测量值 $d_i$ (mm)	19.978	19.993	20.007	19.964	19.986
$d = d_i - d_0$ (mm)	19.980	19.995	20.009	19.966	19.988

(四)密度的间接测量——圆柱体的密度  
天平型号 YP402N, 量程 0~40g, 分度值 0.01g, 仪器误差 0.02g, 用电子天平测量圆柱体的质量  $M = 91.23$  g。

## 六、数据处理

直接测量:

$$d: \sigma_{da} = t_p \sqrt{\frac{\sum_i (d_i - \bar{d})^2}{n(n-1)}} = 1.20 \times \sqrt{\frac{(19.980 - 19.988)^2 + (19.995 - 19.988)^2 + (20.009 - 19.988)^2 + (19.966 - 19.988)^2}{4 \times 3}}$$

$$\sigma_{db} = \frac{\Delta x}{\sqrt{3}} = \frac{0.004}{\sqrt{3}} = 0.0023$$

$$Ed = \frac{\sigma_d}{d} \times 100\% = \frac{0.011}{19.988} \times 100\% = 0.06\%$$

$$\sigma_d = \sqrt{\sigma_{da}^2 + \sigma_{db}^2} = \sqrt{(0.011)^2 + (0.0023)^2} = 0.011$$

$$\begin{cases} d = (19.988 \pm 0.011) \text{ mm} \\ Ed = 0.06\% \end{cases}$$

$$h: \sigma_{ha} = t_p \sqrt{\frac{\sum_i (h_i - \bar{h})^2}{n(n-1)}} = 1.20 \times \sqrt{\frac{(34.92 - 34.92)^2 + (34.90 - 34.92)^2 + (34.94 - 34.92)^2 + (34.90 - 34.92)^2}{4 \times 3}}$$

$$= 0.012$$

$$\sigma_{hb} = \frac{\Delta x}{\sqrt{3}} = \frac{0.02}{\sqrt{3}} = 0.012$$

$$Eh = \frac{\sigma_h}{h} \times 100\% = \frac{0.017}{34.92} \times 100\% = 0.05\%$$

$$\sigma_h = \sqrt{\sigma_{ha}^2 + \sigma_{hb}^2} = \sqrt{(0.012)^2 + (0.012)^2} = 0.017$$

$$\begin{cases} h = (34.920 \pm 0.017) \text{ mm} \\ Eh = 0.05\% \end{cases}$$

m:

$$\sigma_m = \sigma_{mb} = \frac{\Delta m}{\sqrt{3}} = \frac{0.02}{\sqrt{3}} = 0.012$$

$$\begin{cases} m = (91.230 \pm 0.012) \text{ g} \\ Em = 0.013\% \end{cases}$$

$$Em = \frac{\sigma_m}{m} \times 100\% = \frac{0.012}{91.23} \times 100\%$$

$$= 0.013\%$$

河北工业大学 物理实验报告

间接测量： $P = \frac{4m}{\pi d^2 h} = \frac{4 \times 91.23}{\pi \times (1.9888)^2 \times (3.482)} = 8.326 \text{ g/cm}^3$

$$E_p = \sqrt{E_m^2 + 4Ed^2 + Eh^2}$$

$$\sqrt{\left(\frac{\Delta m}{m}\right)^2 + 4\left(\frac{\Delta d}{d}\right)^2 + \left(\frac{\Delta h}{h}\right)^2}$$

$$\bar{E}_p = P \cdot E_p = 8.326 \times 0.12\% \\ = 0.010$$

$$E_p = \sqrt{E_m^2 + 4Ed^2 + Eh^2}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{0.012}{91.23}\right)^2 + 4 \times \left(\frac{0.011}{1.9888}\right)^2 + \left(\frac{0.017}{3.482}\right)^2} = 0.12\%$$

$$\begin{cases} P = (8.326 \pm 0.010) \text{ g/cm}^3 \\ E_p = 0.12\% \end{cases}$$

✓

## 七、实验分析

① 游标卡尺在使用前，要检查主副尺的零线是否对齐，如有零误差要注意正负。

② 不能用游标卡尺测量粗糙物体。不允许在卡尺内移动被夹紧的物体，否则易导致卡口磨损，从而测量不准。

③ 使用螺旋测微计时，尽量握在隔热装置部位，被测工件少用手接触它，以免因热胀而影响精确度。

④ 螺旋测微计用毕后放回盒内时，应将测微螺杆退回几转，使测微螺杆和测砧之间留有间隙，以免因热膨胀而使测微螺杆变形。

## 八、思考题与思维拓展

1. 用游标卡尺测量长度如何读数？游标本身有无估读位数？
2. 使用螺旋测微计时应注意些什么？螺旋测微计零点读数的正、负如何确定？
3. 推导出圆筒体积、圆柱体积的标准不确定度公式。

1. 先读整数：看游标零线的左边，尺身上最靠近的一条刻线的数值，读出被测尺寸的整数部分。再读小数：看游标零线的右边，数出游标第几条线与尺身的数值线对齐，乘以分度值再与整数相加即可。

无。

2. ①螺旋测微器是一种精密的量具，当距离较近时，采用细调，距离较远则先粗调后细调。②使用螺旋测微器要先检查零点。③用过螺旋测微器之后，要将测砧与螺旋测微杆保持一定距离存放。

当微分筒上的零刻度线与固定套筒上的零刻度线上方时，螺旋测微器零点读数为负，反之为正。

3.

$$\text{圆柱体: } V = \frac{\pi}{4} d^2 h$$

$$\delta V = \sqrt{(\frac{\pi}{2} dh)^2 \delta d^2 + (\frac{\pi}{4} d^2) \delta h^2}$$

圆筒体：

$$V = \frac{\pi}{4} D^2 H - \frac{\pi}{4} d^2 h$$

$$\delta V = \sqrt{(\frac{\pi}{2} DH - \frac{\pi}{4} d^2 h)^2 \delta D^2 + (\frac{\pi}{4} D^2)^2 \delta H^2 + (\frac{\pi}{4} D^2 H - \frac{\pi}{2} dh)^2 \delta d^2 + (\frac{\pi}{4} DH - \frac{\pi}{4} d^2 h)^2 \delta h^2}$$

$$\delta V = \sqrt{(\frac{\pi}{2} DH - \frac{\pi}{4} d^2 h)^2 \delta D^2 + (\frac{\pi}{4} D^2)^2 \delta H^2 + (\frac{\pi}{4} D^2 H - \frac{\pi}{2} dh)^2 \delta d^2 + (\frac{\pi}{4} DH - \frac{\pi}{4} d^2 h)^2 \delta h^2}$$

FL14163 张允泽 164618



# 河北工业大学

HEBEI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

1) 水准标尺编号 5-6411 量程 0~125mm 分度值 0.02mm 仪器误差 0.02mm

次數 內容	外径 D(mm)	内径 d(mm)	高 H(mm)	深 h(mm)
1	37.46	22.20	36.10	28.84
2	37.40	22.18	36.08	28.82
3	37.38	22.22	36.06	28.80
4	37.36	22.24	36.08	28.82
5	37.40	22.20	36.10	28.80
6	37.42	22.22	36.12	28.86
平均值	37.40	22.21	36.09	28.82

帶  
3.9

2) 水准标尺编号 5-6411 量程 0~125mm 分度值 0.02mm 仪器误差 0.02mm

次數	1	2	3	4	平均值
高度 h(mm)	34.92	34.90	34.94	34.90	34.92

3) 尺寸编号 B200383 量程 0~25mm 分度值 0.01mm 仪器误差 0.004mm

次數	1	2	3	4	平均值
零点 $d_0$ (mm)	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002
测量值 $d_i$ (mm)	19.978	19.993	20.007	19.964	19.986
$d = d_i - d_0$ (mm)	19.980	19.995	20.009	19.966	19.988

4) 天平型号 YP402N, 量程 0~400g, 分度值 0.01g, 仪器误差 0.02g

用电子天平测量圆柱体质量  $M = \underline{81.23}$  g.