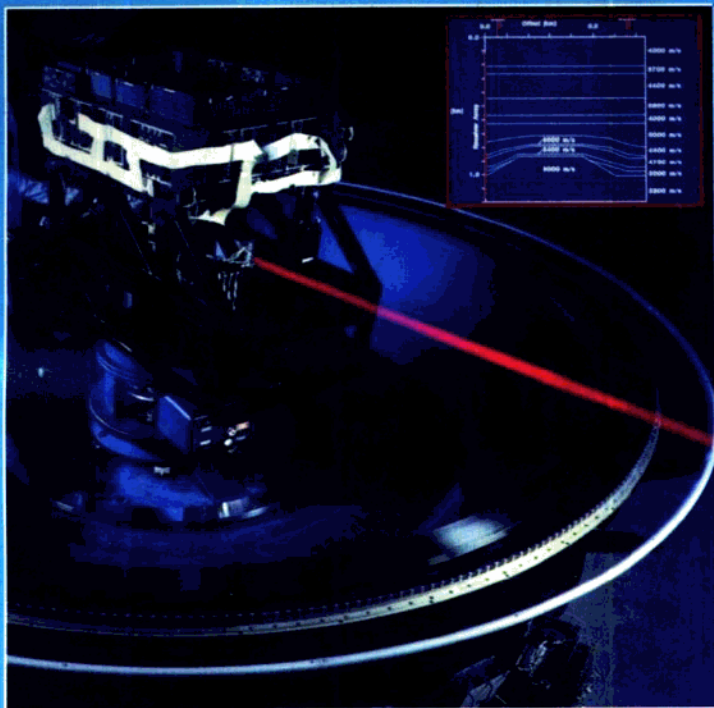


常用物理测量手册

欧阳九令 主编



中国工人出版社

前 言

物理学研究的重大突破,会转化为新的技术革命,继而发展成为新的生产力,推动人类社会的发展。物理学是一门建立在实验基础上的科学,物理概念的形成,物理规律的发现,物理理论的建立,都必须以严格的科学实验为基础,并为以后的科学实验所验证。物理测量是科学实验的重要组成部分,在测量方法确定以后,为了得到具有一定测量准确度的测量结果,关键在于合理选择仪器和正确使用仪器。一个实验工作者必须熟悉测量仪器的技术性能和使用方法。

全书分力学、热学测量仪器,电学、磁学测量仪器,光学测量仪器和测量误差与数据处理四章。前三章介绍了几十种常用物理测量仪器的技术特性和使用方法。80年代以来,为了与国际标准接轨,国家技术监督局制定了一系列的新标准,本书比较全面地介绍了新标准中有关常用物理测量仪器的技术特性。第四章介绍了物理测量中常用计量术语和测量不确定度。

本书由北京大学物理系吕斯骅教授审校。在编写过程中,得到了学校领导的关心,得到了校内外同行的帮助与鼓励,得到了有关生产厂的大力支持,在此表示衷心感谢。

全书由欧阳九令负责统稿,其中§2-14、§2-15、§2-16、§2-20、§2-21、§2-22等节由刘家华同志编写。

由于水平有限,书中定有不少错误和缺点,敬请读者批评指正。

编者

1997年1月

目 录

第一章 力学、热学测量仪器

§ 1-1 游标卡尺	1
§ 1-2 外径千分尺	8
§ 1-3 秒表	13
§ 1-4 天平	19
§ 1-5 砝码	37
§ 1-6 玻璃温度计	40
§ 1-7 热电偶温度计	47
§ 1-8 电阻温度计	60
§ 1-9 热偶真空计	70
§ 1-10 电离真空计	73
§ 1-11 复合真空计	77
§ 1-12 旋片式真空泵	77
§ 1-13 油扩散泵	81
§ 1-14 油扩散泵高真空抽气机组	84
§ 1-15 气垫导轨	88
§ 1-16 数字毫秒计	90

第二章 电学、磁学测量仪器

§ 2-1 电测量指示仪表概述	95
§ 2-2 电流表和电压表	116
§ 2-3 直流磁电系电流计	129
§ 2-4 多用(电)表	142
§ 2-5 直流电桥	152
§ 2-6 直流电势差计	170
§ 2-7 直流多值电阻器	185
§ 2-8 霍尔效应磁强计	191
§ 2-9 标准电池	202
§ 2-10 标准电阻器	205
§ 2-11 标准电容器	208
§ 2-12 标准电容箱	210
§ 2-13 标准电感器	212
§ 2-14 阴极射线示波器	214
§ 2-15 低频信号发生器	237
§ 2-16 电源	243
§ 2-17 交流电桥	253

§ 2-18 绝缘电阻表(兆欧表)	262
§ 2-19 滑线变阻器	267
§ 2-20 数字电压表(DVM)	272
§ 2-21 数字多用表(DMM)	279
§ 2-22 电子计数器	287
§ 2-23 直流电阻分压箱	295

第三章 光学测量仪器

§ 3-1 光学仪器的基本知识	298
§ 3-2 分光计	301
§ 3-3 读数显微镜	311
§ 3-4 迈克耳孙干涉仪	313
§ 3-5 棱镜摄谱仪	317
§ 3-6 交流电弧火花发生器	327
§ 3-7 光谱投影仪	330
§ 3-8 阿贝比长仪	334
§ 3-9 测微目镜	337
§ 3-10 常用光源	338

第四章 测量误差与数据处理

§ 4-1 物理测量中常用计量术语	343
§ 4-2 测量不确定度	357

附录一 电子计算器	367
-----------------	-----

附录二 部分生产厂的地址及邮编	373
-----------------------	-----

参考文献	374
------------	-----

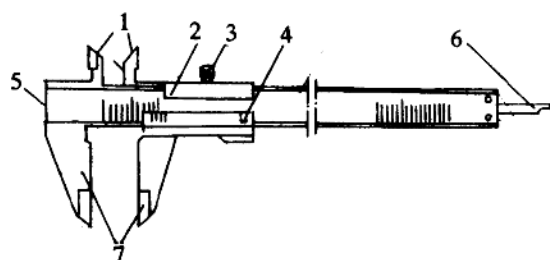
第一章 力学、热学测量仪器

§ 1-1 游标卡尺

游标卡尺是用于测量工件的内径、外径、长度和深度等尺寸的量具。

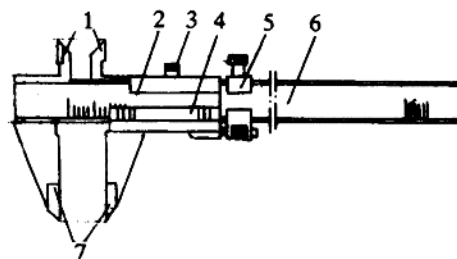
[分类]

1. 按结构型式分为 I、II、III、N 型四种,如图 1-1-1 所示。



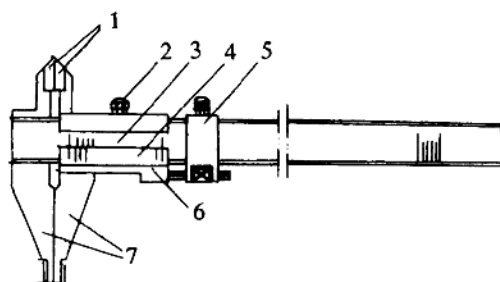
I 型游标卡尺

1. 内量爪;2. 尺框;3. 紧固螺钉;
4. 游标;5. 尺身;6. 深度尺;7. 外量爪。



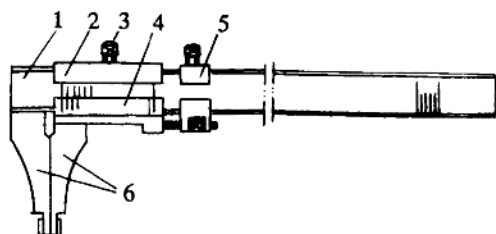
II 型游标卡尺

1. 内量爪;2. 尺框;3. 紧固螺钉;
4. 游标;5. 微动装置;6. 尺身;7. 外量爪。



Ⅲ型游标卡尺

1. 外量爪; 2. 紧固螺钉; 3. 尺身;
4. 游标; 5. 微动装置; 6. 尺框; 7. 内外量爪。



Ⅳ型游标卡尺

1. 尺身; 2. 尺框; 3. 紧固螺钉;
4. 游标; 5. 微动装置; 6. 内外量爪。

图 1-1-1 游标卡尺的型式

2. 按分度值分为 0.02、0.05、0.10mm 三种。

[规格]

游标卡尺的主要规格有：

1. 分度值(或游标读数值)。
2. 测量范围。

I、II、III、IV 型游标卡尺相应的测量范围和分度值见表 1-1-1。

表 1-1-1 游标卡尺测量范围和分度值

型 式	测 量 范 围 (mm)	分 度 值 (mm)
I 型	0—125, 0—150	0.02, 0.05, 0.10
II、III 型	0—200, 0—300	
IV 型	0—500, 0—1000	

[结构与原理]

游标卡尺一般由尺身、尺框、游标、量爪和深度尺等组成。尺身上刻有间距为 1mm 的刻度,尺框可沿尺身滑动,游标固定在尺框上。外量爪用来测量物体的长度和外径,内量爪用来测量内径,深度尺用来测量深度。

1. 分度值

游标卡尺的设计一般有以下两类:

(1) 主尺上 $(n-1)$ 个分格的长度等于游标上 n 个分格的长度, 如图 1-1-2(a) 所示。设主尺每格长度为 a , 游标每格长度为 b , 则有

$$nb = (n-1)a, \quad (1-1-1)$$

游标卡尺的分度值为

$$i = a - b = \frac{a}{n}. \quad (1-1-2)$$

(2) 主尺上 $(2n-1)$ 个分格的长度等于游标上 n 个分格的长度, 如图 1-1-2(b) 所示, 即

$$nb = (2n-1)a, \quad (1-1-3)$$

游标卡尺的分度值为

$$i = 2a - b = \frac{a}{n}. \quad (1-1-4)$$

2. 读数方法

图 1-1-3 所示游标卡尺主尺一分格的长度为 $a = 1\text{mm}$, 游标上一分格的长度为 $b = 0.98\text{mm}$, 分度值为 $i = \frac{a}{n} = \frac{1}{50}\text{mm} = 0.02\text{mm}$ 。游标上第 1 根刻线与主尺上第 1 根刻线对齐时, 游标“0”刻线与主尺“0”刻线之间距离为 $1 \times 0.02\text{mm}$, 两尺第 2 根刻线对齐时, 两“0”刻线之间距离为 $2 \times 0.02\text{mm}$ 。依此类推, 两尺第 m 根刻线对齐时, 两“0”刻线之间距离为 $m \times 0.02\text{mm}$ 。因此, 游标可用来测量毫米以下的长度。

使用游标卡尺进行测量时, 首先要弄清楚分度值是多少, 然后看清楚游标第几根刻线与主尺的某刻线对齐, 具体步骤如下:

(1) 由游标“0”线左边最接近“0”线的那根主尺刻线, 从主尺上读出整毫米数 k ;

(2) 若游标第 m 根刻线与主尺上某刻线对齐, 测从游标上读出毫米以下小数部分为 mi , 则有

$$\text{待测尺寸} = k + mi$$

例 图 1-1-3 所示的游标卡尺的分度值 $i = 0.02\text{mm}$, 游标上第 22 根刻线与主尺上的刻线对齐, 则有

$$\text{待测尺寸 } l = k + mi = 21 + 22 \times 0.02 = 21.44\text{mm}$$

为便于读数, 在游标上刻有标度数字。

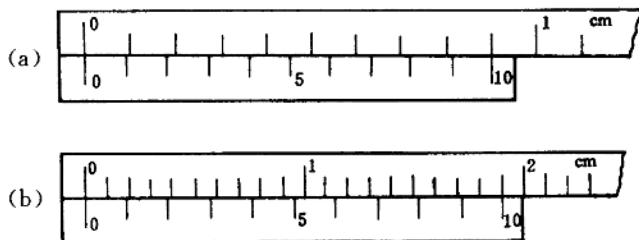


图 1-1-2

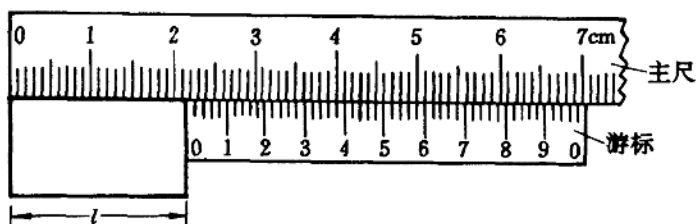


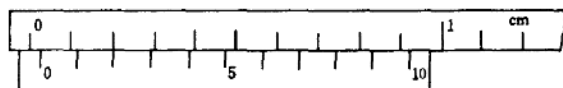
图 1-1-3 游标卡尺的读数

例 分度值 $i=0.02\text{mm}$ 的游标卡尺,游标上刻有 0、1、2、3……9 等标度数字(见图 1-1-3),若游标上第 40 根刻线与主尺某刻线对齐,则游标上读数为 $40 \times 0.02 = 0.80\text{mm}$,可直接由标度数字“8”读出。

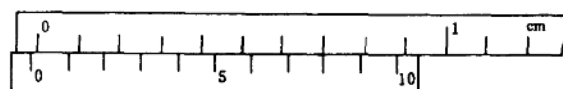
[使用与维护]

1. 根据测量准确度要求及待测尺寸的估计值选择分度值和测量范围合适的游标卡尺。
2. 使用前,应将卡尺和工件擦洗干净,检查量爪的测量面是否有伤痕和毛刺,是否平直。检查尺框和微动装置移动是否灵活,紧固螺钉是否起作用。
3. 检查游标卡尺的零位。当外量爪紧密贴合时,若游标零线与主尺零线不能对齐,应记下零点读数,零点读数可以是正值,也可以是负值(见图 1-1-4)。测量值应按下式进行修正。

$$\text{待测尺寸} = \text{读数值} - \text{零点读数}$$



(a) 零点读数为 $+0.2\text{mm}$



(b) 零点读数为 -0.2mm

图 1-1-4 分度值为 0.10mm 的游标卡尺的零点读数

4. 操作要正确。一般情况可用左手拿待测工件,右手拿卡尺,右手大拇指控制推把推动尺框沿尺身滑动,待测工件应放在量爪的中间部位(见图 1-1-5)。测量时,要掌握好量爪的测量面与工件表面接触时的压力,使测量面与工件正好接触,同时,量爪还能沿着工件表面自由滑动。

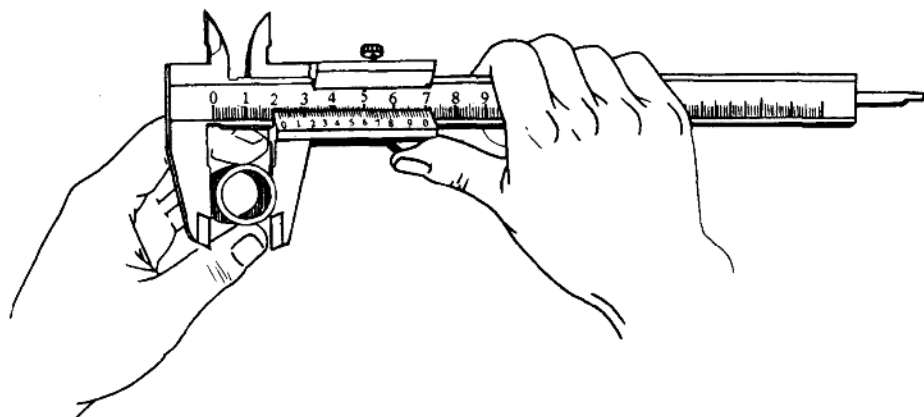


图 1-1-5 游标卡尺的操作

测量时,尺框不得歪斜,测内、外尺寸时,量爪的测量面与待测工件表面接触点的连线应与被测工件表面相垂直。

5. 读数时视线尽可能垂直标尺,以减少视差。

6. 不能用卡尺测量运动中的工件。

7. 注意保护量爪的测量面。

8. 使用完毕,应放入专用量具盒内,长期不用时,应涂防锈油。

9. 为了保持卡尺的准确度,必须进行定期检定。游标卡尺的外测量示值误差和测量深度 20mm 的示值误差,无论尺框紧固与否均不应超过表 1-1-2 的规定。

表 1-1-2 游标卡尺的示值误差

1. GB1214-85

(mm)

测 量 长 度	示 值 误 差		
	游 标 读 数 值		
	0.02	0.05	0.10
0~150	±0.02	±0.05	±0.10
>150~200	±0.03	±0.05	
>200~300	±0.04	±0.08	
>300~500	±0.05	±0.08	
>500~1000	±0.07	±0.10	±0.15
测量深度为 20mm 的示值误差	±0.02	±0.05	±0.10

尺寸范围	游 标 读 数 值		
	0.02	0.05	0.10
	示 值 误 差		
0~300	± 0.02	± 0.05	0.10
300~500	± 0.04	± 0.07	0.10
500~1000	± 0.06	± 0.10	0.15

[测量误差分析]

影响游标卡尺测量准确度的因素很多,其主要因素有:

1. 仪器本身加工准确度带来的误差

- (1)主尺刻度误差;
- (2)游标刻度误差;
- (3)刻线宽度误差;
- (4)主尺基准面不平造成的误差;
- (5)测量面不平造成的误差;
- (6)测量面不平行造成的误差。

2. 零位误差

卡尺由于长期使用磨损会产生零位误差,即量爪测量面闭合接触时,游标零线与主尺零线不对齐。游标零线与主尺零线不重合度应不超过表 1-1-3 的规定,超过时应送去检修。

表 1-1-3 游标卡尺刻线的不重合度(GB1214-85)

(mm)

游标分度值	"0"刻线的不重合度	尾刻线的不重合度
0.02	± 0.005	± 0.01
0.05	± 0.005	± 0.02
0.10	± 0.010	± 0.03

3. 视差产生的误差

游标刻度表面至尺身刻度表面有一定距离,这个距离应不大于表 1-1-4 的规定。由于这个距离的存在使得读数时可能产生视差。最小视差的产生的测量误差为(见图 1-1-6)

表 1-1-4 游标刻线表面棱边至主尺刻线表面的距离 h (GB1214-85)

(mm)

游标分度值	h	
	测量范围 ≤ 500	测量范围 $> 500 \sim 1000$
0.02	0.20	0.25
0.05	0.22	0.27
0.10	0.25	0.30

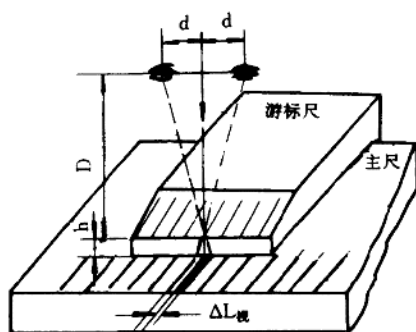


图 1-1-6

$$\Delta L_{\text{视}} = \frac{hd}{D} \quad (1-1-5)$$

式中, d ——两眼瞳孔中心距的一半, $d \approx 30\text{mm}$;

h ——游标刻度尺边缘的厚度;

D ——明视距离, $D=250\text{mm}$ 。

例 求分度值为 0.02mm , 量程为 125mm 的游标卡尺由于最小视差产生的测量误差。

解: 由表 1-1-4 可查出 $h=0.20\text{mm}$, 代入 (1-1-5) 式可得

$$\Delta L_{\text{视}} = \frac{hd}{D} = \frac{0.20 \times 30}{250} = 0.024\text{mm}。$$

4. 温度差产生的误差

卡尺的示值误差一般是规定在 20°C 温度下用块规进行检定的。当使用卡尺测量时, 卡尺和待测物体的温度均不是 20°C , 就会产生测量误差。由于温度变化产生的测量误差为

$$\Delta L_t = [\alpha_1(t_1 - t_0) - \alpha_2(t_2 - t_0)]L \quad (1-1-6)$$

式中, α_1 ——待测工件材料的线膨胀系数, $1/^\circ\text{C}$;

α_2 ——卡尺材料的线膨胀系数, $1/^\circ\text{C}$;

t_1 ——待测工件的温度, $^\circ\text{C}$;

t_2 ——卡尺的温度, $^\circ\text{C}$;

t_0 ——标准温度, $t_0=20^\circ\text{C}$;

L ——待测工件的尺寸。

从 (1-1-6) 式可见, 当满足 $\alpha_1 = \alpha_2, t_1 = t_2$ 时, $\Delta L_t = 0$ 。一般情况下 $\alpha_1 \neq \alpha_2$, 为了减少误差, 尽可能使 $t_1 \approx t_2$, 必要时, 应将卡尺预先放置在工件附近预热。

例 测量一长度为 50mm 的黄铜件, $t_1=40^\circ\text{C}$, $\alpha_1=18.5 \times 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$, 卡尺 $t_2=25^\circ\text{C}$, $\alpha_2=11.5 \times 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$, 求 ΔL_t 。

解: 把以上数据代入 (1-1-6) 式可得

$$\Delta L_t = [18.5 \times 10^{-6} \times (40 - 20) - 11.5 \times 10^{-6} \times (25 - 20)] \times 50 = 0.016\text{mm}。$$

5. 游标尺框倾斜产生的误差

因为卡尺在结构上没有遵守“被测长度应放在作为标准尺的刻度延长线上”的阿贝原理,所以尺框倾斜产生较大误差。

设游标尺框由于用力过大相对主尺倾斜 θ 角,尺框倾斜产生的测量误差为

$$\Delta L_{\text{倾}} = L - l = \delta_1 + \delta_2. \quad (1-1-7)$$

式中, L —工件的实际尺寸;

l —尺框倾斜时,卡尺测得示值。

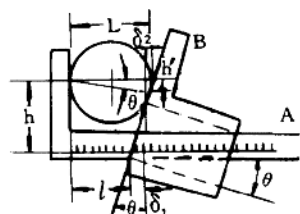


图 1-1-7

从图 1-1-7 可得

$$\delta_1 = (h - h') \tan \theta \approx (h - h') \theta, \quad (1-1-8)$$

$$h' = L \theta, \quad (1-1-9)$$

$$\delta_2 = L(1 - \cos \theta) \approx L \frac{\theta^2}{2}, \quad (1-1-10)$$

当 θ 角较小时,有

$$\theta \approx \tan \theta = \frac{\Delta}{L_1}, \quad (1-1-11)$$

式中, Δ —尺框与尺身宽度方向配合间隙;

L_1 —尺框与尺身配合长度。

将(1-1-8)、(1-1-9)、(1-1-10)、(1-1-11)式代入(1-1-7)式,可得

$$\Delta L_{\text{倾}} = h \frac{\Delta}{L_1}. \quad (1-1-12)$$

因此,在使用卡尺时,应使被测物体尽量靠近尺身(减少 h),可减少由于尺框倾斜所产生的误差。

§ 1-2 外径千分尺

外径千分尺是比游标卡尺更精密的长度测量仪器,又称为螺旋测微器。

[分类]

1. 按结构型式分为:

(1)测砧为固定式的千分尺,如图 1-2-1 所示。

(2)测砧为可调式或可换式的千分尺,如图 1-2-2 所示。

2. 按测量范围分为:

0~25,	25~50,	50~75,	75~100,	100~125,	125~150,
150~175,	175~200,	200~225,	225~250,	250~275,	275~300,
300~325,	325~350,	350~375,	375~400,	400~425,	425~450,
450~475,	475~500,	500~600,	600~700,	700~800,	800~900,
900~1000mm。					

注:测量范围 300mm 以上的千分尺允许制成可调式或可换式测砧。

[规格]

外径千分尺的主要规格有:

1. 分度值,一般为 0.01mm。
2. 量程,一般为 25mm,少数为 100mm。

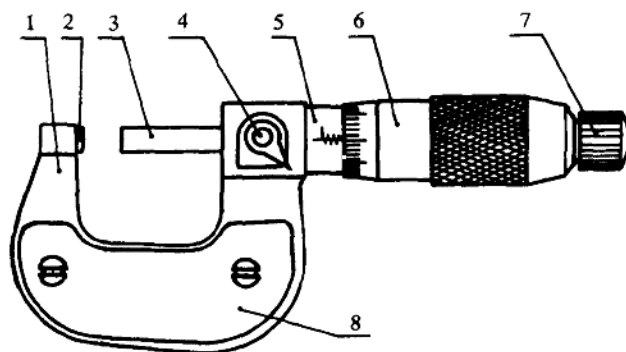


图 1-2-1 测砧为固定式的千分尺

1. 尺架;2. 测砧;3. 测微螺杆;4. 锁紧装置;5. 固定套管;
6. 微分筒;7. 测力装置;8. 隔热装置。

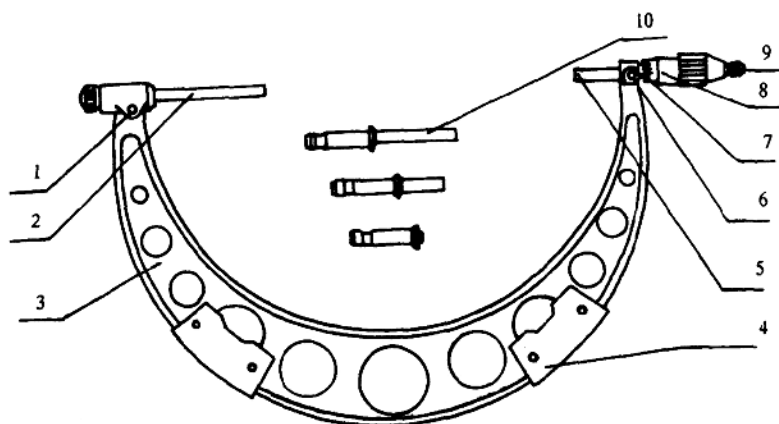


图 1-2-2 测砧为可换式的千分尺

1. 测砧紧固螺钉;2. 测砧;3. 尺架;4. 隔热装置;5. 测微螺杆;
6. 锁紧装置;7. 固定套管;8. 微分筒;9. 测力装置;10. 可换测砧。

[结构与原理]

外径千分尺一般由尺架、测砧、测微螺杆、固定套管、微分筒、测力装置和锁紧装置等组成,如图 1-2-1 所示。测微螺杆、微分筒和测力装置是联在一起的,旋转微分筒时能带动测微螺杆一起旋转,旋转测力装置时能带动微分筒和测微螺杆一起旋转。测微螺杆旋转同时也改变了测微螺杆端面与测砧之间的距离。

读数机构由固定套管和微分筒组成。在固定套管上刻有水平刻线,作为微分筒读数的基准线。水平刻线上(或下)方有 25 个分格,间距为 1mm,作为整毫米标尺。水平刻线下(或上)方靠右错开 0.5mm 刻有 24 个分格,作为半毫米标尺。微分筒的棱边作为整毫米和半毫米的读数准线(见图 1-2-3(a))。微分筒的圆周斜面上刻有 50 个分格,测微螺杆的螺距为 0.5mm,当微分筒旋转一个分格时,测微螺杆向左或向右移动 0.01mm。因此,微分筒的分度值为 0.01mm,微分筒的测量范围是 0~0.5mm。

读数时先由微分筒棱边的左边从固定套管上读出整毫米数和半毫米数,再从微分筒上读出 0.5mm 以内部分,还要估读到 0.001mm 那一位。则有

$$\text{待测尺寸} = \text{固定套管上读数} + \text{微分筒上读数}$$

测量时一定要注意微分筒棱边与最接近的那根毫米刻线之间的距离是否大于半毫米,如果大于半毫米,那么,固定套管的毫米读数应加上 0.5mm。例如,图 1-2-3(b)读数是 4.685mm,不是 4.185mm,图 1-2-3(c)不是 2.475mm,而是 1.975mm。

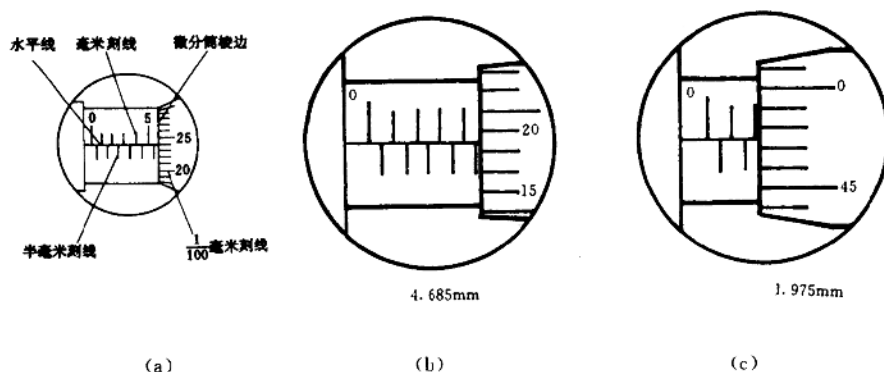


图 1-2-3 千分尺的读数

[使用与维护]

1. 根据测量准确度要求及待测尺寸的估计值选择合适的外径千分尺。
2. 将千分尺的测量面及待测工件擦干净,然后检查微分筒转动是否灵活,锁紧装置是否可靠,测力装置是否有效。
3. 检查千分尺的零位。轻轻转动测力装置,使测杆和测砧的测量面接触,如果微分筒的零刻线与固定套管上水平线对准,同时微分筒的棱边与固定套管的零刻线重合,这时千分尺零点读数为 0.000mm。若微分筒的零刻线在固定套管的水平线之下,零点读数取正值,如图 1-2-4(a)所示。若微分筒零刻线在固定套管的水平线之上,零点读数取负值,如图 1-2-4(b)所示。因此,测量前应记下千分尺的零点读数,测量值按下式进行修正。

$$\text{测量值} = \text{读数} - \text{零点读数}$$

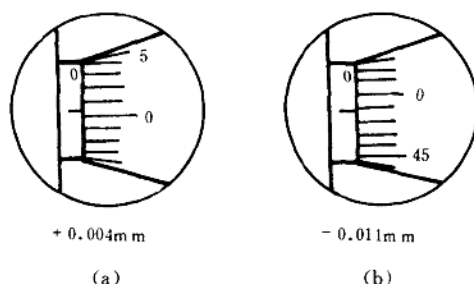


图 1-2-4 千分尺的零点读数

4. 测量时,在比较大范围内调节千分尺时,用右手旋转微分筒。当测量面与待测工件快接触时,应小心旋转测力装置,使测量面轻轻地和工件接触,当发出“咔咔”的响声后,就可以进行读数。

5. 千分尺测微螺杆的中心线要与工件被测长度方向相一致,不要歪斜。

6. 不要在工件转动状态下进行测量。

7. 注意消除视差。

8. 测量时,一般用手握住隔热装置,可以减少温度差产生的测量误差。

9. 使用完毕,应使两测量面之间留出一定间隙,可防止因热胀而损坏螺纹,并将千分尺放入专用量具盒内,长期不用时应涂以防锈油。

10. 为保持千分尺的准确度,必须进行定期检定。千分尺的示值误差应不大于表 1-2-1 的规定。

[测量误差分析]

影响外径千分尺准确度的主要因素有:

1. 仪器本身加工准确度带来的误差

(1)测微螺杆的螺距误差给示值带来误差;

(2)两测量面不平行造成的误差;

表 1-2-1 千分的示值误差

1. GB1216-85		(mm)
测量范围		示值误差
0~25, 25~50		±0.004
50~75, 75~100		±0.005
100~125, 125~150		±0.006
150~175, 175~200		±0.007
200~225, 225~250		±0.008
250~275, 275~300		±0.009

续表 1-2-1

测量范围	示值误差
300~325, 350~375 325~350, 375~400	± 0.011
400~425, 450~475 425~450, 475~500	± 0.013
500~600	± 0.015
600~700	± 0.016
700~800	± 0.018
800~900	± 0.020
900~1000	± 0.022

2. GB1216~75

(mm)

测量范围	示 值 误 差	
	0 级	1 级
0~25, 25~50 50~75, 75~100	± 0.002	± 0.004
100~125, 125~150		± 0.005
150~175, 175~200		± 0.006
200~225, 225~250 250~275, 275~300		± 0.007
300~400		± 0.008
400~500		± 0.010
500~600		± 0.012
600~700		± 0.014
700~800		± 0.016
800~900		± 0.018
900~1000		± 0.020

(3)两测量面不平造成的误差;

(4)微分筒分度误差;

(5)微分筒刻线与固定套管水平刻线间宽度差产生的误差;

(6)固定套管水平刻线与轴线不平行产生的误差。

2. 零位误差

轻轻地转动测力装置,使两测量面接触,若零点读数不是 0.000mm,则存在零位误差。当离线(指微分筒端面离开固定套管的“0”线)大于 0.10mm 或压线(指微分筒端面压住或盖住固定套管“0”线)大于 0.05mm 时,必须调整零位,其调整方法如下:

(1)使用测力装置,转动测微螺杆,使两测量面接触。

(2)锁紧测微螺杆。

(3)用专用小扳手插入固定套管的小孔内,扳转固定套管一个角度,使固定套管的水平刻线与微分筒上零刻线对准,同时使微分筒的棱边与固定套管上零刻线重合。

(4)若偏离零线较大时,需用螺丝刀将固定套管上的紧固螺丝松脱,并使测微螺杆与微分筒松动,转动微分筒,则可进行零位粗调,然后再按上述步骤进行微调。

3. 测力变化产生的误差

由于千分尺尺架刚性不足,在测力作用下将发生变形,从而使两测量面间沿测微螺杆轴线方向的距离将增大,当测力不恒定时,会给示值带来误差。

4. 视差产生的误差

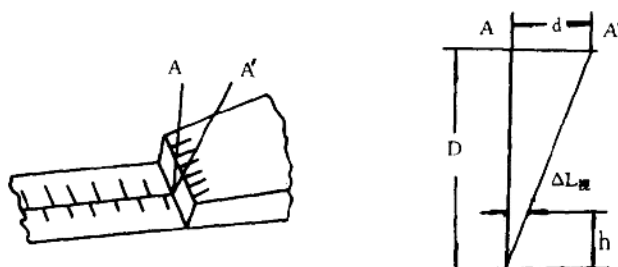


图 1-2-5

由于千分尺的固定套管的刻线面和微分筒的刻线面不在同一个圆柱面上,因此,读数时会产生视差。由图 1-2-5 可得最小视差为

$$\Delta L_{\text{视}} = \frac{d}{D} h. \quad (1-2-1)$$

式中, d ——两眼瞳孔中心距的一半, $d \approx 30\text{mm}$;

D ——明视距离, $D = 250\text{mm}$;

h ——固定套管与微分筒两刻线面间的距离。

国家标准 GB1216-85 规定,分度值为 0.01mm 的千分尺,其固定套管纵刻线表面至微分筒锥面棱边的距离应不大于 0.4mm ,最小视差为

$$\Delta L_{\text{视}} = \frac{0.4 \times 30}{250} = 0.048\text{mm}.$$

设微分筒锥面小端直径 $D_0 = 15.4\text{mm}$,微分筒圆周分度 $n = 50$ 格,微分筒刻线间距 a 为

$$a = \frac{\pi D_0}{n} = \frac{\pi \times 15.4}{50} = 0.968\text{mm},$$

视差 $\Delta L_{\text{视}}$ 对示值产生的误差为

$$\Delta d_{\text{视}} = \frac{\Delta L_{\text{视}}}{a} \times 0.01 = 0.0005\text{mm}.$$

可见,最小视差对估读位产生的影响可以忽略。

5. 温度影响

使用外径千分尺时,如果手直接握住尺架,就会使千分尺和工件的温度不一致,会产生测量误差。一般情况下,应使千分尺与工件具有相同温度。

§ 1-3 秒表

秒表是测量时间段用的计量器具,被广泛用于工业、科学研究、医疗和体育等部门。