

1.4 仪器误差

1.4.1 仪器的最大误差

测量是用仪器或量具进行的.有的仪器比较粗糙或灵敏度较低;有的仪器比较精确或灵敏度较高,但任何仪器都存在误差.仪器误差就是指在正确使用仪器的条件下,测量所得结果的最大误差,或误差限,用 $\Delta_{\text{仪}}$ 表示.

仪器准确度的级别通常是由制造工厂和计量机构使用更精确的仪器、量具,检定比较后给出的.由所用仪器的量程和级别(或只用级别)就可以算出仪器误差 $\Delta_{\text{仪}}$ 的大小.下面列举几种常用器具的仪器误差.

(1) 游标卡尺、螺旋测微器(千分尺)的仪器示值误差 游标卡尺不分精度等级,一般测量范围在 300 mm 以下的卡尺其分度值便是仪器的示值误差,因为确定游标卡尺上哪条线与主尺上某一刻度对齐,最多只可能有左右一条线之差,举例如表 01-1 所示.

表 01-1 游标卡尺的仪器示值误差

示值误差/mm 分度值/mm 测量范围/mm	0.02	0.05	0.1
0~300	± 0.02	± 0.05	± 0.1
300~500	± 0.04	± 0.05	± 0.1

螺旋测微器分零级和一级两类,通常实验室使用的为一级,其示值误差也根据测量范围不同而不同.举例如表 01-2 所示.

表 01-2 螺旋测微器的仪器示值误差

测量范围/mm	0~100	100~150	150~200
示值误差/mm	±0.004	±0.005	±0.006

(2) 物理天平的示值误差 物理实验室常用物理天平,某些型号物理天平的感量及其允许误差举例如表 01-3 所示.

表 01-3 物理天平的仪器示值误差

型号	最大称量/g	感量/mg	不等臂偏差/mg	示值变动性误差/mg
WL	500	20	60	20
WL	1 000	50	100	50
TW-02	200	20	<60	<20
TW-05	500	50	<150	<50
TW-1	1 000	100	<300	<100

(3) 电表的示值误差 根据中华人民共和国国家标准 GB776-65《电气测量指示仪表通用技术条例》,规定电表准确度 S_n 分为 0.1,0.2,0.5,1.0,1.5,2.5,5.0 七级,在规定条件下使用时,其示值 x 的最大绝对误差为

$$\begin{aligned}\Delta_{\text{仪}} &= \pm \text{量程} \times \text{准确度等级} \% \\ &= \pm x_m \times S_n \% \end{aligned} \tag{01-13}$$

例如:0.5 级电压表量程为 3 V 时:

$$\Delta V_{\text{仪}} = \pm 3 \times \frac{0.5}{100} \text{V} = \pm 0.015 \text{V}$$

1.4.2 仪器的标准误差

仪器误差也同样包含系统误差和随机误差两部分.究竟哪个因素为主,要具体分析.一般级别较高的仪表(如 0.2 级)主要是随机误差,级别低的或工业用仪表则主要是系统误差.实验室常用仪表(如 0.5 级)两种误差都有,且数值相近.如何确定仪器的标准误差呢?它与上述仪器最大示值误差间关系又如何?

一般仪器误差的概率密度函数遵从均匀分布,如图 01-5 所示.在 $\Delta_{\text{仪}}$

范围内,各种误差(不同大小和符号)出现的概率相同,区间外出现的概率为0.例如游标卡尺的仪器误差、仪器度盘或其他传动齿轮的回差所产生的误差、机械秒表在其分度值内不能分辨引起的误差、级别较高的仪器和仪表的误差等都呈现均匀分布.误差发生在 $(-\Delta_{\text{仪}}, +\Delta_{\text{仪}})$ 区间内的概率为

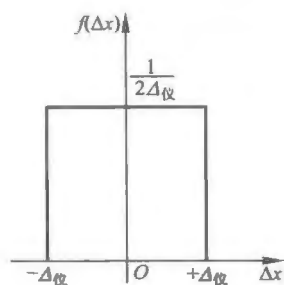


图 01-5 仪器误差的分布曲线

$$\int_{-\Delta_{\text{仪}}}^{+\Delta_{\text{仪}}} f(\Delta x) d\Delta x = 1$$

所以误差服从的规律为

$$f(\Delta x) = \frac{1}{2\Delta_{\text{仪}}}$$

可算得标准误差为

$$\sigma_{\text{仪}} = \frac{\Delta_{\text{仪}}}{\sqrt{3}} \quad (01-14a)$$

若仪器误差的概率密度函数遵从正态分布,则

$$\sigma_{\text{仪}} = \frac{1}{3}\Delta_{\text{仪}} \quad (01-14b)$$