



石家莊鐵道大學
SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY

在线开放课程

几何量测基础

测量列的数据处理

主讲：聂国权

目录



在线开放课程

- 直接测量列的数据处理
- 间接测量列的数据处理

1、直接测量列的数据处理

- 判断定值系统误差(测量器具、方法、环境、标准件);
- 计算算术平均值; $\bar{x} = \sum x_i / N$
- 计算残余误差; $v_i = x_i - \bar{x}$
- 判断变值系统误差(残差观察法);
- 计算单次测量值的标准偏差; $\sigma \approx S = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum v_i^2}$ (Bessel)
- 判断粗大误差(3σ ($|v_i| > 3S$)), 每次1个, 剔完为止);
- 计算算术平均值的标准偏差; $\sigma_{\bar{x}} = S / \sqrt{N}$
- 计算算术平均值的测量极限误差; $\delta_{\lim(\bar{x})} = \pm 3\sigma_{\bar{x}}$
- 确定测量结果 $x_e = \bar{x} \pm 3\sigma_{\bar{x}}$, 置信概率为**99.73%**。

2、间接测量列的数据处理

➤ 函数及其微分表达式

➤ 被测几何量是实测几何量的多元函数

$$y = F(x_1, x_2, \dots, x_m)$$

y -欲测几何量；

x_i -实测几何量

2、间接测量列的数据处理

➤ 被测量的测量误差可用函数的全微分来表

示

$$dy = \frac{\partial F}{\partial x_1} dx_1 + \frac{\partial F}{\partial x_2} dx_2 + \dots + \frac{\partial F}{\partial x_m} dx_m$$

dy -欲测几何量的测量误差； dx_i -实测几何量的测量误差；

$\frac{\partial F}{\partial x_i}$ -测量误差传递系数

2、间接测量列的数据处理

➤ 函数系统误差的计算

$$\Delta y \approx \frac{\partial F}{\partial x_1} \Delta x_1 + \frac{\partial F}{\partial x_2} \Delta x_2 + \dots + \frac{\partial F}{\partial x_m} \Delta x_m$$

Δy -欲测几何量的系统误差； Δx_i -实测几何量的系统误差

2、间接测量列的数据处理

➤ 函数随机误差的计算

标准偏差:

$$\sigma_y = \sqrt{\left(\frac{\partial F}{\partial x_1}\right)^2 \sigma_{x_1}^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial x_2}\right)^2 \sigma_{x_2}^2 + \dots + \left(\frac{\partial F}{\partial x_m}\right)^2 \sigma_{x_m}^2}$$

极限误差:

$$\delta_{\lim(y)} = \pm \sqrt{\left(\frac{\partial F}{\partial x_1}\right)^2 \delta_{\lim(x_1)}^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial x_2}\right)^2 \delta_{\lim(x_2)}^2 + \dots + \left(\frac{\partial F}{\partial x_m}\right)^2 \delta_{\lim(x_m)}^2}$$

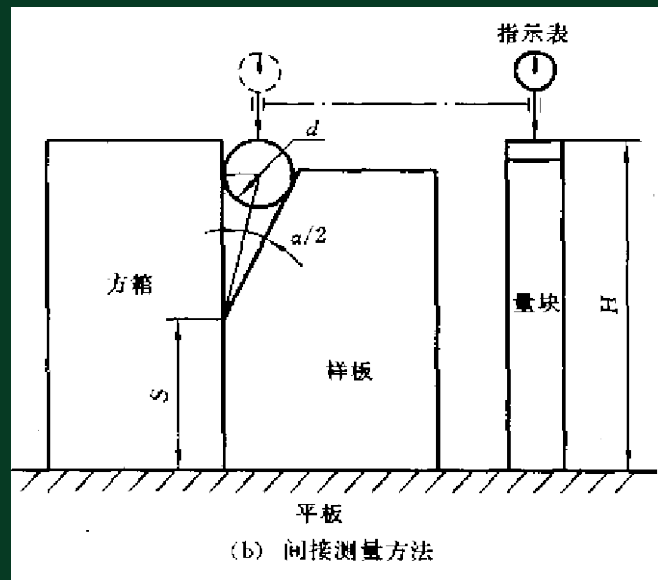
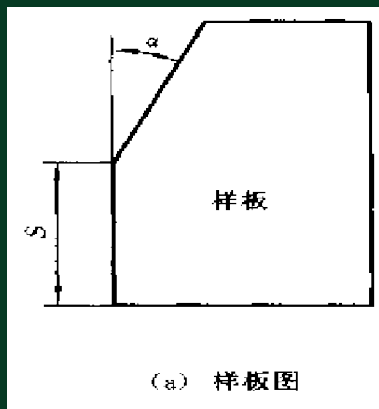
2、间接测量列的数据处理

- 找出函数表达式；
- 求出欲测几何量的函数值 y ；
- 计算系统误差值 Δy ；
- 计算标准偏差 σ_y 和测量极限误差 $\delta_{\lim(y)}$ ；
- 给出欲测几何量的结果表达式，置信概率为99.73%。

$$y_e = (y - \Delta y) \pm \delta_{\lim(y)}$$

2、间接测量列的数据处理

例：设计要求： $\alpha=15^{\circ} 30' \pm 20''$ ， $S=20 \pm 0.009\text{mm}$ ，间接测量 S ，先测 d 和 α ，再测 H ，最后计算 S 。试求 S 的测量极限误差 $\delta_{\text{im}}(S)$ ，并判断样板是否合格。



$$S = H - \frac{d}{2} \left(1 + \cot \frac{\alpha}{2} \right)$$

2、间接测量列的数据处理

已知各参数实际测得值、系统误差和测量极限误差分别为：

$$d=4.0050\text{mm}, \Delta d=+0.0030\text{mm}, \delta_{\text{lim}(d)}= \pm 0.0005\text{mm}$$

$$a=15^{\circ} 30', \Delta a=+15''(0.000072\text{rad}), \delta_{\text{lim}(a)}= \pm 7''(0.000036\text{rad})$$

$$H=36.7300\text{mm}, \Delta H=+0.0015\text{mm}, \delta_{\text{lim}(H)}= \pm 0.0007\text{mm}$$

解:

➤ 列出函数关系式，求出函数值

$$S = H - \frac{d}{2} \left(1 + \cot \frac{\alpha}{2} \right)$$
$$= 36.7300 - \frac{4.0050}{2} (1 + \cot 7^\circ 45') = 20.0130 \text{ mm}$$

➤ 写出函数的全微分表达式，计算测量误差传递系数

$$dS = \frac{\partial S}{\partial H} dH + \frac{\partial S}{\partial d} dd + \frac{\partial S}{\partial \alpha} d\alpha$$

$$\frac{\partial S}{\partial H} = 1$$

$$\frac{\partial S}{\partial d} = -\frac{1}{2} (1 + \cot 7^\circ 45') = -4.174$$

$$\frac{\partial S}{\partial \alpha} = \frac{d}{4 \sin^2 7^\circ 45'} = \frac{4.0050}{0.0727} = 55.089 \text{ mm} = 55089 \mu\text{m}$$

➤ 求函数的系统误差

$$\begin{aligned}\Delta S &= \frac{\partial S}{\partial H} \Delta H + \frac{\partial S}{\partial d} \Delta d + \frac{\partial S}{\partial \alpha} \Delta \alpha \\ &= (1 \times 1.5 - 4.174 \times 3 + 55089 \times 0.000072) \mu\text{m} = -7.06 \mu\text{m}\end{aligned}$$

➤ 计算函数的测量极限误差

$$\begin{aligned}\delta_{\text{lim}(S)} &= \pm \sqrt{\left(\frac{\partial S}{\partial H}\right)^2 \delta_{\text{lim}(H)}^2 + \left(\frac{\partial S}{\partial d}\right)^2 \delta_{\text{lim}(d)}^2 + \left(\frac{\partial S}{\partial \alpha}\right)^2 \delta_{\text{lim}(\alpha)}^2} \\ &= \pm \sqrt{1^2 \times 0.7^2 + (-4.174)^2 \times 0.5^2 + 55089^2 \times 0.000036^2} \mu\text{m} \\ &= \pm 2.94 \mu\text{m}\end{aligned}$$

➤ 写出测量结果表达式

$$\begin{aligned} S_e &= (S - \Delta S) \pm \delta_{\text{lim}(S)} \\ &= [20.0130 - (-0.0071) \pm 0.0029] \text{ mm} \\ &= (20.0201 \pm 0.0029) \text{ mm} \end{aligned}$$

该测量结果的置信概率为**99.73%**

➤ 测量和计算结果(**20.0172~20.0230**)与设计要
求(**19.991~20.009**)比较, 可知该样板不合格。