



公开

平板测量过程不确定度报告

数学模型

$$\Delta_f = L \cdot C \cdot \left[\sum_1^i \alpha_i - (i/n) \sum_1^n \alpha_i \right] = L \cdot C \cdot \left\{ [(n-i)/n] \sum_1^i \alpha_i - (i/n) \sum_{i+1}^n \alpha_i \right\}$$

式中: Δ_f —平板测量结果的平面度;

L —桥板跨距, mm;

C —电子水平仪分度值, mm/m;

α_i —仪器在第 i 个位置上的读数 (分度值或格值);

n —系数, $n = \sqrt{N} - 1$ (N 为工作面测量点数)。

则: $u(\Delta_i) = [(\partial \Delta_i) / (\partial \alpha_i)] \cdot u(\alpha_i)$

$$= L \cdot C \cdot \sqrt{[(n-1)/n]^2 \sum_1^i u^2(\alpha_i) + (i/n)^2 \sum_{i+1}^n u^2(\alpha_i)}$$

考虑到每段上单次测量不确定度 $u(\alpha_i)$ 均相同:

$$u^2(\alpha_1) = u^2(\alpha_2) = \dots = u^2(\alpha_i) = \dots = u^2(\alpha_n) = u^2(\alpha)$$

$$\text{所以 } u(\Delta_i) = L \cdot C \cdot \sqrt{i - (i^2/n)} \cdot u(\alpha)$$

对变量 i 求偏微分, 可得 $i = \frac{n}{2}$ 时, $u(\Delta_i)$ 有极大值:

$$u_{\max}(\Delta) = \frac{1}{2} L \cdot C \cdot \sqrt{n} \cdot u(\alpha)$$

说明被测截面中点直线度偏差的测量不确定最大。

而各个不确定度分量的灵敏系数相同, 设 $c = (\sqrt{n}/2)LC$; 把各测量截面的直线

度换算为平面度后, 因对角线变换因子 $C = \sqrt{1^2 + 1^2} = \sqrt{2}$

$$\text{则平面度的灵敏系数 } c(\alpha) = (\sqrt{2n}/2)LC$$

$$\text{于是 } u_c^2 = c^2(\alpha) \cdot u^2(\alpha)$$

1. 电子水平仪示值误差引起的不确定度 $u_l(\alpha)$ 评定

$u_l(\alpha)$ 采用 B 类方法进行评定。

根据 JJG103-2005《电子水平仪和合像水平仪检定规程》, 电子水平仪示值误



差不大于 $(1+A/50)$ 个字。式中 A 为实际使用的字数。测量 0 级平板平面度时，实际使用 $A \leq 50$ 个字。 $\Delta_{\text{示}} = (1+A/50) = 2$ 个字

其示值误差在半宽为 2 个字的区间为均匀分布，包含因子 k 取 $\sqrt{3}$ ，则：

$$u_1(\alpha) = \frac{2 \text{ 个字}}{\sqrt{3}} = 1.15 \text{ 个字}$$

2. 测量重复性估算差引起的不确定度 $u_2(\alpha)$ 的评定

$u_2(\alpha)$ 采用 A 类方法进行评定。

其标准偏差是以相同的桥板跨距用于电子水平仪，以节距法对同一块平板一个截面测量其直线度，重复测量 10 次而得到的实验标准差，用上述方法重复测量三种不同尺寸（大、中、小）平板的某一测量截面的直线度，求出各自的实验标准差，最大标准差 $\sigma_{n-1} \leq 0.5$ 个字，则：

$$u_2(\alpha) = \sigma_{n-1} = 0.5 \text{ 个字}$$

3. 电子水平仪显示量化误差引起的标准不确定度 $u_3(\alpha)$ 的评定

$u_3(\alpha)$ 采用 B 类方法进行评定。

电子水平仪的分辨力 $\delta_x = 1$ 个字，则由此带来的标准不确定度方差为 $u(x) = 0.29\delta_x$ ，所以：

$$u_3(\alpha) = 0.29 \times 1 \text{ 个字} = 0.29 \text{ 个字}$$

4. 定位误差引起的标准不确定度 $u_4(\alpha)$ 的评定

$u_4(\alpha)$ 采用 B 类方法进行评定。

由于平板平面度影响，测量时桥板位置要求首尾相接，实际操作有偏差，引起电子水平仪示值误差，一般最大变化不超过 2 个字，该值在半宽为 2 个字的区间均匀分布，包含因子 k 取 $\sqrt{3}$ ，则：

$$u_4(\alpha) = \frac{2 \text{ 个字}}{\sqrt{3}} = 1.15 \text{ 个字}$$

5. 合成标准不确定度的评定

$$u_c(\alpha) = \sqrt{\mu_1^2(\alpha) + \mu_2^2(\alpha) + \mu_3^2(\alpha) + \mu_4^2(\alpha)} = 1.73 \text{ 个字}$$

6. 扩展不确定度的评定

$$U = k \cdot c(\alpha) \cdot u(\alpha) = 2 \times (\sqrt{2n}/2) \cdot L \cdot C \times 1.73$$



其中 $k=2$ ，电子水平仪的分度值 $C=0.001\text{mm/m}$ ，则：

$$U=2.4 \times 10^{-3} \times \sqrt{n} \times L$$

对于 0 级平板：

a) 平板规格 $\leq 400\text{mm} \times 400\text{mm}$ 时，

桥板跨距 $L=278\text{ mm}$ ， $n=2$ ，则：

$$U=2.4 \times 10^{-3} \times 278 \times \sqrt{2} = 0.9\mu\text{m} \quad (k=2)$$

b) 平板规格 $(630\text{ mm} \times 400\text{ mm}) \sim (1600\text{ mm} \times 1000\text{ mm})$ 时，

桥板跨距 $L=467\text{ mm}$ ， $n=4$ ，则：

$$U=2.4 \times 10^{-3} \times 467 \times \sqrt{4} = 2.2\mu\text{m}$$

c) 平板规格 $> (1600\text{ mm} \times 1000\text{ mm}) \sim (12000\text{ mm} \times 1000\text{ mm})$ 时，

桥板跨距 $L=490\text{ mm}$ ， $n=6$ ，则：

$$U=2.4 \times 10^{-3} \times 490 \times \sqrt{6} = 2.9\mu\text{m}$$

编制：李敏

审核：李余雷

批准：李余雷