

# 铁路支距尺检定器检定结果的不确定度评定

## 一、块规式

### 1、测量模型

$$L_{zj} = L_{qf} - L_{qf} \times (t_{qf} - 20) \times a_{qf} + L_{qf} \times (t_{zj} - 20) \times a_{zj} + \Delta + \delta$$

式中:

$L_{zj}$ —铁路支距尺检定器复现值, mm;

$L_{qf}$ —内径千分尺读数, mm;

$t_{qf}$ —内径千分尺温度, °C;

$t_{zj}$ —铁路支距尺检定器温度, °C;

$a_{qf}$ —内径千分尺热膨胀系数, °C<sup>-1</sup>;

$a_{zj}$ —铁路支距尺检定器热膨胀系数, °C<sup>-1</sup>。

### 2、检定结果的标准不确定度评定

(1) 内径千分尺最大允许误差引入的标准不确定度分量 $u_1$

假定服从均匀分布,  $k=\sqrt{3}$ , 则由此引入的标准不确定度分量为

当  $L=1800$  mm 时, 内径千分尺最大允许误差为 MPE:  $\pm 0.032$  mm,

$$u_1 = 0.032/\sqrt{3} \approx 0.0185 \text{ mm}$$

(2) 内径千分尺读数引入的标准不确定度分量 $u_2$

分度值为 0.01 mm 的内径千分尺, 按照 1/5 估读, 服从均匀分布, 则

$$u_2 = 0.001/\sqrt{3} \approx 0.0006 \text{ mm}$$

(3) 内径千分尺与检定器温度差引入的标准不确定度分量 $u_3$

内径千分尺与检定器有一定的温差存在, 并以等概率落在  $(-0.5 \sim +0.5)$  °C 范围内, 假定服从均匀分布, 则由此引入的标准不确定度为

$$u_3 = 1800 \times 11.5 \times 10^{-6} \times 0.5/\sqrt{3} \approx 0.00598 \text{ mm}$$

(4) 测量结果重复性引入的标准不确定度分量 $u_4$

用内径千分尺对 II 型铁路支距尺检定器 1800 mm 点, 在相同的条件下, 进行重复性试验,  $n=10$ , 得到测量结果分别为  $a_1=1799.954$  mm;  $a_2=1799.952$  mm;  $a_3=1799.956$  mm;  $a_4=1799.955$  mm;  $a_5=1799.952$  mm;  $a_6=1799.954$  mm;  $a_7=1799.956$  mm;  $a_8=1799.958$  mm;  $a_9=1799.957$  mm;  $a_{10}=1799.961$  mm。经计算 10 次重复测量的标准偏差为  $s=0.00276$  mm, 则由此引入的标准不确定度为

$$u_4 = s = 0.00276 \text{ mm}$$

(5) 计量标准稳定性引入的标准不确定度分量 $u_5$

内径千分尺的稳定性允许值  $\Delta$  为 0.005 mm, 服从均匀分布, 则由此引入的标准不确定度为

$$u_5 = 0.005/\sqrt{3} = 0.00288 \text{ mm}$$

### 3、合成标准不确定度的评定 $u_c$

检定结果的合成标准不确定度为:

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2} \approx 0.02 \text{ mm}$$

4、扩展不确定度的评定  $U$

$$\text{取 } k = 2, \text{ 于是 } U = k \times u_c = 2 \times 0.02 \text{ mm} = 0.04 \text{ mm}$$

目标不确定度为  $U_{mb} = 0.05 \text{ mm}$ ,  $k = 2$ , 满足要求。

## 二、量杆式

### 1、测量模型

$$L_{zj} = L_{qf} - L_{qf} \times (t_{qf} - 20) \times a_{qf} + L_{qf} \times (t_{zj} - 20) \times a_{zj} + L_1 + \Delta + \delta$$

式中:

$L_{zj}$ —铁路支距尺检定器复现值, mm;

$L_{qf}$ —内径千分尺读数, mm;

$t_{qf}$ —内径千分尺温度,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_{zj}$ —铁路支距尺检定器温度,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$a_{qf}$ —内径千分尺热膨胀系数,  $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ;

$a_{zj}$ —铁路支距尺检定器热膨胀系数,  $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ;

$L_1$ —外径千分尺测量结果, mm。

### 2、检定结果的标准不确定度评定

(1) 内径千分尺最大允许误差引入的标准不确定度分量  $u_1$

假定服从均匀分布,  $k=\sqrt{3}$ , 则由此引入的标准不确定度分量为

当  $L=2500 \text{ mm}$  时, 内径千分尺最大允许误差为 MPE:  $\pm 0.040 \text{ mm}$ ,

$$u_1 = 0.040/\sqrt{3} \approx 0.023 \text{ mm}$$

(2) 内径千分尺读数引入的标准不确定度分量  $u_2$

分度值为  $0.01 \text{ mm}$  的内径千分尺, 按照  $1/5$  估读, 服从均匀分布, 则

$$u_2 = 0.001/\sqrt{3} \approx 0.0006 \text{ mm}$$

(3) 内径千分尺与检定器温度差引入的标准不确定度分量  $u_3$

内径千分尺与检定器有一定的温差存在, 并以等概率落在  $(-0.5 \sim +0.5)^{\circ}\text{C}$  范围内, 假定服从均匀分布, 则由此引入的标准不确定度为

$$u_3 = 2500 \times 11.5 \times 10^{-6} \times 0.5/\sqrt{3} \approx 0.0083 \text{ mm}$$

(4) 测量结果重复性引入的标准不确定度分量  $u_4$

用内径千分尺对铁路支距尺检定器  $1800 \text{ mm}$  点, 在相同的条件下, 进行重复性试验,  $n=10$ , 得到测量结果分别为  $a_1=1799.954 \text{ mm}$ ;  $a_2=1799.952 \text{ mm}$ ;  $a_3=1799.956 \text{ mm}$ ;  $a_4=1799.955 \text{ mm}$ ;  $a_5=1799.952 \text{ mm}$ ;  $a_6=1799.954 \text{ mm}$ ;  $a_7=1799.956 \text{ mm}$ ;  $a_8=1799.958 \text{ mm}$ ;  $a_9=1799.957 \text{ mm}$ ;  $a_{10}=1799.961 \text{ mm}$ 。经计算 10 次重复测量的标准偏差为  $s=0.00276 \text{ mm}$ , 则由此引入的标准不确定度为

$$u_4 = s = 0.00276 \text{ mm}$$

(5) 计量标准稳定性引入的标准不确定度分量  $u_5$

内径千分尺的稳定性允许值  $\Delta$  为  $0.005 \text{ mm}$ , 服从均匀分布, 则由此引入的标准不确

定度为

$$u_5 = 0.005/\sqrt{3} = 0.00288 \text{ mm}$$

(6) 外径千分尺示值误差引入的标准不确定度分量 $u_6$

外径千分尺的示值误差为  $MPE=\pm 0.004 \text{ mm}$ ，假定服从均匀分布， $k=\sqrt{3}$ ，则由此引入的标准不确定度为

$$u_6 = 0.004/\sqrt{3} = 0.0023 \text{ mm}$$

(7) 外径千分尺读数引入的不确定度分量 $u_7$

外径千分尺的分度值为  $0.01 \text{ mm}$ ，按  $1/5$  估读，假定服从均匀分布， $k=\sqrt{3}$ ，则由此引入的标准不确定度为

$$u_7 = 0.001/\sqrt{3} = 0.0006 \text{ mm}$$

3、合成标准不确定度的评定 $u_c$

检定结果的合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2 + u_6^2 + u_7^2} \approx 0.025 \text{ mm}$$

4、扩展不确定度的评定  $U$

$$\text{取 } k = 2, \text{ 于是 } U = k \times u_c = 2 \times 0.025 \text{ mm} = 0.05 \text{ mm}$$

目标不确定度为 $U_{mb} = 0.05 \text{ mm}$ ， $k = 2$ ，满足要求。

### 三、指示式

1、测量模型

$$\Delta_L = L_{zj} - L_{qf} \times (t_{zj} - 20) \times a_{zj} - L_{qf} + L_{qf} \times (t_{qf} - 20) \times a_{qf} - L_{ck}$$

式中：

$\Delta_L$ —I 型铁路支距尺检定器示值误差，mm；

$L_{zj}$ —I 型铁路支距尺检定器显示值，mm；

$L_{qf}$ —内径千分尺实际值，mm；

$L_{ck}$ —测块实际值，mm；

$t_{qf}$ —内径千分尺温度， $^{\circ}\text{C}$ ；

$t_{zj}$ —I 型铁路支距尺检定器温度， $^{\circ}\text{C}$ ；

$a_{qf}$ —内径千分尺热膨胀系数， $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ；

$a_{zj}$ —I 型铁路支距尺检定器热膨胀系数， $^{\circ}\text{C}^{-1}$ 。

2、I 型铁路支距尺检定器检定结果的标准不确定度评定

2.1 测量点不超过 1800 mm 时

(1) 标准量杆（或内径千分尺）使用实际值引入的标准不确定度分量 $u_1$

标准量杆（或内径千分尺）使用实际值引入的扩展不确定度为， $U=0.012 \text{ mm}$ ， $k=2$

$$u_1 = \frac{0.012}{2} = 0.006 \text{ mm}$$

(2) 内径千分尺对线引入的标准不确定度分量 $u_2$

分度值为 0.01 mm 的内径千分尺, 按照 1/5 估读, 对线误差服从三角分布, 则

$$u_2 = 0.001/\sqrt{6} \approx 0.00041 \text{ mm}$$

(3) 标准量杆 (或内径千分尺) 与检定器温度差引入的标准不确定度分量 $u_3$

标准量杆 (或内径千分尺) 与检定器有一定的温差存在, 并以等概率落在 (-0.5~+0.5) °C 范围内, 假定服从均匀分布, 则由此引入的标准不确定度为

$$u_3 = 1800 \times 11.5 \times 10^{-6} \times 0.5/\sqrt{3} \approx 0.00598 \text{ mm}$$

(4) 支距尺检定器分辨力引入的标准不确定度分量 $u_4$

支距尺检定器分辨力为 0.01 mm, 假定服从均匀分布,  $k=\sqrt{3}$ , 则由此引入的标准不确定度为

$$u_4 = \frac{0.01}{2}/\sqrt{3} = 0.00289 \text{ mm}$$

重复性引入的不确定度忽略不计。

(5) 外径千分尺示值误差引入的标准不确定度分量 $u_5$

外径千分尺的示值误差为  $MPE=\pm 0.004 \text{ mm}$ , 假定服从均匀分布,  $k=\sqrt{3}$ , 则由此引入的标准不确定度为

$$u_5 = 0.004/\sqrt{3} = 0.0023 \text{ mm}$$

(6) 外径千分尺读数引入的不确定度分量 $u_6$

外径千分尺的分度值为 0.01 mm, 按 1/5 估读, 假定服从均匀分布,  $k=\sqrt{3}$ , 则由此引入的标准不确定度为

$$u_6 = 0.001/\sqrt{3} = 0.0006 \text{ mm}$$

(7) 计量标准稳定性引入的标准不确定度分量 $u_7$

计量标准的稳定性允许值  $\Delta$  为 0.005 mm, 服从均匀分布, 则由此引入的标准不确定度为

$$u_7 = 0.005/\sqrt{3} = 0.00288 \text{ mm}$$

## 2.2 测量点超过 1800 mm 时

(1) 量块实际值引入的标准不确定度分量 $u_1$

当  $L=2500 \text{ mm}$  时, 5 等实际值引入的扩展不确定度为,  $U=0.0064 \text{ mm}$ ,  $k=2$

$$u_1 = \frac{0.0064}{2} = 0.003 \text{ mm}$$

(2) 量块与检定器温度差引入的标准不确定度分量 $u_2$

量块与检定器有一定的温差存在, 并以等概率落在 (-0.5~+0.5) °C 范围内, 假定服从均匀分布, 则由此引入的标准不确定度为

$$u_2 = 2500 \times 11.5 \times 10^{-6} \times 0.5/\sqrt{3} \approx 0.0083 \text{ mm}$$

(3) 支距尺检定器分辨力引入的标准不确定度分量 $u_3$

支距尺检定器分辨力为0.01mm, 假定服从均匀分布,  $k=\sqrt{3}$ , 则由此引入的标准不确定度为

$$u_3 = 0.01/2\sqrt{3} = 0.00289 \text{ mm}$$

重复性引入的不确定度忽略不计。

(4) 外径千分尺示值误差引入的标准不确定度分量 $u_4$

外径千分尺的示值误差为  $MPE=\pm 0.004\text{mm}$ , 假定服从均匀分布,  $k=\sqrt{3}$ , 则由此引入的标准不确定度为

$$u_4 = 0.004/\sqrt{3} = 0.0023 \text{ mm}$$

(5) 外径千分尺读数引入的不确定度分量 $u_5$

外径千分尺的分度值为 0.01 mm, 按 1/10 估读, 假定服从均匀分布,  $k=\sqrt{3}$ , 则由此引入的标准不确定度为

$$u_5 = \frac{0.01}{10}/2/\sqrt{3} = 0.00029 \text{ mm}$$

(6) 针规直径引入的标准不确定度分量 $u_6$

针规直径的最大允许误差为 $\pm 0.001\text{mm}$ , 服从均匀分布, 引入的扩展不确定度为, 则由此引入的标准不确定度为

$$u_6 = 0.001/\sqrt{3} = 0.00058 \text{ mm}$$

3、合成标准不确定度的评定 $u_c$

检定结果的合成标准不确定度为:

当  $L=1800 \text{ mm}$  时:

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2 + u_6^2 + u_7^2} \approx 0.0097\text{mm}$$

当  $L=2500 \text{ mm}$  时:

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2 + 2u_6^2} \approx 0.0096\text{mm}$$

4、扩展不确定度的评定  $U$

当  $L=1800 \text{ mm}$  时:

$$\text{取 } k = 2, \text{ 于是 } U = k \times u_c = 2 \times 0.0099 \text{ mm} \approx 0.02\text{mm}$$

当  $L=2500 \text{ mm}$  时:

$$\text{取 } k = 2, \text{ 于是 } U = k \times u_c = 2 \times 0.0127 \text{ mm} \approx 0.02\text{mm}$$

指示式支距尺检定器的最大允许误差为  $MPE=\pm 0.06\text{mm}$ , 目标不确定度为 $U_{mb} = 0.02 \text{ mm}$ ,  $k = 2$ , 满足要求。