

JJF(铁道)

中华人民共和国铁道部部门计量技术规范

JJF(铁道)602—2004

铁路专用计量标准的测量不确定度

Uncertainty in Measurement for
Special Measuring Standards of Railway

2004-04-22 发布

2004-11-01 实施

中华人民共和国铁道部 发布

铁路专用计量标准 的测量不确定度

JJF(铁道)602—2004
代替 JJG(铁道)162—1996

Uncertainty in Measurement for
Special Measuring Standards of Railway

本技术规范经铁道部于2004年04月22日批准,并报国家质量监督检验检疫总局备案,自2004年11月01日起施行。

归口单位:铁路计量技术委员会

主要起草单位:铁道部标准计量研究所

郑州铁路局郑州计量所

广州铁路(集团)公司中心计量所

参加起草单位:柳州铁路局技术监督所

郑州铁路局武汉计量所

本规范技术条文由铁路计量技术委员会负责解释。

本规范主要起草人：

王彦春(铁道部标准计量研究所)

洪 松[广州铁路(集团)公司中心计量所]

郭战军(郑州铁路局郑州计量所)

唐贵强[广州铁路(集团)公司中心计量所]

参加起草人：

容文森(柳州铁路局技术监督所)

巫永和(郑州铁路局武汉计量所)

明国华(郑州铁路局武汉计量所)

宋祥生(郑州铁路局郑州计量所)

目 录

引 言.....	1
1 范 围	1
2 概 述	1
3 引用文献	1
4 铁路专用计量标准的测量不确定度来源	1
5 测量不确定度评定和验证	2
附录 A 铁路专用计量标准的测量不确定度评定示例.....	4

铁路专用计量标准的测量不确定度

引 言

为了规范铁路专用计量标准的考核工作,依据 JJF 1033—2001《计量标准考核规范》和 JJF 1059—1999《测量不确定度评定与表示》的有关规定,制定本规范。

1 范 围

本规范适用于铁路专用计量标准考核、复查时的测量不确定度评定。

2 概 述

本规范包括主要铁路专用计量标准的测量不确定度来源、不确定度评定、测量重复性、稳定性以及测量不确定度验证等。

3 引用文献

JJF 1033—2001 计量标准考核规范

JJF 1059—1999 测量不确定度评定与表示

4 铁路专用计量标准的测量不确定度来源

在进行测量不确定度评定时,应根据被测量的准确度水平,针对主要影响因素进行合理评定,做到不遗漏、不重复。

4.1 测量设备引入的测量不确定度

测量设备的准确度引入的测量不确定度,包括测量仪器的机构误差、原理误差、调整误差、量值误差、变形误差等给计量性能带来的影响。通常根据其在该测量系统中的地位,可分为计量标准器和配套设备两类。当以标称值使用时,以其准确度或最大允许误差作为相应测量系统不确定度评定的信息来源;当按实际值使用时,以上一级计量标准的测量不确定度作为不确定度评定的信息来源。

4.2 测量方法引入的测量不确定度

测量方法也是测量不确定度的主要来源之一,它包括测量方法的不理想以及与测量方法和测量程序有关的近似性和假定性。

4.3 影响量引入的测量不确定度

引用标准数据或相关的常数以及对环境影响的认识不周全或对环境条件的测量与控制不完善,以及引用的数据或其他参量的不确定度等均会引入测量不确定度。

4.4 检定人员操作引入的测量不确定度

包括读数、数据修约等不可避免的误差等引入的测量不确定度。

4.5 被测量引入的测量不确定度

由于被测对象的不稳定、代表性差、样品制备水平不高等原因,以及对被测量的定义不完整等导致的示值误差测量结果不确定度。

5 测量不确定度评定和验证

5.1 测量不确定度评定

建立铁路专用计量标准必须进行测量不确定度评定,从理论上给出该标准的测量不确定度(或准确度等级或最大允许误差),以判断该计量标准是否符合量值传递的要求。

5.1.1 计量标准的测量不确定度分量一般采用 B 类方法评定。

5.1.2 在具体评定时,若标准设备的技术指标、被检的读数装置以及检定方法等与本规范示例所列相一致时,可直接采用本规范示例(见附录 A)的结果;否则应根据实际情况进行相应调整。

5.1.3 计量标准的标准不确定度合成与扩展按 JJF 1059 的有关规定进行。扩展不确定度 U 取 1~2 位有效数字,当第一位有效数字小于 3 时取 2 位有效数字;合成标准不确定度比扩展不确定度多取 1 位有效数字。

5.2 计量标准的测量重复性

计量标准的测量重复性是指在设备、人员、环境条件以及测量方法等完全相同的条件下,计量标准在短时间内对同一被测量进行多次测量,计量标准提供相近示值(或复现值)的能力。

确定铁路专用计量标准的重复性时,一般可用该标准对同一被测量在相同的条件下连续测量 10 次,采用贝塞尔公式 $s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$ 计算出的实验标准偏差来表达,式中: x_i 为每次测量的测得值; \bar{x} 为 n 次测量的平均值。 s 应小于合成标准不确定度。

某些铁路专用计量标准在测量过程中本身的示值重复性相对于被测量的准确度水平而言可以忽略时,如车轮踏面检查样板检定装置、车轮检查器检定装置、支距尺检定装置等,这些计量标准可不必进行测量重复性考核。

5.3 计量标准的稳定性考核

若检定规程规定了计量标准的稳定性时,按规程规定执行;若检定规程未规定时,则本次检定与上次检定结果之差的绝对值应小于扩展不确定度 U 或最大允许误差的绝对值。

5.4 测量不确定度验证

经过测量不确定度评定得出的扩展不确定度 U 需经过合理性的验证,验证方法可按顺序优先的原则采用下述三种方法之一,通过实验室之间的比对进行。

5.4.1 传递比较法

用被考核的计量标准测量一稳定的被测对象,然后将该被测对象用另一套更高级的计量标准进行测量。若两次测量时的扩展不确定度($k=2$,下同)分别为 U 和 U_0 ,它们的测量结果分别为 y 和 y_0 ,则应满足: $|y - y_0| \leq \sqrt{U^2 + U_0^2}$ 。当 $U_0 \leq \frac{U}{3}$ 成立时,可忽略 U_0 的影响,此时上式成为 $|y - y_0| \leq U$ 。

5.4.2 多台(套)比对法

若无法得到更高一级的计量标准时,可采用3台(套)或3台(套)以上具有相同准确度等级的计量标准,对同一稳定的被测对象进行测量。若 y 为由被考核标准得到的测量结果,而多台(套)计量标准得到的测量结果的平均值为 \bar{y} ,则应满足: $|y - \bar{y}| \leq \sqrt{\frac{n-1}{n}}U$ 。

5.4.3 两台(套)比对法

若没有多台(套)相同准确度等级的计量标准时,也可采用两台(套)具有相同准确度等级的计量标准进行比对。若两台(套)计量标准的测量结果分别为 y_1 和 y_2 ,它们的扩展不确定度分别为 U_1 和 U_2 ,并且两台(套)计量标准的量值不是由同一台(套)高一级计量标准所传递的,则应满足: $|y_1 - y_2| \leq \sqrt{U_1^2 + U_2^2}$ 。

5.5 结 论

若评定出的扩展不确定度 U 得到合理性验证,并且 U 符合相应的国家(或部门)检定系统表或与该计量标准的检定对象的最大允许误差之比为 $1/3 \sim 1/10$,计量标准的测量重复性和稳定性考核也为合格时,则认为该计量标准符合建立计量标准要求。

附录 A

铁路专用计量标准的测量不确定度评定示例

A.1 轮对内距尺检具

轮对内距尺检具复现值测量不确定度的主要来源列于表 A.1。

表 A.1

符号	测量不确定度来源	分布	$a/2$ (μm)	包含 因子	$u(x_i)$ (μm)	$ c_i $	$u_i(y)$ (μm)
u_1	测长机示值误差引入的标准不确定度分量	均匀	14.2	$\sqrt{3}$	8.20	1	8.20
u_2	测长机读数(估读)引入的标准不确定度分量	均匀	0.1	$\sqrt{3}$	0.058	1	0.35
u_3	量规与测长机的温度差引入的标准不确定度分量	均匀	0.5℃	$\sqrt{3}$	4.53	1	0.58
u_4	测微装置示值误差引入的标准不确定度分量	均匀	4	$\sqrt{3}$	2.31	1	2.31
u_5	测微装置读数引入的标准不确定度分量	均匀	1	$\sqrt{3}$	0.577	1	0.577
u_c							9.66
U				2			19

A.2 轮对内距尺

轮对内距尺示值误差测量不确定度的主要来源列于表 A.2。

表 A.2

符号	测量不确定度来源	分布	$a/2$ (mm)	包含 因子	$u(x_i)$ (mm)	$ c_i $	$u_i(y)$ (mm)
u_1	专用检具量规的示值检定的不确定度引入的标准不确定度分量				0.0095	1	0.0095
u_2	内距尺专用检具的平行度引入的标准不确定度分量	均匀	0.03	$\sqrt{3}$	0.017	1	0.017
u_3	内距尺 1365 mm 刻线与其指标线对准引入的标准不确定度分量	三角	0.025	$\sqrt{6}$	0.01	1	0.01
u_4	温度引入的标准不确定度分量	均匀	1℃	$\sqrt{3}$	0.0091	1	0.0091
u_5	测微装置示值误差引入的标准不确定度分量(两次)	均匀	0.004	$\sqrt{3}$	0.0033	1	0.0033

表 A.2(续)

符号	测量不确定度来源	分布	$a/2$ (mm)	包含 因子	$u(x_i)$ (mm)	$ c_i $	$u_i(y)$ (mm)
u_6	测微装置估读引入的标准不确定度分量(两次)	均匀	0.01	$\sqrt{3}$	0.0008	1	0.0008
u_7	测量面的平面度误差引入的标准不确定度分量(两端)	均匀	0.004	$\sqrt{3}$	0.001	1	0.001
u_c							0.024
U				2			0.048

A.3 轨距尺检定器

轨距尺检定器(1435 mm 轨距)示值(综合)误差测量不确定度的主要来源列于表 A.3。

表 A.3

符号	测量不确定度来源	分布	$a/2$ (mm)	包含 因子	$u(x_i)$ (mm)	$ c_i $	$u_i(y)$ (mm)
u_1	轨距尺检定器百分表示值误差引入的标准不确定度分量	均匀	0.01	$\sqrt{3}$	0.0058	1	0.0058
u_2	轨距尺检定器百分表回程误差引入的标准不确定度分量	均匀	0.005	$\sqrt{3}$	0.0029	1	0.0029
u_3	轨距尺检定器百分表估读引入的标准不确定度分量	均匀	0.001	$\sqrt{3}$	0.0006	1	0.0006
u_4	轨距尺检定器百分表置零引入的标准不确定度分量	三角	0.0005	$\sqrt{6}$	0.0002	1	0.0002
u_5	测长机测量标准量规的标准不确定度分量		$s=0.0006$		0.0006	1	0.0006
u_6	测长机测量工作量规的标准不确定度分量		$s=0.0006$		0.0006	1	0.0006
u_c							0.00645
U				2			0.013

轨距尺检定器(超高)示值误差测量不确定度的主要来源列于表 A.4。

表 A.4

符号	测量不确定度来源	分布	$a/2$ (mm)	包含 因子	$u(x_i)$ (mm)	$ c_i $	$u_i(y)$ (mm)
u_1	深度游标卡尺示值误差引入的标准不确定度分量	均匀	0.02	$\sqrt{3}$	0.0115	1	0.0115
u_2	深度游标卡尺读数(游标对线)引入的标准不确定度分量	三角	0.01	$\sqrt{6}$	0.00408	1	0.00408

表 A.4(续)

符号	测量不确定度来源	分布	$a/2$ (mm)	包含 因子	$u(x_i)$ (mm)	$ c_i $	$u_i(y)$ (mm)
u_c							0.0122
U				2			0.024

A.4 轨距尺

轨距尺(1435 mm 轨距示值)示值误差测量不确定度的主要来源列于表 A.5。

表 A.5

符号	测量不确定度来源	分布	$a/2$ (mm)	包含 因子	$u(x_i)$ (mm)	$ c_i $	$u_i(y)$ (mm)
u_1	检定器标准轨距 1435 mm 复现值(工作量规按实际值使用)引入的标准不确定度分量	均匀	0.05	$\sqrt{3}$	0.0289	1	0.0289
u_2	轨距尺对线误差引入的标准不确定度分量	均匀	1/40	$\sqrt{3}$	0.0102	1	0.0102
u_3	检定器与被测轨距尺膨胀系数差引入的标准不确定度分量	均匀	1℃	$\sqrt{3}$	0.0077	1	0.0077
u_4	检定器与被测轨距尺间的温度差引入的标准不确定度分量	均匀	$3 \times 10^{-6}/\text{℃}$	$\sqrt{3}$	0.0093	1	0.0093
u_5	由检定器测量面与其上平面的公共平面的垂直度引入的标准不确定度分量	均匀	$\sqrt{2} \times 0.025/2$	$\sqrt{3}$	0.0102	1	0.0102
u_c							0.0346
U				2			0.069

轨距尺(超高)示值误差测量不确定度的主要来源列于表 A.6。

表 A.6

符号	测量不确定度来源	分布	$a/2$ (mm)	包含 因子	$u(x_i)$ (mm)	$ c_i $	$u_i(y)$ (mm)
u_1	轨距尺检定器纵向水平仪的水泡对中引入的超高示值标准不确定度	三角	0.0876	$\sqrt{6}$	0.0357	1	0.0357
u_2	轨距尺检定器活动、固定测量块上表面的高度差引入的超高示值标准不确定度	均匀	0.15	$\sqrt{3}$	0.0866	1	0.0866
u_3	检定器超高测量尺示值误差引入的超高示值标准不确定度分量	均匀	0.2	$\sqrt{3}$	0.115	1	0.115
u_4	轨距尺水平仪的水泡对中引入的超高示值标准不确定度	均匀	0.263	$\sqrt{3}$	0.107	1	0.107

表 A.6(续)

符号	测量不确定度来源	分布	$a/2$ (mm)	包含 因子	$u(x_i)$ (mm)	$ c_i $	$u_i(y)$ (mm)
u_5	轨距尺超高测量尺读数(度盘式,分度值为 1mm;估读)引入的超高示值标准不确定度分量	均匀	0.125	$\sqrt{3}$	0.0722	1	0.0722
u_c							0.197
U				2			0.39

A.5 支距尺检定器

支距尺检定器示值误差测量不确定度的主要来源列于表 A.7。

表 A.7

符号	测量不确定度来源	分布	$a/2$ (mm)	包含 因子	$u(x_i)$ (mm)	$ c_i $	$u_i(y)$ (mm)
u_1	专用量规的最大允许误差引起的标准不确定度分量	均匀	0.02	$\sqrt{3}$	0.0115	1	0.0115
u_2	塞尺厚度的最大允许误差引起的标准不确定度分量	均匀	0.008	$\sqrt{3}$	0.0046	1	0.0046
u_3	端测板的垂直度误差引起的标准不确定度分量	均匀	0.00663	$\sqrt{3}$	0.0038	1	0.0038
u_4	测块的垂直度误差引起的标准不确定度分量	均匀	0.00998	$\sqrt{3}$	0.0100	1	0.0100
u_5	专用量规与检定器线膨胀系数差引入的标准不确定度分量	三角	0.0129	$\sqrt{6}$	0.0053	1	0.0053
u_6	专用量规与检定器间的温度差引入的标准不确定度分量	均匀	0.0045	$\sqrt{3}$	0.0026	1	0.0026
u_c							0.0174
U				2			0.035

A.6 支距尺

支距尺示值误差测量不确定度的主要来源列于表 A.8。

表 A.8

符号	测量不确定度来源	分布	$a/2$ (mm)	包含 因子	$u(x_i)$ (mm)	$ c_i $	$u_i(y)$ (mm)
u_1	支距尺分度值量化误差引起的标准不确定度分量	均匀	0.1	$\sqrt{3}$	0.0577	1	0.0577
u_2	支距尺与检定器的线膨胀系数差引入的标准不确定度分量	均匀	0.1	$\sqrt{3}$	0.0577	1	0.0577

表 A.8(续)

符号	测量不确定度来源	分布	$a/2$ (mm)	包含 因子	$u(x_i)$ (mm)	$ c_i $	$u_i(y)$ (mm)
u_3	检定器与被测支距尺线膨胀系数的不确定度引入的标准不确定度分量	三角	0.0181	$\sqrt{6}$	0.00739	1	0.0074
u_4	检定器与被测支距尺间的温度差 δt 引入的标准不确定度分量	均匀	0.0146	$\sqrt{3}$	0.00843	1	0.0084
u_5	支距尺检定器的最大允许误差引起的标准不确定度分量	均匀	0.1	$\sqrt{3}$	0.0577	1	0.0577
u_c							0.0828
U				2			0.17

A.7 轮径尺检具

轮径尺检具示值误差测量不确定度的主要来源列于表 A.9。

表 A.9

符号	测量不确定度来源	分布	$a/2$ (μm)	包含 因子	$u(x_i)$ (μm)	$ c_i $	$u_i(y)$ (μm)
u_1	测长机示值误差引入的标准不确定度分量	均匀	10.9	$\sqrt{3}$	6.29	1	6.29
u_2	读数引入的标准不确定度分量	均匀	0.125	$\sqrt{3}$	0.07	1	0.07
u_3	检定时温度不均引入的标准不确定度分量	均匀	5.98	$\sqrt{3}$	3.45	1	3.45
u_c							7.17
U				2			14

A.8 轮径尺

轮径尺示值误差测量不确定度的主要来源列于表 A.10。

表 A.10

符号	测量不确定度来源	分布	$a/2$ (mm)	包含 因子	$u(x_i)$ (mm)	$ c_i $	$u_i(y)$ (mm)
u_1	轮径尺对线引入的标准不确定度分量	三角	0.0305	$\sqrt{6}$	0.0204	1	0.0204
u_2	轮径尺读数引入的标准不确定度分量	均匀	0.01	$\sqrt{3}$	0.0058	1	0.0058
u_3	检具误差引入的标准不确定度分量	均匀	0.05	$\sqrt{3}$	0.0289	1	0.0289
u_4	检定时温度差引入的标准不确定度分量	均匀	0.012	$\sqrt{3}$	0.007	1	0.007
u_c							0.0365
U				2			0.073

A.9 轮径测量器检具

轮径测量器检具复现值误差测量不确定度的主要来源列于表 A.11、表 A.12。

表 A.11 整体联动式轮径测量器检具

符号	来 源	分布	$a/2$ (μm)	包含 因子	$u(x_i)$ (μm)	$ c_i $	$u_i(y)$ (μm)
u_{11}	3级或5等量块示值误差引入的标准不确定度分量	均匀	1.4	$\sqrt{3}$	0.808	10	8.08
u_{12}	千分表读数引入的标准不确定度分量	均匀	0.25	$\sqrt{3}$	0.15	10	1.5
u_{13}	弓高量块与标准量块的温度差引入的标准不确定度分量	均匀	1.04	$\sqrt{3}$	0.577	10	5.77
u_{14}	比较装置示值误差引入的标准不确定度分量	均匀	3.5	$\sqrt{3}$	2.02	10	20.2
u_1	测量弓高 h_1 的示值引入的标准不确定度分量				2.26	10	22.6
u_{21}	千分尺示值误差引入的标准不确定度分量	均匀	14.6	$\sqrt{3}$	8.43	3.316 624 787	27.959
u_{22}	千分尺读数引入的标准不确定度分量	均匀	2.5	$\sqrt{3}$	1.45	3.316 624 787	4.809
u_{23}	弦长量块与千分尺的温度差引入的标准不确定度分量	均匀	4.2	$\sqrt{3}$	2.42	3.316 624 787	8.026
u_2	测量弦长 L_1 的示值引入的标准不确定度分量				8.89	3.316 624 787	29.485
u_3	精密圆柱 d_0 的示值偏差引入的标准不确定度分量	均匀	3	$\sqrt{3}$	1.73	2.316 624 789	4.008
u_4	d 的最大允许变动量引入的标准不确定度分量	均匀	80	$\sqrt{3}$	28.2	1	28.2
u_c							46.8
U							93.6

表 A.12 组合量块式轮径测量器检具

符号	来 源	分布	$a/2$ (μm)	包含 因子	$u(x_i)$ (μm)	$ c_i $	$u_i(y)$ (μm)
u_{11}	4等量块示值误差引入的标准不确定度分量	均匀	0.56	$\sqrt{3}$	0.323	10	3.23
u_{12}	测长机读数引入的标准不确定度分量	均匀	1/8	$\sqrt{3}$	0.073	10	0.73
u_{13}	弓高量块与标准量块的温度差引入的标准不确定度分量	均匀	1.04	$\sqrt{3}$	0.577	10	5.77

表 A.12(续)

符号	来源	分布	$a/2$ (μm)	包含 因子	$u(x_i)$ (μm)	$ c_i $	$u_i(y)$ (μm)
u_{14}	测长机毫米刻度尺示值误差引入的标准不确定度分量	均匀	1.1	$\sqrt{3}$	0.635	10	6.35
u_1	测量弓高量块 L_2 的示值引入的标准不确定度分量				0.920	10	22.6
u_{21}	4等量块示值误差引入的标准不确定度分量	均匀	1.66	$\sqrt{3}$	0.958	3.316 624 787	3.177
u_{22}	测长机读数引入的标准不确定度分量	均匀	1/8	$\sqrt{3}$	0.073	3.316 624 787	0.242
u_{23}	弓高量块与标准量块的温度差引入的标准不确定度分量	均匀	4.20	$\sqrt{3}$	2.42	3.316 624 787	8.026
u_{24}	测长机毫米刻度尺示值误差引入的标准不确定度分量	均匀	1.1	$\sqrt{3}$	0.635	3.316 624 787	2.106
u_2	测量弦长 L_1 的示值引入的标准不确定度分量				2.68	3.316 624 787	8.889
u_3	精密圆柱 d_0 的示值偏差引入的标准不确定度分量	均匀	3	$\sqrt{3}$	1.73	14.316 624 79	24.8
u_c							27.9
U							56

A.10 轮径测量器

轮径测量器示值误差测量不确定度的主要来源列于表 A.13。

表 A.13

符号	测量不确定度的来源	分布	$a/2$ (μm)	包含 因子	$u(x_i)$ (μm)	$ c_i $	$u_i(y)$ (μm)
u_1	检具模拟圆直径 d 引入的标准不确定度分量				36	1	36
u_2	被检测量器的读数引入的标准不确定度分量	均匀	25	$\sqrt{3}$	14.5	1	14.5
u_c							38.8
U							78

A.11 车轮轮缘踏面校验样板

车轮轮缘踏面校验样板示值误差测量不确定度的主要来源列于表 A.14。

表 A.14

符号	测量不确定度来源	分布	$a/2$ (μm)	包含 因子	$u(x_i)$ (μm)	$ c_i $	$u_i(y)$ (μm)
u_1	万能工具显微镜的示值误差引入的标准不确定度分量	均匀	4	$\sqrt{3}$	2.31	1	2.31
u_2	测量重复性引入的标准不确定度分量		$s=0.21$		0.21	1	0.21
u_c							2.31
U				2			4.6

A.12 车轮轮缘踏面检查样板

车轮轮缘踏面检查样板示值误差测量不确定度的主要来源列于表 A.15。

表 A.15

符号	测量不确定度来源	分布	$a/2$ (mm)	包含 因子	$u(x_i)$ (mm)	$ c_i $	$u_i(y)$ (mm)
u_1	校验样板的示值误差引入的标准不确定度分量	均匀	0.04	$\sqrt{3}$	0.0231	1	0.0231
u_2	塞尺(2级)厚度误差引入的标准不确定度分量	均匀	0.005	$\sqrt{3}$	0.0029	1	0.0029
u_c							0.0233
U				$\sqrt{3}$			0.04

A.13 车轮检查器检具

车轮检查器检具示值误差测量不确定度的主要来源列于表 A.16。

表 A.16

符号	测量不确定度来源	分布	$a/2$ (μm)	包含 因子	$u(x_i)$ (μm)	$ c_i $	$u_i(y)$ (μm)
u_1	万能工具显微镜的示值误差引入的标准不确定度分量	均匀	4	$\sqrt{3}$	2.31	1	2.31
u_2	检定过程中测量重复性引入的标准不确定度分量		$s=0.10$		0.10	1	0.10
u_c							2.31
U				2			4.6

A.14 车轮检查器

车轮检查器示值误差测量不确定度的主要来源列于表 A.17、表 A.18。

表 A.17 踏面磨损测尺

符号	测量不确定度来源	分布	$a/2$ (mm)	包含 因子	$u(x_i)$ (mm)	$ c_i $	$u_i(y)$ (mm)
u_1	检查器踏面测尺读数引入的标准不确定度分量	均匀	0.025	$\sqrt{3}$	0.0144	1	0.0144
u_2	检具(量块)尺寸偏差引入的标准不确定度分量	均匀	0.03	$\sqrt{3}$	0.0173	1	0.0173
u_c							0.0225
U				2			0.045

表 A.18 轮缘厚度测尺

符号	测量不确定度来源	分布	$a/2$ (mm)	包含 因子	$u(x_i)$ (mm)	$ c_i $	$u_i(y)$ (mm)
u_1	检查器轮缘厚度测尺读数引入的标准不确定度分量	均匀	0.025	$\sqrt{3}$	0.0144	1	0.0144
u_2	检具副块(量块)尺寸偏差引入的标准不确定度分量	均匀	0.025	$\sqrt{3}$	0.0144	1	0.0144
u_3	检具 70 mm 刻线位置偏差引入的标准不确定度分量	均匀	0.05	$\sqrt{3}$	0.029	1	0.029
u_c							0.0354
U				2			0.071

A.15 扭矩扳手检定仪

扭矩扳手检定仪示值误差测量不确定度的主要来源列于表 A.19。

表 A.19

符号	不确定度来源分量	分布	$a/2$	包含 因子	$u_{rel}(x_i)$
u_1	标准力矩杆加力点至矩心的距离(力臂)引入的标准不确定度分量	均匀	1×10^{-4}	$\sqrt{3}$	5.77×10^{-5}
u_2	标准力矩杆长度受环境温度影响变化引入的标准不确定度分量	均匀	5.3×10^{-5}	$\sqrt{3}$	3.06×10^{-5}
u_3	标准力矩杆工作时与水平位置夹角影响力臂因素引入的标准不确定度分量	均匀	1.16×10^{-6}	$\sqrt{3}$	0.07×10^{-5}
u_4	专用力值砝码质量引入的标准不确定度分量	均匀	3×10^{-4}	$\sqrt{3}$	17.3×10^{-5}
u_5	空气浮力影响专用力值砝码重量引入的标准不确定度分量	均匀	3.2×10^{-5}	$\sqrt{3}$	1.85×10^{-5}
u_6	检测装置灵敏限引入的标准不确定度分量	均匀	5×10^{-4}	$\sqrt{3}$	28.9×10^{-5}

表 A.19(续)

符号	不确定度来源分量	分布	$a/2$	包含因子	$u_{\text{rel}}(x_i)$
u_7	检定仪数字显示分辨力引入的标准不确定度分量	均匀	5×10^{-6}	$\sqrt{3}$	0.29×10^{-5}
u_{crel}					3.44×10^{-4}
U_{rel}				2	6.9×10^{-4}

A.16 扭矩扳手

扭矩扳手示值误差测量不确定度的主要来源列于表 A.20。

表 A.20

符号	不确定度来源分量	分布	$a/2$	包含因子	$u_{\text{rel}}(x_i)$
u_1	扭矩扳手读数引入的标准不确定度分量	均匀	0.2%	$\sqrt{3}$	0.115%
u_2	检定仪准确度引入的标准不确定度分量	均匀	0.53×10^{-4}	$\sqrt{3}$	0.577%
u_3	检定仪数字显示分辨力引入的标准不确定度分量	均匀	5×10^{-6}	$\sqrt{3}$	2.9×10^{-6}
u_{crel}					0.588%
U_{rel}				2	1.2%

A.17 速度表校验台

速度表校验台示值误差测量不确定度的主要来源列于表 A.21。

表 A.21

符号	不确定度来源分量	分布	$a/2$ (km/h)	包含因子	$u(x_i)$ (km/h)	$ c_i $	$u_i(y)$ (km/h)
$u(v)$	机车转速速度表校验台的测量重复性引入的标准不确定度		$S_p=0.037$		0.037	1	0.037
$u(v_0)$	转速频率仪误差引入的标准不确定度分量	均匀	0.008	$\sqrt{3}$	0.005	1	0.005
u_c							0.037
U				2			0.074

A.18 速度表

速度表示值误差测量不确定度的主要来源列于表 A.22。

表 A.22

符号	不确定度来源分量	分布	$a/2$ (km/h)	包含 因子	$u(x_i)$ (km/h)	$ c_i $	$u_i(y)$ (km/h)
$u(v)$	速度表的测量重复性引入的标准不确定度分量		$S_p = 0.16$		0.16	1	0.16
$u(v_0)$	速度表校验台误差引入的标准不确定度分量	均匀	0.75	$\sqrt{3}$	0.43	1	0.43
u_c							0.46
U				2			0.92

A.19 钢轨测温计

双金属钢轨测温计示值误差测量不确定度的主要来源列于表 A.23。

表 A.23

符号	测量不确定度来源	分布	$a/2$ (℃)	包含 因子	$u(x_i)$ (℃)	$ c_i $	$u_i(y)$ (℃)
u_1	估读误差引入的标准不确定度分量	均匀	0.1	$\sqrt{3}$	0.058	1	0.058
u_2	温场均匀性影响 $\Delta t_{\text{场}}$ 引入的标准不确定度分量	均匀	0.2	$\sqrt{3}$	0.115	1	0.115
u_3	标准温度计分辨力引入的标准不确定度分量	均匀	0.005	$\sqrt{3}$	0.003	1	0.003
u_4	标准温度计的扩展不确定度引入的标准不确定度分量	正态	0.1	2	0.05	1	0.05
u_c							0.138
U				2			0.28

注:对于数字钢轨测温计,其分辨力引入的不确定度,误差分布为均匀分布。 $u_1(\text{数字}) = 0.29 \times 0.1 = 0.029(\text{℃})$,于是 $u_c(\text{数字}) = 0.129\text{℃}$,所以 $U(\text{数字}) = 2 \times 0.129 \approx 0.26(\text{℃})$, $k = 2$ 。

A.20 便携式红外测温仪

便携式红外测温仪示值误差测量不确定度的主要来源列于表 A.24。

表 A.24

符号	测量不确定度来源	分布	$a/2$ (℃)	包含 因子	$u(x_i)$ (℃)	$ c_i $	$u_i(y)$ (℃)
u_1	黑体上级计量机构检定结果引入的标准不确定度分量				0.8	1	0.8
u_2	红外测温仪读数分辨力引入的标准不确定度分量	均匀	0.5	$\sqrt{3}$	0.29	1	0.29
u_c							0.85
U				2			1.7

A.21 客车轴温报警器测试仪

客车轴温报警器测试仪示值误差测量不确定度的主要来源列于表 A.25、表 A.26。

表 A.25(电压参数)

符号	测量不确定度来源	分布	$a/2$ (mV)	包含 因子	$u(x_i)$ (mV)	$ c_i $	$u_i(y)$ (mV)
u_1	测试仪的分辨力引入的标准不确定度分量	均匀	0.05	$\sqrt{3}$	0.029	1	0.029
u_2	标准表的示值误差引入的标准不确定度分量	均匀	0.2	$\sqrt{3}$	0.115	1	0.115
u_3	标准表的分辨力引入的标准不确定度分量	均匀	0.005	$\sqrt{3}$	0.003	1	0.003
u_4	直流电压源短期稳定度引入的标准不确定度分量	均匀	0.015	$\sqrt{3}$	0.009	1	0.009
u_c							0.119
U					2		0.24

表 A.26(电流参数)

符号	测量不确定度来源	分布	$a/2$ (μA)	包含 因子	$u(x_i)$ (μA)	$ c_i $	$u_i(y)$ (μA)
u_1	测试仪的分辨力引入的标准不确定度分量	均匀	0.05	$\sqrt{3}$	0.029	1	0.029
u_2	标准表的示值误差引入的标准不确定度分量	均匀	0.05	$\sqrt{3}$	0.029	1	0.029
u_3	标准表的分辨力引入的标准不确定度分量	均匀	0.005	$\sqrt{3}$	0.003	1	0.003
u_4	直流电流源短期稳定度引入的标准不确定度分量	均匀	0.005	$\sqrt{3}$	0.003	1	0.003
u_c							0.041
U					2		0.082

A.22 客车轴温报警器

客车轴温报警器示值误差测量不确定度的主要来源列于表 A.27~表 A.30。

表 A.27(模拟式温度传感器固有误差)

符号	测量不确定度来源	分布	$a/2$	包含 因子	$u(x_i)$	$ c_i $	$u_i(y)$ ($^{\circ}\text{C}$)
u_1	直流电压表最大允许误差引入的标准不确定度分量	均匀	1mV	$\sqrt{3}$	0.58mV	$\frac{1^{\circ}\text{C}}{\sqrt{4.36\text{mV}}}$	0.133

表 A.27(续)

符号	测量不确定度来源	分布	$a/2$	包含因子	$u(x_i)$	$ c_i $	$u_i(y)$ ($^{\circ}\text{C}$)
u_2	直流电压表的分辨力引入的标准不确定度分量	均匀	0.05 mV	$\sqrt{3}$	0.029 mV	$1^{\circ}\text{C}/4.36\text{ mV}$	0.007
u_3	标准温度计最大允许误差引入的标准不确定度分量	均匀	0.2 $^{\circ}\text{C}$	$\sqrt{3}$	0.115 $^{\circ}\text{C}$	1	0.115
u_4	标准温度计估读误差引入的标准不确定度分量	均匀	0.005 $^{\circ}\text{C}$	$\sqrt{3}$	0.0029 $^{\circ}\text{C}$	1	0.003
u_5	恒温槽工作区域最大温差引入的标准不确定度分量	均匀	0.1 $^{\circ}\text{C}$	$\sqrt{3}$	0.058 $^{\circ}\text{C}$	1	0.058
u_6	恒温槽温度波动引入的标准不确定度分量	均匀	0.1 $^{\circ}\text{C}$	$\sqrt{3}$	0.058 $^{\circ}\text{C}$	1	0.058
u_c							0.195
U					2		0.39

表 A.28(数字式温度传感器固有误差)

符号	测量不确定度来源	分布	$a/2$ ($^{\circ}\text{C}$)	包含因子	$u(x_i)$ ($^{\circ}\text{C}$)	$ c_i $	$u_i(y)$ ($^{\circ}\text{C}$)
u_1	传感器输出温度信号分辨力(0.5 $^{\circ}\text{C}$)引入的标准不确定度分量	均匀	0.25	$\sqrt{3}$	0.145	1	0.145
u_2	标准温度计最大允许误差引入的标准不确定度分量	均匀	0.2	$\sqrt{3}$	0.115	1	0.115
u_3	标准温度计估读误差引入的标准不确定度分量	均匀	0.005	$\sqrt{3}$	0.003	1	0.003
u_4	恒温槽工作区域最大温差引入的标准不确定度分量	均匀	0.1	$\sqrt{3}$	0.058	1	0.058
u_5	恒温槽温度波动引入的标准不确定度分量	均匀	0.1	$\sqrt{3}$	0.058	1	0.058
u_c							0.202
U					2		0.40

注:对于分辨力为0.125 $^{\circ}\text{C}$ 的传感器:其分辨力引入的不确定度,误差分布为均匀分布。 $u_1=0.29 \times 0.125=0.073(^{\circ}\text{C})$,于是 $u_c(\text{数字})=0.158^{\circ}\text{C}$,所以 $U(\text{数字})=2 \times 0.158 \approx 0.32(^{\circ}\text{C})$, $k=2$ 。

表 A.29[控制显示器(模拟输入)示值误差]

符号	测量不确定度来源	分布	$a/2$ (mV)	包含因子	$u(x_i)$ (mV)	$ c_i $ ($^{\circ}\text{C}/\text{mV}$)	$u_i(y)$ ($^{\circ}\text{C}$)
u_1	直流数字电压表的允许误差引入的标准不确定度分量	均匀	1	$\sqrt{3}$	0.58	1/4.36	0.13
u_2	直流数字电压表的分辨力引入的标准不确定度分量	均匀	0.05	$\sqrt{3}$	0.03	1/4.36	0.007

表 A.29(续)

符号	测量不确定度来源	分布	$a/2$ (mV)	包含 因子	$u(x_i)$ (mV)	$ c_i $ ($^{\circ}\text{C}/\text{mV}$)	$u_i(y)$ ($^{\circ}\text{C}$)
u_3	重复性测量的重复性引入的标准不确定度分量	均匀	/	/	0.063	1/4.36	0.014
u_c							0.13
U							0.26

表 A.30(系统测温误差)

符号	测量不确定度来源	分布	$a/2$ ($^{\circ}\text{C}$)	包含 因子	$u(x_i)$ ($^{\circ}\text{C}$)	$ c_i $	$u_i(y)$ ($^{\circ}\text{C}$)
u_1	控制显示器温度示值分辨力引入的标准不确定度分量	均匀	0.5	$\sqrt{3}$	0.29	1	0.29
u_2	标准温度计最大允许误差引入的标准不确定度分量	均匀	0.2	$\sqrt{3}$	0.115	1	0.115
u_3	标准温度计估读误差引入的标准不确定度分量	均匀	0.005	$\sqrt{3}$	0.003	1	0.003
u_4	恒温槽温度波动引入的标准不确定度分量	均匀	0.5	$\sqrt{3}$	0.29	1	0.29
u_c							0.42
U							0.8

A.23 钢轨超声波探伤仪检定仪

钢轨超声波探伤仪检定仪脉冲间隔误差测量不确定度的主要来源列于表 A.31。

表 A.31

符号	测量不确定度来源	分布	$a/2$ (%)	包含 因子	$u(x_i)$ (%)	$ c_i $	$u_i(y)$ (%)
$u(T_1)$	示波器校准仪读数误差引入的标准不确定度分量	均匀	0.05	$\sqrt{3}$	0.029	1	0.029
$u(T_2)$	示波器校准仪基本误差引入的标准不确定度分量	均匀	0.1	$\sqrt{3}$	0.058	1	0.058
$u(d)$	测量重复性引入的标准不确定度分量	t 分布	$s=0.03$		0.03	1	0.03
u_c							0.071
U				2			0.14