



安徽省地方计量技术规范

JJF (皖) 175—2024

电子辊道秤校准规范

Calibration Specification of Electronic Roller Scales

2024-01-15 发布

2024-03-01 实施

安徽省市场监督管理局 发布

电子辊道秤校准规范

Calibration Specification of Electronic
Roller Scales

JJF (皖) 175-2024

归口单位：安徽省衡器计量技术委员会

主要起草单位：安徽省计量科学研究院

合肥市计量测试研究院

参加起草单位：马鞍山钢铁股份有限公司

本规范委托安徽省衡器计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

张孝军（安徽省计量科学研究院）

田 晓（安徽省计量科学研究院）

毛林伟（安徽省计量科学研究院）

张清扬（安徽省计量科学研究院）

朱晓星（合肥市计量测试研究院）

参加起草人：

李永文（马鞍山钢铁股份有限公司）

王 平（马鞍山钢铁股份有限公司）



目 录

引言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语和计量单位	(1)
4 概述	(1)
5 计量特性	(2)
6 校准条件	(3)
7 校准项目和校准方法	(4)
8 校准结果表达	(8)
9 复校时间间隔	(9)
附录 A 专用砝码	(10)
附录 B 校准记录参考格式	(12)
附录 C 辊道秤示值误差测量结果不确定度评定方法示例	(14)

引 言

本规范依据 JJF1001-2011《通用计量术语及定义》、JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》和 JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》等基础性系列规范制定。

本规范为首次发布。

电子辊道秤校准规范

1 范围

本规范适用于静态称重电子辊道秤（以下简称为辊道秤）的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 99 砝码检定规程

JJG 539 数字指示秤检定规程

JJF 1834 非自动衡器通用技术要求

GB/T 7723—2017 固定式电子衡器

GB/T 7724—2008 电子称重仪表

GB/T 7551—2008 称重传感器

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

3 术语和计量单位

3.1 术语

3.1.1 辊道 roller table

辊道是输送钢坯、轧材、工件等载荷的输送设备。

3.1.2 辊道秤 electronic roller scale

辊道秤是一种在辊道线上使用的装有电子装置、具有数字指示功能、在辊道输送过程中完成静态称重计量的电子衡器。

3.1.3 称重承载器 load receptor

辊道秤中衡器用于承受载荷的部件。

3.1.4 扩展显示装置 extended display unit

根据手动指令，将衡器的实际分度值（ d ）暂时转换为小于检定分度值（ e ）的装置。

3.2 计量单位 unit of measurement

辊道秤使用的计量单位应为国家法定计量单位，包括：吨（t）、千克（kg）、克（g）。

4 概述

辊道秤是一种适用圆（方）坯、棒材、管材、板材等载荷在辊道输送过程中在线完成称重计量的电子衡器。通常由称重承载器、称重传感器、称重显示控制器、载荷检测器、中央控制单元、电气驱动控制系统、电机输送系统、液（气）控制系统、液（气）执行机构（升降式、移动式结构辊道秤）、计算机及软件等组成。

工作过程中，当载荷通过输送辊道送到称重承载器的辊道段时，载荷检测器检测到载荷来到的信息，由中央控制单元发出指令信号使称重承载器段的输送辊道停止运行，同时给出液（气）控制系统执行信号，在液（气）执行机构动作下，载荷脱离辊道被送到称重承载器上进行静态称重，这时称重显示控制器采集载荷的质量数据信息，将该信息上传至计算机数据库。称量完毕后，载荷在系统的作用下放回原初始位置，输送辊道得到指令后运转将载荷送走，等待下一次信息采集。中央控制单元与上位机 PC 完成信号状态收集、逻辑判定、指令下发、程序执行、数据采集、记录和报表统计等。其工作原理见图 1。

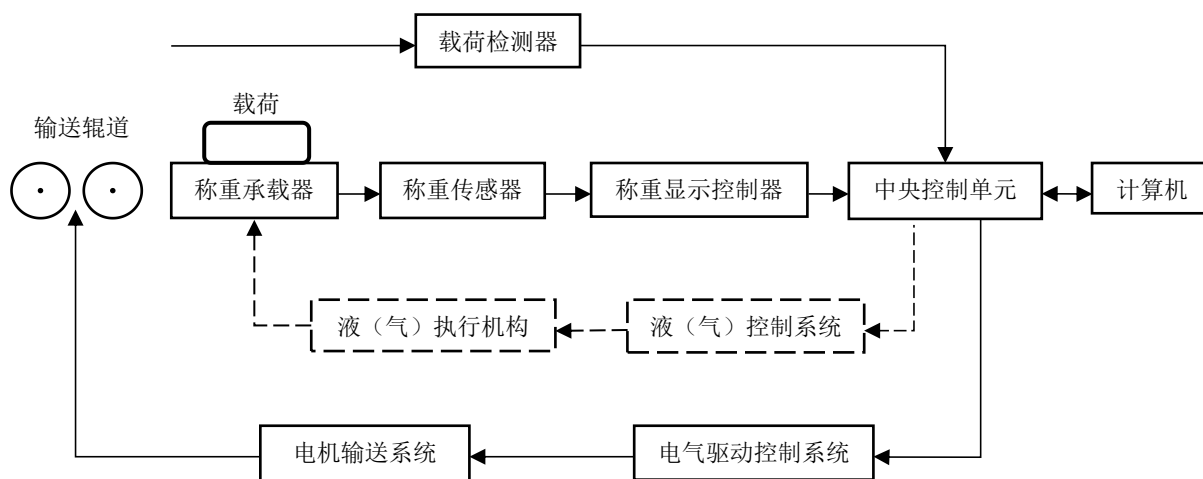


图1 辊道秤原理方框图(虚线部分为升降式、移动式结构辊道秤组成部分)

辊道秤广泛用于冶金、有色、汽车、设备制造、仓储物流等行业。按结构形式分类，可分为：平台式辊道秤、升降式辊道秤和移动式辊道秤等；按工况使用温度分类，可分为：常温式辊道秤、高温式辊道秤。

5 计量特性

5.1 零点误差

空载或卸载后，辊道秤零点的示值误差。静态零点示值误差应在 $\pm 0.25d$ 范围内；运行零点示值误差应在 $\pm 0.50d$ 范围内。

注： d 表示实际应用时的分度值，简称实际分度值。

5.2 示值误差

任何单次测量的示值与标准载荷参考量值之差。表 1 给出辊道秤校准的最大允许误差参考值。

表1 电子辊道秤校准的最大允许误差

称 量 (用实际分度值 d 表示的载荷 m)	最大允许误差 MPE	
	首次校准、后续校准	使用中检验
$0 \leq m \leq 500$	$\pm 0.5d$	$\pm 1.0d$
$500 < m \leq 2000$	$\pm 1.0d$	$\pm 2.0d$
$2000 < m \leq 10000$	$\pm 1.5d$	$\pm 3.0d$

5.3 重复性

同一载荷在重复性测量条件下多次称量所得结果之间的差值。其最大差值应不大于表 1 规定的该载荷下最大允许误差的绝对值。

5.4 偏载

同一载荷在称重承载器上不同位置的示值误差。其示值误差应符合表 1 规定的该载荷下最大允许误差的要求。

5.5 温度漂移

称重承载器加载高温载荷时引起电子辊道秤参数的变化而产生的示值变动。加载高温载荷保持 30min，示值最大漂移应在 $\pm 1d$ 范围内；移去高温载荷时应能正常回零，零点误差应在 $\pm 0.5d$ 范围内。

5.6 鉴别阈

在处于平衡稳定的辊道秤上，轻缓地放上或取下一个等于实际分度值 1.4 倍 ($1.4d$) 的附加载荷，此时秤的示值应发生明显地改变。

注：以上指标不宜用于合格性判别，仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 现场环境温度： $-10^{\circ}\text{C} \sim 55^{\circ}\text{C}$ 。

6.1.2 现场环境湿度： $10\%\text{RH} \sim 95\%\text{RH}$ ，无冷凝。

6.1.3 供电电源

按照制造厂商技术说明书中规定的供电方式接通被测辊道秤的电源。

6.2 校准用标准器

6.2.1 标准砝码

校准用的标准砝码应符合 JJG 99 的计量要求。建议校准砝码采用不低于 M_2 等级标准砝码, 闪变点法使用的 $0.1d$ 附加砝码采用 M_1 等级标准砝码。

6.2.2 专用砝码

辊道秤校准时, 标准砝码外形和量值不能满足现场工艺的要求时, 可根据现场工艺要求制作与载荷模型相似的专用砝码来替代, 专用砝码的制作和量值溯源要求见附录 A。

6.2.3 秒表计时器

应采用满足 JJG 237 检定规程要求的电子秒表或机械秒表, 分辨力不低于 $0.1s$ 。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准前的准备

7.1.1 对辊道秤的承载器、称重传感器、约束限位、称重显示控制器及周边卫生进行清扫。

7.1.2 对辊道秤的称重承载器、称重传感器、约束限位、称重显示控制器、传输管线及软连接等称重单元进行检查, 核对其完好性。

7.1.3 对检测器、中央控制单元、电气驱动控制系统、电机输送系统、液(气)控制系统、液(气)执行机构等设备进行检查, 并测试系统连动状况。

7.1.4 核查辊道秤的准确度等级、分度值、分度数及最小称量。

7.1.5 开机预热, 预热时间等于或大于制造厂商规定的预热时间, 一般不超过 30 min 。

7.1.6 预加载荷, 校准前, 电子辊道秤均应预加一次载荷到最大称量或确认的最大安全称量, 保证各部位处于良好的工作状态。

7.1.7 将 50% 最大称量或者常用重量的被测载荷自动加载到承载器上, 在稳定 $5s$ 时间后, 示值变化不能超过 $\pm 1d$ 。

7.1.8 对于高温型辊道秤, 在校准过程中, 应做好人员和设备的防护工作。

7.2 校准方法

7.2.1 零点误差校准

7.2.1.1 辊道秤处于静止工作状态, 在未加载荷的情况下进行零点校准, 将示值摆脱零点跟踪, 静止观察空秤零点, 适当推拉称重承载器, 静止后用扩展指示法或闪变点法测量、

计算零点化整前的示值和误差, 数据处理方法按本规范 7.3.1 和 7.3.2 项进行。

7.2.1.2 对升降式、移动式辊道秤, 应进行运行零点校准。即: 辊道秤处于自动运行状态, 液(气)压执行机构进行加压, 并将执行机构移至称重工位, 这时示值摆脱零点跟踪, 在未加载荷的情况下用扩展指示法或闪变点法测量、计算零点化整前的示值和误差, 方法见本规范 7.3.1 和 7.3.2 项。

7.2.2 示值误差校准

7.2.2.1 辊道秤处于运行模式, 从零点起由小到大的顺序自动加载砝码或专用砝码至承载器, 用相同的方法卸载砝码或专用砝码至零点。加、卸砝码或专用砝码时要分别逐渐地递增或递减。

7.2.2.2 测量时至少选定 3 个点称量点, 分别是:

- (1) 最小称量 Min ;
- (2) $Max/2$ 称量或者常用重量;
- (3) 70%和 100%之间的 Max 称量

注: 用户也可根据需求增加称量点的测试。

7.2.2.3 若辊道秤配备了零点跟踪装置可在本校准中运行。

7.2.2.4 对每一称量点, 用扩展指示法或闪变点法来确定其化整前的示值, 计算出化整前的示值和误差, 方法见本规范 7.3.1 项。

7.2.2.5 对于具有升降、移动式结构的辊道秤, 应做升降、移动称量测试。将砝码或专用砝码自动加载到辊道秤的称重承载器上, 用扩展指示法或闪变点法来测量和计算出化整前的示值及误差, 方法见本规范 7.3.1 项。

7.2.2.6 对于高温型辊道秤, 应做高温载荷状态示值误差校准。

7.2.3 重复性校准

7.2.3.1 用约 50%最大称量或者常用称量的载荷在同一位置进行校准, 称量三次, 首次和大修后的校准可以增加称重点, 每次称量前, 应将辊道秤调至零点位置, 可以与称量校准同时进行。

7.2.3.2 重复性误差计算公式由本规范 7.3.3 给出。

7.2.3.3 若秤具有零点跟踪装置, 可处于运行状态中进行。

7.2.4 偏载校准

7.2.4.1 在辊道秤的承载器始端、中端和末端偏载区域内进行校准。将 $Max/3$ 砝码或专用砝码加载到辊道秤的称重承载器上, 做向前运动, 分别加载承载器始端、中端和末端, 根据本

规范 7.3.1 公式 (2) 计算每个加载位置示值的误差, 然后逆方向重复测量一次, 记录每一次误差值。

7.2.4.2 可根据电子辊道秤结构自行进行偏载载荷和区域的选择, 通常承载器的支承点数 $N \geq 4$ 的秤, 对每个支撑点施加的载荷应相当于最大秤量的 $1/(N-1)$, 将载荷依次施加在每一个支撑点的上方, 面积应在承载器 $1/N$ 的表面区域内。如果两个支撑点靠得太近, 按上述方法施加测试载荷困难, 可将两倍载荷施加到两个支承点连线两侧的两倍区域内, 根据本规范 7.3.1 公式 (2) 确定每个加载位置示值和误差。

7.2.4.3 对于专用升降式承载器的电子辊道秤, 可在每个支承点上施加测试载荷进行偏载测试 (载荷量应不低于最大秤量的 $1/10$)。将载荷加放在每个支承点上或根据被测秤的实际位置确定, 根据本规范 7.3.1 公式 (2) 确定每个加载位置示值和误差。

7.2.4.4 一般情况, 只需在校准开始时确定零点误差就可以满足要求。如果出现秤示值误差超过最大允许误差的情况, 必须对每次加载前的零点误差进行确定。

7.2.5 温度漂移校准

在高温环境下工作的辊道秤, 应做承载高温载荷的温度漂移校准, 即在工作状态下用常用载荷进行温度漂移测试。在称重承载器上加载高温载荷保持 30min, 每隔 10 min 用扩展指示法或闪变点法读取示值, 共读取 4 次 (可与称量校准同时进行), 根据本规范 7.3.1 公式 (2) 计算温度漂移误差值, 这时式中的 P 值为四次测量过程中的显示值, L 值取初始值, 计算出的最大误差值为温度漂移量。

7.2.6 鉴别阈校准

7.2.6.1 鉴别阈应在三个不同的载荷下进行校准, 例如: Min ; $Max/2$ 和 Max 。

7.2.6.2 在承载器上放置某一载荷和足够的附加小砝码 (如: 10 个 $d/10$ 的小砝码)。然后逐个取下附加小砝码, 直至示值 I 减少了一个实际分度值而变成为 $I-d$ 。重新放回一个小砝码在承载器上, 然后再轻缓地将相当于 $1.4d$ 的载荷放置在承载器上, 得到结果为在原来示值上增加一个实际分度值, 即: $I+d$ 。

7.2.6.3 进行鉴别阈校准时, 禁止使用扩展显示装置。

7.3 数据处理

7.3.1 利用闪变点法和扩展指示法确定化整前示值、误差和修正误差

7.3.1.1 闪变点法

对于不使用或不具备扩展指示的辊道秤, 应利用闪变点法确定其化整前的示值, 其

方法如下:

对于某一载荷 L , 记录其示值 I 。连续加放相当于 $0.1d$ 的附加砝码, 直到秤的示值明显地增加一个分度值, 变为 $(I+d)$ 。此时, 加到承载器上的附加载荷 ΔL 。可用下述公式得到秤化整前的示值 P :

$$P = I + 0.5d - \Delta L \quad (1)$$

式中:

P ——化整前的示值, t、kg 或 g;

I ——示值, t、kg 或 g

ΔL ——附加载荷, t、kg 或 g。

那么化整前的误差 E 为:

$$E = P - L = I + 0.5d - \Delta L - L \quad (2)$$

式中:

E ——化整前的误差, t、kg 或 g;

L ——载荷, t、kg 或 g。

化整前的修正误差为:

$$E_c = E - E_0 \quad (3)$$

式中:

E_0 ——零点或零点附近 (如 $10e$) 的误差, t、kg 或 g;

E_c ——化整前的修正误差, t、kg 或 g。

7.3.1.2 扩展指示法

带有扩展指示的辊道秤可直接确定化整前示值 P 。并利用本规范公式 (2) 和公式 (3) 分别计算出化整前的误差 E 和化整前的修正误差 E_c , 但前提是扩展指示的显示分度值应为 $0.1d$, 在按住扩展显示期间或发出手动指令 5s 内, 只能用于读取化整前示值 P , 不得用于称重打印。

7.3.2 按照公式 (4) 计算化整前的零点误差:

$$E_0 = I_0 + 0.5d - \Delta L - L_0 \quad (4)$$

式中:

E_0 ——零点或零点附近 (如 $10e$) 的误差, t、kg 或 g;

I_0 ——零点或零点附近（如 $10e$ ）的示值，t、kg 或g；

ΔL ——附加载荷，t、kg 或g；

L_0 ——零点或零点附近的载荷，t、kg 或 g。

7.3.3 重复性误差计算由公式（5）给出：

$$E_R = E_{max} - E_{min} \quad (5)$$

式中：

E_R ——重复性，t、kg 或 g；

E_{max} ——示值误差的最大值，t、kg 或 g；

E_{min} ——示值误差的最小值，t、kg 或 g。

8 校准结果表达

经校准的辊道秤出具校准证书，证书内页格式参见附录 B。校准证书应至少包含以下内容：

- a) 标题：“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；
- d) 证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- e) 客户的名称和地址；
- f) 被校对象的描述和明确标识；
- g) 进行校准的日期，如果与校准结果的有效性和应用有关时，应说明被校对象的接收日期；
- h) 如果与校准结果的有效性和应用有关时，应对被校样品的抽样程序进行说明；
- i) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- j) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- k) 校准环境的描述；
- l) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- m) 对校准规范的偏离的说明；
- n) 校准证书签发人的签名、职务或等效标识；
- o) 校准结果仅对被校对象有效的声明；
- p) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。

9 复校时间间隔

辊道秤的复校时间间隔由用户根据使用情况自主确定，建议复校时间间隔一般不超过1年。

附录 A

专用砝码

A.1 专用砝码概念

一种能复现质量值的实物器具。它具有稳定的物理特性和计量特性，如：形状、尺寸、材料、表面状况、密度、磁性、质量标准值和最大允许误差等。

A.2 通用技术要求

A.2.1 表面状况：专用砝码的表面状况应使得在正常使用条件下，专用砝码质量的变化相对最大允许误差来说是可以忽略不计的。

A.2.2 形状：为了方便生产与识别，专用砝码应具有满足工艺的几何形状，边和角要修圆，表面不应有锐边和锐角及气孔，以防止磨损和积灰。

A.2.3 材料：采用钢金属材料，做防腐处理。

A.2.4 标记：专用砝码上应有明显的标记和质量标称值。

A.3 计量性能要求

A.3.1 专用砝码的质量 $\leq 2000\text{kg}$ ，最大允许误差参照 JJG 99 砝码检定规程中 M_2 级砝码的最大允许误差 $|MPE|$ 执行，其最大允许误差 $|MPE|$ 为 0.016% 专用砝码量值。

A.3.2 $2000\text{kg} < \text{专用砝码的质量} \leq 10000\text{kg}$ ，专用砝码的最大允许误差应不大于上一级控制衡器的 $0.5d$ 。

A.3.3 $10000\text{kg} < \text{专用砝码的质量} \leq 100000\text{kg}$ ，专用砝码的最大允许误差应不大于上一级控制衡器的 $0.5d$ 。

A.4 量值溯源要求

A.4.1 专用砝码的质量 $\leq 2000\text{kg}$ ，量值溯源应在质量比较仪上完成，配套砝码为 4 个 500kg F_2 等级砝码。

A.4.2 $2000\text{kg} < \text{专用砝码的质量} \leq 10000\text{kg}$ ，量值溯源方式应在量程 $\leq 10000\text{kg}$ 、实际分度值 d 应不大于 2kg 高精度衡量仪器平台秤上完成。量值溯源原则如下：

A.4.2.1 高精度衡量仪器平台秤的重复性应不大于 $0.2d$ ；

A.4.2.2 高精度衡量仪器平台秤采用不低于 M_2 等级砝码检定/校准；

A.4.2.3 用闪变法读取专用砝码的质量示值，专用砝码的最大允许误差应不大于该高精度衡量仪器平台秤的 $0.5d$ 。

A.4.3 $10000\text{kg} < \text{专用砝码的质量} \leq 100000\text{kg}$, 采用比对的方法。

A.5 校准条件

A.5.1 环境条件

专用砝码的校准应在稳定的环境状况下, 专用砝码的温度接近室温的条件下进行, 通常温度: $18^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$; 湿度: $20\%\text{RH} \sim 50\%\text{RH}$ 。

A.5.2 校准地点

不允许有容易察觉的振动和气流, 应尽量远离振源和磁源。应避免阳光的直接照射。

A.5.3 校准仪器

控制衡器最大量程应与专用砝码校准的质量相匹配, 控制衡器分度数 $n \geq 5000$ 。

A.5.4 校准砝码

标准砝码至少应比被校准专用砝码的准确度等级高一个等级, 标准砝码采用不低于 M_2 等级的砝码。

A.6 测量程序

A.6.1 校准仪器回零。

A.6.2 将专用砝码放在承载器正上方上, 通常三次, 确保专用砝码放在中心处。

注: 在不设自动置零、零点跟踪功能下进行。

A.6.3 衡量仪器具有扩展指示装置 (细分示值不大于 $0.2d$), 则可用此装置来确定专用砝码的质量示值。

A.6.4 若发现专用砝码被明显磁化, 则应做消磁处理。

A.6.5 计算不确定度。

A.7 校准结果处理

经过校准的专用砝码发给校准证书, 校准结果应给出其校准结果的不确定度及校准数据的内容。

A.8 复校时间间隔

A.8.1 建议复校时间间隔为 12 个月。

A.8.2 由于复校时间间隔的长短是由专用砝码的使用情况、环境因素、本身的质量等诸因素所决定的, 因此, 为保证专用砝码的准确、可靠, 应在两次校准之间定期进行校验核查。

附录 B

校准记录参考格式

B.1 推荐的校准原始记录格式

辊道秤校准原始记录参考格式（数据处理）

原始记录编号：

证书号：

委托单位				设备编号		
测量范围		最大称量		分度值		
型号/规格		制造厂		校准地点		
校准依据		温度		湿度		
校准用标准设备溯源信息						
名称	设备编号	测量范围	准确度等级	证书编号	有效期至	
零点误差			单位：			
载荷 L	示值 I	附加砝码 ΔL	误差 E_0	修正误差 E_c		
示值误差			单位：			
载荷 L	示值 I	附加砝码 ΔL	误差 E	修正误差 E_c	测量不确定度	
重复性			单位：			
次数	载荷 L	示值 I	附加砝码 ΔL	误差 E	重复性 R	
1						
2						
偏载			单位：			
方向	位置	载荷 L	示值 I	附加砝码 ΔL	误差 E	修正误差
正方向	始端					
	中端					
	末端					
逆方向	始端					
	中端					
	末端					
温度漂移（测试载荷： 温度： ）						
时间	0 min	10min	20 min	30 min		
温度						
示值 I						
鉴别阈						
载荷 L	0	载荷 1：	载荷 2：	载荷 3：		
ΔL 值						

校准员：

核验员：

校准日期：

B.2 推荐的校准数据/结果格式

校准数据/结果

证书编号:

Certificate No 号

第 页 共 页

最大称量: M_{\max} =		实际分度值: d =
校准项目		校准结果
零点误差	静态	
	运行	
示值误差	$\leq m \leq$	
	$< m \leq$	
	$< m \leq$	
重复性		
偏载		
温度漂移(温度:)		
鉴别阈 (ΔL 值:)		
U =		(k =)

注: 1. 温度漂移测试项为高温辊道秤选项, 常温辊道秤不作测试;

2. 本证书校准结果仅对所校辊道秤有效;

3. 本证书未加盖校准专用章无效。

附录 C

辊道秤示值误差测量结果不确定度评定方法示例

C.1 概述

C.1.1 测量标准

C.1.1.1 标准砝码

M₂ 等级规格：5000kg； 允许误差：±800g，数量：2 个；

M₂ 等级规格：1000kg； 允许误差：±160g，数量：5 个；

M₁ 等级规格：500g ； 允许误差：±25mg，数量：10 个。

C.1.1.2 专用砝码

规格：11785kg 允许误差：±2500g，数量：1 个。

C.1.2 校准环境条件

环境温度：35℃；

环境湿度：63%RH。

C.1.3 校准对象

高温辊道秤，最大秤量为 15 t、最小秤量为 100 kg、实际分度值 d 为5 kg，其最大允许误差见表 C.1。

表C.1 电子辊道秤的最大允许误差表 单位：kg

最大允许误差 MPE	称量 (用实际分度值 d 表示的载荷 m)
$\pm 0.5d$	$0 \leq m \leq 500$
$\pm 1.0d$	$500 < m \leq 2000$
$\pm 1.5d$	$2000 < m \leq 10000$

C.1.4 校准方法

辊道秤的示值误差校准是在其承载器上直接加/卸砝码和专用砝码 L ，通过扩展指示法或闪变点法确定其化整前的示值 P ，计算 P 与 L 之差，即为该辊道秤示值误差 E 。

C.2 示值误差的标准不确定度

被校辊道秤的测量模型为： $E=P-L$

式中：

E ——辊道秤化整前的误差;

P ——辊道秤化整前的示值;

L ——标准砝码或专用砝码质量值。

C.3 各输入量估计值的标准不确定度的评定

C.3.1 由辊道秤的示值引入的不确定度分量 $u_1(P_i)$ 的评定

$u_1(P_i)$ 不确定度主要来源于辊道秤测量重复性和分辨力。

C.3.1.1 由测量重复性引入的不确定度分量 $u_1(P_i)$ 的评定采用极差法评定, 在重复性条件下依, 据本规范选用 $Max/2=7500\text{kg}$ 砝码对辊道秤重复独立测量 $n=3$ 次, 采用闪变读取数据(单位 kg) 分别为: 7501.0kg 、 7500.5kg 、 7499.5kg , 则单次测量值 P_i 的实验标准偏差 $s_r(P_i)$ 按下列公式近似评定:

$$s_r(P_i) = \frac{R}{C}$$

式中:

极差 $R=7501.0-7499.5=1.5$, 极差系数 $C=1.69$, 自由度 $\nu=1.8$, 被测量估计值的标准不确定度

$$u_1(P_i) = s_r(\bar{P}) = \frac{s_r(P_i)}{\sqrt{n}} = \frac{R}{C\sqrt{n}} = \frac{1.5}{1.69\sqrt{3}} = 0.51 \text{ (kg)}$$

注: 用户可也可依据需求选做最小称量 Min 、常用重量和最大称量 Max 重复性引入的不确定度分量的评定。

C.3.1.2 由分辨力引入的不确定度分量 $u_1(P_2)$ 的评定

辊道秤分度值为 5kg , 半宽 $a=2.5\text{kg}$, 服从均匀分布, 包含因子 $k=\sqrt{3}$; 由于电子辊道秤的示值误差测试过程是通过逐个添加 $0.1d$ 的小砝码, 采用找闪变点的方法确定, 因此:

$$u_1(P_2) = \frac{a}{10\sqrt{3}} = \frac{2.5}{10\sqrt{3}} \approx 0.14 \text{ (kg)}$$

校准过程中, 因重复性测量已包含分辨力引入的不确定度成分, 因此仅考虑重复性测量引入的不确定度。即

$$u_1(P_i) = u_1(P_1) = 0.51 \text{ (kg)}$$

C.3.2 辊道秤的偏载误差引起的标准不确定度分量 $u_2(P_i)$

测量时偏载量远比偏载试验时少, 假设误差为偏载试验时的 $1/2$, 并服从均匀分布。 L_1 : 最大称量点进行不确定度评定的标准砝码质量; L_2 : 偏载试验时采用 $Max/3$ 标准砝码质量, 即 5000kg 。

测得偏载参考测试数据见表 C.2。

表 C.2 辊道秤的偏载参考测试数据 单位: kg

方向	正方向			逆方向		
位置	始端	中端	末端	始端	中端	末端
示值	5000.5	5000.0	4999.5	5000.5	5000.0	5000.0

因: $E_c = E - E_0 = P - L - E_0$

取偏载试验时测得最大修正误差 $E_c = 1.0$ kg, 则:

$$u_2(P_i) = \frac{|E_c|}{2\sqrt{3}} \times \frac{L_1}{L_2} = \frac{1.0}{2\sqrt{3}} \times \frac{15000}{5000} \approx 0.87 \text{ (kg)}$$

C.3.3 电源电压不稳定度引起的标准不确定度分量 $u_3(P_i)$

电源电压在规定条件下可能会造成示值变化 $\pm 0.2d$, 服从均匀分布。

$$u_3(P_i) = \frac{|\pm 0.2d|}{\sqrt{n}} = \frac{|\pm 0.2 \times 5|}{\sqrt{3}} \approx 0.58 \text{ (kg)}$$

C.3.4 标准砝码或专用砝码误差引入的标准不确定度分量 $u_4(P_i)$ 的评定

C.3.4.1 标准砝码误差引入的标准不确定度分量 $u_4(P_i)$ 的评定

依据规范选用满足 $Max=15000$ kg 规格的 M_2 等级砝码做标准不确定度分量 $u_{4\text{标}}(P_i)$ 评定, 根据 JJG99《砝码》, 15000kg 规格的 M_2 等级砝码最大允许误差为 ± 2.4 kg, 它服从均匀分布, 包含因子 $k=\sqrt{3}$, 因此标准不确定度分量 $u_{4\text{标}}(P_i)$ 为

$$u_{4\text{标}}(P_i) = \frac{|MPE|}{\sqrt{3}} = \frac{|\pm 2.4|}{\sqrt{3}} \approx 1.38 \text{ (kg)}$$

C.3.4.2 专用砝码误差引入的标准不确定度分量 $u_{4\text{专}}(P_i)$ 的评定

依据规范选用规格 11785 kg 的专用砝码做不确定度分量 $u_{4\text{专}}(P_i)$ 评定, 11785kg 规格的专用砝码最大允许误差为 ± 2.5 kg, 它服从均匀分布, 包含因子 $k=\sqrt{3}$, 因此标准不确定度分量 $u_{4\text{专}}(P_i)$ 为:

$$u_{4\text{专}}(P_i) = \frac{|MPE|}{\sqrt{3}} = \frac{|\pm 2.5|}{\sqrt{3}} \approx 1.44 \text{ (kg)}$$

注: 用户也可根据需求选做最小称量 Min 、 $Max/2$ 等标准砝码或常用专用砝码误差引入的标准不确定度分量的评定。

C.3.5 在高温环境下使用的电子辊道秤, 用户可选做温度漂移引起的标准不确定度 $u_5(P_i)$ 评定 (常温下不考虑该项评定), 建议采用扩展指示法进行加载高温载荷温度漂移测量, 见表 C.3。

表C.3 温度漂移测试 (测试载荷: 11785kg)

时间	0	10 min	20 min	30min
载荷表面温度	1187°C	873°C	584°C	296°C
显示示值	11789.5kg	11788.0kg	11786.5kg	11785.5kg

测试 30 min 温度漂移, 测试次数 $n=4$, 引起的最大漂移量 $R=4.0$ kg, 包含因子 $C=2.06$, 接近正态分布。环境温度引起的不确定度分量:

$$u_5(P_i) = \frac{R}{C\sqrt{n}} = \frac{4.0}{2.06\sqrt{4}} \approx 0.97 \text{ (kg)}$$

C.4 合成标准不确定度

通过上述分析和估算, 可将不确定来源按及其类型、数值、灵敏度系数、概率分布、包含因子及标准不确定度等进行汇总, 见表 C.4。

表C.4 标准不确定度汇总一览表

标准不确定分量 $u(x_i)$	不确定度来源	类型	标准不确定度 (kg)	C_i	$ C_i \cdot u(x_i)$ (kg)	估计概率分布	包含因子 k
$u_1(P_i)$	示值	A	0.51	+1	0.51	正态	2
$u_2(P_i)$	偏载	B	0.87	+1	0.87	均匀	$\sqrt{3}$
$u_3(P_i)$	电压	B	0.58	+1	0.58	均匀	$\sqrt{3}$
$u_4(P_i)$	标准砝码 $u_{4\text{标}}(P_i)$	B	1.38	-1	1.38	均匀	$\sqrt{3}$
	专用砝码 $u_{4\text{专}}(P_i)$	B	1.44	-1	1.44	均匀	$\sqrt{3}$
$u_5(P_i)$	温度	B	0.97	+1	0.97	正态	2

则: 1) 标准砝码校准的合成标准不确定度:

$$\begin{aligned}u_{c\text{ 标}}(E) &= \sqrt{u_1(P_i)^2 + u_2(P_i)^2 + u_3(P_i)^2 + u_{4\text{标}}(P_i)^2 + u_5(P_i)^2} \\&= \sqrt{0.51^2 + 0.87^2 + 0.58^2 + 1.38^2 + 0.97^2} \\&\approx 2.0 \text{ (kg)}\end{aligned}$$

2) 专用砝码校准的合成标准不确定度:

$$\begin{aligned}u_{c\text{ 专}}(E) &= \sqrt{u_1(P_i)^2 + u_2(P_i)^2 + u_3(P_i)^2 + u_{4\text{专}}(P_i)^2 + u_5(P_i)^2} \\&= \sqrt{0.51^2 + 0.87^2 + 0.58^2 + 1.44^2 + 0.97^2} \\&\approx 2.1 \text{ (kg)}\end{aligned}$$

C.5 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, 则

1) 用标准砝码的扩展不确定度为:

$$U_{\text{标}} = ku_{c\text{ 标}}(E) = 2 \times 2.0 \text{ kg} = 4.0 \text{ kg}$$

2) 采用专用砝码的扩展不确定度为:

$$U_{\text{专}} = ku_{c\text{ 专}}(E) = 2 \times 2.1 \text{ kg} = 4.2 \text{ kg}$$

注: 用户可根据现场实际标准设备的配置选择标准砝码或专用砝码校准。
