ＪＪF

中华人民共和国国家计量技术规范

**JJF1326—××××**

质量比较仪校准规范

**Calibration Specification for Mass Comparators**

**(征求意见稿)**

**20xx -xx-xx 发布 xxxx-xx-xx 实施**

**国家市场监管总局** 发布

质量比较仪校准规范

**Calibration Specification JJF1326-xxxx**

**for Mass Comparators**

**本规范经国家市场监管总局于 年 月 日批准，并自 年 月 日起施行。**

**归口单位：全国质量密度计量技术委员会**

**主要起草单位：**

**参加起草单位：**

**本规范由全国质量密度计量技术委员会负责解释**

**本规范主要起草人：**

**参加起草人：**

目 录

引言……………………………………………………………………………………………（V）

1 范围…………………………………………………………………………………………（1）

2 引用文献……………………………………………………………………………………（1）

3 术语和计量单位……………………………………………………………………………（1）

3.1 术语………………………………………………………………………………………（1）

3.2 符号表……………………………………………………………………………………（2）

3.3 计量单位…………………………………………………………………………………（3）

4 概述………………………………………………………………………………………… （3）

4.1 原理………………………………………………………………………………………（4）

4.2 用途………………………………………………………………………………………（4）

4.3 结构………………………………………………………………………………………（4）

5 计量特性…………………………………………………………………………………… （5）

5.1 重复性…………………………………………………………………………………… （5）

5.2 偏载……………………………………………………………………………………… （5）

5.3 局部示值误差…………………………………………………………………………… （5）

6 校准条件……………………………………………………………………………………（5）

6.1 标准砝码………………………………………………………………………………… （5）

6.2 其它有关测量用计量器具……………………………………………………………… （6）

6.3 校准环境条件…………………………………………………………………………… （6）

6.4 供电电源………………………………………………………………………………… （7）

6.5 校准前比较仪的清洁处理……………………………………………………………… （7）

6.6 比较仪的存放时间……………………………………………………………………… （7）

7 校准项目和校准方法……………………………………………………………………… （7）

7.1 校准项目…………………………………………………………………………………（7）

7.2 校准方法…………………………………………………………………………………（8）

8 校准结果表达 ……………………………………………………………………………（11）

9 复校时间间隔………………………………………………………………………………（12）

附录A 质量比较仪测量结果的不确定度评定……………………………………………（13）

附录B 质量比较仪测量结果的不确定度评定示例………………………………………（16）

附录C 质量比较仪校准证书内页格式（示例）…………………………………………（21）

附录D 质量校准原始记录表格格式 （示例）………………………………………………（22）

**引 言**

本规范依据JJF1071《国家计量校准规范编写规则》的要求，名词术语和计量单位在借鉴了OIML R76（Ver.2006）中相关内容，并结合质量比较仪的使用及校准特性，增加了适合本规范的内容，测量不确定度测量结果的不确定度评定参考EA-10/18欧盟《非自动衡器校准细则》中的评定方法等编写。

本规范适用于各类质量比较仪的校准。本技术规范给出了质量比较仪的校准条件、校准项目、校准方法及不确定度评估。

本技术规范为修订，替代JJF1326-2011，主要修订内容如下：

1、增加了引言部分；

2、调整校准项目为局部示值误差校准；

3、删除了6.4供电电源中关于电源频率的要求；

4、优化了附录A中质量比较仪不确定性评定方法和相关内容，将重复性和偏载作为局部示值误差的不确定度分量，并增加了附录B质量比较仪不确定度评定示例，相应修改了附录C的质量比较仪校准证书内页格式（示例）。

质量比较仪校准规范

1 **范围**

本规范适用于配合标准砝码或标准载荷使用的各类质量比较仪 (以下简称：比较仪) 的校准。

1. **引用文件**

本规范引用下列文件：

JJG99 《砝码》

JJF 1001 《通用计量术语及定义》

JJF1059.1 《测量不确定度评定与表示》

JJF 1071 《国家计量校准规范编写规则》

JJF 1181 《衡器计量名词术语及定义》

JJF 1229 《质量密度计量名词术语及定义》

GB/T 23111《非自动衡器》

GB/T 27418《测量不确定度评定与表示》

国际法制计量组织国际建议R111 E1,E2,F1,F2,M1-2,M2,M2-3 和 M3 等级砝码第一部分：计量技术要求，第二部分：测量报告表格（R111 Weights of classesE1,E2,F1,F2,M1-2,M2,M2-3 and M3 ,Part1:Metrological and technical requirements and Part2:Test report format）

欧盟校准指南第 18 号《非自动衡器校准指南》（Guidelines on the Calibration of Non-Automatic Weighing Instruments）

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 最大承载量Maximum load capacity (Max)

对于全电子称量范围的比较仪，为该衡量仪器所能达到的最大电子称量效果；对于部分电子称量范围加配衡砝码的比较仪，为该衡量仪器所能达到的最大配衡效果。

3.1.2 实际分度值actual scale interval（*d*）

以质量单位表示的，相邻两个示值之差。

3.1.3 单一衡量范围的质量比较仪single range mass comparator

在整个衡量范围内，只有一个固定实际分度值*d*的质量比较仪。

3.1.4 多衡量范围的质量比较仪multiple range mass comparator

对于只有一个秤盘的质量比较仪，具有多个从零点到最大承载的测量范围，并且每个测量范围又具有各不相同的实际分度值的质量比较仪。

3.1.5 多分度值的质量比较仪multiple interval mass comparator

整个衡量范围内分为多个实际分度值不同的局部衡量范围，并且实际分度值可依据施加的载荷自动转换的质量比较仪。

3.1.6 实际分度数number of actual scale interval

每个局部衡量范围的最大承载与相应的实际分度值的比，。其中：*i* =1，2，3，…… *n*。

3.1.7 试验载荷test load（*Pt*）

当对比较仪进行重复性、偏载和显示误差的测量时，其试验载荷均为如下两个载荷，它们分别是：

*Pt1* —— 二分之一的最大承载，即：*Max*/2。

*Pt2* —— 最大承载，即：*Max*。

注：当比较仪在试验载荷附近有配衡点时，则采用该配衡点作为试验载荷。全电子量程的比较仪，当最大承载小于20 kg时，砝码为最接近试验载荷的单个砝码；当最大承载大于20 kg时，砝码为最接近试验载荷、个数最少的相同标称值砝码组合。

3.1.8 局部示值误差partial indication error

在试验载荷添加的标准小砝码，比较仪由于该标准小砝码引起的示值变化与标准小砝码的约定质量实际值之间的差。

* 1. 符号表

表1 符号及含义对照表

|  |  |
| --- | --- |
| 符号 | 含 义 |
| *d* | 实际分度值 |
| *i* | 测量序列中，各独立测量的序号 |
| *I* | 比较仪示值 |
| *E* | 局部示值误差 |
| *m* | 物体质量 |
| *m*s | 测量局部示值误差用标准砝码的质量 |
| *m*N | 砝码的标称质量 |
| *Max* | 比较仪的最大承载量 |
| *MPE* | 所使用砝码的最大允许误差 |
| *N* | 一组测量中的测量次数 |
| 符号 | 含 义 |
| *Pt* | 试验载荷 |
| *S* | 测量序列的标准偏差 |
| *T* | 温度（单位K） |
| Δ*T* | =*T*max−*T*min，校准实验室内温度间隔的宽度 |
| *u* | 标准不确定度 |
| *uc* | 合成标准不确定度 |
| *k* | 包含因子（上标表示指数） |
| *kp* | 包含概率为p的包含因子 |
| *U* | 扩展不确定度 |
| *U*S | 局部示值误差测量的扩展不确定度 |
| *V* | 额定电源电压 |
| *V*min | 电源电压范围下限 |
| *V*max | 电源电压范围上限 |
|  | 自由度 |
|  | 合成标准不确定度的有效自由度 |
| *u*ms | 测量局部示值误差用标准砝码约定质量的不确定度分量 |
|  | 密度 |
|  | 空气密度的参考值， |
|  | 砝码的约定密度， |
| *δ* | 偏差 |

表2 符号下标的说明

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 下标 | 说明 | 下标 | 说明 |
| *B* | 空气浮力（校准时） | *i*, *j* | 编号 |
| *D* | 漂移 | *max* | 最大值 |
| *N* | 标称值 | *min* | 最小值 |
| *ecc* | 载荷的不同位置 | 0 | 空载 |
| *rep* | 重复性 | *ref* | 参考 |
| *p* | 包含概率 | *ms* | 局部示值误差用标准砝码 |
| *t* | 试验载荷 |  |  |

3.3 计量单位

使用的单位：微克（μg）、毫克（mg）、克（g）、公斤（或千克）（kg）和吨（t）。

**4 概述**

4.1 原理

比较仪主要是根据测量弹性元件的变形和应变，或电磁力反馈平衡的原理制造的电子衡量设备。

4.2 用途

比较仪，是基于ABA或ABBA循环方式测量质量差值，用于砝码传递或其他特殊用途的，以全量程或电子秤量范围加配衡的称量方式的高分辨率电子衡量设备。应用于各级质量量值传递机构、高准确度质量测量部门。

4.3 结构

 比较仪的结构应满足在其进行校准和使用过程中的安全、可靠，不得存在对操作人员及被测仪器造成危害、危险的元器件。

4.3.1 比较仪的说明性标记

一切场合都必备的标记：

a) 制造厂名称或标记；

b) 产品名称；

c) 规格型号；

d) 最大承载表示为 *Max*；

e) 实际分度值为 *d*；

f) 出厂编号；

g) 出厂日期；

h) 电源电压 …V，或（…~…）V；

i) 电源频率 …Hz。

上述说明性标记必须是擦不掉的，且应使其大小、形状和清晰度在比较仪的正常使用条件下容易阅读。载有标记的牌子必须能封牢，不易破坏或拆卸。

4.3.2 比较仪的表面镀层和涂层

表面镀层或涂覆层的色泽应均匀（外观不得具有显见的缺陷）。

4.3.3 比较仪外罩

设有外罩的比较仪，其外罩应平稳，不得有明显的歪斜、变形、裂缝、划伤等缺陷。各门窗启闭应轻便灵活，不得过紧、过于晃动或自落。

4.3.4 比较仪的读数显示应均匀，不缺划，读数应在显示器窗口的适中位置，无显见的歪斜现象。

a) 比较仪的读数品质

正常使用条件下，指示或打印的衡量结果的读数必须可靠一致，容易读取而且清楚。

构成结果的字符必须保证其大小、形状和清晰度在正常使用条件下容易读取。

标尺、数码和打印必须使构成结果的数字能用简单并列的方法读出。

b) 比较仪的示值形式

衡量结果必须含有质量计量单位名称或符号。对于任意一个衡量值的示值，只能使用所选定的一个质量计量单位。

实际分度值必须取1×10*k*、2×10*k*或5×10*k*的形式，以此表示衡量结果。此时，式中指数*k*是正整数或是零或负整数。

整个比较仪的指示、打印和配衡装置，对于任何给定载荷均应具有相同的实际分度值。

数字指示应从最右端开始，至少显示一位数字。

分度值自动改变的比较仪，小数点符号在显示器上应保持位置不变。

小数部分必须用小数点将其与整数部分分开。示值显示时，小数点左边至少应有一位数字，右边显示全部位数。

c) 所有的比较仪在指示不稳定时均不得打印。

比较仪在预热期间，不指示、不打印、不传递衡量结果。

**5 计量特性**

比较仪在使用和校准过程中，零点跟踪装置须处于关闭状态。

5.1 局部示值误差

在某一试验载荷下，添加一测量误差的小砝码，比较仪显示结果与标准小砝码约定质量值之差。

5.2 重复性

基于A、B、B、A或A、B、A的称量方式，同一载荷多次衡量结果之间的差值，用测定列的单次测定结果的标准偏差来表示。

5.3 偏载

对比较仪进行偏载误差测量时，载荷加在秤盘的不同位置上，用各点与中间点平均值之差绝对值中的最大值表示。

**6 校准条件**

6.1 标准砝码

校准比较仪时，应配备符合JJG99《砝码》检定规程相应等级的标准砝码。在测量和不确定度评定时，应计算标准砝码的最大允许误差，或者其约定质量修正值以及扩展不确定度 (*k*=2)。

标准砝码的选择建议满足表3的要求：

表3 砝码准确度等级与比较仪实际分度数关系表

|  |  |
| --- | --- |
| 砝码准确度等级 | 比较仪实际分度数（Max*i* / *di*） |
| 最小 | 最大 |
| E1 | 500 000 | / |
| E2 | 100 000 | 500 000 |
| F1 | 50 000 | 100 000 |
| F2 | 10 000 | 50 000 |
| M1 | 5 000 | 10 000 |

在校准过程中，应确保标准砝码与被校比较仪之间的温度一致性，砝码质量值由于热传导引起的偏差不得超过0.1*U*\*。表4给出了标准砝码与被校比较仪之间达到温度平衡的最小稳定时间。

其中：Δ*T*为标准砝码与被校比较仪之间的温度差；*U*\*为校准试验室预给被校比较仪最小的相对不确定度。

表4 标准砝码与被校比较仪恒温时间表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Δ*T*/K | 20 | 10 | 5 |
| *U*\*/10-6 | 1 | 2 | 5 | 10 | 20 | 1 | 2 | 5 | 10 | 1 | 2 | 5 |
| 砝码 | 稳定时间 / h |
| 10 kg | 16.5 | 12.75 | 8 | 4.25 | 1.7 | 12.75 | 9 | 4.25 | 1.7 | 9 | 5.5 | 1.7 |
| 5 kg | 12.25 | 9.75 | 6.25 | 3.75 | 1.6 | 9.75 | 7.25 | 3.75 | 1.6 | 7.25 | 4.75 | 1.6 |
| 2 kg | 8 | 6.5 | 4.5 | 3 | 1.5 | 6.5 | 5 | 3 | 1.5 | 5 | 3.5 | 1.5 |
| 1 kg | 6 | 4.75 | 3.5 | 2.5 | 1.35 | 4.75 | 3.75 | 2.5 | 1.35 | 3.75 | 2.75 | 1.3 |
| 500 g | 4 | 3.5 | 2.5 | 1.85 | 1.2 | 3.5 | 2.75 | 1.85 | 1.2 | 2.75 | 2 | 1.2 |
| 200 g | 2.5 | 2.2 | 1.7 | 1.25 | 0.85 | 2.2 | 1.75 | 1.25 | 0.85 | 1.75 | 1.35 | 0.85 |
| 100 g | 1.75 | 1.5 | 1.2 | 0.85 | 0.7 | 1.5 | 1.25 | 0.85 | 0.7 | 1.25 | 1 | 0.7 |
| 50 g | 1.2 | 1 | 0.75 | 0.7 | 0.5 | 1 | 0.75 | 0.7 | 0.5 | 0.85 | 0.7 | 0.5 |
| 20 g | 0.75 | 0.7 | 0.5 | 0.35 | 0.35 | 0.7 | 0.5 | 0.35 | 0.35 | 0.5 | 0.5 | 0.35 |

6.2 其它有关测量用计量器具

分度值不大于0.2 ℃的温度计；

准确度不低于5 %RH的湿度计。

6.3 校准环境条件

 比较仪的校准应在稳定的环境状况下，校准用标准砝码的温度接近室温。

6.3.1 对于实际分度数为5×105以上的比较仪，校准的环境温度应在18 ℃~23 ℃，校准时的温度变化每4 h最大变化1 ℃；相对湿度应在30 %~70 %，校准时的相对湿度变化每4 h最大变化10 %。

其他比较仪，校准时的温度变化每4 h最大变化2 ℃；相对湿度应在30 %~70 %，校准时的相对湿度变化每4 h最大变化15 %。

6.3.2 校准环境不得有振动、气流及其他强磁场的影响，环境应保持清洁，使用面积适度，不得过分拥挤。

6.3.3 比较仪工作台平整、稳固，具有良好的刚度，并具有一定的防振、隔振效果。

6.3.4 被校比较仪和砝码应尽量避免阳光直接照射。

6.4 供电电源

利用供电电源工作的比较仪，应在下列电源变化范围内遵守计量校准规范：

对于额定电源电压*V*，变化为（1−15%）*V*至（1+10%）*V*；

对于电源电压范围(*Vmin*，*Vmax*)，变化为（1−15%）*Vmin*至（1+10%）*Vmax*。

6.5 校准前比较仪的清洁处理

任何比较仪在正式校准之前，都应做好清洁工作。

6.6 比较仪的存放时间

如果比较仪一直放在室内，应通电停放24小时之后，再开机半小时以上方可进行正式校准。

如果比较仪经过搬动，应通电停放48小时之后，再开机半小时以上方可进行正式校准。

**7 校准项目和校准方法**

7.1 校准项目

 校准项目见表5。

**表5 校准项目一览表**

|  |  |
| --- | --- |
| 校准项目 | 校准内容 |
| 局部示值误差 | 测量及不确定度评定 |

注：搬动后，比较仪应立即进行再校准。

7.2 校准方法

7.2.1 校准前的准备工作

以目力察看和手动检查的方式检查比较仪的外观质量是否符合4.3条的相应规定。

校准开始前，应对被校比较仪作合法性和工作正常性检查，使其不得存在影响校准结果的缺陷。

比较仪在工作及校准时，应处于水平状态，并且比较仪的自动零位调整装置和零位跟踪装置不得使用。

7.2.2 操作原则

 （1）衡量循环

对于一台比较仪局部示值误差的校准和重复性、偏载测量时，只能采用下述两种衡量循环中的一种进行操作。

本规范推荐两种衡量循环，最常用的是ABBA（优先选用）和ABABA；相应的，对于一个衡量点可采用独立的相邻4个衡量值A1、A2、A3、A4或相邻的3个衡量值A1、A2、A3做为一个循环。这两种衡量循环可最大限度地减少线性漂移对衡量结果的影响，但不能完全消除。故线性漂移也是比较仪的一项重要的技术指标。

（2）砝码衡量的计算公式

当采用两个砝码进行测量时，循环ABBA（A1B1B2A2）： *IA11*，*IB11*，*IB21*，*IA21*，……，*IA1n*，*IB1n*，*IB2n*，*IA2n*，则：

 （1）

其中：*i* = 1，…，*n*。

循环ABABA（A1B1A2B2A3）： *IA1*，*IB1*，*IA2*，*IB2*，*IA3*，……，*IAn*+1，则：

 （2）

其中：*i* = 1，…，*n*。

在ABBA和ABABA，*n*是序列的数目。*i*值为放在衡量盘上的砝码顺序号。下角标A和B分别代表校准比较仪所用的两个标称值相同的砝码。Δ*I*i表示测量序列*i*的差值。

当采用一个砝码进行测量时，循环 A1A2A3A4： *I*11，*I*12，*I*13，*I*14，……，*In*1，*In*2，*In*3，*In*4，则：

 （3）

其中：*i* = 1，…，*n*。

循环 A11A12A21A22A31： *I*11，*I*12，*I*21，*I*22，*I*31，……，*I*(*n*+1)1 ，*I*(*n*+1)2，则：

 （4）

其中：*i* = 1，…，*n*。

上述，*n*是序列的数目；*i*值为放在衡量盘上的砝码顺序号；Δ*Ii*表示测量序列*i*的差值。

（3）读数时间

校准过程中读取平衡位置读数的时间间隔应尽量一致。

（4）校准时的测量载荷

在进行显示误差校准和重复性、偏载测量时，均在试验载荷点上进行测量，参见3.1.7。

7.2.3 局部示值的校准

由于比较仪在使用中的特点，标准砝码与被测物体之间的质量差值只在一定的范围以内，故在比较仪校准的过程中，可以仅针对一个小的、相对合理的电子显示范围对显示误差进行校准。

用于测量该项误差而添加砝码的质量值*m*s，为被校比较仪实际分度值*d*的1000倍到5000倍之间任意一个单个砝码（当*d*<1 μg时，仅可选用1 mg砝码测量该项误差）。

7.2.3.1 校准程序与要求

在进行局部示值误差校准时，若比较仪在被测的载荷点上采用配衡装置方可显示质量量值，则只能选用一个满足校准比较仪的标准砝码按照ABBA或ABABA的方式（其中：B=A+*m*s）分别将标准砝码放在称盘上，待比较仪稳定，记录显示器示值。此时测量次数为1次~3次。

故校准局部示值误差时的衡量循环为：A、(A+ *m*s)、(A+ *m*s)、A；或者A、(A+ *m*s)、A。

7.2.3.2 校准结果的计算

循环A1、(A+ *m*s)1、(A+ *m*s)2、A2：

 （5）

循环A1、(A+ *m*s)、A2：

  （6）

按公式（5）、（6）计算出由于添加了局部示值误差小砝码而引起的比较仪显示值的变化量Δ*I*ms。如果局部示值误差为多次测量的结果，则取其算术平均值作为显示值的变化量。

7.2.4 重复性的测量

7.2.4.1 总则

衡量循环可以采用ABBA，ABABA或者A1A2A3A4、A1A2A3（当A和B为同一砝码时）的衡量模式，循环次数不少于6次。

用测定序列的单次测量结果的标准偏差表示最终重复性校准结果。

7.2.4.2 校准程序和要求

若比较仪在试验载荷点上采用配衡装置方可显示质量量值，则只能选用一个满足校准比较仪的标准砝码按照A1A2A3A4、A1A2A3的方式将这个标准砝码放在秤盘中心位置，待比较仪显示稳定后，记录显示器示值。

若被校比较仪为全量程电子秤量范围，则既可选用一个满足校准比较仪的标准砝码按照A1A2A3A4、A1A2A3的方式将这个标准砝码放在秤盘中心位置，待比较仪显示稳定后，记录显示器示值。又可选用一个标准砝码与空载进行比较，按照ABBA或ABABA的衡量方式，将标准砝码放在秤盘中心位置，待比较仪显示稳定后，记录显示器示值和空载示值。

7.2.4.3 测量结果的计算（标准偏差法）

对于某一指定的试验载荷，共有*n*个（*n*正好等于该试验载荷的测量次数。ABBA、A1A2A3A4为1次，ABABA 、A1A2A3为2次）数据，则此时该试验载荷的单次测量结果的标准偏差为：

对于ABBA、A1A2A3A4衡量循环：

 （7）

对于ABABA、A1A2A3衡量循环：

 （8）

分别计算出试验载荷点下重复性的单次测量结果的标准偏差。

7.2.5 偏载的测量

比较仪的秤盘有多种形式，如：上皿式固定秤盘、上皿式可自动定心秤盘、吊挂式秤盘、吊挂式可自动定心秤盘、……等。对于带有自动定心秤盘和吊挂式秤盘的比较仪，应在确保砝码和比较仪安全的情况下，测量其偏载。

校准过程中，标准砝码的偏离位置应为：

− 方形秤盘，长边和宽边平分线所形成四块面积的中心位置；

− 圆形秤盘，垂直两条直径所形成四块面积的中心位置；

− 三角形秤盘，内切圆中顶角平分线和与之相垂直直径所形成四块面积的中心位置。



图1 不同形状秤盘的偏载示意图

7.2.5.1 测量步骤

① 将试验载荷放在秤盘的中心位置，待显示稳定后，记录显示读数，*I*01；

② 对于上皿式固定秤盘，将试验载荷放置在秤盘中心到规定的“前”方向上的正式周边的距离（通常称为称量盘半径）三分之一处；对于带有自动定心秤盘，或吊挂式秤盘，将试验载荷放置在偏离秤盘中心的“前”方，并可使比较仪正确读数、确保砝码及比较仪安全的位置。待显示稳定后，记录下显示读数，*I*f；

③ 将试验载荷放在秤盘的中心位置，待显示稳定后，记录显示读数，*I*02；

④ 重复上述步骤①到③，但在第②步骤中，需将砝码依次分别放在偏离秤盘中心的“后”*I*b、“左”*I*l、“右”*I*r的位置。

7.2.5.2 测量结果的计算

按照7.2.4.1条款的要求对偏载各个位置的显示读数进行计算。例如：试验载荷放在“前”方位置，计算测量的结果为：。其它位置依此类推。

**8 校准结果表达**

经校准的比较仪发给校准证书（内页见附录C）。

校准证书应至少包括以下信息：

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) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；

h) 本次校准所用试验载荷的溯源性及有效性说明；

i) 校准环境的描述；

j) 校准结果及其测量不确定度的说明；

k) 校准证书签发人的签名或等效标识；

l) 校准结果仅对被校对象有效的声明。

**9 复校时间间隔**

客户应根据校准结果、使用频次和使用条件等情况自行决定比较仪的复校时间间隔。

**附录A**

**质量比较仪测量结果的不确定度评定**

A.1 局部示值误差的标准不确定度

被校质量比较仪局部示值误差的测量模型为：

 (A.1)

合成标准不确定度的计算公式：

 (A.2)

公式(A.2)只有在公式(A.18)中各不确定度分量均不相关后才成立。

A.1.1 标准不确定度评定

A.1.1.1 示值的化整误差引起的标准不确定度

每个读数*I*都有其相应的实际分度值*d*(*I*)。*δI*表示示值的化整误差。其区间半宽度为*d*/2，服从矩形分布，其标准不确定度为：

 (A.3)

重复性测量当采用两个等量砝码进行时，或当偏心位置与中心位置进行比较时；或当进行局部示值误差测量时，显示分辨力引起的化整误差不确定度分量为

 (A.4)

重复性测量当采用一个标准砝码与空载进行比较时，鉴别力引起的化整误差不确定度分量为

 (A.5)

其中，*d*(0)表示空载时的实际分度值，*d*(*I*)表示加载点的实际分度值。

A.1.1.3 重复性引起的标准不确定度

表示质量比较仪重复性引入的标准不确定度，用标准偏差除以来表示，*N*为局部示值误差的测量次数，通常为1次到3次，则重复性引起的标准不确定度为：

 (A.6)

A.1.1.4 同一载荷在不同位置的重心偏离测量引起的标准不确定度

*δ△I*ecc表示由于试验载荷重心的偏离引起的误差。由多个砝码组成试验载荷时可能会出现这一影响。如果无法忽略这一影响，则可以基于以下假设：

采用7.2.5所述偏载测量方法，公式确定的差值与载荷重心到承载器中心的距离成比例，与载荷值成比例,其中*ecci*可取*f*,*b*,*l*,*r*分别代表前后左右偏载测量。偏载载荷为*Pt*1或*Pt*2载荷与局部示值误差试验砝码之和。

的最大差值，服从矩形分布，则重心偏离测量引起的标准不确定度为：

 (A.7)

A.1.1.5 示值的标准不确定度可以通过以下公式获得

 (A.8)

A.1.2 测量局部示值误差用标准砝码的标准不确定度

测量局部示值误差用标准砝码质量测量模型为：

 (A.9)

A.1.2.1 标准砝码的标准不确定度

A.1.2.1.1 如果标准砝码校准证书中给出了砝码的约定质量、扩展不确定度*U* 及包含因子*k*，其标准不确定度为：

 (A.10)

A.1.2.1.2 如果标准砝码有检定证书，且在校准过程中仅使用砝码标称值，最大允许误差服从矩形分布，其标准不确定度为：

 (A.11)

A.1.2.1.3 如果标准砝码有检定证书，且在校准过程中仅使用约定质量值，其标准不确定度为：

 (A.12)

A.1.2.1.4 如果试验载荷由多个标准砝码组成，其标准不确定度为各个标准砝码的标准不确定度的算术和。

A.1.2.2 空气浮力引起的标准不确定度

A.1.2.2.1 如果在校准之前对质量比较仪进行调整，空气浮力的标准不确定度为：

 (A.13)

A.1.2.2.2 如果在校准之前不对质量比较仪进行调整，空气浮力的标准不确定度为：

 (A.14)

A.1.2.2.3 如果可以获得质量比较仪校准场地温度变化的信息，则公式（A.14）可以替换为：

 (A.15)

其中∆*T*为对该地点假设的环境温度的最大变化。

A.1.2.3 砝码不稳定性引起的标准不确定度

A.1.2.3.1 砝码的不稳定性引入的不确定度可以从对标准砝码近期连续多次检定/校准之后的质量变化中估计出来。可采用最近两个检定/校准周期中砝码约定质量值的差值或近期连续多次检定/校准周期中砝码约定质量值的差值的平均值。

A.1.2.3.2 在没有标准砝码不稳定性信息的情况下，砝码的不稳定性的值将根据JJG 99选择标准砝码相应的最大允许误差的三分之一。

A.1.2.3.3 砝码不稳定性标准不确定度为：

 (A.16)

A.1.2.4 测量局部示值误差用标准砝码质量的标准不确定度

测量局部示值误差用标准砝码质量的标准不确定度可以通过以下公式获得

 (A.17)

A.1.3 合成标准不确定度

全部不确定度分量均不相关，合成标准不确定度按照公式（A.18）计算：

 (A.18)

A.2 示值误差的扩展不确定度

A.2.1 示值误差的扩展不确定度为:

 (A.19)

A.2.2 包含因子*kp*的选取

A.2.2.1 当重复性测量次数≥10次时,通常采用包含因子 *kp*=2。

A.2.2.2 当重复性测量次数＜10次时，需计算有效自由度并通过查表A.1选取相应的*kp*值。

A.2.2.2.1 自由度计算公式：

 (A.20)

式中：

 —— 有效自由度；

—— 合成标准不确定度；

—— 为标准不确定度的自由度。

A.2.2.2.2 计算出的有效自由度值应依据表A.1按向下舍入原则选择*kp*值。例如：经计算 , 由此选择表中的*kp*值为2.37。

表A.1不同有效自由度对应的包含因子*kp*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *v*eff | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 10 | 20 | 50 | ∞ |
| *kp* | 13.97 | 4.53 | 3.31 | 2.87 | 2.65 | 2.52 | 2.43 | 2.37 | 2.28 | 2.13 | 2.05 | 2.00 |

A.2.2.3 在所有情况下包含因子*kp*的选择，应保证扩展不确定度的置信概率至少为95％。

**附录B**

**质量比较仪测量结果的不确定度评定（示例）**

B.1 校准的具体条件

校准的具体条件见表B.1

表B.1 质量比较仪校准的具体条件

|  |  |
| --- | --- |
| **项目** | 说明 |
| **最大承载量** | 205 g |
| **最大电测量范围** | 205 g |
| **实际分度值（*d*）** | 0.01 mg |
|  **校准期间的环境条件** | 在校准开始时温度测量为20.0℃，校准过程中温度变化不大于1.0℃；相对湿度测量为50%，校准过程中相对湿度变化不大于5%。 |
| **试验载荷** | 有校准证书的E1等级砝码，与室内等温。*Pt1*=100 g，*Pt2*=200 g，局部示值误差测试砝码*m*s为10 mg；采用A1A2A3A4的方式进行测试。 |

在进行不确定度的计算过程中采用不舍入的精确值，最终的计算结果的数值末位与质量比较仪的实际分度值保持一致。

B.2 试验载荷*Pt*1为100 g的局部示值误差标准不确定度

测量模型为：

合成标准不确定度的计算公式：

局部示值误差测量见表B.2，取三次测量的平均值作为局部示值误差校准结果。

表B.2 局部示值误差的校准数据

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 测量序号 | 试验载荷*Pt1*=100 g | 试验载荷*Pt2*= 200 g |
| 砝码A： | 小砝码*m*s：9.98 mg | 砝码A： | 小砝码*m*s：9.98 mg |
| 读 数(mg) | 相差格数(mg) | 差值(mg) | 读 数(mg) | 相差格数(mg) | 差值(mg) |
| 1 | A | 0.00 | 9.97 | 9.97 | A | 0.00 | 9.96 | 9.97 |
| A+ms | 9.97 | A+ms | 9.96 |
| A+ms | 9.97 | 9.97 | A+ms | 9.96 | 9.98 |
| A | 0.00 | A | -0.02 |
| 2 | A | 0.00 | 9.98 | 9.99 | A | 0.00 | 9.97 | 9.97 |
| A+ms | 9.98 | A+ms | 9.97 |
| A+ms | 9.97 | 10.00 | A+ms | 9.97 | 9.97 |
| A | -0.03 | A | 0.00 |
| 3 | A | 0.00 | 9.98 | 9.97 | A | 0.00 | 9.97 | 9.98 |
| A+ms | 9.98 | A+ms | 9.97 |
| A+ms | 9.98 | 9.96 | A+ms | 9.97 | 9.99 |
| A | 0.02 | A | -0.02 |

B.2.1 示值差标准不确定度评定

B.2.1.1 示值的化整误差引起的标准不确定度

校准局部示值误差时的衡量循环为：A、(A+ *m*s)、(A+ *m*s)、A，显示分辨力引起的化整误差不确定度分量为

=0.00408 mg

B.2.1.3 重复性引起的标准不确定度

采用A1A2A3A4的方式进行重复性测试，按公式7进行重复性引入不确定度计算，测量值见表B.3：

表B.3 重复性测量值

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 测量序号 | 试验载荷*Pt1*= 100 g | 试验载荷*Pt2*= 200 g |
| 载荷点A： | 载荷点B： | 载荷点A： | 载荷点B： |
| 读 数(mg) | 相差格数(mg) | 差值(mg) | 读 数(mg) | 相差格数(mg) | 差值(mg) |
| 1 | A | 0.00 | -0.01 | 0.00 | A | 0.00 | 0.01 | 0.01 |
| B | -0.01 | B | 0.01 |
| B | -0.01 | 0.01 | B | 0.01 | 0.01 |
| A | -0.02 | A | 0.00 |
| 2 | A | 0.00 | -0.01 | -0.01 | A | 0.00 | -0.02 | -0.01 |
| B | -0.01 | B | -0.02 |
| B | -0.02 | -0.01 | B | -0.02 | 0.00 |
| A | -0.01 | A | -0.02 |
| 3 | A | 0.00 | -0.02 | -0.01 | A | 0.00 | -0.02 | -0.015 |
| B | -0.02 | B | -0.02 |
| B | -0.02 | 0.00 | B | -0.02 | -0.01 |
| A | -0.02 | A | -0.01 |
| 4 | A | 0.00 | 0.01 | 0.01 | A | 0.00 | 0.00 | -0.01 |
| B | 0.01 | B | 0.00 |
| B | 0.01 | 0.01 | B | 0.00 | -0.02 |
| A | 0.00 | A | 0.02 |
| 5 | A | 0.00 | -0.01 | -0.01 | A | 0.00 | 0.02 | 0.02 |
| B | -0.01 | B | 0.02 |
| B | -0.01 | -0.01 | B | 0.02 | 0.02 |
| A | 0.00 | A | 0.00 |
| 6 | A | 0.00 | 0.00 | -0.005 | A | 0.00 | 0.02 | 0.02 |
| B | 0.00 | B | 0.02 |
| B | 0.00 | -0.01 | B | 0.03 | 0.02 |
| A | 0.01 | A | 0.01 |

对于100 g载荷点，因局部示值误差取三次平均值，= 0.008/= 0.0046 mg

B.2.1.4 同一载荷在不同位置的重心偏离测量引起的标准不确定度

偏载测量值见表B.4。

表B.4 载荷在不同位置的测量值

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 测量序列 | 试验载荷*Pt1*= 100 g | 试验载荷*Pt2*= 200 g |
| 读 数(mg) | 相差格数(mg) | 差值(mg) | 读 数(mg) | 相差格数(mg) | 差值(mg) |
| 前 | 中 | 0.00 | -0.01 | -0.01 | 中 | 0.00 | -0.02 | -0.03 |
| 前 | -0.01 | 前 | -0.02 |
| 前 | -0.01 | -0.01 | 前 | -0.02 | -0.04 |
| 中 | 0.00 | 中 | 0.02 |
| 后 | 中 | 0.00 | 0.01 | 0.02 | 中 | 0.00 | 0.01 | 0.03 |
| 后 | 0.01 | 后 | 0.01 |
| 后 | 0.01 | 0.03 | 后 | 0.01 | 0.05 |
| 中 | -0.02 | 中 | -0.04 |
| 左 | 中 | 0.00 | -0.04 | -0.04 | 中 | 0.00 | -0.06 | -0.07 |
| 左 | -0.04 | 左 | -0.06 |
| 左 | -0.04 | -0.04 | 左 | -0.06 | -0.08 |
| 中 | 0.00 | 中 | 0.02 |
| 右 | 中 | 0.00 | 0.02 | 0.03 | 中 | 0.00 | 0.03 | 0.03 |
| 右 | 0.02 | 右 | 0.03 |
| 右 | 0.02 | 0.04 | 右 | 0.03 | 0.03 |
| 中 | -0.02 | 中 | 0.00 |

*Pt1*为100 g的试验载荷进行测试时，偏载引入的标准不确定度为：

B.2.1.5 示值的标准不确定度可以通过以下公式获得

 = 0.0000380 mg2

B.2.2 测量局部示值误差用标准砝码质量的标准不确定度

测量局部示值误差用标准砝码质量测量模型为：

B.2.2.1 标准砝码的标准不确定度

标准砝码校准证书中给出了砝码的约定质量、扩展不确定度*U* 及包含因子*k*，其标准不确定度为：

 =0.0005 mg

B.2.2.2 空气浮力引起的标准不确定度

因在校准之前对质量比较仪进行调整，空气浮力的标准不确定度为：

=0.00043 mg

B.2.2.3 砝码不稳定性引起的标准不确定度

砝码不稳定性信息的情况下，砝码的不稳定性的值将根据JJG 99选择标准砝码相应的最大允许误差的三分之一。

 =0.00058 mg

B.2.2.4 测量局部示值误差用标准砝码质量的标准不确定度

测量局部示值误差用标准砝码质量的标准不确定度可以通过以下公式获得

=0.000000438 mg2

B.2.3 示值误差的合成标准不确定度

误差的标准不确定度根据以下计算：

= 0.0000380 mg2+0.000000438 mg2

=0.0000384 mg2

=0.00620 mg

B.2.4 示值误差的扩展不确定度

因重复性测量次数为6次，因此需通过计算有效自由度确认*kp*值。除重复性不确定度分量属于A类评定外,其余的不确定度分量评定均属于B类评定并作为准确已知的来处理，因此其自由度均趋向∞。则：

根据向下舍入原则选择有效自由度为10，查表A.1得包含因子*kp*= 2.28，扩展不确定度为：

由于质量比较仪实际分度值为0.01 mg，因此：

B.3 校准范围内不同载荷点的测量不确定度

根据上述的方法，对校准范围内的*P*t1和*P*t2载荷点的测量不确定度进行评定,如表B.5所示。

表B.5质量比较仪的校准结果

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准项目 | 校准结果（*Pt1*） | 不确定度（*Pt1*） | 校准结果（*Pt2*） | 不确定度（*Pt2*） |
| 局部示值误差 | 0.00 mg | 0.02 mg, *k*=2.28 | -0.01 mg | 0.03 mg, *k*=2.43 |
| 重复性测量结果：单次标准偏差（*Pt1*） 0.008 mg  单次标准偏差（*Pt2*） 0.016 mg  | 偏载测量结果：（*Pt1*） -0.04 mg （*Pt2*） -0.07 mg  |
| 最 大 承 载：205 g电子衡量范围：205 g实际分度值*d*：0.01 mg外 观 检 查：合格 |
| 校准说明： 试验载荷砝码*Pt1*= 100 g *Pt2*= 200 g校准局部示值误差用砝码 = 9.98 mg |

**附录C**

**质量比较仪校准证书内页格式（示例）**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准项目 | 校准结果（*Pt1*） | 不确定度（*Pt1*） | 校准结果（*Pt2*） | 不确定度（*Pt2*） |
| 局部示值误差 |  |  |  |  |
| 重复性测量结果：单次标准偏差（*Pt1*）  单次标准偏差（*Pt2*）  | 偏载测量结果：（*Pt1*） （*Pt2*）  |
| 最 大 承 载：电子衡量范围：实际分度值*d*：外 观 检 查： |
| 校准说明： 试验载荷砝码*Pt1*= g *Pt2*= g校准局部示值误差用砝码 = g |

申明：

1. 本实验室仅对加盖“XXX校准专用章”的完整证书负责；

2.本证书提供的结果仅对本次所校仪器有效；

3.未经本实验室许可，部分采用本证书内容无效。

校准环境条件：温度： ℃；湿度 %RH。

**附录D**

**质量校准原始记录表格格式（示例）**

此表格为推荐采用的表格。

质量比较仪校准记录表

型号规格：\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_ 设备器号：\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

最大承载：\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_ 标准砝码准确度等级：\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

电子衡量范围：\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_ \_\_\_\_ 标准砝码编号：\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

实际分度值：\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 证书编号：\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

校准条件：\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_ 校准日期：\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

制 造 厂：\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

送校单位：\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

校准员签字：\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_ 复核员签字：\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1. 局部示值误差：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 测量序号 | 试验载荷*Pt1*= | 试验载荷*Pt2*= |
| 砝码A： | 小砝码*m*s： | 砝码A： | 小砝码*m*s： |
| 读 数 | 相差格数 | 差 值 | 读 数 | 相差格数 | 差 值 |
| 1 | A |  |  |  | A |  |  |  |
| A+*m*s |  | A+*m*s |  |
| A+*m*s |  |  | A+*m*s |  |  |
| A |  | A |  |
| 2 | A |  |  |  | A |  |  |  |
| A+*m*s |  | A+*m*s |  |
| A+*m*s |  |  | A+*m*s |  |  |
| A |  | A |  |
| 3 | A |  |  |  | A |  |  |  |
| A+*m*s |  | A+*m*s |  |
| A+*m*s |  |  | A+*m*s |  |  |
| A |  | A |  |

局部示值误差校准结果：*E*==（*P*t1） （*P*t2） 。

=（*P*t1） （*P*t2）

1. 重复性：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 测量序号 | 试验载荷*Pt1*= | 试验载荷*Pt2*= |
| 载荷点A： | 载荷点B： | 载荷点A： | 载荷点B： |
| 读 数 | 相差格数 | 差值 | 读 数 | 相差格数 | 差值 |
| 1 | A |  |  |  | A |  |  |  |
| B |  | B |  |
| B |  |  | B |  |  |
| A |  | A |  |
| 2 | A |  |  |  | A |  |  |  |
| B |  | B |  |
| B |  |  | B |  |  |
| A |  | A |  |
| 3 | A |  |  |  | A |  |  |  |
| B |  | B |  |
| B |  |  | B |  |  |
| A |  | A |  |
| 4 | A |  |  |  | A |  |  |  |
| B |  | B |  |
| B |  |  | B |  |  |
| A |  | A |  |
| 5 | A |  |  |  | A |  |  |  |
| B |  | B |  |
| B |  |  | B |  |  |
| A |  | A |  |
| 6 | A |  |  |  | A |  |  |  |
| B |  | B |  |
| B |  |  | B |  |  |
| A |  | A |  |
| 7 | A |  |  |  | A |  |  |  |
| B |  | B |  |
| B |  |  | B |  |  |
| A |  | A |  |
| 8 | A |  |  |  | A |  |  |  |
| B |  | B |  |
| B |  |  | B |  |  |
| A |  | A |  |
| 9 | A |  |  |  | A |  |  |  |
| B |  | B |  |
| B |  |  | B |  |  |
| A |  | A |  |
| 10 | A |  |  |  | A |  |  |  |
| B |  | B |  |
| B |  |  | B |  |  |
| A |  | A |  |

对于ABBA衡量循环：单次标准偏差 =（*P*t1） （*P*t2）

对于ABABA衡量循环：单次标准偏差 =（*P*t1） （*P*t2）

1. 偏载：

秤量盘形式：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 测量序列 | 试验载荷*Pt1*= | 试验载荷*Pt2*= |
| 读 数 | 相差格数 | 差 值 | 读 数 | 相差格数 | 差 值 |
| 前 | 中 |  |  |  | 中 |  |  |  |
| 前 |  | 前 |  |
| 前 |  |  | 前 |  |  |
| 中 |  | 中 |  |
| 后 | 中 |  |  |  | 中 |  |  |  |
| 后 |  | 后 |  |
| 后 |  |  | 后 |  |  |
| 中 |  | 中 |  |
| 左 | 中 |  |  |  | 中 |  |  |  |
| 左 |  | 左 |  |
| 左 |  |  | 左 |  |  |
| 中 |  | 中 |  |
| 右 | 中 |  |  |  | 中 |  |  |  |
| 右 |  | 右 |  |
| 右 |  |  | 右 |  |  |
| 中 |  | 中 |  |

四个偏载位置的示值差值中，绝对值最大的位置为：（*Pt1*） （*Pt2*） ，差值为： （*Pt1*） （*Pt2*） 。