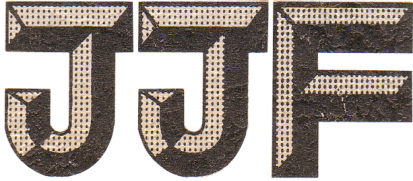
****

**中华人民共和国国家计量技术规范**

JJF××-××××

电子探空仪基测箱校准规范

Calibration Specification for Electronic Sonde Base Value Detection Box

**（征求意见稿）**

202×-××-××发布 202×-××-××实施

国家市场监督管理总局 发 布

电子探空仪基测箱

JJF××－××××

校准规范

Calibration Specification for

Electronic Sonde Base Value Detection Box

归 口 单 位：全国气象专用计量器具计量技术委员会

主要起草单位：内蒙古自治区气象数据中心

山东省气象工程技术中心

参加起草单位：中国气象局气象探测中心

云南省大气探测技术保障中心

甘肃省气象信息与技术装备保障中心

本规范委托全国气象专用计量器具计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

温晓辉（内蒙古自治区气象数据中心）

杨茂水（山东省气象工程技术中心）

郑树芳（内蒙古自治区气象数据中心）

参 加 起 草 人：

王锡芳（山东省气象工程技术中心）

赵旭（中国气象局气象探测中心）

王欣（云南省大气探测技术保障中心）

韩玉婷（甘肃省气象信息与技术装备保障中心）

目 录

[引 言 III](#_Toc195439388)

[1　范围 1](#_Toc195439389)

[2　引用文件 1](#_Toc195439390)

[3　术语和计量单位 1](#_Toc195439391)

[3.1 术语 1](#_Toc195439392)

[3.2 计量单位 2](#_Toc195439393)

[4　概述 2](#_Toc195439394)

[5　计量特性 3](#_Toc195439395)

[5.1 温度示值误差及干湿球温度一致性 3](#_Toc195439396)

[5.2 湿度示值误差 3](#_Toc195439397)

[5.3 气压示值误差及气压稳定性 3](#_Toc195439398)

[5.4 检测室通风速度 3](#_Toc195439399)

[5.5 输出电压示值误差 3](#_Toc195439400)

[6 校准条件 3](#_Toc195439401)

[6.1 环境条件 3](#_Toc195439402)

[6.2 测量标准及配套设备 3](#_Toc195439403)

[7 校准项目和校准方法 5](#_Toc195439404)

[7.1 校准项目 5](#_Toc195439405)

[7.2 校准方法 5](#_Toc195439406)

[8 校准结果表达 9](#_Toc195439407)

[9 复校时间间隔 10](#_Toc195439408)

[附录 A 电子探空仪基测箱校准记录表参考格式 11](#_Toc195439409)

[附录 B 校准证书参考格式 12](#_Toc195439411)

[附录 C 电子探空仪基测箱温度校准结果不确定度评定示例 15](#_Toc195439413)

[附录 D 电子探空仪基测箱气压校准结果不确定度评定示例 19](#_Toc195439421)

[附录 E 电子探空仪基测箱湿度校准结果不确定度评定示例 22](#_Toc195439429)

[附录 F 电子探空仪基测箱输出电压校准结果不确定度评定示例 26](#_Toc195439437)

[附录 G 电子探空仪基测箱检测室通风速度校准结果不确定度评定示例 29](#_Toc195439445)

# 

# 引 言

本规范按照JJF1001-2011《通用计量术语及定义》、JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》、JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》为基础性系列规范进行制定。

本规范是首次制定。

电子探空仪基测箱校准规范

# 1　范围

本规范适用于测量范围为温度（0～40）℃、湿度（10～95）%RH、气压（500～1060）hPa、通风速度（2.5～4.0）m/s、直流输出电压（-15～+15）V的电子探空仪基测箱温度、湿度、气压、通风速度、输出电压参数的校准。

# 2　引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 499-2004 精密露点仪

JJG 993-2018 电动通风干湿表

JJG 1084-2013 数字式气压计

JJF 1094-2002 测量仪器特性评定

JJF 1101-2019 环境试验设备温度、湿度参数校准规范

JJF 1564-2016 温湿度标准箱校准规范

JJF 1939-2021 热式风速仪校准规范

GB/T 37467-2019 气象仪器术语

JJG（气象）002-2015 自动气象站铂电阻温度传感器

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

JJF 1001-2011 、GB/T 37467-2019界定的及以下术语和定义适用于本规范。

3.1.1 电子探空仪 electronic sonde

采用电测传感器，将所测气象要素量变换为电信号的无线电探空仪。

[GB/T 37467-2019，定义4.1.3]

3.1.2 探空仪基测箱 sonde base value detection box

配有温度、气压和湿度标准器，在探空仪施放前对其气象要素进行地面基值测定的标准设备。

3.1.3 干湿表 psychrometer

用两支规格相同的温度表或温度敏感元件，在其中一支的感温部位包裹浸湿纱布，利用热力学原理测量空气湿度的仪器，该仪器同时还能测量空气温度。

[GB/T 37467-2019，定义3.1.3.13]

3.1.4 干球温度传感器 dry-bulb temperature sensor

在干湿表的两支温度传感器中，感应部分裸露且能标示气温的温度传感器。

3.1.5 湿球温度传感器 wet-bulb temperature sensor

在干湿表的两支温度传感器中，感应部分包有一层浸透纯水或已结冰纱布的温度传感器。

3.2 计量单位

温度的计量单位为：摄氏度（℃），湿度的计量单位为：相对湿度（％RH），气压的计量单位为：百帕（hPa），风速的计量单位为：米每秒（m/s），电压的计量单位为：伏特（V）。

# 4　概述

电子探空仪基测箱是一种综合性检测标准设备，主要由标准器、测量显示单元、测试室、通风器、饱和盐托盘、数据处理单元、供电模块等组成。用于L波段雷达探空系统、卫星导航探空系统电子探空仪施放前，对其温度、湿度、气压要素地面基值进行测定，确定探空仪是否符合施放要求。基测箱采用干湿球法测定测试区标准温度和湿度，通过内置气压传感器给出放球地点地面气压标准值，使用湿敏电容传感器测定零点测试室的标准湿度值，符合气象要素测量值传递要求。其结构原理图如图1所示。



图1 探空仪基测箱结构原理图

# 5　计量特性

5.1 温度示值误差及干湿球温度一致性

干球、湿球温度传感器的示值误差应不超过±0.1 ℃。

对于同一台基测箱的干湿球温度传感器，在测量范围内的任意校准点上，其干球温度示值误差与湿球温度示值误差之差的绝对值不大于0.1 ℃。

5.2 湿度示值误差

湿度示值误差应不超过±2 ％RH。

5.3 气压示值误差及气压稳定性

气压传感器示值误差应不超过±0.3 hPa；

相邻两个校准周期在同一校准点上，示值误差变化量的绝对值不应大于最大允许误差的绝对值。

5.4 检测室通风速度

干球、湿球温度传感器周围的通风速度应在2.5 m/s～4.0 m/s范围内。

5.5 输出电压示值误差

输出电压示值误差应不超过±0.5 V。

# 6 校准条件

6.1 环境条件

环境温度：15 ℃～25 ℃；

环境湿度：30 %RH～80 %RH；

干扰因素：附近无强的机械振动和电磁干扰。

6.2 测量标准及配套设备

6.2.1 测量标准

6.2.1.1 精密露点仪

选用配有铂电阻温度计的精密露点仪，可同时显示温度、露点、相对湿度值。露点温度测量范围：（-20～40）℃DP ,最大允许误差：±0.15 ℃DP；温度测量范围：（0～40）℃，最大允许误差：±0.05 ℃。

注：可选用最大允许误差不超过±1%RH的其他湿度测量标准。

6.2.1.2 标准铂电阻温度计

测量范围：（0～40）℃，准确度等级：二等。

注：可选用具有相同等级的其他温度测量标准。

6.2.1.3 数字气压计

测量范围：（500～1060）hPa，准确度等级：0.01级。

6.2.1.4 数字多用表

选用3位半或以上等级数字多用表，直流电压测量范围：（0～40）V。

6.2.1.5 热式风速仪

选用探头直径≤5 mm、长度≥10 cm的热式风速仪。测量范围：（0.2～5）m/s，最大允许误差：±（5%×测量值+0.1）m/s。

6.2.2 配套设备

6.2.2.1 温湿度标准箱（或湿度发生器）

选用温湿度标准箱（或湿度发生器）作为湿度测量标准配套设备，温度范围：（0～40） ℃，湿度范围：（10～95）％RH，其工作区域温度均匀度：≤0.3 ℃、温度波动度：一般不超过±0.2 ℃,湿度均匀度：≤1.0 %RH、湿度波动度：一般不超过±0.8 %RH;有效区域内湿度均匀度：≤0.3 ％RH（20℃时）、湿度波动度：不超过±0.3 ％RH（20 ℃时）。

注：1.有效区域指标准器传感器与被校传感器所处位置直径10 cm、高20 cm的圆柱形区域。2.温湿度标准箱在保证技术指标的前提下，工作区域尽量足够大到可以放置整台基测箱。3.当选用湿度发生器时，发生器内空气流速应满足通风干湿表所需要的风速（2.5 m/s～4.0 m/s），其测试室容积大到可以插入干湿表传感器（含储水容器）部分。

6.2.2.2 恒温槽

使用恒温槽作为温度测量标准的配套设备，温度范围：（0～40）℃，其工作区域温度均匀度：0.02 ℃，温度波动度：± 0.02 ℃/10min。

6.2.2.3 测温电桥

当温度测量标准选取标准铂电阻温度计时，应配置测温电桥或温度二次仪表与其配套使用。测量范围：(25～35) Ω，准确度等级：0.002级。

6.2.2.4 气压发生器

使用气压发生器作为气压测量标准的配套设备，气压控制范围：（500～1060）hPa，扩展不确定度：*U* = (0.02～0.04) hPa，*k* = 2。

# 7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

基测箱校准项目见表1。

表1　校准项目表

| 序号 | 校准项目 | 校准方法条款 |
| --- | --- | --- |
| 1 | 外观及功能检查 | 7.2.1 |
| 2 | 温度示值误差及干湿球温度一致性 | 7.2.2 |
| 3 | 湿度示值误差 | 7.2.3 |
| 4 | 气压示值误差及气压稳定性 | 7.2.4 |
| 5 | 检测室通风速度 | 7.2.5 |
| 6 | 输出电压示值误差 | 7.2.6 |

7.2 校准方法

7.2.1 校准前检查

基测箱的外形结构应完好，制造厂、仪表名称、型号、出厂编号、制造日期及标识等仪器信息应清晰、正确，表面不应有明显的损伤，内部器件无明显的晃动。

连接电测部分接线及传感器，接通电源后，打开检测室及零点检测开关，风扇应正常工作，仪器各要素测量值应正确显示，电压输出功能正常，主控面板按键可以正常设置。

7.2.2 温度示值误差及干湿球温度一致性

7.2.2.1 温度校准点

基测箱干球、湿球温度常用校准点为0 ℃、10 ℃、20 ℃、30 ℃、40 ℃。可根据实际使用情况选取其他校准点，校准点（含接近使用地常温点）一般不少于3个。

7.2.2.2 校准步骤

干球、湿球温度传感器的校准在恒温槽内进行。取下湿球纱布，用橡皮手套将干湿球温度传感器包扎好，以免在校准时溶液进入温度传感器内。将标准铂电阻温度计和干球、湿球温度传感器的温度感应部分同时固定于同一液体恒温槽内中央工作区域的等高位置上。调节液体恒温槽，设定温度校准点，当液体恒温槽内介质的温度达到校准点并稳定15分钟后，分别读取并记录标准器示值和干球、湿球温度传感器示值，每30秒读取1次，共读取4组，分别计算4次读数的平均值，用干球、湿球温度传感器的示值平均值分别减去标准铂电阻温度计的标准值平均值，得到该测点干球、湿球温度传感器的示值误差。取该测点干球温度传感器示值误差与湿球温度传感器示值误差之差的绝对值作为该点的干湿球温度一致性。重复上述步骤，依次完成其他点校准。

7.2.2.3 数据处理

干球、湿球温度示值误差用公式（1）、公式（2）计算：

 （1）

式中：

 —— 第*i*个校准点干球温度传感器示值误差，单位为℃；

 —— 第*i*个校准点干球温度传感器示值平均值，单位为℃；

 —— 第*i*个校准点标准值平均值，单位为℃。

 （2）

式中：

—— 第*i*个校准点湿球温度传感器示值误差，单位为℃；

 —— 第*i*个校准点湿球温度传感器示值平均值，单位为℃；

 —— 第*i*个校准点标准值平均值，单位为℃。

干湿球温度一致性用公式（3）计算：

 （3）

7.2.3 湿度示值误差

7.2.3.1 湿度校准点

湿度示值误差在20 ℃时进行校准，常用校准点为13 ％RH±3 %RH、33 ％RH±3 %RH、75 ％RH±3 %RH、95 ％RH±3 %RH。可根据实际使用情况设置其他校准点，校准点（含接近使用地常湿点）一般不少于3个。

如基测箱配有零点湿度检测用湿度传感器时，可使用干燥剂发生环境，在零点检测室完成0 %RH校准。

7.2.3.2 校准方法

取出基测箱干湿表安装座，选取专用超细脱脂湿球纱套，将纱套开口处紧密套入湿球表杆，将余下的纱套完全伸入储水容器中，使用针管给储水容器注入蒸馏水，根据不同的上水方式加入规定液位的蒸馏水，同时确保湿球传感器沙套完全湿润，以上操作完成后，将干湿球表棒安装座重新装入温湿度检测室内，开启基测箱电源及检测室开关（此时风扇开启，提供通风速度）。

将基测箱置于温湿度标准箱内，打开检测室侧边仓门。将精密露点仪感湿气管和配套铂电阻温度计插入检测室检测口悬空固定（与干湿表距离不超过10 cm）。调节温湿度标准箱，设定湿度校准点，由低湿到高湿对选取点进行校准。当温湿度标准箱湿度（温度默认设置成20 ℃）达到校准点并稳定15分钟后，分别读取并记录标准值和基测箱通风干湿表湿度示值，间隔30秒读取1次，连续记录4组数据。分别计算4组数据的平均值，用基测箱通风干湿表湿度示值平均值减去标准值平均值，得到该校准点湿度示值误差。重复上述步骤，依次完成其他点校准。

零点湿度检测时，将干燥剂（分子筛或硅胶干燥剂）装满干燥剂筒，打开零点检测室开关（此时风扇开启，提供通风速度），控制产生接近0 %RH环境。将精密露点仪感湿气管和配套铂电阻温度计、被校湿度传感器分别插入零点检测室，此时室内温度设置20 ℃，待零点检测室稳定15分钟后，分别读取4组标准值和被校值，并计算误差。

7.2.3.3 数据处理

湿度示值误差由公式（4）计算：

 （4）

式中：

 —— 第*i*个校准点的湿度示值误差，单位为％RH；

 —— 第*i*个校准点的湿度示值平均值，单位为％RH；

 —— 第*i*个校准点的湿度标准值平均值，单位为％RH。

7.2.4 气压示值误差及气压稳定性

7.2.4.1 气压校准点

基测箱气压传感器常用校准点为： 500 hPa、600 hPa、700 hPa、800 hPa、900 hPa、1000 hPa、1060 hPa。可根据实际使用情况设置其他校准点，校准点（含接近使用地常压点）一般不少于3个。

7.2.4.2 校准方法

将基测箱气压校准气嘴与数字气压计、气压发生器用三通进行闭路连接。按选取点依次完成正、反行程校准。当气压发生器设定值达到校准点并稳定后，分别读取并记录标准器示值和基测箱的气压传感器示值，每30秒读取1次，共读取4次，分别计算4次读数的平均值。分别用各点正、反行程被校准气压传感器示值平均值减去对应点正、反行程标准值平均值，得出示值误差。

当基测箱进行复校时，应查询该被校仪器上周期证书中各校准点的示值误差。取相邻两个校准周期之间在同一校准点上示值误差变化量的绝时值与最大允许误差的绝对值进行比较，计算气压传感器稳定性。

7.2.4.3 数据处理

气压正行程示值误差由公式（5）计算：

 （5）

式中：

 —— 第*i*个校准点正行程的气压示值误差，单位为hPa；

 —— 第*i*个校准点正行程的气压示值平均值，单位为hPa；

 —— 第*i*个校准点正行程的气压标准值平均值，单位为hPa。

气压反行程示值误差由公式（6）计算：

 （6）

式中：

 —— 第*i*个校准点反行程的气压示值误差，单位为hPa；

 —— 第*i*个校准点反行程的气压示值平均值，单位为hPa；

 —— 第*i*个校准点反行程的气压标准值平均值，单位为hPa。

气压示值误差由公式（7）计算：

 （7）

气压稳定性由公式（8）计算：

 （8）

式中：

 —— 被校基测箱相邻两个校准周期之间第*i*个校准点的稳定性，单位为hPa；

 —— 本次校准第*i*个点示值误差，单位为hPa；

 —— 上周期校准证书中第*i*个点示值误差，单位为hPa。

7.2.5 检测室通风速度

7.2.5.1 校准方法

打开检测室开关，拔出检测室湿球温度传感器，将热式风速仪探头替换到该位置，风速仪表头上的标记符应正对风的来向，待风速相对稳定后读取风速仪的示值，在1min内连续记录4次读数，取平均值，作为湿球位置通风速度；将湿球温度传感器复位，再用热式风速仪替换干球温度传感器，重复上述操作，得出干球位置通风速度。干球位置和湿球位置通风风速的测量值都应符合5.4要求。

7.2.5.2 数据处理

干球、湿球位置通风速度按照公式（9）计算：

（9）

式中：

—— 干球、湿球位置通风速度读数平均值，单位为m/s；

 —— 测量次数；

 —— 干球、湿球位置通风速度第*i*次读数，单位为m/s。

7.2.6 输出电压示值误差

7.2.6.1 输出电压校准点

用数字多用表电压通道测量基测箱输出正负电压，常用校准点为：±5 V、±12 V、±15 V。

7.2.6.2 校准方法

将基测箱供电输出线正压、负压接线端分别与数字多用表电压通道正压、负压接线端连接，打开基测箱电压输出开关，按选定的校准点依次设置输出电压值（正压和负压），数字多用表读取的输出电压值作为标准值，每10秒记录1次标准值和基测箱输出电压示值，连续记录4组数据。用被校准基测箱输出电压值的平均值减去标准值平均值，得出各点示值误差。

7.2.6.3 数据处理

正、负电压输出示值误差按照公式（10）计算：

 （10）

式中：

 —— 第*i*个校准点正、负输出电压示值误差，单位为V；

 —— 第*i*个校准点正、负输出电压示值平均值，单位为V；

 —— 第*i*个校准点正、负电压标准值平均值，单位为V。

# 8 校准结果表达

校准结果应在校准证书上反映。校准证书应至少应包括以下信息：

1. 标题，如“校准证书”；
2. 实验室名称和地址；
3. 进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；
4. 证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
5. 客户的名称和地址；
6. 被校对象的描述和明确标识；
7. 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受日期；
8. 如果与校准结果的有效性应用有关时，应对被校样品的抽样程序进行说明；
9. 对校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
10. 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
11. 校准环境的描述；
12. 校准结果及其测量不确定度的说明；
13. 对校准规范的偏离的说明；
14. 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识；
15. 校准结果仅对被校对象有效的声明；
16. 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

建议复校时间间隔不超过1年。在使用过程中经过修理、更换重要部件等情况一般需要重新校准。

由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸因素所决定，送校单位可自主决定复校间隔。

# 附录 A

# 电子探空仪基测箱校准记录表参考格式

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 被校准仪器 | | 原始记录号： 校准证书编号：  名称：电子探空仪基测箱 型号规格： 出厂编号：  制造单位: 送检单位： | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 校准所使用的计量标准 | | 名称： 证书编号： 测量范围：  不确定度或准确度等级或最大允许误差： 有效期至： | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 校准所使用的主要标准器 | | 名称： 证书编号：  测量范围： 出厂编号：  不确定度或准确度等级或最大允许误差： 有效期至： | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 校准地点： | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 校准所依据/参照的技术文件（代号、名称）： | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 对校准规范的偏离的说明： 校准结果及其测量不确定度的说明： | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 校准结果 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 校准项目 | | 名义值 | n | | 1 | 2 | 3 | 4 | 平均 | | 修正值 | 修正后 | 测量误差 | 标准偏差 | | 扩展不确定度*U*（*k*=2） | 其他 | |
| 温度  （℃） | |  | 标准器示值 | |  |  |  |  |  | |  |  | / | / | | / | 干湿球温度一致性: | |
| 被校准干球示值 | |  |  |  |  |  | | / | / |  |  | |  |
| 被校准湿球示值 | |  |  |  |  |  | | / | / |  |  | |  |
| 湿度  （%RH） | |  | 标准器示值 | |  |  |  |  |  | |  |  | / | / | | / | / | |
| 被校准示值 | |  |  |  |  |  | | / | / |  |  | |  | / | |
| 0点测试 | 标准器示值 | |  |  |  |  |  | |  |  | / | / | | / | 如无湿度传感器此项略 | |
| 被校准示值 | |  |  |  |  |  | | / | / |  |  | |  |
| 气压  （hPa） | |  | 标准器示值(正行程） | |  |  |  |  |  | |  |  |  |  | |  | 上周期示值误差：  气压稳定性： | |
| 标准器示值(反行程） | |  |  |  |  |  | | / | / |
| 被校准示值(正行程） | |  |  |  |  |  | |  |  |
| 被校准示值(反行程） | |  |  |  |  |  | |  | / |
| 通风速度（m/s） | | / | 干球通风速度 | |  |  |  |  |  | |  |  | / |  | |  | / | |
| 湿球通风速度 | |  |  |  |  |  | |  |  | / |  | |  | / | |
| 输出电压（V） | |  | 标准器示值(正电压） | |  |  |  |  |  | | / | / | / | / | | / | / | |
| 被校准示值(正电压） | |  |  |  |  |  | | / | / |  |  | |  | / | |
| 标准器示值(负电压） | |  |  |  |  |  | | / | / | / | / | |  | / | |
| 被校准示值(负电压） | |  |  |  |  |  | | / | / |  |  | |  | / | |
| 校准环境 | | 项目 | | | 校准前 | | | | | | 校准后 | | | | | 平均 | | |
| 温度 （℃） | | |  | | | | | |  | | | | |  | | |
| 湿度（%RH） | | |  | | | | | |  | | | | |  | | |
| □直接校准 □经修理或调试的测量结果 修理或调试记录: | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 校准员： 核验员：  接收日期： 年 月 日 校准日期： 年 月 日 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 注：参考格式中各校准项目只给出了一个校准点，可根据实际使用情况增加。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

# 附录 B

# 校准证书参考格式

**（校准机构名称）**

**校 准 证 书**

证书编号：

客 户 名 称

客 户 地 址

计 量 器 具 名 称

型 号 / 规 格

出 厂 编 号

制 造 单 位

校 准 日 期

接 收 日 期

批准人： （ 校准专用章）

发布日期： 年 月 日

地址： 邮编：

电话： 传真：

网址： 电子邮箱：

第 x 页 共 x 页

校准证书参考格式（续）

（校准机构名称）

证书编号：

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准机构说明： | | | | | | | |
| 校准结果及其测量不确定度的说明： | | | | | | | |
| 校准所依据/参照的技术文件（代号、名称）： | | | | | | | |
| 对校准规范的偏离的说明： | | | | | | | |
| 校准环境条件 | | | 温度： ℃； 湿度： %RH； | | | | |
| 实验室名称及地点 | | |  | | | | |
| 其他 | | |  | | | | |
| 校准所使用的计量标准装置 | | | | | | | |
| 名称 | | 测量范围 | | 不确定度或准确度等级或最大允许误差 | 证书编号 | | 有效期至 |
|  | |  | |  |  | |  |
| 校准所使用的主要标准器 | | | | | | | |
| 名称 | 测量范围 | | | 不确定度或准确度等级或最大允许误差 | | 证书编号 | 有效期至 |
|  |  | | |  | |  |  |

第 x 页 共 x 页

校准证书参考格式（续）

**（校准机构名称）**

证书编号：

校准结果

直接校准的测量结果：

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 名义值 | | 标准值 | 被校准仪器 | | | |
| 示值 | 测量误差 | 扩展不确定度  *U*（*k*=2） | 其他 |
| 温度（℃） |  | 干球 |  |  |  |  | 干湿球一致性: |
| 湿球 |  |  |  |  |
|  | 干球 |  |  |  |  | 干湿球一致性: |
| 湿球 |  |  |  |  |
|  | 干球 |  |  |  |  | 干湿球一致性: |
| 湿球 |  |  |  |  |
| 湿度（%RH） |  | |  |  |  |  |  |
|  | |  |  |  |  |  |
|  | |  |  |  |  |  |
| 0点测试 | |  |  |  |  | / |
| 气压（hPa） |  | |  |  |  |  | 稳定性： |
|  | |  |  |  |  | 稳定性： |
|  | |  |  |  |  | 稳定性： |
| 检测室通风速度（m/s） | 干球 | |  | / | / |  |  |
| 湿球 | |  | / | / |  |  |
| 输出电压（V） |  | |  |  |  |  |  |
|  | |  |  |  |  |  |
|  | |  |  |  |  |  |
|  | |  |  |  |  |  |
|  | |  |  |  |  |  |
|  | |  |  |  |  |  |
| -----以下空白----- | | | | | | | |

校准员： 核验员：

声明： 1.XX仅对加盖“XX校准专用章”的完整证书负责；

2.本证书中的校准结果仅对本次所校准的计量器具有效；

3.请妥善保管此证书，下次校准时请携带证书复印件。

第 x 页 共 x 页

# 附录 C

# 电子探空仪基测箱温度校准结果不确定度评定示例

C.1 概述

C.1.1 被校对象

电子探空仪基测箱温度传感器，分辨力为0.01 ℃。

C.1.2 校准条件

温度：（15～25）℃；湿度：（30～80）%RH。

C.1.3 校准用标准器及配套设备

C.1.3.1 标准器

标准铂电阻温度计，准确度：二等。

C.1.3.2 配套设备

直流测温电桥，准确度等级：0.002级；

液体恒温槽,温度均匀性：≤ 0.02 ℃；温度波动性：不超过± 0.02 ℃/10min。

C.1.4 校准方法

按照本规范对温度传感器偏差的校准要求，在规定的环境条件下，将标准铂电阻温度计和基测箱温度传感器的温度感应部分同时固定于同一液体恒温槽内中央工作区域的等高位置上。调节液体恒温槽，设定温度校准点，当液体恒温槽内介质的温度达到设定值并稳定15分钟后，分别读取并记录标准器温度示值和被校准仪器温度示值，每10秒钟读取1次，共读取4次，分别计算标准器和被校准仪器4次读数的平均值，用被校准仪器温度示值平均值减去对应校准点标准器温度示值平均值，得到被校准仪器对应校准点（干球或湿球）温度示值误差。

C.2 数学模型

 C.1

式中：为被校准对象的示值误差，单位为℃；

为被校准对象的示值平均值，单位为℃；

为标准器的示值平均值，单位为℃。

灵敏系数： 

即灵敏系数的绝对值均为1，则合成标准不确定度可表示为：

 C.2

C.3 误差来源及其标准不确定度

C.3.1 由被校准对象引入的标准不确定度

C.3.1.1 由被校准对象示值重复性引入的标准不确定度

A类标准不确定度评定。在规范规定的环境条件下，将标准铂电阻温度计和电子探空仪基测箱温度传感器感温探头同时固定于同一液体恒温槽内中央位置的等高位置上，选取具有代表性的校准点+30 ℃、0 ℃，调节液体恒温槽，设定校准点，当液体恒温槽达到设定值时并稳定15分钟后，读取并记录被校准仪器温度示值，每10秒钟读取1次，共读取4次，用极差法计算被校准仪器对应校准点单次测量结果的实验标准偏差s(x)。

实验结果如表C.1所示：

表C.1 实验结果

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准次数 | | 1 | 2 | 3 | 4 | ymax | ymin | s(x) |
| 校准点 | +30 ℃ | 30.03 | 30.03 | 30.03 | 30.02 | 30.03 | 30.02 | 0.0048 |
| 0 ℃ | 0.06 | 0.05 | 0.06 | 0.06 | 0.06 | 0.05 | 0.0048 |

由于校准结果是取4次测量的平均值，则由示值重复性引入的标准不确定度为：

+30 ℃：（℃），

0 ℃：（℃）。

C.3.1.2 由被校准对象的分辨力引入的标准不确定度

B类标准不确定度评定。基测箱温度传感器的分辨力为0.01 ℃，区间半宽为0.005 ℃，按均匀分布，取包含因子，则由其引入的标准不确定度为：（℃）。

C.3.1.3 由被校准对象引入的标准不确定度

由被校准对象示值重复性引入的标准不确定度小于其分辨力引入的标准不确定度，则由被校对象引入的标准不确定度为=0.0029 （℃）。

C.3.2 由二等铂电阻温度计标准装置引入的标准不确定度

C.3.2.1 由标准铂电阻温度计在固定点的稳定性引入的标准不确定度

B类标准不确定度评定。根据《标准铂电阻温度计》检定规程规定，二等标准铂电阻温度计固定点的稳定性最大不超过：0 ℃点为0.01 ℃、+30 ℃点为0.008 ℃，按均匀分布，取包含因子，则由其引入的标准不确定度为：

+30 ℃：（℃），

0 ℃：（℃）。

C.3.2.2 由测量电流引起自热效应引入的标准不确定度

B类标准不确定度评定。根据《标准铂电阻温度计》检定规程规定，二等标准铂电阻温度计在水三相点温度测量的自热效应换算成温度值最大不超过0.004 ℃，按均匀分布，取包含因子，在0℃点，则由其引入的标准不确定度为（℃），在+30℃点，由于在较高温度流动介质的恒温槽中，自热影响可以忽略不计。

C.3.2.3 直流测温电桥引入的标准不确定度

B类标准不确定度评定。根据规范规定，测量二等标准铂电阻温度计的直流测温电桥准确度等级为0.002级，电阻相对误差不大于2.0×10-5，对应温度相对误差不大于2.0×10-6 ，则在+30℃点扩展不确定度： = 2.0×10-5，*k* = 2，远优于规程要求，其不确定度忽略不计。

C.3.2.4 由液体恒温槽内温度波动性引入的标准不确定度

B类标准不确定度评定。根据规范要求，液体恒温槽温度波动度不超过±0.02 ℃,按均匀分布，取包含因子，则由其引入的标准不确定度为：（℃）。

C.3.2.5 由液体恒温槽内温度不均匀引入的标准不确定度

B类标准不确定度评定。根据规范要求，液体恒温槽温度均匀度≤0.02 ℃，按均匀分布，取包含因子，则由其引入的标准不确定度为：（℃）。

C.3.2.6 由二等铂电阻温度计标准装置引入的标准不确定度：

 C.3

则：+30℃：（℃），

0℃：（℃）。

C.4合成标准不确定度

C.4.1 标准不确定度汇总

表C.2 标准不确定度汇总表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| i | xi | 校准点（℃） | *k*i | u(xi）（℃） | ci |
| C.3.1.1 | 被校对象的示值重复性引入的标准不确定度 | +30 | 1 | 0.0024 | 1 |
| 0 | 1 | 0.0024 | 1 |
| C.3.1.2 | 被校对象的分辨力引入的标准不确定度 | +30、0 |  | 0.0029 | 1 |
| C.3.2.1 | 标准铂电阻温度计在固定点的稳定性引入的标准不确定度 | +30 |  | 0.0046 | 1 |
| 0 |  | 0.0058 | 1 |
| C.3.2.2 | 测量电流引起自热效应引入的标准不确定度 | +30 |  | 0.0000 | 1 |
| 0 |  | 0.0023 | 1 |
| C.3.2.3 | 直流测温电桥引入的标准不确定度 | +30、0 |  | 0.0000 | 1 |
| C.3.2.4 | 液体恒温槽波动性引入的标准不确定度 | +30、0 |  | 0.0115 | 1 |
| C.3.2.5 | 液体恒温槽不均匀性引入的标准不确定度 | +30、0 |  | 0.0115 | 1 |

其中：

i —— 不确定度来源的序号；

xi —— 第i个输入量；

*k*i —— 包含因子；

u(xi) —— 输入量的标准不确定度；

ci —— 灵敏系数。

C.4.2 合成标准不确定度计算

以上各项标准不确定度分量是互不相关的，所以用公式C.2计算其合成标准不确定度为：

+30 ℃：（℃），

0 ℃： （℃）。

C.5 扩展不确定度计算

取覆盖因子*k* = 2，则扩展不确定度：

+30 ℃：*U*=*uc* ×2 = 0.017×2 ≈ 0.04（℃），

0 ℃：*U*= ×2 = 0.018×2 ≈ 0.04 （℃）。

C.6 测量不确定度报告与表示

+30 ℃：*U*= 0.04 ℃，*k* = 2；

0 ℃：*U*= 0.04 ℃，*k* = 2。

上述评定结果适用于基本满足上述条件的情况，测量条件基本一致时可以直接引用上述结果。其余量程各测量点可按照同样方法进行分析。

# 附录 D

# 电子探空仪基测箱气压校准结果不确定度评定示例

D.1 概述

D.1.1 被校对象

电子探空仪基测箱气压传感器，分辨力为0.01 hPa。

D.1.2 校准条件

温度：（15～25）℃；湿度：（30～80）%RH。

D.1.3 校准用标准器及配套设备

D.1.3.1 标准器

数字式气压计，分辨力为0.0001 %FS，最大允许误差±0.1 hPa。

D.1.3.2 配套设备

气压发生器，扩展不确定度：*U* =(0.02～0.04) hPa,*k* = 2。

D.1.4 校准方法

将基测箱气压校准气嘴与数字式气压计、气压发生器用三通进行闭路连接。按选取点依次完成正、反行程校准。当气压发生器达到设定校准点值并稳定后，分别读取并记录标准器气压示值和被校准基测箱气压传感器气压示值，每30秒读取1次，共读取4次。分别计算标准器和被校准仪器4次读数的平均值；分别将被校准仪器正、反行程的示值平均值减去标准器对应校准点正、反行程的示值平均值及示值修正值，得出被校准仪器对应校准点正、反行程的示值误差；将被校准仪器对应校准点正、反行程的示值误差求平均，得出被校准仪器对应校准点的示值误差。

D.2 数学模型

 D.1

式中：为被校准对象的示值误差，单位为hPa；

为被检对象的示值平均值，单位为hPa；

为标准器的示值平均值，单位为hPa；

为标准器的示值修正值，单位为hPa。

D.3 灵敏系数

  。

即灵敏系数的绝对值均为1，则合成标准不确定度可表示为：

 D.2

D.4 误差来源及其标准不确定度

D.4.1 由被校准对象引入的标准不确定度

D.4.1.1 由被校准对象示值重复性引入的标准不确定度

在规范规定的环境条件下，将基测箱气压校准气嘴与数字式气压计、气压发生器用三通进行闭路连接，设定校准点为900hPa，并依次完成正、反行程校准。当气压发生器达到设定值并稳定后，读取并记录被校准基测箱气压传感器的气压示值，每30秒读取1次，共读取4次，即被校准仪器在每个校准点，其正、反行程共读取8次数。用极差法计算被校准仪器对应校准点单次测量结果的实验标准偏差s(x)。

实验结果如表D.1所示：

表D.1 实验结果

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | ymax | ymin | s(x) |
| 校准点（900hPa） | 899.62 | 899.61 | 899.62 | 899.62 | 899.62 | 899.62 | 899.62 | 899.62 | 899.62 | 899.61 | 0.0035 |

由于校准结果是取8次测量的平均值，则由示值重复性引入的标准不确定度为=≈0.0001（hPa）。

D.4.1.2 由被校准对象的分辨力引入的标准不确定度

用B类标准不确定度评定。被校准对象的分辨力为0.01 hPa，区间半宽为0.005hPa，按均匀分布，则由其引入的标准不确定度为=0.005/≈ 0.0029（hPa）。

D.4.1.3 由被校准对象的分辨力引入的标准不确定度

由被校准对象示值重复性引入的标准不确定度小于其分辨力引入的标准不确定度，则由被校对象引入的标准不确定度为=0.0029（hPa）。

D.4.2由输入量引入的标准不确定度

D.4.2.1 由数字式气压计读数分辨力引入的标准不确定度

用B类标准不确定度评定。数字式气压计的分辨力为0.0001 %FS，即取测量范围内最大值1100 hPa点，其分辨力为1100×0.0001%=0.0011（hPa），区间半宽为0.00055 hPa，按均匀分布，则由其引入的标准不确定度为=O．0011／（×2）≈0.0003（hPa）,可忽略不计。

D.4.2.2 由气压发生器引入的标准不确定度

用B类标准不确定度评定。气压发生器的扩展不确定度为*U* = (0.02～0.04) hPa，*k* = 2，取最不利值，则由其引入标准不确定度为= 0.04/2 = 0.02（hPa）。

D.4.3 由数字气压计的修正值引入的的标准不确定度

用B类标准不确定度评定。标准数字式气压计的最大允许误差是±0.1 hPa，则由其引入的标准不确定度= 0.1/3 = 0.033（hPa）。

D.5 合成标准不确定度

D.5.1 被校对象的标准不确定度汇总

表D.2被校对象的标准不确定度汇总

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| i | xi | *k*i | u(xi）(hPa) | ci |
| D.4.1.1 | 被校对象的示值重复性引入的标准不确定度 | 1 | 0.0001 | 1 |
| D.4.1.2 | 被校对象的分辨力引入的标准不确定度 |  | 0.0029 | 1 |
| D.4.1 | 标准数字气压计读数分辨力引入的标准不确定度 |  | 0.0003 | 1 |
| D.4.2 | 气压发生器引入的标准不确定度 | 2 | 0.02 | 1 |
| D.4.3 | 标准数字气压计的修正值引入的标准不确定度 | 3 | 0.033 | 1 |

其中：

i —— 不确定度来源的序号；

xi —— 第i个输入量；

*k*i —— 包含因子；

u(xi) —— 输入量的标准不确定度；

ci —— 灵敏系数。

D.5.2 合成标准不确定度计算

以上各项标准不确定度分量是互不相关的，所以用公式D.2计算其合成标准不确定度为 ≈ 0.039（hPa）。

D.5.3 扩展标准不确定度计算

取覆盖因子*k* = 2，则扩展不确定度：*U* = ×2 = 0.039×2 ≈ 0.08（hPa）。

D.6 测量不确定度报告与表示

*U*= 0.08 hPa ，*k* = 2。

上述评定结果适用于基本满足上述条件的情况，测量条件基本一致时可以直接引用上述结果。其余量程各测量点可按照同样方法进行分析。

# 附录 E

# 电子探空仪基测箱湿度校准结果不确定度评定示例

E.1 概述

E.1.1 被校对象

电子探空仪基测箱湿度感应部分是通风干湿表，其分辨力为0.1 %RH。

E.1.2 校准条件

温度：（15～25）℃；湿度：（30～80）%RH。

E.1.3 校准用标准器及配套设备

E.1.3.1 标准器

精密露点仪，测量范围（-20～40）℃DP，露点最大允许误差为：±0.15 ℃DP，湿度最大允许误差为：±1.0 %RH；分辨力：0.01 %RH。

E.1.3.2 配套设备

温湿度标准箱,有效区域内,湿度均匀度:≤0.3 %RH（20 ℃时）,湿度波动度:不超过±0.3 %RH（20 ℃时）。

E.1.4 校准方法

按照本规范对通风干湿表湿度偏差的校准要求，在规定的环境条件下，将电子探空仪基测箱置于温湿度标准箱内，并将精密露点仪和通风干湿表湿度感应部分同时固定于电子探空仪基测箱测试区的中央工作区域的等高位置上，调节温湿度标准箱，设定湿度校准点，当温湿度标准箱空气湿度达到设定值并稳定15分钟后，分别读取并记录标准器湿度示值和被校准仪器湿度示值，每10秒钟读取1次，共读取4次，将被校准仪器湿度示值平均值减去标准器对应校准点湿度示值平均值及其示值修正值，得出被校准仪器对应校准点湿度示值误差。

E.2 数学模型

 E.1

式中：为被校准对象的示值误差，单位为 %RH；

为被校准对象的示值平均值，单位为 %RH；

为标准器的示值平均值，单位为 %RH；

为标准器的示值修正值，单位为 %RH。

灵敏系数   。

即灵敏系数的绝对值均为1，则合成标准不确定度可表示为：

E.2

E.3 误差来源及其标准不确定度

E.3.1 由被校准对象引入的标准不确定度

E.3.1.1 由被校准对象示值重复性引入的标准不确定度

A类标准不确定度评定。在规范规定的环境条件下，将电子探空仪基测箱置于温湿度标准箱内，并将精密露点仪和通风干湿表湿度感应部分同时固定于电子探空仪基测箱测试区的中央工作区域的等高位置上，调节温湿度标准箱，设定校准点为33 %RH，当温湿度标准箱内空气湿度达到设定值并稳定15分钟后，读取并记录被校准仪器的湿度示值，每10秒钟读取1次，共读取4次，用极差法计算被校准仪器对应校准点单次测量结果的实验标准偏差s(x)。

实验结果如表E.1所示：

表E.1 实验结果

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | ymax | ymin | s(x) |
| 校准点（33 %RH） | 33.6 | 33.6 | 33.7 | 33.7 | 33.7 | 33.6 | 0.048 |

由于校准结果是取4次测量的平均值，则由示值重复性引入的标准不确定度为：（%RH）。

E.3.1.2 由被校准对象的分辨力引入的标准不确定度

B类标准不确定度评定。电子探空仪基测箱湿度感应部分是通风干湿表，其分辨力为0.1 %RH，区间半宽为0.05 %RH，按均匀分布，取包含因子，其标准不确定度为：（%RH）。

E.3.1.3 由被校准对象引入的标准不确定度

由被校准对象示值重复性引入的标准不确定度小于其分辨力引入的标准不确定度，则由被校对象引入的标准不确定度为=0.029 （%RH）。

E.3.2 由精密露点仪标准装置引入的标准不确定度

E.3.2.1 由精密露点仪的准确度引入的标准不确定度

B类标准不确定度评定。精密露点仪在测量范围（-20～40）℃DP时，露点最大允许误差为±0.15 ℃DP，湿度最大允许误差为±1.0 %RH。当环境湿度为33%RH、环境温度为20 ℃时，露点为3.3 ℃DP，在（-20～40）℃DP测量范围之内，则湿度最大允许误差为±1.0 %RH，则由其引入的标准不确定度为：（%RH）。

E.3.2.2 由精密露点仪的分辨力引入的标准不确定度

B类标准不确定度评定。精密露点仪的分辨力为0.01 %RH，区间半宽为0.005 %RH，按均匀分布，取包含因子，则由其引入的标准不确定度为：（%RH）。

E.3.2.3 温湿度标准箱内湿度均匀度引入的标准不确定度

B类标准不确定度评定。根据规范要求，温湿度标准箱在有效区域内,湿度均匀度：≤0.3 %RH（20℃时），按均匀分布，取包含因子，则由其引入的标准不确定度为：（%RH）。

E.3.2.4 温湿度标准箱内湿度波动性引入的标准不确定度

B类标准不确定度评定。温湿度标准箱在有效区域内,湿度波动度：不超过±0.3 %RH（20℃时）按均匀分布，取包含因子，则由其引入的标准不确定度为：（%RH）。

E.3.2.5 由精密露点仪标准装置引入的标准不确定度：

= ≈ 0.411（%RH）

E.4 合成标准不确定度

E.4.1 标准不确定度汇总

表E.2 标准不确定度汇总

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| i | xi | *k*i | u(xi）(%RH) | ci |
| E.3.1.1 | 被校对象的示值重复性引入的标准不确定度 | 1 | 0.024 | 1 |
| E.3.1.2 | 被校对象的分辨力引入的标准不确定度 |  | 0.029 | 1 |
| E.3.2.1 | 精密露点仪的准确度引入的标准不确定度 | 3 | 0.33 | 1 |
| E.3.2.2 | 精密露点仪的分辨力引入的标准不确定度 |  | 0.0029 | 1 |
| E.3.2.3 | 温湿度标准箱内湿度均匀度引入的标准不确定度 |  | 0.1732 | 1 |
| E.3.2.4 | 温湿度标准箱内湿度波动性引入的标准不确定度 |  | 0.1732 | 1 |

其中：

i —— 不确定度来源的序号；

xi —— 第i个输入量；

*k*i —— 包含因子；

u(xi) —— 输入量的标准不确定度；

ci —— 灵敏系数。

E.4.2 合成标准不确定度计算

以上各项标准不确定度分量是互不相关的，所以用公式E.2计算其合成标准不确定度为 = ≈ 0.41（%RH）。

E.5 扩展不确定度计算

取覆盖因子*k* = 2，则扩展不确定度：

*U* = ×2 = 0.41×2 ≈ 0.9（%RH）。

E.6 测量不确定度报告与表示

*U*= 0.9（%RH），*k* = 2。

上述评定结果适用于基本满足上述条件的情况，测量条件基本一致时可以直接引用上述结果。其余量程各测量点可按照同样方法进行分析。

# 附录 F

# 电子探空仪基测箱输出电压校准结果不确定度评定示例

F.1 概述

F.1.1 被校对象

电子探空仪基测箱输出电压，分辨力为0.1 V。

F.1.2 校准条件

温度：（15～25）℃；湿度：（30～80）%RH。

F.1.3 校准用标准器

数字多用表：DCV： = (0.8－2.0)×10-6，*k* = 2。

F.1.4 校准方法

按照本规范对输出电压的校准要求，在规定的环境条件下,将基测箱供电输出线正压、负压接线端分别与数字多用表电压通道正压、负压接线端连接，打开基测箱设置电源界面，按选定的校准点依次设置输出电压值（正压和负压），打开输出电源开关，通过数字多用表读取输出电压值作为标准值，每10秒记录1次标准器电压示值和基测箱输出电压示值，共记录4组数据，分别计算标准器和被校准仪器4次读数的平均值，用被校准仪器输出电压值示值平均值减去标准器对应校准点电压示值平均值，得出被校准仪器对应校准点输出电压示值误差。

F.2 数学模型

 F.1

式中：为被校准对象的示值误差，单位为℃；

为被检对象的示值平均值，单位为℃；

为标准器的示值平均值，单位为℃。

灵敏系数： 

即灵敏系数的绝对值均为1，则合成标准不确定度可表示为：

F.2

F.3 误差来源及其标准不确定度

F.3.1 由被校准对象引入的标准不确定度

F.3.1.1 由被校准对象示值重复性引入的标准不确定度

A类标准不确定度评定。在规定的环境条件下，将基测箱供电输出线正压、负压接线端分别与数字多用表电压通道正压、负压接线端连接，打开基测箱设置电源界面，选定±12 V作为校准点，按选定点依次设定输出电压值（正压和负压），打开输出电源开关，通过数字多用表读取输出电压值作为标准值，每10秒记录1次标准器电压示值和被校准仪器输出电压示值，共记录4组读数，分别计算标准器和被校准仪器4次读数的平均值，用被校准仪器输出电压值示值平均值减去标准器对应校准点电压示值平均值，得出被校准仪器对应校准点输出电压示值误差，用极差法计算被校准仪器对应校准点单次测量结果的实验标准偏差s(x)。

实验结果 如表F.1所示：

表F.1 实验结果

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准次数 | | 1 | 2 | 3 | 4 | ymax | ymin | s(x) |
| 校准点（12V） | 标准器示值 | 12.00 | 12.00 | 12.00 | 12.00 | 12.00 | 12.00 | 0.048 |
| 被校仪器  示值 | 12.0 | 12.0 | 12.0 | 12.1 | 12.1 | 12.0 |
| 示值误差 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.10 | 0.10 | 0.00 |

由于校准结果是取4次读数的平均值，则由示值重复性引入的标准不确定度为：（V）。

F.3.1.2 由被校准对象的分辨力引入的标准不确定度

B类标准不确定度评定。电子探空仪基测箱输出电压的分辨力为0.1V，区间半宽为0.05 V，按均匀分布，取包含因子，则由其引入的标准不确定度为：（V）。

F.3.1.3 被校准对象引入的标准不确定度

由被校准对象示值重复性引入的标准不确定度小于其分辨力引入的标准不确定度，则由被校对象引入的标准不确定度为=0.029 （V）。

F.3.2 由数字多用表引入的标准不确定度

数字多用表的不确定度主要由其的准确度、分辨力、噪声误差等所引起的, 而分辨力、噪声误差、上级标准传递的影响等忽略不计，由上级机构的校准结果得出，准确度引起的的扩展不确定度为： = (0.8－2.0)×10-6，*k* = 2，取最大值2.0×10-6，按正态分布，取包含因子*k* = 2，其标准不确定度 = 2.0×10-6/2 = 1.0×10-6，远小于被校准对象引入的标准不确定度，其标准不确定度忽略不计。

F.4 合成标准不确定度

F.4.1 标准不确定度汇总

表F.2 标准不确定度汇总

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| i | xi | *k*i | u(xi）(V) | ci |
| F.3.1.1 | 被校对象的示值重复性引入的标准不确定度 | 1 | 0.024 | 1 |
| F.3.1.2 | 被校对象的分辨力引入的标准不确定度 |  | 0.029 | 1 |
| F.3.2 | 数字多用表引入的标准不确定度 | 2 | 1.0×10-6 | 1 |

其中：

i —— 不确定度来源的序号；

xi —— 第i个输入量；

*k*i —— 包含因子；

u(xi) —— 输入量的标准不确定度；

ci —— 灵敏系数。

F.4.2 合成标准不确定度计算

以上各项标准不确定度分量是互不相关的，而且数字多用表引入的标准不确定度远小于被校对象引入的标准不确定度，其标准不确定度忽略不计。

所以合成标准不确定度为： = 0.029（V）。

F.5 扩展不确定度计算

取覆盖因子*k* = 2，则扩展不确定度：

*U*= ×2 = 0.029×2 ≈ 0.06（V）。

F.6 测量不确定度报告与表示

*U*= 0.06(V)，*k* = 2。

上述评定结果适用于基本满足上述条件的情况，测量条件基本一致时可以直接引用上述结果。其余量程各测量点可按照同样方法进行分析。

# 附录 G

# 电子探空仪基测箱检测室通风速度校准结果不确定度评定示例

H.1 概述

H.1.1 被校对象

电子探空仪基测箱检测室通风速度。

H.1.2 校准条件

温度：（15～25）℃；湿度：（30～80）%RH。

H.1.3 校准用标准

热式风速仪，测量范围：（0.2～5）m/s，最大允许误差：±（5%×测量值+0.1）m/s。

H.1.4 校准方法

在校准条件下，打开检测室开关，拔出检测室湿球温度传感器，将热式风速仪感应探头替换到该位置，风速仪表头上的标记符应正对风的来向，待风速相对稳定1分钟后，读取并记录热球式风速仪的示值，每10秒读取1次，共读取4次，计算4次读数的平均值，将平均值修正后作为湿球位置通风速度，将湿球温度传感器复位，再用热球式风速仪感应探头替换干球温度传感器，重复上述操作，得出干球位置通风速度。

H.2.数学模型



式中 ：检测室通风速度；

热球式风速表实测风速；

热球式风速表修正值。

灵敏系数 ： 

即灵敏系数的绝对值均为1,则合成标准不确定度可表示为：。

H.3标准不确定度评定

H.3.1由标准器引入的标准不确定度

由标准器引入的不确定度为用热式风速仪校准基测箱检测室通风速度的重复性引入的标准不确定度。

A类标准不确定度评定。在校准条件下，打开检测室开关，拔出检测室湿球温度传感器，将热球式风速仪感应探头替换到该位置，风速仪表头上的标记符应正对风的来向，待风速相对稳定1后分钟后，读取热球式风速仪的示值，每10秒读取1次，共读取4次，计算4次读数的平均值，并将平均值修正后作为湿球位置通风速度，用极差法计算被校准仪器对应校准点单次测量结果的实验标准偏差s(x)，将湿球温度传感器复位，再用热球式风速仪感应探头替换干球温度传感器，重复上述操作，得出干球位置通风速度单次测量结果的实验标准偏差s(x)。

表6.1 实验结果

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | ymax | ymin | s(x) |
| 湿球标准值 | 2.86 | 2.85 | 2.86 | 2.87 | 2.87 | 2.85 | 0.0097 |
| 干球标准值 | 2.66 | 2.67 | 2.68 | 2.67 | 2.68 | 2.66 | 0.0097 |

由于校准结果是取4次读数的平均值，则由示值重复性引入的标准不确定度为：

湿球：(m/s)

干球：(m/s)

H.3.2由标准器引入的标准不确定度

B类标准不确定度评定。由于热球式风速仪为A级标准，根据JJF 1939-2021 热式风速仪校准规范,测量风速在5m/s以下时，最大允许误差：±（5%×测量值+0.1）m/s 。取满量程最大风速5m/s，5×5%=0.1=0.35（m/s），即其最大允许误差为：±0.35 m/s，按正态分布，其标准不确定度（m/s）。

H.4合成标准不确定度

H.4.1标准不确定度汇总

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| i | xi | j | ki | u(xi）（℃） | ci |
| 3.1 | 标准器引入的标准不确定度 | 湿球标准值 | 1 | 0.0048 | 1 |
| 干球标准值 | 1 | 0.0048 | 1 |
| 3.2 | 标准器引入的标准不确定度 | ----- | 3 | 0.1167 | 1 |

其中：i—不确定度来源的序号；

xi—第i个输入量；

j—类别；

ki—包含因子；

u(xi)—输入量的标准不确定度；

ci—灵敏系数；

H.4.2合成标准不确定度计算

以上各项标准不确定度分量是互不相关的，所以其合成标准不确定度为：

湿球：≈0.1168(m/s),干球：≈0.1168(m/s)。

H.5扩展不确定度计算

取覆盖因子*k*=2，则电子探空仪基测箱检测室通风速度测量结果的扩展不确定度：

*U*=×2=0.1168×2=0.24 (m/s)