电子探空仪基测箱校准规范

Calibration Specification for Electronic Sonde Base Value Detection Box

**编制说明**

主要起草单位：内蒙古自治区气象数据中心

**1.任务来源**

任务来源于国家市场监督管理总局《市场监管总局办公厅关于印发 2022 年国家计量技术规范项目制定、修订及宣贯计划的通知》（市监计量发〔2022〕70号）文件，2022年国家计量技术规范制修订计划项目表（27）下达的《电子探空仪基测箱校准规范》制定项目，归口单位为全国气象专用计量器具计量技术委员会（MTC27）。本规范由内蒙古自治区气象数据中心、山东省气象工程技术中心、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共同起草。

因2023年气象部门机构改革，原主要起草单位名称由“内蒙古自治区大气探测技术保障中心、山东省气象局大气探测技术保障中心”变更为：“内蒙古自治区气象数据中心、山东省气象工程技术中心”。

**2.制定本规范的目的和意义**

为了掌握大气的变化规律，我国现已建设120个高空气象探测站，其中87个站点参加国际高空气象资料的交换，每年探空仪的使用量约9万台。根据国际气象组织和中国气象局对高空气象探测的有关规定，探空仪在施放前必须进行基值测定。2020年1月我国气象高空站正式启用L波段新型探空仪，用于探空仪基值测定的新型电子探空仪基测箱同步配备台站。2025年下半年计划启用北斗导航探空仪及其配套基测箱。新型探空仪基侧箱的技术指标与设计结构均发生了变化，中国气象局于2008年下发的“JKZ1型探空仪基测箱校准方法（试行）”已不再适用。因此迫切需要研究并制定本校准规范，为新型电子探空仪基测箱的有效溯源提供技术依据，确保高空气象探测数据的准确可靠。

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。目前，国内外尚未发布有关电子探空仪基侧箱的校准规范或检定规程。探空站基测箱尚未进行有效溯源，探空仪基测数据的可靠性有待验证。本规范是在充分调研各行业探空仪基测箱检测业务现状以及不同厂家基测箱产品的基础上，参考相关计量技术规范而形成的具有广泛性、通用性的校准规范。提供了有效解决探空仪施放前使用到的标准设备溯源问题，也为基测箱的实验室校准提供技术依据，近而为天气预报、气候分析、科学研究和军工活动、国际探测数据交换等提供准确、可靠的高空气象资料。

**3.编写过程**

内蒙古自治区气象数据中心作为本规范的主要起草单位，2022年召集参加起草单位（山东省气象工程技术中心、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）起草人组成编写组。编写组由温晓辉、杨茂水、郑树芳、王锡芳、赵旭、王欣、韩玉婷7人组成。

温晓辉作为本规范第一起草人，负责完成了规范文本、编制说明、试验报告等材料的编写工作；组织开展了市场调研、业务调研、参考文献检索、校准项目及方法确认、试验方法设计、校准试验、不确定度评定分析等工作。

杨茂水承担了校准项目及方法确认、试验方法设计、规范文本修改等工作；郑树芳承担了基测箱温度、湿度、气压、输出电压校准结果的不确定度评定，校准证书及记录模板的设计；王锡芳承担了市场及业务调研、文献检索及数据收集工作；赵旭承担了规范技术指标的确认及验证、规范文本及其他材料的整体技术把关；王欣承担了按规范内容开展的不同厂家基测箱的模拟校准及数据收集工作；韩玉婷承担了规范校准项目及未列入规范项目的试验论证工作。

2022年7月，成立规范编写组，完成规范编制任务分配及人员分工；

2022年8月-12月，编写组按分工开展电子探空仪基测箱市场调研、探空业务调研、参考文献检索、校准项目及方法研讨等工作，完成规范初稿编制；

2023年1月-3月，编写组开展规范初稿的内部征求意见及修改工作；

2023年4月-10月，编写组按规范初稿开展不同厂家型号（上海长望气象科技股份有限公司、南京大桥机器有限公司、太原无线电一厂有限公司、北京国瑞智有限公司）基测箱的模拟校准工作，形成校准记录和证书，以及不确定度评定报告；

2023年11月，根据模拟校准的结果，考虑规范校准项目可操作性及必要性，确定试验方法，开展校准项目必要性和测量次数影响试验验证工作；

2023年12月，完成规范征求意见稿、编制说明、试验报告、不确定评定报告的编制工作；

2024年1月-12月，因气象部门准备启用北斗导航探空仪及配套基测箱，该型基测箱在结构集成及功能上发生了变化，为提高本规范的适用性，编写组开展了新型号基测箱调研，并对征求意见稿相关材料进行了适应性调整；

2025年1月-4月，完成了本规范最终征求意见稿、编制说明、试验报告、不确定评定报告等材料的编写，并提交至全国气象专用计量器具计量技术委员会秘书处，开展全国范围征求意见。

**4 编写依据**

在编写本规范时，编写组首先注重参考国际国内已正式发行的相关规程或规范的最新版本，以及中国气象局综合观测司2018年7月下的发《电子探空仪基测箱功能规格需求书（第二版）》、中国气象局气象探测中心2018年10月下发的《电子探空仪基测箱测试方案》，生产厂家制定的《电子探空仪基测箱企业标准》等文件。本规范的编写格式遵从了JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》的要求，编写过程中遵循了JJF1001-2011《通用计量术语及定义》、JJF1059 -2012《测量不确定度评定与表示》基础规范的要求。

主要引用了如下文件：

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

**5 编制规范的简要过程**

5.1 计量技术指标的确定

依据气象部门常规高空观测业务中对三种改进型探空仪（GTS12、GTS13、GTS11）的基测合格标准（其中：-0.3 ℃≤温度≤0.3 ℃、-4%RH≤湿度≤+4%RH、-0.3 hPa≤气压≤+0.3 hPa、探空仪供电一般为额定供电电压±2V）要求，结合中国气象局综合观测司2018年7月下的发《电子探空仪基测箱功能规格需求书（第二版）》给出的电子探空仪基测箱计量特性（其中：温度最大允许误差：±0.1℃、湿度最大允许误差：±2.0%RH、气压最大允许误差：±0.3hPa、输出电压分辨力0.5V），以及国内发布的相关检定规程及校准规范，确定电子探空仪基测箱温度、湿度、气压、输出电压、通风速度等计量特性技术指标。再根据基测箱的计量特性及结构原理，选取满足各校准要素量值传递要求的测量标准及其配套设备。

5.2 校准项目的确定

按电子探空仪基测箱的结构及原理，编写组在规范编制前期，确定的校准项目为：（1）温度示值误差及干湿球温度一致性、（2）湿度示值误差、（3）气压示值误差及气压稳定性、（4）检测室通风速度、（5）输出电压误差、（6）电池电压测量误差、（7）检测室温度场稳定性（波动度）、（8）检测室温度场均匀性、（9）检测室湿度场稳定性（波动度）、（10）检测室湿度场均匀性。

考虑到规范的可操作性及校准项目的必要性，编写组分别对上述10个校准项目进行了校准方法制定、试验验证及不确定度评定，试验结果表明：（1）检测室为相对密闭环境且腔体较小，由检测室温度及湿度稳定性、温度及湿度均匀性对校准结果的影响较小可忽略不计，且该项校准方法复杂，不便于推广应用在全国范围内，可考虑在基测箱出厂检测时进行；（2）电池电压测量功能主要用于原探空仪与电池分离的情况，电池经活化后供电电压是否满足探空仪飞升距离的供电需求；目前探空仪基本都是使用的锂电池集成，供电比较稳定，且中国气象局发布的功能规格需求书中未对基测箱输入电压测量功能进行要求，故该项不作为校准项目。

经试验验证，本规范最终保留的校准项目为：（1）温度示值误差及干湿球温度一致性、（2）湿度示值误差、（3）气压示值误差及气压稳定性、（4）检测室通风速度、（5）输出电压误差。可操作性及适用性更强。

5.3 校准项目读数次数的确定

编写组在规范编制前期，确定的各校准项目单点的读数次数均为10次，选取四个厂家（上海长望气象科技股份有限公司、南京大桥机器有限公司、太原无线电一厂有限公司、北京国瑞智公司）基测箱，采用贝塞尔公式法及极差法，分别对10次读数和4次读数进行测量分析，结果表明：各基测箱测量数据非常稳定，10次与4次读数曲线吻合且结果一致。故在本规范中确定的单点读数次数均为4次。

**6 主要内容的说明**

本规范主要是对电子探空仪基测箱校准规范中范围、引用文件、术语和计量单位、概述、计量特性、校准条件、校准项目和校准方法等内容提出了要求和规定，并给出了具体的方法。

6.1 名称

规范的名称是依据《市场监管总局办公厅关于印发 2022 年国家计量技术规范项目制定、修订及宣贯计划的通知》（市监计量发〔2022〕70号）文件，2022年国家计量技术规范制修订计划项目表（27）中的《电子探空仪基测箱校准规范》。

6.2 引言

本规范依据JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》编写，规范中的通用计量术语符合 JJF1001-2011《通用计量术语及定义》，附录中给出的测量不确定度评定示例依据JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》进行。

6.3 范围

本章节规定该规范的适用范围，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。确保规范的适用性和准确性。

6.4 引用文件

术语中引用了GB/T 37467-2019 气象仪器术语。

计量特性、校准条件、校准项目和校准方法中，引用和参考了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、JJG（气象）002-2015 自动气象站铂电阻温度传感器。

6.5 术语和计量单位

对于本规范中使用的术语：电子探空仪 electronic sonde和干湿表 psychrometer，分别引用了GB/T 37467-2019，定义4.1.3和定义3.1.3.13；对于本规范列出的术语：探空仪基测箱 sonde base value detection box、干球温度传感器 dry-bulb temperature sensor、湿球温度传感器 wet-bulb temperature sensor，对GB/T 37467-2019中探空仪检测箱、干球温度表、湿球温度表术语进行了修改。

6.6 概述

对电子探空仪基测箱的结构、原理、用途进行描述，给出其结构原理图。

6.7 计量特性

**（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的判定，参考电子探空仪基测箱功能规格需求书（第二版）（中国气象局综合观测司2018年7月发）（温度最大允许误差：±0.1℃）、电子探空仪基测箱测试方案（中国气象局气象探测中心2018年10月发）、JJG993-2018电动通风干湿表检定规程（二级标准温度示值误差：±0.08℃）、及常规高空观测业务中对三种改进型探空仪（GTS12、GTS13、GTS11）基测合格标准（-0.3℃≤温度≤0.3℃），确定干球湿球温度传感器的示值误差：不超过±0.1℃。

由于基测箱是采用干湿球法提供基测湿度标准值，结合JJG993-2018电动通风干湿表检定规程中二级标准的要求（干湿球温度一致性≤0.1℃），增加干湿球温度一致性要求，确保干湿球法测湿度的准确性。

**（2）湿度示值误差**

湿度示值误差的判定，参考电子探空仪基测箱功能规格需求书（第二版）（中国气象局综合观测司2018年7月发）（湿度最大允许误差：±2.0%RH）、JJG993-2018电动通风干湿表检定规程（二级标准湿度示值误差：≤2.0%RH）、常规高空观测业务中对三种改进型探空仪（GTS12、GTS13、GTS11）基测合格标准（-4%RH≤湿度≤+4%RH）,结合配置工作级别湿度标准，确定湿度示值误差：不超过±2.0%RH。

**（3）气压示值误差及气压稳定性**

气压传感器示值误差的判定，参考电子探空仪基测箱功能规格需求书（第二版）（中国气象局综合观测司2018年7月发）（气压最大允许误差：±0.3hPa）、JJG1083-2013数字式气压计、常规高空观测业务中对三种改进型探空仪（GTS12、GTS13、GTS11）基测合格标准（-2hPa≤气压≤+2hPa）要求确定气压示值误差判定标准不超过±0.3hPa。

增加气压传感器年稳定性判定，确定标准的年漂移量是否满足相应等级对应最大允许误差要求，判定标准参考JJG1083-2013数字式气压计中对于气压稳定性要求。

**（4）检测室通风速度**

根据干湿球法测湿度要求，温度传感器周围通风速度在（2.5～4.0）m/s范围，才能保证湿度测量值的准确，故规范规定了对于检测室通风速度要求。

**（5）输出电压误差**

高空台站应用电压输出功能为不同型号的探空仪在基值测定时进行电压赋能，探空仪使用时对供电有相应范围的要求（一般为额定供电电压±2V），参考电子探空仪基测箱功能规格需求书（第二版）（中国气象局综合观测司2018年7月发）（输出电压调节分辨力为0.5V），确定输出电压示值误差：不超过±0.5V。

6.8 校准条件

**（1）环境条件**

基测箱的校准项目涉及温度、湿度、气压、通风速度、电测部分，温度传感器对于环境湿度要求参考JJG气象（002）-2015自动气象站铂电阻温度传感器检定规程对于环境湿度的下线要求≥30%RH；气压传感器校准对环境温度的要求参考JJG1083-2013数字式气压计检定规程中，对“0.1及以上的气压计（20±2）℃”的要求，结合实际校准情况，设定满足气压校准的环境温度要求为（20±5）℃更容易提供，方便校准人员实际工作，对于校准最大允许误差±0.3 hPa的基测箱气压标准，满足探空仪基测合格标准（-2hPa≤气压≤+2hPa）时影响不大；校准涉及电压的测量，增加了对环境中是否有电磁干扰和机械振动的要求。

**（2）测量标准及配套设备**

**1）测量标准**

**精密露点仪：**

参考JJG993-2018电动通风干湿表检定规程，满足干湿表法测湿度示值误差≤2.0%RH时，需配置的计量标准需要达到二级标准要求，即露点温度测量范围：（-20～40）℃DP ,最大允许误差：±0.15℃DP。露点温度范围可以满足基测箱湿度范围10%RH～95%RH。配置铂电阻温度计是为了测量发生湿度环境时的标准温度值，对配套温度计要求能达到最大允许误差±0.05℃即可。

由于干湿球法测湿度在10%RH以下误差较大，所以本规范规定如基测箱配置了湿度传感器（测0%RH专用）时，在基测箱零点检测室配合干燥剂（分子筛或硅胶干燥剂）、精密露点仪在零点检测室完成0%RH校准。

**标准铂电阻温度计：**

参考JJG993-2018电动通风干湿表检定规程，满足温度传感器示值误差不超过±0.1℃时，需配置的温度计量标准需要达到二级标准要求，即标准铂电阻温度计测量范围：（0～40）℃ ,准确度等级：二等。温度范围可以满足基测箱温度范围（0～40）℃。

**数字气压计：**

参考JJG1083-2013数字式气压计检定规程，满足气压传感器示值误差不超过±0.3hPa时，需配置的气压计量标准需要达到0.01级要求，即数字气压计准确度等级：0.01级。

规范中规定了标准器气压测量范围（500～1060）hPa，考虑到目前常用的气压标准器和气压发生器测量范围基本在（500～1100）hPa，而探空仪基测箱的出厂气压测量范围为（450～1060）hPa，我国海拔最高探空站（沱沱河气象站）为4539米，该站常年气压在500hPa以上，测量范围在（500～1100）hPa满足基测气压比对要求，故规定了此范围。

**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，基测箱电压测量范围（0～40）V，电压分辨力0.5V的要求。

**热式风速仪：**

通风速度测量范围：（0.2～5.0）m/s满足检测室通风速度要求（2.5～4.0）m/s即可，不做合格判定。根据基测箱结构及校准方法，确定热式风速仪探头应满足直径≤6mm、长度≥10cm，以满足基测箱通风速度校准要求。参考JJF 1939-2021 热式风速仪校准规范，最大允许误差：±（5%×测量值+0.1）m/s。

**2）配套设备**

**温湿度标准箱：**

作为湿度校准的配套设备来使用。按照本规范规定，基测箱中用于测量湿度的通风干湿表最大允许误差为：±2.0%RH（即：二级标准）。参考JJG993-2018电动通风干湿表检定规程，确定校准通风干湿表湿度需配置的温湿度标准箱（或湿度发生器）应满足JJF 1564-2016 温湿度标准箱校准规范（即：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），且在此基础上，还需满足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）。考虑到在本规范中，温湿度标准箱（或湿度发生器）只用于校准湿度，故只对有效区域湿度均匀度和波动度做特别要求，而对有效区域内温度均匀度和波动度不做特别要求，并附加备注说明。

对有效区域和选用湿度发生器作为配套设备时的备注说明：1.有效区域指标准器传感器与被检传感器所处位置直径10cm、高20cm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（2.5m/s～4.0m/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。参考JJG993-2018电动通风干湿表检定规程。

**恒温槽：**

作为温度校准的的配套设备来使用。按照本规范规定，基测箱中用于测量温度的干球、湿球温度传感器最大允许误差为：± 0.1℃（即：二级标准）。参考JJG993-2018电动通风干湿表检定规程，确定校准干球、湿球温度传感器需配置的恒温槽应满足温度范围（0～40）℃，其工作区域温度均匀度：0.02℃，温度波动度：± 0.02℃/10min。

**测温电桥：**

当温度测量标准选取标准铂电阻温度计时，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。

二等标准铂电阻温度计在0℃标称值25Ω，一个检定周期的稳定性10mK，1℃温度变化对应电阻变化约0.1Ω。0.002级就是相对误差0.002%。即在0℃时测量标铂电阻误差0.5mΩ，对应温度误差约5mK。

**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。

6.9 校准项目和校准方法

本章给出校准项目表及其校准方法对应条款。校准项目为：（1）外观及功能检查、（2）温度示值误差及干湿球温度一致性、（3）湿度示值误差、（4）气压示值误差及气压稳定性、（5）检测室通风速度、（6）输出电压示值误差。

根据对各型号基测箱性能及结构原理，结合实际校准，在规范中给出了较为详细的校准方法（含校准步骤及数据处理），在校准点选择时，文中按照基测箱测量范围给出了常用校准点，可根据实际使用情况选取不少于3个校准点，满足校准需求且便于操作。

6.10 校准结果表达

根据JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》的要求，本规范给出了校准结果的表达，对校准证书应包含的信息加以说明。

6.11 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。

6.12 附录

规范附录分别给出了校准记录表及证书参考格式，以及各要素校准结果不确定度评定示例。

附录 A 电子探空仪基测箱校准记录表参考格式

附录 B 校准证书参考格式

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

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

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

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

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。

《电子探空仪基测箱校准规范》编写组

2025年4月14日