**低频电场测量仪校准规范**

**编制说明**

2023年03月

# **一、任务来源**

根据市场监管总局办公厅关于下达《2022年国家计量技术规范制修订和宣贯计划》（市监计量函【2021】2109号），由全国电磁计量技术委员会归口管理，中国测试技术研究院、中国计量科学研究院、中国电力科学研究院为主要起草单位，北京无线电计量测试研究所、辽宁省计量科学研究院、山东省计量科学研究院为参加单位负责制定国家计量校准规范《低频电场测量仪校准规范》。

**二、编制的必要性**

生态环境监测是生态环境保护的基础，是生态文明建设的重要支撑。低频电场测量仪用于低频电场环境的监测，应用领域包括：劳动保护，职业病防治，环境检测，环境卫生等。使用低频电场测量仪对电场环境进行监测，测量结果再按《GB8702-2014 电磁环境控制限值》的要求，对被测环境进行是否超限值的评价，为了保证数据准确可靠，环境评价正确，需对其进行有效量值溯源。

目前我国没有相关的计量技术规范，开展低频电场测量仪校准的计量机构，一般都是参照《 GB/T 12720工频电场测量》、《 DL/T 988高压交流架空送电线路、变电站工频电场和磁场测量方法》等检测标准的附录部分来开展校准工作，这些参考标准不统一，且都只着重于工频下的电场强度，不能满足环境监测低频范围测量的需求。

目前国外已有标准《IEC 61786-1-2013 关于人体暴露于1 Hz至100 kHz直流电磁场、交流电磁场及交流电场的测量.第1部分:测量仪器的要求》，该标准也存在校准过程描述不规范，部分影响量没有涉及等问题。

为了加强低频电场测量仪质量控制与管理，保证量值溯源准确可靠，制定低频电场测量仪的校准规范十分必要。

# 三、编制过程

## 1、各阶段工作

（1）2022年7月，全国电磁计量技术委员会下发了《国家计量技术法规制定/修订计划立项通知》低频电场测量仪校准规范编制工作组正式成立。调研被测设备的主要生产厂家和主要型号，调研校准所用标准器及配套设备。

（2）2022年8月～12月，试验选取此类被测样品的典型型号，确定各个技术性能指标，研究校准方法，进行性能指标的试验和不确定度评定，编制试验报告和编制说明，形成校准规范初稿。初稿报送全国电磁计量技术委员会后，委员会对《低频电场测量仪校准规范》进行了函审工作，反馈意见及处理情况如表1：

表1初稿函审意见及处理情况

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 反馈意见 | 处理情况 |
| 1 | 规范中被校场强上限仅到10kV/m，偏小，建议重新确定测量范围。 | 采纳。测量范围扩展到100kV/m |
| 2 | 低频电磁场分析仪通常具有电场和磁场测量功能，建议电场磁场合并编写 | 不采纳，现已有《JJG1049-2009弱磁场交变磁强计检定规程》《GB/T 40661-2021工频磁场测量仪校准规范》能满足低频磁场强度校准需求 |
| 3 | 建议增加对平行板电场装置屏蔽措施的要求，考虑人员安全和计量准确性 | 采纳，在规范中体现人员、其他设备安全距离 |

（3）2022年12月7日，全国电磁计量技术委员会组织的“制定《低频电场测量仪校准规范》启动会暨研讨会在线上召开。与会代表经过认真研究，在充分讨论的基础上达成了一致意见，提出了以下主要修改意见：

* 现采用初稿格式有误，采用2022版校准规范格式进行编写；
* “术语和计量单位”表述不规范，另外增加“频率特性”的描述；
* “计量特性”条款，频率范围与电场强度描述不准确。将工频下的电场强度范围和非工频下的电场强度范围分别进行规定；
* 环境条件相对湿度修改为≤80%RH；
* 明确高压状态下的安全距离；
* “计量标准器具”条款规定平行板装置的尺寸。添加附录，在该附录中对其他形式的平行板结构和尺寸进行说明；
* “计量标准器具”条款，明确所使用的激励电源的频率范围、电压范围等参数指标；
* “校准项目”条款表格中的备注内容说明出处；
* “外观及工作正常性检查”修改为“校准前准备”条款。
* “附录C不确定度评定示例”部分，不确定度部分影响量使用自身场扰动可忽略的小型传感器进行评估。

**四、编写原则和主要内容**

**1、编写原则**

本规范为首次制定，制定过程中严格按照JJF 1071《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1《测量不确定度评定与表示》进行编制，并与相关标准协调统一。

**2、主要内容**

按照国家计量校准规范编制要求，本规范内容结构上共分为九章，分别是第一章范围、第二章引用文件、第三章术语和计量单位、第四章概述、第五章计量特性、第六章校准条件、第七章校准项目和校准方法、第八章校准结果表达及第九章复校时间间隔、附录A 电场测量仪校准不确定度评定示例、附录B 校准原始记录格式、附录C 校准证书内页格式、附录D平行板电场装置结构、尺寸及其他要求。

**五、编制说明**

**1、调研和编制情况**

根据任务需求，规范编写组调研了国内外生产的各种低频电场测量仪的技术性能和使用情况，对国内开展低频电场测量仪校准的主要技术机构进行了相关技术调研，查阅了相关文献资料，与生产厂家进行了咨询和讨论，梳理了低频电场测量仪的技术指标和校准方法，规定了校准的范围、计量性能要求、校准方法、校准项目、校准结果表达、复校时间间隔等方面的内容。

国内外主要产品及技术指标如下表2：

表2 主要低频电场测量仪的技术指标

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 型号 | 生产厂家 | 频率范围 | 电场强度 |
| LF-04 | 北京森馥科技股份有限公司 | 1Hz～400kHz | 5mV/m~100kV/m |
| RJ-5 | 建德市梅城高频电磁仪器厂 | 30Hz～2kHz | 1V/m~20kV/m |
| EHP-50F | 德国Narda | 1Hz～400kHz | 5mV/m~100kV/m |
| WP400 | 西班牙WAVECONTROL | 1Hz～400kHz | 1V/m~100kV/m |

从上表可知，市面上主要的低频电场测量仪的计量特性主要是不同频率下的电场强度。本次制定的低频电场测量仪的计量特性的频率范围为1Hz～100kHz，电场强度测量范围1V/m～100kV/m。现已发布有《JJF 1884-2020 10kHz～100MHz电磁场探头校准规范》，两个规范在10kHz～100kHz频段重叠，但有以下区别：

（1）两个规范校准对象传感器结构不同。《低频电场测量仪校准规范》校准对象为悬浮体型电场测量仪，其传感器通过测量引入到被测电场的一个孤立导体的两部分之间的感应电流和感应电荷来确定电场强度的大小，类似于电容结构；《JJF 1884-2020 10kHz～100MHz电磁场探头校准规范》校准对象的场传感器测量空间中某一位置的场分量，将射频信号转换为等比例的直流或低频交流信号，其结构由三个互相正交的偶极子天线组成。

（2）将同一低频电场测量仪分别放入平行板电场装置和横电磁波室（TEM）中进行10kHz～100kHz频段测试，测试结果分别如下：

表3 在平行板电场装置中进行测试

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 设定频率（Hz） | 数表示值(V) | 平板间距(m) | 设定场强(V/m) | 仪表示值(V/m) | 误差 | 不确定度（dB）*k*=2 |
| 10k | 37.66 | 0.755 | 49.88  | 49.41 | -0.94%  | 0.56～0.72 |
| 20k | 37.50 | 0.755 | 49.67  | 49.39 | -0.56%  |
| 30k | 37.37 | 0.755 | 49.50  | 49.27 | -0.46%  |
| 40k | 37.33 | 0.755 | 49.44  | 49.26 | -0.37%  |
| 50k | 37.33 | 0.755 | 49.44  | 49.24 | -0.41%  |
| 60k | 37.31 | 0.755 | 49.42  | 49.54 | 0.25%  |
| 70k | 37.66 | 0.755 | 49.88  | 50.33 | 0.90%  |
| 80k | 37.63 | 0.755 | 49.84  | 50.16 | 0.64%  |
| 90k | 37.59 | 0.755 | 49.79  | 49.94 | 0.31%  |
| 100k | 37.57 | 0.755 | 49.76  | 50.09 | 0.66%  |

表4 在TEM小室中进行测试

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 设定频率（Hz） | 功率计示值(dBm) | 衰减(dB) | TEM阻抗(Ω) | 平板间距(m) | 设定场强(V/m) | 仪表示值(V/m) | 误差 | 不确定度（dB）*k*=2 |
| 10k | 8.40 | 30.02 | 49.7 | 0.37 | 50.38  | 50.52 | 0.27%  | 0.78～0.93 |
| 20k | 8.39 | 30.04 | 49.7 | 0.37 | 50.44  | 50.38 | -0.12%  |
| 30k | 8.25 | 30.06 | 49.7 | 0.37 | 49.75  | 49.83 | 0.16%  |
| 40k | 8.29 | 30.03 | 49.7 | 0.37 | 49.81  | 49.99 | 0.37%  |
| 50k | 8.27 | 30.06 | 49.7 | 0.37 | 49.86  | 49.68 | -0.37%  |
| 60k | 8.28 | 30.05 | 49.7 | 0.37 | 49.86  | 49.36 | -1.01%  |
| 70k | 8.28 | 30.05 | 49.7 | 0.37 | 49.86  | 49.38 | -0.97%  |
| 80k | 8.29 | 30.05 | 49.7 | 0.37 | 49.92  | 49.40 | -1.04%  |
| 90k | 8.33 | 30.05 | 49.7 | 0.37 | 50.15  | 49.48 | -1.34%  |
| 100k | 8.36 | 30.05 | 49.7 | 0.37 | 50.32  | 49.53 | -1.58%  |

由上述表格数据可以看出，两个系统中测量结果类似，但由于在TEM小室的测量系统中，标准场的计算公式更复杂，所涉及的不确定度分量更多且影响量更大。所以在10kHz～100kHz频段，平行板电场装置的校准系统具有更小的测量结果不确定度。

所以，综合考虑，确定本次制定的低频电场测量仪的计量特性的频率范围为1Hz～100kHz。

由于低频电场测量仪在实际使用和校准过程中，都是测量空间中的电磁场，因此，本规范在评定不确定度时，除了考虑常规的电压、距离、位置等影响量外，还考虑了平行极板装置产生标准场的场均匀性，以及被测件放入该标准场中引起的场扰动等的影响量。

**2、验证情况**

为验证本规范中所规定的校准项目和校准方法的正确性和可行性，编写组选择德国narda公司的EHP-50F电磁辐射分析仪为试验对象，对规范包含的全部校准项目进行了验证，并编制了试验报告。验证试验结果表明，规范规定的校准项目和技术要求合理，校准方法正确，实际操作性强，校准数据准确，校准规范可行。

**六、参考资料**

JJF 1071 国家计量校准规范编写规则

JJF 1059.1 不确定度评定与表示

JJF 1001通用计量术语及定义