

T/CWDPA

团 体 标 准

T/CWDPA XXX—XXXX

智能环网柜在线监测系统技术规范

Technical specification for on-line monitoring system of intelligent ring main unit

（征求意见稿）

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国西部开发促进会 发 布

目次

前 言 V

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 工作条件 2

 4.1 环境条件 2

 4.2 供电要求 2

5 功能要求 2

 5.1 总则 2

 5.2 数据采集与处理 2

 5.3 局部放电监测 3

 5.4 导电回路温度监测 4

 5.5 气体状态监测 4

 5.6 电气量与电能质量监测 5

 5.7 开关状态监测 5

 5.8 运行环境与辅助监测 5

6 技术要求 5

 6.1 外观与结构要求 5

 6.2 监测性能 5

 6.3 系统性能 6

 6.4 电源与功耗 7

 6.5 绝缘性能 7

 6.6 防护等级 7

 6.7 电磁兼容 7

 6.8 环境适应性 8

7 试验方法 8

 7.1 试验条件 8

 7.2 功能试验 8

 7.3 外观与结构检查 8

 7.4 性能试验 8

 7.5 电源影响试验 9

 7.6 绝缘性能试验 9

 7.7 防护等级试验 9

 7.8 电磁兼容试验 9

 7.9 环境试验 9

8 检验规则 9

8.1 检验分类 9

8.2 型式试验 9

8.3 出厂检验 10

8.4 现场检验 10

9 标志、包装、运输与贮存 10

9.1 标志 10

9.2 包装 10

9.3 运输 10

9.4 贮存 10

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国西部开发促进会提出。

本文件由中国西部开发促进会归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

本文件首次发布。

智能环网柜在线监测系统技术规范

1 范围

本文件规定了智能环网柜在线监测系统的工作条件、功能要求、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存等内容。

本文件适用于智能环网柜在线监测系统（以下简称“系统”）的设计、制造、检验、安装、调试、验收与运行维护等活动。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 191 包装储运图形符号标志
GB/T 311.1 绝缘配合 第1部分：定义、原则和规则
GB/T 2423.1 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温
GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温
GB/T 2423.3 环境试验 第2部分：试验方法 试验Cab：恒定湿热试验
GB/T 2423.4 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Db 交变湿热（12h+12h循环）
GB/T 2423.5 环境试验 第2部分：试验方法 试验Ea和导则：冲击
GB/T 2423.10 环境试验 第2部分：试验方法 试验Fc：振动（正弦）
GB/T 4208 外壳防护等级（IP代码）
GB/T 7261 继电保护和安全自动装置基本试验方法
GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件
GB/T 17626.2 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验
GB/T 17626.3 电磁兼容 试验和测量技术 第3部分：射频电磁场辐射抗扰度试验
GB/T 17626.4 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验
GB/T 17626.5 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌（冲击）抗扰度试验
GB/T 17626.6 电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度
GB/T 17626.8 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验
GB/T 17626.11 电磁兼容 试验和测量技术 第11部分：对每相输入电流小于或等于16A设备的电压暂降、短时中断和电压变化抗扰度试验
GB/T 30137 电能质量 电压暂升、电压暂降与短时中断
GB/T 36572 电力监控系统网络安全防护导则
DL/T 664 带电设备红外诊断应用规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

智能环网柜 intelligent ring main unit

以负荷开关（或断路器）为主开关，配置测量、保护、控制、通信及状态感知单元，具备运行状态自感知、信息交互和就地/远方协同控制能力的交流金属封闭环网供电单元。

3.2

在线监测系统 on-line monitoring system

由监测装置、通信网络与状态监测主站（平台）组成，对被监测设备的状态量进行连续或周期性采集、传输、存储、分析与评价，并输出状态评价结果与告警信息的系统。

4 工作条件

4.1 环境条件

4.1.1 正常工作大气条件

系统各设备的正常工作大气条件应符合下列规定：

- a) 环境温度：户内型 $-10^{\circ}\text{C}\sim+55^{\circ}\text{C}$ ，户外型 $-25^{\circ}\text{C}\sim+70^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 相对湿度： $\leq 95\%$ （无凝露）；
- c) 大气压力： $80\text{kPa}\sim 106\text{kPa}$ ；
- d) 海拔： $\leq 2000\text{m}$ ；
- e) 安装场所应无火灾、爆炸危险，无导电尘埃、腐蚀性气体及剧烈的机械振动；不应有强电磁干扰源直接影响监测装置正常工作。

4.1.2 特殊使用条件

当超出4.1.1规定的条件时，应由用户与制造商协商确定。对于海拔超过1000m的地区，设备应按GB/T 311.1的规定对绝缘水平与温升限值进行修正。

4.2 供电要求

4.2.1 系统额定工作电压宜采用DC 24V/DC 48V，允许偏差 $-20\%\sim+15\%$ ，纹波系数不大于5%。也可采用AC 220V，允许偏差 $-20\%\sim+15\%$ ；频率 $50\text{Hz}\pm 5\%$ 。

4.2.2 传感器供电电压宜采用DC 3.3V、DC 5V或DC 12V。

4.2.3 系统应配置后备电源，后备电源宜采用超级电容或锂电池。

4.2.4 电源电压变化范围为额定值的 $80\%\sim 115\%$ 时，系统应能正常工作。

5 功能要求

5.1 总则

5.1.1 监测系统应能对5.3~5.8规定的监测参量进行采集、处理、上传与展示，并依据完成状态评价与告警。

5.1.2 监测系统应具备参数配置、远程维护、固件升级（OTA）、时间同步与权限管理功能。

5.1.3 监测系统应具备数据备份与恢复能力，历史数据保存期不应少于5年，告警事件与操作审计记录保存期不应少于3年。

5.2 数据采集与处理

5.2.1 采集方式

5.2.1.1 连续采集

适用于局部放电、故障录波等瞬态信号，按设定采样率连续采集并就地完成特征提取。

5.2.1.2 周期采集

适用于温度、气体状态、电气量等缓变量，采集周期可调。

5.2.1.3 触发采集

由越限事件、开关操作、故障事件或外部命令触发，触发后应提高采集频率并记录触发前后不少于5个周期的数据。

5.2.2 数据处理

- 5.2.2.1 应进行数据有效性判别，剔除粗大误差与异常跳变，并对无效数据进行质量标识。
- 5.2.2.2 应具备背景噪声学习与干扰剔除能力，能识别并抑制无线电干扰、电晕干扰、开关操作干扰等典型干扰。
- 5.2.2.3 应支持基线学习，宜采用同类比对、趋势比对与环境相关分析等方法消除环境因素（负荷、环境温度、湿度）影响。
- 5.2.2.4 应支持对原始数据的就地缓存，缓存容量应满足通信中断不少于 72h 的数据保存要求，通信恢复后自动补传，补传数据应保留原始时标并作补传标识。

5.2.3 数据质量

监测系统应提供数据完整率、有效率、时延等数据质量指标的统计功能，数据完整率不应低于98%。

5.3 局部放电监测

5.3.1 监测参量

局部放电监测的参量应包括：

- a) 放电幅值：视在放电量（pC）或等效幅值（dBmV、dBm）；
- b) 放电频次：单位时间（或单位工频周期）内的放电脉冲数；
- c) 放电相位：放电脉冲在工频电压相位上的分布（PRPD、PRPS 图谱）；
- d) 平均放电量与最大放电量；
- e) 放电发展趋势量：日/周/月均值、增长率、累积量。

5.3.2 检测方法

应按柜型与被监测部位选择检测方法，方法选择见表1。

表 1 局部放电检测方法适用性

检测方法	检测频带	适用柜型与部位
特高频（UHF）法	300MHz～1.5GHz	SF ₆ 气体绝缘环网柜气室；固体绝缘柜内置式
暂态地电压（TEV）法	3MHz～100MHz	金属外壳接缝、柜体外表面、电缆室
高频电流（HFCT）法	0.3MHz～100MHz	电缆屏蔽层接地线、电缆终端、设备接地引下线
超声/声发射（AE）法	20kHz～300kHz	柜体外表面局部放电定位、外部电晕

5.3.3 局部放电监测配置原则

局部放电监测方式的选择应符合下列原则：

- a) 充气式环网柜宜优先采用特高频法，可辅以超声波法；
- b) 空气绝缘环网柜宜采用暂态地电压法与超声波法联合监测；
- c) 重要场所或关键设备宜采用两种及以上监测方法联合诊断，提高检测可靠性和抗干扰能力；
- d) 局部放电监测装置应具备抗干扰能力，能有效抑制现场复杂电磁环境中的背景噪声和外部干扰信号。

5.3.4 功能要求

- 5.3.4.1 应支持多通道同步采集，通道间同步误差不应大于 1 μs。
- 5.3.4.2 应具备相位同步能力，相位参考可从电压互感器、母线电压传感器或非接触式相位基准获取，同步误差不应大于 1°。
- 5.3.4.3 应能生成 PRPD、PRPS 图谱，并支持单周期、多周期叠加与历史图谱对比。
- 5.3.4.4 应具备放电类型自动识别功能，至少能区分悬浮电位放电、沿面放电、绝缘内部气隙放电、电晕放电和自由金属颗粒放电。

5.3.4.5 应具备干扰识别与剔除功能，能识别周期性窄带干扰、随机脉冲干扰与串扰，剔除后应保留原始数据可追溯。

5.3.4.6 宜具备放电定位功能，定位误差不应大于 0.5m 或不大于被监测单元长度的 10%。

5.3.4.7 应支持就地与远方设置灵敏度、报警阈值、采样周期与采集时长。

5.4 导电回路温度监测

5.4.1 监测部位

5.4.1.1 温度监测点应包括：

- a) 进、出线电缆终端（A、B、C 三相）；
- b) 母线连接点、分支母线连接点；
- c) 负荷开关/断路器动、静触头或触头连接部位；
- d) 熔断器及熔断器式负荷开关触头；
- e) 电缆室、机构室环境温度；
- f) 可接触的柜体外表面（用于比对时）。

5.4.1.2 同一回路的三相监测点应处于相同工况位置，以便进行三相不平衡比较。

5.4.2 测温方式

5.4.2.1 测温方式包括接触式与非接触式两类，应按安装条件选择：

- a) 接触式：无线无源（声表面波 SAW）测温、CT 取能无线测温、电池供电无线测温、荧光光纤测温、光纤光栅测温；
- b) 非接触式：红外测温、红外热成像。

5.4.2.2 触头及电缆接头等发热点宜采用接触式测温；不具备接触式安装条件或需整体扫描时，可采用非接触式测温。非接触式测温应保证视场无遮挡，并考虑发射率、距离系数与环境温度补偿。

5.4.3 功能要求

5.4.3.1 测温范围应为 $-40^{\circ}\text{C}\sim+150^{\circ}\text{C}$ ；测量误差应符合表 2 的要求。

5.4.3.2 应支持绝对温度阈值告警、相对温差告警、三相不平衡温差告警与温升速率告警。

5.4.3.3 相对温差判据宜符合 DL/T 664 的规定，当相对温差 $\geq 80\%$ 时判定为严重缺陷。

5.4.3.4 应支持负荷电流与环境温度的相关性分析，宜提供额定电流下的折算温度。

5.4.3.5 每个无线传感器应具有唯一标识，支持与测点台账绑定，更换后应能自动或手动更新绑定关系。

5.4.3.6 电池供电的传感器应具备电池电压监测与低电量告警，低电量告警后剩余工作时间不应少于 30d。

5.4.3.7 应支持传感器通信状态监测，连续 3 个采集周期无数据应上报传感器异常。

5.5 气体状态监测

5.5.1 适用范围与监测参量

适用于以 SF_6 或干燥空气、氮气等环保气体作为绝缘介质的气体绝缘环网柜。监测参量应包括：

- a) 气体压力（表压或绝对压力）；
- b) 气体温度及折算至 20°C 的等效压力（或密度）；
- c) 气体微水含量（体积分数或露点温度）；
- d) 气体泄漏率（年泄漏率或单位时间压降）。

5.5.2 功能要求

5.5.2.1 应具备温度补偿功能，输出折算至 20°C 的等效压力，避免因环境温度变化引起误告警。

5.5.2.2 应具备泄漏率计算功能，宜采用滑动窗口线性回归法计算单位时间压降，年泄漏率应不大于 0.5%。

5.5.2.3 微水监测应能反映气室受潮趋势，宜同时输出露点温度与体积分数（ $\mu\text{L/L}$ ）。

5.5.2.4 当同一气室配置多个测点时，宜支持多测点交叉验证，降低单点故障导致的误报。

5.5.2.5 环保气体绝缘环网柜的微水监测，其报警阈值应按绝缘介质类型分别设定并在技术文件中规定。

5.6 电气量与电能质量监测

5.6.1 监测参量

5.6.1.1 电气量监测参量应包括：三相电压、三相电流、零序电压、零序电流、有功功率、无功功率、视在功率、功率因数、频率、有功电度与无功电度。

5.6.1.2 电能质量监测宜包括：电压偏差、频率偏差、三相电压/电流不平衡度、2~25 次谐波电压与电流含有率、总谐波畸变率（THD）、电压暂升/暂降与短时中断事件。

5.6.2 功能要求

5.6.2.1 应支持越限告警、缺相、断线、相序错误、电流互感器二次开路/短路的判别与上报。

5.6.2.2 应具备短路故障与接地故障检测能力，记录故障发生时刻、故障相别、故障电流幅值与持续时间。

5.6.2.3 电能质量指标的评价方法应符合 GB/T 30137 及相关电能质量标准的规定。

5.6.2.4 电气量采样窗口宜与局部放电相位参考共用同一时基，以提高联合诊断的准确性。

注：当环网柜已配置配电自动化终端（DTU）或馈线终端（FTU）且已具备上述电气量采集功能时，监测系统宜通过数据共享方式获取，避免重复配置。

5.7 开关状态监测

应监测并上传下列状态量：

- a) 负荷开关/断路器的分闸位置、合闸位置及位置异常（中间态）；
- b) 接地开关分/合位置；
- c) 弹簧储能状态、储能电机运行状态与储能时间；
- d) 远方/就地控制方式、柜门状态；
- e) 二次电源状态、加热器与风机运行状态；
- f) 操作计数与机械寿命累计消耗率。

5.8 运行环境与辅助监测

5.8.1 环境量监测

5.8.1.1 应监测的环境量包括：电缆室与机构室的环境温度、相对湿度、凝露风险（露点裕度）；宜监测电缆沟（井）水位、烟雾。

5.8.1.2 宜配置视频、图像或门禁监测，用于柜体外观、标识、异物、非法开门等状态的辅助判别。视频与图像数据应按 GB/T 36572 的规定进行安全隔离，不宜经公网直接传输。

5.8.2 联动控制

5.8.2.1 当凝露风险达到设定限值时，应联动投入加热或除湿装置。

5.8.2.2 当电缆室温度超过设定上限时，应联动启动通风。

5.8.2.3 联动控制不应与五防联锁、保护跳闸回路冲突，且应保留手动/自动切换。

6 技术要求

6.1 外观与结构要求

6.1.1 设备外表涂覆、电镀层应牢固均匀、光洁，不应有脱皮、锈蚀、划痕等缺陷。

6.1.2 设备应采取必要的防电磁干扰措施，传感器信号线与动力线应分开布线。

6.1.3 设备应满足发热元器件的通风散热条件，不应因自身发热影响测量精度。

6.1.4 传感器应采用模块化设计，便于安装、调试和更换，内置式传感器应支持带电更换。

6.1.5 设备接口应设置清晰、耐磨、耐腐蚀的永久性标识。

6.2 监测性能

各监测参量的性能指标应符合表2的规定。

表 2 监测性能要求

监测参量	性能项目	技术要求
局部放电（UHF法）	检测灵敏度/动态范围/幅值误差	内置式 $\leq 5\text{pC}$ ，外置式 $\leq 20\text{pC}$ ； 动态范围 $\geq 40\text{dB}$ ； 幅值测量误差 $\leq \pm 2\text{dB}$
局部放电（TEV法）	检测灵敏度/测量范围/误差	检测灵敏度 $\leq 5\text{dBmV}$ ； 测量范围 $0\text{dBmV} \sim 60\text{dBmV}$ ； 误差 $\leq \pm 2\text{dB}$
局部放电（HFCT法）	检测灵敏度/检测频带/误差	检测灵敏度 $\leq 10\text{pC}$ ； 检测频带 $0.3\text{MHz} \sim 100\text{MHz}$ ； 误差 $\leq \pm 2\text{dB}$
局部放电定位	定位误差	不小于 0.5m ，或不小于被监测单元长度的10%
温度（接触式）	测量范围/误差/分辨率	$-40^{\circ}\text{C} \sim +150^{\circ}\text{C}$ ； $-25^{\circ}\text{C} \sim +125^{\circ}\text{C}$ 范围内误差 $\leq \pm 1^{\circ}\text{C}$ ，其余范围 $\leq \pm 2^{\circ}\text{C}$ ； 分辨率 $\leq 0.1^{\circ}\text{C}$
温度（非接触式）	测量范围/误差	$-20^{\circ}\text{C} \sim +300^{\circ}\text{C}$ ； 误差 $\leq \pm 2^{\circ}\text{C}$ 或读数的 $\pm 2\%$ （取较大者）
温度采集周期	周期	正常状态 $\leq 5\text{min}$ ；告警状态 $\leq 1\text{min}$
气体压力（密度）	测量范围/误差/分辨率	覆盖气室额定压力并留20%余量； 误差 $\leq \pm 1.0\%\text{FS}$ ； 分辨率 $\leq 1\text{kPa}$
气体微水	测量范围/误差	露点 $-60^{\circ}\text{C} \sim +20^{\circ}\text{C}$ ； 误差 $\leq \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，或体积分数测量误差 $\leq \pm 10\%$ 读数
电压、电流	准确度等级	不低于0.5级
有功功率、无功功率、功率因数	准确度等级	不低于1.0级
频率	测量误差	$\leq \pm 0.02\text{Hz}$
谐波（2~25次）	测量误差	电压谐波含有率误差 $\leq \pm 5\%$ ，电流谐波含有率误差 $\leq \pm 5\%$
开关量输入	分辨率/防抖	状态分辨率 $\leq 10\text{ms}$ ；事件顺序记录（SOE）分辨率 $\leq 2\text{ms}$ ； 防抖时间可设
环境温湿度	误差	温度 $\leq \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ；相对湿度 $\leq \pm 3\%\text{RH}$
数据采集与上传周期	周期	正常状态 $\leq 15\text{min}$ ；告警状态 $\leq 1\text{min}$

6.3 系统性能

系统性能和可靠性要求见表3。

表 3 系统性能与可靠性要求

项目	技术要求
数据完整率	$\geq 98\%$
数据有效率	$\geq 95\%$
时钟同步误差	与主站时钟偏差 $\leq 1\text{s}$ ；失去外部时钟源后24h守时误差 $\leq 2\text{s}$
断网数据缓存	通信中断时本地缓存不少于72h数据，恢复后自动补传

系统可用率	年可用率 $\geq 99.5\%$
平均无故障工作时间（MTBF）	监测单元 $\geq 40000\text{h}$ ；汇聚终端 $\geq 30000\text{h}$
平均修复时间（MTTR）	$\leq 2\text{h}$
误报率	$\leq 5\%$
严重缺陷漏报率	$\leq 1\%$
历史数据保存期	监测数据不少于5年；告警与审计记录不少于3年

6.4 电源与功耗

- 6.4.1 单个监测单元功耗应不大于 15W，汇聚终端功耗应不大于 30W。
- 6.4.2 应具备后备电源，交流电源失电后应维持监测与通信不少于 30min，并至少上报一次失电告警。
- 6.4.3 应承受 GB/T 17626.11 规定的电压暂降与短时中断试验，试验过程中装置不应损坏，恢复后应自动恢复正常工作且不丢失数据。

6.5 绝缘性能

- 6.5.1 绝缘电阻：在试验大气条件下，各独立电路与外露导电部分之间、无电气联系的各电路之间，用 500V 兆欧表测得的绝缘电阻不应小于 $100\text{M}\Omega$ 。
- 6.5.2 介质强度：额定绝缘电压不大于 60V 的电路，应承受 500V、50Hz 正弦交流电压历时 1min；额定绝缘电压大于 60V 的电路，应承受 2kV、50Hz 正弦交流电压历时 1min，无击穿、无闪络。
- 6.5.3 冲击电压：应能承受 1.2/50 μs 标准雷电波、峰值 5kV 的冲击电压试验，正负极性各 3 次。
- 6.5.4 安装于高压部位的传感器，其与一次回路之间的绝缘水平不应低于被监测设备的相应要求，加装后不应降低环网柜的整体绝缘水平。
- 6.5.5 传感器引下线、通信线与一次带电体的空气间隙不应小于被监测设备规定的最小值，并应采取可靠的固定与防护。

6.6 防护等级

装置与传感器的外壳防护等级应符合表4的规定。

表 4 外壳防护等级要求

安装位置	防护等级（不低于）	附加要求
户内柜内、二次室	IP40	金属外壳接地，阻燃等级不低于V-0
户内柜体表面、柜门内侧	IP54	不影响柜体原有防护等级
户外柜体表面及户外机箱	IP55	防紫外线、防盐雾、防凝露；宜设防雨檐
电缆室、电缆沟内传感器	IP67	耐油、耐酸碱腐蚀，引线防护
可能浸水场所（电缆井、隧道）	IP68	长期浸水条件下密封可靠

6.7 电磁兼容

电磁兼容抗扰度应符合表5的规定。试验过程中和试验后，装置应能正常工作，无误告警。

表 5 电磁兼容抗扰度要求

试验项目	依据标准	试验等级
静电放电抗扰度	GB/T 17626.2	4级（接触 $\pm 8\text{kV}$ ，空气 $\pm 15\text{kV}$ ）
射频电磁场辐射抗扰度	GB/T 17626.3	3级（10V/m，80MHz~3GHz）
电快速瞬变脉冲群抗扰度	GB/T 17626.4	4级（电源端口 $\pm 4\text{kV}/5\text{kHz}$ ；信号端口 $\pm 2\text{kV}/5\text{kHz}$ ）

浪涌（冲击）抗扰度	GB/T 17626.5	4级（线-线±2kV；线-地±4kV）
射频场感应的传导骚扰抗扰度	GB/T 17626.6	3级（10V，150kHz～80MHz）
工频磁场抗扰度	GB/T 17626.8	5级（稳定态100A/m，短时1000A/m）
电压暂降、短时中断和电压变化抗扰度	GB/T 17626.11	暂降至40%U _e 持续10个周期；短时中断5s

6.8 环境适应性

6.8.1 低温：应能承受 GB/T 2423.1 规定的低温试验，试验温度为-25℃（户外型）或-10℃（户内型），试验时间 2h，试验后设备应能正常工作。

6.8.2 高温：应能承受 GB/T 2423.2 规定的高温试验，试验温度为+70℃（户外型）或+55℃（户内型），试验时间 2h，试验后设备应能正常工作。

6.8.3 恒定湿热：应能承受 GB/T 2423.3 规定的恒定湿热试验，试验温度（40±2）℃，相对湿度（93±3）%，试验时间 48h，试验后设备应能正常工作，绝缘电阻应满足 6.5.1 的要求。

6.8.4 交变湿热：应能承受 GB/T 2423.4 规定的交变湿热试验，高温温度 55℃，循环次数 2 次，试验后设备应能正常工作。

6.8.5 振动：装置在正常工作状态下应能承受 GB/T 2423.10 规定的正弦振动试验，频率范围 10Hz～500Hz，加速度幅值 5m/s²，每轴向扫频循环次数 5 次，试验后设备应能正常工作，结构件不应有松动或损坏。

6.8.6 冲击：应能承受 GB/T 2423.5 规定的冲击试验，峰值加速度 150m/s²，脉冲持续时间 11ms，每轴向冲击次数 3 次，试验后设备应能正常工作。

7 试验方法

7.1 试验条件

除另有规定外，试验应在下列条件下进行：

- 环境温度：15℃～35℃；
- 相对湿度：25%～75%；
- 大气压力：86kPa～106kPa；
- 电源电压：额定值，允许偏差±1%；频率 50Hz，允许偏差±1%；
- 试验前装置应按制造厂规定预热，预热时间不少于 30min；
- 试验用仪器仪表的准确度等级应优于被测量误差限值的 1/3，并在计量检定有效期内。

7.2 功能试验

按第5章的规定逐项进行功能验证：

- 数据采集：模拟或施加标准输入信号，检查采集、处理、缓存与补传功能；
- 局部放电：使用标准脉冲发生器注入已知幅值与相位的校准脉冲，验证灵敏度、幅值误差、相位同步与图谱生成功能；
- 温度：将传感器置于恒温槽/标准温度源中，在-25℃、0℃、50℃、100℃、125℃五个温度点比对，验证测量误差与告警功能；
- 气体状态：使用标准压力源与标准湿度源进行比对，验证压力、密度折算与微水测量功能及分级告警；
- 电气量：使用标准源施加电压、电流、频率与谐波，验证准确度与电能质量分析功能；
- 开关量：模拟状态变位与防抖，验证分辨率与事件顺序记录（SOE）。

7.3 外观与结构检查

采用目测、量具测量与手动操作的方法，检查装置的外观、标志、结构、安装尺寸。

7.4 性能试验

按表2、表3规定的项目与限值，使用标准源、标准器具或经校准的比对装置进行测量。每项性能试验应在同一点重复测量不少于5次，取算术平均值作为试验结果。

7.5 电源影响试验

在本文件4.2规定的上、下限分别施加电源，测量各参量误差；断电与复电各不少于3次，检查数据保存与恢复情况。

7.6 绝缘性能试验

按GB/T 7261规定的方法进行绝缘电阻测量、介质强度试验与冲击电压试验。

7.7 防护等级试验

按GB/T 4208规定的方法进行防尘与防水试验。

7.8 电磁兼容试验

按6.7规定的试验项目和试验方法进行试验。试验时装置应处于正常工作状态并接入典型传感器与通信链路。

7.9 环境试验

按6.8规定的试验条件和试验方法进行。

8 检验规则

8.1 检验分类

检验分为型式试验、出厂检验和现场检验。检验项目见表6。

表 6 检验项目

检验项目	型式检验	出厂检验	现场检验
外观与结构检查	√	√	√
监测性能试验	√	√	√
系统性能试验	√	√	√
电源影响试验	√	√	—
环境试验	√	—	—
电磁兼容试验	√	—	—
绝缘电阻	√	√	√
防护等级试验	√	—	—

8.2 型式试验

8.2.1 有下列情况之一时，应进行型式试验：

- a) 新产品投产或老产品转厂生产的定型和鉴定；
- b) 产品的结构、材料、工艺或关键元器件有较大改变，可能影响产品性能；
- c) 停产一年以上恢复生产；
- d) 出厂检验结果与上次型式试验有较大差异；
- e) 质量监管机构或用户提出型式试验要求。

8.2.2 型式试验样品应从出厂检验合格的产品中随机抽取，数量不应少于 2 台。型式试验全部项目合格，则判定型式试验合格；若有不合格项，应加倍抽样对不合格项进行复验，复验仍不合格则判定型式试验不合格。

8.3 出厂检验

每台产品应经制造厂质量检验部门检验合格并出具合格证后方可出厂。若出厂试验中有不合格项，允许返修后重新试验，重新试验仍不合格则该产品判定为不合格。

8.4 现场检验

现场检验应在安装、调试完成后进行。现场试验合格后方可投入运行。现场试验应有完整的试验记录，由安装单位、运维单位和设备供应商共同签字确认。

9 标志、包装、运输与贮存

9.1 标志

9.1.1 每台装置与传感器应在显著位置设置耐久性铭牌，铭牌内容应包括：

- a) 产品名称与型号；
- b) 制造厂名称；
- c) 出厂编号与制造日期；
- d) 额定电压、功耗与防护等级；
- e) 安全警示标识与接地标识。

9.1.2 传感器及测点应粘贴或绑定唯一性标识，标识应耐腐蚀、耐老化，内容应包含站点、柜号、部位与相别。

9.1.3 包装标志应符合 GB/T 191 的规定，标明“小心轻放”“向上”“怕湿”等图示标志。

9.2 包装

9.2.1 包装应符合 GB/T 13384 的规定，采取防潮、防震、防尘措施。

9.2.2 包装箱内应随附：装箱清单、产品合格证、出厂检验报告、安装使用说明书、接线图及备品备件清单。

9.3 运输

运输过程中不应受强烈振动、冲击、曝晒和雨淋，不应与腐蚀性物品混装。装卸应按包装标志要求操作。

9.4 贮存

产品应贮存在通风、干燥、无腐蚀性气体的库房内，原包装条件下贮存期不应少于2年。长期贮存后投运前，应重新进行外观检查与功能复测；电池供电产品应核查电池剩余电量。