ICS 27.160
CCS F12

T/CIEP

中 国 工 业 环 保 促 进 会 团 体 标 准

T/XXX XXXX—XXXX

输电线路分布式故障监测终端技术要求

Technical requirements for distributed fault monitoring terminals of transmission lines

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX－XX－XX 发布　　XXXX－XX－XX 实施

中国工业环保促进会　　发 布

目　　次

前　　言 II
引　　言 III
1 范围 4
2 规范性引用文件 4
3 术语和定义 4
4 技术要求 5
5 试验方法 9
6 检验规则 12
7 标志、包装、运输和贮存 13
参考文献 15

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。

本文件由中国工业环保促进会提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

引　　言

输电线路是电力系统的重要组成部分，其安全稳定运行直接关系到电网的可靠性和社会经济的发展。随着电网规模扩大、结构复杂化以及极端天气频发，输电线路面临的短路、接地、雷击等故障风险日益突出。传统基于变电站的监测技术存在定位精度有限、覆盖不足等问题；而通过沿线分布式部署的故障监测终端，能够近距离捕获故障行波与状态信息，结合边缘计算与智能分析技术，可显著提升故障定位与辨识的效率和精度，已成为智能运维的关键手段。目前，相关标准多侧重于系统架构或站端装置，针对现场分布式终端本身的技术要求尚缺乏统一规范。

为明确输电线路分布式故障监测终端的功能、性能、环境适应性及安全要求，规范其设计、制造、检验与应用，保障产品质量与互换性，填补该领域技术标准的空白，并促进该领域的技术进步与产业健康发展，特制定本文件。本文件规定的技术要求，特别是性能指标，是在综合考虑当前技术水平、产品工程实现能力、电网安全运行需求及未来技术发展趋势的基础上提出的。部分指标（如测量精度）给出了推荐值或范围，旨在引导和规范产业发展。在实际应用中，供需双方可根据具体工程条件、技术路线和成本约束，在不低于本标准基本要求的前提下，协商确定更适宜的具体指标。

输电线路分布式故障监测终端技术要求

1 范围

本文件规定了输电线路分布式故障监测终端（以下简称“终端”）的术语和定义、技术要求、试验方法、检验规则以及标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于110kV及以上电压等级交流输电线路分布式故障监测终端，含电缆-架空混合线路、跨海输电线路等特殊类型线路用终端，以及高海拔、强沙尘、台风区等特殊气候场景用终端。

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 包装储运图示标志
GB/T 2317.1 电力金具试验方法 第1部分：机械试验
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 2423.4 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（12 h + 12 h循环）
GB/T 2423.6 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Eb和导则：碰撞
GB/T 2423.10 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Fc：振动（正弦）
GB/T 2423.17 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Ka：盐雾
GB/T 2423.21 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验 M：低气压
GB/T 2423.37 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验 L：砂尘
GB/T 4208 外壳防护等级（IP代码）
GB/T 8702 电磁环境控制限值
GB/T 16422.2 塑料 实验室光源暴露试验方法 第2部分：氙弧灯
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 射频电磁场辐射抗扰度试验
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 射频传导抗扰度试验
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 17626.9 电磁兼容 试验和测量技术 脉冲磁场抗扰度试验
GB/T 18455 包装回收标志
GB/T 20861 废弃产品回收利用 术语
GB/T 26572 电子电气产品中限用物质的限量要求
GB/T 2900.51 电工术语 架空线路
GB/T 30038 道路运输、水路运输货物包装基本要求
GB/T 34986 产品加速试验方法
GB/T 35721 输电线路分布式故障诊断系统

3 术语和定义

GB/T 2900.51、GB/T 35697-2017界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1
监测终端 monitoring terminal

安装在输电线路导线或杆塔上，用于对输电线路的工频电流、行波电流信息进行实时监测、采集、处理、存储及发送的装置。

[来源：GB/T 35721-2017，3.5，有修改]

3.2

输电线路分布式故障监测终端 distributed fault monitoring terminal of transmission lines

采用多终端分布式部署、数据协同处理技术，能够实时捕捉故障信号、采集运行参数、定位故障位置，具备本地数据处理能力并向相关系统传输数据的专用设备。根据安装方式，可分为以下两类：

接触式终端：安装在输电线路导线上，与导线电气接触；

非接触式终端：安装在杆塔或其他支撑结构上，不与导线直接接触。

3.3

边缘计算功能 edge computing function

终端本地具备故障数据预处理、特征提取、压缩及初步辨识能力，基于标准化算法库，无需依赖远端系统即可完成部分数据处理任务的功能。

3.4

状态预测功能 state prediction function

终端基于历史数据和运行状态，对传感器精度衰减、电池寿命、取能异常等进行趋势分析和预警的能力。

4 技术要求

4.1 功能要求

4.1.1 故障监测功能

终端应能实时监测输电线路短路、接地、雷击等故障信号，应能准确判断故障类型。

4.1.2 故障定位功能

终端应具备高精度故障定位能力，支持双端、单端及多终端协同定位方式，并应支持故障区间定位功能。

4.1.3 数据采集功能

终端数据采集应满足如下规定：

a）应采集以下参数：

1) 电流；
2) 电压；
3) 导线温度；
4) 故障行波信号。

b）数据采集与记录：

1) 故障态数据采集：应能连续记录故障发生前后全过程的关键电气量；
2) 正常运行态数据记录：应定期记录并上传线路的运行状态参数，数据记录与上传周期可配置。

4.1.4 数据传输功能

终端应支持至少2种无线通信方式，包含一种广域通信和一种局域通信，并可根据预设策略自动切换。通信接口参数应支持远程配置，并具备实时信号强度监测功能。数据传输协议宜支持MQTT或HTTP/2.0，或符合Q/GDW 11660附录D规定的数据传输规约。终端应支持跨厂商终端间的数据交互与协议兼容。

4.1.5 自检功能

终端应具备定期自检和异常触发自检功能，自检周期及触发条件可配置。

4.1.6 远程调试功能

终端应支持远程参数修改、程序升级、重启及恢复出厂设置。恢复出厂设置应采用密码验证。

4.1.7 智能分析与预警功能

终端本地应具备智能分析与预警功能，包括边缘计算与状态预测等子功能。

a）边缘计算：终端应具备故障数据预处理能力，可对采集的行波信号进行滤波、压缩，并能基于标准化算法库在本地初步辨识故障类型。

b）状态预测：终端应支持基于历史数据和运行状态进行趋势分析和预警。

4.1.8 告警功能

终端应支持多级告警（一般、重要、紧急），告警方式包括本地声光告警、远程短信告警、平台推送告警。告警应支持远程确认与复位。

4.2 性能要求

4.2.1 监测精度

监测精度应满足以下要求：

a）电流测量精度：在额定电流的20%～120%范围内，测量精度应优于±1.0%（满量程）；在5%～20%额定电流范围内，测量精度应优于±2.0%（满量程）。测量结果应包含线性度与重复性误差；

b）电压测量精度：在额定电压的50%～120%范围内，测量精度应优于±1.5%（满量程）。测量结果应包含线性度与重复性误差；

c）温度测量精度：±0.5℃（-40℃～+60℃），±1℃（+60℃～+120℃）；

d）行波信号幅值测量精度：±5%（峰值），波形时间测量精度：±1μs，上升沿时间测量精度：±0.5μs。

4.2.2 响应时间

响应时间应满足以下要求：

a）故障信号检测响应时间不大于300μs；

b）故障信息上传响应时间不大于2s；

c）远程指令响应时间不大于3s；

d）取能方式切换响应时间不大于500ms（复合取能型终端）。

4.2.3 供电性能

供电应满足以下要求：

a）感应取能型终端：最小工作电流不大于20A，最大工作电流不小于1500A，备用电池在-20℃环境下可维持终端正常工作不小于2 h；

b）太阳能型终端：蓄电池工作时长应不小于15d（无日照、-10℃环境下，且日均功耗不大于1W），太阳能电池板转换效率应不小于20%；

c）复合取能型终端：取能方式自动切换成功率100%，切换过程中供电中断时间不大于10ms；

d）低功耗性能：正常运行时功耗不大于1W，休眠状态下功耗不大于30μA。

4.2.4 稳定性性能

稳定性应满足以下要求：

a）连续运行稳定性：在额定工作条件下，连续运行10000h无故障，数据采集与传输成功率不小于99.9%（按年统计）；

b）存储稳定性：本地存储容量不小于1GB，支持至少5年故障数据存储，存储数据掉电不丢失；

c）设计使用寿命：不小于10年。

4.2.5 故障识别与定位性能

故障识别与定位应满足以下要求：

a）故障识别准确率：

1) 雷击/非雷击故障识别准确率不低于 95%；

2) 在高海拔（不低于 3000m）、强沙尘环境下，上述各类故障识别准确率较常规环境（海拔不大于 1000m、无沙尘、温度-10℃～+40℃、湿度 30%～70%）下降不超过 8%。

b）故障定位精度：

1) 采用双端定位方式时，定位误差不大于 300m；
2) 采用单端定位方式时，定位误差不大于 500m；
3) 采用多终端协同定位方式（典型场景下，协同终端数量不小于 3 台）时，定位误差不大于 200m；
4) 电缆-架空混合线路定位误差不大于 350m；
5) 故障区间定位：在故障发生后 10s 内明确故障所在区间，区间划分粒度可配置，最小不小于 1km。

4.2.6 数据传输与处理性能

数据传输与处理应满足以下要求：

a）数据传输延迟不大于1s；

b）数据格式宜采用标准化结构，如符合Q/GDW 11660等标准规定的数据格式。具体格式可根据用户需求或双方约定的技术协议执行，并应在终端中支持相应格式的配置功能；

c）在接收信号强度不大于-100dBm的弱信号环境下，数据传输成功率应不低于95%，并具备数据缓存能力（缓存容量不小于5000条），信号恢复后自动补传；

d）支持跨厂商终端数据交互，在进行跨厂商终端协同定位时（协同终端数量建议不大于10台）数据交互延迟不大于500ms，格式兼容性符合双方约定的协议规范；

e）故障态数据记录能力：波形采样率应不低于1MHz，并具备至少2000μs的连续故障波形记录能力。

4.2.7 智能分析性能

智能分析应满足以下要求：

a）边缘计算性能：

1) 对行波信号的压缩比不小于 10:1；
2) 本地故障辨识准确率在标准测试条件下不低于 90%，针对常见故障类型（短路、接地、雷击）辨识准确率不低于 95%。

b） 状态预测性能：

1) 传感器精度衰减预警：在测量误差超出 4.2.1 规定的监测精度允许范围前 30 天发出预警；
2) 电池寿命预测：当备用电池剩余容量不大于 30%时发出预警，预警后备用电池仍能维持终端正常工作不小于 12h；
3) 取能模块异常预警：当取能功率低于正常工作阈值 80%时发出预警；
4) 模型更新成功率不小于 98%，更新过程不影响终端正常监测。

4.2.8 告警性能

告警应满足以下要求：

a）紧急告警推送延迟不大于3s；

b）本地声光告警强度（可选）应符合GB/T 12060.7-2017要求，声音强度不小于85dB（1m处），光强不小于20cd。

4.3 电磁兼容性性能

电磁兼容性应满足以下要求：

终端应通过以下电磁兼容性试验，试验后功能正常：

a）静电放电抗扰度：通过GB/T 17626.2规定的4级接触放电试验（±8kV）、4级空气放电试验（±15kV）；

b）射频电磁场辐射抗扰度：通过GB/T 17626.3规定的3级试验（10V/m）；

c）工频磁场抗扰度：通过GB/T 17626.8规定的5级试验（100A/m）；

d）脉冲磁场抗扰度：通过GB/T 17626.9规定的5级试验（2.5kA/m）；

e）浪涌（冲击）抗扰度：通过GB/T 17626.5规定的3级试验（±2kV差模，±4kV共模）；

f）射频传导抗扰度：通过GB/T 17626.6规定的3级试验（3V）；

g）电磁辐射限值符合GB/T 8702规定，110kV及以上线路场景下等效辐射功率不大于10μW/cm²。

4.4 环境适应性要求

终端应通过以下环境试验，试验后外观和功能正常：

a）高温试验：通过GB/T 2423.2规定的高温试验（+70℃，持续时间24h）；

b）低温试验：通过GB/T 2423.1规定的低温试验（-40℃，持续时间24h）；

c）交变湿热试验：通过GB/T 2423.4规定的交变湿热试验（高温55℃，低温25℃，相对湿度稳定期间不小于95%，循环2次，每循环24h）；

d）耐盐雾腐蚀性能：常规型终端通过GB/T 2423.17规定的中性盐雾试验（连续500 h）；适用于跨海输电线路的终端应通过GB/T 2423.17规定的C5级盐雾试验（连续1500h）；

e）耐紫外老化性能：通过GB/T 16422.2规定的紫外光老化试验（1000h），外壳无开裂、变色，性能正常；

f）耐振动冲击性能：通过GB/T 2423.10规定的振动试验（频率10Hz～150Hz，加速度10m/s²，扫频20次）和GB/T 2423.6规定的冲击试验（100m/s²，18次），无损坏、紧固件无松动；

g）碰撞试验：通过GB/T 2423.6规定的碰撞试验（峰值加速度100m/s²，每方向1000次）；

h）特殊气候环境适应性：高海拔（不小于3000m）环境下，绝缘电阻不小于80MΩ（500VDC）；强沙尘环境下，通过GB/T 2423.37规定的砂尘试验（1000h），性能正常；台风区（风速不小于50m/s）抗风载强度不小于3000N（水平方向），无变形损坏。

4.5 机械性能要求

4.5.1 防护等级

外壳防护等级应符合GB/T 4208规定的IP65要求；适用于高海拔、强沙尘、台风区的终端外壳防护等级应符合GB/T 4208规定的IP67要求；适用于跨海线路的终端防护等级应符合GB/T 4208规定的IP68要求。

4.5.2 振动性能

应能承受GB/T 2423.10规定的振动试验，频率范围10Hz～150Hz，加速度幅值10m/s²，扫频循环20次，试验后无损坏、紧固件无松动。

4.5.3 握力性能

对于接触式安装的终端，按GB/T 2317.1规定进行10倍自重的握力试验，无滑移现象，性能正常。非接触式终端的安装支架应具备防松脱、防腐蚀设计，承载能力不小于10倍终端自重。

4.5.4 外观与重量

外壳无明显凹痕、划伤、裂缝，涂镀层均匀，无起泡、脱落，金属部件无锈蚀；总质量不大于5kg，单分裂导线用终端不大于3kg，多分裂导线用终端不大于5kg。

4.6 接口与安全要求

4.6.1 安装接口

应配备标准化安装连接件，适配LGJ-120至LGJ-630等常见导线型号，多分裂导线安装时，终端间距不小于1.5m，紧固件与导线间应采用硅橡胶等缓冲材料；安装连接件应具备防坠落设计，承载能力不小于10倍终端自重；安装过程中对线路停电时长不大于1h，绝缘操作电压不小于线路额定电压的1.5倍。

4.6.2 电气安全

终端应满足以下电气安全要求：

a）终端应具备过流、过压、过温保护功能，绝缘电阻不小于200MΩ（500VDC），能承受40kA/0.12s、31.5kA/0.3s、15kA/2s的工频短路电流冲击各3次，试验后性能正常；

b）应能承受幅值20kA、波形8/20μs的雷电流冲击3次，试验后功能正常。

4.6.3 环保与物理安全

终端应满足以下环保与物理安全要求：

a）外壳材料可回收利用率不小于85%（按GB/T 20861规定计算）；

b）电池符合GB/T 26572有害物质限制要求；

c）产品报废时应按《废弃电器电子产品回收处理管理条例》执行，提供可追溯的回收标识；

d）具备防误拆功能，非法拆卸时自动发出告警并记录操作信息。

4.6.4 网络安全

远程通信应支持TLS 1.2及以上版本的安全传输协议或符合国家密码管理规定的商用密码算法，确保数据传输的机密性与完整性，并符合网络安全相关法律法规要求。

5 试验方法

5.1 试验条件

应按以下条件进行试验：

a）环境温度：15℃～35℃；相对湿度：45%～75%；大气压力：86kPa～106kPa；电源条件：AC220V±10%，50Hz±1Hz；

b）特殊气候场景模拟试验条件：高海拔场景模拟大气压力60kPa～86kPa，强沙尘场景模拟沙尘浓度5g/m^3～10g/m^3，台风场景模拟风速50m/s～60m/s，跨海场景模拟盐雾浓度5%～10%；

c）除本文件另有规定外，各项试验方法参照引用的国家标准或行业标准执行。

5.2 功能试验

5.2.1 故障监测与定位试验

模拟短路、接地等故障场景（故障类型覆盖本标准4.1.1规定的全部故障类型），通过故障模拟试验平台施加对应故障信号，高海拔、强沙尘、跨海等特殊场景按5.1 b）规定的模拟条件设置（每个特殊场景测试终端数量不少于3台），记录终端故障类型识别结果和定位偏差，验证是否符合4.1.1、4.1.2、4.2.5要求。故障识别准确率试验应采用经过标定的标准测试数据集，测试样本数量应具有统计意义，且覆盖各类故障典型波形。

5.2.2 数据采集与传输试验

施加标准电流、电压信号，设置不同温度点，跨海线路专用终端额外施加0.1mg/m^3～10mg/m^{3}盐雾浓度模拟信号，记录终端采集数据，与标准值对比验证监测精度；通过通信测试平台验证数据传输成功率、协议兼容性，选取3家及以上不同厂商的合规终端，验证跨厂商协同定位数据交互成功率不小于99%，符合4.1.3、4.1.4、4.2.1、4.2.6要求。

5.2.3 自检与远程调试试验

触发终端自检功能，核查自检信息完整性；通过远程调试工具进行参数修改、程序升级，记录操作成功率和响应时间，符合4.1.5、4.1.6、4.2.2 c）要求。

5.2.4 智能分析与预警功能试验

智能分析与预警功能试验应按以下要求进行：

a）边缘计算功能验证：向终端注入标准故障行波信号，对比原始数据与经终端本地处理（滤波、压缩）后上传的数据，验证数据压缩比是否大于等于10:1。使用标准测试数据集，验证终端本地故障类型初步辨识的准确率，验证终端是否符合4.1.7 a）和4.2.7 a）的要求。

b）状态预测功能验证：

1) 传感器精度衰减预警：通过软件模拟或硬件注入的方式，使终端监测的传感器测量误差逐渐逼近 4.2.1 规定的允许范围，验证终端是否在误差超标前 30 天发出预警；

2) 电池寿命预警：模拟电池放电过程，当监测到备用电池剩余容量小于等于 30%时，验证终端是否发出预警，并验证预警后电池仍能维持终端正常工作不小于 12h；
3) 取能异常预警：模拟主取能模块（如感应取能、太阳能）功率下降至正常工作阈值的 80%，验证终端是否发出预警；
4) 模型升级验证：执行远程预测模型升级操作，验证升级成功率（不小于 98%）及升级过程中终端核心监测功能不受影响。

5.2.5 告警功能试验

模拟触发一般、重要、紧急等级别的告警条件，验证各类告警方式（本地声光、远程短信、平台推送）是否正常启动。使用计时设备测量从告警条件触发到远程平台收到告警信息的时间，紧急告警推送延迟应不大于3s。验证告警远程确认与复位功能的有效性。

5.3 性能试验

5.3.1 监测精度试验

使用相应的高精度标准源和测量设备，在4.2.1条规定的各精度档位对应的量程范围内，至少选取包括该档位下限、上限及中间点在内的3个测试点进行测试。对于电流测量，应分别在5%～20%额定电流范围和20%～120%额定电流范围内选取测试点。

a）电流、电压精度：使用标准电流源、电压源施加信号，记录终端测量值，计算相对误差；

b）温度精度：将终端温度传感器与标准温度计置于恒温箱中，在-40℃～+120℃范围内设置多个温度点进行对比；

c）行波信号精度：使用标准冲击电流发生器产生幅值、波形时间、上升沿可调的脉冲信号，记录终端测量的幅值、波形时间、上升沿时间，与标准值对比。

5.3.2 响应时间试验

针对4.2.2中规定的各项响应时间，分别采用高速数据采集设备或计时装置进行测试：

a）故障信号检测响应时间：记录故障信号施加至终端内部检测逻辑触发的时间间隔；

b）故障信息上传响应时间：记录从故障发生到终端完成数据上传（被平台确认接收）的时间间隔，重复测试10次，取最大值；

c）远程指令响应时间：记录从平台发出指令到终端返回确认信息的时间间隔；

d）取能方式切换响应时间：记录主取能失效至备用电源稳定供电的时间间隔。

5.3.3 供电性能试验

应针对不同供电类型的终端，依据4.2.3的要求，分别进行以下试验：

a）感应取能型终端试验：
1) 在模拟线路上分别施加 30A、500A 和 1500A 的工频电流，验证终端在上述电流范围内均能稳定启动并正常工作；
2) 低功耗验证：在额定电流下，测量终端正常运行时的平均功耗，应不大于 1W；测量休眠状态下的静态电流，应不大于 30μA；
3) 断开主取能电源（模拟线路无电流），在-20℃环境温度下，记录备用电池维持终端正常工作（至少保持核心监测与通信功能）的时长，应不小于 2h。

b）太阳能型终端试验：
1) 蓄电池容量验证：将终端置于无日照、-10℃的环境中，关闭太阳能充电，使用已充满的蓄电池供电。在终端日均功耗小于等于 1W 的条件下，记录其持续正常工作的时长，应不小于 15d；
2) 转换效率验证：在标准测试条件（辐照度 1000W/m^2，光谱 AM1.5，温度 25℃）下，测量太阳能电池板的输出功率与入射光功率，计算其转换效率，应不小于 20%。

c）复合取能型终端试验：
1) 取能切换试验：模拟主取能方式（如感应取能）失效（如线路电流降至 0）或太阳能不足的场景，验证终端能否在不大于 500 ms 内无缝切换至备用取能方式（如电池供电），切

换成功率应为100%。使用示波器或数据采集设备监测终端供电电压，切换过程中的供电中断时间应不大于10ms；

2) 分别对主、备两种取能方式进行a）或b）中对应的性能试验。

d）通用低功耗试验（适用于所有类型终端）：

采用高精度功率分析仪或电流探头，在终端处于正常工作模式及休眠模式下，分别测量其功耗或工作电流，结果应符合4.2.3 d）的要求。

5.3.4 稳定性与寿命试验

稳定性与寿命试验应按以下要求进行：

a）连续运行稳定性：在额定工作条件下，使终端连续运行，定期（如每日）检查其数据采集与传输功能，数据采集与传输成功率应符合4.2.4 a）的要求；

b）寿命试验：应按GB/T 34986规定的加速试验方法进行可靠性评估，验证终端设计寿命不小于10年。

注：实际产品寿命应依据可靠性设计、关键部件选型、长期运行数据等进行综合评估。

5.3.5 故障识别与定位性能试验

依据4.2.5的要求，采用5.2.1中所述的故障模拟试验方法，记录并统计故障识别准确率和定位误差，验证是否符合要求。

5.3.6 数据传输与处理性能试验

依据4.2.6的要求，采用5.2.2中所述的数据传输试验方法，并额外测试数据缓存能力（模拟弱信号环境）和数据交互延迟，验证是否符合要求。

5.3.7 智能分析性能试验

依据4.2.7的要求，采用5.2.4中所述的智能分析与预警功能试验方法，记录并统计压缩比、本地辨识准确率、预警准确性和模型更新成功率，验证是否符合要求。

5.3.8 告警性能试验

依据4.2.8的要求，采用5.2.5中所述的告警功能试验方法，重点测量紧急告警推送延迟，并验证本地声光告警强度（如适用）是否符合GB/T 12060.7-2017要求。

5.4 电磁兼容性试验

按4.3中a）～g）项规定的试验方法和等级，分别依据GB/T 17626.2、GB/T 17626.3、GB/T 17626.5、GB/T 17626.6、GB/T 17626.8、GB/T 17626.9、GB/T 8702进行测试，试验后终端功能应正常。

5.5 环境适应性试验

5.5.1 高低温试验

按GB/T 2423.1、GB/T 2423.2规定，分别在对应温度下持续试验24h，试验期间及试验后测试终端功能和性能，符合4.4.1、4.4.2要求。

5.5.2 交变湿热试验

按GB/T 2423.4规定，高温55℃，低温25℃，循环2次，试验后终端性能正常，符合4.4.3要求。

5.5.3 耐腐蚀与老化试验

按4.4.4、4.4.5要求，依据GB/T 2423.17和GB/T 16422.2规定的方法分别进行盐雾和紫外老化试验，试验后终端外观及功能正常。

5.5.4 机械环境试验

按4.4.6、4.4.7、4.4.8项要求，依据GB/T 2423.10、GB/T 2423.6进行振动、碰撞试验；对于台风区用终端，应额外施加3000N拉力持续30min进行抗风载测试，试验后终端无损坏，性能正常。

5.5.5 特殊气候模拟试验

a）高海拔模拟：按GB/T 2423.21规定，在低气压（对应海拔不小于3000m）环境下测试终端绝缘电阻及工作状态，符合4.4.8要求；

b）强沙尘模拟：按GB/T 2423.37规定进行1000h砂尘试验，试验后测试终端功能，符合4.4.8要求；

c）抗风载测试：对台风区用终端，在专用夹具上施加不小于3000N的水平拉力，持续30min，试验后终端应无变形损坏，功能正常，符合4.4.8要求。

5.6 机械性能与接口安全试验

5.6.1 防护等级试验

按GB/T 4208规定进行IP65（常规场景）或IP67（特殊场景）或IP68（跨海场景）防护试验，试验后终端内部无进水、进尘，性能正常。

5.6.2 振动与握力试验

振动与握力试验应按以下要求进行：

a）振动试验：按GB/T 2423.10规定进行；

b）握力试验：按GB/T 2317.1规定，对终端安装连接件施加10倍终端自重的握力，保持1 min，试验后无滑移，性能正常。

5.6.3 安全要求验证试验

安全要求验证试验应按以下要求进行：

a）电气安全试验：使用绝缘电阻测试仪测量终端的绝缘电阻。通过大电流试验平台，依次施加4.5.2 a）规定的工频短路电流冲击和b）规定的雷电流冲击各3次，冲击间隔时间不少于5 min，试验后终端功能应正常。

b）环保与物理安全试验：

1) 按 GB/T 26572 规定的方法抽样检测有害物质含量；
2) 按 GB/T 20861 规定的方法计算或由材料供应商提供证明，验证外壳材料可回收利用率；
3) 触发防误拆机构，验证告警是否自动发出及操作信息是否被记录。

c）保护功能试验：在实验室条件下，模拟过流、过压、过温条件，验证终端相应保护功能是否正常动作，符合4.6.2 a）要求。

6 检验规则

6.1 检验分类

终端应通过本章规定的出厂检验、型式检验和抽样检验，合格后方可出厂或交付使用。

6.2 出厂检验

每台终端出厂前应进行出厂检验，检验项目包括：外观检查、功能试验（故障监测、数据采集传输、自检）、供电性能试验、绝缘电阻测试。

对于批次产品，出厂检验采用抽样检验。抽样基数不少于抽样数量的3倍。每批次产品出厂检验抽样比例：小于等于50台抽5台，51台～100台抽8台，大于100台抽10台，抽样采用随机抽样法；若批次数量少于最小抽样基数的要求，可进行全数检验。

不合格品应返工后重新全检，返工后全检仍不合格的，该批次产品判定为不合格，禁止出厂。检验合格并出具合格证书后方可出厂。

6.3 型式检验

6.3.1 检验条件

出现下列情况之一时，应进行型式检验：

a）新产品定型前；

b）产品转厂生产定型前；
c）产品设计、工艺、主要原材料发生重大变化，可能影响性能时；
d）产品停产两年以上恢复生产时；
e）国家技术监督机构或委托检验部门提出型式检验要求时。

6.3.2 检验项目

本标准第4章规定的全部技术要求对应的试验项目，按第5章试验方法进行检验。型式检验项目应包括第4章规定的全部技术要求，试验方法按第5章执行。

6.4 抽样检验

6.4.1 抽样方案

从出厂检验合格的同批次产品中随机抽样，抽样数量：每批次50台及以上抽5台，20台～49台抽3台，20台及以下抽2台。

6.4.2 检验项目

包括功能试验、性能试验、环境适应性试验、电磁兼容性试验、机械性能与接口安全试验中的代表项目，具体项目可由制造商与用户协商确定或依据产品认证要求。

6.4.3 判定规则

抽样产品全部检验项目合格，则该批次产品抽样检验合格；若有1台产品不合格，应加倍抽样复检，复检全部合格则判定合格，复检仍有不合格品时，则判定该批次产品抽样检验不合格，该批次产品不得交付。应对该批次产品进行全检，筛选出不合格品，分析原因并整改。整改后生产的批次须重新进行抽样检验。

7 标志、包装、运输和贮存

7.1 标志

7.1.1 产品标志

终端显著位置应设置持久清晰的标志，包括：产品名称、型号、制造厂名、出厂日期及编号、额定参数（供电方式、测量范围等）；环保回收标识（符合GB/T 18455要求）和质量追溯二维码、产品唯一识别码（SN码，包含生产日期、批次、厂商信息）。

7.1.2 包装标志

包装箱上应标注：发货单位、产品型号及名称、收货单位及地址、包装箱尺寸及毛重、“防潮”“向上”“小心轻放”等图示标志（符合GB/T 191）、叠放层数限制、运输过程中的温度、湿度控制要求。

7.2 包装

产品应采用内包装和外包装，内包装采用防潮、防震材料，外包装采用坚固纸箱或木箱；包装内应随附合格证书、使用说明书、装箱清单、备品备件等；特殊气候场景用终端内包装应额外增加防砂尘、防盐雾隔离层，跨海线路终端包装应具备防水浸泡能力（浸泡30min无进水）。

7.3 运输

产品可通过陆运、空运、水运方式运输，运输过程中应避免剧烈冲击、振动和日晒雨淋，严格按照包装箱标志操作；

高海拔、偏远地区运输应采用防震缓冲包装，堆叠层数不大于3层；

跨海运输应额外增加防潮包装层，防护等级符合GB/T 30038要求。

7.4 贮存

产品应贮存在无酸、碱、盐及腐蚀性、爆炸性气体，干燥、通风、清洁的场所，贮存温度：-25℃～+70℃，相对湿度小于等于85%，贮存期超过1年时，应定期检查（通常应每半年通电检测一次，通电检测时长不少于2h，检测项目包括功能试验、数据传输试验），确保性能正常。

参考文献

[1] Q/GDW 11660—2022 输电线路分布式故障监测装置技术规范