ICS 27.160
CCS F12

T/CIEP

中 国 工 业 环 保 促 进 会 团 体 标 准

T/XXX XXXX—XXXX

输电线路综合在线监测设备技术要求

Technical requirements for integrated online monitoring devices for 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 缩略语 5
5 分类与命名 5
6 技术要求 6
7 试验方法 9
8 检验规则 11
9 标志、包装、运输和贮存 12
附录 A（资料性）典型监测功能组合及应用场景 14
附录 B（资料性）监测装置安装要求 15
参考文献 16

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

输电线路作为电力系统的核心组成部分，其安全稳定运行直接关系到电网供电可靠性。随着数智化电网建设推进，单一功能监测装置在监测维度、数据协同及智能诊断方面的局限性日益凸显，难以满足复杂工况下的精益化运维需求。同时，市场上综合在线监测设备种类繁多，在功能性能、数据接口、智能算法等方面缺乏统一规范，导致设备兼容性差、数据质量参差不齐，影响了整体应用效能。

现行标准体系主要侧重于单一功能监测及其通用要求。本标准旨在补充和细化现有标准体系，聚焦于集成两种及以上监测功能的综合在线监测设备，针对其多参数协同、数据智能融合、统一运维接口等核心应用场景，制定专项技术要求。

本文件基于现有国家标准、行业标准及工程实践经验，明确了设备的分类与命名、技术要求、试验方法及检验规则，旨在为设备的设计、生产、检验与应用提供统一技术依据，确保设备性能稳定、数据可靠、互联互通。本文件的实施将有助于提升输电线路在线监测设备的标准化、专业化与智能化水平，为线路状态评估、风险预警和预测性维护提供可靠技术支撑，对保障电网安全运行、提升运维效率、推动输电领域数字化转型升级具有重要意义。

输电线路综合在线监测设备技术要求

1 范围

本文件规定了输电线路综合在线监测设备的分类与命名、技术要求、试验方法、检验规则、包装、运输与贮存。

本文件适用于额定电压110kV及以上架空输电线路中，集成两种及以上监测功能（包含但不限于气象、导线覆冰、外力破坏、导线温度、杆塔倾斜等）的多参数综合在线监测设备（以下简称综合监测装置）。

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 4208 外壳防护等级（IP代码）
GB/T 10125 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验
GB/T 11463 电子测量仪器可靠性试验
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 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 17626.8 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验
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（12h＋12h循环）
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 25095-2020 架空输电线路运行状态监测系统
GB/T 33602 电力系统通用服务协议
GB/T 35697-2017 架空输电线路在线监测装置通用技术规范
GB/T 9969 工业产品使用说明书 总则
DL/T 1098 架空输电线路覆冰监测装置技术规范
DL/T 1247 输电线路杆塔倾斜监测装置技术规范
DL/T 475 接地装置特性参数测量导则
T/XZBX 0061-2025 电力系统设备状态监测数据交互规范

3 术语和定义

GB/T 35697-2017、GB/T 25095-2020界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

综合在线监测装置 integrated online monitoring device

集成两种及以上监测参数采集模块，具备多参数协同工作、数据融合处理、智能诊断与统一通信功能的输电线路在线监测设备。

3.2

多参数协同采集 multi-parameter synchronous acquisition

设备各监测模块按照预设时序同步采集数据，采集时间差不超过规定的阈值，确保数据时空一致性的采集方式。

3.3

AI故障诊断模块 AI fault diagnosis module

基于机器学习、深度学习等人工智能算法，对多源监测数据进行特征提取、异常识别与故障定位，并输出诊断结论及置信度的功能模块。

3.4

多参数融合算法 multi-parameter fusion algorithm

通过对多种监测参数的监测值x_i及其权重ω_i，按照特定规则进行融合计算，得到用于状态评估的融合指标Y的计算方法。

注：公式(1)为典型计算方法示例。

3.5

故障识别置信度 confidence level of fault identification

AI故障诊断模块对某个故障类型识别结果的确定性量化输出，通常为一个介于0和1之间的概率值P。置信度越高，表明识别结果越可靠。

3.6

算法输出一致性偏差 consistency deviation of algorithm output

在相同输入条件下，算法多次输出结果之间的离散程度，可采用标准差σ或极差R来度量，用于评估算法的稳定性。

3.7

双重预警机制 dual warning mechanism

同时基于监测参数阈值超标和趋势变化异常两种判据，实现故障预警的联动机制。

3.8

数据缺失率 missing measure rate

按照采样周期在一段时间内未能测得的数据个数与应测得的数据个数之比，用百分数表示。

3.9

树障监测 tree barrier monitoring

对输电线路通道内及周边指定区域内树木的生长状态、树冠高度及与导线距离进行持续或周期性监测，用于评估和预警树木与导线间电气距离不足风险的技术。

4 缩略语

AI：人工智能（Artificial Intelligence）
H.264/H.265：视频编码标准
IP：防护等级（Ingress Protection）
JPEG：联合图像专家组（Joint Photographic Experts Group）
MTBF：平均无故障工作时间（Mean Time Between Failures）

5 分类与命名

5.1 分类

5.1.1 按监测功能组合分类

综合监测装置按功能组合分为七种类型，见表1。各类设备的典型应用场景参见附录A。

表1 综合监测装置类型、功能组合及代码

类型	监测功能组合	代码
I	气象+导线覆冰+导线温度	QBW
II	气象+外力破坏（含树障）+杆塔倾斜	QPX
III	气象+导线覆冰+外力破坏（含树障）+杆塔倾斜+导线温度	QBPXW
IV	气象+外力破坏（含树障）+绝缘子污秽+杆塔倾斜	QPHX

类型	监测功能组合	代码
V	气象+山火+外力破坏（含树障）+风偏+舞动	QSPFV
VI	气象+接地电阻+杆塔倾斜	QDX
VII	其他定制化多参数组合监测设备（由供需双方协商确定）	DZ

表2为监测功能代码字母对应表。

表 2　监测功能代码字母对应表

代码字母	代表功能
Q	气象监测
B	导线覆冰监测
W	导线温度监测
P	外力破坏（含树障）监测
X	杆塔倾斜监测
H	绝缘子污秽监测
S	山火监测
F	风偏监测
V	舞动监测
D	接地电阻监测

5.1.2　按安装位置分类

a）杆塔型（GT）：安装于输电线路杆塔本体（如杆塔横担、塔身）。

b）导线型（DX）：安装于输电线路导线、地线或绝缘子串。

c）地基型（DJ）：安装于线路通道周边固定地基（如线路附近地面、护坡）。

5.1.3　按供电方式分类

a）太阳能供电型（TY）：采用太阳能板+蓄电池组合供电。

b）锂电池供电型（LD）：仅采用锂电池独立供电。

c）混合供电型（HH）：太阳能+可充电电池+感应取能（或其他供电方式）组合供电。

5.2　命名规则

设备命名由设备类型代号、监测功能代码、安装位置代码、供电方式代码、额定电压等级、制造商自定义代码六部分组成，格式如下：ZSL-XX-WZ-GD-U-XXX。

a）ZSL：输电线路综合在线监测设备代号；

b）XX：监测功能组合代码（按5.1.1中表1规定）；

c）WZ：安装位置代码（GT=杆塔型，DX=导线型，DJ=地基型）；

d）GD：供电方式代码（TY=太阳能供电型，LD=锂电池供电型，HH=混合供电型）；

e）U：额定电压等级（110kV用1，220kV用2，500kV用5，750kV用7，1000kV用10）；

f）XXX：制造商自定义代码（三位字母或数字组合）。

示例：ZSL-QBW-GT-TY-5-ABC表示：输电线路综合在线监测设备，功能组合为气象+导线覆冰+导线温度，杆塔型安装，太阳能供电，额定电压等级500kV，制造商自定义代码ABC。

6　技术要求

6.1　通用要求

6.1.1　外观与结构

a）外观应完整、整洁，无损伤、变形、裂纹及腐蚀痕迹，金属构件采用耐腐蚀材料，非金属构件采用耐老化材料。

b）各零部件及连接线应有防松措施，铭牌、文字及符号简明清晰，具有永久标识。

c）外壳防护等级：单层结构不低于IP65，双层结构外层不低于IP54、内层不低于IP65（符合GB/T 4208规定）。

d）安装于导地线的设备单体质量宜不大于2.5kg；塔上电源机箱单体质量应不大于35kg。

6.1.2 通用原则

a）设备不应影响输电线路运行、检修及维护，不降低线路电气间隙、机械强度及绝缘性能。

b）应遵循安全可靠、经济适用、技术成熟、性能稳定的原则，采用标准化、模块化、小型化及低功耗设计。

c）监测数据应保密管理，做到合法利用及有效保护，符合信息安全相关规定。

6.2 功能要求

6.2.1 数据采集

a）支持自动采集和受控采集两种模式，自动采集周期可配置（范围：1min~1440min）。

b）设备应支持北斗卫星授时系统。多参数协同采集时间差不大于1s，确保数据时空一致性。

c）采集参数应涵盖各功能模块核心指标，具体如下：

1) 气象监测：风速、风向、气温、湿度、气压、雨量、光辐射；
2) 导线覆冰：等值覆冰厚度、综合载荷、不均衡张力差；
3) 外力破坏：图像/视频（分辨率不小于 1920×1080）、目标距离；
4) 杆塔倾斜：顺线倾斜角、横向倾斜角、顺线倾斜度、横向倾斜度；
5) 导线温度：导线温度（测量范围：-55℃~290℃）；
6) 绝缘子污秽：盐密值、灰密值；
7) 山火监测：烟雾浓度、火焰探测、环境温度；
8) 风偏及舞动监测：风偏角、偏斜角、舞动幅度、舞动倾角；
9) 接地电阻监测：接地电阻值（测量范围 0~200Ω）、接地体温度。

6.2.2 数据处理

a）应具备数据合理性检查、无效数据剔除功能，可对原始数据进行计算分析，输出直观反映线路状态的监测量。宜具备边缘计算能力，能在本地完成多参数数据的初步融合与事件判断。

b）图像循环存储不少于30d，视频循环存储不少于7d，音频循环存储不少于2d，其他数据循环存储不少于90d。

c）支持数据压缩传输，图像采用JPEG格式，视频采用H.264/H.265编码标准。

6.2.3 智能诊断与预警

AI故障诊断模块应基于多源监测数据，采用多参数融合算法进行综合状态识别与故障诊断。算法应具备以下能力：

a）数据预处理：包括缺失值处理、异常值剔除及数据标准化（如Z-Score归一化）。

b）特征融合计算：应至少支持一种基于权重的特征级融合方法。对于关键状态评估（如覆冰风险系数R_{ice}），其计算应遵循可定义的公式。

例如，基于气象和导线数据的覆冰风险融合公式可表示为：

$$R_{ice}=\omega_1 \cdot f(T)+\omega_2 \cdot g(H)+\omega_3 \cdot \mathrm{h}(W_s)+\omega_4 \cdot k(L_4) \qquad (1)$$

其中，T，H，W_s，L_t分别代表气温、湿度、风速、导线温度的标准化值；f，g，h，k为各参数对应的特征函数或映射关系；ω_1，ω_2，ω_3，ω_4，为对应特征的权重系数，且满足$\sum_{i=1}^{4}\omega_i=1$。权重系数应由历史数据训练或专家系统确定，并在技术文档中说明。

c）故障识别与输出：诊断结果应输出具体的故障类型及其对应的置信度P（$0\leq P\leq 1$）。对于关键故障（如外力入侵、覆冰超标、树障危险接近），其识别置信度P应不低于0.9。设备宜提供诊断结果的可解释性信息（如触发预警的主要特征参数）。

d）算法一致性：在相同硬件和软件版本条件下，对同一组标准化输入数据重复计算（不少于3次），其融合指标Y（如R_{ice}）输出的一致性偏差（以标准差σ计）应不大于满量程的0.5%。

e）算法版本管理：制造商应提供算法模型的版本管理说明、基础数据集描述及模型性能评估报告（可包含在技术文档中）。

双重预警机制：

a）阈值预警：当任一核心监测参数x_i超过设定阈值S_i时触发，即x_i大于S_i。

b）趋势预警：当融合评估指标Y（如R_{ice}）在时间窗口Δt内的变化率$\frac{\Delta Y}{\Delta t}$超过设定阈值$V_{th}$时触发。预警信息应至少包含：故障类型、故障识别置信度P、触发参数或指标、实测值、时间、位置。

c）制造商应提供算法所依据的融合公式、权重系数、阈值及其确定依据（如数据训练集说明、物理模型或行业导则），并封装为可验证的软件模块。

6.2.4 通信功能

a）支持无线（APN专用网、电力无线专网、卫星通信）或有线（电力光纤专网）通信方式，符合GB/T 35697-2017中通信兼容性要求。

b）应用层数据传输规约符合GB/T 35697-2017附录C或D的要求。

c）具备网络对时功能，对时误差应小于1s；内部时钟24h走时误差应小于1s，具备断电保护功能。

6.2.5 远程维护

a）具备身份认证、远程程序升级（向下兼容）、参数查询/设置、数据召唤、远程复位、远程对时功能。

b）具备自检、自诊断和自恢复功能，可向主站上传设备运行状态、故障信息（如传感器故障、供电异常）。

6.2.6 数据安全

a）数据传输应采用TLS1.2及以上版本的加密协议。

b）敏感数据（如用户信息、配置参数）存储时应采用AES-256等加密算法进行加密，加密密钥应具备安全的管理与更新机制。

c）图像/视频数据宜支持对人脸、车牌等敏感信息的匿名化处理功能。

d）应具备严格的用户身份认证和权限管理功能，防止越权访问。

6.3 性能要求

6.3.1 测量精度

各功能模块测量精度应符合以下要求（无特殊说明时按GB/T 35697-2017附录B规定）：

a）气象监测：风速误差±(0.5+0.03v)m/s，v为风速值，风向误差±5°，气温误差±0.5℃，湿度误差±8%（当湿度小于等于80%时）/±5%（当湿度大于80%时）。

b）导线覆冰：采用的覆冰计算模型与算法，其输出结果（如等值覆冰厚度）的总不确定度应不大于15%。模型应在典型气候区和覆冰类型下经过验证。

c）杆塔倾斜：倾斜角误差±0.05°。

d）导线温度：误差±1.0℃。

e）绝缘子污秽：盐密/灰密误差±10%。

f）接地电阻：误差±5%。

g）外力破坏（含树障）：激光、雷达或图像测距范围宜不小于500 m，测距精度不大于1m。树障监测：树木距离测量误差不大于0.5m；树高识别误差不大于1m。

h）山火监测：火焰探测距离不小于1500m，烟雾探测距离不小于1000m。

6.3.2 可靠性

a）平均无故障工作时间（MTBF）不低于50000h，设计使用寿命不低于8年。

b）蓄电池使用寿命不低于4年，太阳能板使用寿命不低于20年。

c）数据缺失率：非图像/视频类数据小于1%，图像/视频类关键告警数据小于0.1%，常规监测数据小于1%。

6.3.3 供电性能

a）太阳能供电型：太阳能板转换效率不小于17%，蓄电池单独供电时间应不少于30d（视频监控设备在每天典型工作1h情况下，单独供电时间应不少于20d）；

b）锂电池供电型：电池单独供电时间不少于30d，高能电池供电时间不少于3年；

c）混合供电型：感应取能最小启动电流不大于20A，太阳能板+蓄电池组合供电满足当地环境下连续工作要求；

d）供电电源具备过压、欠压、过流保护及温度补偿充电功能，支持负载分级管理。

6.4 安全要求

6.4.1 电气安全

a）电气间隙、爬电距离符合相应电压等级线路设计要求，绝缘性能不低于线路本体水平。

b）安装于导地线的设备应能承受导线最大允许工作电流，夹具及表面温升不超过导线温升。

c）塔上设备电源进线与地之间施加1.2/50μs、峰值6kV冲击电压全波，10次试验无飞弧或击穿。

6.4.2 机械安全

a）设备应能承受线路正常运行时的振动、风荷载等机械应力，安装后不影响杆塔、导线的机械强度。设备的具体安装原则与要求参见附录B。

b）导地线安装设备应能承受振幅±0.5mm、频率25Hz~50Hz、次数1×10^7次的垂直正弦振动，无松动、损坏。

c）设备紧固件应采取防振、防松措施，塔上安装螺栓紧固力矩符合设计要求，残余力矩不小于安装力矩的60%。

6.5 环境适应性

a）工作温度：I级（-25℃~+45℃）、II级（-40℃~+45℃）、III级（-55℃~+45℃），存储温度范围-55℃~+85℃；

b）相对湿度：5%~100%RH（含凝露），大气压力：86kPa~106kPa；

c）耐盐雾腐蚀：满足GB/T 10125中乙酸盐雾试验144h或铜加速乙酸盐雾试验24h要求；

d）设备应满足在表3规定的覆冰条件下，保持正常工作。

表 3 耐覆冰性能等级

等级	环境温度/℃	覆冰厚度/mm	持续时间/h	适用地区
I级	-7~-3	20	48	轻冰区
II级	-10~-5	30	48	中冰区
III级	-15~-10	50	48	重冰区

e）抗风等级：不低于线路本体抗风等级，沿海台风区设备应能承受风速不小于60m/s的冲击。

6.6 电磁兼容

a）静电放电抗扰度：符合GB/T 17626.2中4级要求；

b）射频电磁场辐射抗扰度：符合GB/T 17626.3中3级要求；

c）电快速瞬变脉冲群抗扰度：符合GB/T 17626.4中4级要求；

d）浪涌（冲击）抗扰度：符合GB/T 17626.5中4级要求；

e）工频磁场抗扰度：符合GB/T 17626.8中5级要求。

6.7 兼容性

a）支持与不同厂家主站系统数据交互，接口符合GB/T 33602、T/XZBX 0061-2025要求；

b）设备ID符合国家电网公司17位编码规范，支持多ID配置（复合功能装置）；

c）支持与北斗导航系统兼容，定位精度不大于10m。

7 试验方法

7.1 外观与结构检查

试验方法：目测检查设备外观、结构、铭牌标识，采用计量器具测量尺寸、质量，按 GB/T 4208 规定测试防护等级。

判定准则：符合 6.1.1 要求，防护等级测试无进水、进尘现象。

7.2 功能试验

7.2.1 数据采集功能

试验方法：设置自动采集周期（10min）和受控采集指令，记录各模块采集数据及时间差，验证采集参数完整性及时间同步精度。

判定准则：采集周期准确，多参数协同采集时间差不大于 1s，参数无缺失。

7.2.2 数据处理与存储

试验方法：注入无效数据验证剔除功能，连续运行 168h，检查数据存储时长及压缩格式。

判定准则：无效数据自动剔除，存储时长符合要求，格式正确可解析。

7.2.3 智能诊断与预警

试验方法：

a）算法逻辑一致性验证：检查技术文档中的融合公式、权重和阈值设置是否明确、可追溯。对于明确定义的确定性计算公式，向设备输入一组预设的标准测试数据，验证其输出是否与手动计算结果一致，允许误差应小于满量程的1%。对于基于机器学习的模型，应检查其是否提供了符合6.2.3 e)要求的性能评估报告。

b）故障识别准确性测试：使用包含至少100个样本的测试数据集（涵盖各类故障及正常状态，应包括树障接近场景），输入AI模块，记录其输出的故障类型及故障识别置信度P，计算关键故障类型的识别准确率。

c）双重预警触发测试：分别模拟参数超标和融合指标变化率超限的场景，包括模拟树木距离持续减小并超过阈值，检查预警是否按机制正确触发，并记录信息完整性。

d）算法一致性测试：将同一组标准输入数据，在设备重启或复位后，重复输入不少于3次。记录每次输出的融合指标Y_1,Y_2,Y_3，计算其标准差σ。

e）预警及时性测试：模拟故障发生，记录从数据采集到预警信息发出至主站的总延迟时间。

判定准则：

a）确定性融合计算输出与文档公式的参考值一致性（相对误差小于1%）；

b）关键故障识别准确率不低于90%，且对应故障识别置信度P不小于0.9；

c）双重预警机制正确触发，信息完整；

d）算法输出一致性偏差$\sigma \leq 0.5\% \times Y_{fullscale}$，其中，$Y_{fullscale}$为融合指标满量程值；

e）预警总延迟时间应不超过数据采集周期的2倍，且最长不超过5min。

7.2.4 通信与远程维护

试验方法：分别采用无线、有线通信方式连接主站，测试数据传输稳定性；执行远程升级、参数设置、复位指令，检查执行结果。

判定准则：通信稳定无丢包，远程指令执行准确，升级后功能正常。

7.2.5 数据安全

试验方法：检查数据传输加密协议配置；验证存储数据加密状态；测试用户权限管理功能。

判定准则：符合 6.2.6 的要求。

7.3 性能试验

7.3.1 测量精度

试验方法：按 GB/T 35697-2017 相关规定，在标准测试条件下，对各参数进行多点测量，计算误差。其中接地电阻按 DL/T 475《接地装置特性参数测量导则》规定的方法进行多点测量。

判定准则：各参数测量精度符合 6.3.1 要求。

7.3.2 可靠性试验

试验方法：

可靠性验证可采用以下任一种或组合方法：

1）按 GB/T 11463 规定，进行不低于 1000 h 的长期连续运行试验，统计故障次数；
2）依据行业认可的可靠性预计标准（如 Bellcore TR-332、IEC 61709）进行预计，并提供分析报告；
3）提供具有 CNAS 资质的第三方检测机构出具的 MTBF 验证报告。
注：方法 1 可作为可靠性验证的补充手段，正式 MTBF 认定建议采用方法 2）或方法 3）。
判定准则：连续运行无故障，计算所得的 MTBF 不低于 50000 h，数据缺失率符合要求。

7.3.3 供电性能

试验方法：
a) 太阳能供电型：按GB/T 35697-2017附录E规定测试太阳能板转换效率，蓄电池按10h率放电测试续航时间；
b）锂电池供电型：按照制造商明确定义的“典型工作模式”进行续航测试；
c）混合供电型：测试感应取能启动电流及切换性能。
判定准则：符合 6.3.3 要求。

7.4 安全试验

7.4.1 电气安全

试验方法：测量电气间隙、爬电距离；按规定进行冲击电压试验、温升试验。
判定准则：电气间隙及爬电距离符合要求，冲击电压试验无飞弧/击穿，温升不超标。

7.4.2 机械安全

试验方法：按 GB/T 2423.10 进行振动试验，按 DL/T 1098 进行垂直振动疲劳试验，检查紧固件力矩。
判定准则：试验后设备无松动、损坏，残余力矩符合要求。

7.5 环境适应性试验

a) 低温试验：按GB/T 2423.1，在规定温度下保持72h，测试设备功能。
b) 高温试验：按GB/T 2423.2，在规定温度下保持72h，测试设备功能。
c) 交变湿热试验：按GB/T 2423.4，48h（2个循环），测试设备功能。
d) 盐雾腐蚀试验：按GB/T 10125，测试后检查外观及性能。
e) 覆冰试验：按表3规定的相应等级进行试验，或按DL/T 1247规定的方法。
判定准则：各项环境试验后，设备外观无异常，功能正常，数据缺失率小于 1%。

7.6 电磁兼容试验

按 GB/T 17626.2、17626.3、17626.4、17626.5、17626.8 规定的方法进行试验。
判定准则：试验期间及试验后，设备功能、性能符合要求，无异常。

7.7 兼容性试验

试验方法：连接不同厂家主站系统，测试数据交互成功率；接入北斗模块，测试定位精度。
判定准则：数据交互成功率 100%，定位精度不大于 10m。

8 检验规则

8.1 检验分类

检验分为出厂检验、型式检验和周期检验。

8.2 出厂检验

每台设备应逐台进行出厂检验，检验项目见表 4。所有检验项目合格后方可出厂；若有不合格项，修复后重新检验，直至合格。

8.3 型式检验

8.3.1 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) 正常生产时，每4年进行一次。
c) 停产1年及以上恢复生产时。
d) 结构、材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能时。
e) 国家技术监督机构或用户提出型式检验要求时。
f) 出厂检验结果与上批产品差异较大时。

8.3.2 抽样与判定

从出厂检验合格产品中随机抽取 3 台作为样品，不足 3 台按实际数量抽取。全部项目合格则判定型式检验合格；若有 1 台不合格，加倍抽样复检，若仍有不合格则判定不合格。

型式检验项目见表 4。

8.4 周期检验

周期检验项目见表4，检验周期为4年。周期检验主要针对可能随时间或运输安装发生变化的性能项目，可在现场或实验室进行。

抽样方法及判定准则同8.3.2。

表 4 检验项目及检验类型

序号	检验项目	出厂检验	型式检验	周期检验
1	外观与结构检查	√	√	√
2	防护等级测试	√	√	—
3	功能试验	√	√	√
4	测量精度试验	√	√	√
5	可靠性试验	—	√	△
6	供电性能试验	√	√	√
7	电气安全试验	√	√	—
8	机械安全试验	—	√	—
9	环境适应性试验	—	√	—
10	电磁兼容试验	—	√	—
11	兼容性试验	—	√	√

注：√表示必做项目；—表示不做项目；△表示建议抽查项目。周期检验中，若设备外壳无更换或损坏，防护等级测试可不重复进行。

9 标志、包装、运输和贮存

9.1 标志

9.1.1 产品标志

设备本体显著位置应设置永久性铭牌，内容清晰耐久，至少包含以下信息：

a) 设备名称、型号（按5.2命名规则）；
b) 生产厂名、商标、产地；
c) 出厂编号、出厂日期；
d) 额定电压、额定功率、防护等级；
e) 执行标准编号。

9.1.2 包装标志

a) 生产企业名称、地址；
b) 产品名称、型号、数量；
c) 包装箱外形尺寸（mm）、净重/毛重（kg）；

d) 运输作业安全标志（如“小心轻放”“防雨”）；
e) 到站（港）、收货单位、发站（港）、发货单位；
f) 工程项目名称。

9.1.3 储运图示

按 GB/T 191 和 GB/T 6388 规定选用储运图示标志。

9.2 包装

a) 包装应符合GB/T 13384要求，结构合理、防护可靠，防止运输中损坏。
b) 包装环境及包装箱内应清洁、干燥，无有害气体、无异物。
c) 设备可移动部分应固定，突出部分可拆卸包装；随机文件（装箱清单、安装使用说明书、出厂合格证、出厂检验报告）装入塑料袋，放置于主机箱内。
d) 安装使用说明书应符合GB/T 9969要求，明确安全操作、安装、维护要点。

9.3 运输

a) 包装完整的设备应避免雨、雪直接淋袭，防止剧烈撞击、振动和倒置。
b) 运输过程中应符合QJ/T 815.2中三级公路中级路面或四级公路低级路面、连续2h运输要求。

9.4 贮存

a) 设备应贮存在环境温度-25℃~+45℃、相对湿度小于80%的室内，无腐蚀性挥发物、强电磁场。
b) 贮存时应垫离地面不小于10cm，距墙壁不小于50cm，避免阳光直射。
c) 贮存时间超过2个月，使用前应对电池补充充电；贮存时间超过6个月，应进行全面性能检测。

附录 A
（资料性）
典型监测功能组合及应用场景

典型监测功能组合及应用场景见表A.1。

表 A.1 典型监测功能组合及应用场景

设备类型	功能组合	典型监测参数	适用场景
I型（QBW）	气象+导线覆冰+导线温度	风速、气温、湿度、等值覆冰厚度、导线温度	覆冰区、大跨越、重载线路区段
II型（QPX）	气象+外力破坏（含树障）+杆塔倾斜	风速、风向、图像/视频、目标距离/速度、杆塔倾斜角	采空区、地质灾害易发区、外破多发区
III型（QBPXW）	气象+覆冰+外力破坏（含树障）+杆塔倾斜+导线温度	气象全参数、等值覆冰厚度、图像/视频、杆塔倾斜角、导线温度	特高压线路、“三跨”区段、重要输电通道
IV型（QPHX）	气象+外力破坏+绝缘子污秽+杆塔倾斜	风速、风向、图像/视频、盐密/灰密、杆塔倾斜角	重污区、工业污染源附近线路
V型（QSPFV）	气象+山火+外力破坏（含树障）+风偏+舞动	气温、湿度、风速、烟雾/火焰探测、图像/视频、风偏角	山火高发区、沿海台风区、大风区
VI型（QDX）	气象+接地电阻+杆塔倾斜	气温、湿度、雨量、接地电阻值、接地体温度、杆塔倾斜角	防雷重点区、多雨区、地质灾害易发区
VII型（DZ）	其他定制化多参数组合	根据特定需求确定，如：位移、雨量、视频、土壤含水率等	根据特定需求定制

附录 B
（资料性）
监测装置安装要求

B.1 安装原则

a) 安装应与工程总体技术方案协调一致，统筹规划布点，避免重复监测。
b) 安装位置应满足监测范围覆盖需求，避免塔材遮挡，确保数据采集准确。
c) 安装过程应遵守电力安全工作规程，不改变线路本体结构，电气间隙、机械强度符合设计要求。

B.2 不同类型设备安装要求

B.2.1 杆塔型设备

a) 气象监测模块：宜安装于杆塔顶部或横担端部，有防雷措施。
b) 图像/视频监控模块：宜安装于塔身，高度满足监测需求，镜头避免阳光直射。
c) 杆塔倾斜模块：宜安装于杆塔塔身横隔面处，距地面不低于5m。
d) 绝缘子污秽模块：宜安装于杆塔下层横担内侧的导线绝缘子串顶部附近。
e) 舞动监测：采用地线感应电流原理的舞动监测模块，其电流互感器等传感单元宜安装于杆塔的OPGW地线引下处或接地线上。

B.2.2 导线型设备

a) 覆冰监测模块：等值覆冰厚度监测装置宜安装于绝缘子串靠近杆塔端，模拟覆冰装置安装于与导线同高度塔身。
b) 导线温度模块：宜安装于下相导线，距线夹外1m处，错开防振锤。
c) 风偏监测模块：其倾角传感器等核心传感单元宜直接安装于被监测的导线、跳线或绝缘子串上，选择风偏控制点。
d) 舞动监测：采用加速度传感器等原理的直接式舞动监测模块，其传感节点宜以一定间距安装于档距内的导线上。

B.2.3 地基型设备

a) 山火监测模块：宜安装于通道地形较高处，每5km安装1套，并行线路可共用。
b) 地质灾害模块：宜安装于塔脚附近上边坡，满足监测主滑方向或沉降趋势需求。
c) 外力破坏（含树障）模块：宜安装于外破风险区段（如在建公路、铁路附近），确保无遮挡监测。

B.3 安装后检查

a) 检查设备固定牢固性，紧固件力矩符合要求。
b) 测试设备供电、通信状态，确保正常工作。
c) 验证监测范围及数据采集质量，无盲区、无异常。

参考文献

[1] Q/GDW 10242 架空输电线路状态监测装置通用技术规范
[2] Q/GDW 10554 输电线路等值覆冰厚度监测装置技术规范
[3] Q/GDW 10555 输电线路舞动监测装置技术规范
[4] Q/GDW 10557 输电线路风偏监测装置技术规范
[5] Q/GDW 10558 输电线路现场污度监测装置技术规范
[6] Q/GDW 10559 输电线路杆塔倾斜监测装置技术规范
[7] LY/T 2581 森林防火视频监控系统技术规范
[8] Q/GDW 11526-2025 架空输电线路在线监测设计导则
[9] Q/GDW 11721 国家电网有限公司差异化规划设计导则