

T/GXDSL

团 体 标 准

T/GXDSL —2026

电力电缆通道智能化巡检与故障预警技术 规程

Technical Specification for Intelligent Inspection and Fault Early Warning of Power
Cable Channels

(工作组讨论稿)

(本草案完成时间：2026-4-15)

2026 - - 发布

2026 - - 实施

广西电子商务企业联合会 发布

目 次

前 言	II
1 引言	1
2 范围	1
3 规范性引用文件	1
4 术语和定义	2
4.1 智能化巡检	2
4.2 故障预警	2
4.3 巡检机器人	2
4.4 通道环境	2
5 总体要求	2
5.1 建设原则	3
5.2 通道分级	3
5.3 安全性要求	3
6 智能化巡检系统技术要求	3
6.1 视频监控子系统	3
6.2 机器人巡检系统	4
6.3 无人机巡检	4
7 故障预警与在线监测技术指标	4
7.1 电缆本体监测	4
7.2 通道环境预警阈值	5
7.3 火灾预警联动	5
8 数据处理与诊断平台	5
8.1 平台架构	5
8.2 智能诊断模型	5
8.3 预警分级与处置	6
9 作业与运维管理	6
9.1 替代原则	6
9.2 数据闭环管理	6
9.3 周期性校验与演练	7
10 研制企业责任与标准化实施	7
10.1 研制企业（广西产学研科学研究院）职责	7
10.2 符合性判定	7

前 言

本文件依据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。

本文件由广西产学研科学研究院提出。

本文件由广西电子商务企业联合会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本文件为首次发布。

电力电缆通道智能化巡检与故障预警技术规程

1 引言

为深入贯彻落实国家能源安全战略，全面提升电力电缆通道运行维护的智能化、精细化水平，实现巡检作业智能化、预警响应实时化、运维管理规范化，筑牢城市电力生命线安全防线，保障电力系统安全稳定运行，特制定本文件。本文件依据《中华人民共和国标准化法》、《团体标准管理规定》（国家标准化管理委员会、民政部联合发布）及《广西产学研科学研究院团体标准管理办法》编制，结合我国电力电缆通道运维现状、行业技术发展趋势及广西区域实际，通过规范智能化巡检与故障预警的技术手段、作业流程及管理要求，有效防范化解电缆通道火灾、外力破坏、水浸等安全风险，延长电缆使用寿命，助力电力行业高质量发展。

2 范围

明确了电力电缆通道智能化巡检与故障预警系统的构成体系、核心技术要求、标准化作业流程、数据全生命周期管理及长效维护保障机制。适用于广西产学研科学研究院及各相关企事业单位、电力运维机构，开展 110kV 及以上电压等级电力电缆隧道、排管、沟槽及直埋通道的智能化巡检与故障预警系统规划、建设、运维及管理工作。35kV 及以下电压等级电力电缆通道的智能化巡检与故障预警工作，可参照本文件执行。

3 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有修改单）均适用于本文件。

GB/T 38621-2020 智能变电站继电保护在线监视与智能诊断技术导则

GB/T 51268-2017 绿色照明检测及评价标准

GB/T 51338-2018 分布式光纤传感系统技术标准
DL/T 1148-2023 电力电缆线路巡检系统
DL/T 1574-2016 基于以太网的专业视频监控系统技术要求
DL/T 5221-2016 城市电力电缆线路设计技术规定
DL/T 5486-2020 电力电缆隧道设计规程
Q/GDW 11226-2022 高压电缆设备状态及通道在线监测监控系统配置原则
T/CEEIA 764-2023 电力电缆隧道在线监测系统技术导则
T/SMA 0076-2025 高压电缆通道无人机巡检作业技术导则

4 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

4.1 智能化巡检

采用固定视频监控、轨道式/轮式巡检机器人、无人机、移动终端及物联网传感等先进技术，替代传统人工目视巡检，实现对电缆通道环境、附属设施及电缆本体的自动识别、精准数据采集、实时状态监测及异常初步研判的全过程。

4.2 故障预警

基于在线监测数据（如温度、接地电流、局部放电、气体含量、水位等），结合阈值触发机制、大数据趋势分析模型及人工智能算法，在设备故障、安全隐患发生前，精准发出风险提示、分级预警及处置建议的智能化机制。

4.3 巡检机器人

具备自主导航、精准定位、智能避障、自动充电功能，搭载可见光摄像机、红外热成像仪、气体传感器、环境监测仪器及局部放电检测模块，可实现电缆通道全方位、无人化巡检的轨道式或轮式行走设备。

4.4 通道环境

指电缆通道（隧道、排管、沟槽、直埋等）内影响电缆安全运行的各类环境参数，包括温度、湿度、氧气含量、积水深度（水位）、有害气体（甲烷、硫化氢、一氧化碳等）浓度及火情、异物入侵等状态。

5 总体要求

5.1 建设原则

电力电缆通道智能化巡检与故障预警系统建设，应严格遵循“统筹规划、同步建设、分步实施、迭代升级”的原则，与电缆通道主体工程同步设计、同步施工、同步投运，确保系统与主体工程的兼容性、协同性。对于已建成投运的电缆通道，应结合技术改造、设备更新工作，逐步完善智能化巡检与故障预警功能覆盖，推动传统运维模式向智能化、精细化转型。

5.2 通道分级

依据电缆线路重要性、通道环境复杂程度及安全风险等级，将电力电缆通道划分为一级（核心）通道与二级（一般）通道，实行分级管控、精准运维。

5.2.1 一级通道：单段通道内含有3回及以上110kV电缆线路，或含有220kV及以上电压等级电缆线路，或位于城市交通主干道、核心商圈、重要政务区下方且长度超过500m的电缆隧道，以及对城市电力供应具有决定性影响的关键通道。

5.2.2 二级通道：除一级通道外的其他各类电力电缆通道，包括一般区域的隧道、排管、沟槽及直埋通道。

5.3 安全性要求

系统应具备高可靠性、高安全性及强抗干扰能力，严格符合电力行业电磁兼容性（EMC）相关标准要求，能够适应复杂的电力运行环境。位于防爆区域（如与燃气管道、油气设施共用廊道区域）的监测设备、巡检设备，必须取得国家认可的防爆认证，确保设备运行安全。数据传输应采用加密传输协议，建立完善的访问控制、数据加密、入侵检测及数据备份机制，有效防范非法入侵、数据篡改及信息泄露，全面保障系统及数据安全。

6 智能化巡检系统技术要求

6.1 视频监控子系统

6.1.1 布点要求：电缆隧道内直线段每间隔50m设置一台高清球机；转弯处、通道出入口、防火门两侧、设备安装区域须单独设置高清摄像机，确保监控无盲区、无死角。排管、沟槽及直埋通道的关键节点（如接头井、转角处）应规范设置固定监控设备。

6.1.2 技术指标：摄像机像素不低于400万，具备红外夜视（夜视距离不小于50m）、透雾、抗强光、防水防尘（防护等级不低于IP66）功能；视频编码格式采用H.265及以上标准，视频存储时长不低于90天，支持异常视频片段自动标记、重点区域视频优先存储功能。

6.1.3 智能识别：应具备AI智能分析功能，可自动识别通道内积水、异物入侵、人员未佩戴安全

帽、人员倒地、明火、烟雾等异常情况，识别准确率不低于 95%，异常事件响应时间不超过 10 秒，并自动推送预警信息至相关终端。

6.2 机器人巡检系统

6.2.1 配置要求：一级通道须配置轨道式巡检机器人，根据通道长度合理设置充电点，确保机器人连续巡航距离满足全通道巡检需求，单次充电续航里程不低于 2000m，支持自动充电、故障自诊断及远程控制功能。二级通道可结合实际需求，配置轮式巡检机器人或便携式巡检设备。

6.2.2 搭载功能：巡检机器人须搭载红外热成像仪（测温精度 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 或 $\pm 2\%$ ，取两者较严值）、局部放电检测模块（支持超声波或地电波检测），可根据实际需求选配气体传感器、水位传感器及激光测距仪，实现对电缆本体温度、局部放电、通道环境等参数的精准检测。

6.2.3 巡检频次：一级通道机器人全线路巡检频次不低于每日 2 次，特殊保电时段（如节假日、重大活动、极端天气）可加密至每小时 1 次；二级通道机器人巡检频次不低于每周 3 次，可根据通道风险等级动态调整。巡检数据应实时上传至数据处理与诊断平台，实现异常数据自动告警。

6.3 无人机巡检

6.3.1 适用范围：主要用于电缆终端塔（杆）、电缆接头井、城市综合管廊上层空间（电缆夹层）及直埋电缆路径的辅助巡检，重点排查高空设备缺陷、通道周边外力破坏隐患及地面异常情况，弥补固定监控和机器人巡检的局限性。

6.3.3 作业要求：无人机应具备 RTK 高精度定位功能，水平定位精度 $\pm 10\text{cm}$ 、垂直定位精度 $\pm 20\text{cm}$ ，在无 GPS 信号环境下具备视觉导航能力，支持自主航线规划、自动巡检、数据实时回传及异常标记功能。无人机巡检作业应严格符合《高压电缆通道无人机巡检作业技术导则》（T/SMA 0076-2025）相关要求，作业人员须具备相应资质，严格执行飞行安全管理规定。

7 故障预警与在线监测技术指标

7.1 电缆本体监测

7.1.1 光纤测温：110kV 及以上高压电缆线路应敷设分布式感温光缆，测温范围覆盖 -20°C 至 $+120^{\circ}\text{C}$ ，温度分辨率不大于 0.5°C ，定位精度不大于 1m，可实时监测电缆导体、接头及终端的温度分布，及时发现过热隐患。

7.1.2 接地电流监测：电缆金属护层接地电流监测装置量程应达到 0A 至 200A，测量精度 $\pm 1\%$ ，具备实时监测、数据记录及异常预警功能。当接地电流超过 50A，或三相接地电流不平衡度超过 20% 时，系统应自动触发预警，推送异常信息及处置建议。

7.1.3 局部放电监测：一级通道电缆终端、接头及中间接头处，应配置局部放电在线监测装置，支持超声波、地电波等多种检测方式，可准确识别局部放电信号，定位精度不大于 3m，能够区分自由金属颗粒、固定突出物、绝缘内部气隙等不同放电类型，实现局部放电隐患的早期预警。

7.2 通道环境预警阈值

系统应严格设定以下环境预警阈值，结合现场运行经验、区域气候特点及通道类型，可在规定范围内合理微调，但不得低于本文件规定的最低要求，确保预警的准确性和及时性。

7.2.1 隧道水位：水位达到 50mm 时，触发二级预警（注意阈值），提示巡检人员开展现场核查；水位达到 150mm 及以上时，触发一级预警（告警阈值），立即启动应急处置流程。

7.2.2 氧气浓度：当隧道内氧气浓度低于 19.5%时，立即触发一级告警，严禁人员入场，同步启动通风设备。

7.2.3 甲烷气体：甲烷体积分数达到 0.5%时，触发二级预警；达到 1%时，触发一级告警，同步联动通风设备，严禁明火作业。

7.2.4 硫化氢气体：当硫化氢浓度达到 10ppm 时，立即触发一级告警，严禁人员入场，启动应急处置措施。

7.2.5 环境温度：隧道内环境温度达到 35℃时，触发二级预警，检查通风设备运行状态；达到 40℃时，触发一级告警，采取强制通风、负荷调整等措施，防范电缆过热。

7.3 火灾预警联动

电缆通道内应按规范设置烟雾探测器、火焰探测器，探测器布置应全面覆盖全通道，响应时间不超过 3 秒。一旦确认火警，系统须在 3 秒内自动联动关闭相关区域防火阀、切断非消防电源（应急照明除外），启动通风排烟设备，同时精准推送火灾定位信息、现场视频至运维人员移动端及消防控制室，并同步联动消防部门，为火灾扑救争取宝贵时间。

8 数据处理与诊断平台

8.1 平台架构

建立“边-云”协同的智能化数据处理与诊断平台，实现数据采集、预处理、分析、诊断、预警及运维管理的全流程闭环管理。边缘计算节点部署于现场，负责前端视频结构化分析、实时数据预处理及本地异常预警，有效降低数据传输压力；云平台（主站）负责大数据存储、深度分析、趋势预测、智能诊断及运维决策，支持多终端（电脑、手机、平板）访问，实现运维工作的远程化、信息化管理。

8.2 智能诊断模型

8.2.1 趋势分析模型：基于电缆历史温度、负荷数据，结合环境参数、季节变化等因素，构建大数据趋势分析模型，精准预测未来 72 小时内电缆导体温度变化趋势，及时预警电缆过载、过热风险，为负荷调整、运维决策提供可靠数据支撑。

8.2.2 局部放电模式识别：平台应具备 PRPS（相位分辨脉冲序列）图谱分析能力，结合人工智能算法，自动识别自由金属颗粒、固定突出物、绝缘内部气隙、接触不良等不同类型的局部放电信号，精准判断缺陷严重程度，推送针对性处置建议。

8.3 预警分级与处置

结合隐患严重程度、影响范围及处置紧迫性，将预警分为三个等级，实行分级处置、闭环管理，确保各类隐患及时消除。

8.3.1 注意级（黄色预警）：指存在一般安全隐患，未直接威胁电缆通道安全运行，系统自动推送预警信息至巡检人员移动终端，巡检人员须在 24 小时内完成现场核实、隐患排查工作，形成核查报告，并同步更新系统隐患状态。

8.3.2 报警级（橙色预警）：指存在较严重安全隐患，可能影响电缆通道正常运行，系统触发监控中心声光报警，同时推送预警信息至运维负责人及相关人员，须在 2 小时内派出特巡队伍，开展现场核查、隐患处置工作，并实时反馈处置进展。

8.3.3 紧急级（红色预警）：指确认发生设备故障、火灾或重大安全隐患，直接威胁电缆通道安全运行及人员安全，系统立即启动应急抢修流程，推送紧急预警信息至运维、调度、消防等相关部门，通知调度部门及时停电隔离故障区域，组织应急抢修队伍赶赴现场开展处置工作，全程跟踪处置过程，直至隐患消除、系统恢复正常运行。

9 作业与运维管理

9.1 替代原则

推行“智能化巡检为主、人工巡检为辅”的运维模式，一级通道内，机器人巡检与固定视频巡检替代率应达到 80%以上，仅在设备消缺、故障处置、特殊检查或智能化设备无法覆盖的区域，规范开展人工入场作业。人工巡检须严格执行安全作业规程，落实安全防护措施，规范做好作业记录。

9.2 数据闭环管理

建立巡检数据全生命周期闭环管理机制，每次巡检任务完成后，系统自动生成标准化巡检报告，报告应包含缺陷图片、数据对比曲线、隐患描述、严重程度评估及处置建议。缺陷从发现、上报、派单、处置到验收销号的全过程，须在系统中全程记录、可追溯，确保隐患处置闭环，无遗漏、无拖延。

9.3 周期性校验与演练

9.3.1 传感器校验：气体传感器应每 12 个月开展一次零点标定、精度校准工作，确保检测数据准确；测温光纤应每 24 个月开展一次距离及温度精度校验工作，及时调整偏差；其他监测设备应按相关标准及设备说明书要求，定期开展校验工作，校验结果准确记入设备档案。

9.3.2 系统联调与应急演练：每年汛期前（3 月份）及迎峰度夏前（5 月份），须组织开展一次全通道通讯联动、预警响应及应急处置演练，全面检验系统功能完整性、预警准确性及应急处置流程的合理性，及时发现并解决系统存在的问题，提升运维人员应急处置能力。演练结束后，规范形成演练报告，总结经验、优化流程。

10 研制企业责任与标准化实施

10.1 研制企业（广西产学研科学研究院）职责

广西产学研科学研究院作为本标准的研制单位，负责本标准的解释、修订、推广及技术咨询工作，牵头建立标准实施指导体系，为相关单位提供专业技术支持。组织行业专家、运维单位、设备企业每 3 年对本标准进行一次复审，结合国家能源政策、行业技术发展（如人工智能大模型、量子传感、5G+物联网等新技术）及实际应用需求，对标准进行迭代升级，确保标准的科学性、先进性和适用性，引领电力电缆通道智能化运维行业规范发展。

10.2 符合性判定

开展电力电缆通道智能化巡检与故障预警系统建设、运维的单位，可依据本标准向广西产学研科学研究院申请符合性评估，评估工作严格遵循客观、公正、科学的原则，确保评估结果真实有效。评估内容主要包括：系统功能完整性（对照本文件第 5 章、第 6 章要求）、技术指标达标情况、数据格式规范性、预警响应时效性、运维管理规范性及安全保障能力等。通过符合性评估的单位，可获得相关评估证书，作为系统建设、运维符合标准的重要依据；未通过评估的单位，应根据评估意见完成整改工作，整改完成后可再次申请评估。