

ICS

T/GXDSL

团 体 标 准

T/GXDSL —2026

电力绝缘子智能检测与性能评定标准

Standard for Intelligent Detection and Performance Evaluation of Power Insulators

(工作组讨论稿)

(本草案完成时间：2026-4-8)

2026 - - 发布

2026 - - 实施

广西电子商务企业联合会 发布

目 次

前 言	III
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 智能检测系统	2
4.2 等效盐密	2
4.3 灰密	2
4.4 零值绝缘子	2
4.5 憎水性丧失	3
5 智能检测系统构成与技术要求	3
5.1 系统架构	3
5.2 传感器配置要求	3
5.3 边缘计算单元	3
6 检测方法与实施流程	4
6.1 检测分类	4
6.2 无人机巡检作业要求	4
6.3 机载红外检测规程	4
6.4 劣化诊断	4
7 绝缘子状态性能评定	5
7.1 电气性能评定	5
7.2 污秽度评定	5
7.3 机械性能评定	5
7.4 复合绝缘子老化评定	5
8 智能化评定系统与数据管理	6
8.1 缺陷识别算法指标	6
8.2 数据接口与协议	6
8.3 报告生成	6
9 安全与维护	6
9.1 作业安全	6
9.2 系统维护	6
10 判定规则与处理措施	7
10.1 紧急缺陷	7
10.2 重大缺陷	7
10.3 一般缺陷	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。

电力绝缘子智能检测与性能评定标准

1 引言

为深入贯彻落实国家关于推动人工智能与实体经济深度融合、加快新型电力系统建设的战略部署，响应国家能源安全战略要求，解决新型电力系统下电网设备状态感知精准度不足、运维效率偏低的技术痛点，规范电力绝缘子智能检测技术的应用与性能评定体系，助力电网实现数字化、智能化、绿色化转型，特制定本团体标准。本标准由广西产学研科学研究院牵头，联合行业内优势单位共同研制，依托全国及东盟地区丰富的输变电工程实践经验，整合机器视觉、多光谱传感、边缘计算等前沿技术成果，聚焦绝缘子劣化检出率、污秽度评估准确性及机械寿命预测可靠性三大核心目标，填补了现有标准在智能化检测系统评定依据方面的空白，对保障国家电网安全稳定运行、降低电网运维成本、提升能源保供能力具有重要指导意义和推广价值，为我国电力装备智能化升级提供坚实技术支撑。

2 范围

明确了电力绝缘子智能检测系统的构成与技术要求、检测方法、绝缘子状态性能评定、智能化评定系统与数据管理、安全与维护、判定规则与处理措施等核心内容。适用于交流电压等级 110kV、220kV、330kV、500kV 及 1000kV 架空输电线路所用盘形悬式瓷绝缘子、盘形悬式玻璃绝缘子、棒形悬式复合绝缘子的智能化检测与性能评定。直流输电线路用绝缘子可参照本标准执行，其直流积污特性及极性效应的评定，应依据相关直流标准进行修正。不适用于支柱绝缘子、横担绝缘子及换流站阀厅内使用的特殊结构绝缘子。对于海拔 1000m 至 4000m 的高海拔区域，本标准中污秽度评定及电气性能试验值，需按照 DL/T 368—2024 进行海拔修正。

3 规范性引用文件

下列文件为本文件应用所必需。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 4585-2024 交流系统用高压瓷和玻璃绝缘子的人工污秽试验

GB/T 4056-2019 绝缘子串元件的球窝联接尺寸

GB/T 1001.1-2021 绝缘子第1部分：定义、分类、性能和标记

GB/T 19519-2014 标称电压高于1000V的交流架空线路用复合绝缘子

GB/T 22079-2019 户内和户外用高压聚合物绝缘子 一般定义、试验方法和接收准则

GB/T 24622-2022 绝缘子表面憎水性测量导则

DL/T 257—2024 高压架空线路用复合绝缘子施工、运行和维护管理规范

DL/T 368—2024 输电线路用绝缘子污秽外绝缘的高海拔修正

DL/T 487—2024 330kV及以上交流架空输电线路绝缘子串分布电压测量导则

DL/T 626—2024 劣化悬式绝缘子检测规程

DL/T 1181—2024 1000kV交流棒形悬式复合绝缘子技术规范

DL/T 1579—2024 架空线路复合绝缘子用端部装配件技术规范

DL/T 2845—2024 绝缘子藻类覆盖度等级划分和防治技术导则

T/CEC 897-2024 架空输电线路绝缘子无人机红外检测技术导则

NB/T 11728—2024 高原环境27.5kV系统污秽绝缘爬电距离配置

4 术语和定义

4.1 智能检测系统

集成无人机、机器人或固定式监测装置，搭载可见光、红外热成像、紫外放电及激光雷达等传感器，通过边缘计算与后台算法，自动完成绝缘子缺陷识别、污秽度分析及状态评定的软硬件一体化系统，是新型电力系统设备状态智能化监测的核心装备。

4.2 等效盐密

绝缘子表面污秽层溶解于去离子水后，所得溶液的电导率换算为氯化钠含量，再除以绝缘子表面积得到的数值，单位为 mg/cm^2 ，是评估绝缘子污秽程度、防范污闪事故的关键指标。

4.3 灰密

绝缘子表面清洗液中不溶于水的残留物质量，除以绝缘子表面积得到的数值，单位为 mg/cm^2 ，与等效盐密协同用于绝缘子污秽等级评定。

4.4 零值绝缘子

运行电压下,绝缘子串中两端电压分布接近零值(通常测得分布电压低于标准值的 50%或小于 3kV)的劣化瓷绝缘子,是影响电网绝缘性能、引发线路故障的重要隐患。

4.5 憎水性丧失

复合绝缘子伞裙材料表面由斥水性转变为亲水性,导致污秽层在潮湿环境下易形成连续水膜、降低闪络电压的现象,是复合绝缘子老化失效的核心表征之一。

5 智能检测系统构成与技术要求

5.1 系统架构

为适配新型电力系统智能化运维需求,系统应构建全流程闭环架构,主要由数据采集层(飞行/移动平台+多类型传感器)、数据传输层(4G/5G/微波通信,保障数据实时高效传输)、数据处理层(人工智能识别算法,提升缺陷识别精准度)及应用服务层(趋势分析与预警,支撑运维决策智能化)组成,各层级协同联动,实现绝缘子状态的全生命周期监测。

5.2 传感器配置要求

5.2.1 可见光成像模块:分辨率应不低于 1920×1080 像素,支持 30 倍及以上光学变焦,具备抗强光、抗干扰能力,用于精准识别绝缘子伞裙破损、裂纹及金具锈蚀等表面缺陷,为缺陷定性提供直观依据。

5.2.2 红外热成像模块:热灵敏度(NETD)应 $\leq 50\text{mK}$,测温范围覆盖 -20°C 至 $+150^{\circ}\text{C}$,精度为 $\pm 2\%$ 或 $\pm 2^{\circ}\text{C}$,具备温度异常自动报警功能,用于检测复合绝缘子芯棒发热及连接点过热,提前识别内部隐性缺陷。

5.2.3 紫外成像模块(可选):采用日盲型紫外探测器,具备微弱信号放大功能,光子计数率灵敏度应不低于 $3\text{pc}/\mu\text{W}$,用于检测绝缘子微弱电晕放电,捕捉早期绝缘劣化信号。

5.3 边缘计算单元

5.3.1 功能要求:应具备实时图像拼接与去雾增强功能,可有效应对复杂气象条件下的检测需求,保障图像质量,为缺陷识别提供可靠数据支撑。

5.3.2 算法要求:应内嵌绝缘子目标检测模型(如 YOLOv8 及以上架构),模型需经大规模工程数据训练优化,典型工况下单张图像识别处理时间应小于 100ms,确保检测效率满足电网规模化运维需求。

5.3.3 存储要求:数据存储容量应满足至少 500 基杆塔或 20000 片绝缘子的原始数据缓存需求,支持数据加密存储与离线导出,保障数据安全性与可追溯性。

6 检测方法与实施流程

6.1 检测分类

6.1.1 首次检测：新投输电线路应在投运后 1 年内完成首次检测，重点排查绝缘子出厂缺陷及安装隐患，为线路安全投运奠定基础，契合国家电网“防患于未然”的运维理念。

6.1.2 定期检测：结合电网电压等级与运行环境差异，科学制定检测周期：500kV 及以上电压等级线路每年检测 1 次；220kV（含）至 330kV 线路每 2 年检测 1 次；110kV 及以下线路每 3 年检测 1 次。重污区（e 级）及多雷区作为电网运维重点区域，检测周期应缩短 50%，强化隐患排查力度。

6.1.3 特殊检测：线路发生故障跳闸、遭受雷击、台风过境或覆冰等极端工况后，应立即开展专项检测，快速排查绝缘子损伤情况，及时消除故障隐患，保障电网快速恢复供电，落实国家能源保供要求。

6.2 无人机巡检作业要求

6.2.1 相对定位精度：塔头区域悬停误差应小于 $\pm 0.2\text{m}$ ，具备高精度定位能力，确保检测过程中对绝缘子串的精准覆盖，避免漏检、误检情况发生。

6.2.2 拍摄角度：应对绝缘子串进行多角度拍摄（正面、侧面及俯视），确保伞裙上下表面无遮挡、无检测盲区，全面捕捉绝缘子各类缺陷，提升检测全面性。

6.2.3 重合度：航测航线规划中，相邻照片重叠率应不低于 70%，保障图像拼接的完整性与连续性，为后续缺陷识别与状态分析提供完整数据支撑。

6.3 机载红外检测规程

检测执行依据应符合 T/CEC 897-2024 的规定。检测宜在无日照、无雨雪、风速小于 5m/s 的环境下开展，避免环境因素干扰检测结果。复合绝缘子芯棒发热温差（同一串不同伞裙之间或同塔不同相之间）超过 5K 时，应判定为内部缺陷，立即纳入隐患处理流程。

6.4 劣化诊断

6.4.1 超声波检测：针对瓷绝缘子，采用频率为 2.5MHz~5MHz 的探头进行检测，检测过程严格遵循标准化操作流程，当裂纹深度大于 0.5mm 或回波幅度超过满屏 80%时，判定为劣化绝缘子，确保劣化绝缘子精准识别。

6.4.2 分布电压测量：按 DL/T 487—2024 的规定执行，结合不同电压等级制定判定标准：单片绝缘子两端电压为零或低于 3kV（110kV 系统）、5kV（220kV 系统）时，判定为零值或低零值绝缘子，及时开展更换处理。

7 绝缘子状态性能评定

7.1 电气性能评定

7.1.1 绝缘电阻：采用 2500V 兆欧表，在干燥环境下进行测量，确保测量结果准确可靠：单片瓷或玻璃绝缘子绝缘电阻应不小于 500MΩ；复合绝缘子整体绝缘电阻应不小于 10000MΩ，保障绝缘子绝缘性能符合电网安全运行要求。

7.1.2 工频耐压：试验电压为额定电压的 1.2 倍，持续时间 1 分钟，试验过程中未出现击穿、闪络或明显发热现象的，判定为合格，确保绝缘子在额定工况下具备可靠的电气绝缘能力，防范绝缘失效事故。

7.2 污秽度评定

7.2.1 采样要求：现场等值盐密（ESDD）采样应在干燥季节结束后或雨季来临前开展，采样点位选取应具有代表性，覆盖不同污染区域，确保采样数据能够真实反映绝缘子污秽状况。

7.2.2 评定阈值：结合我国不同区域污染特点，制定分级评定阈值，精准匹配电网运维需求：I级（轻污区）： $ESDD \leq 0.03 \text{ mg/cm}^2$ 且 $NSDD \leq 0.3 \text{ mg/cm}^2$ ；II级（中污区）： $0.03 \text{ mg/cm}^2 < ESDD \leq 0.10 \text{ mg/cm}^2$ ；III级（重污区）： $0.10 \text{ mg/cm}^2 < ESDD \leq 0.25 \text{ mg/cm}^2$ ；IV级（特重污区）： $ESDD > 0.25 \text{ mg/cm}^2$ 。

7.2.3 处理要求：当 ESDD 超过该地区设计爬电比距对应的上限值时，应在 3 个月内安排清扫或喷涂防污闪涂料，及时化解污闪风险，保障电网在污染环境下的安全稳定运行。

7.3 机械性能评定

7.3.1 机械破坏负荷：抽检绝缘子时，施加额定机械负荷（SML）的 50%作为初始载荷，逐步增加至 75%并保持 90 秒，试验过程严格遵循标准化流程。若 90 秒内发生破坏或明显滑移，或破坏值低于额定值的 85%，则判定机械性能不合格，禁止投入运行或继续使用。

7.3.2 残余强度试验：对于运行超过 20 年的悬式绝缘子，考虑到设备老化对机械性能的影响，建议抽取 3 片进行残余强度试验，若平均残余强度低于原始强度的 80%，应进行批量更换，防范机械失效引发的线路事故，保障电网结构安全。

7.4 复合绝缘子老化评定

7.4.1 憎水性分级：憎水性分级按 GB/T 24622-2022 喷水分级法（HC 值）执行，结合复合绝缘子老化规律制定判定标准：HC 值在 HC1-HC4 级为良好；HC5-HC6 级为暂时性丧失，需加强监测；HC7 级为永久性丧失，应列入更换计划，及时消除老化隐患。

7.4.2 伞裙硬度变化：肖氏硬度（Shore A）相比出厂值下降超过 15 点或绝对值低于 55 时，判定

为严重老化，该绝缘子应立即退出运行，避免因伞裙破损导致绝缘性能下降。

8 智能化评定系统与数据管理

8.1 缺陷识别算法指标

8.1.1 识别准确率：针对绝缘子自爆（玻璃）、破损（瓷）、伞裙撕裂（复合）及均压环倾斜等典型缺陷，识别准确率应不低于 95%（置信度阈值 0.7），满足电网规模化、高精度检测需求，提升运维效率。

8.1.2 误报率：单次巡检 100 基杆塔范围内，误报数量应控制在 3 次以内，降低无效运维成本，确保检测结果的可靠性与实用性，支撑智能化运维决策。

8.2 数据接口与协议

8.2.1 接口要求：检测数据应具备与电力公司 PMS3.0（生产管理系统）或输电线路全景监控平台的标准化接口，实现数据互联互通，支撑电网运维数字化管理，契合国家电力数字化转型战略。

8.2.2 格式要求：数据交换格式应采用 JSON 或 XML 格式，图像编码符合 JPEG 或 H.264 标准，确保数据传输与存储的兼容性、规范性，为数据共享与分析提供支撑。

8.3 报告生成

8.3.1 报告内容：检测报告应全面、规范，包含杆塔坐标、绝缘子串编号、缺陷类型、缺陷位置图谱、人工智能识别置信度及处理建议，为运维人员提供清晰、准确的决策依据。

8.3.2 存储要求：报告格式应为 PDF 或专用数据包，电子版保存年限不少于 10 年，确保数据可追溯，满足电网运维档案管理要求，为后续设备状态分析、故障追溯提供支撑。

9 安全与维护

9.1 作业安全

9.1.1 无人机作业安全：无人机作业应严格遵守安全距离规定，保障人员与设备安全：与带电导线的安全距离，110kV 不小于 3m，220kV 不小于 4m，500kV 不小于 5m，作业过程严格执行安全操作规程，防范触电、设备坠落等安全事故。

9.1.2 机器人作业安全：机器人作业应配备防坠落保护绳，且具备电磁屏蔽功能，需通过工频磁场抗扰度试验（等级 4 级），确保在高压电磁环境下安全稳定运行，保障作业人员人身安全。

9.2 系统维护

9.2.1 终端校准：智能检测终端（如挂网监测传感器）每 6 个月应进行一次计量校准或比对验证，

确保检测数据的准确性与可靠性，保障检测结果符合标准要求。

9.2.2 数据备份：数据库服务器应每日进行增量备份，每周进行全量备份，建立完善的数据备份与恢复机制，防范数据丢失，保障检测数据的安全性与可追溯性，支撑电网运维长期稳定开展。

10 判定规则与处理措施

10.1 紧急缺陷

发现下列情况之一的，属于紧急缺陷，应在 24 小时内安排停电或带电作业处理，快速消除重大安全隐患，保障电网安全稳定运行：复合绝缘子芯棒外露或脆断；玻璃绝缘子自爆数量在同一串中超过 3 片；红外检测发现温差大于 10K 的热点；机械破坏负荷试验不合格。

10.2 重大缺陷

发现下列情况的，属于重大缺陷，应列入月度检修计划，限期完成消缺，防范缺陷升级为紧急隐患：零值或低零值绝缘子占比超过绝缘子串总数的 5%；ESDD 实测值超过设计值的 1.2 倍；HC 值达到 HC7 级。

10.3 一般缺陷

不影响短期安全运行的表面污秽、轻度破损，属于一般缺陷，可纳入次年年度检修计划进行消缺，实现隐患分级管控，提升运维效率，降低运维成本，契合国家电网精益化运维要求。
