

T/GXDSL

团 体 标 准

T/GXDSL —2026

智能配电箱多参量故障预测与电气火灾预警评价规范

Specification for Multi-Parameter Fault Prediction and Electrical Fire Early Warning
Evaluation of Intelligent Distribution Boxes

(工作组讨论稿)

(本草案完成时间：2026 - 6 - 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 智能配电箱 IDB	2
4.2 多参量故障预测	2
4.3 电气火灾预警	2
4.4 热解粒子	3
5 缩略语	3
6 技术要求	3
6.1 一般要求	3
6.2 多参量感知与监测要求	4
6.3 故障预测模型与算法要求	4
6.4 通信与数据安全要求	5
7 评价方法	5
7.1 试验环境条件	5
7.2 功能验证测试	5
7.3 环境适应性试验	6
8 预警有效性评价与分级	6
8.1 A级（高级预测）	6
8.2 B级（标准预测）	6
8.3 C级（基础预测）	7
9 检验规则	7
9.1 型式检验	7
9.2 出厂检验	7
10 标志、包装、运输和贮存	7
10.1 产品标志	7
10.2 随行技术文件	7
10.3 包装、运输与贮存	8

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。

智能配电箱多参量故障预测与电气火灾预警评价规范

1 引言

为贯彻《中华人民共和国标准化法》《中华人民共和国安全生产法》及《“十四五”国家消防工作规划》《新型电力系统发展蓝皮书》国家战略部署，针对低压配电系统线路老化、故障电弧、接触不良、过载等高频电气火灾隐性风险，结合新一代信息技术与配电行业融合应用现状，针对传统配电设备被动防护、预判滞后、智能化管控不足的短板，适配智能制造、新型城镇化、储能配套等领域高质量安全发展需求，制定本规范。立足国家安全生产现代化与配电设备智能化升级大局，明确智能配电箱多参量感知、故障预测、电气火灾预警的技术标准、试验方法与分级评价体系，填补行业细分标准空白，推动配电安全从被动处置向主动预判、精准防控转型，夯实配电系统安全运行基础，支撑新型电力系统高质量建设与电气火灾常态化防控工作。

2 范围

规定了智能配电箱实现多参量故障预测与电气火灾主动预警的术语定义、总体技术要求、感知监测性能指标、智能算法模型规范、通信与数据安全要求、试验验证方法、性能分级评价、检验规则及标志、包装、运输、贮存全套技术准则。适用于额定交流电压 400V 及以下、额定电流不超过 630A，应用于工矿企业生产场景、民用智慧建筑、分布式储能配套、市政公用设施等领域的智能配电箱。同时适用于集成剩余电流、运行温度、故障电弧、电压闪变、谐波畸变等多维度参量监测，搭载人工智能分析与边缘计算能力，具备电气故障预测、火灾风险分级预警功能的低压智能配电装置。是我国低压配电设备智能化安全防控领域的通用性技术规范，可为行业产品研发、生产制造、检验检测、工程选型、运维管控及标准落地应用提供统一技术依据。

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，其最新有效版本（包含所有修改单、增补文件）适用于本文件。

GB/T 7251.8-2020 低压成套开关设备和控制设备第8部分：智能型成套设备通用技术要求

GB 14287.1-2014 电气火灾监控系统第1部分：电气火灾监控设备

GB 14287.2-2026 电气火灾监控系统第2部分：剩余电流式电气火灾监控探测器

GB 14287.3-2022 电气火灾监控系统第3部分：测温式电气火灾监控探测器

GB 14287.5-2025 电气火灾监控系统第5部分：测量热解粒子式电气火灾监控探测器

GB/T 31143-2025 电弧故障检测和保护电器（AFDD）的一般要求

GB/T 14048.4-2020 低压开关设备和控制设备第4-1部分：接触器和电动机起动器

GB/T 17626.5-2019 电磁兼容试验和测量技术浪涌（冲击）抗扰度试验

GB/T 21431-2023 建筑物防雷装置检测技术规范

4 术语和定义

GB/T 7251.8-2020、GB 14287.1-2014 界定的术语和定义适用于本文件。除上述标准外，本文件新增术语和定义如下：

4.1 智能配电箱 IDB

集成高精度嵌入式感知传感器、边缘计算单元、智能通信模块，可实时采集配电系统电压、电流、剩余电流、触头温度、环境工况、电能质量等多维度运行参数，依托内置智能算法实现本地故障研判、风险预警、安全保护，同时支持远程数据交互、云端管控与全生命周期状态监测的新一代智能化低压配电终端设备，是智慧用电、智慧消防、新型配电网的核心终端载体。

4.2 多参量故障预测

基于低压配电设备全生命周期历史运行数据、实时动态工况数据，融合谐波畸变率、温升速率、剩余电流变化趋势、过电压冲击次数、电寿命损耗等核心特征参量，通过机理模型与人工智能算法耦合，对配电设备潜在故障类型、故障发生概率及剩余使用寿命（RUL）进行动态、量化、提前预判的智能化分析过程，是实现电气安全主动防御的核心技术支撑。

4.3 电气火灾预警

区别于传统超限报警模式，在剩余电流、设备温升、故障电弧等参数达到国家强制性标准报警阈值前，通过捕捉电气参数缓慢渐变、隐性劣化、趋势异常等前置特征，提前发出风险提示信号，并完成多

维度风险等级量化评估，实现电气火灾隐患早发现、早预警、早处置的主动安全防控机制。

4.4 热解粒子

电气线路、绝缘护套、配电设备绝缘材料在受热、老化、微过载、局部过热过程中发生热分解反应，产生的直径小于 $10\mu\text{m}$ 的固体、液体微小微粒。通过精准探测热解粒子浓度变化，可实现电气火灾萌芽阶段的超早期预警，解决传统监测方式无法识别隐性过热隐患的行业痛点。

5 缩略语

IDB: 智能配电箱 (Intelligent Distribution Box)

AFDD: 电弧故障检测与保护电器 (Arc Fault Detection Device)

RUL: 剩余使用寿命 (Remaining Useful Life)

LoRa: 远距离无线电 (Long Range Radio)

6 技术要求

本章技术要求立足国家电气安全防控、电力设备智能化、网络数据安全相关标准体系，兼顾设备可靠性、先进性、通用性、安全性，适配各行业智慧用电规模化应用需求。

6.1 一般要求

6.1.1 资质与基础性能: 智能配电箱 (IDB) 必须通过国家强制性产品认证 (CCC 认证)，设备基础电气性能、结构安全、绝缘性能、通用可靠性需全面符合 GB/T 7251.8-2020 第 8 章智能型成套设备通用技术要求，保障设备入网、工程应用的合规性与基础安全性。

6.1.2 数据采集精度要求: 为保障故障研判与风险预测的精准性，设备多参量采集精度需满足国家级智慧用电监测精度标准: 电压、电流测量精度不低于 $\pm 1.0\%$ ，有功功率测量精度不低于 $\pm 2.0\%$ ；剩余电流在 $20\text{mA}\sim 1000\text{mA}$ 全监测区间内，检测最大误差不超过 $\pm 5\%$ ，杜绝因采集精度不足导致的漏报、误报及预判失效问题。

6.1.3 边缘计算与数据存储要求: 设备必须具备独立边缘计算能力，支持本地实时数据运算、故障分析与风险判定，摆脱云端依赖，保障离线工况下的安全防控能力。故障预测数据动态刷新周期不大于 5 秒，实现隐患趋势实时追踪；预警日志、运行数据、故障记录本地存储时长不少于 90 天，满足安全生产溯源、消防核查、设备运维归档的国家级管理要求。

6.2 多参量感知与监测要求

构建“电流、温度、电弧、绝缘、热解粒子”五位一体的全维度感知体系，覆盖低压配电系统显性故障与隐性隐患，实现从单点监测到全域感知的升级。

6.2.1 剩余电流监测：设备标配高精度剩余电流互感器，监测范围覆盖 0mA~3000mA，适配民用、工业、储能等不同场景的漏电风险监测需求。报警设定值支持 30mA、50mA、100mA、200mA、300mA、500mA、1000mA 七档分级可调，不同阈值对应的保护动作时间严格契合 GB 14287.2-2026 国家标准要求，可精准匹配不同场景的安全防护等级要求。

6.2.2 温度监测：针对配电系统高温起火高频隐患点，在设备进线端、出线端、中性线（N 线）核心连接点位布设高精度测温单元。测温范围覆盖 -20°C~+150°C，测温精度达±1°C，适配高低温极端工况。设定双重预警机制：当设备温升超出环境温度 45K，或点位温度绝对值超过 90°C时，立即触发超限预报警，提前防控线路过热、绝缘老化、接头烧蚀等风险。

6.2.3 故障电弧检测：具备串联电弧、并联电弧、接地电弧全类型故障电弧识别能力，全面覆盖低压配电系统各类电弧起火隐患。设备检测性能、动作逻辑、试验规范严格符合 GB/T 31143-2025 第 9 章动作时间与截断水平要求。同时具备工况智能甄别能力，对正常开关操作、设备启停产生的非故障性电弧，误报警率不高于 0.5%，保障设备运行稳定性与预警精准度。

6.2.4 热解粒子监测：针对化工、储能、数据中心、高层建筑等高风险用电场景，高等级智能配电箱应标配热解粒子探测器，实现电气火灾超早期预警。探测器可精准响应 0.5μg/m³的微量粒子浓度变化，报警响应时间不大于 30 秒，技术指标全面符合 GB 14287.5-2025 国家标准，填补传统监测无法识别绝缘微老化、隐性过热的技术空白。

6.3 故障预测模型与算法要求

立足配电设备故障发生机理，构建“电寿命损耗、绝缘劣化、连接松动”三大核心智能预测模型，实现从“事后报警”到“事前预判、趋势预警、寿命评估”的智能化升级，契合国家设备全生命周期管理发展要求。

6.3.1 核心预测模型：设备内置耦合机理与大数据算法的复合型预测模型，具体包含：

a) 触头磨损预测模型：基于累计分断电流（ ΣI^2t ）精准计算开关触头电寿命损耗，动态评估设备触头老化程度与失效风险，预判设备更换周期；

b) 绝缘劣化预测模型：依托 72 小时剩余电流滑动平均变化趋势，结合电网浪涌过电压冲击次数，量化评估线缆、设备绝缘层老化劣化进度，提前预判漏电、短路起火风险；

c) 线缆连接松动预测模型：通过监测 3 次、5 次、7 次特征谐波变化率，精准识别接头接触阻抗异

常变化，解决线路松动、虚接发热等隐性隐患难以监测的行业难题。

6.3.2 风险分级评估标准：为适配安全生产分级管控、隐患排查治理双重预防机制国家要求，设备预测结果统一划分为四级风险等级：正常（I级）、注意（II级）、预警（III级）、报警（IV级）。其中预警（III级）为核心预判等级，对应设备预计剩余使用寿命低于30天或故障发生概率高于75%的高风险状态，需触发专项运维处置流程。

6.4 通信与数据安全要求

适配新型电力系统数字化、网络化、安全化发展要求，兼顾数据传输通用性与网络安全合规性。

6.4.1 通信接口与协议：设备至少配置以太网、4G/5G、RS-485一种上行通信接口，满足就地运维、远程管控、平台接入多场景需求。数据传输兼容 MODBUS-RTU、DL/T 645 通用电力规约，保障设备与国家智慧用电监管平台、电力运维系统、智慧消防平台的互联互通、数据兼容共享。

6.4.2 数据安全规范：严格落实国家网络数据安全、电力工控系统安全相关要求，设备上传至云端、监管平台的预警数据、运行数据需采用 TLS 加密传输，杜绝数据窃听、篡改、泄露风险。设备本地存储禁止留存明文账号密码，实现设备接入、数据传输、本地存储全链路安全防护。

7 评价方法

本章建立标准化、可复现、可溯源的试验评价体系，全面验证智能配电箱感知精度、预测能力、环境适应性、运行可靠性，保障产品性能符合行业高质量发展要求，为产品检测、认证、选型提供统一标准依据。

7.1 试验环境条件

除专项试验另有规定外，所有性能验证试验均在标准基准环境下开展：环境温度 15°C~35°C，相对湿度 45%~75%，试验海拔≤2000m，规避环境因素对试验结果的干扰，保障评价结果精准有效。

7.2 功能验证测试

7.2.1 数据采集精度测试：采用国家级标准源检测方法，分别输入设备额定电流 5%、20%、100%、120%梯度工况进行全区间精度测试，覆盖轻载、额定、过载典型运行场景，测试结果需完全符合 6.1.2 精度指标要求，保障全工况监测可靠性。

7.2.2 故障模拟测试：串联电弧故障模拟：采用符合 GB/T 31143-2025 附录 A 标准的专用电弧发生装置，在设备额定运行电流下完成 100 次重复性分合试验，设备需在 0.5 秒内快速识别故障电弧并输出有效报警信号，保障故障瞬时处置能力；剩余电流突变测试：通过电阻-电容并联标准模拟网络，向监

测互感器精准叠加 100mA 突变剩余电流，核验设备报警阈值精度、动作响应时间，确保漏电风险防控的及时性与准确性。

7.2.3 故障预测准确性评估：选取不少于 10 组不同老化程度的接触器、线缆接头试样开展加速老化对比试验，模拟设备全生命周期劣化过程。智能配电箱对各类电气故障的平均预测提前期不少于 72 小时，故障明确工况下漏报率不高于 2%，从核心指标保障主动预警的实用价值。

7.3 环境适应性试验

围绕我国复杂气候、电磁环境工况，开展适应性验证，保障设备全国全域场景可靠应用。

7.3.1 高温运行试验：将设备置于 $70^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ 高温环境下连续不间断运行 72 小时，模拟夏季高温机房、户外配电等严苛工况。试验期间设备无异常误报警、无死机重启，数据采样精度漂移不超过额定精度的 50%，保障高温工况运行稳定性。

7.3.2 电磁兼容性（EMC）试验：依据 GB/T 17626.5-2019 国家标准开展浪涌抗扰度试验，试验等级执行 4 级标准（线对地 4kV、线对线 2kV），适配工业厂区、电网扰动、雷电感应等复杂电磁环境。试验期间允许短暂通信中断，但设备不得出现硬件损坏、程序错乱、误动作、误报警等问题，保障电力系统电磁环境下的运行可靠性。

8 预警有效性评价与分级

为规范行业产品分级应用、适配不同场景安全防控等级需求，立足国家安全生产分级管控原则，依据设备预警技术架构、智能算法能力、预警精准度，将智能配电箱预警性能划分为 A 级（高级预测）、B 级（标准预测）、C 级（基础预测）三个等级，为工程选型、行业推广、监管核查提供分级依据。

8.1 A 级（高级预测）

适用于储能场站、数据中心、高层建筑、化工园区等国家级重点高风险用电场景。核心要求：搭载热解粒子、故障电弧双重火灾直接特征探测单元，实现超早期、全维度隐患感知；具备人工智能自适应自学习能力，可根据现场负载特性、运行工况动态优化预警阈值，适配差异化场景需求；设备整体预警真阳性准确率不低于 95%，是智慧用电最高等级防控设备。

8.2 B 级（标准预测）

适用于普通工业厂房、商业建筑、市政公用设施等通用场景。核心要求：集成剩余电流、设备温度、电能质量、电压状态基础监测体系；具备固定阈值超限报警+参数趋势智能预测双重功能，可有效识别常规隐性电气隐患；整体预警准确率不低于 85%，满足绝大多数民用、工业场景标准化安全防控需求。

8.3 C级（基础预测）

适用于普通低压民用配电简易防控场景。核心要求：具备基础参数超限报警、简单斜率趋势预判功能；全面满足国家CCC强制认证基础安全要求，保障基础电气安全防护，可根据场景需求选配网络通信功能，适配基础化、普惠性智慧用电改造需求。

9 检验规则

建立覆盖产品研发、量产、复产、抽检全流程的检验体系，严格把控行业产品质量，规范市场秩序，助力低压配电设备行业高质量升级。

9.1 型式检验

凡存在下列情况之一，必须开展全项目型式检验，检验合格后方可投产、上市、应用：新产品研发定型、老产品转厂生产的试制定型鉴定；产品正式量产后，结构设计、核心材料、生产工艺发生重大调整，可能影响设备安全性能、预警精度、可靠性的；产品长期停产恢复生产，批量投放市场前；国家市场监管、消防监管、电力行业主管部门提出型式检验要求的。

9.2 出厂检验

所有智能配电箱成品出厂前，必须逐台完成6.2节多参量感知监测功能、6.4节通信与数据安全功能的全项常规出厂测试，杜绝不合格产品流入市场。出厂检验报告需明确标注设备智能预测模型软件版本号，实现产品技术状态可溯源、可管控、可迭代。

10 标志、包装、运输和贮存

规范产品标识、随行文件、储运保管全流程要求，保障产品标准化、规范化交付，适配行业工程建设与规模化推广应用需求。

10.1 产品标志

设备铭牌需清晰标注核心技术参数与等级信息，包含：多参量预警性能等级、额定剩余电流动作值、通信协议类型、设备核心参数。同时需在箱体醒目位置张贴《电气火灾预警参数表》，明确各类预警阈值设定范围、风险等级说明，便于现场运维、监管核查与工况调试。

10.2 随行技术文件

产品交付时需配套提供完整随行技术文件，包含《多参量故障预测算法符合性声明》，明确设备智

能算法的训练数据集、模型机理、性能依据，确保设备智能化能力可验证、可追溯，契合高端智能装备行业标准化管理要求。

10.3 包装、运输与贮存

产品包装需具备防潮、防震、防尘、防锈性能，适配全国跨区域运输、仓储工况。运输过程中避免剧烈撞击、倒置、雨淋；贮存环境需干燥通风、无腐蚀性气体、温湿度适宜，保障设备出厂性能稳定，长期存放无性能衰减。
