

《智能断路器负荷识别与故障预警技术规范》团体标准

征求意见稿 编制说明

一、任务来源

在现代电力系统中，低压配电网扮演着至关重要的角色，它作为连接广大用户与主电网之间的“最后一公里”，成为了新型电力系统中“源网荷储”协同作用的关键节点。随着技术的不断进步和新能源的广泛应用，分布式光伏、电动汽车充电桩、以及变频家电等非线性负荷的大规模接入，使得用户侧的用电行为变得更加复杂多样，呈现出“多类型、高波动、强耦合”的新特征。

在此景下，传统的低压断路器，它们依赖于固定的阈值保护逻辑，往往难以准确区分正常冲击负荷（例如电机启动时产生的电流）与故障电流（如短路时产生的电流），这导致了频繁的误动作或漏动作，从而引发了非计划性的停电事件或电气火灾事故。与此同时，在“双碳”目标的推动下，用户侧的能效优化需求变得尤为迫切：工商业用户需要通过负荷识别来实现“设备级”的用电画像，尽管低压智能断路器已经具备了基础的感知功能，如物联网连接能力，但它们在针对低压场景的负荷识别精度、故障预警触发条件等方面仍缺乏专项规范，这导致市场上的产品功能参数混乱、可靠性不足，因此迫切需要制定相关的专项标准来推动技术的规范化发展。

目前，智能断路器负荷识别与故障预警相关的标准有T/CEEIA 509-2021《智能低压断路器》。

T/CEEIA 509-2021《智能低压断路器》是通用型标准，侧重智能断路器的基础功能定义（如物联网连接、网络安全）。仅提出“状态感知”的基础要求，未细化到具体故障类型的识别精度。仅要求“具备物联网云平台连接能力”，未明确云平台的具体协同功能。

本标准的优势在于其针对性和前瞻性。本标准将聚焦低压（ $\leq 1\text{kV}$ ）场景，针对传统低压断路器“误动-拒动”矛盾、“慢故障”预警缺失、能效管理不精准等痛点，规范负荷识别与故障预警的技术指标及验证方法。针对智能断路器负荷识别与故障预警技术规范的功能要求、性能要求、安全性要求等，急需立项《智能断路器负荷识别与故障预警技术规范》该标准，规范智能断路器负荷识别与故障预警技术的功能实现、性能指标及验证方法，解决当前技术应用中因标准缺失导致的功能不统一、可靠性不足等问题，推动技术从“概念验证”向“规模化应用”跨越，保障用户用电安全与电网运行效率。

先进性与创新性：

1. 自适应负荷识别技术体系：突破传统断路器“固定负载匹配”局限，实现高精度识别与动态学习双重能力。单一负载识别准确率 $\geq 98\%$ 、混合负载 $\geq 95\%$ ，可精准区分充电桩、空调等 7 类典型设备运行

状态；支持离线与云端协同学习，新电器接入 30 秒内生成临时标签，24 小时内稳定识别准确率达 95% 以上，解决用电设备类型迭代导致的识别失效问题，适配多样化用电场景。

2. 多维度故障预警与分级保护：构建 “电气 + 机械 + 通信 + 性能退化” 全类型故障预警体系，覆盖过载、短路、触头磨损等 12 类故障。创新采用分级阈值策略（如过载 85% 预警、100% 保护，漏电 15mA 预警、30mA 保护），平衡安全防护与供电连续性；同时实现故障参数、时间、类别全记录，断电后数据不丢失，为故障溯源与设备寿命分析提供完整数据链。

3. 实时协同与云边一体化架构：打破传统断路器 “本地孤立运行” 模式，实现端 - 边 - 云深度协同。数据传输延迟 $\leq 1s$ ，满足故障快速响应需求；支持 4G/5G、LoRa 等多协议通信，接入 IoT 云平台的同时，配置移动端 APP / 小程序，可远程监控、操作与故障查询；软件采用 C/S 与 B/S 双架构，兼顾本地高可靠性与远程便捷管理，适配配电系统数字化转型需求。

4. 全场景运维与能效管理集成：融合设备管理、电能质量监测、能效分析三大核心功能，超越传统断路器 “单一保护” 定位。可实现设备台账管理、缺陷跟踪、检修工单派发，支持电能质量（谐波、电压不平衡）实时监测与分析；通过负荷识别结果优化用电分配，助力用户降低能耗，形成 “保护 - 监测 - 管理 - 优化” 闭环，提升配电系统整体运营效率。

5. 高精度数据采集与智能算法支撑：采用 $\geq 1kHz$ 高频采样，精准捕捉谐波电流、瞬时功率等细微参数，为负荷识别与故障诊断提供高质量数据基础；创新融合人工智能算法与电力专业知识，可自动生成新设备特征模型，混合负载中新增设备时识别准确率下降不超过 5%，避免人工频繁调试，降低运维复杂度。

《智能断路器负荷识别与故障预警技术规范》团体标准的制定，具有以下几方面的意义：

1. 降低低压电气火灾风险

为了有效降低家庭和工商业领域的电气火灾风险，我们明确了一系列关键指标，包括0.1A级电流波动的捕捉能力和 $\pm 0.5^{\circ}C$ 的温升监测精度。通过规范 “小电流长时间过载” 和 “线路老化” 等潜在的 “慢故障” 预警逻辑，我们能够将电气火灾的风险降低超过60%。

2. 统一低压智能断路器技术门槛

细化了负荷类型区分的方法，有助于解决市场上功能参数混乱的问题，推动产品的一致性和标准化。

3. 支撑用户侧能效优化

通过负荷识别功能的标准化，这有助于工商业用户综合降低能耗8%-12%，同时帮助家庭用户实现能源使用的 “移峰填谷” 策略。

4. 推动低压智慧用电落地

规范与智能家居和能源管理平台的协同要求，从而构建了一个既安全又环保的用户侧能源体系。

5. 提升低压配电网供电可靠性

通过故障自恢复的验证，例如模拟线路老化测试，确保低压断路器能够提前数小时预警潜在的隐患。这有助于减少非计划停电时间，将单次故障修复时间从2小时压缩至30分钟，从而满足“源网荷储”协同的需求。

二、起草单位所作工作

1、起草单位

本标准由XXXX、XXXX、XXXX、XXXX、XXXX、XXXX、XXXX、XXXX、XXXX、XXXX、XXXX、XXXX、XXXX、XXXX单位等共同起草。

2、主要起草单位及其所作工作

本文件主要起草单位及工作职责见表1。

表1 主要起草单位及工作职责

起草单位	工作职责
XXXX、XXXX、XXXX	项目主编单位，负责标准制定的统筹规划与安排，标准内容和试验方案编制与确定，标准水平的把握及标准编制运行的组织协调。人员中包括了行业资深专业人员，行业管理人员。
XXXX、XXXX、XXXX、XXXX、XXXX、XXXX、XXXX、XXXX、XXXX、XXXX、XXXX、XXXX	实际生产单位、负责汇报实际生产数据、试验方法，参与标准编制。

三、标准的编制原则

标准起草小组在编制标准过程中，以国家、行业现有的标准为制订基础，结合我国目前的行业现状，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》的规定及相关要求编制。

四、标准编制过程

4.1 调研阶段

1. 技术现状调研：调研发现传统断路器存在三大技术短板：一是负荷识别能力弱，仅能识别简单阻性/感性负载，对充电桩、变频空调等复杂设备识别准确率不足 70%；二是故障预警单一，多聚焦短路、过载等电气故障，忽视机械磨损、通信中断等隐性故障；三是实时性差，数据传输延迟普遍超过 5s，故障响应滞后易导致事故扩大。同时，多数产品不支持云平台接入，难以适配智能配电系统需求。

2. 市场需求分析：走访工业企业、商业综合体、居民社区等用户，核心需求集中于四点：一是高精度负荷识别，需区分不同用电设备运行状态，支撑能效优化；二是提前故障预警，避免突发停电造成损失（如工业生产线停工、商业冷链失效）；三是远程运维，减少现场巡检成本（尤其偏远区域配电站点）；四是数据可追溯，满足合规审计与设备寿命管理需求，市场对具备“识别 - 预警 - 管理”一体化能力的产品需求迫切。

3. 相关标准研究：梳理 GB/T 30149（电网模型）、GB/T 31992（通用告警）、DL/T 645（通信协议）等现有标准，发现存在三大空白：一是缺乏负荷识别的技术指标（如准确率、学习时效）与试验方法；二

是故障预警类型覆盖不全，未明确机械、通信故障的判定标准；三是系统级协同要求缺失，如断路器与 IoT 平台、移动端的交互规范，需通过本标准补充完善。

4. 产业链调研：调研覆盖断路器制造商、算法服务商、IoT 平台企业、运维服务商，发现产业链协同存在壁垒：硬件厂商缺乏智能算法研发能力，算法服务商的模型难以适配不同品牌断路器硬件；IoT 平台与断路器通信协议不统一，数据无法互通；运维服务商缺乏标准化故障处理流程，导致故障排查效率低，需通过标准统一技术接口与协同机制。

5. 行业问题与挑战：调研指出行业面临三大挑战：一是安全风险，隐性故障（如触头老化）难发现，易引发火灾、设备烧毁等事故；二是运营成本高，人工巡检占运维成本 60% 以上，且故障排查耗时平均超过 4 小时；三是兼容性差，新旧断路器无法协同运行，用户升级智能配电系统需整体更换设备，投入成本高，标准需针对性提出解决方案。

4.2 立项阶段

2025年7月23日，中国技术市场协会正式批准《智能断路器负荷识别与故障预警技术规范》立项。

4.3 起草阶段

4.3.1 成立标准制定工作组，根据《智能断路器负荷识别与故障预警技术规范》编制需要，XXXX、XXXX、XXXX、XXXX、XXXX、XXXX、XXXX、XXXX、XXXX、XXXX、XXXX、XXXX、XXXX等机构相关专家成立标准制定工作组。

4.3.2 形成标准草案：根据工作计划及分工安排，在系统参考、学习已有标准及研究的基础上，标准制定工作组完成《智能断路器负荷识别与故障预警技术规范》各部分内容，并于2025年7月28日汇总形成标准草案。

4.3.3 2025年9月4日，通过腾讯会议线上召开了《智能断路器负荷识别与故障预警技术规范》团体标准讨论会，与会代表30余人参加会议。会上，标准编制组就该标准立项背景和标准框架分别进行了介绍。与会专家和代表就标准名称、框架结构、定义、范围、技术指标等内容进行了深入讨论。明确了该标准编制工作方向，并提出了一系列标准内容的完善措施和修改意见、建议。在讨论会结束后标准编制工作组根据与会专家及参会代表的意见和建议，对标准稿进行了修改完善，形成了标准征求意见稿和编制说明。

4.4 征求意见阶段

2025年10月30日，本标准由中国技术市场协会在全国团体标准信息平台面向社会进行公开征求意见，同时由编制工作组向相关单位进行定向征求意见，具体见《征求意见汇总表》。

五、标准主要内容

根据生产企业XXXX、XXXX、XXXX、XXXX、XXXX、XXXX、XXXX、XXXX、XXXX、XXXX、XXXX、XXXX、XXXX、XXXX等单位的产品数据得到以下主要技术内容：

1. 负荷识别准确率（单一 $\geq 98\%$ ，混合 $\geq 95\%$ ）：该指标是负荷管理与能效优化的核心基础。单一负载 $\geq 98\%$ 的准确率确保可精准区分充电桩（充电 / 待机）、空调（运行 / 高频）等设备状态，避免误判导致的用电管控偏差；混合负载 $\geq 95\%$ 的准确率则适配实际配电场景中多设备同时运行的情况，为用户提供细分设备能耗数据（如工业车间各生产线用电占比），支撑能效分析与成本分摊，远超传统断路器（准确率 $\leq 70\%$ ）的识别能力。

2. 数据传输延迟（ $\leq 1s$ ）：针对故障预警与实时控制需求， $\leq 1s$ 的传输延迟可确保故障信息（如短路电流、漏电）快速上传至管理平台，同时平台指令（如远程分闸）及时下达，避免因数据滞后导致的故障扩大（如短路持续时间过长烧毁设备）。在工业场景中，毫秒级响应差异可能导致生产线停工损失，该指标为配电系统安全稳定运行提供时间保障。

3. 采样频率（ $\geq 1kHz$ ）：高频采样是捕捉细微电气参数的关键， $\geq 1kHz$ 可精准采集谐波电流、瞬时功率波动、启动电流峰值等参数。例如，电磁炉加热时功率波动频繁，低频采样易遗漏关键特征导致识别错误；短路故障时电流瞬时突增，高频采样可完整记录故障波形，为故障溯源（如判断短路类型）提供数据支撑，是负荷识别与故障诊断准确性的前提。

4. 故障预警分级阈值（如过载 85% 预警、100% 保护）：该指标体现“预警优先、分级保护”的设计理念。以过载故障为例，85% 额定电流预警可提醒用户提前调整用电负荷（如关闭非必要设备），避免触发保护导致停电；100% 额定电流保护则在负荷超限时强制切断电路，防止设备过热损坏。这种分级策略平衡了供电连续性与设备安全性，尤其适用于医院、数据中心等对停电敏感的场景。

5. 新电器识别时效（30s 初步标签，24h 准确率 $\geq 95\%$ ）：该指标解决用电设备迭代导致的识别失效问题。新电器接入 30s 内生成临时标签（如“未知变频设备”），可快速纳入监控范围，避免因识别空白导致的保护缺失；24h 内准确率提升至 95% 以上，通过自动学习（采集稳定运行参数）或用户辅助（APP 录入铭牌）优化模型，无需人工现场调试，降低运维成本，适配家庭、商业等设备更新频繁的场景。

六、主要试验（验证）的分析，技术经济论证，预期的经济效果

6.1、主要试验（验证）分析

本项目试验验证围绕“功能有效性、性能稳定性、场景适配性”三大核心展开，构建全维度验证体系。在负荷识别验证方面，模拟单一设备（如充电桩、空调）与混合设备（多类型设备同时运行）场景，测试不同负载下的识别准确率及时效，验证新电器学习功能的稳定性，确保复杂用电场景下识别精度达标；在故障预警验证方面，通过模拟短路、漏电、触头磨损、通信中断等 12 类故障，测试预警阈值触发准确性、响应时间及保护动作有效性，确保故障发生时可快速告警并切断风险；在通信与数据验证方面，测试不同网络环境（4G/5G、弱网）下的数据传输延迟、丢包率，以及断电后数据存储完整性，验证云边协同

与远程管理功能；在软件功能验证方面，测试 C/S、B/S 架构及移动端 APP 的可视化、远程控制、工单管理功能，确保运维操作便捷性。全场景试验覆盖实际应用中的关键风险点，确保标准要求可落地、可复现，为产品量产与应用提供可靠依据。

6.2、技术经济论证

技术层面，本标准通过统一负荷识别、故障预警、通信交互的技术规范，打破行业“技术碎片化”壁垒：一是明确核心性能指标（如识别准确率、传输延迟），避免企业盲目研发导致的技术偏差；二是统一接口与协议（如 IoT 平台接入规范、通信协议），实现不同品牌断路器、软件平台的互联互通，减少“定制化开发”成本；三是构建全类型故障预警体系，填补机械、通信故障预警的技术空白，提升配电系统安全防护能力。经济层面，标准落地可带来三重成本优化：一是降低研发成本，企业无需单独制定技术方案，可基于标准快速研发产品，研发周期缩短 30% 以上；二是降低运维成本，远程监控与故障预警减少现场巡检频次，运维人员效率提升 50%；三是降低升级成本，新旧设备基于统一标准协同运行，用户无需整体更换，升级成本降低 40% 以上。技术与经济的双重协同，为行业规模化应用奠定基础。

6.3、预期的经济效果

从行业视角看，标准将推动智能断路器产业从“单一硬件”向“硬件 + 软件 + 服务”转型，带动上游算法研发、中游设备制造、下游运维服务全产业链增长，形成新的经济增长点；同时促进配电系统数字化升级，为智能电网、新能源接入（如分布式光伏）提供支撑，助力电力行业降本增效。从企业视角看，工业用户可通过负荷识别优化用电分配，能耗降低 5%-10%；商业用户可减少故障停电导致的营收损失（如商场停电每小时损失数十万元）；居民社区可降低运维成本，物业巡检人力投入减少 60%。从宏观视角看，标准落地可提升配电系统可靠性，减少电气火灾、设备烧毁等安全事故，降低社会经济损失；同时通过能效管理助力“双碳”目标，减少能源浪费，推动绿色低碳发展。长期来看，标准将为新型电力系统建设提供基础支撑，提升我国配电领域的技术竞争力与行业规范化水平。

七、标准水平分析

7.1 采用国际标准和国外先进标准的程度

经查，暂无相同类型的国际标准与国外标准，故没有相应的国际标准、国外标准可采用。

7.2 与国际标准及国外标准水平对比

本标准达到国内先进水平。

7.3 与现有标准及制定中的标准协调配套情况

本标准的制定与现有的标准及制定中的标准协调配套，无重复交叉现象。

7.4 设计国内外专利及处置情况

经查，本标准没有涉及国内外专利。

八、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准及相关标准协调配套情况

本标准的制定过程、技术要求的选定、试验方法的确定、检验项目设置等符合现行法律、法规和强制性国家标准的规定。

九、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

十、标准作为强制性或推荐性标准的建议

建议该标准作为推荐性团体标准。

十一、贯彻标准的要求和措施建议，包括（组织措施、技术措施、过渡办法）

由于本标准首次制定，没有特殊要求。

十二、废止现有有关标准的建议

无。

团体标准起草组

2025 年 10 月