

ICS

T/GXDSL

团 体 标 准

T/GXDSL —2026

电缆分支箱边缘计算智能单元技术要求

Technical Requirements for Edge Computing Intelligent Unit of Cable Branch Box

(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	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 边缘计算智能单元	2
4.2 边缘计算	2
4.3 即插即用	3
4.4 数据采集频率	3
5 缩略语	3
6 总体要求	3
6.1 可靠性与寿命要求	3
6.2 模块化与可扩展要求	4
6.3 智能化适配要求	4
6.4 时钟同步要求	4
6.5 电磁兼容要求	4
7 功能要求	4
7.1 数据采集功能	4
7.2 边缘计算功能	5
7.3 通信功能	6
8 性能要求	6
8.1 电气性能	6
8.2 环境适应性	7
8.3 电磁兼容性	7
8.4 可靠性	7
9 通信与网络安全	8
9.1 数据传输安全	8
9.2 设备访问安全	8
9.3 安全审计追溯	8
9.4 固件升级安全	8
10 试验方法	8
10.1 基本功能试验	8
10.2 环境适应性试验	9
10.3 电磁兼容试验	9
10.4 通信规约一致性试验	9
10.5 可靠性试验	9

11 检验规则	9
11.1 检验分类	9
11.2 型式检验适用场景	9
11.3 型式检验判定规则	10
11.4 出厂检验要求	10
12 标志、包装、运输和贮存	10
12.1 设备标志	10
12.2 包装要求	10
12.3 运输要求	10
12.4 贮存要求	10

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。

电缆分支箱边缘计算智能单元技术要求

1 引言

为落实我国新型电力系统建设、能源数字化转型及电网高质量发展战略，智能配电网作为新型电力系统末端核心基础设施，直接关乎电网供电韧性、能源利用效率与安全保障能力。电缆分支箱是中低压配电网广泛应用的关键节点设备，传统设备普遍存在感知能力薄弱、数据采集零散、故障响应滞后、运维模式粗放等问题，无法适配配电网自愈控制、全域数字化管控及“源网荷储”协同互动的发展需求。边缘计算技术可实现算力下沉、数据就地处理与快速决策，有效破解云端集中架构的时延与带宽瓶颈，是补齐配网末端智能化短板、构建自愈自治智能配电网的核心技术路径。为统一电缆分支箱边缘计算智能单元的设计、制造、试验及运维标准，规范配网末端智能设备技术体系，提升中低压配电网安全运行与精益化管理水平，助力电力行业绿色低碳高质量发展，特制定本规范。

2 范围

规定了电缆分支箱边缘计算智能单元（以下简称“智能单元”）的术语定义、缩略语、总体技术要求、核心功能要求、性能指标要求、通信与网络安全规范、试验测试方法、检验判定规则，以及设备标志、包装、运输和贮存全流程技术要求。适用于额定电压交流 10 kV 及以下国家电网、地方配电网、工业园区、新能源配套配网等场景所用电缆分支箱边缘计算智能单元的研发设计、工业化制造、型式试验、工程验收、现场运维及迭代升级，可作为行业设计规范、检测依据及工程应用标准。

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、增补公告）均适用于本文件。

GB/T 191—2008 包装储运图示标志

- GB/T 2423.1—2008 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—2008 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 2423.3—2016 环境试验第2部分：试验方法试验Cab：恒定湿热试验
- GB/T 2423.10—2019 环境试验第2部分：试验方法试验Fc：振动（正弦）
- GB/T 4208—2017 外壳防护等级（IP代码）
- GB/T 13384—2008 机电产品包装通用技术条件
- GB/T 17626.2—2018 电磁兼容试验和测量技术静电放电抗扰度试验
- GB/T 17626.3—2016 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—2018 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—2019 电磁兼容试验和测量技术浪涌（冲击）抗扰度试验
- GB/T 17626.6—2017 电磁兼容试验和测量技术射频场感应的传导骚扰抗扰度
- GB/T 22239—2019 信息安全技术网络安全等级保护基本要求
- GB/T 25069—2022 信息安全技术术语
- DL/T 645—2021 多功能电能表通信协议
- DL/T 860.91—2016 电力自动化通信网络和系统第9-1部分：特定通信服务映射单向多路点对点串行通信链路上的采样值
- DL/T 634.5101—2009 远动设备及系统第5-101部分：传输协议
- DL/T 634.5104—2009 远动设备及系统第5-104部分：传输协议

4 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件，契合新型电力系统、电力物联网、边缘计算电力行业通用定义。

4.1 边缘计算智能单元

部署于10kV及以下配电网电缆分支箱设备侧，集成全域数据采集、边缘实时计算、智能故障研判、就地安全控制、多协议通信传输、网络安全防护于一体的电力边缘智能终端。可独立完成配网末端设备状态监测、数据预处理、异常辨识、就地决策执行，并实现与电网主站、平台系统的双向交互，是构建配电网边缘感知与自治体系的核心设备。

4.2 边缘计算

适配电力配网场景的分布式计算架构，依托数据源头就近部署算力资源，融合网络、计算、存储、

应用四大核心能力，就地完成电力数据采集、清洗、分析、决策与控制，规避云端传输时延、带宽瓶颈，满足配电网实时控制、高可靠运行、低延迟响应的国家级电力系统运行要求。

4.3 即插即用

智能单元接入配网物联网系统后，无需人工繁琐配置，可被电网主站平台自动识别设备身份、自动匹配通信规约、自动下发参数模型、自动接入管控体系的智能化适配能力，支撑配网设备快速组网、批量部署和轻量化运维。

4.4 数据采集频率

智能单元对配网电气量、设备状态量、环境参量、局放参量等各类监测信号的周期性采样频次，标准计量单位为次每秒（Hz）或次每分（r/min），是保障配网状态精准感知、故障快速研判的基础指标。

5 缩略语

下列缩略语适用于本文件：

AI：人工智能（Artificial Intelligence）

CPU：中央处理器（Central Processing Unit）

IEC：国际电工委员会（International Electrotechnical Commission）

IP：外壳防护等级（Ingress Protection）

Modbus：Modbus 通信协议（Modicon Communication Protocol）

MQTT：消息队列遥测传输协议（Message Queuing Telemetry Transport）

SoC：系统级芯片（System on Chip）

SNTP：简单网络时间协议（Simple Network Time Protocol）

MTBF：平均无故障工作时间（Mean Time Between Failures）

6 总体要求

智能单元整体设计需契合新型电力系统数字化、智能化、安全化、低碳化发展要求，遵循高可靠、长寿命、易拓展、强适配、高安全、免维护的设计原则，满足全国各区域复杂电网工况与户外恶劣环境运行需求。

6.1 可靠性与寿命要求

智能单元需适配城乡配电网、工业园区、新能源并网配套、偏远地区电网等全场景安装运行环境，具备极强的抗恶劣环境、抗电磁干扰、抗电网波动能力，设备标准化设计使用寿命不低于 8 年，全生命周期内可稳定支撑配网末端智能化管控工作。

6.2 模块化与可拓展要求

智能单元采用标准化、通用化、模块化架构设计，软硬件分层解耦，具备良好的功能拓展与迭代升级能力。核心计算处理单元独立于数据采集、通信、控制单元，支持无需整机更换的前提下，完成边缘算法迭代、AI 模型升级、功能模块拓展，适配电网技术迭代与新型业务拓展需求，降低设备改造成本与电网升级压力。

6.3 智能化适配要求

智能单元全面支持电力设备即插即用标准化功能，设备首次入网、更换迭代、故障复装后，电网主站平台需在 2 分钟内自动完成设备身份识别、安全校验、参数下发、信息模型导入、组网适配，实现无人干预快速入网，适配配电网规模化智能化改造部署需求。

6.4 时钟同步要求

智能单元具备高精度本地时钟同步能力，支持 SNTP 标准网络对时协议，与电网主站系统对时误差不大于 ± 1 秒/天，保障全域配网数据时序一致性，满足电网故障溯源、数据统计分析、协同控制的时序标准化要求。

6.5 电磁兼容要求

智能单元严格符合 GB/T 17626 系列国家标准，在 3 级严酷等级电磁干扰工况下不误动作、无功能异常、无硬件损坏，可适配电网复杂电磁环境，保障设备长期稳定可靠运行。

7 功能要求

智能单元功能设计对标国家配电网数字化转型、电力物联网建设标准，覆盖全域感知、边缘计算、智能研判、就地控制、安全通信、远程运维六大核心能力，实现配网末端“可观、可测、可控、可自愈”。

7.1 数据采集功能

具备多维度、高精度、全时段数据采集能力，覆盖电气运行参数、设备状态参数、箱体环境参数、绝缘状态参数，为边缘智能分析与电网精益化管控提供完整数据支撑。

7.1.1 电气量采集：智能单元可实时、连续采集三相电压、三相电流、有功功率、无功功率、功率因数、电网频率、累计电能等核心电气运行数据，全面覆盖配网末端运行工况监测需求。电压测量量程

0~480 V AC，电流可通过外接高精度互感器拓展至 0~600 A，支持不低于 21 次谐波精准分析，可精准识别电网谐波畸变、三相不平衡等电能质量问题，支撑配网电能质量治理工作。

7.1.2 状态量采集：配置不少于 8 路隔离型开关量输入接口，采用无源干接点采集方式，接口隔离电压不低于 1500 V，具备强抗干扰能力。可精准采集断路器分合位置、隔离开关状态、接地刀闸状态、箱体温控状态、门禁开合状态等设备及安防信号，实现分支箱一次设备、辅助设备运行状态全域感知。

7.1.3 环境量采集：支持内置、外接传感器适配接入，全方位监测电缆分支箱运行环境关键参数，保障设备运行环境安全：

a) 温度：测量范围-40 °C~+125 °C，测量精度±0.5 °C，适配极端高低温工况监测；

b) 湿度：测量范围 0 %RH~100 %RH，测量精度±3 %RH，精准监测箱体凝露风险；

c) 水位/水浸：同时配置开关量、模拟量双输出接口，可实时监测箱体积水、进水隐患，提前预警水浸故障；

d) 局部放电：采用特高频检测方式，检测频率范围 300 MHz~1500 MHz，精准识别电缆接头、箱体内部绝缘缺陷与局部放电隐患，防范绝缘击穿、短路跳闸等重大故障。

7.2 边缘计算功能

依托边缘算力实现数据就地处理、故障就地研判、控制就地执行，摆脱对云端平台的过度依赖，提升配网末端响应速度与自愈能力，契合新型电力系统实时控制要求。

7.2.1 数据处理与存储：内置标准化数据预处理算法，支持实时数据清洗、异常值剔除、数据降噪、特征参数提取、时序数据整合等边缘预处理功能，有效过滤无效数据、干扰数据，提升电网监测数据精准度。设备本地存储容量不低于 32 GB，可连续保存不少于 30 天的全量原始监测数据、分析结果及故障记录，设备断电后核心数据保存时长不低于 10 年，保障电网故障溯源、数据分析、运维复盘的数据完整性。

7.2.2 本地故障诊断：内置适配中低压配网的专用故障诊断算法，可实现常态化自主巡检与智能研判，覆盖配网末端高频故障类型，包括但不限于：三相不平衡度超限（阈值 15%）、电缆接头异常温升（温升速率>5 °C/min）、开关设备异常变位、电网谐波总畸变率超限（>5%）等故障隐患。设备自诊断周期不大于 1 分钟，故障诊断准确率不低于 95%，可提前预警设备隐患、精准定位故障点位，大幅降低配网故障跳闸率与停电时长。

7.2.3 本地控制与保护：具备基于边缘自主研判的就地智能控制与安全保护能力，可根据实时工况与故障逻辑自主输出控制指令，无需云端指令下发。异常工况触发至控制指令输出响应时间不大于 100 ms（不含执行机构动作时间），满足配网快速故障隔离、风险管控需求。控制输出环节设置软件防误

动逻辑与硬件闭锁双重安全机制，彻底杜绝误操作、误动作，保障电网运行安全。

7.2.4 边缘 AI 推理（可选拓展）：具备 AI 算力拓展冗余，高端型号可轻量化搭载电力专用 AI 推理模型，基于长期历史运行数据、环境数据、故障数据，实现设备运行趋势预测、隐患提前预判、设备寿命评估、电能质量趋势分析等智能化增值功能，支撑配电网从“被动运维”向“主动预判、预知运维”转型升级。

7.3 通信功能

采用多链路、多规约、分层化通信架构，兼顾上行主站交互、下行设备接入、本地运维调试，满足电力物联网标准化通信要求，保障数据传输稳定、高效、兼容。

7.3.1 上行通信：配置至少 2 路独立冗余上行通信接口，标配 10/100 Base-T 自适应以太网接口，可选配 4G/5G 全网通无线通信模块，实现有线、无线双链路冗余备份，提升通信可靠性。上行通信全面支持 DL/T 634.5104-2009、MQTT、HTTPS 等电力标准规约，满足电网主站数据召测、远程参数配置、在线管控、数据上传等核心业务需求。

7.3.2 下行通信：配置不少于 4 路带屏蔽隔离的 RS-485 串行通信接口，通信速率支持 1200 bps~115200 bps 无级配置，兼容 Modbus-RTU、DL/T 645-2021 等主流电力规约，可批量接入各类智能传感器、监测终端、辅助智能设备，实现分支箱全域设备互联互通。

7.3.3 本地维护接口：集成蓝牙/Wi-Fi 就地无线维护接口与 USB Type-C 标准化调试接口，支持手持终端就地接入，实现现场参数配置、固件迭代升级、故障日志读取、设备调试校准等运维工作，大幅提升现场运维效率。

8 性能要求

设备整体性能指标对标国家电力行业最高标准，兼顾安全性、稳定性、适应性、耐用性，满足全国全域、全气候、全工况配网运行需求。

8.1 电气性能

8.1.1 工作电源：智能单元采用交直流双电源冗余供电模式，适配电网多样化供电场景，供电稳定性强、抗波动能力突出：

- a) 交流供电：额定 220 V AC，电压允许偏差-20%~+15%，适配电网常态电压波动；
- b) 直流供电：额定 110 V/220 V DC，电压允许偏差-20%~+15%，适配直流后备供电场景；
- c) 整机功耗：待机功耗≤10 W，最大满载工况功耗≤25 W，契合国家电力节能降耗、绿色低碳发展

要求；

d) 失电缓存：额定负载工况下，设备失电后可持续稳定工作不少于 100 ms，确保故障关键数据完整上传，避免故障信息丢失。

8.2 环境适应性

设备通过全维度环境耐受测试，可适配我国南北极端气候、户外露天、箱体密闭等各类复杂运行环境。

8.2.1 气候环境：正常工作温度： $-25\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，覆盖严寒、高温酷暑地区运行工况；贮存温度： $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+85\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，满足设备运输、仓储、闲置存放环境要求；相对湿度：5%~95%无凝露环境下可长期稳定运行，适配高湿、多雨、沿海地区工况。

8.2.2 机械环境：设备可耐受频率 2 Hz~9 Hz、振幅 0.3 mm，频率 9 Hz~500 Hz、加速度 1 m/s^2 的正弦振动试验，试验后设备结构完好、功能无异常、参数无漂移，满足运输颠簸、现场运行振动工况要求。

8.2.3 防护等级：设备基础外壳防护等级不低于 IP40，满足室内、常规箱体安装要求；户外开放式、沿海高盐雾、高腐蚀场景安装设备，防护等级不低于 IP54，且需增设防霉、防盐雾、防腐蚀专用涂层，适配恶劣户外环境，延长设备使用寿命。

8.3 电磁兼容性

智能单元电磁兼容性能全面符合 GB/T 17626 系列国家标准，可在复杂电力电磁环境下稳定运行，具体试验项目、试验等级及性能判据要求如下：

8.3.1 静电放电抗扰度：接触放电 $\pm 6\text{ kV}$ ，空气放电 $\pm 8\text{ kV}$ ，性能判据 A；

8.3.2 射频电磁场辐射抗扰度： 10 V/m （80 MHz~2.7 GHz），性能判据 A；

8.3.3 电快速瞬变脉冲群抗扰度： $\pm 2\text{ kV}$ （电源、I/O），性能判据 A；

8.3.4 浪涌抗扰度：线-线 $\pm 1\text{ kV}$ ，线-地 $\pm 2\text{ kV}$ ，性能判据 B；

8.3.5 射频场感应的传导骚扰抗扰度： 10 V （0.15 MHz~80 MHz），性能判据 A；

8.3.6 工频磁场抗扰度： 30 A/m ，性能判据 A。

注：性能判据 A——试验全过程设备性能正常、无偏差、无异常；性能判据 B——试验中功能可暂时降低或丧失，试验结束后可自动恢复正常，无硬件损伤、无参数丢失。

8.4 可靠性

智能单元整机平均无故障工作时间（MTBF）不低于 50000 小时，满足电力设备长周期、高可靠、免维护的运行要求，适配电网规模化部署的可靠性标准。

9 通信与网络安全

严格落实国家网络安全等级保护、电力行业工控安全、关键信息基础设施安全保护要求，构建传输加密、访问管控、安全审计、固件防护、风险溯源的全维度安全防护体系，杜绝网络攻击、数据泄露、非法操控等安全风险，保障配网末端设备安全、数据安全、电网运行安全。

9.1 数据传输安全

智能单元上行通信数据全部采用加密传输机制，优先采用国密 SM2/SM4 加密算法，兼容 TLS 1.2 及以上国际安全传输协议，实现电力运行数据、控制数据、设备信息的全程加密传输，防范数据窃听、篡改、伪造风险，契合国家密码应用与信息安全国产化要求。

9.2 设备访问安全

建立多层次访问控制体系，支持 IP 地址、MAC 地址双重白名单过滤，集成账户密码认证、数字证书认证双因子安全认证机制，杜绝非法设备、非法用户接入。设备出厂默认密码强制首次上电修改，从源头防范弱口令、默认口令带来的安全隐患。

9.3 安全审计追溯

内置全量安全审计功能，自动记录用户登录、参数修改、远程操控、固件升级、异常告警等所有关键操作日志，日志具备防篡改、可溯源特性，本地存储周期不少于 6 个月，满足电力安全审计、合规监管、故障追溯的国家级规范要求。

9.4 固件升级安全

设备固件升级采用专属签名校验机制，仅允许授权合规固件刷入设备，彻底杜绝非法固件、恶意程序植入。升级过程支持断点续传、异常回滚功能，避免升级中断、固件损坏导致的设备失效、电网异常，保障设备迭代升级全过程安全可控。

10 试验方法

所有试验项目严格对标国家标准、电力行业标准，采用规范化、标准化试验流程，全面验证设备功能、性能、安全、可靠性，确保设备符合电网规模化应用要求。

10.1 基本功能试验

依据本文件第 7 章全部功能要求，采用标准模拟信号源、实体传感器接入方式，逐项开展数据采集、

边缘计算、故障诊断、就地控制、通信交互、即插即用等功能测试，验证设备各项功能的准确性、完整性、稳定性，所有功能需 100%达标。

10.2 环境适应性试验

严格按照 GB/T 2423.1—2008、GB/T 2423.2—2008、GB/T 2423.3—2016 国家标准，依次开展低温、高温、恒定湿热环境试验，单项目试验持续时长不少于 48 小时，试验后设备外观完好、功能正常、性能无衰减，验证设备全气候环境适配能力。

10.3 电磁兼容试验

按照 GB/T 17626 系列标准规定的试验方法、试验严酷等级、试验场景，完成全项目电磁兼容抗扰度试验，试验结果需满足本文件 8.3 条性能判据要求，保障设备复杂电磁环境适配能力。

10.4 通信规约一致性试验

采用专业电力规约分析仪，对设备上行、下行全部通信规约开展一致性、兼容性、稳定性测试，连续测试时长不少于 72 小时，确保设备与电网主站、终端设备规约适配、数据交互无误、通信稳定不中断。

10.5 可靠性试验

采用行业权威定时截尾试验方案，设备总试验时长不低于 2000 小时，置信度水平 0.9，试验周期内允许故障数不超过 3 次，验证设备长期运行可靠性与稳定性。

11 检验规则

设备检验分为型式检验、出厂检验两类，检验流程、判定标准严格规范化，从研发定型、生产出厂全流程把控设备质量，保障行业设备质量统一、性能合规。

11.1 检验分类

智能单元检验分为型式检验和出厂检验，型式检验为定型全项检验，出厂检验为逐台投产检验，两类检验结果均作为设备合格判定、入网应用的核心依据。

11.2 型式检验适用场景

出现下列情形之一时，必须开展全套型式检验：新产品首次定型、鉴定、入网推广前；设备结构、核心材料、生产工艺发生重大变更，可能影响设备性能与安全时；设备常态化生产周期内，每 3 年开展一次例行型式检验；设备停产 1 年及以上恢复批量生产时；国家质量监管机构、电力行业主管部门提出检验要求时。

11.3 型式检验判定规则

型式检验覆盖本文件第7章至第9章全部功能、性能、安全技术要求，实行全项合格判定，任一项目不合格即判定本次型式检验整体不合格，设备不得定型、不得入网应用。

11.4 出厂检验要求

所有出厂设备必须逐台开展出厂检验，核心检验项目包含：外观结构检查、绝缘电阻测试、介电强度测试、全项基本功能测试、多规约通信测试，所有项目合格后方可出厂交付，杜绝不合格产品流入工程现场。

12 标志、包装、运输和贮存

全流程规范化管控设备标识、包装、运输、贮存标准，保障设备出厂、运输、仓储全过程无损伤、信息可追溯，满足电力设备标准化管理要求。

12.1 设备标志

智能单元外壳需设置清晰、耐磨、防腐蚀、长久留存的标准化铭牌标识，至少包含产品名称、规格型号、额定电气参数、制造单位、出厂编号、制造日期、执行标准编号，实现设备全生命周期溯源管理。

12.2 包装要求

设备包装严格符合 GB/T 13384—2008 国家标准，采用防震、防潮、防锈、抗压专用包装，每台设备配套附带产品合格证、官方使用说明书、保修凭证、装箱清单及相关技术资料，包装标识清晰规范，符合储运图示标志要求。

12.3 运输要求

设备运输过程中需严格规避剧烈振动、强力碰撞、雨雪浸淋、暴晒高温，严禁与腐蚀性、易燃易爆物质混装混运，全程保障设备结构、电路、性能不受损伤。

12.4 贮存要求

设备需贮存于温度-10℃~+40℃、相对湿度≤80%、无腐蚀性气体、无粉尘污染、通风干燥的专用库房内。设备贮存周期超过6个月的，投入工程应用前必须开展通电老化测试与全功能校验，测试合格后方可入网使用。