

T/CIEP

中国工业环保促进会团体标准

T/CIEP XXXXX—XXXX

智能配电网终端设备技术要求

Technical Requirements for Smart Distribution Network Terminal Equipment

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国工业环保促进会 发布

目 次

目 次.....	I
前 言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 使用环境条件.....	2
5 总体架构与基础技术要求.....	2
6 功能及技术要求.....	3
7 可靠性与安全性.....	6
8 试验检测.....	7
9 运行维护.....	8

前 言

本文件按照GB/T1.1—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。

本文件由中国工业环保促进会提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

编制说明：

随着新型电力系统建设的加速，配电网正面临高比例分布式能源接入、负荷多元化及高可靠性供电等复杂挑战。现有行业标准，DL/T721-2024《配电自动化终端技术规范》针对馈线终端（FTU）和站所终端（DTU）规定了其基础技术要求、功能及试验方法；DL/T 1442-2024《智能配变终端技术条件》针对智能配变终端（TTU）规定了其技术条件和功能要求；DL/T 1529-2024《配电自动化终端设备检测规程》和DL/T 5844-2021《配电自动化终端设备调试验收规程》则针对馈线终端（FTU）和站所终端（DTU）分别从检测和调试验收层面，为终端设备的品质验证与工程投运提供了标准化依据。上述标准共同构成了当前配电终端领域坚实的技术基础和实践规范。

本文件旨在上述行业标准体系之上，面向智能配电网发展新阶段，对终端设备提出进阶技术要求。本标准并非替代现有标准，而是聚焦于边缘智能、开放协同、绿色低碳与主动安全等前沿方向，对终端在高级应用、智能化水平及全生命周期智能运维等方面的能力进行强化和扩展。本文件与上述引用文件的关系为“补充+提升”，不替代任何基础要求。

本文件与现有行业标准的主要差异和提升体现在：

1) 功能上，从基础自动化向边缘智能演进，在遵循DL/T 721和DL/T 1442规定的基础功能之上，补充了边缘计算、就地化智能分析、非侵入式负荷监测、自适应保护与控制、以及数字孪生接口等核心功能要求。

2) 性能上，从单一终端向协同控制扩展：强调了终端在群控策略、微电网孤岛运行、分布式馈线自动化（FA）等协同场景下的性能指标，并提出了更严格的资源利用率和响应时间的要求。

3) 架构上，从封闭固化向开放平台演进，明确了终端硬件平台化、软件APP化的架构方向。

4) 维度上，从通用要求向绿色与安全深化，新增了绿色环保、功耗优化等要求，并系统性地构建了涵盖物理安全、数据安全、本体安全、网络安全和隐私保护的主动安全防护体系。

5) 运维上，从定期检修向预测性维护跨越，引入了预测性维护、综合智能诊断等要求，并对全生命周期智能运维管理进行了规范，是对传统运行维护模式的升级。

本文件是对现有标准在高级功能、智能化应用及全生命周期管理方面的有益补充和提升，为智能配电网的建设提供更先进、更统一的技术依据。

智能配电网终端设备技术要求

1 范围

本文件规定了智能配电网终端设备，包括馈线终端（FTU）、站所终端（DTU）及智能配变终端（TTU）在智能化、数字化、绿色化及安全可信方面的进阶技术要求、试验方法及运行维护规范。

本文件适用于10kV智能配电网中，对边缘计算、高级应用、协同控制及全生命周期智能运维有更高要求的终端设备的设计、制造、检验和应用。其他电压等级可参照执行。

注：智能配电网终端设备的基础技术要求、功能及试验方法应遵循DL/T 721、DL/T 1442及DL/T 1529等现行行业标准。本文件是对上述标准在高级功能和性能方面的补充和提升，旨在满足高可靠性、高智能化配电网场景的需求。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 4208 外壳防护等级(IP代码)
- GB/T 5095 电子设备用机电元件
- GB/T 9361 计算机场地安全要求
- GB/T 11022 高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求
- GB/T 17626. (所有部分) 电磁兼容 试验和测量技术
- GB/T 35732 配电自动化智能终端技术规范
- DL/T 721-2024 配电自动化终端技术规范
- DL/T 1442-2024 智能配变终端技术条件
- DL/T 1529-2024 配电自动化终端测试规程
- DL/T 5844-2021 配电自动化终端设备调试验收规程
- DL/T 1936-2018 配电自动化系统安全防护技术导则
- GB/T 14598. 24-2017 量度继电器和保护装置 第24部分：电力系统暂态数据交换 (COMTRADE)通用格式
- DL/T 860. (所有部分) 电力自动化通信网络和系统

3 术语和定义

DL/T 721、DL/T 1442、GB/T 35732界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1 智能配电网终端 smart distribution network terminal

安装在智能配电网中，具备采集、计算、控制、通信等功能，并支持边缘智能分析、协同决策与高级应用的智能化终端设备。

注：本文件所称的“智能配电网终端”是DL/T 721中“配电自动化终端”和DL/T 1442中“智能配变终端”在智能化方向上的能力扩展，不替代其定义。

3.2 边缘计算 edge computing

在靠近或数据源头的网络边缘侧，融合网络、计算、存储、应用核心能力的开放平台，就近提供本地化智能服务。

3.3 数字孪生 digital twin

智能配电网物理实体（如线路、开关、变压器及整个台区）在虚拟空间的全面数字化映射模型，该模型通过配电网智能终端等数据源实现与物理实体间的高质量数据连接，支持状态同步、仿真分析、预测预警与决策控制等高级应用。

3.4 微电网孤岛模式 microgrid islanding mode

终端在主网失压状态下自动切换至独立控制模式，维持局部供电稳定性的运行方式。

3.5 群控策略 bulk control strategy

多个智能终端基于本地或区域信息，通过相互通信与协调，执行统一的控制逻辑以实现特定运行目标（如电压稳定、负荷均衡）的策略。

注：群控策略可通过本地通信网络或边缘计算节点实现，不依赖主站。

3.6 预测性维护 predictive maintenance

基于终端设备及关联一次设备的运行状态数据与历史数据，通过分析模型预测潜在故障，并提前发出预警的维护策略。

3.7 电池管理系统 battery management system (BMS)

监控电池电芯和电池组的状态，并根据环境状态、电池状态对电池进行充放电管理、状态估算、均衡管理、热管理和故障告警，从而保证电池安全、稳定运行的系统。

3.8 荷电状态 state of charge (SOC)

电池剩余电量与额定容量的比值，以百分比表示。

3.9 健康状态 state of health (SOH)

电池当前性能状态与新电池时的性能状态的比值，用于反映电池的老化程度，以百分比表示。

4 使用环境条件

4.1 环境条件

智能配电网终端设备的环境温度、湿度、大气压力、周围环境、机械环境应满足DL/T 721-2024及DL/T 1442-2024中对应条款的规定。

4.2 特殊环境适应性

对于应用于特殊环境（如沿海高盐雾、高海拔、极端低温等）的终端，其环境适应性技术要求应由制造商与用户协商确定，并在产品技术文件中明确。

5 总体架构与基础技术要求

5.1 总体架构

智能配电网终端应支持“云-边-端”协同的体系架构，并具备以下特征：

a) 边缘智能：具备本地数据存储与处理能力，支持算法与应用的容器化部署与远程管理。

- b) 开放协同：提供标准化的南北向接口，支持与多品牌设备、系统及云平台的互联互通与协同决策。
- c) 软件定义：支持通过软件配置或 APP 化应用实现功能迭代与灵活扩展。

5.2 基础技术要求

智能配电网终端设备在结构、外观、防护等级、绝缘性能、电磁兼容性能及连续通电稳定性等方面的基础技术要求应满足 DL/T 721-2024 第 4 章及 DL/T 1442-2024 第 6 章的相关规定。

并做如下补充：

- a) 终端的设计应采用模块化、平台化理念。终端的硬件资源（包括但不限于计算性能、存储容量及硬件接口）应预留充分余量，以确保在满配运行本文件第 6 章规定的所有高级应用功能时，其 CPU 平均负载率、内存占用率等关键指标仍能满足第 8 章试验检测的要求。本文件所规定的高级功能应在不影响 DL/T 721、DL/T 1442 所规定的基础功能前提下实现，终端应支持基础功能与高级功能的独立启停与资源隔离。
- b) 终端应具备明确的产品型号或配置标识，以区分其适用于 FTU、DTU 或 TTU 场景，以及所支持的高级功能组合。

5.3 绿色环保要求

- a) 产品材料的选择应符合环保要求，优先使用可回收、可降解材料。
- b) 终端运行时的典型功耗宜优于 DL/T 721-2024 及 DL/T 1442-2024 中对同类终端功耗的要求。

6 功能及技术要求

6.1 供电电源要求

6.1.1 供电方式

智能配电网终端设备中，FTU、DTU 的供电方式应符合 DL/T 721-2024 中第 4.2.2 条的规定；TTU 的供电方式应符合 DL/T 1442-2024 中第 6.2 条的规定。

并做如下补充：

- a) 为提升供电灵活性及绿色能源利用率，终端可支持高压电容取电、能量收集等新型能源供电方式；
- b) 宜支持光伏、储能等构成的混合供电系统。

6.1.2 功率消耗

智能配电网终端的功率消耗应分别符合 DL/T 721-2024 中第 4.2.3 条及 DL/T 1442-2024 中第 6.2.4 条的规定。

并做如下补充：

终端在非繁忙时段的静态功耗应比上述标准中同类终端的要求降低 10%以上。

6.1.3 后备电源

终端的后备电源基本要求应分别符合 DL/T 721-2024 中第 4.2.2.6 及 DL/T 1442-2024 中第 6.2.5 条的规定。

并做如下补充：

- a) 终端应具备或接入 BMS，对其后备铅酸蓄电池进行智能化管理。
- b) 状态监测与评估：BMS 应能实时监测后备电池的电压、电流、温度等参数，并估算其荷电状态（SOC）和健康状态（SOH）。相关状态信息应能上送主站系统。

- c) 智能充放电控制：应支持根据电网状态和运维策略，对后备电池进行智能充放电管理，包括均充、浮充、循环活化等，以延长电池寿命。
- d) 均衡管理：宜支持电池芯间的主动或被动均衡功能，减小电池组内不一致性。
- e) 安全预警与保护：应具备电池过压、欠压、过流、过温、短路等故障的诊断、预警和保护功能。
- f) 可远程触发的活化与测试：后备电源应支持远程触发的活化功能与容量测试，并符合 DL/T 721-2024 中 4.5.4 的规定。运维人员可在不现场操作的情况下评估电池健康度。

6.1.4 失电保持

终端完全失电后，时钟、配置参数及关键历史数据应能保持不少于 5 年（在指定环境温度范围内）。电源恢复后，保存数据不应丢失，内部时钟应正常运行。

6.2 通用基础功能

智能配电网终端设备（包括 FTU、DTU、TTU）的基本测量、控制、监测、故障处理及通信功能，应分别满足 DL/T 721-2024 中第 4.5 条及 DL/T 1442-2024 中第 7 章的规定。本文件是对上述基础功能在智能化、高级应用方面的补充与提升。

6.3 核心智能功能

6.3.1 FTU/DTU 高级功能

适用于馈线终端（FTU）和站所终端（DTU），应满足以下要求：

- a) 分布式馈线自动化（FA）：应支持分布式 FA 等就地快速控制功能，本地智能算法的决策与故障隔离响应时间应 $\leq 100\text{ms}$ （不含开关动作时间）；宜支持“自适应智能型+集中型”混合 FA 模式。
- b) 小电流接地故障精准检测与定位：应具备小电流接地故障的精准检测与区段定位功能。
- c) 自适应保护：宜具备自适应保护功能，保护定值可根据系统运行方式、负荷类型及网络拓扑的变化进行在线调整。
- d) 行波测距：宜支持行波测距等新型故障定位技术的功能扩展，并预留相应硬件接口。
- e) 故障录波与智能诊断：故障发生时，应能自动记录并初步分析故障波形，生成智能诊断报告。

6.3.2 TTU 高级功能

适用于智能配变终端（TTU），应满足以下要求：

- a) 台区拓扑识别：应支持就地汇聚配变、线路节点及用户数据信息，自动识别包含户变连接关系在内的低压台区网络拓扑。
- b) 非侵入式负荷监测：应具备非侵入式负荷监测能力，典型用电设备识别准确率应不低于 90%（测试集应包含不少于 10 类典型居民电器）。
- c) 分布式光伏接入管理：应具备采集光伏逆变器的电压、电流、发电功率等信息的功能，可对分布式光伏进行投退及出力功率调节。
- d) 充电设施有序用电：应具备采集充电设施并网点电压、电流、开关状态、充电负荷等信息的功能，可对台区充电进行有序管理。
- e) 可开放容量评估：宜具备对台区进行分相可开放容量评估功能。
- f) 台区线损分析：应具备配电台区线损的就地分析计算功能，线损超过设定阈值时可根据预设的告警方式上报。
- g) 应具备本地无功补偿设备控制能力，或参与区域电压无功优化控制。
- h) 分布式储能系统接入管理：应具备接入并管理分布式储能系统的能力，包括：
 - 1) 采集储能 BMS 数据，如 SOC、SOH、充放电功率、电池温度等。

- 2) 根据台区电压、负荷及调度指令，对储能系统进行充放电功率调节和投切控制。
- 3) 参与台区峰谷调节、无功补偿和电压支撑。

6.3.3 通用高级功能

适用于FTU、DTU和TTU等全部类型终端，应满足以下要求：

- a) 边缘计算架构：应具备足额的计算与存储资源，支持对采集数据的就地处理与分析；宜支持通过容器等虚拟化技术部署和运行自定义算法模型（APP）。
- b) 高级测量与分析：应支持高精度的电能质量数据（如谐波、暂态事件）采集与初步分析；宜支持负荷预测等高级分析功能。
- c) 智能诊断与预警：应具备基于运行数据的设备状态预警功能，对终端自身及关联一次设备（如开关、变压器）进行状态评估与故障预警。
- d) 通信与互联：除基础通信规约外，应支持 IEC 61850（MMS，GOOSE）用于站所内设备间信息交互；应支持 IoT 友好型协议（如 MQTT）用于与云平台的数据交互；宜支持双通道及以上冗余通信机制。
- e) 应具备服务于数字孪生应用的能力。
 - 1) 数据供给：应能按需采集并上传构建与驱动数字孪生体所需的高精度、高频率数据，包括但不限于电气量瞬时值/波形、设备状态、环境量等，数据上送云端数字孪生系统的端到端延迟宜 $\leq 100\text{ms}$ 。
 - 2) 模型交互：宜支持接收来自数字孪生系统的指令或策略，如模拟仿真所需的边界条件、优化后的控制参数、或经云端验证后的控制命令，实现数字孪生系统与物理设备的双向闭环。
 - 3) 接口标准化：宜支持如 IEC 61850、MQTT 等标准协议或 RESTful API 等方式与数字孪生平台进行数据交互，确保接口的开放性与互操作性。
- f) 应支持多终端协同实现孤岛运行与并网切换，宜支持群控策略，通过相互通信与协调执行统一的控制逻辑。
- g) 故障预测：宜支持线路故障预测功能，结合气象、历史数据与实时运行信息，对线路故障风险进行预测。
- h) 综合能源协调控制：应支持对终端管辖范围内的分布式光伏、储能系统、充电设施、柔性负荷等进行统一协调控制和优化运行，实现台区能源的自平衡与优化。

6.4 系统级要求

6.4.1 开放架构与软件 APP 化

- a) 终端软件应采用层次化、模块化设计，实现系统平台与应用功能的解耦。
- b) 应提供开放的 API 接口，支持第三方应用功能的远程部署、数据调用与协同交互。
- c) 宜支持通过独立的 APP 化应用方式实现功能的扩展与迭代，并支持 APP 的远程安装、卸载与升级。
- d) 宜支持软件定义功能，实现通信协议、业务逻辑的远程灵活配置与更新。
- e) 可提供标准的应用开发接口（API）或软件开发工具包（SDK），以支持第三方开发。

6.4.2 硬件平台化

终端硬件宜采用模块化、平台化设计，在接口、计算性能等方面预留充分余量，以支撑未来智能化功能的扩展。

6.5 自诊断功能

6.5.1 硬件自诊断功能

- a) 应具备 CPU/RAM/ROM 自检功能。终端上电时和运行期间，定期对 CPU、内存和存储进行检测，发现异常立即上报。
- b) 应具备电源监测功能。实时监测工作电源电压，一旦电压异常（过高、过低、消失）立即告警，防止因电源问题导致误动或拒动。
- c) 应具备 I/O 模块检查功能。对开入（遥信）、开出（遥控）、模拟量采集（遥测）回路进行周期性自检，检测是否存在断线、短路或元件损坏。
- d) 应具备通信模块状态监测功能。监测 4G/5G、光纤等通信模块的信号强度、连接状态和数据流量，通信中断时能准确上报是终端侧问题还是网络侧问题。

6.5.2 软件自诊断功能

- a) 应具备程序运行监控功能。防止程序“跑飞”或死循环，一旦发生，能自动复位恢复。
- b) 应具备配置与定值校验功能。检查当前运行的配置参数和保护定值是否完整、合理，防止误配置。

6.5.3 关联一次设备诊断功能

智能配电网终端应具备对其关联的一次设备进行状态监测与初步诊断的能力，具体包括：

a) 开关类设备机械特性监测

应具备开关分合闸线圈电流波形分析功能，记录并分析每次分合闸操作时线圈的电流波形。通过与标准波形对比，诊断机构卡涩、线圈匝间短路、电池电量不足等潜在机械故障。

b) 开关类设备储能机构监测

应具备储能电机监测功能。监测电机工作时间，若工作时间异常变长，预示储能机构可能存在故障。

c) 配电变压器综合监测

1) 温度监测：应具备变压器油温或绕组温度采集与监测功能，温度超过告警阈值时应及时上报，并可联动控制冷却装置。

2) 电气负荷监测：应基于实时采集的电流、电压数据，监测变压器负载率，并在过载时发出分级预警。

3) 不平衡度监测：应计算并监测三相负载的不平衡度，超过设定限值时告警。

4) 绝缘状态评估：宜具备变压器绝缘状态监测功能，可通过对绝缘油中溶解气体（如具备在线监测接口）或局部放电信号的监测数据进行分析，评估变压器绝缘健康状态。

d) 电缆及设备绝缘状态诊断

宜具备局部放电信号接入与监测能力，用于评估电缆终端、开关柜等设备的绝缘状态。

e) 一次设备状态综合评估

应能基于其采集的电气量和状态量，对开关设备的电气寿命、机械寿命进行初步评估和预警。对于配电变压器，宜能综合温度、负荷、不平衡度等数据，生成运行状态评估结论与风险预警。

f) 储能电池状态诊断

对于接入的分布式储能系统，终端宜具备基于 BMS 上传数据，对电池组的绝缘性能、一致性衰减、内阻变化等关键健康指标进行初步分析和预警的能力。

7 可靠性与安全性

7.1 可靠性

设备本体（不含电源）平均无故障工作时间（MTBF）应不低于 100 000 小时。

7.2 安全性

7.2.1 物理安全

- a) 机箱防护性能应满足：户外罩式终端不低于 IP67，箱式终端不低于 IP55；遮蔽场所终端不低于 IP54；室内终端不低于 IP20。
- b) 应有独立的接地端子，接地螺栓直径不小于 6mm。
- c) 接插件应符合 GB/T 5095 的要求，接触可靠并具有良好的互换性。

7.2.2 数据安全

终端与主站/云平台间的业务数据应采用国家密码管理部门核准的密码算法进行加密，并符合 DL/T 1936-2018 中 5.2、5.3 的要求。敏感数据在终端内部存储时应进行加密保护。

7.2.3 本体安全

应具备安全启动机制，防止固件被恶意篡改。宜支持硬件安全模块。应实现严格的身份认证与访问控制。

7.2.4 网络安全

应具备基于角色的访问控制、通信加密（如 TLS/IPsec）能力，并记录完整的安全审计日志。宜支持远程安全补丁管理与升级。

7.2.5 隐私保护

终端在采集和传输用户侧数据时，应支持数据脱敏功能。

7.2.6 认证安全

重要操作宜支持动态令牌+密码双因子认证。

8 试验检测

除非另有规定，配电自动化终端设备（DTU、FTU）的试验检测方法、项目及基础性能要求应遵循 DL/T 1529-2024 的规定执行，并满足 DL/T 721-2024 的要求。智能配变终端的功能、性能检测应满足 DL/T 1442-2024 的要求。并做如下补充：

8.1 功能与性能检测

8.1.1 FTU/DTU 专项测试

应针对第 6.3.1 条款，分别设计 FA 联动测试、小电流接地故障模拟测试等用例，验证高级功能的正确性和性能指标（如响应时间、定位准确性等）。

8.1.2 TTU 专项测试

应针对第 6.3.2 条款，设计台区拓扑自动识别测试、非侵入式负荷监测准确率测试、可开放容量计算验证等专用测试用例。

8.1.3 边缘计算资源利用率测试

要求空闲时 CPU 占用率 ≤15%，满配运行所有高级功能时 CPU 平均负载率 ≤70%，内存占用率 ≤80%。

8.1.4 数字孪生数据支撑能力测试

应设计测试用例，验证终端支持数字孪生应用的能力：

- a) 数据同步延迟测试：在典型网络负载下，测量从终端采集一个特定事件（如开关变位）到数据抵达数字孪生数据接口的总时间，验证其是否符合设计要求（如 $\leq 100\text{ms}$ ）。
- b) 数据完整性与准确性测试：验证终端上传的数据字段、精度、频率是否满足数字孪生模型的需求，无丢失、错乱。
- c) 反向指令接收测试：若终端宜支持 6.3.3 e) 2) 所定义的模型交互功能，需测试其接收并解析来自数字孪生系统的指令或参数下装的功能正确性与时效性。

8.1.5 智能功能专项测试

应针对本文件6.3等条款规定的智能功能，基于典型应用场景设计专用测试用例，验证其功能的有效性和性能指标。例如：通过模拟典型负荷曲线验证负荷识别准确率；通过注入故障特征量验证智能诊断与预警功能的正确性与及时性。

模拟分布式电源接入（光伏/储能）、负荷波动（不低于 $\pm 30\%$ 突变）等复杂场景，验证协调控制策略的有效性（如有序充电、无功补偿等）。

电池智能管理功能测试：验证终端对自身后备电池或模拟储能单元的SOC/SOH估算精度、智能充放电控制逻辑、均衡功能及安全保护功能的正确性。

分布式储能协调控制测试：应模拟储能系统接入场景，验证终端对储能的充放电控制、参与台区调压、削峰填谷等策略的有效性。

8.2 特殊试验

8.2.1 工频磁场抗扰度

施加100A/m磁场干扰（GB/T 17626.8），关键信号失效率 $\leq 10^{-6}$ 次/小时。

8.2.2 盐雾腐蚀试验

按NSS标准进行48小时测试，涂层无剥落现象。

8.2.3 网络安全渗透测试

应进行网络安全渗透测试，模拟如DDoS攻击、协议模糊测试、非法接入、恶意代码注入等威胁场景，验证终端的防御与恢复能力。

8.2.4 综合诊断与智能运维测试

验证终端硬件自诊断、软件自恢复及关联一次设备状态评估功能的正确性；验证预测性维护预警的准确性与及时性。

9 运行维护

9.1 运维管理要求

- a) 配电网智能终端应配置专职运行维护人员，建立岗位责任制，实行统一管理，建立设备台账，不得无故停运。
- b) 应制定终端年检计划，开展定期巡视、检测与维护，保留记录时间不少于两个年检周期。
- c) 终端运维如影响系统正常运行或调度业务，应提前通知相关调度及管理部门，办理手续后方可进行。
- d) 应建立设备运行档案，包括调试、验收、运行、缺陷、定值调整等记录。

9.2 验收管理

- a) 新投终端应进行上线、三遥、保护及联调对点验收，验收合格后方可投运。
- b) 验收应在蓄电池供电方式进行，电池容量应满足三遥对点及遥控操作需求。
- c) 验收不合格的终端须整改合格后方可投运。

9.3 巡视检查

- a) 应结合一次设备巡视周期开展终端巡视，每年不少于一次，特殊情况下应加强特殊巡视。
- b) 巡视应包括终端运行状态、指示灯、压板位置、通信状态、定值核对、电源状态等。
- c) 巡视应做好个人安全防护，严禁误动开关及相关压板。
- d) 巡视应记录气象条件、巡视人、日期、范围、设备名称、缺陷情况及处理意见等内容。发现危急缺陷应立即汇报并协助处理。

9.4 故障与缺陷处理

- a) 终端缺陷应进行分级管理，按程序完成消缺与缺陷分析。未能及时处理的缺陷应制定消缺计划。
- b) 发生故障后应及时查明原因并处理，记录故障现象、原因及处理过程。
- c) 主站遥控、遥调发生误动或拒动时，应及时排查终端侧原因并处理。

9.5 软件版本管理

- a) 应指定专人负责终端软件版本管理，与主站版本一致。
- b) 定期核查软件版本号，验证功能稳定性，发现问题及时处理并记录。

9.6 运行模式管理

- a) 终端运行状态分为调试态、正常态和缺陷态。
- b) 新投终端投运前为调试态，投运后转为正常态。
- c) 终端在线率低于 10%或出现遥控失败、通信异常等情况时应转为缺陷态，处理完毕并经审核后恢复为正常态。

9.7 蓄电池与 BMS 管理

- a) 应通过终端 BMS 远程监测后备电池的 SOC、SOH、电压、温度等状态，实现预测性维护。
- b) 当 BMS 上报 SOH 低于设定阈值或诊断出潜在故障时，应生成预警工单，及时更换或检修。
- c) 摒弃单纯的固定年限更换策略，转为基于 BMS 健康状态评估的按需更换策略。

9.8 记录与资料管理

- a) 应建立终端设备台账、缺陷记录、测试数据、巡视记录等资料。
- b) 所有运行记录、报表应至少保存 2 年，并按月、季、年进行汇总上报。

9.9 运维装备与人员

- a) 应配备万用表、继保仪、蓄电池内阻测试仪等必要的运维工具。
- b) 外委运维单位应保证人员稳定，接受主业单位统一管理，人员变更须经协商并完成交接。

9.10 智能运维要求

- a) 宜支持远程固件升级（版本回滚时间 ≤ 30 分钟）。
- b) 宜具备自诊断日志自动上传功能（保留周期 ≥ 1 年），并支持按事件类型检索。
- c) 应提供标准化 API 接口，允许第三方应用接入设备数据。

d) 应具备预测性维护功能，基于设备状态数据可预测潜在故障，准确率不低于 90%。

9.11 数据安全

- a) 重要操作需通过动态令牌+密码双因子认证。
 - b) 数据存储宜支持区块链存证（不可篡改周期 ≥ 10 年），操作记录审计追踪覆盖率 100%，操作记录包含时间戳、操作人、IP 地址等信息。
 - c) 应具备数据分类分级功能，敏感数据加密存储，访问权限分级管理。
-