

配电网自动化终端设备供电可靠性研究

付刘伟 谢宝祥 唐锦涛

河南平高通用电气有限公司 河南 平顶山 467000

【摘要】：配电网自动化终端设备是保障配电网安全稳定运行的核心支撑，其供电可靠性直接决定配电网监测、控制与故障处置的效能，提升终端设备供电可靠性是优化配电网运行质量的关键路径。研究聚焦配电网自动化终端设备供电可靠性核心需求，梳理设备运行中的各类问题及影响因素，探索针对性的优化路径与保障措施，完善设备全生命周期管理体系，提升设备运行的稳定性与持续性，为配电网自动化系统高效运转提供可靠支撑，助力配电网向安全化、高效化方向发展。

【关键词】：配电网；自动化终端设备；供电可靠性；运行维护；优化措施

DOI:10.12417/2811-0536.26.06.032

引言

配电网作为电力系统与用户连接的关键环节，其供电稳定性直接关系到生产生活用电安全与社会经济有序运转。自动化终端设备作为配电网智能化运行的核心组成，承担着数据采集、远程控制、故障定位隔离等重要职能，广泛应用于馈线、配电房等关键场景，涵盖DTU、FTU等多种设备类型。终端设备运行环境复杂，易受环境侵蚀、元件老化、运维不当等因素影响出现故障，进而导致配电网监控失效、故障处置延迟，影响供电连续性。深入探究终端设备供电可靠性相关问题，挖掘问题根源并落实优化措施，能够有效减少设备故障发生率，筑牢配电网安全运行根基，衔接后续具体研究内容，为配电网自动化水平提升提供有力支撑。

1 配电网自动化终端设备供电可靠性核心内涵及重要意义

(1)配电网自动化终端设备核心类型及功能：配电网自动化终端设备是部署于现场、集成数据采集、控制与通信功能的智能装置，核心类型包含配电终端单元(DTU)、馈线终端单元(FTU)及故障指示器。DTU负责配电房设备参数采集与远程控制，是配电房安全运行的核心；FTU通过专用电缆连接开关本体，实现馈线状态监测与故障定位，直接影响供电稳定性。故障指示器可实时捕捉线路故障并反馈信号，支撑故障快速处置。多类终端协同工作，构成配电网自动化监测控制体系，其稳定运行是保障配电网供电可靠的核心基础。

(2)配电网自动化终端设备供电可靠性的核心内涵：配电网自动化终端设备供电可靠性的核心是设备在规定运行条件下，持续、稳定提供供电支持，保障自身功能正常发挥的能力，核心体现为设备运行的连

续性、稳定性和抗干扰性^[1]。连续性要求终端设备在长期运行中减少非计划停机，避免因设备故障导致供电中断；稳定性要求设备在复杂运行环境中，各项性能参数保持稳定，不出现数据采集偏差、控制指令失效等问题；抗干扰性要求设备能够抵御配电网运行中的电磁干扰、电压波动等不利因素，确保在各类工况下均能正常运转。供电可靠性是终端设备的核心性能指标，直接反映设备运行质量，也是衡量配电网自动化水平的重要依据，其高低直接影响配电网整体运行效能。

(3)提升终端设备供电可靠性的现实意义：提升配电网自动化终端设备供电可靠性，对配电网安全高效运行、社会经济有序发展具有重要现实意义。从配电网运行角度来看，终端设备供电可靠能够确保配电网实时监测、远程控制、故障处置等功能正常发挥，减少设备故障导致的供电中断，缩短故障处置时间，提升配电网运行效率和安全水平。从用户需求角度来看，终端设备可靠运行能够保障供电连续性，避免因供电中断给工业生产、居民生活带来损失，提升用电体验。从行业发展角度来看，随着配电网智能化水平不断提升，终端设备的作用愈发凸显，提升其供电可靠性能够推动配电网向智能化、高效化转型，完善电力系统末端供电保障体系，为能源结构优化提供支撑。

2 配电网自动化终端设备供电可靠性现存问题剖析

(1)设备自身质量及设计存在的短板：设备自身质量与设计合理性是影响供电可靠性的基础因素，当前部分终端设备存在明显短板。在硬件选型方面，部分设备选民用级电子元件而非工业级元件，这类元件在复杂工况下易出现性能衰减，难以适应配电网现场的恶劣环境；部分设备散热设计存在缺陷，无法有效散出运行过程中产生的热量，导致元件长期处于高温环境下运行，加速老化失效，如电解电容长期高温

运行会出现电解液干涸、容量下降等问题，引发电源模块故障^[2]。在结构设计方面，部分户外终端设备防护等级不足，外壳密封性能不佳，易受雨雪、沙尘、盐雾等环境侵蚀，导致外壳锈蚀、接口氧化，影响设备绝缘性能，甚至引发电路板短路。部分设备软件设计存在缺陷，程序兼容性不足，易出现死机、功能失效等问题，影响供电可靠性。

(2) 运行环境对设备可靠性的不利影响：配电网自动化终端设备分布范围广泛，运行环境复杂多样，各类环境因素对设备供电可靠性产生显著不利影响。户外终端设备长期暴露在自然环境中，温度变化、湿度波动、大气腐蚀等因素均会损害设备性能，高温会加速电子元件老化，低温会影响设备启动性能，潮湿环境会引发设备内部电路短路，盐雾、工业废气等会导致设备金属部件锈蚀、接口氧化。部分终端设备安装在振动较大的区域，车辆经过、设备运行等产生的振动会导致设备接线松动、内部元件脱落，影响设备正常运行。配电网运行过程中产生的电磁脉冲，会干扰终端设备的通信与控制电路，导致数据传输错误、程序运行异常，进而影响设备供电可靠性。

(3) 运维管理体系不完善导致的隐患：运维管理不到位是导致终端设备供电可靠性下降的重要人为因素，当前运维管理体系仍存在诸多不完善之处。在巡检维护方面，部分运维工作缺乏系统性，未建立差异化的巡检机制，对安装在恶劣环境、关键节点的设备未缩短巡检周期，导致设备隐患无法及时发现；巡检内容不够全面，对设备电源模块、接线端子、通信接口等关键部位的检查不够细致，易遗漏接线松动、模块异常等安全隐患。在故障处置方面，部分运维人员专业能力不足，对设备故障类型判断不准确、处置不规范，延长故障修复时间，部分故障处置后未进行复盘分析，导致同类故障反复出现。备品备件管理不规范、运维人员培训不到位等问题，也进一步加剧了设备运行隐患，影响供电可靠性。

3 配电网自动化终端设备供电可靠性影响因素深度解析

(1) 设备自身因素的深层影响：设备自身因素是影响供电可靠性的内在核心因素，贯穿设备全生命周期。电子元件质量直接决定设备运行寿命，劣质元件在长期电应力、温度应力作用下，易出现性能漂移、老化失效等问题，进而导致设备故障；核心部件如电源模块、通信模块等的性能稳定性，直接影响设备供电连续性和功能完整性，电源模块故障会导致设备失电，通信模块故障会导致设备与主站失去联系，无法

正常传输数据和接收控制指令。设备设计合理性也直接影响可靠性，硬件结构设计不合理会导致设备防护性能不足、散热效果不佳，软件设计缺陷会导致程序运行异常，这些问题均会降低设备供电可靠性，且部分设计缺陷在设备投运后难以整改，形成长期隐患。

(2) 外部环境因素的综合作用：外部环境因素是影响终端设备供电可靠性的重要外部诱因，各类环境因素相互作用，对设备造成多重损害。温度是影响设备性能的关键环境因素，过高或过低的温度都会破坏电子元件的物理结构和电气性能，导致元件参数偏移、寿命缩短；相对湿度超标会导致设备内部绝缘性能下降，引发电路短路，甚至损坏核心部件。大气腐蚀因素如盐雾、工业废气等，会对设备金属外壳和内部接线端子造成腐蚀，导致接口接触不良、外壳破损，影响设备正常运行^[3]。电磁干扰主要来自配电网内部的开关操作、电机启动等，会干扰设备的通信信号和控制指令，导致设备数据采集错误、控制失效，进而影响供电可靠性。

(3) 运维管理因素的关键作用：运维管理因素对终端设备供电可靠性具有决定性作用，规范的运维管理能够有效降低设备故障发生率，延长设备使用寿命。巡检维护的及时性和全面性，直接关系到设备隐患的排查效率，缺乏系统的巡检机制会导致隐患积累，最终引发设备故障；运维人员的专业能力直接影响故障处置效率和质量，专业能力不足会导致故障处置不及时、不规范，加剧设备损坏程度。备品备件管理不规范，会导致设备故障后无法及时更换损坏部件，延长故障修复时间；运维制度不完善，会导致运维工作缺乏明确的标准和流程，出现责任真空、工作疏漏等问题，进一步影响设备供电可靠性。运维技术手段落后，无法实现设备状态的实时监测和隐患预警，也会降低运维管理效能。

4 提升配电网自动化终端设备供电可靠性的优化措施

(1) 优化设备设计与质量管控体系：优化设备设计与质量管控，是提升终端设备供电可靠性的基础举措。在设计环节，应结合配电网运行场景，优化设备硬件结构和软件设计，选用工业级电子元件，提升设备的环境适应性和抗干扰能力；完善设备散热设计和防护设计，提高设备外壳密封性能和防护等级，确保户外设备能够抵御雨雪、沙尘、盐雾等环境侵蚀，延长设备使用寿命。在质量管控环节，建立全流程质量检测体系，对设备原材料采购、生产制造、出厂检验等各个环节进行严格检测，杜绝劣质设备投入使用；加强设备出厂前的性能测试，模拟各类复杂运行工况，

确保设备各项性能指标符合标准，避免因质量问题导致的运行隐患。

(2) 强化运行环境优化与防护措施：强化运行环境优化与防护，能够有效减少环境因素对设备的不利影响。针对户外终端设备，合理选择安装位置，避开振动较大、腐蚀严重、温度波动剧烈的区域；对安装在恶劣环境的设备，加装防护装置，如防雨、防尘、防腐蚀外壳，配备温度调节设备，确保设备运行环境符合要求^[4]。定期对设备运行环境进行清理，及时清除设备表面的灰尘、杂物，检查设备周边是否存在易燃易爆、腐蚀性物质，消除环境安全隐患。针对电磁干扰问题，优化设备布线，采用抗干扰性能强的通信线路，加装电磁屏蔽装置，减少电磁脉冲对设备的干扰，确保设备通信和控制功能正常发挥。

(3) 完善运维管理体系与技术升级：完善运维管理体系并推动技术升级，是提升终端设备供电可靠性的关键手段。建立职责清晰、分级负责的运维组织体系，明确决策层、管理层、执行层的职责，界定各专业、各单位之间的维护责任界面，避免责任真空。建立“日常巡检+专项排查+周期维护”的三级运维机制，结合设备重要性、故障率及运行环境，制定差异化的巡检周期和内容，加强对设备电源模块、接线端子、通信接口等关键部位的检查，及时排查处置安全隐患。加强运维人员专业培训，提升运维人员的故障判断、处置能力，规范故障处置流程，建立故障复盘机制，避免同类故障反复出现。引入先进的运维技术，实现设备状态的实时监测和隐患预警，提升运维管理的智能化水平。

5 配电网自动化终端设备供电可靠性长效保障体系构建

(1) 构建全生命周期质量管控机制：构建全生命周期质量管控机制，能够从源头保障终端设备供电可靠性，实现设备从选型、投运到报废的全过程管控。在设备选型阶段，结合配电网运行需求和场景特点，选用性能稳定、质量可靠、环境适应性强的设备，避免盲目选型导致的运行隐患；在设备投运前，进行严格的安装调试，检查设备接线、参数配置等是否正确，确保设备投运后能够正常运行。在设备运行阶段，加强日常巡检和定期维护，实时监测设备运行状态，及时处置各类隐患，定期对设备进行性能检测和校准，

确保设备性能稳定；在设备报废阶段，建立规范的报废评估机制，对性能衰减、无法修复的设备及时报废，避免老旧设备继续运行带来的安全隐患，同时做好设备报废后的回收处理，实现资源合理利用。

(2) 建立常态化运维与隐患预警体系：建立常态化运维与隐患预警体系，能够实现运维工作的规范化、智能化，提前防范设备故障。常态化运维体系应明确巡检流程、维护标准和责任分工，将运维工作纳入标准化管理，确保巡检、维护工作有序开展；加强运维资源配置，完善备品备件管理制度，确保设备故障后能够及时更换损坏部件，缩短故障修复时间^[5]。隐患预警体系应依托先进的监测技术，实时采集设备运行参数、环境参数等信息，建立隐患识别模型，对设备运行中的异常情况进行及时预警，提前排查处置隐患，实现从“被动维修”向“主动预防”转变。加强各相关系统的信息交互与业务协同，确保运维数据的一致性和流程的贯通性，提升运维效能。

(3) 完善技术保障与协同管理机制：完善技术保障与协同管理机制，能够为终端设备供电可靠性提供持续支撑。技术保障方面，加强新技术、新设备的研发与应用，推动终端设备向智能化、高可靠性方向升级，提升设备的抗干扰能力、环境适应性和运行稳定性；建立技术支持体系，组建专业的技术团队，为运维工作提供技术指导，及时解决运维过程中遇到的复杂技术问题。协同管理方面，加强运维单位、设备厂商、技术研发单位之间的协同配合，建立信息共享机制，及时反馈设备运行情况和存在的问题，推动设备质量提升和运维技术优化。加强与调度自动化系统、生产管理系统等相关系统的协同，实现数据共享、流程贯通，提升配电网整体运行效能，为终端设备供电可靠性提供全方位保障。

6 结语

本文围绕配电网自动化终端设备供电可靠性展开研究，剖析了设备自身、运行环境及运维管理方面的现存问题与影响因素，提出针对性优化措施并构建长效保障体系。提升终端设备供电可靠性需多维度协同发力，通过规范质量管控、优化环境防护、完善运维管理，可有效提升设备运行稳定性。研究成果为终端设备可靠运行提供实践指导，助力筑牢配电网安全运行根基，保障电力系统末端供电稳定。

参考文献：

[1] 陈杏乐,温骋.配电网自动化终端故障诊断与运维优化研究[C]//《中国招标》期刊有限公司.新质生产力驱动第

二产业发展与招标采购创新论坛——绿色智造·采购革新专题(第二册).国网河北省电力有限公司鸡泽县供电分公司,2025:433-437.

[2] 李劲玲.配电网自动化终端设备现场调试关键技术及标准化流程[J].电力设备管理,2025,(21):145-147.

[3] 张伯琴,靳云畅.基于无线通信的配电网自动化终端运行状态在线监测方法[J].办公自动化,2025,30(08):7-9.

[4] 林运伟,胡波,叶剑辉,等.配电网自动化终端自适应托管式调试系统设计与实践[J].电工技术,2024,(13):71-76+81.

[5] 陈利忠.配电网馈线自动化终端系统的设计[J].自动化应用,2024,65(05):218-220.