

10kV配网线路运维难点及提质增效实践探索

辛丹丹 邱新文

石嘴山农村电力服务有限公司 宁夏 石嘴山 753000

摘要: 10kV配网线路作为连接主网与终端用户的“最后一公里”，其运行状态直接决定了供电服务的质量与可靠性。随着新型电力系统的加速构建和用户对高品质用电需求的日益增长，10kV配网线路的运维工作正面临着前所未有的挑战。本文首先系统剖析了当前运维工作中的核心难点，包括设备老化与外力破坏导致的故障频发、故障定位与隔离效率低下、运维资源与任务分配不匹配以及数据价值挖掘不足等问题。针对这些难点，文章提出了一套系统化的提质增效实践路径：通过深化状态检修与差异化运维策略，优化资源配置；依托配电自动化、智能传感与无人机巡检等先进技术，提升运维的智能化与精准化水平；并构建以数据驱动为核心的全景化运维决策支持体系。通过上述多维度协同的管理与技术创新，旨在为全面提升10kV配网线路的供电可靠性、运维效率与服务水平提供理论支撑与实践方向。

关键词: 10kV配网；运维管理；提质增效；配电自动化；状态检修

引言

在国家“双碳”战略目标引领下，能源结构深刻调整，以新能源为主体的新型电力系统建设全面提速。作为新型电力系统的关键环节，配电网，特别是直接面向亿万用户的10kV配网线路，其重要性愈发凸显。它不仅是电能配送的物理通道，更是承载分布式电源接入、电动汽车充电、智能家居互动等多种新业态的核心平台。然而，长期以来，10kV配网因其“点多、线长、面广、结构复杂”的固有特点，加之历史投入相对不足，导致其基础较为薄弱，运维工作长期处于被动抢修、疲于奔命的状态。进入新发展阶段，社会经济活动对电力供应的连续性、稳定性提出了更高要求，传统的“救火式”运维模式已难以为继。一方面，极端天气事件频发、城市化进程加快等因素使得线路遭受外力破坏的风险持续增加；另一方面，配网规模的急剧膨胀与运维人员数量的相对稳定形成了尖锐矛盾，人少事多的困境日益突出。在此背景下，如何系统性地识别并破解10kV配网线路运维中的深层次难点，并积极探索科学有效的提质增效路径，已成为保障电网安全、提升客户满意度、推动电网企业高质量发展的关键课题。本文将聚焦于此，展开深入的理论探讨与实践分析。

1 10kV 配网线路运维的核心难点剖析

当前，10kV配网线路的运维工作主要面临以下四个方面的突出难点，这些难点相互交织，共同制约着运维效能的提升。

1.1 设备本体与外部环境双重压力下的高故障率

10kV配网线路的高故障率是困扰运维工作的首要难题，其根源在于设备本体老化与外部环境威胁的双重夹

击。从内部看，大量早期建设的线路及设备已接近或超过设计寿命，绝缘性能下降、金具锈蚀、导线断股等问题层出不穷，构成了潜在的故障隐患。尽管近年来电网企业加大了改造力度，但存量老旧设备的彻底更新仍需一个漫长的过程。从外部看，配网线路多采用架空方式敷设，长期暴露于复杂的自然与社会环境中^[1]。雷击、大风、覆冰等自然灾害是引发线路跳闸的常见原因；同时，市政施工、违章建筑、树木生长、鸟害以及异物短路等外力破坏因素更是防不胜防。这种内外部风险叠加的局面，使得10kV线路成为整个电网中故障最为频繁的环节，不仅增加了运维人员的工作负担，也严重影响了用户的用电体验。

1.2 故障精准定位与快速隔离的技术瓶颈

一旦发生故障，能否快速、准确地定位故障点并完成隔离与恢复，是衡量配网运维水平的关键指标，也是影响用户平均停电时间（SAIDI）和平均停电频率（SAIFI）的核心因素。然而，对于广大的非自动化或半自动化10kV线路而言，这依然是一个巨大的技术瓶颈。传统的故障查找主要依赖人工巡线，运维人员需要沿着数十甚至上百公里的线路进行地毯式排查，耗时费力，尤其是在山区、林区、农田等复杂地形条件下，效率极为低下，往往需要数小时乃至更长时间才能找到故障点。即便部分线路安装了故障指示器，也普遍存在信息上传不及时、定位精度不高（通常只能定位到两个开关之间）、无法区分瞬时与永久性故障、以及在高阻接地等复杂故障下灵敏度不足等问题。此外，配网拓扑结构复杂，分支众多，缺乏有效的远程遥控手段，导致故障隔离范围过大，常常是“一线故障，全线停

电”，极大地扩大了停电影响范围，延长了平均修复时间（MTTR），与用户期望的“分钟级”复电目标相去甚远。尤其是在高密度负荷区域，一次故障可能波及成百上千用户，造成严重的社会和经济损失。

1.3 运维资源有限性与任务复杂性的结构性矛盾

随着配网规模的持续扩张和用户报修诉求的日益精细化，运维任务呈现出几何级数的增长。然而，专业的运维队伍规模却难以同步增长，形成了典型的“小马拉大车”局面。有限的人力、物力资源如何在海量的日常巡视、定期检修、缺陷处理、故障抢修、工程验收等任务之间进行科学、高效的分配，成为一个严峻的管理挑战。传统的派工模式往往依赖于调度员的经验判断，缺乏对任务紧急程度、地理位置、所需技能、人员负荷等多维度信息的综合考量，容易导致资源错配、响应延迟或人员过度疲劳。这种结构性矛盾不仅制约了运维效率的提升，也对运维人员的职业健康与安全构成了潜在威胁。

1.4 海量数据沉睡与价值挖掘不足的信息化困境

在数字化浪潮下，配网侧部署了越来越多的智能终端，如智能电表、TTU、FTU、在线监测装置等，产生了海量的运行数据。然而，这些宝贵的数据资产大多处于“沉睡”状态，未能有效转化为运维决策的有力支撑。一方面，不同来源的数据格式不一、标准各异，形成了严重的“数据孤岛”，难以进行跨系统、跨专业的关联分析。另一方面，现有的信息系统功能多聚焦于数据采集与展示，缺乏深度的数据挖掘与智能分析能力^[2]。例如，无法基于历史负荷、气象、设备状态等多源数据，对线路或设备的健康状况进行精准评估和故障风险预测；也无法对运维绩效进行量化分析，为管理优化提供依据。这种“有数据、无洞察”的困境，使得运维决策依然很大程度上依赖于个人经验，难以实现从“经验驱动”向“数据驱动”的根本转变。

2 10kV 配网线路运维提质增效的实践路径探索

面对上述难点，必须采取系统性、前瞻性的策略，通过管理创新与技术赋能双轮驱动，方能实现运维工作的提质增效。

2.1 推行状态检修与差异化运维，优化资源配置

要破解资源有限性与任务复杂性的矛盾，核心在于改变“一刀切”的周期性检修模式，转向以设备状态和风险为导向的精细化运维策略。首先，应全面推行状态检修（CBM）。这要求建立一套科学、完善的设备状态评价体系，通过整合在线监测（如局放、温度、弧光）、带电检测（如红外测温、超声波检测）、历史缺陷、家族性缺陷、运行年限、所处环境（如污秽等级、

雷暴日数）等多维度信息，对每条线路、每台设备建立动态的“健康档案”，科学评估其剩余寿命和故障风险等级。在此基础上，制定差异化的运维策略：对高风险、老旧设备提高巡检频次，优先安排技改大修；对运行状态良好的设备则适当延长检修周期，将宝贵的资源集中到最需要的地方。其次，实施网格化、片区化的运维管理模式。将庞大的配网划分为若干个责任明确、规模适中的运维网格，每个网格配备相对固定的运维小组，使其对辖区内的线路、设备、环境、用户情况了如指掌，从而提升日常巡视和故障响应的针对性与效率。同时，应建立基于风险的差异化防雷、防树障等专项治理策略，将有限的资金投入对供电可靠性影响最大的薄弱环节。

2.2 深化配电自动化应用，提升故障处置智能化水平

配电自动化（FA）是解决故障定位与隔离难题的根本出路，是实现配网自愈能力的核心。应加速推进FA的全覆盖和实用化水平提升。对于新建和改造线路，应严格按照标准化设计，确保自动化开关、可靠的通信网络（如光纤、5G、HPLC）和功能完备的主站系统的同步建设与投运。对于存量线路，应结合网架结构优化，分步实施自动化改造，优先覆盖高故障率、高负荷密度区域。在技术层面，应大力发展自愈型FA技术，利用智能分布式（ID）或集中-分布式混合架构，实现故障的“秒级”定位、隔离与非故障区域的自动恢复供电，真正将故障影响范围控制在最小^[3]。同时，积极探索“云边协同”的新型FA架构，利用边缘计算技术在就地完成故障逻辑判断，减少对主站和通信的依赖，进一步提升动作的可靠性和速度，尤其适用于通信条件不佳的偏远地区。此外，应将FA系统与GIS地理信息系统、营销业务系统深度融合，实现故障信息的精准推送、停电范围的自动研判和抢修资源的最优调度，形成从前端感知到后端处置的完整闭环，大幅提升故障处置的整体效率。

2.3 融合多元智能感知技术，拓展运维作业新模式

除了FA，还应积极引入更多元化的智能感知技术，为运维作业全方位赋能。一是广泛应用无人机巡检。利用无人机搭载可见光、红外热成像、激光雷达（LiDAR）等先进载荷，可高效、安全、低成本地完成对架空线路的通道巡视（查树障、违章建筑）、精细化巡检（查绝缘子破损、金具锈蚀）和灾后勘察，尤其适用于地形复杂、交通不便、人工巡检危险性高的区域，能极大提升巡检效率和缺陷发现率，并可生成高精度的三维点云模型用于数字孪生构建。二是推广智能传感器的应用。在关键节点（如电缆接头、变压器套管、开关

柜)部署温度、局部放电、弧光、振动、视频等在线监测传感器,实现对设备状态的7x24小时不间断监控,变“被动响应”为“主动预警”,将故障消灭在萌芽状态。三是探索数字孪生技术在配网运维中的深度应用。通过融合BIM、GIS、IoT等技术,构建配网线路的高保真、全要素三维数字模型,并实时映射其物理世界的运行状态,为仿真推演(如故障预案演练、负荷转供方案预演)、方案预演(如检修作业模拟)、人员培训、资产管理等提供强大的可视化、交互式平台,进一步提升运维的前瞻性、科学性和安全性。

2.4 构建数据驱动的全景化运维决策支持体系

要激活沉睡的数据价值,必须构建一个统一、开放、智能的数据中枢。首先,应打破各专业系统间的壁垒,建立企业级的配网数据中心或数据湖,利用数据中台技术,实现所有运维相关数据的统一汇聚、清洗、治理和标准化。其次,基于该数据中心,开发一系列高级应用。例如,构建配网健康指数(PHI)模型,对全网设备进行量化评级和风险排序;开发故障预测与健康管理(PHM)系统,提前预判潜在风险,实现从“坏了再修”到“该修才修”的转变;建立智能工单系统,根据任务属性、人员位置、技能矩阵、交通路况、备品备件库存等要素,利用优化算法自动生成最优的派工方案,实现资源的全局最优配置^[4]。最终,通过可视化大屏、移动APP等多种终端,将分析结果和决策建议直观地呈现给各级管理者和一线员工,真正实现“用数据说话、用数据决策、用数据管理、用数据创新”的智慧运维新范式,为配网规划、建设、运维、服务的全链条提供数据支撑。

3 结语

10kV配网线路的运维工作正处于从传统模式向现代化、智能化转型的关键时期。本文系统梳理了当前面临的设备老化、故障定位难、资源紧张、数据利用不足等核心难点,并据此提出了一套涵盖管理策略优化、核心技术深化、智能装备融合及数据价值挖掘的系统性提质增效路径。未来的10kV配网运维,将不再是简单的体力劳动,而是集数据分析、风险预判、智能决策和精准执行于一体的高技术含量工作。通过坚定不移地推进上述实践路径,电网企业能够有效提升配网的供电可靠性、运维效率和优质服务水平,为构建安全、高效、绿色、智能的新型电力系统奠定坚实的配网基础。后续的研究可进一步聚焦于人工智能算法在配网故障预测中的深度应用,以及适应高比例分布式电源接入的配网协同自治运维新模式等前沿方向,不断探索配网运维管理的新境界。

参考文献

- [1]董光祥,彭贵飞,金春华.10kV配网线路常见的施工故障及运维难点[J].科技风,2020,(08):185.
- [2]景彦,魏兴明.大数据挖掘下10kV配网线路运检技术研究[J].电气技术与经济,2025,(09):134-137.
- [3]陈利江,应峰.10kV配电网线路常见的施工故障及运维技术难点探究[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——实践路径探索与案例分享专题论文集(第二册).嵊州市光宇实业有限公司,2026:358-362.
- [4]原一杰.10千伏线路运维优化实践[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).国网山东省电力公司曹县供电公司,2025:487-491.