

配网自动化系统优化配置与运行策略

魏鲁玉 古丽帕丽·赛力江

国网新疆电力有限公司乌鲁木齐供电公司 新疆 乌鲁木齐 830000

【摘要】：针对新疆地域辽阔、地形复杂、极端天气频发及新能源接入需求增长等特点，结合国网新疆电力有限公司配网运营实际，本文聚焦配网自动化系统的优化配置与运行策略展开研究。首先分析新疆配网自动化系统的现状及瓶颈，随后从终端设备分层配置、通信网络融合架构、主站系统智能升级三个维度提出优化配置方案，进而构建包含自愈控制、精益运维、新能源协同在内的运行策略体系，最后阐述保障系统落地的技术与管理措施。实践表明，该方案可提升配网供电可靠性与运行效率，为新疆智能配网建设提供技术支撑。

【关键词】：配网自动化；优化配置；运行策略；智能电网

DOI:10.12417/2705-0998.25.22.053

引言

新疆作为我国能源战略基地，配电网覆盖范围广，穿越高山、戈壁、沙漠等复杂地形，面临严寒、酷暑、风沙等极端环境考验，同时承载着风电、光伏等分布式能源大规模接入的任务。国网新疆电力有限公司近年来加快配网自动化建设，但现有系统仍存在终端配置不均、通信稳定性不足、智能决策能力薄弱等问题，难以适应新能源消纳与优质供电需求。本文立足新疆配网实际，研究系统优化配置方案与高效运行策略，对提升配网供电可靠性、推动能源转型具有重要现实意义。

1 新疆配网自动化系统现状及瓶颈

1.1 系统发展基础

国网新疆电力已在主要城市及重点区域部署配网自动化系统，通过“电网一张图”实现主配网拓扑关系贯通，构建起变电站至用户的全景监测体系。在阿勒泰、乌鲁木齐等地区，行波测距装置、一二次融合断路器等设备的应用，已初步实现故障的快速定位与隔离。同时，无人机巡检技术在奎屯等示范区的推广，有效解决了偏远地区线路运维难题，为自动化系统提供了可靠的数据支撑。

1.2 核心瓶颈分析

地域特性带来的配置失衡问题尤为突出：城市核心区终端设备密集但存在功能冗余，而偏远农牧区则面临终端覆盖率低、监测盲区多的问题。通信网络方面，光纤通信在城区覆盖率较高，但在沙漠、山区等区域铺设成本高，无线通信易受极端天气干扰，导致数据传输延迟或中断。主站系统虽实现基础监控功能，但缺乏对多源数据的深度分析能力，难以支撑新能源并网协调、负荷精准预测等高级应用。

2 配网自动化系统优化配置方案

2.1 终端设备分层精准配置

基于新疆配网负荷密度、地理环境及供电重要性，构建“核心区-城镇区-偏远区”三级终端配置体系。核心区聚焦供电可

靠性提升，配置具备暂态数据采集、精准控制功能的一二次融合断路器，结合故障指示器实现故障秒级感知；城镇区采用兼顾经济性与实用性的配电终端单元（DTU），重点监测线路电压、电流及开关状态，支撑常规故障处理；偏远区推广低功耗、高防护的终端设备，利用太阳能供电解决能源补给问题，同时简化功能配置，优先保障基础数据采集与关键节点控制。

针对新能源富集区域，在分布式电源并网点增设专用监测终端，实现有功功率、无功功率及电能质量的实时采集，为后续协同控制提供数据支撑。在极端天气高发区域，终端设备需强化防护等级，采用防风沙、耐高低温的外壳设计，确保在恶劣环境下稳定运行。

2.2 通信网络多技术融合架构

构建“光纤为主、无线为辅、应急补充”的混合通信网络，适配新疆复杂的地理与气候条件。城市核心区及工业园区优先采用 EPON/GPON 光纤通信技术，依托电网自有光缆资源构建环网拓扑，保障数据传输的实时性与可靠性，满足馈线自动化、精准负荷控制等业务需求。城镇及近郊区域采用 5G 专网与电力线载波通信（PLC）融合模式，5G 负责实时控制指令传输，PLC 承担负荷数据、电能质量等非实时信息采集，平衡通信性能与建设成本^[1]。

偏远无信号区域推广 LoRa 与 NB-IoT 低功耗广域网技术，结合无人机中继通信实现数据回传，解决沙漠、山区等区域的通信覆盖难题。

2.3 主站系统智能升级优化

以“电网一张图”为核心，对配网自动化主站系统进行架构重构与功能升级。在数据层构建统一数据中台，整合调度自动化、配电自动化、营销采集等多源数据，实现变电站-线路-配变-用户的全景数据贯通，通过数据清洗与标准化处理，为高级应用提供高质量数据支撑。在功能层新增状态估计、潮流计算、网络重构等高级应用模块，利用机器学习算法分析历史数据，提升负荷预测与故障诊断精度。

开发新能源协同管控模块,实现分布式电源出力预测、并网状态监测及无功协调控制,支撑新能源就地消纳。优化人机交互界面,采用热力图、拓扑图等可视化方式展示配网运行状态,故障发生时自动高亮故障区域及影响范围,辅助调度人员快速决策。主站系统采用双机热备架构,提升系统运行的可靠性,确保在极端情况下仍能稳定运行。

3 配网自动化系统高效运行策略

3.1 构建分布式自愈控制体系

结合新疆配网线路长、故障处理难度大的特点,采用“集中协调+分布式控制”的自愈模式。在配网线路关键节点部署具备分布式智能功能的终端设备,故障发生时,终端可通过对等通信快速交换故障信息,自主完成故障隔离与非故障区域供电恢复,实现秒级响应;主站系统则对分布式决策进行监督与优化,避免局部决策冲突,确保整体供电稳定性。

针对单相接地故障频发的问题,利用行波测距技术精准捕捉故障信号,结合多源信息融合算法实现故障位置精准定位,缩短故障排查时间。建立负荷转供预案库,根据配网运行状态及负荷变化,提前制定不同场景下的负荷转供策略,故障发生时自动匹配最优预案,提升供电恢复效率。在新能源并网区域,自愈系统需考虑新能源出力波动影响,通过储能系统平抑出力波动,确保自愈过程中电网频率与电压稳定^[2]。

3.2 实施全周期精益化运维策略

依托无人机巡检与在线监测技术,构建配网设备全生命周期运维体系。在偏远山区、沙漠等人员难以到达的区域,采用具备自适应巡检能力的无人机,通过视觉导航实现线路自主巡检,利用轻量化 AI 算法实时识别设备缺陷与外破隐患;在城市区域,结合机器人巡检与人工巡检,提升设备监测精度。巡检数据实时上传至主站系统,形成设备健康档案,为状态检修提供依据。

建立设备故障预警机制,通过分析设备运行数据、环境参数及历史故障信息,识别设备潜在缺陷,提前发出预警信号并安排检修,实现“运维跑在故障前”。优化检修计划编制,结合负荷预测结果与供电需求,选择负荷低谷期开展检修作业,减少检修停电影响。针对极端天气,制定专项运维预案,提前对线路、设备进行加固与检测,做好应急物资储备,提升配网抗灾能力。建立运维人员培训体系,提升其对自动化设备操作与故障处理的能力,确保运维工作高效开展。

3.3 完善新能源协同运行机制

为适应新疆新能源大规模发展需求,建立配网自动化系统与新能源的协同运行机制。主站系统通过新能源监测终端实时获取分布式电源运行数据,结合气象数据精准预测新能源出力,据此优化配网调度方案,实现源网荷储协同运行。采用主动配电网技术,对新能源出力进行主动调控,当新能源出力过

剩时,通过储能系统储能或引导柔性负荷消纳;当出力不足时,启动备用电源或转移负荷,保障供电平衡。

优化无功补偿策略,在新能源并网点及配网关键节点配置 SVG、电容器组等无功补偿设备,自动化系统根据实时电压与功率因数数据,自动调节无功补偿容量,实现无功就地平衡,提升电能质量。建立新能源并网准入与退出机制,对并网新能源项目的技术参数、控制能力进行审核,确保其具备与配网自动化系统协同运行的能力,保障电网安全稳定。针对新疆新能源出力日内波动大、季节性差异显著的特点,引入虚拟电厂(VPP)管理模式,通过配网自动化系统整合分布式光伏、风电及储能资源,实现新能源出力的聚合调控。当区域新能源出力超出配网承载能力时,自动化系统可通过 VPP 平台下发调节指令,优先控制可中断新能源发电单元出力,或引导储能系统吸收多余电能;当新能源出力不足时,调度储能系统释放电能,补充供电缺口,形成“源储协同”的消纳机制^[3]。

3.4 建立供需互动的负荷管理模式

基于智能电表与负荷监测终端,构建用户负荷精准管理体系,实现配网与用户的供需互动。通过分析用户用电数据,识别可调节负荷资源,与工业用户、商业用户签订需求响应协议,在电网负荷高峰或新能源出力不足时,通过价格激励或远程控制引导用户削减负荷;在负荷低谷或新能源出力过剩时,鼓励用户增加用电,提升负荷率与新能源消纳能力。

针对电动汽车充电负荷快速增长的问题,建立有序充电管理系统,自动化系统根据配网运行状态与充电需求,制定最优充电策略,引导电动汽车在负荷低谷期充电,避免充电负荷集中导致配网过载。在居民小区推广智能充电桩,通过配网自动化系统实现充电桩运行状态监测与远程控制,提升充电服务质量。建立停电信息精准推送机制,故障发生时通过短信、APP 等方式向受影响用户推送停电原因与恢复时间,提升用户满意度。

4 系统优化与运行的保障措施

4.1 强化技术标准与规范建设

结合新疆配网特点,制定配网自动化系统技术标准体系,明确终端设备选型、通信协议、数据接口、施工规范等技术要求,确保系统各环节兼容互通。参照 IEC 相关标准,统一数据采集与传输格式,实现配网自动化系统与 EMS、GIS、营销系统等其他系统的信息共享。建立系统测试与验收标准,对新建及改造的自动化系统进行全面测试,确保系统性能满足设计要求。定期更新技术标准,跟踪国内外配网自动化技术发展趋势,将新技术、新方法纳入标准体系,推动系统技术水平提升。

4.2 构建安全可靠的防护体系

从物理安全、网络安全、数据安全三个维度构建配网自动化系统安全防护体系。加强设备物理防护,在极端天气高发区

域对终端设备、通信基站进行加固，配备防雷、防浪涌装置；在偏远区域加强设备防盗措施，确保设备安全。网络安全方面，采用加密通信、访问控制、入侵检测等技术，防止非法接入与恶意攻击，对控制指令与敏感数据进行加密传输，保障数据传输安全^[4]。

建立数据安全管理制度，对用户用电数据、设备运行数据等敏感信息进行脱敏处理，严格控制数据访问权限，防止数据泄露。定期开展安全评估与应急演练，模拟网络攻击、设备故障等场景，检验安全防护体系的有效性，提升系统应急处置能力。加强与网络安全专业机构合作，及时发现并修复系统安全漏洞，确保系统安全稳定运行。在网络安全防护实操层面，采用“分区隔离、分级防护”原则，将配网自动化系统划分为生产控制区与信息管理区，两区之间部署单向隔离装置，防止跨区数据非法流动。针对远程运维场景，搭建专用VPN通道，采用双因子认证技术验证运维人员身份，同时对运维操作进行全程日志记录，实现操作行为的可追溯。引入态势感知系统，实时监测网络流量、设备状态及异常行为，通过大数据分析识别潜在的网络攻击风险，提前发出预警并自动启动防护策略，如切断异常连接、启动防火墙规则更新等。

4.3 完善组织与人才保障机制

国网新疆电力成立配网自动化专项工作小组，统筹推进系

统优化配置与运行策略实施，明确各部门职责分工，加强部门间协同配合。建立专业技术团队，涵盖自动化、通信、调度、运维等多个领域，负责系统设计、建设、运行及技术创新工作。加强人才培养与引进，与高校、科研机构合作开展产学研项目，培养具备智能配网技术能力的专业人才；定期组织技术培训与技能竞赛，提升现有人员的技术水平与操作能力。

建立激励机制，对在系统优化、技术创新、故障处理等工作中表现突出的团队与个人给予表彰奖励，激发员工工作积极性。加强与其他省份电力企业的交流合作，学习先进的技术与管理经验，结合新疆实际进行创新应用，推动配网自动化技术水平持续提升。

5 结语

新疆配网自动化系统的优化配置与高效运行，是应对地域环境挑战、支撑新能源发展、提升供电可靠性的关键举措。本文提出的分层终端配置、融合通信架构及智能主站升级方案，可有效解决新疆配网自动化系统现存瓶颈；构建的自愈控制、精益运维、新能源协同等运行策略，为系统高效运行提供了保障。未来，随着数字孪生、人工智能等技术的深入应用，国网新疆电力配网自动化系统将实现更高水平的智能化与自动化，为新疆构建新型电力系统、推动能源高质量发展提供坚实支撑。

参考文献：

- [1] 李艳,许方杰.基于配电网自动化技术的电力系统运行优化策略[J].光源与照明,2024(2):234-236.
- [2] 王飞.自动化配电网工程的运行优化策略分析[J].电子技术,2023(9):268-269.
- [3] 余仕培.电力系统中配网自动化智能模式的应用研究[J].光源与照明,2024(11):162-164.
- [4] 董亚峰,白赓.智能电网背景下变电运行与调度自动化系统的融合与优化[J].电脑采购,2024(21).