配电网供电可靠性优化研究

陈志远
扬州三新供电服务有限公司仪征分公司　江苏　扬州　211400

摘　要：配电网供电可靠性受设备状态、网络结构、运维水平及外部环境等多重因素影响。本文围绕配电网网络结构优化设计、设备优化选型与运维、故障防控与处置优化展开研究，提出接线方式优化、节点布局调整、设备选型升级、状态监测强化及故障预判、抢修流程优化等策略，通过系统性技术改进与管理提升，增强配电网容错能力与故障恢复效率，实现供电连续性与稳定性的协同提升，为配电网可靠性优化提供理论支撑与实践参考。

关键词：配电网；供电可靠性；网络结构优化；设备运维；故障防控

引言：配电网作为电力供应的末端环节，其供电可靠性直接关系到用户用电体验与电网运行效率。随着城市负荷密度增长、分布式能源接入及极端天气频发，传统配电网在设备老化、结构僵化、运维粗放等方面的问题日益凸显，导致故障频发、停电范围扩大、修复时间延长。如何通过技术升级与管理优化提升配电网可靠性，成为保障电力供应安全、推动能源转型的关键课题。

1 配电网供电可靠性影响因素分析

1.1 配电网设备运行状态影响分析

配电网设备运行状态是决定供电可靠性的核心基础，涵盖变压器、断路器、电缆、绝缘子等核心设备的性能与老化程度[1]。设备制造工艺缺陷会降低初始运行稳定性，长期超期服役易导致绝缘性能下降、部件损耗加剧，进而引发故障停电。缺乏有效状态监测手段会导致隐性故障难以及时察觉，只能在故障发生后开展维修，延长停电时长，进一步降低供电可靠性。设备材质选用不合理也会影响运行耐久性，如导线材质老化、线径选型偏小会导致载流能力不足，在用电高峰期易出现过热跳闸，破坏供电连续性。

1.2 配电网网络结构合理性分析

配电网网络结构的合理性直接关联供电系统的容错能力与负荷分配效率，其影响体现在拓扑形式、线路分段、联络能力等布局设计层面。网络布局与城市地理空间、负荷分布不匹配，会导致部分区域供电能力冗余而部分区域供给不足，降低资源利用效率。线路分段不合理、联络开关布点不科学，会增加故障扩散范围，延长故障隔离与恢复时间。网架结构设计未充分考虑负荷增长趋势，会导致后续运行中出现过载问题，进一步削弱供电可靠性，合理的网络结构需实现空间利用度与中心集聚性的均衡适配。

1.3 运维管理水平对可靠性的影响

运维管理水平是保障配电网稳定运行的重要支撑，贯穿设备监测、检修维护、故障处置全流程。运维巡检方式落后、监测系统不完善，会导致设备运行状态无法实时掌控，漏检率偏高，小隐患逐步演变为大故障。维护检修缺乏针对性，未按规范开展设备全生命周期管理，会加速设备老化，提升故障发生率。运维人员专业技能不足，对新型智能设备操作不熟练，故障诊断与处置效率偏低，应急抢修机制不完善、物资储备不足，会延长故障修复时长，扩大停电影响范围。

1.4 外部环境因素影响分析

外部环境因素是干扰配电网正常运行的不可忽视的变量，主要包括自然环境与人为外力干扰。极端天气会直接破坏线路与设备，暴雨、台风易导致线路倒伏、树木压线，冰雪天气会造成导线覆冰、断线，雷击会引发绝缘子闪络。沿海地区盐雾、化工区域腐蚀性气体会加速设备老化，潮湿环境会降低电缆绝缘性能。城市建设施工中的误挖、误碰行为易造成电缆破损，违规接线、设备盗窃等人为活动也会引发故障，各类外部环境因素通过不同路径干扰供电连续性，影响配电网供电可靠性。

2 配电网网络结构优化设计

2.1 配电网接线方式优化

配电网接线方式优化需结合负荷分布特征、供电半径要求及电网规划标准，摒弃传统单一接线模式的局限性，构建灵活、可靠且经济的接线体系[2]。优化过程中需兼顾供电连续性与投资合理性，优先采用环网接线、双电源接线等具备冗余备份能力的接线形式，减少单条线路故障对供电范围的影响。通过合理划分供电区域，使接线方式与区域负荷等级相适配，高负荷密度区域采用紧密型环网结构，提升供电支撑能力；低负荷密度区域优化简化接线形式，降低建设与运维成本，同时确保接线结构具备良好的扩展性，可适应未来负荷增长与电网

升级需求。

2.2 网络节点布局调整与优化

网络节点布局调整与优化以负荷均衡分配、降低网损、缩短供电半径为核心目标，结合城市发展规划与电力负荷预测结果，对配电站、开关站等核心节点进行科学布局。优化过程中需避免节点分布过于集中或分散，确保各节点供电范围合理，减少线路损耗与电压降。基于配电网潮流计算理论，调整节点位置与容量配置，使节点负荷承载能力与区域用电需求精准匹配，提升节点运行稳定性。同时优化节点间的连接关系，增强网络拓扑的灵活性，便于故障时快速切换供电路径，提升配电网整体容错能力。

2.3 线路路径规划与优化

线路路径规划与优化需综合考虑地理环境、土地利用、施工难度及运行安全性，依据配电网规划设计规范，避开地质灾害高发区、生态敏感区及重要基础设施区域，降低外部环境对线路运行的干扰。优化路径走向可缩短线路长度，减少导线损耗与建设成本，同时合理避让建筑物、道路等障碍物，便于后期运维检修。路径规划需结合负荷分布特点，确保线路供电半径控制在规范范围内，避免因供电半径过长导致电压质量下降，同时预留线路扩容空间，满足未来负荷增长与电网智能化升级需求，实现线路资源的高效利用。

2.4 配电网分段与联络方式优化

配电网分段与联络方式优化是提升故障处置效率、缩小停电范围的关键举措，需结合线路长度、负荷分布及供电可靠性要求，科学划分线路分段。合理设置分段开关，使每段线路负荷分布均衡，故障发生时可快速隔离故障段，保障非故障区域正常供电。联络方式优化需优先采用专用联络、备用联络等形式，确保联络线路具备足够的承载能力，实现故障段快速恢复供电。优化过程中需兼顾分段数量与联络成本，避免分段过多增加运维难度，或联络不足影响供电恢复效率，通过精准优化实现分段与联络的协同适配，进一步提升配电网供电可靠性与运行灵活性。

3 配电网设备优化选型与运维

3.1 配电网核心设备选型优化

配电网核心设备选型优化需结合配电网运行参数、负荷特征及规划要求，遵循技术先进、性能可靠、经济合理、节能环保的原则，规避传统选型中适配性不足的问题。选型过程需参考配电网设备选型规范，针对变压器、断路器、电缆、绝缘子等核心设备，结合供电区域负荷等级、电压等级及运行环境，筛选适配的设备型号与材质[3]。优先选用节能型、智能化设备，提升设备运行效率与可控性，同时兼顾设备兼容性与扩展性，确保设备可适配未来配电网升级与负荷增长需求，减少设备更换成本，提升设备运行的稳定性与经济性。

3.2 设备全生命周期运维优化

设备全生命周期运维优化贯穿设备采购、安装、运行、检修、报废全流程，依托全生命周期管理理论，构建精细化运维体系。优化过程需完善运维管理制度，规范运维流程，摒弃传统粗放式运维模式，根据设备运行状态制定差异化运维策略。强化设备安装阶段的质量管控，确保设备安装符合规范要求，为后期运行奠定基础。运行阶段加强日常巡检与维护，及时排查设备隐患，检修阶段采用精准检修模式，避免过度检修或检修不足，报废阶段按规范开展设备处置，实现设备资源循环利用，最大化提升设备全生命周期价值。

3.3 老旧设备更新与改造优化

老旧设备更新与改造优化是解决设备老化、性能下降、安全隐患突出等问题的重要举措，结合配电网升级规划与老旧设备评估结果，科学制定更新改造方案。优化过程需对运行年限过长、性能不达标、存在安全隐患的老旧设备进行全面排查与评估，明确更新改造优先级。更新改造需选用适配当前配电网运行需求的设备，同步优化设备安装工艺，提升设备运行可靠性。改造过程中注重与现有电网的衔接，避免改造过程中影响供电连续性，同时合理控制改造成本，实现老旧设备更新改造与配电网升级的协同推进，消除设备安全隐患，提升配电网整体运行水平。

3.4 设备状态监测技术应用优化

设备状态监测技术应用优化是实现设备精细化运维、提前预警故障的核心支撑，依托智能监测技术与通信技术，构建全方位、多层次的设备状态监测体系。优化过程需结合设备类型与运行环境，选用适配的监测技术，涵盖红外测温、局部放电检测、绝缘监测等多种手段，实现对设备运行状态的实时监测。完善监测数据传输与分析机制，提升数据处理效率，精准识别设备运行异常，提前预警潜在故障，为运维检修提供数据支撑。优化监测设备布局，确保监测覆盖全面，同时提升监测技术的智能化水平，减少人工干预，提升监测效率与准确性，为设备安全稳定运行提供保障。

4 配电网故障防控与处置优化

4.1 故障预判与预警机制优化

故障预判与预警机制优化以提前识别故障隐患、降低故障发生率为核心目标，依托大数据分析、智能监测

技术及配电网故障统计规律，构建科学完善的预判预警体系[4]。优化过程需整合设备运行数据、环境监测数据、负荷变化数据，通过数据挖掘与趋势分析，精准识别设备运行异常信号，捕捉故障潜在隐患。完善预警指标体系，结合配电网运行规范与故障特性，优化预警阈值设定，避免预警误报、漏报。建立分级预警响应机制，根据隐患严重程度制定差异化处置策略，实现隐患早发现、早排查、早治理，从源头减少故障发生。

4.2 故障定位与隔离技术优化

故障定位与隔离技术优化是缩短故障处置时间、缩小停电范围的关键支撑，依托智能配网技术、故障录波技术及拓扑分析方法，提升故障定位精度与隔离效率。优化过程需升级故障定位设备，整合故障特征提取、信号分析等技术，实现故障位置的精准定位，减少人工排查时间。优化故障隔离逻辑，结合配电网分段与联络结构，完善隔离开关控制策略，确保故障发生后可快速切断故障区域，避免故障扩散。依托配网自动化系统，实现故障定位与隔离的智能化操作，提升处置的及时性与准确性，为故障抢修争取时间。

4.3 故障抢修流程与效率优化

故障抢修流程与效率优化围绕流程简化、资源整合、技能提升三大核心，构建高效协同的抢修体系。优化抢修流程，梳理各环节衔接要点，删减冗余环节，明确职责与时限，通过信息化手段实现指令快速下达、资源快速调配。整合人力、物资、设备资源，建立集中管理机制，实现精准调配，杜绝资源浪费。强化抢修队伍技能建设，每年组织不少于4次专项技能培训，聚焦故障诊断、设备维修、应急处置等实操内容，规范抢修作业流程，提升人员专业水平与现场处置能力，同时建立考核机制，激励人员提升技能，进而提高抢修质量与效率，缩短故障修复时长，保障供电快速恢复。

4.4 故障应急供电保障优化

故障应急供电保障优化是应对突发故障、减少停电损失的重要补充，结合配电网负荷等级与应急需求，构建可靠的应急供电体系。优化过程需科学配置应急供电设备，根据不同区域负荷特征与重要性，合理布局应急电源，确保应急设备容量与应急需求精准适配。完善应急供电启动机制，明确应急供电的启动条件、操作流程与责任分工，确保突发故障后可快速启动应急供电，保障重要用户电力供应[5]。加强应急供电设备日常维护与调试，确保设备处于良好运行状态，同时完善应急供电预案，定期开展应急演练，提升应急处置能力，最大限度降低停电造成的影响。

结束语

配电网供电可靠性优化需兼顾技术升级与管理创新。通过优化网络结构提升系统容错能力，强化设备全生命周期管理降低故障风险，完善故障防控机制缩短停电时间，可实现供电连续性与经济性的平衡。研究结果表明，系统性优化策略能显著提升配电网对负荷波动、设备故障及外部干扰的适应能力，为构建高弹性、智能化配电网奠定基础。实践中需结合区域电网特征，动态调整优化方案，持续推动技术迭代与管理精细化，以保障电力供应的长期稳定可靠。

参考文献

[1]白莹.配电网弹性提升策略研究:灾害防御与供电可靠性优化[J].内蒙古科技与经济,2026(4):147-150.

[2]段玉海,崔正新,王民辉.基于智能配电网的供电可靠性优化研究[J].光源与照明,2025(3):235-237.

[3]唐涛.配电网供电可靠性存在问题与优化措施研究[J].科学与信息化,2024(15):167-169.

[4]李元祥,张景煜.基于中压配电网网架结构优化的供电可靠性评估研究[J].电工技术,2025(19):171-175,178.

[5]郑天祺,王阳.基于用户侧的配电网供电可靠性评估体系和优化策略研究[J].电力与能源,2025,46(4):402-406.