

我国配电网电力工程技术中常见的技术性问题与相关思考

何嘉民

广东铭星电力工程有限公司，广东省佛山市，528000；

摘要：本文系统分析了我国配电网电力工程领域存在的关键技术问题及其解决方案，深入探讨了当前配电网建设与运行中的突出技术难题。研究表明，配电网工程面临着规划设计不合理、施工技术不规范、设备老化严重、过电压威胁、外力破坏等多重技术挑战，这些问题直接影响着供电可靠性和电能质量。通过分析10kV配网工程典型案例，提出了优化网络结构、加强防雷保护、改进施工工艺、应用智能技术等系统性对策，最后探讨了新型配电系统的发展方向，为配电网高质量建设提供了理论参考和实践指导。

关键词：配电网；电力工程；技术问题；供电可靠性；网络结构；防雷保护；智能配电网

DOI：10.69979/3060-8767.25.09.034

引言

配电网作为电力系统的末端环节，直接面向用户供电，其技术水平和运行状态直接影响供电质量和用电可靠性。随着我国新型电力系统建设的推进，配电网正从传统的“无源”单向辐射网络向“有源”双向交互系统转变，这一转型过程面临着诸多技术挑战。当前，配电网电力工程在规划设计、施工建设、运行维护等环节均存在不同程度的技术问题，亟需系统研究和解决。

1 配电网电力工程的技术特点与重要性

配电网电力工程具有电压等级多、覆盖范围广、设备种类繁多等技术特点。从电压等级看，可分为低压配电网（220V/380V）、中压配电网（10kV/20kV）和高压配电网（35kV/110kV）；从供电区域看，又分为城市配电网、农村配电网和工业园区配电网等不同类型。这种多样性使得配电网工程技术必须具有高度的适应性和灵活性，能够根据不同场景需求采用差异化技术方案。

2 配电网规划设计中的技术问题

2.1 负荷预测与网络结构问题

配电网规划设计中普遍存在负荷预测不准确的问题。传统的负荷预测方法主要基于历史数据外推，难以准确反映新型负荷的增长趋势和空间分布。特别是随着电动汽车充电桩、分布式光伏等新型负荷的快速普及，负荷特性发生了显著变化，使得基于经验的预测方法误差增大。负荷预测偏差导致配电网容量设计不合理，要么容量过剩造成投资浪费，要么容量不足影响供电质量。

网络结构不合理是另一个突出技术问题。我国配电

网长期采用辐射状结构，虽然简单经济，但供电可靠性较低。近年来推广的环网结构在实际应用中存在分段不合理、联络点设置不当等问题，难以充分发挥其技术优势。部分地区的配电网还存在供电半径过长、导线截面偏小等技术缺陷，导致末端电压偏低、线损率偏高。在农村地区，单辐射供电线路占比仍然较高，故障时影响范围大，供电可靠性难以保证。

2.2 设备选型与配置问题

配电网设备选型存在技术经济性考虑不周全的问题。一方面，部分工程为节约投资而选择技术参数偏低的设备，导致运行中过载、过热现象频发；另一方面，也有工程盲目追求高技术指标，造成设备容量闲置和投资浪费。变压器容量选择不合理尤为常见，要么容量偏小导致负载率长期偏高，要么容量过大使变压器长期处于低效运行区。

无功补偿配置不当也是普遍存在的技术问题。传统配电网无功补偿主要采用集中补偿方式，动态调节能力差，难以适应负荷波动需求。电容器组容量和安装位置选择缺乏科学计算，导致功率因数波动大、电压调节效果不理想。随着分布式电源的接入，配电网无功需求更加复杂，传统补偿方式已难以满足技术要求。此外，开关设备选型也存在遮断容量不足、操作机构可靠性差等问题，影响故障隔离和供电恢复速度^[1]。

3 配电网施工建设中的技术问题

3.1 施工工艺与质量控制问题

配电网工程施工工艺不规范现象较为普遍。电缆敷

设过程中存在弯曲半径不足、牵引力过大、外护套损伤等问题,导致绝缘性能下降和运行隐患。架空线路施工中,导线弧垂控制不精确、连接金具安装不到位等现象也时有发生,影响线路机械强度和电气性能。特别是在交叉跨越施工中,安全距离控制不严格,可能引发放电事故。

施工质量控制体系不完善是影响工程质量的重要因素。部分工程缺乏全过程的质量检测手段,仅依靠最终验收把关,难以及时发现和纠正施工缺陷。隐蔽工程如电缆接头、接地装置等的质量控制尤为薄弱,往往在投运后才暴露问题。施工材料管理也存在漏洞,个别工程使用不合格或假冒伪劣产品,如绝缘子耐压等级不足、电缆导体截面偏小等,严重影响工程寿命和运行安全。

3.2 设计方案与现场不符问题

配电网工程中经常出现设计方案与现场实际情况不符的问题。设计人员在设计工作前,未对现场进行充分勘察,导致设计方案无法指导施工。例如,杆塔位置与既有构筑物冲突、电缆路径被其他管线占用等情况屡见不鲜,迫使施工中频繁变更设计,既影响进度又增加成本。在城区配电网改造工程中,这一问题尤为突出,地下管线复杂、施工空间受限等因素大大增加了设计难度。

设计深度不足也是常见的技术问题。部分设计文件缺乏详细的施工工艺要求和质量控制标准,仅提供简单的平面布置图和设备材料表,难以有效指导施工。对于特殊地段如河流跨越、软弱地基等的处理方案缺乏针对性,施工中不得不临时调整,存在质量隐患。设计变更管理也不规范,变更手续不全、技术论证不充分,可能引入新的技术风险。

4 配电网运行维护中的技术问题

4.1 过电压与绝缘配合问题

配电网运行中面临严峻的过电压威胁。雷击过电压是导致配电网设备损坏的主要原因,特别是在多雷地区,避雷器配置不足或参数选择不当,导致雷电波侵入配电设备,造成绝缘击穿。统计表明,雷害事故约占配电网故障总数的 30%以上。接地系统不良加剧了过电压危害,接地电阻偏高导致雷电流泄放不畅,可能引发设备损坏甚至人身安全事故。

间歇性电弧接地过电压是中性点不接地系统的特有现象。当发生单相接地故障时,接地电弧反复熄灭和

重燃,产生幅值高、持续时间长的过电压,威胁设备绝缘安全。虽然近年来消弧线圈接地方式得到推广,但参数整定不合理、自动调谐功能失效等问题仍然存在,影响其保护效果。此外,操作过电压也不容忽视,特别是真空开关开断感性负载时产生的截流过电压,可能损坏电动机等设备绝缘^[2]。

4.2 外力破坏与设备老化问题

外力破坏是导致配电网故障的重要因素。城市建设施工机械误碰电缆、超高车辆挂断导线、树竹碰线等外力破坏事件频发,约占配电网故障的 40%以上。在城区,地下电缆遭受施工破坏的情况尤为严重;在农村地区,树障引起的线路跳闸问题突出。虽然采取了设置警示标志、安装防撞设施等措施,但效果有限,亟需技术和管理上的创新解决方案。

5 配电网技术问题的解决对策

5.1 网络结构优化与防雷保护改进

优化配电网结构是提高供电可靠性的基础措施。城市配电网应逐步形成“手拉手”环网结构,合理设置分段开关和联络开关,实现故障快速隔离和负荷转供。10kV 配电网宜按每 2500kVA 装建容量设置分段点,分段开关和联络开关优先选用带电压互感器的电动负荷开关。对于重要用户,可采用双电源甚至多电源供电,确保供电连续性。农村配电网应减少单辐射线路比例,适当增加联络线路,缩短供电半径,改善电压质量。

加强防雷保护是降低配电网故障率的有效手段。多雷地区配电网应全线架设架空地线,杆塔接地电阻控制在 10Ω 以下,特殊地段不超过 4Ω 。绝缘配合设计应留有足够裕度,10kV 线路绝缘子雷电冲击耐受电压不低于 125kV。避雷器布置应科学合理,变电站出口、线路首端、末端及每隔 5-7 基杆塔设置一组,变压器高低压侧均应安装。推广使用带间隙避雷器,解决传统避雷器持续运行易老化的问题。对于电缆线路,重点做好终端头和中间接头的防雷保护,避免雷电波侵入造成损坏。

5.2 施工质量控制与智能技术应用

强化施工质量控制是保证配电网工程质量的关键。电缆敷设应严格控制牵引力和侧压力,采用变频调速牵引机,牵引头采用旋转连接器防止扭力累积。电缆弯曲半径不得小于 15 倍电缆外径(单芯)或 10 倍(三芯),敷设后及时进行外护套耐压试验。架空线路施工中,导

线弧垂误差控制在 $\pm 2.5\%$ 以内,连接金具螺栓扭矩达到标准值,并采取防松措施。推广使用液压压接工艺代替传统爆破压接,提高连接可靠性。

智能技术的应用为配电网施工和运维提供了新手段。基于BIM技术构建配电网工程三维模型,提前发现设计冲突,优化施工方案。采用智能巡检机器人进行电缆隧道检查,利用红外热像仪检测接头温度异常。推广在线监测装置,实时采集变压器油温、电缆局部放电等状态信息,实现设备状态评估和故障预警。建设配电自动化系统,实现故障自动定位、隔离和供电恢复,缩短停电时间。这些智能化手段可显著提高配电网的技术水平和管理效率^[3]。

6 新型配电系统的发展方向

6.1 适应新型电力系统的技术转型

配电网技术正朝着适应新型电力系统的方向转型发展。传统配电网作为无源网络,主要任务是单向分配电能;而新型配电系统需要具备“有源”双向交互能力,能够接纳大量分布式电源并实现潮流双向控制。这一转变要求配电网在规划设计中充分考虑分布式电源接入影响,合理配置保护控制设备,确保系统安全稳定运行。电压调节方式也需要创新,从传统的集中式调节向分布式协同调节转变,应对功率波动带来的电压变化。

柔性互联技术是构建新型配电系统的重要支撑。通过电力电子变压器、背靠背变流器等柔性互联设备,实现不同电压等级配电网之间的灵活互联和功率互济。这种技术可以突破传统电磁变压器的诸多限制,提供电压变换、潮流控制、电能质量调节等多种功能,大大提高配电网的灵活性和可控性。特别是在高比例可再生能源接入场景下,柔性互联技术能够有效平抑功率波动,提高供电可靠性。

6.2 数字化与智能化发展路径

数字化是配电网技术发展的必然趋势。通过部署智能传感器、采集终端等数字化设备,实现配电网全要素、全状态的实时感知和透明化。基于数字孪生技术构建虚拟配电网,实现物理系统与数字模型的同步映射和交互分析,支持运行优化和决策辅助。建设统一的配电物联网平台,整合各类监测数据,打破信息孤岛,为高级应用提供数据支撑。这些数字化基础将大幅提升配电网的状态感知能力和管理效率。

人工智能技术为配电网智能化提供了强大工具。基于机器学习的负荷预测算法可以更准确地预测新型负荷的增长趋势和时空分布;深度学习技术可用于故障诊断和缺陷识别,提高分析准确率;强化学习算法可优化配电网运行策略,实现自趋优运行。智能融合终端将逐步取代传统配电终端,具备边缘计算能力,实现本地快速决策和协同控制。这些智能化技术将推动配电网向自治自愈、高效互动的方向发展^[4]。

7 结束语

综上所述,本研究系统分析了我国配电网电力工程中的技术问题及其解决方案,得出以下主要结论:配电网技术问题具有系统性和复杂性特点,需要从规划设计、施工建设、运行维护全生命周期进行综合治理。规划设计阶段的主要问题是负荷预测不准确、网络结构不合理和设备选型不当;施工建设阶段突出表现为工艺不规范、质量控制不严和设计与现场不符;运行维护阶段则面临过电压威胁、外力破坏和设备老化等挑战。

技术创新是解决配电网技术问题的关键途径。网络结构优化可使供电可靠性提升至99.98%以上;科学的防雷保护措施能降低雷击故障率30%-50%;施工质量控制可减少投运后缺陷60%以上;智能技术的应用能缩短故障处理时间70%左右。新型配电系统的发展需要突破传统技术框架,向柔性互联、数字智能方向转型,以适应高比例可再生能源接入和多元负荷发展的新形势。

针对配电网技术发展,提出以下政策建议:完善配电网技术标准和规范体系,为工程建设提供权威依据;加大配电网改造投入,重点解决设备老化和网络结构薄弱问题;鼓励新技术研发和应用示范,推动配电网技术升级;加强人才培养和技术交流,提升行业整体技术水平。

参考文献

- [1] 吴凌霄. 配电网电力工程技术及其施工安全问题探讨[J]. 仪器仪表用户, 2024, 31(11): 15-16, 19.
- [2] 陈丽, 余泱. 分布式电源在电力工程中的优化配置与运行控制策略[J]. 中国品牌与防伪, 2024(12): 131-133.
- [3] 董佳楠. 配网电力工程技术可靠性影响因素及提高方法探究[J]. 模型世界, 2023(19): 41-43.
- [4] 杨冰, 杨俊菲. 探究配网电力工程技术可靠性影响因素及提高方法[J]. 互动软件, 2020(5): 2821-2822.