

电力输电线路设计中多回路同塔技术应用研究

陈凌翔

杭州汉邦电力工程设计有限公司, 浙江 杭州 310000

[摘要]随着人们生活水平的提升,同步增加生活用电的需求,相关电力单位针对电力输出线路进行适应性设计,充分联合多回路同塔技术,解决输电电容量等问题;但在实际使用过程中,为保证用电安全,该技术的应用面临诸多挑战。本次研究主要充分定位多回路同塔技术的应用效能,重点排查应用阻碍,同时立足于安全及创新视角,进行全面优化,进而降低线路运行故障概率,有效保障生命财产安全。

[关键词]电力输电线路设计;多回路同塔技术;应用

DOI: 10.64635/ja.2026.1285

中图分类号: TM752

文献标识码: A

Research on the Application of Multi-Circuit Same-Tower Technology in Power Transmission Line Design

Chen Lingxiang

Hangzhou Hanbang Electric Power Engineering Design Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang 310000, China

Abstract: With the improvement of people's living standards, the demand for electricity consumption has also increased. Relevant power enterprises need to carry out adaptive design of power transmission lines and fully integrate multi-circuit same-tower technology to solve problems such as transmission capacity. However, in practical application, the use of this technology still faces many challenges in order to ensure power safety. This study mainly focuses on identifying the application effectiveness of multi-circuit same-tower technology, examining the main obstacles in its application, and carrying out comprehensive optimization from the perspectives of safety and innovation. The aim is to reduce the probability of line operation failures and effectively safeguard life and property safety.

Keywords: power transmission line design; multi-circuit same-tower technology; application

引言

近些年,我国电网建设工作迅速发展,随之也提高了供电环节的可靠性及安全性运行要求。基于此,电力单位将工作重点放在电力输电线路设计之中,通过收集过往故障问题,对当下线路运行进行预防性设计,保证供电建设工作稳步开展,使得路径走廊更加紧张,增加供电故障的发生率。开展电力输电线路设计时,应加强多回路同塔技术的应用,并于电力输出线路设计中进行适应性创新与调整,使得电力输电线路设计方案能与多回路同塔技术发挥其应用价值。

1 设计多回路同塔技术注意事项

1.1 绝缘设计

在设计输电线路时,需密切关注绝缘设计;多回路同

塔技术位于室外空间,可受周围环境因素影响,并增加电路故障的发生率;同时电塔均相对较高,故易发生雷击事故,诱发输电故障;基于此,开展线路设计,应选择绝缘性能高的材料作为绝缘配置。

1.2 布线设计

电力输电线路设计复杂,布线均在室外,因此在室外布线时需要综合考虑导线、地线及其他设备的运行安全。为保证多回路同塔技术方案全面落实,需加强布线施工监管;在电力线路布线规划设计阶段,首先需充分考虑地形、地貌等环境因素,之后评估布线材料,开展相关验证研究,以 BIM 技术模拟推演,加强设计细节的完善,以下表 1 为例进行可行性设计。

表 1 地形、地貌环境因素高压线路设计数据

数据类别	子类别	描述	数据字段	示例数据
地形数据	高程分析	描述沿线海拔变化	平均海拔、最高点、最低点、坡度	平均海拔：500m，最高点：750m，最低点：250m，平均坡度：10%
	地形类型	区分山地、平原、丘陵等地形类型	地形分类、面积占比	山地：60%，平原：30%，丘陵：10%
地质数据	土壤稳定性	分析土壤承载力及稳定性	土壤类型、土壤承载力	土壤类型：沙质土，土壤承载力：150kN/m2
	岩石分布	记录基岩类型及其分布	岩石类型、分布密度	岩石类型：花岗岩，分布密度：不连续
水文状况	水体分布	识别河流、湖泊及其他水体	水体类型、距离最近线路点	河流：距离线路起点 1km
	洪水风险区	预测可能的洪水影响区域	洪水风险区域、面积	洪水风险区：覆盖面积 5km ²

1.3 搭建设计

铁塔是由高强度的钢管搭建而成，主要作用是支撑架空电力线路，确保其安全、稳定运行能力。在电力输出线路设计方案中，需兼顾土地可利用资源，适当缩小建设面积，但需保证铁塔整体承载能力及稳定性结构。

2 多回路同塔技术应用阻碍

2.1 电磁干扰

多回路同塔技术应用过程中，诱发电磁干扰常见于下述几种情况：（1）工频电场：工频电场的分布、强度与输电线路设计、铁塔高度及相位排列等因素有关，若工频电场的工作频率较高，会对周围环境及人体造成安全威胁。（2）磁场：磁场参数变化会导致多回路模型参数出现异常，从而直接影响多回路同塔技术的应用；谐波故障会引起多回路同塔模型中的电流及电压指标失衡，导致电力系统整体稳定性下降；（3）无线电干扰：无线电干扰对多回路同塔技术的应用影响因素包括杂散干扰、接收机阻塞及系统间互调干扰，因此系统无法快速做出反应，且会增加故障问题出现的概率。

2.2 绝缘配置不足

绝缘配置与多回路同塔技术应用效能存在密切联系。因绝缘配置不仅是线路运行的基础保障设施，还是防止危险事件发生的重要设施；绝缘配置通过改变线路的耐雷水平及雷电流分流能力来达到绝缘目的；但在实际应用绝缘配置的过程中，受绝缘裕度不足、材料规格不符、机械应力损耗及维护不当等因素影响，最终会产生不平衡绝缘度，并增加双回线路同时遭受雷击跳闸的风险。

2.2 对地距离影响

在输电系统中，导线接地后，导线越长，电流输送阻碍越大，电阻越大。且接地电阻越大，说明铁塔雷击概率越低；而导线对比距离受电磁强度、温度变化、塔杆高度等因素影响。

2.3 气候变化影响

多回路同塔技术主要将多条电力线路并行架设在铁塔之上，并置于室外；室外情况受气候变化影响，会对多回路同塔技术的应用效果产生阻碍。具体阻碍包括：（1）雨季下雨频繁，导致绝缘配置受雨水影响，绝缘性能下降，进而增加漏电风险。（2）高温情况下绝缘配置会出现热胀冷缩的情况，导致导线传输距离增长，同时增加电力短路风险。（3）低温情况下绝缘配置会冷缩，相对缩短电流传输距离，电流输送阻力减小。

3 电力输出线路设计中多回路同塔技术应用优化措施

3.1 加强现场电磁影响评估，持续完善电力输出线路设计

受工频电场因素影响，在电力系统周围产生电磁场，对多回路同塔技术的应用形成阻碍；基于此，通过下述几项内容进行输电线路设计工作：（1）因工频电场对人体也会带来不良影响，为保证工频电场不会对人体造成伤害，需要在开展电力输电线路设计时，严格按照《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）制定工频电场限值，从而保证公共健康；由专业人员对同塔区域的工频电场进行监测。（2）在调整电力输电线路设计时，采用有限元法调整电力输电线路的电场分布，从而降低电磁影响；有限元法通过假定目标，推导满足低电磁场条件的设计参数，并在该近似解的基础上，对线路布设进行调整，从而提升电力输电线路设计精度。（3）设计细节优化过程中，为降低工频电场对多回路同塔技术的影响，首先可通过架设屏蔽线的方式改变周围磁场。屏蔽线是一种闭合导体，可有效阻断高压输电线产生的电场。屏蔽线接地后，可将电力设备运行过程中产生的电流导入地下，借此也可影响周围工频电场强度。屏蔽线还具备分流的作用，因此也可间接影响工频电场强度。

3.2 优化绝缘配置设计, 保证线路运行安全

优化绝缘配置可按照下述几个角度进行设计: 第一, 需要利用校验设备定期检查绝缘配置的绝缘耐受水平, 同时利用智能分析系统对绝缘配置故障发生率进行风险评估, 并自动生成分析报告, 对报告内容进行细节性优化; 第二, 选择绝缘配置时, 需以高绝缘裕度材料为主。第三, 收集变电站线路受到远近雷击时电气设备可出现异常电压指标, 并在该监测数据的基础上, 调整避雷器装置的参数, 必要时需要更换绝缘配置, 从而保证避雷器运行的可靠性; 首先, 可立足于季节变化情况, 设置不同的维护计划。例如, 夏季雷雨天较多, 加之温度过高, 会促使绝缘设备消耗及损害情况增加, 故而可通过增加维修及养护频率, 定期排查故障风险, 定期更换破损绝缘部件, 以此加强塔架保护。其次, 若在维护后, 绝缘设备仍具有较高的故障率, 需要进一步调整排查方案, 可借助智能软件分析模型等, 对故障形成原因进行排查, 并逐一验证结论的合理性, 最终确定故障问题, 从根源解决故障问题, 避免绝缘设备过度损耗^[1]。联合“平衡绝缘法”避免外部因素影响。期间, 还可利用该方法利用 MOSFET 器件的自然阈值特性, 当线路电流超过阈值后, 会通过启动一个周期性开关来平衡电路内的电流^[2]。

3.3 综合调整对地距离, 强化电力输出线路安全性设计

对地距离是多回路同塔技术中的重要调整参数, 因为对地距离可对电磁环境、防雷性能、系统运行的可靠性产生直接影响, 所以开展电力输电线路设计时, 需要加强对对地距离的设计。设计过程中可从下述三个方面进行调整: 其一, 接地电阻显示越大耐雷水平越低, 而对地电阻可通过调整对地距离进行控制; 导线距地距离需要充分考虑多个因素后进行设计, 且不同电压等级的输电线路安全距离有不同的规定, 以 35~110kV 线路导线为例, 最小距地距离为 7m; 其二, 根据系统运行的可靠性监测数据, 为保证对地距离保持在安全范围内, 通过接入接地电阻, 例如架空线路塔杆的工频接地电阻可为 30Ω; 土壤也存在电阻率, 促使电阻指标上升, 故而需要采取额外的措施降低电阻, 例如可采用化学剂进行降阻^[3]。其三, 因为对地距离越近, 产生的电磁强度越强, 对地距离设计首先需要充分考虑地形、地貌及建筑物等周围环境实际情况, 综合多项环境调查结果进行设计, 例如人口密集地区、人口稀少地区、交通困难地区 3kV 以下线路要求距地最小距离分别为 6.0m、5.0m、4.0m, 3~10kV 线路导线对地最小距

离分别为 6.5m、5.5m、4.5m, 同时对地距离需要严格按照行业标准及国家标准进行设计。

3.4 增强环境监测, 完善电力输出线路预防设计

温度及湿度等外界环境因素, 也会影响多回路同塔技术的应用, 例如高温情况下线路电阻增大、雨天线路导电风险上升等。为保证多回路同塔技术正常应用, 首先需在初期选择导线材料时, 根据当地早晚及季节室外温差, 选择高温情况下结构稳定性强的材料, 避免因热胀冷缩导致线路电阻发生变化。其次, 雨天及雪天均会对塔架进行冲刷, 还需将塔架的整体稳定性纳为设计重点。例如根据当地情况联合 BIM 技术模拟导线形成冰层后的耐受阈值, 并综合计算塔架的负荷指标, 以便提供更完善的安全数据支持。在雨天, 雨水会降低绝缘材料的绝缘性能, 进而增加导电及漏电的概率, 故需要专业人员定期更换老化部件, 避免发生漏电及导电事故。最后, 风向及风速也是影响塔架稳定性的重要因素, 故而需要专业人员密切监测风速情况, 评估塔架外固定情况是否能承受, 若无法承受, 需提前做好防护措施, 避免出现事故。长期受特定风向影响, 会导致塔架的导线受力不均, 同时也会增加事故的发生率。针对此情况, 在设计阶段可增加阻尼器进行调整, 阻尼器可有效消除塔架的异常振动, 还可减少风力对其造成的影响。也可通过改进塔架结构, 例如将塔架改为锥形塔, 进而降低风力的影响。塔架结构的稳定性也可通过选择高强度材料予以控制^[4]。

3.5 构建雷电防护系统, 保障生命财产安全

多回路同塔技术应用后促使塔杆整体高度上升, 显著增加引雷面积, 并提升电气设备的故障概率; 又因部分塔杆位于雷电高发区域, 故而在电力输出线路中需要加强雷电防护设计; 防雷设备包括防雷接地装置、避雷器、避雷针、场变放电器、引地线、接地装置等, 于上述设备使用的基础上, 可优化常规防雷系统, 例如可在塔身顶部设计避雷网格, 同时借助塔身的骨架结构连接防雷装置; 此外, 塔内的电子设备也需要进行防雷避雷处理, 从而加强设备保护^[5]。为强化雷电系统的保护能力, 可接入雷电传感器, 并形成雷电预警系统, 借助传感器的全面覆盖, 一方面可监测大气电场, 另一方面通过传感器监测数据可导入智能防雷监测系统之中, 并形成完善的预警模式。在雷电预警系统还需接入智能雷电监测装置、接地电阻监测模块等, 从而精准监测雷电活动, 避免生命财产损失。智能雷电监测装置由传感器、数据处理单元和通信单元等组成, 其中雷电传感器可实时监测雷击次数、雷击电流及波形等参数,

并由数据传输系统将传感器收集的数据进行智能分析,并对应获取雷电强度及趋势,这对预防具有重要的干预意义;该技术支持电脑、手机等远程终端进行监测,显著提升潜在故障的处理效率^[6]。

4 结语

综上所述,在电力输电线路设计中多回路同塔技术具有重要的应用价值,主要表现在该技术与其他设计方案可以协同并进,且在该技术的持续改进与完善过程中,充分解决输电线路的问题,不仅降低建设成本,促进整个电力行业的发展。同时,在该技术的支持下,充分融入智能化系统及传感器等设备,一方面加强电力系统数据监测,另一方面可通过智能分析数据结果获取潜在的运行风险,提前开展预防工作,可降低故障发生率,避免生命财产损失。

[参考文献]

[1]罗勇,张祥健,周炜刚,等.输电线路除冰装置的设计与研

究[J].山东电力高等专科学校学报,2025,28(03):1-5.

[2]王友林,刘文发,朱磊,等.基于图像处理技术的输电线路异物检测系统设计与测试[J].光源与照明,2025,(07):99-101. 汪华明,朱安安,易斌.输电线

[3]路登塔作业防坠落保护装置设计及应用效果研究[J].造纸装备及材料,2025, 54 (08): 43-45.

[4]邵帅,杨风利,彭波,等.基于台风强风实测的输电线路设计风荷载特性及规范对比研究[J].山东电力技术,2025, 52 (08): 79-84,93.

[5]王友林,刘文发,朱磊,等.基于图像处理技术的输电线路异物检测系统设计与测试[J].光源与照明,2025,(07): 99-101.

[6]詹达健.架空输电线路杆塔设计分析[J].电工技术,2025,(12): 201-203.

作者简介:陈凌翔(1991—),男,汉族,浙江杭州人,本科,中级职称,研究方向:主网线路设计。