

探析35kV架空输电线路结构设计

王松磊

河南中核五院研究设计有限公司 河南 郑州 450000

摘要: 35kV架空输电线路作为电力传输的关键基础设施,其结构设计直接影响线路的安全性与经济性。以中核井陘100MW光伏发电项目为例探析35kV架空输电线路结构设计构成,涵盖杆塔、导线与地线、绝缘子及基础结构等核心要素,分析自然环境与运行条件对结构设计的关键影响,阐述杆塔优化及基础抗拔抗倾覆等关键技术,利用无人机测绘技术提高现场踏勘效率,缩短设计周期提出优化方向,为提升35kV架空输电线路结构设计水平提供理论参考。

关键词: 35kV架空输电线路;结构设计;关键技术;优化方向

引言: 35kV架空输电线路作为电力传输的关键基础设施,其结构设计合理性直接影响线路运行的安全性与经济性。随着电力需求增长与新能源项目规模扩大,线路面临的气象、地形等自然环境愈发复杂,输电容量、运行工况要求也不断提高,对缩短设计周期提高设计效率的呼声也越来越高。在此背景下,深入研究35kV架空输电线路结构设计,优化各结构单元设计参数,缩短设计周期,提升结构对复杂环境的适应性,成为保障35kV架空输电线路稳定运行、降低全生命周期成本的重要课题。

1 35kV 架空输电线路结构设计构成

1.1 杆塔结构设计

杆塔结构类型划分需结合线路电压等级、使用功能及地形条件,依据相关设计规范明确分类标准,涵盖按结构材料划分的钢结构、钢筋混凝土结构等,按结构形式划分的自立塔与拉线塔,以及按使用功能划分的承力塔、直线塔等^[1]。不同类型的杆塔结构各有优缺点,在实际应用中需根据具体情况合理选择,以达到最佳的设计效果。杆塔结构受力设计要点围绕荷载传递路径优化展开,重点考虑风荷载、覆冰荷载等自然荷载与导线张力产生的机械荷载,通过合理的构件截面设计与节点连接方式,确保结构在各类荷载作用下的稳定性,符合高耸结构设计相关技术要求。杆塔结构材料选择依据需兼顾材料力学性能、环境适应性与经济性,结合线路运行环境确定材料规格,优先选用强度高、耐腐蚀性强且节能环保的材料,参考钢结构设计标准优化材料适配性。

1.2 导线、地线、绝缘子设计

导线、地线、绝缘子参数由电气专业完成选型确定,结构专业同步开展力学验算,结合线路档距、气象条件与杆塔受力要求,核验导线机械强度与张力控制参数,平衡导线弧垂与结构受力,规避张力过大损毁杆塔或张力不足危及线路安全。导线及绝缘子排布方式由

电气专业划定电气安全距离阈值,结构专业结合回路数优化杆塔头部挂点布局,合理规划导线挂点间距与层间距离,适配紧凑型线路设计需求,削弱电磁干扰对结构受力的影响,保障结构承载与电气安全指标协同达标。

1.3 基础结构设计

基础结构类型划分需结合地质条件与杆塔受力特点,依据基础设计规程,涵盖原状土基础、桩基础、装配式基础等多种类型,明确各类基础的适用场景与结构特征。基础承载设计要点围绕上部结构荷载传递展开,通过道亨软件计算基础承受的竖向压力、水平力与上拔力,优化基础截面尺寸与配筋设计,确保基础具备足够的承载能力与抗倾覆性能。基础与地基适配设计需充分考虑地基土层性质,针对不同地质条件优化基础形式,采取相应的地基处理措施,使基础与地基形成良好的协同工作状态,保障杆塔结构的整体稳定性。在中核井陘100MW光伏发电项目设计中,结合现场实际施工情况与地勘报告,在地势较平缓地区选取台阶式基础,在地势较陡峭地区选取挖孔桩基础,如图1所示。

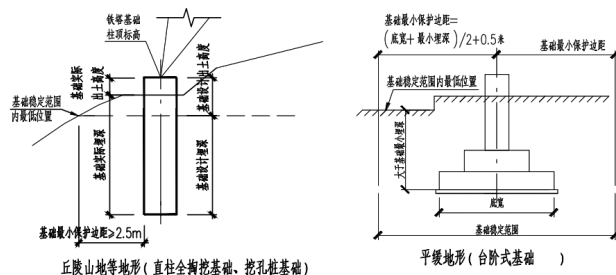


图1 台阶式基础和挖孔桩基础示意图

2 35kV 架空输电线路结构设计关键影响因素

2.1 气象条件的设计适配

气象条件是35kV架空输电线路结构设计需重点考量的环境因素,设计过程需适配不同区域气象特征,结合当地长期气象观测数据优化结构参数。例如,在台风多

发区需提高杆塔风振系数，在雷暴高发区需加强绝缘子防雷性能。风荷载作为主要气象荷载，需根据风速分布规律调整杆塔体型与导线悬挂方式，降低风振对结构的影响，同时兼顾覆冰厚度合理设计导线张力与杆塔承载能力，避免冰雪荷载导致结构变形或损坏^[2]。日照与温差变化需纳入设计考量，通过选用热稳定性优良的材料与合理的结构排布，减少温度应力对杆塔、基础及导线的不利作用，契合35kV架空输电线路气象设计相关规范要求。

2.2 地形地貌的设计调整

地形地貌直接决定线路路径选择与结构形式设计，需结合具体地形特征调整结构方案。通过前期对现场地形地貌进行踏勘，运用道亨软件对测量数据转化生成塔基断面，并根据电气专业所选取杆塔与塔基断面对基础进行优化，保证基础与上部结构的安全性及稳定性。山地、丘陵地区需优化杆塔高度与基础形式，适配地形坡度与起伏状况，减少地形对线路架设的限制。在山地地区，地形坡度可能达到20°-30°，甚至更大，杆塔高度和基础形式需根据坡度进行调整，以确保线路安全；平原地区需考虑地表沉降可能性，优化基础承载设计，合理规划线路跨距，避免地形障碍物对线路安全运行的影响。河谷、峡谷等特殊地貌区域，需重点考虑局部气流变化对导线风偏的影响，配合电气专业调整绝缘子布置与导线排列，保障线路绝缘性能与结构稳定性，符合线路路径设计相关技术标准。

2.3 地质条件的设计应对

地质条件影响基础结构设计的合理性与安全性，设计过程需充分勘察地基土层分布、承载力及地下水情况，针对性采取应对措施。针对软土地基，需优化基础形式并采取地基加固处理，提升基础抗沉降与抗倾覆能力；岩石地基需结合岩层硬度与完整性，调整基础嵌入深度与连接方式，确保基础与地基有效结合。地质灾害易发区域，需通过结构优化规避风险，合理设计杆塔间距与基础防护措施，降低滑坡、泥石流等地质灾害对线路结构的破坏，参考输电线路基础地质设计规范完善设计方案。

2.4 运行工况对结构的要求

线路运行工况多样，结构设计需满足不同工况下的安全运行要求。正常运行工况下，需保障各结构单元协同工作，导线、绝缘子、杆塔及基础均需承受设计范围内的荷载，维持结构整体稳定性。检修工况下，需考虑检修作业带来的额外荷载，优化杆塔结构与节点设计，便于检修操作且不影响结构安全。故障工况下，结构需

具备一定的抗扰动能力，通过合理的受力设计与材料选型，减少故障荷载对结构的破坏，避免故障扩大，契合输电线路运行安全相关设计要求，保障线路运行可靠性。

3 35kV 架空输电线路结构设计关键技术

3.1 杆塔结构优化设计技术

杆塔结构优化以受力合理、安全可靠、经济高效为核心，结合线路电压等级、使用功能与地形条件，统筹荷载特性、材料选型与节点连接开展精细化设计^[3]。基于风荷载、覆冰荷载、导线张力等组合作用，精准计算杆塔应力分布与传力路径，优化塔身截面、横担布置及塔头挂点形式，在满足强度、刚度与稳定性前提下，剔除冗余构件、减少钢材用量，实现结构轻量化。结合角钢塔特点，采用 Q420、Q355B、Q235B 等高强度钢材分级适配，关键部位选用 Z 向性能钢板防控层状撕裂；优化角钢火曲制弯、螺栓连接与焊接工艺，统一配设平垫并落实防松防卸措施，提升节点可靠性。同时兼顾施工便捷性，明确试组装、热浸镀锌防腐等质控要求，适配分解组立与架线工况，优化地脚螺栓规格与基础连接构造，降低安装偏差风险。通过参数迭代与规范对标，使杆塔整体适配输电项目使用需求，提升长期运行稳定性与抗灾能力。杆塔选型由电气专业确定，如存在超条件使用情况，结构专业对其进行受力验算后采取更换杆件的方式，使其满足使用要求，确保其安全性与稳定性。以中核井陘100MW光伏发电项目06B2-J4转角塔为例，如图2所示。

06B2-J4 转角塔杆件修改表					
塔段号	杆件号	原图材料		修改材料	
		角钢规格	螺栓数量	角钢规格	螺栓数量
10	1018	L50X4		L56X4	原图
					增加重量 (kg)
					3.4
说明：					
1. 原图纸中M16、M20螺栓均为6.8级，M24螺栓改为8.8级。					
2. 材质发生变化的杆件其连接节点板材质应与其保持一致。					
3. 厚度发生变化的杆件其连接节点板厚度应相应修改。					
4. 连接螺栓规格、数量发生变化的杆件，其连接节点板需重新核算确定下料尺寸。					
5. 节点板放样时需注意节点板固定螺栓数量应为连接螺栓数量的1.5倍，规格与连接螺栓一致。					
6. 加工时需注意相关影响（螺栓长度、主材接头相平、螺栓孔底大小、内垫片增减等）。					
7. 铁器放样、加工及试组装时如有特殊情况应及时与设计单位联系解决。					
8. 角钢规格中H代表Q355B，S代表Q235B。					
9. 连接接头处厚度发生变化时，杆件的连接、接头处应增加垫板。					
10. 主材规格发生变化时，仍按照原设计加工，保证杆件开口尺寸、铁器开孔、基础不变。					

06B2-J4 转角塔杆件修改表		
呼高(m)	增量(kg)	备注
15	3.4	塔脚板式

图2 06B2-J4转角塔杆件修改表

3.2 基础抗拔抗倾覆设计技术

基础抗拔抗倾覆设计技术是保障杆塔结构稳定的核心技术，通过道亨软件精准计算基础承受的上拔力、水平力与倾覆力矩，优化基础结构形式与尺寸。结合地基土层特性，选取适配的基础类型，通过加强基础配筋与优化基础埋深，提升基础抗拔与抗倾覆能力。针对不同地质条件，采取针对性的地基处理措施，增强基础与地

基的协同工作效果，减少地基沉降对基础受力的影响。该技术依据输电线路基础设计规范，通过力学模型分析优化基础设计参数，确保基础在各类荷载作用下不发生

拔起、倾覆等破坏，为杆塔结构提供可靠支撑。以井陘项目挖孔桩基础抗拔计算及台阶式基础稳定性计算为例，如图3所示。



图3 挖孔桩基础抗拔计算及台阶式基础稳定性计算

4 35kV 架空输电线路结构设计的优化方向

4.1 结构设计周期优化

结构设计周期优化是35kV架空输电线路结构优化的重要方向，随着新能源项目的大规模开展，受制于其施工工期快的影响，35kV架空输电线路作为新能源项目重要组成部分，对其设计周期有了更严峻的要求。缩短设计周期，提高出图质量与效率迫在眉睫。依托无人计测绘技术的进步，在保障测绘结果准确性前提下，实现缩短结构设计时间。通过无人机对较为简单地形进行范围

较广的测绘工作，替代传统人工手持RTK测量，降低设计前期现场踏勘的工作量，减少人力与物理的浪费。结合本项目的实际应用，在较为平缓地区，无人机进行一公里测绘需十分钟左右，而设计人员手持RTK测量需耗时一小时左右，如图4所示。在保证设计要求测量误差范围内，使用无人机极大的提高了现场踏勘效率，为缩短整个35kV架空输电线路结构设计周期提供了坚实的技术保障。



图4 无人机测绘作业与人工RTK测绘作业对比

结束语

35kV架空输电线路结构设计需兼顾安全、经济与可维护性，通过优化杆塔结构、导线力学特性、绝缘性能及基础设计等关键技术，可显著提升线路的长期运行可靠性。同时，无人机测绘技术的发展与运用为设计创新提供了明确路径。工程实践中需结合具体条件灵活应用相关技术，确保结构与运行需求高度适配，推动35kV架空输电线路设计水平持续提升。

参考文献

- [1]江涛. 架空输电线路铁塔结构设计[J]. 中国高新科技, 2023(22):24-26.
- [2]姚华. 架空输电线路铁塔结构与基础设计概述[J]. 科学与信息化, 2021(11):94.
- [3]马晓峰, 米雪峰, 高鹏, 等. 架空输电线路杆塔结构可靠监测平台设计[J]. 微型电脑应用, 2023, 39(11):204-207, 212.