

风光电站施工运输与运维道路一体化规划

顿博文

内蒙古能源规划设计研究院有限公司 内蒙古 呼和浩特 010000

摘要: 风光电站施工与运维道路一体化规划需兼顾施工期大型设备运输、材料转运及人员通行需求,同时满足运维期巡检、应急通行及特殊天气适应性要求。规划需实现施工与运维功能兼容,优化道路网络拓扑结构,合理设计路面结构、几何参数及排水系统,并针对山地、沙漠、沿海等特殊环境制定差异化方案。通过动态匹配道路等级与承载能力、强化生态保护及资源高效利用,提升道路全生命周期使用效率,保障电站安全稳定运行。

关键词: 风光电站;道路一体化规划;全生命周期;特殊环境适应性;资源高效利用

引言:风光电站作为清洁能源的核心载体,其建设与运维效率直接影响能源供应稳定性。道路系统作为连接电站各功能区域的关键纽带,需同时满足施工期设备运输、材料转运及人员通行需求,以及运维期巡检、应急抢修及特殊天气通行要求。传统分段规划模式易导致资源浪费与功能冲突,而一体化规划通过整合施工与运维需求,优化道路网络布局、技术参数及环境适应性设计,可显著提升道路使用效率,降低全生命周期成本,为风光电站高效建设与长期稳定运行提供支撑。

1 风光电站道路系统功能需求分析

1.1 施工期道路功能需求

施工期道路需满足大型电站设备运输通道建设要求,风光电站核心设备体型庞大、重量集中,风机叶片、光伏组件等关键设备运输对道路线性、承载性能及通行空间有着严格技术规范,道路需具备足够通行能力以保障设备运输过程平稳有序,避免设备损坏及运输阻滞。施工过程中各类建筑材料用量大、种类杂,道路需兼顾施工材料临时堆放区域与转运路径的合理衔接,为混凝土、钢材、电缆等材料转运提供便捷路径,减少材料二次搬运成本,提升施工效率^[1]。施工人员通行需求贯穿整个施工周期,道路需设置合理通行空间,搭配必要安全防护措施,保障施工人员往返作业区域的通行安全,为施工进度推进提供基础保障。

1.2 运维期道路功能需求

运维期道路首要满足电站日常巡检与定期维护通行要求,风光电站设备分布范围广、点位分散,风机、光伏阵列及变电站等设备需定期开展状态检查与性能维护,道路需覆盖所有核心设备区域,确保运维车辆顺畅抵达作业点位。电站运行过程中可能出现设备故障、部件损坏等突发情况,道路需具备应急通行能力,作为故障抢修与应急救援的核心通道,保障抢修设备、救援物资及人

员快速抵达故障现场,缩短故障处置时间,降低电站停运损失。风光电站多选址于户外区域,易受暴雨、暴雪、强风等特殊天气影响,道路需具备良好适应性,通过合理的路面结构设计与排水防护措施,抵御特殊天气对通行能力的影响,保障运维工作正常开展。

1.3 道路功能兼容性设计

施工与运维功能叠加需结合电站建设全生命周期特点开展可行性分析,从道路建设成本、使用效率及后期改造难度等维度,论证两阶段功能叠加的技术合理性与经济适用性,实现道路资源高效利用。道路等级与承载能力需实现动态匹配,施工期与运维期道路荷载需求存在差异,施工期需承载大型设备与重型施工车辆,运维期以中小型运维车辆通行为主,需通过科学的结构设计,使道路等级与承载能力能够根据不同阶段需求灵活调整,既满足施工期高强度使用要求,又适配运维期长期稳定运行需求,延长道路使用寿命。

2 一体化道路网络拓扑结构规划

2.1 道路网络布局原则

道路网络布局需遵循最小化施工期临时道路建设量的原则,临时道路建设会增加工程投资与环境扰动,结合风光电站施工流程与设备布置特点,合理利用后续可复用道路资源,减少临时道路铺设长度与占地面积,降低工程建设成本与环境影响^[2]。在规划过程中,要深入分析施工流程与设备布置的内在逻辑,精准识别可复用的道路资源,通过优化布局方案,将临时道路建设量控制在最低水平,实现经济效益与环境效益的双赢。布局过程中需注重最大化运维期道路使用效率,结合运维工作频次、作业范围及设备分布特征,优化道路网络覆盖范围与连接方式,确保运维车辆能够快速抵达各作业点位,减少运维通行时间,提升运维工作便捷性。生态保护是风光电站建设的重要前提,道路网络布局需严格避免对

生态敏感区的破坏,通过现场勘察明确生态敏感区域边界,优化道路走向,避开植被富集区、野生动物栖息地及水土保持重点区域,实现工程建设与生态保护的协调发展。

2.2 主次道路分级体系

主干道作为电站道路网络的核心骨架,承担着连接场区与外部交通枢纽的重要功能,需具备较高的承载能力与通行效率,能够满足大型设备、施工材料及运维物资的进出需求,是整个道路系统的交通枢纽。次干道主要承担串联各功能分区的作用,将风机群、光伏阵列、变电站、运维站等不同功能区域有效连接,形成完整的道路网络,为各区域间的物资转运、人员通行提供便捷通道,保障各功能区域协同运转。支路主要服务于单个设备或局部区域,布局需贴合设备分布特点,延伸至每台风机、每组光伏阵列等具体作业点位,路面宽度与承载能力适配小型运维车辆及人员通行,为设备日常巡检、局部维护提供直接支撑。

2.3 道路连接方式优化

道路网络连接方式采用环形网络与树枝状网络的组合设计,结合风光电站设备分布分散、区域跨度大的特点,环形网络可实现各功能分区的闭环连接,提升道路网络的通行可靠性,避免单一通道中断对整体通行造成影响;树枝状网络可依托环形主干,向各设备点位、局部区域延伸,实现道路网络的全面覆盖,兼顾通行效率与覆盖广度^[3]。关键节点的优化布局是提升道路通行能力的重要环节,交叉口、转弯处等关键节点需结合交通流量、车辆类型及地形条件进行优化设计,合理设置转弯半径、会车空间,优化交叉口通行秩序,减少车辆通行冲突,确保道路通行顺畅,同时提升节点区域的安全性,适配施工与运维不同阶段的通行需求。

3 道路技术参数一体化设计

3.1 路面结构设计

路面结构设计需实现施工期临时路面与运维期永久路面的有机结合,结合风光电站建设全生命周期需求,临时路面需满足施工阶段重型车辆与大型设备通行要求,同时预留永久路面改造基础,减少后期改造工程量与资金投入,实现路面资源的高效复用。在路面结构设计时,要充分考虑施工期与运维期的不同需求,通过合理选择材料与结构形式,使临时路面在满足施工需求的同时,为永久路面的改造提供便利条件,避免二次建设的浪费。不同功能区路面材料选择需结合使用场景与荷载需求科学确定,碎石路面可用于施工期临时通道及次要支路,具备施工便捷、成本较低的优势;沥青路面适配次干道路,

兼具通行舒适性与抗疲劳性能;混凝土路面适用于主干道及设备作业区域附近道路,具备高强度、高耐磨性与抗变形能力,可长期承受重载通行。路面设计需强化抗冲刷与防沉降性能,结合户外电站易受雨水侵蚀、地形起伏较大的特点,通过优化路面结构层厚度、增设防护垫层,提升路面抗冲刷能力,同时优化路基压实工艺,减少路基沉降变形,保障路面长期稳定通行。

3.2 道路几何参数设计

道路几何参数设计需严格遵循风光电站道路通行规范,最小转弯半径与会车视距需适配通行车辆类型,结合施工期大型设备运输车辆与运维期中小型运维车辆的尺寸差异,合理确定转弯半径,确保车辆转弯顺畅,同时保障会车视距充足,减少会车安全隐患。在设计过程中,要精确测量不同类型车辆的尺寸参数,根据实际通行需求确定最小转弯半径与会车视距,为车辆的安全通行提供保障。纵坡与横坡需进行协同设计,纵坡设计需兼顾车辆通行效率与坡度稳定性,避免陡坡设置导致车辆通行困难,横坡设计需与纵坡相适配,合理确定横坡坡度,促进路面排水,减少雨水淤积对路面的损坏。路基宽度与边坡稳定性需进行严格控制,路基宽度需根据通行车辆类型、通行量及应急需求合理设计,预留足够通行与作业空间;边坡稳定性需结合地形地貌与岩土条件,优化边坡坡度,增设防护设施,防止边坡坍塌,保障道路通行安全。

3.3 排水系统设计

排水系统设计需注重施工期临时排水与运维期永久排水的有效衔接,施工期临时排水设施需兼顾实用性与可复用性,临时排水沟、集水井等设施可结合永久排水系统布局进行设置,后期改造为永久排水设施的组成部分,降低工程建设成本。在排水系统设计时,要充分考虑施工期与运维期的不同排水需求,通过合理规划临时排水设施与永久排水系统的衔接方式,实现排水系统的高效运行与资源的合理利用。路面排水与边坡排水需进行综合布局,路面排水通过横坡设计与路面排水槽实现雨水快速排出,避免雨水渗透至路基影响道路稳定性;边坡排水通过设置边坡排水沟、截水沟,拦截坡面雨水,减少雨水对边坡的冲刷,防止边坡水土流失。极端天气下的排水能力冗余设计不可或缺,结合风光电站所在区域暴雨、暴雨等极端天气特征,合理扩大排水设施断面尺寸,增加排水能力冗余,确保极端天气下排水系统能够快速排出积水,避免道路被淹没,保障道路通行能力与结构安全。

4 特殊环境条件下的道路规划

4.1 山地风光电站道路规划

山地风光电站道路规划核心在于强化地形适应性与减缓措施,山地地形起伏剧烈、坡度陡峭,道路走向需顺应地形地貌特征,避免大规模挖填作业,通过依山就势的线性设计,降低地形对道路建设与通行的影响,同时采用分级降坡、错台布置等方式,减缓坡度对车辆通行的制约^[4]。在道路设计过程中,要充分利用山地的自然地形,减少对环境的破坏。边坡防护与生态修复需同步推进,山地道路边坡易受雨水冲刷引发坍塌,需结合岩土类型与边坡坡度,采用锚杆支护、喷播植草等防护措施,提升边坡稳定性,同时结合区域植被类型,选择适宜的乡土植物开展生态修复,恢复边坡植被覆盖,减少水土流失。泥石流与滑坡风险防控是山地道路规划的重点,需通过现场地质勘察明确风险区域,优化道路走向避开高风险地段,同时在风险区域设置拦截、疏导设施,完善监测预警机制,提升道路抵御泥石流与滑坡灾害的能力,保障道路长期安全通行。

4.2 沙漠风光电站道路规划

沙漠风光电站道路规划需重点解决沙基稳定性与防沙治沙问题,沙漠地区沙质松散、承载力低,需对路基进行固化处理,采用掺灰、换填等工艺提升沙基承载力,防止路基沉降变形。在沙漠道路规划中,要针对沙漠地区特殊的地质条件,采取有效的地基处理措施,提高路基的稳定性,为道路的长期使用奠定基础。防沙治沙需结合沙漠气候特征,在道路两侧设置防风固沙屏障,搭配沙生植被种植,减少风沙对道路的侵蚀与掩埋,保障道路通行顺畅。极端温差下的路面材料选择需兼顾高低温适应性,沙漠地区昼夜温差大、夏季高温、冬季严寒,路面材料需具备良好的抗冻融、抗老化性能,避开易受温差影响发生开裂、软化的材料,确保路面结构长期稳定。沙尘暴对道路的影响与应对需提前谋划,沙尘暴易导致路面积沙、能见度降低,道路设计需优化路面坡度与排水设施,便于沙粒快速排出,同时在道路两侧设置防护设施,减少风沙直接冲击路面,制定沙尘暴天气下的道路清理与通行保障方案。

4.3 沿海风光电站道路规划

沿海风光电站道路规划需强化盐雾腐蚀防护与材料耐久性,沿海区域盐雾浓度高,易对道路结构与附属设施造成腐蚀,路面材料与防护设施需选择耐腐蚀、抗老化的类型,同时对路基、路面进行防腐处理,延长道路使用寿命。在沿海道路规划中,要充分考虑盐雾腐蚀对道路的严重影响,从材料选择到防腐处理都要进行精心设计,确保道路能够抵御盐雾的侵蚀,保持良好的使用状态^[5]。台风与风暴潮的防御措施需全面完善,沿海地区台风、风暴潮频发,道路需优化线性设计,提升抗风能力,同时加固路基与边坡,设置防浪、挡潮设施,减少台风与风暴潮对道路的冲击破坏,避免道路被海水淹没。潮间带道路的特殊设计要求需重点落实,潮间带受潮汐影响,周期性被海水浸泡,道路需采用耐海水腐蚀的材料,优化路面结构与排水系统,防止海水浸泡导致路基软化、路面破损,同时合理设计道路高程,避开高潮位淹没范围,保障道路在潮汐周期内的通行能力。

结束语

风光电站施工与运维道路一体化规划通过整合全生命周期功能需求,优化道路网络布局与技术参数设计,实现了资源高效利用与功能兼容。针对山地、沙漠、沿海等特殊环境,差异化设计提升了道路适应性,保障了电站安全稳定运行。一体化规划模式为风光电站建设提供了系统性解决方案,推动了清洁能源基础设施的高质量发展。

参考文献

- [1]谭昊,陈海涛,钟毅,等.基于BIM的光伏电站施工运维一体化平台应用[J].项目管理技术,2023,21(6):152-157.
- [2]陶俊.浅析光伏电站运维管理中故障监测与诊断技术[J].中国设备工程,2025(21):203-205.
- [3]林浩宽.光伏电站运维成本分析与降低策略[J].电力系统装备,2025(3):170-172.
- [4]王一军.海外电站施工与运维阶段安全文化建设[J].中国电力企业管理,2023(24):38-39.
- [5]周涛.35kV鲁杰施工变电站主变故障分析及处置技术[J].电力设备管理,2024(20):53-55.