

光伏电站项目全生命周期工程建设管理关键路径与优化策略

赵 昆

国家电投集团贵州金元威宁能源股份有限公司 贵州省毕节市威宁县 553100

摘 要: 光伏电站项目全生命周期工程建设管理覆盖规划决策、设计、施工、运维及退役回收阶段, 其管理质量直接影响项目效益与可持续性。各阶段关键路径为: 规划决策阶段协同资源评估与合规审批; 设计阶段优化技术方案并推进标准化设计; 施工阶段动态管控进度、质量与安全; 运维阶段强化智能化监测与预防性维护; 退役回收阶段重视设备拆解与资源循环利用。针对协同效率低、风险管控不足等问题, 从组织架构、技术应用、管理机制三方面提出优化策略, 包括构建跨阶段协同管理体系、引入 BIM 与物联网技术、完善风险预警机制, 为行业发展提供理论与实践参考。

关键词: 光伏电站; 全生命周期; 工程建设管理; 路径与优化

在“双碳”战略推动下, 我国光伏电站建设规模持续扩大, 项目全生命周期工程建设管理的复杂性与专业性日益凸显。当前, 部分光伏电站项目因全生命周期各阶段管理脱节, 出现规划与施工衔接不畅、运维效率低下等问题, 导致项目投资回收期延长、综合效益受损。全生命周期工程建设管理以项目全流程统筹为核心, 能够实现各阶段资源优化配置, 降低项目建设与运营风险。本文围绕光伏电站项目全生命周期各阶段, 分析工程建设管理关键路径, 结合行业发展现状提出针对性优化策略, 旨在为光伏电站项目管理实践提供科学指导, 助力光伏产业实现可持续发展目标。

一、光伏电站项目全生命周期工程建设管理框架

(一) 全生命周期阶段划分

光伏电站项目全生命周期涵盖规划决策、设计、施工、运维及退役回收五个核心阶段, 各阶段既相互独立又紧密关联, 共同构成项目从筹备到终结的完整管理链条。规划决策阶段是项目启动的基础, 决定项目建设可行性与整体方向; 设计阶段是将规划方案转化为技术蓝图的关键环节, 直接影响项目施工效率与运营安全性; 施工阶段是实现项目实体建设的核心过程, 需兼顾进度、质量与成本管控; 运维阶段是保障项目长期稳定运行、提升发电效益的重要支撑; 退役回收阶段则聚焦设备资源循环利用, 符合绿色低碳发展要求, 各阶段的管理成效直接影响项目整体目标的实现^[1]。

(二) 全生命周期管理核心目标

光伏电站项目全生命周期工程建设管理以“提质、增效、降本、控险”为核心。规划决策阶段科学评估资源与政策,

提升项目可行性; 设计阶段优化方案, 兼顾发电效率、降低成本与运维难度; 施工阶段精细管理, 保障工期与质量, 杜绝安全事故; 运维阶段提升设备可靠性, 减少故障停机, 提高发电效益; 退役回收阶段规范拆解与资源回收, 降低污染, 实现资源循环利用, 推动全生命周期绿色化发展。

二、光伏电站项目全生命周期工程建设管理关键路径

(一) 规划决策阶段关键路径

1. 资源与政策评估

资源评估是规划决策阶段首要任务, 要开展太阳能资源普查, 通过实地监测与数据分析明确项目选址区太阳辐照度、日照时长等参数, 保证能源供应, 结合土地利用规划评估土地性质与可用性, 避开禁止或限制建设区域。政策评估需梳理国家及地方新能源产业、补贴、税收优惠政策, 分析时效性与稳定性, 确保项目享受合规支持、降低投资风险。此外, 还要评估当地电网接入条件, 与电网公司沟通确定并网方案, 保障项目建成后顺利并网, 避免因电网问题闲置^[2]。

2. 可行性研究与合规审批

可行性研究是项目立项核心依据, 要从技术、经济、环境三维度综合分析。技术上, 论证光伏组件等核心设备技术成熟度与适配性, 确保方案符合标准; 经济上, 通过成本收益分析测算投资回报率等指标, 评估盈利潜力; 环境上, 开展环评, 分析项目对周边生态影响并提出保护措施^[3]。合规审批环节, 要按流程完成项目备案、用地预审等手续, 建立审批进度跟踪机制, 加强与政府部门沟通协调, 防止因审批延误致项目建设延期。

(二) 设计阶段关键路径

1. 技术方案优化

技术方案优化是设计阶段的核心任务,需结合项目选址资源条件与建设目标,开展光伏阵列布局设计,通过模拟计算确定最佳安装倾角与间距,最大化利用太阳能资源,提升项目发电效率。同时,需优化逆变器选型与布置方案,根据项目规模与电网接入要求,选择适配的逆变器类型,合理规划逆变器安装位置,减少线路损耗。此外,还需开展储能系统集成设计,结合新能源发电间歇性特点,确定储能系统容量与运行策略,提升项目并网稳定性,降低弃光率。技术方案优化需兼顾先进性与经济性,在保证技术可靠性的前提下,优先选择性价比高的方案,避免过度追求技术先进导致成本过高。

2. 标准化与模块化设计

标准化设计需遵循国家及行业相关设计规范,统一光伏电站项目的设计标准与技术参数,包括设备选型标准、施工工艺标准、图纸绘制标准等,确保项目设计成果具备通用性与可重复性,降低后期施工与运维难度。模块化设计则将光伏电站划分为若干独立的功能模块,如光伏阵列模块、逆变器模块、储能模块等,每个模块可实现标准化生产与现场组装,大幅缩短项目建设周期。同时,模块化设计便于后期设备维护与更换,降低运维成本,提升项目全生命周期管理效率。

(三) 施工阶段关键路径

1. 进度动态管控

施工进度管控需以项目总工期为目标,制定详细的施工进度计划,明确各分项工程的开工时间、完工时间与关键节点。采用进度管理工具建立进度跟踪机制,实时监控施工进度与计划的偏差,分析偏差原因并及时采取调整措施。例如,在光伏组件安装阶段,若因天气原因导致施工延误,可通过增加施工班组、延长有效工作时间等方式追赶进度。同时,需加强各施工环节的协同配合,如土建施工与设备安装的衔接,避免因工序脱节导致工期延误,确保项目按期完工^[4]。

2. 质量与安全管控

光伏电站项目需构建全过程质量与安全管控体系。质量管控上,建立全过程监督体系,原材料进场时对光伏组件、电缆、支架等关键材料进行性能检测,确保符合设计要求;

施工中加强光伏组件安装精度、逆变器接线质量等关键工序检查,避免影响发电效率与运行安全。安全管控方面,制定完善制度,开展施工人员安全培训,配备防护设备,定期排查隐患,重点防范高空坠落、触电等事故,保障施工零安全事故。

(四) 运维阶段关键路径

1. 智能化监测与诊断

运维阶段需构建智能化监测系统,通过在光伏组件、逆变器等设备上安装传感器,实时采集设备运行参数,如组件温度、逆变器输出功率、电网电压等,实现设备运行状态的实时监控。利用大数据分析技术对监测数据进行处理,建立设备故障诊断模型,能够及时发现设备异常运行情况,如组件热斑、逆变器故障等,并自动发出预警信号,通知运维人员进行维修。智能化监测与诊断系统的应用,可大幅提升设备故障识别效率,减少故障停机时间,保障项目持续稳定发电。

2. 预防性维护

预防性维护需根据设备运行规律与厂家维护建议,制定个性化的维护计划,定期对设备进行检修与保养。例如,定期清洁光伏组件表面灰尘,避免灰尘遮挡影响发电效率;定期检查逆变器散热系统,确保设备运行温度在正常范围;定期检测电缆接头,防止因接触不良导致线路损耗增加。同时,需建立设备维护档案,记录设备维护时间、维护内容与维护效果,通过数据分析优化维护计划,避免过度维护或维护不足,在保障设备可靠性的前提下,降低运维成本。

(五) 退役回收阶段关键路径

1. 退役评估与计划制定

退役回收阶段首先需开展退役评估,综合考虑设备使用年限、性能衰减程度与市场价值,确定设备退役时间与退役方式。对于性能严重衰减、维修成本过高的设备,应及时安排退役;对于仍具有一定使用价值的设备,可考虑转售或翻新再利用。根据退役评估结果制定详细的退役回收计划,明确设备拆解流程、回收责任主体与时间节点,同时制定环境保护方案,避免设备拆解过程中产生的废弃物对环境造成污染。

2. 设备拆解与资源循环利用

设备拆解需按照规范流程进行,优先拆解可回收利用的部件,如光伏组件中的玻璃、铝边框,逆变器中的金属元

件等,避免暴力拆解导致资源损坏。拆解过程中需采取环保措施,对拆解产生的废弃物进行分类处理,有害废弃物需交由专业机构处置,确保符合环保要求。资源循环利用需与专业回收企业合作,建立资源回收产业链,将可回收部件进行加工处理后重新用于光伏电站建设或其他领域,提高资源利用率,实现项目全生命周期的绿色闭环。

三、光伏电站项目全生命周期工程建设管理优化策略

(一) 构建跨阶段协同管理体系

当前光伏电站项目各阶段管理存在脱节问题,规划决策阶段与设计阶段衔接不畅、施工阶段与运维阶段信息传递不及时,导致项目整体管理效率低下。为此,需构建跨阶段协同管理体系,建立项目全生命周期管理团队,团队成员涵盖规划、设计、施工、运维等各领域专业人员,实现从项目启动到退役的全程参与。通过建立信息共享平台,整合各阶段管理数据,如设计图纸、施工记录、运维数据等,确保信息在各阶段之间高效传递,避免信息孤岛。同时,定期召开跨阶段协同会议,协调解决各阶段衔接过程中存在的问题,实现项目全生命周期无缝衔接^[5]。

(二) 引入先进技术提升管理水平

1. BIM 技术应用

将 BIM 技术应用于光伏电站项目全生命周期管理,在设计阶段可构建三维可视化模型,直观展示项目设计方案,便于各专业人员进行协同设计,减少设计冲突;施工阶段可利用 BIM 模型进行施工模拟,优化施工流程,指导现场施工,同时通过 BIM 模型与现场实际施工的对比分析,及时发现施工偏差,确保施工质量;运维阶段可将 BIM 模型与设备运行数据相结合,实现设备可视化管理,便于运维人员快速定位设备故障位置,提高运维效率。BIM 技术的应用能够实现项目全生命周期的数字化管理,提升管理精度与效率。

2. 物联网与大数据技术应用

在运维阶段进一步深化物联网与大数据技术应用,扩大监测范围,除设备运行参数外,增加对环境参数的监测,如风速、温度、降水等,分析环境因素对设备运行的影响,为预防性维护提供数据支撑。利用大数据技术构建项目全生命周期成本分析模型,通过对各阶段成本数据的分析,识别成本管控薄弱环节,优化成本控制策略。同时,利用大数据技术开展项目发电效益预测,结合历史发电数据与未来气象预测数据,预测项目短期与长期发电效益,为项目运营决策

提供科学依据。

(三) 完善风险管控机制

光伏电站项目全生命周期面临政策、安全、设备故障等多阶段风险,需构建完善管控机制。首先,结合各阶段特点开展全生命周期风险识别,梳理潜在风险因素并建立风险清单;其次,采用定性与定量结合方法评估风险,分析发生概率与影响程度,确定风险等级;最后,分级制定应对策略——高等级风险制定专项防控方案并专人监控,中低等级风险制定常规措施并定期排查。同步建立风险预警机制,通过实时监测风险指标及时预警,确保风险及时管控,降低对项目的影

(四) 加强人才队伍建设

光伏电站项目全生命周期工程建设管理需大量跨领域、经验丰富的复合型人才。为此要加强人才队伍建设:一是制定培养计划,定期组织员工参加光伏技术、项目管理、智能化技术等专业培训,提升素养;二是建立引进机制,吸引全生命周期管理高端人才,优化人才结构;三是建立激励机制,通过绩效考核、职称评定等激发员工积极性和创造性。多管齐下打造高素质项目管理人才队伍,为项目全生命周期管理提供坚实人才保障。

四、结论与展望

(一) 研究结论

本文研究了光伏电站全生命周期五阶段(规划决策、设计、施工、运维、退役回收)的关键管理路径:规划需强化资源政策评估与合规审批;设计需优化技术方案并推进标准化;施工需动态管控进度与质量;运维需构建智能监测与预防性维护体系;退役需做好评估与资源循环利用。针对协同效率低、技术应用不足等问题,提出构建跨阶段协同体系、引入先进技术、完善风险管控、加强人才建设等优化策略,以提升管理水平与投资效益。

(二) 未来展望

未来展望指出,光伏电站将向规模化、智能化、绿色化发展,管理面临新机遇与挑战。可探索数字孪生技术实现全周期实时模拟与动态优化,加强储能、氢能等新兴技术融合以提升综合能源服务能力;关注全球政策与国际合作,推动管理标准国际化;深化绿色管理研究,探索资源循环利用技术,实现全流程低碳发展,助力“双碳”目标。

参考文献

- [1] 王新居. 光伏电站全寿命周期管理优化策略研究 [J]. 光源与照明, 2022, (12): 94-96.
- [2] 刘佳. 光伏项目全生命周期造价管控与收益率提升方法 [J]. 上海质量, 2025, (09): 61-64.
- [3] 曹履薪. 光伏电站工程建设项目管理的相关探究 [J]. 山东工业技术, 2017, (20): 186.
- [4] 顾涛. 基于 EPC 模式下光伏电站建设过程的项目管理研究 [J]. 建筑技术开发, 2020, 47(16): 61-62.
- [5] 王晓鑫. 光伏电站工程建设过程的项目管理浅议 [J]. 中国新技术新产品, 2015, (03): 137.

作者简介: 姓名: 赵昆, 出生年月日: 1993.04.04, 性别: 男, 民族: 汉族, 籍贯: 贵州威宁, 学历: 大学本科, 职称: 助理工程师, 从事的研究方向: 新能源项目建设管理。