

Key Pathways and Optimization Strategies for Full Life Cycle Construction Management of Photovoltaic Power Station Projects

Kun Zhao

State Power Investment Corporation Guizhou Jinyuan Weining Energy Co., Ltd., Weining County, Bijie, Guizhou, 553100, China

Abstract

The full life cycle construction management of photovoltaic power station projects encompasses planning and decision-making, design, construction, operation and maintenance, and decommissioning and recycling phases. The quality of management directly impacts project benefits and sustainability. Key pathways for each phase are as follows: Planning and decision-making phase involves collaborative resource evaluation and compliance approval; Design phase focuses on optimizing technical solutions and promoting standardized design; Construction phase requires dynamic control of progress, quality, and safety; Operation and maintenance phase emphasizes intelligent monitoring and preventive maintenance; Decommissioning and recycling phase prioritizes equipment disassembly and resource recycling. To address issues such as low collaboration efficiency and inadequate risk management, optimization strategies are proposed from three aspects: organizational structure, technical application, and management mechanisms. These include establishing a cross-phase collaborative management system, introducing BIM and IoT technologies, and improving risk early warning mechanisms, providing theoretical and practical references for industry development.

Keywords

Photovoltaic power station; Full life cycle; Engineering construction management; Path and optimization

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, 中国·贵州 毕节 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

1 引言

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。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。

【作者简介】赵昆(1993—), 男, 中国贵州威宁人, 本科, 助理工程师, 从事新能源项目建设管理研究。

2 光伏电站项目全生命周期工程建设管理框架

2.1 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]。

2.2 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。

3 光伏电站项目全生命周期工程建设管理关键路径

3.1 规划决策阶段关键路径

3.1.1 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]。

3.1.2 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。

3.2 设计阶段关键路径

3.2.1 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。

3.2.2 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。

3.3 施工阶段关键路径

3.3.1 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]。

3.3.2 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。

3.4 运维阶段关键路径

3.4.1 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。

3.4.2 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。

3.5 退役回收阶段关键路径

3.5.1 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。

3.5.2 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。

4 光伏电站项目全生命周期工程建设管理优化策略

4.1 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^[1]。

4.2 引入先进技术提升管理水平

4.2.1 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。

4.2.2 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。

4.3 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,降低对项目的影响。

4.4 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。

5 结语

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。

参考文献

- [1] 王新居.光伏电站全生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.