

集中光伏电站施工流程标准化与效率提升策略研究

靳大明 樊文博 张 欢

华能（福建漳州）能源有限责任公司 福建 漳州 363216

摘 要：本文针对集中光伏电站施工流程存在的标准不统一、资源浪费、受自然因素影响大等问题，开展施工流程标准化与效率提升策略研究。通过构建系统性标准化流程，明确施工各环节标准与监督机制；从人员、材料设备、技术、组织管理及信息化等维度提出效率提升策略。研究成果对规范施工管理、降低成本、提高施工效率具有重要意义，为集中光伏电站建设提供理论与实践指导。

关键词：集中光伏电站；施工流程标准化；效率提升策略

1 集中光伏电站概述

集中光伏电站，是指在太阳能资源丰富、地势开阔平坦的区域，通过大规模集中铺设太阳能光伏组件，并配置相应的汇流、逆变、升压等设备，将太阳能转换为电能，并通过高压输电线路接入电网，实现大规模电力供应的发电系统。随着全球对清洁能源需求的日益增长以及环保意识的不断提高，集中光伏电站凭借其可再生、无污染、资源分布广泛等优势，成为新能源领域发展的重要方向。近年来，我国积极推进集中光伏电站建设，在西部、北部等太阳能资源丰富地区，建成了多个大型集中光伏电站项目，不仅有效缓解了能源供应压力，也对调整能源结构、减少碳排放、推动可持续发展起到了关键作用。集中光伏电站的建设规模通常较大，一般以兆瓦（MW）甚至吉瓦（GW）为单位，其发电过程主要依靠光伏组件吸收太阳能，通过光电效应将光能转化为直流电能，再经过逆变器转换为交流电，最后通过升压设备并入电网^[1]。电站的核心组成部分包括光伏阵列、汇流箱、逆变器、变压器、监控系统等，各部分协同工作，保障电站的稳定运行与高效发电。与分布式光伏电站相比，集中光伏电站具有发电量大、便于集中管理与维护、可充分利用大规模土地资源等特点，但其建设对土地、光照等自然条件要求较高，且建设周期长、投资规模大，施工过程也更为复杂。

2 集中光伏电站施工过程中存在的问题

2.1 施工标准不统一，导致施工效率与质量参差不齐

目前，集中光伏电站施工领域缺乏一套全面、细致且统一的施工标准。不同施工企业、不同项目在施工过程中，从基础施工、组件安装到电气连接等环节，采用的工艺、技术参数和验收标准都存在差异。这种标准不统一的情况，使得施工团队在作业时难以形成规范的操作流程，容易出现重复劳动或施工错误。例如，在光伏

支架基础施工中，部分施工单位对混凝土配比、基础埋深等参数把握不准，导致基础稳定性不足，后期可能出现支架倾斜、组件损坏等问题，影响电站发电效率与使用寿命。同时标准不统一也给工程质量验收带来困难，难以准确评估施工质量，增加了工程隐患，严重制约了施工效率与质量的整体提升。

2.2 施工过程中的资源浪费与成本超支问题

在集中光伏电站施工过程中，资源浪费和成本超支现象较为普遍。一方面，材料管理不善是导致资源浪费的重要原因。由于缺乏科学的材料采购计划和严格的仓储管理制度，常常出现材料采购过多或规格不符的情况，造成材料积压和浪费。例如，部分项目在光伏组件采购时，未充分考虑施工进度和现场实际需求，提前大量采购，导致组件在露天堆放过程中受到损坏，增加了额外成本。另一方面，设备使用不合理也加剧了成本负担。一些施工单位对施工设备缺乏合理调配，设备闲置时间过长，或者在设备选型时未结合项目实际需求，选用了功率过大、价格昂贵的设备，造成设备购置和使用成本过高。另外，人员安排不当、施工工序不合理等因素，也会导致人工成本增加，进一步造成成本超支，严重影响项目的经济效益。

2.3 施工进度受天气、地形等自然因素影响大

集中光伏电站通常建设在太阳能资源丰富的地区，这些地区的自然条件往往较为复杂。天气因素对施工进度有着显著影响，例如在高温、暴雨、风沙等恶劣天气条件下，施工人员无法正常作业，光伏组件安装、电气设备调试等工作都将被迫暂停。在我国西北地区建设集中光伏电站时，夏季高温时段，地表温度过高，混凝土浇筑后容易出现干裂现象，影响基础质量，施工团队不得不调整施工时间，避开高温时段，这就导致施工进度大幅滞后。地形因素同样不容忽视，复杂的地形如山

地、丘陵等，增加了施工难度和施工成本。在山地进行光伏支架基础施工时，需要进行大量的土方开挖和场地平整工作，不仅耗费大量人力、物力，还会延长施工周期，使得施工进度难以按照计划推进^[2]。

3 集中光伏电站施工流程标准化构建

3.1 标准化构建的原则与目标

集中光伏电站施工流程标准化构建需遵循系统性、科学性、实用性和动态性原则。系统性原则要求将施工流程中的各个环节视为一个有机整体，综合考虑各环节之间的相互关系与影响，进行全面规划与设计。科学性原则强调依据工程建设的客观规律和技术要求，采用科学合理的方法和技术手段，制定标准化流程。实用性原则确保所制定的标准能够切实指导施工实践，满足实际施工需求，提高施工效率与质量。动态性原则则要求标准能够随着技术发展、工艺改进和市场需求变化，及时进行调整和完善。标准化构建的目标主要包括提高施工效率、保证施工质量、降低施工成本和增强工程安全性。通过制定统一的施工标准和规范流程，减少施工过程中的不确定性和错误，使施工团队能够更高效地开展工作；严格的质量标准和验收规范有助于确保工程质量达到预期目标；合理的资源配置和施工流程优化，能够降低资源浪费，控制施工成本；标准化的安全操作规程和管理措施，能够有效预防安全事故发生，保障施工人员的安全和工程建设的顺利进行。

3.2 施工流程标准化体系设计

施工流程标准化体系设计涵盖施工准备、基础施工、光伏组件安装、电气设备安装与调试、系统并网等多个关键环节。在施工准备阶段，需明确项目规划、场地勘察、施工图纸设计、材料设备采购等工作的标准和流程，确保各项准备工作充分、有序。基础施工阶段，要对光伏支架基础的类型选择、施工工艺、质量检验等制定详细标准，保证基础的稳定性和承载能力。光伏组件安装环节，应规范组件的搬运、安装顺序、固定方式以及组件间距等参数，确保组件安装牢固、排列整齐，达到最佳发电效果。电气设备安装与调试阶段，需对汇流箱、逆变器、变压器等设备的安装、接线、调试流程和技术要求进行标准化规定，保障电气系统安全稳定运行。最后在系统并网阶段，明确并网前的检测、验收标准以及并网操作流程，确保电站顺利接入电网。

3.3 标准化流程的实施与监督

为确保标准化流程的有效实施，需构建全方位、多层次的保障体系。在人员培训方面，除了传统的理论授课与现场实操培训，还应引入线上线下融合的培训模

式。利用在线学习平台，开发标准化施工流程的视频课程、动画演示和虚拟仿真训练项目，让施工人员可随时随地进行学习。针对关键岗位，如电气设备安装工、光伏组件调试员，开展专项技能认证培训，通过严格考核后持证上岗，提升人员专业素养与质量意识。建立完善的施工管理制度是关键，制定详细的岗位说明书，明确各部门、各岗位在施工准备、基础施工、组件安装等环节的具体职责与权限，避免职责不清导致的推诿扯皮现象。建立施工进度、质量、安全一体化的管理体系，将标准化流程融入日常施工管理，通过定期召开协调会议，加强部门间的沟通协作，及时解决施工过程中的问题。在监督层面，成立由资深技术专家、质量管理人员组成的专业质量监督小组。制定详细的监督检查计划，对施工过程进行定期巡检与不定期抽检，采用数字化检测设备和信息化管理系统，实时记录施工质量数据。一旦发现不符合标准的环节，立即下达整改通知书，明确整改要求与期限，并跟踪复查整改情况，形成闭环管理^[3]。引入具有资质的第三方质量检测机构，对工程的关键节点和隐蔽工程进行独立检测评估，利用其专业性和公正性，为工程质量提供客观依据，进一步保障标准化流程的有效执行和工程质量。

4 集中光伏电站施工效率提升策略

4.1 人员管理优化策略

优化人员管理是提升集中光伏电站施工效率的核心环节。在人员招聘与选拔上，需建立科学的岗位需求分析机制，通过与行业协会、高校、职业院校合作，定向挖掘具有光伏电站施工经验的专业人才。在人员培训方面，除了常规技能培训，还应引入虚拟现实（VR）技术模拟施工场景，帮助施工人员掌握标准化流程。以某大型光伏项目为例，通过VR模拟高压电气设备安装，使操作人员失误率降低40%。绩效考核制度要注重差异化设计，对技术岗位设置创新贡献指标，对施工班组采用工时效率与质量双维度考核。同时定期开展团队建设活动，如户外拓展、技能比武大赛，既能增强员工凝聚力，又能在实践中提升协作能力，为高效施工奠定坚实的人力基础。

4.2 材料与设备管理优化策略

材料与设备管理直接影响施工成本与进度。在材料管理上，利用大数据分析建立需求预测模型，结合历史项目数据与当前施工进度，精准规划采购计划。某千万千瓦级光伏项目通过该模型，将组件采购误差率控制在3%以内。材料验收环节，可引入智能检测设备，对光伏组件的光电转换效率、支架钢材强度等指标进行快

速检测。仓储管理方面,采用自动化立体仓库与RFID技术,实现材料的精准定位与库存实时监控,避免因材料错放、丢失导致的工期延误。设备管理上,运用设备健康管理系统(EHM),通过传感器实时采集设备运行数据,预测故障发生时间,提前安排维护。如塔式起重机安装振动监测传感器,可将非计划停机时间减少60%。同时建立区域设备共享平台,实现设备资源的跨项目动态调配,降低设备闲置成本,提升整体施工效率。

4.3 施工技术创新策略

施工技术创新是突破传统施工瓶颈的关键。在光伏支架安装领域,推广采用液压升降式快速安装支架,其模块化设计可使安装效率提升50%以上,且能适应不同地形坡度。预制基础技术正从传统混凝土预制向新型复合材料转变,如采用纤维增强复合材料预制基础,不仅重量减轻30%,还能缩短养护时间,加快施工进度。无人机技术在施工中的应用日益广泛,通过搭载高分辨率相机与激光雷达,可在短时间内完成大面积场地三维建模,生成精确的施工方。另外,与高校合作开展智能机器人施工研究,如光伏组件自动清洁机器人、智能焊接机器人,减少人工操作,提高施工精度与效率。积极探索储能技术与光伏施工的融合,通过配置临时储能系统,解决因光照不足导致的施工电力供应问题,保障施工连续性。

4.4 施工组织与管理优化策略

科学的施工组织与管理是保障项目顺利推进的重要手段。在进度管理方面,运用关键路径法(CPM)制定施工计划,并通过甘特图可视化呈现。建立动态调整机制,当遇到天气变化时,及时将户外作业调整为室内设备调试等工作。某沙漠光伏项目通过这种灵活调度,在沙尘暴频发季节仍保证了施工进度。采用平行流水作业法,将光伏场区划分多个施工单元,同步开展基础施工、支架安装与组件铺设。加强施工现场5S管理,对材料堆放区、设备停放区、施工操作区进行科学规划,减少物料搬运时间。建立多方协同沟通平台,利用即时通讯工具与视频会议系统,确保设计变更、质量问题等能在24小时内得到响应。针对施工风险,建立风险数据

库,对地质灾害、设备故障等风险制定分级应对预案,如提前储备应急发电设备应对突发停电,保障施工进度不受重大风险影响。

4.5 信息化管理策略

信息化技术为施工管理带来革命性变革。BIM技术在集中光伏电站施工中,不仅能进行三维建模,还可通过4D模拟实现施工进度动态推演,提前发现工序冲突问题。某海上光伏项目利用BIM优化栈桥施工方案,减少无效施工量15%。项目管理软件集成进度、成本、质量模块,实时生成预警信息,如当成本超支5%时自动触发审批流程^[4]。物联网技术在设备管理中,通过智能电表、油耗传感器实现设备能耗实时监测,分析设备运行效率,优化调度方案。材料管理方面,借助物联网标签实现从采购、运输到使用的全流程追溯。搭建统一的施工信息化管理平台,将设计单位、施工单位、监理单位的数据进行整合,实现图纸共享、质量验收在线审批等功能。利用大数据分析施工数据,总结最佳实践经验,为后续项目提供决策支持,推动集中光伏电站施工管理向智能化、精细化方向发展。

结束语

本研究深入探讨集中光伏电站施工流程标准化与效率提升策略,有效解决当前施工中的关键问题,对推动行业规范化、高效化发展具有积极作用。随着新能源技术不断革新,未来应持续优化施工标准,融合新技术探索更高效的施工模式,加强多学科协同创新,以适应集中光伏电站建设规模扩大与复杂环境需求,助力我国清洁能源事业蓬勃发展。

参考文献

- [1]张琳,吕翔,刘旸,陈玮.集中式光伏电站效率提升策略分析[J].电站系统工程,2022(01):71-72.
- [2]韩聪,郭冠生,郭寅远,等.集中式光伏电站发电效率提升研究综述[J].科技创新与应用,2024,14(17):161-164.
- [3]袁小燕.论如何提高集中式光伏电站发电效率[J].中国设备工程,2021,(13):237-239.
- [4]梁昌盛.大型光伏电站中集中式逆变器与组串式逆变器的选择探究.通信电源技术,2020(37):283-285.