山地光伏项目工程建设质量管理

林杰 顾瑞悦

中国华电云南发电有限公司 云南 昆明 650000

摘要：山地光伏项目受地形复杂、地质多变及交通受限等影响，工程建设呈现独特性，质量管理尤为关键。本文剖析其设计、施工、设备材料管理三阶段核心要点，指出设计与实际脱节、施工管理松散、设备材料质量参差等常见问题。通过优化设计流程、强化施工管控、严格设备材料管理，提出全链条质量提升策略，为山地光伏项目高质量建设提供理论与技术支撑。

关键词：山地光伏项目；工程建设；质量管理；施工控制；质量检测

引言：在“双碳”目标驱动下，山地光伏作为清洁能源开发的重要形式，其工程建设质量直接关系到能源转型成效与可持续发展。然而，受山地地形复杂、地质条件多变及交通物流受限等制约，项目实施面临设计适配性差、施工管控难度大、设备材料质量管控复杂等挑战。在此背景下，构建全生命周期质量管理体系成为破解行业痛点的关键。本文立足山地光伏项目特性，从设计优化、施工管控、设备材料管理三个维度切入，系统剖析质量管理的核心环节与常见问题，并提出针对性改进策略，以为行业高质量发展提供理论支撑与实践参考。

1 山地光伏项目工程建设特点及质量管理重要性

山地光伏项目相较常规光伏项目，因其特殊的建设环境，在工程实施过程中呈现出诸多独特性，也使得质量管理成为项目成败的关键因素。

在工程建设特点方面，山地地形的复杂性首当其冲。其坡度变化显著，坡面朝向各异，导致光伏组件布局需突破传统平铺模式。需借助高精度的地形测绘技术，结合地理信息系统（GIS）与数字孪生技术，对山地地形进行三维建模，综合考量太阳辐射量、坡度、坡向等要素，科学规划组件阵列，在保障采光效果最大化的同时，确保安装结构的力学稳定性。而山地地质条件的差异性同样不容忽视，岩土层分布不均、风化程度不同，甚至可能存在溶洞、断层等不良地质现象，不仅增加了基础选型与施工的难度，还需通过地质勘察、原位测试等手段，针对性设计桩基础、重力式基础等，以抵御滑坡、泥石流等地质灾害对电站基础的破坏。此外，山地交通的局限性成为制约项目建设的另一瓶颈。狭窄崎岖的山路难以满足大型设备运输需求，需采用索道运输、履带式起重机转运等特殊方式，甚至修建临时施工便道，这无疑大幅增加了运输成本与施工组织的复杂性^[1]。

基于上述特点，工程建设质量管理的重要性愈发凸

显。在设计阶段，严格把控地形分析、地质勘察数据的准确性，优化组件布局与基础设计方案，能从源头保障电站的发电性能与结构安全。施工过程中，通过建立全过程质量管控体系，对基础施工、组件安装、电气连接等关键工序进行标准化管理，可有效降低施工误差，提升工程质量。例如，采用自动化监测设备对基础沉降、组件倾斜角度进行实时监控，及时纠偏，避免质量隐患。同时，严格的质量验收制度能够确保设备与材料符合设计标准，防止因劣质产品导致的系统故障。高质量的工程建设不仅能提升电站发电效率，降低运维成本，延长项目生命周期，还能保障施工人员安全，减少对周边生态环境的破坏，实现经济效益、社会效益与生态效益的有机统一，为山地光伏产业的可持续发展奠定坚实基础。

2 山地光伏项目工程建设质量管理关键环节

2.1 项目设计阶段

项目设计是山地光伏工程建设的首要环节，设计质量直接影响后续施工和项目整体性能。在设计阶段，需对山地地形、地质、气象等条件进行详细勘察。通过高精度的地形测绘和地质勘探，获取准确的地形数据和地质信息，为光伏组件布局、基础设计、道路规划等提供科学依据。例如，根据山地坡度和朝向，合理设计光伏组件的安装倾角和间距，以最大化接收太阳辐射；针对不同地质条件，选择合适的基础形式，如岩石锚杆基础、桩基础等，确保基础的稳定性。同时，设计过程中要充分考虑施工可行性和后期运维便利性，避免因设计不合理导致施工困难或运维成本增加。

2.2 施工过程阶段

施工过程是将设计方案转化为实际工程的关键环节，也是质量管理的重点。在基础施工方面，严格控制基础的开挖深度、尺寸和浇筑质量，确保基础能够承受光伏组件和支架的重量以及恶劣天气条件下的荷载。光

伏组件安装时,要保证组件的安装位置准确、表面平整,组件之间的连接牢固,避免因安装误差影响发电效率。电气设备安装和线路铺设过程中,严格按照电气规范和设计要求进行操作,确保电气系统的安全性和可靠性。此外,加强施工过程中的质量监督,建立质量检查制度,对每道工序进行严格验收,上一道工序不合格不得进入下一道工序^[2]。

2.3 设备材料管理阶段

设备和材料的质量是决定山地光伏项目工程质量的重要因素。在设备采购环节,选择信誉良好、产品质量可靠的供应商,对设备的技术参数、性能指标进行严格审核,确保设备符合项目设计要求。例如,光伏组件的转换效率、功率衰减率等指标应满足相关标准和项目需求;逆变器的效率、稳定性等性能要经过严格测试。材料进场时,进行严格的质量检验,包括材料的规格、型号、质量证明文件等,对不合格的材料坚决予以退场。同时,加强设备材料的储存和运输管理,避免因储存环境不当或运输过程中的磕碰损坏设备材料,影响工程质量。

3 山地光伏项目工程建设质量管理常见问题

3.1 设计与实际脱节

设计与实际脱节是山地光伏项目质量管理的首要难题。在项目设计阶段,前期勘察工作的不充分是导致这一问题的关键因素。山地地形复杂多变,地质条件差异显著,若勘察工作流于形式,对实际地形起伏、岩石分布、土壤性质等情况了解不深入、不准确,设计出的方案便难以契合实际施工场景。例如,基础形式设计若未充分考虑地质承载力变化,在实际施工中可能因地质突变而无法按原设计实施。若遇到地下存在溶洞、软弱夹层等特殊地质情况,原设计的基础形式可能无法满足承载力要求,只能被迫变更设计,这不仅会打乱施工计划,延误工期,还会因设计变更产生额外费用,增加工程成本。同时,光伏组件布局设计若未结合山地具体朝向、遮挡物分布等因素,现场安装后可能无法达到预期的采光效果,影响发电量,进而增加项目的质量风险与投资回报的不确定性。

3.2 施工管理不到位

施工管理不到位是影响山地光伏项目质量的又一重要因素。部分施工单位在施工过程中管理松懈,施工人员技术水平参差不齐,缺乏严格的施工规范管理和质量意识,违规操作现象时有发生。在基础浇筑过程中,振捣不密实是常见问题之一。振捣不充分会导致基础内部存在孔隙,使基础强度无法满足设计要求,为后期运行埋下安全隐患。在光伏组件安装时,组件之间的间隙不

均匀,不仅影响整体美观,还会导致组件受光不均,降低发电效率。此外,质量监督机制不完善也是施工管理的一大短板。对施工过程中的质量问题不能及时发现和纠正,质量隐患在施工过程中不断累积,最终可能引发严重的质量问题,影响项目的整体质量和使用寿命。

3.3 设备材料质量参差不齐

设备材料质量参差不齐对山地光伏项目质量构成直接威胁。受市场因素和成本压力影响,部分项目在设备材料采购时,过于注重价格,忽视质量。一些供应商为降低成本,提供存在质量缺陷的设备材料,如光伏组件功率衰减过快、电缆绝缘性能不达标等。这些问题设备材料投入使用后,不仅会影响项目的发电效率,还可能引发安全事故。同时,设备材料在运输和储存过程中,由于管理不善,也可能导致设备损坏、材料变质。例如,在运输过程中未采取有效的防护措施,导致光伏组件表面划伤、边框变形;在储存过程中,未根据设备材料的特性提供合适的储存环境,使电缆受潮、绝缘性能下降等,这些问题都会严重影响工程建设质量和项目的正常运行^[3]。

4 提升山地光伏项目工程建设质量管理的措施

4.1 优化设计流程与方法

设计是山地光伏项目建设的先导,优化设计流程与方法能显著提升项目质量。前期勘察是设计的基础,必须加强这一环节。传统勘察方式在山地地形中往往存在局限性,而采用无人机航测、地质雷达探测等先进测绘和勘探技术,可有效提高地形和地质数据的准确性与完整性。无人机航测能够快速获取山地大范围的地形地貌信息,生成高精度的数字高程模型和正射影像图,为设计提供直观的地形参考。地质雷达探测则可深入地下,探测岩石分布、地质构造等情况,帮助设计人员了解地下地质条件,避免因地质问题导致的设计失误。(1)在设计过程中,引入三维建模技术可实现可视化设计。通过三维建模,将山地地形和光伏电站的设计方案以立体的形式呈现出来,设计人员可以直观地观察光伏组件的布局、朝向、间距等是否合理,以及与周围环境的协调性。同时,这种可视化设计也便于建设单位和施工单位提前了解项目情况,提出意见和建议,设计人员可根据反馈及时对设计方案进行优化,减少设计变更,提高设计质量和效率。(2)加强设计单位与施工单位、建设单位之间的沟通与协作也必不可少。设计单位应主动与各方交流,了解施工过程中的实际困难和建设单位的实际需求,使设计方案既符合技术规范,又具有可操作性和经济性。通过多方协作,共同完善设计方案,确保项目

的顺利实施。

4.2 强化施工过程管控

建立健全施工质量管理体系是强化施工过程管控的核心。明确各部门和人员的质量职责，将质量责任落实到具体岗位和个人，形成全员参与质量管理的良好氛围。制定详细的施工操作规程和质量验收标准，为施工人员提供明确的操作指南和质量评判依据，确保施工过程有章可循。（1）施工人员的技术水平和质量意识直接影响施工质量，因此要加强对施工人员的培训。定期组织技术培训和质量意识教育，提高施工人员的专业技能和规范操作意识。培训内容可包括施工工艺、质量标准、安全规范等方面，使施工人员能够熟练掌握施工技能，严格按照规范进行操作。（2）在施工现场设置质量监督小组，对施工过程进行全程监控。质量监督小组应具备丰富的专业知识和实践经验，能够及时发现施工中的质量问题。采用定期检查和不定期抽查相结合的方式，对施工工序、施工质量进行全面检查。对于发现的质量问题，要及时下达整改通知，跟踪整改情况，确保问题得到彻底解决。（3）利用信息化技术，如BIM技术、物联网技术等，对施工进度和质量进行实时跟踪和管理。BIM技术可实现施工过程的模拟和优化，提前发现潜在的设计冲突和施工难点，为施工提供指导。物联网技术则可实时采集施工数据，如混凝土强度、设备运行状态等，为质量管控提供数据支持，实现施工过程的精细化控制。

4.3 严格设备材料管理

在山地光伏项目建设中，设备材料质量是决定项目整体质量的关键要素，必须实施严格且全面的管理措施。（1）完善设备材料采购管理制度是首要任务。应建立一套科学严谨的供应商评价体系，从资质、信誉、产品质量以及售后服务等多个维度对供应商进行综合评估。资质方面，审查供应商是否具备合法经营资格和相关行业认证；信誉上，考察其在市场中的口碑和过往合作记录；产品质量通过实地考察生产流程、抽检样品等方式评估；售后服务则关注其响应速度和解决问题的能

力。通过综合评估，筛选出优质供应商并建立长期合作关系，从源头上保障设备材料质量。（2）在采购合同中，要明确设备材料的质量标准、验收方式和违约责任。质量标准应详细具体，涵盖各项性能指标；验收方式包括常规的外观检查、文件审核，还可委托专业第三方检测机构进行抽样检测，以科学手段确保设备材料质量达标。同时，加强对采购过程的监督，防止出现违规操作。（3）设备材料的储存和运输管理同样不容忽视。要根据设备材料的特性，选择合适的储存环境和运输方式。对于易受潮、易损坏的设备材料，必须采取有效的防潮、防震措施，如使用防潮包装、安装减震装置等。此外，定期对储存的设备材料进行检查和维护，及时发现并处理可能出现的损坏、变质等问题，确保设备材料在储存和运输过程中质量不受影响，为山地光伏项目建设提供坚实可靠的物质保障^[4]。

结束语

综上所述，山地光伏项目工程建设质量管理贯穿项目全生命周期，从设计、施工到设备材料管理，每个环节都紧密相连且至关重要。面对山地复杂环境带来的诸多挑战，通过优化设计流程与方法、强化施工过程管控、严格设备材料管理等措施，能够有效解决设计与实际脱节、施工管理不到位、设备材料质量参差不齐等常见问题。唯有全面提升质量管理水平，才能保障山地光伏项目的高质量建设，实现其安全稳定运行，推动山地光伏产业可持续发展。

参考文献

- [1]仇实.新能源光伏电站项目建设管理探究[J].科技创新与应用,2022,12(21):193-196.
- [2]袁杰.新能源光伏电站项目建设管理思考[J].冶金与材料,2020,40(6):155-156.
- [3]郭家庆.光伏电站工程建设的项目管理分析[J].集成电路应用,2021,38(12):160-161.
- [4]李丰收.分布式光伏电站施工管理探讨与分析[J].居舍,2020(22):139-140.