

山地光伏项目施工难点与现场施工技术对策

徐同

浙江科路核工程服务有限公司, 浙江省嘉兴市, 314300;

摘要:近年来,随着人们物质生活水平的提高,环保话题引起热议。尤其是在能源领域,清洁、绿色能源的使用可以有效减少污染,为环境保护作出突出贡献。在此背景下,光伏电站应运而生,并且随着建设技术水平的提升,开始在地形复杂等复杂地形得到施工搭建。但山地地形复杂、地质条件多变、施工场地受限等特点,使得项目施工面临诸多独特难点,直接影响施工效率、工程质量与安全管控。本文结合山地光伏项目施工实际,深入分析项目施工中存在的地质、地形、施工组织等方面的核心难点,从场地平整、基础施工、组件安装、机电施工、安全防护等维度提出针对性的现场施工技术对策,旨在为山地光伏项目施工的高效开展、质量提升与安全保障提供实践参考,推动山地光伏项目建设的规范化与科学化。

关键词:山地光伏项目;施工难点;现场施工;技术对策;工程建设

DOI: 10.69979/3060-8767.26.05.079

引言

新能源产业快速发展推动光伏项目建设向山地丘陵区域延伸,山地光伏项目成为光伏产业重要增长点。其有效利用山地闲置土地,不占用耕地,契合土地集约利用要求,还能推动山区清洁能源开发,助力乡村振兴与“双碳”目标实现。但山地地形高差大、坡度陡且不规则,项目多位于偏远山区,交通与地质条件复杂,相较平原光伏项目,在施工场地规划、基础施工、设备运输、安全管控等方面面临更大挑战。当前部分施工单位未结合山地地形地质特点制定针对性施工方案,导致施工效率低、质量把控难、安全隐患突出。深入探究施工难点并制定科学的现场施工技术对策,是保障项目施工顺利、提升工程质量、降低安全风险的关键,对推动山地光伏产业高质量发展具有重要现实意义。

1 山地光伏项目施工核心难点分析

山地光伏项目施工受地形、地质、自然环境及场地条件等多重因素制约,核心难点集中在地形场地、地质条件、施工组织、设备运输、安全管控五大方面,各难点相互交织,大幅提升了施工整体难度。地形场地条件复杂,场地平整难度突出。山地高差悬殊、坡度多变且地形不规则,光伏方阵需随坡布置,只能依托支架基础位置开展分散的局部平整,作业面广且需严控边坡稳定性,防止水土流失或坍塌。同时施工场地狭窄,大型机械作业空间受限,人工施工占比高,施工效率显著降低。地质条件多变,基础施工质量把控难度大。山地区域土层浅薄、岩石风化程度不一,岩溶、滑坡体等地质问题频发,不同点位地质差异大,难以统一满足支架基础承

载力要求,易出现基础埋深不足、持力层选择不当等问题,且地下水分布复杂,部分区域易涌水、塌孔,影响基础稳定性。施工组织协调难度高,工序衔接效率低。项目施工点多面广,各类设施分散布置,各工序作业面相互关联却相对独立,对协调性要求严苛。规划不合理易导致工序衔接不畅、人材机调配低效,出现窝工返工现象,且山区天气多变,降雨、大雾等易造成施工中断,进一步增加组织难度。山区交通条件差,设备材料运输受阻。项目多位于偏远山区,现有道路多为未硬化土路,路面窄、坡度大、弯道多,承载力不足,大型设备和建材难以直运施工点位^[1]。部分点位需临时修建施工便道,便道受地形限制,修建成本高、难度大,其稳定性也直接影响运输安全与效率。施工安全管控风险高,防护难度大。山地施工涉及高空、边坡、机械等多种危险作业,作业面分散导致安全管理覆盖难。陡坡区域易发生人员、机械滑坠,边坡施工易引发坍塌、滚石,且山区极端天气频发,易诱发触电、雷击、泥石流等事故。同时安全警示设施布置难度大,施工人员安全意识参差不齐,加剧了安全管控难度。

2 山地光伏项目现场施工技术对策

针对山地光伏项目施工的核心难点,结合山地地形、地质特点与光伏项目施工规范,从场地平整、基础施工、设备运输、主体安装、机电施工及安全防护等关键环节制定针对性的现场施工技术对策,实现施工效率、工程质量与施工安全的协同保障。

2.1 优化场地平整技术,适配山地地形特点

场地平整坚持“因地制宜、局部平整、顺应地形”

的原则,摒弃平原光伏项目大面积平整的模式,采用“逐点平整、随坡就势”的施工技术,根据光伏支架基础的布置位置进行精准的局部场地平整,最大限度减少土石方工程量,降低对山地地形与生态环境的破坏。施工前利用无人机航拍与三维建模技术,对施工区域进行精准测绘,明确各光伏支架基础的点位、高程与地形坡度,制定精细化的场地平整方案。

对于坡度小于 15° 的施工区域,采用小型挖掘机配合人工进行基础点位周边的局部平整,清理点位周边的杂草、碎石与浮土,保证基础施工作业面的平整度;对于坡度大于 15° 的区域,采用台阶式平整技术,根据基础点位高程设置小型台阶,台阶宽度与高度适配光伏支架基础施工要求,同时对台阶边坡采用喷锚支护或浆砌片石防护,增强边坡稳定性^[2]。平整过程中设置临时排水系统,在作业面周边开挖排水沟,及时排除雨水,避免雨水冲刷导致水土流失与作业面塌陷,同时做好土石方的合理调配,减少外运与内运工程量,提升施工效率。

2.2 针对性优化基础施工技术,保障基础稳定性

基础施工以“地质适配、精准施工、强化承载”为核心,施工前对各光伏支架基础点位进行逐点地质勘察,根据地质条件选择对应的基础形式,实现基础施工与地质条件的精准匹配。对于土层较厚、地质条件较好的点位,采用现浇混凝土独立基础,严格控制基础埋深与混凝土浇筑质量,保证基础持力层落在稳定土层上^[3];对于土层浅薄、岩石出露的点位,采用岩石锚杆基础,利用锚杆将基础与岩石层牢固连接,提升基础的抗拔与抗倾覆能力;对于岩溶发育、地质条件较差的点位,采用挖孔灌注桩基础,深入稳定岩层,有效解决基础承载力不足的问题。

基础施工过程中,针对山地施工特点优化施工工艺:挖孔灌注桩施工采用人工挖孔配合机械出土的方式,做好孔壁支护,及时处理涌水、塌孔问题;混凝土浇筑采用小型搅拌车运输至就近点位,再通过混凝土输送泵或料斗转运至基础施工点,保证混凝土浇筑的连续性与密实性。基础施工完成后,及时进行养护,并对基础的标高、轴线、承载力进行检测,检测合格后方可进行后续支架安装施工,从源头保障光伏支架的稳定性。

2.3 优化设备材料运输技术,破解山区交通难题

结合山区交通条件与设备材料特点,构建“主路运输+便道转运+二次搬运”的三级运输体系,破解设备材料运输难题。首先,对施工区域现有乡村道路

进行改造升级,对狭窄路段进行拓宽,对破损、松软路段进行硬化处理,设置会车点与防护栏,提升主路的通行能力与安全性,保证大型运输车辆能够顺利抵达施工区域附近。其次,根据光伏施工点位分布,合理修建施工便道,便道采用砂石或片石硬化处理,控制便道坡度与转弯半径,设置排水设施,保证便道的稳定性;对于坡度较大的路段,设置防滑条与防撞墙,提升便道运输安全性。

针对光伏组件、支架等大型设备,采用“定制化运输+小型机械转运”的方式:将光伏组件采用竖放包装,选用小型平板运输车沿主路与便道运输至就近施工点位,再利用履带式运输车、卷扬机等小型机械将设备二次搬运至施工点,避免设备在运输过程中受损;对于钢筋、水泥等建筑材料,采用小型农用车运输至各施工点位,减少材料转运环节。同时,在运输过程中制定严格的运输安全规范,安排专人对运输路线进行巡查,及时清理道路上的滚石、杂物,保障设备材料运输的安全与高效。

2.4 适配山地施工的主体安装技术,提升安装质量与效率

光伏支架与组件安装坚持“随坡就势、精准定位、高效安装”的原则,结合山地地形特点优化安装工艺,提升安装质量与效率。光伏支架安装前,根据场地平整后的实际高程与地形坡度,对支架进行工厂化定制加工,制作适配不同坡度的支架配件,减少现场加工工作量。支架安装采用小型起重机械配合人工的方式,对于坡度较小的点位,利用小型挖掘机配合人工进行支架吊装与固定;对于坡度较大、机械难以作业的点位,采用人工搭设操作平台的方式进行支架安装,操作平台采用钢管搭设,设置防护栏杆与防滑脚手板,保证安装人员的作业安全。

支架安装过程中,利用全站仪进行精准定位,严格控制支架的间距、高程与垂直度,根据山地地形的坡度变化调整支架角度,保证光伏组件的最佳采光角度。光伏组件安装时,采用“分片安装、逐点固定”的方式,将组件运输至安装点位后,由专业安装人员在操作平台上进行组件铺设与固定,组件之间的缝隙与搭接严格按照规范要求施工,同时做好组件的防护措施,避免组件在安装过程中受到碰撞、划伤^[4]。安装完成后,及时对支架与组件的安装质量进行检测,确保支架牢固、组件平整,满足光伏发电的技术要求。

2.5 精细化机电施工技术,保障系统运行稳定性

山地光伏项目机电施工包括集电线路、逆变器、箱变等设备的安装与调试,施工中坚持“精细化施工、规范接线、整体调试”的原则,适配山地施工特点优化机电施工工艺。集电线路施工根据山地地形采用架空线路与电缆直埋相结合的方式,架空线路的电杆采用预应力水泥杆,根据地形坡度合理设置电杆间距与高度,电杆基础采用现浇混凝土基础,保证电杆稳定性;电缆直埋施工沿施工便道或光伏方阵间隙布置,避开边坡、冲沟等易受破坏的区域,电缆沟开挖采用人工配合小型机械的方式,做好电缆的防护与铺设,回填后做好标记。

逆变器、箱变等电气设备安装在地势较高、排水良好的点位,采用混凝土平台进行基础浇筑,平台高程高于周边地面,防止雨水浸泡;设备安装时严格按照设备安装规范进行精准定位与固定,做好设备的接地、防雷措施。机电设备接线完成后,先进行单台设备调试,再进行分区域调试,最后进行整体系统联调,调试过程中重点检测设备的运行参数、线路的通断情况与接地电阻,及时排查故障,确保机电系统运行的稳定性与安全性,为光伏项目并网发电奠定基础。

2.6 全方位安全防护技术,筑牢施工安全防线

针对山地施工安全管控难点,构建“技术防护、管理防护、人员防护”三位一体的安全防护体系,全方位降低施工安全风险。技术防护方面,在边坡作业、高空作业等危险作业点位搭设标准化操作平台与防护栏杆,在坡度较大的施工区域设置防滑条、挡石墙,防止人员、机械滑坠与滚石伤人;在施工区域周边与危险点位设置明显的安全警示标志,包括禁止通行、小心滑坠、注意滚石等标识,实现安全警示全覆盖^[5]。同时,在施工区域布置防雷、防汛设施,安装防雷接地装置,提前开挖防汛排水沟与应急避险通道,应对雷电、暴雨等极端天气。

管理防护方面,建立网格化安全管理体系,将施工区域划分为若干安全管理网格,安排专人负责各网格的安全巡查与管控,及时发现并消除安全隐患;制定严格的设备操作规范,要求施工机械操作人员持证上岗,严禁违规操作;做好施工场地的临时用电管理,采用三级配电、两级保护的供电方式,电线铺设做好防护措施,避免电线破损引发触电事故。人员防护方面,加强施工人员的安全培训与教育,提升施工人员的安全意识与自我防护能力;为施工人员配备齐全的安全防护用品,包

括安全帽、安全带、防滑鞋等,要求施工人员在作业过程中全程佩戴,切实保障施工人员的人身安全。

3 结论

山地光伏项目施工受地形、地质、交通、自然环境等多重因素制约,存在场地平整难度大、基础施工质量把控难、设备运输不便、施工组织协调难、安全管控风险高等核心难点,这些难点直接影响项目施工的效率、质量与安全。针对山地光伏项目施工的独特难点,结合工程实际制定针对性的现场施工技术对策,通过优化场地平整技术、适配地质条件的基础施工技术、三级设备材料运输体系、随坡就势的主体安装技术、精细化机电施工技术与三位一体的安全防护技术,能够有效破解山地光伏项目施工中的各类难题,实现施工效率的提升、工程质量的保障与施工安全的管控。

山地光伏项目建设是推动新能源产业向山区拓展的重要举措,在项目施工过程中,施工单位应坚持“因地制宜、科学施工、质量第一、安全至上”的原则,充分结合山地地形与地质特点,制定精细化的施工方案,不断优化施工技术与工艺,同时加强施工组织协调与现场管理,推动山地光伏项目施工的规范化、科学化与高效化。未来,随着光伏施工技术的不断创新与山地光伏项目建设经验的不断积累,山地光伏项目的施工技术将进一步完善,为山地光伏产业的高质量发展提供更有力的技术支撑,助力“双碳”目标与乡村振兴战略的实现。

参考文献

- [1]朱一鸣,袁万.云南地区某山地光伏发电EPC项目的施工难点及管控措施分析[J].太阳能,2025,(12):73-80.
- [2]廖敬文.山地光伏电站项目施工管理对策研究[J].城市建设理论研究(电子版),2024,(20):4-6.
- [3]赵建生,金理,李亚纯,蒿永强.山地光伏发电建设项目施工管理对策研究[J].云南水力发电,2024,40(01):194-196.
- [4]王瑞祥.复杂地形条件下山地光伏电站设计优化——以陕西某山地光伏项目设计为例[J].武汉大学学报(工学版),2023,56(S1):279-283.
- [5]李欣,黄绍票,卢彤彰.山地光伏发电项目实施中的绿色保护措施[J].中国高新科技,2023,(20):90-92.