

山地光伏陡坡区域施工技术研究

汪云武 普瑞泽 沈 哲

中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司 浙江杭州 311122

【摘要】环保资源地再利用是我国日益提出的新概念，自然资源的再生利用将能够更有效的保护环境，从而实现能源供应的目的。光伏发电设备近年来应用普遍，许多光伏发电工程陆续施工并投入使用。从光伏发电工程的施工流程而言，在施工过程中多面临若干工程技术方面的困难，本文拟就山地光伏发电实施过程中陡坡区域经常出现的困难展开阐述分析。

【关键词】山地光伏; 陡坡; 施工技术; 措施

随着全球能源结构的转型，可再生能源的开发和利用越来越受到重视。其中，光伏发电在山地等复杂地形区域的应用具有巨大潜力。然而，山地环境的陡坡、地形复杂等特点，给光伏施工带来了诸多挑战。太阳能发电作为清洁能源，近年来得到了国家的大力支持，各地光伏电站项目也在如火如荼的建设中，光伏电站逐年增加，使得日照好、地势平坦、建设条件好的优质土地资源日趋减少和稀缺，而农牧业、湖泊、山地等建设条件次之的土地逐渐成为光伏项目的主要土地建设资源，尤其是山地光伏建设，近年逐步增加。分析和解决山地光伏基础施工中建设地表起伏不平、朝向各异、局部伴有山沟，地形可使用面积不规则、分散等难题也尤为重要。本文将重点探讨山地光伏陡坡区域施工技术，以期为相关工程提供有益参考。

1 山地光伏发电陡坡区域施工技术的发展现状

随着科技的不断发展，山地光伏陡坡区域施工技术在近年来取得了显著的进步。技术的进步主要表现在两方面：一是设备的升级与改进，使得山地光伏施工更为高效；二是施工方法的创新，通过更先进的工艺和技术，来提高施工的安全性和质量。在山地光伏建设中，由于地形复杂，施工难度大，初期投资通常较高。然而，长期看来，山地光伏的运营成本较低，且随着技术的进步和规模化效应，建设成本也在逐渐降低。因此，从长远看，山地光伏陡坡区域施工具有良好的成本效益。山地光伏施工中的确存在很大的施工难度，尤其是对于陡坡区域施工，由于受到地形、地势、交通、地质、资源等限制，施工会遇到更多的实际问题。但通过在设计 and 施工过程中不断的优化方案，对施工中可能出现的技术难题和问题进行讨论研究，在项

目前阶段就应提出针对的策略来预防和减少实施难度；同时施工过程中应加强沟通交流，有效解决陡坡区域施工中出现的难题，避免在后期大量问题出现，确保山地光伏项目如期建成^[1]。

2 山地光伏陡坡区域施工的重要性

山地光伏陡坡区域施工受地形、政策、林地、工期等综合影响，具有独特的特点难点，主要体现在：地形条件复杂，光伏组件、集电线路布置难度大；设计施工周期短、难度大，项目管理协调难度大；限制因素较多，建设方案易反复；支架及支架基础设计要求高。据目前山地光伏项目陡坡区域施工技术研究，许多土地面积无法满足项目投标阶段装机容量的要求，且局部陡坡区域施工按照投标时候的施工无法实施，存在极大安全隐患；部分地块下方有牲畜、村庄、道路及房屋，施工及运维期间易出现滚石下落的情况，下方人员财产安全无法得到保障。并且山地光伏陡坡区域大多都是超过30°的陡坡，机械无法施工，无法正常使用。如果不利用陡坡区域，需要额外征地，否则无法达到预期的容量，影响项目收益。那么如何有效利用陡坡区域，且方便现场施工，解决陡坡区钻孔、设备材料运输、支架及组件安装、电缆施放等问题显得尤为重要^[2]。

3 山地光伏陡坡区域施工存在的主要问题

3.1 陡坡区域的钻孔

为了确保山地光伏项目的装机容量必须在现有地块范围内，必须把无法用常规施工方案实施的区域充分利用起来，确保装机容量，而大多陡坡区域为灰岩地质，岩质坚硬，部分基岩出露，地表孤石出露，地面变破点多，局部

涯壁陡峭,人员上下行走困难,钻孔设备无法行走,陡坡区域平均坡度在 30° 以上,坡度局部坡度突变,人员设备行走困难,采用常规施工方案无法实施,部分场区山体坡度大,局部地块在 30° 以上,大大增加了施工的难度和危险性。最大坡度达到 45° ,在不降坡的前提下机械根本无法到达工作面施工,严重制约了机械打孔的施工进度,从而山地光伏陡坡区域的钻孔存在很大的问题。为有效利用土地,需要采取陡坡区域钻孔相关措施技术施工。

3.2 陡坡区域的设备材料运输

山地光伏项目的进场道路多为新建盘山道路,坡陡、弯急、路况条件差,不利于大型车辆的直接运送,若加宽进场道路,成本较高,大部分设备、材料采用中小型货车转运。山地光伏项目组件的布置需考虑方向和倾角,导致场区内能布置组件的资源十分有限,且考虑到水土保持等因素,尽量减少地表植被的破坏,光伏场区内检修通道较少,一般只能到达箱变,从而导致支架、组件等主要材料只能依靠人工搬运,难度十分大。

在山地光伏陡坡区域的施工现场,由于地势陡峭,地形复杂,场内没有合适的材料暂放场地,材料需要进行二次倒运。此外,通往山坡的道路未硬化处理,全程土路,有多处急转弯和陡坡。在下雨天,道路湿滑,机动车辆难以到达山顶。因此,从地面将设备及材料运至站内安装位置的运输问题就显得尤为重要。为确保设备及材料运输的安全和高效,同时降低搬运成本,需要编制科学合理、操作性强的设备材料运输方案。

3.3 陡坡区域的支架组件安装

山地光伏陡坡区域支架和组件的安装是光伏项目施工的主要工作之一,其安装质量和成型效果关系着光伏项目的整体美观性和发电效率,但由于山地光伏项目陡坡区域受地形制约,其施工难度远远大于平原地区的支架和组件安装。

在山地模式下项目可使用的地块,光伏阵列安装面普遍存在坡度较大的陡坡,大部分陡坡区域机械开挖基坑存在困难,需要结合人工开挖,并且有的陡坡区域地表风化较为严重,土层不稳定,支架基础容易晃动,给施工带来了很大困难。因此,陡坡区域使用什么样的基础灌注桩,每组基础采用单立柱还是双立柱需要进行深入探讨和研究,并且提出相应的施工方案技术来解决支架组件安装的难题。

3.4 陡坡区域的电缆敷设

在山地光伏发电陡坡区域施工中,电缆敷设和接线施工是实现项目并网的必要途径和环节,整个施工过程必须严格按照工程设计和技术要求具体落实^[3]。

山地光伏陡坡区域的电缆敷设对地形适应性强,施工难度大。由于地形复杂,施工难度大,需要安排专业人员进行作业,确保敷设质量和安全性。对电缆的要求高。由于施工环境恶劣,对电缆的要求也比较高,需要确保电缆的耐磨损性和耐压性能,陡坡区域电缆敷设方式如何运用,采用什么样的技术方案并有效解决地势陡峭、地形起伏大、坡度大的问题是山地光伏项目陡坡区域施工的又一难题。

4 针对山地光伏陡坡区域施工问题的解决方法

4.1 陡坡区域钻孔方法

4.1.1 微孔锚杆钻孔技术应用

由于山地光伏项目地理位置周围环境复杂,给施工带来了极大困难。陡坡区域地块陡峭、坡面孤石出露,人员设备基本的通行显得困难,无法采用常规灌注桩施工工艺;部分光伏场区紧邻村落、农田、交通、电力、通信设施等,在施工过程中及建成投产后坡面浮石易松动滚落,对附近的人、物造成伤害,存在重大安全隐患,难以保障附近村民的生活、生产和人身安全。在土地有限的条件下,为保证项目按规划装机容量顺利投产发电,采用岩石锚杆微孔桩的新工艺方式进行施工,充分利用陡坡区域土地。可有效保障项目正常施工和光伏区下方村民的人身财产安全。

岩石锚杆微孔桩施工灵活,对复杂地形和地表适应性强,有力破解了陡坡钻机无法施工的难题,有效避免了大面积开台造成生态破坏问题,在土地有限的条件下充分利用陡坡土地、保护原始地形地貌,通过上述措施以最小代价保障了项目装机容量、安全生产要求和施工进度,具有多重综合效益。在开展钻孔作业时,桩基成孔技术人员首先需要全面检查工序内容,及时处理不符合标准的工序,检查合格后方可进行钻孔工作^[4]。

4.1.2 地表岩石锚杆桩技术运用

该岩石锚杆基础是直接建在基岩上的桩基,以承受拉力或水平剪力为主。地下为稳定的岩石地质条件,锚杆基础要与基岩连成整体,地下岩石部分可采用手持式设备成孔,成孔后插入锚杆灌入强度不小于30MPa的水泥砂浆,地

上部分桩头为钢筋混凝土灌注形式,四根主筋直径为18mm的钢筋锚入岩石不小于40cm,以增加接触面桩体的抗剪强度,此种桩体一般集中在高陡坡地段。

4.1.3 土层覆盖岩石锚杆桩技术运用

土层覆盖岩石锚杆桩这种基础形式的桩与地表岩石锚杆桩一样,主要在坡度 30° 以上的地段中采用,唯一与地表岩石锚杆桩不同的是,该种桩基所在桩位表面有一定厚度的覆土,需要人工挖孔至岩石层后再进行锚杆施工,经设计受力验算,如覆土层厚度小于50cm,则同样需要在岩层面中植筋;如覆土层厚度大于50cm,直接放入钢筋笼即可。此种施工工艺效率不高,主要是以保护环境和水土为前提,在高陡坡施工中不开台阶采用的方法。

4.1.4 手持式设备的应用

对于坡度大,机械设备无法到达的区域,陡坡区域钻孔也可采用手持式钻孔设备,其结构简单,操作人员少,移动方便。手持式钻机应用范围广泛,在山地光伏项目基础的钻孔、打孔、打桩较为适用。在山地光伏项目临电适用不便的情况下,主要采用风动式钻孔设备,其具有以下特点:操作方便,陡坡施工中更加省时、省力;在岩石上钻孔,垂直向最深钻孔可达3m,且成孔效果较好;主机重量轻,1人即可作业,携带方便,适用于高边坡、流动性较大的临时性工程;无论在高山、平地,不受地理位置限制。

4.2 陡坡区域设备材料运输方法

4.2.1 设备材料运输技术

在山地光伏材料运输中,料场到施工现场的水平运输可采用运输车(汽车吊、机动三轮车、货车、拖拉机等)。工地现场垂直运输采用在现场两条沟壑间的区域布置一台滑轨运输车,作为上下坡运输物料的工具,水平方向采用人力进行边施工边运输,以提高效率和缩减成本。为不占用土地资源,利用子阵间距位置设置临时便道,规划宽度不小于3米。在雨季来临时,每个场地设置的临时便道可采用铺设木板的方式,在施工完毕后可随即拆除,在雨后地面湿滑的情况下可以在确保安全的情况下顺利施工。如施工区域处于雷区,施工前,在施工现场附近制高点安装避雷,以保护电站的设备与人员、施工机具的安全。为满足现场施工进度要求,所有设备、材料提前到货,并统一保管于料场,然后统一进行二次搬运,从料场按照此方法运到施工现场。

4.2.2 制作工装解决陡坡区物料的二次倒运难度

根据陡坡区域的自然条件,由于山体形状,地势特点等原因,车辆无法将物料运输到指定位置,需要进行二次倒运。为了解决山脚至山顶或山顶至山脚的物料运输问题,可自主研发出一些简易工装,以方便陡坡段的材料运输,如利用滑轨技术,滑轨技术使用的是两根钢制轨道(也可以是钢管),上部使用带有特制轮子的运输车,由顶部卷扬机使用钢索进行牵引运动,可以将物料运输至轨道上的指定位置,方便施工现场物料运输。

4.3 陡坡区域支架及组件安装方法

4.3.1 陡坡支架施工设计

山地光伏支架分为单立柱和双立柱两种形式,施工时,单立柱光伏支架的桩基础的定位放线精度控制相对简单,且场平工程量较小;但对于土质较硬的地区而言,单立柱光伏支架的桩基础深度较深,成孔阻力会随之增大,因此若这些地区采用双立柱光伏支架桩基础,施工速度会相对较快^[5]。在陡坡区域支架的施工过程中,由于施工前测量的误差及施工中实际造成的误差等,容易出现支架基础偏离原定计划位置的情况,可通过采用固定式可调光伏支架方案来解决此问题,即光伏支架的主、次梁和其余构件都可根据支架设计图纸在工厂预制,需根据桩基的离地高度,现场调整光伏支架立柱的长度,使支架适应山地地形的高低变化。此种固定式可调光伏支架能够提高陡坡区域支架的适应性和安装的可操作性,保证支架的安装精度,且能加快工程施工速度。

4.3.2 支架安装方法

立柱的安装,立柱应安装竖直,与基础桩坚固良好。具体方法如下:检查独立基础相对位置和标高,在每排基础顶部标出前后立柱中心线;根据图纸把立柱分清方向,底脚中心对准预埋件中心线,调整垂直度后进行紧固,但先不要拧紧。根据图纸区分斜梁、前后立柱、斜撑,以免将其混装。将斜梁通过连接角板固定在前后立柱上,校正好间距和水平后,将斜梁连接螺栓和连接板连接螺栓初步安装上,但不要拧紧。将横梁按图纸组装在前后立柱和斜梁上,注意勿将螺栓紧死。以上各构件组装完成后,再次校正立柱间距、垂直度;斜梁间距和平整度以达到设计要求。检查无误后将立柱固定死、所有螺栓拧紧。对部分受损支架进行防腐处理。检查电光伏组件杆件(檩条)的平直