

山地复杂地形光伏支架基础基坑开挖与混凝土浇筑施工要点

张石兵

山西启光发电有限公司 山西 晋中 031300

摘要: 山地复杂地形存在地形起伏大、岩土分布不均、作业空间受限等施工难点,大幅提升了光伏支架基础施工的管控难度。本文结合山地施工特殊工况,从施工前期准备、基坑开挖、混凝土浇筑及成型养护保护四个阶段,梳理各工序标准化施工操作要点,细化场地规整、设备适配、开挖管控、浇筑振捣、养护防护等关键施工工艺。通过系统化的工序管控,可有效适配山地复杂施工环境,规避施工质量隐患,保障山地光伏支架基础施工的稳定性和成型质量。

关键词: 山地复杂地形;光伏支架基础;基坑开挖;混凝土浇筑;成品养护

引言: 山地光伏项目建设受特殊地形地貌影响,施工场地零散崎岖、坡面稳定性差,基坑开挖与混凝土浇筑的施工条件远区别于常规平地场地。复杂的地形条件与露天作业环境,极易引发基坑坍塌、混凝土成型缺陷、基础粘结效果不佳等各类施工问题,直接影响光伏支架基础的结构完整性与使用稳定性。规范各施工环节的操作标准、细化现场施工管控要点,能够有效适配山地施工工况,保障光伏基础施工质量,为山地光伏工程建设提供可靠的施工技术支持。

1 山地复杂地形施工前期准备要点

1.1 地形现场踏勘与场地整理

针对施工区域存在的山地陡坡、沟壑错落、岩质地基裸露、覆土厚度差异较大等复杂地形条件,开展全覆盖现场摸排工作。逐一摸清场地地形起伏走势、坡面倾斜角度、岩土分层状态及土体稳固情况,精准掌握各类地形带来的施工制约条件。彻底清除作业范围内的杂草、表层浮石、深埋树根及各类松散堆积土体,对凹凸不平的作业基面进行整体规整。稳固坡面松动岩土结构,杜绝施工过程中掉块、塌落隐患。结合光伏基础点位分布特点,合理划分独立基坑作业分区、临时施工通道以及物料堆放区域^[1]。充分适配山地狭小零散的作业空间,理顺各施工工序的作业动线,为后续开挖、浇筑施工提供规整可靠的作业条件。

1.2 施工设备与机具适配调试

结合山地坡面作业、作业区域狭窄、场地通行条件有限的施工现状,优先选用小型化、机动性强、适配崎岖路况的施工设备,解决大型机械无法进场、施工作

业受限的问题。针对基坑开挖、混凝土振捣、物料转运等不同施工环节,对应匹配专用施工机具。施工前对所有进场设备开展全方位检修调试,连续试运行时长不低于30分钟,重点核查设备运行状态、操作灵敏性能以及机身配套安全防护装置的完好程度。提前筹备山地施工专用辅助机具,配齐坡面临时支护工具、基面找平工具、高空及坡面物料转运工具。逐一校验各类机具的使用性能,确保所有设备机具可以稳定应对山地复杂施工工况,满足各工序连续作业需求。

1.3 施工材料筹备与存放布置

按照整体施工顺序与分区施工节奏,分批筹备混凝土骨料、胶凝材料、坡面支护材料、基底垫层材料等核心施工物资。严格核对各类材料的品类与规格,完全匹配光伏支架基础的施工建设标准。在施工区域周边筛选地势平整、土层稳固、无积水淤积且规避滑坡风险的位置,设置专属材料堆放场地。对粉体建材、液态建材做好围挡遮盖与隔水防护,抵御山地降雨、坡面径流带来的冲刷与受潮问题。依据场地道路走势规划短途物料转运路线,避开陡坡、窄沟及松软土质路段,保障施工材料有序输送,维持现场施工的物资供应节奏。

1.4 作业人员岗前实操准备

围绕山地地形施工的独有特点,组织全体作业人员开展专项岗前实操培训。细化讲解山地基坑开挖、坡面原位作业、混凝土浇筑与振捣的标准化操作流程,明确各环节的施工管控重点。依据施工工序细化岗位分工,清晰划定开挖、支护、物料转运、浇筑、振捣各岗位的作业职责与工作范围。系统落实山地高危作业的安全操

作准则,让所有人员熟练掌握坡面防滑、高空防坠、基坑防坍塌的实操防护方式,筑牢山地复杂场地施工的安全作业基础。

2 山地复杂地形光伏基础基坑开挖施工要点

2.1 基坑定位与放线施工

针对山地场地高低错落、坡面倾角不一的复杂工况,选用适配山地施工的放线工艺开展点位定位作业。精准锁定各光伏支架基础基坑的布设位置,规避地形起伏造成的定位偏差,保障基础布设精度符合施工标准。依照设计参数精准测设基坑开挖边线、深度控制线和坡面控制线,在作业面做出清晰、耐磨的标识标记。山地坡面地形起伏不均、凹凸无序,施工中对整体放线基准逐一复核校正。统一全场基坑的布设间距与开挖边界,让所有基坑点位排布规整、尺寸统一,为标准化开挖作业奠定精准的前期施工基础^[2]。

2.2 分层分段开挖作业控制

针对山地陡坡、岩土混杂的特殊场地,采用分层分段的开挖施工模式。施工遵循自上而下、随挖随修的作业原则,严格规范施工操作行为,杜绝超挖、乱挖、掏挖等不规范施工行为。土质松软、覆土松散的区域,缩减单次开挖厚度,放缓坡面开挖坡度,降低土体失稳坍塌的概率。坚硬岩土覆盖区域,采用针对性开挖方式修整坑体轮廓,逐步打磨规整基坑断面形态,保障基坑结构尺寸合规。沟壑边缘、临坡侧方的基坑,优先处理周边松散土体,清理侧壁松动岩块,消除基坑成型及后续施工的坍塌隐患。

2.3 基坑坑壁与坡面修整

基坑开挖推进过程中,持续对抗壁、坡面及基底进行精细化修整作业。彻底清理坑内松散土体、表层浮渣和坚硬凸起块体,让坑壁坡面平整顺滑,基底土层整体密实稳固。结合现场坡面坡度与岩土质地条件,对临空侧面、土体稳定性偏弱的坑壁进行修坡整形,优化坑壁受力结构,提升坡面整体稳定性。对基底存在的高低起伏区域逐一找平处理,修整局部凸起与凹陷部位,消除基面高差缺陷。让基坑基底保持平整密实的状态,满足混凝土浇筑施工的基面要求。

2.4 基坑成型后清理与防护

单处基坑开挖成型后,对抗体内部进行全面清理作业。彻底清运坑内残留渣土、堆积杂物和表层松散浮土,抽排坑底积存积水,保证基坑内部干净、基底干燥。山地施工暴露于露天环境,易受自然天气与周边地形影响。成型基坑设置临时防护措施,阻挡坡面滚落碎

石,抵御雨水冲刷浸泡。全面核查基坑成型形态、坑壁牢固程度与基底完整状态,排查细微结构缺陷与安全隐患。确认基坑整体成型质量达标,结构性能稳定,能够承接后续混凝土浇筑施工工序。

3 山地复杂地形光伏基础混凝土浇筑施工要点

3.1 浇筑前基坑前置处理

混凝土正式浇筑施工前,需对已开挖成型的基坑开展全面细致复检。逐一检查基坑基底的密实状态与坑壁整体稳定性,彻底清除坑内残留浮土、积水及各类施工杂物,保证基坑内部洁净、作业基面通透。针对干燥的岩土基底,需提前 2~4 小时开展洒水润湿处理,避免基底过快吸附混凝土内部水分,有效保障混凝土与基底的粘结效果,防止后期基础出现脱层、粘结不牢固等质量问题。精准核对基坑实际尺寸、顶面标高及整体成型状态,标高偏差控制在 $\pm 20\text{mm}$ 以内,细致排查坑体变形、局部塌落、基底空鼓等各类质量隐患^[3]。待基坑整体工况稳定、各项指标符合施工要求、各类施工隐患全部清零后,方可完成浇筑前全部前置准备工作。

3.2 混凝土拌合与山地转运控制

结合山地露天施工的温度、通风等现场环境特点,严格把控混凝土拌合全过程质量。规范整体拌合工序,确保成品混凝土拌合均匀、和易性良好,适配山地坡面特殊的浇筑施工条件,杜绝因拌合不均出现骨料离析、浆料干涩等问题,保障混凝土整体性能稳定可靠。山地施工现场通行空间狭小、路面崎岖颠簸,需结合现场通行条件选用适配的短途转运方式输送混凝土。转运全程保持平稳输送,维持物料均匀状态,规避颠簸运输造成的骨料分离、浆料洒落现象,减少物料损耗,保证混凝土原有工作性能不发生改变。严格控制混凝土到场后的静置时间,紧密衔接转运与浇筑工序,保障现场浇筑作业连续有序开展。

3.3 分层浇筑与入模施工管控

针对坡面倾斜、基底高差较大的山地基坑,施工统一采用分层入模浇筑工艺。单次浇筑层厚度严格控制在 0.3~0.5m,施工过程中逐层缓慢、均匀布料,杜绝单点集中投料的粗放施工方式,有效改善集中投料导致的骨料堆积、浆液分布不均等问题,保证混凝土物料分布均匀。面对异形结构、坡面倾斜的特殊基坑,可灵活调整物料入模角度与布料顺序,优先填充基坑边角、基底低洼等易产生空腔、密实度不足的薄弱部位,让混凝土充分填满基坑内部空间,提升基础整体密实度。规范各层浇筑施工间隔,间隔时间不超过 2 小时,保障上下浇筑

层紧密结合、一体成型,从源头杜绝施工冷缝产生,维护基础结构的整体完整性。

3.4 振捣与找平收面施工

结合山地基坑施工工况选用适配的振捣设备,对入模混凝土实施分层振捣作业。匀速平稳移动振捣工具,合理控制振捣间距与振捣时长,重点对基坑边角、侧壁衔接等振捣盲区进行精细化振捣作业,充分排出混凝土内部滞留气泡,切实提升结构密实度。振捣施工完成后,及时开展表层找平作业,对照设计标高精细修整基础顶面,消除表面高低偏差。对于山地坡面成型的基础结构,重点打磨坡面与顶面的衔接部位,细致完成整体收面修整作业,清除表层毛刺与凹凸缺陷,保障基础成型表面平整顺滑,使成品外观及精度符合光伏支架基础施工质量标准^[4]。

4 山地复杂地形施工成型养护与成品保护要点

4.1 混凝土成型后养护作业

混凝土浇筑施工全部收尾并完成表面收面成型后,及时开展标准化养护作业。山地施工场地无遮挡遮蔽,整体处于露天暴露状态,昼夜温度变化幅度大,山间气流活跃度高,特殊的场地气候条件会直接干扰混凝土正常的硬化进程。现场施工选用适配山地工况的覆盖保湿养护方式,在混凝土基础表层铺设专用养护材料,锁住结构内部水分,维持表层湿度处于稳定状态。有效抵御极端环境带来的负面影响,减少混凝土表层水分快速流失引发的干缩开裂、表层起砂、结构强度不足等质量缺陷。养护周期内全程管控现场环境变化,针对强光直射、大风风干、降雨冲刷等不利因素提前做好防护措施,弱化外界环境对混凝土成型质量的破坏。严格落实养护作业标准,维持养护工作的连贯推进,杜绝养护作业中途停顿或擅自终止,让混凝土按照规范节奏完成水化硬化反应,稳步提升基础结构的整体强度与耐久性能。

4.2 施工成品防护管控

混凝土从初凝阶段到完全硬化成型的整个周期内,内部结构强度处于逐步增长的状态,整体承载能力和抗损能力偏弱。施工场地落实严格的成品保护管控措施,禁止作业人员随意踩踏成型基础表面,杜绝各类施工机具近距离触碰、撞击基础结构,各类施工物料不得堆放在成型基础上方,最大程度保留基础成型后的完整形态与结构精度。山地坡面布设的光伏基础直面山体复杂环境,坡面松动岩土、滚落碎石极易对成品结构造成破坏。在各类坡面基础周边搭设稳固的临时防护围挡,阻隔坡面滑落杂物、滚动碎石对基础造成冲击磨损。合理

规划后续各工序的作业范围与施工动线,划分清晰的作业保护区。规避后续施工操作产生的刚蹭、挤压、重压等外力作用,防止基础出现表层破损、形体偏移、结构变形等损伤,全方位保障成品基础的结构完整性与成型精度。

4.3 施工现场收尾规整

单个施工区域的基坑开挖与混凝土浇筑工序全部完成后,第一时间开展现场收尾与场地规整工作。彻底清理作业范围内留存的废弃渣土、剩余物料以及各类施工垃圾,集中统一清运离场,杜绝杂物长期堆积污染场地、遗留安全隐患。对现场使用的施工机具、辅助耗材进行分类整理和规范收纳,有序摆放至指定存放区域。全面清理山地施工通道内的障碍物与堆积杂物,保障场地通行线路通畅,恢复施工区域原有整洁面貌。针对山地施工易出现的土体松动、坡面破损问题,对作业区域周边坡面开展稳定性专项排查。彻底清除施工扰动产生的松散土石,修补整平施工造成的地面坑洼、沟槽缺陷,整改各类场地遗留隐患^[5]。通过系统化场地规整作业,彻底改善施工现场工况条件,实现作业区域安全、整洁、规范的收尾标准,为后续整体施工推进提供良好场地条件。

结束语

山地光伏支架基础施工对工序精细化管理要求较高,地形、岩土及场地环境都会对施工全过程产生直接影响。通过落实施工前期筹备、规范基坑开挖与混凝土浇筑核心工序、强化成型后养护与成品保护等全流程管控措施,可有效规避山地施工的各类质量与安全隐患,保障基础结构施工的规整性与稳定性。全程精细化的现场施工管控,能够切实提升山地复杂地形条件下光伏支架基础的整体施工质量,满足工程建设的实际施工需求。

参考文献

- [1] 李亚.光伏发电工程固定支架微孔灌注桩基础施工技术[J].建筑与装饰,2026,29(4):163-165.
- [2] 吕荣灿.山地光伏发电项目桩基及支架精细化施工技术[J].电力系统装备,2026(5):49-51.
- [3] 侯忠明,韩金秀,李晓渊.光伏发电工程支架结构设计及施工质量问题鉴定分析[J].建筑技术,2026,57(5):637-640.
- [4] 欧阳杰,张颖,王华.模块化快速安装山地光伏柔性支架及其施工应用研究[J].消费电子,2026(2):236-238.
- [5] 廖治中,邓明玉.山地柔性光伏支架设计与施工方案[J].工程建设与设计,2025(15):154-156.