

光伏发电项目预制桩基础施工技术

李松 郑亮

湖北省城市地质工程院 湖北 武汉 430000

摘要：光伏发电项目预制桩基础施工技术直接影响系统稳定性与发电效率。预制桩选型需适配光伏组件荷载与地质条件，沉桩工艺需确保桩体垂直度与承载力。施工过程需关注桩位定位精度、预埋件适配性及桩顶处理质量，保障与光伏支架的精准对接。通过优化沉桩设备与施工流程，可提升施工效率并降低环境影响。该技术为光伏电站提供可靠基础支撑，对推动清洁能源发展具有重要意义。

关键词：光伏发电项目；预制桩基础；施工特性；核心流程；质量控制

引言：光伏发电作为可再生能源的重要形式，其基础施工质量直接影响系统寿命与发电性能。预制桩基础凭借施工快捷、质量稳定等优势，在光伏项目中得到广泛应用。预制桩选型需综合考虑地质条件与光伏阵列特性，施工过程需控制沉桩精度与连接质量。当前光伏项目规模扩大与选址多样化，对基础施工技术提出更高要求。研究预制桩基础施工技术要点，对保障光伏电站安全运行具有重要价值。

1 光伏发电项目预制桩基础施工特性与前期准备

1.1 场地适配性勘察

结合光伏项目场地开阔、多分布于荒地或坡地的特点，勘察地形起伏程度与地质分层，明确土壤承载力对预制桩的适配性，判断是否需针对光伏阵列布局调整桩体间距。分析场地光照遮挡因素，避免桩体施工对光伏组件采光角度造成干扰，为桩位规划提供依据^[1]。勘察过程中需关注地表植被分布与地下管线走向，避免施工时对既有设施造成损坏，影响后续施工进度。评估场地排水条件，防止积水导致桩体长期浸泡影响基础稳定性，需根据地形坡度规划排水路径，与桩位布局形成协同设计。识别场地内潜在的风荷载影响，结合区域气候特征判断强风对桩体受力的作用，为桩体抗拔性能设计提供参考。勘察时需标记场地内的岩石露头与硬质夹层分布，避免桩体施工时因硬物阻挡导致桩身断裂或偏移。评估地表覆盖物对施工的影响，清除可能阻碍桩体沉入的大块碎石与杂物，为沉桩作业创造有利条件。

1.2 光伏专用预制桩选型与准备

根据光伏组件荷载及支架安装要求，桩体材质选择需平衡强度与成本，混凝土预制桩适用于荷载稳定的场景，钢制桩则更适应动态荷载变化。截面形式需与施工设备匹配，方形桩便于定位，圆形桩更易穿透复杂土层，桩体长度需根据地质勘察结果确定，确保底部能嵌

入稳定土层。确保桩体顶部连接件与光伏支架的适配性需核对连接尺寸，螺栓孔位置与直径需完全对应，焊接连接件的角度需与支架斜度一致，避免安装时出现强制对接。检查预制桩的抗腐蚀性能需关注表面处理工艺，混凝土桩需涂刷防腐涂料，钢桩需进行镀锌或喷涂处理，涂层厚度需均匀，覆盖所有外露表面。针对户外长期暴露环境，需验证桩体材料的耐候性，混凝土桩需抵抗风化与冻融循环，钢桩需耐受湿度变化与紫外线照射，保障基础使用寿命能覆盖光伏系统的运营周期。桩体进场前需检查外观质量，无裂缝、变形或涂层破损，存储时需垫高防潮，避免与尖锐物体接触造成损伤，为施工质量提供基础保障。

2 光伏发电项目预制桩基础核心施工流程

2.1 光伏阵列桩位定位放线

依据光伏组件排列间距与角度设计，借助全站仪等精密测量仪器确定桩位坐标。测量前需校准仪器精度，确保坐标数据与设计图纸偏差在允许范围内。放线过程中采用木桩或石灰标记桩位中心点，标记需清晰且不易被施工机械破坏。确保桩体分布与光伏阵列布局一致需反复核对相邻桩位间距，横向与纵向间距误差需控制在最小程度，避免因桩位偏差导致组件安装时出现间隙不均或无法对接的情况。标记桩位时结合场地排水坡度计算桩体高度差值，地势高处桩体截短量少，地势低处截短量多，使桩顶最终标高适应地表倾斜情况，为后续组件安装的水平度提供基础保障。放线完成后需进行二次复核，检查整体桩位布局是否与光伏阵列的走向、角度完全匹配，尤其在场地拐角或地形突变处，需重点确认桩位分布是否符合设计要求，防止因局部偏差影响整体安装精度。

2.2 桩体起吊与光伏支架预埋件就位

根据预制桩的重量与场地平整度选择起重设备，轻

型预制桩可采用小型履带吊, 重型预制桩则需匹配相应吨位的汽车吊。起吊前检查吊具与桩体的连接点, 确保吊点位置对称, 避免起吊时桩体因受力不均发生弯曲变形, 影响顶部预埋件的安装精度。起吊过程需保持匀速, 避免急起急停造成桩体晃动, 起吊高度以刚好越过地面障碍物为宜^[2]。将桩体放置于桩位时, 缓慢下放使桩体垂直对准标记中心点, 通过水平尺调整预埋件方向, 使其与光伏支架连接孔位精准对齐。若发现偏差, 需轻微调整桩体位置, 不可强行扭转预埋件, 防止预埋件与桩体连接处出现裂缝, 减少后期不必要的调整工序。桩体临时固定后再次检查预埋件角度, 确保其与设计图纸一致, 为后续支架安装奠定精准基础。

2.3 光伏场地沉桩施工操作

针对砂质土地质, 可选用振动沉桩方式, 利用振动器产生的高频振动使桩体周围砂土液化, 减少入土阻力, 同时控制振动频率避免过度扰动周边土体。黏土层则适合静压沉桩, 通过缓慢施加压力使桩体逐渐切入土层, 避免因冲击导致黏土结块堵塞桩端。沉桩力度与速度需根据桩体材质调整, 混凝土桩需控制压力峰值, 防止桩体开裂; 钢桩可适当提高沉桩速度, 但需避免连续冲击造成桩顶变形。沉桩过程中需实时观察地表变化, 在坡地或松散土层区域, 可在桩体周围铺设防渗膜, 避免过度扰动地表导致光伏阵列区域水土流失。监测桩体垂直度需采用双向吊线法, 在桩体两个垂直方向设置吊线, 通过测量吊线与桩体的间距判断倾斜程度, 发现偏差及时调整沉桩方向, 确保光伏支架安装后的整体平整度, 防止组件因基础倾斜受力不均出现玻璃盖板破裂或边框变形。

2.4 桩顶处理与光伏支架安装适配

桩体达到设计深度后, 采用专用切割设备修整桩顶, 切割过程保持平稳, 避免桩顶出现碎裂或凹凸不平。修整后使用水准仪测量桩顶标高, 确保所有桩顶处于统一水平面, 误差控制在最小范围, 为光伏支架安装提供平整的基准面。清理桩顶预埋件表面时, 需去除混凝土残渣、铁锈等杂物, 可采用钢丝刷打磨预埋件连接面, 露出金属光泽或平整的混凝土表面。检查连接螺纹或孔洞的完好性, 螺纹需无断丝、滑丝现象, 孔洞需无堵塞、变形, 必要时进行攻丝或扩孔处理, 确保支架螺栓能顺利穿过并紧固。处理完成后进行试安装, 将支架底座与预埋件临时连接, 检查贴合度与间隙大小, 若存在局部不平整, 可采用垫片调整, 确保连接牢固性。通过这些处理, 为支架紧固连接提供可靠基础, 保障光伏系统在面对强风、地震等外力时的抗风载、抗沉降能

力, 延长光伏组件的使用寿命。

3 光伏发电项目预制桩基础质量控制要点

3.1 沉桩过程与光伏系统适配性监测

实时监测桩体入土深度与垂直度, 确保其满足光伏支架对基础的承载要求, 记录沉桩数据以评估对周边桩体的影响, 避免阵列中桩体受力不均。监测桩体顶部水平偏差, 控制在光伏组件安装允许范围内, 保障组件接收光照的一致性。沉桩过程中需观察土壤挤压对相邻已施工桩体的位移影响, 通过间隔施工顺序减少相互干扰。跟踪沉桩过程中出现的异常阻力, 分析土壤分层变化导致的受力差异, 调整沉桩速率以维持桩体完整性。关注桩体贯入度变化规律, 结合地形特征判断是否因局部硬土层影响桩体入土精度, 及时采取应对措施。监测沉桩设备振动对地表的扰动程度, 防止剧烈振动引发周边土壤结构松动, 影响已完成桩体的稳定性。检查桩体顶部标高误差, 通过实时调整确保光伏支架安装面的平整度, 为后续组件架设创造条件。对沉桩过程中的土壤回弹情况进行观测, 判断桩体在静置后的承载状态变化, 为后续支架安装时机提供参考。沉桩结束后需测量桩体顶端的高程偏差, 结合光伏阵列的整体坡度要求进行微调, 确保组件安装后的倾斜角度符合设计预期。观察不同地质段的沉桩反应, 依据土壤密实度变化调整施工参数, 避免因冲击力度不当造成桩体弯曲或断裂。

3.2 桩体与光伏系统协同性检查

施工后检查桩体完整性, 重点关注顶部预埋件与桩体的连接强度, 评估其能否承受光伏组件自重及风荷载。模拟极端天气荷载, 测试桩体与支架连接的稳定性, 确保基础性能与光伏系统整体安全要求匹配。检查桩体表面是否存在裂缝或损伤, 特别是桩身与顶部连接处的完整性, 避免应力集中导致后期断裂。验证预埋件位置精度, 确保与光伏支架连接孔位精准对接, 减少安装时的强制调整。测试桩体抗拔性能, 通过施加轴向拉力检验基础在组件倾斜状态下的承载能力。检查桩体与土壤结合的紧密性, 观察是否存在间隙或松动现象, 防止雨水渗入影响基础长期稳定性。核查桩体顶部平整度与光伏支架底部的贴合度, 通过垫片调整消除缝隙, 避免安装后出现应力集中。检验桩体抗腐蚀涂层在沉桩过程中的完好性, 对破损部位进行修补, 维持其耐候性能^[3]。检查桩体顶部连接件的紧固状态, 确保在长期荷载作用下不会出现松动, 保障光伏系统结构的整体稳固性。验证桩体在温度变化下的伸缩量, 评估其对支架连接处产生的应力影响, 通过预留缓冲空间减少变形带来的损伤。检查桩体根部与地表接触部位的排水情况, 避免积水沿桩

身渗透加剧腐蚀,影响基础与光伏系统的协同耐久性。

4 光伏发电项目预制桩基础施工技术优化方向

4.1 光伏场地沉桩工艺改进

针对光伏项目大面积施工特点,优化沉桩设备移动路径,减少设备对场地植被的碾压,兼顾施工效率与生态保护。结合不同地质条件调整沉桩参数,在保证桩体承载的同时,缩短单桩施工时间以适应光伏项目规模化建设需求。采用模块化施工流程划分作业单元,使多组设备在不同区域同步作业,减少交叉作业带来的干扰。改进沉桩导向装置,通过激光定位技术提高桩位布设精度,降低因桩体偏移导致的返工成本。在软土地基区域采用预压处理工艺,减少沉桩过程中的土体隆起,维持周边桩体的稳定性。优化沉桩冲击频率与力度的调节机制,根据桩体入土反馈实时调整输出参数,避免过度冲击造成桩体损伤或能量浪费。引入智能化沉桩监测系统,自动记录施工过程中的关键指标,为后续工艺调整提供依据。针对坡地施工场景设计可调节角度的沉桩平台,确保桩体垂直度不受地形坡度影响,保障基础受力均匀性。在多桩型混合布置区域采用分级沉桩策略,按照桩体长度与承载要求划分施工优先级,减少设备频繁调试带来的时间损耗。通过分析不同季节的土壤特性变化,调整沉桩作业的时段安排,利用土壤力学性能的稳定期提升施工质量。

4.2 光伏专用施工设备适配优化

研发适配光伏场地的小型化沉桩设备,适应阵列密集区域的施工空间限制,提高桩位布置的灵活性。改进桩体起吊装置,使其与光伏预制桩顶部预埋件精准配合,减少吊装过程中的碰撞损伤,提升施工质量与效率。整合设备动力系统,采用低噪音发动机降低施工过程中的声环境影响,适应周边敏感区域的施工需求。优

化设备履带接地面积,通过增加缓冲垫层减少对地表的压强,保护场地原有地貌。设计可快速更换的桩头组件,满足不同截面形式预制桩的施工需求,减少设备换装时间。在设备操作界面集成桩位导航功能,通过场地三维模型引导作业人员精准定位,缩短桩位校准时间。改进设备润滑系统,采用长效密封结构减少户外粉尘对机械部件的磨损,延长设备维护周期。开发与光伏支架安装设备兼容的衔接接口,实现沉桩与支架架设的无缝衔接,缩短工序转换间隔。为设备加装自动清障装置,在桩位周边存在小型障碍物时进行快速清理,避免人工处理延误施工进度。优化设备能源供应方式,采用可快速更换的储能模块,解决偏远场地电力接入不便的问题,保障施工连续性。

结束语

预制桩基础施工技术在光伏发电项目中具有重要地位,其施工质量直接关系到整个光伏系统的安全与效率。通过科学的前期准备、规范的核心施工流程以及严格的质量控制,可以有效提升桩基的承载能力和长期稳定性。未来,应进一步推进沉桩工艺与施工设备的优化升级,提升施工精度与适应性,满足不同地质条件下的建设需求。只有不断加强技术创新与施工管理,才能推动光伏发电项目向高质量、可持续方向发展。

参考文献

- [1]卞玮荣.光伏发电项目预制桩基础施工技术[J].科学技术创新,2025(6):129-132.
- [2]苏玉军.光伏发电项目预制桩基础施工技术[J].建筑工程技术与设计,2022,10(33):19-21.
- [3]徐卫兵,惠星,李东侠,等.桩基固定式海上光伏项目开发建设策略[J].西北水电,2023(5):118-122.