

# 山地光伏电站微孔灌注桩施工要点及管控措施研究

施兴成

中建八局西南建设工程有限公司 四川 成都 610000

**摘要：**随着全球能源结构的转型和可再生能源的快速发展，山地光伏电站作为一种重要的清洁能源形式，正受到越来越多的关注。微孔灌注桩作为山地光伏电站的基础形式，其施工质量直接关系到整个电站的安全性和稳定性。本文基于甘孜理塘奔戈光伏发电项目施工总承包项目的实践经验，详细探讨了山地光伏电站微孔灌注桩的施工要点、质量控制、安全管理及进度管控措施，旨在为类似工程提供参考和借鉴。

**关键词：**山地光伏电站；微孔灌注桩；施工要点；质量控制；安全管理；进度管控

## 1 引言

在全球能源危机和环境污染日益严重的背景下，可再生能源的开发与利用已成为世界各国能源战略的重要组成部分。光伏发电作为一种清洁、可再生的能源形式，因其具有无污染、分布广、维护简单等优点，得到了广泛的应用和推广。特别是在地形复杂、光照资源丰富的山地地区，山地光伏电站的建设显得尤为重要。微孔灌注桩作为一种常见的基础形式，因其施工灵活、适应性强、承载力高等特点，在山地光伏电站中得到了广泛应用。然而，山地环境复杂多变，施工条件恶劣，对微孔灌注桩的施工质量提出了更高的要求。因此，深入研究山地光伏电站微孔灌注桩的施工要点及管控措施，对于确保工程质量、提高施工效率具有重要意义。

## 2 工程概况

甘孜理塘奔戈光伏发电项目位于四川省甘孜州理塘县奔戈乡，项目总装机容量为393.546MWp，占地约8km<sup>2</sup>。项目地处高原山地，地形起伏大，海拔在4500m至4900m之间，气候条件恶劣，冬季漫长且寒冷，夏季短暂且温差大，对微孔灌注桩的施工带来了极大的挑战。项目采用微孔灌注桩作为光伏阵列的基础形式，桩径为300mm至500mm不等，桩长根据地质条件变化，一般在6m至12m之间。地质条件复杂，包括粉土层、碎石层等多种地层，对成孔和混凝土浇筑提出了更高要求。

## 3 微孔灌注桩施工要点

### 3.1 施工准备

施工准备是确保微孔灌注桩施工质量的基础，涵盖了技术、材料和机械设备等多个方面。在技术准备阶段，需组织设计、施工、监理等单位对施工图纸进行会审，重点审查桩位布置、桩径、桩长及地质条件是否匹配，确保图纸的准确性和完整性<sup>[1]</sup>。同时，对施工人员进行详细的技术交底，明确施工工艺、质量标准和安全

措施，确保每位施工人员熟悉施工流程和要求。测量放样是施工准备的关键环节，需根据设计图纸使用全站仪或RTK进行精确测量放样，确定桩位中心点，并设置护桩，确保桩位准确无误。

材料准备方面，需选用符合设计要求的HRB400级钢筋，并进行材质检验和力学性能试验，确保钢筋质量符合标准。混凝土配合比需根据设计强度等级C30和地质条件确定，掺入高效减水剂和防冻剂，提高混凝土的流动性和抗冻性能，并进行试配验证。此外，还需准备足够的钢板、焊条、螺栓等辅助材料，确保施工顺利进行。

机械设备准备方面，需选用适合山地作业的履带式潜孔钻机42台，配备空压机42台，确保其能在复杂地形中稳定作业。同时，配备汽车泵1台用于混凝土输送，以及装载机10台、挖掘机5台、自卸车10台等辅助设备，用于土方开挖、材料运输等工作。

### 3.2 施工工艺流程

微孔灌注桩的施工工艺流程包括测量放样、桩位复核、钻机就位、成孔、清孔、钢筋笼安装、混凝土浇筑、养护等步骤。每个步骤都需严格按照规范要求进行操作，确保施工质量。

### 3.3 施工要点

#### 3.3.1 桩位定位与复核

基于现场提供的测量控制网络及设计桩位图纸，采用全球定位系统测量设备实施桩位放样，在测定桩位中心位置插入木楔或木桩作为定位标记，确保定位偏差不超过±30mm。完成放样后立即提交监理工程师及相关技术人员进行联合复核，防止因定位误差引发桩基偏移问题。现场使用华测品牌GPS设备搭载的山地光伏工程专用放样模块开展作业，通过输入首桩坐标，结合组串走向、地形坡度及设计要求的行列间距参数完成定位。确定点位后采用绑扎红绳的钢钉进行标记，放样完成后严

格执行二级复核制度<sup>[2]</sup>。

### 3.3.2 钻机定位与成孔作业

针对工程地质特征选用履带式液压潜孔钻机实施作业。设备就位时需确保底座平稳，通过自动微调装置或线锤校正钻杆垂直度，垂直偏差控制在0.5%以内。作业前进行精准对中，施工过程中保持钻机稳定性，防止位移现象发生。具体操作流程为：桩机就位→数显水平仪校准垂直度→二次对中检查→启动钻进。钻进速度需根据地层硬度和钻机性能动态调整，避免孔径变异影响后续构件安装。成孔后采用拉线法、钢尺测量等手段检验孔位精度、孔深及孔径参数，验收合格后进入下道工序。

### 3.3.3 孔底清理

当钻孔达到设计深度时暂停作业，将钻头提升至孔底上方50mm位置，启动空压机形成高压气流循环，持续排出孔内岩屑和沉渣，直至孔底残渣厚度小于10mm。钻机移位后立即用盖板封堵孔口，防止杂物坠入，随即转入下一孔位施工。

### 3.3.4 钢筋笼制作与安装

钢筋笼加工前须完成除锈调直处理，主筋严禁出现局部弯曲变形。箍筋与主筋接触点采用点焊工艺连接，确保结构整体性；按设计要求布置保护层垫块，控制规格和间距符合规范标准。清孔作业验收合格后，采用专用吊装设备将立柱及钢筋笼垂直下放，过程中保持构件轴线与孔位中心重合。

### 3.3.5 混凝土浇筑

采用连续浇筑工艺，严禁出现施工冷缝，每次灌注时应保证桩管内混凝土充盈度，优先采用一次性灌注至孔口的施工方式，防止断桩或颈缩现象。混凝土运输能力须匹配凝结速度和浇筑进度，确保和易性及坍落度符合要求。当混凝土面接近地表时，应减缓灌注速度以降低冲击力。浇筑完成后使用插入式振捣器充分振捣，环境温度低于+5°C时须采取监理批准的保温措施。浇筑初期控制底部混凝土灌注速率，同步监测钢筋笼上浮情况。

### 3.3.6 养护管理

混凝土浇筑完成24小时后拆除模板，立即实施养护作业：桩体表面覆盖塑料薄膜，基座周边堆填养护土。质量控制重点包括：确保密封防护效果，杜绝混凝土裸露；同一基础连续浇筑时，间歇时间不得超过2小时，超时须按施工缝处理；钢支架与预埋件连接前，基础混凝土强度须达到设计值的100%。

## 4 山地光伏电站微孔灌注桩施工管控措施

### 4.1 质量管控措施

#### 4.1.1 建立质量管理体系与制度

首先，要建立完善的质量管理体系，成立专门的质量管理小组，明确项目经理、技术负责人、质检员等各级管理人员和施工人员的质量职责。通过签订质量责任书等方式，将质量责任落实到每个岗位和个人，形成全员参与、层层把关的质量管理氛围<sup>[3]</sup>。同时，制定详细的质量管理制度和流程，包括原材料检验制度、工序交接制度、隐蔽工程验收制度等，确保质量管理工作的规范化和标准化，使每一个施工环节都有章可循、有据可依。

#### 4.1.2 加强原材料控制

原材料的质量是保证微孔灌注桩施工质量的基础。对进场的钢筋、混凝土等主要原材料，必须进行严格检验和试验。钢筋应按照每60吨为一批，进行力学性能试验，检查其屈服强度、抗拉强度、伸长率等指标是否符合设计要求；混凝土则每100m<sup>3</sup>留置一组试块，进行强度检验，确保混凝土强度达到设计标准。只有原材料检验合格后，方可投入使用，从源头上杜绝质量隐患。

#### 4.1.3 强化关键工序过程控制

成孔、清孔、钢筋笼安装、混凝土浇筑等关键工序直接影响微孔灌注桩的施工质量，必须进行旁站监督。在成孔过程中，要严格控制孔径、孔深和垂直度，确保孔的各项参数符合设计要求；清孔时，要彻底清除孔内的杂物和泥浆，保证孔底清洁；钢筋笼安装要保证其位置准确、固定牢固，防止在混凝土浇筑过程中发生位移；混凝土浇筑要连续进行，避免出现施工缝，同时要控制好浇筑速度和振捣质量，确保混凝土密实。质检员应全程跟踪检查这些关键工序，及时纠正违规操作行为，确保施工过程严格符合规范要求。

#### 4.1.4 做好成品保护

对已完成的桩基要进行有效的成品保护，避免后续施工对其造成破坏。在桩基周围设置明显的警示标志，禁止车辆和机械靠近，防止碰撞桩身。同时，合理安排施工顺序，避免在桩基附近进行大型机械作业或堆放重物，确保桩基的完整性和稳定性。

#### 4.1.5 严格质量检查与验收

质量检查与验收是确保工程质量的最后一道防线。要对钢筋笼安装、混凝土浇筑等隐蔽工程进行严格验收，验收内容包括钢筋的规格、数量、间距、焊接质量以及混凝土的浇筑质量等，确保隐蔽工程质量完全符合设计要求，验收合格后方可进行下一道工序施工<sup>[4]</sup>。对成孔、清孔、钢筋笼安装、混凝土浇筑等分项工程也要逐一进行验收，只有各分项工程质量达标后，方可进行分部工程验收。在桩基施工完成后，要进行整体工程验收，验收内容包括桩位偏差、桩径、桩长、混凝土强度

等关键指标，确保桩基工程质量全面符合设计要求和相关标准。

#### 4.2 安全管控措施

##### 4.2.1 实施系统性安全教育

组织全体作业人员开展多维度安全教育，强化从业人员安全防范意识与自救互救能力。课程体系应包含标准化操作规范、突发事件处置方案、典型事故复盘分析等内容，采用理论授课、实例剖析、实操演练等多元化教学手段，促使作业人员深刻理解安全施工的核心要义，熟练掌握各类施工机具的安全使用规范，具备突发事件初期处置的专业技能。同步建立常态化安全教育机制，每季度开展不少于一次的专项应急演练，通过实战化训练确保作业人员熟知应急响应流程，在突发状况下能够快速、精准执行处置措施，最大限度降低事故危害。

##### 4.2.2 落实精细化技术交底

施工前必须完成全员安全技术交底工作，系统阐释施工全周期的安全风险点及防控对策。交底内容应覆盖高空作业防护、机械设备操作、临时用电管理等关键领域，针对各工序潜在安全隐患提出具体防控措施和操作规范。要求参与人员全程专注听取交底内容，并在交底记录上签字确认，通过双重确认机制保障技术交底实效性，确保每位作业人员对施工安全要求形成清晰认知，实现从思想意识到操作行为的全方位规范。

##### 4.2.3 加强现场安全管理

设立明显的安全警示标志和完善的防护设施，为施工人员创造一个安全的施工环境。在桩孔周围设置围挡和警示灯，防止非施工人员进入施工区域，避免发生意外事故。加强现场安全巡查和监督，安全员应每日进行安全巡查，填写详细的安全日志，记录巡查情况，及时发现和消除安全隐患。对违规操作行为要严厉处罚，对违反安全规定的人员进行罚款、停工等处罚，情节严重的依法追究责任，通过严格的处罚措施，确保施工现场的安全秩序，使施工人员自觉遵守安全规定。

#### 4.3 进度管控措施

##### 4.3.1 编制详细进度计划

根据合同工期和现场实际情况，编制详细的施工进度计划，明确各阶段的目标和任务。进度计划要充分考虑天气、地质条件等不确定因素，留有一定的余地，以应对可能出现的突发情况。同时，将进度计划细化到每

个施工班组和每一天的工作任务，使施工人员清楚了解自己的工作目标和时间节点，便于有条不紊地开展施工工作。

##### 4.3.2 加强进度监控与调整

在进度实施过程中，要加强进度监控，定期召开进度会议，分析进度偏差原因。通过对比实际进度与计划进度，找出影响进度的关键因素，如天气恶劣、设备故障、材料供应不及时等。针对不同的原因，采取有效措施进行调整，如增加资源投入、优化施工方案、加强协调沟通等。通过及时调整进度计划，确保工程进度始终处于可控状态。

##### 4.3.3 建立进度激励机制

为确保进度计划的顺利执行，建立进度激励机制至关重要。对按时完成或提前完成任务的施工队伍给予奖励，奖励形式可以包括物质奖励和荣誉表彰等，激发施工人员的工作积极性和主动性；对延误进度的施工队伍进行处罚，通过经济处罚等手段，促使施工队伍重视进度管理，合理安排施工资源，加快施工进度。通过激励机制的引导，形成你追我赶的良好施工氛围，确保工程按时完成。

#### 结语

山地光伏电站微孔灌注桩的施工质量直接关系到整个电站的安全性和稳定性。本文基于甘孜理塘奔戈光伏发电项目的实践经验，详细探讨了山地光伏电站微孔灌注桩的施工要点及管控措施。通过加强施工准备、优化施工工艺、强化质量管控和安全管控等措施，可以有效提高微孔灌注桩的施工质量，确保工程顺利进行。同时，本文的研究成果也可为类似工程提供参考和借鉴，推动山地光伏电站建设技术的不断发展和完善。

#### 参考文献

- [1]李贝.山地光伏电站微孔灌注桩施工质量控制与优化[J].中国科技信息,2025,(12):50-52.
- [2]郭敏敏,蒋昊楠.山地光伏微孔灌注桩基础质量控制技术研究[J].红水河,2024,43(04):86-89.
- [3]马波.光伏发电项目固定支架微孔灌注桩基础施工技术综述[J].价值工程,2024,43(25):159-161.
- [4]钱羿臻.高海拔地区光伏支架微孔灌注桩基础快速施工工艺研究[J].江西建材,2024,(06):200-202.