

# 土建施工中机械成孔灌注桩施工技术

黄园鑫 张小波 夏东宇

宁夏送变电工程有限公司 宁夏 银川 750001

**摘要：**机械成孔灌注桩是土建工程核心基础施工技术，通过专业设备成孔、清孔、钢筋笼安装及混凝土浇筑形成桩基。其具备地层适配性广、成桩参数可调、施工效率高及安全隐患低等优势，广泛应用于各类大型工程基础建设。施工质量直接关系到基础承载力与结构稳定性，需把控前期准备、核心工艺等关键环节，针对常见质量问题采取针对性措施，保障工程整体质量。

**关键词：**土建施工；机械成孔；灌注桩；施工技术

引言：基础工程是土建工程的质量根基，直接决定整体结构的安全性与耐久性。随着工程建设向高层化、大型化发展，对基础承载能力的要求不断提升。机械成孔灌注桩凭借其独特技术优势，成为满足复杂地质条件与高承载需求的重要基础形式。为明确该技术的应用要点，保障施工质量，下文将从技术概述、施工前期准备、核心施工工艺与质量控制等方面展开详细探讨。

## 1 机械成孔灌注桩施工技术概述

机械成孔灌注桩是通过专业机械设备在地基中形成桩孔，经清孔后下放钢筋笼并浇筑混凝土，最终形成混凝土灌注桩的基础施工技术。该技术核心优势在于可根据地质条件灵活选用成孔机械，适配黏性土、砂土、碎石土等多种地层，且成桩直径与深度可调节范围广，能满足不同工程的承载需求。与人工挖孔灌注桩相比，机械成孔灌注桩大幅提升施工效率，降低人工劳动强度，同时减少孔壁坍塌等安全隐患。在土建工程中，该技术广泛应用于高层建筑基础、桥梁墩台基础及大型工业设施基础等领域，其施工质量直接影响基础承载力与工程结构整体稳定性，因此需严格把控施工各环节技术要点<sup>[1]</sup>。

## 2 机械成孔灌注桩施工前期准备

### 2.1 技术准备

技术准备是前期准备的核心环节，首要任务是完成详细的地质勘察，获取施工区域的地层分布、土壤物理力学性质、地下水位埋深及地下水类型等地质资料，为成孔机械选型、施工工艺参数确定提供依据。其次，需结合工程设计图纸，精准完成桩位放线工作，采用全站仪等精密仪器确定桩中心位置，设置桩位控制桩与水准点，确保桩位偏差符合规范要求。同时，编制专项施工方案，明确成孔方式、机械型号、施工流程、质量控制标准及安全保障措施，针对复杂地质条件制定应急预案，确保施工过程技术可控。

### 2.2 设备准备

设备准备需依据地质条件与施工方案，科学选用成孔机械、混凝土浇筑设备及辅助设备。成孔机械的选型需适配地层特性，如黏性土、粉质土地层可选用螺旋钻机；砂土、碎石土地层宜选用冲击钻机或回旋钻机；地下水丰富的地层需选用反循环钻机等。同时，需对成孔机械进行全面检修与调试，检查钻机钻杆、钻头、卷扬机等部件的性能，确保设备运行稳定。混凝土浇筑设备需选用符合要求的混凝土输送泵、导管等，导管需进行水密性试验，避免浇筑过程中出现漏浆现象。此外，配备泥浆制备设备、清孔设备及钢筋笼加工设备，确保各设备性能匹配，满足施工连续作业需求<sup>[2]</sup>。

### 2.3 场地准备

场地准备需结合施工场地条件，完成场地平整与压实工作，确保施工场地承载力满足钻机等大型设备停放与作业要求，避免设备下沉导致桩位偏移。对于地下水位较高的场地，需设置排水系统，采用排水沟、集水井等方式降低地下水位，确保成孔过程中孔内水位稳定。同时，规划合理的施工道路与材料堆放区域，保障施工机械通行顺畅与建筑材料有序堆放。此外，搭建临时施工设施，包括钢筋加工棚、泥浆池等，泥浆池需进行防渗漏处理，避免泥浆污染周边环境，确保施工场地符合安全文明施工要求。

### 2.4 材料准备

材料准备需严格把控原材料质量，混凝土原材料需选用符合设计要求的水泥、砂石、外加剂等，进场前进行质量检测，确保各项性能指标达标。钢筋需选用合格的热轧带肋钢筋或光圆钢筋，进场后按规范要求进行力学性能试验，合格后方可用于钢筋笼加工。泥浆材料需根据地质条件选用优质黏土或膨润土，配备相应的外加剂，确保泥浆性能符合成孔要求，起到稳定孔壁、悬浮

钻渣的作用。所有原材料需建立进场验收台账,实行见证取样检测制度,杜绝不合格材料进入施工环节。

### 3 机械成孔灌注桩核心施工工艺与质量控制

#### 3.1 成孔施工工艺与质量控制

成孔施工质量直接影响桩的承载力与完整性,需根据地质条件选用适配的成孔机械与施工工艺,并重点控制孔位偏差、孔深、孔径及孔壁稳定性。

在黏性土、粉质土等软土地层施工中,螺旋钻机成孔工艺应用广泛。该工艺通过螺旋钻杆旋转切削土体,同时将钻渣沿螺旋叶片排出孔外,具有施工效率高、振动小、噪声低等优势。施工过程中,需控制钻机钻进速度,避免钻进过快导致孔壁坍塌,钻进过程中实时监测桩位偏差,确保孔位中心偏差不超过规范限值。当钻进至设计孔深后,需停留片刻,确保钻渣充分排出,减少孔底沉渣厚度。

对于砂土、碎石土等硬质地层,冲击钻机成孔工艺更为适用。该工艺通过冲击钻头反复冲击土体,将土体破碎后形成桩孔,再采用泥浆循环方式将钻渣排出。施工时,需合理控制冲击能量与冲击频率,避免冲击过大破坏孔壁或过小影响钻进效率。泥浆制备需符合要求,泥浆比重控制在1.2-1.4之间,确保泥浆能有效稳定孔壁、悬浮钻渣。钻进过程中需定期检测孔深与孔径,采用孔规进行孔径检测,确保孔径符合设计要求,避免出现缩径现象。

反循环钻机成孔工艺适用于地下水丰富或易坍塌地层,其通过反循环系统将孔内泥浆与钻渣一同排出,具有成孔速度快、清孔效果好等优势。施工时,需确保反循环系统运行稳定,避免出现堵管现象。钻进过程中需保持孔内水位高于地下水位1-2m,增强孔壁稳定性。成孔后,需对孔位、孔深、孔径及孔壁垂直度进行全面检测,各项指标合格后方可进入下一环节<sup>[1]</sup>。

#### 3.2 清孔施工工艺与质量控制

清孔的目的是清除孔底沉渣,降低沉渣厚度,确保混凝土与桩端地基土紧密结合,提升桩的承载性能。清孔施工需在成孔检测合格后立即进行,避免间隔时间过长导致孔底沉渣堆积或孔壁坍塌。根据成孔工艺与地质条件,清孔方式主要分为换浆清孔、抽浆清孔与掏渣清孔三种。

换浆清孔适用于螺旋钻机成孔的软土地层,通过向孔内注入优质泥浆,同时排出含钻渣的废弃泥浆,利用泥浆的置换作用清除孔底沉渣。施工时,需控制泥浆置换速度,确保置换充分,最终孔底泥浆比重控制在1.05-1.10之间,沉渣厚度符合设计要求,端承桩沉渣厚度不宜

大于50mm,摩擦桩沉渣厚度不宜大于100mm。

抽浆清孔适用于反循环钻机成孔或地下水丰富的地层,通过抽浆泵将孔内含钻渣的泥浆抽出,同时向孔内补充清水或优质泥浆,直至孔底沉渣厚度与泥浆性能达标。施工过程中,需避免抽浆速度过快导致孔内水位下降,引发孔壁坍塌,必要时采取补水措施维持孔内水位稳定。

掏渣清孔主要用于冲击钻机成孔的硬质地层,通过掏渣筒将孔底较大粒径的钻渣掏出,再结合换浆清孔方式进一步清除细小沉渣。掏渣过程中需控制掏渣筒下放速度,避免碰撞孔壁,掏渣完成后及时检测沉渣厚度,确保符合规范要求。清孔完成后,需在短时间内进行钢筋笼安装与混凝土浇筑,若间隔时间过长,需重新进行清孔。

#### 3.3 钢筋笼制作与安装工艺

钢筋笼制作需在专用加工场地进行,采用机械加工方式,确保钢筋下料精度、弯钩角度符合设计要求。钢筋连接优先采用焊接或机械连接方式,焊接接头需保证焊缝饱满、无夹渣、气孔等缺陷,机械连接接头需确保连接牢固、同心度好。

钢筋笼制作完成后,需进行尺寸检测,确保钢筋笼直径、长度、箍筋间距等指标符合设计要求。为增强钢筋笼的刚度与稳定性,需在钢筋笼外侧设置混凝土保护层垫块,垫块采用与桩身混凝土同强度等级的材料制作,间距控制在2-3m,确保桩身混凝土保护层厚度符合设计要求。

钢筋笼安装需采用起重机吊装,吊装过程中需保持钢筋笼竖直,避免碰撞孔壁导致孔壁坍塌或沉渣上浮。吊装时可采用两点吊装法,确保钢筋笼受力均匀,防止变形。当钢筋笼吊装至孔内设计位置后,需及时固定,避免浇筑混凝土过程中钢筋笼上浮或偏移。固定方式可采用将钢筋笼顶部钢筋与孔口护筒焊接固定,或采用型钢支架支撑,确保钢筋笼安装标高准确<sup>[4]</sup>。

#### 3.4 混凝土浇筑施工工艺与质量控制

混凝土浇筑施工需严格控制混凝土配合比、浇筑速度、导管埋深等关键参数。混凝土选用需符合设计要求,优先选用商品混凝土,确保混凝土强度等级、坍落度等指标达标。混凝土运输过程中需保持搅拌状态,避免离析,运输时间需控制在混凝土初凝时间内,确保浇筑时混凝土具有良好的工作性能。

混凝土浇筑采用导管法浇筑,导管需选用无缝钢管,内壁光滑,接口严密。浇筑前需对导管进行水密性试验与承压试验,确保无渗漏现象。导管安装时,底部

距孔底距离控制在300-500mm,便于混凝土顺利下落。浇筑开始时,需采用隔水栓或球塞将导管内泥浆与混凝土隔离,首批混凝土浇筑量需确保导管埋深不小于1.2m,形成混凝土堆,防止泥浆进入导管。

浇筑过程中,需连续浇筑,避免中断,同时控制浇筑速度,确保混凝土均匀上升。浇筑过程中需实时测量导管埋深,根据埋深情况及时提升并拆卸导管,导管埋深始终控制在2-6m之间,避免埋深过浅导致泥浆进入导管形成断桩,或埋深过深导致导管难以拆卸。浇筑至桩顶设计标高以上0.5-1.0m处,确保桩顶混凝土强度符合要求,后续可通过凿除浮浆层达到设计标高。

浇筑过程中需制作混凝土试块,每浇筑50m<sup>3</sup>混凝土制作一组试块,不足50m<sup>3</sup>时也需制作一组,试块需在标准养护条件下养护,用于检测混凝土强度。同时,需观察混凝土浇筑情况,若出现浇筑困难、混凝土返浆异常等情况,需及时分析原因并采取处理措施。

### 3.5 施工常见问题与处理策略

机械成孔灌注桩施工过程中,受地质条件、施工工艺、设备性能等因素影响,易出现孔壁坍塌、缩径、断桩、桩身夹泥等质量问题,需针对性采取预防与处理措施。

孔壁坍塌是施工中常见的安全与质量隐患,多由地质松散、地下水丰富、泥浆性能不佳或钻进速度过快导致。预防措施包括:根据地质条件选用合适的泥浆比重与黏度,增强泥浆稳定孔壁的能力;控制钻进速度,避免过快钻进破坏孔壁;保持孔内水位高于地下水位,增强孔壁稳定性。若发生孔壁坍塌,需立即停止钻进,向孔内回填黏土或砂石混合物,待孔壁稳定后重新成孔。

缩径主要发生在黏性土、粉质土地层,由于土体遇水膨胀或钻进时孔壁受到挤压导致。预防措施包括:选用合适的成孔机械,避免钻进时对孔壁过度挤压;成孔后及时进行清孔与混凝土浇筑,缩短孔壁暴露时间;必要时在孔壁设置防护措施。若检测发现缩径,需采用扩孔器进行扩孔处理,确保孔径符合设计要求后再进行后

续施工。

断桩是严重的质量问题,多由混凝土浇筑中断、导管埋深不足、泥浆进入导管等原因导致。预防措施包括:确保混凝土连续浇筑,配备备用混凝土运输设备与浇筑设备;严格控制导管埋深,避免埋深过浅;加强导管接口密封检查,防止渗漏。若发生断桩,需根据断桩位置与程度采取处理措施,断桩位置较浅时可采用开挖处理,断桩位置较深时可采用压浆补强或补桩处理。

桩身夹泥多由清孔不彻底、混凝土浇筑时泥浆混入混凝土导致。预防措施包括:严格执行清孔工艺,确保孔底沉渣厚度符合要求;混凝土浇筑时控制浇筑速度,避免泥浆上浮混入混凝土;加强导管埋深控制,确保导管埋入混凝土内。若检测发现桩身夹泥,需根据夹泥严重程度采取压浆补强等处理措施,确保桩身完整性与承载性能<sup>[5]</sup>。

结语:机械成孔灌注桩施工技术在土建基础工程中占据重要地位,其应用质量直接关联工程结构的安全与耐久。该技术的有效实施,需依托充分的前期准备工作,严格把控成孔、清孔、钢筋笼安装及混凝土浇筑等核心工艺环节,同时精准应对各类常见施工问题。通过科学管控各施工环节技术要点,可充分发挥该技术的地质适配与高承载优势,为土建工程的整体质量提供坚实保障,推动基础施工技术的规范化与高效化发展。

### 参考文献

- [1]高飞龙.机械成孔灌注桩桩底后注浆施工技术应用[J].工程质量,2024,42(8):23-26.
- [2]毛国庆.建筑工程中旋挖成孔灌注桩施工技术应用探讨[J].中国建筑金属结构,2024,23(8):78-80.
- [3]尹坤文.建筑工程施工中灌注桩后注浆施工技术[J].科学技术创新,2024(9):166-169.
- [4]刘效朋.探讨建筑工程旋挖成孔灌注桩的施工技术[J].建筑与装饰,2024(5):151-153.
- [5]徐坤军.建筑工程机械成孔灌注桩施工质量控制难点分析与预防措施[J].建材发展导向,2024,22(17):34-37.