

桥梁钻孔灌注桩施工质量控制要点

张 卓

湖北交投建设集团有限公司 湖北 武汉 430070

【摘 要】：桥梁钻孔灌注桩是桥梁基础工程的核心施工形式，施工工序繁杂、隐蔽性强，施工质量直接决定桥梁整体结构稳定性与运营安全性。立足桥梁工程基础施工实际场景，梳理钻孔灌注桩全施工流程的核心质量影响因素，针对性落实各工序质量管控举措，规范施工操作标准、把控施工关键环节、规避常见施工质量隐患。系统化的质量管控模式可有效提升桩基施工成型质量，保障桥梁基础的承载性能与耐久性能，为桥梁工程整体施工质量达标、长期安全运营筑牢基础，可为同类桥梁桩基施工质量管控提供规范化参考。

【关键词】：桥梁工程；钻孔灌注桩；施工工序；质量控制

DOI:10.12417/2705-0998.26.10.066

引言

现代交通基建体系中，桥梁工程是打通区域交通脉络、完善路网布局的关键载体，基础工程的施工质量是制约桥梁工程建设品质的核心要素。钻孔灌注桩凭借适应性强、承载性能优、施工适用性广的优势，被广泛应用于各类大中型桥梁基础施工中。该施工工艺包含钻孔、清孔、钢筋笼安装、混凝土灌注等多个关联工序，各环节施工精度要求较高，且多为隐蔽施工，施工过程易受地质条件、设备状态、施工工艺等多重因素干扰，极易出现桩身缺陷、承载力不足、孔底沉渣超标等质量问题。强化全流程施工质量管控，精准把控各工序施工要点，能够有效规避施工质量缺陷，保障桥梁桩基的施工可靠性，对提升桥梁工程整体建设质量具有重要现实意义。

1 施工前期筹备阶段质量隐患排查与管控

1.1 施工现场地质条件核查与工况研判

桥梁钻孔灌注桩施工前期需完成施工现场全方位地质核查工作，结合工程勘察资料对施工区域土层分布、岩土性质、地下水分布及不良地质区段进行细致核对，精准掌握场地内溶洞、软土、流沙等特殊地质的分布范围与发育特征。结合现场实际工况研判地质条件对钻孔施工、成孔稳定性、混凝土灌注的影响，针对复杂地质环境提前制定适配的施工预案。对勘察资料与现场实际不符的区域及时开展补勘工作，修正地质参数，避免因地质认知偏差引发塌孔、偏孔、桩底受力不均等问题。同时结合场地地形、周边构筑物分布情况，规划合理的施工点位，保障后续桩基施工顺利开展，从源头规避地质因素引发的施工质量隐患。

1.2 施工原材料质量检验与性能把控

原材料性能优劣直接决定钻孔灌注桩桩身结构质量，施工筹备阶段需对所有进场原材料开展常态化质量核验。水泥、砂石、外加剂、钢筋等核心原材料需具备完整的出厂合格证明与检测报告，进场后依照规范要求开展抽样复检工作，杜绝不合格原材料投入施工使用^[1]。针对钢筋材料，重点核查规格型号、

力学性能、锈蚀程度，确保钢筋材质、尺寸符合桩基设计标准，保障钢筋笼的结构强度与稳定性。混凝土拌合所用骨料需把控粒径、含泥量、杂质含量，杜绝不合格骨料影响混凝土密实度与强度。各类原材料分类存放、规范管护，做好防潮、防锈、防污染措施，维持原材料稳定性能，为桩基施工质量提供基础保障。

1.3 施工设备调试校准与工况适配

钻孔灌注桩施工依托各类专业设备完成，设备运行状态与施工精度直接影响成桩质量。施工前期需对钻机、泥浆循环设备、混凝土灌注设备、吊装设备等全部施工机械开展全面检修与调试，排查设备零部件磨损、松动、故障等问题，及时更换老化配件，保障设备运行稳定性。对钻机垂直度控制系统、钻孔深度计量装置、泥浆配比调控设备进行精准校准，确保施工参数调控精准度符合规范要求。结合施工现场地质条件、桩基设计参数，适配调整设备运行模式与施工参数，优化钻机钻进速度、泥浆循环效率等核心指标。同时做好设备试运行工作，排查运行异响、参数偏差等问题，确保所有设备可满足连续、标准化施工需求。

2 钻孔成孔施工环节质量精准控制

2.1 桩位精准定位与孔口规范布设

钻孔施工前期的桩位定位工作是保障桩基施工精度的基础，需依托工程测量控制点开展精准放样作业，严格依照设计图纸标注的桩基坐标确定桩位中心，做好清晰、牢固的点位标记，避免点位偏移、模糊引发施工偏差。定位完成后开展复核测量工作，校验桩位坐标、间距、高程参数，确保各项指标符合桥梁桩基施工规范。孔口布设阶段需规整开挖孔口，浇筑稳固的孔口护圈，护圈尺寸、埋深结合场地土质条件合理设定，保障孔口防护稳定性，防止孔口土体坍塌、杂物掉落入孔内。同时做好孔口周边排水设施布设，疏导场地积水，避免积水浸泡孔口土体，造成孔壁松动、塌孔等问题，为后续钻孔施工营造稳定作业条件。

2.2 标准化钻孔作业与孔壁稳定性防护

正式钻孔施工过程中需遵循循序渐进的作业原则,结合施工现场地质土层变化情况动态调整钻进节奏与钻进速度,杜绝高速盲目钻进、骤停骤进等不规范操作。软土、流沙等松散地层需放缓钻进速率,同步强化泥浆护壁防护效果,坚硬岩层可适度调整钻进参数,保障钻孔施工效率与质量平衡^[2]。钻进过程中持续监测钻孔垂直度、孔径、孔深等核心指标,及时纠正钻孔偏移、孔径不均等问题,避免出现斜孔、缩孔、扩孔等质量缺陷。依托优质泥浆形成稳固护壁,把控泥浆比重、黏度等关键指标,让泥浆充分贴合孔壁,阻隔地下水渗透,约束孔壁土体位移,全方位保障钻孔施工过程中孔壁的完整性与稳定性。

2.3 成孔质量核验与缺陷即时整改

单桩钻孔作业完成后,需第一时间开展成孔全方位质量核验工作,重点检查孔径尺寸、钻孔深度、孔位垂直度、孔壁平整度等核心指标,逐项核对是否符合设计及施工规范要求。针对核验过程中发现的缩孔、扩孔、孔壁凹凸不平、钻孔偏斜等各类成孔缺陷,结合缺陷类型与严重程度制定针对性整改方案,及时开展修复处理作业。孔径偏小区域通过规范修孔作业修整孔壁,钻孔偏斜问题通过调整钻机姿态、重新修整孔道完成校正,孔壁破损区域强化护壁加固处理。所有成孔缺陷整改完成后需再次复核核验,确认成孔质量达标后方可进入下一施工工序,杜绝带隐患工序流转施工。

3 清孔施工环节质量管控关键举措

3.1 初次清孔作业规范实施与管控

成孔作业验收合格后即刻开展初次清孔施工,及时清除孔底沉渣、孔壁附着的松散土体与杂质,规避沉渣过厚影响桩基承载性能。初次清孔优先采用泥浆循环清孔工艺,通过设备带动孔内泥浆持续循环,裹挟孔底细小沉渣与悬浮杂质排出孔外。清孔作业过程中稳步调控泥浆循环速度,保持泥浆流动平稳,避免流速过快冲刷损伤孔壁、引发塌孔问题,同时杜绝流速过慢导致沉渣清理不彻底。全程观察孔内泥浆状态与沉渣清理情况,逐步替换孔内浑浊泥浆,优化孔内施工环境,保障初次清孔可有效清除大部分孔底沉渣与孔内杂质,为后续钢筋笼安装、二次清孔奠定良好基础。

3.2 二次清孔参数调控与质量把控

钢筋笼与导管安装作业完成后,需开展二次清孔作业,消除设备安装过程中掉落的杂物、扰动产生的新生沉渣,精准把控孔底沉渣厚度。二次清孔采用导管负压清孔方式,依托导管形成稳定的清孔通道,精准抽取孔底残留沉渣,适配调控泥浆各项性能参数,降低泥浆含砂率,提升泥浆净化效果^[3]。清孔过程中持续监测孔底沉渣厚度、泥浆黏度、比重等指标,确保各项参数稳定在规范允许范围之内。严格把控二次清孔作业时

长,避免清孔过度造成孔壁失稳坍塌,同时杜绝清孔不彻底遗留质量隐患,保障孔内施工环境满足混凝土灌注施工标准。

3.3 清孔完成后工序衔接管控

二次清孔质量验收达标后,需严控工序衔接时长,减少孔内裸露静置时间,规避孔底再次淤积沉渣、孔壁土体松动脱落等问题。施工现场需提前做好混凝土灌注的各项筹备工作,保障清孔作业完成后可快速进入混凝土灌注工序,压缩工序间隔时长。静置阶段做好孔口防护封闭工作,遮挡孔口杜绝杂物、雨水、尘土落入孔内,避免破坏清孔成果、引发孔内污染与沉渣堆积。同时安排专人实时监测孔内泥浆状态与孔壁稳定性,一旦发现少量沉渣淤积、泥浆参数异常等问题,及时开展补清作业,确保工序衔接阶段孔内质量始终达标。

4 钢筋笼制作安装施工质量控制

4.1 钢筋笼标准化制作与精度管控

钢筋笼制作需严格遵循桥梁桩基设计图纸与施工规范,在标准化加工场地集中完成制作作业,保障制作精度与加工质量。依照设计规格精准裁切主筋、箍筋,严格把控钢筋长度、间距、直径等尺寸参数,杜绝尺寸偏差超标问题。主筋对接采用规范焊接或机械连接工艺,把控接头焊接质量,确保焊缝饱满、无夹渣、无裂纹、无虚焊等缺陷,机械连接需保障接头咬合紧密、固定牢固。箍筋与主筋交接位置采用满焊固定,均匀布设箍筋间距,保障钢筋笼整体结构规整、受力均匀。制作完成后对钢筋笼整体尺寸、结构平整度、接头质量开展全面核验,不合格钢筋笼需整改修复达标后方可投入使用。

4.2 钢筋笼吊装就位平稳作业管控

钢筋笼吊装作业前需检查吊装设备、吊点设置、加固绑扎情况,结合钢筋笼尺寸、重量制定平稳吊装方案,杜绝吊装过程中钢筋笼变形、扭曲、脱落。吊装过程保持匀速平稳升降,严控吊装姿态,避免钢筋笼摆动、碰撞孔壁,防止刮损孔壁引发塌孔、掉土问题。钢筋笼下放过程缓慢匀速,精准把控下放深度与就位位置,保障钢筋笼居中布设,保护层厚度符合设计标准^[4]。针对超长钢筋笼采用分段吊装、现场对接的施工方式,对接过程精准校正钢筋位置,保证上下段钢筋笼轴线重合,连接牢固可靠,杜绝对接偏移、结构错位等质量问题。

4.3 钢筋笼就位固定与防护处理

钢筋笼精准就位后需及时开展固定作业,通过专用固定装置将钢筋笼与孔口基座牢固连接,约束钢筋笼位移、上浮、下沉问题,保障钢筋笼在混凝土灌注过程中位置稳定。规范设置钢筋保护层垫块,均匀布置垫块点位,确保垫块贴合孔壁,精准控制保护层厚度,避免钢筋笼偏位导致保护层厚度不足或超标。完成固定作业后再次核验钢筋笼中心位置、埋置深度、垂直度等核心参数,确认各项指标达标。同时做好钢筋笼临时防护工作,避免长时间裸露导致钢筋锈蚀,防止现场杂物附着钢

筋笼表面,保障钢筋笼结构性能与施工精度满足成桩质量要求。

5 混凝土灌注成桩施工质量控制

5.1 混凝土拌合运输与性能保障

钻孔灌注桩混凝土需采用适配桩基施工的配比方案,拌合阶段严格把控原材料投料比例、拌合时长、拌合温度,保障混凝土拌合均匀性、和易性与密实度达标,杜绝离析、泌水、结块等问题。拌合完成后及时检测混凝土坍落度、流动性等核心性能指标,指标不合格的混凝土禁止投入施工使用。混凝土运输采用专用运输设备,运输过程中保持设备匀速运转,持续搅拌混凝土,维持混凝土性能稳定,避免长时间静置导致混凝土凝固、分层。运输至施工现场后再次核查混凝土状态,排查运输过程中出现的性能缺陷,确认混凝土质量达标后方可开展灌注施工,为成桩质量提供材料保障。

5.2 水下混凝土规范灌注过程管控

水下混凝土灌注是成桩的核心工序,施工前全面检查灌注导管的密封性、平整度、连接牢固度,排查导管破损、渗漏、接口松动等隐患,保障导管施工状态达标。灌注初期匀速缓慢下料,精准把控初灌量,确保混凝土可顺利冲出导管、掩埋孔底沉渣,阻断泥浆混入桩身。灌注全过程保持连续作业,杜绝中途停顿、间歇施工,避免桩身出现断桩、夹渣、分层等质量缺陷^[5]。动态调控灌注速度与导管埋深,根据孔内混凝土上升

高度适时提升、拆卸导管,保障导管埋深始终处于规范范围,防止导管拔出过高导致泥浆倒灌,或埋深过大引发导管难以拔出的问题。

5.3 桩顶成型养护与后期质量防护

混凝土灌注至设计桩顶标高后,及时完成桩顶修整作业,清除桩顶浮浆、松散混凝土,修整桩顶平整度,保障桩顶结构密实、尺寸规整。灌注完成后及时封堵孔口,做好桩位标识防护,杜绝施工机械碾压、人员踩踏、杂物堆积破坏未凝固桩体。严格遵循混凝土养护规范开展养护作业,结合现场环境温度、湿度调整养护方式,保持桩体表面湿润,保障混凝土正常水化反应,稳步提升桩身混凝土强度。养护阶段规避温差过大、暴晒、积水浸泡等不利因素影响,保障桩身混凝土成型质量,同时做好桩基成品防护,避免后续施工操作对成型桩基造成损伤。

6 结语

本文完整梳理桥梁钻孔灌注桩整套施工工序的质量管控要点,从前置筹备到最终混凝土成桩养护,细化每道工序的管控细则与缺陷防范办法。桩基施工隐蔽属性突出,各工序环环相扣,任一环节操作疏漏都会造成桩体病害。落实全程精细化管控,严守现场操作标准,及时处置施工隐患,能够稳固桩基承载能力,夯实桥梁基础结构安全,切实提升桥梁工程建设品质,为路桥项目长期稳定运行打下坚实基础。

参考文献:

- [1] 王逸飞.钻孔灌注桩施工在道路桥梁工程中的应用[J].汽车画刊,2026,(3):80-82.
- [2] 张磊成.桥梁钻孔灌注桩施工工艺与质量控制研究[J].科技与创新,2026,(4):167-169.
- [3] 陶明柱,申屠玲玲,钟涛.钻孔灌注桩施工技术在公路桥梁工程中的应用[J].汽车画刊,2026,(2):59-61.
- [4] 吕少飞.桥梁工程中钻孔灌注桩施工工艺及竖向承载力研究[J].交通世界,2025,(34):135-137.
- [5] 刘清生.桥梁工程中钻孔灌注桩的施工技术研究[J].交通建设与管理,2025,(5):118-120.