

# 桥梁钻孔灌注桩施工质量控制要点分析

张世才

湖北楚维工程质量检测有限公司 湖北 荆门 448000

**【摘要】**：桥梁钻孔灌注桩是桥梁基础工程的核心施工工艺，桩体施工质量直接决定桥梁整体结构稳定性与服役安全性。施工过程中受地质条件、施工工艺、现场操作等多重因素影响，极易出现桩身缺陷、承载力不足等质量问题。为稳固桥梁基础施工质量，规避各类施工隐患，结合钻孔灌注桩施工全流程特性，梳理施工前期准备、钻孔成孔、钢筋笼安装、混凝土灌注及后期养护等关键施工环节。针对各环节常见质量隐患，梳理对应的规范化管控措施，明确核心质量控制要点，规范现场施工操作标准，为桥梁桩基施工质量管控提供规范化的技术参考，保障桥梁基础工程施工达标、结构稳固。

**【关键词】**：桥梁工程；钻孔灌注桩；施工工艺；质量控制

DOI:10.12417/2705-0998.26.08.019

## 引言

桩基结构作为桥梁工程的承重核心，承担着传递桥梁上部荷载、稳固整体结构的重要作用，钻孔灌注桩凭借适应性强、承载性能优、施工适配性广的优势，成为现阶段桥梁基础施工的主流工艺。复杂多变的施工现场地质环境、不规范的现场施工操作、精细化管控的缺失，都会造成桩基出现缩孔、断桩、夹渣等质量病害，直接影响桥梁工程的施工品质与使用年限。桩基施工属于隐蔽工程，施工完成后病害排查与整改难度较大，全程精细化质量管控显得尤为重要。依托钻孔灌注桩施工全流程，排查各环节质量风险，落实标准化管控举措，是保障桥梁基础施工质量、提升工程整体建设水平的核心关键。

## 1 施工前期筹备质量隐患排查与管控

### 1.1 施工现场地质勘察核管控

桥梁钻孔灌注桩施工前期的地质勘察工作是后续施工顺利开展的基础，地质勘察数据的精准度直接影响施工方案的适配性与质量管控的有效性。施工现场需全面核查勘察资料，精准掌握施工区域土层分布、岩土性质、地下水分布及不良地质体分布情况，杜绝勘察资料疏漏、数据偏差等问题。针对软土、流沙、岩溶等特殊地质区域，需开展补充勘察作业，细化地质参数记录，明确特殊地质对钻孔、成桩施工的影响。同时结合现场实际地貌，核对勘察点位覆盖范围，确保勘察数据能够全面覆盖所有桩基施工点位，为施工工艺选型、设备调配、质量标准制定提供精准的地质依据，从源头规避因地质认知偏差引发的施工质量问题。

### 1.2 施工设备与材料质量筛查管控

施工设备的运行状态与原材料的品质，是保障钻孔灌注桩施工质量的基础条件。施工前需对钻孔机、搅拌机、输送泵等核心施工设备进行全面检修与调试，检查设备运行性能、精度指标及配套零部件完好度，对老化、故障设备及时维修或更换，保证设备施工过程中稳定运行，避免设备故障造成成孔偏差、灌注中断等问题<sup>[1]</sup>。原材料管控方面，需严格核查钢筋、水泥、

砂石等主材的出厂资质与性能指标，杜绝不合格材料进场。同时做好原材料分类存放与防护工作，规避水泥受潮、钢筋锈蚀、砂石混杂杂质等情况，确保所有进场材料性能符合桥梁桩基施工规范要求。

### 1.3 施工方案与技术交底落实管控

科学完善的施工方案与全面到位的技术交底，是规范现场施工操作、规避人为质量隐患的重要保障。需结合施工现场地质条件、工程设计标准及施工设备配置，优化细化钻孔灌注桩专项施工方案，明确各施工环节操作流程、质量标准及管控要求，针对特殊地质施工、突发工况处置等内容制定专项预案。方案审核通过后，组织现场施工班组及技术人员开展全方位技术交底，细化各岗位施工职责，明确钻孔深度、孔径尺寸、钢筋笼参数、混凝土灌注等核心施工指标的控制标准，让所有施工人员熟练掌握标准化操作流程，杜绝违规操作、盲目施工等问题，筑牢前期施工质量基础。

## 2 钻孔成孔环节质量问题及精准管控

### 2.1 孔位偏差与孔径异常问题治理

钻孔成孔是桩基施工的核心前期工序，孔位、孔径的精准度直接影响后续钢筋笼安装与桩基成型质量。现场施工中，场地平整度不足、钻机固定不牢固、钻孔操作偏移等因素，易引发孔位偏移、孔径过大或过小等问题。施工过程中，需提前平整压实施工场地，保障钻机作业区域地基稳固，完成钻机就位后做好精准校准固定处理，避免钻机作业过程中出现位移、倾斜现象。钻孔作业期间保持匀速平稳施工，定时核查孔位坐标与孔径尺寸，针对土层软硬不均引发的钻孔偏移问题，及时调整钻进速度与钻机角度，全程把控成孔精度，杜绝孔位、孔径超标问题。

### 2.2 孔壁坍塌与缩孔病害防控处理

孔壁坍塌、桩孔缩孔是软土、流沙地层钻孔施工中高频出现的质量病害，多由钻进速度过快、泥浆参数不合理、孔内水头压力不足引发。施工过程中需根据现场地质条件调配适配泥

浆, 把控泥浆比重、黏度等核心参数, 利用泥浆形成孔壁保护膜, 增强孔壁稳定性。合理控制钻进速率, 避免快速钻进扰动周边土体, 同时保持孔内合理水头高度, 平衡孔内外土体压力<sup>[2]</sup>。针对已经出现的轻微缩孔、孔壁松动区域, 可通过二次扫孔、补浆固壁的方式进行处理, 严重病害需回填土体重新钻孔, 彻底消除孔壁安全隐患, 保障桩孔成型质量。

### 2.3 孔底沉渣厚度超标规范控制

孔底沉渣过厚会降低桩基承载力, 造成桩基沉降超标, 是影响桩基整体质量的关键问题。钻孔施工完成后, 孔内会残留大量泥沙、碎石等沉渣, 若清理不彻底, 会直接影响混凝土与岩土体的结合效果。施工中需严格落实清孔作业, 采用适配的清孔工艺, 在钻孔成型后及时开展初次清孔, 清除孔内大部分悬浮泥沙与底部沉渣。钢筋笼安装完成、混凝土灌注前, 需开展二次清孔作业, 进一步细化沉渣清理工作, 严格把控沉渣厚度标准, 确保孔底沉渣厚度符合工程设计规范, 为后续混凝土灌注、桩基承载力达标提供保障。

## 3 钢筋笼制作安装质量缺陷与整改管控

### 3.1 钢筋笼制作尺寸精度把控

钢筋笼的制作精度决定桩基内部结构稳定性, 尺寸偏差、钢筋间距不均、焊接质量不达标等问题, 会直接影响桩基受力性能。钢筋笼制作过程中, 需严格依照设计图纸把控钢筋下料长度、主筋间距、箍筋间距等核心参数, 统一制作标准, 杜绝尺寸随意偏差。钢筋焊接作业需由持证专业人员操作, 把控焊接长度、焊缝厚度, 消除虚焊、漏焊、夹渣等焊接缺陷, 保障钢筋连接牢固。制作完成后对钢筋笼整体尺寸、平整度、焊接质量进行全面核验, 对不合格构件及时整改返工, 确保钢筋笼成型质量符合施工规范, 满足桩基结构受力需求。

### 3.2 钢筋笼吊装安装偏移防控

钢筋笼吊装安装阶段易出现偏移、倾斜、上浮等问题, 影响桩基保护层厚度与结构规整度。吊装作业前需检查吊装设备稳定性, 选用适配的吊装点位, 保证钢筋笼吊装过程平稳受力, 避免吊装晃动造成钢筋笼变形<sup>[3]</sup>。下放钢筋笼过程中保持垂直缓慢下放, 杜绝快速下放、强行挤压孔壁等操作, 实时调整钢筋笼位置, 防止出现居中偏移问题。钢筋笼就位后, 采用专用固定装置进行加固限位, 避免混凝土灌注过程中钢筋笼出现上浮、位移现象, 精准把控钢筋笼保护层厚度, 保障钢筋笼在桩孔内的安装位置精准、固定稳固。

### 3.3 钢筋笼搭接连接质量管控

长桩基钢筋笼需分段制作、分段吊装, 分段搭接的连接质量直接影响钢筋笼整体受力连续性。搭接施工前, 核对上下段钢筋笼主筋对齐度, 调整钢筋位置保证搭接规整。搭接焊接或机械连接过程中, 严格遵循施工规范把控连接工艺, 确保接头紧密贴合, 连接强度满足设计要求。同时合理布置钢筋笼接头

位置, 规避接头集中在同一截面的情况, 分散结构受力点。完成搭接连接后, 全面检查接头牢固性与平整度, 排查松动、偏移等隐患, 保障钢筋笼整体结构的完整性与稳定性, 提升桩基内部结构承载性能。

## 4 混凝土灌注施工质量问题及优化管控

### 4.1 混凝土拌合输送质量把控

混凝土原材料配比、拌合均匀度、输送稳定性, 直接决定桩身混凝土密实度与整体强度。混凝土拌合阶段, 严格依照设计配比精准投料, 把控水灰比、外加剂掺量等关键指标, 根据施工现场温度、湿度环境微调拌合参数, 保障混凝土和易性、流动性达标。拌合完成后及时检测混凝土性能, 杜绝离析、泌水、结块等不合格混凝土投入使用。输送过程中采用密闭输送方式, 控制输送速度, 避免混凝土长时间静置出现凝固结块问题, 保障输送至桩孔内的混凝土性能稳定, 为桩身成型质量奠定基础。

### 4.2 水下混凝土灌注工艺规范

水下混凝土灌注是钻孔灌注桩成型的核心关键环节, 整体施工隐蔽性较强, 工艺把控难度较大, 现场灌注操作不规范、流程落实不到位, 极易引发断桩、夹渣、桩身密实度不足、桩身不均匀等严重结构性质量问题, 直接削弱桩基承载能力。正式灌注施工开展前, 需对灌注导管进行全面细致检查, 重点核验导管整体密封性、安装垂直度以及接口拼接牢固程度, 全面排查导管渗漏、安装偏移、接口松动等潜在安全隐患。灌注作业全程需保持导管埋深处于规范合理区间, 维持匀速、连续的灌注施工状态, 杜绝灌注中途停滞、导管拔空等不规范操作<sup>[4]</sup>。作业过程中持续监测混凝土灌注高度与液面上升速率, 结合桩孔内部液面动态变化灵活调整导管埋深, 有效阻隔泥浆混入混凝土结构内部, 保障成型桩身混凝土均匀密实, 规避各类成型质量缺陷。

### 4.3 桩顶混凝土成型质量优化

桩顶混凝土成型质量极易受水下施工环境影响, 施工阶段泥浆侵入混杂、灌注收尾操作不规范、管控不到位等情况, 常会造成桩顶结构松散、混凝土强度不达标、桩顶标高等质量缺陷, 严重影响桩基与桥梁上部结构的衔接精度和整体受力稳定性。在混凝土灌注收尾施工阶段, 需精准对标工程设计标高开展施工, 合理预留超灌高度, 有效抵消桩顶浮浆堆积、表层混凝土松散带来的质量隐患。灌注工序结束后, 及时清理桩孔顶部残留的浮浆、淤泥与杂质, 对桩顶区域进行平整处理。待混凝土达到初凝状态后, 按照标准化流程开展桩头凿除作业, 彻底剔除表层松散结构, 保留密实完整的桩身主体, 确保桩顶各项指标符合设计标准, 保障后续衔接施工质量。如图 1 所示:

#### 4.3.1 混凝土拌合输送质量把控

混凝土原材料配比、拌合均匀度、输送稳定性, 直接决定

桩身混凝土密实度与整体强度。混凝土拌合阶段,严格依照设计配比精准投料,把控水灰比、外加剂掺量等关键指标,根据施工现场温度、湿度环境微调拌合参数,保障混凝土和易性、流动性达标。拌合完成后及时检测混凝土性能,杜绝离析、泌水、结块等不合格混凝土投入使用。输送过程中采用密闭输送方式,控制输送速度,避免混凝土长时间静置出现凝固结块问题,保障输送至桩孔内的混凝土性能稳定,为桩身成型质量奠定基础。

#### 4.3.2 水下混凝土灌注工艺规范

水下混凝土灌注是钻孔灌注桩成型的核心关键环节,整体施工隐蔽性较强,工艺把控难度较大,现场灌注操作不规范、流程落实不到位,极易引发断桩、夹渣、桩身密实度不足、桩身不均匀等严重结构性质量问题,直接削弱桩基承载能力。正式灌注施工开展前,需对灌注导管进行全面细致检查,重点核验导管整体密封性、安装垂直度以及接口拼接牢固程度,全面排查导管渗漏、安装偏移、接口松动等潜在安全隐患。灌注作业全程需保持导管理深处于规范合理区间,维持匀速、连续的灌注施工状态,杜绝灌注中途停滞、导管拔空等不规范操作<sup>[4]</sup>。作业过程中持续监测混凝土灌注高度与液面速率,结合桩孔内部液面动态变化灵活调整导管理深,有效阻隔泥浆混入混凝土结构内部,保障成型桩身混凝土均匀密实,规避各类成型质量缺陷。

#### 4.3.3 桩顶混凝土成型质量优化

桩顶混凝土成型质量极易受水下施工环境影响,施工阶段泥浆侵入混杂、灌注收尾操作不规范、管控不到位等情况,常会造成桩顶结构松散、混凝土强度不达标、桩顶标高等质量缺陷,严重影响桩基与桥梁上部结构的衔接精度和整体受力稳定性。在混凝土灌注收尾施工阶段,需精准对标工程设计标高开展施工,合理预留超灌高度,有效抵消桩顶浮浆堆积、表层混凝土松散带来的质量隐患。灌注工序结束后,及时清理桩孔顶部残留的浮浆、淤泥与杂质,对桩顶区域进行平整处理。待混凝土达到初凝状态后,按照标准化流程开展桩头凿除作业,彻底剔除表层松散结构,保留密实完整的桩身主体,确保桩顶各项指标符合设计标准,保障后续衔接施工质量。

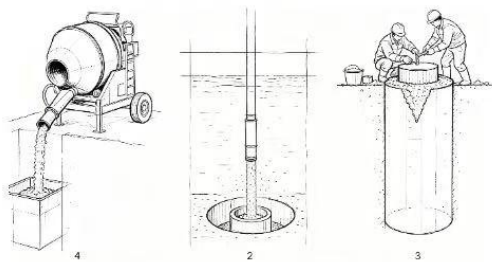


图1 桩基混凝土施工三工序示意

## 5 桩基成型后质量检测与病害整改管控

### 5.1 桩基成品常规质量检测核验

钻孔灌注桩成型养护完成后,需开展全方位成品质量检测,精准掌握桩基成型质量状态。结合桥梁工程施工验收规范,采用无损检测、桩基完整性检测等多种检测方式,全面核查桩身完整性、混凝土强度、桩基承载力等核心指标。检测过程中规范操作检测设备,精准记录检测数据,全面排查桩身断裂、夹渣、空洞、强度不足等隐性质量病害。针对所有桩基实现全覆盖检测,杜绝漏检、误检情况,精准判定每根桩基的施工质量等级,为后续病害整改及工程验收提供精准依据。

### 5.2 桩基常见质量病害专项整改

针对检测排查出的各类桩基质量病害,需摒弃笼统粗放的处置模式,严格结合病害具体类型、缺陷分布位置及损坏严重程度,量身定制科学可行的专项整改方案,层层落实精细化整改措施,保障病害处置的针对性与有效性。对于存在局部蜂窝、轻微裂隙、表层密实度不足等轻微缺陷的桩基,可采用高压注浆加固、表层局部修补的专项工艺开展修复作业,补齐桩基结构短板,全面恢复桩基原有结构性能与承载稳定性<sup>[9]</sup>。针对出现断桩、大范围夹渣、桩身严重破损及整体承载力不达标的高度病害桩基,需结合施工现场工况、工程建设标准及工期要求,合理选用补强加固或返工重建的处置方式,从根源上清除桩基安全隐患。所有整改作业完成后,必须开展全面复检核验工作,确认各类病害完全消除,桩基各项指标达标,切实满足桥梁工程结构长期安全使用的核心要求。

### 5.3 施工质量复盘与工艺优化提升

单批次桩基施工完成并验收合格后,需对整体施工过程开展全面复盘梳理,汇总施工全过程出现的质量问题、操作漏洞及管控短板。分类归纳各类质量病害的产生诱因,梳理施工各环节管控薄弱点,结合现场施工实际优化施工工艺与管控流程。同步完善现场施工管理制度,细化各环节质量管控标准与岗位职责,将病害防控要点融入标准化施工流程,规避同类质量问题重复发生,持续提升桥梁钻孔灌注桩施工的整体质量与标准化施工水平。

## 6 结语

本文围绕桥梁钻孔灌注桩施工全流程,系统梳理施工筹备、钻孔成孔、钢筋笼安装、混凝土灌注及成品检测各阶段的核心质量问题,针对性落实精细化、标准化的质量管控举措。钻孔灌注桩施工质量管控贯穿工程全过程,各类细微施工偏差与操作疏漏,均会引发桩基质量病害,影响桥梁整体结构安全。常态化落实各施工环节质量排查与管控工作,规范现场施工操作,细化病害整改流程,能够有效规避桩基施工质量隐患,保障桥梁基础工程施工品质,为桥梁工程长期安全稳定运营提供坚实的基础保障。

**参考文献:**

- [1] 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.
- [2] 王玉法.桥梁工程钻孔灌注桩施工的操作流程与质量控制措施[J].汽车画刊,2026,(1):80-82.
- [3] 原凯强,刘亚楠.桥梁钻孔灌注桩基础施工质量控制研究[J].工程技术研究,2025,10(24):144-146.
- [4] 张峰.公路桥梁钻孔灌注桩施工质量控制关键技术研究[J].居业,2025,(12):85-87.
- [5] 马居军.桥梁施工中钻孔灌注桩质量控制措施研究[J].运输经理世界,2025,(14):115-117.