

# 公路桥梁桩基施工质量控制关键技术

张永涛

新疆北新路桥集团股份有限公司, 新疆乌鲁木齐, 830000;

**摘要:** 公路桥梁建设中桩基施工质量直接影响桥梁结构稳定性与耐久性。复杂地质环境及施工工艺差异容易导致桩基承载力不足、桩身缺陷等问题。针对桩基施工过程中的关键环节, 分析成孔质量控制、混凝土灌注技术及检测手段等关键技术措施, 提出强化施工过程管理与质量监测的技术路径。通过对关键施工环节进行系统控制, 可有效减少施工缺陷, 提高桩基整体质量水平, 为公路桥梁结构安全提供可靠技术保障。

**关键词:** 公路桥梁; 桩基施工; 质量控制; 关键技术; 施工管理

**DOI:** 10.69979/3029-2727.26.04.013

## 引言

公路桥梁工程规模持续扩大, 桥梁结构安全对基础稳定性的要求不断提高。桩基作为桥梁的重要承载结构, 其施工质量直接关系到整体结构的稳定性与耐久性。实际施工过程中受地质条件变化、施工设备及工艺差异等因素影响, 桩基施工环节容易出现成孔偏差、桩身缺陷及混凝土质量不稳定等情况。如何在复杂施工环境下实现全过程质量控制, 成为桥梁基础施工管理中的关键问题。针对桩基施工中的关键技术环节进行系统分析, 并提出针对性的控制措施, 有助于提升施工质量水平, 为桥梁工程安全运行提供坚实基础。

## 1 桩基施工质量控制面临的主要问题

### 1.1 地质条件复杂对成孔质量的影响

公路桥梁工程多分布在河谷、软土区或地质构造复杂区域, 不同土层结构对钻孔施工稳定性产生明显影响。砂层、卵石层以及饱和软土层在钻进过程中易出现孔壁坍塌、缩径或偏孔等现象, 直接影响成孔质量与桩基承载能力。地下水位变化也会改变孔壁稳定条件, 若泥浆比重、黏度等参数控制不当, 护壁效果难以保证, 导致孔壁失稳或沉渣增多。同时, 局部岩层硬度差异较大时容易出现钻进速度不均或钻头偏移, 从而影响孔位精度与垂直度控制, 对后续钢筋笼安装及混凝土灌注产生不利影响。

### 1.2 施工工艺不规范导致桩身缺陷

桩基施工过程中涉及钻孔、清孔、钢筋笼安装以及混凝土灌注等多个工序, 任何环节操作不规范均可能造成桩身质量问题。钻孔施工参数控制不合理时容易形成孔径不均或孔底沉渣过厚, 影响桩基端承力发挥<sup>[1]</sup>。钢筋笼制作与吊装过程若缺乏严格控制, 可能出现钢筋笼变形、保护层厚度不足或位置偏移等情况。混凝土灌注

阶段若导管埋深控制不稳定或灌注过程间断, 易产生离析、夹泥或断桩现象。施工组织管理不到位还可能造成各工序衔接不顺畅, 进一步增加桩身结构缺陷的风险。

### 1.3 施工过程监测与管理不足

桩基施工属于隐蔽性较强的基础工程, 质量问题在施工阶段不易被及时发现, 因此对过程监测和技术管理要求较高。部分工程在施工过程中缺乏系统化监测措施, 对成孔深度、垂直度及孔底沉渣厚度等关键指标记录不完整, 导致质量控制缺乏有效依据。现场技术管理体系不健全时, 施工参数调整缺少及时反馈, 难以及时纠正施工偏差。检测设备配置不足或检测频率偏低, 使得桩基完整性和承载性能难以及时评估。现场技术交底与质量检查不到位也会降低施工标准执行力度, 从而影响整体桩基施工质量。

## 2 桩基成孔施工质量控制技术

### 2.1 钻孔施工参数控制技术

钻进过程中需要根据地层结构差异及时调整钻压、转速及进尺速度等关键参数, 以保证钻进过程稳定。软土层或粉质黏土层施工时, 应控制钻进速度, 避免孔壁扰动过大而产生塌孔现象; 遇到卵石层或强风化岩层时, 需要适当提高钻压并保持稳定转速, 以保证钻头切削效率和成孔质量。钻孔过程中还应对泥浆循环状态进行持续监控, 确保钻渣能够及时排出孔外, 防止沉渣在孔底堆积影响桩端承载性能。设备运行稳定性同样影响成孔精度, 钻机底座应保持水平, 施工平台需具备足够承载能力, 以避免钻孔过程中出现偏移或振动问题。施工记录中应详细记录钻孔深度、地层变化以及施工参数变化情况, 为后续施工质量评估提供可靠依据。

### 2.2 孔壁稳定与泥浆性能控制

施工中需要根据地层条件合理配置泥浆比重、黏度

及含砂率等指标,使泥浆能够在孔壁形成稳定泥皮,增强孔壁抗塌能力。软弱土层或地下水较为丰富区域,对泥浆比重和黏度要求更高,以维持孔内外压力平衡,防止地下水渗入造成孔壁失稳<sup>[2]</sup>。泥浆循环系统运行状态也需保持稳定,通过沉淀池和循环设备对泥浆进行净化处理,减少泥浆中固体颗粒含量,保证护壁性能。钻进过程中应定期检测泥浆性能指标,若发现比重或黏度变化较大,需要及时进行调整。孔底沉渣厚度同样受到泥浆循环效率影响,通过持续循环可有效降低沉渣堆积,为后续混凝土灌注创造良好施工条件。

### 2.3 成孔垂直度与孔径检测方法

桩基成孔垂直度和孔径尺寸直接影响钢筋笼安装质量及桩体受力性能,因此在施工阶段必须进行严格检测。钻孔完成后需要利用测斜仪对孔身垂直度进行检测,通过分段测量方式获取孔身偏斜情况,并与设计允许偏差范围进行对比分析。当偏斜值接近控制标准时,应及时采取修孔措施,以保证桩基受力轴线稳定。孔径检测通常通过专用检测仪器或成孔检测装置进行测量,对不同深度位置的孔径尺寸进行核验,确保成孔直径满足设计要求。对于大直径桩基,还可通过声波检测设备对孔壁状态进行检查,以判断是否存在局部缩径或孔壁坍塌情况。检测数据需要进行完整记录,并纳入施工质量管理体系,通过数据分析及时发现施工偏差,为后续工序提供可靠技术依据。

## 3 混凝土灌注施工关键技术控制

### 3.1 导管安装与密封技术要求

水下混凝土灌注施工对导管系统的安装质量要求较高,导管结构稳定性与密封性能直接影响混凝土灌注效果。施工前需要对导管各节进行外观检查和尺寸复核,确保管壁无变形、接口平整,并通过试拼装确认连接精度。导管连接通常采用法兰或螺纹结构,接口处需设置密封垫圈,以提高连接部位的密封性能,防止灌注过程中泥浆或地下水进入管内。导管下放时应保持垂直状态,并控制导管底口距离孔底的合理高度,避免与孔底沉渣接触造成堵管现象。灌注开始后需要保持导管埋入混凝土中的深度稳定,埋深控制在合理范围内,以防止出现离析或夹泥情况。施工过程中应定期检查导管连接部位的紧固状态,同时通过测量导管埋深和混凝土面高度,对灌注过程进行动态控制,保证桩身混凝土密实连续。

### 3.2 混凝土配合比与流动性控制

桩基混凝土在水下灌注条件下施工,对配合比设计与工作性能提出较高要求。混凝土配合比需要结合桩径尺寸、灌注深度及施工环境进行优化设计,保证混凝土

具备良好的和易性与抗离析能力。水胶比控制在合理范围内能够提高混凝土密实度和强度发展性能,同时通过掺加减水剂或缓凝剂改善混凝土流动性能,使其在导管内保持稳定流动状态。粗骨料粒径应与导管内径相匹配,避免骨料尺寸过大造成堵管现象。混凝土坍落度指标需要在施工过程中进行实时检测,确保流动性满足灌注要求<sup>[3]</sup>。运输与泵送过程中应减少停滞时间,以防止混凝土出现初凝现象影响灌注质量。混凝土进入导管后应保持连续供应,使桩体内部形成均匀致密的结构,提高桩基整体承载性能。

### 3.3 连续灌注过程质量控制措施

混凝土灌注阶段需要保持作业过程的连续性与稳定性,以避免桩身内部产生施工缺陷。灌注开始后应严格按照设计要求控制灌注速度,使混凝土能够稳定上升并逐步置换孔内泥浆。施工现场需要通过测绳或专用检测装置对混凝土面高度进行实时测量,根据混凝土上升情况及时调整导管埋深,保持导管底口始终处于混凝土内部。灌注过程中应避免出现中断现象,若设备或材料供应出现异常,应采取应急措施保证灌注过程的连续性。混凝土灌注量需要与理论方量进行对比分析,通过数据变化判断孔内情况。当灌注接近桩顶设计标高时,应适当增加混凝土超灌高度,以确保桩顶部分混凝土质量满足结构要求。整个灌注过程需由技术人员进行现场监控,并对施工数据进行完整记录。

## 4 桩基施工检测与质量监测技术

### 4.1 桩基完整性检测方法

桩基完整性检测是评价桩身结构质量的重要技术手段,通过检测能够识别桩体内部是否存在缩颈、断桩、夹泥层等结构缺陷。低应变反射波检测技术在工程中应用较为广泛,通过在桩顶施加瞬态激振信号,使应力波沿桩身向下传播,并根据反射波形变化判断桩体内部结构状态。检测过程中需要保证桩顶处理平整,传感器安装稳固,以提高信号采集精度。对于大直径或重要桥梁桩基工程,可结合声波透射法进行检测,在桩体内部预埋声测管,通过发射与接收超声波信号分析混凝土密实程度与缺陷分布情况。检测数据需通过专业软件进行波形分析与信号识别,从而确定桩身质量状况。通过完整性检测能够及时发现施工阶段形成的质量隐患,为桩基结构安全评估提供可靠技术依据。

### 4.2 承载力检测技术应用

静载试验作为承载力检测的主要方法,通过在桩顶逐级施加荷载并观测桩顶沉降变化,获取荷载与位移之间的关系曲线,从而判断桩基极限承载能力。试验过程

中需要采用反力架或锚桩体系提供稳定反力条件,同时利用位移计或沉降观测装置记录桩顶变形数据<sup>[4]</sup>。部分工程还会采用高应变动力检测技术,通过重锤冲击桩顶并分析应力波传播特征,推算桩基承载性能。检测数据需结合地质条件、桩长及桩径等设计参数进行综合分析,从而评价桩基结构是否满足设计承载标准,为桥梁基础结构安全运行提供技术支撑。

### 4.3 施工过程实时监测技术

桩基施工过程具有隐蔽性强、作业环境复杂等特点,实时监测技术能够有效提升施工过程质量控制水平。施工阶段可通过安装深度记录系统,对钻孔深度、钻进速度及施工时间进行自动采集,实现施工参数的动态记录。泥浆性能监测设备可对泥浆比重、黏度及含砂率等指标进行实时检测,从而及时调整泥浆配比以保持孔壁稳定。混凝土灌注阶段可利用混凝土面高度测量装置对灌注过程进行连续监控,并结合导管理深测量数据判断灌注状态。部分大型桥梁工程还引入信息化监测平台,通过数据采集终端对施工设备运行状态及关键参数进行集中管理。实时监测数据经过系统分析后可为施工决策提供技术支持,减少施工偏差对桩基质量造成的不利影响。

## 5 桩基施工质量综合控制措施

### 5.1 施工技术管理体系完善

桩基施工涉及钻孔、钢筋笼安装及混凝土灌注等多道关键工序,建立完善的施工技术管理体系能够有效保障各环节质量控制要求得到落实。工程实施阶段需要依据设计文件及施工规范制定详细技术管理制度,对施工工艺流程、设备运行参数以及质量检验标准进行统一规定。现场技术人员需对施工方案进行严格审核,并结合地质勘察资料对施工方法进行针对性调整。技术交底制度同样是技术管理的重要组成部分,通过系统化交底明确施工要点及控制指标,使各工序操作能够符合技术规范要求。施工资料记录与技术档案管理需要保持完整,通过对施工参数、检测数据以及质量检验结果进行整理,为桩基施工质量评估提供可靠依据。

### 5.2 施工人员技术规范与培训

桩基施工质量与现场作业人员技术水平密切相关,施工人员需要具备相应专业技能和操作经验。施工单位应依据岗位分工建立技术培训制度,对钻机操作、泥浆配置、导管安装以及混凝土灌注等关键岗位进行专项培

训。培训内容应结合施工规范与现场施工工艺,对设备操作流程、安全技术要求及质量控制标准进行系统讲解<sup>[5]</sup>。现场作业前应进行技术交底,使施工人员能够准确掌握施工参数控制要求及操作要点。对于关键施工环节,应安排具备丰富经验的技术人员进行现场指导,通过规范化操作减少人为因素对施工质量造成的不利影响。同时建立技术考核制度,对作业人员操作能力进行评估,以确保施工过程符合技术标准。

### 5.3 全过程质量控制机制建立

工程实施阶段需要将质量控制贯穿于施工准备、施工实施及质量检测等各个环节,对关键施工节点进行重点管理。施工准备阶段应对施工设备、材料性能以及施工方案进行全面审查,确保施工条件满足技术要求。施工过程中通过质量检查制度对钻孔深度、孔径尺寸及混凝土灌注量等关键指标进行动态控制,并及时记录施工数据。质量检测阶段需要结合完整性检测及承载力检测结果,对桩基施工质量进行综合评价。通过多环节质量管理措施的协调运行,使桩基施工过程保持稳定受控状态,从而保证桥梁基础结构施工质量。

## 6 结语

公路桥梁桩基施工质量与基础结构安全密切相关,成孔施工、混凝土灌注以及检测监测等环节均对桩体质量产生重要影响。加强施工技术管理、规范施工操作并强化检测监控,有助于减少施工缺陷,提升桩基整体稳定性与承载性能,为桥梁基础工程质量提供可靠技术保障。

### 参考文献

- [1]曹俊林. 公路桥梁施工中桩基施工技术与质量控制[J]. 工程建设与设计, 2026, (01): 217-219.
- [2]王明理, 刘艳杰, 李名远, 等. 探究公路桥梁施工中桩基施工技术与质量控制[J]. 工程建设与设计, 2025, (12): 199-201.
- [3]陈镇. 不良地质条件下高速公路桥梁桩基施工工艺优化与质量控制[J]. 四川水泥, 2025, (05): 284-286.
- [4]张永君. 公路桥梁桩基施工中质量控制与检测技术的应用研究[J]. 汽车画刊, 2025, (04): 224-226.
- [5]方姗姗. 公路桥梁桩基施工技术及混凝土的质量控制[J]. 运输经理世界, 2025, (11): 91-93.