

# 关于路桥施工中钻孔灌注桩技术的应用分析

魏智国

新疆北新路桥集团股份有限公司，新疆乌鲁木齐，830000；

**摘要：**在我国随着基础设施建设的快速发展，大量的路桥工程实施，钻孔灌注桩技术作为重要的施工技术，被广泛应用于路桥基础的施工中，钻孔灌注桩技术不仅具有高承载性能，能够承受巨大的荷载，而且施工进度快速，可以在较短的时间内完成大量的施工任务。本文针对钻孔灌注桩技术，通过实际的工程案例分析，总结并探讨钻孔灌注桩施工技术。

**关键词：**路桥施工；钻孔灌注桩技术；应用

**DOI：**10.69979/3029-2727.25.02.004

## 引言

当前我国许多路桥工程质量隐患问题明显，对群众日常生活安全构成了严重威胁，因此要提升路桥施工项目质量。钻孔灌注桩技术能够有效应对路桥基础设施面临的多种挑战，改善交通状况，因此深入研究钻孔灌注桩技术在路桥施工中的应用，明确施工技术方案，可以推动路桥基础设施的持续发展。

## 1 路桥施工中钻孔灌注桩关键技术

### 1.1 钻孔技术

钻孔技术包括钻机选择、参数配置、护筒安置以及泥浆配制等多个环节，为确保钻孔的高质量与高效率，各环节需要施工单位进行精细化操作与管理。随着科学技术的进步，新型钻孔设备及智能化钻井技术的引入，为钻孔发展提供了强大的推动力。在钻孔施工中，针对不同地质层和作业要求，施工单位要选用合适的钻头及钻具，例如：在面对坚硬岩层时应选用高强度钻头，采取适当的减速措施；在松软土层中应采用大口径、快速钻进的方法，根据具体的地质条件进行相应调整。在钻探过程中护筒的主要作用在于保护井壁、防止井壁坍塌以及封堵井口，在护筒安置过程中确保其垂直度和稳定性，与周围环境保持协调，避免对周边生态环境造成损害。钻孔液在钻孔工艺中扮演着冷却钻头、携带岩屑以及平衡地层压力等多重角色，在配制钻井液时应根据实际情况选择合适的混合比例，确保钻孔液的流动性、黏度、密度等关键性能指标。

### 1.2 灌注技术

灌注技术主要包括灌注材料的选择、工艺流程的确定以及施工质量的监控，混凝土作为普遍使用的浇筑材料，包括水泥砂浆、高性能混凝土等，对其强度、耐久性、流动性等关键性能进行了深入分析，确保其满足设计规范。在混凝土灌注过程中，为确保混凝土的致密性，施工单位可以采取分层连续灌注的方法，在灌注过程中要对灌注速率及压力进行严格的调控，防止预应力损失、结构裂缝等问题的出现。对于混凝土灌注的各个阶段，包括材料的制备、运输、浇筑、维修等施工单位要实施全面的监测与控制，确保每个过程满足相关技术标准与设计的要求。此外对于混凝土灌注桩可能出现的问题，如混凝土离析、泌水、开裂等也需采取相应的防治措施，确保施工质量。施工单位可以通过引入传感器、无人机及机器人等先进工艺装备，实现对灌注过程的在线监控与智能监控，提升施工质量与效率，满足我国重大工程建设发展的需求。

## 2 路桥施工中钻孔灌注桩技术的应用

### 2.1 工程概况

以中山市政路桥工程为例，该项目场地土壤条件相对平整且沿江区域广泛，适合采用矩形及空心结构的实体桥墩。在钻孔桩施工过程中施工单位可设计不同直径的摩擦桩，包括2m、1.5m、1.25m及1m规格，长度通常在7~60m，在项目中可以使用冲击钻机进行成孔作业，结合旋挖钻与旋打钻技术。针对工程岸坡区域，施工单位可以采用筑岛法及编织袋围堰技术，采用高品质泥浆作为防护屏障。此外施工单位要对钢筋及混凝土等主要材料需进行严格的质量检测，确保材料符合标准，施工

过程中相关材料可在现场进行生产和加工,通过专用小车进行运输或利用吊车等设备进行提升通过管道灌注法完成施工。

## 2.2 施工准备工作

### 2.2.1 施工现场准备

在工程启动前,施工单位要运用特定的机械设备对施工场地进行彻底的清理与平整,保障工程顺利推进;依据项目需求,对施工场地进行科学的规划布局,在施工区域内设置安全警示标识。

### 2.2.2 施工测量放样

在工程实施过程中施工单位对各个钻孔位置进行精确的定位,利用专业的测绘设备对钻孔位置进行明确标识,通过严格的监督和检查流程,确保定位无误后进行后续施工步骤。施工单位依据预先制定的施工勘测放样方案识别孔穴位置,完成桩基础的组装工作。

### 2.2.3 桩机准备

在施工场地平整过程中,施工单位使用推土机和平整机等机械设备,确保地面平整度控制在5cm以内,针对工程实际需求通过实施粗砂回填和压实技术有效提升地基承载力。经过现场处理,基础的承载力可达200 kPa,符合桩基础建设的需要。施工单位依据当地实际环境选用120 kW的钻机动力装置,最大扭矩达到3000 Nm。桩基施工前施工单位要对液压系统、动力系统及钻铤等关键部件进行全面检查,确保其运行状态优良;在进行打桩作业时,施工单位利用特制的引导设备,确保打桩机能够精确地沿着预定轨迹移动,在到达预定位置后借助激光测距仪进行精确定位,确保打桩车与地面桩的间距不超过10mm,使用水准仪对打桩车的水平度进行校验,以保证水平度误差小于0.5mm;施工单位通过液压支架对桩锤进行固定,防止施工过程中出现偏移或倾斜,利用全站仪对桩锤进行位置测量,确保桩锤与桩柱的中线完全重合后进行试钻操作,评估钻具的稳定性和加工精度。

### 2.2.4 水泥浆制备

根据施工需求,施工单位选用具备高强度及良好抗渗性能的混凝土,该项目采用标准硅酸盐水泥,在混凝土浇筑前对其水分含量及硬化状态进行严格检测,确保其强度符合设计及服务规范要求。在钻孔施工过程中,施工单位应依据工程实际条件,适量添加黏土与掺合料,调整混凝土的密度、黏度和流动性,泥浆指标见表1。

表1 泥浆性能

施工阶段	相对密度 ( $g \cdot cm^{-1}$ )	黏度 (%)	含砂率 (%)
初始配置	1.05~1.1	17~19	$\leq 3$
冲进过程	1.04~1.09	17~22	$\leq 3$

## 2.3 护筒埋设

为确保路桥建筑使用期间的结构稳定性和耐久性,护筒通常采用厚度为4~8毫米的钢板制造。为适应钻孔过程中的自由旋转并防止卡阻现象,护筒的内径设计需大于钻杆直径100mm,基于工程需求,本项目中使用与1.1米口径钻机相适应的内径为1.2m的护套。为确保桩位的精确性,施工单位对护筒进行了精确放样,利用全站仪对桩位进行了高精度放样确定桩位中心。为保证护筒的稳定性和引导功能,护筒的埋设深度设定为2.0m,在埋设护筒前要先对护筒直径进行适当放大。施工单位在开挖深度达到一定条件后将护筒下放至孔内确保护筒中心与孔中心对齐,使用泥土或沙子填充护筒并进行分层压实,确保护筒的稳定性,如图1所示。该项目通过优化灌注桩邻近回填土壤的处理方法,对钻孔灌注桩邻近回填土层进行了进一步的加固,提升其稳定性。护筒的垂直度对后续施工质量具有决定性影响,因此在护筒埋设过程中施工单位要利用水平仪和重锤法对护筒的垂直度进行检验,确保其误差控制在1%以内。

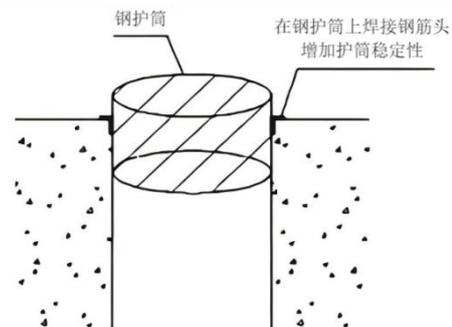


图1 护筒埋设图

## 2.4 钻孔施工

由于钻井液在冷却钻头、携带岩屑及维护井壁稳定性方面的重要作用,项目中选取高品质膨润土作为主要原料,依据水与膨润土质量比为100:8的配比方案,制备钻井液密度1.1~1.3  $g/cm^3$ ,黏度为18~22秒,确保了钻井液在维护井壁和携带岩屑方面的性能。在钻孔过程中施工单位对钻孔速率实施了严格控制,初始阶段

钻进速率在 0.5~1.0m/h, 随着钻进时间的延长速率应逐步降低至 0.3~0.5m/h, 防止因钻进速度过快导致的井壁坍塌现象。每钻进 1m 后, 施工单位要对孔深及孔径进行检查, 确保孔深与设计钻孔深度的误差不超过 5%。在钻孔过程中, 泥浆持续循环流动, 有效移除井壁上的岩屑, 保持井壁稳定, 流动速度维持在 20~30 L/s, 确保钻井液对岩石的有效输送及钻头的冷却效果; 为确保钻孔的清洁度, 施工单位每钻进 2m 后进行一次冲洗, 每次冲洗时间不少于 15min。施工单位要使用孔径仪对钻孔直径进行精确测量, 确保钻孔尺寸满足设计规范并清除孔底, 确保无残留岩屑及泥浆; 钻井完成后钻井液的密度应保持在 1.15~1.25g/cm<sup>3</sup>, 黏性值在 18~25 秒之间。

## 2.5 清孔施工

在工程完成后, 施工单位要进行第一次清孔, 清孔以正循环为主, 使用泥浆泵将孔底部的泥浆抽出, 通过沉降槽进行沉淀后回流至孔口。在钻进时, 施工单位将泥浆泵流速设置在 150~180m/h, 保证了钻井液的完全流通并能对孔底岩屑、泥块进行高效清理; 钻孔周期控制在 30min 内, 在此期间需对泥浆进行持续监测, 确保其性能参数满足设计要求。首次清孔作业完成后, 施工单位要对孔径、孔深及孔形进行彻底检查, 孔深误差应控制在设计钻孔深度的 3% 以内, 钻孔底部的沉积物厚度不得超过 50mm。钢筋笼安装完成后施工单位实施二次清孔, 清除钻孔内残留杂质, 确保工程质量满足施工要求; 二次清孔涉及使用泥浆泵进行反向循环钻进, 即泥浆自孔内喷射并从孔底排出, 钻孔时施工单位将钻井液的排量控制在 120~150m<sup>3</sup>/h, 连续 20 min。二次清孔结束后, 由施工单位再次确认孔径、孔深、沉淀层厚度, 保证孔径、孔深符合设计要求, 沉淀层厚度不得大于 30 mm, 并测试泥浆性能, 保持在 1.15~1.25g/cm<sup>2</sup>, 粘性数值 20~25s。

## 2.6 钢筋笼制作与埋设

在本项目中施工单位选取强度不低于 400 MPa、抗拉强度不低于 540 MPa 的 HRB400 级钢筋, 依据相关规范要求主筋直径设定为 25 mm, 副筋直径为 10 mm; 在此基础上主筋与副筋间距分别设定为 200 mm 和 100 mm, 以 2 m 为间距进行布置; 由于本项目桩基高度在 20~30m, 因此钢筋笼的长度按照最长尺寸进行设计。在制造

工艺流程中, 施工单位要依据设计图纸, 对各钢筋的定位及长度进行精确测定; 钢筋的连接应通过电弧焊或电阻焊技术完成, 焊接长度不得低于 10 倍钢筋直径 ( $d$  代表主要钢筋直径), 焊接质量需满足相关标准要求; 钢筋间的缠绕连接应不少于三个缠绕圈; 为确保结构整体稳定性, 加固钢筋与钢筋混凝土柱体之间实施焊接。完成生产后钢筋笼的搬运与提升工作要稳定推进, 避免在搬运过程中对钢筋笼造成损伤或变形; 提升过程中采用双点提升法, 初次提升位于钢筋笼顶端, 次级提升则接近钢筋笼长度的中点; 在提升过程中施工单位要确保钢筋笼骨架的稳定性, 防止过度变形及扭转现象发生。钢筋笼就位时施工单位应准确对准孔位缓慢下降, 避免与孔壁发生碰撞导致结构倒塌, 确保钢筋笼的垂直度不超过钻孔深度的 1%。

## 2.7 混凝土灌注

首次灌注混凝土的量是依据钢管的内径和孔径精确计算, 确保钢管底端埋置于 0.8~1.3m 深的混凝土内。为实现混凝土的连续均匀充填, 首次灌注完成后施工单位要立即执行连续灌注, 对钻孔深度实施严格控制, 确保其在 2~6m, 防止混凝土表面被拔起导致的断裂现象。为提升混凝土的压实度, 灌注过程中应适时进行振捣, 使用振捣器将混凝土压入桩孔, 增强桩体的承载能力。

## 2.8 养护施工

当完工后由于没有进行及时的维修, 在气温、湿度等环境条件下, 混凝土桩基就会出现裂纹, 会对桩基的质量和承载能力造成不利的影 响, 因此施工单位要实施维护措施。针对本项目, 基于现场条件, 施工单位采取 28 天养护方案, 对钻孔灌注桩进行了持续的养护与监控。为确保养护期间混凝土获得充足水分, 施工单位采用了覆盖保湿的方法, 在灌注桩顶面垫上湿袋或秸秆并经常进行灌水保持湿润, 安排施工人员对其进行周期性的水分监控, 保证混凝土表面不出现任何的干燥。针对在工程建设过程中可能遭遇的高温及寒冷气候条件, 施工单位要对钻孔灌注桩实施降温措施并在其周围搭建遮阳棚, 同时采用喷洒水雾的方法进行降温处理; 在气温较低的施工阶段, 为防止混凝土冻结施工单位采取了相应的防护措施。在施工过程中如果施工单位发现混凝土裂缝或其他异常现象将立即进行裂缝修补, 加强保湿措施, 确保施工质量不受影响。在 28 天养护后, 本项目的桩

基质量得到提升,通过对比养护前后的监控数据可以观察到混凝土表面的水分和温度均处于适宜状态,未出现严重的开裂等问题,从而确保了桩基结构的建设和长期使用能力。

### 3 结论

在新时代背景下路桥基础设施建设的关键问题取得明显进展,施工单位在钻孔成孔、清孔、钢筋笼制作、施工、混凝土浇筑等关键环节实施了严格的控制措施能够确保了钻孔施工的质量与稳定性。未来在科学技术持续创新的推动下施工单位实施高效、环保及智能化新工艺的研究与应用,为我国路桥可持续发展奠定坚实基础,推动我国交通基础设施的进一步发展。

#### 参考文献

[1] 陆飞跃. 路桥施工中钻孔灌注桩施工技术的应用

[J]. 江苏建材, 2022, (03): 76-77.

[2] 钟威. 钻孔灌注桩技术在路桥施工中的应用分析[J]. 运输经理世界, 2022, (17): 86-88.

[3] 杨渊. 钻孔灌注桩技术在路桥施工中的应用分析[J]. 运输经理世界, 2022, (08): 109-111.

[4] 周杰. 路桥施工中钻孔灌注桩技术的应用[J]. 四川水泥, 2022, (03): 231-232+235.

[5] 董小龙. 路桥施工工程中钻孔灌注桩施工技术的应用探微[J]. 中小企业管理与科技(下旬刊), 2021, (02): 176-177.

[6] 殷向敏. 钻孔灌注桩技术在路桥施工中的应用探讨[J]. 黑龙江交通科技, 2021, 44(12): 123+126.

[7] 郑华英. 路桥施工工程中钻孔灌注桩施工技术应用研究[J]. 运输经理世界, 2021, (31): 110-112.

[8] 马文奇. 钻孔灌注桩技术在路桥施工中的应用探讨[J]. 工程建设与设计, 2021, (16): 139-140+180.