

钻孔灌注桩施工技术在路桥工程中的应用

倪正义

湖北交投建设集团有限公司 湖北 武汉 430056

【摘要】：路桥工程桩基常处于软弱夹层、卵砾石层、地下水扰动和交通荷载共同作用环境，钻孔灌注桩的成孔稳定、钢筋笼定位和水下混凝土连续灌注直接影响桥台、墩柱及通道结构的承载可靠性。本文分析钻孔灌注桩结构组成、桩型分类、路桥地层条件和适用部位，梳理护壁泥浆、成孔清孔、桩身质量监控及复杂工况参数调整的应用要点，提出以孔壁稳定、沉渣控制、导管埋深和成桩检测衔接为主线的施工控制思路。钻孔灌注桩施工技术在路桥工程中应围绕地层响应和结构受力部位配置工艺参数，使隐蔽桩身质量在施工阶段得到连续约束。

【关键词】：钻孔灌注桩；路桥工程；护壁泥浆；成孔清孔；成桩质量

DOI:10.12417/2811-0528.26.19.049

引言

路桥工程中的桥墩、桥台、匝道桥和跨线通通常把上部荷载传递到深部持力层，桩基施工质量一旦在孔壁坍塌、沉渣残留、钢筋笼偏位或混凝土离析处失控，后续承台浇筑和梁体架设很难完全修正。钻孔灌注桩可在场地受限、地层变化明显和邻近道路不中断交通的条件下完成深基础成桩，但其主要质量状态隐藏在孔内泥浆、导管和混凝土上升过程之中。施工技术应用要把结构部位、地层扰动、水文条件和检测反馈纳入同一成桩控制链。

1 钻孔灌注桩与路桥施工技术综述

1.1 钻孔灌注桩结构组成与桩型分类

钻孔灌注桩由桩身混凝土、纵向主筋、箍筋或加强箍、桩端持力层和桩顶承台连接区共同承担竖向荷载与水平作用，孔壁成型质量决定混凝土外轮廓，钢筋笼位置决定受力骨架与保护层连续性。路桥场景中的桩型可按成孔设备分为旋挖成孔、冲击成孔和回转钻进成孔，也可按受力状态区分端承桩、摩擦桩及端承摩擦复合桩^[1]。桥墩基础多关注桩端进入中风化岩层或密实卵石层后的端阻发挥，桥台和软土地段则更依赖桩侧摩擦与沉降协调；桩径、桩长和入岩深度应随结构荷载、地层厚度和施工空间共同确定，不能把同一设备参数直接套用于所有桥位。

1.2 路桥桩基地层条件与施工分类

路桥桩基常穿越填土、粉质黏土、砂层、卵砾石层、强风化岩和局部破碎带，地层颗粒级配、渗透性和地下水压力会改变孔壁稳定方式。黏性土中钻孔速度过快容易形成缩径和孔底扰动，砂层及卵石层更容易出现漏浆、坍孔和钻具跳动，岩层界面处则要防止孔斜积累^[2]。施工分类应从地层响应出发选择泥浆护壁、套管护壁或两者组合；邻近既有道路、管线和河道

时，还要把振动、泥浆外溢和弃渣运输纳入组织安排。地层条件与施工类别对应清楚后，成孔、清孔、钢筋笼安装和灌注工序才具备可检查的控制对象。

1.3 钻孔灌注桩与路桥结构的应用部位

钻孔灌注桩在路桥结构中主要布置于桥墩、桥台、盖梁承台、互通匝道桥、跨河桥和软基处理过渡段，应用部位不同，桩基承担的荷载路径和施工限制也不同。主桥墩桩基受轴力和水流冲刷共同影响，要求桩端嵌固和桩身完整性更稳定；桥台桩基靠近路堤填筑区，需控制台后沉降差和水平土压力；跨线桥或城市路桥常处在交通导改空间内，设备站位、泥浆池布置和混凝土运输窗口受到限制。钻孔灌注桩与路桥结构之间的适配关系，应落实到部位、荷载、地层和施工界面的组合判断，而不是简单把桩基视为独立地下构件。

2 钻孔灌注桩施工技术在路桥中的应用

2.1 护壁泥浆材料的选择与配比控制

护壁泥浆承担悬浮钻渣、平衡地下水压力和保护孔壁的作用，材料选择应围绕地层渗透性、孔深、钻进速度和清孔要求展开。浇筑水下混凝土前，孔底 500mm 以内泥浆比重宜小于 1.25，黏度不宜大于 28s，清孔后超长直径桩泥浆相对密度可控制在 1.10~1.15，黏度控制在 18~20Pa·s，失水量不大于 15mL/30min，pH 值保持 8~10^[3]。膨润土泥浆适用于砂层、粉土层和局部卵砾石夹层，黏度不足时孔壁滤失加快，黏度过高又会降低沉渣置换效率；聚合物泥浆在场地狭窄和环保排放要求较高的路桥施工中便于循环处理，但对拌制水质、剪切时间和现场补浆纪律更敏感。

2.2 成孔清孔工艺流程与现场操作要点

成孔工艺从测量放样、护筒埋设、钻机就位、分层钻进到终孔验收连续推进，任何一个环节的偏差都会在孔深增加后放

大。护筒中心应与桩位控制点吻合，钻机底座要避开松软回填和临边扰动区，钻进过程中通过钻杆垂直度、进尺阻力和返浆状态判断孔壁变化^[4]。清孔不是终孔后的简单抽渣，路桥桩基应在一次清孔后复核孔深、孔径和沉渣状态，钢筋笼下放与导管安装完成后还要进行二次清孔。孔底沉渣、泥浆含砂量和导管密封状态同时满足灌注条件，水下混凝土才能在首盘封底后形成连续上升面。成孔、清孔和导管灌注的孔内控制关系见图1。

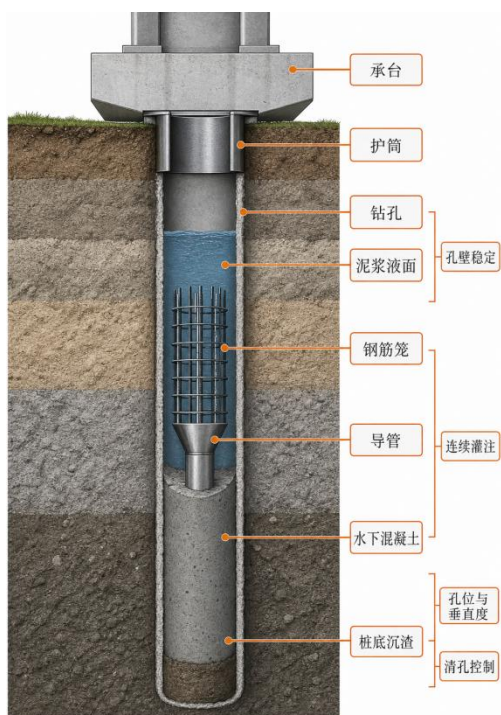


图1 路桥钻孔灌注桩成孔与灌注控制示意

图1中，泥浆液面与孔壁稳定标注直接对应孔壁保护位置，钢筋笼和导管位于孔内中心线附近，水下混凝土由导管下端向上置换泥浆。孔位与垂直度控制落在桩孔下部边界，清孔控制落在桩底沉渣区，说明成孔偏差和沉渣残留会共同影响后续连续灌注质量。

参考文献:

- [1] 戴福建. 钻孔灌注桩施工技术在路桥工程中的应用研究[J]. 运输经理世界, 2026, (6): 105-107.
- [2] 蔡成才. 钻孔灌注桩施工技术在路桥工程中的应用[J]. 汽车画刊, 2025, (9): 134-136.
- [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] 余小东. 钻孔灌注桩施工技术在路桥工程项目中的应用研究[J]. 科技资讯, 2025, 23(14): 113-115.

2.3 桩身成型质量监控与承载评估

桩身质量监控应覆盖成孔偏差、钢筋笼安装、导管埋深、混凝土连续供应和灌注面上升速度。钢筋笼分节吊装时，接头位置、声测管固定和保护层垫块会影响后续检测可靠性；导管初始埋深不足容易造成夹泥，埋深过大又会增加拔管阻力并扰动混凝土流动。灌注记录要把每车混凝土到场时间、坍落度、方量和导管提升长度对应起来，异常停顿后重点核查导管内外压差和孔内泥浆返出状态。成桩后可通过低应变、声波透射或钻芯取样评估桩身完整性，检测结论应回到承台施工前的补强、复检或设计沟通动作。

2.4 复杂路桥工况适配与施工参数调整

复杂路桥工况中的钻孔灌注桩施工更依赖参数调整而非单一工法复制。跨河桥位存在水位涨落和软弱覆盖层时，护筒埋深、泥浆液面和循环池容量要提前匹配；卵石层和孤石发育区可采用冲击成孔与旋挖取芯配合，减少钻头偏摆和孔壁扰动；邻近既有道路或运营桥梁时，施工平台承载、泥浆运输路线和夜间混凝土供应窗口需要同步组织。参数调整还应服务成桩质量，例如放慢岩土交界面进尺、提高二次清孔检查密度、控制钢筋笼下放速度和保持导管连续埋置，使路桥工程中受空间、交通和水文限制的桩基施工仍能形成稳定桩身。

3 结语

钻孔灌注桩施工技术在路桥工程中的应用，核心在于把桩基结构受力、地层响应和现场工序控制统一到成桩质量管理中。路桥桩基不只要求钻孔达到设计深度，还要求孔壁稳定、孔底清洁、钢筋笼定位准确和混凝土连续置换相互配合；护壁泥浆、成孔清孔、导管灌注和成桩检测之间存在前后制约。施工组织应按桥墩、桥台、跨河、跨线和软基过渡段的差异调整参数，遇到砂层、卵石层、破碎带或邻近运营交通等复杂条件时，改变护筒、泥浆、钻进和灌注控制方式，使桩身完整和承载传递保持稳定。