

反循环钻成孔技术在公路桩基施工中的应用研究

秘玉童

(大城县交通运输局公路管理站,河北省廊坊市 065900)

摘要 反循环钻成孔技术作为一种高效、低扰动的钻孔工艺,凭借其独特的泥浆循环机制与排渣优势,在复杂地质条件下的道路施工中展现出显著适应性。本文从施工准备、钻机就位与调试、分阶段钻进、终孔与验孔、反循环清孔、钢筋笼安装、混凝土灌注等方面对公路桩基反循环钻成孔施工关键技术进行了总结和分析,为提高公路桩基的施工质量奠定了理论基础。

关键词 桩基;反循环钻成孔;施工

中图分类号:U443.15 文献标识码:B
文章编号:1008-0899(2026)06-0065-02

随着我国公路交通网络的快速扩张,尤其是西部山区、丘陵地带高等级公路的建设,桥梁桩基需穿越复杂地质条件,对成孔工艺的可靠性、效率及适应性提出了更高要求。传统正循环钻成孔技术存在排渣效率低、孔壁易坍塌、泥浆污染严重等问题,尤其在砂层、卵石层中,钻渣上返速度不足,易造成重复破碎,导致成孔速度慢、成本高。反循环钻成孔技术通过将泥浆泵或砂石泵连接于钻杆底部,利用负压原理使钻渣从孔底经钻杆内腔高速返出,显著提升了排渣效率与成孔质量^[1],对公路桩基施工中反循环钻成孔技术进行总结和分析具有重要的意义。

1 施工准备

施工准备阶段首先开展场地平整,彻底清除地表耕植土、障碍物及承载力较低的松软土层,利用机械整平形成坡度不大于5°的作业场地,为钻机就位及后续工序提供稳定可靠的作业基础。桩位放样与复核环节采用全站仪或GNSS定位系统进行精准布设,平面位置偏差严格控制在5cm以内,并在正交方向设置4个护桩作为施工校核依据,通过定期检测比对,从源头避免桩孔出现偏位问题。泥浆制备根据地质勘察资料实时调整性能参数,黏土层采

用原土造浆,膨润土掺量控制在3%~5%;砂层与岩层区段通过掺入羧甲基纤维素钠或聚丙烯酰胺提高泥浆黏度,将pH值调节至8~10,增强泥浆胶结与护壁效果,使其有效悬浮钻渣并平衡孔壁侧压力^[2]。护筒埋设选用壁厚8~12mm的Q235钢制护筒,借助20t汽车吊配合十字线定位法精准安放至设计位置,护筒四周分层回填黏土并使用打夯机夯实,压实度不低于90%,埋深穿透松散层进入稳定土层,顶面高出地面0.3~0.5m,防止孔口坍塌与地表水渗入,形成完善的孔口防护结构。

2 钻机就位与调试

在反循环钻成孔技术的钻孔施工阶段,钻机就位与调试是确保成孔垂直度、稳定性的关键前置环节^[3]。施工前,首先对钻机底座进行水平校准与稳固性检查,采用水平仪测量底座平面,误差需控制在2mm以内;通过调整液压支腿或垫设钢板,确保底座无倾斜、无晃动,以承受钻进过程中的扭矩与振动荷载。随后进行桩位复核,使用全站仪或钢尺对钻杆中心与桩位中心进行双重校验,偏差需严格控制在3mm以内,避免因定位误差导致桩孔偏移。完成定位后,启动泥浆泵进行预循环调试,开启泥浆泵3~5min,观察泥浆管路是否畅通、泵压是否稳定,通常控制在0.5~1.0MPa,同时检查孔内泥浆面高度是否满足要求,确保泥浆能有效润滑钻头、平衡孔壁压力^[4]。此外,还需测试钻机操作系统的灵敏性与准确性,通过空载试运转验证各部件协同工作的可靠性。这一系列操作通过“定位-校准-调试”的闭环控制,为后续钻进作业的高效、精准开展提

作者简介:秘玉童(1986~),男,河北大城人,大专在读,助理工程师,研究方向:路桥施工及养护。

供了设备与环境保障。

3 分阶段钻进

在黏土层与粉砂层,因土体软塑性强、易切削,采用30~50r/min的低转速、0.5~1m/h的慢进尺的“温和钻进”模式,依靠钻头旋转切削土体,泥浆携渣效率可满足需求,无需频繁提钻;进入砂层或卵石层时,因颗粒松散、易坍塌且摩阻力大,需提高转速到50~80r/min,以增强钻头切削力,同时减小进尺避免钻渣堆积,并增大泥浆泵量提升排渣速度,防止塌孔或重复破碎。若遇硬岩层,则切换为牙轮钻头,采用80~120r/min的高转速配合液压锤冲击—回转复合钻进,通过机械破碎与冲击荷载协同作用突破岩层,进尺严格控制在0.2~0.3m/h以减少钻头磨损。此外,各阶段均需同步监测泥浆性能与孔壁状态,若遇塌孔征兆,应立即回填黏土并静置24h,待孔壁稳定后再低速重新钻进。这种“分层施策、参数适配”的钻进模式,既保障了不同地质条件下的成孔效率,又有效控制了孔壁失稳风险,是反循环技术适应复杂地层的关键技术支撑。

4 终孔与验孔

反循环钻成孔的终孔与验孔,是成孔质量控制的关键工序,直接影响钢筋笼安装与混凝土灌注质量。终孔用测绳复核孔深,误差小于5cm,嵌岩桩需满足入岩深度要求。验孔采用孔径检测、超声波测垂直度等联合手段,重点桩位辅以孔内电视成像核查,经系统验证确保成孔符合设计及规范要求。

5 反循环清孔

反循环清孔是钻孔灌注桩成孔后关键的工序环节,其核心是利用反循环排渣的高效性清除孔底沉渣,保障桩端持力层有效性与混凝土灌注质量。具体操作中,终孔后将钻头提升至距孔底0.5m处,启动泥浆泵或砂石泵,通过钻杆内腔形成高速负压水流,上返速度2~3m/s,将孔底沉渣与泥浆混合物持续吸出;若沉渣过厚,则辅以“抽浆法”强化清孔效果。清孔过程需动态监测泥浆指标,直至孔底沉渣厚度满足设计要求,摩擦桩小于20cm,端承桩小于5cm、泥浆密度小于1.15g/cm³且含砂率小于2%,确保后续混凝土灌注时桩底无夹泥、虚土,全面提升桩基承载力与耐久性。

6 钢筋笼安装

反循环钻成孔技术中的钢筋笼安装是连接桩

身与承重结构的关键工序,直接影响桩基的整体性与受力性能。施工中,钢筋笼采用分节预制,单节长度≤12m,通过20t汽车吊分节吊装至孔口;吊装过程中严格控制垂直度,偏差小于0.5%,避免因倾斜导致孔壁刮蹭或钢筋笼变形。钢筋笼定位时,通过顶部吊筋与护筒固定,确保其平面位置偏差小于5cm;保护层厚度通过均匀分布的定位钢筋精准控制,严禁采用钢筋头直接焊接固定以防损伤孔壁。安装全程禁止强行下放,遇阻碍时需暂停并核查孔位偏差,确保钢筋笼与桩孔同轴。

7 混凝土灌注

反循环钻成孔技术中的混凝土灌注是桩基成型的最终关键工序,直接影响桩身完整性与承载力。灌注前需检查导管密封性,确保底口距孔底0.3~0.5m;首批混凝土需满足“封底”要求,采用大料斗快速灌注以隔绝泥浆。灌注过程中保持连续作业,导管理深严格控制在2~6m,通过测绳实时监测混凝土面高度,动态调整提升速度,避免导管拔空或埋管;混凝土坍落度控制在180~220mm,确保流动性与和易性。当混凝土面接近护筒底时,适当加快浇筑速度并提升导管,确保桩顶超灌高度大于0.5m。全程禁止中断供料,若遇堵管需快速拔插导管或二次清孔处理,最终形成连续、密实的桩身混凝土,保障桩基整体受力性能。

8 结语

反循环钻成孔技术通过高效的内排渣机制,在公路桩基施工中展现出成孔效率高、孔壁稳定性好、混凝土质量可靠等优势,尤其适用于砂层、卵石层等复杂地质条件。未来,反循环钻成孔技术的发展方向可聚焦于基于AI的钻进参数自适应调节智能化控制和环保型泥浆的研究,进一步提高复杂地质条件下的适应性。

参考文献

- [1] 龚鸣.桥梁桩基工程反循环钻成孔施工技术分析[J].运输经理世界,2022,(08):85-87.
- [2] 李双龙.公路桥梁反循环钻成孔技术分析[J].交通建设与管理,2024(6):124-126.
- [3] 张华,龚慧敏.桥梁桩基施工中反循环钻成孔技术[J].运输经理世界,2023(22):79-81.
- [4] 徐盟,张小华,张军,等.复杂地质冲击钻+反循环桩基成孔技术[J].居舍,2022(7):82-84+127.