

公路桥梁基础施工钻孔灌注桩施工技术

孙 雯

浙江交工宏途交通建设有限公司 浙江杭州 311305

摘 要: 公路桥梁钻孔灌注桩施工技术优势显著,能提高桩基承载力与抗震性能,还可提升工程建设效益。施工前需做好勘察与设计优化,明确地质水文条件;平整硬化场地、搭建临时设施;选适配钻孔设备,严控材料质量并制备合格泥浆。施工中,精准测量放线与埋设护筒,依地质采用对应钻孔工艺,做好清孔与钢筋笼安装,规范混凝土灌注。未来,该技术将向智能化施工与新型工艺材料创新方向发展。

关键词: 公路桥梁;基础施工;钻孔灌注桩施工

公路桥梁是交通网络的关键组成,对区域经济发展与出行便利意义重大,而基础工程作为桥梁承重核心,直接决定其稳定性与耐久性。钻孔灌注桩因适应性强、承载力高、对周边环境影响小,成为公路桥梁基础的主流形式。当前,行业面临复杂地质条件、技术迭代加速与质量标准提升等挑战,传统施工模式已难满足需求。本文围绕钻孔灌注桩施工技术展开研究,梳理前期准备、核心工序要点,分析质量控制与常见问题对策,为提升工程质量、推动技术应用提供参考。

1 公路桥梁桩基础钻孔灌注桩施工技术应用优势

1.1 提高桩基承载力

钻孔灌注桩能显著提高公路桥梁桩基的承载力,满足桥梁对竖向承重与水平抗拔的核心需求。其桩体可深入地下稳定岩层或密实土层,通过增大桩身与周边土体的接触面积,充分利用地层的侧摩阻力与桩端阻力,形成更强的承重体系。施工过程中,通过精准控制桩径、桩长与混凝土灌注质量,可确保桩体结构完整、强度达标,避免因桩身缺陷导致的承载力损耗。

同时,钻孔灌注桩可根据地质条件灵活调整设计参数,例如在软土地基中通过加长桩长穿越软弱层,在岩层地基中优化桩端嵌入深度,进一步提升桩基对上部结构荷载的承载能力,有效应对公路桥梁长期承受的车辆荷载、行人荷载及自然荷载,保障桥梁基础的稳定性与耐久性,减少因承载力不足引发的基础沉降、结构变形等问题。

1.2 提高抗震性能

在地震多发区域,钻孔灌注桩能为公路桥梁提供更优的抗震性能,降低地震对桥梁结构的破坏风险。其深埋地下

的桩体可与地层形成牢固连接,通过桩身的柔韧性与刚度合理分配地震荷载,减少地震能量向上部结构的传递。相较于浅基础形式,钻孔灌注桩的桩身长度更长,能将地震作用下的水平力分散至更深层的稳定地层,降低基础发生水平位移或倾覆的可能性。

而且桩身混凝土与钢筋笼的协同作用,可增强桩体的抗剪、抗弯能力,在地震引发地层振动时,有效抵抗桩身开裂或断裂。钻孔灌注桩施工对周边地层扰动较小,能保持地基土的原有结构稳定性,避免因施工导致地基抗剪强度下降,进一步提升桥梁基础在地震工况下的整体抗震性能,保障地震发生时桥梁的通行安全与结构完整性。

1.3 提高工程的建设效益

钻孔灌注桩施工技术能从施工效率、成本控制与环境适应性三方面,显著提高公路桥梁工程的建设效益。在施工效率上,其钻孔设备可根据地质条件灵活选择,且施工流程相对成熟,单桩施工周期较短,尤其在大规模桩基施工中,可通过多机组并行作业缩短整体工期,减少因工期延误带来的额外成本。成本控制方面,钻孔灌注桩无需大规模开挖基坑,可节省基坑支护、土方开挖与回填的费用。同时,桩体材料利用率高,减少材料浪费,降低工程建设成本。

在环境适应性上,该技术对周边环境扰动小,无需破坏地表植被或占用过多施工空间,尤其在城市道路、河道周边等敏感区域施工时,能减少对交通通行、居民生活及生态环境的影响,降低环境协调成本。加上钻孔灌注桩的耐久性强,可减少后期维护维修费用,从全生命周期角度进一步提升工程的经济效益与社会效益。

2 公路桥梁基础施工钻孔灌注桩施工前期准备工作

2.1 施工前期勘察与设计优化

施工前期勘察是钻孔灌注桩施工的基础,需全面掌握场地地质与水文条件。通过钻探取样明确土层分布,测定各土层的承载力、压缩性等力学参数,同时探明地下水位埋深、水流速度及水质情况,判断是否存在孤石、溶洞等特殊地质。水文条件分析需重点评估降水难度,为后续制定轻型井点或管井降水方案提供依据。设计优化阶段需结合勘察数据审核图纸,若发现桩位与地下管线冲突、桩长未触及稳定土层等问题,及时调整桩位布置与桩长参数;对复杂地质区域,可优化桩径设计或增设护筒加固措施,确保设计方案适配现场实际,避免因勘察不足或设计不合理导致施工返工。

2.2 施工场地准备

施工场地准备需为钻孔灌注桩施工创造安全、高效的作业环境。首先进行场地平整,清除地表植被、建筑垃圾,对松软场地采用碎石垫层回填并碾压密实,确保满足钻孔设备的承重要求。接着规划临时设施,按施工流程划分泥浆池、沉淀池区域,设置钢筋加工区、材料堆放区并做好防雨防潮处理。同时修建施工便道,宽度不小于4m且采用硬化处理,保障设备与材料运输通畅,并搭建排水系统,在场地周边开挖排水沟,防止雨水或泥浆漫流影响施工,此外还需设置安全警示标识,划分危险作业区域,保障施工安全。

2.3 设备与材料准备

设备与材料准备需严格把控质量与适配性,确保施工顺利推进。设备选型需结合地质条件:软土地层优先选用旋挖钻,岩层地层选择冲击钻,同时配套泥浆泵、电焊机、吊车等设备,进场前需检查设备性能,如泥浆泵的流量与压力、钻机的钻进扭矩是否达标,必要时进行试运转。材料方面,钢筋需查验规格、力学性能报告,水泥选用强度等级不低于42.5级的普通硅酸盐水泥,砂石需检测级配与含泥量。泥浆制备需根据地质确定配比,选用优质膨润土、纯碱等原料,提前调试泥浆性能,确保满足护壁与排渣需求,所有材料与设备需经检验合格后方可投入使用^[1]。

3 公路桥梁基础施工钻孔灌注桩施工技术要点

3.1 桩位测量放线与护筒埋设

桩位测量放线是保障钻孔精度的首要环节,需严格遵循测量规范执行。施工前需依据设计图纸与现场控制网,采用全站仪进行桩位精准定位,在桩中心位置打入定位桩,并

在周边设置护桩形成控制矩形,护桩需远离施工区域且牢固埋设,防止后续作业碰撞移位。测量完成后需进行复核,避免因定位不准导致桩基偏离设计位置。

护筒埋设需兼顾固定桩位与保护孔壁的双重作用,通常选用钢护筒,其内径需大于桩径以预留钻孔作业空间。埋设前先按桩位开挖圆形基坑,深度根据地质条件确定,确保护筒底部嵌入稳定土层。埋设时需调整护筒垂直度,采用吊线法检查,随后分层回填黏土并分层夯实,回填土需与护筒壁紧密贴合,防止钻孔过程中泥浆渗漏或护筒偏移。护筒顶部需高出地面,同时做好标记,为后续钻孔深度测量提供基准,保障钻孔作业有序开展。

3.2 钻孔施工技术

钻孔施工需根据场地地质条件选择适配工艺,确保孔壁稳定与钻孔质量。软土地层或砂土层中优先采用旋挖钻施工,钻进时需控制钻进速度,避免因钻进过快导致孔壁坍塌;同时保持孔内水位高于地下水位,利用泥浆护壁作用增强孔壁稳定性,定期检测泥浆性能并及时调整^[2]。

岩层地层则需选用冲击钻,通过冲击锤破碎岩层,冲程设定需结合岩层硬度调整,避免冲程过大导致孔壁破损或钻头损坏。钻进过程中需定期检查钻孔垂直度,若发现偏斜需及时纠正,轻微偏斜可通过调整钻机位置、慢速扫孔修正,严重偏斜则需回填黏土至偏斜位置以上,重新钻孔。钻孔至设计深度后,需检测孔深确保符合设计桩长要求,同时检查孔径,保证孔径符合设计要求,避免出现缩颈现象,为后续清孔与钢筋笼安装奠定基础。

3.3 清孔与钢筋笼制作安装

清孔需分两次进行,确保桩底沉渣厚度符合规范要求。第一次清孔在钻孔至设计深度后开展,可采用换浆法或抽浆法:换浆法通过注入新泥浆置换孔内含渣泥浆;抽浆法则利用抽浆泵直接抽取孔底沉渣,适用于沉渣量较大的情况,清孔过程中需保持孔内水位稳定,防止孔壁坍塌。

钢筋笼制作需严格按照设计图纸加工,钢筋下料前需进行调直、除锈处理,主筋与箍筋连接优先采用双面搭接焊,焊接质量需符合要求,避免出现夹渣、咬边等缺陷。钢筋笼制作完成后需检查尺寸,同时在钢筋笼外侧设置混凝土保护层垫块,确保钢筋笼居中,保护层厚度满足设计要求。

钢筋笼安装采用吊车分段吊装,起吊时需设置吊点防止钢筋笼变形,吊装过程中缓慢下放,避免碰撞孔壁。分段

钢筋笼连接时,需对齐主筋并焊接牢固,焊接完成后检查垂直度,确保钢筋笼轴线与桩孔轴线一致。安装至设计标高后,采用型钢将钢筋笼固定在护筒上,防止混凝土灌注过程中钢筋笼上浮,影响桩体结构质量。

3.4 混凝土灌注施工

混凝土灌注前需做好导管准备工作,导管选用无缝钢管,配备短管便于调整长度。导管连接前需进行密封性试验,确保接口无渗漏;同时计算导管总长度,确保导管底部与孔底保持合理距离,为初灌混凝土预留足够空间^[3]。

混凝土需选用商品混凝土,强度等级符合设计要求,灌注前需检测混凝土和易性,避免因和易性差导致堵管。初灌时需确保初灌量充足,通过漏斗与隔水栓快速灌注,防止导管内进水形成断桩。初灌完成后,需测量混凝土面高度,确认导管埋深符合要求后,继续连续灌注,灌注过程中严禁中断,同时专人负责测量混凝土面高度,及时调整导管埋深,确保埋深始终处于合理范围,避免埋深不当引发质量问题。当混凝土灌注至接近桩顶设计标高时,需控制灌注速度,确保终灌高程高于设计桩顶,预留后续凿除浮浆的高度。灌注完成后,及时拔出导管,清理设备与场地,做好灌注记录,为后续质量检测提供依据。

4 钻孔灌注桩施工技术发展趋势

4.1 智能化施工技术应用

随着数字技术与工程领域的深度融合,智能化已成为钻孔灌注桩施工技术的核心发展方向,显著提升施工精度与效率。在设备智能化方面,新型智能钻孔设备逐步取代传统设备,这类设备搭载自动控制系统,可实时采集钻进过程中的地质阻力、转速、扭矩等参数,结合预设算法自动调整钻进速度与力度,避免人工操作偏差导致的孔壁坍塌或钻孔偏斜。并且部分智能钻机配备视觉识别系统,能自动识别桩位标记,精准对齐钻孔位置,减少测量放线环节的人为误差。

在监测智能化层面,物联网技术的应用实现了施工全过程的实时数据监控。通过在钻孔设备、导管、钢筋笼等关键部位安装传感器,可将钻孔深度、泥浆性能、混凝土灌注速度等数据实时传输至云端管理平台,管理人员通过电脑或移动端即可远程查看施工状态,及时发现异常并下达调整指令^[4]。

数字化建模技术也为施工优化提供支持,利用 BIM 技术构建钻孔灌注桩的三维模型,可在施工前模拟钻孔、钢筋笼安装、混凝土灌注等全流程,提前发现设计与施工的冲突点,优化工序衔接方案,减少现场返工。部分项目还尝试将

数字孪生技术应用于施工管理,通过构建与现场工况实时同步的虚拟模型,实现施工进度、质量、安全的可视化管控,推动钻孔灌注桩施工向更高效、更精准的智能化模式升级。

4.2 新型工艺与材料创新

新型工艺与材料的研发应用,是推动钻孔灌注桩施工技术突破传统局限、适应复杂工程需求的重要动力。在工艺创新方面,模块化施工技术逐步得到推广,改变了传统钢筋笼现场制作的模式,通过在工厂预制钢筋笼模块,运输至现场后采用机械连接方式快速组装,不仅减少了现场焊接作业的工作量,还能保证钢筋笼的制作精度,避免现场环境对焊接质量的影响。

针对复杂地质条件的专项工艺也不断涌现,在岩溶地区施工中,传统钻孔工艺易因溶洞导致孔壁坍塌,新型填充式钻孔工艺通过在钻孔过程中实时向溶洞区域注入速凝混凝土或水泥浆,快速填充空洞并形成稳定护壁,确保钻孔顺利推进。在深厚砂层地区,部分项目尝试采用气举反循环钻孔工艺,利用压缩空气提升泥浆与渣土,提高排渣效率,减少沉渣在孔底的堆积,降低清孔难度,为钻孔灌注桩适应大跨度、高荷载桥梁工程需求提供了技术支撑^[5]。

5 结语

钻孔灌注桩作为公路桥梁基础的核心技术,其施工质量直接决定桥梁稳定性与耐久性。通过规范前期勘察、优化核心工序、强化质量检测,可有效规避塌孔、断桩等问题,保障工程效益。当前,该技术虽面临复杂地质与质量标准提升的挑战,但借助智能化监测、绿色工艺与新型材料创新,未来将实现更高效、精准的施工。推动技术升级与管理优化,对提升公路桥梁工程质量、助力交通基础设施高质量发展具有重要意义。

参考文献:

- [1] 冯杭杭. 高速公路桥梁施工中钻孔灌注桩技术研究[J]. 交通科技与管理, 2025,6(16):32-34.
- [2] 王家威. 公路桥梁基础施工钻孔灌注桩施工技术[J]. 时代汽车, 2025,(18):166-168.
- [3] 陈才刚. 新形势下高速公路桥梁施工中钻孔灌注桩技术的应用[J]. 汽车周刊, 2025,(09):100-102.
- [4] 刘莉萍. 公路桥梁工程钻孔灌注桩施工技术研析[J]. 汽车周刊, 2025,(09):246-248.
- [5] 李林传, 杨辉. 钻孔灌注桩关键技术桥梁基础施工中的应用[J]. 四川水泥, 2025,(08):211-213.