

公路桥梁基础施工钻孔灌注桩施工技术探析

李玉青

(青海第一路桥建设有限公司, 青海 西宁 810000)

摘要 本研究系统探讨了公路桥梁基础施工中的关键技术——钻孔灌注桩施工工艺。基于对多个实际桥梁工程案例的深入分析, 重点研究了施工过程中的关键质量控制要点及优化措施, 包括桩位精确定位、钻孔稳定性控制以及混凝土灌注质量保证等方面, 为公路桥梁基础施工实践提供了重要参考。研究结果表明, 通过实施科学的施工管理体系和优化的工艺流程, 可显著提升灌注桩施工的质量与效率。

关键词 公路桥梁基础; 钻孔灌注桩施工技术; 施工管理; 灌注质量

中图分类号:U445

文献标志码:A

DOI:10.3969/j.issn.2097-3365.2025.32.017

0 引言

公路桥梁作为现代交通基础设施体系中的关键组成部分, 其工程质量直接关系到整个交通网络的安全性与运营效率。在桥梁建设的各个环节中, 基础施工具有举足轻重的地位, 其稳固程度不仅决定着桥梁结构的整体稳定性, 更直接影响着工程的使用寿命。钻孔灌注桩作为一种成熟的深层基础施工工艺, 凭借其施工灵活性、地层适应性强以及承载力高等显著优势, 在各类桥梁基础工程中得到广泛应用, 特别是在处理复杂地质条件下的基础施工难题时展现出独特的技术价值。

随着我国交通基础设施建设的快速发展, 桥梁工程规模不断扩大, 技术标准日益提高, 这对钻孔灌注桩施工技术的精度控制和质量标准提出了更为严格的要求。通过持续优化施工工艺, 不仅可以显著提升桥梁基础工程的安全性、可靠性和经济性, 更能体现出现代工程技术的重要价值。然而, 在实际施工过程中, 仍面临着诸多技术挑战, 包括桩位定位精度不足、钻孔垂直度控制困难以及混凝土灌注质量控制等关键问题。系统性地解决这些技术难题, 对于全面提升桥梁工程质量具有重要的现实意义。本研究通过深入分析典型桥梁工程案例, 重点探讨钻孔灌注桩施工中的关键技术问题, 并提出切实可行的优化方案, 着重解决桩位精确定位、钻孔过程稳定性控制以及混凝土灌注质量控制等核心问题, 从而为工程顺利实施奠定坚实的基础, 确保项目整体安全高效推进。研究成果不仅能为公路桥梁基础施工提供科学的技术参考, 同时兼具理论创新与实践应用价值, 对于推动我国桥梁建设技术水平的整体提升具有积极的意义。

1 公路桥梁基础与钻孔灌注桩技术概述

1.1 公路桥梁基础的重要性

公路桥梁基础作为交通基础设施的核心组成部分, 在确保桥梁结构安全稳定方面发挥着关键作用。其设计施工质量直接决定了桥梁的承载性能和使用寿命。鉴于公路桥梁承担着繁重的交通运输任务, 需要承受持续变化的动态荷载, 因此对其基础工程的技术标准提出了更高要求。科学合理的基础结构不仅要具备抵御自然环境侵蚀的能力, 还需具备适应地基土层复杂变化的特性。优质的桥梁基础必须具备卓越的承载能力和结构稳定性, 以确保桥梁在整个设计使用周期内保持安全运营, 同时能够有效应对各类自然和人为因素带来的不利影响。

1.2 钻孔灌注桩技术的发展概况

钻孔灌注桩技术作为公路桥梁基础施工中的关键工艺, 其发展历程经历了从粗放式作业到精细化施工的显著转变。在技术发展初期, 受限于落后的施工设备和有限的技术水平, 加之管理经验不足, 导致施工效率低下且质量控制难以保证, 各类质量问题频发。随着工程建设需求的持续增长和技术条件的不断进步, 该技术通过一系列创新性突破和工艺改良, 实现了质的飞跃。当前阶段, 钻孔灌注桩施工已全面采用高性能钻机设备和智能化监控系统, 显著提升了施工精度与作业效率。计算机辅助设计(CAD)与三维仿真技术的深度应用, 使桩位放样达到毫米级精度, 同时确保了钻孔过程的稳定性, 有效降低了施工误差。在灌注工艺方面, 通过持续优化混凝土配合比和浇筑工艺, 实现了桩孔内混凝土的均匀密实填充, 彻底消除了传统施工中常见的孔洞和离析现象。尤为重要的是, 现

代质量监控体系已实现全过程实时监测，采用先进的传感技术和数据分析手段，能够及时发现并纠正施工偏差。得益于这些技术创新，钻孔灌注桩技术在公路桥梁基础工程中发挥着不可替代的作用，不仅为工程结构提供了可靠的承载力保障，更显著提升了整体工程的安全性和耐久性，为现代交通基础设施建设奠定了坚实的技术基础^[1]。

2 钻孔灌注桩施工中的关键工艺

2.1 桩位的准确定位技术

在钻孔灌注桩施工过程中，桩位精确定位是确保工程质量的关键环节，其精确度直接决定了桥梁基础的稳定性和承载性能。为确保施工过程中桩体位置的准确性和可靠性，必须采用高精度的测量设备并配合先进的施工监测系统。高精度测量设备在桩位定位中发挥着不可替代的作用，通过运用全站仪、GPS定位系统等专业仪器，不仅可以获取施工现场的精确桩位数据，还能针对施工过程中因地质条件变化或机械振动等因素导致的偏差进行及时修正。与此同时，先进的施工监测系统能够为施工过程提供实时、动态的数据支持，使工程管理人员能够全面掌握桩位状态和钻孔进度，从而及时调整施工方案，确保工程质量符合设计要求。在施工准备阶段，必须进行详尽的地质勘察工作，全面了解土层结构和地下水分布情况，并据此制定科学合理的施工方案。通过地质勘察可以预先识别潜在的地质风险，为优化桩位布置提供数据支持，有效避免因地质条件不确定性导致的桩位偏差问题。通过将先进的技术设备与前期规划有机结合，可以显著提高钻孔灌注桩施工的精确性和稳定性，为桥梁基础的长期安全性和结构可靠性提供有力保障。这种高效的桩位定位技术在公路桥梁建设中具有重要的应用价值，不仅能够提升施工质量和效率，还能有效控制工程成本，实现经济效益与工程质量的统一。

2.2 钻孔的稳定性技术

在钻孔灌注桩施工过程中，确保钻孔的稳定性具有至关重要的工程意义。钻孔稳定性不仅直接影响桩基的承载性能，更关乎工程结构的长期耐久性。施工过程中必须严格控制各项技术参数，其中最为关键的是确保孔壁结构的完整性，避免出现坍塌等质量隐患。为此，工程实践中需科学运用泥浆护壁技术，通过合理配置泥浆配比，形成有效的横向支撑体系，并维持足够的静水压力，从而确保孔壁结构的整体稳定。泥浆材料的配比选择应当基于详细的地质勘察数据，针对不同地层特性进行精确调整，以优化护壁效果并提

高工程可靠性。同时，施工过程中应采用先进的压力监测系统，实时监控泥浆压力变化，及时调整工艺参数，确保保护壁结构的持续稳定。此外，钻机操作工艺对钻孔稳定性同样具有显著影响，必须确保设备运行平稳，避免产生过大振动，从而降低对孔壁结构的不利影响。特别是在软弱地层或高水位地质条件下，需采用套管护壁等特殊工艺措施，以增强钻孔稳定性。通过采用科学的施工工艺和严格的质量控制措施，可有效提升钻孔过程的稳定性，为后续灌注作业创造良好的施工条件，最终确保工程质量与结构安全^[2]。

3 灌注质量的控制策略

3.1 灌注材料的选择与测试

在钻孔灌注桩施工过程中，灌注材料的科学选用与严格检测具有决定性作用^[3]。为确保桩体结构的力学性能与长期耐久性，必须选用符合规范要求的高品质材料。主要灌注材料包括水泥、骨料（砂石）及功能性外加剂，施工前需对其各项技术参数进行全面检测。水泥材料应满足标准规定的凝结时间、抗压强度等技术指标，现场需重点检测其活性成分含量与细度参数；骨料的粒径分布与级配直接影响混凝土的工作性能与力学特性，需通过颗粒级配分析确保其符合规范要求；外加剂的掺量及性能改善效果则需通过实验室验证。材料最终确定后，应通过标准试块试验等方法验证其实际应用效果，从而确保灌注桩工程的整体质量与结构稳定性。

3.2 实施质量监控的技巧

灌注桩施工质量监控作为桥梁基础工程的关键质量控制环节，其核心目的在于确保施工质量符合设计要求。为实现最优监控效果，需在施工全流程采用高精度监测设备与技术手段。在材料管理方面，需严格执行性能检测程序，确保灌注材料各项指标满足设计规范。钻孔施工过程中，应运用专业监测设备实时记录孔径及深度变化，有效预防地质条件变化引发的施工风险。建议采用智能化灌浆监控系统，实现混凝土均匀灌注，避免离析及孔洞等质量缺陷。通过预设监测点对灌注压力及流速等参数进行动态监测，实时调整施工参数以确保质量达标。系统实施上述科学监控方法可显著提升施工质量，有效控制质量风险及额外成本，为工程顺利竣工并投入运营提供可靠保障。

3.3 常见问题的解决方案

在钻孔灌注桩施工过程中，主要存在以下技术难点需要重点控制：首先，混凝土与泥浆混合不均导致的离析现象，可通过优化混凝土配比和调整泥浆性能

参数来改善；其次，钻孔壁稳定性问题，需加强孔壁监测并及时维护泥浆性能；再次，灌注不连续问题，应严格监控灌注过程，确保连续性施工；最后，孔底沉渣造成的灌注障碍，必须通过定期清孔作业来保证管道畅通。这些关键环节的有效控制对确保灌注桩施工质量具有决定性作用。

4 施工管理与工艺优化

4.1 施工现场管理的要点

公路桥梁基础施工的现场管理是确保工程质量和施工效率的核心要素，其重要性不容忽视。在具体实施过程中，需要从人员配置、设备维护和材料管控三个维度进行系统化管理。在人员管理方面，必须配备具有丰富实践经验的专业技术人员，这些人员不仅要精通钻孔灌注桩等关键施工技术，还需具备处理突发状况的应急能力。设备管理方面，应当建立完善的机械维护保养制度，定期对施工设备进行性能检测，确保设备运行稳定可靠，从而有效避免因机械故障导致的工期延误。在材料质量控制环节，需要严格把控原材料采购、运输及储存的全过程，确保灌注材料各项指标完全符合设计要求，为工程质量提供根本保障。此外，建立高效的信息沟通机制至关重要，通过完善的信息传递系统确保各施工环节衔接顺畅，保证整个工艺流程的顺利推进。实践证明，采用科学化、系统化的管理方法，能够显著降低施工过程中的不确定因素，有效提升施工效率，确保公路桥梁基础工程的质量和可靠性达到预期标准。

4.2 工艺流程的优化实践

在钻孔灌注桩施工过程中，优化工艺流程对提升施工效率与质量具有关键性意义。首先，在施工准备阶段需进行系统性规划，包括合理选择施工设备并精确调整各项工艺参数，以确保设备性能满足工程要求。其次，在钻孔作业环节，应持续监测设备运行状态，科学安排施工工序，最大限度减少设备闲置时间，实现资源的高效利用。在混凝土灌注阶段，必须统筹调配运输与灌注设备，保证混凝土供应的连续性和质量的稳定性。此外，建议采用智能化监测系统实时采集施工数据，通过数据分析及时识别潜在问题并采取相应措施，从而有效规避施工风险。这种全过程的精细化管理不仅能显著提升桩基工程的整体质量，还能确保施工进度，为工程顺利竣工提供可靠保障^[4]。

4.3 先进施工设备与技术的应用

随着公路桥梁建设技术的持续革新，钻孔灌注桩施工工艺已取得显著突破，其关键性技术应用主要体现

在以下几个方面：首先，采用高精度卫星定位系统可实现桩位坐标的精准定位，配合智能化全自动钻孔设备，不仅确保了成孔过程的稳定性，同时大幅提升了施工效率并有效降低了工程成本。其次，高性能混凝土灌注系统的应用，通过精确控制配合比和灌注参数，显著提高了混凝土的均匀性和密实度，从而有效规避了传统施工中常见的质量缺陷。尤为重要的是，基于物联网技术的实时监测系统能够对施工全过程进行动态监控，为工程管理人员提供精准的数据支持，便于及时优化施工参数，确保工程质量始终处于受控状态。这些先进技术与设备的综合应用，不仅使钻孔灌注桩的施工质量与效率得到质的飞跃，更推动了公路桥梁建设向现代化、智能化方向发展，在保障工程进度与施工安全的同时，也为作业人员创造了更为安全可靠的工作环境^[5]。

5 结束语

本研究系统探讨了公路桥梁基础施工中的关键技术——钻孔灌注桩施工工艺。基于对多个典型桥梁工程案例的深入剖析，重点研究了桩位精准控制、钻孔稳定性保障以及混凝土灌注质量控制等核心问题，并提出了相应的工艺优化方案。研究结果表明，通过实施科学的施工管理体系和优化后的工艺流程，可显著提升钻孔灌注桩的施工效率与工程质量。然而，当前研究在实践应用中仍面临诸多技术难题，特别是在复杂地质条件和极端气候环境下如何确保施工工艺的稳定性等方面存在明显不足。未来研究应重点关注异常气候条件与复杂地质环境下施工技术的适用性评估，同时深入探讨 BIM 建筑信息模型和人工智能等现代信息技术在施工管理与控制流程优化中的应用。跨学科协作将成为推动行业技术创新的关键驱动力。通过持续优化施工工艺与提升管理水平，公路桥梁基础施工的工程质量与作业效率将实现显著提升，从而为基础设施建设与维护工作提供更有力的技术支撑。

参考文献：

- [1] 吴六轩.公路桥梁钻孔灌注桩施工技术[J].交通科技与管理,2021(30):81-82.
- [2] 史立恒.公路桥梁桩基础钻孔灌注桩施工技术[J].交通世界,2022(Z1):57-58.
- [3] 谭春腾.公路桥梁钻孔灌注桩施工技术分析[J].江西建材,2021(03):156-157.
- [4] 吴兴华.公路桥梁施工中钻孔灌注桩施工技术[J].交通世界,2022(18):44-46.
- [5] 周田养.浅析公路桥梁钻孔灌注桩施工技术[J].市场周刊(理论版),2020(84):230.