

钻孔灌注桩工艺在道桥工程中的应用研究

许鹏

浙江交工宏途交通建设有限公司, 浙江杭州, 311300;

摘要: 钻孔灌注桩工艺凭借承载力强、适应复杂地质等特性, 在道桥工程基础施工中应用广泛。本文围绕该工艺的技术特点、施工流程、质量控制、常见问题及优化方向展开研究, 剖析其在道桥工程中的应用要点, 为提升施工质量与效率提供参考, 以推动道桥工程基础施工技术的进步, 保障道桥结构的安全稳定。

关键词: 钻孔灌注桩; 道桥工程; 工艺应用; 质量控制; 优化方向

DOI: 10. 64216/3080-1508. 25. 06. 005

引言

道桥工程作为交通基础设施的核心, 其基础结构的可靠性是保障通行安全与工程寿命的关键。钻孔灌注桩工艺因能在软土、砂土、岩层等多样地质条件下形成坚固基础, 成为道桥工程中常用的基础形式。随着交通建设的快速发展, 道桥工程对基础施工的精度、效率和耐久性要求不断提高, 钻孔灌注桩工艺在应用中也面临着地质复杂带来的施工难题、质量把控难度大等挑战。深入研究该工艺在道桥工程中的应用, 对解决实际施工问题、提升工程建设水平具有重要意义。

1 钻孔灌注桩工艺的技术特点与优势

1.1 适应复杂地质条件的结构特性

钻孔灌注桩工艺在适应复杂地质条件方面展现出显著的结构特性。对于软土地层, 其通过泥浆护壁成孔, 能有效防止塌孔, 桩体嵌入深层硬土层后可借助周边土体的摩擦力和端承力提升承载能力; 在砂卵石地层, 采用合适的钻头和泥浆配比, 可减少钻进过程中的塌孔和漏浆问题, 保证成孔质量; 遇到岩层时, 通过冲击钻或旋挖钻配合专业破岩工具, 能顺利穿透岩层形成桩体。这种对不同地质条件的良好适应性, 使得钻孔灌注桩在山区、河谷、滨海等多样地形的道桥工程中均能发挥作用, 无需大规模换填或处理地基, 简化了施工流程。

1.2 高承载力与结构稳定性的工程优势

钻孔灌注桩具有高承载力与结构稳定性的显著工程优势。其桩体直径通常在 0.6-2.5 米之间, 长度可达数十米, 能通过增大桩身截面和入土深度, 提供强大的竖向承载力, 满足道桥结构对基础的荷载要求。在水平承载力方面, 桩体与周边土体的紧密结合可有效抵抗水平推力, 尤其适用于桥梁墩台等需承受侧向力的结构。此外, 钻孔灌注桩多为群桩基础, 通过桩顶承台连接形成整体受力体系, 能分散上部结构荷载, 减少不均匀沉

降, 保障道桥结构在长期使用中的稳定性, 降低因基础变形引发的路面开裂、桥梁位移等问题。

1.3 施工过程对周边环境的低干扰性

钻孔灌注桩工艺在施工过程中对周边环境具有低干扰性。与明挖基础施工相比, 其无需大面积开挖地表, 仅通过钻孔机械形成桩孔, 减少了对地表植被和既有设施的破坏^[1]。在城市道桥工程中, 施工时产生的噪音和振动较小, 采用泥浆循环系统可将施工废水和渣土集中处理, 降低对周边水体和土壤的污染。对于邻近既有建筑物或地下管线的工程, 钻孔灌注桩施工能有效控制地层扰动, 避免因开挖导致的周边结构沉降或变形, 从而减少施工对周边居民生活和交通通行的影响, 符合现代工程建设中绿色施工的要求。

2 钻孔灌注桩在道桥工程中的施工应用流程

2.1 前期场地勘察与施工方案设计

前期场地勘察与施工方案设计是钻孔灌注桩施工的基础环节。场地勘察需通过地质钻探、物探等手段, 明确地层分布、土壤性质、地下水位、有无障碍物等情况, 为桩长、桩径的确定及成孔方式的选择提供依据。根据勘察结果, 施工方案设计需涵盖桩位布置、钻孔机械选型、泥浆参数设定、钢筋笼制作标准、混凝土强度等级等内容。同时, 还需制定施工进度计划、安全防护措施及应急预案, 考虑施工对周边环境的影响。方案设计完成后, 需进行技术交底, 确保施工人员明确各环节要求, 为后续施工的顺利开展奠定基础。

2.2 成孔与护壁的关键施工环节

成孔与护壁是钻孔灌注桩施工的关键环节。成孔时根据地质条件选择合适的钻孔机械, 如在软土层采用旋挖钻, 在岩层采用冲击钻^[2]。钻进过程中需控制钻进速度, 避免因速度过快引发塌孔, 同时通过泥浆护壁, 利

用泥浆的静压力平衡地层压力,防止孔壁坍塌。泥浆的比重、黏度等参数需根据地质情况实时调整,在砂层中需提高泥浆比重以增强护壁效果。成孔后需对孔深、孔径、垂直度进行检测,确保符合设计要求。清孔作业必不可少,通过换浆或抽浆法清除孔底沉渣,减少沉渣对桩体承载力的影响,为后续钢筋笼安装和混凝土浇筑创造条件。

2.3 钢筋笼制作安装与混凝土浇筑工艺

钢筋笼制作安装与混凝土浇筑工艺直接影响桩体质量。钢筋笼按设计图纸在工厂或现场加工,采用钢筋绑扎或焊接成型,保证钢筋间距、搭接长度符合规范,设置加劲箍增强钢筋笼刚度,防止吊装时变形。安装时通过吊车将钢筋笼缓慢放入孔内,对准桩位中心,确保垂直度,钢筋笼顶部固定在孔口,防止浇筑过程中上浮或偏位。混凝土浇筑采用导管法,导管需进行水密性试验,安装时底部距孔底保持适当距离。混凝土强度等级需符合设计要求,坍落度控制在合理范围,浇筑过程中连续作业,避免中断导致断桩,同时控制导管埋深,通过提升导管使混凝土均匀填充孔体,直至浇筑至设计标高,保证桩体完整性。

3 道桥工程中钻孔灌注桩的质量控制要点

3.1 成孔质量的参数监测与标准把控

成孔质量直接影响钻孔灌注桩的承载能力和稳定性。施工过程中需对孔径、孔深、垂直度等参数进行实时监测。例如,孔径应控制在设计值的 $\pm 50\text{mm}$ 范围内,垂直度偏差不应超过 0.5% 。此外,还需对泥浆性能进行定期检测,确保其符合标准要求。成孔质量的参数监测是钻孔灌注桩施工质量控制的重要环节。通过实时监测孔径、孔深、垂直度等参数,可以及时发现和处理成孔过程中的质量问题^[3]。例如,孔径的监测可以通过测量钻头直径和钻杆长度来实现,孔深的监测可以通过测量钻杆长度和钻头位置来实现,垂直度的监测可以通过测量钻杆的垂直度来实现。泥浆性能的检测是成孔质量控制的重要内容。泥浆的比重、粘度、含砂量等性能指标直接影响泥浆的护壁能力和携渣能力。在施工过程中,需定期对泥浆性能进行检测,根据检测结果及时调整泥浆的配比和性能。

3.2 混凝土材料性能与浇筑过程管控

混凝土的性能是影响钻孔灌注桩质量的重要因素。施工前需对混凝土的强度、耐久性等性能进行检测。浇筑过程中,需严格控制混凝土的坍落度、和易性等参数。

例如,混凝土的坍落度应控制在 $18\sim 22\text{cm}$,浇筑速度应均匀,避免出现离析现象。混凝土材料性能的检测是钻孔灌注桩施工质量控制的重要环节。在施工前,需对混凝土的原材料质量进行检测,确保原材料符合国家标准。混凝土的配合比应根据设计要求和实际施工条件进行优化,确保混凝土的强度、耐久性等性能符合工程要求。混凝土的坍落度是影响混凝土浇筑质量的重要参数。在浇筑过程中,需严格控制混凝土的坍落度,确保混凝土的和易性和流动性。

3.3 桩身完整性检测与质量验收标准

桩身完整性检测是确保钻孔灌注桩质量的关键环节。常用的检测方法包括超声波检测、低应变检测等。检测结果需符合国家和行业标准。例如,桩身完整性应达到Ⅰ类或Ⅱ类标准,不得出现断桩、夹泥等现象。桩身完整性检测是钻孔灌注桩施工质量验收的重要环节。通过超声波检测、低应变检测等方法,可以对桩身的完整性进行检测。检测结果需符合国家和行业标准,确保桩身的结构完整性和承载能力。在质量验收过程中,需严格按照相关标准和规范进行操作,确保验收结果的准确性和可靠性。

4 钻孔灌注桩工艺应用中的常见问题及成因

4.1 复杂地质条件下的塌孔与缩径问题

在复杂地质条件下,如软土、砂土等,钻孔灌注桩施工过程中容易出现塌孔和缩径问题。塌孔主要是由于泥浆护壁失效、钻进速度过快等原因导致;缩径则是由于地层软弱、钻头磨损等原因引起^[4]。解决这些问题需优化泥浆性能、调整钻进参数、及时更换钻头。复杂地质条件下的塌孔和缩径问题是钻孔灌注桩施工中的常见问题。在软土地基中,地层的软弱性和流动性较大,容易导致孔壁坍塌。在砂土层中,地层的渗透性和流动性较大,容易导致孔壁坍塌和缩径。解决这些问题需优化泥浆性能、调整钻进参数、及时更换钻头。

4.2 混凝土灌注过程中的断桩与夹泥现象

混凝土灌注过程中可能出现断桩和夹泥现象。断桩主要是由于混凝土浇筑不连续、导管堵塞等原因导致;夹泥则是由于泥浆未彻底清除、混凝土与泥浆混合等原因引起。解决这些问题需优化混凝土浇筑工艺、加强泥浆管理、确保导管畅通。混凝土灌注过程中的断桩和夹泥现象是钻孔灌注桩施工中的常见问题。断桩主要是由于混凝土浇筑不连续、导管堵塞等原因导致;夹泥则是由于泥浆未彻底清除、混凝土与泥浆混合等原因引起。

解决这些问题需优化混凝土浇筑工艺、加强泥浆管理、确保导管畅通。

4.3 钢筋笼偏位与保护层厚度不足的成因

钢筋笼偏位和保护层厚度不足是钻孔灌注桩施工中的常见问题。钢筋笼偏位主要是由于吊装不当、混凝土浇筑过程中冲击等原因导致；保护层厚度不足则是由于钢筋笼制作不规范、混凝土浇筑过程中钢筋笼上浮等原因引起。解决这些问题需规范钢筋笼制作与安装、优化混凝土浇筑工艺。钢筋笼偏位和保护层厚度不足是钻孔灌注桩施工中的常见问题。钢筋笼偏位主要是由于吊装不当、混凝土浇筑过程中冲击等原因导致；保护层厚度不足则是由于钢筋笼制作不规范、混凝土浇筑过程中钢筋笼上浮等原因引起。解决这些问题需规范钢筋笼制作与安装、优化混凝土浇筑工艺。

5 提升钻孔灌注桩工艺应用效能的优化方向

5.1 智能化施工设备的引入与技术升级

智能化施工设备的引入能够显著提升钻孔灌注桩施工的效率和质量。例如，采用智能化钻机可以实时监测钻进参数，自动调整钻进速度和压力；采用混凝土浇筑监控系统可以实时监测混凝土的浇筑过程，确保浇筑质量。智能化施工设备的引入是钻孔灌注桩施工技术升级的重要方向。通过采用智能化钻机、混凝土浇筑监控系统等设备，可以实现施工过程的自动化和智能化，提高施工效率和质量。智能化钻机可以实时监测钻进参数，自动调整钻进速度和压力，确保钻孔的垂直度和孔径的均匀性。混凝土浇筑监控系统可以实时监测混凝土的浇筑过程，确保混凝土的连续浇筑和质量控制。

5.2 针对特殊地质的工艺参数优化策略

针对特殊地质条件，需优化钻孔灌注桩的工艺参数。例如，在软土地基中，可通过调整泥浆性能、降低钻进速度、增加护筒长度等措施，防止塌孔和缩径。此外，还可采用预钻孔、注浆加固等辅助措施，提高地层的稳定性。针对特殊地质条件的工艺参数优化是钻孔灌注桩施工的重要环节^[5]。在软土地基中，地层的软弱性和流动性较大，容易导致孔壁坍塌和缩径。通过调整泥浆性能、降低钻进速度、增加护筒长度等措施，可以有效防

止塌孔和缩径。例如，通过提高泥浆的比重和粘度，可以增强泥浆的护壁能力，防止孔壁坍塌；通过降低钻进速度，可以减少钻进过程中的振动和冲击，防止孔壁坍塌；通过增加护筒长度，可以提高孔口的稳定性，防止孔口坍塌。

5.3 施工全过程的信息化管理与风险预警

信息化管理能够实现钻孔灌注桩施工全过程的可视化和精细化管理。通过建立施工信息管理系统，可以实时监控施工进度、质量、安全等信息，及时发现和处理潜在风险。例如，采用物联网技术可以实现设备互联和数据共享，通过大数据分析可以提前预警施工风险，确保施工安全。施工全过程的信息化管理是钻孔灌注桩施工的重要环节。通过建立施工信息管理系统，可以实现施工过程的可视化和精细化管理。施工信息管理系统可以实时监控施工进度、质量、安全等信息，及时发现和处理潜在风险。

6 结论

钻孔灌注桩工艺在道桥工程中具备适应复杂地质、承载力强、对环境干扰小等优势，其施工流程涵盖前期勘察、成孔护壁、钢筋笼制作安装及混凝土浇筑等环节，质量控制需注重成孔参数、混凝土性能及桩体检测。施工中存在的塌孔、断桩、钢筋笼偏位等问题，可通过引入智能化设备、优化特殊地质工艺参数、实施信息化管理等方向解决。不断提升该工艺的应用效能，对保障道桥工程基础质量、推动交通基础设施建设发展具有重要作用。

参考文献

- [1] 徐明明. 市政道桥工程钻孔灌注桩技术的应用[J]. 上海建材, 2025, (03): 137-139.
- [2] 陆海涛. 钻孔灌注桩施工技术 in 市政道桥工程中的实践研究[J]. 四川建材, 2024, 50(11): 187-189.
- [3] 赵志华, 王云杰. 钻孔灌注桩工艺在道桥工程中的实施[J]. 中国住宅设施, 2024, (05): 184-186.
- [4] 范传伟. 钻孔灌注桩技术在道桥工程施工中的应用分析[J]. 运输经理世界, 2020, (16): 81-82.
- [5] 杨超. 道桥工程施工中的钻孔灌注桩技术[J]. 运输经理世界, 2021, (07): 45-46.