

钻孔桩施工技术在市政道桥中的应用探究

文 / 徐劲松 衡宇建设集团有限公司

摘要：为探究钻孔桩施工技术在市政道桥中的应用，分析该技术在市政道桥建设中的情况。文章采用剖析应用优势、难点及应对策略等方法，研究发现，钻孔桩施工技术具有适应复杂地质条件、提高承载能力与稳定性、施工速度快且经济性强等优势。但在应用中存在地质条件复杂、桩基垂直度和精度控制难、设备选择与维护不易等难点。通过加强前期勘察与设计、优化施工工艺与流程、引入新型设备与技术等策略，可提高钻孔桩施工技术在市政道桥中的应用效果。

关键词：钻孔桩施工；市政道桥；基础工程；施工技术；应用探究

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.09.031

引言

在城市化进程不断加速的当下，市政道桥作为城市基础设施的关键构成部分，其建设质量与城市的发展及居民的生活品质紧密相连。市政道桥工程面临着复杂的地质条件与多样的施工环境，对基础工程的稳定性与承载能力提出了极高要求。钻孔桩施工技术凭借其诸多优势，在市政道桥建设中得到广泛应用。然而，该技术在应用过程中也遭遇了诸如地质条件复杂、桩基垂直度和精度控制难度大、设备选择与维护等难题。深入探究钻孔桩施工技术在市政道桥中的应用，对提升工程质量、保障工程顺利推进具有重要的现实意义。

一、钻孔桩施工技术在市政道桥中的应用优势

（一）适应复杂地质条件

在市政道桥建设中，常面临各种复杂地质状况。钻孔桩施工技术适应性强，能应对诸如软土地层、砂层、岩层等不同地质条件。在软土地层，其通过特殊的钻进工艺，可避免因土体松软导致的塌孔等问题，利用泥浆护壁保持孔壁稳定，确保成孔质量。遇到砂层时，合理调整泥浆性能，增加泥浆的黏度和比重，有效防止砂层的渗漏和坍塌。而在岩层中，可选用合适的钻头，如牙轮钻头或金刚石钻头，凭借强大的钻进能力破碎岩石，形成桩孔。这种对复杂地质条件的广泛适应性，使钻孔桩在各类地质区域的市政道桥建设中都能发挥关键作用，保障了工程选址的灵活性，减少因地质问题对工程建设的限制。

（二）提高承载能力与稳定性

钻孔桩施工技术在提高市政道桥的承载能力与稳定性方面具有显著优势。首先，钻孔桩的桩身直径和长度可根据工程需求进行灵活设计。通过增加桩长，能够使桩身穿越软弱地层，将上部结构的荷载传递至深层坚实的持力层，从而大幅提高承载能力。同时，较大的桩身直径也增加了桩与周围土体的接触面积，增强了桩侧摩

阻力进一步提升承载性能。在稳定性方面，钻孔桩在成桩过程中，桩身与周围土体紧密结合形成一个整体。桩身能够有效抵抗水平荷载和竖向荷载的作用减少道桥结构的沉降和位移^[1]。特别是在地震等自然灾害频发地区，钻孔桩凭借其良好的稳定性，能够保障道桥结构在恶劣工况下的安全。例如，在一些大型跨江、跨海桥梁建设中，采用大直径的钻孔灌注桩（如图1所示），成功支撑起巨大的桥梁结构，确保了桥梁在长期使用过程中的稳定性和安全性。



图1 钻孔灌注桩

（三）施工速度快、经济性强

钻孔桩施工技术在施工速度和经济性方面表现突出。在施工速度上，现代化的钻孔设备具备高效的钻进能力，能够快速完成桩孔的钻进作业。例如，一些先进的旋挖钻机，其配备了大功率的发动机和高效的钻具，每小时的钻进深度可达数米甚至更深，大大缩短了单桩的施工时间。而且，钻孔桩施工可以多台设备同时作业，多个桩位并行施工进一步加快了整体工程进度。从经济性来看，虽然钻孔桩施工设备的前期投入相对较高，但由于

其施工速度快，减少了人工成本和施工场地租赁时间，降低了工程的间接成本。同时，钻孔桩能适应各种地质条件，避免了因地质问题导致的工程变更和额外费用支出。而且，其良好的承载性能可减少基础工程的规模和材料用量，从长远角度看有效降低了市政道桥建设的总成本提高了工程的经济效益。

二、市政道桥钻孔桩施工技术的应用难点

(一) 地质条件的复杂性

在市政道桥建设中，地质条件复杂多样是钻孔桩施工面临的重大挑战。不同地区的地质结构差异巨大，可能存在软土地层、砂层、砾石层以及岩溶地层等。软土地层具有含水量高、压缩性大、强度低的特点，在钻孔过程中极易出现孔壁坍塌现象。当桩孔成型后，由于软土的流动性，可能导致桩身周围土体对桩身产生不均匀的侧压力，进而影响桩的承载能力和稳定性。砂层则因颗粒间粘结力小，在钻进时容易出现涌砂问题不仅会造成孔内泥浆的密度和粘度发生变化影响钻孔的正常进行，还可能导致桩身混凝土在浇筑过程中出现夹砂现象降低桩身质量（如图2所示）。砾石层和岩溶地层的存在也给钻孔施工带来诸多难题。砾石层硬度高会加剧钻头的磨损，降低钻进效率，甚至可能导致钻头损坏。而岩溶地层中存在的溶洞、溶沟等，使得桩基础的持力层难以确定，若处理不当极易引发桩身沉降过大甚至断裂等严重质量事故。



图2 夹砂

(二) 施工过程中桩基垂直度和精度控制

桩基的垂直度和精度直接关系到市政道桥的整体稳定性和安全性。在钻孔桩施工过程中，多种因素会影响桩基的垂直度和精度。首先，钻机的安装和调试至关重要。若钻机底座不平整，在钻进过程中就会产生不均匀的压力，导致钻头偏离垂直方向^[2]。即使在施工前对钻机进行了精确调平，随着钻进深度的增加，由于地层的不均

匀性钻头仍然可能受到侧向力的作用而发生偏移。此外，钻杆的刚度不足也会导致在钻进过程中钻杆发生弯曲，进而影响桩基的垂直度。泥浆的性能也对桩基的垂直度和精度有重要影响。泥浆的比重、粘度和胶体率不合适，会使钻孔壁的稳定变差，导致孔壁坍塌或缩径，从而使桩身的实际位置与设计位置产生偏差。在钢筋笼的下放过程中如果操作不当，如钢筋笼发生扭曲或碰撞孔壁，也会影响桩基的垂直度。而且当桩长较长时，对垂直度和精度的控制难度会进一步加大，任何一个环节的细微偏差都可能在累积后导致桩身出现较大的偏差严重影响道桥工程的质量。

(三) 设备的选择与维护

合适的设备选择以及良好的设备维护对于市政道桥钻孔桩施工的顺利进行起着关键作用。在设备选择方面，需要综合考虑地质条件、桩径、桩长以及施工场地等多种因素。若地质条件复杂，如遇到坚硬的岩石地层，就需要选择功率大、扭矩高的钻机，以确保能够有效钻进。然而，若设备选型过大，不仅会增加施工成本，还可能在狭窄的施工场地中难以操作；若选型过小，则无法满足施工要求，导致施工进度缓慢甚至无法进行。此外，配套设备如泥浆泵、起重机等的性能也必须与钻机相匹配，否则会影响整个施工流程的协调性^[3]。在设备维护方面，钻孔桩施工设备通常处于恶劣的工作环境中，长期受到泥浆、振动等因素的影响，容易出现故障。例如，钻机的钻头在频繁钻进过程中会受到严重磨损，若不及时更换或修复，会降低钻进效率和钻孔质量。泥浆泵的密封件容易被泥浆中的颗粒物质磨损，导致泥浆泄漏，影响泥浆循环系统的正常运行。如果对设备的维护保养不及时，设备的故障率会显著增加，不仅会延误施工进度还可能因设备故障导致工程质量问题。同时，定期的设备维护还需要专业的技术人员和充足的备品备件支持，这也增加了施工管理的难度和成本。

三、提高市政道桥钻孔桩施工技术应用效果的策略

(一) 加强前期勘察与设计

在市政道桥钻孔桩施工前，全面且精准的勘察工作是基石。需综合运用地质钻探、地球物理勘探、原位测试等多种手段，详细绘制出施工现场地质的“精确地图”。不仅要清晰掌握地层结构、岩土力学参数，还需明确地下障碍物、断层等特殊地质构造的分布情况。例如在穿越既有地下管线区域，提前精准定位管线位置，能有效避免施工过程中对管线造成破坏，保障周边区域的正常运行^[4]。在勘察过程中，针对复杂地层，除了常规的勘探手段，还可引入高精度的微重力测量、地质雷达等技术，

以更精确地探测地下空洞、异常地质体等。对于存在潜在滑坡风险的区域，采用倾斜仪等设备进行长期监测，获取岩土体的变形数据。在设计阶段，充分利用建筑信息模型（BIM）技术，对桩基础及周边环境进行三维建模，直观展示设计方案，提前发现设计中可能存在的问题。同时，组织多领域专家进行方案论证，从结构安全、施工可行性、环境影响等多维度进行评估，确保设计方案的科学性与合理性。考虑到未来城市发展可能带来的荷载增加，预留一定的设计余量，提高桩基础的长期适用性。

（二）优化施工工艺与流程

施工工艺与流程的优化是提升钻孔桩施工质量与效率的核心。在钻孔环节，根据不同地层特性，动态调整钻进参数。如在坚硬的岩石层，采用高转速、低进给的钻进方式，配合优质的合金钻头，提高破岩效率的同时减少钻头磨损。泥浆制备与管理也是关键，依据不同地质条件，精准调配泥浆的各项性能指标，确保在不同工况下都能形成稳定的护壁。钢筋笼制作过程中，引入先进的数控加工设备，保证钢筋的加工精度与焊接质量。安装时，运用高精度的定位导向装置，确保钢筋笼在孔内的垂直度与中心位置准确无误。混凝土浇筑时，采用智能化的浇筑设备，实时监测混凝土的浇筑高度与流速，避免出现浇筑不匀、堵管等问题。同时，建立严格的施工工序验收制度，上一道工序验收合格后才能进入下一道工序，对关键工序设置质量控制点，进行重点监督与管理，确保每一个施工环节都符合高标准要求。在施工过程中，推行精益化管理理念，对施工流程进行细致梳理，消除不必要的环节与浪费。例如，优化材料运输路线，减少运输时间与损耗。采用先进的施工组织方法，如流水作业法，合理安排各施工班组的作业顺序与时间，提高施工效率。建立施工质量追溯体系，利用二维码等技术，对每一根桩的施工过程进行记录，包括原材料来源、施工人员、施工时间、各项参数等，便于出现质量问题时快速溯源及时采取改进措施。

（三）引入新型设备与技术

新型设备与技术的应用为钻孔桩施工注入新活力。设备方面，采用具备自动纠偏功能的旋挖钻机，能在钻进过程中实时监测并自动调整桩孔垂直度，极大提高了施工精度。配备智能化的泥浆循环处理系统，可对泥浆进行实时净化与回收利用，降低泥浆排放对环境的影响，同时节约施工成本。技术层面，推广应用数字化施工技术，通过在施工现场布置各类传感器，将施工过程中的数据实时采集并传输至管理平台。利用大数据分析与人

工智能算法，对施工数据进行深度挖掘与分析，提前预测施工过程中可能出现的问题，如桩身缩径、孔壁坍塌等，并及时发出预警，以便采取相应措施进行处理。此外，积极探索新型桩基础技术，如组合桩技术，结合不同桩型的优点，进一步提高桩基础的承载能力与稳定性，为市政道桥工程的高质量建设提供坚实技术支撑^[5]。探索采用无人机进行施工现场的监测与管理，实时掌握施工现场的人员、设备分布情况以及施工进度。利用区块链技术，确保施工数据的真实性与不可篡改，提高数据的可信度与安全性。在桩基础检测方面引入先进的无损检测技术，如超声波层析成像技术，更准确地检测桩身内部的缺陷，保障桩基础的质量。与高校、科研机构合作开展技术研发与创新，不断探索适用于市政道桥钻孔桩施工的新技术、新方法，推动行业的发展。

结语

综上所述，钻孔桩施工技术在市政道桥建设进程中扮演着无可替代的关键角色。其独特优势使其能够在复杂地质环境中稳定扎根，为道桥提供可靠的承载支撑，同时也在施工效率与成本把控上表现出色，成为市政道桥基础施工的首选方案。然而，在实际应用中，地质条件的复杂多变、桩基精度控制的高难度以及设备管理维护的挑战，给施工带来诸多困难。为克服这些难题，需加强前期勘察与设计，运用前沿勘探技术精准掌握地质情况，创新设计工具优化方案；优化施工工艺与流程，融入精益管理，建立质量追溯机制；积极引入新型设备与技术，深度结合数字化、智能化手段，全方位提升施工水平。随着科技的飞速发展，钻孔桩施工技术将持续迭代升级，以更优异的性能为市政道桥建设保驾护航，为城市基础设施的蓬勃发展贡献坚实力量。

参考文献

- [1] 杨普军. 钻孔灌注桩施工技术在市政道桥工程中的应用[J]. 四川建材, 2022, 48(01): 129-130.
- [2] 陈琦璠, 安静. 市政道桥钻孔桩施工关键技术探究[J]. 新城建科技, 2024, 33(07): 142-144.
- [3] 刘士印, 吕鹏. 市政桥梁钻孔桩施工质量控制措施的研究[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2019, (08): 161.
- [4] 陈静. 钻孔桩施工技术在道路路基施工中的应用分析[J]. 汽车周刊, 2025, (01): 147-149.
- [5] 蒋聪, 匡伟. 房建桩基旋挖钻孔桩施工技术的应用研究[J]. 四川建材, 2024, 50(10): 132-134.

作者简介：徐劲松，1974-07，男，汉族，六安市叶集区人，一级建造师市政及房建专业，本科学历，研究方向：市政道桥。