

市政道路桥梁工程旋挖钻孔灌注桩施工技术

文 / 王 勇 济南城建集团有限公司

刘俊娇 济南城建集团有限公司

摘要：随着我国城市化进程的加速和交通需求的不断增长，市政道路桥梁工程的建设规模和数量也在不断增加。在这些工程中，钻孔灌注桩作为一种常见且有效的地基处理方式，得到了广泛应用。特别是在旋挖钻孔技术的引入后，钻孔灌注桩的施工效率和质量得到了显著提升。因此，加强旋挖钻孔灌注桩施工技术的研究和应用，提高施工人员的技能水平和管理水平，对于确保市政道路桥梁工程的整体质量和安全具有重要意义。

关键词：市政道路；桥梁工程；旋挖钻孔灌注桩；施工技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.10.052

引言

市政道路桥梁工程是城市基础设施建设的重要组成部分，对于城市的发展和交通的畅通起着关键作用。旋挖钻孔灌注桩施工技术作为一种常用的基础施工技术，因其具有诸多优势，在市政道路桥梁工程中得到了广泛应用。深入了解和掌握该技术的施工要点、质量控制与安全管理措施，对于保障工程的顺利进行和高质量完成具有重要意义。

一、市政道路桥梁工程旋挖钻孔灌注桩施工技术的优势

（一）高效性

旋挖钻机采用动力头装置，其扭矩大，钻孔速度快。与传统的钻孔方式相比，能在更短的时间内完成钻孔任务，大大缩短了施工工期，提高了工程建设效率，尤其适用于工期紧张的市政道路桥梁项目。

（二）成孔质量高

旋挖钻机通过先进的电子控制系统，能够精确控制钻孔的垂直度和孔径。在钻进过程中，钻头对土体的扰动较小，孔壁较为稳定，不易出现塌孔等质量问题，从而保证了灌注桩的成孔质量，为后续的施工提供了良好的基础。

（三）环保性能好

该施工技术在钻进过程中，泥浆的使用量相对较少。而且旋挖钻机自带的泥浆循环系统，能够对泥浆进行有效的处理和回收利用，减少了泥浆对环境的污染。同时，施工过程中产生的噪声和振动较小，对周边环境和居民的影响也相对较小，符合现代城市建设对环保的要求。

二、市政道路桥梁工程中钻孔灌注桩施工技术要点分析

（一）施工工艺流程

旋挖钻孔灌注桩施工工艺流程一般包括：施工准备（筑岛围堰、护筒制作埋设等）→钻机定位与检查→泥浆制备→钻孔施工→钢筋笼的制作与安装→水下混凝土的浇筑（如图1）。每个环节紧密相连，相互影响，任何一个环节出现问题都可能影响整个工程的质量和进度。

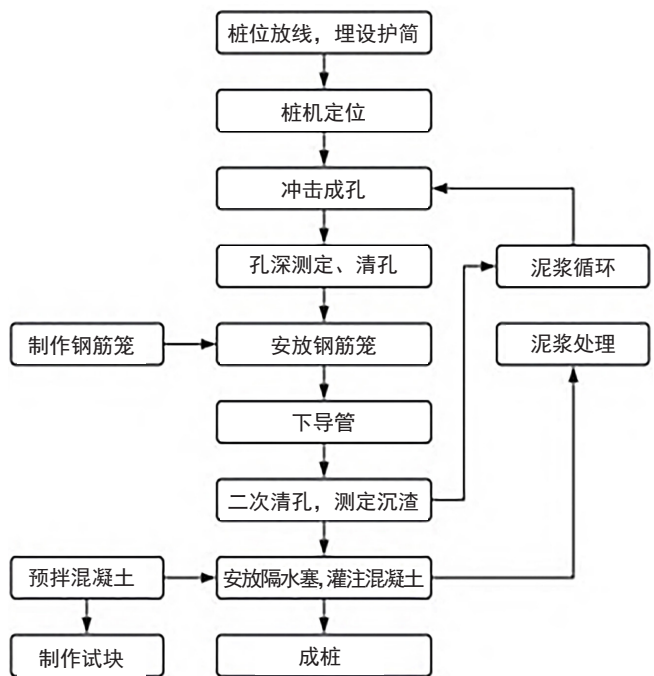


图1 钻孔灌注桩施工工艺流程图

（二）施工准备

1. 筑岛围堰

在一些水域或地下水位较高的地段进行钻孔灌注桩施工时，需要进行筑岛围堰。筑岛材料一般选用透水性好、不易风化的土料，如砂性土等。筑岛的面积应根据钻孔设备的尺寸、操作空间以及后续施工的需要合理确定。围堰的高度应高出施工期间可能出现的最高水位（包括浪高）0.5-0.7m，以保证施工过程中不受水的干扰。围堰的边坡应根据土料的性质和围堰高度进行合理设计，确保围堰的稳定性。

2. 护筒制作埋设

护筒一般采用钢板卷制而成，其内径应比钻头直径大100-200mm。护筒的壁厚应根据护筒的直径和埋设深度等因素确定，一般为6-12mm。护筒的制作要求圆度良好，焊缝严密，无砂眼、裂缝等缺陷。护筒的埋设是保证钻孔灌注桩施工质量的重要环节。在埋设护筒前，应

准确测量桩位，采用交叉法确定护筒的中心位置。护筒埋设应垂直，其倾斜度不得大于1%。护筒的埋设深度应根据地质条件和地下水位等因素确定，一般在黏性土中不宜小于1.0m，在砂土中不宜小于1.5m。护筒埋设后，其周围应用黏土分层回填夯实，防止漏水。护筒埋设示意图如图2所示。

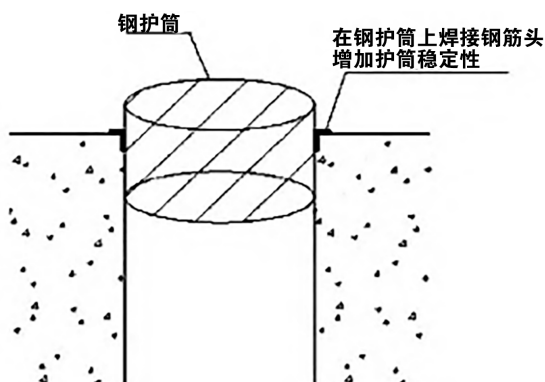


图2 护筒埋设示意图

(三) 钻进施工

1. 钻机定位与检查

钻机就位前，应对施工现场进行平整，确保钻机安装平稳。将旋挖钻机准确移动到桩位处，通过钻机自身的定位系统和水平调整装置，使钻机的钻杆中心与桩位中心重合，偏差不得大于50mm，同时保证钻机处于水平状态，以确保钻孔的垂直度。在钻进前，还应对钻机的各项性能进行全面检查，包括动力系统、液压系统、钻进系统、泥浆循环系统等，确保钻机正常运行。

2. 泥浆制备

泥浆在钻孔施工中起着护壁、携渣、冷却钻头等重要作用。泥浆一般由水、黏土（或膨润土）和添加剂按一定比例配制而成。在选择黏土时，应选用塑性指数高、含砂量低的黏土。膨润土具有良好的造浆性能，可提高泥浆的黏度和护壁效果。添加剂的种类和用量应根据地质条件和施工要求确定，常用的添加剂有纯碱、羧甲基纤维素钠（CMC）等，它们可以改善泥浆的性能，如提高泥浆的稳定性、降低泥浆的失水量等。泥浆的性能指标应根据不同的地质条件进行调整。一般来说，泥浆的比重控制在1.1~1.3之间，黏度控制在18~22s之间，含砂量不超过4%。在钻进过程中，应定期对泥浆的性能进行检测，根据检测结果及时调整泥浆的配合比。

3. 钻孔施工

在钻进过程中，应根据地质条件和设计要求合理选择钻进参数，如钻进速度、钻进压力、钻头转速等。在软土地层中，钻进速度可适当加快，但不宜超过2m/min；在硬土层或岩层中，钻进速度应适当放慢，一般控制在0.5~1m/min。钻进压力应根据钻头的类型和地质条件进行调整，以保证钻头能够有效地切入土体。钻头转速一般控制在60~120r/min之间。在钻进过程中，要注意观察钻机的运行情况和泥浆的返出情况。如发现钻机振动异常、钻进速度突然变化、泥浆中含砂量增大等情况，应及时停止

钻进，分析原因并采取相应的措施。同时，要及时排渣，保持孔内泥浆的清洁，防止沉渣过多影响成孔质量。当孔达到设计深度后，应对孔深、孔径、垂直度等进行检测，符合设计要求后方可进行下一道工序。

(四) 钢筋笼的制作与安装

1. 钢筋笼的制作

钢筋笼应在施工现场的加工棚内制作，以保证制作质量和施工安全。钢筋笼的主筋应采用整根钢筋，如需接长，应采用焊接或机械连接的方式，接头位置应符合设计和规范要求。主筋的间距应均匀，误差不得大于±10mm。箍筋应与主筋点焊牢固，其间距误差不得大于±20mm。钢筋笼的直径误差不得大于±10mm，长度误差不得大于±50mm。为保证钢筋笼在运输和吊装过程中的整体性和稳定性，可在钢筋笼内每隔一定距离设置一道加强箍筋。同时，为保证钢筋笼的保护层厚度，应在钢筋笼上设置定位垫块，垫块的间距一般为2~3m，沿钢筋笼圆周均匀布置。

2. 钢筋笼的吊装和放置

钢筋笼制作完成后，应采用吊车等设备将其吊运至桩孔旁。在吊装过程中，要注意保护钢筋笼，避免其发生变形。钢筋笼吊运至桩孔上方后，应缓慢下放，使其准确落入桩孔内。下放过程中，要随时观察钢筋笼的位置，如有偏差应及时调整。当钢筋笼下放至设计标高后，应采用吊筋将其固定在孔口，防止其在混凝土浇筑过程中发生上浮或下沉。

3. 超声波检测管的设置

为检测灌注桩的桩身完整性，在钢筋笼制作时应按设计要求设置超声波检测管。检测管一般采用钢管，其内径应不小于50mm，壁厚不小于3mm。检测管应与钢筋笼的主筋绑扎牢固，且应保证检测管的下端封闭，上端加盖，防止杂物进入管内。检测管的长度应与钢筋笼的长度相同，其上端应高出桩顶设计标高300~500mm。

(五) 水下混凝土的浇筑

1. 混凝土质量控制

水下混凝土的质量直接影响灌注桩的桩身质量。混凝土应具有良好的和易性、流动性和保水性，其坍落度一般控制在180~220mm之间。混凝土的配合比应根据设计要求和现场原材料的质量进行设计，水泥应选用强度等级不低于42.5的普通硅酸盐水泥，粗骨料宜选用粒径为5~25mm的碎石，细骨料宜选用中砂。同时，可根据需要添加适量的外加剂，如缓凝剂、减水剂等，以改善混凝土的性能。在混凝土搅拌过程中，应严格控制原材料的计量和搅拌时间。原材料的计量误差应符合规范要求，搅拌时间应不少于90s，以保证混凝土的均匀性。混凝土搅拌完成后，应及时运输至浇筑地点，运输过程中要防止混凝土发生离析。

2. 导管的安装

导管是水下混凝土浇筑的重要工具，一般采用无缝钢管制成，其直径应根据桩径和混凝土浇筑量等因素确定，常用的导管直径为200~300mm。导管的壁厚应不小

于3mm，导管的连接应采用丝扣连接或法兰连接，连接部位应密封良好，防止漏水。在安装导管前，应对导管进行试拼和水密性试验，确保导管的密封性良好。导管应垂直安装在桩孔内，其底部距孔底的距离一般为300-500mm。导管安装完成后，应在导管内放置隔水球或隔水塞，以防止混凝土与泥浆直接接触。

3. 混凝土浇筑要点

混凝土浇筑时，应先向导管内浇筑一定量的混凝土，使其充满导管底部，形成一定的压力，将隔水球或隔水塞挤出导管。然后连续、快速地向导管内浇筑混凝土，保持混凝土浇筑的连续性。在浇筑过程中，要注意控制导管的埋深，导管的埋深一般控制在2-6m之间。埋深过浅，容易造成导管提漏，导致断桩；埋深过深，会使导管内混凝土压力过大，不利于混凝土的顺利浇筑，且可能造成导管拔不出的情况。随着混凝土的浇筑，应及时测量混凝土的顶面标高，根据测量结果适时提升导管，保证导管的埋深在合理范围内。同时，要注意观察孔内泥浆的返出情况，如发现异常应及时分析原因并采取相应措施。当混凝土浇筑至桩顶设计标高以上0.5-1.0m时，方可停止浇筑，以保证桩顶混凝土的质量。

4. 处理混凝土顶升困难

在水下混凝土浇筑过程中，有时会出现混凝土顶升困难的情况。这可能是由于导管堵塞、混凝土坍落度损失过大、泥浆比重过大等原因引起的。当出现混凝土顶升困难时，应首先分析原因，然后采取相应的措施。如导管堵塞，可采用抖动导管、提升导管再快速下插等方法，尝试将堵塞物排出；如混凝土坍落度损失过大，可适当添加外加剂或重新调整混凝土配合比；如泥浆比重过大，可适当调整泥浆的性能或采取措施降低泥浆的比重。

5. 混凝土质量监控与评估

在混凝土浇筑过程中，应按规范要求对混凝土进行质量监控。每浇筑50m³混凝土应制作一组标准养护试件，每根桩至少制作一组标准养护试件。同时，应采用无损检测等方法对灌注桩的桩身质量进行评估，如超声波检测、低应变检测等。通过对混凝土质量的监控和评估，及时发现问题并采取相应措施进行处理，确保灌注桩的桩身质量符合设计和规范要求。

三、钻孔灌注桩施工中的质量控制与安全管理措施

(一) 施工质量控制措施

在工程施工中，多个环节的质量控制至关重要。首先是原材料质量控制，对于水泥、钢材、砂石等原材料，必须严格检验，确保符合设计与规范要求。原材料进场时，要仔细检查质量证明文件，并按规定抽样检验。测量放线控制方面，施工前需用全站仪、水准仪等仪器对桩位精确测量放线，完成后进行复核，误差符合要求才能进入下一步施工，以此保证桩位准确。成孔质量控制不容忽视，钻孔过程中要严格把控钻孔的垂直度、孔径和孔深。定期检查钻机垂直度与钻头磨损情况，及时调整钻进参数。成孔后，用测绳、检孔器等工具检测孔深、孔径，保证符合设计。

钢筋笼制作与安装质量控制同样关键，制作时要确保主筋间距、长度，箍筋间距等符合要求；安装过程中保证位置准确、固定牢固，防止上浮或下沉。最后是水下混凝土浇筑质量控制，严格控制混凝土配合比、坍落度等性能指标，保证混凝土质量。浇筑过程中，要确保连续性，控制好导管埋深，避免出现断桩、夹泥等质量问题。只有全方位把控各环节质量，才能保障整个工程的顺利进行与最终质量。

(二) 安全管理措施

在施工过程中，有效的安全管理措施是保障人员安全与工程顺利进行的关键。首先是人员安全培训，对所有施工人员开展全面培训，让他们熟知施工各环节的安全风险与操作规程，涵盖钻机操作、钢筋笼吊装、混凝土浇筑等方面。同时，注重施工现场安全防护，在现场设置明显警示标志，对危险区域隔离防护，像在钻机周围设防护栏、孔口加防护盖，防止意外发生。对于机械设备，要定期检查维护钻机、吊车等，确保性能良好、安全可靠，审查操作人员资格，要求持证上岗并依规程操作。临时用电也不容忽视，严格遵循相关标准规范，采用TN-S系统，做到“三级配电、两级保护”，定期检查维护配电箱等电气设备。制定完善应急预案，针对坍塌、触电、机械伤害等可能事故，明确应急救援的组织架构、职责分工和响应程序，并定期组织演练，切实提升施工人员应急处置能力，全方位保障施工安全。

结语

旋挖钻孔灌注桩施工技术在市政道路桥梁工程中具有重要地位，其施工质量直接关系到道路桥梁的安全与稳定。通过严格按照施工工艺流程进行操作，加强施工过程中的质量控制和安全管理，能够确保旋挖钻孔灌注桩的施工质量，提高工程的可靠性和耐久性。随着技术的不断发展和创新，旋挖钻孔灌注桩施工技术将不断完善和提高，为市政道路桥梁工程的建设提供更加坚实的技术支持。在未来的工程实践中，还需要进一步探索和总结经验，不断优化施工工艺，以适应日益复杂的工程建设需求，推动市政道路桥梁工程行业的高质量发展。同时，要始终将安全管理放在重要位置，保障施工人员的生命安全和身体健康，实现工程建设经济效益与社会效益的统一。

参考文献

- [1] 李默言. 浅析旋挖钻孔灌注桩施工技术及其质量控制[J]. 散装水泥, 2024, (06): 80-82+85.
- [2] 辜夕桃. 旋挖钻孔灌注桩施工技术及其应用研究[J]. 建筑机械化, 2024, 45(12): 60-63.
- [3] 陈育斌. 市政道路桥梁工程钻孔灌注桩施工技术的探讨[J]. 四川水泥, 2024, (12): 233-235.
- [4] 陆海涛. 钻孔灌注桩施工技术在市政道桥工程中的实践研究[J]. 四川建材, 2024, 50(11): 187-189.
- [5] 盛慧. 钻孔灌注桩施工技术在公路桥梁施工中的应用[J]. 汽车画刊, 2024, (09): 149-151.
- [6] 冯森. 高速公路旋挖钻孔灌注桩施工技术与质量控制探析[J]. 交通科技与管理, 2024, 5(15): 53-55.