

道路桥梁施工中钻孔灌注桩施工技术的应用及探索

宋文杰

杭州恒正工程检测有限公司 浙江杭州 311221

摘要: 本文聚焦道路桥梁施工中钻孔灌注桩施工技术, 深入探讨其应用及探索。通过详细分析施工工艺流程, 包括钻孔环节(如严格控制垂直度、孔径、钻进速度等)、钢筋笼制作与安放(注重材质、焊接质量、整体尺寸等)以及混凝土灌注(保证导管密封、混凝土配合比及灌注操作等), 阐述各环节关键要点。同时, 强调质量控制要点, 如成孔、钢筋笼和混凝土质量把控。还对施工技术的创新与发展进行展望, 涉及新型钻机设备应用、环保型施工技术推广及信息化管理技术应用。研究表明该技术在道路桥梁建设中虽具优势, 但面临地质适应性、质量管控及企业技术标准执行差异等挑战, 提出加快行业标准更新、建立数据库等政策建议以推动其持续发展。

关键词: 道路桥梁; 钻孔灌注桩; 施工技术; 质量控制

在当今交通基础设施建设蓬勃发展的背景下, 道路桥梁工程的质量与进度至关重要。钻孔灌注桩作为一种基础形式, 在道路桥梁建设中应用广泛。其具有承载能力强、稳定性高等诸多优点, 能适应多种地质条件。然而, 随着工程建设的日益复杂和人们对工程质量要求的不断提高, 传统的钻孔灌注桩施工技术面临着诸多挑战。例如, 不同地质条件下如何确保施工顺利进行, 如何在保证质量的同时提高施工效率, 以及如何满足环保要求等。因此, 深入研究钻孔灌注桩施工技术的应用及探索, 对于提升道路桥梁工程的整体水平, 保障交通基础设施的安全稳定具有重要意义。本文旨在全面剖析该技术在道路桥梁施工中的实际应用情况, 总结经验教训, 为其进一步发展提供参考。

一、道路桥梁施工中钻孔灌注桩施工工艺流程及关键点

1. 钻孔施工环节

钻孔是灌注桩施工的核心步骤之一。在钻孔过程中, 要严格控制钻孔的垂直度、孔径和孔深。以宁波舟山港主通道项目金塘大桥(位于浙江省舟山市金塘岛海域)为例, 施工人员使用全站仪等测量仪器对钻机的定位和钻孔的垂直度进行实时监测与调整。一旦发现偏差超出允许范围, 立即采取措施进行纠偏。同时, 要根据不同的地质条件选择合适的钻进参数, 如钻进速度、钻进压力等。在软土地层中, 适当降低钻进速度, 防止孔壁坍塌; 而在硬岩层中, 则可适当增加钻进压力, 提高钻进效率。并且要保证泥浆的性能, 使其具有良好的护壁、悬浮钻渣和冷却钻头等功能。如在钻孔过程中定期检测

泥浆的比重、粘度等指标, 根据实际情况及时调整泥浆的配方。

2. 钢筋笼制作与安放

钢筋笼质量关乎灌注桩承载与耐久。以宁波舟山港主通道项目金塘大桥(位于浙江省舟山市金塘岛海域)桩径1.8m、桩长65m的钻孔灌注桩为例, 其钢筋笼主筋采用32根HRB400E Φ 28mm抗震钢筋, 加强箍筋间距2.0m, 通过数控弯曲机加工成型, 依《钢筋机械连接技术规程》(JGJ 107-2016), 确保主筋间距误差 $\leq \pm 5\text{mm}$ 、箍筋螺旋角偏差 $\leq 1^\circ$ 。针对高氯离子海域环境, 按《混凝土结构耐久性设计标准》(GB/T 50476-2019), 钢筋表面采用环氧树脂涂层防腐, 增设厚度检测且涂层 $\geq 300\mu\text{m}$ 。安放时用400t浮吊配定位导向架, 分3节(单节长21-22m)吊装入孔。节段连接采用二氧化碳气体保护焊工艺, 焊缝长度 $\geq 10d$ 且经超声波探伤合格。下放时用GPS定位纠偏, 依《建筑桩基技术规范》(JGJ 94-2021), 确保笼体中心与桩孔轴线偏差 $\leq 20\text{mm}$, 同步安装3根 $\Phi 57 \times 3.5\text{mm}$ 声测管(呈 120° 均布), 管间用螺纹套管连接注水检测密封性, 为后期超声波透射法检测提供通道, 全程监控笼顶标高, 最终定位误差控制在 $\pm 2\text{cm}$ 以内。

3. 混凝土灌注工序

混凝土灌注是形成灌注桩的最后关键环节。在灌注前, 要对导管进行拼接和密封性检查, 确保导管连接牢固且不漏水。如在某市政桥梁施工中, 施工人员将导管逐节连接后, 通过加压试验检查导管的密封性, 合格后方可使用。混凝土的配合比应严格按照实验室试验确定

的比例进行配制，保证混凝土具有良好的和易性、流动性和强度。在灌注过程中，要连续快速地进行，防止混凝土在导管内堵塞或出现断桩现象。同时，要控制好导管的埋深，《建筑桩基技术规范》(JGJ 94-2023)规定一般保持在2-6米之间，随着混凝土面的上升逐渐提升导管^[2]。

二、道路桥梁施工中钻孔灌注桩施工质量控制要点

1. 成孔质量控制

成孔质量是保证灌注桩承载能力的基础。除了前面提到的垂直度和孔径控制外，孔壁的稳定也至关重要。若孔壁坍塌，会导致泥浆流失、桩径变小甚至断桩等问题。在某山区桥梁基础施工中，由于地下水位较高且土

层松散，在钻孔过程中出现了局部孔壁坍塌的迹象。施工人员及时发现后，采取了加大泥浆比重、降低钻进速度并向孔内投放适量的黏土块等措施，有效地稳定了孔壁，避免了事故的进一步发生。此外，成孔后的清孔工作也不能忽视。清孔的目的是清除孔底的沉渣、淤泥等杂质，确保混凝土与孔底基岩或土层的有效结合。一般采用正循环清孔或反循环清孔的方法，以某城市跨河大桥为例，采用反循环清孔工艺，通过空气压缩机将压缩空气输入导管底部，使孔内的泥浆形成高速流动，将孔底沉渣带出孔外，清孔后的沉渣厚度控制在《建筑桩基技术规范》(JGJ 94-2023)允许的范围，一般为50-100毫米。

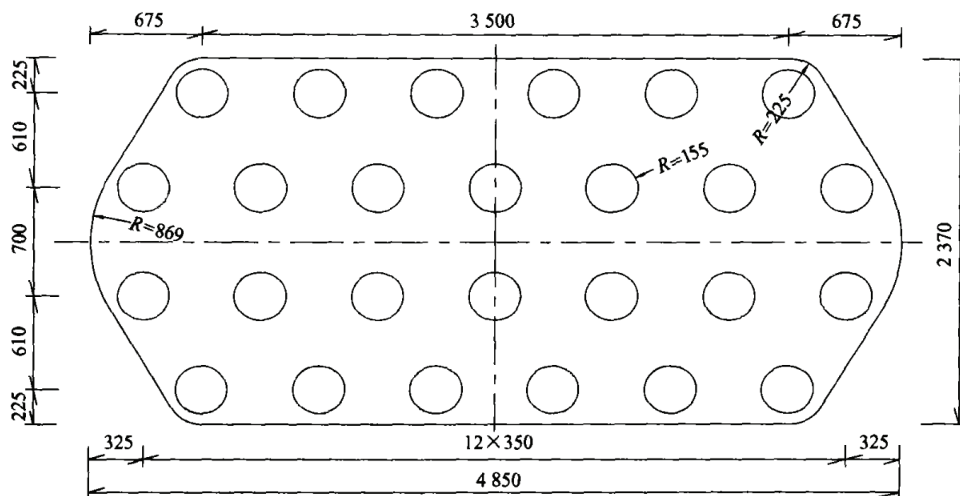


图1 成孔质量控制

2. 钢筋笼质量控制

钢筋笼的质量检验包括钢筋的材质、规格、焊接质量以及钢筋笼的整体尺寸等方面。在原材料采购环节，要求供应商提供钢筋的质量证明文件，并按规定进行抽样复试。如在某工业厂区道路桥梁工程中，对进场的每批钢筋都进行了拉伸试验和弯曲试验，合格后方可使用。在钢筋笼的焊接过程中，要严格控制焊接电流、电压和焊接时间等参数，确保焊接质量符合《钢筋焊接及验收规程》(JGJ 18-2022)等规范要求。焊接完成后，对焊缝进行外观检查 and 无损检测，如超声波探伤检测，对于不合格的焊缝必须进行补焊或返工处理。同时，在钢筋笼入孔前，要再次检查其整体尺寸和形状是否符合设计要求，避免因尺寸偏差导致钢筋笼无法顺利下放到位或影响灌注桩的受力性能。

3. 混凝土质量控制

混凝土的质量直接决定了灌注桩的强度和耐久性。

在混凝土的配合比设计方面，要根据工程要求和原材料的特性进行优化设计。例如在苏通大桥施工中，考虑到桥梁的使用环境和荷载要求，采用了高性能混凝土配合比设计，提高了混凝土的抗压强度、抗渗性和耐久性。根据最新的研究数据(见表1)，采用该配合比设计的混凝土28天抗压强度可达到50MPa以上，抗渗等级达到P12，这符合《普通混凝土力学性能试验方法标准》(GB/T 50081-2023)等规范要求，确保了混凝土质量满足高标准工程建设需求。

表1 高性能混凝土配合比设计参数及性能指标

参数/指标	数值
水胶比	0.42
砂率	38%
减水剂掺量	1.5%
28天抗压强度	≥ 50MPa
抗渗等级	P12

在混凝土的生产过程中，要严格控制原材料的计量精度，采用电子计量设备对水泥、砂石料等进行准确计量。同时，要保证混凝土的搅拌时间和搅拌均匀性，使各种原材料充分混合。在混凝土灌注过程中，除了前面提到的导管操作和连续性控制外，还要对混凝土的坍落度进行实时检测和调整。如在某大型桥梁主墩灌注桩施工中，每车混凝土灌注前都要检测其坍落度，确保坍落度在180-220毫米之间，以满足《建筑混凝土工程施工质量验收规范》(GB50204-2015)(2023年版)中对于灌注桩混凝土坍落度的要求，保障了混凝土灌注的顺利进行和灌注桩的质量。

三、道路桥梁施工中钻孔灌注桩施工技术的创新与发展

1. 新型钻机设备的应用

随着科技的不断进步，新型钻机设备在钻孔灌注桩施工中得到了广泛应用。例如旋挖钻机，它具有效率高、噪音低、污染小等优点。与传统的冲击钻和回转钻相比，旋挖钻机的钻进速度更快，能够大大缩短施工周期。在某大型城市轨道交通枢纽的桥梁基础施工中，采用了多台旋挖钻机同时作业，原本需要数月才能完成的钻孔任务在短短几周内就顺利完成。而且旋挖钻机可以配备先进的自动监控系统，能够实时监测钻机的运行状态、钻孔参数等信息，提高了施工的精准度和安全性。此外，还有一些多功能钻机的出现，集钻孔、扩孔、清孔等多种功能于一体，减少了设备的频繁更换和安装调试时间，提高了施工效率。

2. 环保型施工技术的推广

在环保要求日益严格的今天，钻孔灌注桩施工技术也在不断向环保型方向发展。一方面，在钻孔过程中采用无污染或低污染的泥浆制备技术。例如使用生物降解型泥浆添加剂，代替传统的化学泥浆材料，减少了泥浆排放对环境的污染。在某生态敏感区域的桥梁施工中，采用了这种环保型泥浆技术，施工结束后泥浆经过简单的处理即可达到排放标准，不会对周边的水体和土壤造成污染。另一方面，在混凝土原材料的选择上也更加注重环保性能。如采用工业废渣粉煤灰、矿渣粉等作为混凝土的掺合料，不仅可以减少水泥用量，降低混凝土的水化热，还能有效利用工业废弃物，实现资源的循环利用。

3. 信息化管理技术的应用

信息化管理技术在钻孔灌注桩施工中的应用越来越广泛。通过建立施工信息管理系统，可以实现对整个施工过程的实时监控和管理。例如在某特大桥梁工程建设中，利用物联网技术将钻机、钢筋笼加工设备、混凝土

搅拌设备等连接到信息管理平台。管理人员可以通过手机或电脑终端随时查看设备的运行状态、施工进度、质量数据等信息。同时，基于大数据分析和人工智能算法的技术也被应用于施工质量预测和风险评估。通过对大量历史施工数据的分析和学习，系统可以提前预测可能出现的质量问题和施工风险，并为施工人员提供相应的决策建议和技术措施。

结束语

本文对道路桥梁施工中钻孔灌注桩施工技术进行了深入探讨，详细阐述了其施工原理、工艺流程、关键点以及质量控制方法，并展望了新型钻机设备应用、环保型施工技术和信息化管理技术的前景。钻孔灌注桩施工技术凭借诸多优势在道路桥梁建设中占据重要地位，但在实际施工过程中仍面临诸多挑战。从技术层面看，不同地质条件对施工工艺的适应性要求极高，如软土层易塌孔、硬岩层钻进难等问题，需要不断优化施工参数和泥浆性能。同时，钢筋笼制作与安放、混凝土灌注等环节的技术细节也直接关系到灌注桩的质量，任何细微偏差都可能引发质量隐患。在质量管控方面，成孔、钢筋笼和混凝土的质量把控是关键。成孔垂直度、孔径和孔壁稳定性需严格监测，钢筋笼材质与焊接质量要精准检验，混凝土配合比及灌注过程要精细管理。然而，目前行业内部分施工企业在技术标准执行上存在差异，影响整体工程质量。为推动钻孔灌注桩施工技术的持续发展，提出以下政策建议：一是加快行业标准更新步伐，结合新型材料、设备和工艺，细化施工规范和技术指标，使施工有更明确、科学的依据；二是建立全国性或区域性的钻孔桩施工数据库，收集各类地质条件下的成功案例和失败教训，实现数据共享，为施工企业提供参考，减少试错成本，提升行业整体技术水平，确保道路桥梁工程建设的质量和安

参考文献

- [1] 赵婧翹. 钻孔灌注桩施工技术在桥梁施工中的应用研究[J]. 散装水泥, 2025, (01): 148-150.
- [2] 申硕. 钻孔灌注桩技术在桥梁施工中的应用分析[J]. 四川建材, 2025, 51(02): 135-137.
- [3] 谭春利. 桥梁施工中钻孔灌注桩施工技术的应用研究[J]. 交通建设与管理, 2024, (06): 63-65.
- [4] 谢龙飞. 道路桥梁施工中钻孔灌注桩施工技术的运用探究[J]. 现代装饰, 2024, 579(10): 49-51.