

市政桥梁施工中钻孔灌注桩施工技术运用研究

徐仲 刘晓斌 熊伟
济南城建集团有限公司

摘要：钻孔灌注桩现阶段被广泛运用到市政桥梁施工中，是保障桥梁设施整体质量的关键结构，对于市政桥梁工程项目，其应最大限度保障钻孔灌注桩技术的应用效果。基于此，本文首先简单阐述了钻孔灌注桩技术在市政桥梁施工中的应用优势，并分析现阶段市政桥梁施工中常用的钻孔灌注桩施工技术，进一步采用案例研究法，结合某市政桥梁工程具体分析钻孔灌注桩施工技术的应用要点，以供类似工程参考借鉴。

关键词：市政桥梁施工；钻孔灌注桩；施工技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.17.064

引言：随着城市化建设进程的推进，社会交通基础设施体系愈发完善，交通路网衔接了我国不同地区，为人们提供出行便利。在“十四五”城市交通基础设施指导文件中指出，应进一步交往地区交通体系，打通全国交通脉络，加快交通强国的建设步伐。在该形势下，市政桥梁工程项目持续推进，且为确保市政桥梁基础设施可高质量融入全国路网体系中，应强化对钻孔灌注桩施工技术的利用，最大限度保障市政桥梁施工质量。

一、钻孔灌注桩技术在市政桥梁施工中的应用优势

市政桥梁工程施工中所涉及的施工技术较多，而钻孔灌注桩施工技术属于其中应用频率较高的关键技术之一。钻孔灌注桩施工技术是指采用钻孔、灌注、成桩等工艺打造钻孔灌注桩，借助该桩体结构强化桥梁基础设施的刚度与承载力，继而极大提高市政桥梁工程施工质量^[1]。对钻孔灌注桩技术在市政桥梁施工中的应用优势进行分析，如下所示：

(1) 与传统技术手段相较，钻孔灌注桩施工期间所产生的振动幅度较小，不会在施工时产生较大的噪声。(2) 技术应用时，可根据市政桥梁工程实际情况而灵活调整钻孔灌注桩施工技术参数，能够有效规避桩体不符实际的问题。(3) 钻孔灌注桩施工技术所形成的桩体结构具有较高稳定性、强度、刚度，且适用场景较多，即使市政桥梁工程施工现场条件相对复杂，也可进行钻孔灌注桩施工，并借助钻孔灌注桩桩体结构而改善场地条件。(4) 钻孔灌注桩施工技术运用简单，工期可控，成本较低，不会对市政桥梁工程其他分项工程的施工造成阻碍。

二、市政桥梁施工中常用的钻孔灌注桩施工技术

(一) 反循环钻进成孔技术

反循环钻进成孔技术应用时，将冲洗液沿孔壁与钻杆间隙注入孔内对钻头进行冷却，同时借助冲洗液将孔内钻渣带到地面，其工艺技术方案如下所示：设置导管→反循环钻机安装→钻挖施工→首次处理孔内虚土→转

移反循环钻机→孔壁测量→钢筋笼入孔→插入导管→二次清理虚土→灌注施工→移除导管→拔出护筒。反循环钻进成孔技术具有效率高、排渣效果好的优势，多被运用到粉砂、软土、杂土、黏土等地层中。此外，反循环钻机具有不同的钻头结构，适用于不同土层，具体可见表1。

表1 反循环钻机不同钻头适用情况

钻头结构	适用土层
三翼式	硬度低于 50 Pa
四翼式	无侧限抗压强度低于 1010 kPa
多瓣式	一般土质均适用，粒径较低的卵石层
圆锥式	无侧限抗压强度处于 1000 ~ 3000 kPa 区间内的砂岩、泥岩、页岩
抓斗式	砾石层
并用式	混合地层

(二) 冲击钻孔成桩技术

冲击钻孔成桩技术应用在市政桥梁工程中时，主要借助重锤自由下落的冲击力而进行钻孔，对岩层切削处理，将碎渣排出后则会形成钻孔。与其他钻孔灌注桩技术相较，该技术的适用范围较广，在黏土、分土层、细砂、粉砂、粗砂、细砂、卵石层、含砂石、淤泥层、基岩等地层中均可发挥出良好效果，能够在市政桥梁工程项目中发挥出优异作用。

(三) 正循环钻进成孔技术

正循环钻进成孔技术主要借助泥浆泵完成施工作业，技术人员在泥浆泵辅助下，使泥浆输入至钻杆内，随后泥浆携带钻渣上升，并由孔口流入泥浆池。在该过程中，不仅可实现钻进成孔，还可使钻渣及时排除，虽然相较而言泥浆的钻渣携带能力相对较弱，但在便捷性、经济性方面的优势仍使该技术成为常用的钻孔灌注桩施工技术。结合以往技术应用经验来看，该项技术在黏土层、软土层、粉土、杂土中较为实用，且正循环钻进成孔技术所呈现出的成孔效果较好^[2]。

三、以某市政桥梁工程为实例分析钻孔灌注桩施工技术的运用

(一) 工程概况

为增强该市政桥梁钻孔灌注桩施工技术应用研究的现实意义，选取某市政桥梁工程为实例展开具体分析。案例工程项目中的桥梁与 I 级公路连接，全长 672 m，其中灌注桩设计于水下，结合案例市政桥梁项目技术方案来看，在该次钻孔灌注桩施工期间，需完成 128 根钻孔灌注桩的施工作业，此外，混凝土 T 梁为市政桥梁上部结构，其与钻孔灌注桩相连接，为便于施工，市

政桥梁工程项目组与当地主管部门进协商，最终将水位降低至8m，极大降低了施工难度，但仍有部分桩体结构需于水下施工。

（二）技术选择

结合上述分析可知，现阶段我国市政桥梁工程项目中常用的钻孔灌注桩施工技术主要分为三类，即反循环钻进成孔技术、冲击钻孔成桩技术、正循环钻进成孔技术，不同钻孔灌注桩施工技术的适用场景不同，对施工场地的水深、地层等均具有一定要求，因此，为确保钻孔灌注桩施工技术能够在案例市政工程项目中得到良好运用，需对常用的施工技术进行对比分析。

通过案例市政桥梁工程概况分析可知，该次钻孔灌注桩施工技术的现场条件较为特殊，存在水下施工部分，在技术方案初步选择时，拟采用效率高、排渣效果好的反循环钻进成孔技术进行处理，但技术人员对案例市政桥梁工程地质条件、自然环境、工期要求、实施难度等要素进行综合分析后，发现反循环钻进成孔技术在该案例工程项目中运用时存在一定不足。其一，反循环钻进成孔技术所运用的反循环钻机占地面积较大，而案例工程现场场地相对狭窄，直接影响了反循环钻机在该桥梁施工项目中的运用。其二，选用反循环钻进成孔技术施工时，为确保钻渣能够顺利排除，需配备水上设施，由此增加了施工成本，随反循环钻进成孔技术在成本方面具有优势，但新增水上设施后，导致其成本优势被抵消。

对多种钻孔灌注桩施工技术进行统筹分析后，最终选用冲击钻孔成桩技术进行施工，该技术的适用场景较多，且在冲击钻孔过程中，可多个点位同时冲击钻孔，大幅提升钻孔灌注桩施工效率，避免了工期延误风险^[3]。

（三）技术运用

案例市政桥梁工程项目采用冲击钻孔成桩技术进行施工时，为保障技术运用效果，从埋设护筒、设备选择、冲击钻进成孔、吊放钢筋笼、灌注施工五个方面强化技术控制，最大限度保提高了该次市政桥梁工程中钻孔灌注桩施工技术的应用效果。

1. 埋设护筒

冲击钻孔成桩技术时，案例市政桥梁工程项目提前准备钢护筒结构，其材料为A3钢板，厚度为5mm，经卷制加工处理后作为钢护筒运用至施工作业中，为避免影响施工效果，要求钢护筒筒身内径比灌注桩桩径大200mm以上，同时防止钢护筒在灌注期间出现变形现象，于钢护筒加工制作时，不仅采用焊接技术进行接缝，还增设颈肋结构加以固定。

完成钢护筒结构的加工制作后，按照市政桥梁工程施工技术图纸确定钢护筒点位，在全站仪的帮助下完成实地测量，同时借助槽钢加以固定。在此基础上，钢护筒运用吊车设施运输并就位，将其下沉设置在水上作业平台上加以固定，依次完成多个钢护筒的堆叠放置，随

后采用焊接工艺将其固定即可。钢护筒在堆放、焊接的同时将会逐渐下沉，待钢护筒与河床接触后，停止下沉下放。对钢护筒与河床的接触状态进行检查，确认检查合格后，则借助锤击方式对钢护筒造成冲击，使钢护筒可按照市政桥梁施工技术标准而下沉至制定标高位置。钢护筒经冲击下沉期间，技术人员应注意观察钢护筒状态，若产生歪斜现象则需立即纠正。待钢护筒下沉完毕后，测量钢护筒中间点位，核查数据是否标准，同时校验钢护筒垂直状态，要求钢护筒偏斜程度不可超过设计标准值的1%，平面偏差不可超过50mm^[4]。

2. 设备选择

对案例市政桥梁工程项目的地质报告加以分析，发现在冲击钻孔期间需依次钻进卵石层、细砂岩层，案例工程选用冲击钻孔成桩技术，在钻孔施工期间共看准备13台钻机设备，多个钻孔灌注桩点位同时冲击钻进成孔，借助该方式提高冲击钻孔成桩技术的应用效率，避免出现工期延误等现象。对案例市政桥梁工程项目中所运用的钻机设备性能进行统计，如表1所示。

表1 案例市政桥梁工程项目所用钻机的设备性能

指标	参数
卷筒提升力 / (kN)	50
自重 / (kg)	6000
冲击频率 / (次 / min)	8 ~ 10
冲击行程 / (mm)	2000 ~ 3000
钻具自重 / (kg)	4000
行走方式	走管移动

3. 冲击钻进成孔

按照技术方案选择钻机设备后，则进入到冲击钻进成孔阶段，该阶段属于钻孔灌注桩施工技术在市政桥梁工程施工中的重点工序。对冲击钻进成孔施工阶段的技术要点进行总结分析，具体如下所示：

（1）安装钻机设备。钻孔灌注桩所运用的钻机设备存在差异，在案例市政桥梁工程中选用冲击钻孔成桩技术，而冲击钻机在应用时通常配备钻架，因此，在实际施工期间，按照技术方案安装钢护筒之后，将冲击钻机安装至指定位置进行就位，随后搭设钻架。安装钻机设备过程中，要求钻机吊绳与桩孔中间处于同一铅垂线上，并对偏差进行严格控制，要求偏差程度低于20mm。在此基础上增设风缆绳，对钻机装置体系进行全面检查，确认无误后则可进入下一道工序。

（2）泥浆制备。冲击钻进之前全方位清洗护壁，在钻进期间将会受到冲击作用而形成黏土，黏土与水受到钻锥作用力影响则会直接形成泥浆。为便于泥浆运用，案例市政桥梁工程项目在水上作业平台上方增设储浆池、泥浆循环系统，用于存储泥浆，同时确保泥浆能够循环利用，多次进入钻孔内携带钻渣排出。在具体运用期间，采用泵送形式将泥浆输送至钻孔底部，同时沿

钻锥喷射，此时钻渣则会逐渐上升，使钻渣可与泥浆共同抽出，继而实现循环式钻渣净化^[5]。对案例市政桥梁工程项目中的泥浆参数进行整理，如表2所示。

表2 案例市政桥梁工程项目中的泥浆参数

指标	参数
比重	1.08 ~ 1.10
黏度 / (s)	18.00 ~ 22.00
静切力 / (Pa)	1.00 ~ 2.50
含砂率 / (%)	< 4.0
失水率 / (ml/30min)	14.00 ~ 20.00
胶体率 / (%)	> 95
pH	8 ~ 10
泥皮厚度 / (mm/30min)	< 2.0

(3) 冲击钻进。按照冲击钻孔成桩技术钻进，用小锤悬挂放置高空0.4~0.6m区间内，在此基础上添加黏土泥浆、片石，将其作为护壁，将孔壁挤压密实，以此则可确保孔壁可能良好发挥作用，且可降低孔口坍塌问题。在案例市政桥梁工程施工期间，通过冲击使孔洞深度超过护筒底部后，则可适当加快冲击钻进速度，保持正常冲击钻进效率，在该情况下提升小锤高度，将其控制在1.5~2.0m区间范围内，与此同时，对冲击频率严格控制，以8~10次/min为佳。在冲击钻进期间定期检查泥浆比重，若发现泥浆比重出现偏差则需及时加以调整，并每钻进4~6m检测孔形状态，避免出现孔径、垂直度偏差的现象。

(4) 钻渣清除。待孔洞冲击钻进至指定深度后，对最终成孔现象进行检查，随后实施清孔作业。案例市政桥梁工程进行钻孔灌注桩施工时，清孔作业分两次实施，首次清孔主要在成孔后，孔洞达到设计深度后将冲击锤提出，随后插入导管，采用压风形式完成第一次清孔。第二次清孔发生在灌注施工之前，清孔方式与首次清孔一致，主要用于清除孔底沉渣，里面钻渣堆积在孔洞底部而影响桩体质量。清孔结束后注意测定钻渣厚度，要求钻渣厚度低于50mm。

4. 吊放钢筋笼

钢筋笼按照技术方案加工制作完毕后，将其运输至施工现场，并检查其质量，确认钢筋笼性能指标符合标准后，则检查孔内状态，若钻渣厚度超标则需及时清除。在此基础上，使钢筋笼维持平直状态下放至孔洞内，若在下放期间遭遇障碍物，此时需检查孔洞状态，杜绝强行下放的错误行为，以免钢筋笼受力过大而出现变形问题。若钢筋笼下放时产生上浮现象，则应检查桩孔以及套管内部，全面清除杂质，确保灌注作业能够顺利开展。此外，还可放缓钢筋笼下放速度，防止孔洞坍塌，同时根据施工现场实际情况增设临时固定装置，用于控制上浮应力，继而确保钢筋笼能够良好下放至孔洞内，为后续灌注施工做好铺垫。

5. 灌注施工

冲击钻进成孔与灌注是市政桥梁工程项目钻孔灌注桩施工中最为关键的两道工序，在案例市政桥梁工程中，提前计算得出灌注量，约4立方米，完成灌注量计算后，将导管沿中间伸入孔洞内，要求导管与孔洞之间的距离大约为35cm。当导管达到标准深度后，将其上端部位连接漏斗，同时增设隔水塞，若混凝土在施工期间出现外溢现象，则意味着混凝土已充分被灌注至孔洞内，待混凝土浇筑完毕后借助导管排出内部水分，与此同时插入导管，使导管进入混凝土内部，以免出现水回流现象。

在市政桥梁工程施工期间，对灌注工序尤为重视，并编制了一系列灌注施工的质量把控要点，如下所示：

- (1) 最大限度提升混凝土和易性与均匀程度，确保混凝土可平稳均匀进入孔内，完成桩体灌注施工。
- (2) 混凝土进入案例市政桥梁工程施工现场后，及时检查坍落度参数，要求混凝土坍落度处于18~22cm区间内。
- (3) 灌注施工期间，全方位统计与记录导管伸入长度、混凝土液面高度等关键参数，对桩体灌注施工细节进行把控，降低断桩问题出现概率。
- (5) 若在灌注期间发现导管内存有空气，则需控制灌入速度，杜绝高压气囊的形成。

结束语

综上所述，钻孔灌注桩技术在市政桥梁施工中具有较高应用优势，现已被广泛运用到市政桥梁工程项目中。在该次市政桥梁工程案例中，对反循环钻进成孔技术、冲击钻孔成桩技术、正循环钻进成孔技术现阶段常用的在钻孔灌注桩技术进行对比选择后，最终选择冲击钻孔成桩技术进行施工，按照埋设护筒、设备选择、冲击钻进成孔、吊放钢筋笼、灌注施工的顺序依次完成施工作业，使钻孔灌注桩施工技术在市政桥梁工程项目中充分发挥出其价值。

参考文献

- [1] 胡平健, 吴金芳. 公路桥梁施工中钻孔灌注桩施工技术的应用研究[J]. 运输经理世界, 2023, (30): 77-79.
- [2] 师晓辉. 钻孔灌注桩施工技术在公路桥梁施工中的应用[J]. 运输经理世界, 2023, (30): 98-100.
- [3] 李文. 市政桥梁工程基础钻孔灌注桩施工技术的应用分析[J]. 四川水泥, 2023, (10): 252-254+257.
- [4] 裴俊标. 公路桥梁施工中钻孔灌注桩施工技术的应用分析[J]. 运输经理世界, 2023, (28): 103-105.
- [5] 林秀胜. 钻孔灌注桩施工技术在市政桥梁施工中的运用分析[J]. 工程建设与设计, 2023, (06): 201-203.

作者简介：徐仲，男，1983年6月生，山东省泰安市，汉族，大学本科，中级工程师，研究方向：市政工程、公路工程。