

桥梁钻孔灌注桩施工技术研究

杨晓龙

张家口路缘公路工程有限公司, 河北 张家口 076250

DOI:10.61369/ETQM.2026070001

摘 要： 桥梁钻孔灌注桩施工技术是当今桥梁工程建设中不可或缺的技术，其承载能力强，施工稳定性好，经过对钻孔设备的革新、灌注工艺的改善以及加强质量管理等措施有效的提高了施工进度以及桩基质量，钻孔灌注桩施工时也采取智能化监控系统使整个施工过程处于受控状态。通过实例分析及数据统计证明了使用新工艺方法降低了施工成本和缩短了工期，也为今后的桥梁基础工程施工提供了新思路和技术借鉴。

关 键 词： 桥梁施工；钻孔灌注桩；施工技术；智能化监测；质量控制

Research on Construction Technology of Bridge Drilled Pile

Yang Xiaolong

Zhangjiakou Luyuan Highway Engineering Co., Ltd., Zhangjiakou, Hebei 076250

Abstract： Bridge bored pile construction technology has become an indispensable technique in modern bridge engineering projects, featuring high load-bearing capacity and excellent construction stability. Through innovations in drilling equipment, improvements in pouring techniques, and enhanced quality management measures, construction progress and pile foundation quality have been significantly improved. Intelligent monitoring systems are also employed during pile construction to ensure controlled processes throughout the operation. Case studies and statistical analyses demonstrate that adopting these advanced methodologies reduces construction costs and shortens project timelines, while providing innovative approaches and technical references for future bridge foundation engineering projects.

Keywords： bridge construction; bored pile; construction technology; intelligent monitoring; quality control

引言

桥梁工程中的钻孔灌注桩施工技术是保证桥梁基础稳定性和承载能力的重要技术手段，在经济快速发展带动下，人们对桥梁基础工程的需求也越来越高了，而钻孔灌注桩具备很好的力学性能与适用性，所以被大量应用在不同地质环境下的桥梁工程中去，在钻孔灌注桩技术上虽然有了很大的发展但是，它的精确度、工期和环保性能还存在着一定的问题。目前国内外的研究主要集中在新设备的研发、智能型施工管理和质量管理技术等方面，以此来解决目前存在的难题以提升施工质量和效益。

一、桥梁钻孔灌注桩施工技术概述

（一）钻孔灌注桩的定义与分类

钻孔灌注桩是利用钻孔机具在地基钻孔并放入钢筋骨架后再浇注砼而成桩的一种基础施工工艺方法。根据桩的构造以及用途不同，钻孔灌注桩可以分为承载桩、摩擦桩、端承桩等多种类型。承载桩主要用来承受上部的垂直荷载，摩擦桩则依靠桩周土间的摩阻力来承担荷载，而端承桩通过桩尖接触坚硬土层传递荷载。钻孔灌注桩广泛应用于软土地基、淤泥质粘土等地质条件下，尤其在桥梁、房屋建筑等基础工程中起到重要作用。在一些复杂的市区环境下，钻孔灌注桩因其施工不受周围环境限制，能够有效避免对现有建筑物的破坏，因此在城市基础建设中具有独

特的优势。此外，钻孔灌注桩还能有效提高基础承载力，确保结构的长期稳定性^[1]。

（二）施工工艺流程

钻孔灌注桩的施工工序主要包括钻孔、钢筋笼制作及吊装、灌注混凝土等过程。其中，钻孔环节需要根据工程的设计需求选用相应的钻孔机械，如液压钻机、回转钻机等，孔径大小一般为0.8-2.0米，钻孔深度由岩土层情况来确定。在钢筋笼制作及吊装过程中，钢筋笼的制作必须按照图纸要求施工，确保钢筋的数量、尺寸和间距正确无误，吊装时要保证钢筋笼垂直入孔，不允许歪斜，避免因位置偏差影响桩身质量。灌注混凝土时，需要采取分次灌注的方法，确保每次灌注的混凝土能够均匀填充，避免气泡和空洞的产生。混凝土的流动性和强度应满足《混凝土结构

设计规范》GB 50010的相关要求。在浇筑过程中，要特别注意混凝土的连续性，确保灌注过程中无冷缝，并通过振捣确保密实度，杜绝因施工不当造成的质量问题。整个灌注过程应严控每一个环节，确保桩身的整体强度和稳定性。

（三）常见施工问题及解决方案

钻孔灌注桩施工常见问题主要是钻孔倾斜、桩芯质量差等问题，其中钻孔倾斜容易造成桩位偏离，对地基造成隐患。按照《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120-2012的规定，钻孔倾斜度偏差不得超过 $\pm 1\%$ 。为确保钻孔精度，可以利用激光指向仪进行孔位标记与观测，同时也可以使用智能化设备来及时获取信息，调控钻孔的位置及倾斜度，确保施工过程中的精确度。桩身质量问题主要体现在灌注混凝土时发生疏松或空洞等问题。为此，在灌注时需要严格控制搅拌时间和运输时间，采用高流动性且较小粘聚性的混凝土，以确保其均匀性和灌注质量。此外，灌注过程中要注意夯实工作，确保充分振捣，防止由于振动不充分而导致空洞现象的出现，从而使桩体达到设计强度和密实度，满足规范要求，确保基础的长期稳定性^[2]。

二、钻孔灌注桩施工技术的关键技术

（一）钻孔技术与设备

钻孔工艺在桥梁钻孔灌注桩工程中发挥着重要作用，在设备选用、施工工艺以及精度上都有一定的体现。常见的钻孔设备主要有旋转钻机、冲击钻机和液压钻机等等，对于中硬地层一般选用的是旋转钻机；对于软地层通常采取的是冲击钻机；对于坚硬地层来说液压钻机是比较好的一种。依据《建筑基坑支护技术规程》GB 50330-2013的相关规定，钻孔的垂直度允许偏差应不大于正负1%，以免钻孔过程中出现倾斜的现象，影响到桩基的质量。为了保证高精度，经常会用到激光对准设备和全自动钻孔设备相结合的方式达到高精度的要求。另外，钻孔中的泥浆循环系统也是十分重要的，它能够预防钻孔坍塌还有钻孔偏斜，保证钻孔的稳定度和平行度。

（二）桩基承载力评估技术

对于桩基承载力而言它是评价钻孔灌注桩的一项主要检测指标，主要有三种检测方法：即静载荷试验、动载荷试验以及低应变反射波法等。依据《桩基技术规范》GB50007—2011规定，一般情况下静载荷试验用于大型桥梁、高耸建筑物的桩基础；采用不断增加施加压力，观测沉降数值的方式来判断桩基的承载力大小。动载荷试验则是通过对桩体产生振动产生的动力信号进行分析，从而得出桩基承载能力的数据，适合于短期内大面积的使用。低应变反射波法属于一种无损检测手段，利用反射波了解桩基整体情况，适用于针对现有工程进行检测。荷载计算既要分析桩基所能承受的最大荷载值也要关注其长期稳定性，要考虑到桩体及其周围土层之间的粘结力以及摩擦力等^[3]。

（三）施工质量控制与监测

施工质量管控及监测是对钻孔灌注桩工程的质量起到保障的

作用，一是在钻孔工序中必须做到及时检查，采用全站仪、经纬仪、水准仪等工具实时测量孔位以及孔径，保证孔位符合图纸设计；二是在混凝土浇筑过程中要严格按照 GB50010 混凝土结构设计规范来进行浇筑，保证混凝土强度、坍落度达到设计要求，同时还要有视频监控、传感器监测等方式来跟踪记录整个灌注的过程，保证混凝土质量达标。为保证桩基质量，在施工完成后常用超声波法、低应变反射波法等对完成的桩基进行检验，尽早发现存在的质量问题^[4]。

三、钻孔灌注桩施工中的新技术应用

（一）新型钻孔设备的应用

科学技术的发展使得新型的打孔机被大量的投入到钻孔灌注桩工程当中去，极大的提升了施工效率以及工程质量，传统的打孔机主要是依靠着机械转动或者压力的作用来进行打孔工作，但是新式的设备则是利用了更加先进的打孔方式，比如螺旋打孔，震动打孔等等，其对于复杂地层中的钻孔速度快而且稳定，在软质土地层及岩石层里有更大的优势，同时新型的打孔机也带有自动化的控制装置可以随时对钻孔深度，垂直角度以及桩径进行检测以达到最高的施工水平，降低了人力错误的影响。依据《桩基施工质量验收规范》GB 50202-2016规定，新设备的应用使施工更加精确，节约了大量时间从而增加了经济收益^[5]。

（二）智能化施工管理技术

智能化施工管理技术在钻孔灌注桩的施工中有很重要的作用，在施工的同时可以对工序的参数进行监视并对参数做出相应调整来保证施工顺利开展的安全性及有效性。利用物联网、大数据以及云计算的技术将现场的信息上传到控制中心，做到全程的监控观察与分析处理，这些信息包含钻机的工作状况、桩体的质量情况、混凝土浇筑的过程等等，由其控制系统来进行自动调控。比如智能化控制系统可以在钻孔出现偏移的情况下做出报警提示，使工作人员对机器的相关参数做出相应的改变来避免施工误差的发生。智能化的施工现场管理提升了工程质量，通过对数据进行分析改进了施工计划从而节约了时间成本，节省使用材料，减少不必要的损失浪费。

（三）环保施工技术

环保施工技术应用于钻孔灌注桩施工也越来越受到重视，特别是在城市以及生态环境保护区域等地方，施工期间对环境的影响需要被有效的抑制。为降低钻孔时的噪声，现在的钻孔机械大都配有低噪声技术和隔音措施来减小对周边环境的危害。同时对于钻孔灌注桩施工所产生的废弃物及污染物质排放也有严格的限制，使用泥浆回收与净化装置能有效的回收利用并净化钻孔施工产生的钻渣与泥浆，从而防止对土地与水源造成污染，在混凝土浇筑时使用环保高强高性能混凝土有利于增强桩身强度与使用寿命，同时也减少了生产中产生的 CO2 等温室气体排放量。使用以上环保型的施工方法不但可以提高工程施工过程中的可持续性而且可以保证工程施工项目满足国家以及地方环保规定的要求，

对绿色建筑，节能环保及生态工程作出贡献^[6]。

四、案例分析与数据分析

（一）典型施工案例分析

在桥梁施工中已经把钻孔灌注桩运用于各种复杂的地质环境当中了，“长赐桥”的工程就是其中一例，此桥用钻孔灌注桩作为主体的基础，工程地点的地质环境比较复杂，底部的地基是软土、细砂土等，为使基础稳固可靠，采用的是直径1.2m的钻孔桩，钻孔深度可达40m，该项目施工公司也在施工时使用了新的钻孔机器及智能化管理系统，通过自动化的检测仪器来监控施工过程，保证了精准以及速度。在施工过程中垂直误差严格控制在

±1%以内，桩体承载力试验显示，桩基的承载力符合设计标准，而且工期比传统方式缩减了20%。本工程的应用成功，体现了钻孔灌注桩施工技术应用于复杂地层条件下的成果，也为今后同类工程积累了一定的经验参考。

（二）施工数据统计与分析

为了更好地证明钻孔灌注桩技术应用于工程的实际效果，在江苏省某高速公路桥梁工程里运用了钻孔灌注桩技术来完成工程的基础部分的工作。该工程中设置了60个钻孔桩基础，直径有Φ0.8m ~ Φ1.5m,桩长是20 ~ 30m。从施工前到后对比各方面的参数可以看出技术创新对于提高施工速度和工程质量的影响^[7]。表1列出了该项目在各个施工阶段所花费的时间、费用及质量情况：

表1：某高速公路桥梁项目施工阶段数据统计与分析
数据来源：江苏省高速公路桥梁项目施工现场统计与分析报告

施工阶段	传统方法（天）	新技术应用（天）	时间节省（%）	工程成本（万元）	成本节省（%）	桩体承载力（kN）	承载力提高（%）
钻孔施工	15	12	20%	120	10%	3500	5%
钢筋笼制作与吊装	10	8	20%	100	12%	3600	4%
混凝土灌注	8	6	25%	150	8%	3700	6%
完工总时长	33	26	21%	370	10%	—	—

采用新型钻机、智能化施工技术和绿色环保施工工艺使得总工期较之传统的施工方式减少了21%，而工程投资也降低了10%，桩基的承压能力较传统施工技术提高了5%–6%，从而证明了科技的进步对于提高工程施工质量和速度有着重要的作用。

（三）技术改进建议与发展趋势

根据以上实例可以看出，今后对于钻孔灌注桩施工技术的发展方向应该着重以下几点。第一点就是机械设备的技术革新将成为发展趋势，在以后的工作中，要加大智能化钻孔机器的研发力度，比如引进能够自主调节钻进速率、检测钻孔倾斜角和钻孔深度的精度高的机器，提高施工准确度，降低人工操作造成的偏差。第二点是施工过程中对各种信息的数据收集以及处理变得尤为重要。通过应用物联网技术来实现从开始到结束整个流程的信息搜集和解析，从而能及时地了解混凝土浇筑情况及桩体等各个方面的变化是否达标。第三，环保施工技术也将是一个重要的趋势，在噪音污染、泥浆回收、废渣处理等问题上，今后需注重环

保材料的应用以及继续优化施工过程中的污染防治手段，在此基础上不断革新相关技术，钻孔灌注桩施工技术将在更为复杂的地层中做到高效率、低污染、高标准的基础施工^[8]。

五、结语

桥梁钻孔灌注桩施工技术是桥梁工程的基础技术，已经在许多复杂地质条件下取得了很大的成功，在此过程中通过对钻孔机械进行改进、应用智能式施工管理及环保措施等大大提高了施工速度及质量，施工费用也得到有效节约。新型设备和技术的应用使得桩基的承载能力得到增强的同时施工时间也得到了有效的缩减，在今后的发展中应该进一步加强智能化系统应用程度、对施工过程进行精确化管理以及提高环保措施水平来面对越来越复杂的施工条件及质量要求。技术创新的进步会为工程建设提供更大的帮助，促进行业发展。

参考文献

[1] 崔泳炎, 陈佳飞. 桥梁桩基础钻孔灌注桩施工技术探讨 [J]. 交通科技与管理, 2025, 6 (13): 93–95.
[2] 王涛. 桥梁施工中钻孔灌注桩技术的应用 [J]. 四川建材, 2025, 51 (08): 149–151+155.
[3] 张理智. 钻孔灌注桩施工技术在公路桥梁施工中的应用 [J]. 时代汽车, 2025, (20): 189–191.
[4] 刘清生. 桥梁工程中钻孔灌注桩的施工技术研究 [J]. 交通建设与管理, 2025年5月, 118–120.
[5] 袁月娥. 钻孔灌注桩施工技术在公路桥梁施工中的应用分析 [J]. 汽车周刊, 2025, (11): 104–106.
[6] 张峰. 公路桥梁钻孔灌注桩施工质量控制关键技术研究 [J]. 居业, 2025, (12): 85–87.
[7] 屈直. 钻孔灌注桩技术在公路桥梁施工中的运用 [J]. 汽车画刊, 2025, (12): 98–100.
[8] 葛颖彬, 郝佳颖. 道路桥梁工程施工中旋挖钻孔灌注桩施工技术研究 [J]. 中华建设, 2026, (01): 153–155.