

# 市政道路桥梁工程旋挖钻孔灌注桩施工技术研究

文 / 陈剑飞 广州市市政工程维修处有限公司

**摘要：**旋挖钻孔灌注桩因经济高效、环保可靠等优势特征，在市政道路桥梁工程中得以广泛应用。基于此，本文简要分析了旋挖钻孔灌注桩施工技术的特点后，重点阐述了关键施工工艺流程，并针对实际施工过程中存在的各项技术性难题，提出了行之有效的解决措施。研究表明，科学操作旋挖钻孔灌注桩施工技术，能够全面提升市政道路桥梁的稳定性与可靠性，以供参考借鉴。

**关键词：**市政工程；道路桥梁；旋挖钻孔；施工技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.21.054

## 引言

在城市化进程日益加快的背景下，市政道路桥梁工程的数量显著增加，此类工程的施工质量及安全性会对城市交通质量与民众生命财产安全产生直接影响，旋挖钻孔灌注桩具备环保、高效的特征，在现阶段的建筑领域中应用十分广泛，因此，有必要对其展开深入研究，详细了解技术应用过程中的多种细节，有效促进技术整体水平提升，推动市政道路桥梁工程可持续发展。

### 一、旋挖钻孔灌注桩施工技术特点

旋挖钻孔灌注桩主要是利用旋挖钻机在地基土中形成一定规格的孔洞，将钢筋笼放置到孔洞内再灌注混凝土后，形成一个完整的桩体，具有抗震性能突出、承载能力较强以及适用范围广泛等特点，如下所述：

其一，抗震性能突出：在旋挖钻孔灌注桩的施工中，通过泥浆护壁使桩身与四周土体紧密结合到一起，形成一个完整的复合地基后，在地震效应的影响下，可实现对荷载的有效传递，减少沉降和变形问题的出现，对于道路桥梁工程的长期可靠运行，起着重要的支撑和保障作用<sup>[1]</sup>。

其二，承载能力较强：承载能力是衡量道路桥梁工程综合性能的重要指标，而旋挖钻孔灌注桩在桥梁结构承载能力的提升方面，展现出了较强的作用和价值，究其原因，钻设成孔后，通过浇筑技术，将钢筋笼与混凝土紧密结合，可实现对基础结构的全方位加固，在提高道路桥梁结构耐久性的同时，还能够增强其承载能力，确保其可以适应日益增多的车流量。

其三，适用范围较广：部分市政道路桥梁工程的施工环境较为复杂，存在气候条件不佳与地质条件较差的问题，不利于各项施工活动的有序推进，而旋挖钻孔灌注桩本身具备适用性较强的特点，既能够在复杂的气候与地质条件下，展现出优良的性能，还可以大幅度缩短施工周期，减少不必要的施工成本，有利于“效益最大化、成本最小化”技术目标的顺利达成。

## 二、关键施工工艺流程

通过对旋挖钻孔灌注桩的深入分析和研究可知，整个施工体系涉及到多道工序，其中不同工序的操作方法存在较大的差异性，本研究主要探讨关键工艺的操作方法，如下所述：

### （一）测定孔位

在桩位的放样定位中，要从平面定位与高程控制两个层面入手：

在平面定位中，应利用全站仪对桩位中心点进行精准测放，并利用短钢筋做好标记处理，同时运用白灰，放出桩径的边线。此外，还可以采用“十字交叉定位法”，主要是将钢筋打入到桩位点上，其中打入深度要控制在300mm左右，以此为基础进行十字标记保护<sup>[2]</sup>。

在高程控制中：在水准仪的作用下，将高程科学引测到孔口这一位置后，对桩顶标高进行测量复核，确保其与设计图纸中的内容具有高度的一致性。

### （二）埋设护筒

护筒埋设过程中，要利用定位后的控制桩进行放样，将钻孔的方位标注在孔的底部位置，将护筒置于孔中，确定护筒圆心的具体方位，将十字线固定在护筒的底部或者顶端，再调整护筒位置，让其中心能够和钻孔中心重叠，借助垂球或者水平尺进行检查，确保护筒处于垂直状态。挑选含水量最适宜的粘土在护筒周边的均匀与对称地实施回填操作，使用分层夯实技术，以确保其密实度满足施工标准。若护筒底部的土层属于非粘性土，则需进行换土操作或者加大挖掘深度，在钻孔底部填充厚度为300~500mm的粘土，并有效夯实后，方可进行护筒的放置，避免护筒底部孔口出现渗漏问题，从而引发塌方等事故。

### （三）钻机就位与钻进

在钻孔施工正式开始前，应注重泥浆的合理制作，如表1所示。

表1 泥浆制作技术标准

钻孔技术	相对密度	胶体率	粘稠程度	含砂率	pH值
旋挖钻进	1.05 ~ 1.1g/cm <sup>3</sup>	> 95%	> 17	> 1%	> 7

钻机达到指定位置以后,需要先检查设备的状态与性能是否能够满足施工标准,还要逐一查验配套设施,确定配套设施齐全和设备性能良好以后方可利用其开展正式施工。旋挖钻机使用的多为筒式钻头,待钻头进入到孔内的设置深度以后,对其进行旋转和加压操作,使旋起土壤进入到钻筒之中,待钻筒填满泥土以后,改变钻头方向,关闭钻头底部将其移动到孔外,通过自动或者手动的方式启动钻头底部的开关,将废土倾倒在干净。钻进期间或者在钻头移动到孔外以后,对孔中灌注泥浆,泥浆的液面需要高于护筒的底端,规范的筒式钻头长度一般为1.8m,重量为10kN。另外,有效控制泥浆的占比十分关键,一般情况下应将泥浆比控制在1.2~1.3之间,在钻进期间还需要结合实际情况,对泥浆的性能进行适当调整,确保泥浆的粘稠度、胶体率以及含砂率等指标处于最佳状态<sup>[3]</sup>。

#### (四) 首次清孔与测孔

在钢筋笼的吊装施工正式开始前,应做好一次清孔作业,主要是遵循“缓慢上提”的原则控制钻具,使其位于孔底15m左右的位置后,全方位处理孔底沉渣,在这一过程中,要持续循环泥浆,将泥浆的密度控制为 $1.25\text{kg}/\text{m}^3$ 、粘度控制为 $18\sim 22\text{Pa}\cdot\text{s}$ ,严格按照这一参数,不断置换泥浆30min后,结束首次清孔作业。当该工艺环节完成后,还要利用测量工具,对孔深进行准确测量,再依次推进钢筋笼安装与混凝土导管的安装施工。

#### (五) 钢筋笼安防

制作钢筋笼的过程中需遵循的原则包括:钢筋净距要超过粗骨料颗粒直径的3倍,主筋中通过机械连接的位置需要互相交错,接头率应小于所有钢筋数量的1/2。主筋外径要小于冲孔设计直径约140mm,钢筋笼内部直径要超过导管接头位置外径的100mm,主筋净保护层应大于或者等于70mm,偏差不应超过 $\pm 20\text{mm}$ 。选取分段的形式进行钢筋笼的制作,并将钢筋笼的长度控制在8~12m之间,若总长度小于15m且场中达到了吊机施工要求,可以选择在现场进行直接加工(如图1)。在连接两段钢筋笼的过程中可以引入单面搭接焊的形式。

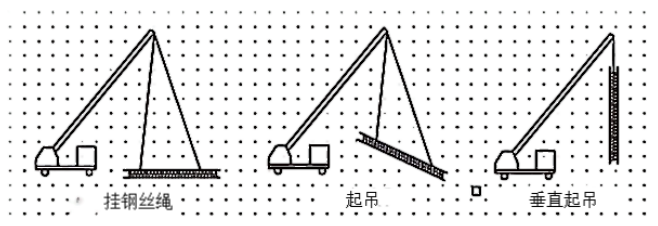


图1 钢筋笼吊装图

钢筋笼选用25T轮式吊车开展吊装操作,应注意避免弯曲、扭转的情况出现。安装钢筋笼的过程中,需利用吊装设备使钢筋笼垂直并和孔位精准相对,且需要

在下放期间确保其稳定,避免抖动或者倾斜,以保证钢筋笼可以精准放在对应区域,并防止和孔壁出现碰撞,在钢筋笼下放到指定位置以后,应立即固定,避免其偏移或者倾斜。灌注桩长度的平均值为15~20m,分段对钢筋笼进行制作与吊装,检查合格以后,通过两点起吊的方式,在主吊点通过25T轮式汽车对钢筋笼实施垂直起吊;实现对钢筋笼的有效焊接,吊点位置要进行满焊,主筋和箍筋通过电焊的方式进行连接<sup>[4]</sup>。

#### (六) 导管连接与安装

在水下混凝土浇筑作业开始前,需要从专业的角度出发,做好导管的安装作业,其中导管的直径要控制在20~30cm以内,若 $< 20\text{cm}$ 容易造成堵管问题;若 $> 30\text{cm}$ ,会给混凝土的流动性造成极大的不良影响。经过检测确定导管的直径符合技术参数后,秉持严密连接的原则,对导管进行连接需采用橡胶圈密封,从根本上避免泥浆渗入问题的发生。在实际安装导管的过程中,应将其底部与孔底之间的距离控制在30cm以上、50cm以下,同时还要将首次埋深控制为埋入混凝土深度的1.0m以上、3.0m以内,若首次埋深不足,极易出现泥浆回流问题,诱发断桩风险。此外在混凝土浇筑期间,导管的埋设应保持在2~6cm以内<sup>[5]</sup>。

#### (七) 二次清孔

当导管的安装施工结束后,还要进行二次清孔,本次清孔主要目的是清除钢筋笼与导管安装下放期间,产生的各种新的沉渣,其中泥浆比重与含砂率应分别控制为1.05~1.15、 $\leq 8\%$ ;粘度应控制在28s以内,确保清孔的可靠性,以免出现塌孔等不良现象。

#### (八) 混凝土灌注

在灌注混凝土的过程中,要全面贯彻落实“一次性连续”的技术原则,其中导管埋深始终保持在2~6m以内,为保证成桩质量,每30min要对孔内混凝土面的高度检测1次。当首次灌注作业结束后,为避免钢筋笼出现上浮的问题,要适当降低灌注速度。在最后一次灌注中,要遵循缓慢提升的原则将导管拔出,避免给桩头造成较大的扰动。

### 三、市政道路桥梁工程旋挖钻孔灌注桩施工常见的问题

从宏观的角度出发,可将市政道路桥梁工程旋挖钻孔灌注桩的施工体系划分成三大阶段,分别是成孔阶段、钢筋笼施工阶段与混凝土灌注阶段,不同阶段的质量风险有所不同,具体表现在以下几个维度:

①成孔阶段:在这一阶段,极易出现两大质量问题,一个是孔斜与孔径不足,另一个是孔底沉渣超标,二者的诱因存在较大的差异性,前者的诱因较多,如钻机未能调平、地质条件较差软硬不均、钻头磨损等;后者的

诱因在于清孔作业缺乏全面性，未能彻底将沉渣清除，另外泥浆性能较差，也可能会造成孔底沉渣超标问题。此外，还可能会出现孔壁坍塌的质量风险，主要诱因为地下水位波动较大或者泥浆护壁失效。

②钢筋笼施工阶段：钢筋笼上浮、下沉是导致该阶段施工质量不佳的重要原因，在实际施工过程中，若施工人员缺乏丰富的工作经验，未能做好钢筋笼的焊接工作，或者存在导管埋深不当、清孔不到位等问题，就可能会造成钢筋笼上浮、下沉风险。

③混凝土灌注阶段：在该阶段，常见的质量问题有，断桩、夹泥以及桩头浮浆等，其中断桩的危害最为严重，而造成此类现象的根本原因，在灌注施工期间，导管存在埋深不当、接口渗漏以及提拔过量等问题，造成断桩风险。

## 四、解决措施

针对市政道路桥梁工程旋挖钻孔灌注桩施工期间，存在的各类质量问题，本研究提出以下解决措施：

### （一）成孔阶段质量控制

首先，在钻机就位环节中，要注重设备的调平，确保其处于高度水平的状态，同时严格检查钻头的直径，并利用十字交叉法对桩位的具体位置进行复核，原则上，允许其存在一定的偏差，但要控制在2cm以内，实现对孔斜与孔径不足问题的有效解决；其次，针对孔底沉渣超标这一问题，要做好清孔作业，并控制泥浆性能，其中泥浆比重与含砂率分别为 $\leq 1.1$ 、 $< 2\%$ 。最后，在泥浆护壁施工中，若施工区域为黏土，应运用原土造浆，若土层较为松散，要适当增加黏土。同时为应对地下水位变化问题，要将护筒埋深控制在2m以上，其顶面至少要高出地面0.5m。

### （二）钢筋笼施工阶段质量控制

在制作钢筋笼的过程中，要规范操作绑扎、焊接工艺，确保钢筋笼的质量性能符合技术规范。同时，当初灌作业结束后，要适当提升导管的速度，使其埋深保持在2-6m以内，在整个施工期间，一旦发现钢筋笼存在上浮问题，要对导管进行反复摇动，将挂带切除；若发现钢筋笼存在下沉问题，其下沉深度已经超过2m，要进行开挖对钢筋进行接高处理，在此基础上，凿毛桩头并安排专业的人员，补浇一定量的混凝土。

### （三）混凝土灌注阶段质量控制

在断桩问题的预防与控制中，一方面要将首批混凝土用量控制在合理范围内，确保首次浇筑量满足导管埋深 $\geq 1.0\text{m}$ 这一技术规范，并且在整个灌注期间，导管的埋深必须保持在2m以上、6m以下，一旦超出这一范围，要在第一时间分析问题的成因，并采取相应的措施解决

问题；另一方面要遵循“连续性”的原则，完成混凝土的灌注施工，若受不可控因素的影响出现中断问题，且中断时间在10min以上，要小幅度提升导管，其中提升幅度应保持在30cm以内，从根本上避免堵管问题的出现；若灌注的中断时间超过初凝时间，一律按照废桩处理，进行全方位的清孔后重新灌注混凝土。

## 五、未来发展

在未来旋挖钻孔灌注桩施工技术应继续朝着智能化、自动化、绿色化发展，如下：

从智能化角度出发，利用精确性与实用性兼备的液压传感系统，实现对钻杆垂直度的智能、自动纠偏，避免钻孔倾斜问题的发生。

从自动化角度出发，在信息技术、物联网技术、传感器设备等先进技术手段的支撑下，获取采集施工现场产生的各类信息数据，如超灌高度、混凝土坍落度等，一旦发现施工参数超出阈值直接报警，提醒施工人员在第一时间解决问题，能够降低质量风险与安全事故的发生概率。

从绿色化角度出发，将智能化水平较高的泥浆循环净化装置应用到施工活动中，在该装置的作用下，对泥浆比重进行自动调节，有利于“泥浆零排放”技术目标的顺利达成，推动行业的绿色转型升级。

## 结语

综上所述，交通运输领域在现代化发展进程中，要正确认识到旋挖钻孔灌注桩在市政道路桥梁综合性能提升方面的显著优势，结合项目工程的实际情况，规范化、标准化操作施工技术，杜绝质量风险与安全事故的同时，强化旋挖钻孔灌注桩的整体施工成效，助推市政道路桥梁工程的高质量、高效率竣工成为现实，为社会经济的长期和谐稳定发展，奠定坚实的基础。

## 参考文献

- [1] 陆健. 复杂地质条件下打拔机配合旋挖钻孔灌注桩施工技术探讨[J]. 水泥, 2025, (07): 125-127.
- [2] 徐荣. 桥梁岩溶桩基全回转跟进护筒旋挖钻孔灌注桩技术应用[J]. 居业, 2025, (04): 250-252.
- [3] 涛莉. 大型医院工程旋挖钻孔灌注桩基施工承载力与位移关系研究[J]. 工程机械与维修, 2024, (12): 91-93.
- [4] 李润国, 周早弘, 肖茹竞, 等. 基于WBS-RBS-G1法的溶洞地区钻孔灌注桩旋挖施工风险识别与评价[J]. 建筑科技, 2024, 8(08): 129-132.
- [5] 陈代久. 中强性膨胀土层桩柱一体超深旋挖钻孔灌注桩施工技术分析[J]. 四川水泥, 2024, (01): 170-172.