

钻孔灌注桩在市政桥梁工程施工中的应用

文 / 石超 济南同晟路桥工程有限公司

丁钊滨 济南同晟路桥工程有限公司

郇建华 济南同晟路桥工程有限公司

摘要：市政桥梁工程作为城市基础设施建设的重要组成部分，不仅承担着城市交通的重要任务，还直接关系到城市的发展和居民的生活质量。随着城市化进程的加速，市政桥梁工程的数量和规模也在不断增加，对施工技术的要求也越来越高。钻孔灌注桩作为一种先进的桩基施工技术，在市政桥梁工程施工中发挥着越来越重要的作用。

关键词：钻孔灌注桩；市政桥梁；工程施工；应用分析

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.09.061

引言

市政桥梁工程作为城市基础设施的重要组成部分，对于城市的交通流畅和经济发展起着关键作用。钻孔灌注桩技术凭借其诸多优势，在市政桥梁工程中得到了广泛应用。深入研究钻孔灌注桩在市政桥梁工程中的应用，对于提高工程质量、保障工程安全具有重要意义。

一、市政桥梁工程中钻孔灌注桩技术优势

(一) 适应性强

钻孔灌注桩在市政桥梁工程中展现出卓越的适应性。面对软土地层，它能凭借合适的钻孔设备缓慢钻进成桩；在砂土地层，特殊工艺可防止塌孔顺利成桩；遇到岩石地层，专业钻头也能实现高效钻孔。正因如此，无论地质条件如何复杂多变，它都能成为市政桥梁可靠的基础形式。

(二) 承载能力高

钻孔灌注桩承载能力优势显著。设计人员可依据桥梁实际需求，灵活调整桩径大小、桩长尺度以及配筋规格。经精心设计，它能提供强大的竖向承载能力，稳稳支撑桥梁上部结构的巨大重量，同时水平承载能力也能满足桥梁在不同受力情况下的稳定需求。

(三) 施工噪声小

与打入式桩基施工形成鲜明对比，钻孔灌注桩施工时主要依靠钻孔设备进行成孔。在运作过程中，设备产生的噪声相对较小，不会形成强烈的噪声干扰。这一特性使其在城市市区这类对噪声严格限制的区域施工时优势尽显，能有效减少对周边居民生活等方面的影响。

(四) 对周边建筑物影响小

钻孔灌注桩施工具备独特优势。施工过程中，不会对桩周土体施加强烈的挤压或振动作用。这意味着在既有建筑物附近施工时，不会因施工震动导致建筑物墙体开裂等问题；在地下管线复杂区域，也能避免因挤压造成管线损坏，为桥梁基础施工创造有利条件。

二、市政桥梁工程中钻孔灌注桩技术的施工要点

在市政桥梁工程中，钻孔灌注桩施工技术以其先进性和可靠性脱颖而出。这一技术不仅能显著提高施工效率，还能全面提升工程项目的整体质量，满足各种复杂环境下的施工需求。具体的施工流程详见图1。

(一) 充分的准备工作

施工前的准备工作是确保钻孔灌注桩技术顺利实施的基石。详细研读施工现场的地质勘察报告是首要任务，

通过报告全面掌握地层分布状况，明确不同土层的特性，精确知晓地下水位高度。这有助于后续施工方案的精准制定，规避因地质不明带来的风险。依据设计图纸与现场实际地形，运用高精度测量仪器确定桩位，并进行精确的测量放线，设置醒目的控制桩和水准点，为后续施工提供准确的基准。场地平整工作不容忽视，需将场地内的杂物、障碍物清理干净，使地面达到规定的平整度，为施工设备的平稳就位创造条件。施工设备如同战士手中的武器，其性能和完好程度直接影响施工进度与质量。因此，要对各类设备进行全面检查和调试，确保其正常运行。准备充足且质量合格的施工材料至关重要，对水泥、钢材、砂石等原材料进行严格检验，杜绝不合格材料进入施工现场，从源头保障工程质量。

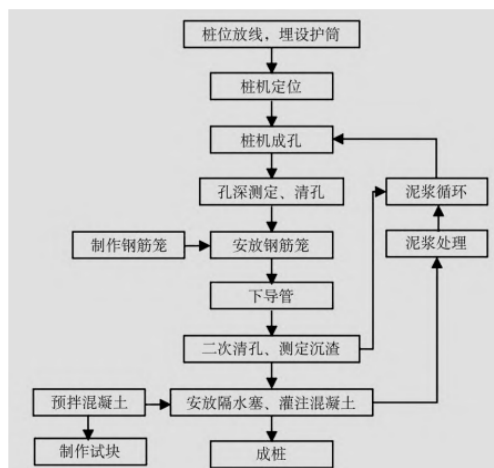


图1 钻孔灌注桩施工流程

(二) 埋设护筒

护筒在钻孔灌注桩施工中扮演着多重关键角色。通常选用钢护筒，其内径比桩径大200-400mm，为后续钻孔作业提供足够空间。护筒的埋设深度需依据复杂多变的地质条件和地下水位精准确定。在黏性土中，因其自身稳定性相对较好，护筒埋设不宜小于1.0m；而在砂土中，土体颗粒松散，为防止孔口坍塌，护筒埋设深度不宜小于1.5m。埋设过程中，要借助专业测量工具确保护筒保持垂直状态，其中心与桩位中心的偏差严格控制在50mm以内，以保证钻孔的准确性。护筒埋设完成后，在其周围回填黏土并分层夯实是必不可少的环节。这一操

作能有效增强护筒的稳定性，防止护筒出现漏水现象。

（三）钢筋笼的制作与安装

钢筋笼的制作质量直接关系到钻孔灌注桩的承载能力。在施工现场的加工棚内进行制作，首先要保证加工场地平整、坚实，为钢筋加工设备提供稳定的作业环境。钢筋的选用必须严格遵循设计要求，确保其品种、规格和质量符合标准。钢筋的焊接和绑扎工艺要求极高，焊接点要牢固可靠，避免出现虚焊、漏焊现象；绑扎间距要均匀一致，严格按照设计和规范要求控制位置和保护层厚度，以保证钢筋笼的整体强度和稳定性。当钢筋笼长度较大时，考虑到运输和施工的便利性，可分段制作。在孔口进行焊接或机械连接时，要严格按照操作规程进行，确保连接部位的强度不低于钢筋本身。钢筋笼安装是一项技术活，采用吊车或钻机的起吊设备将其缓慢、平稳地吊入孔内，在起吊过程中要时刻关注钢筋笼的垂直度，确保其垂直且居中。钢筋笼就位后，通过专门的固定措施将其牢固固定，防止在后续混凝土浇筑过程中因受到外力冲击而发生位移，影响桩身质量。

（四）制备泥浆

泥浆作为钻孔灌注桩施工中的“隐形卫士”，其性能指标对施工质量起着决定性作用。泥浆通常由黏土、水和添加剂按特定比例组成。黏土的选择至关重要，不同种类的黏土其颗粒结构和性能差异较大，需根据地质条件挑选合适的黏土品种。添加剂的用量也需精准把控，它能有效改善泥浆的性能，如增强泥浆的护壁效果、提高排渣能力等。泥浆的相对密度、黏度、含砂量等性能指标相互关联、相互影响。合理的相对密度能保证泥浆在孔壁形成稳定的泥皮，起到护壁作用；适宜的黏度可使泥浆在排渣过程中有效携带钻渣，确保孔内清洁；低含砂量则能减少对钻孔设备的磨损，延长设备使用寿命。泥浆制备完成后，将其储存在泥浆池中，并通过循环系统实现泥浆的循环使用，提高资源利用率。

（五）钻孔及清孔

钻孔环节犹如一场精细的“地下探险”，需根据地质条件和桩径要求，审慎选择合适的钻孔设备。旋转钻机适用于较为松软的地层，其通过旋转钻头切削土体，成孔效率高且孔壁较为光滑；冲击钻机则更擅长应对坚硬的岩石地层，利用冲击钻头的冲击力破碎岩石。在钻孔过程中，严格控制钻进速度和钻进参数是关键。过快的钻进速度可能导致钻孔偏斜、孔径不规则等问题，而合理的钻进参数能确保钻头与土体的有效接触，提高钻进效率。及时排出孔内的泥浆和钻渣是保持孔内清洁的重要措施，通过泥浆循环系统将携带钻渣的泥浆排出孔外，经过沉淀处理后再将清洁的泥浆送回孔内。钻孔达到设计深度后，清孔作业随即展开。清孔的目的在于清除孔底的沉渣，这些沉渣若不清除，会降低桩的承载能力。换浆法通过不断注入新鲜泥浆置换孔内含有大量沉渣的泥浆；抽浆法则利用真空泵等设备将孔内泥浆和沉渣抽出；掏渣法适用于大颗粒沉渣较多的情况，直接将沉渣掏出。清孔后的泥浆指标和孔底沉渣厚度必须严格符合设计和规范要求，为后续成桩创造良好条件。

（六）成桩

清孔完成后，混凝土浇筑是钻孔灌注桩施工的最后关键环节，必须争分夺秒进行。商品混凝土以其质量稳定、供应及时的优势成为首选，其配合比需依据设计要求和现场实际情况精心设计，确保混凝土的强度、耐久性等性能满足工程需求。混凝土的坍落度控制在180-220mm范围内，这一区间能保证混凝土在水下具有良好的流动性和填充性。采用导管法进行水下混凝土浇筑，导管的连接务必牢固可靠，密封性能良好，防止泥浆混入混凝土中影响桩身质量。导管底部距孔底300-500mm的距离设置，既能保证混凝土顺利流出导管，又能避免导管底部被沉渣堵塞。混凝土浇筑过程中，要确保连续不间断，这需要各施工环节紧密配合，保证混凝土供应的及时性。要实时测量混凝土的上升高度，通过这一数据精准调整导管的埋深，将导管埋深控制在2-6m之间，既能保证混凝土的顺利浇筑，又能防止导管拔出混凝土面导致断桩事故。

三、钻孔灌注桩施工常见问题及处理

（一）塌孔

塌孔是钻孔灌注桩施工中不容忽视的常见问题。泥浆性能不符合要求，如相对密度过低、黏度不足，难以在孔壁形成有效护壁；孔内水位下降，无法维持足够压力支撑孔壁；钻进速度过快，对孔壁扰动过大等，都可能引发塌孔。塌孔一旦发生，必须立刻停止钻进，防止情况恶化。迅速向孔内补充泥浆，维持孔内水位稳定，增强对孔壁的压力。若塌孔严重，简单补浆难以奏效，需回填黏土或砂卵石，待孔壁经过一段时间稳定后，再重新钻进，确保后续施工安全。

（二）缩径

缩径表现为桩身局部直径小于设计直径，影响桩的承载能力。地层中土的塑性变形是常见原因，在软土地层，土体受挤压易向孔内移动；泥浆护壁效果不佳，无法有效阻挡土体变形，也会导致缩径。对于缩径问题，复钻是行之有效的处理方法。针对缩径部位进行二次钻进，通过钻头的旋转切削，扩大孔径。复钻过程中要严格控制钻进参数，确保扩孔均匀，使桩径最终符合设计要求，保证桩身质量满足工程标准。

（三）钢筋笼上浮

钢筋笼上浮多在混凝土浇筑过程中出现。混凝土浇筑速度过快，会产生较大冲击力，推动钢筋笼上移；导管理深过大，混凝土从导管底部涌出时的反作用力，也可能导致钢筋笼上浮。一旦发现钢筋笼上浮，必须立即停止混凝土浇筑，避免上浮情况加剧。适当提升导管，降低导管内混凝土的高度，从而减小对钢筋笼的上浮力。之后再缓慢浇筑混凝土，期间密切观察钢筋笼的位置变化，确保浇筑过程平稳，防止钢筋笼再次上浮。

（四）断桩

断桩是钻孔灌注桩施工中极为严重的质量问题，严重影响桩基础的承载性能。混凝土浇筑中断，使桩身混凝土无法连续成型；导管堵塞，导致混凝土无法正常下落，都可能造成断桩。断桩发生后，处理方法需根据断桩位置和严重程度而定。浅部断桩，因位置相对较浅，可采用开挖的方式，直接清理断桩部位，重新浇筑混凝土。深部断桩

开挖难度大，则可采用压浆补强等方法，通过向断桩部位注入浆液，填充缝隙，增强桩身的整体性和承载能力。

四、钻孔灌注桩在市政桥梁工程施工中的应用实例

(一) 桩基础设计

某市政桥梁工程跨越一条河流，桥梁全长 500m，共 10 跨，每跨跨度为 50m。根据地质勘察报告，桥址处地质条件较为复杂，上部为粉质黏土，下部为砂卵石层。设计采用钻孔灌注桩作为桥梁基础，桩径为 1.2m，桩长为 30m，共布置 40 根桩。桩身混凝土强度等级为 C30，钢筋笼主筋采用 HRB400 级钢筋，箍筋采用 HPB300 级钢筋。

(二) 钻孔灌注桩施工过程

施工前期，各项准备工作有序推进。场地平整细致，施工团队清除杂物与障碍物，夯实、整平地面，为设备进驻创造条件。测量放线精准，借助高精度仪器依设计图纸确定桩位，设置控制桩与水准点，提供施工基准。护筒埋设规范，选用合适钢护筒，严格控制中心偏差，在护筒周边分层回填夯实黏土，防止漏水与位移。钢筋笼于现场加工棚制作，场地特殊处理以保平整坚实。钢筋加工严格把关，切割长度、弯曲角度均按设计执行。重视焊接质量，经多次试验确定工艺参数，确保焊点牢固，无虚焊、漏焊。钢筋笼尺寸精准，各参数符合设计。钻孔采用旋转钻机，适合地质条件，钻进高效稳定。技术人员根据粉质黏土、砂卵石层特性，实时调整钻进速度、压力等参数，监测垂直度与孔径，保证钻孔质量。清孔后进行水下混凝土浇筑。混凝土由专业搅

拌站生产，运输中严控时间与搅拌速度，保证坍落度与和易性。浇筑时导管连接紧密，底部距孔底距离合适，混凝土连续均匀浇筑，施工人员关注混凝土上升高度，及时调整导管埋深，确保桩身混凝土密实无缺陷，为桥梁基础筑牢根基。

(三) 钻孔灌注桩技术质量控制标准

施工全程严格把控质量，遵循规范与设计要求。桩位偏差方面，运用高精度测量设备实时监测，在桩位放样及钻孔时反复核对坐标，将偏差控制在允许范围，保障桥梁定位精准。桩垂直度偏差要求不超过 1%，通过在钻机安装监测装置，随时调整钻进方向，防止桩身倾斜影响承载。泥浆性能指标是关键。技术人员定期检测相对密度、黏度、含砂量等，依地质和进度调整配合比，使其既能护壁防塌孔，又能有效携渣，保持孔内清洁。孔底沉渣厚度严控在 50mm 以内，采用先进仪器精确测量，通过多种清孔方式确保达标，提升桩承载能力。钢筋笼制作安装关乎桩身结构性能。从原材料检验到成型加工、安装就位，各环节严格把关。用精确量具测量主筋间距、箍筋间距及保护层厚度等参数，确保偏差在允许范围，增强桩身抗弯、抗剪能力。混凝土施工质量影响桩身完整性。从配合比设计起，结合实际与要求选优质原材料，经多次试配确定最佳配合比。浇筑时实时监测坍落度，施工后全面检查，确保无蜂窝、麻面、露筋等。通过超声波无损检测技术，确认桩身满足设计要求，为桥梁安全提供保障（见下表）。

控制项目	质量控制标准	控制措施
桩位偏差	偏差控制在允许范围	运用高精度测量设备实时监测，桩位放样及钻孔时反复核对坐标
桩垂直度偏差	不超过 1%	在钻机安装监测装置，随时调整钻进方向
泥浆性能指标	相对密度、黏度、含砂量等符合要求	技术人员定期检测，依地质和进度调整配合比
孔底沉渣厚度	不超过 50mm	采用先进仪器精确测量，通过多种清孔方式确保达标
钢筋笼制作安装	主筋间距、箍筋间距、保护层厚度等偏差在允许范围	从原材料检验到各环节严格把关，用精确量具测量参数
混凝土施工质量	配合比合理，坍落度符合要求，桩身无蜂窝、麻面、露筋等缺陷，桩身完整性满足设计要求	从配合比设计选优质原材料，多次试配；浇筑时实时监测坍落度，施工后全面检查；通过超声波无损检测

结语

综上，钻孔灌注桩技术在市政桥梁工程中具有显著的技术优势，通过严格把控施工要点，能有效保证施工质量。尽管在施工过程中可能会遇到一些问题，但通过合理的处理措施可以将影响降到最低。结合实际应用实例可以看出，钻孔灌注桩技术能够满足市政桥梁工程的基础承载需求，为城市桥梁建设提供可靠的基础保障。

参考文献

[1] 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.

[2] 谢冰. 钻孔灌注桩施工技术在市政桥梁施工中的应用 [J]. 汽车画刊, 2024, (07): 217-219.

[3] 张建辉. 市政桥梁钻孔灌注桩施工技术研究 [J]. 交通世界, 2024, (20): 163-165.

[4] 方津津. 钻孔灌注桩在市政工程施工中的应用探讨 [J]. 江西建材, 2022, (12): 286-287+290.

[5] 傅庆钧. 钻孔灌注桩在市政桥梁工程施工中的应用 [J]. 江西建材, 2022, (12): 354-355+360.

[6] 郑鹰. 钻孔灌注桩技术在市政桥梁工程施工中的应用分析 [J]. 建材发展导向, 2021, 19 (20): 177-179.