

试析公路桥梁施工中钻孔灌注桩施工

文 / 张哲才 昆山市交通工程集团有限公司

摘要: 钻孔灌注桩作为一种常用的深基础施工方法,在公路桥梁建设中广泛应用。本文围绕公路桥梁施工中钻孔灌注桩施工展开讨论,从钻孔灌注桩的概述入手,分析钻孔灌注桩的优势,阐述了公路桥梁施工中钻孔灌注桩施工技术,给出了常见问题的处理策略,以期为公路桥梁施工提供参考,确保施工质量。

关键词: 公路; 桥梁; 施工; 钻孔; 灌注桩

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2025.01.079

引言

公路桥梁作为交通基础设施的重要组成部分,其安全性和稳定性直接影响到交通流畅和社会经济发展。钻孔灌注桩因其较强的承载力和适应性,在复杂地质条件下的公路桥梁施工中得到广泛应用。了解钻孔灌注桩的施工工艺和控制要点,对于提高桥梁工程的质量和效率具有重要意义。

一、钻孔灌注桩

钻孔灌注桩是一种常见的深基础形式,通过在地面上钻孔并在孔内灌注混凝土形成桩体,从而将上部结构的荷载传递到深层土层或岩层中,此种桩基形式被广泛应用于各种建筑工程中,尤其在地质条件复杂或者上部结构荷载较大的情况下^[1]。

二、钻孔灌注桩的优点

(一) 适应性强

钻孔灌注桩能够在各种复杂的地质条件下施工,特别适合在软弱土层、填土层、碎石层以及岩土交接带等地质环境中使用。由于施工过程可以灵活调整,钻孔灌注桩能够适应不同的地质变化,并提供稳定的承载支持。

(二) 承载力高

钻孔技术可以将桩基延伸到承载力更高的土层或岩层中,从而有效提高了桩体的承载能力。尤其在承载要求较高的工程中,如高层建筑和大跨度桥梁,钻孔灌注桩可以提供可靠的支持。

(三) 施工灵活性

钻孔灌注桩的施工过程具有较高的灵活性。钻孔直径、深度以及桩身钢筋笼的配置,可以根据设计要求和实际施工条件进行调整,能够适应多种复杂的施工环境,并满足不同工程的需求。

(四) 施工影响小

钻孔作业可以在较小的施工空间内进行,施工设备的振动和噪音也相对较低,适合在城市或密集建筑区进行施工。此外,钻孔灌注桩的施工过程中产生的废料较少,有助于减轻对环境的负担。

(五) 质量控制良好

通过严格控制钻孔、钢筋笼安装和混凝土灌注等各个环节,可以有效保证钻孔灌注桩的施工质量。现代施

工技术和设备能够实现高精度的施工过程,确保桩基的强度和稳定性。同时,桩基施工完成后还可以进行各类检测,如静载试验和动载试验,以验证桩基的承载能力和整体性能。

(六) 成本效益高

尽管钻孔灌注桩的初期投入可能相对较高,但其长期使用的经济效益非常显著。高承载力和稳定性能够减少对其他基础设施的维护需求,并降低了未来的维修和加固成本,特别是在地质条件复杂或对结构安全性要求高的工程中,钻孔灌注桩可以提供性价比高的解决方案^[2]。

三、公路桥梁施工中钻孔灌注桩施工技术

(一) 施工准备

在钻孔灌注桩施工前,施工单位首先需要对现场进行实地勘察,收集必要的地质勘探数据,按照勘察结果,制定科学合理的施工方案,明确钻孔的位置、数量、深度以及护筒和灌注量等详细参数,施工方案还需考虑到各种施工细节,以确保施工过程顺利进行并符合工程要求。其次,清理施工场地,清除垃圾、碎石以及其他杂物,确保地面干净、平整,确保施工设备的稳定性和施工操作的顺利进行。同时,根据施工方案,精确标记钻孔的位置。放样测量需要充分考虑孔位的准确性,以避免施工中出现偏差,如对孔位进行详细的标注,并进行位置确认,以确保钻孔的准确性和施工质量。再次,检查钻机的性能和工作状态,确保其能够正常运转,包括对钻机的动力系统、液压系统以及钻头等关键部件的检查。检查护筒、混凝土输送管道及其他辅助设备,确保其处于良好状态,并进行必要的清理和维护。从次,对施工人员进行钻孔灌注桩施工技术的培训,包括钻孔、护筒安装、钢筋笼制作与安装、混凝土灌注等各个环节的操作规范和注意事项。根据施工任务的复杂程度和规模,合理配置各类施工人员,包括技术员、操作工、质检员等,确保各环节有专人负责。最后,考虑施工对周围环境的影响,采取必要的环境保护措施,防止施工过程中产生的污染对环境造成损害。此外,制定详细的安全操作规程,包括施工现场的安全标识、个人防护装备的使用、紧急救援预案等,确保施工人员在施工过程中能够安全操作,减少事故发生风险。

（二）护筒埋设

护筒的主要作用是保护钻孔壁，防止孔壁坍塌和流沙，确保桩孔的稳定性和混凝土灌注的质量。首先，施工单位应根据具体施工要求和地质条件，确定护筒的材质、直径和长度。护筒一般采用钢制材料，其强度和耐久性能满足施工要求。在护筒制作完毕后，施工单位应检查护筒的质量，确保其无损坏、变形或其他缺陷。其次，结合钻孔位置标定护筒的准确位置。施工单位需要使用经纬仪、定位仪等测量工具，对桩孔中心进行精准定位，确保护筒的中心线与桩孔中心线对齐，并对护筒位置进行详细标注，以防在埋设过程中出现偏差。再次，在护筒下落的过程中，使用水平仪或垂直度测量仪器，检查护筒的垂直状态。如果护筒在下落过程中出现倾斜，需及时调整，以确保其在正确的位置和方向。从次，在护筒达到设计深度后，需进行回填作业。回填材料一般使用黏土或混合土，以提高护筒的稳固性，并防止孔壁坍塌。回填时需要分层进行，每层回填材料应经过夯实，以确保回填密实、稳定。最后，护筒埋设完成后，需要对护筒进行最终检查和验收。检查内容包括护筒的垂直度、位置是否符合设计要求，回填是否紧实等。验收合格后，方可进行后续的钻孔作业。

（三）钻孔

钻孔是钻孔灌注桩施工的重要环节，钻孔的质量直接影响桩基的强度和稳定性，因此，需要严格控制钻孔的过程和技术。首先，在钻孔前，施工单位应检查钻孔设备的状态，确保设备正常运行。对钻头、钻杆、动力装置等进行检查和调试，确保其符合施工要求。其次，按照设计要求，确定钻孔的位置。使用测量仪器确保钻孔的垂直度和位置准确，避免偏差影响桩基质量。确定钻孔位置后，启动钻孔设备，缓慢进入钻进阶段。钻孔过程中应控制钻进速度，避免过快钻进造成钻头过度磨损或钻孔壁塌陷。再次，定期监测钻孔的进展，检查孔内泥浆的情况。如果发现孔壁出现塌陷或其他异常情况，应及时调整钻孔参数或采取补救措施。最后，在钻孔完毕后，测量钻孔的深度，确保其符合设计要求。如果钻孔深度不足，需要继续钻进或采取其他措施进行调整。检查钻孔孔壁的稳定性，确保没有明显的塌陷或变形。如果发现孔壁不稳定，应采取加固措施，如使用护筒或注浆。

（四）清孔

钻孔过程中，孔内会积累大量的岩屑、土壤、泥浆等杂物，如果不及时清除，会影响混凝土的灌注质量，导致桩基强度不足或桩身不均匀。首先，在进行清孔操作之前，施工单位需要确保钻孔的深度和孔径符合设计要求。钻孔完成后，应检查孔内是否存在明显的杂物或沉积物。同时，准备好必要的清孔设备，确保其运行良好，并进行必要的维护和调整。其次，在清孔过程中，需要不断监测孔内情况，确保清孔操作的有效性。观察孔内杂物的排出情况，定期检查孔底的清洁程度。如果发现清孔不彻底，应及时调整清孔设备的操作方式

或增加清孔次数，确保孔底达到设计要求的清洁程度。再次，清孔完成后，应对孔底进行详细检查，如检查孔底是否干净，确保孔底无杂物、泥浆及其他异物。检查孔底是否有松动或不均匀的现象，确保孔底的稳定性。检查孔深是否符合设计要求，以确保桩基的设计参数准确。最后，对孔内进行适当处理，以准备后续的混凝土灌注。在某些情况下，需要在孔内加入适量的水，以保持孔壁的湿润，防止混凝土初凝过快。同时，做好保护孔内环境，防止清孔后孔内再次积累杂物或受到污染，确保混凝土灌注时的环境条件良好。

（五）钢筋笼安装

钢筋笼的主要作用是增强桩基的抗拉、抗压能力，确保桩基的整体稳定性和承载力。首先，根据设计要求选择合适的钢筋规格和数量，通常使用高强度钢筋。按照设计图纸制作钢筋笼，包含主筋、箍筋和其他辅助筋的加工与绑扎。加工过程包括钢筋的剪切、弯曲、焊接和绑扎，确保钢筋笼的尺寸和形状符合设计要求。其次，钢筋笼通常较为笨重，需要使用吊车或其他起重设备进行运输。运输过程中，需要确保钢筋笼不被损坏或变形，防止影响后续的安装工作。钢筋笼到达施工现场后，需对钢筋笼进行详细检查。检查内容包括钢筋笼的尺寸、形状、绑扎质量、钢筋的规格及数量是否符合设计要求。若发现任何缺陷或问题，应及时进行修正。再次，使用起重设备将钢筋笼缓慢而稳当地放入孔内。在下放过程中，施工单位需要特别注意钢筋笼的垂直度和中心位置，确保其与桩孔的中心线对齐。从次，钢筋笼下放至设计位置后，应进行定位。在钢筋笼的底部放置垫块，以确保钢筋笼与孔底之间保持适当的距离。垫块的高度应根据设计要求进行调整。根据需要，可以使用临时固定装置，如钢筋绑扎线或支撑架，进一步固定钢筋笼，防止其在灌注过程中发生移动。最后，在混凝土灌注前，应采取措防止钢筋笼被泥浆或其他材料污染。必要时，可以使用塑料布或其他防护材料覆盖钢筋笼。定期检查钢筋笼的状态，确保其在混凝土灌注前不会发生变形或损坏。

（六）混凝土灌注

混凝土灌注是钢筋笼内部进行混凝土的灌注，以形成桩基的主体。首先，根据设计要求和施工规范配制混凝土，通常使用高强度混凝土，以保证桩基的承载力和耐久性。混凝土的配料包括水泥、砂、石子和外加剂等，配制时需严格控制其比例和质量。混凝土配制完成后，通过搅拌机进行充分搅拌，以确保混凝土的均匀性和工作性。按照相关标准，确定混凝土的搅拌方式和时间，确保混凝土达到规定的强度和性能。在运输过程中，应避免混凝土的离析和干结，确保混凝土的质量稳定。在运输过程中需控制混凝土的温度和时间，以防止其性能发生变化。其次，将混凝土通过泵送设备或其他输送方式注入桩孔内。灌注过程中，应保持混凝土的连续性，避免混凝土在孔内分层或出现冷缝。对于较深的桩孔，可能需要分层灌注。每层混凝土的高度应根

据设计要求和施工实际情况进行控制，每层灌注完毕后应进行振捣，以确保混凝土的密实性和强度。使用振捣器对混凝土进行振捣，以去除混凝土中的气泡和空隙，提高混凝土的密实性和整体强度。振捣过程中应注意振捣时间和频率，避免过度振捣导致混凝土离析。再次，混凝土灌注完成后，应进行养护，以确保混凝土的强度发展。养护方法包括喷水保湿、覆盖湿布等，防止混凝土干裂或强度不足。养护时间应根据混凝土的强度等级和环境条件进行调整。灌注完成后，应对桩孔口进行封闭，防止外界污染物进入混凝土内部，并保持孔内的湿润状态，以确保混凝土的质量和稳定性。最后，混凝土强度应通过试块检测等方法进行验证，确保混凝土达到设计强度等级。验收合格后，方可进行下一步施工^[3]。

四、公路桥梁施工中钻孔灌注桩施工常见问题的处理措施

(一) 钢筋笼上浮

钢筋笼上浮是施工过程中可能遇到的一个常见问题。如果得不到有效处理，会导致桩基的强度不足和承载力降低，影响整体工程的稳定性。混凝土灌注过程中出现不均匀流动或搅拌不充分、泥浆量过多，或者孔内泥浆处理不当、钢筋笼在桩孔内固定不牢等，都会导致钢筋笼在混凝土灌注过程中发生位移，导致上浮。为防止此问题，在施工过程中，施工单位应确保钢筋笼在桩孔内的垂直度和位置准确，使用垫块或支撑装置将钢筋笼固定在设计位置，防止其在灌注过程中发生位移。控制钻孔泥浆的量和黏度，防止泥浆过多导致钢筋笼浮起。同时，定期清理孔内泥浆，保持桩孔的清洁，确保孔内无多余的泥浆残留，减少对钢筋笼的浮力影响。控制混凝土的流动速度，避免混凝土灌注过快或过猛，导致钢筋笼被推挤上浮。采用分层灌注方式，将混凝土分成若干层逐层灌注。每层灌注后进行充分的振捣，确保混凝土的均匀性，防止钢筋笼因混凝土不均匀流动而发生上浮。在每层混凝土灌注后，进行充分的振捣作业，确保混凝土密实，消除气泡，提高混凝土的均匀性，减少对钢筋笼的推动。发现钢筋笼上浮现象，施工单位应立即暂停混凝土灌注，检查钢筋笼，确定其上浮的程度和原因。如果是因固定不牢导致的，需重新调整钢筋笼的固定装置，确保其稳固。检查桩孔内泥浆情况，如有必要，使用真空吸泥机或其他设备抽取多余的泥浆，减轻钢筋笼的上浮压力。调整钢筋笼的位置后，重新开始混凝土灌注。灌注过程中应注意控制混凝土流动速度，确保混凝土均匀灌入，防止钢筋笼再次上浮^[4]。

(二) 断桩

在施工过程中，使用的钻孔设备或混凝土灌注设备出现故障、施工人员操作不当、灌注速度过快或混凝土质量不佳等，可能导致桩体断裂，影响结构的安全。为了减少断桩问题的发生，施工单位应定期对钻孔和灌注设备进行维护和检查，确保设备的正常运行，避免因设备故障导致的断桩。按照施工规范操作钻孔设备，控制

钻孔速度和压力，避免因操作不当导致的断桩。定期检查钻头磨损情况，及时更换或修理。同时，控制混凝土的质量，确保混凝土的配制、搅拌和运输符合设计要求，控制混凝土的流动性和凝结时间，避免因混凝土质量问题导致的断桩。当发生断桩问题时，施工单位应确认断桩的具体位置和程度，按照断裂情况，选取合适的处理方案，如重新设计桩基系统，进行必要的调整和改进。

(三) 卡管

卡管是混凝土灌注过程中，灌注管道或导管发生卡滞，导致混凝土无法顺利输送或灌注。混凝土或其他杂质在输送过程中积聚，输送管道发生弯曲或变形，混凝土的配比或搅拌不当等，都会引起卡管问题。为了减少卡管问题的发生，在施工前，施工单位需要检查混凝土输送管道，确保管道无损坏、变形或堵塞现象。定期维护和清理管道，防止杂质积聚。根据施工要求和混凝土的特性，合理控制混凝土的配比，保持其流动性，避免黏度过高。适当添加外加剂以提高混凝土的流动性。在施工过程中，确保管道的安装符合规范，管道连接处要进行严格密封，避免漏浆现象。固定管道的位置，防止因管道松动或变形引发卡管问题。当发生卡管问题时，立即停止混凝土灌注，检查输送管道和混凝土的情况，确认卡管的具体原因。检查管道是否有堵塞、弯曲或变形，混凝土的流动性是否合适，并使用专门的清管设备或工具对卡管部位进行清理，去除堵塞物。如果需要，可以拆卸管道进行彻底清理，确保管道畅通。如果卡管是由于混凝土黏度过高引起的，应调整混凝土的配比，添加适当的外加剂，改善混凝土的流动性。检查并重新连接管道，确保连接处密封良好，防止漏浆或混凝土流动不畅^[5]。

结语

综上所述，在公路桥梁施工中，钻孔灌注桩具有诸多优势，利于保证深基础结构的质量与安全，因此，在工程中的应用较为广泛。在实际施工过程中，施工单位应掌握施工技术要点，并做好施工常见问题的预防及处理策略，以保证施工的质量。

参考文献

- [1] 贾冬梅. 公路桥梁中钻孔灌注桩施工技术[J]. 四川建材, 2023(6): 105-107
 - [2] 关伟. 高速公路施工中的钻孔灌注桩施工技术[J]. 工程机械与维修, 2023(3): 208-210.
 - [3] 周洁. 钻孔灌注桩围护条件下基坑开挖对邻近地铁隧道结构变形的影响[J]. 建筑施工, 2023(7): 1462-1464+1471.
 - [4] 丁士杰, 郭卫, 刘冬雪. 钻孔灌注桩扩孔工具技术研究[J]. 建筑工人, 2022(11): 13-16.
 - [5] 程自强, 江舟. 公路桥梁桩基础钻孔灌注桩施工技术[J]. 黑龙江交通科技, 2023(4): 68-70.
- 作者简介: 张哲才(1989-), 男, 汉, 江苏南通人, 本科, 工程师, 从事工程管理工作。