

钻孔灌注桩施工技术在港口码头工程中的应用

张小勇

广州港建设工程有限公司 广东 广州 510000

摘要：钻孔灌注桩施工技术在港口码头工程中应用广泛，因其适应力强、施工成本低、操作便捷，对复杂地质条件具有良好的适应性。该技术通过机械钻孔形成桩孔，内置钢筋笼并灌注混凝土，形成稳定的基础支撑。在港口码头工程中，钻孔灌注桩能有效提高桩基承载力，降低基础不均匀沉降，确保结构安全。同时，该技术对周围环境影响小，有利于环保和可持续发展。因此，钻孔灌注桩施工技术在港口码头工程中具有重要的应用价值。

关键词：钻孔灌注桩施工技术；港口码头工程；应用

引言：港口码头作为连接海陆交通的重要枢纽，其基础工程的稳固性直接关系到结构的整体安全性和耐久性。钻孔灌注桩施工技术作为一种先进的地基处理方法，在港口码头工程中扮演着至关重要的角色。该技术以其独特的施工工艺和优越的性能表现，能够适应复杂多变的地质条件，提供稳定的基础支撑。本文旨在探讨钻孔灌注桩施工技术在港口码头工程中的应用，分析其施工流程、优势以及具体应用，以期为相关工程提供有益的参考和借鉴，推动港口码头工程建设的高质量发展。

1 钻孔灌注桩施工技术概述

1.1 钻孔灌注桩的定义与分类

钻孔灌注桩是在工程现场，通过机械钻孔、钢管挤土或人力挖掘等手段，在地基土中形成桩孔，并在其内放置钢筋笼、灌注混凝土而做成的桩。根据不同的分类标准，钻孔灌注桩有多种类型。（1）按成孔方法分类，主要有沉管灌注桩、钻孔灌注桩和挖孔灌注桩等。其中，沉管灌注桩是通过锤击或振动等方式将预制管沉入土中，然后灌注混凝土；钻孔灌注桩则是通过旋转钻机等设备在土中钻孔，形成桩孔；挖孔灌注桩则是通过人力或机械挖掘形成桩孔。（2）按护壁方式分类，则主要分为泥浆护壁方式法和全套管施工法。泥浆护壁方式法是通过制备泥浆，利用泥浆在孔壁周围形成一层泥皮，以保护孔壁不坍塌；全套管施工法则是在钻孔过程中使用全套管进行护壁，既能防止孔壁坍塌，又能确保成桩质量。

1.2 钻孔灌注桩的施工流程

（1）平整场地与施工准备，包括清除杂物、换除软土、平整压实等工作，为施工创造有利条件。（2）泥浆制备与护筒埋设，泥浆的制备要根据地质情况和施工要求来确定，护筒的埋设则起到固定桩孔位置、保护孔口、防止地面水流入等作用。（3）进行钻机安装与定

位，钻机是钻孔灌注桩施工的主要设备，其安装稳定性和准确性直接关系到成孔质量。（4）钻进成孔与清孔检查是钻孔灌注桩施工的关键步骤，钻进过程中要严格控制钻进速度和泥浆比重，清孔则是为了确保孔底无沉渣，保证成桩质量。（5）钢筋笼下放与混凝土灌注是形成桩体的关键步骤，钢筋笼的制作与安装要符合设计要求，混凝土灌注要连续进行，防止断桩现象发生。（6）护筒拔出与质量检查，护筒拔出要在混凝土初凝后进行，质量检查则包括桩身完整性、承载力等指标的检测。

2 港口码头工程特点与钻孔灌注桩施工需求分析

2.1 港口码头工程的地质与环境特点

（1）地质条件复杂，承载力需求高。港口码头通常建设在地质条件复杂的区域，如河流、海洋的沿岸或岩石、砂土地基上。这些区域的地质条件多变，土壤承载力差异大，对基础工程的稳固性提出了极高要求。特别是在软土地基上建设港口码头，必须进行特殊的地基处理以提高承载力，确保结构安全。此外，港口码头工程的自重和所承载的货物重量巨大，这也要求基础工程必须具备足够的强度和稳定性。（2）施工环境受限，时间窗口有限。港口码头工程的施工环境往往受到多种限制。例如，水上作业环境恶劣，风浪、潮汐等因素对施工安全和质量构成威胁。同时，由于港口码头的运营需求，施工时间窗口通常较短，需要在不影响正常运营的前提下完成施工任务。这使得施工单位必须在有限的时间内高效、高质量地完成基础工程的建设^[1]。

2.2 钻孔灌注桩施工技术在港口码头工程中的优势

（1）适应力强，施工成本低。钻孔灌注桩施工技术适用于各种复杂地质条件，包括软土、砂土、岩石等。这种技术的灵活性使其能够在不同的土壤条件下提供稳定的基础支撑。同时，相较于其他基础施工技术，钻孔灌注桩的施工成本相对较低，这主要得益于其施工过程

的简化以及材料利用率的提高。此外,该技术对周围环境的影响较小,有利于环保和可持续发展。(2)操作便捷,对周围环境影响小。钻孔灌注桩施工过程相对简单,操作便捷。通过使用专业的钻孔设备和灌注工艺,可以高效地完成桩基础的建设。此外,该技术产生的振动和噪音相对较小,对周围环境和建筑的影响有限,这有利于减少施工对周边居民和运营的干扰。(3)能建造大直径桩,提高桩基承载力。钻孔灌注桩技术能够建造大直径的桩基础,这有助于提高桩基的承载力。在港口码头工程中,大直径桩能够更好地分散上部结构的荷载,提高整体结构的稳定性和安全性。同时,通过优化桩身材料和施工工艺,可以进一步提高桩基础的承载能力和抗震性能。

3 钻孔灌注桩施工技术在港口码头工程中的具体应用

3.1 施工前的准备工作

在港口码头工程中应用钻孔灌注桩技术之前,充分的施工准备工作是确保后续施工顺利进行的关键。(1)施工区域勘测与地质情况分析。施工前的首要任务是进行施工区域的详尽勘测。这包括对地形地貌、水文条件、地下管线以及周边建筑物的调查,以获取全面的现场信息。在此基础上,进行地质勘探,通过钻探取样、原位测试等手段,详细了解地基土的分布、性质、承载力等关键参数。地质情况分析的结果将直接指导钻孔灌注桩的设计和施工策略,确保桩基础能够充分适应地基条件,提供稳定支撑。(2)钻机选型与安装环境准备。根据地质勘探结果和工程需求,选择合适的钻机类型至关重要。不同类型的钻机适用于不同的地质条件,如旋转钻机适用于黏土、砂土和软岩,冲击钻机则更适合硬岩和卵砾石层。此外,还需考虑钻机的功率、钻孔直径、钻进深度等性能指标,以确保施工效率和成孔质量。钻机安装前,需对施工现场进行平整,确保钻机能够平稳放置,并设置好排水系统,避免积水影响施工^[2]。

(3)施工材料准备与质量控制。钻孔灌注桩的主要材料包括钢筋、混凝土以及泥浆。钢筋应按照设计要求进行采购、加工和存放,确保钢筋的强度、直径和表面质量符合要求。混凝土的选择需考虑强度等级、耐久性和工作性能,根据地质条件和施工条件进行配合比设计。泥浆作为钻孔过程中的护壁材料,其制备需严格控制比重、粘度等指标,以确保护壁效果和钻孔质量。

3.2 成孔作业与钢筋笼安装

(1)钻孔工艺选择与操作规范。钻孔作业前,应根据地质条件、孔径、孔深等因素,制定详细的钻孔方案,选择合适的钻孔工艺和参数。在钻进过程中,应严

格遵守操作规程,合理控制钻进速度、泥浆循环量等,防止塌孔、缩孔等问题。同时,应密切监控钻孔情况,及时调整钻进参数,确保成孔质量。(2)钢筋笼规格设计与安装注意事项。钢筋笼的设计应根据桩的承载力、变形要求以及施工条件进行。钢筋笼的主筋、箍筋规格和数量应符合设计要求,焊接质量要可靠。在安装钢筋笼前,应对孔壁进行检查,确保孔壁无坍塌、无杂物。钢筋笼的下放应平稳、缓慢,避免碰撞孔壁,必要时可采用导向装置引导。钢筋笼到位后,应及时固定,防止上浮或偏位。(3)成孔质量与钢筋笼安装质量的控制策略。成孔质量和钢筋笼安装质量直接关系到桩的承载力和稳定性。因此,应建立严格的质量控制体系,对成孔过程进行实时监测,如采用孔径仪、测斜仪等设备检测孔径、孔深和孔斜。钢筋笼安装后,应进行隐蔽工程验收,检查钢筋笼的位置、标高、垂直度和焊接质量。对于不符合要求的,应及时进行调整或返工^[3]。

3.3 混凝土灌注与桩身质量控制

(1)混凝土材料选择与搅拌管理。混凝土是钻孔灌注桩的主要承载材料,其性能直接影响桩的强度和耐久性。因此,应选用优质的原材料,如低碱水泥、优质骨料和外加剂,并严格按照设计配合比进行搅拌。搅拌过程中,应严格控制用水量、搅拌时间和搅拌速度,确保混凝土的工作性能和强度满足要求。(2)灌注工艺与操作流程。混凝土灌注是钻孔灌注桩施工的关键环节。在灌注前,应对孔底进行清孔检查,确保孔底无沉渣。灌注过程中,应连续、均匀地注入混凝土,避免中断或过度振捣,防止混凝土离析和泌水。灌注速度应适中,以保证混凝土的密实度和均匀性。同时,应做好混凝土的取样和试块制作工作,以便后续的质量检测^[4]。(3)桩身质量检测与缺陷修复方法。桩身质量检测是确保钻孔灌注桩施工质量的重要手段。常用的检测方法包括低应变动力检测、声波透射检测和取芯检测等。通过这些检测手段,可以了解桩身的完整性、承载力和变形性能。对于检测出的缺陷,应根据缺陷的性质和严重程度,采取适当的修复措施,如注浆加固、扩大桩径等,以确保桩身质量满足设计要求。

4 钻孔灌注桩施工技术在港口码头工程中的挑战与对策

4.1 成孔作业中的常见问题与预防措施

4.1.1 塌孔、缩孔、桩孔位移等问题分析

成孔作业是钻孔灌注桩施工的关键环节,塌孔、缩孔、桩孔位移等问题频发。塌孔多因泥浆护壁效果不佳,如泥浆黏度、相对密度不足,无法有效阻隔地下水

和稳定孔壁；钻进过程中遇松散砂层、砾石层等不良地质，或钻进速度过快、空钻时间过长，也易引发塌孔。缩孔主要由于地层中存在软塑状黏土、膨胀性土层，遇水膨胀后导致孔径缩小。桩孔位移则可能是测量放样误差、钻机安装不稳固，或钻进时钻头受力不均、晃动过大所致。

4.1.2 地质条件变化对成孔质量的影响及应对策略

港口地质条件复杂，不同土层分布不均，对成孔质量影响显著。例如，在淤泥质土层中钻进，土体强度低、自稳能力差，易发生塌孔；在砂层中，泥浆易流失，导致孔壁坍塌；而遇到硬岩层时，钻进效率低，且易出现偏孔。应对策略上，施工前需详细勘察地质资料，针对不同地层调整施工参数。对于淤泥质土和砂层，应提高泥浆的黏度和相对密度，加强护壁；钻进硬岩层时，选用合适的钻头，控制钻进速度，必要时采用冲击钻进方式，并定期检查钻头磨损情况，及时调整钻进方向，确保成孔垂直。

4.2 钢筋笼安装与混凝土灌注中的难点与解决方案

4.2.1 钢筋笼上浮、变形等问题处理

钢筋笼上浮主要因混凝土浇筑速度过快，混凝土浮力过大，或钢筋笼固定不牢。浇筑过程中应控制浇筑速度，当混凝土接近钢筋笼底部时，放慢速度，同时加强钢筋笼的固定，采用定位钢筋或吊筋将其牢固固定在孔口。钢筋笼变形多发生在运输和吊装过程中，运输时应设置足够的支撑，吊装时采用合理的吊点，确保钢筋笼垂直下入孔内，避免碰撞孔壁。

4.2.2 混凝土粘黏、凝固等结构破坏问题的预防

混凝土粘黏、凝固问题可能由于混凝土配合比不当、浇筑过程中出现中断或导管堵塞等引起。施工前应严格设计混凝土配合比，控制水泥、砂、石、水及外加剂的用量，确保混凝土具有良好的和易性和流动性。浇筑过程中，保持导管埋深在2-6米，避免导管提出混凝土面导致断桩；同时，做好设备维护，防止导管堵塞，确保混凝土浇筑连续进行。

4.3 环境保护与施工安全管理措施

4.3.1 施工过程中的泥浆处理与环境保护

港口码头施工对环境保护要求高，泥浆处理不当会污染水域和土壤。施工中产生的废弃泥浆含有大量泥沙、化学药剂等污染物，若直接排放，会破坏生态环境。应建立泥浆处理系统，对废弃泥浆进行沉淀、分离和净化处理，回收利用可重复使用的泥浆，减少浪费和污染。沉淀后的渣土应及时清运至指定地点，进行无害化处理，避免随意堆放。

4.3.2 施工安全管理与风险防范措施

钻孔灌注桩施工涉及大型机械设备，如钻机、起重机等，存在一定的安全风险。施工前需对设备进行全面检查和调试，确保设备性能良好。操作人员必须持证上岗，严格遵守操作规程，杜绝违规作业。在施工现场设置明显的安全警示标志，配备必要的安全防护设施，如护栏、安全帽、安全带等。同时，制定应急预案，针对可能发生的设备故障、坍塌、触电等事故，提前做好应急准备，定期组织演练，提高施工人员的应急处理能力，确保施工安全。

结束语

综上所述，钻孔灌注桩施工技术在港口码头工程中展现出卓越的应用价值和优势。其不仅能够有效应对复杂地质条件，提高桩基承载力和稳定性，还能够减少施工对周围环境的影响，符合环保和可持续发展的要求。随着技术的不断进步和创新，钻孔灌注桩施工技术在港口码头工程中的应用前景将更加广阔。未来，我们应继续深化对该技术的研究和实践，不断优化施工工艺，提高施工质量，为港口码头的建设和发展贡献更多智慧和力量。

参考文献

- [1]唐小龙.探索港口码头钻孔灌注桩施工技术[J].中国水运,2021,(10):99-100.
- [2]刘建东.港口码头工程钻孔灌注桩施工技术及其质量控制[J].工程建设与设计,2020,(06):65-66.
- [3]袁泉.钻孔灌注桩施工技术在港口码头工程中的应用[J].珠江水运,2022,(11):106-107.
- [4]罗凯.钻孔灌注桩施工技术在港口工程中的应用分析[J].运输经理世界,2023,(14):140-141.