

水利施工钻孔灌注桩施工技术分析

程家奇

江苏江淮水利集团有限公司 江苏 宿迁 223800

摘要：本文聚焦水利工程钻孔灌注桩施工技术，阐述其适应性强、承载力大、环境影响小的核心特点及适用场景。重点分析钻孔成孔、钢筋笼制作安装、水下混凝土灌注等核心工艺要点，从成孔监测、材料管控、工序衔接、成品检测等维度，构建全流程质量控制体系，为复杂地质条件下水利基础工程施工提供技术参考，保障桩基质量与工程安全稳定。

关键词：水利施工；钻孔灌注桩；技术分析

引言：基础质量是水利工程安全运行的核心保障，钻孔灌注桩技术因适应性强、承载力大、环境影响小的显著优势，成为复杂地质条件下水利基础施工的优选方案。该技术通过机械钻孔、钢筋笼安装、水下混凝土灌注等系统化流程形成桩基，能有效适配软土地基、砂卵石地层等复杂工况。其施工质量受成孔工艺、材料性能、工序衔接等多环节制约，需构建全流程管控体系。本文围绕技术特点与适用范围，深入剖析核心施工工艺，细化各环节质量控制措施，为水利工程钻孔灌注桩施工提供精准技术指导，保障基础工程质量稳定可靠。

1 钻孔灌注桩技术特点及适用范围

钻孔灌注桩技术作为水利施工中广泛应用的一种基础施工方法，其通过机械钻孔、安放钢筋笼、灌注混凝土等一系列严谨且有序的工序，最终形成稳固的桩基结构。在水利工程领域的应用中，该技术展现出了诸多突出特点。（1）适应性强。水利工程往往面临着复杂多变的地质条件，而钻孔灌注桩技术凭借其灵活的施工方式，能够轻松应对各种地质挑战。无论是软土地基，其松散的土质结构给基础施工带来极大困难，还是砂卵石地层，其中夹杂的坚硬卵石和砂砾增加了施工难度，该技术都能有效实施，确保桩基的稳定性和可靠性。（2）承载力大。水利工程中的建筑物通常规模较大，对基础承载力有着极高的要求。钻孔灌注桩技术所形成的单桩承载力较高，能够为水工建筑物提供坚实有力的支撑，满足其在各种工况下的承载需求，保障建筑物的安全稳定运行。（3）环境影响小。在施工过程中，该技术产生的振动和噪音相对较小，对周边建筑物的干扰程度低。这对于临近居民区或对环境敏感区域的水利工程来说，能够有效减少施工对周边环境的影响，符合绿色施工的理念。基于以上特点，钻孔灌注桩技术特别适用于软土地基、砂卵石地层等复杂地质条件下的水利工程基础施工，为水

利工程建设提供了可靠的技术保障^[1]。

2 钻孔成孔工艺技术分析

2.1 钻孔方法选择

在钻孔灌注桩施工中，钻孔方法的选择至关重要，需综合考量工程地质条件、桩径桩长以及施工环境等多方面因素。（1）不同的地质条件对钻孔方法有着不同的要求。在砂层地层中，由于其颗粒间空隙较大、稳定性相对较差，采用正循环回转钻进方法较为合适。正循环回转钻进能通过泥浆的循环，将钻渣携带出孔外，同时泥浆在孔壁形成一层泥皮，起到护壁作用，防止孔壁坍塌，保障成孔质量。（2）对于黏性土层，反循环回转钻进是更好的选择。反循环回转钻进利用泥浆泵将钻渣从钻杆内吸出，其排渣能力强、钻进速度快，能有效提高施工效率。（3）而在岩层施工中，冲击钻进则展现出独特优势。冲击钻进通过冲击器的冲击作用破碎岩石，能够适应岩层的硬度，实现有效钻进。（4）合理选择钻孔方法，不仅能提高成孔效率，还能确保孔壁的稳定性，为后续的施工工序奠定坚实基础。

2.2 泥浆护壁技术

在钻孔灌注桩的钻孔成孔工艺里，泥浆护壁是保障孔壁稳定的核心举措。（1）泥浆在钻孔施工中扮演着至关重要的角色，其各项性能指标直接影响着护壁效果。通过精准控制泥浆的比重、黏度、含砂率等关键指标，能够在孔壁上形成一层致密且有效的护壁泥皮。这层泥皮如同坚固的屏障，可阻止孔内外的水体交换，减少孔壁土体的流失，从而维持孔壁的稳定。（2）在不同的地质条件下，对泥浆性能的要求也有所差异。在易塌孔地层，如松散的砂层、软土层等，应适当提高泥浆的比重和黏度。较高的比重能增强泥浆对孔壁的侧向压力，而较高的黏度则可提高泥浆的悬浮和携带钻渣能力。同时，要密切关注孔内泥浆水位，确保其始终高于地下水位，

利用泥浆的静水压力来平衡土体的侧向压力,有效防止孔壁坍塌,为钻孔施工的顺利进行提供可靠保障^[2]。

2.3 清孔质量控制

在钻孔灌注桩施工过程中,清孔质量对桩基承载力有着决定性影响。孔底沉渣的存在会削弱桩端阻力,降低桩基的承载性能,进而影响整个水利建筑物的稳定性与安全性。(1)为有效清除孔底沉渣,应采用正循环或反循环法进行二次清孔。正循环法是利用泥浆泵将泥浆压入钻杆,泥浆从钻头喷出,携带钻渣上升至孔口排出;反循环法则通过泥浆泵在孔口形成负压,使泥浆携带钻渣从钻杆内吸出。这两种方法都能有效清除孔底沉渣,但适用条件略有不同,需根据实际工程情况合理选择。(2)清孔过程中,要严格控制孔底沉渣厚度,确保其符合设计要求。清孔完成后,应及时灌注混凝土,避免因时间间隔过长,孔底重新产生沉淀物。只有保证清孔质量,才能确保桩端阻力得以有效发挥,为水利建筑物提供坚实可靠的基础支撑。

3 钢筋笼与混凝土施工技术

3.1 钢筋笼制作安装

钢筋笼作为钻孔灌注桩的重要组成部分,其制作与安装质量直接关系到桩基的整体性能。在钢筋笼制作环节,必须严格把控各项关键参数。(1)主筋间距的精准控制能保证钢筋笼的整体受力均匀性,避免因间距偏差导致局部应力集中;箍筋间距的合理设置可增强钢筋笼的刚度和稳定性;保护层厚度的准确预留则能确保钢筋与周围混凝土有效粘结,防止钢筋锈蚀,延长桩基使用寿命。(2)安装钢筋笼时,要保证其垂直、平稳下放。操作人员需借助专业设备,缓慢、匀速地将钢筋笼送入孔内,防止因下放速度过快或姿态偏差而碰撞孔壁,造成孔壁坍塌或钢筋笼变形。对于长桩,由于钢筋笼长度过长,难以一次性制作和放下,应采用分段制作的方式,在孔口通过焊接或机械连接将各段钢筋笼牢固连接在一起,确保连接质量符合相关规范要求,从而保障钢筋笼的整体性和可靠性。

3.2 混凝土配合比设计

在钻孔灌注桩施工中,水下灌注混凝土的性能要求极为严苛,其配合比设计是保障桩基质量的关键环节。(1)由于水下灌注的特殊工况,混凝土必须具备良好的流动性,以便能在水下顺利通过导管灌注至桩孔底部,填充整个桩体空间;同时要有出色的保水性,防止在灌注过程中出现泌水现象,避免骨料与水泥浆分离,影响混凝土的均匀性和强度;还需具备适宜的和易性,确保混凝土在运输、灌注过程中不离析、不分层,能够顺利

浇筑成型。(2)为满足这些要求,设计时应适当提高砂率,优化骨料级配,控制粗骨料粒径,使其既能保证混凝土的强度,又能提高其流动性。此外,掺加适量外加剂,如减水剂、缓凝剂等,可进一步改善混凝土的性能。而且,要根据不同的施工季节调整配合比参数,夏季高温时适当增加缓凝剂用量,冬季低温时采取保温措施并调整水灰比,确保混凝土在不同环境下都能满足水下灌注要求^[3]。

3.3 水下灌注技术

在钻孔灌注桩施工中,水下混凝土灌注采用导管法这一成熟且可靠的方式。(1)导管作为混凝土输送的关键通道,其埋深控制极为关键,宜维持在2-6米的范围内。埋深过浅,混凝土灌注时易将导管拔出混凝土面,导致泥浆掺入桩体,形成夹泥层,严重影响桩基质量;埋深过深,则会使混凝土在导管内压力过大,增加灌注阻力,甚至引发堵管事故。(2)灌注过程必须保持连续性,一旦中断,不仅会延长施工周期,还可能因混凝土初凝导致桩体出现断桩等严重质量问题。同时,要合理控制灌注速度,过快易使混凝土在桩孔内翻浆不均匀,过慢则可能造成混凝土离析。此外,要详细做好灌注记录,为后续质量检测和提供依据。桩顶标高应高出设计标高0.5-1.0米,待混凝土达到一定强度后,凿除多余浮浆,确保桩顶混凝土质量满足设计要求。

4 施工质量控制措施

4.1 成孔质量监测

在钻孔灌注桩施工过程中,成孔质量是影响桩基性能与整体工程质量的关键因素,因此必须进行严格且精准的监测。(1)为全面掌握成孔的各项指标,采用超声波检测仪等专业设备,对孔径、孔深以及垂直度展开细致监测。超声波检测仪能够利用超声波在介质中传播的特性,精确测量孔径大小,确保其符合设计规定的尺寸要求;同时,通过特定装置准确测定孔深,防止出现孔深不足或超钻的情况;对于垂直度的监测,可有效避免桩身倾斜,保障桩基的承载能力与稳定性。(2)在钻进过程中,实时记录钻进参数,如钻进速度、钻压、扭矩等,通过对这些参数的分析,能够及时了解地层的变化情况。一旦发现异常,如钻进速度突然变慢、扭矩增大等,应迅速调整工艺参数,如改变钻进速度、调整钻压等,确保成孔质量始终符合设计要求,为后续的钢筋笼安装与混凝土灌注奠定坚实基础。

4.2 材料质量管控

在钻孔灌注桩施工中,材料质量是决定桩基工程品质的基础要素,必须予以严格把控。对于钢筋、水泥、

骨料等关键原材料，在其进场环节就要设置严格的质量关卡。(1)所有进场材料均须配备齐全有效的合格证明文件，这是材料质量的基本保障。同时，要依据相关规范标准，对每批次进场材料进行抽样检测。例如，对钢筋重点检测其力学性能指标，像屈服强度、抗拉强度等；对水泥要检验其安定性、凝结时间等关键性能；对骨料则关注其粒径、含泥量等参数。(2)对于混凝土，不仅要把控原材料质量，还需在施工现场进行坍落度、扩散度等试验。坍落度能直观反映混凝土的流动性，扩散度可体现混凝土的填充性能，通过这些现场试验确保混凝土的工作性能满足水下灌注及桩基施工的要求，为打造高质量的钻孔灌注桩提供坚实的材料支撑。

4.3 工序衔接控制

工序衔接控制是保障桩基施工质量的关键环节，需从时间规划与质量核验两方面构建管控机制。施工前应结合地质勘察资料、施工设备参数及作业班组产能，科学编制工序衔接计划，明确成孔、清孔、钢筋笼下放、混凝土灌注等各环节的合理作业时长与衔接间隙，确保施工流程有序推进。成孔作业完成后，须立即开展清孔作业，严格控制孔底沉渣厚度及泥浆性能指标，清孔合格后迅速组织钢筋笼下放，精准把控钢筋笼安装标高、垂直度及保护层厚度，避免孔壁长时间暴露引发塌孔、缩径等质量问题。同时，建立标准化工序交接检查制度，明确自检、互检、专检流程，上道工序需经技术交底、质量验收合格并签署交接文件后，方可转入下道工序施工，确保各工序衔接质量可控、责任可追溯，保障整体施工质量符合设计及规范要求^[4]。

4.4 成品检测验收

成品检测验收是桩基工程质量控制的关键收尾环节，核心目标是全面核验桩身完整性与承载力，确保工程桩质量符合设计标准及现行规范要求。(1)桩基施工完毕且达到规定养护龄期后，需依据地质条件、桩型特性及设计文件，科学选取检测方案，采用静载试验与动测法

相结合的综合检测方式。静载试验按分级加载、沉降观测的规范流程执行，精准判定单桩竖向抗压(拔)承载力是否达标；动测法(含低应变反射波法、高应变法)重点排查桩身断裂、缩径、夹泥等隐蔽缺陷，明确缺陷位置与严重程度。(2)检测工作须由具备相应资质的第三方机构实施，检测人员持证上岗，规范记录检测数据与操作流程，保障结果真实可追溯。对检测发现的缺陷桩，应立即组织设计、监理及施工单位会商，结合缺陷类型制定专项处理方案，采取补桩、压浆补强等针对性措施。处理完成后需重新复检，直至检测合格。所有工程桩经检测验收合格并签署相关文件后，方可进入下道工序，确保桩基工程质量安全可控。

结束语

钻孔灌注桩技术在水利工程基础施工中兼具适应性与可靠性，其质量控制贯穿全施工流程。从成孔工艺的方法选择、泥浆护壁、清孔管控，到钢筋笼制作安装、混凝土配合比设计与水下灌注，再到工序衔接把控及成品检测验收，各环节需严格遵循规范要求，强化过程管控与质量核验。通过科学选型、精准操作、闭环管理，可有效规避塌孔、断桩、夹泥等质量隐患，保障桩基承载力与完整性达标。该技术的规范应用，为复杂地质条件下水利工程提供了坚实基础支撑，对提升工程整体稳定性与耐久性具有重要意义，助力水利工程实现安全可靠、长效运行的建设目标。

参考文献

- [1]黄富民.水利工程钻孔灌注桩施工监理控制措施[J].工程技术研究,2021(17):205-206.
- [2]闻剑.混凝土钻孔灌注桩施工要点及质量控制对策分析[J].中国建筑装饰装修,2022(23):152-154.
- [3]陈祖军,邓边员,许利东.岩溶极发育地质条件下的旋挖灌注桩施工技术[J].建筑施工,2022,44(12):2836-2840.
- [4]田浩,马文涛,薛宇超.水利施工钻孔灌注桩施工技术要点[J].大众标准化,2022(5):67-69.