

水利施工钻孔灌注桩施工技术研究

黄 瑶 司 帅 马时春 颜泽群

江苏省鸿源招标代理股份有限公司 江苏 南京 210000

摘 要：水利施工钻孔灌注桩施工技术作为水利工程基础处理的关键技术之一，其施工质量直接关系到工程的安全与稳定。本文针对当前水利施工中钻孔灌注桩施工技术的现状，深入研究了其施工工艺、质量控制要点及技术创新方向。通过分析成孔、钢筋笼制作与安装、混凝土灌注等关键环节的技术难点，提出了相应的优化措施与解决方案。同时探讨了数字化、智能化技术在钻孔灌注桩施工中的应用前景，旨在为水利工程建设提供更加高效、安全、环保的施工技术支持，推动水利施工技术的持续进步与发展。

关键词：水利施工；钻孔灌注桩；施工技术

1 水利施工钻孔灌注桩技术概述

钻孔灌注桩技术作为水利施工中的关键技术之一，广泛应用于桥梁、堤坝、水闸等水利设施的基础建设中。该技术通过在地基中钻孔，随后将混凝土灌注至孔内，形成稳固的桩基，以支撑上部结构，确保水利设施的安全与稳定。在水利施工中，钻孔灌注桩的施工流程主要包括钻孔准备、钻孔作业、清孔、钢筋笼制作与下放、混凝土灌注等步骤。施工过程中，需严格控制钻孔的垂直度、孔径及孔深，确保桩基质量^[1]。清孔作业需彻底，减少孔底沉渣，提高桩基的承载力。另外，钢筋笼的制作与下放需符合设计要求，确保钢筋笼的间距、直径及焊接质量。混凝土灌注时，需采用合适的灌注方法，控制灌注速度，避免产生断桩、缩颈等质量问题。随着水利建设的不断发展，钻孔灌注桩技术也在不断创新与完善。未来，该技术将更加注重环保、高效与智能化，为水利设施的安全与稳定提供更加坚实的保障。

2 水利施工钻孔灌注桩施工工艺

2.1 施工准备

施工准备是水利施工钻孔灌注桩工艺的基础，直接关系到后续施工的顺利进行和工程质量。施工准备主要包括几个方面：（1）技术准备。熟悉施工图纸，进行图纸会审，明确设计意图和技术要求。编制施工组织设计，制定详细的施工方案和施工进度计划。对施工人员进行技术交底，确保施工人员熟悉施工工艺、操作规程和 safety 注意事项；（2）现场准备。平整施工场地，清除障碍物，设置排水设施，确保施工场地排水畅通。根据施工图纸进行测量放线，确定桩位中心点，并做好标记。搭建施工临时设施，如办公区、生活区、材料堆放区等^[2]；（3）材料准备。根据施工图纸和施工进度计划，采购合格的钢材、水泥、砂、石等原材料，并进行

检验和试验，确保原材料质量符合要求。准备好施工所需的机械设备，如钻机、混凝土搅拌机、吊车等，并进行调试和保养，确保机械设备性能良好；（4）人员准备。组织专业的施工队伍，包括钻机操作人员、钢筋工、混凝土工、电工等，并进行岗前培训，提高施工人员的业务水平和安全意识。

2.2 成孔施工

成孔施工是钻孔灌注桩施工的关键环节，其质量直接影响到桩基的承载力和稳定性。成孔施工主要包括以下步骤：钻机就位：将钻机平稳地安放在桩位上，调整钻机的垂直度和水平度，确保钻杆中心与桩位中心重合。钻孔：根据地质条件和设计要求，选择合适的钻头 and 钻进参数，如钻进速度、钻压、转速等。在钻孔过程中，要密切观察钻机的运行情况和地质变化，及时调整钻进参数，防止出现塌孔、缩径等质量问题。泥浆护壁：在钻孔过程中，向孔内注入泥浆，以保护孔壁，防止孔壁坍塌。泥浆的性能指标要符合设计要求，如比重、粘度、含砂率等。终孔检查：当钻孔达到设计深度后，要进行终孔检查，检查孔深、孔径、孔斜等是否符合设计要求。不符合要求及时处理，达到设计要求为止。

2.3 清孔与验孔

清孔和验孔是成孔施工后的重要工序，其目的是清除孔底沉渣，提高桩基的承载力。清孔方法主要有换浆法、掏渣法、喷射法等。根据孔内沉渣情况和地质条件，选择合适的清孔方法。清孔过程中，要不断向孔内注入泥浆，保持孔内水位，防止孔壁坍塌。清孔结束后，孔底沉渣厚度要符合设计要求。清孔完成后，要进行验孔。验孔内容包括孔深、孔径、孔斜、孔底沉渣厚度等。验孔方法主要有测绳测量、探孔器探测等。如验孔结果不符合设计要求，要重新进行清孔，直至达到设

计要求为止。

2.4 钢筋笼制作与下放

钢筋笼是钻孔灌注桩的重要组成部分，其质量直接影响到桩基的承载力和耐久性。根据设计要求，在钢筋加工场制作钢筋笼。钢筋笼的主筋、箍筋、加强筋等要按照设计要求进行加工和焊接。钢筋笼的直径、长度、间距等要符合设计要求。钢筋笼制作完成后，要进行检验和试验，确保钢筋笼质量符合要求。将制作好的钢筋笼用吊车吊起，缓慢下放到孔内。在下放过程中，要防止钢筋笼碰撞孔壁，造成孔壁坍塌。钢筋笼下放到设计深度后，要进行固定，防止钢筋笼上浮或下沉。

2.5 混凝土灌注

混凝土灌注是钻孔灌注桩施工的最后道工序，也是关键工序之一。混凝土灌注质量直接影响到桩基的强度和耐久性。根据设计要求，配制合格的混凝土，混凝土的水泥、砂、石、水等原材料要符合质量要求，混凝土的配合比要经过试验确定。在钢筋笼下放完成后，安装导管，导管要具有良好的密封性和足够的强度，导管底部距离孔底的距离要符合设计要求。采用导管法进行混凝土灌注，在灌注前，要先在导管内灌注一定量的水泥砂浆，以润滑导管。灌注过程中，要连续不断地向导管内灌注混凝土，防止出现断桩现象。混凝土的灌注高度要超过设计桩顶标高一定高度，以保证桩顶混凝土的质量。在混凝土灌注过程中，要根据混凝土的灌注高度及时拔管。拔管速度要均匀，防止导管拔出混凝土面，造成断桩。

2.6 桩头处理与质量检测

在混凝土灌注完成后，待混凝土达到一定强度后，要进行桩头处理。桩头处理主要包括凿除桩头浮浆、修整桩头等。桩头处理后，桩顶标高要符合设计要求。桩头处理完成后，要对桩基进行质量检测，质量检测内容包括桩身完整性检测、桩身强度检测等。桩身完整性检测方法主要有低应变反射波法、声波透射法等；桩身强度检测方法主要有钻芯取样法等。如检测结果不符合设计要求，要及时进行处理，直至达到设计要求为止。

3 水利施工钻孔灌注桩施工质量控制要点

在水利工程建设中，钻孔灌注桩作为重要的基础形式，其施工质量直接关系到整个工程的安全与稳定。因此对钻孔灌注桩施工过程中的质量控制显得尤为重要。

3.1 成孔质量控制

成孔是钻孔灌注桩施工的第一步，也是决定桩基质量的关键环节。成孔质量控制主要包括几个方面：第一，钻机定位与垂直度控制。钻机就位前，需对桩位进

行精确放样，并设置护桩以便后续校核。钻机就位后，应调整钻机水平度和垂直度，确保钻杆中心与桩位中心重合，垂直度偏差不超过1%。使用经纬仪或全站仪进行实时监测，确保钻孔过程中钻机保持稳定，避免因钻机倾斜导致孔斜。第二，泥浆性能控制。泥浆在成孔过程中起到护壁、携渣、冷却钻头等作用。应根据地质条件选择合适的泥浆配比，确保泥浆比重、粘度、含砂率等性能指标符合设计要求。施工过程中，应定期检测泥浆性能，及时调整泥浆配比，保持泥浆性能稳定^[3]。第三，钻进参数控制。根据地质勘探资料，合理选择钻头类型和钻进参数，如钻压、转速、泵量等。在软土地层中，应采用低钻压、慢转速、大泵量的钻进方式，以减少对孔壁的扰动；在硬岩地层中，则需适当增加钻压和转速，提高钻进效率。应密切关注钻进过程中的异常情况，如钻速突变、钻杆跳动等，及时分析原因并采取相应措施。第四，孔深与孔径控制。成孔完成后，应对孔深和孔径进行测量，确保满足设计要求。孔深测量可采用测绳或钻杆长度校核法，孔径测量则可使用探孔器进行。如孔深或孔径不符合要求，应及时进行补钻或扩孔处理。

3.2 钢筋笼质量控制

钢筋笼是钻孔灌注桩的重要组成部分，其质量直接影响到桩基的承载力和耐久性。钢筋原材料应具有出厂合格证和质量检验报告，进场后应按批次进行抽样检验，确保钢筋的力学性能和化学成分符合设计要求。钢筋笼制作应在钢筋加工场进行，采用机械化加工和焊接，确保钢筋笼的尺寸精度和焊接质量。钢筋笼的主筋、箍筋、加强筋等应按设计要求进行布置和焊接，焊接接头应错开布置，避免在同一截面内出现过多接头。钢筋笼制作完成后，应进行自检和专检，合格后方可进行下放。钢筋笼下放前，应检查孔内是否有障碍物，确保钢筋笼能够顺利下放。下放过程中，应缓慢、平稳，避免碰撞孔壁造成孔壁坍塌或钢筋笼变形。钢筋笼下放到设计深度后，应进行固定，防止钢筋笼上浮或下沉。为保证钢筋笼与混凝土之间的粘结力，应在钢筋笼外侧设置保护层垫块。保护层垫块应均匀布置，间距适中，确保钢筋笼在整个桩长范围内都能得到有效的保护。

3.3 混凝土灌注质量控制

混凝土灌注是钻孔灌注桩施工的最后道工序，也是决定桩基质量的关键环节。混凝土应按设计要求进行配制，确保混凝土的强度、和易性等性能指标符合要求。混凝土运输过程中，应采取措施防止混凝土离析和初凝，确保混凝土在灌注前保持良好的工作性能。导管

安装前,应检查导管的密封性和连接牢固性,确保导管在灌注过程中不漏水、不漏气。导管底部应距离孔底一定距离(一般为0.3-0.5米),以便混凝土能够顺利排出。混凝土灌注应连续进行,避免中断。灌注过程中,应密切关注混凝土面的上升情况,及时调整导管埋深,确保导管埋深在2-6米之间。同时应控制混凝土的灌注速度,避免过快或过慢导致混凝土质量下降。为保证桩顶混凝土的质量,应在设计桩顶标高以上超灌一定高度的混凝土(一般为0.5-1米)。超灌部分混凝土在桩基检测合格后进行凿除。

4 水利施工钻孔灌注桩技术优化与创新

随着水利工程建设规模的不断扩大和技术要求的日益提高,钻孔灌注桩技术作为水利工程基础处理的重要手段,其优化与创新显得尤为重要。

4.1 新技术应用

随着信息技术的飞速发展,数字化与智能化技术在水利施工钻孔灌注桩领域的应用日益广泛。通过引入BIM(建筑信息模型)技术,可以实现钻孔灌注桩施工过程的可视化模拟与优化,提前发现并解决潜在问题。利用物联网、大数据、云计算等技术,构建智能监控系统,对施工过程中的各项参数进行实时监测与分析,为施工决策提供科学依据。例如,智能传感器可以实时监测钻孔深度、泥浆性能、混凝土灌注量等关键指标,确保施工过程符合设计要求。环保意识的提升促使水利施工向绿色化方向发展,在钻孔灌注桩施工中,采用低噪音、低振动的钻机设备,减少对周边环境的影响。研发和应用新型环保泥浆,如生物降解泥浆,替代传统泥浆,减少对土壤和水体的污染。通过优化施工方案,减少施工废弃物的产生,实现资源的循环利用,也是绿色施工的重要体现。远程监控技术的应用使得管理人员无需亲临现场即可掌握施工进度,通过高清摄像头、无人机等设备,对施工现场进行全方位、多角度的监控,及时发现并处理施工中的安全隐患。自动化技术则进一步提升了施工效率与精度,如自动化钻机可根据预设参数自动调整钻进速度与方向,减少人为误差。

4.2 施工工艺改进

针对不同地质条件,研发并应用高效成孔技术,如旋挖钻机结合空气反循环技术,在硬岩地层中显著提高钻进效率;在软土地层中,采用长螺旋钻机配合泥浆护

壁,有效防止孔壁坍塌,提升成孔质量。通过引入高精度传感器与智能控制系统,实现对混凝土灌注过程的精准控制。系统能够实时监测混凝土面高度、灌注速度等参数,自动调整灌注策略,避免超灌或欠灌现象,确保桩身质量^[4]。建立全面的质量控制体系,从原材料检验、施工过程监控到成品检测,每一环节都严格把关。采用无损检测技术,如超声波检测、低应变检测等,对桩身完整性进行评估,确保桩基质量符合设计要求。

4.3 材料与设备创新

研发高强度、高耐久性的混凝土材料,如自密实混凝土、纤维增强混凝土等,提高桩基的承载能力和耐久性。同时研究开发环保型混凝土添加剂,减少水泥用量,降低碳排放,符合绿色施工理念。随着技术的进步,新型高效节能的钻孔设备不断涌现,这些设备采用先进的动力系统和节能技术,降低能耗,提高施工效率。例如,电动钻机相比传统柴油钻机,具有噪音低、污染小、维护成本低等优点。推动钻孔灌注桩施工设备的模块化与标准化设计,便于设备的快速组装与拆卸,提高施工灵活性和效率。标准化设计也有助于降低制造成本,促进技术普及与应用。

结束语

水利施工钻孔灌注桩施工技术研究是一个不断探索与进步的过程。随着科技的不断进步和工程实践的深入,钻孔灌注桩施工技术正朝着更加高效、智能、绿色的方向发展。本文的研究不仅为当前水利工程建设提供了有益的技术参考,也为未来施工技术的发展指明了方向。未来,应继续加强技术创新与研发,推动数字化、智能化技术在施工中的广泛应用,不断提升施工效率与质量,为水利工程建设的高质量发展贡献力量。

参考文献

- [1]唐尊刚.水利施工钻孔灌注桩施工技术方法[J].工程建设与设计,2023(03):210-212.
- [2]桑伟锋.竖向高荷载作用下大直径超长钻孔灌注桩承载性能试验[J].世界地质,2020,39(01):127-134.
- [3]陈冬泉.中风化岩层地质条件下的旋挖扩底钻孔灌注桩施工技术[J].建筑施工,2020,42(01):24-26.
- [4]王凯.水利工程钻孔灌注桩施工技术探讨[J].科技信息,2021(05):40-41.