

水利施工钻孔灌注桩施工技术及管理

文 / 郭 靖 山东润泰水利工程有限公司

摘要: 水利工程施工中, 钻孔灌注桩技术作为一项基础且关键的施工手段, 对于提升工程整体结构稳定性和承载力具有不可替代的作用。该技术通过精确钻孔、科学灌注混凝土形成桩体, 不仅能够有效分散上部结构荷载, 增强地基承载力, 还因其施工灵活、适应性强、环境影响小等优势, 在各类水利工程中得到了广泛应用。然而, 要充分发挥钻孔灌注桩技术的效能, 确保其施工质量与安全, 就必须从施工技术和管理两方面入手, 实施精细化、标准化的作业流程和管理体系。

关键词: 水利施工; 钻孔灌注桩施工技术; 管理

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.06.075

引言

水利工程是关系到国计民生的重要工程, 具有非常重要的作用。近年来, 随着国家经济的快速发展, 我国的水利工程建设取得了显著的进展, 水利施工技术也有了巨大的进步。钻孔灌注桩技术作为水利施工技术中的重要技术, 以其独特的优势在水利施工中得到了广泛的应用。钻孔灌注桩是一种在施工中进行的基础设施, 通过钻孔的方式在土体中形成孔洞, 然后在孔洞中加入混凝土, 形成一种钢筋混凝土结构。这种构造方式因其独特的特点, 如结构可靠性高、抗震性能好、施工简单易操作等, 被广泛应用于各种防洪、抗震、加固等工程中, 成为水利工程中不可或缺的重要组成部分。基于此, 本文主要就对水利施工钻孔灌注桩施工技术及管理进行分析探讨。

一、钻孔灌注桩施工技术的原理

钻孔灌注桩是一种极为重要的基础工程施工手段, 在建筑、水利等众多领域广泛应用, 其施工原理有着扎实的理论与实践基础。钻孔灌注桩是在施工现场借助机械设备进行钻孔操作, 钻孔位置精准对应设计桩位, 钻出的桩孔要契合预定深度与直径标准。钻孔流程结束后, 将预先制作好的钢筋笼下放至桩孔内部, 予以稳固安置, 随后向桩孔里灌注混凝土, 经振捣、养护等一系列工序, 混凝土凝固硬化, 最终与桩周土体紧密结合, 形成稳固可靠的桩基础结构。

从力学角度剖析, 钻孔灌注桩承载受力机制较为复杂却十分高效。桩身混凝土凝固后, 与钢筋笼协同受力, 一方面凭借桩身侧面和周边土体的摩擦力, 也就是摩阻力, 将上部结构传来的竖向荷载分散传递至土体深层; 另一方面, 桩端所处坚实持力层能够提供端承力, 承载上部荷载。在水平力作用情境下, 桩身依靠自身抗弯刚度以及土体侧向抗力, 抵御外界水平荷载, 维持结构稳定。

钻孔灌注桩施工过程融合了岩土工程、材料工程诸多学科知识要点。在钻孔环节, 要充分考量不同地质条件特性, 像软土地层钻孔时, 钻头切削阻力小, 但易出现塌孔现象; 硬岩地层钻孔, 钻头磨损快, 钻进效率低, 这些状况均需适配不同施工参数与工艺。混凝土灌

注阶段, 要精准把控混凝土坍落度、流动性等性能指标, 保障其能在桩孔内顺畅填充, 且凝固后强度达标, 契合设计承载要求。

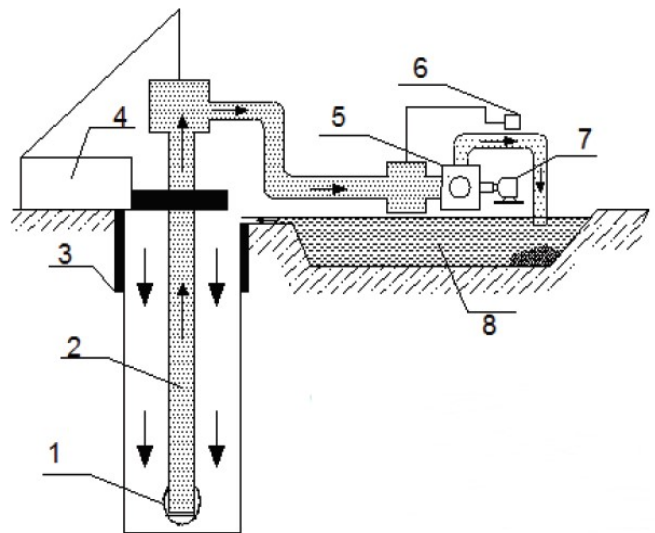


图1 钻孔灌注桩施工示意图

图1中1表示钻头; 2表示钻杆; 3表示护筒; 4表示钻机; 5表示砂石泵; 6表示真空泵; 7表示电机; 8表示泥浆池。

二、水利施工中钻孔灌注桩技术的应用要点

(一) 钻孔灌注桩定位

精准定位是钻孔灌注桩施工迈向成功的首要步骤。水利工程相较普通建筑工程, 常面临更为复杂地质与水流工况, 定位失准极易致使后续施工全盘皆输。

施工前, 需专业测量团队运用全站仪、水准仪等高精度测量仪器, 依照设计图纸给定桩位坐标, 实地测放出每个桩基础精确位置。测量时, 要反复校验仪器精度, 规避测量误差累积; 测量控制点应布设在稳固、不易受施工干扰之处, 且定期复核其准确性。例如, 大型水闸工程建设, 闸墩基础多采用钻孔灌注桩, 各桩位需严格呈线性排列, 相邻桩间距误差控制在极小范围, 一旦定位偏差过大, 闸墩浇筑成型后受力不均, 可能引发裂缝甚至结构垮塌。在水流湍急的河道区域施工, 定位作业还需结合水流流速、流向综合测定, 适当预留因水

流冲刷可能产生位移的纠偏量，以此保证桩基础就位精准，契合水利设施运行受力需求。

（二）护筒埋设和钻机就位

护筒埋设是钻孔灌注桩施工中的首要环节，对于稳固桩孔、隔绝地表水渗漏与土体坍塌具有重要意义。护筒通常采用钢板卷制而成，其厚度根据桩径和地质条件灵活选定，以确保护筒具有足够的强度和刚度，能够承受钻孔过程中的侧压力和地下水压力。

在护筒埋设过程中，首先要确保护筒中心线精准重合桩位中心线，这是保证钻孔精度的关键。护筒的垂直度偏差每米不得超出一定限值，通常控制在千分之三以内，以防止钻孔过程中出现偏斜。在软土地层中，护筒需埋设得深一些，以穿过软弱土层抵达坚实持力层，利用持力层的侧向支撑力维持护筒稳定。同时，在护筒外周填实黏土，以增强止水效果，防止地表水渗漏导致孔壁坍塌。

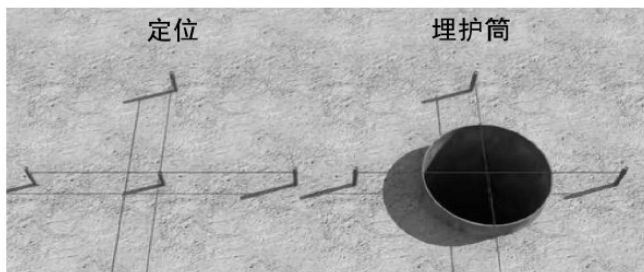


图2 护筒埋设定位

钻机就位紧随护筒埋设之后，是钻孔灌注桩施工中的又一重要环节。钻机需平稳安置在预定桩位上方，底盘利用枕木、钢板垫平，以确保钻机在钻孔全程不发生晃动、倾斜。钻机的钻头要精准对中护筒中心，偏差值需严格把控，以防止钻孔初始就出现偏斜，影响后续施工质量和进度。

就位完成后，要对钻机进行全面检查，包括动力系统、钻杆连接、泥浆循环系统等各部件的性能，确保设备正常运转。这一步骤对于后续高效、安全的钻孔施工至关重要。一旦发现设备故障或性能异常，应立即进行修复或更换，以避免施工过程中出现意外情况。

（三）制备泥浆和钻孔

泥浆在钻孔灌注桩施工中发挥着至关重要的作用，堪称钻孔的“保护神”。泥浆由膨润土、水、添加剂按特定比例调配而成，具有悬浮钻渣、冷却钻头、润滑钻具、平衡孔壁内外压力等多种功能。

制备泥浆时，要根据地质勘察报告精细调节泥浆比重、黏度等参数。在黏土含量高的地层中，泥浆比重可适当调低，以防泥浆黏度过大阻碍钻进。而在易塌孔的砂层、砾石层中，则需提高泥浆比重，以增强其护壁能力，防止孔壁坍塌。

泥浆的制备质量直接影响到钻孔过程的顺利进行和钻孔灌注桩的施工质量。因此，在制备泥浆时，要严格控制原材料的质量和配比，确保泥浆的性能指标符合施

工要求。同时，还要加强泥浆的循环和净化工作，及时清除钻渣和杂质，保持泥浆的清洁和稳定。

钻孔进程是钻孔灌注桩施工中的核心环节。根据地层条件的不同，钻孔过程需要适配不同的钻进方法。回转钻进是一种应用普遍的钻进方法，它借助钻杆带动钻头旋转切削土体、岩石。在遇到坚硬岩层时，冲击钻进则具有更高的效率，它利用重锤反复冲击破碎岩石。

钻进速度的控制对于钻孔灌注桩的施工质量至关重要。钻进速度过快易引发塌孔、卡钻等事故，而过慢则会延误工期。因此，在钻进过程中，要根据地质状况、钻头类型实时调整钻进速度。同时，还要密切监测泥浆液位和性能指标的变化情况，及时补浆和调整泥浆参数，以维持孔内泥浆的稳定。

在钻孔过程中，还需注意钻孔的连续性和均匀性。钻孔应连续进行，避免中途停顿导致孔壁坍塌或泥浆沉淀。同时，钻孔的直径和深度也要符合设计要求，以确保灌注桩的承载力和稳定性。

（四）成孔验收和清孔

成孔验收是钻孔灌注桩技术中的一个重要环节，它标志着钻孔工作的结束，同时也为接下来的施工步骤提供了基础。验收的内容涵盖了桩孔的深度、直径以及垂直度等多个方面的指标。

桩孔深度的测量通常采用测绳进行。为了确保测量的准确性，测绳需要定期进行校准，以防止因测绳本身的误差而导致的读数不准确。在测量过程中，还需要注意保持测绳的垂直度，以避免因测绳倾斜而产生的误差。

桩孔直径的检测则使用专用检孔器进行。检孔器的外形尺寸需要与设计桩径相匹配，以确保其能够顺畅地通过桩孔。如果检孔器在通过桩孔的过程中遇到阻碍，那么就需要对桩孔的直径进行进一步的检查和处理。

桩孔的垂直度是另一个需要重点关注的指标。垂直度的测量可以采用垂球或测斜仪进行。一旦发现垂直度超出允许偏差，就需要立即分析原因，并采取相应的措施进行纠偏。

清孔是钻孔灌注桩技术中的另一个关键步骤。它的主要目的是清除孔底的沉渣，为接下来的钢筋笼下放和混凝土灌注提供优质的施工环境。

清孔的方式主要有正循环清孔和反循环清孔两种。正循环清孔是通过泥浆泵将泥浆压入钻杆，然后经钻头喷射入孔底，利用泥浆的冲刷作用将钻渣从孔口溢出。而反循环清孔则是泥浆从孔口流入，携带钻渣经钻杆内腔抽出。

清孔后，孔底的沉渣厚度需要满足规范要求。对于端承桩来说，沉渣厚度通常需要控制在50毫米以内；而对于摩擦桩来说，沉渣厚度则可以放宽到100毫米以内。这是因为沉渣的存在会影响桩端的承载力和桩身的摩阻力，从而影响整个钻孔灌注桩的承载性能。

（五）二次清孔和灌注混凝土

二次清孔着重于钢筋笼、导管下放后，再次核验孔

底沉渣状况并清理。因钢筋笼下放、导管安装操作可能扰动孔底沉渣致使厚度回升，二次清孔不可或缺，多采用气举反循环清孔，高效清除新增沉渣，使孔底沉渣再度达标。

混凝土灌注是钻孔灌注桩施工收官关键环节。选用适配水利工程耐久性、强度要求的混凝土配合比，坍落度一般控制在180-220毫米，保障良好流动性与和易性。灌注初始，借助隔水球、拔塞等方式，让首批混凝土顺畅封底，导管埋深不少于1米；后续灌注持续、紧凑，随混凝土面上升稳步提拔导管，导管埋深维持在2-6米区间，防止拔管过快造成断桩、夹泥，过慢引发堵管事故。混凝土灌注顶面标高超出设计桩顶一定高度，常为0.5-1米，凿除浮浆层后保证桩顶混凝土强度达标，至此钻孔灌注桩施工大功告成，为水利设施稳健运行奠定坚实基础。

三、水利工程钻孔灌注桩施工管理

（一）水利工程钻孔灌注桩施工前的管理

施工前的管理是确保钻孔灌注桩技术成功应用的基础。这一阶段的管理主要包括施工方案的制定、施工图纸的审核、施工队伍的组建与培训、施工设备的准备与调试以及施工现场的布置与检查。

首先，施工方案的制定是施工前管理的核心。它需要根据水利工程的具体情况和钻孔灌注桩技术的特点，制定出详细的施工方案。这个方案应该包括施工流程、施工方法、施工时间、施工人员安排以及施工材料的采购等多个方面的内容。其次，施工图纸的审核也是施工前管理的重要环节。施工图纸是施工的依据，它的准确性和完整性直接影响到施工的质量和进度。因此，在施工前，需要对施工图纸进行严格的审核，确保图纸中的每一个细节都符合设计要求，并能够满足施工的需要。

施工队伍的组建与培训也是施工前管理的重要组成部分。一支高素质、专业化的施工队伍是确保施工质量和进度的关键。因此，在施工前，需要组建一支具有丰富经验和专业技能的施工队伍，并对他们进行严格的培训，使他们能够熟练掌握钻孔灌注桩技术的操作流程和注意事项。施工设备的准备与调试同样是施工前管理的重要一环。施工设备是施工过程中的重要工具，它的性能和状态直接影响到施工的质量和效率。因此，在施工前，需要对施工设备进行全面的检查和调试，确保设备的性能和状态都符合施工的要求。

最后，施工现场的布置与检查也是施工前管理的重要环节。施工现场的布置需要合理、规范，以确保施工过程的顺利进行。

（二）水利工程钻孔灌注桩施工过程中的管理

施工过程中的管理是确保钻孔灌注桩技术成功应用的关键。这一阶段的管理主要包括施工质量的控制、施工进度管理、施工安全的保障以及施工问题的处理。

施工质量的控制是施工过程中的核心任务。为了确保施工质量，需要制定严格的质量控制标准，并对施工过程中的每一个环节进行严格的检查和验收。同时，还

需要对施工材料、施工设备以及施工人员进行全面的质量监控，确保他们的质量都符合施工的要求。

施工进度管理也是施工过程中的重要任务。为了确保施工进度，需要制定详细的施工计划，并对施工过程中的每一个环节进行严格的控制。

施工安全的保障是施工过程中的重要责任。为了确保施工安全，需要制定严格的安全管理制度，并对施工过程中的每一个环节进行严格的安全检查和监控。同时，还需要对施工人员进行全面的安全培训和教育，提高人员的安全意识和操作技能。

（三）水利工程钻孔灌注桩施工后的管理

施工后的管理是确保钻孔灌注桩技术成功应用的收尾工作。这一阶段的管理主要包括施工质量的验收、施工资料的整理与归档、施工设备的维护与保养以及施工经验的总结与分享。

施工质量的验收是施工后的核心任务。在施工完成后，需要对钻孔灌注桩进行全面的质量验收，确保它们的质量符合设计要求。同时，还需要对施工过程中的各个环节进行回顾和总结，找出存在的问题和不足，以便在今后的施工中加以改进。施工资料的整理与归档也是施工后的重要任务。施工资料是施工过程中的重要记录，它们对于今后的施工和维护工作具有重要的参考价值。因此，在施工完成后，需要对施工资料进行全面的整理和归档，确保它们的完整性和准确性。施工设备的维护与保养同样是施工后的重要一环。施工设备在施工过程中承受了巨大的负荷和压力，因此需要进行全面的维护和保养。这不仅可以延长设备的使用寿命，还可以确保设备在今后的施工中能够正常运行。

结语

综上所述，水利施工中的钻孔灌注桩技术，作为保障工程结构安全、提升地基承载力的核心技术，其施工技术和管理的科学性与规范性直接关系到工程的整体质量和效益。通过精准掌握钻孔工艺、严格把控灌注质量、实施全面而细致的管理措施，不仅能够有效提升钻孔灌注桩的施工效率和质量，还能最大限度地减少施工过程中的安全隐患，为水利工程的顺利推进和长期稳定运行奠定坚实基础。

参考文献

- [1] 田高杰. 水利工程钻孔灌注桩施工技术探讨[J]. 价值工程, 2022, 41(01): 89-91.
- [2] 姜丽玉. 水利施工钻孔灌注桩施工技术研讨[J]. 黑龙江科学, 2021, 12(02): 126-127.
- [3] 汪艳涛. 水利施工中的钻孔灌注桩技术应用及质量控制分析[J]. 建筑技术开发, 2019, 46(14): 142-143.
- [4] 黄干. 水利施工钻孔灌注桩施工技术解析[J]. 建材与装饰, 2018, (52): 281.
- [5] 张杨. 水利施工钻孔灌注桩施工技术解析[J]. 黑龙江科学, 2018, 9(22): 82-83.