

# 水利施工钻孔灌注桩施工技术解析

张伟 顾峻 徐葆清

如东县水利电力建筑工程有限责任公司 江苏 南通 226400

**摘要：**水利施工中的钻孔灌注桩技术对工程质量与稳定性意义重大。本文详细解析其施工技术原理，涵盖成孔与混凝土灌注原理。深入探讨施工准备工作，包括地质勘察、现场及材料设备准备。重点剖析成孔、钢筋笼制作安装、清孔、混凝土灌注等关键技术，以及施工质量控制要点，如质量监控体系建立、成孔、钢筋笼、混凝土灌注质量控制和桩身质量检测技术与评价标准等内容，旨在为水利工程钻孔灌注桩施工提供全面技术指导，提升施工质量与效率，保障工程安全稳定运行。

**关键词：**施工技术原理；准备工作；关键技术环节；施工安全与环境保护

引言：水利工程在水资源利用与灾害防治中占据核心地位。钻孔灌注桩作为水利工程基础施工的关键技术，因其适应性强、承载性能好得到广泛应用。然而，其施工过程复杂，受地质条件、施工工艺等多因素影响，易出现质量问题。因此，深入研究钻孔灌注桩施工技术原理、施工准备、关键技术与质量控制要点，对确保水利工程质量、推动水利事业发展具有极为重要的现实意义。

## 1 钻孔灌注桩施工技术原理

### 1.1 桩基础类型及钻孔灌注桩特点

桩基础是水利工程中常见的基础形式，主要包括预制桩和灌注桩两大类。预制桩具有质量易控制、施工速度较快等优点，但存在适应性较差的问题，对地质条件变化大的区域适用性受限。灌注桩则是在施工现场成孔后灌注混凝土而成，可根据不同地质条件设计桩径、桩长等参数，适应性强。钻孔灌注桩作为灌注桩的一种，有诸多突出特点。其单桩承载力高，能够满足大型水利建筑物的承载需求。可在各种复杂地质条件下施工，如软土地层、砂层、岩石层等。钻孔灌注桩施工过程对周围环境影响相对较小，噪音和振动幅度较低。而且桩径和桩长可灵活调整，能根据工程设计要求进行优化，有效提高工程的稳定性和安全性。

### 1.2 施工工艺原理

钻孔灌注桩的施工工艺原理较为复杂。成孔是关键步骤之一，根据不同的成孔方法，其原理有所不同。例如正循环钻进成孔，是通过泥浆泵将泥浆从泥浆池输送到钻杆内腔，再从钻头的出浆口射出，泥浆携带钻渣沿孔壁与钻杆之间的环状空间上升，排出至沉淀池。这种方式能有效冷却钻头、润滑钻具并护壁。反循环钻进成孔则是泥浆从孔口流入孔内，利用泵吸或气举等方式将钻渣从钻杆内腔吸出，其排渣效率较高，成孔速度相对较快。在混凝土灌

注方面，主要采用导管法。其原理是利用导管作为混凝土的输送通道，导管底部埋入混凝土一定深度，新灌注的混凝土在重力作用下从导管底部挤出，推动先灌注的混凝土上升，逐步完成桩身混凝土的灌注<sup>[1]</sup>。

## 2 水利施工钻孔灌注桩施工准备工作

### 2.1 工程地质勘察

工程地质勘察是水利施工钻孔灌注桩施工的重要前期工作。通过详细的地质勘察，能够准确掌握施工区域的地质构造、地层分布情况，明确各土层的物理力学性质，如土层的承载力、摩擦力等参数。同时，对地下水水位及其变化情况进行精准探测，了解是否存在承压水等特殊情况。这些信息对于确定钻孔灌注桩的桩长、桩径、持力层选择等设计参数至关重要。而且可以预测施工过程中可能遇到的地质问题，如溶洞、流沙层等，提前制定应对方案，从而有效避免施工事故，保障施工的顺利进行和灌注桩的质量。

### 2.2 施工现场准备

施工现场准备工作是钻孔灌注桩施工有序开展的前提。首先要进行场地平整，清除场地内的障碍物、杂物，保证施工机械有足够的作业空间和稳定的停放场地。合理规划泥浆池和沉淀池的位置和大小，确保泥浆循环系统的正常运行，使泥浆能有效护壁和排渣。施工道路的修建要保证运输车辆和机械设备能够顺利通行，保障材料和设备能及时运输到施工现场。水电供应系统要稳定可靠，根据施工设备的功率和施工需求，合理配置配电箱和供水管道，满足钻孔、灌注等施工环节对水电的需求。

### 2.3 材料与设备准备

材料与设备准备关乎钻孔灌注桩施工质量和进度。在材料方面，钢筋要符合设计要求的强度等级、规格和数量，对钢筋的质量进行严格检验，保证其表面无锈

蚀、油污等问题，确保钢筋笼的制作质量。水泥要选用合适的品种和标号，砂石的级配要良好，严格控制其含泥量。这些材料的质量直接影响灌注桩混凝土的强度和耐久性。对于设备，钻机的选型要依据地质条件和桩径、桩长要求确定，确保其钻进能力满足施工需求。泥浆泵要保证足够的流量和压力，维持泥浆循环。起重机等辅助设备要具备相应的起吊能力，确保钢筋笼等的安全吊运和安装，保障施工顺利进行<sup>[2]</sup>。

### 3 钻孔灌注桩施工关键技术

#### 3.1 成孔施工技术

成孔施工是钻孔灌注桩的关键起始步骤。常见的成孔方法有多种，如螺旋钻孔、冲击钻孔和旋挖钻孔等。螺旋钻孔适用于地下水位以上的粘性土、砂土及人工填土等，通过螺旋钻杆的旋转将土屑带出孔外。冲击钻孔则利用重锤反复冲击破碎岩土，适用于各种地质条件，尤其是有孤石或坚硬地层的情况，能有效破碎障碍物，但施工效率相对较低且易产生较大噪音。旋挖钻孔是利用旋挖钻机的钻头旋转切削土体，并直接将土装入钻头内提升运出，成孔速度快、效率高，在多种土层中都有良好表现。在成孔过程中，质量控制要点众多。孔径需符合设计要求，可通过钻头尺寸和测孔设备检查。孔深要精确测量，防止过浅或过深影响桩的承载能力。垂直度控制也至关重要，通过钻机的垂直度调整装置和测斜仪器保证，若垂直度偏差过大，会使桩身受力不均，在复杂地质条件下，如遇塌孔，可通过加大泥浆比重、放慢钻进速度等措施处理；出现缩径现象，则要及时修补钻头、调整泥浆性能。

#### 3.2 钢筋笼制作与安装技术

钢筋笼制作是钻孔灌注桩施工的重要环节。在设计钢筋笼时，要依据工程设计要求确定其规格、尺寸和配筋。规格包括钢筋笼的直径，需与桩径相适配，确保有足够的保护层厚度。尺寸方面，其长度要根据桩长确定，同时要考虑桩顶和桩底的特殊构造要求。配筋则根据桩的承载能力计算确定，合理布置主筋、箍筋和加强筋，保证钢筋笼的强度和刚度。制作工艺上，钢筋加工要保证钢筋的长度、弯曲角度等符合设计要求。主筋的连接多采用焊接或机械连接方式，焊接时要保证焊缝质量，避免虚焊、夹渣等问题。箍筋要按规定间距均匀布置并牢固焊接在主筋上。制作完成后，需对钢筋笼质量进行检验，包括外观检查和尺寸测量等。在吊运和安装过程中，要采用合适的起吊设备和方法，防止钢筋笼变形。起吊点要合理设置，一般可采用多点起吊。安装时要保证钢筋笼的定位准确，其中心与桩孔中心重合，通过定位筋或其他定位装置固定，确保在混凝土灌注过程中钢筋笼位置不发生偏移<sup>[3]</sup>。

#### 3.3 清孔技术

清孔是钻孔灌注桩施工中保证桩身质量的关键步骤。清孔的主要目的是清除孔底的沉渣，使孔底沉渣厚度满足设计和规范要求，同时降低泥浆比重，减少泥浆对混凝土灌注的影响。清孔质量直接关系到桩的承载能力和稳定性。常用的清孔方法包括换浆法、抽浆法等。换浆法是在钻进至设计深度后，保持孔内泥浆的循环，逐步将孔内的泥浆换成相对密度较小、粘度较低的泥浆，使孔底沉渣在新泥浆的作用下悬浮并随泥浆排出孔外。抽浆法是利用泵将孔底的泥浆和沉渣抽出，这种方法清孔效果较好，能更有效地降低孔底沉渣厚度。在清孔过程中，要严格控制清孔时间，避免清孔时间过长导致孔壁坍塌。清孔完成后，要对清孔质量进行检测，通过测量孔底沉渣厚度和泥浆性能指标来判断。孔底沉渣厚度一般使用测绳和测锤进行测量，泥浆性能指标包括比重、粘度、含砂率等，需符合设计和规范规定的标准，只有清孔质量达标后才能进行后续的混凝土灌注工序。

#### 3.4 混凝土灌注技术

混凝土灌注是钻孔灌注桩施工的核心环节。水下混凝土配合比设计至关重要，其要满足水下灌注的特殊要求。混凝土要有良好的和易性，确保其在导管内能够顺利流动，同时具有一定的粘聚性，防止在灌注过程中出现离析现象。强度等级要符合设计要求，一般通过调整水泥用量、水灰比以及外加剂的使用来实现。灌注方法多采用导管法。灌注时，首先要保证初灌量足够，初灌量不足会导致导管埋深不够，使泥浆进入导管，造成断桩等质量问题。初灌后，后续混凝土要连续灌注，灌注速度要适中，过快可能导致导管内空气不能及时排出，过慢则可能使混凝土在导管内凝结。在灌注过程中，要严格控制导管埋深，一般保持在2-6米范围内。导管埋深过浅会使混凝土顶破上层泥浆返入导管，埋深过深则可能导致导管拔不出来，要注意灌注过程中的常见问题，如堵管可能是由于混凝土坍落度不符合要求或导管堵塞等原因引起，需及时疏通导管或调整混凝土性能。若出现断桩情况，要分析是由于导管拔出混凝土面、灌注中断时间过长等原因造成，并采取相应的补救措施，如重新成孔灌注或采取接桩等处理方法<sup>[4]</sup>。

### 4 钻孔灌注桩施工质量控制要点

#### 4.1 施工过程质量监控体系建立

在水利施工钻孔灌注桩工程里，建立健全施工过程质量监控体系极为关键。需成立专门的质量监控团队，其中涵盖经验丰富的工程师、专业质检员以及施工技术骨干等，团队成员各司其职，共同致力于保障工程质

量。质量监控流程要贯穿施工始终。施工准备阶段, 仔细审查施工设计方案、材料供应计划以及设备调试情况等, 确保万无一失。进入施工环节, 针对成孔操作, 通过仪器实时监测孔径、孔深与垂直度偏差, 一旦超出允许范围立即停工调整; 清孔时严格检测泥浆密度、含砂率等指标, 保证清孔效果; 钢筋笼制作安装过程中, 详细检查钢筋规格、焊接质量以及安装位置准确性; 混凝土灌注阶段, 密切留意混凝土配合比执行情况、灌注速度与导管埋深等要素, 杜绝断桩、夹泥等质量隐患。同时, 积极引入信息化管理手段, 如建立施工质量数据库, 将各项检测数据及时录入, 以便进行质量动态分析与趋势预测, 从而提前采取预防措施, 全方位保障钻孔灌注桩施工质量稳定可靠。

#### 4.2 成孔质量控制

垂直度把控是基础, 需在钻机就位时精细调平, 保证其稳固性, 钻进期间借助高精度垂直度测量仪持续监测, 若有偏差及时校正, 使桩孔垂直度偏差符合规范, 防止桩身倾斜影响承载与稳定性。孔径控制同样关键, 依据设计桩径精准挑选钻头, 施工时留意钻头磨损, 定期检查并适时更换, 成孔后运用专业检测工具核验, 确保孔径达标, 避免因孔径误差导致灌注桩质量缺陷。孔深的精准确定不可或缺, 开钻前精确标定钻杆长度并标记刻度, 钻进时依据设计深度与钻杆入土标识判断, 达深后再以测绳复核, 保障孔深误差处于规定区间, 满足设计承载要求。此外, 要高度重视孔壁稳定性维护, 借助科学调配泥浆参数, 如控制泥浆比重、粘度等, 保持孔内泥浆液位适宜高度, 有效抵御孔壁坍塌风险, 为后续钢筋笼下放与混凝土灌注创造优良条件, 从而确保钻孔灌注桩整体施工质量。

#### 4.3 钢筋笼质量控制

钢筋笼质量对于钻孔灌注桩的结构稳固性起着极为关键的作用, 其质量控制需贯穿于制作与安装全过程。在钢筋笼制作环节, 对钢筋原材料的把控是首要任务。必须严格检验钢筋的质量证明文件, 确保其抗拉强度、屈服强度等性能指标符合设计要求, 对钢筋的外观进行细致检查, 杜绝有锈蚀、裂纹等缺陷的钢筋进入制作工序。在加工制作过程中, 依据设计图纸精确控制钢筋笼的直径、长度以及箍筋间距等尺寸参数, 其偏差均应控制在允许范围内。焊接质量更是重中之重, 所有焊接接头必须牢固, 焊缝饱满且无夹渣、气孔等焊接缺陷, 焊接长度与高度严格遵循规范要求, 例如双面焊的焊接长度不应小于钢筋直径的 5 倍。在钢筋笼安装阶段, 采用合适的吊运设备与方法, 防止钢筋笼在起吊过程中发生变形。

#### 4.4 混凝土灌注质量控制

混凝土原材料把控是基础, 对水泥、骨料、外加剂等严格筛选与检验, 确保其品质达标且稳定, 为优质混凝土制备提供前提。灌注中, 精准调配混凝土配合比, 依据工程需求确定水灰比、坍落度等关键参数, 使混凝土具备良好施工性能, 如将坍落度合理控制在适宜范围, 保障其在桩孔内顺利流动填充。灌注速度与导管埋深控制极为关键。合理把控灌注速度, 避免速度失当引发离析或断桩风险, 借助测量工具密切监测导管埋深, 使其稳定维持在 2 至 6 米区间, 防止导管埋深异常造成混凝土夹泥、断桩或导管堵塞等严重质量问题。桩顶灌注高程控制不容忽视, 精确计算并保证超灌高度符合设计规范, 通常在 0.5 至 1.0 米, 以此确保桩顶混凝土密实、强度达标, 整体提升钻孔灌注桩的质量与耐久性。

#### 4.5 桩身质量检测技术与评价标准

常见的检测技术包括低应变法, 其通过在桩顶施加激振力, 测量桩身应力波传播特性来判断桩身完整性, 能快速检测桩身是否存在缩径、离析等缺陷, 但对于深部缺陷检测精度有限。超声波透射法是在桩身内预埋声测管, 利用超声波在混凝土中的传播参数变化来检测, 可详细检测桩身内部结构, 对缺陷定位和定性较准确, 但对声测管安装要求高。钻芯法是直接从桩身钻取芯样, 直观观察芯样的完整性、强度等情况, 检测结果最为直观可靠, 但具有一定的破坏性且检测成本较高<sup>[5]</sup>。

结束语: 在水利工程建设领域, 钻孔灌注桩施工技术的深入探究与精准应用对保障工程质量与安全起着举足轻重的作用。通过对其施工技术原理、准备工作、关键技术以及质量控制要点的全面剖析, 我们能更有效地应对施工中的各种挑战与难题。然而, 随着水利工程要求的不断提升与技术的持续发展, 钻孔灌注桩施工技术仍需不断创新与优化。未来, 应进一步加强研究与实践, 提高施工工艺的精细化程度, 为水利基础设施的稳固建设奠定更为坚实的基础, 推动水利事业迈向新的高度。

#### 参考文献

- [1]曹盛泉. 钻孔灌注桩技术在水利工程施工中的应用[J]. 江西建材, 2020(11): 102, 104.
- [2]王晓辉. 钻孔灌注桩技术在水利工程施工中的应用[J]. 住宅与房地产, 2020(33): 192, 199.
- [3]朱震. 钻孔灌注桩技术在水利工程施工中的应用策略[J]. 居舍, 2020(32): 35-36, 28.
- [4]李昂. 钻孔灌注桩施工技术研究[J]. 工程技术研究, 2020, 5(8): 66-67.
- [5]黄桂忠. 水利工程施工中钻孔灌注桩技术的运用[J]. 工程技术研究, 2019, 4(5): 38-39.