

# 水利施工钻孔灌注桩施工技术

张晓峰 李定港

中国南水北调集团中线有限公司河北分公司永年管理处 河北 邯郸 057150

**摘要：**水利工程是关乎国计民生的基础设施建设，在防洪、灌溉、供水等领域发挥着不可替代的作用。本文围绕水利施工钻孔灌注桩施工技术展开探讨。阐述了施工准备工作，涵盖场地、材料、设备及技术准备等方面。详细介绍了施工的关键技术，如测量放线、护筒埋设、泥浆制备、钻孔、清孔、钢筋笼制作与安装、混凝土灌注等。同时分析了该施工技术的发展趋势，包括智能化与自动化发展、绿色环保技术应用以及高性能材料的研发与应用。旨在为水利施工钻孔灌注桩施工提供技术参考，推动该技术在水利工程领域的应用与发展。

**关键词：**水利施工；钻孔灌注桩；施工技术

**引言：**在水利工程建设中，钻孔灌注桩作为一项重要的基础施工技术，其施工质量直接关系到水利工程的整体稳定性和安全性。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，对钻孔灌注桩施工技术的研究和应用愈发重要。合理的施工准备、精准的关键技术实施以及紧跟发展趋势的技术革新，对于保障水利工程的顺利进行和质量提升意义重大。本文将对水利施工钻孔灌注桩施工技术进行全面分析，助力该技术更好地服务于水利工程建设。

## 1 水利施工钻孔灌注桩施工准备工作

### 1.1 施工场地准备

施工前，需对场地进行全面勘查与整理。若为旱地，应清除杂物、杂草及障碍物，确保场地平整，以利施工设备的停放与运行。对于水田或淤泥地段，需先排水疏干，通过换填、夯实等手段加固地基，防止设备陷入。若在河流、湖泊等水域施工，要搭建稳固的工作平台，如采用钢栈桥、浮式平台等，保障施工安全。同时，合理规划场地布局，设置泥浆池、沉淀池、材料堆放区等，使施工流程顺畅有序，减少物料运输时间与成本。

### 1.2 施工材料准备

施工材料质量关乎灌注桩的质量与耐久性。钢筋应选择正规厂家产品，具备质量证明文件，进场后抽样检验，确保其强度、延伸率等指标达标。水泥宜采用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，同样要检验凝结时间、安定性和强度。骨料选用质地坚硬、级配良好的砂和石子，控制含泥量与杂质。此外，准备好符合要求的外加剂，如减水剂、缓凝剂等，用于改善混凝土性能。材料存放要分类分区，做好防潮、防雨、防锈措施，确保材料在使用时性能稳定。

### 1.3 施工设备准备

根据工程规模、地质条件及设计要求，选择合适的钻孔设备，如旋挖钻机、冲击钻机等，并确保设备性能良好，各项参数满足施工需求。配套设备如泥浆泵、混凝土输送泵、起重机等也要准备齐全。设备进场前，进行全面调试与维护，检查关键部件的磨损情况，及时更换易损件。同时，配备必要的检测仪器，如测斜仪、泥浆比重计等，用于施工过程中的质量监测。

### 1.4 技术准备

组织技术人员深入研究施工图纸，理解设计意图，明确桩位、桩径、桩长等关键参数。结合工程实际，编制详细的施工组织设计与专项施工方案，制定施工工艺、技术措施及质量控制标准。对施工人员进行技术交底，使其清楚施工流程、技术要点及质量要求。开展测量放线工作，依据设计图纸精确测设桩位，并设置明显的控制桩与水准点。此外，进行试桩施工，通过试桩验证施工工艺的可行性，获取相关技术参数，为大规模施工提供参考依据<sup>[1]</sup>。

## 2 水利施工钻孔灌注桩施工的关键技术

### 2.1 测量放线技术

测量放线作为钻孔灌注桩施工的起始环节，对工程精度起着决定性作用。施工人员依据精准的施工图纸，运用全站仪开展作业。以现场稳固的控制点为基准，通过精确测量角度与距离，确定桩位中心点坐标。操作时，全站仪测角精度需控制在极小范围，水平角误差不超过 $\pm 5''$ ，垂直角误差不超过 $\pm 8''$ ，并多次测设取平均值，确保桩位平面位置偏差不超50mm。确定桩位后，打入直径16-20mm钢筋作为标识，钢筋外露部分涂抹醒目的红漆，便于识别。考虑到施工现场环境复杂，控制点易受扰动，每隔3-5天需对其进行复测。

### 2.2 护筒埋设技术

护筒一般选用4-8mm厚的Q235钢板卷制,内径比桩径大200-400mm,为钻孔作业预留空间。在黏性土地层,采用挖埋法,用小型挖掘机挖出深度不小于1.0m的坑槽,将护筒垂直放入,借助铅垂线或全站仪监测垂直度,偏差控制在1%以内,随后用黏土分层回填夯实,每层回填厚度20-30cm。在砂土等松散地层,借助振动锤将护筒振动下沉至1.5m以上深度,确保稳固。护筒顶端应高出地面0.3-0.5m,周边设置排水坡,防止雨水流入孔内。若护筒埋设不规范,如倾斜度过大、埋设深度不足或固定不牢,会导致孔口坍塌、钻孔偏斜,使钢筋笼下放困难,还可能造成泥浆渗漏、孔内水位不稳定,进而影响桩身混凝土灌注质量,严重时需返工,延误工期并增加成本。

### 2.3 泥浆制备技术

泥浆主要由水、黏土(或膨润土)以及外加剂混合而成。在选择原料时,优先选用优质膨润土,因其造浆率高、黏度大,能更好地满足护壁与排渣需求。水应采用洁净的淡水,避免含杂质或酸碱度异常影响泥浆性能。外加剂根据实际施工条件添加,例如在易塌孔地层添加增黏剂提高泥浆黏度,在需提升流动性时加入分散剂。泥浆的配比需依据地质条件精确定。在砂性土等易塌孔地层,泥浆相对密度应控制在1.1-1.3,黏度为18-22s;黏性土地层中,相对密度可适当降低至1.05-1.15,黏度保持在16-20s。制备时,先将水加入高速搅拌机,再缓慢倒入膨润土,搅拌时间不少于5分钟,使膨润土充分水化膨胀。

### 2.4 钻孔施工技术

钻孔施工是水利工程钻孔灌注桩成型的核心步骤,其技术水平直接影响桩基础质量。施工前,需依据地质条件与桩径、桩深要求,精准选择钻孔设备。在软土地层,旋挖钻机因钻进效率高、成孔质量好成为首选,其动力头可灵活调整转速,配合不同类型钻头,如短螺旋钻头用于黏土、粉土,回转斗钻头用于砂土。钻进时,控制动力头转速在10-30r/min,匀速提升、下放钻杆,防止因操作不当导致孔壁坍塌。若遇岩石地层,则启用冲击钻机,依靠冲击钻头的高频冲击破碎岩石。施工时,合理设置冲程,一般在0.8-2.0m,冲程过小无法有效破碎岩石,过大则易损坏设备且影响成孔垂直度。钻孔过程中,借助水平尺、垂直度检测仪等工具,时刻监测钻机垂直度,偏差超过1%时及时调整<sup>[2]</sup>。

### 2.5 清孔技术

清孔是钻孔灌注桩施工中提升桩基承载性能的关键环节,其核心目的在于清除孔底沉渣,降低泥浆含砂

率,为后续混凝土灌注创造良好条件。常用的清孔方法主要有换浆法、抽浆法和掏渣法。换浆法操作时,通过泥浆泵持续向孔内注入新鲜泥浆,流速保持在20-30L/min,将孔内含有大量钻渣的旧泥浆置换出来。在此过程中,需密切监测泥浆性能,直至泥浆相对密度达到1.03-1.10,黏度为17-20s,含砂率不大于2%。抽浆法则借助大功率泥浆泵,以40-60L/min的流量将孔内泥浆和钻渣强力抽出,同时及时补充新鲜泥浆,该方法清孔效率较高。掏渣法适用于孔底沉渣较少的情况,使用特制掏渣筒,每次掏渣深度控制在0.3-0.5m。清孔完成后,必须采用测绳、沉渣仪等工具严格检测孔底沉渣厚度,端承桩要求沉渣厚度不大于50mm,摩擦桩不大于100mm。只有清孔达标,才能确保桩端阻力有效发挥,保障桩基整体质量。

### 2.6 钢筋笼制作与安装技术

钢筋笼制作与安装是钻孔灌注桩施工的关键环节,直接关系到桩身的结构强度。制作时,选用符合设计规格的钢筋,其表面应洁净、无损伤。钢筋调直采用机械调直方法,确保钢筋直线度偏差不超过规范要求。钢筋切断时,根据设计长度准确下料,误差控制在 $\pm 10\text{mm}$ 以内。弯曲成型则严格按照设计图纸的弯曲角度与半径进行操作,偏差不超 $\pm 5^\circ$ 。钢筋笼焊接或机械连接质量尤为重要,焊接时焊缝应饱满、无夹渣,单面焊焊缝长度不小于 $10d$ ( $d$ 为钢筋直径),双面焊不小于 $5d$ 。机械连接选用优质套筒,连接扭矩符合标准。制作完成的钢筋笼,利用25-50t吊车吊运至孔位。起吊时合理设置吊点,防止钢筋笼变形。下放过程中,在钢筋笼四周设置导向筋,确保其垂直且居中,避免碰撞孔壁。钢筋笼顶端通过焊接定位筋与护筒牢固连接,防止在混凝土灌注时出现上浮或下沉现象,以此保障钢筋笼安装位置精准,为桩身提供可靠的力学支撑。

### 2.7 混凝土灌注技术

灌注前,需对混凝土的配合比进行严格检查,确保其和易性、流动性满足施工要求,坍落度应控制在180-220mm。同时,仔细检查导管的密封性与连接牢固程度,通过水密试验,保证导管在灌注过程中不漏水、不漏浆。导管底部距孔底保持300-500mm的距离。灌注时,首批混凝土的灌注量至关重要,必须保证能将导管埋入混凝土深度不小于1.0m,以防止泥浆混入混凝土造成桩身缺陷。灌注过程应连续进行,混凝土浇筑速度保持在 $2-3\text{m}^3/\text{min}$ ,避免中途停顿。利用测绳每隔15-20分钟测量一次混凝土面高度,据此及时调整导管埋深,一般控制在2-6m。若发生导管堵塞,可尝试提升、下放导管,并锤击导管外壁进行疏通。严格把控混凝土灌注技术,才

能确保桩身混凝土密实,强度达到设计标准,为水利工程的桩基础提供坚实保障<sup>[3]</sup>。

### 3 水利施工钻孔灌注桩施工技术的发展趋势

#### 3.1 智能化与自动化发展

在科技飞速发展的当下,智能化与自动化成为水利施工钻孔灌注桩技术的重要发展方向。钻孔机械未来将配备先进传感器,全方位监测钻进参数,如实时掌握钻进速度,精准把控泥浆性能变化,动态监测孔内压力波动等。这些数据经智能控制系统分析处理,能自动调整钻进参数,极大提升施工效率与质量稳定性。自动化钢筋笼制作设备能精准控制钢筋间距与焊接质量,减少人工误差。自动化混凝土灌注系统则能依据预设程序,稳定、高效地完成灌注作业,大幅提升施工精度,降低安全隐患,让钻孔灌注桩施工迈向智能化、无人化新高度。

#### 3.2 绿色环保技术应用

随着可持续发展理念深入人心,绿色环保技术在钻孔灌注桩施工中愈发重要。一方面,研发新型环保泥浆材料刻不容缓。这类材料不仅要具备传统泥浆护壁、悬浮钻渣的功能,还需在施工结束后,能快速降解或方便回收利用,降低对土壤、水体的污染。另一方面,优化施工工艺是减少污染的关键。采用低噪声、低振动的钻孔设备,能显著降低施工对周边居民生活的干扰。通过改进混凝土配合比,提升其耐久性,可减少因工程质量问题导致的重复施工,进而降低资源消耗与废弃物排放,实现水利工程与生态环境的和谐共生。

#### 3.3 高性能材料的研发与应用

水利工程对钻孔灌注桩承载能力与耐久性要求不断提高,促使高性能材料广泛应用。在钢筋领域,高强度、耐腐蚀的新型钢筋材料不断涌现,如添加特殊合金元素的钢筋,能有效提升钢筋笼强度,延长使用寿命,抵御复杂水利环境侵蚀。混凝土方面,超高强度、高抗渗性与高耐久性的配合比研发成果丰硕。这类混凝土能

在抗硫酸盐侵蚀、抗冻融循环等恶劣条件下,保持良好性能,保障桩基础稳固。此外,纤维增强复合材料等新型材料也开始在钻孔灌注桩中崭露头角,通过局部增强桩身结构,增强桩体韧性与整体性能,为水利工程高质量建设提供坚实材料支撑。

#### 3.4 施工工艺创新与优化

持续创新与优化施工工艺是提升钻孔灌注桩技术水平的核心。面对复杂地质条件与多样工程要求,组合式钻孔工艺应运而生。在岩石层坚硬区域采用冲击钻破岩,在软土层则用旋挖钻高效成孔,二者结合大幅提升钻孔效率与质量。清孔环节,研发新型清孔技术,如高压气举反循环清孔法,能更彻底地清理孔底沉渣,提高桩承载能力。同时,借助信息化管理手段,如BIM技术、项目管理软件等,对施工进度、质量、安全进行实时监控与动态调整,实现精细化管理,有效提升工程建设整体效益,推动水利施工钻孔灌注桩技术不断革新<sup>[4]</sup>。

### 结束语

水利施工钻孔灌注桩施工技术涵盖测量放线、护筒埋设等一系列关键环节,各环节紧密相连,共同保障着水利工程基础的稳固性。精准的测量放线为桩位奠定基础,规范的护筒埋设维护孔口稳定,还有泥浆制备、钻孔、清孔、钢筋笼安装及混凝土灌注等技术,协同作用确保桩身质量。

### 参考文献

- [1]雷虎虎.水利施工钻孔灌注桩施工技术及管理[J].大众标准化,2023(05):145-147
- [2]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
- [3]杨伟,王鹏程.探析水利施工钻孔灌注桩施工技术及管理策略[J].治淮,2022(11):242-243
- [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(05):67-69.