

# 水利施工钻孔灌注桩施工技术分析

薛宝亮 王大伟

陕西水利水电工程集团有限公司 陕西 西安 710018

**摘要:** 通过深入探讨水利施工中的钻孔灌注桩施工技术, 文章概述了钻孔灌注桩的基本原理和优缺点, 然后详细阐述了施工过程, 包括施工准备、钻孔施工、清孔与钢筋笼制作以及混凝土浇筑等关键阶段。在质量控制与检测部分, 分析了施工过程的质量控制要点和质量检测方法。并且展望了钻孔灌注桩施工技术的发展趋势, 包括智能化施工技术的应用、绿色施工与环保要求以及新材料与新工艺的探索。本文旨在为水利工程施工提供有益的参考和指导。

**关键词:** 水利工程; 钻孔灌注桩; 施工技术

引言: 钻孔灌注桩技术作为水利工程基础施工中的关键技术, 具有承载能力强、适应地质条件广泛等优点, 在水利工程建设中发挥着重要作用。然而, 该技术的施工过程复杂, 涉及多个环节, 且施工质量控制难度较大。因此, 深入研究钻孔灌注桩施工技术, 分析其施工过程及质量控制方法, 对于提高水利工程施工质量和效率具有重要意义。

## 1 水利施工钻孔灌注桩技术概述

### 1.1 钻孔灌注桩技术的基本原理

钻孔灌注桩技术是水利工程基础施工中的关键技术, 其工作原理基于力学中的荷载传递理论。在施工过程中, 首先利用各类钻机, 如旋挖钻机、冲击钻机等, 在地基土中钻出符合设计要求的桩孔。这些钻机通过钻头的旋转、冲击等方式破碎土体, 将钻渣排出孔外, 从而形成桩孔空间。当桩孔达到设计深度和孔径后, 将预先制作好的钢筋笼放入桩孔内, 钢筋笼由纵向钢筋和箍筋组成, 起到增强桩体承载能力和抵抗弯矩的作用。最后, 采用导管法进行水下混凝土灌注, 在混凝土的自重压力和流动性作用下, 混凝土不断填充桩孔, 并将孔内的泥浆置换排出, 随着混凝土的硬化, 最终形成具有一定强度和承载能力的桩基础。该桩基础能够将水利工程上部结构的荷载通过桩身传递到深层地基土中, 利用桩侧摩阻力和桩端阻力共同承担荷载, 从而保证水利工程结构的稳定性。例如, 在某大型水库大坝的基础建设中, 通过钻孔灌注桩技术, 将大坝的巨大荷载传递到深层坚实的岩层上, 有效保障了大坝的安全运行。

### 1.2 钻孔灌注桩的优缺点分析

钻孔灌注桩在水利施工中具有显著的优点。其一, 适应性强, 能适用于多种复杂地质条件, 无论是软弱的淤泥质土、砂性土, 还是坚硬的岩石地层, 都可通过调整施工工艺和设备进行施工。其二, 施工噪音小、振动

小, 对周边环境影响较小, 这一特点在城市水利工程或周边有建筑物、居民区的水利项目中尤为重要。其三, 桩径和桩长可根据工程设计要求灵活调整, 能够满足不同规模和荷载要求的水利工程。其四, 单桩承载力较高, 可承受较大的垂直和水平荷载, 为水利工程结构提供可靠的支撑<sup>[1]</sup>。

然而, 该技术也存在一定的缺点。一方面, 施工质量控制难度较大, 由于钻孔灌注桩施工大部分在地下或水下进行, 施工过程难以直接观察, 成桩后桩身质量检测也存在一定局限性, 容易出现诸如塌孔、缩径、断桩、混凝土离析等质量问题。另一方面, 施工工艺复杂, 涉及多个施工环节, 如钻孔、清孔、钢筋笼制作与安装、混凝土灌注等, 每个环节的施工质量都会影响最终成桩质量, 且施工过程中对施工人员的技术水平和施工设备要求较高。此外, 钻孔灌注桩施工受天气、地质等因素影响较大, 施工周期相对较长, 可能会导致工程成本增加。

## 2 水利施工钻孔灌注桩的施工过程

### 2.1 施工准备阶段

施工准备阶段是确保钻孔灌注桩施工顺利进行的基础, 首先, 要进行详细的地质勘察工作, 通过钻探、原位测试等手段, 全面了解施工场地的地层结构、岩土物理力学性质、地下水水位及水质等情况; 这些地质资料是设计桩型、确定桩长、桩径以及选择施工工艺和设备的重要依据。例如, 在某沿海水利工程施工前, 通过地质勘察发现施工场地存在深厚的淤泥层, 根据这一情况, 设计单位采用了较长的钻孔灌注桩, 并在施工工艺中加强了泥浆护壁措施。同时, 要进行精确的测量放线工作, 使用全站仪、水准仪等测量仪器, 按照设计图纸准确测放出桩位, 并做好明显标记。为防止桩位在施工过程中被破坏, 还需设置护桩, 以便在桩位发生偏差时

及时进行校正。

场地平整也是施工准备阶段的重要工作,要将施工场地内的杂物、障碍物清理干净,确保场地平整、坚实,满足施工设备的行走和作业要求。对于软弱地基,还需进行处理,如换填、压实等,以提高地基承载力。此外,要做好施工材料和设备的准备工作。施工材料主要包括钢筋、水泥、砂石等,这些材料必须符合国家相关标准和设计要求,进场前要进行严格的检验和试验,确保材料质量合格。施工设备如钻机、混凝土搅拌机、起重机等,在进场前要进行全面的检查和调试,保证设备性能良好,能够正常运行。

## 2.2 钻孔施工阶段

钻孔施工阶段是钻孔灌注桩施工的关键环节,根据地质条件和工程要求合理选择钻机类型。对于土层较软、成孔直径较大的情况,可选用旋挖钻机,其具有成孔速度快、效率高的特点;而在岩石地层中,冲击钻机则更为适用,能够有效破碎岩石。钻机就位时,要确保钻机底座平稳、水平,钻杆垂直,其垂直度偏差不得超过设计要求,一般控制在1%以内,可通过水平仪、垂球等工具进行检测和调整。钻进过程中,要严格控制钻进速度、压力等参数。在松软土层中,钻进速度不宜过快,以免造成塌孔;在坚硬地层中,可适当加大钻进压力,但要防止钻杆弯曲、钻头磨损。同时,要合理控制泥浆指标,泥浆具有护壁、悬浮钻渣、冷却钻头等作用。泥浆的比重、粘度、含砂率等指标要根据不同的地质条件进行调整。例如,在砂性土地层中,泥浆比重应控制在1.1-1.3之间,粘度控制在18-22s,含砂率不超过4%,以保证泥浆具有良好的护壁效果。在钻进过程中,要及时清理孔口排出的钻渣,保持施工现场整洁,并定期对钻孔深度、孔径进行测量,确保符合设计要求<sup>[2]</sup>。

## 2.3 清孔与钢筋笼制作阶段

清孔的目的是清除孔底沉渣,降低泥浆含砂量,提高桩底承载力。常用的清孔方法有抽浆法、换浆法等。抽浆法是利用泥浆泵将孔内的泥浆和沉渣抽出,同时向孔内注入新鲜泥浆,保持孔内水头压力稳定,防止塌孔;换浆法是通过不断向孔内注入性能指标合格的泥浆,将孔内的悬浮钻渣和不符合要求的泥浆置换出来。清孔过程中,要严格控制孔底沉渣厚度和泥浆指标,一般要求孔底沉渣厚度不超过50mm,泥浆比重不大于1.1,粘度不大于20s,含砂率不大于2%。钢筋笼制作要严格按照设计图纸和相关规范要求进行。钢筋原材料进场后,要进行力学性能试验和焊接试验,确保钢筋质量和焊接质量合格。钢筋笼的主筋、箍筋间距、直径等尺寸要符

合设计要求,焊接或绑扎要牢固,焊缝长度、高度等要满足规范规定。为保证钢筋笼在运输和吊装过程中不变形,可在钢筋笼内设置加强箍筋。钢筋笼制作完成后,要进行质量检验,合格后方可运输至施工现场。钢筋笼的运输和吊装要采取相应的保护措施,防止钢筋笼扭曲、变形。吊装时,要采用合适的吊具,确保钢筋笼垂直下放,准确就位。

## 2.4 混凝土浇筑阶段

混凝土浇筑是钻孔灌注桩施工的最后一个关键环节,直接影响桩体的质量和承载能力。混凝土的配制要严格按照设计配合比进行,选用质量合格的水泥、砂石、外加剂等原材料,确保混凝土的强度、和易性、耐久性等指标满足设计要求。在水下混凝土浇筑中,一般要求混凝土的坍落度控制在180-220mm,以保证混凝土具有良好的流动性。混凝土浇筑采用导管法进行,导管要具有良好的密封性和足够的强度。在浇筑前,要对导管进行水密试验和承压试验,确保导管连接牢固,不漏水。导管底部距孔底一般保持30-50cm的距离。开始浇筑时,要先在导管内放置隔水栓,然后将混凝土快速倒入料斗,利用混凝土的自重压力将隔水栓压出导管,使混凝土迅速填充桩孔底部。在浇筑过程中,要保持混凝土的连续供应,控制导管埋深在2-6m之间,防止导管拔出混凝土面导致断桩。同时,要及时测量混凝土面上升高度,根据测量结果调整导管埋深和浇筑速度。当混凝土浇筑至设计标高以上0.5-1.0m时,可停止浇筑,以保证桩顶混凝土强度。

## 3 水利施工钻孔灌注桩施工质量控制与检测

### 3.1 施工过程质量控制要点

在施工过程中,要对各个环节进行严格的质量控制。在施工准备阶段,要确保地质勘察资料准确详细,测量放线误差在允许范围内,施工场地平整坚实,材料和设备质量合格。钻孔阶段,要严格控制钻机就位精度、钻进参数和泥浆指标,防止出现塌孔、缩径、钻孔偏斜等质量问题。清孔阶段,要保证清孔质量,确保孔底沉渣厚度和泥浆指标符合要求。钢筋笼制作与安装阶段,要控制钢筋笼的制作质量和安装位置,保证钢筋笼的主筋数量、间距、连接方式等符合设计要求,钢筋笼安装要垂直、准确<sup>[3]</sup>。混凝土浇筑阶段,要严格控制混凝土的配合比、坍落度和浇筑速度,确保混凝土连续供应,导管埋深合理,防止出现堵管、断桩等质量问题。另外,还要加强对施工人员的技术培训和管理,提高施工人员的质量意识和操作技能。建立健全质量管理体系,明确各岗位的质量职责,加强施工过程中的质量检

查和监督,及时发现和纠正质量问题。

### 3.2 质量检测方法与标准

质量检测是确保钻孔灌注桩施工质量的重要手段,常用的质量检测方法有低应变法、超声波法、钻芯法等。低应变法主要用于检测桩身完整性,通过在桩顶施加激振力,产生应力波,应力波在桩身中传播时遇到缺陷会发生反射,根据反射波的波形、频率等特征判断桩身是否存在缺陷及缺陷的位置和程度。超声波法是利用超声波在混凝土中的传播特性,检测桩身混凝土的密实度、强度等指标,通过在桩内预埋声测管,将超声波发射和接收探头放入声测管中,沿桩身进行检测。钻芯法是通过钻机钻取桩身混凝土芯样,直观地检测桩身混凝土的强度、完整性、胶结情况等,是一种较为可靠的检测方法,但成本较高,对桩体有一定的损伤。对于桩身完整性检测,一般将桩分为四类,Ⅰ类桩桩身完整,Ⅱ类桩桩身有轻微缺陷,不影响桩身结构承载力的正常发挥,Ⅲ类桩桩身有明显缺陷,对桩身结构承载力有影响,Ⅳ类桩桩身存在严重缺陷。对于桩身混凝土强度,要达到设计强度等级要求。在实际检测中,要根据工程特点和设计要求选择合适的检测方法和检测数量,确保检测结果准确可靠。

## 4 水利施工钻孔灌注桩施工技术发展趋势与展望

### 4.1 智能化施工技术应用

随着信息技术的不断发展,智能化施工技术在钻孔灌注桩施工中的应用将越来越广泛。智能化施工设备将配备先进的传感器和控制系统,能够实时监测和调整施工参数,如钻进速度、压力、泥浆指标等,提高施工精度和效率。例如,智能旋挖钻机可通过传感器实时获取钻进深度、垂直度等数据,并自动调整钻进参数,确保成孔质量。利用物联网技术,可将施工现场的各类数据实时传输到监控中心,实现远程监控和管理,及时发现和解决施工过程中出现的问题。此外,BIM技术在钻孔灌注桩施工中的应用也将不断深入,通过建立三维模型,对施工过程进行模拟和优化,提前发现施工中的潜在问题,提高施工方案的可行性和施工效率<sup>[4]</sup>。

### 4.2 绿色施工与环保要求

在当今环保意识日益增强的背景下,绿色施工和环保要求成为钻孔灌注桩施工技术发展的重要方向。在施

工过程中,要采取有效的环保措施,减少施工对环境的污染。例如,对施工产生的泥浆、钻渣等废弃物进行合理处理,可采用泥浆固化技术将泥浆固化后进行填埋或再利用,减少泥浆排放对水体和土壤的污染。同时,要推广使用环保型建筑材料,如高性能混凝土、新型外加剂等,降低施工过程中的能源消耗和环境污染。另外,还可通过优化施工工艺,减少施工噪音和振动,保护周边环境。

### 4.3 新材料与新工艺探索

新材料和新工艺的不断涌现将为钻孔灌注桩施工技术带来新的发展机遇。在材料方面,新型混凝土材料如自密实混凝土、纤维混凝土等具有良好的性能,能够提高桩体的强度、耐久性和抗裂性。新型土工合成材料可用于改善桩周土体的力学性能,提高桩侧摩阻力。在工艺方面,一些新的施工工艺如全套管钻孔灌注桩工艺、后注浆技术等逐渐得到应用。全套管钻孔灌注桩工艺能够有效防止塌孔,提高成孔质量;后注浆技术可通过向桩底或桩侧注入水泥浆,提高桩端阻力和桩侧摩阻力,从而提高单桩承载力。未来,随着科研的不断深入,将有更多新材料和新工艺应用于钻孔灌注桩施工中,推动该技术不断发展和完善。

### 结束语

综上所述,钻孔灌注桩技术在水利工程施工中具有重要的应用价值。通过优化施工过程、加强质量控制与检测以及探索新材料与新工艺,可以进一步提高钻孔灌注桩的施工质量和承载能力。未来,随着智能化施工技术和绿色施工理念的不断发展,钻孔灌注桩施工技术将迎来更加广阔的发展前景。

### 参考文献

- [1]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.
- [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]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):45-47.
- [4]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.