

水利施工钻孔灌注桩施工技术分析

方亮

云南建投第一水利水电建设有限公司 云南 昆明 650000

摘要: 钻孔灌注桩是水利工程中核心深基础形式,具有适应性强、稳定性突出、耐久性优良的特点,能适应复杂地质与水下、岸边等特殊施工场景。本文结合水利工程施工需求,阐述钻孔灌注桩的基础理论、常用类型及核心技术要求,详细分析施工全流程操作要点,重点探讨质量、安全及进度控制技术,提出常见质量缺陷的预防与处理措施,为水利工程钻孔灌注桩施工提供技术参考,助力提升施工效率与工程质量,保障水利构筑物长期稳定运行。

关键词: 水利施工; 钻孔灌注桩; 施工技术

引言: 水利工程是保障水资源合理利用、抵御水害的重要基础设施,其基础工程质量直接决定整体结构稳定性与服役寿命。钻孔灌注桩因能有效承担竖向承载力和水平抗推力,适配软土、砂层等复杂地质,在水利枢纽、堤坝等工程中广泛应用。但施工工序复杂,易受地质、设备、操作等因素影响,出现断桩、缩颈等问题。基于此,本文对水利施工钻孔灌注桩施工技术进行系统分析,为规范施工、防控隐患提供支撑。

1 水利施工钻孔灌注桩相关基础理论

1.1 钻孔灌注桩的基本原理与特点

(1) 钻孔灌注桩的施工基本原理。钻孔灌注桩是水利工程中常用的深基础形式,其核心原理是通过专用钻孔设备在设计桩位处钻进,形成符合要求的桩孔,过程中采取泥浆护壁等措施防止孔壁坍塌,清孔后放入钢筋笼,再浇筑混凝土,待混凝土凝固后形成坚实的桩体,与地基土共同作用,承担水利构筑物的竖向承载力和水平抗推力,保障工程结构稳定。(2) 水利场景下钻孔灌注桩的技术特点。适应性强,能适应水利工程中复杂地质条件,如软土、砂层、卵石层等,可在水下、岸边等特殊场景施工;稳定性突出,桩体嵌入深层地基,能有效抵抗水流冲刷、波浪冲击及地基沉降,保障水利构筑物抗倾覆能力;耐久性优良,通过合理的混凝土配比、防腐处理,可抵御水体侵蚀、冻融循环等破坏,满足水利工程长期服役需求。

1.2 水利施工中钻孔灌注桩的常用类型与适用范围

(1) 按成孔方式分类及适用场景。冲击钻适用于岩层、卵石层等坚硬地质,依靠冲击锤破碎岩土成孔,适配水利工程中地基较坚硬的桩基础施工;回旋钻适用于软土、砂层等较软地质,成孔效率高、孔壁平整,常用于水库、堤坝等大面积桩基础施工;旋挖钻自动化程度高,成孔速度快,适用于工期紧张、地质条件较复杂

的水利枢纽工程,可兼顾多种土层施工。(2) 按桩径、桩长分类及水利工程中的选型原则。按桩径分为小桩($<1\text{m}$)、中桩($1\text{--}2.5\text{m}$)、大桩($>2.5\text{m}$),按桩长分为短桩($<15\text{m}$)、中长桩($15\text{--}30\text{m}$)、长桩($>30\text{m}$);选型需结合水利工程规模、荷载要求及地质条件,荷载大、地质复杂的枢纽工程选用大直径长桩,中小型堤坝、排水构筑物可选用中小直径中短桩,兼顾经济性与安全性^[1]。

1.3 钻孔灌注桩施工的核心技术要求

(1) 水利工程对桩体质量的核心要求。承载力需满足设计要求,桩端嵌入持力层深度符合规范,确保能承受竖向荷载和水平荷载;防渗性至关重要,桩体混凝土需密实,无裂缝、蜂窝等缺陷,避免水体渗透破坏桩体及地基,防止水利构筑物渗漏失事;同时需保证桩体完整性,避免断桩、缩颈等质量问题。(2) 施工过程中的技术标准与规范依据。施工需严格遵循《水利水电工程混凝土灌注桩施工技术规范》《建筑桩基技术规范》等,钻孔时控制孔位偏差、孔径、孔深符合设计标准,泥浆比重、含砂率满足护壁要求;清孔后孔底沉渣厚度需达标,钢筋笼制作、安装精度符合规定,混凝土浇筑连续、均匀,确保施工全过程符合规范,保障桩体质量。

2 水利施工钻孔灌注桩关键施工流程与操作要点

2.1 施工准备阶段技术要点

(1) 施工场地勘察与清理。施工前需全面勘察场地地形、地质及水文条件,排查不良地质隐患,明确土层分布、岩层埋深、地下水位标高及水体流速等参数,为施工方案制定提供依据。清理场地内杂物、障碍物及浮土,平整作业面,修整排水坡度,防止雨水淤积影响施工;对于水下施工区域,需清理河床杂物,排查暗流、漩涡等隐患,确保施工安全。同时划定施工区域,设置警示标识,做好周边环境保护措施。(2) 施工设备选型与调试。结合水利工程地质条件、桩径桩长要求,合理选

型钻机,砂土、黏土区域选用回旋钻,岩层区域选用冲击钻,工期紧张时选用旋挖钻。配套泥浆制备设备、混凝土搅拌设备、吊装设备等,确保设备性能适配施工需求。设备进场后,全面调试钻机钻速、扭矩,检查泥浆泵压力、导管密封性,调试吊装设备起吊精度,消除设备故障隐患,确保施工过程中设备稳定运行,满足施工技术要求^[2]。(3)材料准备与质量检验。提前筹备钢筋、混凝土、泥浆材料等,钢筋选用符合设计标准的高强度钢材,混凝土原材料选用抗冻、抗渗、耐腐蚀的水泥、砂石,泥浆材料选用优质膨润土、纯碱等。所有材料进场前严格检验,钢筋检查规格、型号、抗拉强度,混凝土检测配合比、坍落度,泥浆材料检测黏度、比重,不合格材料严禁进场,确保材料质量符合水利工程耐久性、承载力要求。

2.2 成孔施工技术

(1)钻孔定位与放线技术。采用全站仪精准定位桩位,结合水准仪控制标高,定位后设置定位桩、护桩并做好标记,定期复核。严格控制误差,桩位中心偏差不超过50mm,标高误差 ± 10 mm内,钻孔前再次核对桩位,避免定位偏差导致桩体偏移,保障水利构筑物基础稳定。(2)不同地质条件下的钻孔操作技巧。砂土区域匀速钻孔,加大泥浆比重防坍塌;黏土区域适当加快钻速,及时清理孔内泥块避免影响效率;岩层区域采用冲击钻分层冲击,控制力度防孔壁破损,必要时爆破辅助成孔。钻孔全程观察孔内情况,及时调整操作参数。(3)钻孔过程中的泥浆制备与循环控制技术。根据地质条件配制泥浆,砂土、砂卵石层用高黏度、高比重泥浆,黏土层用中黏度、中比重泥浆,确保护壁、携渣效果。建立完善泥浆循环系统,循环中过滤杂质、调整比重,控制含砂率不超过8%、黏度18-22s,及时补充新泥浆,防止孔壁坍塌、沉渣过多。(4)成孔质量检测与缺陷处理。成孔后用测绳检测孔深,偏差不超过 ± 100 mm;孔径仪检测孔径,偏差 ± 50 mm内;测斜仪检测垂直度,偏差不大于1%。孔深不足、孔径偏小时重新补钻;垂直度超标调整钻机位置重钻;孔壁坍塌时回填黏土或泥浆,待孔壁稳定后继续施工^[3]。

2.3 钢筋笼制作与安装技术

(1)钢筋笼的设计与加工制作要点。按设计图纸确定钢筋笼尺寸、钢筋规格及间距,加工时严格控制钢筋笼直径、长度,偏差不超过 ± 10 mm。钢筋焊接采用双面焊,焊缝长度、厚度符合规范,焊接接头错开布置,间距不小于 $35d$ (d 为钢筋直径),焊接后清理焊渣,检查焊缝质量,避免出现夹渣、裂纹等缺陷,确保钢筋笼强度

满足设计要求。(2)钢筋笼的运输与吊装技术。钢筋笼运输采用专用运输设备,运输过程中做好固定措施,避免碰撞、挤压导致变形;吊装选用合适的吊具,采用两点吊装法,吊点对称布置,缓慢起吊,平稳放入桩孔,避免钢筋笼倾斜、碰撞孔壁。吊装过程中全程观察,确保钢筋笼精准就位,中心偏差不超过10mm。(3)钢筋笼安装后的固定与防护措施。钢筋笼安装到位后,采用型钢固定在孔口,防止钢筋笼下沉或上浮;在钢筋笼外侧绑扎保护层垫块,确保保护层厚度符合设计要求(一般不小于50mm)。对于水下施工的钢筋笼,做好防腐防护,避免水体侵蚀导致钢筋锈蚀,影响桩体耐久性。

2.4 混凝土浇筑施工技术

(1)混凝土配合比设计。结合水利工程水下施工、抗渗抗冻要求,设计混凝土配合比,选用低热、抗渗水泥,合理掺入外加剂,控制水胶比不大于0.55,坍落度保持在180-220mm,确保混凝土具有良好的流动性、抗渗性和耐久性,能适应水下浇筑环境,避免出现离析、泌水等问题。(2)导管安装与密封性检验技术。导管选用无缝钢管,安装前检查导管密封性,采用水密性试验,确保无渗漏;导管连接牢固,接口处垫密封垫,安装时控制导管垂直度,避免导管倾斜、错位。导管底部距孔底距离控制在300-500mm,便于混凝土顺利浇筑,防止导管堵塞。(3)水下混凝土浇筑的操作流程与质量控制。采用导管法水下浇筑,浇筑前再次清孔,确保孔底沉渣厚度符合要求(端承桩不大于50mm,摩擦桩不大于100mm)。混凝土浇筑连续进行,首批混凝土浇筑量确保导管埋入混凝土深度不小于1.2m,浇筑过程中控制浇筑速度,及时提升导管,保持导管埋入深度在2-6m,避免导管拔出混凝土面导致断桩。同时观察混凝土浇筑情况,及时处理浇筑过程中的异常问题^[4]。(4)桩头处理技术。混凝土浇筑至桩顶设计标高以上0.5-1.0m,确保桩头混凝土质量;浇筑完成后,待混凝土初凝后、终凝前,及时清理桩头浮浆、松散混凝土,清理至设计桩顶标高,确保桩头平整、密实。清理过程中避免碰撞桩体,防止桩头破损,为后续基础连接做好准备。

3 水利施工钻孔灌注桩施工质量与安全控制技术

3.1 施工质量控制核心技术

(1)施工全过程质量控制点设置。事前控制聚焦准备阶段,审核施工方案、检测设备与材料质量,排查地质水文隐患,明确质量标准;事中控制贯穿全流程,重点管控钻孔定位、泥浆性能、钢筋笼安装及混凝土浇筑等关键环节,实时监测参数、纠正偏差;事后控制侧重成桩检测与缺陷处理,全面检测桩体质量,确保符合设

计规范,形成完整管控闭环。(2)常见质量缺陷的预防与处理技术。预防断桩需保证混凝土连续浇筑、控制导管管理入深度,出现断桩可清理缺陷段重浇或压浆补强;夹泥多由泥浆含砂率高、清孔不彻底导致,需严控泥浆质量、浇筑前彻底清孔,处理可采用压浆法填充;缩颈源于孔壁坍塌、钻机晃动,预防需加固孔壁、稳定钻机,轻微缩颈可扩孔,严重时需回填重钻^[5]。(3)质量检测技术的应用。低应变法操作简便、效率高,可快速检测桩体完整性,排查断桩、缩颈等表面缺陷,适用于大面积初检;超声波法能精准检测桩体内部缺陷,通过声波速度判断密实度及缺陷情况,适用于质量要求高的水利枢纽工程,保障桩体承载力和防渗性达标。

3.2 施工安全控制技术

(1)施工现场安全防护措施。高空作业需搭设安全脚手架、佩戴安全带,设置安全防护网,严禁高空抛物;用电安全需规范布置供电线路,安装漏电保护器,避免电线破损、受潮,操作人员持证上岗。施工现场划分危险区域,设置警示标识,配备消防器材,定期开展安全巡查,及时消除安全隐患。(2)钻机作业安全操作规范与风险防控。钻机作业前检查设备性能,固定牢固,避免钻机倾斜、倾覆;操作人员严格按规范操作,严禁违规作业。防控钻孔坍塌、钻机伤人等风险,钻孔过程中实时观察孔壁情况,发现异常立即停机处理;作业人员佩戴防护用品,严禁在钻机旋转半径内停留。(3)汛期、雨季施工的安全保障技术。汛期、雨季施工需提前做好排水设施,修整场地坡度,防止雨水淤积;加固钻机、临时设施,防止被洪水冲毁。密切关注气象预警,暴雨、洪水来临前停止施工,转移设备和人员;雨后全面检查场地、设备,确认安全后再恢复施工,避免暴雨引发孔壁坍塌、触电等安全事故。

3.3 施工进度控制技术

(1)施工进度计划的编制与优化。结合水利工程工

期要求、地质条件及设备、人员配置,编制详细的施工进度计划,明确各工序起止时间、衔接流程。优化计划时,优先保障关键工序施工进度,合理调配资源,避免工序衔接不畅导致工期延误;采用流水施工模式,提高施工效率,确保进度计划科学可行。(2)影响施工进度的因素分析与应对措施。影响因素主要包括地质复杂、设备故障、天气影响及材料供应滞后等。应对地质复杂问题,提前完善施工方案,准备应急措施;定期检修设备,储备备用设备,避免设备故障停工;针对天气影响,合理安排施工工序,提前做好防护;建立材料供应台账,提前筹备材料,加强与供应商沟通,确保材料及时进场,保障施工进度顺利推进。

结束语

综上所述,水利施工钻孔灌注桩施工技术的科学应用,是保障水利工程基础稳固的关键。施工中需严格控制施工准备、成孔、钢筋笼安装、混凝土浇筑等关键环节,落实全过程质量、安全与进度管控,精准应对各类地质与施工隐患。合理选用施工工艺与设备,优化技术方案,可有效提升桩体质量与施工效率。未来需结合工程实际持续优化技术,推动钻孔灌注桩技术在水利工程中实现更高效、安全的应用。

参考文献

- [1]黄富民.水利工程钻孔灌注桩施工监理控制措施[J].工程技术研究,2021,(17):205-206.
- [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]孔凡磊.水利施工中钻孔灌注桩技术的应用分析[J].水上安全,2024,(5):148-150.
- [4]王更贵.钻孔灌注桩施工技术在水利施工中的应用[J].黑龙江水利科技,2023,51(8):120-122.
- [5]申自富.水利工程钻孔灌注桩施工技术分析[J].工程建设与设计,2024,(7):209-211.