

水利工程桩基施工工艺及质量控制研究

朱 晔

天津水务投资集团有限公司 天津 300200

摘 要：水利工程桩基施工受地质水文条件制约，工艺选择与质量管控直接关系工程安全。本文围绕水利工程桩基施工前期准备、核心施工工艺、质量控制要点及常见问题处理展开论述。成孔、钢筋笼安装、混凝土浇筑与养护构成工艺主线，各环节质量控制需从材料、设备、操作参数多维度协同把控。针对孔壁坍塌、断桩、钢筋笼上浮等通病，需结合成因采取针对性处理措施。系统梳理各阶段工艺要求与质控手段，有助于提升桩基施工质量水平。

关键词：水利工程；桩基施工；质量控制；施工工艺；通病防治

引言：水利工程中桩基承担着传递荷载、抵抗冲刷的重要功能，施工质量直接影响整体工程安全与运行寿命。桩基施工涉及成孔、钢筋笼安装、混凝土浇筑及养护等多道工序，任一环节失控均可能引发质量隐患。地质条件复杂多变，不同地层对工艺选择提出差异化要求，施工过程中孔壁坍塌、断桩、钢筋笼上浮等问题频发，对质量管控能力形成严峻考验。围绕各阶段工艺特征与质控要点展开系统分析，对保障桩基施工质量具有实际意义。

1 水利工程桩基施工前期准备

1.1 施工场地准备

施工场地准备需结合水利工程地质水文条件，先清理场地内所有障碍物，平整场地至设计坡度要求，确保场地承载力满足施工机械设备运行需求。平整后对场地进行压实处理，压实度需符合水利工程桩基施工场地要求，避免后续施工中出现场地沉降影响施工精度。合理划分施工区域，明确桩位布设范围，预留机械设备作业空间与材料堆放区域，避免施工过程中相互干扰。同步规划泥浆循环系统与排水设施，设置符合容量要求的泥浆池与沉淀池，防止泥浆泄漏污染施工环境，确保施工废水有序排放，为桩基施工创造安全、有序的作业条件。

1.2 施工材料准备

施工材料准备需严格遵循水利工程桩基施工材料标准，选用的混凝土原材料需符合相关技术规范，水泥采用强度等级适配的普通硅酸盐水泥，砂石骨料需控制颗粒级配与含泥量，外加剂选用符合设计要求的类型并控制掺量^[1]。钢筋需采用符合国家标准的热轧带肋钢筋或预应力钢棒，螺旋筋选用合格的低碳钢热轧圆盘条，端

板材质选用规定型号钢材且不得采用铸造工艺。所有进场材料需经过严格质量检验，核查材料出厂合格证与性能检测报告，确保材料性能符合施工要求，不合格材料严禁进场使用，同时做好材料存放管理，分类堆放并采取防潮、防锈措施，避免材料变质影响施工质量。

1.3 施工设备选型与调试

施工设备选型需结合桩基类型与地质条件，合理选用成孔设备、钢筋笼加工设备、混凝土浇筑设备等。成孔设备根据地层特性选用回旋钻机或冲击钻机，确保设备性能适配施工需求；钢筋笼加工设备选用精度符合要求的切断机、弯曲机，混凝土浇筑设备配备导管与搅拌运输设备。设备进场后需进行全面检查，排查机械部件磨损、电子系统故障等问题，随后开展调试工作。调试过程中优化设备运行参数，检查设备运转稳定性，校准设备精度，确保成孔设备垂直度控制、混凝土浇筑设备输送效率等符合施工标准，调试合格后再投入使用，避免设备故障影响施工进度与质量。

1.4 施工技术交底

施工技术交底需在施工前全面开展，由技术负责人向施工班组、作业人员传递桩基施工技术要求与操作规范。交底内容涵盖桩基施工工艺、桩位定位精度要求、成孔参数控制、钢筋笼制作安装标准、混凝土浇筑流程及养护要求等。交底过程中详细说明施工中的关键环节与注意事项，解答作业人员提出的技术疑问，确保每位作业人员清晰掌握施工技术要点与操作流程。交底完成后需确认作业人员理解程度，确保施工过程中严格按照技术要求操作，规范施工行为，保障桩基施工各环节符合技术标准，为施工质量奠定基础。

2 水利工程桩基核心施工工艺

2.1 桩基成孔工艺

桩基成孔工艺需结合地质水文条件选择适配方式,土层及软岩层优先采用回旋钻机成孔,硬岩层可选用冲击钻机作业。成孔前需复核桩位坐标,调整钻机垂直度,确保钻机机身稳定。成孔过程中控制钻进速度,根据地层变化灵活调整,避免钻进过快导致孔壁坍塌^[2]。钻进时持续注入泥浆,泥浆比重与黏度需符合施工标准,起到护壁、携渣作用。成孔至设计深度后,停止钻进,采用换浆法清理孔底沉渣,确保沉渣厚度符合规范要求,为后续工序开展提供洁净的孔壁环境。

2.2 钢筋笼制作与安装工艺

钢筋笼制作需按照设计尺寸精准加工,钢筋下料采用专用切断设备,长度误差控制在规范允许范围内。主筋与箍筋连接采用绑扎或焊接方式,焊接接头需保证饱满牢固,绑扎节点间距均匀。钢筋笼制作完成后,需检查外形尺寸与钢筋间距,确保符合设计要求。安装时采用起重机吊装,吊装过程中保持钢筋笼垂直,避免碰撞孔壁。钢筋笼就位后,固定牢固防止浇筑过程中上浮,顶端标高需与设计要求一致,确保钢筋笼与混凝土结合紧密。

2.3 混凝土浇筑工艺

混凝土浇筑前需检查孔底沉渣厚度,若超过规定值需重新清理。浇筑采用导管法施工,导管进场前需进行水密性试验,确保无渗漏。导管安装时逐节连接,底部距孔底距离控制在合理范围。混凝土搅拌需严格控制配合比,搅拌均匀后采用专用运输设备输送至浇筑现场,浇筑时缓慢下放导管,避免导管内产生气囊。浇筑过程中连续进行,控制浇筑速度,防止孔壁坍塌,同时观察导管内混凝土下降情况,及时补充混凝土并提升导管,确保浇筑连续性与密实性。

2.4 桩基成桩后养护工艺

桩基成桩后养护工艺需在混凝土浇筑完成后及时启动,混凝土初凝前需对桩顶表面进行抹平、压光处理,减少表面收缩裂缝产生。初凝完成后立即覆盖保湿材料,选用透气、保水性良好的养护材料包裹桩体,保持混凝土表面持续湿润,为混凝土水化反应提供充足水分。养护期间合理控制环境温度,高温天气采取遮阳措施避免阳光暴晒,低温天气采取保温防护,防止混凝土受冻损坏。养护时间需严格遵循水利工程混凝土养护规范,根据混凝土强度等级、环境湿度等条件灵活调整,养护期间定期洒水补水,确保混凝土充分水化,促进强度稳步增长。养护过程中严禁碰撞、震动桩体,避免桩

体结构受损影响承载性能,同时做好养护记录,全程把控养护质量,确保桩基最终承载性能达到设计标准。

3 水利工程桩基施工质量控制要点

3.1 成孔质量控制

成孔质量控制需贯穿成孔全流程,核心是把控桩位精度、孔垂直度及孔底沉渣厚度三大关键指标。桩位控制需在成孔前细致复核设计坐标,采用高精度测量仪器反复校准点位,精准标记桩位中心,避免放线偏差造成桩位偏移,影响桩基后续受力分布。孔垂直度控制需在钻机就位后,通过水平仪与垂直度检测仪双重校准机身,确保钻机摆放平稳,钻进过程中实时监测机身倾斜情况,一旦发现偏移立即停机调整,避免孔壁倾斜影响钢筋笼安装与混凝土浇筑质量^[3]。泥浆质量需动态调控,根据不同地层特性及时调整泥浆比重与黏度,确保泥浆能有效起到护壁、携渣作用,防止泥浆性能不达标引发孔壁坍塌、沉渣堆积超标等问题。成孔至设计深度后,立即采用换浆法清理孔底沉渣,清理完成后快速衔接后续工序,缩短孔底暴露时间,避免沉渣二次堆积,确保成孔各项指标均符合水利工程桩基施工质量规范。

3.2 钢筋笼质量控制

钢筋笼质量控制需从制作到安装形成全程闭环管控,制作阶段严格依照设计图纸规定的尺寸与参数加工,钢筋下料采用专用切断设备,精准控制下料长度,误差控制在规范允许范围内。钢筋连接工艺需严格把控,焊接接头需打磨平整,焊缝厚度与宽度符合设计标准,杜绝夹渣、气孔、未焊透等缺陷;绑扎节点牢固有序,间距均匀一致,确保连接强度满足桩基受力要求。钢筋笼制作完成后,逐点检查外形尺寸、钢筋间距及连接质量,对不合格部位及时整改,直至全部指标达标后方可进入安装环节。安装过程中采用起重机平稳吊装,合理布设吊点保持钢筋笼垂直,缓慢下放过程中避开孔壁,防止碰撞孔壁造成坍塌或钢筋笼变形。钢筋笼就位后,精准校准顶端标高,采用可靠限位装置固定牢固,防止混凝土浇筑过程中发生上浮现象,确保钢筋笼安装位置与连接质量符合设计要求,保障桩基整体受力性能。

3.3 混凝土浇筑质量控制

混凝土浇筑质量控制核心是保障浇筑连续性与混凝土密实性,浇筑前需再次核查孔底沉渣厚度,若沉渣厚度超过规范限值,需重新采用换浆法清理,直至满足浇筑条件。导管进场后需逐一进行水密性试验,通过水压测试排查渗漏隐患,试验合格后方可投入使用,安装时

逐节精准连接,做好密封处理,避免浇筑过程中出现漏浆问题。混凝土搅拌需严格按照设计配合比控制各原材料用量,选用适配的搅拌设备,确保搅拌时间充足、搅拌均匀,无离析现象。混凝土运输采用专用运输设备,运输过程中做好保温与防离析措施,减少混凝土性能损耗。浇筑时匀速下放导管,合理控制浇筑速度,避免混凝土冲击孔壁引发坍塌,同时密切观察导管内混凝土下降情况,及时补充混凝土并缓慢提升导管,杜绝导管脱节、埋管过深或过浅等问题,防止出现断桩、夹泥、蜂窝等质量隐患。

3.4 养护过程质量控制

养护过程质量控制直接决定桩基混凝土强度增长效果,混凝土浇筑完成后需及时启动养护工作,避免表面水分快速蒸发。初凝前对桩顶表面进行抹平、压光处理,减少表面收缩裂缝产生,确保桩顶平整度符合要求。初凝完成后,立即覆盖透气、保水性良好的养护材料,全面包裹桩体,保持混凝土表面持续湿润,为混凝土水化反应提供充足水分。养护期间根据环境温度灵活调整防护措施,高温天气采取遮阳降温措施,避免阳光暴晒导致混凝土表面开裂;低温天气做好保温防冻处理,防止混凝土受冻损坏。严格控制养护时间,根据混凝土强度等级、环境湿度等条件合理调整,养护期间定期洒水补水,保持养护材料湿润,严禁碰撞、震动桩体,避免桩体结构受损影响承载性能,同时做好养护全程记录,确保混凝土强度稳步增长,保障桩基最终质量达标。

4 水利工程桩基施工常见问题及处理措施

4.1 成孔阶段常见问题及处理

成孔阶段易出现孔壁坍塌、孔斜、沉渣超标等问题,需结合成因针对性处理。孔壁坍塌多由泥浆性能不达标、钻进速度过快或地层松软引发,需立即停止钻进,调整泥浆比重与黏度,注入合格泥浆加固孔壁,待孔壁稳定后放缓速度恢复作业^[4]。孔斜源于钻机就位未校准、钻进受力不均,需停机校准钻机垂直度,采用扫孔工艺修正孔壁,达标后再继续钻进。沉渣超标多因清理不彻底或孔底暴露过久,需重新用换浆法清理,缩短暴露时间,合格后快速衔接后续工序。

4.2 钢筋笼安装阶段常见问题及处理

钢筋笼安装阶段常见钢筋笼变形、安装偏移、浇筑上浮等问题。钢筋笼变形多由吊装吊点不合理、运输碰撞导致,需矫正变形部位,加固连接节点,核对外形尺寸达标后调整吊点平稳吊装。安装偏移因桩位复核不到位、吊装定位偏差,需重新复核桩位与钢筋

笼位置,调整吊装角度,将其精准就位并牢固固定。钢筋笼上浮源于限位不足、浇筑冲击力影响,需增限位构件,浇筑时监测位置,发现上浮立即停机调整固定方式后再作业。

4.3 混凝土浇筑阶段常见问题及处理

混凝土浇筑阶段易出现断桩、夹泥、混凝土离析等隐患。断桩多由导管脱节、浇筑中断或埋深不当导致,需立即停浇,清理导管内残留混凝土,重新安装导管并做水密性试验,采用压浆法填补断桩部位。夹泥因孔底沉渣未清净、泥浆混入混凝土,需重新清理沉渣,调整浇筑速度与导管埋深,避免泥浆进入浇筑体系。混凝土离析由搅拌不均、配合比不当或运输过久引发,需重新搅拌混凝土,缩短运输时间,检测达标后再浇筑。

4.4 养护阶段常见问题及处理

养护阶段常见混凝土表面开裂、强度增长缓慢、养护不充分等问题。表面开裂多因养护不及时、环境温度骤变,需修补裂缝,加强保湿,采取遮阳或保温措施稳定温度,防止裂缝扩大。强度增长缓慢源于养护温度不适、保湿不足,需优化养护方案,控制环境温度,增加洒水频次促进混凝土水化^[5]。养护不充分因养护时间不足、措施不完善,需延长养护时长,完善保温保湿设施,全程跟踪养护质量,确保强度达标。

结束语

水利工程桩基施工工艺与质量控制是一项系统性工作,涵盖前期准备、成孔、钢筋笼安装、混凝土浇筑及养护全流程。各环节质量控制需从材料检验、设备调试、操作参数、过程监测等多维度协同推进,针对孔壁坍塌、断桩、钢筋笼上浮等常见问题,需结合成因采取针对性处理措施。强化施工全过程质量管理,严格落实各工序技术标准,方能保障桩基承载性能满足设计要求,为水利工程安全运行提供坚实基础。

参考文献

- [1] 郭伟. 水利工程钻孔灌注桩及桩基混凝土浇筑施工工艺研究 [J]. 中华传奇, 2023(29):193-194,197.
- [2] 马小军. 水利工程钻孔灌注桩施工监理控制探讨 [J]. 中国房地产业, 2025(33):190-193.
- [3] 郑洁婷. 水利工程钻孔灌注桩施工监理控制措施探讨 [J]. 砖瓦世界, 2023(20):175-177.
- [4] 陶拓. 水利工程中水泥搅拌桩施工过程分析 [J]. 云南水力发电, 2026, 42(2):61-64.
- [5] 陈福彦. 水利施工中钻孔灌注桩施工关键技术与质量管理思考 [J]. 砖瓦世界, 2021(23):184-185.