

水利水电工程的水闸施工技术研究

周 辉

安徽水安建设集团股份有限公司 安徽 合肥 230601

摘要：本文聚焦水利水电工程水闸施工技术，系统梳理水闸的类型、组成结构及施工特点与要求。重点研究施工全流程关键技术，涵盖施工准备、基础、闸室、上下游连接段及混凝土施工等核心环节，明确各环节技术要点。同时构建“事前-事中-事后”质量控制闭环体系与“组织-制度-责任”安全管理框架，融入协同管控理念，并探讨新材料、智能化及绿色施工技术的应用与发展趋势。研究为水闸施工提供全面技术与管理参考，对提升工程质量、保障安全稳定具有重要实践意义。

关键词：水利水电工程；水闸施工；施工技术

引言：水闸作为水利水电工程的关键控制性构筑物，承担水资源调配、防洪减灾等多重核心功能，其施工质量直接决定工程综合效益与运行安全。随着水利事业发展，水闸建设场景日趋复杂，对施工技术精准性、安全性及环保性的要求不断提升。当前施工中仍面临地基处理难度大、混凝土裂缝控制难等问题，制约工程质量提升。基于此，本文深入研究水闸施工关键技术，完善质量与安全管控体系，探索新技术应用方向，为行业施工技术升级提供支撑。

1 水闸工程概述

1.1 水闸的类型与功能

水闸依据功能、结构形式及规模可划分为多种类型，不同类型承担差异化核心功能。按功能分类，包括防洪闸、灌溉闸、进水闸、排水闸、节制闸、航运闸等，其中防洪闸主要用于拦截洪水、调控水位，保障下游区域安全；灌溉闸负责调配灌溉用水，满足农业生产需求；航运闸则聚焦改善航道条件，提升航运通行能力。按结构形式可分为开敞式水闸、涵洞式水闸，开敞式水闸适用于大流量、浅水位场景，涵洞式水闸多用于渠道穿越堤坝等封闭场景。按规模可分为大型、中型、小型水闸，以过闸流量为核心划分标准。各类水闸虽功能侧重不同，但均通过闸门启闭调控水流，实现水资源分配、灾害防控及生产生活保障等核心目标，是水利水电工程体系的关键组成部分。

1.2 水闸的组成结构

水闸由闸室、上下游连接段及附属设施三大部分组成，各部分协同作用保障工程正常运行。闸室作为核心结构，包含闸门、启闭设备、闸墩、底板及工作桥等构件，闸门负责控制水流通断，常用材质为钢、混凝土等；启闭设备分为卷扬式、液压式等类型，实现闸门精

准操控；闸墩承担支撑闸门、分隔闸孔的作用，底板则传递上部荷载至地基。上下游连接段包括上游翼墙、铺盖、护底及下游消力池、海漫、翼墙等，上游铺盖与护底用于防护闸室上游地基冲刷，下游消力池通过消能设施减弱水流冲击力，海漫进一步消散水流能量，避免下游河床冲刷。附属设施涵盖观测设备、交通桥、管理用房等，观测设备实时监测水位、结构变形等数据，为运行管理提供依据^[1]。

1.3 水闸施工的特点与要求

水闸施工具有显著的场景依赖性、流程复杂性及质量严苛性特点。场景依赖性体现在施工需适配水文、地质条件，汛期施工需强化导流与防洪措施，软基区域需重点处理地基承载力问题。流程复杂性表现为施工涉及基础开挖、混凝土浇筑、金属结构安装等多个环节，各环节衔接要求高，需精准把控施工时序。质量严苛性源于水闸承担防洪等关键功能，结构抗渗、抗滑、抗倾覆性能需严格达标。基于上述特点，施工需满足四项核心要求：一是地基处理需保障承载力与稳定性，避免不均匀沉降；二是混凝土施工需控制裂缝，提升抗渗与耐久性；三是金属结构安装需保障精度，确保启闭灵活；四是施工需同步构建监测体系，实时把控质量与安全，同时严格遵循施工规范与设计标准。

2 水闸施工关键技术研究

2.1 施工前的准备工作

施工前准备工作是保障水闸施工顺利推进的基础，涵盖技术、场地、资源及临时工程四大核心模块。技术准备需完成施工图纸会审，梳理设计要点与技术难点，编制专项施工方案，重点明确基础处理、混凝土浇筑等关键工序的技术参数；同时开展技术交底，确保施工人员掌握技术要求。场地准备包括施工区域平整、清理，

划分料场、拌合站、运输道路等功能区域,搭建临时办公与仓储设施,同步做好场地排水规划,避免雨水积水影响施工。资源准备需完成材料采购与检验,重点把控水泥、钢筋、防水材料及金属结构件的质量;配备挖掘机、混凝土拌合机、起重机等施工设备,完成调试与维护。临时工程核心为导流与围堰工程,根据水文条件设计围堰结构与导流方案,保障施工区域干燥作业环境,同时搭建临时供电、供水系统,满足施工需求。

2.2 基础施工技术

基础施工是保障水闸结构稳定的核心,关键技术包括基坑开挖、地基处理及基础浇筑。基坑开挖需结合地质条件采用分层分段开挖方式,严格控制开挖坡度,软基区域需增设支护结构(如钢板桩、土钉墙),避免边坡坍塌;同时配套构建排水系统,采用明沟排水或井点降水降低地下水位,确保基坑干燥。地基处理需针对不同地质条件适配技术方案,软基区域采用换填垫层、排水固结或复合地基技术提升承载力;岩基区域需清理表面风化层,采用灌浆技术强化完整性。基础浇筑以底板施工为核心,采用跳仓法浇筑避免裂缝,浇筑前精准布设钢筋与预埋件,浇筑过程中振捣密实,浇筑完成后及时覆盖养护,控制内外温差,确保基础强度与抗渗性能达标,为上部结构施工奠定基础。

2.3 闸室施工技术

闸室施工需精准把控各构件施工质量,核心技术涵盖闸墩、闸门及启闭设备安装。闸墩施工采用模板台车或组合钢模板,浇筑前严格校验模板尺寸与垂直度,钢筋绑扎需确保间距与保护层厚度达标;混凝土采用分层浇筑方式,振捣重点关注边角与钢筋密集区域,避免蜂窝、麻面等缺陷,浇筑完成后强化养护,控制裂缝产生^[2]。闸门安装需先完成门槽清理与校验,采用起重机吊装闸门,精准调整闸门垂直度与平整度,确保与门槽贴合紧密;安装完成后进行密封性测试,避免渗漏。启闭设备安装需校准设备中心线与高程,紧固连接螺栓,同步完成电气线路铺设与调试;安装后开展联动测试,确保闸门启闭灵活、精准,满足调控需求。

2.4 上下游连接段施工技术

上下游连接段施工核心是保障水流平顺传递、避免冲刷,关键技术包括铺盖、消力池、海漫及翼墙施工。上游铺盖施工需与闸室底板紧密衔接,采用混凝土或黏土铺盖,混凝土铺盖需设置伸缩缝并做好防渗处理,黏土铺盖需分层夯实,确保防渗性能。消力池施工需精准控制尺寸与高程,采用混凝土浇筑,内部布设排水孔,同时安装消能坎、鼻坎等消能构件,确保水流能量充分

消散;浇筑过程中需强化振捣,避免结构缺陷导致冲刷破坏。海漫采用块石或混凝土预制块铺设,铺设需平整、稳固,与消力池出口平滑衔接,增强抗冲刷能力。翼墙施工需与闸室、岸坡顺畅衔接,采用浆砌石或混凝土浇筑,严格控制墙面垂直度与表面平整度,同步做好防渗与排水处理,避免渗漏与结构变形。

2.5 混凝土施工技术

混凝土施工质量直接决定水闸耐久性,核心技术涵盖配合比设计、浇筑、振捣及养护。配合比设计需结合水闸工作环境,选用高强度、高抗渗水泥,合理搭配骨料与外加剂,优化水胶比,确保混凝土强度、抗渗性及耐久性达标;针对大体积混凝土,需掺入粉煤灰等掺合料,降低水化热。浇筑前需清理施工面,洒水湿润,采用分层浇筑方式,控制浇筑层厚度与间隔时间,避免冷缝产生。振捣采用插入式振捣器,振捣至混凝土表面泛浆、无气泡溢出,避免漏振与过振。养护是控制裂缝的关键,浇筑完成后及时覆盖保湿材料,采用洒水养护或蓄水养护,大体积混凝土需配套温控措施(如冷却水管),控制内外温差不超过25℃,养护时长不少于14天,确保混凝土强度稳定增长。

3 水闸施工质量控制与安全管理

3.1 施工质量控制

水闸施工质量控制需覆盖全流程,构建“事前预防、事中管控、事后验收”的闭环体系。事前预防重点把控材料与设备质量,原材料进场需提供质量证明文件,经抽样检测合格后方可使用;施工设备需校验精度与性能,确保满足施工要求。事中管控聚焦关键工序,基础处理需检测地基承载力,合格后方可进入下道工序;混凝土施工需实时监测配合比、浇筑温度及振捣质量,留存施工记录;钢筋、预埋件安装需精准校验位置与尺寸。事后验收需严格遵循质量标准,对混凝土强度、结构尺寸、抗渗性能等指标进行检测,采用回弹法、超声法等检测混凝土强度,通过闭水试验检测防渗性能;对隐蔽工程实行专项验收,验收合格并签署记录后,方可覆盖施工,确保整体质量达标。

3.2 施工安全管理

3.2.1 安全管理体系的建立

建立完善的安全管理体系是保障施工安全的核心,需构建“组织-制度-责任”三位一体的管理框架。组织层面成立安全管理小组,明确项目经理为第一责任人,配备专职安全员,划分各部门与岗位的安全职责,形成全员参与的安全管理格局。制度层面制定安全生产责任制、安全操作规程、隐患排查治理等制度,明确施工各

环节的安全要求，规范安全管理流程；同时建立安全培训与教育制度，定期开展岗前培训、专项安全培训，提升施工人员安全意识与操作技能。责任层面签订安全责任书，将安全责任细化至个人，建立安全绩效考核机制，对安全工作成效显著的团队与个人予以奖励，对违规操作予以追责，确保安全管理落到实处^[3]。

3.2.2 施工安全风险防控

施工安全风险防控需聚焦核心风险点，制定针对性防控措施。针对基坑开挖风险，需实时监测边坡位移与沉降，设置警示标识，严禁在坑边堆放重物，雨天加强巡查，及时处理边坡裂缝等隐患。针对高处作业风险，施工人员需佩戴安全防护用品，搭设安全防护栏杆与脚手架，确保防护设施牢固可靠；恶劣天气（如大风、暴雨）暂停高处作业。针对起重作业风险，需校验起重机械性能，明确吊装指挥信号，严禁超载吊装，吊装区域设置警戒区。针对汛期施工风险，需强化围堰监测与导流设施维护，制定防汛应急预案，储备沙袋、水泵等应急物资，组建应急队伍，确保及时应对洪水威胁，同时加强用电安全管理，避免触电事故。

4 水闸施工新技术应用与发展趋势

4.1 新材料在水闸施工中的应用

随着材料科学进步，新型材料为水闸施工带来新契机。高性能混凝土因具备高强度、高耐久性、良好的抗渗性等特点，被广泛应用于水闸结构。其通过优化水泥、骨料及外加剂配比，降低水化热，减少裂缝产生，提升结构整体性能，延长水闸使用寿命。纤维增强复合材料（FRP）凭借高强度、轻质、耐腐蚀等优势，逐渐用于水闸加固与修复。如碳纤维布可粘贴于闸墩、闸底板等部位，增强结构承载力，解决传统加固方法施工复杂、耐久性差等问题。此外，新型防水材料如聚脲弹性体，具有快速固化、高弹性、耐磨损、抗化学腐蚀等特性，用于水闸防渗处理，能有效阻止水流渗漏，保障工程安全。

4.2 智能化施工技术的融入

智能化技术正深刻改变水闸施工模式。建筑信息模型（BIM）技术可构建水闸三维模型，集成设计、施工、运维等信息，实现施工过程可视化模拟。通过 BIM 模型，提前发现设计冲突，优化施工方案，合理安排施

工顺序与资源，提高施工效率与质量。物联网技术应用于施工设备与材料管理，通过传感器实时监测设备运行状态、材料库存情况，实现设备远程操控与材料精准调配，降低管理成本^[4]。智能监测系统在水闸施工中发挥重要作用，利用传感器实时采集混凝土浇筑温度、应力应变、地下水位等数据，通过数据分析及时发现异常，为施工调整提供依据，保障施工安全与质量。

4.3 绿色施工理念与技术发展

绿色施工成为水闸施工重要发展方向。在资源节约方面，采用新型模板体系，提高模板周转次数，减少木材消耗；优化混凝土配合比，降低水泥用量，减少资源浪费。环境保护上，施工过程采取降尘、降噪、废水处理等措施，减少对周边环境的影响。如设置喷雾降尘系统，降低施工现场扬尘；选用低噪声设备，合理安排施工时间，减少噪声污染；建立废水处理站，对施工废水处理后回用。生态保护方面，在水闸设计中融入生态理念，设置鱼道等生态设施，保障水生生物洄游通道；施工结束后及时进行生态修复，恢复周边植被，维护生态系统平衡，实现水利水电工程建设与生态环境协调发展。

结束语

水闸施工技术的创新与规范是水利水电工程高质量发展的重要保障。本文全面阐述水闸施工技术与管控要点，明确关键工序技术标准，构建科学的质量安全管控体系，并指明新材料、智能化及绿色施工的发展方向。这些成果可有效解决施工中的核心难题，提升工程建设水平。未来需持续推动技术迭代，深化多技术融合应用，强化实践创新，助力水闸施工向精准化、高效化、生态化转型，为水利事业长远发展奠定坚实技术基础。

参考文献

- [1]李广峰.水利水电工程中水闸施工技术与管理的研究分析[J].水电站机电技术,2021,44(05):71-73.
- [2]唐耕耘.水利水电工程中水闸施工技术与管理[J].新型工业化, 2021, 11(04): 181-182.
- [3]李春雷.水利水电工程中水闸施工技术研究[J].水上安全,2025(4):64-66.
- [4]张思蜜,林法贺.水利水电工程中水闸施工技术与管理研究[J].水上安全, 2024(10):25-27.