

水闸施工技术在水利水电工程中的应用

吴 娟¹ 单雅婷¹ 赵子俊²

1. 徐州鼎源水务工程有限公司 江苏 徐州 221111

2. 徐州市正源水利建筑工程检测有限公司 江苏 徐州 221116

摘 要：水闸是水利水电防洪、蓄水、引水、灌溉的核心水工构筑物，施工工艺直接决定工程防渗性、结构稳定性与使用寿命。本文以四类工况水闸为研究对象，梳理基坑支护、闸基加固、混凝土浇筑、闸门安装四项基础核心施工工艺，对比河道蓄水、防洪排涝、发电引水、农田灌溉水闸差异化施工应用要点，从地基、混凝土、金属构件、边坡防护环节梳理工艺质控标准，结合现场施工痛点，总结灌浆改良、装配式施工、聚脲防渗、智能预埋等新型创新施工技术。研究依据工地实操工况，明确不同场景工艺选用标准，可为同类中小型水利水闸施工质控、工艺选型提供实操参考。

关键词：水闸施工技术；水利水电工程；差异化应用；质量控制要点；创新应用

引言：国内河湖整治、灌区改造、中小型水电站建设项目持续推进，水闸建设数量逐年增加，不同河道水文、地质、运行功能，对施工工艺要求存在明显差异。现阶段部分项目存在工艺混用、质控不严、适配性不足问题，易出现闸基渗漏、结构沉降、止水失效等施工病害。为贴合现场施工管理需求，规避通用工艺适配短板，本文立足施工现场实操角度，分类梳理常规水闸施工工艺，区分功能型水闸施工差异，划定全流程质控要点，结合行业工艺迭代情况整理创新施工手段，优化水闸施工工艺流程，降低水工结构施工通病发生率。

1 水利水电工程常用水闸核心施工技术

1.1 基坑开挖及边坡支护施工技术

该项技术为水闸前置基础施工工序，适配临水透水地层基坑作业，施工流程标准化程度高。（1）测量放线：依托全站仪精准布设闸基边线、基坑放坡控制线，结合地下水位标高确定开挖深度，预留20cm人工清底层，杜绝机械扰动原状持力土层。（2）分层开挖：粉质砂土、淤泥土层分层开挖厚度控制1.5m以内，硬黏土层开挖厚度不超2.5m，同步布设集水井、盲沟疏导基坑渗水，避免基底泡水软化。（3）边坡支护：常规基坑采用挂网喷射混凝土支护，坡度取值1:1.2；临河深基坑增设槽钢钢板桩竖向支护，桩底嵌入不透水层80cm以上，阻断外围河水绕渗，保障基坑侧壁稳定性。

1.2 闸基防渗加固施工技术

针对水闸地基渗流、不均匀沉降通病，采用两类现场主流加固防渗工艺。（1）高压旋喷桩地基加固：沿闸底板轴线布桩，桩径600mm，桩间搭接200mm，注浆压力控制22-26MPa，水泥水灰比1:0.8，固化后提升基底承

载力，阻断基底竖向渗流。（2）防渗帷幕灌浆施工：闸基岩石、砂砾复合地层采用帷幕灌浆，分序钻孔灌浆，孔距1.8m，灌浆压力根据埋深逐级上调，浅层压力0.6MPa、深层压力1.2MPa，灌浆结束后封孔密实，杜绝闸基底部水平渗流，满足水工抗渗设计指标。

1.3 闸室主体混凝土温控浇筑施工技术

闸墩、闸底板为大体积水工混凝土结构，重点管控温控防裂施工工艺。（1）原材料管控：选用低热矿渣硅酸盐水泥，掺加粉煤灰、水工专用缓凝减水剂，降低水化热峰值。（2）分层分块浇筑：闸底板采用薄层连续浇筑，分层厚度30-50cm；闸墩竖向分层浇筑，每层浇筑高度不大于2m，设置永久伸缩缝、施工缝，缝面涂刷水泥净浆凿毛处理。（3）内外温控养护：混凝土内部预埋水冷降温管路，外部覆盖土工布保湿养护，严控内外温差低于25℃，拆模时长满足水工混凝土强度达标要求。

1.4 闸门及启闭机一体化安装施工技术

属于水闸收尾核心装配式施工工艺，把控安装精度与配合公差。（1）预埋构件校准：提前复核闸门槽预埋锚栓、轨道标高，校正垂直度误差控制在2mm以内，槽内清理杂物并涂刷防锈底漆。（2）闸门吊装对位：平板钢闸门采用双点平衡吊装，精准对位门槽后调整止水橡皮压缩量，侧向止水压缩深度统一为6mm，杜绝贴合缝隙漏水。（3）启闭机调试安装：固定卷扬式启闭机找平固定，对接螺杆、吊耳连接件，完成空载、带水荷载试运行，校准行程限位装置，保证闸门升降垂直度、启停精度符合施工验收标准^[1]。

2 水闸专项施工技术在水利水电场景差异化应用

2.1 河道蓄水型水闸施工技术应用要点

河道蓄水闸多布设平原中小型干流河道,常年水位平稳,主要施工侧重点为闸体抗静水压力、上下游防渗止水施工,施工管控针对性较强。(1)基底找平施工:蓄水闸常年静水浸泡基底,原状土层禁止扰动,机械开挖预留30cm人工修底,基底平整度误差控制 $\pm 15\text{mm}$,基底铺设10cm级配碎石找平垫层,避免长期静水侵蚀基底边角。(2)上下游防渗施工:上游迎水面增设外延式土工膜防渗层,土工膜搭接宽度不小于25cm,热熔焊接双缝检测合格后方可覆土压固;下游闸脚设置排水暗沟,降低闸体后侧静水浮力。(3)闸体立面施工:闸墩采用一体化整浇工艺,减少竖向施工缝,迎水面混凝土做抹光压光处理,减少水体附着腐蚀;闸顶止水座板整体预埋,分段拼接缝隙做环氧密封胶封堵。(4)闸门施工适配:选用平开式叠梁闸门,门槽底部增设沉沙凹槽,施工同步清理河道淤积泥沙,防止泥沙挤压门槽破坏止水结构。

2.2 防洪排涝型水闸施工技术应用要点

防洪排涝闸多布设河道主干泄洪口,汛期瞬时流速大、水位暴涨落差大,施工核心为抗冲击、高稳固、快速施工,适配汛期应急过水工况。(1)深基坑加固施工:排涝闸基坑深度普遍大于4m,全域采用拉森Ⅳ型钢板桩闭环支护,桩间布设拉杆加固,桩底嵌入基岩不透水层1.2m,汛期施工同步布设双排降水井,24小时不间断抽水,杜绝基坑涌水溃坡。(2)大体积闸底板施工:底板加厚配筋布设,钢筋搭接长度提升20%,混凝土采用分层斜浇法,每层浇筑厚度40cm,施工缝全部设置止水钢板,提升底板抗水流剪切能力。(3)泄洪边墩专项施工:两侧边墩增设防撞耐磨骨料混凝土面层,面层厚度8cm,抵御洪峰杂物撞击冲刷;墩体预留应急检修孔洞,孔洞周边加密箍筋加固。(4)启闭系统加固施工:启闭机基座加大预埋钢板面积,地脚螺栓采用双层锚固工艺,闸门止水选用加厚耐磨橡胶止水,螺栓加密固定,防止高速水流撕扯止水构件^[2]。

2.3 发电引水型水闸施工技术应用要点

发电引水闸衔接水电站进水口,对水流流速、进水量、闸体沉降精度要求极高,施工以精度管控、流道平顺施工为核心,差异化管控工序较多。(1)流道定型施工:引水闸进走廊道、闸腔内壁采用定型钢模拼装浇筑,模板拼缝平整度控制3mm以内,内壁后期打磨抛光,降低水流糙率,避免涡流冲击闸体结构。(2)沉降差异化施工:靠近机组一侧闸基增设复合注浆加固,注浆压力1.8MPa,远离机组一侧常规帷幕灌浆,控制闸体双向沉降差不大于2mm,保障引水流量均匀稳定。(3)

限位闸门施工:平板钢制闸门出厂预装限位传感基座,现场吊装对位精度严控1mm误差,门槽两侧增设导流倒角结构,施工同步校准闸门开合角度。(4)附属导流结构施工:闸前导流翼墙与闸室一次性浇筑成型,禁止二次拼接,翼墙角度严格贴合水力设计参数,不现场私自修改浇筑造型,保障引水水力参数达标。

2.4 农田灌溉联动水闸施工技术应用要点

农田灌溉联动闸属于中小型分体式水闸,毗邻农田渠系,地质多为耕植软土,施工侧重低成本、简易防渗、分体装配式施工,适配田间零散水系工况。(1)软基简易换填施工:清除表层50cm耕植腐殖土,采用碎石+素土分层碾压换填,碾压压实度 ≥ 0.93 ,无需高压旋喷桩加固,简化地基工序,适配田间施工场地受限条件。(2)分体模块化浇筑:闸底板、闸墩采用预制构件现场拼装,拼装缝采用水泥砂浆掺防水剂勾缝,减少现场现浇作业,缩短田间施工工期。(3)渠系衔接施工:闸体两侧衔接灌溉渠边坡,同步做浆砌片石护坡,护坡底部设置反滤层,防止农田水土泥沙倒灌闸腔;闸侧预留分支取水小口,小口周边做混凝土包边加固。(4)轻型启闭构件施工:摒弃重型卷扬启闭机,现场安装手动+电动两用轻型启闭设备,预埋构件简化锚固工艺,适配田间低荷载、低频启闭使用工况,降低施工耗材与施工难度^[3]。

3 水闸施工关键工艺质量控制要点

3.1 地基防渗施工质量控制

基坑基底为水闸承重防渗核心载体,施工完工后需开展原位核验,筑牢基底施工基础:(1)基坑基底完工后核验土层原状性,严禁机械超挖扰动持力层,基底积水、淤泥必须彻底清理,含水率超标土层晾晒达标后方可施工。防渗加固工序需严控工艺参数,保障整体防渗整体性:(2)灌浆、桩体施工严控注浆压力、桩体搭接尺寸,帷幕灌浆执行分序打孔,杜绝漏灌、断桩问题,完工后抽检防渗渗透系数。临水基坑水文波动较大,排水体系需联动质控管控形变风险:(3)基坑排水系统同步验收,降水速率均匀可控,避免水位骤降引发边坡开裂、基底位移。

3.2 主体水工混凝土施工质量控制

大体积水工混凝土水化热影响结构稳定性,拌合浇筑阶段做好温控配比管控:(1)严格管控拌合料水灰比,大体积混凝土按温控方案布设冷却管路,严控结构内外温差。结构接缝为渗水高发部位,接缝施工需标准化精细化作业:(2)施工缝、伸缩缝凿毛深度不低于5mm,止水钢板居中布设,焊接拼接满焊无气孔。模板成型及后期养护直接决定结构外观强度,落实全过程闭

环管控：（3）模板拼缝密封严实，垂直度、平整度偏差符合水工标准，养护周期满足设计龄期，提前拆模、缺水养护直接判定工艺不合格^[4]。

3.3 闸门及预埋构件质量控制

门槽预埋构件决定闸门闭合止水精度，预埋阶段严控标高及槽体工况：（1）门槽预埋轨道、锚栓标高误差 $\leq 2\text{mm}$ ，槽内杂物清理干净，止水橡皮拼接对接无缝。闸门吊装对位容错率极低，需对标水工安装标准校准施工：（2）闸门吊装对位校准垂直度，止水压缩量统一标准化施工，杜绝局部虚贴。启闭设备联动性直接影响运行安全，安装完成后必须分级调试核验：（3）启闭机基座找平固定，连接件紧固校核，空载、带水试运行核验行程限位精度。

3.4 临水边坡附属工艺质量控制

反滤层承担边坡排水防淘刷作用，分层铺设必须遵循层级施工规范：（1）上下游护坡反滤层级配分层铺设，厚度均匀无混层。边坡砌体为外围防护结构，砌筑勾缝严控密实度，规避水流掏空隐患：（2）护坡浆砌石坐浆饱满，缝隙勾缝密实，杜绝架空、空鼓施工问题。

4 水闸施工技术在水利水电工程中的创新应用

依据水利水临水作业、软基施工、结构防渗现存施工短板，现阶段水闸施工摒弃传统粗放工艺，依托改良工艺、新型水工材料、数字化施工手段完成技术革新，具体创新施工应用如下：（1）定向可控帷幕灌浆创新工艺应用，优化传统全域无序灌浆模式，采用分段定向钻孔注浆，精准把控浆液扩散范围，针对闸基砂砾夹层、软弱土层定点加固，规避常规灌浆浆液外溢、土体扰动问题，适配沿江多层复合地质闸基施工。（2）预制装配式止水闸段施工应用，摒弃闸墩、门槽现场现浇施工方式，工厂预制标准化门槽构件，现场采用榫卯对位吊装，拼接缝采用双道密封止水结构施工，减少现场支模、现浇养护工序，控制结构施工缝开裂偏差。（3）

新型聚脲薄层防渗施工应用，替换传统橡胶止水、水泥砂浆抹面工艺，针对闸墩迎水面、施工缝、门槽边角全域喷涂水工专用聚脲材料，施工不受水位、基面湿度限制，薄层成型附着力强，适配水位交变冲刷工况施工。

（4）一体化智能监测预埋施工应用，水闸混凝土浇筑阶段同步预埋沉降、渗压一体化传感元件，元件随结构同步施工埋设，无需后期打孔加装，施工阶段实时采集基底沉降、接缝渗流数据，及时整改浇筑、灌浆施工偏差。（5）边坡生态固坡一体化施工创新，替代传统浆砌石护坡，采用土工格室植草混凝土护坡施工，同步完成边坡压实、格室锚固、现浇固土作业，兼顾边坡抗冲刷性能，简化临水护坡分步施工流程^[5]。

结束语：本文系统梳理水闸全流程施工技术，划分四类功能性水闸差异化施工要点，明确各工序工艺管控标准，同时整理适配当下工程的创新施工工艺。研究得出，水闸施工不可套用统一工艺，需结合场地地质、水位条件、使用功能选配施工技术，地基防渗、混凝土温控、闸门安装为施工质控核心环节。传统施工工艺可依托新材料、智能化设备优化改良，提升施工精度。

参考文献

- [1]周菊,夏琳.围堰技术在水利水电工程施工导流中的应用[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2026(6):097-100.
- [2]魏万亮.防渗渠道施工技术在水利水电工程中的应用研究[J].产业创新研究,2026(10):106-108.
- [3]刘群.水闸施工技术在水利水电工程中的应用研究[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2025(3):163-166.
- [4]柯善铁.水闸施工技术在水利水电工程中的应用研究[J].水上安全,2025(21):158-160.
- [5]李大森.数字化监测技术在水利水电工程施工安全与质量协同管控中的应用研究[J].张江科技评论,2026(2):95-97.