

水利工程水闸除险加固施工工艺

时 帅 仝 伟 王士鹏

宿迁市水务勘测设计研究有限公司 江苏 宿迁 223800

摘 要：本文紧扣水利工程水闸除险加固施工工艺这一核心主题，开篇明晰水闸功能类别与常见病害，点明除险加固意义重大。随后深入阐述施工准备阶段关键点，核心章节浓墨重彩剖析基础处理、闸墩及闸室施工、闸门及启闭机安装、防渗与止水施工等关键工艺细节，点明各环节技术精髓与质量把控关键。文末强调施工管理中质量、进度、成本、安全管控的重要性及实操策略，旨在为水闸除险加固工程高质量推进提供全方位理论与技术支持，助力水利事业稳健前行。

关键词：水利工程；水闸；除险加固；施工工艺

引 言：水闸在水利基础设施网络里占据关键位置，借由水位调控，于防洪减灾环节，能在汛期高效拦蓄洪水，削减洪峰流量，守护下游城镇与农田免遭洪水肆虐；排涝时及时排泄内涝积水，维持区域正常生产生活秩序；灌溉季精准调配水资源，滋养广袤农田，保障粮食丰收；在航运维度，平稳调节水位落差，确保航道水深达标，护航船只畅行。但历经长期运行，受水流冲刷、地质沉降、材料老化、设计标准更迭等因素交织影响，水闸病险频发，像闸墩裂缝、基础渗漏、闸门锈蚀卡滞、止水失效等问题渐次涌现，严重削弱水闸性能，危及周边安全。故而，深入探究水闸除险加固施工工艺，精心施工作业，是恢复与提升水闸功能、筑牢水利安全防线的关键之举，对区域水资源科学调配、社会经济平稳发展意义非凡。

1 水闸常见病害分析

1.1 结构病害

水闸闸墩、闸室墙常现裂缝，成因多为混凝土浇筑时温控不佳，致使内外温差过大，引发温度应力裂缝；或是地基不均匀沉降，结构受附加应力拉扯而开裂；或长期承载振动荷载，疲劳损伤累积。裂缝不仅折损结构强度与刚度，还给钢筋锈蚀、水体渗漏大开方便之门。部分老旧水闸设计标准偏低，闸墩、底板尺寸单薄，配筋率不足，难以抵御洪水冲击，在高水位运行时结构岌岌可危，严重威胁整体稳定性。

1.2 渗流病害

渗流病害是水闸中较为常见的一种病害。由于地基土质不良或施工防渗处理不到位，水闸地基容易发生渗漏现象。细颗粒土壤随水流逸出，导致地基逐渐被掏空，进而形成管涌、流土等险象。这些险象会严重破坏基础的承载能力，使水闸出现沉降、倾斜甚至垮塌等严

重问题。此外，闸室与翼墙、消力池等衔接部位的止水设施如果老化、破损，也会造成结构缝渗漏。这不仅会使周边土体饱和软化，增加侧向土压力，威胁结构安全，还会长期渗漏，加剧混凝土结构的侵蚀，严重削弱其耐久性^[1]。

1.3 设备病害

除了渗流病害外，设备病害也是水闸运行中不可忽视的问题。金属闸门在长期的干湿交替环境中，特别是在高含沙水流的冲刷下，表面涂层容易剥落，钢材生锈腐蚀，厚度逐渐减小。这不仅会降低闸门的承载能力和止水性能，严重时还会导致门叶变形，启闭困难。而木质闸门则更容易受到腐朽、虫蛀的影响，强度逐渐丧失，无法正常使用。此外，启闭机作为水闸的重要组成部分，经过多年的运行，其机械部件磨损严重。如齿轮啮合不良、钢丝绳断丝等问题频繁出现。同时，电气系统老化，控制精度下滑，制动失灵，操作时极易引发闸门失控、坠落等事故，严重威胁水闸的运行安全和下游人民的生命财产安全。

2 水利工程水闸除险加固施工准备

2.1 工程勘察

组织专业勘察团队，运用地质雷达、钻孔取芯、原位测试等先进手段，精细探测水闸地基土层分布、岩土力学参数，精准定位软弱夹层、断层破碎带位置，查明地基沉降、滑移变形状况；全面检查闸墩、闸室、翼墙等结构混凝土强度、碳化深度、钢筋锈蚀程度，借助无损检测技术明晰内部裂缝走向、深度及分布密度；详细勘查上下游河道变迁、岸坡稳定性，测量水流流速、流向、含沙量等水动力参数，为加固方案编制夯筑数据根基^[2]。

2.2 加固方案设计

基于勘察成果，协同结构、岩土、水力等多专业工

程师,量体裁衣定制加固方案。针对结构病害,若闸墩裂缝轻微,采用表面封闭、化学灌浆等工艺修补;裂缝严重、结构强度不足时,设计外包钢板、碳纤维布粘贴加固或增大截面尺寸方案。渗流病害应对上,地基渗漏改良可选用高压旋喷桩、深层搅拌桩构筑防渗墙,或铺设土工膜防渗;结构缝渗漏通过更换新型止水材料,如橡胶止水带升级为遇水膨胀止水条,结合缝内嵌填密封胶强化止水。设备病害处置则是依设备老化损坏程度,规划闸门整体更换、防腐翻新,启闭机大修或更新换代,并对新设备选型优化,确保性能先进、适配水闸工况。

2.3 施工计划编制

综合考量水文气象、施工工艺衔接、物资供应等要素,精心编排施工进度计划,汛期来临前优先完成影响度汛安全关键部位加固,像主闸墩基础处理、防洪闸门安装;合理规划施工顺序,基础加固完成验收合格再启动上部结构施工,避免交叉干扰;制定设备、材料采购计划,明确各类物资进场时间节点,保障施工连贯性;针对冬季低温、夏季暴雨等特殊时段,拟定季节性施工专项措施,防范恶劣天气对施工质量、进度的冲击。

2.4 材料与设备准备

严格筛选加固材料,水泥采用抗硫酸盐侵蚀、低水化热品种,适配水闸地下水位高、基础易受侵蚀工况;钢材选高强度、耐腐蚀型号,确保结构加固受力可靠;止水材料经多轮对比试验,择取止水效果优、耐久性强产品,如三元乙丙橡胶止水带。依施工工艺需求,筹备充足施工设备,如高压灌浆泵、深层搅拌桩机、起重吊车、电焊机等,进场前全面校验设备性能,调试至最佳工况,备齐易损零部件,保障施工全程设备稳定运行,杜绝因设备故障延误工期^[1]。

3 水利工程水闸除险加固施工关键工艺

3.1 基础处理施工工艺

(1) 软弱地基加固:遇软土地基,深层搅拌桩是常用手段。桩机精准就位,依据设计桩径、桩长调试搅拌头转速、下沉与提升速度,确保水泥浆与土体均匀搅拌。施工时,搅拌头先下沉至设计深度,边喷浆边匀速提升,严格控制每米水泥浆注入量,使桩体水泥土强度达标,桩间距依地基承载要求合理布置,成桩后抽检桩身完整性、强度,不合格即刻返工。高压旋喷桩工艺则是利用高压泵将水泥浆液以超高压喷射切削土体,旋转提升形成桩体,适用于局部地基加固,施工中精准掌控喷射压力、流量、旋转速度,保证桩径规整、桩身连续,与周边土体紧密咬合,提升地基抗剪强度。(2) 基础防渗处理:垂直防渗常采用混凝土防渗墙技术,先导

孔精准定位,抓斗或冲击钻分段成槽,控制槽壁垂直度偏差在允许范畴,清槽达标后及时下放钢筋笼,浇筑水下混凝土,采用导管法分层浇筑,严防混凝土离析,确保防渗墙墙体密实、连续,隔断地下水渗流路径;水平防渗可铺设土工膜,基底平整压实,土工膜展铺平顺无褶皱,膜间接缝采用焊接或粘结,经充气打压、真空检测等密封性试验合格方可回填保护层土,防止土工膜破损^[4]。

3.2 闸墩及闸室施工工艺

(1) 裂缝处理:表面裂缝,先以角磨机细致打磨裂缝两侧各3-5cm范围,清除松散碎屑、浮浆,高压水枪冲洗后,涂刷环氧基液封闭底漆,再用环氧砂浆分层填补压实,每层厚度不超2cm,确保修补面平整光洁;深层裂缝运用化学灌浆,沿裂缝钻孔,间距依缝宽、深度科学设定,清孔后安设灌浆嘴,采用低粘度、高强度环氧树脂浆液,依序从下往上分段灌浆,控制灌浆压力稳定,实时观测周边混凝土变形,待邻孔出浆、浆液饱满度达标后,持续稳压一定时长,保障浆液充分填充裂缝。(2) 结构加固:外包钢板加固时,依据闸墩外形定制钢板,贴合面打磨粗糙,用结构胶粘结,锚栓锚固,锚栓植入深度、间距合规,钢板拼接焊缝饱满、探伤合格;碳纤维布加固需混凝土表面打磨平整,丙酮擦拭脱脂,涂刷浸渍胶,碳纤维布顺纤维方向粘贴,多层布粘贴时层间浸渍胶饱满,滚压排气,确保布与混凝土粘结牢固,共同受力,提升结构承载能力。

3.3 闸门及启闭机安装工艺

(1) 闸门安装:金属闸门安装前,在厂内预组装检查几何尺寸、止水间隙,运输至现场后,吊车精准吊运就位。轨道安装以水准仪、经纬仪严控高程、直线度,轨道接头高差、错位在毫米级;门叶入槽后,调整止水橡皮压缩量均匀适度,上下游水位差符合要求时,开展无水、有水全行程启闭试验,观测门体运行姿态、止水效果,微调至顺滑灵活、止水严密;木质闸门安装注重木材防腐处理,榫卯连接紧密,止水部位填充麻丝、沥青等止水材料,保障密封性。(2) 启闭机安装:启闭机基座混凝土强度达标后,依设计坐标、高程精确定位安装,地脚螺栓紧固力矩达标,二次灌浆密实;减速器、电动机等部件安装后,检查齿轮啮合间隙、传动轴同轴度,精准调试制动装置,确保制动力矩适宜;电气控制系统布线规范,接地可靠,接入电源后测试电机转向、转速,联动调试启闭机与闸门,复核启门力、闭门速度、行程限位精度,各项指标契合要求方可交付使用。

3.4 防渗透止水施工工艺

(1) 闸室结构缝止水:拆除旧止水带,凿毛清理缝

槽,新止水带安装位置精准,采用专用夹具固定,防止浇筑混凝土时位移。橡胶止水带硫化连接确保接头强度、密封性,嵌入缝内后,两侧分层浇筑微膨胀混凝土,振捣密实,混凝土初凝收缩后,缝顶嵌填密封膏,深度、宽度合规,形成多重止水防线;遇水膨胀止水条安装前避免受潮,嵌入预留槽后喷水湿润,使其迅速膨胀封堵缝隙,止水效果立竿见影。(2)上下游翼墙与闸室连接部位防渗:此部位增设刺墙、反滤层强化防渗。刺墙混凝土与主体结构一体浇筑,墙基嵌入不透水层,长度达标,墙体设排水孔,内置反滤料防堵塞;反滤层分层铺设砂石料,粒径自迎水侧向背水侧渐次增大,每层厚度均匀,压实度满足设计,截断土颗粒随水流迁移路径,保障连接部位防渗稳定性^[5]。

4 水利工程水闸除险加固施工管理

4.1 质量管理

构建质量管控体系,编制质量手册、程序文件,明确各工序质量标准、验收流程;施工全程原材料见证取样送检,如水泥、钢材、止水材料等,检验合格方可使用;关键工序、隐蔽工程,像基础灌注桩、钢筋隐蔽、防渗墙浇筑等,设停工待检点(H点)、见证点(W点),未经质量检查验收合格严禁转序;施工班组自查、质检员巡检、项目部抽检多措并举,借助无损检测、实体抽样检测等技术手段,动态监控施工质量,发现问题即刻追溯整改,严守质量生命线。

4.2 进度管理

绘制进度横道图、网络图,直观呈现施工关键线路与各工序时间节点;定期召开进度协调会,剖析进度偏差成因,如地质条件突变、设备故障、物资供应延迟等,针对性制定赶工措施,调配资源倾斜关键工序;采用赢得值法实时比对计划进度与实际进度、预算成本与实际成本,精准预测进度趋势,必要时优化施工方案、增加作业班组或设备投入,确保项目如期竣工交付,尽早发挥水闸防洪、灌溉等综合效益。

4.3 成本管理

施工前精细测算成本,依加固方案编制预算,明确人工、材料、设备、管理费用等成本指标;施工中严控费用支出,材料采购货比三家,择性价比高产品,严控采购量避免积压浪费;优化施工工艺,减少不必要工序、降低返工率,如精准爆破拆除旧结构减少超挖量;定期核算成本,分析偏差,对超支项目深挖根源,通过

变更设计、索赔等途径合理补偿成本,保障项目经济可行性,实现效益最大化。

4.4 安全管理

健全安全制度,涵盖安全操作规程、应急预案、安全检查等规章;施工前安全培训全员覆盖,考核合格上岗,特种作业人员持证率100%;现场安全防护设施完备,深基坑周边设防护栏、警示灯,高处作业搭满堂脚手架、挂安全网,电气设备接地、接零、漏电保护齐全;定期安全检查与日常巡查结合,排查隐患立查立改,模拟演练火灾、坍塌、触电等应急预案,提升全员应急处置能力,营造安全施工环境,杜绝安全事故,守护人员生命财产安全。

结论

水利工程水闸除险加固是系统性、复杂性工程,关乎区域防洪、排涝、灌溉等民生福祉根基。经深度剖析常见病害,周密筹备施工,精湛施工作业,严格管控施工全程,可知精准勘察是方案合理基石,先进工艺是病害根治关键,科学管理是项目成功保障。从基础处理筑牢根基,至结构、设备精细修缮,再到防渗止水严密把控,各环节工艺有机衔接、协同发力;质量严控确保工程品质过硬,进度推进保障功能及时恢复,成本精算实现资源高效利用,安全护航营造和谐施工氛围。展望后续,持续吸纳前沿技术、创新管理模式,不断提升水闸除险加固效能,方能为水利基础设施长效运行、水资源稳健调配、社会经济可持续发展注入强劲动力,筑牢水利安全屏障永固。

参考文献

- [1]王强,张辉.新型材料在水闸除险加固工程中的应用研究[J].水利水电技术,2023,54(10):135-141.
- [2]孙晓琳,李宏宇.基于数字化监测的水闸结构病害诊断与加固策略[J].水利水运工程学报,2023,(04):120-127.
- [3]赵宇,陈峰.复杂地质条件下水闸基础加固施工技术创新[J].岩土工程学报,2024,46(3):530-536.
- [4]刘悦,吴迪.水闸除险加固工程中的生态保护关键技术探讨[J].水资源保护,2024,40(2):180-185.
- [5]马俊,林翔.水闸金属结构老化评估及防腐加固新技术[J].中国水利水电科学研究院学报,2023,21(5):805-811.