

# 水利工程中水闸加固施工技术的实际应用

范金兆

南通通源建设监理有限公司 江苏 南通 226600

**摘要:** 本文探讨了水利工程中水闸加固施工技术的实际应用。分析了水闸常见病害及成因,包括结构、基础、金属结构病害等。介绍了结构、基础、防渗加固及金属结构修复与更换技术,阐述了施工流程与质量控制要点,涵盖材料、工艺、人员与设备管理,为水闸加固施工提供技术参考与质量保障。

**关键词:** 水利工程; 水闸加固; 病害成因; 加固技术; 质量控制

引言: 水利工程中,水闸是重要组成部分,承担着调节水流、控制水位等关键任务。长期运行下,水闸易出现结构裂缝、基础承载力不足、金属结构锈蚀等病害,影响其安全稳定运行。这些病害成因复杂,自然因素与人为因素交织。为保障水闸功能,延长使用寿命,深入研究水闸加固施工技术十分必要,对水利工程的正常运转意义重大。

## 1 水闸常见病害及成因分析

### 1.1 结构病害

闸室结构裂缝、破损是水闸常见问题。长期运行中,混凝土材料受环境因素影响,抗拉强度下降,在温度应力、水压力作用下,表面易出现裂缝。裂缝初期细小,若不及时处理,会随时间扩展加深,降低结构整体性与承载能力。水闸底板承受上部结构荷载及地基反力,当受力不均时,易发生沉降、位移。软土地基区域,地基土压缩性高,长期受水浸泡,土体强度降低,导致底板沉降;不均匀沉降使底板产生附加应力,引发裂缝甚至断裂。闸墩倾斜、变形多因基础不均匀沉降或侧向土压力、水压力不平衡<sup>[1]</sup>。洪水期水流冲击力大,闸墩单侧受力增加,若结构抗侧移能力不足,易出现倾斜;闸墩内部钢筋锈蚀,削弱结构强度,也会导致变形。

### 1.2 基础病害

地基土承载力不足直接威胁水闸安全。设计阶段对地质条件勘察不全面,低估土体压缩性、抗剪强度,导致地基设计承载力与实际需求不符;运行中,地基土受水流冲刷、渗透作用,颗粒流失,强度降低,承载能力下降。基础渗漏、流土现象普遍存在。水闸运行时,上下游水位差形成渗透压力,若止水设施失效或基础防渗处理不当,水流会渗入地基。渗透水流带走土颗粒,形成渗流通道,引发流土、管涌,破坏地基稳定性,严重时导致水闸整体失稳。

### 1.3 金属结构病害

闸门长期接触水和空气,易发生锈蚀、变形。水中氯离子、溶解氧与金属发生化学反应,破坏金属表面氧化膜,形成锈斑,锈层膨胀使金属截面减小,强度降低。频繁启闭过程中,闸门受弯曲、剪切等应力,若存在制造缺陷或维护不当,局部应力集中,会导致变形,影响止水效果与启闭灵活性。启闭设备老化、故障问题突出。机械部件长期运转,轴承磨损、齿轮啮合间隙增大,降低传动效率;电气系统元件老化,绝缘性能下降,易引发短路、断路故障;控制装置精度降低,影响启闭操作准确性与安全性。

### 1.4 成因分析

自然因素是水闸病害主因。水流冲刷使闸室结构表面磨损,带走基础土颗粒;水位频繁升降,混凝土干湿交替,加速碳化、冻融破坏。冻融循环中,混凝土孔隙水结冰膨胀,产生膨胀应力,多次循环后结构开裂。人为因素同样不可忽视。设计阶段未充分考虑工程地质、水文条件,结构选型不合理,荷载计算错误,埋下安全隐患。施工过程偷工减料,混凝土配比不当、振捣不密实,金属结构焊接质量差;运行管理中,未定期维护检查,发现病害未及时处理,长期超负荷、超设计标准运行,加剧水闸老化损坏。

## 2 水闸加固施工技术类型

### 2.1 结构加固技术

混凝土加固技术借不同工艺提升结构承载能力。增大截面加固法于既有构件表面新增混凝土层,扩大截面与配筋量,增强抗弯、抗剪性能,适用于闸室底板、闸墩强度不足情况。施工时凿毛原结构表面,清理杂质,设界面剂保障新旧混凝土粘结,合理布设新增钢筋,浇筑后加强养护。粘贴钢板加固法靠高强度钢板与结构表面粘结,以钢板抗拉强度分担荷载,常用于闸室裂缝修复与抗剪加固。施工前对钢板和混凝土表面除锈、打磨,用结构胶均匀涂抹,施压固化确保粘结密实。碳纤

维加固法以碳纤维布或板为增强材料,经树脂粘结于混凝土表面,其轻质高强、耐腐蚀,适用于闸墩、胸墙的抗弯、抗剪加固<sup>[2]</sup>。操作时保证基层平整,涂刷底胶、找平胶后粘贴碳纤维材料,辊压排气泡,固化期避免扰动。钢结构加固技术针对金属构件缺陷修复。焊接加固通过新增焊缝连接加固件与原结构,提升承载力,适用于闸门主梁、支臂局部补强。施工控制焊接温度与电流防构件变形,焊后检查焊缝、清理焊渣。螺栓连接加固用高强度螺栓连接加固件与原结构,便于拆卸维护,常用于启闭机机架、闸门吊耳加固,施工确保螺栓孔位准确,拧紧力矩达标防松动。

## 2.2 基础加固技术

灌浆加固技术通过注入浆液改善地基性能。水泥灌浆以水泥为主要材料,灰比根据地基孔隙率调整,利用压力将浆液注入地基裂缝或孔隙,填充空隙、胶结土颗粒,提高地基承载力与抗渗性,适用于砂卵石、碎石等地基加固。施工时需先钻孔,控制孔距与深度,采用分段灌浆法逐步施压,防止浆液流失。化学灌浆采用环氧树脂、聚氨酯等化学材料,其流动性好、固化快,能有效填充细微裂缝,适用于粉土、黏土等地基的防渗与加固。施工前需根据地基特性选择浆液类型,通过低压慢灌方式注入,避免对地基产生劈裂破坏。桩基加固技术通过增设桩基分担上部荷载。灌注桩在基础周边钻孔,放入钢筋笼后浇筑混凝土形成桩体,与原基础连接共同受力,适用于软土地基上水闸的沉降加固。施工时需控制成孔垂直度,避免塌孔,钢筋笼定位准确,混凝土浇筑连续。预制桩采用工厂预制的混凝土桩或钢桩,通过锤击或静压方式沉入地基,桩顶与原基础连接,能快速提高地基承载力,适用于急需加固的水闸工程。施工中需注意桩体垂直度与入土深度,避免因打桩振动对原结构造成影响。

## 2.3 防渗加固技术

帷幕灌浆防渗技术在地基中形成连续防渗帷幕。沿水闸轴线布置灌浆孔,按一定顺序灌注水泥或化学浆液,浆液扩散后相互搭接,形成防渗屏障,阻止水流渗透,适用于坝基、闸基等部位的防渗处理。施工时需分序钻孔灌浆,先施工下游排孔,再施工上游排孔,控制灌浆压力与流量,防止抬动地基。铺设防渗膜技术通过铺设高分子材料膜体阻隔水流。选择聚乙烯、聚氯乙烯等防渗膜,铺设于闸室上游铺盖、下游护坦等部位,膜体与周边结构锚固密封,形成防渗层,适用于小型水闸或局部防渗加固。施工前需清理铺设基面,确保平整无杂物,膜体拼接采用热熔焊接或胶粘,焊接后检测焊缝

密封性,避免渗漏。

## 2.4 金属结构修复与更换技术

闸门防腐处理与修复针对锈蚀、变形问题。先采用机械除锈或喷砂除锈清除表面锈层,露出金属光泽,再涂刷防锈漆与面漆,形成防腐涂层,适用于闸门面板、支臂等部位的防腐。对于局部变形的闸门,采用机械矫正或火焰矫正方法,在变形部位施加外力或加热后冷却,使其恢复原状,矫正后检查尺寸精度与力学性能。启闭设备更新与调试对老化故障设备进行更换。拆除老旧启闭机,安装新型设备,调整机架水平度与垂直度,确保启闭机与闸门吊点对齐。电气系统更新时,更换老化电缆、控制柜元件,重新布线,调试PLC程序与传感器,确保启闭操作平稳、限位准确,设备运行噪声与温升符合标准要求。

## 3 水闸加固施工流程

### 3.1 施工前准备

工程勘察与检测是施工基础。通过钻探、取样等方式,详细了解水闸地基土质类型、承载能力,分析地基是否存在沉降、变形等问题。同时对闸身结构进行全面检查,检测混凝土碳化深度、钢筋锈蚀程度,确定结构损伤部位与程度,为后续工作提供详细资料。施工方案设计与审批环节,依据勘察检测结果,结合水闸实际运行需求,制定多种加固方案。组织人员对各方案从技术可行性、经济合理性等方面进行深入研讨,筛选出最优方案,按流程完成审批,保障方案科学严谨。施工材料与设备准备关乎施工质量与效率<sup>[3]</sup>。依据设计要求,选择质量优良的钢筋、水泥、砂石等材料,确保其性能符合规范。准备钻孔机、起重机、搅拌机等施工设备,在进场前对设备进行全面检修与调试,保证设备运行稳定。施工场地清理与布置工作有序开展,清除场地内杂草、垃圾及障碍物,平整场地。根据施工流程与需求,合理规划材料堆放区、设备停放区、混凝土搅拌区与施工操作区,设置临时道路,保障施工材料与设备运输顺畅。

### 3.2 施工过程

水闸加固依选定技术实施。混凝土置换加固时,以机械结合人工凿除损坏混凝土,严格把控深度与范围,清理凿除面使其洁净粗糙,随后分层浇筑高强度混凝土,经充分振捣,确保新老混凝土牢固结合。预应力加固则依据设计图纸,在闸身精确钻孔,安装预应力筋后,用专用设备按规定顺序与拉力张拉,完成锚固,为结构提供持久支撑。粘贴钢板加固,先对粘贴部位打磨、除锈,精准调配结构胶并均匀涂抹于钢板与混凝土表面,迅速粘贴钢板并施压固化,提升结构整体性。各

分项工程紧密衔接。基础加固完工后,经检查确认承载能力达设计标准,方可开展闸身加固。钢筋绑扎严格遵循设计间距与规格,完成自检互检后进行模板安装。模板安装完毕,检查其平整度、垂直度与密封性,合格后进行混凝土浇筑,确保施工流程顺畅推进。

### 3.3 施工后处理

施工质量检测与验收是把控工程质量的重要关卡。采用无损检测技术,如超声回弹综合法检测混凝土强度,用雷达探测仪检查混凝土内部密实度与缺陷。对预应力筋张拉应力、锚固质量进行逐一检测,确保加固效果达到设计标准。对于检测中发现的问题,及时制定整改方案并实施,直至验收合格。施工场地清理与恢复工作同步进行,清理施工现场剩余材料、建筑垃圾,拆除临时搭建的工棚、脚手架等设施,对场地进行平整、绿化,恢复周边生态环境,为水闸后续安全稳定运行提供良好条件。

## 4 水闸加固施工质量控制要点

### 4.1 材料质量控制

原材料的进场检验与验收标准是把控质量的首要关卡。钢筋进场时,核查其品牌、规格是否与设计相符,查看出厂合格证与质量保证书,对钢筋外观进行检查,确保无锈蚀、裂纹。水泥进场需核对品种、强度等级,检查包装是否完好,防止受潮结块影响性能。砂石材料着重检验颗粒级配、含泥量等指标,不符合要求的材料坚决不予进场<sup>[4]</sup>。验收过程严格遵循相关规范,对抽检不合格的原材料,立即作退场处理,从源头杜绝劣质材料流入施工现场。材料储存与保管要求直接影响材料性能。钢筋应堆放在干燥、通风的库房内,底部用枕木垫高,避免与地面直接接触而锈蚀;露天堆放时,覆盖防雨布。水泥储存要设置专用库房,库房地面做防潮处理,不同品种、强度等级的水泥分仓堆放,且标注清晰,防止混用。砂石材料按种类、规格分区存放,采用围挡分隔,防止混杂,同时避免材料受雨水冲刷导致级配改变,保证材料在使用时性能稳定。

### 4.2 施工工艺控制

各加固技术的施工工艺标准与规范是施工的重要依据。混凝土置换加固时,凿除旧混凝土需严格按设计深度和范围操作,避免损伤周边完好结构;新混凝土浇筑前,对凿除面进行充分湿润,保证新旧混凝土粘结牢固。预应力加固过程中,钻孔位置、孔径必须精准,预应力筋张拉时,严格控制张拉力和伸长值,确保符合设

计要求。粘贴钢板加固时,钢板与混凝土表面处理要达到规定的粗糙度,结构胶的调配比例准确,粘贴过程中保证钢板与混凝土紧密贴合,无空鼓。关键工序的质量控制要点贯穿施工全程。钢筋绑扎工序中,严格控制钢筋间距、锚固长度和搭接长度,采用绑扎丝牢固绑扎,防止移位。模板安装时,确保模板拼接严密,支撑体系稳固,通过测量仪器反复校准模板位置和垂直度。混凝土浇筑时,控制浇筑速度和高度,防止出现离析现象,振捣做到均匀密实,避免漏振、过振,保证混凝土浇筑质量。

### 4.3 人员与设备管理

施工人员的技能要求与培训是保障施工质量的关键因素。参与水闸加固施工的人员,需具备相应的专业技能和施工经验。针对不同的加固技术,组织专项培训,让施工人员熟悉施工工艺和质量标准,掌握操作要点和注意事项。通过技术交底,明确各岗位的职责和工作要求,确保施工人员严格按规范操作,减少人为因素导致的质量问题。施工设备的选型、维护与使用管理影响施工效率和质量。根据水闸加固工程特点和施工工艺要求,选择性能匹配、质量可靠的设备。钻孔机、起重机等设备要满足施工精度和承载能力需求。设备使用过程中,安排专人定期进行维护保养,检查设备零部件磨损情况,及时更换损坏部件,确保设备运行正常。操作人员需严格遵守设备操作规程,禁止违规操作,防止设备故障影响施工进度和质量。

### 结束语

水闸加固施工技术的实际应用,对于保障水利工程的安全稳定运行至关重要。通过对水闸病害的准确分析,选择合适的加固施工技术,并严格按照施工流程和质量要点进行操作,能够有效提升水闸的结构强度、防渗性能和金属结构的可靠性。未来,应不断探索和创新加固技术,以适应水利工程发展的新需求。

### 参考文献

- [1]高凯利.水利工程中水闸加固施工技术的实际应用[J].建筑与装饰,2025(6):172-174.
- [2]刘国鹏.水闸加固施工技术在水利工程中的应用[J].科技资讯,2024,22(1):110-113.
- [3]林健超.水利工程中水闸加固施工技术的实际应用[J].珠江水运,2022,(21):68-70.
- [4]陈虹.水利工程中水闸加固施工技术的实际应用[J].水上安全,2024(10):160-162.