

水利工程建筑中的水闸加固施工

姚文圣

河北省水利工程局集团有限公司 河北 石家庄 050000

摘要: 水利工程建筑中,水闸加固施工至关重要。本文先分析水闸常见病害,包括结构、启闭设备与金属结构、止水设施病害及成因。接着阐述加固施工前准备工作,涵盖现场勘查检测、加固方案设计论证、施工组织设计。重点介绍混凝土结构、地基、启闭设备与金属结构、止水设施加固修复关键技术。为水闸加固施工提供全面指导,保障水闸安全稳定运行。

关键词: 水利工程;水闸加固;病害成因;施工准备;关键技术

引言:水利工程中,水闸是关键建筑物,承担着挡水、泄水等重要功能。随着使用年限增长,水闸受多种因素影响,出现各类病害,如混凝土结构裂缝、钢筋锈蚀、启闭设备故障、止水设施失效等。这些病害不仅降低水闸的防渗性与承载能力,还影响正常运行,威胁周边地区安全。因此,开展水闸加固施工十分必要,对保障水利工程安全稳定运行意义重大。

1 水闸常见病害及成因分析

1.1 结构病害

混凝土结构裂缝分表面、深层和贯穿裂缝等形式。表面裂缝多呈网状或短线性,深度通常不超5毫米,由混凝土浇筑后表面水分快速蒸发收缩形成。深层裂缝延伸至内部,可能影响结构整体性,温度变化是主因,浇筑后水泥水化放热,内外温差大产生温度应力,超材料抗拉强度便开裂。贯穿裂缝贯穿整个截面,危害最严重,地基不均匀沉降易致此类裂缝,荷载长期作用或混凝土收缩也会使裂缝发展,降低结构防渗性与承载能力。钢筋锈蚀是电化学过程,混凝土碳化破坏内部碱性环境,使钢筋钝化膜失效引发锈蚀^[1]。氯离子侵蚀同样破坏钝化膜,沿海或含氯水体中的水闸更易受影响。混凝土保护层厚度不足,外界有害物质易渗透至钢筋表面加速锈蚀。锈蚀后钢筋体积膨胀,会导致混凝土开裂剥落,降低结构承载能力和耐久性,缩短水闸寿命。地质条件复杂是地基沉降重要原因,地基土层分布不均会致受力差异。填土压实度不足,土体在水闸自重和水压力下会逐渐压缩变形。地下水位频繁变化改变地基土物理力学性质,引发土体固结沉降。不均匀沉降使闸室倾斜,结构内部产生附加应力,导致裂缝开展,破坏止水结构连续性,造成止水失效,影响水闸运行。

1.2 启闭设备与金属结构病害

启闭设备与金属结构的常见病害主要包括启闭机故

障、闸门腐蚀及结构变形等。启闭机长期运行后容易出现部件老化,例如制动器失灵、钢丝绳磨损断裂以及减速器漏油等问题。若日常维护不到位,设备润滑不良或部件锈蚀,会进一步加速性能下降。操作不规范同样会引发设备过载,加剧部件损坏,从而诱发各类故障。闸门腐蚀主要受水质和大气环境影响,污水中所含化学物质或海水盐分均会对其产生腐蚀作用,空气中的氧气与水分也会逐步引发氧化腐蚀。腐蚀不仅削弱闸门钢板的厚度与强度,还会破坏密封面的平整性,影响整体密封效果。此外,若闸门结构受力不均,容易产生应力集中,长期作用可能导致变形。若制造或安装阶段误差较大,会进一步加剧受力异常和变形,进而引发闸门卡阻,影响启闭操作的灵活性。在极端天气条件下,例如强风或暴雨,也可能对设备与金属结构造成额外损伤。

1.3 止水设施病害

止水设施的病害主要表现为止水橡皮老化开裂、螺栓松动脱落以及接缝处渗水等。材料质量若不过关,止水橡皮在日照、水温变化等环境影响下会加速老化,短期内就可能出现开裂现象。施工过程中如果安装不牢固、接头处理不当,也会直接影响止水效果。同时,运行环境中的水流冲刷和杂物撞击会持续加剧止水设施的损坏。一旦止水设施出现病害,水闸的防渗能力将显著下降。渗漏水量增加会持续冲刷地基,可能引发更严重的结构安全问题。若长期存在渗漏,还可能对周边环境造成不利影响。

2 水闸加固施工前的准备工作

2.1 现场勘查与检测

现场勘查需全面掌握水闸所处地理位置,明确周边交通、管线分布等外部环境条件。地形地貌勘查重点关注场地坡度、高程变化及地表附着物情况,为施工布置提供依据。地质条件勘查通过钻探取样分析土层成分、

承载力及透水特性,判断地基稳定性。水文气象条件勘查需收集历年水位、流量数据及气温、降水规律,规避施工风险^[2]。应详细记录水闸结构形式,测量闸室、闸墩等关键部位尺寸,核实混凝土、钢筋等材料标号,全面排查结构运行状况,梳理病害分布及严重程度。无损检测在不损伤结构前提下完成质量评估,超声波检测利用声波传播特性判断混凝土内部缺陷,适用于裂缝深度及密实度检测;射线检测通过射线穿透能力识别金属结构内部损伤,多用于启闭机部件检测;红外热成像检测借助温度差异定位渗漏区域,在止水设施检测中应用广泛。荷载试验通过模拟实际受力情况检验结构承载能力,数据精准但成本较高。沉降观测和位移监测通过布设观测点,持续跟踪结构变形趋势,为加固方案制定提供动态数据支撑。

2.2 加固方案设计与论证

加固方案设计以安全可靠为首要原则,确保加固后结构承载能力满足规范要求,抵御各类荷载作用。经济合理要求在保证质量前提下优化材料选型和施工工艺,控制工程成本。技术可行强调方案与现场条件匹配,选用成熟可靠的技术方法,兼顾施工便捷性。环保节能需优先采用环保材料,减少施工对周边水体、土壤的影响。所有设计内容必须符合现行水闸设计标准,全面满足灌溉、防洪等运行功能需求。方案比选从技术和经济维度展开,对比不同方案的施工难度、工期长短及技术成熟度。例如混凝土裂缝修补中,表面封闭法施工简单但仅适用于浅层裂缝,压力灌浆法适用范围广但工艺复杂。经济方面需核算各方案的材料、人工及设备投入,综合评估长期维护成本。结合病害特点、现场条件及工程预算,筛选出技术先进、经济适用的最优方案。专家论证需组织结构工程、水利工程等领域专业人员参与,对方案的安全性、可行性进行全面评审。专家结合工程经验和专业知识,指出方案中存在的疏漏,提出优化建议。设计单位根据专家意见调整方案细节,完善施工工艺和技术措施,确保方案科学合理,为后续施工提供可靠依据。

2.3 施工组织设计

施工总体部署需明确质量、安全、工期等核心目标,按“先检测后施工、先主体后附属”的顺序规划施工流程。结合工程规模制定详细进度计划,划分施工阶段并明确各阶段任务节点。合理调配人力、机械、材料等资源,确保设备进场有序、材料供应及时。科学划分施工区域,设置材料堆放区、加工区及办公区,避免各工序相互干扰,保障施工高效推进。施工方法选择需结合加固方案和现场实际,混凝土裂缝修补根据裂缝深度选用

对应方法,浅层裂缝采用表面封闭法涂抹环氧砂浆,深层裂缝则采用压力灌浆法注入修补材料。钢筋锈蚀处理先通过机械除锈去除表面锈迹,再涂刷防锈漆形成保护层。地基加固针对不同地质条件选择技术,土层承载力不足时采用灌浆加固提升密实度,地基沉降严重时可通过桩基础加固增强承载力^[3]。建立完善施工安全管理制度,制定各工序安全操作规程,明确各岗位安全职责。加强施工人员安全教育培训,重点开展安全技术交底和应急处置演练,提升安全防护意识。按规范配备安全帽、安全绳等防护用品,在高空作业、临时用电等危险环节设置防护设施。施工现场布设明显安全警示标志,定期开展安全巡查,及时排查并消除安全隐患,保障施工全过程安全。

3 水闸加固施工关键技术

3.1 混凝土结构加固技术

表面封闭法适用于宽度小于0.2毫米的表面裂缝,施工先清理表面浮尘油污,砂纸打磨粗糙后均匀涂刷环氧基液或聚合物砂浆,厚度控制在1至2毫米。压力灌浆法针对宽度大于0.2毫米的深层及贯穿裂缝,先沿裂缝钻孔埋设注浆嘴,间距依裂缝宽度调为20至50厘米,用水泥浆封闭裂缝,固化后用压力泵注入环氧砂浆或水泥浆,压力维持在0.2至0.5兆帕,注浆后及时封堵。质量控制重点检查裂缝清理和注浆密实性,确保无渗漏。混凝土表面涂层防护形成隔离层阻断侵蚀,选用附着力强、耐老化的环氧或聚氨酯涂料,施工前清理表面缺陷并涂刷底漆,干燥后分2至3遍涂刷面漆,每遍间隔4至6小时,总厚度不小于0.3毫米。硅烷浸渍防护利用硅烷渗透形成憎水层,适用于沿海或潮湿环境,采用喷涂,分两次,间隔24小时,材料用异丁基三乙氧基硅烷,渗透深度达2至5毫米。该技术适用于承载不足的混凝土构件,施工前凿毛原构件表面,清除浮渣并冲洗,植入连接钢筋并绑扎新增钢筋网,钢筋间距依计算为10至20厘米。新增混凝土选强度高于原混凝土一级的补偿收缩混凝土,浇筑时分层振捣密实,厚度控制在5至10厘米。新旧混凝土结合处设剪力键,浇筑后覆盖洒水养护不少于14天,确保结合紧密。

3.2 地基加固技术

固结灌浆主要作用是提升地基土的密实程度,让地基更加紧实稳固;帷幕灌浆重点在于增强防渗性能,有效阻止水分的渗透;接触灌浆则是为了加强地基与结构之间的连接,使二者结合更为紧密。在材料选用方面,通常采用水泥浆或者水泥黏土浆。水灰比需依据实际地质条件进行调整,范围大致在0.5到1.0之间^[4]。为了提升

灌浆后的强度,可加入适量的早强剂。施工时,要按照梅花形来布置灌浆孔,孔与孔之间的间距控制在1米到2米。采用自上而下分段灌浆的工艺,灌浆压力需精准把控,维持在0.3兆帕到0.8兆帕这个区间。对于质量控制,可通过压水试验来检查地基的渗透性。要确保经过灌浆处理后,地基的承载力有显著提升,达到比原来更高的强度标准。预制桩施工便捷、工期短,适用于土层较厚场地,采用锤击或静压法沉桩,桩长根据地基承载力要求确定为8至15米。灌注桩适用于复杂地质,采用钻孔灌注工艺,孔径50至80厘米,钢筋笼绑扎后吊装就位,浇筑混凝土时连续作业避免断桩。施工中需控制桩位偏差不得超过5厘米,桩身垂直度偏差小于1%,浇筑后养护28天,通过静载试验检验单桩承载力。

3.3 启闭设备与金属结构修复技术

拆卸前切断电源并固定部件,清洗采用柴油或煤油浸泡零部件,去除油污锈迹。检查齿轮磨损程度,齿面磨损超过原厚度1/5需更换,轴承间隙超过0.2毫米及时更换。维修后组装时涂抹润滑脂,螺栓紧固力矩符合规范要求。调试时进行空载和负载试运行,检查启闭速度和制动性能,负载试运行时间不少于2小时,确保运行平稳。防腐涂料选用氟碳漆或氯化橡胶漆,施工前喷砂除锈至Sa2.5级,涂刷底漆和面漆各2遍,干膜厚度不小于0.25毫米。闸门变形采用机械矫正,用千斤顶或专用矫正设备缓慢施力,避免过度矫正导致开裂。局部损坏处采用补焊修复,选用与原钢材匹配的焊条,焊后打磨平整,再进行防腐处理,确保修复部位强度和防腐性能达标。对于长期闲置后重新启用的启闭设备,还需额外检查电气线路老化情况。

3.4 止水设施更新与修复技术

根据止水部位选用天然橡胶或三元乙丙橡胶,截面

尺寸误差不超过0.5毫米。安装时清理结合面,涂抹密封胶,采用螺栓固定,螺栓间距10至15厘米,橡皮接头采用热接工艺,接缝平整无缝隙。调试时通过充水试验检查渗漏情况,渗漏量控制在0.1升/米·分钟以内,验收合格后方可投入使用。定期检查螺栓松动情况,采用扭矩扳手检测紧固力矩,不足时采用双螺母锁紧或焊接固定^[5]。螺栓防腐采用热镀锌处理,外露部分涂刷防锈漆和面漆,涂抹厚度不小于0.2毫米。对锈蚀严重的螺栓及时更换,更换后与原螺栓型号一致,确保受力均匀,提升止水设施整体可靠性。若在寒冷地区使用,还需考虑橡胶材料的耐寒性能。

结束语

水利工程建筑中的水闸加固施工是一项复杂且关键的工作。通过对水闸常见病害的深入分析,明确加固施工重点与方向。施工前的充分准备,为加固工程顺利开展奠定基础。关键技术的合理运用,有效解决各类病害问题,提升水闸结构安全性与稳定性。严格把控施工质量,确保加固效果达到预期,保障水闸长期稳定运行,为水利事业发展提供有力支撑。

参考文献

- [1]王菊.水闸加固施工技术在水利工程中的应用探讨[J].建筑与装饰,2025(11):175-177.
- [2]韩宝华,陈峰.水利工程中水闸加固施工技术的应用研究[J].价值工程,2025,44(5):149-152.
- [3]李阔.水利工程中水闸加固施工技术的实际应用[J].建筑·建材·装饰,2023(20):178-180.
- [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.
- [5]刘星炜.浅谈堤坝工程防渗加固施工技术[J].房地产导刊,2022(16):30-32.