

Research on the Life Cycle Operation and Maintenance Management of Mechanical and Electrical Equipment of Urban River Sluice

Qixun Yu

Shenzhen Baoan Water Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518000, China

Abstract

Urban river sluices undertake tasks such as flood discharge, drainage, water storage and diversion, and water level control. Their electromechanical equipment often operates under complex conditions characterized by high humidity, sand content, corrosive gases, and frequent opening and closing, with fault patterns exhibiting both concealed and sudden characteristics. The core of full lifecycle operation and maintenance management is not to make repairs more "frequent," but to form a closed loop from project selection and equipment selection, installation and commissioning, operation and maintenance to key control points of equipment renewal and scrapping, ensuring that each maintenance can trace the cause, solidify parameters, and reduce repetitive rework. In conjunction with China's sluice operation and management regulations and the safety operation requirements of gate hoists, this paper starts from the common electromechanical weak links of urban river sluices, sorts out their importance, and proposes actionable operation and maintenance measures.

Keywords

urban river; sluice gate; electromechanical equipment; full life cycle; operation and maintenance management; research

城市河道水闸机电设备全生命周期运维管理研究

余奇勋

深圳市宝安排水有限公司, 中国·广东·深圳 518000

摘要

城市河道水闸承担着行洪、排涝、蓄引与水位控制等任务,其机电设备往往处在高湿、含沙、腐蚀性气体与频繁启闭的复合工况中,故障形态呈现隐蔽化与突发化并存的特点。全生命周期运维管理的核心,不是把维修做得更“勤”,而是把设备从立项选型、安装调试、运行维护到更新报废的关键控制点串成闭环,让每一次检修都能回溯原因、固化参数、减少重复性返工。结合中国水闸运行管理规程与闸门启闭机安全运行要求,本文从城市河道水闸常见的机电薄弱环节出发,梳理重要性并提出可落地的运维措施。

关键词

城市河道;水闸;机电设备;全生命周期;运维管理;研究

1 引言

近年来城市极端降雨频次上升,河网水位波动幅度加大,水闸机电系统既要满足汛期高频启闭,也要兼顾平时生态补水与闸前后水位精细调控。同时机电设备作为城市河道水利基础设施的核心组成部分,其运维管理水平直接影响工程效益与安全^[1]。对此基于行业规程对安全运行、检查评价与管理责任的要求,本文以全生命周期为主线,提出面向城市河道水闸机电设备的运维管理做法,强调以现场可执行的控制点替代泛化要求。

【作者简介】余奇勋(1986-),男,中国广东梅州人,本科,工程师,从事水利水电技术管理研究。

2 城市河道水闸机电设备全生命周期运维管理重要性

城市河道水闸机电设备的运维管理之所以必须按全生命周期组织,首先在于城市水闸服务对象密集且容错空间小,启闭机、闸门、配电与控制链条任何一处失效,都可能把局部机械故障放大为交通受阻、内涝扩散或河道水位失控等连锁后果。其次,城市河道水质与环境更复杂,闸门止水、闸槽、钢丝绳、制动器、轴承与电机绝缘长期受潮、泥沙与漂浮物冲刷影响,表面看似“小问题”的锈蚀、卡阻和间隙增大,往往在高负荷启闭时集中暴露。再次,许多闸站建设年代跨度大,设备型号混杂,图纸与出厂资料缺失较为常见,若不把安装参数、试运转记录、故障处置与改造信息持续沉淀到台账中,后续检修只能靠经验摸索,检修质量难以稳定。

最后, 规程要求的设备等级评定、安全检查与维护检修需要可追溯资料支撑, 只有按全生命周期把责任、周期与证据链固化, 才能让运行管理从被动抢修转为可控维护。

3 城市河道水闸机电设备全生命周期运维管理措施

3.1 建立设备底账与技术基准

要让水闸机电运维形成可追溯、可对照的日常作业尺度, 必须先把设备底账与技术基准做成现场可用的基准包。第一, 运维班组以闸门体、启闭机、动力与控制回路三条清单并行核对, 逐台记录型号、出厂编号、开闭方向、关键尺寸与安装基准面, 同时对润滑点位、轴承型号、制动器型号、限位开关布置与保护整定值做实测复核, 缺项用钢尺复测和铭牌照片补齐并在台账标注复测日期与复测人员, 避免只留设备名称。第二, 基准参数应从投运验收资料中抽取并二次确认, 将制动器间隙、闸门闸槽间隙、钢丝绳初始直径与张紧行程、行程限位触发位置、启闭机空载与额定电流、绝缘电阻与接地电阻的初始实测值固化为 0 号记录, 汛前复测时按同一工况同一量具复核并允许偏差写入作业卡, 确保后续判别有统一起点^[2]。第三, 图纸、备件与现场位置要一一对号, 按设备类别建立一页式卡片, 左侧放总装与接线图索引, 右侧列易损件规格、替换判据、常备数量与到货周期, 并把关键件如制动衬垫、轴承、密封件、限位开关、钢丝绳夹等的安装位置和拆装工具写明, 使夜间或汛期可按卡片直接领料。第四, 履历记录采用故障现象—测点—处置—复测四栏格式, 明确首查顺序如先看限位与制动、再查传动与润滑、后核电气回路, 并把更换件编号、紧固扭矩复核点、试运行开度与次数记录在案, 形成同类故障的标准排查路径, 减少重复拆装与二次损伤。

3.2 实施分层巡检与定期试验制度

为把水闸启闭机与闸门故障从年度集中大修前移到运行期可控, 现场宜以岗位分层为主线固化巡检与试验制度。第一, 值守人员按班次执行两轮巡检, 交接班后 30 分钟内完成首轮, 复核减速箱与液压站油位、油色及渗漏点, 关注油液乳化与金属屑, 触检制动器外壳温升并听辨异响, 同时沿门槽清理漂浮物与卡阻物, 检查配电柜指示、柜门密封与除湿剂状态及凝露, 记录采用部位、现象、幅度三要素, 如油位低于视窗下限 5 毫米、制动器温升较环境高 35 摄氏度等, 避免用“正常”替代信息。第二, 运维班组每月开展一次空载功能试验, 按上升、停止、下降和点动顺序核验上限位、下限位与急停回路有效性, 并核对扭矩或电流保护动作点是否落在整定允许偏差内, 记录启闭时间、电流峰值与稳定值、制动滑行距离及复位状态, 对比上次数据, 发现动作迟滞应先查行程开关触点、制动间隙与端子松动, 再复测确认。第三, 技术员在汛前及季度组织负荷试启闭和联动试验, 选取可控水位区间模拟调度工况, 观察双吊点同步性、振动

与跑偏趋势, 分段停位检查导轮、滑块、钢丝绳压扁与闸槽磨损, 并以磨耗量和摩阻变化做趋势判断, 同时抽检制动器衬垫厚度与紧固件松动, 确保安全保护装置动作可靠且检修后试运行满足规程要求。第四, 管理单位将定检结论纳入年度检修计划, 按运行管理规程与安全评价要求组织状态评定或专项检查, 建立缺陷分级处置清单, 对达到折旧年限或遭遇超标准洪水等工况后的设备及时启动单项检查或安全鉴定, 明确保养、检修、更换的时间窗与停闸边界, 使计划、记录与结论闭合。

3.3 按状态组织检修与停机窗口控制

水闸机电设备检修必须嵌入调度许可的停机窗口内完成闭环, 因此应以状态判定牵引检修包件与复核程序。第一, 现场以日巡加月检建立三级处置阈值, 将制动衬垫厚度剩余低于原值 30%、钢丝绳在一个捻距内断丝接近使用限值、轴承温升较环境高 30℃且振动增大、接触器触点烧蚀面积超过 1/3、闸槽磨损量超过 2mm 等情况, 分别归入可运行、限期处理、必须停机, 并给出允许运行期限与复测频次, 如 7 天一测或 24 小时一测。限期项必须在下一次低水位窗口前完成处理, 记录与调度指令同册归档^[3]。第二, 按窗口长度把任务拆成不停机保养、2 至 6 小时短停修复和计划大修三类, 保养包件围绕润滑点补脂、制动器清洁、柜内紧固与散热通道清理展开, 短停项提前完成备件验收、弹簧力值复核、起吊索具检验及作业票审批, 停机当日只做必要拆装与调整, 恢复后先空载点动再带载启闭两次, 电流与启闭时间较基准偏差控制在 10% 以内。第三, 对关键工序设双人复核点, 制动器间隙按说明书控制并做抱闸滑移试验, 钢丝绳更换后检查端部固定与卷筒排绳, 行程限位调整后必须全行程慢速到位校验并核对止点余量, 水位差明显变化时复核过载保护整定值, 绝缘干燥处理后用兆欧表复测并留存数值用于趋势对比。第四, 汛前集中处理易失效件, 针对电缆端头发热、减速箱渗油、端子排受潮松动等开展预防性更换与加固, 同时测量门槽磨损与止水橡皮硬化, 龟裂或回弹不足即更换, 并把超差部件纳入大修计划锁定备件型号与到货期, 形成停机申请清单避免汛期临停。

3.4 强化水工金属结构与机电协同保养

为实现水闸机电设备全生命周期稳定运行, 运维应把闸门本体、闸槽构件与启闭机构统一成协同保养单元。第一, 日常作业以闸槽清障和止水面检查为起点, 汛期与落叶季应执行“雨前、雨后、周巡”三类清障, 常态不少于每周 1 次, 采用长柄夹钳、手抄网与软质刮板分层清除漂浮物、淤泥和结块藻类, 严禁用金属撬杠硬撬止水面, 并在启闭前做空载点动确认闸槽无卡滞; 清障完成后可在闸前布设简易拦污栅, 交接班记录清出量与异常点位。对橡胶止水重点检查压紧线连续性与局部翻边, 发现缺口超过 10 mm 或压痕不均时先复位压板螺栓再安排更换。第二, 检修班组应把滚轮、滑块、销轴和导向件建立可量化的润滑与间隙制度, 按同

一型号油脂统一供料,常用锂基2号脂每个滚轮加注约0.2–0.3 kg,季度补脂、半年清洗换脂,油嘴堵塞当班处理;间隙调整用塞尺在上、下游侧各测3点,滚轮与轨面侧隙宜控制在0.3–0.8 mm,销轴径向游隙超过1.0 mm时同步更换衬套并复核同轴度,润滑与调整结果写入设备卡,作为下次检修对照。第三,针对潮湿与污水腐蚀环境,应制定涂层破损的闭环修补流程,局部点蚀以机械除锈至Sa2.5或等效洁净度,底漆与面漆按配套体系施工,干膜厚度宜达到180–220 μm ,单道间隔以表干后复涂为准,环境相对湿度宜小于85%,雨雾天采取帆布遮蔽与热风干燥,复检采用划格与附着力抽查,返锈立即返工处理。第四,把启闭力变化作为结构状态的外显信号,运维主管应在相同上、下游水位差条件下,用钳形表记录电动机稳态电流或液压站工作压力,形成基线曲线并按月对比,连续3次较基线升高超过15%即按“门槽阻滞、止水压紧异常、门体变形”顺序排查,先清槽与复测导向间隙,再校正门体垂直度与止水压板预紧力,处置后复测曲线归档。

3.5 建立备品备件与应急抢修体系

为保证城市河道水闸机电设备在汛期高负荷工况下连续可用,还应把备品备件与抢修流程制度化固化到站点层级。第一,按关键性与通用性建两级备件池并设最低库存,一类以电气高频件为主,含制动衬垫、接触器、热继电器、限位开关、端子与密封件,按单套配置量1.2至1.5倍储备,以月度出库达30%触发补货,同时对橡胶密封与润滑脂贴保质期并季度抽检,每季度盘点与调拨平衡,二类覆盖轴承、减速箱密封套、钢丝绳与关键传感器等中周期件,按年度检修清单倒排到货期并入库复核防锈封存。第二,针对闸门拒动、卡阻、制动失灵与限位漂移等故障编制抢修作业卡,卡内明确停送电许可、卸荷顺序、拆装要点、紧固扭矩与复验项目,复验至少包含绝缘电阻、制动间隙、限位点校核和空载往返试验,并将专用拉拔器、塞尺与扭矩扳手随卡成套封装,完工后由值班长签认并在24小时内回补用件^[4]。第三,每年汛前开展贴近内涝调度的实战演练,覆盖备用电源切换、解卡复位与控制失灵时的手动启闭,并预设对讲机频道与电话复诵口令,演练记录工具缺口、备件不匹配与指令偏差并形成整改闭环。

3.6 推进更新改造与报废退出机制

为把城市河道闸站机电系统从带病维持转为可控更新,

应将改造与报废退出纳入同一套运维规程。第一,以年度故障次数、停机影响、启闭能耗偏差和备件停产风险设定触发阈值,例如同类设备年故障 ≥ 3 次或关键回路跳闸 ≥ 2 次,并对继续修复与整体更换分别核算工期、停运窗口、费用与二次故障风险,论证依据可参照机电设备报废条件类标准^[5]。第二,方案阶段将兼容与替换边界固化为参数表,保留闸门本体时复核启闭机额定启闭力与闸槽摩擦,现场可用启闭电流或油压折算,要求改造后工作裕度 ≥ 1.20 。更新电控时同步校核保护整定、端子容量与电缆截面,必要时分回路更换并做绝缘与回路连续性复测,避免接口错配。第三,施工组织与运行调度同编同审,优先选枯水期划定导流边界,配置临时启闭与应急电源,落实围堰、警戒与防坠措施,并在拆换、单机联调、整组联动节点分段验收与带水试运行,试运行覆盖一次全行程启闭和两次调度指令响应。第四,报废退出按申请、论证、批复、实施、验收与注销闭环执行,同步完成资料归档、资产核定处置、备件清退与运行替代安排,现场设备拆除后挂牌注销并封存关键部件,杜绝口头报废后继续投入调度。

4 结语

城市河道水闸机电设备的全生命周期运维管理,落脚点在于把台账、巡检、试验、检修、备件与更新改造串成同一套可追溯的闭环规则,并让每个环节都有可复核的参数与记录。运维管理中只有把运行期的日常控制做细,把停机窗口的检修组织做实,把老旧设备的退出机制做顺,才能在汛期高压调度与平时精细调控之间保持设备状态稳定,形成可持续的运维秩序。

参考文献

- [1] 胡险峰.推进上海市水闸设施运维管理标准化探讨[J].城市道桥与防洪,2022(10):124-127.
- [2] 龙厚祥.基层水闸工程运行管理标准化探析[J].山东水利,2023(8):75-76.
- [3] 潘攀.自动化系统在水闸工程管理中的应用[J].科学与信息化,2023(7):71-73.
- [4] 郑健.大中型水闸日常运维管理的常见问题与新形势下的优化措施[J].工程管理,2025(9).
- [5] 金建伟.基于智能化的水闸运行管理中设备维护要点[J].数码设计(电子版),2023(9):0092-0094.