

机闸调度智能化少人化系统思考与探究

——以北运河杨洼闸为例

王彤, 任雪珺

北京市北运河管理处, 北京

收稿日期: 2024年10月28日; 录用日期: 2024年11月21日; 发布日期: 2024年11月28日

摘要

机闸调度智能化少人化系统是一种利用现代信息技术和自动化技术, 实现水闸运行管理少人或无人值守的智能化系统。随着社会的发展和科技的进步, 水闸运行管理过程中存在人力成本高、管理效率低下、安全风险大等问题。本文梳理国内外水闸自动化、信息化、智能化发展现状, 对当今水闸运行现状和运行管理现存技术标准不完善、设计不合理、存在网络安全隐患、存在视频监控盲区、响应速度慢、运维成本高、人员能力待提升等问题进行分析和研究, 并结合北运河杨洼闸实际运行管理情况, 提出基础设施改造、自动化设备设施改造、制度完善、人员能力提升等改进措施, 为机闸调度智能化少人化建设提供了参考和支撑。

关键词

水闸, 调度, 智能化, 少人化, 系统

Thoughts and Exploration on Intelligent and Depersonalized System for Gate Dispatch

—Taking Yangwa Sluice on the North Canal as an Example

Tong Wang, Xuejun Ren

Beijing North Canal Management Office, Beijing

Received: Oct. 28th, 2024; accepted: Nov. 21st, 2024; published: Nov. 28th, 2024

Abstract

The intelligent and depersonalized system for gate dispatch is an intelligent system that utilizes modern information technology and automation technology to achieve minimal or unmanned

operation and management of water gates. With the development of society and the advancement of technology, there are problems such as high labor costs, low management efficiency, and high safety risks in the operation and management of water gates. This article reviews the current development status of automation, informatization, and intelligence in water gates at home and abroad. It analyzes and studies the current operation status and management of water gates, including incomplete technical standards, unreasonable design, network security risks, blind spots in video surveillance, slow response speed, high operation and maintenance costs, and the need to improve personnel capabilities. Based on the actual operation and management of Yangwa Sluice on the North Canal, improvement measures such as infrastructure renovation, automation equipment and facility renovation, institutional improvement, and personnel capacity enhancement are proposed, providing reference and support for the intelligent and depersonalized construction of gate dispatch.

Keywords

Water Gate, Dispatch, Intelligentization, Depersonalized, System

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

机闸调度智能化少人化系统是一种利用现代信息技术和自动化技术,实现水闸运行管理少人或无人值守的智能化系统。随着社会的发展和科技的进步,传统的人工管理方式已经无法满足现代化水利工程的需求,同时,水闸运行管理过程中存在的一些问题,如人力成本高、管理效率低下、安全风险大等,也需要得到解决。机闸调度智能化、少人化是提高运行管理效率的重要支撑,更是水利工程运行调度高质量发展水务创新的必然趋势。

2. 研究背景

机闸调度智能化少人化系统是一种利用现代信息技术和自动化技术,实现水闸运行管理少人或无人值守的智能化系统。随着社会的发展和科技的进步,传统的人工管理方式已经无法满足现代化水利工程的需求,同时,水闸运行管理过程中存在的一些问题,如人力成本高、管理效率低下、安全风险大等,也需要得到解决。水利行业的专业性、特殊性对机闸运行提出了极高的要求,水闸少人值守系统应运而生[1]。水闸通过开闭闸门,能帮助实现拦水、提高水位、泄洪、排水等重要功能,在水利工程中占据重要地位[2] [3],借助自动化、信息化手段,实现水闸调度智能化、少人化可以大大提高水闸运行管理效率,提升水利工程运行管理水平。水闸少人值守运行模式是指水闸运行由集控中心在远程进行控制操作并监视运行,机闸现场无人值班,仅安排有少人在现场指定地点值守待命,在紧急情况下可以按规定时间快速到达现场进行应急处置[4]。

早在 20 世纪 80 年代,欧美等发达国家就开始了水闸自动化、信息化、智能化的研究。例如,荷兰、德国等国家的水利工程已经实现了自动化控制和远程监控,同时,一些发达国家的水闸运行管理也已经实现了少人或无人值守。欧美等发达国家早期的水闸运行管理自动化、信息化、智能化建设给我国水利工程信息化建设提供了参考和借鉴。

近年来,我国也开始在水闸自动化、信息化、智能化方面进行研究和探索。例如,一些地方的水利

部门已经开始推广应用水闸自动化控制系统, 配合完成闸门日常调度, 满足水资源配置及调度需求, 并取得了一定的成效。此外, 一些企业也研发了一些水闸调度智能化少人化系统及相关设备, 相应的技术在一些水利工程中得到了应用和推广。

近年来, 国家积极推进机闸现代化改造和信息化提升, 少人值守运行模式有着极大的市场潜力和市场需求, 是实现智慧运行的关键一环。高加奇等[5]以大唐四川发电有限公司管理的某流域中小水电群为例, 探讨中小水电站“无人值班、少人值守”运行模式。陈晓明[6]对山美电站实行“无人值守”前的各项准备工作进行总结分析。徐秀峰[7]等针对由机器人巡检、高清视频巡检系统和综合巡检软件平台组成的综合巡检系统进行了阐述, 为水电巡检智能化建设提供参考。高民望等[8]对水闸工程中采用自动化系统遇到的问题进行了简要的剖析和总结。杨宇新等[9]以团城湖调节池工程智慧化运行为例, 通过增加控制程序, 参照模型计算开度、流量等进行多阶段调节, 使调节池实现闸门智慧化运行。

总的来说, 机闸调度智能化少人化系统的研究与应用是水利行业高质量发展的一个必然趋势和切实要求, 在提高水闸运行管理的效率和质量的同时, 降低人力成本和安全风险, 确保水利工程安全稳定高效运行。但是, 该系统的实现需要具备一定的技术条件和基础设施, 同时还需要考虑系统的可靠性和安全性等问题。因此针对现有水闸的自动化、信息化改造和智能化、智慧化建设需要结合现场情况按需计划、有序实施。

3. 水闸运行管理现状

3.1. 基本情况

杨洼拦河闸建于 1973 年, 经 30 年运行, 闸体出现大量裂缝, 于 2003 年南京水利科学院鉴定杨洼闸为四类病险闸。2005 年得到杨洼闸改建工程可行性报告批复, 于 2006 年 9 月杨洼闸改建工程开工。2008 年 6 月改建工程竣工。

杨洼管理所承担着北运河流域出境水的防洪调度, 水资源利用, 水文观测, 水环境保护, 管理范围和监管范围的巡视巡查以及机闸维护保养, 水利工程的日常运行管理工作。闸区主要分为上游连接段、下游连接段和闸室三部分。水闸间的主体是水闸闸室, 闸室内部设置有启闭机、底板和各类工作桥等。

自建成投入运行以来, 杨洼闸在北运河流域防洪及水资源调度、生态补水、水环境保障等方面发挥重要作用。

3.2. 现状运行管理情况

杨洼闸目前采用集中控制与分散现地控制 2 种方式。集中控制位于管理所内中控室, 操作人员根据调令可对闸门进行启闭操作, 同时中控室可以实时查看闸门动作情况。现地启闭机室采用现地控制柜进行手动或自动调整闸门, 同时在现地操作柜可以实时查看闸门动作情况, 如偏差较大需现场手动纠偏。

现状闸门根据控制水位要求进行调控, 开度根据上下游泄流量结合调度运行科提供的“榆林庄至杨洼水位-库容关系表”及杨洼闸水文站提供的“水力因素关系临时曲线”判断。

杨洼闸隶属于北京市北运河管理处下设的运行管理单位——杨洼管理所, 管理所设置综合业务组, 闸站管理组, 杨洼水文站, 河道巡查组, 后勤保障组 5 个管理班组, 现有在编职工 19 人。负责所辖水闸、河道、堤防、道路等水利工程及其附属设备设施的运行维护、安全监测、巡查管护、规范化管理等工作。

3.3. 信息化建设情况

杨洼闸自 2019 年开始进行标准化、自动化、信息化改造。主要闸门、设备间、操作平台、控制室等关键部位加装了物联感知设备, 为水流调度、水位监测、机闸运行及应急与安全管理提供了基础保障。

目前, 北运河管理机构已经建立了一部分信息化基础设施, 但信息化水平仍有待提高, 尚未实现全面的自动化和智能化管理。杨洼闸网络和信息化设备情况详见表 1。

Table 1. Yangwa sluice network and information technology equipment

表 1. 杨洼闸网络和信息化设备

序号	信息化设备	数量	功能
1	流量计	1 处	监测杨洼断面流量
2	水位计	2 处	监测杨洼闸上游、下游水位
3	雨量计	1 处	监测杨洼管理所降雨情况
4	视频站	12 路	对杨洼闸上下游、左右岸、闸室等管理区域进行监控
5	闸门开度监测	1 处	对杨洼闸闸门开度进行监测
6	交换机	11 个	网络安全和信息化保障
7	语音提示杆	3 个	加强河湖管控, 引导市民文明游河

4. 存在问题

4.1. 设计及建设初期存在的问题

由于自动化系统的客观复杂性和设备更新速度快的特点, 设计单位往往只是提供设计方案和工程量清单, 具体的软件设计一般都由自动化中标单位负责完成, 在一定程度上增加了后期维修和改造难度。同时, 现阶段的水闸自动化系统的技术标准还没有完善, 这也导致许多自动化系统设计时出现了不合理之处[8]。

杨洼闸中控室、闸门与现地控制分别位于不同位置, 之间距离较远, 除了电话、对讲机外, 无法进行及时的通讯和处置, 导致指令的执行和问题的解决存在一定的滞后, 难以真正实现水闸的实时控制。

同时, 现有视频监控存在视频盲区, 具有较大的局限性, 对于水利工程运行管理智能化和少人值守需进一步提高。一方面, 受制于设备硬件及软件情况, 目前视频监控系统尚无法实现水闸外部入侵报警处理和中控室的设备安全管理, 导致紧急事件的处理相对滞后并造成一定的损失, 不利于水利工程的可持续发展。另一方面, 目前监控视频仅限于现场或远程人员巡视或总览观看, 存在视频盲区较多, 极大的增加了水闸监控的复杂性, 也加大了管理和设备维护成本。同时, 现有监控设备无法在出现险情时第一时间为值班人员提供详细视频和设备的监控信息提醒, 只能依靠就近值班人员到现场进行解决, 极大地降低了系统的反应速度, 造成了管理成本的提高, 同时也增加了系统监测的风险。

4.2. 运行管理过程中发现的问题

杨洼闸门操作采取现地自动控制方式, 运行人员实时观察现地显示, 适时调整闸门动作, 操作完成后, 在中控室工控机实现现场闸门是否操作到位, 运行操作时间约 15 min。

闸门开启和关闭过程中, 具有强烈的间歇性, 单位时间段内大多数闸门并不会发生频繁启闭操作。同时, 开关动作比较快, 期间电流比较大, 设备需要具备比较高的质量。一旦出现问题, 处理难度大, 费用高。

杨洼闸主要对渗压、水位、闸门开度、闸门负荷、水流等情况进行自动监测, 但由于运行时间逐渐增加, 相关设备缺乏必要完备的维护与校核, 测量数据缺乏精准性。部分设备在运行一段时间后, 运行性能稳定性会大幅下降, 甚至不具备使用条件, 致使工作人员只能使用人工操作模式, 影响正常的工程运用。

4.3. 人员管理存在的问题

水闸自动化系统对于操作人员专业知识能力需求相对较高, 使得部分基层工作人员不能熟练对水闸自动化系统进行操作, 在一定程度上导致了自动化系统在长期缺少使用的情况下会出现运行卡死以及无法正常启动等问题。

另一方面, 操作系统一旦出现故障, 需要专业的系统维护人员进行检修, 根据现场情况, 专业的检修人员并不能在第一时间赶到现场, 导致水闸自动化控制系统实用性较弱。

5. 改进措施

基于上述水闸少人值守存在的问题, 结合水闸运行管理现状, 制定完善优化应急值班室、自动化设备设施改造升级、日常管理能力提升、人员优化及培训教育等改进措施。

5.1. 完善优化应急值班室

进一步完善应急值班室功能, 适应少人值守要求。设置操作员工作站、语音报警系统、声光报警系统、工业电视系统、消防系统、调度通讯系统等, 确保与上级单位通讯中断时, 能第一时间切换至现地控制。同时, 配置人员休息用的床铺、厕所、洗漱台等生活设施, 满足少人值守期间生活需要。

5.2. 自动化设备设施改造升级

5.2.1. 移动报警系统优化

为保证现场应急响应及时, 杨洼管理所与上级单位、平级单位应保持可靠通信, 在应急待命点活动范围内能拨打、接听移动电话, 场区内还应建立稳定可靠的移动报警通信系统, 确保当设备运行出现异常时, 运行人员能立即收到报警信息并做出及时的响应。同时, 优化移动报警信号逻辑、推送分组, 降低移动报警信号对少人值守模式下应急处置的干扰。

5.2.2. 故障自动处理优化

通过自动设备启停流程优化, 完善故障判别逻辑、顺控流程节点时间及切换逻辑, 当流程异常时, 对需要现场人员人工干预的环节自动化处理。提高设备故障自动处理措施的可靠性。同时, 增加优化程序, 完善故障判别逻辑, 重要回路及元器件冗余配置, 并经过试运行检验, 防止误动、拒动。

5.3. 日常管理能力提升

5.3.1. 建立完善制度, 规范作业流程

修订完善值班值守、设备巡视检查、交接班制度、设备评级制度、设备定期轮换与试验、运行调度、运行分析、教育培训、场区用电管理、节能降耗、应急通信、值班车辆管理、设备检修等制度规程。加强进场教育培训及考核, 提升操作人员运行管理能力。

5.3.2. 加强管理闭环, 形成运行台账

在闸站及设备设施的重要部位, 优化设置巡视刷卡点, 要求运行、检修值班人员定时巡视, 结合本单位考核系统, 对巡视检查制度进行考核。利用网络管理平台, 建立设备检修台账, 开发设备缺陷处理系统, 使设备的缺陷得到及时准确的处理, 保证设备的健康运行。

(1) 巡检周期优化

针对现状河道、水利工程及配套设施巡视检查频次高的情况, 结合水利行业技术标准、规范, 优化少人值守巡检方案, 结合设备运行特点、重要程度等确定巡检路线。在运维合一模式下, 可将现场专业巡检路线、运行巡检路线紧密结合, 闸门上下游区域巡检频次调整为 1 次/日, 闸室巡检频次调整为 1 次

/日, 配电室及配套设备设施巡检频次调整为1次/日。重点区域及设备的定期巡检改为专项巡检。巡检周期的延长、路线的缩短将直接减少运行巡检人员的投入。

(2) 巡检模式优化

在优化现场运行、专业巡检的同时, 强化运行控制系统、监控系统巡检。由值守人员远程开展, 最终形成“线下 + 线上”巡检的综合巡检模式。实现对场区内所有部位和设备全覆盖。同时, 视频画面可与火灾自动监测报警系统、防水淹厂房保护系统联动, 增强场内设备的监测力度, 提高巡检效率。

结合运行分析开展, 整理收集各类设备实时运行参数、运行记录和设备运行状况, 通过数据变化规律查找设备隐患。应开发工业互联网等数字平台的技术支持功能, 用自动采集数据代替人工检索, 把设备各方面运行数据整合、建模和分析, 对设备整体运行趋势进行预测, 实现趋势预警, 由运行人工分析向智能分析模式转变。

5.4. 人员优化及培训教育

5.4.1. 人员编制优化

实施“少人值守”的运行管理模式后, 闸室现地不设置固定运维人员, 仅设置24h值守人员。按照“远程集控、少人值守、定期巡检、集中维护”的原则, 由调度中心、维护班组和值守人员共同负责日常生产工作。

应急值守人员实行三班倒(白班8:00~14:00, 中班14:00~23:00, 零点班23:00~8:00), 每班1人。应急值守人员负责上级调度机构或集控中心调度指令和紧急情况下的应急处理。

工业电视巡屏间隔为1.5h, 分别记录开始时间、结束时间, 巡屏过程不低于20min, 每天巡屏起始时间为23:00。备勤人员工作采用8+16方式值班, 即8小时行政班在调度中心上班, 16小时在场区生活驻地应急待命。备勤人员负责巡视、设备操作和接收应急值守人员召唤, 每天在场区生活驻地应急待命人员不得少于2人。

调度中心具备远程运行操作功能, 能够对闸站远程监视、监测、控制和管理。执行所、站调度机构指令, 监视站内设备状态和事件信息, 按规程对异常信息进行处理, 并通知维护班组和值守人员。各专业维护班组承担调度中心维护工作。值守人员负责电站治安保卫, 闸站信息报送、记录, 巡检等定期工作, 部分操作及应急处置工作。

5.4.2. 人才培养与教育

(1) 运行维护人员轮岗培训

制定针对性培训计划, 提升闸站值守人员运行操作能力, 加强现场人员培训, 提高运行管理人员技能水平。建立调度中心、维护班组与现场值守人员的动态管理制度, 定期轮岗, 逐步培养一线生产人员具备机闸启闭、设备维护等“一专多能”的综合素质, 保持运行管理队伍稳定。

根据技术发展的新要求, 对运行、检修人员进行培训, 提高员工的技术水平, 提出“运维修合一”“一岗多能”的岗位新要求, 以适应少人值守的新运行管理方式。

(2) 运行仿真系统培训

运行人员业务培训常以技术讲座、规程学习、在班考问、事故预想、反事故演习等形式开展, 受机闸启闭运行限制, 实际运行操作及事故处理机会很少, 而仿真系统则能为受训人员提供一个与现场尽可能一致的培训环境, 学员可以在虚拟场景中进行机组控制如机组启停和负荷调节、开关操作、设备参数巡视等, 也可以模拟现场各种设备发生故障时进行故障判断和处理, 使其有身临其境的感受, 帮助受训人员更加直观熟悉机闸运行操作和事故处理的基本过程。

6. 预期效果

6.1. 机闸运行管理方面

原有水文及水利工程计量设施不完善,部分数据完全依赖人工观测,消耗了大量的人力和时间成本。借助闸门、河道、主要设备与重点区域加装的物联感知设备,水流调度情况、水文数据实时展示,断面流量、水位等数据及时整理,实时分析,为河道水资源优化配置提供数据支撑。

6.2. 信息化能力提升方面

结合完善后的调度中心系统平台,工程及设备运行监测系统得到完善提升,闸门、配电设备工作状态实现实时监测和报警,原有的人工定期巡视巡查调整为“线上+线下”相结合的模式,借助信息化手段完成定期检查类工作,技术人员针对重要设备及突发情况进行重点处置,运行管理工作效率得到有力提升。

6.3. 人才培养方面

借助教育培训、进场教育、定期考核等工作,管理人员的技术水平和操作能力得到提升,创新意识得到激发。结合有关项目落地实施,深入挖掘创新成果、持续推动科技创新工作,培养更多具有创新能力的人才,为水务管理和发展提供更加有力的人才保障。

7. 结语

本文梳理了机闸调度智能化少人化系统研究背景,对北运河杨洼闸运行现状、运行管理现存问题进行了总结分析,并对提升运行管理水平增加工作效率提出了改进措施,为机闸调度智能化少人化建设提供了参考和支撑。同时,围绕传统机闸等水利工程及配套设施,机闸调度自动化、信息化改造提升涉及闸门运行安全、水资源安全、水环境保障等各个方面,相关设备设施的改造还应将上述问题予以考量。

参考文献

- [1] 钱彬源. 小型水闸无人值守系统分析[J]. 通讯世界, 2016(12): 255.
- [2] 马永锋, 石裕, 万启宣. 淤泥地基上模袋砂围堰设计与关键性施工技术[J]. 人民长江, 2007(2): 32-33+46.
- [3] 李秀玲, 孟凡胜, 仲崇胜. 水闸施工工艺探讨及质量控制分析[J]. 科技创新与应用, 2014(6): 188.
- [4] 董第永, 卢毅. 浅谈水电厂无人值班(少人值守)运行模式的实际应用及成效[J]. 广西电业, 2020(11): 35-38.
- [5] 高家奇. 中小水电“无人值班、少人值守”运行模式探讨[J]. 四川水利, 2021, 42(6): 39-41.
- [6] 陈晓明. 山美电站实行“无人值守”前期准备工作分析[J]. 中国水能及电气化, 2022(6): 56-58+63.
- [7] 徐秀峰, 师永. 综合巡检系统在智能水电厂中的应用[C]//中国水力发电工程学会自动化专业委员会. 中国水力发电工程学会自动化专委会换届大会暨 2023 年全国水电厂智能化应用学术交流会论文集. 2023: 4.
- [8] 高民望, 陈剑, 严凯, 等. 自动化系统在水闸工程应用中的问题与解决方法[J]. 中国设备工程, 2023(5): 205-207.
- [9] 杨宇新, 李文明. 调节池工程智慧化运行方法研究[J]. 北京水务, 2022(6): 49-54.