

自动化控制系统在南水北调东线工程中的应用

霍祥宇

(南水北调东线山东干线有限责任公司, 山东 济南 250013)

【摘要】 本文详细阐述了南水北调东线工程中水利工程自动化控制的应用现状, 分析了当前面临的技术、管理和环境等方面的挑战, 并对未来的发展趋势进行了展望, 旨在为进一步提升南水北调东线工程的自动化水平和综合效益提供参考。

【关键词】 南水北调东线工程; 水利工程; 自动化控制

【中图分类号】 TV85

【文献标志码】 A

【文章编号】 1009-6159(2026)-02-0058-03

Application of Automatic Control System in the Eastern Route of the South-to-North Water Diversion Project

HUO Xiangyu

(Shandong Main Line Co., LTD., East Line of South-to-North Water Diversion Project, Jinan, Shandong 250013, China)

Abstract: This paper elaborates on the current application status of automatic control in water diversion engineering within the Eastern Route project, conducts an in-depth analysis of the existing challenges in technology, management, environment, and other aspects, and looks forward to the future development trends. The purpose is to provide reference for further improving the automation level and comprehensive benefits of the Eastern Route of the South-to-North Water Diversion Project.

Key words: Eastern Route of the South-to-North Water Diversion Project; Water diversion project; Automatic control

南水北调东线工程线路长、涉及范围广、建筑物众多且运行工况复杂, 这对工程的运行管理提出了极高的要求。水利工程自动化控制技术的应用为解决这些问题提供了有效途径, 能够实现工程的远程监控、智能调度和精准运行, 对于提高工程的可靠性、稳定性和运行效率具有重要意义。

1 自动化控制系统的应用现状

1.1 监测系统

1) 水位监测。在河道、湖泊、泵站前池、渠道等关键位置安装了高精度的水位传感器, 能够实时采集水位数据, 并通过通信网络传输至监控中心。例如, 在沿线各梯级泵站前池设置的超声波水位计, 可精确测量水位变化, 为泵站的安全运行和优化调度提供依据。

2) 流量监测。采用电磁流量计、超声波流量

计等设备对输水渠道和泵站的流量进行监测。在大型输水干渠上, 通过多声道超声波流量计可以准确测量不同断面的流量分布, 为水量分配和调度决策提供关键数据。同时, 泵站的出水流道上安装的流量计能够实时监测水泵的输水效率, 以便及时调整水泵的运行工况, 实现节能增效。

3) 水质监测。为保障供水水质安全, 沿线建设了多个水质监测站点, 配备了多种水质监测仪器, 可对水温、pH 值、溶解氧、氨氮、高锰酸盐指数等常规水质指标以及重金属、有机污染物等特定指标进行实时监测。水质监测数据通过无线传输或有线网络上传至水质监测中心, 一旦发现水质异常, 能够迅速启动预警机制, 采取相应的处理措施。

收稿日期: 2025-08-26

作者简介: 霍祥宇(1990—), 男, 工程师

1.2 控制系统

1) 泵站自动化控制。南水北调东线工程中的泵站是输水的关键动力设施,其自动化控制系统实现了对水泵机组的远程启停、调速、切换以及辅助设备的联动控制。通过可编程逻辑控制器(PLC)和监控与数据采集(SCADA)系统,操作人员可以在监控中心对泵站内的设备进行实时监控和操作。

2) 闸门自动化控制。沿线的节制闸、分水闸等各类闸门广泛应用了自动化控制技术。通过电动执行机构和远程控制系统,可实现对闸门的开度精确控制和远程操作。在输水调度过程中,根据水位、流量和用水需求的变化,远程调节闸门的开度,实现水量的精准分配和调控。

1.3 通信系统

南水北调东线工程构建了覆盖全线的通信网络,包括光纤通信、无线通信等多种方式,为自动化控制系统的数据传输提供了可靠的保障。

1.4 调度决策支持系统

南水北调东线工程建立了基于计算机技术和数学模型的调度决策支持系统,该系统集成了监测数据、地理信息、水力学模型、水资源优化配置模型等多源信息,能够对工程的输水调度进行模拟分析和优化决策。

2 面临的挑战

2.1 技术难题

1) 复杂工况下的设备可靠性。南水北调东线工程的运行工况复杂多变,设备长期处于高负荷、频繁启停以及水质、气候等复杂环境条件下,这对设备的可靠性提出了极高的要求。例如,泵站中的水泵机组在不同水位、流量条件下运行,容易出现振动、磨损等问题,影响设备的使用寿命和运行稳定性等。

2) 系统集成与兼容性。南水北调东线工程涉及众多的自动化系统和设备,包括不同厂家、不同型号的监测仪器、控制系统、通信设备等,这些系统和设备在数据格式、通信协议、接口标准等方面存在差异,给系统集成和兼容性带来了很大的挑战。在实际运行中,可能出现数据传输不畅、系统联动不协调等问题,影响工程的整体自动化运行效果。因此,需要建立统一的系统集成标准

和规范,加强不同系统和设备之间的兼容性研究,实现各子系统的无缝对接和协同工作。

3) 智能决策技术的精准性。尽管目前的调度决策支持系统在一定程度上能够实现对工程的优化调度,但在面对复杂多变的水情和用水需求时,智能决策技术的精准性仍有待提高。此外,随着工程运行数据的不断积累和受水区用水需求的日益多样化,如何利用大数据、人工智能等新技术进一步提高智能决策的精准性和适应性,是当前面临的一个重要技术难题。

2.2 管理与维护问题

1) 专业技术人才短缺。水利工程自动化控制技术涉及计算机、通信、自动化、水利等多个学科领域,需要具备复合型知识结构的专业技术人员进行管理和维护。然而,目前南水北调东线工程在这方面的专业人才相对短缺,部分运行管理人员对自动化技术的掌握程度不够深入,难以满足工程日益增长的技术管理需求。因此,加强专业技术人才的培养和引进,建立一支高素质的自动化技术管理队伍,是保障工程自动化系统正常运行的关键。

2) 运行管理体制不完善。南水北调东线工程跨越多个省(市),涉及多个部门和单位的协调配合,在运行管理体制上还存在着一些不完善的地方。例如,在自动化系统的运行维护责任划分、数据共享机制、应急联动协调等方面,存在职责不清、沟通不畅等问题,影响了工程的整体运行效率和管理水平。此外,随着工程自动化程度的不断提高,原有的运行管理模式和制度可能无法适应新的技术要求,需要进一步优化和完善运行管理体制,建立健全科学合理的管理制度和流程,加强各部门之间的协作与沟通,确保工程的自动化系统能够得到有效的管理和维护。

2.3 环境与安全风险

1) 自然灾害对自动化设施的影响。南水北调东线工程沿线地区自然灾害频发,如洪水、地震、台风等,这些自然灾害可能对自动化监测和控制设施造成严重破坏。因此,需要加强对自动化设施的防灾减灾措施研究,提高设施的抗灾能力,建立完善的应急抢修机制,在遭受自然灾害后能够迅速恢复自动化系统的运行,保障工程的供水安全。

2)网络安全威胁。南水北调东线工程的自动化控制系统通过网络连接实现远程监控和数据传输,面临着黑客攻击、病毒入侵、恶意软件等网络安全威胁。一旦自动化系统遭受网络攻击,可能导致数据泄露、设备失控、输水调度紊乱等严重后果,影响工程的安全运行和社会稳定。因此,加强网络安全防护体系建设,采取加密技术、防火墙、入侵检测系统等多种安全措施,提高自动化系统的网络安全防护能力,是当前亟待解决的重要问题。

3 发展趋势

3.1 智能化发展

1)智能感知与诊断。未来,南水北调东线工程的自动化控制将朝着智能化方向发展,进一步提高对工程设施和运行状态的智能感知能力。通过在设备上安装更多的智能传感器,如振动传感器、温度传感器、应力传感器等,实现对设备全方位、实时的状态监测,并利用大数据分析和人工智能算法对监测数据进行深度挖掘和分析,实现设备故障的早期诊断和预测性维护。

2)智能调度与决策。借助大数据、云计算、人工智能等新兴技术,不断优化调度决策支持系统,实现工程的智能调度和精准决策。通过建立更加精准的水情预报模型和水资源优化配置模型,能够更加准确地预测水情变化和用水需求,结合工程的实时运行状态,自动生成最优的输水调度方案,并实现调度方案的实时动态调整。

3.2 一体化集成

1)系统融合与协同。未来将进一步加强南水北调东线工程自动化系统的一体化集成,实现监测、控制、通信、调度等各子系统的深度融合和协同工作。通过建立统一的系统平台,打破各子系统之间的数据壁垒,实现数据的实时共享和交互,提高系统的整体运行效率和协同能力。

2)工程设施与自动化系统的一体化设计。在南水北调东线工程的后续建设和改造中,将更加注重工程设施与自动化系统的一体化设计理念。从工程规划、设计阶段开始,就将自动化控制的需求纳入考虑,使工程设施的布局、结构设计与自动化系统的功能实现有机结合,提高工程的整体性能和自动化程度。

3.3 绿色与可持续发展

1)节能减排技术应用。随着环保意识的增强和可持续发展理念的深入,南水北调东线工程的自动化控制将更加注重节能减排技术的应用。在泵站运行中,通过优化水泵机组的运行工况、采用高效节能的电机和调速装置,以及应用智能照明、节能空调等措施,降低工程的能耗。同时,利用自动化控制系统对工程的能源消耗进行实时监测和分析,实现能源的精细化管理,提高能源利用效率,减少对环境的影响,实现工程绿色运行。

2)生态友好型自动化控制。南水北调东线工程在实现供水功能的同时,也肩负着改善受水区生态环境的重要使命。未来的自动化控制技术将更加注重生态友好型的设计和应用。如在输水调度过程中,通过自动化系统实现对生态流量的精准控制,保障河道生态系统的基本用水需求,维持河流的生态功能;在水质监测和处理方面,采用更加环保、高效的自动化监测设备和处理工艺,减少对水环境的二次污染,促进工程与生态环境的协调发展,实现水资源的可持续利用。

4 结语

南水北调东线工程中水利工程自动化控制技术的应用在保障工程运行、提高水资源调配效率和供水安全等方面取得了显著成效。然而,当前仍面临着技术、管理和环境等多方面的挑战。随着科技的不断进步,未来水利工程自动化控制将朝着智能化、一体化集成和绿色可持续发展的方向迈进,为工程的长期稳定运行和综合效益的充分发挥提供有力支撑。

参考文献

- [1] 樊志德.新时期水利工程运行管理标准化建设对策研究[J].水上安全,2024(21):19-21.
- [2] 李军伟.水利工程自动化控制应用趋势分析[J].科技与创新,2024(5):178-180.
- [3] 柴威.水利工程自动化系统运行维护管理模式的有效应用[J].中国管理信息化,2022,25(10):92-94.
- [4] 冯峰,丁韶辉.南水北调东线调水信息报送系统设计及应用[J].治淮,2022(9):56-57.
- [5] 韩月朦.数字孪生技术在智慧水利工程中的应用研究[J].河南水利与南水北调,2024,53(11):88-90.

(责任编辑 赵其芬)