

水利工程泵站信息化技术的应用

张聪慧

浙江大禹信息技术有限公司, 浙江 杭州 310002

[摘要] 水利工程泵站是水利工程的重要组成部分, 其信息化技术的应用对于提升泵站运行效率、降低能耗、保障安全稳定运行具有重要意义。本篇文章通过分析水利工程泵站信息化技术应用的意义、存在的问题, 提出了相应的对策建议。研究表明, 采用先进的信息化技术, 优化泵站设备选型、运行调度、监测诊断等方面, 可显著提高泵站的综合效益。泵站信息化已成为新时期水利工程高质量发展的重要途径。

[关键词] 水利工程; 泵站; 信息化技术; 应用对策; 综合效益

DOI: 10.33142/hst.v7i7.12875

中图分类号: TV675

文献标识码: A

Application of Information Technology in Water Conservancy Engineering Pump stations

ZHANG Conghui

Zhejiang Dayu Information Technology Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310002, China

Abstract: Water conservancy engineering pump stations are an important component of water conservancy engineering, and the application of information technology is of great significance for improving the efficiency of pump stations operation, reducing energy consumption, and ensuring safe and stable operation. This article analyzes the significance and existing problems of the application of information technology in water conservancy pump stations, and proposes corresponding countermeasures and suggestions. Research has shown that using advanced information technology to optimize pump stations equipment selection, operation scheduling, monitoring and diagnosis can significantly improve the comprehensive efficiency of pump stations. The informatization of pumping stations has become an important way for the high-quality development of water conservancy engineering in the new era.

Keywords: water conservancy engineering; pump stations; information technology; application countermeasures; comprehensive benefits

引言

泵站是水利工程的核心枢纽, 在防洪排涝、农田灌溉、城乡供水等方面发挥着关键作用。随着水利工程规模不断扩大, 泵站也向着大型化、复杂化方向发展, 对泵站运行管理提出了更高要求。传统的人工管理模式已难以适应新形势需要, 亟须利用现代信息技术手段实现泵站的智能化运行与精细化管理^[2]。近年来, 在工业互联网、人工智能等新一代信息技术驱动下, 水利工程泵站信息化建设进程不断加快, 在设备状态监测、能效优化控制、辅助决策支持等方面取得了可喜进展。

1 水利工程泵站信息化技术应用的意义

1.1 提高泵站运行效率

泵站设备是耗能大户, 提高设备运行效率对于节能增效至关重要。传统泵站往往采用定速运行, 效率低下, 能耗居高不下。信息化技术的应用可显著提升泵站运行的精细化水平^[1]。通过在泵站进出水管路、设备主机等部位布置各类传感器, 采集水位、流量、压力、振动、电流等多源异构数据, 并将其传输至监控中心, 运用大数据分析等技术, 可实现泵站设备健康状态的实时监测和故障预警。当设备参数出现异常时, 系统可及时预警, 减少非计划停机时间。同时, 泵站信息化管理平台可综合分析设备能效参数, 优化泵组组合和调度方式, 实现变工况、变转速等

柔性控制, 使泵站始终在高效区运行^[2]。

1.2 降低泵站安全风险

泵站事关防洪、灌溉、供水等民生大计, 其安全稳定运行至关重要。而由于泵站机电设备密集、工艺流程复杂, 极易发生各类安全事故。以往, 泵站安全管理主要依靠人工定期巡检和异常报警, 难以及时发现和处置安全隐患。泵站信息化建设可有效规避上述风险。利用物联网、视频监控等技术, 对泵站关键部位进行全天候、全方位监测, 通过智能视频分析, 可自动识别危险行为和异常状态, 及时预警, 减少事故发生^[3]。在泵站场区、水工建筑物等易发生漏洞、裂缝等病险的部位, 布设渗压计、位移计等在线监测设备, 可及时发现安全隐患征兆, 为泵站检修养护提供依据。泵站运行过程中产生的海量监测数据, 可用于构建设备退化模型, 提前预判设备故障风险, 实现预测性维护, 大幅提高泵站本质安全水平。

1.3 赋能泵站精细化管理

泵站设备种类繁多、管理要素复杂, 对管理的精细化、专业化提出了更高要求。传统的人治管理、经验决策已难以适应新形势发展需要^[4]。泵站信息化为实现精细化管理提供了有力支撑。利用大数据、云计算、人工智能等先进技术, 可深度挖掘泵站设备运行数据的内在价值, 揭示能耗异常、故障征兆等深层规律, 形成可复制、可推广的最

佳运维实践,用数据说话,以模型决策,减少管理的随意性和盲目性。泵站信息化管理平台通过对泵站资产、备品备件、维修计划等信息的统一管理,可实现资产全生命周期的精细化管理,降低运维成本。泵站信息化还可打破管理信息孤岛,实现泵站与灌区、河湖、水工建筑物等外部设施的一体化调度,在更大范围内实现水量调配和能源优化,提高整体管理效能^[5]。

综合应用智能传感、物联网、自动控制、计算机监控、信息通信技术等完成泵站机械电气设备监视、运行数据测量、自动化控制、视频监控,实现数据全面感知、远程集中管控,基于统一的管控平台,实现数据共享、信息分析处理全面化、运行管理智能化,提高泵站运行的安全性、运行效益、节能降耗,保证泵站的安全、优化、经济、高效。

1.4 泵站信息化系统特点

①开放统一的管控平台。跨平台设计,通信接口插件化、支持二次开发,遵循多种国内国际标准规约,如Modbus、IEC61850等,实现与下属各泵站计算机监控系统无缝对接,降低现场实施难度;通讯方式多样化,支持4G/GPRS、光纤等。②信息全面感知。将泵站实时运行信息采集与水情测报、气象预报、工程安全监测、视频监控等整合,实现信息采集全面化、现场可视化,支持报警与视频监控联动。③生产管理有效整合。可利用统一的平台实现辖区内泵站工程设施与设备的运行维护管理,提供设备管理、备件管理、工单管理、值班管理等功能,管控更全面。④支持三维BIM模型。可以三维BIM模型展示泵站工程设施情况,动态模拟、空间多维度展示现场场景,融合设备运行状态、实时监测数据、历史运行数据多角度展示泵站工程设施及设备的运行情况,有效支撑并保障运行管理的动态性、真实性。

2 水利工程泵站信息化技术应用存在的问题

2.1 信息化系统集成度不高

泵站是由土建、机电、自动化等多专业系统组成的复杂性工程,各系统间协同配合至关重要。而目前泵站各业务系统往往独立建设、烟囱林立,缺乏顶层规划和统筹。机电监控系统、视频监控、办公管理系统等数据难以有效汇聚和关联,形成了信息孤岛,无法发挥信息化的整体效益。一些项目重复建设、资源浪费现象较为普遍。同时,泵站信息化建设对上缺乏与水利信息化共享交换平台的有效对接,对下缺乏设备层的互联互通支撑,集成整合的广度和深度不够,信息价值挖掘不充分。

2.2 智能化水平有待提升

当前,泵站信息化建设重硬件、轻软件,重投入、轻应用的问题较为突出^[10]。许多泵站的信息化系统功能单一,局限于简单的数据采集和监视,缺乏大数据分析、智能控制、专家诊断等高级应用功能。信息化设备智能化水平偏低,感知、分析、决策等智能要素不足,难以适应泵站精

细化管理需求。泵站信息采集仍以人工定期录入为主,自动化、网络化水平不高。在海量监测数据面前,缺乏必要的数据分析、知识挖掘工具,数据沉淀与价值转化不充分。信息化专业软件开发滞后,在设备故障诊断、能效分析优化、智能调度决策等方面缺乏实用软件系统。总体来看,当前泵站信息化建设仍以数字化为主,智能化水平亟需进一步提升。

2.3 安全防护体系有待健全

泵站作为水利工程的关键节点,其信息安全事关国计民生。然而,不少泵站的信息安全防护意识淡薄,安全管理制度不健全,安全防护投入不足^[11]。泵站普遍缺乏异地灾备设施,系统容灾备份不到位,一旦遭受灾害性破坏,极易引发重大运行事故。泵站自动化、信息化设备的接入缺乏严格的安全审查,系统漏洞、后门隐患较多。网络架构分区域不合理,缺乏纵深防御。工控系统与办公系统未实现有效隔离。缺乏完善的身份认证、访问控制、安全审计等技术手段。这些问题极大削弱了泵站信息系统的安全性,亟需引起重视并采取有效措施加以解决。

2.4 信息化人才匮乏

泵站信息化融合了自动化、通信、软件等多学科知识,对复合型人才提出了更高要求。目前,泵站信息化人才普遍匮乏,知识结构难以满足信息化建设需要。一些泵站的管理和技术人员信息化意识不强,专业技能欠缺,对信息化的重要性认识不足,开展信息化工作积极性不高。缺乏既懂业务又懂技术的复合型人才,无法准确把握信息化需求,信息化建设与实际工作脱节。信息化人才培养体系不健全,高校相关专业设置滞后,继续教育缺乏系统性,人才供给渠道不畅。用人机制不完善,缺乏有效的人才引进、培养、激励政策,人才流失严重。人才瓶颈制约了泵站信息化的纵深发展。

表1列出了泵站信息化发展的关键要素及其障碍因素。泵站信息化要取得实效,必须在体系架构、智能算法、安全防护、人才队伍等要素上多管齐下,系统施策,扫除各类障碍因素,形成整体合力。

表1 泵站信息化发展的关键要素及障碍因素

关键要素	障碍因素
体系架构	烟囱林立、集成度低
智能算法	软件开发滞后、应用水平不高
安全防护	安全意识淡薄、防护体系不健全
人才队伍	复合型人才匮乏、培养体系不完善

3 水利工程泵站信息化技术应用的对策

针对泵站信息化发展中存在的突出问题,需要从顶层设计、关键技术、安全防护、人才培养等方面系统施策,推动信息技术与泵站业务深度融合,充分释放数据要素的价值,不断提升泵站运行管理的智能化水平。

3.1 案例1:某泵站信息化技术应用实践

以某大型灌区泵站为例。该泵站设计流量 80m³/s,

装机容量 3 万 kW，是国内最大的电力提灌泵站之一。泵站自投运以来，设备利用小时数逐年增加，能耗水平居高不下。为此，泵站积极推进信息化改造，取得了显著成效。

一是实施全站设备运行状态智能监测。在 6 台主泵机组及其配套设施上布置了 200 余只传感器，对设备的转速、流量、压力、电流、振动等关键参数进行在线采集，并上传至监控中心。当设备运行参数超出正常范围时，系统及时发出预警，并自动控制设备减载或停机。二是建立能效管理与优化系统。利用设备特性实测数据，构建了泵、电机、变频器能耗模型及泵站水力特性模型，并结合水量预报、电价政策等因素，优化泵组组合及调度策略，使泵站整体效率最大化。

3.2 案例 2：某泵站信息化技术应用实践

再以某中型泵站为例。该泵站多年来一直采用定时开停泵的控制策略，忽略了水位的动态变化，导致水资源浪费严重。2022 年，泵站对自动化系统进行了升级改造，应用物联网、大数据等信息化技术，实现了智能调度控制。

改造中，在泵站前池、后池装设了多个水位传感器，并通过无线网络实时回传至控制中心。系统根据进出水流量、水位变化趋势等，自动调整泵组启停和转速，确保出水流量与需水量动态平衡。在暴雨等特殊情况下，系统还可根据天气预报信息提前调整泵站运行方案，腾空库容，起到削峰错峰作用。泵站运行过程产生的海量数据，还被用于优化调度模型参数，使控制决策更加智能。

改造后，泵站运行的智能化水平大幅提升。2022 年汛期，泵站提前 3 小时启泵，削减洪峰流量 21%，为下游城镇免遭洪水之苦。全年节约电费 120 万元，节水 46 万 m³。泵站负责人由衷感叹：“信息化让泵站像长了智慧的大脑，随时根据需求调整自身，实现了降本增效、保安防汛的多重目标。”

3.3 案例 3：泵站信息化技术的实践效果分析

为定量评估泵站信息化改造的效果，笔者选取了国内 6 座大中型泵站作为研究对象，跟踪监测了信息化建设前后的关键性能指标，归纳了一些共性规律。

在能源利用效率方面，6 座泵站改造后综合效率平均提高了 4.8%，最高达 8.1%。效率提升主要得益于信息化系统对设备能耗的实时监测和优化控制。通过大数据分析，找出掣肘能效的薄弱环节，量身定制节能控制策略，使泵站始终在高效区运行。同时，信息化使泵站工况预测更加准确，调度控制更加精细，有效减少了能源浪费。

在运行维护成本方面，信息化后 6 座泵站平均降低检修成本 16.4%。其中设备检修率降低了 3.7%，备品备件库存下降了 12.6%。传统的定期检修模式依赖于经验判断，准确性不高，易造成过度检修和备件积压。而信息化系统通过设备状态实时监测与趋势预测，可准确把握设备健康

状况，预判故障风险，从而实现“预防为主、状态检修”的精细化管理模式，有效降低检修成本。

表 2 为泵站信息化前后关键性能指标的对比。可以看出，泵站信息化对提质增效、降本减排具有明显促进作用。随着信息化水平的持续提升，泵站的综合效益有望进一步提高。

表 2 泵站信息化前后关键性能指标对比

指标	信息化前	信息化后	优化幅度
综合效率	83.6%	88.4%	+4.8%
设备检修率	19.2%	15.5%	-3.7%
备品备件库存	746 万元	652 万元	-12.6%

在效益评估的基础上，还应建立科学的效益分配机制。一般来说，泵站信息化投入与产出之间存在显著的正相关关系，可用如下模型表达：

$$P = aI^b$$

其中，P 为信息化产出，I 为信息化投入，a、b 为待定参数，反映了投入产出弹性。

据测算，6 座泵站信息化投入与节能效益的弹性系数 b=1.36，即信息化投入每增加 1%，节能效益增加 1.36%。因此，应合理提高信息化投入比例，并建立与节能效益联动的激励机制，调动泵站管理单位和职工的积极性，形成推进信息化的良性循环。

4 结语

泵站是水利工程不可或缺的重要组成，事关防洪、灌溉、供水等国计民生。推动泵站信息化，利用现代信息技术改造提升传统泵站，对于提高泵站运行效率、保障安全、促进节能减排、推动水利现代化具有重大意义。本文在分析泵站信息化意义的基础上，梳理了当前泵站信息化发展存在的体系集成度不高、智能化水平偏低、安全防护体系不健全、信息化人才匮乏等突出问题，并提出了顶层设计、关键技术攻关、完善安全防护、加强人才培养等对策建议。

【参考文献】

- [1] 蒋峰. 水利工程泵站信息化技术的应用[J]. 黑龙江水利科技, 2023, 51(8): 132-134.
 - [2] 安子玉. 电力提灌水利工程泵站信息化技术的应用分析[J]. 科技与创新, 2023(1): 173-175.
 - [3] 张静. 水利工程泵站信息化技术的应用研究[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2023(11): 55-58.
 - [4] 冯瑶瑶. 水利工程泵站信息化技术的应用[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2023(12): 9-12.
 - [5] 戴元富. 水利工程泵站信息化技术的应用研究[J]. 中文科技期刊数据库(引文版)工程技术, 2023(8): 22-25.
- 作者简介：张聪慧（1989.10—），女，毕业院校：河海大学，所学专业：水利工程，当前工作单位：浙江大禹信息技术有限公司，职务：工程师，职称级别：中级。