

智慧水利背景下泵站生产运行效率提升的 数字化管理方法探讨

王 蒙

新疆通达热力有限责任公司 新疆 乌鲁木齐 830000

摘 要: 智慧水利背景下,传统泵站运行管理模式存在流程依赖经验、信息传递低效、协同困难等问题,制约效率提升。数字化管理通过构建全要素感知体系、数据驱动智能优化、全流程协同管理等方法,结合物联网、大数据等技术支撑与组织优化、人才建设等管理保障,分阶段推进实施,可有效突破设备、调度、能耗、人员等层面的效率瓶颈,实现泵站运行效率持续提升。

关键词: 智慧水利; 泵站; 数字化管理; 运行效率; 智能运维

引言:水利事业发展对泵站运行效率提出更高要求,传统管理模式在流程标准化、信息共享、动态感知及决策科学性等方面存在局限,导致设备管理滞后、调度效率低、能耗管控粗放、人员效能不足等问题。数字化管理凭借其全要素感知、数据智能分析、流程协同优化等优势,为突破泵站运行效率瓶颈提供了新路径,成为智慧水利建设的关键环节。

1 泵站生产运行管理现状与效率瓶颈分析

1.1 传统泵站运行管理模式的局限性

传统泵站运行管理流程长期依赖工作人员的经验积累,各项操作规范和管理要求多以口头传递或纸质记录形式存在,缺乏通过数字化手段构建的标准化流程体系^[1]。不同岗位人员在执行任务时容易因个体经验差异产生操作偏差,导致管理环节的稳定性与一致性不足。各管理环节之间信息传递多依靠人工交接,从数据采集、整理到上报往往需要经过多个层级,信息在流转过程中易出现延迟和损耗。各部门或岗位间的信息存储多局限于自身使用的系统或文档,缺乏统一的信息共享渠道,形成相互隔离的信息孤岛。这使得跨环节的协同工作需要额外投入大量时间进行信息核对与整合,显著降低整体协同效率。在关键信息掌握方面,对设备运行状态、周边水文环境参数、能耗变化等核心数据的获取,多依赖定期人工巡检和定点监测,难以实现对泵站运行全场景、全时段的动态感知。管理决策过程中,往往只能依据有限的历史记录和直观观察进行判断,缺乏全面、实时的数据作为支撑,导致决策的科学性和前瞻性不足。

1.2 泵站生产运行效率提升的核心瓶颈

设备管理层面,对设备运行状态的监测多采用事后排查或固定周期检测的方式,无法实时捕捉设备内部零

件磨损、参数异常等细微变化。当设备出现故障征兆时,难以及时发出预警,往往要等到故障彻底爆发影响运行后才能进行处理,由此造成的非计划停机时间过长,严重影响泵站整体运行效率。运行调度层面,调度方案的制定主要依据过往的运行数据和工作人员的现场经验判断,难以根据实时变化的水文条件、用水需求、设备负载等因素进行动态调整。制定的调度方案往往只能适应固定场景,无法实现资源最优配置,导致调度效率始终处于较低水平。能耗管理层面,缺乏能够精准采集各设备、各环节能耗数据的监测系统,对泵站整体能耗构成和高耗能环节的认知较为模糊。由于无法对能耗数据进行深入分析,难以找出能耗浪费的关键节点,自然无法制定具有针对性的节能优化策略,造成能源资源的不必要消耗。人员管理层面,对于工作人员的日常工作状态、任务完成质量、专业技能水平等方面的评估,缺乏数字化的量化指标和动态跟踪手段。难以准确判断人员技能与岗位需求之间的匹配程度,无法根据人员能力短板开展精准培训,导致人力效能无法得到充分发挥,间接制约泵站运行效率的提升。

2 泵站生产运行效率提升的数字化管理核心方法体系

2.1 全要素数字化感知与数据治理方法

(1) 泵站运行全要素感知体系构建。设备状态感知围绕泵组、电机、阀门等核心设备,部署适配的振动传感器、温度检测仪、压力监测仪等装置,实时捕捉振动、温度、压力等关键参数,精准判断设备运行是否稳定,提前察觉细微异常^[2]。环境与工况感知覆盖水位、流量、水质、气象等外部运行环境参数,通过水位计、流量计、水质分析仪及气象监测设备获取数据,为泵站运行调整提供全面的环境参考。能耗与运行参数感知借助

专用电能采集器、转速传感器等设备,实现对泵站耗电量、机组运行转速、流量等运行数据的实时采集,全方位掌握能耗与运行状态变化。(2)多源数据标准化与融合治理。制定统一的数据采集标准与编码规范,对不同来源数据的格式、采集频率、精度要求及编码规则等作出明确规定,确保数据格式高度一致。建立数据清洗、校验与补全机制,对采集到的杂乱数据进行重复值剔除、异常值筛选整理,通过交叉验证等方式验证数据准确性,采用合理插值法填补缺失数据,切实提升数据质量。构建数据融合模型,依据数据间的内在关联与业务逻辑,将设备、环境、能耗等多源数据进行深度关联整合,形成完整且具有应用价值的数据库资源。

2.2 基于数据驱动的智能运行优化管理

(1)设备智能运维管理。构建设备数字孪生模型,将设备物理特性、结构参数与实时运行状态精准映射到虚拟空间,实现设备从安装调试、日常运行到维护保养、退役报废的全生命周期状态可视化。基于设备运行数据,运用机器学习、数据分析等相关技术构建故障诊断与预警模型,提前发现设备潜在故障隐患,实现精准的预测性维护。建立设备维护计划智能生成与执行跟踪机制,根据设备运行状况、故障预警信息及维护周期自动制定维护计划,通过系统实时跟踪执行过程,合理调配人力、物资等维护资源,优化维护资源配置。(2)动态优化调度管理。搭建基于实时数据与预测数据的调度决策模型,融入用水需求、防洪要求、生态保护等多目标因素,为调度方案制定提供科学可靠依据。通过模型对不同调度场景下的方案进行动态推演与多维度对比分析,自动挑选出兼顾效率与效益的最优调度策略^[3]。建立调度指令的数字化下达与执行反馈闭环,借助系统快速将调度指令传达至各执行环节,实时收集执行反馈信息,及时调整偏差,确保调度方案高效落地。(3)精准能耗管控。构建能耗分析模型,结合设备运行参数、环境工况等数据,深入剖析泵站能耗构成与变化规律,准确识别能耗关键影响因素与可挖掘的节能潜力点。结合实时运行工况,通过智能算法动态调整设备运行参数,在充分满足泵站运行需求的同时实现能耗最优运行。建立能耗指标数字化考核体系,细化各环节、各设备的能耗标准,明确责任主体,通过数据监测与考核评估,推动能耗管理责任落实到位。

2.3 全流程数字化协同管理

(1)管理流程数字化重构。全面梳理泵站生产运行全流程,理清各环节的衔接关系与职责分工,把巡检、维护、调度等各个环节的工作内容、操作规范与流程节

点转化为标准化的数字化流程。搭建数字化 workflow 管理平台,依托平台设置自动触发机制与流转规则,实现流程节点的自动化流转与全程实时监控,及时发现并解决流程卡顿问题,提升流程运转效率。建立流程绩效评估机制,从流程耗时、任务完成质量、资源利用率等维度定期评估流程运行效果,根据评估结果持续优化数字化管理流程。(2)跨部门协同管理机制。构建统一的数字化协同管理平台,整合各部门业务数据与工作信息,打破部门间的信息阻隔与数据壁垒,实现信息实时互通共享。建立基于角色的权限管理体系,根据不同岗位人员的职责与工作要求,精准分配信息访问、操作与审批权限,保障信息共享安全与业务协同有序开展。搭建协同沟通与任务分配模块,支持即时消息传递、文件共享与在线协作,快速分配跨部门任务并跟踪进度,提升跨部门工作响应速度与执行效率。

3 泵站数字化管理方法落地的关键支撑

3.1 技术支撑体系

物联网技术通过部署各类感知终端与传输设备,为全要素感知提供坚实的硬件基础与数据传输通道。这些设备如同神经末梢,深入泵站各个角落,精准捕捉设备状态、环境工况等各类数据,实现数据从采集到传输的实时性与连续性,为后续数字化管理提供鲜活数据来源。大数据技术具备强大的数据存储能力,可容纳泵站长期运行产生的海量数据,同时依托高效的数据处理与分析算法,对繁杂数据进行深度挖掘,提炼有价值的信息,转化为支撑管理决策的有效数据能力^[4]。人工智能技术凭借其学习与推理能力,在设备故障诊断中能快速识别异常数据特征,精准定位故障点;在运行优化调度中,可综合多方面因素快速计算最优方案,为各类智能决策场景提供有力赋能。数字孪生技术以真实泵站为原型,在虚拟空间构建完整的泵站映射模型,将实时运行数据同步至虚拟模型,实现运行状态的直观可视化,同时能模拟不同工况下的运行情况,为方案推演与优化提供可靠平台。网络通信技术搭建稳定的传输网络,保障数据在各设备、各系统间传输的稳定性,通过加密等技术手段抵御网络风险,确保数据传输安全,为各系统之间的互联互通提供稳定保障。

3.2 管理保障体系

组织架构优化打破传统管理模式的局限,根据数字化管理需求重新梳理部门职能与岗位设置,建立权责清晰的组织架构。明确各部门在数字化管理中的具体职责,细化每个岗位的工作内容与目标,确保数字化管理工作有序推进。制度体系完善围绕数字化管理全流程,

制定涵盖数据管理、系统运维、安全管理等方面的配套制度。规范数据采集、存储、使用等环节的操作标准,明确系统日常维护的流程与要求,划定安全管理的边界与措施,让数字化管理流程有章可循。人才队伍建设针对现有人员的知识短板,开展系统化的数字化技术与管理培训。通过理论教学、实操演练等方式,提升人员对数字化工具的运用能力,培养出既懂水利专业知识,又掌握数字化技能的复合型人才,为数字化管理提供人力支撑。安全保障机制从数据安全、网络安全、系统安全三个维度构建全方位防护体系。采用数据加密、权限管控等手段保护数据安全,部署防火墙、入侵检测等设备保障网络安全,建立系统备份与应急修复机制维护系统安全,全方位保障数字化管理稳定运行。

4 泵站数字化管理的分阶段实施路径

4.1 基础建设阶段

此阶段聚焦数字化管理的根基搭建,优先完成全要素感知设备的科学部署。根据泵站设备分布、运行场景特点,在泵组、电机等核心设备及周边环境关键点位,合理安装振动、温度、压力等监测设备,同步搭建稳定的数据采集网络,确保设备运行、环境工况等核心参数能够实时捕捉并传输。在此基础上,建立基础数据管理平台,搭建数据存储与处理框架,对采集到的各类原始数据进行标准化梳理,统一数据格式与编码规则,同时开展初步的数据清洗治理工作,剔除无效、重复数据,为后续数据应用奠定基础。针对设备巡检、日常维护等核心管理流程,打破传统线下操作模式,梳理流程中的关键节点与责任分工,将其转化为标准化的数字化流程,借助简单的数字化工具实现基础环节的线上化管理,完成数字化管理的初步落地。

4.2 优化提升阶段

进入该阶段,重点推进数字化管理从基础向智能升级。上线智能运维系统与动态调度系统,将设备运行数据与运维经验融入系统,实现设备故障的提前预警与预测性维护;结合用水需求、防洪要求等实际场景,通过动态调度系统开展多目标优化调度,让调度方案更贴合实际需求^[5]。进一步完善数字化协同平台功能,打通各部门业务数据链路,将跨部门协作的申请、审批、执行等

全流程转移至线上,消除部门间的信息壁垒,提升协同效率。同时,收集泵站历史能耗数据与实时运行参数,构建贴合实际的能耗分析模型,通过模型识别高耗能环节与节能潜力,据此制定针对性节能优化措施,同步建立能耗考核机制,明确各环节能耗标准,推动节能管理常态化。

4.3 成熟应用阶段

此阶段致力于实现数字化管理的深度融合与持续迭代。深化数字孪生技术应用,构建与泵站实体高度一致的虚拟模型,结合人工智能技术对泵站运行全场景进行模拟分析,为设备运维、调度决策等提供全面的智能支持。推动泵站数字化系统与智慧水利平台的深度对接,实现数据共享与业务协同,使泵站管理融入区域水利整体协同管理体系,提升区域水利调度的整体性与高效性。此外,建立数字化管理持续优化机制,定期收集运行数据与管理反馈,分析数字化管理存在的不足,针对性调整管理方法与系统功能,实现泵站运行效率的持续提升与管理模式的动态迭代升级。

结束语

智慧水利浪潮下,泵站数字化管理是提升运行效率的必然选择。通过构建全要素感知与数据治理体系、实施数据驱动的智能优化管理、推进全流程数字化协同,并辅以技术与管理双重保障,分阶段有序推进,泵站可实现从传统管理向智能化、精细化管理的转型,为水利行业高质量发展提供坚实支撑,助力智慧水利目标达成。

参考文献

- [1]张瑞涛,宋亚路,夏琼.水利工程运行管理数字化改革实践与探索[J].水电站机电技术,2022,45(08):140-142.
- [2]马楠楠.水利工程运行管理数字化改革实践与探索[J].水电水利,2023,7(6):136-138.
- [3]朱明,王丽.智慧水利背景下水利工程管理数字化转型路径研究[J].中国水利,2022,(8):27-31.
- [4]李晨,张宏伟.水利工程智能运维与数字化管理实践[J].水利科技与经济,2021,27(6):54-59.
- [5]吴鹏,周宇.水利工程数字化运行管理模式探析[J].水利信息化,2023,(12):13-18.