

大数据技术在水利工程管理中的应用研究

李长安

山东大禹水务建设集团有限公司, 山东 济南 250000

[摘要]伴随着水利工程体量日益扩大以及管理需求越来越高涨的情况下, 传统的水利管理模式出现了数据碎片化、反馈延迟、决策粗糙等问题, 在此情况下大数据的技术发展让水利工程管理有了新的技术方案。文章就水利工程管理特征及其大数据应用的优势进行探讨, 并分别对数据采集及处理平台建设、应用策略保障以及智能应用场景这三个方面进行了研究发现, 建立“空天地水”的一体化感知系统、建设分布式的大数据存储及计算环境、建立健全相关配套制度与人员培养机制, 可以在工程的安全监管、水量调配、设备故障预警等方面做到智能控制。山东省利用莒县打造水利运行状态“一屏掌控”的智慧水利平台, 汇聚全县 565 处雨量计、视频监控等前端监测设施, 做到预警发布“秒速达”、现场险情“立拍立传”, 山东水设开发的数字孪生水利工程智能调度系统, 在胶东调水工程中把分水工况调整时间由原来的 24h 缩减为 6h, 临时供水任务提前 4 天结束的同时节约用水 400 万 m³。该文证明了大数据技术对增强预警精确度、加快反应速度等具有很大优势, 可以给水利工程建设数字化升级改造带来借鉴。

[关键词]大数据技术; 水利工程管理; 应用策略

DOI: 10.33142/hst.v9i2.19165

中图分类号: F407

文献标识码: A

Application Research on Big Data Technology in Water Conservancy Engineering Management

LI Chang'an

Shandong Dayu Water Construction Group Co., Ltd., Ji'nan, Shandong, 250000, China

Abstract: With the increasing scale of water conservancy projects and the growing demand for management, traditional water conservancy management models have encountered problems such as data fragmentation, feedback delay, and rough decision-making. In this situation, the development of big data technology has provided new technical solutions for water conservancy project management. The article explores the characteristics of water conservancy project management and the advantages of big data applications, and conducts research on three aspects: data collection and processing platform construction, application strategy guarantee, and intelligent application scenarios. It is found that establishing an integrated perception system of "sky, earth, and water", building a distributed big data storage and computing environment, and establishing sound supporting systems and personnel training mechanisms can achieve intelligent control in engineering safety supervision, water allocation, equipment failure warning, and other aspects. Shandong Province has utilized Ju County to create a smart water conservancy platform with "one screen control" of water conservancy operation status, gathering 565 front-end monitoring facilities such as rain gauges and video surveillance throughout the county, achieving "instant delivery" of early warning and "instant shooting and transmission" of on-site dangerous situations. The digital twin water conservancy engineering intelligent dispatch system developed by Shandong Water Design has reduced the adjustment time of water distribution conditions from 24 hours to 6 hours in the Jiaodong Water Diversion Project, saving 4 million cubic meters of water while ending temporary water supply tasks 4 days in advance. This article proves that big data technology has great advantages in enhancing early warning accuracy and accelerating response speed, which can provide reference for the digital upgrading and transformation of water conservancy engineering construction.

Keywords: big data technology; water conservancy engineering management; application strategy

引言

水利工程是国民经济的重要基础设施, 我国已建成数

百万座水利工程, 在防洪、供水等方面发挥着不可替代的作用。但随着工程服役年限增长, 传统以人工巡查和经验

决策为主的管理模式已难以满足智能化发展需求。水利部明确提出，到 2027 年推进大型水库、水闸等工程数字孪生建设，到 2030 年基本实现运行管理业务与数字孪生深度融合。近年来，物联网、大数据等技术快速发展，为水利工程管理提供了新手段。水利工程运行中积累了海量监测数据，涵盖结构安全、水文气象等多个维度，蕴藏着巨大价值。山东省抓住水利信息化升级契机，莒县集成接入了气象卫星、测雨雷达以及全县 565 个雨水情、视频监控等前端感知设备，形成调度信息数据库，编织覆盖全县雨水工情的全天候、立体式动态监测网。如何有效应用这些数据，提升管理科学化水平，已成为水利行业的重要课题。本文立足实际，系统探讨大数据技术在水利工程管理中的应用路径。

1 大数据在水利工程管理中的应用优势

大数据技术应用于水利工程管理的优势在于其强大的数据处理能力、完善的安全监控体系以及及时准确的调度指挥。从数据处理角度来看，水利工程运作期间所产生大量的数据量大、种类丰富、更新频繁等特征，传统的数据管理方法无法满足需求，使用了大数据技术之后的数据处理能力大大增强，能够方便的对大数据进行批量化操作。山东移动在枣庄、德州等地的重点地区建立集 AI 与数字孪生于一体的智慧防洪系统，可以实时收集气象、水文、工情等多种信息，建立洪水演进模型，汛情预警能力提高到 40%，预警精准率达到 90% 以上。在安全监控能力上，传统的预警手段是基于固定的数值界限来进行判断，存在着反应迟缓，精确度不高的一些缺点，而大数据技术结合了多个来源的检测数据以及对智能算法的应用，可以做到工程的安全状况的实时判定及未来走向的预报。山东移动在临沂等地水库部署 5G700M 低时延高可靠网络，实时采集到大坝浸润线以及位移、变形等重要指标的数据并迅速上传，形成“无人值守+智能诊断”的安全管理方式，人工巡查次数减少 50%，故障预警正确率达到 92% 以上。在调度决策速度上，水资源调配要面对多种水源、不同用户的需求与目标的问题，大数据技术能够把气象预报、来水预报、用水需求等多种来源的信息整合起来，运用智能算法进行最优的调配方案的选择。山东省黄河河务局建立的大汶河流域防洪“四预”体系，2025 年秋汛防御期间，组织开展超过 10 次洪水调度模拟预演，系统预报误差维持在 100 立方米/秒左右，东平湖老湖增蓄 2.5 亿立方米，圆满完成好防汛、蓄水双重任务。大数据的应用让水利工程管理实现了由“经验判断”到“数据分析”的飞跃，也为智慧型水利建设提供助力。

2 水利工程大数据采集与处理平台构建

2.1 多源数据采集体系建设

建设全方位、高精度的感知系统是水利大数据应用的前提条件。新时期水利工程应形成全天候、立体式的观测感知系统，综合利用各种传感器、遥感图像、视频监控、手机 APP 等多种形式的获取方式（如表 1 所示），达到感知水利工程整体运行状态的目的。山东省莒县智慧水利平台集合了数字水库管理信息系统、山洪灾害监测预警系统以及水文信息发布系统等，并采集气象卫星、测雨雷达以及全县 565 个雨量站、视频监控点、流量监测站等前端采集终端的信息数据，形成全县范围内的“网机两端”调度数据池。多源数据采集系统应综合考虑各种观测站站网设计，确定观测频次、信息格式、通信方式等相关技术参数要求以保障信息的全面、统一和及时。淄博市水文中心经过多年的不断建设，在桓台县遼家村创建了包括了“雨量、地下水、灌溉用水量与土壤湿度”四个方面的综合型农业水资源全部要素示范区观测站，能够及时准确把握区域内水循环过程。

表 1 水利工程多源数据采集一览表

数据来源	采集方式	数据类型	采集频率	主要用途
雨量站	自动雨量计	降雨量	分钟级	洪水预报
水文站	水位计、流速仪	水位、流量	小时级	水资源调度
大坝监测点	位移计、渗压计	变形、渗流	实时/每日	安全监测
卫星遥感	遥感影像	土地利用、水体面积	定期	流域管理
视频监控	高清摄像头	现场视频	实时	工程巡查
气象站	气象传感器	温度、风速、蒸发	小时级	需水预测
土壤墒情站	土壤水分传感器	土壤含水量	每日	灌溉管理
水质监测站	水质分析仪	pH 值、浊度、溶解氧	小时级	水质安全

2.2 数据库与处理平台建设

水利大数据具有多源异构、时序性强、体量巨大等特点，需要构建适应数据特征的存储与处理平台。数据库建设应遵循“一数一源”的原则，建立统一的数据资源目录和数据标准体系。莒县智慧水利平台建立在日照市市级政务云之上，在线应用 4 台云主机及 3 个云数据库，利用云计算中心巨大的存储及处理能力，形成坚强有力的数据中心，支撑起水利工程虚拟仿真、流域发展推演等多种复杂模型精确计算分析。处理平台架构通常采用分层设计，包括数据接入层、存储层、计算层和服务层。山东水设开发了“多维数据赋能的现代型水库运维及智能化调度报警系

统”，聚合“空天地水工”等多种信息来源的数据以及基于高精度的 BIM+GIS 模型搭建、多目标优化调度算法来形成一个具有全方位的“感知-分析-决策-调度”链路式体系化的智慧管理系统。平台架构设计需要充分考虑扩展性和可靠性，支持横向扩展以实现存储和计算能力的弹性伸缩，通过多副本机制和容灾备份保障系统稳定运行。

3 大数据技术在水利工程管理中的应用策略

3.1 完善大数据应用配套制度

大数据技术广泛应用需要完善的制度保驾护航，在此之前首先要建立数据管理制度，对数据采集、储存、应用以及分享等进行相应的规章制度，落实责任人。河口河务局争取印发《河口区黄河防汛职责》《河口区黄河防汛应急管理实施办法》，严格执行“三个责任人”制度，明确各防汛工程行政责任人、技术责任人及巡查责任人，做到分工明确、任务到人、衔接配合。其次要健全数据共享机制，克服部门间的障碍，构建上下级之间、区域间的数据共享平台，使水利行业的数据资源得到最大化开发。^[1]山东河务局努力解决数据交换难的问题，在水利、气象、水文等多个部门反复沟通之下，实现了与山东省水利厅间双向互通的专线数据通道，采用接口方式获得工程基本情况，测雨雷达、河道断面等重要信息并且及时发布新安江、时空变元等模型预报结果。

3.2 加强基础设施建设与维护

基础设施是大数据应用的基础承载，要统筹考虑好感知层、网络层、存储层建设，在感知层，需要针对不同的工程项目科学设置相应的传感器与监控装置，河口河务局对大堤重点防汛工程设置了 2 座无人机基地，3 个遥测水位站、一个滩岸监测平台，做到了及时有效的获取水雨情信息以及工程项目状况；在网络传送层面上，应当建立有线无线相结合的信息传输架构来保证监测信息的可靠传送。基础设施要有持续性的维护方案，以保持良好的工作状态。

3.3 提升人员专业素质与技能

人才是大数据技术应用的核心资源，在这方面首先应该强化复合型人才的培养，利用校企共建、专业技术培训等方式，培养一批既懂水利业务又了解大数据技术应用的复合型人才。河口河务局每年在汛前都由技术骨干进行防汛调度、险情辨别的专项培训，五年来共培训了 2300 多人次，选派技术人员对地方政府及油田企业进行防汛演练，做到技术上的相互支撑。其次是经常性的技能培训，让管理人员认识到如何使用大数据的基本知识。

3.4 科学构建与管理水利数据库

数据库建设首先要做好顶层设计，明确数据库的总体

架构、数据标准、接口规范等。莒县建立水库矩阵安全管理体系，汇集 206 个水库注册资料、工程概况等各种信息共计 66.5 万余条，与山东省水库矩阵系统对接，每日上传信息量达到 1 万余条，以数字孪生、水利模型、人工智能识别等方式及时生成监测预警、气象水文解析及应急方案。其次要建立数据资源目录，对各类数据资源进行分类分级，方便数据的查找和使用。再次要加强数据质量控制，建立数据质量检查和评估机制，对数据的准确性、完整性、一致性进行持续监测和改进。

4 基于大数据的水利工程智能应用

4.1 工程安全监测与预警

工程安全监测是水利工程建设管理的重点任务。基于大数据技术支持下的安全监测系统可以集成形变、渗流量、应力、环境量等多种工程监测数据，利用数据挖掘以及智能化手段对整个工程的安全状况进行实时监控及预警预报工作。山东移动在临沂等地水库部署了 5G700MHz 低延时高可靠专网，实施对大坝渗压、位移、变形等重要指标的毫秒级检测及上传，形成了“无人看守+智能判别”的安全管理方式。智能化报警系统应形成一套完善的报警指标系统，依据工程情况以及运转特点制定出符合实际的标准的报警临界点与报警级别（如表 2 所示）；河道河务局建立“空地一体式”巡逻体系，采用“无人机空中巡视、视频监控动态报警、人工细致检查”三管齐下的方式，提高发现隐患的速度，真正实现由传统防汛“脚跑眼观”的弊端。

表 2 大坝安全监测指标与预警阈值对照表

监测项目	监测指标	正常范围	关注阈值	警戒阈值	监测频率
变形监测	水平位移	±5mm 以内	±5~10mm	±10mm 以上	每日
变形监测	垂直位移	±3mm 以内	±3~6mm	±6mm 以上	每日
渗流监测	渗流量	10L/s 以下	10~20L/s	20L/s 以上	实时
渗压监测	扬压力	设计值 80% 以下	80%-90%	90% 以上	实时
应力监测	混凝土应力	抗拉强度以内	抗拉强度 80%-90%	抗拉强度 90% 以上	每周
环境量监测	库水位	正常蓄水位以下	正常-设计洪水位	设计洪水位以上	实时
降雨量	小时降雨强度	10mm/h 以下	10-20mm/h	20mm/h 以上	实时

4.2 水资源调度与运行优化

水资源调度是水利工程发挥综合效益的重要步骤,以大数据为基础建立起来的水资源调度系统可以同时接入多个信息源,如天气预报、降水预测、用水需求、工程性能等,由模型算法产生一种最优调度方案^[2]。山东水设自主开发的数字孪生水利工程项目智慧调度系统,围绕“三平台一中枢+N个业务系统”的总体框架,形成一套完整的调水工程全链条自动化调度管理系统,完成从源头调水到闸门精确控制的全过程智能化管控,流量分配精确到厘米以及分钟单位。调度优化需要统一协调防洪、供水、发电、生态等多种因素,在多个目标中寻找最优组合。此系统应用于胶东调水工程时,把原本需要 24h 调节到 6h 内完成分水状况,应急供水工作比常规方案早四天结束并同时节约用水四百万立方米。

4.3 设备状态预测性维护

基于大数据设备健康管理平台可以实时获取到设备运行状态信息并对设备的运行情况进行统计分析以发现设备健康状况并预警可能出现的问题使设备维修由定期检修转变为预防性检修。山东公司在济南簸箕刘沟二标项目部对汽车吊、挖掘机以及装载机三种重要机械采取“一台一策”的检查办法,执行“每日液压系统专项巡检”,加强对管线的密封性和油温的监控,预防冬季环境温度低引起的故障隐患。预测性维护需要构建设备故障分析模型用以对设备的历史故障数据、实时监控数据等进行分析找出设备发生故障征兆并及时提醒。项目部设立机械设备运转电子台账,如实记录工作时数、发生频率等数值,依据数据分析提前预警维修时机,使得机械设备的故障率被限制到 2% 以内。

4.4 工程全生命周期管理

以大数据为基础进行全生命周期管理平台的构建,可以将各个阶段产生的数据及信息收集起来,完成工程信息流通以及交互,为各阶段管理决策提供依据。在建设项目中运用 BIM 技术和物联网结合的方式,实现在建期间的质量控制,进度控制,安全管理数字化管理^[3]。

5 结语

大数据技术正在促使水利管理由“经验时代”转向“数据时代”重大转变。“天空地水一体化”感知体系、“分布式存储+云计算”平台、“数据化管理+人才培养”保障体系相结合,可以在水灾害预警防范、水库调度优化、故障预防维修、全寿命周期监管等方面开展智能管理。然而当前也存在数据互不兼容、信息系统碎片化严重、综合性人才匮乏等问题。以后在数字孪生、人工智能等的加持下,水利工程建设管理将会变得更加智能化、更加精准化以及更加高效的管理方式;建议管理部门根据自身情况来规划大数据的应用方案,逐步进行并及时调整更新,以促进水利管理信息化的发展进程。

[参考文献]

- [1]易成钰.大数据技术在水利工程管理中的应用研究[J].中国管理信息化,2025,28(22):236-238.
- [2]奚宏.大数据技术在水利工程管理中的应用[J].河南水利与南水北调,2022,51(10):102-103.
- [3]闫涛,李洋.大数据技术在水利工程建设中的应用研究[J].城市建设理论研究(电子版),2025(19):220-222.

作者简介:李长安(1998.8—),毕业院校:国家开放大学,所学专业:土木工程,当前就职单位:山东大禹水务建设集团有限公司,职务:助理工程师,职称级别:初级。