

智慧水利系统架构与关键技术研究

赵博雅 杨帆

河南黄河水文勘测规划设计院有限公司，河南省郑州市，450000；

摘要：本文聚焦于智慧水利系统，深入探讨其架构与关键技术。首先阐述智慧水利系统的定义、内涵、架构组成要素及设计原则，为系统构建提供理论基础。接着详细分析物联网、大数据与云计算、人工智能、地理信息系统（GIS）等关键技术智慧水利中的应用。最后介绍智慧水利系统在水资源管理、防洪减灾、水利工程管理等方面的实际应用。研究表明，智慧水利系统凭借先进技术，能有效提升水利管理的效率和决策的科学性，为水利事业的可持续发展提供有力支撑。

关键词：智慧水利；系统架构；关键技术；水利应用

DOI：10.69979/3060-8767.26.02.018

水利事业是国民经济和基础产业，在保障社会稳定、促进经济发展等方面发挥着重要作用。随着信息技术的飞速发展，传统水利管理模式面临诸多挑战，难以满足日益增长的水利需求。智慧水利作为水利信息化发展的高级阶段，融合了物联网、大数据、人工智能等先进技术，为水利事业的发展带来了新的机遇。通过构建智慧水利系统，能够实现对水利信息的全面感知、高效传输、智能处理和科学决策，提升水利管理的精细化、智能化水平。因此，深入研究智慧水利系统架构与关键技术具有重要的现实意义。

1 智慧水利系统架构概述

1.1 智慧水利系统的定义与内涵

智慧水利系统属于结合现代信息技术的综合平台，其目的在于对水利信息全方位感知、快速传输、深入剖析并智能应用。此系统把水利业务需求当作核心驱动力，整合各种涉水数据资源包括工程设施状况、水资源分布情形以及生态环境品质，实现资源共享与协同作业，为科学决策提供可靠的资料支持，经由部署多种传感装置和监测设备，可以精准得到重要指标数值例如水位变动情况、流速动态表现、水质参数以及气象要素等等，进而形成覆盖全部地域范围内的细致观测网络结构，依靠先进网络通信技术手段，各个分散节点之间的相互连接不断优化改善，使得它们之间能够开展实时互动交流并完成即时更新操作，彻底解决以往那种存在大量孤立现象的问题局面，明显改进整体运行效能及应对紧急事态的能力水平。运用大数据、人工智能等先进技术，可以对大规模水利数据执行深入分析和智能挖掘，提炼出潜

在的价值信息并形成知识体系，进而给水利工程给予智能化的诊断、精准预测以及科学决策支撑，依照用户需求导向原则，把智慧水利平台的各项功能板块和服务资源汇总起来，向政府部门和社会公众供应量身打造又便捷高效的信息服务方案，切实符合各类应用诉求^[1]。

1.2 智慧水利系统架构的组成要素

智慧水利系统架构主要由感知层、网络层、平台层和应用层组成。其中，感知层是基础环节，负责水利信息的采集工作，包括各种传感器、监测设备以及摄像头等装置，在水利工程设施上普遍设置这些终端，水资源分布区里也常见它们的身影，并且在水环境监控点周围同样存在部署现象；可以实时得到诸如当前水位高度、流速流量状况、水质参数情况以及气象条件数据等相关信息反馈，而这一层级所采用的末端设备必须具备较高精确度测量水平、较强稳定性保障措施及低能耗特点才能够达到相关要求标准。网络层起到关键作用作为载体来完成从感知到平台之间的信息交互任务分配给它使用的方法主要包括了有线/无线两种形式比如光纤接入方式还有 Wi-Fi 连接技术或者 GPRS 模块再者就是 4G/5G 技术并且还应该符合高速率传输短时延处理信息安全等方面的基本需求才可以称得上合格。平台层则是整个体系中的中枢神经所在之处，着重关注于水利大数据存储管理方面的工作内容进行业务逻辑运算并实施智能分析决策功能实现过程当中都会涉及到的内容都被包含进来。它包括数据存储系统、数据处理系统与数据分析平台经由整合、清洗、挖掘及分析海量水利相关数据，提炼关键信息并形成知识图谱，给决策层给予

精准支撑,该平台属于智慧水利体系的重要构成部分,必须具备较高的弹性扩展性能,较强稳定性以及高效能特性,才能应对不断增长的数据处理需求,应用层级为系统的末端表现形式,主要任务是把各个功能模块和服务接口推送到用户端口当中去。

1.3 智慧水利系统架构的设计原则

设计智慧水利系统架构的时候要遵守这些原则,智慧水利系统应该采用开放的体系结构和标准接口,这样方便和其他系统集成以及数据共享,还要能接受不同硬件设备和软件系统的接入,从而符合不断发展变化的信息技术和水利业务需求,智慧水利系统要有很高的可靠性,在各种复杂环境里都能稳定工作,所以在设计的时候要用冗余设计、容错技术之类的办法来提升它的可靠度和可用性,智慧水利牵涉很多敏感信息和重要数据,像水资源数据,水利工程数据等等,所以必须重视安全。在系统架构设计阶段,要结合加密算法、权限管理等技术手段来保障数据安全和用户隐私,在水利行业信息化进程加快且信息技术持续革新的背景下,智慧水利平台需要不断地完善自身功能模块并扩大服务覆盖范围。采用模块化与分层化的开发策略能够极大地增强该系统的扩展性及适应能力。

2 智慧水利系统关键技术分析

2.1 物联网技术在智慧水利中的应用

物联网技术是智慧水利系统的支柱性支撑手段,把各种各样的传感装置和监测设备接入互联网平台之后,就可以做到对水利工程设施、水资源状态以及水环境参数展开即时的监督与远程调节,它的主要作用就是依靠遍布在水利基础设施里的多种类感知节点包含水位计、流量表和压力传感器等,来搜集并传送运行数据,进而快速察觉到也许潜藏的问题或者隐患,并给予运维决策以科学参考,在这个技术支持之下,可以全方位获取区域内的水资源数量、品质及其时空分布信息变动走向的数据情况,从而为达成高效的利用与精细管理奠定坚实的基础。通过在河流、把水质监测设备和气象观测装置部署到湖泊、水库之类的水域当中去,就能够做到对水环境质量参数实施即时采集,并且凭借数据分析来给予早期污染预警的服务项目,从而给水资源管理决策赋予科学依照,依靠物联网技术创建水利设施远距离管控平台—集合泵站启动停止调度以及闸门开启关闭控制等

功能模块的运作系统,有益于改进水利工程运作效能并改善其维护水平^[2]。

2.2 大数据与云计算技术在智慧水利中的应用

大数据与云计算技术为智慧水利系统数据处理和存储给予了很强的支持。大数据技术可以针对大量的水利数据执行采集、储存、分析及挖掘,从而提炼出有用的信息和知识,而云计算技术能够给予灵活的计算资源和存储资源,契合智慧水利体系对于运算和存储的要求。大数据和云计算技术在智慧水利中的应用主要是利用云计算技术创建起水利大数据存储平台,把庞大的水利数据集中起来并加以妥善保管,凭借数据仓库、数据湖之类的技术手段来整合并清洗这些水利数据,进而提高数据的质量及其可用性。采用大数据分析技术对水利数据展开深入探究和发掘,比如进行趋势剖析,关联剖析,聚类剖析之类的操作,以此找出水利系统的运作规则以及潜藏的问题,并为水利经营决策赋予科学依照。依靠云计算超强的运算性能,可以快速完成水利模型仿真运算工作,例如洪水演进预测、水资源调配方案评判等。这样的技术手段不但使模型运行速度和结果准确度有了极大提升,而且给水利工程设计规划以及维护管理给予了有力支撑。利用大数据处理能力结合可视化工具来呈现大量的水利数据信息,开发出面向行业用户的专属服务功能模块等也成为可能。在此基础之上公共服务供给水平得到了改善,效果明显。

2.3 人工智能技术在智慧水利中的应用

人工智能技术是智慧水利系统实现智能化的重要技术之一,它能够模仿人类的智能行为,对水利数据进行自动分析与处理,从而完成对水利系统的智能诊断、预测以及决策支持。人工智能技术在智慧水利中的应用主要表现在以下几点上,水利数据智能分析,采用机器学习、深度学习等方法来对水利数据执行智能分析和挖掘工作,比如水质预估、洪水预报、水资源优化调配之类的事情,以此提升水利数据分析的速度及其准确度水平;水利设施智能诊断,经由对水利设施运作状况所获取的数据加以分析并实施训练,进而创建起一个智能诊断模型,这样就可以做到针对水利设施出现故障时做出判断,并对其健康程度予以评价,在此过程中及时察觉设备发生故障或者存在安全隐患的情况,然后给予有关人员以参考意见作为其开展维护管理工作的根据。水利

决策智能化支持系统依靠人工智能技术构建分析模型,为防汛调度、水资源优化配置等核心领域提供科学依据,经由研发专门的设备实现对水利工程设施的有效巡查、精准维修以及动态监测,从而提升行业的运行效率并保证作业安全。

2.4 地理信息系统 (GIS) 技术在智慧水利中的应用

地理信息系统 (GIS) 技术是基于地理空间数据的信息系统,它能够对地理空间数据进行采集、存储、分析以及可视化展示。在智慧水利中, GIS 技术的应用主要体现在以下几个方面: 水利空间数据管理利用 GIS 技术可以对水利空间数据进行管理和维护, 如地形数据、水系数据、水利设施数据等, 从而实现水利空间数据的共享和协同。水利规划与设计运用 GIS 技术, 针对水利工程的选址、布局、规模等情况展开分析并加以评价, 为水利工程的设计工作给予决策上的支持。依靠地理信息系统 (GIS) 技术搭建起来的水利灾害预警及应急响应平台, 采用仿真建模手段针对洪水、干旱这类水文事件展开全面评估, 并及时公布灾情数据, 以辅助决策进程。该系统经由可视化途径展现水资源分布特点以及其动态发展走向, 在流域综合治理规划制定和执行成效监测方面给予科学依据和技术支持^[3]。

3 智慧水利系统的应用与实践

3.1 水资源管理中的智慧水利系统应用

在水资源管理中, 智慧水利系统能够实现对水资源的全面监测、合理调配以及有效保护。水资源监测与评价: 利用智慧水利系统实时监测水资源数量、质量及分布情况, 并对水资源承载能力及其利用率进行评估, 从而为科学开发利用水资源提供依据; 水资源调配: 依靠智慧水利系统来优化调配水资源, 依照水资源供给需求状况合理安排分配用水量, 提升水资源使用效率并保证其可持续性发展; 水资源保护: 借助于智慧水利系统加强对水资源的保护工作, 在日常运行过程中持续监控水环境品质变化情况, 及时察觉并处理各种可能发生的水污染事件, 以维护好水资源生态环境。

3.2 防洪减灾中的智慧水利系统应用

防洪减灾是水利工作的一项重要任务, 智慧水利系统能够为防洪减灾提供支持。洪水监测与预警, 借助于智慧水利系统, 实时监测洪水发生、发展的状况, 并及

时发布洪水预警信息, 从而给防洪减灾决策给予支撑。防洪调度决策, 依靠智慧水利系统对洪水展开模拟并加以分析, 进而制订出科学合理的防洪调度方案来, 使得水库、堤防等防洪工程得以优化运作, 提升防洪减灾的能力水平。应急救援指挥, 凭借智慧水利系统达成对防洪减灾应急救援工作的指挥和调动目的, 做到快速调配救援力量以及物资以提高应急救援效率的效果^[4]。

3.3 水利工程管理中的智慧水利系统应用

水利工程属于水利事业的关键基础设施, 智慧水利系统可以提升水利工程的经营水平并改善运行效率, 工程安全监测借助智慧水利系统对水利工程开展即时监测, 尽早察觉工程存在的安全隐患, 给水利工程的维护和管理给予依照。工程调度与运作管理利用智慧水利系统针对水利工程执行优化调度及运作管理, 从而改进水利工程的运作效率和效益, 工程建设经营管理经由智慧水利系统对水利工程的创建过程实施全程监督与管理, 进而保证水利工程的创建品质和速度。

4 结束语

智慧水利系统是水利信息化发展的重要成果, 它集合了物联网、大数据分析技术、人工智能以及地理信息系统等前沿手段来对水资源展开管理决策提供支持性作用。它的核心功能在于依靠全要素感知、高速传输数据信息处理与智能化应用这些协同工作的部分去实现水利工程精细化管理水平的提高, 并且促使整个行业朝着高质量的方向迈进。伴随信息技术持续革新迭代并且业务需求处于动态变化当中, 这一领域正逐步走向更高性能水平及更好集成度的技术升级路径之中; 展望未来将会更加关注于创新技术创新路线, 在区块链技术、边缘计算和虚拟现实等方面寻找跨域融合的新模式, 从而进一步加强平台整体效能表现并拓宽其应用场景范围。

参考文献

- [1] 林运东, 张龙, 刘勇. 智慧水利现状与发展展望[J]. 黑龙江水利科技, 2025, 53 (04): 162-164.
- [2] 余启成. 智慧水利工程异构数据整合方法研究[J]. 水利水电快报, 2024, 45 (08): 113-117.
- [3] 吴家梅. 智慧水利信息化系统在水利工程中的应用[J]. 黑龙江粮食, 2022, (09): 76-78.
- [4] 连彬, 魏忠诚, 赵继军. 智慧水利关键技术与应用研究综述[J]. 水利信息化, 2021, (05): 6-18+31.