

智慧水利工程规划创新路径

李思坤

德州市水利局 山东 德州 253000

摘要: 本文围绕智慧水利工程规划创新路径展开研究, 阐述系统科学、信息科学、可持续发展三大理论基础对规划的支撑作用, 分析物联网、大数据、云计算、人工智能等技术的应用价值, 构建多源数据融合、模型模拟、优化决策、可视化技术的方法体系, 提出加强顶层设计、推进信息化建设、培养创新人才、开展试点示范的实施路径。研究为智慧水利工程规划提供理论、技术与方法支撑, 助力打破传统规划局限, 推动水利工程向高效化、智能化、生态化转型, 实现水资源合理利用与水生态保护协同发展。

关键词: 智慧水利工程; 理论基础; 技术支撑; 方法体系; 实施路径

引言: 在水利事业发展进程中, 传统水利工程规划面临诸多挑战, 难以适应新形势需求。随着科技飞速进步, 智慧水利工程规划创新成为必然趋势。系统科学、信息科学及可持续发展等理论为其奠定基础, 物联网、大数据等新兴技术提供有力支撑。通过构建创新方法体系与实施路径, 可提升水利工程规划的科学性与智能化水平, 推动水利行业高质量发展。

1 智慧水利工程规划创新的理论基础

1.1 系统科学理论

系统科学理论以整体视角研究事物, 核心是通过统筹协调系统各组成部分, 实现整体功能最优。水利工程具有显著系统性, 包含水资源系统、水生态系统、水利工程设施系统等子系统^[1]。水资源系统涉及降水、径流、地下水等要素循环与调配, 水生态系统由水生生物、水体环境及周边植被构成平衡体系, 水利工程设施系统包含水库、堤坝、渠道等设施, 各子系统相互依存, 某一子系统变化会引发连锁反应。运用系统科学理论规划智慧水利工程, 需打破子系统割裂状态, 从整体开展设计。梳理各子系统内在联系, 明确功能定位与作用边界, 构建衔接协同机制。比如规划水资源调配方案时, 兼顾水利工程设施系统输水能力与水生态系统承载限度, 结合水资源系统时空分布特征优化设施布局与运行模式, 让各子系统协同高效运转, 提升工程整体效能。

1.2 信息科学理论

信息科学理论研究信息产生、获取、传输、处理与应用规律, 物联网、大数据、云计算、人工智能等技术是重要实践载体。物联网依托传感器实现物理世界感知连接, 大数据具备海量数据存储分析能力, 云计算提供算力支持与资源共享, 人工智能可模拟人类智能完成复杂决策预测。这些技术为智慧水利工程规划提供关键支

撑。通过物联网布设感知设备, 实时采集水资源量、水质、工程设施运行状态等信息; 借助大数据整合处理多源信息, 挖掘数据规律趋势; 利用云计算保障数据处理与模型运算效率; 依托人工智能构建决策模型, 优化水资源调配、工程运维方案, 让水利信息从采集到应用形成闭环, 提供精准技术支持。

1.3 可持续发展理论

可持续发展理论在水利领域的核心, 是开发利用水资源时兼顾当代人需求与后代人权益, 避免短期利益损害长期生态平衡与资源可持续性, 要求规划既关注供水、防洪等直接效益, 也重视水资源长效保护与生态稳定。将该理念融入智慧水利工程规划, 需统筹经济、社会与环境效益。水资源开发中用智慧监测掌握承载能力, 避免过度开采导致水位下降或污染; 工程建设运行采用智慧调控手段节能降耗, 减少生态干扰; 通过智慧仿真预测工程长期对水生态的影响, 提前制定修复保护措施, 确保水资源合理开发与永续循环, 推动经济社会与生态保护协调统一。

2 智慧水利工程规划创新的技术支撑

2.1 物联网技术

物联网技术通过传感器、网络通信设备与数据处理模块构建连接物理世界与数字世界的架构, 核心是实现各类物体的信息采集、传输与交互。在水利工程中, 物联网技术可广泛应用于水位、流量、水质等关键要素监测, 在河道、水库、灌区等区域布设各类传感器, 实时捕捉水体变化数据^[2]。物联网技术能对闸门、泵站、堤坝等水利设施运行状态进行远程监控, 借助感知设备收集设施的电压、电流、振动等参数, 通过网络传输至控制中心, 工作人员可依据数据远程操作设备启停与调节, 减少现场值守成本, 及时发现设施异常并处理, 提升工

程运行效率与安全性。

2.2 大数据技术

大数据技术具备处理海量、多类型、高增速数据的特点,优势在于能从复杂数据中提取有价值信息。在水利工程规划中,大数据技术可存储历年水文气象数据、工程建设数据、水资源利用数据等,通过专业算法对数据进行清洗、分析与挖掘。例如,整合不同时期降水、径流数据,分析区域水资源时空分布规律;汇总水利设施运行数据,找出设施老化与故障发生的关联因素。这些分析结果能为规划方案制定提供依据,帮助规划者精准把握水利系统运行态势,提前预判可能出现的问题,增强规划决策的科学性。

2.3 云计算技术

云计算技术依托分布式计算架构,将大量计算资源与存储资源整合,通过网络为用户提供按需使用的服务,服务模式涵盖基础设施即服务、平台即服务等。在水利工程规划中,云计算技术可提供强大算力支撑,快速处理规划过程中复杂的水文模型运算、工程仿真模拟等任务,同时提供海量存储空间,解决水利数据存储难题。此外,云计算技术搭建的共享平台,能让参与规划的设计、施工、管理等多方人员实时访问与共享数据,打破信息壁垒,实现协同办公,缩短规划周期,提升规划工作质量。

2.4 人工智能技术

人工智能技术通过模拟人类智能,利用机器学习、深度学习等方法让机器具备数据学习与决策能力。在水利工程规划中,其应用领域广泛,在洪水预报方面,通过学习历史洪水数据与气象数据,构建预测模型,精准推算洪水发生时间与规模;在水资源调度方面,结合用水需求、水库蓄水等数据,自动制定最优调度方案。借助人工智能技术,水利工程可实现自主决策与自适应调节,面对水文条件变化,系统能快速调整运行策略,减少人工干预,大幅提升工程智能化水平。

3 智慧水利工程规划创新的方法体系

3.1 多源数据融合方法

水利数据来源具有显著多样性,监测数据来自物联网传感器捕捉的水位、流量、水质等实时信息,统计数据涵盖历年水资源利用量、区域用水需求等历史记录,模型数据则是通过各类水利模型运算生成的预测结果。这些数据格式、精度与用途各异,单独使用易出现信息片面或偏差^[3]。多源数据融合需通过数据清洗、数据集成、数据挖掘等技术实现协同互补。数据清洗剔除监测数据中的异常值、统计数据中的重复项,保障数据基础

质量;数据集成将不同来源数据统一格式与标准,纳入同一数据库,打破数据孤岛;数据挖掘运用算法深入分析整合后的数据,提取隐藏关联与规律。通过这一系列过程,不同数据源相互验证补充,提升数据准确性与可靠性,为规划提供全面且精准的信息支撑。

3.2 模型模拟方法

水利工程规划中常用水文模型、水动力模型、水质模型等。水文模型依据降水、蒸发等气象数据,模拟流域内水循环过程,反映水资源时空分布特征;水动力模型模拟水流在河道、水库等水体中的运动状态,分析水位变化、流速分布等情况;水质模型则模拟污染物在水体中的迁移扩散规律,评估水体环境质量。利用这些模型模拟技术,可将规划方案转化为参数输入模型,通过运算模拟工程建成后在不同场景下的运行效果。例如,将水库建设方案输入水文与水动力模型,模拟不同来水条件下水库的蓄水、泄洪过程,预测对下游河道水位与流量的影响;借助水质模型模拟工程运行对周边水体水质的改变,以此评估方案在水资源调控、防洪减灾、生态保护等方面的可行性与实际效果,为方案优化提供依据。

3.3 优化决策方法

优化决策以实现目标最优为核心,通过线性规划、非线性规划、动态规划等方法,在满足约束条件的前提下寻找最佳方案。线性规划适用于变量间呈线性关系的规划问题,非线性规划用于处理变量关系复杂的场景,动态规划则擅长解决多阶段、多决策的规划问题。在水利工程规划中,结合工程实际需求与约束条件运用这些方法。例如,水资源调配规划中,以区域用水需求满足度最大化为目标,将水源供应量、输水能力等作为约束条件,通过线性规划制定最优供水分配方案;水库调度规划中,考虑不同季节来水变化、防洪与发电需求冲突等因素,采用动态规划分阶段优化调度策略,平衡各方面利益,实现工程在防洪、供水、发电等多方面效益的最大化。

3.4 可视化技术方法

可视化技术将抽象数据与规划方案转化为直观图形、图像或三维场景,帮助人们快速理解信息,其核心作用是降低信息接收与解读难度。在水利工程规划中,应用场景广泛,规划方案的三维展示可构建工程及周边环境的立体模型,清晰呈现工程布局、规模与周边地形地貌的关系;数据可视化分析将海量水利数据转化为折线图、热力图等,直观展现水资源变化趋势、设施运行状态等。借助可视化技术,规划人员能更清晰把握方案细节与潜在问题,非专业人员也能快速理解规划意图。

在规划讨论与决策过程中,各方可基于直观的可视化成果充分沟通,减少认知偏差,使决策更贴合实际需求,推动规划决策的科学化与民主化。

4 智慧水利工程规划创新的实施路径

4.1 加强顶层设计

智慧水利工程规划需以系统性思维构建顶层框架,先结合区域水资源禀赋、水利工程现状及发展需求,制定清晰的总体战略与目标,明确以高效利用水资源、保障水安全、维护水生态为核心的指导思想,遵循技术适配实际、生态优先、协同高效的基本原则,将规划任务细化为短期技术体系搭建、中期管理机制完善、长期效益优化提升等阶段性内容^[4]。同时建立健全规划管理体系,厘清水利、信息技术、生态环保、城乡建设等相关部门的职责边界,通过建立常态化联席会议制度、共享工作台账等方式,打破部门间信息壁垒与协作障碍,形成从规划编制、审核到落地实施、动态监督的全流程联动机制,确保各环节衔接顺畅,规划方向不偏离实际需求。

4.2 推进信息化建设

聚焦水利信息化基础设施短板,加大资源投入力度,优先完善水利信息采集网络,在河道干支流水域、水库库区及泄洪道、灌区渠系等关键区域,加密布设水位、流量、水质、土壤墒情等多类型感知设备,实现对水利关键要素的全方位监测;同步升级通信传输网络,采用抗干扰、高稳定性的传输技术,打通数据从感知终端到处理中心的传输通道,保障监测数据实时、准确回传。在此基础上,统筹搭建水利大数据平台与云计算中心,大数据平台需具备数据汇聚、清洗、标准化处理及深度分析功能,整合监测数据、历史统计数据、工程建设数据等多源信息;云计算中心根据规划运算需求配置充足算力资源,支撑复杂水文模型模拟、工程方案仿真等高强度计算任务,两者协同实现水利信息的集中管理与跨部门、跨层级共享应用,为规划决策与工程运维提供数据与技术支持。

4.3 培养创新人才

构建“培养+引进”双轨人才培育模式,强化水利专业人才队伍建设。在院校水利相关专业课程体系中,增设智慧水利监测技术、大数据分析应用、智能调度系统操作等课程模块,配套建设兼具水利场景与信息技术的实训实验室,通过开展项目式教学、组织学生参与实际工程规划辅助工作等方式,提升学生的信息化素养与创

新实践能力,为行业输送兼具水利专业知识与技术应用能力的复合型人才。同时针对智慧水利规划中的核心技术瓶颈,面向社会精准引进算法开发、系统架构设计、数字孪生建模等领域的高端信息技术人才,通过优化薪酬待遇、搭建技术研发专项平台、提供职业发展晋升通道等方式,增强人才吸引力与留存率,打造结构合理、能力过硬的人才队伍,为规划创新提供持续智力保障。

4.4 开展试点示范

按照“典型引领、逐步推广”的思路推进试点工作,综合考量区域水资源矛盾突出程度、水利基础设施完善度、地方技术承接能力等因素,选择兼具防洪、供水、生态修复等多元功能的水利工程,或水资源供需失衡、水生态脆弱的典型区域开展试点。试点过程中,重点探索多源数据融合在规划方案编制中的应用、智能决策模型与实际工程需求的适配性、跨部门协同规划机制的运行模式等关键问题,建立试点工作全程跟踪记录机制,详细梳理实施过程中的经验做法与存在问题,形成可复制、可推广的规划框架、技术标准与操作规范。通过组织行业内部现场观摩、编写试点案例集、开展专题交流研讨等方式,系统推广试点成功经验,引导更多地区和工程结合自身实际借鉴应用,逐步推动智慧水利工程规划创新在更大范围落地见效。

结束语

智慧水利工程规划创新是水利行业适应时代发展的关键举措。通过理论基础指引、技术有力支撑、方法体系完善以及实施路径的有效推进,实现了水利工程规划从传统向智慧的转变。这不仅提升了水利工程的综合效益,还为保障水安全、促进水资源可持续利用提供了坚实保障。未来,需持续探索创新,推动智慧水利工程规划不断完善与发展。

参考文献

- [1]冯海军.智慧水利信息化系统在水利工程中的应用探究[J].中国设备工程,2025,(06):254-256.
- [2]胡旭芳,彭小学.智慧水利应用现状及优化策略研究[J].智能城市,2025,11(03):131-133.
- [3]柴育林.现代智慧水利系统技术应用研究[J].现代工程科技,2025,4(04):89-92.
- [4]陈骏.智慧水利信息化系统在水利工程的应用探讨[J].中国信息界,2025,(02):19-21.