

# 智慧水利平台构建及在水资源管理中的实践研究

李 敏

江苏盈联环境建设有限公司 江苏 苏州 215300

**摘要：**本文聚焦智慧水利平台构建及其在水资源管理中的实践，阐述了平台理论基础与技术架构，包括核心理念、关键技术及架构设计。并介绍了核心功能模块开发，涵盖水资源监测评估、智能调度决策等。详细论述平台在城市供水、农业灌溉、流域生态流量管控、防洪减灾等场景的实践应用。研究表明，智慧水利平台通过融合信息技术，实现水资源高效管理与生态保护，为水利行业数字化转型提供有效路径。

**关键词：**智慧水利平台；水资源管理；平台构建

引言：水资源管理对保障经济社会可持续发展意义重大，传统管理方式面临诸多挑战。随着物联网、大数据等新一代信息技术发展，智慧水利平台应运而生。它作为水利数字化转型关键载体，融合多种信息技术，能实现水利信息全面感知、智能分析等。通过构建智慧水利平台，可提升水资源管理效率与科学性，实现水资源高效利用与生态环境协同保护，对解决水资源管理难题、推动水利行业高质量发展具有重要价值。

## 1 智慧水利平台理论基础与技术架构

### 1.1 核心概念与内涵

智慧水利平台作为水利行业数字化转型的关键载体，融合了物联网、大数据、云计算、人工智能等新一代信息技术，旨在实现水利信息全面感知、智能分析、精准决策与高效协同。其核心内涵体现在三个方面：一是数据驱动的决策模式，通过实时采集与整合水利要素数据，构建动态数据模型，为管理决策提供科学依据；二是全生命周期管理，覆盖水资源开发、利用、保护、配置等全环节，实现从单一工程向流域系统治理的转变；三是多主体协同治理，通过开放接口与标准化协议，连接政府、企业、公众等多元主体，形成共建共治共享的治理格局<sup>[1]</sup>。平台以“感知-传输-分析-决策-反馈”为闭环逻辑，通过数字化手段提升水利系统的韧性、效率与可持续性，最终实现水资源的高效利用与生态环境的协同保护。

### 1.2 关键技术支撑

智慧水利平台的技术体系由五层架构组成：感知层通过传感器网络（如水位计、流量计、水质监测仪）与遥感技术，实现水文、水质、气象等数据的实时采集；传输层依托5G、LoRa等通信技术，构建低时延、高可靠的数据传输通道；数据层采用分布式存储与云计算技术，整合多源异构数据，形成“一数一源”的数据资源

池；分析层运用大数据分析人工智能算法（如机器学习、深度学习），挖掘数据潜在价值，构建预测模型与决策引擎；应用层通过可视化界面与移动终端，提供监测预警、调度决策、公众服务等场景化应用。另外，区块链技术用于数据溯源与安全共享，数字孪生技术实现物理水利系统的虚拟映射与仿真推演，共同支撑平台的智能化升级。

### 1.3 平台架构设计

平台采用微服务架构，基于统一的技术中台与业务中台，实现模块化开发与灵活扩展。技术中台集成数据治理、AI模型训练、地理信息系统（GIS）等通用能力，为上层应用提供技术支撑；业务中台抽象水资源管理、防洪调度等共性业务逻辑，形成可复用的服务组件。平台分为四层：基础设施层部署物联网设备、边缘计算节点与云计算资源；数据资源层构建“基础数据+专题数据+实时数据”的三维数据体系；应用支撑层提供身份认证、工作流引擎、报表工具等通用功能；应用服务层涵盖监测评估、调度决策、预警溯源等核心模块。通过API网关与开放接口，平台可与外部系统（如气象预报、环保监测）无缝对接，形成“数据互通、业务协同”的生态体系。

## 2 智慧水利平台核心功能模块开发

### 2.1 水资源监测与评估模块

该模块以“全要素、全流程、全覆盖”为总体目标，深度集成多源数据采集与智能分析技术，达成对水资源数量、质量、效率的全方位动态监测与综合评估。在功能设计方面，其一为监测网络构建。通过科学部署水位、流量、水质、土壤湿度等各类高精度传感器，广泛覆盖河流、湖泊、水库等关键区域。同时，巧妙结合卫星遥感技术，获取大范围、宏观的水资源信息，再利用无人机巡查，对局部细节进行精准补充，形成“空天

地”一体化、无死角的监测体系。其二为数据整合与清洗。对采集到的海量原始数据进行标准化处理,运用智能算法精准剔除异常值与重复数据,构建高质量、规范化的数据集。其三为评估模型开发。基于水量平衡原理与水质演变规律,结合实际需求,建立涵盖水资源承载力、利用效率、生态健康等多维度的评估指标体系。其四为可视化展示。借助先进的GIS地图与动态图表,将复杂的水资源数据以直观、易懂的形式呈现,清晰展示水资源时空分布与变化趋势,为科学管理决策提供坚实有力的数据支撑。

## 2.2 智能调度与决策支持模块

模块聚焦水资源的高效配置与风险防控,通过模拟仿真与优化算法,实现调度方案的智能生成与动态调整。核心功能包括:一是需求预测,结合历史数据与气象预报,预测未来一段时间内的用水需求(如农业灌溉、工业生产、生活用水);二是供给分析,整合水库、河流、地下水等水源信息,评估可用水量与供水能力;三是方案生成,基于多目标优化算法(如遗传算法、粒子群算法),在满足生态流量、防洪安全等约束条件下,生成最优调度方案;四是风险评估,通过蒙特卡洛模拟等方法,分析调度方案的不确定性风险(如干旱、洪涝),提出应对措施<sup>[2]</sup>。

## 2.3 水质预警与污染溯源模块

模块以“早发现、早预警、早处置”为目标,构建“监测-预警-溯源-处置”的全链条管理机制。功能设计包括:一是实时监测,通过水质传感器网络,连续监测pH值、溶解氧、氨氮等关键指标,数据上传频率可达分钟级;二是异常识别,采用阈值预警与机器学习算法(如孤立森林、支持向量机),自动识别水质异常事件;三是污染溯源,结合水流方向、污染物扩散模型与地理信息,定位污染源位置与传播路径;四是应急处置,根据污染类型与程度,自动生成处置建议(如截流、稀释、治理),并推送至相关部门。例如,在河流污染事件中,模块通过溯源分析,快速锁定化工企业违规排放为污染源,为执法部门提供关键证据。

## 2.4 防洪减灾与应急管理模块

该模块紧密围绕“预防为主、防抗救相结合”的前瞻性防洪理念,精心构建起一套“监测-预警-调度-救援”的完整闭环管理体系,为防洪工作提供全方位、系统性的支撑。其核心功能丰富且实用,在雨情水情监测方面,全面整合气象雷达、雨量站、水位站等多源数据,打破信息壁垒,实现对降雨分布的实时精准掌握以及洪水演进过程的动态跟踪,为后续工作筑牢数据根

基。洪水预报环节,依托先进的水文模型,如新安江模型、SWMM模型,结合气象预报信息,运用科学算法提前精准预测洪水峰值、到达时间以及影响范围,为防洪决策争取宝贵时间。调度决策功能根据洪水预报结果,借助智能系统自动生成水库泄洪、堤防分洪等科学合理的调度方案。应急指挥功能则通过移动终端与大屏系统,实现应急资源,如抢险队伍、物资、设备等的动态调度与可视化指挥,确保在洪水来袭时能够迅速响应、高效救援,最大限度降低灾害损失。

## 2.5 公众服务与协同治理模块

公众服务与协同治理模块以“开放共享、协同共治”为理念,搭建政府、企业、公众之间的互动平台,提升水利治理的透明度与参与度。功能设计包括:一是信息发布,通过网站、APP、短信等渠道,向公众推送水质信息、用水计划、节水提示等内容;二是公众参与,设置举报投诉、意见反馈、志愿服务等功能,鼓励公众参与水利管理(如河道巡查、节水宣传);三是协同办公,提供跨部门、跨层级的在线协作工具(如任务分配、进度跟踪、文档共享),提升治理效率;四是数据分析,通过挖掘公众行为数据(如用水习惯、投诉热点),为政策制定与服务优化提供依据。

## 3 智慧水利平台在水资源管理中的实践应用

### 3.1 应用场景1:城市供水安全保障

城市供水场景中,平台以“监测-预警-调度-服务”全链条闭环管理为核心,构建覆盖水源至终端用户的全流程安全保障体系,兼顾供水稳定性与运营效率。具体实践中,先搭建高密度监测网络,在水源地、水厂、主干管网、二次供水设施等关键节点,规模化部署水质多参数传感器(监测pH值、浊度等12项指标)、电磁流量计等设备,1分钟/次采集数据,通过5G+边缘计算实现低延迟传输。其次,基于机器学习构建预警模型,整合5年历史数据与实时监测信息,通过LSTM算法预测水源污染、管网泄漏等风险,数据超阈值时30秒内触发分级预警,推送含处置建议的精准信息<sup>[3]</sup>。再者,结合城市用水负荷曲线、水源供水量等动态数据,通过遗传算法生成最优调度方案,动态调整水泵频率与管网压力,将漏损率控制在8%以下,降低能耗15%。最后,完善公众服务,通过APP、公众号推送水质报告、停水通知(提前24小时附临时方案),开通举报反馈通道,承诺2小时响应、24小时办结,形成“政府监管-企业运营-公众监督”协同格局,全面提升供水安全与市民满意度。

### 3.2 应用场景2:农业节水灌溉管理

农业灌溉场景中,平台以“节水优先、提质增效”

为目标,通过“土壤监测-作物需水预测-智能灌溉控制”闭环模式,破解传统漫灌的水资源浪费与土壤板结问题。具体实践中,先部署精细化监测网络,按50亩/个密度设置土壤湿度传感器(监测20-40cm根系层),配套小型气象站采集气温、降水等数据,设备采用太阳能+LoRa传输,3公里内稳定上传偏远地块数据。其次,开发作物专属需水模型,内置20余种作物生长周期数据库,结合作物类型、生长阶段、墒情与气象预报,通过Penman-Monteith公式精准计算日需水量与灌溉临界值,预测7天需水趋势。再者,根据需水预测与实时墒情,自动匹配灌溉方案,明确灌溉时间、水量(误差 $\leq 5\%$ )与方式(滴灌、喷灌等),同步核算节水增产效益。最后,通过物联网远程控制灌溉设备,支持手动、自动、定时三种模式,农户可手机APP一键操作。该模式使灌溉水利用系数从0.6提升至0.9以上,每亩节水约300立方米,减少化肥流失、改善土壤,助力作物增产10%-15%,实现节水与增产双赢。

### 3.3 应用场景3:流域生态流量管控

流域生态保护场景中,平台以“流量监测-生态需水评估-调度优化”为核心机制,平衡三生用水需求,保障河流生态健康。具体实践中,先构建全域流量监测网络,在干流、支流、水库出库口等关键断面,部署雷达水位计、多普勒流量计,覆盖所有一级支流与重点二级支流,数据采集精度 $\pm 1\%$ ,通过卫星+光纤双备份传输保障极端天气数据连续。其次,整合水生生物资源、水文情势、历史灾害等数据,结合相关标准规范,采用Tennant法等确定不同时段生态流量目标(如4-6月鱼类产卵期高保障、12-2月枯水期保最小阈值)。再者,在平衡城乡生活、工业、农业用水基础上,建立“生态优先”调度模型,通过多目标优化算法制定水库泄洪、跨流域调水等方案,确保河道流量维持在生态目标内。最后,实时跟踪流量数据与生态响应(鱼类活动、植被覆盖率等),每季度评估优化流量目标与调度方案,形成“监测-评估-调度-反馈”闭环,遏制生态退化,促进河流生态修复与可持续发展。

### 3.4 应用场景4:防洪减灾与应急响应

防洪减灾场景中,平台通过“雨情监测-洪水预报-调度决策-应急指挥”一体化体系,整合多源数据与先进技术,提升防洪能力与应急效率。具体实践中,先构建全方位雨情监测网络,整合气象雷达、10平方公里/个密度的雨量站、水位站等数据,接入国家级气象预报与卫星云图,5分钟/次更新,精准捕捉短时强降雨、暴雨中心移动等信息。其次,基于流域DEM、地形与历史洪水数据,采用分布式水文-水力耦合模型,结合实时雨情提前6-72小时预测洪水峰值、到达时间与影响范围,预报精度超85%。再者,根据预报结果自动模拟多场景调度方案(水库泄洪、堤防分洪等),通过三维仿真验证可行性,支持人工调整优化<sup>[4]</sup>。最后,搭建“空天地”一体化应急指挥系统,大屏可视化展示洪水动态与应急资源分布,决策者远程调度资源;通过多渠道向公众发布预警信息与避险指南,指导有序转移,最大限度减少人员伤亡与财产损失,提升防洪减灾科学化、智能化水平。

### 结束语

智慧水利平台凭借其先进的技术架构与丰富的功能模块,在城市供水、农业灌溉、流域生态流量管控及防洪减灾等多个水资源管理场景中发挥了显著作用,有效提升了水资源利用效率,保障了供水安全,促进了生态修复与可持续发展。未来,随着技术的持续创新,智慧水利平台将不断完善,进一步推动水利行业数字化转型,为水资源的高效管理与可持续利用提供更强大的支撑。

### 参考文献

- [1]李水兵.在建大型水利工程数字孪生平台实践与思考[J].水利信息化,2023(5):25-30.
- [2]张宇,陈静.基于物联网的水资源实时监测系统研究[J].计算机应用研究,2023(6):88-92.
- [3]刘强,赵丽.智能化水资源调度与优化管理技术探讨[J].环境科学与管理,2024(2):67-72.
- [4]焦培燕.水资源管理中水利信息化技术的应用探析[J].大众标准化,2024(04):166-168.