

水利工程设计中基于GIS技术的水资源调度与管理系统研究

唐文渠

山东中鲁技术服务集团有限公司 山东 菏泽 274000

摘要：本文针对传统水利工程水资源调度管理中数据碎片化、空间分析能力缺失、管控可视化程度低、动态调度能力不足等核心问题，提出基于GIS技术的水资源调度与管理系统设计方案。阐述了GIS技术在数据整合处理、空间分析运算、可视化输出方面的核心优势，明确了系统实用性、整体性、动态性、精准性四大设计原则，完成了分层架构、空间地理数据库与水文属性数据库的整体设计。重点构建了水资源空间数据管理、动态调度模拟、可视化管控与异常预警三大核心功能模块，实现了水资源空间分布分析、调度方案动态推演、工程设施运行状态监控等关键业务功能，为提升水利工程水资源精细化管理水平提供了系统化技术方案。

关键词：水利工程设计；GIS技术；水资源调度；水资源管理；系统研究

引言：水利工程水资源调度管理是保障区域供水安全、防洪安全与生态安全的核心环节。传统管理模式依赖人工统计与经验判断，在数据整合、空间分析、可视化管控、动态调度等方面存在明显短板，难以适配现代水利工程大范围、高精度、实时化的管理需求。GIS技术凭借多源数据一体化整合、空间网络分析、可视化输出等核心能力，为解决上述问题提供了有效技术路径。本文围绕基于GIS的水资源调度与管理系统，从传统管理问题分析、GIS技术优势论证、系统架构与数据库设计、核心功能模块构建四个层面展开论述，为水利工程水资源管理数字化转型提供技术参考。

1 传统水利工程水资源调度管理的核心问题

结合水利工程设计与现场运行实际，传统水资源调度管理模式依托人工统计、静态数据记录与经验化调度，在数据处理、空间分析、调度决策、运行管控等方面存在明显短板，无法适配现代化水利工程的运行需求，具体问题集中在四个方面。（1）数据整合度低，数据碎片化严重。水利工程水资源管理涉及水位、流量、水质、降雨量、工程设备参数等多类数据，传统管理模式下各类数据分散存储于不同台账与系统中，空间地理数据与水文属性数据相互割裂，无法实现数据联动匹配，难以完整反映区域水资源整体状态。其次是缺乏空间分析能力，调度精准度不足。水资源分布具备极强的空间差异性，传统调度仅依靠历史数据与人工经验判断，无法精准分析不同区域、不同时段的水资源存量与流动规律，容易出现调度冗余或供水不足的情况。（2）管控可视化程度低，运维效率低下。传统水资源管理以

文字、数据报表为主要展示形式，无法直观呈现河道、水库、灌区的空间分布、水流路径、工程设备运行位置，工作人员难以快速定位异常点位，故障排查与调度调整响应速度较慢。最后是动态调度能力缺失，适配性差。自然水文条件、用水需求处于动态变化状态，传统静态管理模式无法实时捕捉水文数据变化，调度方案更新滞后，难以适配复杂多变的水资源运行场景^[1]。

2 GIS 技术核心原理与适配水利工程的技术优势

2.1 GIS技术核心原理

GIS即地理信息系统，是依托计算机软硬件系统支撑，实现地理空间数据采集、存储、校验、分析、建模与可视化输出的综合性空间信息技术。其核心运行原理是将现实场景中的地理空间要素进行数字化转化，通过点、线、面、体等矢量数据结构与栅格数据模型，对水利工程中的河道、水库、堤坝、灌区渠道、监测站点等空间载体进行精准定位与图层化建模，构建多图层叠加的空间数据库。同时将水位、流量、用水总量、设备运行状态、降雨量等属性数据与空间地理数据绑定关联，建立空间数据与属性数据一体化的数据库体系。依托空间叠加分析、缓冲区分析、网络分析、动态模拟分析等空间分析算法，对整合后的水文水资源数据进行深度挖掘与综合运算，输出专题地图、可视化分析图表与数据模型，为水利工程规划设计、水资源调度决策、防汛预警分析提供系统化的数据支撑^[2]。

2.2 GIS技术的数据处理优势

在水利工程水资源管理场景中，GIS技术可实现多源异构数据的一体化整合处理，有效解决传统测量模式下数

据碎片化、格式不统一的突出问题。该技术可兼容卫星遥感影像数据、现场监测设备采集的实时水文数据、工程勘察地理数据、历史水文统计数据、无人机航测成果数据等多类数据源,通过数据清洗、格式统一、坐标系统校准、投影转换等标准化处理方式,将分散的结构化与非结构化数据整合至统一的空间数据平台,构建完整的水利工程数据资源体系。同时,GIS技术支持数据的实时更新与动态存储,可同步录入实时水位、流量、降雨量等水文监测数据,实现水资源数据的动态迭代与版本管理,保障数据的时效性与完整性,彻底解决传统模式下数据滞后、数据脱节、更新周期长等问题。此外,GIS平台内置的数据校验与质量控制机制,可对入库数据进行逻辑一致性检查与异常值筛查,确保数据准确性,为水资源精准调度与工程决策提供完整、可靠的数据基础。

2.3 GIS技术的空间分析与可视化优势

空间分析是GIS技术适配水资源调度管理的核心能力。依托空间网络分析功能,可精准模拟水资源在河道、输水管网、灌区渠道中的流动路径与传输效率,计算各节点的水量分配比例与管网运行负荷,为水资源优化配置提供定量依据。通过缓冲区分析可精确划定水利工程安全防护范围、用水辐射范围与应急响应区域,科学划分调度管控边界,明确各级管理责任区域。通过图层叠加分析,可将地形地貌、水文气象、工程设施分布、用水户分布等多类空间图层进行叠加运算,综合分析水资源空间分布规律、供需匹配关系与资源承载力。同时,GIS技术具备强大的可视化输出能力,可将抽象的水文水资源数据转化为二维专题地图、三维实景地理图像、热力图、动态模拟动画等多种可视化形式,直观展示水资源空间分布、工程设施运行状态、水量调度轨迹与演变趋势,实现水资源管控从“数据化管理”向“可视化管理”的转变,有效降低运维管理的技术门槛与决策难度^[9]。

3 基于GIS的水资源调度与管理系统整体设计

3.1 系统设计原则

结合水利工程设计标准与水资源调度管理业务需求,系统设计遵循实用性、整体性、动态性、精准性四大核心原则。实用性原则以水利工程实际运维场景为核心导向,精简冗余功能模块,聚焦数据处理、空间分析、动态调度、可视化管控等核心业务流程,充分适配一线运维人员的操作习惯与业务需求,降低系统使用门槛。整体性原则保障系统在数据层、功能层、架构层的一体化设计,实现空间地理数据、水文属性数据、工程设备运行数据的全面关联与协同联动,杜绝数据孤岛与功能割裂问题,确保各子系统间数据流转通畅、业务逻辑

一致。动态性原则支持水文监测数据实时采集接入、数据库动态更新、调度方案实时调整与滚动优化,充分适配水资源量时空动态变化特征,保障系统响应的时效性。精准性原则依托GIS高精度空间定位能力与专业数据分析算法,保障数据处理、空间建模、调度计算各环节的精度,满足水利工程精细化水资源管控的技术要求。

3.2 系统整体架构设计

基于GIS技术的水资源调度与管理系统采用分层架构设计,自上而下分为数据采集层、数据处理层、核心分析层、功能应用层、可视化展示层五大层级,各层级相互联动、独立运行,保障系统运行的稳定性与高效性。数据采集层为基础层级,主要负责收集水利工程区域的地形地貌数据、河道水库空间数据、实时水文监测数据、工程设备参数数据、区域用水数据等各类基础信息。数据处理层依托GIS数据处理算法,完成多源数据的清洗、校准、格式统一、分类存储,构建标准化水利水资源空间数据库与属性数据库。

核心分析层是系统的核心核心,依托GIS空间分析模型、水文计算模型,完成水资源空间分布分析、水量供需匹配分析、水流路径模拟、调度方案推演等核心计算工作。功能应用层面向业务场景,搭建数据管理、动态调度、设备管控、异常预警、统计分析等专业化功能模块。可视化展示层通过GIS可视化平台,以图层、图像、动态模拟等形式展示各类分析结果与运行数据,为工作人员提供直观的操作界面与数据展示界面^[4]。

3.3 系统数据库设计

数据库是系统稳定运行的基础,结合GIS数据特征与水利业务需求,将数据库分为空间地理数据库与水文属性数据库两大模块,实现两类数据的绑定关联存储。空间地理数据库主要存储水利工程区域的数字化地理信息,包括地形高程数据、河道矢量数据、水库灌区边界数据、工程设施点位数据、监测站点空间坐标数据等,构建精准的区域地理空间模型。

水文属性数据库主要存储各类业务动态数据与静态参数数据,包括实时水位、瞬时流量、水质指标、降雨量、工程设备运行参数、区域用水量、历史水文数据等。同时搭建数据关联机制,将每一项属性数据与对应的空间地理点位、区域精准绑定,实现点击对应地理图层即可查询对应水文数据、通过数据检索可定位对应空间位置的联动效果,为系统分析与调度功能提供数据支撑。

4 系统核心功能模块设计与应用

4.1 水资源空间数据管理模块

水资源空间数据管理模块是系统的基础功能模块,

主要实现水利工程水资源各类空间数据与属性数据的一体化管理,替代传统碎片化的台账管理模式。模块支持GIS图层的新建、编辑、删除、叠加、缩放、属性查询、空间标注等基础操作,工作人员可根据实际业务需求灵活拆分地形地貌图层、水文监测图层、工程设施图层、用水区域图层、监测站点图层等多个专项图层,支持单独查看、图层叠加分析或多图层联合查询,满足不同业务场景下的空间信息调取需求。同时模块支持水文数据的批量导入、实时更新、条件检索与增量备份管理,可精准记录不同时段、不同区域、不同监测点位的水资源数据,内置数据校验规则可自动识别并剔除超出阈值范围的异常数据,保障入库数据的完整性与准确性。此外模块提供数据版本管理功能,支持历史数据回溯与对比分析,便于工作人员追踪水资源数据的演变过程。该模块从根本上解决了传统水资源管理中数据分散存储、查询繁琐低效、空间数据与属性数据无法匹配关联等突出问题,为后续空间分析与调度决策提供标准化、结构化的数据支撑。

4.2 水资源动态调度模拟模块

水资源动态调度模拟模块是系统的核心业务模块,依托GIS空间网络分析与动态模拟技术,实现水资源的科学化、动态化调度。系统基于构建的地理空间模型与水文数据模型,可实时采集区域水位、流量、用水需求等数据,自动分析当前区域水资源供需平衡状态。针对灌区供水、河道补水、水库调蓄、跨区域输水等不同调度场景,系统可通过算法模拟不同调度方案下的水流传输路径、水量分配效果、区域供水保障情况。工作人员可通过调整调度参数、输水设备运行状态等变量,对比多套调度方案的模拟结果,筛选出水量分配均衡、资源利用率最高、能耗最低的最优调度方案。同时,系统可根据实时水文数据变化,动态更新调度模拟结果,自动微调调度参数,实现水资源调度的动态适配,有效解决传统经验调度精准度低、适配性差的问题,大幅提升水资源利用效率^[5]。

4.3 工程运行可视化管控与异常预警模块

该模块依托GIS可视化技术,实现水利工程设施运行

与水资源状态的全方位管控。系统将泵站、闸门、堤坝、监测设备等所有水利工程设施标注于地理空间图层中,以不同颜色、图标区分设备运行正常、待机、故障等状态,工作人员可直观查看全域工程设施的分布位置与运行状态,快速定位异常点位。同时,系统可对水位超限、流量异常、水质超标、设备停运等异常情况进行自动识别,结合空间定位技术精准标注异常区域,同步发出预警提示,辅助工作人员快速开展故障排查与应急处置。此外,模块支持历史运行数据、调度记录、异常记录的可视化查询与统计,可生成数据报表、趋势曲线图,为水利工程运维复盘与调度方案优化提供数据依据。

结束语

本文设计的基于GIS的水资源调度与管理系统,通过空间地理数据与水文属性数据的一体化整合,有效解决了传统管理模式数据碎片化、空间分析缺失、可视化程度低、动态调度滞后等突出问题。系统依托空间网络分析与动态模拟技术实现调度方案科学化推演,依托可视化管控与异常预警模块实现工程设施运行状态实时监控,贯穿水资源管理全业务流程。后续可进一步融合物联网实时感知与人工智能优化算法,持续提升调度决策的智能化水平,为水利工程安全运行与水资源高效利用提供坚实技术保障。

参考文献

- [1]侯丽丽.水利工程中节水设施的设计与应用分析[J].科技资讯,2026,24(1):173-175.
- [2]曹芸恺.水利工程设计与施工中水文数据的应用与实践探索[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2026(3):179-182.
- [3]李如意.基于移动GIS的饮用水水源地常态化监管系统设计与实现[J].测绘与空间地理信息,2026,49(1):70-72.
- [4]张红.一体化智能控制终端在液压升降坝监测中的设计与工程应用[J].消费电子,2026(5):251-253.
- [5]张再宝.“BIM+GIS”在水利工程运行管理中的应用价值及分析[J].奥秘,2026(1):185-187.