

# 大数据分析在水资源管理与调度中的应用

冯军<sup>1</sup> 王戈战<sup>2</sup> 郑来源<sup>2</sup>

1 新疆维吾尔自治区塔里木河流域叶尔羌河水利管理中心

2 天津水运工程研究院有限公司

DOI:10.12238/hwr.v9i6.6452

**[摘要]** 随着水资源供需矛盾加剧,大数据分析成为水资源管理与调度的关键技术。在水资源管理方面,通过动态监测与预警实现灾害精准预判,利用水质综合评估追溯污染源头,借助水资源优化配置实现科学分配。在水资源调度领域,智能调度模型整合多源数据优化方案,动态调度依据实时数据快速响应突发状况,多目标协同优化调度平衡供水安全、生态保护与经济效益。大数据分析技术的应用,显著提升了水资源管理的科学性与调度的精准性,为实现水资源可持续利用提供了有力支撑,对缓解水资源问题具有重要意义。

**[关键词]** 大数据分析; 水资源管理; 水资源调度

**中图分类号:** TV211.1 **文献标识码:** A

## The Application of Big Data Analysis in Water Resource Management and Scheduling

Jun Feng<sup>1</sup> Gezhan Wang<sup>2</sup> Laiyuan Zheng<sup>2</sup>

1 Yarkand River Water Conservancy Management Center in Tarim River Basin, Xinjiang Uygur Autonomous Region

2 Tianjin Water Transport Engineering Research Institute Co., Ltd

**[Abstract]** With the intensification of the contradiction between water supply and demand, big data analysis has become a key technology for water resource management and scheduling. In terms of water resource management, precise disaster prediction is achieved through dynamic monitoring and early warning, pollution sources are traced through comprehensive water quality assessment, and scientific allocation is achieved through optimized allocation of water resources. In the field of water resource scheduling, intelligent scheduling models integrate multi-source data optimization solutions, dynamically and real-time scheduling responds quickly to emergencies based on real-time data, and multi-objective collaborative optimization scheduling balances water supply safety, ecological protection, and economic benefits. The application of big data analysis technology has significantly improved the scientificity of water resource management and the accuracy of scheduling, providing strong support for achieving sustainable utilization of water resources and having important significance in alleviating water resource problems.

**[Key words]** big data analysis; Water resource management; water resources regulation

水资源短缺与时空分布不均已成为全球可持续发展的核心挑战,传统管理模式在数据整合与动态决策中渐显局限。大数据分析以其多源数据融合、实时计算与智能建模优势,为破解水资源监测、评估、调度等难题提供了技术路径,正推动水资源管理从经验驱动向数据驱动转型,成为优化资源配置、保障水安全的关键支撑。

### 1 大数据分析在水资源管理的应用

#### 1.1 动态监测与预警

动态监测与预警是大数据分析赋能水资源管理的重要实践场景。通过在河湖、水库等关键水域密集部署物联网传感器网

络,可实现水位、流量、水质、水温等参数的分钟级高频次采集。例如,压力式水位传感器能实时捕捉水位变化,超声波流量计可精准测量水体流速,多参数水质传感器则可同步监测pH值、溶解氧、浊度等指标。与此同时,高分辨率遥感卫星与低空无人机监测系统构建起天地一体化的数据采集体系,前者可获取大范围水体分布与水质光谱数据,后者则能针对重点区域进行精细化巡查,通过搭载的多光谱相机与热成像设备,及时发现污水排放口、藻类水华等异常现象。这些来自不同监测设备、不同时空尺度的异构数据,经5G网络与边缘计算技术实时传输至大数据平台后,需进行清洗、融合与标准化处理。利用时空序列分析算

法,可建立水位-流量关系模型、水质变化预测模型等,通过对历史数据的机器学习训练,模型能够准确识别数据中的异常波动。以洪水预测为例,结合气象部门的降水量预报数据、流域地形地貌数据,运用分布式水文模型与深度学习算法,可提前72小时预测洪水演进路径与峰值流量,误差率较传统方法降低30%以上。当预测结果超过阈值时,系统将自动触发分级预警机制,通过短信、APP推送、广播等多渠道,向水利部门、应急管理机构及受影响区域群众发布预警信息,为抢险物资调配、人员转移安置等应急响应工作争取宝贵时间。在干旱预警方面,大数据平台可整合土壤墒情数据、农作物需水数据,精准评估干旱等级与影响范围,指导农业灌溉计划调整,实现水资源的科学调配,最大程度降低灾害损失。

### 1.2 水质综合评估

水质状况直接关系到生态平衡与人类健康,大数据分析为水质综合评估带来系统性革新。在实际管理中,分散于江河湖库的水质监测站点,会在不同时间节点采集pH值、化学需氧量、氨氮含量等基础数据,同时,气象部门的降水、气温数据,水文站点的流速、流量数据等多源信息也不断产生。这些数据类型多样、格式各异,且存在时空差异,传统处理方式难以挖掘其深层价值。借助大数据技术的数据清洗、融合功能,能够将碎片化的水质数据与气象、水文等外部信息整合为结构化数据集,为后续分析奠定基础<sup>[1]</sup>。在此之上,通过构建复杂的大数据水质评估模型,融合多元统计分析、机器学习算法等技术,可对区域水质进行量化评估。该模型不仅能以可视化形式直观呈现当前水质等级、污染程度等现状,还能利用历史数据回溯分析,结合水动力学模型,精准追溯污染源头,推演污染物在不同气象、水文条件下的扩散路径与影响范围。例如,通过分析降水数据与水质变化的关联,可判断面源污染的触发机制;结合河道流量与污染物浓度变化,能确定点源污染的排放规律。这种基于大数据的水质综合评估,为制定针对性的水污染治理方案、科学规划生态修复工程提供了详实且精准的依据,助力水资源管理者实现从被动应对到主动防控的转变。

### 1.3 水资源优化配置

水资源优化配置是解决供需矛盾、保障可持续发展的核心任务,大数据分析为此提供了精细化的解决方案。在区域水资源管理中,工业生产环节的冷却用水、工艺用水数据,农业灌溉的用水量、灌溉周期数据,以及居民生活的日用水量、用水时段分布数据等,构成了庞大的用水信息体系。同时,区域GDP增长数据、产业结构布局、人口密度及增长趋势等社会经济信息,也与水资源需求紧密相关。这些数据分散于水利、统计、环保等多个部门,存在数据格式不统一、更新频率不一致等问题<sup>[2]</sup>。大数据技术凭借强大的数据治理能力,对多元异构数据进行标准化处理与深度融合,构建起覆盖全领域的水资源供需分析数据库。通过建立包含水力学模型、投入产出模型、线性规划模型等在内的大数据分析模型体系,综合考虑水资源总量、用水效率、经济价值等多重因素,能够精准测算不同区域、不同行业在不同发

展阶段的合理用水量。例如,结合工业企业的生产规模、用水定额和产值贡献,评估其用水效益,识别高耗水低产出的企业;基于农作物种植结构、土壤墒情和气象条件,优化农业灌溉用水计划。在科学测算的基础上,大数据分析可为水资源分配提供动态决策支持。以保障民生为首要原则,优先满足居民生活用水需求,确保供水安全与水质达标;针对工业用水,通过制定差异化的用水配额和阶梯水价政策,倒逼企业改进节水工艺、提高重复利用率;在农业领域,结合精准灌溉技术,将有限的水资源输送到最需水的区域和作物。

## 2 大数据分析在水资源调度中的应用

### 2.1 智能调度模型构建

水资源调度面临复杂的时空变化与多元需求,智能调度模型的构建是实现科学调配的关键。在大数据技术的支持下,这一过程从数据整合到模型优化形成完整闭环。

首先,数据整合环节打破信息孤岛。历史水资源调度数据记录了过去不同场景下的调度策略与效果,是经验积累的数字化体现;实时水文信息,如河流流量、水库水位等,通过遍布流域的传感器网络高频采集,确保数据时效性;气象预报数据涵盖降水、蒸发量等关键要素,为预判水资源变化提供前瞻性依据;各用水部门需水计划则综合工业生产、农业灌溉、居民生活等多方面需求,细化水资源分配目标。这些数据来源广泛、格式各异,大数据技术通过数据清洗、标准化转换等预处理手段,将其统一到专用数据库中。其次,在模型构建阶段,基于整合后的数据,利用大数据分析技术搭建复杂的水资源智能调度模型。模型融合水文学、运筹学等多学科理论,构建涵盖水资源的产生、转化、消耗等全过程的动态模拟框架<sup>[3]</sup>。通过设置不同的调度策略参数,如水库放水时间、水量分配比例等,该模型能够模拟水资源在时间与空间维度上的变化过程,直观展现不同调度方案下各区域、各部门的水资源供给情况。机器学习算法在模型优化中发挥核心作用。它以历史调度数据和实际反馈结果为训练样本,通过不断调整模型参数,优化调度策略。例如,当发现某一时段农业灌溉用水效率较低时,算法可自动调整该区域的水资源分配权重;若监测到工业用水需求激增,模型能及时调整水库放水计划以保障供应。通过持续的学习与迭代,模型能够适应水资源系统的动态变化,使生成的调度方案更加贴合实际需求,提升水资源调度的科学性与精准度。

### 2.2 动态实时调度决策

在水资源调度领域,动态实时响应能力是应对复杂多变环境的关键。物联网与大数据技术的深度融合,为水资源调度装上了“智慧大脑”,让调度决策能够紧跟水资源动态变化,实现精准施策。

物联网传感器构成了实时监测的“神经网络”,在江河湖泊、水库大坝、供水管道等关键节点,水位传感器、流量传感器、水质传感器等设备24小时不间断工作,以分钟甚至秒级的频率采集数据。这些传感器将水位涨落、流量变化、水质指标波动等信息,通过无线网络实时传输至大数据平台。同时,气象卫星、

雷达监测等设备同步收集天气变化数据,与水文信息相互补充,共同构建起立体、动态的水资源监测网络。大数据平台则承担着“中枢神经”的角色,对海量实时数据进行高效处理与深度分析。平台利用分布式计算技术,快速清洗、整合多源异构数据,消除数据噪声与矛盾;通过建立实时数据分析模型,将采集到的原始数据转化为具有实际意义的决策信息<sup>[4]</sup>。例如,结合历史数据与当前监测值,分析水位变化趋势;通过对比水质指标与标准值,判断水体质量状况。当极端天气、用水需求骤变等突发情况出现时,大数据平台的实时分析与智能决策能力便充分显现。以极端降雨天气为例,平台可迅速捕捉到降雨量、流域内各监测点水位变化等数据,结合地形地貌、水利工程分布等信息,利用洪水演进模型,在极短时间内预测洪水的发展趋势、淹没范围和可能影响的区域。对于用水需求骤变,如工业企业临时增加生产任务导致需水量激增,平台能立即分析该企业所在区域的水资源储备、周边供水能力等情况,自动生成或调整调度方案。方案制定过程中,平台还会综合考虑生态流量保障、其他用户用水需求等多方面因素,确保调度方案既满足突发需求,又维持水资源系统的整体平衡。最终,通过自动化指令系统,将调度方案迅速下达至水库闸门、泵站等水利设施,实现水资源的动态、精准调度,大幅提升水资源调度的及时性和有效性,最大程度降低突发情况对水资源供需平衡的影响。

### 2.3 多目标协同优化调度

水资源调度需统筹多方利益与需求,多目标协同优化调度在平衡供水安全、生态保护与经济效益等目标上发挥着关键作用。大数据技术凭借其强大的信息处理和分析能力,为多目标协同优化调度提供了创新路径和科学方法。

在水资源管理中,供水安全、生态保护、经济效益等目标既相互关联又存在潜在冲突。供水安全要求优先保障居民生活用水和重要产业的稳定供水;生态保护强调维持河流、湖泊等水体的生态基流,保护水生态系统的完整性;经济效益则关注水资源在农业、工业等领域的高效利用,以促进经济增长。这些目标的实现并非孤立,而是相互影响<sup>[5]</sup>。例如,过度追求农业灌溉用水以提升经济效益,可能会挤占生态用水,威胁生态平衡;保障生态基流可能在一定程度上限制工业用水规模,影响短期经济收益。大数据技术能够对海量的水资源相关数据进行深度挖掘,包括历史用水数据、生态监测数据、经济统计数据等,从中分析各目标间的内在联系和影响机制,识别关键影响因素和敏感区域,为多目标协同优化提供数据支撑。基于大数据挖掘的结果,研究人员可以构建多目标优化模型。该模型融合运筹学、系统工程等理论,通过数学算法和优化技术,将供水安全、生态保护、经济效益等多个目标转化为可量化的指标和约束条件。在模型构建过程中,综合考虑水资源的时空分布特性、不同用水部门的

用水规律、水利工程的调度能力等因素,以复杂的数学公式和逻辑关系描述各目标之间的相互作用。例如,利用线性规划、非线性规划等算法,在满足居民生活用水定额和生态基流要求的前提下,寻找工业和农业用水的最优分配方案,使水资源利用产生的经济效益最大化;或通过多目标遗传算法,生成一系列非劣解(帕累托最优解),为决策者提供多种权衡不同目标的调度方案选择。在实际的水资源调度决策中,多目标优化模型以大数据分析为依据,在保障居民生活用水和生态基流这两个底线要求的基础上,对不同用水需求进行综合权衡。对于工业用水,根据企业的产值贡献、用水效率和节水潜力,合理分配水量,优先满足高附加值、低耗水产业的需求;在农业领域,结合农作物需水规律、土壤墒情和气象条件,优化灌溉用水分配,推广节水灌溉技术,提高农业用水效益。通过动态调整水资源分配策略,协调不同目标之间的矛盾,实现水资源在各领域的合理配置,最终达成水资源利用效益的最大化,推动水资源的可持续利用和区域的协调发展。

### 3 结语

大数据分析通过多源数据融合与智能算法,重构了水资源管理与调度的技术逻辑。在管理层面,实现了从单点监测到全域感知的跨越,为灾害预警、水质评估与资源配置提供精准支撑;在调度领域,通过模型迭代、实时响应与多目标协同,推动决策从经验主导转向数据驱动。当前,其应用已显著提升了水资源利用效率与系统韧性。未来,随着数字孪生、边缘计算等技术的深度嵌入,大数据分析将在水资源精细化管理、流域协同调度等场景中释放更大价值,助力全球水安全目标的实现。

### 【参考文献】

- [1]夏永发,宋祥胜,张希娥.大数据分析技术在水资源管理中的应用[J].山东水利,2023,(08):18-19.
- [2]刘娟.大数据分析对传统人力资源管理的影响[J].冶金管理,2023,(02):55-59.
- [3]李喆.大数据分析挖掘在企业人力资源管理上的应用[J].中小企业管理与科技,2022,(22):83-85.
- [4]徐岩柏.大数据分析的海量教学视频资源管理系统[J].山西大同大学学报(自然科学版),2022,38(01):30-34+44.
- [5]余冬梅.大数据分析技术的普及对于传统人力资源管理的影响[J].商展经济,2020,(13):83-85.

### 作者简介:

冯军(1978—),男,汉族,山东泰安人,新疆维吾尔自治区塔里木河流域叶尔羌河水利管理中心,本科,高级工程师。主要从事水利工程及信息化项目建设管理,标准化及智慧水利技术应用等。