

# 水文监测与水资源调控实践研究

李利

河北省唐山水文勘测研究中心

DOI:10.12238/eep.v8i8.2796

**[摘要]** 水文监测是水资源管理的基础,水资源调控是实现水资源可持续利用的关键手段。本文聚焦水文水资源领域,深入探讨了水文监测的技术体系、水资源调控的核心策略及二者在实践中的协同应用。通过分析流域、城市、农业等不同场景下的水文监测数据应用与水资源调控实践案例,总结了当前工作中存在的技术瓶颈与管理难题,并提出了融合智能化技术与系统性管理理念的发展路径,为提升水文监测精度和水资源调控效率提供参考,助力水资源的科学管理与生态保护。

**[关键词]** 水文监测; 水资源调控; 水文水资源; 监测技术; 调控策略

中图分类号: P336 文献标识码: A

## Practical Research on Hydrological Monitoring and Water Resource Regulation

Li Li

Tangshan Hydrological Survey and Research Centre, Hebei Province

**[Abstract]** Hydrological monitoring forms the foundation of water resource management, while water resource regulation serves as the key mechanism for achieving sustainable water utilisation. This paper focuses on the hydrological and water resource domain, delving into the technical framework of hydrological monitoring, core strategies for water resource regulation, and their synergistic application in practice. By analysing case studies of hydrological monitoring data applications and water resource regulation practices across diverse scenarios—including river basins, urban areas, and agriculture—this study identifies existing technical bottlenecks and management challenges. It proposes a development pathway integrating intelligent technologies with systematic management principles, offering references for enhancing hydrological monitoring accuracy and water resource regulation efficiency. This contributes to the scientific management and ecological conservation of water resources.

**[Key words]** hydrological monitoring; water resource regulation; hydrology and water resources; monitoring technology; regulation strategies

### 引言

水是维系生态系统平衡、支撑经济社会发展的基础性自然资源和战略性经济资源。在全球气候变化与城市化进程加速的背景下,水资源时空分布不均、供需矛盾突出、水旱灾害频发等问题日益严峻,对水文监测与水资源调控工作提出了更高要求。水文监测通过对水位、流量、水质、降水等水文要素的持续观测,为水资源管理、防洪抗旱、生态保护提供数据支撑;水资源调控则基于监测数据,通过工程措施与非工程措施的结合,实现水资源的优化配置与高效利用。二者的协同发展是保障水资源安全、促进人与自然和谐共生的重要保障。本文结合水文分析与水资源管理的实际需求,系统梳理水文监测技术的应用现状,剖析水资源调控的实践模式,旨在为相关领域的研究与实践提供理论与实践参考。

### 1 水文监测技术体系与应用现状

#### 1.1 传统监测技术

传统水文监测技术以人工观测和常规仪器测量为核心,包括水位计、流速仪、雨量筒等设备的使用。人工观测通过监测人员定期赴监测站点记录数据,适用于地形复杂、交通不便的偏远地区,但其时效性差、劳动强度大,且数据精度易受人为因素影响。例如,在山区小流域的降水监测中,人工雨量站仍被广泛应用,但难以实现降雨过程的实时捕捉。常规仪器如浮子式水位计、旋桨式流速仪,通过机械原理实现水文要素的测量,具有操作简便、成本较低的特点,在我国水文站网建设初期发挥了重要作用。然而,这类技术对极端天气的适应性较弱,在暴雨、洪水等灾害发生时易出现设备故障,影响数据连续性。

#### 1.2 自动化监测技术

随着信息技术的发展,自动化监测技术逐步取代传统技术成为水文监测的主流。自动化监测系统由传感器、数据传输模块、终端处理平台组成,可实现水文要素的实时采集、传输与分析。例如,超声波水位计通过声波反射原理测量水位,精度可达 $\pm 0.5\text{cm}$ ,且不受水体浑浊度影响;多普勒流速仪利用多普勒效应测算水流速度,适用于高流速、大流量的河道监测。在水质监测方面,自动水质监测站通过在线传感器实时监测pH值、溶解氧、氨氮等指标,数据每小时更新一次,为水源地保护和水污染应急处置提供快速响应支持。自动化技术的应用显著提升了监测效率,例如,长江中下游干流的水文站已实现水位、流量数据的自动采集与传输,数据获取周期从传统的24小时缩短至15分钟,为防洪决策争取了宝贵时间。相关技术发展与应用现状在张建云等学者关于水文监测技术发展的研究中已有详细阐述<sup>[1]</sup>。

### 1.3 智能化监测技术

近年来,物联网、大数据、遥感等智能化技术与水文监测的融合不断加深,推动监测体系向“空天地”一体化发展。卫星遥感技术通过监测地表水体的面积、水位变化反演区域水资源量,在流域尺度的水资源评估中具有独特优势。例如,我国“高分”系列卫星可实现对湖泊、水库水域面积的高精度监测,为干旱地区的水资源管理提供宏观数据。无人机航拍技术则适用于中小流域的水文调查,通过搭载红外相机和激光雷达,快速获取河道地形、植被覆盖等信息,辅助山洪灾害风险评估。此外,基于机器学习的水文模型能够对监测数据进行智能分析,预测水文要素的变化趋势,如利用LSTM神经网络模型预测河流流量,短期预测精度可达85%以上,为水资源调度提供科学依据。张建云等在研究中也对智能化监测技术在水文领域的应用前景进行了展望<sup>[1]</sup>。

## 2 水资源调控的核心策略与实践模式

### 2.1 工程调控措施

工程调控措施是水资源调控的基础手段,通过修建水利工程实现水资源的时空再分配。水库是最主要的工程类型之一,具有防洪、灌溉、供水、发电等综合功能。例如,三峡水库通过汛期拦蓄洪水、枯水期释放库容,有效调节长江中下游的流量,既保障了防洪安全,又满足了沿江城市的供水需求。跨流域调水工程则致力于解决水资源空间分布不均的问题,我国南水北调工程通过东、中、西三条线路,将长江水引入华北、西北地区,截至2024年底,累计调水量突破600亿立方米,缓解了北方地区的水资源短缺困境。此外,小型水利工程如塘坝、水闸等,在农业灌溉和农村供水调控中发挥着重要作用,例如,黄土高原地区的淤地坝通过拦蓄雨水和泥沙,既提高了水资源利用率,又减少了水土流失。陈敏建等学者在流域水资源调控理论与实践研究中,对工程调控措施的应用价值进行了深入分析<sup>[2]</sup>。

### 2.2 非工程调控措施

非工程调控措施以制度建设、技术管理和公众参与为核心,通过优化管理机制提升水资源调控效率。水资源统一调度制度是核心制度之一,以流域为单元实行水资源的集中管理,例如,

黄河流域实行“水量统一调度、断面流量控制”制度,严格分配各省区的用水指标,保障了黄河干流连续20多年不断流。水权交易机制通过市场化手段促进水资源的高效配置,在我国宁夏、浙江等地开展的水权交易试点中,企业或灌区通过购买水权实现水资源的合理流转,提高了水资源的利用效益。此外,节水技术推广也是非工程措施的重要内容,如农业领域的滴灌、喷灌技术可节水30%-50%,工业领域的循环用水技术使水重复利用率提升至90%以上,从需求端减少水资源消耗。陈敏建等在研究中指出,非工程调控措施与工程措施的协同应用,是实现流域水资源高效管理的关键<sup>[2]</sup>;同时,王建华等关于城市水资源智能调控技术的研究,也涉及非工程调控措施在城市水资源管理中的实践应用<sup>[4]</sup>。

### 2.3 生态调控措施

生态调控措施强调水资源调控与生态保护的协同,旨在维持水体的生态功能和生物多样性。生态流量保障是核心内容,通过设定河流最小生态流量,确保河流、湖泊等水体的生态需水。例如,珠江流域制定了主要干支流的生态流量管控指标,在水资源调度中优先保障生态用水,有效保护了流域内的鱼类产卵场和湿地生态系统。滨岸带生态修复则通过种植水生植物、构建人工湿地等方式,净化水质、涵养水源,如太湖流域的滨岸带生态工程,通过恢复芦苇、茭白等植被,降低了入湖污染物浓度,改善了湖泊生态环境。此外,水库生态调度技术通过调整水库运行方式,模拟天然水文过程,减少对下游生态系统的干扰,例如,美国科罗拉多河的格伦峡谷大坝采用脉冲式放水,模拟自然洪水过程,促进了下游河岸植被的生长和鱼类洄游。夏军等学者在变化环境下水资源适应性管理理论与方法研究中,强调了生态调控措施在水资源可持续利用中的重要性<sup>[3]</sup>。

## 3 水文监测与水资源调控的实践应用场景

### 3.1 流域水资源综合管理

在流域尺度,水文监测与水资源调控的协同应用是实现水资源可持续利用的关键。以长江流域为例,流域内建成了由1200余个水文站、3000余个雨量站组成的监测网络,实时监测干支流的水位、流量、水质等数据。基于监测数据,长江水利委员会实施“三峡水库+梯级水库”联合调度,在汛期通过错峰调度降低中下游防洪压力,在枯水期通过联合补水保障航运和供水安全。2023年长江流域遭遇罕见干旱,水文监测数据显示流域来水量较常年减少40%,调度部门及时启动应急响应,通过三峡水库向下游补水超200亿立方米,确保了沿江城市供水和农田灌溉需求,同时兼顾了鄱阳湖、洞庭湖等湖泊的生态用水。陈敏建等在流域水资源调控研究中,以长江流域等典型案例分析了监测与调控协同应用的实践效果<sup>[2]</sup>;夏军等关于水资源适应性管理的研究,也为流域水资源综合管理提供了理论支撑<sup>[3]</sup>。

### 3.2 城市水资源供需平衡调控

城市作为水资源消费的集中区域,面临着供水紧张、内涝风险等问题,需通过精准监测与智能调控实现供需平衡。北京市构建了“地表水+地下水+再生水+应急水源”的多水源监测体系,

实时监控各水源的水位、水质和供水量。基于监测数据，北京市实行“优先利用再生水、合理开采地下水、严格管控地表水”的调控策略，2023年再生水利用量达12亿立方米，占城市用水总量的25%，有效缓解了地下水超采问题。在防洪排涝方面，上海市通过布设3000余个雨量、水位监测点，结合数字孪生技术构建城市水文模型，实现内涝风险的精准预测，2024年汛期通过提前调度排水泵站和闸门，将市区积涝时间缩短至1小时以内，保障了城市正常运行。王建华等学者在城市水资源智能调控技术与应用研究中，详细介绍了北京、上海等城市水资源调控的实践经验<sup>[4]</sup>。

## 4 面临的挑战与发展趋势

### 4.1 主要挑战

当前，水文监测与水资源调控工作仍面临诸多挑战。在技术层面，监测站网布局仍不均衡，偏远地区和小流域的监测覆盖率较低，部分监测设备精度不足，难以满足精细化管理需求；数据共享机制不完善，水利、环保、农业等部门的监测数据存在“信息孤岛”现象，影响调控决策的科学性。在管理层面，水资源调控的跨区域、跨部门协调难度大，部分地区存在地方保护主义，导致流域统一调度难以有效实施；生态用水保障机制不健全，在水资源紧张时，生态需水常被挤占，影响水生态系统健康。此外，气候变化导致水文过程的不确定性增加，传统的水文模型和调控策略难以适应极端天气事件的频发，增加了水旱灾害风险。夏军等在变化环境下水资源适应性管理研究中，指出了气候变化对水文监测与水资源调控带来的挑战<sup>[3]</sup>；张建云等也在水文监测技术研究中提及了监测站网布局与设备精度相关问题<sup>[1]</sup>。

### 4.2 发展趋势

未来水文监测与水资源调控将向多维度深度升级。技术层面，智能化监测将进一步融合AI与边缘计算，实现监测设备自诊断、数据自校正，提升极端天气下数据可靠性；跨部门数据共享平台将加速构建，打破“信息孤岛”，为调控决策提供全域数据支撑。管理层面，流域协同调控机制将更趋完善，通过数字化孪生流域系统，实现跨区域用水精准调度；生态用水保障将纳入刚性管控，建立“生态-经济”双导向的水资源配置模型。同时，低碳理念将深度融入调控实践，推动水利工程与新能源耦合发展，助力水资源管理向绿色低碳转型。

## 5 结论

水文监测与水资源调控是水资源管理的核心环节，二者的有机结合为解决水资源供需矛盾、应对水旱灾害、保护水生态环境提供了重要支撑。在传统监测模式下，水文工作者需携带测量工具，徒步跋涉至河流、湖泊等水域，定期记录水位、流量等数据，效率低且存在数据连续性不足的问题。随着物联网、大数据、卫星遥感等技术的进步，水文监测已从传统人工观测迈向智能化综合监测，通过部署在流域内的智能传感器网络，可实时采集水位、流量、水质、墒情等多维度数据，并借助5G通信技术实现数据的秒级传输与动态分析。水资源调控方面，早期主要依赖水库、堤坝等单一工程措施，如今已转向工程、非工程与生态措施的协同应用，例如通过洪水风险图编制、水权交易制度、生态补水工程等手段，构建起更为科学的水资源调控体系。

在流域管理场景中，长江流域通过“空天地”一体化监测网络与梯级水库群联合调度，有效降低了中下游地区的洪涝灾害风险；在城市领域，海绵城市建设结合实时水文监测数据，实现了雨水的高效收集与利用；在农业方面，智能灌溉系统依据土壤墒情监测数据精准供水，节水率提升超30%，这些实践均取得了显著成效。然而，面对气候变化与人类活动的双重影响，极端降水事件频发、地下水超采等问题凸显，水文监测与水资源调控仍需突破技术瓶颈与管理障碍。例如，部分山区受地形限制，监测设备难以全覆盖；跨流域调水工程涉及多方利益，协同管理难度大。

## [参考文献]

- [1]张建云,王浩,贾仰文.水文监测技术发展及展望[J].水利学报,2021,52(5):513-523.
- [2]陈敏建,王光谦,刘家宏.流域水资源调控理论与实践[J].水科学进展,2020,31(2):165-174.
- [3]夏军,左其亭,占车生.变化环境下水资源适应性管理理论与方法[J].生态学报,2022,42(10):3985-3996.
- [4]王建华,赵勇,秦长海.城市水资源智能调控技术与应用[J].中国给水排水,2023,39(7):1-7.

## 作者简介:

李利(1978—),男,汉族,河北辛集人,大学本科,正高级工程师。研究方向:水文水资源。