

流域水资源实时监控管理系统研究

谢新民¹, 蒋云钟¹, 闫继军¹, 杨小庆¹, 卞敬珍²

(1. 中国水利水电科学研究院水资源研究所, 北京 100044; 2. 青海大学, 青海 西宁 810061)

摘要: 根据我国流域水文水资源特点和供用水特征, 基于目前流域所面临的水资源短缺和污染问题, 需要研究和开发流域水资源实时监控管理系统。其重点应放在现有监测站点的调整与完善, 水库运行规则、技术参数的校核与调整, 洪水资源调控与地下水人工回灌, 污水处理回用与生态环境需水量, 防洪与兴利统一调度, 地表水与地下水资源联合运用管理等技术研究, 以及水资源实时调度管理方案付诸实施后效益与风险分析、系统的标准化等方面。

关键词: 水资源; 实时监控; 实时评价; 实时预报; 实时管理; 实时调度

中图分类号: TV 213.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-6791(2003)03-255-05

由于我国独特的自然地理条件和复杂的水文水资源特点, 决定了我国的水资源问题比较复杂, 虽然各流域经过四五十年大规模的水利工程建设, 取得了巨大成就, 但水资源短缺和污染问题, 不仅没有得到根本性的解决, 还呈日益严峻的趋势。为了更有效地解决或缓解所面临的“水少、水脏”问题, 需要深入地分析现状下垫面条件下的流域水循环规律, 通过研究流域水资源实时监控管理的基础理论和技术方法^[1-5], 开发和建立流域水资源实时监控管理系统, 以充分利用和挖掘现有水利工程的内部潜力与整体综合优势, 有力地支持社会经济的可持续发展。

1 系统的构成与技术关键

研制流域水资源实时监控管理系统的主要目的是^[6], 以水利信息化促进水利现代化, 以水利现代化保障水资源的可持续利用, 并以水资源的可持续利用来支撑社会经济的可持续发展。该系统是以水资源实时监测系统为基础, 以现代通信和计算机网络系统为手段, 以水资源优化调度和地表水、地下水、污水处理回用、海水(微咸水)及外调水的联合高效利用为核心, 追求节水、防污、提高水资源利用效率和最终实现水资源的可持续利用为目标, 通过水资源信息的实时采集、传输、模型分析, 及时提供水资源决策方案, 并快速给出方案实施情况的后评估结果等, 以确保实现水资源的统一、动态和科学管理, 做到防洪与兴利、地表水与地下水、当地水与外调水、水质与水量、优质水与劣质水之间联合调度和高效利用, 以支撑社会经济的可持续发展。

流域水资源实时监控管理系统是一种动态的交互式计算机辅助决策系统, 由水资源实时监测、实时评价、实时预报、实时管理、实时调度、决策会商、控制和后评估子系统所组成, 是基于可持续发展的思想, 根据现代水文水资源科学的有关理论, 利用当代先进的系统分析、人工智能、计算机、多媒体及网络等技术, 通过有关专业模型计算、分析和知识推理、判断等, 为决策者提供流域水资源实时管理、调度方案, 并允许决策者或专家根据自己的智慧、知识、经验、偏好和决策风格等进行定性分析与判断, 直接干预方案生成及评价整个决策过程。

收稿日期: 2002-03-13; 修订日期: 2002-05-20

基金项目: 国家重点基础研究发展规划资助项目 (G1999043602); 水利部科技创新项目

作者简介: 谢新民(1963-), 男, 山东巨野人, 中国水利水电科学研究院教授级高级工程师, 博士生导师, 博士, 主要从事水资源综合评价、规划与可持续利用战略及实时监控管理等研究。E-mail: xiexin@iwhr.com

根据流域水文水资源的特点和供用水特征, 基于目前流域所面临的水资源短缺和水环境恶化问题, 研究和开发流域水资源实时监控管理系统。该系统的技术关键主要包括:

(1) 水资源监测网的调整和完善, 河流纳污能力及其环境容量, 水库或水库群运行规则、技术参数的校核与调整, 洪水资源调控、污水处理回用与地下水人工回灌, 污水总量控制与生态环境需水量, 防洪与兴利统一调度, 地表水与地下水资源联合运用管理等研究, 以及水资源实时调度管理方案付诸实施后效益与风险分析、系统的标准化等。

(2) 该系统由庞大而复杂的基础数据库、模型数据库、结果数据库、专业模型库和知识库等组成。其特点是系统规模庞大、处理的数据信息量大, 模型运算复杂以及数据传输接口多, 如何实现信息存储、加工、传输的专业化管理, 是一个技术难点。流域的水价政策及水权分配问题, 也是影响流域水资源合理开发和高效利用以及实时、统一管理的关键。

(3) 建立和完善与现代水资源管理要求相适应的组织机构和高效、精干的执法队伍, 以及制定科学的流域水资源管理规章制度、有关政策和法规条例等, 以保障流域水资源实时管理、调度方案的付诸实施, 指导流域水资源开发利用和保护。

2 系统的主要功能

流域水资源实时监控管理系统的主要功能包括: 水资源(水量和水质)的实时监控、评价、预报和决策支持(实时预报、管理及调度)以及控制、后评估等(图1)。

2.1 水资源实时监控

水资源实时监控内容主要包括水情、水质、旱情以及其他信息等。在现有监测站网的基础上, 建立和完善统一的水资源动态监测网(站点)或监测系统, 各监测网或系统之间互通有无、资料共享, 为水资源的合理开发、高效利用和有效保护及时快速、准确地提供完备的实时监控信息。

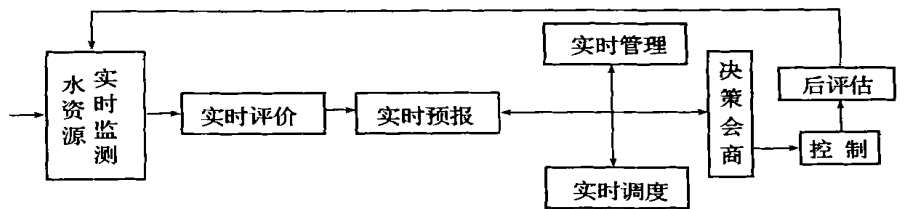


图1 流域水资源实时监控管理系统的功能框图

Fig. 1 Function framework for the real-time river basin monitoring and management system

(1) 雨量观测 目前采用的雨量观测手段主要是普通自记和人工观测, 为了达到实时监控的目的, 需要适时更新现有的观测设备, 装配翻斗式雨量计并配备固态存储器等, 使雨量观测方式更新为无人值守、有人看护的观测方式, 实现雨量信息的自动采集及传递。

(2) 水位观测 水位观测分为地表水和地下水两种, 地表水多指河流水位和水库水位等, 而地下水就单指地下水位。

对于基本水尺在桥梁上(或附近有公路桥)的水位观测, 特别是含沙量较大的站, 建议采用气介质超声波水位计, 再采用有线或无线方式将水位信息传输到站房。

对于山区性河流, 或断面稳定、含沙量较小的水位观测, 采用测井式水位观测, 装配浮子式或压力式水位计, 通过有线或无线方式将水位信息传输到站房。

水库站一般有自记井, 只对其重新装配浮子式或压力式水位计, 通过有线或无线方式将水位信息传输到站房。

地下水位监测目前主要分为手工测绳和自动监测仪两种。自动监测仪主要通过固态存储、电话网传输、手机网传输和电台传输等方式将实时监测到的数据传输到中心站。

总之, 建议水位监测均装配与雨量结合的水位雨量固态存储器, 装配具有记录、传输、存储、分析等功能的自动监测系统, 最终实现水位遥测自记、自动测报等功能。

(3) 流量测验 在各中心站配备不同形式的桥测车及先进的仪器设备, 开展桥测及周围地区的巡测; 缆道及船测站, 对现有设施设备进行更新改造, 实现水文缆道程控自动化, 配备机船及先进的测验仪器设备, 提高流量测验的精度, 充分满足防汛、抗旱和水资源统一调配的需要。

(4) 取水口及灌区流量观测 对水库各取水口分明渠和管道两种, 水位主要采用超声波自记水位计, 流量测验分不同情况, 选择适用的测流设备。灌区的水位观测主要采用超声波自记水位计等, 流量采取不定期电波流速仪率定方式, 用水位-流量关系线推求径流量。

(5) 机井开采量实时观测 地下水开采机井抽水量的观测, 目前一般只有一些机井安装了水表, 大部分机井均未安装水表。为了能准确取得地下水实际开采量的数据, 掌握准确的地下水开采量, 需要逐步或有重点地在地下水开采机井上安装水表。

(6) 水质实时监测 水质实时监测就是采用水质自动监测仪器或传统的人工方式、远程传输设备、在线监控和数据处理软件, 实现对水质参数的连续或实时采集、分析、存储, 并在监测指标超过污染标准时, 发出警报, 做出污染类型分析等。

(7) 墒情实时监测 主要针对大中型灌区的土壤墒情进行实时监测, 为适时、适量的节水高效灌溉提供信息支持。并在条件许可的情况下, 探讨利用遥感技术实时预报土壤墒情的可能性, 即利用实时遥感信息, 根据土壤墒情的实时监测数据, 通过与遥感解译模型进行联接和耦合计算, 实时提供整个流域不同灌区的土壤墒情, 为流域节水高效农业的健康发展提供可靠的依据。

2.2 水资源实时评价

水资源实时评价主要是指在时段初对上一时段的水资源数量、质量及其时空分布特征, 以及水资源开发利用状况等进行实时分析和评价, 确定水资源及其开发利用形势和存在的问题等。

(1) 水资源数量实时评价 根据雨量、河川径流、地下水位等实时监测资料等, 通过与历史同期的对比分析, 确定和评价水资源数量及丰枯形势等。

(2) 水资源质量实时评价 根据实测的河流、水库、引水渠的水质实时观测和地下水水质实时监测资料等, 通过与历史同期的对比分析, 确定水资源的质量状况及污染态势。

(3) 水资源开发利用实时评价 通过对各取水口取水量、开采机井抽水量和地下水位等实时监测资料, 对供用水量进行实时评价, 通过与历史同期的对比分析, 实时分析和评价各种水利工程的供水量、不同行业的实际用水量, 供用水结构、节水水平, 水资源开发利用程度以及当地水资源进一步开发潜力, 并实时圈定地下水的开采潜力区、采补平衡区和超采区等。

2.3 水资源实时预报

水资源实时预报主要包括来水预报和需水预报两部分^[5], 来水预报又分为水量预报和水质预报。水量预报包括地表水资源量预报和地下水资源量预报, 地表水资源量预报既可细分为当地水和外来水(包括引调水)预报, 又可分为汛期径流预报和枯季(非汛期)径流预报。需水预报分为工业、农业、生活和生态环境需水量预报。

(1) 河川径流量实时预报 根据河川径流的形成机理和产流规律, 将河川径流量实时预报分为汛期径流实时预报和枯季径流实时预报两种。汛期产汇流机制主要是超渗产流、蓄满产流、超渗与蓄满综合产流模式; 而枯季径流主要是遵循流域的退水规律^[4]。因此, 汛期与枯季径流实时预报模型是不同的, 需要分别建立预报模型对汛期和枯季的径流量进行实时预报。

(2) 地下水资源量实时预报 首先分析地下水的形成规律和补给、径流、排泄条件, 以及地下水的赋存规律; 然后根据抽水试验等确定含水层的参数分区, 并利用试验资料和长期观测资料确定有关水文地质参数; 最后利用均衡法或数学模拟模型法, 分析和预报地下水资源量、可开采量及地下水动态分布。

(3) 水质实时预报 利用获得的实时水质监测和污染物排放量等信息, 通过所建立的水质实时预报模型,

实时预报地下水与地表水水质状况、污染物类型、污染范围及污染程度, 及时提供水资源污染态势等信息。

(4) 需水量实时预报 根据需水量预报要求, 将需水门类分为生活、工业、农业、生态环境等一级类, 每个一级类可以再分成若干个二级类和三级类。根据上述分类方法, 可比较容易地合并有关各需水项, 获得需水量过程。

2.4 水资源实时决策支持

水资源实时决策包括水资源实时预报、水资源实时管理和调度以及决策会商等。

(1) 水资源实时预报 对于水资源实时预报, 尤其是汛期径流预报和需水预报, 由于受到诸多非确定性因素的影响比较大, 很难准确预报, 因此需要专家的会商支持、吸收和借鉴领域专家的知识 and 经验, 以便较准确地预报和确定未来的来水与需水过程等。

(2) 水资源实时管理 利用水资源实时评价和实时预报结果等, 通过水资源实时管理模型计算^[1,3], 结合领域专家或决策者等积累的知识、经验和偏好, 分水协议、水价政策的经济调节作用等进行综合分析, 提出水资源的实时管理方案, 为水资源的合理开发利用和保护等提供决策依据, 为水行政主管部门科学地行使其监督和管理职能提供支持, 以确保水资源的可持续利用。

(3) 水资源实时优化调度 通过前面制定的年度内水资源管理方案, 确定水资源优化调度的规则和依据; 根据各时段水资源的丰枯情况和污染态势, 通过建立水资源优化调度模型^[2], 确定水资源实时调度方案。

(4) 水资源决策会商 决策会商是指通过对实时、历史和预报、管理与调度的各类信息进行重组和加工处理, 为讨论和分析水资源的丰枯形势和污染态势, 以及最终确定水资源实时管理和调度方案提供全面的支持。根据利用水资源实时管理模型和调度模型确定的若干管理、调度方案, 以及提供的每一种方案的综合效益分析结果, 领导决策层和领域专家, 通过全面分析对比和协商, 如认为其中一个方案合适则选择之, 并付诸实施。如认为必须进一步做新的方案, 则通过水资源实时管理、调度系统, 计算和提出新的管理、调度预案, 供决策者对新老方案进行对比和选择。

总之, 在面临重大的水资源决策时, 决策会商机制显得非常重要, 有关利益冲突的各方, 可以根据所提供的各种预案, 包括水资源实时预报方案、实时管理预案和实时调度预案, 分析其优劣, 进行协商, 确定能为有关各方所接受的方案。

2.5 远程自动控制

控制可分为手工控制、半自动控制和自动控制等, 主要是对重要的取水口、开采机井和引水闸门等的控制。根据需求和可能, 有重点和有选择地建立一些远程自动控制系统是必要的, 也是将来的一种发展方向。

2.6 监控管理后评估

为了不断改进和完善系统的各项功能, 需要对系统的重点功能进行后评估。主要内容包括: 针对水资源实时调度、管理方案的合理性、实施效果以及预报方案的准确性、控制情况等进行评估, 重点分析导致调度、管理方案不合理和效益不好、预报不准确的原因等。

将研制的有关部分内容和功能模块进行集成, 最终建立一套较完整的基于 GIS 的水资源实时监控管理系统, 并进行试运行; 通过系统的试运行不断进行修改和完善, 最后正式交付使用, 并保证系统能够稳定运行。

3 结 语

我国经过四五十年不懈努力, 无论在水利工程建设、水资源科学研究, 还是在计算机、水文监测、通讯与网络技术和水资源管理体制、政策法规建设等方面, 均取得了巨大成就。随着我国社会经济的高速发展和城市化进程的不断加快, 水资源短缺和水污染问题已经越来越成为制约我国社会经济可持续发展的瓶颈, 引起了我国各级政府的高度重视和社会各界的广泛关注。因此, 水利部在新世纪来临之际调整了治水思路, 提出了“资源水利、现代水利和可持续发展水利”的概念, 要求把水资源开发利用与社会经济发展和生态环境保护紧

密结合起来进行统筹规划与综合考虑，在重视水资源开发、利用、治理的同时，更加注重水资源的合理配置、节约和保护，切实改变过去“重建设、轻管理”的做法，要在重视工程措施的同时，特别强调和重视非工程措施，强调科学管理。相信随着国家经济实力的进一步增强和投资的不断加大，我国流域水资源实时监控管理系统一定会在两个省级（辽宁省和江苏省）和三个流域级（海河流域、黄河流域和太湖流域）试点、示范工作的带动下，逐步得到推广和完善，为我国水资源优化配置和科学管理真正提供一个强有力的工作平台。

参考文献：

- [1] 谢新民. 水电站水库群与地下水资源系统联合运行多目标管理模型及计算方法[J]. 水利学报, 1995, (4): 13 - 24.
- [2] 谢新民, 陈守煜, 王本德, 等. 水电站水库群模糊优化调度模型与目标协调——模糊规划法[J]. 水科学进展, 1995, 6(3): 189 - 197.
- [3] 谢新民, 周之豪. 地下水资源系统多目标模糊管理模型研究[J]. 水利学报, 1995, (8): 33 - 38.
- [4] 谢新民, 蒋云钟, 等. 基于人工神经网络的河川径流实时预报研究[J]. 水利水电技术, 1999, 30(9): 1 - 4.
- [5] 谢新民, 杨小柳. 半干旱半湿润地区枯季水资源实时预测理论与实践[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1999. 3 - 117.
- [6] 董哲仁, 陈明忠, 闫继军, 等. 建设水资源实时监控管理系统——水利现代化的技术方向[J]. 中国水利, 2000, (7): 27 - 28, 38.

Study on real-time monitoring and management system for water resources in river basin^{*}

XIE Xin-min¹, JIANG Yun-zhong¹, YAN Ji-jun¹, YANG Xiao-qing¹, BIAN Jing-zhen²

(1. China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100044, China;

2. Qinghai University, Xining 810061, China)

Abstract : Due to the shortage and pollution of water resources, and the characteristics of hydrology, water resources, and water supply and demand in China, it is necessary to develop a real-time monitoring and management system for water resources in river basin. The emphases should be put on the rearrangement and improvement of the current hydrologic monitoring network, the check and modification of operation mode and technical parameters of reservoirs, the control and management of water resources in flood, groundwater recharge and the sewage treatment and reuse, the water demand for ecological environment protection, the unite regulating for flood control and benefit promote, the joint management of surface water and groundwater resources and so on. The benefit and risk analyses of the scheme of real-time monitoring and management for water resources and the standardization of the system should also be carried out.

Key words : water resources; real-time monitoring; real-time evaluation; real-time forecast; real-time management; real-time regulating

^{*} The project is supported by Key Basic Research Programme of China (No. G1999043602).