

DOI:10.3876/j.issn.1000-1980.2021.01.001

中小河流洪水预报预警问题与对策及关键技术应用

刘志雨^{1,2}, 刘玉环¹, 孔祥意¹

(1. 河海大学水文水资源学院, 江苏 南京 210098;
2. 水利部信息中心(水利部水文水资源监测预报中心), 北京 100053)

摘要:介绍了我国中小河流及洪水灾害基本情况, 简要分析了中小河流洪水防御重点难点及亟需解决的科学技术问题, 提出了中小河流洪水预报预警的对策与措施, 并对未来影响预报、风险预警、网格精细化风险管理等理念创新实践提出了展望; 将实现由水文要素预报向洪水影响预报转变, 由基于防洪阈值的预警向洪水风险预警拓展, 由“预测-应对”应急处置向网格精细化风险管理转变, 由监测数据提供向信息产品服务延伸, 水文现代化发展水平不断提升。

关键词:中小河流; 洪水灾害; 洪水预报; 风险预警; 预报技术; 技术应用

中图分类号: P338 文献标志码: A 文章编号: 1000-1980(2021)01-0001-06

Problems, strategies and key technology research of flood forecasting and early warning for small and medium-sized rivers

LIU Zhiyu^{1,2}, LIU Yuhuan¹, KONG Xiangyi¹

(1. College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing 210098, China;
2. Information Center (Hydrology Monitor and Forecast Center), Ministry of Water Resources of China, Beijing 100053, China)

Abstract: This study introduces the basic situation of China's small and medium-sized rivers and flood disasters, and then key difficulties as well as urgent scientific and technological problems in the flood prevention of small and medium-sized rivers were analyzed. Thereafter, the study puts forward the strategy and measures for the flood forecasting and early warning of small and medium-sized rivers. Besides, prospects for the future forecasting, risk early warning, and refined risk management concepts and practices are also proposed. It will realize the change from the hydrological element forecasting to the flood impact forecasting, from the flood threshold-based warning to the flood risk warning, from the "prediction-response" emergency disposal to the grid refinement risk management, from the monitoring data provision to the information product service, in which the development level of the hydrological modernization is continuously improved.

Key words: small and medium-sized rivers; flood disaster; flood forecasting; risk warning; forecasting technique; technology application

受季风气候和地理因素的影响,我国洪水灾害频发。由于致灾因素多、涉及面广、损失大,洪水灾害一直以来是我国各类自然灾害防御中的重中之重,这也促进我国洪涝灾害防御治理水平不断提高。自1949年中华人民共和国成立以来,我国先后开展了淮河、黄河、长江等大江大河的治理与防洪减灾工作,取得了巨大成就,显著提高了防御洪水灾害的能力^[1]。

近年来,中小河流洪灾频繁发生,已经成为我国洪涝灾害损失的主体与防灾减灾体系中的薄弱环节^[2-4]。中小河流洪水防控与应急管理要求实现准确预报、及时预警、科学调度和有效处置。目前,我国中小河流局地突发性强降雨的预测预报能力不强,短历时洪水预报预警整体水平不高,防洪工程调度困难,应急处置技术体系薄弱,难以满足洪水防控和应急管理的需求。不同水文气象分区产汇流条件差异大、人类活动导致下

基金项目: 国家重点研发计划(2018YFC1508100, 2018YFC1508103)

作者简介: 刘志雨(1968—),男,教授,博士,主要从事水文预报与流域水文模型研究。E-mail: liuzymwr@163.com

引用本文: 刘志雨,刘玉环,孔祥意. 中小河流洪水预报预警问题与对策及关键技术应用[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2021, 49(1): 1-6.

LIU Zhiyu, LIU Yuhuan, KONG Xiangyi. Problems, strategies and key technology research of flood forecasting and early warning for small and medium-sized rivers[J]. Journal of Hohai University(Natural Sciences), 2021, 49(1): 1-6.

垫面变化剧烈、实时监测信息不足,是中小河流预报精度低、调度处置难的主要原因^[5-7]。

目前,国内外常用的中小河流预报预警方法有两种,一为基于分布式水文模型的山洪预报预警,如意大利的 TOPKAPI 模型^[8-9]、美国的分布式水文模型山洪预报系统(HEC-HMS)^[10];二为基于动态临界雨量的山洪指导,如刘志雨等^[11]基于前期影响雨量指数(API)提出的动态临界雨量法以及美国水文研究中心研制的 FFG 系统^[12]。此外,对具有一定水文系列资料的小流域常采用经验方法,如,根据历史上本地区区内中、小流域特大暴雨条件下的流域面积-量-峰关系的整理与应用,或依据本流域观测资料建立降雨总量与洪峰相关的预报预警方案^[13]。随着精细化模拟、信息技术、人工智能等技术快速发展,开展中小河流高时空分辨率降雨估算与预报、洪水精细与智能实用预报、风险分析与应急处置等研究和应用为洪水防控与应急管理提供了新途径。

本文介绍我国中小河流洪涝灾害基本情况,分析中小河流洪水防御中的重点难点及亟须解决的科学技术问题,针对防汛薄弱环节和短板,提出了中小河流洪水预报预警的对策与措施,总结了国家重点研发计划项目“中小河流洪水防控与应急管理关键技术研究及示范”成果在 2020 年我国洪水防御中的示范应用,展望了今后洪水影响预报、风险预警、网格精细化风险管理等理念创新实践,以期为全国中小河流洪水预报预警业务的开展提供参考。

1 我国中小河流洪水灾害基本情况

我国中小河流众多,根据第一次全国水利普查成果,全国流域面积在 50 km² 以上的河流共 45 203 条,覆盖了 85% 的城镇及广大农村地区,其中流域面积 3 000 km² 以上的主要河流有 719 条,200 ~ 3 000 km² 的中小河流 9 956 条。中小河流流域面积小,流域内一般建有水库、塘坝等水利工程,洪水主要由局地短时强降雨引发,暴雨洪水突发性强,洪水陡涨陡落,属于突发性洪水。近年来,我国中小河流洪涝灾害频繁发生,已成为洪涝灾害损失的主体^[5]。据统计,一般年份中小河流洪涝灾害损失约占全国洪涝灾害的 70%,导致的伤亡人数约占 80% (图 1),集中反映出中小河流是我国防灾减灾体系的薄弱环节。近年来极端天气事件增加,人类活动影响加剧,局地强降水造成中小流域突发性洪水频发重发。2020 年,太湖、长江、淮河、松花江先后发生流域性洪水,多地多条中小河流发生超历史洪水。

保障中小河流防洪安全,是我国防洪体系建设中突出重要且又艰巨的任务。党中央、国务院高度重视中小河流治理,2010 年起,国家先后启动了全国山洪灾害防治县级非工程措施、全国中小河流水文监测系统建设项目,旨在提高我国山洪灾害和中小河流洪水灾害防御能力。但是,由于中小河流分布较广、治理覆盖面较小、防洪基础设施薄弱、中小型水库泄洪能力有限等,中小河流防洪治理瓶颈难以在短期内突破,亟须加强水文监测预报预警等非工程措施建设^[14]。

2 中小河流洪水预报预警的难点与对策

2.1 中小河流洪水预报预警的业务现状

经过多年建设,我国中小河流水文监测体系已初步建立,中小河流洪水预报预警也进入起步阶段,但与新时代防灾减灾需求仍有较大差距。

a. 小河流水文监测体系初步建立。2011 年,启动实施中小河流水文监测系统项目,5 186 条流域面积 200 ~ 3 000 km² 有防洪任务的重点中小河流水文监测覆盖率由 28% 提高到 100%。雨量站、水位站基本实现自动在线监测、实时传输和自动测报,但水文站流量测验大部分仍采用传统方式。依托水文信息中心站,实现中小河流雨水情信息 30 min 内到达各级水文信息中心,各地信息畅通率超过 95%。

b. 中小河流洪水预报预警业务初步开展。受中小河流流域特性和水文测报手段所限,目前中小河流洪水预报预见期和精度很难满足防汛要求,以洪水预警为主。在中小河流洪水预报方面,通过中小河流水文监

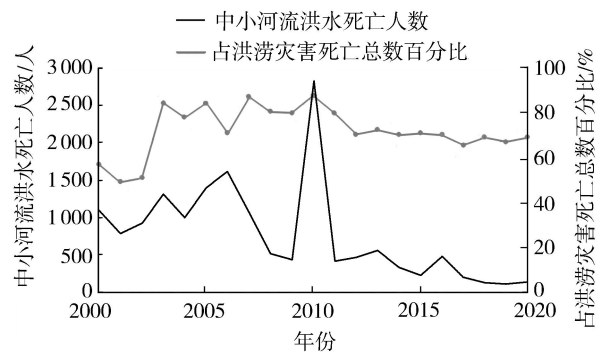


图 1 2000 年以来我国中小河流历年洪涝灾害损失

Fig. 1 Loss map of small and medium-sized river flood disasters over the years since 2000 in China

测系统项目建设,5800多条中小河流建设了洪水预报预警软件,提高了水文断面洪水作业预报计算机化水平,初步建立了省、市、县三级中小河流洪水预报体系,开展了200 km²以上有重点防洪任务的中小河流洪水预报业务工作。在中小河流洪水预警方面,组织各级水文部门开展中小河流洪水预警指标研究,广东、广西、湖南等省(区)开展了中小河流的洪水预警社会化发布工作。

c. 中小河流降雨预报精度不高,难以满足洪水预报需求。中小河流洪水预报需要分水系、分时段、高时空分辨率、定量化雨量预报产品,目前气象部门共享的降水预报产品主要针对公共服务,对洪水预报的流域水系特性考虑不足、耦合性不强。目前,强降雨预报主要依据数值天气预报,降雨过程、影响的范围和时间的把握相对较好,但暴雨中心的落区、量级以及影响的准确时段的预报难度还较大;气象部门共享的数值降水预报存在时空分辨率不高(逐6 h、5 km×5 km)、准确率低(24 h暴雨预报准确率为20%左右)、气象水文等多源信息融合不够等问题^[15]。

d. 中小河流洪水预报预警方案不成熟,工作难度大。多数中小河流测站设立时间较短,缺乏足够长的暴雨洪水资料进行参数率定,基于有限雨水情资料构建的预报方案难以全面反映洪水运动规律,方案精度不高。中小河流点多面广,集水面积小,产汇流时间短,洪水陡涨陡落,洪水防御对预报精度及时效性要求较高。目前,缺乏面向洪水防御的水利降雨数值预报模式,现有的降雨预报时空分辨率和精度难以满足中小河流洪水预报需求,传统的洪水预报方法不能适应资料短缺地区的洪水预报需要,预报难度大。中小河流洪水预警指标体系不健全,工作责任体系不完善。目前,多数中小河流缺乏警戒水位、保证水位等防洪特征值,预警对象及范围不明确,责任体系尚未建立。

2.2 中小河流洪水预报预警的技术难点

中小河流洪水防御包括监测预报、风险预警、防洪调度、应急处置等关键环节。监测预报的重点在北方地区、水文资料短缺地区,难点在提高预报精度、延长预见期。风险预警要点在预警时效性,难点在快速有效预警。防洪调度的重点在智能高效调度,难点在联合优化调度。应急处置的重点是精准有效处置,难点在网格精细化风险管理。我国中小河流洪水预报主要有以下几方面的技术难点^[16]:

a. 洪水预报制作时间难以把握。中小河流洪水常常发生在夜间,传统洪水预报以人工制作为主,难以适应工作要求,宜采用基于水文模型的自动预报预警为主。

b. 洪水预报方案精度不高。由于中小河流大多位于水文监测资料短缺的山丘区,传统基于历时场次洪水的经验预报方法,或基于连续水文资料的流域水文预报模型难以有效应用,亟待研究应用分布式水文物理模型。干旱半干旱区超渗产流理论和预报模型存在不足,中小河流洪水预报精度不高,需要加强下垫面变化下产汇流响应机理、产汇流过程空间相似规律与参数推衍方法的研究^[6,17]。

c. 洪水预报预见期短。中小河流洪水历时通常在2~12 h,传统基于2~6 h报汛时段的预报方法很难对其进行有效的预报,需要缩短报汛时段(10 min、30 min、1 h)。通过应用气象水文预报耦合技术,可以延长洪水预报预见期,需要提升临近(0~2 h)、短时(2~12 h)定量降水预报精度。

d. 洪水预报精度评定无规范可依。中小河流洪水因其突发性强、汇流时间短,常属突发性洪水。现有GB/T 22482—2008《水文情报预报规范》规定,对突发性洪水预报可不作精度评定,但这难以适应当前防汛工作的实际需要。

2.3 中小河流洪水预报预警的对策与措施

在梳理了中小河流水文监测预报预警有关情况现状、存在问题的基础上,下一步要大力加强水文监测现代化建设,补齐水文站网,增强监测能力,提升预报预警技术水平,整体推进水文监测预报预警体系全面现代化。近年来,随着精细化水文气象预报、信息融合、大数据分析等技术快速发展,开展中小河流多尺度监测、高时空分辨率降水量估算与预报、精细化分布式水文预报模型构建、降水智能预报与风险预警评估等成为可能,这将逐步提高中小河流洪水预报精准度和洪水防御能力,进一步减少灾害损失。

a. 充实完善水文站网。在重点防护区和重要防护目标上游布设水文(位)站;按照满足降水量与径流转化规律分析需要和洪水预报需求,加密布设雨量站,填补中小河流水文监测站网空白。

b. 推进信息监测立体化。基于卫星、雷达、地面雨量站等多源监测资料,利用大数据识别与融合同化技术,开展中小河流洪水灾害实时监测,构建流域致洪全过程监测体系。采用地面自动测报、空天遥感、智能感知、物联网、卫星传输、无线宽带网等先进技术,实现天、空、地一体化测报,形成了全面感知“一张网”。

c. 发展气象水文耦合预报模型。构建高精度、高时空分辨率实况与预报雨量场,建立面向中小河流域的无缝隙精细化智能网格降水预报,提高强降水预报精度。基于历史降雨和洪水实测资料,结合大数据技术、遥感分析、原型试验和机理剖析,构建不同水文气象分区和下垫面条件下中小河流洪水分布式水文预报模型^[18]。

d. 建设中小河流洪水早期预警系统。采用数字流域、高性能计算、大数据分析、分布式水文模型等技术,建设集短临强降雨预报、中小河流洪水早期识别、洪水影响预报和风险预警^[19]、高性能计算存储设备于一体的全国中小河流洪水早期预警系统^[20]。

e. 开展中小河流预警指标确定工作。开展流域下垫面情况调查,摸清防洪对象的基本情况,确定有防洪任务的中小河流河道警戒水位、保证水位等防洪特征值,设定中小水库纳雨能力等预警指标,为开展中小河流洪水预警工作提供基础支撑。

3 中小河流洪水预报预警关键技术的应用

2020年汛期,我国发生了1998年以来最严重的汛情,长江、淮河、太湖、松花江等多个流域发生流域性洪水,全国共有26个省份836条河流发生超警以上洪水,超警河流较常年多8成,为1998年以来最多,其中269条超保证水位、78条超历史水位,大多为中小河流洪水。面对严峻形势,全国水文部门精准测报,密切监视,坚持完善“专班预报、联合会商、滚动订正”预报预警工作机制,累计发布1184条河流1933个断面作业预报35万站次,发布水情预警1904次。

在2020年洪水防御过程中,国家重点专项“中小河流洪水防控与应急管理关键技术研究”项目组成员主动作为,推进技术研发,强化科技支撑,服务防汛工作。项目研发的短时临近精细化雨量预报场技术、精细化网格预报与智能化预报系统、网格化精细预报降雨径流水文模型等关键技术^[21]在我国南北方4个中小河流流域中得到示范应用,并在国家级、省级、地市级气象水文部门得到推广应用,取得满意效果,为防汛救灾提供了有力的技术支撑。

3.1 短时临近精细化雨量预报场技术

该技术基于多源信息融合的雨量实况场、雷达智能外推和GRAPES-3 km模式,通过最优融合技术构建逐分钟级精细化网格降水实况,并利用多尺度光流法技术进行分钟级临近降水预报,提供未来2 h逐10 min全国精细化降水预报。利用气象水文耦合技术,将降雨数值预报结果和洪水预报结果进行耦合,降雨预报精度提高了3%~5%,洪水预报的预见期从过去的1 d延长到3 d。该技术已经于2020年4月正式成为中国气象局精细化降水预报业务体系组成部分,并在汛期前正式落地国家级智能网格降水系统平台并投入业务应用,为突发性精细化降水的临近预报提供技术支撑。

3.2 网格化精细预报降雨径流水文模型技术

该技术针对我国不同水文气象分区和下垫面中小河流产汇流过程的精细模拟需求,提出汇流过程中沿程水流再分配方法,基于“地表带门槛水库”和“地下带门槛水库”,建立了地表水工程与地下水超采双重影响下定量化模拟方法。综合考虑华北地区下垫面变化影响以及西北地区超渗产流的水文模型,研发的栅格新安江-海河模型、栅格蓄超动态组合模型和栅格蓄超动态组合-拦蓄模型,实现了对流域超渗产流和蓄满产流的时空过程甄别和对地表水利工程拦蓄与地下水超采影响的精细刻画,有效提高了半干旱半湿润和人类活动影响较强地区的洪水模拟预报精度。采用考虑地表水工程与地下水超采双重影响的模拟方法,实现应用区域任意网格单元的精细预报,在河北清水河流域(位于河北保定,流域面积1 650 km²)洪量和洪峰模拟合格率均提高25%以上。

3.3 精细化网格预报与智能化预报技术

该技术通过精细化网格预报模型与智能化预报模型的形式集成到中小河流预报预警与智能调度平台中,通过网格化流域预报,能够预报流域内任何一个地点的流量及水位。该平台基于微服务的架构支持众多水文预报模型、降雨预报模型、调度模型以及风险评估模型的集成,基于分布式计算提供精细化网格模型的快速高效计算,以支持实时水文预报。集成了短临强降雨预报、土壤含水量模型、流域初始状态计算模型、快速预警模型、集合预报、智能调度、风险评估、应急处置等功能,支持洪水预警、预报和风险防控,应用于中小流域洪水防控的完整业务流程。

2020年汛期,中小河流预警与智能调度平台在安徽横江、福建九龙江西溪、浙江富春江支流分水江、江苏南京秦淮河、陕西渭河支流陈河等中小河流流域实时预报中得到应用,取得满意效果。特别是在示范区横江流域应用,提前8h准确预报2020年“7·7”特大洪水,洪峰预报误差小于5%,实现了网格风险的实时评估,保证了当地人员安全转移与应急处置。

4 结 语

受气候变化和人类活动的影响,我国中小河流洪水灾害频发且严重,已引起各级政府和防汛部门的高度重视和社会的广泛关注。中小河流洪水预报预警是防洪减灾的重要非工程措施之一,已成为跨气象、水利与应急处置领域的主要灾害风险防控科学问题。深入践行防灾减灾新理念,要求中小河流洪水防控与应急管理实现准确预报、及时预警、科学调度和有效处置。目前,我国中小河流洪水预报预警的时效性、预见期和精度尚不能完全满足新时期洪水防御减灾工作的要求。立足我国现有技术条件,以水文监测现代化建设为契机,补齐水文站网,增强监测能力,提高洪水预报预警技术水平,确保中小河流发生洪水时能自动预报、实时预警,为保证人民生命财产安全提供技术保障,十分必要且非常迫切。

展望未来,通过研发中小河流洪水精细化与智能实用预报预警方法,创新风险网格化管理技术,提升洪水防控的实时性、精准度和智能化水平,我国中小河流洪水预报预警工作将坚持“大水文”发展理念,顺应大服务发展,实现由水文要素预报向洪水影响预报转变,由基于防洪阈值的预警向洪水风险预警拓展,由“预测-应对”应急处置向网格精细化风险管理转变,由监测数据提供向信息产品服务延伸,由防汛抗洪向抗旱服务、城市防洪、水资源调度等方面拓展,由水利向农业、交通、旅游等行业延伸,不断推进信息化,提高水文现代化发展水平。

参考文献:

- [1] 国家防汛抗旱总指挥部办公室,中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所.山洪诱发的泥石流、滑坡灾害及防治[M].北京:科学出版社,1994.
- [2] 梁家志,刘志雨.中小河流山洪监测与预警预测技术研究[M].北京:科学出版社,2010.
- [3] 俞彦,张行南,张鹏,等.基于SCS模型和新安江模型的雨量预警指标综合动态阈值对比[J].水资源保护,2020,36(3):28-33. (YU Yan, ZHANG Xingnan, ZHANG Peng, et al. Comparison of comprehensive dynamic threshold of rainfall warning indicators based on SCS model and Xin'anjiang model[J]. Water Resources Protection, 2020, 36(3): 28-33. (in Chinese))
- [4] 芮孝芳.数值天气预报的成功经验对洪水预报的启示[J].水利水电科技进展,2019,39(1):1-6. (RUI Xiaofang. Inspirations of successful experience of numerical weather prediction to flood forecasting[J]. Advances in Science and Technology of Water Resources, 2019, 39(1): 1-6. (in Chinese))
- [5] 梁家志,刘志雨.中小河流山洪监测与预警预测技术研究[M].北京:科学出版社,2010.
- [6] 李致家,霍文博,张珂.格林-安普特降雨径流模型改进及初步应用[J].河海大学学报(自然科学版),2020,48(5):385-391. (LI Zhijia, HUO Wenbo, ZHANG Ke. Improvement and preliminary application of Green-Ampt rainfall-runoff model[J]. Journal of Hohai University (Natural Sciences), 2020, 48(5): 385-391. (in Chinese))
- [7] LIU Zhiyu, TODINI E. Towards a comprehensive physically-based rainfall-runoff model[J]. Hydrology and Earth System Sciences, 2002, 6(5): 859-881.
- [8] 张幼成,李琼,徐汪洋,等.基于导向标准断面法的受冲淤影响洪峰水位预报模型[J].水资源保护,2019,35(3):53-56. (ZHANG Youcheng, LI Qiong, XU Wangyang, et al. Forecasting model of flood peak water level affected by scour and silt based on guide standard section method[J]. Water Resources Protection, 2019, 35(3): 53-56. (in Chinese))
- [9] 刘玉环,李致家,刘志雨,等.半湿润半干旱地区TOPKAPI模型的洪水模拟[J].水力发电,2016,42(1):18-22. (LIU Yuhuan, LI Zhijia, LIU Zhiyu, et al. TOPKAPI-based flood simulation in semi-humid and semi-arid regions[J]. Water Power, 2016, 42(1): 18-22. (in Chinese))
- [10] USACE. HEC-HMS hydrologic modeling system user's manual[M]. New York: Hydrologic Engineering Center, 2001.
- [11] 刘志雨,杨大文,胡健伟.基于动态临界雨量的中小河流山洪预警方法及其应用[J].北京师范大学学报(自然科学版),2010,46(3):317-321. (LIU Zhiyu, YANG Dawen, HU Jianwei. Dynamic critical rainfall-based torrential flood early warning for medium-small rivers[J]. Journal of Beijing Normal University (Natural Science), 2010, 46(3): 317-321. (in Chinese))
- [12] CARPENTERA T M, SPERFLAGE J A, GEORGAKAKOS K P, et al. National threshold runoff estimation utilizing GIS in

support of operational flash flood warning systems[J]. Journal of Hydrology, 1999, 224: 21.

- [13] 刘志雨,李致家,杨大文,等. 中小河流洪水预警指标确定与预报技术研究[M]. 北京:科学出版社,2016.
- [14] LIU Zhiyu, HOU Aizhong, YI Zhijie, et al. Manual on flood forecasting and warning[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2011.
- [15] 包红军,曹勇,林建,等. 山洪灾害气象预警业务技术进展[J]. 中国防汛抗旱,2020,30(增刊1):40-47. (BAO Hongjun, CAO Yong, LIN Jian, et al. Operational technology advances in meteorological early warning for flash flood disasters[J]. China Flood & Drought Management,2020,30(Sup1):40-47. (in Chinese))
- [16] 刘志雨,侯爱中,王秀庆. 基于分布式水文模型的中小河流洪水预报技术[J]. 水文,2015,35(1):1-6. (LIU Zhiyu, HOU Aizhong, WANG Xiuqing. Flood forecasting for small and medium-sized rivers based on distributed hydrological modeling[J]. Journal of China Hydrology, 2015,35(1):1-6. (in Chinese))
- [17] 吴滨滨,喻海军,穆杰,等. 考虑下渗的河道与蓄滞洪区洪水演进过程模拟[J]. 水资源保护,2019,35(6):68-75. (WU Binbin, YU Haijun, MU Jie, et al. Flood simulation in river and flood storage-detention area considering infiltration[J]. Water Resources Protection,2019,35(6):68-75. (in Chinese))
- [18] YU Yufeng, WAN Dingsheng, ZHAO Qun, et al. Detecting pattern anomalies in hydrological time series weighted probabilistic suffix trees[J]. Water, 2020, 12(5): 1464.
- [19] 刘玉环,李致家,刘志雨,等. 半湿润半干旱流域空间组合模型研究[J]. 湖泊科学,2020,32(3):826-839. (LIU Yuhuan, LI Zhijia, LIU Zhiyu, et al. Spatial combination model for semi-humid and semi-arid watersheds[J]. Journal of Lake Science, 2020,32(3):826-839. (in Chinese))
- [20] 刘志雨,侯爱中. 洪水影响预报和风险预警理念与业务实践[J]. 水文,2020,40(1):1-6. (LIU Zhiyu, HOU Aizhong. Concept and practice of impact-based flood forecasting and risk-based flood warning[J]. Journal of China Hydrology, 2020,40(1):1-6. (in Chinese))
- [21] 李致家,姚成,张珂,等. 基于网格的精细化降雨径流水文模型及其在洪水预报中的应用[J]. 河海大学学报(自然科学版),2017,45(6):471-480. (LI Zhijia, YAO Cheng, ZHANG Ke, et al. Research and application of the high-resolution rainfall runoff hydrological model in flood forecasting[J]. Journal of Hohai University (Natural Sciences), 2017,45(6):471-480. (in Chinese))

(收稿日期:2020-11-22 编辑:彭桃英)

· 简讯 ·

河海大学教授主持的国家重点研发计划课题获绩效评价优秀

2021年1月10日,河海大学陈星莺教授主持的国家重点研发计划课题“市场竞争机制下城区用户与电网供需互动机理及模型研究”顺利通过绩效评价,评价为优秀。

该课题面向电力需求侧驱动建立了基础理论模型、攻克了关键技术,为我国电力需求侧市场化改革探索提供了理论支撑,是国家重点研发计划项目“城区用户与电网供需友好互动系统”的理论基础,与其他研究成果打包,形成了以陈星莺教授为第一完成人的项目理论成果,已于2020年12月30日通过了中国电机工程学会组织的“城区用户与电网供需友好互动理论、关键技术及应用”科技成果鉴定,科技成果达到国际领先水平。

(本刊编辑部供稿)