

【特稿】

关于完善黄河流域防洪工程体系相关举措的思考

张金良^{1,2}

(1.黄河勘测规划设计研究院有限公司,河南 郑州 450003;
2.水利部黄河流域水治理与水安全重点实验室(筹),河南 郑州 450003)

摘要:针对黄河流域现状防洪工程体系建设情况及防洪能力进行了全面分析和综合阐述,并客观梳理了黄河流域现状防洪工程体系存在的主要问题。分别从河库蓄泄关系变化、经济社会发展对防洪提出的新要求和极端天气事件带来的新挑战3个方面分析了新发展阶段黄河防洪面临的新形势。基于此,提出了完善“上拦”工程、巩固“下排”工程、推进蓄滞洪区安全建设和实施河道及滩区综合提升治理工程等流域防洪工程体系完善举措,为推动我国新阶段水利高质量发展提供技术支持。

关键词:防洪;工程体系;防洪形势;黄河流域

中图分类号:TV87;TV882.1 **文献标志码:**A **doi:**10.3969/j.issn.1000-1379.2022.01.002

引用格式:张金良.关于完善黄河流域防洪工程体系相关举措的思考[J].人民黄河,2022,44(1):5-9.

Thoughts on Measures for Improving the Flood Control Engineering System of the Yellow River Basin

ZHANG Jinliang^{1,2}

(1.Yellow River Engineering Consulting Co., Ltd., Zhengzhou 450003, China;

2.Key Laboratory of Water and Water Safety of the Yellow River Basin, Ministry of Water Resources (Preparatory), Zhengzhou 450003, China)

Abstract: The article described the current flood control project system construction and flood control capacity of the Yellow River Basin, and objectively analyzed the main issues existing in the flood control project system. It analyzed the new situation of the Yellow River flood control in the new development stage from three aspects, including changes in the relationship between storage and discharge of rivers and reservoirs, higher requirements for flood control by economic and social development, and new challenges brought by extreme weather events. It proposed to improve impoundment project in the upper reaches, consolidate the discharge project in the lower reaches, promote the safety construction of flood storage and detention areas, implement comprehensive improvement projects for river channel and floodplain, and other measures to improve the river basin flood control engineering system.

Key words: flood control; engineering system; flood control situation; Yellow River Basin

防洪安全是我国水安全的重要组成部分,确保黄河防洪安全、长治久安是黄河保护与治理的首要任务。2008年国务院正式批复的《黄河流域防洪规划》,明确了近期(2015年)和远期(2025年)的规划目标和总体布局^[1]。该规划实施以来,黄河流域开展了大规模的防洪工程建设,防洪工程体系初步形成,防洪能力显著提高。随着防洪工程建成投运,流域水情、工情发生变化,对洪水蓄泄关系也产生了影响,加之气候变化与极端天气的影响,黄河流域防洪面临新形势。当前我国已进入新发展阶段,水利部提出新阶段水利高质量发展的总体目标是全面提升国家水安全保障能力,为全面建设社会主义现代化国家提供可靠的水安全保障^[2-7]。站在新的历史起点,分析黄河防洪工程体系存在的短板,优化完善黄河流域防洪体系,为黄河流域经济社会高质量发展提供支撑,具有十分重要的现实意义。

1 黄河流域防洪形势

1.1 黄河防洪工程体系建设情况及防洪能力

以干支流骨干水库为核心、河防工程为基础、分滞洪工程为保障,辅以河道整治工程等,共同构建起黄河防洪工程体系。黄河流域防洪调控理念为:以干支流控制性骨干水库为主要调控手段拦洪削峰,减轻下游防洪压力;以堤防为基础,发挥河道、滩区槽蓄作用;遇特大洪水水库调蓄能力不足、下游河道水位接近或者达到保证水位时,启用蓄滞洪区接纳超量洪水,保障重点地区防洪安全。黄河上中下游防洪工程体系分述如下。

收稿日期:2021-08-13

基金项目:国家重点研发计划项目(2018YFC1508706);中国工程院咨询研究项目(2019-XZ-65)

作者简介:张金良(1963—),男,河南新安人,正高级工程师,博士,博士生导师,主要从事水利水电工程设计研究工作

E-mail: jlzhangyrec@126.com

(1)下游。黄河下游是防洪最重要的河段,中游已建成三门峡、小浪底、陆浑、故县、河口村等干支流控制性水库,同时4次加高培厚下游两岸黄河大堤,完成了标准化堤防工程建设,开展了河道整治工程建设,完成了东平湖滞洪区防洪工程建设,明确了北金堤滞洪区为保留滞洪区,基本建成了“上拦下排、两岸分滞”的下游防洪工程体系。现状三门峡、小浪底、陆浑、故县、河口村水库总防洪库容147.3亿 m^3 ,至小浪底水库正常运用期,总防洪库容约106亿 m^3 ,5座水库联合运用可将黄河下游花园口百年一遇洪水由29 200 m^3/s 削减至15 700 m^3/s 、千年一遇洪水由42 300 m^3/s 削减至22 600 m^3/s ,接近下游(花园口断面)大堤的设防流量^[8];下游标准化堤防建设基本完成,长度1 371.1 km,使艾山以上河段防洪标准达到近千年一遇;下游有险工147处(总长度334.3 km)、控导护滩工程234处(总长度494.9 km),可使大部分河势得到基本控制;下游有滞洪区2处,东平湖滞洪区为重点滞洪区(可分滞黄河洪量17.5亿 m^3),北金堤滞洪区为保留滞洪区(可分滞黄河洪量20.0亿 m^3)。

(2)上游。已建成龙羊峡、刘家峡、海勃湾等梯级水库24座,青海—甘肃河段建设堤防895 km,宁夏—内蒙古河段建设堤防1 417 km、河道整治工程255 km,初步建设了“上控、中分、下排”的上游防洪防凌体系。龙羊峡、刘家峡水库设计防洪水位以下总库容41.6亿 m^3 ,两库联合防洪运用后,兰州城市河段防洪标准达到百年一遇,宁蒙河段堤防防洪标准达到20~50 a一遇,对保障兰州市和宁蒙平原等地区的防洪防凌安全起到至关重要的作用。

(3)中游及主要支流。中游禹门口至三门峡大坝河段已建成各类护岸及控导工程256 km,减少了塌滩塌岸等水患灾害。沁河下游已建堤防164 km,防洪标准达到25~100 a一遇;伊洛河已建堤防及护岸总长389.3 km,防洪标准为20~100 a一遇;渭河下游已建堤防265.42 km,防洪标准为50~300 a一遇。

1.2 黄河防洪工程体系存在的主要问题

经过人民治黄70多年的持续建设,黄河防洪工程体系建设取得巨大成就,但黄河水少、沙多、水沙关系不协调的根本特性尚未改变,洪水风险依然是流域的最大威胁^[9-11],当前防洪能力仍有明显短板,确保黄河安澜须臾不可放松。

(1)“上拦”工程不健全。目前海勃湾、河口村水库已建成投运,东庄水库正在建设,但规划的黄河干流七大控制性骨干工程中还有黑山峡、古贤、碛口水库尚未建设。上游龙羊峡、刘家峡水库距离宁蒙河段远,对凌汛调控能力不足;龙羊峡水库为多年调节水库,担负

着调蓄流域水资源的重要任务,平水、枯水年汛期很难弃水泄洪,不能协调宁蒙河段水沙关系,难以遏制新悬河发育态势,不能恢复和长期维持主槽过流能力^[12]。中下游小浪底—花园口区间(简称小花间)尚有1.8万 km^2 无工程控制区,百年一遇洪峰流量达12 000 m^3/s ,预见期仅有8 h,严重威胁下游防洪安全;现有的万家寨水库库容小、三门峡水库运用水位低,防洪运用会造成滩库容损失,缺少较大防洪库容的控制性骨干水库防御大洪水;小浪底水库调水调沙后续动力不足、水沙调控体系的整体合力无法充分发挥,也难以降低潼关高程、减轻渭河下游淤积。三门峡水库防洪运用水位333.65 m以下库区有11.3万居民,陆浑水库设计水位327.5 m以下库区有10.2万居民,故县水库设计水位548.55 m以下库区有1.57万人,库区人口众多影响水库防御大洪水运用。

(2)“下排”工程尚不完善。下游河道整治工程尚不完善,高村以上299 km游荡型河段河势未得到完全控制;下游河道滩唇一般高于黄河大堤临河地面3 m左右,最大达5 m,“二级悬河”态势严峻,易发生横河、斜河、滚河,危及堤防安全;滩区治理难题亟待破解,河南省和山东省滩区居民迁建规划实施后,仍有近百万人生活在受洪水威胁的区域中,滩区防洪运用与经济发展之间矛盾突出;部分引黄涵闸、分洪闸等穿堤建筑物存在安全隐患,影响堤防整体安全;河口地区防洪工程仍不完善,刁口河入海备用流路严重萎缩。上游甘肃永靖县城等河段堤防工程仍未达标,宁蒙河段河道整治工程尚不完善,堤防未经过大洪水的实际检验,可能存在防洪风险;内蒙古河段滩区仍有1万多人受洪水威胁。中游禹门口至三门峡大坝河段整治工程不完善,塌滩、塌岸现象时有发生,危及沿岸群众;渭河下游河道淤积严重,潼关高程居高不下,黑河、白河、大黑河、无定河、伊洛河、沁河等支流防洪工程也均不完善。

(3)“分滞”洪区建设滞后,影响分洪运用。东平湖滞洪区内有人口28.55万(老湖区7.05万人、新湖区21.50万人),安全设施建设严重滞后,影响滞洪区分洪运用。北金堤滞洪区人口209.86万人(河南省208.30万人,山东省1.56万人),作为防洪保留区,原设计分洪量为20亿 m^3 ,小浪底等五库联合运用后,千年一遇洪水分洪量约1亿 m^3 ,万年一遇洪水分洪量约7亿 m^3 。2008年内蒙古河段凌汛决口后,内蒙古河段两岸建设了6个应急分凌区,目前只有乌兰布和、河套灌区及乌梁素海2个较大的分凌区能够正常启用,另外4个规模较小的分凌区仍未建设完成,达不到设计的分洪分凌能力。

(4)其他薄弱环节。沿黄城市发展进程加快,范

围扩大,部分城市防洪排涝工程不足、标准不够,满足不了城市发展和生态治河的需要。病险水库与淤地坝除险加固、中小河流治理任务尚未完成,山洪、泥石流灾害仍时有发生。

2 新发展阶段黄河防洪面临的新挑战

(1)受自然因素和人类活动共同影响,河库蓄泄关系发生变化。①水沙情势变化影响。下垫面受气候变化和人类活动的影响以及经济社会发展耗用水量大幅增加,进入黄河的水沙量逐步减少,20世纪80年代中期以来黄河水沙发生显著变化,2000年以来水沙量减少幅度更大。但从长远来看,黄河水少沙多、水沙关系不协调的问题依然存在,2000年以来潼关站汛期含沙量为 20 kg/m^3 左右,表明黄河仍是一条高含沙河流,小浪底水库拦沙期后下游河道仍将呈淤积状态,在无足够外来水源的情况下,河床仍有可能继续淤积抬高,导致主槽淤积萎缩,过流能力下降。为此,控制洪水和处理泥沙仍然需要采取综合措施。②人类活动影响。流域内大量水利水保工程、橡胶坝工程以及伊洛河、沁河等历史自然滞洪区沿河堤防工程的建设,改变了流域坡面产汇流与河道水流演进规律。2010年后,2012年、2018年、2019年、2020年上游连续发生较大洪水,水库汛期泄洪,宁蒙河段主槽过流能力略有恢复;中下游小浪底等水库根据不同水沙条件持续进行调水调沙,使黄河下游主槽最小过流能力提高至 $5\ 000\text{ m}^3/\text{s}$ 。水库一段时期的清水下泄,使得河床发生较为明显的冲刷,河道过流能力和槽蓄能力提高,有利于降低洪水位;同时,河道调整加剧,导致滩岸崩塌,可能危及堤防安全和岸线稳定。

(2)经济社会发展对防洪提出更高要求。一方面,随着经济社会持续发展,产业格局不断优化,人口高度聚集,人口数量和社会财富显著增加,使得洪灾风险加大、防洪成本增高^[13],经济社会发展对防洪安全要求不断提高;上游宁夏、内蒙古等省(区)多次要求提高部分堤段设计标准;下游滩区内仍有近百万人口和大量耕地,防洪运用和经济发展矛盾突出;东平湖和北金堤滞洪区内也有大量人口,安全设施建设不完备,没有建立起完善的风险分担、使用补偿机制;伊洛河夹滩等历史上的洪泛区堤防标准不断提高,河道原有的滞蓄功能消失,加大了进入下游的洪水。另一方面,社会对洪灾损失的接受程度下降,对水利工程作用的期望超过设计标准。小浪底水库建成后,由于其拦沙期防洪库容大、防洪能力强,因此洪水期间一直按“保滩”运用,超出了水库原有的设计防洪功能,增加了水库的淤积风险,也使得滩区原有的滞洪沉沙作用无法

有效发挥。伊洛河夹滩等洪泛区的产业发展侵占了行洪通道,地方上对于分洪的作用认识不够,破堤行洪意愿降低。以上诸多因素导致防洪压力主要转移到小浪底等骨干控制性水利工程,一旦遭遇特大洪水,洪水的空间分配十分有限,需要调整防洪策略以适应新形势下各方面的需求。

(3)极端天气事件频发,洪水灾害“黑天鹅”事件不容忽视。2000年以来,黄河虽然没有发生流域性大洪水,但局部极端洪水事件时有发生。2010年后黄河上游来水总体偏丰,其中2012年、2018年、2019年、2020年均发生多场编号洪水,2012年洪水历时长,唐乃亥站7—8月径流量达 130.3 亿 m^3 ,较多年均值偏多106%,为1956年设站以来的最大值。2000年后,中游部分支流发生历史上排名靠前的暴雨洪水。清涧河2002年7月、汾川河2013年7月均发生建站以来的最大洪水,伊洛河上游东湾站2010年发生建站以来的次大洪水,延河2013年7月发生1952年以来实测最大月降雨量;无定河2017年7月发生暴雨洪水,白家川站发生建站以来的最大洪水,洪峰流量 $4\ 480\text{ m}^3/\text{s}$ 、最大含沙量 873 kg/m^3 ,绥德县受灾人口达25.53万人。因此,全球气候变化和人类活动加剧导致极端、突发事件风险加大,进一步加剧了流域洪水威胁的严重性,迫切需要增强水利基础设施体系在复杂条件下的防洪减灾能力,防范极端气候条件下局部区域甚至全流域可能发生的超标准洪水,最大限度降低洪水风险对流域经济社会的影响。

3 完善黄河流域防洪工程体系举措

根据黄河流域防洪形势新变化和经济社会发展新要求,充分考虑与国土空间总体布局的衔接,遵循新发展阶段流域防洪减灾策略,研究提出完善流域防洪工程体系蓄、滞、泄等举措。

(1)完善“上拦”工程,提升水库调控能力。①尽快开工建设古贤水利枢纽工程,实现与小浪底水库联合调控运用,调控中游洪水泥沙,减轻三门峡水库淤积,长期保持三门峡水库的防洪库容;降低潼关高程,减轻黄河和渭河下游河道淤积,长期维持下游主槽过流能力。②推进黑山峡水利枢纽前期工作,完善以龙羊峡、刘家峡、黑山峡水库为骨干工程的上游防洪防凌工程体系,实施上游调水调沙运用,协调水沙关系,遏制宁蒙河段悬河发展态势,维持主槽过流能力。③研究确定桃花峪水库设计方案,控制小花间洪水,提升黄河下游和滩区洪水防御能力。推进磴口水利枢纽前期工作,形成以干流磴口、古贤、三门峡、小浪底等骨干水利枢纽为主体,支流大型防洪水库配合的“上拦”工程

体系,拦减泥沙、调控洪水,延长小浪底水库拦沙运用年限,提升中下游防御大洪水能力。研究陆浑、故县、三门峡水库库区移民补偿办法,解决水库防洪运用时库区群众的安全问题。④优化小浪底等水库运用方式,深化“蓄清调浑”运用,提高水库综合利用效益;研究探索水库淤损库容恢复技术,开展三门峡、小浪底、海勃湾、八盘峡、巴家咀、汾河水库等干支流水库清淤试点,恢复有效防洪库容。

(2)巩固“下排”工程,增强河道行洪能力。①实施下游河道综合治理,完善并利用两岸标准化堤防,约束大洪水和特大洪水,确保堤防不决口。全面完成下游险工改建加固,提高堤防工程抗险能力。以高村以上河段河道整治为重点,实施控导工程续建和加固,进一步归顺河势,逐步塑造相对窄深的稳定主槽,恢复和维持主槽过流能力,高村以下河段主要解决局部河段河势不归顺问题。开展东坝头至陶城铺河段“二级悬河”治理,先期推进兰考滩、东明滩、习城滩等7处低滩区堤河淤填,基本消除重点河段堤河顺堤行洪危害;选择试点河段,疏浚河槽淤填滩面消除横比降,有效避免横河、斜河发生,并逐步全面推广实施。实施河口段治理,完成堤防加固、完善控导工程建设,基本解决河口防洪问题;开展河口双流路方案研究,延长入海流路行河年限。②统筹推进黄河干流四川段防洪治理,完善青海、甘肃河段堤防、控导、护岸等河防工程,达到设防标准,加强宁蒙河段河道整治工程建设,进一步完善河防工程体系,开展上游堤防全面达标建设、河道整治、滩区治理、航道整治等综合治理工作;继续开展干流禹门口至三门峡大坝河段河道治理,完善控导与护岸工程,稳定河势,减少两岸塌滩、塌岸,保障沿岸群众和水库移民基本生活生产条件,同时推进大北干流河道治理,加强岸线保护与管控。③对湟水、洮河、皇甫川、无定河、窟野河、渭河、伊洛河、沁河等重要支流的重点河段进行治理,保障重点河段防洪安全。

(3)推进蓄滞洪区安全建设,确保滞洪区分洪功能。实施东平湖滞洪区综合治理工程,提高金山坝以西湖区群众防洪避险能力,修建分洪入湖河道,实施二级湖堤及金山坝加高加固和老湖清淤扩容工程,完善外迁安置、就地避洪、撤退道路等安全建设措施,实施南排和北排工程建设,改建加固病险涵闸,实现“分得进、蓄得住、排得出”,统筹解决滞洪区群众生产生活及群众脱贫发展问题。优化北金堤滞洪区分区运用方案,提出北金堤滞洪区洪水分区滞蓄、分区运用布局。进一步完善上游内蒙古河段应急分洪分凌工程体系。研究解决伊洛河夹滩滞洪区堤防建设和沁北自然滞洪区分洪运用问题,以推进蓄滞洪区安全建设,确保滞洪

区分洪功能。

(4)创新下游治理方略,实施河道及滩区综合提升治理工程。在宽河固堤、标准化堤防建成的前提下,确保黄河防洪安全,兼顾滩区群众的生活安全与经济发展,按照“洪水分级设防、泥沙分区落淤、三滩分区治理”的下游滩区生态治理新方略^[14],因滩施策,构建生态廊道。近期实施封丘倒灌区安全建设工程,从根本上解决倒灌区43.1万群众的防洪安全和发展问题。研究实施温孟滩防洪提升工程,解决滩区10.6万群众的防洪安全问题;论证下游宽滩河段控导工程连接方案,提升河槽行洪输沙能力,防止中小洪水漫滩;论证下游河道生态治理方案,在大堤临河侧淤筑高台集约建设美丽乡村和特色小镇,构建下游生态廊道,根本解决滩区群众防洪安全问题,实现滩区高质量发展。

(5)提高城市防洪排涝能力。重点开展兰州、呼和浩特、包头、太原、延安、洛阳等重点城市防洪排涝工程达标建设,提升中心城区防洪能力;加快黄河重点支流及中小河流城市段河道治理,加大城市排涝管网改建,提高城市防洪排涝能力。依托防洪工程体系,结合海绵城市建设,考虑河湖水系连通调蓄,城市建设要落实低影响开发设施用地,开展雨水渗透、雨水调蓄、雨水收集利用,提高城市防洪排涝能力。

(6)加强病险水库除险加固、山洪灾害防治。继续实施病险水库、病险水闸与淤地坝除险加固,加快中小河流治理及山洪灾害防治等防洪薄弱环节建设。

4 结 语

防洪工程措施是流域防洪减灾的核心举措,通过梳理黄河流域防洪工程体系现状及存在问题,发现防洪工程体系仍存在短板。当前黄河流域洪水泥沙情势、下垫面和工情条件发生了新变化,党中央新发展理念对流域治理提出了新要求,因此完善流域防洪工程体系面临着新形势、新挑战和新任务。新时代应结合新形势修编黄河流域防洪规划,全面复核黄河流域重点地区现状防洪能力和防洪标准,进一步优化防洪工程布局,推动骨干水库工程建设,进一步发挥水库调蓄能力,加强堤防及河道治理工程建设,推进蓄滞洪区建设,建成标准适度的防洪工程体系。

在新时期,防洪工程体系完善还要高度融合生态文明理念,结合防洪保安、生态建设等研究系统治理方案,要尽可能保留行洪通道,采取生态护坡、护岸等工程结构形式,保护河流生态环境功能,保护和合理有序利用河道岸线资源。同时,要重视与非工程措施相结合,共同建设洪水防御体系,将现代先进技术应用暴雨洪水监测预报、洪水调度、防洪决策、防洪工程管理

等工作中。另外,要进一步开展相关研究,优化水库群调度,深化“蓄清调浑”运用,正确处理防洪与水资源综合利用的关系;协调滩区、滞洪区、洪泛区防洪与发展问题,建立洪水风险管理制度,结合社会经济发展空间布局和防洪风险分布,有效协调人与自然的关 系。同时,加大公众科普力度,引导媒体舆论导向,增强全社会的防洪意识。

参考文献:

[1] 水利部黄河水利委员会.黄河流域防洪规划[M].郑州:黄河水利出版社,2008:22-31.
 [2] 李国英.在水利部“三对标,一规划”专项行动动员部署会议上的讲话[J].中国水利,2021(4):1-2.
 [3] 水利部召开“三对标、一规划”专项行动总结大会 部署推动新阶段水利高质量发展[J].中国水利,2021(12):6.
 [4] 陆桂华.推进国家水网重大工程建设,提升水安全保障能力[N].团结报,2021-05-29(2).
 [5] 牛玉国,王煜,李永强,等.黄河流域生态保护和高质量发展水安全保障布局 and 措施研究[J].人民黄河,2021,43(8):1-6.

[6] 贺骥,郭利娜.提升水安全保障能力 以新阶段水利高质量发展助力“十四五”时期经济社会高质量发展[J].水利发展研究,2021,21(6):24-27.
 [7] 牛玉国,张金鹏.对黄河流域生态保护和高质量发展国家战略的几点思考[J].人民黄河,2020,42(11):1-4,10.
 [8] 黄河水利委员会.黄河流域防洪能力分析报告[R].郑州:黄河水利委员会,2020:4-11.
 [9] 习近平.在黄河流域生态保护和高质量发展座谈会上的讲话[J].求是,2019(20):4-11.
 [10] 张金良,曹志伟,金鑫,等.黄河流域发展质量综合评估研究[J].水利学报,2021,52(8):917-926.
 [11] 张金良.黄河流域生态保护和高质量发展水战略思考[N].黄河报,2020-04-28(3).
 [12] 张金良,鲁俊,张远生.黄河黑山峡河段开发的战略思考[J].人民黄河,2020,42(7):1-4,56.
 [13] 夏军,陈进.从防御2020年长江洪水看新时代防洪战略[J].中国科学:地球科学,2021,51(1):27-34.
 [14] 张金良.黄河下游滩区再造与生态治理[J].人民黄河,2017,39(6):24-27,33.

【责任编辑 张华兴】

(上接第4页)

[16] 张红武.黄河流域生态保护和经济社会高质量发展的实现途径[J].中国水利,2019(23):27-30.
 [17] 张红武,侯琳,李琳琪.黄河治理巨大的减沙成就与未来输沙需水量[J].中国水利,2021(21):17-20.
 [18] 王光谦,钟德钰,吴保生.黄河泥沙未来变化趋势[J].中国水利,2020(1):9-12,32.
 [19] 胡春宏,张治昊.论黄河河道平衡输沙量临界阈值与黄土高原水土流失治理度[J].水利学报,2020,51(9):852-858.
 [20] 胡春宏,刘晓燕,傅旭东,等.黄河水沙变化研究科技报告[R].北京:中国水利水电科学研究院,2021:1-260.
 [21] 张红武,李振山,安催花,等.黄河下游河道与滩区治理

研究科技报告[R].北京:清华大学,2021:1-286.
 [22] 张红武,李琳琪,施祖麟,等.一种钢筋混凝土预制板桩组合坝:CN 202120173389.5[P]. 2021-01-21.
 [23] 张红武,李琳琪,付健,等.应对特大暴雨的抗洪抢险存在问题与解决途径:以2021年7月河南暴雨为例[J].水利水电技术(中英文),2021,52(11):27-38.
 [24] 张红武,蔡蓉蓉,景唤,等.水沙变化条件下古贤水利工程对下游防洪减淤作用研究[R].北京:清华大学黄河研究中心,2018:1-28.

【责任编辑 张华兴】