

黄河水沙调控体系与机制建设研究

张金良^{1,2}, 刘继祥^{1,2}

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

摘要: 围绕贯彻落实习近平总书记在黄河流域生态保护和高质量发展座谈会讲话精神, 分析了黄河水沙调控体系开发任务、体系构成和存在的问题, 提出了完善水沙调控体系和健全调控机制对策: 一是加快推进古贤、黑山峡重大水利工程建设, 完善水沙调控工程体系; 二是优化调度增强现状工程水沙调控能力、释放和增加现有工程调蓄能力、优化待建工程水沙调控运用方式、完善流域水沙调控管理体制机制, 健全水沙调控机制。研究成果可为黄河流域生态保护和高质量发展提供重要支撑。

关键词: 水沙调控; 调控机制; 后续动力; 治理对策

Study on the construction of regulation system and mechanism of water and sediment regulation system in the Yellow River//Zhang Jinliang, Liu Jixiang

Abstract: Focusing on the implementation of the spirit of President Xi Jinping's speech at the symposium on ecological conservation and high-quality development of the Yellow River Basin, this paper analyzes the tasks, system composition and problems of the Yellow River water and sediment regulation system, and puts forward countermeasures to improve the system and the control mechanism. First, speed up the construction of Guxian Water Project and Heishanxia Water Project, and improve the water and sediment regulation engineering system. Second, optimize the regulation to enhance the water and sediment regulation ability of current projects, release and increase the regulation and storage ability of existing projects, optimize the operation mode of the projects to be built, perfect the management system and mechanism, and perfect the regulation and control mechanism. The research results can provide important support for the ecological protection and high-quality development of the Yellow River Basin.

Keywords: water and sediment regulation; regulatory mechanisms; follow-up power; governance countermeasures

中图分类号: TV141.3+TV882.8

文献标识码: B

文章编号: 1000-1123(2021)18-0011-03

2019年9月18日习近平总书记在黄河流域生态保护和高质量发展座谈会上强调, 保障黄河长久安澜, 必须紧紧抓住水沙关系调节这个“牛鼻子”, 完善黄河水沙调控机制。小浪底建成以来的20年调水调沙实践证明, 构建完善的水沙调控体系, 控制和管理洪水、协调水沙关系、优化配置水资源, 是加强生态环境保护、保障黄河长治久安、推动黄河流域高质量发展的必由之路。

一、开发任务

根据黄河的水沙特性、资源环境特点, 统筹兼顾黄河治理开发保护的

各项任务和目标, 完善的水沙调控体系建设任务是: 对黄河洪水、泥沙、径流(包括南水北调西线工程调入水量)进行有效调控, 满足维持黄河健康生命和经济社会发展的要求:

一是有效管理洪水, 保障防洪和防凌安全。通过削减大洪水的洪峰流量, 减轻防洪压力; 通过水库调节有效控制凌汛期流量, 减少河道槽蓄水量, 减轻防凌压力。

二是协调水沙关系, 减轻河道淤积、长期维持河道中水河槽行洪输沙功能。通过水库群联合运用, 尽量减少水库淤积, 延长骨干工程拦沙库容的使用年限, 长期保持水库的有效库

容; 通过水库群联合运用, 塑造人工洪水过程, 减少河道淤积, 维持河道基本排洪输沙功能。

三是优化配置黄河水资源和南水北调西线入黄水量, 保障生活、生产、生态用水, 维持黄河健康生命, 支持黄河流域及相关地区经济社会的可持续发展。

二、体系构成

根据黄河干流各河段特点、流域经济社会发展布局, 统筹考虑洪水管理、协调全河水沙关系、合理配置和优化调度水资源等综合利用要求, 按照综合利用、联合调控的基本思路,

收稿日期: 2021-09-16

作者简介: 张金良, 董事长, 教授级高级工程师, 主要从事水沙研究与规划设计方面工作。

基金项目: 国家重点研发计划项目(2018YFC1508404)。

构建以干流龙羊峡、刘家峡、黑山峡、碛口、古贤、三门峡、小浪底等骨干水利枢纽为主体,以海勃湾、万家寨水库为补充,与支流陆浑、故县、河口村、东庄等控制性水库共同构成完善的黄河水沙调控工程体系。其中龙羊峡、刘家峡、黑山峡水库主要构成黄河水量调控子体系,联合对黄河水量进行多年调节和水资源优化调度,并满足上游河段防凌、防洪、减淤要求;碛口、古贤、三门峡和小浪底水库主要构成黄河洪水、泥沙调控子体系,管理黄河中游洪水,进行拦沙和调水调沙,协调黄河水沙关系,并进一步优化调度水资源。同时,还需要构建由监测体系、预报体系、决策支持系统组成的水沙调控非工程体系,为黄河水沙联合调度提供技术支撑(图1、图2)。

三、存在问题

(1)工程体系不完善

目前黄河干流上规划的七大水利枢纽中还有古贤、碛口、黑山峡尚未建设,从刘家峡到三门峡2400余km的河道上没有一座控制性骨干工程,水沙调控缺乏中间“加油站”,上游水量调控子体系难以与中游洪水泥沙调控子体系精确对接,水沙调控未形成整体合力。集中表现在上游龙羊峡、刘家峡水库汛期大量蓄水带来的负面影响难以消除,造成宁蒙河段水沙关系恶化、河道淤积萎缩加重形成“新悬河”,对中游水沙关系也造成不利影响。

中游干流除小浪底水库外,较大的水库主要有万家寨水库和三门峡水库,水沙调控能力弱。万家寨水库防洪限制水位以下库容只有2.47亿 m^3 ,蓄水量有限,且距离小浪底水库约1100km,洪水传播坦化严重;三门峡水库汛期控制运用水位305m以下的库容仅为0.49亿 m^3 ,黄河中游水库调节能力小,人造洪水补充后续动力的能力十分有限。造成小浪底水库调水调沙后续动力不足、无法有效调

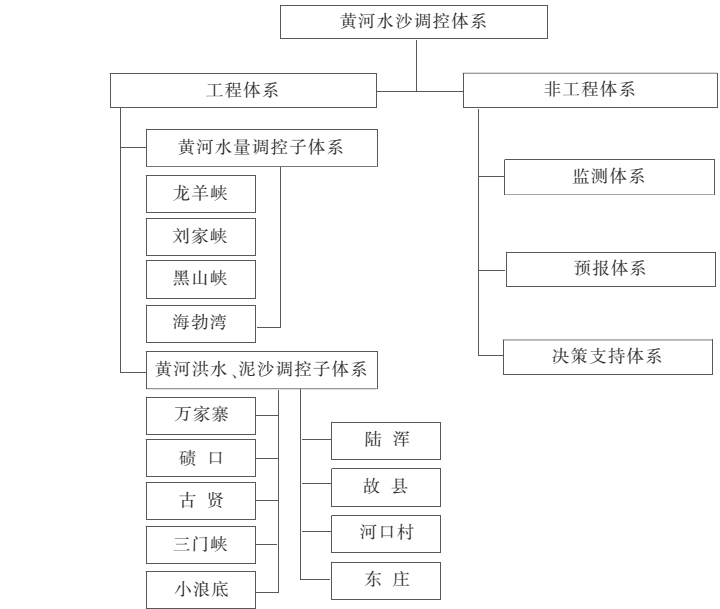


图1 水沙调控体系构成



图2 水沙调控工程体系现状

控中游洪水泥沙并冲刷降低潼关高程,仍然维持在328m左右,居高不下;小浪底水库拦沙库容淤满后,下游河道仍会淤积,黄河来沙3亿t、6亿t、8亿t情景方案下游河道的年均淤积量分别为0.33亿t、1.37亿t、2.04亿t,水库拦沙期塑造的中水水槽难以长期维持。

(2)调控机制不健全

当前,黄河流域生态保护和高质量发展上升为重大国家战略,黄河实测水沙、水库及河道边界条件发生了显著变化。新形势下,提升水安全保障能力要求更加注重水资源、水生态、水环境、水灾害“四水”问题,对流域水沙调控提出了更高要求。而目前黄河水沙调控侧重于防洪、减淤,对

水生态考虑不足,亟须开展新形势下综合考虑防洪减淤、供水发电、改善生态等多目标协调下水沙调控研究。

建设智慧水利是贯彻落实习近平总书记网络强国重要论述的具体体现,是满足水利改革发展需求的重要手段,是水利高质量发展的显著标志。当前智慧水利尚处于起步阶段,普遍存在透彻感知不够、上下联不通畅、基础支撑不足、智能应用不足等问题。新形势下为支持黄河防洪安全保障,对提升黄河水沙调控智能调度技术提出了更高要求,亟须提升黄河水沙调控智能调度关键技术。

四、治理对策

根据黄河水沙调控体系存在问

题,结合治黄实践经验提出完善水沙调控体系和健全调控机制对策。

(1) 推进重大工程建设,完善水沙调控工程体系

古贤水利枢纽工程位于黄河几字弯北干流下段,控制了全河 60%泥沙和 80%粗泥沙,是黄河北干流洪水、泥沙控制的关键性工程,与小浪底水库联合调水调沙具有天然的地理优势,在黄河水沙调控体系中具有承上启下的战略地位。建设古贤水库可在 60 年内减少黄河下游河道淤积 71.82 亿 t,相当于现状工程条件下河道 34 年的淤积量,使黄河下游中水河槽过流能力在 50 年内维持在 4 000 m³/s 水平,对维持黄河下游中水河槽过流能力具有显著作用,确保黄河下游生态屏障安全;可对黄河上游水沙进行有效调控,为中游以小浪底水库为核心的调水调沙提供水流动力条件,起到承上启下作用,使黄河水沙调控体系的作用得到充分的发挥;可有效降低潼关高程,降低三门峡水库滩库容淤积,降低渭河下游洪水威胁;可从根本上改善晋陕两省供水灌溉条件,对巩固两岸脱贫攻坚成果具有重要意义;可解决晋陕两省电网大容量调峰电源的迫切需求。古贤水库能够大大增强小浪底水库调水调沙后续动力,投入运用时机越早,与小浪底联合调水调沙对下游河道减淤作用也越大,从充分发挥水沙调控体系联合运行效果和黄河治理开发迫切需求出发,古贤水利枢纽应争取在小浪底水库拦沙完成前建成生效。

黑山峡水利枢纽工程位于黄河上游几字弯甘肃与宁夏交界处,既是黄河水沙调控的关键节点工程,也是国家水网南水北调西线的骨干调蓄工程,在黄河治理开发中占据重要地位。建设黑山峡水库,通过反调节增加汛期水量并集中大流量下泄,协调水沙关系,减轻宁蒙河段河道淤积、遏制新悬河发育并恢复和维持适宜的中水河槽规模。利用水库距离宁蒙

河段近、出库水温高的优势,减少宁蒙河段的凌汛河段,实现石嘴山以上河段基本不封冻,减少槽蓄水增量,可及时灵活地调度处置宁蒙河段不利凌情。同时,建设黑山峡水库能够向附近地区提供稳定可靠的水源,改善附近地区的供水条件,保障附近地区引水安全,改善城乡人民生活用水水质,为附近地区生态文明建设创造良好条件,改善人居环境。龙羊峡、刘家峡、黑山峡水库为主的上游水量调控子体系可为中游洪水泥沙调控子体系提供水流动力条件。

(2) 健全水沙调控机制,充分挖掘调控工程潜力

一是优化调度增强现状工程水沙调控能力。现状工程条件下,利用龙羊峡、刘家峡等水库拦洪削峰,在保证防洪安全的前提下,尽量多拦蓄洪水,维持水库高水位运行,发挥“龙头”水库跨时空调节作用;中游小浪底水库承上启下,降低水位运行,留出足够防洪库容,确保防洪安全,减少洪水漫滩概率,兼顾水库河道冲淤,塑造稳定的中水河槽。2018—2020 年汛期,黄河实际调度实现洪水最大削峰率达到 60%左右,控制青、甘、宁、蒙河段和黄河下游未超过河道安全行洪流量,确保了河道行洪安全。小浪底水库共排沙 13.49 亿 t,累计净冲刷量 2.61 亿 t,花园口以下河段累计冲刷 0.887 亿 m³,下游过洪能力提高至 5 000 m³/s,打开了下游防洪调度空间,为完善水沙调控体系赢得了时间。同时利用调度形成的大流量洪水过程,完成了黄河下游河段和内蒙古河段生态补水调度,有效改善河道、河口、湖泊湿地生态环境。

二是释放和增加现有工程调蓄能力。针对陆浑、故县、三门峡库区移民影响水库调度的实际,应研究按原设计方案移民搬迁,论证实现原设计开发规模对增强防洪能力的必要性和效果,研究提高三门峡水库分期运用水位增强调水调沙后续动力的可

能性。研究黄河上游龙羊峡、刘家峡等骨干水库大坝加高扩容增强水沙调控能力的可行性。

三是优化待建工程水沙调控运用方式。统筹防洪、防凌、发电、灌溉、拦沙、减淤、生态环境等多目标调度功能,研究上游龙羊峡、刘家峡、黑山峡等水库联合,中游三门峡、小浪底、古贤等水库联合不同的运用模式 and 对接指标,制定上游水量调控子体系、中游洪水泥沙调控子体系以及上中游子体系联合运用方式,上游水沙调控需合理安排汛期、非汛期下泄水量和过程,在恢复和维持宁蒙河段中水河槽规模、保障生态环境需水的同时,为中游调控联合调水调沙提供水流动力条件。中游子体系对上游的来水来沙过程进行再调节,上级水库为下级水库提供水流动力条件,减少水库淤积,延长水库使用年限;中游子体系联合调控,协调进入下游的水沙关系,减少下游河道的淤积,维持河道、河口湿地生态安全。

四是完善流域水沙调控管理体制机制。按照流域管理与区域管理相结合的原则,建立健全事权明晰、运作规范、权威高效的流域水沙调控管理体制,制定黄河调水调沙调度规程,统筹防洪减淤、城乡供水、生态保护、灌溉用水、水力发电等多目标,实施黄河干支流控制性水利工程统一调度和水沙调控智慧平台建设,完善省(区)界断面水量、水质责任监督机制,健全突发性水事事件预警和应急管理机制。

五、结 论

(1) 目前黄河水沙调控工程体系不完善,上游水量调控子体系难以与中游洪水泥沙调控子体系精确对接,水沙调控未形成整体合力,小浪底水库调水调沙后续动力不足。黄河水沙调控侧重于防洪、减淤,对水生态考虑不足,亟需开展统筹防洪减淤、供水发电、改善生态等多目标协调下水沙调控研究。(下转第 17 页)

内核,把握洪水发生和演进规律,优化流域防洪工程布局,从流域尺度构建黄河防洪与水沙调控系统工程,建立流域洪涝旱灾协同防御及水资源优化配置理论技术体系,秉承系统科学理念,强化多学科交叉融合,探讨流域各子系统间的互馈耦合关系,科学定位各骨干工程的功能与配置,强化水资源刚性约束,统筹能源安全、粮食安全、生态安全的协同博弈关系,通过水库群、河防工程、分蓄滞洪区组成现代化防洪工程体系的水沙联合调控,实现广义流域系统的水沙资源合理调配,调丰补枯、变洪为宝,从传统的水沙调控向精细化的流域全物质通量统一调配发展,促进流域各子系统健康高效协同发展。

四、系统治理理念下的黄河流域中小河流防洪工程体系格局构建

黄河流域面积在 200~3 000 km² 的中小河流约 830 条,其中山区河流占 85%以上,主要集中在西北部,水土流失较为严重。由于历史、自然条件等原因,这些地区经济社会发展相对滞后,贫困人口相对集中,是我国脱贫攻坚的重要区域。20 世纪 50 年代起,以水土流失治理工作为核心,国家在黄河流域开展中小流域综合治理工作,先后经历了以支毛沟为单

元的探索阶段、以小流域为单元的试点阶段、以经济效益为中心的发展阶段和以恢复生态为主的规模化防治阶段,取得了显著的成果。然而,由于缺乏统筹意识和系统思维,中小流域防洪工程建设普遍滞后,标准偏低;在当今气候变化背景下,一旦遭遇极端暴雨天气,极易发生洪涝灾害。

实现黄河流域高质量发展,需要以流域系统思想为引领,构建中小流域防洪体系新格局。在规划理念上,坚持乡村振兴战略与黄河流域生态保护和高质量发展战略协同推进,基于流域系统科学理论,立足流域自身禀赋、功能定位及国民经济发展需求,统筹水安全、水资源、水生态、水环境,提出山水林田湖草沙系统治理、多维协同的中小流域综合治理战略布局。在规划措施上,要科学界定防洪标准,注重结合水土保持、污染治理、生态修复等措施,构建相互协调、适度超前、能力提升的中小流域综合防洪工程体系,从而遏制水土流失、发展绿色清洁小流域、保障水资源安全、增强水旱灾害防御能力,实现经济效益、生态效益、防洪效益的有机统一,推动乡村振兴战略落地,促进全流域高质量发展。

五、结语

黄河流域水安全形势依然严峻,

黄河治理复杂性与不确定性增加,治黄工作面临新的考验与挑战。秉承系统科学理念,强化多学科交叉融合,探讨流域各子系统间的互馈耦合关系,从传统的水沙调控向精细化流域全物质通量统一调控发展,为黄河长治久安和生态环境良性维持奠定基础;以防洪安全为抓手、流域系统综合治理为主线,统筹中小流域系统治理多维协同,探索特色鲜明、安全保障、绿色和谐中小流域发展模式,坚持山水林田湖草综合治理、系统治理、源头治理,构建流域发展一体化调控机制,推动黄河流域高质量发展。 ■

参考文献:

- [1] 吕志奎.流域治理体系现代化的关键议题与路径选择[J].人民论坛,2021(Z1).
- [2] 江恩慧.黄河流域系统与黄河流域的系统治理[J].人民黄河,2019(10).
- [3] 王浩,赵勇.新时期治黄方略初探[J].水利学报,2019(11).
- [4] 李国英.维持黄河健康生命[J].科学,2004(3).
- [5] 刘晓燕.黄河近年水沙锐减成因[M].北京:科学出版社,2016.
- [6] 刘震.我国水土保持小流域综合治理的回顾与展望[J].中国水利,2005(22).
- [7] 江恩慧.黄河流域及相关片区试点建设具有重大示范意义[J].中国水利,2017(21).

责任编辑 韦凤年

(上接第 13 页)

(2)分析提出完善水沙调控体系和健全调控机制对策,一是加快推进古贤、黑山峡重大水利工程建设,完善水沙调控工程体系;二是优化调度增强现状工程水沙调控能力、释放和增加现有工程调蓄能力、优化待建工程水沙调控运用方式、完善流域水沙调控管理体制机制,健全水沙调控机制。 ■

参考文献:

- [1] 胡春宏.构建黄河水沙调控体系,

保障黄河长治久安 [J]. 科技导报 2020,38(17).

- [2] 张红武.黄河流域保护和发展存在的问题与对策[J].人民黄河,2020(3).
- [3] 水利部黄河水利委员会.黄河流域综合规划(2012—2030 年)[M].郑州:黄河水利出版社,2013.
- [4] 王煜,等.黄河水沙调控体系建设规划关键技术研究[M].郑州:黄河水利出版社,2015.
- [5] 张金良,等.小浪底水库调水调沙后续动力不足原因和对策[J].人民黄

河,2021(1).

- [6] 魏向阳,等.黄河“一高一低”水库调度实践与思考 [J]. 中国水利,2021(9).
- [7] 魏向阳,等.小浪底水库汛期低水位排沙调度实践分析 [J]. 人民黄河,2020(7).
- [8] 黄河勘测规划设计研究院有限公司.黄河古贤水利枢纽工程可行性研究[R].郑州:黄河勘测规划设计研究院有限公司,2018.

责任编辑 李建章