

DOI:10.16867/j.issn.1673-9264.2023231

王静,李娜,林炜洁.典型蓄滞洪区洪水资源利用潜力评估方法研究[J].中国防汛抗旱,2023,33(11):24-27,61.WANG Jing, LI Na, LIN Weijie.Study on flood resource utilization potential evaluation method of typical flood storage and detention areas[J].China Flood & Drought Management,2023,33(11):24-27,61.(in Chinese)

典型蓄滞洪区洪水资源利用潜力评估方法研究

王 静 李 娜 林炜洁

(1.中国水利水电科学研究院,北京100038;2.水利部防洪抗旱减灾工程技术研究中心(水旱灾害防御中心),北京100038)

摘 要:在剖析洪水资源利用潜力概念和总结国内外蓄滞洪区洪水资源利用方式的基础上,考虑蓄滞洪区不同重现期启用工况下的淹没洪水和区内降雨产汇流形成洪水两方面因素,研究提出了在保障流域防洪安全前提下的蓄滞洪区洪水资源利用潜力评估方法。以海河流域永年洼蓄滞洪区为典型案例,利用洪水风险分析、情景分析和水文序列统计等方法,定量评估了其年均期望的可利用洪水资源量。研究方法和成果对于我国其他蓄滞洪区的洪水资源利用潜力评估具有参考意义。

关键词:永年洼蓄滞洪区;洪水资源利用;潜力评估;期望洪水资源量;生态湿地

中图法分类号:TV873

文献标识码:A

文章编号:1673-9264(2023)11-24-05

0 引 言

蓄滞洪区洪水资源化利用一直是国内外学者研究的热点之一。在“十五”国家科技攻关计划期间,我国以海河流域为研究区,建立了蓄滞洪区洪水资源化适宜性评价指标体系,运用蓄滞洪区洪水资源化风险调度模型对大黄堡洼开展了示范研究^[1]。于羣等^[2]将海河流域蓄滞洪区的洪水资源利用方式划分为分区利用、常年利用、区内沟渠蓄洪利用、建设滞洪水库利用和淹没利用5类。王艳艳等^[3]提出在大黄堡洼兴建滞洪水库,与主洼形成分区运用,可使蓄滞洪区的年均可资源化洪水量达到850万~2 000万m³。美国、日本和德国等^[4]均从法律和规划层面约束蓄滞洪区的土地开发,一般将蓄滞洪区作为公园、湿地或自然保护区,并通过防洪工程调度实现对洪水资源的综合利用。

出于不同的研究角度和目的,我国学者对“洪水资源利用潜力”的定义也存在较大差别。主要可归纳为以下3类:第1类是指当前条件下的最大可利用洪水资源量,具

体定义为在当前政策、规范、工程、技术和管理等条件下,以保证生产、生活和生态环境用水为前提,综合运用各种措施,可安全开发利用的最大洪水资源量^[5]。第2类是扣除当前洪水资源实际利用量之后,在经济合理、技术可行、不破坏河流基本功能的前提下,在现状基础上流域洪水资源中还能够进一步增加利用的最大洪水径流量^[6-7],属于当前条件下的最大可利用洪水资源增量。第3类则按未来条件下的最大增量考虑,如刘德东等^[8]认为该潜力是指一定时期内,在保障河流健康和生态环境的前提下,对现有水利工程和非工程措施尚未控制的那部分雨洪资源实施开发利用,最大可能利用的洪水资源量。李晓英等^[9]定义为在可能的预见期内,保障河流生态功能和流域防洪安全的前提下,洪水资源可利用量减去洪水资源实际利用量之后,洪水资源中还能够进一步开发利用的量。王宗志等^[10]进一步提出了洪水资源理论利用潜力和现状利用潜力的概念,以区分现有水利工程体系能力和无限提高流域洪水调控利用能力两种情景下的潜力挖掘能力(增量)。

收稿日期:2023-06-14

第一作者信息:王静,女,正高级工程师,E-mail:wangjing8585@126.com。

基金项目:国家重点研发计划资助(2022YFC3006400、2022YFC3006403);中国水利水电科学研究院防洪抗旱减灾工程技术研究中心青年创新人才推进计划(雨洪资源利用措施与潜力挖掘技术研究)。

本文从便于蓄滞洪区管理应用角度出发,采用第1类定义,在分析蓄滞洪区洪水资源利用方式的基础上,考虑不同重现期标准运用工况和汛期雨洪水资源利用两方面,提出洪水资源利用潜力评估方法,并以海河流域永年洼为典型案例,进行了现状工程和下垫面条件下的洪水资源利用潜力评估。该方法对其他类似蓄滞洪区的洪水资源利用潜力定量计算具有一定的参考价值。

1 国内外蓄滞洪区洪水资源利用现状

国内对蓄滞洪区的洪水资源利用类型主要分为3种,结合水库湖泊等地表空间蓄水、回补地下水、生态湿地建设^[11],利用方式可分为主动利用和被动利用。海河流域“1996.8”洪水期间,白洋淀、宁晋泊、大陆泽、献县泛区和东淀等蓄滞洪区启用,被动滞洪的同时客观上使相关区域地下水普遍回升。据河北省统计,省内地下水补给水量(含蓄滞洪区内补给)达80多亿 m^3 ^[12],且补给具有长期性的、跨年度的调节作用。2000年淮河流域沙颍河启用了杨庄、泥河洼、老王坡蓄滞洪区,在发挥防洪作用的同时,也对地下水进行了有效的回补。2003年,淮河流域启用了蒙洼等9个行蓄洪区,蓄滞的雨洪水起到了地下水回补、湿地保护等作用。

日本的渡良瀬滞洪区采用分区运用模式,在实现分蓄洪水的同时,兼具生态修复、城市供水、河道流量维持、景观旅游等多目标功能^[13]。莱茵河两岸滞洪区在不需启用的情况下,每3~5 a也对蓄滞洪区充水一次,以维持蓄滞洪区的生态功能^[14]。

2 蓄滞洪区洪水资源利用潜力评估方法

蓄滞洪区在现状防洪工程、技术条件下,可利用的最大洪水资源量由两部分组成,一是因达到蓄滞洪区启用条件,从外河(江)分洪入蓄滞洪区的洪水量;另一部分是蓄滞洪区本地降雨产汇流形成的洪水量。本文采用年均(或期望)可利用洪水资源量表示蓄滞洪区洪水资源利用潜力,其计算公式为上述两方面洪水量之和,即:

$$W_D = W_U + W_R \quad (1)$$

式中: W_D 为某蓄滞洪区的洪水资源利用潜力; W_U 为该蓄滞洪区因所在水系发生满足启用条件的洪水而产生的洪水资源利用潜力; W_R 为该蓄滞洪区因降雨产汇流形成的洪

水资源利用潜力。

2.1 启用工况下的洪水资源利用潜力评估方法

我国蓄滞洪区的启用标准一般在流域防洪规划和所在河流水系的洪水调度方案中明确,这也意味着蓄滞洪区分蓄洪水是具有一定概率的。在不考虑气候变化、人类活动等因素影响情况下,从历史长序列来看,其实际使用概率接近其启用标准。因此,适合采用期望洪水资源量来表征其潜力。计算公式如下:

$$W_U = \sum_{i=1}^n (p_i - p_{i+1}) \frac{W_{ui} + W_{ui+1}}{2} \quad (2)$$

式中: p_i 为某一洪水重现期,a; W_{ui} 为某蓄滞洪区对应 p_i 的洪水淹没水量, m^3 ; n 为洪水重现期的个数,个; p_{i+1} 为比 p_i 高一量级的洪水重现期,a; W_{ui+1} 为某蓄滞洪区对应 p_{i+1} 的洪水淹没水量, m^3 。

为了使计算的期望值接近理论值,在利用式(2)计算时,起算频率(p_1)应取蓄滞洪区启用标准对应频率, n 取比蓄滞洪区围堤工程设计标准高一量级的重现期数量,当该重现期仍低于100 a时,可直接取至100 a,其对应的淹没水量可根据蓄滞洪区水位—面积—容积曲线进行估算,或构建二维水力学模型计算。

2.2 本地降雨洪水资源利用潜力评估方法

根据长序列的降雨、径流资料,考虑蒸发和下渗,计算蓄滞洪区本地汇水范围内因降雨产生的洪水资源量。计算方法为根据蓄滞洪区水系、地形和防洪工程分布,划分汇水分区,根据不同土地利用分布计算区域综合径流系数,统计汛期降雨量,估算年均可利用的由降雨形成的洪水资源量。计算公式如下:

$$W_R = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m R_i \sum_{j=1}^N A_j C_{ij} \quad (3)$$

式中: m 为长序列降雨资料的年份数,个; N 为蓄滞洪区的汇水分区个数,个; R_i 为第 i 年的汛期降雨量,mm; A_j 为蓄滞洪区内第 j 个汇水分区的面积, km^2 ; C_{ij} 为第 j 个汇水分区第 i 年的综合径流系数。

3 典型蓄滞洪区评估结果及分析

3.1 蓄滞洪区基本情况

永年洼蓄滞洪区位于海河流域子牙河水系的滏阳河左岸,为自然和历史寇乱下形成的洼淀。蓄滞洪区四周筑

有围堤,总面积约18.5 km²。启用标准3年一遇,新中国成立以来共运用11次^[15],在海河流域属于启用次数较多的蓄滞洪区之一。洼心海拔高程为40.3 m,10年一遇蓄滞洪水位44.56 m,相应设计滞洪量0.54亿 m³。其蓄滞洪水位—面积—水量对应关系见图1。

永年洼蓄滞洪区是子牙河防洪体系的重要组成部分,担负着莲花口以上滏阳河、支漳河分洪道、生产团结总干渠来水的滞洪缓沥任务,保护邯郸市防洪安全。当达到启用条件时,洪水由莲花口进洪闸通过引河排入留垒河。当进洪流量超过125 m³/s时,洪水进入滞洪区。遇超标准洪水时,可在莲花口进洪闸上游滏阳河左堤扒口分洪入永年洼,由借马庄泄洪闸泄洪(图2)。

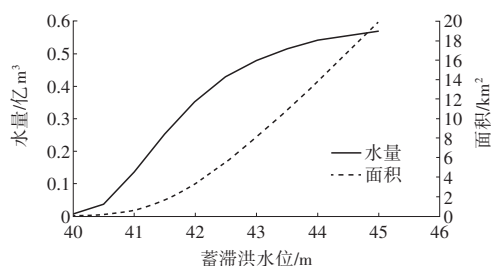


图1 永年洼蓄滞洪区蓄滞洪水位—面积—水量关系曲线



图2 永年洼蓄滞洪区进退洪控制工程示意图

3.2 历史典型年份运用情况

自1957年永年洼蓄滞洪区建成后,分别在1959年、

1960年、1961年、1962年、1963年、1964年、1971年、1976年、1982年、2016年和2021年先后11次滞洪,历史典型运用年份启用情况统计见表1。“1963.8”洪水期间,永年洼蓄滞洪区内最大水深4.47 m,广府古城四门全部堵封,南北关、裴屯村全部上水,洼内蓄水达3个月之久,蓄滞洪区内耕地荒废1 a。2016年7月19日,永年洼蓄滞洪区上游地区遭遇了特大暴雨洪水的袭击,支漳河分洪道、滏阳河水位暴涨。20日5时,永年洼蓄滞洪区内引河流量超过125 m³/s,达到启用标准,20—22日累计滞洪0.068亿 m³,确保了滏阳河、留垒河安全,减轻了下流防洪压力。

表1 永年洼蓄滞洪区历史典型年份启用情况统计表

年份	最大进洪流量/(m ³ ·s ⁻¹)	蓄滞洪总量/亿 m ³
1963	—	0.600
1976	—	0.165
1982	207	0.149
2016	125	0.068
2021	243	0.099
近40年的年均值		0.008

3.3 评估结果分析

(1)启用工况下的洪水资源利用潜力评估。蓄滞洪区不同启用工况下的洪水淹没分布及水量一般根据区内的水系、地形特点和防洪工程复杂情况,采用一维、二维水力学模型或水文与空间地形分析结合的方法获取^[16]。本文针对永年洼蓄滞洪区3年一遇到20年一遇的洪水最大淹没水量根据洪水风险图编制成果估算。100年一遇洪水淹没水量取堤顶高程45 m对应的淹没水量,并扣除底水(按常年积水面积4.5 km²,水量0.018亿 m³),永年洼蓄滞洪区不同洪水重现期下的淹没水量见表2。综合各重现期洪水量计算得出其启用工况下的洪水资源利用潜力期望值为870万 m³,相当于1座小(1)型水库的库容。表1中根据近40年的实际启用情况计算的年均值小于期望值的主要原因是海河流域自1980年后总体上处于枯水期和平水期^[17],发生流域性大洪水的年份偏少。

(2)本地降雨洪水资源利用潜力评估。统计永年洼蓄滞洪区附近的雨量站2000—2022年汛期降雨量数据,汛期(6—8月)降雨量最大值、最小值和平均值分别为562.0 mm(2021年),124.0 mm(2014年)和337.9 mm;利用式(3)计算

表2 永年洼蓄滞洪区不同洪水重现期下的淹没水量
及洪水资源利用潜力期望值

重现期/a	洪水最大淹没水量/亿 m ³
3	0.01
5	0.18
10	0.44
20	0.46
100	0.58
期望值	0.087

的可利用雨洪资源量最大、最小和均值分别为499.1万 m³、110.1万 m³和305.2万 m³。综合径流系数根据2000年和2018年的土地利用数据计算取值,分别为0.48和0.50。

综上,永年洼蓄滞洪区的年均洪水资源利用潜力约1 174.9万 m³。根据研究,永年洼蓄滞洪区湿地生态需水量^[18]最小为1 256万 m³,适宜值为2 944万~4 192万 m³,最大为6 576万 m³。这些洪水资源量虽然远低于湿地生态蓄水量,但可以作为维持其湿地功能的水源之一,在满足蓄滞洪区防洪功能的同时,充分发挥其综合效益。尤其是大水年份,可以适度减少退水量,未达到启用条件的年份,建议适当引水入蓄滞洪区内,以达到调节和修复其生态湿地功能的效果。

4 结 语

据不完全统计,我国98处蓄滞洪区内的水面面积超过5 200 km²,有68处存在面积在1 km²及以上的天然或人工湖泊。蓄滞洪区的总设计蓄洪容积超过1 000亿 m³^[13]。在首要发挥防洪功能,保障流域防洪体系安全的同时,有必要依托不断发展完善的“四预”措施技术,将蓄滞洪区的洪水资源化利用纳入防洪规划、建设和调度运用中综合考虑。本文提出的蓄滞洪区洪水资源利用潜力评估方法是对蓄滞洪区启用工况下的年均可利用外来洪水资源量和由本地降雨产汇流形成的洪水资源量的定量估算,可以为推动部分蓄滞洪区向湿地生态型蓄滞洪区改造和多目标可持续发展模式的应用提供技术支撑。

参考文献

[1] 胡四一,程晓陶,卢作亮,等.海河流域洪水资源安全利用关键技术研

究[J].中国水利,2004(22):49-51.

[2] 于霁,吴大光.海河流域蓄滞洪区在洪水资源利用中的作用[J].海河水利,2009(6):10-13.

[3] 王艳艳,刘树坤,向立云.蓄滞洪区综合利用多目标情景分析模型研究[J].自然资源学报,2009,24(2):209-217.

[4] 黄志凌.必须从国家战略层面认识蓄滞洪区湿地化[J].全球化,2018(2):31-42,132.

[5] 中国水利水电科学研究院.雨洪资源利用潜力和关键技术研究报告[R].2021.

[6] 胡庆芳,王银堂,杨大文.流域洪水资源可利用量和利用潜力的评估方法及实例研究[J].水力发电学报,2010,29(4):20-27.

[7] 王银堂,胡庆芳,高长胜.流域雨洪资源高效开发利用技术及示范[J].中国环境管理,2017,9(3):113-114.

[8] 刘德东,谭乐彦,刘国印,等.区域雨洪资源利用潜力及模式研究[J].人民黄河,2019,41(9):83-86,128.

[9] 李晓英,郑浩然,吴淑君,等.基于二元极限理论的流域洪水资源利用现状与潜力分析[J].工程科学与技术,2020,52(2):70-77.

[10] 王宗志,程亮,刘友春,等.流域洪水资源利用的现状与潜力评估方法[J].水利学报,2014,45(4):474-481.

[11] 裴睿.文安洼泄滞洪功能与湿地恢复多目标的分区技术体系研究[D].三峡:三峡大学,2021.

[12] 王忠静,郭书英,邵东国,等.“十五”国家重大科技攻关项目:海河流域洪水资源安全利用关键技术研究[R].2003.

[13] 丁志雄,李娜,俞茜,等.国家蓄滞洪区土地利用变化及国内外典型案例分析[J].中国防汛抗旱,2020,30(6):36-43.

[14] 孙高虎,张欣.全球蓄滞洪区建设:从单一防洪目标到综合性管理[N].中国水利报,2023-03-16.

[15] 傅豪,徐超伟,王凌越,等.历史视角下的湿地演变与恢复保护——以永年洼为例[J].水利学报,2018,49(5):619-627.

[16] 中国水利水电科学研究院.洪水风险图编制导则:SL 483—2017[S].北京:中国水利水电出版社,2017.

[17] 束美珍,刘丽红.海河流域近51年降水量时空变化特征[J].南水北调与水利科技,2015,13(6):1065-1068.

[18] 徐艳菲,张义文,焦明,等.永年洼湿地生态需水量初步研究[J].湖北农业科学,2013,52(9):2031-2034.

(下转第60页)

在闸下游修筑拦河围堰,消减闸上下游水位差,保持内湖水位13.00~13.50 m。长期不利工况下运行,增加了工程日常运行维护成本,如闸门长期保持小开度高速水流加快了闸孔及底板混凝土气蚀、剥蚀和闸门止水橡皮等部件损耗。为保证工程安全运行,需要加密工程安全监测的频次。

5 建议

(1)进一步研究闸控水位与水质关系。为了更好地总结水闸工程的生态水位调控作用,需要分析不同模拟情景下的水环境参数,在获取更为全面的监测数据后,修改和完善华阳河湖群水动力—水质模型,进一步掌握闸控水位与水质关系。

(2)验算工程安全运用条件。2018年的《杨湾闸控制运用办法》是基于新老闸联合运用基础上修订的,由于老闸拆除闸门与启闭机后无挡水条件,非汛期内湖超设计标准蓄水,须对工程安全运用条件进行复核验算,以保证工程抗滑稳定、渗透稳定、消能防冲安全及启闭安全,因此必要时应采取工程措施,加强工程安全监测分析,确保工程安全运行。

(3)强化“四预”措施,防御水旱灾害。华阳河流域丰水年份防汛压力大。在华阳河蓄滞洪区工程项目建成投入使

用前,控制非汛期内湖水位,应根据水旱灾害防御工作的需要,强化预报、预警、预演、预案“四预”措施,必要时优化工程调度方案,统筹做好防洪安全和生态安全。

(4)增加工程运维经费。为充分发挥工程效益,保证工程安全运行,应根据实际情况,明确工程运行维护经费的保障机制,确保足额到位。

参考文献

- [1] 中华人民共和国水利部.水闸设计规范:SL 265—2016[S].北京:中国水利水电出版社,2016.
- [2] 中华人民共和国水利部.水闸安全评价导则:SL 214—2015[S].北京:中国水利水电出版社,2015.
- [3] 中华人民共和国水利部.水闸技术管理规程:SL 75—2014[S].北京:中国水利水电出版社,2014.
- [4] 张琳,杨启红,曾凯,等.华阳河湖群非汛期水位调控水质改善效应研究[J].华北水利水电大学学报(自然科学版),2020,41(3):67-73.
- [5] 姜加虎,黄群.三峡工程对其下游长江水位影响研究[J].水利学报,1997(8):40-44,39.
- [6] 栾震宇,施勇,陈炼钢.三峡工程蓄水前后长江中游水位流量变化分析[J].人民长江,2009,40(14):44-46.

责任编辑 姚力玮 张心怡

(上接第27页)

Study on flood resource utilization potential evaluation method of typical flood storage and detention areas

WANG Jing, LI Na, LIN Weijie

(1. China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100038;

2. Research Center on Flood and Drought Disaster Reduction of MWR, Beijing 100038)

Abstract: Based on the analysis of the concept of flood resources utilization potential and summary of the flood resources utilization way in flood storage and detention areas at home and abroad, the evaluation method of flood resources utilization potential in flood storage and detention areas is proposed considering inundation flood in different return periods and rainfall flooding in local areas, on the premise of ensuring the flood safety in the river basin. Taking Yongnianwa flood storage and detention area in the Haihe River as a typical case, using flood risk analysis, scenario analysis, and hydrological series statistics, the expected annual available flood resources amount was quantitatively calculated. The method and results can provide significance reference for the evaluation of flood resources utilization potential in other flood storage and detention areas in China.

Keywords: Yongnianwa flood storage and detention areas; flood resources utilization; potential assessment; expected flood resources; ecological wetland

责任编辑 姚力玮