从防御2020年长江洪水看新时代防洪战略

夏军^{1*}, 陈进^{1,2}

1. 武汉大学水资源与水电工程科学国家重点实验室, 武汉 430072;

2. 长江水利委员会长江科学院, 武汉 430015

* 通讯作者, E-mail: xiajun666@whu.edu.cn

收稿日期: 2020-08-13; 收修改稿日期: 2020-10-05; 接受日期: 2020-11-04; 网络版发表日期: 2020-12-14

国家自然科学基金重大项目(批准号: 41890823)资助

摘要 长江防洪是国家水安全的重要部分. 2020年受持续强降雨影响, 7月长江中下游沿线及洞庭湖、太湖水位长时间超警戒水位, 太湖超保证水位, 鄱阳湖湖区部分站点达到历史最高水位; 8月长江上游岷江和嘉陵江发生特大洪水, 重庆等沿江城市部分地区被淹, 防汛压力和灾害损失大. 社会舆论持续关注, 并对三峡等水库调控提出一些质疑. 文章从应对1954年洪水、1998年洪水与2020年洪水比较, 分析长江防洪格局变化, 提出新时代长江防洪总体战略仍然应该坚持“蓄泄兼筹, 以泄为主”. 在工程体系方面, 以堤防为基础, 以三峡等控制性水库为重要调控手段, 加快推进重点蓄滞洪区安全建设, 保证行洪区畅通, 维护好洲滩生态环境质量. 在非工程措施方面, 加强适应气候变化的洪水风险管理, 规范防洪区土地利用方式, 给洪水以空间, 推动洪水风险图及洪水保险制度, 将常遇洪水可适应、特大洪灾风险可承受作为防洪体系建设的最终目的.

关键词 2020年洪水, 长江防洪体系, 三峡水库, 洲滩保护, 非工程措施

1 2020年洪水灾害情况

洪水灾害一直是影响长江流域社会经济发展的重要制约因素. 据统计, 近100年全球发生的最严重10大洪水中有7个在中国, 其中5个发生在长江, 即1911年、1931年、1935年、1954年、1998年(<https://www.chinadaily.com.cn/a/202007/15/WS5f0e778ea31083481725999d.html>; 骆承政, 2006), 160年来长江特大洪水的发生都与气候变化相关(施雅风等, 2004), 气候变化与洪旱灾害关系及适应性对策是国际前沿课题, 流域防洪减灾一直是国家水安全的重大战略问题(夏军和左其亭, 2020; Kundzewicz等, 2019), 气候变化和人类活动影响

是长江水情变化和洪灾发生的主要原因(Cheng等, 2019). 2020年受厄尔尼诺现象等不利气候因子影响, 长江流域入梅早, 降雨持续时间长、强度大, 雨区重叠. 根据中国气候中心数据, 2020年6月1日到8月31日三个月, 长江上游的岷沱江流域、嘉陵江流域、中下游干流区间、洞庭湖和鄱阳湖等流域比多年平均同期降雨量多50~100%, 其中川东地区、长江中下游干流区间和鄱阳湖北部地区是同期多年平均值的100~200%, 这些地区三个月降雨量接近年平均降雨量. 2020年长江暴雨及洪水分两个阶段, 第一阶段在6~7月, 第二阶段在8月中下旬.

6~7月雨带基本稳定在长江上游贵州、重庆, 中下

中文引用格式: 夏军, 陈进. 2021. 从防御2020年长江洪水看新时代防洪战略. 中国科学: 地球科学, 51(1): 27–34, doi: 10.1360/SSTe-2020-0214

英文引用格式: Xia J, Chen J. 2021. A new era of flood control strategies from the perspective of managing the 2020 Yangtze River flood. Science China Earth Sciences, 64(1): 1–9, <https://doi.org/10.1007/s11430-020-9699-8>

游干流区间和洞庭湖、鄱阳湖的北部, 巢湖和太湖流域, 累积雨量大。以湖北省为例, 6月8日入梅, 较常年偏早9天, 梅雨期长达43天, 较常年平均(24天)偏多19天; 平均雨日多达30天, 较常年偏多12天, 其中6月8日至7月19日, 全省平均降水量692mm, 比常年同期(282mm)偏多2.45倍, 居1961年以来历史同期第1位, 较1998年同期(270mm)多422mm, 较2016年同期(554mm)多138mm。长江中下游其他地区降雨情况类似。大范围、长时间强降雨造成长江中下游干流监利以下江段及洞庭湖、鄱阳湖和太湖水位持续超警, 江西鄱阳湖湖区及五河尾闾有10个水文站水位超1998年历史极值, 巢湖、太湖超保证水位半个月。同期长江上游的贵州乌江、重庆和三峡区间也发生持续暴雨, 长江先后在7月2日、17日、27日形成1号、2号和3号洪峰, 洪峰流量分别为53000、61000、60000 m^3s^{-1} 。由于三峡及上游控制性水库群联合调蓄, 下泄流量控制在19000~35000 m^3s^{-1} 左右, 三次洪峰共拦蓄了超过300亿立方米的洪水, 显著减轻了洪峰对中下游和两湖汛期压力。到7月20日, 三峡水库水位达到164.58m, 超汛限水位近20m, 为预防后期上游洪水, 三峡水库再次腾出库容, 最大下泄流量41000 m^3s^{-1} , 而这时城陵矶、汉口和湖口水位仍然维持在超警戒、接近保证水位水平, 使蓄泄兼顾, 上下游协调难度较大。洪灾主要发生在贵州、重庆等山丘区和鄱阳湖、巢湖等湖区圩垸附近, 前者是山洪引起, 部分县城和乡镇被淹; 后者受洪涝双重影响, 圩垸居民转移, 大片农田被淹, 堤防险情2000多处, 灾害损失较大, 抢险和灾害重建费用高。

8月11~18日, 四川降下特大暴雨, 暴雨总雨量超过了6~7月份湖北、江西、安徽的暴雨过程, 也超过2013年、1981年四川暴雨过程, 致使岷江(包括大渡河)、沱江、嘉陵江发生特大洪水, 同时金沙江和雅砻江来水也有增加。8月14日长江第4号洪峰形成, 最大流量达到62000 m^3s^{-1} , 40h后的17日长江5号洪峰形成, 20日长江上游5号洪峰和嘉陵江2号洪峰在重庆遭遇后, 寸滩水文站水位达到191.62m, 超过1981年水位0.21m, 是重庆市115年来最高水位洪水, 但最大洪峰流量低于1981年(85700 m^3s^{-1}), 随后三峡水库迎来建库以来最大入库流量75000 m^3s^{-1} , 根据长江防办调令, 三峡水库出库流量按49200 m^3s^{-1} 下泄, 削峰率达34.4%, 水库水位达到167.65m, 创三峡建库以来主汛期最高水位。长江5号洪峰主要影响重庆、乐山等大中城市, 重庆市沿嘉陵江和长江两岸部分城区被淹, 致当地26.32万人受灾, 紧急避险25.1万人, 直接经济损失24.5亿元。

2 长江防洪体系建设及存在的问题

长江防洪的基本原则是“蓄泄兼筹, 以泄为主”, “江湖两利, 左右岸兼顾, 上中下游协调”。防洪体系包括工程和非工程措施两部分, 工程措施主要由堤防、水库和蓄滞洪区组成, 辅以河道整治。图1为长江防洪体系示意图。防洪调控的基本方式为: (1) 以堤防为基础, 发挥河湖槽蓄作用; (2) 以三峡等山区控制性水库为主要调控手段, 使洪峰调蓄在人口较少的山丘区, 减轻中下游平原区防洪压力; (3) 遇特大洪水来临, 水库

图1 长江防洪体系示意图

调蓄能力耗尽,堤防接近或者达到保证水位时,启用中下游蓄滞洪区,接纳超量洪水,保障重点地区和水库的安全(陈进, 2014). 非工程措施包括规范防洪保护区土地利用、洪水预警预报、避险抢险和灾后重建等技术及相应的制度.

由于长江上游面积占流域总面积的56%(100万 km^2), 宜昌站径流量分别占到汉口和大通水文站的61%和48%, 而宜昌洪水流到长江口(1810km)最少需要15~20天, 加上长江中下游、洞庭湖和鄱阳湖等区间来水, 长江洪水都会在中下游及通江湖泊中滞留相当长的时间, 极易引起洪涝灾害, 所以长江防洪重点在中下游. 目前沿江的岳阳、武汉、黄冈、鄂州、黄石、九江、安庆、池州、铜陵、芜湖、马鞍山、南京、镇江等13个地级以上城市防洪标准已经达到防御1954年洪水; 南通市按100年一遇高潮位遇11级风进行堤防建设; 上海市城区黄浦江干流防洪标准为1000年一遇. 长沙、南昌、合肥等支流省会城市的主城区应达到100~200年一遇的防洪标准(水利部长江水利委员会, 2012). 长江中游四个主要水文站设计洪水位是: 沙市45.00m、城陵矶34.40m、汉口29.73m、湖口22.50m. 大通以下属于感潮河段, 河道洪水位受径流、潮流、台风等多种因素影响, 相应设计水位为大通17.10m, 吴淞口站100年一遇设计潮位值为5.98m.

经过70年的建设, 长江防洪工程体系建设取得巨大成绩: 中下游3900余千米干流堤防全线达标, 上游干支流已建、在建水库预留防洪库容约400亿立方米, 已建成重要防洪水库21座, 防洪库容已经达到364.63亿立方米; 中下游规划了42处蓄滞洪区, 已完成围堤加固的蓄滞洪区33处(王乐等, 2020).

目前防洪体系存在的主要问题是: (1) 蓄滞洪区安全建设相对滞后, 42处蓄滞洪区仅4处完成安全建设, 由于蓄滞洪区有近700万人口和80.8万公顷农田, 运用起来困难较大. 特别是三峡等水库建成以后, 蓄滞洪区使用概率大幅减少, 限制蓄滞洪区土地利用越来越困难. (2) 1998年大洪水后实施的平垸行洪、退田还湖未按规划(沈华中等, 2008)全部实施, 部分单退垸存在移民返迁的情况, 目前行洪洲滩等通道占用较多. (3) 在非工程措施方面, 虽然流域水文测报系统已经建立, 基于实时监测、模拟分析和专家咨询防汛滚动会商系统比较成熟(Xia等, 2001), 但如何发挥非工程措施在减少灾害损失重要作用的认识上和行动上不够, 蓄滞

洪区、行洪区土地利用不科学, 河道洲滩管理不严格, 侵占行洪道及洲滩现象普遍, 洪水风险图、洪水保险等现代洪水风险管理制度建设进展缓慢, 使用蓄滞洪区的机制不健全, 部分地方政府不愿意及时启动. (4) 防洪与排涝标准不一致、不协调, 统一调度机制不完善. 长江等大江大河防洪调度和管理归属国家防办和流域机构(防办)负责, 而城镇排涝由住建部门及所在城市负责, 农村及农田排涝由地方政府和农业部门负责, 各部门各地区统一、协调的流域综合调度和管理机制不完善, 常常造成先涝后洪, 洪涝并举, 不仅增加了大江大河的防洪风险, 也加重了洪涝灾害的损失.

3 新时代长江防洪面临的新挑战

70年来长江防洪体系建设投入巨大, 但除人员伤亡人数大幅减少外, 财产损失越来越大, 如果算上防洪抢险和灾后重建费用, 防洪成本越来越高. 主要原因是: 一方面经济社会发展, 单位土地上产生的GDP已经大幅提高, 现在淹没一亩地的损失比1954年高出百倍以上; 另一方面, 长江防洪形势发生巨大变化, 社会期望三峡等水库发挥更大作用, 而洲滩等行洪区和蓄滞洪区发挥作用总是延迟. 新媒体使洪灾信息快速传播, 社会承担洪灾损失的接受程度下降. 所以, 需要调整防洪战略和战术适应新形势下各方面需求.

3.1 随着三峡等防洪水库群的建成, 洪水蓄滞的空间格局发生巨大变化

表1对比了长江2020年和20世纪发生的最大两次洪水重要水文站点水位流量关系及分蓄洪情况. 1954年大洪水时, 长江没有大型水库, 洪水主要蓄滞在中下游的堤防和通江湖泊中, 超出堤防标准就发生满溢或者溃决. 当年堤外蓄滞洪水达到1023亿立方米, 淹没范围广(图2), 时间长, 如果按今天的发展水平, 损失会十分巨大. 1998年大洪水时, 长江已经有大型水库100座, 总库容700亿立方米, 但没有三峡水库等控制性工程, 水库拦洪蓄洪水总量为340亿立方米, 堤外仅分蓄洪100亿立方米, 虽然总洪量比1954年小, 但沙市、城陵矶、九江和湖口等水位均超过1954年, 主要原因是堤外分蓄洪水少, 洞庭湖和鄱阳湖湖容分别比1954年减小102亿立方米和80亿立方米(表1), 河道槽蓄能力达到极限, 估计超过1100亿立方米(陈进, 2014;

表 1 长江重要水文站点典型年水位流量关系^{a)}

水文站, 设计 水位(m)	年份			2020年区间槽蓄量
	1954年	1998年	2020年	
宜昌	流量: 66800	流量: 63300	流量: 43900, 水位: 51.53	
沙市, 45	水位: 44.67	流量: 53700, 水位: 45.22	流量: 37000, 水位: 42.68	33(沙市流量50000)
城陵矶(莲), 34.4	水位: 33.95	流量: 67800, 水位: 35.80	流量: 53100, 水位: 34.41	340(城陵矶水位34)
汉口, 29.73	流量: 76100, 水位: 29.73	流量: 71100, 水位: 29.43	流量: 61300, 水位: 28.77	90(汉口水位29)
九江	无	流量: 73100, 水位: 23.03	流量: 67000, 水位: 22.81	385(湖口水位22)
大通, 17.1	流量: 92600	流量: 81700, 水位: 16.32	流量: 76000, 水位: 15.87	
城陵矶(七)	流量: 44500, 水位: 34.55	流量: 36800, 水位: 35.94	流量: 22700, 水位: 34.49	
湖口, 22.5	水位: 21.68	流量: 31900, 水位: 22.59	流量: 28667, 水位: 22.49	
合计及说明	分洪1023亿立方米, 决口61处, 扒口13处, 洞庭湖湖容269, 鄱阳湖湖容363	水库拦洪蓄洪水340亿立方米, 分洪100亿立方米, 洞庭湖湖容167(城陵矶水位33.5), 鄱阳湖湖容283(湖口水位22)	防洪总库容700亿立方米, 41座水库联合调度, 总防洪库容598亿立方米	848亿立方米(如果都达到保证水位, 可以达到1000亿立方米), 槽蓄空间主要在洞庭湖城陵矶江段和鄱阳湖湖口附近

a) 单位: 流量: $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$, 湖容和槽蓄量: 亿立方米, 水位: m

宁磊, 2018). 1998年抗洪的代价是堤防险情多达9000多处, 千军万马上堤抢险, 虽然人员死亡仅为1954年的十分之一, 但经济损失远超过1954年. 2020年, 三峡等主要防洪水库群已经建成, 仅长江上游21个控制性水库防洪库容就达到365亿立方米, 水库群调节在防洪中的作用更加凸显(图1), 长江水库累积拦蓄洪水量超过490亿立方米, 仅应对4号和5号洪峰, 上游水库群最大拦洪量就达到190亿立方米, 其中三峡水库拦蓄了108亿立方米; 防洪在战术层面由过去的被动转为主动, 代价是水库群防洪责任加大, 优化调度要求高. 如果2020年两阶段洪水间隔时间缩短, 不仅水库群联合调度难度大, 而且会发生类似1998年的全流域特大洪水. 从控制洪水风险来看, 堤防和通江湖泊承担的部分洪水风险转移到水库大坝上, 好处是中下游分蓄洪区使用概率大幅下降, 堤防压力也减轻. 与过去比较, 长江洪水蓄滞的空间格局已经发生根本性变化(图3).

3.2 行洪区的运用和江湖洲滩保护任重道远

2020年长江干流及几大湖泊水位高的一个重要原因是多年没有大洪水, 江湖洲滩等行洪区自建堤防超标, 破堤行洪行动太慢. 三峡工程蓄水运用以来, 沙市至城陵矶河段以及洞庭湖均出现不同程度冲刷, 槽蓄能力有所提高, 未来还会进一步提高(徐照明等, 2020). 例如根据实测资料计算(宁磊, 2018), 仅沙市至城陵矶河段高水位时平均槽蓄量为340亿立方米, 比20

世纪90年代增加了43亿立方米, 然而过去10多年来, 该江段枯季水位普遍下降, 而洪水位并没有下降, 只能说明本应该行洪区的洲滩被占用, 洪水来临时没有及时启用.

长江中下游行洪区总面积为84万公顷, 本应该常年使用, 但由于区内有耕地约25.6万公顷、人口约334万, 多年不行洪, 洲滩利用强度加大, 地方政府不到万不得已, 不忍心启用, 不仅要临时迁移居民, 淹没大片农田, 而且灾后重建的担子也需他们承担. 问题是推迟或者被动使用行洪区, 推高了洪水位, 增加了洪水风险, 违背了防洪“以泄为主”基本原则. 根据作者多年参加防汛工作组下到防洪一线的工作经验, 出险情或者溃决的堤防几乎都是行洪区附近的圩堤或者自建的子堤. 所以, 保证行洪区能够正常和经常运行, 必须严格限制洲滩开发利用, 畅通行洪通道, 对于1~5年一遇中小洪水, 三峡水库不应该调蓄, 让洪水上滩; 对于5~10年一遇的洪水, 应该以堤防防御为主, 只要堤防不长时间超警, 三峡水库也可以不调蓄; 对于10~20年一遇洪水, 三峡水库可以调蓄, 但行洪区应该先行洪, 以保证长江河道及通江湖泊基本的槽蓄能力.

3.3 完善蓄滞洪区的安全建设, 留足调洪空间

长江中下游虽然规划了42个蓄滞洪区(见图3), 总面积120万公顷, 有效蓄洪容积约590亿立方米, 这些地区绝大多数都是1954年洪水淹没区, 由于区内有人有

图 2 1954年洪水淹没示意图
据长江流域防洪规划(2000)

图3 长江中下游蓄滞洪区分布图

据长江流域综合规划(2012)

地,目前极少使用.长江中下游蓄滞洪区分为重要、一般和保留区三类,其中重要蓄滞洪区(13个),为现状条件下使用概率较大(一般在20年一遇以下).像2020年城陵矶附近和湖口附近已经达到使用蓄滞洪区的标准,仍然没有使用.主要原因是安全建设不完备,没有建立起风险分担、使用补偿的科学机制,使用后几乎完全靠国家和地方政府承担全部损失的补偿和灾后重建,使绝大多数蓄滞洪区形同虚设.洪水超过堤防保证水位,堤防有溃决的风险,这时应该及时启用蓄滞洪区,保证重点地区的防洪安全.主动分洪比被动分洪损失小很多,只抗洪,不分洪,不仅增加洪水风险,而且灾害损失和抗洪综合成本更大.所以,对于荆江,洪水在100年一遇水平以下时,以三峡水库调蓄为主;对于中下游其他江段及洞庭湖和鄱阳湖洪水,在达到20年一遇水平应该及时启用附近的重点蓄滞洪区;对于50~100年一遇洪水,在充分发挥水库群联合调度下,堤防达到保证水位时,启用一般蓄滞洪区;遇超100年以上洪水,规划的蓄滞洪区都应该启用,使蓄滞洪区名副其实,也可以借稀遇特大洪水恢复传统行洪通道和蓄滞洪区湿地的生态环境功能.

3.4 科学制定防洪标准,平衡各地洪涝关系

洪灾与涝灾是相互关联,有先涝后洪,也有先洪后涝,更多是洪涝灾害同现出现.由于内涝一般发生在城镇或者局部地区,各地经济社会发展水平不一样,排涝标准和能力也不一样.长江洪水一般都发生在跨行政区的大江大河上,主要责任是国家防办、流域机构、

省级应急管理和水行政主管部门.进入新时代,各地经济社会发展较快,治涝排涝能力大幅提高,像2020年长江沿线和主要湖泊持续发生强降雨,内涝一般首先出现,由于缺乏流域统筹,一遇暴雨各地开足马力排涝,虽然城镇内涝情况明显好转,但大江、大河和大湖也快速灌满,水位大幅上升,这也是目前长江中下游主要水文站同流量情况下水位抬升的重要原因之一.长江中下游55处中型以上规模泵站装机容量31.8万kW,57座涵闸(设计流量 $50\text{m}^3\text{s}^{-1}$ 以上)排水能力合计达到 $20364\text{m}^3\text{s}^{-1}$,抽排能力远超过1954年和1998年,如果不参与统一调控,常常造成先涝后洪,洪后再涝,洪涝并举的现象.以武汉市为例,2020年主城区泵站排涝能力从2016年的 $980\text{m}^3\text{s}^{-1}$ 提高了近一倍,达到 $1690\text{m}^3\text{s}^{-1}$,2020年内涝情况比2016年明显好转,但长江洪水位明显高于1996年和2016年,接近1998年水平.所以,应该根据各地经济社会发展水平和保护对象重要程度,科学设定城乡防洪和排涝标准,统筹流域上下游和左右岸关系,统一调度大型水库、大型水闸和大型泵站,局部利益服从全局利益,以综合损失最小为综合调控目标,平衡外洪内涝关系.

3.5 急需弥补防洪非工程措施短板

由于全球气候变化和人们对行洪区和蓄滞洪区开发利用强度的增加,长江发生大洪水和造成洪灾的可能性仍然很大,仅靠水库和堤防是不能抵御特大洪水的,必须使用分蓄洪区.三峡等控制性水库建成后,长江中下游防洪能力显著提高,但上荆江河段安全泄量

只有 $60000 \sim 70000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, 而宜昌站近千年来超过 $80000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ 流量的有 8 次, 洞庭湖和鄱阳湖也常有大洪水发生(如 2016 年和 2020 年), 中下游湖泊及蓄滞洪区调洪蓄洪作用不可替代, 目前防洪体系的短板是非工程措施, 其中规范防洪区土地利用、建立洪灾损失分担机制和洪水风险管理制度是未来防洪体系建设的重中之重。

中国有几千年的抗洪历史, 防洪工程越来越多, 洪灾损失并没有减少, 而且同一规模洪水, 洪灾损失一直在增加, 主要原因是对于非工程措施减少损失的巨大作用认识不够或者行动缓慢。非工程措施都是约束人类行为方式的, 长久效果更显著。理论上讲, 堤防修得越高, 堤防设计标准越高, 不仅成本增加, 而且也增加了溃堤风险。堤防标准的制定是根据保护对象重要性确定的, 在保护等级低的地区建高标准堤防, 会间接增加保护级别高地区堤防的风险。根据近几十年洪水损失调查结果来看, 洪灾损失增加的主要原因是防洪区经济社会无序发展所产生的。如果对蓄滞洪区和行洪区进行科学的土地利用规划, 避免在高风险地区大规模开发利用, 可显著地减小洪灾损失, 而且, 稀遇的超额洪水放在分蓄洪区比新建防洪水库成本要低。所以, 防洪体系建设不仅要考虑技术因素, 更要统筹考虑经济、社会和生态环境影响等综合因素, 应该大力推行非工程措施, 尽量寻求给洪水以空间的自然解决方案。

4 分析与结论

(1) 三峡水库等工程措施的作用与认识。长江中下游防洪堤防是基本, 虽然堤防长时间(如 10 天以上)挡水(超警戒水位以后), 险情会不断出现, 但堤防长时间(几年、甚至十多年)不挡水不仅容易使河道及行洪道萎缩, 而且给沿线百姓造成无洪水风险的错觉, 助推地方洲滩的开发利用。对于三峡等大型水库的防洪作用也要向社会广泛宣传, 科学地认识其保护对象及防洪能力。长江是大河流域, 径流量巨大, 没有一个水库可以将汛期的洪水都装进水库, 例如 1954 年 60 天总洪量达到 2448 亿立方米, 而三峡水库防洪库容仅 221.5 亿立方米; 1870 年洪水, 宜昌站 3 天的洪量就有 265 亿立方米, 可以将三峡水库防洪库容蓄满, 7 天的洪量 537 亿立方米(陈进, 2014)可使中游蓄滞洪区蓄满。三峡水库

主要防洪对象是荆江, 其次是城陵矶, 对于城陵矶以下洪水只能起到调蓄的补助作用, 不可能直接防御鄱阳湖洪水。看水库防洪库容不仅看总库容, 还要看其保护的主要对象及调度运行方式, 如金沙江中下游水库群, 其主要防洪对象是攀枝花、宜宾、泸州等沿江城市, 对于中下游防洪只能配合三峡水库起协助作用, 金沙江水库从 8 月初就开始蓄水, 到 8 月底, 相当多的水库的防洪库容被兴利库容替代, 其发挥作用的时间在初、中汛期, 到 8 月以后, 水库群存留的防洪库容将逐渐减小, 这样才能保证汛后水库蓄满率。所以, 应该科学认识防洪工程措施的作用, 不能夸大其作用。

(2) 与洪水共生存问题以及非工程措施作用。洪水是自然现象, 河流和河道的形成靠的是洪水, 没有洪水, 就没有河流, 河道会萎缩, 水生生物也会失去生存环境, 河流就会失去生命力, 所以, 不可能, 也没有必要不惜代价试图消除洪水, 过多地侵占行洪通道和在蓄洪区不科学的土地利用方式, 才使洪水危害人类生命和财产。既然不可能或没有必要消除洪水, 人们必须学会与洪水相处(Xia 等, 2001)。未来长江防洪方略必须由洪水防治向洪水管理过渡, 在补上防洪工程建设短板的基础上将更多地加强气候水文预报预警、水利工程群的联合优化调度, 指导和约束人类活动的行为, 规范防洪区土地利用方式, 给洪水以空间, 尽量减少对洪水行洪通道的侵占, 保护洲滩生态环境功能(Kundzewicz 等, 2019)。

(3) 对 2020 年大洪水的认识与防御对策。2020 年 6~7 月份的洪水与 2016 年洪水类似, 属于中下游区域性大洪水, 其中鄱阳湖、巢湖和太湖流域略大于 2016 年, 但主要指标都比 1954 年和 1998 年洪水小, 而 8 月份上游洪水又类似于 1981 年, 洪水来源也是岷沱江和嘉陵江, 虽然重庆最高水位略高于 1981 年, 但最大峰洪流量低于 1981 年, 说明川江和嘉陵江行洪通道也不如 1981 年畅通, 好在中下游暴雨与上游暴雨之间有 20 多天间隔期, 加上长江上游水库群联合调控, 没有形成类似 1954 年和 1998 年全流域特大洪水。值得注意的是随着气候变化影响, 未来极端暴雨事件呈现增加趋势, 而且中国的强暴雨周期与厄尔尼诺周期具有较好的一致性(孔锋, 2020)。需要做好各项适用气候变化下洪旱灾害的风险管理。

面对防洪形势发生的巨大变化, 需要调整我们的防洪战略和战术。在战略上, 要充分认识洪水具有自

然与社会两种属性, 给洪水以足够的蓄滞空间, 从抗洪抢险式的防洪方式转向科学认识洪水的自然属性, 向洪水科学管理发展。在战术层面, 要流域统筹, 将大江大河防洪与城市和农村排涝治理协调, 根据保护对象重要性科学制定各类堤防防洪标准和分蓄洪区启动标准, 加强气候、水文、水利工程运行监测、评估、会商决策系统建设, 优化水利工程群的联合调度, 统筹处理外江洪水与内涝关系。在信息化和新型媒体传播快的新形势下, 加大信息公开, 公众科普力度, 引导新媒体舆论导向, 区别经常发生的城镇和局部地区内涝、山洪灾害与长江大洪水关系, 带动全社会参与人水和谐, 人与自然和谐行动, 维护安澜、绿色、美丽、和谐的长江。

致谢 论文撰写及修改过程中得到王纲胜、程丹东和王文字澄的帮助, 一并感谢。

参考文献

- 陈进. 2014. 三峡水库建成后长江中下游防洪战略思考. 水科学进展, 25: 745–751
- 孔锋. 2020. 中国不同强度降雨量的多属性时序变化特征及其对 ENSO 的响应. 长江流域资源与环境, 29: 1387–1400

- 骆承政. 2006. 中国历史大洪水. 北京: 中国书店
- 宁磊. 2018. 长江中下游防洪形势变化历程分析. 长江科学院院报, 35: 1–5, 18
- 沈华中, 陈慧娟. 2008. 长江防洪工程建设在洪水管理中的作用. 中国防汛抗旱, 18: 59–62, 68
- 施雅风, 姜彤, 苏布达, 陈家其, 秦年秀. 2004. 1840年以来长江大洪水演变与气候变化关系初探. 湖泊科学, 16: 298–296
- 水利部长江水利委员会. 2012. 长江流域综合规划(2012–2030): 简要报告. 武汉: 水利部长江水利委员会
- 水利部长江水利委员会. 2000. 长江流域防洪规划(2010–2020): 武汉: 水利部长江水利委员会
- 王乐, 要威, 王翠平, 李安强. 2020. 长江流域防洪规划中期评估. 中国防汛抗旱, 30: 12–16
- 夏军, 左其亨. 2020. 中国水安全与未来. 武汉: 湖北科技出版社
- 徐照明, 徐兴亚, 李安强, 张黎明, 胡春燕. 2020. 长江中下游河道冲淤演变的防洪效应. 水科学进展, 31: 366–376
- Cheng J, Xu L, Fan H, Jiang J. 2019. Changes in the flow regimes associated with climate change and human activities in the Yangtze River. *River Res Applic*, 35: 1415–1427
- Kundzewicz Z W, Su B, Wang Y, Xia J, Huang J, Jiang T. 2019. Flood risk and its reduction in China. *Adv Water Resour*, 130: 37–45
- Xia J, Huang G H, Chen Z, Rong X. 2001. An integrated planning framework for management of flood-endangered regions in the Yangtze River Basin. *Water Int*, 26: 153–161

(责任编辑: 贺缠生)