

DOI:10.19322/j.cnki.issn.1006-4710.2020.04.007

三峡水库防洪作用与鄱阳湖流域洪灾分析

李沛, 黄生志, 李大鹏, 黄强

(西安理工大学 西北旱区生态水利国家重点实验室, 陕西 西安 710048)

摘要: 近期, 长江中下游洪灾引发国内外网民和社会公众的重点关注和广泛热议, 人们认为这是三峡水库不作为造成的。因此, 客观、公正、科学地认识长江中下游洪灾, 以及评价三峡水库的防洪作用, 对稳定社会、人心具有重要现实意义。在介绍长江 2020 年 7 月三次编号洪水基础上, 分析三峡水库调度过程及其对长江中下游流域的防洪作用与贡献; 从气象、水文、地理和防洪标准等角度, 揭示鄱阳湖流域洪灾发生的原因。结果表明, 三峡水库有效调度了三次编号洪水, 削减洪峰幅度为 34%~46%, 拦蓄洪量为 25~88 亿 m³, 大大缓解了长江中下游防洪压力。鄱阳湖流域洪灾发生的主要原因: 一是入梅提前, 导致降雨集中强度大、范围广、持续时间长; 二是部分支流堤防建设滞后、蓄滞洪区运用不合理, 导致上游形成的洪水峰高量大且与鄱阳湖洪水发生遭遇, 以及城市加速排洪至河道、中下游长时间处于高水位运行、鄱阳湖受其顶托作用而无法及时通过干流泄洪等。研究结果对正确认识三峡水库的防洪作用与长江中下游流域防洪减灾具有重要参考价值。

关键词: 长江中下游; 鄱阳湖流域; 三峡水库防洪作用; 洪水灾害; 归因分析

中图分类号: TV21

文献标志码: A

文章编号: 1006-4710(2020)04-0486-08

Analysis of flood control function of Three Gorges Reservoir and flood disaster in Poyang Lake Basin

LI Pei, HUANG Shengzhi, LI Dapeng, HUANG Qiang

(State Key Laboratory of Eco-hydraulics in Northwest Arid Region of China, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China)

Abstract: Recently, the flood disaster in the middle and lower reaches of the Yangtze River has attracted the extensive attention by netizens and general public at home and abroad. Many people claim that it is caused by the inaction of the Three Gorges Reservoir. Therefore, an objective, fair and scientific understanding of the flood disaster in the middle and lower reaches of the Yangtze River is of great practical significance and scientific value in stabilizing the society and people's hearts and to evaluate the flood control function of the Three Gorges Reservoir. Based on the introduction to the three floods in the Yangtze River in July 2020, this paper analyzes the operation of the Three Gorges Reservoir and its role and contribution to the flood control in the middle and lower reaches of the Yangtze River. The occurrence of flood in Poyang Lake Basin is revealed from the aspects of meteorology, hydrology, geography and flood control standards. The results showed that the Three Gorges Reservoir effectively dispatched three numbered floods, reduced the peaks by 34%~46%, and blocked the flood volume of 2.5~8.8 billion m³, greatly easing the flood control pressure in the middle and lower reaches of the Yangtze River; the main reasons for the flood disasters in the Poyang Lake Basin are early into the rainy season, high rainfall concentration and a wide range of rainfall and long duration, the construction of some tributary dikes in this area is lagging and the flood storage and detention area is unreasonable, the upstream formation the flood peaks are large and the floods in Poyang Lake have been tragically encountered, the city has accelerated flood discharge to the river and the middle and lower reaches of the Yan-

收稿日期: 2020-09-25; 网络出版日期: 2020-10-26

网络出版地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1294.n.20201023.1750.010.html>

基金项目: 国家自然科学基金面上资助项目(51879213); 国家重点研发计划资助项目(2017YFC0405900)

第一作者: 李沛, 男, 博士生, 研究方向为水资源系统工程。E-mail: m18792577057@163.com

通信作者: 黄强, 男, 博士, 教授, 博导, 研究方向为水文及水资源。E-mail: sy-sj@xaut.edu.cn

gtze River have been operating at high water levels for a long time. The research results can be used to evaluate the flood control function of the Three Gorges Reservoir and provide reference for flood control and disaster reduction in the middle and lower reaches of the Yangtze River.

Key words: the middle and lower reaches of the Yangtze River; Poyang Lake Basin; flood control function of the Three Gorges Reservoir; flood disaster; attribution analysis

2020年入汛以来,长江中下游一直降雨不断,7月4日后,雨量暴增。7月12日,鄱阳湖水位已突破1998年历史极值水位(22.53 m),九江、南昌、景德镇等多地局部被淹,江西成为此次洪灾的重灾区。随着灾情的日益严峻,江西洪水、鄱阳湖洪灾、三峡大坝这些话题成为网民热议的焦点。有网民和公众质疑修了三峡水库为什么还会发生洪灾,并声称长江中下游多地发生洪灾是由于三峡水库不作为造成的。因此,客观评价三峡水库的防洪作用、科学揭示以鄱阳湖为代表的长江中下游洪灾发生的原因,对稳定社会、人心具有重要现实意义和科学价值。

自然灾害是严重威胁人类社会可持续发展的自然因素。其中,洪水灾害尤为频繁,其造成的损失最多,并且受灾人口也在自然灾害中占比最大(78%)^[1]。长江中下游地区是我国洪水灾害最严重的区域之一,其中江汉-洞庭盆地与鄱阳湖盆地腹地则是饱受洪水之苦的最主要地区^[1]。这里地势低洼,前者海拔普遍在20~40 m,后者则为10~30 m,四周群山环绕,大小河流纷纷向中心汇聚。洪涝灾害严重影响和制约了该地区的社会经济发展^[2]。随着全球气候变暖,极端降水增加,长江流域洪水灾害的风险也在不断加大^[3]。

长江是亚洲第一长河,发源于青藏高原,流经11个省(自治区、直辖市),最后注入东海。长江汇聚了1万余条支流,其全长约为6 300 km,总落差约为5 400 m,流域面积为180万 km²,多年平均径流为9 513亿 m³。长江是中华民族的母亲河、是黄金水道、是水能富矿,其流域人口和GDP约占全国的1/3^[1]。但长江洪灾频发,驾驭洪魔、治水兴邦成为中华儿女的千年企盼和不懈追求。除水害、兴水利贯穿于长江治理与开发利用的各个历史阶段。我国在长江干支流上已修建了5万多座水库,总库容超过3 600亿 m³,其中绝大多数的水库集中于长江中上游区域。大坝和水库在调节径流、削峰滞洪等方面起着至关重要的作用,是防洪的重要工程措施^[4]。以三峡水库为核心的长江干支流水库群实施联合防洪调度,是保证整个流域安全的关键措施。除此之外,长江干支流修建了长约64 000 km的堤防体系,中下游堤防占1/2左右。其中,湖北、湖南、江西及安徽的长江干堤最长,约为3 900 km。经过

多年的建设,长江中下游已基本形成了以地方为基础,以三峡水库为骨干,并与其他主要支流水库配合的蓄滞洪区、河流整治工程以及退田环湖等防洪工程体系,共同保证长江流域的安全^[5]。

鄱阳湖是我国最大的淡水湖,具有独特的丰枯特征,并在调节长江径流、维持区域生态平衡、支持我国经济社会发展和生态格局等方面发挥着重要作用^[6]。随着三峡水库完工及主要支流上游水库的运用,水库群蓄水减少了长江中下游径流量,导致水库泥沙淤积,并侵蚀和淤积了长江中下游河道,进一步影响了河湖的水文情势。长江与鄱阳湖有着自然形成的“江湖关系”:如果长江上游水位暴涨,长江在高水位运行,很容易造成长江水回流到鄱阳湖的现象;如果长江水位持续低于鄱阳湖水位,长江会将鄱阳湖的蓄水量排空,造成拉空效应^[7]。汪迎春等^[8]研究发现,三峡水库汛前腾空和汛末蓄水两个阶段都对鄱阳湖水文情势影响较大。三峡水库与鄱阳湖直线距离超过600 km,两者的位置如图1所示。

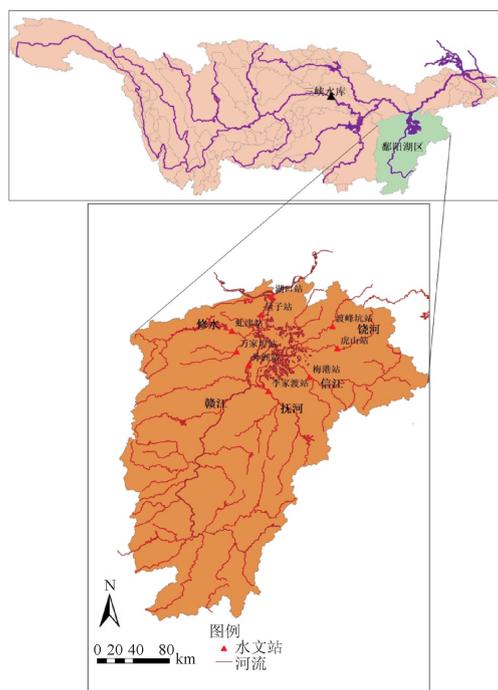


图1 三峡水库与鄱阳湖流域示意图

Fig. 1 Location diagram of Three Gorges Reservoir and Poyang Lake Basin

随着国民经济的发展,长江流域特别是中下游受堤防保护的11.81万 km²防洪保护区,在国民经

济中的地位日趋重要,其相应防洪要求也越来越高,与现有防洪能力的矛盾愈发突出^[9]。虽然长江流域中上游构建了较完备的水库群防洪体系,中下游堤防也进行了加固扩建,但是长江中下游地区仍然洪水肆虐,洪涝灾害时有发生,因此深入分析其产生原因,对于中下游有效防洪意义重大。

综上所述,本文以2020年7月长江中下游鄱阳湖流域的洪水灾害为研究对象,研究以三峡水库为代表的上游控制性水库群的防洪作用,分析长江三次编号洪水及三峡水库调度过程,旨在揭示鄱阳湖流域洪水泛滥成灾的原因。

1 三峡水库防洪作用分析

1.1 三峡水库防洪功能的独特性

三峡水库是长江治理、开发和保护的重点工程,是长江流域防洪工程体系中的骨干工程。作为上游干流梯级水库的最末一级,三峡水库是长江上游水库群的“总开关”,其控制流域面积为100万km²。三峡水库的基本特征参数如表1所示。三峡水库的首要任务是防洪,防洪限制水位为145 m,通过及时调控上游进入中游的洪水,使荆江河段防洪标准提高到百年一遇,即使遭遇千年一遇的洪水,也可避免江汉平原发生毁灭性灾害^[10],其防洪功能不可替代。

表1 三峡水库特征参数表

Tab.1 Characteristic parameters of the Three Gorges Reservoir

洪峰流量/ (m ³ ·s ⁻¹)	特征水位/ m	特征库容/ (亿 m ³)		
10年一遇: 66 000	—	—	—	—
100年一遇: 83 700	防洪 高水位	166.9	防洪 库容	155.8
1 000年一遇: 98 800	设计 洪水水位	175.0	拦洪 库容	221.5
10 000年一遇 +10%:113 000	校核 洪水水位	180.4	调洪 库容	278.94

已在三峡水库上游的长江各干支流河段建成溪洛渡、锦屏一级、瀑布沟、亭子口、彭水等一批大、中型水库,如图2所示。根据已有研究结果,长江上游(宜昌以上)已建成111座大型水库(不包括三峡水库,下同),总调节库容为635亿m³,预留的防洪库容约为200亿m³。其中,《2020年长江流域水工程联合调度运用计划》纳入的上游控制性水库就有20座,其防洪库容约为141.5亿m³,可以充分配合三峡水库的防洪调度,减少入库洪峰和洪量,进一步提高三峡水库

的防洪能力。但由于这些水库所在支流的洪水,与长江中下游洪水发生的时间不具备同步性,所以若无三峡水库的统领,较难准确控制进入长江中下游的洪水。因此,三峡水库上游支流水库相同量级的防洪库容对长江中下游防洪的影响小于三峡水库。

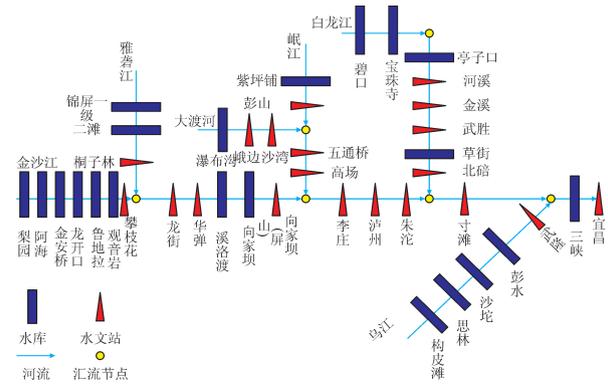


图2 长江干支流水库群位置示意图

Fig.2 Location diagram of reservoirs in main tributaries of Yangtze River

此外,在长江上游这些控制性水库以下,直至宜昌以上的区域,还有约30万km²未被控制的地区。该地区是暴雨多发区,同时又是洪水的主要来源,往往能产生足以使长江中下游发生严重洪灾的洪水,1870年的洪水主要就由这些区域形成。因此,实施以三峡水库为核心的上游水库群联合调度,对减轻长江中下游的防洪压力具有重要作用。

1.2 2020年三峡水库防洪调度过程分析

根据中国长江三峡集团有限公司的水情信息,本文统计了2020年5月1日~8月10日三峡水库的出入库径流数据,并绘制了水库洪水调度过程线,如图3所示。

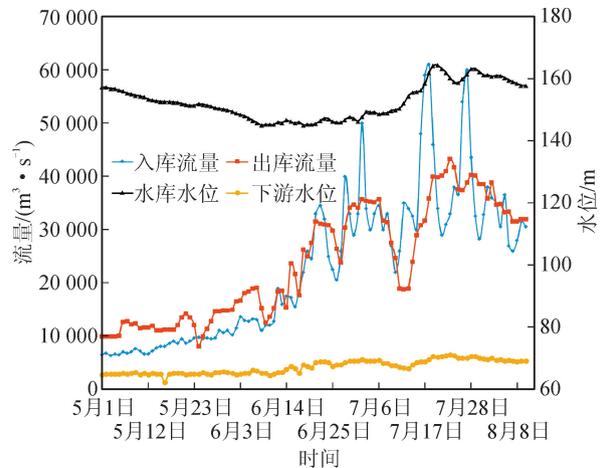


图3 三峡水库2020年5月至7月洪水调度过程图
Fig.3 Flood control process line of the Three Gorges Reservoir from May to July in 2020

2020年6月~7月,长江共发生六次洪水过程,其中三次形成编号洪水(2020年第1号、第2号和第3号洪水)。除此之外,从下游水位(三峡水库出库水位)变化可知,6月之后,长江中下游干流河道水位处于高水位状态,这对于下游支流湖泊及时泄洪极为不利,容易形成顶托倒灌现象。由图3可知,7月以后,三峡水库水位处于较高水位,这对于长江防御“七下八上”(7月下旬到8月上旬是每年我国北方地区的主要多雨期,也是防汛最为关键的时期)的上游来水极为不利。因此,从全局考虑,三峡水库如果选择在上游来水较小、较平缓以及下游洪水退水时适时泄洪,就可降低库水位。但这样会同时造成下游水库的持续高水位运行,势必增加下游的防洪压力。

根据水利部《全国主要江河洪水编号规定》,长江洪水编号范围为长江干流寸滩断面至大通断面之间的江段。当长江发生的洪水满足下列任意条件之一时,可进行编号^[11]。

1) 长江上游江段:寸滩水文站的洪峰流量或者三峡水库入库流量达到 $50\,000\text{ m}^3/\text{s}$ ^[11]。

2) 长江中游江段:莲花塘水文站水位超警(警戒水位为 32.50 m)或者大通水文站水位超警(警戒水位为 27.30 m)^[11]。

3) 长江下游江段:九江水文站水位超警(警戒水位为 20.00 m)或者大通水文站水位超警(警戒水位为 14.40 m)^[11]。

一般来说,汛期水库防洪调度从汛限水位起调,洪水通过以后,要向下流及时宣泄腾空库容,使水位降至汛限水位,以便迎接下一次洪水。值得一提的是,2020年7月长江遭遇多峰型连续洪水,形成三次编号洪水,当第1号洪水通过三峡以后,第2、第3号洪水接踵而至,水库无法及时泄水腾空库容以便拦蓄更多洪量,这就给三峡水库防洪调度带来巨大挑战。然而,三峡水库在三次编号洪水发生期间,能够科学有效地防洪,对缓解长江中下游防洪压力起到了至关重要的作用,具体作用分析如下。

1) 第1号洪水

受强降水影响,2020年7月2日“长江2020年第1号洪水”在上游形成。在第1号洪水期间,三峡水库将入库的洪峰流量从 $53\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 削减至 $35\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 后下泄,拦蓄洪量为 25 亿 m^3 ,将城陵矶莲花塘站水位控制在保证水位 34.4 m 以下。而在此刻,长江中游洪水和鄱阳湖洪水发生遭遇,三峡水库调整调度方案,将流量由 $35\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 逐步减小至 $19\,000\text{ m}^3/\text{s}$,削峰率为 34% ,为下游洞庭湖和鄱阳湖

防洪作出贡献。三峡水库最高水位为 156.24 m ,洪水历时11天(7月2日~12日),三峡水库及上游水库群共拦蓄洪量约为 73 亿 m^3 ,其中三峡拦洪 25 亿 m^3 左右,由此降低了莲花塘站水位约 0.8 m 、汉口站水位约 0.5 m 、湖口站水位约 0.2 m ^[12]。通过长江流域上中游控制性水库群的联合调度,成功确保了沙市站水位不超警戒水位、莲花塘站水位不超保证水位^[12]。

2) 第2号洪水

“长江2020年第2号洪水”于2020年7月17日形成,三峡最大入库流量为 $61\,000\text{ m}^3/\text{s}$,出库流量控制在 $33\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 左右,削峰率为 46% 。洪水历时10天(7月12日~21日),上中游水库群共拦蓄洪量 173 亿 m^3 左右,其中三峡拦蓄约为 88 亿 m^3 ,库水位最高达到 164.58 m 。降低了沙市站水位约 1.5 m 、监利站水位约 1.6 m 、莲花塘站水位约 1.7 m 、汉口站水位约 1.0 m ,其中多一半的防洪作用由三峡水库发挥^[12]。由于三峡水库高水位运行,按照防洪调度规则,没有多余库容能增加蓄水从而进一步降低泄洪量,所以第2号洪水期间,三峡水库无力承担鄱阳湖的防洪任务。通过水库群拦洪削峰的联合防洪调度,极大减轻了长江中下游防洪压力,防洪成效十分显著。

3) 第3号洪水

“长江2020年第3号洪水”于2020年7月26日在上游形成,三峡最大入库流量约为 $60\,000\text{ m}^3/\text{s}$,出库流量约为 $38\,000\text{ m}^3/\text{s}$,拦蓄洪量约为 33 亿 m^3 ,削峰率为 37% 。三峡水库最高水位达到 163.36 m ,分别降低了莲花塘站和汉口站的洪峰水位约 0.6 m 和 0.4 m ,使得城陵矶附近的蓄滞洪区免于运用,有效减轻了洞庭湖区的防洪压力^[12]。第3号洪水期间,按照防洪调度规则,三峡水库没有多余库容继续拦洪以降低下泄流量。因此,三峡水库对降低湖口水位的作用不明显^[12]。

综上所述,三次编号洪水的洪峰流量均低于10年一遇的洪峰流量($66\,000\text{ m}^3/\text{s}$),并且是多峰连续型洪水过程,调度难度大。但是,通过三峡水库的调度,第1、2、3号洪水的库水位逐步升高,其中第2号洪水的库水位最高达到 164.58 m ,但低于 166.9 m ,符合洪水调度规程和一般规律。因此,三峡水库调度过程科学合理,并在三次编号洪水调度过程中,最大限度地发挥了削减洪峰的作用,为下游防洪作出了巨大贡献。

1.3 三峡水库防洪作用评估

长江防洪的基本方针为“蓄洪兼筹、以泄为主”。三峡水库的防洪库容为 155.8 亿 m^3 ,不足长江上游

汛期多年平均洪水量(3 000 亿 m^3)的 6%, 远远低于长江的巨大洪量。从这个角度分析, 三峡水库的防洪作用十分有限, 因此, 必须根据各气象部门的实时水情、工情, 科学合理地调度水库, 多次重复运用防洪库容以便更多地拦蓄洪水, 才可以充分发挥水库群更大的防洪作用。

此外, 在三峡水库调度中, 还需兼顾提高城陵矶及其以下区域的防洪能力, 以便减少中下游的分洪洪量。当中下游汛情危急时, 调度三峡水库拦蓄上游来水, 为中下游错峰削峰; 当下游控制站水位消退时, 三峡水库就必须适时调整下泄流量, 为应对后续洪水腾出防洪库容。

综上所述, 三峡水库是长江防汛体系中的关键工程, 地位重要、防洪作用巨大, 但其防洪效用有限, 需要上下游防洪工程协调合作, 才能真正发挥长江防汛体系的作用。

2 2020 年鄱阳湖流域洪灾现状

2020 年入梅以来, 长江中下游干流监利断面至莲花塘断面、九江断面、大通江段以及洞庭湖、鄱阳湖水位相继超过警戒水位。此外, 江苏的秦淮河、太湖、安徽巢湖和水阳江等河流、湖泊也发生了超警洪水。其中, 鄱阳湖更是成为洪水重灾区。

受强降水和上游来水的共同影响, 6 月下旬以来, 鄱阳湖水位快速上涨, 特别是 7 月初鄱阳湖水位连续 8 日涨幅均在 0.4 m 以上, 单日最大涨幅为 0.65 m。7 月 10 日, 江西省防汛抗旱指挥部发布新闻, 赣江、饶河、修河、信江、鄱阳湖接连集中发生编号洪水, 超警站次多, 历史罕见。7 月 6 日~14 日, 鄱阳湖主体及附近水域面积由 5 月 27 日统计的 2 207 km^2 扩大到 4 403 km^2 , 增加面积近一倍, 较同期平均值(3 510 km^2)偏大 25%。据江西省应急管理厅的初步统计分析, 鄱阳湖湖区洪涝灾害导致江西省 521.3 万人受灾, 农作物受灾面积达 455.7 千公顷, 倒塌房屋 988 间, 直接经济损失 64.9 亿元。

3 鄱阳湖流域洪涝灾害归因分析

虽然以三峡水库为骨干的上游水库群开展了联合调度, 发挥了拦洪、削峰和错峰的防洪作用, 但 2020 年 7 月以来, 长江中下游仍有多处河流及湖泊的水文站点水位持续上升, 监利至江阴段、洞庭湖湖区、鄱阳湖湖区等水位已超防洪警戒水位, 部分湖泊、堤坝甚至超过保证水位, 长江中下游的防洪形势仍然较严峻。因此, 有必要探究长江中下游洪灾归因, 以及支流发生洪灾或城市内涝的原因。

3.1 气象、水文和地理原因

3.1.1 气象因素

根据长江水文网(<http://www.cjh.com.cn/>)雨情信息, 本文统计了 2020 年 5 月~7 月的面雨量数据, 如图 4 所示。

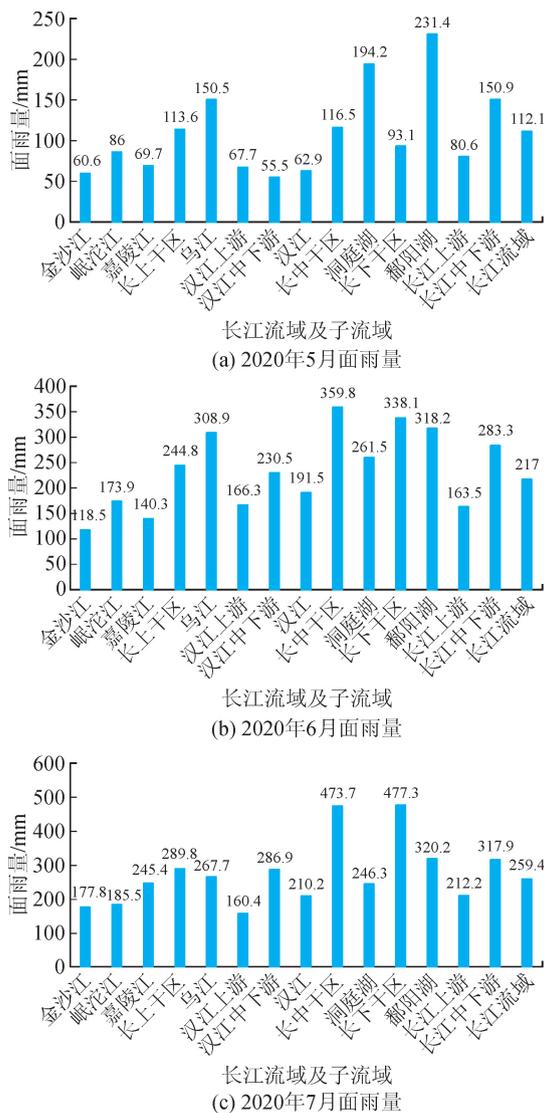


图 4 长江流域各区域 2020 年 5 月至 7 月面雨量图
Fig. 4 Surface rainfall in all regions of the Yangtze River Basin from May to July in 2020

由图 4(a)可知, 长江流域 2020 年 5 月的累计降水量为 112.1 mm, 主要集中在两湖水系, 较多年均值(127.3 mm)偏少 11.9%。其中, 上游和中下游分别偏少 11.3%和 12.5%(上游和中下游降水量多年均值分别为 90.9 mm 和 172.4 mm)。5 月, 长江流域降水量虽然较以往偏少, 但两湖地区降水集中且量值较大, 容易发生小流域洪水。

由图 4(b)可知, 长江流域 2020 年 6 月的累计降水量为 217 mm, 主要集中在上游干流南部、中下游干流附近和鄱阳湖水系北部, 较多年均值偏多

25.7%。其中,上游偏多 15%、中下游偏多 34.8%。6月,长江全流域(除金沙江以外)的降水量明显高于多年均值,全流域进入汛期。

由图 4(c)可知,长江流域 2020 年 7 月的累计降水量为 259.4 mm,主要集中在上游干流南部、中下游干流附近和鄱阳湖水系北部,较多年均值偏多 55.4%。其中,上游偏多 30.6%、中下游偏多 84.4%。7月,洞庭湖降水量偏多 46%,鄱阳湖水系降水量是往年的 2 倍多,说明两湖地区的防洪形势比较严峻。

表 2 2020 年长江中下游 9 个重要气象站点极值降雨统计表

Tab. 2 Statistical table of extreme rainfall of 9 important meteorological stations in the middle and lower reaches of the Yangtze River in 2020

站名	大雨天数/d	暴雨天数/d	大暴雨天数/d	最大连续降雨天数/d	最大日降雨量/mm	长江中下游分区
宜昌	4	5	1	7	191.2**	长下干区
监利	1	3	1	7	137.4°	
武汉	7	5	2	7	104.6	
岳阳	8	1	1	7	173.9**	洞庭湖区
沅江	2	2	1	6	119.7°	
湘阴	5	3	0	5	91.6	
九江	2	4	1	11	128.3°	鄱阳湖区
波阳	3	4	2	9	149.6°	
南昌	5	4	1	13	209.3***	

注:°表示 10 年一遇降雨(120 mm/d);**表示 50 年一遇降雨(174 mm/d);***表示 100 年一遇降雨(200 mm/d)。

3.1.2 水文、地形因素

鄱阳湖是一个吞吐型、季节性湖泊,其丰水期和枯水期的湖泊面积在极端情况下可相差 8 倍左右。鄱阳湖三面环山,北面临江,全境 95%的水系经赣江、饶河、信江、抚河、修水五条主干河流汇聚于此,再由湖口注入长江干流。相对封闭的地理格局让鄱阳湖承担了该区域储水蓄洪的责任,因而不论哪个方向的上游河流雨量剧增,最终都需要鄱阳湖来蓄洪泄流。

本文统计了鄱阳湖五河七口的流量,包括赣江上的外洲水文站、抚河上的李家渡水文站、信江上的梅港水文站、饶河上的虎山和渡峰坑水文站、修水上的虬津和万家埠水文站,以及湖口位置的星子水文站和入江汇流的湖口水文站的水位、径流数据(各水文站位置图见图 1)。

由图 3 可知,2020 年 7 月初,长江第 1 号洪水形成,三峡水库在保证防洪对象安全的情况下,增加拦洪量,降低下泄洪量,保证湖口站不超保证水位。当第 2、第 3 号洪水接踵而至,三峡水库按照防洪调度规则积极发挥防洪作用,有效降低了防洪对象荆江河段和城陵矶的河道水位。由于三峡水库高水位运行,

本文在中国气象数据网(<http://data.cma.cn/>)下载了长江中下游 9 个站点 2020 年 6 月~7 月的日降雨数据,如表 2 所示。由表 2 可知,长下干区暴雨天气发生的频次最高,其次是鄱阳湖区域,最后是洞庭湖区域。但从降雨量级和连续降雨天数来看,鄱阳湖区域降雨量大且集中,其中,南昌站甚至遭遇了 100 年一遇的降雨侵袭,导致该区域洪水泛滥。除此之外,众多学者认为,2020 年长江中下游区域降水持续集中、入梅提前,主要是由西太平洋副热带高压、西风带、高原积雪及全球气候异常等综合作用引发的结果。

依据调度规则,无法持续蓄水以降低下泄洪量,加上鄱阳湖距离三峡水库太远,所以水库防洪作用鞭长莫及。

长江上游来水持续增加,干流水位不断提高,干流在 2020 年 7 月 6 日~8 日期间发生倒灌鄱阳湖的情况(如图 5 所示,流量为负表示倒灌)。根据湖口水文站流量资料估算,倒灌水量约为 2.84 亿 m^3 ,分别壅高湖口站和星子站水位约 0.83 m 和 0.86 m,造成鄱阳湖湖水宣泄不畅,湖区内发生洪水灾害。

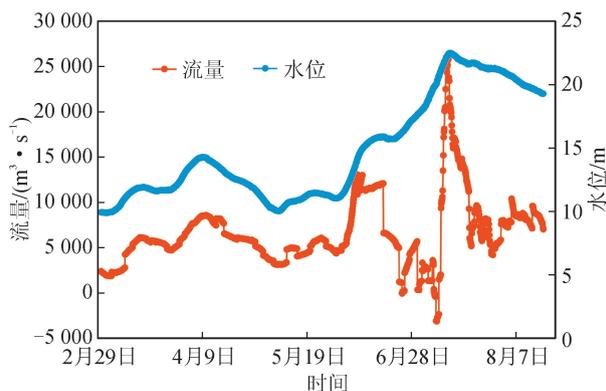


图 5 鄱阳湖湖口水文站 2020 年流量水位过程图
Fig. 5 Flow and water level process map of Poyang Lake Hydrology station in 2020

如图6所示,五条河流有两次大洪水汇入鄱阳湖水系,分别发生在2020年5月28日~6月18日和7月2日~16日。前者将星子站水位(如图7所示)从11.33 m堆高至15.77 m,极大地扩充了鄱阳湖水面面积,使沿湖区域防洪压力骤增;后者与长江中游洪水发生遭遇,造成

鄱阳湖行洪不畅,直接将星子站水位从18.04 m堆高至22.74 m,于7月5日超该站警戒水位(图7中蓝色虚线表示星子站警戒水位),并于7月12日达到历史新高(22.74 m,超过1998年洪水时星子站水位22.53 m),导致鄱阳湖水面面积增至4 404 km²,并发生严重洪灾。

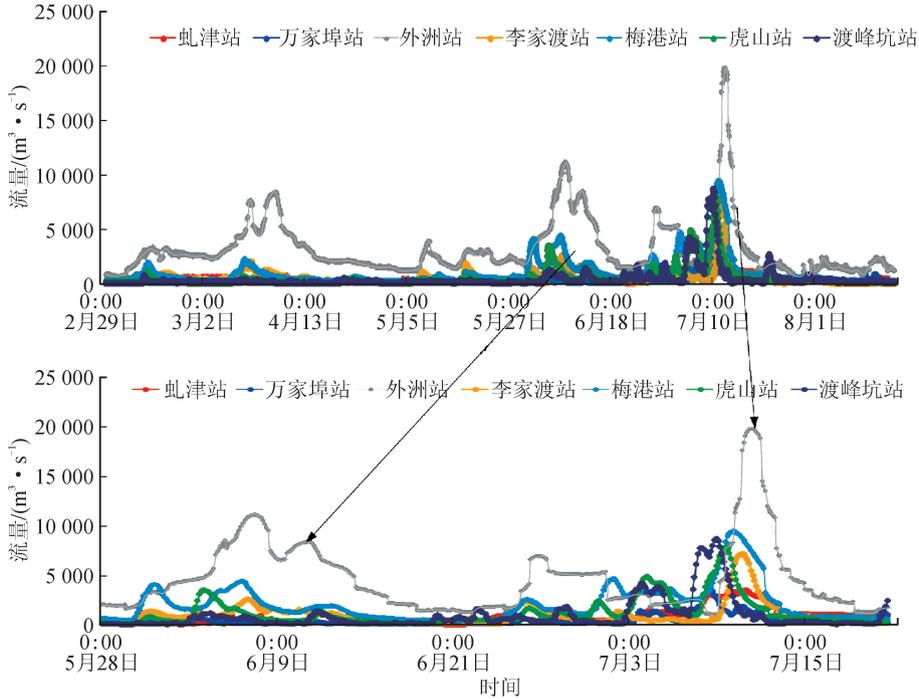


图6 鄱阳湖水系各水文站2020年流量变化过程图

Fig. 6 Flow process of hydrological stations in Poyang Lake water system in 2020

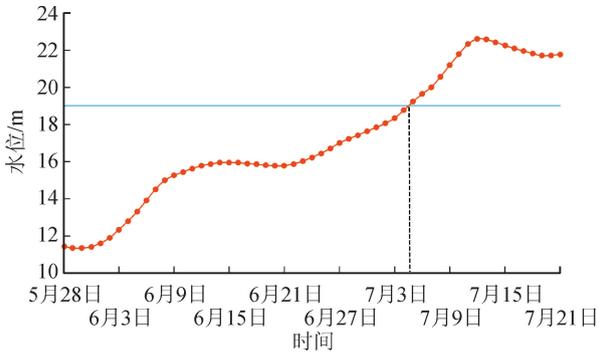


图7 鄱阳湖星子水文站2020年水位变化图

Fig. 7 Water level chart of Xingzi Hydrological station in 2020

总之,长江中下游区域鄱阳湖水系洪灾的直接原因如下。

1) 地形因素:鄱阳湖位于豫章平原,并且该平原三面环山,整个江西的水资源全部通过五大水系向鄱阳湖汇集,然后再通过唯一出口——湖口断面向长江干流泄洪。

2) 降雨因素:鄱阳湖区域降雨集中且量值较大,降雨范围广,因此,在强降水和地形因素影响下,鄱阳湖水量剧增。

3) 水文因素:长江干流上游来水颇丰,其水位持续高水位运行,受干流顶托倒灌,鄱阳湖水域面积进一步扩大,水位超警,引发区域洪水灾害,给江西省造成重大损失。

3.2 城市内涝原因

本文根据《室外排水设计规范》和《排水防涝工作手册》,统计了长江中下游主要城市的排涝标准和对应降雨量,如表3所示。由表3可知,只有武汉市达到100年一遇的排涝标准,但该标准远低于日本东京、法国巴黎等发达国家的城市排涝标准。

表3 2020年长江中下游4个地级及以上城市排水防涝标准及对应降雨量

Tab. 3 Drainage and waterlogging control standards and corresponding rainfall for 4 prefecture-level and above cities in the middle and lower reaches of the Yangtze River in 2020

省份	城市	重现期(内涝防治标准)/a	对应降雨量/(mm·(24 h) ⁻¹)
湖北	宜昌市	30	190
湖北	武汉市	100	344
江西	九江市	30	221.7
江西	南昌市	50	248.6

由表2、表3可知,虽然武汉、九江和南昌三市的降雨量均未超过排涝标准,但其降雨量仍然较大,极易造成城市内涝。除此之外,这些城市为了排涝通常都会加大抽排流量,雨洪渍水能够快速排入河道,导致河道水位壅高、行洪不畅^[13]。然而,长江中上游水库为了迎接洪水提前泄水,以及洪水到来之后拦洪泄洪,都会导致河道处于高水位运行(图3的下游水位),加之鄱阳湖地区只有一处排水断面(湖口),在上游调蓄泄洪和城市加大排涝条件下,鄱阳湖泄洪不畅,水位急速壅高,造成洪水泛滥。

3.3 堤防设施和蓄滞洪区原因

长江中下游平原区防洪标准根据政治和经济状况、历史洪水和洪涝灾害统计结果,依据文献^[14]来确定。根据2020年长江流域防洪规划中期评估报告,长江流域中下游堤防和蓄滞洪区建设评估结果如下。

1) 长江流域中下游约3 900 km干流堤防全线达标,洞庭湖区11个重点垸、鄱阳湖区46座重点圩堤围堤达标率分别约为95.5%、98.7%,重要支流中汉江遥堤、赣抚大堤等重要堤防达标,其他主要支流堤防建设滞后,达标率偏低。

2) 蓄滞洪区安全建设严重滞后,荆江分洪区、围堤湖垸、澧南垸、西官垸4处蓄滞洪区仅基本完成,如遇1954年洪水,大多数蓄滞洪区无法实现适时适量分洪。

3) 自1998年以来,长江中下游干流、洞庭湖区及鄱阳湖区部分洲滩民垸分别实施了平垸行洪和退田还湖,平退圩垸1 442处,恢复了调蓄容积共178.34亿m³,已接近规划目标。但由于未完成规划任务的圩垸内近年的人口规模和经济规模迅速扩大而导致搬迁难度增大。

从评估结果可知,由于中下游一些支流堤防设施未达标以及一些建设严重滞后的蓄滞洪区未能正常运用,导致下游部分地区洪涝严重,尤其是鄱阳湖水系。例如,2020年7月12日~13日运用鄱阳湖区185座单退圩堤实现分蓄洪水,减轻了鄱阳湖及长江九江段的防洪压力。因此,加固堤防,及时安全、科学合理地运用蓄滞洪区,对于长江中下游防洪减灾意义重大。

综合以上分析,三峡水库在一定程度上可以降低鄱阳湖的洪灾损失,但由于两者相距甚远,加之水库需按照调度规则运行,三峡水库的防洪作用对减轻鄱阳湖洪灾效果甚微。鄱阳湖洪灾可归纳为四方面的原因:长江中下游受环流和气候影响提前入梅,降雨集中,降雨强度大且持续时间长;长江中下游部分支流堤防建设滞后,蓄滞洪区运用不合理;由于降雨范围广,

长江上游形成的洪水峰高量大,上中游洪水与鄱阳湖洪水发生遭遇,壅高鄱阳湖出口站水位,极大地影响了鄱阳湖区域的泄洪;由于正值长江上中游汛期,加上城市加速排洪至河道,中下游长时间处于高水位运行,鄱阳湖受其顶托作用,无法及时通过干流泄洪。

4 结 论

本文采用大量详实数据,如长江2020年7月的三次编号洪水数据与鄱阳湖区域的水文、气象数据,分析长江中下游洪水、防洪设施、三峡水库调度过程等,揭示鄱阳湖区域洪涝发生的原因,提出长江中下游的防洪减灾对策,研究得出的结论如下。

1) 通过三峡水库的科学调度,有效应对了长江2020年的三次编号洪水,第1、2和3号洪水的削峰率分别为34%、46%和37%,拦蓄洪量总量约为146亿m³,缓解了长江中下游的防洪压力。

2) 揭示了鄱阳湖洪灾的原因:①长江中下游受环流和气候影响提前入梅,降雨集中、强度大、持续时间长,入湖洪水集中且量大;②部分支流堤防建设滞后,蓄滞洪区运用不合理;③降雨范围广,长江上游形成的洪水峰高量大,上中游洪水与鄱阳湖洪水发生遭遇;④城市加速排洪至河道,长江中下游长时间处于高水位运行,鄱阳湖受其顶托作用,无法及时通过干流泄洪。

参考文献:

- [1] 吴畅. 长江中下游地区洪水灾害风险评价[D]. 武汉: 武汉大学, 2018.
WU Chang. Risk assessment of flood disasters in the middle-lower reaches of the Yangtze River[D]. Wuhan: Wuhan University, 2018.
- [2] 国家防汛抗旱总指挥部. 长江防御洪水方案(2015)[EB/OL]. 2015.
- [3] 姜彤,施雅风. 全球变暖、长江水灾与可能损失[J]. 地球科学进展, 2003, 18(2): 277-284.
JIANG Tong, SHI Yafeng. Global climatic warming, the Yangtze floods and potent loss[J]. Advance in Earth Science, 2003, 18(2): 277-284.
- [4] JENKINS K, SURMINSKI S, HALL J, et al. Assessing surface water flood risk and management strategies under future climate change: insights from an Agent-Based Model[J]. Science of Total Environment, 2017, 595: 159-168.
- [5] 王小飞, 和振之. 上游水库调度下长江中下游超额洪量的空间分布[J]. 人民长江, 2020, 51(6): 38-42, 153.
WANG Xiaofei, HE Zhenzhi. Distribution of excess flood in middle and lower reaches under joint operation of reservoir groups in upper reaches of Yangtze River[J]. Yangtze River, 2020, 51(6): 38-42, 153.

- 展[J]. 水科学进展,2010,21(1):137-144.
- HU Weixian, HE Wenhua, HUANG Guoru, et al. Review of urban storm water simulation techniques [J]. Advances in Water Science, 2010, 21(1): 137-144.
- [9] 余江顺. 城市雨洪数值模拟研究与应用[D]. 大连: 大连理工大学, 2017.
- YU Jiangshun. Research and application of numerical simulation of urban rainfall flood [D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2017.
- [10] 蔡雨亭, 徐慧珺, 孙玮妍, 等. 基于 GIS 和 SWMM 的城市局部区域雨洪模型构建方法研究[J]. 现代测绘, 2017, 40(2): 46-49.
- CAI Yuting, XU Huijun, SUN Weiyan, et al. Research in the storm water model building for the district of urban based on GIS and SWMM [J]. Modern Surveying and Mapping, 2017, 40(2): 46-49.
- [11] 刘斌, 唐雅玲, 马晨燕, 等. 无人机倾斜摄影三维模型在城市雨洪风险评估中的应用[J]. 测绘通报, 2019 (10): 46-50, 66.
- LIU Bin, TANG Yaling, MA Chenyan, et al. Application of 3D modeling of UAV tilt photography in urban rain flood risk assessment [J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 2019(10): 46-50, 66.
- [12] 郭林凯. 利用倾斜摄影进行 TDOM 制作的研究[J]. 测绘通报, 2017(2): 79-81, 97.
- GUO Linkai. Research on TDOM production with use of oblique photography [J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 2017(2): 79-81, 97.
- [13] 宋晓阳, 黄耀欢, 董东林, 等. 融合数字表面模型的无人机遥感影像城市土地利用分类[J]. 地球信息科学学报, 2018, 20(5): 703-711.
- SONG Xiaoyang, HUANG Yaohuan, DONG Donglin, et al. Urban land use classification from UAV remote sensing images based on digital surface model [J]. Journal of Geo-information Science, 2018, 20(5): 703-711.
- [14] 黄剑飞. 基于 Smart3D 和 TerraSolid 软件的无人机倾斜摄影生产 DEM 方法研究[J]. 经纬天地, 2018(3): 35-41.
- HUANG Jianfei. DEM production method of UAV tilt photography based on Smart3D and TerraSolid software [J]. Survey World, 2018(3): 35-41.
- (责任编辑 卢秀, 周 蓓)

(上接第 493 页)

- [6] 沈泰, 殷瑞兰. 论长江中游洪灾与对策[J]. 中国水利, 2003(3): 35-38.
- SHEN Tai, YIN Ruilan. On the flood disaster and countermeasures in the middle reaches of the Yangtze River [J]. China Water Resources, 2003(3): 35-38.
- [7] 刘文标. 三峡水库运行初期对鄱阳湖汛期高水位变化趋势的影响研究[D]. 南昌: 南昌大学, 2007.
- LIU Wenbiao. Study on the impacts of the Three Gorge Reservoir running in initial stages on the trend of high water level in Poyang Lake [D]. Nanchang: Nanchang University, 2007.
- [8] 汪迎春, 赖锡军, 姜加虎, 等. 三峡水库调节典型时段对鄱阳湖湿地水情特征的影响[J]. 湖泊科学, 2011, 23 (2): 191-195.
- WANG Yingchun, LAI Xijun, JIANG Jiahu, et al. Effect of the Three Gorge Reservoir on the water regime of the Lake Poyang wetlands during typical water regulation period [J]. Journal of Lake Science, 2011, 23(2): 191-195.
- [9] 郭铁女, 余启辉. 长江防洪体系与总体布局规划研究[J]. 人民长江, 2013, 44(10): 23-27, 36.
- GUO Tienü, YU Qihui. Research on general layout planning of flood control system of Yangtze River [J]. Yangtze River, 2013, 44(10): 23-27, 36.
- [10] 周建中, 李纯龙, 陈芳, 等. 面向航运和发电的三峡梯级汛期综合运用[J]. 水利学报, 2017, 48(1): 31-40.
- ZHOU Jianzhong, LI Chunlong, CHEN Fang, et al. Integrated utilization of the Three Gorges Cascade for navigation and power generation in flood season [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2017, 48(1): 31-40.
- [11] 唐婷. 洪水来了, 为啥要给它编号? [N]. 科技日报, 2020-07-09 (4).
- [12] 陈思, 杨莹. 马建华: 三峡水库防洪功能无可替代 [N]. 中国水利报, 2020-08-06(5).
- [13] 秦志伟, 张东东, 熊莹, 等. 2016 年长江中下游干流高水位成因及特点 [J]. 水资源研究, 2017, 6(4): 349-356.
- QIN Zhiwei, ZHANG Dongdong, XIONG Ying, et al. Analysis of the reason and characteristics of the high water level in the middle and lower reaches of Yangtze River in 2016 [J]. Journal of Water Resources Research, 2017, 6(4): 349-356.
- [14] 王乐, 要威, 王翠平, 等. 长江流域防洪规划中期评估 [J]. 中国防汛抗旱, 2020, 30(4): 12-16, 24.
- WANG Le, YAO Wei, WANG Cuiping, et al. Mid-term assessment of flood control planning for the Yangtze River Basin [J]. China Flood & Drought Management, 2020, 30(4): 12-16, 24.
- (责任编辑 卢秀, 周 蓓)