

三峡水库建成后长江中下游防洪战略思考

陈进

(长江水利委员会长江科学院, 湖北 武汉 430010)

摘要: 三峡水库建成后, 长江中下游防洪形势显著改善, 但由于经济社会发展, 防洪要求的提高和江湖关系的变化, 长江防洪形势发生了一些新的变化。以1954年和1998年典型大洪水为例, 分析了三峡水库建成后长江中下游防洪形势出现的新变化, 讨论了长江中下游蓄滞洪空间格局调整及江湖关系变化对于防洪的影响。根据长江水沙变化、河道演变、水库群调控和分蓄洪区使用几率变化等出现的新问题, 提出未来防洪战略及对策。结果表明: 三峡建成后, 百年一遇以下洪水防御形势明显好转, 而百年一遇以上特大防洪的防洪形势仍然严峻, 洪水风险主要转移到水库群上; 今后需要在加强蓄滞洪区建设的基础上, 重点推动防洪非工程措施建设, 以减轻特大洪水带来的灾害损失。

关键词: 长江中下游; 防洪体系; 三峡水库; 江湖关系

中图分类号: TV87 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-6791(2014)05-0745-07

中国几千年防治洪水一直提倡“疏导”为主, 而现代防洪理念更加强调洪水管理, 规范洪泛区的土地利用方式, “给洪水以足够的空间”, 其实质并没有太大的变化。长江的防洪问题历来是治水治江的头等大事, 以目前情况来看, 长江流域处于低洼处的防洪区总面积达15.38万 km^2 , 人口超过1亿, 耕地超过530万 hm^2 , 可见防洪对于长江的重要性。从防洪保护区的空间分配来看, 中下游防洪区面积就达到14.04万 km^2 , 占91%, 可见中下游平原地区是防洪的重点地区。长江自1865年开始设水位站, 有实测记录以来最大的洪水是1954年的特大洪水, 所以, 长江防洪规划和三峡水库设计洪水均以1954年洪水为主要对象。

长江防洪工程体系的基本格局及定位是: 以堤防为基础, 辅以河道整治工程, 发挥河湖槽蓄作用; 以三峡等山区控制性水库为主要调控手段, 使洪水调蓄在人口较少的山区; 规划和建设中下游蓄滞洪区为最后手段, 接纳稀遇洪水来临时的超量洪水, 保障重点地区的防洪安全。经过60多年的建设, 特别是三峡工程建成后, 长江防洪工程体系建设基本完成, 长江中下游, 特别是荆江地区的防洪形势显著改善, 流域防御百年及以下洪水调控的主动性和灵活性显著增加^[1]。由于中国人多地少的矛盾突出, 经济社会发展对防洪安全要求不断提高, 不仅长江防洪区淹不起, 而且规划的蓄滞洪区中也生活着700多万人和大量耕地^[2], 使用成本越来越高, 使防洪压力主要转移到三峡等控制性水库中, 遇特大洪水, 洪水的空间分配仍然十分困难。三峡水库建成后, 中下游河道及江湖关系变化, 湖泊湿地减少、洲滩利用增加, 也给未来防洪调度和洪水管理带来新的问题, 需要研究新形势下的防洪战略。

1 长江中下游工程体系建设情况

长江出三峡后, 进入中下游, 河道坡降剧减, 江湖及河网连通, 水流下泄过程缓慢, 历来是洪灾损失较大的地区, 具体防洪分区情况见表1^[3], 其中行洪区占6.0%, 蓄滞洪区占9.6%。1949年以后, 为解决长江

收稿日期: 2013-10-31; 网络出版时间: 2014-08-06

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1309.P.20140806.0837.013.html>

基金项目: “湖北省高端人才引领培养计划第一层次人选”计划资助项目(hb2013-028)

作者简介: 陈进(1959—), 男, 湖北武汉人, 教授级高级工程师, 博士生导师, 主要从事流域水资源与环境研究。

E-mail: chenjin@mail.crsri.cn

中下游防洪问题,国家先后投入大量资金和人力进行防洪工程体系建设,1949年大洪水以后,不仅加高加固长江沿岸主要堤防,而且新建了荆江分洪区(1953年)。1954年特大洪水以后,长江防洪工程的重点仍然是继续加高加固堤防,完成土石方量11亿 m^3 ,在汉江下游修建了杜家台分洪工程(1956年),并在长江中下游规划了590亿 m^3 的蓄滞洪区。1973年丹江口水库投入运行,初步完成了汉江防洪控制性工程。1998年大洪水后,国家又投入巨资加固和维修堤防,使长江中下游3900 km的干堤基本完成了达标建设。

表1 长江中下游防洪区分区情况

Table 1 Flood zones in the middle and lower Yangtze River

分区	面积/万 km^2	人口/万人	耕地/万 hm^2
防洪保护区	11.85	9710	450.0
蓄滞洪区	1.35	740	55.2
行洪区	0.84	334	25.6
防洪区(合计)	14.04	10784	530.8

2008年三峡水库建成后,荆江的防洪标准从10年一遇提高到100年一遇,但遇1954年特大洪水,仍然有400亿 m^3 超额洪水量需要蓄滞洪区承担,分为40处,其中城陵矶附近规划了300亿 m^3 容积的蓄滞洪区,到2030年,长江上游梯级水库群建成,除三峡外,长江上游梯级水库预留340亿~360亿 m^3 防洪库容^[2],届时,长江防洪工程体系建设基本完成。

2 三峡水库建成后防洪形势的变化

随着长江经济社会的发展和防洪工程体系的建成,长江中下游防洪格局已经发生显著变化,主要体现在以下几方面:①洪水蓄滞空间格局发生显著变化。1954年特大洪水来临时,长江流域没有一座大型水库,超量洪水主要通过堤防槽蓄在河道内或者分洪、漫溢到周边湖泊湿地等低洼地区,当时防洪手段除了加高堤防和撤离避险外,没有水库调控手段,而现在可以有计划地将超量洪水调蓄在山区控制性水库中。②当时分洪或者漫溢后,洪水需要较长时间(1到几个月)后才缓慢归槽,洪水淹没面积大,滞留时间长,洪涝灾害损失大,灾后恢复时间长,而现在可以通过水库群联合调度,控制洪水的空间分布,主动性和灵活性显著增强。例如,1998年大洪水时,长江流域已经建成大型水库119座,总库容达到904亿 m^3 ,中小型水库总库容合计516亿 m^3 ,各水库对所在河流洪水都进行了不同程度的调蓄,如丹江口水库调蓄了汉江5次洪峰,隔河岩水库调蓄了清江7次洪峰,柘溪水库调蓄了资水9次洪峰,五强溪水库调蓄了沅江9次洪峰,干流的葛洲坝和修水的柘林等水库也发挥了调蓄洪水的作用^[5]。尽管这些水库主要调蓄的是支流洪水,但起到与干流洪水错峰的作用,使1998年大洪水期间没有主动使用分蓄洪区。③由于江湖关系的变化、泥沙淤积和积极抗洪抢险等原因,尽管1998年洪水总规模没有1954年大,但一些河段(枝城、沙市、监利、螺山和九江站)和湖泊(洞庭湖和鄱阳湖出口)洪水位高于1954年,防洪形势仍然十分紧张,灾害损失不小,抢险和灾害重建费用十分巨大。④中下游湖泊面积和容积已经永久性地减少。1949年时,长江中下游湖泊面积25825 km^2 ,其中通江湖泊面积17198 km^2 ^[6],到1977年,中下游湖泊面积已经缩小到10473 km^2 ,比1954年减少60%,仅洞庭湖和鄱阳湖面积分别减少了1290 km^2 和1460 km^2 ,容积分别减少167亿 m^3 和80亿 m^3 ^[5-6],其他通江湖泊由于建闸控制也基本不再蓄滞长江干流洪水。三峡水库建成后,虽然增加了221.5亿 m^3 的防洪库容,但抵不上中下游60多年间湖泊湿地蓄洪容积的减少,所以,即使三峡水库建成,仍然需要保留400亿 m^3 的分蓄洪区,只是随着上游梯级水库群的建设,到2030年可以减少到300亿 m^3 。

三峡水库建成后,不仅使荆江河段防洪能力从10年一遇水平提高到100年一遇,而且使中游下蓄滞洪区使用的几率和规模显著减少,但解决的主要是百年一遇及百年一遇以下洪水问题,对于超过百年一遇以上的特大洪水仍然存在洪水时空分配难题。表2为20世纪两个典型流域性特大洪水时蓄滞空间的大致布局以及三峡水库建成以后的变化情况,1954年长江洪水主要蓄滞在中下游低洼的洪泛区和河道内,其中堤内(江湖以外)蓄滞洪量1023亿 m^3 ,而1998年堤内蓄滞洪量仅100亿 m^3 左右,仅是前者的1/10,洪水蓄滞空间格局的变化不仅说明大型水库发挥了作用,也说明堤防抵御洪水和人们抗洪抢险能力的大幅提高,存在的问题是1998年中下游持续高水位,使该年最大槽蓄洪水可能达到1100亿 m^3 ,代价是大量军民上堤艰苦的抗

洪抢险。通过两场特大洪水过程的对比,可以得到以下几点认识:①长江特大洪水频率和规模变化不大,但由于河道及江湖关系变化和人类活动影响,河道、水库和蓄滞洪区蓄洪能力已经发生巨大变化,超额洪水分配地点在三者的分配格局大为不同,随着三峡等山区控制性水库的建成,调蓄百年一遇以下洪水从防洪区向水库转移,大中型洪水的压力将主要由水库和堤防承担,水库首当其冲,对于水库群防洪调度要求越来越高。②由于防洪区经济社会发展迅速,即使在规划的蓄滞洪区内分洪,淹没损失和灾后重建费用不小。③遇大洪不分洪,而水库的防洪库容仍然有限,不得不使堤防维持高水位,守堤压力大,一旦溃堤,损失会更大。所以,即使三峡等大型水库建成,仍然需要加强分蓄洪区的建设,防止溃堤溃坝带来更大的损失。④由于人类活动影响,特别是江湖阻隔、河道洲滩利用和围湖造田等,不仅进一步减小江湖的槽蓄能力,而且影响长江和重要湖泊湿地生态系统的健康。

表2 长江典型特大洪水蓄泄量变化

Table 2 Changes of storage and discharge amount for typical floods of Yangtze River

典型洪水	宜昌站		汉口站		堤内蓄滞洪量/ 亿 m ³	湖泊蓄洪量/ 亿 m ³	水库调蓄洪水量/ 亿 m ³	河道槽蓄量/ 亿 m ³
	30 d 洪量/ 亿 m ³	重现期/a	30 d 洪量/ 亿 m ³	重现期/a				
1954 年	1 386	100	2 182	200	523	600	无	1 000
1998 年	1 379	100	1 885	100	100	400	100	1 200
三峡水库以后					400	300	350	1 100
2030 年					300	300	550	1 000

3 中下游防洪出现的新问题

3.1 泥沙输移规律变化对江湖关系的影响

从20世纪90年代以来,长江上游除金沙江外,其他干支流河流泥沙含量显著减少,特别是嘉陵江减少幅度最大,到2002年以后,上游干支流泥沙输移量全部减少,如2003—2011年三峡入库泥沙年均仅2.01亿t,比1990年以前平均值减少了58%^[4]。泥沙减少的原因初步分析为水库拦沙、侵蚀区降雨量减少、水土保持和天然林保护工程、河道采砂等,从影响因素来看,多数是人类活动引起,但各因素占比多少不清楚,而且这种趋势是长期性还是阶段性也不清楚,随着上游梯级水库群的建设,泥沙减少趋势至少还会持续百年以上。在上游来沙显著减少情况下,三峡水库也拦蓄了较高比例的泥沙,如2003—2011年,三峡水库年均淤积泥沙1.40亿t,虽然仅为三峡工程论证阶段预计的40%,但水库排沙比仍然仅为24.9%,造成明显的清水下泄问题,对于中下游河道演变及江湖关系产生长期影响,主要体现在以下几方面:①中下游河道从上向下游依次冲刷。2002年10月到2011年10月,宜昌至湖口江段总冲刷量达10.62亿m³,年均冲刷量1.18亿m³,其中宜昌至城陵矶江段(408 km长)冲刷7.09亿m³,城陵矶至湖口江段(547 km长)冲刷3.53亿m³。最大冲坑深度:宜枝江段18.0 m,上荆江13.8 m,下荆江11.9 m,城陵矶至汉口江段16.4 m,汉口至湖口江段15.4 m。河床冲刷好处是河道过流能力和槽蓄能力提高,有利于降低洪水位,不利的是河道调整加剧,加剧河岸和堤防崩岸,可能危险堤防安全和岸线稳定。②洞庭湖三口入流沙进一步减少。从20世纪50年代到三峡水库蓄水前的几十年间,由于泥沙淤积、下荆江裁弯和葛洲坝工程建设等因素,三口入流持续减少,从50年代的30%,到三峡蓄水前的15%左右。2003—2012年三峡蓄水以后,三口年均分流比仅12%,与1999—2002年3年平均相比,分流量减少132亿m³,减幅为21%。分流量减幅最大的为藕池口,分流量减少最多的为松滋口。2003—2012年三口年均分沙比19%,与1999—2002年相比,减少了4 540万t,减幅达到80%,虽然减轻了洞庭湖100多年来持续淤积的问题和湖区防洪压力,但由于来流减少,三口断流时间增加,例如,松滋口东支2011年断流245 d,藕池口西支断流320 d,使荆南三河水系水质恶化,影响到地区用水安全。③1998年后,长江中下游及两湖地区没有出现大的洪水过程,不仅使中下游干支流洲滩地

利用强度加大,而且使“退田还湖”成果丧失殆尽,今后再遇特大洪水,有效的蓄滞洪区面积减少,增加了水库调蓄洪水的压力。

3.2 水库调度方案变化及影响

长江干支流上控制性水库基本都是季调节水库,需要在汛后蓄水,但如果都集中在每年10~11月蓄水,不仅降低水库的蓄满率,而且使中下游及两湖地区提前进入枯季,对于下游地区影响较大。20世纪90年代以来,三峡入库泥沙持续减少,为三峡水库提前蓄水创造了条件,所以,三峡水库建成后,其调度方案已经进行了多次调整,与初步设计方案比较,主要变化为:①汛期水位波动幅度增加,由设计时的145 m变为 (145 ± 1.5) m,实际常常提高到146 m以上;②蓄水时间明显提前,由初步设计时的10月1日提前到9月中旬,而且起蓄水位也大幅提高,2010年以后起蓄水位均超过150 m;③开展了汛期中小洪水调控调度,控制最大下泄流量,如2010年和2011年按照 $40\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 控制下泄,2012年按照 $45\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 控制下泄等。

提前蓄水对于保障三峡等上游水库蓄满率、减轻汛后集中蓄水对中下游影响和增加发电量等都效果明显,但对于水库排沙不利,也会加重清水下泄带来的影响。控泄调度虽然使中游堤防不超或者少超警戒水位,减轻沿岸防洪压力,但长期减少洪水上滩频率或者持续时间,会导致中下游河道萎缩,对河道及周边湖泊湿地生态系统也不利。中小洪水调控使常年出现的中小洪水过程减弱,影响四大家鱼等鱼类的产卵。洪水多年不上滩还会促使洲滩的利用,影响行洪通道的畅通,也容易使中下游民众产生对于洪水盲目乐观的态度,失去警惕性,最终影响防洪安全。

3.3 分蓄洪区的定位问题

1990年《长江流域综合规划》确定的分蓄洪区主要针对1954年特大洪水实际发生时的超量洪水划分,估计需要492亿 m^3 的蓄滞洪区容量,为了防预1870年大洪水,规划时按照蓄洪总容积627亿 m^3 考虑。2012年新修编的《长江流域综合规划》同样针对1954年洪水,在三峡水库建成后仍然需要保留400亿 m^3 ,到2020年以后,随着长江上游梯级水库群建成后,再可适当调减。目前分蓄洪区分为重点、重要、一般和保留4类,其中2020年前分为41个区,2020年以后减少到37处,同时一些分蓄洪区等级可以降级,原因是随着上游梯级水库群防洪库容的增加和联合调度能力的提高,中下游分蓄洪区蓄滞洪水压力减轻。

三峡水库建成后,百年一遇以下洪水可以不再使用分蓄洪区,只是发生特大洪水时才使用,这为蓄滞洪区的建设和管理带来难题。从抵御稀遇特大洪水来说,留有足够的分蓄洪区是必要的,例如遇1870年1000年一遇洪水,宜昌站3 d的洪量(265亿 m^3)^[12]就使三峡水库防洪库容蓄满,7 d的洪量(537亿 m^3)^[12]就可使中下游蓄滞洪区蓄满,难题是蓄滞洪区如果长期不使用,建设和管理成本高,利用率低,经济上不一定合算,而且留着大片肥沃的土地不利用,不仅管理难度很大,而且也不一定合理。现状是中下游真正建成的分蓄洪区仅荆江和杜家台两个,其他蓄滞洪区不是没有达标建设,就是在加速开发中,真正可供使用的蓄滞洪区很少。荆江分洪区虽然1954年使用过3次,但60年来再未使用过,因为目前分洪区内已经进行了较大规模的开发,使用一次损失不小。1998年沙市水位已经超过45 m,达到使用的条件,最后都没有下决心使用,今后遇同等情况仍然难下决心。汉江的杜家台分蓄洪区,虽然在过去50多年中使用过25次,但1984年以后只使用过2次,而且主要是行洪,没有蓄洪,原因是1973年后,随着丹江口水库建成和汉江中下游堤防的加固,防洪能力提高,已经建成的14个蓄洪民垸长期不使用,生活在其中的人口已经增加到80万人,耕地5.87万 hm^2 ,开发程度日益增强,多数蓄滞洪区失去使用的功能。所以,未来蓄滞洪区的定位、建设和管理等问题突出,如果不加快建设,已经规划的蓄滞洪区遇特大洪水时很难使用。

3.4 河道与堤防作用

长江中下游河道与黄河不同点是长江河道和岸坡底质多为黏性、粉沙质或者岩石,河道深,河道槽蓄量大^[10],而黄河河道底质多是黄土及沙质,河道宽浅,左右游荡,河道槽蓄能力低。长江中游上荆江最大安全泄量可以达到 $56\,700\text{ m}^3/\text{s}$,而黄河下游平滩流量仅 $3\,000\text{ m}^3/\text{s}$,超过 $3\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 就可能影响滩区居民安全。从长江槽蓄能力看:沙市江段在 $50\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 时,宜昌至沙市江段槽蓄能力达到34亿 m^3 左右;在城陵矶水位34 m时,沙市至城陵矶江段槽蓄能力达到321亿~352亿 m^3 (包括洞庭湖区);城陵矶至汉口江段,在汉口水

位 29 m 时, 槽蓄能力达到 95 亿 m^3 左右; 在湖口水位 22 m 时, 汉口至湖口槽蓄能力达到 110 亿 m^3 左右, 共计 534 亿~599 亿 m^3 , 如果上述各站点水位达到堤防保证水位, 中下游河道最大槽蓄能力可以达到 1 000 亿 m^3 。问题是堤防作用的发挥与防洪压力成正比, 理论上讲, 经过 60 多年的堤防加固和建设, 中下游主要堤防已经达到设计标准, 承载一段时间的警戒水位, 短时间保证水位安全有保证, 因为一级堤防有 2 m 的超高, 二级堤防也有 1.5 m 的超高。问题是三峡水库建成后, 中下游各地方政府和社会公众希望三峡水库发挥更大的防洪作用, 减轻堤防防洪压力, 甚至希望堤防不超警戒水位, 好处是不需要大量人员上堤查险, 这样的需求就产生了中小洪水控泄调度的要求和带来的问题, 堤防长期不挡水不是好事, 不仅会退化堤防的功能, 也会加重水库调洪的压力。

3.5 水库群联合调度的利益协调问题

到 2015 年, 长江流域将建成 170 座左右的大型水库^[7], 大型水库的防洪总库容将达到 666 亿 m^3 以上, 其中上游水库库容 355 亿 m^3 , 中游水库库容 275 亿 m^3 , 下游水库库容 36 亿 m^3 , 到 2030 年, 防洪库容还会有所增加, 水库调洪蓄洪能力显著提高, 但也存在一些技术和管理难题: ① 水库防洪调度与水力发电等兴利调度有矛盾, 防洪调度属于公益性, 由国家或者流域防办负责, 而兴利调度属于电网、交通和水库业主等多部门负责, 实现全流域防洪与单个水库兴利共赢的调度技术和管理难度大。② 为了保证水库群汛后蓄满率, 金沙江水库从 8 月初就开始蓄水, 到 8 月底, 相对多水库的防洪库容被兴利库容替代, 长江总的防洪库容仅是理论上的, 主要发挥作用在初汛期, 到 8 月以后, 水库群存留的防洪库容将逐渐减少, 后汛期防洪不仅有风险, 而且将洪水调蓄在不同水库中的风险控制和责任分担的调度技术难度大。③ 不仅单个水库自己的防洪与兴利调度有利益冲突, 而且流域大型水库群之间的防洪统一调度与各水库兴利调度利益冲突和利益补偿难度很大。在防洪调度效益评价、各水电站发电和供水损失核算及利益补偿等方面存在技术和管理难题。

3.6 防洪非工程措施作用

虽然现在人们认识到防洪非工程措施十分重要, 但对于如何发挥非工程措施作用在认识上和行动上仍然不足。目前非工程措施落实最好的是洪水预报和预警, 这主要归于现代天气预报、水文监测站网建设及自动测报和洪水预报等技术的发展, 而对于防洪保护区科学的土地利用规划和管理、河道管理、洪水风险图的应用、洪水保险制度的推进等工作推进较少, 普遍存在将工程建设和防洪抢险作为防洪的重点, 对于有利于预防灾害和灾后重建的非工程措施重视不够。

4 结 语

长江防洪基本原则是“蓄泄兼顾, 以泄为主”, 但将洪水蓄在低洼的湖泊湿地和蓄滞洪区, 还是蓄在山区控制性水库中, 如何发挥堤防、水库和蓄滞洪区作用, 可供选择方案众多。在如何平衡沿江各地区安全与利益, 加速洪水下泄, 也常常存在争议。如 20 世纪六七十年代在下荆江实施的两次人工裁弯、一次自然裁弯虽然加大了下荆江过流能力, 减轻了荆江大堤的防洪压力, 但中下河道整体坡降并没有改变, 反而使城陵矶至螺山河道产生淤积, 加重了簰洲湾附近的防洪压力, 如果再对簰洲湾进行裁弯, 将会加重武汉河段的防洪压力。沿江规划的蓄滞洪区定位、使用几率和次序定会引起地区之间的争议, 洲滩及岸线利用与保障行洪通道畅通, 中小洪水控制与水生态系统保护等也都存在冲突, 所以, 江湖治理与防洪调控是一项系统工程, “牵一发而动全身”, 需要有整体、利益均衡的系统战略。几十年防洪工程建设虽然取得了巨大成就, 但由于中下游经济社会快速发展, 原有湖泊湿地面积和容积已经永久性大幅减少, 已经建好并可投入使用的蓄滞洪区少之又少, 长江蓄滞超量洪水的总容积并没有增加, 甚至比 60 年前还有所减少, 主要变化是蓄洪空间位置的变化。水库群的建成虽然使调蓄洪水的主动性增强, 在三峡等上游控制性水库群的调控下, 也许今后几十年内中下游会平安无事, 防御百年一遇及以下洪水十分有效, 但遇特大洪水时, 防洪形势仍然会十分紧张, 一方面水库群联合防洪调度技术和管理难度大, 水库防洪和调洪压力日益增大, 另一方面, 中下游蓄滞

洪区仍然需要使用,如果从现在开始做好准备,仍然会发生较大的洪灾损失,所以,在三峡水库等梯级水库群建成的形势下,需要研究和制定新的防洪战略,做好以下几方面工作:

(1) 保护好洲滩、分汊河道及江中岛等行洪通道的畅通,使河道过流能力和槽蓄能力稳定,发挥堤防在防洪中基础性作用,尽量维持一般中小洪水上滩的节律,处理好河道利用与生态环境保护的关系。

(2) 做好蓄滞洪区定位和建设。从现在开始严格限制符合定位要求的蓄滞洪区土地开发利用方式,开展安全建设和管理,使之名副其实,确定启动使用的条件,该使用时就使用,确保特大洪水来临时蓄滞洪区可用和有效。

(3) 保护好湖泊湿地。长江边的湖泊湿地本身就是天然蓄滞洪区,历史上如果不是这些湖泊湿地调节洪水,长江会像黄河一样多次改道^[9],洪水蓄在低洼的湖泊中比蓄在高处的水库中更安全,所以,应该保留现有的湖泊面积和容积。长江每次出现特大洪水过后都出现过“退田还湖”运动,但几十年不来大水,“退田还湖”成果就逐渐消失,今后应该避免再犯同样的错误。

(4) 优化水库群调度,协调各方关系。应该尽快建立起洪水风险分担及利益补偿机制,协调好水库的防洪调度与水库兴利、单个水库与水库群调度的关系。在科学和公平的评价机制建立起来后,水库群联合调度方案应该规范化,调度方案应该相对稳定,以便于进行调度效果的评估和利益补偿。

(5) 全面推动防洪非工程措施的落实。今后应该将防洪工作的重点放在非工程措施上,如洪水预警预报,洪水风险图的编制及运用,规范防洪保护区土地利用方式,加强河道管理,给洪水以空间,推动洪水保险制度等^[11],这些都是花钱少、效果佳的非工程措施。

随着三峡等上游控制性水库群的建成,长江中下游防洪调度的主动性和灵活性显著增加,而且防御常遇的大洪水和中小洪水效果十分突出,但遇特大洪水过程,长江中下游许多河段仍然会超过安全泄量,必须使用蓄滞洪区,而且由于中下游河道与海平面的整体坡降不会变化,洪水下泄速度不会加快,堤防出现大范围和高水位是必然的,防洪形势仍然十分严峻,所以,在防洪工程体系建成后,要加快建设保留的蓄滞洪区,加快推动非工程措施建设。

参考文献:

- [1] 水利部长江水利委员会. 长江流域综合规划报告[R]. 武汉:水利部长江水利委员会,1990:163-165. (Changjiang Water Resources Commission. The comprehensive planning of Yangtze River basin[R]. Wuhan: Changjiang Water Resources Commission, 1990: 163-165. (in Chinese))
- [2] 水利部长江水利委员会. 长江流域综合规划(2012—2030): 简要报告[R]. 武汉:水利部长江水利委员会,2012:45-53. (Changjiang Water Resources Commission. The comprehensive planning of the Yangtze River basin(2012—2030): Brief report [R]. Wuhan: Changjiang Water Resources Commission, 2012: 45-53. (in Chinese))
- [3] 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):23-28. (GUO Tienyu, YU Qihui. Research on general layout planning of flood control system of Yangtze River[J]. Yangtze River, 2013, 44(10): 23-28. (in Chinese))
- [4] 王俊,郭生练,丁胜祥. 三峡水库汛末提前蓄水关键技术与应用[M]. 武汉:长江出版社,2012. (WANG Jun, GUO Shenglian, DING Shengxiang. The key technology and application of impounding water of Three Gorges reservoir in advance of flood season end[M]. Wuhan: Changjiang Press, 2012. (in Chinese))
- [5] 水利部长江水利委员会. 长江志: 防洪[M]. 北京: 中国大百科全书出版社,2003. (Changjiang Water Resources Commission. Changjiang River records: Flood control[M]. Beijing: Encyclopaedia of China Publishing House, 2003. (in Chinese))
- [6] 长江水利委员会水文局. 1954年长江的洪水[M]. 武汉:长江出版社,2004. (Hydrology Bureau of Changjiang Water Resources Commission. 1954 floods of the Yangtze River[M]. Wuhan: Changjiang Press, 2004. (in Chinese))
- [7] 陈进. 长江大型水库群联合调度问题探讨[J]. 长江科学院院报,2011,28(10):31-36. (CHEN Jin. Joint regulation of large reservoir groups on Yangtze River[J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2011, 28(10): 31-36. (in Chinese))
- [8] 陶家元. 荆江裁弯工程对荆江和洞庭湖的影响[J]. 华中师范大学学报:自然科学版,1989,23(2):263-267. (TAO Jiayuan. The influence of straightening the Jingjiang River on it and the Dongting Lake[J]. Journal of Central China Normal University: Natu-

- ral Sciences, 1989, 23(2): 263-267. (in Chinese))
- [9] 陈进, 王建. 长江与黄河历史洪水对比[J]. 长江科学院院报, 2002, 19(4): 39-41. (CHEN Jin, WANG Jian. Comparison of historical flood between Yangtze River and Yellow River[J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2002, 19(4): 39-41. (in Chinese))
- [10] 林一山. 河流辩证法与冲积平原河流治理[M]. 武汉: 长江出版社, 2007. (LIN Yishan. River dialectics method and the govern on alluvial rivers[M]. Wuhan: Changjiang Press, 2007. (in Chinese))
- [11] 陈进, 黄薇, 程卫帅. 风险分析在水利工程中的应用[M]. 武汉: 长江出版社, 2006. (CHEN Jin, HUANG Wei, CHENG Weishuai. Application of risk analysis in water conservancy project [M]. Wuhan: Changjiang Press, 2006. (in Chinese))
- [12] 陈进. 长江演变与水资源利用[M]. 武汉: 长江出版社, 2012. (CHEN Jin. The Changjiang River evolution and utilization of water resources[M]. Wuhan: Changjiang Press, 2012. (in Chinese))

An approach on flood control strategy in middle and lower reaches of Yangtze River after the completion of the Three Gorges Dam project

CHEN Jin

(Changjiang River Scientific Research Institute of CWRC, Wuhan 430010, China)

Abstract: The completion of the Three Gorges Dam project would result in significant improvements in the flood control of the middle and lower reaches of the Yangtze River. However, additional flood control measures would be needed to address population and economic growth along with a more prominent role of reservoirs in attenuating floods. These measures were addressed herein by considering scenarios post dam construction, and using as input the historic and extremely large floods of 1954 and 1998. The locations of the storage areas and flows between the rivers and lakes within the basin were considered along with other key factors affecting flood control. In addition, new issues were considered, such as chemical runoff, sediment transport and subsequent river evolution, reservoir regulation, and alteration of the probability of flood storage. The results showed that the construction of the Three Gorges Dam would improve flood control for the 100-year and more frequent event. However, the results showed that flood controls would not greatly affect the flooding resulting from larger flood. It was also observed that the flood risk was transferred to the reservoirs (or lakes). Therefore, to mitigate flooding from extremely large floods, more effort needs to be put on increasing flood control measures in the reservoirs using both structural and non-structural approaches.

Key words: middle and lower reaches of Yangtze River; flood control system; Three Gorges Project; relationship between rivers and lakes