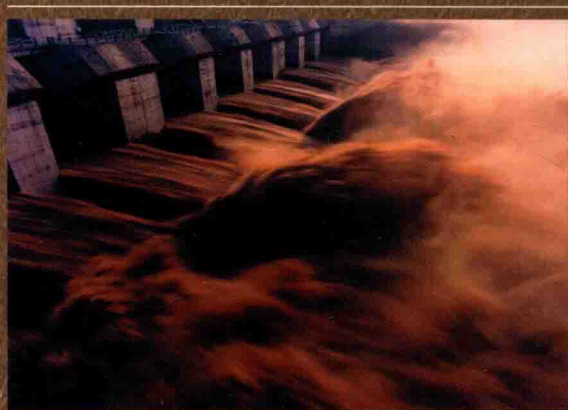




长江设计文库

CHANGJIANGLIUYUHONGSHUIZIYUANLIYONGYANJIU

长江流域洪水资源利用研究



郑守仁 仲志余 邹强 丁毅 编著



长江出版社
CHANGJIANG PRESS

CHANGJIANGLIUYUHONGSHUIZIYUANLIYONGYANJIU

长江流域洪水资源利用研究



郑守仁 仲志余 邹强 丁毅 编著

 长江出版社
CHANGJIANG PRESS

图书在版编目(CIP)数据

长江流域洪水资源利用研究 / 郑守仁, 仲志余, 邹强等编著.

—武汉: 长江出版社, 2015.11

ISBN 978-7-5492-3911-5

I. ①长… II. ①郑… ②仲… ③邹… III. ①长江流域—
水资源利用—研究 IV. ①TV213.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 273153 号

长江流域洪水资源利用研究

郑守仁 仲志余 邹强 等编著

责任编辑: 王秀忠 江南

装帧设计: 刘斯佳

出版发行: 长江出版社

地 址: 武汉市解放大道 1863 号

邮 编: 430010

网 址: <http://www.cjpress.com.cn>

电 话: (027)82926557(总编室)

(027)82926806(市场营销部)

经 销: 各地新华书店

印 刷: 武汉精一佳印刷有限公司

规 格: 787mm×1092mm

1/16

13.5 印张

286 千字

版 次: 2015 年 11 月第 1 版

2018 年 1 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5492-3911-5

定 价: 68.00 元

(版权所有 翻版必究 印装有误 负责调换)

前 言

长江发源于青藏高原的唐古拉山主峰格拉丹冬雪山西南侧,干流全长 6300 余 km,总落差约 5400m,横贯我国西南、华中、华东三大区,流经青海、四川、西藏、云南、重庆、湖北、湖南、江西、安徽、江苏、上海等 11 个省(自治区、直辖市)注入东海,支流展延至贵州、甘肃、陕西、河南、浙江、广西、广东、福建等 8 个省(自治区)。流域面积约 180 万 km^2 ,约占我国国土面积的 18.8%。2012 年,流域总人口 42727 万,占全国的 32.3%;城镇化率 42%,地区生产总值 84778 亿元,占全国的 34.0%,人均地区生产总值 19842 元;耕地面积 4.62 亿亩,占全国的 25.3%;粮食总产量 1.63 亿 t,占全国的 32.5%。

长江流域水能资源理论蕴藏量 30.5 万 MW,年均发电量 2.67 万亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$,约占全国的 40%,其中技术可开发装机容量 28.1 万 MW,年均发电量 1.30 万亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$,分别占全国的 47%和 48%。长江水系通航河流 3600 多条,总计通航里程约 7.1 万 km,占全国内河通航里程的 56.0%,是我国水资源配置的战略水源地、实施能源战略的主要基地、珍稀水生生物的天然宝库、连接东中西部的“黄金水道”和改善我国北方生态与环境的重要支撑点,在我国经济社会发展和生态环境保护中占有极其重要的战略地位。治理好、利用好、保护好长江,不仅是长江流域 4 亿多人民的福祉所系,也关系到全国经济社会可持续发展的大局,具有十分重要的战略意义。

长江流域多年平均年降水量约 1100mm,多年平均入海水量 9190 亿 m^3 (不含淮河入江水量)。长江流域年均水资源总量约为 9960 亿 m^3 ,占我国水资源总量的 35%,水资源总量虽然相对丰富,但流域内人均占有水资源量约 2330 m^3 ,仅略高于全国平均水平。长江流域大部分地区为典型的季风气候区,年内降雨季节分配极不均匀,大部分降水都集中在汛期的 5—10 月,且多以洪水的形式出现,而在其余月份降水则较少,长江干流汛期 5—10 月的径流量占年径流总量的约 70%,而枯水



期仅占 30% 左右,长江流域洪涝干旱问题突出,时常发生连旱连涝、旱涝交替、旱涝并发等灾害。近年来长江上游径流量偏少,2003—2013 年宜昌站多年平均年径流量 3961 亿 m^3 ,较初步设计采用的多年(1877—1990 年)平均年径流量 4510 亿 m^3 ,减少 549 亿 m^3 ,占 12.2%;随着长江上游干支流控制性水库逐步兴建,受其汛末或汛后蓄水影响,9—10 月减少径流量占同期径流量的 20% 以上。

随着人口增长和社会经济发展,水资源利用量与污水排放量不断增加,长江流域水资源时空分布不均与沿江居民生活生产用水需求矛盾逐渐突出,水资源供需关系紧张,水资源短缺问题已成为社会经济可持续发展的主要制约因素之一。对于集自然资源、环境要素与致灾因子三性一体的洪水而言,一方面洪水可能会带来危害,大洪水可能造成土地与人口淹没、河道冲刷、堤防溃决等灾害;另一方面洪水又是重要的淡水资源,洪水的利害两重性构成了对经济社会可持续发展与生态环境修复起着关键作用的矛盾体。在长江流域开展洪水资源利用研究,在确保流域防洪安全的前提下,依靠现代洪水预报调度技术,适度利用洪水资源,不仅是缓解长江流域水资源供需矛盾的迫切需求,也是充分发挥长江流域水能资源优势、改善流域生态环境的迫切需求,而且对缓解我国北方水资源短缺、保障我国水安全也具有十分重要的战略意义。

目前,从水利工程条件来看,随着长江流域综合治理工程的全面实施,流域已基本建成了长江干支流堤防、水库、蓄滞洪区、河道整治等组成的综合防洪工程体系,这不仅对流域的防洪减灾发挥了重要作用,而且也为实施洪水资源利用提供了良好的工程条件;从科技条件来看,随着水文气象预报技术创新、洪水预报的精度和可靠性不断提高、洪水预见期延长,为进一步优化洪水调度方式提供了必要的技术保障;从思想观念来看,几千年与自然灾害的斗争史告诫我们,应时时刻刻提防特大洪水,避免灾难性后果,在保障防洪安全的前提下,适度承担风险,规范洪水调控行为,利用洪水资源,由“洪水控制”转向“洪水管理”,实现“人水和谐”。

面对新的经济社会发展形势和防洪形势,2012 年国务院批复的《长江流域综合规划(2012—2030 年)》明确指出,“根据 2011 年中央 1 号文件关于到 2020 年基本建成防洪抗旱减灾体系、水资源合理配置和高效利用体系、水资源保护和河湖健康保障体系和有利于水利科学发展的制度体系的总体要求,加快长江流域控制性水利水电工程(能控制洪水、调蓄水资源、对河流或河段洪水和水资源起调控作用

的工程)建设,强化控制性水利水电工程的调度管理,增强应对洪涝旱灾害能力,提高水资源利用效率,维护良好水环境”,并要求“加强洪水风险管理及洪水资源化、水量分配技术指标体系、水资源统一调度等重大科学技术研究”。国家防汛抗旱总指挥部办公室(简称国家防办)洪水资源利用调研组提出的《洪水资源化调研报告》也指出,“洪水资源化具有崭新的时代性,是治水理念更新的产物,是经济社会发展的客观需要,是新时期治水理论指导下的实践,是与时俱进、开拓创新的结果,是针对传统水利、传统做法而提出的,是兴利与除害结合、防洪与抗旱并举在新时期的一个具体体现”。

长江水利委员会郑守仁院士依据《中国工程院 2014 年咨询研究项目指南》的要求,申报开展“长江流域洪水资源利用及其减小风险的对策”研究项目,经中国工程院审批,列为土木水利与建筑工程学部 2014 年度咨询研究项目。该项目旨在分析长江流域洪水资源利用潜力,探讨长江流域洪水资源有效利用的途径和方式,并提出长江流域洪水资源利用风险对策措施。项目的研究方法和理论探索具有一般性的科学意义,对长江流域洪水资源利用的建议可供主管部门决策参考,具有重要的指导意义。

该项目主要研究内容包括:①长江上游来水来沙变化及利用洪水资源的可行性研究;②三峡工程利用长江洪水资源发挥效益的可行性研究;③长江流域洪水资源利用与减小防洪风险的对策研究;④三峡工程利用洪水资源与减小风险的对策研究等。

该项目研究目标包括:①揭示长江上游来水来沙变化特性,定量评估长江洪水资源利用潜力,论证长江流域洪水资源利用的可行性;②提出三峡工程利用长江洪水资源的必要性和可行性;③揭示长江流域洪水资源特性,提出长江流域不同区域洪水资源利用方式,提出减小风险的长江洪水资源利用总体策略;④分析三峡工程洪水资源利用对防洪、泥沙、生态等方面的风险,提出减小风险的三峡工程利用洪水资源的对策。

本书主要根据该项目研究成果报告,并结合相关研究成果报告进行充实完善。

目 录

1 研究的必要性	1
1.1 洪水资源利用相关概念辨析	1
1.2 洪水资源利用思想进展	2
1.3 洪水资源利用方式发展进程	4
1.4 长江流域洪水资源利用存在的主要问题	6
1.5 长江流域洪水资源利用的重要性	9
2 长江流域总体情况	11
2.1 流域概况	11
2.2 防洪规划	21
2.3 长江流域治理概况	26
2.4 重要控制性水库概况	27
2.5 长江上游干支流沿江重要城镇	32
2.6 长江中下游重点河段及地区	33
2.7 中下游蓄滞洪区概况	35
3 长江流域水沙特性及变化分析	41
3.1 长江上游来水特性及变化	41
3.2 主要支流洪水特性	44
3.3 长江流域主要干支流洪水遭遇分析	46



3.4	长江上游来沙特性及变化	58
3.5	长江中下游水沙特性及变化	60
3.6	长江流域来水变化分析与预测	61
3.7	长江流域来沙变化分析与预估	63
3.8	小结	65
4	长江流域洪水资源利用的可行性研究	66
4.1	长江流域洪水资源利用评价体系	66
4.2	洪水资源利用现状评价与潜力计算方法	68
4.3	长江流域洪水资源利用现状与潜力评价	71
4.4	长江流域大中型水库洪水资源利用潜力分析	77
4.5	小结	82
5	三峡工程洪水资源利用的可行性研究	85
5.1	三峡水库调度综合需求	85
5.2	三峡水库洪水资源利用条件分析	91
5.3	三峡水库预报水平与运用分析	92
5.4	三峡水库洪水资源利用方式	97
5.5	小结	97
6	长江流域洪水资源利用与减小风险的对策研究	99
6.1	洪水资源利用风险分析	99
6.2	长江流域洪水资源利用风险分析	101
6.3	长江流域洪水资源利用风险对策总体策略	115
6.4	长江流域主要水库洪水资源利用风险对策措施	118
6.5	小结	120

7	三峡工程汛期运行水位上浮研究	121
7.1	研究必要性	121
7.2	汛期水位上浮影响分析	122
7.3	小结	130
8	三峡工程中小洪水调度方式研究	131
8.1	研究必要性	131
8.2	三峡水库中小洪水调度方案拟选	132
8.3	三峡水库洪水资源利用效益分析	135
8.4	2010 年和 2012 年中小洪水调度实例分析	140
8.5	三峡水库中小洪水调度防洪风险分析	150
8.6	中小洪水调度对泥沙的影响分析	162
8.7	对生态环境的影响分析	181
8.8	小结	181
9	三峡工程汛末提前蓄水方式研究	184
9.1	研究必要性	184
9.2	蓄水期间的水情分析	184
9.3	汛末提前蓄水影响分析	185
9.4	小结	188
10	三峡工程洪水资源利用风险对策研究	189
10.1	减小防洪风险的对策	189
10.2	减小水库泥沙淤积的对策	192
10.3	减小对生态环境不利影响的对策	196



10.4	三峡工程洪水资源利用效益	197
10.5	小结	199
11	结语与展望	200
11.1	结语	200
11.2	展望	201
	参考文献	204

1 研究的必要性

1.1 洪水资源利用相关概念辨析

目前学术界在洪水资源利用的基本概念方面存在一定的争论和分歧。本研究首先对现有洪水资源利用相关概念进行归纳、比较和整理,采用目前普遍认同的定义和内涵。

一般而言,洪水,是指河流湖泊在较短时间内发生流量急剧增加、水位明显上升的水流现象。洪水时常来势凶猛,具有很大的自然破坏力。为此,研究洪水特性,掌握其发生发展规律,积极采取有效的洪水资源利用及其风险防范措施,是研究洪水的主要目的。

洪水资源,是指一定区域由当地降水形成的天然河川洪水径流。

洪水资源利用,是指人们在水资源一般性开发利用的基础上对以往难以利用的洪水资源进一步挖掘潜力,在不成灾的情况下尽量利用水库、拦河闸坝、自然洼地、人工湖泊、地下水水库等蓄水工程拦蓄洪水,以及延长洪水在河道、蓄滞洪区的滞留时间,恢复河流及湖泊、洼地的生态环境,以及最大可能补充地下水。其本质就是将目前超出人类和环境适应范围或者超出目前调控能力范围的水量,通过新的技术手段和管理方法进行利用,实现洪水由灾害水向资源水 and 环境水的转化。具体在水库实际运行中,结合先进的气象水文预报手段,通过调整水库汛限水位运行方式或优化水库调度方式,达到更好地利用洪水资源的目的。

洪水资源利用风险,是指在特定的时空环境条件下,在利用洪水资源解决水资源短缺和维系河流健康的过程中,所发生的非期望事件及其发生的概率并由此产生的损失程度。

从以上洪水资源利用相关概念辨析中不难看出,较常量水资源利用而言,洪水资源具有鲜明的资源性和风险性的多重特点。一方面,面对日益严峻的水资源短缺问题,在常量水资源无法满足区域人民基本生活和社会经济发展的现实面前,洪水所具有的大量水资源特性赋予了其鲜明的资源属性。另一方面,洪水资源在赋予较大资源效益的同时也不可避免地带来较大风险,既有天然条件下固有的洪水风险,也有采取洪水资源利用措施后所带来的附加风险,包括上游入库洪水不确定性风险、水库调度决策不确定性风险、洪水资源利用效益计算参数不确定性风险以及生态环境影响风险等。洪水的资源性和风险性既相互矛盾又相互依存,减少洪水灾害损失、提高洪水资源利用水平是解决流域水资源短缺问题和增强流域防洪减灾能力的重要措施,是当前流域水资源管理面临的新课题。因此,洪水资源利用必须引入风险分析理论,解决好洪水资源量、是否有条件利用、如何利用、利用风险、减小风险的对策措施等一系列科学问题,实现风险共担、利益共享,为洪水资源利用的决策管理提供重



要的依据。

总体而言,洪水资源利用是降水时空分配不均和水资源短缺矛盾突出双重驱动下的客观要求,从国外的研究现状来看,已普遍开展了洪水资源利用的局部实践,包括水库洪水资源利用、蓄滞洪区洪水资源利用和局部区域洪水资源利用,但流域层面上系统开展洪水资源利用的相关研究不多。目前我国关于洪水资源利用的研究主要针对的是海河、黄河等北方地区的河流,长江流域洪水资源利用的研究十分薄弱,主要对单个水库的洪水资源利用开展过初步研究。所以,长江流域洪水资源利用争议也比较多,迫切需要创新的方法和技术来指导。

1.2 洪水资源利用思想进展

洪水资源利用古已有之,其在经济、社会甚至军事等方面的应用屡见不鲜。2200多年前,战国时期秦国的李冰父子巧妙地利用河流作用原理,修建了都江堰工程,遵循道家“道法自然”“天人合一”的思想,实现了防洪、分沙与水资源利用相统一的科学治水理念,使都江堰成为一个典型的兴利除害综合水利工程,将川中平原变成为丰俭由人的天府之国和富庶之地。从明代起,在黄河上有引导地利用洪水,束水攻沙、分洪淤滩的治河方略形成,认为“以人治河,不若以河治河也。夫河性急,借其性而役其力,则浅可深,治在吾掌耳”。到清康熙年间,经靳辅、陈潢在明潘季驯治河基础上的发展与完善,黄河上形成了以缕堤束水攻沙,遥堤防洪,结合隔堤、滚水坝、减水坝等有控制地利用洪水刷槽淤滩的治河防洪体系。民国时期,李仪祉先生曾著《沟恤》《利用洪水与蓄水地下》等文,明确提出了洪水利用和洪水资源化,认为北方地区历来苦于干旱,丰欠不保,而每逢大雨,则河流陡涨,较平时水量大数倍、数十倍、数十倍不止,任其顺河直泻大海,殊为可惜;若洪水破堤而出,无所约束,危害更大。

从世界范围来看,水资源供求矛盾在全球范围内有加剧之势,洪水风险的客观性逐渐被人们认识,对洪水及其环境和生态作用的认识不断加深,各国在采取工程措施防洪减灾的同时,开始不断重视洪泛区管理、洪水保险、洪水风险图、洪水预报预警系统、洪水行政立法管理等非工程措施的防洪减灾,普遍由“防御洪水”转变为“洪水管理”,实现“以人为本”“人与洪水和谐相处”的指导理念。美国 1993 年大水之后,在人烟稀少、资产密度较低的高风险区没有对水毁堤防加固或重建,让洪水迂回滞留于曾经被堤防保护的 land 中,既利用了洪水的生态环境功能,同时减轻了其他重要地区的防洪压力。日本自 20 世纪 60 年代起,力图实现“安全确保”的防洪方略,经过 30 多年的经营,建立起了较高标准的防洪工程体系,近来认识到通过防洪工程确保安全既不可能也不经济,防洪观念转变为在一定防洪标准下的“风险选择”策略。在洪水资源利用方面采取了雨洪就地消化,在原渠道化的河道上人为造滩、营造湿地、培育水生物种以求形成类似于自然状态的“多自然河川”等措施。

我国对洪水的态度,从新中国成立开始在思想基本上没有把洪水当作一项资源来考虑,考虑更多的是如何确保江河大堤的安澜,能够将洪水尽快排入大海。20 世纪后期以来,面

临水资源供求矛盾加剧、洪水损失增加的情势,我国的防洪策略也有所改变,已经有意识地采取一些工程措施和非工程措施来实现洪水利用,而并非一味地将洪水放入大海。1998年长江、松花江流域发生大洪水后,我国对洪水问题进行了深刻思考,对防洪工作重新做了战略性的调整。在防洪策略调整上的重大突破是:在建设方面,强调在流域生态系统重建的大框架下部署防洪建设;在管理方面,运用系统论理论和风险管理方法,从控制洪水向洪水管理转变。防洪建设已从注重堤防、水库等工程建设,转变为注重完整的防洪体系的建设。从试图完全消除洪水灾害、“入海为安”,转变为承受适度的风险,制定合理可行的防洪标准、防御洪水方案和洪水调度方案,综合运用各种措施,确保标准内防洪安全,遇超标准洪水把损失减少到最低限度。洪水并非完全有害,它还是江河物质输移的载体,是维系流域生态系统平衡的重要条件。在像中国这样缺水的国度里,洪水还是可利用水资源的重要组成部分。为此,近年来洪水调度由单纯的防洪减灾向结合洪水资源利用方向转变。这标志着我国的防洪思想已经实现了单纯认为“洪水为灾”到认为“洪水还可以作为一种资源”的转变,这一转变对防洪策略必将产生根本性的影响,对我国实现洪水资源化的进程具有积极的推动作用。

几千年与自然灾害的斗争史告诫我们,彻底地控制和消除洪水灾害进而一劳永逸地解决洪灾问题都是不现实的、不可能的。为了防洪减灾,美国曾进行大规模的防洪工程建设,但巨额资金的投入并未有效控制洪水,相反洪灾损失不断增加。这是由于社会经济的发展 and 人口规模的增加,土地开发利用和经济布局没有考虑洪水风险,易损性增加,且以防洪为目的修建的水利工程改变了河流湖泊的自然水文特性,加剧了洪水灾害的频次和范围。中国历代都主要依靠兴建水利工程达到抵御洪水的目的,但工程措施并不能从根本上避免洪灾的发生和不能完全消除洪灾风险,也难免会弱化洪水的资源化利用。这些治水的经验和教训都证明,在提倡实行工程防洪的同时,应学会与洪水共存,承受适度的洪灾风险,将单纯的防洪抢险转变为全流域的风险管理,从“洪水控制”向“洪水管理”转变,实现“人水和谐”,留给洪水必要的行洪路径和空间,充分发挥洪水资源化利用、生态环境修复、地下水资源回补等优势,同时通过工程措施和非工程措施尽力将洪灾损失减少到最低限度。

从古今中外防洪减灾的历史看,人们处理洪水的方式和态度,随着历史的发展和社会的进步逐渐发生变化,大致经历了三个不同的阶段:一是被动地适应洪水的阶段。在这个时期,世界各地普遍人口稀少,社会生产力低下,人类改造自然的能力很低,因而普遍采用了适应自然的策略,洪水视同猛兽,来了只有躲避。二是控制与防御阶段。随着社会的发展和生产力的提高,定居点逐步扩大,人们对土地的需求逐渐增加,于是开始向洪水通道和调蓄洪水的湖泊进军,导致江河调蓄洪水的场所越来越小。三是有意识地主动适应洪水的阶段。面对全球不断发生的严重洪涝灾害,人们发现尽管不断地增加对防洪减灾的投入,不断地加高加固堤防,但根治洪水灾害的梦想仍无法实现。非但如此,随着人类社会经济的不断发



展,洪水灾害所造成的经济损失仍与日俱增,从而陷入经济发展与洪水灾害相互竞争的恶性循环。简言之,人类与洪水的关系经历了农业社会的躲避和防守,工业社会的抗拒和征服,在知识时代的今天,人与洪水的关系应该是协调共处和利用洪水。人与洪水协调共处和洪水资源化应当成为 21 世纪新的防洪理念。

1.3 洪水资源利用方式发展进程

从 20 世纪 50 年代起,新中国开始分三个阶段开展了大规模的水利工程基础建设,目前已经形成了较为完整的防洪减灾体系,对洪水的控制和水资源的利用有了长足的发展。进入 20 世纪 90 年代以来,随着我国国民经济的快速发展、城市化进程的推进和人口的大量增加,各行各业对水的需求不断增长,水资源短缺现象越来越严重,在北方地区尤为突出。许多地方都积极开展了洪水资源利用的探索与试验性实践。

1.3.1 工程性洪水资源利用实践

(1) 兴建水库、拦蓄洪水

据水资源综合规划,全国 27375 亿 m^3 的河川径流量中,年内分配主要集中在夏季,其中北方集中程度更高。北方地区多年平均连续最大 4 个月河川径流量占全年的比例一般在 60%~80%,其中海河、黄河区部分测站超过了 80%,西北诸河区部分测站可达 90%。南方地区多年平均连续最大 4 个月河川径流量占全年的 50%~70%。兴建水库,对洪水进行有效控制,并合理再分配自然水量,是洪水利用的主要途径。截至到 2000 年,全国已建成大中小型水库 8 万多座,塘坝等工程 585 万座,蓄水工程总库容达 5756 亿 m^3 ,兴利库容 3134 亿 m^3 ,分别为多年平均年径流量的 22%和 12%。从整体看,我国蓄水工程对天然径流的调蓄控制能力低于美国、加拿大、俄罗斯、墨西哥等水资源开发利用水平较高的国家,仍有发展空间和开发的必要。

(2) 蓄滞洪区、迟滞洪水

长江中下游有蓄滞洪区 40 处,黄河下游 6 处,淮河流域 27 处,海河流域 26 处,4 个流域的蓄滞洪区共有 99 个,总蓄滞洪量 970 亿 m^3 。蓄滞洪区适时分蓄洪水、削减洪峰,对保障重点地区、大中城市和重要交通干线防洪安全,最大程度地减少灾害损失发挥了十分重要的作用。海河的蓄滞洪区应用表明,合理的蓄滞洪区内的规划建设及科学调度,不但可降低灾害损失,并且可以回补地下水,将洪水资源充分利用。

(3) 拦河闸坝、河渠互济

河道上修闸建坝拦蓄汛期雨洪及河道互济,尽可能减少弃泄水量,既可减轻河道防洪负担,又可达到汛雨利用的效果,充分利用洪水资源,改善周边环境,增长洪水与地面的接触时间,增加地下水的补给。如,北京市在潮白河上建设了 9 个梯级拦河闸(橡胶坝),总蓄水容量 2000 万 m^3 。这些水面的建成,有效地利用了洪水资源,极大地改善了沿河城市景观,成

为北京著名的旅游度假区,是流域内一道亮丽的风景线。

(4) 小型水利、集雨蓄水

利用地面及小型水利、水保工程拦蓄雨洪。山区充分运用林草植被、梯田、鱼鳞坑、水平沟和水池、水窖、谷坊、塘坝等水土保持工程截蓄利用雨水,力争洪水少下山,清水缓出川;平原充分利用地埂、地堰、林网畦田等田间工程拦蓄雨水,减少洪涝灾害。如,保定市挖水池水窖蓄集雨水、完善渠网、拦蓄洪水为重点的集雨工程建设,共开挖水窖近 1.4 万个,修建蓄水池 850 个,建塘坝等引蓄水工程 400 多处,解决了山区 15 万人的饮水困难和近 10 万亩耕地的点播灌溉问题。

(5) 水土保持、蓄水兴利

通过封山育林、退田还林、合理放牧、修筑梯田等,尽量截流雨水,减少山洪,增加枯水径流,保持地面土壤防止冲刷,减少下游河床淤积,不但对防洪有利,还能增加山区灌溉水源。如,渭河流域坡面治理措施,在 1970—1980 年共拦蓄径流 63.8 亿 m^3 ,平均每年拦蓄径流 3.19 亿 m^3 ;内蒙古自治区清水河县单台子乡大树沟面积 18km^2 ,造林 1133hm^2 (行间种牧草),1984 年夏,3 小时连续降雨 56 毫米,沟内未发生洪水,沟坝地小麦获丰收。

(6) 河道串调、回补湿地

在流域中下游,利用各分流入海的河道及各个河系间的沟通,调剂各河之间水资源丰缺,合理安排洪涝水的蓄泄,变洪涝水为资源水。如,黑龙江省引嫩工程江东灌区六干渠翁海渡槽改建成交叉枢纽,经六干渠和翁海排水渠向扎龙湿地应急补水,2001 年补水 1.05 亿 m^3 ,有效缓解了湿地缺水状况;吉林省 2003 年从第二松花江、嫩江共计引蓄洪水 10.58 亿 m^3 ,向向海、莫莫格等五大湿地补水,有效保护了湿地。

(7) 城市雨洪、避害兴利

城市化使地表径流的总量和洪峰流量显著增加,可能造成城市流域及下游地区的洪水泛滥。利用人工方式采取工程措施,如通过雨水集流、入渗回灌、雨水贮存、管网运输及调蓄利用等过程,使城市雨水资源化,可减小城市径流量,削减洪峰量,延滞汇流时间,同时可实现增加城市水源补给。如,北京市水利学校根据学校地形、附近污水管线、绿地位置、景观湖布置等条件,收集包括操场、绿地、道路、建筑屋面等方面的雨水,用于冲洗操场、进行绿化等。

1.3.2 非工程性洪水资源利用实践

(1) 水库优化调度

水库优化调度是指在保证水利枢纽自身安全的前提下,依据水库承担任务的主次,按照水资源综合利用原则,合理运用水库调蓄能力,对河流天然径流进行调节,充分发挥水库的综合兴利效益。随着我国水利枢纽建设的快速发展,长江流域、黄河流域、珠江流域等规划建设的各大水电基地陆续建成,水库优化调度一直是工程界和学术界的热点问题。



随着供需水矛盾的加剧,近年来,国内工程界和学术界对洪水资源利用的研究逐渐增加,并已经取得相当成果。目前,国内洪水资源利用主要基于现有的水利工程设施,结合卫星、气象、径流预报等非工程措施,研究改变水库运行综合调度方式来实现洪水资源利用。

(2)蓄滞洪区主动运用

蓄滞洪区可以作为洪水资源利用的重要手段,通过效益对比分析,调整其调度运用方案,在发生洪水时有目标地主动分洪,让区内部分洼地湿地适当受淹,以达到回补地下水、提高地下水位的目的。海河流域“96·8”大水后,第二年虽然春旱严重,但得益于1996年蓄滞洪区的启用,小麦仍获丰收。一年淹带来三年丰,这个事例促使人们重新认识蓄滞洪区的作用,在加强蓄滞洪区等分洪工程安全建设的同时,有计划地建设好分泄、滞蓄洪水的河道工程,搞好调洪补水,回补平原地下水源。

(3)政策、法规与科学规划

合理的规划也是洪水资源利用的手段。规划防洪与兴利的关系,根据综合利用的原则,尽可能地开发水资源,达到除害兴利的要求。合理地规划土地利用,通过天然地形地貌和水土保持规划、用水规划,也能够充分利用雨水资源。建立健全相关法律、法规,加大宣传,培养国民的水素养,规范人的生产和生活活动,主动防范和适应洪水风险。要逐步提高社会公众的参与意识。

(4)风险管理

洪水资源利用,与风险同在,要与风险管理结合起来,做到风险分担、利益共享。在水资源短缺、水环境恶化日趋严重的背景下,洪水资源利用是缓解这一矛盾必不可少的途径。但任何区域或部门在治水中如果一味追求自身利益最大化,都可能危及他人或以牺牲生态环境为代价。

1.4 长江流域洪水资源利用存在的主要问题

长江流域水资源较为丰富,但长江流域径流主要由降雨形成,年内分配不均,汛期干流量占年径流量的70%~75%,支流则占55%~80%,年际变化大。长江流域经济社会发展,对水资源需求利用提出了新的更高要求,传统的洪水资源利用不能适应经济社会发展的需要,时空分布不均,供水工程不足,仍存在以下几个方面的问题。

(1)长江流域的防洪形势仍然严峻

长江流域面积大,长江洪水发生的时间一般是下游早于上游,江南早于江北。按暴雨地区分布和移动情况,长江洪水可分为区域性大洪水和全流域大洪水2种类型,其中区域性大洪水是由一两次区域性暴雨形成的,发生在某些支流或干流某一河段的大洪水,有洪峰高,洪量大、洪水过程历时较短的特点,在长江上、中、下游均可发生,造成某些支流或干流局部河段的洪水灾害,这类洪水发生的几率较多;全流域大洪水是由连续多场大面积暴雨形成的,长江上游和中下游地区同时发生较大洪水,干支流洪水遭遇,形成长江中下游峰高量大、

历时长、灾害严重的大洪水或特大洪水,如 1931 年、1954 年、1998 年大洪水等。

20 世纪以来,长江发生了多次大洪水,形成严重的洪涝灾害。1931 年长江流域性洪水受灾面积达 13 万 km^2 ,淹没农田 5090 万亩,受灾民众 2850 万人,死亡 14.5 万人;1954 年长江流域性洪水导致长江中下游淹没农田 4755 万亩,受灾人口 1888 万,死亡 3 万余人,京广铁路中断运行达 100 天;1998 年长江又一次发生了流域性洪水,中下游溃决堤垸 1975 座,淹没耕地 358.6 万亩,倒塌房屋 212.85 万间,受灾人口 231.6 万,死亡 1562 人。1935 年发生在长江中游的区域性洪水,淹没农田 2263 万亩,受灾人口 1103 万,死亡 14 万人;1981 年洪水为长江上游洪水,淹没农田 1311 万亩,死亡 888 人,伤 13010 人。

随着三峡工程的投入运行,长江中下游防洪能力有了较大的提高,特别是荆江河段防洪形势有了根本性的改善。长江干支流主要河段现有防洪能力大致达到:荆江地区依靠堤防防御 10 年一遇洪水;三峡工程建成后,通过三峡水库调蓄,遇 100 年一遇及以下洪水可使沙市水位不超 44.50m,不需启用荆江地区蓄滞洪区,荆江河段堤防标准可提高至防御 100 年一遇洪水;遇 1000 年一遇或类似 1870 年特大洪水,通过三峡水库的调节,可控制枝城泄量不超过 $80000\text{m}^3/\text{s}$,配合荆江地区蓄滞洪区的运用,可控制沙市水位不超 45.0m,保证荆江河段行洪安全。城陵矶河段依靠堤防防御 10~20 年一遇洪水,考虑本地区蓄滞洪区的运用,可防御 1954 年洪水;遇 1931 年、1935 年、1954 年大洪水,通过三峡水库的调节,可减少分蓄洪量和土地淹没,一般年份基本上可不分洪(各支流尾间除外)。武汉河段依靠堤防防御 20~30 年一遇洪水,考虑河段上游及本地区蓄滞洪区的运用,可防御 1954 年洪水(其最大 30 天洪量约 200 年一遇);由于上游洪水有三峡工程的控制,可以避免荆江大堤溃决后洪水对武汉的威胁;因三峡水库的调蓄、城陵矶附近地区洪水调控能力的增强,提高了长江干流洪水调度的灵活性,配合丹江口水库和武汉市附近地区的蓄滞洪区运用,可避免武汉水位失控。湖口河段依靠堤防防御 20 年一遇洪水,考虑河段上游及本地区蓄滞洪区运用,可满足防御 1954 年洪水的需要。

虽然长江流域的防洪能力有了很大的提高,但长江防洪仍面临着如下主要问题和挑战:一是长江中下游河道安全泄量与长江洪水峰高量大的矛盾仍然突出,三峡工程虽有防洪库容 221.5 亿 m^3 ,但相对于长江中下游巨大的超额洪量,防洪库容仍然不足,遇 1954 年大洪水,中下游干流还有约 400 亿 m^3 的超额洪量需要妥善安排,而大部分蓄滞洪区安全建设滞后,一旦启用损失巨大;二是长江上游、中下游支流及湖泊防洪能力偏低,不少中小河流尚未得到系统有效治理,防洪能力仍然偏低;三是山洪灾害防治还处于起步阶段,山洪灾害分布广、汇流快、冲击大、毁坏重,防御难度很大,防洪非工程措施建设滞后;四是三峡及上游其他控制性水利水电工程建成后长江中下游长河段、长时期的冲淤调整,对中下游河势、江湖关系带来较大影响,尚需加强观测,并研究相应的对策措施;五是近些年来,受全球气候变暖影响,长江流域部分地区极端水文气候事件发生频次增加、暴雨强度加大,一些地区洪灾严重;六是流域经济社会与城市化快速发展,人口与财富集中,一旦发生洪灾,损失越来越大。