

防洪减灾与地理信息 系统应用

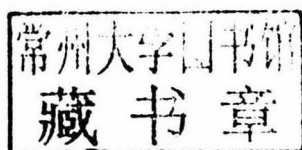
苑希民 曾勇红 王秀杰 徐奎◎编著

非外借

 天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

防洪减灾与地理信息系统应用

苑希民 曾勇红 王秀杰 徐奎 编著



内容提要

防洪减灾与地理信息系统应用是把灾害学和地理信息系统的理论与方法引入水利工程学而形成的一门应用科学。它以水利工程规划、设计和管理中可能遇到的灾害及其损失为研究对象,分析灾害的类型、成因、特点,灾害损失的评价以及防治措施。本书共10章,前6章是灾害学理论和方法在防洪减灾中的应用。第1章对我国的防洪减灾基本情况进行了介绍,第2章至第5章系统地介绍了目前涉水相关的几类常见灾害问题,第6章重点介绍了洪涝灾害损失分析与评估方法。后4章讲述地理信息系统在防洪减灾中的实际应用。第7章介绍了防汛地理信息系统基本技术与应用,第8章重点介绍了目前正在发展的防汛三维地理信息技术与应用,第9章介绍了防汛指挥系统的建设与应用,第10章对洪水风险图技术与洪水风险管理进行了全面的介绍。

本书系高等学校水利水电工程专业的教材,也可供从事防汛应急工作的有关技术和管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

防洪减灾与地理信息系统应用 / 苑希民等编著. —
天津: 天津大学出版社, 2019.9

ISBN 978-7-5618-6447-0

I. ①防… II. ①苑… III. ①地理信息系统—应用—
防洪—研究—中国 IV. ①TV87

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第151389号

出版发行 天津大学出版社

地 址 天津市卫津路92号天津大学内(邮编:300072)

电 话 发行部:022-27403647

网 址 publish.tju.edu.cn

印 刷 北京盛通印刷股份有限公司

经 销 全国各地新华书店

开 本 185mm×260mm

印 张 14.25

字 数 362千

版 次 2019年9月第1版

印 次 2019年9月第1次

定 价 36.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,烦请与我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究

前 言

本书是为了适应国家对水利行业防洪减灾的要求编撰而成的,书中内容涉及水利信息化的重要组成部分,部分内容可供应急管理参考。

防洪减灾与地理信息系统应用是把灾害学和地理信息系统的理论与方法引入水利工程学而形成的一门应用科学。它以水利工程规划、设计和管理中可能遇到的灾害及其损失为研究对象,分析灾害的类型、成因、特点,灾害损失的评价以及防治措施。本书共 10 章,前 6 章是灾害学理论和方法在防洪减灾中的应用,后 4 章讲述地理信息系统在防洪减灾中的实际应用。其中,第 1 章对我国的防洪减灾基本情况进行了介绍,第 2 章至第 5 章系统地介绍了目前涉水相关的几类常见灾害问题,包括江河洪水灾害和城市防洪,山洪灾害与防治工程,溃坝、堰塞湖灾害与防治对策,凌汛灾害与防凌减灾,第 6 章重点介绍了洪涝灾害损失分析与评估方法。第 7 章介绍了防汛地理信息系统基本技术与应用,第 8 章重点介绍了目前正在发展的防汛三维地理信息技术与应用,第 9 章介绍了防汛指挥系统的建设与应用,第 10 章对洪水风险图技术与洪水风险管理进行了全面的介绍。

本书由苑希民、曾勇红、王秀杰和徐奎共同讨论、分别执笔而成,并由曾勇红统稿,苑希民、王秀杰审稿。

本书有些材料引自有关院校、生产和科研单位编写的教材和技术资料以及个人发表的论著,编者在此谨致以衷心的感谢!本书部分成果得到了水利部和国家防汛抗旱指挥部的资助。

由于编著者水平有限,错误和不妥之处在所难免,恳请读者提出批评和建议。书中错误之处请函告 E-mail:zeng_yonghong@163.com。

编著者

2019 年 6 月于北洋园

目 录

第 1 章 我国防洪减灾基本情况	1
1.1 我国洪水灾害基本情况	1
1.2 洪水灾害的类型、成因及其影响	2
1.3 洪水灾害的基本特性	13
1.4 防洪减灾工程与非工程措施	16
1.5 防洪减灾规划	24
1.6 防汛抢险技术	26
第 2 章 江河洪水灾害与城市防洪	35
2.1 江河洪水的基本特性与防洪理念	35
2.2 江河防洪体系建设与防洪能力	39
2.3 流域防洪体系概化图	42
2.4 城市防洪治涝减灾	44
第 3 章 山洪灾害与防治工程	56
3.1 山洪形成条件及相关过程	56
3.2 山洪主要特点	62
3.3 我国典型山洪灾害实例	67
3.4 山洪灾害防治工程	69
3.5 山洪灾害预警系统	77
第 4 章 溃坝、堰塞湖灾害与防治对策	79
4.1 溃坝洪水灾害	79
4.2 溃坝洪水风险分析技术	81
4.3 溃坝洪水灾害应急对策	85
4.4 堰塞湖风险分析与应急处置对策	88
第 5 章 凌汛灾害与防凌减灾	96
5.1 我国凌汛灾害概况	96
5.2 凌汛成因和特点	98
5.3 冰情预报	101
5.4 凌汛灾害应急处置对策	103
5.5 防凌防汛决策支持系统	104

第 6 章 洪涝灾害损失分析与评估	112
6.1 洪灾损失评估基本概念	112
6.2 洪灾损失评估内容和指标	113
6.3 直接经济损失评估	116
6.4 间接经济损失评估	120
6.5 洪水影响分析与损失评估	121
第 7 章 防汛地理信息系统技术与应用	122
7.1 地理信息系统基本知识	122
7.2 防汛地理信息基础平台	127
7.3 防汛信息监视与展示	130
7.4 洪灾信息的分析与统计	131
7.5 洪水计算模型集成与管理	134
7.6 洪水调度方案动态展示	137
7.7 防汛功能的综合集成与管理	142
第 8 章 防汛三维地理信息技术与应用	144
8.1 三维空间地理信息技术	144
8.2 空间分析功能和应用现状	145
8.3 防汛三维地理信息系统	154
8.4 三维地理信息技术应用典型案例	173
8.5 基于三维平台的数字流域和智慧城市	177
第 9 章 防汛指挥系统建设与应用	179
9.1 防汛指挥系统概述	179
9.2 防汛指挥系统架构体系	182
9.3 防汛指挥系统主要功能	184
9.4 支撑技术	189
9.5 防汛指挥系统建设的重要作用	192
第 10 章 洪水风险图技术与洪水风险管理	194
10.1 洪水风险图基本概念	194
10.2 洪水风险图的类型	199
10.3 洪水风险分析技术方法	200
10.4 洪水风险图制图和成果要求	213
10.5 洪水风险管理理念和治水思路	215
参考文献	217

第 1 章 我国防洪减灾基本情况

1.1 我国洪水灾害基本情况

自然灾害系指由于某种不可控制或未能预料的破坏性因素的作用,对人类生存发展及其所依存的环境造成严重危害的非常事件和现象。自然灾害是人类面临的最重大问题之一,是制约社会和经济可持续发展的重要因素。因此,减轻自然灾害的影响已成为各国政府和科学家共同关心的问题,而在各类重大自然灾害中,洪水灾害是影响最广、死亡人数最多的灾害。洪水灾害是通常所说的水灾和涝灾的总称。水灾一般是指因河水或湖水泛滥淹没田地所引起的灾害;涝灾是指因降雨土地过湿致使作物生长不良而减产的现象,或因雨后地面排泄不畅而产生大面积积水造成社会财产受损。由于水灾和涝灾往往同时发生,有时也难以区分,因此通常把水灾和涝灾统称为洪水灾害。据统计,在世界范围内每年因洪水灾害造成的损失占各种自然灾害总损失的 55% 以上。

我国地处中纬度,东濒太平洋,西有青藏高原,南北国土跨纬度近 50° 。由西向北似三级阶梯,从高原到洼地海拔差 5 000 余米。全国境内高原面积占 26%,山地占 33%,盆地占 19%,平原占 12%,丘陵占 10%。气候差异大,地势复杂,是我国致灾因素和灾种多的主要原因。我国人口近 14 亿,占世界人口总数的 22%,而耕地面积只占世界耕地面积的 7%,由于我国土地资源紧张,经济密度在地理上分布很不平衡,所以对洪水灾害更为敏感,防灾抗灾能力大受影响,易产生巨大灾害损失。洪水灾害不仅是影响我国最广泛的严重自然灾害,也是我国经济建设、社会稳定敏感度最大的自然灾害。据历史记载,我国自公元前 206 年到公元 1949 年的 2 155 年间,发生过较大的水灾 1 029 次,较严重的旱灾 1 056 次。据 1949 年以后的统计资料,全国平均每年水旱灾的受灾面积约 30 万 km^2 ,其中减产三成以上的成灾面积平均每年约 13 万 km^2 。20 世纪 90 年代以来,平均每年约 3 亿多人受灾,因灾死亡 6 000 余人,直接经济损失超过 1 500 亿元。例如,1998 年的大洪水,全国共有 29 个省、自治区、直辖市遭受了不同程度的洪涝灾害,受灾面积 22.2 万 km^2 ,成灾面积约 13.8 万 km^2 ,死亡 4 150 人,倒塌房屋 785 万间,直接经济损失约 2 500 亿元。

我国的洪水灾害时空分布很不均匀。受季风性气候的影响,我国洪水灾害大多发生在夏季,且引发的灾害损失年际差别较大,往往集中于几个特大水灾年份,如 1998 年的水灾经济损失为 20 世纪 50 年代水灾总损失的 2.4 倍。空间分布不均则主要表现在:①灾情区域分布不均,平原区农田受灾面积和房屋倒塌数约占全国总数的 67%,山区占 33%;②洪灾频率的地区分布不同,依据气候、自然地理等条件将洪灾空间分布划分为东北区、华北区、西北区、华中华东区、西南区以及南方区等 6 个区域,其中华中华东区洪灾最为频繁。

1.2 洪水灾害的类型、成因及其影响

1.2.1 洪水灾害的类型

洪水的分类方法很多。如按洪水发生季节分为春季洪水(春汛)、夏季洪水(伏汛)、秋季洪水(秋汛)、冬季洪水(凌汛);按洪水发生地区,分为山地洪水(山洪、泥石流)、河流洪水、湖泊洪水和海滨洪水(如风暴潮、天文潮、海啸等);按洪水的流域范围,分为区域性洪水与流域性洪水;按防洪设计要求,分为标准洪水和超标准洪水,以及设计洪水与校核洪水;按洪水重现期,分为常遇洪水(小于20年一遇)、较大洪水(20~50年一遇)、大洪水(50~100年一遇)与特大洪水(大于100年一遇);按洪水成因,分为暴雨洪水、冰雪洪水、冰凌洪水、风暴潮洪水、溃口洪水、扒口洪水,等等。

在上述分类中,最为常用的是按洪水成因划分。现就各类洪水情况分别介绍如下。

1. 暴雨洪水

暴雨是指强度较大的降雨。按中央气象台的降水强度标准,24h降雨量大于50mm的降雨为暴雨,其中24h降雨量大于100mm和200mm的分别为大暴雨和特大暴雨。

暴雨洪水是由暴雨引起的江河水量迅增、水位急涨的水文现象。特大暴雨引发的暴雨洪水,一般强度大、历时长、面积广。我国夏、秋季节发生的大洪水多为暴雨洪水。暴雨洪水最重要的气候要素是降水。影响我国大部分地区降水的因素主要是季风和台风,因而我国的暴雨洪水,主要是季风暴雨洪水和台风暴雨洪水。此外,山洪、泥石流也是由暴雨引发的,故可列为暴雨洪水的一些特例。

(1) 季风暴雨洪水

季风是指大范围盛行的、风向随季节而显著变化的风系,最著名的是印度季风和东亚季风。季风的成因是由于海陆间热效应的季节性差异,导致其地面气压差的季节变化,即冬季陆地比海洋冷,大陆上为冷高压,故近地面空气自陆地吹向海洋;夏季陆地比海洋暖,大陆上为热低压,故近地面空气自海洋吹向陆地。有季风的地区,都可出现雨季和旱季等季风气候。夏季风自海洋吹向大陆,将湿润的海洋空气输入内陆,在陆地被迫上升成云致雨,形成雨季;冬季风自大陆吹向海洋,空气干燥,伴以下沉,天气晴好,形成旱季。

我国大部分地区处于季风气候区,降水主要集中在夏季。夏季风主要有东南风和西南风两类。东南季风挟带的大量暖湿空气,常易引起华南地区暴雨、江淮地区梅雨以及华北和东北地区暴雨。西南季风引起的降水区域是西藏东部、四川西部和云南等地。

(2) 台风暴雨洪水

台风是发展强盛的热带气旋。热带气旋是指在热带洋面上生成发展的低气压系统。国际上,热带气旋以其中心附近的最大风力来确定强度并进行分类。我国新近颁布的国家标准《热带气旋等级》见表1-1。

表 1-1 中国热带气旋等级划分表(GB/T 19201—2006)

热带气旋等级	底层中心附近最大平均风速(m/s)	底层中心附近最大风力(级)
热带低压(TD)	10.8~17.1	6~7
热带风暴(TS)	17.2~24.4	8~9
强热带风暴(STS)	24.5~32.6	10~11
台风(TY)	32.7~41.4	12~13
强台风(STY)	41.5~50.9	14~15
超强台风(Super TY)	≥ 51.0	16

我国位于欧亚大陆东部,太平洋西岸,东部和南部大陆海岸线长达 18 400 km,领土南北跨越的纬度近 50°,南北距离约为 5 500 km,最北端在黑龙江省漠河以北的黑龙江主航道中心线(53° 33.5' N)上,最南端在南海的南沙群岛中的立地暗沙(3° 51' N, 112° 16' E)(在曾母暗沙西南约 15 海里),属于西北太平洋台风活动十分活跃的地区。自 1949 年以来,平均每年有 9.4 个台风在我国沿海登陆(其中风力等级超过 8 级的热带气旋平均每年达 6.9 个),最多年份达 16 个。历史上风暴潮不仅给沿海地区造成严重灾害,而且常常深入内陆造成大江大河的流域性大洪水,也经常引起严重的山洪、滑坡、泥石流等地质灾害。

台风登陆后,其强度虽有减弱,速度变慢,但大多数还能进入我国内陆,甚至深入腹地省份。内陆受影响最多的是江西省,其次是湖南、安徽、湖北、河南等省。台风所到之处风大雨急,往往会发生强暴雨过程,以致发生灾害性暴雨洪水,严重威胁所经地区人民生命财产的安全,甚至可造成数以亿计的经济损失和众多的人员伤亡。

(3) 山洪

山洪是指山区溪沟中发生的雨洪。山洪多由暴雨引起,其历时不过数十分钟到数小时,很少持续一天或数天。特点是历时短,流速快,冲刷力强,破坏力大等。影响山洪形成的因素有:水文气象因素(暴雨)、流域地形因素、地质条件以及人为因素,如采伐森林过甚造成土壤侵蚀等。

(4) 泥石流

泥石流是指山地溪沟中突然发生的饱含大量泥沙、石块洪流,多由暴雨山洪引起。泥石流的特点是暴发突然,运动快速,历时短暂,破坏力极大,常造成人民生命财产重大损失。

泥石流运动时,其前锋部分(称为龙头)高数米至数十米,后续部分为其主体。其表部可挟带直径很大的巨砾随流而下。运动过程中,对沟床有大冲大淤作用,一次冲淤深度可达数米至数十米。泥石流运动形式有连续性和阵发性两类。前者流量过程呈单峰型或多峰正弦曲线型;后者为一阵接一阵,两阵之间断流,一次过程可达数十至数百阵,流量过程呈锯齿形。一次泥石流的历时从数分钟至数十小时。泥石流在极短的时间内输送出大量泥沙、石块,一次可达数万吨至数千万吨。

灾害泥石流不仅毁坏山坡使其变成基岩裸露的破碎田地,而且使谷底受砾石或石块泥沙物质淤埋,同时给穿越区的铁路、公路、桥涵等造成毁坏、堵塞,给当地居民的物质财产和生产生活带来极大危害。

2. 暴潮洪水

暴潮洪水发生于沿海地区,主要包括风暴潮和天文潮。此外,海啸也常给沿海地区造成一定危害。

(1) 风暴潮

风暴潮属气象潮(又称气象海啸),是由气压、大风等气象因素急剧变化造成的沿海海面或河口水位的异常升降现象。由风暴潮引起的水位升高称为增水,水位降低称为减水。风暴潮增水若与天文高潮或江河洪峰遭遇,则易造成堤岸漫溢,出现风暴潮洪水灾害。

风暴潮可以分为温带风暴潮和热带风暴潮两类,分别由温带气旋和热带气旋引起。在我国,温带风暴潮常指在北部海区由寒潮大风引起的风暴潮,主要出现在莱州湾和渤海湾沿岸一带,与寒潮大风季节同步,一般发生在冬、春两季。热带风暴潮在沿海各地都有可能发生,尤其以东南沿海发生频次最多,发生时间大多在夏、秋两季,尤其以7—9月机遇为多。两类风暴潮相比较,热带风暴潮影响地域更广,出现频次更多,水位变化急剧,增水量值更大。

我国是频受风暴潮影响的国家之一。在南方沿海,夏、秋季节受热带气旋影响,多台风登陆;在北方沿海,冬、春季节冷暖空气活动频繁,北方受强冷空气与江淮气旋组合的影响,常易引起风暴潮。

风暴潮具有很强的破坏力,受其影响地区的堤坝、农田、水闸及港口设施易遭毁坏,致使人民的生命财产蒙受巨大损失。我国自20世纪60年代以来,开展了大量风暴潮的预报研究工作,现已在国家气象、海洋部门的组织领导下建立起风暴潮预报观测网,对于预报、预测风暴潮的发生和减轻其灾害损失发挥了重要作用。

(2) 天文潮

天文潮是地球上海洋受月球和太阳引潮力作用所产生的潮汐现象。由于地球、月球和太阳三者运行的相对位置周期性变化,潮汐的大小和涨落时间逐日不同。又因各地纬度不同和受地形、水文、气象等因素的影响,各地潮汐及其变化也有差异。月球距地球较近,其引潮力为太阳的2.17倍,故潮汐现象主要随月球的运行而变化。

潮汐类型按周期不同,可以分为日周潮、半日周潮和混合潮。在一个太阳日(约24 h 50 min)内发生一次高潮和一次低潮的现象称为全日周潮;发生两次高潮和两次低潮的现象称为半日周潮。在半日周潮海区中,如两次高潮和低潮的潮位以及涨落潮历时的不等,且通常半日中有数天出现全日周潮的现象,称为混合潮。

由于月球以一月为周期绕地球运动,随着月球、太阳和地球三者所处相对位置不同,潮汐除周日变化以外,并以一月为周期形成一月中两次大潮和两次小潮。大潮发生在朔、望日(农历初一、十五),此时月球、太阳和地球运行位置处于一直线上,两者的引潮力相互叠加,

海面升降最大;小潮发生在上、下弦日(农历初八、二十三),此时月球、太阳和地球三者的位置接近直角三角形,月球、太阳对地球的引潮力相互消减,海面升降最小。

每年春分和秋分时节,如果适逢朔、望日,日、月、地三者接近于直线,则形成特大潮(分点大潮)。此外,潮汐还具有 8.85 年和 18.61 年的长周期变化规律。

潮汐是永恒的自然现象。其生生不息和出现时间具有一定的规律。天文大潮特别是特大潮的出现,常常给沿海地区人民的生产、生活和生命财产带来严重损失。若在天文大潮到来之时,又恰遇台风暴潮,则将会造成更大的增水现象,这时沿海地区的严重灾难往往难以避免。

我国长江、黄河、辽河、珠江等河流的河口,特别是钱塘江口,都是感潮河段。为了抵御海潮、风浪袭击,沿海地区修建了大量的海堤及海塘工程。

(3)海啸

海啸是由海域地震、海底火山爆发或大规模海底塌陷和滑坡所激起的巨大海浪。据中国地震局提供的资料报道,有史以来,世界上已经发生了近 5 000 次不同程度的破坏性海啸,造成人类生命财产的严重损失。史料记载:由大地震引起的海啸 80% 以上发生在太平洋地区。环太平洋地震带的西北太平洋海域更是发生地震海啸的集中区域。历史上的海啸,主要分布在日本太平洋沿岸,太平洋的西部、南部和西南部,夏威夷群岛,中南美和北美等区域。受海啸灾害最严重的是日本、智利、秘鲁、夏威夷群岛和阿留申群岛沿岸。

3. 冰雪洪水

冰雪洪水是指冰川或积雪消融引发的洪水。在我国西北高寒山区,雪线以上山区终年降雪,形成冰川和永久积雪;雪线以下山区和平原只在冬季积雪,称为季节积雪。因而冰雪洪水包括冰川洪水和融雪洪水两类,前者以冰川和永久积雪为主要水源,后者则以季节积雪融水为主要水源。

(1)冰川洪水

冰川洪水又分为冰川融水型洪水和冰湖暴发型洪水。冰川融水型洪水是冰川和永久积雪的正常融化而形成的洪水。其洪峰、洪量大小与气温升幅、冰川面积、积雪储量及夏季降水量有正比关系,发生时间一般与当地高温期同步。特点是:起涨较缓、退水较慢、历时较长、洪峰矮胖且多为单峰,年际最大、最小流量变幅不大。这类洪水源于高山,流达下游平原河段的汇流时间相对较长,且发生在连续高温之后,故有利于洪水预报。冰川融水型洪水造成灾害的频次较高,如新疆和田、阿克苏等地区,半数以上的灾害性洪水属于这类洪水。

冰湖暴发型洪水又称冰湖溃决型洪水。这类洪水是冰川洪水的特例,即当冰湖坝体突然溃决或由其他原因引起湖水体集中排放而形成的峰高、时短的突发性洪水。冰湖是由于冰川前进或因冰川萎缩时期遗留的冰碛堵塞沟谷而形成的。冰湖上游往往现代冰川发育,具有丰沛的冰雪融水水源。这类洪水的主要特点是峰高量小,陡涨陡落,突发性强。

(2)融雪洪水

融雪洪水发生的时间比冰川洪水发生的时间要早,一般在每年的 4—6 月。处在同纬度

附近的河流,其平原融雪洪水发生时间较山区早。这种洪水若与冰凌洪水叠加则易形成春汛。

特大融雪洪水可以导致洪灾。我国的融雪洪水灾害常见于新疆北部的一些小河流及山前平原。如哈密石城子河 1988 年出现的百年一遇的春汛,阿尔泰克兰河 1966 年 4 月的洪水灾害,塔城、伊犁、天山北坡等地都曾遭受一定的融雪洪水灾害。

冰雪洪水是季节性洪水。在高寒山区和纬度较高地区,河流洪水单纯由冰川融水补给或单纯由积雪融水补给较为少见。常见的情况是春、夏季节强烈降雨和雨催雪化而形成的雨雪混合型洪水。

4. 冰凌洪水

冰凌洪水又称凌汛,是指河流中因冰凌阻塞造成的水位壅高或因槽蓄水量骤然下泄而引起的水位急涨现象。冬、春季节在我国的北方河流(如黄河上游宁夏、内蒙古河段,下游山东河段,以及松花江等)常发生冰凌洪水。冰凌洪水按其成因不同,可以分为冰塞洪水和冰坝洪水两类。

(1) 冰塞洪水

冬季河流封冻时期,冰盖下大量冰花、碎冰积聚,堵塞河道部分过水断面,形成冰塞,泄流不畅,壅高上游河段水位,严重时可能造成堤防决口,这种现象称为冰塞洪水。冰塞通常发生在河流纵比降由陡变缓之处或泄流不畅的河段。冰塞河段的长度可达数十公里,甚至数百公里。

(2) 冰坝洪水

春季开河时期,大量流冰在河道中受阻,堆积形成横跨河流的坝状冰体,叫做冰坝。冰坝上游水位不断壅高,下游水位明显下降,坝体在上、下游压力差作用下,一旦猛然溃开,形成所谓“武开河”,则易出现冰凌洪峰。在冰坝严重处需要采取人工爆破或飞机投弹措施炸开坝体。在冰坝上、下游河段常常出现堤岸漫溢,田地、城镇受淹以及沿河建筑物被毁的灾害现象。

近年在黄河防凌方面,通过发挥水利枢纽工程的径流调节作用,人为改变冰凌洪水的规律,已探索出一些成功的经验。在封河初期,分别通过对刘家峡、三门峡、小浪底水库的调度,使宁夏、内蒙古河段和豫、鲁河段形成平稳封河;在开河期进行控泄,促使河道槽蓄水量平稳释放,河道自上而下开始解冻,形成所谓“文开河”局面,从而有效缓解了下游河道的凌汛压力。

5. 溃口洪水

溃口洪水是指拦河坝或堤防在挡水状态下突然崩溃而形成的特大洪流。溃口洪水的形成往往突发性强,难以预测,峰高量大,洪流汹涌,破坏力极大。溃口洪水包括溃坝洪水和溃堤洪水两类。

(1) 溃坝洪水

造成水库溃坝的原因主要有:大坝防洪标准偏低,工程质量差,管理运行不当以及突发事件如地震、战争等。溃坝洪水一旦发生,其后果往往是毁灭性的。如河南省“75·8”大水,

夺走了数以万计的人民生命并造成巨大经济损失。

我国已建大、中、小型水库 8 万多座,为防洪和综合利用水资源,促进经济发展和保障人民生命财产安全发挥了重要作用,但也曾多次发生溃坝事故,造成人员伤亡和经济损失。因此,防止水库溃坝是特别值得重视的问题。

(2) 溃堤洪水

导致河道堤防溃口的险情有漫溢、管涌、漏洞等十余种。究其原因,大致为洪水超出堤防设计标准、堤基透水、堤身透水、堤身隐患或施工质量问题等。如黄河下游堤防历史上曾多次因伏、秋大汛和凌汛而溃口致灾。

溃堤洪水的突发性虽不像溃坝洪水那样强烈,但因决堤后洪水大面积漫流,造成人身伤亡及财产损失数字惊人,严重时还可能引起河流大改道。在我国,溃堤洪水时有发生。黄河下游河道在历史上决口改道频繁。现开封、兰考以下河段是 1855 年铜瓦厢决口改道,黄河夺大清河入渤海后形成的。在现行河道实际行水期间,大的改道有 9 次,平均 10 年改道 1 次。又如 1998 年,长江九江干堤溃口,虽经奋力抢堵成功,但仍造成巨大经济损失。

此外,溃口洪水的一个特例是,因地质或地震原因引起山体滑坡,堵江断流后形成堰塞湖,继而突然溃坝释放的巨大洪流现象,这类洪水在我国主要发生在西南山区。例如:1933 年四川西部地震,岷江山崩堵江,形成了著名的大、小海子;1967 年雅砻江被滑坡体堵塞,壅水成湖,后漫决成灾;2008 年 5 月四川汶川大地震,形成的唐家山堰塞湖,其堰塞体堵江 29 天,经过水利专家和解放军官兵的奋力抢险才化险为夷,确保了下游 130 余万人民群众的生命财产安全。

6. 扒口洪水

扒口洪水由人为原因造成,有两类情况:一是在大洪水时期为确保重要河段的防洪安全,牺牲局部保大局,有意扒开一些沿江洲滩民垸蓄滞洪水,如长江 1998 年大水,中下游许多洲滩民垸主动扒口弃垸蓄洪、行洪。二是利用扒口洪水作为战争武器,如战国时期诸侯争霸,在黄河上的人为决堤;三国时期的水淹七军;明末时期为了镇压李自成的农民起义在黄河上扒开南大堤而水淹开封;1938 年国民党为阻止日军西犯,扒开河南中牟县赵口和郑州花园口黄河大堤,造成洪水泛滥,黄河改道,历时 9 年,44 个县市、1 250 万人受淹,89 万人死亡。

1.2.2 洪水灾害的成因

洪水灾害是主要自然灾害之一。洪水给人类的生存和社会发展造成损失与祸患,故称为“灾”。洪灾的发生,一般以人员伤亡、财产损失和生态环境破坏为标志。人类早期面对洪水主要采取消极的逃离态度,择丘陵而居,洪水所淹之处往往是荒无人烟的洪泛区,这时的洪水自然不能成灾。随着社会的发展和人口的增加,人类不断向洪泛平原迁移并逐渐定居下来,侵占、垦殖原本就属于洪水的空间,从而导致洪水常常反过来侵犯人类的利益而成灾。

一般说来,洪水致灾是下面三个因素综合作用的结果:①存在致灾洪水,即诱发洪灾的

自然因素；②存在洪水危害的对象，即洪泛区有人居住或分布有社会财产，并因被洪水淹没而受到损害；③人为因素，即人在潜在的或现实的洪灾威胁面前，或逃避，或忍受，或作出积极抗御的对策反应。可见洪水成灾是人与自然不协调的结果。洪灾虽起因于自然，但其成灾则在很大程度上与人为因素有关。人类在洪水威胁面前，既要主动适应洪水，协调人与洪水的关系，又要积极采取必要的对策、措施，最大限度地减轻洪灾造成的损失，这是防洪减灾工作的基本指导思想。因此研究洪灾成因，应在关注自然因素作用的同时，着重分析人类活动对洪水成灾规律和防洪安全的影响，以便反思经验教训，寻求对策办法，为从根本上制止和减轻洪水灾害程度而努力。人类活动的影响主要表现在以下几个方面。

1. 植被破坏，水土流失加剧，入河泥沙增多

地面植被起着拦截雨水、调蓄径流、固结土体、防止土壤侵蚀的作用。随着我国人口的不断增多，人口与土地、资源的矛盾日益突出。山地过垦、林木过伐、草原过牧，以及开矿、修路等人类社会经济活动，造成地面植被不断被破坏，水土流失加剧，大量雨水裹着泥沙直下江河，使江河、湖泊、水库淤积，洪水位抬高，给周边地区的防洪造成很大危害。

我国是世界上水土流失最严重的国家之一。目前水土流失面积为 367 万 km^2 ，占国土总面积的 38%，每年流失土壤达 50 亿 t。水土流失现象在各大江河流域都不同程度地存在，其中以黄河、长江流域最为严重。

黄河流域黄土高原区每年进入黄河的泥沙多达 16 亿 t，其中 4 亿 t 淤积在下游河道内，使黄河下游河床平均每年抬高 8~10 cm，形成著名的“地上悬河”，防洪难度可想而知。黄河一级支流渭河下游的防洪形势愈来愈严峻，罪魁祸首是“泥沙”，其根源是上中游地区的生态恶化和水土流失。

长江流域年土壤流失总量 24 亿 t，其中上游地区达 15.6 亿 t。长江 1998 年特大洪水，其成因与中上游地区植被破坏、水土流失加剧、生态环境恶化、暴雨汇流过程加快有重要关系。长江河床也有不断淤高趋向，荆江汛期水位已高出两岸地面 8~10 m，沙市洪水位高出市区 2 层楼还多。

2. 围湖造田，与河争地，河湖泄蓄洪能力降低

自然情况下，河流中下游两岸的湖泊、洼地是江河洪水的天然“蓄水场”，起着自动调蓄江河洪水的作用。随着社会发展和人口的增多，围湖造田、与河争地，江湖关系变得复杂，人水原本和谐的局面被破坏，人们居住和耕耘着原本不属于自己的土地。由于天然蓄水场失灵，湖区百姓不得不年年筑堤，年年防汛，却防不胜防。例如，中华人民共和国成立初期，洞庭湖面积 4 350 km^2 ，20 世纪 50 年代围垦 1 433 km^2 ，20 世纪 60—70 年代又围垦 246 km^2 ，近 50 年来，因围垦淤积减少面积 1 600 km^2 ，减少容积超过 100 亿 m^3 。从 1949 年到 1983 年的 34 年里，洞庭湖面积平均每年减少 48.8 km^2 ，湖容量减少 115 亿 m^3 ，平均每年减少 3.5 亿 m^3 。

据估计，近 50 年来，湘、鄂、赣、皖、苏 5 省围垦湖泊的面积超过 12 000 km^2 。围垦的结果是湖泊离解，变小变浅，大湖变小，小湖消失。湖泊的萎缩和消失使蓄洪功能大为减弱。与往昔相比，现在湖泊的洪水位涨率要快得多，在同样来水情况下，最高湖水位比过去显著抬高，使湖区周边的防汛形势愈来愈严峻。

河道滩地是洪水季节或大洪水年的行洪空间,但不少河道滩地被人垦殖和设障。例如,在河滩上擅自围堤;种植成片阻水林木或芦苇等高杆植物;筑台建房;修筑高路基、高渠堤;建砖瓦厂、修船厂、拆船厂、桥梁、码头、临时仓库等;煤渣、垃圾随意堆积。黄河下游滩区曾一度被生产堤包围,致使一般洪水不能漫滩,滩地淤积速度减缓,而主槽淤积加重,形成“二级悬河”。人类与水争地行为减小了河道行洪断面,增大了水流阻力,影响了泄洪能力,加重了堤防的防洪压力。

3. 防洪工程标准低,病险多,抗洪能力弱

堤防和水库是对付常遇洪水的两大主要防洪工程设施。堤防是平原地区的防洪保护屏。目前全国已建江河堤防超过 27 万 km。虽经多年持续不断的建设,特别是 1998 年后的重点建设,使主要江河堤防的防洪标准有了提高,但从总体上看,我国江河的防洪标准依然偏低。黄河下游的防洪标准为 60 年一遇,长江中下游、淮河、海河、珠江、松花江、辽河、太湖等一般只能防御 10~20 年一遇的洪水。大江大河的防洪标准,在局部做出牺牲的情况下,也只有 50 年一遇。

我国的江河堤防,大部分是在历史老堤基础上逐渐加高培厚形成的。由于种种原因,堤防存在的问题有:堤身内存在如古河道、老口门、残留建筑物、虚土层、透水层等隐患;施工质量较差,部分堤段堤顶高程不足,压实质量达不到设计要求;生物破坏,如南方的白蚁,北方的獾、狐、鼠类,对堤防的破坏作用很大;堤龄老化,年久失修,堤体长期浸润,易产生液化、沉陷变形,而长期脱水则可能产生裂缝;堤基地质复杂,没有处理或处理不当;重要堤防没有进行渗流稳定分析和采取防渗、抗震措施;还有穿堤建筑物设计施工方面的问题等等。所有这些都严重影响堤防安全。

我国现已建成各类水库 8.5 万多座。其中不少水库是在 20 世纪 50 年代“大跃进”时期和 70 年代大搞农田基本建设时期建成的。据普查,全国大型水库中,病险库占 1/3,中小型水库比例更高。

4. 非工程防洪措施不完善,难以适应新时期防洪减灾的需求

非工程防洪措施是一种新的防洪减灾概念,其减灾效益可观,发展前景无量。我国引进非工程防洪措施观念相对发达国家较晚。从我国防洪减灾体系现状看,工程防洪措施与非工程防洪措施相较,前者较“硬”,后者较“软”。非工程防洪措施的防洪观念,尤其是其最本质的理念(即调整社会发展以适应洪水)尚未得到全社会的普遍认同。例如,洪水保险就难以像其他保险险种那样易被人们自愿接受和乐于参与。在 20 世纪 80 年代中期,曾仿照国外经验,尝试在淮河中游蓄滞洪区试行洪水保险计划,结果无功而返。

在非工程防洪措施中,现阶段我们所吸收的技术措施大多仅针对洪水,如建立水文气象测报系统、防汛通信系统、决策支持系统等。这些项目主要基于为已建重要防洪工程的运行、调度、管理和防护等服务而建设,同时还存在因起步较晚,投入不足,建设跟不上需要以及设备效能的进一步开发等问题。当前需要统一认识的是,非工程防洪措施的建设不仅是水利部门的事,而且是一项跨部门、跨行业、跨地区的工作,涉及许多学科技术的交叉融合,需要多方面专业人员的协同努力,需要各级政府都将其摆上议事日程、综合协调和分工

实施。

此外,治水法制不健全的现状也亟须改变。在社会主义市场经济条件下,用法律来规范、约束社会和个体行为尤为重要。值得注意的是,我国不少地方的群众法律意识淡漠,执法部门有法不依或执法不严现象依然存在。如水利工程和防洪设施时常遭到破坏,河道人为设障,任其下去,极易滋生甚至加重洪水灾害。

综合看来,我国现阶段的非工程防洪措施还不能适应新时期防洪减灾需求。主要问题是:思想认同和理论研究不够,资金投入不足,洪水保险机制未建立,法律法规不完善,执法管理有待加强,建设速度慢于经济发展,等等。

5. 蓄滞洪区安全建设不能满足需要,运用难度大

蓄滞洪区是江河防洪体系中不可或缺的组成部分。全国现有蓄滞洪区 97 处,居住人口 1 600 多万。为了解决蓄滞洪区内人员的分洪保安问题,国家虽对重要蓄滞洪区进行了安全建设,但由于人口增加和经济发展,蓄滞洪区内的安全设施远不能满足需要,已建成的安全救生设施仅能低标准解决少数群众的临时避洪问题,大部分人员需要在分洪时临时转移,这就意味着一些蓄滞洪区在实际运用时难度很大。就荆江分洪区而言,1954 年时区内只有 17 万人,分洪时只需搬迁 1 万人。2002 年荆江分洪区工农业总产值为 22.89 亿元,是 1954 年的 23 倍;年末人口为 55 万多人,是 1954 年的 3.3 倍。此外,大部分蓄滞洪区缺乏进洪设施,只得依靠临时爆破分洪,不能及时、足额分滞洪水。

1.2.3 洪水灾害的影响

洪水灾害对人类造成的损失和不利影响是多方面的,概括起来主要是对经济发展、生态环境、社会生活和国家事务四个方面的影响。

1. 洪水灾害对经济发展的影响

洪水一旦泛滥成灾,将给地区和国家经济发展带来巨大的破坏作用和消极影响。主要表现为:严重的洪涝灾害常常造成大面积农田受淹,粮、棉、油等作物和轻工原料严重减产,甚至绝收;铁路、公路的正常运输和行车安全受到威胁;各项市政建设和水利工程设施被毁坏;工厂、企业停产,机关、学校、医院、商店等单位关门,水、电、气、通信、道路等城市生命线告急,正常的生产、生活秩序被打乱;在抗洪抢险过程中,要投入大量人、财、物;洪泛区大量人员的转移及生活安排,以及灾后重建和恢复生产、生活,也将耗费巨资。此外,洪灾造成的影响和经济损失不只限于洪灾发生的地区,还可能影响到相邻地区甚至整个国家的经济稳定。

2. 洪水灾害对生态环境的影响

(1) 洪水对下垫面的影响

洪水引发的水土流失、泥石流等灾害使大量泥沙进入河道,沉积于河床,造成大多数河流河床有淤积抬高趋势,尤其是黄河及其支流河床逐年淤积抬高。据资料统计,黄河小北干流河床每年淤高 0.1 m,汾河河床每年淤高 0.1 m(据汾河末端柏底水文站资料记载,16 年间共淤高 1.65 m),与此相应汾河各支流河床也有逐年淤高的趋势,形成了

高水位、小流量、大成灾的局面。如“93·8”汾河下游暴雨洪水，直接经济损失达2亿元，柴庄水文站洪峰流量(1 140 m³/s)为6年一遇，而水位为110年一遇，行洪流速仅为0.45 m/s。从柴庄水文站1958年和1993年水位流量关系来看，在同一水位下1993年的流量比1958年的流量减少71%~88%，水位低时减幅更大，说明河床淤积更严重。若洪峰流量为1 100 m³/s时，1958年水位为404.77 m，1964年水位为404.97 m，1977年水位为405.55 m，1993年水位高达406.21 m，1993年水位比1958年水位抬高了1.44 m。在同一水位下，最近几年柴庄水文站过水断面面积明显减少，行洪能力降低，洪水过后土地严重沙化难以耕种。1996年8月4日太原西山遭受暴雨洪水袭击，洪水从前进路桥上游漫溢冲入迎泽西大街，车行道洪水深0.5 m，洪水过后迎泽西大街淤泥厚达1.0 m。此次暴雨，虎峪河店头水文站实测最大含沙量为324 kg/m³，平均输沙量149 kg/m³，输沙总量达49.3万t，虎峪河龙湾以上输沙量83.4万t，折合约49.1万m³，侵蚀模数达2.13万t/km²。暴雨洪水冲刷土壤，破坏植被，使生态系统遭到大扰动，打破了原有的平衡，生态环境进一步恶化；反过来生态环境的恶化，使产流条件发生变化，加剧了洪水灾害的发生。

(2)洪水对水环境的影响

洪水不仅造成严重的水土流失，而且对水质也产生较大的影响。据水文部门对水环境的监测，洪水期水质污染程度比平水期更严重。

泥沙是水流污染物的载体，附着在泥沙上的污染物滞留和堆积在水体内，降低了水体的自净能力，并形成新的污染源。

农村实行生产承包制以来，有机肥料施用量大幅度减少，化学肥料和农药的施用量迅速增长，同时土法炼焦、造纸、印染、电镀、化工、建材等企业周边环境造成严重污染。在暴雨洪水的作用下，地表径流携带大量泥沙、农药残留物以及工业废渣等污染物进入河流，使河道污染物总量增加。

(3)洪水对野生动植物的影响

洪水不仅影响动植物栖息地的环境，而且影响动植物的生存和繁衍，尤其是对濒临灭绝的动植物影响更大。1993年8月沁河上游发生暴雨洪水，沁河上游的鱼、螃蟹明显减少；1996年8月4日松溪河泉口水文站发生大洪水，洪峰流量达4 130 m³/s，为建站以来实测最大洪峰流量。洪水发生后，该河的水生物明显减少，甚至一些常见的鱼类已很难见到，鸟巢被暴雨洪水袭击，鸟的数量和种类也相应减少。

自然生态系统孕育了洪水，洪水反过来对自然生态系统产生巨大的影响。人类生存以及发展时刻受到洪水的威胁，人类活动对生态系统的破坏使洪水灾害更加频繁。因此，正确认识和深入研究洪水对生态环境的影响，使洪水和人类协调发展，和平共处，达到水资源持续利用，促进国民经济可持续发展。

3. 洪水灾害对社会生活的影响

洪水灾害对社会的影响是多方面的，最主要的是人口死亡、灾民流离、疫病蔓延与流行等。