

万
庆
等
著

洪水灾害

系统分析 评估



科学出版社

5-6.42558
109

洪水灾害系统分析与评估

万 庆 等 著

科 学 出 版 社

1999

· 00441

内 容 简 介

本书在分析和总结国内外有关洪水灾害研究成果和防灾减灾经验的基础上,对洪水灾害分析和评价方法进行了系统总结,并结合作者多年实际研究工作,介绍了国内近几年洪灾评估及减灾决策的研究成果。主要内容
包括:①以系统科学为指导,提出洪水灾害大系统的概念,分析了洪水灾害大系统的特征、结构;②建立了洪水灾害评估指标与方法体系;③阐述了洪水灾害自然特征的评估方法和社会特征分析方法;④论述了流域洪水灾害风险分析与评估方法;⑤对防洪减灾决策理论进行了系统总结,提出了多人多层次多目标评价方法的防洪方案最优决策模型。

本书可供从事灾害学研究、防灾减灾人员、遥感与GIS应用研究人员以及大专院校有关专业师生阅读、参考。

洪水灾害系统分析与评估

万 庆 等 著

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号
邮政编码:100717

源 海 印 刷 厂 印 刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1999年12月第 一 版 开本:787×1092 1/16

1999年12月第一次印刷 印张:12 3/4

印数:1~2500 字数:300 000

ISBN 7-03-008368-7/P·1203

定价:28.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈北燕〉)

序

防治洪涝灾害是一项复杂的系统工程。我国水利防洪工程的历史源远流长。但是,应用遥感监测和地理信息系统来分析和防治洪涝灾害,则是 20 世纪 80 年代以来的新进展。

“七五”期间(1986~1990 年),“江河洪水险情预警信息系统”被列为国家重大攻关项目,由中国科学院地理研究所资源与环境信息系统国家重点实验室(以下简称“实验室”)主持。该项目着眼于在已有特大暴雨预报的前提下,考虑河槽演变与地形边界条件的影响,建立遥感监测技术系统与行洪预测模型。当时以三门峡以下至济南黄河河段为试验区,组织航空遥感飞行,建立河槽演变、土地利用、历史洪灾数据库,出版了检索图集。在意大利世界实验室的资助和中国气象局、水利部黄河水利委员会的合作下,实验室由周成虎、刘高焕和毛承业等共同完成。

同时在洞庭湖区建立堤垸数据库,模拟和预测洞庭湖的历史演变与淤积过程、君山农场的淹没过程和安全撤离方案。这些成果受到加拿大国际发展研究中心的高度评价,在长沙召开了国际会议;我国专家应邀出席了马尼拉、渥太华的国际会议,介绍经验;联合国开发计划署组织亚太地区 11 国在曼谷开设培训班,中国专家应邀赴孟加拉示范。这些试验工作和软件设计,当时实验室是由吴炳方、夏福祥等人完成的。

“八五”期间(1991~1995 年),“重大自然灾害遥感监测评价”继续被列为国家重大攻关项目。该项目着眼于洪涝淹没范围及面积的遥感监测方法和技术集成,通过研究,提出了灾情评估区划类型及指标体系,对 1991 年江淮下游及太湖流域特大洪涝灾害作出了成功的监测与评估。太湖流域淹没面积和损失评估的精度有明显的提高,经受了严格的野外验证。这项由水利部、中国科学院遥感应用研究所牵头的集体成果,获得了国家科技进步二等奖,出版了系列研究报告。实验室主要是由何建邦负责,池天河、万庆等参加完成。

“九五”期间,“重大自然灾害监测与评估”再次被列为国家攻关计划的“重中之重”项目,而洪涝遥感监测也侧重于技术集成与应用,以雷达卫星和航空遥感快速反应系统为主体,多次在洞庭湖、鄱阳湖等地组织航空雷达全天候监测,为防洪救灾及时提供了重要信息源,出版了《'98 中国特大洪

灾遥感图集》。

经过连续三个五年计划的支持，研究人员前仆后继的努力，成绩是肯定的。我国在洪涝灾害遥感监测技术上取得了巨大的进步，社会效益和国际影响也十分显著，基本上已集成可运行的操作系统，纳入了国家防汛指挥业务系统之中。就科研部门而言，可以说完成了预期的任务，起到了探索、导向的作用。但是，洪水灾害评估系统研究，还有许多更深的工作要做，整个系统才能进一步完善。

第一，洪涝灾害和其他自然灾害一样，它的孕灾因素、成灾环境条件都十分复杂，而且地区差异很大。我国气象部门和水利部门在灾害预报方面所掌握和运用的理论、方法和技术装备，都是国际一流的，为我们防灾救灾作出了重大的贡献。尽管如此，灾情评估这一国际上的新题，至今还不能说已经彻底解决。1999 年底在第 133 次香山会议上，专家们指出，特大自然灾害往往具有频发、群发和相互诱发的特点，天文学的因素、地球动力学和地球气体排放、磁场变化、地热升降等往往交织在一起。而灾害损失评估更与人口密集程度、城市化水平、区域经济发展有关。针对自然灾害的诸多不确定因素和内在联系，会议呼吁不同行业与不同学科互相渗漏、广泛合作。

第二，虽然以遥感监测技术而论，卫星遥感的地面分辨率已明显提高，美国 IKNOSE 卫星达到 1 米，俄罗斯卫星达到 2 米，“奋进号”航天飞机航天摄影数据已覆盖全中国，遍及陆地的 70%，海洋水色卫星对水体的观测也取得新的突破；而且这些国际先进的遥感数据信息源，我国正在努力实现自主开发，气象、海洋、资源卫星等系列环境卫星已列入国家计划，并将与卫星数据传输、全球定位系统、因特网、同轴光缆传输等技术融合在一起。但是洪涝灾害监测技术系统的集成，仍亟须适应日新月异的信息技术的进步。建议在“十五”期间，继续努力，进一步发挥遥感卫星在减灾中的作用。

第三，从地理信息系统的角度而言，更是任重而道远。洪水灾害评估系统需要共建共享多层次的数据库群。除了监测和模拟洪水的淹没范围、水深、行洪过程之外，还需要掌握大量社会、经济统计数据，包括人口、居民地、房屋、道路、防汛排洪设施、材料等等。要有详细的地形数字模型 (DEM) 数据库作载体，知识模型库作分析。我国七大江河重点地段两岸的 1:1 万地形数据库已经完成。而用于灾害动态虚拟显示、灾害损失评估、防汛救灾方案、重建家园规划等知识库和模型库，目前刚刚起步。印度在防汛信息系统方面近年已有新的进展，值得我们学习和反思。

中国科学院地理研究所资源与环境信息系统国家重点实验室很重视灾害评估系统的研究实验工作，在初期的确是敢吃螃蟹的勇士，曾经起过引导、

示范的作用，受到了国家的肯定和国际的赞誉。但是，至今每年汛期，同志们还在 24 小时值班；工作方式方法的现代化程度、信息化水平都还不很高。“十五”期间尚需继续深入，研究洪水灾情评估的全过程。建立防灾、救灾的试运行系统，更充分地运用环境系列卫星高分辨率数据，完善地理信息系统，切实保障人民生命财产的安全，包括灾区风险评估、人居环境、生态经济问题，在全面贯彻可持续发展战略思想指导下再创辉煌。

本专著的编辑出版，回眸 15 年来经历三个五年计划期间的进步，作为 20 世纪的阶段性小结，将起到承先启后的作用。防洪救灾是几代人的公益事业，需要争取政府的支持和全社会的理解，特别需要呼吁各行各业青年科学家和工程师们的参与和合作。把有关洪涝灾害评估系统研究的框架内容和进展向公众作介绍，意义也是十分深远的。如果这部专著能够受到青年读者的青睐，引起不同行业和相关学科的关注，或提出批评，或给予启示，也可以说是又一种促进学术交流、发挥引导和示范作用的方式。

陈世英

1999 年 12 月

前 言

就灾害发生的时空范围、强度及其对人类生存与发展的威胁程度而言,洪水灾害居各种自然灾害之首。如何系统、快速地分析与评价洪水灾害,不仅是当代自然灾害学研究中的一个重大科学问题,也是与区域社会、经济、环境可持续发展密切相关的一项迫切的实践任务,因此受到国家的重视和全国人民的关注。

本书在分析和总结国内外有关洪水灾害的研究成果和防灾减灾经验的基础上,对洪水灾害分析和评价方法进行了系统的总结,并结合作者的研究工作,介绍了近年来的研究成果。本书内容主要包括以下几个方面:

(1) 以系统科学为指导,提出了洪水灾害复杂大系统的概念,分析了洪水灾害复杂大系统的特征、逻辑结构、层次结构、各子系统的相互关系、系统调控的目标与模式等,尝试建立洪水灾害分析与评价的理论框架。

(2) 建立了以地理信息科学与技术为基础的洪水灾害评估指标与方法体系,论述了该指标体系建立的原则、结构与特征,具体给出了洪灾自然特征与社会经济特征的评估指标,包括指标的定义描述、获取方法及表现形式。

(3) 阐述了洪水灾害自然特征评估方法,重点介绍了基于遥感技术的洪水灾害淹没范围的分析方法、基于地理信息系统技术的洪灾淹没水深和分布式洪水时空过程模拟方法。

(4) 阐述了洪水灾害社会特征分析方法,系统地总结和研究了洪水灾害主要承灾体的易损性分析模型,探讨了基于洪水过程的承灾体动态易损性概念与模型建立方法,给出了洪灾经济损失评估方法与模型,介绍了在信息不完备情况下的灾情评估方法。

(5) 结合洪灾自然特征和社会经济特征的评估方法,论述了流域洪水灾害风险分析与评估方法,并以辽河流域为例进行了实验研究。

(6) 对防洪减灾决策理论进行了系统的总结和研究,提出了基于多人多层次多目标评价方法的防洪方案的最优决策模型。

中国科学院地理研究所资源与环境信息系统国家重点实验室自成立以来,就致力于将遥感、地理信息系统等现代高科技理论、方法与技术应用于自然灾害的研究。“七五”期间,在第一届室主任陈述彭院士的领导下,承担“江河洪水险情预报信息系统”国家重大项目,开拓了我国洪水灾害遥感监测与灾情评估信息系统的研究;“八五”期间,在第二届室主任何建邦研究员的领导下,开展了“重大自然灾害遥感监测评价”研究,在技术方法上解决了洪水灾害遥感监测与受淹状况应急评估的问题,为“九五”期间业务化运行系统的建立奠定了坚实基础。“九五”期间,在第三届室主任周成虎研究员的领导下,实验室在承担国家“重中之重”项目“重大自然灾害监测与评估业务运行系统的建立”有关任务的同时,继续致力于洪水灾害分析与评估的基础性理论、方法的研究。此外,黄绚研究员、励惠国研究员、王劲峰研究员、刘高焕研究员,以及当年曾在

实验室工作的闫国年教授、吴炳方研究员、池天河研究员、夏福祥博士等人的出色工作，也为本书提供了精彩、丰富的资料。正是因为有了他们昨日的辛勤孕育，才使本书得以在今天与读者见面。因此，本书不仅是作者们的劳动成果，也凝聚了作者的师长和同事们的智慧和汗水，谨此致谢。本书作者的研究工作还得到了中国科学院遥感应用研究所研究员、国家“九五”攻关“重中之重”3S项目专家组组长田国良先生，北京大学教授、国际欧亚科学院院士承继成先生，国家卫星气象中心研究员、3S项目专家组成员方宗义先生，以及水利部遥感技术应用中心主任李纪人教授等专家学者的支持与帮助，在此一并表示感谢。

本书由万庆、周成虎研究员负责构思和总体框架设计，并组织博士后与博士研究生参加编写。执笔人员有：万庆（第一、二、五、七章），魏一鸣（第一、二、三、七章），陈德清（第三、四、五章），黄诗峰（第六章），武清源（第一、五、七章），杨存建（第四章），万洪涛（第四章），金菊良（第一、三章），金管生（第五章），最后由万庆统稿、成书。

在本书撰写过程中，尽管作者投入了相当大的精力，克服了不少困难，但受知识修养和理论水平所限，书中错误与疏漏之处在所难免，恳请学术前辈、专家以及同行学者不吝赐教！

目 录

序

前 言

第一章 绪 论	1
1.1 洪水与洪水灾害	1
1.2 洪水灾害的复杂性	3
1.3 洪水灾害研究进展	5
第二章 洪水灾害复杂大系统及其分析	21
2.1 引 言	21
2.2 系统分析的原理与方法	21
2.3 洪水灾害复杂大系统	22
2.4 洪水灾害的综合分析方法	27
第三章 洪水灾害评估指标与方法体系	34
3.1 问题的提出	34
3.2 指标体系建立的原则	34
3.3 指标体系的结构	35
3.4 洪水灾害评估指标与方法体系的概念	36
3.5 洪水灾害评估指标与方法体系的特征	37
3.6 洪水灾害自然特征指标集合	38
3.7 洪水灾害社会经济特征指标集合	41
第四章 洪水灾害自然特征分析方法与模型	45
4.1 洪水灾害自然特征的理解	45
4.2 洪水灾害淹没范围的遥感分析	48
4.3 基于 GIS 技术的洪水淹没水深计算	67
4.4 基于水力学模型的洪灾自然特征分析与评估	74
第五章 洪水灾害社会经济特征评估方法与模型	83
5.1 洪水灾害社会经济特征评估的基本原理	83
5.2 洪水灾害易损性分析	91
5.3 重点类型承灾体易损性分析模型的建立	93
5.4 动态易损性模型的初步研究	110
5.5 以人口为核心的洪灾影响与损失评估	117
第六章 洪水灾害风险分析与评估	142
6.1 风险与风险管理	142
6.2 洪水灾害风险分析的研究框架	143

6.3 洪水灾害风险区划——以辽河流域为例	148
第七章 减灾决策理论	163
7.1 问题的提出	163
7.2 减灾决策过程	163
7.3 减灾决策方法	165
7.4 防洪方案的最优决策模型	167
参考文献	

第一章 绪 论

1.1 洪水与洪水灾害

洪水(Flood)是一种高度复杂的自然现象,它与天文圈、大气圈、水圈、生物圈、人类圈和岩石圈都有密切的联系,是这五个圈层相互非线性作用和反馈的产物。目前对洪水尚没有统一的定义。《简明大不列颠百科全书》对“洪水”的定义是:“高水位期,河流漫溢天然堤或人工堤,淹没平时干燥的陆地。”《中国大百科全书·水文卷》定义“洪水”为“突然起涨的水流”;《中国水利百科全书》则定义“洪水”为“河流中在较短时间内发生的水位明显上升的大流量水流”。有学者认为洪水是一种峰高量大江河水位急剧上涨的水文现象,是自然环境系统变化的产物,其发生和发展受自然环境系统作用和制约;也有人认为在逐日平均流量过程线上,超过该年平均流量的时段称为洪水期,其流量称为洪水。《地理词典》中定义是:“河流涨水所形成的特大水流称为洪水。”《现代科学技术词典》(下册)中的定义是:“大水漫溢河流或其他水体的天然或人为界限或排水汇集于洼地所出现的情况称为洪水……”

《现代地理学辞典》中对“洪水”所给的定义是:“洪水是河流水位超过河滩地面溢流的现象的统称,常由出现洪水地区上游或当地的暴雨或融水所致。常以人定的某一有影响水位为标准,超过这一水位则被定义为洪水”。我们认为这种定义对洪水灾害的研究具有较强的可操作性和适应性。

洪水大小常以洪峰水位(洪峰流量)、洪水总量、洪水历时来描述,统称洪水三要素,洪水三要素越大则洪水越大。洪水大小也常用统计学方法以洪水三要素之一(常用洪峰流量或洪峰水位)出现的超过频率来表示。

洪水按成因和地理位置的不同,又常分为暴雨洪水、融雪洪水、冰凌洪水、山洪、溃坝(堤)洪水和海岸洪水(如风暴潮、海啸等)。就发生的范围、强度、频次、对人类的威胁性而言,中国大部分地区以暴雨洪水为主。中国主要暴雨地区河流最大流量的量级见表 1-1。从该表可见,一般量级的洪水在各地区的差异十分悬殊,而特大洪水量级的地区差异则相对较小。

表 1-1 中国主要暴雨地区河流最大流量的量级(单位: m^3/s)

流域面积(km^2)	世界记录	东北 地区	黄河	华北	淮河	长江	珠江	浙闽
100	4 800	4 500	3 000	4 500	4 500	2 400	2 800	2 500
10 000	40 000	30 000	25 000	30 000	35 000	32 000	35 000	35 000

洪水给人类正常生活、生产活动带来的损失与祸患称为洪水灾害(Flood Disaster)。洪水灾害是指通常所说的水灾和涝灾的总称。水灾一般是指因河流泛滥淹没田地所引起

的灾害;涝灾指的是因过量降雨而产生地面大面积积水或土地过湿使作物生长不良而减产的现象。人们常把地面积水称为明涝,把地面积水不明显而耕作层土壤过湿的现象称为渍涝。由于水灾和涝灾往往同时发生,有时也难于区分,我们把水涝灾害统称为洪水灾害,简称洪灾或水灾。

洪水灾害的孕育、发生、发展和消亡的演化过程受天体背景(如太阳活动、月球活动等)、气候、气象、海洋、水文、下垫面和人类活动等众多要素的作用、牵引和制约。从地学角度出发,根据洪水灾害形成的机理和成灾环境的区域特点,将洪水灾害分为以下几种类型(陈述彭、黄绚,1992):

(1)溃决型洪灾:泛指江河、湖海、堤防、塘坝等因自然或人为因素造成溃决而形成的洪水灾害,根据成因又可细分为河堤溃决、大坝溃决、冰坝溃决三种。它具有突发性强、来势凶猛、破坏力大的显著特点。例如,1975年8月上、中旬,河南驻马店、许昌、南阳等地普降特大暴雨,雨量之大、雨势之猛为国内外所少见,使汝河、沙颍河、唐白河三大水系各干支流河水猛涨,导致漫溢决堤,板桥、石漫滩水库大坝溃决,造成震惊中外的河南特大暴雨和洪水灾害,受灾人口达1 029万人,约有450万人被洪水围困,10万人当即被洪水卷走,淹没毁坏庄稼达1 788万亩,这是新中国成立以后仅次于1976年唐山大地震的第二大死亡灾难;1979年冬,新疆境内喀喇昆仑冰川向下游伸长,壅塞叶尔羌河上游,形成长20km、宽2km的临时冰坝,翌春冰坝消融、溃决,洪水下泄,形成水头高达20m的洪水。

(2)漫溢型洪灾:指洪水位高于堤防或大坝,水流漫溢、淹没低平的三角洲平原或山前的一些冲积、洪积扇区的现象。漫溢型洪水受地形的控制大,水流扩散速度较慢,洪灾损失与土地利用状况有关。洪泛平原与大江大河河口三角洲地区是漫溢型洪灾的多发地,我国的黄河、长江、淮河、海河、松花江、辽河、珠江和印度半岛的恒河、中南半岛的湄公河等泛滥平原与大河三角洲无一例外。

(3)内涝型洪灾:指地势低洼、紧依江河、仰承江河沿线湖群的水网地区内发生暴雨或洪水,由于区域排水不畅,造成大面积区域积水造成明涝,或由于长期积水,使区域地下水水位升高造成区域渍涝灾害的现象。内涝型洪灾多发生于湖群分布广泛的地区,如中国的洞庭湖堤垸区和太湖流域。1991年太湖洪涝灾害就是典型的内涝型洪灾。

(4)行蓄洪型洪灾:指山谷或平原水库以及河道干流两侧的行洪、蓄洪区(它们都是一种天然的洼地或人工湖泊)由于河道来水过大难以及时排出而被迫启用,导致人为的空间转移性的洪水灾害。从牺牲局部、确保重点地区安全的观点出发,以小的行洪、蓄洪区的淹没损失换取江河堤防的安全,是一种重要的防洪减灾手段。行蓄洪型洪灾是一种可控洪灾,通过洪水的优化调变和管理,达到最大的减灾效益。

(5)山洪型洪灾:泛指发生于山区河流中暴涨暴落的突发性洪水灾害。它影响范围较小,但由于山区地势起伏大,具有洪流速度快、冲刷力强、历时短暂、挟带泥石多、来势凶猛、破坏力巨大等特点,常伴生泥石流灾害,是一种危害极大的山地自然灾害。据估计,平常年份因洪灾死亡的人数中,有80%是由山洪造成的。山洪的发生,有暴雨、融雪、冰川消融等多种因素,其中以暴雨山洪最为多见。由于山洪的突然暴发并常在夜间发生,因而更具威胁性。

(6)风暴潮型洪灾:指台风或热带气旋伴随着大风暴雨登临海岸上空并引发海岸洪水,造成堤岸决口、海潮入侵或受高潮影响和潮水顶托、海水倒灌,导致河水漫溢、泛滥的

灾害。中国海岸线长 18 000 余公里,多风暴潮型洪灾,台风每年平均在沿海登陆 9 次。在渤海湾与黄海沿岸北部,春、秋过渡季节有寒潮大风,均可引发风暴潮。1992 年特大风暴潮袭击南起福建北至辽宁长达几万公里海岸,受灾人口达 200 多万人,直接经济损失约占当年洪灾总损失的四分之一。在风暴潮洪灾中以溃决型最为严重,1895 年 4 月风暴潮袭击渤海湾,大沽口建筑物几乎全毁,整个地区成为泽国,死亡 2 000 多人。太平洋、印度洋、大西洋沿岸国家的港湾,也深受风暴潮型洪灾的影响。例如,1970 年 11 月孟加拉湾风暴潮,夺去 30 万人生命,使 100 万人无家可归;1972 年 6 月飓风使美国佛罗里达州及东部各州死 122 人,损失 14.7 亿美元。

(7)海啸型洪灾:指海底地震或近海域火山爆发,使海洋水体扰动引起重力波,波速可达 500~700km/h,在近海岸或海湾波峰拥高可达 20~30m,由此产生洪灾。

(8)城市洪灾:泛指城市地区的洪水灾害。城市具有独特的地表形态和性质,如不透水地面积大,有天然的和人工的地下管网两套排水系统,导致地面径流系数大,汇流速度快、时间短、下渗少。我国现有 100 多座大中城市处于洪水水位之下,其安全受到严重威胁。图 1-1 是洪水灾害分类的层次结构图。

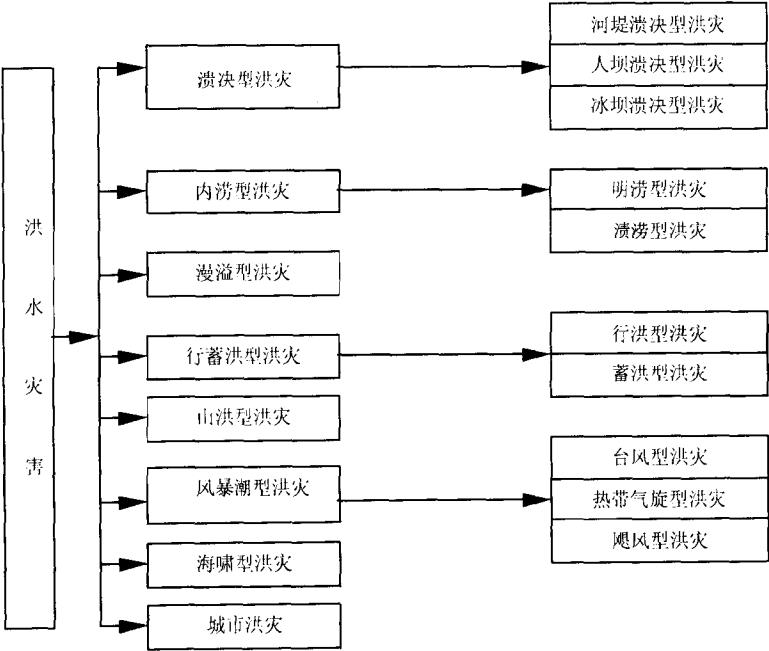


图 1-1 洪水灾害分类层次结构示意图

1.2 洪水灾害的复杂性

我国洪水灾害在空间上既具有普遍性,又具有区域性;在时间上既表现无序的非稳定性,又存在有序的韵律性、周期性。大量研究表明,洪水灾害具有不均匀性、差异性、多样性、突发性、随机性与可预测性、规律性等特点。

1.2.1 不均匀性与差异性

首先是空间分布方面的不均匀性和差异性,这是因为我国洪水灾害以暴雨成因为主,而暴雨的形成和地区关系密切。我国暴雨主要产生于青藏高原和东部平原之间的第二阶梯地带,特别是第二阶梯与第三阶梯(东部平原区)的交界区,成为中国特大暴雨的主要分布地带。降雨汇入河道,则形成位于江河下游的东部地区的洪水。因此,我国暴雨洪水灾害主要分布于 24 小时 50mm 降雨等值线以东,即燕山、太行山、伏牛山、武陵山和苗岭以东地区。这表明形成洪水的自然条件,在区域上表现出了不均匀性和差异性;另一方面,由于我国的东南地区又是经济发达和人口稠密地区,因此,以上两个方面的结合形成了洪水灾害的空间分布的不均匀性和差异性。

历史文献记录和近年统计资料也表明,我国山洪灾害在空间分布上也明显地呈现不均匀性和差异性,中部山区和东南部山区山洪危害最大,西北山区和青藏山区山洪危害则比较小。

其次,在时间分布上,洪水灾害也具有不均匀性和显著的差异性。这是因为我国地处欧亚大陆的东南部,东临太平洋,西部深入亚洲内陆,地势西高东低,呈三级阶梯状;南北则跨热带、亚热带和温带三个气候带,最基本、最突出的气候特征是大陆性季风气候。因此,降雨具有明显的季节变化,从而导致洪水灾害的时间差异和不均匀性特点。受季风活动的影响,我国洪水灾害发生的时间不均匀性和差异性主要表现在:

(1)春夏之交,我国华南地区暴雨开始增多,洪水发生概率随之增大。受其影响,珠江流域的东江、北江在 5、6 月易发生洪水,西江则迟至 6 月中旬至 7 月中旬。

(2)6、7 月间主雨带北移,受其影响,长江流域易发生洪水。

(3)7 月至 10 月是四川盆地各水系和汉江流域的洪水发生期。

(4)8 月到 9 月是松花江流域的洪水发生期。

另外,由于台风的影响,6 月至 9 月为浙江和福建洪水灾害的发生期。

1.2.2 多样性

我国地域辽阔,自然环境差异极大,具有产生多种类型洪水和严重洪水灾害的自然条件和社会经济条件,因此洪水灾害的种类多样。具体表现在:

(1)我国地貌组成中,山地、丘陵和高原约占国土总面积的 70%,山区洪水分布很广,并且发生频率很高。

(2)我国平原区,尤其是七大江河下游和滨海河流地区是我国洪水灾害最严重地区。

(3)我国海岸线长达 18 000 多公里,当江河洪峰入海时,如与天文大潮遭遇,将形成大洪水,这对长江、钱塘江和珠江河口区威胁极大。

(4)风暴潮带来的暴雨洪水灾害也主要威胁沿海地区。

(5)我国北方的一些河流,有时发生冰凌洪水。

(6)在干旱的西北地区,例如西藏、新疆、甘肃和青海等地存在融雪和融冰洪水。

1.2.3 随机性与可预测性

洪水灾害的随机性源自于洪水灾害的多样性、差异性及模糊性。由于地貌、气象、下

垫面状况的随机性,导致天然河流中洪水过程和洪峰流量的不确定性。对于暴雨补给的河流,洪水过程和洪峰流量取决于降雨的分布和雨量、降雨区域的植被情况及暴雨区至坝址的距离等,而这些都是难以预测的,是随机的。对于融雪和暴雨共同补给的河流,又与气温、暴雨时间和空间位置有关,而这些因素同样是随机的。河道的洪水过程是一个随机过程,洪峰流量是随机变量,一般是用频率分析方法求得各种大小洪峰流量出现的可能性或出现的频率。而防洪工程的设计洪水标准就是选取某一频率(或重现期)的洪峰流量而得到的,当超标准的洪水发生时就有可能造成洪水灾害。因此,洪水灾害的不确定性主要是水文的不确定性,而水文的不确定性也包括两方面:河道水流洪峰流量的不确定性和洪水过程的不确定性,后者主要表现在洪峰位置和洪量的不确定性方面。

洪水灾害的可预测性是指洪水灾害发生发展的过程是具有规律性的,并且是可以预测的,只是由于人类目前对洪水灾害还不完全了解,不能准确把握一切时刻,一切地区各种洪水灾害的形成与发展过程,某些或某一地区洪水灾害的发生对人类而言具有随机性。洪水灾害的随机性与可预测性是相对于人类的认识水平而言的,如果人类的科学技术已经发展到了这样的水平,即对于各种洪水灾害的成因、机制与过程都彻底了解,则可及时对各次洪水灾害事件作出及时的预报。因此,为了实现对洪水灾害的预报,必须深入开展洪水灾害成因、成灾规律与机制的研究。

1.2.4 突变性与规律性

洪水是造成洪水灾害的直接原因。然而,作为自然现象的洪水,它的出现并不以人的意志为转移,具有相当的突发性。因此,洪水灾害也在一定程度上,在一定的尺度内,表现了突变性。另一方面,从历史资料的统计来看,中国洪水灾害也具有其规律性,近 70 年来,中国发生了多次特大洪水,它们都能够在历史上找到与其成因及其分布极为相似的特大洪水。因此,洪水灾害不但具有突发性,而且具有规律性。

1.2.5 自然属性与社会属性

洪水灾害的致灾因子、孕灾环境主要表现为自然属性,而承灾体、灾情活动则主要表现为社会属性。

1.3 洪水灾害研究进展

虽然人类自诞生的那一刻起即承受着洪水灾害带来的痛苦,但对洪灾进行的历史还很短。在纪元前的漫长年代里,由于蒙昧无知,人类将洪灾视为神灵的产物,认为它是无法抗拒的,只能任其泛滥。进入纪元时代后,人类对洪灾已不是十分迷信和盲目惧怕,开始进行一些观察、描述和记载,但还谈不上研究。只是到了工业革命以后,人类对自然的“兴趣”大增,开始主动地认识和研究洪灾。进入 20 世纪后,随着科学技术的进步和洪灾损失的严重化,人类对洪灾损失的研究也越来越多,越来越深入。20 世纪 60 年代以前,世界各国只注重防洪的工程措施。通过防洪工程把沿主河道的大洪水转移为沿次要支流的小规模洪水。由于有众多的城市在蓄滞洪区内发展起来,出现了年平均洪灾损失持续上升的现象。同时,一些防洪工程的费用大大超过了防洪工程减灾的效益,过分地强

调防洪的工程措施,曲解了经济力量的正常作用。于是,60年代后,世界各国在防洪规划上同时采用工程措施和非工程措施相结合,全面考虑从各种防洪方案中选择最优方案的经济评价方法,注重了对洪灾损失评估方法的研究,提出了多种评估方法。随着“国际减灾十年”活动的开展,世界各国对洪水灾害的研究达到了高潮。

1.3.1 洪水灾害理论研究

国内外大量灾害研究的文献中,虽然很多文献阐述的是某一灾害事件、某个区域或某个时期灾害的状况,然而也有不少文献深入地研究了减灾的理论问题。可将它们归纳为四种,即灾害理论研究中的致灾因子论、孕灾环境论、承灾体论以及区域灾害系统论。

1.3.1.1 致灾因子论

持致灾因子论的有关研究者认为,灾害的形成是致灾因子对承灾体作用的结果,没有致灾因子就没有灾害。致灾因子论的主要内容包括:对致灾因子的分类,一般的体系是首先划分成自然致灾因子与人为致灾因子。根据致灾因子产生的环境进一步划分为大气圈、水圈所产生的致灾因子——台风、暴雨、风暴潮、海啸、洪水等;岩石圈所产生的致灾因子——地震、火山、滑坡、崩塌、泥石流等;以及生物圈所产生的致灾因子——病害、虫害等。对人为致灾因子的分类,目前还没有一个较为完善的体系,但一般可以划分为技术事故致灾因子——空难、海难、陆上交通事故等;危险品爆炸、核事故;计算机病毒;管理失误致灾因子——城市火灾、各种医疗事故等;国际或区域性政治冲突致灾因子——战争、动乱等。致灾因子论在对致灾因子分类的基础上,着重研究致灾因子产生的机制及其风险评估,目前研究最为深入的是地震机制及其风险评估,即对地球岩石圈的力学机制的宏观与微观尺度的系统分析,以及对大量地震灾害案例的整理与分析,其目的在于突破地震短期预报以及地震风险评估在建筑设计中的应用。伴随地震机制的深入分析,近年对滑坡、泥石流、崩塌等块体运动机制也进行了理论总结,并进一步在生产实践中开展了小区风险区划。另一研究较多的是洪水灾害机制及其风险评估,即对洪水水动力学机制以及洪水预报模型的研究,其中对洪水预报模型的研究有了重大突破,即由于各种大气观测技术的发展——气象卫星技术、气象雷达技术,以及对空间观测信息处理技术的发展——地理信息系统技术、非线性水文动力学模型的发展,使对洪水过程的监测能力大大增加,进而提高了洪水预报信息的完备程度,促进了洪水预报模型的改善,并在此基础上完成了大量流域低洼地区的洪水风险区划。伴随对洪水机制的研究,近年对干旱机制从水文学方面及资源利用方面进行了分析,使人们逐渐认识到干旱常是人类利用水资源不当的结果。由此可以认为,致灾因子论的主要内容是致灾因子分类、致灾因子形成机制和致灾因子的风险评价,其实践的目的在于提高致灾因子的预报准确率,以及为工程建设提供技术参数。

1.3.1.2 孕灾环境论

孕灾环境包括产生灾害的自然环境和人为环境。持孕灾环境论的有关研究者认为,近年来灾害发生频繁,灾害损失与日俱增,其原因与区域及全球环境变化有密切关系,其中最为主要的是气候与地表覆盖的变化,以及物质文化环境的变化。由于不同的致灾因子产生于不同的环境系统,因此,在对孕灾环境进行深入分析时,常常从地球系统的不同

圈层变化进行分析。全球变暖对地球上许多地区的灾害发生频率增加,冰缘地区由于增温使季节性冻土分布范围改变,进而导致滑坡与泥石流的发生频率增加;干旱地区相对湿度下降,干旱灾害的范围扩大且相对强度增加,发生频率也明显增加;由于增温作用,使农作物以及森林与牧草病虫害的分布范围有所改变,结果导致病虫害分布区域的扩大,空间分布规律改变;从环境演变的长期趋势分析,区域各种自然灾害的组合、灾害链将发生变化,导致区域自然灾害的空间分布规律、灾情发生变化。孕灾环境论的主要内容包括区域环境演变时空分布规律的重建,编制不同空间尺度的自然环境动态图件。在这些图件基础上,建立环境变化与各种致灾因子时空分布规律的关系,即建立渐变过程与突变过程的相互联系,从而寻找在不同环境演变特征时期,区域自然灾害空间分布规律,进而结合区域承灾体的变化,对未来灾情进行评估。对于中、长时间尺度环境演变与自然灾害的关系,往往由于空间尺度越小,其评估的结果与实际情况相差越大,近年来这个学派充分应用现代遥感技术以及地面观测网络(气象、水文、地震等观测站),通过监测各种自然致灾因子圈层某些特征的变化,进而通过模型预测洪涝灾害、雪灾以及旱灾的发展。在对区域环境演变与自然灾害关系研究的基础上,考虑各种致灾因子与承灾体之间的关系,从而按不同的时空尺度评定环境演变引起自然灾害的临界值,以此评定区域自然灾害的状况。孕灾环境论的主要研究成果多是从研究环境恶化——土地退化、森林枯竭、生物多样性破坏、水土流失、沙漠化、地面沉降、海水入侵等基础上,得以逐渐发展而形成一种解释区域灾害的理论体系。孕灾环境论的主要理论是区域环境稳定性与自然灾害时空分布规律;环境演变引起自然灾害的临界值评定;特征时段自然灾害分布模式相似性重建等,其实践的的目的是为区域制定减灾规划提供依据。

1.3.1.3 承灾体论

承灾体就是各种致灾因子作用的对象,是人类及其活动所在的社会与各种资源的集合。其中,人类既是承灾体,又是致灾因子。承灾体的划分有多种体系,一般先划分人类、财产与自然资源两大类,然后再逐步细分。持承灾体论的有关研究者认为,没有承灾体就没有灾害,他们研究的重点主要集中于承灾体(人类社会)面对灾害事件表现出来的脆弱性,即承灾体的易损性。

1.3.1.4 区域灾害系统论

由以上所述可以看出,致灾因子、孕灾环境与承灾体的相互作用都对最终灾情的时空分布、程度大小造成影响。灾害形成就是承灾体不能适应环境演变的结果。所以,在灾情形成过程中,致灾因子、孕灾环境与承灾体缺一不可。上述三种灾害理论都有其突出的特点,即强调主导因素而忽视次要因素,因而都有其片面性。对于区域灾情的发展来说,这三种因素在不同时空条件下对灾情形成的作用会发生改变。灾害是地球表层变异过程的产物,是致灾因子、孕灾环境与承灾体综合作用的结果。

有关学者在研究大量区域灾害案例的基础上系统地进行了理论总结,相继出版了两本影响广泛的专著。一本是由美国学者 Burton, Kates, White 三人合著的《作为灾害之源的环境》(The Environment as Hazard), 1978 年首次发行, 1994 年进行了修改, 即第二版。这是以美国著名地理学者 Gibert White 在 1945 年发表的“人类对洪水的适应”(Hu-