



云南财贸学院 学术著作丛书
Series of Academic Works of YNUTE

云南财贸学院学术著作出版基金资助

洪水灾害风险管理 与保险研究

秦德智 著

石油工业出版社

云南财贸学院学术著作出版基金资助

洪水灾害风险管理与保险研究

秦德智 著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书以风险管理理论为指导,从分析洪水灾害的成因及其对人类社会经济的影响、洪水灾害风险管理与保险的基本概念与定义等方面入手,进行了洪水灾害危险性、易损性分析及损失估算的讨论和分析,研究了洪水灾害人类自身的易损性及损失估算方法,给出了因洪灾死亡的生命价值估算的意愿调查法,提出了洪水灾害损失等级模糊评价的新方法,并进行了实例验证。运用分形理论对长江流域水灾受灾面积的时序预报进行研究。运用经济学原理分析和研究了洪水灾害风险管理的非工程措施,提出了洪泛区分区分类采用生态修复型、规模经营型、一般防洪区的管理模式。同时根据保险学原理运用效用理论分析和研究了洪水风险转移——洪水灾害保险中的一些问题,并提出了解决对策;运用经济学供需理论分析和研究了洪水灾害保险市场及保费率确定方法,进而提出了建立我国洪水灾害保险制度的基本框架。

本书适合于从事灾害风险管理的研究人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

洪水灾害风险管理及保险研究/秦德智著.

北京:石油工业出版社,2004.6

ISBN 7-5021-4682-2

I. 洪…

II. 秦…

III. 水渍险—研究

IV. F840.64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 049732 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址:www.petropub.com.cn

总 机:(010) 64262233 发行部:(010) 64210392

经 销:全国新华书店

印 刷:石油工业出版社印刷厂印刷

2004 年 6 月第 1 版 2004 年 6 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本:1/16 印张:8.25

字数:211 千字 印数:1—1000 册

书号:ISBN 7-5021-4682-2/X·23

定价:25.00 元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

目 录

1 绪论	(1)
1.1 选题的背景及意义	(1)
1.2 国内外研究现状	(2)
1.2.1 洪水灾害危险性分析	(2)
1.2.2 洪水灾害易损性分析	(5)
1.2.3 洪水灾害评估研究	(7)
1.2.4 洪水灾害保险	(9)
1.2.5 存在的不足	(12)
1.3 国内外洪水灾害风险管理与保险的现状	(12)
1.3.1 美国	(12)
1.3.2 德国	(15)
1.3.3 法国	(16)
1.3.4 荷兰	(17)
1.3.5 印度	(17)
1.3.6 日本	(18)
1.3.7 中国	(19)
2 洪水灾害风险管理基本概念探讨	(22)
2.1 洪水与洪水灾害	(22)
2.2 洪水灾害的成因分析	(23)
2.2.1 自然因素	(23)
2.2.2 社会经济因素和人为因素	(24)
2.3 洪水灾害对人类社会、经济、环境的影响分析	(27)
2.3.1 经济方面	(27)
2.3.2 社会方面	(28)
2.3.3 生态环境方面	(29)
2.3.4 政治方面	(29)
2.4 洪水灾害风险管理与洪水灾害保险	(29)
2.4.1 洪水灾害风险	(29)
2.4.2 洪水灾害风险管理	(32)
2.4.3 洪水灾害保险	(33)
3 洪水灾害危险性分析	(35)
3.1 洪水频率分析	(35)
3.1.1 洪水系列的选择	(35)
3.1.2 洪水频率分析的一般方法	(36)
3.1.3 洪水频率分析的期望概率方法	(43)
3.2 洪水风险图	(46)

3.2.1	洪水风险图的作用分析·····	(46)
3.2.2	洪水风险图的编制方法分析·····	(47)
3.2.3	洪水风险图的编制·····	(47)
4	洪水灾害损失分析及灾情评估、预测研究·····	(49)
4.1	洪水灾害易损性分析·····	(49)
4.1.1	洪水灾害承灾体的分类及致损因素分析·····	(49)
4.1.2	洪水灾害承灾体易损性特征描述方法·····	(50)
4.1.3	重点类型承灾体易损性分析·····	(51)
4.1.4	人类自身易损性分析·····	(55)
4.2	洪水灾害损失估算·····	(57)
4.2.1	洪灾损失面上综合估算·····	(57)
4.2.2	重点类型承灾体洪灾损失估算·····	(58)
4.3	洪水灾害灾情评估的模糊评价方法研究·····	(61)
4.3.1	水灾损失等级模糊识别的理论及方法·····	(61)
4.3.2	长江流域水灾损失等级的模糊识别·····	(62)
4.3.3	湖北省分地区水灾损失等级的模糊识别·····	(64)
4.4	长江流域水灾面积的时序预报研究·····	(66)
4.4.1	问题的提出·····	(66)
4.4.2	关联维数的计算·····	(67)
4.4.3	长江流域水灾受灾面积可预报时间讨论·····	(69)
5	洪水灾害风险管理——工程与非工程措施·····	(70)
5.1	洪水灾害风险控制——工程措施·····	(70)
5.1.1	防洪规划与防洪标准·····	(70)
5.1.2	防洪工程体系建设是洪水风险控制的重要手段·····	(71)
5.2	洪水灾害风险管理——非工程措施·····	(73)
5.2.1	非工程措施与工程措施的比较·····	(73)
5.2.2	防洪减灾非工程措施·····	(74)
5.2.3	防洪基金·····	(77)
5.3	防洪减灾法律对策研究·····	(79)
5.3.1	防洪减灾法律方面存在的问题·····	(79)
5.3.2	防洪减灾立法的对策分析·····	(80)
5.3.3	防洪减灾法的实施对策分析·····	(82)
5.3.4	防洪减灾法律意识的对策分析·····	(83)
5.4	防洪救灾、减灾制度建设探讨·····	(83)
5.4.1	防洪救灾、减灾制度的经济学分析·····	(83)
5.4.2	我国现行救灾、减灾体制的特点及其弊端剖析·····	(84)
5.4.3	建立政府、社会、保险分工协作的防洪救灾、减灾新机制·····	(85)
5.5	流域管理·····	(87)
5.5.1	我国流域管理的现状及存在的问题·····	(87)
5.5.2	流域管理的经济利益机制分析·····	(88)

5.5.3 流域管理体制研究·····	(91)
5.6 洪水灾害风险管理运用空间信息技术的探讨·····	(94)
6 洪水灾害风险转移——洪水灾害保险·····	(97)
6.1 洪水灾害保险风险与效用分析·····	(97)
6.1.1 期望效用与洪水灾害保险保费分析·····	(97)
6.1.2 洪水灾害保险的道德风险分析与对策·····	(99)
6.1.3 洪水灾害保险的逆选择分析与对策·····	(102)
6.1.4 洪水灾害保险的委托代理理论分析·····	(103)
6.2 洪水灾害保险的市场分析·····	(104)
6.2.1 洪水灾害保险需求·····	(104)
6.2.2 洪水灾害保险供给·····	(105)
6.3 洪水灾害保险费率的确定·····	(108)
6.4 建立我国洪水灾害保险制度的框架设计·····	(108)
6.4.1 确立洪水灾害保险为政策性保险的地位、建立国家及流域洪水灾害 保险局·····	(108)
6.4.2 洪水灾害保险应分区域实行自动附加为主自愿附加为辅的投保方式·····	(109)
6.4.3 加速洪水灾害保险准备金积累、建立完善的再保险体系·····	(110)
6.4.4 洪水灾害保险要走法制保险的道路·····	(111)
6.5 关于巨灾保险证券化的一点讨论·····	(111)
6.5.1 巨灾保险期权·····	(111)
6.5.2 巨灾保险债券·····	(112)
参考文献·····	(114)

1 绪论

1.1 选题的背景及意义

自然灾害对人类生活和社会发展的危害,古往今来,断续不绝。随着世界人口的剧增,人类的社会经济活动的增强,各项建设工程的密集发展,一方面加速了自然环境的退化,另一方面增大了社会和财产易损性,导致各种自然灾害的成灾强度日趋严重^[1-2]。因此,自然灾害正在以前所未有的速度吞噬着人类社会创造和积累的宝贵财富。20世纪全球因灾死亡62956275人和经济损失9107.88亿美元,其中因洪灾死亡7451484人,占11.836%,经济损失2964亿美元,占32.548%^[3]。全球重大自然灾害频率和损失费用还在持续增长,水灾损失仍在增加,尤其是在发展中国家,这种趋向更为显著^[4]。

我国是世界上自然灾害最严重的少数国家之一,灾害种类多、频度高、强度大、连发性强、影响面广、损失重^[5]。建国以来,仅气象、洪水、海洋、地质、地震、农、林等七大类突发性自然灾害,平均每年造成近2~3万人死亡,直接经济损失高达国家财政收入的 $\frac{1}{4} \sim \frac{1}{3}$,相当建国以来用于基本建设方面的年平均投资。而且,随着社会经济的发展和人类活动的增强,自然灾害损失的增长速度超过了经济增长速度,20世纪70年代为254亿元,80年代为409亿元,90年代中后期每年因灾损失已超过2000亿元,累计直接经济损失约30000亿元,间接损失更大^[5],呈明显增长趋势。在各种自然灾害的直接经济损失中洪水灾害损失约占57%,死于灾害的人数中洪水灾害约占40%^[6]。

自古以来,我国就是一个洪水灾害频繁而严重的国家。据不完全统计,从公元前206年到1949年共2155年间,我国发生过较大水灾1092次,大约每2年就发生1次^[7]。据1950~1990年统计,我国受洪涝灾害的农田面积平均每年842.5万 hm^2 。严重雨涝年份,农田受灾面积可达1300万 hm^2 以上。1954年大洪水,全国受灾面积达1600万 hm^2 ,其中仅长江流域就有317万 hm^2 耕地被淹没,3.3万人丧生。1963年全国洪水受灾面积达1400万 hm^2 ,其中仅海河流域就有407万 hm^2 受灾,减产粮食30多亿 kg ,倒塌房屋1450万间^[8]。1998年夏季长江和松花江、嫩江发生的洪灾造成的直接经济损失就高达2551亿元,685万间民房倒塌,2229万 hm^2 的农作物受灾,4150人丧生,2.4亿人遭受不同程度的经济损失^[9]。这些惊人的数字说明,减灾已是国家经济增长需要考虑的重大问题。灾害损失增长速率已接近或超过经济发展的速率。灾害损失和经济成正比发展的趋势,说明社会经济积累的总增长和物价因素,对灾害损失的影响是基本的。同时也说明我们的经济发展尚未形成对灾害的正反馈关系,我国的减灾工作尚处于初级阶段。今后,“我们将继续坚持经济建设同减灾一起抓的指导思想,把减灾纳入国民经济和社会发展的总体规划中去;继续贯彻以防为主、防抗救相结合的基本方针,增加投入,加强防灾建设,提高抵御自然灾害的能力”^[10]。因而江河整治仍是维护社会发展的一个主要方面。目前,我国 $\frac{1}{10}$ 的国土面积、5亿人口、5亿亩耕地、100多座大中城市、全国70%的工农业总产值受到洪水灾害的威胁^[11]。

20世纪的防洪是以控制洪水(flood control)为主要目标,进行了大规模防洪工程体系建设。新世纪之初,我国正处于计划经济向市场经济转轨,农业社会向现代社会过渡,水利作为国民经济的基础产业日益受到重视^[12],同时从“洪水控制”到“洪水管理”(flood

management) 已成为当代社会防洪战略转移的重要标志, 其特点是综合运用工程、法律、行政、经济、技术、教育等手段, 形成更完善的防洪安全保障体系, 以达到防洪减灾、促进社会经济可持续发展的目的^[13]。

人类谋求生活的提高, 努力推动社会的发展。防洪减灾本质上是人类对自己的社会经济活动与大自然物质系统能量之间关系的一种协调和处理^[14]。既包括对自然的改造和索取, 也包括主动适应自然适时调整自己的行为。因此, 我们必须进一步认识“加正”与“减负”的辩证关系^[15], 建立工程措施和非工程措施密切结合的防御体系, 达到防洪减灾的最佳经济效益。工程措施由于在防洪减灾中的显著效益, 一直受到人们的青睐。尤其是进入近现代以来, 各国不遗余力地修建防洪减灾工程, 提高防洪标准, 希望能够避免洪水灾害。但是投入巨资修建防洪工程, 却难以遏制洪水灾害发生频率增加, 损失持续上升的趋势。因此, 非工程防洪措施便越来越被人们所重视, 世界各国开始通过一系列法规, 确立以洪水灾害保险、防洪风险管理等非工程措施来防洪减灾的政策。实践证明, 洪水灾害风险管理对社会可持续发展具有重要意义。不仅能消极地承担风险, 而且还能积极地防止和控制风险, 既能减少风险损失, 又能为风险损失提供补偿, 从而促进社会资源的合理流动, 提高社会资源的利用效率, 有利于经济的稳步发展。

风险、风险管理与保险有着密切的关系, 风险是保险产生和存在的前提; 风险的发展是保险发展的客观依据; 保险是风险管理中传统有效的风险财务转移手段; 保险发展与风险管理发展相互促进^[16]。洪水灾害保险是防洪减灾风险管理的重要手段, 它虽不能减少损失的具体值, 却可以佳部分地区一次性遭受的重大自然灾害损失在较大范围和较长时间内进行分摊。在遭受大洪灾造成巨大损失时, 被保险人可以得到较多的保险赔偿, 以便在重建家园、恢复经济时有足够的资金。洪水灾害保险不仅能减轻国家救灾的负担, 增强灾民恢复生命的能力, 而且可以作为一种杠杆, 限制洪泛区的过度开发。

我国是一个发展中的人口大国, 防洪减灾任务复杂而艰巨, 迫切需要科学而又适合中国国情的治水理论的指导。现实表明, 简单照搬佳国的先进经验并不能解决好中国的防洪问题。因此, 开展洪水灾害风险管理与保险问题研究, 对洪水风险特性作更为深入、细致的分析, 全面加强洪水风险管理, 提供全方位的防洪安全保障, 对实现社会、经济、环境的可持续发展具有十分重要的意义。

1.2 国内外研究现状

近几十年来, 随着防洪减灾工作的日臻完善和成熟, 洪水灾害风险管理研究也不断地由定性描述向定量分析深入, 研究工作无论从深度上还是从广度上都有了较大的进展, 并取得了较为丰硕的成果。纵观其研究对象和重点, 洪水灾害风险管理的研究包括以下几个方面。

1.2.1 洪水灾害危险性分析

洪水灾害的危险性分析就是在洪水灾害系统观点的框架下, 从风险诱发因素出发, 研究受洪水威胁地区可佳遭受洪水影响的强度和频度。洪水风险并不是洪水本身, 而是洪水这一随机事件的发生, 给人的利益可能造成的损害。至今己有许多学者对其进行了大量研究, 美国水文学者^[17]在 19 世纪后期开始探讨越过风险率来研究洪水发生过程的统计特征, Herschel 和 Rafter 首先应用了频率曲线 (当时称为历时曲线)。1896 年, Horton 把频率分析法

用于径流研究中,多为正态分布的应用。到了1913~1914年,Fuller和Hazen相继发表论文,叙述频率方法的应用。Hazen提出用纵坐标为对数分格的概率格纸,于1921年开始在这种格纸上图解适线,这是对数正态分布的最早应用。1921年,Hall设想用皮尔逊曲线族来配适水文资料。1924年,Foster提出了应用皮尔逊Ⅲ(P-Ⅲ)型曲线的方法,并制成了离均系数 Φ 值表,给频率计算带来了方便,并得到广泛应用。我国最早的研究始于20世纪30年代初期。1933年,周镇伦应用正态分布和P-Ⅲ型分布对美国雨量资料作了计算^[18]。1937年,陈椿庭把我国长江、黄河、永定河、泾河和淮河的洪水流量,用对数正态分布和P-Ⅲ型分布进行频率分析^[19]。到了40年代,水文频率分析法的应用愈来愈多,出现了其他一些频率分布型式,如极值型分布、Крицкий-Менкель分布(简称克-门分布)和对数P-Ⅲ型分布等,使频率曲线有更多的备选线型。前苏联自20世纪30年代起,历次颁布的设计洪水规范,都指明以频率分析法推求设计洪水^[20]。新中国成立后频率分析法也得到了广泛的运用,金光炎教授于60年代初在《水文统计原理与方法》一书中详细分绍了经典的洪水频率计算方法^[17],推动了洪水频率分析方法的普及和发展,并在实践中丰富和发展了该法的方法和内容,在1962年、1979年和1993年颁布的设计洪水计算规范中都规定以频率分析法推求设计洪水^[21,22]。其主要工作是确定洪水频率,找出水文变量与其发生频率之间的定量关系^[23]。

1.2.1.1 洪水频率分布函数的选择

分布线型的选择是在一定的值定条件下,根据水文变量的物理特性、统计特性及成因机制,比较严格地导出洪水频率分布。但由于一系列的简化假定,因此可能与实际情况有一定差距^[24]。适用于洪水频率描述的分布函数主要有:Gumbel分布、P-Ⅲ或Ⅱ分布,对数P-Ⅱ分布, Γ 分布,对数正态分布等十几种。美国水资源委员会推荐使用对数P-Ⅲ分布^[25]。实践证明,P-Ⅲ型分布对中国南北大部分地区的实测洪水拟和效果最好,具备一定的适应性,但建议不应在全国采用统一的频率分布线型^[26-28]。因此,1980年《水利水电工程设计洪水计算规范》规定:“一般可采用皮尔逊Ⅲ型曲线,特殊情况经分析论证也可采用其他线型”^[21]。这就是说,全国统一采用P-Ⅲ型曲线是不能适应各种自然条件的,应根据各地区洪水系列的不同特征,研究选用最适宜的频率曲线^[29]。对于某种具体的类型,宋德敦等探讨了梯级水库下游洪水情势的概率描述^[30],雷时忠对洪水概率机制进行了新的尝试性探讨,设计了一个适用于暴雨洪水的概念性频率模型,研究了在汛期某时段内的暴雨发生次数、次暴雨量、次暴雨历时,以及暴雨间隔时间的概率分布^[31]。金光炎对上述各频率分布线型做了比较研究^[32],并制定了离均系数 Φ 值表,认为当 C_s 较大时,频率曲线下部有一定坡度,用 Γ 分布适线较好。孙济良,秦大庸,孙翰光根据我国水文气象特征值的不同分布,推导出了一个包括了当前水文气象统计中经常使用的各种概率模型的通用概率模型。它不仅将水文气象统计中的线型统一起来,而且也将线型选配与参数估计融为一体,这就初步解决了频率分析中的线型选优和参数估计所带来的困惑,为参数的时空综合提供了极为有利的条件^[33]。

1.2.1.2 洪水频率分析中有关样本的问题

(1) 抽样技术:Gunaseckara等一些学者研究了选择洪水频率分布时的抽样技术,提出了用于选择洪水频率分析法的分摊抽样技术^[34]等。

(2) 样本代表性:镇铁、吕振前、詹道江等研究认为洪水系列中常有一些特异值(特大洪水),对其详细审查和考证后加入频率计算,有助于频率曲线的外延。对于短序列资料,

加入历史洪水资料和古洪水资料可使设计洪水的误差大为减小,参数的地区协调平衡更为合理,是增加样本代表性的一个有效方法^[35-39]。

(3) 特异值处理:金光炎、胡四一等提出由于水文变量公认服从偏态分布,洪水频率分析中的特异值处理不宜简单地应用统计分析中特异值的处理手段,应该探讨任何充分利用各种信息可靠地估计特大洪水的量和重现期的方法^[40,41]。

(4) 样本独立性:在确定洪水频率时,一种方法是将历史洪水与实测洪水系列看作来自同一洪水总体的、相互独立的样本(双样本),另一种是将历史洪水和实测洪水系列看作一个样本(单一样本)。王善序给出了双样本模型的基本分布,推导出检验频率公式及协方差阵,结果表明两种方法得到的频率公式是一致的^[42]。

1.2.1.3 参数估计问题

传统的参数估计方法有矩法、极大似然法、最小二乘法、最小方差法、适线法等。参数估计的精度直接影响洪水频率计算结果,因此这方面的探讨较多。1984年马秀峰提出了单权函数法,其中引入了一个权函数 $\phi(x)$,利用由此组成的一阶和二阶权函数矩来推求 C_v ,以 Γ 分布为例列出了计算公式, x 和 C_v 用矩法计算。该法的要点是 $\phi(x)$ 的选取,经推导取了正态密度函数。该法避免了三阶矩的计算,但因正态分布密度值在 $\bar{x}=x$ 处为最大,离 $\bar{x}$ 愈远则密度值愈小。显然,用此法是增加了靠近均值部位变数的权重,减弱了系列两端变数值(如最大值和最小值)的作用^[43];Greenwood等1979年提出了概率权重矩法^[44]。当时认为将此法用于 Γ 分布上,由于无法将 x 表达为分布函数 $F(x)$ 的显式,故不能应用,随后,来德敦、丁晶研究指出^[45],在 x 与 $F(x)$ 为非显式时亦能应用,接着,李松仕导出了一套比较简单的计算公式^[46];刘光文教授在分析各种方法的基础上,提出数值积分权函数法和数值积分权函数法^[47]等;邓育仁等根据经验点据的不确定性提出模糊优化适线法^[48]。适线法在我国已得到广泛的应用,主要有目估适线法和计算机适线法^[40],目估适线法灵活性较大,能综合各类信息,但拟和优度缺乏客观标准,计算结果与工作者的主观愿望和经验判断有很大关系;而计算机适线法可以比较客观地得出 C_v 、 C_s 估计值,值必须配以较好的目标函数和相应的准则。谢平、郑泽权在计算机优化适线法和图解适线法的基础上,提出了有约束加权适线法,该法能根据资料精度、适线目的以及图解适线的结果,直接调整点据的权重,并在参数的约束范围内使频率曲线与经验点据拟合最佳,从而达到适线的目的^[49]。

为了得出合理的适线准则和相应的经验频率公式,丛树铮等对此作了大量水文统计试验研究^[50],丘林在1992年提出以经验点据对理想最优频率曲线隶属度为权重的模糊加权优化适线法^[51]。在洪水频率计算中,经验频率对适线法的结果有重大影响,目前,国内外已有多种多样的经验频率公式^[52-60],金光炎在探索这些公式的来源和近似程度的基础上,详细讨论了 Γ 分布次序统计量情况下的经验频率公式^[61]。目前已有的经验频率公式,多有其理论依据或经验考虑,不同的公式对频率计算适线结果有一定的影响,因此在选择公式时,需特别慎重。我国现有的设计洪水估算方法,是以一年为一个时段单位对年最大流量进行独立抽样,再按适线法估计得到一条频率曲线,此线就是对年最大洪水流量的总体分布(年超过概率曲线)的一个估计,所以设计洪水频率的计算就是研究洪水年破坏概率(年风险率)的问题^[62],面防洪工程未来运行期 N 年破坏概率(N 年风险率)多采用Ben-chie Yen用二项式分布导出的洪水风险率^[63]。为克服此方法单纯在频域内考虑洪水特征的不足,一些学者研究了一类新的洪水风险率模型,即用随机点过程理论研究风险率大小,把洪水序列视为

一随机过程,以随机点过程(如 poisson 随机点过程)理论为依据,吸收时间序列分析方法的特长,研究洪水风险率的大小^[64-70]。

1.2.1.4 洪水危险性分析方法研究

傅湘根据极值统计原理,研究了洪灾风险与极值统计的关系,通过分析洪水特征、区域环境背景因子和社会经济因子,建立了包括水文模型、水力模型等的洪灾风险评价模型系统^[71]。

黄诗峰在系统分析了洪水危险性分析的各种方法的基础上,探讨了地理信息系统 GIS 在洪水危险性分析中的应用,包括基于 GIS 的流域结构特征信息提取模型、GIS 支持下的河网密度特征提取及其与洪水危险性的关系分析、数字高程模型 DEM 支持下的洪水危险性分析等^[72]。

随着社会发展,人们不再满足于洪水频率分析,希望了解洪水风险的空间分布,即洪水风险图。早期洪水风险图主要由地貌学与实际洪水方法绘出的。但地貌学方法估算结果比较粗略,实际洪水法则在缺少历史洪水资料的地区难以推广。随着计算机技术的发展,水文、水力学方法成为洪水风险分析中的热点^[73,74]。欧美等国家从 20 世纪 70 年代开始采用水文、水力学数值模拟方法编制全国洪水风险图,现已基本完成,并对外发布^[75]。我国 80 年代初开始进行这方面的工作^[76],从蓄滞洪区开始,陆续扩展到城镇乃至流域,现已开始基于 3S(航天航空遥感应应用技术 RS、地理信息系统 GIS、全球卫星定位系统 GPS)技术支持的洪水风险图研究^[77]。

1.2.2 洪水灾害易损性分析

洪水灾害易损性是指承灾体遭受不同强度洪水可能损失程度,即承灾体易于受到致灾洪水的破坏、伤害或损伤的特性,反映了各类承灾体对洪灾的承受能力。

Maskery 将易损性定义为“由于极端事件导致损失的可能性”^[78];

Tobin 和 Montz 定义易损性为“潜在的损失”^[79];

Deyle 等认为易损性是指“人类居住地对自然灾害影响的敏感性”^[80];

Panizza 将易损性解释为“在给定地区存在的所有人和物由于自然灾害而趋于损失的总价值”,包括人口、建筑物、基础设施、经济活动和社会结构^[81]。

Penning-Rowsell 等在进行欧洲洪水灾害易损性分析时认为,易损性是产生洪灾的自然系统以及受其影响的人类系统的函数,表达为两个系统的功能之和,因而,减轻洪灾影响的政策应强调易损性的这种二重性,而不是单独处理一个孤立的系统^[82]。

联合国 1992 年公布了易损性(vulnerability)的定义:“潜在损害现象可能造成的损失程度”^[83-84]。

Hughes 等在评价南非海岸带海平面上升的易损性时,将易损性指标完全用自然因子(相对高差、岩石类型、地形、垂直运动、海岸线位移、潮幅、波高)来表达^[85]。

Cin 等在进行意大利南部海岸带的易损性研究时,将易损性定义为海岸带洪水事件的可能性,表达为海滩特征值和海滩稳定性的函数。这一指数越低,海边建筑物的安全性越大^[86]。

张梁、张业成等认为易损性是承灾体(单个或整体)在地质灾害(潜在的、特定的地质灾害)中最大可能损失值占其灾前重估总值的比重或百分比。并探究了灾害危及人自身时承灾体是什么及其经济实质,提出了人口安全价值的概念及计算方法,即人口安全价值为劳动

力价值加死伤损失^[87]。

金菊良、魏一鸣研究认为可用损失率来表示洪水灾害易损性^[88]。洪水灾害损失率是指各类承灾体遭洪水灾害损失的价值量与灾前或正常年份各类承灾体原有价值量之比。洪水灾害损失率是洪水灾害经济损失评估的重要指标,分为各类承灾体分项洪水灾害损失率和各类承灾体综合洪水灾害损失率两种。概括地说,洪水灾害易损性分析是研究洪水强度与损失率的关系^[89]。主要方法有两种^[90]:一种是实验法,其中以研究农作物易损性为多,其结果主要表现为损失率与水深的关系曲线;另一种是灾后调查的方法,即洪灾发生后,通过调查获得不同承灾体的损失率。调查常常按经济部门进行,如农业、房屋、个人家庭财产、畜牧业、商业、水利工程、公路、电信等。在损失率的计算方法上,White 首先于 1975 年发表了基于 Monte Carlo 法的随机模型^[91],随后 Sujit 和 Ruell Lee 等人于 1988 年又提出了非传统的水深——损失曲线方法,它讨论并分析了以往各种水深——损失曲线的优缺点,拟和出六种不同财产类别的新曲线,即平均曲线^[92],这些曲线具有广泛的适用性,Edward 等人的模型不仅考虑水深这个成灾因素,还同时考虑了淹没历时和水流速度以及预报时间对损失的影响^[93]。黄河水利委员会河务局和中国水力水电科学研究所共同完成的“八五”国家重点科技攻关项目“黄河滩区及分滞洪区洪水灾害数据库及损失评估研究”,就得出建筑物、农作物等一系列损失率的经验曲线^[94]。万庆等研究认为在洪灾损失形成的机理方面,对最终的损失大小具有重要影响的是洪水的淹没过程,而并非是单一时刻的淹没水深,定义了基于洪水过程的承灾体动态易损性概念,并给出了洪灾经济损失评估方法、步骤与模型^[95]。

在进行易损性评价时,有些研究者也开始注意到易损性不仅与承灾体自然属性有关,还受区域承灾能力的影响,如洪水预警等^[96]。梁留科对农业灾情与抗灾能力的定量指标进行了探讨^[97];冯志泽等讨论了城市自然灾害(包括洪灾)承灾能力指标体系^[98];王文楷对河南省农田承灾力进行了综合评价^[99]。但 Shook 认为自然灾害通常是很难抗拒的,抗灾能力只适用于人为灾警,不适合于自然灾害,在自然灾害易损性评价中,可以不考虑抗灾能力这一因素^[100]。

Mejia-Navarro 等在进行美国科罗拉多州地质灾害易损性评价时,考虑人口密度、土地利用方式和生命线因素,人为给定权重数,以求和方式进行定量评价^[101]。

Zektser 等在进行地下水易损性区域评价时认为,当今易损性半定量分析的趋势是选用越来越多的因子,先叠加再求和,但这一方法的最大缺点是不能确定各因子的权重^[102]。

杜兴信等在评价陕西关中地区城市灾害易损性时,选取人口、房屋、工农业生产、地下管道、输电线、交通和室内财产 8 项指标,划分相对等级,人为给定权重,用模糊数学方法确定区域易损度^[103]。

彭荣亮和金晓媚等在进行四川万县市地质灾害区域易损性评价时,直接将易损性指数用土地价值来表示,由不同类型土地百分比乘以相应土地价值的对数值来计算,然后绘出其等值线图,即为区域易损性分区图^[104,105]。

刘希林认为影响易损性的因子概括起来即人和财产的价值。人的价值用人口密度和人口质量两方面定量赋值^[106-107]。

樊运统在研究区域承灾体脆弱性时选择人口情况、城市发展程度、农村耕地面积、居民住房屋、第一、第二、第三产业的 GDP、生命线工程 etc 作为评价指标,利用层次分析法确定脆弱性指标的权重值、建立了模糊综合评判、灰色聚类评判和物元分析评判的综合评价模型进行综合易损度计算^[108]。

王海滋、黄渝祥、刁雪琳以投入产出分析为基础,提出了经济系统生命线工程易损性分析的方法,讨论了间接经济损失中的产业关联损失,进行国民经济易损性分析,认为损失的大小与灾后经济运行状态密切相关^[109]。

1.2.3 洪水灾害评估研究

洪水灾害损失评估是对洪水发生后可能造成的人员伤亡、经济损失、生态环境状况及社会影响进行评估。洪水灾害损失包括经济损失和非经济损失,经济损失是指可以用货币直接估价的洪水灾害损失,非经济损失是指不能用货币直接进行计量,只能通过间接的转换技术对其进行测算的损失。经济损失又可划分为直接经济损失和间接经济损失^[110,111]。直接损失指与洪水直接接触所造成的损失,诸如建筑物的破坏、农作物的淹没绝收等。直接经济损失按部门又可划分为农林牧渔业、工商企业、交通运输、基础设施和城乡居民财产等,按表现形态可分为实物型和收益型^[112]。间接损失的造成归结于自然环境或社会经济系统中的某些关系的中断或破坏^[113-115]。对于间接经济损失有多种划分方法,如分为停产减产损失和产业关联损失^[116],停产减产损失、中间投入积压和投资溢价损失等^[117]。除上述损失外,赵阿兴、马宗晋认为灾害损失还应该包括灾害事件发生后的救灾和灾区恢复重建的经济投入部分^[111]。对于洪灾直接经济损失评估,美国学者 S.J. Appelbaum 曾提出了受灾资产的灾前价值评估的 3 种方法^[118]: (1) 原始价值法。当受灾资产已无使用价值时,洪灾直接经济损失可按受灾资产的灾前价值计算;当受灾资产还有使用价值时,损失可按受灾资产的修理费用计算。(2) 重置成本法。主要用于评估企业不动产灾前价值。(3) 市场价格法。对于自然资源的价值,可按市场比较法、成本法或剩余法评估。冯平归纳了计算洪水淹没损失的步骤: (1) 确定洪水淹没范围和程度 (2) 调查淹没范围内的财产 (3) 确定洪灾财产损失率和洪灾财产损失增长率 (4) 计算洪灾损失^[119]。Penning-Rowsell 等经过大量的研究认为尽管这种方法理论框架清楚,但在实际操作中还存在着一定的困难^[120]。武靖源等从国民经济整体角度,对洪灾损失进行分类,确定了洪灾经济损失评估的计算准则,建立了洪灾经济损失评估系统的结构图及直接经济损失评估模型^[121]。冯平、崔广涛、钟昀在分析总结国内外研究成果的基础上,针对国内城市的具体情况,采用简单实用的分类资产的参数统计方法来确定洪涝灾害直接经济损失率,并据此建立了一套城市洪涝灾害经济损失的评估预测模型^[122]。对于洪灾间接经济损失或影响的评估,主要采用宏观经济学中的经济增长分析和计量经济学中的投入产出分析。如张显东用哈罗德—多马的经济增长模型中的经济增长率、储蓄率、投入产出率之间的关系,将灾害的直接经济损失与投资能力下降联系起来,从而计算投资能力下降造成的国民经济损失^[123]。徐嵩龄提出广义的灾害间接经济损失包括社会经济关联型损失、灾害关联型损失和资源关联型损失,认为评估间接经济损失的关键是如何理解与表达直接经济损失与投资能力之间的关系,如何理解直接经济损失和间接经济损失在投入产出表中的表达^[124]。黄渝祥等讨论了间接停产减产损失、中间投入积压增加的经济损失以及投资溢价损失^[125]。武靖源等根据洪灾区灾后经济运行发展状况,从综合评价角度,提出了洪灾间接经济损失评估的方法及数学模型^[126]。

关于生态环境损失的计算,环境经济学已经提出了许多有价值的计算方法。主要是从环境质量产生的效益和预防环境恶化的费用两个角度来评价计算^[127-129]。通常是将生态环境质量看成是人类所需的一种物品和劳务,尽量利用市场价格信息,直接计算该商品和劳务的生态环境效益和损失。对生态环境影响因子难以进行经济效益损失估算的,则采用从费用的

角度来估算的方法。

在区域洪水灾害损失评估的量化指标系统方面,马宗晋等建立了灾害损失绝对量度量的分级标准——灾害度,将灾害损失分为五级,每一级的划分标准以人口死亡数和经济损失量作为基数^[111];同时赵阿兴、马宗晋还建立了灾害损失的相对量度量的分级标准——灾损率^[130];周寅康建立了基于区域洪涝面积的流域性洪涝的四级指标^[131];王静爱等在中国自然灾害数据库的支持下,建立了自然灾害多度、灾次比、均灾次等指标^[132];Burton、Kates和White等人则认为,可以从频率、持续期、面积范围、开始建度、空间扩散和时间扩散等几个方面来刻画极端灾害事件的程度^[133];汤爱平等认为灾害损失具有空间相对性和时间相对性,有必要根据灾害带来的财产相对损失和相对重伤和死亡率,结合灾害的影响规模来划分的灾害等级^[134];刘燕华提出了受灾人口、受灾面积、成灾面积、直接经济损失5个绝对指标和受灾人口占总人口百分比、受灾面积占总播种面积百分比以及直接经济损失与平均工农业生产总值的比值3个相对指标用于水旱灾害的灾害等级划分^[135];闵睿建立了包含受灾人口、受灾面积、成灾面积、直接经济损失的评估洪水等级指标——洪险度^[136];谢龙大等将洪水灾害损失评估归纳为灾害财产损失率、损失增长率方法和单位面积综合经济损失值法两种方式,应用洪水灾害直接经济损失与当年全省国内生产总值的百分比来确定洪水灾害评估的等级划分^[137];傅湘、纪昌明在分析洪灾损失评估特点的基础上,建立了包括人员伤亡损失、经济财产损失、生态环境损失与灾害救援损失四部分的洪灾损失评估统一指标^[138];高庆华、王劲峰等分别提出了一些涉及减灾数益评价、边际数益评价方面的损失评估量化指标^[139,140]。

由于我国拥有丰富的历史洪水灾害记录,近来也有不少学者对直接由长序列的历史洪灾灾情数据分析洪灾风险进行了探讨。马建明对岷江流域按“分县定级、因素权衡、指标建续”的原则进行史料量化,并由此分析了岷江流域各市、县的区域洪灾风险,将传统的等级和频次的统计分析上升到频率分析高度^[141];郭涛等分析了中国历史洪灾的时空特征、时序特征及周期性等^[142];朱晓华对1840~1992年七大江河各等级洪灾的发生特征进行研究,探讨了中国洪灾受灾县数的分形特征^[143];方伟华利用区域化变量理论分析了长江流域1736~1911年洪涝灾害的空间格局^[144];黄崇福、刘新立等以历史灾情数据为依据,采用信息扩散的方法对湖南省农业自然灾害(主要是水、旱灾害)进行了风险评估^[145];王静爱、方伟华等根据历史水灾案例数据库,构建了我国清代中后期(1776~1911年)水灾特征值“受灾比”(流域内受灾县域个数占整个流域县域个数的比例),并分流域计算了不同“受灾比”水平下的风险值^[146]。

洪水灾害损失评估定量方法的理论基础有概率论、数理统计、模糊数学、时间序列、人工智能等,灾害等级定量计算所采用的方法主要有:

(1) 统计学方法。许飞琼从统计学的角度详细讨论了灾害损失评估,将其模括为灾因统计、灾强统计、灾模统计、减灾统计、补信统计等方面^[147];

(2) 圆弧判别法。于庆东提出了灾度划分的“圆弧”方法,将直接死亡人数乘以生命价值系数得到灾害造成的生命价值损失值,再进一步得到生命价值损失值与社会财产损失值的平方和,以此作为灾害损失的等级划分标准^[148]。

(3) 对数函数法。规庆朝、冯志泽、冯利华等根据震级和风级的计算原理,利用对数函数关系,将灾情大小折算成一个指数,从而使不同时间、不同地点、不同灾种之间的灾情大小都能够进行定量的比较^[149-151]。

(4) 比率法。孙卫东等采用相对数值来表示灾害等级,即利用灾害损失占灾区前一年经济生活和社会生产总量的比率来确定灾情大小^[111,152]。

(5) 加权累积法。对于不同的灾害因子,赋予不同的权重,利用加权累积的方法得到各灾区的综合指数(分值),然后确定分级标准,再得到灾害等级^[153]。

(6) 物元分析法。将灾情划分为三类,计算关联函数和各项指标的权值,然后应用加权公式计算全部指标对各类灾情的综合关联程度,并根据评价标准对灾情做出评估^[154]。

(7) 灰色关联法。运用灰色关联分析方法,计算比较序列与参考序列各因子之间的关联系数,等权平均后得到关联度,并据此进行关联排序,从而得到灾害等级的比较情况^[155]。

(8) 灰色聚类法根据灰色聚类分析的原理和方法,将聚类因子按聚类等级,规定白化函数,确定标准权和实际权,求聚类系数,再根据最大隶属原则,归属某一灾害所属的等级^[156-157]。

(9) 模糊判别法利用模糊模式识别理论,确定模糊灾度等级的划分标准,建立一组隶属函数,计算灾害的隶属度,并根据最大隶属原则,得到某一灾害所属的等级^[158-159]。

(10) 其他。金菊良等讨论了基于遗传算法的洪水灾情评估神经网络模型^[160];Ouellete将极值理论应用于洪水灾害损失的评估^[161]。

水灾损失评估应用的主要技术与手段包括灾区实地考察、历史洪灾资料调查分析、3S技术等^[162-163]。陈秀万利用遥感技术与地理信息系统技术,对洪水灾害的发生趋势、发展动态及其危害进行了研究,探讨了洪水灾害及其损失信息快速而准确的获取途径^[164]。刘亚岚等建立了利用星载 SAR 快速地确定灾害发生的地理位置与淹没范围,客观准确地评价灾情损失的技术方法,提出了“警戒水域”的概念^[165]。詹小国等探讨了利用 GIS、RS 和 GPS 评估长江中下游地区洪涝灾情的方法、模型和过程,灾情数据库特别是堤防数据库和历史灾害数据库建立的方法,提出了一个评估灾情损失相对大小、可用来进行洪涝灾情区划的指标——洪损度^[166]。周成虎等在分析洪灾形成的各主要因子的基础上,提出了基于地理信息系统的洪灾风险区划指标模型,并结合辽河流域具体情况,以降雨、地形和区域社会经济易损为主要指标,得出辽河流域洪灾风险综合区划^[167]。刘仁义、刘南研究了基于 GIS 的复杂地形洪水淹没区计算方法^[168]。魏一鸣、周成虎、万庆针对洪水灾害评估的特点,将 GIS 技术与智能决策支持系统结合起来,设计了用于洪水灾害评估的智能决策支持系统^[169]。我国在“六五”至“八五”期间,通过国家“遥感技术应用研究”科技攻关项目,在建立中国洪灾监测评估信息系统方面取得了一系列成果^[170-172],在 1991 年太湖流域洪水灾害、1995 年 6 月、7 月份江西省鄱阳湖、湖南省洞庭湖地区的洪灾,1998 年长江、嫩江流域特大洪水灾害监测及快速评估中,3S 技术都发挥了重要作用。

1.2.4 洪水灾害保险

保险是风险管理的重要手段,洪水灾害保险和洪泛区管理有机结合,利用洪水灾害保险的经济杠杆作用,可以有效地控制洪泛区的经济发展和降低洪灾损失。洪水灾害保险在美国等西方发达国家得到了充分的重视和广泛的实施,现已为越来越多的国家所接受。同时,国外学者也作了许多洪水灾害保险的研究工作:

Krutilla 研究了洪水灾害保险替代工程措施的可行性,认为美国在投入了上千万美元修建防洪工程后,洪灾损失仍在不断增长的根本原因在于工程措施诱导了虚假的安全感^[173]。

Lind 研究认为当洪水灾害保险费与期望洪灾损失的差额小于居民承担的风险成本(用

洪水损失的方差度量)时,洪水灾害保险将创造效益^[174]。并指出实施洪水灾害保险的困难在于:大多数保险计划都是在假定每个投保人遭受的损失是相互独立的基础上进行的,即所有投保人不会同时遭受损失,因而不会同时索赔。然而洪泛区一旦洪灾发生,投保人将会同时要求赔偿,当索赔额超过缴纳的保险费总和时,保险公司就面临破产风险,因此,几乎没有一家保险公司愿意承保洪灾风险。

Krutilla 和 Brown 在 1972 年进一步提出了支持洪水灾害保险的论点^[175]:当洪灾发生时,为帮助受灾群众,社区捐款捐物的救济活动虽是一种慈善行为,但同时也是传播洪水风险的一种方式,这种风险的传播是不公平的,因为它让未受灾的群众也承担风险成本,而洪水灾害保险修正了这种不公平性,是洪泛区居民承担自己的风险成本。为了减少保险公司的经营风险,提出了强制性全国洪水灾害保险的观点,倡议保险公司在政府的援助下承保区域的特定洪灾损失。

James 等认为洪水灾害保险费应足够高以抑制洪泛区的经济发展,洪水灾害保险失效是推行强制性洪水灾害保险存在的困难及政府不情愿从事保险计划所致^[176]。

Kunreuther 研究指出在美国实施非强制性的洪水灾害保险计划是不成功的,尽管有联邦政府 90% 的津贴,因为公众没有意识到洪灾损失及发生概率、保险业务的有效性及实施条件。建议应从保险公司加强灾害意识宣传、联邦政府修正有关巨灾援助立法等方面入手推行洪水灾害保险^[177]。

White 等指出优先采取其他防洪措施,能减少洪灾期望损失和居民承担的风险成本,因而能保证合理的低保险费实施洪水灾害保险策略^[178]。

Roberts 在 1982 年指出人们对灾害保险社会行为的认识是基于对财产的认识和行为信息的传递。如果人们生活主要依赖可动产,相当多的人会接受“公平保险”,即大家参加保险的险种。他以实例证实只要是强制性购买的保险,保险会的发放可信,社会接受这种保险。研究确实可行的防洪保险制度有助于非工程性防洪政策的实施,提出了具有一定的可操作性的个人选择的减灾方式构架,包含个人对其财富、服务等方面,甚至包含灾害性伤亡和重建不同保险和赔偿方式的选择^[179]。

Schaake 等利用决策框架来推导最优保险策略,建立了推索全国洪水灾害保险计划最优策略的模拟模型,推导出最优保险费率、贴现系数和开业资金额^[180]。

Karlinger 等研制了一个用来评估洪水灾害保险计划的计算机模拟模型,以购买洪水灾害保险的意愿来监测投保人对洪水灾害保险的反应^[181]。

Loughlin 论证了一个成本分配担架,表明如果洪泛区居民重模工程措施,保险费会相应地减少,这种减少与工程措施产生的效益成正比^[182]。

Tai 用期望概率分析法检测了传统的洪水频率分析方法得出的洪水灾害保险偏差程度,认为这种统计偏差歪曲了洪水灾害保险费率的评估。因此,他建立了一个多状态保险费模型,通过最大化个人财产的期望效用函数来获得最优保险费^[183]。

我国自 20 世纪 80 年代初恢复保险业以来,对洪水灾害保险开展了积极的研究,并进行了多种形式的试点工作^[184],积累了一些经验与教训。许多学者进行了这方面的研究。

申屠善担讨了洪水灾害保险政策、保险对象和赔偿问题。针对安徽省行蓄洪区,论述了设立防洪基金、开展防洪保险的作用、基金的筹集、使用、管理和保险业务的开展等问题,建议实行法定的防洪保险^[185-186]。

吴宽裕在阐述洪水灾害保险具有灾后补偿和事前防灾减损作用的基础上,援出洪水灾害

保险应采用立法管理,而且要解决好合理负担保险费、承保办法和补偿方法等问题^[187]。

范缜认为用保险费理论和公式计算水利工程的防洪效益是不妥当的,多年平均洪灾损失是制定洪水灾害保险费率和计算多年平均防洪效益的基础,危险附加则属于保险公司自身财务稳定性的分析内容,不能算作防洪效益。并指出我国洪灾损失具有不稳定性,要使保险公司立于不败之地,又不使被保险人负担过重,除了实行强制洪水灾害保险外,还要依靠再保险利用其强大的补偿基金应付巨大洪灾损失的补偿^[188]。

胡振鹏等指出防洪是经济建设事业的一部分,为使“谁受益、谁出资;多受益、多出资”的经济原则得到落实,应向防洪保护区征收防洪基金,并探讨了防洪基金的性质、作用、征收原则以及洪水灾害保险的区别等问题^[189]。

施国庆等对现行计算防洪保险费的危险区域法、洪灾损失法、期望损失法进行了探讨,推荐采用改进的危险区域法并给出相应的计算步骤和典型实例分析^[190]。

江命友等对湖南省的农业灾害保险与森林火灾保险,以及保险减灾对策进行了系统的研究^[191]。

方劲松等对防洪保险中两个重要的核心问题——洪灾风险分析和防洪保险费率的制定进行了研究,认为一个合理的纯费率不仅要尽量接近真正的损失概率,而且还要能保证保险人经营的财务稳定性^[192]。

曾刚、叶素丹和刘濂等研究认为洪灾保险的关键是确定保险费率。保险费率由纯费率、附加费率、成本利润率三部分组成。其中纯费率是指洪灾损失年期期望值,不同地区洪灾损失年期期望值差异很大。洪灾风险分析可以确定不同频率洪水可能淹没的范围及水深,估计相应损失,并计算洪灾损失年期期望值,从而为分区制定不同的洪灾保险费率提供依据^[193,194]。

华家鹏、李国芳等提出了三种洪水灾害保险费率的计算模式,它们都是以多年平均损失率来计算保险费率,其中模式一和模式二不考虑财产的增长和资金的时间价值,且要求各分区各类财产独立满足财务核算,模式三考虑了财产的增长和资金的时间价值,在满足各项约束条件下,只要求整个研究地区满足财务核算,采用优化理论一次求解出满足各项约束条件的各分区各类财产的最优费率,并选择浙江省兰溪地区为例,对洪水灾害保险的费率、经营风险做了定量研究,并提出了实施对策^[195]。

杨文健、李开杰研究指出洪灾保险应遵循风险大量原则、风险分散原则和保费合理原则,认为保险费用计算的危险区域法是一种比较科学、符合洪灾保险特点的计算方法^[196]。

曾国安从灾害保障学的角度,对灾害商业保险和社会保险研究提出了基本的框架^[197]。

梅广清、沈荣芳等运用类托——代理理论建立自然灾害的保险模型,对对称信息和信息不对称情况下的自然灾害最优保险合同和保险费率进行研究^[198-199]。

翟宝辉从城市持续稳定发展方面探讨了把保险机制引入城市防灾减灾过程,提出了城市减灾保险体系构想^[200-201]。

李静分析指出洪水灾害保险的纯费率应为保额平均损失率 $\times (1 + \text{稳定系数})$,稳定系数可根据经验估计或利用统计上的均方差系数来确定,洪水灾害保险总准备金规模应等于最大可能损失额与承保比重的乘积^[202]。

赵苑达在对我国自然灾害损失变动趋势做出基本判断的基础上,着重探讨了我国自然灾害损失的补偿方式问题,提出了把财政补偿融入保险补偿渠道的观点,并就保险补偿方式发展与完善的途径提出了具体思路^[203]。

傅湘、纪昌明探讨了洪水灾害保险市场的两个基本要素需求和供给,并建立了实现这种