

综合自然灾害风险评估 软层次模型的研究

ZONGHE ZIRAN ZAIHAI
FENGXIAN PINGGU RUANCENGCI
MOXING DE YANJIU

薛晔 著

国家自然科学基金青年基金项目(41101507)

山西省管理科学与工程特色优势重点学科建设项目

联合资助

综合自然灾害风险评估 软层次模型的研究

薛 晔 著

 气象出版社
China Meteorological Press

内容提要

本书首先介绍综合自然灾害风险基本知识,针对现有综合自然灾害风险评估模型中存在的问题,提出了处理数据不确定性的模糊信息粒化方法,建立了综合自然灾害风险评估软层次模型,并对云南省丽江市、楚雄州和普洱市的地震和地震—洪水灾害进行分析,最后提出了城市灾害综合风险管理的三维模式——阶段矩阵模式。

本书可供自然灾害学、防灾减灾工程等专业的学生和科研人员使用,也可供从事风险分析研究的专家和防灾减灾的政府部门参考。

图书在版编目(CIP)数据

综合自然灾害风险评估软层次模型的研究/薛晔著.

—北京:气象出版社,2014.2

ISBN 978-7-5029-5883-1

I. ①综… II. ①薛… III. ①自然灾害-风险评价-
评价模型-研究 IV. ①X43

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 024309 号

出版发行:气象出版社

地 址:北京市海淀区中关村南大街 46 号

总 编 室:010-68407112

网 址:<http://www.cmp.cma.gov.cn>

责任编辑:张盼娟

封面设计:博雅思企划

责任校对:华 鲁

印 刷:北京京科印刷有限公司

开 本:700 mm×1000 mm

字 数:213 千字

版 次:2014 年 2 月第 1 版

定 价:35.00 元

邮政编码:100081

发 行 部:010-68406961

E-mail: qxcs@cma.gov.cn

终 审:章澄昌

责任技编:吴庭芳

印 张:10.25

印 次:2014 年 2 月第 1 次印刷

前 言

1983—1985 年非洲旱灾、1995 年日本坂田大地震、1998 年中国洪水、2008 年缅甸 Nargis 台风、2008 年中国汶川大地震、2009 智利大地震、2011 年东日本大地震、2011 年巴西里约热内卢洪水泥石流、2011 年泰国特大洪水、2011 年菲律宾热带风暴、2013 雅安地震等等，都是破坏性很强、波及范围很广、救助难度很大和造成极其严重的经济损失的巨灾。这些惨痛的事实告诉我们：必须进行有效的综合灾害风险管理。而对灾害进行综合风险评估是风险管理中的重要环节，是各国政府控制灾害风险、减少灾害影响和损失非常重要的决策依据。同时，综合灾害风险评估也是当前国内外减轻灾害领域的重要研究前沿及挑战问题，其研究具有巨大的紧迫性和现实意义。

如何进行比较可靠而合理的综合灾害风险评估一直是人们面对的一大难题。合理的自然灾害风险评估，对风险区土地的合理投资与利用、自然灾害的预防与治理、减灾规划与措施的制定以及灾害保险制度的合理化、保险费率的厘定等具有重要意义。不合理或错误的风险评估结果，不仅误导国土利用规划，达不到优化配置资源、有效规避风险的目的，而且可能导致严重的经济和社会问题。合理而可靠地进行综合自然灾害风险评估的关键之一，就是评估模型的品质。

因此，本书在笔者博士论文研究的基础上，经过相应的修改和增删，兼顾了理论探索和应用研究的需求，以期使其既可以作为灾害风险评估的参考文献，又可以作为制定灾害风险管理政策的有益工具。

本书是薛晔副教授主持的国家自然科学基金项目“基于模糊信息粒化方法的耦合型多灾种综合风险评估模型的研究”（41101507）的主要研究成果之一，同时受山西省管理科学与工程特色优势重点学科建设项目资助。这项研究成果主要围绕“综合灾害风险评估模型”展开讨论。

全书共分 7 章。第 1 章为绪论，主要介绍了自然灾害的概念，统计分析了中国和中国的自然灾害现状，简单论述了进行综合自然灾

害风险评估的必要性。第2章主要介绍了综合自然灾害风险评估的概念和基础理论知识,以地震灾害为主线探讨了自然灾害风险评估模型的研究动态,并对多灾种综合风险评估模型的现状进行了归纳分析。第3章介绍了综合灾害风险评估中存在不确定性的原因及分类和进行量化的不同数学描述形式,进而提出了综合灾害风险评估中数据本身的模糊不确定性的一种处理技术——模糊信息粒化方法,针对多个风险源的决策,引入了模糊排序方法。第4章建立了一个三层逐级放大的综合自然风险评估软层次模型,因素包括灾害发生的可能性、致灾因子危险性、承灾体脆弱性、人员伤亡和经济损失。第5章以云南省地震灾害为例,选取了1989—2004年云南省震级为5.0及5.0以上、烈度为VI度及VI度以上的地震目录为历史数据资料,针对丽江市、普洱市、楚雄州建立了地震灾害风险评估的软层次模型,验证了单个风险源自然灾害风险评估软层次模型和多个风险源自然灾害风险评估软层次模型的实用性。第6章以云南省地震—洪水灾害风险为例,又增加了1991—2003年的洪水灾害目录为历史数据资料,针对丽江市、普洱市和楚雄州分别利用软层次模型进行了地震—洪水灾害综合风险评估。第7章提出了城市灾害综合风险管理的三维模式——阶段矩阵模式。

本书在编写过程中,参阅并引用了大量中外文参考文献、国内外学者的研究成果和已发表的图表资料,在此,对国内外有关学者表示诚挚的感谢。

由于人类的灾害风险意识和实践工作还处在不断的发展过程中,对综合自然灾害风险评估领域的研究仅是初步探索尚不够深入;另外,作者水平有限,书中内容难免有疏漏和不妥之处,敬请各位前辈、同行和广大读者批评指正。

薛晔

2013年7月

目 录

第 1 章 绪 论	(1)
1.1 自然灾害	(1)
1.2 自然灾害现状与综合自然灾害风险评估	(2)
1.2.1 自然灾害现状	(3)
1.2.2 综合自然灾害风险评估的必要性	(11)
1.3 小结	(15)
第 2 章 综合自然灾害风险评估理论与模型的研究现状	(16)
2.1 有关基本术语与定义	(16)
2.1.1 风险与自然灾害风险	(16)
2.1.2 自然灾害风险评估的概念	(17)
2.1.3 综合自然灾害风险评估的概念	(18)
2.2 综合自然灾害风险评估的自然灾害系统理论	(19)
2.2.1 自然灾害系统的基础理论	(19)
2.2.2 自然灾害形成机制和形成过程	(23)
2.3 耦合灾害风险的形成机理	(26)
2.3.1 定义	(26)
2.3.2 类型	(27)
2.3.3 耦合效应分析	(28)
2.3.4 耦合灾害风险的形成机理	(31)
2.4 综合自然灾害风险评估方法概述	(33)
2.5 自然灾害风险评估模型的研究进展	(34)
2.5.1 确定性风险分析阶段——确定性风险评估模型	(34)
2.5.2 随机不确定性风险分析阶段——概率风险评估模型	(35)
2.5.3 模糊不确定性风险分析阶段——模糊风险评估模型	(40)
2.5.4 确定性风险评估模型、概率风险评估模型、模糊风险评估模型的关系	(43)
2.6 多灾种综合风险评估模型的研究现状	(43)
2.7 存在的问题	(46)
2.8 进一步讨论	(47)
2.9 小结	(48)

第3章 综合灾害风险评估中不确定性的相关处理技术	(49)
3.1 不确定性的原因及分类	(49)
3.2 不确定性的数学描述	(50)
3.2.1 概率描述	(51)
3.2.2 粗糙集描述	(52)
3.3 不确定性的处理技术——模糊信息粒化方法	(53)
3.3.1 模糊信息粒化具体形式	(54)
3.3.2 模糊信息粒化的分类	(56)
3.3.3 离散信息模糊粒化的具体步骤	(56)
3.3.4 算例	(57)
3.3.5 模糊信息粒的 γ -截集	(58)
3.3.6 模糊信息粒的重心	(59)
3.4 模糊排序方法	(59)
3.4.1 模糊排序指标函数的定义	(60)
3.4.2 算例	(60)
3.5 小结	(62)
第4章 综合自然灾害风险评估的软层次模型	(63)
4.1 软层次模型综述	(64)
4.2 软层次模型的层次结构	(64)
4.2.1 软层次模型的基础层——概念模型	(64)
4.2.2 软层次模型的中间层——过渡模型	(66)
4.2.3 软层次模型的最高层——实用模型	(73)
4.3 多个风险源的软层次模型	(76)
4.4 模型的评价	(76)
4.5 小结	(77)
第5章 自然灾害风险评估软层次模型的实例研究及其模型比较	(78)
5.1 研究区的选择和数据预处理	(78)
5.1.1 研究区的概况	(78)
5.1.2 数据资料的收集和核实	(80)
5.1.3 多个风险源的自然灾害风险评估软层次模型研究对象 ——丽江市、普洱市和楚雄州	(83)
5.1.4 所选研究对象基础数据的收集	(87)
5.1.5 数据资料的预处理	(87)
5.2 单个风险源地震灾害风险评估软层次模型——丽江市	(91)
5.2.1 地震灾害风险评估软层次模型	(91)

5.2.2 与第四代地震区划图和软风险区划图的比较	(97)
5.3 多个风险源的地震灾害风险评估软层次模型	(100)
5.4 小结	(102)
第6章 多灾种综合风险评估软层次模型的实例研究及其模型比较 ...	(103)
6.1 数据收集及其预处理	(103)
6.1.1 数据的收集	(103)
6.1.2 数据的预处理	(108)
6.2 单个风险源的地震—洪水灾害综合风险评估软层次模型——丽江市	(112)
6.2.1 地震—洪水灾害综合风险评估软层次模型	(112)
6.2.2 与 HMU-CHRR 模型的比较	(118)
6.3 多个风险源的地震—洪水灾害综合风险评估软层次模型	(118)
6.4 小结	(120)
第7章 城市灾害综合风险管理的三维模式——阶段矩阵模式	(121)
7.1 城市灾害综合风险评估体系框架	(121)
7.2 城市灾害综合风险管理三维模式——阶段矩阵	(123)
7.3 一个虚拟的阶段矩阵管理模式	(125)
7.4 小结	(127)
附录 A 国外主要的综合自然风险评估模型	(128)
附录 B 与本书相关的已公开发表的论文	(144)
参考文献	(145)

第1章 绪论

本章主要介绍自然灾害的定义,分析世界和中国的自然灾害现状,明确进行综合自然灾害风险评估的必要性。

1.1 自然灾害

什么是自然灾害(Natural Disaster)? 答案仁者见仁,智者见智。最简单的回答可以说成是与“自然现象”有关的“灾害”就是自然灾害。网络资料中大量引用的是维基百科中的表述:“自然灾害,指自然界中所发生的异常现象,这种异常现象给周围的生物造成悲剧性的后果,相对于人类社会而言即构成灾难。”

2009年7月全国减灾救灾标准化技术委员会提交的《自然灾害管理基本术语》国家标准报批稿中,自然灾害的解释是:由自然因素为主引起,对人类生命、财产、社会功能等造成危害的事件或现象。它包括气象灾害、地震灾害、地质灾害、海洋灾害、生物灾害、森林或草原火灾等。该术语使用了较为抽象的“自然因素”概念,涉及了“社会功能”这一与自然灾害管理较为密切的术语,列举了7种自然灾害。黄崇福^[1]指出自然灾害是由自然事件或力量为主因造成的生命伤亡和人类社会财产损失的事件。“自然事件或力量”指明了原因,“生命伤亡和人类社会财产损失”指明了后果。换言之,自然灾害并不是自然事件或力量本身,而是由其造成的后果。因此,地震、洪水本身不是自然灾害,而是自然现象,只有由它们为主因造成的生命伤亡和人类社会财产损失才是自然灾害。煤矿中的瓦斯大爆炸造成的灾难,其主因是生产安全管理不到位,因此这种灾难不是自然灾害;战争造成的生命伤亡和人类社会财产损失与自然事件和力量均无关,因此战争灾难也不是自然灾害;雷电引起的森林火灾,主因是自然事件“雷电”,而森林被视为人类社会财产的一部分,所以这类火灾是自然灾害。

根据自然灾害的内涵可以推知,不论其成因和机制存在多大的差异,自然灾害都有下述三大共性。

(1)自然灾害均发生在地球表层。由于地球表层的物质圈是人类赖以生存和发展的环境,因此,只有发生在地球表层诸如岩石圈、生物圈、水圈、大气圈的自然事件或力量才可能造成自然灾害。我们必须深入研究地球表层系统,才能对自然灾害的危险性有正确的认识。

(2)一种自然灾害常诱发或伴生其他的自然灾害。因为自然灾害是在自然

系统和人类社会系统组合成的高度复杂系统中发生的现象,所以,一种自然事件或力量常常会导致另一种自然事件或力量的出现,一些生命伤亡和人类社会财产损失会导致另一些生命伤亡和人类社会财产损失。例如,地震会诱发崩塌、滑坡、海啸等其他自然灾害;一个地区的水灾往往伴生另一地区的旱灾,旱灾又容易诱发虫灾等等;地震中大量人员的伤亡可以诱发流行疾病等生物灾害;地震一旦使燃气管道发生泄漏并同时使地下电缆外壳损坏,就有可能引发重大火灾和爆炸事故。因此,我们必须全面研究灾害链,才能更好地理解和控制复杂的自然灾害。

(3)自然灾害的强度与发生频率呈反比。由于巨大自然力量的积累需要相当长的时间以及人类具有躲避自然灾害的本能,因此,任何种类的自然灾害,巨灾发生的频率都很低,而轻微灾害却可能频繁发生。例如,在任何地震区内,超过7级以上的地震发生的频率都很低,而中小地震却频繁发生;人们择水色丰润之地而耕作,远离沙漠而居住,所以,严重的旱灾偶有发生,虽然沙漠中十分缺水,但由于没有村庄和城市,并不会出现严重的旱灾。因此,我们必须认真研究灾害强度与发生频率的关系,才能合理使用有限的防灾减灾资源。

自然灾害会有各种各样的表现,例如不均匀性、多样性、差异性、随机性、突发性、迟缓性、重现性以及无序性等等,不一而足,但它们并不是自然灾害的共性。例如,很多自然灾害的不均匀性只能放在一个大的地理空间里才能显现出来。从保险理赔的角度看,很难说遭受水灾的一片鱼池中有什么不均匀性。又例如,旱灾的发生一般较长的发展过程,根本没有突发性。事实上,自然灾害形成的过程有长有短,有缓有急。有些自然灾害,当自然力量的积累超过一定强度时,就会在几天、几小时甚至几分、几秒钟内表现为灾害行为,像地震、洪水、台风、冰雹等,这类灾害是突发性自然灾害。旱灾,农作物和森林的病、虫、草害等,一般要在几个月的时间内成灾,而像土地沙漠化、水土流失、环境恶化等,通常要几年或更长时间的发展,完全属于缓发性自然灾害。

虽然不同研究领域、管理部门或行业对自然灾害的理解有所不同,但这并不影响自然灾害的本质属性,即具有“自然”和“社会”的双重属性。一般情况下,只要自然因素的变异程度不超过人类社会的承受或适应能力,就不会产生危及人类生命财产和生存条件安全等对人类社会不利的后果,这时,即使自然因素的变异程度很大,也只是一种自然现象,并不会形成灾害,但当自然因素的变异程度超过人类社会的承受或适应能力时,无论其变异程度如何,都会影响人类生命财产和生存条件的安全,形成灾害。

1.2 自然灾害现状与综合自然灾害风险评估

1983—1985年非洲旱灾、1995年日本坂田大地震、1998年中国洪水、2008

年缅甸 Nargis 台风、2008 年中国汶川大地震、2010 年中国青海省玉树地震和巴基斯坦洪灾、2011 年日本地震和巴西洪灾、2013 年中国四川省雅安地震等等都是破坏性很强、波及范围很广、引发多种灾害、救助难度很大和造成极其严重的经济损失的巨灾^[2]。这些惨痛的事实告诉我们:必须进行有效的综合灾害风险管理。对灾害进行综合风险评估是综合风险管理中的重要环节,是各国政府控制灾害风险、减少灾害影响和损失非常重要的工具。同时,综合灾害风险评估也是当前国内外减轻灾害领域的重要研究前沿及挑战问题,其研究具有巨大的紧迫性和现实意义。

1.2.1 自然灾害现状

下面利用世界卫生组织(WHO)与比利时鲁汶大学(University Catholique De Louvain)流行病研究中心^[3]共同创建的紧急灾害数据库 EM-DAT 的数据,统计分析了世界及中国的灾害发生状况。

1.2.1.1 世界自然灾害现状

全球自然灾害现状呈现出如下特征。

(1)自然灾害的发生次数和灾害影响人数呈明显的指数增长趋势,但死亡人数明显下降,而造成的经济损失却显著增长。根据 1900—2011 年期间世界范围内自然灾害的发生次数、灾害影响人数和灾害死亡人数的变化趋势(图 1-1 至图 1-5)可知,灾害发生的次数和影响人数在 20 世纪后半叶呈明显的指数增长趋势且涉及人数较多的严重自然灾害大部分发生在近 50 年间,但死亡人数明显下降,而造成的经济损失却显著增长。

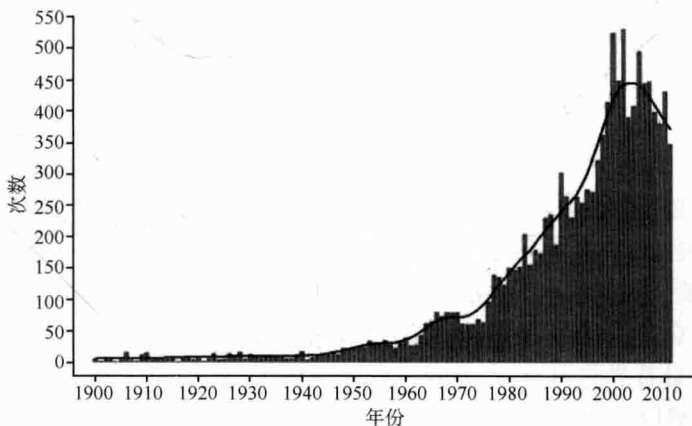


图 1-1 1900—2011 年全球自然灾害发生的次数

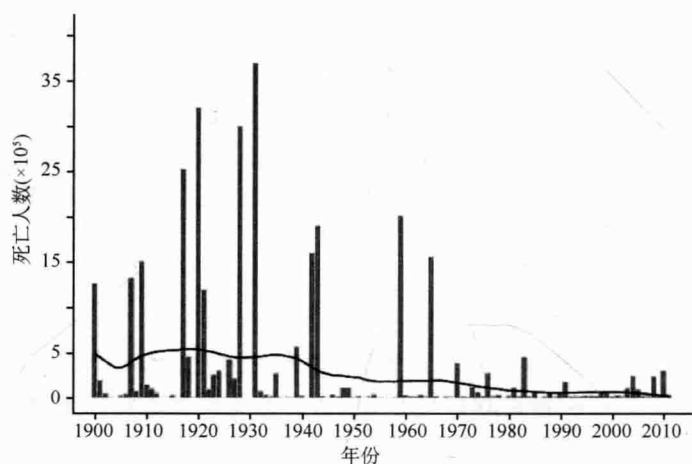


图 1-2 1900—2011 年全球自然灾害的死亡人数

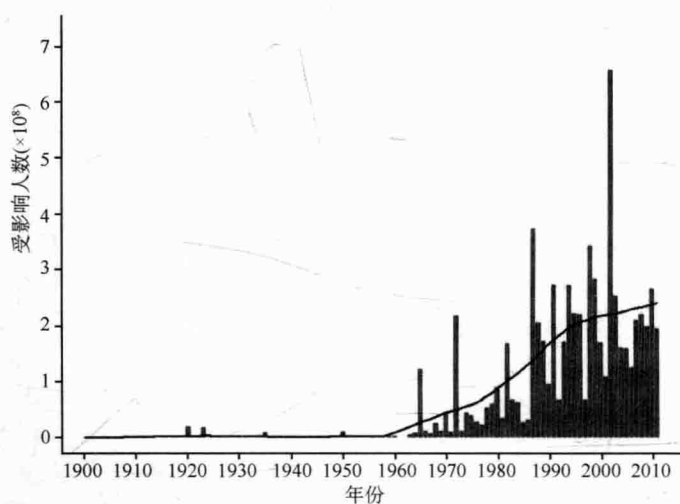


图 1-3 1900—2011 年全球自然灾害的受影响人数

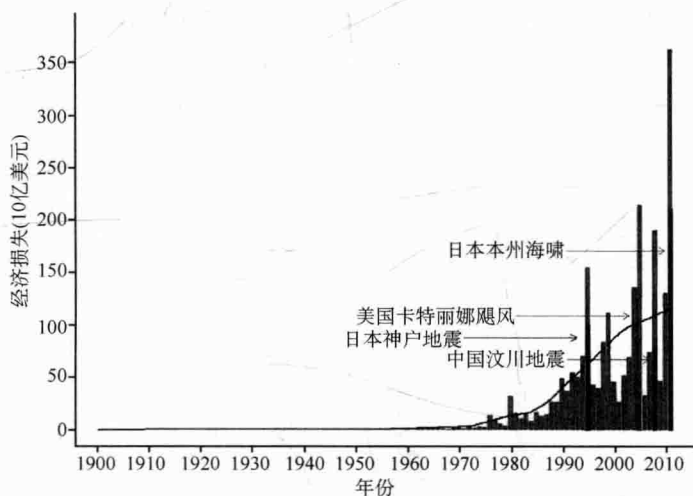


图 1-4 1900—2011 年全球自然灾害造成的经济损失

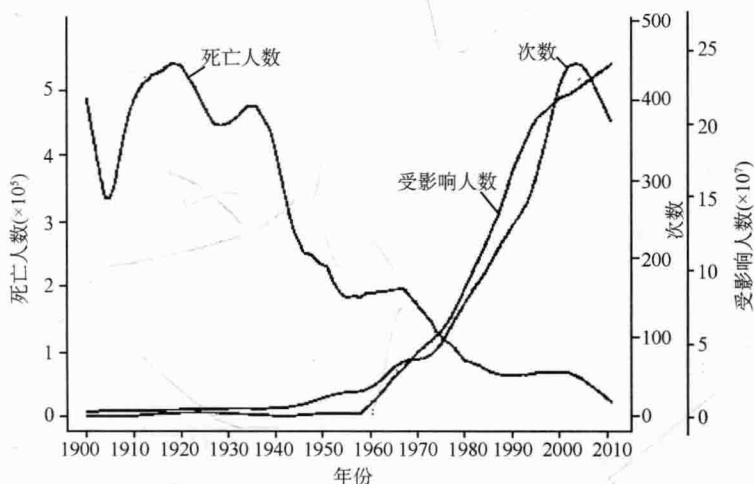


图 1-5 1900—2011 年的全球自然灾害发生的次数、受影响人数和死亡人数综合趋势图

(2)全球自然灾害空间分布不均。据 1900—2011 年的数据(图 1-6 至图 1-9)可知,从全球自然灾害数量看,亚洲的灾害数量居世界首位,美洲、非洲分别居各大洲中的第二、三位;从造成的经济损失看,亚洲居世界首位,美洲、欧洲分别居各大洲中的第二、三位;从造成的死亡人数看,亚洲居世界首位,欧洲、非洲分别居各大洲中的第二、三位;从受影响的人数看,亚洲居世界首位,非洲、美洲分别居各大洲中的第二、三位。由图 1-9 可知,全球自然灾害平均每年造成的经济损失最大的是亚洲,美洲和欧洲次之,最少的是非洲。

(3)全球自然灾害发生的类别存在很大差异。根据图 1-10 至图 1-12 可知,从各类自然灾害发生的数量看,洪涝灾害发生的频率最高且一直呈现上升趋势

势,其次是暴风雨;从造成的死亡人数看,近 50 年,地震灾害居世界首位,暴风雨、洪涝灾害分别居各类灾害中的第二、三位;从受影响的人数看,洪涝灾害居世界首位,干旱、暴风雨分别居各类灾害中的第二、三位。

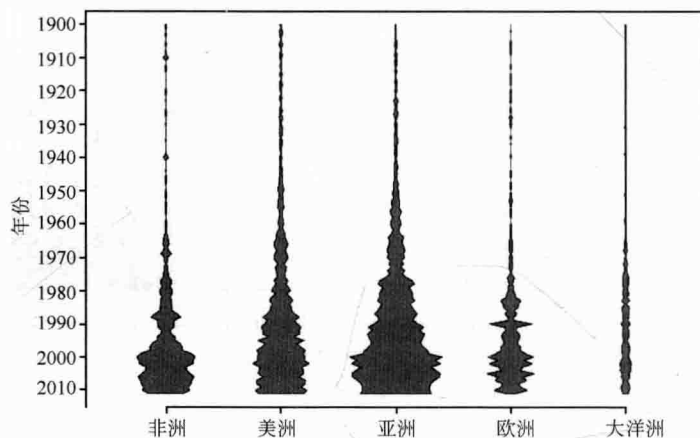


图 1-6 1900—2011 年全球各大洲的自然灾害数量变化

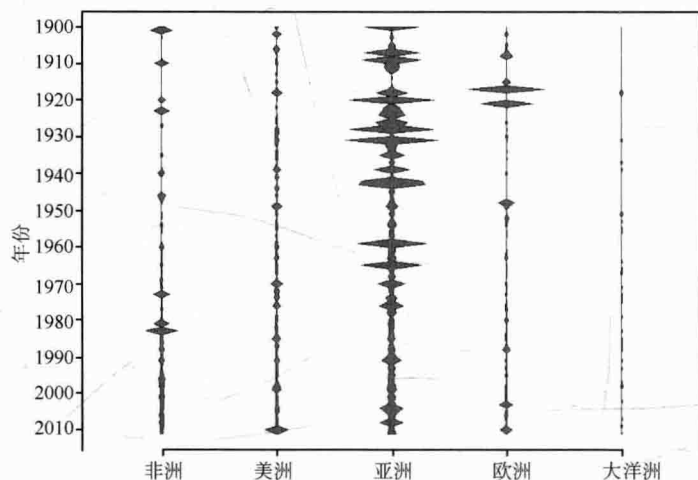


图 1-7 1900—2011 年全球各大洲自然灾害死亡人数变化

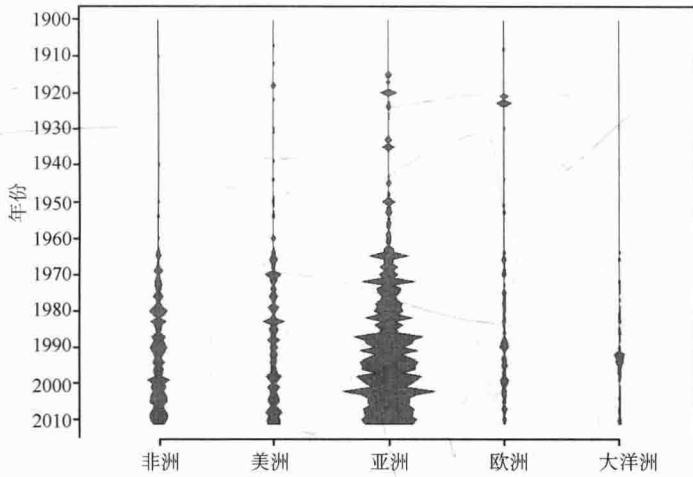


图 1-8 1900—2011 年全球各大洲自然灾害受影响的人数变化

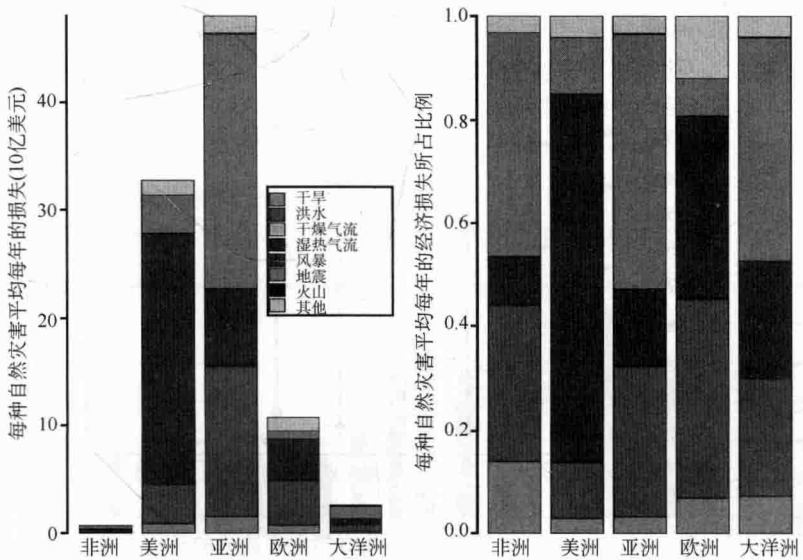


图 1-9 1900—2011 年全球各大洲自然灾害造成的经济损失

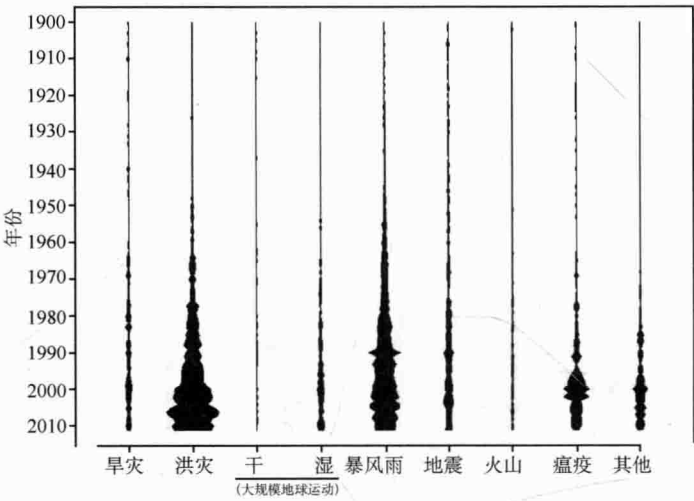


图 1-10 1900—2011 年全球各类自然灾害发生的次数变化

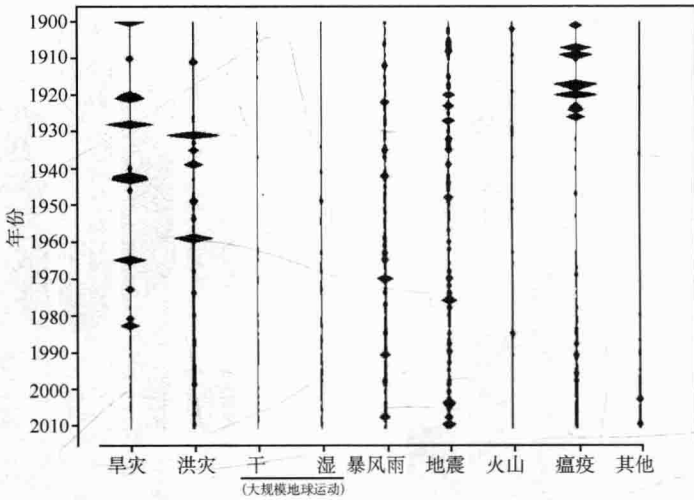


图 1-11 1900—2011 年全球各类自然灾害造成的死亡人数变化

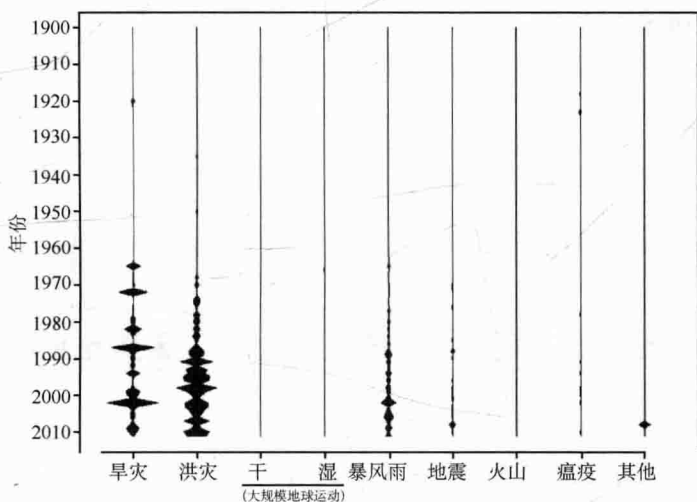


图 1-12 1900—2011 年全球各类自然灾害的受影响人数变化

通过以上统计分析,全球自然灾害的特点表现为:①全球自然灾害发生的次数和灾害影响人数呈明显的指数增长趋势,但死亡人数明显下降,而造成的经济损失却显著增长。②亚洲是受灾害影响最严重的地区,无论是灾害发生次数,还是受灾害影响人数、经济损失等方面,亚洲都居首位。③洪水灾害发生的频率最高,受灾害影响的人数和由灾害造成的经济损失也最大,地震发生的频率虽然不高,但造成的死亡人数最高,造成的经济损失也较高。

1.2.1.2 中国自然灾害现状

中国自然灾害现状呈现出以下特征:

(1)自然灾害发生的次数呈现缓慢波动平均增长趋势,见图 1-13。

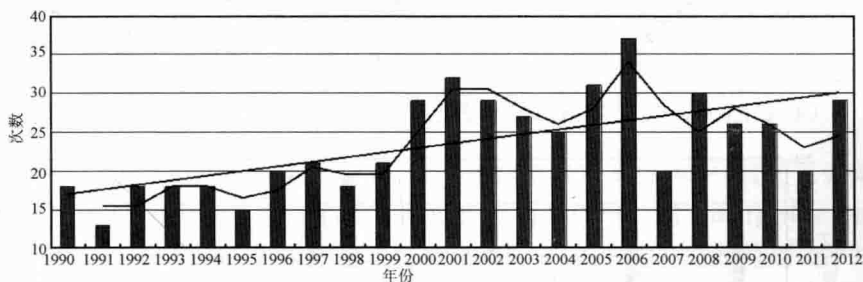


图 1-13 1990—2012 年历年中国自然灾害发生的次数

(2)自然灾害造成的经济损失呈现缓慢波动平均增长趋势,见图 1-14。1998 年的全流域型特大洪水,2008 年新中国成立以来国内破坏性最强、波及范围最广、总伤亡人数最多的汶川大地震,2010 年的青海玉树 7.1 级地震和甘肃