

中国农村地震灾害 脆弱性研究

王 瑛◎著



科学出版社

中国农村地震灾害 脆弱性研究

王 瑛 著

国家自然科学基金面上项目(编号: 40701062)
国家“十二五”科技支撑计划项目(编号: 2012BAK10B03) 资助

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书在地震灾害系统脆弱性理论框架下,运用设定地震灾害模拟经济损失的方法,基于中国历史地震数据库,对中国农村乡镇地震灾害的结构承灾体脆弱性进行了实证研究。并以云南省为例,研究承灾体脆弱性对地震灾情的放大/缩小作用和区域地震灾害系统脆弱性的形成根源;以汶川地震为例,探讨了脆弱性分析方法在案例中的应用。最后对我国农村地震灾害的备灾、减灾给出了相应的措施建议。

本书是在大量历史数据、调查数据基础上,运用脆弱性理论,从区域、案例角度对中国农村地震灾害脆弱性进行的系统研究,可供民政、保险、再保险、地震等领域的科学工作者、工程技术人员及高等院校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国农村地震灾害脆弱性研究/王瑛著. —北京:科学出版社,2012

ISBN 978-7-03-034345-1

I. ①中… II. ①王… III. ①农村住宅-抗震性能-研究-中国
IV. ①P315.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 131757 号

责任编辑:彭胜潮 王淑云 / 责任校对:林青梅

责任印制:钱玉芬 / 封面设计:王 浩

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新科印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012 年 6 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2012 年 6 月第一次印刷 印张:12 1/4 插页:2

字数:280 000

定价:49.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

广大农村地区是城市居民的生活物质生产地,农村安全与城市安全息息相关。农村安全与农村社会、经济的可持续发展已引起社会各界的广泛关注。在我国快速城镇化过程中,如何使农村乡镇实现安全发展?这是我国社会管理、灾害风险管理亟待研究的课题。

1990~2007年我国地震灾情表明,近20年来发生的破坏性地震中有99%以上发生在农村地区。我国公元前23世纪以来的历史地震统计分析结果也说明,我国农村发生地震的概率要远远大于城市,农村所面临的地震危险也远远高于城市。随着21世纪我国农村城镇化进程的加快,农村地震灾害的损失也将随之加重。本书的目的就是从脆弱性角度来研究区域自然灾害系统,关注我国广大农村地区的地震安全。

本书从中国农村地震灾害系统入手,提出了农村居民住房脆弱性模型,采用设定地震灾害模拟方法,研究中国农村地震损失的超越概率,深入分析地震灾害脆弱性对灾情的放大/缩小作用,以及农村乡镇地震灾害脆弱性形成的根源。同时还以汶川地震为例,探讨了脆弱性模型在震害评估中的应用。最后,针对我国目前的农村地震风险管理现状,提出了相应的减灾对策。

本书的完成,首先要感谢我的博士导师史培军教授和王静爱教授,他们永不停止、不断追求的科研创新精神,视学生为己出的高尚品德,永远是我学习的榜样;其次,要感谢我的硕士生陈浩、王芳、李娟、王阳,他们在本书撰写过程中做了很多工作。

在资料收集过程中,得到了民政部邹铭司长、张卫星司长、孙浩荃处长的大力支持,以及云南省统计局农村社会经济调查队的大力帮助,谨向他们致以我最真挚的谢意!

本书由国家自然科学基金面上项目(编号:40701062)、国家“十二五”科技支撑计划项目(编号:2012BAK10B03)等资助出版。

父母、家人给予我的关心和爱,永远是我的坚强后盾。“谁言寸草心,报得三春晖”。为了他们,我将继续努力。

限于作者水平,书中错误和不足之处在所难免,欢迎读者批评指正。

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 引言	1
1.2 基本概念	2
1.3 中国地震灾害数据库	6
1.4 本书主要内容	9
第 2 章 地震灾害脆弱性理论与研究进展	10
2.1 地震灾害系统及其构成要素	10
2.2 自然灾害脆弱性理论	12
2.3 地震灾害系统的脆弱性与恢复性	15
2.4 地震灾害脆弱性研究进展	21
第 3 章 中国农村地震灾害系统	31
3.1 中国活动构造与地震活动	31
3.2 历史地震空间分布	33
3.3 历史地震案例	41
3.4 中国农村概况	46
3.5 农村地震灾害特点	51
3.6 农村震害的主要结构承灾体——居民住房	57
第 4 章 中国农村震害的结构脆弱性模型	62
4.1 中国主要建筑结构分类	62
4.2 农村居民住房的分类	64
4.3 各类建筑结构的震害特征	67
4.4 农村居民住房的结构脆弱性模型	71
第 5 章 中国农村地震灾害脆弱性分析	76
5.1 设定地震房屋损失模拟方法	76
5.2 基于历史地震的中国农村房屋损失模拟	83
5.3 中国县域震害房屋损失模拟	86
5.4 中国西部高脆弱度地区的对比	90
第 6 章 区域脆弱性分析——以云南省为例	92
6.1 云南省农村震害系统	92
6.2 云南省地震时空特点	96
6.3 云南省地震灾害灾情	100
6.4 云南省设定地震灾害损失模拟	106

6.5	脆弱性对地震灾情的放大/缩小作用·····	117
第7章	案例脆弱性分析——以汶川地震为例·····	128
7.1	四川汶川地震基本情况·····	128
7.2	四川省地震灾害系统·····	131
7.3	汶川震区历史强震·····	136
7.4	汶川地震损失模型评估·····	138
7.5	汶川地震各受灾县脆弱性分析·····	144
7.6	汶川地震后的恢复重建·····	146
第8章	中国农村地震灾害的备灾对策·····	147
8.1	中国救灾物资储备体系的建立和发展·····	147
8.2	中国救灾物资储备体系的现状·····	149
8.3	基于GIS的救灾物资储备库选址研究·····	151
8.4	救灾物资储备库的库存研究·····	157
第9章	中国农村地震灾害减灾对策·····	164
9.1	地震灾害风险管理·····	164
9.2	地震风险管理中的政府部门·····	165
9.3	地震风险管理中的保险公司·····	169
9.4	地震风险管理中的农村居民·····	174
9.5	中国农村地震减灾策略·····	177
参考文献	·····	183
彩图		

第 1 章 绪 论

1.1 引 言

2008 年中国汶川发生 8.0 级地震, 2011 年日本东部又发生 9.0 级地震。近年来发生的一系列大震级地震说明, 地球又进入一个新的地震多发时间段。

地震灾害作为造成死亡人口最多的自然灾害之一(范宝俊, 1999), 始终是灾害研究中最受关注的灾害种类。由于城市人口高度密集、财富极度集中, 地震灾害研究的重点关注区域一直是城市地震, 但是, 更大面积的农村地震安全问题却被人们忽视了。

随着经济的发展, 尤其是 1990 年以来, 农村居住建筑正在经历一个更新换代的高潮, 经济较落后的地区向房屋砖瓦化发展, 经济发达的地区建两三层砖混结构楼房(高云学, 1995; 鄢家全和郝玉芹, 2003), 可是这些居住建筑很少经过正规的设计, 抗震性能更无从谈起。

1990 年 2 月, 江苏省常熟-太仓发生 5.1 级地震, 造成 106 621 间房屋遭到不同程度的破坏, 其中损失最严重的就是农民自建楼房, 约 103 565 间, 主要原因是建筑结构不合理、空间跨度大、房盖重、施工质量差。这次地震总经济损失为 13 296.29 万元, 直接经济损失达 11 133.89 万元, 是我国一个震级小、烈度低、损失大的典型震例(安徽省地震局, 1996)。

1998 年 1 月 10 日河北省张北发生 6.2 级地震, 灾区主要是张北、尚义、万全、康保 4 个县, 虽然 4 个县人口密度小, 都是以农牧业为主的农村, 但是地震造成 49 人死亡, 362 人重伤, 直接经济损失达 8 亿多元, 主要原因就是灾区的主要房屋类型——“里软外硬”结构房屋, 内墙石块、外墙包砖, 内外“两层皮”, 整体性极差, 基本不具备抗震性能, 房屋极易倒塌, 导致石块砸死、砸伤人。此外, 当地农民在建房时, 不考虑地基影响, 山前、沟河两侧多坡积和洪积物堆积, 地基松软, 工程地质条件差都是造成这次地震震害重的原因(中国地震局监测预报司, 2001)。上述震例暴露了我国在农村抗震设防管理上的诸多失误: 缺乏专门为农村居民设计的具有良好抗震性能的房屋; 缺乏相应的农村地震灾害防御管理部门, 对农村建筑物不能进行抗震设计要求, 无法进行各种监督管理。

1990~2007 年我国地震灾情表明, 近 20 年来发生的破坏性地震 99% 以上都发生在农村地区; 我国公元前 23 世纪以来的历史地震的统计分析结果也说明, 我国农村发生地震的概率要远远大于城市, 农村面临的地震危险远远高于城市。随着 21 世纪我国农村城市化进程的加快, 农村地震灾害的损失也将随之加重, 分析农村承灾体脆弱性特点, 针对我国农村地震风险管理的现状, 制订符合我国国情的农村地震减灾策略, 是我国地震研究的一个重要方面。

1.2 基本概念

1. 地震

地震是指伴随着地壳上的能量释放而引起的地球表面的振动,这种能量释放是由于地壳某些部位的突然断裂、火山爆发或人为原因而引起的。强烈地震发生时,地震区的地面剧烈摇晃、颠簸,地面振动在很大范围内都能被感知,全世界都能用仪器测出。在震中附近,地面会发生变形、隆起、下陷或水平位移。地震还会引发大规模的滑坡、山崩等地质灾害以及海啸等。大多数毁灭性地震是由地壳的断裂引起的。

地震一般分为天然地震和人工地震两大类。

天然地震又分为构造地震和火山地震。①构造地震是由于地下深处岩石破裂、错动把长期积累起来的能量急剧释放出来,以地震波的形式向四面八方传播出去,地震波到达地面,引起房摇地动,构造地震约占天然地震总数的90%以上,因此对人类的威胁最大。②火山地震,因火山爆发引发的火山地震只占地球地震总数的7%。此外,某些特殊情况也会产生地震,如岩洞崩塌(陷落地震)、大陨石冲击地面(陨石冲击地震)等。

人工地震是由人类活动引起的地面振动,如采矿、工业爆破、地下核试验造成的振动;大水库蓄水后增加了地壳的压力、在深井中进行高压注水等也会诱发地震。

地震震级(M)表示地震释放能量的多少,是表征地震大小强弱的指标,也是地震的基本参数之一,通常用里氏震级 M_L 、面波震级 M_S 、体波震级 M_B 三种方式来表示。据研究,震级每相差1级,地震释放的能量相差约30倍;震级每相差0.1级,释放的能量平均相差约1.4倍,即一个6级地震相当于30个5级地震,或相当于900个4级地震。

根据震级的大小,将地震分为4类。①小震:指震级为4级以下的地震;②中强震:指震级为5~6级的地震;③强震:一般指7级以上的地震;④特大地震:8级以上地震。

根据震源的深浅,将地震分为3类。①浅源地震:震源深度小于70km;②中源地震:震源深度在70~300km;③深源地震:震源深度大于300km。

地震动是指由地震震源形成的地震波传播到地表引起地表附近物质的振动。这种振动作用在建筑结构上,就会引起建筑结构的震害。每种地震动的特征均可由振幅、频谱和持时来描述,称为地震动的三要素,各类建筑结构的震害表现是这三个基本要素综合影响的结果。

2. 地震灾害

地震灾害是指地震对人类社会的破坏,它具有突发性、随机性、续发性、毁灭性等特点,破坏面积分布通常较大,对社会生活和经济发展都会造成极为严重的危害。据统计,全世界每年平均发生破坏性地震近千次,其中震级达7级或7级以上的大地震约十几次。研究各种地震灾害案例是人们进行抗震设计、完善防震减灾技术、开拓研究领域的重要依据。

一般来说,地表破坏引起的结构破坏属于静力破坏,而因地面振动引起的结构破坏属动力破坏。在一次地震发生之后,在震中区及其邻近的范围内,破坏主要由地面断裂和地

面振动造成,而在其他地区,破坏主要是由地面振动引起的。

根据地震灾害的后果不同,地震灾害可分为直接灾害、次生灾害(又称链生灾害)。

1) 直接灾害

直接灾害是指强烈地震动和地面破坏作用引起的结构破坏、倒塌及城市生命线系统的损坏,这些都属于地震造成人员伤亡和经济损失的最直接原因。建筑结构的地震反应是由输入的地震动特征(强度、频谱、持时,即地震动的三要素)和结构的特性(结构的刚度、阻尼、自振周期等)共同决定的,当建筑结构的抗力不足以抵御地震作用时,建筑就会发生不同程度的破坏。生命线系统主要包括供水系统、供电系统、供气系统、通信系统及交通系统等,地震后生命线系统的破坏将严重影响震后居民的正常生活,给震后的应急救援和恢复重建工作带来障碍。

2) 次生灾害

自然灾害通常是多重过程发生,一种灾害常常会触发其他灾害。例如,地震引发山崩、地陷、地裂、滑坡、泥石流等地质灾害,后者进而引起堰塞湖,堰塞湖溃坝又造成洪水灾害。这一系列因地震引发的其他灾害就称为次生灾害,也称链生灾害。例如,1786年6月1日,四川泸定发生7.5级地震,大渡河沿岸山崩引起河流壅塞断流;10日后,河道溃决,高数十丈的洪水汹涌而下,淹没民众10余万。

地震引发的次生灾害通常还有火灾、水灾、毒气泄漏、爆炸和放射性污染等。地震时房屋倒塌,生命线系统破坏,火源失控导致起火,同时由于消防系统受损、社会秩序混乱,火势不易得到有效控制,从而酿成大火。例如,1923年9月1日日本关东发生7.9级地震,由于地震发生时正好是做午饭时间,地震造成整个灾区都发生了火灾;据统计共发生火灾227起,其中133起火灾蔓延。在死亡的10万人中,因建筑物倒塌压死的不过数千人;在毁坏的70万栋房屋中,烧毁的房屋达44.7万栋。1994年美国Northridge地震造成了多处起火,其中一处由于地裂缝造成一根22英寸的煤气管道裂开,一辆卡车发动引发泄漏的煤气着火,导致周围数个停车房被烧,大约100辆汽车被烧毁。

此外,中毒也是震后极易发生的次生灾害。化工厂藏有毒物质的容器、管道在地震作用下破坏后,可导致毒气、毒液及放射性等有毒物质的溢出,造成毒气泄漏灾害。1976年唐山地震时,在天津市发生毒气污染7起,使3人死亡、18人中毒。1979年1月14日日本伊豆大岛近海地震,使位于东京西南160km处的矿业公司一个蓄水坝开裂,被氰化物污染的大量泥水排入附近的持越河和狩野川河,致使10万条鱼中毒死亡。

由于次生灾害是紧紧伴随着地震灾害发生的,在地震灾害损失评估时,很难区分是直接地震灾害损失还是次生灾害损失,故将它们都计算在一起,称为直接灾害损失。

除了上述直接灾害、次生灾害外,随着社会的进步和经济技术的发展,地震灾害往往还会引发一些新的、危害巨大的间接灾害,包括停工停产、数据丢失、经济失衡、社会混乱、瘟疫、心理创伤等。而2011年3月日本东部9级大地震引发的海啸,之后引发的核电厂爆炸,以及全球核辐射危险,更让人们深刻地感受到由于现代社会的科技进步所带来的各种意料不到的间接灾害。

3. 脆弱性

1974年, G. F. White 在其著作 *Natural Hazards* 中提出“脆弱性”(vulnerability)的概念, 他分析了人类对各种自然灾害等极端事件作出反应、调整的方式, 首次在理论上将人们防灾减灾的视线从单纯的致灾因子研究和工程措施防御扩展到人类对灾害的行为反应, 指出通过调整人类行为而减少灾害影响和损失的途径, 为其后的灾害研究与实践奠定了理论基础。30年来, “脆弱性”概念在可持续发展领域以及风险学、灾害学、气候变化等领域都得到了广泛应用(White et al., 1975; Raskin et al., 1996; Cutter, 2001; Mileti, 1999; Kaspersen et al., 2003)。

笔者认为, 脆弱性是指承灾体(人类社会经济系统)对致灾因子的敏感反映程度。脆弱性越大, 则致灾后易形成灾情; 反之, 脆弱性越小, 则致灾后不易形成灾情。因此, 脆弱性研究就是对自然灾害承灾体易于受到致灾因子的破坏、伤害或损伤的特性和各类承灾体对自然灾害的承受能力进行分析, 其最终结果就是建立各灾害强度与灾害损失之间的函数关系, 如地震灾害中各类建筑物的“烈度-平均损失率”曲线, 即可认为是地震灾害脆弱性。

4. 恢复性

恢复性是脆弱性相伴随的另一灾害系统特性。UN/ISDR(2004)认为, 在面对自然灾害潜在压力时, 恢复性是自然界和人类系统一个有价值的特性, 有助于减小脆弱性及保持可持续发展。

灾后恢复不仅是设施的重建, 更是一个复杂的社会功能再造问题(Miles et al., 2006)。恢复牵涉区域中的各种主体, 包括居民家庭、社区、政府、商业等。灾后恢复的目标就是达到或者超过恢复主体原有的各种社会指标, 如人口健康水平、居民生活水平和社会安全水平等(Liu and Dlyer, 2009)。

通常, 社会边缘群体由于不容易获得保险、贷款、急救护理、政府政策参与权等恢复资源, 且要忍受低收入房屋的缺陷, 所以这类人群的恢复性会相对较差(Msilimba, 2010)。此外, 种族、社会经济状态等对灾后恢复也有较强的影响(Fussell, 2010)。

5. 自然灾害风险管理

UN/ISDR 在《与风险共存》报告中提出, 自然灾害风险是指自然灾害与承灾体的脆弱性相互作用所导致的一种灾害结果和预期损失(UN/ISDR, 2004)。而自然灾害风险管理是包含灾前降低风险、灾时应急处置和灾后恢复重建一系列的过程, 并形成一种循环模式。在自然灾害频发的今天, 灾害风险管理受到越来越多的重视(Catter, 1991)。

加深对自然灾害脆弱性形成机制的了解, 进行高效而科学的自然灾害风险管理, 是减少自然灾害损失、实现可持续发展的必然手段。一方面, 基于脆弱性分析结果, 可以预测自然灾害可能造成的经济损失, 进而制定相应的风险管理措施; 另一方面, 对自然灾害系统进行脆弱性分析, 可以找到管理中的脆弱环节, 有针对性地完善灾害风险管理。例如, Y. Ye 等(2002)通过对中国和日本的一些历史地震案例对比, 分析区域性脆弱性, 提出必

须进行包括搜寻、营救、治疗等在内的多方面综合地震风险管理。Pelin 等通过比较分析了土耳其两次地震的社会、技术、行政、法律、经济等脆弱性因素,提出了土耳其灾害管理的改善措施(Pelin et al., 2002)。

因此,科学的地震灾害风险管理必须在正确的灾害脆弱性分析基础上进行,脆弱性分析的最终目的就是为自然灾害风险管理服务。

6. 中国农村乡镇的界定

农村是指从事农业的农民的聚居地,是相对于城市、城镇范围而言的。但是,由于我国长期以来庞大的农业人口比例,以及近十年来城市化的快速发展,出现了大范围的城乡结合带、人口密集的小城镇,使得我国农村的范围很难进行清晰的界定。

严格意义上来说,城市只应该是各城镇的建成区部分。但是,在实际统计中建成区的空间分布很难准确界定,缺乏可操作性。1999年,国家统计局发布了《关于统计上划分城乡的规定》(试行),其中第六条指出:“城市是指经国务院批准设市建制的城市市区”。它包括设区市的市区和不设区市的市区。设区市的市区是指:①市辖区人口密度在1500人/km²及以上的,市区为区辖全部行政区域;②市辖区人口密度不足1500人/km²的,市区为市辖人民政府驻地和区辖其他街道办事处地域。不设区市的市区是指市人民政府驻地和市辖其他街道办事处地域。

按照我国2007年行政区划,截至2007年12月1日,我国除香港、澳门、台湾外,共有283个地级市、368个县级市、1632个县(旗)、1个林区、2个特区、1个自治州直辖区。县级行政单元分布见图1-1。从目前世界范围看,人口接近100万的城市才被定义为中等城市(世界银行,2000)。根据我国2007年各省(自治区、直辖市)统计年鉴,284个地级市辖区的平均人口密度为1040人/km²,114个地级市人口超过100万;400个县级市的平均人口密度为440人/km²,仅有68个县级市城市人口超过100万;1632个县(旗)的平均人口密度为256人/km²。也就是说,县级市的人口密度与县(旗)的人口密度相差不到2倍。

此外,我国目前的县级市大多是1985年后由整县改为市的,地域面积较大,人口密度较低,农村比例较大。以经济发达地区的浙江省为例,县级市内的行政村与居民区的平均比例为3.8:1(方泉尧等,2003),县级市的居住人群依然以农民为主。

本书所进行的农村地震灾害研究,主要目的是分析与大、中城市承灾体有较大差别的农村乡镇对地震的脆弱性,以及应该采取的相应防灾、减灾对策。因此,为了研究数据的可获得性,本书的农村范围主要从行政单元上研究我国农民目前的主要聚集地,包括368个县级市和1632个县(旗)共计2000个行政单元的所有区域,称之为“县级农村乡镇”。

这种县级农村乡镇范围比上述国家统计局的城乡划分规定的乡村范围相对要大,因此书中数据会和农村乡镇实际情况存在一些差距,尤其是我国东部发达地区的农村乡镇,城镇化水平较高,书中的承灾体类型与实际情况会存在一些差异,有待将来更深入的数据加以完善。

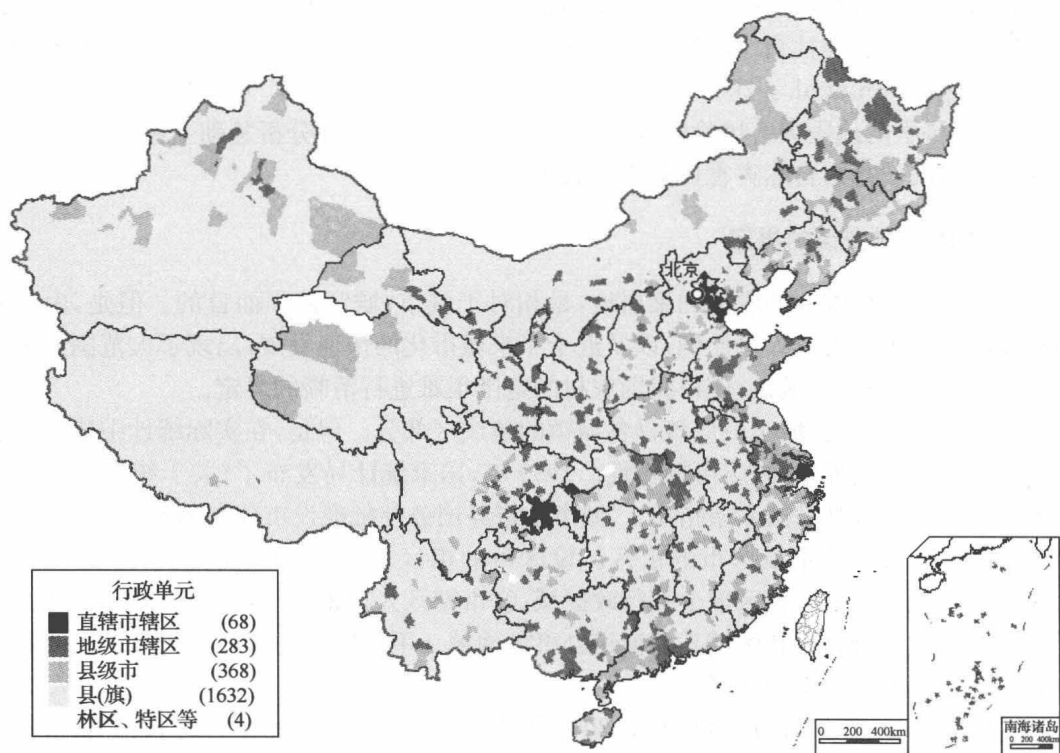


图 1-1 中国县级行政单元图

1.3 中国地震灾害数据库

地震灾害是一种破坏力极大的自然灾害,因此长期以来地震记录都受到各国高度重视。中国的地震记录具有悠久的历史,最早在尧舜时代(公元前 23 世纪),发生在蒲州(现称)的地震就有史书记载。近代,特别是新中国建立以来,一方面逐步完善地震监测网的建设,使其遍布全国各地震区,并于 1986 年建成中国数字地震台网(CDSN),使地震监测工作与国际接轨。另一方面不断收集整理历史地震资料,编辑出版多部历史地震目录,资料的科学性和规范程度也逐步提高。前人大量的工作使得中国历史地震数据在时间和空间尺度上都具备较为完善的数据。

1. 数据来源

《中国历史强震目录》(公元前 23 世纪~公元 1911 年)($M_s \geq 4.0$)(国家地震局震害防御司,1995)和《中国近代地震目录》(公元 1912~1990 年, $M_s \geq 4.7$)(中国地震局震害防御司,1999),记载了共计 5323 条历史地震信息,包括地震发震时间、发震地点(震中经纬度)、震级大小、震源深度、震中烈度等地震要素基本信息,以及一些地震灾情的文字描述。

1996年,江苏省地震局在国家地震局防御司的协助下,全面收集各时期各地区地震灾情资料,由楼宝堂主编出版《中国古今地震灾情总汇》一书,书中记载了从公元前2221年到1994年中国震级大于4.0的成灾地震情况,而且每条记录都作到尽可能的详细,对灾情有统一的指标。该书共记载了1049条成灾地震资料信息,记录了除地震基本信息之外,包括房屋倒塌数、人员死亡数、人员受伤数、直接经济损失数、灾情文字记述和说明、文献出处等地震灾情信息。

上述两类信息分别截至1990年和1994年,缺少近期的数据,因此本书采用《中国地震年鉴》(1992~2008)(国家地震局,1993~2009)中的资料,将数据时段补充至2007年。

2. 数据处理

分析上述两个主要信息源的具体内容,一个是侧重地震信息,以震级大小作为目录中选取与否的标准;另一个是侧重成灾地震信息,主要以是否造成灾害作为取舍的标准。因此在进行数据处理时,地震基本信息,如震中经纬度坐标、地震发生时间等都以国家地震局的目录为准;灾情信息,如房屋倒塌情况、伤亡人数等以《中国古今地震灾情总汇》为准。两者互相校对,最终得到公元前2300年至2007年中国地震资料信息。

3. 数据特点

地震灾害的数据相对其他灾种而言,具有以下特性:

(1) 精确性和连续性。地震数据的精确性主要表现在定时和定位上,这是由地震本身的特点决定的。地震是某一时刻在地表某一深度的一点引发,持续时间极短,造成极大的破坏。其瞬时性决定了定时的精确性,其对地表破坏的严重性决定了定位的精确性。即使是较长时间以前的地震,根据史书中的记录,也可以推演出其具体的发震地点。因此地震数据是时间跨度最长、连续性最强的灾害数据。

(2) 规范性。震级、地震矩张量、辐射能量、震源谱、震源时间函数等都是国际上统一规范的地震参数。地震灾情指标包括地震伤亡人数、倒塌房屋数、经济损失等也都是学术界、保险业界通用的指标。

4. 中国地震灾害数据库

基于地震数据资料的特点,共建立两个数据库:一个为“中国地震灾害基本数据库”;另一个为“中国地震灾情数据库”。

中国地震灾害基本数据库主要存储基本地震参数信息,包括发震时间、经纬度坐标、震级、震中烈度、震源深度等,具体结构如表1-1所示。

中国地震灾情数据库主要存储地震的灾情,包括人员伤亡、房屋倒损等,其中ID字段与中国地震灾害基本数据库一一对应,具体结构见表1-2。

表 1-1 中国地震灾害基本数据库结构

字段名称	英文名称	字段类型	备注	举例(1976 年唐山地震)
编 号	ID	整型(8)		4532
日 期	DATE	字符型(8)		19760728
时 刻	TIME	字符型(8)	北京时间	034254
经 度	LON	浮点型(5,1)	东经/(°)	118.0
纬 度	LAT	浮点型(4,1)	北纬/(°)	39.4
震 级	MAG	字符型(6)	M_s	7.80
震源深度	DEPTH	字符型(4)	单位: m	22
备 注	Note	备注型		

表 1-2 中国地震灾情数据库结构

字段名称	英文名称	字段类型	备注	举例(1976 年唐山地震)
编 号	ID	整型(8)		4532
宏观震中	POINT	字符型(20)		唐山
震中烈度	INTENSITY	字符型(6)		XI
有感范围	RANGE	字符型(70)		西至石嘴山,南至漯河,北至满洲里
死亡人口	DEAD	整型(7)	单位: 人	242 000
受伤人口	WOUNDED	整型(7)	单位: 人	708 602
重伤人口	H_WOUNDED	整型(7)	单位: 人	167 539
轻伤人口	L_WOUNDED	整型(7)	单位: 人	541 063
死亡大牲畜	B_ANIMAL_D	整型(7)	单位: 头	484 200
受损房屋	BUILDING_C	整型(7)	单位: m^2	9173 600
直接经济损失	D_ELOSS	整型(7)	单位: 万元	967 500
间接经济损失	IND_ELOSS	整型(7)	单位: 万元	360 000
其他灾情	OTHER_DISA	备注型		

由于一些历史地震的地震参数是通过文字描述推断得来,存在很大的模糊性和不确定性,在数据输入时,需要再进行处理。例如,在地震目录中“发震时间”为 1526 年春,则在录入该条记录时,日期取为 15260300,并在备注字段中进行说明。ID 字段是数据库中的索引字段,每条地震记录有自己唯一的 ID 编号。

5. 余震的处理

余震是某一次地震发生后在这次地震的震源附近连续发生的比主震震级小的地震,这些地震的发生是主震震源区应力调整和剩余应力释放的结果。显然这些地震是不独立的,它们的产生与主震密切相关。本书的研究目的是分析因地震引起的各种损失,虽然短期内多次发生的地震,对一个地区会产生累加效应,灾害损失会加重,但是这种地震所造成的损失相对于较长时间内独立发生的几次地震引起的损失要小,尤其是在人们采取一定的防灾措施以后,财产损失、人员伤亡都会减少。因此,在进行地震灾害分析前,一些余震应该从主震序列中消除。

很多学者对如何消除余震做过不少研究, P. Reasenber 从应力扰动的角度来考虑

在时间、空间上产生余震的可能性:任何一次地震的发生会在一定时空范围对地壳介质产生影响,地震将改变那里的压力状态和介质的品质因素,影响下一次地震发生的时间和大小。因此,对收录在地震目录中的每一个地震都可以依其震级的大小模拟该地震发生后在岩石中产生的扰动区,这个扰动区是用这个地震后一个时间区段(时间参数)和围绕震中的空间区域(空间参数)两个参数来模拟的,任何发生在前一次地震的时空扰动区域内的地震被看成是前一次地震的余震。地震扰动区的空间范围是根据该次地震附近的应力重新分布状况来估计的。重新分布的压力状态与震源尺度密切相关,根据震源尺度可以确定扰动区的空间尺度。每个地震事件扰动区的大小是利用震源时间参数 Q 和最大的初始震源尺度两者来度量。对于 $M_s \geq 5.0$ 的地震,采用经验公式(刘祖荫等,2002),即

$$\lg L = 0.28 M_s - 0.49 \quad (1-1)$$

由式(1-1)可得, $M_s = 5.0$, 扰动区半径 $L = 8 \text{ km}$; $M_s = 7.0$, 扰动区半径 $L = 29.5 \text{ km}$ 。

扰动时间区段是以随机模型来确定的。一次与前面地震系列相关的地震,必须知道这个地震是在多长的时间间隔 τ 之内发生的,以便确信在这个序列中发生这一次事件的这种考虑是合理的。在选取扰动时间区段时,考虑到破坏性地震发生后 6 个月以内,震区居民通常生活在抗震棚中,在此期间,不会有更大的地震灾害损失。因此,本书对余震的时间区段取为 6 个月,综合式(1-1),从时间、空间两个方面共同消除地震目录中的余震,并将消除余震后的地震记录重新建立数据库《中国主震地震数据库》。

1.4 本书主要内容

本书主要包括两部分内容:一部分是地震灾害系统脆弱性的理论探讨;另一部分是中国农村地震灾害系统脆弱性的实证分析。以理论探讨指导实例研究,又以实例研究验证和丰富理论框架。具体的研究目标如下:

(1) 在已有相关理论基础上,结合地震灾害特点,构建地震灾害系统脆弱性理论框架,探讨承灾体是如何放大、缩小地震灾情的。

(2) 建立历史地震灾害数据库,分析中国农村地震灾害发生的时空特征、农村地震灾害系统中承灾体的基本特点;根据震害案例,对比分析农村地震承灾体与城市承灾体的差异,建立中国农村主要结构承灾体的脆弱性模型。结合历史地震数据,对中国县域地震灾害房屋损失进行模拟,确定中国的高震害脆弱度地区。

(3) 选择中国地震多发地区——云南省,进行区域脆弱性分析。以乡镇为单元,根据脆弱性模型和历史地震数据,模拟在不同承灾体条件下的云南省地震灾害房屋损失,定量分析承灾体对灾情的放大/缩小作用,深入探讨区域地震灾害系统脆弱性的形成根源。

(4) 选择 2008 年汶川 8 级地震进行案例脆弱性分析。研究脆弱性模型在住房损失评估中的应用,并尝试通过计算脆弱度,探讨脆弱性在恢复重建中的指导作用。

(5) 根据中国地震灾害的备灾现状,针对目前存在的主要问题,提出地方救灾物资储备库的选址方法,以及库存量的研究方法和实例。

(6) 基于农村乡镇脆弱性分析结果,结合中国农村地震风险管理现状和地震灾区实地调查结果,提出相应的中国农村地震减灾对策。

第2章 地震灾害脆弱性理论与研究进展

灾害是社会与自然综合作用的产物。地震灾害系统由致灾因素子系统、人类承灾体子系统、结构承灾体子系统组成,三个子系统及其组成要素相互联系,相互制约。广义的脆弱性是指人类易于或敏感于自然灾害破坏与伤害的状态,反映人或人群预防、经受、减轻(减缓)并从灾害影响和损失中恢复的能力。本章从地震灾害发生前、发生中、发生后三个过程,提出地震灾害系统的脆弱性理论和恢复性理论,本书提及的脆弱性是指结构子系统和人类子系统在地震灾害发生前和发生中的反应能力;恢复性是人类承灾体子系统在地震灾害之后的反应能力,也就是系统恢复到初始状态的能力。

2.1 地震灾害系统及其构成要素

灾害是社会与自然综合作用的产物,即灾害(D)是地球表层孕灾环境(E)、致灾因子(H)、承灾体(S)综合作用的产物(史培军,1991;2002),即

$$D = E \cap H \cap S \quad (2-1)$$

式中, H 是灾害产生的充分条件; S 是放大或缩小灾害的必要条件; E 则是影响 H 和 S 的背景条件。任何一个特定地区的灾害都是 H 、 E 、 S 综合作用的结果。

Mileti(1999)强调灾情是灾害系统各要素相互作用的结果,他认为灾害系统由地球物理系统(大气圈、岩石圈、水圈、生物圈)(E)、人类系统(人口、文化、技术、社会阶层、经济、政治)(H)与结构系统(建筑物、道路、桥梁、公共基础设施、房屋)(C)共同组成的,即

$$D = E \cap H \cap C \quad (2-2)$$

式中, E 、 H 、 C 的相互作用决定灾情程度的大小。式(2-2)与式(2-1)不同之处在于对致灾因子与孕灾环境以及对承灾体系的理解上;在式(2-2)中,致灾因子与孕灾环境被看做是一个问题的不同方面;而在式(2-1)中,则将两者区分开来;在式(2-2)中承灾体被划分成两个部分,即突出人类物化劳动的各种不动产,而在式(2-1)中将人类活动及其形成的不动产归为一体。

地震灾害系统中,地震灾害的发生是地球物理系统岩石圈发生变形后,破坏人类社会的各种建筑物结构,进而对依赖建筑物生活的人类本身造成影响,引起人员伤亡、社会生产减缓或停止,因此使用上述式(2-2)将承灾体划分为人类承灾体和结构承灾体更有利于分析。在此,我们称 E 为致灾因素, H 为人类承灾体, C 为结构承灾体。图2-1描述了地震灾害系统的组成特征。在地震灾害系统中,各子系统及其组成要素都处于动态变化与相互耦合之中,它们相互联系、相互制约,在时间、空间上不断发展变化。

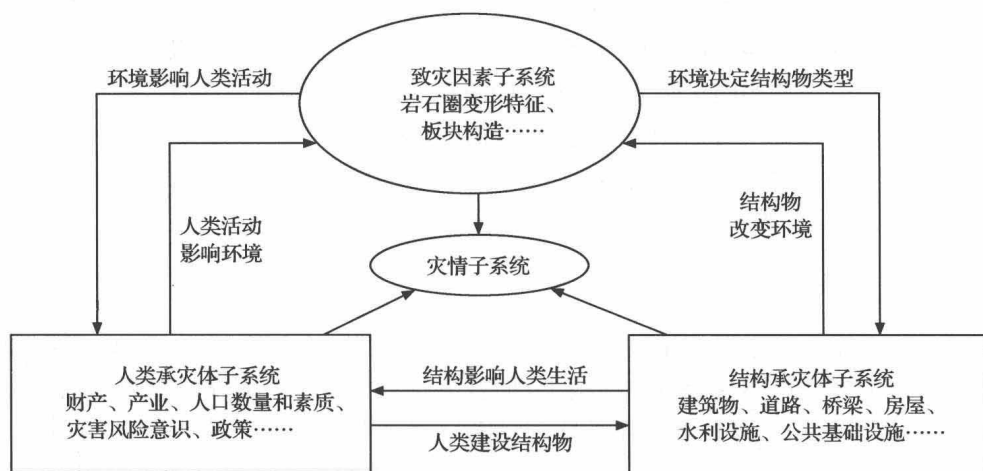


图 2-1 地震灾害系统构成

在地震灾害系统中,致灾因素主要是地球物理系统中的岩石圈,由地壳和上地幔构成,岩石圈是相对静止的块体和相对运动的物质流组成的多元变形系统,从而形成了现今的全球构造特征和局部区域特殊的构造环境。地震和火山是地球内部应力和物质向外释放的重要表现,也是岩石圈发生变形的显著标志。

人类承灾体子系统包括人类社会中的人类自身、私人财产、工业、矿业、农业、牧业、交通、环境等。

结构物承灾体子系统包括房屋建筑物、道路、桥梁、水利设施、公共基础设施等结构。结构子系统是由人类子系统构建的,从广义角度上来说,它属于人类子系统的一部分,但是为了更好地研究承灾体对地震的反应,只能将结构子系统从人类子系统中剥离出来,分别分析,然后再对两者进行综合。

地震灾情包括人员伤亡及造成的心理影响、工农业直接经济损失、间接经济损失、建筑物的破坏量等。

上述地震灾害系统具有以下几个方面的突出特点。

1. 地震灾害系统的不确定性

地震灾害系统的不确定性突出表现在地震发生的随机性上,包括时间分布上的随机性和空间分布上的随机性。虽然特征地震和重复周期一直是地震预测发展过程中产生的重要概念,但是观测到的许多大地震的发生既不符合特征地震概念,也不符合重复周期的概念。地震在空间分布上的随机性造成某些地区地震频发,有些地区很少发生。虽然大地震的发生多与活动断层有关,但 1976 年中国唐山 7.8 级地震、1994 年美国北岭 6.8 级地震、1995 年日本阪神 7.2 级地震等都没有发生在已知的大断层上。地震的这种时空分布上的不确定性必然造成地震损失时空分布的不确定性。

抗震措施运用的不确定性:通过提高结构承灾体系统的抗震性能来减轻地震灾害,一直是地震灾害系统中减轻地震灾情的有效手段,但是在 1995 年阪神地震中,虽然按新耐