

山东省 震灾损失预测研究

侯立臣 胡长和 等编著

地震出版社

山东省震灾损失预测研究

侯立臣 胡长和 刁守中

赵宪超 石宝仁

编著

地震出版社

1993

(京)新登字 095 号

内 容 提 要

震灾损失预测是近年地震科学研究中开拓的新领域,通过对潜在震灾损失的预测,有针对性地采取措施,将极大地减轻灾害的程度。本书是首次在一个省级地域内开展区域性小比例尺震灾损失预测的成果。全书共九章,阐述了山东省震灾预测的原则和方法,山东省人口和经济概况,地震活动特征及主要城镇地震危险性分析,人口、经济易损性分析等;并分别编制了人口、经济、城镇房屋三项内容的震灾损失预测区划图(1:200万)。此外,书中还对平原地区的砂土液化及土层振动卓越周期进行了宏观预测区划,给出了平原地区潜在的震害背景。

本书可供从事地震工程、地震危险性预测、城市规划、土地利用、抗震防灾研究、地震保险等科技人员、管理人员以及各级政府有关人员阅读和参考。

山东省震灾损失预测研究

侯立臣、胡长和 等 编著

责任编辑:马 兰

责任校对:李 珩

*

地质出版社 出版

北京民族学院南路9号

中国地质大学轻印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

全国各地新华书店经售

*

787×1092 1/16 6.25 印张 172 千字

1993年6月第一版 1993年6月第一次印刷

印数 001—770

ISBN 7-5028-0789-6/P·506

(1182) 定价: 5.00 元

序

自然灾害的巨大破坏力，目前人们往往还不能抵御其袭击。在灾害面前，衡量政府的文明程度，决不是以政府在灾后的救灾能力为准，而是主要体现在灾前的政府的预防措施。

当今人类社会由于经济发展和人口的增长，社会城市化的格局已成趋向，自然灾害给社会造成严重的潜在威胁，已成为一种重要的不稳定因素。一方面，随着经济的发展，灾害造成的损失，远高于经济发展速度的增值；另一方面，人民随着生活的提高，对灾害的承受能力越发降低。

人们虽不能抵御灾害的袭击，但应减轻由潜在灾害可能造成的社会与环境影响的过程，使公众的社会和经济结构在灾害中受到的损失得以减轻到最低程度。因此，首要的任务是对灾害进行危险性预测和评估，并在此基础上，确定灾害类型，进行灾害损失预测以及社会承受能力的分析。其后，编制各项预防工作计划，及其相应的减灾措施。

在各种自然灾害中，不论洪水、干旱、地震、风暴、泥石流、滑坡，还是森林大火（自燃）等灾害，究其原因，主要是由气象或地震的灾源所引起。大地震后造成泥石流、滑坡，乃至江河截流形成水灾是不乏其例的。我国地震灾害造成人员伤亡的严重程度居当代世界各种自然灾害之首。

评估潜在地震灾害的损失，是近年来防震减灾研究中正在开拓的一个新领域。震灾损失预测研究在我国刚起步不久，1990年出版的《中国地震灾害损失预测研究》一书，主要在预测方法上进行了有益尝试，并给出了中国未来50年地震灾害损失预测图（1：1000万）。

侯立臣等同志在1989年已发表了《关于山东省震灾损失区划的讨论》一文，随后进行多方研究，进而编著了本书，从而开拓了在一个省的地域内进行大区域翔实的震灾损失预测区划工作。

本书的主要特点在于：

1. 系统阐述了震灾预测的原则与方法。全面论述山东省内陆和沿海的地震活动特征，充分利用大震震害资料与当前人口、经济与文化古迹的现状，应用我国第三代地震区划图最新的危险性分析的成果，以及易损性的成果进行人

口伤亡、经济损失和房屋损失的预测。

2. 山东省拥有辽阔的平原地区,砂土液化是显著震灾,同时平原地区土层的振动卓越周期也是导致或加重震灾的重要因素。为此,本书对平原地区砂土液化和土层振动的卓越周期进行了预测,并作分区研究,指出潜在的震害背景。

3. 为了便于区域规划或领导决策,本书编制了三幅 1:200 万比例尺的《山东省未来 20 年地震震害损失预测区划图》、《山东省平原地区砂土液化宏观预测分区图》和《山东省平原地区场地土层振动卓越周期分布图 ($H=30\text{m}$ 和 $H=50\text{m}$)》。

这本书既拥有翔实丰富的各类资料,又将当前在这一领域的前沿性的研究成果与山东的实际进行有机的结合。本书的出版,从减灾意义上来说,不仅弥补了当前地震在三要素预报方面难以取得的减灾效益,而且对山东省经济发展布局、国土利用与规划、地震保险业务的开展都具有重要的指导作用。祈望我们大家从中获得更多新的启示。

陈鑫连

1992.9.6

前 言

地震是突发性的自然灾害，又是极为复杂的社会事件。90年代，正当我国经济建设处于蓬勃发展时期，我国大陆地震活动亦处于起伏增强的严峻形势。适逢联合国倡导“国际减灾十年活动”，为提高综合防御和减轻地震灾害的能力，作为地震工作的基本任务之一，震灾损失预测研究正在我国地震学领域悄然兴起。改革开放以来，山东省经济高速发展，但同时地震活动趋势亦引人注目，鲁南及南黄海海域连年被圈定为地震重点监视区。从长期预防，有效减轻震灾损失出发，我们提出了《山东省震灾损失预测研究》课题。该课题研究经费得到山东省科委和财政厅、国家地震局震害防御司、省地震局地方地震工作处的资助；研究过程中，得到省统计局、菏泽、德州、惠民、聊城等地区地震局（办）及省地震局资料室的大力支持，提供了大量基础资料。省地矿局第一水文地质大队吴德荫、刘宗华同志参加了部分内容的前期讨论及基础资料的准备工作。此外，并得到邹其嘉、陈英方等专家的热情帮助和提供有关资料。书中借鉴和引用了国内外专家在这一领域从事开拓性研究的方法和经验，在此一并致以衷心感谢。

本书是作为在一个省的地域范围内首次开展小比例尺大区域的震灾损失预测研究的尝试和探索而给出的初步成果，本成果曾由山东省科委委托山东省地震局组织专家进行会议鉴定，参加鉴定的专家来自国家地震局地球所、地质所及省计委、省经济研究中心、省保险公司、山东师范大学及省地震局等单位。鉴定委员会认为，本项目立项具有重要意义，是在我国地震活动增强进入新的活跃期背景下，立足于山东省社会经济发展的具体情况而提出的，该项研究具有学科新、难度大的特点，研究资料丰富翔实，研究思路科学，方法先进，研究结果论证较充分，具有科学性和实用性，对山东省经济建设发展布局，采取减轻地震灾害对策，以及土地利用规划编制，地震保险等方面有指导作用，可以做为领导决策依据。

本书共九章并结束语，第一章由胡长和、刁守中编写；第二、三、七章及结束语由侯立臣编写；第四章由刁守中编写；第五章由刁守中、石宝仁编写；第六章由侯立臣、石宝仁编写；第八章由胡长和编写；第九章由赵宪超编写。全书由侯立臣、胡长和统编。限于编著者的学术水平和表达能力，书中错误和疏漏之处在所难免，热诚欢迎各方面的批评指正。

编 者

1992.6.15

目 录

第一章	概论	(1)
第二章	山东省震灾损失预测的目的、原则和途径	(8)
第三章	山东省人口、经济概况和文化古迹	(12)
第四章	山东省内陆及沿海地震活动特征	(26)
第五章	山东省主要城镇的地震危险性分析	(40)
第六章	山东省人口、经济易损性分析	(52)
第七章	山东省震灾损失预测结果及讨论	(57)
第八章	山东省平原地区砂土液化宏观预测	(64)
第九章	山东省平原地区土层振动卓越周期分区及特征	(78)
结束语		(88)
参考文献		(91)

第一章 概 论

一、地震灾害预测研究的进展

本世纪以来,自然界各种突发性灾害如地震、泥石流、滑坡、火山喷发、森林大火、洪水、干旱、飓风……等事件频频发生,对社会经济和人类生命财产造成巨大损失。自然灾害正日益威胁着人类的生存和发展,减轻自然灾害,把灾害所造成的社会破坏、人员伤亡减低到最小程度,是当今社会和公众关切的重要问题。

1987年12月11日,第42届联合国大会一致通过了第169号决议,确定1990—2000年即本世纪最后10年,在全世界范围开展一个“国际减轻自然灾害十年”的国际活动,其宗旨是通过国际上的一致努力,将当前世界上各种自然灾害造成的损失,特别是发展中国家因自然灾害造成的损失减轻到最低程度。

在人类遭受的多种自然灾害中,地震灾害是群灾之首,这是人类在漫长的历史长河中,历经无数次地震浩劫后所得出的深切感受,随着世界经济的发展及人口的迅速增长和日益集中,地震及其伴生的次生灾害给人类社会带来的损失也日趋严重。这是因为地震不仅是一种突发性自然灾害,而且又是极其复杂的社会事件,地震灾害的严重程度不仅取决于地震强度、震中地点、发震时间,同时还取决于震中所在地区的人口密度和社会经济发展水平。当今在世界多震国家或地区,减轻地震灾害损失已成为政府、科学家和广大公众面临的重要历史任务。

地震灾害的预防首先要以地震预报为基础。60年代以来,世界各国有关地震预报的研究先后起步,同时对地震灾害预防也给予了很大关注,并认为地震灾害预防是减轻地震灾害损失的重要环节和有效措施。

日本是个自然灾害频繁的国家,早在60年代就通过了《灾害对策基本法》和《防灾基本计划》;70年代初发布了《大城市震灾对策推进纲要》;1978年6月,颁布了《日本大地震对策特别措施法》。针对日本东海未来可能发生8级地震的预报,开展了一系列震害预测及地震对策等研究,采取了相应防灾措施。例如,1985年,日本静冈县地区,利用地质、地基、崩塌、砂土液化、海啸、火灾等资料,对东海8级地震可能造成的地震灾害进行了试算,认为合理的地震灾害预测及相应对策将使受灾率及伤亡人员大幅度减少。

美国国会在1950年通过了《灾害救济法》;1977年又通过了《地震灾害减缓法》,明文规定了受法律保护的地震灾害减缓计划。此外,70年代初,美国USG-5/NOAA首先在洛杉矶和旧金山等地开展了地震灾害预测的系统研究,其中包括编制该地区关于断层作用、地表振动、砂土液化、滑坡、洪水等各类震害图及其他有关图件,成为城市发展对策、减轻震害的依据;加利福尼亚州及有关县市政府根据震害预测结果,制定了有关计划和法规,如位于丘陵地带的许多社区,都开始执行有关坡道规章,以减轻地震滑坡灾害。1989年10月17日在旧金山北部发生的洛马普列塔7.1级地震,由于旧金山湾地区曾进行

地震减灾研究，并采取了部分减灾措施，使震灾损失有所减轻。

我国是世界上地震灾害最为深重的国家，自 14 世纪以来的 680 年间，至少有 165 万人死于地震；仅 1556 年 1 月 23 日陕西华县 8 级地震就死亡 83 万人，是世界地震历史上死亡人数最多的一次。70 年代以来，我国因地震死亡的人数高达 26.2 万，而 1976 年唐山 7.8 级地震又成为世界近代大地震死亡人数最多的一次；死亡人数达 24.2 万人，重伤 16 万余人。据统计，我国自建国以来至 1989 年底，在大陆地区发生 5 级以上地震 943 次，其中造成破坏和伤亡的约 130 次，占 14%；造成严重破坏的 7 级以上强震 13 次，伤亡人数近 49 万人，受灾面积达 18.42 万 km² (表 1-1)。

表 1-1 建国以来中国大陆 7 级以上地震灾害统计

序号	地震地点	发震时间	震级	基本 烈度	地震 烈度	受灾面积 (km ²)	死亡 (人)	伤残 (人)	倒塌房屋 (间)
1	四川康定	1955.4.14	7.5	10	9	5000	84	224	636
2	新疆乌恰	1955.4.15	7.0	9	9	16000	18	—	200
3	河北宁晋	1966.3.22	7.2	6	10	23000	7938	8613	1191643
4	渤海	1969.7.18	7.4	—	—	—	9	300	16290
5	云南通海	1970.1.5	7.7	9	10	1777	15621	26783	338456
6	四川炉霍	1973.2.6	7.9	9	10	6000	2199	2743	47100
7	云南永善—大关	1974.5.11	7.1	8	9	2300	1641	1600	66000
8	辽宁海城	1975.2.4	7.3	6	9	920	1328	4292	1113515
9	云南龙陵	1976.5.29	7.6	8	9	—	73	279	48700
10	河北唐山	1976.7.28	7.8	6	11	32000	242769	164851	3219186
11	四川松潘—平武	1976.8.16	7.2	6—9	8	5000	38	34	5000
12	新疆乌恰	1985.8.23	7.4	9	9	526	70	200	30000
13	云南澜沧—耿马	1988.11.6	7.6 7.2	8	9	91732	748	7751	2242800
小 计						184255	272536	217670	8318526

注：摘自国家地震局多期《地震工作简报》。

此外，自 1979—1989 年 10 年间，在华东和华北地区先后发生 3 次 6 级左右中强地震，震级虽不高，但造成约 4000 人伤亡，倒塌房屋 13.6 万余间 (表 1-2)。

表 1-2 1979—1989 年华北、华东地区中强地震灾害统计

序号	地震地点	发震时间	震级	基本 烈度	地震 烈度	受灾面积 (km ²)	死亡 (人)	伤亡 (人)	倒塌房屋 (间)
1	江苏溧阳	1979.7.9	6.0	VI	8	670	41	2959	66596
2	山东菏泽	1983.11.7	5.9	VII	7 ⁺		45	874	30000 余
3	山西大同	1989.10.18	6.1	VII	8		17	145	10194

为了减轻地震灾害,我国政府早在 1966 年邢台地震之后,就大力推进地震监测预报的科学研究,并制定有关地震行政法规。1977 年,国务院批转了国家地震局关于发布地震预报的暂行规定;1988 年,国务院重新批准《发布地震预报的规定》明确了发布地震预报的权限和政府的地震减灾职能等。70 年代以来,在地震中长期预报、地震烈度区划研究的基础上,抗震防震规划、震区经济损失评定、地震救灾预案制定等诸多地震社会学方面的研究逐渐兴起。80 年代初,地震活动经历了一段相对平静阶段。为总结 1966—1976 年大陆地震活动高潮期中在消除地震灾害后果方面所取得的宝贵经验,国家地震局科技监测司于 1984 年开始组织有关专家编写《地震对策》一书,该书是我国第一部地震对策的论著,为政府部门组织救灾工作,采取对策等方面提供了参考。该书在工程抗震防灾对策一章中,论述了地震灾害的防御及减轻地震灾害的工程对策,在城市抗震防灾的论述中,较早地提出了震害预测及损失分析。为了准备新的地震高潮期的到来,人们在努力寻求减轻地震灾害的方法和途径。

工程抗震和地震预报是现阶段减轻地震灾害的基本对策,而震灾预测则是在工程抗震中分离出的一个新的分支。早期的震灾预测研究主要是以群体建筑物为对象评估其破坏损失,80 年代初曾在烟台、徐州、安阳等城市的抗震防灾规划工作中,投入了震灾预测研究,取得了一些经验,提出了一些方法,80 年代后期,以“国际减灾十年”的国际活动为契机,震灾预测的研究有了较大进展。由此,震灾预测逐步过渡到对一个城市或一个地区潜在的震灾损失进行多方法多方位的评估。1990 年国务院批转国家计委和国家地震局关于加强破坏性地震减灾工作意见的通知,要求省级政府及有关部委制定地震减灾方案。至此,我国地震灾害预测研究更为广泛深入地开展起来。同年,国家地震局震害防御司组织的“未来地震灾害损失预测研究组”编辑出版了比例尺为 1/1000 万的《中国地震灾害损失预测图》,这种大范围小比例尺的未来地震灾害损失预测分布图的研制,在国际上尚属首次,是一次开拓性的尝试,它为政府职能部门及保险业等社会公益部门制定有关政策提供了参考依据。

1988 年山东省地震局侯立臣等从提高地震计划资金的投入效益,实行不同地区分类管理,更好促进地震监测工作发展的目的出发,曾就山东省地震损失区划问题进行过初步探讨,为此曾对山东省地震活动水平、经济发展状况进行了研究,探讨了震灾损失区划的原则和方法。

二、山东省历史及现代地震概况

1. 历史地震

区域地震活动规律的研究是震灾损失预测的基础。山东省具有悠久而丰富的地震历史记载。公元前 1831 年(夏帝发七年)“泰山震”是我国最早的地震记载。公元前 70 年 6 月 1 日诸城、安丘、昌乐一带 7 级地震,(汉宣帝本始四年四月壬寅)史料记载“地震河南以东四十九郡,北海、琅玕坏祖宗庙城郭,杀六千人”,是我国第一次有较明确震中破坏、人员死亡数字及波及范围的地震记载。山东地区自公元前 70 年有地震记载以来,共发生 $M_s > 6$ 级地震 13 次,其中以 1668 年郯城 8.5 级地震和 1937 年菏泽 7 级地震破坏最严重,对该两次地震的深入研究,在山东及其邻区国民经济建设中具有重要意义。

1668年郯城地震是中国东部最大地震,该地震是我国历史地震中记载最丰富、研究最全面的强震之一。1956年中国科学院地震工作委员会编辑出版的《中国地震资料年表》中收集了大量史料,对该震进行了详细描述;1957年闵子群对郯城地震作了专门研究,首次对郯城地震作了等震线图。60年代李善邦、梅世蓉等亦对郯城地震各方面进行了探索。尤其在1976年唐山地震后,减轻地震灾害工作被提上日程,各方面专家对郯城地震投入了若干专项研究,如郯庐强震带的区划、郯城地震的深部构造及活断层研究,地震活动图象的研究等。特别引人瞩目的是在1988年完成的“鲁南地震区划”工作中,高维明、李家灵等对郯城地震区内的活断层进行了深入的开拓性研究,取得了突破性进展,发现了郯城地震的发震断层,并确定了该处8级大震的原地重复周期约3000年。

1937年菏泽地震是本世纪华北平原首次强震,深入研究这次地震,对认识华北地区地震活动规律具有重要意义。最早对菏泽地震进行调查研究的是我国地震事业创始人之一李善邦先生,当时因地震处于战乱时期,无法亲赴现场调查,不得已采用通讯方式对震害及震动情况进行了调查,并著有《山东菏泽地震述要》一文,文中估计了震中位置,并对地震烈度作了评定,震中烈度定为Ⅹ度。解放后,随着社会主义建设的需要和地震工作的发展,先后有不少单位组织进行了菏泽地震的调查研究,对菏泽地震的震害和烈度、震源机制、震源参数、宏观前兆等进行了广泛探讨,在前人大量工作的基础上,1987年山东省地震局胡长和、许坤福等再次对该地震进行了专题研究,并编辑出版了《1937年菏泽地震》一书。该书将50年来有关菏泽地震方方面面的研究资料进行了系统整理和汇总,并对菏泽地震的若干问题进行了分析论述,对认识菏泽地震有重要的实用意义。

除上述两地震外,渤海湾海域在1597、1888、1969年先后发生7、 $7\frac{1}{2}$ 、7.4级3次强震,在渤海湾沿岸及惠民地区不同程度引起喷水冒砂、地面裂缝、房屋倒塌等震害现象,其中1969年渤海地震中山东地区死9人,伤300余人。1548年在庙岛群岛发生7级地震,史志记载“蓬莱地震,城崩,坏民庐舍无算”。

山东境内或其毗邻地区的历史中强震,震害较重者尚有1502年濮阳地震($6\frac{1}{2}$ 级)、1622年郛城地震(6级)、1829年益都地震(6级)。史志记载:濮阳地震“坏城桓民舍,民居倾坏者千余,压死五十余人,井水溢,平地有开裂涌泉者,亦有砂土随水涌出者,连震三次,动摇泰山,远及千里”。郛城地震郛城县“地裂泉涌,墙屋皆仆”;巨野县“县城垛口、垣墙翻覆过半,文庙倾圮寝久,庀舍皆颓败”。益都地震益都县“屋宇倾圮,压死二十余人,坍塌瓦房1676间、草房5371间”;临朐县“压死男妇数百口,坍塌瓦房179间,草房9365间”。

对发生于山东内陆及其海域的历史及现代地震,有关地震目录多已收录其中,其主要者有以下5种(表1-3):

- 1) 李善邦先生于1960年主编的《中国地震目录》包括自公元前1189—1955年共8137次地震,其中破坏性地震1180次。该目录给出山东及沿海公元前618—1955年共566次地震,其中破坏性地震38次。

- 2) 中央地震工作小组办公室于1970年主编的《中国地震目录》,自公元前1177—1969年共收录 $M_s > 4\frac{3}{4}$ 级地震2257次(包括余震),附录260条。其中山东及沿海自公元前70—1969年共包括34次地震和7条附录。

- 3) 顾功叙先生等于1983年主编的《中国地震目录》,自公元前1831—1979年共收

录 $M_s > 4\frac{3}{4}$ 级地震 4120 次 (包括余震), 附录 1604 条。其中山东及沿海地震 41 次, 附录 8 条。

4) 山东省地震预报研究中心于 1985 年汇编的《山东省历史地震目录》。该目录汇编了山东及沿海公元前 1831—1949 年历史地震 534 条、1950—1984 年 $M_L > 3.0$ 级地震 916 条, 其中 $M_s > 4\frac{3}{4}$ 级地震 63 次。

5) 《中国地震简目》汇编组于 1988 年编辑了《中国地震简目》, 该目录共包括公元前 780—1986 年 $M_s > 4.7$ 级地震 5142 次。其中收录了山东及沿海公元前 70—1986 年地震 68 次。

表 1-3 山东及沿海 $M_s > 4\frac{3}{4}$ 级地震目录编辑简况

起讫时间(年)	$M_s > 4\frac{3}{4}$ (或破坏性)地震次数		资 料 来 源		
	正式目录	附录	主 编	名 称	时间(年)
公元前 618—1955	38		李善邦	中国地震目录	1960
公元前 70—1969	34	7	中央地震工作小组办公室	中国地震目录	1970
公元前 1831—1979	41	8	顾功叙	中国地震目录	1983
公元前 1831—1984	63		山东省地震预报研究中心	山东省历史地震目录	1985
公元前 70—1986	68		《中国地震简目》汇编组	中国地震简目	1988

上述各目录, 1900 年以前的地震主要以历史记载为依据, 其中前三种目录主要根据 1956 年出版的《中国地震资料年表》, 后二种则主要根据 1983 年出版的《中国地震历史资料汇编》; 1900 年以后的地震, 广泛参考了宏观调查, 仪器观测和文字记载资料。后编的目录是对前种目录的修订、补充和续编。据分析, 山东自 15 世纪中期以来, 近 500 余年的 5 级以上地震记载基本是完整的。

2. 现代地震

山东地震仪器记录的历史虽则可以追溯至 1908 年, 该年德国人在青岛观象台设置了维歇尔 (Wiechert) 式地震仪, 但由于战火迭起, 时局动乱, 青岛几经沧桑, 该台工作时断时续, 未留下完整记录。1967 年泰安地震台建成, 开始了山东现代地震仪器的新阶段。1970 年初步建成山东地震台网, 后经发展和调整充实, 至 1990 年, 山东省已拥有地震台 23 个, 无线传输台网 1 个 (含 6 个子台), 形成布局比较合理, 具有一定监测能力的区域地震台网。据研究, 山东省大部分地区地震监测能力下限可达 $M_L 2.0$ 级。

1970—1990 年, 山东省及沿海地区共记录 $M_L > 2.0$ 级地震 2037 次 (表 1-4)。这些地震跨越的时间尺度虽较短, 但有较精确的定位和相当数量的样本, 同样包含了山东地震活动的丰富信息, 是本项研究中不可缺少的资料之一。

表 1-4 山东及沿海地震活动统计表

年	N(次)						$\Sigma\sqrt{E}$ ($\times 10^6 \text{J}^{1/2}$)	$M_{\max}$
	2.0—2.9	3.0—3.9	4.0—4.9	5.0—5.9	6.0—6.9	合计		
1970	54	14	4	1	0	73	2.50	5.0
1971	69	14	6	0	0	89	1.61	4.5
1972	100	22	0	0	0	122	1.08	3.9
1973	71	11	1	0	0	83	0.78	4.1
1974	67	18	0	0	0	85	0.78	3.8
1975	75	15	2	0	0	92	0.99	4.3
1976	108	52	1	0	0	161	1.81	4.1
1977	75	13	0	1	0	89	1.35	5.2
1978	79	12	1	0	0	92	0.84	4.1
1979	93	12	3	0	0	108	1.23	4.5
1980	105	19	4	0	0	128	1.60	4.6
1981	94	21	4	0	0	119	1.83	4.6
1982	99	17	5	0	0	121	1.42	4.2
1983	87	14	2	0	1	104	7.97	6.2
1984	69	15	1	0	0	85	0.78	4.0
1985	55	17	2	0	0	74	0.83	4.1
1986	103	27	3	0	0	133	1.68	4.6
1987	72	26	1	0	0	99	1.20	4.3
1988	52	17	1	0	0	70	0.82	4.1
1989	56	17	1	0	0	74	0.89	4.4
1990	68	17	2	0	0	87	1.27	4.6
平均	76	18.6	2.10	0.10	0.048	97.0	1.54	4.44

三、山东省地震区划工作的回顾

我国地震区划工作，早在本世纪 20 年代初，即已有个别学者开始了启蒙研究。1920 年甘肃海原县（现属宁夏回族自治区）8 $\frac{1}{2}$ 级大震后，翁文灏先生首次编制了中国东部地震（危险区域）图，这是国内最早的地震区划雏形。该图对中国东部地区划分了 15 条地震断裂带，其中山东地区据有 3 条，分布于鲁东沂沭带、鲁西南聊考带、胶东北部及沿海。

50 年代以来，随着国民经济建设的需要以及地震资料的积累和丰富，地震烈度的基础研究和烈度区划工作相继开展，迄今为止，涉及山东地区的地震区划工作主要有以下方面：

1) 1957 年，李善邦先生等编制了比例尺为 1:500 万的《中国地震烈度区域划分图》，该图区划的基本原则一是历史地震重演；二是构造类比。其特点在于，提出了以前没有记载大震的地方，若在相似构造带上，也可能有同样强度地震发生的概念，这在一定

程度上弥补了地震史料的不足。据李善邦先生等 1960 年在该图基础上进一步划分的各县地震烈度统计, 当时山东省 110 个县(市)级以上单位中, VI 度以上的有 100 个, 占 90.9%; VII 度以上的有 67 个, 占 60.9%; VIII 度以上的 15 个, 占 13.6%; IX 度以上的 6 个, 占 5.5%。

2) 1977 年国家地震局编图组编制了比例尺为 1:300 万的《中国地震烈度区域划分图》, 给出我国各地自 1973 年起, 未来百年内平均土质条件下的地震基本烈度。该图作为国家建设规划和中小型工程抗震设计使用。该图编制的基本原则仍然是历史重演和构造类比, 但具体应用时有明显改进, 即应用了当时地震中、长期预报研究成果。使用历史地震重演原则时, 考虑了地震活动的周期性, 及未来活动趋势, 提出地震有条件地重复和发生; 而构造类比方面, 则提出了发震构造概念, 将大震与具体构造部位相联系。这张图兼容诸家之长, 提出明确的时间概念。作为全国地震区划编图的组成部分, 山东省地震局编图组依据相同的技术途径编制了比例尺为 1:100 万的《山东省地震烈度区划图》, 给出了山东省各地地震基本烈度划分结果。当时, 在全省 123 个县(市)级以上政府驻地中, VI 度以上的 117 个, 占 95.1%; VII 度以上的 52 个, 占 42.3%; VIII 度以上的 18 个, 占 14.6%; IX 度以上的 6 个, 占 4.9%。

3) 1986 年以来, 国家地震局开始编制新的中国地震区划图。编图原则有了突破性进展, 即引入和改进了国际上先进的地震危险性概率分析方法, 吸收了近 20 年来地震预报研究成果, 反映了我国地震活动在时间上和空间上非均匀分布的特点。地震危险性分析方法是用概率统计方法评定未来遭受地震破坏的危险程度, 可以给出指定地区指定时限内可能遭受不同强度地震动(烈度、加速度等参数)的超越概率水平, 便于建设部门根据工程使用年限, 重要程度和工程结构类型等选择不同的抗震设防标准。1990 年完成的新的 1:400 万《中国地震区划图》给出了各地 50 年内超越概率分别为 0.1 和 0.05 水平的地震烈度和峰值加速度值, 前者(50 年超越概率 0.1 的地震烈度值)可与地震基本烈度相对比。按照地震危险性概率分析方法, 山东省地震局等单位 1988 年编制了 1:50 万《鲁南地震区划图》, 结果表明, 1977 年划分的郯城、临沂、苍山及临沭等 IX 度以上地区的烈度降低为 VII—VIII 度为宜。这主要因为, 对郯城 $8\frac{1}{2}$ 级巨震的重复周期获得新的认识, 即重复周期可能是 3000 年左右, 而不是数百年。近几年来, 山东其他一些局部地区或工程场点, 也开展了类似工作。

由此可见, 山东地区在历次地震区划中, 都是地震危险性较高而又复杂的地区。为了科学评估未来 20 年内山东各县级以上政府所在地的地震危险性程度, 从而使地震灾害损失预测有较科学而可靠的基础, 本书以地震危险性概率分析方法进行山东省各县级以上政府所在地的地震灾害区划研究。

第二章 山东省震灾损失预测的目的、原则和途径

地震中长期预报研究表明, 90 年代将是我国又一个强震活动的高潮期, 但这 10 年也是我国国民经济高速发展, 实现国民生产总值翻两番战略目标的重要时期。因此, 我国经济建设将面临严重的地震灾害的威胁, 在严峻的地震形势下, 认真做好震情监测和震害预防, 尽最大可能减轻地震灾害造成的损失, 是地震工作者肩负的艰巨的历史任务。减轻地震灾害将对保持社会稳定和经济发展起增益作用。震灾损失预测研究, 正是适应地震形势需要, 从有效地减轻和防御地震灾害的目的出发, 开拓地震工作的新领域。近年来, 地震灾害预测已逐渐成为地震工作的一项基本任务, 地震预报已有由三要素(时间、地点、震级)发展到五要素的趋势(即增加人口伤亡和经济损失)。

震灾损失预测研究的基本内容为在地震危险性分析的基础上, 对未来一定时期、一定区域内, 地震给社会、经济、人口等所造成的损害程度作出定量估计。

一、山东省震灾损失预测的目的和任务

山东省震灾损失预测研究的提出, 主要基于以下考虑:

1. 为地震灾害的综合防御提供科学依据

地震监测预报、震灾预防、地震应急和地震救灾与重建是地震工作的四个重要环节。地震监测预报是防震抗震工作的基础, 20 多年来, 由于地震工作者的艰苦探索, 在中长期预报方面取得了长足进展, 但由于现阶段观测条件的局限性, 以及震源信息、地震前兆的不确定性, 使短临预报仍未过关。在国际上, 美、日等发达国家的地震短临预报和我国同样处于低水平, 但在发达国家中, 对震灾的预防主要立足于工程抗震。从我国的国情出发, 在减轻地震灾害方面主要依靠地震的综合防御。所谓综合防御, 是指在政府领导下, 由各有关部门协作, 并有广大社会公众参与的防震抗震工作。而震害预测则是实现综合防御的重要环节。

地震灾害预防的直接目标是避免和减少人员伤亡和经济损失, 为此, 震害预测需对研究区域的人口、经济分布进行调查; 对建筑物、工程设施进行分类; 对场地抗震性能进行区划。震灾预测研究过程中取得的上述成果将为有关部门编制防震规划、制定减轻地震灾害对策和应急计划提供必要的基础技术资料 and 科学依据, 是在地震发生前为预防工作提供具体目标, 以达到减轻灾害的目的。

2. 吸取历史震灾损失的教训为地震高潮期再次到来而采取对策

山东省在历史上是我国地震活动比较频繁的地区之一, 著名的 1668 年郯城 8.5 级巨震和 1937 年菏泽 7 级强震均造成惨重的人员伤亡及经济损失。郯城地震虽发生在当时尚人烟稀少的沂蒙山区, 但仍死亡 5 万余人, 震中区郯城及高烈度区莒县及其邻近的 10 余个县“城廓、宫室、庙宇、库衙……等俱倒塌如平地”、“四郊地裂, 穴涌沙泉, 河水横溢, 人民流散”。震灾波及江苏、安徽、河南等 15 个省; 菏泽地震较郯城地震强度低一个多量

级,但因地处中原地区人口密度大,仍死亡两万余人,同时极震区内房屋尽毁,更因平原地区砂土液化强烈,大范围喷水冒砂,地面陷落,造成经济损失极大。1983年11月,在菏泽7级地震的老震区再次发生5.9级地震,死亡45人;轻重伤870余人,倒塌房屋3万余间;震坏桥梁1237座……直接经济损失约3亿元。

80年代后期,我国中强以上地震活动起伏增强,据大陆地震活动期幕研究认为,90年代将是大陆的第五个强震活跃期,主体地区在西部,但也不排除东部发生7级地震的可能。山东属华北地震区,1989年山西大同6.1级地震的发生,标志着华北地震区地震活动亦已进入新一轮地震活跃幕,预测本活跃幕中可能发生若干次6级左右地震,亦不排除发生个别7级地震的可能。近几年山东省鲁南与苏北交界地区及南黄海海域连年被圈定为地震重点监视区,1992年1月23日在距青岛约100km的南黄海海域发生 $M_s5.3$ 级地震,青岛地区强烈有感,在社会上引起较强烈反响,由此表明山东省面临的地震形势亦较为严峻,防震抗震、震灾损失预测研究等对策工作已较为迫切地提上议事日程。

3. 响应“国际减轻自然灾害十年”活动,在监测预报的基础上,探索减轻地震灾害的途径

联合国倡议开展的“国际减轻自然灾害十年”活动,得到许多国家政府的响应,我国政府也积极组织和开展了许多工作,如组织和动员全国防灾科学研究的专家和学术团体讨论研究防灾科学规划;加强与世界各国灾害信息的交流及减灾防灾的国际合作,尤其是国家地震局1990年以来,多次邀请有关专家讨论关于地震减灾体系、关于减轻地震灾害计划、关于政府在减轻地震灾害中的职能作用等重要问题,并组织编制地震重点监视防御区的《减轻地震灾害计划》。1990年还由国务院批转了关于加强破坏性地震减灾工作意见的通知。政府部门的重视和大力倡导,有力地推动了减灾事业的发展,在此形势下,科技工作者及有关部门,及时抓住带有重大意义的科研课题深入研究,将是对减灾十年活动的有力支持。山东省震灾损失预测研究正是由此而提出的,它将对山东省减灾工作作出应有的贡献。

综上所述,山东省震灾损失预测研究的目的是任务:通过对山东省地震危险性分析及人口和经济易损性分析,给出本省以市、县为单元,在未来20年内,由于地震灾害可能造成的经济损失和人口伤亡。通过对山东省震灾损失的定量估计,为山东省经济建设发展布局、土地利用规划以及为政府部门制定地震防灾规划、减灾救灾对策、地震保险等方面提供科学依据。

二、震灾损失预测区划的原则

作为一个省级地域尺度小比例尺的震灾损失预测区划研究,在国内尚属首次,因此本次区划乃是一次尝试,区划拟依照下述原则进行。

1. 反映地震所造成的直接经济损失和人员伤亡

经济损失包括各种民用房屋、地面构筑物以及工业、商业、交通等全民固定资产的损失。但不包括次生灾害如火灾、水灾、滑坡、停产等造成的间接经济损失和人员伤亡。

2. 反映不同地震烈度与人口及经济损失的关系

迄今为止,一般研究地震灾害造成的人口损失和经济损失的大小,均用地震烈度来表

示。为此,需对以下两方面首先进行研究,并求出必要的数值。

① 对研究区进行烈度区划或对研究区的统计单元给出烈度值,同时,详细占有每个统计单元的人口和各类固定资产资料;

② 通过研究区及相邻区历史地震震灾损失资料,统计分析不同烈度情况下造成的人口和城镇房屋,工业固定资产,交通桥梁等经济要素的损失关系。

在此基础上评估各统计单元的震灾损失值。

3. 震灾损失预测的时间尺度为未来 20 年

选定未来 20 年时间尺度的原因,首先在于考虑到政府部门在制定国民经济近期和远期规划时,其时间段一般为 10—20 年左右,因此,预测研究未来 20 年内的震害损失更具实用意义。其次,由于华北地区地震活动一般有一二十年幕式活动韵律,目前正进入华北新一轮活跃时期,因此,选取 20 年时限,对于为政府有关部门制定防震减灾规划提供更有针对性的科学依据更为有利。

据鲍霁斌等的研究,华北地区的基本烈度大体相当于 50 年内超越率 0.1 的烈度,故研究中涉及基本烈度时,采用本省 50 年超越概率 0.1 的计算结果。

4. 以市、县为预测的基本单位,研究估算震灾损失值的大小,并据此进行震灾损失区划

其所以确定以市、县为单位进行震灾损失估算是基于以下考虑:作为提供给政府部门的震灾损失预测区划,应以行政区划为预测单元更便于应用,作为山东省省辖地域内的全面区划,以县(市)级行政区域为预测的基本单元较为适宜;因为县(市)级以上政府所在地,是当地政治、经济、文化的中心,也是人口密集之地;同时,从人口与经济易损性的统计角度着想,以县(市)为预测单位,也便于资料的收集与统计。

三、震灾损失预测的技术途径和科学思路

评估地震灾害损失的主要依据是两个 方面,一是地震危险性分析;二是人口和各类资产的易损性分析。对于这两方面的分析研究是震灾损失预测的基础。

1. 地震危险性分析

地震危险性分析是以地震带为统计单元,分别对每一潜在震源区作危险性分析,它包含确定和定量描述各潜在震源的时、空、强等参数和震源类型,预测地震动参数。这项工作是吸收近年来新一代烈度区划工作对山东地区地震活动时、空、强不均匀性的认识和中长期地震预报的最新成果,应用地震危险性分析的综合概率法,对山东省主要城镇给出未来 20 年遭遇各种烈度袭击的概率,为下步震灾损失预测提供地震危险性依据。

2. 人口与经济易损性分析

所谓易损性是指地震对人类生命、及对建筑物和其他人造设施等各类固定资产的损害。易损性分析是基于对以往地震宏观经验的分析,评定灾害的程度。其主要内容包含两方面,一是提出研究区域内各个计算单元的人口数量及建筑物和其他设施的清单;另一是对清单中的每一统计项目,确定其损害程度和有关损失与地面震动强度的关系。

基于上述,首先需对地震的破坏对象——各类固定资产开列清单。其中确立分类系统至关重要,为了综合评估震灾损失,设施分类应包括:人们工作或生活的建筑物、生命线