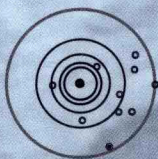




宁夏大学优秀学术著作出版基金
宁夏大学“211工程”建设项目资助

EARTHQUAKE DISASTER & COUNTERMEASURE
OF PREVENTION AND MITIGATION DISASTER

地震灾害 及



防震减灾对策

马彩霞◎编 著



黄河出版传媒集团
宁夏人民出版社



THE UNIVERSITY OF CHICAGO



附錄 2 研究時間表

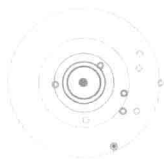
100





宁夏大学优秀学术著作出版基金
宁夏大学“211工程”建设项目资助

地震灾害及



防震减灾对策

马彩霞◎编 著



黄河出版传媒集团
宁夏人民出版社

图书在版编目(CIP)数据

地震灾害及防震减灾对策 / 马彩霞编著. —银川:宁夏人民出版社, 2012.3

ISBN 978-7-227-05119-0

I. ①地… II. ①马… III. ①地震灾害—介绍②防震减灾 IV. ①P315.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 049942 号

地震灾害及防震减灾对策

马彩霞 编著

责任编辑 张 好

封面设计 杨 坤

责任印制 李宗妮

黄河出版传媒集团 出版发行
宁夏人民出版社

地 址 银川市北京东路 139 号出版大厦(750001)

网 址 <http://www.yrpubm.com>

网上书店 <http://www.hh-book.com>

电子信箱 renminshe@yrpubm.com

邮购电话 0951-5044614

经 销 全国新华书店

印刷装订 宁夏书宏印刷有限公司

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 17.5 字数 250 千

印刷委托书号 (宁)0012237 印数 2000 册

版次 2012 年 3 月第 1 版 印次 2012 年 3 月第 1 次印刷

书号 ISBN 978-7-227-05119-0/P·12

定 价 48.00 元

版权所有 侵权必究

前言

地震灾害不仅导致了大量人员伤亡，而且导致人类赖以生存的环境的破坏。严重的地震灾害，使我们清醒地认识到，要使本地区的经济健康持续发展，必须卓有成效地减轻地震灾害的损失，并坚持防震减灾工作同经济建设一起抓。在地震发生之前，能否采取积极的防御措施；在地震突然袭击时，能否迅速开展应急救援；在地震发生后，能否快速地开展重建工作，已成为衡量一个国家政府效能和社会文明的重要标志。要提高整个社会的防震减灾意识，不但需要依靠科学技术进步，而且还需要通过普及防震减灾常识，提高全社会的防震减灾意识和应急避险能力。

宁夏地处我国大陆南北地震带的北段，97%位于地震基本烈度Ⅶ度以上高烈度区，地震活动频繁，历史上曾遭受过多次破坏性地震的袭击，一般5.5级地震就能造成一定规模的灾害，是我国地震灾害最严重的地区之一。1739年银川—平罗8级地震造成5万多人死亡，1920年海原8.5级地震造成27万多人死亡。2008年5月12日，四川省汶川县发生了8级特大地震。地震波及16个省、自治

区、直辖市，造成近7万人遇难，4万人受伤，累计受灾人数约4555万人，破坏特别严重的地区超过10万平方千米。此次大地震后，先天不足的宁夏应该如何应对地震灾害、怎样最大限度地减少强烈地震造成的重大人员伤亡和财产损失，引起了各级政府、行政管理部门、指挥系统、科研机构、设计施工及专业人员的高度关注和思考。2008年7月经自治区政协多方努力启动了《宁夏地震灾害与对策研究》课题，自治区政协领导、政协委员及地震、民政、建设、卫生、教育等相关厅局的负责人、专家共同参与了课题的研究，在全区范围开展了广泛的调查研究，提出了符合宁夏实际的防震减灾工作思路和对策建议。课题历时一年，于2009年7月完成并出版《宁夏地震灾害与对策研究》一书。作者作为专家和政协委员的双重身份有幸参加了此次课题的研究工作，并负责完成了“防灾减灾建筑、体育建筑、影剧院、博物馆、档案馆、商场、展览馆、会展中心、教育建筑、旅馆、办公建筑、科学实验建筑等公共建筑设施抗震性能评估和对策研究”及“地震灾害重建的对策”两个子课题的研究，提交5万字研究报告，参编出版了《宁夏地震灾害与对策研究》一书。本书就是在此课题研究工作的基础上，从土木工程专业的角度着重从建筑技术方面对防震减灾的对策进行了进一步的研究而完成的。

地震是一种自然现象，发生地震不可避免，但是抑制地震灾害的扩大因素，尽可能减轻地震灾害造成财产和人员损失是能做到的。减轻地震灾害是一个社会系统工程，包括社会组织动员、制定和采取科学有效的工程防御措施和非工程性防御措施等。本书就是一本以此为主线，收集和总结了国内外在防震减灾方面的经验，较系统地对地震灾害及其防震减灾对策进行了深入浅出的解读的读物。它可以为政府机关、团体机构、高等院校、工程领域及其他社会科学有关领域里各部门，以及地区

性基层组织在科学组织实施防震减灾、防震减灾知识宣传普及以及灾后恢复重建工作、科学研究等方面提供了直观的参考资料。

书中内容共七章。第一章绪论，介绍了此书内容需要了解的基本知识；第二章国内外重大地震灾害及防震减灾启示，介绍了国内外15个地震灾害及防震减灾经验案例；第三章城市防震减灾对策，介绍了城市地震灾害的特点及城市防震减灾规划中城市避震疏散场所的规划；第四章村镇防震减灾的对策，介绍了村镇地震灾害的特点及村镇各类房屋的地震灾害案例和防震减灾对策；第五章工程抗震防灾对策，重点分析了各类建筑结构的震害特点及其抗震减灾对策，同时介绍了目前国内外常用的建筑结构抗震加固的方法和隔震、消能减震技术；第六章地震灾后重建对策，介绍了国内外重大地震灾后重建案例及经验；附录是防震减灾知识，系统地介绍了地震基本知识及地震灾害防震减灾基本知识。

我国的防震减灾工作任重道远，需要我们不懈地努力。希望通过本书的出版能普及防震减灾技术知识，引发全社会增强防震减灾的意识。人类尽管难以避免自然灾害的发生，但是我们对改变所在区域的脆弱性还是能够有所作为的。如果在未来可能发生的破坏性地震中，由于阅读本书而获得一些防震减灾知识使您有效地保护了自己和他人的生命财产，将使我们感到莫大的欣慰。

编 者

2011年10月于银川

目 录

前 言	01
第一章 绪 论	01
1.1 地震	01
1.2 地震灾害	02
1.3 建筑物倒塌是地震造成伤害的直接原因	03
1.4 地震灾害的防御	04
1.5 我国地震监测的现状与地震预报的水平	05
1.6 我国地震灾害概况	06
1.7 我国的地震活动地区	09
1.8 地震进入活跃期	11
1.9 我国防震减灾现状及面临的形势	14
1.10 宁夏地震灾害特点及防震减灾现状	15
第二章 国内外重大地震灾害及防震减灾启示	20
2.1 我国部分地震灾害及防震减灾经验案例	20
2.2 世界重大地震灾害及防震减灾启示	33
2.3 各国防震抗震经验	42
第三章 城市防震减灾对策	54

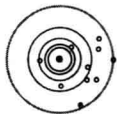
3.1	城市地震灾害	55
3.2	城市防震减灾规划	60
3.3	城市避震疏散场所的规划	62
3.4	国外地震应急避难场所的建设经验	72
3.5	我国避震疏散场所的规划建设情况	74
第四章	村镇防震减灾对策	77
4.1	村镇地震灾害特点	77
4.2	村镇各类房屋地震灾害及提高其抗震措施	80
4.3	村镇建筑抗震设防现状	99
4.4	农村砖混结构民宅抗震构造措施	101
4.5	村镇建筑防震减灾对策	119
第五章	工程抗震防灾对策	124
5.1	各类房屋结构的震害及抗震防灾对策	124
5.2	建筑物的抗震加固	158
5.3	建筑结构隔震消能减震技术简介	163
5.4	工程抗震设防	179
第六章	地震灾后重建对策	184
6.1	国内外重大地震灾后重建案例	184
6.2	国内外灾后重建经验总结	206
附 录	防震减灾知识	213
参考文献		261

第一章 绪 论

1.1 地震

地震按其发生的原因主要有火山地震、陷落地震、人工诱发地震以及构造地震。其中，由于地壳构造运动（岩层构造状态的变动）使岩层发生断裂、错动而引起的地面振动称为构造地震，构造地震破坏作用大，影响范围广。

地震是一种自然现象，地球上每天都在发生地震，一年约有500万次。其中人们可以感觉到的约5万次，能造成破坏的约有1000次，7级以上的大地震平均一年有十几次。地震愈大，震级数字也愈大，震级相差1.0级，能量相差30倍，震级相差0.1级，释放的能量平均相差1.4倍。一次5级地震释放的能量相当于2万吨TNT炸药爆炸时所释放的能量，一个6级地震释放的能量相当于美国投掷在日本广岛的原子弹所具有的能量，一个7级地震相当于32个6级地震，或相当于1000个5级地震，9级地震相当于30000多颗广岛原子弹具有的能量。2008年汶川里氏8.0级大地震，其释放的能量相当于50亿吨TNT炸药或25000个广岛原子弹的能量。目前记录到的世界上最大地震是发生于1960年5月22日的



智利8.9级地震和发生于2011年3月14日的日本9.0级地震。

1.2 地震灾害

地震灾害是因地球板块相互挤压碰撞，造成板块边沿及板块内部产生错动和破裂，地壳中的岩石不能承受长期积累的力的作用，而突然发生破裂时造成地面的建筑物和工程设施的毁坏和由之而引起的人畜伤亡及经济损失。一次大地震可在数10秒钟之内使一座繁荣的城市变成废墟，人们几代人的积累和财富化为乌有。

地震灾害不仅造成了众多建筑物的倒塌，生命线工程的破坏，财产的重大损失，而且也夺去了众多的生命，造成了众多的人员伤亡。除此之外，还对人们产生了重大的心理影响，产生了众多的社会问题。

地震灾害形式主要包括直接灾害（主要有地面破坏，如地面裂缝、错动、塌陷、喷砂冒水等；建筑物与构筑物的破坏，如房屋倒塌、桥梁断落、水坝开裂、铁轨变形等；山体等自然物的破坏，如山崩、滑坡等；海啸，海底地震引起的巨大海浪冲上海岸，可造成沿海地区的破坏）和次生灾害（包括火灾，由震后火源失控引起；水灾，由震后水坝决口或山崩堵塞河道等引起；毒气泄漏等，由建筑物或装置破坏等引起；瘟疫，由震后生存环境的严重破坏而引起）。

地震灾害按地震所造成的人员伤亡、经济损失和社会影响等情况划分为四个等级：

特别重大地震灾害——造成300人以上死亡或直接经济损失占该省（区、市）上年国内生产总值1%以上的地震，发生在人口密度较密集地区7.0级以上的地震。

重大地震灾害——造成50～300人死亡或造成一定经济损失的，发生在人口较密集地区6.5～7.0级的地震。

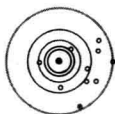
较大地震灾害——造成20～50人死亡或造成一定经济损失的地震，发生在人口较密集地区6.0～6.5级地震。

一般地震灾害——造成20人以下死亡或造成一定经济损失的地震，发生在人口较密集地区5.0~6.0级地震。

1.3 建筑物倒塌是地震造成伤害的直接原因

地震本质上是能量的瞬间释放，其本身并不是造成巨大人员伤亡和经济损失的直接原因。1976年唐山地震夺走了24.6万人的生命，近9万人在汶川地震中遇难，统计表明：地震中90%以上的人员伤亡和经济损失是由建筑物不同程度的损坏和倒塌造成的。汶川地震共造成房屋严重损坏593.25万间，倒塌546.19万间，受损房屋达到1500万间以上，灾区500多万人无家可归。建筑物的抗震安全问题，特别是房屋建筑的抗震安全问题，在汶川地震后，再一次成为全社会关注的热点。汶川地震中，学校建筑的破坏和倒塌，造成了最密集和最严重的人员伤亡和经济损失，其造成的恶劣社会影响，至今难以消除。作为城市生命线的医疗、卫生类建筑在震中破坏也非常严重，在造成人员和经济损失的同时，还给灾后救援工作带来了不小困难和挑战。以上两类建筑物抗震安全性的提高，事关国计民生，刻不容缓。

21世纪以来，全球地震活动性增强，中国大陆和台湾省、海地、智利以及日本等国家和地区强震频发，且破坏力惊人，其中汶川地震（8.0级）是新中国历史上最严重的一场自然灾害，而发生在智利的地震，已接近人类历史上观测到并有记录的最大震级8.9级。地震对人类社会巨大的破坏力表现在瞬间能量释放对建筑物的损害和摧毁，建筑物的破坏和倒塌是地震造成人员伤亡和经济损失的直接原因。目前，人类对地震灾害的认识还十分肤浅，有关地震的短临预报仍然是世界性难题，降低地震损失最有效的方法，仍然是寻求工程的手段提高建筑物的抗震能力。



1.4 地震灾害的防御

震害防御是指人们为防止、减轻、抗御地震灾害而采取的措施,其中包括针对震前、震时、震后三个阶段所采取的防护与救助行为。震前做好一系列防范工作,以求地震发生时不至于大规模地破坏建筑物等人的生存条件而伤及人的生命;地震发生时,在人工建筑物等生存条件遭到直接破坏时,人们运用应急装备、逃生知识、精神力量以及其他可以利用的一切条件,尽可能地避开危险,保存自己;地震发生后,要防止发生新的次生灾害。震后由于人们生存条件被破坏,会发生一系列连锁反应,造成一系列次生灾害,如火灾、水灾、饥荒、瘟疫等,这些次生灾害同样会给地震的幸存者带来严重的威胁。

由此可见,震害防御是一项具有广泛内容的社会活动,它需要动员包括政府、非政府组织(NGO)、科技工作者、社会群体等各方面的力量共同完成。它所要实现的社会目标集中起来可概括为社会动员各方面力量,通过各种手段,抗御地震灾害,保护人的生存条件免遭破坏,从而使震区人民能够正常或基本正常生活。要做到这一点,必须减轻地震对人的生存条件的破坏,这是震害防御的核心内容,也是它的直接目标。为实现上述要求或达到上述目标,必须由政府有计划、有目的地动员各方面的力量,采取多种措施。

《中华人民共和国防震减灾法》明确提出其制定的目的就是为了防御和减轻地震灾害,保障人民生命和财产安全,促进经济社会的可持续发展,实行预防为主、防御与救助相结合的方针。预、防、救三个字贯穿于震害防御的始终,因为震害的发生是一个过程,它始于地震的发生,却并不止于地震的停止。因此,震害防御应贯穿在震前、震时和震后这一全过程。

《国家防震减灾规划(2006-2020年)》明确了我国防震减灾工作的奋斗目标,即“到2020年,我国基本具备综合抗御6级左右、相当于各地区地震基本烈度的能力,大中城市、经济发达地区的震害防御能力力争达到中等发达国家水平。位于地震烈度Ⅵ度及以上地区的城市,全部完成修订或编制防震减灾规划,新建工程全部实现抗震设防;地震重点监视防御区新建农村民居采取抗

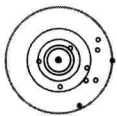
震措施；完善地震应急反应体系和预案体系，建立地震预警系统；建立健全地震应急和救援保障体系，进一步增强紧急救援力量；省会城市和百万人口以上城市拥有避难场所；建成救灾物资储备体系；重大基础设施和生命线工程具备地震紧急处置能力；防震减灾知识基本普及；震后24小时内灾民得到基本生活和医疗救助；建成全国地震背景场综合观测网络，地震科学基础研究和创新能力达到国际先进水平，短期和临震预报有所突破。

1.5 我国地震监测的现状与地震预报的水平

我国地震监测预报工作由建国初期的科学行为，逐步向科学化、规范化、现代化、数字化和自动化方向发展。30年前国家地震局成立初期，我国的地震监测能力还很有限，到1966年邢台地震时，我国仅有24个测震台组成全国地震基本台网，8个地磁台组成全国地磁基本台网。30年后的今天，中国地震局在全国建立了415个专业地震台站，20余个包含近300个站（点）的遥测地震台网，560余个地方、企业观测站（点），1200余部短波、超短波电台组成的地震数据信息通信网络。

直到20世纪年代末，我国的地震监测能力在部分重点危险区基本达到监测6级以上地震的能力。目前我国地震监测台网具有监测 $M_s \geq 2.5$ 级地震能力的面积占国土面积的1/2略强，具有监测 $M_s \geq 3.0$ 级地震能力的面积占国土面积的1/4左右，另有近1/4的面积（青藏高原大部分地区）具有监测 $M_s \geq 4.0 \sim 5.0$ 级以上震级地震的能力。全国的监控能力可达 $M_s \geq 4.0$ 级地震，东部重要省会城市及其附近具有监测 $M_s \geq 1.5 \sim 2.0$ 级地震的能力，首都圈地区具有监测 $M_s \geq 1.0 \sim 1.5$ 级地震的能力。

我国目前的地震预报水平大体可以这样概括：我们对地震孕育发生的原理、规律有所认识，但还没有完全认识；我们能够对某些类型的地震作出一定程度的预报，但还不能预报所有的地震，我们作出的较大时间尺度的中长期预报已有一定的可信度，但短临预报的成功率还相对较低。我国的地震预报由于国家的重视



和其明确的任务性，经过一代人的努力，已居于世界先进行列。在第四个地震活跃期内，曾成功地对海城等几次大震做过短临预报，因此经联合国科教文组织评审，作为唯一对地震作出过成功短临预报的国家，被载入史册。

但是从世界范围说，地震预报仍处于探索阶段，尚未完全掌握地震孕育发展的规律，我们的预报主要是根据多年积累的观测资料和震例，进行经验性预报。因此，不可避免地带有很大的局限性。为此，《中华人民共和国防震减灾法》第十六条规定：国家对地震预报实行统一发布制度。地震短期预报和临震预报，由省、自治区、直辖市人民政府按照国务院规定的程序发布。任何单位或者从事地震工作的专业人员关于短期地震预测或者临震预测的意见，应当报国务院地震行政主管部门或者县级以上地方人民政府负责管理地震工作的部门或者机构按照前款规定处理，不得擅自向社会扩散。

在我国，地震预报的发布权在政府。属于地震系统的任何一级行政单位、研究单位、观测台站、科学家和任何个人，都无权发布有关地震预报的消息。

1.6 我国地震灾害概况

中国以占世界7%的国土承受了全球33%的大陆强震，造成地震死亡人数竟达到全球的1/2以上。

据统计，地球上每年发生震级为8级以上、震中烈度在11度以上的毁灭性地震2次；震级为7级以上、震中烈度在9度以上的大地震约为20次；2.5级以上的有感地震达几万次以上。我国东临环太平洋地震带，南接欧亚地震带，特殊的地理位置使得我国地震情况比较复杂，发生的地震又强又多，是世界上地震活动强烈和地震灾害严重的国家之一，约35%的7级以上大陆地震发生在中国，且绝大多数又是浅源地震，震源深度大都在20公里以内。

自有历史地震记录以来，我国大约发生过177次7级以上地震，公元1000年以来，发生8级和8级以上地震21次。1900年以来，我国共发生5级以上破坏性地震3600多次，6级以上地震838次，其中7级地震121次，8级地震10次。

第一章 绪 论

1950年以来我国大陆发生5级以上地震约1529次，其中6级以上地震275次，7级以上地震37次。1970年至2008年年底，中国（含边界附近）共发生震级 $M_s \geq 5.0$ 级地震约4500次。仅就大陆地区而言，5级以上地震约2000次（平均每年20余次），6级以上地震454次（平均每年4.5次），7级地震63次，8级地震7次，7级以上地震年平均达0.7次。地震遍布除贵州、浙江两省和香港特别行政区以外所有的省、自治区、直辖市。我国32个省、自治区、直辖市中，都曾发生过5级以上地震，其中有22个省（自治区）曾发生过6级以上地震，15个省（自治区）曾发生过7级以上地震。

从有关统计资料，我国的地震灾害居世界首位，而且地震造成的人员伤亡也是世界上最多的。1556年1月23日，陕西华县发生8级强烈地震，在我国历史记载中是灾害极端严重的一次，死亡人口之多，为古今中外罕见，创世界地震死亡人数的历史之最。由于明朝的人口迁移制度较为宽松，受经济因素的影响，城市人口迅速膨胀，当时的时尚之都苏州城人口已达300万人，城市人口的密集程度可见一斑。地震使5省101个县遭受破坏，造成的死亡人数约为83万人，约占当时全国人口总数（约1.5亿人）的0.55%。20世纪世界上破坏最严重的20次地震，中国发生2次，全球因地震死亡120万人，中国占59万。1920年12月16日，我国宁夏海原发生8.5级特大地震，伤亡和损失极其严重，除直接死于房屋、窑洞倒塌外，更有大量居民因缺少救济与医药死于饥寒和瘟疫，约有24万人丧生。1976年7月28日，河北唐山7.8级地震，死亡人数达24.2万，伤残16.4万人。2008年5月12日，四川汶川8.0级地震，死亡和失踪人数超过8.7万，直接经济损失达8451亿元人民币，直接严重受灾地区达13万平方公里。

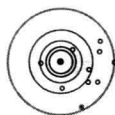


表1.1 我国大陆 ≥ 8 级大地震基本信息

发震日期	纬度 经度	参考地名	震级	灾害情况
1303.09.25	36.3, 111.7	山西洪洞	8.0	太原、平阳尤甚, 坏官民庐舍十万计, 死者 20 余万人。
1411.10.08	30.1, 90.5	西藏当雄	8.0	山岩崩落, 地裂、湖崩村庄被埋, 人畜死亡甚多。
1556.02.20	34.5, 109.7	陕西华县	8.25	死者 83 万有余。
1654.07.21	34.3, 105.5	甘肃天水	8.0	破坏达 47 个县、市, 压死兵民 3.1 万余人。
1668.07.25	34.8, 118.5	山东鄒城	8.5	150 多个州县遭受破坏, 压毙 5 万余人。
1679.09.20	40.0, 117.0	河北三河 —平谷	8.0	三河、平谷远近荡然一空, 官民死伤不计其数。
1739.01.03	38.8, 106.5	宁夏银川 —平罗	8.0	银川、平罗、新渠、宝丰一带房舍倒塌无存。死亡 5 万余人。
1812.03.08	43.7, 83.5	新疆 尼勒克东	8.0	压死官民 5 万余人。
1833.08.26	28.3, 85.5	西藏 聂拉木	8.0	官邸民房倒塌, 倾圮无遗。人民伤亡惨重。
1833.09.06	25.0, 103.0	云南嵩明	8.0	十州县严重受灾, 倒塌瓦房 48888 间, 压毙 6707 人。
1879.07.01	33.2, 104.7	甘肃 武都南	8.0	甘肃地震为灾, 川陕毗连, 武都、文县城堡、房屋坍塌, 山飞石走, 地裂水出, 压死 2 万余人。
1902.08.22	39.9, 76.2	新疆 阿图什北	8.25	山体崩落, 陡崖开裂, 倒塌房屋 3 万多间, 死伤 1 万余人。
1920.12.16	36.6, 105.4	宁夏海原	8.5	山崩地裂, 山河变易, 村镇埋没, 海原、固原等四城全毁, 死亡 23 万余人。
1927.05.23	37.7, 102.2	甘肃古浪	8.0	死亡 4 万余人。
1931.08.11	47.1, 89.8	新疆富蕴	8.0	地裂、岩崩、滑坡, 房屋被摇倒, 死亡 1 万余人。
1950.08.15	28.4, 96.7	西藏察隅	8.6	山崩地裂, 地形变易, 江水堵流, 房屋倒塌几近, 中国死亡 2486 人, 印度死亡 1500 人。
1951.11.18	31.1, 91.4	西藏当雄	8.0	当雄、那曲地裂缝严重, 建筑物倒塌或损坏。
2008.05.12	31.2, 103.4	四川汶川	8.0	造成汶川、北川等 10 多个县市破坏极为严重, 倒塌房屋约 778.91 万间, 损坏房屋 2459 万间, 基础设施严重受损毁, 近 7 万人死亡, 1.8 万多人失踪, 37 万多人受伤。