

工程灾害 与 防灾减灾

李新乐 主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

工程灾害与防灾减灾/李新乐主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2012.7

ISBN 978-7-112-14326-9

I. ①工… II. ①李… III. ①灾害防治 IV. ①X4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 100798 号

本书系统介绍了对工程结构影响较大的几类灾害的含义、特点、分类及减灾技术和防灾措施对策, 本书内容丰富、实用, 知识性和科普性结合, 以大量近期发生的灾害事件为例, 突出了灾害事例的时效性。全书共 10 章, 内容包括: 防灾减灾概论、地震灾害与防震减灾、火灾与防火减灾、风灾与结构防风设计、地质灾害与工程防灾、气象灾害与防灾减灾、生产事故灾害、爆炸灾害与防爆设计、生物与环境灾害、防灾减灾规划。本书附有配套课件光盘。

本书适用于土木工程、工程管理、建筑学、城市规划、水利工程、安全工程等本科、专科学生作为学习用书, 可供从事防灾与减灾研究工作者和管理者作为参考, 也可作为广大人民群众学习灾害基本知识及防灾减灾基本技能的学习资料。

* * *

责任编辑: 刘瑞霞 张莉英

责任设计: 董建平

责任校对: 肖 剑 刘 钰

工程灾害与防灾减灾

李新乐 主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

北京市燕鑫印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 15 1/4 字数: 392 千字

2012 年 8 月第一版 2012 年 8 月第一次印刷

定价: 38.00 元 (含光盘)

ISBN 978-7-112-14326-9

(22402)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

前 言

纵观人类历史，灾害始终伴随着人类社会的发展，其表现形式主要是自然态灾害和人为态灾害。自然态灾害主要有地震、火灾、洪灾、地质灾害、风灾、气象灾害等，人为态灾害主要有战争、生产事故等。各种灾害造成大量人员伤亡和财产损失。我国是世界上各种自然灾害发生频繁、灾害损失严重的国家之一，特别是进入 21 世纪以来，“5·12”汶川地震、“4·14”玉树地震、2008 年冰雪灾害均造成了巨大损失，随着城市化进程加快，生产事故、环境恶化等灾害呈加重趋势。各种灾害造成的人员伤亡和财产损失多与结构破坏和倒塌有关，因此，防灾减灾与结构安全性密切相关。与此同时，随着灾害理论发展，我国防灾减灾法规建设日益完善，陆续颁布了《防震减灾法》、《防洪法》等，初步建立了适应我国国情的防灾减灾体系。但是，我国的巨灾保险制度仍是空白，防灾减灾教育较发达国家存在较大差距，至今在许多高等院校甚至中小学教育中没有开设此类课程，教材建设不足。因此，我国防灾减灾的任务非常艰巨。

本书系统全面地介绍了与工程结构有关的各种灾害概念、发生原因，列举了大量近期灾害实例，对防灾减灾基本理论、设计方法及防灾措施对策进行了详细阐述。全书共 10 章，内容包括：防灾减灾概论、地震灾害与防震减灾、火灾与防火、风灾与防风、地质灾害与防灾、气象灾害与防灾、生产事故灾害、爆炸灾害与防爆、生物及环境灾害、防灾减灾规划等。其中，第 1、2、3、4、5、6、8、9 章由李新乐编写，第 7、10 章由窦慧娟编写。全书由李新乐负责编写大纲和统稿。本书附有配套多媒体课件光盘，课件由王磊、田雨、董春明、苗建强、黄玲等工作室同学协助制作完成，本书课件曾获得全国第九届多媒体课件大赛工科组一等奖，内容丰富简洁实用，与教材章节呼应，增加动画、视频利于课堂教学。

本书编写力求知识性和科普性相结合，强调灾害实例和统计数据的时效性，收集并整理大量近期发生的灾害事件，贴近读者的切身感触，便于读者理解掌握并提高学习动力。本书可作为普通高等学校土木工程专业及相关专业的必修课或选修课教材，也可作为防灾减灾研究者、工程技术人员、管理者以及广大群众参考用书。

在本书编写过程中，编者参阅了许多学者和研究者的著作和文献资料，引用了其中部分研究成果，在此深表谢意。由于防灾减灾是一门新兴的跨学科的交叉学科，内容涉及知识面广，理论体系复杂，加之编者水平有限，本书难免存在不足和不当之处，敬请读者批评指正，多提宝贵意见。

编者

2011 年 11 月

目 录

前言

第 1 章 防灾减灾概论	1
1.1 灾害及灾害学	1
1.2 灾害分类	1
1.3 灾害分级	3
1.4 灾害对人类社会的影响及发展趋势.....	3
1.4.1 历史灾害概况	3
1.4.2 灾害发展趋势	5
1.5 防灾减灾对策与措施	5
1.6 与工程结构有关的灾害	6
第 2 章 地震灾害与防震减灾	8
2.1 地震灾害	8
2.1.1 地震基础知识	8
2.1.2 地震类型与成因	10
2.1.3 地震灾害危害	11
2.2 结构抗震设计	18
2.2.1 地震波、震级和烈度	18
2.2.2 基本烈度和地震烈度区划	22
2.2.3 结构抗震设防	23
2.2.4 工程场地分类	25
2.2.5 结构抗震设计方法和理论	26
2.3 结构隔震和振动控制	31
2.4 防震减灾措施与对策	34
2.4.1 非工程性防御措施	34
2.4.2 工程性防御措施	38
2.4.3 应急避震	40
2.4.4 震后救灾与重建	43
第 3 章 火灾与防火减灾	45
3.1 火灾及其分类与特征	45
3.1.1 概述	45
3.1.2 燃烧	45
3.1.3 火灾分类、成因及特征	46

3.1.4 火灾危害	48
3.2 建筑火灾	50
3.2.1 建筑火灾概述	50
3.2.2 火灾的发展过程	51
3.2.3 建筑材料耐火性能	52
3.2.4 常用建筑材料火灾性能	53
3.2.5 火灾在建筑物内蔓延规律	60
3.3 结构防火设计	61
3.3.1 易燃结构建筑防火	61
3.3.2 砖木结构防火	64
3.3.3 混凝土结构防火	65
3.3.4 钢结构防火	70
3.3.5 超高层建筑防火	73
3.3.6 古建筑防火	75
3.3.7 地下建筑防火	78
3.4 森林火灾	84
3.4.1 概述	84
3.4.2 森林火灾危害	84
3.4.3 森林防火	86
3.5 防火减灾措施与对策	86
3.5.1 火灾的消防	86
3.5.2 各类火灾的扑救	87
3.5.3 自救、互救与逃生	89
第4章 风灾与结构防风设计	91
4.1 风灾类型及危害	91
4.1.1 概述	91
4.1.2 龙卷风	92
4.1.3 台风(飓风)	94
4.1.4 焚风	97
4.1.5 风灾危害	98
4.2 结构防风设计	106
4.2.1 建筑结构抗风设计	106
4.2.2 高层建筑和高耸结构抗风设计	112
4.2.3 桥梁结构抗风设计	113
4.3 结构风振控制技术	117
4.3.1 风振被动控制技术	117
4.3.2 风振主动控制技术	119
4.4 风灾防治措施与对策	119
4.4.1 风灾防御现状	120
4.4.2 风灾防御的对策措施	121

第 5 章 地质灾害与工程防灾	123
5.1 地质灾害分类及特征	123
5.1.1 地质灾害含义、成因及特征	123
5.1.2 地质灾害分类	124
5.1.3 地质灾害危害	124
5.2 滑坡及崩塌灾害	124
5.2.1 滑坡与崩塌含义及关系	125
5.2.2 滑坡	126
5.2.3 崩塌	138
5.3 泥石流灾害	141
5.4 火山灾害	147
5.5 地面沉降与地面塌陷	152
5.5.1 地面沉降灾害	153
5.5.2 地面塌陷灾害	154
5.6 地质灾害防治	157
第 6 章 气象灾害与防灾减灾	161
6.1 气象灾害及其危害	161
6.1.1 概述	161
6.1.2 气象灾害危害	162
6.2 洪涝灾害	164
6.2.1 概述	164
6.2.2 洪涝灾害严重性	167
6.2.3 工程水文与结构防洪设计	168
6.2.4 洪涝灾害的防治	172
6.3 海洋灾害	175
6.3.1 海啸	175
6.3.2 风暴潮	179
6.3.3 灾难性海浪	182
6.4 冰冻雨雪灾害	183
6.4.1 冻雨	183
6.4.2 雪灾	184
6.5 沙尘暴及雷暴	187
6.5.1 沙尘暴	187
6.5.2 雷电灾害	189
6.6 气象灾害的防灾减灾措施与对策	192
第 7 章 生产事故灾害	194
7.1 生产事故灾害及类型	194
7.1.1 生产事故含义及分类	194
7.1.2 生产事故灾害严重性	195

7.2 工程事故灾害	195
7.2.1 概念与分类	195
7.2.2 工程事故灾害的预防	199
7.3 道路交通事故	201
7.3.1 概念	201
7.3.2 交通事故严重性	201
7.4 工矿生产事故	203
第8章 爆炸灾害与防爆设计	206
8.1 爆炸灾害及其危害	206
8.2 爆炸类型及特征	207
8.2.1 爆炸类型	207
8.2.2 爆炸极限	209
8.2.3 常见的爆炸灾害及特征	210
8.3 工程结构防爆设计	211
8.3.1 爆炸对结构的影响及爆炸荷载	211
8.3.2 建筑结构防爆设计	214
8.3.3 工程爆破危害及预防措施	217
8.4 防爆减灾措施与对策	220
第9章 生物与环境灾害	222
9.1 生物灾害	222
9.1.1 生物灾害含义及分类	222
9.1.2 生物灾害危害	222
9.1.3 生物灾害防治	223
9.2 环境灾害	224
9.2.1 概述	224
9.2.2 常见环境灾害及危害	225
9.3 环境灾害防治	229
第10章 防灾减灾规划	231
10.1 防灾减灾体系	231
10.2 指导思想、基本原则和规划目标	232
10.3 防灾减灾现状和发展趋势	233
10.4 灾害应急预案	238
10.5 灾害风险	241
参考文献	243

第 1 章 防灾减灾概论

1.1 灾害及灾害学

“灾”，甲骨文字形，像火焚屋的形状。说明人类早期，家中失火，视为大灾。“祸兮福所倚，福兮祸所伏”出自于我国 2000 年前《老子》一书。这里所说的“祸”即指的是“灾害、灾难”。“祸兮福所倚，福兮祸所伏”以朴素的辩证法认识到福与祸的对立与转化的相互关系，意味着除害即兴利，减灾即增产与减少伤亡。

世界卫生组织定义灾害为：任何能引起设施破坏、经济严重损失、人员伤亡、健康状况及卫生服务条件恶化的事件，其规模已超过事件发生社区的承受能力而不得不向社区外寻求专门援助时，就可称其为灾害。联合国“国际减轻自然灾害十年”专家组将灾害定义为：灾害是指自然发生或人为发生的，对人类和人类社会造成危害后果的事件与现象。广而言之，一切对人类生活、生产和生命及财产构成破坏与危害的现象都称为灾害。

由此可见，灾害是由致灾源（或称灾害源）、灾害载体、承灾体三个部分组成的。一切灾害的发生，既要有灾害的诱因，也要有灾害的载体和受体。例如，一次地震，由于地壳振动或错动，引起滑坡、地面下陷，造成人员伤亡和房屋倒塌，则地震是致灾源，土体或地壳是灾害载体，人和房屋是承灾体。相反，如果本次地震发生在荒无人烟的海岛或沙漠，无人员伤亡和财产损失，则不会称为灾害。

灾害学是以各类灾害的发生、成因、特点、特性、分类为研究对象的学科。同时也包括灾害的预防、预报、监测、对策，以及灾后救助、救济、评估、重建等内容，是一门综合性的、新兴的交叉学科。目前国际上也较为热门。学科内容涉及天文、地理、地质、历史、考古、气象、化学、工业、农业、林业、水文、建筑、经济、行政管理、法律、心理、新闻等一系列学科和门类。灾害学是近 20 年来发展起来的交叉学科，是对自然灾害和人为灾害及其防治进行专门研究的综合性学科。我国 1992 年出版的国家标准《学科分类与代码》(GB/T 13745—92) 中正式把“灾害学”列为一门学科。

当今的灾害科学走过一条从单学科到多学科合作，从多学科向跨学科发展的轨迹。事实上，现在国内外正开展的灾害学研究包括自然与社会两大方面，其基本研究内容是：(1) 自然灾害事件的性质特点；(2) 自然灾害事件发生的诱发因素及其成灾机制；(3) 原发自然灾害与次生自然灾害的关系；(4) 自然灾害事件规模和损害程度的评定（含减灾措施实施实际效能的评定）；(5) 自然灾害未来发展趋势预测等。

1.2 灾害分类

纵观人类的历史可以看出，灾害的发生原因主要有二：一是自然变异，二是人为影

响。而其表现形式也有两种,即自然态灾害和人为态灾害。因此,通常把以自然变异为主因产生的并表现为自然态的灾害称为自然灾害,也就是所谓“天灾”,如地震、风暴潮等;将以人为影响为主因产生的而且表现为人为态的灾害称为人为灾害,即所谓的“人祸”,如人为引起的火灾和交通事故等。

(1) 按照灾害类型分类

自然灾害:由自然界形成,非人力所能抗拒,不以人的意志为转移的灾害。如:地震、火山爆发、台风、暴雨(雪)、海啸,大的旱灾、水灾,沙尘暴、低温冻灾、高温热浪、干热风、森林大火、泥石流等。

人为灾害:即由人为造成的各类灾害。如:美国“911”事件、日本的地铁毒气事件、战争等。

技术灾害:一般由技术设计或技术操作失误造成的重大事件。如:核电站泄漏(如切尔诺贝利事件),重大化学品泄漏(含海上油轮失事),大的油田井喷,重大铁路、航空事故(如我国山东2011年火车相撞事故),大面积电网崩溃(如2003年美国加州大停电、2005年莫斯科大停电),航天发射失败,矿难等。

生物灾害:由于生物侵害或生物失控所构成的灾害。如:湖泊水库中的蓝藻泛滥、水葫芦疯长、大面积虫害、外来生物物种的侵害、急性传染病传播(如非典)等。

生态灾害:地下水持续下降、水质污染、水资源短缺、空气污染、土地的盐碱化与荒漠化、海水倒灌、江河湖泊干涸、森林大火、大面积动植物死亡、物种灭绝等。

天文灾害:由地球以外因素构成的灾害。如:太阳黑子的大爆发(导致地球无线电通信紊乱)、极地臭氧空洞(导致宇宙射线加剧)、地外天体的闯入(如1908年的西伯利亚通古斯大爆炸、大规模陨石坠落)等。

社会灾害:邪教组织蔓延、计算机病毒大爆发、粮食危机、金融危机、谣言造成的危机、民族(宗教)矛盾冲突、政权危机等。

综合灾害:由于全球气候变化和温室效应引起的全球性气候变异,导致大规模、连锁性的生态失衡,引发的多种灾害。

(2) 按照灾害发生速度来分类

突发性灾害:自然灾害形成的过程有长有短,有缓有急。有些自然灾害,当致灾因子的变化超过一定强度时,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、飓风、风暴潮、冰雹等,这类灾害称为突发性灾害。

缓发性灾害:旱灾、农作物和森林的病、虫、草害等,虽然一般要在几个月的时间内成灾,但灾害的形成和结束仍然比较快速、明显,直接影响到国家的年度核算,所以也把它们列入突发性自然灾害。另外还有一些自然灾害是在致灾因素长期发展的情况下,逐渐显现成灾的,如土地沙漠化、水土流失、环境恶化等,这类灾害通常要几年或更长时间的发展,故称为缓发性灾害。

一般说来,突发性灾害容易使人类猝不及防,因而常能造成死亡事件和很大的经济损失。缓发性灾害则影响面积比较大,持续时间比较长,虽然发展比较缓慢,但若不及时防治,同样也能造成十分巨大的经济损失。

(3) 按照致灾因子性质分类

原生灾害:许多自然灾害,特别是等级高、强度大的自然灾害发生以后,常常诱发出

一连串的其他灾害接连发生，这种现象叫灾害链。灾害链中最早发生的起作用的灾害称为原生灾害。

次生灾害：指由原始灾害的发生所引起的二次或三次灾害。如：汶川大地震所导致的堰塞湖现象，还有冰雪冻灾导致的大区域停电、停水、交通中断等。还有火山爆发、大地震之后引起的火灾、不良物质泄漏等。例如，1960年5月22日智利接连发生了7.7级、7.8级、8.5级三次大震，而在瑞尼赫湖区则引起了300万 m^3 、600万 m^3 和3000万 m^3 的三次大滑坡，滑坡填入瑞尼赫湖后，致使湖水上涨24m，造成外溢，结果淹没了湖东65km处的瓦尔的维亚城，全城水深2m，使一百万人无家可归。这次地震还引起了巨大的海啸，在智利附近的海面上浪高达30m。海浪以每小时600~700km的速度扫过太平洋，抵达日本时仍高达3~4m，结果使得1000多所住宅被冲走，20000多亩良田被淹没，15万人无家可归。

衍生灾害：自然灾害发生之后，破坏了人类生存的和谐条件，由此还可以衍生出一系列其他灾害，这些灾害泛称为衍生灾害。如大地震的发生使社会秩序混乱，出现烧、杀、抢等犯罪行为，使人民生命财产再度遭受损失；再如大旱之后，地表与浅层淡水极度匮乏，迫使人们饮用深层含氟量较高的地下水，从而导致了氟病，这些都称为衍生灾害。

次生灾害与衍生灾害有时比原生灾害的危害还大。因此，防止次生灾害与衍生灾害的发生与蔓延也是减灾的重要内容之一。

1.3 灾害分级

一般来说，成灾的大小是由两个基本因素决定的，一是致灾因子变化的强度，二是受灾地区人口和经济密度以及防御和耐受灾害的能力。通常情况下，致灾因子强度越大则灾害越严重；经济越发达相应地区人口密度就越大，灾害则越大。如何衡量灾害大小，或如何划分灾情大小，目前，国内、国际还没有统一划定灾度的标准，因为它涉及一个国家承灾的能力和灾情处理的层次和职责的划分。目前，根据我国现阶段的国情出发将灾害分为以下几个等级：

- A (巨灾)：死亡万人以上，损失大于1亿元人民币；
- B (大灾)：死亡1000~10000人，损失大于1000万~1亿元人民币；
- C (中灾)：死亡100~1000人，损失大于100万~1000万元人民币；
- D (小灾)：死亡10~100人，损失大于10万~100万元人民币；
- E (微灾)：死亡少于10人，损失小于10万元人民币。

1.4 灾害对人类社会的影响及发展趋势

1.4.1 历史灾害概况

自然灾害对人类的危害主要表现在两个方面：人员伤亡和财产损失。根据美国减轻自然灾害十年顾问委员会在1987年的统计，在过去的20年中，地震、洪水、飓风、龙卷风、滑坡、海啸、火山喷发和自然大火等自然灾害，已在世界范围内造成280万人死亡，

受影响的人口多达8亿2千万人,直接经济损失估计为250亿~1000亿美元,并经常引起人民的惊恐与社会的动荡。

1. 全球自然灾害概况

世界七大洲主要灾害分布如下:

(1) 亚洲:世界上灾害最多的洲,主要灾害有地震、火山、沙漠化等。

日本和中国都是世界上地震发生频繁的国家,日本附近地区平均每年释放的能量约占全球总释放能量的1/10,而中国在20世纪七级以上强震占全球的35%。此外,日本有活火山270多座,占世界活火山的10%。

(2) 欧洲:自然灾害较少。

洪水、酸雨、污染及森林大火等灾害也不可避免,如2002年8月的百年一遇洪水,仅德国就损失40亿欧元。瑞典、挪威、德国则酸雨严重,湖泊酸化,鱼类死亡。森林火灾在法国也曾发生。

(3) 非洲:古老而稳定的大陆,地质灾害较少。但沙漠化严重,撒哈拉沙漠每年推进10km。加之人口增长过快,导致粮食问题严重短缺,世界上33个最不发达国家有27个在非洲。周期性旱灾出现,1984~1985年死亡100多万人。

(4) 北美洲:自然、人为灾害并重。陆地龙卷风在美国西部每年发生数百起。飓风、地震灾害在墨西哥、美国也不断出现。酸雨则严重影响加拿大、美国。同时,森林火灾在北美洲也是非常严重的灾害之一。

(5) 南美洲:哥伦比亚曾发生火山地震,智利也是地震十分频繁的国家。

(6) 大洋洲:火山地震导致新西兰、太平洋岛屿家养生物野生生化造成的灾害。澳大利亚盐碱化面积占世界总面积37.4%。

(7) 南极洲:由于全球气候变暖,冰雪消融加快,冰体污染,南极动物减少。

2. 我国自然灾害概况

我国是世界上自然灾害最严重的少数国家之一。大陆地震的频度和强度居世界之首,占全球地震能量的十分之一以上,台风登陆的频次每年达七次,旱、涝灾害,山地灾害,海岸带灾害连年不断。我国自然灾害呈现出三个特点:①种类多,几乎囊括了世界上各种类型的自然灾害;②灾害发生的频率高、强度大、损失严重;③时空分布广,灾害地域组合明显。

在中国发生的重要的自然灾害,考虑其特点和灾害管理及减灾系统的不同可归结为七大类,每类又包括若干灾种:

(1) 气象灾害:包括热带风暴、龙卷风、雷暴、大风、干热风、暴风雪、暴雨、寒潮、冷害、霜冻、雹灾及早灾等。

(2) 海洋灾害:包括风暴潮、海啸、潮灾、海浪、赤潮、海冰、海水入侵、海平面上升和海水回灌等。

(3) 洪水灾害:包括洪涝灾害、江河泛滥等。

(4) 地质灾害:包括崩塌、滑坡、泥石流、地裂缝、塌陷、火山、矿井突水突瓦斯、冻融、地面沉降、土地沙漠化、水土流失、土地盐碱化等。

(5) 地震灾害:包括由地震引起的各种灾害以及由地震诱发的各种次生灾害,如沙土液化、喷沙冒水、城市大火、河流与水库决堤等。

(6) 农作物灾害：包括农作物病虫害、鼠害、农业气象灾害、农业环境灾害等。

(7) 森林灾害：包括森林病虫害、鼠害、森林火灾等。

人为灾害主要有：

(1) 生态灾害：自然资源衰竭、环境污染、人口过剩等。

(2) 工程经济灾害：工程塌方、爆炸、工厂火灾、有害物质失控等。

(3) 社会生活灾害：交通事故灾害、火灾、战争、社会暴力与动乱等。

1.4.2 灾害发展趋势

随着科学技术的发展和人类社会的进步，各种各样的自然和人为灾害不断出现，同时新的灾种也呈增多趋势。

(1) 新灾种隐患呈增多趋势

高层和超高层建筑使消防安全工作面临严峻考验；随着社会的发展对信息化的依赖，网络和信息系统的的社会影响日益加大；由于人口密集、人员流动频繁和国际化程度的提高，可能造成变异疫情流入频率加快，流行性传染病易发、高发的疫情新特征。众多高层建筑外饰玻璃幕墙形成了光污染，在大风、地震影响下可能造成“玻璃雨”等。

潜在城市环境灾害、化学事故灾害、通信信息灾害、地下空间与浅埋生命线工程中的灾害，网络攻击、恐怖袭击。

现代战争和恐怖活动给城市带来的是毁灭性的打击。伊拉克巴格达等城市在美军的蹂躏下，满目疮痍。2001年9月11日，恐怖分子将劫持的客机变为“巡航导弹”，撞击纽约世贸大厦，使全世界谈恐色变。2005年7月7日，世界上最古老最完善的伦敦地铁网正处在早上高峰运营期间，突然几个地铁站连续发生剧烈爆炸，地面上双层公共汽车也同时发生爆炸，震惊全球。

(2) 灾情呈增大趋势

地球板块近年来一直处于活跃期，各种自然灾害频发。在1990年至1999年间，全世界平均每年发生258起自然灾害事件，所造成的死亡人数约为43000人。在21世纪的第一个十年期间，各类自然灾害事件频繁发生，在全球各地都造成了重大的人员和财产损失。在2000年至2009年间，全球共发生了3852起国家范围内的自然灾害事件，造成超过78万人死亡，近20亿人受到影响，所导致的经济损失约为9600亿美元。

(3) 灾害重点呈现以城市为主趋势

由于城市人口众多，建筑密集，财富集中，是社会的经济、文化、政治中心，城市灾害具有多样性、复杂性、突发性、连锁性（次生、衍生和耦合）、受灾对象的集中性、灾害后果的严重性、影响的放大性等特性。城市对灾害又有着放大效应。比如城市一旦发生地震，绝大多数死伤者是由于地震引发的建筑物倒塌、火灾、煤气毒气泄漏，细菌、放射物侵袭，以及震后的大雨、雨后的瘟疫等，其损失大大超过地震冲击波本身的危害。

1.5 防灾减灾对策与措施

防灾、减灾是国际性的课题，需要国际社会联合行动、共同应对。1990年联合国发起了“国际减灾十年”活动，我国是积极参与的国家。10年来，国际减灾活动取得了显

著的成效。根据1999年7月召开的国际减灾十年活动论坛的建议，联合国决定在“国际减灾十年”活动的基础上开展一项全球性的“国际减灾战略”活动，这将成为下一阶段国际社会共同行动的基础。该战略的主要目标是：提高人类社会对自然、技术和环境灾害的抗御能力，从而减轻灾害施加于当今脆弱的社会和经济之上的综合风险；通过对风险预防战略全面纳入可持续发展活动，促进从抗御灾害向风险管理转变。为实施该项减灾战略，联合国建立了减灾工作委员会和减灾秘书处。这是新世纪全球减灾的重大决策，也是世界减灾业新的里程碑。同时，联合国决定继续开展“国际减灾日”活动，时间为每年10月的第二个星期三。

防灾减灾是一个复杂的系统工程，涉及很多部门和领域。防灾减灾系统主要由三个方面的子系统组成，即灾害监测预报系统、防灾抗灾救灾系统、灾后救援系统。

灾害监测是减灾工程的先导性措施。通过监测提供数据和信息，从而进行示警和预报，甚至据此直接转入应急的防灾减灾的指挥行动。灾害的准确预报可以大幅度地降低灾害损失。但是，目前由于技术条件有限，灾害预报的难度很大，准确率低。如地震预报准确率只有20%~30%。

防灾包括两方面措施，一是在建设规划和工程选址时要充分注意环境影响与灾害危害，尽可能避开潜在灾害，即在工程规划和设计中提高灾害预防等级，可以有效地减小灾害程度；二是对遭受灾害威胁的人和其他受灾体实施预防性防护措施，比如防灾知识和技术的普及教育，提高人们的防灾意识。

抗灾通常是指在灾害威胁下对固定资产所采取的工程性措施。如大江大河的治理，城市、重大工程的抗灾加固等。

救灾是灾害已经开始和灾后采取的最急迫的减灾措施。

灾后救援系统则是体现一个国家应对灾害的能力和实力。灾害救援也包括灾害重建工作，及时有力的灾害保障系统是减轻灾害影响和恢复正常生产生活的坚实基础。唐山大地震后，经过十几年的努力，一个崭新的工业城市又重新崛起在华北平原，新唐山的建设取得全世界瞩目的成就。

1.6 与工程结构有关的灾害

全世界每年都发生很多自然和人为的灾害，这些灾害的直接灾害和间接灾害一般都与我们生活中的各种工程结构有关，严重的灾害能够导致建筑物、构造物、电力设施、交通设施等结构倒塌和破坏，造成巨大的经济损失和人员伤亡，甚至导致社会动荡，威胁到全人类的生存。

与工程结构有关的灾害可以归结为以下几类：

(1) 地震灾害：强烈的地震，可使上百万人口的一座城市在顷刻之间化为废墟。

防治的主要方法为提高抗震烈度，防震减震。

(2) 火灾：建筑物火灾造成大量人员伤亡，甚至导致建筑物倒塌，与结构的抗火性能有很大关系。

防治措施：使用防火材料，加强结构防火设计。

(3) 风灾：风灾是发生频率最大、灾害范围广的灾种之一，也是造成工程结构损失较

大的主要灾害之一。

防治措施：加强结构抗风设计。

(4) 地质灾害：滑坡、崩塌、火山、地面沉降、地裂缝。

防治的主要方法为锚杆加固，挡土结构，控制地下水开采。

(5) 气象灾害：主要有洪涝灾害、海洋灾害、冰冻雨雪灾害、沙尘暴及雷暴灾害。

防治措施：加强监测预报，溢洪防洪，拦洪蓄洪，提高结构设计荷载标准。

(6) 生产事故灾害：工程事故灾害、道路交通事故、工矿生产事故。

防治方法主要是加强安全教育，提高工程结构的设计和建造水平，加强监测，强调生产过程的标准化。

(7) 爆炸灾害：特点是爆破性强，对人和结构破坏性大。

防治措施主要是加强结构防爆设计。

(8) 生物和环境灾害：与结构有关的生物灾害和酸雨灾害。

防治方法主要是强调环境综合治理，消除生物和环境对工程结构的侵蚀。

第 2 章 地震灾害与防震减灾

2.1 地震灾害

地震是极其频繁的一种自然灾害，全球每年发生地震约 500 万次，当震级达到某一量级时，地震对地表建筑造成巨大伤害，特别是在人口密集、政治、经济发达的地区，造成巨大损失，对整个社会有着很大的影响。但是，由于人类认识的限制，到目前为止，还不能完全掌握地震的发生规律，地震的监测预报仍然十分困难，因此，对于地震灾害主要以预防为主。为减小地震灾害造成的损失，最根本性的措施就是采取合理的抗震设计方法，提高建筑物的抗震能力，防止结构倒塌破坏，并结合地质勘查，合理规划城市布局，避开大的地层断裂带，从而在一定程度上削弱地震的影响。地震直接导致结构破坏和人员伤亡的同时，也可能引发次生灾害，如火灾、海啸、滑坡、疾病等灾害，次生灾害引起的损失往往比地震的直接损失更大，如 2011 年 3 月的日本福岛地震。因此，防止、减少地震造成的破坏和损失对于地震研究者和工程技术人员来说，是一个漫长的过程，也是一项非常艰巨的任务。

2.1.1 地震基础知识

1. 地球的构造

地球是一个长半轴约为 6378km、短半轴约为 6356km 的近椭球体。其表面有大气层、大洋、大陆，海底有山脉、海沟，陆地有高山、平原等，地球内部由地壳、地幔、地核、内地核组成（图 2-1-1）。

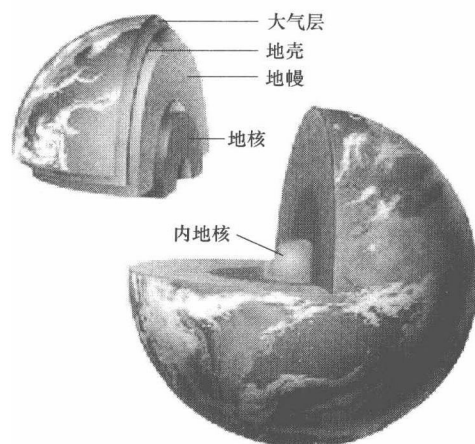


图 2-1-1 地球的构造

地壳是地球固体地表构造的最外圈层，整个地壳平均厚度约 17km，其中大陆地壳厚度较大，平均约为 35km。地壳分为上下两层。上层为花岗岩层，此层在海洋底部很薄，尤其是在大洋盆底地区，太平洋中部甚至缺失。下层为玄武岩层。地球在不停地自转和公转，同时地壳内部也在不停地变化，由此而产生力的作用，使地壳岩层变形、断裂、错动，于是便发生地震。多数地震是发生在地壳中，但是地震的大小与发生地震的位置直接相关。

地球地幔厚度约为 2900km，一般称其组成物质是具有可塑性的固体；地核半径大约 2100~2300km，内地核也叫副核，半径约为

1200~1400km, 其温度超过 5000℃, 呈液体状态, 进行着缓慢的对流。因此, 整个地球就像一个半生不熟的鸡蛋。

2. 地震基本概念

地震 (earthquake) 就是地壳在内、外应力作用下, 集聚的构造应力突然释放, 引起地球表层的快速震动。在古代又称为地动、地震动。它就像刮风、下雨、闪电、山崩、火山爆发一样, 是地球上经常发生的一种自然现象。大地震动是地震最直观、最普遍的表现。在海底或滨海地区发生的强烈地震, 能引起巨大的波浪, 即地震海啸。

如图 2-1-2 所示, 地球内部最早发生震动的地方称为震源。震源在地面上的投影称为震中, 它是接收震动最早的部位。震中是有一定范围的, 称为震中区 (也称为极震区), 震中区是震动最大的, 一般也是破坏性最严重的地区。

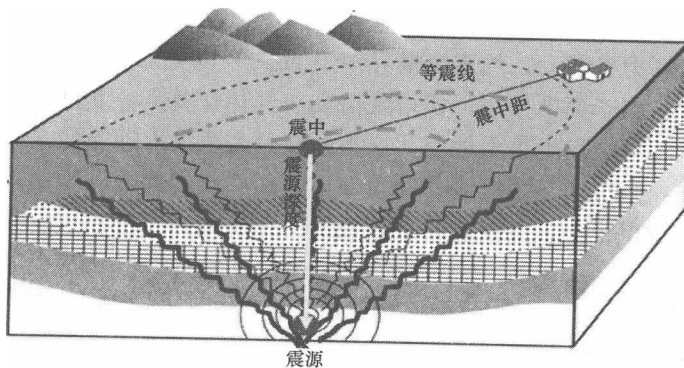


图 2-1-2 地震基本概念

震中到震源的垂向距离称为震源深度。对于同样大小的地震, 由于震源深度不一样, 对地面造成的破坏程度也不一样。震源越浅, 破坏越大, 但波及范围也越小, 反之亦然。按照震源深度不同分为:

(1) 通常将震源深度小于 70km 的叫浅源地震。浅源地震的发震频率高, 占地震总数的 72.5%, 所释放的地震能量占总释放能量的 85%。其中, 震源深度在 30km 以内的占多数, 是地震灾害的主要制造者, 对人类影响最大。全世界 95% 以上的地震都是浅源地震, 震源深度集中在 5~20km 上下。破坏性地震一般是浅源地震。如 1976 年的唐山地震的震源深度为 12km。

(2) 深度在 70~300km 的叫中源地震。中源地震的发震频率较低, 占地震总数的 23.5%, 所释放的能量约占地震总释放能量的 12%。绝大多数中源地震发生在环太平洋地震带上, 分布在岛弧的里侧和海岸山脉一带。中源地震一般不造成灾害。

(3) 深度大于 300km 的叫深源地震。到目前为止, 已知的最深的地震震源是 720km, 是 1934 年 6 月 9 日的印尼苏拉西岛东的地震。1969 年 4 月 10 日发生在吉林省珲春南的一次 5.5 级地震, 震源深度达到 555km, 是目前中国震源最深的地震。深源地震约占地震总数的 4%, 所释放的能量约占地震总释放能量的 3%。深源地震大多分布于太平洋一带的深海沟附近。深源地震一般不会造成灾害。

地震震中至某一指定点的距离称为震中距。震中距小于 100km 的地震称为地方震, 在 100~1000km 之间的地震称为近震, 大于 1000km 的地震称为远震, 其中, 震中距越

远的地方受到的影响和破坏越小。

地表上地震破坏程度相似的各点连接起来的曲线称为等震线。

2.1.2 地震类型与成因

关于地震的成因目前主要有两种说法，一种是断层学说，另一种是板块构造学说。这两种学说实质上是针对天然地震而言的，实际上引起地球表层震动的原因很多，根据诱发地震的原因不同，可以把地震分为天然地震、人工地震及特殊地震三大类。特殊地震是指在某些特殊情况下产生的地震，如大陨石冲击地面（陨石冲击地震）等。

1. 天然地震

(1) 构造地震：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，到地面引起的房摇地动称为构造地震。这类地震发生的次数最多，破坏力也最大，约占全世界地震的90%以上。

(2) 火山地震：由于火山作用，如岩浆活动、气体爆炸等引起的地震称为火山地震。只有在火山活动区才可能发生火山地震，这类地震只占全世界地震的7%左右。

(3) 塌陷地震：由于地下岩洞或矿井顶部塌陷而引起的地震称为塌陷地震。这类地震的规模比较小，次数也很少，即使有，也往往发生在溶洞密布的石灰岩地区或大规模地下开采的矿区。

2. 人工诱发地震

(1) 水库地震

在原来没有或很少地震的地方，由于水库蓄水引发的地震称水库地震。水库蓄水以后由于局部地壳受力状态的改变，水体荷载产生的压应力和剪应力破坏地壳应力平衡，引起断层错动，产生地震。水库地震一般是在水库蓄水达一定时间后发生，多分布在水库下游或水库区，有时在大坝附近。

据统计，全世界已建水库约有11000多座，但已诱发水库地震的约91座，其中诱发破坏性水库地震的很少。1967年12月11日，印度戈伊纳水库发生地震，这次地震是迄今已知的水库地震中最大的一次，震级为6.5级。

(2) 爆炸地震

工业爆破、地下核爆炸、炸药爆破等各种爆炸释放能量引起的地面振动称为爆炸地震。早在20世纪70年代初，前苏联核专家进行地下核爆炸试验，在每次试验后的很长时间，爆炸中心近百里范围内都会发生多次地面震动，这说明地下核和地震之间存在某种关系。2008年10月16日18时15分，广东宏大爆破股份有限公司在承担宁夏大峰矿露天煤矿羊齿采区基建剥离工程中，发生爆破伤亡事故，监测显示，此次爆破引发了2.4级地震。

(3) 注水地震

由于油田注水或矿井中进行高压注水等活动而引发的地震称为油田注水地震。这类地震仅在某些特定的油田地区发生。1985年12月28日起，在少震地区的山东省寿光县境内异乎寻常地发生小震群活动。经现场调查，小震群是因正在施工的胜利油田角07井注水而诱发。