

# 防灾工程学导论

Introduction to Disaster Prevention Engineering

陈龙珠 梁发云 编著  
宋春雨 邢爱国

中国建筑工业出版社

# 防灾工程学导论

陈龙珠 梁发云 编著  
宋春雨 邢爱国

中国建筑工业出版社

**图书在版编目 (CIP) 数据**

防灾工程学导论/陈龙珠等编著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2005

ISBN 7-112-07821-0

I. 防… II. 陈… III. 防灾-概论 IV. X4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 125123 号

**防灾工程学导论**

陈龙珠 梁发云 编著  
宋春雨 邢爱国

\*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京文思莱排版公司制版

北京中科印刷有限公司印刷

\*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 21 字数: 500 千字

2006 年 1 月第一版 2006 年 1 月第一次印刷

印数: 1—3,000 册 定价: 42.00 元

ISBN 7-112-07821-0

(13775)

**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)

本社网址: <http://www.cabp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

本书内容包括防灾工程学的发展概况、地震灾害与防护、火灾与建筑防火、城市防洪、工程地质灾害与防治、风灾与防治、爆炸与雷灾及其防治等，较为系统地阐述了它们的基本理论、主要研究成果及其实际应用状况，并附有较多的参考文献目录。

本书可作为土木工程、水利工程、城镇规划、建筑学等相关专业研究生的学习用书，也可供相关专业高年级本科生选修课程以及工程技术和政府管理人员参考使用。

\* \* \*

责任编辑：赵梦梅

责任设计：赵 力

责任校对：孙 爽 张 虹

## 前 言

世界上的任何事物都是在不断地运动着的，灾害指的就是其中会导致人员伤亡和财产损失的变化过程，而引发灾害的原因可以是自然的、人为的或自然与人为的综合作用。

由于对自然界的运动规律尚未深刻认识或麻木不仁，人类社会在创造物质文明的同时，也经常严重地破坏了原有的自然生态环境，而由此引发的自然灾害与人为灾害已共同构成了对人类生存和社会可持续发展的重大威胁。人类日益高度城市化的生活方式，使得人口、文化和物质财富高度地集中化，灾害所带来的损失便随之急剧增大。我国是一个受多灾种侵袭的国家，其中以洪水、地震、台风和火灾等带来的损失尤为巨大。作为一门综合性学科，在联合国1990年起开展的“国际减灾十年活动”的推动下，我国对土木工程防灾减灾科学技术的研究方兴未艾。为适应这一社会发展的迫切需要，国务院学位委员会已于1996年将原来的“地震工程及防护工程”拓宽为土木工程的二级学科“防灾减灾工程及防护工程”。我国数十家高等院校和科研院所完成了对这一学科的调整或组建工作，目前已有多届研究生完成了学业并获得工学硕士或博士学位。

为使“防灾减灾工程及防护工程”的研究生能够较为系统地了解本学科各研究领域的基本知识、专业研究与应用现状，在上海交通大学课程建设基金的资助下，我们于2001年开始组织编写有关教材。这本《防灾工程学导论》就是在上海交通大学“防灾减灾工程及防护工程”学科两届硕士研究生试用其初稿的基础上，经修改、充实后定稿的。

本书共分七章，包括：防灾工程学绪论、地震灾害与防护、火灾与建筑防火、城市防洪、工程地质灾害与防治、风灾与防治、爆炸与雷灾及其防治等，其中第三章至第五章分别由梁发云、宋春雨和邢爱国编写，其余各章由本人编写。全书由本人负责统稿。

由于防灾减灾工程及防护工程涉及的专业知识面很广，学科交叉性很强，而且每种灾害及其防护技术均有着各自较为庞大的体系，要想以有限的篇幅对它们进行简明扼要地阐述，则是一件有相当难度的工作。因此，本书在内容取舍和阐述等方面难免存在不足甚至不当之处，特此恳请读者多加批评指正，以便今后修改完善。

本书在编写过程中参考引用了大量的科技论文、著作、现行技术标准和新闻图片等资料，在此特向各位被引用文献的作者表示衷心的感谢。若本书各章有遗漏列出所引用的参考文献，则还请其作者给予指正和谅解。

本书在编写出版过程中，得到了上海交通大学课程建设基金的资助和中国建筑工业出版社的大力支持。中国土木工程学会秘书长张雁教授于2003年曾热心地安排了本人随团赴日本实地考察了防灾技术，使本书有机会获得了许多实物图片。上海交通大学安全与防灾工程研究所的研究生王建民、黄大治、周玲、李静、龙小梅、刘晓等为本书收集、整理了许多有益的文献资料。编者在此一并致以衷心的感谢。

2005年7月于上海交通大学工程馆

## 目 录

## 第一章 防灾工程学绪论

1.1 灾害及其类型 .....	1
1.1.1 灾害的定义 .....	1
1.1.2 灾害的类型 .....	2
1.2 灾害对人类社会发展影响 .....	5
1.3 防灾工程发展概况 .....	9
1.4 防灾工程学的研究内容与目的 .....	13
参考文献 .....	13

## 第二章 地震灾害与防护

2.1 地震的基本知识 .....	15
2.1.1 地震成因及地震带分布 .....	15
2.1.2 地震波特性 .....	22
2.1.3 地震灾害事例 .....	24
2.1.4 地震灾害特征 .....	31
2.2 抗震工程 .....	33
2.2.1 建筑物的分类及其抗震设防标准 .....	34
2.2.2 建筑场地 .....	35
2.2.3 地震反应谱 .....	37
2.2.4 抗震设计的基本原则 .....	39
2.2.5 地震作用计算方法 .....	45
2.2.6 结构抗震验算方法 .....	48
2.2.7 几种常用建筑结构的抗震设计要点 .....	50
2.3 隔震技术 .....	55
2.3.1 结构隔震技术原理 .....	55
2.3.2 基础隔震技术 .....	59
2.3.3 房屋隔震设计要点 .....	62
2.3.4 工程应用概况 .....	67
2.4 消能减震技术 .....	69
2.4.1 结构阻尼消能减震原理 .....	69
2.4.2 消能减震技术的特点 .....	70
2.4.3 消能减震体系的类型 .....	71
2.4.4 消能减震设计 .....	76
2.4.5 结构动力消震 .....	80
2.5 抗震防灾应急与决策系统 .....	83
2.5.1 城市抗震防灾的重要性和内容 .....	84



2.5.2 城市抗震防灾规划 ..... 84

2.5.3 城市规划中的抗震与地震应急救灾 ..... 87

2.5.4 减轻建筑结构地震破坏的综合对策 ..... 88

2.5.5 抗震防灾应急信息与决策系统的建设 ..... 90

参考文献 ..... 91

**第三章 火灾与建筑防火**

3.1 火灾概况 ..... 93

3.1.1 我国在解放后的火灾统计分析 ..... 93

3.1.2 其他国家或城市的火灾情况 ..... 96

3.1.3 不同场所火灾的特点和典型案例 ..... 97

3.2 火灾和防火相关的基本知识 ..... 101

3.2.1 燃烧的基础知识 ..... 101

3.2.2 火灾和防火设计基本知识 ..... 103

3.3 建筑构件的火灾试验 ..... 107

3.3.1 标准火灾试验 ..... 107

3.3.2 自然火灾试验 ..... 110

3.4 建筑材料在高温下的力学性能 ..... 110

3.4.1 混凝土在高温下的力学特性 ..... 110

3.4.2 钢材在高温下的力学特性 ..... 111

3.4.3 高温对钢筋与混凝土粘结性能的影响 ..... 112

3.4.4 高温对钢筋混凝土基本构件性能的影响 ..... 113

3.4.5 砌体在高温下的力学特性 ..... 113

3.5 建筑火灾效应分析方法 ..... 114

3.5.1 构件内部火灾温度场计算方法简介 ..... 114

3.5.2 火安全设计基本概念 ..... 117

3.6 城市消防规划与建筑物防火设计 ..... 119

3.6.1 城市消防规划 ..... 119

3.6.2 建筑物总平面布局与防火间距 ..... 121

3.6.3 民用建筑防火设计的一般规定 ..... 123

3.6.4 火灾扑救与人员逃生 ..... 128

3.7 火灾后建筑物的诊断与处理 ..... 130

3.7.1 火灾后建筑物诊断与处理的程序 ..... 130

3.7.2 火灾现场调查 ..... 131

3.7.3 火灾后建筑物的现场检测方法 ..... 132

3.7.4 火灾温度推算 ..... 132

3.7.5 建筑物火灾受损评估 ..... 135

3.7.6 建筑物火灾后的加固处理 ..... 135

3.8 消防科学技术研究与应用的发展趋势 ..... 137

3.8.1 火灾安全科学的发展动态 ..... 137

3.8.2 我国火灾和消防工作需要研究的若干问题 ..... 138

3.8.3 相关的学术刊物和网站 ..... 139

参考文献 ..... 140



## 第四章 城市防洪

4.1 水灾概述 .....	142
4.1.1 洪水的类型 .....	142
4.1.2 洪涝灾害 .....	143
4.1.3 我国洪涝灾害形成的原因 .....	146
4.1.4 防洪措施 .....	147
4.1.5 我国防洪减灾工程现状 .....	148
4.2 城市防洪总体规划 .....	149
4.2.1 城市防洪规划的原则 .....	150
4.2.2 城市防洪规划的内容 .....	150
4.3 洪水预报与设计洪水推算 .....	154
4.3.1 洪水预报 .....	154
4.3.2 设计洪水推算 .....	160
4.3.3 中国洪水预报系统 .....	165
4.4 堤防工程设计与管理 .....	165
4.4.1 防洪堤设计 .....	165
4.4.2 堤防除险加固与改、扩建 .....	169
4.4.3 堤防工程管理设计 .....	176
4.5 城市防洪工程综合评价 .....	179
4.5.1 城市防洪规划的综合评判原则 .....	179
4.5.2 综合评价模型 .....	180
4.6 城市防洪非工程措施 .....	182
4.6.1 非工程防洪体系的基本架构 .....	183
4.6.2 城市防洪安全与应急系统研究 .....	184
参考文献 .....	186

## 第五章 工程地质灾害与防治

5.1 地质环境及其内涵 .....	188
5.1.1 地质环境资源 .....	188
5.1.2 地质灾害 .....	188
5.2 边坡地质灾害 .....	190
5.2.1 概述 .....	190
5.2.2 滑坡 .....	191
5.2.3 崩塌 .....	207
5.2.4 泥石流 .....	211
5.3 地面变形灾害 .....	218
5.3.1 地面沉降 .....	218
5.3.2 地面塌陷 .....	222
5.4 地下工程施工灾害 .....	229
5.4.1 地下工程围岩变形破坏类型及特征 .....	229
5.4.2 岩爆 .....	232
5.5 地质灾害风险评价 .....	234





5.5.1 概述 ..... 234

5.5.2 地质灾害风险评价体系 ..... 235

5.6 工程地质灾害研究动态和发展趋势 ..... 238

5.6.1 我国地质灾害发育的基本特点与发展趋势 ..... 238

5.6.2 地质灾害监测技术方法 ..... 238

5.6.3 新理论、新方法在地质灾害研究中的应用 ..... 241

5.6.4 现阶段面临的任务与对策 ..... 242

5.6.5 相关的学术刊物和网站 ..... 242

参考文献 ..... 243

第六章 风灾与防治

6.1 风的有关知识 ..... 246

6.1.1 大气的组成及结构 ..... 246

6.1.2 风的形成 ..... 250

6.1.3 风级 ..... 254

6.1.4 几类风灾及相关案例 ..... 255

6.1.5 我国风区概况 ..... 264

6.2 基本风速和基本风压 ..... 265

6.2.1 风压与风速的关系 ..... 265

6.2.2 基本风速和基本风压 ..... 265

6.2.3 非标准条件下风速或风压的换算方法 ..... 267

6.3 结构风荷载和风振 ..... 269

6.3.1 结构的风力与风效应 ..... 269

6.3.2 顺风向平均风与脉动风 ..... 269

6.3.3 横风向风振 ..... 276

6.4 建筑结构抗风的若干专题 ..... 279

6.4.1 高层建筑抗风 ..... 279

6.4.2 建筑屋面抗风 ..... 282

6.4.3 建筑抗风设计的风洞试验技术 ..... 288

6.4.4 建筑风振控制技术概述 ..... 290

参考文献 ..... 290

第七章 爆炸与雷灾及其防治

7.1 爆炸及其防护技术 ..... 292

7.1.1 爆炸灾害概述 ..... 292

7.1.2 厂房和仓库防爆设计 ..... 296

7.1.3 厂房和仓库在使用中的防爆措施 ..... 298

7.2 战争灾害与人防工程 ..... 301

7.2.1 战争灾害的特点 ..... 301

7.2.2 核爆炸荷载及人防结构设计要点 ..... 304

7.3 雷灾及其防护 ..... 312

7.3.1 雷电及其灾害 ..... 313

7.3.2 雷电灾害的防治 ..... 319

参考文献 ..... 324

# 第一章 防灾工程学绪论

## 1.1 灾害及其类型

### 1.1.1 灾害的定义

世界上的任何事物都是处于运动的。当某种事物的某种运动状态因自然或人为作用而变异并且导致生命、财产等发生伤害和损失时，它便引发了一场灾害。

一提到灾害，大家马上会联想到洪水、台风、地震和大火等，似乎谁都明白它的含义。但是，若要为“灾害”下一个确切定义的话，目前还真不是一件简单的事情。也就是说，它至今还没有一个为大家所接受的统一定义。我国学者江见鲸等给出的定义是：任何引起人员伤亡、经济损失的恶性事件，当其规模超出社区承受能力而必须向外界求援时，则可以称之为灾害。日本学者矢野认为，若某现象作为外力克服了阻力，打破平衡，造成国土和设施的破坏，或生命财产的损失以及使其功能降低，则此现象就是灾害。可见，某种物质运动变化是否被判定为灾害，主要是看它是否造成了人员伤亡和物质财产损失。例如，在人烟稀少的深山发生大地震，若没有造成人员伤亡和财产损失，则这种地震就不成为自然灾害。但是，若这一地震造成了山体严重坍塌或岩崩并阻断河流而形成堰塞湖，则它日后就有可能决堤而在其下游广大地区产生严重的洪水灾害，这次地震就应该算是一次灾害了。

灾害对人类所造成的影响有可复原和不可复原之分。例如，城市火灾的影响是短期和容易修复的，但森林火灾、大型滑坡或泥石流等灾害的影响往往是难以复原的，它们将会对区域性的社会和经济长期地产生负面的作用。另外，当强烈地震造成重大人员伤亡或财产损失后，应急救援和灾后重建将涉及政府政策和组织管理、民众生理和心理创伤医治等众多社会学问题。因此，随着人类社会的不断进步，除上述人员伤亡和物质损失因素外，人们在评判灾害时已经开始纳入了它对国家政治、社会心理以及人际关系等方面的影响。

尽管灾害一词尚无严格的统一定义，但它的一般性特征还是可以加以阐述的：

(1) 危害性。既然是灾害，它就必然会对人类生命、财产以及赖以生存的其他环境和条件产生严重的危害性，其程度往往又是本社区或地区难以承受而需要向外界求援。

(2) 突发性和永久性。绝大部分灾害是在短暂的时间里发生的，有些仅在几秒钟内就可能造成惨重损失，如地震、泥石流、爆炸等。目前，每年因交通事故造成的死亡人数较大，但它是由不同地点和时间所发生事故的累加结果，不具有突发性特征，因而各地政府一般不将其列为灾害。另外，许多种类的危害是由自然界的运动变化造成的，如地震、台风和洪水等，只要人类存在，它就不会消失。

(3) 频繁性和不重复性。各种灾害都按照自身的规律频繁发生，相互间又可交织诱发。虽然地震、洪水和台风等部分灾害的发生具有一定的周期性或准周期性（灾变期），如我国长江流域大水具有与太阳黑子活动相关的周期性，台风活跃期在每年的夏季等，但这些灾害又不会那么准确地按周期重复发生。目前还很难准确地预测诸如地震、洪水、龙卷风等灾害的爆发时间、地点、能量大小。

(4) 广泛性与区域性。各种灾害的分布十分广泛，几乎遍及地球的每一个角落。但是，在世界上不同的地区，由于自然环境、人类活动、经济基础和社会政治等方面存在着差别，灾害的类型、特性及其产生的影响将会有所不同。

### 1.1.2 灾害的类型

灾害分类是一个复杂的问题，目前存在多种方法对灾害进行分类。

#### 1. 自然灾害和人为灾害

纵观人类的历史可以看出，灾害的发生原因主要有自然变异和人为影响。目前，人们通常将以自然变异为主因产生的灾害称为自然灾害，如地震、台风等；而将主要由人为影响造成的灾害称作人为灾害，如由违章操作引起的火灾、因偷工减料或不当使用造成的建筑坍塌等。另外，自然变异和人为影响之间的相互作用也会引发灾害，其中由自然变异引起的、但表现为人为性灾害的被称之为自然人为灾害，如大洪水过后病疫蔓延成灾；而由人为影响产生的、但表现为自然灾害的被称之为人为自然灾害，如因开山建房或修路不当引起的滑坡、开采地下水过量引起的地面沉降等。

当然，灾害的发生过程往往是很复杂的，其中一种灾害可由几种灾因引起，而一种灾因也可能同时或先后引起多种灾害。对于许多灾害，特别是大灾的发生，常常会诱发出一连串的其他灾害，这种现象叫灾害连发性或称灾害链（如图 1.1）。例如，某加油站的邻近建筑内发生人为火灾，而消防队又未能及时有效地控制住大火的蔓延，使得加油站储油容器发生了猛烈爆炸，大火→爆炸便形成了一个人工灾害链。又如，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，在瑞尼赫湖区引起了 300 万 m<sup>3</sup>、600 万 m<sup>3</sup> 和 3000 万 m<sup>3</sup> 的三次大滑坡；滑坡进入瑞尼赫湖后，致使湖水上漲 24m 并造成外溢，洪水导致湖东 65km 处的瓦尔的维亚城水深达 2m，使 100 万人无家可归。在这个致灾过程中，地震→滑坡→洪水则构成了一个自然灾害链。另外，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 600~700km/h 速度扫过太平洋，抵达日本海岸时仍高达 3~4m，1000 多所住宅被冲走，20000 多亩良田被淹没，并产生了严重的人员伤亡，15 万人无家可归。2004 年 12 月 26 日印度尼西亚近海发生里氏 9 级左右的强烈地震，数小时后其引发的海啸使东南亚多个国家遭受了巨大的损失，其中死亡人数超过 20 万。可见，强烈地震→海啸→洪水构成了另一个灾害链。

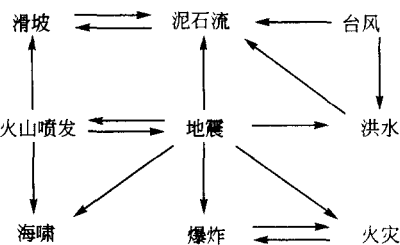


图 1.1 灾害链示例

上述类型的灾害链具有直接的因果关系。还有一些接连发生的灾害，虽无直接的因果关系，但它们在成因上同源或在空间分布上同地，也有人称之为灾害链。如在太阳活

动高峰期内, 洪涝、旱灾、地震、矿井突水或突瓦斯等自然灾害常会接连发生, 由此便构成了并发型的灾害链。

## 2. 原生灾害、次生灾害和衍生灾害

灾害链中最早发生的、起主导作用的灾害称为原生灾害, 而由原生灾害所诱发的其他灾害则统称为次生灾害。例如, 在上述实例中, 地震为原生灾害, 洪水或海啸则为次生灾害。但在许多情况下, 在灾害过程或灾害链没有完全弄清之前, 划分原生灾害与次生灾害只具有相对的意义。例如, 在上述智利地震引发的灾害链中, 若仅从日本的范围来看, 则海啸是原生灾害, 水灾则是次生灾害。

灾害发生之后, 在一定时间内, 受灾地区人的生存条件和社会环境遭受了破坏, 由此还会出现一系列的社会危害, 此被称为衍生灾害。例如, 大地震灾害的发生会使幸存者产生心理疾病, 社会秩序混乱并可能出现抢劫等犯罪行为, 使人民生命财产再度遭受损失。再如, 洪灾之后, 地表与浅部淡水极度污染, 气温高、空气湿度大, 人们生活用水不洁, 蚊蝇滋生, 从而导致传染性甚至瘟疫的蔓延而加深灾区人民的痛苦。

次生灾害与衍生灾害有时比原生灾害具有更大的社会危害性。因此, 防止次生灾害与衍生灾害的发生与蔓延也是防灾减灾的重要内容之一。

## 3. 自然灾害的类型

人类赖以生存的地球表层, 包括岩石圈、水圈、气圈和生物圈, 不仅受着地球自身运动和变化的影响, 而且还直接受太阳、月球和其他星体的作用和影响。人类就是在这种不断地取之于自然又受制于自然的环境中生存和繁衍起来的。但是, 自然界是在不断变化的, 太阳对地球辐射能的变化、地球运动状态的改变、地球圈层物质的运动和变化以及人类和生物的活动等因素, 时常能破坏人类生存的和谐条件, 并导致灾害的发生。若以自然灾害发生的原因来划分, 中国的自然灾害又可大致分为以下几个子类:

(1) 气象灾害: 由大气圈变异活动引起。如热带风暴, 龙卷风, 水灾, 旱灾, 雹灾, 低温冷害, 雪灾等。

(2) 海洋灾害与海岸带灾害: 由水圈变异活动所引起。如海啸, 潮灾, 海冰, 海水入侵, 海水回灌等。

(3) 地质灾害: 由岩石圈活动所引起。如地震, 火山爆发, 泥石流, 滑坡, 地陷, 土地沙漠化, 矿井冒水或瓦斯等。

(4) 农、林病虫害鼠害: 由生物圈变异活动所引起。如农作物和森林的病虫害, 鼠害, 烈性传染病的暴发流行等。

(5) 人为自然灾害: 由人类活动诱发的自然灾害。

上面列举的灾害成因是指起主导作用的因素而言的。实际上, 太阳与其他天体的影响, 地球的整体运动与变化以及由各个圈层活动所造成的相互影响等, 对每一个圈层自然灾害的产生都会发生一定的作用。

相对而言, 自然灾害形成的时间有长有短, 有缓有急。有些自然灾害, 当致灾因子的变化超过一定程度时, 就会在几天、几小时甚至几秒钟内表现出灾害行为, 像地震、洪水、龙卷风、冰雹等, 这类灾害称为突发性自然灾害。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, 所以一般也将它们列为突发性自然灾害。但是, 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，如大气温室效应引起的海平面上升、沿海软黏土地区地面下沉、土地沙漠化、水土流失等，这类灾害通常要经过几年或更长时间的发展才显现，故称为缓发性自然灾害。一般说来，突发性自然灾害容易使人措手不及，因而常能造成严重的人员伤亡和巨大的经济损失。缓发性自然灾害则影响面大，持续时间长，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并引发其他灾害或社会问题。

#### 4. 灾害与灾年的分级

##### (1) 灾害分级

灾害有大有小，具体级别主要是由两个基本因素决定的：致灾因子变化强度、受灾地区人口和经济密度以及承受灾害的能力。致灾因子变化强度是对致灾因子本身变化程度的度量，如台风的中心风力，地震的震级，暴雨的日降雨量等，但其值的高低并不等同于真正灾害的大小。例如，如果8级强烈地震发生在无人的深山或沙漠地区、中心风力达12级的强热带风暴（台风）或日降雨量超过500mm的暴雨发生在人船稀少的远海，都很难造成人员伤亡和社会经济损失。另外，我国东部发达地区一次5~6级中等地震往往会比西部山区一次8级强震造成的社会综合损失大得多，而沿海地区一次强震造成的损失就更为严重了，像1976年的唐山地震。

国内外的灾害分级标准尚难以统一，因为它涉及一个国家承受灾害的能力和灾情处理的层次和职责划分。我国目前主要依据人员死亡数和经济损失金额，其值由小到大，依次将灾害划分为微灾、小灾、中灾、大灾和巨灾等5个等级，具体见表1.1。

在进行灾害等级评估时，其经济损失应包括直接经济损失和间接经济损失。直接经济损失是指在一次灾害发生过程中由原生灾害与紧随的次生灾害所造成的经济损失的总和。如在一次强台风侵袭中，在商住建筑、工业厂房倒塌以及农林作物、道路桥梁遭受毁坏的同时，还引起了断水、断电和交通中断等，由它们共同造成的损失都可当成是这场风灾的直接损失。当一次灾害过程基本结束后，由于这次灾害所造成工农业生产、金融贸易、社会公益和管理等方面的停顿、减缓、失调以及卫生防疫等所造成的损失，都可当成是间接经济损失，对应于上文所说的衍生灾害。

我国灾害分级

表 1.1

灾害分级名称		死亡人数	经济损失
A级	巨灾	>1万人	>1亿元
B级	大灾	1000人~1万人	1000万元~1亿元
C级	中灾	100~1000人	100~1000万元
D级	小灾	10~100人	10~100万元
E级	微灾	<10人	<10万元

##### (2) 灾年分级

诸如风灾、雪灾、水灾和泥石流等许多我国常见灾害的发生是以年为周期的，而国家的经济活动都是以年为核算单位的，每年灾害给国家造成的经济损失有大有小，所以还应对每年度内国家的灾害损失划分出不同的等级。我国古代就有划分灾年等级的传统，

为的是对不同级别的灾年采取不同等级的赋税要求,对国家制定合理的政策有着重要的指导意义。国家计划不只计算各行业总产值和增长值,还要计入灾害的减产值;按平均估算,我国近期的年灾害直接损失大体上相当于国家财政年收入的1/6,而且灾年损失变化幅度较大。因此,划分灾年等级更重要的意义还在于平衡和稳定国家的经济计划。然而,灾年等级划分是一个难度很高的课题,目前尚无国家标准。由国家有关部委组建的自然灾害综合研究组于20世纪末曾提出建议,我国可将年灾害直接损失达到700亿元者暂称为大灾年,小于400亿元的为小灾年,其间者为中灾年。

## 1.2 灾害对人类社会发展的影响

### 1. 灾害的主要影响方式

灾害的破坏形式多种多样。例如,洪水淹没良田和村庄,冲毁房屋、道路、桥梁和水利设施,引起滑坡和泥石流等;强烈地震会导致地裂、塌陷、喷水冒砂、房屋和桥梁倒塌、水坝开裂、铁轨变形等。在房屋倒塌和洪水肆虐等过程中,除公共和个人财产遭受重大损失外,还将出现惨重的人员伤亡。在灾害发生后一定的时期内,衍生灾害还将对社会产生不利的影晌。

另一方面,政府机构、城市建筑、交通、生命线工程、企业、高校与科研单位等构成了一个庞大而复杂的社会系统,其中每个子系统既要在内部形成一个封闭的结构,又要与其他子系统建立起千丝万缕的联系。在这种大系统中,若生命线工程受灾破坏,则将会造成整个城市的生产、生活秩序瘫痪;若一个大型龙头企业设施受灾破坏,则会造成与之相关的许多企业停工或减产。可见,在人口、社会文化与物质财富逐渐高度集中的城市化生活方式下,自然和人为灾害的影响方式会有所增加,间接损失对社会发展的不利影响将会越来越大。这对那些人口众多但生产力发展水平还不高的国家来说,将不仅严重地危及国家经济发展和人民生活,而且可能会影响到社会的政治稳定。

除人员伤亡和物质财产损失外,灾害还会无情地摧毁受灾国家或地区的悠久文化遗产,如2003年12月发生在伊朗巴姆的里氏7级强烈地震,使得这座具有2000年历史、20世纪50年代就列入联合国教科文组织世界遗产名录的古城建筑瞬间几乎荡然无存。

### 2. 全球灾害概况

目前,各种灾害对人类社会的影响主要用两个方面的指标来反映:造成人员伤亡和国家及个人的财产损失。表1.2不完全地统计了1900~2004年间全球发生的死亡超过1000人的重大自然灾害,表1.3统计了1900~1998年全球各种主要自然灾害造成的人员死亡和经济损失。可见,瘟疫造成的死亡人数最多(占54.7%),其次是干旱、洪水和饥荒;洪水和地震造成的经济损失最大(分别占32.5%和30.6%),其次是台风和风暴。表1.4对1985~1999年间全球灾害发生区域的统计结果表明,亚洲是遭受自然灾害最频繁、人员伤亡最多、经济损失最大的地区,其中主要灾害是洪水和风暴;北美洲是灾害频繁和人口伤亡、经济损失较大的地区,其主要灾害是风暴;欧洲灾害数量不少,经济损失较大,但人员伤亡较少;澳洲和非洲灾害发生次数不多,但非洲因灾死亡人数远远高于澳洲,主要是突发性洪水造成的。比利时鲁汶大学对1974~2003年间全球发生的重大自然灾害进行统计发现,虽然地球上某些地区是自然灾害的高发区,但自然灾害似乎

更愿意“光顾”那些人口密集的地区；在死于自然灾害的人数中，88%来自非洲和亚洲，而且96%的受灾人口生活在这两个大洲。

近百年以来全球灾害的统计资料还表明，自然灾害的发生一方面与地理、气象和生态因素有关，另一方面也与人类的活动密不可分；人口密集、战争频繁、基础设施匮乏、环境污染、过度破坏植被等众多因素，造成了某些地区的民众时刻面临着自然灾害侵袭的危险。尽管统计资料显示过去50年来自然灾害所造成的损失整体上呈明显增加趋势(图1.2)，但近些年来却有所下降。这可能既是人们防灾减灾意识增强的结果，也与通信技术的进步以及国际合作密不可分，使得一个国家或地区发生重大的自然灾害时能够及时和实事求是地反映灾情，其他国家或地区便可开展有针对性的救援行动。

1900~2004年全球重大灾害一览

表 1.2

发生时间	受灾地区	灾种	死亡人数 (含失踪)	经济损失 (美元)
1931年	中国长江流域	洪水	14万	300亿
1954年8月	中国长江流域		4万	
1998年6~9月	中国长江和松花江流域		3650	
2000年2~3月	莫桑比克、赞比亚等		>1000	
2000年8~10月	印度、尼泊尔		1550	
1900年9月	美国	飓风	6000	3000万
1942年10月	印度、孟加拉国	热带气旋	6.1万	
1953年3月	荷兰、英国	风暴潮	1930	30亿
1970年11月	孟加拉国	热带气旋、风暴潮	30万	600万
1991年4月	孟加拉国	热带气旋、风暴潮	13.9万	30亿
1994年8月	中国浙江温州	热带气旋(台风)	1100	>12亿
1998年10~11月	洪都拉斯、尼加拉瓜	飓风	9200	55亿
2004年9月	美国、加勒比海、海地等	飓风、风暴潮	3030	40亿
1906年4月	美国旧金山	地震	3000	5.24亿
1908年12月	意大利		8.59万	1.16亿
1915年1月	意大利		3.26万	2500万
1920年12月	中国甘肃		23.5万	2500万
1923年9月	日本东京		14.28万	28亿
1935年5月	巴基斯坦		3.5万	2500万
1960年2月	摩洛哥		1.2万	1.2亿
1970年5月	秘鲁		6.7万	5.5亿
1976年7月	中国唐山		24万	5.6亿
1985年9月	墨西哥		1万	40亿
1988年12月	亚美尼亚		2.5万	140亿
1995年1月	日本神户		6340	>1000亿
1999年8月	土耳其		1.79万	>130亿
1999年9月	中国台湾		2400	>110亿
2003年12月	伊朗		>4万	
1985年11月	哥伦比亚	火山爆发	2.47万	2.3亿
2003年1月	孟加拉、印度、尼泊尔	寒潮	1800	
2003年5~6月	孟加拉、印度、巴基斯坦	热浪、干旱	2000	4亿
2003年7~8月	欧洲	热浪、干旱	2.7万	130亿
2004年12月	印尼、泰国、斯里兰卡等	地震引发的海啸	23万	

1900 ~ 1998 年全球自然灾害造成的死亡和经济损失统计

表 1.3

灾害种类	死亡人数	死亡 (%)	灾害损失 (亿美元)	灾害损失 (%)
雪崩	3684	0.006	0.28	0.003
寒冻	6326	0.010	161	1.768
热带气旋, 台风	1131037	1.997	1368	15.028
干旱	10235762	16.259	369.9	4.062
地震	1850635	2.940	2791	30.647
瘟疫	34461814	54.739	0.11	0.001
饥饿	7534675	11.968	0.89	0.010
洪水	7451484	11.836	2964	32.548
热浪	17906	0.028	66.58	0.731
滑坡	64082	0.102	29.4	0.323
风暴	68160	0.108	1072.5	11.776
飓风	18961	0.030	0.82	0.009
火山喷发	109436	0.174	32.4	0.356
森林大火	2313	0.004	249.45	2.739
合计	62956275	100	9107.88	100

1985 ~ 1998 年全球自然灾害灾情区域统计

表 1.4

地区	灾害次数 (地震/风暴/洪水/其他)	死亡人数 (人) (地震/风暴/洪水/其他)	经济损失 (亿美元) (地震/风暴/洪水/其他)
非洲	760 (60/230/330/140)	22390 (2670/1250/15810/2660)	68.2 (13.1/13/19.5/22.7)
北美洲	2050 (270/1030/420/340)	36930 (11510/18140/3670/3610)	3394.3 (568/1826.8/375.4/624.1)
南美洲	570 (120/90/210/150)	35540 (27900/560/4480/2610)	109.1 (45/6.4/41.3/16.5)
亚洲	2640 (550/730/900/470)	429090 (127020/59810/222780/19490)	4097.9 (1419.4/555.2/1926.9/196.4)
澳洲	580 (70/290/130/90)	4390 (180/440/2390/490)	164.8 (50.6/22.8/66/25.4)
欧洲	1740 (170/650/430/490)	7900 (320/1460/1800/4320)	1123.8 (114.2/354.1/412.3/243.2)
全球	8350	536250	8958

注: 资料取自德国慕尼黑再保险公司。

### 3. 我国灾害概况

我国是受灾害影响严重的国家。新中国自 1949 年建立以来, 随着人口和工农业生产规模的不断增加, 因灾害引起的各类损失情况也越来越严重。据国家统计局和民政部 1995 年发布的《中国灾情报告》, 我国近半个世纪以来, 每年仅气象、洪水、海洋、地质、地震、农作物病虫害、森林灾害等 7 大类自然灾害所造成的直接经济损失 (按 1990 年价格折算), 20 世纪 50 年代平均每年约为 480 亿元, 60 年代约为 570 亿元, 70 年代约为 590 亿元, 80 年代约为 690 亿元, 90 年代前 5 年平均约为 1120 亿元 (表 1.5); 50 年代平均每年成灾人口为 4834 万人 (死亡 9878 人), 60 年代为 8948 万人 (死亡 6664 人), 80 年代为 19877 万人 (死亡 7047 人), 1990 ~ 1994 年间的年平均成灾人口为 23749 万人



(死亡 7014 人)。

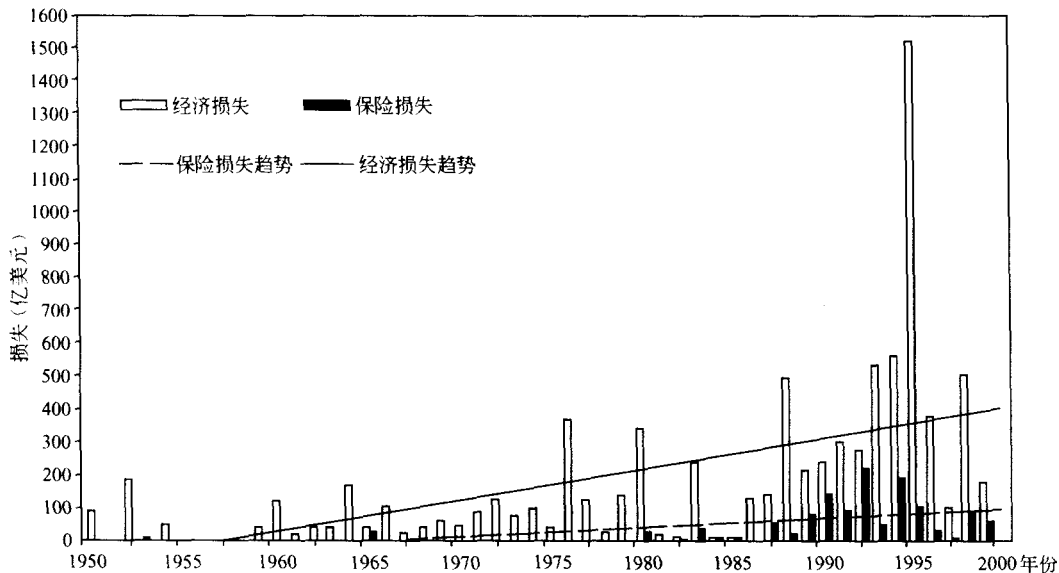


图 1.2 1950 ~ 1999 年全球自然灾害经济和保险损失 (按 1998 年价格水平计算)

1990 ~ 1994 年我国灾害损失情况

表 1.5

年 份	经济损失 (亿元)	占 GDP 比例 (%)	占新增 GDP 比例 (%)
1990	666	3.6	40.6
1991	1215	5.6	39.6
1992	854	3.2	17.0
1993	993	2.9	12.4
1994	1876	4.0	15.5

注: 1991 ~ 2000 年的年均损失约为 1600 亿元。

根据上述 1995 年发布的《中国灾情报告》分析,在我国各种自然灾害的直接经济损失中,气象灾害(包括洪水)损失最大(约占 68%),其后依次是农业生物灾害、地震灾害、森林生物灾害、海洋灾害、地质灾害及其他灾害。死于灾害的人数以地震灾害最多,约占 54%;其后依次是气象灾害(包括洪水)约占 40%,地质灾害约占 4%,海洋灾害、森林灾害等占 2%。

我国长期是一个农业大国。但近 20 多年以来,随着改革开放政策的实施,我国经济建设和社会文化的发展十分迅速,我国城市化进程已经处于快速发展的新时代,并出现了诸如北京、上海等许多特大型的现代化城市。根据《中国统计年鉴 2003》,至 2002 年年底,我国现有辖区人口在 400 万以上的城市为 10 座、200 ~ 400 万人口的城市 23 座、100 ~ 200 万人口的城市 138 座。根据 20 世纪 80 年代的统计,那时城市人口只占 18%,但工业产值的 88.5% 和上缴利润的 89.5% 却来源于城市。我国目前的城市化人口水平已经接近 40%,人口、产业和财富在城市已比 20 多年前更加高度地集中了,灾害潜在威胁的程度也随之急剧增大。