

(原书第9版)

Mc
Graw
Hill
Education

自然灾害与生活

Natural Disasters, Ninth Edition

◇ [美] Patrick Leon Abbott 著

◇ 姜付仁 汤爱平 文爱花 等译

◇ 卢正超 审校



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

(原书第9版)

自然灾害与生活

Natural Disasters, Ninth Edition

[美] Patrick Leon Abbott 著

姜付仁 汤爱平 文爱花 等译

卢正超 审校

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

人类发展既依赖于自然,又要与自然抗争。自然在给人类发展提供丰富资源的同时,会给人类社会和环境带来巨大的危害。为此,人类必须科学地认识这些自然灾害,并采取应对措施来将危害降至最低。本书主要讨论自然灾害的4大主要来源及其预防措施:引发地震和火山活动的地球内部能流;影响天气和气候变化的外部能流;引发滑坡的重力因素和降雪;小行星和彗星对生活的影响。详细内容主要包括:自然灾害与人口、内部能量与板块构造、地震、火山活动、海啸、龙卷风、闪电、热浪、寒流、飓风、气候变化、洪水、火灾、滑坡、海岸侵蚀、空间天体的影响等。

本书融知识性、实用性、趣味性于一体,图表丰富、清晰,内容浅显易懂,可作为高校地理学、环境学等学科相关专业学生的教材,也可作为大众了解自然灾害并有效应对灾害的科普读物。

Patrick Leon Abbott: Natural Disasters, Ninth Edition

9780078022876

Copyright © 2013 by McGraw-Hill Education.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including without limitation photocopying, recording, taping, or any database, information or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

This authorized Chinese translation edition is jointly published by McGraw-Hill Education and Publishing House of Electronics Industry. This edition is authorized for sale in the People's Republic of China only, excluding Hong Kong, Macao SAR and Taiwan.

Copyright © 2017 by McGraw-Hill Education and Publishing House of Electronics Industry.

版权所有。未经出版人事先书面许可,对本出版物的任何部分不得以任何方式或途径复制或传播,包括但不限于复印、录制、录音,或通过任何数据库、信息或可检索的系统。本授权中文简体翻译版由麦格劳-希尔(亚洲)教育出版公司和电子工业出版社合作出版。此版本经授权仅限在中国大陆销售。

版权©2017 由麦格劳-希尔(亚洲)教育出版公司与电子工业出版社所有。

本书封面贴有 McGraw-Hill Education 公司防伪标签,无标签者不得销售。

版权贸易合同登记号 图字:01-2014-6335

图书在版编目(CIP)数据

自然灾害与生活:原书第9版/(美)帕特里克·李昂·艾博特(Patrick Leon Abbott)著;姜付仁等译.

北京:电子工业出版社,2017.12

书名原文:Natural Disasters, Ninth Edition

ISBN 978-7-121-32906-7

I. ①自… II. ①帕… ②姜… III. ①自然灾害—影响—社会生活 IV. ①X43 ②C913.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第258305号

策划编辑:谭海平

责任编辑:谭海平 特约编辑:王崧

印刷:中国电影出版社印刷厂

装订:中国电影出版社印刷厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱

邮编:100086

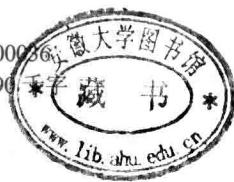
开本:787×1092 1/16 印张:24.5

字数:690千字

版次:2017年12月第1版(原著第9版)

印次:2017年12月第1次印刷

定价:109.00元(全彩)



凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zlt@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式:(010)88254552, tan02@phei.com.cn。

译者序

人类的发展史是一部既依赖于大自然又与大自然作斗争的历史。大自然在为人类发展提供丰富资源的同时,会给人类带来很多灾害,如地震、火山喷发、飓风、龙卷风、暴雨、洪水、滑坡、泥石流、火灾等。我国地处三大板块交汇地带,地形条件极为复杂,加之受季风气候的影响及人口众多,因此自然灾害种类繁多,是全球自然灾害频发的国家之一。人类在适应自然的过程中,只有依靠人类智慧来认识自然规律,揭示灾害机理,趋利避害,才能减少自然灾害造成的损失,进而实现人与自然的和谐发展,推动人类社会进步与经济发展。

本书是欧美地区高校广泛采用的教材。书中内容主要以欧美地区的自然灾害介绍为主,很少涉及我国的自然灾害。然而,他山之石,可以攻玉,书中介绍的各种自然灾害的形成原理与作用方式是类似的,了解了形成原理与作用方式后,就可应用于我国的主要自然灾害,进而在防灾减灾中发挥作用。

为适应人类社会的快速发展,加之新技术与新理论层出不穷,作者不断修订了本书的内容。第9版与上一版相比,主要有如下特点。

更新了内容。第1章增加了关于瘟疫的内容,扩充了人口变化和承载力的内容;第2章扩展了地壳均衡说的内容;第4章新增了2010年海地和智利地震及2011年日本大地震的内容;第5章增加了2011年弗吉尼亚州地震的内容;第7章全面地解释了火山作用;第8章新增了日本2011年海啸及其引发核灾难的内容;第10章扩展了龙卷风的内容;第11章新增了2011年飓风“艾琳”的内容;第12章新增了关于温室气体的内容,更新了小冰期的数据;第13章增加了区域洪水、堤防作用、洪水管理和社会响应等内容;第14章增加了2011年德州森林大火的内容。

调整了部分章节。原第15章分拆成了两章,新第15章主要介绍块体运动,新第16章介绍海岸过程和海洋灾害。

更新了图表。更新了大部分表格的内容,新增了30多个图表。

参与本书翻译和审校工作的有姜付仁、汤爱平、文爱花、卢正超、钟慧荣、孙维亚、张娟、黄伟峰、周围、郭艳艳、王伟、刘玥君、刘克同、涂文杰。全书内容较多,涉及面广,为保证翻译质量,译者、校者和审稿者对全书交叉进行了通读和校对。

感谢国家重点研发计划(2016YFC0401600、2016YFC0401809、2016YFB0201003)和中国水利科学研究院十三五重点项目(SS0145B612017和SD0145B302016)给予的大力支持。限于译者的水平,不妥之处敬请读者批评指正。

前言

自然灾害包括地震、龙卷风、飓风、滑坡、火灾、天体撞击地球等。每天，地球上都会出现自然灾害，每年自然灾害会影响到数百万人的生活。因此，人们普遍对“死亡和毁灭”感到好奇，并想了解自然灾害发生的原因。本书主要介绍地球能量转换的过程及其对人类的影响。主要内容包括：引发灾害的能量来源；板块构造和气候变化；岩石、水和大气的作用过程；地质时间；多个复杂因素的共同作用；自然灾害事例。

本书新增内容

更新了大量图表。第1章增加了关于疾病流行的内容，扩充了人口变化和承载力的内容；第2章扩充了关于地壳均衡说的内容；第4章新增了2010—2011年地震的内容；第5章涵盖了2011年弗吉尼亚州地震的内容，扩充了关于地震短期预报的内容；第7章全面介绍了火山活动；第8章新增了日本2011年海啸的内容；第10章扩充了关于龙卷风的内容；第11章新增了2011年飓风“艾琳”的内容；第12章新增了冷凝和非冷凝温室气体的内容，更新了小冰期的数据；第13章增加了关于洪水的内容；第14章增加了关于森林大火的内容；第15章介绍块体运动；第16章介绍关于海岸过程和海洋灾害。

致谢

感谢如下对本书提供过帮助的人员：Judson Ahern，俄克拉何马大学；Sandra Allen，林登伍德学院；A. Steele Becker，内布拉斯加大学；David Bercovici，耶鲁大学；Vijendra Boken，内布拉斯加大学；David Braaten，堪萨斯大学；Cathy Busby，加州大学圣巴巴拉分校；Robert Butler，波特兰大学；Hassan Rezaie Borooun，加州大学洛杉矶分校；Victor E. Camp，圣迭哥州立大学；Edward Catanzaro，费尔雷迪克森大学；Wang-Ping Chen，伊利诺伊大学香槟分校；Jennifer Cole，东北大学；Patrick Colgan，东北大学；Michael Conway，亚利桑那州西部大学；Stanley Dart，内布拉斯加大学卡尼分校；John Dassinger，钱德勒-吉尔伯特社区学院；John F. Dewey，加州大学戴维斯分校；Timothy J. Dolney，宾州大学；John Dooley，北亨内平社区学院；John Dunbar，贝勒大学；Jean Eichhorst，内布拉斯加大学；James Rodger Fleming，科尔比学院；Michael Forrest，里奥翁多初级学院；Kevin P. Furlong，宾州大学；Oswaldo Garcia，旧金山州立大学；David Gonzales，路易斯堡学院；Paul K. Grogger，克罗拉多大学；Kevin Henke，肯塔基大学；John Hidore，北卡罗来纳大学；George Hupper，威斯康星大学；Richard W. Hurst，加州大学洛杉矶分校；Cecil S. Keen，明尼苏达州立大学；Ernest L. Kern，东南密苏里州立大学；Gabi Laske，加州大学圣迭哥分校；Mary Leech，旧金山州立大学；Alan Lester，克罗拉多大学；Sue Morgan，犹他州立大学；Robert S. Nelson，伊利诺伊州立大学；Jon Nourse，加州理工大学；Carol Prombo，华盛顿大学；Jim Rickard，圣迭哥州立大学；Peter Sadler，加州大学河畔分校；Bingming Shen-Tu，印第安那大学；Brent R. Skeeter，索尔兹伯里大学；Leslie Sonder，达特茅斯学院；Don Steeples，堪萨斯大学；Charles R. Stern，克罗拉多大学；Christiane Stidham，纽约州立大学石溪分校；Donald J. Stierman，托莱多大学；Roland Stull，不列颠哥伦比亚大学；Philip Suckling，北艾奥瓦大学；Stephen I. Wareham，加州大学富勒顿分校；Shawn P. Willsey，南爱达荷学院；John P. Wilson，南加州大学；Terry Wright，森诺玛州立大学；Bridget Wyatt，旧金山州立大学；Youxue Zhang，密歇根大学。

此外，要特别感谢本书中航空照片的提供者 John S. Shelton。

目录

CONTENTS

序言 能量流 1

第1章 自然灾害和人口 3

- 1.1 2011 年的自然灾害 4
- 1.2 重大自然灾害 4
- 1.3 自然灾害的致死人数和经济损失 5
 - 1.3.1 自然灾害中政府的作用 6
 - 1.3.2 人类对灾害的响应 6
 - 1.3.3 自然灾害造成的经济损失 6
- 1.4 自然灾害风险 8
 - 1.4.1 墨西哥的波波卡特佩特火山 8
 - 1.4.2 量级、频率和重现期 9
 - 1.4.3 人口增长的影响 10
- 1.5 人口历史概述 10
 - 1.5.1 指数型增长的力量 10
 - 1.5.2 过去 1 万年的人类历史 11
 - 1.5.3 今天的人口 12
- 1.6 未来世界人口 13
 - 1.6.1 人口转型 14
 - 1.6.2 城市化和地震致死人数 14
 - 1.6.3 瘟疫 15
 - 1.6.4 承载力 16
- 1.7 小结 18
- 复习题 18
- 思考题 18

第2章 地球内部能量与板块构造论 19

- 2.1 太阳和行星的起源 19
- 2.2 地球历史 20
- 2.3 地球的分层 21
 - 2.3.1 物质的行为 22
 - 2.3.2 地壳均衡论 23
- 2.4 内部能量源 25
 - 2.4.1 碰撞能量和重力能量 25
 - 2.4.2 放射性同位素 25

2.4.3 地球的年龄 28

2.5 板块构造论 28

- 2.5.1 板块构造论概念的演化 29
- 2.5.2 火山岩的磁化 30

2.6 大统一理论 35

2.7 怎样了解地球 37

2.8 小结 37

复习题 37

思考题 38

第3章 地震地质学与地震学 39

3.1 理解地震 40

3.2 断层类型 41

- 3.2.1 倾滑断层 42
- 3.2.2 走滑断层 42
- 3.2.3 转换断层 44

3.3 地震学的发展 45

3.4 地震波 46

- 3.4.1 体波 46
- 3.4.2 地震波与地球内部构造 46
- 3.4.3 面波 46
- 3.4.4 声波与地震波 48

3.5 探测地震震源 48

3.6 地震的震级 49

- 3.6.1 里氏震级 49
- 3.6.2 地震震级的其他测量方法 51
- 3.6.3 前震、主震和余震 52
- 3.6.4 震级、断层长度和地震波频率 52

3.7 地震时的地面运动 52

- 3.7.1 加速度 52
- 3.7.2 建筑物的周期与地基的反应 53

3.8 地震烈度：地震中的感觉 53

- 3.8.1 你感觉到了吗？ 54
- 3.8.2 麦加利烈度表变量 54

3.9 麦加利变量案例 55

3.10 多震国家的建筑物 57

- 3.10.1 剪力墙和支撑 57
- 3.10.2 建筑物加固 58
- 3.10.3 基础隔震 59
- 3.11 小结 59
- 复习题 60
- 思考题 60

第4章 板块构造学和地震 61

- 4.1 板块构造边缘和地震 61
- 4.2 扩张中心的地震 62
 - 4.2.1 冰岛 62
 - 4.2.2 红海和亚丁湾 63
 - 4.2.3 加利福尼亚湾 64
- 4.3 地震带 65
- 4.4 俯冲带 65
 - 4.4.1 日本 311 大地震 65
 - 4.4.2 2004 年印度尼西亚: 地震引发的海啸 66
 - 4.4.3 1985 年墨西哥城大地震 67
 - 4.4.4 1960 年智利地震 68
 - 4.4.5 1964 年阿拉斯加地震 69
 - 4.4.6 西北太平洋 69
- 4.5 陆陆板块碰撞产生的地震 71
 - 4.5.1 中国、巴基斯坦和印度的地震 72
 - 4.5.2 1556 年中国: 最致命的地震 72
- 4.6 阿拉伯板块 72
 - 4.6.1 大陆之间碰撞产生的地震 72
 - 4.6.2 1962—2011 年伊朗: 致命建筑物 73
- 4.7 断层地震 73
 - 4.7.1 2010 年海地地震 74
 - 4.7.2 1999 年土耳其地震 74
 - 4.7.3 圣安德烈亚斯构造断层与地震 76
 - 4.7.4 湾区过去和未来的地震 82
- 4.8 小结 84
- 复习题 85
- 思考题 85

第5章 美国和加拿大的地震 86

- 5.1 断层的运动方式 86
 - 5.1.1 弹性回跳理论 86
 - 5.1.2 新观点 87
- 5.2 逆断层地震 88
 - 5.2.1 2011 年弗吉尼亚州地震 88
 - 5.2.2 1994 年加州北岭地震 89
 - 5.2.3 华盛顿州西雅图 89

- 5.3 正断层地震 90
 - 5.3.1 华盛顿州皮吉特湾地震 90
 - 5.3.2 皮吉特湾下方的深部地震 90
- 5.4 新构造运动和古地震学 91
- 5.5 地震预测 92
 - 5.5.1 长期地震预测 92
 - 5.5.2 短期地震预测 93
 - 5.5.3 预测的风险 94
- 5.6 人为引发的地震 95
 - 5.6.1 深井处理引发的地震 95
 - 5.6.2 水力压裂技术 95
 - 5.6.3 大坝引发地震 95
 - 5.6.4 炸弹爆炸 96
- 5.7 地震烈度图 96
 - 5.7.1 你感觉到了吗? 96
 - 5.7.2 烈度图 96
- 5.8 加州地震情况 97
 - 5.8.1 年均地震损失 98
 - 5.8.2 地震避险演习 98
- 5.9 美国和加拿大的地震 98
- 5.10 北美西部: 板块边缘的地震 101
 - 5.10.1 西部大盆地 101
 - 5.10.2 山区地震带 103
 - 5.10.3 里奥格兰德裂谷 104
- 5.11 板块内部地震: “稳定”的美国中部地区 105
 - 5.11.1 1811—1812 年新马德里地震 105
 - 5.11.2 里尔富特裂谷 108
 - 5.11.3 美国中部的古裂谷 109
- 5.12 北美东北部的板内地震 110
 - 5.12.1 新英格兰 110
 - 5.12.2 圣劳伦斯河流域 110
 - 5.12.3 1886 年南卡罗来纳州查尔斯顿市 111
- 5.13 夏威夷的地震和火山活动 112
 - 5.13.1 1975 年地震 113
 - 5.13.2 2006 年地震 113
- 5.14 小结 113
- 复习题 114
- 思考题 114

第6章 火山喷发: 构造板块和岩浆 115

- 6.1 如何理解火山爆发 115
- 6.2 火山的板块构造背景 115
- 6.3 岩浆的化学成分 118
- 6.4 岩浆的黏度、温度和含水量 118

- 6.5 火山是怎样爆发的 121
 - 6.5.1 喷发方式和含水量的作用 122
 - 6.5.2 一些火山物质 122
- 6.6 火山的黏度、挥发性和体积 125
 - 6.6.1 盾状火山: 低黏度、低挥发性、大体积 126
 - 6.6.2 溢流玄武岩: 低黏度、低挥发性、大体积 127
 - 6.6.3 火山锥: 中黏度、中挥发性、小体积 128
 - 6.6.4 成层火山: 高黏度、高挥发性、大体积 128
 - 6.6.5 熔岩穹隆: 高黏度、低挥发性、小体积 130
 - 6.6.6 火山口: 高黏度、高挥发物、大体积 131
- 6.7 小结 137
- 复习题 138
- 思考题 138

第7章 火山历史案例: 杀人事件 139

- 7.1 扩张中心处的火山活动 139
- 7.2 俯冲带处的火山活动 140
- 7.3 火山过程和杀人事件 147
 - 7.3.1 火山致死人数的历史记录 147
 - 7.3.2 火山碎屑喷发 147
 - 7.3.3 海啸 152
 - 7.3.4 火山泥流 152
 - 7.3.5 岩石崩塌 154
 - 7.3.6 间接饥荒 154
 - 7.3.7 火山气体 155
 - 7.3.8 熔岩流 157
- 7.4 一些致命喷发事件的喷发指数 158
- 7.5 火山监控和预警 158
 - 7.5.1 1982年加利福尼亚州长谷火山 158
 - 7.5.2 1991年菲律宾皮纳图博火山 160
 - 7.5.3 即将喷发的征兆 160
 - 7.5.4 火山观测站 161
- 7.6 小结 161
- 复习题 162
- 思考题 162

第8章 海啸与风浪 163

- 8.1 2011年3月11日日本海啸 163
 - 8.1.1 海啸横渡太平洋 164
 - 8.1.2 地面沉降 164
 - 8.1.3 1700年1月26日地面沉降 164
 - 8.1.4 海浪 165
- 8.2 风浪 165

- 8.2.1 风浪为何会破碎 166
- 8.2.2 疯狗浪 166
- 8.3 海啸 168
- 8.4 海啸与风浪 169
- 8.5 地震引发的海啸 172
 - 8.5.1 2004年印度洋海啸 172
 - 8.5.2 1946年4月1日阿拉斯加 173
 - 8.5.3 1960年5月22日智利 174
 - 8.5.4 1964年3月27日阿拉斯加 175
- 8.6 火山引发的海啸 175
- 8.7 滑坡引发的海啸 176
 - 8.7.1 火山坍塌 176
 - 8.7.2 地震引发的运动 177
 - 8.7.3 海湾和湖泊 179
- 8.8 假潮 179
- 8.9 海啸和你 180
 - 8.9.1 2004年12月26日西姆勒勒岛 180
 - 8.9.2 1992年9月1日尼加拉瓜 181
 - 8.9.3 人类加剧灾难 181
 - 8.9.4 海啸警报 181
- 8.10 小结 182
- 复习题 182
- 思考题 182

第9章 外部能量、天气和气候 183

- 9.1 外部能量 183
- 9.2 地球接收的太阳能 184
- 9.3 地球出射的能量 185
 - 9.3.1 温室效应 185
 - 9.3.2 反照率 185
- 9.4 水循环 186
- 9.5 水和热量 187
 - 9.5.1 对流 188
 - 9.5.2 水汽和湿度 188
 - 9.5.3 潜热 188
 - 9.5.4 绝热过程 189
 - 9.5.5 递减率 189
 - 9.5.6 陆地和水体的差温加热 190
- 9.6 大气中的能量转移 190
- 9.7 海洋中的能量转移 191
- 9.8 低层大气的分层 192
 - 9.8.1 温度 192
 - 9.8.2 气压 192
- 9.9 风 193

- 9.9.1 气压梯度力 193
- 9.9.2 气旋 194
- 9.10 大气环流 194
 - 9.10.1 低纬度地区 195
 - 9.10.2 高纬度地区 196
 - 9.10.3 中纬度地区 196
 - 9.10.4 观察到的大气环流 198
- 9.11 海洋环流 199
 - 9.11.1 表层环流 199
 - 9.11.2 深海环流 200
- 9.12 小结 200
- 复习题 201
- 思考题 201

第10章 龙卷风、闪电、热浪与寒流 202

- 10.1 恶劣天气 202
- 10.2 暴风雪 203
 - 10.2.1 寒冷 203
 - 10.2.2 降雨 203
 - 10.2.3 东北风暴 205
 - 10.2.4 暴风雪 205
 - 10.2.5 冰暴 206
 - 10.2.6 大湖效应 206
- 10.3 雷暴的运作方式 207
- 10.4 气团雷暴 207
- 10.5 强雷暴 208
 - 10.5.1 超级单体雷暴 209
 - 10.5.2 北美雷暴 210
 - 10.5.3 暴雨和山洪 211
 - 10.5.4 冰雹 211
 - 10.5.5 直行雷暴 212
- 10.6 龙卷风 213
- 10.7 龙卷风的形成方式 213
 - 10.7.1 区域尺度 213
 - 10.7.2 超级单体雷暴尺度 214
 - 10.7.3 涡流尺度 215
 - 10.7.4 龙卷风的最后阶段 216
 - 10.7.5 美国和加拿大的龙卷风 216
- 10.8 龙卷风爆发 219
 - 10.8.1 龙卷风和城市 220
 - 10.8.2 龙卷风摧毁房屋的方式 221
- 10.9 龙卷风的应对措施 221
- 10.10 闪电 222
 - 10.10.1 闪电的成因 223

- 10.10.2 避免雷击 224
- 10.11 热浪 224
 - 10.11.1 1995年7月芝加哥热浪 224
 - 10.11.2 城市天气 225
 - 10.11.3 2003年和2010年欧洲热浪 226
- 10.12 小结 226
- 复习题 227
- 思考题 227

第11章 飓风 228

- 11.1 飓风 229
- 11.2 飓风的成因 229
- 11.3 飓风的运行方式 230
 - 11.3.1 眼壁和风眼 231
 - 11.3.2 飓风中的龙卷风 232
 - 11.3.3 飓风中的能流 232
 - 11.3.4 飓风的能量释放 232
- 11.4 飓风的起源 232
- 11.5 北大西洋飓风 234
 - 11.5.1 佛得角型飓风 235
 - 11.5.2 加勒比型和墨西哥湾型飓风 237
- 11.6 飓风预报 238
 - 11.6.1 飓风的命名 239
 - 11.6.2 大西洋盆地的飓风趋势 240
- 11.7 飓风造成的损失 241
 - 11.7.1 风暴潮灾害 242
 - 11.7.2 暴雨和内陆洪水 243
- 11.8 飓风和墨西哥湾沿岸 244
- 11.9 飓风和大西洋沿岸 247
- 11.10 疏散的困境 247
- 11.11 降低飓风带来的损失 248
 - 11.11.1 建筑规范 248
 - 11.11.2 土地利用规划 248
 - 11.11.3 限制沿海开发 249
- 11.12 全球海平面上升 249
- 11.13 飓风和太平洋沿岸 249
- 11.14 飓风和孟加拉国 250
- 11.15 小结 251
- 复习题 251
- 思考题 252

第12章 气候变化 253

- 12.1 早期的地球气候 253
- 12.2 地球的气候历史：百万年时间尺度 254

- 12.2.1 晚古生代冰期 256
- 12.2.2 晚古新世暖期 256
- 12.2.3 晚新生代冰期 258
- 12.3 冰川进退: 数千年的时间尺度 258
- 12.4 气候变化: 数百年的时间尺度 261
- 12.5 短期气候变化: 数年的时间尺度 262
 - 12.5.1 厄尔尼诺现象 262
 - 12.5.2 拉尼娜现象 264
 - 12.5.3 太平洋年代际振荡 264
 - 12.5.4 火山作用和气候 265
 - 12.5.5 火山气候的影响 268
- 12.6 过去的几千年 268
- 12.7 20 世纪 269
- 12.8 太阳能量的变化 270
- 12.9 温室气体和悬浮微粒 271
 - 12.9.1 水蒸气 272
 - 12.9.2 二氧化碳 272
 - 12.9.3 甲烷 272
 - 12.9.4 二氧化氮 273
 - 12.9.5 臭氧 273
 - 12.9.6 含氯氟烃 273
 - 12.9.7 20 世纪温室气体的增长 273
 - 12.9.8 悬浮微粒 273
- 12.10 21 世纪 273
 - 12.10.1 最热的年份 273
 - 12.10.2 全球气候模型 274
 - 12.10.3 干旱和饥荒 274
 - 12.10.4 冰川融化 276
 - 12.10.5 海平面上升 278
 - 12.10.6 海洋环流 279
 - 12.10.7 变化信号 279
- 12.11 减排措施 280
 - 12.11.1 控制大气中的二氧化碳含量 280
 - 12.11.2 减少地球接收到的太阳能 280
 - 12.11.3 其他有效策略 280
- 12.12 小结 280
- 复习题 281
- 思考题 281

第 13 章 洪水 282

- 13.1 河流是如何起作用的 282
 - 13.1.1 均衡的河流 283
 - 13.1.2 洪泛区 286
- 13.2 洪水频率 286

- 13.2.1 意大利佛罗伦萨, 1333 年和 1966 年 286
- 13.2.2 洪水频率曲线 286
- 13.2.3 洪水的类型 287
- 13.2.4 突发性洪水 289
- 13.2.5 区域性洪水 292
- 13.2.6 中国的洪水 297
- 13.3 社会对洪灾的响应 298
 - 13.3.1 大坝、水库和天然蓄水区 298
 - 13.3.2 防洪堤 298
 - 13.3.3 防洪沙袋 299
 - 13.3.4 洪水预测 300
 - 13.3.5 区划和土地利用 300
 - 13.3.6 洪水保险 300
- 13.4 城市化与洪水 300
 - 13.4.1 洪水过程线 300
 - 13.4.2 洪水频率 301
 - 13.4.3 河道渠道化 301
- 13.5 最大的洪水 304
- 13.6 小结 305
- 复习题 306
- 思考题 306

第 14 章 火灾 307

- 14.1 火 307
- 14.2 什么是火 308
- 14.3 火不可或缺 309
- 14.4 燃烧三要素 309
- 14.5 燃烧的各个阶段 311
- 14.6 火的传播 312
 - 14.6.1 可燃物 312
 - 14.6.2 风 312
 - 14.6.3 地形 312
 - 14.6.4 火的行为 313
- 14.7 可燃物 314
 - 14.7.1 草地 314
 - 14.7.2 灌木 314
 - 14.7.3 森林 315
- 14.8 火险天气和大风 315
 - 14.8.1 冷锋风 316
 - 14.8.2 下坡风 316
 - 14.8.3 局地风 316
 - 14.8.4 五大湖地区的风与火 317
 - 14.8.5 加利福尼亚州的风与火 317
- 14.9 房屋设计和火灾 320

- 14.10 灭火 323
 - 14.10.1 黄石国家公园火灾 323
 - 14.10.2 加利福尼亚和下加利福尼亚 325
 - 14.10.3 2000 年的美国西南部 326
 - 14.10.4 计划林火 326
- 14.11 澳大利亚的火灾 327
 - 14.11.1 厄尔尼诺现象 327
 - 14.11.2 提前撤离和就地避难 328
- 14.12 火灾和洪水的相似性 328
- 14.13 小结 328
- 复习题 329
- 思考题 329

第 15 章 块体运动 330

- 15.1 块体运动中的重力作用 330
- 15.2 边坡失稳的外因 333
- 15.3 边坡失稳的内因 333
 - 15.3.1 内部的软弱物质 333
 - 15.3.2 内因中水的作用 334
 - 15.3.3 凝聚力降低 337
 - 15.3.4 不良地质结构 337
 - 15.3.5 块体运动的触发因素 338
- 15.4 块体运动的分类 338
- 15.5 崩塌 339
- 15.6 滑坡 340
 - 15.6.1 旋转滑坡 340
 - 15.6.2 平移滑坡 341
- 15.7 流动 343
 - 15.7.1 加利福尼亚州葡萄牙湾的土流 343
 - 15.7.2 拉肯奇塔社区的滑坡与泥石流 344
 - 15.7.3 长程泥石流 345
- 15.8 雪崩 347
- 15.9 海底滑坡 349
- 15.10 减灾措施 349
- 15.11 沉陷 350
 - 15.11.1 灾难性沉陷 350
 - 15.11.2 缓慢沉陷 351
- 15.12 小结 354
- 复习题 354
- 思考题 354

第 16 章 海岸过程和灾害 355

- 16.1 泥沙 355

- 16.2 波浪 356
 - 16.2.1 湍流 356
 - 16.2.2 波浪折射 357
 - 16.2.3 沿岸漂移 358
- 16.3 潮汐 359
- 16.4 海岸控制结构 359
 - 16.4.1 海堤 360
 - 16.4.2 海崖加固 360
 - 16.4.3 丁坝 360
 - 16.4.4 防浪堤 361
- 16.5 小结 362
- 复习题 362
- 思考题 362

第 17 章 太空物体的撞击 363

- 17.1 能量和碰撞 363
- 17.2 撞击坑 364
- 17.3 宇宙碎片的来源 365
 - 17.3.1 小行星 365
 - 17.3.2 彗星 367
- 17.4 流星体的流入率 368
 - 17.4.1 宇宙尘埃 370
 - 17.4.2 流星 370
 - 17.4.3 陨石 370
- 17.5 撞击坑的形成过程 371
- 17.6 撞击坑的形成 373
- 17.7 切萨皮克湾陨石坑的起源 374
- 17.8 白垩纪末期的撞击 375
 - 17.8.1 白垩纪末期撞击的证据 375
 - 17.8.2 白垩纪末期的撞击地点 375
 - 17.8.3 小行星的大小和速度 376
 - 17.8.4 撞击角度 376
 - 17.8.5 白垩纪末期撞击对生命的影响 376
- 17.9 20 世纪和 21 世纪最大的事件 377
 - 17.9.1 1908 年西伯利亚通古斯事件 377
 - 17.9.2 最大的“近期事件” 378
- 17.10 大撞击的频率 378
 - 17.10.1 一生中遭受撞击的风险 379
 - 17.10.2 阻止撞击 380
- 17.11 小结 380
- 复习题 381
- 思考题 381

序言：能量流

学习目标：

- 了解地球上的主要能量流。
- 了解内部能量创造陆地的方式。
- 了解外部能量破坏陆地的方式。
- 熟悉岩石循环。

地球的自然进程汇集能量并加以释放后，就会发生荼毒生灵、导致破坏的灾害。本书关注这种能量给人类带来的严重影响。随着全球人口数量的加速增长，越来越多的人发现自己生活在地球上最危险的地方。新闻媒体使用栩栩如生的图片和故事，不断提醒我们自然灾害给人类生命和财产带来的巨大损失。

要了解对人类危害严重的自然过程，须先了解这些能量的来源。地球是一个活跃的星球，它具有许多不同来源的能量流：(1)地球内部；(2)太阳；(3)引力；(4)小行星和彗星的影响。

内部能量从地球内部持续地流向地表。地球内部储存有大量的热量，这些热量既来自于地球形成以来不断累积的热量，也来自于放射性同位素衰变过程中所释放的热量。在较短的时间跨度内，地球内部的能量会以火山喷发和地震的方式加以释放。在较长的地质时间跨度内，地球内部能量流导致了地球上的大陆、海洋和大气。在行星尺度上，地球内部能量的外流造成了大陆板块的漂移和碰撞，

形成了众多的山脉和高原。

地球外部的能量来自于太阳。太阳到达地球的能量的 1/4 会将水蒸发到大气中。与此同时，地球的引力则使得湿润的大气以雨雪形式降落到地面。在较短的时间跨度内，这些过程会带来冰雹、闪电、龙卷风、飓风和洪水。太阳能也会存储在植物组织中，并在以后以火灾的形式释放能量。在较长的时间跨度内，太阳和引力为冰川、河流、地下水、风、海浪和洋流等侵蚀作用提供动力，磨损陆地并将碎片和残骸带入海洋。太阳辐射是主要的外部能量来源，因为它能蒸发水分，而引力是侵蚀作用的直接动力。

引力是物体间的一种吸引力。距离相等时，物体的质量越大，引力就越大。大质量的地球会对小质量的冰川和岩石等产生重大影响，如移动冰川、引发雪崩、导致山体滑坡进而形成泥石流。

小行星和彗星靠近或造访地球时，会出现另一种导致灾难的能量流，历史上曾发生过大量这种灾难。近期，地球已很少与太空中的大型物体碰撞。但当小行星和彗星以超过 4.8 万千米/小时的速度撞击地球时，仍会深远地影响地球上的生命。

本书按照能量流的如下来源进行组织：地球的内部能量，太阳提供的外部能量，引力，太空物体的影响。

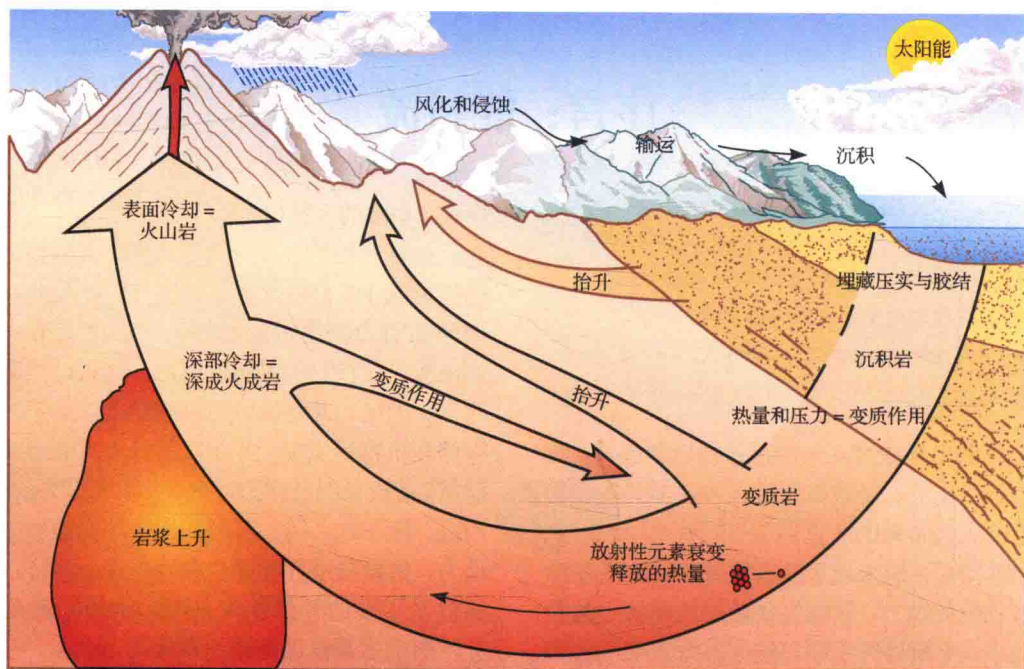
建设与破坏的过程

地球的内部能量引发火山活动。1997 年 1 月 8 日，加勒比海蒙特塞拉特岛上的苏弗里耶尔火山喷发，黏稠的岩浆喷涌而出并流向山下。

研究地球能量流的另一种方式是，了解岩石循环及大陆（板块）的形成和破坏。地球内部流出的能量会将岩石融化为岩浆，岩浆冷却并结晶后，形成火成岩。岩浆在地壳内部凝固时，形成深成岩；岩浆在地表冷却并硬化时，形成火山岩。新形成的岩石形成新陆地。岩浆岩的形成过程，是地球内部

能量创造和抬升大陆板块过程的一部分。

同时，来自太阳的更大能量流与引力共同作用带来了水分，水分会使得出露于地表或近地表的火山岩风化，形成沉积物。物理风化过程把岩石裂解为沙砾，化学风化过程则把岩石分解为黏土矿物。沉积物遭受侵蚀后，绝大多数会经过水体运输，沉积在地势较低的地区，最终进入海洋。这些外部能量引起的破坏过程会侵蚀土地，并将碎屑带入海洋。



岩石循环。岩浆冷却并凝固，形成岩浆岩。从左上角开始顺时针方向旋转，地表出露的岩石破碎并分解为沉积物（如砂砾、沙石、黏土等），经输送、沉积和硬化后，形成沉积岩。随着埋藏深度、温度和压力的增加，岩石发生变形，形成变质岩

能量流导致了陆地形成和破坏过程，并以岩石循环一部分的方式创造、改变和破坏岩石。形成与破坏过程长期存在，既存在地球内部能量形成和抬升陆地的过程，也存在地球外部能量侵蚀陆地并将碎屑带入海洋的破坏过程。我们可以设想如下场景：地球内部冷却，内部能量停止流动，造山运动和隆起活动停止；然后，太阳主导的侵蚀作用在 4500 万年内使陆地降低到海平面高度。

那时，将不再有陆地，而只有被海洋覆盖的地球。

我们可以想象陆地消失的时间尺度。乍看之下，4500 万年的侵蚀时间看起来很长，但地球的年龄已超过 45 亿年。地球的年龄表明，这种侵蚀能力强大到足以把陆地夷平 100 次。因此，地球内部能量的建设过程会不断地抬升原有陆地，进而增加新陆地。同时，这些形成和破坏过程会给附近的人类和其他生命带来灾难。

第1章 自然灾害和人口

学习目标:

- 了解灾难、灾害和重大灾害的区别。
- 熟悉毁灭性自然灾害的发生过程。
- 了解自然灾害的频率和量级。
- 了解人口数量的规模。
- 了解指数型增长的意义。
- 认识人口转型。
- 解释承载力的概念。

2011 年，全球发生了很多可怕的灾害，其中日本受创最为严重。2011 年 3 月 11 日下午 2:46，日本东北部离海岸线 70 千米的位置发生强烈地震。欧亚板块海底上冲 5~8 米，30 分钟后引发海啸，69 分钟后，全球通过 NHK 新闻直升机见证了这场灾难。海水漫过田野进入仙台市，追逐着四散奔逃的汽车和乘客。巨大的地震和大规模的海啸，造成 19184 人罹难，33 万栋房屋倒塌，公路和铁路损毁（见图 1.1），大坝坍塌，并引发



图 1.1 海啸摧毁了日本宫城县的渔场。图像中心区域的铁路现在堆满了瓦砾

了无数火灾和核电站失事。由此导致的福岛第一核电站反应堆放射性泄漏，很可能超过了切尔诺贝利核事故。三个核反应堆全部熔毁。这次放射性事故被评定为 7 级，是国际核事故分级中的最高级。80 千米以内的城镇全部疏散，最终的影响依然有待观察。

日本人称这次地震为日本东部大地震，其震级为 9 级，是日本 108 年以来排名第四的大地震（见表 1.1）。地面的剧烈震动持续了 6 分钟。海啸在宫古岛的高度达 40.5 米，海水在仙台地区深入内陆 10 千米。造成人员死亡的原因中，海啸占 93%，建筑物倒塌占 4%，火灾占 1%，其他原因占 2%。

表 1.1 2011 年发生的最致命的自然灾害

死亡人数	日期	事件	国家
19184	3 月 11 日	地震和海啸	日本
1149	12 月 16 日	和志台风	菲律宾
902	1 月 11 日	洪水和滑坡	巴西
813	7 月 27 日	洪水	泰国
644	10 月 23 日	地震	土耳其
456	8 月 1 日	洪水	巴基斯坦
354	4 月 22 日	龙卷风	美国
350	6 月 3 日	洪水	中国
320	8 月 13 日	洪水	柬埔寨
181	2 月 22 日	地震	新西兰
178	4 月 1 日	洪水	哥伦比亚
155	5 月 20 日	龙卷风	美国
155	6 月 30 日	洪水和滑坡	尼泊尔
151	10 月 19 日	O2B 飓风	缅甸
24992（合计）			
来源：瑞士保险公司（2012）。			

2011 年,美国发生了史上第二大致命性龙卷风,559 人遇难。与此相比,其他地区仅有 24 人因龙卷风遇难。威力巨大的龙卷风在 4 月中下旬和 5 月末横扫美国多个州。在数百个龙卷风中,6 个达到分类级别最高的 EF5 级,即最大旋转风速超过 320 千米/小时。这些 EF5 级龙卷风给阿拉巴马州(2 次)、密西西比州(2 次)、俄克拉荷马州和密苏里州造成了毁灭性的影响。袭击密苏里州的“乔普林”龙卷风,是美国史上第七大致命性的龙卷风(见图 1.2)。



图 1.2 2011 年 5 月 22 日,“乔普林”重创美国密苏里州,它是美国史上第七大致命性龙卷风。图中的美国海军士兵正在协助清理满目疮痍的城市,左上方是圣约翰医院

1.1 2011 年的自然灾害

2011 年共发生了 175 次自然灾害,主要包括地震、海啸、飓风、洪水、龙卷风、滑坡、冬季暴风雪、热浪、森林火灾,约造成 2.9 万人死亡。其中 14 次最致命的事件见表 1.1。虽然 2011 年的死亡总人数令人吃惊,但与 2010

年相比已大为减少,2010 年的两次大灾难就造成了约 28.6 万人死亡(海地地震死亡 23 万人,俄罗斯热浪死亡 5.6 万人)。所有这些灾难都是大自然短时间内在特定区域释放巨大能量的结果。

1.2 重大自然灾害

2011 年日本的地震和海啸,2010 年海地的地震,2008 年缅甸的台风和中国汶川的地震,共造成约 50 万人死亡。它们都是重大自然灾害的案例:这些灾难对于灾区而言是毁灭性的,以至于需要国际援助来搜救人员、照顾灾民、清理废墟和开展灾后重建过程。重大自然灾害通常会造成数千人死

亡,数十万人无家可归,摧毁区域经济。

从 1950 年到 2010 年,全球共发生了 290 次重大灾害,总体呈上升趋势(见图 1.3);死亡人数增加的原因之一是,1960 年以来全球人口已经翻番。年均重大自然灾害年发生的频率从 0 次(1952 年)到上升到 15 次(1993 年),平均每年接近 5 次。

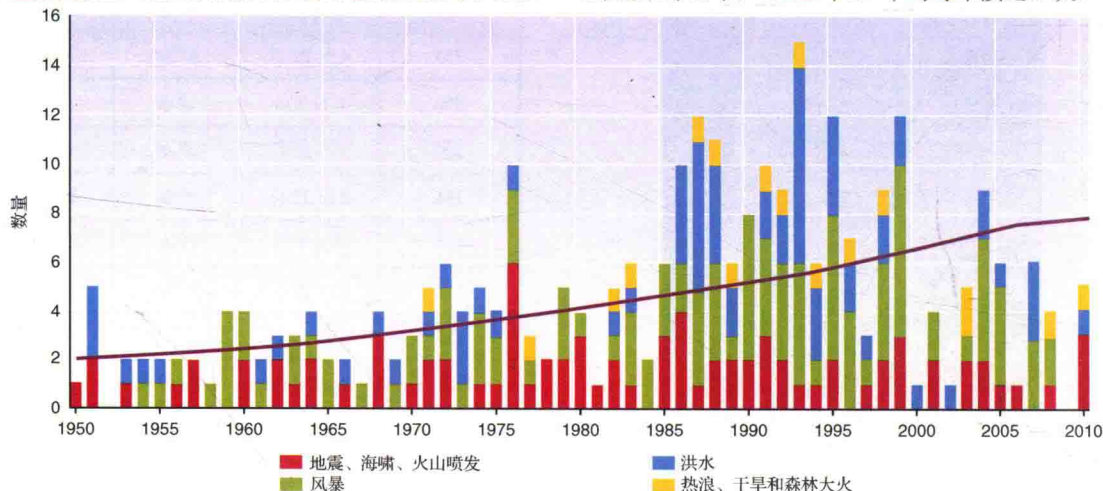


图 1.3 1950—2010 年发生的重大自然灾害

今天，在地球的地震活跃带，数亿居民仍居住在强震发生时就会倒塌的建筑物内。在伊朗的德黑兰、土耳其的伊斯坦布尔或其他大型城市，一旦某天发生地震，预计会有 10 万人遇

难。今天，数百万人移居到了海边，因此会受到海啸、飓风和洪水的袭击。为减少自然灾害的致死人数和经济损失，我们需要了解如何进行抗灾和救灾。

1.3 自然灾害的致死人数和经济损失

表 1.2 中列出了 1970 年到 2011 年的 40 次致命性灾害。发生频率最高的致命性灾害是地震（25 次）和飓风（8 次）。我们注意到，在最严重的 40 次自然灾害中，26 次发生在中国-孟加拉国-印度-伊朗-土耳其一带，9 次发生在拉丁美洲，仅 3 次发生在西欧，美国和加拿大 1 次也没有。

人口密度与自然灾害造成的死亡人数有什么关联呢？表 1.2 中的数据给出了明确的答案：人口密度大的亚洲地区，死亡人数多。亚洲的经验告诉了我们一个不容乐观的事实：如果人口持续快速增长，灾难就可能降临到人类头上。高能量事件发生时，人口密度越大，灾害致死的人数就越多。

表 1.2 1970—2012 年 3 月发生的 40 次最致命的自然灾害			
死亡人数	开始日期	事 件	国 家
300000	1970 年 11 月 14 日	波拉飓风	孟加拉国
255000	1976 年 07 月 28 日	唐山地震	中国
245000	2004 年 12 月 26 日	地震和海啸	印度尼西亚、斯里兰卡、印度、泰国
230000	2010 年 01 月 12 日	地震	海地
140000	2008 年 05 月 02 日	纳尔吉斯飓风	缅甸
140000	1991 年 04 月 29 日	高尔基飓风	孟加拉国
88000	2005 年 10 月 08 日	地震	巴基斯坦
87500	2008 年 05 月 12 日	地震	中国
66000	1970 年 05 月 31 日	地震和泥石流	秘鲁
55630	2010 年 06 月 15 日	热浪和火灾	俄罗斯
50000	1990 年 06 月 21 日	吉兰地震	伊朗
35000	2003 年 08 月	热浪	欧洲
27000	2003 年 12 月 26 日	巴姆地震	伊朗
25000	1988 年 12 月 07 日	地震	亚美尼亚
25000	1978 年 09 月 16 日	塔巴斯地震	伊朗
23000	1985 年 12 月 13 日	雷斯雪峰火山喷发和泥石流	哥伦比亚
22000	1976 年 02 月 04 日	地震	危地马拉
20103	2001 年 01 月 26 日	古吉拉特邦地震	印度
19184	2011 年 03 月 11 日	地震和海啸	日本
19118	1999 年 08 月 17 日	伊兹米特地震	土耳其
18000	1999 年 12 月 15 日	洪水和泥石流	委内瑞拉
15000	1985 年 09 月 19 日	墨西哥城地震	墨西哥
15000	1978 年 09 月 01 日	北部季风暴雨洪水	印度
15000	1999 年 10 月 29 日	奥里萨飓风	印度
11000	1998 年 10 月 22 日	米奇飓风	洪都拉斯
11000	1985 年 05 月 25 日	飓风	孟加拉国
10800	1971 年 10 月 31 日	洪水	印度
10000	1977 年 12 月 20 日	安得拉邦飓风	印度

续表

死亡人数	开始日期	事 件	国 家
9500	1993 年 09 月 30 日	马哈拉斯特拉地震	印度
8000	1976 年 08 月 16 日	棉兰老岛地震	菲律宾
6425	1995 年 01 月 17 日	神户地震	日本
6304	1991 年 12 月 05 日	塞尔玛和犹令台风	菲律宾
5778	2006 年 05 月 21 日	地震	印度尼西亚
5422	1976 年 01 月 30 日	西伊里安地震	印度尼西亚
5374	1972 年 04 月 10 日	法尔斯地震	伊朗
5300	1974 年 12 月 28 日	地震	巴基斯坦
5112	2001 年 11 月 15 日	洪水和泥石流	巴西
5000	1972 年 12 月 23 日	马那瓜地震	尼加拉瓜
5000	1987 年 03 月 05 日	地震	厄瓜多尔
4800	1980 年 12 月 23 日	坎帕格纳地震	意大利
2050350 (合计)			
资料：来自瑞士再保险公司（2012 年）。			

风险土地利用的结果，也是政府未能适应或响应这些已知风险的结果。

1.3.2 人类对灾害的响应

数十年的社会科学研究能帮助我们了解了大多数人是如何应对自然灾害的，总体而言应对效果还不错。灾害发生后，人们的日常行为会发生改变。在日常生活中，大多数人首先会考虑自己和直系亲属的需求，而很少考虑到其他社会关系。自然灾害发生后，很多人会从内心的关注转变为外在的实际行动。从最初的震惊和怀疑，到同情心占主导地位。个人利益优先会被放在一边，人道主义精神和社区行动开始接管。人们会向他人伸出援手，给陌生人以帮助和温暖。他们会尽最大努力来提供帮助。自然灾害发生后，人们之间会变得更加亲密，凝聚力更强。为了维护大家的共同利益，人们有着高度的责任心和强烈的愿望。

1.3.3 自然灾害造成的经济损失

自然灾害造成的人员伤亡会吸引人们的注意力，左右人们的情感。然而，除了死伤之外，还会有经济损失。楼房，桥梁，道路，发电厂，水、电、气输送系统等的破坏和毁坏，都会造成巨大的经济损失。然而，经济损失并非只是建筑物结构的损坏，还包括工业生产和商业活动受到冲击而不能顺利运营，导致生产率下降和雇员失业造成的收入损失。

1.3.1 自然灾害中政府的作用

全球人口增长时，自然灾害造成的死亡人数预计会增加，但两者间的关系很复杂。普林斯顿大学格里高利·范德文克及其学生的研究结果指出：1964—1968 年间，每 1 万中有 1 人死于自然灾害。虽然 2000—2004 年间全球人口数量翻了一番，但自然灾害导致的死亡率却降至十万分之一。当然，在有些国家，巨大的自然灾害仍然会造成较高的人口死亡率。除人口数量外，还有什么原因可以解释巨大灾难的发生地点呢？范德文克及其学生根据 1964—2004 年间人口超过 100 万且经历过 5 次以上自然灾害的 133 个国家的数据，研究了灾难致死人数与经济发展水平的关系，其中经济发展水平采用的是国民生产总值（GDP）。

普林斯顿大学的研究人员指出：1964—2004 年间，自然灾害造成的 80% 的死亡人数，主要出现在中国、孟加拉国和印度尼西亚等 15 个国家。这 15 个国家中，73% 位于 GDP 中位数以下。高 GDP 和低死亡人数强相关。最近 7 年致死人数较多的毁灭性自然灾害也符合这种趋势：2005 年巴基斯坦地震（8.8 万人死亡），2008 年缅甸台风（14 万人死亡），2008 年中国汶川地震（8.75 万人死亡），2010 年海地地震（23 万人死亡）。

范德文克及其学生的结论发人深省：造成人员死亡的自然灾害并非都是天灾，其中很多是高