

The background of the book cover features a dark, stormy sky with a bright lightning bolt striking down from the top center. Below the lightning, a large, turbulent cloud of white and grey smoke or steam billows upwards. The bottom half of the cover is dominated by a close-up, textured view of cracked, parched earth in shades of blue and grey.

自然灾害 风险分析与管理

黄崇福 著



科学出版社

内 容 简 介

许多自然灾害不能精确预测，只能对其进行风险分析和风险管理。本书给出了自然灾害的基本定义、风险的情景定义和风险分析的基本原理等，较全面地介绍了自然灾害风险分析和风险管理的基础理论和基本方法。本书的独到之处是，针对自然灾害系统通常都具有不可忽略的模糊不确定性这一特点，最权威地阐述了信息扩散技术在风险分析中的应用。本书再次说明，风险管理是除资源和科技以外的国家强盛的第三块基石。本书还探讨了风险综合管理的体系框架、应急管理系统仿真和物联网在线风险分析。

本书集专著和教材为一体，可供自然灾害、防灾减灾、财产保险、区域规划、国土整治、管理科学、人工智能等专业的高年级大学生、研究生、科研工程人员使用，也可供政府减灾、应急、规划等部门的技术官员参考使用，还可作为风险咨询公司高层主管的参考依据。

图书在版编目(CIP)数据

自然灾害风险分析与管理/黄崇福著. —北京:科学出版社, 2012

ISBN 978-7-03-034452-6

I. ①自… II. ①黄… III. ①自然灾害—风险管理—研究 IV. ①X43

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 106334 号

责任编辑:彭胜潮 李 静/责任校对:林青梅

责任印制:钱玉芬/封面设计:王 浩

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

新科印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012 年 6 月 第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2012 年 6 月 第一次印刷 印张: 26

字数: 600 000

定价: 79.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

自然灾害是人类共同的敌人，减轻灾害损失和影响是人类社会永恒的主题之一。提高灾害风险意识，防范灾害于未然，实现灾害管理的关口前移，是提高防灾减灾能力最有效的手段。强烈的风险意识必然促使人们科学地认识所面对的风险，并进行必要的风险管理。

什么是风险？什么是风险管理？“仁者见仁，智者见智”。有客观学派，有主观学派；有大量的数学模型，还有铺天盖地的各种流程，更有其他一些“不可知”学派。风险其实是与某种不利事件有关的一种未来“情景”。风险事实只有一个，但观察风险的角度可以不同。

“情景”泛指能被人们看到、感觉到或用仪器监测到的事件。任何过去和现在的情景都不是风险。“不利”是与人们的利益或福利相背，是伤害或损失。一个情景必须用一个系统进行描述，涉及“时间”、“场地”和“对象”等要素。“有关”的程度要放在度量空间中进行测量，概率被用来测量随机意义下的“有关”程度。一个不利事件应该用强弱加以标度。

风险的语言定义相比数学术语的定义更能抓住风险的本质。现代科技为人们系统地研究风险问题提供了重要帮助，风险问题的数学化加深了人们对风险的认识，概率统计使人们能够总结出一些风险现象的规律。然而，古人没有数学，更没有概率，但却有风险意识，也对风险进行了管理。

风险情景的最主要特征是不确定性。以确定性的观点探讨未来情景称为预测，以不确定性的观点研究风险情景称为风险分析。对风险发生的强度和形式进行评定和估计称为风险评估。能用概率描述其不确定性的风险称为概率风险，它只是风险中的一类。

从风险分析的角度看，建立风险评价指标体系，是不得已而为之，几乎无科学意义，多由经验而来。风险分析的核心不是追求新概念，不是数据的多少，而是实实在在的物理模型。如果对风险系统的物理机制有了深入研究，当有较多的观测数据时，风险分析的水平自然会有所提高，反之则不然。

风险管理是依据风险评价的结果，结合法律、政治、经济、社会及其他有关因素对风险进行管理决策并采取相应控制措施的过程。只要资源充足，人类有足够的智慧应对日常风险。例如，人们本能地远离不健康食品、建造抗震建筑、十字路口设置红绿灯等，都可以大大降低风险。然而，资源并非总是充足。例如，低收入家庭不得不购买品质较差的奶粉喂养自己的婴儿，尽管安全没有保障但价格低廉。

既使人类的知识已极为丰富，但人类对未来仍有许多不解。人们尚无法确切地知道何时何地何种强度的破坏性地震会发生，也不知道各种力量博弈之下房地产泡沫何时破裂，更不知道全球变暖后会出现什么稀奇古怪的事。在许多情况下，风险对人们而言是“雾里看花”。隐隐约约看出轮廓，总比一无所知要强。承认有所不知，比盲目地充满自信更有利于风险管理。面向未来，应对风险，是人类永恒的主题。

依靠只言片语的部分信息去尽可能全面地认识风险系统，这是人类求知的本能。以往，

人们常常将一个知之不多的系统去同一个熟知的系统相比，在物理机制上获得支持，进而提高识别精度；今天，我们认为，存在用部分信息进行推测的机制，这就是信息扩散机制，它可以帮助我们提高对风险系统的识别精度，而且效果会更好。

概率论和数理统计是研究大量同类随机现象的统计规律性的数学学科。由于不具备统计规律性的风险不能经营，所以保险公司涉及的标的风险均是可以用来描述的风险。这使许多人误认为风险必须用概率来描述。

模糊集理论是处理不精确、不完备和模糊信息的数学工具。由于我们通常是用不完备信息估计风险，难以清楚地知道未来，所以大多数风险对我们而言是模糊风险。我们能看到的是模糊的未来情景。

本书最重要观点，不是对风险给出了情景定义，也不是信息扩散技术的应用，更不是对某些灾害风险的认识，而是认为风险管理的本质是有效降低生存成本，进而再次说明，风险管理是除资源和科技以外国家强盛的“第三块基石”。作者认为，这是一个重大发现。

在本书写作中，我所指导的博士研究生辛晶、艾福利、王蔚丹、郭君和硕士研究生张峰分别帮助完成了第9章、第10章、第11章、第12章和第15章中的部分排版工作。辛晶对前15章、杨富平副教授对第16章、赵晗萍副教授对第17章和王蔚丹对第18章的终稿进行了校对。在此，作者真诚地对他们表示感谢。

本书重在对具体问题的点滴探讨，而不是资料汇集，难免挂一漏十。摒弃空泛的讨论，提供实在的分析工具，是本书追求的目标。为便于读者一书在手应用自如，本书尽可能地提供常用的公式，如线性回归公式。

本书定位为理论研究和方法介绍，而非工程项目成果展示，所以并不追求处理最新数据。因此，附录C资料的时间跨度是1900年到1975年，没有补充新资料到2010年。另外，这批资料有很多学者用过，相关模型给出的结果容易比较。

本书在撰写和出版过程中得到下述项目的资助：①国家自然科学基金项目“缺失原始资料条件下自然灾害风险区划的更新理论和方法”，批准号40771007；②国家高技术研究发展计划（863计划）项目“农作物洪涝灾情遥感监测与评估关键技术研究”，批准号2009AA12Z124；③国家重大科学研究计划（973计划）项目课题“全球变化与环境风险演变过程与综合评估模型”，批准号2012CB955402。

由于作者水平有限，许多研究很不完善，书中不妥之处一定不少，敬请读者指正。

黄崇福

2012年5月于北京师范大学

目 录

前言

第一部分 基础理论

第 1 章 自然灾害	1
1.1 引言	1
1.2 自然灾害的基本定义	2
1.3 洪涝灾害	7
1.4 干旱灾害	8
1.5 台风灾害	9
1.6 冰雹灾害.....	11
1.7 雷电灾害.....	12
1.8 高温热浪灾害.....	13
1.9 沙尘暴灾害.....	14
1.10 地震灾害	14
1.11 地质灾害	17
1.12 风暴潮灾害	22
1.13 赤潮灾害	23
1.14 森林草原火灾	25
1.15 植物森林病虫害	28
第 2 章 自然灾害风险	31
2.1 引言.....	31
2.2 对部分风险定义的评述.....	34
2.3 风险的基本定义.....	40
2.4 风险的分类.....	45
第 3 章 自然灾害风险分析	50
3.1 引言.....	50
3.2 风险分析的基本原理.....	53
3.3 自然灾害风险分析的基本模式.....	72
3.4 自然灾害风险分析的四个环节.....	74
第 4 章 自然灾害风险管理	79
4.1 引言.....	79
4.2 灾害管理和决策.....	81

4.3	灾害风险管理	92
4.4	自然灾害应急预案	101

第二部分 基本方法和模型

第5章	概率统计方法	104
5.1	风险的概率观点	104
5.2	概率和统计中的基本概念	106
5.3	风险评价中常用的离散型分布	111
5.4	风险评价中常用的连续型分布	113
5.5	风险评价中常用的统计方法	116
5.6	蒙特卡罗法和随机数发生器	124
5.7	结论和讨论	130
第6章	模糊数学方法	131
6.1	风险的模糊观点	131
6.2	模糊数学中的基本概念	134
6.3	可能性理论	140
6.4	常用模糊系统分析方法	144
6.5	结论和讨论	157
第7章	运筹学方法	159
7.1	风险管理的运筹学观点	159
7.2	优化技术	165
7.3	排队论	173

第三部分 信息扩散技术的应用

第8章	信息扩散技术	182
8.1	信息不完备和小样本问题	182
8.2	信息矩阵	184
8.3	信息分配	197
8.4	信息扩散	208
8.5	正态信息扩散	215
第9章	震中烈度与震级关系的识别	223
9.1	引言	223
9.2	经典方法	224
9.3	用信息分配法对震中烈度与震级关系进行识别	228
9.4	用正态扩散法对震中烈度与震级关系进行识别	230
9.5	结论和讨论	233
第10章	单层砖柱厂房地震震害预测	234
10.1	引言	234

10.2	结构动力反应与震害关系的模糊识别·····	234
10.3	模糊关系矩阵 R 的扩展·····	236
10.4	用唐山地震Ⅷ度区内震害资料进行单层砖柱厂房震害预测·····	239
10.5	结论和讨论·····	249
第 11 章	地震震害面积估计 ·····	251
11.1	混合式模糊神经元网络模型·····	251
11.2	震级和震害面积数据·····	255
11.3	用线性回归和 BP 网络方法进行对数震害面积估计·····	257
11.4	信息扩散近似推理·····	259
11.5	用新样本训练 BP 网络·····	261
11.6	结论和讨论·····	263
第 12 章	种植业旱灾和洪灾风险评估 ·····	264
12.1	引言·····	264
12.2	灾害样本点和风险评估模型·····	264
12.3	真实数据和风险图·····	266
12.4	结论和讨论·····	270
第 13 章	软风险区划图 ·····	271
13.1	引言·····	271
13.2	可能性-概率分布·····	272
13.3	内集-外集模型·····	276
13.4	云南省中北部地区地震软风险区划图·····	282
13.5	结论和讨论·····	291
第四部分 风险管理探讨		
第 14 章	风险管理的地位 ·····	293
14.1	风险管理·····	293
14.2	风险管治·····	295
14.3	综合风险管理·····	302
14.4	第三块基石·····	309
第 15 章	中国风险综合管理体系框架设计 ·····	313
15.1	部分国家风险管理体系·····	313
15.2	综合风险管理的梯形架构·····	319
15.3	中国风险综合管理体系现状·····	321
15.4	中国风险综合管理体系的框架设计·····	329
第 16 章	单元化应急管理仿真 ·····	341
16.1	单元化应急管理的概念·····	341
16.2	灾害应急救助·····	343
16.3	医疗救助仿真实论模型·····	348

16.4	震后医疗救助虚拟仿真案例·····	356
第 17 章	模糊风险在管理决策中的应用 ·····	367
17.1	软风险区划图在项目投资决策中的应用·····	367
17.2	软风险在选择城市进行投资中的应用·····	371
17.3	用软风险改进核电站的设计·····	373
17.4	结论·····	375
第 18 章	物联网支撑风险评价的探讨 ·····	376
18.1	物联网概念·····	376
18.2	风险分析与物联网·····	379
18.3	由物联网支撑的风险评价在线服务·····	380
18.4	物联网中的关键技术·····	384
18.5	人类将进入物联网时代·····	385
18.6	结论与讨论·····	386
参考文献	·····	388
附录 A	t 分布的 $t_{\alpha, \nu}$ 数值表 ·····	398
附录 B	χ^2 分布的 χ_{α}^2 数值表 ·····	399
附录 C	1900~1975 年中国内地观察到的中强地震纪录 ·····	400
附录 D	震中烈度的真实值与四种模型所得估计值 ·····	403

第一部分 基础理论

第1章 自然灾害

1.1 引言

当1976年唐山7.8级大地震极其惨烈的罹难场面仍记忆犹新时,2008年5月12日,一场地动山摇的8.0级特大地震在汶川发生了,四川省的13个市、县顷刻间变成残垣断壁,满目疮痍。汶川地震造成8万余人遇难,直接经济损失超过1万亿人民币。

我国是世界上自然灾害最为严重的国家之一。灾害种类多,分布地域广,发生频率高,造成损失重。70%以上的城市、50%以上的人口分布在气象、地震、地质和海洋等自然灾害严重的地区。近15年来,我国平均每年因各类自然灾害造成约3亿人(次)受灾,倒塌房屋约300万间,紧急转移安置人口约800万人,直接经济损失近2000亿元^①。

自然灾害同时也是一个全球性灾害。全球1/4人口生活在自然灾害频发地区,涉及160个国家。世界上的三大地震带依次使美国、加拿大、墨西哥、哥伦比亚、秘鲁、智利、新西兰、斐济、印度尼西亚、菲律宾、中国、日本、俄罗斯等国家的许多地区成为地震区。仅2002年前9个月全球就有80多个国家1700多万人遭受水灾。1968~1973年,非洲大旱,波及36个国家,受灾人口达2500万之多,逃荒者逾1000万。世界上有50多个国家存在泥石流的潜在威胁。

人类从诞生的那天起就开始了与自然灾害的斗争。几千年来,自然灾害历来是中国的严重社会问题,它不仅直接危害人类生命,造成财产的损失,而且对社会生产产生了巨大的破坏作用;并由此引发一系列的社会问题,涉及政治、经济、文化、生活等方面,甚至成为直接诱发社会动乱,导致改朝换代的因素。此外,自然灾害的发生还会导致生态系统的破坏,威胁到人类生存环境和文明的发展。

中国文明起源的神话传说如女娲补天、后羿射日等,都是与自然灾害斗争的写照。《孟子·滕文公上》载:“当尧之时,天下犹未平。洪水横流,泛滥于天下;草木畅茂,禽兽繁殖,五谷不登;……禹疏九河,渝济、漂而注诸海;决汝、汉,排淮、泗而注之江。”这是距今四千多年前尧舜时期的禹与洪水斗争的概括总结。就我国历史而言,几乎从有文字记载那天起,就有了自然灾害的记录。从汉朝司马迁的《史记》到清朝组织撰写的《明史》,中国古代各朝撰写的,上起传说中的黄帝(公元前2550年),止于明朝崇祯十七年(公元1644年),计3213卷,约4000万字的二十四史中,就大量记载频频发生的洪涝、干旱、地震、虫灾等自然灾害。

^①国家综合减灾“十一五”规划. http://news.xinhuanet.com/newscenter/2007-08/14/content_6530351.htm. 访问时间:2009年1月1日

例如,《宋史》卷 92,《河渠志二》记载:宋神宗熙宁十年(1077)七月十七日,黄河大决于滑州曹村,擅溯北流断绝,河道南徙,东汇于梁山、张泽烁,由此分为两派,一合南清河入于淮,一合北清河入于海,“凡灌郡县四十五”。

《元史》卷 51《五行志》记载:元至正二十二年(1362 年),河南洛阳、孟津、偃师三县大旱,人相食。

《汉书》卷 27《五行志》记载:本始四年四月壬寅地震,河南以东四十九郡,北海琅琊坏祖宗庙城郭,杀六千余人。四十九郡,北海琅琊坏祖宗庙城郭,杀六千余人。后人推算出,这次地震发生在公元前 70 年 6 月 1 日,震中在山东的诸城昌乐一带(北纬 36.3°,东经 119.0°),震级为里氏 7.0 级,震中烈度为Ⅷ度。

《魏书》卷 112《灵征志》记载:高祖太和五年七月,敦煌镇蝗,秋稼略尽。六年七月,青、雍二州好妨害稼。八月,徐、东徐、兖、济、平、豫、光七州,平原、枋头、广阿、临济四镇,蝗害稼。

我国最早从事自然灾害科学研究的是物候学家竺可桢,他从地理学和气象学的角度研究自然灾害,发表了“中国之雨量及风暴说”(《科学》,第 2 卷第 2 期,1916 年)、“吾国地理家之责任”(《科学》,第 6 卷第 7 期,1921 年)、“论我国应多设气象台”(《东方杂志》,第 18 卷第 15 期,1921 年)、“气象与农业之关系”(《科学》,第 7 卷第 7 期,1922 年)、“南宋时代我国气候之揣测”(《科学》,第 10 卷第 2 期,1925 年)等相关文章。

随着自然科学和社会科学的发展,尤其是计算机技术和遥感技术的飞速发展,为人们分析和观测自然灾害这样的大系统提供了便利条件,使自然灾害的研究在 20 世纪 90 年代进入了快速发展的时期,逐步形成了一些有一定共识的研究和管理自然灾害的基本概念和描述方法。

1.2 自然灾害的基本定义

什么是自然灾害(natural disaster)? 这似乎不是个问题,最简单的回答甚至可以说成是与“自然现象”有关的“灾害”就是自然灾害;网络资料中大量引用的则是维基百科中的表述:“自然灾害,指自然界中所发生的异常现象,这种异常现象给周围的生物造成悲剧性的后果,相对于人类社会而言即构成灾难。”在陈颙院士和史培军教授合著的《自然灾害》(北京师范大学出版社,2007 年)一书中,干脆就避而不谈这个问题,而是在介绍地球和地球活动的能量来源后直接介绍自然灾害的特点。

“自然灾害”这一概念,与现代数学中最基本的概念“集合”不一样,并非无法寻找更基本的概念来给出一个确切的定义,并非只能通过列举进行描述性定义。况且,就是“集合”这样的概念,也存在由康托给出的非描述性定义:“将具有某种特征或满足一定性质的所有对象或事物视为一个整体时,这一整体就称为集合,而这些事物或对象就称为属于该集合的元素。”

定义(definition)其实就是用已知的概念描述所定义的概念,定义的作用就是明确概念的内涵。

为厘清“自然灾害”的内涵,便于相关内容的表述,我们先对“概念”、“内涵”和“外延”这三个术语进行说明。

1. 概念(concept)

对于客观世界存在的对象，存在着一个“认知主体”。人们通过对客观对象的观察和思考，认识到认知主体的存在。经过思维的抽象，在思想中产生了“概念”。概念是思维的产物，在思维领域，概念用来反映思维对象特有属性或本质属性。

例如，“直角三角形”这一概念反映对象的本质属性是“三角形，其中有一个内角是直角”，至于三边的长短及其他两个锐角的大小都是特殊的、次要的、非本质的属性。

任何一个概念都是用词语表现的。概念的两个基本逻辑特征是内涵与外延。

2. 内涵(intension)

概念的内涵就是这个概念所反映对象的本质属性的总和。

例如，“平行四边形”这个概念，它的内涵包含着一切平行四边形所共有的“有四条边，两组对边互相平行”这两个本质属性。又例如，“青菜”是一个概念，它是一种植物，绿色，一般叶子直立，可食用。这是这个概念的内涵。

大量的数学概念采用内涵方式来定义。

3. 外延(extension)

概念的外延就是适合这个概念的一切对象的范围。

例如，“平行四边形”这个概念，它的外延包含着一切正方形、菱形、矩形以及一般的平行四边形。“青菜”这个概念的外延包含油菜、菠菜、芹菜、芥菜、葱等。

从数学上来讲，有一个概念，相应地应有一个对象的集合。例如，有狗的概念，就有全部狗的集合。给这个集合下定义有两个方法：一是把狗的性质一个一个地叙述出来，狗有四只脚，大约有多重等，即用集合的内涵给集合下定义；另一办法则是把所有的狗都列举出来，即用外延给集合下定义。

一个概念的内涵越广，则其外延越狭；反之，内涵越狭，则其外延越广。

当母亲把狗的概念教给孩子时，并不采用经典数学的上述两种方法，内涵和外延都没有指出，只说这是狗，那不是狗，让孩子看几次以后，区别就清楚了。这样，母亲没有把全世界的狗都领给孩子看；也没有给孩子讲清狗的严格定义，而只靠极少数几个实例代表全体，就教会了孩子掌握狗的概念。表面上看，这是一种不同于内涵和外延的第三种方法，也是人类思考事物的独特的特点。但其实它是两种方法的组合。人脑中储存的与日常生活相关的概念，大多是把感觉到的事物的共同特点抽出来，加以概括而形成，本质是以外延为基础，以内涵为导向的概念学习法。

用外延的方式定义“自然灾害”或许比较简单，似乎列举出大量文献提及的自然灾害，如洪涝灾害、旱灾、地震灾害、虫灾等就可以了。事实上，自然灾害举不胜举。而且，一些看似非自然灾害的现象，其实掺杂有自然灾害的成分。例如，煤矿中的瓦斯大爆炸，主要与生产安全管理不到位有关，一般不归入自然灾害研究的范围。但是，引起大爆炸的瓦斯却是来自自然界，瓦斯大爆炸也有自然灾害的成分。如果以外延方式定义“自然灾害”，是否要

列举这类灾害现象，就成了问题。如果我们将煤矿中的瓦斯大爆炸以现行管理体制为由排除在“自然灾害”的集合外，这就意味着人们可以随意更改“自然灾害”这个概念。如果在这样的概念上建立自然灾害风险分析的理论和风险管理的体系，其科学研究结果的客观性和真实性将受到质疑。

用内涵的方式定义“自然灾害”则要求简洁明了，用词准确，具体地揭示概念所反映的对象的本质。要对“自然灾害”作出一个正确的定义，不仅要具备有关的科学知识，掌握下定义的逻辑方法，还必须遵守如下的四条规则。

规则 1 相称性规则，即定义概念和被定义概念的外延相等

例如，“两组对边分别平行的四边形叫做平行四边形。”这个定义的定义概念是“两组对边分别平行的四边形”，被定义概念是“平行四边形”。它们指的是同一类对象，所以它们的外延完全相同。

如果违反了这条规则，就会犯“定义过窄”或“定义过宽”的逻辑错误。例如，“企业就是从事现代化生产的经济活动部门”，就犯了“定义过窄”的逻辑错误。而“正方形是四角相等的四边形”就犯了“定义过宽”的逻辑错误。前者的错误是将“传统化生产的经济活动部门”剔除在了企业之外；后者的错误是正方形包括了“没有直角的四角相等的四边形”。

由上可见，无论定义过宽或窄，都不能准确揭示概念的内涵。

规则 2 非循环规则，即不能循环定义

在一个定义中，被定义概念是不明确的，正因为如此，我们才用定义概念去明确被定义概念。如果定义概念中直接或间接地包含被定义概念，这就等于用一个不明确的概念去说明不明确的概念。

例如，“太阳是白昼发光的星体，而白昼就是有太阳的光照着的时候。”这是相互联系的两个定义。其中，第二个定义的定义概念“有太阳的光照着的时候”，就用到了第一个定义的被定义概念“太阳”。这就等于是先用“白昼”去定义“太阳”，后来又反过去用“太阳”去定义“白昼”，这样就犯了“循环定义”的错误。

规则 3 非否定性原则，即定义一般不能用否定判断

给概念下定义就是要揭示概念的内涵，说明它具有什么本质属性。如果定义是否定的，只能说明被定义的概念不具有什么属性，这样就达不到下定义的目的。例如，“故意犯罪不是过失犯罪。”这个定义没有正面揭示概念的内涵，不是正确的定义。

规则 4 清楚确切规则，即定义应清楚确切

这条规则就是要求定义概念必须采用科学术语，不能用含混的概念，也不能用比喻。否则不能使人明确概念的内涵，达不到下定义的目的。例如，“生命是通过塑造出来的模式化而进行的新陈代谢。”其中，“通过塑造出来的模式化”就是一个含混模糊的概念。

我们用上述规则来判断下面5个“自然灾害”的定义是否合理:

(1)自然灾害是与自然现象有关的灾害;

(2)自然灾害,指自然界中所发生的异常现象,这种异常现象给周围的生物造成悲剧性的后果,相对于人类社会而言即构成灾难^①;

(3)自然灾害是自然致灾因子影响的后果^[1];

(4)自然灾害是能造成灾难性后果的任何自然事件或力量,如雪崩、地震、水灾、森林火灾、飓风、雷击、龙卷风、海啸和火山爆发^②;

(5)自然灾害指自然界中发生的、能造成生命伤亡与人类社会财产损失的事件^[2]。

第1个定义不符合规则1。这个定义的定义概念“与自然现象有关的灾害”其外延比被定义概念“自然灾害”的外延要广许多。例如,有研究表明,人类的疾病发病率、犯罪率、交通事故率,甚至是饮食量的变化都与月相盈亏有关。事故率在满月之前的两天会达到顶峰。月相盈亏是一种自然现象,是否与此有关的交通事故就是自然灾害呢?显然不是。因为造成交通事故的主要原因不是月相变化。

第2个定义不符合规则4。我们姑且不说是否异常才可能造成灾害,这个定义中用到模糊概念“异常现象”就不符合要求清楚确切的规则。什么样的自然现象才能称得上“异常”,并没有明确的边界,“异常现象”就是一个含混模糊的概念。

第3个定义是联合国统计署曾推荐使用的。由于“影响”和“后果”这两个概念均过于抽象,须进一步定义,所以这个定义只能在很小的人群中使用,甚至在于在2009年版联合国国际减灾战略减轻灾害风险的术语中,也只有“natural hazard”(自然致灾因子)的条目,而没有“natural disaster”(自然灾害)的条目。

第4个定义是新编的韦氏字典(*Webster's New Millennium*)对“自然灾害”这一词条的解释。虽然该字典相当于中国的《辞海》,在释词方面具有权威性,但它并不按逻辑学的方式来定义概念,给出的词条大多数不满足科学定义的要求。上面的表述只涉及了造成“自然灾害”的外因,与承受灾难性后果的对象无关,并不能揭示“自然灾害”这一概念所反映的对象的本质。

第5个定义是作者在2005年由科学出版社出版的《自然灾害风险评价——理论与实践》一书中给出的,问题在于定义中“自然界中发生的”这一限定词使定义概念的外延过广,因为人类社会存在于自然界中,人类遭遇的种种灾难自然是发生在自然界中,但并非所有这些灾难都是自然灾害。

为此,本书将第5个定义中的限定词“自然界中发生的”进行修改,使定义概念和被定义概念的外延相等,形成了一个更为合理的定义:

定义1.1 自然灾害是由自然事件或力量为主因造成的生命伤亡和人类社会财产损失的事件。

这里,“自然事件或力量”指明了原因,“生命伤亡和人类社会财产损失”指明了后果。换言之,自然灾害并不是不自然事件或力量本身,而是由其造成的后果。因此,地震、洪水本

① <http://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%A4%A9%E7%81%BE>. 访问时间:2009年4月20日

② <http://dictionary.reference.com/browse/natural%20disaster>. 访问时间:2009年4月21日

身不是自然灾害，而是自然现象，只有由它们为主因造成的生命伤亡和人类社会财产损失才是自然灾害。煤矿中的瓦斯大爆炸造成的灾难，其主因是生产安全管理不到位，因此这种灾难不是自然灾害。战争造成的生命伤亡和人类社会财产损失与自然事件和力量均无关，战争灾难不是自然灾害。雷电引起的森林火灾，主因是自然事件“雷电”，而森林被视为人类社会财产的一部分，所以这类火灾是自然灾害。

笔者曾在全国减灾救灾标准化技术委员会工作，该会在2009年7月提交的《自然灾害管理基本术语》国家标准报批稿中，自然灾害的术语是：由自然因素为主引起，对人类生命、财产、社会功能等造成危害的事件或现象。包括气象灾害、地震灾害、地质灾害、海洋灾害、生物灾害、森林或草原火灾等。与本书给出的定义1.1相比，该术语使用了较为抽象的“自然因素”概念，涉及“社会功能”，列举了7种自然灾害。本质上这两者是一致的，但该委员会建议的术语与严格的定义尚有一些差距，主要是该术语涉及的“社会功能”不符合“清楚确切”的规则，但由于“管理”的需要，放在这些术语中也是可以的。换言之，该委员会建议的自然灾害的术语，是与自然灾害管理较为密切的术语，并不是自然灾害的基本定义。

本书之所以在定义“自然灾害”这一概念时引入了一些逻辑学的研究成果，主要是作者提倡对纷杂的自然灾害问题也要采取平和的逻辑推理分析方法，反对跑马圈地，信口开河，好大喜功式的研究风格。只有这样，我们才可能固守着流失的岁月和苍桑的变迁，经受住历史的考验。

根据自然灾害的内涵我们可以推知，不论其成因和机制存在多大的差异，自然灾害都有下述三大共性：

共性一 自然灾害均发生在地球表层。由于地球表层的物质圈是人类赖以生存和发展的环境，所以，只有发生在地球表层，诸如岩石圈、生物圈、水圈、大气圈的自然事件或力量才可能造成自然灾害。因此，我们必须深入研究地球表层系统，才能对自然灾害的危险性有正确的认识。

共性二 一种自然灾害常诱发或伴生其他的自然灾害。自然灾害是在由自然系统和人类社会系统组合成的高度复杂系统中发生的现象，所以，一种自然事件或力量常常会导致另一种自然事件或力量的出现，一些生命伤亡和人类社会财产损失会导致另一些生命伤亡和人类社会财产损失。例如，地震会诱发崩塌、滑坡、海啸等其他自然灾害。一个地区的水灾往往伴生另一地区的旱灾，旱灾又容易诱发虫灾等。地震中大量人员的伤亡可以诱发流行疾病等生物灾害。地震一旦使燃气管道发生泄漏并同时使地下电缆外壳损坏，就有可能引发重大火灾和爆炸事故。因此，我们必须全面研究灾害链，才能对复杂的自然灾害获得更好的理解和控制。

共性三 自然灾害的强度与发生频率呈反比。由于巨大自然力量的积累需要相当长的时间，并且人类具有躲避自然灾害的本能，所以，任何种类的自然灾害，巨灾发生的频率都很低，而轻微灾害却可能频繁发生。例如，在任何地震区内，超过7级以上的地震发生的频率都很低，而中小地震却频繁发生。人们选择水色丰润之地而耕作，远离沙漠而居住，所以，严重的旱灾偶有发生。虽然沙漠中十分缺水，但由于没有村庄和城市，并不会出现严重的旱灾。因此，我们必须认真研究灾害强度与发生频率的关系，才能合理使用有限的防灾减灾资源。

自然灾害会有各种各样的表现，如不均匀性、多样性、差异性、随机性、突发性、迟缓

性、重现性及无序性等，不一而足。但它们并不是自然灾害的共性。例如，很多自然灾害的不均匀性只能放在一个大的地理空间里才能显现出来。从保险理赔的角度看，很难说遭受水灾的一片鱼池中有什么不均匀性。又例如，旱灾的发生一般较长的发展过程，根本没有突发性。事实上，自然灾害形成的过程有长有短，有缓有急。有些自然灾害，当自然力量的积累超过一定强度时，就会在几天、几小时甚至几分钟、几秒钟内表现为灾害行为，像地震、洪水、台风、冰雹等，这类灾害才是突发性自然灾害。旱灾、农作物和森林的病、虫、草害等，一般要在几个月的时间内成灾。而像土地沙漠化、水土流失、环境恶化等，通常要几年或更长时间的发展，完全就是缓发性自然灾害。

虽然不同研究领域、管理部门或行业对自然灾害的理解不同，但这并不影响自然灾害的本质属性，所以本书给出的自然灾害基本定义，不限于某一范畴。换言之，如果因不同的理解而描述客观对象的概念不同，相关的定义必须加上某些限制，这样的定义并不是基本定义。只有在自然灾害基本定义之上，人们才可能用系统动力学过程的观点^[3]，对自然灾害系统进行有效研究，而不会由于观点不同，对客观系统的认识产生较大歧义。

为方便读者使用本书，下面我们对《国家综合减灾“十一五”规划》中提及的洪涝、干旱、台风、冰雹、雷电、高温热浪、沙尘暴、地震、地质灾害、风暴潮、赤潮、森林草原火灾和植物森林病虫害等自然灾害，分别作一简单介绍。

国内外对这 13 种自然灾害都做了大量研究，相关文献浩如烟海，大多数概念的形成已相当成熟，如洪水^[4]、地震^[5]、台风^[6]、泥石流^[7]等。本书并非提出新的概念，而是对它们进行规范化，使其与自然灾害基本定义相一致。针对每一种自然灾害最新研究成果的概述，均可以形成一篇有分量的学术论文，由于篇幅所限，本书不展开这方面的讨论。

1.3 洪涝灾害

当一地由于长期降雨或其他原因，使山洪暴发，或使江、河、湖、海所含水体水量迅猛增加，水位急剧上涨超过常规水位时的自然现象，叫作洪水(flood)，由此造成的灾害，叫作洪水灾害，简称“洪灾”。由于降水过多，地面径流不能及时排除，农田积水超过作物耐淹能力，造成农业减产的灾害，叫作涝灾(waterlog)。洪灾和涝灾统称为洪涝灾害(flood disaster)，简称“洪涝灾”。

洪涝灾害是由于水流与积水超出天然或人工的限制范围，危及人类生命财产的安全而形成的。

洪水对人类社会有多方面的危害。例如，直接造成人畜伤亡；冲毁或淹没建筑物与人类财产；破坏铁路、公路、通信线路与其他工程设施；使农作物与经济作物歉收或绝收，土质恶化；使工农业生产及其他人类活动中断；导致某些疾病的流行；诱发某些次生灾害，如崩塌、滑坡、泥石流等地质灾害，病虫害等农林灾害。

降水过多造成农作物减产的原因是：积水深度过大，时间过长，使土壤中的空气相继排出，造成作物根部氧气不足，根系部呼吸困难，并产生乙醇等有毒有害物质，从而影响作物生长，甚至造成作物死亡。

在农村地区的洪灾，多数伴生有涝灾。因此，洪涝灾害常常被视为洪灾(flood disaster)。

洪水灾害的形成受气候、下垫面等自然因素与人类活动因素的影响。我国水利部门将洪水分为河流洪水、湖泊洪水和风暴潮洪水等。其中河流洪水依照成因的不同，又被分作五种类型^①：

(1)暴雨洪水。由较大强度的降雨形成。我国受暴雨洪水威胁的主要地区有 73.8 万 km²，分布在长江、黄河、淮河、海河、珠江、松花江、辽河七大江河下游和东南沿海地区。这类洪水的主要特点是洪峰高，流量大，持续时间长，灾害波及范围广。20 世纪在我国发生的几次大水灾，如长江 1931 年和 1954 年大水、珠江 1915 年大水、海河 1963 年大水、淮河 1975 年大水、长江 1998 年大水等都是这种类型的洪水。

(2)山洪。山区溪沟中发生的暴涨暴落的洪水。由于山区地面和河床坡降都较陡，降雨后产流和汇流都较快，形成急剧涨落的洪峰。这类洪水具有突发性强、水量集中、破坏力强等特点，但一般灾害波及范围较小。这种洪水如形成固体径流，则称作泥石流。

(3)融雪洪水。主要发生在高纬度积雪地区或高山积雪地区。

(4)冰凌洪水。主要发生在黄河、松花江等北方江河上。由于某些河段由低纬度流向高纬度，在气温上升、河流开冻时，低纬度的上游河段先行开冻，而高纬度的下游河段仍封冻，上游河水和冰块堆积在下游河床，形成冰坝，也容易造成灾害。在河流封冻时也有可能产生冰凌洪水。

(5)溃坝洪水。指大坝或其他挡水建筑物发生瞬时溃决，水体突然涌出，给下游地区造成灾害。这种溃坝洪水虽然范围不太大，但破坏力很大。此外，在山区河流上，在地震发生时，有时山体崩滑，阻塞河流，形成堰塞湖。一旦堰塞湖溃决，也会形成类似的洪水。这种堰塞湖溃决形成的地震次生水灾造成的损失，往往比地震本身所造成的损失还要大。

1.4 干旱灾害

在一个较长的时间内无雨或少雨而造成的空气干燥、土壤缺水的现象，叫作干旱(drought)。若干旱较严重，导致农业生产等经济活动与人类生活受到危害时，造成的灾害称为干旱灾害(drought disaster)，简称“旱灾”。干旱的最严重后果是饥荒。

严格来讲，干旱可分为大气干旱和土壤干旱两种。

所谓大气干旱就是少雨、相对湿度很低的情况。大气干旱还常常伴随着高温和多风。干旱的标准，有不同的规定。最简单的干旱标准是降水量的多少。一般采用降水量(年或季)小于或等于常年的 80% 为小旱；降水量小于或等于常年的 40% 为大旱。此外，也有用降水的标准差来确定旱涝指数的，公式如下：

$$I = \frac{X_i - \bar{X}}{\sigma} \quad (1.1)$$

^①中国水利国际合作与科技网. http://www.chinawater.net.cn/popularization/CWSArticle_View.asp?CWSNewsID=20386. 访问时间：2009 年 1 月 2 日

式中, I 为旱涝指数; X_i 为某地某年降水总量; \bar{X} 为该地历年平均降水量; σ 为年降水量的标准差。如果 $-1 < I < 1$, 则为正常年; $-2 < I < -1$, 为旱年; $I < -2$, 为大旱年。

大气干旱常常伴随土壤水分减少, 不能满足作物的需要, 出现土壤干旱。但是, 土壤干旱也可能由人类过量使用水资源或其他原因引起。一般根据土壤水分和作物参数确定土壤干旱的程度。

发生干旱时, 降水量较常年同期明显减少(干旱地区或半干旱地区可能例外)。干旱的具体指标因时间、地点和农作物的不同而异。处于不同生长发育期的不同种类或品种的农作物对水分的需求量是不同的, 耐缺水的能力及因缺水而对生长和产量的影响也是不同的。况且, 由于农作物还可以从地下获取水分, 故干旱程度的确定不但与前期降水量和干旱持续日数有关, 也与地下水位、灌溉条件及农作物的特征有关。

发生在某些特定时期的旱灾因对农作物有特殊的危害, 故有特殊的名称。例如, 伏天时出现的干旱称为伏旱。伏旱时温度高, 水分的蒸发和蒸腾量大, 而当时正是农作物生长旺盛的时期, 因此伏旱不但对当年作物的危害比春旱重, 且因制约了水库蓄水量与土壤底墒的形成, 对冬小麦及来年春播作物的生长与产量也有重要影响。

目前, 旱灾的主要防治措施是借助于各种水利工程对农作物进行灌溉及进行其他方面的水资源补充。具体来讲, 防治旱灾的主要措施有三种:

(1) 兴修水利。建造大、中、小型水库, 修筑塘坝, 配置排灌渠道, 挖凿机井和水井, 做到蓄水、保水和合理用水。

(2) 营造水土保持林、农田防护林。林带能减小风速, 减少径流量, 保存积雪, 提高空气和土壤湿度, 既能防止干旱又能涵养水源。

(3) 采取各种技术措施保墒。例如, 及时翻耙、中耕除草、喷洒抑制蒸发剂和覆盖等减少土壤的蒸发, 储蓄降水, 防止干旱。

1.5 台风灾害

发生在热带洋面上的大气旋涡叫热带气旋(tropical cyclone)。当热带气旋中心附近最大平均风速超过 32.6m/s 时, 在大西洋、加勒比海和北太平洋东部被叫作“飓风”(hurricane), 在西北太平洋和我国南海叫作台风(typhoon)。台风登陆造成严重的人畜伤亡与财产损失或在海面使船只等颠覆沉没称为台风灾害(typhoon disaster)。

台风可摧毁登陆地区的大片建筑物或工程设施, 吹断通信与输电线路, 毁坏农作物或经济作物, 造成严重的灾难。台风在海面上引起的巨浪可使来不及躲避的船只颠覆沉没, 还会使海上石油钻井平台遭到破坏。台风带来的暴雨常常造成严重的洪水灾害。

世界气象组织(World Meteorological Organization, WMO)对热带气旋的定义和分类标准是, 按中心附近最大平均风力将热带气旋划分为四级^①:

^① World Meteorological Organization, WMO. http://www.wmo.int/pages/prog/www/tcp/documents/TCP-21_OP2008_Rev.pdf. 访问时间: 2009年1月3日