

地质灾害风险评估方法

罗元华 张 梁 张业成 编著



地质出版社

地质灾害风险评估方法

罗元华 张 梁 张业成 编著

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

地质灾害风险评估是科学部署和实施减灾、防灾工作的基础依据。本书重点论述了地质灾害评估的理论基础和方法体系,提出了地质灾害危险性评估、易损性评估、破坏损失评估和防治工程效益评估的基本方法。本书可供从事地质灾害防治与研究的技术人员、管理工作、大专院校师生参考使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

地质灾害风险评估方法/罗元华等编著.-北京:地质出版社,1998.8
ISBN 7-116-02650-9

I. 地… I. 罗… III. 地质-自然灾害-风险分析 IV. P694

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 21550 号

地质出版社出版发行

(100083 北京海淀区学院路 29 号)

责任编辑:江晓庆 白 铁

责任校对:关风云

*

北京地质印刷厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本:787×1092¹/₁₆ 印张:7.5 字数:200000

1998 年 8 月北京第一版·1998 年 8 月北京第一次印刷

印数:1—800 册 定价:20.00 元

ISBN 7-116-02650-9

P·1923

(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行处负责调换)

前 言

联合国国际减灾十年 (IDNDR) 委员会在 1991 年提出的《国际减轻自然灾害十年的灾害预防、减少、减轻和环境保护纲要方案与目标》中,把灾害评估作为 IDNDR 要具体实现的三项目标中的第一项,说明开展灾害评估工作具有极为重要的意义。国际范围内如此高度重视灾害评估,是由于这项工作不仅是深入认识灾情状况的基础,而且是制定防治对策,规划防治区域,实施防治措施以及优选防灾项目,进行项目管理的基础。

我国在一些领域进行的灾害评估,已经在减灾、防灾中发挥了重要作用。例如我国在一些区域或城市完成的洪水灾害评估、地震灾害评估等,不但为国家经济规划和工程建设提供了重要依据,而且直接指导了减灾工作。然而,除地震以外的地质灾害由于还没有进行系统的评估研究,所以,迄今还没有建立科学实用的评估方法,对有关灾情的认识和对地质灾害可能造成的损失基本上采用经验比拟或简单统计方法进行估算,不同部门或不同学者对同一灾害得出的结果往往相差悬殊,因此影响了有关管理部门的科学决策和加强地质灾害的监测与有效防治工作。因此,进行地质灾害风险评估研究既具有理论意义,也具有重要的实用价值。

我国幅员辽阔,人口众多,气候多变,地形地貌和地质条件复杂,地质灾害类型多,分布广,频次高,是世界上地质灾害最严重的国家之一。为了对地质灾害进行有效的防治,国家设立了专门的资金渠道。自 1991 年开始,已对 100 多处重要灾害点进行勘查治理工作。但是,我国毕竟是一个发展中国家,由于财力和技术水平的限制,不可能对所有地质灾害同时进行全面治理,必须在研究地质灾害灾情的基础上,弄清哪些灾害危害最严重,需要优先治理? 实施治理的技术可行性和经济效益如何? 只有这样才能使有限的资金用在刀刃上,发挥最大的社会效益。因此,为了地质灾害综合防治的管理需要,由中国地质矿产经济研究院牵头,联合中国地质科学院 562 综合大队等单位开展了“地质灾害灾情评估”课题研究工作,并于 1997 年底取得了较好的工作成果,获得同行专家的好评。本书以该成果为基础,主要对地质灾害评估理论方法部分进行提炼、改编,重点是论述地质灾害风险评估的理论基础和方法体系,提出地质灾害危险性评估、易损性评估、破坏损失评估和防治工程效益评估的基本方法。

本书可供从事地质灾害防治工作的专业技术人员、管理工作者及有关科研人员,大专院校的研究人员、教师和学生参考使用。

地质灾害风险评估是一项全新的跨学科领域,本书提出的方法观点尚需不断探索和实践,加上编著者水平有限,存在错漏和不当之处,敬请读者指正。

目 录

前 言

第一章 国内外自然灾害风险评估现状与发展	(1)
第一节 国外自然灾害风险评估研究概况.....	(1)
第二节 国内自然灾害风险评估研究概况.....	(2)
第三节 国内外自然灾害风险评估进展和趋势.....	(4)
第二章 地质灾害风险评估的理论基础	(6)
第一节 地质灾害的基本属性.....	(6)
第二节 地质灾害的分类.....	(9)
第三节 地质灾害的分级.....	(12)
第四节 地质灾害动力学原理.....	(14)
第五节 地质灾害经济学原理.....	(22)
第三章 地质灾害风险评估体系	(23)
第一节 地质灾害成灾过程与灾情构成.....	(23)
第二节 地质灾害灾情基本要素和风险评估的主要任务.....	(24)
第三节 地质灾害风险评估类型.....	(25)
第四章 地质灾害危险性评价	(28)
第一节 地质灾害危险性评价指标体系.....	(28)
第二节 地质灾害危险性评价方法.....	(37)
第五章 地质灾害易损性评价	(53)
第一节 社会经济易损性构成及评价内容.....	(53)
第二节 地质灾害破坏效应及受灾体类型划分.....	(54)
第三节 地质灾害受灾体价值分析.....	(56)
第四节 受灾体损毁等级划分及价值损失率确定.....	(68)
第六章 地质灾害破坏损失评价	(76)
第一节 地质灾害破坏损失构成.....	(76)
第二节 地质灾害破坏损失评价方法.....	(77)
第七章 地质灾害防治工程效益评价	(88)
第一节 地质灾害防治基本原则及措施.....	(88)
第二节 地质灾害防治工程效益评价基本方法.....	(96)
第八章 地质灾害管理与风险评估的实施	(102)
第一节 地质灾害管理的主要内容和手段.....	(102)
第二节 地质灾害减灾项目管理与风险评估的实施.....	(105)
第三节 地质灾害风险评估的基础信息图表体系.....	(106)
第四节 地质灾害管理信息系统.....	(111)
主要参考文献	(114)

第一章 国内外自然灾害风险评估 现状与发展

国内外对灾害的研究历史非常久远，但灾害风险评估作为灾害研究领域中的一门新的边缘学科，仅是近几十年来随着灾害损失的日益严重和相关学科理论与技术的迅速发展而兴起的，所以尚没有形成完整的理论与方法。尽管如此，已有的自然灾害风险评估工作取得了重要进展，不但为减灾发挥了重要作用，而且为灾害风险评估逐步走向成熟奠定了基础。

第一节 国外自然灾害风险评估研究概况

60年代以前，自然灾害研究主要限于灾害机理及预测研究，重点调查分析灾害形成条件与活动过程。70年代以后，随着自然灾害破坏损失的急剧增加，促使人类把减灾工作提高到前所未有的程度。一些发达国家首先拓宽了灾害研究领域，在继续深入研究灾害机理的同时，开始进行灾害评估工作。美国首先对加利福尼亚州的地震、滑坡等10种自然灾害进行了风险评估。该项工作于1969年由土地保护部（Conservation）提出，由该部的矿山地质处执行，从1970年7月1日至1973年6月30日，分三个阶段完成。研究内容包括：区域内现实和潜在的城市发展——地质环境冲突的识别；政府和私人部门责任的评判；建议优先项目以及立法和组织要求。最终项目报告作为州和地方政府以及私人部门决策的基础。通过该项研究，得出1970~2000年加利福尼亚州10种自然灾害可能造成的损失为550亿美元；如果采取有效的防治措施，生命伤亡可减少90%，经济损失也可以明显减少。

1970~1976年，美国内务部地调所（USGS）和住房与城市发展部的政策发展与研究办公室，联合支持旧金山海湾地区环境与资源计划研究。这项研究的目的是推进地球科学信息在区域计划和决策中的应用。在由海湾地区行政管理联合会的Laird等人完成的《土地潜力数学分析》报告中，初次使用了一种新的方法来评价土地利用方案。这种方法要求估价与地质和水文特征相关的成本；这些成本可能是减灾措施成本，也可能是未来损失概率成本或损失机会成本。由于可用现值表示，所以此成本提供了一个评价和比较不同土地使用和不同灾害制约因素以及资源的共同基础。与此同时，美国的一个多学科专家小组开展了自然灾害风险评价与减灾政策研究，其目的是提高对自然灾害危害水平的认识，探讨各种减灾政策的有效性，分析减灾政策制定体系的各种制约因素，从而为联邦、州和地方政府提出一系列建议或可行的措施。研究小组选择了洪水、地震、台风、风暴潮、海啸、龙卷风、滑坡、强风、膨胀土等9种自然灾害，对美国各县发生的灾害建立起一套预测模型，在此基础上估算9种灾害到2000年的期望损失值。

进入80年代，对各种自然灾害的研究得到了更加广泛而又深切的关注。1989年由美国国家科学院的全国研究理事会（NRC）及联邦所属科学和减灾机构召集，由17位成员组成的国家委员会分工协作，制定了减灾十年计划。该计划把自然灾害评估列为研究的重要内

容，提出在以下三个方面深化研究：引起自然灾害的物理过程和生物学过程；社会可以调用的减轻自然灾害物理效应的技术能力；人类相互作用系统的特征及对灾害事件的反应。与此同时，继续开展了单项的或者综合的灾害风险评估工作，全国研究理事会地震损失评估专家小组在1989年提交了《未来地震的损失评估》报告。日本、英国等一些国家则进行了地震、洪水、海啸、泥石流、滑坡等灾害评估，并且在有关的减灾法规（如日本的《灾害救助法》、《地震保险法》等）中强调灾情调查、统计、评价以及据此确定的减灾责任与救助措施。

为了推进广泛的国际间协调与合作，联合国在1987年通过决议，确定在本世纪最后十年开展“国际减轻自然灾害十年”活动。1991年，联合国国际减灾十年（IDNDR）科技委员会提出了《国际减轻自然灾害十年的灾害预防、减少、减轻和环境保护纲要方案与目标》（PREEMPT）。在规划的三项时事中的第一项就是进行灾害评估，提出：“各个国家对自然灾害进行评估，即评价危险性和脆弱性。主要包括：①总体上哪些自然灾害具有危害性；②对每一种灾害威胁的地理分布和发生间隔及影响程度进行评价；③估计评价最重要的人口和资源集中点的易灾性。”把自然灾害评估纳入实现减灾目标的重要措施。国际减灾活动得到许多国家的积极响应，使灾害研究空前发展。具体表现在：研究机构和人员不断壮大，灾害学术刊物不断增加，专业会议频频召开，灾害研究领域迅速扩大，人类对灾害的认识不断丰富和深化。美国的《自然灾害观测者》、《科学事件快报》，英国的《灾害管理》、《灾害研究和实践》，日本的《自然灾害科学》，瑞典的《意外事件、自然灾害研究委员会通讯》等刊物相继问世。1980年在美国召开了“国际灾害预防会议”，1984年在中国台湾召开了“减轻自然灾害国际讨论会”，1985年在马德拉斯召开了“印度——美国减轻风灾会议”，1988年在美国召开了“地质灾害讨论会”，1991年在中国北京召开了“国际地质灾害研讨会”，1992年在加拿大温哥华召开了“地质技术与自然灾害研讨会”。同时还召开了多次“国际自然和人为灾害会议”：第一届会议1982年在美国夏威夷召开，第二届会议1986年在加拿大里木斯基举行，第三届会议1988年在墨西哥的因森达举行，第四届会议1991年在意大利的培卢基举行，第五届会议1993年在中国青岛举行。此外，1994年5月在日本横滨召开了“世界减灾大会”。这些会议的主题内容虽然不同，但灾害评估始终是会议关注的重要方面；而且随着时间的发展，有关的成果越来越丰富，在世界范围内的重视程度也越来越高。

为了推动国际减灾目标的实现，一些国际组织提出了重大自然灾害评估的国际合作计划。如90年代联合国国际减灾十年科技委员会批准“全球地震危险性评估计划（Global Seismic Hazard Assessment Program）”。该计划将推进全球和区域的广泛协调，争取在本世纪结束前对各国地震危险性予以评估，使世界范围的地震研究达到一个新的水平。

第二节 国内自然灾害风险评估研究概况

我国是世界上记录灾害历史最悠久，史料最丰富的国家。新中国成立以后，国家特别重视减灾工作，为了有效地防灾、救灾，特别加强灾情调查评估，取得了显著成绩。但由于历史的局限，早期的灾情研究主要局限于灾害事件现象和破坏损失情况的统计描述。80年代以后，随着灾害对社会经济影响的日益严重和国际灾害研究的迅速发展，我国灾害评

估研究开始兴起，并得到蓬勃发展；虽然至今尚没有形成独立的学科体系，但许多内容达到国际领先水平，取得的成果不但有力地支持了我国的减灾事业，而且推动了世界灾害研究水平的提高。

我国比较系统深入的灾害风险评估当属地震灾害。其代表性的工作成果首先是由国家地震局先后完成的三代《中国地震烈度区划图及使用规定》。该图在对全国区域地震危险性评估基础上，确定了不同地区一般场地条件下在未来一定期限内可能遭遇超越概率为10%的烈度值，即地震基本烈度。与此同时，国家地震局震害防御司等先后进行了“中国地震灾害损失预测研究”、“未来地震损失评估方法”等研究。通过这些工作，建立了地震灾害评估指标体系，基本完善了评估内容，初步形成了比较系统的灾害评估理论和方法。为了指导全国地震灾害灾情统计和评估工作，国家地震局制定了《地震灾情上报暂行规定》、《地震重点监视防御区震害预测工作指南（试行稿）》等文件，出版了《地震灾害预测和评估工作手册》，使我国地震灾害灾情统计和评估初步走上科学化、规范化道路。

对其它一些灾害也开展了不同程度的灾害风险评估研究。水利、农林、气象等部门和一些专家分别对一些区域性洪水灾害、森林灾害、台风灾害等进行了风险分析或灾情预测评估，编制了风险图，提出了灾情评估或风险评价的方法和技术。虽然这些工作还比较肤浅、零散，但对指导行业减灾，提高灾害风险管理水平发挥了一定作用。

在地质灾害领域，风险评估开始兴起。80年代以前，地质灾害研究主要局限于对灾害分布规律、形成机理、趋势预测等方面的分析，基本依附于水文地质、工程地质和有关的研究工作。80年代以后，地质灾害研究开始突破传统的研究模式，研究水平不断提高，研究内容日益丰富，开始向新的独立学科发展，随之，灾害风险评估开始起步。

近年来，在国家支持下，有关部门先后进行了100多项崩塌（危岩）、滑坡、泥石流、地面塌陷、地面沉降、地裂缝、海水入侵等重大地质灾害的专门勘查工作，并对危害严重，特别是对直接危及大中城市，县级以上城镇的灾害体组织实施防治工程。在实施灾害勘查、防治项目的同时，有关部门和专家也开始注重地质灾害评估方面的工作。例如，1992~1994年由国家计委国土地区司和地质矿产部地质环境管理司共同组织的全国地质灾害现状调查，对全国地质灾害损失程度和分布情况进行了估算评价；张业成、张梁等在对中国近40年地质灾害灾情分析的基础上，运用AHP法分析评价了中国地质灾害的危害程度，进行了全国范围的危险性区划；刘希林等根据大量调查统计资料，提出了判断泥石流危险程度和评估泥石流泛滥堆积范围的方法；胡瑞林等将计算机技术应用于地质灾害评价，初步提出了地质灾害评价的计算机模型预测系统与应用方法；罗元华、张梁、孟荣等在借鉴国外和国内其它领域研究成果的基础上，根据环境经济理论，对地质灾害评估与经济损失分析的理论基础进行了探讨等等。所有这些，不但为地质灾害防治提供了依据，而且从理论上和实践上为地质灾害风险评估提供了有益的经验。

在进行专业灾害评估研究和实践的同时，不少专家对自然灾害风险评估理论和方法进行了日益深入的探讨和总结。例如：于光远在1987年全国灾害经济学讨论会上，对自然灾害经济理论进行了阐述，提出了灾害经济学属于守业经济学，减灾的经济效果表现为“负负得正”的经济效益的看法；马宗晋于1988年提出了用“灾度”表示自然灾害破坏损失规模的意见；高庆华于1991年提出了建立自然灾害评估系统的总体构想；张梁、张业成等（1994）根据环境经济学理论，初步论证了地质灾害的属性特征和风险评估的经济分析方法；

马宗晋、高庆华、张业成等在对中国自然灾害风险分析基础上，进行了灾害保险风险研究；黄崇福等（1994）提出了自然灾害风险评价的模型体系；李永善、张显东、于庆东、罗云等分别对自然灾害经济损失、防治工程效益等评价方法进行了探讨。

近 10 年来，国内还召开了多次有关自然灾害风险评估的学术会议，对灾害风险评估的理论、方法、实践成果进行了比较频繁的总结交流。如：1987 年、1990 年、1991 年先后三次召开了全国灾害经济学学术讨论会；1988 年召开了全国森林灾害经济学学术讨论会；1992 年和 1997 年召开了全国地质灾害经济学术研讨会；1991 年召开了全国水利经济效益研讨会；1991 年和 1992 年两次召开云南省灾害经济损失评估座谈会；1991 年召开了全国灾害经济损失评估学术讨论会；1996 年召开了全国首届灾害风险评估研讨会。这些活动促进了部门之间、地区之间以及不同学科之间的交流，对灾害风险评估起到了重要的推动作用。

总之，经过近 20 多年的发展，我国自然灾害风险评估工作，在理论和实践方面都取得了丰富成果，虽然目前尚没有形成系统完善的理论与方法，但已有的工作为今后的深入研究奠定了重要的基础。

第三节 国内外自然灾害风险评估进展和趋势

综观近几十年来自然灾害风险评估发展，取得的进展主要表现在以下几个方面。

1. 自然灾害风险评估得到越来越广泛的重视

在自然灾害评估刚刚萌发的时候，只是个别部门和专家认识到它对减灾的重要意义和广阔的发展前景，随着减灾活动的深入，这些认识逐渐变为多数部门和专家的共识。这种变化的主要表现是：越来越多的灾害管理部门注重开展专门的灾害评估研究，并越来越强调其成果的应用；投入这方面研究的专家越来越多，不但有自然科学的专家，而且不少从事社会经济研究、方法研究、新技术研究的专家也投入这一领域，极大地促进了灾害风险评估的发展；学术活动越来越频繁，研究成果越来越丰富。

2. 研究内容越来越广泛

越来越多的学科融入自然灾害风险评估，使其研究内容日趋广泛深入。最突出的表现是强化了社会经济研究。除了对灾害活动强度（危险性）的分析日益量化外，对受灾体易损性的分析不断加强；而且这种分析不仅局限于受灾体个体分析，而且逐渐扩展到评价区域社会经济易损性研究。从而使灾害风险评估从单纯的自然科学研究，逐渐扩大到社会经济等多学科、多领域研究。

3. 研究的方法手段越来越丰富

随着风险评估研究的发展，研究方法日益丰富，除了灾害动力学分析方法外，开始融入多种数理分析和社会经济评价方法。如：概率分析、相关分析、趋势分析、聚类分析、数值分析、系统分析、层次分析、工程分析、价值分析等。与此同时，计算机技术得到越来越广泛应用。因此，使灾害风险评估不断向模型化、量化、现代化方向发展。

近年来国内外自然灾害评估虽然得到迅速发展，但由于这方面工作是一个新的领域，而且它所涉及的内容广泛，不仅包括自然科学，而且包括社会科学，所以已有的研究远没有形成系统完善的科学体系，已有的应用水平也远不能满足社会经济发展和减灾需要。存在

的主要薄弱环节主要有以下几个方面。

1. 研究发展很不平衡

在地区研究方面，只有我国以及美国、日本等少数国家发展较快，而多数国家非常薄弱，甚至属于空白；在灾种方面，地震灾害评估起步早，方法比较完善，而且在我国得到广泛实践应用，其它灾害则比较薄弱；在研究内容方面，对灾害活动要素的分析基础比较充分，评价方法比较成熟，分析结果可靠性高，但对受灾体及决定受灾体分布的社会经济要素的分析比较薄弱，还没有形成成熟的评价方法。

2. 理论研究非常薄弱

自然灾害风险评估既涉及自然科学理论，又涉及社会经济理论；根据灾害风险评估的需要，应将有关的理论融合在一起，形成相对独立的理论体系，使灾害风险评估具有坚实的基础。已有的评估成果虽然对有关理论进行了探讨，但这些探讨是零散的、初步的。在当前，灾害风险评估研究从萌芽阶段向发展阶段转化时期，尤其需要理论的支持，促进其发展。

3. 灾害风险评估成果没有得到充分的实践应用

由于社会对灾害风险评估的作用缺乏充分的认识，加上目前评估方法不够完善，应用性不充分，所以目前在减灾活动中灾害风险评估成果还没有得到广泛应用，这种状况不但影响了减灾效果，而且也不利于进一步提高与发展。

由于减灾事业发展的需要和社会对灾害风险评估认识的提高，为了更加科学有效地防范自然灾害，今后，自然灾害风险评估必将得到进一步发展。主要趋向表现在下列方面。

1. 研究内容进一步扩展，将逐渐形成跨学科、跨领域的相互交叉的综合研究体系。

2. 研究方法和手段进一步丰富、先进。除计算机技术得到更广泛应用、发挥更大作用外，遥感技术、卫星定位技术等多种高科技手段也将为灾害风险评估所利用。

3. 关注和参加的部门和专家进一步扩展。除政府减灾管理部门、灾害专业研究部门外，保险和防灾治灾的产业部门等也将在更大程度上关注或直接参与灾害风险评估工作。

4. 国际间交流合作将进一步发展，特别是在理论、方法、技术方面的交流合作将会有较大发展。

5. 理论研究将得到较大提高，逐步形成自身的理论体系。

6. 与减灾规划、防治工程及其它社会经济的结合越来越紧密，实用性越来越强。

第二章 地质灾害风险评估的理论基础

第一节 地质灾害的基本属性

灾害是人类社会的共同敌人。在联合国灾害管理培训教材中把灾害定义为：自然或人为环境中，对人类生命、财产或活动等社会功能的那种严重的破坏，它引起普遍的人类、物质或环境损失，这些损失超出了受影响社会只利用它本身的资源加以应付的能力。韦氏字典将灾害定义为：一个突然发生的，造成巨大物质破坏、损失以及危难的不幸事件。灾害管理手册的定义是：灾害是一种突发的或逐渐积累的自然或人为事件，它的侵害是如此之严重，以至于受影响的社会必须对它采取专门的对策。

灾害可概略地分为自然灾害和人为灾害两大类。自然灾害是指主要由自然动力活动或自然环境的异常变化对人类造成危害的现象。自然灾害的种类繁多，它们的空间活动范围和表现形式各异，但是它们的形成必须具备两方面条件：一是具有灾害现象的起源，即自然动力活动或自然环境的异常变化；二是具有受灾害危害的对象，即人类生命财产以及赖以生存与发展的资源、环境。在一个灾害事件中，前者可称为灾害体，后者可称为承灾体或受灾体，二者相辅相成。我们对灾害的研究评价，既要认识灾害体，又要分析受灾体，应对两方面的条件并重考虑，而不可或缺与偏度。

地质灾害是自然灾害的一种。这类灾害与地质动力活动直接相关；即在地质作用下，地质自然环境恶化，造成人类生命财产损毁或人类赖以生存与发展的资源、环境发生严重破坏。这些现象或过程称为地质灾害。

地质作用是指促使组成地壳的物质成分、构造形式、表面形态和能量传输交换等不断变化和发展的各种作用，包括内动力地质作用、外动力地质作用和人为地质作用。这些地质作用造成的灾害都可归属于地质灾害，因此，其种类很多。

地质灾害是对人类生命财产和生存环境产生损毁的地质事件。而那些仅仅是使地质环境恶化，但并没有直接破坏人类生命财产和生产、生活环境的地质事件，我们则称其为某种地质现象或环境地质问题，而不能称其为地质灾害。例如发生在荒无人烟地区的崩塌、滑坡、泥石流，没有直接造成人类生命财产的损毁，所以不应称为灾害；而同样的崩塌、滑坡、泥石流等发生在有人类社会经济活动的地区，造成了不同程度的人员伤亡和财产损失，就构成了灾害。

根据地质灾害定义分析，地质灾害既是一种自然现象，又是一种社会经济现象。因此它既具有自然属性，又具有社会经济属性。自然属性是指围绕地质灾害的动力过程表现出的各种自然特征，如地质灾害的规模、强度、频次以及灾害活动的孕育条件、变化规律等。社会经济属性主要是指与成灾过程密切相关的人类社会经济特征，如人口、财产、工程建设活动、资源开发、经济发展水平、防灾能力等。由于地质灾害是自然动力活动与人类社

101544

会经济活动相互作用的结果，二者是一个统一的整体，所以尽管将地质灾害的属性特征分为自然属性和社会经济属性，但实际上地质灾害不少特征是二者的联合体现。

1. 地质灾害的必然性和可防御性

从根本上看，地质灾害是地球运动的产物。它是由于地壳能量不均衡，导致能量转移或地壳物质运动而引起的。从地球形成以来，这种运动一直持续进行。从灾害事件的动力过程看，在灾害发生后，能量和物质得到调整，达到了平衡，但是这种平衡是暂时的、相对的，在实现平衡过程中，新的不平衡又在同时产生，一次新的灾害又开始孕育发展，因此不但造成灾害此起彼伏，而且在同一个地区还常常出现断续发生或周期性活动特点。地质灾害活动是伴随地球运动，与地球共存的自然现象；这种活动自人类出现以后一直伴随着人类，影响着社会经济发展，因此，地质灾害是与人类社会共存的自然现象，具有其必然性。

地质灾害都是在一定条件下形成发展的，所以通过研究灾害的属性特征，认识灾害的形成条件和活动规律，可以通过监测，预报和防治措施，在一定程度上控制灾害活动，保护受灾体，减少和避免灾害造成的破坏损失因此地质灾害具有可防御性。例如，我国成功地预报了海城地震、新滩滑坡，从而大大地减轻了灾害破坏损失。在一些城镇和交通干线修建了防治滑坡、岩崩、泥石流等工程设施，有效地防止了这些灾害的发生，从而保护了工程设施的安全。随着社会经济发展和科学技术水平的提高，灾害的可防御性相应不断提高。

2. 地质灾害的随机性和不规则的周期性

地质灾害活动是在多种条件作用下形成的，它既受地球动力活动控制，又受地壳物质性质、结构和地壳表面形态等因素影响；既受自然条件控制，又受人类活动影响。因此，地质灾害活动的时间、地点、强度等具有很大的不确定性，因此，也可以说地质灾害活动是复杂的随机事件。

地质灾害的随机性，一方面是自然特征的表现，另一方面也是人类对地质灾害认识程度的反映。随着科学技术的发展，人类对自然的认识水平不断提高，可以揭示更多自然现象的规律，扩大自由王国的领域，缩小随机事件的不确定性程度。

在这种背景下，人们发现地质灾害在具有随机性的同时，还有其周期性特点。这种特性既可以由一个具体的灾害体活动得到反映，也可以由地区或区域灾害活动得到反映。例如，滑坡、泥石流灾害具有一年到几百年的不同时间尺度的周期性活动规律，因此形成波浪起伏的灾害一时间序列。如云南省小江流域的蒋家沟，一般规模的泥石流活动每年都要发生一次或几次，大规模的泥石流活动4~6年发生一次。

3. 地质灾害的群发性和区域性

地质灾害多以灾害点、灾害群的形式发生。就个别而言，这种现象有其偶然性和局限性。但从总体看，它们并不是孤立的，而是受区域地质构造条件、暴雨、地震、地形等条件的制约，具有群发性和区域性。与此同时一次大的自然灾害还常常诱发出一连串的次生灾害，从而形成灾害链。

就各种地质灾害的内部关系而言，它们都是受一定区域性条件控制。中国的地质构造轮廓最突出的特点是：南北分区，东西分带，交叉成网，这一构造格局对区域性地质灾害的分布起着重要的制约作用。中国的地形从西向东依次降低，形成三个显著的阶梯：第一

阶梯青藏高原；第二阶梯中部山地，崩塌、滑坡、泥石流等山地地质灾害 90% 发育在这一带；第三阶梯东部平原，地面沉降、地裂缝、胀缩土、海水入侵等地质灾害多发育在这一带。人口密度和社会经济发展亦有西、中、东部分区的差异，这种灾害的区域性分布与经济区域的划分，城市、工厂、铁路、桥梁、水坝等工程设施分布密度，使灾害造成的经济、生命财产损失有很大的不同，呈现出区域性差异的特点。这种区域性特征为地质灾害风险区划研究奠定了基础。

4. 地质灾害突发性和渐变性

地质灾害有突发性地质灾害和渐变性地质灾害两大类。突发性地质灾害如地震、火山、崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷等。渐变性地质灾害如地裂缝、地面沉降、海水入侵、膨胀土等。突发性地质灾害往往来势凶猛，历时短，直接危害人类生命安全，同时造成重大经济损失；渐变性地质灾害属地质环境恶化型，灾害的发生往往有一个长期的不断累进过程，即环境恶化到一定程度后逐渐转化为灾害，因此其主要是造成经济损失，但其危害范围一般较大，且持久性强，所以灾害一旦发生，治理难度较大，投入高，见效慢。

5. 地质灾害与社会的同步性

人类社会的早期，人口稀少，生产能力低下，缺乏改造自然的能力，主要是顺乎自然以求生存，对自然界改造与破坏的程度不大。因此，地质灾害对人类社会直接危害相对较小。但随着人口的增多，科学的进步，特别是社会组织功能的发挥，人类改造自然的能力愈来愈大，对地球表面环境系统的作用也愈来愈强。为了满足人口增长和社会经济发展的需求，人类无节制的向自然索取土地、生物矿产、淡水等资源，并将各种废料遗弃在地球表层，加之人类工程-经济活动对自然环境的改造和破坏，使地球生态日益恶化，这是灾害丛生的一个重要原因。纵观人类的发展历史，一方面人类不断进步，生产力水平不断提高，社会财富持续增多；另一方面，灾害也不断增强，损失亦愈来愈严重。就地质灾害来说，80% 都是人类工程-经济活动诱发的，随着社会经济的发展，其严重程度将继续增长。当今世界人口、资源、环境、灾害形势已进入了“黄牌警告”阶段，因此，要抑制社会与自然向恶性循环方向发展，就必须强化对灾害与社会同步性的认识，依靠社会的共同努力，从自然与社会两大方面，制定相应的人口政策、资源政策、环境政策、减灾政策，谋求社会-自然综合系统的改善，使资源、环境、人口与经济协调发展。

6. 地质灾害的破坏性与“建设性”

自然灾害对人类的主导作用是造成多种形式的破坏。但在它们产生破坏的同时，往往也会抑制其它某些灾害对人类的威胁，或者给人类创造某些有益的发展机会。例如，洪水泛滥在威胁人民生命财产，破坏耕地的同时，又提供了新的耕地资源。地质灾害也同样具有一定的“建设性”特点。如我国西北地区的黄土滑坡，常常堵塞沟谷，形成被当地人称为“聚淤”的具有蓄水拦泥功能的天然设施，对于有效地利用天然水资源和水土保持具有积极作用。此外，黄土滑坡活动虽然暂时性破坏耕地，但从长远看，它对黄土沟梁进行夷平，形成耕作条件较好的沟壑地，从长远看对农业发展具有积极作用。

根据地质灾害破坏性与“建设性”共存特点，在灾害防治中，应力求控制其破坏性，发挥其“建设性”，尽可能变害为利，或变大害为小害，因势利导，取得最大的减灾效益。

7. 地质灾害经济分析的“负经济学”特性

一般经济学研究的着眼点是现有社会生产力的发挥与新的社会生产力的获得，其任务

一是从客观方面考虑社会生产关系与社会生产力相适应的可能性与必然性，二是从主观方面探讨改善、改革社会生产关系，使之与社会生产力相适应。它们研究的基本出发点和归宿都是积极的、“正”的经济效益。而灾害经济学研究的是灾害时已经获得的社会经济效益与已经形成的资产或资源的破坏和损害，其基本出发点和归宿都是如何减少不可抵抗的灾害给社会经济和环境带来的破坏与损害，以及如何在灾害造成的损害发生后，努力去谋求恢复与补偿。因此，灾害经济学研究的是减少“负”的经济效益，灾害统计也是“负”的经济效益的统计。在灾害经济分析工作中，我们必须十分明确地认识到灾害经济的这种“负经济学”或“消极经济学”特性。

8. 地质灾害防治的社会性

地质灾害除了造成人员伤亡，破坏房屋、铁路、公路、航道等工程设施，造成直接损失外，还破坏资源和环境，给社会经济发展造成广泛而又深刻的影响。特别是在我国，严重的崩塌、滑坡、泥石流等灾害主要分布在山区，那里自然条件差，交通闭塞，经济基础薄弱，至今许多地区仍属于贫困地区。在这种情况下，严重的地质灾害进一步阻碍了这些地区的资源开发和工程建设活动，不但阻碍了这些地区扶贫开发、经济发展的步伐，而且加重了国家和其它较发达地区的负担，影响全国经济发展宏伟目标的实现。因此有效地防治地质灾害不但对保护灾害区人民生命财产安全具有重要的现实意义，而且对于促进地区经济和全国经济发展具有广泛而又深远的意义。防治地质灾害是一项全民性的社会公益事业和产业活动，不仅需要政府的领导和政策支持，而且需要社会的广泛参与。我国目前经济还比较落后，国家每年只能拿出有限的资金用于重点防治；即使国家经济比较发达以后，也不可能花费巨大资金实施全面治理。无论是现在还是将来，除政府负责主导性的防治外，需要企业、民众广泛参与抗灾、防灾事业，才能取得充分的减灾效果。因此，从这个意义上说，地质灾害的减灾事业是关系地区、国家乃至世界可持续发展的全民事业。

9. 地质灾害防治工程的时效性、风险性

实施必要的工程措施是有效防治地质灾害的重要途径。但是防灾工程不同于其他工程的一个重要特点是，防灾工程方案一经确定，必须保证及时付诸实施，工程不得偷工减料，不得半途而废。因为在工程设计是建立在一定时段内，以一定保证程度（如抗御若干年一遇的灾害）为依据的，实施的工程如未达到设计要求，即可能前功尽弃，甚至反而进一步加重灾害活动；如未按设计时间要求进行，可能造成费工费力，甚至达不到工程效果。在防灾工程实际中，由于以上原因，留下了不少教训。

由于地质灾害是一种随机事件，虽然灾害活动有一定的规律性，但灾害发生的时间、强度、危害范围、破坏程度等都具有很大的不确定性，因此地质灾害防治工程具有不同程度的风险性。基于这种情况，深入分析地质灾害的活动规律，研究承灾财产的易损性，核算灾害的期望损失，综合评价灾害风险程度，在此基础上规划和设计防治工程，可以最大限度地降低防治工程造价，保障以较小的减灾投入，取得较好的减灾效益，这正是进行地质灾害风险评估的初衷和追求的基本目标。

第二节 地质灾害的分类

目前，对地质灾害所包括的灾种范围有许多不同的认识。主要意见之一是认为凡是与

地质作用或地质条件有关的自然灾害都划为地质灾害。包括：地震、火山、崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷、地面沉降，地裂缝、水土流失、土地沙漠化、土地盐渍化、海水入侵、海岸侵蚀、地下水水质污染、地下水水位上升、水土环境异常与地方病、矿井突水突泥、矿井热害、岩爆、煤瓦斯突出、煤自燃、水库淤积、水库及河湖塌岸、水库渗漏、特殊岩土、冷浸田等近 30 种灾害。也有不少人提出以岩石圈自然地质作用为主导因素而形成的自然灾害，才称为地质灾害。主要包括：地震、火山、崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷、地面沉降、地裂缝、海水入侵、特殊岩土等十几种灾害。

由于对地质灾害应包括范围认识不一，不同研究人员根据需要从不同角度对地质灾害提出多种分类方案。根据造成地质灾害的动力来源，分为内动力地质灾害（主要包括构造地震、火山、构造地裂缝、岩爆等）；外动力地质灾害（主要包括泥石流、水土流失、水库淤积、水库及河湖塌岸等）；人为动力地质灾害（主要包括因抽水等人为活动引起的地面沉降、地面塌陷、水库地震、水质污染等）。根据地质灾害分布区域自然地理条件和空间特征，分为山地地质灾害（主要包括崩塌、滑坡、泥石流）；平原地质灾害（主要包括地面沉降等）；海岸地质灾害（主要包括海水入侵、海岸侵蚀等）；海底地质灾害（主要包括海底滑坡等）；矿井及人类工程地质灾害（主要包括岩爆、突水突泥、煤瓦斯突出、地下热害等）。根据地质灾害活动的时间特点，分为突发性地质灾害（主要包括地震、火山、崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷等）；缓发性或累进性地质灾害（主要包括地裂缝、地面沉降、海水入侵、水土流失、土地沙漠化、土地盐渍化、水库渗漏等）。

以上各类地质灾害，在我国都有分布，从对国民经济和社会发展的危害程度，尤其是对人类社会财产相对集中的城镇地区的影响来看，以地震、崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷、地裂缝、地面沉降、海水入侵、特殊岩土等地质灾害的威胁最大，考虑到地震灾害有其专业管理部门，并有不少研究成果，故本书对其不做专门的研究，主要考虑以下灾害：

1. 崩塌

崩塌是指陡峻斜坡上的岩土体在重力作用下突然脱离母体，迅速崩落，而后堆积在坡脚的现象。根据崩塌活动强度，分为剥落、坠石、崩落三种形式。其中剥落为最低程度的小规模崩塌，是风化剥落的较小岩块在重力作用下沿山坡滚落，最后堆积在坡脚的现象。坠石为中等程度的崩塌，是由于风化、构造作用形成的较大块岩土体突然坠落的现象。崩落为最严重的崩塌，是风化和构造作用形成的巨大体积的岩土体突然大规模塌落的现象。根据崩塌岩土类型，分为岩崩、土崩两大类。岩崩是发生在坚硬岩体中的崩塌，是崩塌——特别是大型崩塌的主要类型。土崩是指发生在黄土或黄土状土等松散土类中的崩塌，其规模和破坏一般比较小。

2. 滑坡

滑坡指岩体或土体在重力作用下沿一定的软弱结构面整体下滑的现象。它和崩塌都是斜坡失稳现象，属于斜坡变形灾害，而且形成条件和成灾特点基本一致。二者的根本区别是崩塌体完全脱离母岩，可以是整体崩落，亦可能是破碎后分散崩落，其垂直位移量远大于水平位移量；滑坡体则很少脱离斜坡母体，常有一部分残留在滑床之上，位移表现为整体位移，水平位移量一般大于垂直位移量。从不同角度可以对滑坡作出多种分类：按照滑坡物质组成分为堆积层滑坡、黄土滑坡、粘土滑坡、基岩滑坡；按照滑坡体厚度（或滑床深度）分为浅层滑坡（ $<6\text{ m}$ ）、中层滑坡（ $6\sim 20\text{ m}$ ）、深层滑坡（ $20\sim 50\text{ m}$ ）、极深层滑坡

($>50\text{ m}$)；按滑动面与斜坡岩层层面关系分为顺层滑坡、切层滑坡。

3. 泥石流

山区沟谷中，由大量而又急促地表径流激发的含有大量泥沙、石块等固体物质，并具有很大冲击力的特殊洪流。它和一般洪水急流的区别是水流中挟带有大量泥沙石块，其体积含量最少为 15%，最高可达 80% 左右，因此具有很强冲击力和淤埋作用，对房屋、铁路、公路等工程设施及耕地造成严重破坏。泥石流和崩塌、滑坡都属于山地地质灾害，它们的形成条件有许多共同点，所以区域分布规律相近。目前对泥石流特征研究日益深入，因此从不同方面将泥石流分为多种类型。根据发育泥石流的流域特征，将泥石流分为标准型泥石流、河谷型泥石流、山坡型泥石流；根据泥石流的物质组成，分为泥石流、泥流、水石流；根据泥石流性状和成分，分为粘性泥石流（结构型泥石流）、稀性泥石流（紊流型泥石流）；根据泥石流的激发条件，分为暴雨型泥石流、冰川型（融雪型）泥石流；根据泥石流发育阶段，分为发展期泥石流、旺盛期泥石流、衰退期泥石流、停歇期泥石流。

4. 岩溶塌陷

岩溶塌陷是地面塌陷的主要类型。是指在可溶岩发育地区，岩溶洞隙上方的岩土体在自然或人为动力作用下发生形变破坏，向下陷落后，在地面或地表浅层形成塌陷坑洞的现象。从不同角度把岩溶塌陷进一步分为多种类型。根据发生塌陷的岩石性质，分为碳酸盐岩塌陷、钙质碎屑岩塌陷、蒸发岩塌陷；根据激发塌陷活动的直接诱发原因，分为因降雨、洪水、干旱、地震等引起的自然塌陷和因抽水、排水、蓄水等引起的人为塌陷。在各种类型塌陷中，以碳酸盐岩塌陷最为多见，以抽水引起的人为塌陷成灾机会最多。

5. 地面沉降

地面沉降是指在自然因素和人为因素下形成的地表垂直下降现象。导致地面沉降的自然因素主要是构造升降运动以及地震、火山活动等，人为因素主要是开采地下水、油气资源以及局部性荷载改变等。自然因素所形成的地面沉降活动，范围大，速率相对较小，在目前生产力水平下，人类无法控制。人为因素引起的地面沉降活动一般范围较小，但速率和幅度都比较大，它的发生、发展与人类活动密切相关，可以通过一定途径和措施加以控制和防治。基于上述特点，一般把自然因素引起的地面沉降归属于地壳形变或构造运动的范畴，作为一种自然动力现象加以研究，而将人为因素引起的地面沉降归属于地质灾害现象进行研究和防治。

6. 地裂缝

地裂缝是地表岩土体在自然因素或人为因素作用下，产生开裂并在地面形成一定长度和宽度的裂缝的现象。根据地裂缝的多方面特征，可以将地裂缝划分为多种类型。根据地裂缝的成因，将地裂缝分为构造地裂缝、非构造地裂缝以及混合成因的地裂缝；根据地裂缝形成动力性质，分为压性地裂缝、扭性地裂缝、张性地裂缝等。

7. 海水入侵

目前对海水入侵还没有公认的定义和解释。国外文献一般称之为盐水入侵 (salinity intrusion)，国内文献除称之为海水入侵外，见到的名称还有海水浸染、海水内浸、海水地下入侵、咸水入侵、咸水浸染、卤水浸染等。根据环境水文地质学理论和近年来海水入侵研究实践，把海水入侵定义为：由于自然或人为原因，滨海地区水动力条件发生变化，使滨海地区含水层中的淡水与海水之间的平衡状态遭到破坏，导致海水或与海水有直接动力联