

水文与工程地质专业系列教材

地质灾害调查与评价

主 编 李东林 宋 彬

副主编 王明秋 李 红

DIZHI ZAIHAI
DIAOCHA YU PINGJIA



中国地质大学出版社有限责任公司

ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE YOUXIAN ZEREN GONGSI

地质灾害调查与评价

主 编：李东林 宋 彬
副主编：王明秋 李 红
参 编：王 骏 张 伟



中国地质大学出版社有限责任公司
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE YOUXIAN ZEREN GONGSI

图书在版编目 (CIP) 数据

地质灾害调查与评价/李东林, 宋彬主编; 王明秋, 李红副主编. —武汉: 中国地质大学出版社有限责任公司, 2013. 12

ISBN 978-7-5625-3239-2

I. ①地…

II. ①李…②宋…③王…④李…

III. ①地质灾害-调查②地质灾害-评价

IV. ①P694

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 205972 号

地质灾害调查与评价

李东林 宋 彬 主 编
王明秋 李 红 副主编

责任编辑:高婕妤 张 琰

责任校对:戴 莹

出版发行:中国地质大学出版社有限责任公司(武汉市洪山区鲁磨路 388 号) 邮政编码:430074

电话:(027)67883511

传真:(027)67883580

E-mail:cbb@cug.edu.cn

经 销:全国新华书店

<http://www.cugp.cug.edu.cn>

开本:787 毫米×1 092 毫米 1/16

字数:377.6 千字 印张:14.75

版次:2013 年 12 月第 1 版

印次:2013 年 12 月第 1 次印刷

印刷:荆州鸿盛印务有限公司

印数:1—1 500 册

ISBN 978-7-5625-3239-2

定价:42.00 元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

前言

为贯彻落实教育部《关于支持高等职业学校提升专业服务产业发展能力的通知》(教职成[2011]11号)精神,提升水文与工程地质勘察专业服务产业发展能力,为重庆统筹城乡建设、三峡库区建设和西部建设提供高端技能型水文与工程地质类人才,教育部高等教育司组织有关高等职业学校重新构建基于工作过程的课程体系,其中《地质灾害调查与评价》为该课程体系中的核心课程之一。

按照专业建设“项目导向”工学结合人才培养模式的要求,我们对水文与工程地质专业的岗位群、职业岗位能力、岗位典型工作任务进行分析,结合高职学生的特点和工作需要,开发了基于地质灾害调查与评价工作过程的“项目课程”。

教材按地质灾害调查与评价工作一般程序,以“实用”为宗旨、以着重培养学生的岗位能力为原则对课程内容进行选择 and 编排,摒弃过于理论化和抽象的内容,突出实践性、可操作性,并具有前瞻性,将本学科的发展趋势及实际工作中的新技术、新规范等纳入教材之中。

教材文字表述简明扼要,内容展现图文并茂、重点突出,旨在提高学生学习的主动性和积极性。

本教材由重庆工程职业技术学院李东林编写第一~四、六~八章及附录;重庆地质矿产勘查开发局607地质队宋彬编写第五、十一章;重庆工程职业技术学院王明秋编写第九章;重庆工程职业技术学院李红编写遥感及信息技术部分内容;西南科技大学2013级地质工程专业硕士研究生王骏参与编写第九、十章及进行了资料搜集整理工作;中煤科工集团重庆研究院张伟参与编写第二、三章。统稿由李东林完成。

在本教材的编写过程中,重庆工程职业技术学院李北平教授、重庆市地质矿产勘查开发局607地质队张天友教授级高工给予了热情的帮助和专业指导,参考和引用了大量前人研究成果,编者向曾给予帮助的专家、学者表示崇高敬意和诚挚感谢。另外,本书得到重庆工程职业技术学院院长易俊教授的温暖关怀和大力支持,编者在此特别表示感谢。

由于本教材涉及内容多和本课程的课时很有限,我们要在大量的资料中挑选出适合于本教材用的内容,其难度无疑是非常大的;加上我们的知识面有限、交稿的时间紧迫,教材内容难免有错漏和不妥之处,恳请读者批评指正。

编者

2013年8月

目 录

第一篇 概 论

第一章 地质灾害概论	(1)
第一节 地质灾害的概念	(1)
第二节 地质灾害的分类	(7)
第二章 地质灾害主要类型	(9)
第一节 滑坡	(9)
第二节 崩塌	(19)
第三节 泥石流	(23)
第四节 地面塌陷	(28)
第三章 中国地质灾害防治工作	(41)
第一节 中国地质灾害的分布发育	(42)
第二节 我国地质灾害防治工作的成绩与问题	(45)
第三节 我国地质灾害防治工作的特色	(47)
第四节 群测群防——中国特色的防灾减灾道路	(49)
第四章 地质灾害调查与评价概论	(59)
第一节 地质灾害调查	(60)
第二节 地质灾害评价	(72)

第二篇 地质灾害调查

第五章 地质灾害应急调查	(78)
第一节 我国地质灾害应急体系建设	(78)
第二节 地质灾害应急调查的目的、意义	(80)
第三节 应急调查的技术要求	(81)
第四节 地质灾害应急调查的技术方法	(83)
第六章 县(市)地质灾害调查和区划	(86)
第一节 总则	(86)
第二节 调查设计的编制	(88)
第三节 野外调查	(89)
第四节 地质灾害群测群防网络建设	(96)
第五节 室内资料分析整理	(98)
第六节 地质灾害信息系统建设	(102)
第七章 地质灾害详细调查	(103)
第一节 总则	(103)

第二节	野外调查工作·····	(106)
第三节	地质灾害调查技术方法·····	(117)
第四节	滑坡崩塌泥石流灾害危险性评价基本原则·····	(123)
第五节	设计编写和成果报告编制·····	(124)
第八章	县(市)地质灾害排查·····	(129)
第一节	总则·····	(129)
第二节	排查工作内容与工作方法·····	(130)
第三节	滑坡崩塌泥石流排查工作·····	(134)
第四节	地质灾害排查成果·····	(140)
第三篇 地质灾害评价		
第九章	单灾种地质灾害评价·····	(144)
第一节	滑坡评价要点及方法·····	(144)
第二节	泥石流评价要点及方法·····	(154)
第三节	崩塌评价要点及方法·····	(158)
第四节	地面沉降评价要点及方法·····	(163)
第五节	地面塌陷评价要点及方法·····	(166)
第六节	地裂缝评价要点及方法·····	(170)
第十章	县(市)地质灾害易发性分区评价·····	(173)
第一节	概述·····	(173)
第二节	分区原则·····	(173)
第三节	地质灾害易发单元和易发性级别的确定·····	(174)
第四节	地质灾害易发性分区评价方法·····	(175)
第五节	地质灾害易发区的划分及评价·····	(178)
第十一章	地质灾害危险性评估·····	(181)
第一节	概述·····	(181)
第二节	地质灾害危险性评估的内容和范围·····	(182)
第三节	评估的技术要求·····	(184)
第四节	地质灾害危险性评估的工作程序·····	(195)
第五节	费用估算·····	(196)
第六节	报告编写·····	(198)
主要参考文献·····		(200)
附 录·····		(203)

第一篇 概 论

第一章 地质灾害概论

第一节 地质灾害的概念

一、地质环境与地质灾害

1. 地质环境

地质环境是自然环境的一种,指由岩石圈、水圈和大气圈组成的环境系统。在长期的地质历史演化过程中,岩石圈和水圈之间、岩石圈和大气圈之间、大气圈和水圈之间进行物质迁移和能量转换,组成了一个相对平衡的开放系统。人类和其他生物依赖地质环境生存发展,同时人类和其他生物又不断改变着地质环境。

地质环境是一个复杂的开放系统,地质环境与其周围的水圈、生物圈、大气圈等之间无时无刻不在进行着物质和能量的交换,同时地质环境也遭受地球表面各个圈层中各种作用的影响。所以,地质环境是处在不断变化中的,地质环境变化起因于四种动力地质作用:第一,地外天体引力作用;第二,地球内动力地质作用(构造运动、岩浆作用、变质作用);第三,地球表层外动力地质作用(风化作用、地面流水的地质作用、地下水的地质作用、冰川的地质作用、海洋的地质作用、湖泊和沼泽的地质作用、风的地质作用和负荷地质作用);第四,人类社会工程经济活动作用。

地质环境具有空间概念,它的上限是岩石圈的表层,在海洋底部、山脉、丘陵地区多由前第四纪基岩构成,在平原、盆地表面为第四纪各种松散堆积物所覆盖。岩石圈表层是人类活动和其他生物活动最重要的场所,因此,其受人类的影响也最大,在这里,各种地质作用复杂而活跃,大气、水、生物相互作用强烈,使表层的变化及对人类社会的反馈作用也最为显著,与人类的生存息息相关。地质环境的下限目前看法不一,一种意见认为,应位于科学技术发展所需要的位置(深度),不考虑社会的需要;另一种意见认为,下限位置应在人类活动引起的物理场变化开始消失的深度,如应力场、电磁场、温度场等;还有一种意见认为,下限位置应在岩石圈上部,被技术原因污染的地带消失处(包括化学物质迁移污染);最后一种意见认为,下限可以被认为是在岩石圈内人类能够深入到的地方,是理论上的最大深度。总之,地质环境的下限,决定于人类的科学技术水平和生产活动能力。

1) 地质环境容量

地质环境容量指某个特定地质空间可能承受人类社会经济发展的最大潜能。人类所有生产和生活的消费物资,都是直接或间接地取自地质环境。人类在生产和生活过程中产生的一切废弃物,又都直接或间接地排放到地质环境之中。所以,地质环境的容量,可以用特定地

质空间可能提供给人类利用的地质资源量和对人类排放有害废物的容纳能力来评价。

2) 地质环境质量

地质环境的质量,在一定程度上是由地球物理因素和地球化学因素决定的,其好坏对人类的生活和社会经济发展都会有很大的影响。地质环境质量的好坏,可以由以下几个方面的条件评定。

(1) 自然地质条件的稳定性。自然地质条件是决定地质环境质量的主要因素,其中最重要的有地质构造的稳定性、地形稳定性、岩石性质、地质灾害情况等。

(2) 原生地球化学背景。地球上人类都处在一定的地球化学场的作用下。环境的地球化学背景值是地质环境质量的一个重要标志。

(3) 抗人类活动干扰的能力。地质环境脆弱的地区,抗人类活动干扰的能力很差,工程-经济活动稍有不慎,就可能使环境状况恶化。例如处于半干旱、半湿润气候带的华北平原,一旦农田水利活动不当,很容易使土壤盐渍化加剧。

(4) 受污染或受破坏的程度。天然的地质环境越来越少,人为因素对环境的影响越来越大,必须考虑人为因素对地质环境质量的干扰。其中,最主要的是废弃物对环境的污染,工程-经济活动对环境的破坏。

地质环境的整体质量取决于各组成要素的质量。但在评价地质环境质量的优劣时,除考虑各要素的平均状况外,还应找出质量最差的要素,并作出评价。

3) 地质环境的反馈作用

地质环境的反馈作用,即地质环境受人类活动干扰后,对这种干扰所作出的某种响应。地质环境较容易受到人类活动的影响。当人类活动的规模和强度超过了地质环境的承受极限后,必然导致地质环境发生变化,对人类活动作出反应。其实质就是地质环境在人类作用力影响下,对物质和能量的输入与输出的动态平衡关系进行调整:当人类作用力不大时,通过地质环境内部的调节能力,对外界的冲击进行补偿和缓冲,就可以完成这种调整过程,维持地质环境系统的稳定性,表现为不易觉察的、“隐蔽的”形式;当人类作用力增大,超过地质环境内部的调节能力时,地质环境只有通过剧烈的变动,才能建立起新的平衡关系,反馈就以“显露的”形式表现出来。

2. 地质灾害

地质灾害是指在自然或者人为因素的作用下形成的,对人类生命财产、环境造成破坏和损失的地质作用(现象)。常见的地质灾害主要指危害人民生命和财产安全的崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷、地裂缝、地面沉降六种与地质作用有关的灾害。

由地质灾害的定义可知,地质灾害的内涵包括两个方面,即致灾的动力条件和灾害事件的后果。

地质灾害是由地质作用产生的,包括内动力地质作用和外动力地质作用;随着人类活动规模的不断扩展,人类活动对地层表面形态和物质组成正在产生愈来愈大的影响,因此,在形成地质灾害的动力中还包括人为活动对地球表层系统的作用,即人为地质作用。

只有对人类生命财产和生存环境产生影响或破坏的地质事件才是地质灾害。如果某种地质过程仅仅是使地质环境恶化,并没有破坏人类生命财产或影响生产、生活环境,只能称之为灾变。例如,发生在荒无人烟地区的崩塌、滑坡、泥石流,不会造成人类生命财产的损毁,故这类地质事件属于灾变;如果这些崩塌、滑坡、泥石流等地质事件发生在社会经济发

达地区、并造成不同程度的人员伤亡和（或）财产损失，则可称之为灾害。

3. 地质环境与地质灾害的关系

1) 地质环境对地质灾害的制约作用

无论何种类型地质灾害必然涉及到地质体，既要讲地质体作为地质灾害的载体，又要讲地质体作为灾害作用的对象。而任何地质体均存在于特定的地质环境中，是构成地质环境要素的不可分割的部分。因此，地质灾害的发生必然受到其所处的地质环境的制约。

(1) 地质灾害总是发育在一定的地质环境中。地质灾害的产生离不开地质环境。地质灾害总是发育在一定的地质环境中，在这个环境中，一系列的条件控制着地质灾害的类型、规模、严重程度、危险程度以及未来的发展趋势，地质环境控制着地质灾害的产生与发展。地形地貌、地质构造、地层岩性及岩土组合等地质背景构成了地质灾害的形成条件，其中区域地质构造控制着岩土侵蚀的发育方向和发展趋势，地层岩性是发生地质灾害的内在条件，地形地貌是形成地质灾害的重要条件，它控制着不同地质灾害类型的分布和发育程度，这些孕灾条件决定了地质灾害发生的可能性。

(2) 地质环境制约地质灾害的发生。地质灾害是在特定地质条件下孕育发展的，若环境条件不具备，则灾害难以形成。即地质环境一方面构成地质灾害发生的条件，另一方面又限制其发生，起制约作用。

(3) 由环境特征判别、预测灾害。地质灾害是赋存于特定地质环境中且其发育和形成受地质环境的制约，可根据地质环境要素的特征来判别某种地质环境可能发生的灾害种类，进而根据环境因子判断灾害对应的发育阶段并预测灾害发生的可能性及强度、频率等。

2) 地质灾害对地质环境的改造作用

(1) 地质灾害的发生伴随着地质环境的变化。地质灾害发生的过程中同时完成了地质灾害对于相关地质环境的重塑作用即改造过程。突发型地质灾害伴随地质环境的即时变化，缓变型地质灾害对应于地质环境的长期潜移默化的改变。

(2) 地质灾害对地质环境影响的不可逆性。无论地质灾害属突发型还是缓变型，无论成灾规模如何，影响范围大小、涉及的地域类型如何，无一例外，地质灾害对于地质环境的影响是不可逆的。

从地质环境保护角度来说，未来的一个重要课题就是：在研究地质环境对人类活动制约的基础上，重点研究人类活动对地质环境的影响效应，如何评价、预测和控制，以规范人类工程活动行为，提高地质环境质量，减轻地质灾害对人类的威胁，从而保持人类文明的可持续发展。

二、地质灾害的属性特征

地质灾害具有三重基本属性，即自然属性、社会属性和资源属性。

1. 自然属性

地质灾害的自然属性表现为地质灾害是地质环境自然演化的一种表现形式，是地质环境渐变过程中的一种突变作用，是地球内动力、地表外动力和地外天体引力综合作用的必然产物。地球内动力作用有断层活动、火山作用、地震活动等；地球表层外动力作用有崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷、地面沉降、地裂缝、风化、冲刷、冻融等；地外天体作用主要是指

太阳系中相关天体的万有引力作用,尤其是太阳引力和月球潮汐作用。

2. 社会属性 (灾害属性)

地质灾害的社会属性一方面表现为人类社会的可持续发展受到地质灾害的危害,另一方面表现为人类社会生产生活作为一种动力促进或抑制了地质灾害的产生,从而实现了地质作用向灾害作用的转化。随着地球上各种形态工程建设和社会经济活动的发展,人类活动参与自然地质作用的范围、方式和强度在急剧扩大,引发地质灾害的作用也越来越强烈。

3. 资源属性

地质灾害的资源属性强调崩塌、滑坡、泥石流等地质灾害为人类社会创造了赖以生存的土地资源和生息场所,同时也形成现代社会的人文与旅游资源,如黄河反复泛滥孕育了华北平原;崩塌、滑坡和泥石流堆积区则营造了山区城镇或居民点的生息之地,成为山区城镇或居民点建立的基础。内、外动力作用的地质遗迹如岩溶地面塌陷坑、构造飞来峰、火山、冰川、雅丹和丹霞地貌是现代社会重要的游览和休闲资源,典型者如黑龙江五大连池火山和陕西翠华山山崩遗迹已被分别列入世界地质公园和中国国家地质公园。

由于地质灾害是自然动力作用与人类社会经济活动相互作用的结果,故两者是个统一的整体。地质灾害具有以下特点。

1) 地质灾害的必然性与可防御性

地质灾害是地球物质运动的产物,主要是地壳内部能量转移或地壳物质运动引起的。从灾害事件的动力过程看,灾害发生后能量和物质得以调整并达到平衡,但这种平衡是暂时的、相对的;随着地球的不断运动,新的不平衡又会形成。因此,地质灾害是伴随地球运动而生并与人类共存的必然现象。

然而,人类在地质灾害面前并非无能为力。通过研究灾害的基本属性,揭示并掌握地质灾害发生、发展的条件和分布规律,进行科学的预测预报和采取适当的防治措施,就可以对灾害进行有效地防御,从而减少和避免灾害造成的损失。

2) 地质灾害的随机性和周期性

地质灾害是在多种动力作用下形成的,其影响因素更是复杂多样。地壳物质组成、地质构造、地表形态以及人类活动等都是地质灾害形成和发展的重要影响因素。因此,地质灾害发生的时间、地点和强度等具有很大的不确定性,可以说,地质灾害是复杂的随机事件。

地质灾害的随机性还表现为人类对地质灾害的认知程度。随着科学技术的发展,人类对自然的认识水平不断提高,从而更准确地揭示了地质过程和现象的规律,对地质灾害随机发生的不确定性有了更深入的认识。

受地质作用周期性规律的影响,地质灾害还表现出周期性特征。统计资料表明,包括地质灾害在内的多种自然灾害具有周期性发生的特点。如地震活动具有平静期与活跃期之分,强烈地震的活跃期从几十年到数百年不等;泥石流、滑坡和崩塌等地质灾害的发生也具有周期性,表现出明显的季节性规律。

3) 地质灾害的突发性和渐进性

按灾害发生和持续时间的长短,地质灾害可分为突发性地质灾害和渐进性地质灾害两大类。突发性地质灾害大都以个体或群体形态出现,具有骤然发生、历时短、爆发力强、成灾快、危害大的特征。如地震、火山、滑坡、崩塌、泥石流等均属突发性地质灾害。

渐进性地质灾害指缓慢发生的,以物理的、化学的和生物的变异、迁移交换等作用逐步发展而产生的灾害。这类灾害主要有土地荒漠化、水土流失、地面沉降、煤田自燃等。渐进性地质灾害不同于突发性地质灾害,其危害程度逐步加重,涉及的范围一般比较广,尤其对生态环境的影响较大,所造成的后果和损失比突发性地质灾害更为严重,但不会在瞬间摧毁建筑物或造成人员伤亡。

水土流失和土地荒漠化是造成我国生态环境恶化和经济损失的主要渐进性地质灾害。中国黄土高原水土流失面积达 $43 \times 10^4 \text{ km}^2$, 年均侵蚀模数约 $8\,000 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$; 长江以南、云贵高原以东的山地丘陵区, 年均侵蚀模数约 $3\,000 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 。20 世纪 50~70 年代, 我国沙质荒漠化土地每年以 $1\,560 \text{ km}^2$ 的速度扩大, 进入 20 世纪 80 年代, 沙质荒漠化面积每年扩大 $2\,100 \text{ km}^2$, 现在仍有进一步扩大的趋势。

4) 地质灾害的群体性和诱发性

许多地质灾害不是孤立发生或存在的,前一种灾害的结果可能是后一种灾害的诱因或是灾害链中的某个环节。在某些特定的区域内,受地形、区域地质和气候等条件的控制,地质灾害常常具有群发性的特点。

崩塌、滑坡、泥石流、地裂缝等灾害的群发性表现得最为突出。这些灾害的诱发因素主要是地震和强降雨过程,因此在雨季或强震时(之后)常常发生大量的崩塌、滑坡、泥石流或地裂缝灾害。例如,1960 年 5 月 22 日智利接连发生了 7.7 级、7.8 级、8.5 级三次大地震,而在瑞尼赫湖区则引发了体积为 $3 \times 10^6 \text{ m}^3$ 、 $6 \times 10^6 \text{ m}^3$ 、 $30 \times 10^6 \text{ m}^3$ 的三次大滑坡:滑坡冲入瑞尼赫湖,使湖水上涨 24m,湖水外溢淹没了湖泊下游 65km 处的瓦尔迪维亚城,全城水深 2m,使 100 多万人无家可归。在这次灾害过程中地震—滑坡—洪水构成了一个灾害链。1988 年 11 月 6 日中国云南澜沧—耿马 7.6 级地震导致了严重的地裂缝、崩塌、滑坡等灾害,在极震区出现长了达几十千米、宽几厘米的地裂缝和大块的崩塌、滑坡体,由此造成了大量农田和森林被毁,175 个村庄、5 032 户居民因受危岩、滑坡的严重威胁而被迫搬迁,另有许多水利工程设施受到不同程度的破坏。

在泥石流频发区,通常发育有大量潜在的危岩体和滑体,暴雨后极易发生严重的崩塌、滑坡活动,由此形成大量的碎屑物融入洪流,进而转化成泥石流灾害。这种类型的灾害,在我国西南的川、滇等地区非常普遍。

水土流失的直接危害是土层变薄、土地肥力下降、耕地减少,它还可诱发下游地区湖泊、水库淤积,河道淤塞,使泄洪、蓄水、发电功能降低甚至失效。

5) 地质灾害的成因多元性和原地复发性

不同类型的地质灾害成因各不相同,大多数地质灾害的成因具有多元性,往往受气候、地形地貌、地质构造和人为活动等综合因素的制约。

某些地质灾害具有原地复发性,如我国西部川藏公路沿线的古乡曾一年内发生泥石流 70 多次,为国内所罕见。

6) 地质灾害的区域性

地质灾害的形成和演化往往受制于一定的区域地质条件,因此其空间分布经常呈现出区域性的特点。如中国“南北分区,东西分带,交叉成网”的区域性构造格局对地质灾害的分布起着重要的制约作用。据统计,90%以上的“崩、滑、流”地质灾害发育在第二级阶梯山地及其与第一和第三级阶梯的交叉部位;第三级阶梯东部平原的地质灾害类型主要为地面沉

降、地裂缝、胀缩土等。按地质灾害的成因和类型,中国地质灾害可划分为四大区域:①以地面下降、地面塌陷和矿井突水为主的东部区;②以崩塌、滑坡和泥石流为主的中部区;③以冻融、泥石流为主的青藏高原区;④以土地荒漠化为主的西北区。

7) 地质灾害的破坏性与“建设性”

地质灾害对人类的主导作用是造成多种形式的破坏,但有时地质灾害的发生可对人类产生有益的“建设性”作用。例如流域上游的水土流失可为下游地区提供肥沃的土壤;山区斜坡地带发生的崩塌、滑坡堆积为人类活动提供了相对平缓的台地,人们常在古滑坡台地上居住或种植农作物。

8) 地质灾害影响的复杂性和严重性

地质灾害的发生发展有其自身复杂的规律,其对人类社会经济的影响还表现出长久性、复合性等特征。

首先,重大地质灾害常造成大量的人员伤亡和人口大迁移。近几十年来,全球地质灾害造成的财产损失、受灾人数和死亡人数都呈现出不断上升的趋势。1901—1980年中国地震灾害造成的死亡人数达61万人,全国平均每年由于“崩、滑、流”灾害造成的死亡人员达928人(段水侯等,1993)。1999年,全球发生的地震和飓风等大的自然灾害共702起,其中,较大的自然灾害共75起,包括洪水、干旱、暴风雨、地震、火山爆发等,各种自然灾害在全球共造成52 000人死亡和800亿美元的经济损失。

其次,受地质灾害周期性变化的影响,经济发展也相应地表现出一定的周期性特点。在地质灾害活动的平静期灾害损失减少、社会稳定、经济发展比较快;相反,在活跃期,各种地质灾害频繁发生,基础设施遭受破坏,生产停顿或半停顿,社会经济遭受巨大的直接和间接影响。

地质灾害地带性分布规律还导致经济发展的地区性不平衡。在一些地区,灾害具有群发性、周期性的特点,致使区域性生态破坏、自然条件恶化,严重地影响了当地社会、经济的发展。全球范围内的南北差异、我国经济发展的东部和中西部的不平衡也与地质灾害的区域性分布有关。

9) 人为地质灾害的日趋显著性

由于地球人口的急剧增加,人类的需求不断增长。为了满足这种需求,许多不合理的人类活动不断产生,使得地质环境日益恶化,导致大量次生地质灾害的发生。例如超量开采地下水引起地面沉降、海水入侵和地下水污染;矿产资源开采和大量基础工程建设中的爆破与开挖导致崩塌、滑坡、泥石流等灾害的频发;滥伐森林、过度放牧导致土壤侵蚀、水土流失、土地荒漠化等。

人类每年约消耗 $500 \times 10^8 \text{ t}$ 矿产资源,超过了大洋中脊每年新生成的 $300 \times 10^8 \text{ t}$ 岩石圈物质,更高于河流每年搬运的 $165 \times 10^8 \text{ t}$ 泥沙物质。人类建筑工程面积已覆盖地球表面积的6%~8%,垂直作用空间已由过去的2 000~3 000m增加到现今的几万米,地面建筑物高度已在300m以上,地下开挖深度已超过3 000m,最高人工边坡达600多米,水库最大库容已超过 $15 \times 10^4 \text{ cm}^3$ 。目前,我国已建8万余座水电站、约60 000km铁路、200多座金属矿山、500多座大型煤矿。这些工程活动对地表的改造作用非常显著,其强度甚至超过了流水、风力等外动力地质作用。

除天然地震和火山喷发外,大多数地质灾害的发生均与人类经济活动有关,如全球滑坡

灾害的70%与人类活动密切相关。单纯人为作用引起的地质灾害数量越来越多,规模越来越大,影响越来越广,经济损失也愈加严重。人类对地质环境的作用,在许多方面已相当于甚至超过自然力,成为重要的、不可忽视的地质营力。

10) 地质灾害防治的社会性和迫切性

地质灾害除了导致人员伤亡和破坏房屋、铁路公路、航道等工程设施,造成直接经济损失外,还破坏资源和环境,给灾区社会经济发展造成广泛而深刻的影响。特别是在严重的崩塌、滑坡、泥石流等灾害集中分布的山区,地质灾害严重阻碍了这些地区的经济发展。因此,有效地防治地质灾害不但对保护灾区人民生命财产安全具有重要的现实意义,而且对于促进区域经济发展具有广泛而深远的意义。

我国地质灾害分布十分广泛,有效地防治地质灾害不但需要巨大的资金投入,而且需要社会的广泛参与。目前我国经济还比较落后,国家每年只能拿出有限的资金用于重点防治。但即使是经济比较发达的国家,也不可能花费巨额资金实施全面治理。无论是现在还是将来,除政府负责主导性的防治外,需要企业和民众广泛参与抗灾、防灾事业。

第二节 地质灾害的分类

目前对地质灾害的灾种范围有多种不同的认识,大致可分为两类。

(1) 把由地质作用引起或地质条件恶化导致的自然灾害都划归为地质灾害,主要包括地震、火山、崩塌、滑坡、泥石流、地面沉降、地裂缝、水土流失、土地荒漠化、海水入侵、部分洪水灾害、海岸侵蚀、地下水污染、地下水水位升降、地方病、矿井突水溃砂、岩爆、煤与瓦斯突出、煤层自燃、冻土冻融、水库淤积、水库及河湖塌岸、特殊岩土地质灾害、冷浸田等。

(2) 仅限于以岩石圈自然地质作用为主导因素而形成的自然灾害,主要包括地震、火山崩塌、泥石流、地面塌陷、地面沉降、地裂缝、海水入侵、特殊土类灾害等。

地质灾害类型划分是灾害地质学的一个重要理论问题,地质灾害的分类应具有实用性、层次性、关联性等特性。按不同的原则,地质灾害有多种分类方案。

1. 按空间分布状况分

地质灾害可分为陆地地质灾害和海洋地质灾害两个系统。陆地地质灾害又分为地面地质灾害和地下地质灾害;海洋地质灾害又分为海底地质灾害和水体地质灾害。

2. 按灾害的成因分

地质灾害可分为自然动力型、人为动力型及复合动力型(表1-1)。

3. 按地质环境变化的速度分

按地质环境变化的速度可划分为突发性和渐进性地质灾害两类。前者主要有火山、地震、泥石流、滑坡、崩塌、岩溶地面塌陷等;后者主要有水土流失、地面沉降、土地荒漠化等。

表 1-1 地质灾害成因类型划分表

类型	亚类	灾害举例
自然动力型	内动力亚类	地震、火山、地裂缝等
	外动力亚类	泥石流、滑坡、崩塌、岩溶地面塌陷、荒漠化等
人为动力型	道路工程	滑坡、崩塌、荒漠化、黄土湿陷等
	水利水电工程	泥石流、滑坡、崩塌、岩溶地面塌陷、地面沉降、诱发地震等
	矿山工程	地面塌陷、坑道突水、泥石流、诱发地震、煤与瓦斯突出等
	城镇建设	地面沉降、地裂缝、地下水变异等
	农林牧活动	水土流失、荒漠化、与地质因素有关的洪涝灾害等
	海岸港口工程	海底滑坡、岸边侵蚀、海水入侵等
复合动力型	内外动力复合亚类	泥石流、滑坡、崩塌等
	人为内动力复合亚类	岩爆、瓦斯爆炸、地裂缝、地面沉降等
	人为外动力复合亚类	泥石流、滑坡、崩塌、水土流失、荒漠化等

第二章 地质灾害主要类型

第一节 滑坡

一、滑坡的定义与构造

滑坡是斜坡岩体或土体在自然地质作用或人类工程活动影响下失去原来的稳定状态，在重力作用下沿着斜坡内某些滑动面（常为软弱面或软弱带）整体地向下滑动的现象。滑坡是一种缓慢的斜坡变形，表现为斜坡岩土体整体下移。一般情况下，滑坡沿滑动面移动是一种间歇性的、长期性的运动，可以持续几年到几十年，但是有时候滑动也很迅速。规模大的滑坡一般是缓慢地往下滑动，其位移速度多在突变加速阶段才显著。有些滑坡滑动速度一开始就较快。滑坡的发展过程可分为四个阶段：①蠕滑阶段；②滑移阶段；③剧滑阶段；④稳定阶段。一些滑坡在稳定一段时间之后，可能全部或部分再次复活滑动。表 2-1 列出了我国发生的几次大型滑坡灾害。

一个发育完全的比较典型的滑坡具有如下基本构造特征（图 2-1、图 2-2）。

（1）滑坡体。即斜坡内沿滑动面向下滑动的那部分岩土体。这部分岩土体虽然经受了扰动，但大体上仍保持有原来的层位和结构构造的特点。滑坡体和周围不动岩土体的分界线叫滑坡周界。滑坡体的体积大小不等，大型滑坡体可达几千万立方米。

（2）滑动面、滑动带和滑坡床。滑坡体沿其滑动的面称为滑动面。滑动面以上被揉皱了的厚数厘米至数米的结构扰动带，称为滑动带。有些滑坡的滑动面（带）可能不只一个，在最后滑动面以下稳定的岩土体称为滑坡床。

滑动面的形状随着斜坡岩石的成分和结构的不同而异。在均质黏性土和软岩中，滑动面近乎圆弧形。滑坡体如果沿着岩层层面或构造面滑动时，滑动面多呈直线形或折线形。多数滑坡的滑动面由直线和圆弧复合而成，其后部经常呈弧形，前部呈近似水平的直线。

滑动面大多数位于黏土夹层或其他软弱岩层内，如页岩、泥岩、千枚岩、片岩、风化岩等。由于滑动时的摩擦，滑动面常常是光滑的，有时有清楚的擦痕；同时，在滑动面附近的岩土体遭受风化破坏也较厉害。滑动面附近的岩土体通常是潮湿的，甚至达到饱和状态。许多滑坡的滑动面常常有地下水活动，在滑动面的出口附近常有泉水出露。

（3）滑坡后壁。滑坡体滑落后，滑坡后部和斜坡未动部分之间形成的一个陡度较大的陡壁称为滑坡后壁。滑坡后壁实际上是滑动面在其上部的露头。滑坡后壁的左右呈弧形向前延伸，其形态呈“圈椅”状，称为滑坡圈谷。

（4）滑坡台地。滑坡体滑落后，形成阶梯状的地面称为滑坡台地。滑坡台地的台面往往向着滑坡后壁倾斜。滑坡台地前缘比较陡的破裂壁称为滑坡台坎。有两个以上滑动面的滑坡或经过多次滑动的滑坡，经常形成几个滑坡台地。

（5）滑坡鼓丘。滑坡体在向前滑动的时候，如果受到阻碍，就会形成隆起的小丘，称为

滑坡鼓丘。

(6) 滑坡舌。滑坡体的前部如舌状向前伸出的部分称为滑坡舌。

表 2-1 我国滑坡灾害实例

滑坡名称	发生地点	发生时间	灾害情况
铁西滑坡	成昆线铁西车站	1980 年	滑坡体积为 200 万 m^3 ，中断交通 40 天，治理费达 2 300 万元
酒勒山滑坡	甘肃省东乡县	1983 年 3 月 7 日	滑坡体积为 5 000 m^3 ，摧毁 4 个村庄，227 人死亡
鸡扒子滑坡	四川省云阳县	1982 年 7 月 18 日	滑坡体积为 1 300 万 m^3 ，100 万 m^3 滑入长江，造成急流险滩，治理费达 8 500 万元
新滩滑坡	湖北省秭归县	1985 年 6 月 12 日	滑坡体积为 3 000 万 m^3 ，摧毁新滩镇，侵占长江航道 1/3，因提前预报，无伤亡
韩城电厂滑坡	陕西省韩城市	1985 年 3 月	滑坡体积为 500 万 m^3 ，破坏厂房设施，一、二期治理费达 5 000 余万元
天水锻压机床厂滑坡	甘肃省天水市	1990 年 8 月 21 日	滑坡体积为 60 万 m^3 ，毁坏 6 个车间，7 人死亡，损失达 2 000 多万元
头寨沟滑坡	云南省昭通县	1992 年	滑坡体积为 400 万 m^3 ，变成碎屑流冲出 4km，摧毁 1 个村庄
K190 滑坡	宝成线 K190	1992 年 5 月	滑坡体积为 30 万 m^3 ，中断运输 35 天，砸坏明洞，改线花费达 8 500 万元
黄茨滑坡	甘肃省永靖县	1995 年 1 月 30 日	滑坡体积为 600 万 m^3 ，摧毁 71 户民房，因提前预报，无伤亡
海石湾煤矿滑坡	兰州	1995 年 8 月	滑坡体积为 600 m^3 ，威胁工业广场主、副井生产，治理费达 3 000 万元
岩口滑坡	贵州省印江县	1996 年 9 月 18 日	滑坡体积为 260 万 m^3 ，堵断印江，淹没上游一村镇，威胁下游印江县城安全
K2730 滑坡	川藏公路	1997 年 8 月	滑坡体积为 450 m^3 ，破坏公路，治理费用达 6 000 万元
八渡车站滑坡	南昆线八渡	1997 年 7 月	滑坡体积为 500 万 m^3 ，威胁车站安全，治理费达 9 000 万元
张家坪滑坡	重庆	2001 年	滑坡体积为 900 m^3 ，威胁高速公路，治理费达 3 000 万元
向家坡滑坡	重庆	2004 年 7 月	滑坡体积为 110 m^3 ，中断高速公路，治理费达 5 000 万元
戒台寺滑坡	北京	2004 年	滑坡体积为 700 m^3 ，破坏千年古寺，治理费达 5 400 万元

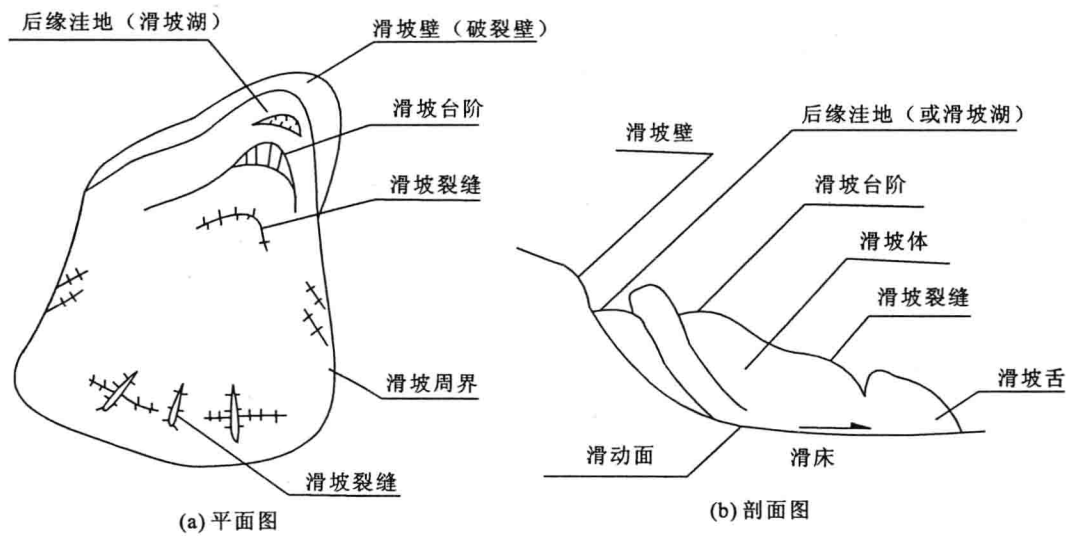
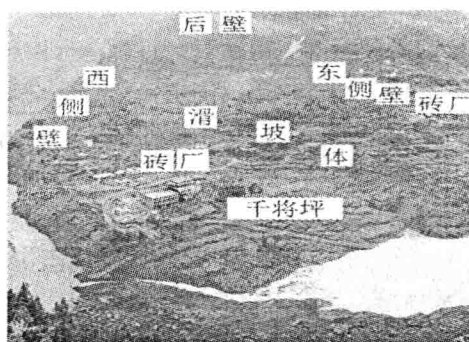


图 2-1 滑坡要素平、剖面示意图



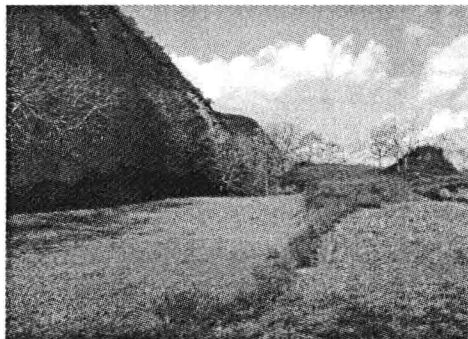
(a) 滑坡全貌



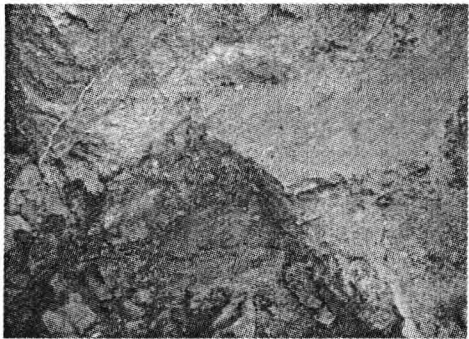
(b) 滑坡圈椅状地貌



(c) 滑坡后缘陡壁



(d) 滑坡拉裂槽



(e) 滑带土



(f) 滑动面擦痕



(g) 滑坡后缘拉裂缝一



(h) 滑坡后缘拉裂缝二

图 2-2 滑坡要素图