

河南地质研究与应用技术丛书

地质灾害勘查理论与实践

皇甫行丰 吴孔军 梁会圃 编著



中国大地出版社

河南地质研究与应用技术丛书

- 黄河下游河道稳定性及悬河演化趋势
- 河南省地下水资源与环境
- 埋藏型冲洪积扇区供水水文地质勘察研究
- 地质灾害勘查理论与实践

ISBN 7-80097-574-6



9 787800 975745 >

ISBN 7-80097-574-6/P · 32

定价：160.00 元

河南地质研究与应用技术丛书

地质灾害勘查理论与实践

皇甫行丰 吴孔军 梁会圃 编著

中国大地出版社
· 北 京 ·

内 容 提 要

本书论述了地质灾害的定义、类型,我国地质灾害分布概况、形成机理及影响因素;详细介绍地质灾害勘查方法及地质灾害勘查资料的编写要求;并结合工程实践,重点介绍了濮阳规划区、红旗渠沿线、郑州—少林寺高速公路段、三峡库区等地地质灾害评价、治理、勘查及防治实例。

图书在版编目(CIP)数据

地质灾害勘查理论与实践/皇甫行丰,吴孔军,梁会圆编著. —北京:中国大地出版社,2004.6
(河南地质研究与应用技术丛书)
ISBN 7-80097-574-6

I. 地... II. ①皇... ②吴... ③梁... III. 地质灾害—勘探 IV. P694

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 056656 号

责任编辑:叶 丹

出版发行:中国大地出版社

社址邮编:北京市海淀区学院路 31 号 100083

电 话:010—82329127(发行部) 82329008(编辑部)

传 真:010—82329024

印 刷:河南地质彩色印刷厂

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:51.5

字 数:1190 千字

版 次:2004 年 6 月第 1 版

印 次:2004 年 6 月第 1 次印刷

印 数:1—600 套

书 号:ISBN 7-80097-574-6/P·32

定 价:160.00 元

(凡购买中国大地出版社的图书,如发现印装质量问题,本社发行部负责调换)

前 言

随着人口剧增和工业加速发展,当今人类社会正面临着资源严重短缺和环境日益恶化的严峻挑战。环境恶化的重要标志之一就是自然灾害日趋频繁,并对人类的生存与发展造成严重的威胁。地质灾害作为自然灾害的主要类型之一,对人类造成的危害也越来越严重;在某些地区,甚至已成为影响和制约社会与经济发展的重要因素。

地质灾害是指由于自然产生和人为诱发的对人民生命财产安全造成危害的地质现象。地质灾害和其他自然灾害一样,是致灾作用对受灾对象的影响结果。没有致灾作用,灾害无法发生;但如果致灾作用不是对有价值的受灾对象进行影响,造不成损失,不能称为灾害。致灾作用是主导因素,受灾对象是被动因素。地质灾害形成的原因主要是地质作用所致。因此,通常把各种地质作用对人民生命财产和国家经济建设事业造成的危害称为地质灾害。由此看来,地质灾害的类型包括火山、地震、崩塌、滑坡、泥石流、地面沉降、地裂缝、水土流失、地下水变异等,但由于火山、地震是一种特殊的,主要由内动力地质作用形成的突发性强、危害性极大的地质灾害,不在本书涉列的范畴,因此,本书所指的地质灾害主要包括:崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷、地裂缝、地面沉降,等等。

中国地域辽阔,地质条件复杂,地质构造活动强烈,容易致灾的地质现象繁多,分布面广,灾情较重。同时,由于我国基础设施建设、经济建设和大规模的资源开发,极大地改变了地质环境,人为诱发了大量地质灾害,造成了人民生命和财产的重大损失,使我国成为世界上地质灾害最为严重的国家之一。党和政府一向重视地质灾害防治工作,采取了很多措施来防御和减轻地质灾害的危害和损失,并已取得了巨大成就。特别是自1999年3月国土资源部4号令施行以来,各省(自治区、直辖市)已将地质灾害的调查评价作为城镇规划、基础设施建设的重要依据。治理地质灾害、减轻地质灾害给人民生命和财产造成的损失已成为社会的共识。因此,开展地质灾害勘查与防治研究对保护人民生命和财产安全,减轻地质灾害损失,实现社会、经济的持续发展具有非常重要的意义。

目前,国内外对地质灾害勘查与治理的方法日益增多,手段日益先进,设备日益精良。大部分地质灾害随着科学技术的发展得到了有效治理。为了有效治理地质灾害,提高工程施工质量,广大地质工作者在不断的探索中,总结了许多适合我国地质灾害特点的治理技术方法,取得了很多成功的典范。笔者在总结我国地质灾害勘查与防治理论的基础上,结合实践经验,归纳分析了目前我国地质灾害勘查与治理技术现状和应用前景,旨在为广大工程技术人员提供参考,对提高我国地质灾害勘查与治理技术、减轻地质灾害对人民生命和财产安全造成的损失,尽我们的绵薄之力。

本书分为九章。第一章、第三章、第四章、第六章由皇甫行丰编写,第二章、第五

章、第八章由吴孔军编写，第七章、第九章由梁会圃编写。全书由皇甫行丰统稿。

由于编著者水平有限，书中难免存在错误和不足之处，敬请读者批评指正。

编著者

2003 年 10 月于郑州

目 录

第一章 地质灾害概述	(1)
第一节 地质灾害的定义及类型	(1)
第二节 中国地质灾害的基本概况及分布	(3)
第三节 中国主要省(自治区、直辖市)地质灾害现状	(6)
第四节 地质灾害研究现状	(20)
第二章 主要地质灾害	(22)
第一节 崩塌	(22)
第二节 滑坡	(26)
第三节 泥石流	(30)
第四节 地面沉降	(35)
第五节 地裂缝	(39)
第六节 矿区地面塌陷与地裂缝	(42)
第七节 库区塌岸	(44)
第三章 地质灾害勘查	(47)
第一节 概述	(47)
第二节 遥感图像解译	(48)
第三节 地质测绘	(52)
第四节 地球物理勘探	(56)
第五节 钻探	(59)
第六节 山地工程	(63)
第七节 试验要求	(65)
第八节 动态监测	(68)
第四章 地质灾害勘查资料整理	(73)
第一节 图表的编制	(73)
第二节 报告书的编写	(74)
第三节 稳定性评价	(75)
第四节 地质灾害易发性评价	(78)
第五章 濮阳规划区地面沉降勘查	(80)
第一节 概述	(80)
第二节 自然地理与地质背景	(83)
第三节 濮阳市地面沉降现状	(87)

第四节	地面沉降的成因及影响因素分析	(88)
第五节	地面沉降模型研究	(91)
第六节	地面沉降的预测与防治对策	(94)
第六章	红旗渠沿线地质灾害易发性评价	(98)
第一节	目的 任务	(98)
第二节	区域地质环境	(101)
第三节	地质灾害类型及分布规律	(107)
第四节	地质灾害易发性评价	(117)
第七章	郑州—少林寺高速公路煤矿采空区治理	(129)
第一节	概况	(129)
第二节	自然地理及地质概况	(130)
第三节	主要勘查工作	(133)
第四节	治理方案	(134)
第五节	治理工程实施	(141)
第八章	三峡库区秭归县凤凰山—果品市场段塌岸防治工程勘查	(152)
第一节	自然条件及地质环境	(152)
第二节	塌岸特征及预测	(157)
第三节	地质灾害体发展趋势及危害性预测	(161)
第四节	地质灾害体防治方案	(163)
第九章	地裂缝防治实例	(166)
第一节	河北平原地裂缝成因及防治	(166)
第二节	北京顺义木林—塔河一带地裂缝成因及防治措施	(168)

第一章 地质灾害概述

地球自诞生以来,在内外动力地质作用下,发生过翻天覆地的变化。这些变化主要表现为大规模剧烈的火山喷发、地震和地壳运动。第四纪以来,地壳的变动渐趋缓慢,程度变弱。经过漫长的演化,地球为人类的生存和发展提供了丰富的物质基础和适宜的环境条件。但随着人口剧增和工业加速发展,由于人类追求经济利益的短视行为及向大自然的无度索取,造成了人与自然的关系日益紧张,发展与环境的矛盾日益尖锐。目前,人类的各种工程活动对地质环境产生的影响越来越大,已成为诱发地质灾害的重要因素。

人类相对于自己居住的地球显得既渺小又伟大。在地震、火山喷发等剧烈的地质过程面前,人类表现得无可奈何;而人类违背客观规律的主观活动又使地球表层发生着前所未有的变化。地质过程对人类的影响既微妙又显著、既有益也有害。

地质灾害有其特定的内涵和属性,不同类型地质灾害的发育特征又有其自身的规律。为了人类更美好的未来,地质灾害勘查和防治已成为现代地球科学领域一门重要的学科。

第一节 地质灾害的定义及类型

一、地质灾害的定义

地质灾害是指各种(自然的和人为的)地质作用对人民生命财产和国家建设事业(人类的生存与发展)造成的危害。地质灾害在时间和空间上的分布及变化规律,既受制于自然环境,又与人类活动有关,后者往往是人类与地质环境相互作用的结果。

由地质灾害的定义可知,地质灾害的形成是致灾地质作用与受灾对象(人、物、设施)相遭遇的结果。没有致灾作用,灾害无法发生;而若作用遇不到有价值的受灾对象,造不成损失,也不能称为灾害。致灾作用是主导因素,受灾对象是被动客体。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,则这类地质事件就不属于灾害;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或财产损失,则可称为地质灾害。

产生地质灾害的地质作用,既包括内动力地质作用和外动力地质作用,也包括人为活动对地球表层系统的作用,即人为地质作用。

二、地质灾害的类型

地质灾害类型较多,按不同原则,有多种分类方案。

(1) 按空间分布状况,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) 按致灾地质作用的性质和发生场所进行划分, 常见地质灾害共有 12 类, 48 种。它们是: ①地壳活动灾害, 如地震、火山喷发、断层错动等; ②斜坡地质灾害, 如崩塌、滑坡、泥石流等; ③地面变形灾害, 如地面塌陷、地面沉降、地面开裂(地裂缝)等; ④矿山与地下工程灾害, 如煤层自燃、洞井塌方、冒顶、偏帮、鼓底、岩爆、高温、突水、瓦斯爆炸等; ⑤城市地质灾害, 如建筑地基与基坑变形、垃圾堆积等; ⑥河、湖、水库灾害, 如塌岸、淤积、渗漏、浸没、溃决等; ⑦海岸带灾害, 如海平面升降、海水入侵、海崖侵蚀、海港淤积、风暴潮等; ⑧海洋地质灾害, 如水下滑坡、潮流沙坝、浅层气害等; ⑨特殊岩土灾害, 如黄土湿陷、膨胀土胀缩、冻土冻融、砂土液化、淤泥触变等; ⑩土地退化灾害, 如水土流失、土地沙漠化、盐碱化、潜育化、沼泽化等; ⑪水土污染与地球化学异常灾害, 如地下水质污染、农田土地污染、地方病等; ⑫水源枯竭灾害, 如河水漏失、泉水干涸、地下含水层疏干(地下水位超常下降)等。

(3) 按地质灾害的成因, 可分为自然地质灾害、人为地质灾害和复合地质灾害。自然地质灾害发生的地点、规模和频度, 受自然地质条件控制, 不以人类历史的发展为转移, 如地震、火山喷发、砂土液化、冻土冻融等。人为地质灾害受人类工程开发活动制约, 常随社会经济发展而日益增多, 如水土流失、土地沙漠化、地下含水层疏干(地下水位超常下降)、突水等。复合型地质灾害既可由自然地质作用引起, 也可由人类活动诱发, 如崩塌、滑坡、地裂缝等。

(4) 按地质环境变化的速度, 可划分为渐进性地质灾害和突发性地质灾害两大类。前者如地面沉降、水土流失、水土污染等; 后者如地震、火山喷发、崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷等。渐进性地质灾害常有明显前兆, 对其防治有较从容的时间, 可有预见地进行, 其成灾后果一般只造成经济损失, 不会出现人员伤亡。突发性地质灾害突然, 可预见性差, 其防治工作常是被动式的应急进行。其成灾后果, 不光是经济损失, 也常造成人员伤亡。故是地质灾害防治的重点对象。

三、地质灾害分级

地质灾害分级反映了地质灾害的规模、活动频次及其对人类与环境的危害程度。地质灾害的分级方案有灾变分级、灾度分级、风险分级三类。灾变分级是对地质灾害活动强度、规模和频次的等级划分; 灾度分级反映了灾害事件发生后所造成的破坏和损失程度; 风险分级是在灾害活动概率分析基础上核算出来的期望损失的级别划分。

上述三种分级是基于不同目的而提出的, 彼此不能互相取代。对经济发达地区而言, 风险分级更应予以重视。

张梁等人(1998)根据地质灾害活动规模, 对崩塌(包括危岩体)、滑坡、泥石流、岩溶塌陷、地裂缝、地面沉降、海水入侵、膨胀土等灾害进行了较详细的灾变等级划分(表 1-1)。

根据一次灾害事件所造成的死亡人数和直接经济损失额, 地质灾害的灾度可划分为特大灾害、大灾害、中灾害和小灾害四级(表 1-2); 而风险等级有高度风险、中度风险、轻度风险和微度风险之分(表 1-3)。

表 1-1 地质灾害灾变等级划分表

灾 种	指 标	灾变等级			
		特大型	大型	中型	小型
崩塌(危岩体)	体积/ 10^4 m^3	> 100	100 ~ 10	10 ~ 1	< 1
滑坡	体积/ 10^4 m^3	> 1000	1000 ~ 100	100 ~ 10	< 10
泥石流	堆积物体积/ 10^4 m^3	> 50	50 ~ 20	20 ~ 1	< 1
岩溶塌陷	影响范围/ km^2	> 20	20 ~ 10	10 ~ 1	< 1
地裂缝	影响范围/ km^2	> 10	10 ~ 5	5 ~ 1	< 1
地面沉降*	沉降面积/ km^2	> 500	500 ~ 100	100 ~ 10	< 10
	累计沉降量/m	> 2.0	2.0 ~ 1.0	1.0 ~ 0.5	< 0.5
海水入侵	入侵范围/ km^2	> 500	500 ~ 100	100 ~ 10	< 10
膨胀土	分布面积/ km^2	> 100	100 ~ 10	10 ~ 1	< 1

* 地面沉降灾变等级的两个指标不在同一级次时,按从高原则确定灾害等级。

(据张梁等,1998)

表 1-2 地质灾害灾度等级划分表

灾度等级*	死亡人数	直接经济损失/万元
特大灾害	> 100	> 1000
大灾害	100 ~ 10	1000 ~ 100
中灾害	10 ~ 1	100 ~ 10
小灾害	0	< 10

* 灾度的两项指标不在一个级次时,按从高原则确定灾度等级。

(据张梁等,1998)

表 1-3 地质灾害风险等级划分表

风险等级		高度风险	中度风险	轻度风险	微度风险
期望损失	年均死亡人数	> 10	10 ~ 1	0	0
	直接经济损失(万元/年)	> 100	100 ~ 10	10 ~ 1	< 1

(据张梁等,1998)

第二节 中国地质灾害的基本概况及分布

一、中国地质灾害的基本概况

中国是世界上地质灾害特别严重的国家之一,地质灾害类型多、发生频率高、分布地域广、危害程度大。据统计,新中国成立以来,我国共发生较大型崩塌 3000 多处、滑坡 2000 多个,中小规模的崩塌、滑坡、泥石流则多达 40 余万处。全国有 350 多个县的上万个村庄、100 多座大型工厂、55 座大型矿山、3000 多千米铁路受到崩塌、滑坡、

泥石流等地质灾害的严重威胁。仅云南、北京、四川、辽宁、甘肃 5 省（直辖市）的崩塌、滑坡、泥石流，每年造成死亡人数平均为 928 人；有 16 个省（自治区、直辖市）的 46 个城市出现了地面沉降问题，沉降面积近 5 万 km^2 ；有 17 个省（自治区、直辖市）出现地裂缝 400 多处，1000 多条；在 24 个省（自治区、直辖市）发现岩溶塌陷 2841 处，塌坑 33192 处，塌陷面积 332.28 km^2 。另外，在全国 20 个省、自治区内，发生矿山采空塌陷 180 处，塌陷坑 1595 个，塌陷面积达 1000 多 km^2 。

随着国民经济持续高速发展、生产规模扩大和社会财富的积累，同时由于减灾措施不能满足经济快速发展的需要，造成灾害损失呈上升趋势。按 1990 年不变价格计算，我国自然灾害造成的年均直接经济损失：20 世纪 50 年代为 480 亿元，60 年代为 570 亿元，70 年代为 590 亿元，80 年代为 690 亿元，进入 90 年代以后，年均已经超过 1000 亿元，1998 年仅洪水一项就造成直接经济损失 1662 亿元。据不完全统计，不同类型的地质灾害每年造成上千人死亡，经济损失高达 270 亿元。

近年来，我国在地质灾害防治方面做了大量工作，取得了很大成效。但由于我国地质灾害种类多，分布广，对不同地质灾害的分布、孕育、发展、发生的机制还不十分清楚，人类不合理的经济工程活动引起的地质灾害还在不断发生。

二、中国地质灾害的分布规律

由于我国地域辽阔，经度和纬度跨度大，自然地理条件复杂，构造活动强烈，地质灾害类型繁多、灾情十分严重。同时，我国又是一个发展中国家，经济发展对资源开发的依赖程度相对较高，大规模的资源开发和基础工程建设以及对地质环境保护重视不够，人为诱发了很多地质灾害，使我国成为世界上地质灾害最为严重的国家之一。

根据影响地质灾害发育的自然地质条件和人类工程活动的性质与强度，从总体上可将我国大陆地质灾害的分布划为四个区，即：Ⅰ东部平原沉降区；Ⅱ中部山地崩滑区；Ⅲ西部高原冻土区；Ⅳ北部草原沙漠区。

（1）东部平原沉降区（Ⅰ）：包括大兴安岭—太行山—武陵山一线以东的广大地区。区内地势平坦，北部以平原为主，南部多低山丘陵，东南面临海洋。河流水系发育，大部气候温和，雨量充沛。人口密集，交通发达，是我国经济开发程度最高的地区。工、农、矿业开发，城市、交通建设，城市地下水开采都极活跃。地质灾害以地面沉降、地面塌陷、土地退化（指平原区的土地盐碱化、沙漠化、潜育化、丘陵区的水土流失）、河湖淤积及矿山井巷灾害为主。部分山区有崩塌、滑坡、泥石流灾害。华北地区地震也较强烈。

（2）中部山地崩滑区（Ⅱ）：包括从晋、陕、陇东的“黄土高原”经“四川盆地”直到“云贵高原这一狭长地带。此区在地势上处于我国西部高原与东部平原的过渡地带，即所谓第二台阶。区内沟谷发育，地形切割强烈，大都雨量充沛。北部黄土、中部红色泥质岩层，易受侵蚀，南部石灰岩层岩溶发育。在经济开发上也是我国由东部向西部推进的过渡地带，人口较密，水利工程、矿山开发、公路、铁路及城市建设都很兴盛，是我国工程活动对自然地质环境扰动破坏最为强烈的地区。区内地质灾害以自然及人为动力成因的崩塌、滑坡、泥石流和水土流失最为突出。局部岩溶塌陷发育。沿其西缘的中国南北向构造活动带（从横断山脉向北往龙门山至贺兰山一线）和汾渭地堑常

有地震发生。

(3) 西部高原冻土区 (Ⅲ): 包括西藏、青海和川西部分地区。区内大部为海拔 3000m 以上的高原, 气候寒冷, 人烟稀少, 经济开发程度甚低, 地质灾害几乎全为天然动力类型, 以冻土和雪崩为主, 喜马拉雅山区地震活跃, 一些大河谷地有崩塌、滑坡、泥石流发育。

(4) 北部草原沙漠区 (Ⅳ): 包括新疆、内蒙古伊盟、陕北、宁夏北部和甘肃西部。区内大部地势平坦, 干旱少雨, 温差较大, 物理风化及风蚀作用强烈。人口较稀, 经济开发程度较低, 以农牧业和煤及油气开发为主。主要地质灾害是土地沙化和沙丘移动对工程的掩埋, 煤层自燃和矿山井巷灾害, 以及河流上游截水引起的下游水源枯竭。新疆西部常有地震。

三、中国地质灾害发育的基本特点与发展趋势

(1) 类型多、灾种全、分布广、危害大。这是我国地质灾害发育的基本特点之一, 也是世界上任何国家难以比拟的。由于其危害特别巨大, 对我国社会、经济发展的影响也就特别严重。据统计, 我国 15 种主要地质灾害直接经济损失每年约 270 亿元, 占我国各类自然灾害直接经济损失的 25% (按 1994 年度统计)。人类不合理的工程经济活动和对资源的过度索取, 高消耗、高排放, 先污染 (破坏) 后治理的传统发展模式, 更是导致其类型不断增多、严重发育、久治不愈的外部因素。国内外的经验都证明, 地质灾害的发育危害程度与人口增长和工程经济活动的加剧呈正相关关系。在未来时期, 如不能合理规划人口增长、资源开发、环境保护的协调发展, 地质灾害还会有较大幅度的增长。

(2) 地质灾害具有群发性和相关性, 往往形成灾害体系或灾害链。处于同一自然地理或地质构造单元的区域, 往往具有群发性, 如宝成铁路 (宝鸡—绵阳段 552km) 崩塌、滑坡、泥石流平均线密度 1 处, 1981 年 7~9 月, 遭百年不遇的暴雨, 地质灾害全面爆发, 中断行车 3 个月, 维修经费近 3 亿元。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, 或是灾害体系或灾害链的某一个环节。在滨海平原区, 地下水超采造成了大面积地面沉降和海水入侵, 进而加重了风暴潮的危害。水土流失的直接危害是土层变薄、土地肥力下降、耕地减少, 至下游便造成湖泊、水库淤积、河道淤塞以及泄洪、蓄水、发电功能降低或失效。

(3) 地质灾害影响的持久性和发展过程的周期性。某些地质灾害一旦形成便难以恢复其原貌, 其发展过程是不可逆转的。如我国沿海城市和东部平原发生的大面积地面沉降与地裂缝, 黄土地区和长江以南石山地区的水土流失。崩塌、滑坡、泥石流等地质灾害的发生周期往往与降雨同步, 这与我国濒临太平洋受季风气候影响有关。

(4) 由于人口增长、经济迅速发展的双重压力, 导致我国地质灾害灾种增多, 频度增高, 危害性增大。如四川省自新中国成立以来, 人口翻了一番, 而崩塌、滑坡、泥石流灾害翻了三番多。辽东地区的泥石流 1949 年以前仅爆发 1 次, 20 世纪 60~70 年代分别爆发 2 次, 80 年代爆发了 6 次, 而且强度越来越大。矿山与地下工程灾害包括坑道突水、瓦斯爆炸、岩溶陷落柱等逐年增多。人口增长、经济发展, 受灾因素增多, 小灾酿成大害, 这反映了我国地质灾害的重要发展趋势。

(5) 由于缓变性地质灾害的日益加剧, 生态环境日趋恶化, 人类赖以生存的资源(水、土资源)逐渐减少或枯竭。据有关资料统计, 全国水土流失面积达 182.37 万 km^2 , 全国每年泥沙流失量超过 48.47 亿 t , 每年新增流失面积 4790 km^2 以上。我国“三北”地区现有沙漠和沙漠化土地 153.3 万 km^2 , 已超过全国耕地面积的总和。20 世纪 50~70 年代, 我国沙漠化土地以 1560 km^2 的速度扩大, 进入 20 世纪 80 年代, 沙漠化面积每年扩大 2100 km^2 , 现在仍有进一步扩大的趋势。

第三节 中国主要省(自治区、直辖市)地质灾害现状

1. 北京市

北京市地质灾害主要有泥石流、崩塌、滑坡、地面塌陷、地面沉降、水土流失与土地沙化、采矿污染等。

泥石流是北京地区最严重的地质灾害之一, 全市共有泥石流沟 584 条, 其中危害严重与较严重的泥石流沟 132 条。自建国以来, 泥石流灾害已造成 500 余人死亡, 7500 余间房屋被毁。全市共有崩塌、滑坡约 35000 处, 新中国成立以来因崩塌、滑坡造成了 70 多人死亡、200 多间房屋被毁。

北京市因采矿造成的地面塌陷主要分布在西山地区, 涉及门头沟、房山、丰台区的 20 多个乡镇办事处及 9 个国有矿区。目前已发现塌陷坑 1232 个、地裂缝 577 条、不均匀沉降 47 处。共造成 4200 余间房屋被毁, 近 30 处公路干道遭破坏。

2. 黑龙江省

黑龙江省地域广阔, 面积 $46 \times 10^4 \text{ km}^2$, 山地、丘陵、平原相间分布; 森林、草原、耕地、矿产等自然资源十分丰富; 气候条件跨寒温带和温带, 四季分明, 温差大和降雨相对集中的特点突出。需要指出的是, 长期以来, 作为资源大省的资源型经济发展政策, 不但造成了资源的盲目开采, 而且地质环境也受到了不同程度的破坏。正是由于上述特定的自然条件和人类工程经济活动结果, 造成黑龙江省自然地质灾害种类比较多, 分布普遍, 人为活动加剧了地质灾害的危害性, 甚至在一定区域内, 人为地质灾害却占了主导地位。

黑龙江省由于地理纬度较高, 在北部大兴安岭地区、黑河地区的北部有连续分布的多年冻土(岛状冻土), 其他地区则有季节性冻土分布。这些地区普遍存在着冻胀、融陷等冻土地质灾害, 主要表现在因冻胀和融陷而造成的多年冻土区, 使建筑物地基变形所产生的基础或整体建筑的破坏和季节冻土区的道路翻浆所产生的公路路面变形或损坏。

山区地质灾害主要有崩塌、滑坡、泥石流等。黑龙江省由于山区地形相对较缓, 岩石裸露陡立者较少, 所以只是在局部山顶基岩裸露处或构造节理发育处可发生崩塌, 但规模有限, 很少造成灾害。崩塌发生相对集中的是铁路、公路沿线, 每年都发生多起崩塌事故。滑坡主要分布在那丹哈达岭、老爷岭、张广才岭及小兴安岭东南段丘陵山区, 其中牡丹江地区最多。多发地段是切割强裂的江河两岸、丘陵山地的前缘和山区铁路、公路沿线。小兴安岭、老爷岭、张广才岭、那丹哈达岭是黑龙江省泥石流多发地区, 其

中穆棱河、汤旺河、拉林河、倭肯河、乌斯浑河流域是重灾区，每个流域 10 年中就要发生 3~5 次。

黑龙江省矿区地质灾害突出表现在因采煤造成的地面塌陷。鸡西、双鸭山、鹤岗、七台河等煤矿城市，由于煤系的大量开采，形成大面积采空区，造成井田上部岩土体失稳塌落，最终出现地面塌陷。目前，四大煤城矿区总塌陷面积已达 500km^2 以上，且多集中于市区，损失严重，用于塌陷造成的居民搬迁、房屋改建、市政维修、铁路改线、耕地赔偿，等费用达 8 亿多元。

黑龙江省对农业危害比较严重的地质灾害主要是水土流失、土地盐渍化、土壤沙化等。①水土流失水：全省水土流失面积 $13 \times 10^4\text{km}^2$ ，其中耕地面积 $6.7 \times 10^4\text{km}^2$ ，占流失总面积的 50%；②土地盐渍化：省内的松嫩平原闭流区、高平原西部低洼地带、西部山前倾斜平原的东部边缘以及三江平原局部地段都有盐渍土分布，总面积达 $1.87 \times 10^4\text{km}^2$ ，并以每年 15% 的速度递增。大庆市有盐碱化土地 $0.288 \times 10^4\text{km}^2$ ，其中耕地占 21%。③土壤沙化：全省现有土地沙化面积 $0.9907 \times 10^4\text{km}^2$ ，其中耕地占 $0.3040 \times 10^4\text{km}^2$ 。分布范围主要在松嫩平原西部和三江平原部分地区。

城市地质灾害主要表现为地下水污染及地面沉降。由于大中城市的工业发展，大量“三废”排放不合理，已引起地下水污染，地下水水质开始恶化，有毒有害物质严重超标，给城市居民的身体健康带来危害。由于城市长期大量抽取地下水，以哈尔滨、大庆为代表的局部严重超采区，已经形成了区域性地下水位下降漏斗，出现环境水文地质条件的恶化。哈尔滨市区域水位降落漏斗面积已达 300km^2 ，中心最大水位降 27.3m。大庆市也出现了 5000km^2 以上的地下水位降落漏斗。

黑龙江省境内的黑龙江、松花江、牡丹江等江河沿岸的塌岸地质灾害也比较严重，尤其是黑龙江中俄界河中方一侧塌岸造成了大量国土流失，问题相当严重，必须特别加以重视。据调查，仅黑龙江嘉荫段我方江岸，共有塌岸 16 处，长达 40km 以上。国土流失面积 3.93km^2 ，最大塌岸宽度达 500m；呼玛县欧浦村 1985 年一次洪水就侵蚀了宽 20~50m、长 300m 的堤岸，整个镇变为江道。

3. 吉林省

吉林省各种地质灾害的发育分布明显受地形地貌、岩土体类型控制，可将其划分为四大地质灾害区。①中低山以崩塌、滑坡、泥石流、岸边侵蚀为主区：主要分布在鸭绿江、图们江和主要支流沿岸以及老岭中山、威虎岭、龙岗山中低山区。诸盆地中还有地面塌陷、土地污染、水土流失等灾害。②低山丘陵以水土流失、地面塌陷为主区：水土流失主要分布在辉发河谷地、伊舒盆地和松花江及其支流沿岸。辽源、舒兰、蛟河一带地面塌陷较严重，此外，吉林、辽源等城市附近水土污染较严重。③高平原以水土污染为主区：主要分布在长春、四平等城市附近。东北部松花江沿岸水土流失较严重。④低平原土地劣化为主区：包括土地沙化、盐渍化、沼泽化、内涝等农业地质灾害。

4. 辽宁省

辽宁省位于我国东北地区南部，是一个重工业较为集中的省份。总面积 14.77万 km^2 ，其中平原面积占 35%，山地面积占 43%，丘陵面积占 22%。

辽宁省境内已知的主要地质灾害除地震外，还有泥石流、滑坡、地面变形、水土流

失及海蚀崖坍塌、海岸基底沉降等。

泥石流灾害集中发生在辽东丘陵区,重点受灾地区有宽甸地区、凤城地区、岫岩地区和辽南老帽山地区。据统计,1977年至1989年间共发生泥石流灾害8次,灾害的活动频繁程度是历史上罕见的,仅辽东丘陵区就有灾害点92512处,灾害造成的死亡人数1263人,冲毁房屋23454间,农田57.15万亩,毁坏桥梁、水利设施10328处,并造成铁路、公路及通讯线路中断,直接经济损失8亿多元。

滑坡、崩塌多出现在山区坡积裙地台,特别是现代强烈上升区,地形较陡而又有松散第四纪堆积物地段,如大连市南山村、王家沟一带及烈士山至炮台山北坡是易产生滑坡地段,1983年雨季发生过较严重的灾害。金县大和尚村和辽东半岛南部沿海的海蚀崖均发生过崩塌。

辽宁省的地面塌陷,从成因角度可分为自然地面塌陷和人为地面塌陷。自然地面塌陷主要发生在碳酸盐岩发育区,集中发生在辽南地区,而以瓦房店北郊三家子和海城地区最为严重。人为地面塌陷主要表现是矿产(包括地下水)开(过)采区的地面塌陷,如抚顺、本溪、阜新、沈北等煤田和金州石棉矿区、杨家杖子钼矿区以及沈阳市、鞍本地区的水资源地等都发生过地面塌陷,而煤田分布区是我省地面塌陷的严重灾害区。

辽宁省的山地丘陵占全省总面积的2/3,主要分布在辽东地区和辽西地区。由于受季风影响,省内夏季雨量集中,降水强度大,暴雨频繁,地表径流活动强烈是土壤侵蚀发生和发展的内因,而不合理的社会经济活动如破坏森林、任意垦荒、非法开采等是加剧土壤侵蚀的外因。全省水土流失的面积达5.59万 km^2 ,占总面积的38.4%,其中耕地水土流失面积为2270万亩,占耕地总面积的32.3%。辽西是全省水土流失最为严重的地区,水土流失面积达2.88万 km^2 ,占总面积3.98万 km^2 的72%,大部分地区的侵蚀模数为2000 t/km^2 以上,最严重的达5000~8000 t ,仅就朝阳地区而言,每年被冲走的表土为300多万 t ,其中损失无机养分氮、磷、钾,即达24万 t ,相当于两个大型化工厂的产量。

海蚀崖及海蚀洞塌陷常发生在海岸带陡峻的岩峰区,直接威胁沿岸建筑物安全。如金县龙王庙的海蚀洞穴已深入20m高的海蚀崖壁内数米,浪潮冲击极易产生坍塌,对建筑在上面的龙王庙疗养院等建筑构成威胁。基底沉降多发生在海岸带内,沿岸建筑物增加、沉积物压实、地下水过量开采以及溶洞、海蚀洞坍塌、海平面上升等均是导致基底沉降的因素。严重的基底沉降将造成海水入侵(倒灌),会给国家财产和人民生命带来巨大损失。钻探资料显示,大连市九里村中更新世冰积层埋藏于海平面60m以下,营城子冰积层埋藏于地表100m以下,说明在中更新世之后曾发生过大规模的基底沉降、海水入侵作用。

5. 天津市

天津,东邻渤海,北依燕山,地形北高南低。位于唐山—邢台地震带和北京—渤海地震带的交汇处,地震较为频繁。地质灾害类型有:地面沉降、滑坡、崩塌等。影响较大的地质灾害是地面沉降。目前已经形成了10个明显的沉降漏斗中心,最大沉降量近3m。

6. 陕西省

陕西地质灾害有滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷、地裂缝和地面沉降等。陕西省是我国地质灾害最为严重的省份之一，滑坡遍布全省 10 个地（市）大部分县（区），陕南秦巴山区的滑坡、崩塌、泥石流灾害尤为严重，地面塌陷、地裂缝、地面沉降等地质灾害在陕北和关中比较发育。

按物质组成，陕西省的滑坡可分为黄土滑坡、堆积层滑坡、基岩滑坡、膨胀土滑坡 4 种类型。黄土滑坡是陕北黄土高原和关中黄土台塬边缘的主要地质灾害。主要分布在陕北黄土高原黄土梁峁沟壑区及黄土塬边；关中盆地黄土台塬边、高阶地前缘；陕南山区凤县、洛南有零星分布。典型灾害是子长县黄家山潜在黄土滑坡。堆积层滑坡是陕南秦巴山区的主要地质灾害。主要分布于陕南秦巴山区，多见于低中山山麓缓坡及沟谷陡坡地段，以浅层滑坡为主。典型灾害为平利县松鸦滑坡。基岩滑坡，主要分布在陕南秦巴山区及陕北南部，关中北部低中山区，以片岩、板岩、千枚岩、片麻岩分布区较为发育。此类滑坡一般规模大，突发性强。典型灾害为镇坪县宝塔梁潜在基岩滑坡。膨胀土滑坡是陕南山间盆地周边主要的地质灾害。集中出现于汉中、西乡、安康盆地边缘的低山丘陵地带。

陕西省的崩塌可分为黄土崩塌和基岩崩塌两种。黄土崩塌主要发生在坡角 60° 以上的黄土斜坡上，多是由平行于坡面的节理或卸荷裂隙发展而成。主要分布在陕北黄土沟壑的支沟、残塬边坡，关中盆地台塬前缘、高阶地前缘。典型灾害为 1985 年 1 月 4 日发生的榆林市桐条沟张涧黄土崩塌，造成 21 人死亡，毁窑 9 孔。基岩崩塌，产生在陡峻的斜坡地段，一般坡度大于 75° ，坡面多不平整，裂隙发育，主要分布于陕北黄土梁峁沟壑基岩斜坡地带，陕南山区中山、断裂破碎带及道路沿线。典型灾害为 2000 年 4 月 6 日留坝县青桥驿乡万年桥村公路边发生的基岩崩塌，砸毁一辆奥拓小轿车，车内 4 人当场死亡。

泥石流，主要分布于陕北黄土梁峁区和陕南秦巴山区。典型灾害为 1994 年 7 月 12 日发生在潼关县西峪的泥石流，共造成 51 人死亡，多人失踪。

陕西省按地面塌陷的形成原因可分为岩溶地面塌陷和采空区地面塌陷。岩溶地面塌陷灾害多发生于陕南山区的宁强、镇巴、西乡、南郑一带。采空区地面塌陷主要分布于陕北及渭北煤矿区。由于采空区塌陷，在神（木）府（谷）、黄陵、铜川、蒲（城）白（水）、韩城矿区地面形成裂缝密集带，大片大片地面下陷，局部出现陷坑。

地裂缝，主要分布在关中盆地的中部和东部，陕南山间盆地边缘也有零星分布。西安市地裂缝灾害较为严重，地裂缝所过之处，造成田地破坏，房屋倒坍，管道断裂。目前西安已有 12 条地裂缝，裂缝总长度已达 70 多千米，最长的裂缝长达 10 千米。近年来，在泾阳、三原、蒲城、澄城、合阳、咸阳、渭南等地陆续发现地裂缝，给当地工农业生产造成了一定的损失。

地面沉降主要发生在关中盆地的西安、咸阳，尤其以西安市最为严重。

7. 甘肃省

甘肃省地处黄土高原、内蒙古高原和青藏高原的交会部位，地形地貌和地质构造复杂，山地及高原面积占 70% 左右，地质环境十分脆弱，是全国地质灾害最严重的省份之一。据有关部门统计，全省 86 个市（县、区）中有 62 个位于山区或河谷区，24 个