

中国地质灾害类型图

1 : 5 000 000

说明书

地质矿产部成都水文地质工程地质中心



地信网论坛

BBS.3S001.COM



地质出版社

中国地质灾害类型图

1 : 5 000 000

说明书



地质矿产部成都水文地质工程地质中心

地信网论坛
BBS.3S001.COM

主编 葛中远
编图 陈永侠 徐联合 左德虹
指导 胡海潮 田陵君
范占昌

地质出版社



前 言

灾害地质是灾害学的重要组成部分。目前世界各国地学界的学者们对地质灾害给予了很大的重视。早在 60 年代末、70 年代初就已经开始注意地质灾害的研究,尤其是加强了山地生态系统的研究。世界上许多山地国家由于人口的增长,森林的砍伐,侵蚀的加剧,引起山地环境的恶化等严重情况,开展了山地不稳定因素与谋求山地稳定途径的研究工作。

我国在 50 年代末、60 年代初,在铁路、公路、水利水电、矿山、地质等部门已开始注意到自然不良物理地质作用现象和问题的研究。自 70 年代末、80 年代初我国进行了大规模的经济建设,有关部门在配合国土规划,大江大河流域规划,重点经济区的开发,沿海开放城市、经济区的发展,以及国家重大工程的前期论证等工作中,促进了灾害地质工作的发展。各部门都不同程度地做了大量有关方面的调查和研究工作,取得了较多的生产和科研成果,尤其是近年来灾害地质方面的学术专著、科研论文不断发表,推出了许多新理论、新技术和新方法,使我国灾害地质的研究和工作,从理论到监测、预报和防治等方面都达到了一个新的水平。

我国地域辽阔,资源丰富,人口众多,自然地理、地质构造、地形地貌、气候等条件甚为复杂,地质灾害类型多,分布广泛,灾害也较频繁,是世界上地质灾害严重的国家之一。

所谓地质灾害目前尚未有一个统一的定义,我们认为“地质灾害是指地壳内动力作用及岩石圈表层在大气圈、水圈和生物圈的相互作用和影响下,自然地质作用或(和)人为地质作用,使地质环境恶化并导致人类生命、物质财富遭受损失的灾害现象或事件”。

随着我国大规模经济建设的发展,国土资源的大量开发利用,人口不断的增长,自然环境的演变和人为活动破坏地质环境,使我国山地、平原、城市及海洋地质灾害不断地发生和发展,尤其是近年来地质灾害有进一步加剧的趋势。

地质灾害对工农业建设和人类赖以生存的环境、生命财产构成很大的威胁,并造成严重的经济损失,引起国家和有关部门及地学界的极大重视。

最近第 42 届联合国会议把 20 世纪最后 10 年定为“国际减轻自然灾害 10 年”。为开展“国际减轻自然灾害 10 年”的活动,根据地质矿产部地质环境管理司、中国水文地质工程地质勘察院 1988 年下达的研究课题,开展了地质灾害研究工作;编制 1:500 万《中国地质灾害类型图》。此项研究课题已于 1989 年 12 月完成并经国家验收。

这幅图主要是反映在不同的地质环境下,自然的和人为的地质作用所形成的地质灾害的类型、发育程度及分布规律。

它是一幅区域性、综合性并带有评价预测性的图件,着重反映了我国地震、崩塌、滑坡、泥石流、矿山地面塌陷、岩溶塌陷、突水突泥、地面沉降、地裂缝、水土流失、土地盐碱化、土地沙漠化、冻融、诱发地震、煤田自燃、沙土液化、土地沼泽化、淤积、土体胀缩变形、雪崩等近 30 种主要地质灾害类型。

我们在收集资料过程中得到各省、自治区地质矿产局所属有关水文地质工程地质大队,中

中国科学院所属有关研究所，国家地震局所属有关单位，铁道部所属有关勘察设计院、研究所、地质矿产部海洋地质调查局，中国地质科学院所属研究所，中国水文地质工程地质勘察院所属水文地质工程地质中心、水文地质工程地质大队以及地质院校等领导和同行的大力支持，提供了不少宝贵资料。本图引用的资料一般截至 1989 年底，个别资料截至 1990 年 5 月止。

在编图过程和最终成果验收中先后得到张宗祜、孙广忠、张咸恭、张倬元、刘广润、晏同珍、谭周弟、彭一民、岑嘉法、夏其发、王兰生、郭希哲、魏金石等专家、教授的热情指导，以及韩宗珊、叶启相等同志的支持和帮助，在此一并致谢！

主编 葛中远



地信网论坛

BBS.3S001.COM

目 录

前 言

一、编图原则、内容与方法.....	(1)
1. 编图原则与内容	
2. 图面内容表示方法	
3. 地质灾害规模划分标准	
二、地质灾害类型、形成、发育及分布规律.....	(3)
1. 地质灾害类型划分	
2. 地质灾害形成的因素	
3. 地质灾害的属性	
4. 地质灾害发育程度划分的原则	
5. 地质灾害的分布规律	
6. 地质灾害类型的发育、分布特征及发展趋势	
三、中国地质灾害类型区划	(18)
1. 地质灾害区划原则	
2. 地质灾害分区特征	
四、地质灾害的危害	(24)
1. 中国地质灾害危害概况	
2. 地质灾害的危害形式及后果	
3. 影响地质灾害危害程度的因素	
五、地质灾害防治	(31)
结 语	(33)
主要参考文献	(34)

一、编图原则、内容与方法

编制中国地质灾害类型图的目的是为国民经济建设规划布局、国土开发整治宏观决策提供基础资料，为地质灾害的防灾、减灾和地质环境整治与保护指出方向。

1. 编图原则与内容

图件采用地质出版社新编绘的 1:500 万地理底图，在收集前人有关地质灾害资料和专题科研成果的基础上，全面进行分析、筛选、整理，并结合一定数量的野外验证后编成的。由于图面容量有限，只能选择有代表性的，并具有中等规模以上的、或规模虽小，但危害较大的地质灾害点。

图上要反映中国主要地质灾害类型、发育程度、分布规律及形成的地质背景条件；反映中国主要地质灾害个体形态类型规模、强度及其特征；反映中国地质灾害形成的成因，即自然演化形成的和人类工程经济活动诱发、触发或激发形成的地质灾害状况；并在上述资料基础上，经综合研究，高度概括后进行地质灾害区划。

2. 图面内容表示方法

图面内容主要是反映地质灾害类型、发育程度、分布规律及地质灾害组合类型区划。用普染色反映地质灾害的组合类型，不同颜色的深浅色调反映地质灾害的发育程度，共划分 12 组组合类型灾害，反映出近 30 种灾害类型；用不同的个体符号反映地质灾害形态类型（水土流失类型除外）；不同颜色的个体符号反映灾害的成因，个体符号直径大小反映规模；用线状符号反映第四纪主要的活动断裂构造等地质背景条件；为突出反映内生的地震灾害，除表示 6 级以上主要地震震中外，另用线划网纹显示 6 级以上地震危险区划范围；用晕带表示地质灾害组合类型区和亚区界线。

3. 地质灾害规模划分标准

(1) 地震震级

≥ 8 级 极强烈的

$7 - 7\frac{3}{4}$ 强烈的

$6 - 6\frac{3}{4}$ 中强烈的

(2) 崩塌、滑坡体积规模

$\geq 10^8 \text{m}^3$ 为巨型的

10^7-10^8m^3 为大型的

10^6-10^7m^3 为中型的

(3) 泥石流固体物质体积规模

$\geq 10^6\text{m}^3$ 为巨型的

10^5-10^6m^3 为大型的

10^4-10^5m^3 为中型的

(4) 矿山地面塌陷、地面岩溶塌陷密度系数

≥ 50 个/ km^2 为强烈的

$10-50$ 个/ km^2 为中等的

< 10 个/ km^2 为弱的

(5) 地面沉降速率 (年下沉量)

≥ 100 mm/a 为强烈的

$10-100$ mm/a 为中等的

< 10 mm/a 为弱的

(6) 地裂缝密度系数 (每条长 $>100\text{m}$ 计)

≥ 10 条/ km^2 为强烈的

$5-10$ 条/ km^2 为中等的

< 5 条/ km^2 为弱的

(7) 土地沙漠化移动速率 (程度)

$\geq 10\text{m/a}$ 为强烈的

$5-10\text{m/a}$ 为中等的

$< 5\text{m/a}$ 为弱的

(8) 水土流失侵蚀模数

$10000-20000$ t/ $\text{km}^2 \cdot \text{a}$ 为极强烈的

$5000-10000$ t/ $\text{km}^2 \cdot \text{a}$ 为强烈的

$2500-5000$ t/ $\text{km}^2 \cdot \text{a}$ 为中度的

(9) 土地盐碱化 (按 100g 土中含可溶盐量占总量的百分比——全盐量)

$\geq 0.6\%$ 重度盐碱地

$0.4-0.6\%$ 中度盐碱地

$< 0.4\%$ 轻度盐碱地

(10) 诱发地震 (强度)

≥ 6 级 强烈的

$4-6$ 级 较强烈的

$2-4$ 级 较弱的

二、地质灾害类型、形成、发育及分布规律

1. 地质灾害类型划分

地质灾害类型繁多，不仅陆地地质灾害发育，海洋地质灾害也较发育，海洋地质灾害与陆地地质灾害有相似性。目前我国对地质灾害类型尚未有一个系统的、完整的分类体系。我们通过这次编图研究，初步建立一个以地质灾害形成空间分布及成因动力条件进行系统分类（图 1、图 2）。

2. 地质灾害形成的因素

地质灾害的形程是受控于环境。一是自然环境，二是人文社会环境。自然环境是由岩石圈、大气圈、水圈及生物圈所组成。人文社会环境是人类技术经济活动的场所。是人类从事生活、生产、工程技术经济活动的空间。地质灾害就是在上述系列环境条件下孕育形成的。环境因素一般由以下 10 个因子组成。（1）岩土体物性、结构组合关系。（2）新构造活动特征：地壳升降幅度和活动（走滑、倾滑、蠕滑）断裂性质位移、速率。（3）地震强度、影响范围、发震频度、分布、密度。（4）地形地貌条件，地形切割程度，斜坡和沟谷坡降。（5）地下水活动特征（地下水埋藏、水力性质、物理化学特征、赋存形式、动态特征）。（6）地表水活动特征（径流条件、流速、流量、水化学特征、动态特征）。（7）岩石风化程度及岩体的完整性。（8）地表植被状况（植被种类、复盖率）。（9）气候条件和气候因素。（降雨强度、气温、风力强度）。（10）人类工程经济活动的性质、方式、强度、影响范围等。

3. 地质灾害的属性

地质灾害的形成是经过一个较长时间的孕育过程，它是在特定的地质环境条件下自然地质作用或（和）人为地质作用，由量变到质变的发生、发展直至消亡的全部过程。

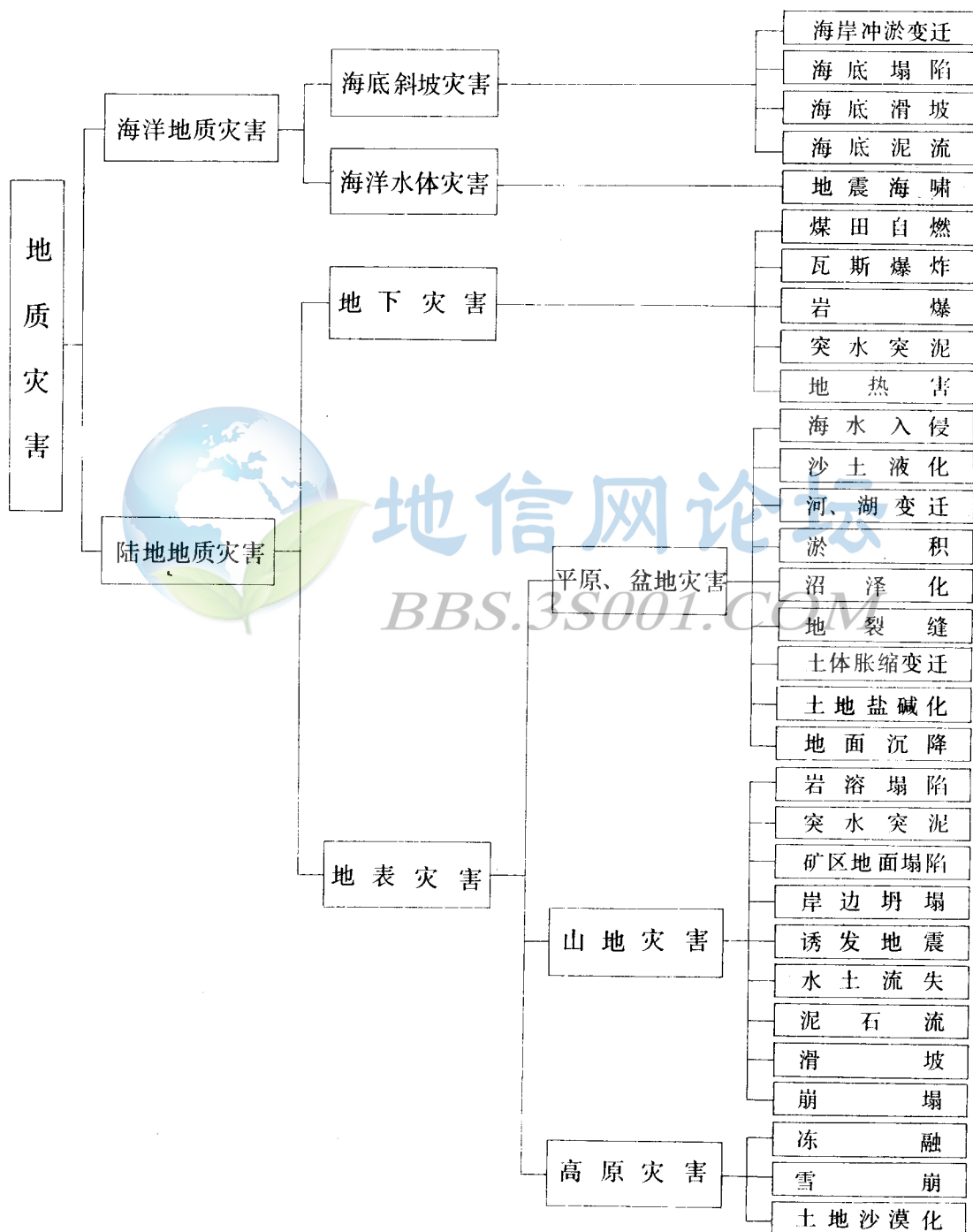
不同的地质环境产生不同性质的灾害类型，不同的灾害类型，其内涵与属性不尽相同，有它们的共性，也有各自的特性。从地质灾害形成的运动特性可划分为突发性和累进性两种灾害类型。这两种灾害类型各有不同的属性和特征。

突发性地质灾害大都以个体形态出现，但也有群体出现的，它们是骤然发生，历时短，暴发力强，成灾快，危害大的特点。

累进性地质灾害是以物理的、化学的或生物的缓慢交换作用和变异的过程。在成灾的过程中累进性的扩展与外延，灾情由轻逐步加重，受灾范围逐渐扩大，呈片状分布，涉及范围广，危害面大，它不仅破坏农田、对工程建筑造成危害，更值得重视的是对生态环境带来系

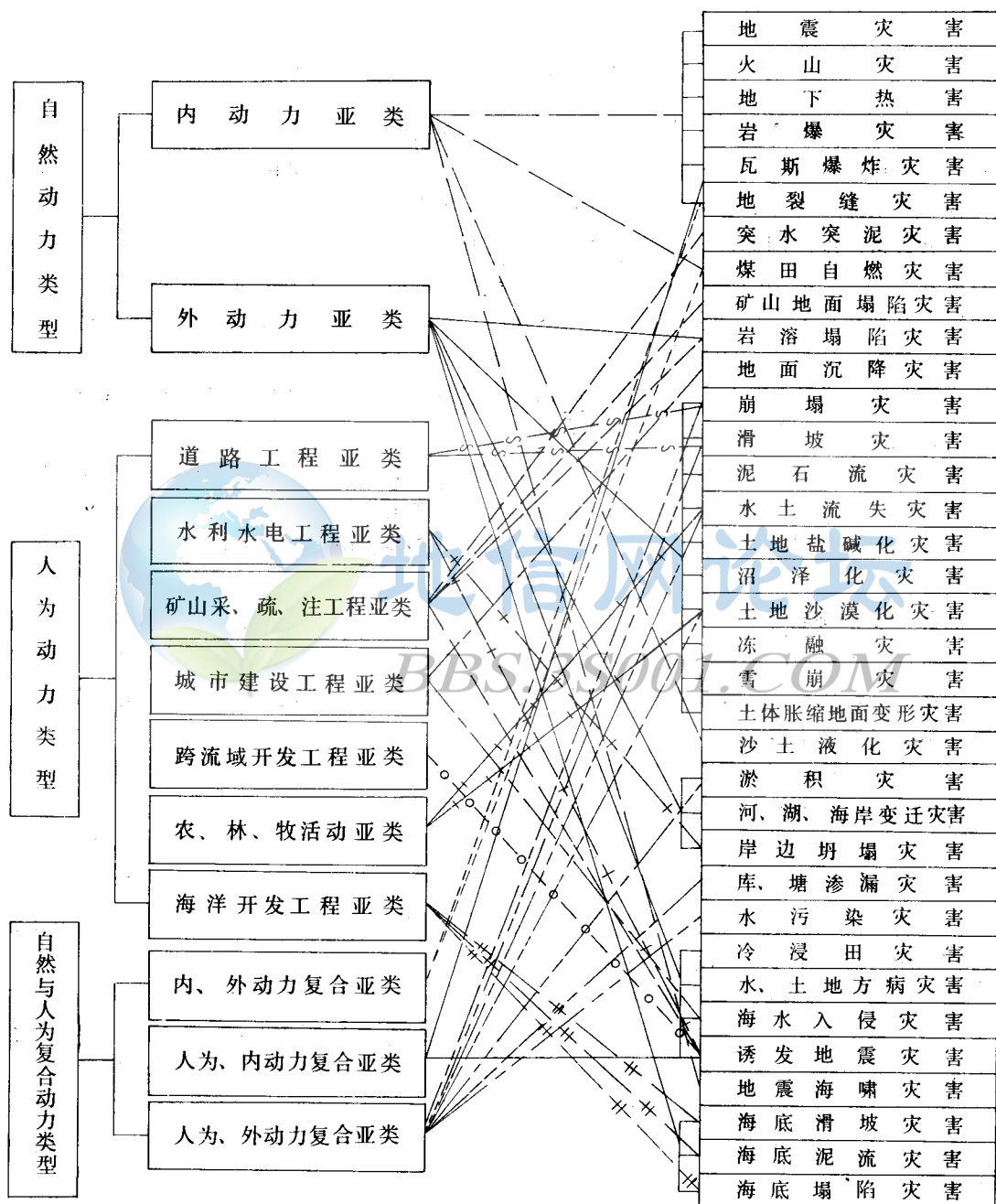
地质灾害空间分类体系图

图 1



地质灾害成因类型体系图

图2



列影响和严重的后果。它不同于突发性灾害,一般不会对建筑物造成人员伤亡,因而往往被人们所忽视。如水土流失、土地沙漠化、土地盐碱化等灾害类型,它比突发性灾害造成的后果更为严重,恶化生态环境,破坏农业生产力,直接或间接地威胁人类赖以生存的环境质量和产生系列变异。

(1) 突发性地质灾害的属性

地质灾害成因的多元性 突发性地质灾害的形成并非单一因素所致,从动力条件分析:一种是内动力作用形成的,另一种是外动力(含人为动力)作用形成的,也有自然与人为动力复合作用形成的。为此,它的成因是很复杂的,大都是复合因素所形成的。

地质灾害活动的周期性 突发性地质灾害类型,无论是内生的或外生的,如地震、滑坡、泥石流等,都具有活动的周期性特点。地震每次震后都有一个应力孕育和能量储存时期,即为应变积累和释放的过程,它是有一定的周期性。不同构造部位地震活动周期是不同的,据有关部门推断一般分为三类地区:第一类活动周期 300—400 年,如华北、华南、青藏高原北部地震区;第二类活动周期约 100 年,如新疆中部及青藏高原中部地震区;第三类活动周期约几十年,如台湾东部及青藏高原南部地震区^[1]。

滑坡、崩塌、泥石流活动也具有一定的周期性,它们周期性的变化明显地受气候周期性变化的影响。大气环流周期性的变异,直接影响大气降雨量的变化。降雨量和雨强又是诱发滑坡、泥石流的重要因素。如四川 1981 年和 1989 年普降大雨、暴雨,滑坡、泥石流山地灾害普遍发生,是重灾年份,仅隔 8 年为一个活动周期。

地质灾害的原地复发性和多发性 突发性地质灾害有原地复发性和原地连续暴发(多发)的特性,如地震、滑坡、崩塌和泥石流等灾害类型。地震灾害有原地复发的特性,如在四川炉霍、甘肃甘谷、广东南澳等地,历史上曾发生 2 次以上强地震,尤其是我国西部地区,这种原地重复发生率较高。

泥石流、滑坡、崩塌具有原地复发或多发性。泥石流、滑坡等灾种在部分灾害点可连续发生或多次发生的特性,只是在发生的频次和时间尺度不同而已。从发生频次而言,有的灾种发生第二次之后达到平衡状态即休止,但有的灾种灾害点可连续发生多次。从灾害发生的时间尺度上看,在年度内,或时隔数年或数十年可暴发数次,数十次之多,如泥石流灾种表现突出,我国川藏公路古乡冰川泥石流沟,仅 1963 年内曾先后暴发过 70 多次;云南小江流域蒋家沟泥石流沟于 1965 年内先后暴发过 28 次之多。

部分地质灾害的群发性和同步性 滑坡、崩塌、泥石流地质灾害是具有一定的群发性和同步性。这类灾害大都为暴雨诱发形成的,当降雨使土体或岩体超过极限平衡状态时,在短短的数小时或几天之内同时暴发形成灾害。如中国东北地区 1981 年 7 月以老帽山为中心 400km² 范围内,数日连降大雨,仅 1 小时内 6 个公社 16 个生产队近百条沟谷同时发生了滑坡、崩塌、泥石流、造成了 610 人丧生,使长(春)一大(连)铁路线停运 13 天,造成严重经济损失^[2]。

部分地质灾害的复活特性 具有复活特性的灾害以滑坡表现尤为突出,当滑坡发生后休止,处于稳定状态,但由于某些自然因素和人为因素的作用,又破坏了平衡状态,使滑坡重新复活。如长江鸡扒子、新滩滑坡等均为古滑坡,它们是在暴雨的激发下又复活的。这类滑

坡在黄河中上游地区的龙羊、查娜等滑坡均为古滑坡，当水库蓄水后涌浪作用又使其重新复活。

一种灾害类型发生可诱发或伴生其他类型灾害发生的特性 内动力形成的地质灾害可诱发外生地质灾害或伴生灾害的发生。如地震或火山地质灾害，由于内动力效应可引起滑坡、崩塌、泥石流、地裂缝、沙土液化等次生灾害或伴生灾害的发生。如 1973 年炉霍 7.9 级地震和 1976 年松潘 7.2 级地震都诱发了大量的滑坡、崩塌、泥石流、地裂缝灾害，1976 年唐山 7.8 级地震，诱发了天津、滨海平原地区沙土液化灾害等。

地质灾害在其发生和发展过程中转化为其他灾害的特性 地质灾害由一种类型转化为另一种类型时，它们之间有着密切的内、外在联系，具有不同程度的相关性。如内动力作用方面的活动性断裂可诱发构造地震，由于地震动力效应又可引起崩塌、滑坡、地裂缝、沙土液化等次生灾害的发生。又如外动力地质作用方面（含人为作用）可产生滑坡、崩塌，而滑坡、崩塌又可转化为泥石流。如 1989 年 7 月 10 日四川华莹市溪口镇马鞍坪滑坡规模达 $172 \times 10^4 \text{m}^3$ ，由于连降暴雨滑坡体在舜间转化为泥石流灾害。水土流失造成河道、水库、湖泊、海口淤积，由于大量的淤积使河、湖蓄水量减少，产生洪水泛滥或造成河、湖、海岸变迁，形成了连续的危害转化，构成了灾害链或恶性循环（见图 3）。

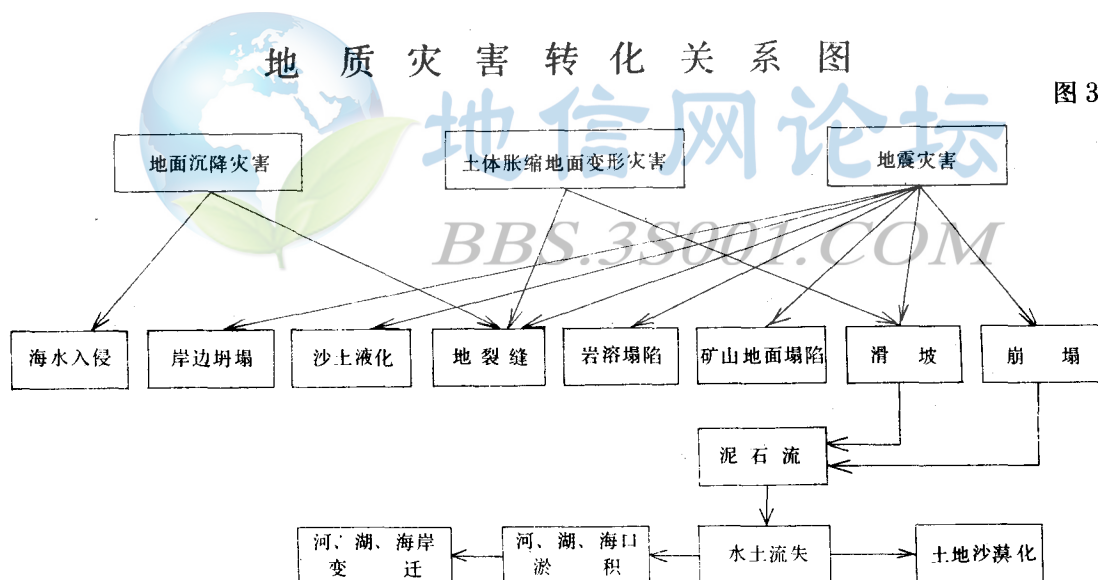


图 3

(2) 累进性地质灾害属性

累进性地质灾害类型的属性，有它们共性的地方，就是在成因上都具有多元性的特征。其类型主要有土地沙漠化、水土流失、地面沉降、土地盐碱化、土地沼泽化、煤田自燃、河湖淤积、以及海岸变迁等，这类灾害的属性是：以物理的、化学的或生物的累进性缓慢变异过程，造成灾害程度由轻逐步加重的特征；这类地质灾害分布广，面积大，呈片展布，灾害有逐步扩张、外延和迁移的特性；部分累进性地质灾害有转化为他种灾害类型的特性，如水土流失灾害转化为淤积灾害，淤积灾害又可转化为河、湖、海岸变迁灾害等。

(3) 地质灾害都具有一定的随机性

地质灾害不论是突发性的或累进性的都具有一定的随机性。大部分灾害类型人类是可以预防与改造的,甚至避免或减轻灾害造成的损失,有一部分灾害类型是不可逆转的,它们大都是以自然因素为主形成的。

除了内动力形成的火山、地震、地下热害等和外动力以气候因素的作用形成的冻融、雪崩、土地沙漠化、土体胀缩变形灾害等,是不可逆转或不能完全逆转之外,大部分地质灾害类型人类是可以通过科学的手段预测、预防或减少、减轻的。

累进性地质灾害较突发性地质灾害有更大的随机性,由于它的特性是一种缓慢变异过程,这就给人类更多的时间和机会来预防其发生和扩展,如水土流失、土地沙漠化、土地盐碱化等。

人为作用形成的地质灾害,只要是在人类工程技术经济活动中保持适度的开发和采取必要的措施,完全有条件避免其发生。

4. 地质灾害发育程度划分的原则

地质灾害发育程度的划分,是一项基础性和综合性的评判研究工作,地质灾害的形成和发育取决于特定的自然环境和人类社会环境等诸因素。不同的地质环境发育和形成不同类型的地质灾害。

地质灾害发育程度是由自然生态环境脆弱程度、地质环境质量状况及人类社会技术经济活动状况等诸因素所决定的。这些环境因素是由众多聚类因子组合而成的,影响程度可从灾害孕育系统和灾害形成过程系统的因子来权衡,我们称之为灾害发育系数。它又可分解为两个子系统,即灾害孕育系数和灾害诱发系数所组成。鉴于此原则,我们建立一个较客观地评价灾害发育程度的评价模式,采用半定量评价方法,拟定一个模糊综合评判数学模式。应用已掌握的环境因子信息,经全面分析,权衡各因子在灾害孕育过程中所占的重要位置,找出在特定的环境条件下占主导地位的因子,及相关因子进行全面统计、计算,综合评判。

对地质灾害发育程度的评价,我们拟用灾害发育系数进行评价。灾害发育系数是由灾害孕育系数和灾害诱发系数之和的二分之一构成。

用下列式表达:

$$K = \frac{1}{2} (N_A + N_B) \quad N_A = \sum_{i=1}^{n_1} P_1 D_i$$

$$N_B = \sum_{j=1}^{n_2} P_2 D_j$$

式中:

K ——灾害发育系数;

N_A ——灾害孕育系数;

N_B ——灾害诱发系数;

P_1 、 P_2 ——权重;

D_i 、 D_j ——灾害因子评判值

灾害孕育系数和灾害诱发系数权重分配拟采用加权平均值。灾害孕育系数是由 8 个环境因子组成。诱发系数是由 2 个环境因子组成（环境因子见第 3 页，分别由前 8 项与后 2 项不同因子组成）。

即 $P_1 = 0.125 \quad i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8$

$$\sum_{i=1}^8 P_1 = 1$$

$P_2 = 0.5 \quad j = 1, 2$

$$\sum_{j=1}^2 P_2 = 1$$

D_i, D_j ——灾害因子评判值，它是对某地区灾害类型各因子的专家模糊评判值。

根据上述模糊综合评判式，结合各个不同地域、不同地质灾害类型的实际资料进行数理统计、运算和综合平衡，确定三个不同程度地质灾害发育系数区间值：

$K > 0.7$ 为灾害强烈发育

$K = 0.4 - 0.7$ 为灾害中等较发育

$K < 0.4$ 为灾害弱或不发育。

地质灾害弱或不发育区，系指地质灾害发育较弱的地区，也可以视为是相对“安全岛”。

5. 地质灾害的分布规律

中国地质灾害的发育和分布有明显的区域性和地区性的规律，受大地构造、地形地貌、气候和人类工程、经济活动诸因素的制约。

中国地处欧亚板块东南部，东邻太平洋板块，西与印度板块相接。受世界上两大活动最强烈的地震带的影响（环太平洋地震带和喜马拉雅-地中海地震带），中国陆地地震发育，为典型的板内地震。从构造活动特征看，台湾构造带是太平洋板块西部的菲律宾板块和欧亚板块边缘构造带，喜马拉雅构造带则是印度板块和欧亚板块的碰撞带，因而地震最活跃；其余不同断块区地震活动亦有差异，主要是与活动性深大断裂及断陷盆地密切相关。如青藏断块区分布有著名的南北向地震带，华北地区有郯城-庐江带、燕山带、晋中带，台湾东部带和台湾西部带等。这些地区地震活跃，频度高，强度大，分布广。地震灾害涉及全国 30 个省、自治区、直辖市，有 21 个省、自治区、市境内发生过 6 级以上地震，特别是西部、华北和台湾地区都遭受过大地震的危害。地震又是诱发其它地质灾害的动力之源，其它灾害、尤其是崩、滑、流灾害与地震有着密切的相关性。如我国西南、西北和华北地区，滑坡、崩塌、泥石流灾害的发育和分布与活动性断裂、地震带的分布是吻合的。

中国陆地气候是十分复杂的，气候条件又受纬度带和地形地貌条件所制约。纬度分带影响气候的水平分带；地形地貌影响气候的垂直分带。自然地质灾害的发育和分布除特定的地质环境外，明显地受气候类型的影响。

中国陆地纬度带的分布自南向北，由低纬度向高纬度过渡，气温和降雨也随之变化。南方气温高，降雨充沛，湿度大；北方气温低，降雨量减少，气候较干旱。灾害类型的形成和分布与气候带展布非常密切。南方气候湿润，地表水、地下水活动强烈，在碳酸盐岩分布区岩溶发育，由于水动力条件变化，岩溶塌陷、突水突泥灾害发育，以及由于水和气温的作用，

特殊土体胀缩、地面变形和非构造型地裂缝灾害也较发育。北方地区，气候半湿润一半干旱、干旱，因此有土地沙漠化、水土流失、土地盐碱化灾害发育。大兴安岭高纬度地区，气候寒冷，因而冻融灾害发育。

中国陆地地势变化很大，总体看是西高东低，可分为三级阶梯。

第一级阶梯是青藏高原，平均海拔 4000m 以上，为高原高海拔，气候寒冷，年平均气温一般在 -0.8 — -6.5°C ，昼夜温差大，寒冻作用普遍，冻胀、融沉、融冻泥流、雪崩等灾害发育。

青藏高原以北和太行山、伏牛山、雪峰山以西的我国中部地区为第二级地势阶梯，一般海拔 1000—2000m 以下，山地广布，并有高原、盆地相间分布，地形切割较剧烈，尤其是在第一级与第二级地势阶梯过渡地带是地形裂点，相对切割深度可达 1000m 以上。区内气候由半湿润到干旱、半干旱。长江流域降雨较充沛，黄河流域降雨量偏小。两大流域的降雨时空分配不均，降雨主要集中夏季，夏季暴雨多，强度大，暴雨日降雨量达 50—200mm 不等，最大可达 300mm 以上。山地区由于暴雨诱发作用和人为活动的叠加作用，因而滑坡、崩塌、泥石流、水土流失等山地地质灾害甚为发育，分布广泛。

在太行山、伏牛山至雪峰山一线以东地区为第三级地势阶梯，一般海拔在 500m 以下，地形较平缓，切割较弱。平原和丘陵交错分布，主要有长江中下游平原、华北平原、松辽平原、珠江三角洲平原。这些地区人口稠密，大中城市分布集中，工业、农业、交通、水利水电、工矿采掘业均很发达。由于大规模生产建设的发展，城市和农灌用水急剧增大，因过量地开采地下水资源而造成地面沉降和海水倒灌灾害。在矿山地区，因采空和疏干排水、抽水、注水造成矿区地面塌陷、岩溶塌陷、地裂缝灾害。兴修水利水电、矿山开采等造成诱发地震灾害以及河、湖、海口、港口淤积灾害等。因此在中国东部地区发育和分布的灾害类型主要是以人类工程经济活动为主体的地质灾害。

6. 地质灾害类型的发育、分布特征及发展趋势

各种主要地质灾害类型的发育、分布特征及发展趋势详见表 1。

表 1 地质灾害类型的发育、分布特征及发展趋势

类型	成因及性质	发育、分布特征	发展趋势
地震灾害	<p>主要指构造地震,是由活动性断裂滑移、拉张引起的能量释放,以弹性波传播地壳表面发生震动</p>	<p>我国地处欧亚板块的东南部,受环太平洋地震带和地中海-喜马拉雅地震带的包围影响,我国大陆上发育的地震是典型板内地震,具分布广、频度高、强度大、震源浅的特点。</p> <p>按地震的发育特点划分为三个区域^[3]:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 东部地区:地震主要分布在陕西、山西、河北、山东、渤海湾和福建沿海,其它地方零星分布。地震主要发育在深大断裂和断陷盆地地带,如郯城-营口深断裂、太行山山前大断裂等均发生过 7—8 级强地震,汾渭和银川断陷地带也是强烈地震带。以上地震带先后发生过强震,如海城 7.3 级、邢台 7.2 级、唐山 7.8 级强烈地震等。其特点是除东北为深源地震外,其它均为浅源地震;地震强度大、复发期长。 2. 西部地区:除塔里木、准噶尔、柴达木盆地外,绝大部分都有地震发生,是我国最主要地震区之一,主要分布在新疆断块、青藏断块区。沿天山南、北缘深断裂、柯坪断裂、且末断裂和西昆仑北缘深断裂等,发生过 8—8.5 级强震 3 次,如 1931 年阿尔泰发生 8.0 级强震。青藏断块主要受川滇南北向构造带的影响,沿构造带或带内深大断裂地震活动强烈,如鲜水河、小江、安宁河、元江、玛沁-略阳深大断裂及河西走廊断陷盆地等均为强震活动场所。该区发生 8 级以上地震 6 次,7—7.9 级地震 50 次,6—6.9 级地震达 234 次之多(截止 1976 年),如 1920 年海源 8.5 级、1927 年古浪 8 级、1933 年叠溪 7.5 级、1970 年通海 7.5 级、1973 年炉霍 7.9 级大地震。此外在 1988 年云南澜沧又发生 7.6 级大地震。其特点是活动频繁、复发期短、强度大。 3. 台湾地区:是我国地震活动频度最高地区。这里地震多分布在东部海域,陆地上相对较少。中央山脉和海岸山脉两断块之间为纵谷断裂带,发育北北东和近东西向两组活动断裂,自 1900 年以来发生 8 级强震 2 次,7—7.9 级地震 30 次,6—6.9 级地震 152 次,它们主要集中分布在中央山脉东侧和台湾东部海域。其特点是活动频繁、复发期短、强度大 	<p>据地震专家预测,我国地震活动自 1976 年后经过 9 年的相对平静期,自 1985 年起又进入相对活跃高潮期,预计这个时期将延续到本世纪末。在这个时期内在大陆地区可能发生多次强烈地震。如 1988 年 11 月 6 日云南澜沧一带发生 7.6 级强震,过后又连续在巴塘、小金—丹巴、甘肃甘谷、山西大同先后发生 6 级以上地震。1989 年 11 月 20 日重庆江北县统景镇发生了 5.4 级地震;1990 年 4 月 26 日在青海省共和与兴海之间发生了 6.9 级强烈地震,造成了严重的损失</p>

续表 1

类型	成因及性质	发育、分布特征	发展趋势
诱发地震灾害	指人类工程经济活动导致岩石圈表部应力调整释放,造成局部地壳表部震动	诱发地震种类较多,主要是人类工程经济活动引起的,如水库诱发地震、深井注水诱发地震、矿山抽水排水诱发地震、油田开采诱发地震、山崩或塌陷诱发地震等等,目前我国已发现有 46 例。它的特点是震源浅、暴发频度高、强度小(大都<5 级)、影响范围小(一般几平方公里至几十平方公里),造成不同程度的破坏。如水库诱发地震全国已有 14 例,其中 6 级以上的强震 1 例,4 级以下有 9 例。广东新丰江水库曾发生过我国最早也是最大的 6.1 级水库诱发地震	大型水库、电站和矿山开发都可能造成诱发地震,特别是在山区活动性断裂发育分布地区、高地应力分布区,这些地区人类工程活动都可能导致诱发地震
地裂缝灾害	地裂缝的成因很复杂、可分为构造型和非构造型两种。构造地裂缝是活动断裂或地震引起的,有明显方向性。非构造地裂缝,主要是胀缩土或其他重力等因素引起的(含人为活动引起的)	<p>地裂缝在我国分布很普遍,主要发育分布在沉降平原、盆地及丘陵台地内。目前已在陕、甘、宁、苏、豫、皖、鄂、晋、新、辽、吉等十余省、自治区 200 多个县发现千处以上,总体看分布在我国的中部和东部。</p> <p>构造地裂缝、大都是发生在大地震前后。在汾渭地区及西安市已发现构造地裂缝 100 余处,主要是由构造形成或因过量抽水诱发的,呈 NEE 走向雁行排列,间距为 1--1.5km,延伸长 5--12.5km,有明显的规律性。</p> <p>非构造地裂缝主要发育在南方的云、贵、川、湘、粤、桂等省。它主要为胀缩土、地面塌陷及重力因素形成,一般长数米至数十米,无明显规律,受地貌条件的制约</p>	<p>由于活动性断裂和地震的活跃,在我国中部、东部地区地裂缝仍会继续发展。</p> <p>非构造地裂缝由于人类的工程活动加剧和特殊类土的失水收缩以及重力作用等,地裂缝也将会不断地出现</p>

续表 1

类型	成因及性质	发育、分布特征	发展趋势
崩塌、滑坡、泥石流灾害	<p>崩、滑是由地表斜坡地带岩体或土体变形破坏、重力移动、堆积造成的。</p> <p>泥石流是固体物质与水混合沿沟谷或斜坡运移、堆积的产物。崩、滑、流灾害的形成主要是外动力地质作用产生的,包括自然地质作用和人为地质作用或自然与人为复合作用。也有内动力和地震动力效应诱发的崩、滑次生灾害</p>	<p>崩、滑、流是山地最常见的灾害,它具有活动频度高、突发性强、历时短、成灾快的特点。主要发育分布在我国的中部山区,其次是西部和东部地区。在长江上游的横断山、黄河中上游的黄土高原最为发育,青藏高原南部山地、内陆盆地周边的阿尔泰山、天山南坡、昆仑山西段较发育;在东北辽河流域、华北燕山山地滑坡、泥石流也较发育。</p> <p>长江流域山地是以岩质崩、滑为主,在黄河流域的黄土高原是以土质滑坡为主。前者崩、滑规模大、中、小型均有,以中小型为主;后者多为特大型、大型滑坡,且以古滑坡多见,由于自然地质作用和人为活动使黄土古滑坡复活者较多。在我国西部地区青藏高原以冰湖溃决泥石流规模最大,并时有雪崩灾害等发生。</p> <p>我国的滑坡、泥石流多以暴雨型为主,发育在大江大河两岸,铁路、公路沿线及矿山、水利水电开发地区,大都呈条带状线型展布;沿活动断裂带与断裂构造交汇、复合部位最为密集。</p> <p>就泥石流物质结构而言,在我国中部是以泥石流、泥流占主导;西部是以冰川泥石流、水石流为主;东部华北、东北地区是以水石流为主。</p> <p>总体来看我国中部崩、滑、流暴发频度高、分布广、危害大;西部地区暴发频度较高、分布较广、危害较大;东部地区暴发频度低、个体规模小,但群发性者多,危害也较严重</p>	<p>由于气候的变迁,近年来气候变暖,雨水增多,所以,每逢雨季崩、滑、流灾害有进一步发展的趋势。</p> <p>尤其是由于人类工程经济活动的加剧,山地资源的开发,破坏了生态环境,植被覆盖率减少,也将会导致山地灾害的进一步发生和发展</p>
地面塌陷灾害(含岩溶塌陷)	<p>地面塌陷系指在自然地质作用或人为地质作用下,地面局部产生重力塌落的地质现象。地面塌陷按动力条件分为自然地质作用塌陷和人为地质作用形成的两种类型。按岩性结构分为岩溶塌陷和非岩溶塌陷</p>	<p>地面塌陷主要分布在我国东部和中部地区。黑龙江、吉林、辽宁东部、山西大部、河南西部、山东东部等北方地区,主要是因矿山开采、人为活动形成的为主,也有部分岩溶地区开采地下水引起的岩溶塌陷。在南方是以岩溶塌陷占多数,主要发育在广西、云南、贵州、四川、湖北、湖南、江西、广东等广大碳酸盐岩分布区和矿山分布区。</p> <p>据长江流域统计,岩溶塌陷有 343 处,自然作用形成的有 103 处,人为作用形成的有 240 处。人为活动产生的塌陷占总数 70%。人为的活动包括矿区采空、矿坑突水、排水疏干、抽汲地下水、震动荷载等工程活动</p>	<p>随着矿区开采的发展、采空、排水疏干等人为活动的加强,矿区塌陷将会进一步发展。</p> <p>在岩溶城市地区过量抽汲地下水将会不断出现岩溶塌陷</p>

续表 1

类型	成因及性质	发育、分布特征	发展趋势
地面沉降灾害	<p>由于过量抽取地下水,形成降落漏斗,使地下软土层释水压缩导致一定范围内地面缓慢累进性整体沉降。</p> <p>地面沉降主要是人类工程经济活动激发产生的</p>	<p>地面沉降主要分布在我国东部地区的低平原,长江中下游平原,东南沿海的滨海平原、松辽平原、华北平原以及一些内陆的盆地、断陷盆地地区。</p> <p>我国已发现有 36 座大中城市地面沉降。南方主要有上海、南通、常州、无锡、苏州、杭州、嘉兴、宁波、湛江、台北等;北方有北京、天津、邯郸、沧州、太原、大同、西安等城市和灌区。</p> <p>地面沉降主要发育在冲洪积平原、滨海平原较厚的堆积层有软土地带,近代地壳以下降为主的沉降带、坳陷、断陷地区;集中发育在人口密集、工业发达的大、中城市和农灌区</p>	<p>由于城市和工农业的发展、人口的增加,开采地下水资源越来越广泛,并出现地下水资源短缺,因而将会出现更多的城市过量开采地下水,将会进一步造成城市、农灌区地面沉降。</p> <p>目前虽已在上海、天津、北京等城市采取回灌和限制开采地下水,取得良好效果,但尚有大多数城市未采取应有的措施。由于海平面上升,地面沉降,海水入侵对东部沿海城市将造成严重的威胁</p>
水土流失灾害	<p>水土流失是水对地壳表部岩体、土体进行侵蚀、搬运和再堆积造成的。水土流失的形成是以外动力为主(含人为作用)与内动力综合作用的结果。</p> <p>人类不合理的开垦,滥采滥伐,使森林植被破坏,生态环境恶化,造成水土流失加剧</p>	<p>水土流失主要发育分布在黄河流域(尤其是黄土高原地区)以及长江流域中、上游地区,其他流域也不同程度地发育水土流失。全国水土流失面积约有 150 万 km^2,约占国土面积的 1/6。陆地每年流失的泥沙量约达 50 亿 t,其中有 17.8 亿 t 流入海洋,其余沉积在河道、湖泊、水库中。</p> <p>黄河流域是我国水土流失最发育、最严重的地区,流域面积为 75 万 km^2,水土流失面积达 40 万 km^2,每年流失泥沙量达 18 亿 t。黄河是世界上第一多沙大河,年输沙量 16.2 亿 t,泥沙来源于黄土高原占 90% 以上,侵蚀模数最高值为 20000—25000 $\text{t}/\text{km}^2 \cdot \text{a}$,一般在 5000—7000 $\text{t}/\text{km}^2 \cdot \text{a}$。</p> <p>长江流域是仅次于黄河流域的水土流失区,全流域面积达 180 万 km^2,水土流失面积约 73.9 万 km^2,占流域面积的 41%,每年有 6.8 亿 t 泥沙输入江河大海。流域内水土流失最严重的是长江上游(宜昌以上),涉及 8 个省、自治区。该地区总面积 100.5 万 km^2,水土流失面积达 45 万 km^2,占总面积的 45%,侵蚀泥沙总量约 15.7 亿 t。金沙江水土流失面积 13.5 万 km^2,为流域内最大,也是最发育的水土流失地区。金沙江侵蚀模数渡口段以上为 100—500 $\text{t}/\text{km}^2 \cdot \text{a}$,渡口—巧家 768 $\text{t}/\text{km}^2 \cdot \text{a}$,巧家—屏山增为 1971 $\text{t}/\text{km}^2 \cdot \text{a}$。</p> <p>黄河流域侵蚀物质以细粒悬浮物质居多;而长江流域则以粗粒块碎石与泥沙物质混杂,能远程输送的细粒物质少,大多淤积在支沟、支流中。</p> <p>水土流失总体看来在我国西部,中部山地区是强烈侵蚀形成区、迳流区,东部平原是堆积、淤积区(华北平原、长江中下游平原)</p>	<p>国家对水土流失已采取了一些必要的措施,虽然已有 60 多万 km^2 经过整治,但新出现的水土流失面积远远大于已整治的面积,尤其是黄河,长江中上游地区,水土流失有加剧的趋势。目前国家又增加了对长江中上游水土保持的投入,将会进一步改善该流域生态环境</p>

续表 1

类型	成因及性质	发育、分布特征	发展趋势
土地沙漠化灾害	土地沙漠化是由于地表土壤水分蒸发,地下水水位下降,风力侵蚀搬运、堆积作用,使地表土壤沙化的过程,导致土地生产力下降、环境退化。土地沙漠化主要是外动力地质作用或人为地质作用形成的,也有人为作用与外动力复合作用形成的	<p>我国土地沙漠化灾害很发育,主要分布在我国北部的西北、内蒙古及东北西部等 12 个省、自治区的广大地区。我国现有沙漠总面积 149 万 km^2, 占国土面积的 15.5%。现有沙漠化土地面积 17.6 万 km^2, 其中有 5 万 km^2 是近半个世纪以来演变为沙漠化土地的, 另外尚有 15.8 万 km^2 的潜在沙漠化土地。在湿润半湿润地带的风沙化土地有 1.9 万 km^2 [4]。</p> <p>我国沙漠化土地按其区域气候差异特征分为三种类型:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 干旱荒漠地带的沙漠化土地: 主要发育在狼山—贺兰山—乌鞘岭以西广大干旱荒漠地带, 集中在一些大沙漠的边缘, 如河西走廊一些绿洲的边缘地带等。 2. 半干旱地带沙漠化土地: 主要发育在内蒙古东部、中部, 河北北部, 晋西北, 陕北, 宁夏的东南部, 都发生在干草原、荒漠草原, 是我国沙漠化土地集中分布区, 占沙漠化土地总面积的 65.4%。主要是由于强化土地利用、过度放牧; 采樵等人为活动促进了沙漠化的发展。 3. 半湿润地带沙漠化土地: 主要发育在嫩江下游、西辽河平原及科尔沁沙地东南, 约占沙漠化土地总面积的 3.9%。大部为河流阶地粉细砂及亚砂土提供物源。 <p>此外, 在河北、山东、江西、福建、台湾、广东省的湖、海岸地带及河流下游沙质古河床及水库下游等地风力作用也出现土地沙漠化现象</p>	<p>土地沙漠化现象在我国北方地区突出, 虽经大面积治理, 但由于人口的增长和人类工程经济活动的加剧, 人为破坏生态环境日趋严重, 因此, 土地沙漠化有进一步扩展之势。在南方一些地区也相继出现土地沙漠化的现象。目前总的趋势是发展大于逆转。</p> <p>虽然国家采取了一系列整治措施, 建立了“三北”地区防护林工程, 已取得了明显生态环境、社会、经济效益, 但治沙任务仍相当复杂而艰巨。</p>
冻融灾害	冻融是指地壳表层岩石、土层、水体在气温的作用下自然冻结膨胀与融化沉陷的地质现象。冻融现象的形成主要是气温和地温的变化影响, 与地势和纬度关系密切。冻融地质灾害研究主要研究多年冻土及冰缘地质现象	<p>我国的多年冻土按其成因、特征分为高海拔及高纬度多年冻土两类。它们主要分布在我国西部的青藏高原和阿尔泰山、天山、祁连山、横断山以及我国东北大、小兴安岭等地。多年冻土面积约有 215 万 km^2 [5]。</p> <p>青藏高原是中、低纬度, 高海拔, 面积最大的高原冻土区。其多年冻土分布范围北起昆仑山, 南至冈底斯山, 西达国界, 东到横断山西部, 面积约 150 万 km^2。</p> <p>东北高纬度冻土, 位于欧亚大陆高纬度多年冻土的南缘。主要分布在大、小兴安岭地区, 总面积约 38.2 万 km^2。在自然纬度地带规律的影响下, 冻土分布面积自南向北有逐步增加的规律, 但在不同地貌部位发育分布差异甚大。</p> <p>上述两地区都发育有连续多年冻土和岛状多年冻土。多年冻土区常发育冷生现象, 如融冻褶皱、融冻泥流、冻胀丘、冰锥、热融塌、热融沉陷、寒冻裂缝等现象, 对工程、道路建筑都有一定危害</p>	由于全球大气环流有变暖的趋势, 加上“温室”效应, 冻融现象将可能进一步活跃, 冻融灾害也随之会有所增加的可能

续表 1

类型	成因及性质	发育、分布特征	发展趋势
土地盐碱化灾害	<p>土地盐碱化是在特定的地质环境条件下,含一定盐分的地下水沿着土层毛细孔上升,表层土壤水分蒸发,使易溶盐逐渐累积于地表上层的结果。土地盐碱化的形成是地下水化学成分、迳流条件、地貌条件、气候条件(气温、蒸发、降雨补给)以及人为活动因素的配合</p>	<p>中国土地盐碱化比较发育,主要分布在我国东部黄、淮、海平原地区。北起燕山南麓,南接淮河干流和苏北灌溉总渠,西起太行山、伏牛山、桐柏山山麓地带,东至渤海、黄海湾地带,地跨冀、鲁、豫、苏、皖五省和京、津两直辖市,总面积约 31.4 万 km²,有耕地 2.7 亿亩,约占全国总耕地的 1/6,分布人口 1.6 亿(不含大中城市人口),其中农业人口 1.43 亿,是我国工农业重点发展地区。</p> <p>我国土地盐碱化发育规律具北部多,南部少,东部多,西部少的特点。北部多是因干旱,东部多是因滨海海水渗入,总之,是受气候和滨海与内陆差异的影响。</p> <p>盐碱地成因类型分为内陆型与滨海型,内陆型为氯化物盐、硫酸盐、重碳酸盐和碱类,滨海型为氯化物类</p>	<p>在干旱、半干旱区、灌区范围内土壤盐碱化是属自然现象,但人为活动是能改变自然条件的。人类采取科学的合理措施是可以减轻盐碱化或使土地脱盐的。</p> <p>经过多年的研究和综合治理(水文措施、农业措施、综合利用等),使盐碱地大为减少,继续治理可向良性转化</p>
土体胀缩变形灾害	<p>土体胀缩变形是由于特定的土层中含有敏感性很强的矿物成分,在水的作用下吸水膨胀,失水收缩变形而造成的。土体胀缩变形灾害的形成主导因素是土层中含有特殊的矿物成分(如含有蒙脱石、伊利石),并与气候等环境因素有密切关系,是内因、外因综合作用的结果</p>	<p>我国是世界上胀缩土分布最广,面积最大,灾害最严重的国家之一。它分布于从黄海滨到云贵高原,从雷州半岛到华北平原之间的广阔地带,遍及西南、中南、华北、华东、西北、东北等 20 余个省、自治区,尤其集中于从云贵高原到华北平原之间各流域的平原、盆地、河谷阶地、河间地块及丘陵等地。胀缩土分布与气候分带的规律较为明显,在热带季风气候区、亚热带季风气候区胀缩土分布集中,而在高纬度气候区尚未发现有胀缩土分布,因此主要集中分布在秦岭—淮河以南温带、亚热带和热带气候区^[6]。</p> <p>胀缩土形成的灾害主要有滑坡及地裂缝等。这种类型的滑坡特征是浅层的,地裂缝也限于浅部,延伸短,无明显的规律</p>	<p>胀缩土灾害尚未被人们所重视,在新建工程中也不断出现灾害</p>

续表 1

类型	成因及性质	发育、分布特征	发展趋势
煤田自燃灾害	煤田自燃是煤田深部自燃发火燃烧,主要是由新构造运动影响造成地热高温引起的,也有一部分是人为引起的	<p>在我国西部新疆,分布有几大煤田,几十个产地,每个煤田几乎都有火灾,火区总面积达 102km²。主要煤田火区有乌鲁木齐、库车、他什店、哈密、艾维尔沟、伊宁等地。</p> <p>宁夏主要自燃煤田(矿区)有石嘴山、石炭井、灵武、汝箕沟等。汝箕沟煤田,自 1966 年以来的 20 年中燃烧面积从 1.04km² 扩展至 1.76km²</p> <p>内蒙古煤田自燃矿区有包头、东胜、准格尔、西人窑、北山、胜利、霍村等</p>	<p>现有关部门已制订防火灭火规划,新疆部分煤田火区已得到控制,减少火灾损失,但宁夏火区有加剧的趋势,并出现新火区。</p> <p>我国“三北”(西北、华北、东北)地区都有煤田自燃灾害,只是程度不同,部分未采取应有措施,现仍在蔓延</p>



地信网论坛

BBS.3S001.COM

三、中国地质灾害类型区划

1. 地质灾害区划原则

地质灾害的形成是受自然环境（含地质环境）和人文社会环境因素所制约，不同的地域其环境条件是不相同的，它们所形成和发育的地质灾害类型也各异。依中国主要地质灾害类型发育分布的规律，对全国陆地地质灾害进行两级区划。

第一级分区原则 按形成地质灾害宏观类别为前提，结合控制地质灾害发育分布的主要控制因素，即大地貌、气候并结合地质构造和地层岩性进行一级区划。

区命名按地貌和地质灾害宏观类别综合命名。

即地质灾害组合类型区名称=地貌+地质灾害类别

按上述分区原则将中国陆地地质灾害划分为4个地质灾害组合类型区：即平原、丘陵地面变形为主地质灾害区（Ⅰ）。高原、山地斜坡变形为主地质灾害区（Ⅱ）。内陆高原、盆地，土地沙漠化、盐碱化为主地质灾害区（Ⅲ）。青藏高原及大兴安岭北段山地冻融为主地质灾害区（Ⅳ）。

第二级分区原则 在每个地质灾害组合类型区内，按其主要的地质灾害类型组合及其发育程度为基础，结合次级地貌类型及地层岩性特征等条件，将全国陆地地质灾害划分为16个地质灾害组合类型亚区。

每个地质灾害组合类型亚区，一般都由二个以上地质灾害类型组合而成。凡参加命名的灾害类型，一般在该亚区内此种灾害类型比较发育、危害比较严重，分布面积上占主导地位，参入命名的地质灾害类型依主次关系顺序排列。

地质灾害组合类型亚区命名原则是地理位置、地貌类型和地质灾害类型综合命名。

即地质灾害组合类型亚区名称=地理名称+地貌类型+地质灾害类型。

2. 地质灾害分区特征

（1）地质灾害组合类型区特征

平原、丘陵地面变形为主的地质灾害区（Ⅰ）：该区主要位于中国东部和东南部地区，以太行山、伏牛山、大娄山以东广大地区。它处于中国大地构造华南断块、台湾断块的主体部位及华北断块的东南部。地貌上属于中国大地貌区划的第三级地势阶梯主体部位，是我国最低一级地势阶梯，以平原、丘陵为主地貌类型组成，地形平缓，切割较弱，切割深度一般小于500m。气候上由南向北为湿润热带气候至半湿润亚热带、温带气候；降雨自南而北雨量充沛到较充沛。地层上平原地区为新生代冲积、湖积、海积松散堆积层；丘陵地区分布古生代、

中生代为主的碳酸盐岩、碎屑岩和岩浆岩。构造上主要有郯（城）—庐（江）深大活动断裂及南海、黄海北北东向的活动断裂构造带，沿这些活动断裂构造带，地震活跃，除在福建沿海—台湾及华北地震带地震活动强烈外，其它地区地震均较弱。区内矿产资源丰富，矿山采掘业发达，大中城市分布密集，人口稠密，沿海开放城市工业发达，港口建设发展迅速，人类工程经济活动十分强烈，主要发育分布有城市地面沉降、矿山地面塌陷、地面岩溶塌陷、矿坑突水突泥、港口淤积以及土地盐碱化、滑坡等是以人类工程经济活动诱发产生为主导的地质灾害区。

高原、山地斜坡变形为主地质灾害区（Ⅱ）：该区主要位于中国中部地区。太行山、大娄山一线以西，长城以南，横断山及其以东，雅鲁藏布江以南广大地区。它处于中国大地构造的青藏断块、华南断块与华北断块的结合部位。地貌上属中国大地貌区划第二级地势阶梯，以山地和高原为主的地貌类型，地形切割剧烈，相对切割一般大于 1000m，切割高差之大居全国之首。气候上受地势、纬度带变化和季风的影响，西南、华中地区降雨较充沛，年降雨量 800—1200mm，西北属内陆干旱半干旱气候，在黄土高原年均降雨量一般在 400—600mm，区内降雨时空分配不均，集中分布在 7—9 月份，夏季雨强大，多以暴雨出现，日暴雨量达 50mm 以上，暴雨是诱发山地灾害重要因素。区内分布地层主要为古生代、中生代和新生代的坚硬、半坚硬碎屑岩、岩浆岩、变质岩和松散黄土类土堆积为主，第四纪新构造活动断裂发育，如祁连山、六盘山、鲜水河、龙门山、安宁河、小江等活动断裂密布，构成北段贺兰山—六盘山地震带，中段为天水—武都—汶川地震带，南段为川滇地震带，这些构成了中国著名南北向地震带，地震最活跃，烈度高，强度大、频度高，自本世纪以来至 1989 年破坏性地震多次发生，仅 7 级以上强震达 20 余次以上，由于地壳较不稳定，岩层破碎，为山地灾害形成提供了条件。区内矿产、水力、森林、土地等山地资源丰富，西南、西北为我国新兴开发的工业区，水利水电、矿产、森林等资源的大量开发，公路、铁路开辟建设，人类工程经济活动强烈，工农业迅速发展，人口也急剧增长，山地资源不合理的开发利用或过度开发，造成山地斜坡和山地植被的破坏，使山地生态环境和地质环境日趋恶化，因而滑坡、崩塌、泥石流及水土流失等山地地质灾害发育，其地震和构造地裂缝灾害也发育。该区是自然地质作用与人为地质作用复合、叠加构成的地质灾害区。

内陆高原、盆地，土地沙漠化、盐碱化为主地质灾害区（Ⅲ）：该区位于中国北部地区，于昆仑山及长城以北广大地区。它地处中国大地构造的新疆断块和横跨华北断块、东北断块区，地貌上属中国大地貌区划第二级地势阶梯主体部位，由高原、荒漠和高大山系、盆地、平原等地貌形态类型组成。西部山系海拔一般在 1000—3000m 以上，平原、盆地一般海拔 500m 以下，吐鲁番盆地最低处海拔—154m。在与祁连山北麓相连的为河西走廊及阿拉善高原，在阴山东北部、大兴安岭以西为内蒙古高原，以东为松嫩平原，高原、盆地、荒漠、平原地势平缓。气候上属内陆干旱半干旱和温带气候，降雨稀少，各地降雨不均，年均降雨量在 50—800mm 不等，西北降雨稀少，东北降雨较多。地层分布以新生代松散堆积层为主，在祁连山以西地区活动断裂构造发育，地震活动较强烈，为地壳较不稳定区，其它地区相对较稳定。内陆高原、盆地、荒漠地区气候恶劣，人烟稀少，工农业不发达，以牧业为主，由于不适当地开垦，过度放牧，采樵以及气候干燥，降雨稀少，风力强劲，风蚀吹扬作用，使盆地周边、高原、平原土地沙漠化灾害日趋扩展。在河套平原等地，土地盐碱化灾害也较发育。在新疆、宁

夏、内蒙古等地由于地温作用造成大面积煤田自燃灾害。在天山、昆仑山山地发育分布雪崩、滑坡、崩塌灾害。该区是以自然因素作用为主导并叠加人为因素作用形成的地质灾害区。

青藏高原及大兴安岭北段山地冻融为主地质灾害区(Ⅳ): 该区位于中国西部昆仑山、阿尔金山以南青藏高原广大地区, 以及我国东北大兴安岭北段地区。它处于中国大地构造的青藏断块及东北断块区, 地貌上位于中国大地貌区划的第一级和第二级地势阶梯部位。青藏高原素有“世界屋脊”之称, 区内有可可西里山、巴颜喀拉山、唐古拉山、冈底斯山、念青唐古拉山等高大山脉, 平均海拔达 5000m 以上, 由于地势高耸决定了本区气温低, 降雨稀少, 气候寒冷干燥, 自北向南为高原寒带至高原亚寒带, 年平均气温在 0℃ 以下, 一般在大片多年冻土区, 年均气温在 -2.5—-6.5℃。岛状多年冻土区气温 -0.8—-2.5℃, 由于高海拔和气候条件的制约与影响, 在连续多年冻土及岛状多年冻土区冻融灾害发育, 有古冰川、现代冰川及冷生地质现象发育。青藏断块, 是欧亚板块内最大一个断块, 断块南部是新生代喜马拉雅褶皱带, 为印度板块和欧亚板块的碰撞接合带, 活动断裂发育、地震活跃, 强度大, 频度高, 本世纪以来发生 7 级以上强烈地震达 10 余次, 是中国强烈地震区之一, 为地壳不稳定区。

东北大小兴安岭北段为中国高纬度冻土区, 由南而北, 气候、植被、土壤及自然景观都有明显的纬度带性规律, 这对冻土的形成和发育分布都有很大的控制和影响。气温又是决定多年冻土地带性的主导因素, 多年冻土分布与年均气温等温线有较好的对应关系, 年平均 -5.0℃ 等温线以北地区为大片连续多年冻土区, -3.0—-5.0℃ 等温线之间为多年岛状冻土区, 这两者地区冻融灾害发育。

该区是以自然气候因素作用形成的冻融、融冻泥流、雪崩及地震等地质灾害区。

(2) 地质灾害组合类型亚区特征

中国陆地地质灾害按分区原则, 将中国地质灾害组合类型区再细分为 16 个地质灾害组合类型亚区, 其发育分布特征见 (表 2)。

表 2 地质灾害组合类型亚区特征

地质灾害分区		分布范围	面积 (万 km ²)	地质灾害 发育系数	地质灾害组合类型亚区特征
平原、丘陵地面变形为主地质灾害区 (I)	I ₁ 黄淮海、长江中下游平原,地面沉降、土地盐碱化、淤积灾害为主地质灾害亚区	太行山以东,山海关—北京、信阳—芜湖以北广大地区	53.90	0.68—0.86	长江下游及华北平原因过量抽取地下水造成地面沉降,如上海、无锡、常州、天津、沧州等城市和农灌区地面沉降灾害发育。黄河口、长江口淤积灾害发育,航道不稳定,影响港湾航运效益。黄淮海平原土地盐碱化靠滨海地区灾害发育,其它地区较发育
	I ₂ 大别山—江南丘陵及台湾山地滑坡、泥石流、淤积为主地质灾害亚区	信阳—芜湖以南、孝感—九江以北、南昌—梧州以东地区,以及台湾、海南岛地区	78.00	0.57—0.86	在丘陵山地交通干线、矿山等地滑坡灾害较发育,规模不大,但危害较严重。东南沿海港口、水库、湖泊淤积灾害发育。在台湾及东南沿海地震灾害较活跃,台湾山地泥石流、滑坡、地裂缝等灾害也较发育
	I ₃ 湘、黔、桂、鄂、滇岩溶塌陷、突水突泥为主地质灾害亚区	宜昌—昭通一个旧以东、南昌—梧州以西广大地区	86.80	0.59—0.82	在广大碳酸盐岩分布地区,地面岩溶塌陷和矿山开采坑道突水突泥灾害发育和较发育 ^[7] ;南方特殊土体胀缩地面变形灾害较发育,矿区采、抽、注造成诱发地震灾害也较发育
高原、山地斜坡变形为主地质灾害区 (II)	I ₁ 燕山—辽南山地泥石流、矿区塌陷为主地质灾害亚区	赤峰—桦甸以南、山海关—北京以北地区	45.60	0.61—0.81	在燕山、辽东南、辽西山泥石流、滑坡灾害发育,具有群发性特征。在东北老矿区采空地面塌陷及岩溶矿床突水突泥灾害发育。在唐山、海城一带地震灾害发育,震级高、危害大
	I ₂ 黄土高原水土流失、滑坡、地裂缝为主地质灾害亚区	华山—迭山以北、河曲—环县以南,太行山以西,青海湖以东的黄土高原地区	47.40	0.68—0.82	黄土高原,土质疏松、植被稀少、黄土具湿陷性,暴雨作用滑坡、泥石流、水土流失灾害发育。在汾渭地堑构造地裂缝灾害发育。在西安、太原等城市过量抽取地下水地面沉降灾害较发育
	I ₃ 祁连山山地泥石流、滑坡为主地质灾害亚区	玉门以东、兰州以西的祁连山地区	18.60	0.64—0.79	该地区泥石流发育,多以水石流和泥石流,东部黄土地区多以暴雨型泥石流、泥石流为特征,大多为滑坡、崩塌转化为泥石流。此区水土流失灾害发育。在祁连山地震带,地震频度高、强度大,历史上多次发生大地震,如古浪 8 级,昌马 7.5 级地震

续表 2

地质灾害分区		分布范围	面积 (万 km ²)	地质灾害 发育系数	地质灾害组合类型亚区特征
高原、山地斜坡变形为主地质灾害区 (I)	I ₄ 秦岭山地滑坡、泥石流为主地质灾害亚区	广元—十堰以北、华山—迭山以南的秦岭地区	22.90	0.69—0.83	该区主要为暴雨型诱发的滑坡、泥石流灾害发育,个体规模不大,但多发性强,植被复盖率低,水土流失灾害较发育
	I ₅ 四川盆地—鄂西山地滑坡、水土流失为主地质灾害亚区	雅安—西昌以东、昭通—涪陵以北、广元—十堰以南、宜昌以西广大山区	33.20	0.69—0.86	在四川盆地周边山地、鄂西山地,滑坡灾害发育,尤其沿长江三峡库区岸段,滑坡崩塌规模大,数量多,严重影响现今黄金水道的通航安全。在四川盆地红层分布地区,水土流失较严重,尤其嘉陵江流域水土流失严重,年均土壤侵蚀总量达 3.80 亿 t,侵蚀模数达 7373t/km ² ·a
	I ₆ 横断山山地泥石流、滑坡为主地质灾害亚区	察隅—八宿以东、雅安—东川以西的横断山地区。	58.40	0.69—0.85	横断山地区是我国山地灾害最发育地区,分布有川西山地、滇东北山地,为高山深谷区,地形切割剧烈,构造上处于川滇、龙门山、岷山活动构造带,又处南北地震带上,地震活动频繁,是多发区,烈度高、强度大,岩石破碎,暴雨强度大,植被覆盖率低,加之人类活动强烈,沿铁路、公路、矿山、城镇泥石流灾害频发,对工农业危害大,水土流失和地震灾害均发育
	I ₇ 藏南山地泥石流、雪崩为主地质灾害亚区	郭喀拉日居—多雄藏布以南,察隅—八宿以西的喜马拉雅山山区	29.20	0.86	藏南山地,地形切割剧烈,泥石流发育,它的特征是冰雪融水和冰湖溃决型泥石流,其规模大,暴发频率高,夏秋两季最盛。 喜马拉雅构造带地震活跃,是我国主要地震区之一,强度大,频率高,因人烟稀少,灾害不甚严重
内陆高原盆地土地沙漠化盐碱化为主地质灾害区 (II)	II ₁ 松辽平原土地沙漠化、盐碱化、矿区塌陷为主地质灾害亚区	赤峰—桦甸以北,霍林郭勒—克什克腾旗以东,北安以南的广大地区	44.60	0.67—0.76	在松嫩平原为半湿润地带土地沙漠化灾害,主要是人类不合理活动造成环境退化,灾害具有阶段性,气候半湿润具有自然回生能力。在赤峰—辽源以北,霍林郭勒以东地区,主要是矿区采空塌陷灾害发育
	II ₂ 毛乌素—浑善达克土地沙漠化、盐碱化为主地质灾害亚区	河曲—环县以北、贺兰山以东、霍林郭勒—克什克腾旗以西的广大原野	53.00	0.68—0.76	位于鄂尔多斯高原,主要有浑善达克、毛乌素沙地、库布齐和乌兰布和沙漠等,气候半干旱,植被覆盖率低,加之人为不合理活动加剧了土地沙漠化的发展。银川盆地,河套平原地区,自然和人为因素作用土地盐碱化灾害发育,呈片分布,后套较前套平原盐碱化灾害发育

续表 2

地质灾害分区		分布范围	面积 (万 km ²)	地质灾害 发育系数	地质灾害组合类型亚区特征
内陆 高原盆地 土地沙漠化、 盐碱化为主 地质灾害区 (Ⅲ)	Ⅲ ₃ 塔里木—浑善 达克土地沙漠化、 盐碱化为主地质 灾害亚区	塔里木盆地、准 噶尔盆地、柴达木 盆地和巴丹吉林、 腾格里地区	157.80	0.67—0.76	在塔里木、准噶尔、柴达木盆地周边及阿拉善 高原为干旱型土地沙漠化,呈大片带状展布,土 地盐碱化也较发育,呈片状分布。煤田自燃灾害 主要分布在准(噶尔)南、准(噶尔)东、塔(里木) 北等 42 处煤田,灾区面积大,灾害严重
	Ⅲ ₄ 天山、昆仑山西 段雪崩、泥石流、 煤田自燃为主地 质灾害亚区	昆仑山、天山西 段和阿爾泰山地 区	50.10	0.61—0.81	区内天山、昆仑山,阿尔泰山为高大山系,地形 切割剧烈,昼夜温差大,雪崩灾害发育;滑坡、崩 塌灾害也时有发生。煤田自燃灾害在准(噶尔)北 煤田也较发育
青 藏 高 原 及 大 兴 安 岭 北 段 山 地 冻 融 为 主 地 质 灾 害 区 (Ⅳ)	Ⅳ ₁ 大小兴安岭北 段山地冻融为主 地质灾害亚区	北安、海拉尔以 北的大小兴安岭 北段地区	39.20	0.69—0.74	在北安至海拉尔以北地区为高纬度连续多年 冻土及多年岛状冻土区,在多年冻土及岛状冻土 区冻融灾害发育。在满州里、呼伦贝尔呈不连续 的片状分布的土地沙漠化灾害较发育
	Ⅳ ₂ 青藏高原冻融、 雪崩为主地质灾 害亚区	雅鲁藏布江以 北,昆仑山以南青 藏高原广大地区	141.30	0.69—0.76	在昆仑山—阿尔金山以南,甘孜、诺尔盖以西、 雅鲁藏布江以北广大地区分布有高海拔连续多 年冻土,多年岛状冻土,寒冻作用强烈。在连续多 年冻土区冻融灾害较多年岛状冻土区为发育。在 冈底斯山、念青唐古拉山构造带地震灾害较发育

四、地质灾害的危害

对人类社会构成危害最大的是地质灾害。为了树立正确的防灾抗灾意识、采取有效的防治措施,不仅需要研究灾害的成因机制和发育分布规律,而且需要认识灾害的危害形式、后果及影响危害大小的因素。

1. 中国地质灾害危害概况

我国是发展中国家,人口众多、经济与科技水平相对落后,防灾抗灾能力不足,故在总体上地质灾害的危害相当严重,每年都给国家造成几十亿元至百余亿元的经济损失和人员伤亡^[8]。下面列举少量实例和统计数字,说明我国地质灾害的严重性。

地震被称为众灾之首,在我国尤其严重,全球陆地地震的 29.5% 发生在我国领土上。据地震部门研究,全国处于地震基本烈度Ⅶ度以上的地区达 312 万 km², 占国土总面积的 32.5%, 有 136 个城市位于Ⅶ度以上地区内, 占全国城市总数的 45%^[9]。我国地震大都属浅源地震, 致灾能力强, 而建筑物大多抗震性能较差, 人口又较密集, 目前地震预报尚未完全过关, 因而震害极为严重。据不完全统计, 近 200 年内我国死于地震灾害的总人数超过 160 万人^[9]。本世纪以来造成千人以上死亡的震害约 30 余次, 其中包括死亡万人以上的震害 10 余次^[10], 仅 1949—1981 年间就死亡 27.3 万人, 倒塌房屋 643.75 万间^[11]。1556 年 1 月 23 日发生的华县大地震 (8 级) 波及陕、甘、宁、豫、晋五省区, 破坏面积达 28 万 km², 重灾区房屋倒塌过半、地面开裂喷水涌沙, 接着又引发了瘟疫、饥荒等次生灾害, 先后压死、病死、饿死的人, 据各地奏报就达 83 万之多^[12], 成为人类历史上死亡人数最多的一次地质灾害。1976 年 7 月 28 日发生的震撼全球的唐山大地震 (7.8 级), 摧毁唐山市区建筑的 77%, 总计建筑面积 1034 万 m², 郊县房屋倒塌 240 万间, 大量工厂矿山设备、水利设施、公路桥梁遭到破坏, 2.4 km² 土地触发沙土液化, 并引起次生灾害事件达 58 起之多, 直接死于这次地震灾害的人数为 24.2 万人, 重伤 16.4 万人, 经济损失约 302 亿元^[11]。

诱发地震是与人类工程活动有关的地震, 其分布比较局限, 强度及危害范围一般也远小于自然地震。在我国发生的 20 多起诱发地震中, 产生较大危害的只有几起^[13], 如 1962 年 3 月 19 日发生在广东新丰江水库的地震, 强度 6.1 级, 震中烈度达到Ⅶ度, 计震塌房屋 1800 余间、严重破坏 10500 余间、死伤 85 人, 水库大坝和厂房均遭受严重破坏, 仅修补加固即耗资 4670 万元^[14], 这是我国至今发生的最严重诱发地震灾害。又如 1985 年 3 月 29 日发生在四川自贡市燕子山井盐采区的 4.8 级地震, 破坏房屋 231.7 万 m², 致伤 280 人, 经济损失近亿元。诱发地震的震源很浅, 所以能以较小的震级造成较大的破坏。

崩塌、滑坡、泥石流等山地灾害同地震一样最引起国人关注, 此类灾害分布广泛、暴发频繁、突发性强、破坏性大, 常与人类活动密切相关, 年年都要造成严重损失。仅就我们收集到的不完全的资料统计, 建国以来直接死于崩、滑、流灾害的人数约为 11000 人左右 (40

年来死于泥石流的约 6000 余人,死于崩塌、滑坡的近 5000 余人)。规模较大的崩、滑、流往往能一次造成十分严重的损失,如 1981 年 7 月 9 日四川甘洛县利子依达沟泥石流冲毁成昆线铁路桥一座、颠覆一列客车、死亡 275 人、经济损失千万元以上^[15]。1981 年 6 月 3 日湖北盐池河磷矿岩崩摧毁整个矿区,死亡 284 人^[16]。1982 年 7 月 18 日四川云阳县鸡扒子滑坡,毁房 1730 间、耕地 775 亩、直接经济损失 560 万元以上,更为严重的是滑体入江堵塞了长江航道,治理耗资 8 千多万元。1983 年 3 月 7 日甘肃东乡洒勒山滑坡瞬间摧毁 4 个村庄,造成 264 人死亡、3000 多亩农田和两座水库被埋的惨重损失^[17]。1989 年 7 月 10 日四川华蓥市溪口镇滑坡并立即转化为泥石流,毁房 16014m²、掩埋大量粮食、车辆和机器设备、死亡 221 人、直接经济损失 600 多万元。气候异常年份伴随暴雨洪灾而来的大范围群发性崩塌、滑坡、泥石流产生的总体危害更为严重。如 1981 年雨季,四川北部和东部数县范围内,短短几天共发生大小滑坡、崩塌几万处,倒房 74000 多间,死亡 300 多人。同时在陕南山地大片地区暴发山地灾害数以万计,倒房 1.6 万间,死亡 209 人。辽东老帽山 400 多 km²范围内产生大量泥石流,毁房 1 万多间、死亡 610 人。1989 年 7 月 7 日至 11 日,川东地区的南充、达县、万县、涪陵五地、市连降暴雨、洪水泛滥,同时引发崩塌、滑坡、泥石流、坍方等 12.9 万处,总计倒房 13.8 万间,死亡和失踪 759 人,经济损失 15 亿元以上^[18]。

根据崩塌、滑坡、泥石流灾害一次造成的人员死亡或经济损失、环境破坏情况,将其分为危害极严重、严重、较严重几类(表 3),经统计发现我国危害较大的崩塌、滑坡、泥石流灾害事件,主要发生在喜马拉雅山—横断山—川东、鄂西山地—秦岭—黄土高原—太行山—燕山—辽东山地一带地区内(表 4),危害严重、极严重的崩、滑、流灾害有 90% 左右发生在这些地区。

表 3 地质灾害危害程度划分标准参照表

危害程度 危害后果	危害极严重	危害严重	危害较严重
死亡人数(人)	≥100	10—100	1—10
经济损失(万元)	≥1000	100—1000	1—100
毁坏房屋(间)	≥2000	200—2000	2—200
毁坏田地、山林(亩)	≥3000	300—3000	3—300
中断铁路干线运输(小时)	≥1000	100—1000	10—100
中断公路干线运输(天)	≥200	30—200	3—30
堵塞重要河流	干流主要航道	大河流	中小河流

表 4 崩、滑、流灾情突出地区危害程度统计表

灾情程度	地 区 名 称	危害极严重的灾害点数 (个)	危害严重的灾害点数 (个)
极严重	川西、滇东北地区	18	10
严 重	西宁—延安地区	7	13
	岷江嘉陵江上游地区	5	11
	川东、鄂西地区	7	13
较严重	燕山地区	1	7
	辽东地区	2	1
	黔西地区	1	9
	横断山西部地区	1	15
	藏东波密地区	3	2
	藏南边境地区	2	2
广 大 一 般 地 区			12

岩溶塌陷和矿山采空地地面塌陷在我国分布亦较广，其危害不可忽视，塌陷引起地面建筑物变形倒塌、道路坍塌、田地毁坏、水库漏水报废、矿坑或隧道突水、突泥、淹没、小河断流、泉水枯竭，偶然情况下也直接导致人身伤亡。如昆明、贵阳、六盘水、桂林、玉林、武汉等城市由于大量抽汲岩溶地下水或自然原因均发生过许多处岩溶塌陷，不少建筑物、风景点、道路、田地遭到破坏。六盘水水源地自 1969 年大量抽取地下水后地面塌陷不断扩展，1984 年已先后产生塌陷坑 1050 多个，分布范围达 5.3km²，引起 130 余户民房倒塌，90 余栋建筑物严重损坏，423 亩农田遭破坏。昆明的风景名胜翠湖湖底出现较大塌陷坑 48 处，昔日名泉“九龙池”断流，附近 23 口民井和数处岩溶大泉枯竭，湖水干枯露底，环湖形成直径约 1km 的地面开裂下沉地带，使不少建筑物变形损坏。湖南连源恩口煤矿因矿坑疏干排水，1973—1984 年间产生地面塌陷坑 6100 多个，影响范围 20 余 km²，造成拆迁民房 18300m²、毁坏田地 9500 亩、毁小水库和山塘 188 座的严重损失，岩溶塌陷还诱发了矿区地震。岩溶塌陷是铁路的主要病害之一，多年来全国铁路路基及站场发生的 52 处重大塌陷累计中断行车 1680h，造成三起列车颠覆事故，仅其中部分塌陷点的治理费用就已超过亿元。如山东泰安车站 1977—1982 年间因附近开采地下水，先后产生 25 个塌陷坑，路基下沉、站房开裂，治理费用已达 3000 万元。贵昆线 K413—K606 线路段内因地表排水不畅曾发生三次重大的岩溶塌陷事故，先后导致 2 列货车颠覆，累计中断运输 71h，近年已投入治理费 1700 多万元。北方和中原地区的大煤田因多年开采产生的采空区地面塌陷，其危害已逐渐突出。如山西省内八个主要矿务局所属煤矿区地面塌陷已影响到数百个村庄、数万亩田地和十几万人口的正常生产和生活。东北北票煤矿三官地地面塌陷使 104 间房屋陷入地下 6m 淮南新庄孜矿区自 1981 年开始采掘淮河河床以下煤层，引起两岸地面塌陷下沉，沿岸防洪堤坝出现沉陷开裂，严重威胁两岸矿区、村

镇安全。

地面沉降对我国东部沿海低平原地带的城市、港口威胁最为严重,沉降引起的大面积高程降低使其被海潮和洪水淹没的危险越来越大,沉降区内形成碟形洼地排水困难,雨季积水成涝,建筑物下沉后功能降低或结构损坏,地面沉降导致海水入侵、海潮沿河道上溯破坏淡水资源、促进土地盐碱化。如上海市由于开采地下水的历史较早,建国前就发现有地面沉降问题,50年代后期随着地下水开采量的剧增,地面沉降迅速发展,最大沉降速率曾达到170mm/a,到1965年最大累计沉降量已达2.63m,沉降区面积850km²。市区许多地段地面高程降到3m以下,而一年中潮水位超过3m的次数有480余次,在台风海潮袭击下曾导致市区严重积水,损失巨大。码头、仓库、桥梁下沉遭损坏或使用不便、妨碍通航,楼房不均匀下沉引起开裂、倾斜,有的底层房屋陷入地下变为“地下室”。地面沉降还使海水深入黄浦江危及市区供水水源。从60年代初上海地面沉降受到广泛关注,及时采取了综合治理措施,使沉降速率大幅度减小,不然其后果不堪设想。天津市地面沉降范围已扩展到8000km²,市区累计沉降量超过1m的范围已有135km²,最大沉降量在2.6m以上,市区不少地带高程已不足2m,塘沽区部分地面已降到海平面以下,海河泄洪能力由1200m³/s减至400m³/s,海潮、洪水对城市的威胁十分严重。雨季市区低洼处积水成涝,工厂、居民区及道路经常被淹,海潮曾越堤涌入塘沽部分地区酿成灾害^[19]。近几年由于采取了有效的综合措施,天津地面沉降得到初步控制。位于内地的西安市,由于超量开采地下水,地面最大累积沉降量也已超过1m,部分地下排水系统失效,雨季低洼地带积水深达1.5m以上,造成仓库进水、民房倒塌、交通中断。

地裂缝的主要危害是引起地面建筑物开裂毁坏和地下管线断裂、错位,我国北方的平原、黄土台地和南方的盆地、丘陵地带此种灾害比较常见。西安市地裂缝危害已有30余年历史,城区7条主干地裂缝带总长40余km,破坏宽度均在25m以上,据不完全统计已开裂破坏的楼房、平房、车间、礼堂及其它公用建筑488处、干道路面、地下管道、人防工程等80余处,农田12处,直接经济损失达数千万元,每年平均新增损失在100万元以上。兰州、大同、万荣、韩城等地也有许多房屋遭到破坏。我国南方的广西武宣、宁明,云南个旧、蒙自,广东的雷州半岛等地地裂缝对建筑物的危害都很严重。

水土流失在我国是一个十分突出的问题,目前全国水土流失总面积约150万km²,全国农耕地的三分之一受到水土流失危害,每年流失泥沙总量50亿t^[8],据推算土地损失氮、磷、钾物质约4000万t,相当于价值24亿元的化肥量。水土流失不仅导致耕地变贫脊、田地面积逐年减少,而且给下游地区造成严重淤积问题,缩短水库寿命、湖泊面积减小、河床逐年抬高,为洪水泛滥创造有利条件,并可促进一些地区的土地盐碱化。黄河流域的黄土高原是我国水土流失最严重的地区,54万km²的总面积上有90%发生水土流失,每年流失泥沙量达15亿t,地面千沟万壑、土地肥力丧失、水源极为短缺,更大的危害是大量泥沙进入黄河、使黄河下游河床平均每年淤高10余cm,现今河床一般已高出两岸平原3—6m,有的地段高出10m以上,成为名符其实的“地上悬河”,汛期洪水严重威胁两岸安全,历史上曾发生多次决堤泛滥、河流改道的巨大灾难。长江流域水土流失面积已达73.9万km²,每年流失泥沙量约15.7亿t,上游地区特别严重,不仅引起大片地区生态环境严重恶化,各类自然灾害频繁,而且对中游经济繁荣带的防洪抗涝造成严重问题。江西、辽宁、山东部分地区水土流失也很严重。

土地沙漠化问题在我国北方十分严重,涉及十二个省、自治区的212个市、县、旗,影

响人口达 5000 余万,有沙质荒漠 59.6 万 km^2 ,沙漠化土地 17.6 万 km^2 ,潜在沙漠化土地 15.8 万 km^2 ,沙漠化土地还在以平均 1560 km^2/a 的速度扩展。沙漠化是生态环境的严重退化,导致大片土地生物生产力急剧下降,并最终变为风沙肆虐的荒漠。沙漠的扩张、沙丘的移动吞没城镇、村庄、淹没交通线路、填塞水利工程及河道、湖泊,恶化气候环境。新疆塔克拉玛干沙漠南缘和塔里木河下游,由于天然植被遭到破坏,沙漠以每年几米到几十米的速度侵吞邻近绿洲,沙漠化土地已达 2.42 万 km^2 ,塔里木河部分河道被堵塞,南疆公路沙害严重,多次改线,策勒县城正面临流沙包围和被埋没的危险。内蒙古由于过度放牧、采樵和不合理的草场农耕,沙漠及沙漠化土地已占全区面积的 1/3,有 40% 的草原出现退化现象、22% 的耕地肥力下降,仅内蒙古东部、中部土地沙漠化每年损失的生产量价值,达 4.5 亿元左右。全国铁路线遭受严重沙害的路段总长约 1082 km ,主要危害有沙埋线路、沙蚀路基、堵塞桥涵、吹翻列车、吹折电杆等。如包兰铁路通过腾格里沙漠南缘的路段曾长期受沙埋线路之害,为此专门建立了沙坡头治沙研究站。兰新铁路曾发生沙漠大风吹翻列车事故 10 余起。1977 年 4 月 22 日河西走廊一场大风沙将十余名小学生卷入水渠淹死。1983 年 4 月 28 日大风沙摧毁内蒙古伊克昭盟民房 101 间,死亡 14 人、损失牲畜 44837 头。风沙、流沙又是黄河和北方一些水库泥沙淤积的重要来源之一,仅河套地区沙漠流入黄河的黄沙就达 1.6 亿 m^3/a 。

土地盐碱化同土地沙漠化一样大幅度地破坏土地的生产能力,是我国北方和沿海农业的一大灾害。盐碱土使工程地质性质严重恶化,也能对建筑物造成破坏。黄淮海平原是我国重要的农业基地,但产生盐碱化的土地达 4585 万亩,在很大程度上抑制了生产的发展。内蒙古盐碱化土地占全区面积的 25.4%,河套平原就有 1/3 的耕地因盐碱化严重而撂荒。新疆 40 年来开发的 4950 万亩耕地中有 1600 万亩发生盐碱化,占开发耕地总面积的 32.3%,另外还有 48.5% 的耕地产量降低,土地盐碱化已成为新疆农业生产徘徊不前的主要原因之一。盐碱化改变了地基土质性质,引起建筑基础不均匀下沉或腐蚀,进而墙体开裂、房屋倒塌,渠道及道路因盐胀作用而严重破坏。

青藏高原、天山等高海拔寒冻区和东北北部高纬度寒冻区分布着多年冻土、冰锥、冰丘、冻融泥流、热融沉陷、热融滑塌、路面翻浆等冻融作用及雪崩造成的危害较突出。如东北北部冻土区约有 10% 的道路地段存在较严重的冻融病害,少数线路病害路段占 60—70%。大兴安岭牙林铁路冻害路段占全长的 43%,冬春路基冻胀隆起、夏季热融沉陷,一些铁路桥也因冻胀和融沉反复交替而多次遭到破坏,严重威胁行车安全。冻土区的生产和生活建筑因为要采暖,更是普遍受到损坏,如基础及墙体沉陷开裂、室内地面下沉、冒水等。青藏公路安多至昆仑山口一段冻融及雪崩危害给道路养护和安全运输造成很大困难,也成为规划建设的青藏铁路的重大障碍。穿越西天山的公路有 43% 的路段冬春季节经常受到雪崩袭击,如 1979 年共发生 110 次较大雪崩,成为运输线上的主要灾害。

在北方十三个煤藏丰富的省、自治区、市内,煤田自燃是一种不容忽视的灾害,自燃点分布很广,有的燃烧区连绵数百公里,估计每年烧毁煤炭资源价值数十亿元。煤田自燃对正开采的煤矿安全生产构成巨大威胁,某矿区曾因自燃产生的瓦斯和粉尘突入坑道引起爆炸,死伤矿工 130 多人,另一矿区燃烧使岩石变形破裂,导致矿坑突水淹没,损失 400 多万元。自烧区地面一片焦土、生物灭绝、地面开裂、塌陷、滚滚浓烟污染大气,环境遭到严重破坏。

2. 地质灾害的危害形式及后果

各种自然灾害都以自身特有的方式产生破坏作用，地质灾害的破坏作用主要通过地质体的异常运动和物理、化学变化产生出来，大体可归纳为六种破坏方式：振动波——如地震、诱发地震以引起地壳强烈颤动的方式摧毁各类建筑物或触发山崩、地裂、海啸从而危害人类；冲击力——如崩塌、滑坡、泥石流以运动土石의冲击力和推压力破坏建筑物；快速压埋——如崩、滑、流土石在堆积区迅速掩埋人畜、交通线及建筑物；迁移堆积——如水土流失对表土的破坏及淤填下游河床、流沙埋没良田、村舍、道路；形态变异——如地面塌陷、地面沉降、地裂缝、冻融等都是通过地面形态变化破坏位于其上的建筑物或环境；性质变异——如土地盐碱化、土地沙漠化、煤田自燃等主要是质变破坏。

产生危害的时间过程表现为三种基本形式：突发性危害——骤然出现的集中、大量的破坏，如地震、崩塌、滑坡、泥石流等的主要危害在灾害暴发的一瞬间同时形成；累进性危害——由轻到重逐步发展积累的危害，如地面沉降、地裂缝、水土流失、沙漠化、盐碱化等在发展初期危害不明显，但任其发展下去将会出现质的飞跃，产生各种严重灾难；持久性危害——有的危害一旦形成便长期维持其对人类的危害性，不会随着灾害发展进程的终止而自行消失。累进性的危害达到一定程度时往往转化为持久性危害，如地面沉降量达到很大值时，即使沉降终止了，已经造成的高程损失不能自行恢复，雨季积水、海潮洪水威胁等危害不会自行消失。

从遭受危害的空间范围来看也表现为三种形式：局部性危害——如单个的、规模不大的崩塌、滑坡、泥石流、岩溶塌陷等其作用范围仅限于暴发点附近；片区性危害——如伴随暴雨洪水而发生的群发崩、滑、流灾害，可同时在几十到几百平方公里范围内造成危害，大地震危害范围达几万到几十万平方公里；扩展性危害——如抽水引起的岩溶塌陷、地面沉降及沙漠扩张等危害范围都是由小到大逐步扩展。

前面概述部分所举例子表明地质灾害的破坏目标是多种多样的，后果十分严重，基本危害可归结为三方面：危害人类的生命安全、摧毁各种形式的社会财产、损害人类赖以生存和发展的自然环境等。影响范围广的地质灾害还可能成为社会不安定的因素。不同地质灾害可能产生的危害后果也不尽相同（表5）。

3. 影响地质灾害危害程度的因素

地质灾害造成的危害大小取决于自然和社会两方面极其复杂的因素，以及这些因素之间随机的组合情况。自然因素是指灾害本体和灾害环境所具有的致灾能力，主要包括灾害本体的规模大小、发灾骤缓、前兆明暗、发灾时刻、暴发频率以及灾区地质地貌条件等。社会因素是指灾区社会经济特征及人们认识和抗御灾害的能力，主要包括人口及经济目标密集程度、居住地及工程经济活动场址选择和活动方式是否适宜、防灾抗灾意识、科技水平及防治措施是否得力等。应当强调指出，社会的防灾意识和抗灾能力在决定灾害危害程度方面往往起主导作用。如1987年9月1日四川巫溪县县城发生的岩崩规模很小，仅0.7万 m^3 土石崩落，但

造成 98 人死亡的惨重灾害，其原因一是该县城处在狭小的峡谷中，崩岩之下正好是密集的居民区，二是居民防灾意识淡薄，在岩崩前兆十分明显的情况下（崖上不断掉石块）没有及时撤到安全区。4 个月 after 在巫溪县中阳村又发生了一次滑坡，规模巨大（763 万 m^3 ），但由于有“前车之鉴”，村民和地方政府提早采取了监测和撤离措施，全村 400 多人无一伤亡。又如唐山大地震之所造成空前浩劫，是由于多方面不利因素组合在一起了：地震极强烈、震中位于工业人口密集的市区、震区地基是具有砂土液化条件的松散堆积层、大部分建筑物抗震性能不好、发震前没有明显预兆、限于认识水平当时还无法作出预报、发震时间又正好在深夜人们熟睡之时……；但另一方面在党和政府高度重视之下，及时组织了大批力量抢险救灾，从瓦砾堆中抢救出了数十万人的生命，从而极大地减小了损失，也反映出人在控制灾害危害性上的主导作用。

表 5 地质灾害及主要危害后果对照表

灾 害 类 型 \ 危 害 后 果	人员 伤亡	破坏 建筑 设备	破坏 交通	破坏 水利 设施	破坏 农林 草地	破坏 景观 资源	破坏 水资 源	破坏 矿产 资源	恶化 地表 形态	降低 地面 高程	堵河 淤积
地 震	△	△	△	△	△	△	△		△	△	△
崩、滑、流	△	△	△	△	△	△	△		△		△
矿山塌陷及岩溶塌陷		△	△	△	△	△	△		△		
地面沉降		△	△	△	△	△	△		△	△	
地裂缝		△	△	△	△	△	△		△		
水土流失		△	△	△	△	△	△		△		△
土地沙漠化		△	△	△	△	△	△		△		△
冻 融		△	△						△		
土地盐碱化		△	△	△	△		△				
诱发地震	△	△	△	△					△		
煤田自燃					△	△	△	△	△		

注：△为造成危害的项目

五、地质灾害防治

前述中国地质灾害发育分布规律、地质灾害属性、地质灾害类型区划，以此为基础分别有针对性的对不同灾害类型进行防治规划。防治工作应因灾种、因地、因时并结合当地的地质环境条件进行全面规划防治，其方针是贯彻以防为主，防治结合，综合治理的原则。

地质灾害是自然灾害的一个子系统，总体看与各类自然灾害一样，都有区域性、地域性的成灾规律，自然灾害与各灾种之间都有密切的或有一定的成生相关性，相互影响，相互交叉，相互因果的联系，构成某一时段，某些灾种的转化，派生灾害，形成灾害群、灾害链，构成系列灾害系统。

地质灾害防治必须从下列几方面着手：

1. 开展灾害地质普查与评价工作

地质灾害的发育和形成是具有特定的地质环境，普查工作是摸清成灾条件和因素，研究其发育分布规律，成灾的时空分布特征，对地域性和地段灾变现象和灾变点作出灾害地质评价，提出环境保护与防灾措施，为地质灾害防治规划提供基础资料。

2. 大力开展地质灾害监测和预报

地质灾害的发生和发展都有一个较长时期的孕育过程，从渐变到突变，从量变到质变的过程，并非偶然，在掌握成灾条件、规律、成生机理之后，不论是突发性或累进性（或缓变）地质灾害都可以进行预测。对灾变明显的，危害较大的，正在变异过程中的灾变点可进行监测预报工作，建立起完善的监测网络，减轻或避免灾害造成的损失。

3. 开展多学科横向联合的综合性灾害系统工程研究

自然灾害包括天文灾害、大气圈灾害、水圈灾害、岩石圈灾害、生物圈灾害。地质灾害只是自然灾害系统工程的一个部分，地质灾害的形成与地球各层圈的危害有着密切的成生联系，除了自然因素之外，人为社会活动造成或促进灾害发育和形成不可忽视的重要因素，过去大都注重单灾种的研究和防治，没有形成各灾害系统综合性研究，因此，在对灾害研究上突破不大，效益欠佳，因而必须打破学科之间的界线，跨学科、跨行业、跨部门的横向多学科的综合性的灾害研究工作，才能真正提高地质灾害研究水平。

4. 加强综合防治工作

地质灾害防治是在改善成灾环境条件，提高环境质量为基础，过去只是单灾种，孤立地对某灾害治表工作，缺乏区域性或地域性多方位、多渠道、多学科的综合防治，缺乏建立必要地质环境保护法规，因而不能形成整体经济效益、社会效益和环境效益。因此，必须加强综合防治工作，才能取得最佳效果。

5. 建立统一完整信息数据系统

地质灾害种类多，暴发频繁，成灾面大，资料分散，缺乏统一归口和资料的完整性，对地质灾害的全面系统研究带来很大困难，不能及时向国家和各级政府部门传递可靠信息，不利于政府和各专业部门迅速作出正确的决策。信息系统除通讯之外，更重要的是地质灾害信息库，不仅储存历史上形成的灾害点数据，以及可能发生的灾变点，有利于预测预报工作和采取必要的防范措施，之外，还应建立已治理的灾害点数据库，有利于对比总结和研究最佳防治方案，提高防治效能。

6. 加强地质灾害科普宣传，提高全民防灾意识

防灾工作是全民的工作，是我国基本国策，由于地质灾害分布广，灾害频发，只靠国家和专业队伍搞好防灾工作困难很大，人力、物力、财力有限，只有普及地质灾害基本知识，加强灾害防治宣传，提高全民对防灾的认识之后，走群专结合的道路，建立不同层次的防灾队伍，建立比较完善的防灾系统，才是多快好省的办法。

结 语

中国是世界上地质灾害严重的国家之一，其地质灾害类型复杂多样，分布广泛，灾情严重，每年都有不同程度的地质灾害发生，并有进一步发展和扩大之势，严重的威胁人类生存和恶化环境。

地质灾害的形成有以自然地质作用为主的，也有人类不合理的活动为主形成的地质灾害，自然地质灾害有突发性和累进性两种属性，也有周期性和伴生性的特征。人为活动形成的地质灾害，是受人为活动方式、强度所制约，它们之间都有密切的相关性，各类地质灾害之间也具有相互转化的特性，从而形成灾害链。纵观全国，长江和黄河两大流域的地质灾害构成两大灾害链，它们呈树枝状或带状展布，有些地质灾害类型呈片状展布。黄河水土流失十分严重，水土流失是与其它相关连灾害的一个综合效应，黄河下游部分河段已变成地上悬河，如不采取措施，将会造成黄河泛滥，重蹈历史覆辙。长江也是如此，长江上游水土流失相当严重，仅次于黄河，如长江中游葛洲坝电站运行 7 年后，泥沙淤积约占库容量的 10%，长江中游防洪主体工程——荆江大堤，每年需加高 5—8cm 方能维护江汉平原的安全。

地质灾害的形成是复杂的，并不是孤立的，它是与天体运动、地壳运动、地球各层圈变异以及人文社会行为关系十分密切的。

地质灾害的防治必须从全球大环境着手，也就是从地质环境及生态环境保护着手，它是一项巨大系统工程，必须加强多学科、多方位、多系统、多层次、多渠道的密切协同，才能收到整体良好效果。建立起科学的、完整的管理、科研、防治联防的系统工程，以此达到避免、减轻地质灾害的发生、发展所造成的威胁和损失。

为响应联合国减轻自然灾害 10 年活动的决议，可望中国经过 10 年的防灾系统工程实践之后，使我国在地质灾害防治工作能达到一个新的水平。我们这项地质灾害的研究和编图工作只是我国减轻自然灾害系统工程工作的一个方面的开端。

主要参考文献

- [1] 国家地震局, 中国地震烈度区划工作报告, 1981年 地震出版社。
- [2] 钟以章, 国家地震局东北地震监测研究中心, 辽东半岛的泥石流灾害, 〈灾害学〉, 1987年第1期。
- [3] 国家地震局地球物理研究所, 中国强地震震中分布和主要地震带, 1984年中华人民共和国地图集, 地图出版社。
- [4] 中国科学院兰州沙漠研究所, 1979年1:400万中华人民共和国沙漠图及说明书, 地图出版社。
- [5] 中国科学院兰州冰川冻土研究所编, 中国冰雪冻土图及简要说明书, 1988年, 中国地图出版社。
- [6] 廖世文, “膨胀土与铁路工程”, 1984年, 中国铁道出版社。
- [7] 地矿部矿山水文地质工程地质回访调查组, 岩溶充水矿山回访报告选辑, 1986, 地质出版社。
- [8] 宋天祥, 我国地质灾害造成经济损失巨大, 1989年8月7日中国地质报。
- [9] 安启元, 中国的地震活动和减轻灾害的工作——在美国洛杉矶召开的第二届国际地震会议上的报告, 〈灾害学〉, 1987年第2期。
- [10] 卢振恒, 纪元以来世界部分自然灾害简明参考年表, 〈灾害学〉, 1987年第3期。
- [11] 王国治, 防御、减轻地震灾害是全社会的一项重大任务, 〈灾害学〉, 1987年第4期。
- [12] 徐慧生, 中国部分自然灾害之最, 〈灾害学〉, 1986年创刊号。
- [13] 国家地震局地震研究所, 中国诱发地震, 1984年, 地震出版社。
- [14] 陈益明, 水库地震震害、对策及经济教训, 〈灾害学〉, 1988年第1期。
- [15] 谭万沛, 泥石流及其灾害的极大值, 〈灾害学〉, 1987年第3期。
- [16] 李锡山等, 两次大型山崩滑坡的启示, 〈灾害学〉, 1987年第4期。
- [17] 韩魁哲, 人为活动与洒勒山滑坡, 〈灾害学〉, 1986年创刊号。
- [18] 四川省暴雨成灾损失惨重, 中国环境报, 1989年7月29日。
- [19] 梁鸿光、彭贵荣, 过量开采地下水引起的灾害, 〈灾害学〉, 1987年第4期。

地信网论坛
BBS.3S001.COM