

国家紧急救援行业丛书

应急救援知识小百科
地 质 灾 害

民政部紧急救援促进中心编

科学普及出版社

· 北 京 ·

《应急救援知识小百科》丛书编委会

总 顾 问 姜 春 云

丛书编审委员会

主 任 委 员 王 彦 峰

副 主 任 委 员 程 湘 清 于 友 民 韩 忠 学
张 群 生 马 新 华

执行副主任委员 张 群 生

委 员 (按姓氏笔画排序)

王 伯 廷 宁 金 彪 李 孝 生 何 钟 琦
张 兴 民 张 景 泉 郭 世 英

丛书编写委员会

组 长 宁 金 彪

成 员 张 兴 民 郭 世 英 何 钟 琦 宋 忠 平

《地质灾害》编写组

主 编 王 士 革 钟 敦 伦 谢 洪 张 小 刚
图 片 提 供 谢 洪 王 士 革

前 言

中国地域辽阔，地质构造复杂，地震频繁，降水丰沛集中，生态环境脆弱，是世界上地质灾害最严重的国家之一。改革开放以来，中国经济高速发展，兴建了大量的铁路、公路、矿山和水利等基础设施，新城镇不断建立，旧城镇日益扩张。但社会经济的高速发展也带来了巨大的负面影响，生态环境遭到严重破坏，地质灾害频繁发生，常常造成人民生命财产的巨大损失。1995年8月17日14时28分，四川省汶川县发生了8级大地震，地震区山崩地裂，大量房屋倒塌，交通、通讯、电力全部中断，造成了巨大的人员伤亡和财产损失。据国家地震局公布，汶川8级地震Ⅵ度区以上面积14.4万平方千米，Ⅸ度以上地区破坏极其严重。强震区由于地震造成大面积山体破坏，岩体松动，引发了数以万计的崩塌、滑坡等次生地质灾害，在较长时间内还可能出现严重的滑坡、崩塌、泥石流等地质灾害。因此，在我国地质灾害的防治工作任重道远。

历史的经验告诉我们，大力普及地质灾害和防灾、减灾基本知识，努力提高广大干部和群众的防灾、减灾意识，将防灾、减灾工作变为干部、群众的自觉行动，是减轻地质灾害最有效的措施。特别在“8·17”汶川地震之后，灾区地质灾害非常严峻的形势下，开展地质灾害和防灾、减灾基本知识宣传和普及工作，更显必要。《地质灾害》以问答的形式，通俗的语言，介绍了中国地质灾害的类型、分布情况、形成条件及防灾、减灾基本知识以及地震与地质灾害之间关系。我们期望通过本书的发行，能起

到普及地质灾害及防灾、减灾知识，促进地质灾害防治工作的开展，达到减轻地质灾害，为地震灾区山区人民作应有的贡献。

本书在编写过程中得到中国科学院—水利部成都山地灾害与环境研究所广大科技人员的支持，一并在此表示感谢。在本书编写过程中参考了多种文献，受篇幅限制，虽未一一列出，但我们必须要感谢这些文献的作者。此次编写时间仓促，虽竭尽全力，但错误难免，恭请读者批评指正。

第一部分 地质灾害简介

什么叫地质灾害？

环境地质条件在发展演化过程中伴生的, 或在其演化过程中与人类经济活动相结合共同激发的对人类社会和人类自身有不利影响的地质事件, 统称为地质灾害。

地质灾害有哪些种类？

根据 1997 年 11 月 1 日国务院公布了《地质灾害防治条例》, 地质灾害定义为: “包括自然因素或者人为活动引发的危害人民生命和财产安全的山体崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷、地裂缝、地面沉降等与地质作用有关的灾害。”其中前三种灾害主要发生在山区(含丘陵和山原);后三种灾害既可发生在山区,又可发生在平地(平原及高原)。

中国为什么地质灾害特别严重？

中国地域辽阔,不同类型的地理孕育着不同类型的地质灾害。
(一)地貌条件。

中国陆地地貌的骨架第一级阶梯是青藏大高原,由极高山、高山和大高原组成,第二级巨大的阶梯主要由广阔的高原和大盆地组成,东部广阔的平原和丘陵是第三级阶梯。在第一级阶梯和第二级阶梯及其过渡带,深切河谷地带,相对高度巨大,为地质灾害的发生发展提供了巨大的能量和能量转化的优越条件。

(圆)地质条件。

中国地质构造发育、新构造运动强烈、岩性复杂、地震频繁。在地质构造上主要中国由缘大地台、几个不同时期的褶皱系和燕山地槽褶皱带。在这些构造体系内部,褶皱强烈,新构造运动强烈,形成了几条深大断裂。这些断裂不仅强烈破坏其分布带内的岩体完整性,还常常成为地震发震的震源。

中国地域辽阔,地层出露齐全,岩性复杂。岩性软弱的黄土、黏土、硅藻土等半成岩与砂岩(含中、粗、细)、粉沙岩、火山凝灰岩、泥灰岩等,在外力作用下极易解体形成大量松散碎屑物,在变质岩中有中板岩、千板岩、片岩等易遭风化而形成大量的松散碎屑物质。在这些软弱岩层出露的地区易发生滑坡和泥石流;在花岗岩、石灰岩等硬岩出露的地区易发生崩塌,形成地面沉降的岩石主要是第四系冲积、湖积、海积的黏性土和粉细砂,其结构松散,极易压缩变形,形成岩溶塌陷的岩石均为碳酸盐岩,其或者裸露地表,或者上覆厚度不大的第四系沉积物。

(猿)水源条件。

地质灾害的形成一般与水源有密切关系,其中以与大气降水密切最为密切,其次为冰雪融水,溃决水,地下水相对较少。

①大气降水。在中国降水最大的特点,年际变化和年内变化很大,并高度集中。多雨年降水量可为少雨年降水量的数倍,在年内大部分地区远-怨月的降水量可占全年降水量的愿-怨。中国山区地形复杂,常形成中心小而强度大的局地暴雨。高度集中的降水和多局地暴雨十分有利于地质灾害的形成。

②冰雪融水。中国西部地区有许多极高山和高山终年积雪,而且发育了大量的冰川,如喜马拉雅山、昆仑山、天山、祁连山、巴颜喀拉山等。这些固态水在适宜的条件下转化为液态水时,便成为孕育乃至激发地质灾害发生的水源。



(源)人类不合理的经济活动。

不合理的人类经济活动主要包括:森林过伐、乱砍滥伐、毁林开荒、陡坡耕作、采矿、筑路、大型工程建设任意排弃废石、废渣,过度抽取地下水和修建水利工程设计标准低、施工质量差等。这些人类经济活动为地质灾害的形成提供动力条件和物质条件,促进了地质灾害的发生发展。

中国哪些地区容易发生地质灾害?

中国地域辽阔,不同的自然条件孕育着不同的地质灾害。

(负)容易发生泥石流、滑坡、崩塌和地裂缝的地区。

广大的山区的极高山、高山、中山和低山区,都为易发泥石流、滑坡、崩塌和地裂缝的地区。其中相对高度在 500 米及以上的流域容易发生的沟谷型泥石流,相对高度在 1000 米以上,堆积层厚度 ≥ 5 米的山坡容易发生坡面型泥石流;具有一定相对高度和临空面的山坡和人工开挖的边坡,容易发生滑坡、崩塌和地裂缝。如果上述灾害发生在地震区,那么在地震发生时,由于山体受到地震力的强烈作用,增大了形成地质灾害的动力条件,于是本来不具备地质灾害形成条件的流域和山坡也会发生地质灾害,因此地震区的地质灾害无论其分布密度和活动强度都比自然环境相似的非地震区高出 1~2 个等级。从行政区来看,除上海市和澳门特别行政区仅有地裂缝分布外,其余各省(市、区)都有上述四类灾害分布,其严重程度的总趋势是西南地区最重、西北地区次之,华北和东北地区旗鼓相当,可并列第三,而华东和中南地区相对较轻。

(圆)容易发生地面塌陷的地区。

地面塌陷主要发生在以下三类地区:一是黄土塌陷区,主要分布在黄土及黄土区的甘肃、陕西、山西、河南、宁夏、内蒙古和青海。二是岩溶分布区,岩溶塌陷区主要分布在我国南方各省市,其中以广西、贵州、云南、四川、重庆、湖北、湖南、福建等分布较为广泛。



三是工程塌陷,中国矿产资源十分丰富,在采矿过程中,尤其是在采矿之后,往往形成巨大的地下空洞,发生整体塌陷,形成深坑,在雨水和地下水的作用下,还可积水成深潭。采矿工程造成的塌陷在中国分布广泛,其中云南、四川、广东、广西、海南、江西、安徽、福建、河北、山东、北京、山西、陕西、宁夏、内蒙古等省市、自治区分布较为集中。

(狗容易发生地面沉降的地区。

地面沉降往往发生在组成物质比较均一,孔隙率大,地下水丰富的地区。当这些地区的地下水开采过度,引起地层承载能力下降,于是导致地面沉降发生。由于城市抽取地下水的数量大,城市建筑物密集,地基承受的压应力大,因此城市的地面沉降现象往往大于农村。在中国,地面沉降主要发生在华北平原、长江中下游平原和珠江三角洲地区。

纒地质灾害一般集中在什么时间发生?

地质灾害的发生时间具有下列特征:

(负)地质灾害集中在地震活跃期和丰水年发生。

从年际来看,地质灾害主要发生在地震活跃期和丰水年。因为地震活跃期地震活动频繁,强烈的地震能使极高山、高山、中山和低山丘陵区的山体遭到强烈破坏,不仅能形成大量的地裂缝、滑坡和崩塌,而且还能使地表堆积物与基岩松弛,为后来的崩塌、滑坡奠定基础。这些堆积在山坡上和沟谷中的松散堆积物为泥石流的形成提供了充足的物质条件,促进了泥石流的发生发展。不仅如此,在条件适宜的地方(饱和土本存在于陡峻山坡上),地震还可直接激发泥石流的发生,强烈的地震还能促进和加速黄土地区和岩溶地区塌陷的发生发展和规模的扩大,强烈的地震也能加速地面沉降的发生发展。可见,在地震活跃期,各类地质灾害都因受到地震的强烈影响而变得十分活跃。丰水年降水十分丰沛,往往

为干旱年的 圆- 缘倍,丰沛的降水既为地质灾害的形成提供充足的水体成分,又为地质灾害的形成提供强大的水动力条件,因此丰水年也往往是地质灾害强烈活动年。如辽(宁省)东南(部)地区,员缘年、员苑年、员愿年、员苑年、员愿年为丰水年,在这些年内,地质灾害特别活跃;又如北京山区 员缘年、员苑年、员愿年、员愿年和 员愿年为丰水年,地质灾害也特别活跃。类似事件在全国各地的山区都有发生,这里不再枚举。

(圆)地质灾害集中在雨季发生。

从年内来看,地质灾害集中在雨季的 缘月中旬~ 员园月中旬发生,其中 愿豫以上的地质灾害和 怨豫以上的规模大、危害重的地质灾害集中在 远- 愿月发生。这是因为雨季丰富的降水使岩、土体处于饱和状态,当大雨、暴雨、大暴雨或特大暴雨袭击时,绝大部分甚至几乎全部雨水转化为地表径流、地下径流和沟谷洪流,促进崩塌、滑坡、地裂缝和泥石流的形成和加速地面塌陷的发生。由上述可见,地质灾害的频繁发生期为 缘- 员园月,密集发生期为 远- 愿月。

地面沉降与地下水水位的变幅关系密切,在雨季因降水丰富,地表水补给地下水多,因此地下水变幅小,而在干季因降雨少,地表水补给地下水少,如果旱季的地下水抽取量还与夏季一致,那么必然导致地下水位的急剧下降。可见,发生地面沉降的几率旱季要大于雨季。岩溶塌陷和工程塌陷的主要诱因是溶洞和矿洞顶部的承载力与顶部岩、土体的压力的矛盾,降水对塌陷固然有促进作用,可加速岩溶塌陷和工程塌陷的发生。但应注意的是,即使在沒有雨水或很少雨水的旱季,只要洞穴顶部的承载力低于洞穴顶部岩、土体的压力,仍可导致塌陷的发生。

遛什么叫地震的次生地质灾害?

由主灾种引起,以其他灾种形式造成的灾害,称为主灾种的次生灾害。地震除能造成巨大的直接灾害外,还能造成多种次生灾

害(图员)。这些地震的次生灾害也能借助地震之力,造成巨大的灾害。地震次生灾害的种类,主要有海啸、火灾、水灾、瘟疫和地质灾害等。地震的次生地质灾害,是强烈地震发生时在高强度的地震力作用下,产生的泥石流、滑坡、崩塌、地裂缝、地面塌陷和地面沉降等远大类型的灾害。实际上地震的次生地质灾害和前面介绍的地质灾害其性质是完全一致的,只不过在形成条件上直接加上了地震力的巨大作用,因而具有地震元素。



图员瑶“缘·员圆”汶川地震引发的次生地质灾害

为什么强地震会在山区引发大面积的次生地质灾害?

地震具有巨大能量,其震源所释放能量的大小,以里氏震级来划分,震级越高,震源释放的能量越大。地震的能量是以冲击波形式释放的,地震的冲击波包括体波和面波,体波又分纵波和横波。纵波能在固体和液体中传播,速度快,能量散失最快,横波只能在固体中传播,速度慢,能量散失也慢,故影响范围比纵波大,面波传播速度最慢,频率较低,引起的震动最强烈,破坏性最大。山区地形陡峻,松散碎屑物质丰富,生态环境脆弱,许多山区本来就具备

了形成地质灾害的条件。强烈地震时,在强大地震力的作用下,震区内山坡上的不稳定岩、土体变得更不稳定,处于极限平衡的岩、土体变成不稳定的岩、土体,甚至一部分稳定的岩、土体也变成不稳定的岩、土体。这些不稳定的岩土体随着地面震动而开裂、崩塌和下滑,形成大量的地裂缝、崩塌和滑坡。地震造成的地裂缝,不仅有边坡重力裂缝,还有穿过山脊的构造裂缝,如1975年龙陵地震时,在震区内有多条穿过山脊的地裂缝生成,长达数千米至十余千米。地震造成的崩塌、滑坡数量众多,在陡坡或较陡坡分布区,崩塌、滑坡呈带状、片状出现,不仅数量多,而且规模巨大。崩塌、滑坡形成的巨量松散碎屑物堆积在山坡上和沟谷中,为坡面泥石流和沟谷泥石流的形成提供了极为丰富的固相物质,只要有足够的水源,就能暴发规模巨大,数量众多的泥石流。地震的冲击波,还能加速黄土地区和岩溶地区地面滑陷的发生发展。由上可见,地震不仅会加强山区地质灾害活动区地质灾害活动的强度,还有通过改变地质灾害的形成条件,使部分非地质灾害活动区扩大为地质灾害活动区。

震后哪些因素可能再次诱发崩塌、滑坡、泥石流？

地震发生后,余震、地下水活动、堰塞湖溃决、降水及人类工程活动等都可能再次诱发崩塌、滑坡、泥石流灾害。

(一) 余震。

余震是主震发生后诱发崩塌、滑坡和泥石流的重要诱因之一。这是因为经过主震的破坏后,山区地表已遭受强烈破坏,不少坡体的岩、土体处于不稳定或极限平衡状态,一旦遭受余震冲击波的作用便脱离母体而再次形成崩塌和滑坡(图 1)。

(二) 地下水活动。

山区山高谷深,地下水不仅储量丰富,而且分布位置较高,露头也较多,地震造成的崩塌、滑坡体若覆盖在地下水露头(泉眼)



图 圆 山崩和滑坡毁坏了村镇

之上,那么源源不断的泉水可造成崩、滑体的自重增加,内聚力和内摩擦角减小而沿着某一层面(破裂面或基岩面)再次发生崩塌和滑坡,在条件适宜的情况下,还会引起坡面泥石流和沟谷泥石流的暴发。

(猿)水库、塘坝溃决。

地震,尤其是强烈地震巨大的冲击波,往往导致水库、塘坝的坝体遭受强烈破坏,其稳定性大为降低。在水库、塘坝蓄水的静水压力和动水压力的作用下,一旦溃决,便与堆积于沟谷内的、由崩塌和滑坡提供的固相物质相结合,形成能量和规模都十分巨大的泥石流,泥石流铲刮沟床物质后,在两岸形成临空面,导致崩塌、滑坡的再度发生与发展。

(源)堰塞湖溃决。

强烈地震造成的巨大规模的崩塌和滑坡,往往堵塞河流和沟



图 猿 堰塞湖

谷形成堰塞湖(图猿)。堰塞湖的堤坝(壅塞体)由天然岩、土体(崩、滑体)形成,体积虽然庞大,但土体疏松,稳定性差,在湖水的静、动压力作用下极易发生溃决。壅塞体堵塞沟谷形成的堰塞湖,往往湖水数量有限,溃决后通常形成沟谷型泥石流,给下游造成严重的泥石流危害。堵塞河流的堰塞湖,湖水数量巨大,可达数千万至数亿立方米,一旦溃决便在下游形成超常洪水,不仅给下游人民辛勤劳作的成果和人类自身的安全造成巨大危害,而且由于超常洪水的强烈冲刷,还可在主河两岸造成严重的崩塌和滑坡。

(缘降水。

降水,尤其是暴雨,是在地震后再次诱发崩塌、滑坡和泥石流的重要因素。降水,尤其是暴雨形成的地表径流渗入不稳定或处于极限平衡的岩、土体后,一方面增加了岩、土体的自重,另一方降低了岩土体的强度,于是岩、土体便在自重作用下,或者形成崩塌或者形成滑坡。当降水,尤其是暴雨形成强大的坡面径流与沟谷洪流时,便可启动山坡物质或沟床物质而形成坡面泥石流或沟谷泥石流。

(远人类工程活动。

地震区在地震后,由于次生地质灾害严重,往往导致交通、通讯中断,给抢险救灾带来巨大困难,运送大宗物资和转移大量灾民却必须打通地面通道,如公路、航道等生命线工程。在抢修道路时,必然要对堵塞公路的崩塌、滑坡体进行开挖。在开挖过程中,当崩、滑体前缘被挖掉时,必然引起崩塌、滑坡的再次活动;当崩、滑体中有大石块,一般机械无法搬走时,还必须进行爆破,爆破产生的震动既可能引起已崩、滑的物质再次活动,又可引起不稳定的岩土体和处于极限平衡的岩、土体活动,形成新的崩塌和滑坡。

2. 2. 2 地质灾害有哪些危害?

中国地质灾害的危害不仅是严重的,而且是多方面的。

(员危害城镇。

据资料,中国县级及以上政府驻地城市(镇)遭受泥石流威胁和危害的共 15 个,其中省级政府驻地城市 2 个,地级政府驻地城市(镇) 3 个,县级政府驻地城市(镇) 10 个;受滑坡威胁和危害的县级及以上政府驻地城市(镇)更多。

长江三角洲和华北平原是我国地面沉降灾害严重的地区,上海、北京、天津、西安、太原、苏州、无锡、常州、扬州、泰州、南通等大中城市生了地面沉降灾害。



因地面塌陷造成房屋大面积破坏,安徽省淮南市的大通镇、九龙岗镇和淮北市的烈山镇等地不得不搬迁重建。

因裂缝危害,陕西省西安市、咸阳市,山西省大同市、榆次市、运城市等城市经济损失巨大。

(圆)危害交通。

交通道路属线性工程,在山区的崇山峻岭之间要穿越众多的河流和沟谷,因此也成为地质灾害危害的主要对象之一。据不完全统计,中国遭受崩塌、滑坡和泥石流危害的铁路,有成昆、宝成、滇黔、南昆、达渝、内昆、陇海的兰州—三门峡段,兰新、半青、包兰、宝中、阳安、西(安)(安)康、青藏、南疆等干线和东川、镜铁山、潮石、罗平、玉门、风尚、海岫等支线。中国遭受崩塌、滑坡和泥石流威胁和危害的公路数量很多,程度严重。据资料,川藏公路中段(西藏自治区八宿—林芝段)的圆千米公路中,有泥石流沟逾条,分布密度虽仅为圆千米一条,但规模巨大,其中流域面积为圆—圆平方千米(圆平方千米,圆公顷,下同)的猿条,圆—猿平方千米的圆条, \geq 猿平方千米的圆条。地面沉陷也是岩溶地区公路、铁路水利设施和地下管线的主要地质灾害之一。

在我国的主要铁路干线中,京光线、贵昆线、浙赣线、津蒲线、沈大线、渝达线等都有较严重的地面塌陷灾害(图源)。地面塌陷造成车站建筑物毁坏、路基下沉、路轨悬空、桥涵开裂倒塌,甚至造成火车出轨。

(猿)危害水利水电事业。

地质灾害对大中型水库的危害,一是将泥沙石块输入水库,减小可调控水源,如北京密云水库和北京与河北间的官厅水库,是北京市的饮用水、生活用水、工业用水和环保用水的水源地,但由于汇入两水库的河流流域内崩塌和泥石流活动强烈,每年都有大量泥沙石块通过河流汇入水库,导致水库库容缩小;二是把大量有机质、污染物质和动、植物残体、残骸输入水库,降低水



图 源 山体崩滑毁坏公路、铁路交通

库水质。

地质灾害对小型水电站的危害主要表现为损毁。据资料,四川攀西地区,在 20 世纪 70 年代中期 ~ 80 年代的 10 余年时间里,遭地质灾害毁坏或损坏的小型水电站达 100 多座。地质灾害对中、大型,乃至特大型水电站的危害,主要表现淤塞水库,减小水库库容,缩短使用寿命。如黄河干流的三门峡水电站设计为特大型水电站,黄土高原地质灾害活动特别强烈,将大量泥沙输入黄河,进入该电站水库,造成严重淤积,给电站的运营造成严重危害。

(源危害工矿企业和村庄。

①地质灾害对工矿企业的危害。中国山区地质灾害危害工矿企业的事件每年都有发生,少则数起,多则数十起。工矿企业是人口高度集中、科技力量密集、经济相对发达的区域,是国家和当地