

# 我国滑坡、崩塌的区域特征、成因分析及其防御

盛海洋, 李红旗

(黄河水利职业技术学院, 河南 开封 475001)

**摘要:** 论述了我国滑坡、崩塌的区域分布特征, 滑坡和崩塌的危害程度, 滑坡和崩塌类型和成因分析, 并且提出了灾害的防御措施, 以期达到环境保护成为社会发展过程中的一个重要组成部分。

**关键词:** 滑坡和崩塌; 区域特征; 危害; 成因分析; 人类活动; 防御措施; 环境保护

**中图分类号:** P642. 22; P642. 21      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1005-3409(2004) 03-0208-03

## Distribution of Slip and Fall in China and Reason Analysis and Study of Prevention and Control

SHENG Hai-yang, LI Hong-qi

(Yellow River Conservancy Technical Institute, Kaifeng 475001, Henan, China)

**Abstract:** The authors discuss the main distribution of slip and fall in China and harm and reason analysis, put forward the measures of protection and control of geological disasters, in the hope that the protection of geological environment can become an important part of the process of the social development .

**Key words:** slip and fall; distribution; harm; reason analysis; human activities; prevention and control; protection of geoenvironment

### 1 我国滑坡、崩塌的分布特征

斜坡岩土体运动灾害, 如山崩、滑坡等, 是危害程度仅次于地震的较大地质灾害。与地震相似具有突发性的特点, 主要发育在山区。我国地域辽阔, 山地占国土总面积的 65% 以上, 因此滑坡、崩塌在我国分布非常广泛。据统计, 自 1949 年以来, 我国东起浙江、福建、辽宁, 西至新疆、西藏, 北起内蒙古, 南到海南、广东, 至少有 22 个省、市、自治区不同程度地遭受过滑坡、崩塌的侵扰和危害。我国的西南山区、青藏高原东南部是滑坡、崩塌发育的重灾区, 其中四川是我国发生滑坡、崩塌次数最多的省, 约占全国滑坡、崩塌总数的 1/4。其次是陕西、云南、甘肃、青海、贵州、湖北等省, 它们是我国滑坡、崩塌的主要分布区域。总的看来, 滑坡、崩塌主要分布在: (1) 新构造活动的频度和强度大的地区(含强震区); (2) 中新生代陆相沉积厚度大或其它易形成滑坡的岩土体的地区; (3) 地表水侵蚀切割强烈的高中山地区; (4) 人类活动强度大, 对自然环境破坏严重的地区; (5) 暴雨集中且具有形成滑坡、崩塌地质背景的地区。如果以秦岭—淮河一线为界, 南方多于北方, 差异性明显; 以大兴安岭—太行山—云贵高原东缘一线为界, 西部多于东部, 差异性也是很明显的。以上川、陕、滇、甘、青、黔、鄂诸省则是这两条界线共同划分的重叠区(即崩、滑主要分布区)。

### 2 滑坡、崩塌的危害

我国由于人口快速增长和经济密集发展, 加之人类对自然环境的破坏日趋严重, 滑坡、崩塌发生的频度和成灾的强度不断增高。据初步统计, 1999 年我国共发生不同规模的崩塌、滑坡等突发事件约 18 万宗, 造成 1 200 多人死亡, 1 万多人受伤, 毁坏房屋 50 多万间, 直接经济损失约 85 亿元人民币。90 年代中期以来, 每年造成死亡的人数超过 1 000 人, 经济损失达 200 多亿元。

在我国遭受崩塌、滑坡灾害最严重的是铁路、公路和航道。铁路主要集中在宝成、宝兰、成昆、川黔、黔桂、鹰厦、青藏、太焦等线。据铁路部门统计, 我国铁路全线分布着大中型滑坡约 1 000 余处, 平均每年中断交通运输 44 次, 中断行车 800 多 h, 经济损失 7 580 万元, 每年投入的整修费 6 500 万元。1980 年 7 月 3 日发生的成昆铁路西车站滑坡, 堆积在路基上的滑坡体体积 226 万 m<sup>3</sup>, 厚 15 m, 掩埋铁路长 162 m, 中断行车 39 d, 造成严重的经济损失, 仅工程治理费就达 2 310 万元。宝成铁路横穿秦巴山地, 地形地质条件复杂, 灾害地质作用频繁。调查滑坡 174 处, 崩塌 279 处, 平均线发育密度近 0.8 处/km。虽经大力整治, 因灾停运现象连年不断, 影响铁路效益充分发挥。建路以来, 地质灾害发育程度经历了一个马鞍形发展过程。建路时期和运营初期为高发阶段, 线

<sup>1</sup> 收稿日期: 2004-04-24

作者简介: 盛海洋(1963-), 男, 陕西宝鸡人, 副教授, 主要从事工程地质等教学与研究工作。

平均变形密度每公里3处以上,变形点总数达2000余处;60~70年代相对平稳;1981年复又上升,1981年7~9月遭百年不遇的暴雨袭击,地质灾害全面爆发,中断行车3个月,维修经费花掉近3亿元,该年的灾害点总数达387处。经过近几年的全面整治,路况有所好转,但至今仍有76.4 km属于“红灯段”(即环境质量较差,需要加强治理的路段,占线路总长的14.5%),有117处灾害地质点(崩塌93处、滑坡24处)需要进一步重点治理。又如宝兰线全长503 km,铁路一侧共发生滑坡848处,目前直接对铁路造成危害的有102处;崩塌700余处,现仍残留320余处。公路以川藏、川云、川陕和川甘等线路最为严重。崩塌、滑坡对江河航道的危害也是严重的。如金沙江中下游、长江三峡、雅砻江中下游和嘉陵江中下游等地受崩塌、滑坡危害严重,1985年长江三峡地区秭归新滩滑坡约200万 $m^3$ 滑体滑入长江,造成航道断航近1个月,经济损失上亿元。此外,人类不合理的经济活动也造成了大量滑坡、崩塌的发生,如水利工程施工违反程序与要求,施工用水漫流,造成高陡边坡滑塌。因采矿,特别是采用大规模爆破、放顶岩柱等使高陡边坡滑塌,如1980年发生在湖北盐池河磷矿的巨大岩崩,造成磷矿五层大楼冲倒,死亡307人,设备财产损失惨重。

### 3 滑坡、崩塌类型及成因分析

#### 3.1 滑坡、崩塌类型的划分

根据滑坡体的物质组成和移动特征,以及滑坡、崩塌与环境因素的关系,并结合我国的具体情况等原则,对滑坡、崩塌具体分类如下:

(1)按滑坡、崩塌体的物质组成划分:基岩滑坡(崩塌);土层滑坡(崩塌);黄土滑坡(崩塌);除黄土外不细分土质滑坡(崩塌);岩性不明滑坡(崩塌)。

(2)按滑动面与岩层层面的关系可分为:均质滑坡;顺层滑坡和切层滑坡。

(3)按滑坡、崩塌体的规模(土石方的体积计)分为:小型滑坡(崩塌) $< 10$ 万 $m^3$ ;中型滑坡(崩塌)10~100万 $m^3$ ;大型滑坡(崩塌)100~1000万 $m^3$ ;巨型滑坡(崩塌) $> 1000$ 万 $m^3$ 。

(4)按滑坡厚度划分:浅层滑坡,仅数米;中层滑坡,数米至20 m;深层滑坡,大于20 m。

(5)按滑坡、崩塌的主要诱发因素划分:水库蓄水诱发的滑坡(崩塌);地震诱发的滑坡(崩塌);暴雨诱发的滑坡(崩塌);人为活动(包括矿山开采、道路、桥梁及水渠工程建筑开挖等)诱发的滑坡(崩塌);诱发因素不明的滑坡(崩塌)。

(6)按滑坡、崩塌的发生年代划分:古滑坡(崩塌);老滑坡(可复活重新滑动);新滑坡(崩塌);正在发展中的滑坡(崩塌)。或划分为1949年以前发生的滑坡(崩塌);1949年以后发生的滑坡(崩塌);时间不明的滑坡(崩塌)。

(7)按滑坡、崩塌的类型划分:滑坡;崩塌;滑坡(或崩塌)群;危崖;混合型(即滑坡、崩塌、泥石流混合类型)。

#### 3.2 滑坡、崩塌的成因分析

滑坡、崩塌是山体斜坡地段的一种表生动力地质作用(现象)。滑坡、崩塌的发育分布及其危害程度与地质环境背景条件、气象水文及植被条件、人类经济工程活动及其强度等有着极为密切的关系。其中,新构造运动是内因,不良气候

条件是主要的诱发因素,不合理的人类经济工程活动使得地质灾害的发生频率和成灾强度不断增高。

它们的形成需有特定的地质条件,即一定是斜坡临空面,易于滑动的岩、土体,有软弱结构面及地下水沿软弱面不断活动等基本的地质条件。另外,还需有一些常常导致滑坡、崩塌发生的影响因素,如灾害性降雨、地震、人工活动等。滑坡、崩塌的形成则是上述各种因素的不利组合和综合作用的结果。

##### 3.2.1 地形地貌

我国地势西高东低,西部多高原、崇山,东部多丘陵、平原。西部山区,深切的峡谷,陡峭的岸坡易于产生变形破坏。平面上呈凹形的边坡比凸形边坡稳定性好。边坡周围有无冲沟深切、地形是否完整等也直接影响边坡的稳定性。如黄河上游青海境内一些峡谷地段,岸壁陡立,高达数百米,又由于河流强烈冲刷,滑坡、崩塌十分发育。

##### 3.2.2 地层岩性

斜坡地层岩性是形成滑坡、崩塌的物质基础。一般坚硬完整的岩石可以维持高陡的边坡,软弱的黏土质岩石的稳定坡角则只有20~30°;沉积岩、千枚岩及部分片岩的层理和片理,对边坡的稳定性常起控制作用。由块状结晶岩组成的边坡,稳定性较好,不易发生滑坡,变形破坏常以张裂、崩塌为主。如成昆铁路路西车站南侧牛日河岸坡发生的大型岩质顺层滑坡,滑坡体主要是坚硬的砂岩及软弱的页岩(板岩)。

我国黏性土滑坡在成都平原分布密集;半成岩类黏土岩滑坡在甘肃、青海、川滇地带分布密集;黄土滑坡在黄河中游地区较密集;泥岩、千枚岩、砂质板岩形成的滑坡在西藏、云南、四川、湖南、湖北等地十分发育。

##### 3.2.3 断裂构造

断裂是岩体破碎,并为地下水渗流创造了条件。因此,断裂带常常控制着滑坡、崩塌的发育地带的延伸方向、发育规模及分布密度。如宝兰铁路沿线,滑坡常集中分布于与线路近似平行的渭河等断裂带及其附近。著名的宝鸡卧佛寺滑坡等,均与大断裂破碎带密切相关。

##### 3.2.4 水的作用

一般崩塌和滑坡均发生在连续降雨之后,尤其是暴雨,对触发边坡破坏是一个重要的因素。水对山地灾害的作用主要表现在以下几个方面:

(1)水对边坡岩体产生软化作用,降低岩体强度。特别是泥质岩石及软弱结构面,含水量达到饱和后软化作用明显,抗剪强度降低。

(2)作用在滑动面上的地下水静水压力,可以减少该面上的有效法向力,从而降低其抗滑力,导致边坡失稳。

(3)地下水位抬高后,地下水坡降加大,动水压力增加,后缘拉裂缝中静水压力增大,均加大了边坡沿滑动面的下滑力。

大气降雨对边坡的作用与地下水对边坡的作用是联系在一起的。降雨可以使坡体中含水量猛增,地下水位抬高,增大了静水压力、孔隙压力和浮托力,改变了边坡的应力状态。通过大量滑坡实例的调查,发现滑坡与降雨历时及降雨量有一定的相关性。据四川东部暴雨型滑坡崩塌统计,自暴雨开始,24 h内出现的滑坡崩塌占总数的16%;在49 h内出现

的, 占总数的 77%。长雨型触发的滑坡, 一般累积降雨量在 100 mm 以上才开始出现(日降雨量在 50 mm 以下)。暴雨型滑坡开始发生时累积降雨量低, 日降雨量高, 大量的滑坡发生在日降雨量 100 mm 以上。据统计分析, 不同地区暴雨触发滑坡的累积降雨量与日降雨量之间存在如下的线性关系:

$$P_x = a - bP_{x_n}$$

式中:  $P_x$ ——日降雨量, mm;  $P_{x_n}$ ——累积降雨量, mm;  $a$ 、 $b$ ——系数。

此外, 人工开挖, 特别是破坏坡脚的开挖、矿山采空、震动、在坡顶修建建筑物及加重等因素, 均可促使边坡变形的发展或边坡破坏。如重庆李子坝滑坡则是边岸大量的人工堆载, 在雨水等触发因素影响下滑动的。又如砍伐森林、水土流失、渠道灌溉水渗入等影响边坡稳定, 不一一列举。总之, 人类对地质环境的不合理、不适当的作用和影响越深刻, 对斜坡变形破坏的影响就越大, 结果势必会带来地质灾害。

## 4 滑坡、崩塌的防御

### 4.1 开展区域调查和科学研究, 建立灾情监测预警系统

首先开展区域调查, 摸清滑坡、崩塌的分布规律及危险程度, 进行区划分级。其次, 建立灾情监测预警系统。目前, 我国设山地灾害监测总站, 各省、市、自治区二级监测总站 20 个、地市级监测分站 110 个。我国进行滑坡、崩塌预报研究的方法和所达到的预报水平主要表现在:

(1) 中、长期趋势预报。这是目前常采用的、成功率较高的方法, 也是现阶段预报水平和能力主要的标志之一。湖北省秭归县长江新滩镇大型滑坡预报成功, 增强了对滑坡预报的信心。1985 年 6 月 12 日的新滩滑坡, 由于灾前作出了准确的预报, 使在滑坡区居住的 475 户 1 371 人全部撤离无一人伤亡, 财产损失减小到最低程度。次后, 在四川省巫溪县中阳村滑坡、甘肃白银厂有色金属公司采坑滑坡的预报中, 均收到了很好的效果。对甘肃省金川露天矿上盘一区边坡倾倒变形破坏机制的判别和稳定性预测、黄河刘家峡水电站库岸苏州崖滑坡稳定性评价及其发展趋势的成功预报, 都为滑坡预报研究积累了宝贵的经验。

(2) 目前我国滑坡预报最常用的方法是经验预报, 主要是根据地质地貌及水文地质、工程地质条件, 凭借经验, 结合宏观前兆现象进行临滑前的预报, 即“成灾预报”。目前, 我国在这方面已总结积累了大量的研究, 为滑坡预报打下了一定的基础, 定量的滑坡预报目前处于探索阶段。

### 4.2 加强山地灾害减灾工程建设

在灾害预报基础上, 减灾工程是确保生命和财产安全的

关键一步。尽管各种灾害的特点不同, 所需采用的减灾措施各异, 但在减灾工程思路都是相似的。其基本任务:

#### 4.2.1 建立减轻山地灾害系统

一般是由各级政府领导和协调建立的综合性职能机构。其主要职能包括制定减灾政策、确定灾害风险、发布灾情公报、决定减灾方案、领导减灾活动, 以保证在当前的科技、经济水平上, 尽可能将灾害的损失降低到最低限度, 以保护人民生命财产的安全和维护社会的稳定。

#### 4.2.2 针对灾害发生和作用的特征采取一定的工程技术和生态维护措施

为了减少滑坡、崩塌对工程建筑和人类的危害, 在各种建筑选址和选线时应避开滑坡、崩塌易发区。若实在难以避开, 则需采用一些预防措施, 如对城市基础设施, 水库和交通干线危险区实施工程技术措施, 包括修建排水沟、截水盲沟、支撑盲沟、敷设排水渗管、实施排水钻孔、增强稳定性、修建抗滑垛、柱、墙和洞、锚固工程等, 以防止滑坡、崩塌等灾害。同时, 对城镇和交通沿线大型滑坡、崩塌高危危险区进行实时监测预报。除采取工程措施外, 还可进行植树造林等综合治理措施, 如通过恢复地表植被, 改善生态环境, 治理水土流失, 以减小滑坡、崩塌等坡面灾变发生频率和强度。

#### 4.3 加强山地灾害的管理, 建立健全减灾工作的政策法规体系

由于相应的法规建设或条例未建立或未健全, 使开展保护地质环境、制止破坏环境和减少地质灾害发生的工作无法可依, 而使目前的地质灾害监测管理工作收效不大。为此应加强法制建设, 健全监督管理体制, 规范人类活动的方式, 达到延缓或消除山地灾害对社会经济的影响。并加快制定《中华人民共和国环境地质灾害防治条例》及其配套法规、规章和有关行业标准, 将灾害防治监督管理体系延伸到地、县, 严格执法, 加强监督, 有效控制不合理的工程和经济活动, 大幅度减少人为活动诱发的山地灾害。

#### 4.4 加强科普宣传教育工作, 提高全民的减灾防灾意识

目前全民的防灾减灾的意识比较淡漠, 有些地区甚至毫无意识, 防灾减灾教育工作严重滞后。部分地区企业片面追求经济效益, 人为地制造地质灾害发生的隐患, 而部分地方政府领导对此缺乏应有的重视, 往往导致严重的人员伤亡和经济损失, 致使国家和人民生命财产遭到巨大损失。为此要通过电视、报纸、广播等各种宣传媒体向全社会大力宣传地质环境保护的意义, 普及地质灾害防治的基础知识, 提高全民的防灾减灾意识。并调动全社会的力量, 开展和做好“以人为本, 预防为主, 群策群力, 防治结合”的防灾、减灾工作。

### 参考文献:

- [1] 刘本培. 地球科学导论[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [2] 杨伦. 普通地质学简明教程[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1998.
- [3] 范宝俊. 中国自然灾害与灾害管理[M]. 哈尔滨: 黑龙江教育出版社, 1998.
- [4] 杨计申. 环境地质及环境工程地质问题[J]. 水利水电工程设计, 1996, 56(4): 49-52.
- [5] 朱大奎. 环境地质学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [6] 国家科委全国重大自然灾害综合研究组. 中国重大自然灾害及减灾对策(分论)[M]. 北京: 科学出版社, 1993.
- [7] 段永侯, 等. 中国地质灾害[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1993.