

滑坡泥石流灾害及其防治策略探讨

王 星<sup>1</sup>, 鲁胜力<sup>2</sup>, 周乐群<sup>3</sup>

(1. 水利部监察局; 2. 水利部水土保持司, 北京 100053; 3. 长江水利委员会水土保持监测中心, 武汉 430010)

摘 要: 分析了我国大陆地区滑坡泥石流的分布、危害及其成因, 总结了滑坡泥石流防治特别是长江上游滑坡泥石流预警系统建设的成功经验, 指出了存在的一些问题与不足, 并对今后的滑坡泥石流防治, 从政策法律、灾害调查、预警系统建设、技术标准、危险性评估制度、经费筹措和试点治理等方面提出了建议。  
关键词: 滑坡; 泥石流; 灾害; 策略

中图分类号: P642. 23 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2005) 05-0138-08

The Preliminary Research of Slope-slide and Mud-rock Flow Disaster and Its Control Strategy

WANG Xing<sup>1</sup>, LU Sheng-li<sup>2</sup>, ZHOU Le-qun<sup>3</sup>

(1. Department of Supervision, Ministry of Water Resources;

2. Department of Soil and Water Conservation, Ministry of Water Resources, Beijing 100053, China;

3. The Monitoring Center for Soil and Water Conservation, the Yangtze Water Resources Commission, Wuhan 430010, China)

**Abstract:** The distribution, harm and cause of slope-slide and mud-rock flow in China mainland were analyzed. The related successful experiences of the disaster prevention in the upper reaches of the Yangtze River were reviewed. At the end, some comments and suggestion were presented in terms of policy, disaster investigation, warning system establishment, technical standard, hazard appraisal mechanisim, fund raising and demonstration control of slope-slide and mud-rock flow.

**Key words:** slope-slide; mud-rock flow; disaster; strategy

独有的地貌特征、复杂的地形地质条件、多样的气候因素、密集的人口及其经济活动影响, 使我国成为世界上滑坡泥石流灾害最严重的国家之一。据统计, 我国滑坡泥石流灾害分布区的面积约占全国的一半, 而区内创造的国内生产总值却不及全国的 1/3, 人均国内生产总值也远低于全国平均水平。每年由滑坡泥石流造成约 100 亿元的经济损失, 死亡 900 余人, 严重制约着广大山区社会经济发展。滑坡泥石流防治成为实现人与自然和谐发展, 区域发展特别是西部开发战略实施的重要保障。中国政府非常重视滑坡泥石流防治, 分别由水利部、国土资源部、中国气象局、民政部等部门负责滑坡泥石流的应急减灾、灾害治理、灾害预报和抢险救助工作, 取得了显著的减灾成效。

1 滑坡泥石流概况

目前, 全国滑坡泥石流的数量尚无准确的数据。据不完全统计(由于资料不全, 有关数据缺少台湾部分, 下同), 全国共有大小、新老、活动和不活动的滑坡数十万处, 泥石流沟数万条。仅分布集中的长江上游地区, 就已基本查明大小滑坡 15 万处、泥石流沟 1 万余条, 面积达 10 万 km<sup>2</sup>, 威胁着 200 多个县城、400 多个乡镇、2 000 万人的生命财产安全。

1.1 滑坡

1.1.1 滑坡

据统计, 大兴安岭西坡—呼和浩特—榆林—兰州—川西

平原西缘—横断山一线以东的东部季风区为我国滑坡灾害的主要分布区, 约占全国滑坡灾害总数的 88%; 其西南地区(包括云南、四川、重庆、贵州、广西等)是我国滑坡最发育地区, 分别占全国和本区滑坡灾害总数的 42% 和 48%。其中川东低山丘陵区滑坡灾害占全国的 16%, 居全国滑坡灾害首位; 贵州高原滑坡灾害占全国的 12%, 居第二; 云南高原滑坡灾害占全国的 11.7%, 居第三。

蒙新干旱区、青藏高寒区仅占全国滑坡灾害总数的 12%。其中蒙新干旱区的滑坡灾害主要分布于西北地区(新疆), 内蒙古高原地区滑坡灾害点极少。青藏高寒区滑坡灾害数量少, 分布零星。

1.1.2 滑坡类型

(1) 按稳定状态分类。滑坡可分为稳定、基本稳定和不稳定三个级别。目前我国处于稳定和基本稳定的滑坡占滑坡总数的 42.85%; 不稳定的滑坡占 57.15%。

其中东部季风区不稳定的滑坡占该区滑坡总数的 54%; 蒙新干旱区、青藏高寒区已知不稳定的滑坡分别占本区的 24% 和 59%。

在滑坡最发育的西南地区不稳定的滑坡占该区的 55%。

(2) 按物质组成分类。滑坡可分为碎石土滑坡、黄土滑坡、黏性土滑坡和基岩滑坡四大类。其中碎石土滑坡约占滑坡总数的 36.3%、黄土滑坡占 3.1%、黏性土滑坡占 39.6%、

① 收稿日期: 2005-06-26

作者简介: 王星(1949-), 男, 高级工程师, 从事水利监察工作。

基岩滑坡约占 21. 0%。

西南地区、华中华东地区、藏南地区以碎石土滑坡为主; 黄土滑坡集中分布于黄土高原地区、内蒙古高原区; 黏性土滑坡主要分布于东南沿海地区、华南地区和东北地区; 基岩滑坡主要分布于秦巴山地区和华北地区、藏北地区和西北地区。

(3) 按规模分类。可分为小型滑坡、中型滑坡、大型滑坡、特大型滑坡、巨型滑坡五类。

1.2 泥石流沟

我国泥石流分布广、数量众多。大体上以大兴安岭—燕山—太行山—巫山—雪峰山一线为界, 以西即我国地貌的第一、二级阶梯, 包括广阔的高原、深切的极高山、高山和中山区, 是泥石流最发育、分布最集中的地区, 灾害频繁而严重。以东为最低一级阶梯, 多为低山、丘陵、平原; 除辽东南山地泥石流较密集外, 其余地区分布零星, 灾害较少。

东部季风区是我国泥石流灾害发生的主要地区, 泥石流灾害沟占全国的 77%; 蒙新干旱区泥石流灾害沟占全国的 12%; 青藏高原区泥石流灾害沟占全国的 11%。

西南地区不仅是东部季风区, 而且也是全国泥石流灾害高发区和多发区。在不足东部季风区 1/4 的面积上, 泥石流沟个数和暴发次数占 47. 77% 和 39. 45%, 占全国的 36. 99% 和 31. 06%。主要集中在川西山地区丘陵区、金沙江下游、小江流域、川东黔西低山丘陵东缘、贵州高原湄潭—江口和威宁—纳雍一带、云南高原边缘横断山脉南段东侧、怒江中下游和澜沧江中游地段。其中川西山地区丘陵区占全国的 19%, 居全国泥石流灾害首位。

2 滑坡泥石流危害与活动特征

2.1 危害

滑坡泥石流灾害在我国分布范围很广, 遍及 29 个省(区、市)的广大山丘区, 每年造成约百亿元的损失和大量人员伤亡, 灾害严重的省市主要有四川、云南、贵州、重庆、甘肃、陕西、湖南、湖北、江西、辽宁、浙江等。据统计, 近 10 年来全国由于滑坡、泥石流、崩塌造成的人员死亡已近万人, 平均每年达 928 人, 400 多个市、县、区、镇和宝成线、成昆线、宝兰线受其严重侵害, 这些灾害尤其集中于西南山区。近年来较大的灾害有:

2002 年 8 月 12 日发生在云南省昭通市盐津县的泥石流滑坡, 造成 33 人被埋, 16 人死亡, 4 人受伤, 13 人失踪。

2002 年 8 月 13 日晚至 14 日凌晨云南省玉溪市新平县出现大暴雨, 激发特大滑坡泥石流灾害, 造成 33 人死亡, 失踪 30 人, 受伤 33 人, 房屋倒毁 3 196 间, 受灾人员 24 782 人, 冲毁大量基础设施, 直接经济损失 1. 17 亿元。

2004 年 7 月 4 日至 5 日, 云南省德宏州盈江县、陇川县、瑞丽市普降暴雨, 形成泥石流及滑坡灾害, 造成 14 人死亡、4 人失踪, 与爆发的山洪一起摧毁民房 15 490 间, 严重破坏 26 646 间; 共造成直接经济损失 4. 89 亿元。

2004 年 7 月 10 日凌晨云南省德宏州盈江县再度发生滑坡泥石流灾害, 12 人遇难, 48 人失踪, 4 人重伤, 直接经济损失 1. 57 亿元人民币。2004 年从入汛到 7 月 20 日, 云南省因洪涝泥石流灾害死亡人数为 88 人, 5 个县级以上城市受淹, 经济损失为 24. 82 亿元。

2004 年 10 月 4 日凌晨, 云南楚雄彝族自治州武定县东坡乡以赤丹村突发特大滑坡泥石流, 造成 12 人死亡, 3 人失

踪, 11 人重伤, 242 头牲畜被掩埋、冲走, 14 户农户的房屋被夷为平地。

2004 年 8 月 13 日凌晨浙江省乐清市三乡镇发生罕见的特大滑坡泥石流灾害, 造成 47 人死亡, 交通和通讯全部中断。此外, 20 多万立方米泥石流埋没了该市龙西乡上山村 6 户灾民的 18 间房子, 造成 13 人死亡, 52 人失踪。

2.2 活动特征

(1) 分布广泛、类型齐全、数量大。我国位于东亚季风区, 季风气候决定了我国雨季在年内的高度集中。暴雨活动的区域性决定了滑坡泥石流灾害范围的广泛性, 使我国的滑坡泥石流灾害表现出类型多样、齐全、数量大、分布范围广的特点。

(2) 突发性强、预测预报难度大。一般而言, 从降雨到滑坡泥石流灾害形成一般只有几个小时, 甚至在 1 h 以内, 加之山丘区目前监测站网覆盖率低、雨量计太少, 给预防滑坡泥石流灾害带来很大的困难。

(3) 来势猛、成灾快、破坏性强。泥石流具有强大的冲毁能力, 所经之处会造成毁灭性灾害。如 1981 年 7 月 9 日成昆铁路利子依达沟暴发灾害性泥石流, 流速高达 13. 2 m/s, 容重达 2. 32 t/m<sup>3</sup>, 且其中包含了大量的巨砾, 直径 8 m 以上者达数十块之多, 此次泥石流冲毁了利子依达沟大桥右岸桥台, 剪断 2 号桥墩, 毁梁两孔, 使 422 次列车颠覆, 300 余人遇难。滑坡体快速滑动, 亦将造成巨大的损失, 如 1983 年 3 月 7 日下午, 甘肃东乡族自治县洒勒山发生大滑坡, 刹那之间, 位于滑坡体上的三个村庄全部覆埋。

(4) 季节性强、频率高。据湖南、贵州省统计, 汛期发生的滑坡泥石流灾害往往占全年滑坡泥石流灾害的 90% 以上, 其中 6~8 月份发生的滑坡泥石流灾害达到 80% 以上。

(5) 地域性明显、易发性强。西南地区、秦巴山地区、中南地区和东南沿海地区的山丘区滑坡泥石流灾害最为集中, 而且易发性强, 西北地区和青藏高原相对分散。

(6) 暴发越来越频繁、危害越来越严重。据辽宁省对 1991~2003 年和 1950~1960 年间滑坡泥石流灾害经济损失指标进行的比较: 多年平均受灾面积, 增长了约 20%, 而多年平均经济损失却增长了约 170%。

2.3 分布规律

2.3.1 泥石流灾害空间分布特点

我国泥石流主要分布于西南、西北、华北和东北南部山区。沿青藏高原四周边缘山区、横断山—秦岭—太行山—燕山一线集中分布。上述地带地形高差悬殊, 属于极高山、高山、中山深切地形, 是华夏、西域和西藏三大地块缝合线及其次级深大断裂带, 又是强地震带及降水强度高值区。诸多因素在空间上叠加, 时间上耦合, 使本区的泥石流最活跃、分布最密集, 灾害也最严重。其次, 在华中、华南中低山区和华东、东北低山丘陵区, 也有泥石流分布。

(1) 沿深切地形陡坎迎风坡密集分布。川滇横断山脉泥石流密集分布, 此山脉为地形陡坎和东南、西南季风气候的天然屏障; 秦岭、大巴山、太行山、燕山和大兴安岭迎风坡, 泥石流分布也很集中。

(2) 沿强地震活动带(区)和暴雨区重迭的区域成群分布。强地震过程中或地震后, 处于Ⅱ度及以上地震烈度区, 地表遭到严重破坏, 边坡失稳, 大量松散固体物质坠入沟内聚积, 阻塞沟道, 形成泥石流发生的有利环境, 促使泥石流成群(片)发生。

(3) 沿深大断裂(破碎)带与暴雨区重迭的区域集中分布。深大断裂构造带,不仅提供了数量巨大的松散固体物质,还赋予泥石流发育以有利的地形条件,促使这些地段成为数量众多,分布密集的泥石流活动带。如云南小江断裂带、四川安宁河断裂带、甘肃白龙江断裂带等,都是我国著名的泥石流活动带。

(4) 沿生态环境破坏区集中分布。因不当的人为活动,如修渠、筑路、采矿、基建、开荒、伐木等,引起地表植被、土壤抗蚀层结构遭到破坏,废土乱弃,斜坡失稳,沟谷阻塞,排水不畅、地下水位上升等,促使老泥石流复活或引发新的泥石流活动。

2.3.2 滑坡灾害的空间分布特征

我国滑坡灾害主要集中分布于西南的四川、重庆、云南、贵州和西北的陕西、甘肃以及中南、东南的福建、湖南、湖北等地区。多呈成群、成片、成带状分布。主要表现在:

(1) 以太行山—贵州高原一线为界东西差异明显。太行山—贵州高原一线处于我国第二、三阶梯的过度带,是我国重要的一级地貌界线,我国滑坡分布的重要一级宏观界线正与此线相吻合。此线以西,滑坡分布密集,以东滑坡分布明显减少。

(2) 以秦岭南麓—淮河一线为界南北分布悬殊。秦岭南麓—淮河线是我国气候分区的第一级界线,年降雨量 800 mm 等值线也与此线吻合。我国滑坡分布的第二级明显差异是由南、北两部分的区别表现出来的,以此线为界,北部滑坡稀疏,南部滑坡密布。

2.4 滑坡泥石流灾害时间分布规律

我国滑坡泥石流灾害在空间和时间上的变化具有一定的重现性。当暴雨、地震两者的活动重现期相叠加时,常常形成一个滑坡泥石流活动重现的高潮。如 1966 年是云南省东川地区近几十年的强震期,之后东川泥石流的发展加剧,每年都爆发泥石流灾害。

滑坡泥石流灾害也呈现出发生次数受年际变化影响的规律。一般而言,降雨量多的年份也是滑坡泥石流灾害多发年。

我国滑坡泥石流灾害多发生于春夏两季,如西北地区 90% 以上发生在 7、8 两个月。这是因为降雨量多集中于春夏季节,如湖南省年内降雨集中于春夏,占全年降雨总量的 70%,秋冬两季只占 30%。

我国滑坡泥石流暴发频率也存在季节变化。据统计,约 80% 的滑坡泥石流灾害发生在 6、7、8 三个月内,以 7 月份暴发频率最高,12 月至次年 3 月基本无滑坡泥石流发生。如四川、云南等西南地区的降雨多集中在 6~9 月,因此西南地区的滑坡泥石流多发生于 6~9 月。

3 滑坡泥石流的形成条件

滑坡泥石流灾害成因具有自然和经济社会的双重属性,具体表现为它的形成与发展主要受降雨量及降雨强度、地形地质及人类经济社会活动的影响。

3.1 降雨因素

降雨是诱发滑坡泥石流灾害的直接因素和激发条件,滑坡泥石流灾害的发生与降雨量、降雨强度和降雨历时等因素有关。在一个流域或区域内,降雨量达到或超过某一量级和强度时,该流域或区域可能发生滑坡泥石流灾害,这时的降

雨量或降雨强度,称为该流域或区域的临界雨量(强)。

3.1.1 降雨量

降雨量大,多数情况下意味着雨强、激发力大,在一定的下垫面条件下,直接产生泥石流灾害,或激发滑坡灾害。我国年降雨量在东南沿海地带最高,逐渐向西北内陆地区减少。如图 1 所示,从黑龙江省呼玛到西藏东南部的东北—西南走向的斜线,大体与年均降水 400 mm 和年均最大 24 h 降雨 50 mm 的等值线一致。这是东部湿润、半湿润地区和西部干旱、半干旱地区的分界线。东部的湿润、半湿润地区是暴雨多发区,雨区广、强度大、频次高;西部的干旱、半干旱地区也可能出现局部性、短历时、高强度暴雨,但雨区小,分散,频次也较小。如图 2 所示,在东部地区,24 h 暴雨的极值分布还有两条明显的高值带:一条分布在从辽东半岛往西南至广西十万大山南侧的沿海地带,600 mm 以上的大暴雨经常出现,粤东沿海多次出现 800 mm 以上的特大暴雨;另一条分布在燕山、太行山、伏牛山的迎风面,即海河、淮河、双江流域的上游,24 h 降雨极值为 600 mm~800 mm,最大可达 1 000 mm 以上,是我国暴雨强度最高的地区。此外,四川盆地周边地区以及幕府山、大别山、黄山等山区也是暴雨极值区,最大 24 h 降雨可达 400~600 mm。我国降雨的这种分布特点,直接决定着滑坡泥石流灾害的区域空间分布,两者几乎一致,滑坡泥石流灾害在数量上东部季风区占有绝对的优势,反映出降雨量与滑坡泥石流灾害的直接关系。

滑坡分布密集的西南地区,其南部滑坡多出现于年降水量 1 600~1 800 mm、过程降雨量大于 150 mm、日降雨量大于 50 mm 的暴雨地区。其北部滑坡多出现于年降水量 1 700~2 000 mm、过程降雨量大于 300 mm、日降雨量大于 100 mm 的大暴雨地区(见表 1)。

我国长江以南地区,多雨季节一般为 3~8 月或 4~9 月,汛期连续最大 4 个月的雨量约占全年雨量的 50%~60%。而现有滑坡中 90% 以上产生于雨季,其中 70% 产生于 7~9 月份台风暴雨季节,例如晋江流域 1990 年 6 月 29 日~9 月 13 日连遭 4 次台风,共产生滑坡 51 处。另约有 20% 的滑坡产生于 4~6 月的梅雨季节(见表 2 和表 3)。

表 1 西南部分地区发生滑坡时的降雨特征表

县名	滑坡开始发生时的降雨量/mm		滑坡大量发生时的降雨量/mm	
	累积雨量	日雨量	累积雨量	日雨量
广元	136	34	308.5	239
望仓	119	68.1	295.5	79.6
奄中	98.1	20.1	279.7	181.6
剑阁	109.5	89.1	253.8	129.7
盐亭	130.6	33.5	331.5	210.1
三台	168.4	74.2	452.2	283.8
射洪	91.5	87.5	349	112.5
忠县	139	139	289.7	138.2
奉节县	53.4	51.4	280.8	152.8
开县	113	47.9	280.9	

3.1.2 降雨强度

我国是世界主要暴雨区之一,最大点暴雨强度接近世界纪录。我国北方地区虽然干旱少雨,但短历时最大暴雨极值一般北方大于南方,如实测 5 min 暴雨最大值为 1973 年 5 月发生在陕西黑峪口的 59.1 mm,1991 年 7 月 18 日甘肃 44 min 降雨量高达 472 mm。

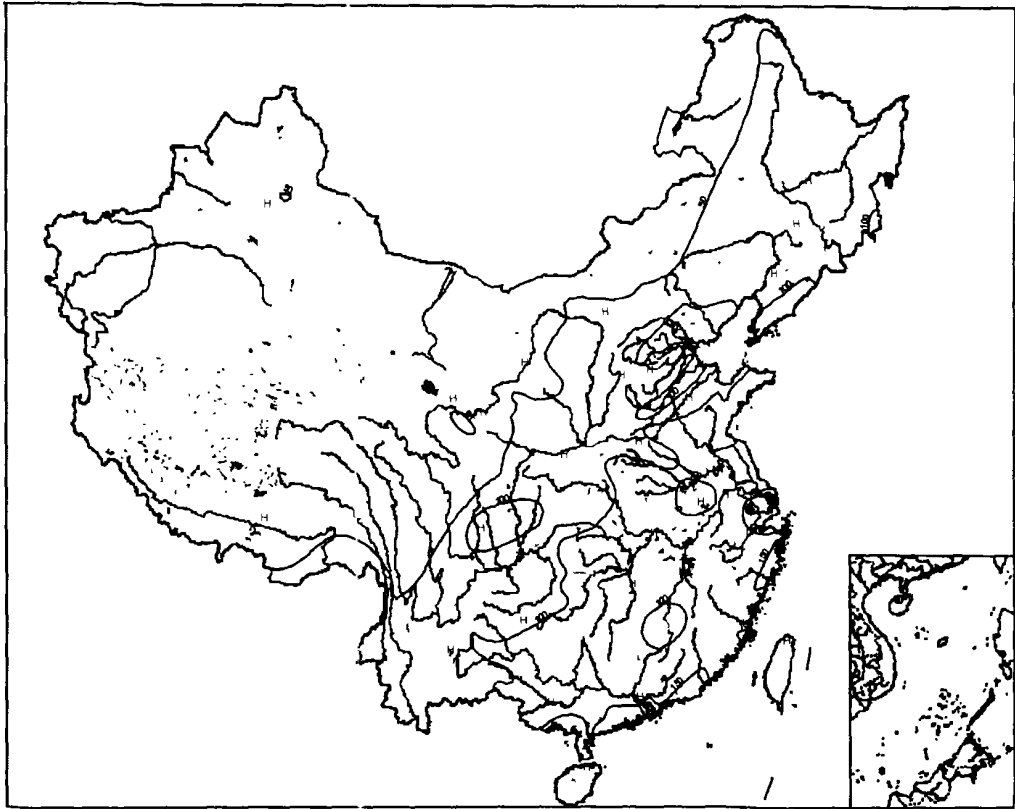


图 1 我国年最大 24 h 点雨量均值等值线廓图

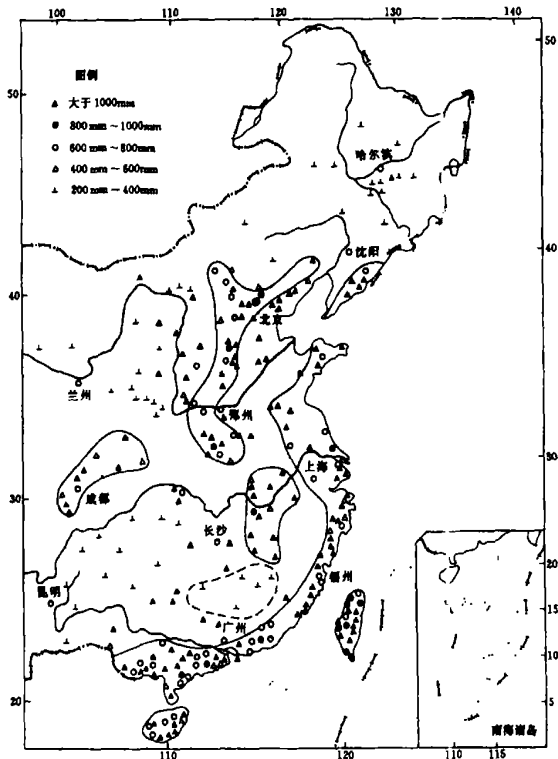


图 2 我国东部最大 24 h 点暴雨极值分布

图 3 给出了 1930~1999 年期间全国 44 场大暴雨的地区分布。从图中可以看出,我国的暴雨地域上分布极广,在我国人口较为集中的第二阶梯和第三阶梯的广大地区,均可能发生暴雨,而在第二阶梯与第三阶梯接壤的丘陵地带,是我

国大面积特大暴雨集中出现的地区,也是滑坡泥石流灾害集中发生的地区。

表 2 滑坡的产生与降水量关系统计表

年降雨量/mm	< 100	100~400	400~600	600~800	800~1000	> 1000
滑坡数量/%	2	8	16	18	24	32

表 3 滑坡暴发频率逐月统计表

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
频率	0	0	0	2	9	18	34	24	10	2	1	0

高强度的集中降雨是引起滑坡泥石流灾害最主要的原因之一。泥石流的发生与前期降水,特别是与前 10 min 和 1 h 的短历时降雨雨强关系十分密切。强暴雨的局域性和短历时雨强对泥石流激发起着重要的作用。如我国川西地区激发泥石流的 1 h 雨强在 30 mm 左右,10 min 雨强则在 10 mm 以上(具体见表 4)。

前期降雨对泥石流的发生与否影响很大。前期降雨直接关系着激发泥石流的雨强及雨量,它可造成土体预先饱和含水,当有较多的前期降雨时,激发泥石流的雨强及雨量将较低。如湖南省石门县九斗峪巨型泥石流发生于 1980 年 7 月 31 日,当时降雨量并不很大,但在此之前断续降雨,上中旬共降雨 114 mm,18~21 日降雨 225 mm,土体已经饱和,并产生拉裂,至 30~31 日仅降雨 157.6 mm 就激发了泥石流。

滑坡灾害的发生与降雨强度也密切相关。一般而言,当引发滑坡的条件具备时,多数滑坡均发生在降雨强度最大的时候。如 1990 年 6 月中旬一次暴雨,使湖南湘西、湘中一带发生了大量滑坡,其中安化一带 6 月 12~15 日降雨共 434.4 mm,诱发了探溪林场、坪口松山湾、茶山村等较大滑坡。



要是滑坡; 在西部边缘高山区 30~70 有利于泥石流发生, 固体物质补给方式大多为崩塌、滑坡和岩屑流。谷坡较陡的沟谷内, 崩塌、滑坡规模较大, 形成泥石流的规模也较大。

表 5 泥石流形成区山坡坡度统计						
坡度/°	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	合计
条数	10	10	7	8	3	38
占总数比例/%	26.6	26.6	18.7	21.0	7.1	100

3.2.3 沟床比降

沟床比降控制着流体由位能转变为动能的底床条件, 是影响泥石流形成和运动的重要因素, 一般来说, 泥石流沟沟床比降愈大, 愈有利于泥石流发生, 反之亦然。从表 6 中可以看出, 沟谷平均沟床比降在 50‰~400‰的占总数90.7%, 尤以 100‰~300‰沟床比降居多, 占 54.7%。说明这种沟床比降对泥石流的形成和运动最为有利, 因此在这个比降范围的沟谷, 泥石流暴发十分频繁。

表 6 泥石流沟床比降统计表							
沟床比降/‰	< 50	50~100	100~300	300~400	400~500	> 500	小计
泥石流条数	3	26	82	28	5	6	150
所占比例/%	2	17.3	54.7	18.7	3.3	4	100

3.3 地质因素

影响我国滑坡泥石流灾害发育的控制性地质构造因素主要是: 地质构造复杂、断裂破碎带、近期活动强烈、升降差异显著等。

3.3.1 地质构造

我国构造运动表现十分强烈, 断裂非常发育, 特别是以纵向构造和歹字型构造最突出, 这些断裂规模大、活动性强, 是影响区域地壳稳定性的主要因素, 并对滑坡泥石流的形成和活动起着控制作用。大断裂构造破碎带一般长几十公里至数百公里, 沿断裂带岩石破碎, 如西南第一、二级阶梯的过渡带是活动断裂带集中发育地带, 诸如安宁河断裂带、绿汁江断裂带、小江断裂带和波密- 易贡断裂带以及白龙江断裂带等, 均为我国滑坡泥石流最发育的地带, 其滑坡泥石流数量之多, 规模之大, 活动之强, 灾害之重, 为我国之冠。

3.3.2 地层岩性

我国滑坡的发生、分布明显受易滑地层控制( 见表 7) 。由于风化速度的不同, 岩性软弱的岩层比岩性坚硬的岩层易遭受破坏, 提供松散物质也就越容易, 因此对滑坡泥石流灾害的形成也就越有利。次软岩分布区是我国滑坡泥石流高发区, 其次为极软岩分布区。不同的岩性组合, 可以影响风化作用的强度和速度, 软硬相间的岩性组合比岩性均一的岩石更容易风化, 侵蚀也更强烈, 特别有利于泥石流和滑坡的发育, 因此软硬相间的岩石分布区也是我国泥石流和滑坡灾害的高发区( 图 4) 。

3.4 经济社会因素

中国山区开发历史悠久, 人口密集, 大于 25 耕地区面积大, 水土流失严重。随着经济活动逐步向山区扩展, 诸如森林集中砍伐、毁林开荒、陡坡垦殖、修路开山炸石、矿山开采乱弃废渣、过度放牧和索取生物能源以及不合理的城镇建设等, 改变地表原有结构, 加速加剧了滑坡泥石流灾害的发生。据对陕北、晋西等地滑坡泥石流活动调查统计分析, 人为活动强烈区滑坡泥石流发生的机率分别为无人活动或人为活动轻微区的 2.1 倍和 4.3 倍。

表 7 我国主要的易滑地层和滑坡分布的关系表		
类型	易滑地层名称	滑坡分布状况
黏性土	成都黏土	密集
	下蜀黏土	有一定数量
	红色黏土	较密集
	黑色黏土	有一定的数量
	三趾马红土、新老黄土	密集
半成岩地层	共和组	极密集
	昔格达组	极密集
	杂色黏土岩	极密集
	泥岩、砂页岩	密集
	煤系地层	极密集
	砂板岩	密集
成岩地层	千枚岩	密集- 极密集
	富含泥质( 或风化后富含泥质) 的岩浆岩	较密集
	其它富含泥质地层	较密集

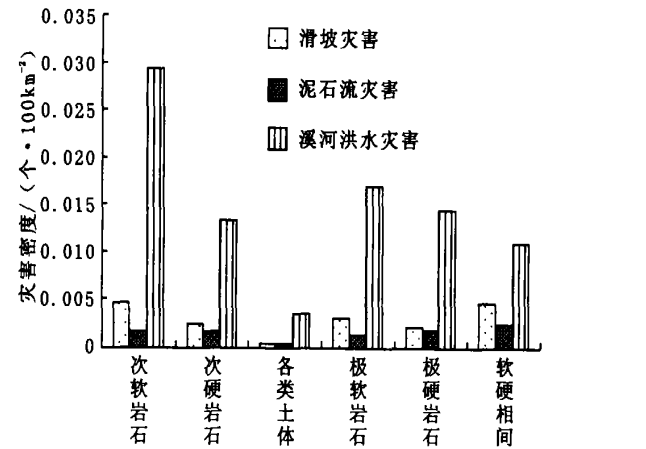


图 4 全国各类滑坡泥石流灾害发生密度与岩性关系图

4 中国滑坡泥石流防治现状

我国滑坡泥石流 灾害防治起步较晚, 1949 年以后, 随着经济建设和科学技术的发展, 研究和防治工作才逐步得到了发展。目前基本贯彻 “以防为主, 防治结合” 的方针, 以非工程措施为主, 非工程措施与工程措施相结合的综合防治措施。

4.1.1 监测、预报和报警

我国水利部门、国土资源部门、气象部门和中国科学院都开展滑坡和泥石流监测预报工作, 其中, 中国科学院以研究现象机理, 建立方法模型为主; 国土资源部门以地面监测并为工程建设服务为主; 水利部门则以抢险救灾为主; 气象部门主要开展降雨监测并与国土资源部门合作, 以全国性、区域性灾害预报为主。

我国目前的滑坡泥石流监测工作, 主要是以线状交通干线和点状重要工程、基础设施以及城镇居民点的群防群测为主, 它是符合滑坡泥石流防治现状最有效的形式。较典型的有长江上游水土保持重点防治区滑坡泥石流预警系统。

长江上游是我国滑坡泥石流灾害分布集中、危害最为严重的地区, 长江上游水土保持委员会自 1990 年起建立了长江上游水土保持重点防治区滑坡泥石流预警系统, 初步形成了一个以预警站点为依托, 以群测群防为发展方向, 以防灾减灾为目标的多种监测预警手段并举的网络体系。近十年来, 还就长江上游滑坡泥石流的分布规律、危险度区划、监测预警原理和技术、群测群防机制等方面, 开展了 20 多项课题

研究,为监测预警工作的开展提供了众多的理论基础。截止 2004 年底,已建有 1 个中心站(长江委水土保持局),3 个一级站(宜宾、武都、重庆),9 个二级站,59 个监测预警点和 20 余个群测群防重点县,拥有专业监测预警人员 300 多名。该监测预警系统范围涉及到长江上游水土保持重点防治区的云、贵、川、甘、陕、鄂、渝等 6 省 1 市、15 个地(州、市)、42 个县(区),监控面积达 11.34 万  $\text{km}^2$ ,保护着 30 万人和数十亿元固定资金的安全,成为全国乃至全世界覆盖面最广、规模最大的山地灾害监控网络。

多年来,该预警系统在各级政府的大力支持下,在各级站点监测人员的共同努力下,站点成功预报、群测群防预报、群众性防治处理灾害险情共 217 处,共撤离和转移群众 3.56 万多人,避免直接经济损失 2.28 亿元,取得了令人瞩目的成绩。这些为全国滑坡泥石流灾害监测网络的建立提供了宝贵的经验。如 2004 年 7 月 5 日陇川县户撒乡地质监测员石顺法成功预报了一起泥石流,370 名村民安全避难。

此外,部分省(区、市)在滑坡泥石流灾害较严重的部分区域也初步建立了群测群防网络。如云南省建立了灾害群测群防网络,建立了省级灾害防治资料数据库;2004 年 5 月 27 日,四川省第一个泥石流灾害监控预报系统正式启用,范围包括攀西地区、成昆铁路沿线、金沙江等泥石流灾害频发地带,该系统每年将为该省泥石流频发地区减少数千万元的山地灾害损失。

为有效遏制人为活动诱发或造成的滑坡泥石流灾害,险区大多数县在预警工作中划分和公布了滑坡、崩塌危险区和泥石流易发区,竖立了标志碑牌,并将在滑坡、泥石流易发区内的生产建设活动作为重点监督内容。近年来,预警站配合当地水保部门共查处违法案件 50 多个,提交调查报告 160 多份,有效制止了人为造成新的滑坡、泥石流事故的发生,取得了显著的社会效益和经济效益。

从 2003 年雨季开始,国土资源部门和气象部门结合,在中央气象台开展滑坡泥石流灾害预报业务,有效利用电视媒体的宣传效果,取得了较好的效果,成为一种新的灾害预报手段。

#### 4.1.2 应急减灾和防灾预案

国家防洪抗旱指挥部办公室和国土资源部负责滑坡泥石流的应急抢险工作,民政部负责灾后的救助工作,形成了运行良好的应急减灾体系。各省都非常重视减灾工作,湖南、江西、贵州等少数滑坡泥石流灾害严重的省(区、市)的相关部门建立健全了防御滑坡泥石流灾害的机构,落实了各部门在防御滑坡泥石流灾害中的责任和义务;编制了较为完善的防灾预案,通过宣传教育提高了村民防灾、躲灾意识;查明了隐患并划分危险区、警戒区和安全区,在滑坡泥石流灾害危险区的边界设置明显警示标志,制定了预警程序,落实了人员转移方案,取得了较好的效果。

减灾决策和临灾预案是滑坡泥石流报警后根据滑坡泥石流发生的可能规模制定的应急避难措施和灾后紧急救助方案,主要包括安全区的划分、临灾避难撤离路线的选定等。目前提出的临灾预案的目标是最大限度减少人员伤亡、使受伤人员尽快得到医疗救护。为达到这一目标,提出了临灾预案的原则、内容等,开展了相关的技术研究,如基于 GIS 系统支持的减灾决策系统,将地形、基础设施、医疗点、交通路线等建立基础数据库,基于滑坡泥石流流动量分区划定不同区域的危害程度,用网络分析功能寻求最佳路径。

湖南、云南、四川、江西、贵州等少数滑坡泥石流灾害严重的省(区、市)的局部区域编制了较为完善的防灾预案,通过宣传教育提高了村民防灾、避灾意识;建立了防御滑坡泥石流灾害的机构,落实了各部门在防御滑坡泥石流灾害中的责任和义务;查明了隐患并划分危险区、警戒区和安全区,在滑坡泥石流灾害危险区的边界设置了明显警示标志,制定了预警程序,落实了人员转移方案,取得了较好的效果。

#### 4.1.3 工程治理

遵照“以防为主,防治结合”的方针,对重要基础设施、重大工程、城镇等危害较大的滑坡泥石流,国家和地方每年都投入大量资金用于工程治理,大大减轻了灾害损失。同时,开发土木工程与生态工程相结合的综合防治技术,形成了针对不同保护对象的灾害防治模式,如城镇滑坡泥石流治理模式、道路滑坡泥石流治理模式、矿山滑坡泥石流治理模式等等。主要的有特色的工作有以下几个方面。

(1) 围绕国家大型水利、交通、能源等项目的建设,有针对性地开展了一些滑坡泥石流治理工作,有效地保护了国家重点建设项目的正常运行。如三峡库区的灾害治理。

(2) 水利部长江委在甘肃南部的陇南山区,开展武都县甘家沟、文县县城泥石流沟、宕昌县大地沟等众多危害县城的泥石流沟道治理。

(3) 云南省对境内的泥石流沟道也进行了大量的治理工作,多部门合作,对以东川区大桥河泥石流、蒋家沟泥石流、巧家县白泥沟泥石流等进行了综合治理,均取得了显著的社会效益。

(4) 水利部及各级人民政府在山丘区水土保持工作中,近 50 年来累计治理水土流失面积约 70 多万  $\text{km}^2$ ,建成数百万座小型水利水保工程,这些水土保持措施对有效地减轻滑坡泥石流灾害发挥了重要作用。

#### 4.1.4 政策法规建设

20 世纪 80 年代以来已陆续出台了《中华人民共和国水法》、《水土保持法》、《环境保护法》、《环境影响评价法》、《气象法》、《民法法》、《城市规划法》、《地质灾害防治条例》、《河道管理条例》等,对滑坡泥石流灾害的防治起到了积极的促进作用。

为有效遏制人为活动诱发或造成的滑坡、泥石流灾害,近年来中国政府非常重视人类活动的规范管理。大多数县在预警工作中划分和公布了崩塌、滑坡危险区和泥石流易发区,竖立了标志碑牌,并将在滑坡、泥石流易发区内的生产建设活动作为重点监督内容。加强了对工程建设的环境管理,建立了从工程可行性研究、规划方案审定到施工过程监督的灾害防治与环境保护管理措施,预警站配合当地水保部门共查处违法案件 50 多个,提交调查报告 160 多份,有效制止了人为造成新的滑坡、泥石流事故的发生,取得了显著的社会效益和经济效益。

#### 4.2 目前滑坡泥石流防治存在的问题

尽管我国滑坡泥石流防治已经取得了可喜的成就,但是,对照与随着社会经济的进步对减灾事业不断提高的要求,目前的滑坡泥石流防治工作还存在如下问题:

##### 4.2.1 滑坡泥石流监测预报方面的问题

(1) 气象雨量站在滑坡泥石流灾害防治中发挥了重要作用,但布局上东密西疏,平原多,在滑坡泥石流灾害频繁的山地少,我国泥石流、滑坡监测仍属起步阶段,一些技术问题仍

然没有解决, 远远不能满足滑坡泥石流灾害监测及预报预警防灾减灾业务工作的需要。

(2) 监测站点布局不尽合理。全国滑坡、泥石流监测点绝大多数位于长江上游, 且均设立于 20 世纪 90 年代, 缺乏统一规划, 甚至一些泥石流、滑坡较严重的省份, 如辽宁、河南等省滑坡泥石流监测还很薄弱。

(3) 监测设施和手段落后。目前, 监测预警技术与分析处理手段比较落后, 很多都是土办法, 远远不能满足实际需要。与日本、美国等先进国家实时、自动化监测差距甚远。

(4) 未形成统一的网络、资源不能共享。目前现有的滑坡泥石流监测点, 大多依附于流域机构或者省级水行政主管部门, 部分由国土资源部门管理, 没有形成统一的网络, 难以实现信息共享。

(5) 通信手段落后。县级以上站信息交流采用租用 SDH 光纤、DDN 专线、固定电话、移动电话、传真、互联网等多种方式进行, 但监测站点与县级站大部分依靠低标准的有线通信, 在恶劣天气情况下, 通信难以保障。

(6) 泥石流和滑坡灾害预报还处于尝试阶段。由于对降雨和滑坡泥石流间的定量对应关系认识不足, 对致灾的天气系统及降雨过程和降雨量、临界雨量资料收集不够, 没有建立起准确预报泥石流和滑坡灾害发生的完善预报方案。目前只能天气预报作出初步预报。

(7) 滑坡泥石流灾害预警系统没有形成有机的整体。各个系统规模较小, 规范化程度较低, 技术标准也不统一, 资源、信息共享难。

(8) 除湖南、云南、四川、江西、贵州等少数滑坡泥石流灾害严重地区外, 其余大部分地区及其余省(区、市) 份尚未编制预案或不完善。

4.2.2 治理存在的主要问题

目前我国滑坡泥石流治理总体上仍处于起步阶段, 管理、技术和市场还不太规范。存在的问题主要有:

(1) 滑坡泥石流防治的基础工作仍较薄弱, 全国多数省(区、市) 仅对滑坡泥石流开展了地表普查, 缺少较详细的勘察资料, 很难对滑坡泥石流灾害的发生和危害程度进行准确评价, 更难满足对灾害进行工程治理的需要。

(2) 在经济发展相对落后的滑坡泥石流灾害频发的中西部地区, 限于经济发展水平, 很少开展滑坡泥石流治理工作。根据中西部地区 20 个省(区、市) 滑坡治理情况的不完全统计: 治理了的滑坡, 约占全国的 5% 左右, 仍有 95% 左右的不稳定滑坡未采取任何防治措施, 严重威胁人民生命财产的安全。

(3) 滑坡、泥石流沟的防治标准不高, 极少数有拦挡坝、排洪渠等工程措施, 大多为当地百姓自己修建, 缺乏科学性和牢固性。许多已治理的泥石流沟道防治工程达不到防治标准

参考文献:

[ 1 ] 华夏网. 中国地质灾害[EB/OL]. 2003- 03- 19.  
[ 2 ] 尹远志, 尹丽静. 长江上游地区滑坡泥石流预警系统建设及成效[J/OL]. 中国水利, 2004, (6).  
[ 3 ] 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所. 中国滑坡灾害分布图(1/600 万)[Z]. 成都: 成都地图出版社, 1991.  
[ 4 ] 唐邦兴, 等. 山洪泥石流滑坡灾害及防治[M]. 北京: 科学出版社, 1994.  
[ 5 ] 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所. 中国泥石流灾害分布图(1/600 万)[Z]. 成都: 成都地图出版社, 1991.  
[ 6 ] 新华网. 云南发生滑坡泥石流[EB/OL]. 2004- 07- 21.  
[ 7 ] 周乐群. 长江上游陇南陕南地区滑坡泥石流发育程度遥感分析[J]. 人民长江, 1996, 27(2): 17- 19.

准或已年久失修, 已经不能满足目前防灾减灾的需要。

(4) 水土保持工程措施投资力度小, 水土流失治理速度慢; 监督管护不力, 新增水土流失严重, 个别地方甚至出现破坏速度大于治理速度的现象。

(5) 相关法律、政策法规有待于进一步完善。虽然已经有《地质灾害防御条例》, 由于滑坡泥石流是一种突发性灾害, 不同与地裂缝、塌陷等地质灾害的成灾特点, 下一步最好是建立专门针对滑坡泥石流防治的法规。

5 减灾对策

(1) 加强法规建设。尽快制定滑坡泥石流灾害防治方面的法律法规, 用法律规范人们的生产、生活行为, 防止不合理的人类活动加剧或导致灾害的发生。

(2) 加强基础工作。应用遥感技术、GIS、计算机、数据库等多种技术手段, 开展全国性滑坡泥石流灾害调查, 建立滑坡泥石流灾害信息系统, 实现信息共享, 为制定区域减灾规划、进行灾害预测等提供科学依据。

(3) 加强滑坡泥石流预警预报系统建设。参照长江上游滑坡泥石流预警系统, 建立完善的监测通讯预警系统, 提高预测预报能力。建立健全以县为中心, 以村为基础的群测群防体系, 尽量减轻灾害损失。

(4) 加强滑坡泥石流灾害的科学研究和科普教育。加强滑坡泥石流灾害监测、预测和预报等实用技术研究。广泛宣传和普及基础和防灾知识, 提高全民防灾减灾意识。

(5) 制定全国统一的标准。由于缺乏滑坡泥石流灾害信息、灾害统计、监测、预警、灾情评估等方面统一的标准, 信息难以共享, 灾情评估及监测系统实时性差, 给灾害防治工作带来了很大的困难, 有必要制定统一的国家标准。

(6) 建立和完善建设用地滑坡泥石流危险性评估制度。在山区城镇规划和建设中加强灾害可能性和危险性评估。建立健全各级防灾救灾组织, 完善应急救灾体制, 制定临灾预案。对于灾害频繁, 治理难度大的地区, 采取搬迁避让措施, 把位于危险区的居民搬到安全地带。

(7) 建立多元化的滑坡泥石流防治经费投入机制。加大国家和地方政府的投入, 同时出台优惠和激励性政策, 广泛吸纳社会资金, 形成多渠道、多元化、多层次的投入机制。

(8) 加大滑坡泥石流防治试点力度。根据灾害的成因和形成环境, 选择有代表性的典型小流域进行试点治理, 探索防治经验, 逐步扩充试点范围, 全面推进滑坡泥石流的防治工作。对重要工程和居民点构成巨大威胁的灾害点, 除加强监测预警外, 应当进行工程治理; 加强对工程建设项目的管理, 减少人类活动对环境的破坏以及引发的灾害。

注: 本文得到了中科院水利部成都山地灾害研究所崔鹏研究员的精心指导, 在此表示深深地致谢!