

# 我国山地灾害及其防治

唐邦兴 柳素清 刘世建

(中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所 成都 610041)

**提 要** 我国山地自然环境独特,具备山地灾害形成条件,因而山地灾害发育,分布广泛,活动频繁,危害严重. 20世纪80年代以来,山地灾害有了新发展,造成经济损失巨大. 对山地灾害成因、分布特征,以及综合防治原则和方法作了分析.

**关键词** 山地灾害 泥石流 滑坡 崩塌 防治

文中所说的山地灾害仅指泥石流、滑坡、崩塌所造成的灾害. 1949年以来随着我国山区建设的发展,山地灾害日益增多、日趋严重,成为山区经济发展的制约因素. 为改善、改建脆弱山地环境,以适应我国山区建设的需要,有关科研部门和产业部门、高等院校、各级政府先后开展了山地灾害及其防治的研究<sup>[1-15]</sup>.

过去北方把泥石流暴发叫“走蛟”、“出龙”,四川称“母猪龙”,云南称“蛟龙”;把滑坡块体运动称为“崩山、走坡、地裂、地陷、崩岗、垮岩、夜合山”等. 我国史书中最早描述山地灾害的是春秋时代(公元前841—476年)编成的《诗经》,其记述了岐山(今陕西岐山县东北)地震滑坡泥石流,如“百川沸腾,山冢萃崩,高岸为谷,深谷为陵.”

我国山地灾害严重,危及国民经济各个部门:冲毁和淤埋城镇、道路的桥涵和路基,破坏水利水电工程和通讯设施,淹埋农田、堵塞江河、抬高河床、污染环境,危害自然保护区和风景名胜区,威胁村寨和人民生命财产的安全. 据调查,我国山地灾害以西部地区(尤其是西南地区)活动最为频繁,川滇藏陕陇等省区山地灾害最严重;青宁黔冀京鄂湘辽浙闽赣粤桂琼台等省市区山地灾害较严重.

1981—1991年全国山地灾害造成的人员伤亡近万人、经济损失330亿—360亿元<sup>[1]</sup>. 全国有百余座城市受山地灾害的威胁和危害,最为典型的是:重庆(市区内有滑坡129处、崩塌58处),攀枝花(市区内有滑坡50余处、泥石流20条),兰州市(市区内有泥石流55条),东川(市区内有泥石流107条、滑坡100处),万县(滑坡),西昌(泥石流).

全国百余座大型工厂和50余座大型矿山受山地灾害严重影响和危害. 如1987年抚顺西露天煤矿发生多次滑坡,毗邻的石油一厂出现险情,造成经济损失数亿元.

山区的铁路、公路、航道和水利水电工程受山地灾害危害亦十分严重. 宝成、成昆、宝兰等20条铁路沿线分布着泥石流沟1400余条,1949年以来仅泥石流引起较严重的中断行车事件1200多次,较大泥石流灾害300余起,33个车站曾被淤埋41次,列车出轨和颠覆的事故10起. 全国公路网中,川藏、川滇西路、川陕和川甘等线路山地灾害最严重.

1) 罗元华,段永候,谢章中等. 中国滑坡泥石流崩塌灾情分析(打印稿). 1993. 1—11.

本文收稿日期:1996-02-15.

仅川藏公路建成后沿线有泥石流沟 1 000 条,发生较大灾害 400 起,每年因泥石流危害阻车长达 1—5 个月,成为该线安全运输的重大障碍. 山区江河航道如金江街—新市镇段金沙江航道 400 多处滩险,主要由泥石流堆积物、滑坡崩塌体淤塞河道而成. 山区水利水电工程如云南省受山地灾害毁坏小水电站 360 座、小水库 50 座,上千座小水库淤积严重,经济损失巨大.

## 1 我国山地灾害成因

山地灾害常具有链锁性和叠加性. 地质地貌条件为其产生的内在因素,而水源条件和人类经济活动则是促进和激发因素.

### 1.1 地质

我国地质发展史上,经历了多期构造运动,形成复杂的地质构造,岩层褶皱断裂发育,新构造运动强烈,地震活跃且多强震,为山地灾害形成和发展奠定了重要的基础.

我国山地灾害主要发育于地质构造变动强烈、断裂褶皱发育的活动性体系:北东向华夏体系,北西向歹字型体系,经向体系和纬向体系交叉处,活动呈多期. 在不同断裂体系交汇处,多属强震多发区,地层变形强烈,岩石破碎,成长数十至数百公里的断裂破碎带. 此为泥石流、滑坡、崩塌分布最为密集地带.

岩层及未成岩的松散固体物质是山地灾害形成的物质基础. 山地灾害的发生源地和补给源地的岩层主要为各个时代的陆源碎屑:火山碎屑岩、复理石建造、类磨拉石建造及松散堆积层等. 这些岩层由于经受构造变动、区域变质及水体等作用,抗风化侵蚀剥蚀能力低;尤其是在地震频繁的活动断裂带,岩层结构遭破坏,山体失稳,产生大量泥石流、滑坡、崩塌. 一般认为,烈度 7°以上的地震就会诱发滑坡和泥石流.

### 1.2 地貌

地貌是山地灾害形成的内在因素,为决定其形成、运动和发展的重要条件之一.

晚第三纪以来青藏高原和其他山地强烈隆起,形成了巨大山系和地貌骨架. 这影响到季风活动和水热状况的差异,并决定了我国山地灾害的分布格局.

我国地势西高东低,呈阶梯状. 从西到东有三级地貌阶梯,平均海拔分别  $\geq 4\ 500\text{m}$ ,  $2\ 000\text{—}1\ 000\text{m}$ ,  $\leq 500\text{m}$ . 山地灾害多发生在各级阶梯转折斜坡地带、大山系及其边缘带.

### 1.3 水源条件

我国形成山地灾害的水源,主要是降水、冰雪融水和地下水等. 降水既是成灾水源和组成成分,又是激发因素. 因此山地灾害多发生在多水年份,特别是多大暴雨年份.

我国年降水量分布趋势由东南往西北递减,局地性暴雨多集中西部山地. 前期久雨后,又遇暴雨,便最易出现山地灾害. 1981 年川陕辽三省山区的山地灾害就是由这样的天气过程引起的. 泥石流发生与降水量、降水强度有密切关系,一般是降水集中、雨强大者最利于泥石流发生. 滑坡多大雨大滑,小雨小滑,无雨不滑;连续降水量  $\geq 100\text{mm}$ ,特别是处于暴雨中心部位易滑地层分布区最易滑动.

我国西部现代冰川区,由于气候变化,冰川进退频繁而形成冰川泥石流和冰湖溃决泥石流. 两者的水源主要是冰雪融水和冰湖溃决水. 冰川泥石流发生则与白昼天晴增温甚

强,加剧冰雪消融,且多与降水同步有关;冰舌末端强烈消融并突然前进,滑入冰川阻塞湖,导致冰湖溃决,这就成冰湖溃决泥石流,主要发生在藏东南高山区。

地表水、地下水是滑坡发生的十分重要因素。我国大部分山区地表水和地下水丰富,斜坡岩体和土体经地下水或地表水浸渗和软化后,降低了内摩擦力和凝聚力,当下伏岩土层抗剪强度小于上覆岩土层的剪切力时,即沿某一软弱面产生滑坡。

#### 1.4 人为因素

我国随着山地资源开发、经济发展和人口增长,对山区经济活动日益加剧,破坏了山地生态平衡,激化了山地灾害,使山地环境恶化,促使灾害频发。

1. 乱砍滥伐森林 山区森林掠夺式的利用,过量采伐,形成荒山秃岭,使山地森林难以天然更新,加之经营粗放,采取“串坡集材”运输方式,造成人为的强度侵蚀,破坏山体稳定,有利于山地灾害发生。乱砍滥伐森林区,往往是泥石流、滑坡强烈活动区。

2. 土地利用不合理 山区为解决粮食问题,而采取陡坡垦殖、刀耕火种等不合理的耕作方式,使山坡裸露,坡面风化剥蚀和沟道侵蚀强烈,导致山地灾害发生。

3. 采矿弃渣堆放不合理 矿山建设与开采在缺乏统一规划和采运条件下,国家、集体、个人一起上,不仅破坏森林植被和山体稳定性,而且排土弃渣随意堆放,又缺乏必要的防护工程,因此大多矿山排土场发生了山地灾害,造成严重的危害。

4. 修筑道路和水利工程不合理 山区为修筑路而开山削坡,只考虑投资和开挖取土方便,而忽视森林植被保护和山体稳定,从而引发山地灾害。山区水能的利用,修水电水利工程,挖渠引水,破坏坡体或弃土不当,水渠渗漏等,也常导致泥石流、滑坡的发生。

综上所述,我国山区具备山地灾害形成的基本条件。对自然成灾因素,尚难以控制,但成灾范围和灾害轻重则与人类活动息息相关。凡是人类活动违背自然规律,便使灾害发生发展,加重灾害程度。因此欲防御山地灾害,须把防止人为破坏因素放到重要地位。

## 2 我国山地灾害分布

山地灾害在我国分布很广,在26个省市区内分布有上万条泥石流沟,10万处滑坡和崩塌。山地灾害分布格局显然受到山川形势、地质构造、岩土工程地质特性、季风气候、植被发育程度、人类工程及经济活动强度等因素控制(图1)。

我国山地灾害地理分布,以大兴安岭—燕山—太行山—武陵山—雪峰山一线为界,划分为两个区:1. 东部区为我国最低一级地貌阶梯,包括低山、丘陵和平原,山地灾害分布除辽东南山地较密集外,其余地区较稀少;2. 西部区为我国第一二两级地貌阶梯,包括广阔的高原、深切割的高山中山区,是我国山地灾害最发育、分布最集中区,常成群呈片状或带状分布,灾害频发而严重。在多级阶梯转折斜坡地带,山地灾害的发生尤为频繁。

特大型泥石流、滑坡多集中分布于地貌阶梯的第一过渡带和第二过渡带。前者包括青藏高原东北部与黄土高原结合部位;东部与云贵高原结合部位(横断山区)。北侧为黄河上游,南侧属金沙江、澜沧江、怒江三江流域。这一斜坡地带山高坡陡,河谷深切,海拔3 000—5 000m,相对高度 $\geq 1 000$ m,夷平面及河流高阶地发育,这为泥石流、滑坡发生发展提供了有利条件。如青海省龙羊峡水电站近坝库岸长14km,有特大型滑坡10处。横断

山区特大型滑坡有：1786 年大渡河木杠岭滑坡、1933 年岷江叠溪地震滑坡、1965 年云南禄劝滑坡、1967 年雅砻江唐古栋滑坡等，体积都  $\geq 5\ 000\ \text{万}\ \text{m}^3$ 。

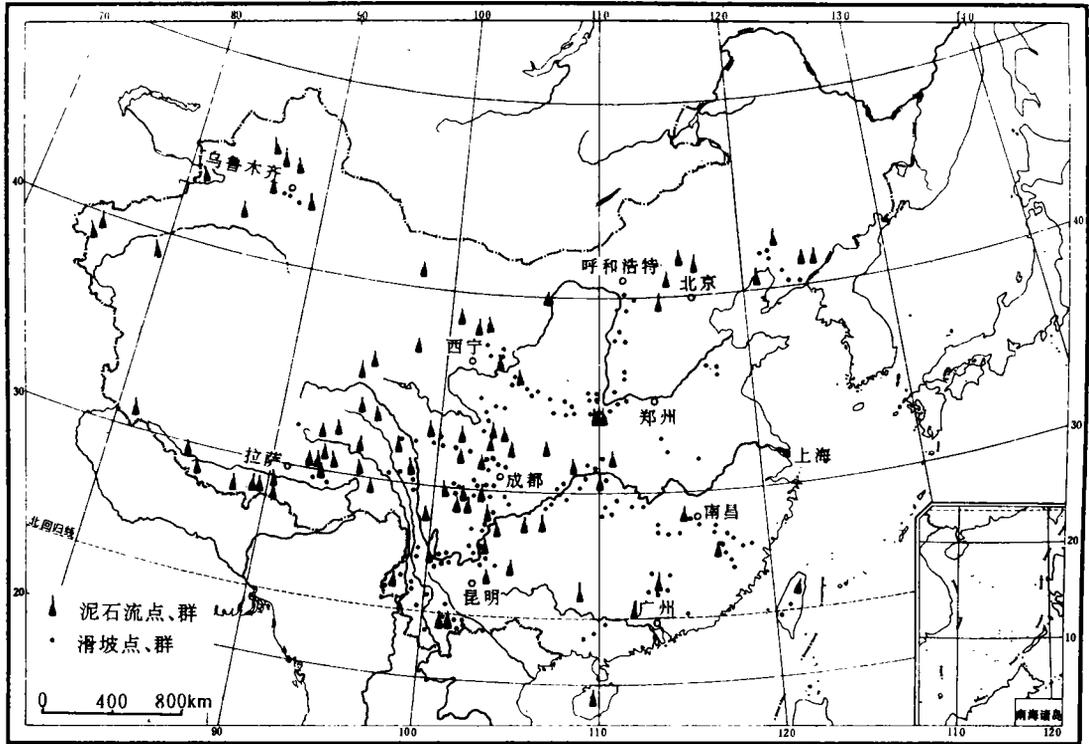


图 1 我国泥石流、滑坡分布图

Fig. 1 Distributive map of debris flows and landslides in China

藏东南是我国冰川泥石流最发育区，计有泥石流沟百余条。如 1902 年易贡章陇弄巴沟特大冰川泥石流暴发，1953 年波密古乡沟特大冰川泥石流暴发，1983 年波密培龙沟特大冰川泥石流暴发。

三江流域山地灾害发育，分布广泛，多沿江呈带状分布：如金江街—新市镇段金沙江干流有泥石流沟 300 条，滑坡 400 处；贡山—六库段怒江干流多大中型泥石流沟，沿江分布有 160 条；澜沧江流域有泥石流沟 600 条，多大中型泥石流沟，其中在佛山—瓦窑段有泥石流沟 370 条。岷江上游有泥石流沟 380 条，滑坡 200 处，主要分布于岷江干流及支流杂谷脑河和黑水河。大渡河流域有泥石流沟 600 条，集中于大金川和泸定—石棉段。嘉陵江流域泥石流、滑坡十分发育，舟曲—临江段长 100km，泥石流沟 1 000 条。

第二过渡带包括大巴山、巫山、雪峰山、武陵山等，海拔 1 000—2 000m，相对高度 500—1 000m，为我国第二三级地貌阶梯的过渡带，山地灾害发育。如 1980 年恩施屯家堡滑坡，1982 年川江鸡扒子滑坡，1985 年长江三峡新滩滑坡等。

地质构造上，我国地处环太平洋构造带和喜马拉雅构造带汇集部位，是欧亚地震带、喜马拉雅地震带及环太平洋地震火山带的重要分布区，新构造运动强烈，地震活跃。太平

洋板块的俯冲和印度板块向北对亚洲板块的碰撞,造成了世界上最高的最年青的喜马拉雅山脉和青藏高原.我国东部因太平洋板块俯冲使华北、东北地壳向东拉张,形成华北和松辽沉积大平原.这两种活动构造带汇聚,不仅形成了我国大地貌骨架,而且造就了复杂多样的地质构造体系.我国大型和特大型山地灾害集中分布于:不同的构造体系结合部,构造体系急剧作弧形转弯部位,深大断裂两侧,新构造运动活跃与地震强烈区(烈度7°以上).如鲜水河断裂带泥石流、滑坡发育,有泥石流沟300条、滑坡137处.小江断裂带泥石流、滑坡亦发育,分布集中,泥石流沟和滑坡200处,其中大型粘性泥石流沟20条,最著名的有蒋家沟、大桥河、大白泥沟、小白泥沟、老干沟和达德沟等.安宁河断裂带有泥石流沟260条、滑坡100处,分布集中于安宁河东岸.金江街—新市镇段金沙江干流长计1000km,有大型和特大型滑坡、崩塌400处、泥石流沟300条,尤以攀枝花—巧家段最为集中.

大型和特大型山地灾害还集中分布于祁连山山字型构造体系.特别是由地震诱发的滑坡、崩塌,规模大,分布广,灾情重.如公元前186年甘肃武都县地震山崩(致死780人);公元1124年兰州地震,山摇地动,地裂滑坡,陷民数千;1920年宁夏海源地震(8.5级)滑坡分布面积5万(km)<sup>2</sup>,计657处.

在川东北大巴山弧、川东隆起褶皱带、川黔湘鄂隆起褶皱带及淮阳山字型构造体系西翼反射弧交接复合部位,有长江三峡工程库区大型和特大型山地灾害发育,多集中于万县—三斗坪段,长280km,体积 $\geq 1000$ 万m<sup>3</sup>的崩塌、滑坡多达31处,其中近期仍在活动而对三峡工程有重大威胁的滑坡有:新滩滑坡、链子崖崩塌、黄腊石滑坡和鸡扒子滑坡等.

地层岩性上,岩石是内外营力作用的介质.岩石组成、结构、性质的不同,山地灾害的发育、规模和分布特征也不同.我国易于产生山地灾害的岩层主要有以下几类.

1. 新生界 为固结差的河湖相粘土岩类和第四系松散堆积,极易产生山地灾害,特别是西南的成都粘土、昔格达粘土,西北的黄土及含盐地层,山地灾害分布成片状.

2. 中生界 岩石固结差,抗剪强度低,易软化和泥化,在干湿变化下膨胀作用明显,岩石表层崩解快,常形成较厚的碎屑层;其多含膏盐,在水的长期作用下,易产生滑坡.该地层分布区滑坡、泥石流发育,分布密集,如龙川江泥石流滑坡密布带.

3. 煤系地层 其为砂泥质岩系,遇水易软化.该岩系构成的斜坡易产生滑坡、泥石流,多呈点状或带状分布.如贵州六盘水煤矿区.

4. 变质岩类 该岩层时代古老,节理、裂隙发育,特别是在水浸作用下,粘土矿物便泥化,极易产生滑坡、泥石流.如岷江上游大型和特大型山地灾害分布密集带.著名的泥石流沟有:蒋家沟、大白泥沟、小白泥沟,滑坡有周仓坪等.泥石流、滑坡呈带状分布.

5. 强烈风化的花岗岩 在炎热多雨的气候条件下,形成厚层风化壳,厚可达50—100m,呈沙土状,强度低、易发育泥石流、滑坡.在闽浙赣湘鄂等省花岗岩强风化带内,小型崩塌、滑坡集中分布.

### 3 我国山地灾害防治

20世纪80年代以来我国山地灾害发生频率和危害程度呈直线上升趋势,成为严重

影响和制约着我国经济发展、社会稳定的重要因素。因此急需抑制山地灾害发生发展,维持生态平衡,加速山区建设。

山地灾害防治原则为:以防为主,防治结合,突出重点,因灾制宜,综合治理。

### 3.1 预防与治理相结合,以防为主

山地灾害预防,首先是作山地灾害危险区划,判定山地灾害的可能危害规模、程度级别、不同程度的划分;其次建立长中短期预报及临灾报警,当然对山地灾害仅靠预防是不够的。对那些已明确判断必然发生、危害对象重要的灾害点,如果经济技术上可行,则必须进行积极的治理,因此将预防和治理有机地结合起来,充分发挥各自的功能及其合力就能最大限度地减轻山地灾害。

### 3.2 除害与兴利相结合,两者并重

防治山地灾害在客观上有除害和兴利双重功能。通过预防和治理,消除或减轻了山地灾害对人们的危害;同时在客观上保护人们的生命财产免遭灾难,保护再生产过程免遭中断,均是兴利。如小流域生物治理中通过营造防护林、用材林、薪炭林及经济林的合理配置,不仅能起到防灾效果,更能达到兴利之目的。

### 3.3 工程措施与生物措施相结合,以生物措施为主

我国山地灾害种类多,数量大,而投资能力低,绝不能将工程措施作为治理的主要措施;况且工程治理仅为治标,而非治本之举。

与工程治理措施相比,生物措施应用范围广,投资省,风险小。生物措施实施后,还能产生直接的社会效益、经济效益和生态效益。生物措施与工程措施各有其优缺点,生物措施的主要缺点是见效慢、自然环境恶劣处造林困难,对大型滑坡、崩塌防治效果差。因此在以生物措施为主的前提下,必须将生物措施与工程措施有机地结合起来,取长补短,发挥综合效力。

### 3.4 以经济效益为中心,贯彻生态效益和社会效益一起抓

山地灾害防治的最终目的是减少各种损失,而经济损失是其中最重要的一部分,因而“山地灾害防治中要始终坚持以经济效益为中心,只要全面衡量、科学地规划和安排,减灾可获得巨大的经济效益。低投入高产出是经济活动中普遍遵循的原则,山地灾害防治同样也要遵循这个原则,只不过产投比在这里变成了保投比。要用尽可能少的投入,保护尽可能多的受到危害的对象。1993-06-25举行的中国灾害管理国际会议上,江泽民主席致信祝贺,特别强调了“经济建设与减灾一起抓,把减灾纳入国民经济和社会发展的总体规划中。”因此应把山地灾害防治纳入区域资源开发和一切经济活动之中。

根据上述山地灾害防治原则和方法,对四川 44 条泥石流沟进行了综合治理,其中有 22 条已基本竣工,取得了显著的效益,达到了预期目的。通常治理的投资与保护的财产和效益之比为 1:20—1:50。

## 参 考 文 献

- [1] 唐邦兴,柳素清,刘世建等. 1:600 万中国泥石流分布及灾害危险区划图. 成都:成都地图出版社,1991.
- [2] 李娜,刘新民. 1:600 万中国滑坡灾害分布图. 成都:成都地图出版社,1991.

- [3] 章书成,唐邦兴. 泥石流研究的新动向. 见,中国水土保持学会、云南省地理研究所、云南省计委国土办等主编. 首届全国泥石流滑坡防治学术会议论文集(1993年). 昆明:云南科技出版社,1993. 1—5.
- [4] 唐邦兴,吴积善. 山地自然灾害(以泥石流为主)及其防治. 地理学报,1990.45(2):202—209.
- [5] 唐邦兴,柳素清主编. 四川省阿坝藏族羌族自治州泥石流及其防治研究. 成都:成都科技大学出版社,1993. 164—172.
- [6] 吴积善,田连权,康志成等. 泥石流及其综合治理. 北京:科学出版社,1993. 170—181.
- [7] 中国科学院成都山地灾害与环境研究所编著. 泥石流研究与防治. 成都:四川科学技术出版社,1989. 1—346.
- [8] 周必凡,李德基,罗德富等编著. 泥石流防治指南. 北京:科学出版社,1991. 1—217.
- [9] 谭万沛,王成华,姚令侃等. 暴雨泥石流滑坡的区域预测与预报——以攀西地区为例. 成都:四川科学技术出版社,1994. 57—272.
- [10] 中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所. 泥石流(4). 北京:科学出版社,1995. 1—134.
- [11] 张信宝,刘江. 云南大盈江流域泥石流. 成都:成都地图出版社,1989. 1—132.
- [12] 杜榕恒,康志成,陈循谦等编著. 云南小江泥石流综合考察与防治规划研究. 重庆:科学技术文献出版社重庆分社,1987. 1—283.
- [13] 杜榕恒,刘新民,袁建模等编著. 长江三峡工程库区滑坡与泥石流研究. 成都:四川科学技术出版社,1990. 1—207.
- [14] 陈光曦,王继康,王林海编著. 泥石流防治. 北京:中国铁道出版社,1983. 1—223.
- [15] 施雅风,黄鼎成,陈洋勤主编. 中国自然灾害灾情分析与减灾对策. 武汉:湖北科学技术出版社,1992. 307—336, 392—398.

## MOUNTAIN HAZARDS AND THEIR PREVENTION IN CHINA

Tang Bangxing Liu Shuqing Liu Shijian

(*Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences*

*& Ministry of Water Conservancy Chengdu 610041*)

### Abstract

China is a mountainous country, where the mountainous regions accounts for 66% of the total area. Particular mountain environments make China available for the formation of debris flows, landslides and avalanches, etc. Therefore, the mountain hazards develop and distribute widely, act frequently, and damage seriously.

Since 1980s, the mountain hazards have caused huge damage.

The initiative causes, distributive characteristics, and comprehensive countermeasures of the mountain hazards in China were analysed.

**Key words** mountain hazard, debris flow, landslide, avalanche, prevention