

试论地震在泥石流形成中的作用

马东涛

(中国科学院兰州冰川冻土研究所)

石玉成

(国家地震局兰州地震研究所)

摘要 地震和泥石流是自然界常见的灾种。对地震在泥石流形成中的作用以及地震泥石流的特征进行了初步探讨后认为,强烈地震区和新构造运动活跃区往往也是泥石流高发区;地震通过为泥石流提供固体物质来源、水源、动力条件和激发条件等影响泥石流的形成和发展;地震引发的泥石流具有滞后性、周期性、区域性和多沟同时暴发的特点。

关键词: 地震 泥石流 新构造运动

1 前言

泥石流是山区所特有的一种突发性自然灾害,它以强烈的侵蚀、巨大的搬运和堆积能力给环境以深刻的影响,给山区经济建设和人民生命财产造成巨大损失和严重威胁。泥石流的形成受到区域地质、构造、地貌、气象和水文以及人文活动等诸多因素的影响,地震则是其中之一。本文根据作者收集到的有关资料和实例,对泥石流活动和地震活动的关系、地震在泥石流形成中的作用以及地震泥石流的特点进行了探讨。

2 地震带和泥石流活动带在分布上的相关性

众所周知,全球地震主要集中分布在环太平洋山系和阿尔卑斯—喜马拉雅山系这两大地震带上。据作者的研究,世界上所有的泥石流、滑坡、崩塌等山地灾害几乎都分布在主要板块边缘上升山脉形成的构造和地震活跃带上,尤其是上述两大地震带^[1]。因此,在一定程度上地震带或构造活跃带也就是泥石流活跃带。典型的泥石流地区和阿尔卑斯山区、加拿大大不列颠哥伦比亚山区、美国西太平洋沿岸山地、中亚地区、日本列岛、印度尼西亚、中国的藏东南和台湾山地均位于上述两大地震带上。此外,泥石流也分布在欧亚大陆内部的部分褶断山以及斯堪的纳维亚山脉。

在我国已划分出的23个地震带中,有16个地震带就是泥石流活动带,占地震带总数的69.6%。其中以西藏察隅带、武都—马边带、安宁河谷带、康定甘孜带、腾冲—澜沧带、滇西带泥石流最为发育。我国4大泥石流灾害区(藏东南地区、陇南地区、川西山地、云南小江地区)中除藏东南位于阿尔卑斯—喜马拉雅地震带上,其余3个地区基本位于我国东西分界线附近

第一作者简介:马东涛 男,31岁,助研,现主要从事滑坡泥石流研究。

收稿日期:1994-12-12;修改稿:1995-01-20

的南北大地震带上。按照艾南山教授的解释: 由于印度板块、菲律宾板块、太平洋板块分别与亚欧板块相碰撞, 在中国内陆形成各自连续变化的应力场, 在 104°E 线附近必然形成一个南北延伸应力变化不连续的地区。这个带上虽无巨大现代构造山系, 但新构造运动强烈, 地震活动频繁, 同时也是泥石流、滑坡、崩塌等山地灾害强烈作用带^[2]。

3 地震在泥石流形成中的作用

3.1 泥石流形成的 3 个基本要素

泥石流的发生、发展和消亡受天、地、生 3 大系统中诸多因素的控制, 其中陡峭的沟谷地形地貌、丰富的松散固体物质和一定的激发水源是其形成的 3 个基本要素。地震在其孕育、发生和震后的全过程中通过应力的不断积累和释放, 从而引起地壳结构和构造、岩石物理力学性质、地表形态以及大气环境等的改变, 因而从多方面影响泥石流的形成和活动。

3.2 地震在泥石流形成中的作用

3.2.1 地震破坏山坡稳定性, 为泥石流提供松散固体物质

地震为泥石流提供松散固体物质的主要方式是其引起的崩塌(岩崩、碎屑崩塌、雪崩和冰崩)以及滑坡。如 1950 年 8 月 15 日的西藏墨脱大地震, 震级 8.6 级, 震中烈度 XI~XII 度, VIII 度区范围达 20 万 km^2 ^[3]。该地震在藏东南大范围内引起雪崩、冰崩、岩崩、冰碛物崩塌和滑坡并

激发了泥石流活动(图 1)。其中最著名的尚属古乡冰川泥石流, 古乡沟是雅鲁藏布江支流帕隆藏布江右岸支流, 发育在念青唐古拉山与横断山脉交接部位的向阳山坡上, 面积 26km^2 。地震时大量积雪和岩块从沟谷周围数座 5 000m 以上的山峰上腾空而下, 堆积于谷盆之中, 雪崩折合水量达 2 000~2 800 万 m^3 。地震还破坏了冰碛物的稳定性, 使可补给泥石流的松散物质达 2 亿 m^3 。在持续高温和强烈降雨作用下, 1953 年 9 月 29 日该沟暴发了国内外罕见的特大泥石流, 据估算, 其流量可达 $28\ 600\text{m}^3/\text{s}$, 总径流量达 1 710 万 m^3 。1954 年该沟暴发了 38 次泥石流, 1963 年 70 多次, 1964 年和 1965 年分别为 85 次和 10 次。

陇南史载的 15 次大震, 特别是光绪五年(1879 年 7 月 1 日)阶州大震为该区近期泥石流的发育奠定了基础。泥石流最严重的北峪河流域、三河流域和羊汤河流域的绝大多数滑坡均系那次地震所致。中外闻名的云南小江流域位于小江地震带上, 地震活动频繁。1733 年、1833 年和 1966 年均发生过 6.5 级以上地震, 诱发了大量滑坡和崩塌, 使该区成为我国泥石流最发育的地区之一。

此外, 地震为泥石流提供松散固体物质还与地震类型、震级、区域岩性、地质构造、地形地貌、降雨及植被等有关。限于篇幅, 不再赘述。

3.2.2 地震活动加剧沟谷侵蚀, 有利于泥石流沟的发育和形成

地震是断裂构造活动的一种表现形式。一方面它促使老断裂的复活, 另一方面又促使新

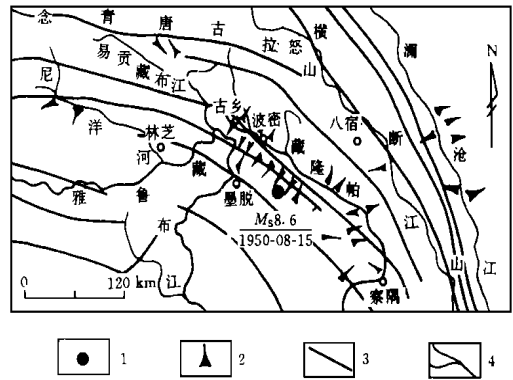


图 1 1950 年墨脱大地震及其破坏区内泥石流分布

Fig. 1 Distribution of mud-rock flows in rupture area of the Motuo M_s 8.6 earthquake in 1950.

- 1 震中; 2 泥石流;
3 活动断层; 4 河流

断裂的产生。因此,在震区和新构造运动活跃区内裂隙、节理、裂理、劈理发育,地层破碎,结果必然引起侵蚀作用加强。同时,由于地震引起的崩塌、滑坡、地裂和陷落的作用,使地表和植被遭受破坏,结果增强了暴雨对地表的片蚀和冲蚀,有利于细沟、切沟、冲沟和溪沟的产生,为泥石流的汇流和松散物质的产生和运移提供了有利条件。

3.2.3 地震为泥石流形成提供动力条件

在雨季或潮湿的地方,当山坡上或坡脚有处于极限平衡状态的饱和土体时,在强烈震动下,这部分土体结构破坏,便转变为泥石流。1973年永善一大关地震时虽未下雨,但在长房沟、马家湾沟和小岩坊沟却发生了泥石流。1976年唐山大地震时,位于烈度Ⅷ度区内的天津碱厂废渣堆因受强烈震动突然液化,形成大规模废渣泥石流^[4]。

海震可引起大陆坡附近塌滑,扰动海水形成浑浊的海水团向深海流动,即浊流。这种流体与泥石流极为相似,运动时掏挖裹挟海底沉积物,给水下建筑设施带来极大危害^{*}。此外,地震触发的岩崩、冰崩、雪崩和滑坡体落入湖泊和水库中,引起坝体溃决,形成溃决性泥石流。我国西藏喜马拉雅山、冰岛、加拿大、美国阿拉斯加、挪威、中亚高山区都曾暴发过此类泥石流。

3.2.4 地震为泥石流提供水源

在高山冰川区,地震引起的雪崩冰崩堆积于沟道,在高温天气下迅速消融,与冰碛物和沟床物质混合而成泥石流。地震引起的冰崩、雪崩和滑坡还经常堵塞沟道、河道,形成阻塞湖,湖坝溃决后形成泥石流,从而为泥石流提供了水源。如1840年6月20日,土耳其东部阿拉拉特山(Mt. Ararat, 5165m)发生强烈地震,地震诱发的雪崩从山峰上迅速崩下,顷刻间堵河成湖。大约72h后,湖水漫过坝顶而溃决,泥石流摧毁了山脚下的一个村庄和教堂^[5]。强烈地震时,地下水受强烈挤压作用,沿着地震裂缝和某些节理、断裂带涌出地面,形成涌泉、喷砂、冒水,冲蚀沟床和坡脚松散物质而形成泥石流。

地震和新构造运动释放内能,引起异常天气,从而激发暴雨和泥石流。根据郭增建先生1989年提出的大地呼吸说:较强地震在较大区域和相近时间内发生,都表征该区有非地震形式的构造活动,这种活动促进携带的热水气进入大气低层,使之加热。当大范围内有低压过程移至热水汽区时,气象低压和热水汽低压相结合,使低压加深。当低压加深时又把地下尚留的大量孔隙和微孔隙通道中的热水汽吸出,再加深大气低压,再吸地下热气,这种正反馈过程最终加强了暴雨的强度,从而激发了暴雨泥石流灾害^[6]。

1981年1月24日,四川道孚发生6.9级地震,同年7~9月川西、川北、陕南和陇南等地发生暴雨、洪水和泥石流灾害。据四川省的统计,共发生滑坡6万处,泥石流1060条,死亡700人,造成经济损失3.5亿元。1976年5月29日云南龙陵的两次大地震、1981年11月16日澜沧的7.6级地震与同日耿马7.2级地震均与孟加拉湾热带风暴活动时间相吻合,结果都发生了严重的暴雨泥石流灾害。此外,地震、暴雨和泥石流都经常发生在夜间,从而给抢险救灾工作带来许多危险和不便。以上事例说明:地震和气象之间存在着密切的联系,即所谓地一气耦合现象。其结果是地震引起了暴雨,暴雨又激发了泥石流。这种灾害链现象须引起泥石流学者的充分重视。

现将地震在泥石流形成过程中的作用概括于图2。

* 郭增建,等.从灾害物理学讨论某些泥石流问题(参加第四届全国泥石流学术讨论会论文).1994.

4 地震引发的泥石流特征

4.1 地震烈度与泥石流范围

地震引发的泥石流范围和规模取决于地震的震级和烈度。一般认为6级地震可以产生滑坡和崩塌,就烈度而言大致相当于Ⅷ度。烈度愈高,产生的固体物质就愈多,激发的泥石流范围就愈大。1976年2月4日在危地马拉西南部发生了一次7.5级地震,当时在16 000 km²范围内诱发了10 000多个滑坡,绝大多数滑坡发生在Ⅷ度区内,其后在暴雨激发下,该区便发生了大范围泥石流(图3)^[5]。1950年藏东南大地震后,泥石流活动相对集中于雅鲁藏布江大拐弯处及帕隆藏布江和易贡藏布江等Ⅷ度区内。

4.2 地震泥石流具有一定的周期性

历史资料表明,一个地震区或地震带内,地震活动往往具有一定的周期性,时强时弱,有相对平静与显著活跃之别和彼此交替的特点。因此,由地震活动引起的泥石流也具有周期性活动特征。1923年四川炉霍发生7.5级地震后,泥石流趋于活跃,多年后泥石流进入停歇期;1973年7.9级大震后,泥石流活动又趋于频繁。

地震激发的泥石流还明显滞后于地震,其活动存在一个高潮期,而后逐渐减弱以至停息。前已述及,多数地震只能为泥石流的形成提供1项或2项条件,只有与其它条件相配置,才能导致泥石流的发生。泥石流的发生也是一个物质和能量积累释放的过程,不仅需要一定的时间而且也必需具备充分的条件。因此,绝大多数泥石流都滞后于地震而发生。前述的1953年古乡特大冰川泥石流就是在震后3a与同年9月泛曲河口地震、持续高温天气和较大降雨共同作用下形成的。其泥石流活动始于50年代,至60年代中期达到高潮,70年代后,规模和频率逐渐减小,90年代泥石流再没有冲出沟口,泥石流活动趋于平静。

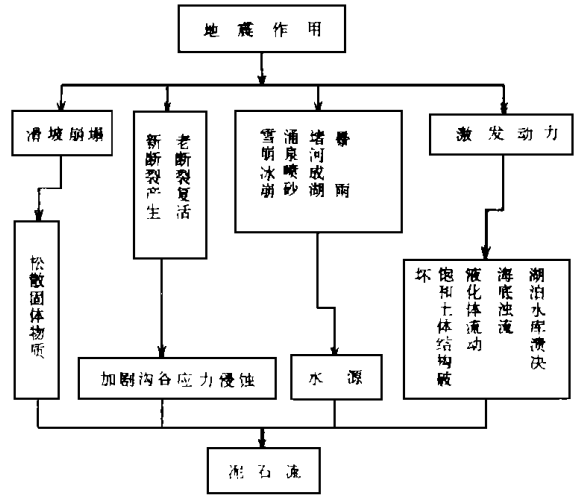


图2 地震对泥石流形成的作用
Fig. 2 Influence of earthquakes on the formation of mud-rock flows.

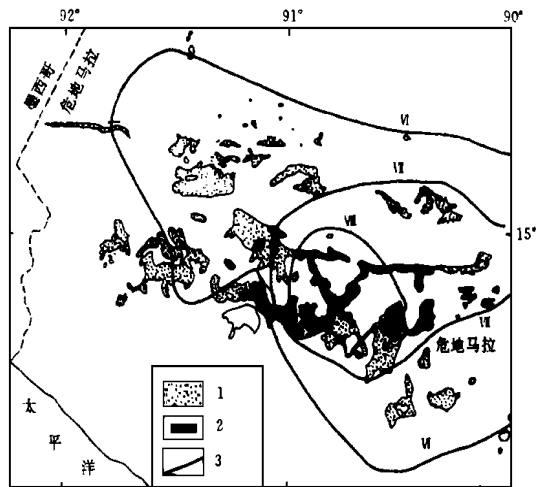


图3 1976年2月4日危地马拉地震及其诱发的滑坡
Fig. 3 Landslides induced by the Guatemala M 7.5 earthquake in 1976.

1 更新世浮岩; 2 滑坡高发区; 3 烈度等值线

4.3 地震类型与泥石流

地震类型与泥石流活动有密切的关系。一般来讲,震群型和主震强余震型地震比一般主震余震型地震能为泥石流形成提供更多的固体物质。因为前两类往往是多次乃至十多次地震在数日、数月或数年内重复出现,使地表反复遭受强烈破坏,极有利于岩体松动、破裂和滑塌,从而导致泥石流的形成;后者在发生时,只出现一次主要强烈震动,余震强度明显减弱,对地表的破坏极为有限。陇南的武都和文县在1879年7月1日、1880年6月22日和7月20日均发生过强烈地震。因此,该两县泥石流灾害较其它地区明显严重。

地震和泥石流是性质截然不同的两类自然灾害,本文仅从地震活动对泥石流形成的影响上初步论述了二者的关系。由于作者知识水平和资料所限,谬误之处难免,恳望灾害研究者批评指正。

本文承蒙中国科学院兰州冰川冻土研究所李鸿璉、祁龙先生指导和帮助,特此谢忱。

参考文献

- 1 马东涛. 陇南山区斜坡重力地质作用特征. 第四届全国泥石流学术讨论会论文集. 甘肃文化出版社, 1994. 67~71.
- 2 艾南山. 应力侵蚀和泥石流. 第二届全国泥石流学术会议论文集. 科学出版社, 1991. 117~118.
- 3 郭增建, 秦保燕. 灾害物理学. 陕西科学技术出版社, 1989.
- 4 钟敦伦. 论地震在泥石流活动中的作用. 泥石流论文集(1). 科技文献出版社重庆分社, 1981. 30~35.
- 5 G H Eishacher, J J Clague. Destructive mass movements in high mountains; hazard and management. Geological Survey of Canada 1984, (16): 40~41.
- 6 郭增建, 秦保燕, 李革平. 未来灾害学. 地震出版社, 1992.

AN APPROACH ON EFFECTS OF EARTHQUAKES ON FORMATION OF DEBRIS FLOW

Ma Dongtao

(Lanzhou Institute of Glaciology and Geocryology, CAS)

Shi Yucheng

(Earthquake Research Institute of Lanzhou, SSB, China)

Abstract

Earthquake and mud-rock flow are all the common natural disasters. This paper preliminarily discusses the effects of earthquake on formation of debris flow and some features of induced earthquake debris flows. It is considered that the regions where seismicity is strong or neotectonic movement is active are usually the regions where debris flows frequently occur; earthquakes affect the formation and development of debris flow by nourishing loose solid material, water source, dynamic and triggering condition; debris flows induced by seismic activities often have overdue, periodic and regional characters.

Key words: Earthquake, Mud-rock flow, Neotectonic movement