

委内瑞拉 1999 年特大泥石流灾害

韦方强^{1,2}, 谢洪¹, Jose L. Lopez³, David Perez⁴

(1. 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041;

2. 西南交通大学土木工程学院, 四川 成都 610031; 3. 委内瑞拉中央大学流体力学研究所; 4. 委内瑞拉环境部)

摘要: 受娜尼拉现象的影响, 1999-12-15~16 委内瑞拉北部阿维拉山区加勒比海岸的 8 个州连降特大暴雨, 造成山体大面积滑塌, 数十条沟谷同时暴发大规模的泥石流。泥石流造成 3 万人死亡, 经济损失高达 100 亿美元, 成为本世纪最严重的泥石流灾害。这次泥石流灾害具有群发性、规模大、低频率和直接入海等特点, 对这类泥石流进行泥石流成因、活动规律、预测预报、泥石流与异常气候现象关系和直接入海型泥石流运动规律、沉积特征、对海水的污染扩散过程以及防治对策的研究具有重要意义。

关键词: 委内瑞拉; 泥石流; 灾害

中图分类号: P642.23 文献标识码: A

由于受娜尼拉现象的影响, 1999 年 12 月中上旬, 委内瑞拉北部沿加勒比海地区的 8 个州出现了一次连续降水过程, 并在 15、16 日连降暴雨。连续的高强度降水导致这一地区的阿维拉山北坡山体滑坡, 数十条沟谷暴发泥石流, 造成 3 万余人死亡, 33.7 万人受灾, 100 亿美元经济损失的特大泥石流灾害, 成为本世纪委内瑞拉最严重的自然灾害, 也是全世界历史上罕见的特大泥石流灾害。

1 泥石流灾害

阿维拉山北坡加勒比海岸是委内瑞拉的旅游度假圣地, 首都加拉加斯座落在阿维拉山南坡, 首都机场(玻利瓦尔国际机场)位于北坡加勒比海边, 横穿阿维拉山的高速公路隧道是连接南北的通道(图 1)。1999 年 12 月 15-16 日, 在特大暴雨的作用下, 阿维拉山北坡数十条沟谷同时暴发泥石流, 突然袭来的泥石流使山脚下大部分沿海城市都遭受了极其严重的灾害(照片 1)。泥石流冲毁街道、淤埋房屋和公路、摧毁旅游设施, 破坏了城市供水、供电设施, 使整个城市陷入瘫痪状态(照片 2~4)。连接南北的高速公路多处被泥石流冲毁, 并有 2 处隧道被泥石流堵塞(照片 5), 连玻利瓦尔国际机场也被迫关闭。

瓦尔加斯州是受灾最严重的地区, 一些城市只剩下几幢钢筋混凝土的高楼, 甚至有的高楼也被泥石流切掉一半(照片 6)。其中纳依瓜塔市的小镇卡门德里亚被狂暴的泥石流几乎完全摧毁, 泥石流不但摧垮了绝大部分房屋, 并在原房屋基础和街道上又冲出了 5m 多深的沟槽(照片 7)。照片(8、9)为该

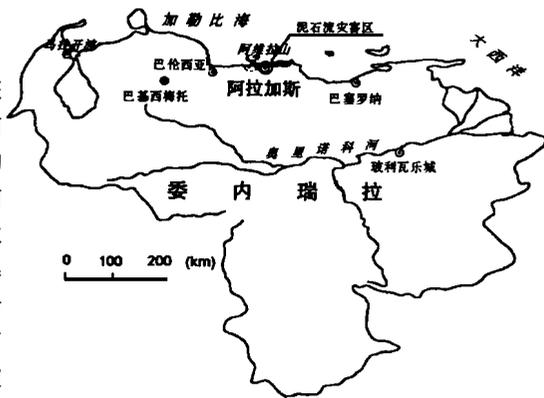


图 1 1999 年委内瑞拉特大泥石流灾害灾区位置图
Fig. 1 Position of debris flow disasters in Venezuela in 1999

收稿日期: 2000-09-18.

基金项目: 中国科技部资助项目。

作者简介: 韦方强(1968-), 男(汉族), 山东省临沭县人。在读博士。主要从事泥石流减灾和 3S 技术在泥石流领域的应用等研究。

镇灾前和灾后的航片, 对比可见这个小镇几乎被泥石流完全吞没。山体滑坡严重破坏了山坡植被, 泥石流又将这些树木冲出山沟, 粗壮的树干更增加了泥石流的破坏力(照片10)。

所有的泥石流都将泥沙和进入泥石流的各种污染物经过海滩直接输入加勒比海中, 使往日的黄金海滩变成不堪入目的砾石乱滩, 大量的泥沙、动植物腐尸、城市垃圾和有毒化学品进入海中, 给加勒比海近海岸造成了严重污染(照片3), 给加勒比海岸的旅游业造成了致命的打击。

2 泥石流灾害形成的背景

1. 地质地貌 阿维拉山是安第斯山的分支, 是一个仅有40万年历史的新构造隆升带。其北坡从加勒比海到山顶水平距离不足10 km, 但海拔高度却从海平面抬升到2 800 m, 形成山高谷深、山坡陡峻的地貌形态, 为泥石流发育提供了良好的地形基础和充分的能量条件。强烈的地质构造运动, 造成这一地区断裂发育。区内出露的前寒武纪和中生代地层在地质构造运动和区域变质作用下呈中深度变质, 且被断裂切割破碎, 两套地层呈断层接触。该地区处于强烈地震带上, 18世纪以来曾发生过4次强烈地震。强烈的地震活动破坏了岩体的完整性和山坡的稳定性, 为泥石流发育提供了丰富的物质来源。

2. 暴雨 委内瑞拉属热带草原气候区, 北部沿海地区多年平均降水量仅500 mm。受娜尼拉现象影响, 1999年12月初开始出现连续降雨过程(图2), 至14日降雨强度猛增, 至降雨量120 mm, 15日增至380.7 mm, 16日又增至410.4 mm, 至17日降水过程基本结束, 14~16日三天降水911.1 mm, 几乎是年均降水量的2倍。在高强度连续暴雨激发下, 15日、16日阿维拉山北坡数十条沟谷同时暴发了泥石流。

3. 山体滑坡 阿维拉山区山高坡陡, $> 35^\circ$ 的山坡占总面积的60%~70%, 且出露的岩层多为片岩、片麻岩、大理岩、变质花岗岩、变质砂岩等, 造成山坡土体较薄。在这次连续降雨和高强度暴雨的作用下, 山坡发生了大面积的浅层滑坡, 许多地方浅层滑坡占到总面积的50%以上(照片11)。坡面的土体和植被一起进入沟谷, 为泥石流的形成提供了丰富的固体物质, 特别是粘土等细粒物质。大面积的山体滑坡成为泥石流形成的重要因素之一。

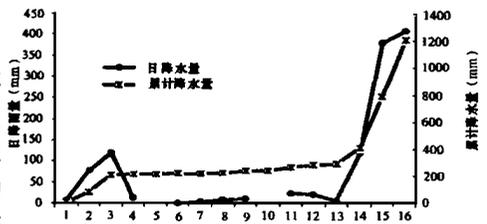


图2 1999-12-01~16 阿维拉山北坡降雨过程
(根据 Mai gutia 雨量站)

Fig.2 Course of rainfall from 1 to Dec. 1999 in north of Avila Mountain(Maigutia)

3 泥石流灾害特征

1. 群发生, 危害范围广 本次泥石流灾害具有群发性的特点, 在暴雨笼罩的范围内, 几乎所有的沟谷都发生了泥石流。所以这类泥石流危害范围广, 沿加勒比海岸80 km范围内的城镇、公路都遭受了泥石流的危害。

2. 规模大, 灾害重 由于有大面积山体滑坡的物质供给和强大地表径流支持, 各条泥石流沟的泥石流规模都很大, 泥石流堆积量一般都在100万 m^3 左右, 其中San Julian的规模最大, 泥石流堆积量高达1000万 m^3 , 并将 $8 \times 2 \times 7.5 \times 4 \text{ m}^3$ 的巨砾搬出沟口(照片12)。大规模的泥石流摧毁和淤埋城镇、公路、港口、旅游设施、输电线路等, 给沿岸人民带来了极其严重的灾害。

3. 频率低, 危害性大 这种群发性特大规模泥石流是由于异常气候现象导致异常降水造成的, 其发生频率低, 几十年才可能发生一次, 最近的一次大规模泥石流灾害发生在1951年。低频率发生的泥石流在灾害发生多年后容易使人们遗忘当年的灾难, 忽视其危害性, 降低对灾害的警惕性, 忽略对灾害防范, 从而使其具有隐蔽性, 增大了灾害的危险性。

4. 直接入海型 阿维拉山北坡的泥石流与其它地区泥石流不同, 不是支沟将泥石流输入主河, 由主河洪水将泥沙带走, 而是各条沟谷直接将泥石流排入海中, 在海水中形成一种异重流, 这种泥石流对入海处的海岸形态和地貌演化都有重要影响, 形成独特的海岸地貌形态(照片1)。

4 进一步研究的重点和意义

委内瑞拉 1999 特大规模泥石流灾害具有群发性、规模大、直接入海等特点, 与其他地区泥石流相比, 具有独特特征, 为泥石流研究提供了天然实验场, 对其进行以下方面的进一步研究具有重要意义:

1 泥石流成因和活动规律及预测预报研究 准确的泥石流预测预报和预警可以极大地减轻灾害损失, 特别是可以避免人员伤亡, 因此深入分析研究这类泥石流灾害的形成机制和活动规律, 建立特大规模泥石流的预测预报和预警模式, 对减轻泥石流灾害具有重要意义。

2 厄尔尼诺现象和娜尼拉现象等异常气候现象与特大规模泥石流灾害的关系 特大规模泥石流灾害往往与厄尔尼诺现象和娜尼拉现象等异常气候现象有关, 本次泥石流灾害就与娜尼拉现象有关, 研究特大规模泥石流与异常气候现象之间的关系, 不但对特大规模泥石流的预测预报研究具有重要意义, 同时古(老)泥石流沉积反映了当时的灾害天气, 通过对古(老)泥石流沉积的研究可以反推古气候的演变, 为全球气候变化的研究提供研究手段和证据支持。

3 直接入海型泥石流运动规律、在海水中的沉积规律和对海水的污染 泥石流入海后成为一种异重流, 研究其运动规律、在海水中的沉积规律和扩散过程, 进一步分析研究在泥石流作用下海岸的演变, 合理开发利用泥石流作用形成的海滩地。中国虽然直接入海型泥石流很少, 但很多湖泊和大型水利水电工程库区都存在泥石流灾害, 他们与直接入海型泥石流具有极其相似的条件。所以这方面的研究对于研究中国受泥石流作用影响的水利水电大坝库区的泥沙淤积和土地利用具有重要意义。

4 直接入海型泥石流的防治对策研究 根据直接入海型泥石流沟直接于海水接触的特殊条件, 和海滨经济发达人口稠密的具体情况, 研究如何合理有效地控制泥石流, 保护下游居民和财产的安全, 防止海水污染。研究泥石流排导工程如何与海水接触, 既有效地排导泥石流又防止海浪对泥石流排导工程的侵蚀破坏。

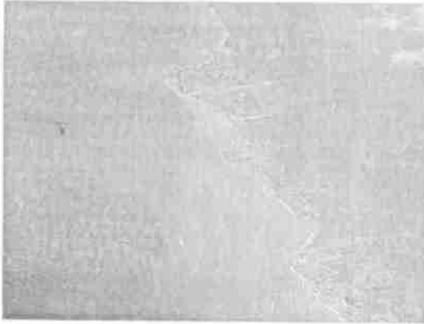
EXTRAORDINERILY SERIOUS DEBRIS FLOW DISASTERS IN VENEZUELA IN 1999

WEI Fang-qiang^{1,2}, XIE Hong¹, Jose Luis Lopez³, David Perez⁴

(1. *Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Conservancy, Chengdu 610041*; 2. *Academy of Civil engineering of SouthWest Jiaotong University, chengdu 610031*, 3. *Institute of Fluid Mechanics, Central University of Venezuela, Caracas*, 4. *Ministry of Environment of Venezuela, Caracas*)

Abstract: Influenced by La Nina Phenomena, A continuous heavy storm appeared in eight states of Venezuela along Caribbean coast and Avila mountain in Dec. 15—16, 1999. In the heavy storm, a lot of landslides and collapses occurred in northern slopes of Avila mountain, and about 30 debris flows came out from the valleys. The severe debris flows washed off and buried the town, highway, killed more than 30, 000 people, and made economic loss about ten billion dollars. It was the most serious debris flow disaster in the 20th century. The debris flows were characterized by lot of debris-flows occurring at the meantime, large scale, low frequency and flowing into sea directly. It's important and necessary to make further research on the genesis of the debris flows, prediction, the relationship of debris flow and abnormal climate, the movement and accumulation of debris flow in the sea and how to control the debris flow.

Key words: Venezuela, debris flow, disaster



照片 1. 加勒比海沿岸泥石流沟群



照片 2. 泥石流摧毁、淤埋房屋 (Cerro Grande)



照片 3. 泥石流造成加勒比海沿岸海水严重污染 (Tanaguarena)



照片 4. 泥石流破坏旅游设施, 淤塞港口 (Naiguata)



照片 5. 泥石流、滑坡毁坏高速公路, 堵塞隧道 (加拉加斯至玻利瓦尔国际机场)



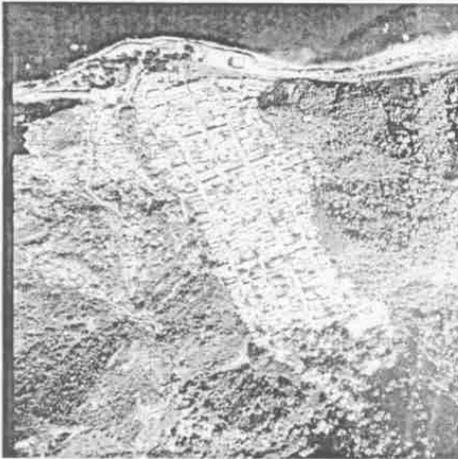
照片 6. 泥石流具有极强的破坏力, 高层建筑也被推垮 (San Julian)



照片 7. 泥石流摧毁卡门德乌里亚(Uria)的建筑物后冲出的沟槽



照片 10. 滑坡破坏的植被直接参与泥石流, 增强了泥石流的破坏力



照片 8. 灾害前的卡门德乌里亚镇(Uria) (1999 年 5 月)



照片 9. 灾害后的卡门德乌里亚镇(Uria) (1999 年 12 月)



照片 11. 暴雨造成阿维拉山大面积浅层滑坡



照片 12. 泥石流冲出的巨大砾石(8.2×7.5×4.4m³) (San Julian)