

引用格式:张信宝,罗光杰,黄江成,代彬,许冲. 川滇黔毗邻区四起崩塌性滑坡-碎屑流灾害的地质背景[J]. 山地学报, 2025, 43(5): 787-790.

ZHANG Xinbao, LUO Guangjie, HUANG Jiangcheng, DAI Bin, XU Chong. Geological background of four catastrophic geohazard cascade (rock avalanche-debris flow) in the adjacent area of Sichuan, Yunnan, and Guizhou Provinces, China [J]. Mountain Research, 2025, 43(5): 787-790.

川滇黔毗邻区四起崩塌性滑坡-碎屑流 灾害的地质背景

张信宝¹, 罗光杰^{2*}, 黄江成³, 代彬⁴, 许冲²

(1. 中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所, 成都, 610213;

2. 贵州师范学院 贵州省流域地理国情监测重点实验室, 贵阳 550018; 3. 云南大学 国际河流与生态安全研究院, 昆明 650500;

4. 中国科学院地球化学研究所 环境地球化学国家重点实验室, 贵阳 550081)

摘要: 地质背景是滑坡灾害的主要控制性因素之一。本文介绍了发生在川滇黔毗邻区的四起崩塌性滑坡-碎屑流地质灾害的地质背景及发生过程(2010年6月28日贵州省关岭县大寨村、2024年1月22日云南省镇雄县凉水村、2025年2月8日四川省筠连县金坪村以及2025年5月22日贵州省大方县庆阳村),并探讨了这些地质灾害的形成机制及诱发因素,旨在为今后此类灾害的预防及预警工作有所帮助。

关键词: 川滇黔毗邻区; 地质灾害; 形成机制; 诱发因素; 灾害预警

中图分类号: P694

文献标志码: B

2010年6月28日贵州关岭县大寨村崩塌性滑坡-碎屑流灾害造成2个村组被毁,99人遇难;2024年1月22日云南镇雄县凉水村灾害造成2个村组18户房屋被掩埋,44人遇难;2025年2月8日四川筠连县金坪村灾害造成10户房屋被掩埋,29人遇难、2人受伤;2025年5月22日贵州大方县庆阳村灾害8户房屋被掩埋,19人遇难。这四起地质灾害发生于川滇黔毗邻区(图1a),地质背景相似。本文介绍了这四起地质灾害的地质背景和滑坡-碎屑流灾害发生过程,探讨其形成机制和诱发因素,以期对今后此类灾害的预防和预警工作有所帮助。

1 地形地质条件

大地构造上,川滇黔毗邻区位于上扬子地台,除贵州大方县庆阳村外,其余三起地质灾害发生的地形地质条件相似,崩塌性滑坡均发生于三叠系下统(T_1)飞仙关组(贵州为夜郎组)紫色粉、细砂岩组成的陡坡,陡坡以下为下伏的二叠系上统(P_2)长兴组和龙潭组泥页岩、粉砂岩煤系地层组成的缓坡(图1b、c、d)。陡坡坡度均大于 35° ,陡坡坡顶与坡脚的相对高差均在百米以上。庆阳村为飞仙关组顺层坡。

收稿日期(Received date): 2025-06-29; **改回日期**(Accepted date): 2025-09-03

基金项目(Foundation item): 国家自然科学基金(42271086, U24A20579); 贵州省科技计划项目(黔科合平台 KXJZ[2024]032, 黔科合基础-ZK[2022]一般 336); 云南省基础研究计划项目(202301AS070039)。[National Natural Science Foundation of China (42271086, U24A20579); Guizhou Provincial Science and Technology Project (KXJZ[2024]032, ZK[2022]General 336); Yunnan Fundamental Research Project (202301AS070039)]

作者简介(Biography): 张信宝(1946-),男,二级研究员,主要研究方向:山地环境、水土流失。[ZHANG Xinbao (1946-), male, professor, research on mountain environment, soil and water loss] E-mail: zxbao@imde.ac.cn

* **通讯作者**(Corresponding author): 罗光杰(1986-),男,博士,教授,主要研究方向:流域过程与生态响应、乡村地理与可持续发展。[LUO Guangjie (1986-), male, Ph. D., professor, research on watershed processes and ecological responses, rural geography and sustainable development] E-mail: luoguangjie@gznc.edu.cn

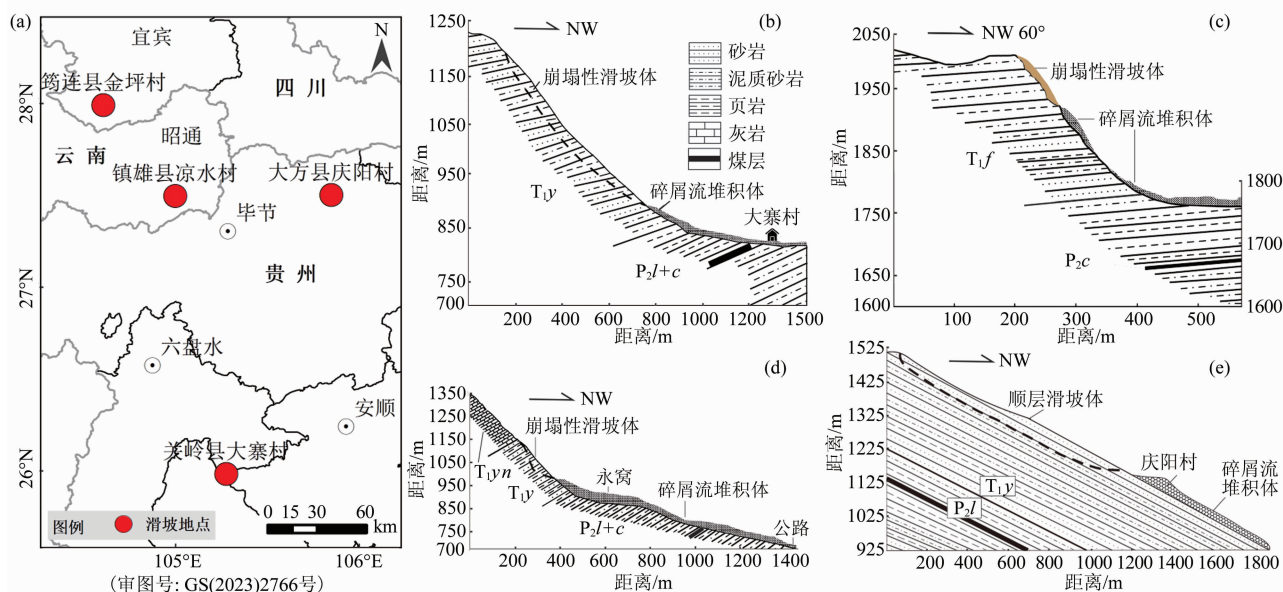


图1 川滇黔毗邻区四起地质灾害的位置和滑坡地质剖面图:

(a) 地理位置; (b) 贵州关岭县大寨村; (c) 云南镇雄县凉水村; (d) 四川筠连县金坪村; (e) 贵州大方县庆阳村

Fig. 1 Locations of the four geological disasters in the Sichuan-Yunnan-Guizhou border area in China and geological cross-section diagrams of landslides:

(a) geographic location; (b) Dazhai Village, Guanling County, Guizhou; (c) Liangshui Village, Zhenxiong County, Yunnan;

(d) Jinpin Village, Junlian County, Sichuan; (e) Qingyang Village, Dafang County, Guizhou

2 发生过程

2.1 贵州关岭大寨村崩塌性滑坡-碎屑流灾害

2010年6月28日14时许,大寨、永乐村民小组后山陡崖坡上部突然发生崩塌,崩塌体崩落顺坡向下运动,冲击铲刮腰坡积物形成碎屑流^[1-3]。碎屑流掩埋坐落于下部缓坡上的大寨、永乐村民小组38户房屋,造成99人遇难。下部缓坡上的碎屑流堆积体总量约 $174 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。灾害发生前,当地已连续下雨一周,降雨量超过300 mm,其中27日降雨量达到257 mm,为特大暴雨。

2.2 云南镇雄凉水村崩塌性滑坡-碎屑流灾害

2024年1月22日5时51分,凉水村合兴、和平村民小组后山陡崖坡上部突然发生崩塌,崩塌体崩落顺坡向下运动,冲击铲刮腰坡积物形成碎屑流^[4-5]。碎屑流掩埋坐落于下部缓坡上的合兴、和平村民小组18户房屋,44人遇难。下部缓坡上的碎屑流堆积体总量约 $7 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。灾害发生前,当地一直是低温雨雪天气。

2.3 四川筠连金坪村崩塌性滑坡-碎屑流灾害

2025年2月8日11时50分许,沐爱镇金坪村2组突发山体滑坡,迅速转化为碎屑流,顺沟而下方涌入山沟,形成长约1.2 km的碎屑堆积体,厚度约10~20 m,宽约100 m,碎屑流堆积体总量约 $10 \times 10^4 \text{ m}^3$,10户房屋被掩埋,29人遇难,2人受伤^[6]。灾害发生前,当地一直是低温阴雨天气。

2.4 贵州大方庆阳村崩塌性滑坡-碎屑流灾害

2025年5月22日9时许,果瓦乡庆阳村突发山体滑坡,迅速转化为碎屑流,沿坡面支沟而下,停积主沟沟道内。碎屑流堆积体长900 m、宽300 m,平均厚度10 m,碎屑流堆积体总量约 $240 \times 10^4 \text{ m}^3$,滑坡造成8户房屋被掩埋,19人遇难。21日19时到22日6时,当地发生降雨量100 mm以上的特大暴雨。

3 发生机制和诱发因素

飞仙关组紫色砂岩岩土强度较高,下伏的二叠系砂泥岩煤系地层强度较低,上硬下软。飞仙关组

紫色砂岩为陡坡,下伏煤系地层为缓坡(图 1b~d)。飞仙关组紫色砂岩岩体一旦产生裂隙,强度急剧降低,高陡边坡易于发生崩塌性滑坡,继而转化为碎屑流。除高陡边坡边部的卸荷裂隙外,下伏二叠系软弱煤系地层砂泥岩的变形,也可导致岩体出现裂隙^[7]。崩塌性滑坡+碎屑流是该区此类地层组合边坡的坡地微地貌调整方式。夏秋的暴雨引起的孔隙水压力增加(如贵州关岭大寨村和大方庆阳村灾害)^[2-3],冬季的阴冷雨雪天气引起的岩土含水量增加和可能的冻胀作用(如云南镇雄凉水村和四川筠连金坪村灾害)^[5-6],往往是此类地质灾害发生的诱发原因。近年来工程建设和煤层开采等影响坡体稳定的人类活动,都有可能促进岩体裂隙的发生,加大此类地质灾害发生的频率。

4 结语

(1)近年来,川滇黔毗邻区的贵州关岭大寨村、云南镇雄凉水村、四川筠连金坪村和贵州大方庆阳村崩塌性滑坡+碎屑流地质灾害,地形地质背景相似。崩塌性滑坡发生于三叠系下统飞仙关组(贵州为夜郎组)紫色砂岩组成的陡坡,转化成的碎屑流流动到陡坡以下的二叠系煤系地层组成的缓坡。

(2)崩塌性滑坡+碎屑流是该区此类地层组合边坡的坡地微地貌调整方式。飞仙关组紫色砂岩岩体产生裂隙后,强度急剧降低,高陡边坡易于发生崩塌性滑坡,继而转化为碎屑流。除卸荷裂隙外,下伏二叠系软弱煤系地层砂泥岩的变形,也可导致岩体出现裂隙。夏秋暴雨和冬季阴冷雨雪天气往往是此类地质灾害发生的诱发原因。近年来工程建设和煤层开采等人类活动有可能促进岩体裂隙的发生,加大此类地质灾害的发生频率。

(3)飞仙关组紫色砂岩陡坡崩塌性滑坡发生前,坡地往往会产生一些轻微变形和细小裂缝。高新技术需与群测群防相结合,加强坡地轻微变形和细小裂缝监测。夏秋暴雨和冬季阴冷雨雪天气,要警惕陡坡崩塌性滑坡发生,需制定应急预案。

(4)坐落于飞仙关组紫色砂岩陡坡下方缓坡上的一些村寨,易遭受崩塌性滑坡转化成碎屑流的危害,这一点在地质灾害危险性评估中需予以考虑。

参考文献(References)

- [1] 殷跃平,朱继良,杨胜元. 贵州关岭大寨高速远程滑坡-碎屑流研究[J]. 工程地质学报, 2010, **18**(4): 445 - 454. [YIN Yueping, ZHU Jiliang, YANG Shengyuan. Investigation of a high speed and long run-out rockslide-debris flow at Dazhai in Guanling of Guizhou Province [J]. Journal of Engineering Geology, 2010, **18**(4): 445 - 454] DOI: 10.3969/j.issn.1004-9665.2010.04.002
- [2] 刘传正. 贵州关岭大寨崩滑碎屑流灾害初步研究[J]. 工程地质学报, 2010, **18**(5): 623 - 630. [LIU Chuazheng. Preliminary findings on Dazhai landslide-debris flow disaster in Guizhou Province of June 28, 2010 [J]. Journal of Engineering Geology, 2010, **18**(5): 623 - 630] DOI: 10.3969/j.issn.1004-9665.2010.05.004
- [3] 孔纪名,田述军,阿发友,等. 贵州关岭“6·28”特大滑坡特征和成因[J]. 山地学报, 2010, **28**(6): 725 - 731. [KONG Jiming, TIAN Shujun, A Fayou, et al. Guizhou Guanling landslide formation mechanism and its characteristics [J]. Mountain Research, 2010, **28**(6): 725 - 731] DOI: 10.16089/j.cnki.1008-2786.2010.06.011
- [4] 黄远东,许冲,薛智文,等. 从镇雄 1.22 山体滑坡事件浅析冬季滑坡伤亡事件规律[J]. 灾害学, 2025, **40**(1): 110 - 116. [HUANG Yuandong, XU Chong, XUE Zhiwen, et al. Brief analysis on regular pattern of winter landslide casualties from Zhenxiong 1.22 landslide incident [J]. Journal of Catastrophology, 2025, **40**(1): 110 - 116] DOI: 10.3969/j.issn.1000-811X.2025.01.017
- [5] 杨金宁,郑光,李鑫武,等. 2024 年 1 月 22 日云南镇雄县凉水村滑坡特征与成因机理研究[J]. 工程地质学报, 2025, **33**(2): 556 - 571. [YANG Jinning, ZHENG Guang, LI Xinwu, et al. Characteristics and failure mechanism of rock avalanche in Liangshui Village, Zhenxiong County, Yunnan Province, on January 22, 2024 [J]. Journal of Engineering Geology, 2025, **33**(2): 556 - 571] DOI: 10.13544/j.cnki.jeg.2024-0174
- [6] 许强,董秀军,赵建军,等. 基于机载 LiDAR 的 2·8 宜宾筠连山体滑坡几何特征分析[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2025, **50**(11): 2145 - 2153. [XU Qiang, DONG Xiujun, ZHAO Jianjun, et al. Geometric characteristics analysis of the 2·8 Junlian Landslide, Yibin, based on airborne LiDAR [J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2025, **50**(11): 2145 - 2153] DOI: 10.13203/j.whugis.20250076
- [7] ZHU Sainan, YIN Yueping, GAO Feng, et al. Coal-mining induced rockmass landslide with layered fractured structure in Yangjiazhai, Wumeng Mountain area, China [J]. Landslides, 2025, **22**: 3475 - 3491. DOI: 10.1007/s10346-025-02534-7

Geological Background of Four Catastrophic Geohazard Cascade (Rock Avalanche-Debris Flow) in the Adjacent Area of Sichuan, Yunnan, and Guizhou Provinces, China

ZHANG Xinbao¹, LUO Guangjie^{2*}, HUANG Jiangcheng³, DAI Bin⁴, XU Chong²

(1. *Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences & Ministry of Water Resources, Chengdu 610213, China;*

2. *Guizhou Provincial Key Laboratory of Geographic State Monitoring of Watershed, Guizhou Education University, Guiyang 550018, China;*

3. *Institute of International Rivers and Ecological Security, Yunnan University, Kunming 650500, China;*

4. *State Key Laboratory of Environmental Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550081, China)*

Abstract: Geological setting is one of the principal controlling factors of geohazards. This paper presented the geological background and failure processes of four geohazard cascade, which typically evolving from rock-avalanche landslide to debris-flow, occurred in the contiguous area of Sichuan, Yunnan and Guizhou Provinces (① Dazhai Village, Guanling County, Guizhou, 28 June 2010; ② Liangshui Village, Zhenxiong County, Yunnan, 22 January 2024; ③ Jinping Village, Junlian County, Sichuan, 8 February 2025; and ④ Qingyang Village, Dafang County, Guizhou, 22 May 2025). The formation mechanisms and triggering factors of these events were discussed in this essay to provide insights for future prevention and early-warning efforts against similar geological disasters.

Key words: contiguous area of Sichuan-Yunnan-Guizhou Provinces; geohazard; formation mechanism; triggering factor; disaster warning

(责任编辑 朱颖彦 钟雨倩)