

# 滇西风化花岗岩区滑坡泥石流灾害链防治对策

尹博 杨晓\* 侯赤金 李朝飞  
云南地质工程第二勘察院有限公司  
DOI:10.12238/gmsm.v7i9.1959

**[摘要]** 本文作者结合长期在滇西地区工作经验及资料收集,通过对典型花岗岩分布情况、工程地质特性、滑坡泥石流灾害链发育机制及特点等对滇西地质灾害的特征、发育规律进行了总结,并结合近年的地质灾害防治经验提出防治对策,探索地质灾害链的最佳防治途径。

**[关键词]** 花岗岩; 滑坡泥石流灾害链; 地质灾害特征; 防治对策

中图分类号: P619.22+2 文献标识码: A

## Prevention and Control Strategies for Landslide and Debris Flow Disaster Chain in the Weathered Granite Area of Western Yunnan

Bo Yin Xiao Yang\* Chijin Hou Chaofei Li

Yunnan Geological Engineering Second Exploration Institute Co., Ltd.

**[Abstract]** Based on the authors' extensive experience and data collection in the western Yunnan region, this paper summarizes the characteristics and development patterns of geological disasters in the region, including the distribution of typical granite, engineering geological characteristics, and the development mechanism and features of landslide and debris flow disaster chains. Combining recent experiences in geological disaster prevention and control, the paper proposes prevention and control strategies to explore the optimal approach for mitigating geological disaster chains. This constitutes the research significance of the present study.

**[Key words]** Granite; Landslide and Debris Flow Disaster Chain; Geological Disaster Characteristics; Prevention and Control Strategies

### 引言

在众多自然灾害中,滑坡泥石流灾害具有突发性强、破坏性大等特点,对人们日常生产生活与生命安全的影响最大。特殊的地貌特征与地质条件,决定了滇西风化花岗岩区发生滑坡泥石流灾害的频率非常高。加强滑坡泥石流灾害的防治具有十分重要的意义。虽然滇西风化花岗岩区近几年来在滑坡泥石流灾害防治方面的成就非常突出,但是伴随社会经济发展速度的不断加快,对于滑坡泥石流灾害的防治技术应用也提出了更高的要求。在这种情况下,必须要持续优化滑坡泥石流防治策略,提高滑坡泥石流防治效果。

### 1 滇西花岗岩分布情况

研究区主要集中在滇西德宏州的大部与临沧市的东部的花岗岩区,是滇西花岗岩分布最密集的区域,基本均呈北东—南西向展布,有燕山期,白垩纪花岗岩和二长花岗岩( $\gamma^3$ ,  $\gamma^{\eta^3}$ ),主要出露于德宏州的北部;燕山期,保罗纪花岗岩和二长花岗岩( $\gamma^2$ ,  $\gamma^{\eta^2}$ ),在临沧市的北部以及德宏州的东南部有零星出露;印支期,三叠纪花岗岩和二长花岗岩( $\gamma^1$ ,  $\gamma^{\eta^1}$ ),在临沧的西南部及德宏州的东部有小面积出露;华力西—印支期,晚古

生代—三叠纪花岗岩和二长花岗岩( $\gamma^{1-5}$ ,  $\gamma^{\eta^{1-5}}$ ),在临沧市的东部及德宏州的中部有大面积出露;加里东期,早古生代二长花岗岩( $\gamma^{\eta^3}$ ),在德宏州的东南部有小面积出露。

### 2 滇西花岗岩工程地质特性

结合多年工作数据总结分析花岗岩岩体风化程度不同其工程地质特征也随之存在差异,其中能够引发地质灾害的花岗岩主要为残积层、全风化及强风化层,各层特征分析如下:

(1) 残积层: 残积层是花岗岩风化作用的产物,是由花岗岩母岩在长期的风化、侵蚀和搬运作用下形成的松散或半松散层。风化后的花岗岩残积层中,随着风化程度的加深,花岗岩残积层的密度通常会降低。残积层的抗压强度、抗剪强度等力学性能通常较母岩差。随着风化程度的增加,残积层的强度下降,尤其是强风化层的承载力较弱,而且由于残积层中的孔隙和裂隙较多,渗透性较强,特别是强风化层,水分能够迅速渗透,并可能在地下水位变化时造成不稳定性。

(2) 全风化层: 褐黄、灰白色等,全风化层是花岗岩母岩经历长期风化作用后形成的一种松散、无结构的土层,风化程度极为强烈,基本失去了原岩的物理和矿物特征。全风化层的母岩已

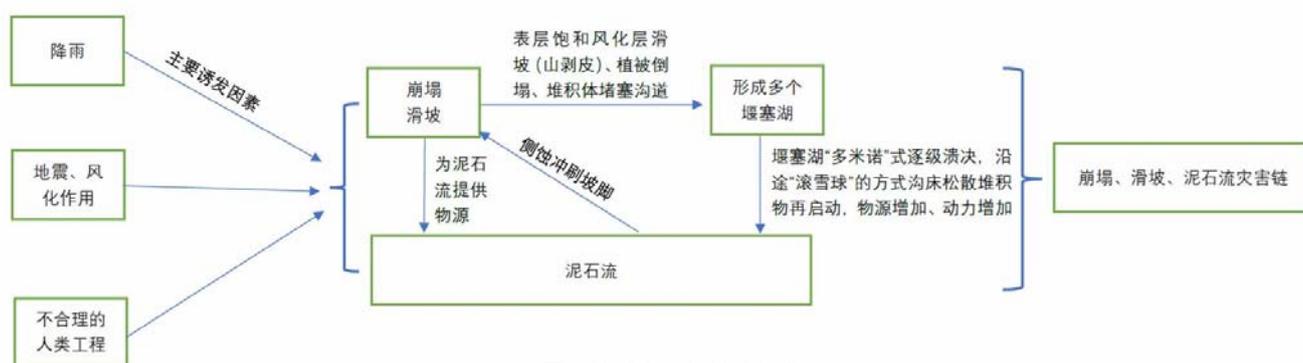


图1 地质灾害链演变过程

被完全风化, 岩石的矿物成分几乎完全发生了变化。大部分原岩的矿物(如长石、石英、云母等)已转化为黏土矿物, 如高岭土、蒙脱石、铁铝土矿物等。物质成分主要由黏土矿物、细粒物质以及氧化物和水合物等组成, 通常表现为松散性以及可塑性的特征。局部地段由于风化差异夹杂有部分强风化团块。该层内聚力主要为10kPa~30kPa, 但在同一区域相对于残坡积偏高, 内摩擦角主要为20~40°, 抗剪切能力较残坡积层有所提高, 含水量通常为10%~30%之间, 孔隙比在0.75~1.0区间, 压缩系数 $a_{1-2}$ 在0.25~0.75区间。总体而言全风化层相对于残积层工程地质性质稍好, 但整体工程地质条件差, 易沿高岭土风化黏土形成相对隔水层进而形成滑动面。

(3) 强风化层: 灰黄、灰白色等, 该层一般由砂石、碎裂岩以及少量的黏土组成, 结构相对来说较为松散, 但是其密实度相较于全风化有所提升。孔隙比在0.5~1.0区间, 孔隙比一般而言小于全风化层的孔隙比, 而且压缩系数 $a_{1-2}$ 在0.0~0.50区间, 这就表示强风化层相较于全风化层来说可压缩的系数更小, 难以压缩。

(4) 中风化层: 浅灰黄、灰白色等, 花岗岩的中风化层是花岗岩母岩经历一定时间的风化作用后形成的一个风化层次, 位于浅风化层和全风化层之间, 风化程中等。中风化层岩石的部分矿物开始风化、原岩结构部分破坏, 但仍保留一些原岩的特征。风化并不完全, 部分原岩矿物仍然保持原状, 整体结构较为稳定, 但已表现出一定的物理变化, 部分矿物可能已发生松散或裂解。

(5) 微风化层: 黑白色、灰白色等, 岩块的断面新鲜, 强度与未风化的基岩接近。微风化层是风化作用中的最浅层次, 风化程度较轻, 主要表现为岩石表面矿物的轻微变化和结构的初步松散。风化作用仅在表面或浅层区域发生, 矿物的风化转化较少, 原岩的结构、颗粒和纹理保持较好。表面矿物(如长石、云母等)出现轻微的颜色变化, 可能变为灰白色、浅灰色或微黄色, 但大部分岩石仍保持原有的外观和坚固性。

综上所述, 花岗岩风化程度一般随着表层向深处逐渐加深, 指标也逐渐变大。但是坡脚处受到扰动到强风化时, 全风化层与强风化层或者强风化层与中风化层的交界处就很容易形成滑坡。原因是分界面风化后会形成隔水层, 水流汇集就导致岩层的重量增加, 再加上侵蚀作用的影响, 滑坡就容易出现。另外残

积土及全风化岩土体结构松散、抗冲刷能力弱在强降雨及地表水冲刷情况下易形成拉槽、局部垮塌等现象。

### 3 滇西花岗岩滑坡泥石流灾害链发育机制及特点

花岗岩滑坡泥石流灾害链的发育机制与特点涉及复杂的地质、气候和人为因素的交互作用。花岗岩滑坡泥石流灾害链的特点之一是级联效应, 即一个灾害的发生会引发一系列后续灾害。具体来说, 滑坡的发生可能首先导致坡体的破裂、土壤松动, 接着暴雨等因素将加剧泥石流的形成。就构成了灾害链的整个机理过程, 具体演变过程见图1。

完整的沟谷灾害链由潜在孕灾体、原生灾害、次生灾害(系列)、承灾体4大要素组成。滇西花岗岩区地质灾害链发生时具有隐蔽性强、群发性、启动过程多形式、成灾、致灾形式多样化、灾害规模逐步放大等特点。

(1) 地质灾害链中灾体数量多、种类全。在滇西花岗岩区地形坡陡、沟谷发育、地质灾害点多面广, 灾害类型主要为滑坡、泥石流、崩塌, 所产生的大量崩塌堆积体和不稳定斜坡为灾害链的发育提供了条件。

(2) 灾害链的活动性与水的作用相关。灾害链具有级联效应, 所以花岗岩滑坡泥石流灾害链的形成与水的作用密切相关, 降水作为一个重要的触发因素和推动力量, 不仅直接影响滑坡的发生, 还能加剧泥石流的形成与蔓延。一方面, 水分的渗透是滑坡发生的重要诱因。当水渗透到土层或岩体的裂隙中, 水的重量会增加坡面岩石的负荷, 同时, 水的渗透也会增加土壤的湿润度, 导致土体的抗剪强度下降, 使坡面更加容易滑动。另一方面, 水具有溶蚀作用, 尤其是雨水长期冲刷、渗透岩石和土壤, 会进一步削弱坡体的稳定性。花岗岩是脆性岩石, 水的作用使其表面风化更加剧烈, 岩石裂隙增多, 坡面更加不稳定。因此, 水是花岗岩滑坡泥石流灾害链中至关重要的触发和推动因子。

(3) 成灾、致灾形式多样化。在灾害链发生过程中沿途将形成多个相互影响相互关联的地质灾害, 由于灾害链运移路程长, 沿程经过的地方将对沟谷两岸造成冲刷, 对堆积区造成堆积、掩埋等影响, 对不同的沟谷灾害链演进模式来说, 其最后也是危害最大的一环通常为溃决洪水, 波及范围甚至可达上百公里。沿途承灾体脆弱性及易损程度直接关系到灾害的损失情况。

(4) 灾害规模逐步放大。根据近年来发生的地质灾害来看, 滑坡泥石流灾害链在发生时规模较单一的灾害破坏大、规模大, 以前认为只有在几公里乃至十公里流域长度沟道才会爆发泥石流, 但近年来随着自然条件的变化尤其是植被覆盖好的几百米长度的冲沟内发生了多起滑坡泥石流灾害链的灾害并造成人员伤亡, 具体情况为强降雨天气导致冲沟内出现小规模滑坡崩塌, 坡体表面的树木直接横倒在沟道内形成了“堰塞坝”, 随之溃决后增加了水动力条件沿途对两侧岸坡措施、沟床下切, 进而引发大规模泥石流灾害, 造成人员伤亡。

#### 4 防治对策研究

##### 4.1 加强早期识别及风险调查

针对花岗岩区地质灾害隐蔽性强的特点, 提升地质灾害隐患区域排查技术, 采用先进的技术手段(高精度遥感、InSAR、机载激光雷达等), 建立基于高精度遥感的地质灾害自动识别技术进行滑坡的早期识别和并进行地面验证, 尽可能的知道“滑坡在哪里”, 并对识别出的可能发生滑坡、崩塌的坡体提前进行防范并加强监测。

开展重点区域地质灾害精细化调查与风险评价工作, 在地质灾害极高、高风险区, 重点针对城镇、村组、居民区等人口聚集区和公共基础设施区开展精细调查及重点隐患初步勘查掌握地质灾害隐患和潜在致灾体的结构特征、失稳趋势、威胁范围和风险等级, 细化地质灾害风险区, 了解“灾害体的结构特征”。

##### 4.2 通过“人防+技防”的监测预警体系, 提高风险预警能力

通过在隐患区内设置合适的监测预警设备对隐患区的坡体变形、沟道变化、降雨情况等内容进行综合监测, 继续保持地质灾害隐患点群测群防全覆盖及探索对风险区开展“双控”。健全预报预警信息发布机制, 充分利用电视、广播、短信、电话、微信等各类通讯传播方式, 实现在汛期, 特别是遭遇严重灾害性天气时, 能够根据雨情、险情的变化, 对重要地质灾害隐患点和重点区域进行及时发布预警信息。气象风险预警级别高的时候及时加强监测巡查并撤离危险区内人民群众。

##### 4.3 因地制宜, 综合治理

针对花岗岩区地质灾害进一步探索灾害链综合治理措施, 倡导保护植被, 并引导种植根系长、水土保持效果好的植物, 其可以弱化岩体风化剥蚀过程, 延缓径流汇集, 防止坡面冲刷, 保护坡面从而减少坡面滑坡的形成。

治理工程可采用如下治理思路:

(1) 主要物源区加大植被恢复, 流域上游人类工程活动强烈或居民区建议搬迁或引导村民更换水土保持效果好的农作物或经济林木进行种植。

(2) 主要物源区采取设置骨干拦挡工程的手段通过回淤稳固物源降低坡降尽可能减少滑坡堆积物形成物源。

(3) 流域流通区内分级设置格栅坝、柔性拦挡坝等工程拦大放大, 实现植被、大颗粒物质与洪水的沿程科学分离, 削减泥石流动能。

(4) 堆积区段通过设置疏排工程或房屋布置时预留安全距离来降低灾害发生时的危害。

##### 4.4 强化提前避让、加强防灾减灾意识

避免地质灾害造成人员伤亡最好的手段就是提前避让, 应充分利用各类地质灾害调查结果进行危险区划分, 尽量避免在危险区内新建工程和规划居民点。极端天气来临前或发现成灾征兆时, 坚决果断落实转移避让, 确保预警响应时“撤得快、方向对、安得稳”。进一步加强人民群众地质灾害防灾避灾知识的宣传及培训, 扩大宣传培训范围, 通过制作灾害小视频、典型案例等通俗易懂的内容进行宣传, 增强民众的自我保护意识, 促进减灾防灾工作的开展, 最大限度地保护广大人民群众的生命财产安全。

#### 5 结论

(1) 本次主要通过收集资料分析、对具有区域代表性典型花岗岩体不同风化层和典型地质灾害链的调查研究, 分析花岗岩出露分布区地质灾害链的形成机制、主控因素、成灾特点。

(2) 滇西花岗岩区灾害发育分布具有: 点多面广, 灾种相对单一; 隐蔽性强, 难以识别发现; 受坡面植被影响大; 链式灾害特点突出及短时群发性成灾、损失严重等特点。

(3) 滇西花岗岩地质活动灾害链具有地质灾害链中灾体数量多、种类全, 灾害链的活动性与水的作用相关, 成灾、致灾形式多样化及灾害规模逐步放大的特点。

(4) 针对滑坡泥石流灾害链的防治应从多方面、多角度、多部门联合等方面综合治理、治理及预警。

(5) 下一步工作中应充分结合目前“人防+技防”的监测理念, 探索适合灾害链防治的监测预警手段及预警阈值设定。

#### [参考文献]

[1] 汪潮. 滇西地区花岗岩风化层滑坡的形成条件及防治对策研究[D]. 昆明理工大学, 2016.

[2] 郭长保, 张永双. 滇西南大通道主要地质灾害类型及发育规律研究[J]. 人民长江, 2011(07): 35-39.

[3] 崔鹏, 郭剑. 沟谷灾害链演化模式与风险防控对策[J]. 工程科学与技术, 2021(5): 11.

#### 作者简介:

尹博(1988—), 男, 汉族, 云南梁河人, 本科, 高级工程师, 从事水工环地质、岩土工程、地热地质研究。

#### \*通讯作者:

杨晓(1991—), 男, 汉族, 云南腾冲人, 本科, 工程师, 从事水工环地质、岩土工程、地热地质研究。