

# 华蓥山南段西坡山地灾害及其防治对策

徐茂其 张安明 张国智 杨斌

(西南师范大学亚热带生物地理研究所·重庆北碚·630715)

**摘要** 在前人研究的基础上,该文对华蓥山南段西坡的地质地貌结构、灾害类型和影响激发因素,进行了分析研究,提出了危害最严重的复合型泥石流爆发时的降雨强度指标和经济发展对策。

**关键词:** 华蓥山西坡 断层崖 复合型泥石流 地裂缝

## Mountain Calamity and Its Control Strategies on West Slope in South Area of Huaying Mountain

*Xu Maoqi Zhang Anming Zhang Guozhi Yang Bin*

*(Institute of Sub-tropic Biogeography, Southwestern University, Beipei, Chongqing 630715, PRC)*

**Abstract** Based on the previous researches, after comprehensively analysing to the geological and geomorphic structure, the calamity type and its influencing and stimulating factors, the rainfall intensity index at the eruption of the most serious compound debris flow, and strategies on economical development are proposed.

**Keywords:** west slope of Huaying mountain; fault scarp; compound debris flow; ground fissure

### 1 前言

华蓥山是川东平行岭谷区与川中丘陵区的分界山脉,全长约 120km,北起于达县州河以北,向西南延伸至重庆合川三汇坝南,帚状分出四支,从西北至东南依次为沥滩峡背斜、温塘峡背斜、观音峡背斜和龙王洞背斜,形成岭脊海拔 600~1 000m 的单斜低山。前三条背斜低山被嘉陵江横切成峡谷,直距约 28km,成为著名的“嘉陵江小三峡”;龙王洞背斜低山在渝北区境内随背斜逐渐倾覆尖灭而消失。

华蓥山南段,即指华蓥市溪口以南,三汇坝以北,近 25km 的山段(图 1)。自 60 年代以来,该段西坡除地裂缝、地陷坑外,各种类型的坡地灾害发生 250 多起,死亡 500 余人,摧毁煤窑 2 座、民房 120 余间,直接经济损失达 1.5 亿元(按 1960 年不变价)。灾害的特点是类型多、规模大、爆发频率高、危害严重。1991 年中国岩石力学与岩石工程学会,在重庆北碚召开了“自然边坡稳定性分析暨华蓥山边坡变形研讨会”,并对华蓥山进行了现场勘察,对皮家山一带的山体

变形机理和防治对策提出了许多宝贵的意见和看法<sup>[1]</sup>。会后笔者又多次进行了补充调查,在前人研究的基础上,提出以下一些分析和对策建议,以供参考。

## 2 灾害类型及危害

灾害类型中,崩塌、滑坡和泥石流主要发生在断层崖陡坡带和陡坡的坡沟区,而规模最大,危害最严重的是它们的复合类型,即崩滑型泥石流、崩滑型碎屑流和崩塌型水石流(表 1);在平缓的山顶夷平面,剥蚀面和喀斯特槽谷地带,水土流失、地裂缝和地陷坑是主要类型,而以地裂缝的波及范围最大,危害最严重;地陷坑是地裂缝的伴生产物,主要出现在地裂缝波及区内,松散沉积物较厚的地方。

### 2.1 崩滑型泥石流

分布于康佳花岭以北的断层崖陡坡和坡沟地带,物源地层以古生界寒武系(€)、奥陶系(O)和志留系(S)为主。在溪口镇东坡,上述三个系地层厚度达 1 000m 以上。寒武系

地层以泥质和钙质白云岩为主,奥陶系以页岩、泥灰岩和生物碎屑灰岩为主;志留系以泥页岩和粉砂岩为主,在强烈构造运动的挤压下,岩层极为破碎(表 2),地表全风化带的厚度一般都 >50cm,最厚处可 >5m。这些破碎地层又不处于华蓥山顶部的平坦地区,而是处于断层崖的陡坡上部,为崩滑型泥石流的形成和发育提供了良好的物源和动力条件,如 1979 年 7 月 10 日夜,溪口镇东坡爆发的一场崩滑型泥石流,造成 250 余人死亡,经济损失 600 多万元。

表 1 华蓥山西坡复合型泥石流的特征及危害

类 型	主要物源地层	最大日降雨量 (mm)	最大连续过程降雨量 (mm)	发生的地貌部位状况	危 害
崩滑型泥石流	€、O、S T <sub>1f</sub> 、T <sub>1-2</sub>	359	487.8	陡坡,坡长 >250m,坡沟头有碟状汇水洼地。	一般属稀性泥石流,流速快,来势猛,破坏性强。
崩滑型碎屑流	S、T <sub>1f</sub> 、T <sub>1j</sub>	359	487.7	碟状汇水洼地壁有陡坡悬崖及破碎岩层。	泥质含量较低,碎屑粒径一般 <2cm,龙头呈喷射状,破坏性强。
崩塌型水石流	T <sub>1j</sub>	359	487.7	陡坡或悬崖坡度 >60°。	泥质含量甚微,涉及范围决定于崩塌碎石粒径和暴雨量,危害相对较轻

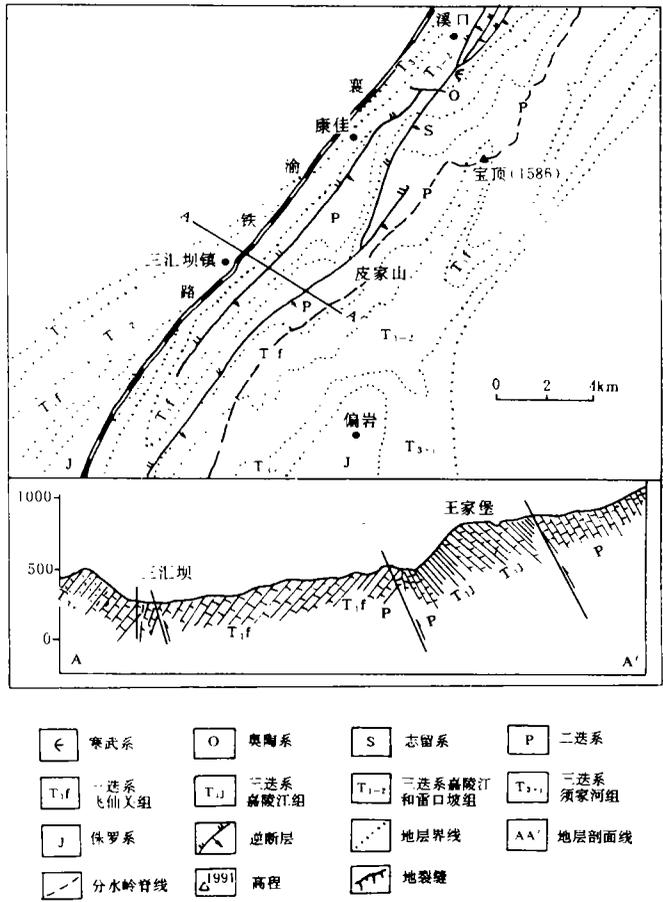


图 1 华蓥山西南段地质示意图

## 2.2 崩滑型碎屑流

多分布于花岭至鸡公咀之间,物源地层以古生界志留系和中生界三叠系下统的飞仙关(T<sub>1</sub>f)组和嘉陵江(T<sub>1</sub>j)组地层为主,总厚度近1500m。飞仙关和嘉陵江组地层以片状泥质灰岩、钙质页岩和薄层状灰岩为主,它们与志留系薄片状泥页岩和粉砂岩,在沟源碟状汇水洼地周壁,往往形成数十米高的陡坡或悬崖,在暴雨激发下,一旦崩塌或滑坡发生,就能提供大量碎屑物质,爆发崩滑型碎屑流,如1973年5月25日凌晨,在特大暴雨激发下,鸡公咀北侧一嵌入陡坡上的碟状汇水洼地陡壁,同时发生近2万m<sup>3</sup>的嘉陵江组灰岩崩塌和1万余m<sup>3</sup>的志留系,飞仙关组岩层滑坡,前后不到40min,沟口射邮强大碎屑流,射程达300~500m,将沟外担煤的农民掩埋42人,摧毁煤窑一座。

## 2.3 崩塌型水石流

分布在鸡公咀以南的悬崖地段。嘉陵江组破碎灰岩往往构成悬崖上部盖层,厚度50~70m,崖顶地裂缝发育,尤其在皮家山望乡台至李家院子一带,地裂缝最大密度达0.5条/m(图2),在暴雨激发下容易产生崩塌,只要地表径流的流速和流量超过崩塌碎石的起动临界值时,部分碎石和碎屑便随流水迁移形成水石流。由于该段坡麓地表起伏参差,糙率大,径流分散性强,水石流的形成规模一般较小,最长不超过300m。1990年4月4日,磨子崖爆发崩塌型水石流,毁汽车1辆,煤窑1座,其实煤窑属倒石堆所掩埋。

## 2.4 地裂缝

皮家山地裂缝变形体规模乃全国罕见,从主脊分水岭至断层崖边缘,宽1.5~2.0km,长12~15km的范围内,分布40余条规模不同,长短各异的地裂缝和20余个地陷坑(图2)。自1983年以来,泉水枯竭,暗河断流,稻田、水塘干涸,8000多m<sup>2</sup>的房屋和地基开裂或沉陷破坏,4个村2500余人和近5000头牲畜饮水困难,133.3多hm<sup>2</sup>旱地农业无水灌溉,给群众生命财产和山区经济发展带来严重损失和困难。

# 3 灾害成因探讨

## 3.1 自然因素

造成华蓥山南段西坡山地灾害严重的自然因素莫过于地质地貌的特殊结构和暴雨的过于集中。

**3.1.1 地貌和地质背景** 华蓥山背斜两翼以三叠系上统须家河组长石石英砂岩为边界。其南段山体宽8~12km,轴向N30°~40°E,山脉岭脊走向与地质构造方向基本一致。岭脊海拔1100~1500m,最高点为宝顶海拔1587m,与发育在西坡西侧的低洼条状喀斯特槽谷形成地

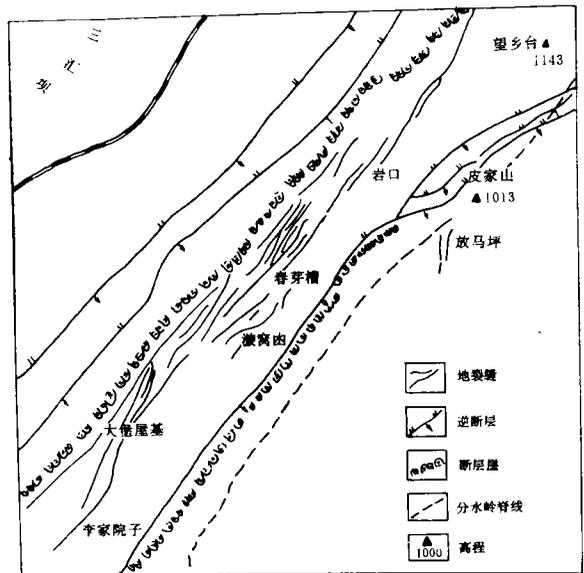


图2 皮家山变形体地裂缝分布示意图

貌景观迥然不同的两个地貌单元。

西坡西侧,从北面的溪口镇至南面的三汇坝镇,为低山,喀斯特槽谷带,槽谷外缘是由三迭系上统须家河组砂岩构成的单斜低山,低山岭脊高程 500~700m。槽谷发育在三迭系中,下统的雷口坡组和嘉陵江组石灰岩上(图 A-A'),谷底宽 0.3~1.4km,长约 25km。北端是溪口坡立谷,南端为三汇坝坡立谷,二者海拔 250~320m,中间为康佳溶蚀洼地,海拔 300~310m,三者之间的分水岭溶蚀槽谷宽 300m 左右,海拔 400~420m,地表水流由三个独立水文系统的河流,向西切割低山垭口进入川中丘陵区。

低山槽谷带内侧,由 2~3 条纵向主干逆掩断层和 20 余条长短各异的次级逆断层,将南段西坡纵横切割,形成复背斜断块低中山,边坡为断层崖,坡壁陡峻,略显梯状,上部坡度一般 > 70°,下部 50°~60°,坡麓一般不超过 40°,相对高差 300~500m,景色壮观。由于地层受构造运动强烈挤压和错动,断裂破碎带的宽度达 100~200 余 m,岩体破碎度高,强度降低(表 2),为坡地重力灾害的爆发提供了物源和动力条件。

### 西坡的低中

表 2 断层崖岩体破碎情况统计

山顶部,为每拔 700~1 200m,宽约 0.7~1.2 km 的破碎倾斜地面,地面大部为二叠系和三叠系碳酸盐类岩层

地 层	岩体平均破碎度 (个/m <sup>2</sup> )	岩石强度范围 (kg/cm <sup>2</sup> )	全风化带厚度范围 (m)	统计数 (个)	观测地点
T <sub>ij</sub>	781	200~300	0.5~1.8	6	鸡公咀、望乡台、链子岩
T <sub>if</sub>	1 254	100~300	0.4~1.3	4	龙家湾、石门、鸡公咀
P	624	280~500	0.8~1.2	6	五马、桃堰、溪口
S	5 382	50~120	1.3~2.1	2	聋子岩、溪口老鹰岩
O	912	180~300	1.0~1.5	5	溪口、花岭、猫儿石
C	1 089	85~280	1.2~1.6	5	溪口、花岭、凉亭子

注:岩石强度采用 HT-75 型回弹仪测算

覆盖,喀斯特地貌发育,洞穴密布,溶沟纵横,石芽峥嵘,行路困难。唯局部残存夷平面和溶蚀槽谷处,土层较厚,农户集中,从王家堡至大屋基,即靠近断层崖边缘,有两条发育在三叠系嘉陵组石灰岩上,高差 100 余 m 的纵向喀斯特槽谷分布。上槽谷在王家堡内侧,长 950m,宽约 100m,谷底坎坝岩石裸露,高出汇坝槽谷 350~400mm 槽谷北端的岩口为一大型落水洞,深 45~50m,洞口石裸露,高出三汇坝槽谷 350~400m,槽谷北端的岩口宽 40~60m,皮家山西坡部分地表水汇集于此。农业学大寨期间,有农民将糠皮倾入落水洞洪流中,两天后在平距仅 2.0 km 的断层崖坡麓出水口喷出,流入三汇坝槽谷,可见这里的岩溶地下管道洞穴系统还是相当复杂的。下槽谷由漩窝幽至李家院子,再进入合川县的瓦厂坪,在皮家山境内槽谷长约 2.6km,宽 400~500m,海拔 750~800m,由 5~6 个小型溶蚀洼地组成。上下两槽是皮家山境内地裂缝分布最密集的地带(图 3)。

皮家山大量地裂缝的产生,无疑与采煤、放炮和三次坑道瓦斯爆炸有关。至于坡地后退崖顶地裂缝的自然产生,应按地压理论进行解释<sup>[9]</sup>,崩塌后的临空陡崖上部,边坡岩体的水平应力降低,而平行于边坡岩体的内部岩体水平应力相对增大,即容易造成边坡顶部拉张地裂缝的形成,继而加深扩大,成为自然崩塌体或滑坡体的破裂面<sup>[3]</sup>,这是坡地后退的一种剧烈方式,但这类地裂缝带的宽度有限,在 1981 年以前,这一地区尚未发现超过 50m 宽的地裂缝带。

3.1.2 暴雨激发因素 华蓥山南段是川东平行岭谷区暴雨中心地段,多年平均降雨量 1 210mm 左右,约比丘陵地区多 80~100mm。降雨季节分配不均,每年 4~10 月为多雨期,降雨量为 900~1 050mm,占全年降雨量的 74.4%~86.8%。据北碚气象站统计,该山区夏季日降雨量 ≥ 50mm 的暴雨,平均每年出现 3 次,最多年达 6 次,持续时间 1~3d,一日最大降雨量

214.8mm(1964 08 28),一次连续降雨过程的最大雨量为353.3mm(1962 07 05~08)。华蓥山南段东坡的胜天水库,一日最大降雨量为359mm(1989 07 09),最大过程降雨量487.8mm(1987 07 08~10),造成山地灾害的大量爆发。同时,一小时降雨强度的高峰极值又往往出现在夜间,其年夜雨量占年降雨量的73.3%\*,因此夜间爆发崩塌、滑坡和泥石流的频率最高,也是造成人员伤亡和财产损失最严重的时段。由于各地区自然环境条件和地质地貌结构的不同,激发泥石流的降雨量和降雨强度有较大的差异。据川西阿坝南坪、黑水等地泥石流爆发与降雨特征统计表明<sup>[4]</sup>:若前期降水充分,日降雨量 $>15\text{mm}$ ,1h或10min雨强 $>5\text{mm}$ ,或者1日降雨量 $>30\text{mm}$ ,10min雨强 $>20\text{mm}$ ;或者1日降雨量 $>30\text{mm}$ ,10min雨强 $>5\text{mm}$ ,都有可能发生规模不等的泥石流。凉山州南部地区,只要日降雨量 $>50\text{mm}$ 都可发生泥石流,若 $>70\text{mm}$ 便可激发大量泥石流发生<sup>[5]</sup>。

据多年观测,对华蓥山西坡的泥石流,尤其是复合型泥石流的形成,有以下粗略认识,第一,断块低中山西坡顶面,喀斯特地貌有不同程度的发育,地面渗漏较为严重,在前期无充分降雨的情况下,日降雨量若 $<30\text{mm}$ ,10min雨强 $<20\text{mm}$ ,一般不会发生泥石流。第二,小型和坡面泥石流,主要发生在1h降雨量为20~30mm之间,约占观测统计次数的89.7%。第三,只要1h雨强 $>35\text{mm}$ ,或10min雨强 $>25\text{mm}$ ,就有爆发复合型泥石流的可能。

### 3.2 人为活动因素

华蓥山曾被誉为“川东的煤仓”。70年代末期,天府矿物局三矿、一矿和二矿先后迁入三汇坝镇筹建掘采。据张学文调查<sup>[1]</sup>,一、二平硐口,位于三汇坝东南海拔250m的断层崖坡麓,到1991年310主平硐延伸850m,南巷延伸1500m,北巷3200m,其间100~400m的水平巷道尚有5条。280主平硐延伸4250m,其间斜井、回风巷、风井及放水平硐等长达10余km。再加上各地小煤窑的开采,使断层崖山体内部“千疮百孔,蛛网密布”。

随着采煤平硐、巷道的掘进,放炮的不断进行,地裂缝带的范围不断扩大。从1981~1985年期间,皮家山只在王家堡梁子上发现裂缝群,宽度约40~50m,最长不超过200m,南面桃垭、李家院子一带只在大屋基外山出现2条,长度不超过100m。1985~1990年之间,是地裂缝南北贯通,范围迅速扩展的时期,北面已从王家堡梁子向东抵达分水岭垭口,南面已由大屋基外山进入内山,并在漩窝岫出现裂缝群,其主干裂缝已经过白岩头、春芽槽与王家堡地裂缝贯通。地裂缝带南北长达10余km,宽0.8~1.2km的巨大变形体。1990年后,地裂缝发展在长度上进展放缓,而在宽度上却有加速的趋势,在王家堡已越过分水脊进入东坡。1992年3月,放马坪农民蒲寿银深夜被地下放炮声惊醒,次晨观看,房侧出现地裂缝,7月笔者查点时,地面有2条平等裂缝,长者120余m,短者约40m,二者之间产生一南北向椭圆形地陷坑,长轴18m,与采煤巷道方向基本吻合,短轴6m,坑深4.2m。

## 4 防治对策

### 4.1 搞好以经济林、花卉和药材种植为中心的生态环境重建,把减轻灾害与扶贫,渡假旅游结合起来

据目前实际,要在华蓥山南段进行数千人的移民搬迁或进行重大工程治理,是不现实的,只有立足本土,稳定人心,自立更生,加强投入力度,改变土地生产经营方式,才是上策。

\* 汤大清,张世达,谢永葆.重庆市北碚区农业气候资源及区划.(1979)

尽管地裂缝带的规模全国罕见,但从变形体上一次性爆发  $100 \text{万 m}^3$  级崩滑体的可能性难于估计。因为第一,喀斯特地下管道洞穴、采煤平硐巷道及断层结构面三者的耦合关系尚不清楚;第二,从地表观测发现,从王家堡经春芽槽至漩窝凼一线,其地裂缝的外侧岩体有向山体核部倾斜迹象存在,这对变形体岩体具有一定的稳定作用。

该山区水热条件优越,适宜亚热带多种经济林木、花卉和乔木药材树种种植。除部分水田和土壤较厚的旱地继续留作耕地外,实行全面封山育林,实现乔灌草藤的高密度覆盖,这是保护和涵养水源,改善地表裂隙供水,优化自然景观的重要措施。

皮家山与南面的金刀峡和东南坡的胜天水库成一个三角形,最长距离不过  $10 \text{km}$ 。胜天水库是黑水滩河上源的一颗明珠。这里山清水秀,山水相映,林木苍笼,水质优良。金刀峡是黑水滩河支流柳荫河上游的一条峡谷,长约  $3.2 \text{km}$ ,深  $80 \sim 120 \text{m}$ ,宽  $20 \sim 40 \text{m}$ ,两壁悬垂似如刀切,是探险猎奇之处。若将偏岩、柳荫以北,包括皮家山、华秦两个乡的全境在内,共  $100 \text{余 km}^2$  的山区统筹规划,建立以生态环境重建为中心的旅游渡假综合开发基地,这在重庆市近郊是有发展潜力的。

## 作者简介



徐茂君教授,男,四川省井研人。1961年毕业于西南师范大学地理系,1989年起担任西南师范大学地理系自然地理专业灾害地貌方向硕士研究生导师。现任西南师范大学亚热带生物地理研究所副所长,全国高校地貌科研教学研讨会理事,中国水土保持学会滑坡泥石流专业委员会常务理事,中国灾害防御协会重庆分会常务理事,四川省地理学会理事。长期从事地貌教学、山地灾害研究和川东南武陵山区的

科技扶贫工作。在国内外刊物上发表学术论文40余篇,主编和参编出版专著6本。其中《四川盆周南部高县山地灾害及防治对策研究》(科技出版社出版,1994年),选入《中国“八五”科技成果选》一书。享受政府特殊津贴。