

# 云南小江泥石流频发区 干热退化山地环境劣变与植被恢复途径

张有富<sup>1</sup>, 肖蔚<sup>2</sup>, 陈明<sup>2</sup>, 朱晓柯<sup>2</sup>

(1 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 成都 610041; 2 云南省水利厅, 昆明 650021)

**摘 要:** 小江是一条典型的深切构造河谷河流, 流域面积 3 043.45 km<sup>2</sup>, 最高海拔 4 344 m, 一般山坡坡度 35°~45°。年降水量约 88%, 集中在 5~10 月的雨季降落, 约 70% 的泥厂流也集中在雨季频繁暴发, 由于自然因素和人为因素的共同作用, 使植被遭受严重破坏, 八十年代森林覆盖率只有五十年代的 29.3%, 水土流失加剧, 滑坡崩塌棋布, 八十年代泥石流沟数为五十年代的 2.82 倍, 生态环境恶化, 居民贫困。迅速恢复流域植被, 可促进生态良性循环; 从根本上削减形成泥石流的土体和水体补给量, 减少泥石流灾害; 防治土地荒漠化, 促进经济发展。植被恢复应遵循一定的原则和技术措施。加速恢复植被, 使小江山青水秀, 人民安居乐业。

**关键词:** 小江; 泥石流频发区; 退化山地; 环境劣变; 植被恢复

中图分类号: X144

文献标识码: A

## 1 小江流域环境概况

小江流域位于滇东北高原, 是一条典型的深切构造河谷河流。小江发源于云南省寻甸县鱼尾后山, 由南向北流经寻甸县、东川区和会泽县境, 注入金沙江。小江全长 138.2 km, 流域面积 3 043.45 km<sup>2</sup>, 最低海拔 691 m, 最高海拔 4 344 m, 相对高差达 3 653 m。

流域地貌属云贵高原深切高、中山峡谷类型, 山地面积占流域面积的 97.3%, 山坡坡度一般为 35°~45°。著名的小江深大断裂带贯穿于流域中, 此断裂带在水平方向上具有较强的扭动作用, 在垂直方向上具有显著的振荡运动, 使地层褶皱断裂发育, 侵蚀风化强烈, 泥石流等山地灾害频繁暴发。

小江流域气候属低纬高原山地季风气候, 具有干湿季节分明、垂直差异显著和沁气候多样等特点。降水主要集中在 5~10 月的雨季, 占年降水量的 88%; 旱季(11 月至翌年 4 月)降水量仅占年降水量的 10%, 多数地区年蒸发量为年降水量的 4~5 倍; 年干燥度 2.5, 属半干旱气候。小江流域有 18 个乡(镇), 40.3 万人, 人口密度平均为 130 人/km<sup>2</sup>。小江泥石流频繁暴发的主要原因是自然因素和人为因素。

## 2 水土流失严重 泥石流灾害频繁

### 2.1 植被稀疏 水土流失严重

#### 2.1.1 现状植被

小江流域植被类型属中亚热带绿阔叶林区域, 高原北部半湿润常绿阔叶林地带。由于特殊地形地貌影响, 植物群落水平分布变化较小, 而垂直分布变化明显, 自下而上大体可分为三带。

1. 稀树草丛带 海拔 1 600 m~1 700 m 以下, 年均气温 -2℃, 年降水量约 700 mm, 年发量为年降水量的 5.4 倍, 年内热量与水量分配严重失调; 土壤以燥红土为主。常见树种有木棉、麻椰树、余甘子、车桑子等; 草本层优势种为扭黄茅、旱茅、芸香草等; 在局部陡坡裸岩漠地段有仙人掌、剑麻等旱生植物生长。该带主要为泥石流堆积区。

2. 针阔叶混交林带 分布于海拔 1 700 m~2 900 m, 年均气温 14℃~18℃, 最高气温 31℃以上, 最低气温 -9℃; 年均降水量约 830 mm, 年蒸发量为年降水量的 2.1 倍。土壤以山地红壤为主。常见树种有云南松、华山松、滇油杉、滇青冈、旱冬瓜、南烛、马桑等; 草本植物主要有野古草、白茅草、蕨菜

收稿日期: 2001-09-10.

基金项目: 中国科学院山地灾害——泥石流、滑坡基础研究特别支持费资助的项目(编号 990140)

作者简介: 张有富(1940-), 男(汉族), 副研究员, 1966 年毕业于南京大学生物地植物专业。主要从事泥石流的生物防治、环境优化和引种开发等工作。参加编著专著 6 本, 发表论文 20 余篇。获国家科技进步三等奖 2 项, 省级科技成果三等奖 3 项。

©1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>



等。该带内农、林、牧争地矛盾大,森林破坏后退化为荒山坡,地表风化侵蚀强烈,生态环境已日趋恶化,为泥厂流频发区。

3. 高山灌丛草甸带 分布于海拔 2 900m ~ 4 344 m, 年均气温  $7^{\circ}\text{C}$  左右, 最高气温  $22^{\circ}\text{C}$  以上, 最低气温  $-16^{\circ}\text{C}$ ; 所降水量约 1 200 mm, 与年蒸发量基本相当, 土壤主要为棕壤、暗棕壤和亚高山草甸土。主要树种有急尖长苞冷杉、云南铁杉、石栎、红桦、杜鹃等; 草本植物主要有野古草、短柄草等。由于人为活动频繁, 乔木层已消失, 稀树草丛演化为草丛, 进而被垦殖为坡耕地, 地表径流量大。该带为小江泥石流形成区和水源动力补给区。

## 2.1.2 植被消退 水土流失加剧

据史料记载, 小江流域在唐代处于“密树交荫, 少见天日”的山地湿热环境中, 但因随后陆续砍树烧炭炼铜, 到清乾隆年间, 炼铜业处于最盛时期, 最高年产铜量达 800 万 kg, 需木炭 8 000 万 kg, 估算每年砍伐森林面积约  $10\text{ km}^2$ , 故到解放前夕原始森林已被破坏殆尽。小江流域次生林覆盖率在五十年代的约有 30 %, 据 1984 年考察仅为 8.8 %, 遭受破坏特别严重的支沟蒋家沟只有 4.8 %, 而最差的绿茂乡仅有 2.7 %, 水土流失日趋严重。

小江流域五十年代平均人口密度为  $57.02\text{ 人}/\text{km}^2$ , 到八十年代猛增  $145.64\text{ 人}/\text{km}^2$ , 为五十年代的 1.55 倍。流域居民每年缺乏燃料 5 ~ 6 个, 全靠到山区砍树割草解决, 致使流域森林生长量远低于其消耗量; 碧谷乡 1983 ~ 1984 年仅 2 年时间牛羊数就增加了 2.5 倍, 物畜超载达 50 % 以上, 长期过度放牧, 加剧土壤侵蚀强度。

小江流域土壤侵蚀发育的根本原因是自然因素, 人为因素激发加剧了这一过程的发展变化进程。小江山高谷深坡陡的地形条件是造成土壤侵蚀强度增大的重要原因, 该区  $15^{\circ} \sim 25^{\circ}$  土地面积占总土地面积的 26 %,  $25^{\circ} \sim 35^{\circ}$  占 31.3 %,  $>35^{\circ}$  的占 29 %, 年均土壤流失厚度  $3\text{ cm} \sim 5\text{ cm}$ ; 流域内侵蚀较严重的东川区, 土壤侵蚀面积占土地总面积的 69 %, 多年平均侵蚀总量 828.3 万吨, 年平均侵蚀模数  $4\,456\text{ t}/\text{km}^2$ , 年侵蚀深  $3.55\text{ mm}$ , 强烈的水流失促使泥石流频发系暴发。

## 2.2 滑坡棋布 泥石流频发

### 2.2.1 新构造运动强烈, 滑坡崩塌棋布

小江流域位于小江深大断裂带与川滇南北向构造带和新夏北北东略构造带迭加过渡部位, 多次构造运动无均很活跃, 一般盖层厚度达 5000m 以上, 燕山运动使盖层发生全央而剧烈的褶皱的断裂, 破碎带宽达 20km, 沿小江河谷南北伸达 300km 以上, 小江东西两侧山体筮向差异运动每年达 10mm 以上。

小江深大断裂带构成了强烈的地震带, 一般大地震约 100 年一次, 小地震几乎年年都有。强烈地震使山体产生巨大裂隙, 降低岩石强度, 极易形成较大的滑坡与崩塌, 所以, 小江流域的滑坡分布广泛, 规模巨大, 危害严重。据 1989 年昭通地区统计, 全区有滑坡 279 个, 平均密度为  $1.24\text{ 个}/\text{km}^2$ , 1991 年 9 月 23 日昭通盘河乡头寨沟发生特大滑坡, 总方量达  $2600\text{ 万 m}^3$ , 死亡 216 人, 经济损失约 200 万元以上<sup>[1]</sup>。

### 2.2.2 泥石流危害及发展趋势

小江是我国泥石流典型频发区, 两岸古代泥石流痕迹斑斑, 现代泥石流分布更加密集, 从泥头山至小江口 90km 地段, 两岸菜有一级支沟 123 条, 泥石流沟就有 107 条, 占总沟数的 85 %。其中规模最大, 危害最严重的蒋家沟, 其流域面积  $48.6\text{ km}^2$ , 有支沟 200 多条, 其中, 切沟 154 条, 冲沟 46 条, 每年雨季暴发泥石流 15 ~ 20 次, 最多年达 28 次, 每年约有  $300\text{ 万 m}^3$  固体物质流入小江, 常造成堵江危害。1919 ~ 1968 年的 50 年间共堵断小江 7 次, 如 1961 年 8 ~ 10 月堵江 10 次, 农田受淹面积达  $533.3\text{ hm}^2$ , 损失粮食 75 万 kg; 1968 年 8 月 10 日堵江、铁路、公路受淹, 停运 3 个月, 经济损失达 150 万元以上<sup>[1]</sup>。

小江两岸泥石流沟由五十年代的 38 条发展到八十年代的 107 条, 新村一带河床近 30 年来洪积物堆积厚度达  $200\text{ m} \sim 300\text{ m}$ , 淹没沿岸农田约  $10000\text{ hm}^2$ ; 小江村段河床不断淤高达  $100\text{ m} \sim 150\text{ m}$ , 下方的 2 个村寨已被淹毁, 现只剩山坡最上面的一个村寨。

小江新构造运动为泥石流的发展储备了丰富的松散固体物质来源, 如蒋家沟滑坡体面积占流域面积的 61 %, 储有松散岩土量 12.3 亿  $\text{m}^3$ , 第四纪堆积松散物质 12 亿  $\text{m}^3$ , 合计 24.3 亿  $\text{m}^3$ , 推算蒋家沟泥石流仍可持续 2700 年之久, 小江流域泥石流尚有  $10^4$  年的时间尺度<sup>[2]</sup>。如不及时加强治理控制和逆转, 则将对金水江和长江上游地区经济发展和生态平衡造成严重的危害和恶劣影响。

1) 高桐年, 昭通地区滑坡泥石流特征初探, 云南滑坡泥石流防治研究, 1994: 8(1): 84



### 3.1 植被恢复重建的作用

#### 3.1.1 恢复植被 减轻泥石流灾害

恢复植被,可减少泥石流形成的土体和水体补给量,抑制呀减轻泥石流浪灾害,同时可改善流域生态环境,防治土地荒漠化的发生和发展。

##### 1. 减少泥石流形成的土体补给量

(1)植冠减轻生蚀 稳定土层 树冠对暴雨雨滴起着相当大的消能作用,减轻溅蚀和生蚀。据观测,裸露地的侵蚀强度为云南松林地的 85~785 倍;蒋家沟泥石流源地日雨量 105 mm 时,在裸露地和幼小作物的坡耕地上均产生大量失纹沟泥石流,盐耕地平均刷深 5 mm~1 mm,泥沙净流失量达  $5 \times 10^4 \sim 1.1 \times 10^5$ ,而在邻近草坡上并未出现泥石流及冲刷现象,林草地可有效地增强土体的稳定性。

(2)根系固土 护坡固沟 各种植物根系在土壤不同深度密麻交织,增强土体的抗冲能力。一般乔木根深 2m~10m,灌木根 1.5m~4m,草根 0.3m~1m,蒋家沟凡生长有乔灌木的细沟沟床,稳定土层的厚度可达 0.5m~1.0m;在切沟沟床内因土厚度可达 1m~2m,使沟床回淤纵坡增大 0.1%~0.5%。地睛庞大根系立体网络交织固土,使大部分崩塌和浅层滑坡得以稳固。

##### 2. 削减泥石流形成的水体补给量

(1)减少地表径流量 植冠层和地被物层具有遮拦阻滞和吸持降雨的作用,一般树冠可截留降雨的 15%~40%,枯枝落叶层可截留约 10%。枯落层厚度达 6 cm~10 cm 者,可保持 6 mm~12 mm 的水层,减少地表径流量,延长汇流时间。据实测林地比裸露地的产流时间延迟 55 分钟,草地比裸露地延迟 67 分钟,主沟同频洪峰流量降低 80%以上<sup>[3]</sup>。

(2)增加土壤水分入渗量 各种植物根系转伸入土壤深层,增加土壤通透性和持水性。据观测,25 分钟降雨量 11.9 mm,裸露地降雨 2~3 分钟后全面产流,雨水入渗深度 1 cm~2 cm,而在草地中雨停 30 分钟后高无径流产生,入渗深度达 5 cm~8 cm,一般土层厚度达 50 cm,孔隙度 50%~60%,可储蓄水量约 200 mm。通过植被的固土和拦蓄水等作用,从根本上削减了泥石流形成的土体和水体补给量,使泥石流灾害得到了基本控制。

#### 3.1.2 改善生态环境 防治土壤荒漠化

植被恢复重建后,退化劣变的生态系统能重新恢复其良性循环,使荒漠化土地得到根治和开发利用。例如,小江流域的大凹子泥石流沟,治理区植被

覆盖率从原来的 10%增加到 70%以上,其中的林地从无到有,郁闭度约 0.7,林下枯枝落叶层厚度 3 cm~5 cm,干草产量和持水量均比治理前提高 3 倍多,土壤含水量增加 2.8 倍,林内地面温度比治理前降低 27%,风速降低 18.3%,蒸发量降低 35.6%。青蛙、蛇类、鸟、兔等野生动物增加了 6 倍多,治理后的流域小气候已从干热型向较湿润型转变。山坡荒漠化土地面积从 30%下降到 8%以下;泥石流荒漠滩地 179 hm<sup>2</sup> 陆续开垦成耕地,种植水稻、玉米、甘蔗、蔬菜等作物,年人均口粮增加 2 倍多,人均年经济效益增加 4~5 倍<sup>[4]</sup>,贫困居民全部脱贫奔小康。

### 3.2 植被恢复原则

#### 3.2.1 因地制宜适地适树原则

由于小江流域立地条件差,恢复重建植被时,应因地制宜地选择适宜于各区段的树、草种,主要考虑其生物学和生态学选择性,以及种源、苗源供应能力及相应技术等因素。要求枝叶茂密、根系发达、根蘖性强、耐干旱、薄等特点,并多选用常绿和落叶阔叶树、划种混交,延长覆盖时间。该流域适宜树、草种主要有:云南松、华山松、新银合欢、桉木、车桑子、马桑、剑麻、芭茅和拟金茅等。

#### 3.2.2 发展生物多样性原则

生物多样性是由生物圈中各种各样的生物与环境形成的生态复合体,能保持生态系统的平衡与稳定,维持生物自身和人类的生存与发展。在小江流域生物治理中,选用多树种配置,地上植体采取高大乔木与中小乔木、浓密大树冠与疏透中树冠、小乔木与灌木、灌木与草本配置,形成地上立体多层结构,提高地面防护效能;地下根系选用深根系与浅根系、直根系与须根系配合,形成上下立体网络结构,增加国土能力。

#### 3.2.3 管、用相结合原则

小江泥石流频发区,经济、文化、物产、交通、信息等均较落后,治理开发宜以近期效益为主,中长远利益结合,治理开发与保护管理相结合的原则。例如、蒋家沟在面积治理泥石流坡沟时,引种成功黄梨、石榴、花椒和笋等经济林果木 6 种,建立示范果园 20 余 hm<sup>2</sup>,增加经济收益 20.3 万元;泥石流堆积滩地新开垦水福田 36.5 hm<sup>2</sup>,平均亩产量 400~500 kg,并进行粮食、蔬菜、瓜果等间作套种,经济效益逐年上升,全部解决遇饱并不断发展提高。

### 3.3 植被恢复重建技术措施

#### 3.3.1 封山育草改善小气候



小江流域土地荒漠化严重,直接造林难度较大,宜先封山育草,增加地面覆盖,逐渐改小气候和小环境,以草被为天然屏障保护幼苗度过干旱期。据测,草被中幼苗成活率达60%以上,越冬保存率达30%以上,加快了植被恢复进程。

### 3.2.2 按立地条件差异选用造林方式

小江流域造林立地条件差异性大,应根据不同的立地状况采用,不同的造林方式。一般较大百积治理区采取直播与植苗相结合,局部地段采用植苗与微型生物工程配合等方式。就中小流域治理而言,丸大面积的泥石流形成区应以生物措施为主,局部大型滑坡及流通沟段宜以中小型水保工程为主,若进行综合治理则效果最佳。

### 3.3.3 根据气候重点选择造林季节

小江流域干湿季节十分明显,因此,以雨季造林为主。直播造林在雨季初期为宜(5月底~6月初),土壤温湿条件适宜,发芽率达60%~70%。若播种过早,种子迟迟不能发芽,易遭鸟、鼠吞食;播种过迟,当年生长量小木质化程度低,抗旱力弱;植苗造林在雨季中期为宜(6~7月),因大面积造林只有依靠山坡自然饱和水量,故植苗造林在阴雨天效果最佳,成活率达80%~90%以上。

### 3.3.4 改进造林整地方法和造林技术

小江流域恢复植被的主要困难是缺水,若用人工灌溉投资太大,一般只有依靠改变造林整地方法和改进造林技术措施,逐步提高造林成活率和保存率。在立地条件较好地区,采用种子直播与小穴整地栽植裸根苗;立地条件中等地区,采用小穴整地点播种子与大穴整地栽植中苗结合;立地条件较差地区,采用水平阶整地挖大穴栽植营养袋大苗;小型滑坡区采用分段式水平沟整地,沟内栽植活树篱,树篱

间再栽植草篱,拦蓄分散地表径流。

### 3.3.5 营造混交林提高防护效能

根据小江流域不同立地条件类型和社会经济状况,以营造水源涵养林、水土保持林、薪炭林和经济林为主。混交方式主要有带状混交、块状混交和行间混交等方式,充分利用土地,发挥其最大防护效能。大口子沟营造多种混交林、泥石流减少,环境优化,群众生活提高,增强了群众的治理积极性和持久性。

小江泥石流频发区的植被恢复,应坚持以预防为主,治理、开发与保护并重,近期利益和中长期效益结合。遵循自然演替规律,草、灌、乔循序渐进治理,生物措施、工程措施和生态农业等措施紧密配合,依靠高科技新技术加快防治进程,减轻水土流失,遏制土地荒漠化的发生和发展。充分发挥利用植物和土壤的可再生资源特性,迅速恢复重建小江流域植被,建立和维持流域自然生态系统的良性循环,最终达到控制小江泥石流灾害,使小江山青水秀,促进经济持续发展和永续利用,人民安居乐业,社会文明稳定,重建美好家园。

### 参考文献:

- [1] 吴积善、康志成、田连权,等. 云南蒋家沟泥石流观测研究[M], 科学出版社, 1990 2~3
- [2] 杜榕桓,等. 小江流域第四纪泥石流形成与发展的时空过程研究, 泥石流观测与研究[M], 科学出版社, 1996, 91, 180.
- [3] 张有富. 我国亚热带植被的变化与泥石流兴衰的关系, 热带亚热带山地丘陵建设与生态平衡学术论文集[C], 科学普及出版社, 1982, 199~200.
- [4] 张有富. 干热河谷气候区荒坡生物治理技术[J], 山地研究, 1998, 16(3): 248~251.