

# 泥石流生物生态工程治理及其效益<sup>\*</sup>

## ——以云南南涧县城后山为例

刘文耀<sup>1,2</sup> 刘伦辉<sup>1</sup> 邱学忠<sup>1</sup> 谢寿昌<sup>1</sup> 盛才余<sup>1</sup>

(1 中国科学院西双版纳热带植物园 昆明 650223;

2 澳大利亚 Curtin 理工大学环境生物学院 珀斯 6845)

**提 要** 以南涧县城后山泥石流为研究对象,采用沟、坡同治,重在调蓄水工程建设以改善山地水分循环,削减地表径流,调节洪水,稳固松散物,促进植物生长等一系列措施。据此,提出了以生物治理为主,土建工程与社会管护相结合的生物生态工程治理泥石流的方法。

**关键词** 云南南涧 泥石流治理 生物生态工程

**分类号** 《中图法》P642.23.Q14

利用生物生态工程整治环境,恢复重建退化生态系统,是目前国际上恢复生态学研究的主要内容之一<sup>[1~4]</sup>。我国是泥石流分布较多的国家,云南省又是我国泥石流分布最广的省份之一,受泥石流影响和危害十分严重<sup>[5]</sup>。泥石流的研究与治理在我国已有较长的历史,积累了不少的成功经验。然而,以生物治理为主,土建工程与社会管护相结合的生态工程治理泥石流,在我国还不多见。为了探索一条泥石流生物治理的有效途径,通过泥石流危害地的考察,总结前人在泥石流生物防治经验的基础上,我们提出生物生态工程治理泥石流并选定南涧县城后山泥石流作为试验研究对象,从1989年起,经过8a的治理,取得较好的社会、经济和生态效益。

### 1 试验治理区概况

南涧县位于云南省中南部,是一个以彝族为主,兼有汉、回、白、苗等族的民族自治县。约在 $24^{\circ}39' \sim 25^{\circ}10'N$ ,  $100^{\circ}06' \sim 100^{\circ}41'E$ 之间。全县总面积 $1\,731.6\text{ km}^2$ ,平均人口密度 $115\text{ 人}/\text{km}^2$ 。近几十年来,由于人口剧增和不合理的经济活动,县城周围森林植被遭受严重的破坏,水土流失与泥石流特别突出,严重制约当地经济的发展,如仅1986-10的一次泥石流,使县城水、电、交通、通讯等中断,造成直接经济损失400多万元。南涧县城座落在后山大箐河、观音寺沟等多条泥石流沟的堆积扇上,该区域地面破碎,冲沟发育,切割密度大,侵蚀力强,土壤侵蚀模数高达 $1.5 \sim 2.0\text{ 万 m}^3/\text{km}^2 \cdot \text{a}$ 。海拔 $1\,380\text{ m} \sim 2\,064\text{ m}$ ,为中山切割地貌。据当地气象资料,年平均气温 $19^{\circ}\text{C}$ ;年平均降雨量 $729.2\text{ mm}$ ,降雨集中于每年的6~10月,此间降雨量占全年降雨量的78%,11月至次年5月降雨量仅占全年降雨量的22%;年蒸发量 $3\,274.6\text{ mm}$ ,干燥系数为4.49;年平均相对湿度62%,属于南亚热带干热河谷气候。治理区土壤以砂砾土为主,此类土壤全剖面无层次分化,但有随土层深度增加,石砾含量增多,粘粒含量下降和肥力降低的趋势(表1)。现状植被以亚热带次生灌丛黄茅草地为主,占该区总面积的66.7%,其次是郁闭度为0.1~0.3的云南松疏幼林,占总面积的23.3%。其它植被类型如桉树林、栎类萌生灌丛等则呈零星分布。现存植被亟待保护和改造。

<sup>\*</sup> 云南省计委国土办资助项目(编号:90254)。

收稿日期:1998-03-01; 改回日期:1998-10-29。

表 1 砂砾土的养分含量与机械组成

Table 1 The nutrient content and mechanical composition of sandy soil

深度 (cm)	营 养 元 素 含 量						机 械 组 成 (%)	
	PH	有机质 (%)	全 N (%)	速效 P (mg/100mg)	速效 K (mg/100mg)	C/N	> 1.0mm	< 1.0mm
0~10	6.74	2.06	1.12	1.97	4.68	10.09	23.72	76.28
10~20	6.20	1.22	0.09	0.87	2.28	8.33	49.62	50.38
20~40	6.16	0.87	0.06	0.67	2.74	8.01	61.53	38.47
>40	6.10	0.62	0.05	0.34	2.94	7.82	63.33	36.77

## 2 泥石流生物生态工程治理的基本原理

### 2.1 泥石流生物生态工程的基本概念

生物生态工程, 是通过对一系列受损退化生态系统采取各种整治与控制灾害的手段, 围绕人类的生存与发展, 开展一系列修复地貌与恢复植被等有利于人类生存环境的整治与保护工作。所谓泥石流生物生态工程, 是基于生态学原理和方法, 通过采取相应的控制、修复和管理等措施, 调整泥石流发生与危害区的生态景观结构(空间格局)及功能过程和演变方向, 以维护人类的生存和持续发展的条件。

### 2.2 生物生态工程治理泥石流的机理

泥石流的发生发展与森林生态环境恶化有密切的关系, 山地森林生态环境的改善有减轻、削弱和抑制泥石流发生发展的作用<sup>[6,7]</sup>。在南涧地区, 由于长期的人为干扰和破坏, 森林植被覆盖率急剧下降, 森林生态环境恶化, 从而导致泥石流发生、发展并产生严重危害。所以, 本地区泥石流生物生态工程治理除涉及一般的治山、治水与土地利用外, 主要包括稳坡、固床、排洪、拦砂以及增加土地生物生产潜力等方面工作。根据不同地域环境特点、主发区泥石流源地类型和激发条件, 采用系统生态学观点, 对各类冲沟、谷坡、灾害体、山洪与人为影响等因素分别制定整治调控方案, 同步开展管护、稳固、调控水和绿色植物覆盖等工程建设, 将治山治水、治沟治坡、荒山改造与土地利用相结合, 从而组成一种全流域防卫泥石流危害的生态工程体系, 达到治表与治里、长效与短效、整治与利用相结合的持续发展目的。

应用生态控制工程防治泥石流的基本原则, 是在注重长远、兼顾当前的前提下, 以土建工程为先导, 促进再生植物资源的生存与发展为目标。然后再利用自然森林植被具有的防砂固土、截留雨水、增强土壤渗透、减少地表径流、保护松散土质、调节洪水的独特功能, 最终达到使未发区不发或轻发泥石流, 已发区少发或减轻灾害。其基本原理与实施步骤可归纳如下:

先期以改变退化山地地表特征为主, 采用各种人工手段, 将现有光秃的山坡地改造为台阶式的梯地, 开展水平带状整地, 选择适当地点开挖截流沟、蓄水坑; 在冲沟上建造拦砂坝, 护坡墙和大量的生物谷坊群, 从而达到稳固山体, 增加地面水分渗透, 改善山地水分循环, 减少砂石流动, 削减洪流, 促进地面森林植被恢复与生长的目标。

后期以利用多物种多层次植物群落的整体效应为主, 通过林冠对雨水的层层截流, 林下枯落物对水分的吸持与贮存, 植物有机残体和根系分泌物, 促进土壤形成与优化, 增加土壤水分下参与贮存, 减少雨滴溅蚀和地表径流, 从而调节洪峰, 减缓水势, 削减泥石流的水动力条件。植物群体的根系还可在地下几厘米至数米深度盘根错节, 形成网络结构, 以此固持松散土质, 改善松散土质的移动性能, 增加地表的抗拉、抗剪能力, 这对于保持坡面完整, 减少冲沟发育, 控制崩塌与滑坡产生有着重要作用<sup>[8]</sup>。同时, 改造后的植物群落的生物生产量明显高于原有天然植被。植被覆盖度的提高, 增加了林下枯落物量, 土地肥力逐年增加, 反过来又促进植物生长, 从而实现良性循环的自然生态系统。

## 3 泥石流生物生态工程的基本结构(类型组合)及其功能

泥石流防治是一项综合性的系统工程。根据对南涧县城后山泥石流特性的研究结果表明, 本区泥

泥石流是以崩塌为主, 随暴雨强度而变化的稀性泥石流。为此我们提出了以生物治理为主, 土建工程和社会管护相结合的泥石流生物生态工程治理方案, 对整个小流域进行统一规划, 实行“稳、保、用”的技术路线; 采用主沟、支沟与边坡同时治理, 重在调蓄水工程建设的治理布局。根据稳坡固沟, 保水保土, 合理利用后山资源, 建立良性生态循环, 确保县城安全的要求, 分别开展适生物种筛选, 造林方式、群落优化组合设计以及与植物群落结构营造相结合的调蓄水措施等一系列生物治理, 土建工程中的工程结构试验设计与布局等工作。同时, 当地职能部门也开展封山、退耕等措施的落实工作。应用生物生态工程防治泥石流危害, 包括一系列改造、稳固与利用退化环境的工作, 其内容和流程图简述如图 1。

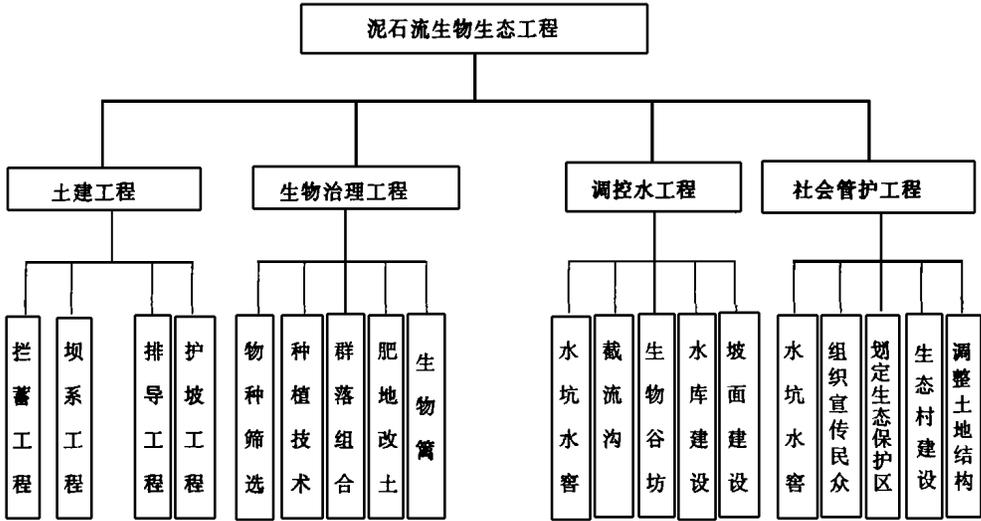


图 1 泥石流生物生态工程的基本内容及其结构

Fig. 1 The content and structure of bio-ecological engineering for controlling debris flow

**土建(稳固)工程** 该工程的设置旨在解决泥石流的下泄、沟道边坡滑坡和崩塌活动等问题, 最终达到固定沟床及边坡松散物质和配合生物治理工程的运用, 其布设方案包括对松散固体物质的稳、拦、蓄积的坝系工程; 给洪水以出路的排导工程以及为稳坡、防塌的护坡挡墙工程等一系列措施, 从而构成稳、拦、排、蓄工程体系。

**生物治理工程** 这项工程的设置旨在植被固土、水源涵养目标的实现, 其方案主要包括适生植物种筛选; 整地方式与种植技术; 高效的群落组合等。其具体布设为: 各类防护林、薪炭林和普通林的营造主要安排在荒山荒坡等地段; 经济林营造工程主要布设在具有一定开发前景的荒地和泥石流滩地段。

**洪水调控工程** 该项工程的设置旨在结合植物群落组合与建造工作, 调控散流坡面地表径流和溯源破管、冲沟的洪水, 减少泥石流的水动力条件; 同时, 将有限的天然降水蓄积起来, 供植物生长利用。其布设主要包括在小流域中上游新建调洪水库和诸多微型调蓄水设施建设, 配合谷坡人工林的营造工程, 开展水平带状整地, 水平截流沟建设, 水塘与水窖设施建设和生物篱建设; 配合溯源破管和支沟整治的各类生物坝系建设。

**管护工程** 该项工程旨在对治理区已建和在建各类防护设施的保护, 健全工程管理机构等, 主要包括划定生态环境保护区, 封山育林; 调整农业结构; 改变耕作制度; 组织管护队伍; 增强群众生态保护意识; 制定规章制度等一系列重在限制激发因素再次发生的社会管护工作。

#### 4 南涧县城后山泥石流生物生态工程治理效益的初步评估

程的经济效益状况成为评价项目设计方案优劣的重要指标<sup>[9]</sup>。就泥石流生物生态工程而言, 它的经济效益内涵既包括减轻保护对象本身价值损失, 即防灾(社会)效益; 又包括工程措施产生的经济效益和生态效益。

结合南涧县城后山泥石流生物生态工程实施情况进行效益分析。在 8 年多的治理期间, 投资 209 万元, 在南涧县城后山先后建成各类拦砂坝(谷坊) 79 座, 排导槽 630 m, 水窖和蓄水坑 709 个, 截流沟 2 400 m, 生物谷坊 830 多道, 生物篱 2 500 m。建成各类防护林 213.3 hm<sup>2</sup>, 保护更新林 73.3 hm<sup>2</sup>, 经济林 3.7 hm<sup>2</sup>。从而, 形成了全流域防治泥石流生物工程与土建工程防治体系, 使坡面水蚀问题和沟床固体松散物质的活动与成灾强度得到控制, 保护了城区国家财产, 人民生活和生产的安全, 保障经济的健康、持续发展。据 1997 年底统计, 南涧县城面积 0.92 km<sup>2</sup>, 房屋建筑面积 36 万 m<sup>2</sup>, 居住人口约 1 万, 城区主要设施价值 4 亿元(不包括城区住户的设备), 治理费用与保护主要基础设施价值的静态价值比为 0.53%。显然是很合算的。

项目建成后, 不仅保护了城建设施, 而且扩大了土地利用面积, 经济效益方面也有较大的提高。在大箐河下段修建了 630 m 的排导工程, 不仅保护了两岸老干村的安全, 还新建了一所希望小学, 新造可利用土地面积 2 hm<sup>2</sup>, 在荒滩上已建有空心砖厂和海绵床垫厂各一个, 现年产值 285 万元; 苗圃园一个, 解决了部分闲散劳动力的就业问题。项目建成前, 后山泥石流下泄到主街道的淤费每年少则几千元, 多达上万元(如 1986 年)。而今, 本项开支不足百元。此外, 位于治理区内的马鞍山村, 经产业结构调整, 人均纯收入从治理开始年的 250 元提高到 1996 年的 1 606 元。

治理后新增森林 213.3 hm<sup>2</sup>, 平均按每年每公顷蓄积量 55.5 m<sup>3</sup> 估算, 1989~1997 年新增木材蓄积量 1.2 万 m<sup>3</sup>, 按 280 元/m<sup>3</sup> 计算, 治理区内有直接的经济收益 338 万元。流域山坡和沟床岸边种植的马鹿花、木豆等紫胶寄主树, 以及花椒、核桃、芒果等经济植物, 估计累积经济收益约有 30 多万元, 经初步测算, 其投入与产出比为 1:2 以上。此外, 治理区有新炭林 73.3 hm<sup>2</sup>, 每年每公顷可产薪材 300 kg, 加上各类防护林及四旁绿化林木枝, 可产薪材 20 多万 kg。后山有 280 hm<sup>2</sup> 的林间草场, 经过封山育林和改良草场, 草本盖度增大, 按中等标准平均每年每公顷可产鲜草 6 000 kg, 干草 3 750 kg, 用作饲草和燃料。

经过封、治、管生物措施和各类土建工程的实施, 县城及后山的生态环境有了明显的好转。后山森林覆盖率从治理前的 5% 增加到现在的 65%, 从而使人工林和封山育林地形成了固土保水、涵养水源的防护林体系, 后山坡面水蚀问题已得到有效控制, 土壤侵蚀模数由治理前的 15 000 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup> 下降到 1 290 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>。其中, 流域内两条危害最大的泥石流沟大箐河与观音寺沟的流体平均容重(密度)从治理前的 1.42 t/m<sup>3</sup> 下降到 1.10 t/m<sup>3</sup>。随着植被覆盖度的增加, 地表枯枝落叶增加, 特别是种植的大多数植物为豆科植物(如山毛豆、台湾相思、马占相思、黑荆树等), 具根瘤, 枝叶蛋白质含量高; 生长快, 枯落物量大, 对改善土壤肥力有显著的作用, 从而也促进植被的全面恢复。森林植被的恢复, 减缓各种外营力侵蚀, 改善小气候条件, 逐渐由“干凉型”向“暖湿型”转变, 动、植物种类增加, 逐渐恢复了鸟语花香的生态环境。在南涧县城后山泥石流生物生态工程治理项目的影响和带动下, 整治山河, 培育绿化产业, 共创适于生存和发展的生态环境, 已成为全县人民的自觉行动, 从而促进了全县经济的健康发展。

## 参 考 文 献

- 1 马世骏. 展望 90 年代的生态学. 见: 马世骏主编. 现代生态学透视. 北京: 科学出版社, 1990. 1~4
- 2 国际自然与自然资源保护联盟(IUCN). 世界自然资源保护大纲——用于开发的生物资源保护. 1980. 14~18, 24~25
- 3 Bradshaw, A D. Restoration ecology as a science. *Restoration Ecology*. 1993, 1: 71~73
- 4 Higgs S S. What is good ecology restoration. *Conservation Biology*. 1997, 11(2): 338~348
- 5 杨凯. 云南山地环境与滑坡、泥石流的研究. 云南滑坡泥石流防治研究, 1988, (1): 3~11

- 6 李德基主编. 泥石流减灾理论与实践. 北京: 科学出版社, 1997. 223~230  
 7 周必凡, 李德基, 罗德富等编著. 泥石流防治指南. 北京: 科学出版社, 1991. 179~183  
 8 查轩, 唐克丽, 张科莉等. 植被对土壤特性及土壤侵蚀的影响研究. 水土保持学报, 1992. 6(2): 52~58  
 9 余大富. 山地灾害防治工程经济效益评价刍议. 灾害学, 1997, 12(4): 15~19

第一作者简介 刘文耀, 男, 39岁, 研究员, 主要从事恢复生态学、环境生态学等方面的研究, 先后发表论文50余篇。

## BIO-ECOLOGICAL ENGINEERING PREVENTION AND CONTROL OF DEBRIS FLOW OF HOUSHAN BY NANJIAN COUNTY TOWN, YUNNAN

LIU Wenyao<sup>1,2</sup> LIU Lunhui<sup>1</sup> QIU Xuezhong<sup>1</sup> XIE Shouchang<sup>1</sup> SHENG Caiyu<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223;*

<sup>2</sup> *School of Environmental Biology, Curtin University of Technology, Perth 6845, Australia*

### Abstract

The principles, contents and measures of bio-ecological engineering for controlling debris flow, based on the ecological principles and local natural conditions, were documented in this paper. Nanjian county, characterized as dry hot valley climate, lies in the mid-southern part of Yunnan province. The bio-ecological engineering for controlling debris flow of Houshan area by Nanjian county town was conducted from 1989 to 1997. The various gullies, slopes and other disaster bodies, and human being activity factors in the area had been planned separately and managed simultaneously. The guiding principles of "stabilizing, protecting and using" were specially emphasized in the project. The construction of water storage, combination of biological hedge and check dam, improvement of water cycling on slope fields and regeneration of forest vegetation were also practised. The protecting system consisted of 77 check dams, 630 meters of discharge canal, 830 bio-check dams, 2 500 meters of bio-hedge and 709 water storage pits, and afforestation area of 2.8 km<sup>2</sup> was built in the area. The insurance ratio of this project is 0.5% and the social, economic and ecological effects are obvious.

**Key Words** Nanjian in Yunnan Province, debris flow, bio-ecological engineering