

云南南涧干热退化山地环境特征及其治理*

刘文耀^{1,2} 刘伦辉¹ 邱学忠¹ 谢寿昌¹ 盛才余¹ 唐川³

(1. 中国科学院西双版纳热带植物园 云南昆明 650223;
2. 澳大利亚理工大学环境生物学院; 3. 云南省地理研究所)

摘要 地表破碎, 冲沟发育, 植被稀疏, 土壤石砾含量高, 高温、雨量少而集中, 地表径流量大, 松散固体物丰富, 水土流失与泥石流危害严重, 土地生产力低下, 是云南南涧县干热退化山地的环境背景特征。根据生态学原理和方法, 结合南涧的实际情况, 提出了生物生态工程治理泥石流与退化山地的方法。从1989年开始, 对南涧县城后山干热退化山地开展生物生态工程治理, 采取“稳、调、固、护”的技术路线, 进行以调蓄水措施为核心的山地环境建设, 筛选出一批适应干热环境的乔、灌、草植物, 营造了多种不同结构和功能的植物群落, 开展生物坝系工程, 治理各类侵蚀沟道。经过8a治理, 森林覆盖率达5%增加到65%, 生态环境得到明显改善。

关键词 云南南涧; 干热退化山地; 环境特征; 生物生态工程治理

中图分类号: Q14; S727.24 文献编码: A 文章编号: 1007-2209(1999)02-0087-05

Environmental Characteristics and Its Control of Dry-Hot Degraded Mountainous Area by Nanjian County, Yunnan Province

LIU Wen-yao^{1,2} LIU Lun-hui¹ QIU Xue-zhong¹
XIE Shou-chang¹ SHENG Cai-yu¹ TANG Chuan³

(1. Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223;
2. School of Environmental Biology, Australian University of Technology; 3. Yunnan Institute of Geography)

Abstract The landform fragmentation, gullies development, vegetation sparsity, sandy soil with gravel, high temperature, small and centered rainfall, serious runoff and soil erosion, debris flow activity, and low productivity of land are the main environmental background characteristics of degraded mountainous area in dry-hot river valley of Nanjian county, Yunnan province. The bio-ecological engineering, based on ecological theories and methods, and the investigation and analysis of local natural conditions, has been used to harness debris flow and degraded mountainous areas since 1989. With the technical course of “stabilizing, regulating, rooting, protecting”, the mountainous environment construction that takes the water storage measures as the key was carried out. Some species were selected to adapt to the dry-hot environment and degraded mountainous soil. Some plant community with different structure and function, and different structural bio-dams with the same function were built on the slopes and gullies of this area. By the methods above the forest coverage has increased from 5% to 65%, and the ratio of investment and

produce has exceeded 1:2, the environment is improved.

Key words Nanjian county in Yunnan province; dry-hot degraded mountainous area; environmental characteristics; bio-ecological engineering harnessing

环境退化与自然灾害是人类面临的危及人类生存与发展、资源开发利用和人类可持续发展的最严重问题。因此,环境保护、灾害防治与可持续发展已成为全球热点课题^[1~4]。其中,利用生态工程整治环境,恢复和重建退化生态系统,是目前国际上的前沿性研究工作,受到各国政府和有关组织的高度重视。然而,我国在这方面的研究开展不多,从1989年以来,在云南省计委和中科院资环局的大力支持下,我们在南涧县城后山开展了以泥石流防治为中心的生物生态工程治理试验示范研究,历经8年,治理成效显著。

1 试验区概况

位于云南省中南部的南涧彝族自治县,地理位置约在北纬 $24^{\circ}39' \sim 25^{\circ}10'$,东经 $100^{\circ}06' \sim 100^{\circ}41'$ 。全县总土地面积为 $1\,731.6\text{ km}^2$,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破坏,水土流失与泥石流危害严重,山地退化面积扩大,生态环境日趋恶化,直接影响到当地社会和经济的健康发展,属于全国特困县之一。

2 干热退化山地的环境特征

2.1 破碎的地形与松散的地质结构

南涧县城后山总面积 4.2 km^2 ,共分布有10条大小不等的泥石流沟。全区域地形是西北高东南低,山体高度 684 m ,为中切割中山地貌,整个地层结构处于红河断裂带与公朗弧形断裂的夹持地带,属第三系三营组的砾岩为主,夹杂白垩系景星组的泥岩和砂岩。现按所发育10条泥石流的主沟长度计算,共有 11.65 km (表1),加上各支沟的长度,总长达 41.8 km ,平均切割密度 $10\text{ km}/\text{km}^2$ 。各冲沟均属季节性排洪沟道,沟谷下陡上缓,沟道多呈“V”或“U”字形。据实测,边坡下部一般在 $30^{\circ} \sim 50^{\circ}$,上部则在 $25^{\circ} \sim 30^{\circ}$,沟宽 $5 \sim 50\text{ m}$,沟床纵坡降多大于 15% ,不少冲沟达 30% 。局部地段尚有高 $20 \sim 30\text{ m}$,长 100 m 的滑壁陡岩分布;冲沟、崩塌、滑坡、错落体等不良地质现象发育,且沟蚀、片蚀也很严重,还有松散深厚的堆积层。

2.2 干热气候条件与暴雨成灾的水文因素

据当地县气象站30多年的资料统计,年平均气温 19°C ,极端最高气温 35.9°C ,极端最低气温 -1.1°C ;年平均降水量 729.15 mm ,最大年降水量 $1\,024.1\text{ mm}$,最少年 509.8 mm ,多集中分布于雨季(6~10月),占全年降水量的 78% ,常以单点暴雨形式出现,在1962~1982年的20a间,日降雨量大于 30 mm 的大雨出现58次,平均每年2.9次,其中48次造成洪涝灾害,仅1986年10月的一次暴雨泥石流造成的直接经济损失就达400多万元。年蒸发量为 $3\,274.6\text{ mm}$,干燥系数4.49,年平均相对湿度 62% (表2),属于干热河谷气候类型。可谓热量充足,干湿季分明,雨热同季,暴雨成灾的生态环境。

表 1 南涧县城后山主要泥石流沟的发育特征

编号	冲沟名称	冲沟长度及支沟数				纵坡降 (‰)	流域 面积 (km ²)	松散物 总储量 (km ³)	可 能 移动量 (km ³)
		主沟长 (km)	支沟数 (个)	支沟长 (km)	冲沟总长 (km)				
1	羊西鬼沟	0.35	4	0.15	0.50	221.3	0.0821	61.4	20.8
1	白沙箐沟	0.55	4	0.44	0.99	300.0	0.1291	22.9	7.2
3	中山箐沟	0.45	4	0.89	1.34	341.0	0.1040	11.1	3.1
4	火把冲沟	0.38	1	0.04	0.42	281.5	0.0278	3.9	1.2
5	观音寺沟	1.90	45	2.15	4.05	170.6	0.1807	65.0	26.7
6	河上村东沟	0.93	4	0.20	1.13	295.0	0.1252	28.6	8.9
7	河上村西沟	0.68	4	0.77	1.45	301.8	0.1433	12.2	4.1
8	大箐河主沟	2.60	78	16.10	18.66	175.8	2.3627	520.0	121.0
9	二十四道箐沟	1.94	58	5.28	6.77	-	0.4961	-	-
10	大坝地沟	0.47	6	0.65	1.12	418.5	0.1085	11.0	3.1
11	大坝地西沟	1.40	26	3.97	5.37	212.7	0.3874	45.1	12.1
合 计		11.65	223	31.68	41.80	-	4.1470	781.2	207.4

表 2 南涧县城主要气象要素

月 份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年均
平均气温(℃)	12.0	14.4	17.8	20.5	23.5	23.8	23.9	23.2	22.3	19.5	15.3	12.2	19.0
降水量(mm)	14.8	17.2	15.2	27.3	42.2	107.8	120.8	138.9	110.4	86.8	33.2	14.7	729.2
蒸发量(mm)	208.4	256.0	360.5	870.3	430.1	318.1	275.1	215.5	200.8	199.3	184.3	195.9	3274.6
相对湿度(%)	56	49	46	51	54	66	70	74	74	72	68	63	62

2.3 深厚的砂砾土壤

土壤以层积砂砾土为主,其特点是石粒含量高,全剖面深厚,上下无层次分化,随土层深度增加石粒增多,保水能力下降,肥力减低(表 3),给森林植被的恢复增加了难度。

表 3 砂砾土的养分含量与机械组成

深度 (cm)	pH	有机质 (10g/kg)	全 N (10g/kg)	速效 P (mg/kg)	速效 K (mg/kg)	C/N	机械组成(%)	
							> 1.0mm	< 1.0mm
0~ 10	6.74	2.06	1.12	0.197	0.468	10.09	23.72	76.28
10~ 20	6.20	1.22	0.09	0.087	0.228	8.33	49.62	50.38
20~ 40	6.16	0.87	0.06	0.067	0.274	8.01	61.53	38.47
> 40	6.10	0.62	0.05	0.034	0.294	7.82	63.33	36.77

2.4 森林植被稀少,涵养水分能力极差

本区现状植被是以坡柳-黄茅草灌草丛为主,群落高 0.5~ 1.0 m,盖度 40%~ 60%,该类植被保水能力极差。据测定,地表径流系数高达 17%~ 20%,只要遇上 10 mm/10min 的暴雨,便发生挟砂洪水,遇上大暴雨,堆集于沟中的松散物质将随水冲入城区,堵塞沟渠,砂集街道而造成危害。此外,还有小面积云南松疏幼林,郁闭度 0.2~ 0.3,以及散生的人工桉树林与弃荒地存在。治理区森林覆被率 5% 左右。

2.5 固体松散物来源丰富

固体松散物的来源,一是由沟岸两侧的崩塌与浅层滑坡提供,二是长期堆集于沟中的松散物,三是各种坡面与土体侵蚀的堆集物。据调查统计,治理区内共有可移动的松散固体物质总储量 780 万 m³(见表 1)。固体松散物基本上是以挟砂洪水的形式输出,通常流体容重平均在 1.10~ 1.28 t/m³,但一遇上 30 mm 以上的暴雨,其容重可增至 1.3 t/m³以上。

2.6 水土流失和泥石流危害严重

由于上述方面的原因和人为不合理的开发活动,造成本区严重的水土流失,土壤侵蚀模数

达 $15\ 000\ \text{m}^3/\text{m}^2$ 以上。近 30 年来, 泥石流活动频繁, 作用强度大, 1968, 1973, 1979, 1986 年都暴发了泥石流, 酿成灾害。根据对 1986 年 10 月发生泥石流的运动状态、冲淤和堆积特征的调查分析, 以及取样测定和利用有关的经验公式^[5] 计算, 结果表明, 南涧县城后山泥石流是一种随降雨强度而变化的稀性泥石流, 其容重为 $1.30\sim 1.55\ \text{t}/\text{m}^3$ 。

大箐河、观音寺沟是南涧县城后山两条流域面积最大、危害最严重的泥石流沟。除了 1986 年暴发的较大规模的泥石流外, 每年都发生许多次的挟砂洪水。据 1990~ 1995 年的观测记录, 大箐河平均每年的挟砂洪水发生次数为 15.5 次, 1994 年最多, 达 23 次; 1991 年最少, 仅有 8 次。随着降雨量和降雨强度的不同, 挟砂洪水的强度和容重变化也很大, 挟砂洪水在日降雨量为 $10.1\sim 20.0\ \text{mm}$ 等级范围内发生的频率最高, 达 65.1%, 但洪水量较小, 日降雨量 $20.1\sim 30.0\ \text{mm}$ 发生挟砂洪水的频率为 20.6%, 日降雨量为 $30.1\sim 40.0\ \text{mm}$ 和 $> 40.0\ \text{mm}$ 发生洪水的频率分别只有 9.5% 和 4.8%, 其容重值的变动范围为 $0.995\sim 1.237\ \text{t}/\text{m}^3$, 虽然这些高强度的降雨在 1 年中出现的次数不多, 但由此产生的挟砂洪水流量和输沙量很大, 几乎占年总量的 70%~ 80%, 可见大雨量所造成的危害或灾害之巨大。

3 干热退化山地的生物生态工程治理

3.1 生物生态工程的基本原理

所谓生态工程是基于生态学原理和方法, 通过采取各种控制灾害的手段, 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, 从而调整退化山地生态系统的生态景观结构、功能过程和演变方向, 以维护人类的生存环境和持续发展条件。其基本原理为: 以土建稳固工程与社会管护为先导, 尽快促进地面森林植被恢复, 然后再利用多物种多层次植物群落的整体效应, 通过林冠对雨水的层层截留, 以及林下枯枝落叶的吸持与贮存, 减少雨滴溅蚀和地表径流, 延缓洪水汇集时间, 从而削减泥石流的水动力条件。同时, 一方面利用植物群体根系在地下形成的网络结构, 固持松散土质, 增加地表的抗拉、抗剪能力, 另一方面利用植物有机残体和根系分泌物, 促成土壤形成与优化, 增加土壤水分下渗与贮存, 从而提高土地生产力, 改善山地生态环境, 实现生态系统的有效管理和持续发展。

3.2 生物生态工程的内容和规划布局

生物生态工程以生物治理、土建工程、调控水工程和社会管护工程为主体, 围绕着如何调控山水, 减缓水动力条件, 通过一系列生物措施, 共同组成一种多层次的防治体系, 在这个体系建设中, “稳”是基础, “调”是核心, “固”是根本, “护”是关键, 从而实现远近结合, 防治兼顾, 用在其中的战略目标。总的指导思想是: 侧重生物治理, 合理搭配土建工程, 注重社会管护, 核心问题是洪水调控。在生物生态工程的总体布局上, 主要注重生物治理、配套土建工程及生态保护区建设的规划布局。生物治理规划布局按照各类冲沟(毛沟、浅沟和切沟)、谷坡与溯源侵蚀等立地条件类型, 分别开展结构不同的生物生态工程治理。对于毛沟和浅沟的整治, 主要以营建生物谷坊和地面绿色覆盖为主, 控制它们向纵深发展; 深沟的治理规划, 必须先修建配套的土建拦坝或谷坊, 在泥沙回淤抬升、稳定坡脚之后再实施生物谷坊和防冲林建设; 在宽沟或冲沟下段宽畅沟床部分, 主要的防治措施放在稳定沟床和各种滩地的利用上, 与工程排导措施相结合, 开展防冲林、护岸林、经济林建设。关于护坡工程和谷坡治理规划, 按照坡度、坡向和坡位的不同, 结合合理的整地种植方式和调蓄水措施的应用, 筛选适宜物种和规划布局多种高效植物群落(如水源林、水土保持林、用材林、薪炭林、经济林等), 提高土地生物生产力, 增强坡面

的抗剪切能力,防止土壤侵蚀。在土建工程方面,主要配合生物治理实施进行规划布局。按照不同冲沟的侵蚀深度和汇水面积情况,主要安排布局的土建工程为:1)拦砂坝工程,一般设置在各沟道的下段库容较大的地方;2)稳坡固床工程,一般设置在各冲沟的中上游,泥石流活动频繁的地方。3)引排水与蓄水工程。根据干热河谷气候特征,规划布局一定数量的小型引、排、蓄水工程,以调节洪水,改善土壤水分条件,促进植物生长。社会管护工作也是生物生态工程规划中的重要内容之一,它主要包括生态环境保护区与生态村建设规划,制定规章制度和已建工程的维护管理等,从而保障生物生态工程的顺利实施,并使新建系统发挥持续稳定的效益。

3.3 生物生态工程的主要技术措施

根据上述生物生态工程治理的规划布局,按照不同立地条件与源地类型,分别采用不同的整治措施。通过8年来的治理试验研究,提出并成功运用的主要技术措施包括:以内倾水平整地、水平截流沟建设、水塘、水窖和水库设施建设、生物篱建设、溯源沟头整治等一系列重在减缓泥流水动力条件的调控水技术;以适生物种筛选、整地方式与种植技术、高效群落组合、生物篱与生物谷坊的建造、防护林、经济林和新炭林建设等一系列重在优化山地生态环境的绿色生物覆盖技术;在冲沟整治中,以建造一系列结构不同、功能相似的拦坝与谷坊群为主的坝系工程整治技术;以及为调整农业结构、改变耕作制度、建立生态环境保护区、组织管护队伍、增强群众生态保护意识等一系列重在限制激发因素再次发生的社会管护工作。在实施中,采取治坡与治沟、治理与利用相结合,在广大的汇水区和活动区开展大量的治水、保土、稳坡、防冲、防崩塌为主的调控(蓄)水系统建设与生物覆盖工程,从而减少地表径流量,增加土壤渗透,促使活动中的固体物质就地分散稳固,在全流域范围内组成多层次的生态工程体系。

4 生物生态工程治理效益的初步评价

按照生物生态工程规划内容和治理技术措施,项目实施8年多来,取得了较好的治理成效。先后建成各类拦砂坝79座,排导槽630m;在生物治理中,从60多个乡土和引进的物种中筛选出20余种适应干热环境的固土保水并兼有肥、饲、柴、果之用的乔、灌、草植物种类,采取植物群落结构和调蓄水措施相结合,建成水窖和蓄水坑709个,截流沟2400多m,生物谷坊830余个,生物篱2500多m,营造了各类防护林和经济林近300hm²。人工林生物量和年平均生产力分别比原有的坡柳黄茅草群落高4~7倍和2~5倍。

经过生物生态工程治理后,森林植被覆盖率从治理前的5%增加到65%,既改善了地表及土壤结构,也增强了保持水土、涵养水源的能力,新建植物群落的持水量比原有群落提高3倍多。土壤侵蚀模数由治理前的15000m³/km²下降到1290m³/km²,两沟流体容重从治理前的1.42t/m³下降到1.10t/m³,原来的泥石流已演变成低含砂的洪水。昔日如虎似龙的泥石流终于收敛了以往昔日的威风,县城后山的生态环境出现根本性的好转,广大城镇居民得以安居乐业,推动了城市建设和经济发展。城区面积由原来的0.46km²扩展到现在的0.92km²,城区主要设施价值超过4亿元,治理费用与保护主要设施价值相比,投保比为0.55%。治理区内生物治理效益十分显著,经初步测算,后山流域内新增加木材和经济林木的潜在经济效益在400多万元,其投入与产出比为1:2以上。此外,项目建成后,还新造可利用土地面积2hm²多;在排导槽两岸的荒滩上已建有砖厂和海绵床垫厂各1个,现年产值285万元,苗圃园1个。

总之,通过实施以泥石流防治为中心的生物生态工程,取得了防灾减灾的作用,扩大了土地利用面积,提高了土地生产潜力,改善了生态环境,促进了当地经济发展。

下转第95页

duality. A paleosol can record both the climate of cool-dry under which the parent material deposited and the climate of warm-wet under which the soil profile developed. It shows that there is transitional characteristics between brown-red paleosol(S) and loess(L). The so-called loess which developed in glacial period of dry-cool climate has subjected to pedogenetic process of steppe or forest steppe soil under semi-arid climate. In fact, the loess sequence is multi-genetic profile of soil affected successively and alternatively by deposition and Pedogenesis. However, because of the high influx of sediment, the influence of bio-climate and physical-chemical processes were declined leading to the soil formation characteristics are not obvious. Thus, the loess and paleosol are both soil profile but developed in different bio-climate and deposition conditions. And within the loess layer and brown-red paleosol layer, there is sub-fluctuation of climate.

3 The climate of loess plateau in the past 0.2 Ma changed temporally and spatially

It fluctuated transitionally in various pattern of dry-cool, dry-warm, wet-cool and wet-warm. About 10 000 years B. P., there was abrupt change from dry-cool to wet-warm. The transitional characteristic is more obvious in the south of loess plateau. The intensive soil erosion period is in the transitional period between loess deposition and soil formation. It occurred in ecological environment of semi-arid. Furthermore, considering the orientation and velocity of the climatic change and the surface condition, soil erosion occurred in different degree from time to time and from place to place. Soil erosion was much more intensive in north than in south. About 10 000 years B. P., soil erosion was more intensive than in other periods.

4 The layers of loess and paleosol in loess profile have different hydrological properties

This geo-hydrological condition favorites forest vegetation development. Developing of forestry vegetation has no relationship with thickness of loess sequence. Construction of vegetation on the loess plateau should follow the law of natural evolution and distribution of vegetation.

作者 简 历

贺秀斌,男,1967年1月出生,副研究员。1990年毕业于西北大学地质系,1998年7月在中国科学院水利部水土保持研究所获理学博士(导师唐克丽研究员)。主要从事土壤演替与侵蚀环境演变方面的研究工作,在国内外著名期刊上发表论文20余篇,获得中国科学院院长奖学金优秀奖等各种奖励5次。

上接第91页

参考文献

- 1 Bradshaw A D. Restoration ecology as a science. *Restoration Ecology*, 1993(1): 71~ 73
- 2 Higgs S S. What is good ecology restoration? *Conservation Biology*, 1997, 11(2): 338~ 348
- 3 Jordan W R, Gilin M E, Aber J D. *Restoration Ecology*. England: Cambridge University Press, 1987
- 4 王礼先. 面向 21 世纪的山区流域经营. *山地研究*, 1998, 16(1): 3~ 7
- 5 周必凡等. 泥石流防治指南. 北京: 科学出版社, 1991. 51~ 65