

# 生物生态工程的环境适宜性与用前景

刘文耀 刘伦辉 盛才余

(中国科学院西双版纳热带植物园 昆明 650223)

**摘 要** 应用生物生态工程恢复重建退化山地生态系统,是当前山地环境系统建设和山地可持续发展研究的重要内容。结合泥石流生物生态工程治理试验研究,对生物生态工程的特点、环境适宜性及应用前景进行了讨论。

**关键词** 泥石流治理 生物生态工程 环境适宜性

**分类号** 《中图法》P 642.23 **文献标识码** A

围绕着山地可持续发展为中心的山地环境退化、治理和保护研究,已成为全球环境研究的热点之一。利用生态工程整治山地环境,重建退化生态系统,是目前国际上蓬勃发展的前沿性研究工作<sup>[1~3]</sup>,受到许多国际组织(如国际山地研究发展中心、欧盟委员会、联合国环境规划署等)的极力推崇和高度重视。根据我们这些年来在云南南涧地区开展泥石流生物生态工程治理试验示范的经验和体会,以生物生态工程的原理、特点及其环境适宜性等问题进行了初步的分析和探讨。

## 1 生物生态工程的原理与特点

### 1.1 基本原理

所谓的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,围绕着人类的生存与发展,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。其基本原理可归纳为:1. 以社会管护与土建稳固工程为先导,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,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;2. 利用植物有机体机和根系分泌物,促成土壤形成与优化,增加土壤水分下渗与贮存,从而调节洪峰,减缓水势,削减水动力;3. 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,这对于保持坡面完整,减少冲沟发育,控制崩塌产生有着重要作用。

### 1.2 生物生态工程的特点

生物生态工程是一项复杂的系统工程,与常规的土建工程相比,在工程整治内容、范围,治理目标与效益方面,有它的优点和侧重(见表1)。作为生物生态工程来说,是将生物治理、土建工程、调控水工程和社会管护四个方面紧密结合,沟、坡同治,改善山地水分循环,注重保护与利用相结合,从而实现治本、增产和新建系统效益持续发挥的效果。土建工程则着重于救灾,具有快速见效的作用。

此外,生物措施的实施除了具有防灾减灾效益外,还有生物再生产过程产生的生物产品所带来的经济效益;通过生物措施可减轻水土流失,防止侵蚀,改善土壤肥力,涵养水源,美化环境等生态效益;同时,在生物生态工程实施过程中,也将能够增加一定的土地可利用面积,提高生物产品的产量和质量,增

\* 基金项目:云南省计委特别支持项目(编号 90254)。

收稿日期:1998—10—27;改回日期:1999—02—25。

加当地居民的收入, 增强人们改善生存环境的信心和力量, 以及人们的环境保护意识。

表 1 泥石流生物生态工程治理与常规土建工程治理的比较

Table 1 The harnessing effect comparison of bio-ecological engineering and general civil engineering

项目	生物生态工程治理	常规土建工程治理
工程内容	生物、调控水、土建、管护四大工程相结合, 重在生物生产力提高	常规土建工程治理
整治范围	全流域的冲沟与谷坡同时整治, 重点放在中上游汇水区与活动区的治理	集中在中下游流通与堆积区的沟道上修建拦砂坝与导流堤
治理方针	“稳、保、用”结合, 以保为主, 侧重调控水系统建设	“稳、拦、排”结合, 注重拦砂、排水建设。
目标功能	以防为主, 侧重在活动区的支沟与谷坡松散固体物质的稳固, 重在长远	以救灾为主, 侧重在主沟上做稳坡、固床、贮砂工程
限制条件	不受任务地 热、建材与技术条件限制, 适合动员当地群众参与	深受地质、地貌、建材与技术条件限制, 多数仅适合专业施工队伍工作
效果比较	具有多功能再生产效果, 促使土建工程延长使用期, 注重土地利用, 有治本的效果	投资较高, 目标单一, 库容有限, 多以救灾为主, 使用期限较短

2 生物生态工程的规划布局与主要应用技术

2.1 泥石流生物生态工程治理的规划布局

生物生态工程的总体布局, 主要包括生物治理、配套土建工程及生态保护区建设的规划布局。首先在生物治理规划布局上, 根据泥石流类型和地表特征, 分为各类冲沟(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。对于冲沟整治与护沟工程的治理规划, 主要是根据冲沟发育程度和泥石流源地类型实施不同的治理措施; 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; 而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滩涂地的利用上, 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。

其次在配套土建工程规划布局方面, 由于应用生物治理措施见效较慢, 所以, 在开展生物治理初期, 必须建设配套的土建工程, 使活动中的沟床和坡面处于相对的稳定状态, 为植物生长提供稳定的条件, 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, 这主要包括生态环境保护区与生态村建设规划, 制定规模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的效益。

2.2 主要应用技术

根据泥石流生物生态工程治理的规划布局, 通过 8 年来在南涧干热河谷地区实施泥石流生物生态工程治理试验研究, 提出并成功运用的主要技术有四个方面: 1. 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、溯源破篱整治等一系列重在缓减泥石流动力条件的调控水技

术; 2 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、经济林和薪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; 3. 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; 4 以调整农业结构、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。总的指导思想是, 侧重生物治理, 合理配搭土建工程, 注重社会管护, 核心问题是洪水调控。

### 3 生物生态工程环境适宜性评估

由于我国地域宽广, 自然地理环境多种多样, 尤其是激发泥石流的降雨差别十分悬殊, 如云南少雨的地方年降雨仅 300 mm 左右, 多雨的地区常在 3 000 mm 以上。再加上地质结构多样, 导致泥石流类型多样化, 因而采用的治理方案和具体措施各有不同。但是, 这里所说的“生物措施+土建措施+调控水措施+社会管护=生物生态工程”的内容与原理是各地基本适用的。特别要指出的是过去所开展的大多数泥石流治理工程, 也基本包含有这些内容, 只不过在提法上仅用了生物措施与工程措施加以概括, 而且在执行中对某些方面不够具体与全面。今天我们将这许多内容概括在泥石流生物生态工程含义之内, 并在每个方面给予了相应实质内容, 操作起来更明确。然而, 具体实施时还应根据各地的实际情况, 特别是治理区的山体高度、地质结构、降雨情况、泥石流源地类型、形成条件和社会经济状况制定基本包含以上内容的整治规划, 逐步开展实施才能达到满意的效果。

在实际运用中, 由于各地的自然和社会经济条件的差异, 生物生态工程中各组成部分所占比例或侧重点将有所不同。例如, 对于流域内固体物质来源比例分散, 且以山坡补给为主的山坡泥石流, 间歇期较长的沟谷泥石流, 生物生态工程规划实施中生物治理措施所占比重较大, 效果较明显; 而对于那些因大型深层滑坡引发的泥石流地区, 或者暴发频率高, 且松散固体物质来源以沟谷补给为主的泥石流, 或者是泥石流源地在林木生长困难的地方, 生物措施相对作用较小, 甚至不起多大作用, 而土建工程措施就尤为重要。还有对多雨地区, 一般微型调控水设施作用不大, 只有采用水库工程才能起调洪作用。李德基<sup>[5]</sup>曾根据生物措施对泥石流防治作用的大小, 将其适用性分为: 最适宜类、比较适宜类、防治作用较小类和防治作用微小类。

我们在南涧县城后山开展的泥石流生物生态工程治理<sup>[6]</sup>, 主要是针对降雨量较少的干热气候条件, 山体相对高度< 100 m, 固体物质的来源多以崩塌和坡面补给为主, 人为活动较频繁, 森林植被严重破坏, 为稀性泥石流的地区。前后经过 8 年时间, 通过对试验示范区的治理效果进行全面检验, 基本控制了泥石流危害, 实现了森林植被大幅度增加, 生物生产力全面提高, 达到了青山常在持续利用的目的。

### 4 生物生态工程应用前景展望与建议

#### 4.1 具有广泛的应用前景

在我国, 引发泥石流的原因或条件多种多样, 形成的类型也各不相同, 其中由于人为不合理的干扰(如对森林乱采滥伐、陡坡垦种与过渡放牧等)加速了泥石流的爆发, 仍是目前重要的方面。我国属于发展中的国家, 人口众多, 经济基础还比较薄弱, 土地资源十分紧张, 人口增长与经济发展、环境保护之间的关系并不很协调。因此, 在这样的社会经济条件下, 开展泥石流治理时必须考虑新建系统发挥效益的持续性, 并有较高的生物生产力。根据泥石流生物生态控制工程的原理和实际应用的效果, 结合我国的国情, 我们认为生物生态工程在防治泥石流和恢复重建退化山地生态系统方面, 有着较好的应用前景, 这可以从以下几个方面加以说明:

1. 从 90 年代以来, 持续发展的观点已越来越为党政各部门领导和广大的人民群众所接受。党和政府制定 21 世纪发展议程, 其中有关农、林业方面的生态工程已列入国家 21 世纪的优先发展项目; 同

时, 我国的扶贫攻坚计划也把实施生态工程, 保证区域经济的持续发展等作为重要的课题。特别是泥石流多发地往往也是经济贫穷落后的地区, 因此, 应用生物生态工程开展泥石流的综合治理, 对于改善这些地区的生态环境, 提高生产力水平, 促进经济的持续发展无疑有着积极的推动作用。

2 我国是山地大国, 山地环境保护与治理在实现可持续发展战略中占有非常重要的地位<sup>[4]</sup>。目前水土流失严重, 泥石流频繁发生, 山地退化面积扩大等山地问题十分严重。为此, 以调控水系统建设为核心的生物生态工程, 实行土建工程、生物工程、调蓄水工程和社会管护工程相结合的方法控制水土流失和泥石流, 进行山地环境系统建设, 从而促进环境优化、土地生产力提高和经济的持续发展。

3 生物生态工程本身是一项综合的、功能多样化的山地生态环境建设和保育工程。随着社会经济的发展和生活水平的提高, 在防止环境退化、减少山地灾害的同时, 人们对环境和景观的美化作用的要求愈来愈高, 生物生态工程有其成分的多样性以及在时间和空间结构上的复杂性, 较之单一的土建工程在景观上有突出的优势。

4 开展生物生态工程是贫困地区调整产业结构, 繁荣城乡经济, 脱贫致富的重要途径。人们愈来愈认识到合理设计和管理下的生态工程不仅可以明显地减轻水土流失和泥石流灾害, 显著地提高土地的利用率, 同时也能增加直接的经济效益(如经济果木, 薪炭材等)。

5 科学技术的进步将促进生物生态工程的理论和应用技术研究的深入。近年来恢复生态学、生态系统生态学、水土保持和泥石流机理与控制等方面的研究正在逐渐深入, 特别是对自然社会经济因素构成的复合生态系统的研究已给予较多的关注<sup>[3, 4, 7]</sup>。另一方面, 退化生态系统的恢复与重建研究和实践, 不仅能推动现代生态学的深入和创新, 而且能加强和促进边缘和交叉学科的相互渗透和发展<sup>[7, 8]</sup>。双边、多边、地区性和国际性的恢复生态学、生态系统有效管理及其持续发展研究方兴未艾, 作为恢复生态学研究的重要内容, 必将受到国际上这一形势的推动而有较大的发展。基于这种分析, 可以预见, 应用生态工程治理泥石流和退化山地生态系统方面, 将会在中国得到进一步的发展。

#### 4.2 对以后工作的建议

泥石流治理工作在我国已有多年的历史, 其中生物治理方面也做了不少的工作, 然而, 在土建工程与生物措施的配合方面仍存在着一些问题。基于生态学原理和方法的泥石流生物生态工程, 是一项集土建、生物、调蓄水和社管于一体的系统工程。本研究通过 8 年多的摸索和实践, 在干热气候条件的南涧县城后山开展泥石流治理, 取得了显著的成效, 积累了不少成功的经验, 从中总结出一套较为科学、合理地防治泥石流经验, 并得到了当地政府和广大群众的欢迎和认可。

云南南涧泥石流生物生态工程治理试验示范, 是一项泥石流治理途径的探索项目, 通过研究与实践, 在退化山地恢复与重建方面初步取得了以下的进展: 1. 初步总结出了一套应用生物、土建、调控水和社会管护为基本内容的生物生态工程治理泥石流的具体内容与流程框架; 2. 提出了泥石流治理中的调控水系统概念、功能与框架方案, 并以此内容为核心成功地在干热地区进行了实践并从中总结出一套治理方法和可操作技术措施; 3. 项目实施 8 年来, 治理效益显著, 治理费用与保护主要基础设施投保比为 0.53%, 其投入与产出比为 1:2 以上, 受到当地政府和群众的广泛认可和欢迎。

但是, 泥石流治理是一项长期、复杂的系统工作, 特别是植物生长也需要较长的时间才能显现出更大的效益, 所以仍有不少问题值得深入研究和探讨。根据这些年的实践探索, 我们认为以下几方面的问题有待于进一步的深入研究: 1. 泥石流生物生态工程的时空结构的优化模式及其最适的治理范围, 也就是说本方法应用的最适宜地选择; 2. 泥石流生物生态控制工程的评价方法和持续发展的指标体系, 以及更长远的生态、经济、社会效益如何, 有待随时间进一步检验; 3. 植物种类尚不够丰富, 群落多样化与规范化有待进一步探索, 其先锋群落还有待改造完善。

## 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] 王礼先. 面向 21 世纪的山区流域经营. *山地研究*, 1998, 16(1): 81 ~ 84
- [4] 钟祥浩. 山地研究的一个新方向——山地环境学. *山地研究*, 1998, 16(2): 81 ~ 84
- [5] 李德基主编. 泥石流减灾理论与实践. 北京科学出版社, 1997. 228 ~ 231
- [6] 刘文耀, 刘伦辉, 邱学忠, 等. 泥石流生物生态工程治理及其效益. *山地学报(原山地研究)*, 1999, 17(2): 136 ~ 140
- [7] Cairns J. J. The status of the theoretical and applied science of restoration ecology. *The Environmental Professional*, 1991, 13: 186 ~ 194
- [8] Ewel J. J. . Restoration is the ultimate text of ecology theory. In Jordan, IIIW. R., et al. (eds). *Restoration Ecology*. Cambridge University, U.K. 1987. 31 ~ 33

第一作者简介 见本刊(原刊名《山地研究》), 1999, 17(2): 140

## ADAPTABILITY AND APPLICATION OF BIOECOLOGICAL ENGINEERING FOR CONTROLLING DEBRIS FLOW

LIU Wen-yao LIU Lun-hui SHENG Cai-yu

(Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223)

**Abstract** The bio-ecological engineering for controlling debris flow consists of biological measuring, civil engineering, and construction of regularizing and retaining water as well as management and maintenance of the engineering. On the basis of the experience of bio-ecological engineering for controlling debris flow in Nanjian County of Yunnan, the environmental adaptability and application prospect of bio-ecological engineering, in the restoration of degraded mountains area has been discussed. It was rehabilitation of different type degraded lands. However, the propotion of each composition in bio-ecological engineering has a good applicaion prospect in the mountain environment construction and conservation, and sustainable development of mountainous area according to the analysis of mountain environmental characteristics and current economic condition in China.

**Key words** Debris flow control, bio-ecological engineering, environmental adaptability, application