

低山丘陵区土壤侵蚀生态工程治理模式及优化配置 ——以四川省宣汉县拱桥河流域为例

卢玉东¹, 张树恒², 宋光煜³, 何丙辉³

(1. 长安大学 环境科学与工程学院, 陕西 西安 710054; 2 青海省水文地质工程地质勘察院, 青海 西宁 810008; 3 西南大学 资源环境学院, 重庆 400716)

摘要: 立足于四川省宣汉县拱桥河流域 4.3 km² 的柏树河村, 在小区观测的基础上, 提出了 5 种低山丘陵区土壤侵蚀生态治理模式。根据小流域生态系统的特点, 应用多目标优化理论, 按不同的治理模式进行了生态工程治理分区, 治理措施达到了优化配置, 从而使小流域既成为一个水土保持防护体系单元, 又成为发展商品生产基地的经济单元, 创造人与自然和谐相处的生态环境, 为南方丘陵地区小流域提出了一套合理的生态工程治理模式。

关键词: 低山丘陵; 土壤侵蚀; 治理模式; 生态工程; 优化配置

中图分类号: S157; X144 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-6561(2007)03-0304-04

Scheme of Soil Erosion Control and Ecologic Measure Optimization in Hill and Mound Region

— A Case Study of Gongqiao Waterside in Xuanhan County, Sichuan Province

LU Yu dong¹, ZHANG Shu heng², SONG Guang yu³, HE Bing hui³

(1. School of Environmental Sciences and Engineering, Chang'an University, Xi'an 710054, Shaanxi, China;
2 Qinghai Investigation Institute of Hydrogeology and Engineering Geology, Xining 810008, Qinghai, China;
3 School of Resource and Environment, Southwest University, Chongqing 400716, China)

Abstract On the basis of long term observation on runoff test site in Gongqiao waterside in Xuanhan County, Sichuan Province, this paper puts forward five soil control schemes considering ecologic effect. Applying multipurpose optimization method, the waterside has been divided into a series of ecologic regions according to ecologic conditions and soil control schemes. Moreover, the soil control measures in each ecologic region are optimized. After management, the waterside becomes an element of soil and water conservation system and agricultural product base, and people harmony with ecologic element. The research result can offer a scheme for ecologic soil erosion control in the south China.

Key words: hill and mound region; soil erosion; control scheme; ecologic engineering; measure optimization

0 引言

中国西南丘陵和山地地区, 坡耕地广泛分布。随着区域人口数量的迅速增加, 人地矛盾日益尖锐, 人类需求用粮的动力机制促使坡耕地大规模垦殖, 使得原本存在的水土流失问题更加严重, 土壤

肥力难以维持, 区域长期处于“坡耕地规模垦殖—水土流失加剧—单产水平低—人类需求差”的恶性循环。坡耕地严重的水土流失和土地退化对山区农业的可持续发展形成了极大威胁。长江上游重点水土流失区, 坡耕地年总侵蚀量为 $3.8 \times 10^8 \text{ t}^{[1]}$ 。

顺坡耕作方式能导致坡耕地严重的水、土、肥

收稿日期: 2006 09 25

基金项目: 四川省水土保持局项目(2001-03)

作者简介: 卢玉东(1969-), 男, 河北唐山人, 教授, 博士, 从事生态环境、水文水资源等教学与研究。E-mail: luyudongphd@126.com

©1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

流失, 是一种急需改进的坡耕地耕作模式^[2,3]。实施坡改梯工程后, 流域年土壤侵蚀模数由治理前的 1995 t/km² 下降到 764 t/km²^[4]; 四川宁南的坡改梯工程也取得了较好的生态效益和经济效益。许多专家提出了不同坡耕地的治理模式^[5-12], 取得了明显的生态治理效益。但研究区内, 平衡起调节作用的山顶植被覆盖率低; 土层浅薄、土质贫瘠; 坡面排水工程与区域排水还不配套; 农业种植结构单一; 农民收入和生活水平有待进一步提高。笔者从系统论观点出发, 应用现代信息技术, 对区域生态治理措施进行优化配置, 合理布局, 提出了合理地生态工程治理优化模式。

1 研究区概况

拱桥河小流域位于四川省达州市宣汉县东南部, 地处明月江上游, 距县城 6 km, 辖东南乡、天生镇 9 个村, 面积 49.81 km²。系“长治”5 期工程重点小流域, 水土流失面积达 23 km², 土壤侵蚀严重(中度以上侵蚀占 99.1%), 年均侵蚀模数高达 4 120 t/km², 水土流失十分严重。1998 年以来, 流域内实施了如低产田改造等“长治工程”等水保项目, 通过以小流域为单元的山、水、田、林、路水土流失综合治理, 取得了显著的经济、社会、生态效益, 为该流域经济发展打下了基础, 使水土流失程度有所下降, 恶化的生态环境得到一定的改善。由于资源开发和生产建设项目的实施, 乱采乱伐、肆意破坏地貌植被、倾倒废土弃渣等人为因素造成水土流失状况仍未得到根本改变, 水土流失仍是困扰当地资源环境与社会经济可持续发展的瓶颈。

2 研究方法

研究以拱桥河小流域 4.3 km² 的柏树河村为单元, 采取了小区观测和典型调查相结合的研究方法, 对坡耕地水土流失综合治理模式进行了研究。共设计 12 个试验观测小区, 分别选择 5°、10°、15°、20°、25°坡耕地进行土坎坡改梯改造, 建立 1、3、5、7、9 号试验小区, 并相应设立 2、4、6、8、10 号自然坡耕地观测小区。在坡度大于 25°以上坡耕地上建立 1 个(11 号)鱼鳞坑整地观测小区和 1 个(12 号)自然坡耕地观测小区, 对不同坡度的坡耕地进行综合治理模式研究。

根据小流域生态系统的特点, 确定生态工程治

理所要达到的目标, 从而确定多目标优化问题的决策变量。选择适宜的多目标分析数学方法, 形成目标函数集合和反映资源、技术等限制的物理约束集合, 产生供选择的方案, 评价各方案的实际效果, 选择最优方案。拱桥河小流域生态工程治理模式与措施配置研究理论框架如图 1。

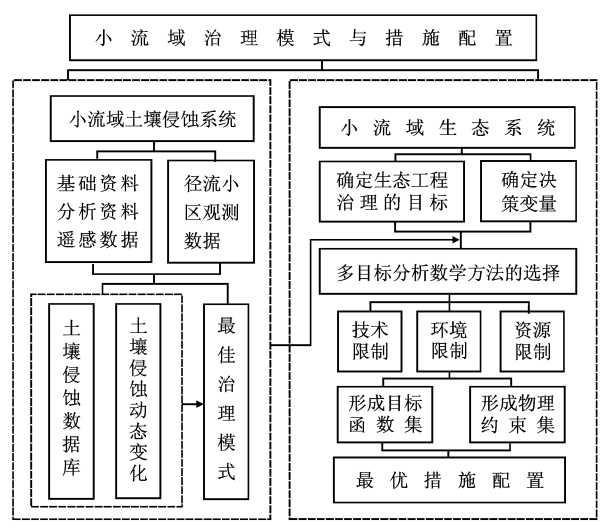


图 1 小流域生态工程治理模式与措施配置研究框架

Fig.1 Structure of Soil Erosion Control Measure and Ecologic Engineering Model of Small Waterside

3 生态工程治理模式

拱桥河小流域土壤侵蚀生态工程治理, 采取防治并重、治管结合、因地制宜, 工程措施、生物措施和耕作措施相结合的方法, 实施山、水、林、田、路统一规划, 农、林、牧、副、渔全面安排, 林、果、药、草综合实施, 种、养、加、工、商协调发展, 使小流域既成为一个水土保持防护体系单元, 又成为发展商品生产基地的经济单元。结合小区观测试验成果, 通过 3 年的治理实践, 总结出以下治理模式。

3.1 林草工程治理模式

引种优良的林草品种或利用乡土树(草)种, 在海拔 450 m 以上、坡度 25°以上的疏林地和贫瘠的荒山荒坡, 以水保林建设为主, 用材林建设为辅, 在林间种植牧草; 在海拔 500 m 以下, 土壤条件较好的荒山荒坡, 大力实施人工种草工程, 建设优质人工草地; 在海拔 500 m 以上的疏林地、灌丛草地大力实施封山育草工程。对疏林草地, 清除劣质林、不成材林和林下杂草, 补播优质牧草, 建立起优良草被。恢复和提高植被覆盖率, 减少地表径流, 减轻水土流失。

3.2 坡地综合治理模式

因地制宜的引种栽培,选育优良品种。在缓坡地推行坡改梯工程,打破行政界线,沿等高线布置生物坎,建设基本农田,发展旱作农业,大力实施沃土工程,实行平衡施肥和配方施肥,增施有机肥。在海拔 400~450 m 丘陵耕地,以果粮、果牧间作为主;在坡脚台地,实行横坡耕作,以发展蔬菜基地为主;整治坡面水系、道路,对已有的沟、凼、池、渠进一步完善,疏通整治,无水系工程的区域沟、凼、池、渠、道路应配套建设,使其布局合理规范,减少水土流失。

3.3 水源涵养林治理模式

以封山育林为主,补植结合,结合修截水沟、打底肥等措施,保障树苗成活率,加快成林速度。加大宣传力度,增强广大干部群众的法制意识,在林区边缘设立警示牌,组织专门的林区守护人员看护。

3.4 庭院生态经济建设模式

根据生态学、生态经济学和生态工程原理,进行庭院生态经济模式规划设计。在住宅院内及与宅基地相连的承包地上,充分利用院内土地资源、环境资源和劳动力资源,因地制宜地推行庭院种植业,栽种良种果树,栽种适宜性强的乔、灌木树种或小宗果树(核桃、樱桃、李树),搞好四旁绿化。配合挖渗井,拦蓄院落产流,改善环境卫生,搞好道路、院坝建设,达到改善和美化农民居住环境、提高物质生活水平和精神文化素质的目的。

3.5 条田高产治理模式

加强农田水利设施基本建设,坡脚水田区修建排洪、排涝水沟,沟路结合,以沟带路,河两边种植护岸林,减轻河水对两岸农田的冲刷。结合种植业结构的调整,坚持粮经并重,用养结合。配合组装育种、抛秧、规范化种养、蔬菜设施栽培、菜粮轮作、配方施肥、病虫害防治等先进实用技术,形成独具特色的高产高效优质的条田种养模式。

4 生态工程治理措施优化配置

拱桥河流域为典型的农业生态系统,农业生态系统是人类干预强度最大的生态系统,人类的干预使其组分变得单纯,因此也最容易受恶劣环境因子的影响^[3]。拱桥河流域多以种植业为主,其生态工程治理措施配置主要体现在流域内土地利用方式的调整上。严重的水土流失导致该流域生态环境

退化,故小流域生态工程治理主要目标应在满足流域内群众物质生活需要的前提下,尽量控制流域内的水土流失,改善流域的生态环境。

小流域生态工程治理措施优化配置、优化实际上是一个多目标优化的问题。为了定量表达拱桥河流域综合发展的程度,应从生态环境质量(EG)、经济发展水平(ED)、社会发展水平(SD)进行综合衡量^[14]。根据评价指标、评价标准和评价方法,定量给出拱桥河流域生态环境质量、经济发展水平和社会发展水平等级。定义小流域综合发展度量指标为 DD,于是得到优化模型一般表达式

目标函数

$$\text{Max}(DD)=\lambda_1(EG)+\lambda_2(ED)+\lambda_3(SD)$$

约束条件

$$EG\geq EG_0 \quad ED\geq ED_0 \quad SD\geq SD_0 \quad \text{其他约束}$$

式中:EG₀为生态环境质量最低约束;ED₀为经济发展水平最低约束;SD₀为社会发展水平最低约束;λ₁、λ₂、λ₃分别为各指标所占的权重。

小流域综合发展度量的各评价指标应根据小流域的具体情况加以确定。流域内,人多地少,陡坡垦殖严重,种植业比例过高,水土流失严重,造成流域生态环境质量的下降。针对拱桥河流域的实际情况,为了简化调控程序,选择土壤年平均侵蚀模数为小流域生态环境质量的衡量指标,人均粮食占有量为经济发展水平的衡量指标,非农业人口的比例为社会发展水平的衡量指标。运用层次分析法,确定各指标对综合发展度量指标的贡献率,并对各指标进行分级和评分(图 2、表 1)。土壤年平均侵蚀模数的分级参照水利部颁布的行业标准,人均粮食占有量的分级参照斯德哥尔摩环境研究所模型中的发展中国家标准。

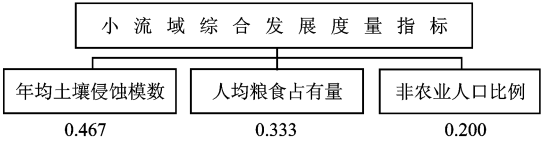


图 2 层次排序

Fig.2 Sequence of the Hierarchy

采用计算机模拟技术求得近似最优解,从而得到生态工程治理土地利用的优化配置方案(表 2)。

在上述土地利用方式下,拱桥河流域年均土壤侵蚀模数为 653.3 t/km²,年人均粮食占有量为 912.7 kg,非农业人口的比例控制在 3%左右,流域综合发展度量指标为 2.34,在小流域较好地实现了

表 1 指标分级与评分

Tab.1 Grade and Assessment of the Factors

指标	年均土壤侵蚀		年人均粮食		非农业人口	
	模数 ($t \cdot km^{-2}$)		占有量/kg		比例/%	
	分级	评分	分级	评分	分级	评分
1	< 1 000	10	> 800	10	> 10	10
2	1 000 ~ 2 500	6	450 ~ 800	6	5 ~ 10	6
3	> 2 500	3	< 450	3	< 5	3

表 2 生态工程治理中土地利用配置

**Tab.2 Counter measure of Land Use
in Regulating Ecologic Engineering**

利用类型	面积 /hm ²	占总面积 /%	粮食产量 /t
水 田	1 315.8	20.4	1 512
梯坪地	238.7	3.7	783
坡耕地	2 038.2	31.6	389
经果林	677.3	10.5	
居民点	541.8	8.4	
厂 矿	6.4	0.1	
水 塘	187.1	2.9	
林 地	1 509.3	23.4	

生态效益、经济效益和社会效益的和谐统一。

根据土地利用配置方案,结合流域地形、土壤、土地利用情况及自然界线等,将拱桥河流域分为重点治理区和非重点治理区。重点治理区为柏树河村小学周围,面积 4.3 km^2 ,辖柏树河村 1、3、4~6、9、10 组,其余部分为非重点治理区。又以宣(汉)开(江)公路为界,将重点治理区划分为村东经果林高效生态区和村西优质粮作生态区来分别进行治理(图 3)。

根据水土流失特点、土地利用现状、当地粮食

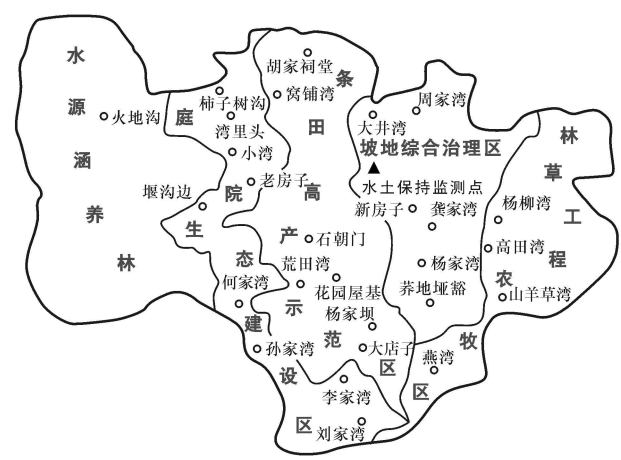


图3 拱桥河小流域生态工程治理分区
Fig.3 Zoning Map of Ecologic Engineering

生产现状和生产力发展水平,按照因地制宜、集中连片、适度规模、综合连续治理的原则,比照不同的治理模式,合理综合安排各项措施。从山顶到山脚,从沟头到沟底,全面分期安排各项措施。山头植林子,山腰种果子,山脚修坎子,四旁建园子,疏幼林地育树子,荒山坡上成林子,坡耕地上,缓坡地科学种地,坡度较大修梯田、坡大修果园,坡陡($>25^\circ$)封地造林。塘、池布设于耕地和经果林地上端或上部、有一定截水面积且工程量小、效益最优的地段,灌排渠以塘、池为源头,沿山围着耕地与园子转,截水沟广泛布设于现有坡地、荒山及疏林地带,以截水归槽、减少面蚀为目的,沉沙凼配合截水沟,灌排渠和地背而设。总之,要山、水、林、田、路、沟、渠、塘、池、凼综合治理,工程、生物、耕作措施并举。

5 结语

拱桥河小流域坡耕地严重的水土流失和土地退化对当地农业可持续发展形成了极大威胁,不同耕作模式对坡耕地水土肥流失的影响很大。笔者根据当地的实际情况,把合理适宜的耕作、种植模式和有效的防护体系有机的结合起来,辅之以先进的农业技术措施,建立高产高效的坡耕地生态农业模式。在工程治理措施上,采取“防治并重、治管结合、因地制宜、工程措施与生物措施相结合”的方法,实施“田、水、林、田、路”统一规划,综合治理,以坡改梯为突破口,配以生物措施,因害设防,合理布局,建立健全生态效益、社会效益、经济效益防护体系。实践证明,这一治理模式是可行的,其效果显著,适用于低山丘陵区综合治理,适合在四川盆地盆周低山丘陵区及南方其他地区的类似低山丘陵区推广应用。

随着 3S 技术在低山丘陵区土地利用及土壤侵蚀的动态监测与应用的不断完善,以高新技术为依托的坡耕地开发利用模式将会被开发出并在实践中得到不断完善。

参考文献:

[1] 张金宝, 付仕祥. 长江上游重点水土流失区陡坡耕地的出路 [J]. 中国水土保持, 1999(9): 38 39.

[2] 杨子生. 长江上游滇东北山区坡耕地水土流失与可持续利用研究简介 [J]. 山地学报, 1999, 17(增刊): 1 5.

3.3 山地特色气候资源的开发

山地具有非山地不具备的多种特色气候资源,如山地的逆温、山地雾、山谷风、山口风、热量梯度,甚至干热河谷的干热现象等都是可以转化为农业生产的特色气候资源组分。山地的某些特色气候资源组分在非山地不但不是资源,而且还会对人类生产生活带来灾害。如雾,在平原、丘陵地区会妨碍交通、阻隔太阳辐射,给人类带来不便。而山地雾虽然也存在与平原丘陵区同样不利的影响,但由于它具有增温增湿的效应,从而可以在一定程度上提高作物在山地的种植上限,弥补冬季因降水不足而发生的干旱,雾的存在可以减少和缓和低温效应和冻害的发生。当雾与山地景观结合又可形成特色旅游资源。

山地高海拔的冷气候环境一直未得到人类的重视,很少把它当成资源进行开发研究。目前,大部分人注意到的冷资源仅就其冷藏功能而言,其实山地的冷是人类活动空间范围内的一种时间序列上的宝贵农业资源,可以发展耐(喜)低温蔬菜、果品等作为温度较高地区的“错季”农副产品。一般在缺水的条件下,山地干热河谷的热很难视为农业自然资源,而在解决了水或发展了耐旱作物及其栽培技术,再加上充分利用山地地形小生境后,干热也可以转变为农业资源^[2]。而山地空气温度、山口风、冰川、高山积雪等都是山地特色气候资源的组分,并可以通过一定条件转化为显资源。

4 结语

山地气候资源种类多样,数量丰富,开发利用

价值极高。应深入认识和了解山地气候梯变效应,合理开发利用特色气候资源,使气候隐资源和潜资源转化为显资源,为山区人们生产生活和社会发展创造条件。同时,要处理好开发与保护的矛盾,在保护的前提下开发,开发是为了更好地保护;要重视生态发展平衡,加强山区民众的环保意识,协调好人口、资源与发展之间的矛盾,从而形成合理地可持续发展的空间格局。

参考文献:

[1] 伍光和, 田连恕, 胡双熙, 等. 自然地理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.

[2] 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所. 山地学概论与中国山地研究[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 2000.

[3] 虞静明, 李怀瑾. 国外山地气候研究近况[C] //山地气候文集编委会. 山地气候文集. 北京: 气象出版社, 1984.

[4] 李 军, 黄敬峰. 山区气温空间分布推算方法评述[J]. 山地学报, 2004, 22(1): 126 132.

[5] 徐樵利, 谭传峰. 山地地理系统综论[M]. 武汉: 华中师范大学出版社, 1994.

[6] 丁贤荣. 高山增水效应及其水资源意义[J]. 山地学报, 2003, 21(6): 681 685.

[7] 傅抱璞. 山地气候[M]. 北京: 科学出版社, 1983.

[8] 郭 威, 丁 华. 论地质旅游资源[J]. 西安工程学院学报, 2001, 23(3): 60 63.

[9] 余大富. 山地资源的特点及开发策略[J]. 山地学报, 2001, 19(增刊): 103 107.

[10] 杜宝汉. 大理市山地资源的可持续发展对策[J]. 环境与开发, 1999, 14(2): 11 13.

[11] 张艳春, 丛 伟, 张 鹏. 辽宁省山地资源的可持续发展对策[J]. 辽宁工程技术大学学报: 社会科学版, 2003, 5(2): 16 18.

[12] 蔡运龙. 自然资源学原理[M]. 北京: 科学出版社, 2002.

(上接第 307 页)

[3] 杨子生. 滇东北山区坡耕地土壤侵蚀的水土保持措施因子[J]. 山地学报, 1999, 17(增刊): 22 24.

[4] 李双喜, 刘绍之. 长江流域试点小流域治理模式及成效[J]. 中国水土保持, 1999(9): 42 43.

[5] 许 峰, 蔡强国. 等高植物篱在南方湿润山区坡地的应用——以三峡库区紫色土坡地为例[J]. 山地学报, 1999, 17(3): 193 199.

[6] 蔡强国, 黎四龙. 植物篱减少侵蚀的原因分析[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1999, 4(2): 54 60.

[7] 施 迅. 坡地改良利用中活篱笆的种类选择和水平空间结构的初步研究[J]. 生态农业研究, 1995, 3(2): 49 53.

[8] 赵艺学. 晋西沟坝地—梯田—坡耕地农业效应的比较[J]. 水土保持学报, 2000, 14(2): 75 78.

[9] 包维楷, 陈庆恒. 退化山地生态系统恢复和重建问题的探讨[J]. 山地学报, 1999, 17(1): 22 27.

[10] 杨武德, 王兆骞, 眭国平, 等. 红壤坡地不同利用方式土壤侵蚀模型研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1999, 5(1): 52 58.

[11] 石培礼, 唐 亚. 山地农业生态系统持续发展的有效途径——坡地农业技术(SALT)[J]. 生态农业研究, 1996, 4(2): 44 49.

[12] Gilley J E, Egbball B. Narrow Grass Hedge Effects on Run off and Soil Loss[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 1999, 55(2): 190 196.

[13] 宋桂琴, 李领涛, 王东沟农业生态系统能流分析[J]. 水土保持学报, 1995, 9(2): 58 63.

[14] Koeser H. Management of Material and Energy Flows from an Environment Perspective with Methods of Ecobalance[J]. Chemische Technik, 1998, 50(4): 4 2.