

西南岩溶山区生态系统基本特征及其调控措施研究

——以贵州省为例

苏维词^{1,2}

(1. 重庆师范大学 地理系, 重庆 400047; 2. 贵州科学院 山地资源研究所, 贵州 贵阳 550001)

摘要: 西南岩溶山区生态环境脆弱, 是我国实施西部大开发战略中生态建设的重点地区。通过对生态系统多样性和易损性、容量、生物生产力与生物量、敏感性和承灾能力等 5 个因素的分析, 阐述了西南岩溶山区生态系统的基本特征, 探讨了西南岩溶山区生态系统建设的原则。根据西部大开发中对生态建设的要求, 提出了西南岩溶山区生态建设与调控的对策措施。

关键词: 生态系统; 特征; 生态整治原则; 调控措施; 西南岩溶山区

文献标识码: A

文章编号: 1006-288X(2004)02-0055-05

中图分类号: X171.1

Characteristics and Its Regulation of Karst Ecosystem in Southwest China

— In the case of Guizhu Province

SU Wei-ci^{1,2}

(1. Geography of Department, Chongqing Normal University, Chongqing 400047, China;

2. Institute of Mountain Resources, Guizhou Academy of Sciences, Guiyang 550001, Guizhou Province, China)

Abstract Karst landforms are very developed in southwest China, and it belongs to the typical region with eco-environmental fragility. The basic features of its eco-environmental system are analyzed based on diversity of ecosystem, capacity of population and environment, biomass(above and ground), sensitivity, capacity resisting natural disasters. So there are the principles of regulating ecosystem. Finally, corresponding harness and regulation measures for karst ecosystem in southwest China are suggested.

Keywords eco-system; characteristics; principle of eco-system construction; countermeasure; karst region of southwest China

全球岩溶面积约 $2.20 \times 10^7 \text{ km}^2$, 约占陆地总面积的 15%, 居住着约 1.00×10^9 人口, 岩溶环境是一种重要的人居环境, 岩溶生态系统是全球生态系统的重要组成部分^[1]。我国西南岩溶山区以其岩溶集中连片面积的分布之广、岩溶地貌发育之强烈、岩溶生态景观类型之复杂多样、人地矛盾之突出而在全球岩溶生态系统中占有重要地位。受岩溶地质地貌及其环境效应的影响, 西南岩溶生态系统有其特殊性, 并反过来影响到该地区工业、农业、交通、城建、旅游、聚落等经济社会发展的方方面面。了解西南岩溶生态系统基本特征并据此提出相应的调控对策, 为科学合理地开发利用、保护或重建岩溶生态系统提供依据。

1 西南岩溶山区生态系统的基本特征

1.1 多样性和易损性

受气候、岩性、地貌类型的多样性及分布复杂性、

土地利用结构及方式的多样性及多变性等因素影响, 西南岩溶山区小生境多种多样, 形成了多种多样的岩溶生态系统类型, 以贵州省为例, 全省有各种自然植被类型共 3 大系列: 即酸性土植被、钙性土植被、水生与沼泽植被, 共 145 个群系, 形成多种多样的自然生态系统, 其中钙性土植被共有 30 多个群系, 为岩溶山区典型植被类型, 并形成岩溶山区特有的生态系统。从水热条件看, 贵州就有亚热带岩溶河谷型季雨林生态系统(分布在罗甸、望谟、南盘江河谷 300~500 m 以下地区 $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温 6400°C)、中亚热带岩溶常绿林生态系统、北亚热带岩溶常绿落叶阔叶混交林生态系统(包括毕节、六盘水等地区的部分县市区, 海拔 1500~1800 m $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温 $3400^\circ\text{C} \sim 4500^\circ\text{C}$)、暖温带落叶—常绿阔叶混交林(以落叶林为主)生态系统(水城、赫章以西及威宁地区, 海拔 1800~2000 m 以上, 年均温 10°C 左右 $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温 $2500^\circ\text{C} \sim 3400^\circ\text{C}$)

收稿日期: 2003-07-26 修回日期: 2003-12-29

资助项目: 中国科学院“西部之光”计划; 国家自然科学基金(40261002); 贵州省科学基金(2004年); 贵州省 2003 年科技攻关项目(黔科合 2003NYG029)

作者简介: 苏维词(1965-), 男(苗族), 湖南绥宁人, 研究员, 教授。主要从事生态环境与可持续发展研究。E-mail: suweici@sina.com

及亚高山岩溶草甸生态系统(如韭菜坪自然保护区)等多样化的生态系统,这为多种植物生长、发展多种经营提供了有利条件。但另一方面,岩溶生态系统及其组成物种又极易受损,绝大多数岩溶自然生态系统已被人工生态系统或次生性生态系统取代,表现在岩溶天然森林减少、岩溶湖泊干枯、岩溶灌草丛生态系统退变为石漠化生态系统等;同时在岩溶山区适生的受威胁植物越来越多,不少已处于濒危状态:如 1984 年国务院环境保护委员会公布的贵州岩溶山区需保护的受威胁植物有 60 种,1989 年增加到 81 种,目前已达 300 种以上^[2]。

1.2 岩溶生态系统的容量小

包括生态系统承纳污染物的环境容量和人口容量。仅以人口容量为例,在组成岩溶生态系统要素的水、土、气中,可供有效利用的水、土俱缺,尤以土地要素最为薄弱,而岩溶生态系统的人口容量并不取决于最优势要素,而是取决于最薄弱的要素,即土地要素。以贵州省岩溶山区为例。

(1) 贵州省岩溶山区的可耕地比重小,仅占全省土地总面积的 10.75%,宜耕地平均只有 $10.67 \text{ hm}^2 / \text{ km}^2$,比全国平均 13.13 hm^2 和湖南 18.3 hm^2 等邻省区的平均水平都低,全省岩溶山区人均耕地只有 0.052 hm^2 ,已低于联合国规定的人均耕地警戒线。

(2) 耕地资源质量差,与水热条件相似的我国东部非岩溶山区相比,贵州省岩溶山区单位面积耕地的产量低。据统计,贵州上等田土仅占耕地总面积 21.2%,而 78.8% 为中、下等田地;平地仅占耕地的 25%,75% 为坡耕地;水田占耕地的 42%,58% 为旱地,水田中有效灌溉面积仅占 63%;40% 以上的耕地,其耕作层厚度不到 15 cm,近年全省耕地平均单产水稻约为 $5250 \text{ kg} / \text{ hm}^2$,玉米则只有 3000~ 3750 $\text{ kg} / \text{ hm}^2$,只相当于同纬度湘、赣、苏等省的 70%~ 91%,人均粮食占有量 1996 年只有 288 kg,仅高于京、津、沪 3 大直辖市。

(3) 非耕地开发利用难度大,产出率低。以岩溶发育典型的黔中波玉河流域生态系统为例,自然状况下,经济林(主要是油桐林)的产值仅有 $540 \text{ 元} / \text{ hm}^2$ (1987 年价格);人工经营条件下,单位面积用材林(杨树林)年产出折现款可供养活人口数量温饱标准下只有 $1.56 \text{ 人} / \text{ hm}^2$ 。

上述情况表明,贵州岩溶生态系统中单位面积土地的农业生产综合能力低,人口容量小。按农业生态区域法概算,在目前生产力水平条件下,贵州省的合理人口容量约 2.95×10^7 人(而目前贵州省实有人口 3.66×10^7 人,人口超载达 7.00×10^6 人,全省每年需

调进粮食约 $1.00 \times 10^9 \text{ kg}$),即每 167 人 / km^2 ,只相当于同纬度我国东部非岩溶省份如湖南省的 50%,江西省的 70%,不到江苏省的 30%^[3]。

1.3 岩溶生态系统群落结构相对简单,生长速率慢,生物量低

岩溶生态系统的物质基础是碳酸盐岩系,是一个碳钙物质建造循环交换强烈并占主导地位的地球化学生境。因此,支持生态系统的化学元素是 Ca, Mg, Si, Mn, Zn, C, Fe, Al, Hg, As, H, O 等富钙元素系列,而且由于母岩的矿物组构较简单,风化淋溶的成土速率慢,进入或转化储存于生境中的营养型元素 N, P, K, Na, I 相对缺乏,由白云岩风化形成的黄色石灰土, MgO 的含量可达 11.5%,并可导致植物的镁毒害而生长不良。CaO 虽会因溶蚀作用进行迅速而随水流失,但因土壤脱钙与复钙的反复进行,即在钙流失迁移的同时,母岩的风化释放及携带钙、镁离子的地表、地下水流入而源源不断补给,使土壤中的碳酸盐含量不会降低。

此外,植物根系分解释放后的钙又会以次生碳酸盐晶粒聚集在根孔周围,从而使土壤如石灰土类保持一定含量的碳酸盐(0.5%~ 1.0%),并使土壤常呈微碱或中性反映,pH 达 7.5~ 8.5,加上钾含量低,且易溶解流失使土壤养分贫化,植物生长不良。植被退化又进一步加剧水土流失,土壤的这种生物地球化学作用及其土壤性质,就导致岩溶生境对植物的严格选择,许多喜湿喜酸的植物在这里难以生长或生长不好,所以在通常情况下,除了人类活动影响小、原生性保存较好且生态系统正处于正向演替顶级阶段的岩溶生态系统具有群落结构相对复杂、植物种属成份较丰富的特征外,处于其它演替阶段的岩溶生态系统特别是退化岩溶生态系统常表现出植物种属成份相对较少,群落结构相对简单,食物链易受干扰而中断,生态系统稳定度低,脆弱性强的特征^[4];同时植被生长速度慢,生物生产力与生物量均比全国其它湿热的亚热带地区明显偏低(如表 1, 2)^[5]。

表 1 黔中岩溶生态系统生物生产力与全国湿润亚热带地区平均值比较 $t / (\text{ hm}^2 \cdot \text{ a})$

生物种类	黔中(普定)岩溶山区	全国平均生产力
乔木层	5.61	9.76
杨树	6.66	10.43
栎类	1.13	8.85
马尾松	4.82	8.56
杉木	5.81	8.41
灌木林疏林	2.86	10.20
草丛	1.46~ 2.05	3.10

表 2 贵州岩溶环境下的生物量(乔木层)与相似气候条件下的非岩溶山区比较 t/hm^2

地点及森林类型	经纬度 (E, N)	土壤状况	乔木层地上部分生物量
哀牢山木界石栎木	101, 24	山地黄棕壤(土厚大于 150 cm)	348.7
湖南会同 56a 杉木林	110, 27	山地黄壤(土厚大于 100 cm)	274.9
贵州茂兰岩溶原始森林	108, 25	岩缝, 黄壤(裸岩率 95%)	89.2

1.4 生态系统变异敏感度高,易遭破坏而难于恢复

岩溶生态系统的物质能量转换途径脆弱,对外来影响适应能力弱,对外界变化的响应程度高,敏感性高。如岩溶森林植被极易遭破坏,而一旦遭破坏,生态系统的物质能量交换就会暂时中断,生态系统就会迅速逆转:以石灰岩山地为例,将会顺序出现常绿阔叶林(如青冈等)石灰岩山地→常绿落叶阔叶混交林(如栎类、化香等)石灰岩山地→灌草丛(如野算盘、月月青等)石灰岩山地→草丛(如白茅、野古草等)石灰岩山地→裸露半裸露石灰岩山地,即石漠化景观。目前贵州石漠化面积已占全省土地总面积的 12.8%,并且每年仍以 933 km² 的速率递增。石漠化标志着生态系统已崩塌,它实质上就是岩溶生态系统逆向演替的顶极阶段,一旦石漠化,恢复治理就相当困难,而且恢复速率也极慢。以黔中的普定县石灰岩采石区自然恢复为例:进行封山后,前 3~5 a 只能生长少数禾木类、菊科类杂草,后才有藤刺灌丛侵入生长,随着草被

覆盖率的不断提高和小生境的逐渐改善,化香、朴树、月月青等树种开始侵入,再慢慢发展成岩溶灌木林地,该过程至少需要 10~15 a,经对样区附近胸径 15 cm 的园果化香树种样本分析,其树龄已达 32 a。由此推测:在水热条件良好的自然恢复情况下,岩溶石漠化地区发展成乔木林地,至少需要 45 a 以上^[3]。

1.5 岩溶生态系统承灾能力弱,旱涝灾害频繁

这除了受气候因素(主导因素)和人类活动引起的植被条件变化的影响外,崎岖破碎的岩溶地表结构和特殊的岩溶水文地质条件起了推波助澜的作用。在岩溶山区,除盆(谷、坝)地外,其余地区土层浅薄且不连续,土壤的贮水保水能力差,加上岩体裂隙、漏斗、落水洞发育,贵州岩溶山区虽然年均降水总量达 1100~1400 mm,但地表降水很容易迅速转入地下深处而难以被植被利用,使地表生境干旱缺水;而转入地下水系管网的水,由于各地段地下管网的通畅性差异很大,一遇大雨又很容易在低洼处堵塞起来造成局部涝灾,所以贵州岩溶山区素有“十天不雨即干旱,一场大雨又成灾”的说法,这实质上是岩溶生态系统承灾的阈值弹性小、生态系统脆弱的一种反映。通过对贵州自然灾害年表资料分析:在 1500~1949 年的 450 a 时间里,贵州省共出现过有记载的区域性洪灾 558 次,即平均每年约 1.2 次,旱灾 377 次,即平均每年约 0.84 次。从近几十年来的情况看,岩溶发育典型地区的旱涝灾害出现的频率明显高于气候条件类似的非岩溶山区,以同处亚热带的黔南州和黔东南州为例(表 3)。

表 3 黔东南州和黔南州在 1951—1990 年间的旱涝灾害频率比较

地 区	总面积 / km ²	岩溶出露面积 / %	年均温 / °C	年均降水 / mm	旱灾次数及频率			洪灾次数及频率		
					大旱	中小旱	频率 / %	大涝	中小涝	频率 / %
黔东南州	30 337	23.1	15.7	1 240	5 次	15 次	50	2 次	11 次	32.5
黔 南 州	26 193	81.5	15.9	1 258	9 次	15 次	60	7 次	12 次	47.5

2 西南岩溶山区生态系统整治与调控原则

2.1 分类整治,重点优先原则^[6]

西南岩溶山区的地域环境及生态系统类型复杂多样,不同地域类型区的岩溶生态系统,其本底现状质量,开发利用方向、途径,变化趋势都不一样。因此要根据不同地域类型区岩溶生态系统的特征及开发利用方向,因地制宜,分类提出调控措施。同时西南岩溶山区生态建设任务繁重,要突出重点,在生态整治时应优先建设河源区、重点工矿区、风景名胜區等。

2.2 国家目标与地方需求相结合的原则

西南岩溶山区是我国实施西部大开发战略中生态建设的重点地区,加强西南岩溶山区生态系统的保护和建设,是维护国家生态安全,构建“两江”上游生态屏障的战略需求,但西南岩溶山区人地(耕地)矛盾突出,国家生态建设与地方经济发展存在一定的冲突,找准生态建设与经济发展的切入点,在满足国家生态建设总目标的前提下,充分利用生态系统的服务价值,发展地方社会经济。

2.3 保护性开发利用原则

西南岩溶山区生态系统十分脆弱,人类的经济活

动极易引起生态系统失稳、退化,而且一旦岩溶生态系统发生退变,因而其特殊的岩溶地质地貌及水文、土壤条件,要治理恢复岩溶退化生态系统就十分困难,因此岩溶生态系统的开发利用,应贯彻保护第一的原则。

2.4 生态补偿原则

生态建设具有很大公益性,地处长江和珠江上游的西南岩溶山区既是我国南方最典型的生态脆弱区,又是我国贫困的集中区,而长江、珠江中下游地区则是我国经济相对发达的地区,在进行流域生态系统开发与治理活动时,应坚持协调互利的原则,上游多出力,下游多出钱,即从中、下游地区经济开发所获效益中抽取一定比例用于补偿上游地区的生态建设,使流域上游岩溶山区能与中下游经济发达地区形成一种良性的经济生态互动关系,促进整个流域的持续协调发展。

2.5 科技示范原则

与我国水热条件类似的亚热带常态地貌(流水地貌)区相比,西南岩溶山区是一个相对独特的地域环境,植被生长具有嗜钙性、石生性等特点,在岩溶山区植树造林、生态治理难度较大;加上该地区社会发展滞后,农民文化水平较低,在岩溶生态治理和生态系统经营管理方面都亟需科技示范和典型引路。

3 西南山区岩溶生态系统整治措施

3.1 创新西南岩溶山区生态系统建设的运作管理机制和政策

3.1.1 西南岩溶山区生态系统建设的机制创新 西南岩溶山区生态系统整治与调控是一项整治国土、改造山河的千秋大业,难度大、任务重、涉及面广,必须通过运作机制的创新,调动各方面的力量,科学地组织实施。

对于大型生态环境项目,可采取业主承包的形式,由计划、农、林、水、牧等部门组成集团,也可由政府、社会、农民等不同成份构成的有限责任公司,承担造林、种草等生态建设工程。项目实施中采取集成与叠加,促进整体效益的显现。

对于纯生态型的公益项目,应依靠政府行为、层层落实任务,实行以奖代补、以工代赈、投入配套、以资带劳等方式,用机制活力弥补资金的不足,用政策效应调动各方面的积极性。

对经济效益较高的生态建设项目,可以支持、鼓励、引导公司企业或农民实行股份合作,合伙开发经营,形成“公司+农户+基地”为主基调的经营开发方式,使社会力量和农民成为生态建设的主体力量。

3.1.2 西南岩溶山区生态系统建设的政策创新 如完善落实退耕还林还草的补偿政策,实施绿色原料基地建设和绿色农副产品生产的奖励政策,落实减少岩溶山区粮食征购的政策,全面放宽放活荒山绿化开发的经营管理政策,建立环境成本核算评估指标体系,完善落实环境成本核算制度,严格实行新建、改扩建项目的环境影响评价制度以防止造成新的生态破坏和环境污染,研制实施项目的排放总量审批制度和排污权交易制度等。

3.2 建立、健全西南岩溶山区生态系统建设和管理的投资创新机制与投入保障体系

岩溶山区生态环境治理任重道远,社会经济发展严重滞后,财力薄弱,要实现岩溶山区经济社会与生态的持续快速协调发展,有赖于该区域生态环境的根本好转和基础设施的改善,而这些都需要大量的投资,需要构建新的投资机制和投入保障体系。

3.2.1 制定落实大流域生态建设补偿机制^[3] 地处长江和珠江两大水系上游的西南岩溶山区,既是我国贫困的集中区又是南方最典型的生态脆弱区,而“两江”中下游地区则是我国经济相对发达区,由于上游岩溶山区的生态建设投入大且具有公益性,而中下游地区会受惠于上游的生态建设,因此在进行流域开发与治理活动时,应坚持协调互利的原则,上游多出力,下游多出钱,即从中下游地区经济开发所获效益中抽取一定比例资金用于补偿上游地区的生态建设,使流域上游岩溶山区能与中下游经济发达区形成一种良性的经济与生态的互动关系,以促进整个流域长期稳定的持续发展。

3.2.2 建立岩溶山区生态建设的投资创新机制

推进金融创新,建立全新的储蓄制度。针对岩溶山区荒山荒坡多、绿化荒山、开发荒山的任务重、潜力大的特点,通过影子价格测算方法,研制绿色储蓄变现技术和途径,尽快出台可持续性综合储蓄(新型环境、生态储蓄等)实施方案。采用投资折合办法,以投资支持的方式鼓励引导企业的环境储蓄和生态储蓄行为。优化调整投资结构和方向。参照发达国家的基本经验,并根据岩溶山区生态环境和经济社会发展的具体情况,优化调整对岩溶山区的投资结构和方向。

3.2.3 建立岩溶山区生态建设的投入保障体系

(1) 加大国家和地方政府的投入力度 生态建设是一项具有公益性的政府行为,针对岩溶山区生态建设所需资金严重不足的困境,国家和地方政府加大投入责无旁贷。建议国家在预算投资中,在支撑不发达地区资金、退耕还林资金、“长防林”工程资金、生态建设资金等方面提高划拨到岩溶山区的比例。

(2) 广开融资、引资渠道。通过政府投资的带动、产业导向和优惠政策,鼓励引导国内外企业公司、个人、金融机构、社会团体等资金直接参与岩溶山区的生态建设,股票上市要优先安排岩溶山区生态经济型龙头企业。

(3) 项目倾斜。在西部大开发中,建议国家在生态建设重大项目安排和资金投入上给予重点倾斜,在项目的地方资金匹配上降低比例和担保条件。

(4) 设立岩溶山区生态环境建设专项基金。以贵州省为中心的西南岩溶山区与我国北方的沙漠边缘带和黄土高原同属典型的生态脆弱带,生态环境退化严重,但北方的沙漠化治理和黄土高原的水土流失治理都有专项经费,而人口多、压力大、少数民族最集中、贫困面最大、生态债务沉重(西南岩溶山区的水土流失和“石漠化”均十分严重),对该地区和长江、珠江中下游地区可持续发展均有深远影响的西南岩溶脆弱生态环境的治理却没有相应的经费。因此有必要就岩溶山区设立生态环境建设基金的可行性及对策进行研究。重点探讨基金的筹措、用途、监督、管理和效益评估与调控措施。

3.3 积极推进各项生态工程的实施

目前西南岩溶山区正在进行的与生态建设有关的生态工程有退耕还林还草、水土流失治理(“长治”工程)、生态农业、“天保林”、自然保护区建设工程等,但这些工程各自为政,条块分割,生态治理的整体效益并不甚理想,亟需在西南岩溶生态建设总体规划指导下,对这些项目进行集成、协调推进。

3.4 开展西南岩溶生态系统建设关键技术攻关

如岩溶山区水土资源的形成过程、空间组合规律及其高效持续利用技术,岩溶石漠化治理的先锋植被品种的选育技术及造林营林(草)技术,岩溶退耕还林

(草)区(中高山及峡谷区)立体农业、生态农业发展模式与配套技术,岩溶城市(镇)及重点工矿区生态系统保护与修复技术,岩溶潜在生态退化区生态系统的保护与持续经营技术,岩溶山区生物多样性保护与持续利用技术等。

3.5 抓好岩溶山区生态系统建设科技示范

在西南岩溶山区选择一系列不同本底条件的典型地域进行生态系统建设与开发利用综合实验,在实验过程中,建立一批科技含量高、生态经济效益显著、易操作、示范辐射效应强、具有可持续发展能力的生态系统建设“精品工程”、“样板工程”^[7],如石旮晃地的林牧高效复合生态系统经营示范、岩溶退耕还林(草)区(中高山及峡谷区)立体农业、生态农业发展模式示范、岩溶城市(镇)及重点工矿区生态系统保护与修复示范、防护林区生态系统持续经营示范等,通过示范,总结成功模式,以点带面,促进整个西南岩溶山区生态治理与经济社会持续快速发展。

[参 考 文 献]

- [1] Yuan Daoxian. Rocky desertification in the Subtropical Karst of South China[M]. Z. Geomorph. N. F., 1997.
- [2] 高贵龙,邓自民,屠玉麟,等.喀斯特的呼唤与希望[M],贵州科技出版社,2003. 128.
- [3] 苏维词.贵州喀斯特山区生态环境脆弱性分析[J].山地学报,2000,18(5): 429- 435.
- [4] 杨明德.论喀斯特环境的脆弱性[J].云南地理环境研究,1990,2(1): 9- 13.
- [5] 杨汉奎,朱文孝,李坡,等.喀斯特环境质量变异[M].贵州科技出版社,1994. 43.
- [6] 苏维词.贵州岩溶山区石漠化及生态经济治理模式[J].中国岩溶,2002,21(1): 19- 25.
- [7] 苏维词.中国西南岩溶山区石漠化治理的症结、模式及对策[J].水土保持学报,2002,16(5): 24- 29.