

文章编号:1000-694X(2002)01-0069-06

贵州岩溶荒漠化成因及其防治

甘露^{1,2}, 万国江¹, 梁小兵¹, 陈刚才¹

(1. 中国科学院 地球化学研究所环境地球化学国家重点实验室, 贵州 贵阳 550002; 2. 中国科学院 研究生院, 北京 100039)

摘 要: 岩溶荒漠化是贵州岩溶地区的主要生态环境问题之一, 对土地生产力的破坏作用巨大。它是碳酸盐岩的侵蚀过程与人为活动共同作用的结果。分析了贵州碳酸盐岩区域侵蚀的地质背景, 认为岩溶地区的碳酸盐岩侵蚀及地貌和生态环境特点, 被侵蚀土粒的物质输送规律构成了岩溶荒漠化的自然基础, 指出碳酸盐岩的化学侵蚀并非风化成土过程, 以及一般的土壤侵蚀指标并不能代表岩溶地区土壤侵蚀的真实情况。同时还分析了岩溶荒漠化产生和发展过程中的不合理的人为活动的主要表现形式及其产生根源。在此基础上, 本文提出了相应的综合防治措施。

关键词: 岩溶荒漠化; 碳酸盐岩; 土壤侵蚀; 防治措施; 贵州

中图分类号: P931.5+S157.1 **文献标识码:** A

贵州地处亚热带季风湿润气候区, 是我国岩溶最为发育的省份之一, 碳酸盐岩出露面积约占全省土地总面积的 73%。岩溶荒漠化(Karst desertification)土地就是指在这一特殊自然地理背景下因人为活动干扰而形成的土壤严重侵蚀、基岩大面积裸露、土地退化、生产力严重下降乃至消失的裸岩石砾地和石脊荒地。岩溶荒漠化对土地生产力的破坏作用巨大, 使可供利用的土壤资源逐年减少, 肥力下降, 土壤保墒能力差, 严重制约了当地社会经济的发展, 甚至使部分地区完全丧失人类生存的基本条件, 当地居民被迫迁移他乡。目前岩溶荒漠化已成为贵州岩溶地区最为严重的生态环境问题之一, 对其进行整治已势在必行。

1 贵州岩溶荒漠化土地的分布^[1]

目前贵州全省共有岩溶荒漠化土地 138.88 hm², 约占土地总面积的 7.9%。在全省各地州市中, 以黔南州、六盘水市、安顺地区和毕节地区分布最多, 岩溶荒漠化土地面积分别占土地总面积的 10.61%、25.97%、15.24% 和 7.97%。若以县为单位进行统计, 岩溶荒漠化土地面积占土地总面积在 20% 以上的县有 9 个, 占全省 82 个县(市)总数的 11%, 其中尤以水城所占比重最大, 达 30.5%。而岩溶荒漠化土地面积大于 5% 的县(市)总数则占到了全省的一半左右。目前贵州岩溶荒漠化土地正以

平均 508.16 km² · a⁻¹ 速度增加, 据有关方面预测, 若不采取有力措施, 贵州岩溶荒漠化土地在 21 世纪初将达到土地总面积的 12.2%^①, 态势十分严重。

贵州岩溶荒漠化土地的分布有两大特点: 一是集中分布在岩溶发育的县市, 如水城、平坝、普定、安顺、思南、惠水、清镇等岩溶面积比重均在 90% 以上^[2], 相应地其岩溶荒漠化土地面积比重也较高; 二是多集中在河流中、下游及峡谷地带, 如乌江流域的纳雍、织金、黔西、清镇、安顺、德江、沿河, 赤水河流域的毕节、大方、仁怀, 北盘江流域的水城、盘县、晴隆、关岭、贞丰、南盘江、红水河流域的兴义、兴仁、罗甸等。说明贵州土地岩溶荒漠化与岩溶分布、河流切割、土壤侵蚀有密切的关系。

2 贵州土地岩溶荒漠化的成因分析

贵州岩溶地区土地荒漠化的形成, 是碳酸盐岩的侵蚀过程与不合理人为活动共同作用的结果。碳酸盐岩的区域侵蚀特点构成了贵州生态环境的脆弱性和该地区地球化学的敏感性^[3], 是形成土地岩溶荒漠化的自然基础, 而迫于土地承载力和社会经济水平所造成的不合理人为扰动是形成贵州土地岩溶荒漠化的主要原因。

2.1 贵州岩溶地区区域侵蚀的地质环境背景

贵州处于东亚岩溶区域的中心, 碳酸盐岩地层

收稿日期: 2000-11-22; 改回日期: 2000-12-25

基金项目: 国家自然科学基金项目(40173038 和 49894170)资助

作者简介: 甘露(1973-), 男(汉族), 重庆万州人, 博士研究生, 研究方向为环境地球化学与岩溶环境学。E-mail: lu-gan@263.net

① 贵州环保科研所. 贵州土地石质荒漠化防治行动预研究报告. 1996. 1-37.

自震旦纪至三叠纪均有出露,出露面积达15万 km^2 ,总厚度达8500m,从而奠定了岩溶发育的物质基础,使其成为我国岩溶分布面积最大也最为发育的地区^[4]。就地理位置而言,贵州处于青藏高原的东南侧斜坡上,纬度较低,海拔较高,西部处在东南季风和西南季风交汇地带,全省大部分时间受云贵准静止锋影响,雨量充沛,气候温暖湿润,为岩溶发育提供了动力。同时,贵州又受多次造山运动影响,褶皱断裂发育,特别是受喜马拉雅山运动的强烈抬升影响,地势西高东低,并呈现出南向与北向的倾斜,既成为长江与珠江水系的分水岭地带,又导致地势高差悬殊,峰谷相间。

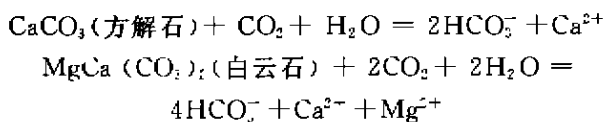
上述3个方面的综合作用,使贵州岩溶地貌发育齐全。从分水岭到河谷依次呈现为峰林盆地、峰林谷地、峰丛洼地和峰丛峡谷,新老地貌交错镶嵌,从而使岩石组成、地貌状况、生境特征、水文地质条件和植被群落等均表现出明显的差异性,形成了贵州岩溶环境的分异特征,给贵州岩溶地区的表土侵蚀带来了很大的特殊性^[4]。

2.2 贵州岩溶地区区域侵蚀的特点是形成土地岩溶荒漠化的自然基础

贵州土地岩溶荒漠化是表土侵蚀的直接表现。但是,非岩溶地区也有土壤侵蚀,且许多岩溶地区河流含沙率及侵蚀模数并不高,却独岩溶地区产生这种现象。而且,并非所有的岩溶地区都产生这种现象。其中的原因是什么?下面就此讨论:

2.2.1 碳酸盐岩的存在提供了土地岩溶荒漠化的背景条件

贵州岩溶地区碳酸盐岩的基本组成是石灰岩和白云岩。其化学侵蚀过程受如下方程制约:



对黔中地区三叠纪白云岩和灰岩的侵蚀速率研究表明^[3,5,6],其岩石化学风化速率约为 $0.017 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$,而该地区表层土粒的物理侵蚀速率为 $0.003 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$,仅为化学风化速率的1/5。尽管如此,由于碳酸盐岩组成的特殊性,其物理侵蚀速率在表层土粒的盈亏中仍发挥了重要影响。贵州各时代碳酸盐岩中的酸不溶物一般小于10%,有的甚至小于2%(表1)。按酸不溶物为5%对黔中地区的残留物生成速率进行计算,其值小于 $0.001 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$,为物理侵蚀速率的1/3左右,土层厚度

呈现负增长。所以,普遍的观点认为贵州岩溶地区碳酸盐岩成土速率极其缓慢,据理论推算,在不考虑物理侵蚀的条件下,碳酸盐岩面上形成1m厚的残积层需要21~120万a^[7],但实际上由于物理侵蚀的存在,碳酸盐岩基本上不可能形成土壤,其地球化学风化的实质是岩体被溶蚀搬运,并非风化成土过程^[8]。因此,就岩溶地区而言,河流含沙率和侵蚀模数并不能代表土壤侵蚀的真实情况,因为碳酸盐岩的侵蚀以化学风化为主,而离子流的搬运和外迁,是不能用侵蚀模数来描述的。也有学者认为岩溶地区的主要成土母岩并非碳酸盐岩,而是与碳酸盐岩相间分布的砂页岩、泥岩或泥灰岩中的泥质等^[9],但由于这类非溶性岩石所占比例很小,其结果并不违背上述规律。

表1 贵州碳酸盐岩组分平均含量

Tab. 1 The mineral average value of carbonatite in Guizhou

组分	地质时代					
	E ₂₊₁	T	P	C	D ₃	Q
CaCO ₃ /%	46.9	89.62	4.54	2.04	78.65	4.63
MgCa(CO ₃) ₂ /%	47.07	7.47	92.65	87.75	17.16	88.88
酸不溶物/%	4.26	2.12	1.28	7.0	7.03	7.02

据张寿建等,1979

还应指出的是,我国华南地区是世界上碳酸盐岩侵蚀最强烈的地区,据地史资料,贵州岩溶地区经历了两次强烈侵蚀期,现今的碳酸盐岩侵蚀状况是2460万a以来强烈侵蚀的产物,也是近1万a来第二次强烈侵蚀作用的延续^[3,10]。在这种态势下,加之碳酸盐岩面上土层的负增长作用,使早期覆盖于碳酸盐岩地层上的非碳酸盐岩盖层遭受侵蚀,下覆碳酸盐岩裸露^[11,12]。因此,土地岩溶荒漠化是碳酸盐岩侵蚀活动的发展趋势,碳酸盐岩上覆土层有可能被剥蚀殆尽,也就是说,碳酸盐岩的存在提供了贵州岩溶地区土地岩溶荒漠化的背景条件。

2.2.2 地貌因素和岩溶地区特有的生态环境特点加强了贵州土地岩溶荒漠化的趋势

贵州地貌以山地为主,山地集中,存在着大量坡度不等的坡地。全省平均地表坡度21.5°,其中17.5°~25°坡地面积占全省土地总面积的28.96%,大于25°的陡坡地面积要占35.07%,甚至大于45°的极陡坡地也要占到0.72%。大面积坡地、陡坡地的存在,对土壤侵蚀提供了有利条件,造成了贵州岩溶地区强烈的水土流失。同时,由于碳酸盐岩的侵蚀特点,其上覆土层浅薄且土被不连续,并有大面积基岩裸露,土体厚度多在50cm以内,仅为非岩溶地

区土层厚度的 $1/3 \sim 1/2$, 而典型的裸露岩溶山地一般在 30 cm 左右甚至 30 cm 以下^[13]。这样的土被在强烈的土壤侵蚀作用下极易流失而形成岩溶荒漠化。

由于岩溶地区的土壤浅薄, 其保水、蓄水能力差, 降水落到地表后, 部分转入地下管道系统成为地下径流, 地表径流部分因碳酸盐岩质地坚硬、透水性低而成为土粒搬运的载体, 难以在土壤中留存。在这种缺水少土, 具明显干旱性的生境中, 植被覆盖率很低, 尤其是森林植被极为缺乏, 森林覆盖率大都低于 10%, 某些地区甚至低于 3%。同时, 岩溶地区多有旱生性、喜钙性植物群落发育, 其区系组成、植物种类都显著有别于非岩溶地区的植物群落, 生物量很低, 所具有的保土效益也明显减弱^[7, 13]。这些都极大地加速了岩溶荒漠化的趋势。

2.2.3 特定的地貌组合及其空间组合格局直接影响表土的物理侵蚀

前面的讨论回答了为什么贵州岩溶地区会产生土地岩溶荒漠化的问题, 但岩溶荒漠化的产生也受特定的地貌组合和其空间组合格局的影响, 就是说, 并非所有的岩溶地区都会产生这种现象。

贵州岩溶发育复杂, 岩溶地貌类型齐全。全省地势高差悬殊, 多种正态地貌和负态地貌相间排列, 构成了镶嵌结构的地貌景观和表土物理侵蚀的空间组合格局。据对黔中地区表土中⁷Be 的示踪研究表明: 裸露山地的顶部与山腰残留的土壤中⁷Be 的总蓄积量仅为山脚土层总蓄积量的 60%; 另一林地山坡上部、中部及山脚的表土中, ⁷Be 的累计值分别为 $(154 \pm 11) \text{Bq} \cdot \text{m}^{-2}$ 、 $(198 \pm 11) \text{Bq} \cdot \text{m}^{-2}$ 和 $(300 \pm 17) \text{Bq} \cdot \text{m}^{-2}$, 取三者的均值作为平衡值 $217 \text{Bq} \cdot \text{m}^{-2}$, 可见山坡上部侵蚀的⁷Be(及相伴的土粒)占平衡值的 29%, 中部仍有侵蚀, 而山脚堆积增加 38%。由此可知被侵蚀的土粒经短距离位移, 在低洼部位堆积^[3, 8, 14]。在野外观察也可以发现, 土粒的侵蚀主要发生在盆地或洼地的坡面与坝地之间。因此岩溶地区地表可以划分出侵蚀区和堆积区, 前者可能产生岩溶荒漠化, 后者接受堆积成为维持生态系统繁衍的重要场所。同时, 即使是基岩裸露的坡面, 也有一些溶洼部位和石隙、石缝能残留土壤, 在此生长的岩生植物也可起到阻碍岩溶荒漠化的作用。研究区内被冲刷的土粒很少进入下泄水体, 只有在夏秋季

降水量和降雨强度大幅度上升时因土粒位移距离增大才可能进入到下游水体中^[9, 8]。这也说明了河流含沙率和侵蚀模数并不能代表岩溶地区土壤侵蚀的真实情况。

2.3 贵州岩溶地区不合理的人为扰动是造成贵州岩溶地区土地岩溶荒漠化的主要原因

贵州岩溶地区土地岩溶荒漠化虽然有其自然基础, 但更主要的是不合理的人为扰动。在自然状态下, 由于植被的固土作用, 岩溶荒漠化过程极为缓慢乃至停滞, 但近几十年来大为增长的不合理人为活动却极大地加速了这一进程^[15]。而植被的破坏以及土地垦殖强度的提高在土地岩溶荒漠化过程中最为重要。

2.3.1 植被破坏和土地垦殖因素对土地岩溶荒漠化的影响

植被具有巨大的保土效益已成为共识, 其中森林植被的保土作用更为显著。在贵州荔波县茂兰地区, 长期以来人为活动较少, 生长在岩山上的森林得以有效保护, 岩溶荒漠化现象就荡然无存。然而, 在大部分岩溶地区, 由于当地居民的生存生活压力, 对森林、草地等植被进行了大肆破坏, 而后辟为耕地用于旱地耕作, 从而使植被覆盖率大为下降, 植被保土能力大为削弱。目前全省植被覆盖率仅为 13.7%, 加上灌木林才 18.7%。这对于山地高原面积占 87% 的岩溶山区省份来说, 显然不足。而且贵州森林植被中次生林、薪炭林比重较大, 森林分布不均, 其生态效益难以发挥, 导致土地退化, 继而蜕变为岩溶荒漠化土地。同时, 新开垦的土地因水分缺乏, 多为旱耕地, 其中有相当部分因地貌条件制约为陡坡垦殖, 目前全省大于 25° 坡耕地面积占总耕地面积的 13.14%, 占旱地面积的 40%, 还有 10% 的旱地坡度大于 35°。这种土壤土质松散, 在降雨条件下常形成强度土壤侵蚀, 最终导致土地岩溶荒漠化。从图 1 可见, 土地岩溶荒漠化与森林覆盖率和森林、灌木林覆盖率呈负相关, 与垦殖率呈正相关。说明植被破坏与土地垦殖等人为活动因素在土地岩溶荒漠化过程中所起的重要作用。贵州岩溶地区的岩溶荒漠化趋势也正是在林退、草毁 → 陡坡垦殖 → 土壤冲刷 → 基岩裸露 → 土地岩溶荒漠化、土地生产力丧失 → 新一轮的“赶山种地” → 岩溶荒漠化土地面积增

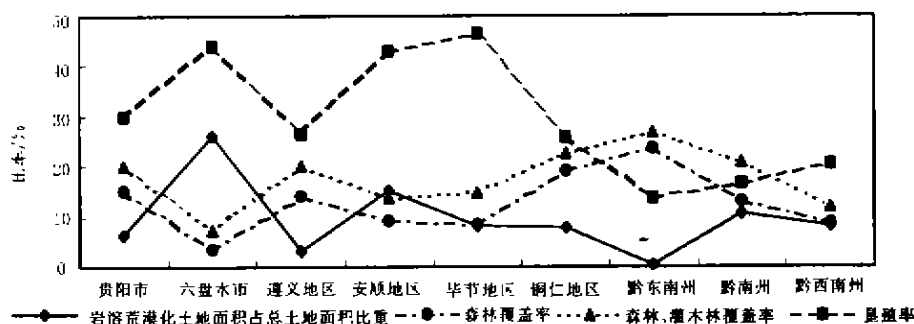


图1 贵州各地区土地岩溶荒漠化面积与森林覆盖率、垦殖率关系示意图

Fig. 1 Relationship between karst desertification area and percentage of forest coverage and reclamation rate

大的恶性循环中不断得以加强。

2.3.2 人口超载与社会经济水平低下是导致不合理人为扰动的根本原因

贵州岩溶地区山地多、平地少,同时缺水少土,土壤肥力差,农业生态环境脆弱,人口容量很低,据估算:黔南麻山等地的喀斯特深洼地人口容量不超过 $50 \text{人} \cdot \text{km}^{-2}$,部分喀斯特高山盆地容量仅为 $1 \sim 10 \text{人} \cdot \text{km}^{-2}$,一些峰丛槽谷、小溶盆如六枝、水城容量为 $100 \sim 150 \text{人} \cdot \text{km}^{-2}$,黔南峰丛山地为 $100 \text{人} \cdot \text{km}^{-2}$,黔中丘原可达 $150 \sim 200 \text{人} \cdot \text{km}^{-2}$ 。但目前贵州喀斯特山区的人口密度则远远大于其人口容量,大多数地区超载至少 $1 \sim 2$ 倍。据1990年人口普查资料,贵州省人口密度为 $184 \text{人} \cdot \text{km}^{-2}$,较全国平均高 57.9% 。省内各地人口密度差异也较大,高人口密度区一般在西部,除贵阳和六盘水两省辖市外,人口密度最大的是安顺地区,达 $232 \text{人} \cdot \text{km}^{-2}$,为全省平均的 1.28 倍。在这些地区,农业人口因生存生活需要而对生态环境资源进行恶性开发就有其必然性,导致了土地岩溶荒漠化现象普遍存在。而在人口密度较小的黔东南州($121 \text{人} \cdot \text{km}^{-2}$),因岩溶比重小,森林覆盖率高,岩溶荒漠化程度则很轻。

社会经济水平也制约着土地岩溶荒漠化的发生和发展。1990年全省人均粮食产量 223kg ,农民人均纯收入 435 元,居全国落后水平。其中人均产量小于 250kg 的县(市)有 47 个,占全省县(市)总数的 68.5% ,而小于 100kg 的有 25 个,占总数的 30.5% ;农民人均纯收入在 400 元以下(即贫困线以下)的县(市)有 42 个,占总数的 52.8% ,还有 8 个县低于 200 元,处于特贫状态。而这些社会经济水平较低的地区也大都位于西部。由于人口超载,可耕地资源不足且土地生产力不高,加上相当部分人

口处于贫困缺粮状态,导致盲目扩大耕地、陡坡开荒、乱砍滥伐森林、强度砍薪、过度放牧等不良人为活动极为普遍,加强了对生态环境的干扰破坏,使得土壤侵蚀和土地岩溶荒漠化进程得以加速。

3 防治措施

据上所述,贵州土地岩溶荒漠化的产生和发展既有其自然基础,又是不合理人为活动的结果。所以其防治应是一个综合治理过程。根据岩溶地区碳酸盐岩物理侵蚀的特点,岩溶荒漠化防治应采取“上保中治下开发”措施,同时,根据导致土地岩溶荒漠化的主要人为活动方式及其原因,在人口控制、资源利用的有效性及生态环境整治方面都应采取相应的对策。

3.1 上保中治下开发

由于贵州岩溶地区的区域环境物质输送关系为山坡土壤被侵蚀而输送至山麓堆积,且底部供水条件远较山上优越,土地承载力较高,而坡面上环境敏感度高,易被破坏而导致岩溶荒漠化。故山体上部以保护为主,封山造林或让其植被自然恢复;山腰以治理为主,大力发展经济林木、中药材和果树,或结合水利建设、坡改梯等措施进行合理的农业开发。这样坡面植被就可以有效地阻碍土粒的物理侵蚀,同时可以保持水分及加速基岩的风化,使残留物增加,有效防止了岩溶荒漠化的产生。山脚谷地一带则可进行农作物种植,是主要的农业生产区。毕节地区在整治山区农业生态环境时,曾实施过“山顶戴帽子,山腰系带子,山脚铺被子”的对策,正是这一思路的反映,从而使岩溶地区社会经济与环境建设得到了协调发展^[16]。

3.2 控制人口数量,提高人口素质,实现与环境容量相协调的适度人口目标

在贵州岩溶地区土地承载力超负荷运行的背景下,实现与经济发展和环境容量相协调的适度人口目标极为必要。首先要严格执行计划生育政策,降低人口增长率,控制人口增长。同时要提高劳动者的素质,使劳动生产率和人力资本增值活力得以提高,创造更多的物质财富,使部分农业人口可以向其它产业转化,从而减轻人口压力。至于那些资源匮乏、生存条件恶劣且人口严重超载的地区,环境移民势在必行。目前贵州岩溶地区约30万人口缺乏基本的生存条件,其环境移民成为生态环境建设和土地岩溶荒漠化防治过程中的重要任务。

3.3 提高资源利用率,促进资源有效循环,发展外向型生态农业以减轻土地压力

贵州岩溶地区土壤和植被资源缺乏,故提高农业资源利用率、建立节约高效的农业资源利用体系就极为必要。具体而言,就是在水土条件配置较好的有限区域,改变原有的粗放浪费型农业生产方式,推广和发展生态农业,建立节地、节水的集约化农业生产体系,大力发展高产田和旱涝保收田,用少量的这类田地来保证口粮以减轻对耕地资源的压力,有效地降低陡坡垦殖率。充分发掘贵州岩溶地区一些优势资源的潜力,如贵州的气候对植物生长提供了较大的适应性,在裸露石山地区也可种植一些适生植物,从而促进农业资源的有效循环。同时,针对贵州岩溶地区的矿产资源、旅游资源和一些山地特优资源,可充分利用外部的资金、技术、信息和人才等的输入,建立一些乡镇企业、特优产品加工业、旅游业和部分第三产业,加工生产出价值更高的产品,走外向型生态农业的道路,以缓和传统农业中日益紧张的人地矛盾和土地岩溶荒漠化进程的发展。

3.4 实施环境整治和生态重建工程,以扩大森林覆盖率为中心,绿化山区生态环境脆弱带

目前贵州岩溶地区土地岩溶荒漠化进程仍在继续,全省土壤侵蚀危险程度在较险型以上的竟占土地总面积的69.2%。在这种背景下,环境整治和生态重建就成为防治土地岩溶荒漠化的关键。其中,由于森林植被所具有的巨大环境效益,扩大森林覆盖率,绿化山区生态环境脆弱带应成为一项中心任务。其具体做法是在切实加强对现有植被保护的基

础上,利用贵州水热条件好、气候温和适宜多种林木生长的优势,大力开展封山育林,使森林植被得以逐步恢复;有计划地逐步退耕还林,考虑到岩溶地区粮食紧缺、贫困面大的特点,对小于35°的坡耕地可先栽种地埂树,有计划还林退耕,而对于35°以上的坡耕地要立即停耕还林还草。对已经岩溶荒漠化半岩溶荒漠化的土地,除封山外,还应辅于人工措施。在半岩溶荒漠化土地上,可采取见缝插绿的办法,用营养袋苗进行人工补植补种以加快植被恢复,通过3~5a的封育可望恢复为有林地;对完全岩溶荒漠化的地区,则应增加封育年限(10~15a),先育草、后育灌,保护枯枝落叶层,逐步改善立地环境,最后形成乔灌草结合的植物群落,循序渐进地恢复植被。

参考文献(References):

- [1] 屠玉麟. 贵州喀斯特地区生态环境问题及其对策[A]. 中国科学技术协会、中国工程院、陕西省人民政府编. 中国西部生态重建贵州喀斯特地区生态建设与经济协调发展学术讨论会论文集[C]. 成都:四川科技出版社,1999. 17-22.
- [2] 屠玉麟. 贵州岩溶地区森林资源现状及原因分析[A]. 中国地质学会岩溶地质专业委员会编. 人类活动与岩溶环境[C]. 北京:北京科学技术出版社,1994. 40-47.
- [3] 万国江,等. 碳酸盐岩与环境[M]. 北京:地震出版社,1995. 16-41.
- [4] 杨明德. 论喀斯特地貌地域结构及其环境效应(以贵州高原为例)[A]. 贵州省环境科学学会编. 贵州喀斯特环境研究[C]. 贵阳:贵州人民出版社,1988. 19-26.
- [5] 万国江,白占国. 论碳酸盐岩侵蚀与环境变化[J]. 第四纪研究,1998,(3): 279.
- [6] 万国江. 环境质量的地球化学原理[M]. 北京:中国环境科学出版社,1988. 1-216.
- [7] 杨汉奎. 喀斯特环境质量变异[M]. 贵阳:贵州科技出版社,1994. 54.
- [8] 白占国,李勇,万国江. 岩溶山区和黄土高原土壤侵蚀地球化学过程研究新进展[A]. 中国科学院地球化学研究所环境地球化学国家重点实验室特辑[C]. 北京:中国环境科学出版社,1995. 37-39.
- [9] 陈朝辉,万国祥. 岩溶山区土壤形成机制与石山改造利用[J]. 中国岩溶,1997,(4): 393-396.
- [10] 邓峰林. 宇宙-地球体系的喀斯特活动和华南喀斯特环境地貌的演化研究与建议[A]. 贵州省环境科学学会编. 贵州喀斯特环境研究[C]. 贵阳:贵州人民出版社,1988. 27-32.
- [11] 卢耀如. 中国喀斯特地貌的演化模式[J]. 地理研究,1986,(4): 25-34.
- [12] 刘淑珍,柴宗新,范建容. 中国土地荒漠化分类系统探讨[J]. 中国沙漠,2000,20(1): 35-40.
- [13] 屠玉麟. 论贵州喀斯特农业生态环境的特征[A]. 贵州省环境科学学会编. 贵州喀斯特环境研究[C]. 贵阳:贵州人民出版社,1988. 33-38.

- [14] 白占国,万国江. 贵州碳酸盐岩区域的侵蚀速率及其环境效应研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1998, (1), 1-7.
- [15] 王涛. 西部大开发中的沙漠化研究及其灾害防治[J]. 中国沙漠, 2000, 20(4): 345-349.
- [16] 京津渤区域环境综合研究组(万国江主编). 京津渤区域环境演化、开发和保护途径[M]. 北京: 科学出版社, 1989. 1-181.

Causes of Karst Desertification in Guizhou and Its Controlling Countermeasures

GAN Lu^{1,2}, WAN Guo-jiang¹, LIANG Xiao-bin¹, CHEN Gang-cai¹

(1. Key Lab of Environmental Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China; 2. Graduate School, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract: Karst desertification is a main eco-environmental problem in Guizhou karst area and it exerts serious disadvantage to the productivity of land. Karst desertification is the result of intercourse between the erosion of carbonate rock and human activities. This paper analyses the geological background of carbonate regional erosion in Guizhou and regards the characters of carbonate rock erosion, the landform, the ecological environment and the rule of movement on eroded soil as the natural base of karst desertification. The main types of excessive human activities and their reasons are discussed here, too. On the basis of these, some countermeasures of prevention and harness are proposed.

Key words: karst desertification; carbonate; soil erosion; prevention and harness; Guizhou