

有关喀斯特石漠化研究的一些认识*

王世杰

(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 贵阳 550002)

摘要:本文着重从地质和生态的角度,阐述喀斯特石漠化的形成特点和演化方式及其对综合治理的指导意义。对西南岩溶山地而言,土壤和植被是生态环境中最为敏感的自然环境要素,与非岩溶区相比,具有明显的脆弱特征。它们在干扰下发生迅速演替,诱发地表水文条件的改变,导致石漠化的形成。文中特别强调岩溶山区碳酸盐岩基底岩性的不同、生态环境类型与植被演替的方式和进程的多样性对于岩溶生态系统的影响作用。基于上述认识,对石漠化地区的土地利用方式和生态恢复过程以及可能发展的方向提出了一些建议和看法。

关键词:石漠化;形成背景;西南岩溶山区

中图分类号:S718 **文章标识码:**B

Review and Recognition of the Study on Karst Rock Desertification

Wang Shijie

(Guiyang Institute of Geochemistry, CAS Guizhou Guiyang 550002)

Abstract: From the geological and ecological point of view, the author discussed the formation and succession characteristics of Karst rock desertification. The soil and the vegetation are the most sensitive natural components for the southwest Karst mountain areas, thus showing a evidently fragile characteristics compared with the non - Karst areas. It was emphasized in this paper that the different types of carbonatite base rocks and the diverse ecological environments and succession models have an influence on the Karst eco - system. Based on the above recognition, the author proposed some suggestions and ideas for the ecological restoration of the Karst areas.

Key words: Rock Desertification; Formation; Restoration; Southwest Karst Areas

青藏高原隆升在其东北翼诱发的沙漠化和黄土区水土流失问题已引起广泛的关注,取得了大量的研究成果,形成了一些有效的治理方案。而在其东南翼中国西南喀斯特区所诱发的石漠化问题并未受到应有的重视。就其目前的扩展速度和规模,对于人类生存环境的危害程度和治理难度并不亚于前者。欣喜的是,2004年8月国家发改委下发的“关于

进一步做好西南石山地区石漠化综合治理工作指导意见的通知”(发改地区[2004]1529号),将石漠化治理提到了国家目标的高度。今后的工作将任重而道远。本文结合笔者在该领域多年的工作积累,讨论与喀斯特石漠化发生发展过程与治理有关的一些学术问题,以期引起更多研究者的关注和参与。

收稿日期:2005-09-20

项目基金:中科院知识创新项目(KZCX2-105)与国家自然科学基金(49833002和90202003)与和人才基金“西部之光”资助项目。

作者简介:王世杰,1966年生,研究员,岩溶环境学专业,电子邮件:sjwang@ms.gyig.ac.cn

1 喀斯特石漠化的等级划分

当前对石漠化概念已有清晰的认识,但大部分工作主要集中在石漠化现象描述和石漠化现状分布方面;尽管已认识到石漠化以强烈的人类活动为驱动力,但石漠化分类评价中并没有考虑到土地利用这一主要影响因子,也没有区分自然因素差异;有关石漠化的监测数据因人因机构有别,部分治理模式因为严重的地域局限性或经济不合理性,无法大面积推广。原因之一在于在实际工作中往往将石漠化等同于基岩裸露,而忽视了不同成因的石漠化景观类型的生态功能差别。据文献报道,目前关于石漠化强度与等级的划分存在5种方案:

(1)采用基岩裸露率+土被覆盖率,将石漠化强度等级划分为5个类型^[1]。

(2)将岩石裸露所占面积达70%以上的地带划分为石漠化地区^[2],裸露的碳酸盐岩面积小于50%的地区为无明显石漠化区^[3];

(3)从地表形态根据基岩裸露面积、土被面积、坡度、植被加土被面积、平均土厚将石漠化强度分为无明显石漠化、潜在石漠化、轻度石漠化、中度石漠化、强度石漠化、极强度石漠化,轻度以上石漠化面积占贵州全省土地面积的20.39%^[4];

(4)将岩石裸露面积大于土地总面积70%的土地划分为严重石漠化土地;岩石裸露面积占土地总面积的50%~70%的土地划分为中度石漠化土地;岩石裸露面积占土地总面积的30%~50%的土地划分为轻度石漠化土地^[5]。

(5)参照已有荒漠化分级标准和遥感信息特点,将区域出露的碳酸盐岩生态景观分为4个等级,即无石漠化(岩石裸露程度<30%)、轻度石漠化(岩石裸露程度30%~50%)、中度石漠化(岩石裸露程度50%~70%)和重度石漠化(岩石裸露程度>70%)^[6]。

上述多种石漠化等级划分方案缺乏充分的科学依据(将另文讨论划分指标的科学性),使得各地区的石漠化土地汇总面积并不具有可比性。在石漠化遥感解译中,一种是以石灰岩波谱特性和热性质参数为基础,直接从TM像元亮度(或灰度)数据中提取石漠化影像信息的方案;另一种是以植被波谱影像模型和图论为基础,通过对出露石灰岩区域集合

与植被覆盖区集合域的图形关系逻辑运算,间接提取出裸露石灰岩分布区域的整体图形信息(即边界线信息)的方案^[7]。这种遥感影像解译模式根据基岩裸露、土被、坡度、平均土厚等来划分石漠化程度,根据遥感影像特征来解译石漠化面积,得到不同石漠化程度的土地面积。在西南喀斯特石漠化综合规划与治理中,利用遥感影像进行石漠化现状调查是必不可少的一步。但这种结果往往忽视了不同成因类型的石漠化土地的生态功能的差异性,有可能使石漠化治理的工程布局出现失误。换句话说,利用遥感影像特征解译石漠化土地面积是不可避免的,但必须有进一步的补充措施,在下面我们将展开充分的论述。

2 石漠化的发生发展过程

石漠化的发生、发展过程实际上就是人为活动破坏生态平衡,导致地表覆盖度降低的土壤侵蚀过程。表现为:人为因素→林退、草毁→陡坡开荒→土壤侵蚀→耕地减少→石山、半石山裸露→土壤侵蚀→完全石漠化(石漠)的逆向发展模式^[8-10]。

2.1 地质背景

国际岩溶对比表明^[11],在世界上具有不同生态地质环境背景的喀斯特地区,喀斯特系统与人类活动相互作用的环境效应是极不相同的。例如欧洲中南部和北美东部的中生代碳酸盐岩,空隙度高达16%~44%,具有较好的持水性,新生代地壳抬升也较小,喀斯特双层结构带来的环境负效应和石漠化问题都不是很严重。而在中国西南喀斯特地区,特定的地质演化过程奠定了脆弱的环境背景。以挤压为主的中生代燕山构造运动使西南地区普遍发生褶皱作用,形成高低起伏的古老碳酸盐岩基岩面;以升降为主、叠加在此之上的新生代喜山构造运动塑造了现代陡峻而破碎的喀斯特高原地貌景观,由此产生较大的地表切割度和地形坡度,为水土流失提供了动力潜能;从震旦系到三叠系在该区沉积了巨厚的碳酸盐岩地层,为喀斯特石漠化的发生提供了物质基础,特别是纯碳酸盐岩的大面积出露,为石漠化的形成奠定了物质条件。

该区位于青藏高原的东南翼斜坡,处在太平洋季风和印度洋季风交汇影响的边缘地带,属中—南亚热带和北热带气候区,气候温暖湿润,雨量充沛,

光、热充足。湖北、湖南、贵州等大部分地区年平均气温在 15°C 以上,逐渐向南增高到 $20\sim 24^{\circ}\text{C}$ (广西和云南南部),大于 10°C 积温在 $5000\sim 8000^{\circ}\text{C}$ 左右。年平均日照时数一般为 $1200\sim 1600$ 小时,往南高达 $1800\sim 2000$ 小时。年日照百分率为 $25\%\sim 42\%$ 。绝大部分地区年降水量为 $1000\sim 1600\text{mm}$,最高达 $1800\sim 2000\text{mm}$,年均相对湿度为 $75\%\sim 80\%$;降水的 $70\%\sim 80\%$ 集中在每年的 $5\sim 8$ 月,形成水热同期的分布特点,为喀斯特地貌的强烈发育提供了必要的溶蚀条件。

新构造运动在该区塑造出不同的区域地貌类型,形成一系列不同层次的斜坡过渡界面,表现出明显的脆弱性^[12]:(1)地势高差大,内、外动力地质作用较强烈;易形成暴雨中心,系统内的水土资源易流失,成为径流的形成区、能量的耗失区、水土的贫乏区。(2)形成一系列的生态界面,山地森林、灌丛、农耕地间界限易于相互作用和转变,使过渡带多种能量和物质体系彼此间的相互依赖性和对干扰的敏感性增强。在GIS技术平台支持下具体分析贵州省石漠化与地貌分布的空间关系,发现这种现象相当明显。深切割高中山、峰丛洼地及峰丛中山的石漠化发生率在所有地貌类型中最高,皆为 30% 以上,在轻度、中度、强度石漠化发生率中这种现象也普遍存在;丘陵区 and 低山区石漠化发生率也高,但主要以轻度石漠化为主,强度石漠化很少;浅切割中山、盆地和峰丛低山石漠化发生率相对较低,以轻、中度为主。无论是总石漠化发生率还是轻度、中度、强度石漠化发生率,除丘陵区外石漠化发生率都随切割度增大而增大,而且在同一地貌单元中随相对高差的增大有增大的趋势。

2.2 岩溶生态系统的特征与退化

水、土壤和植被是岩溶环境中最为敏感的自然环境要素,与非岩溶区相比,具有明显的脆弱特征。它们在干扰下发生的迅速演替,诱发地表水文条件的改变,导致石漠化的形成。

2.2.1 土壤系统

晚三叠世中期以后,燕山运动使西南岩溶山区全面隆升成陆,从此结束了海相地层的发育历史。尽管存在河湖相沉积,但主体以强烈喀斯特化作用为主,广泛发育非地带性土壤——石灰土。据笔者对贵州地区土层的物质来源研究揭示,它们主要来自下覆碳酸盐岩的风化产物,甚至在喀斯特镶嵌地

貌景观中,上覆土层对下覆不同岩性的风化产物存在着明显的一一对应关系^[13-16]。由于喀斯特地区特有的双层地表形态结构,除土层自然侵蚀外的另一种“土壤丢失”现象在喀斯特山区地表土层的发育过程中扮演着重要的角色,碳酸盐岩风化产物或地表原有的风化壳物质容易转入近地表岩溶裂隙,或者通过落水洞将土壤流失于地下系统,从根本上制约了地表残余物质的长时间积累和风化壳的持续发展^[17],使区域土层长期处于负增长状态。土层厚度一般 $30\sim 50\text{cm}$,允许侵蚀量远小于非喀斯特区,因此,现行通用的土壤侵蚀强度分级标准在岩溶山地的适用性值得进一步斟酌。通过对贵州不同土壤类型中石漠化发生率的对比发现(笔者未发表资料),石灰土和石质土无论是总石漠化发生率还是各种程度石漠化发生率都是所有土壤类型中最高的,尤其是石质土的石漠化发生率远远高于其它类型,说明该区土壤的发生特点是导致石漠化形成的主要自然因素。

岩溶区分布最广的两类岩石是石灰岩和白云岩。它们在岩溶发育形态、岩石裂隙发育程度、持水性、风化产物在地表的堆积和丢失方式等方面都存在着差异^[17]。灰岩区土粒易聚集在岩体的裂隙和地下空隙系统中,基岩裸露率高,导致表层岩溶带的厚度较大,泉水以裂隙流方式存在,空间上水、土的分布表现出极其不均匀性,因此,在一些水分和裂隙土层较厚的地方有利于根系延伸较深的高大乔木等的生长。白云岩中溶蚀残余物质能相对均匀的分布于地表,基岩裸露率低,表层岩溶带发育而厚度较小,泉水以基质流的方式存在,但流量小,空间上水、土的分布表现出均匀性,但厚度小,有利于根系短的藤木与草被等的生长。贵州省石漠化与岩性分布的空间叠加分析表明,灰岩区的石漠化发生率明显高于白云岩区,岩性基底对石漠化的发生与发育存在着较为密切的联系^[18]。

2.2.2 植被系统

石漠化发生发展的一个主要特征是植被的退化演替,即景观格局的演变。演变过程主要受两方面的因素制约。一是喀斯特山区生境对植物具有强烈的选择性,一般具石生性、旱生性和喜钙性,生产力低下、生长缓慢、种群结构简单,其种类多具旱生结构和耐瘠抗旱的生态特性,反映环境的严酷与脆弱。二是与土地利用方式密切相关,如湘西地区植被的

演替表现为:森林→毁林开荒→耕地→丢荒→裸露荒山→自然演替→草地灌丛→自然演替→灌木林→采樵→灌丛草地→采樵→草地或石漠^[19]。重庆石灰岩植被经历着灌丛草坡→火烧或割草→耕地→撂荒→草坡这样一个反复不已的过程。贵州境内陡坡垦荒现象严重,使山地景观沿着“森林或灌丛→耕地→裸岩”的方向演变;局部放牧地区,超载放牧问题突出,使山地景观沿着“草丛或草灌景观→土地退化景观(如草被的覆盖度、高度降低等)→土地‘石漠化’景观”深化。广西喀斯特区石灰岩季节性雨林、常绿落叶阔叶混交林→砍伐破坏→次生季雨林、落叶阔叶林→反复破坏→藤刺灌丛→火烧→草坡^[20]。

喀斯特森林是一种很典型的地形-土壤演替顶极,其属性取决于坡度、坡位、坡向、土层厚度、土壤水分等限制因子^[21]。一旦破坏,如果附近没有种源存在,要想依靠土壤种子库中的种子来恢复森林植被是很困难的,只能恢复草坡或早期灌丛植被^[22]。贵州大多数草丛植被,是次生植物群落,它只是次生演替系列的一个阶段,多数可以恢复为原生植物群落。但在岩溶峰林和石漠化山地、陡坡及深切的河谷地区,森林破坏以后,由于受土层薄和干旱的影响,林业立地条件不复存在,只能形成次生的草丛植被或灌丛,不能恢复成林;贵州西北部海拔2200m的高原面和中部、东部海拔1700m以上的中山顶部、森林破坏以后,由于气候恶劣,人工造林难以成功,只能发育成山地草甸或灌木林^[23]。在以上两种情形下,次生植物群落停留在草丛阶段或灌木林阶段形成稳定的地形或土壤顶极群落,不再向森林植被演替。因此,不同生境内植被恢复程度与恢复时间受石漠化程度等多种自然因素的影响。

2.2.3 地表水文系统

西南地区陆壳间歇性隆升、刚性的碳酸盐岩的变形和裂隙发育以及碳酸盐岩本身的溶解性质,使得喀斯特地区地表水文网出现一系列特殊的变化,水循环形成一种特殊的格局:大气降水很难在地表存留,经陡坡、岩石裂隙和落水洞转入地下暗河;或者流动在深切的峡谷之中,形成“土在上水在下”的分离格局,难以被植被利用。这种水文格局一方面易使地表生境干旱缺水;另一方面,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造成局部涝灾,所以贵州素有“10天不下雨即干旱,一场大雨又成灾”的说法。这实质上是喀斯

特山区环境承灾的阈值弹性小、生态环境脆弱的反映。

石漠化地区,因植被稀疏、岩石裸露,涵养水源的功能衰减,同时石漠化多发生在地表起伏较大的地貌单元内,水土分离的程度更加严重,是石漠化治理的“瓶颈”。有研究表明,山盆期地貌保存完好的地区,有利于森林的生长与恢复,而乌江期地貌叠加发育的地区,则不利于森林的生长^[24]。从而说明并非喀斯特石漠化地区一经封山便可恢复森林,辅以一定的水资源工程是必需的。

2.2.4 类型多样性

以山地为主体的西南喀斯特地区,区域自然背景差异悬殊,各区域生态系统在结构、功能及边界特征上有着较明显的差别,立体性和多样性特征非常显著,但目前关于岩溶生态系统内岩石-土壤-植被-大气系统的基本过程与石漠化发生与发展的景观空间动力学模型方面的研究较为薄弱。笔者对贵州茂兰岩溶森林区和花江峡谷区两种典型岩溶生态系统——岩溶原生森林系统与石漠化生态系统的自然特征初步研究表明,地貌、气候、可供利用的水资源和人类活动是制约两种系统植被群落演化的关键因素。茂兰岩溶森林区表现为森林滞留水与岩溶水所组成的水文地质二元结构,对地表径流的调蓄能力强,自然土壤侵蚀程度低,植被群落具原生性,小生境复杂多样。花江峡谷区地下水埋藏深,人类活动强度大,生境干热特征显著,形成成因多样化的斑块空间分布格局。裸岩斑块、林地斑块、灌丛斑块的空间分布与地形坡度、地貌部位无直接联系,尤其是裸岩往往分布于坡度较小的坡面。稀疏的植被覆盖率和强烈的土壤侵蚀改变了原有生态水文过程,形成快速垂直入渗无调蓄排泄型的表层岩溶带,植被群落处于逆向演替。

2.3 人类活动

2.3.1 土地承载力低

西南岩溶山区人类生存的基本条件——可利用的耕地,单位面积比重小,质量差,物质生产量不高,生产能力也比非喀斯特区小,能供养的人口也较低。据峰丛洼地石山土地类型测算,单位面积上可耕地仅0.2~0.3,难利用的石质山地达0.5以上,人口密度应为52~100人/km²,峰丛槽谷、小溶盆如六枝、水城容量为100~150人/km²,黔中丘原可达150~200人/km²^[25]。但目前贵州喀斯特山区的人口密

度则远远大于其理论人口容量,大多数地区超载至少1~2倍。高负荷的人口压力,叠加在脆弱的喀斯特环境之上,使喀斯特区域生态系统遭到严重破坏^[7]。

2.3.2 社会经济文化背景

地形崎岖、交通与通讯不便、经济落后、地区封闭等客观因素使该区民众的思想意识深深地带上贫困文化的烙印,自觉或不自觉地对破坏环境和掠夺自然资源为代价,来维持不断增长的人口需要,如贵州农村平均每年消耗薪柴达1946.3万t,其中合理樵取的仅占20.6%,其余皆为过量樵取^[26]。同时,这些地区经常诱发森林火灾。据统计,仅黔南州1977~1981年由于烧灰积肥、烧荒开垦等生产性火源引起的火灾占80.5%,部分火灾严重的县,森林火灾烧毁面积远远超过造林面积,使岩溶山区的生态系统遭到严重破坏,导致生态破坏与贫困恶性循环,最终使居住条件越来越恶化,耕地更加分散、贫瘠。但不可否认的是,历史和政策的失误对于喀斯特石漠化问题的严重性负有不可推卸的责任。历史上贵州先后遭到四次较大规模的生态破坏:第一次是20年代到40年代的战争时期;第二次是50年代末,“大炼钢铁”高潮使大片原始林、次生林毁于一旦;第三次是在“文革”期间“以粮为纲”,大搞开山造田,大肆砍伐林木;第四次就是70年代末至80年代初,由于农村经济体制变动,有关配套措施没有及时跟上,又使林木遭到严重破坏。近几年进行的“村村通公路”工程,由于资金不足和技术监督管理不到位等原因,基本上没有采取防止水土流失的措施,致使这成百上千条乡间公路成为造成水土流失和加剧石漠化灾害的根源。在修建大型的基本建设项目时,一些建设单位为了取材方便,没有对石山环境保护多加考虑,随意开采,也使石山地区的环境破坏严重。

3 石漠化土地的成因类型

直接对喀斯特生态系统的不合理人为干扰方式包括毁林开垦、陡坡垦殖、过度樵采、烧灰积肥、荒坡放牧、采矿和建设工程,按土地类型可分森林退化、草地退化、耕地退化后形成的石漠化土地和工矿型石漠化土地。据调查,在1983年至1994年的11年间,贵州省矿业荒漠化土地从450km²增至1290km²,约占全省国土面积的0.73%。喀斯特地区的石

材开采活动,主要形式有石料开采、采石场、公路建设、建房原料等。这些石料的大量需求造成较多的石材开采迹地、引起水土流失和景观环境质量下降等生态环境恶化问题,尤其是引起了新的石漠化问题,严重影响了区域生态环境质量。土法炼焦和铅锌等导致的大气污染,往往导致周围地区寸草不生,喀斯特地区人工水库水位变化大,尤其是主要干流的梯级水电开发,强烈的冲刷作用,在消落带也形成大片基岩裸露。

火烧干扰在喀斯特地区极为普遍,当地居民素有“刀耕火种”习惯,将喀斯特森林火烧后种植作物,若干年后弃之,重新火烧其它森林,这种“游耕”式作业方式和反复的火烧使喀斯特地区的森林植被遭到严重破坏。开垦弃耕干扰类型通常靠近村寨,分布于土体较连续、土壤较多的地段。耕种数年后弃荒,土壤中无性繁殖体缺乏,植被的自然恢复主要靠阳性先锋树种的飞籽侵入。放牧干扰类型分布于村寨周围,主要是放牧和割牧草产生的干扰,为了便于放牧和割牧草,通常将土壤中的无性繁殖体挖出,大大减少了无性繁殖体的数量。樵采干扰是分布最广的类型,樵采的主要对象是灌木丛和灌乔过渡阶段的林分,长期的樵采,虽然对主林层影响较小,但由于对灌木层和更新层影响强烈,将导致主林层种群结构发生变化^[27,28]。

根据已有的林学研究成果,表明处于不同生态退化程度的植被自然恢复特征存在着明显的差异(表1)^[27,28]。不同成因类型的石漠化土地植被自然恢复潜力是不一样的,石漠化土地成因类型与恢复治理模式密切相关。在坡度大于35°、土层浅薄、植物繁殖体丰富、属零星土体和石漠化立地类型的急坡耕地上,退耕后自然植被容易恢复,可采用人工促进天然更新模式;在坡度大于35°、植物繁殖体不足、属土体连续和半连续立地类型的急坡地段,宜采用人工促进的植被恢复模式;在坡度为25°~35°、土层较深厚、属于半连续土体立地类型的陡坡耕地上,如当地人均耕地面积较多,采用先林后退模式;在坡度为25°~35°、土层较深厚、属于连续土体立地类型的陡坡耕地上,如当地人均耕地面积较少,宜采用林农复合经营措施模式。喀斯特石材开采作为一种“人为石漠化”,但石材开采区往往相对集中连片的面积不大,在开采迹地复垦造林时,宜进行复垦造林小区设计。设计时,应调查采石场弃石、弃土、弃渣以及

开采层面等状况,根据实施工程的难易程度、投入成本大小、水土条件、气候条件、造林植物生物生态习性、农户或业主或土地权属者能力和积极性等条件

和要求,分地段进行不同治理模式的小区复垦造林设计。

表1 不同封育类型植被自然恢复特征

封育类型	植被自然恢复特征			
	障碍因子	可能性	潜力	速度
稀疏灌丛型	生境条件	中	较大	较慢
灌丛型	生境条件	较大	大	较快
低价值乔林型	人为干扰	大	大	快
弃耕迹地型	繁殖体缺乏	较大	大	较快
采矿废弃地型	繁殖体缺乏生境干旱	中	中	较慢

综上所述,不同的土地利用方式对不同土地利用类型的干扰效应和干扰过程是不一样的,导致喀斯特森林退化过程、退化程度、退化群落特征有异,最终表现在恢复方式和恢复难度的差异上,目前这方面的研究相对不足。在进行石漠化野外调查时,我们也发现不同等级的石漠化,特别是强度石漠化土地,既可出现在坡度较大的区域,也可分布在坡度较小的坡脚,反映出它们的成因和治理恢复措施的差别。因此,在石漠化土地现状调查时有必要考虑石漠化土地的成因类型,这有利于后续的石漠化治理工程的有效开展。

4 讨论与问题的展望

石漠化不是纯自然过程,而是与自然社会经济紧密相关,以人类活动为主导因素而引起的环境恶化、土地退化过程。只有实现环境改造、经济发展和社会进步三者的协调发展,即只有生态意识、生态工程、生态经济三者充分结合,提高一个地区或流域整体的经济实力,石漠化等环境问题才能得到真正的全面解决。让退化土地自然恢复的思路已不切实际,必须通过投入对退化土地进行生态重建。目前石漠化综合治理工作已在一些地区展开,取得了一些宝贵的经验,主要有:1)典型岩溶峰丛山区:以表层岩溶带调蓄功能重建为突破口,形成有一定调节能力的微型水利工程系统,辅以技术工程(水柜等)、生物工程(沼气等),改善居民基本生存条件;通过土

地利用结构调整,名优特产推广,发展壮大经济基础。成功的实例有广西马山县古零乡弄拉(生态恢复、表层岩溶带泉的恢复、名特中草药);贵州罗甸县大关(地头水柜、土地整理、生态恢复)。2)溶蚀丘陵区:以建立水资源综合利用工程为主,通过土地利用调整,建立合理生态模式,走综合发展之路。成功实例有湖南龙山县洛塔、贵州毕节地区、湖南永州大庆坪;3)峰林平原区:通过区域水资源调蓄和有效利用,结合土壤改良和农业结构调整,优化水土资源配置,建立高产稳产粮食和经济作物生产基地。成功实例如广西来宾小平阳;4)深切峡谷区:可采用蓄、提、引方式,综合利用岩溶水资源;通过坡田改梯田,封山育林,修建防洪排水渠及水保墙等措施,实施水—土—生态综合治理。成功实例如贞丰北盘江镇的顶坛片区,基本技术模式可概括为“优质高效经济林(经济作物)+林产品粗加工+庭院经济+小水窖”,称顶坛模式。尽管目前在典型石漠化地区的治理方面取得了一些效果,但也出现了一些新的问题。如有的石山封山后几年可恢复植被,而有的石漠化地区久封仍不能恢复;有的石山地区引种某种经济作物第一年丰收后第二年即退化、或蔓延开来抑制其它作物生长,不仅影响林业,也影响牧业。

生态建设作为西部大开发的重中之重,必须以基础科学研究为先导,喀斯特石漠化治理的前提是开展土地石漠化成因机制的研究,只有得到喀斯特石漠化成因理论的有力支撑,才能有效地避免大规模

模生态重建的盲目性,并降低其风险性。鉴于石漠化研究涉及自然、社会和经济多学科的问题,在目前阶段,笔者认为应主要关注以下五个方面的问题:1)不同成因类型石漠化景观的生态示范区建设;2)石漠化在不同时空尺度下的驱动机制,特别是人类驱动力。确定自然因素和人文作用对石漠化过程负面影响以及各自的贡献率;3)石漠化基础信息系统、灾害监测预警系统、灾害评价与辅助决策系统的研究;4)石漠化的水文生态过程与植被恢复重建机理;5)石漠化综合防治战略与模式。顺序渐进,才能较好地全面理解西南岩溶山区出现的石漠化问题。

参 考 文 献

- [1] 兰安军,张百平,熊康宁等. 黔西南脆弱喀斯特生态环境空间格局分析. 地理研究,2003,22(6):733~741
- [2] 王瑞江,姚长洪,蒋忠诚等. 贵州六盘水石漠化的特点、成因与防治. 中国岩溶,2001,20(3):211~216
- [3] 吕涛. 3S技术在贵州喀斯特山区土地石漠化现状调查中的应用. 中国水土保持,2002,6:26~27
- [4] 熊康宁,黎平,周忠发等. 喀斯特石漠化的遥感-GIS典型研究-以贵州省为例. 北京:地质出版社,2002
- [5] 王宇,张贵. 滇东岩溶石山地区石漠化特征及成因[J]. 地球科学进展,2003,18(6):933~938
- [6] 童立强. 西南岩溶石山地区石漠化信息自动提取技术研究. 国土资源遥感,2003,4:36~38
- [7] 吴虹,陈三明,李锦文. 都安石漠化趋势遥感分析与预测. 国土资源遥感,2002,2:16~19,28
- [8] 王世杰. 喀斯特石漠化概念演绎及其科学内涵的探讨. 中国岩溶,2002,21(2):101~105
- [9] 王世杰. 喀斯特石漠化——中国西南最严重的生态地质问题. 矿物岩石地球化学通报,2003,22(2):120~126
- [10] 王世杰,张殿发. 贵州反贫困系统工程. 贵阳:贵州人民出版社,2003
- [11] 袁道先. 全球岩溶生态系统对比:科学目标和执行计划. 地球科学进展,2001,16(4):461~466
- [12] 李阳兵,谢德体,魏朝富等. 西南岩溶山地生态脆弱性研究[J]. 中国岩溶,2002,21(1):25~29
- [13] 王世杰,季宏兵,欧阳自远等. 碳酸盐岩风化成土作用初步研究. 中国科学(D辑),1999,29(5):441~449
- [14] 王世杰,孙承兴,周德全等. 贵州高原岩溶台地红色风化壳的物源辨析. 第四纪研究,2002,22(6):107
- [15] 孙承兴,王世杰,周德全等. 碳酸盐岩酸不溶物作为贵州岩溶区红色风化壳主要物源的证据. 矿物学报,2002,22(3):235~242
- [16] 刘秀明,王世杰,冯志刚等. 贵州岩溶区镶嵌景观上覆土层的粒度分布特征及其指示意义. 中国岩溶,2002,21(4):245~251
- [17] 孙承兴,王世杰,周德全等. 碳酸盐岩差异性风化成土特征及其对石漠化形成的影响. 矿物学报,22(4):308~314
- [18] 李瑞玲,王世杰,周德全等. 贵州岩溶地区岩性与土地石漠化的空间相关分析. 地理学报,2003,58(2):314~320
- [19] 周游游,霍建光,刘德深. 岩溶化山地土地退化的等级划分与植被恢复初步研究. 中国岩溶,2000,19(3):268~273
- [20] 苏维词,周济祚. 贵州喀斯特山地的“石漠化”及防治对策. 长江流域资源与环境,1995,2:177~182
- [21] 屠玉麟. 贵州喀斯特森林的初步研究. 中国岩溶,1989,8(4):282~290
- [22] 刘济明. 黔中喀斯特植被土壤种子库的初步研究. 见朱守谦主编,喀斯特森林生态研究(II). 贵阳:贵州科技出版社,1997. 128~136
- [23] 苏大学,黄焕深,廖国藩等. 贵州草地. 贵阳:贵州人民出版社,1987:22~27
- [24] 姚智,张朴,刘爱明. 喀斯特区域地貌与原始森林关系的讨论-以贵州荔波茂兰、望谟麻山为例. 贵州地质,2002,19(2):99~102
- [25] 杨汉奎. 喀斯特环境质量变异. 贵阳:贵州科技出版社,1994. 24, 85~86
- [26] 屠玉麟. 贵州岩溶地区森林资源现状及原因分析. 见中国地质学会岩溶地质专业委员会编,人类活动与环境. 北京:北京科学技术出版社,1994. 40~46
- [27] 喻理飞,朱守谦,叶镜中. 人为干扰与喀斯特森林群落退化及评价研究. 应用生态学报,2002,13(5):529~532
- [28] 祝小科,朱守谦,刘济明. 乌江流域喀斯特石质山地植被自然恢复配套技术. 贵州林业科技,1998,26(4):7~14,36