

喀斯特石漠化研究现状、问题分析与基本构架

李阳兵¹, 谭秋², 王世杰²

(1. 贵州师范大学地理与生物科学学院, 550001; 2. 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, 550002; 贵阳)

摘要 评述 20 世纪 90 年代以来西南岩溶山地石漠化研究的进展、存在的薄弱环节, 在此基础上, 探讨喀斯特石漠化的内涵, 指出石漠化具有成因与分布的地域差异性与人为驱动性、石漠化过程的景观分异与尺度性、石漠化土地生态恢复基准的差异性的特点; 进一步认为, 石漠化研究应以地球系统科学和生态经济学理论为指导, 以人地关系为主线, 注重生态系统各圈层耦合和研究尺度转换, 从石漠化成因机制研究转向恢复机制研究, 重视石漠化土地生态格局与生态过程相互作用, 开展生态区(流域)生态经济综合研究。

关键词 岩溶山地; 石漠化; 研究现状; 基本构架

Current status, problems analysis and basic framework of karst rocky desertification research

Li Yangbing¹, Tan Qiu², Wang Shijie²

(1. School of Geography and Biology Sciences, Guizhou Normal University, 550001;

2. National key laboratory of environmental geochemistry, geochemistry institute of Chinese Academy of Science, 550002; Guiyang, China)

Abstract The rocky desertification is becoming one of the most serious menaces in the eco-environmental vulnerable karst mountain areas of southwest China during economic development in new century. Much progress had been made in theories, means, techniques, successful experiences and measures of policy and management of ecological reconstruction and sustainable development in karst mountain areas since 1990, therefore, the progresses and weakness points of karst rocky theory are summarized. Based on the above researches, the connotation of karst rocky desertification is discussed and it is suggested that the concept of rocky desertification includes three characteristics, which are that regional differences of formation and distribution and man-made driving, the landscape spatial heterogeneity and scale of rocky desertification, the regional difference of rehabilitation benchmark. Last, some conclusions for further studies are demonstrated. Rocky desertification research should be under the guidance of earth system science and ecological economy theories, sticking to the man-land relation, and research should pay attention to the coupling actions of eco-system structures and the conversion of research scale, and to the restoration mechanism other than the genesis mechanism of rocky desertification, attach importance to the reciprocity between land ecological pattern and ecological process, carry out ecological economics comprehensive research of eco-region (watershed).

Key words karst mountainous areas; rocky desertification; research status; conceptual framework

“荒漠化系指包括气候变化和人类活动在内的各种因素作用下, 干旱、半干旱和亚湿润干旱区的土地退化”^[1]。青藏高原隆升在其东北翼诱发的沙漠

化, 以及黄土区水土流失问题已引起广泛的关注, 取得了大量的研究和治理成果; 而在其东南翼西南喀斯特区所诱发的地质生态灾害——石漠化问题, 也

收稿日期: 2005-03-07 修回日期: 2005-05-30

项目名称: 国家自然科学基金项目“洞穴次生化学沉积物环境替代指标形成的地球化学动力学”(90202003); 黔教科办“岩溶退化生态系统景观异质性对土壤水分的影响与控制”(2004)07

第一作者简介: 李阳兵(1968—), 男, 博士后, 副教授, 主要研究方向: 土地资源与生态环境治理。li-yapin@sohu.com

受到越来越多的重视。就石漠化目前的扩展速度和规模,对于人类生存环境的危害程度,并不亚于沙漠化和水土流失的危害,其治理任务更为艰巨。西南岩溶地区是长江与珠江上游的生态屏障之一^[2],滇、黔、桂 3 省区是中国西南岩溶区石漠化的重点区,石漠化面积约 6.79 万 km²,占 3 省区总面积的 18.1%,并且石漠化仍在进一步加剧^[3]。笔者在总结喀斯特石漠化及其生态恢复与治理的研究与实践的基础上,依据恢复生态学、生态水文学和景观生态学的有关理论,拟探讨喀斯特石漠化的生态恢复问题,以期引起学术界更多研究者的关注和参与讨论。

1 石漠化研究概述

1.1 石漠化一词的由来

亚热带湿润气候带的石灰岩等碳酸盐岩类分布区,造壤能力低,并在长期的岩溶化作用下产生了地表及地下双层空间结构,大气降水常通过地表岩溶裂隙、漏斗、落水洞、洼地等,快速、直接渗入地下岩溶空间,导致地表保蓄水的能力很差。植被、土壤分布具较大的局限性和离散性,在石缝、溶沟、溶槽中心,有不同厚薄的土层存在。在凸起部分多裸岩分布,形成半裸露型岩溶地貌,这是亚热带湿热环境下喀斯特地区特有的土地类型。在水蚀化学风化作用、流水侵蚀冲刷物理风化作用及对土壤的经营管理不当,使原本不连续的土被进一步流失,造成大片岩溶化基岩裸露,土地严重退化地段呈现出干旱状态,其荒凉贫瘠程度与干旱气候带的荒漠相近似;因此,这种土地退化属荒漠化范畴,是这一地区最主要的环境问题。

对西南岩溶山地土地退化的认识,经历了以水土流失为主→石漠化→喀斯特石漠化这样一个不断提高的过程,“石山荒漠化”“石质荒漠化”“喀斯特石漠化”等概念,从各自的角度提出了石漠化的定义及其科学内涵。杨汉奎采用喀斯特荒漠化(Karst desertification)概念^[4],袁道先采用石漠化(rock desertification)概念^[5],王世杰采用喀斯特石漠化(Karst rocky desertification)概念^[6],都用来表征植被、土壤覆盖的喀斯特地区转变为岩石裸露的喀斯特景观的过程,并指出石漠化是中国南方亚热带喀斯特地区严峻的生态问题,导致了喀斯特风化残积层土迅速贫瘠化,是我国 4 大地质生态灾难中最难整治、最难摆脱贫困的地区。

1.2 石漠化的内涵

石漠化灾害概念^[7-8]于 20 世纪 80 年代初期提

出,当时有少量文献提及此类问题,但直到 90 年代,才正式发表在学术刊物上,出现了以石漠化为核心问题的研究论文。通过 CNKI 期刊网“篇名/关键词/摘要”检索(1994-01-01—2004-11-06)到 256 篇,其中:探索石漠化的概念及成因的论文 63 篇;研究石漠化治理模式的 140 篇;引用石漠化概念的论文 43 篇。

西南喀斯特区的石漠化,从时间上来看,应发生在人类活动较强的历史时期。从空间上来看,发生在亚热带喀斯特地区。从起因上看,在潜在的自然因素基础上,应当主要由人类活动(如过度的农垦、放牧、樵采)所致。石漠化土地的分布和强度,与区域的碳酸盐岩和人类活动关系密切,特别是在人类活动的积极或消极影响下,石漠化土地会呈现出发展或逆转的趋势。从景观上看,这一过程是渐变的,植被退化、土壤退化、地表状况恶化作为石漠化过程的景观标志和发展程度指标。从结果上看,土地生物产量急剧降低,基岩大面积裸露具类似荒漠景观;喀斯特型旱涝灾害频繁,是石漠化环境效应的重要表现形式,石漠化是土壤侵蚀的结果,是土地退化的顶级形式,已到了无土可流的发展阶段。从本质上看,石漠化是一种不健康的土地利用生态系统,石漠化扩展意味着生存环境的丧失,人既是石漠化的导致者,也是石漠化的受害者。因此,仅注重地表形态的变化,忽略了石漠化地区人地矛盾冲突和背后的复杂机制,难以阐明石漠化的本质,难以对石漠化的治理工作产生实质性的指导作用。

石漠化是专指湿润的喀斯特(岩溶)地区的一种土地退化现象和过程,即在湿润的亚热带气候条件下,受岩溶作用和人类不合理活动(如陡坡垦荒等)驱动,喀斯特某些地段的地表土层流失殆尽、基岩裸露,土地生产力严重下降,地表缺水缺土少林草,出现类似荒漠化的景观现象与过程。石漠化既是岩溶地区的一种土地退化过程,又是一种现象和结果。石漠化土地发生扩展的本质原因,是未能在沉重的人口压力和脆弱生态环境之间,找到一种恰当的土地利用方式。石漠化的研究,应主要侧重在人地关系及其相互作用等方面。

1.3 石漠化的特点

1.3.1 成因与分布的地域差异性与人为驱动性
土地石漠化是人类不合理经济活动叠加于脆弱生态地质背景上的综合作用结果,石漠化的形成,有自然的因素,更多的则是人为作用。脆弱的喀斯特生态地质环境背景,对土地石漠化具有明显的控制作

用^[9]。如喀斯特石漠化多分布在构造强烈活动区, 石漠化分布及发育程度与碳酸盐岩石类型具有明显的相关性。岩石化学成分、结构、构造控制了土壤的形成条件, 岩溶水文地质条件控制了水资源的空间分布, 地形、地貌控制了水土流失的水动力条件^[10-12], 这些因素综合起来, 促成了岩溶生态系统的基底脆弱性, 其组合差异决定了石漠化发生的难易程度差异。喀斯特地区基岩的大范围裸露, 主要受碳酸盐岩风化成土方式、土壤丢失和岩溶发育阶段控制, 石漠化的形成有其深刻的自然背景(表 1)。

表 1 不同程度石漠化地质背景条件的组合

Tab. 1 The geological background combination of different rocky desertification extents

因素	重-中度石漠化	轻度-潜在石漠化
岩性	连续性石灰岩	白云岩、白云质灰岩
地形	河谷斜坡	高原面、河谷分水岭、缓斜坡
地貌	峰丛洼地	溶丘谷、盆、缓丘坡地、垄岗槽谷、丘陵谷地等
土壤	石质土、石灰土、黄棕壤	主要为石灰土、黄壤
水文地质	地下河发育、水位深埋	地下河不发育, 含水层含水较均匀, 地下水埋藏较浅

李瑞玲认为, 由地貌类型决定的重力势能和降水提供的水动力条件, 是石漠化形成的主要原动力, 人类活动起了加剧和扩大这种动力条件的作用^[13]。

王明章认为, 贵州石漠化的形成除与人类工程活动有关外, 更重要的是受地质条件的控制, 贵州省石漠化就是基于地质地貌背景条件的组合, 并在人为工程活动激发下的产物^[14]。通过对贵州麻山地区、北盘江峡谷区、安顺地区石漠化现状的调查, 从碳酸盐类岩石组合、沉积相、水文地质和地貌条件分析, 张竹如等^[15]认为: 厚层、质纯的碳酸盐类岩石连续沉积累计厚度大的地区, 易发生石漠化, 是其形成的物质基础; 在贵州高原向北、东、南 3 面倾斜的斜坡上, “乌江期”地貌发育形成的峰丛峡谷、峰丛洼地中, 内外自然营力作用是石漠发展的主要因素; 在河流溯源侵蚀尚未进入的分水岭上, 残丘溶原、峰林盆地中, 为岩溶生态良好区, 但因不合理的人为开发, 诱发了石漠化。

图 1 比较全面地反映出石漠化的成因存在着区域差异性。随岩溶地貌从宽缓分水岭向深切峡谷的过渡, 地下水埋藏由浅到深, 土被由厚到薄、由连续到不连续, 植被由地带性到非地带性, 旱地耕地比例由小到大, 生态脆弱性由低到高, 生态恶劣程度不断增加。在宽缓分水岭, 岩溶生态环境良好, 石漠化完全是由于不合理的人为活动诱发的; 在深切峡谷区, 生态脆弱度高, 生态环境恶劣, 对人为活动的生态环境效应具有放大作用, 该区的石漠化是以自然营力为主, 辅以不合理的人为活动诱发的。贵州从 20 世纪 80 年代末到 90 年代末, 石漠化严重加剧的县市

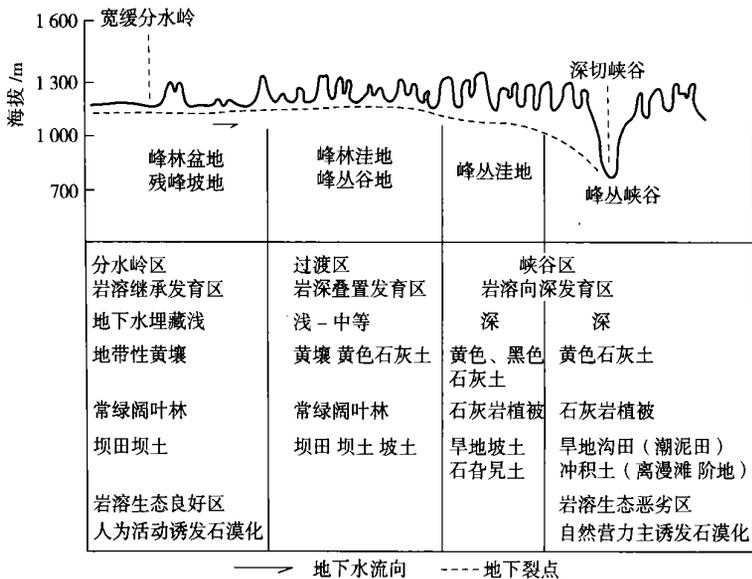


图 1 贵州中部岩溶地貌类型更替与土地利用示意图
(据杨明德图(1989)修改)

Fig. 1 The replacement of karst physiognomy types and the land use in the middle part of Guizhou province (amending from Yang Ming-de Professor)

主要分布在黔西和黔中地区, 这些地区, 从社会经济的角度, 多属于经济落后的贫困地区或采矿等人为活动强烈的地区, 但所处的区域地貌背景并不完全相同, 证明了石漠化成因的区域差异性; 因此, 分析石漠化土地的区域地学背景, 对宏观上制定石漠化土地的生态建设格局, 无疑是有参考意义的。

1.3.2 石漠化过程的景观分异与尺度性 碳酸盐岩提供的特定地质背景、特定地貌类型及其空间组合格局, 使得碳酸盐岩上覆土壤的连续分布与岩性地貌的发展具有密切的关系。岩溶山区土壤在较大取样面积呈集群分布, 受控于裂隙的空间展布和地貌部位; 在较小取样面积尺度呈均匀分布和随机分布^[19], 分布于石沟、石缝等肥沃生境。降水资源的再分配及与此相应的土壤资源再分配(通过侵蚀和沉积), 是土壤斑块异质性形成最为主要的影响因素, 同时裸露岩面藻类-苔藓结皮与景观内的微地形变化相结合, 显著地改变了小尺度范围内水文循环和土壤侵蚀过程, 加速了景观中一个个土壤资源斑块的形成, 促进了景观异质性的发展。土壤异质性不仅改变了土壤物质的局部分配, 同时造成景观格局与过程的变化。

岩溶生态系统的上述特征, 导致了石漠化过程中的景观格局分异。在岩溶生态系统中, 存在着“岩溶作用→生境的异质化→土壤空间分布的异质性→植被的异质化→土壤有机质的异质化→土壤中某些元素的异质化”这样一个反馈与响应过程。植物对石面、石沟生境的利用率, 随石漠化的发展而减少, 对土面生境利用率相对增加, 体现了相同小生境随石漠化发展恶劣程度增加的趋势及在不同环境下的生态特性差异^[17]。石漠化形成的主要特征是岩石裸露率的提高, 然而野外观测表明, 景观格局与石漠化过程密切相关, 岩溶生态系统石漠化过程更大程度上决定于斑块类型的分布部位、破碎度与连接度等, 而不仅仅是裸岩与植被面积的绝对数量比例, 较高岩石裸露率情况下, 不同小生境的组合类型并不相同, 相应的生境严酷程度也不相同, 导致石漠化地段植被恢复的困难程度亦异, 很值得进一步研究。

石漠化的发展与演化, 深受空间尺度的影响, 不同尺度石漠化过程影响主导因素是变化的, 不同空间尺度的石漠化过程及其环境效应和发展趋势也有所差异。景观格局分析不仅强调面积, 而且还考虑所研究石漠化土地的空间分布特征(格局)、景观组成特点与石漠化过程的关系和对石漠化的影响, 所以, 在石漠化程度判定和石漠化特征的研究中, 景观

格局是一个不可忽视的问题。目前, 由于石漠化研究中景观格局分析很少, 所以, 还不能在石漠化程度判定中, 建立起一个数量化的格局权重判定指标; 但是, 随着在石漠化研究中对景观格局的重视和深入系统的研究, 将对石漠化特征的确定和石漠化指标体系的研究, 产生深远的影响, 为建立更为完整的石漠化评价指标体系, 提供理论依据。

1.3.3 石漠化土地生态恢复基准的差异性 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^[18]。人工植树造林受成本、水分及管理条件限制, 长期以来, 对岩溶区整体生态环境的贡献率有限, 故民间有“年年造林不见林”之说, 关键是水分和土壤条件不配套^[19]。在贵州石灰生境中, 灌丛是分布最广的植被类型^[20], 它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, 只能形成次生的草丛植被或灌丛, 不能恢复成乔木林; 贵州西北部海拔 2 200 m 的高原面和中部、东部海拔 1 700 m 以上的中山顶部, 在森林破坏以后, 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^[21]。在以上 2 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。云南石漠化土地在微地貌及景观方面有地区性特征^[22]。广西喀斯特区经历着“石灰岩季节性雨林、常绿阔叶混交林→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”的演替过程^[23]。重庆地区石灰岩植物以草本占优势^[24], 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。

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。西南岩溶山地系统, 存在着地貌、气候、森林植被、社会经济等系统的分异, 不同地域系统应有自己相对的生态基准。通过与生态基准断面的比较, 评价的土地应分为非石漠化土地、石漠化土地和逆转优化的“基准化”土地。

2 已有研究成果存在问题分析

2.1 单一生态因子过程的研究较深入, 但岩溶生态系统格局与过程的综合研究有待加强

对岩溶生态单一的生态过程了解较为深入。如对退化喀斯特森林自然恢复过程生物物种组成和各

物种种群丰富度的动态规律和特征,进行了较深入研究^[25-27],研究区域主要集中于茂兰喀斯特自然保护区,但目前的研究尚无法解释决定这种规律的内在特征和机制。同时也认识到,碳酸盐岩区成土机理^[28]、¹³⁷Cs示踪的土壤侵蚀过程^[29]不同于非碳酸盐岩地区。由于过去岩溶研究重基岩、轻土层,以至于对岩溶生态系统演替中土壤的养分库功能、水库功能和种子库功能的认识不全面,岩溶山地特殊的水文过程虽早已被认识到,但其相应的生态效应没有得到应有的重视,岩溶山地生态过程与水文过程的交叉研究尚未开展,无法说明植被斑块格局、径流形成、泥沙养分运移等之间的内在关系。

近年来,虽然已逐步认识到地质背景对岩溶生态系统的控制,但对石灰岩组和白云岩组的生态效应存在着争议。白云岩表层岩溶带常保存一定量的地下水,相对而言,有利于植物的生长,是石灰岩分布区不可比的优势条件^[10,30]。但就岩石生态和成土特点对植被恢复而言,常态地貌岩组优于喀斯特地貌岩组;喀斯特地貌岩组内,泥质白云岩组优于泥灰岩组、泥灰岩组优于纯灰岩组、纯灰岩组优于纯白云岩组^[31];因此,必须从“植被-土壤-地形-岩石复合体”的角度,来认识不同岩石类型的生态效应,以免得出和实际情况相反的结论。

2.2 缺乏石漠化生态环境效应的定量研究

石漠化具有区域性、渐发性、潜发性(隐蔽性)、生态破坏性、难恢复性(严重性)的特征^[32]。由于其具有大面积的渐发性和潜发性特征,往往不易为多数人注意。目前对西南岩溶山地景观整体退化的生态环境效应,缺乏深入认识。如碳酸盐岩地区的土壤侵蚀与石漠化的定量关系问题、生态格局与土地利用变化所导致的岩溶生态系统服务功能变化、总物种多样性与原生物种多样性、养分流失、养分利用效率和养分平衡、土壤有机质与碳储量、生产能力与净第一性生产力、湖泊营养状况、河流含氧量等,仍然所知不多。由于缺乏对景观格局背后物流、能流等基础过程和机制的认识,尚不能对关键的生态阈值量化,因此,无法模拟生态安全条件下的土地利用空间格局,也难以提出生态安全条件下土地利用方式。定量评估石漠化生态环境效应与石漠化土地的生态服务功能,能为评估岩溶地区植被恢复和水土保持的价值提供依据。

2.3 石漠化类型划分中存在的问题

目前对石漠化划分,存在着多种方案。按石漠化发育程度,可分为轻度石漠化、中度石漠化、强度

石漠化、极强度石漠化^[33];按发生的地貌类型,可分为洼地石漠化、正向地貌石漠化(峰林、峰丛石漠区,丘陵石漠化区,缓坡地坟丘石漠化区)^[34];按石漠化发生的微地貌类型,可分为峰林溶原石漠化组合模式、峰丛洼地-峰林谷地石漠化组合模式、峰丛峡谷石漠化组合模式^[35];按岩性,可分为纯灰岩-白云岩石漠化、碳酸盐岩层与非碳酸盐类岩层互层间层石漠化。按土地利用方式分为4类:1)山区有林地经砍伐退化为灌丛草地,进一步砍伐退化为荒草坡,受水、土条件限制,植被恢复困难而发生石漠化;2)山区有林地经毁林开荒变成坡耕地,经水土流失石漠化;3)坡耕地经水土流失石漠化;4)工矿型石漠化土地。

石漠化的类型应既能体现退化过程,又能反映出退化的现状,还要有利于不同区域的对比;因此,建议以“干扰方式+植被+土壤+地貌”对人为加速石漠化过程中石漠化土地进行类型划分,才能既体现石漠化的过程,又反映石漠化现状退化程度,也能说明不同区域发生石漠化的地貌类型和土地利用方式。

2.4 评价标准的不统一性

石漠化是一种人为荒漠化,指以类荒漠景观为标志的严重土地退化。与“土地退化”相比,“石漠化”一方面多了一个“度”的概念,另一方面突出了一个“景观”的特色;因此,不能简单地将植被退化、水土流失或土壤肥力下降都算作石漠化。石漠化的形成机理,受地质环境、经济发展水平和社会发展水平的制约,其过程十分复杂,既包括了地质过程、物理和化学过程,又有生物过程,还涉及社会经济、人文地理景观的变化过程。石漠化的度量指标,包括生产力下降程度、人类活动影响程度、荒漠化景观度等,但在石漠化评价指标选择和石漠化强度与等级的划分等方面,尚缺乏深入研究。在目前的实际工作中,将岩石裸露所占面积超过70%的地带,划分为石漠化地区^[36],裸露的碳酸盐岩面积<50%的地区,为无明显石漠化区^[37];或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^[11]。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%^[33]; 或根据裸岩面积百分比、现代沟谷面积比、植被覆盖率、地表景观特征(裸岩出露方式)、土地生产力下降率, 认为石漠化土地占贵州省土地面积的 7.9%^[38]。由此可见, 石漠化评价指标并不统一, 影响了结果的可比性。从动态角度来看待石漠化土地与逆转优化的土地, 退化和逆转土地相互对应, 才能客观地反映一段时期内在人类与自然因素作用下的土地动态变化。

土地石漠化是以人为因素为主, 人为因素与自然因素共同作用的结果, 具有多层次反馈结构, 不同空间尺度起主导作用的反馈结构不同。因此, 不同空间尺度的石漠化评价, 应有不同的评价指标和标准, 它们共同组成石漠化的评价指标体系: 1) 生态系统尺度, 以其功能来衡量, 指标包括生物生产力、水土保持力、生物多样性等; 2) 景观尺度, 指标包括植被(土被)覆盖率、岩石裸露率、异质性斑块动态变化过程等, 小流域尺度作为石漠化评价的最佳尺度, 就属于此种尺度; 3) 区域尺度, 考虑自然-社会-经济复合生态系统, 包括生态环境指标、经济水平指标、社会压力指标。

2.5 石漠化研究方法存在的问题

研究方法以描述性、概念性为主, 缺少模型构造和数理统计的研究, 仅少数研究者进行过自然背景指标、人口特征类指标、人地关系类指标与石漠化的相关分析^[39-40], 以生态学为中心的基础性、跨学科性, 尤其是同社会、经济、人文的交叉研究很少。需要引入人的地质作用的概念、生态系统的评估、生态区评价、生态足迹、生态复杂性、区域生态安全分析、自然控制论、人地关系论、景观生态学、恢复生态学等科学理论和方法, 主要是在几十年数据资料积累与大量科研成果的基础上, 依照生态集成和生态模型方法, 通过分析、讨论与综合, 补充性野外考察, 对不同生态区和不同生态功能提出综合评价, 提出生态系统可持续管理的有效途径和方法。利用动力学模式, 定量研究岩溶生态系统内部各分系统及其各子系统之间的相互作用和反馈, 以及同该系统外部环境的关系, 特别是人类活动对该系统的直接或间接影响。如何将生态过程物理化和化学化, 如何建立水文子系统、植被子系统和土壤子系统的数学模型, 并与区域土地利用/土地覆盖变化动力学模式相互耦合, 就成为岩溶生态系统动力学建模成败的关键。

2.6 治理模式的单一性

西南岩溶山区已有一些局部成功的石漠化治理

试验示范模式, 如节水农业型、林业先导型、异地移土型、上保中治下开发型、单元流域(小流域)治理型、坡面生态工程型、环境移民型; 但缺乏中尺度研究和不同尺度间模式及内容转换的方法, 相对西南岩溶山区复杂多样的生态环境类型和不同发展阶段的区域社会与经济特征而言, 试验示范的广度、深度及推广力度均不够, 缺乏成熟的推广模式。总之, 试验示范方面还有许多关键性的科技问题以及政府行为(如未纳入当地政府的近期和远景规划)未得到解决, 直接后果是石漠化治理并不能充分体现各地岩溶资源环境优势, 导致治理模式的单一性。目前, 岩溶地区执行的生态建设项目中, 相当一部分仍然是一套几十年一贯制、南北方均适用的如“坡改梯, 植树造林, 中低产田土改造, 杂交玉米推广”等单项开发治理工作, 结果是石漠化趋势依然严重, 贫困形势仍然严峻。

3 对石漠化理论的几点看法

石漠化研究早期主要集中在对石漠化现象的描述, 将石漠化作为一种环境问题提出, 常常将其等同于水土流失。目前对石漠化概念已有明确认识, 认识到石漠化以强烈的人类活动为驱动力, 但对人地系统中复杂的人类活动驱动较少涉及, 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的差异; 有关石漠化的监测数据因人、因机构有别, 已有的石漠化恢复和治理技术难以推广。究其原因, 在于缺乏对喀斯特生态系统演变过程的全面了解, 在于对西南喀斯特山地石漠化形成类型与演变机制概念不清所致。

岩溶生态环境退化, 是地域综合体整体的退化, 即植被、地质地貌、水文、土壤耦合系统生态服务功能的退化这一概念, 地貌、气候、水文、植被和土壤作为自然因素, 人类活动通过改变(利用)自然因素而对岩溶生态环境产生作用, 由此作为构建岩溶生态系统退化(石漠化)概念模型的基础。

3.1 石漠化研究内容

石漠化研究应以人-地关系为主线, 定量认识人类活动和自然因素影响, 研究石漠化的演变规律及其调控的理论依据和技术途径, 在较大空间尺度上揭示生态过程与格局的变化规律, 为石漠化防治提供科学基础。石漠化的主要研究内容应为: 石漠化过程的自然与人文背景研究, 石漠化动力学过程及其调控, 石漠化的生物学过程与植被恢复重建机制, 石漠化综合防治战略与模式。

1)以地球系统科学为基础,注重单元生态过程模型的开发和区域尺度转化,解决喀斯特生态系统退化的过程与机制。以山地为主体的中国西南喀斯特地区生态环境系统,立体性和多样性丰富,区域自然背景差异悬殊,各区域生态环境系统在结构、功能及边界特征上,有着较明显的差别。以典型岩溶生态系统为核心,以生物地球化学循环、生态水文过程为主线,在系统、景观和区域3个尺度上,探讨岩溶区生态系统的结构、功能、生态过程及各生态系统间的耦合机理,并结合岩溶区生物多样性研究,揭示岩溶生态安全机制,深入研究区域生态系统空间分异规律,建立西南岩溶区生态区划的指标体系。

2)以生态经济学的理论为指导,探索喀斯特石漠化的外部驱动机制。为了打破生态恶化与贫困恶性循环的中间链条,实现山川秀美、人民生活富足的社会目标,有必要把生态经济学的理论和方法引入喀斯特地区的石漠化综合研究。把喀斯特地区土地石漠化放在生态经济系统中,研究喀斯特生态经济系统的成因与演化,系统的承载能力及抗干扰能力,喀斯特生态经济系统的结构演化及功能状况,社会经济压力的变迁对生态系统的干扰程度,喀斯特生态经济系统的基本矛盾及其矛盾运动,系统扰动与响应的反馈过程及弹性阈值,揭示生态经济失衡导致石漠化的内在成因机制。

3.2 石漠化研究重点

3.2.1 从成因机理转向恢复机制 土地石漠化过程在整体上为渐变过程,但在一定范围和一定阶段内,石漠化过程表现出突变特征。岩溶石漠化主要是人为加速石漠化,对于脆弱的岩溶生态系统,毁林开荒、林地砍伐等在景观尺度上造成的石漠化,是一个短暂的过程,几乎是一步到位的,因此,对石漠化进行阶段划分和强度分级,是不恰当的;而当景观生态系统一旦以裸岩为基质,由于小生境条件的改变,景观生态系统的恢复是相当缓慢的。被扰动的生物自然体恢复的时间,取决于干扰的强度,当一个生态系统被强度干扰接近裸地时,即使在没有人继续破坏的情况下,恢复到原状的生物过程和物理过程也非常缓慢^[41];因此,采用“以空间代替时间”的方法^[25-27],使研究重点逐步从石漠化的成因机制研究,转向石漠化恢复机制研究。

3.2.2 注重土地利用格局与生态系统恢复潜势的研究 在今后的土地利用结构与生态过程的研究中,尚需要注重大流域和区域范围内的研究,通过尺度转换方法和空间信息技术等,探讨多尺度格局与

生态过程的相互关系,揭示区域尺度上生态过程的特点与恢复潜势,以便更好地服务于政府决策和国家需求。

3.2.3 开展生态区(流域)生态经济综合研究 根据现有的基础和条件,在生态经济综合研究中需要解决的关键问题:1)社会环境经济账户的建立;2)生态环境服务和生态环境损失价值的定量评估;3)生态模型和经济模型的耦合问题;4)决策支持系统的研制;5)石漠化土地综合治理模式的尺度性与转型研究,花江喀斯特峡谷石漠化生态经济治理模式就是一个值得推广的实例^[42]。

4 结语

从地球系统科学观点认识岩溶生态系统,以现代技术体系为支撑,依照生态集成和生态模型方法,着重从形成机制、演变规律、动态过程、耦合关系等方面入手,由单一因子划分走向综合的生态区评价,突出岩溶环境不同于非碳酸盐岩区的特殊性和脆弱性^[43],划分对比不同层次、不同类型的岩溶生态系统并深入掌握各类型的特点和具体条件、对比石漠化发生地域的差异研究,则有可能全面揭示岩溶区生态环境问题的本质,科学回答并研究解决岩溶区生态环境的一系列重大理论与实践问题,创建岩溶区生态环境理论体系的基本框架,为西部开发战略的实施奠定基础。

5 参考文献

- [1] 中华人民共和国林业部防治荒漠化办公室. 联合国关于在发生严重干旱和荒漠化的国家特别是在非洲防治荒漠化的公约. 北京:中国林业出版社, 1994
- [2] 潘开文, 吴宁, 潘开忠. 关于建设长江上游生态屏障的若干问题的讨论. 生态学报, 2004, 24(3): 617-629
- [3] 中国科学院学部. 关于推进西南岩溶地区石漠化综合治理的若干建议. 地球科学进展, 2003, 18(4): 489-492
- [4] 杨汉奎. 喀斯特荒漠化是一种地质生态灾难. 海洋地质与第四纪地质, 1995, 15(3): 137-147
- [5] Yuan Daoxian. Rock desertification in the subtropical karst of south china. Z Geomorph N F, 1997(108): 81-90
- [6] 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
- [7] Williams P W. Environmental change and human impact on karst terrains: an introduction //Williams P W. Karst terrains: environmental changes and human impact. Catena Suppl 1993(25): 1-19
- [8] 袁道先. 袁道先院士 1981 年在美国科技促进年会(AAAS)的学术报告. 1981 <http://www.cnki.net>

- [9] 张殿发, 王世杰, 周德全, 等. 土地石漠化的生态地质环境背景及其驱动机制. 农村生态环境, 2002, 18(1): 6-10
- [10] 王明章. 论岩溶石漠化地质背景及其研究意义. 贵州地质, 2003, 20(2): 63-67
- [11] 王宇, 张贵. 滇东岩溶石山地区石漠化特征及成因. 地球科学进展, 2003, 18(6): 933-938
- [12] 袁春, 周常萍, 童立强. 贵州土地石漠化的形成原因及其治理对策. 现代地质, 2003, 17(2): 181-185
- [13] 李瑞玲. 贵州岩溶地区土地石漠化形成的自然背景及其空间地域分异: [学位论文]. 北京: 中国科学院地球化学研究所, 2004
- [14] 王明章. 岩溶石漠化治理问题研究. 贵州地质, 2004, 21(1): 48-53
- [15] 张竹如, 李明琴, 李燕, 等. 贵州岩溶石漠化发生发展的主要原因初探. 国土资源科技管理, 2003, 5: 43-46
- [16] 朱守谦, 何纪星, 魏鲁明, 等. 茂兰喀斯特森林小生境特征研究//朱守谦. 喀斯特森林生态研究(III). 贵阳: 贵州科学技术出版社, 2003
- [17] 王德炉, 朱守谦, 黄宝龙. 贵州喀斯特区石漠化过程中植被特征的变化. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2003, 27(3): 26-30
- [18] 屠玉麟. 贵州喀斯特森林的初步研究. 中国岩溶, 1989, 8(4): 282-290
- [19] 中国南方岩溶区生态环境建设对策研究调查组. 中国南方岩溶区生态环境建设对策研究(续). 中国水土保持, 2004(3): 1-3
- [20] 屠玉麟. 贵州喀斯特灌丛区系与生态特征分析. 贵州师范大学学报, 1995, 13(3): 1-8
- [21] 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
- [22] 谭继中, 张兵. 云南省土地石漠化特征初步研究. 地质灾害与环境, 2003, 14(1): 32-37
- [23] 李先琨. 广西岩溶地区“神山”的社会生态经济效益. 植物资源与环境, 1995, 4(3): 38-44
- [24] 许鸿宛. 重庆地区石灰岩植被区系组成分析. 西南师范大学学报, 1993, 18(3): 351-357
- [25] 喻理飞, 朱守谦, 叶镜中, 等. 退化喀斯特森林自然恢复评价研究. 林业科学, 2000, 36(6): 12-19
- [26] 喻理飞, 朱守谦, 叶镜中. 退化喀斯特森林自然恢复过程中群落动态研究. 林业科学, 2002, 38(1): 1-7
- [27] 朱守谦, 陈正仁, 魏鲁明. 退化喀斯特森林自然恢复的过程和格局//朱守谦. 喀斯特森林生态研究(III). 贵阳: 贵州科学技术出版社, 2003
- [28] 王世杰, 季宏兵, 欧阳自远, 等. 碳酸盐岩风化成土作用的初步研究. 中国科学(D辑), 1997, 29(5): 441-449
- [29] 白占国, 万国江. 贵州碳酸盐区域的侵蚀速率及环境效应研究. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1998, 4(1): 1-7, 46
- [30] 孙承兴, 王世杰, 周德全, 等. 碳酸盐岩差异风化成土特征及其对石漠化形成的影响. 矿物学报, 2002, 22(4): 308-314
- [31] 张喜. 贵州喀斯特山地坡耕地立地影响因素及分区. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2003, 27(6): 98-102
- [32] 王世杰, 李阳兵, 李瑞玲, 等. 喀斯特石漠化的形成背景、演化与治理模式. 第四纪研究, 2003, 23(6): 657-666
- [33] 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
- [34] 周政贤, 毛志忠, 喻理飞. 贵州石漠化退化土地及植被恢复模式. 贵州科学, 2002, 20(1): 1-6
- [35] 兰安军. 基于GIS-RS的贵州喀斯特石漠化空间格局与演化机制研究: [学位论文]. 贵阳: 贵州师范大学, 2003
- [36] 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
- [37] 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
- [38] Wang Shijie, Dianfa Zhang, Li Ruiling. Mechanism of rocky desertification in the karst mountain areas of Guizhou province, southwest China. International Review for Environmental Strategies, 2002, 3(1): 123-135
- [39] Wang S J, Li R L, Sun C X, et al. How types of carbonate rock assemblages constrain the distribution of karst rocky desertified land in Guizhou Province, P R China: Phenomena and Mechanisms. Land Degradation & Development, 2004 (15): 123-131
- [40] 蓝安军, 熊康宁, 安裕伦. 喀斯特石漠化的驱动因子分析: 以贵州省为例. 水土保持通报, 2001, 21(6): 19-23
- [41] Dobson A D, Bradshaw A D, Baker A J M. Hopes for the future. Restoration Ecology and Conservation Biology. Science, 1997, 277(25): 515-522
- [42] 滕建珍, 苏维词, 廖凤林. 贵州北盘江镇喀斯特峡谷石漠化地区生态经济治理模式及效益分析. 中国水土保持科学, 2004, 2(3): 70-74
- [43] 苏维词. 贵州岩溶山区生态系统的脆弱性及其对策. 中国水土保持科学, 2004, 2(3): 64-69