

喀斯特石漠化——中国西南最严重的生态地质环境问题

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:作为最严重的环境地质问题,日益扩展的土地石漠化,正在吞噬着中国西南喀斯特地区民众的生存空间,已经构成灾害和贫困之源。喀斯特石漠化是土地荒漠化的主要类型之一,是人类不合理经济活动叠加于脆弱生态地质环境背景上的综合作用结果。它以脆弱的生态地质环境为基础,以强烈的人类活动为驱动力,以土地生产力退化为本质,以出现类似荒漠景观为标志。中国西南脆弱的喀斯特生态环境是经过漫长的地质历史演化而形成的,它对喀斯特石漠化具有明显的控制作用。构造运动塑造了陡峻而破碎的喀斯特地貌格局,古环境演化奠定了石漠化的物质基础。喀斯特地区的人口压力及不合理的人类活动,导致土地资源的严重退化、植被覆盖度锐减、水土流失加剧和生态环境严重恶化,超载的社会经济压力是导致喀斯特土地石漠化最重要的驱动力。尽管喀斯特石漠化综合治理非常艰巨,但仍具备恢复或重建生态环境的可能性。

关 键 词:喀斯特石漠化;形成背景;社会-经济-环境影响;生态保护与重建;中国西南

中图分类号:X141 **文献标识码:**A **文章编号:**1007-2802(2003)02-0120-07

喀斯特环境问题已成为当代国际地学研究的热点之一^[1]。全世界岩溶分布面积近 2200 万 km²,约占陆地面积的 15%,居住人口约十亿,主要集中在低纬度地区,包括中国西南、东南亚、中亚、地中海、南欧、北美东海岸、加勒比、南美西海岸和澳大利亚的边缘地区等。集中连片的喀斯特主要分布在欧洲中南部、北美东部和中国西南地区。前两个片区的喀斯特,因地质环境背景的脆弱性较小、人口和经济压力相对较轻,生态地质环境问题不是很严重,基本上是一个保护问题^[2,3]。而中国西南地区的喀斯特以其连续分布面积最大、发育类型最齐全、景观最秀丽和生态环境最脆弱而著称于世。其碳酸盐类岩石出露面积 42.624 万 km²,主要集中在滇、黔、桂三省区,其中以贵州省的分布面积最大为 13 万 km²,广西 8.9 万 km²,云南 6.1 万 km²。这里居住着 48 个民族的 1 亿人口,其中少数民族人口约 0.2 亿,是中国最主要的贫困地区,集中了全国近 1/2 的贫困人

口。

中国西南喀斯特地区,因地质环境脆弱性大、敏感度高,且面临人口超载和经济社会落后的双重压力,致使生态环境严重退化^[4],出现了大面积基岩裸露的喀斯特石漠化问题。根据笔者以前的定义^[5],喀斯特石漠化(Karst Rocky Desertification)是指在亚热带脆弱的喀斯特环境背景下,受人类不合理社会经济活动的干扰破坏,造成土壤严重侵蚀,基岩大面积裸露,土地生产力严重下降,地表出现类似荒漠景观的土地退化过程。据遥感调查,目前贵州省喀斯特石漠化面积已达 5 万 km²,广西 4.7 万 km²,并且以 2500 km²/a 的速度在不断扩展,其扩张速度并不比中国北方沙漠化慢。喀斯特石漠化不仅破坏生态环境,使土地生产力衰减,而且严重影响农、林、牧业生产,甚至危及到人类生存,因此喀斯特石漠化已经成为制约中国西南地区可持续发展最严重的生态地质环境问题。

收稿日期:2003-03-10 收到

基金项目:国家自然科学基金重点项目(49833002)与国家“九五”攻关项目(96-920-04-02-02)联合资助

作者简介:王世杰(1966—),男,博士,研究员,从事喀斯特石漠化问题研究。

1 喀斯特石漠化的环境效应

喀斯特石漠化加速了生态环境恶化,主要表现为水土流失、自然灾害频繁和生态系统退化,常导致土地资源丧失和非地带性干旱,不但加剧了喀斯特地区的贫困,而且危及到长江和珠江中下游地区的生态安全。

1.1 生态环境恶化

(1) 水土流失:据统计,目前中国西南云南、贵州和广西三省区水土流失面积达 17.96 万 km^2 ,占土地总面积的 40.1%,其中,中强度水土流失面积 6.61 万 km^2 ,占水土流失总面积的 36.8%。随着喀斯特生态环境的不断恶化,水土流失呈不断加剧的趋势。例如,贵州省 20 世纪 50 年代的水土流失面积为 2.5 万 km^2 ,到了 60 年代,扩大到 3.5 万 km^2 ,70 年代末为 5 万 km^2 ,1995 年则高达 7.67 万 km^2 ,占全省总面积的 43.5%,而目前已经接近 50%。强烈的水土流失不但使宝贵的土壤丧失殆尽,还对水利工程的安全运行构成威胁。据测定,红水河流域水土流失面积占土地总面积的 25%以上,每立方米河水含泥沙量为 0.726 kg,流域土壤年均侵蚀模数为 1622 t/km^2 。目前,贵州最大的乌江渡水电站,库区 5a 淤积近 2 万 m^3 ,相当于原来预计 50a 的淤积量,严重影响了电站的安全运行和寿命,并降低了泄洪能力^[6~9]。

(2) 灾害频繁:喀斯特石漠化引起的自然灾害灾种多、强度大、频率高、分布广,甚至叠加发生、交替重复^[10]。随着喀斯特生态环境的不断恶化,各种自然灾害普遍呈现周期缩短、频率加快、损失加重的趋势。据统计,1951~1987 年的 37a 间,贵州省农作物受灾年份就有 34 年,平均受灾面积 70 万 ha/a ,占同期农作物播种面积的 25%。1985~1990 年仅旱灾一项累计受灾面积 610 万 ha ,平均每年 101.6 万 ha ,1995 年的特大水灾,给贵州省造成的经济损失高达 63.1 亿元。1996 年全省 86 个县(市)区均不同程度遭受自然灾害,其中重灾县 45 个,特重灾县 29 个,农作物受灾面积 194.7 万 ha ,成灾面积 120 万 ha ,绝收 28.2 万 ha ,损毁耕地 9.1 万 ha ,因灾减产粮食 15 亿 kg,因灾直接经济损失 162.22 亿元。

(3) 生态系统退化:中国西南喀斯特片区人口压力很大。例如,贵州地区人口密度达 209 人/ km^2 ,比全球陆地的平均人口密度 38 人/ km^2 高 4.5 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。石漠化导致喀斯特土、水环境要素缺损,环境与生态之间的物质能量受阻,植物生境严酷。不仅导致生态系统多样性类型正在减少或逐渐消失,而且使植被发生变异以适应环境,造成喀斯特山区的森林退化,区域植物种属减少,群落结构趋于简单化,甚至发生变异。在石漠化山区,森林覆盖率不及 10%,且多为旱生植物群落,如藤本刺灌木丛、旱生性禾本灌草丛和肉质多浆灌丛。

1.2 石漠化正在吞噬人类最基本的生存条件

石漠化使生态系统稳定性减弱、敏感性增强、自然灾害频繁,耕地面积不断减少,土地生产力趋于枯竭,井泉干涸,导致人畜饮水困难。石漠化正在使部分人口完全丧失最基本生存条件,成为生态难民^[11]。

(1) 土地丧失:如果说严重的水土流失是导致中国黄土高原贫困的一个重要原因,那么西南喀斯特地区不仅会因水土流失而致使土地贫瘠化,人口贫困化,还会造成无土可流、无地可耕的石漠化,人类生存的基本条件——土地丧失的险境,其后果比黄土地区还严峻。土地石漠化导致极其珍贵的土壤大量流失,土壤肥力下降、保墒能力差,可耕作资源逐年减少,粮食产量低而不稳。在大部分石漠化山区,土地呈盆景状零星分布在裸露岩石中间,称为石旮旯土,农业生产方式仍停留在“刀耕火种”状态,种植的玉米单产只有 750 kg/ha ,相当于平原地区的 1/10,“种了几片坡,只能装一箩”成了秋收的真实写照,半年以上的缺粮成为当地政府和农民同样犯愁的难事。

(2) 干旱缺水:石漠化导致植被稀少、土层变薄或基岩裸露,加之喀斯特地表、地下景观的双重地质结构,渗漏严重,入渗系数一般达 0.3~0.5,裸露峰丛洼地区可高达 0.5~0.6,导致地表水源涵养能力的极度降低,保水力差,使河溪径流减少,井泉干枯,土地出现非地带性干旱和人畜饮水困难。贵州喀斯特山区尚有 355.81 万人和 254.81 万头牲畜的饮水亟待解决。

1.3 贫困问题加剧

喀斯特石漠化地区自然条件差,贫困程度深,脱贫难度大。在云南、贵州和广西 3 省(区)现有的 109 个贫困县中,有 73 个在石漠化地区,至今尚有贫困人口 625 万人。部分区域由于生态环境极度恶化,已丧失了最基本的生存条件,当地居民不得不迁徙

他乡,另谋生路。许多地区陷入“越穷越垦,越垦越穷”的恶性循环,石漠化成为喀斯特地区农民贫困的主要根源。

1.4 危及两江中下游的生态安全

喀斯特石漠化地区因植被稀疏、岩石裸露,涵养水源的功能衰减,迟滞洪涝的能力明显降低。同时,流域面上的土壤,由于受集中降雨的冲刷侵蚀,泥沙随地表径流入河,成为河流泥沙的主要来源。20世纪80年代贵州省河流悬移输沙量为6625万t,平均输沙模数为 $376\text{ t/km}^2\cdot\text{a}$,其中喀斯特强烈发育的乌江流域年输沙量约为1990万t,南北盘江年输沙量为2760万t。根据1998年贵州省水电厅资料,全省土壤年侵蚀总量估计已达2.8亿t,大部分泥沙进入长江和珠江,在两江中下游淤积,导致河道淤浅变窄,湖泊面积及其容积逐年缩小,使蓄、泄洪水能力下降,直接威胁到长江、珠江下游地区的生态安全,西南喀斯特地区石漠化是1998年长江流域特大洪灾的重要原因之一。

2 喀斯特石漠化的形成背景

中国西南喀斯特地区土地石漠化是在脆弱的环境地质背景上叠加了人类不合理经济活动的综合结果。脆弱的喀斯特生态地质环境背景奠定了土地石漠化的基础,温暖潮湿的季风气候为喀斯特地貌的强烈发育提供了必要的溶蚀条件,人口压力及不合理的人类活动,导致土地资源严重退化、植被覆盖度锐减、水土流失加剧和生态环境严重恶化。

2.1 特定的地质演化过程奠定了脆弱的环境背景

国际岩溶对比表明^[1,2],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新生界碳酸盐岩,空隙度高达16%~44%,具有较好的持水性,新生代地壳抬升不强烈,喀斯特双层结构带来的环境负效应和石漠化问题都不很严重。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发生褶皱作用,以升降为主、叠加其上的新生代喜马拉雅构造运动塑造了现代陡峻而破碎的喀斯特高原地貌景观,由此造成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;古环境演化为喀斯特石漠化提

供了碳酸盐岩物质,特别是纯碳酸盐岩的大面积出露,为石漠化的形成提供了物质条件。

2.1.1 构造运动塑造了陡峻而破碎的地貌格局

多次造山运动使西南喀斯特地区地层褶皱、断裂发育。燕山运动使晚白垩纪以前的地层普遍发生褶皱、断裂,奠定了现今地质构造和地貌发育的基础;晚近期的构造运动,在新第三纪至早更新世时期以大面积、大幅度的间歇性隆升为主,其中,早更新世末的隆升运动在地史上具有转折意义,它使云贵高原掀斜隆起,塑造了现代的地貌格局。中更新世以来,地壳运动仍以大面积的间歇性掀斜隆升为主,伴有局部的差异性隆升,且隆升和相对宁静阶段的更替愈趋频繁,显示近代隆升的强化趋势。西南喀斯特地貌由于经受长期而强烈的内外营力作用,地貌类型复杂,地形切割度和地面坡度都很大,为水土流失提供了动力潜能。

新构造运动对形成西南喀斯特现代地貌格局具有主导作用。例如,贵州省新构造运动的性质大致是:自西向东大面积、大幅度掀斜上升的同时,伴以断裂、断穹的差异上升和某些断陷盆地的相对下降,并使继承性的老地质构造再次活动,而整个上升运动又具有间歇性。由于控制地貌发育的地质构造极其复杂,新构造运动非常活跃,使出露的地层齐全多样。又由于地史上气候冷暖、干湿变化,使塑造地貌形态的外营力多次变化,而又基本上表现为亚热带湿热气候下强烈的化学风化作用和侵蚀作用。

区域大地构造塑造出不同的区域地貌类型,在这些大的地貌类型的基础上,由外动力引起的水土流失存在着较大的差异,构造隆起区土壤侵蚀强烈;深大断裂和活动的地堑地区及其附近地区频繁的地震活动,使之出现滑坡及崩塌;盆地边缘的构造活动造成滑坡、泥石流盛行;重力侵蚀活跃程度受构造和岩性的直接影响,这种侵蚀的选择性受地应力场的控制。构造运动引起的势能重组是导致地貌侵蚀和水土流失的根源。区域地质背景在宏观上控制着水土流失的强度,其实质是水土流失内动力的外在表现。所以,中国西南喀斯特地区石漠化的差异程度主要受区域大地构造的影响,特别是在构造活动地区尤为突出。

2.1.2 古环境变迁形成了广布的碳酸盐

从中元古代至中奥陶世,贵州几乎全为海洋环境,早古生代早期是其地史上最广泛和最大的海侵时期;晚奥陶世至晚三叠世中期,则海水进退频繁,

是贵州地区由海洋向陆地转化的重要时期,出现陆棚台盆型和陆棚-广海型两种特殊的古地理格局;晚三叠世的安源运动。海水退出全境,完成了由海到陆的转化,之后主要为内陆河、湖环境。自晚震旦纪到三叠纪晚期,发育了四大套碳酸盐岩沉积建造,碳酸盐岩分布面积 15 万 km^2 , 占全省面积的 73.6%。贵州碳酸盐岩总厚度达 8500 m;碳酸盐岩地层自元古代震旦纪至中生代三叠纪均有出露。由于碳酸盐岩分布面积广、产出厚度大,从而为土地石漠化的广泛发育奠定了物质基础。

观察表明,喀斯特地区土地石漠化与纯碳酸盐岩的分布有明显的相关性。因为纯碳酸盐岩的酸不溶物含量低,平均仅为 4% 左右,风化残余物很少,成土速率极慢,平均每形成 1cm 厚的土层大约需要 8000a。纯碳酸盐岩是中国西南喀斯特土地石漠化的基底,纯碳酸盐岩在贵州分布面积达 786 69 km^2 , 占全省总面积的 44.66%, 主要包括连续型纯石灰岩和连续型纯白云岩。前者以泥晶灰岩和生物屑泥晶灰岩为主,泥晶方解石含量高,主要分布于黔南;连续型纯白云岩以亮晶白云岩、藻白云岩为主,主要发育于黔东南地区。

2.2 温暖湿润气候为岩溶发育提供侵蚀营力

中国西南喀斯特地区位于青藏高原的东翼斜坡,处在太平洋季风和印度洋季风交汇影响的边缘地带,加之低纬度的区位和高海拔的地势,冷暖空气常在此交汇,形成静止锋,雨量十分充沛。例如,贵州省大部分地区的年平均温度 14~16℃, 年降水量 1100~1400 mm, 平均降水日数在 170d 以上,温暖潮湿的季风气候为喀斯特地貌的强烈发育提供了必要的溶蚀条件。

2.3 超载的人口是喀斯特石漠化最重要的驱动力

西南喀斯特地区的人口压力及不合理的人类活动。导致区域贫困与生态退化的恶性循环,缺乏经济支撑的人文状况和缺乏文化基石的经济行为相互促动、叠加,加剧了深层次的贫困,使人地关系恶化,积重难返^[12]。

人口的急剧增长,已严重超过脆弱喀斯特生态系统的承载能力。例如,贵州省 1949 年总人口 1416.40 万人,1978 年 2686.40 万人,到 1999 年人口增长到 3710.06 万人,人口自然增长率始终高于 14‰,在全国名列前茅,人口密度从 1949 年的 80.43

人/ km^2 , 增加到 1999 年的 209.19 人/ km^2 。人口的增加造成人地关系失衡、农业生态系统退化、土地质量变异、承载力降低。如果按照人均 300 kg 粮食计算,贵州只能承载 2500 万人口,1999 年人口超载率达 47.35%。

人口的严重超载使当地农民被迫毁林开荒,全省 81.02% 的耕地分布在大于 6° 的坡地上,其中坡度大于 25° 的耕地 69.18 万 ha, 占总耕地的 19.8%, 而坡度在 35° 以上的坡耕地竟有 18 万 ha, 占总耕地的 5.74%, 新开垦的坡地大多在三五年内丧失耕种价值,甚至变为裸岩荒坡。坡耕地比例高是造成贵州粮食产量低而不稳、水土流失和石漠化的主要制约因素。土地石漠化的发生率与人口密度、大于 25° 的坡耕地比例及垦殖率呈密切的正相关,所以,陡坡开垦是导致土地石漠化最重要的因素之一。

农村能源单一,大部分农民依靠砍柴草作为生活能源,柴山人均占有量少,人与能源矛盾在许多地区相当突出,加上长期以来植被保护意识淡薄、科学技术知识贫乏,相关法规不健全,不能有效地保护植被,使喀斯特地区森林覆盖率不足 15%, 其中毕节、安顺、六盘水地区的森林覆盖率在 10% 以下,石漠化比率分别高达 7.97%、15.23% 和 25.98%。

3 喀斯特石漠化的治理

近年来,西南喀斯特地区土地石漠化已引起国家的高度重视,综合防治已被列入国家“十五”计划,成为西部大开发成败的关键和最紧迫的任务之一。然而,我们不能不清醒地认识到,中国目前对喀斯特石漠化治理面临着生态建设超前、基础研究落后的严峻现实。只有得到喀斯特石漠化成因理论和关键技术的有利支撑,才能有效地避免大规模生态重建的盲目性,降低其风险性。

3.1 喀斯特石漠化治理的艰巨性及可能性

(1) 治理的艰巨性:喀斯特环境的总体特征表现为脆弱性大,环境容量小,土地承载力低,抗干扰能力弱。所以,喀斯特地区石漠化后,其生态环境更加严酷,生境的旱生化迅速加剧,局部阴湿生境消失,水土流失越发严重,特别是多次砍伐和火烧后,根系遭受损伤,萌芽再生能力降低以至消失,森林恢复更加困难^[13]。缺土是治理的最大难题,因碳酸盐岩风化成土速率慢^[14],水土流失导致土粒亏损和土壤贫瘠,

极其不利于植物生长;水分亏缺是治理的另一主要障碍因子。特有的双层结构,渗透强烈,常导致地表的非地带性干旱,水分亏缺表现出明显的时空异质性。缺土、少水和偏碱性的环境特点使生物多样性受到限制。

(2) 治理的可能性:中国西南喀斯特山区的水热条件优越,有利于植被的自然恢复。荔波茂兰、施秉云台山等喀斯特原始森林的存在,证明了石山上生长茂密森林的可能性。另一方面,即使是石漠也常有10%~50%的不连续土被,有些裂隙中的土层可深达1m以上,而且水分与养分贮量也较为丰富^[8]。喀斯特地区各类植被群落的土壤中贮存有较为丰富的植物种子,具备植被系统自然恢复的可能性。从表层土壤中植物种子贮存量及种类来看,各种次生植被仍具有正向演替的潜力^[15]。许多试验表明,在喀斯特山区,实行严格的封山育林,辅以人促更新,从草灌丛→藤刺灌丛→萌生灌丛→疏林→森林,分别需要8~10 a、6~7 a、7~10 a、8~9 a,共需30~35 a。

3.2 喀斯特石漠化的治理经验

近年来,国家在西南喀斯特地区实施了多种生态建设工程,如长江防护林工程、珠江防护林工程、水土保持工程、扶贫工程,以及一些国际援助项目。通过退耕还林、封山育林、坡改梯、砌墙保土、改良土壤、开发岩溶水、种植适生经济作物等措施,在石漠化防治、植被恢复、生态环境综合整治等方面取得了突出成果。各地干部群众积极参与,大胆实践,在石漠化治理方面积累了许多成功的经验,并探索出不同的治理模式。

——小流域综合治理模式。在贵州毕节地区,“山顶带帽子(封山育林)、山腰系带子(砌墙保土、坡改梯)、山脚穿靴子(大搞农田基本建设,建立稳产高产田)”。

——生态经济型治理模式。在贵州花江大峡谷等地,种植花椒、金银花、吊丝竹等经济植物,与当地农民的经济利益相结合,以此带动石漠化治理和脱贫致富。

——封山育林模式。广西马山县弄拉村属岩溶峰丛地区,20世纪五六十年代经过大规模的砍伐,生态系统遭到严重破坏,井泉干涸,石漠化问题非常严重,大部分村民被迫迁往外地,但经过30多年的封山育林,目前,森林覆盖率已达90%以上,并发展

成为一个拥有200多种的中药材基地,当地农民已实现小康。

——生态农业模式。贵州黔南州推广养殖-沼气-种植(养殖)模式,开发农村新能源,节约薪柴,不但保护和恢复了喀斯特生态环境,推动种养业发展,也促进了农民增收致富。

这些模式是多年来实践经验的结晶,已发挥了很好的生态、经济和社会效益。如贵州贞丰县顶坛乡,有18个村民小组,2904人,总面积28.26 km²。由于植被破坏,造成水土流失,岩石大面积裸露,生态环境恶化,农民长期难以摆脱贫困。1992年以来,通过认真调查研究,因地制宜发展花椒产业,目前已建花椒基地0.16万ha,不仅控制了水土流失,遏制了石漠化的扩展,而且增加了收入。一般花椒种植户年均收入一两万元,最高近10万元。目前,全乡人均年纯收入达2360元,是1992年的10倍多。

3.3 石漠化防治中存在的主要问题

虽然在典型地区经过了十几年的治理,也取得了一些成效,但是喀斯特地区石漠化的总体发展趋势仍然呈局部好转、整体恶化的状态,究其原因在于缺乏对喀斯特生态经济系统的全面了解和喀斯特生态经济规律及生态经济平衡的研究,生态保护与经济建设脱节,使喀斯特生态系统与经济系统的运行长期处于对立和矛盾状态,陷入生态恶化与经济落后双重恶性循环的困境而不能自拔。

(1) 对石漠化的科学内涵及成因机制还没有比较清楚的认识。特别是对石漠化的定义和判别指标体系还没有达成共识,对自然因素和社会因素于石漠化的影响份额如何区分和识别等还没有进行定量化的研究。对群众的实践尚未深入系统的总结,也没有形成完整的理论体系,使大部分生产活动缺乏理论的指导,造成生态建设的盲目性。

(2) 对于石漠化成因的环境地质背景一直缺乏足够的重视,特别是忽视喀斯特环境背景的时空差异性,以致导致治理模式的过分单一。

(3) 石漠化地区资源开发与生态环境恢复严重脱节,未能从总体上加以系统研究。没有形成科研与生产的一体化,科技投入严重不足,尚未完全掌握喀斯特植物适生性等关键技术。

(4) 石漠化地区生态环境资源配置不尽合理,难

以调动广大生产者的积极性,致使开发中重受益、轻保护、生态环境恢复的热情和投入不足。

(5) 现有治理模式具有较大的局限性。例如,尽管“顶坛模式”在治理花江大峡谷石漠化过程中发挥了显著的生态经济效益,但花江“青皮花椒”为本地适生品种,只适宜栽培在海拔 1000 m 以下的喀斯特干热河谷生态区的石灰性土壤上,具有严重的推广局限性。以“扣土造田”为主要方式的“大关模式”破坏了山坡表层岩溶带,降低了对雨水的调蓄能力,使岩溶泉水在雨后不久即干涸。

4 讨 论

由于喀斯特石漠化是强烈的人类经济活动与脆弱的生态环境相互作用的综合结果,所以对喀斯特石漠化的研究必须实现大跨度的学科交叉,特别是地球系统科学与生态学、农业、社会学等学科之间的交叉。通过多学科相互渗透,协同开展事实分析、机理探索和数值模拟相结合的集成研究,把区域与全球研究相结合,典型地带和大范围分析相结合,地面和遥感信息相结合;把国家目标中的应用问题和基础科学上的突破、现状研究和演化历史有机地结合起来,通过研究环境演变规律和关键过程,提高对石漠化演化趋势的预测能力。

(1) 以地球系统科学为基础,解决形成喀斯特生态系统脆弱性的动力机制问题。地质演化历史奠定了喀斯特生态环境的脆弱背景。在目前的格局下,只有通过岩石圈—土壤圈—生物圈—大气圈中发生的各种过程及其相互作用和演化背景的科学探索,才能找出我国西南喀斯特生态系统脆弱的根源。

(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石漠化综合研究之中。把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、演化、系统的承载能力及抗干扰能力;研究喀斯特生态经济系统的结构演化及功能,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) 协调生态—经济—社会效益的关系,实现喀斯特生态经济系统的恢复与重建。对喀斯特石漠化

恢复与重建,必须以生态—经济—社会综合效益优化为原则,从根本上扭转生态系统与经济系统长期对抗、生态效益与经济效益相背离的局面。以退化生态系统的恢复和重建为手段,以实现山川秀美和人民安居乐业为目标,为实现西部大开发的宏伟目标奠定坚实的基础。

能否正确认识喀斯特石漠化的科学内涵,了解其现状、成因及演化规律,准确把握喀斯特生态经济系统中物质循环和能量流动,特别是人类强烈活动作用下喀斯特生物地球化学场的演化过程,是当前地球系统科学的前沿问题。

参考文献(Reference):

- [1] 袁道先. 我国西南岩溶石山的环境地质问题[J]. 世界科技研究与发展, 1997, 5: 93 - 97.
Yuan D X. Problem of environmental geology in karst mountainous region of southwestern China[J]. Research and Development of World Science and Technology, 1997, 5: 93 - 97. (in Chinese)
- [2] 袁道先, 蒋忠诚. IGCP379“岩溶作用与碳循环”在中国的研究进展[J]. 水文地质工程地质, 2000(1): 49 - 51.
Yuan D X, Jiang Z C. Research progress of IGCP 379“Karstification and carbon cycles”[J]. Hydrological Geology and Engineering Geology, 2000(1): 49 - 51. (in Chinese with English abstract)
- [3] 袁道先. 全球岩溶生态系统对比: 科学目标和执行计划[J]. 地球科学进展, 2001, 16(4): 461 - 466.
Yuan D X. The international comparison of karst ecological system: Scientific aim and executive plan[J]. Advance in Earth Science, 2001, 16(4): 461 - 466. (in Chinese with English abstract)
- [4] 何才华, 熊康宁, 栗茜. 贵州喀斯特生态环境脆弱性类型及其开发治理研究[J]. 贵州师范大学学报(自然科学版), 1996, 14(1): 1 - 9.
He C H, Xiong K N, Su Q. Fragile types of Guizhou karst ecologic environments and its exploring and taming[J]. Journal of Guizhou Normal University (Natural science version), 1996, 14(1): 1 - 9. (in Chinese with English abstract)
- [5] 王世杰. 喀斯特石漠化概念演绎及其科学内涵的探讨[J]. 中国岩溶, 2002, 21(2): 101 - 105.
Wang S J. Concept deduction and its connotation of karst rocky desertification[J]. Carsologica Sinica, 2002, 21(2): 101 - 105.
- [6] 林昌虎, 朱安国. 贵州喀斯特山区土壤侵蚀与防治[J]. 水土保持研究, 1999, 16(2): 109 - 113.
Lin C H, Zhu A G. Soil erosion, prevention and control in Guizhou karst mountainous regions[J]. Research on Soil and Water Conservation, 1999, 16(2): 109 - 113. (in Chinese with English abstract)
- [7] 安裕伦, 蔡广鹏, 熊书益. 贵州高原水土流失及其影响因素研究[J]. 水土保持通报, 1999, 19(3): 47 - 52.
An Y L, Cai G P, Xiong S Y. The soil erosion and affecting factors in Guizhou Plateau[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 1999, 19(3): 47 - 52. (in Chinese with English abstract)

- [8] 何腾兵. 贵州喀斯特山区水土流失状况及生态农业建设途径探讨[J]. 水土保持学报, 2000, 14(5): 28 - 34.
He D B. Discussion on the situation of soil and water erosion and path-way of ecological agriculture construction in Guizhou karst mountainous regions[J]. Chinese Journal of soil and water conservation, 2000, 14 (5): 28 - 34. (in Chinese with English abstract)
- [9] 朱安国, 林昌虎. 山区水土流失因素综合研究[M]. 贵阳: 贵州科技出版社, 1995.
Zhu A G, Lin C H. Comprehensive research on influence factors of mountainous soil and water erosion[M]. Guiyang: Guizhou publishing house of Science and technology, 1995. (in Chinese)
- [10] 肖进原. 贵州喀斯特高原自然灾害分析[J]. 贵州师范大学学报, 1996, 14(1): 70 - 74.
Xiao J Y. Analysis of natural disasters in Guizhou karst plateau[J]. Journal of Guizhou Normal University (Natural science version), 1996, 14(1): 70 - 74. (in Chinese with English abstract)
- [11] 张殿发, 欧阳自远, 王世杰. 中国西南喀斯特地区人口、资源、环境与可持续发展[J]. 中国人口·资源与环境, 2001, 11 (1): 77 - 81.
Zhang D F, Ouyang Z Y, Wang S J. Population resources environment and sustainable development in the karst region of Southwest China [J]. China Population, Resources and Environment, 2001, 11(1): 77 - 81. (in Chinese)
- [12] 李瑞玲, 王世杰, 张殿发. 贵州生态环境恶化中的人为因素分析[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2002, 21(1): 43 - 47.
Li R L, Wang S J, Zhang D F. The role of human activities in the deterioration of eco-environment in karst regions in Guizhou Province [J]. Chinese Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 2002, 21(1): 43 - 47. (in Chinese with English abstract)
- [13] 屠玉林. 岩溶生态环境异质性特征分析[J]. 贵州科学, 1997, 15(3): 176 - 181.
Tu Y L. Analysis on the heterogeneity of karst environment [J]. Guizhou Science, 1997, 15(3): 176 - 181. (in Chinese)
- [14] 王世杰, 季宏兵, 欧阳自远, 周德全, 郑乐平, 黎廷宇. 碳酸盐岩风化成土作用的初步研究[J]. 中国科学(D 辑), 1999, 29: 441 - 449.
Wang S J, Ji H B, Ouyang Z Y, Zhou D Q, Zheng L P, Li T Y. Preliminary study on carbonate rock weathering pedogenesis[J]. Science in China (series D), 1999, 29: 441 - 449. (in Chinese)
- [15] 蔡运龙. 中国西南喀斯特山区的生态重建与农林牧发展: 研究现状与趋势[J]. 资源科学, 1999, 21(5): 37 - 41.
Cai Y L. Ecological reconstruction and development of agriculture, forestry and stockbreeding: Present research status and developing trend[J]. Resource Science, 1999, 21(5): 37 - 41. (in Chinese)

The Most Serious Eco-geologically environmental Problem in Southwestern China — Karst Rocky Desertification

WANG Shi-jie

State Key Laboratory of Environmental Geochemistry, Institute of Geochemistry, CAS, Guiyang 550002, China

Abstract: As the most serious eco-geologically environmental problem, daily expanding karst rocky desertification is engorging living space and becomes the root of disaster and poverty in southwest China. Karst rocky desertification is one of the major types of land desertification and resulted from the comprehensive action due to the overprint of irrational anthropological activities on the karst fragile eco-geo-environment background, with the fragile eco-geo-environment as its development base, frequent anthropological activity as its driving forces, degeneration of land productivity as its essence, appearance of desert-like landscape as its mark. The fragile ecologic environment in southwestern China was formed through long-time geological evolution and has obvious constraints on karst rocky desertification. Tectonic movements created a steep and ruptured special karst geomorphological framework, providing potential energy as driving forces for soil erosion. The evolution of palaeo-environment laid down widespread material basis of carbonate rocks for karst rocky desertification. Population pressure and irrational anthropological activities in the karst areas led to the serious degeneration of land resources, the drastic decrease of vegetation coverage, the deterioration of water loss and soil erosion and the serious deterioration of the ecological environment. Moreover, the overloaded social and economic pressure is the most important driving force for karst rocky desertification. Although the comprehensive taming of karst rock desertification is a hard nut to crack, it is possible to restore or rehabilitate the eco-environment in karst rocky desertification-afflicted areas.

Key words: karst rocky desertification; formation background; socio-eco-environmental impact; ecological prevention and rehabilitation; southwestern China