

关于喀斯特石漠化研究问题的探讨

周德全^{1,2}, 王世杰², 张殿发^{2,3}

1. 贵州师范大学资源与环境科学系, 贵阳 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, 贵阳 550002; 3. 宁波大学 城市建筑与环境工程系, 宁波 315211

摘要: 喀斯特石漠化是荒漠化学科的一个重要分支, 以其明确的科学目标和强烈的国家需求而具有极强的生命力和发展活力。但因研究时间较短, 还存在许多问题有待进一步探索和深化。根据对西南喀斯特环境系统基础理论研究和野外观察, 简述了对喀斯特石漠化现状调查、成因机制、预警及生态建设等相关问题的初步理解和认识。喀斯特石漠化未来的研究将侧重于石漠化的环境效应、生物地球化学过程及其调控机制(特别是自然与人为过程), 石漠化的生态学过程与恢复重建, 以及石漠化综合防治战略与可持续发展模式等。

关键词: 喀斯特石漠化; 成因机制; 生态建设; 发展动态

中图分类号: X141 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-2802(2003)02-0127-06

作为荒漠化学科的一个重要分支, 喀斯特石漠化研究是介于地质学、地貌学、水文学、土壤学、生态学、地理学、环境学以及社会经济等相关学科之间的一门新兴边缘学科。它以喀斯特生物地球化学动力学为理论基础, 以土地石漠化为研究中心, 以退化喀斯特生态系统的恢复与重建为手段, 以实现区域可持续发展和山川秀美为战略目标。把岩石、水、大气、土壤、植被和人类活动作为一个有机整体, 研究系统的组成、结构及功能特点, 特别是人类活动影响下喀斯特系统中物质循环与能量转化过程及其环境效应, 揭示喀斯特环境系统退化原理和石漠化成因机制, 并与区域经济发展及全球性环境问题相结合, 以其明确的科学目标和满足强烈的国家需求, 表现出极强的生命力和发展活力。然而, 从目前的研究现状来看, 因研究时间较短, 还存在许多问题有待进一步探索和深化, 以满足西部大开发战略目标的迫切需求。

1 国内外研究现状

近 30 年来世界上许多国家都十分重视对喀斯特环境问题的研究。1979 年 H·E·Legrad 首次提出了喀斯特地区的生态环境问题, 1983 年美国科学促进会第 149 届年会上, 正式把喀斯特和沙漠边缘地区等同地列为脆弱环境。国外早期的喀斯特研究

主要侧重地质成因、地貌特征、水文特征以及发育过程。继之, 结合社会、经济发展需要, 对喀斯特水文地质、工程地质、地球物理勘探、喀斯特洞穴、喀斯特发育理论等做了大量研究^[1]。

国际岩溶对比表明^[2,3], 世界上具有不同生态地质环境背景的岩溶区, 岩溶系统与人类活动相互作用的环境效应是极不相同的。例如地中海、中美洲等地的新生界碳酸盐岩, 孔隙度高达 16% ~ 44%, 具有较好的持水性, 新生代地壳抬升也较小, 人口及社会经济压力相对较轻。所以, 喀斯特景观双层结构带来的环境负效应和石漠化问题都不很严重。特定的地质环境背景决定了我国西南喀斯特地区生境严酷且脆弱。这里的碳酸盐岩是中生代前形成的, 结构致密, 孔隙度很低 (< 3%), 纯质碳酸盐岩的酸不溶物含量很低, 一般低于 4%, 极不利于成土作用和植物的生长。在强烈的社会经济压力作用下, 生态环境遭受严重破坏, 植被锐减、水土流失、基岩裸露、土壤贫瘠, 形成具有明显地域性的生态地质环境灾害——石漠化问题。

国际荒漠化防治公约指出: “荒漠化是由包括气候变化和人类活动在内的各种因素所造成的干旱、半干旱和具有干旱的半湿润地区的土地退化”^[4], 并明确指出它是全球范围内的问题, 然而又因自然条件不同而具明显的区域差异性。公约第 15 条指出:

收稿日期: 2003-03-10 收到

基金项目: 国家“九五”攻关项目(96-920-04-02-02)及国家自然科学基金重点资助项目(49833002)

第一作者简介: 周德全, (1957—), 男, 副教授, 从事喀斯特石漠化问题研究。

“列入行动方案的要点应有所选择,应适合受影响国家缔约方或区域的社会、经济和地理气候特点……”,表明对荒漠化的认识还需要结合本国区域特点和实际。联合国亚太经社会根据亚太区域特点和实际情况,提出荒漠化还应包括“湿润及半湿润地区由于人为活动所造成环境向着类似荒漠景观的变化过程”^[5-7]。尽管国际社会已充分肯定水蚀作用在荒漠化过程中的重要作用,但我国西南喀斯特地区土地石漠化,因具明显的地域性,一直未能引起国际社会的广泛关注,也没有被明确列入荒漠化防治国际公约的防治范围。所以,在国际上喀斯特土地石漠化的科学内涵一直不是很明确,其成因理论及防治研究也几乎是空白。

近年来国内部分专家学者从不同角度对西南喀斯特地区石漠化问题进行了初步研究,开创了石漠化研究之先河,并取得了一些可喜的成果:

(1)喀斯特生态环境具有敏感度高、环境容量小、抗干扰能力弱、稳定性差等特点,一旦生态系统受损恢复较难^[8]。

(2)西南喀斯特地区社会经济落后,人口压力大,已陷入人口增加→过度垦殖→生态环境恶化→经济落后→人口贫困→文化教育水平低→环境意识和人口意识淡薄→人口增长的恶性循环^[9,10]。

(3)喀斯特石漠化是土地荒漠化的主要类型之一,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^[11,12]。因对喀斯特石漠化的科学内涵仍未能达成共识,研究手段和信息来源各异,即使是采用遥感解译方法,但缺乏统一的景观判别指征、影像解译标志,未能建立评价指标体系,所以对喀斯特石漠化的面积、发展速率及程度的认识差异甚大。

(4)部分学者对南方部分地区喀斯特石漠化的特点、分布、成因及影响因素进行了初步研究,得到了一些有价值的认识,RS、GIS等高新技术的应用,提高了工作效率和成果的客观性^[13-19]。但由于存在学科或部门之间的阻隔,理论研究与应用研究的脱节,或者是研究区域过于窄小,造成对石漠化问题的研究程度不高,基本停留在定性分析阶段,定量化和空间性研究明显不足,理论体系相当零散;对喀斯特环境地质背景在石漠化形成过程中的重要作用认识不够,无法揭示喀斯特石漠化形成及演化过程的时空分异性。

目前,比较关注喀斯特环境的理论基础和应用的研究,前者主要探讨喀斯特生态系统中的各类作用机制(如岩溶系统动力学、各圈层的相互作用以及喀斯特生物因子与非生命环境因子之间的相互作用等)和演化过程(如能流、物流和信息流等)所遵循的总体规律;应用研究主要根据生态经济学的原理,探索生产实践和一系列区域性或全球性生态环境问题,诸如退化喀斯特生态系统的恢复重建,生物多样性的保护,喀斯特地区人口—资源—环境与区域经济发展等,为西部大开发和可持续发展服务。

2 喀斯特石漠化研究

2.1 喀斯特石漠化现状

2.1.1 喀斯特石漠化程度分级及判别指征 喀斯特石漠化现状调查首先需要一个较为系统的强度分级及其判别指征。石漠化程度分级是个相对概念,要与非石漠化进行比较,确定石漠化的零级和顶级状态,采用等比内插法进行分级。

零级石漠化是指在具有石漠化发育条件的喀斯特地区,生态结构完整、功能健全,即未出现生态系统退化的征兆,基岩全部被植被覆盖,土地生产力很高,如荔波茂兰喀斯特原始森林区可作为贵州省喀斯特零级石漠化的样本区。

顶级石漠化是指喀斯特地区生态系统完全退化,生态结构破坏、功能完全丧失,基岩全部裸露,无植被和土被,土地生产力完全丧失。

参照国际惯例和国内沙漠化的研究成果^[20-22],结合对石漠化长期野外考察,在零级与顶级石漠化之间按照等比内插法,分别划分出轻度、中度、重度和极重度四个等级。

石漠化指征系指能够鉴定石漠化土地质量,且可度量或可估测的土地属性,是全面反映石漠化土地主要属性的关键性指征。石漠化判别指征在景观尺度上,以某一石漠化类型的自然景观较为一致的地域(或地块)为对象,其地表形态和生态状况应是石漠化程度的直接反映。经过我们长期的野外调查,基岩裸露率、植被覆盖率、土壤质地和土地生产力降低,不仅具有代表性和可操作性,而且是地面调查和遥感技术均较容易获得的信息,是喀斯特石漠化判别的最佳指标,各级石漠化的判别指征可以根据上述四个指标的差异来确定。

2.1.2 喀斯特石漠化评价指标体系 喀斯特石漠化评价指标体系是石漠化评价的基础。不同尺度的

石漠化评价,应有不同的评价指标、标准和方法,并且区域评价应基于景观尺度评价之上。从土地荒漠化评价指标体系研究的历史来看^[23-26],最初的评价大都以定性描述为主,由于对荒漠化概念的不同理解,指标繁杂,多为间接性指标,获取数据难度大,实用性小,且各因子间相互交错,信息量层次不清。石漠化评价指标体系属于该方面研究的初次尝试,我们认为采用下述方法较为妥当:通过大量且随机的野外调查,从组成喀斯特生态系统的地质、地貌、气候、植被、土壤、人类活动等几个方面入手,采用GIS技术,把各影响因子与石漠化现状图进行空间叠加,识别石漠化的主要影响因子,并根据其相关程度赋权,建立石漠化的评价指标体系。

2.2 喀斯特石漠化的成因机制

从本质上看,喀斯特石漠化的发生是由于人类与自然之间的矛盾。喀斯特地区自然条件非常恶劣,生态环境十分脆弱,因而土地的承载力和自然资源的开发利用强度十分有限。一方面,大量和快速增长的人口加大了对资源环境的压力,使人口超过土地承载力;另一方面,落后的技术和粗放的管理造成对资源的不合理开发利用,导致自然资源的过度利用和生态环境破坏;在这种状况下,石漠化是不可避免的。所以必须从地球内动力作用过程及地质演化历史中去探索喀斯特生态环境脆弱的本质,揭示构造运动、古环境变迁对石漠化的控制作用。从人类社会演化历程中,揭示喀斯特生态系统退化的外部驱动机制,包括气候、人口压力、不合理的经济活动、政策等对石漠化的驱动作用。还要辨识自然因素和社会因素对不同区域石漠化的影响份额,诊断喀斯特地区土地石漠化的主导因子和关键环节,为退化喀斯特生态系统的恢复和重建提供科学依据和技术指导。

2.3 喀斯特石漠化的预警系统

喀斯特石漠化作为生态环境的退化过程,发展到一定程度就成为一种灾害,其后果是土地的生物或经济生产力和复杂性下降或丧失。从某种意义上讲,喀斯特石漠化预警属于灾害管理预警的范畴;而从喀斯特石漠化产生的背景上看,是在不同时空尺度下各种自然因素和社会经济因素相互作用和耦合的结果,所预警的对象属于区域综合预警的范畴。

为了有效地进行石漠化综合防治,必须首先对石漠化发生、发展的生态机理、危害程度、强度、范围、生态环境背景等进行深入系统研究和区划,奠定

建立石漠化监测预警体系、实现预警报告的理论基础。喀斯特石漠化预警的基本程序是:收集预警数据、生态环境背景值数据、灾害历史数据和承灾体数据,建立喀斯特石漠化危害背景数据库;辨识警兆,依据GIS、地统计学等方法,结合灾害模型、抗灾性能模型进行灾害时空分析,判断灾害等级、强度、范围与历史等,然后发布预报,最终达到预防灾害的目的。

2.4 喀斯特石漠化防治

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,喀斯特石漠化综合防治已成为西部大开发成败的关键和最紧迫任务之一。

喀斯特石漠化是一个复杂的自然与人类活动过程的结果:人类不合理的经济活动破坏了亚湿润喀斯特地区人地系统的平衡,又无法通过内部的自组织和自反馈机制使系统迅速得到恢复,从而导致系统内诸多环境要素的退化,使原有的喀斯特森林景观演替为以基岩大面积出露为主要形式的类似荒漠景观。因此,喀斯特石漠化发育的全过程就是人地系统内部各要素之间以及各要素同外部环境之间通过物质、能量、信息的流动,使脆弱的系统结构退化和功能降低的动态演化过程。要解决喀斯特石漠化问题,只有通过人类主动地调节自身活动及自我适应性,建立一个互为调适、协同共进的人地关系,优化喀斯特环境系统结构和功能,才能在新的条件下达到新的平衡,并朝着良性化方向发展。

尽管西南喀斯特环境的总体特征表现为脆弱性大,弹性限度低,环境容量小,土地承载力低,抗干扰能力弱。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,植物根系严重损伤,萌芽再生能力降低以至消失,森林恢复更加困难^[27]。但是,生态重建的可能性依然存在:西南喀斯特地区的水热条件优越,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证明裸露石山上能够生长茂密的森林^[29];石漠化地区仍常有10%~50%的不连续土被,有些裂隙中的土层可深达1 m以上,且水分与养分贮量也较丰富^[30];此外石漠化地区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^[31,32]。

试验表明,在喀斯特石漠化山区,实行严格的封山育林,并辅以人促更新,一般在封山1~2 a后可见草坡,5 a左右可见灌木,15~30 a可形成喀斯特

森林植被。例如,广西马山县弄拉村属岩溶峰丛地区,在经历了大规模的砍伐后,经过 30 多年的封山育林,目前,森林覆盖率已达 90% 以上,昔日的荒山以郁郁葱葱,当地农民已实现了小康。

3 可能的发展趋势

尽管经过多年努力,已初步了解了喀斯特石漠化的成因及发展过程,并在一些地区采取了行之有效的治理措施,获得了一定的成绩,但由于喀斯特石漠化是一个自然、社会、经济相互交叉,涉及多学科、综合性强的研究领域,随着研究程度的深化,必然会出现新的问题和新的方向。

(1) 石漠化过程的自然与人为背景的研究。包括石漠化产生的自然环境背景,近 2000 a 来石漠化土地时空变化过程和机制;近 50 a 来石漠化土地利用和覆盖率变化过程、原因及表土特征,自然因素和人文作用对石漠化过程正负面影响以及各自的贡献率等。

(2) 石漠化动力学过程及其调控研究。包括石漠化形成的物理、化学过程及生物地球化学动力学原理,土壤侵蚀规律和控制原理,土壤侵蚀预报及可容忍量,土壤侵蚀的定量评价指标体系和区划,石漠化发展趋势的监测预报研究。

(3) 石漠化的生物学过程与植被恢复重建机理。包括喀斯特石漠化地区主要植被抗逆机理,适生性、多样性及稳定性,典型区水分平衡的动态性和植被建设的适度规模。

(4) 石漠化综合防治战略与模式。包括石漠化地区社会、经济与环境协调发展对策和模式;典型地区石漠化综合治理优化模式和技术试验示范研究。

(5) 喀斯特生态系统退化受损状态、分布与演变趋势。致损因子的作用机理和致损过程。受损生态系统的生态恢复和土地生产力维持与提高。

(6) 喀斯特石漠化的环境效应,包括区域环境效应和全球环境效应。

(7) 喀斯特石漠化预警研究。将石漠化预防纳入灾害管理预警的范畴来研究,将为石漠化预防提供有效途径。随着 3S 技术及计算机网络技术的发展,建立预警系统已成为可能。

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,为退化

喀斯特生态系统的恢复与重建提供理论依据,构成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.
- [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.
- [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.
- [4] 联合国.联合国关于发生严重干旱和荒漠化的国家特别是非洲防治荒漠化的公约[Z].北京:环境科学出版社,1994.
United Nation. United nation Treaty about prevention of serious aridity and desertification, especially in Africa [Z]. Beijing: Publishing House of Environmental Science, 1994.
- [5] ESCA/UNEP. Regional Meeting on the Asia-Pacific Input to the International Convention to Combat Desertification [Z]. 7-9 March, Bangkok, 1994.
- [6] ESCA/UNEP. Overview on Desertification in Asia and the Pacific 1989 [Z], Jodhpur, India, 1989.
- [7] DESCONAP. Working paper on Approaches for Development of National Action Programs and Follow-up Strategy for the Year 1995-2000 [Z], Yangon, 1995.
- [8] 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)
- [9] 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)
- [10] 张殿发,欧阳远,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·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.

- [11] Yuan Daoxian. Rock desertification in the subtropical karst of south China[J]. Z. Geomorph. N. F., 1997, 108: 81 - 90.
- [12] 屠玉林, 贵州土地石漠化现状及成因分析[A]. 李箐, 编. 石灰岩地区开发治理[C]. 贵阳: 贵州人民出版社, 1996.
Tu Y L. The present situation and origin analysis of land desertification in Guizhou[A]. Li Q ed. Exploring and taming in limestone region[C]. Guiyang: Guizhou People Publishing House, 1996.
- [13] 苏维词, 周济祚, 贵州喀斯特山区的“石漠化”及防治对策[J]. 长江流域资源与环境, 1995, 4(2): 177 - 182.
Su W C, Zhou J Z. "Rocky desertification" and prevention and control strategy in Guizhou karst mountainous region[J]. Resource and Environment in Changjiang discharge region, 1995, 4(2): 177 - 182.
- [14] 姚长宏, 杨桂芳, 蒋忠诚. 贵州省岩溶地区石漠化形成及其生态治理[J]. 地质科技情报, 2001, 20(2): 75 - 78.
Yao C H, Yang G F, Jiang Z C. Desertification formation in Guizhou karst region and ecological taming[J]. Geological Science and Technology Information, 2001, 20(2): 75 - 78. (in Chinese)
- [15] 张殿发, 王世杰, 周德全, 李瑞玲. 贵州省喀斯特地区土地石漠化的内动力作用机制[J]. 水土保持通报, 2001, 21(4): 1 - 5.
Zhang D F, Wang S J, Zhou D Q, Li R L. Internal dynamic driving mechanism of land desertification in Guizhou karst region[J]. Bulletin of Water and Soil Conservation, 2001, 21(4): 1 - 5. (in Chinese with English abstract)
- [16] 张殿发, 王世杰, 周德全, 李瑞玲. 土地石漠化的生态地质环境背景及其驱动机制[J]. 农村生态环境, 2002, 18(1): 6 - 10.
Zhang D F, Wang S J, Zhou D Q, Li R L. Ecologically geologic background and driving mechanism of land desertification[J]. Rural Ecologic Environment, 2002, 18(1): 6 - 10. (in Chinese)
- [17] 王瑞江, 姚长宏, 蒋忠诚, 裴建国. 贵州六盘水石漠化的特点、成因与防治[J]. 中国岩溶, 2001, 20(3): 211 - 216.
Wang R J, Yao C L, Jiang Z C, Pei J G. Feature, genesis and prevention of rocky desertification in Liupanshui city in Guizhou Province[J]. Carsologic Sinica, 2001, 20(3): 211 - 216. (in Chinese with English abstract)
- [18] 夏卫生, 雷廷武, 潘英华, 张晴文, 刘纪根. 南方坡地石漠化现状及防治的初步研究[J]. 水土保持通报, 2001, 21(4): 47 - 49.
Xia W S, Lei T W, Pan Y H, Zhang Q W, Liu J G. Preliminary study of present status and prevention of rocky desertification of slope land in South China[J]. Bulletin of Water and Soil Conservation, 2001, 21(4): 47 - 49. (in Chinese with English abstract)
- [19] 周忠发. 遥感和 GIS 技术在贵州喀斯特地区土地石漠化研究中的应用[J]. 水土保持通报, 2001, 21(3): 52 - 54.
Zhou Z F. Remote sensing and GIS technology application in research of rocky desertification of karst land in Guizhou [J]. Bulletin of Water and Soil Conservation, 2001, 21(3): 52 - 54. (in Chinese with English abstract)
- [20] 李锋. 荒漠化监测中生态环境与社会经济评价指标体系及评价方法的研究[J]. 干旱环境监测, 1997, 11(1): 1 - 5.
Li F. Eco-environmental and socio-economic evaluation index system in desertification monitoring and its evaluation method[J]. Arid Environmental Monitoring, 1997, 11(1): 1 - 5. (in Chinese)
- [21] 李福兴. 全球荒漠化现状和我国荒漠化研究的动向[J]. 水土保持研究, 1996, 3(4): 103 - 110.
Li F X. Present status of global desertification and the research trend of desertification in China[J]. Research of Water and Soil Conservation, 1996, 3(4): 103 - 110. (in Chinese with English abstract)
- [22] 朱震达. 中国荒漠化问题研究的现状与展望[J]. 地理学报, 1994, 49(增刊): 650 - 659.
Zhu Z D. Present research status and prospect of desertification in China[J]. Chinese Journal of Geography, 1994, 49(suppl.): 650 - 659. (in Chinese)
- [23] 朱震达, 崔书红. 中国南方的土地荒漠化问题[J]. 中国沙漠, 1996, 16(4): 331 - 337.
Zhu Z D, Cui S H. Problem of land desertification in South China [J]. China Desert, 1996, 16(4): 331 - 337. (in Chinese with English abstract)
- [24] 张煜星. 论荒漠与荒漠化程度评价[J]. 干旱区研究, 1996, 13(2): 77 - 80.
Zhang Y X. Discussion on desert and desertification degree evaluation [J]. Research of Arid Area, 1996, 13(2): 77 - 80. (in Chinese with English abstract)
- [25] 王君厚, 孙司衡. 荒漠化类型划分及其数量化评价体系[J]. 干旱环境监测, 1996, 10(3): 129 - 137.
Wang J H, Sun S H. Type classification and quantitative evaluation system of desertification[J]. Arid Environment Monitoring, 1996, 10(3): 129 - 137. (in Chinese)
- [26] 吴波. 我国荒漠化现状、动态与成因[J]. 林业科学研究, 2001, 14(2): 195 - 202.
Wu B. Present status, developing trend and genesis[J]. Forestry Science Research, 2001, 14(2): 195 - 202. (in Chinese with English)
- [27] 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 with English abstract)
- [28] 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 and pedogenesis [J]. Science in China (series D), 1999, 29: 441 - 449. (in Chinese)
- [29] 姚长宏, 蒋忠诚, 袁道先. 西南岩溶地区植被喀斯特效应[J]. 地球学报, 2001, 22(2): 159 - 164.
Yao C L, Jiang Z C, Yuan D X. Karstification effect of plant in karst area in southwestern China[J]. Journal of Earth, 2001, 22(2): 159 - 164. (in Chinese with English abstract)
- [30] 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)

- [31] 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 T B. Discussion on the situation of soil and water erosion and pathway of ecological agriculture construction in Guizhou karst mountainous region[J]. Chinese Journal of soil and water conservation, 2000, 14(5): 28-34. (in Chinese with English abstract)
- [32] 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)

Discussion on the Karst Rocky Desertification Researches

ZHOU De-quan^{1,2}, WANG Shi-jie², ZHANG Dian-fa^{2,3}

1. Department of Resource and Environment, Guizhou Normal University, Guiyang 550001, China; 2. State Key Laboratory of Environmental Geochemistry, Institute of Geochemistry, CAS, Guiyang 550002, China; 3. Faculty of Architecture, Civil Engineering and Environment, Ningbo University, Ningbo 315211, China

Abstract: As an important branch of desertification principles, the principle of karst rocky desertification poses strong vital force and developing energy due to its straightforward scientific aim and state demands. However, it is a new research field and, thus, there remain many problems to be explored and deepened. Based on long-term fundamental research and field investigation on the karst eco-environmental system, the authors discussed the primary viewpoints about the present investigation situation, formation mechanism, early-warning and ecological restoration of karst rocky desertification. The future research trends about karst rocky desertification should be emphasized particularly on its environmental impacts, biogeochemical processes and adjusting mechanism (especially natural and artificial processes), ecological processes and rehabilitation, comprehensive prevention and taming models as well as regional sustainable development model.

Key words: karst rocky desertification; formation mechanism; eco-restoration; research orientation