

# 不同空间尺度下喀斯特石漠化与坡度的关系<sup>\*</sup>

李阳兵<sup>1,3</sup>, 王世杰<sup>2</sup>, 周梦维<sup>2</sup>, 程安云<sup>2</sup>, 李卫海<sup>1</sup>

(1. 贵州师范大学 地理与环境科学学院, 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. 重庆师范大学 地理科学学院, 重庆 400047)

**摘要:**以2005年2月4日1:1万SPOT5影像(空间分辨率2.5m)为基本数据源,在获取该流域喀斯特各级石漠化分布格局信息的基础上,探讨喀斯特石漠化强度与坡度的空间尺度关系。王家寨小流域石漠化集中分布在15°~25°坡度范围内,簸箕地区轻度、中度、强度集中分布在<5°、15°~25°的坡度范围。而大尺度研究发现石漠化发生率最大的是>25°的坡地,研究尺度越大,则石漠化集中分布的坡度范围也越高。因此,大尺度分析得出的结论不能指导小尺度石漠化土地的防治工作。

**关键词:**石漠化; 坡度; 空间尺度

中图分类号: P642.25; X171.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2009)05-0070-03

## Relationship Between Karst Rocky Desertification Distribution and Slope Under Different Spatial Scales

LI Yang-bing<sup>1,3</sup>, WANG Shi-jie<sup>2</sup>, ZHOU Meng-wei<sup>2</sup>, CHENG An-yun<sup>2</sup>, LI Wei-hai<sup>1</sup>

(1. School of Geography and Environment Science, Guizhou Normal University, Guiyang 550001, China; 2. National Key Laboratory of Environmental Geochemistry, Geochemistry Institute of Chinese Academy of Science, Guiyang 550002, China; 3. College of Geography Science, Chongqing Normal University, Chongqing 400047, China)

**Abstract:** Based on the image of SPOT5 in 2005, karst rocky desertification landscape patterns in Boluo area was classified as: no, latent, slight, moderate, strong, and extremely strong karst rocky desertification types. Furthermore, this paper discussed the relationship between karst rocky desertification and slope. The results show that: the karst rocky desertification land gathered in the slope range of 15° to 25° in Wangjiazhai catchments, and located in areas with slope < 5° or 15° ~ 25°. But the occurrence ratio of karst rocky desertification of areas with slope > 25° is the biggest in larger spatial scales. The slope range of areas which karst rocky desertification located increases with the spatial scale-up. So, the conclusions derived from macro-scale studies should not apply to the comprehensive melioration the karst rocky desertification in small spatial scales.

**Key words:** karst rocky desertification; slope; spatial scale

目前从不同角度对西南喀斯特石漠化问题进行了大量的研究,取得了诸多成果,内容涵盖喀斯特石漠化分布特征<sup>[1]</sup>、评价指标<sup>[2-4]</sup>、生态环境效应<sup>[5-6]</sup>、成因机制<sup>[7]</sup>及综合治理<sup>[8-9]</sup>等诸多方面。

不同石漠化景观类型受空间因子影响强度差异显著<sup>[10]</sup>,喀斯特石漠化综合防治规划需考虑石漠化在各级坡度范围内的分布。已有研究表明,土壤侵

蚀的空间尺度效应使得小尺度上观测到的大量数据无法得到有效的利用,给多空间尺度土壤侵蚀定量评价带来了困难和问题<sup>[11]</sup>,但关于土壤侵蚀的空间尺度效应是否使石漠化的空间分布同样具有空间尺度性却缺乏研究。坡度是影响表层土壤侵蚀的主要因素之一,该文以贵州清镇簸箕地区为例,利用高分辨率遥感影像,在获取该流域各级喀斯特石漠化分

\* 收稿日期: 2009-03-19

基金项目: 国家重点基础研究发展计划项目(2006CB403200); 教育部“新世纪优秀人才支持计划”(NCET-05-0819)

作者简介: 李阳兵(1968-)男,重庆潼南人,博士后,教授,研究方向为土地利用与生态过程。E-mail: liyabin@gznu.edu.cn

布格局信息的基础上, 探讨喀斯特石漠化与坡度的关系是否随空间尺度的改变而发生变化。

### 1 研究区概况

研究区位于喀斯特高原区的清镇市簸箩乡、贵州省最大的人工湖——红枫湖北湖上游麦翁河东侧, 面积约 22.68 km<sup>2</sup>, 地貌为典型喀斯特峰丛、丘陵谷地, 海拔最高点 1 451.1 m, 最低点 1 242.0 m。属亚热带季风湿润气候, 多年平均降水量 1 200 mm, 主要集中在 5—9 月。王家寨小流域位于簸箩地区的中部, 面积约 2.4 km<sup>2</sup> (图 1)。坝地中以耕地为主; 峰丛上以灌木林和草地为主, 且物种比较单一, 乔木主要为村寨风水林。土壤类型为石灰土、黄壤、水稻土等。区内石漠化强度级别发育完全, 具有较大的代表性。

### 2 数据来源及分析

以 2005 年 2 月 4 日 1 : 1 万 SPOT5 影像 (空间分辨率 2.5 m) 为基本数据源, 对照 1 : 10 000 地形图选取控制点, 选用 Albers 圆锥等积投影方式, 参考 Krasovsky 椭球体, 基准经线 105°, 基准纬线为

25°和 47°, 利用 ENVI 进行几何精校正, 误差在半个象元以内。选取若干块具有代表性的地段作为感兴趣区, 进行实地踏勘, 主要依据岩石裸露率和土地利用情况及植被覆盖的季节变化, 将石漠化景观分为无、潜在、轻度、中度、强度和极强度等 6 类, 参考土地利用类型、植被覆盖率、土壤裸露率等建立石漠化景观—影像特征二者之间的相关性标志, 作为推断全区石漠化等级分布的科学依据之一 (表 1)。

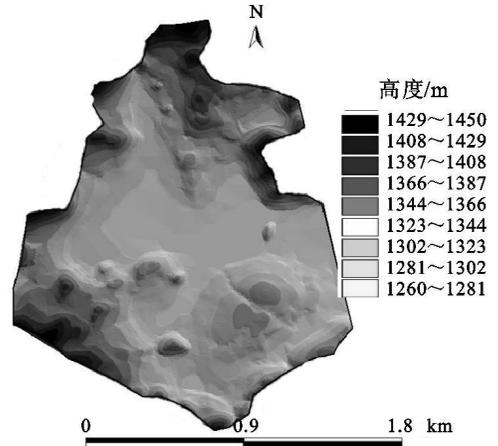


图 1 研究区三维地形图

表 1 研究区不同等级石漠化划分标准

项目	无石漠化	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
岩石裸露率/%	< 10	< 20	20~50	50~70	70~90	> 90
SPOT 影像特征	亮绿色, 块状, 边界规则, 纹理清晰	深绿色, 块状	绿色, 零星点, 缀浸染状白色	浅绿色, 带星状白色	浅绿色, 带斑状白色	白色, 零星点, 缀浸染状绿色

说明: 本文中无石漠化指耕地 (包括水田和旱地), 潜在石漠化指坡度 > 25°, 基本无土壤侵蚀的林地。

### 3 结果分析

#### 3.1 王家寨小流域坡度与石漠化的关系

平坡定义为 1; 2°~5°、5°~10°、10°~15°、15°~20°、20°~25°、25°~30°、30°~35°、35°~40°、40°~45°、45°以上分别赋值 2~11 (图 2)。在王家寨小流域, 无石漠化主要集中在 < 10° 的低坡度范围。潜在和轻度两种较轻的石漠化景观随坡度增加而增加, 这主要是由于林地和自然恢复演替来的高覆盖度灌木主要分布在坡度高、可达性差、受人类干扰较少的区域造成的。极强度石漠化 15°~20° 分布比例最高, 强度石漠化在 25°~45° 分布比例最高; 中度石漠化在 20°~25° 分布比例最高。这反映了当地人在坡度相对较小 (即 15°~25°) 处, 土地利用强度较大, 同时又缺乏水保措施, 水土流失严重, 短时期内土壤流失殆尽, 造成植被的极度退化以至基岩的大面积裸露。在 0~27°, 石漠化严重程度随坡度的增加而升高, 超过 27° 后石漠化严重程度反而逐渐降低<sup>[19]</sup>。

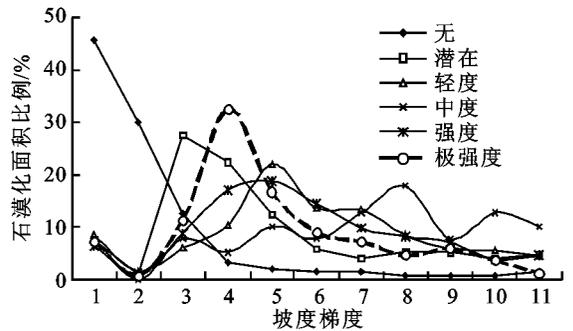


图 2 坡度梯度上各级喀斯特石漠化土地分布

#### 3.2 簸箩研究区坡度与石漠化的关系

表 2 的数据为簸箩地区各级坡度范围内石漠化类型占该石漠化类型总面积的比例, 轻度、中度、强度石漠化集中分布在 < 5°、15°~25°; 极强度石漠化在 15°~25° 分布比例最高, 其次是 < 5°。各类型石漠化在 8°~35° 分布比例最高, 是因为此坡度范围易发生水土流失, 同时也易受到垦殖等强烈人为干扰。野外调查发现, 强度、极强度石漠化土地于坡度较缓的部位 (下坡和中坡和峰丛鞍部) 连片分布, 是因为

这些地貌部位土地利用强度相对较大;轻中度石漠化的分布则相反。因研究区地处岩溶高原面,地貌上属于喀斯特丘陵,相对高差较小;农业条件也较

好,农民自然不会到高处去广种薄收。簸箩地区石漠化在不同坡度等级中的分布变化,在一定程度上说明了石漠化斑块空间分布格局区人为成因为主。

表 2 簸箩研究区石漠化在不同坡度等级中的分布

%

石漠化程度	< 5°	5° ~ 8°	8° ~ 15°	15° ~ 25°	25° ~ 35°	35° ~ 45°	> 45°
无石漠化	61.41	11.64	14.11	7.67	3.36	1.35	0.46
潜在石漠化	32.73	7.62	18.98	20.16	11.76	6.04	2.71
轻度石漠化	27.10	5.18	16.99	24.17	14.89	7.99	3.69
中度石漠化	28.01	2.63	12.59	26.32	18.80	8.83	2.82
强度石漠化	26.71	3.53	14.87	24.22	18.96	8.70	3.00
极强度石漠化	23.05	4.06	13.72	29.06	20.13	7.63	2.35

### 4 讨论

簸箩研究区的分析表明石漠化集中分布在 < 5°、15° ~ 25° 的坡度范围,而仅对王家寨这一独立的峰丛洼地来讲,石漠化严重程度随坡度的增加而升高,超过 27° 后石漠化严重程度反而逐渐降低。而在更大的空间尺度上,如对清镇市的研究表明,坡度在 25° ~ 35° 左右石漠化面积最大,中度以上石漠化占该地区面积的 25%;其强度石漠化最高,与其它坡度相比,也是各级坡度级别中强度石漠化最为严重的<sup>[2]</sup>。对贵州中部安顺、紫云、长顺等 7 个县市的研究发现,石漠化主要位于 < 5° 和 > 25° 的坡度范围内,对于小于 5° 的坡度范围,由于过度开发,加速表土侵蚀过程而导致石漠化<sup>[3]</sup>。李瑞玲等对贵州省岩溶地区坡度和喀斯特石漠化进行空间叠加分析,计算不同坡度下各种程度石漠化的发生率,发现石漠化发生率最大的是 > 25° 的坡地,石漠化面积占到区内坡地总面积的 30% 左右,在 > 18° 的地区,石漠化的发生率基本都随着坡度的增大而增大,这种规律在强度石漠化中表现尤为明显<sup>[4]</sup>。

综上所述可以看出,喀斯特石漠化与坡度的关系随空间尺度的变化而变化,研究尺度越大,则石漠化集中分布的坡度范围也越高。其原因在于因为小尺度研究中体现的生境细节在大尺度研究被忽略了,同时也与大尺度范围地貌类型、土地利用格局复杂而引起石漠化空间分布的格局变化有关。而如何理解喀斯特石漠化与坡度的关系在不同空间尺度下的变化,涉及到如何评价区域石漠化的严重程度,同时喀斯特石漠化在不同坡度的分布与喀斯特山地生态建设中景观格局优化也存在密切的关系,大尺度分析得出的石漠化与坡度的关系不能指导小尺度石漠化土地的防治工作,小流域的研究结果也不能随意推

广到较大的研究范围。因此进一步研究需要明确在何种尺度讨论石漠化与坡度的关系才是恰当的。

### 5 结论

本文研究了喀斯特石漠化分布与坡度范围的关系,发现王家寨小流域极强度石漠化在 15° ~ 20° 坡度范围分布比例最高,强度石漠化在 25° ~ 45° 坡度范围分布比例最高;中度石漠化在 20° ~ 25° 坡度范围分布比例最高。簸箩地区轻度、中度、强度集中分布在 < 5°、15° ~ 25° 的坡度范围;极强度石漠化在 15° ~ 25° 坡度范围内的分布比例最高,其次是 < 5° 坡度范围内。

研究尺度越大,则石漠化集中分布的坡度范围也越高,喀斯特石漠化与坡度的关系随空间尺度的变化而变化,有必要进一步研究不同空间尺度下喀斯特石漠化与坡度的关系。

#### 参考文献:

[1] 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相关分析[J]. 地理学报, 2003, 58(2): 314-320.

[2] 李瑞玲,王世杰. 喀斯特石漠化评价指标体系探讨[J]. 热带地理, 2004, 24(12): 145-149.

[3] 王德炉,朱守谦,黄宝龙. 贵州喀斯特石漠化类型及程度评价[J]. 生态学报, 2005, 25(5): 1057-1063.

[4] 王世杰,李阳兵. 生态建设中的喀斯特石漠化分级问题[J]. 中国岩溶, 2005, 24(3): 192-195.

[5] 王世杰. 喀斯特石漠化: 中国西南最严重的生态地质环境问题[J]. 矿物岩石化学通报, 2003, 22(2): 120-126.

[6] 白晓永,熊康宁,苏孝良. 喀斯特石漠化景观及其土地生态效应: 以贵州贞丰县为例[J]. 中国岩溶, 2005, 24(4): 276-281.

(下转第 77 页)

- 1992—2001 Moscow (in Russian)[ R]. 2002; 98-99.
- [ 2 ] Pavlovskii E S. On the new concept of agroforest amelioration Volgograd[ C]. All Russia Research Institute of Agroforest Amelioration(conference abstracts, in Russian), 2005; 178-179.
- [ 3 ] Sapanov M K, Sizemskaya M L, Olovyannikova I N. Agro-forest meliorative system of adaptive nature management under dry semidesert conditions in the northern Caspian lowland[ J]. Eurasian Soil Sci., 2005, 38(3): 230-236.
- [ 4 ] Sapanov M K. The Role of protective afforestation and sustainable nature management(in Russian)[ J]. Lesnoe khozyaistvo (Forest Economy), 2008, 3: 28-30.
- [ 5 ] Sapanov M K. Major principles for creating adapted forest stands in mesodepressions within the clayey semidesert(in Russian)[ J]. Lesnoe khozyaistvo (Forest Economy), 1998, 5: 29-30.
- [ 6 ] 张金屯. 黄土高原植被恢复与建设的理论和技术问题[ J]. 水土保持学报, 2004, 18(5): 120-124.
- [ 7 ] Wu Q X, Liu X D, Zhao H Y. Ways and measures of restoring vegetation for controlling soil and water loss on the Loess Plateau of China[ J]. Indian Forestry, 1995, 3: 194-200.
- [ 8 ] Zhang J T, Chen T G. Effects of mixed *Hippophae Rhamnoides* on community and soil in planted forests in the eastern Loess Plateau, China[ J]. Ecological Engineering, 2007, 31: 115-121.
- [ 9 ] Sapanov M K. Ecology of Forest Plantations in Arid Regions(in Russian)[ M]. Tula: Grif & K, 2003.
- [ 10 ] 李玉山. 黄土高原森林植被对陆地水循环影响的研究[ J]. 自然资源学报, 2001, 16(5): 427-432.
- [ 11 ] Li J, Chen B, Li X F, et al. Effects of deep soil desiccation on artificial forestlands in different vegetation zones on the Loess Plateau of China[ J]. Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(4): 1429-1445.
- [ 12 ] 王志强, 刘宝元, 王旭艳, 等. 黄土丘陵半干旱区人工林迹地土壤水分恢复研究[ J]. 农业工程学报, 2007, 23(11): 77-83.
- [ 13 ] 付明胜, 钱卫东, 牛萍, 等. 连续干旱对土壤干层深度及植物生存的影响[ J]. 干旱区研究, 2002, 19(2): 71-74.
- [ 14 ] 段争虎, 肖洪浪, 宋耀选. 黄土高原西部兰州市郊人工林地水分亏缺与调控研究[ J]. 中国沙漠, 2006, 26(4): 527-531.
- [ 15 ] 郭忠升, 邵明安. 半干旱区人工林草地土壤旱化与土壤水分植被承载力[ J]. 生态学报, 2003, 23(8): 1641-1647.
- [ 16 ] Vysotskii G N. Selected Works (in Russian)[ M]. Moscow: Nauka, 1960.
- [ 17 ] Zhang X B, Zheng S X, Shangguan Z P. Nutrient distributions and bio-cycle characteristics in both natural and artificial *Pinus tabulaeformis* Carr. forests in hilly Loess Regions[ J]. Acta Ecologica Sinica, 2006, 26(2): 373-382.
- [ 18 ] 张海, 张立新, 柏延芳, 等. 黄土崩状丘陵区坡地治理模式对土壤水分环境及植被恢复效应[ J]. 农业工程学报, 2007, 23(11): 108-113.
- [ 19 ] 杨文治. 黄土高原土壤水资源与植树造林[ J]. 自然资源学报, 2001, 16(5): 433-438.
- [ 20 ] 梁一民, 陈云明. 论黄土高原造林的适地适树与适地适林[ J]. 水土保持通报, 2004, 24(3): 69-72.

(上接第 72 页)

- [ 7 ] Wang Shijie, Dianfa Zhang, Li Ruiling. Mechanism of rocky desertification in the Karst Mountain Areas of Guizhou Province, Southwest China[ J]. International Review for Environmental Strategies, 2002, 3(1): 123-135.
- [ 8 ] 张竹如, 李燕, 王林均. 贵州岩溶石漠化地区生态环境恢复的初步研究: 贵阳黔灵山的启示[ J]. 中国岩溶, 2001, 20(4): 310-314.
- [ 9 ] 龙健, 邓启琼, 江新荣. 贵州喀斯特石漠化地区土地利用方式对土壤质量恢复能力的影响[ J]. 生态学报, 2005, 25(12): 3188-3195.
- [ 10 ] 周梦维, 王世杰, 李阳兵. 喀斯特石漠化小流域景观的空间因子分析: 以贵州清镇王家寨小流域为例[ J]. 地理研究, 2007, 26(5): 897-905.
- [ 11 ] 倪九派, 魏朝富, 谢德体. 土壤侵蚀定量评价的空间尺度效应[ J]. 生态学报, 2005, 25(8): 2061-2066.
- [ 12 ] 周忠发. 喀斯特地区石漠化与地形坡度的关系分析: 以贵州省清镇市为例[ J]. 水土保持通报, 2006, 26(5): 1-3.
- [ 13 ] Huang Qiu-Hao, Cai Yun-Long. Spatial pattern of Karst rock desertification in the Middle of Guizhou Province, Southwestern China[ J]. Environ Geol., 2007, 52: 1325-1330.
- [ 14 ] 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[ D]. 北京: 中国科学院地球化学研究所, 2004.