

不同石漠化程度岩溶峰丛洼地 系统景观格局的比较

李阳兵^{1,2}, 王世杰¹, 容 丽^{1,2}

(1. 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;

2. 贵州师范大学资源与环境科学系, 贵阳, 550001)

摘要: 利用花江岩溶峡谷区南坡不同石漠化程度的 5 个独立的岩溶峰丛洼地系统景观要素的实测数据, 分析了多样性、优势度、破碎度、分离度等景观格局指标的变化规律及其所指示的生态学意义。结果表明, 这些指标在不同峰丛洼地系统都能较好地评价石漠化过程中景观格局的动态变化规律, 对分析石漠化土地的发展趋势具有较好的指示意义。但多样性指数、优势度指数、均匀度指数也与各峰丛洼地系统的景观基质有关, 在不同石漠化程度的峰丛洼地系统中, 反映的景观生态意义是不一样的。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, 在石漠化程度判定和石漠化指标的研究中景观格局是一个不可忽视的问题。

关键词: 景观格局; 石漠化; 花江峡谷区

文章编号: 1000-0585(2005)03-0371-08

景观生态学在生态环境演替方面已有较多的应用^[1~7], 西部地区为适应大规模区域生态环境建设的需要, 加强生态安全的预警与对策研究已成为包括景观生态学在内的宏观生态学研究新热点^[8], 从景观以上尺度考虑生态恢复与重建问题已逐渐引起了恢复生态学家的关注, 景观生态恢复与重建是区域生态安全格局构建的关键途径^[9]。在人类不合理活动的干扰下, 加剧了岩溶山区脆弱性生态环境以“石漠化”为特征的景观演化和景观破碎化进程^[10]。在山地自然条件的制约下, 人为干扰呈蚕食性扩展, 导致景观日趋破碎, 规模较大、连通度较高的斑块日益被分割为分离的和碎小的斑块^[11]。景观利用在“垂直”方向不适宜的匹配(如陡坡垦殖)和在“水平”方向不合理的空间布局(如景观碎裂化), 构成岩溶山地景观退化的主要问题^[12]。但目前几乎没有涉及石漠化土地空间分布(景观格局)与石漠化过程的相互关系研究。本文以花江峡谷区不同石漠化程度的岩溶峰丛洼地系统为例, 阐述景观格局多样性变化与石漠化程度关系的初步研究成果, 以期掌握石漠化过程中景观的动态变化规律。这对于认清该地区的石漠化现状和理解石漠化发生的尺度和机理也是必要的, 并可为发展有效的防治与管理对策提供理论依据。

1 研究区自然概况

研究区位于贵州省关岭县南部与贞丰县北部交界的北盘江花江段岩溶峰丛峡谷流域区的南岸, 包括查尔岩村、板围村、纳墎村、戈贝村, 经度 E105°38', 纬度 N25°39', 高度

收稿日期: 2004-03-10; 修订日期: 2004-09-30

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(90202003); 中国科学院地球化学研究所领域前沿 A 类资助项目

作者简介: 李阳兵(1968-), 重庆潼南人, 博士后, 副教授。主要研究方向为土地资源与生态环境治理, 发表论文 30 余篇。

850~1000m, 是贵州岩溶石漠化发生的典型地区和国家“九五”、“十五”生态重建重点示范区。峡谷呈东西向分布, 两侧峰丛山地高耸, 谷地深切, 高差在 800m 以上, 既具有阻挡冷湿气流入内的作用, 又能产生焚风效应, 形成一个静风的干热峡谷。属中亚热带干热河谷气候类型, 年平均气温 18.4℃, 平均年降雨量 1100 mm, 但时空分布不均, 4~10 月降水量占全年降水量的 85%, 蒸发量达 1200~1300mm, 干旱指数 1.4~1.1, 连续 3 个月降雨量不足 50mm 的干旱发生频率达 90%。植被有仙人掌、量天尺群落等肉质多浆灌丛, 反映了生境条件干燥、暖热的特征, 另一方面又反映出人类活动干扰破坏的严重。除在一些村寨的四周有树林分布, 在一些陡峻的峰丛顶部尚残存有少数灌丛外, 其余大部分地区基岩裸露, 石漠化十分严重, 轻度以上石漠化土地占总面积的 70% 左右。

2 研究方法

2.1 研究单元选取

峰丛洼地是贵州典型岩溶地貌类型, 也是一类特殊的地表干旱缺水地区, 形成了特殊的生态环境, 即峰丛洼地系统物质能量循环的相对封闭性, 也是脱贫难度较大的地域。本研究选择花江峡谷区南坡 5 个独立的岩溶峰丛洼地封闭系统, 据基岩裸露面积、植被加土被面积、土厚^[13], 将其石漠化程度分别划分为强度石漠化、中度石漠化、轻度石漠化和潜在石漠化, 以阐明石漠化过程中峰丛洼地系统生态格局多样性的变化。

2.2 景观要素类型划分

在景观格局研究中, 常将嵌块体类型视为土地利用类型^[14], 也就是说, 可以用一定级别的土地利用类型表示景观中的嵌块体类型, 至少在人类开发利用程度较高的地区可以如此。因此, 本文将研究区景观格局种类的嵌块体类型与土地利用类型视为同义语, 景观空间格局亦即为土地利用空间格局。本文的嵌块体类型(土地利用类型)的划分, 主要是在土地利用类型的基础上, 依据土地利用现状划分了 7 类景观嵌块体类型(裸岩、裸土、草坡、灌丛、弃耕地、耕地、林地)。

结合 2000 年 TM 影像图和地形图, 实测各峰丛洼地系统景观要素分布图, 各峰丛洼地系统不同景观要素的斑块数目、面积和所占比例见表 1。

表 1 各研究单元中不同嵌块体的数目、面积及景观比例

Tab. 1 Number, area and percentage of landscape elements in different research units

研究单元	潜在石漠化			轻度石漠化			中度石漠化 1			中度石漠化 2			强度石漠化		
	斑块数目	面积 (m ²)	比例 (%)	斑块数目	面积 (m ²)	比例 (%)	斑块数目	面积 (m ²)	比例 (%)	斑块数目	面积 (m ²)	比例 (%)	斑块数目	面积 (m ²)	比例 (%)
裸岩	11	6517	23.2	10	4320	36.6	7	2210	40.7	15	7573	28.5	13	9298	38.2
裸土	0			0			0			0			5	3994	16.4
草坡	1	2001	7.1	2	300	2.5	0			2	330	1.2	1	100	0.4
灌丛	6	6970	24.8	10	3601	30.5	15	2585	47.6	17	6297	23.7	7	6365	26.2
林地	13	9943	35.4	1	1001	8.5	1	20	0.4	7	4714	17.8	2	875	3.6
弃耕地	1	150	0.53	3	2134	18.1	0			12	5384	20.3	5	790	3.2
耕地	5	2470	8.8	1	450	3.8	3	610	11.2	6	2247	8.5	7	2912	12.0
总计	37	28501	100.0	27	11805.1	100.0	26	5425	100.0	59	26545	100.0	40	24334	100.0

2.3 景观多样性评价指标

一个地区的景观空间格局可以通过有关嵌块体的各种指数来表征。本文参考国内外文

献^[14~19], 采用的景观空间格局指数包括景观单元特征指数和景观整体指数, 具体如下:

2.3.1 多样性指数(H) 多样性指数反映景观中嵌块体的复杂性、嵌块体类型的齐全程度或多样性状况。采用 Shanon-Weaner 指数来计算景观多样性, 计测公式为:

$$H = - \sum_{i=1}^m (P_i \cdot \log_2 P_i) \quad (1)$$

最大多样性指数 $H_{\max} = -m \cdot [\frac{1}{m} \cdot \log_2 (\frac{1}{m})] = -\log_2 (\frac{1}{m})$, 即 $H_{\max} = \log_2 m$

式 (1) 中, H 为景观多样性指数 (单位为 bit), m 为要素的种类, P_i 为要素 i 的景观比例。该指数 (H) 同时表达了景观中嵌块体的多度 (或丰富度) 和异质性。

2.3.2 景观均匀性指数(E) 是景观均匀度的量度指标, 它反映景观中不同生态系统嵌块体分布的均匀程度, 可定义为“景观实际多样性指数与最大多样性指数之比值”, 亦即:

$$E = H / H_{\max} \quad (2)$$

这一指数 (E) 为比较不同景观或同一景观不同时期多样性的变化提供了一个有力手段。

2.3.3 景观的优势度指数(D) 优势度指标用于描述景观由少数几个景观类型 (生态系统) 控制的程度, 是测定景观格局构成中的一种或一些景观要素类型支配景观结构的程度, 亦即嵌块体在景观中的重要程度。其计算方法亦基于信息论, 即通过计算最大可能多样性指数 (H_{\max}) 的离差 (deviation) 来表述, 其计算公式为:

$$D = H_{\max} + \sum_{i=1}^m (P_i \log_2 P_i) \quad (3)$$

式 (3) 中, D 为优势度指数, m 或 P_i 的含义与式 (1) 相同。由 $P_i < 1$, $\log_2 P_i$ 为负值, 故式 (3) 的后一和数项亦为负值, 当此和数项增至最大值时, D 值即为 0。式 (3) 中 H_{\max} 的作用在于使得通过不同景观要素类型数目时的景观差异标准化。 D 值越大, 则表明偏离最大多样性的程度越大, 即组成景观的各嵌块体类型所占比例差异越大或说景观受某一种或少数几种景观嵌块体类型所支配; D 值越小, 则表明偏离最大多样性的程度越小, 即组成景观的各种嵌块体类型所占比例相当, 或说景观是由多个面积比例大致相等的嵌块体类型所组成。

2.3.4 分离度指数(F_i) 景观分离度是指某一景观类型中不同要素个体分布的分离程度。分离度越大, 表明景观类型斑块的分布越分散。其计算公式为:

$$F_i = D_i / S_i \quad D_i = \frac{1}{2} \sqrt{n/A} \quad S_i = A_i / A \quad (4)$$

式中, F_i 为景观类型 i 的分离度, n 表示景观类型 i 中的元素个数, A_i 为第 i 类景观的面积, A 为研究区景观总面积。

2.3.5 破碎度指数(FN) 破碎度是景观异质性的一个重要组成部分, 它是指景观被分割的破碎程度, 即景观里某一景观类型在给定时间里和给定性质上的破碎化程度。其计算公式为:

$$FN = (NP - 1) / NC \times 100\% \quad (5)$$

式 (5) 中, NC 为景观数据矩阵中栅格的总数 (该数字由最小斑块面积除景观总面积得到), NP 是景观内各类嵌块体的总数, FN 值越大, 景观破碎化程度越大。

3 结果与讨论

3.1 景观镶嵌结构的空间格局

潜在石漠化峰丛洼地系统裸岩集中分布于两处：峰丛南面坡度大于 80° 的坡面上部和峰丛东部（坡度 $15^\circ \sim 30^\circ$ ）开垦后土壤侵蚀强烈的坡面；其余裸岩斑块则零星分布。封育已 40 多年，景观以林、灌为主，从洼地底部到峰丛顶部连片分布。洼地中央土层深厚，种植药材。

轻度石漠化峰丛洼地系统裸岩主要分布于峰丛上部坡度较大部位，峰丛顶部坡度虽不大，垦殖后土壤侵蚀强烈，土壤保存在溶隙里，也形成裸岩景观。坡面中部为灌丛，坡面下部为弃耕地，洼地底部四周土层较厚的地方毛椿林生长高大，中部为耕地。

第一个中度石漠化峰丛洼地系统裸岩分布于系统坡度较缓的顺倾坡面，在其余坡面裸岩与灌丛相间分布，灌丛比例（47.6%）大于裸岩比例（40.7%），洼地底部为耕地。第二个中度石漠化峰丛洼地系统顺倾坡面坡度较小，以灌丛、草坡、弃耕地为主，裸岩为小斑块零星分布；东、西两侧峰丛虽然坡度较大，但局部地形呈台阶状，垦殖后溶沟土壤侵蚀强烈，整个坡面主要为连片的裸岩斑块，面积较大，灌丛、林地只分布于峰丛顶部；洼地底部顺岩层走向延伸，侵蚀强烈，为石骨子土。

强度石漠化峰丛洼地系统裸岩成片分布于峰丛上部及顶部，以坡度较缓的南坡顺倾坡面裸岩、裸土最为集中连片，在坡面中下部裸岩斑块较小且分散。弃耕地分布在洼地底部四周，灌丛分布在峰丛上部及顶部。洼地中央为稻田。

从上述 5 个峰丛洼地系统斑块的空间分布格局来看，除现有耕地分布于洼地底部外，裸岩分布于坡度较小的坡面，林、灌残存于峰丛顶部或仅分布于洼地底部土层较厚部位，是植被破坏后土壤强烈侵蚀，基岩裸露，改变原有生态水文过程的结果。持续的陡坡垦殖、薪柴砍伐首先造成小范围的石漠化土地斑块，而后逐步扩展，形成较大尺度上的石漠化景观。裸岩斑块、林地斑块、灌草丛斑块的空间分布与地形坡度、地貌部位并无直接联系，说明了斑块空间分布格局成因的多样化和人为化。

3.2 景观格局的数量特征

由表 2 可以看出，相对于花江峡谷区的景观多样性指数 2.189^[20]，除第一个中度石漠化峰丛洼地系统多样性指数较低，景观异质性较小外（主要为灌丛与裸岩斑块），其余 4 个峰丛洼地系统，多样性指数总体较高，结构较为复杂，但随人为不合理干扰增大，石漠化程度增强，景观异质性略有降低的趋势。研究表明，这与峰丛洼地系统景观基质的差异有密切的关系。潜在石漠化峰丛洼地系统，以林灌为基质，局部部位毁林开荒土壤侵蚀强烈，形成裸岩斑块，增加了景观异质性；强度石漠化峰丛洼地系统以裸岩、裸土为基质，但因退耕还林还草，在当地气候条件下，草灌生长迅速，则景观异质性增加，若进一步垦

表 2 景观格局指数

Tab. 2 Indexes of landscape patterns in different research units

指数	潜在石漠化	轻度石漠化	中度石漠化 1	中度石漠化 2	强度石漠化
多样性指数	2.338	2.115	1.422	2.299	2.195
优势度指数	0.247	0.470	0.578	0.509	0.613
均匀度指数	0.767	0.733	0.652	0.784	0.696
破碎度指数	0.0898	0.0639	0.0461	0.0175	0.0144

殖, 土壤侵蚀加剧, 使面积较小的裸岩斑块通过互相连通, 形成面积较大的裸岩裸土斑块, 造成石漠化土地斑块数减少, 则景观异质性降低, 多样性下降。5 个峰丛洼地系统景观多样性指数总体较高, 但反映的景观生态学意义是不一样的。

从优势度指数变化看, 随石漠化程度增加, 优势度指数增加明显, 裸岩、裸土控制景观的能力相应增强; 无石漠化和轻度石漠化峰丛洼地系统景观结构镶嵌比较均匀, 不存在非常明显的优势景观类型。均匀度指数表现出先降后升的趋势, 潜在石漠化峰丛洼地景观较均匀, 随石漠化发展, 均匀度下降; 石漠化进一步扩展, 裸岩、裸土、灌丛斑块逐渐连成片, 均匀度又上升。与多样性指数类似, 优势度指数、均匀度指数也与各峰丛洼地系统的景观基质有关。从破碎度指数看, 以潜在石漠化洼地系统最高, 景观较为破碎, 强度石漠化峰丛洼地系统最低。这一方面体现了石漠化发展的结果以基岩大面积裸露为特征, 另一方面也说明岩溶生态系统的脆弱性。研究区暴雨集中, 土壤侵蚀强烈, 对石漠化土地来说, 植被/裸地盖度在空间上的分布格局就显得尤为重要, 在强度石漠化系统中, 小尺度上的斑块和环境异质性对于维持景观的健康状况是非常重要的。

表 3 分离度指数

Tab. 3 Landscape isolations in different research units

指数	潜在石漠化	轻度石漠化	中度石漠化 1	中度石漠化 2	强度石漠化
裸岩	0.0426	0.0398	0.0441	0.0417	0.3025
裸土					0.0437
草坡	0.0419	0.2559		0.3492	0.7810
灌丛	0.0294	0.0477	0.0552	0.0183	0.0325
林地	0.0304	0.0543	1.8400	0.0457	0.1260
弃耕地	0.5589	0.0441		0.0524	0.2209
耕地	0.0759	0.1207	0.1046	0.0888	0.0710

在潜在石漠化峰丛洼地中, 弃耕地最为分散, 其次是裸岩和耕地, 而灌丛和林地相对集中(表 3); 轻度石漠化峰丛洼地系统中, 草坡和耕地较为分散, 裸岩、灌丛、林地相对集中; 中度石漠化峰丛洼地系统中, 草坡和林地是最为分散的; 强度石漠化峰丛洼地系统中, 草坡是最分散的, 其次是裸岩, 但裸岩所占面积比例最大, 说明裸岩在整个系统普遍分布, 由于土壤侵蚀程度剧烈, 弃耕地较多, 且分布于洼地四周坡度较大部位, 灌丛明显集中于几个地貌部位, 在峰丛中上部、顶部以小斑块零星分布。随石漠化程度的加强, 裸岩的分离度逐渐增加, 斑块面积逐渐增大; 草坡、灌丛、林地的分离度逐渐增加, 但其平均斑块面积有减小的趋势。

潜在石漠化峰丛洼地系统和强度石漠化峰丛洼地系统的景观格局和发展模式代表了西南岩溶山地石漠化土地的典型类型。潜在石漠化峰丛洼地系统的景观格局, 以林灌为基质, 由于不合理垦殖活动形成的裸岩呈斑块状分布于景观基质, 对于这类石漠化问题, 重点要放在保护上, 防止林、灌基质的继续破坏, 控制裸岩斑块的连通扩大, 减少其成为景观基质的可能性。强度石漠化峰丛洼地系统以裸岩、裸土为优势生态类型, 对这类石漠化问题, 在保护现有植被的基础上, 重点要对连片的裸岩、裸土进行治理, 增加景观的异质性和多样性, 减少石漠化土地作为景观基质的优势度和对整个景观的影响。

3.3 讨论

在目前的实际工作中往往将石漠化等同于基岩裸露, 或将岩石裸露所占面积达 70%

以上的地带划分为石漠化地区^[21]，裸露的碳酸盐岩面积小于 50% 的地区为无明显石漠化区^[22]。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也缺乏深入研究，仅从地表形态，或根据基岩裸露面积、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^[13]，轻度以上石漠化面积占贵州全省土地面积的 20.39%；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）、土地生产力下降率将石漠化程度分为轻度、中度、强度，石漠化土地占全省土地面积的 7.9%^[23]。有关石漠化的监测数据因人因机构有别。现有的石漠化评价指标并不能揭示石漠化的自然规律和动力学机制。

从潜在石漠化、轻度石漠化、中度石漠化到强度石漠化，5 个峰丛洼地系统的裸岩率分别为 23.2%、36.6%、40.7%、28.5%、38.2%，裸土和植被共占面积比例分别为 67.3%、41.5%、48.0%、42.7%、46.6%（表 1），其差异性并不明显。从潜在石漠化到强度石漠化，优势度指数、破碎度指数、分离度指数差异明显，潜在石漠化景观破碎，小尺度上的斑块和环境异质性强，小生境多样，而强度石漠化以裸岩、裸土占优势，斑块相对呈集群分布。本文的研究情况表明，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，在景观尺度对本区的石漠化程度进行划分，除选择基岩裸露面积、植被加土被面积外，必须考虑景观斑块优势度指数、破碎度指数、分离度指数差异，并进而以此来定量石漠化土地的易恢复程度。

岩溶生态系统斑块空间分布格局成因是多样化的，处于同一岩石裸露率比例的生态系统内景观格局可以差异很大，生物学过程、土壤理化特性、土壤侵蚀过程、生态敏感性明显不同，需采取的生态恢复治理对策也各自有别。生态系统景观格局控制着生态系统内物质循环的“源”、“汇”关系^[24]，其中最重要的就是土壤侵蚀导致基岩裸露；生物变化与环境变化的因果互动关系也因其生态系统景观格局不同而存在一定的差异。在生态演替和干扰的共同控制下，景观生态过程极为活跃，景观格局的变化也十分复杂，很难直观地把握景观要素空间分布的总体趋势和规律。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。在石漠化程度判定和石漠化指标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，将对石漠化指征的确定和石漠化指标体系的研究产生深远的影响。

4 结论

(1) 从 5 个峰丛洼地系统斑块的空间分布格局来看，除现有耕地分布于洼地底部外，裸岩斑块、林地斑块、灌草丛斑块的空间分布与地形坡度、地貌部位并无直接联系，说明了斑块空间分布格局成因的多样化。研究区的景观格局是由人类活动与自然环境之间相互影响的耦合作用机制决定的。

(2) 研究区的多样性指数、优势度指数、均匀度指数也与各峰丛洼地系统的景观基质有关，在不同石漠化程度的峰丛洼地系统中，反映的景观生态意义是不一样的。以潜在

石漠化洼地系统景观较为破碎,强度石漠化峰丛洼地系统的破碎度指数最低。随石漠化程度的加强,裸岩的分离度逐渐增加,斑块面积逐渐增大;草坡、灌丛、林地的分离度逐渐增加,但其平均斑块面积有减小的趋势。可用优势度指数、破碎度指数、分离度指数来定量评价本区石漠化程度的差异和恢复的难易程度。

(3) 由于目前的研究程度,本文选择 5 个峰丛洼地系统来代表不同的石漠化阶段,采用的是“空间换时间的方法”研究石漠化程度与景观格局之间的关系,缺乏定位研究。长期的定位研究是岩溶生态系统生态过程研究和石漠化恢复治理研究所必须加强的。

参考文献:

- [1] 常学礼,等. 景观格局在沙漠化研究中的作用. 中国沙漠,1998,18(3):210~214.
- [2] 李锋. 两个典型荒漠化地区景观多样性变化的比较—景观基质的影响. 生态学报,2002,22(9):1507~1511.
- [3] 陈玉福,等. 鄂尔多斯高原沙地草地荒漠化景观现状的定量分析. 环境科学,2002,23(1):87~91.
- [4] 张明. 榆林地区脆弱生态环境的景观格局与演化研究. 地理研究,2000,19(1):30~36.
- [5] Ahern J. Integration of landscape ecology and landscape design: An evolutionary process. In: Wiens I A, Moss M R (eds.). Issues in Landscape Ecology. Snowmass Village; International Association for Landscape Ecology, 1999. 119~123.
- [6] 赵文智. 科尔沁沙地人工植被对土壤水分异质性的影响. 土壤学报,2002,39(1):113~119.
- [7] 兰安军,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.
- [8] 肖笃宁,李秀珍. 景观生态学的学科前沿与发展战略. 生态学报,2003,23(8):1615~1621.
- [9] 关文彬,等. 景观生态恢复与重建是区域生态安全格局构建的关键途径. 生态学报,2003,23(1):64~73.
- [10] 卢远,等. 基于 RS 和 GIS 的喀斯特山区景观生态格局. 山地学报,2002,20(6):727~731.
- [11] 张惠远,蔡运龙,等. 基于 TM 影像的喀斯特山地景观变化研究. 山地学报,2000,18(1):18~25.
- [12] 张惠远,王仰麟. 山地景观生态规划—以西南喀斯特地区为例. 山地学报,2000,18(5):445~452.
- [13] 熊康宁,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.
- [14] Turner M G, Rucher C. Changes in landscape patterns in Georgia, USA. Landscape Ecology, 1988,1(4):241~251.
- [15] 肖笃宁. 景观空间结构的指标体系和研究方法. 见:肖笃宁主编. 景观生态学理论、方法及应用. 北京:中国林业出版社,1991. 92~98.
- [16] 傅伯杰,等. 景观生态学原理及应用. 北京:科学出版社,2002.
- [17] 邬建国. 景观生态学——格局、过程、尺度与等级. 北京:高等教育出版社,2000.
- [18] 肖寒,欧阳志云. 海南岛景观空间结构分析. 生态学报,2001,21(1):20~27.
- [19] Rao K S, Rekha Pant. Land use dynamics and landscape change pattern in a typical micro watershed in the mid elevation zone of central Himalaya, India. Agriculture, Ecosystems and Environment,2001,86:113~123
- [20] 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. 贵州师范大学硕士学位论文,2003.
- [21] 王瑞江,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.
- [22] 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.
- [23] 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.
- [24] Moshe Shachak, Menachem Sachs, Itshak Moshe. Ecosystem management of desertified shrublands in Israel. Ecosystems, 1998(1):475~483.

A comparative researches on landscape pattern changes in different rock desertification peak cluster-depressions

LI Yang-bing^{1,2}, WANG Shi-jie¹, RONG Li²

(1. National Key Laboratory of Environmental Geochemistry, Institute of Geochemistry, CAS, Guiyang 550002, China; 2. Guizhou Normal University, Guiyang 550001, China)

Abstract: Karst rocky desertification is a kind of land degradation which has happened in fragile karst mountain ecosystem in Southwest China. The unsuited matching at vertical direction and unreasonable special distribution at horizontal direction of landscape use make the landscape degradation a major problem in karst mountain areas. But little is being understood about the interrelation between the spatial distribution of rocky desertified land and the rocky desertification processes. This paper analyzes the ecological conditions of 5 special peak cluster-depressions which are at different desertification degrees on the southern slope of Huajiang karst gorge based on field investigation, the change of landscape pattern indexes and their ecological significance, in order to understand the ecological spatial character and evolving procedure of karst mountains from landscape ecological viewpoint.

Results indicate that the diversity index, dominance index and evenness index relate closely to the landscape matrix of peak cluster-depressions, and show different ecological significance in different rocky desertified peak cluster-depressions. With the increase of rocky desertification intensity, the diversity index is in a decreasing trend while dominance index in an increasing trend significantly, the evenness index decreases firstly and then increases when rocky desertification develops further, the isolation and patch area of naked rock increase gradually but isolation of grasslands, shrub and woodlands increases while their patches area in a reduction. The landscape of potential rocky desertified peak cluster-depressions is even more seriously fragmented than light and moderate rocky desertified peak cluster-depressions, and fragmentation is most in all peak cluster-depressions. The landscape patterns and development modes of potential rocky desertified and strong rocky desertified peak cluster-depressions represent two typical types of rocky desertification in southwest karst mountain areas.

This paper shows that the processes of karst ecosystem rocky desertification depends on the distribution, fragmentation and conjunction, not merely the absolute quantity scale of naked rocks and vegetation. The analysis of landscape pattern emphasizes not only area, but also the relations and influence among rocky desertification processes, the spacial pattern of rocky desertification and landscape element character, therefore, landscape should not be neglected in the studies of rocky desertification degree and indexes, landscape patterns, landscape diversity and patches closely correlating with rocky desertification process must be taken into account in the assessment of the karst rock desertification degrees.

Key words: landscape pattern; rocky desertification; Huajiang karst gorge