

# 基于岩溶生态系统特性的水土流失敏感性评价

李阳兵<sup>1</sup>, 邵景安<sup>2</sup>, 王世杰<sup>3</sup>, 李荣彪<sup>1</sup>

(1. 贵州师范大学地理与生物科学学院, 贵州 贵阳 550001; 2. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101;

3. 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, 贵州 贵阳 550002)

**摘 要:** 在岩溶地区大范围内进行土壤侵蚀风险评价需要寻求新的简单有效的方法, 建立适合岩溶地区特点的评估模型, 才能避免水土流失治理规划的失误。考虑岩溶地区碳酸盐岩成土速率低、存在石漠化等特点, 选取土壤允许流失量和退化岩溶生态系统的基岩裸露率, 结合年平均降水、坡度、植被指数, 在生成各单因素评价图的基础上, 在 Arcview 中完成单因素图的叠加分析, 得到贵州省岩溶地区水土流失敏感性综合评价图, 并将其划分为不敏感、轻度敏感、中度敏感和强度敏感四级。在此基础上, 探讨了贵州省水土流失敏感性的空间分异规律, 提出水土流失预防治理的优先区。

**关键词:** 岩溶生态系统; 水土流失; 敏感性评价; 空间分异

**中图分类号:** P931.5, S157

**文献标识码:** A

水土流失敏感性评价属于区域土壤侵蚀风险评价, 其目的是为了识别容易形成土壤侵蚀的区域, 也就是在假设没有人类活动影响的条件下, 评价土壤侵蚀受自然因素的潜在影响程度。为数众多的区域侵蚀风险评价方法先设定各种环境要素对侵蚀影响的程度等级, 通过因子组合, 或因子分级赋值计算指数, 或通常建立回归模型, 来确定侵蚀等级<sup>[1]</sup>。其中通用土壤侵蚀模型 USLE 现在被大量应用到区域尺度上<sup>[2]</sup>, 而通用土壤侵蚀模型是在田间尺度上研究出来的模型, 实质上仅适用于侵蚀背景条件一定、尺度规模有限的试验区或田块土壤流失量的估算, 是一种基于集中参数系统土壤侵蚀的定量研究<sup>[3]</sup>。单个土壤侵蚀单元(一般小于 5 km<sup>2</sup>)有的以坡形为主要影响因素, 有的则以土壤性质或植被条件为主<sup>[4]</sup>, 小尺度模型和数据在应用到区域尺度时存在着一定问题, 侵蚀量估算的精度难以保证或难以验证<sup>[5,6]</sup>。

贵州省地处中国岩溶最集中的西南片区的中心, 碳酸盐岩出露面积占贵州省土地总面积的

62.13%, 在碳酸盐岩中, 以各类灰岩分布最广, 约占全省总面积的 42.73%, 白云岩占全省总面积的 17.31%<sup>[7]</sup>。按照水电部划分土壤侵蚀强度和水土流失潜在危险程度的统一标准, 对贵州省水土流失现状和土壤侵蚀敏感性进行了研究<sup>[8,9]</sup>, 但岩溶地区其土壤侵蚀自有不同于非岩溶地区的特点<sup>[10,11]</sup>。因此, 本文在进行水土流失敏感性评价时, 不采用通用土壤侵蚀模型, 并根据岩溶生态系统的特性, 选用了年平均降水量、坡度、土壤允许流失量、植被指数、岩石裸露程度作为评价指标, 以建立适合岩溶地区的水土流失敏感性评价指标体系和评价模型; 探讨主要自然因素对贵州水土流失敏感性的影响规律以及不同敏感程度的空间分异规律; 并据此作出水土保持区划, 以作为生态环境建设的基础。

## 1 研究方法

### 1.1 指标选取

#### 1.1.1 年平均降水

收稿日期(Received date): 2007-08-11; 改回日期(Accepted): 2007-10-21。

基金项目(Foundation item): 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) [Supported by National Key Basic Study (2006CB403200) and Program for New Century Excellent Talents in University (NCET-05-0819)]

作者简介(Biography): 李阳兵(1968-), 男, 重庆潼南人, 博士后, 教授, 研究方向为土地资源与生态环境治理。 [Li Yangbing (1968-), male, Doctor degree, undertaking the research work on land resource and eco-environment rehabilitation. E-mail: li-yapin@sohu.com]

贵州省降雨侵蚀力季节分配集中度较高,最大月份降雨侵蚀力占年降雨侵蚀力的 27.06%,夏季降雨侵蚀力占年均降雨侵蚀力的 68.48%,这和降雨空间分布特征类似<sup>[12]</sup>,因此利用降雨量的空间分布图来表示年降雨侵蚀力的空间分布,根据全省各个气象站点的降水量数据,运用空间插值的方法做出全省的年降水量等值线图(图 1)。

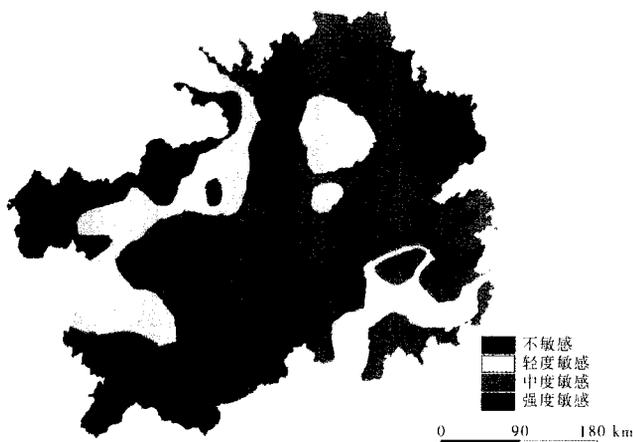


图 1 贵州降雨影响单因素图

Fig. 1 Precipitation influencing factor of Guizhou Province

### 1.1.2 坡度

贵州是全国唯一没有平原支撑的省份,各种类型坡地的存在是诱发水土流失和石漠化重要的原因之一,坡度本身并不能直接反映水土流失的程度,但可以体现发生土壤侵蚀的危险程度。根据贵州省 1:25 万 DEM 为基本数据源作出贵州省坡度单因素影响图(图 2)。岩溶地区地形形态与常态地貌不同,不具常态地貌那种平滑、连绵起伏、完整性好的地形特征,多发育有溶沟、溶槽、溶穴、石芽等犬牙交错的微地形,坡度等级差异对土壤性状的影响不明显,但它却影响地块的基岩裸露率,决定着土层的连续性。这种条件下,按照国家土壤侵蚀遥感调查方法或 USLE、WEPP 等模型的地形因子的参数设定显然也不能直接等同于非岩溶地区<sup>[13]</sup>。

### 1.1.3 土壤允许流失量

岩溶地区水土流失敏感性从本质上来讲是岩溶地区的成土速率远小于水土流失的速率,而造成土地生产力的退化。岩溶地区的成土速率,与岩溶发育的物质基础——碳酸盐岩沉积建造中的酸不溶物含量密切相关,可以根据碳酸盐岩的溶蚀成土速率来确定岩溶地区的土壤允许流失量。贵州岩溶地区

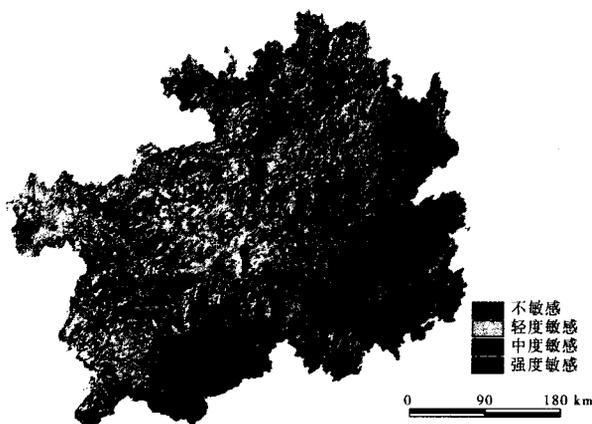


图 2 贵州坡度影响单因素图

Fig. 2 The Slope gradient influencing factor of Guizhou Province

碳酸盐岩的岩石组合类型可分为三大类<sup>[7]</sup>:(1)连续性碳酸盐岩组合;(2)碳酸盐岩夹碎屑岩组合;(3)碳酸盐岩与碎屑岩互层组合。贵州碳酸盐岩的风化溶蚀速率取四个流域平均值 49.67 mm/ka 计算<sup>[14]</sup>;岩石密度石灰岩按方解石(密度为 2.72 t/m<sup>3</sup>)和白云石(密度为 2.85 t/m<sup>3</sup>)计算,其他岩石类型成土速率以 200 t/(km<sup>2</sup>·a)计算。以成土速率作为相应岩石类型地区的土壤允许流失量(图 3)。

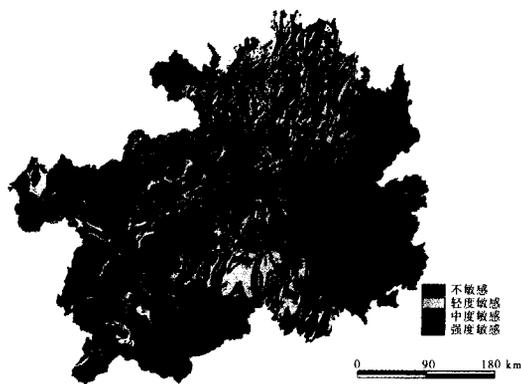


图 3 贵州土壤允许流失量影响单因素图

Fig. 3 The soil loss tolerance influencing factor of Guizhou Province

### 1.1.4 基岩裸露率

通用土壤侵蚀模型中用土壤质地来表示土壤可蚀性,但岩溶山地土层不连续,土壤多分布于石旮旯缝中,而岩溶生态系统的土壤、水文过程决定了植被-土壤双层结构不发育,岩溶生态系统岩石裸露率极高,如以石面、石沟、石缝面积的比例代表岩石的裸露率,茂兰岩溶森林小生境岩石裸露率为 98.05%~42.51%,平均为 89.86%<sup>[15]</sup>。因此,贵州

省土壤分布图所表示的土壤分布并不是土壤有效面积分布,部分地段土壤已被侵蚀而形成裸岩,岩石裸露率越高,则土壤对水土流失越敏感,必须基于生态退化的现状来评价土壤侵蚀敏感性。因此喀斯特地区的土壤侵蚀风险评价研究必须综合考虑石漠化问题,选用不同等级岩溶石漠化的空间分布<sup>[7,16]</sup>作为反映水土流失敏感性的指标之一(图4)。

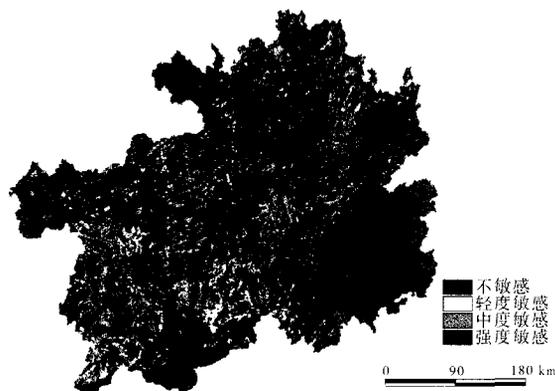


图4 贵州石漠化程度影响单因素图

Fig.4 Karst rocky desertification landscape influencing factor of Guizhou Province

### 1.1.5 植被指数

植被指数与植被的盖度、生物量、叶面积指数等有较好的相关性<sup>[17]</sup>,也能指示植被的宏观类型、生长状况和季候特征变化<sup>[18]</sup>,所以,植被指数在荒漠化和生态环境评价研究中应用也较广泛<sup>[19]</sup>。归一化植被指数 NDVI 比较真实地表现了影像数据上植被的分布,可以通过植被指数来反映研究区的植被盖度<sup>[20]</sup>。在本研究中,植被指数因子是通过2000年TM遥感影像来获取的(图5)。

### 1.2 评价尺度的选取

已有的以县、市(州)等行政单位为尺度的评

价<sup>[21,22]</sup>,忽略了同一评价单元自然背景要素的空间差异。据侵蚀因子的异同划分的评价单元基本可以反映区域水土流失的空间差异性<sup>[23]</sup>,贵州省水土流失的敏感性和石漠化发生归根到底与碳酸盐岩的大面积分布有关,故本文以不同类型碳酸盐岩的空间分布作为研究尺度,确保了同一尺度单元中岩性的均一性。

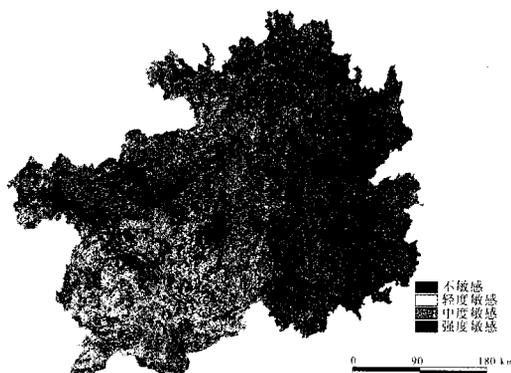


图5 贵州植被指数影响单因素图

Fig.5 Vegetation index influencing factor of Guizhou Province

### 1.3 评价方法

从单因子分析得出的水土流失敏感性,只反映了某一因子的作用程度,为了将水土流失敏感性的空间变异综合地反映出来,根据表1的赋值,将以上得到的反映各因素对水土流失敏感性影响的分布图转换成 .grid 文件(网格大小 30 m × 30 m),运用 Arcview 的 Map Calculator 进行单要素等权重加和运算<sup>[24]</sup>,采用自然分级法,再将评价结果分为4级<sup>[1]</sup>,得出贵州省水土流失敏感性综合评价图,分类结果与评价网格数在综合评价分值区间的分布是相符的(图6)。

表1 贵州省水土流失敏感性的单因素影响分级

Table 1 Classifying influences of precipitation, slope gradient, soil loss tolerance, karst rocky desertification and vegetation index on sensitivity of soil loss

| 指标   | 年平均降水 (mm)    | 坡度 (°)    | 土壤允许流失量 (t/km <sup>2</sup> · a) | 植被指数          | 基岩裸露率      | 赋值 |
|------|---------------|-----------|---------------------------------|---------------|------------|----|
| 不敏感  | 600 ~ 850     | <5        | >200                            | 0.000 ~ 0.248 | 非碳酸盐岩、无石漠化 | 1  |
| 轻度敏感 | 850 ~ 1 100   | 5 ~ 17.5  | 200 ~ 103                       | 0.252 ~ 0.500 | 轻度石漠化      | 3  |
| 中度敏感 | 1 100 ~ 1 350 | 17.5 ~ 25 | 103 ~ 45                        | 0.503 ~ 0.748 | 中度石漠化      | 5  |
| 重度敏感 | 1 350 ~ 1 600 | >25       | 45 ~ 6                          | 0.752 ~ 1.000 | 强度石漠化      | 7  |

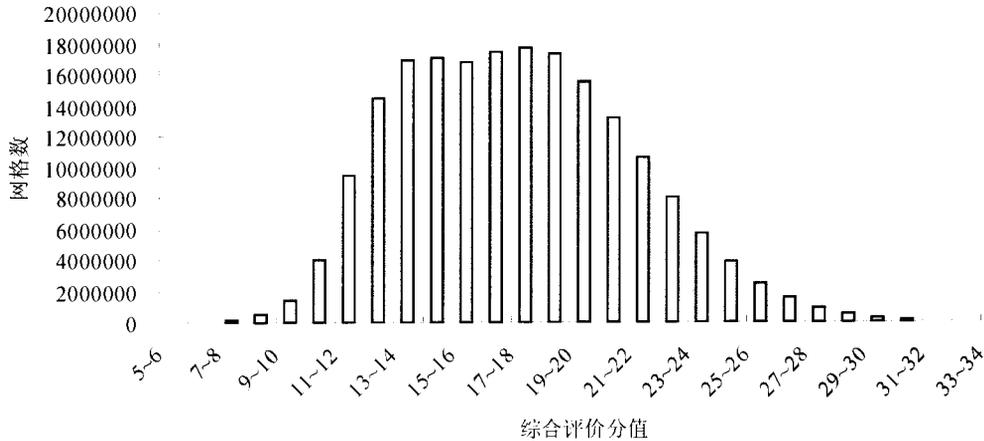


图6 土壤侵蚀敏感性综合评价数据分布图

Fig. 6 Data distribution histogram of the integrated index of sensitivity of soil loss in Guizhou Province

## 2 结果分析

### 2.1 脆弱性等级面积

贵州水土流失不敏感面积 18 087.42 km<sup>2</sup>, 占 10.27%; 轻度敏感地区面积 109 352.3 km<sup>2</sup>, 占 62.09%; 中度敏感地区面积 46 777.19 km<sup>2</sup>, 占 26.56%, 强度敏感地区面积 1 902.09 km<sup>2</sup>, 占 1.08%。(图7)。

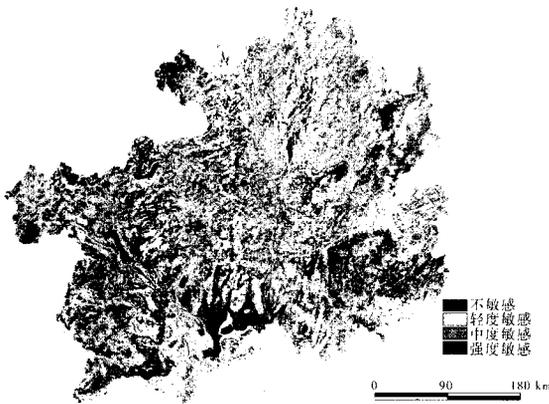


图7 贵州土壤侵蚀敏感性分布图

Fig. 7 Integrated assessment of sensitivity of soil loss in Guizhou Province

### 2.2 空间分布

水土流失敏感性具有明显的地域分布特点, 黔东属水土流失低敏感性区域; 黔东北以轻度敏感性和中度敏感性为主; 黔中为高原面, 因连续性碳酸盐岩广泛分布, 水土流失敏感性仍以中度为主; 黔南、

黔西南强度水土流失敏感性集中连片分布。黔西北水土流失敏感性以低敏感为主。从流域看, 水土流失强敏感区域主要分布在鸭池河上游, 黔南的蒙江、曹渡河流域, 黔西南的马别河流域及乌江流域下游; 从地域看, 水土流失强敏感区域主要分布在六盘水、六枝、兴义、安龙、长顺、镇宁、紫云、罗甸、平塘、万山等县区; 从高程看, 水土流失强敏感区域主要分布在 1 000 m 以下的峡谷区, 中度和轻度敏感区主要分布在高原面上; 不同岩溶地貌类型区的水土流失敏感性也有差异, 且这种差异还与地表切割度有关(表2)。

表2 不同岩溶地貌类型的土壤侵蚀敏感性分布(%)

Table 2 Distribution of each eco-environmental vulnerability level in each elevation belt in 2000

| 地貌类型         | 不敏感   | 轻敏感   | 中敏感   | 强敏感  |
|--------------|-------|-------|-------|------|
| 深切割峰丛区       | 0.96  | 42.90 | 53.18 | 2.96 |
| 浅切割的峰丛区      | 50.00 | 28.94 | 19.88 | 1.18 |
| 浅切割的低中山区峰丛地区 | 0.91  | 38.56 | 55.18 | 5.35 |
| 深切割低中山峰丛区    | 0.46  | 49.25 | 47.90 | 2.39 |

### 2.3 水土流失敏感性区划

对照贵州省土地利用现状, 水土流失强敏感区域目前的主要土地利用类型是中覆盖度荒草地、低覆盖度荒草地、裸岩石砾地, 在黔南多为疏林地和灌丛。因此, 根据贵州省水土流失敏感性和土地利用现状, 强度敏感区和中度敏感区应纳入水土流失规划和治理的优先区(图8)。黔东北区由于该区地貌上属中山峡谷区, 地形切割强烈, 就水土流失现状而言, 这一分区虽然危险性不大, 但流失的强度是很大的, 应该引起重视; 黔中地区在地貌上属于岩溶化山

原丘陵,人为因素对水土流失影响强烈,由于社会经济条件较好,岩溶山地植被保存率较高,属轻度水土流失区,但如果不重视生态环境建设,石漠化现象仍不容忽视;黔南区以山地河谷为主,其东部岩溶地貌十分发育,峰丛山地、峰林洼地、暗河伏流分布普遍,基岩裸露面积大,水土流失敏感度高,水土流失严重;黔西南区水土流失主要体现为岩溶地区的石漠化、玄武岩地区的混合侵蚀等,由于社会经济条件落后,人口密度大,当地群众水土保持意识不强,属全省水土流失最强的区域;黔西北轻度敏感区地貌为云南高原向黔中山原过渡的斜坡地带,以山原山地为主;黔东区是贵州杉木等用材林的生产基地,森林郁闭度高,水土流失轻微,不敏感,以预防为主。

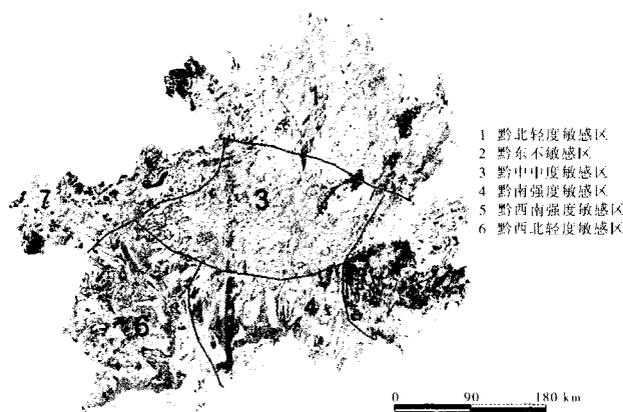


图8 贵州水土流失敏感性区划图

Fig. 8 Division of sensitivity water and soil loss in Guizhou Province

#### 2.4 土壤侵蚀敏感性与土壤侵蚀强度的关系

将贵州省1999年TM影像解译得到的反映土壤侵蚀情况的1:10万土壤侵蚀图(按水利部土壤侵蚀强度标准分级)与土壤侵蚀敏感性分布图进行对比,土壤侵蚀强度等级与土壤敏感性空间分布明显不一致。岩溶区主要为微度、轻度侵蚀和部分中度侵蚀,极强度土壤侵蚀主要分布于碎屑岩地区。其原因一方面是因为岩溶地区无土可流,为此岩溶区须有自己的土壤侵蚀强度划分标准<sup>[25]</sup>;另一方面则是因为土壤侵蚀强度遥感解译主要通过植被覆盖度、坡度、植被结构、地表组成物质、海拔、地貌类型等间接指标进行综合分析而实现<sup>[26]</sup>,目前仍存在较大的不确定性。

### 3 讨论与结论

前面的分析表明,贵州省水土流失敏感性较高,轻度敏感、中度敏感和强度敏感地区面积占地区占89.73%。强度敏感区和中度敏感区应纳入水土流失规划和治理的优先区。

目前区域土壤侵蚀现状的调查与评价仍然是区域尺度土壤侵蚀研究的最主要内容,其研究结果和研究方法可以被区域土壤侵蚀状况的动态分析以及预测与模拟所使用<sup>[27]</sup>。因此在岩溶地区进行大范围内土壤侵蚀风险评价需要寻求新的简单有效的方法,建立适合岩溶地区特点的评估模型。岩溶地区土粒亏损的负增长过程并不完全依赖于水土流失速率,在很大程度上还取决于特定地质环境背景下的低成土速率,水土流失仅仅是石漠化过程的一个环节。碳酸盐岩岩层的空间分布特征可以体现土壤的空间分布规律,因而岩溶地区的水土流失特征与地层岩性有密不可分的关系。基于岩溶生态系统的脆弱特性,根据年平均降水、坡度、土壤允许流失量、植被指数、基岩裸露率对贵州省水土流失的敏感性进行了评价,其特点是考虑了不同岩石类型组合区水土流失的潜在危险性,是对岩溶地区水土流失定量评价的新的尝试。

一些研究由于对岩溶生态系统的低成土速率考虑不够,解释不了贵州省岩溶地区存在较严重石漠化的现实问题<sup>[9,21]</sup>。岩溶地区水土流失一般属轻度侵蚀,土壤流失量较小<sup>[25]</sup>,但岩溶地区区域土层处于负增长状态<sup>[28]</sup>,危害较严重,岩溶地区水土流失现状与水土流失潜在危险性有较大的不一致性,所以贵州岩溶地区土壤侵蚀敏感性较多为中度和强度敏感状态,即使在黔中高原面对土壤侵蚀也是非常敏感的<sup>[29]</sup>,本文的研究结果也证实了这一点,认识到这一点对岩溶地区的土壤保护是有积极意义的。在对岩溶地区生态系统进行退化恢复及生态建设评估时,必须充分考虑岩溶生态系统成土速率慢、植被恢复难等特点,才能得出客观的评价。

#### 参考文献(Reference)

- [1] Wang Xiaodan, Zhong Xianghao, Fan Jianrong. Assessment and spatial distribution of sensitivity of soil erosion in Tebit[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2004, 59(2):183~188 [王小丹,钟详浩,范建容. 西藏水土流失敏感性评价及其空间分异规律[J]. 地理学报, 2004, 59(2):183~188]

- [2] Tang Zhenghong, Cai Qiangguo, Xu feng. Study on the rules of scales' change on soil erosion and sediment yield in catchments[J]. *Science of Soil and Water Conservation*, 2004, 2(1): 56 ~ 61 [唐政洪,蔡强国,许峰. 流域侵蚀产沙的尺度变异规律研究[J]. 中国水土保持科学, 2004, 2(1): 56 ~ 61]
- [3] Benik S R, Wilson B N, Biesboer D D, et al. Evaluation of erosion control products using natural rainfall events[J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2003, 58(2): 98 ~ 105
- [4] Vrieling A, Sterk G, Beaulieu N. Erosion risk mapping: A methodological case study in the Colombian Eastern Plains[J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2002, 57(3): 158 ~ 163
- [5] Wang Fei, Li Rui, Yang Qinke, et al. Effects of scale and its mechanism in soil and water loss research[J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2003, 17(2): 167 ~ 180 [王飞,李锐,杨勤科,等. 水土流失研究中尺度效应及其机理分析[J]. 水土保持学报, 2003, 17(2): 167 ~ 180]
- [6] Stanley W. Trimble, Pierre Crosson. U. S. Soil Erosion Rates Myth and Reality[J]. *Science*, 2000, 289(5477): 248 ~ 250
- [7] Li Ruiling, Wang Shijie, Zhou Dequan, et al. The correlation between rock desertification and lithology in karst area of Guizhou[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2003, 58(2): 314 ~ 320 [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. 地理学报, 2003, 58(2): 314 ~ 320]
- [8] An Yulun, Cai Guangpeng, Xiong Shuyi. Soil erosion and its affective factors in Guizhou upland[J]. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 1999, 19(3): 47 ~ 52 [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]
- [9] Yang Guangbing, Li Yiqiu, An Yulun. Pixel-based assessment and spatial distribution of sensitivity of soil erosion in Guizhou[J]. *Carologica Sinica*, 2006, 25(1): 73 ~ 78 [杨广斌,李亦秋,安裕伦. 基于网格数据的贵州土壤侵蚀敏感性评价及其空间分异[J]. 中国岩溶, 2006, 25(1): 73 ~ 78]
- [10] Gillieson D, Wallbrink P, Cochran A. Vegetation change, erosion risk and land management on the Nullarbor Plain, Australia [J]. *Environmental Geology*, 1996, 28(3): 145 ~ 153
- [11] DREW D P. Accelerated soil erosion in a karst area; The Burren, western Ireland[J]. *Journal of Hydrology*, 1983, 61(1~3): 113 ~ 124
- [12] Xu Yueqing, Zhou Qiaofu, Li Shuangcheng. An Analysis on Spatial - Temporal Distribution of Rainfall Erosivity in Guizhou Province[J]. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2005, 25(4): 11 ~ 14 [许月卿,周巧富,李双成. 贵州省降雨侵蚀力时空分布规律分析[J]. 水土保持通报, 2005, 25(4): 11 ~ 14]
- [13] Wan Jun, Cai Yunlong, Lu Yunge. Soil erosion risk in karst area-case study in Guanling County of Guizhou Province[J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2003, 10(3): 148 ~ 153. [万军,蔡运龙,路云阁等. 喀斯特地区土壤侵蚀风险评价 - 以贵州省关岭布依族苗族自治县为例[J]. 水土保持研究, 2003, 10(3): 148 ~ 153]
- [14] Li Yangbing, Wang Shijie, Wei Chaofu, et al. The spatial distribution of soil loss tolerance in carbonate area in Guizhou province [J]. *Earth and Environment*, 2006, 4: 36 ~ 40 [李阳兵,王世杰,魏朝富等. 贵州省碳酸盐岩地区土壤允许流失量的空间分布 [J]. 地球与环境, 2006, 4: 36 ~ 40]
- [15] Zhu S Q, He J. A study on microhabitats to Karst forest in Maolan [A]. In: Zhu S Q eds. *Ecological research on karst forest ( III )* [C]. Guiyang: Sciences Press, 2003, 38 ~ 48 [朱守谦,何纪星,魏鲁明等. 茂兰喀斯特森林小生境特征研究[A]. 见:朱守谦主编. 喀斯特森林生态研究( III ) [C]. 贵阳:贵州科技出版社, 2003: 38 ~ 48]
- [16] Xiong Kangling, Li Ping, Zhou Zhongfa, et al. The RS and GIS representative study on karst rock desertification——an example of Guizhou province[M]. Beijing: Geology Press, 2002. [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[M]. 北京:地质出版社, 2002.]
- [17] Niu Zhichun, Ni Shaoxiang. Study on models for monitoring of grassland biomass around Qinhai lake assisted by remote sensing [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2003, 58(5): 695 ~ 702 [牛志春,倪绍祥. 青海湖环湖地区草地植被生物量遥感监测模型 [J]. 地理学报, 2003, 58(5): 695 ~ 702]
- [18] Sheng Yongwei, Chen Weiying, et al. Macro classification of vegetation in China with NOAA/NDVIs[J]. *Chinese Science Bulletin*, 1995, 40(1): 68 ~ 71 [盛永伟,陈维英,肖乾广等. 利用气象卫星植被指数进行我国植被的宏观分类[J]. 科学通报, 1995, 40(1): 68 ~ 71]
- [19] Gao Zhihai, Li Zengyuan, Wei Huaidong, et al. Study on the Suitability of vegetation indices (VI) in arid area[J]. *Journal of Desert Research*, 2006, 26(2): 243 ~ 248 [高志海,李增元,魏怀东等. 干旱地区植被指数(VI)的适宜性研究[J]. 中国沙漠, 2006, 26(2): 243 ~ 248]
- [20] Ma Chaofei, Ma Jianwen, Buhe Aosaier. Quantitative Assessment of Vegetation Coverage Factor in USLE Model Using Remote Sensing Data[J]. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2001, 21(4): 6 ~ 9 [马超飞,马建文,布和敖斯尔. USLE 模型中植被覆盖因子的遥感数据定量估算[J]. 水土保持通报, 2001, 21(4): 6 ~ 9]
- [21] Huang Qiuhao, Cai Yunlong. Hazardous assessment of karst rocky desertification in Guizhou Province: An application of the RBFN model[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2005, 60(5): 771 ~ 778 [黄秋昊,蔡运龙. 基于 RBFN 模型的贵州省石漠化危险度评价. 地理学报, 2005, 60(5): 771 ~ 778]
- [22] He Caihua, Xiong Kangning, Su Qian. Classificatory regionalization and development- management of the karst ecological environment fragility in guizhou[J]. *Journal of Guizhou Normal University (Natural Science)*, 1996, 14(1): 1 ~ 9 [何才华,熊康宁,粟茜. 贵州喀斯特生态环境脆弱性类型区及其开发治理研究[J]. 贵州师范大学学报(自然科学版), 1996, 14(1): 1 ~ 9]
- [23] [Hu Liangjun, Li Rui, Yang Qinke. Region-scaled water erosion assessment based on GIS[J]. *Acta Pedologica Sinica*, 2001, 38(2): 167 ~ 175. [胡良军,李锐,杨勤科. 基于 GIS 的区域水土流失评价研究[J]. 土壤学报, 2001, 38(2): 167 ~ 175]
- [24] Zhang Zengxiang, Zhao Xiaoli, Chen Xiaofeng, et al. Numerical analysis of soil erosion in mountain area using remote sensing and

- GIS[J]. *Transactions of the CSAE*, 1998, 14(3): 77 ~ 83 [张增祥, 赵晓丽, 陈晓峰, 等. 基于遥感和地理信息系统(GIS)的山区土壤侵蚀强度数值分析[J]. *农业工程学报*, 1998, 14(3): 77 ~ 83]
- [25] Chai Z X. Soil erosion in karst area of Guangxi Autonomous Region [J]. *Mountain Research*, 1989, 7(4): 255 ~ 259 [柴宗新. 试论广西喀斯特区的土壤侵蚀[J]. *山地研究(现山地学报)*, 1989, 7(4), 255 ~ 260]
- [26] 周忠发, 安裕伦. 贵州省水土流失遥感现状调查及空间变化分析[J]. *水土保持通报*, 2000, 20(6): 3 ~ 25, 41 [Zhou Zhongfa, An yulun. Remote sensing investigating of soil erosion present conditions and analyzing of spatial changeable in guizhou province [J]. *Bulletin of Soil and Water Conservation*. 2000, 20(6): 23 ~ 25, 41]
- [27] Zhou Weifeng, Wu Bingfang. Analysis of soil erosion research on regional scale[J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2006, 13(1): 265 ~ 268 [周为峰, 吴炳方. 区域土壤侵蚀研究分析[J]. *水土保持研究*, 2006, 13(1): 265 ~ 268]
- [28] Wan Guojiang, Bai Zhanguo. Study on the erosion and environmental change in Karst region: An example from center of Guizhou, China [J]. *Quaternary Sciences*, 1998, 3: 279. [万国江, 白占国. 论碳酸盐岩侵蚀与环境变化——以黔中地区为例[J]. *第四纪研究*, 1998, 3: 279]
- [29] Zhou bin, Yang Bailin, Hong yetang, et al. Study on quantitative remote sensing monitoring of soil erosion in karst areas based on GIS [J]. *Acta Minerologica Sinica*, 2000, 20(1): 13 ~ 21 [周斌, 杨柏林, 洪业汤, 等. 基于GIS的岩溶地区水土流失遥感定量监测研究[J]. *矿物学报*, 2000, 20(1): 13 ~ 21]

## Assessment of Soil Erosion Sensitivity Based on the Characteristics of Karst Ecosystem

LI Yangbing<sup>1</sup>, SHAO Jing'an<sup>2</sup>, WANG Shijie<sup>3</sup>, LI Rongbiao<sup>1</sup>

(1. School of Geography and Biology Science, Guizhou Normal University, Guiyang 550001, China;

2. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;

3. National Key Laboratory of Environmental Geochemistry, Geochemistry Institute of Chinese Academy of Science, Guiyang 550002, China)

**Abstract:** Only that assessment model of soil loss which adapt to karst ecosystem could avoid mistakes of soil and water conservation, so, simple and effective risk assessment of soil erosion from a large scale should be found newly in karst area. Therefore, we took into account the soil loss tolerance in karst area and bareness of basement rocks of degraded karst ecosystem to evaluate the sensitivity of soil loss according to the low pedogenesis rate and occurred karst rocky desertification, integrating with precipitation, slope gradient and vegetation index. As a result, assessment map of each factor was finished. We also drew integrated assessment map of sensitivity of soil erosion by overlapping function with Arcview, and the sensitivity of soil loss was classified into 4 degrees, the area of intensive sensitivity, moderate sensitivity, slight sensitivity and no-sensitivity are 1 902.09 km<sup>2</sup>, 46 777.19 km<sup>2</sup>, 109 352.3 km<sup>2</sup>, 18 087.42 km<sup>2</sup>, respectively. Furthermore, we analyzed distribution characteristics and spatial difference of sensitivity of soil loss in Guizhou Province under karst environment. According to sensitivity degree, priority erosion control areas were confirmed so as to provide scientific basis for departments of soil conservancy.

**Key words:** karst ecosystem; soil and water loss; sensitivity assessment; spatial difference