

文章编号：1006-6616(2003)01-0078-07

渝东南岩溶石山地区石漠化遥感调查 及发展趋势分析

王连庆, 乔子江, 郑达兴

(中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081)

摘要：渝东南岩溶石山地区属石漠化多发地区。经遥感调查，石漠化遥感图斑共计 173 个，面积 744.71km²，约占岩溶石山总面积的 4.54%。石漠化的范围和程度与区域地貌、地质环境密切相关。石漠化严重或较严重地段都是人类生息和经济活动频繁的地区。20 世纪 60 年代~80 年代，区内石漠化范围变化不大；90 年代以来，以封山育林、退耕还林，石漠化范围逐步缩小。

关键词：石漠化；遥感调查；岩溶；渝东南

中图分类号：P627

文献标识码：A

“石漠”是指植被稀少、岩石裸露的地区，地面多为岩块，土层浅薄，风化作用强烈，水土流失严重，生态环境恶劣。我国西南岩溶石山地区是石漠化多发地区。渝东南岩溶石山地区指长江以南碳酸盐岩分布地区，划分为北区和南区^[1-3]。北区范围为：108°45′~110°15′E、30°30′~31°10′N。区内碳酸盐岩以下三叠统大冶组灰岩和嘉陵江组灰岩、白云岩为主，其次是下二叠统栖霞组、茅口组燧石结核灰岩和上二叠统长兴组燧石条带、燧石结核灰岩，以及中三叠统巴东组一段白云岩。南区范围为：107°05′~09°15′E、28°10′~30°15′N。区内晚震旦世、中晚寒武世、奥陶纪和二叠纪、早中三叠世普遍发育浅海—泻湖相碳酸盐岩建造。上震旦统、中寒武统和上寒武统下部岩性以白云岩为主；上寒武统上部、下奥陶统主要为灰岩；中奥陶统、上奥陶统下部为灰岩、泥灰岩。二叠系—下三叠统碳酸盐岩岩性与北区相似。在地貌上，大体以金佛山—七曜山为界，西北部属川东溶洼—丘峰山地亚区，具“溶洼—丘峰山地组成的狭窄平行岭谷”特征；东南部系鄂黔溶洼—丘峰山地亚区，具“多层状地形的溶洼—丘峰山地”特征^[4]。岩溶石山地区石漠化调查评价是一项生态环境治理的基础性研究工作，作者以美国陆地资源卫星 Landsat-5TM 遥感数据为依据，在建立解译标志基础上，采用计算机信息提取技术圈定石漠化图斑，并对典型石漠化遥感图斑进行了野外验证。调查结果表明：岩溶石山地区石漠化状况在 TM 遥感影像上反映清晰，解译程度较高，可满足 1:25 万区域调查的需求。

收稿日期：2002-09-28

基金项目：中国地质调查局地质调查项目（编号：19991040021063）

作者简介：王连庆（1951-），男，副研究员，长期从事遥感地质研究。

1 石漠化遥感解译标志

1.1 碳酸盐岩遥感解译标志

渝东南岩溶石山地区各时代碳酸盐岩在 TM 遥感影像上的总体特征可归纳如下^[5]：

(1) 灰岩—白云岩类：呈面状展布，具典型的溶洼—丘峰地貌景观。下三叠统嘉陵江组影像呈粉红—浅蓝色调，寒武—奥陶系影像呈棕红—浅蓝色调。

(2) 纯灰岩、纯白云岩类：呈条带状展布，略显层理，溶洼—丘峰地貌不明显。

1.2 石漠化遥感解译标志

石漠化的程度主要取决于岩石裸露程度。一般来说，植被发育地区，光谱反射率低，在 TM 遥感影像上呈粉红、棕红色调；裸岩地区植被稀少，光谱反射率高，在 TM 遥感影像上呈浅蓝色调。因此，根据碳酸盐岩分布区的色调特征可以识别其石漠化程度。作者将区内石漠化遥感影像图斑划分为 3 类，各类图斑影像特征如下：

I 类：裸岩面积 > 80%，植被极其稀少，光谱反射率较高，影像色调为浅蓝色；

II 类：裸岩面积在 50% ~ 80% 之间，沿冲沟发育有少量植被或其间夹杂星点状的植被，整体光谱反射率降低，影像色调为浅青绿色，间灰白或杂色色斑；

III 类：裸岩面积 < 50% ~ > 30%，植被比较稀疏，与周边植被发育地区有明显差异，光谱反射率较低，影像色调为浅绿—蓝色或杂色。

2 北区石漠化遥感解译

石漠化遥感影像图斑共计 31 个，总面积 263.82km²，占北区碳酸盐岩出露面积 2241km² 的 11.77% (图 1)。

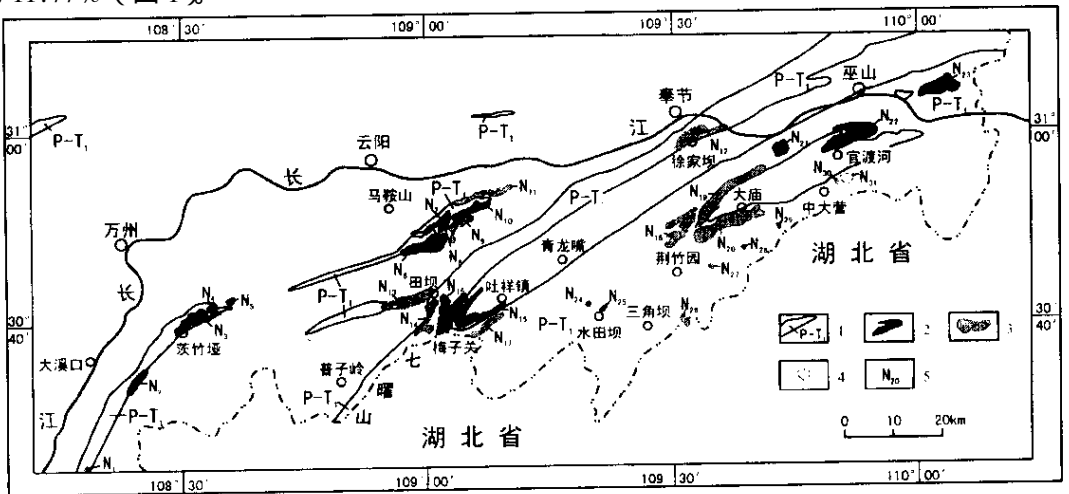


图 1 北区石漠化图斑分布图

Fig.1 Distribution of the image spots of stony desertization in the north area

- 1. 二叠系-下三叠统碳酸盐岩分布区；2. I 类石漠化图斑；
- 3. II 类石漠化图斑；4. III 类石漠化图斑；5. 石漠化图斑编号

区内石漠化图斑最大面积 28.90km², 最小面积 0.14km²。其中, I 类石漠化图斑 17 个, 面积 131.50km², 占北区图斑总面积的 49.84%; II 类石漠化图斑 12 个, 面积 129.13km², 占 48.95%; III 类石漠化图斑 2 个, 面积 3.19km², 占 1.21%。

2.1 北区石漠化图斑分布

区内石漠化图斑总体呈 NE-NEE 向展布, 具断续延伸、相对集中的特点。自西北向东南大致分为二带一区, 即茨竹垭—堰坪—徐家坝石漠化带, 田坝—梅子关石漠化区和大庙—官渡河石漠化带。各石漠化带(区)图斑几何特征如表 1 所示。此外, 在大庙—官渡河石漠化带南东侧零星分布有小规模的石漠化图斑, 共计 8 个, 合计面积 6.03km²。在各石漠化带(区)中, 以田坝—梅子关石漠化区图斑最集中, 大庙—官渡河石漠化带图斑分布最连续、面积最大。区内石漠化程度以堰坪、田坝—梅子关、大庙和官渡河地段最为严重。其中, 堰坪地段 I 类石漠化面积 32.00km², II 类石漠化面积 14.81km²; 田坝—梅子关地段 I 类石漠化面积 34.32km², II 类石漠化面积 26.51km²; 大庙地段 II 类石漠化面积 72.47km²; 官渡河地段 I 类石漠化面积 25.66km²。

表 1 北区石漠化带(区)图斑几何特征表

Table 1 Brief features of the image spots of stony desertization in the north area

名称	展布方向	长度/km	石漠化图斑			石漠化程度		
			总数/个	编号	总面积/km ²	类别	图斑数/个	面积/km ²
茨竹垭—堰坪—徐家坝石漠化带	NE-NEE	147	12	N ₁₋₁₂	77.08	I	8	48.63
						II	4	28.45
田坝—梅子关石漠化区			5	N ₁₃₋₁₇	60.83	I	2	34.32
						II	3	26.51
大庙—官渡河石漠化带	NE	65	6	N ₁₈₋₂₃	119.88	I	3	47.41
						II	3	72.47

2.2 北区石漠化图斑地貌、地质特征

(1) 石漠化图斑主要位于海拔 800m~1100m 和 1200m~1400m 两级剥蚀面上, 由长江干流自东向西, 从河谷往分水岭石漠化高程呈增高趋势。如茨竹垭—堰坪—徐家坝石漠化带东、中段为海拔 800m~900m, 西段茨竹垭为 1100m 左右、乌杨坝为 1400m 左右; 大庙—官渡河石漠化带东段为海拔 1100m 左右, 西段为 1200m~1400m。

(2) 石漠化图斑出露的地层主要为下三叠统嘉陵江组, 少数为下三叠统大冶组、上二叠统及中三叠统巴东组。区内背斜核部、褶皱转折端部位往往是石漠化图斑分布相对集中、石漠化程度相对严重的地段。如方斗山背斜、黄莲峡背斜的茨竹垭、堰坪地段, 巫山向斜的田坝—梅子关地段, 官渡河向斜的大庙、官渡河地段等。

3 南区石漠化遥感解译

石漠化遥感影像图斑共计 142 个, 总面积 480.89km², 占南区碳酸盐岩出露面积 14146km² 的 3.40%。区内石漠化图斑最大面积 68.05km², 最小面积 0.07km²。其中, I 类石漠化图斑 74 个, 面积 269.64km², 占南区图斑总面积的 56.07%; II 类石漠化图斑 50 个, 面

积 160.27km²，占 33.33%；Ⅲ类石漠化图斑 18 个，面积 50.98km²，占 10.60%（图 2）。本区地处川东、鄂黔两个岩溶亚区^[1,3]，两者石漠化图斑的分布、地貌和地质特征差异显著，现分别叙述如下。

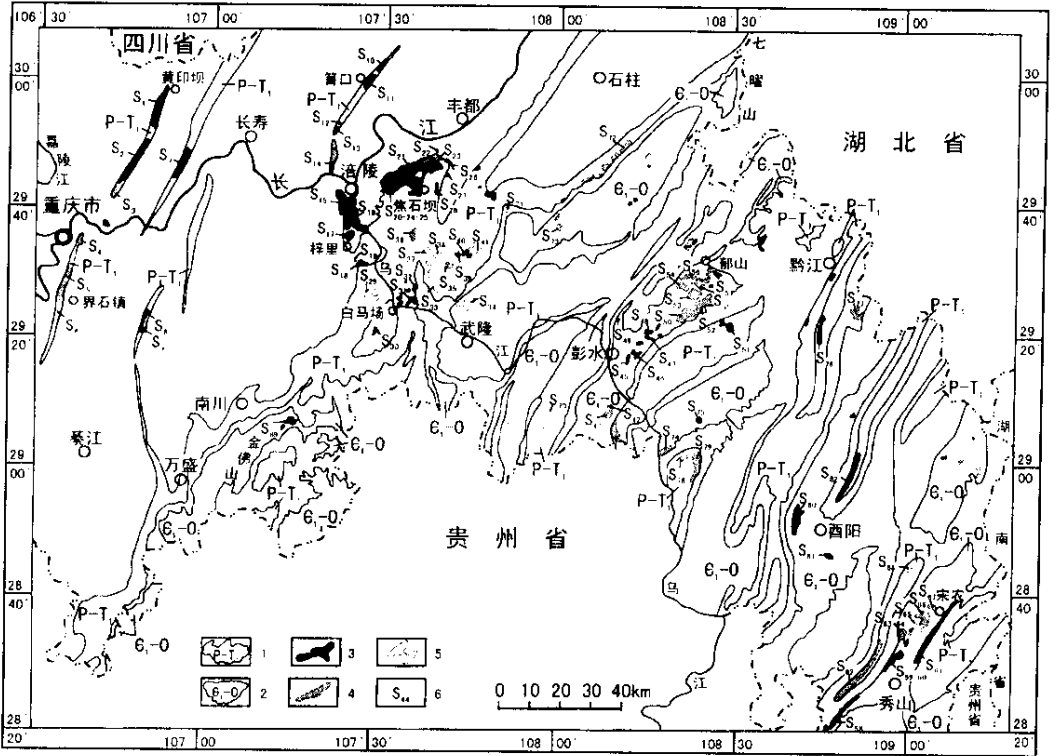


图 2 南区石漠化图斑分布图

Fig.2 Distribution of the image spots of stony desertization in the south area

- 1. 二叠系-下三叠统碳酸盐岩分布区；2. 上震旦统-奥陶系碳酸盐岩分布区；3. I 类石漠化图斑；
- 4. II 类石漠化图斑；5. III 类石漠化图斑；6. 石漠化图斑编号

3.1 川东溶洼—丘峰山地区区

3.1.1 石漠化图斑分布

大体以乌江为界，亚区西部石漠化图斑呈 NE 向长条状展布，划分为黄印坝—界石镇石漠化带，箐口—梓里石漠化带；东部石漠化图斑呈面形分布，区分为新场—焦石坝石漠化区，白马场—木根铺石漠化区。各石漠化带（区）图斑几何特征如表 2 所示。在亚区各石漠化带（区）中，以新场—焦石坝石漠化区图斑最集中、面积最大，白马场—木根铺石漠化区图斑不但面积小，而且相对分散。黄印坝—界石镇、箐口—梓里石漠化带的图斑则分别在北东段和南西段相对集中。亚区石漠化程度以渝北统景、涪陵蒿枝坝和焦石坝地段最为严重。其中，统景地段 I 类石漠化面积 29.40km²；蒿枝坝地段 I 类石漠化面积 42.88km²；焦石坝地段 I 类石漠化 79.15km²，II 类石漠化面积 11.95km²。

表2 南区石漠化带(区)图斑几何特征表

Table 2 Brief features of the image spots of stony desertization in the south area

名称	展布方向	长度/km	石漠化图斑			石漠化程度		
			总数/个	主要图斑编号	总面积/km ²	类别	图斑数/个	面积/km ²
黄印坝—界石镇石漠化带	NNE	74	9	S ₁₋₉	67.43	I	4	43.90
						II	3	17.27
						III	2	6.26
箐口—梓里石漠化带	NNW-NE	65	10	S ₁₀₋₁₉	65.03	I	8	55.93
						II	2	9.10
新场—焦石坝石漠化区	NEE	21	9	S ₂₀₋₂₈	91.10	I	6	79.15
						II	3	11.95
白马场—木根铺石漠化区	NE	39	21	S ₂₉₋₄₁	41.44	I	8	6.85
						II	4	6.02
						III	9	28.57
郁山—朗溪坳石漠化带	NE	71	27	S ₄₂₋₅₇	69.58	I	14	17.15
						II	12	49.45
						III	1	2.98
宋农—贵明溪石漠化带	NE	50	17	S ₅₈₋₆₈	63.88	I	9	21.41
						II	5	35.08
						III	3	7.39

3.1.2 石漠化图斑地貌、地质特征

(1) 石漠化图斑主要位于海拔 400m~600m、600m~800m 两级高程上,少数散布在海拔 1000m~1200m、1400m~1700m 等不同高程上。黄印坝—界石镇、箐口—梓里石漠化带海拔 400m~600m,相当于长江两岸最高阶地的高程;新场—焦石坝石漠化区海拔 600m~800m,与海拔 800m 左右的“盆地期”剥蚀面相当。白马场—木根铺石漠化区分布在乌江两侧,从乌江河谷的海拔 750m~1000m,逐级抬升至海拔 1400m~1600m、1500m~1700m。

(2) 石漠化图斑出露的地层主要为下三叠统嘉陵江组,部分为下三叠统大冶组和二叠系,个别为中三叠统巴东组。石漠化图斑所处的构造部位严格制约其形状、展布和石漠化程度。如沿狭窄背斜核部分布的黄印坝—界石镇、箐口—梓里石漠化带,图斑呈长条状展布,面积较大、类别较高,但分布不太连续。位于褶皱转折端的新场—焦石坝、白马场—木根铺石漠化区,图斑呈面形或长条状,分布较连续。面形图斑面积较大、类别较高,长条状图斑面积小,类别多样。

3.2 鄂黔溶洼—丘峰山地区

3.2.1 石漠化图斑分布

亚区内石漠化图斑总体呈 NE 向展布,在彭水郁山—朗溪坳和秀山宋农—贵明溪相对集中,构成石漠化带。此外,亚区内尚有若干零星分布的石漠化图斑,其中规模较大的共计 14 个,合计面积 66.02km²。如酉阳马鹿池东 I 类图斑(S₈₂),面积 13.91km²;酉阳红沙井 I

类图斑 (S_{80})，面积 12.55km^2 ；黔江水田坝东 I 类图斑 (S_{76})，面积 4.60km^2 ；酉阳马槽坝南 II 类图斑 (S_{79})，面积 9.76km^2 ；黔江五马顶 II 类图斑 (S_{77})，面积 5.80km^2 ；武隆新场 III 类图斑 (S_{70})，面积 4.92km^2 等。各石漠化带 (区) 图斑几何特征如表 2 所示。亚区石漠化图斑以 I、II 类为主，并在郁山、宋农、平阳盖形成石漠化严重或较严重地段。其中，郁山地段 II 类石漠化面积 38.89km^2 ；宋农地段 I 类石漠化面积 14.76km^2 ，II 类石漠化面积 14.49km^2 ；平阳盖地段 II 类石漠化面积 20.59km^2 。

3.2.2 石漠化图斑地貌、地质特征

(1) 石漠化图斑主要位于海拔 $500\text{m} \sim 700\text{m}$ 、 $800\text{m} \sim 900\text{m}$ 两能高程上，分别相当于鄂黔山地“山原期” 800m 左右、 1000m 左右两级剥蚀面。郁山—朗溪坳石漠化带以海拔 $800\text{m} \sim 900\text{m}$ 为主；宋农—贵明溪石漠化带多在海拔 $500\text{m} \sim 700\text{m}$ 之间。

(2) 石漠化图斑出露的地层以寒武—奥陶系为主，少数为下三叠统、二叠系。石漠化带的主体都位于箱形背斜核部，图斑多呈面形，分布连续、面积较大、类别较高。宽缓向斜轴部常有零星的面积大、类别高的石漠化图斑出现。如秀山平阳盖向斜、酉阳毛坝向斜、龚滩向斜和彭水桑拓坪向斜等。

4 区域石漠化发展趋势分析

经野外验证，渝东南岩溶石山地区石漠化严重或较严重地段，多数是人口相对集中，经济活动频繁的地区。20 世纪 60 年代~80 年代，区内石漠化范围变化不大；90 年代以来，不少石漠化地段经“封山育林”“退耕还林”，石漠化程度已经逐渐缓解。如涪陵区焦石坝地区，1990 年 TM 遥感影像反映的石漠化面积为 91.1km^2 ，其中 I 类石漠化面积 79.15km^2 ，II 类石漠化面积 11.95km^2 ，属石漠化严重地区。90 年代初区内开始“封山育林”、“植树造林”，现已林木茂盛、一片葱绿。石漠化范围仅局限于焦石坝周边地区，约 15km^2 。又如彭水县郁山地区，1989 年 TM 遥感影像反映的石漠化面积为 38.89km^2 ，都为 II 类石漠化图斑，属石漠化较严重地区。区内石漠化主要沿居民点集中的山坡分布，由于森林被砍伐成耕地，石漠化范围不断扩大，有的已直逼山脊，至今生态环境的恶化趋势仍未得到抑制。再如奉节县徐家坝—巫山县大庙地区，1989 年 TM 遥感影像反映的石漠化面积为 72.47km^2 ，都为 II 类石漠化图斑，属石漠化较严重地区。其中，大庙地区石漠化始于 20 世纪 40 年代末的战乱，此后居民点附近地区经“植树造林”，石漠化逐渐消失。海拔 1400m 以上的山地一带仍有大片石漠化地带，虽经飞播造林，由于环境恶劣，收效甚微。

5 结论

(1) 渝东南岩溶石山地区石漠化范围不广、石漠化严重地段不多。其中，北区石漠化面积 263.82km^2 ，占碳酸盐岩出露面积 2241km^2 的 11.77% ；南区石漠化面积 480.89km^2 ，占碳酸盐岩出露面积 14146km^2 的 3.40% 。区内石漠化严重或较严重地段主要分布在云阳堰坪和田坝、奉节梅子关、巫山大庙和官渡河、渝北统景、涪陵蒿枝坝和焦石坝、彭水郁山、秀山宋农和平阳盖等地区。

(2) 石漠化的范围及程度与区域地貌、地质环境关系密切。在地貌上，石漠化都位于不同海拔高程的剥蚀面上。其中，北区石漠化多位于海拔 $800\text{m} \sim 1000\text{m}$ 和 $1200\text{m} \sim 1400\text{m}$ 两级

剥蚀面上；南区川东亚区相当于长江两岸最高阶地和海拔 800m 左右的“盆地期”剥蚀面；鄂黔亚区分别相当“山原期”海拔 800m 左右、1000m 左右两级剥蚀面。在地质上，石漠化地段出露的地层主要为下三叠统嘉陵江组、寒武—奥陶系碳酸盐岩。石漠化的范围、展布及程度则受地段所处的构造部位严格制约。调查结果表明：区内背斜核部、向斜两翼和褶皱转折端等部位，碳酸盐岩产状平缓、岩层出露较宽、岩溶作用微弱，以丘峰、溶洼等地表岩溶形态为主。在地壳间歇性升降运动作用下，在不同海拔高程的剥蚀面上形成了大面积的丘峰—溶洼山地。山地上丘峰顶圆坡缓，相对高差 100m~200m；溶洼多呈圆形或椭圆形，面积一般数至数十平方千米，且底部地形平坦，又有溶蚀残余粘土覆盖，所以适宜人类生息和经济活动。可见，区内丘峰—溶洼山地存在发生石漠化的地貌、地质环境，若因自然因素或人类活动造成植被破坏，也就容易酿成大面积的石漠化。

(3) 区内石漠化严重或较严重地段，多数是人类生息和经济活动频繁的地区。20 世纪 60 年代~80 年代，区内石漠化范围变化不大；90 年代开始，经“封山育林”“退耕还林”，石漠化范围逐步缩小。作者认为：区内石漠化大都是人类经济活动的结果。石漠化始于人类对周围环境的“破坏”活动，也必将随着人类对周围环境的“治理”活动而逐渐消失。

参 考 文 献

- [1] 中国科学院地质研究所岩溶研究组. 中国岩溶研究 [M]. 北京: 科学出版社, 1979.
- [2] 四川省地质矿产局. 四川省区域地质志 [M]. 北京: 地质出版社, 1991.
- [3] 何培元. 长江干流第四纪沉积相与环境演变 [M]. 北京: 地震出版社, 1994.
- [4] 中国科学院西南资源开发考察队. 重庆地貌与经济建设 [M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1992.
- [5] F. F. 萨宾. 遥感原理及解译 [M]. 北京: 地质出版社, 1981.

THE REMOTE SENSING SURVEY AND THE ANALYSIS OF DEVELOPMENTAL TREND OF STONY DESERTIZATION FROM THE KARSTLAND IN THE SOUTHEAST OF CHONGQING

WANG Lian-qing, QIAO Zi-jiang, ZHENG Da-xing
(Institute of Geomechanics, CAGS, Beijing 100081, China)

Abstract : Stony desertization majority occurs in Chongqing southeast karst area. According to the remote sensing survey, there are all together 173 spots of stony desertization on the remote sensing image, which covers an area of 744.71 square kilometers, accounting for about 4.54% of the total area. The state and bound of stony desertization correlate closely with regional landform and geology condition. In the 1960s~1980s, there weren't much change of the scope of the stony desertization; and from the 1990s, through closing hillsides to facilitate afforestation and letting cultivated land revert to woodland, the scope now is gradually reduced.

Key words : stony desertization; remote sensing survey; karstland in the Southeast of Chongqing