

# 典型喀斯特小流域景观格局空间分辨率效应

——以贵州清镇王家寨小流域为例

李阳兵<sup>1</sup>, 王世杰<sup>2</sup>, 周梦维<sup>2</sup>, 李荣彪<sup>1</sup>, 李为海<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)

**摘要:**以位于喀斯特高原区的王家寨小流域为例,运用 SPOT5 影像(空间分辨率 2.5 米)、ASTER 影像(空间分辨率 15 米)、TM 影像(空间分辨率 30 米)为基本数据源,深入分析空间分辨率的变化对土地覆盖分类结果的影响。随着影像空间分辨率的增加,三种不同空间分辨率影像的土地覆盖分类信息的变化归纳为三种类型:增加型(灌木丛、农村居民点、裸岩裸土),减少型(旱地、稀疏林地),波动型(水田、有林地)。尤以能反映生态质量的裸岩裸土和低被草地斑块的变化较大,高分辨率影像显然能更多的识别出对流域生态质量有影响的生态系统类型。

**关键词:**喀斯特; 空间分辨率; 景观格局; 效应

中图分类号: F323 文献标识码: A 文章编号: 1672-9250(2009)01-0085-05

景观格局具有尺度依赖性,即尺度效应<sup>[1]</sup>,若要正确理解景观格局,就必须首先认识和研究其尺度效应。尺度和尺度变化是理解和研究景观格局的关键。空间观察分辨率的不同对于景观格局的性质和研究工作的进程会产生显著影响,国内外学者对此进行了较多的探讨<sup>[2~7]</sup>,但目前对景观格局的粒度效应研究较多,而对在不同分辨率下的变化研究较少。低分辨率粗尺度下观察到的均质系统,在高分辨率精尺度下可能会表现出明显的异质性特征,像元的细分在一定程度上加大了研究区域地表覆被遥感分类结果的破碎化程度。因此,如何确定适合空间尺度,在保持分类精度的同时降低分类结果的破碎化程度亦是今后分类中必须面对的一个问题<sup>[8]</sup>。

张惠远基于 TM 影像研究了喀斯特山地景观变化<sup>[9]</sup>,周梦维以 1:1 万 SPOT5 影像为主要信息源从小流域尺度上探讨石漠化景观在坡度、坡向、高程和与村庄距离等空间因子上的分布规律<sup>[10]</sup>。因喀斯特地区地形破碎,景观分异大,运用 TM 数据进行大比例尺土地利用类型划分存在混合像元、阴影、

同物异谱、同谱异物等问题,张雅梅为此采用 1:10000 地形图来补充 TM 影像本身的空间分辨率不足<sup>[11]</sup>,万军等则采用线性光谱分离技术来分离喀斯特植被、裸岩、裸土<sup>[12]</sup>。夏学齐等以 IKONOS 遥感数据为例,探讨石漠化程度遥感信息提取方法<sup>[13]</sup>。但是不同分辨率的遥感影像在反映喀斯特地区的景观格局与类型上有何差异,目前仍然缺乏研究。揭示喀斯特地区不同分辨率下景观格局尺度效应的规律,对解译喀斯特地区的石漠化和土地利用变化,有着重要的实践意义。无疑对于喀斯特生态建设和景观生态学都具有重要的科学意义和学术价值。

## 1 研究区概况

王家寨小流域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,东经 106°20'05"~106°21'08",北纬 26°31'45"~26°30'27",面积约 6.164 km<sup>2</sup>,海拔最高点 1451.1 m,最低点 1242.0 m。流域上游地貌为典型喀斯特峰丛谷地,下游为喀斯特丘陵(图 1),属亚热带季风

收稿日期: 2008-10-08; 改回日期: 2008-12-23

基金项目: 国家重点基础研究发展计划项目(2006CB403200)、中科院知识创新重要方向项目(kzcx2-yw-306)教育部“新世纪优秀人才支持计划资助”(NCET-05-0819)、黔教科办(2004)07

第一作者简介: 李阳兵(1968—),男,博士后,教授,研究方向为遥感与生态环境治理。E-mail: li-yanpin@sohu.com

湿润气候, 多年平均降水量 1200 mm, 主要集中在 5~9 月。小流域内喀斯特地表渗漏强烈, 加上人类的长期破坏造成植被覆盖率较低。土地利用类型坝地中以耕地为主; 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。

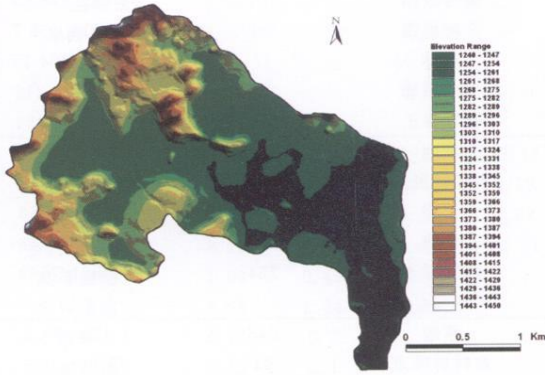


图 1 研究区地貌类型示意图

Fig. 1 The physiognomy of the study area

## 2 研究方法

以 2005 年 2 月 4 日 1:1 万 SPOT5 影像(空间分辨率 2.5 米)、2004 年冬天的 TM 影像(空间分辨率 30 米)和 ASTER 影像(空间分辨率 15 米)为基本数据源, 对照 1:10000 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 进行精校正, 误差在半个象元以内。在遥感软件 ENVI 支持下, 采用非监督与监督分类相结合, 并参考地形图等资料, 对土地利用类型进行目视解译, 随后在 ARC/INFO 中处理得到研究区土地利用类型图。此结果通过实地调查的方式进行检验, 抽样点 119 个, 精度达 95.8%。

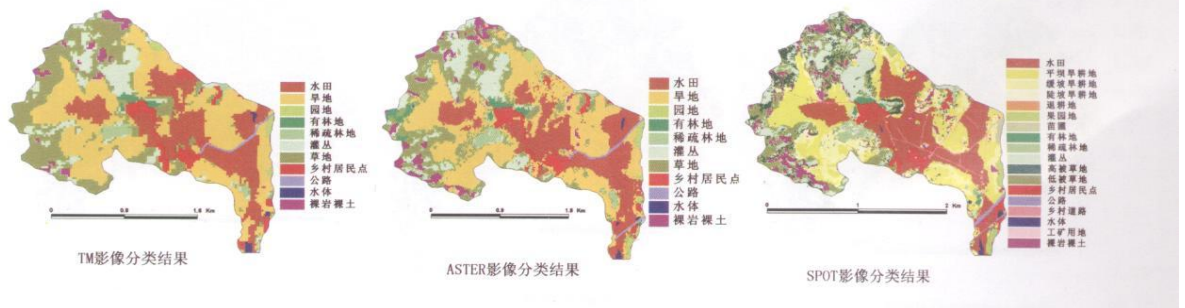


图 2 三种空间分辨率影像土地利用分类结果

Fig. 2 The land use classification of different spatial resolution images

### 3.2 分辨率对斑块动态的影响

在图 2 所示的三种分辨率的影像中, 可以看出, 表达该地地物斑块的形状、结构和数量在空间分辨率降低的过程中都发生了较大的变化(表 1)。不同分辨率影像中同一地物斑块的结构与数量也有较大的变化, 高分辨率影像显然能更多的识别出对流域生态质量有影响的生态系统类型。如 3 种影像上表征裸岩裸土的斑块数分别为 1437、264、43, 面积统计分别为 300 652. 946 4 m<sup>2</sup>、255 881. 756 9 m<sup>2</sup>、130 934. 090 0 m<sup>2</sup>。

### 3.3 不同分辨率分类信息转移过程

率 30 米)和 ASTER 影像(空间分辨率 15 米)为基本数据源, 对照 1:10000 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 进行精校正, 误差在半个象元以内。在遥感软件 ENVI 支持下, 采用非监督与监督分类相结合, 并参考地形图等资料, 对土地利用类型进行目视解译, 随后在 ARC/INFO 中处理得到研究区土地利用类型图。此结果通过实地调查的方式进行检验, 抽样点 119 个, 精度达 95.8%。

## 3 结果分析

### 3.1 土地覆盖分类的比较

为了深入分析空间分辨率的变化对土地覆盖分类结果的影响, 特别是为了从景观生态学的角度探讨遥感影像空间分辨率的变化对景观格局的影响, 三种空间分辨率的影像并没采取完全一致的土地覆盖类型划分, 以 SPOT 影像划分的土地覆盖类型最为细致(图 2)。以便为进一步在不同尺度上研究景观过程奠定基础。

### 3.3.1 信息转移的空间分析

为了比较并确定在不同分辨率影像记录的地表信息的差异及其空间分布特征, 三种空间分辨率影像土地利用分类结果进行了比较。图 3 中的黄色代表发生变化的像元, 即在两个图像上属于不同类型的像元。结果发现位于流域上游的喀斯特峰丛分布区, 地形破碎, 地表起伏大。地表植被退化严重, 为稀疏灌丛、草坡、坡耕地甚至裸岩裸土的交错分布区, 在不同空间分辨率影像上记录的特征差异较大。而分布于谷地的水田, 在不同空间分辨率影像上记录的特征差异较小。

表1 不同分辨率影像中地物斑块的数量与面积

Table 1 The patch number and area of different spatial resolution images

影像类型	土地覆盖类型	板块数(个)	面积(m <sup>2</sup> )	土地覆盖类型	板块数(个)	面积(m <sup>2</sup> )
SPOT	水田	6700	1329 289. 677	灌木丛	2371	773 927. 363 6
	< 7°平坝旱耕地	6208	1201 674. 643	高被草地	1660	338 016. 584 3
	7-15°缓坡旱耕地	3580	663 232. 397 5	低被草地	4164	804 600. 358 5
	15-25°陡坡旱耕地	444	81 408. 284 09	乡村居民点	1065	269 391. 128 9
	> 25°退耕地	61	10 731. 717 73	高等级路	102	36 642. 038 09
	果园地	378	72 442. 20 021	乡村道路	297	102 518. 106 7
	苗圃	145	24 163. 561 1	水体	17	17 711. 334 15
	有林地	109	44 035. 730 41	工矿用地	16	5589. 471 218
	稀疏林地	233	88 337. 226 23	裸岩裸土	1437	300 652. 9464
	ASTER	水田	1289	1 351 030. 463	草地	1861
旱地		1701	2 075 864. 496	农村居民点	363	229949. 1388
园地		131	87 252. 898 04	公路	104	51256. 55966
有林地		41	106524. 640 7	水体	5	15847. 29648
稀疏林地		98	94006. 487 45	裸岩裸土	264	255881. 7569
灌木丛		547	604 415. 060 2			
TM	水田	249	1 320 732. 169	草地	548	1 424 089. 3
	旱地	393	2 219 279. 452	农村居民点	94	254706. 939
	园地	20	48 041. 836	公路	38	36 962. 948
	有林地	17	47 513. 072	水体	5	22 908. 273
	稀疏林地	26	103 092. 298	裸岩裸土	43	130 934. 09
	灌木丛	230	556 104. 392			

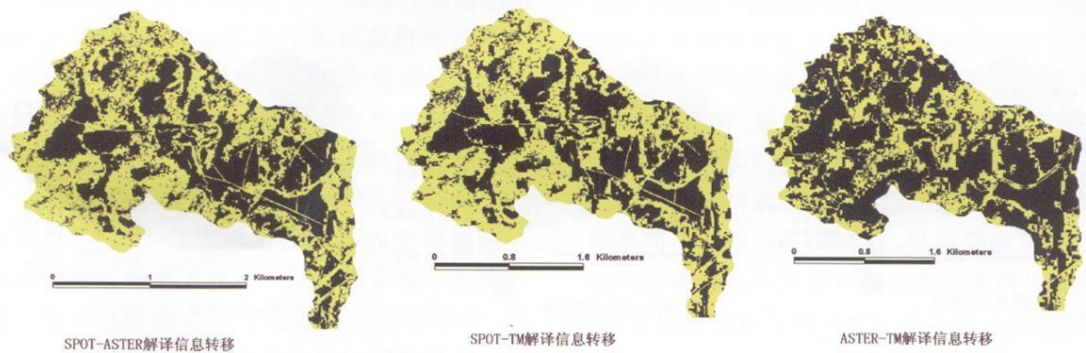


图3 三种空间分辨率影像间的信息转移过程

Fig. 3 Information transfer in various spatial resolution images

### 3.3.2 信息转移的统计分析

与 SPOT 影像相比, TM 影像与 ASTER 影像中, 有林地、稀疏林地、灌木丛、草地的解译误差较大, 相互之间容易混淆; 水体与水田较难区分; 裸岩裸土与低被草地、高被草地、灌木丛也很难区分。如本文的结果发现, TM 影像中的有林地有 23.12% 在 SPOT 影像中是灌木丛, 灌木丛有 35.67% 在 SPOT 影像中是低被草地; ASTER 影像中的有林地有 31.38% 在 SPOT 影像中被解译成低被草地, 裸岩裸土有 35.97% 在 SPOT 影像中是低被草地。因此, 随着影像空间分辨率的增加, 可将土地覆盖分

类信息的变化归纳为三种类型: 增加型(灌木丛、农村居民点、裸岩裸土), 减少型(旱地、稀疏林地), 波动型(水田、有林地)(表 2、表 3)。

### 3.4 空间分辨率对景观格局的影响

在 TM 影像中, 水田和旱地占据了洼地底部和地势较缓的部位, 峰丛四周则以草坡为基质, 斑块面积大, 斑块数少。随空间分辨率的增加, 斑块变破碎, 斑块数增加, 斑块的空间组合格局发生变化, 在 ASTER 影像中形成了斑块混合分布、相间分布的空间格局; 在 SPOT 影像中斑块类型和组合类型更加多样化, 空间差异大, 在局部形成了以某种斑块占

表 2 SPOT 影像与 TM 影像解译信息转移表(%)  
Table 2 Information transfer between SPOT and TM images (%)

土地覆盖类型	水田	旱地	园地	有林地	稀疏林地	灌木丛	草地	农村居民点	公路	水体	裸岩裸土
水田	74.67	10.42			2.07	0.17	2.55	20.5	19.7	51.47	0.16
< 7° 平坝旱耕地	12.61	42.94	1.86	0.26	1.81	1.8	3.94	2.74	19.7		0.11
7-15° 缓坡旱耕地	2.63	24.43	7.57		5.28	1.28	4.62	0.9	16.6		0.7
15-25° 陡坡旱耕地	0.3	1.98	0.32	0.98	3.58	0.56	1.62	0.67	0.46	0.13	
> 25° 退耕地	0.03	0.25			0.13	0.07	0.3				
果园地	0.23	1.75	40.6		2.17	0.57	0.3	0.72			
苗圃		0.18	42.78				0.01		0.08		
有林地		0.14		55.9	3.68	0.85	0.45	0.72			
稀疏林地		0.51			54.7	2.23	0.35	1.4			
灌木丛	0.24	2.65	2.14	23.12	18.9	61.9	21.74	2.08			13.11
高被草地	0.14	2.3	0.67	1.19	0.91	8.72	14.52	0.56			20.87
低被草地	0.9	5.69	0.96	4.72	4.86	17.2	35.67	2.15	0.81		37.4
乡村居民点	2.11	1.7	0.37	13.81	0.03	0.54	2.37	62.8	5.19	2.27	0.01
高等级路	1.00	0.49			1.72	0.05	0.29	1.70	0.01	3.71	
乡村道路	3.63	1.24	0.89		0.02	0.27	0.45	1.59	39.2		0.52
水体	0.27	0.2					0.02			42.42	
工矿用地	0.11	0.1					0.1	0.21			
裸岩裸土	1.13	3.23	1.82		0.16	3.79	10.69	1.29	0.17		26.71

表 3 SPOT 影像与 ASTER 影像解译信息转移表(%)  
Table 3 Information transfer between SPOT and ASTER images (%)

土地覆盖类型	水田	旱地	园地	有林地	稀疏林地	灌木丛	草地	农村居民点	公路	水体	裸岩裸土
水田	73.22	13.07	0.94		0.25	0.03	0.91	13.78	36.2	40.53	0.44
< 7° 平坝旱耕地	13.74	43.17	4.35	0.22	5.73	0.49	6.7	1.93	11.71		1.81
7-15° 缓坡旱耕地	2.29	23.39	9.15	0.05	6.12	0.25	9.11	1.91	9.49		1.93
15-25° 陡坡旱耕地	0.25	1.96	0.09	0.32	3.57	0.65	2.14	0.21	0.9	0.51	0.22
> 25° 退耕地	0.06	0.18			0.05	0.04	0.46				
果园地	0.7	1.01	43.44	0.02			0.12	0.35			0.01
苗圃		0.02	27.27			0.02					
有林地	0.03	0.14		26.53	5.99	0.23	0.22	1.26			
稀疏林地	0.05	0.28	3.94		55.35	1.83	0.97	0.69			
灌木丛	0.13	2.14		28.94	16.27	62.58	21.75	2.17			7.05
高被草地	0.32	2.29	1.15	6.31	0.38	6.86	15.22	1.29	0.4	1.82	14.76
低被草地	0.68	5.03		31.38	3.39	22.88	32.13	3.79	0.64		35.97
乡村居民点	1.9	2.52	4.81	2.87	2.68	0.61	1.34	68.54	6.91	1.76	
高等级路	1.12	0.30	2.52				0.13	1.97		10.74	
乡村道路	3.85	1.21	1.68			0.09	0.53	1.51	24.65	0.63	1.1
水体	0.53	0.11							2.19	44.01	
工矿用地	0.06	0.07					0.03				1.16
裸岩裸土	1.05	3.13	0.47	2.97	0.02	3.43	8.24	0.46	0.49		35.36

绝对优势的空间组合格局类型, 尤以能反映生态质量的裸岩裸土和低被草地斑块的变化较大。表明空间分辨率的变化对斑块复杂程度的影响很大。

## 4 结论

(1) 研究区的景观结构随着分辨率的不断降低出现显著变化, 具体表现为组分的斑块构成简化, 景观整体破碎化程度减少, 斑块形状的复杂程度降

低。随着影像空间分辨率的增加, 三种不同空间分辨率影像的土地覆盖分类信息的变化归纳为三种类型: 增加型(灌木丛、农村居民点、裸岩裸土), 减少型(旱地、稀疏林地), 波动型(水田、有林地)。

(2) 运用高分辨率卫星遥感图像有助于增加对景观格局的认识和理解, 在复杂地形下作用更明显。研究发现, 高分辨率影像反映的地类空间信息更加丰富, 地物的尺寸、形状以及邻域地物之间的关系更

易辨识,同一地类内部组成的细节信息在高分辨率影像中也可以得到更好的表征。

(3) 喀斯特地区存在较为严重的土地退化即土地石漠化。植被状况、土壤裸露状况和基岩出露情况是评价石漠化的关键指标。喀斯特地区石旮晃土土层浅薄、不连续,土壤深藏于石缝间,在影像上与裸岩地很难区分;经济林在冬季落叶后其在影像

上与裸岩非常相似;裸岩裸土与低被草地、高被草地、灌木丛也很难区分。目前根据 TM、ASTER 等较低分辨率的影像来解译评价土地石漠化,不能反映石漠化前后地面物质组成和植被景观的变化,难以满足石漠化成因分析、石漠化治理规划编制和治理措施选择的需要。高分辨率卫星遥感图像的运用在一定程度上可以解决这一问题。

## 参 考 文 献

- [ 1 ] Wu J G, Shen W J, Sun W Z, *et al.* Empirical patterns of the effects of changing scale on landscape metrics[ J]. *Landscape Ecology*, 2002, 17: 761—782
- [ 2 ] 徐建华, 岳文泽, 谈文琦. 城市景观格局尺度效应的空间统计规律—以上海中心城区为例[ J]. *地理学报*, 2004, 59( 6): 1058—1067
- [ 3 ] 曾辉, 郭庆华, 刘晓东. 景观格局空间分辨率效应的实验研究—以珠江三角洲东部地区为例[ J]. *北京大学学报( 自然科学版)*, 1998, 34( 6): 820—826
- [ 4 ] 赵文武, 傅伯杰, 陈利顶. 景观指数的粒度变化效应[ J]. *第四纪研究*, 2003, 23(3): 326—333
- [ 5 ] 李首成, 刘文全, 程序. 基于高分辨率卫星图的川中丘陵区村级景观格局特征研究[ J]. *应用生态学报*, 2005, 16( 10): 1830—1837
- [ 6 ] 郭烁, 夏北成, 余世孝. 森林景观格局研究中的尺度效应[ J]. *应用与环境生物学报*, 2006, 12( 3): 304—307
- [ 7 ] 李晓兵, 陈云浩, 李霞. 基于多尺度遥感测量的区域土地覆盖格局研究[ J]. *植物生态学报*, 2003, 27(5): 577—586
- [ 8 ] 洪军, 葛剑平, 蔡体久等. 基于地形限制特征的泾河流域遥感地表覆被分类[ J]. *植物生态学报*, 2005, 29( 6) 927—933
- [ 9 ] 张惠远, 王仰麟. 山地景观生态规划—以西南喀斯特地区为例[ J]. *山地学报*, 2000, 18( 5): 445—452
- [ 10 ] 周梦维, 王世杰, 李阳兵. 典型喀斯特石漠化小流域景观格局的空间因子分析—以贵州清镇王家寨小流域为例[ J]. *地理研究*, 2007, 26( 5): 897—905
- [ 11 ] 张雅梅, 熊康宁, 安裕伦. 应用 TM 影像进行大比例尺土地利用类型划分探讨[ J]. *中国岩溶*, 2003, 22( 2): 150—155.
- [ 12 ] 万军, 蔡运龙. 应用线性光谱分离技术研究喀斯特地区土地覆被变化—以贵州省关岭县为例[ J]. *地理研究*, 2003, 22( 4): 439—446
- [ 13 ] 夏学齐, 田庆久, 杜凤兰. 石漠化程度遥感信息提取方法研究[ J]. *遥感学报*, 2006, 10( 4): 469—474

## Spatial Resolution Effects for Landscape Patterns in the Wangjiashai Karst Catchment

LI Yang-bing<sup>1</sup>, WANG Shi-jie<sup>2</sup>, ZHOU Meng-wei<sup>2</sup>, LI Rong-biao<sup>1</sup>, LI Wei-hai<sup>1</sup>

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

2. The State Key Laboratory of Environmental Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China)

**Abstract** Remote sensing data such as SPOT 5 (2.5m), ASTER (15m) AND TM (30m) images were used to study spatial resolution effects for landscape patterns in the Wangjiashai catchment, a typical karst area in the southwest of China. Changes in land cover classification of images could be summarized as 3 types with increasing resolution: 1) increasing land use type (including shrub, rural resident, bare rock and soil), decreasing land use type (including dry land, sparse woodland), fluctuating land use type (including paddy field, forest). Particularly, baren rock and soil, and low cover grassland which could reflect the ecological quality showed most significant changes. In this study, the high resolution images can be used to obviously identify more ecological system types which may influence the ecological quality of catchments.

**Key words** karst; spatial resolution; landscape; effect