

岩溶山地城市扩展空间差异的地形效应

李卫海¹, 李阳兵^{1,2}, 周 焱³, 丹文丽¹

(1. 贵州师范大学地理与环境科学学院, 贵阳 550001; 2. 重庆师范大学地理科学学院, 重庆 400047;
3. 贵州大学生命科学学院, 贵阳 550025)

摘 要:利用贵阳市 1976 年 MSS 影像, 1986 年、1996 年 TM 影像, 2006 年 CBERS 影像和 1:5 万 DEM 等, 对喀斯特山地地貌背景及地形条件与贵阳城市化空间过程的时空分异特征的相互关系进行深入分析。土地扩展集中指数表明地貌分布直接影响城市在不同方向上的扩展分布, 建设用地的扩展主要发生在起伏度小于 30m 的平缓地形区; 对比贵阳城市扩展斑块, 新生斑块密度整体上要高于延展斑块密度; 城市几何中心轨迹呈西北—东南来回移动。这说明贵阳城市扩展整体受地形条件影响较大, 向盆周山丘缓坡→盆地外围的岩溶山地垭口、谷地、小型山间盆地坝子和岩溶丘原面拓展, 城市扩展不能连片发展, 只能在较为平缓的地带分散扩展, 各分区城市扩展强度最高值均在 5~15km 的缓冲区内。同时城市空间放射状指数表明城市形态虽然狭长, 但城市化过程中紧凑度水平逐渐升高。

关 键 词:喀斯特山地; 地形; 城市扩展; 贵阳

1 引言

城市扩展既与社会经济发展水平有关, 亦与城市所处地理位置有关。地貌特征从根本上影响了城市用地的利用方向, 从而影响了城市的扩展方向与城市布局。目前, 在国际上许多学者对城市建设用地变化方面做了大量的工作, 如 R. Welch 通过对 TM 的假彩色合成图像目视解译提取了城市的建成区面积, 进一步分析了建成区与人口之间的关系^[1], Bounfour 和 Lambin E 认为由于我们不能以一种连续的方式长期监测土地利用变化致使我们对于驱动力的理解并控制变化过程受到了限制^[2]。Barry N Haacka 分析了城市在山谷地的发展, 并对城市动态监测及模拟预测进行研究^[3]。Weber C 和 Puissant A 用一系列的影像数据解释和预测了城市的发展动态^[4]。国内对不同地区城市扩展的模式及动力机制等问题也作了大量的研究, 主要集中在扩展特征的量化分析、动态监测及模拟和预测, 极大地丰富了城市扩展研究的范围和深度^[5-10]。但总的来看, 我国城市空间扩展的研究仍然显得薄弱, 缺乏对一个区域上城镇分布空间格局与扩展过程和地形地貌关系的研究^[11], 且研究对象主要集中在中东部发达地区的城市, 对西部地区的城市研究相对较少^[12-15]。

喀斯特盆地、谷地或喀斯特河流阶地是贵州高原坡度较小, 地形相对平坦的区域。它们面积狭小, 星罗棋布, 分散在类型复杂多样的喀斯特高原山地中, 成为贵州农业和经济相对发达的地区。大部分喀斯特城市就发育在这些山间平坝中^[16]。探讨不同岩溶地貌区城镇空间演变模式对于理解岩溶地区人地关系具有较为深刻的意义。本文基于近 30 年的遥感影像资料, 利用 GIS 的空间分析功能, 在西南喀斯特山区的大背景下, 以贵阳市为例探讨岩溶山地城市扩展过程与地形地貌相互作用的基本模式, 为揭示我国西南地区城市扩展与人地关系协调规律积累研究案例。

2 研究区域与方法

2.1 研究区概况

研究区位于贵州省中部, 东经 106°07'~107°07', 北纬 26°11'~27°22' 之间, 范围为贵阳市云岩区、花溪区、南明区、乌当区、白云区、小河区等 6 区, 主要包括云岩城区、黔灵镇、南明城区、后巢乡、乌当城区、新天寨、东风镇、野鸭乡、花溪城区、花溪镇、金竹镇、小河区、白云城区、艳山红乡等 15 个区、镇, 总面积约 812.246km²。这种研究区的选择目

收稿日期: 2008-07; 修订日期: 2008-12。

基金项目: 教育部“新世纪优秀人才支持计划资助”项目(NCET-05-0819); 黔科合 J 字 2007[2154 号]。

作者简介: 李卫海(1981-), 男, 山东烟台人, 硕士研究生, 研究方向为土地资源与景观生态。E-mail: liweih85@gmail.com

通讯作者: 李阳兵, E-mail: li-yapin@sohu.com

的是力图使研究区既包括贵阳市中心区,同时也包括像乌当区、花溪区等这种卫星城性质的城市化单元及其周边地区的各种小城镇,从而更好地反映西南岩溶山区的城市化空间进程特色。

2.2 研究方法

基础数据来源于 1976 年 12 月 30 日 MSS, 1986 年、1996 年 TM 和 2006 年 4 月 11 日中巴影像数据。对于上述不同的数据,我们首先以 1:5 万地形图为基础控制依据,在遥感图像和地形图上选择稳定、明显的对应地物作为控制点,纠正误差控制在 1 个像元左右,以保证长时间序列中的多时相遥感数据不发生明显的空间位置偏移。获得正射影像地图后,再对影像数据进行辐射增强及空间滤波

等必要的预处理,对图像的感兴趣区域进行对比度拉伸处理,同时用平滑的方法去除图像内部的部分噪音。经过图像的增强处理,使得我们要研究的这四个时相的遥感图像中湖泊、陆地、建设用地、农田它们之间的边缘更加清晰明显,易于区分。由于 MSS 影像和 TM 影像的空间分辨率有较大差异,解译中运用研究区 1973 年的 1:5 万地形图进行辅助解译,尽量提高解译质量。借助 Erdas 软件中的精度评价模块,结合研究区详实的实地调查,解译精度符合要求,四个时期土地覆被图的 Kappa 指数分别为 0.82、0.85、0.85、0.90。本文提取并分析了贵阳市城镇用地和工矿、交通等建设用地的变化(图 1)。

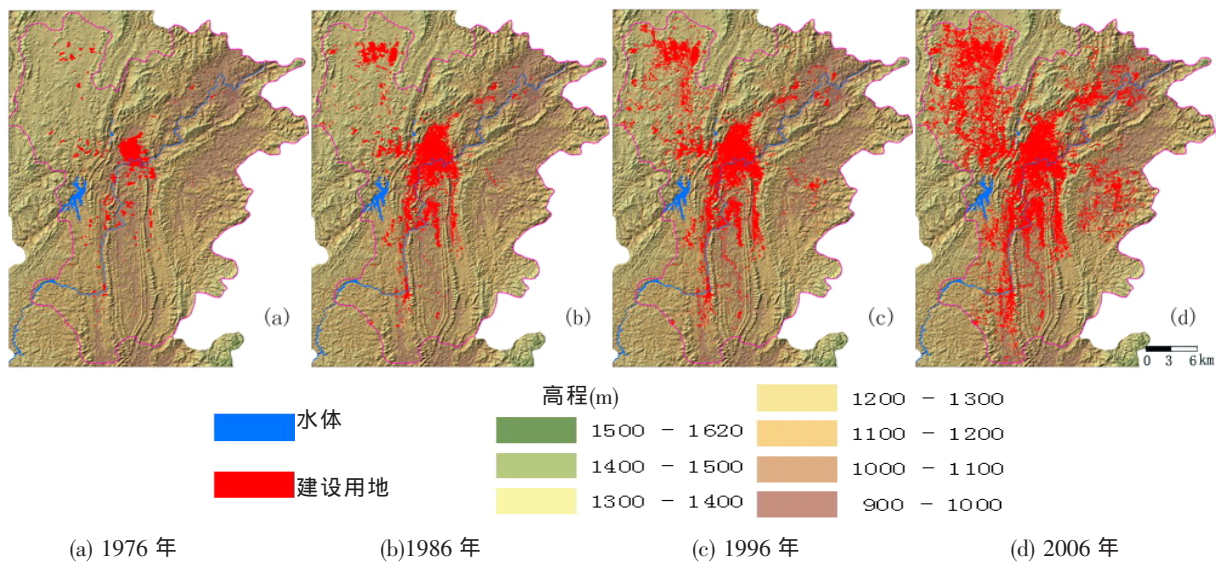


图 1 1976-2006 年研究区各时段建设用地分布

Fig.1 Construction land distribution of the study area from 1976 to 2006. a. 1976; b. 1986; c. 1996; d. 2006

2.2.1 研究区划分

以城市的优势点为中心,将研究区按照方位角度分为 8 个分区(图 2),相邻半径的夹角为 45 度,这样划分的目的在于充分反映研究区地形地貌和城市扩展过程的空间不均匀性。研究区形状优势点定为贵阳市中心——大十字,该区域是贵阳市的商业中心之一,高楼林立、商贸繁荣、人气鼎盛、交通便利;商品、人流、信息以高密度、高交换率进行输入输出。

2.2.2 地形起伏度

地形起伏度是指地面一定距离范围内最大的高程差,反映着一个地区的地面起伏状况,是描述区域地形的一个宏观性指标,可以作为分析城市扩展的地形指标。笔者采用某一确定面积内

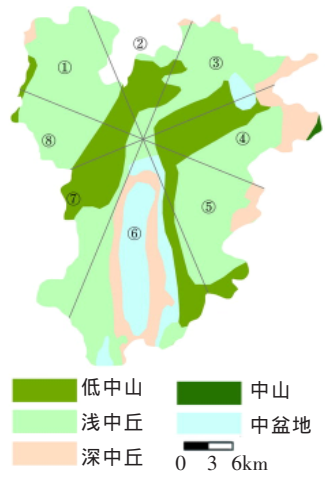


图 2 研究区地貌特征及方位分区示意图

Fig.2 Geomorphologic characteristics and azimuth partition schematic diagram of the study area

最高点和最低点海拔高度之差来表示地形起伏度。

地形起伏度的提取主要利用 1:5 万比例尺的 DEM, 通过对 DEM 数据进行投影变换和重采样转换处理后, 利用 Arc view 软件中的空间分析功能实现。

2.2.3 土地扩展集中指数

本文采用薛东前等提出的城市土地扩展集中指数来研究贵阳建设用地的扩展变化^[17]。计算公式如下:

$$C=\frac{1}{2}\sum |P_i-S_i|$$
 (1)

式中: P_i 为 i 地区城市用地新增面积占城市新增面积的比重; S_i 为 i 地区面积占研究区域总面积比重; C 为区域土地扩展集中指数, C 值越小, 说明土地扩展向某一地域集中的偏向性越小, 反之则偏向性越大, 土地扩展分布不均匀。

2.2.4 斑块分类与扩展动态计算

城市扩展过程中, 扩展斑块主要分为三类: 延展斑块、新生斑块及消亡(萎缩)斑块^[18], 文中结合研究区实际情况, 仅对延展斑块和新生斑块从斑块密度(patch density, PD)以及斑块面积比重(proportion of patch area, PPA)两个指标进行对比分析。计算公式分别为:

$$PD=N/A$$
 (2)

式中: N 为斑块个数, A 为分区面积。

$$PPA=A_i/A\times 100\%$$
 (3)

式中: A_i 为扩展斑块面积, A 为分区面积。

3 结果分析

3.1 研究区地貌条件

研究区岩溶地貌组合形态有岩溶盆地、峰丛洼地、峰丛槽谷、溶丘谷地及浅丘溶原, 也有脊状低中山等地貌(图 2); 最高海拔为 1730m, 最低海拔为 980m, 市中心平均海拔为 1000m。坡地面积较大, 且较陡, 缓坡地(<10°)约占 51.34%, 较陡坡(10°~25°)约占 30.21%, 陡坡地(>25°)约占 18.45%; 研究区起伏度较大, 平坦盆地、槽谷、高原面(起伏度<30m)约占 52.9%, 丘陵山地(起伏度>30)约占 47.1%。研究区起伏度小于 30m 的平缓地域主要分布在 1200~1300m 的西北高原面, 以及海拔相对较低的盆地、槽谷地带, 除分区 1、8 相对平坦外, 其余各分区均地形较

为复杂, 2、3、4 分区尤为复杂, 地形以丘陵山地(起伏度>30)为主(表 1)。研究区典型的岩溶地貌导致贵阳城市发展从设市之初到 80 年代中期都主要局限在面积仅 30 多 km² 的狭窄岩溶盆地内^[19]。

表 1 各分区不同地表起伏度所占面积比重(m, %)
Tab.1 Area proportion under different relief degrees of land surface in the study partitions(m, %)

	1	2	3	4	5	6	7	8
0~30	75.82	37.61	38.7	40.66	52.21	58.8	57.07	62.61
30~75	21.07	53.45	52.09	50.12	44.9	33.28	37.42	33.82
75~200	3.11	8.94	9.14	9.22	2.89	7.92	5.51	3.57
> 200	0	0	0.07	0	0	0	0	0

3.2 土地扩展集中指数分析

分别计算 8 个各区土地扩展集中指数 (表 2)。从表 2 可以看出, 研究区的地貌分布, 直接影响了城市在不同方向上的扩展分布, 城市扩展的空间差异明显。从 1976~2006 年间, 贵阳市整体扩展集中指数先增大后减少, 在 1986~1996 年间最大为 0.415, 这说明贵阳城市总体的扩展分布呈均匀——不均匀——均匀三个阶段。在 1986~2006 年间贵阳城市扩展偏向性较大。

在各分区的土地扩展集中指数中, 西北方向分区 1 的扩展集中指数最大, 为 0.167, 其后为分区 7、6, 分别为 0.116 和 0.096, 说明城市发展总体上呈现西北、西南和东南向拓展的城市开发格局。这主要由于城市在 1976~1986 年间主要是沿老城区向外围扩展, 呈“摊大饼”式扩张。但在不同的方向上, 扩

表 2 1976~2006 年各时段建设用地扩展面积与土地扩展集中指数 (单位 ha)

Tab.2 Extended area of construction land and concentration index of land expansion in each period (ha)

	1976~1986	1986~1996	1996~2006	扩展集中指数
1	783.481	877.290	2041.090	0.167
2	175.916	43.217	261.435	0.022
3	264.572	172.910	800.205	0.007
4	72.295	40.016	294.985	0.013
5	225.382	274.428	895.172	0.039
6	1384.233	564.137	1932.437	0.096
7	717.665	116.013	498.229	0.116
8	393.256	301.324	1053.730	0.024
扩展集中指数	0.041	0.415	0.047	

展的速度和规模也有较大的差异;到 1986–1996 年间,由于受山地阻隔的限制,城市扩展呈现飞地式扩展,主要在地势较为平坦的地区形成新的卫星城或者经济开发区,而研究区地势平坦地区主要分布在 1、5、6、7 研究分区内,因而在此研究时段,城市扩展集中指数增大,偏向性较强;到 1996–2006 年间,城市分布格局基本形成,此时城市扩展主要在原有的基础上向外扩展,以及填充式扩展,因而扩展集中指数减少,城市扩展分布趋向均匀。

3.3 扩展强度的起伏度分布

贵阳建设用地的扩展主要发生在起伏度小于 30m 的平缓地形区。西北方向分区 1, 起伏度小于 30m 地形内扩展强度最低也占到 85.11%, 且从小于 30m 起伏度扩展面积占分区 1 小于 30m 分级起伏度的百分比来看,从 1976–2006 年,扩展强度有明显增强的趋势;同时 30~75m 起伏的在 1996–2006 年内也增加较大,反映了该方向上城市扩展用地强度近年有加大趋势。同为西北方向的分区 8 在 1996–2006 年的扩展也迅速增加,与分区 1 逐渐连成一片。南部的分区 6 的扩展强度也较大,30~75m 起伏度内扩展面积占到该分区扩展总面积的

16.74%。2、3、4、5 分区由于地形较为复杂、起伏度大,30~75m 起伏度内扩展面积分别占到该分区扩展总面积的 31.91%、34.53%、47.48%和 27.96%。西南方向的分区 7 由于保护水源区阿哈水库等生态敏感区, 城市用地局限于贵阳盆地周边的岩溶谷地,不能向该方向的外围进一步扩展,因此 30~75m 起伏度内扩展面积占到该分区扩展总面积的 24.95%,土地利用强度较大;但该分区 0~30m、30~75m 起伏度扩展面积占该分区 0~30m、30~75m 起伏度的百分比,在 1996–2006 时段相对其他各分区较低(表 3)。

3.4 扩展强度的梯度分布

以研究区划分区中心点为原点,以 5km 的距离做缓冲区,与不同时段城镇建设用地空间分布图进行叠加分析,获得不同时段各个分区在不同缓冲带的建设用地面积,以分析不同时段各分区各缓冲带内城镇建设用地的扩展强度(图 3)。结果表明,城镇扩展主要集中在距中心点 5~15Km 的地域范围。在 1976–1996 年间,城市扩展主要在发生在 1、6、7 分区,其中分区 1 的扩展主要集中在 10~15km 的缓冲带,分区 6 主要集中在 5~10km 的缓冲带,分区 7

表 3 1976–2006 年各分区研究时段不同起伏度下扩展强度(%)

Tab.3 Expansion intensity under different relief degrees of land surface of the study partitions in 1976–2006

		1976–1986			1986–1996			1996–2006		
		0~30	30~75	75~200	0~30	30~75	75~200	0~30	30~75	75~200
1	a	90.39	8.09	1.52	93.38	6.62	0	85.11	13.53	1.36
	b	9.18	3.04	0.57	10.50	2.75	0.00	22.46	13.19	1.33
2	a	84.97	12.14	2.89	78.05	21.95	0	65.37	31.91	2.72
	b	9.22	0.97	0.23	2.01	0.42	0.00	10.54	3.79	0.32
3	a	73.66	24.81	1.53	74.07	24.69	1.23	65.23	34.53	0.25
	b	9.22	0.97	0.23	2.01	0.42	0.00	10.54	3.79	0.32
4	a	59.32	38.98	1.69	42.11	57.89	0	49.64	47.48	2.88
	b	0.85	0.45	0.02	0.39	0.43	0.00	3.36	2.59	0.16
5	a	57.59	33.93	8.48	75.36	20.29	4.35	69.57	27.96	2.46
	b	2.28	1.54	0.39	3.68	1.14	0.24	10.99	5.08	0.45
6	a	83.82	14.80	1.38	82.01	14.01	3.98	81.57	16.74	1.69
	b	9.23	2.87	0.27	3.81	1.15	0.33	12.37	4.47	0.45
7	a	72.19	25.00	2.81	69.84	25.40	4.76	71.03	24.95	4.02
	b	12.11	6.48	0.73	1.97	1.11	0.21	7.91	4.30	0.69
8	a	58.10	38.65	3.24	78.67	20.33	1.00	69.79	28.98	1.23
	b	6.05	7.56	0.63	6.13	2.98	0.15	19.13	14.93	0.63

注:表中扩展强度 a 是指各分级起伏度扩展面积占分区扩展总面积的百分比;b 是指分级起伏度扩展面积占分区分级起伏度面积的百分比。

主要集中在 0~5km 的缓冲带;在 1986~1996 年间,城市扩展主要发生在 1、6、8 分区,其中分区 1 的扩展主要发生在 5~15km 的缓冲带,分区 6、8 的扩展主要发生在 5~10km 的缓冲带;在 1996~2006 年间,扩展主要发生在 1、5、6、8 分区,分区 1、5 主要发生在 10~15km 的缓冲带,分区 6、8 主要发生在 5~10km 的缓冲带。扩展强度较大处所在的缓冲区域与该区域的地貌类型叠加分析后表明,扩展强度较大、变化较为剧烈的地域以浅中丘、中盆地地貌为主,地表起伏度以 0~30m 为主,地表相对较为平缓;随着城区的不断扩张,城市扩展强度达到最大值之后,强度指数开始减少,但各分区的最高值均

在 5~15km 的缓冲区内,说明虽然城区的辐射能力不断增强,但核心区的作用表现不明显,城市扩展受地形影响较大,城市发展受到地形的严重制约。

3.5 扩展斑块特征分析

图 4 表明研究时段各分区扩展斑块的密度与面积不一致。1976~1986 年间延展面积峰值出现在 1、6 分区,而延展斑块密度峰值出现在 5 分区;新生斑块面积峰值出现在 1、6、7 分区,新生斑块密度峰值出现在 6 分区。1986~1996 年间延展面积峰值出现在 1 分区,斑块密度峰值出现在 1、8 分区;新生斑块面积峰值出现在 6、8 分区,斑块密度峰值出现在 7 分区。1996~2006 年间延展面积峰值出现在 8

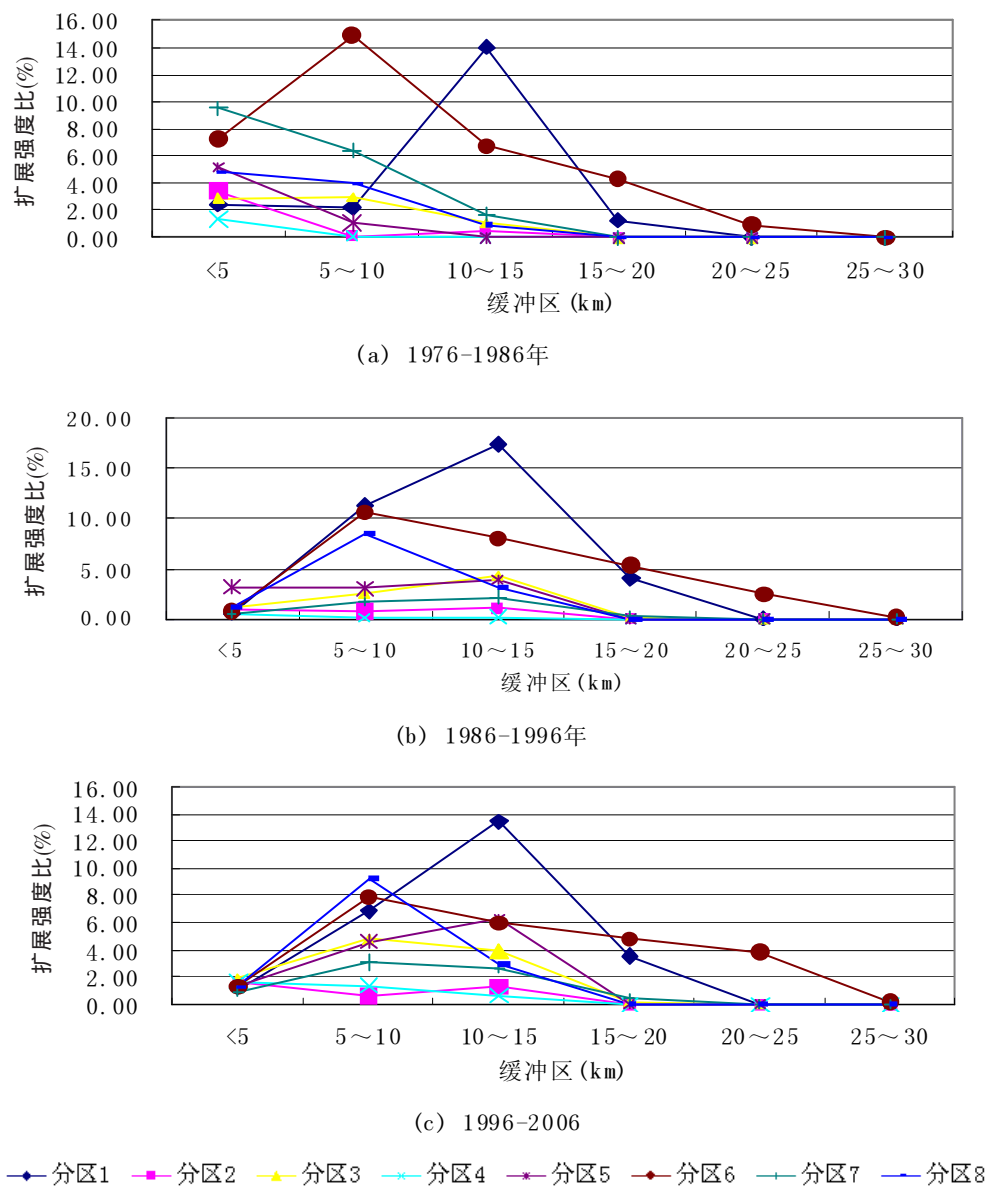


Fig.3 Gradient distribution of expansion intensity of the study area from 1976 to 2006

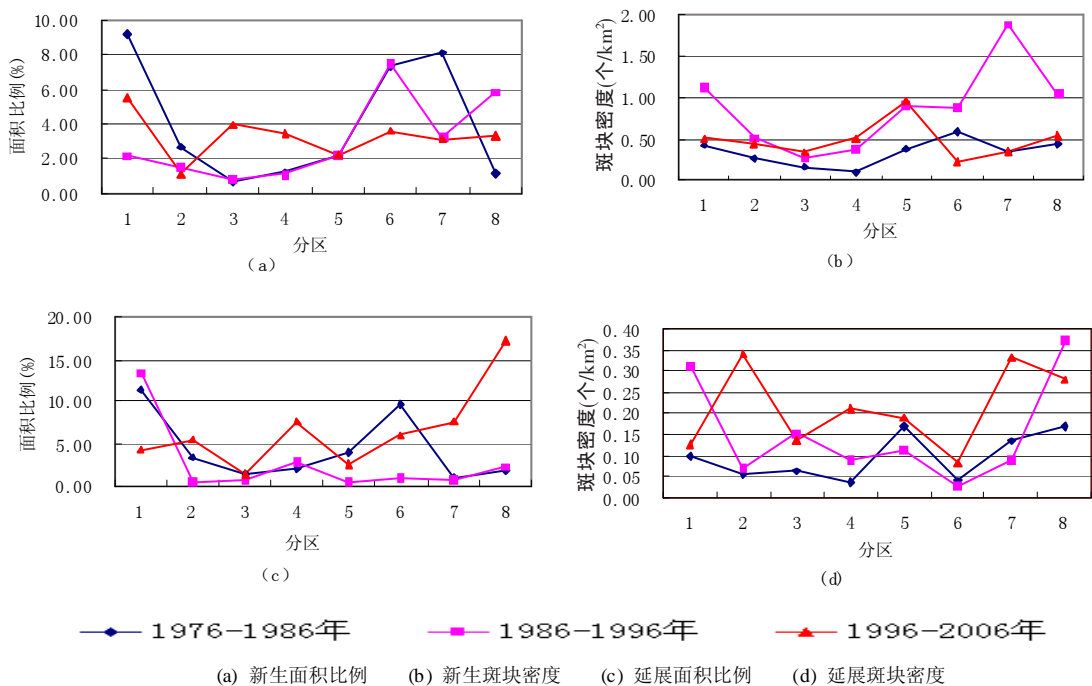


图4 扩展斑块在各分区的空间格局

Fig.4 Spatial pattern of expansion patches of each partition in the study area

分区,斑块密度峰值出现在2、8分区;新生斑块面积除2、5分区较低外,其余分区均较高,斑块密度峰值出现在5分区。

结合地貌类型图,分区1、8地貌类型属浅中丘,起伏度整体较低(<30m的分别占75.82%和62.61%)分区6地貌类型属于中盆地,地势相对较为平缓,较为适宜城市扩展。分区5在各时段的延展斑块密度都比较大,但面积比重较少;在1996-2006时段,新生斑块密度达到峰值。这主要是由于分区5地貌类型属浅中丘,地形较为复杂,城市建设用地不能连片向外围扩展。1996-2006时段的变化,主要与龙洞堡机场的建设有关。龙洞堡航空港的重要交通优势,带动了分区5的城市扩展,但由于分区5的地貌影响,城市扩展斑块较少,且不能相连融合,相应的新增面积所占比例也比较少。

研究建设用地扩展斑块的变化形式及其相应的空间分布的规律性,可以很好地揭示城市扩展在不同地貌条件下的行为特征。扩展斑块密度较大,面积比重较少,说明城市扩展各斑块面积较少,城市扩展受地形影响较大,不能形成较大面积范围的扩展,城市发展呈分散扩展。对比贵阳城市扩展斑块,新生斑块密度整体上要高于延展斑块密度。从某种程度上,这说明贵阳城市扩展整体受地形条件

影响较大,与北方平原型城市相比,城市扩展不能连片发展,只能在较为平缓的地带分散扩展。

4 讨论

贵阳地貌以山地、丘陵为主,老城区处于贵阳—中曹司向斜盆地,周边均为起伏度大于30m的山地,起伏度较低的西北侧高原面、东北侧盆地、南部槽谷和东部浅丘均被山地丘陵阻隔,严重限制了城市的发展。贵阳市城市扩展在1976-2006年主要经历了三个阶段不同于平原地区的城市扩展模式的变化:

从1976-1986年间,贵阳市城市规模小,为单核心结构,在盆地内主要是以大十字为中心沿老城区呈环圈状向盆周山丘缓坡扩展,表现为紧凑圈层式扩展。当经济发展到一定阶段之后,城市发展受到岩溶丘陵、槽谷阻隔的严重限制,老城区城市用地不足,城市不再遵循这种简单的紧凑圈层式扩展模式,但受地形的限制,导致发展中寻求离老城区较近的平坦地域,建设新的城区,此时城市呈跳跃式扩展。体现在1986-1996年期间,贵阳城市用地布局突破山体阻隔的限制,沿盆地外围的岩溶山地垭口、谷地、小型山间盆地坝子和岩溶丘原面拓展,

并在一些适合城建的坝子(面积多在 5~20km²)上建立起 7 个卫星城镇(龙洞堡、小河、二戈寨、中曹、马王庙、阳关、新添寨)^[20],形成了相对独立、各具中心、彼此联系但功能各异的城市分区,城市扩展逐步趋向组团式分散扩展,彻底改变了贵阳城市早期的用地形态布局模式。而研究区地势平坦地区主要分布在 1、5、6、7 研究分区内,偏向性较大,导致城市扩展整体上受到地形地貌的横向限制和纵向引导作用,城市布局偏向性较强。

到 1996~2006 年间,由于交通的快速发展,自然环境因子已不是限制城市扩展发展的主要因子,在卫星城区与主城区联系的道路周边地域城市不断也向外扩展,通道效应明显,成为城市发展的第三阶段。主要体现在沿主要交通线、环城高速交通线路周边以及原有的垭口、槽谷作为通道,建设用地扩展迅速。在西北侧高原面、东北侧盆地、南部槽谷填充式扩展。

整个研究时段表明,贵阳城市扩展既与社会经济发展水平有关,亦与贵阳城市所处的地理位置有关。贵阳市地处岩溶山地地区,地貌环境对城市的扩展与布局、形态结构有明显的影响。地貌特征从根本上影响了城市用地的利用方向,从而影响了贵阳城市的扩展方向与城市布局。

5 结论

本文从定量的角度清楚地揭示了贵阳城市的空间演化过程受城市地貌环境尤其是地貌类型的控制和影响。从整个研究时段来看,早期贵阳城市受地貌条件影响较为严重,总体上呈分散扩展,布局较为零散,城市扩展主要沿山地垭口及槽谷等向起伏度较小的高原面扩展,城市呈现跳跃式扩展,后期随着交通线路的修建,地形地貌的阻隔作用相对减弱,城市扩展主要沿交通线发展。

本文的结果也表明,对喀斯特地区而言,平地少,坡地多,随着城市扩展沿交通线等热点地区扩展,势必占用大量平坦地,引起自然资源与生态环境的破坏,这必将导致区域土地利用格局发生改变,增加生态风险强度,这也将是在喀斯特地区需要引起重视的一个生态安全问题。

参考文献

[1] Welch R. Monitoring urban population and energy utiliza-

tion patterns from satellite data. *Remote Sensing of Environment*, 1980, 9: 1~9.

- [2] Bounfour A, Lambin E. How valuable is remotely sensed information? The case of tropical deforestation modelling. *Space Policy*, 1999, 15(3): 149~158.
- [3] Barry N. Haacka, Ann Rafter. Urban growth analysis and modeling in the Kathmandu Valley, Nepal. *Habitat International*, 2006, 30(4): 1056~1065.
- [4] Weber C, Puissant A. Urbanization pressure and modeling of urban growth: Example of the Tunis metropolitan area. *Remote Sensing of Environment*, 2003, 86: 341~352.
- [5] Shu Li Huang, Wei Chieh Kao, Chun Lin Lee. Energetic mechanisms and development of an urban landscape system. *Ecological Modeling*, 2006, 201(3): 495~506.
- [6] 黎夏, 叶嘉安. 利用遥感监测和分析珠江三角洲的城市扩张过程——以东莞市为例. *地理研究*, 1997, 16 (4): 56~62.
- [7] Xiao Jieying, Shen Yanjun, Ge Jingfeng, et al. Evaluating urban expansion and land use change in Shijiazhuang, China, by using GIS and remote sensing. *Landscape and Urban Planning*, 2006, 75(1): 69~80.
- [8] 马荣华, 陈雯, 陈小卉. 常熟市城镇用地扩展分析. *地理学报*, 2004, 59(3): 418~426.
- [9] 匡文慧, 张树文, 张养贞. 1990 年以来长春市土地利用空间扩张机理分析. *地理学报*, 2005, 60(5): 841~850.
- [10] 刘盛和, 吴传钧, 沈洪泉. 基于 GIS 的北京城市土地利用扩展模式. *地理学报*, 2000, 55(4): 407~416.
- [11] 朴妍, 马克明. 不同规模城镇的扩展过程分析——以北京为例. *生态学报*, 2007, 27(5): 2136~2144.
- [12] Qi Ye, Mark H, Xu Ming, et al. Evolving core-periphery interactions in a rapidly expanding urban landscape: The case of Beijing. *Landscape Ecology*, 2004, 19(4): 375~388.
- [13] Yichun Xie, Chuanglin Fang, George C.S. Lin. Temporal-spatial patterns of land use changes and urban development in globalizing China: A study of Beijing. *Sensors*, 2007, 7, 2881~2907.
- [14] 吴宏安, 蒋建军, 周杰. 西安城市扩张及其驱动力分析. *地理学报*, 2005, 60(1): 143~150.
- [15] 侯英雨, 何延波. 利用 TM 数据监测岩溶山区城市土地利用变化. *地理学与国土研究*, 2001, 17(3): 22~25.
- [16] 周晓芳, 周永章. 喀斯特城市空间结构研究: 以贵州省为例. *热带地理*, 2008, 28, (3): 212~217.
- [17] 薛东前, 王传胜. 无锡城市用地扩展的时空特征与趋势分析. *资源科学*, 2003, 25(1): 9~14.
- [18] Xu Chi, Liu Maosong, Zhang Cheng, et al. The spatiotemporal dynamics of rapid urban growth in the Nanjing metropolitan region of China. *Landscape Ecol.*, 2007, 22:

- 925~937.
- [19] 苏维词. 贵阳城市土地利用变化及其环境效应. 地理科学, 2000, 20(5): 462~468.
- [20] 杨永春. 河谷型城市空间跨越式发展及其机制. 兰州大学学报(自然科学版), 2007, 43(3): 20~24.

The Effect of Karst Mountain Physiognomy on Spatial Process of Urbanization in Guiyang City

LI Weihai¹, LI Yangbing^{1,2*}, ZHOU Yan³, Dan Wenli¹

- (1. School of Geographic and Environment Sciences, Guizhou Normal University, Guiyang 550001, China;
2. College of Geography Science, Chongqing Normal University, Chongqing 400047, China;
3. College of Life Sciences, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

Abstract: Taking Guiyang as an example, a thorough analysis was carried out to reveal the relations of the karst mountain physiognomy and the spatial-temporal distribution characteristic of the spatial process of urban expansion in Guiyang, based on the MSS image of Guiyang in 1976, Landsat images in 1986, 1996 and CBERS image in 2006, as well as geomorphologic characteristics, 1:50,000 DEM. Some analytical indexes such as relief degree of land surface, concentration index of land expansion, urban spatial radial shape index, etc. were introduced to describe the spatial differentiation of urban land expansion. The results show that the karst mountain physiognomy has serious restrictions to urban expansion of Guiyang. Concentration index of land expansion shows that the topographic distribution has direct impact on the expansion of distribution of landscape of the city in different directions. The expansion of construction land was mainly generated in flat terrain of the area where relief degree of land surface was less than 30 m. Comparision of all the expansion patches of Guiyang city indicated that the density of new patches was higher than the density of extended patches. The geometric centers of urban area in Guiyang city has been transforming from northwest to southeast. First, the expansion of the city mainly generated along the gentle slope around the basin, and then the expansion generated along the karst mountain pass, valley land and small intermountain flat out of the basin; the expansion of the city was dispersed in flat area; and the maximum expansion intensity of the city was in 5~15km buffer in various partitions.

Key words: the karst mountain physiognomy; physiognomy; urban expansion; Guiyang