

# 近 30 年来典型山地城市建设用地蔓延的时空特征分析

吕志强<sup>1</sup>, 代富强<sup>1</sup>, 周启刚<sup>1</sup>, 陈红顺<sup>2</sup>

(1. 重庆工商大学, 重庆 400067; 2. 北京师范大学 珠海分校, 广东 珠海 519087)

**摘 要:**作为典型的山地城市,重庆市自改革开放的近 30 a 内,区域建设用地的数量发生了很大变化,因此对其建设用地蔓延情况进行详细的了解十分必要。通过构建拓扑关系指数区分建设用地蔓延类型,分析了 1978—2007 年不同研究时段、不同区域的建设用地在平面和立面的蔓延特征。结果表明,研究区建设用地从 5 885.69 hm<sup>2</sup> 增加到 29 347.47 hm<sup>2</sup>;跳跃型发展是建设用地主要的蔓延类型;建设用地的蔓延使得区域建设用地的重心在竖向方向上由 1978 年的 250.40 m 升高到 2007 年的 284.61 m。近 30 a 来重庆城区的建设用地增长迅速,建设用地的重心不断抬升,可能会影响到区域的生态安全,因此需从规划的角度对城市扩展进行科学合理的指导。

**关键词:**山地城市; 建设用地蔓延; 时空特征; 空间拓扑; 重庆主城区

**中图分类号:**F301.24

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-3409(2014)01-0193-05

## Spatiotemporal Analysis of Built-up Area Sprawl in a Typical Hilly City in the Recent 30 Year

LÜ Zhi-qiang<sup>1</sup>, DAI Fu-qiang<sup>1</sup>, ZHOU Qi-gang<sup>1</sup>, CHEN Hong-shun<sup>2</sup>

(1. Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067, China;

2. Beijing Normal University, Zhuhai Campus, Zhuhai, Guangdong 519087, China)

**Abstract:** As a typical hilly city, Chongqing experienced a dramatic expansion about its built-up area in the recent 30 years after the implement of the open-door-policy. It's necessary for us to understand the expansion of its built-up area. A method about how to divide the built-up area expansion considering the spatial topological relations between 2 built-up area objects was conceived and the the sprawl of built-up area in the horizontal and vertical direction was analyzed. The result of this study indicated that: (1) the built-up area expanded from 5 885.69 hm<sup>2</sup> to 29 347.47 hm<sup>2</sup> in the study region; (2) outlying sprawl was the main sprawl type; (3) the built-up area centroids of different periods elevated from 250.40 m to 284.61 m in the vertical direction from 1978 to 2007. The conclusion was that the built-up area of a typical mountain city expanded dramatically afar the implementing of open door policy in Chongqing city, the dramatic transform of land use may affect the regional ecology security, it is also very important to guide the urban expansion from the plan perspective.

**Key words:** hilly city; built-up area expansion; spatiotemporal; spatial topology; downtown of Chongqing

建设用地作为土地利用方式的一种,是利用土地的承载能力或建筑空间,通过工程手段用于建造建筑物、构筑物的土地。建设用地的景观格局反映了人类干扰土地覆被系统的方式和强度<sup>[1-2]</sup>。从全球尺度来看,尽管建设用地占地球表面的比例很小<sup>[3]</sup>,但由于其扩张而引起的环境状况的明显变化却不容忽视<sup>[4-5]</sup>。建设用地的蔓延直接或者间接地影响着局部区域的生态环境,导致物种生境的破碎化、气候条件

的改变和污染物的产生<sup>[6]</sup>。明确建设用地的变化,是了解区域可持续发展的需要,是实现土地资源可持续管理和利用的必要条件,并能为决策制定者了解土地利用的形式和变化过程提供依据<sup>[7]</sup>。

周志明<sup>[8]</sup>对城市蔓延的研究方法和区域选择上作了较为细致的研究,他指出,城市建设用地蔓延的相关研究主要有城市扩展的模型<sup>[9]</sup>、蔓延的测度与格局指数<sup>[10]</sup>、蔓延的时空特征<sup>[11]</sup>、城市蔓延的驱动因

收稿日期:2013-05-20

修回日期:2013-06-27

资助项目:国家自然科学基金项目(41101155,41101503,41301351);教育部人文社科项目(12XJCZH005);重庆市高等学校青年骨干教师资助计划(2011)

作者简介:吕志强(1978—),男,山东莱芜人,博士,副教授,研究方向:3S应用、环境遥感、景观生态学。E-mail:lvzhiqiang@ctbu.edu.cn

素<sup>[12]</sup>,以及蔓延的预测<sup>[13]</sup>等。研究区域的选择大多集中在北京<sup>[14]</sup>、上海<sup>[15]</sup>、华南沿海城市等经济社会发达的地区<sup>[16]</sup>,对经济发展相对滞后的区域研究较少<sup>[17]</sup>,研究的时间跨度较短,难以展现城镇空间格局和空间形态变化的时间特征,不足以完整地反映改革开放以来城区建设用地蔓延的发展过程<sup>[18]</sup>。

我国的山地面积约占国土面积的三分之二,山地城镇约占全国城镇总数的一半,山地区域是少数民族人口、矿产、水能、生物资源主要集中区,因此,山地也是文化多样性,生物资源多样性、资源环境敏感的区域<sup>[19]</sup>。重庆市地处长江上游,是典型的生态敏感地带,随着西部开发和区域直辖一系列政策的实施,城镇化进程不断推进,局部人口数量不断增多,建设用地的蔓延规模不断扩大,区域生态环境受到较大的干扰。

本文利用 3S 技术和景观生态学分析方法,对长江上游的重点城市重庆主城区近 30 a 建设用地规模蔓延过程中不同土地利用类型空间分布和景观格局以及建设用地生态环境质量的时空演变特征进行评价,以期了解区域的城市蔓延对生态环境的影响等提供依据,同时也可对西南地区山地城镇土地用地规划、城市规划与区域的科学发展和管理提供科学支持。

## 1 研究区概况及数据来源

重庆市位于中国内陆西南部的长江上游区域,地处东经 105°11′—110°11′、北纬 28°10′—32°13′的青藏高原和长江中下游平原的交接地带,辖区总面积 8.24 万 km<sup>2</sup>,属亚热带季风性湿润气候。重庆下辖 38 个行政区县,2010 年底,重庆市城户籍总人口有 3 303.45 万。重庆市是综合性的山地工业城市,其主城区包括 9 个行政区,具体为:渝中、九龙坡、沙坪坝、大渡口、南岸、巴南、江北、渝北、北碚。自直辖以来,重庆经历着由一个老工业基地向长江上游经济和文化中心发展的过程。城市化进程加快、人口不断增长、城市基础设施建设的大力推进,推进了城市规模的持续扩大和建设用地的数量的增加。

本文所需数据主要是研究区的土地利用矢量数据和高程栅格数据来源于相应年份的重庆市土地调查数据,土地利用的矢量数据所对应的年份分别为 1978 年、1985 年、1988 年、1996 年、2000 年、2002 年和 2007 年,栅格数据为 1:5 万数字高程模型 (DEM)。

## 2 研究方法

不同研究对建设用地蔓延类型的定义和描述不尽相同,但区分不同类型的蔓延类型的原理基本一致<sup>[20]</sup>。本研究中将建设用地的蔓延类型分为三类,分别为:内部填充型(infilling)、边缘增长型(edge-expansion)和跳跃蔓延型(outlying)<sup>[6]</sup>。边缘增长型的建设用地蔓延,是指旧有建设用地斑块的边界往外拓展,是旧有建设用地斑块向外蔓延的一种基本形式;填充型蔓延多发生在旧有建设用地包围的内部区域,是旧有建设用地斑块内部的非建设用地向建设用地转换的一种蔓延类型;跳跃型蔓延是新增建设用地斑块在空间上与旧有的建设用地斑块不直接毗邻,而是一种公共边界较小关系的新增建设用地类型。

为了对建设用地类型进行定量分析,对相邻年份建设用地图进行叠加,然后根据空间拓扑关系得到建设用地蔓延图。主要操作步骤如下:首先,在叠加之后的建设用地蔓延图中,将所有建设用地斑块类型分为新增斑块和旧有斑块两种;之后,利用叠加图中新增斑块最终产生蔓延类型图。在两两叠加得到的建设蔓延图中,依据公式(1)把新增斑块划分成上述三种蔓延类型。蔓延类型可通过  $R(n, P)$  的阈值来进行判别。如果  $R(n, P)$  的值为 1,对应新增的建设用地斑块被旧有的斑块完全包围,是较为典型的填充式蔓延;如果  $R(n, P)$  的值为 0,说明新增建设用地斑块的边界和旧有建设用地斑块无公共边界,是典型的跳跃式蔓延。其中,0.5 表示斑块总边界的一半与接壤的旧有斑块边界重叠,故以 0.5 左右两值 0.4 和 0.6 作为阈值点来构建判别区间界定蔓延的类型,公式如下:

$$R(n, P) = \frac{\sum b(n, P)}{\sum b(n)} R \in [0, 1] \quad (1)$$

$$\text{蔓延类型} \begin{cases} \text{填充式蔓延} & 1 \geq R \geq 0.6 \\ \text{边界增长型蔓延} & 0.6 > R > 0.4 \\ \text{跳跃型蔓延} & 0.4 \geq R \geq 0 \end{cases}$$

式中: $R(n, P)$ ——新增斑块与其接壤的旧有建设用地斑块之间的拓扑公共边界的长度; $b(n)$ ——新增斑块总边界的长度。

## 3 结果与分析

### 3.1 建设用地蔓延的总体特征

建设用地蔓延的扩展情况详见表 1。1978—2007 年间,从研究阶段的扩展数量来看,重庆市城区建设用地扩展经历了 3 个快速发展阶段,包括 1985—1988

年、1996—2000 年、2002—2007 年,这 3 个阶段的发展速度超过 1 000 hm<sup>2</sup>/a;其它时段发展相对较慢,其中最慢的是 1988—1993 年。

1978—2007 年,建设用地无论是在数量上还是在形态上都发生了明显的变化。总体来看,建设用地规模变化特征在空间分布上具有较高的一致性,但是局部地区间存在显著差异,说明了土地利用变化异质性的区域特性。改革开放初期的 1985—1990 年,建设用地蔓延迅速,是年均建设用地扩展数量最多的时段,这

一时期内不同的建设用地区域都经历了一个大规模的蔓延过程,主要是社会转型对工业、第三产业、科教文化同社会管理行业对于用地需求的不断增加,导致了扩展数量的迅速增大。其次是 1996 年以后,无论是直辖市的确定、还是西部大开发政策的实施,都给重庆市的社会经济发展和建设用地的迅速扩张带来了持续的、强有力的驱动,因此 1996 年之后的这 3 个时间段内的建设用地蔓延数量也都非常巨大<sup>[21]</sup>,2002—2007 年间蔓延的数量最大,面积有 2 115.71 hm<sup>2</sup>。

表 1 典型年份建设用地蔓延总量

指标	1978—1985 年	1985—1988 年	1988—1993 年	1993—1996 年	1996—2000 年	2000—2002 年	2002—2007 年
建设用地蔓延数量	821.66	2423.28	797.35	557.89	1859.64	1611.88	2115.71

不同建设用地蔓延类型在不同研究区域的具体分布情况如图 1 所示。从三种蔓延类型在不同区域的数量来看,渝中区是较早发展的区域,建设用地的数量已近饱和,发展潜力不大,因此各种蔓延类型在此区的数量都不是很多。作为后起发展的渝北区和九龙坡等区域发展迅速,各种蔓延类型的数量都较多,和整个研究区的情况类似,在各个研究子区中跳跃型发展仍然是主要的发展类型,边缘增长型发展占据着相当的数量,而填充型的发展数量相对较少。

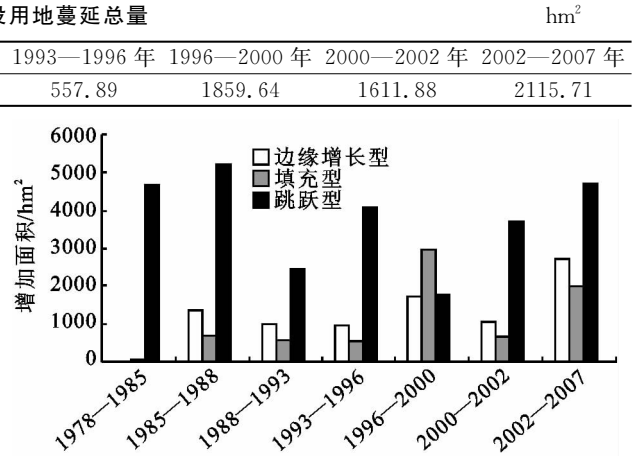


图 2 研究期内不同类型的建设用地蔓延的时间变化

3.2 建设用地蔓延的平面特征

将 1978—2007 年之间 7 个研究年份的建设用地斑块分别转换成与之对应的重心点,从重心的迁移可以看到重庆市主城区的城市发展轨迹(图 3)。建设用地的重心转移和各市区的建设用地增长快慢密切相关,1978—2007 年的建设用地重心转移趋势较明显。其中 1978—1993 年间,主城区的建设用地重心向西南方向发展;1993—2007 年间,建设用地重心点主要向东北方向发展,其中 1985—1988 年间在东西方向的移动最大,重心自西向东移动了 0.74 km,而在 2000—2002 年间的南北移动最大,建设用地重心点自南向北的移动量为 0.91 km。

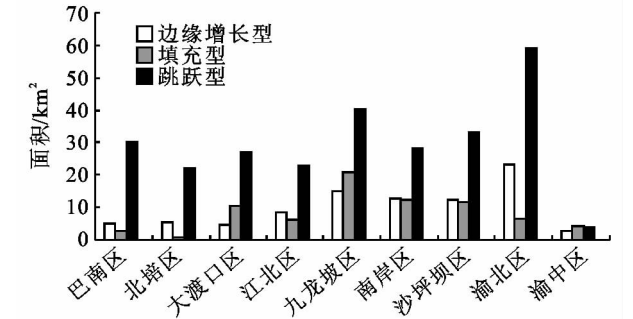


图 1 1978—2007 年不同类型建设用地蔓延的区域分布

从图 2 来看,跳跃型蔓延类型数量最多也进一步印证了山地城市的用地条件较差,适合大规模建设的用地数量不多,宜建区大多零星分布。重庆市建设用地在发展过程中,土地的利用效率相对较高,“空心”发展的现象不是十分明显。填充型发展在建设用地扩展过程中数量变化不是很显著。近年来,在土地利用政策的高压影响下,“空心松散”发展模式的建设用地大都存在建设用地内部的“土地挖潜”利用,这种用地方式的转变使得填充型的建设用地发展类型数量和比例都相对较高。与此相反,填充型发展近年来数量并无明显的增加。边缘增长型的蔓延方式在研究期内不断增加,占据的比例数量也持续增大,多个发展核向外拓展规模,是城市发育状态的基本特征。

1978—1993 年间,九龙坡区和沙坪坝区的建设用地分别增加了 2 423.41 hm<sup>2</sup> 和 1 397.35 hm<sup>2</sup>,两个区的建设用地蔓延量占这一时段扩展总量的 48.59%,而九龙坡和沙坪坝区在城区的西南方向,因此,从建设用地重心图可以看出建设用地的重心往西南方向移动。自 1993 年以后,渝北区的建设用地蔓延数量持续增加,截至 2007 年,建设用地增加了 5 960.33 hm<sup>2</sup>,占这一时段建设用地扩展总量的 38.21%。其他区域的建设用地蔓延速度远不及渝北区,受渝北区建设用地蔓延的显著影响,这一时期内建设用地的重心开始往渝北区方向(东北方向)转移。

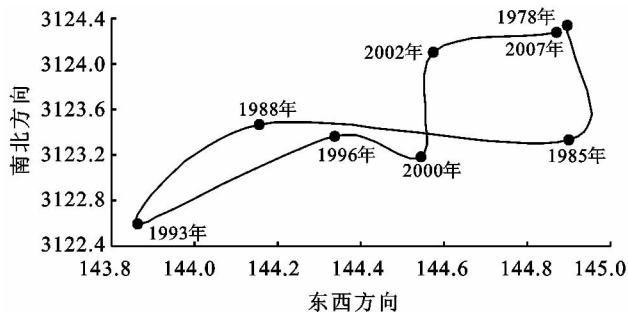


图3 建设用地重心转移图 (Albers 投影, 北京\_1954 坐标系)

### 3.3 建设用地蔓延的立面特征

重庆城区地势高差较大,因此不同区域之间的变化,对建设用地平均海拔高度影响较大。如渝中区平均海拔仅为 246.02 m 而巴南区的平均高度为 439.7 m,平均海拔最高的巴南区和最低的渝中区平均高差超过 190 m。总体来讲,巴南、渝北、北碚、沙坪坝的地势较高,而渝中、江北、南岸、大渡口的地势较低。建设用地蔓延的空间区域的差异性,导致其重心在立面方向上有较为明显的高低起伏变化。

重庆市处于多山地区,大量建筑物、街道体系往往依山而建。随着经济的快速发展,旧城的更新与郊区新城的建设,使得建筑密度不断增大,当有限的低海拔宜开发区域面积不断缩小时,一些利用条件相对较好并且允许开发的高海拔区域如林地、园地区也开始大规模地转换为建设用地,这一现象必然会导致区域建设用地高程的不断增加,从而也从一定程度上给区域的生态安全带来隐患。

研究期间,区域建设用地海拔高度存在高低起伏变化,但整个研究时段内的建设用地数字高程出现了较大幅度的增加,从 1985 年的 250.40 m 增加到了 2007 年的 284.61 m,增量为 34.21 m,建设用地的高程持续增加(图 4)。作为山地城市,建设用地在立面方向的蔓延会在一定程度上增加区域的生态风险,也会诱使滑坡、泥石流等地质灾害的发生。

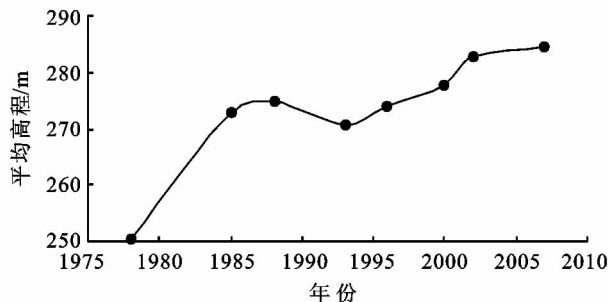


图4 研究期内建设用地平均高程变化

历年的建设用地平均高程持续增加,但是各种蔓延类型的竖向特征明显不同(图 5)。从土地利用的难易程度来看,建设用地的最初蔓延所选择的块地应是利用程度相对较好的平坦区域,因此在建设用地内部

发生的填充型蔓延模式高程变化不是很明显。而跳跃型的蔓延类型,则更多地关注了土地的社会属性和经济属性,因此地势问题已不再是其发展的重要参照因素<sup>[22]</sup>,因此历年的跳跃型发展的数字高程不断增加,成为蔓延竖向特征最为明显的一类建设用地蔓延类型。

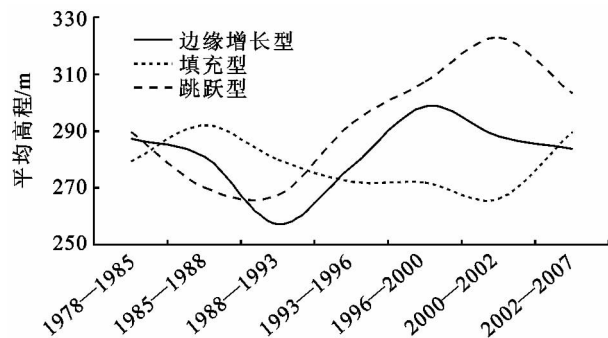


图5 建设用地蔓延的竖向特征

## 4 结论

山地城市区域的生态敏感性决定了其在发展城市的过程中应该了解建设用地的蔓延数量和蔓延区位的关系<sup>[23]</sup>。在城市规划和土地利用规划中应该考虑不同区位的建设用地的增量对于敏感的生态环境所带来的差异。本文研究了重庆市区 1978—2007 年间的土地利用变化,主要研究结论如下:

(1) 1978—2007 年间,重庆市建设用地从 5 885.69  $\text{hm}^2$  增加到 29 347.47  $\text{hm}^2$ 。重庆市城区建设用地扩展经历了 3 个快速发展阶段,包括 1985—1988 年、1996—2000 年、2002—2007 年。

(2) 建设用地蔓延致使建设用地的重心不断抬升。在建设用地蔓延初期,地势较平,高程较低的区域优先转换为建设用地,随着利用条件较好的土地资源供给量的减少,高海拔区域的土地开始得到了大规模的开发利用,因此重心不断被抬升。高海拔区域的建设用地蔓延致使原生土壤层被水泥、沥青等致密性的不透水层所取代,一方面强化了区域的热岛效应、降低了城市的宜居性,另一方面也削弱了土壤对于暴雨的涵蓄能力,在暴雨突降时产生大量的地表径流,将给临近地势较低区域带来水灾隐患<sup>[24]</sup>。

(3) 虽然填充型和跳跃型的蔓延所占比例总体较低,但是随着时间的推移,其数量和比例也在持续增加。特别是填充型的蔓延类型可以有效利用起旧有建设用地内部的宜建区土地,对土地利用的节约集约利用意义重大。跳跃型蔓延相对其他两种蔓延类型而言较为松散,其主要在利用条件较好的零星地块蔓延,周边则往往是连片分布不宜开发利用的区域。在可供利用的连片分布的土地面积减少的情况下,这种蔓延类

型数量在研究时段内逐年增多,这种随意性较强的蔓延类型在一定程度上降低了城市生态功能区划的完整性,不利于城市的可持续扩展,也不利于区域生态规划的贯彻实施。因此,在城镇规模的扩展过程中,应重点关注此类建设用地的蔓延。

(4) 不同的建设用地蔓延类型对城市形态发育、城市生态系统平衡的影响程度有所不同。因此,在研究城市形态、城市生态、城市可持续发展时,应考虑到城镇蔓延类型的空间特征。重庆市作为长江上游的经济文化中心,自改革开放以来在政治、经济及区域发展规划的影响下,经历了城乡快速发展期,其地层表面的原生覆被逐步被人工覆被所取代,建设用地规模不断扩大,并且这种土地利用的转换直接或间接地影响到敏感的区域生态环境。

#### 参考文献:

- [1] Xu C, Liu M, Zhang C, et al. The spatiotemporal dynamics of rapid urban growth in the Nanjing metropolitan region of China[J]. *Landscape Ecology*, 2007, 22(6): 925-937.
- [2] 李昕, 文婧, 林坚. 土地城镇化及相关问题研究综述[J]. *地理科学进展*, 2012, 31(8): 1042-1049.
- [3] Fang S, Gertner G, Sun Z, et al. The impact of interactions in spatial simulation of the dynamics of urban sprawl[J]. *Landscape and urban planning*, 2005, 73(4): 294-306.
- [4] Huang J, Lu X, Sellers J. A global comparative analysis of urban form: Applying spatial metrics and remote sensing [J]. *Landscape and urban planning*, 2007, 82(4): 184-197.
- [5] 谢涤湘, 邓雅雯. 快速城市化背景下的土地问题述评[J]. *城市问题*, 2012(4): 89-94.
- [6] Berling W S, Wu J. Modeling urban landscape dynamics: A case study in Phoenix, USA[J]. *Urban ecosystems*, 2004, 7(3): 215-240.
- [7] 孙平军, 封小平, 孙弘, 等. 2000—2009 年长春, 吉林城市蔓延特征, 效应与驱动力比较研究[J]. *地理科学进展*, 2013, 32(3): 381-388.
- [8] 周志明, 李阳兵, 罗光杰, 等. 贵州省城镇建设用地扩展的时空演变特征[J]. *生态学杂志*, 2012, 31(3): 696-701.
- [9] 蒙莉娜, 郑新奇, 赵璐, 等. 区域城镇点—轴系统空间结构的分形模型[J]. *地理科学进展*, 2009, 28(6): 944-951.
- [10] 张琳琳, 孔繁花, 尹海伟, 等. 基于景观空间指标与移动窗口的济南城市空间格局变化[J]. *生态学杂志*, 2010, 29(8): 1591-1598.
- [11] 李玲, 路婕, 赵竟英, 等. 郑州市城镇用地扩展时空特征分析[J]. *安徽农业科学*, 2007, 35(31): 10030-10032.
- [12] 李明财, 郭军, 熊明明. 基于遥感和 GIS 的天津建成区扩张特征及驱动力[J]. *生态学杂志*, 2011, 30(7): 1521-1528.
- [13] 朱飞鸽, 胡瀚文, 沈兴华, 等. 基于 SLEUTH 模型的上海城市增长预测[J]. *生态学杂志*, 2011, 30(9): 2107-2114.
- [14] 刘盛和. 城市土地利用扩展的空间模式与动力机制[J]. *地理科学进展*, 2002, 21(1): 43-50.
- [15] 李晓文, 方精云, 朴世龙. 上海城市用地扩展强度、模式及其空间分异特征[J]. *自然资源学报*, 2003, 18(4): 412-421.
- [16] 吕晓芳, 王仰麟, 彭建, 等. 深圳快速城市化地区公路沿线土地利用空间集聚[J]. *地理学报*, 2008, 63(8): 845-855.
- [17] 李卫海, 李阳兵, 周焱, 等. 岩溶山地城市扩展空间差异的地形效应[J]. *地理科学进展*, 2009, 28(1): 85-92.
- [18] 陈振杰, 李满春, 刘永学. 浙西低山丘陵区城镇用地扩展研究: 以桐庐县为例[J]. *自然资源学报*, 2006, 21(4): 516-525.
- [19] 黄光宇. 城市规划学科特点与城市规划专业教育改革[J]. *城市规划*, 1998(3): 51-52.
- [20] Camagni R, Gibelli M, Rigamonti P. Urban mobility and urban form: The social and environmental costs of different patterns of urban expansion[J]. *Ecological Economics*, 2002, 40(2): 199-216.
- [21] 孙平军, 修春亮, 王颖. “流”视角的长春市蔓延特征与作用机理分析[J]. *城市发展研究*, 2012, 19(3): 15-21.
- [22] 李一曼, 修春亮, 魏冶, 等. 长春城市蔓延时空特征及其机理分析[J]. *经济地理*, 2012, 32(5): 59-64.
- [23] 彭征, 廖和平, 郭月婷, 等. 山地城市土地覆盖变化对地表温度的影响[J]. *地理研究*, 2009, 28(3): 673-684.
- [24] 李立青, 单保庆, 赵建伟, 等. 山地城市地表径流源区水质特征监测研究[J]. *环境科学*, 2012, 33(10): 3397-3403.