

土地利用时空变化对宁夏盐池县沙区人居环境的影响

王晓学¹, 林田苗², 吴秀芹³

(1. 中国科学院生态环境研究中心 城市与区域国家重点实验室, 北京 100085; 2. 水利部水土保持植物开发管理中心, 北京 100038; 3. 北京林业大学 水土保持学院 水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室, 北京 100083)

摘要: 中国北方地区的沙害严重威胁着当地的生态安全、社会经济发展和人民的生命财产安全。以地处毛乌素沙地南缘的宁夏盐池县北部风沙区为案例, 研究其近 20 a 以来的土地沙化、建设用地、植被变化等土地利用/覆被变化的时空特征, 分析了其对人居环境的影响。结果表明: 土地沙化加大了该区人居环境改善的难度; 路网密度增加为人们出行提供便捷; 公共用地布局合理与否很大程度上影响着人居环境改善的进程及成果; 植被变化特别是天然植被的变化也是影响人居环境安全不可忽视的重要因子。图 2 表 3 参 18

关键词: 土地利用/覆被变化; 沙区人居环境; 土地沙化; 盐池

中图分类号: S-0; F301 文献标志码: A 文章编号: 2095-0756(2014)01-0111-06

The impact of land use/land cover changes on human settlements in sandylands

WANG Xiaoxue¹, LIN Tianmiao², WU Xiuqin³

(1. State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China; 2. Plant Development and Management Center for Soil and Water Conservation, Ministry of Water Resources, Beijing 100038; 3. Key Laboratory of Soil and Water Conservation & Desertification Combating, Ministry of Education, College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: Sandstorm is a serious threat to the local ecology, socio-economic development, and property in China's northern region. Clear perception of land use history and its main driving factors is crucial step to understand regional living environment, including its pattern, evolution and trends. The study was conducted in the northern sandy areas of Yanchi County, which was located on the southern edge of the Mu Us Sandyland. Spatial and temporal land use/land cover changes, such as land desertification, road, residential land, and vegetation, were quantified from 1989–2007 using GIS and RS technology. The impact of these changes on the environment of human settlements was also analyzed. Results showed that: 1) the most serious land desertification occurred around 1995, which accounted for 16.05% of the total area. Land desertification made the local living environment more difficult to improve. 2) road density doubled during study period, but there was a significant difference of road density in residential area varying from 2 to 6 km road buffer zones. 3) food security issues were highlighted because lots of farmland (around 49%) was developed into construction land. Overall population shifted towards northeast, but trend of green space, infrastructure construction are not well reflect this trend. Reasonable public land layout greatly influenced the process and achievements toward im-

收稿日期: 2013-01-06; 修回日期: 2013-03-12

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划项目(2012BAD16B02); 国家自然科学基金资助项目(40801039)

作者简介: 王晓学, 博士研究生, 从事地理信息系统(GIS)应用研究。E-mail: wxc_8787@126.com。通信作者: 吴秀芹, 副教授, 从事 GIS 应用以及土地变化科学方面的研究。E-mail: wuxq@bjfu.edu.cn

proving the living environment. 4) vegetation area showed a decreasing trend until 1995, followed by a significant increase; but "high coverage grassland" area continuous decreased. Vegetation change particularly changes in natural vegetation which was an important factor for a safe living environment should not be ignored. Our findings implied that there was a complex balance between land cover change and living environment. We strongly suggested the clear perception of spatial and temporal land use/land cover changes which would be helpful in guiding regional human settlement construction. [Ch, 2 fig. 3 tab. 18 ref.]

Key words: land use/land cover change; human settlements in sandylands; land desertification; Yanchi

中国北方地区的沙害严重威胁着当地的生态安全和社会经济发展,并直接威胁着沙区人民的生命财产安全。中国是世界上人多地少、生态与环境问题较为突出的发展中国家,目前可持续发展中所面临的许多问题,都与土地利用/覆被变化有着内在的联系^[1],土地利用反映了人类与自然界相互影响与交互作用最直接和最密切的关系^[2]。人类利用土地在发展经济和创造物质财富的同时,也对自然资源结构及生态环境产生巨大的影响^[3],Fu^[4]认为土地资源的过度开发利用导致了水土流失、荒漠化和生境破碎化等土地退化现象的发生,严重的水蚀和风蚀已使中国国土面积的37.1%遭到破坏。生境和土地覆盖变化日益趋同所导致的以生物多样性损失、生态系统生产力下降为主要标志的生态系统结构的改变是20世纪2个重要的生态灾难^[5]。所谓沙区人居环境是指居民在沙化基质上构建的自然人工复合居住环境,是沙区居民与这种基质空间密切相关的一切生存(如起沙日数多,沙尘暴频发)、生产(如沙打、沙埋农作物)和生活(如沙埋居民点、水资源匮乏)的地理空间和支撑系统^[6]。国内对人居环境的研究主要集中在清华大学^[7-8]、浙江大学^[9-10]、重庆大学^[11-12]等研究团队。目前,对土地利用覆被对沙区人居环境的影响研究则鲜有报道。以下3方面的问题需引起关注:①如何控制流沙蔓延速度,防止沙区居民住地被沙掩埋;②随着城镇化进程加快,耕地面积逐年下降,而人口增长加大了对耕地的需求,区域粮食安全问题凸显,开放空间(如绿地、广场等)与住区的邻近又可改善人居环境;③减缓风沙灾害造成的损失是沙区人居环境改善的必要方式。有研究^[13]表明,调整土地利用和植树种草,减少城市周边裸露沙化土地,减少可蚀性物质来源是减轻城市风沙灾害的关键措施。科学治沙造林、退耕还林政策等对改善沙区人居环境的意义重大。土地利用的细部特征对理解宏观尺度变化的影响是十分重要^[14],只有扎根在过去与现在对土地利用/覆被变化有较好认识的基础上,进而对人居环境形成、演变和发展趋势进行研究,协调利用生态与人居研究观点,才能更好地解决人居环境中的复杂问题。本研究分析研究区20a来土地利用/覆盖时空变化背景下沙区人居环境的特征及趋势,探求研究土地利用/覆被时空变化特征与沙区人居环境间的耦合关系,以期对沙区人居环境建设提供借鉴。

1 材料与方 法

1.1 研究区概况

研究区位于宁夏盐池县北部风沙区(图1),地处毛乌素沙漠南缘,37°04'~38°10'N,106°30'~107°41'E,总面积为4 085 km²。属于鄂尔多斯缓坡丘陵区,其间地势平缓起伏,由侵蚀高丘陵、缓坡丘陵、沙丘、湖泊等地貌单元组成。该地区年降水量为250~350 mm。降水量年内变幅大,7~9月降水量占全年的60%~70%。年平均风速为2.8 m·s⁻¹,年大风日数24.2 d,沙暴日为20.6 d。年日照时间2 867 h,年蒸发量为2 600 mm。以多年生草本植物为主,间有半灌木、灌木。土壤主要有黑垆土、灰钙土和风沙土三大类。研究区水资源十分缺乏,没有过境地表径流和地下径流补给,全区95%以上的土地无就地灌溉条件。灾害性天气主要有干旱、风沙、霜冻、冰雹等,其中以干旱、风沙对农牧业和居民生活危害较大,风沙灾害、土地荒漠化已成为制约盐池县经济社会发展的瓶颈,严重阻碍着地区经济社会的发展。按照《盐池县城市总体规划》的部署,近期(2010~2015年)城市建设用地11.2 km²,远期(2030年)城市建设用地14.4 km²,将进一步加大对城市基础设施建设投入,大力实施西进东扩战略。

1.2 数据资料及处理

数据包括1989(来源:中国资源环境数据中心),1995年,2000年和2007年4期已进行过几何纠正的Landsat TM遥感影像及对应时间的TM(thematic mapper)影像解译的土地利用图。为了验证影响解

译精度，利用盐池县 2005 年 SPOT 影像解译成果、第 2 次森林普查成果图等基本图件对这 4 期土地利用图进行校正及重分类，最终确定的土地利用类型为：农地、林地（郁闭度 > 10%），高盖度草地（覆盖度 > 50%），中盖度草地（50% > 覆盖度 > 20%），低盖度草地（20% > 覆盖度 > 5%），水域，建设用地（其中包括县级以上主要道路、居民点等），沙地和未利用地 9 个类别（图 1）。其他数据资料还包括研究区 1:50 000 地形图、1995–2007 年社会经济统计年鉴和盐池县实地调研数据。

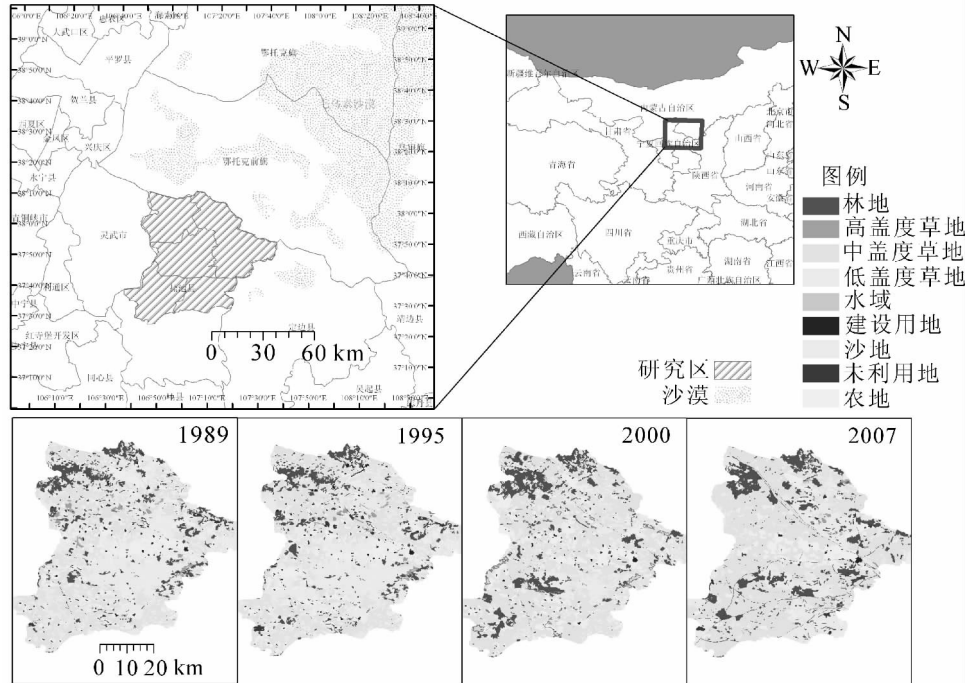


图 1 研究区位置及 1989–2007 年研究区土地利用/覆被现状图

Figure 1 Location of the study area and land use/cover map of the study area in 1989–2007

1.3 研究方法

利用土地沙化、道路密度变化、人口数据空间变化趋势、植被变化等来反应或者部分反应上述几个方面，以阐述沙区人居环境建设的几个重要方面及土地利用/覆盖变化对人居环境的影响。借鉴力学中重心的概念，人口重心假设研究区域是同质的，每个人都是这个平面内的一点。该区域由几个小区单元构成，单元坐标为 (x, y) ， M 为该单元人口数，则该区域人口重心坐标表示为^[15]：

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n M_i x_i}{\sum_{i=1}^n M_i}; \quad \bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n M_i y_i}{\sum_{i=1}^n M_i}$$
 通过分析多时间序列上人口重心的迁移趋势，以此作为科学建设沙区人们休闲场所、绿地空间、基础设施等规划的依据。

Forman 等^[16]认为，道路密度是直接度量道路造成景观斑块化的指标，道路密度 (d_r) 指的是在一定区域内，道路网的总里程 (l) 与该区域面积 (S) 的比值。公式表示如下： $d_r = l/S$ 。

利用 4 期 TM 影像提取研究区道路密度的变化，以指示近 20 a 来研究区道路增加对区域景观造成的破碎化程度。

2 结果与分析

2.1 土地沙化对人居环境的影响

控制流沙蔓延的速度，防止沙区居民住地被沙埋，保护住户的生存安全，已成为沙区人居环境体系建设的主要方面。如表 1 所示，在过去 20 a，沙化土地面积总体上呈前升后降的趋势。1995 年前后是研究区沙漠化最为严重的时期，沙漠化土地占到了总面积的 16.05%，这与郭坚等^[17]研究结论基本一致。自 20 世纪 80 年代后期以来，为了尽快解决那些自然环境恶劣，生存条件艰难，特别是在原居住地无法解决人畜饮水和生活出路的贫困乡村群众的生计问题，开始实施生态移民，把俗称为盐池“三

条沙带”上居住的大部分农民搬迁出来，安置在城西滩等水源较好的地方居住。但由于该区域农田防护林和防风固沙带的建设起步较晚，防护措施尚不健全，风季遭遇风沙的危害较为严重，以后存在弃耕的危险性。一旦弃耕，由于地表天然植被已被破坏，植被恢复将是一个漫长的过程；迁出区耕地荒废，宅基地浪费的现象明显，

而且研究区处于基础设施建设快速发展时期，随意取土现象较普遍，这些都为土地沙化和沙尘暴的发生准备了物质基础，由此造成了1995年前后土地沙化面积增加，土地沙化的发展会进一步吞没良田、牧场等可利用土地，导致生境恶化，贫困加剧，并破坏交通、居住区等人居环境系统。而20世纪90年代后期由于退耕还林还草、围栏禁牧等政策和一系列治沙项目的实施，生态环境得到了明显好转，人们愿意安置下来，而2.2.2节中人口重心总体向东北偏移的趋势吻合也很好的证明该区人居大环境在好转。

2.2 建设用地增加对人居环境的影响

2.2.1 道路对人居环境的影响 分别计算道路0~2, 2~4, 和4~6 km缓冲区内近20 a来居民点面积占总研究区居民点总面积的百分比，用来表征主要交通干线对居民出行的便捷度变化。结果(表2)显示，近20 a来，研究区道路密度增加了1倍，主要交通干线0~2 km缓冲区内居民点面积比例增加了20%，表明随着研究区社会经济发展，交通建设给人们出行带来便利，为农村人居环境建设打下基础；2~4 km缓冲区内居民点面积变化比例先增大后减小，其主要原因是随着主要交通干线路网密度增加，2~4 km缓冲区内的人们到达主要交通干线的距离更加便利，逐渐减少到2 km范围以内，因此0~2 km缓冲区内居民点面积比例明显增加；4~6 km范围内居民点面积减少到7%左右，但到2007年为止，交通主干道4 km以上缓冲区内居民区面积占到35%以上，主要是因为研究区地处农牧交错带，以靠养殖业为生的居民更愿意远离交通发达区域居住，以保证有丰富的草源。因此，沙区人居环境体系的建设应充分考虑不同民族文化、习俗等因素，建立多元化的住区文化环境。

表2 不同时期主要交通干线对居民的便捷度的影响及道路密度的变化

Table 2 Influence of major commuter arteries to the convenient level of inhabitants and the density of roads in different periods

| 年份 | 道路缓冲区内居民点面积/% | | | 道路密度/(m·km ⁻²) |
|------|---------------|-------|--------|----------------------------|
| | 0~2 | 2~4 | 4~6 km | |
| 1989 | 27.81 | 20.51 | 11.30 | 60.8 |
| 1995 | 36.54 | 29.53 | 7.19 | 73.0 |
| 2000 | 34.20 | 31.01 | 17.49 | 95.6 |
| 2007 | 48.33 | 16.38 | 7.72 | 125.6 |

2.2.2 居民用地、公共用地变化对人居环境的影响 1985-2007年间研究区人口净增2.6万，加大了对居住面积的需求，使得大片农田被转为建设用地，造成耕地面积逐年下降。而人口增长也加大了对耕地的需求，但2007年耕地保有量却比1989年减少了49%，使得研究区粮食安全问题凸显，沙区人居环境改善缺乏基本物质保障。为保证沙区绿地空间、基础设施与住区的邻近性，避免土地浪费和设施的重复建设，分析多时间序列上人口的空间分布格局及人口重心的迁移趋势，以此作为科学建设沙区绿地空间、基础设施等规划的依据。通过对1985年，1990年，1995年，2000年，2003年，2005年和2007年人口重心的计算，得到研究区近20 a来的人口重心的动态演化(图2)，人口重心总体有向东北偏移的趋势，这与《盐池县城市总体规划》提到的“东扩”战略基本一致，但笔者多次对研究区实际调查发现，绿地空间、基础设施等的建设情况并不能很好地反应人口重心迁移趋势，新建的生态移民区防护林网缺乏，道路也不完善。因此，未来研究区人居环境体系建设中，应考虑将绿地空间等公共用地与人口空间分布状况和人口重心的迁移趋势相吻合，提高重要基础设施资源的共享性，尽可能减少建设成本，公共用地布局是否合理很大程度上影响着人居环境改善的进程及成果。

表1 研究区不同时期土地沙化面积

Table 1 Area of desertification land during different periods

| 年份 | 沙化土地面积/hm ² |
|------|------------------------|
| 1989 | 73 901 |
| 1995 | 78 559 |
| 2000 | 55 402 |
| 2007 | 24 172 |

2.3 植被对人居环境的影响

由表 3 可以看出：1989-2007 年间研究区林地面积增加了 14 846 hm²，高覆盖度草地面积呈持续减少趋势，20 a 间共减少了 3 157 hm²，占 1989 年高覆盖度草地面积的 66.09%；而中覆盖度草地和低覆盖草地面积均呈增加趋势，分别增加了 79 054 hm² 和 1 587 hm²。中覆盖度草地、林地年变化率分别为 2.85% 和 2.30%。以 1995 年为界，研究区林地面积 1995 年之前呈下降趋势，1995 年之后有明显增加，这与 20 世纪 90 年代后期大力开展治沙造林、退耕还林政策有关。由于数据资料有限，仅对 1982-2001 年的扬沙日数和沙尘暴日数做趋势分析，总体有下降趋势。有研究^[18]表明：地表植被覆盖率决定了沙尘天气年发生的频次。20 世纪 80 年代后期由于过度放牧、滥采滥樵等造成植被急剧减少，使生态系统保持水土、涵养水源等服务功能降低，并最终使风沙、旱涝等灾害的频度和强度都有很大程度增加；而 20 世纪 90 年代后期开展的大量生态建设项目，使研究区生态环境得到了明显改善，沙尘天气发生的频次减少，研究区肺病哮喘人数有所减少。

表 3 研究区 20 a 来的植被面积变化

Table 3 Vegetation area changes of the study area in the past 20 years

| 植被类型 | 植被面积/hm ² | | | | 2007-1989 年植被面积变化 | 植被面积年变化率/% |
|--------|----------------------|---------|---------|---------|-------------------|------------|
| | 1989 | 1995 | 2000 | 2007 | | |
| 林地 | 32 214 | 27 067 | 43 147 | 47 060 | 14 846 | 2.30 |
| 高覆盖度草地 | 4 777 | 3 523 | 1 662 | 1 620 | -3 157 | -3.30 |
| 中覆盖度草地 | 138 890 | 139 942 | 140 372 | 217 944 | 79 054 | 2.85 |
| 低覆盖度草地 | 64 854 | 61 812 | 59 667 | 66 441 | 1 587 | 0.12 |

3 结论

结果表明：①1995 年前后是宁夏盐池县北部风沙区沙漠化最为严重的时期，沙漠化土地占到了总面积的 16.05%，土地沙化加大了该区人居环境改善的难度。②近 20 a 来，研究区道路密度增加了 1 倍，主要交通干线 0~2 km 缓冲区内居民点面积比例增加了 20%，2~4 km 缓冲区内居民点面积变化比例先增大后减小，4~6 km 范围内居民点面积减少到 7% 左右，沙区人居环境体系的建设应充分考虑不同民族文化、习俗等因素。③1985-2007 年间研究区人口净增 2.6 万，居住面积需求增加，大片农田被转为建设用地，2007 年耕地保有量却减少了 49%，粮食安全问题凸显，沙区人居环境改善缺乏基本物质保障。人口重心总体有向东北偏移的趋势，绿地空间、基础设施等的建设情况并不能很好地反应这种迁移趋势，公共用地布局是否合理很大程度上影响着人居环境改善的进程及成果。④1989-2007 年间研究区林地面积增加了 14 846 hm²，以 1995 年为界，1995 年之前呈下降趋势，之后有明显增加。高覆盖度草地面积呈持续减少趋势，近 20 a 间共减少了 3 157 hm²，占 1989 年高覆盖度草地面积的 66.09%；而中覆盖度草地和低覆盖草地面积均呈增加趋势，分别增加了 79 054 hm² 和 1 587 hm²。中覆盖度草地、林地年际变化率分别为 2.85% 和 2.30%，20 世纪 90 年代后期开展的大量生态建设项目，使研究区生态环境得到了明显改善。研究区植被增加是沙区人居环境改善不可忽视的重要因子。

参考文献：

[1] 刘彦随，陈百明. 中国可持续发展问题与土地利用/覆被变化研究[J]. 地理研究，2002，21(3)：324 - 330.

LIU Yansui, CHEN Baiming. The study framework of land use/cover change based on sustainable development in

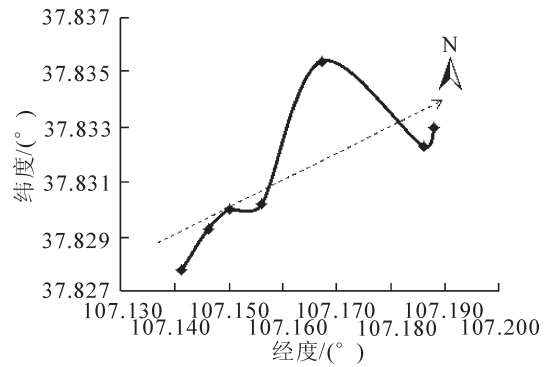


图 2 1985-2007 研究区人口重心的迁移 (图中虚线表示人口转移的趋势)

Figure 2 Movement the population gravity center in the study area(1985-2007)

- China [J]. *Geogr Res*, 2002, **21**(3): 324 – 330.
- [2] 蔡运龙. 土地利用/土地覆被变化研究:寻求新的综合途径[J]. 地理研究, 2001, **20**(6): 645 – 652.
CAI Yunlong. A study on land use/cover change: the need for a new integrated approach [J]. *Geogr Res*, 2001, **20**(6): 645 – 652.
- [3] MATSON P A, PARTON W J, POWER A G, *et al.* Agricultural intensification and ecosystem properties [J]. *Science*, 1997, **277**: 504 – 509.
- [4] FU Bojie. Blue skies for China [J]. *Science*, 2008, **321**: 611.
- [5] VITOUSEK P M, MOONEY H A, LUBCHENCO J, *et al.* Human domination of earth ecosystems [J]. *Science*, 1997, **277**: 494 – 500.
- [6] 吴斌, 张宇清, 吴秀琴. 中国沙区人居环境安全研究的初步探讨[J]. 中国沙漠, 2009, **29**(1): 50 – 55.
WU Bin, ZHANG Yuqing, WU Xiuqin. Primary probe into security of human settlements environment in sandy desertification areas [J]. *J Des Res*, 2009, **29**(1): 50 – 55.
- [7] 吴良镛. 人居环境科学导论[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2005.
- [8] 吴良镛. 区域规划与人居环境创造[J]. 城市发展研究, 2005, **12**(4): 1 – 6.
WU Liangyong. Region planning and the creation of human settlements [J]. *Urban Studies*, 2005, **12**(4): 1 – 6.
- [9] 俞义. 水网、滨海平原城乡土地资源配置的优化模式——农业环境与人居环境双向评价系统研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2004.
YU Yi. *Optimized Models of Land Resources Allocation for Towns and Villages in Water-net Plain and Coastal Plain—Study on the Double-evaluation System for Both Agricultural and Residential Environment*[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2004.
- [10] 贺勇. 适宜性人居环境研究——“基本人居生态单元”的概念与方法[D]. 杭州: 浙江大学, 2004.
HE Yong. *Study on the Suitable Model of Human Settlement The Concept of “Basic Human Ecological Unit”* [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2004.
- [11] 李旭, 孙国春, 赵万民. “序列+结构”——西南山地人居环境历史发展研究的整体观[J]. 城市发展研究, 2009, **16**(2): 10 – 12.
LI Xu, SUN Guochun, ZHAO Wanmin. Sequence and structure, a holistic view about research on human settlements history of southwest China[J]. *Urban Stud*, 2009, **16**(2): 10 – 12.
- [12] 刘晨阳, 傅鸿源, 李莉萍. 关于云南山地乡村人居环境建设模式的思考[J]. 重庆建筑大学学报, 2005, **27**(2): 15 – 18.
LIU Chenyang, FU Hongyuan, LI Liping. On the pattern of rural human settlement environment construction in Yunnan’s mountain region [J]. *J Chongqing Arch Univ*, 2005, **27**(2): 15 – 18.
- [13] 甘红, 刘彦随, 王静, 等. 中国北方农牧交错区土地利用类型转换驱动因子分析[J]. 水土保持学报, 2004, **18**(4): 113 – 116.
GAN Hong, LIU Yansui, WANG Jing, *et al.* Analysis of driving factors of land-use conversion in interlocked agropasturing area of North China [J]. *J Soil Water Conserv*, 2004, **18**(4): 113 – 116.
- [14] GUY E, ROGER W. Using cellular automata for integrated modelling of socio-environmental systems [J]. *Environ Monit Assess*, 1995, **34**: 203 – 214.
- [15] 徐建华, 岳文泽. 近20年来中国人口重心与经济重心的演变及其对比分析[J]. 地理科学, 2001, **21**(5): 385 – 389.
XU Jianhua, YUE Wenzhe. Evolvement and comparative analysis of the population center gravity and the economy gravity center in recent twenty years in China [J]. *Sci Geogr Sin*, 2001, **21**(5): 385 – 389.
- [16] FORMAN R T T, DEBLINGER R D. The ecological road-effect zone of a Massachusetts (USA) suburban highway [J]. *Conserv Biol*, 2000, **14**: 36 – 46.
- [17] 凌裕泉, 屈建军, 金炯. 稀疏天然植被对输沙量的影响[J]. 中国沙漠, 2003, **23**(1): 12 – 17.
LING Yuquan, QU Jianjun, JIN Jiong. Influence of sparse natural vegetation on sand-transporting quantity [J]. *J Des Res*, 2003, **23**(1): 12 – 17.
- [18] 徐兴奎, 陈红. 中国西部地区地表植被覆盖和积雪覆盖变化对沙尘天气的影响[J]. 科学通报, 2003, **51**(6): 707 – 714.
XU Xingkui, CHEN Hong. Vegetation cover and snow cover change on sand dust weather in western China[J]. *Chin Sci Bull*, 2003, **51**(6): 707 – 714.