DOI: 10.5846/stxb201302210287
黄宝荣, 张慧智, 王学志.城市扩张对北京市城乡结合部自然和农业景观的影响——以昌平区三镇为例.生态学报,2014,34(22):6756-6766.
Huang B R, Zhang H Z, Wang X Z.The impact of the urban sprawl on natural and agricultural landscape at the urban-rural interface of Beijing: taking three towns of Changping District for example.Acta Ecologica Sinica,2014,34(22):6756-6766.

城市扩张对北京市城乡结合部自然和农业景观的影响
——以昌平区三镇为例

黄宝荣[1], 张慧智[2,*], 王学志[3]
(1. 中国科学院科技政策与管理科学研究所可持续发展战略研究室, 北京 100190;
2. 北京市农林科学院农业综合发展研究所, 北京 100097; 3. 中国科学院计算机网络信息中心, 北京 100190)

摘要:城乡结合部自然和农业生态系统是确保城市生态安全的重要基础。研究快速城市化背景下城乡结合部自然和农业景观的时空演变规律和驱动因素,能够为相关规划的编制和保护政策的制定提供科学支撑。以北京市三个典型的城乡结合部乡镇为例,通过对 1999、2004 和 2010 年三期 SPOT 遥感影像的解译,获取三镇三个时期土地利用/覆盖(Land Use/Land Cover, LULC)数据。在此基础上,借助 ArcGIS 空间叠加功能和土地利用转移矩阵,分析 1999—2010 年三镇 LULC 的时空变化特征;并通过空间自相性和景观连通性分析,研究近十年来三镇建设用地的空间聚集特征以及自然和农业景观空间连通性的变化,分析城市扩张对三镇自然和农业景观格局和稳定性的影响。最后,采用定量和定性相结合的方法,分析三镇自然和农业景观变化的驱动力。结果表明,1999—2010 年三镇经历了剧烈的 LUCC 过程,建设用地、林地和草地面积大幅增加,伴随的是农业用地和水域面积的急剧减少。各种土地利用类型之间都存在着相互转移,特别是农业用地向建设用地、林地和草地,以及林地向建设用地转移明显。新增建设用地大多通过侵占原有建设用地周边的农业用地和林地,而实现"成片蔓延式"扩张;并造成了三镇自然和农业景观连通性的急剧下降,危及到该区域生态系统结构的完整性和功能的持续性。社会经济发展、土地利用规划、公共政策等共同决定着三镇 LUCC 的结构、规模和空间分布,是三镇自然和农业景观格局演变的主要驱动力。
关键词:城乡结合部;土地利用/覆盖变化;自然和农业景观;景观连通性;驱动力

The impact of the urban sprawl on natural and agricultural landscape at the urban-rural interface of Beijing: taking three towns of Changping District for example

HUANG Baorong[1], ZHANG Huizhi[2,*], WANG Xuezhi[3]
1 *Institute of Policy and Management, Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100190, *China*
2 *Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing* 100097, *China*
3 *Computer Network Information Center, Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100190, *China*

Abstract: Natural and agricultural landscape at the urban-rural interface is the important foundation to ensure the urban ecological security. Studying the spatio-temporal evolution of natural and agricultural landscape and its driving forces at the urban-rural interface in the context of the rapid urbanization can provide scientific support for some protection policies formulation and implementation. This paper investigates the spatial pattern of land use/land cover (LULC) in three typical townships at the urban-rural interface of Beijng by interpreting the 1999, 2004 and 2010 SPOT images. One this basis, with ArcGIS spatial overlay function and land use transition matrix, this paper tries to further investigate the spatio-temporal evolution of LULC in the study area. At the same time, the spatial autocorrelation of build land and the landscape connectivity of natural and agricultural land are measured to analysis the impact of urban sprawl on the pattern and stability

基金项目:国家自然科学基金(40901300);全国生态环境十年(2000—2010 年)变化遥感调查与评估项目(STSN-04-05);中国科学院科技政策与管理研究所"一三五"重大任务"中国绿色低碳发展路线图研究"(Y201131Z05)
收稿日期:2013-02-21; **网络出版日期**:2014-03-14
* 通讯作者 Corresponding author.E-mail: zhanghuang1976@163.com

of natural and agricultural ecosystems. Finally, using a combination of quantitative and qualitative methods, the driving forces of the change of natural and agricultural landscape in the study area are analyzed. The results show that, from 1999 to 2010, the town experienced a dramatic process of LUCC; build land, woodland and grassland substantially increased, accompanied by a sharp reduction of agricultural land and water area. There is dramatic mutual transfer between the various land use types, especially from agricultural land to build land, woodland, grassland, and from woodland to build land. Most of the new build land located in the neighbourhood of the existing build land, implying that the existing built-up areas have a greater influence on urban expansion. The rapid expansion of build land caused the sharp decline of the landscape connectivity of natural and agricultural land, and endangering the structural integrity and the functional stability of ecosystem in the study area. Socio-economic development, land use planning and public policy which jointly determined the LUCC structure, size and spatial distribution, were the main driving forces of pattern evolution of natural and agricultural landscape in the three towns.

Key Words: urban-rural interface; land use/cover change; natural and agricultural landscape; landscape connectivity; driving forces

城乡结合部被认为是目前全球范围内 LUCC 最剧烈、人地系统矛盾最尖锐的地区[1]。往往分布着一定数量的包括林地、草地和湿地在内的自然生态系统,以及类型多样的农业生态系统[2-3]。这些自然和农业生态系统,能够为城市提供必不可少的空气净化、气候调节、水源涵养、洪水调蓄和休闲娱乐等生态系统服务,是确保城市生态安全和可持续发展的重要基础[4-8]。但是相关保护政策的制定和实施常常被城市和乡村管理决策者所忽视[4]。稀有的自然生境和重要的农业用地均处在由于城市持续扩张,而转变为城市建设用地的压力之下[5]。特别是我国,近年来正经历着快速的城市化过程,伴随的是史无前例的城市建设和扩张热潮。城乡结合部作为城市化的前沿阵地,LUCC 剧烈,自然和农业景观急剧减少,并带来一系列生态和社会问题。尽管已有一些针对城乡结合部土地利用结构[9-10]、景观格局[11-12]、建设用地扩张[13]以及 LUCC 的社会经济发展驱动力[14-15]方面的研究;但是快速城市化背景下,该区域自然和农业景观的时空演变特征,及其土地利用规划和公共政策驱动力很少受到关注;难以为我国城乡结合部自然和农业生态系统的保护,及相关土地利用规划的编制和公共政策的制定提供系统的科学支撑。本研究以北京市城乡结合部昌平区东小口、北七家、小汤山三镇为案例,研究快速城市化背景下三镇的 LUCC、自然和农业景观的时空演变特征,及其社会经济发展、土地利用规划和公共政策驱动力。希望通过局部地区的研究,见微知著,为我国大城市城乡结合部地区生态系统管理与保护政策的制定提供科学支撑。

1　研究地区和方法

1.1　研究地区

东小口、北七家和小汤山三镇位于北京市昌平区东南角和北京市中轴线的北延伸线上,与北京市中心城区相邻(图 1),是北京市的上风上水区域。三镇地理位置相邻,但城市化程度、人口及经济发展水平呈现较为明显的城乡梯度,是研究城市扩张对

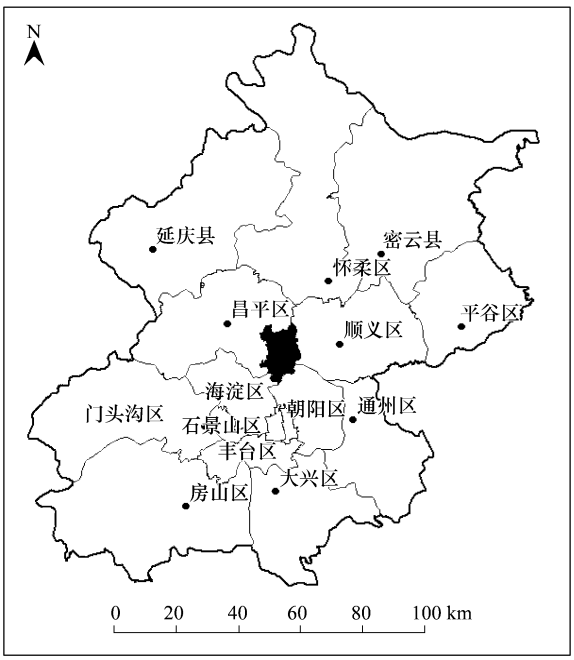

图 1　研究区位图

Fig.1　Location of study area

城乡结合部生态影响的合适区域。东小口镇毗邻奥运公园,占地面积 32.8 平方公里,2010 年辖 16 个行政村和 40 个社区居委会,常住人口为 35.94 万,城市化特征明显,但仍保有一定数量的农村社区。北七家镇占地面积 56.8km^2,2010 年辖 19 个行政村和 16 个居委会,常住人口 13 万人,城市社区和农村社区混杂,呈现较为明显的城乡交错特征;小汤山镇占地面积 70.1km^2,2010 年辖 24 个行政村和 3 个居委会,常住人口 4.2 万人,以自然和乡村景观为主,但近年来城市景观不断增加,逐渐呈现出一定的城乡交错的特征。

1.2 研究方法

1.2.1 土地利用分类

自 1986 年 SPOT-1 卫星发射以来,SPOT 系列卫星数据由于具有较高的空间分辨率和相对可以接受的数据成本,成为城乡结合部 LULC 信息的提取中应用得最为广泛的卫星数据[16-18]。本研究中使用的土地利用数据均采用 SPOT 遥感影像在 ERDAS Imagine 9.2 中遥感分类解析得来。3 个时期 SPOT 遥感影像拍摄时间分别为 1999 年 4 月、2004 年 7 月和 2010 年 10 月(表 1)。

表 1 SPOT 遥感影像数据特征

Table 1 Data characteristics of SPOT remote sensing image

年份 Years	卫星 Satellite	空间分辨率 Spatial resolution/m		
		高光谱 Hyperspectral	多光谱 Multispectral	融合 Merging
1999 年 4 月 April 1999	SPOT-2	10	20	20
2004 年 7 月 July 2004	SPOT-5	5	10	10
2010 年 10 月 October 2010	SPOT-5	5	10	10

首先将各时期的多光谱和高光谱遥感影像在 ERDAS Imagine 9.2 中进行融合,融合影像的空间分辨率分别为 20、10m 和 10m;然后将融合的影像进行投影并转换为 UTM/WGS84 坐标系统,利用野外 GPS 调查控制点对各时期的融合影像进行精确地形校正;最后采用非监督分类和目视解译相结合的方法将融合影像分为如下类型:城镇用地(包括居民区、道路、硬地面和裸露的建设用地等)、农业用地(包括农田和果园)、林地(包括人工林和绿化林)、水域(包括河流、水库、公园水域和鱼塘等)和草地(包括园艺绿化草地、高尔夫草地和河滩草地等)。

采用野外 GPS 调查控制点对分类结果进行精度检验,1999 年、2004 年和 2010 年的土地利用分类精度分别为 87.32%、93.56%和 94.31%。为了便于统计,将 1999 年的土地利用分类结果进行临近值重采样到 10m 分辨率。

根据 3 期土地利用分类图,计算 1999—2010 年三镇土地利用类型转移矩阵,结合 ArcGIS 空间叠加分析,分析 1999—2010 年三镇土地利用以及自然和农业景观的动态变化情况。

1.2.2 建设用地的空间自相关分析

空间自相关分析(Spatial autocorrelation analysis)是检验具有空间位置的某要素的观测值是否显著地与其相邻空间点上的观测值相关联,包括全局空间自相关和局部空间自相关[19-20]。全局空间自相关是对属性在整个区域空间特征的描述,判断某现象在特定的区域内是否有聚集特征存在。计算全局空间自相关的指数很多,最常用的指标是 Moran′s I 指数。具体公式参考相关文献[19-20]。Moran′s I 值介于-1—1 之间,大于 0 为正相关,值越大反映分析的变量在空间上越聚集;小于 0 为负相关,值越小反映分析的变量在空间上越分散;而当值等于 0 时,表示变量在空间上随机分布。

本研究采用全局空间自相关性 Moran′s I 指数分析十年来研究区域建设用地的空间聚集程度的变化,以及新增建设用地和已有建设用地的空间分布关系。首先,利用 ArcGIS10.0,将研究区域划分为 500m×500m 正方形网格,并将正方形网格图与三期建设用地分布图相叠加,统计每个网格的的建设用地面积百分比。然后,利用 ArcGIS 10.0 空间统计模块,对三镇三期各网格单元的建设用地面积百分比进行全局空间自相关性分析,得到研究区域三期建设用地全局空间自相关 Moran′s I 指数值。

1.2.3 自然和农业景观连通性分析

通过景观连通性分析评价建设用地扩张对三镇自然和农业生态系统格局和稳定性的影响。连通性

是指景观对生态流的便利或阻碍程度[21]。维持良好的自然和农业景观连通性是保护生物多样性、维持生态系统稳定性[22]和开放空间可达性的关键因素之一。由于自然和农业生态系统均在维护城市良好的生态环境中发挥重要的作用,本研究将相邻的自然景观斑块和农业景观斑块归并,作为同类景观,采用整体连通性指数(integral index of connectivity, IIC)和可能连通性指数(probability of connectivity, *PC*)对自然-农业景观全局连通性进行评价[23-24]。

IIC 的计算如式(1)所示:

$$IIC = (\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\frac{a_i a_j}{1+nl_{ij}})/A_L^2 \qquad (1)$$

式中,n 为景观中自然-农业景观斑块总数;a_i和 a_j分别为斑块 i 和斑块 j 的面积; nl_{ij}为斑块 i 与斑块 j 之间的连接数;A_L为背景景观的面积。$0 \leqslant IIC \leqslant 1$,IIC 越大,反映自然-农业景观斑块间的景观连通性越好。

PC 的计算如式(2)所示:

$$PC = (\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}p_{ij}^{*}a_i a_j)/A_L^2 \qquad (2)$$

式中,p_{ij}^{*} 为生态流在斑块 i 和斑块 j 间直接连通的最大可能性。$0<PC<1$。

指数的计算借助 Conefor Inputs for ArcGIS10.0 和软件 Conefor Sensinode 2.6 完成。在此过程中,需要指定景观中生境斑块连通的距离阈值。考虑到斑块间生态流的可流通性和生态用地的可达性,本研究在计算 IIC 值时,将斑块连通与否的距离阈值设为 500m;在计算 *PC* 时,设置在 500m 距离阈值时,斑块间的连通的可能性为 0.5。

1.2.4　自然和农业景观变化的驱动力分析

由于缺乏足够的社会经济统计数据,很难用定量模型分析三镇自然和农业景观变化的驱动力。根据已有的一些零散的社会经济发展数据和丰富的各类政策、规划资料,本研究尝试采用定性和定量相结合的方法,从社会经济发展、土地利用规划和公共政策三个方面分析三镇自然和农业景观变化驱动力。

2　结果与讨论

2.1　自然和农业景观格局的时空演变特征

1999—2010 年,昌平区三镇经历了剧烈的 LUCC 过程。城镇建设用地急剧增加,伴随的是农业用地和水域明显减少(表 2,图 2);与众多研究中所反映的城市扩张导致城乡结合部林业用地和草地的大幅减少[25-28]不同,本研究中三镇的林业用地和草地面积均大幅增加,使三镇自然景观的总面积有所增加,与近年来北京市大力推动城市绿化和两道绿化隔离带建设有关。

表 2　各镇不同时期土地利用结构

Table 2　The land use structure of each town in different periods

镇名 Towns	土地利用类型	1999 年		2004 年		2010 年	
		面积/hm² Area	百分比/% Percentage	面积/hm² Area	百分比/% Percentage	面积/hm² Area	百分比/% Percentage
东小口镇	建设用地	1305.31	40.42	1630.78	50.50	1898.18	58.78
	农业用地	1208.17	37.41	677.69	20.99	53.95	1.67
	自然用地	715.87	22.17	920.89	28.52	1277.21	39.55
	其中:林地	372.83	11.55	829.84	25.70	921.90	28.55
	水域	310.61	9.62	35.34	1.09	10.37	0.32
	草地	32.43	1.00	55.71	1.73	344.94	10.68
北七家镇	建设用地	1582.57	27.86	1997.48	35.17	2693.20	47.42
	农业用地	2701.71	47.57	1999.07	35.20	518.32	9.13
	自然用地	1395.25	24.56	1682.96	29.63	2468.01	43.46
	其中:林地	979.29	17.24	1067.86	18.80	1475.27	25.98
	水域	312.96	5.51	150.25	2.65	122.07	2.15
	草地	103.00	1.81	464.85	8.18	870.67	15.33
小汤山镇	建设用地	1152.02	16.48	1469.33	21.01	2208.08	31.58
	农业用地	4125.59	59.01	3261.56	46.65	1564.76	22.38
	自然用地	1714.26	24.52	2260.98	32.34	3219.04	46.04
	其中:林地	1125.58	16.10	1325.01	18.95	2200.10	31.47
	水域	422.96	6.05	258.74	3.70	206.49	2.95

续表

镇名 Towns	土地利用类型	1999 年 面积/hm² Area	1999 年 百分比/% Percentage	2004 年 面积/hm² Area	2004 年 百分比/% Percentage	2010 年 面积/hm² Area	2010 年 百分比/% Percentage
	草地	165.72	2.37	677.23	9.69	812.45	11.62
三镇合计	建设用地	4039.90	25.41	5097.60	32.06	6799.47	42.76
	农业用地	8035.47	50.54	5938.33	37.35	2137.03	13.44
	自然用地	3825.38	24.05	4864.83	30.59	6964.26	43.79
	其中:林地	2477.69	15.58	3222.71	20.27	4597.27	28.91
	水域	1046.54	6.58	444.34	2.79	338.93	2.13
	草地	301.15	1.89	1197.78	7.53	2028.06	12.75

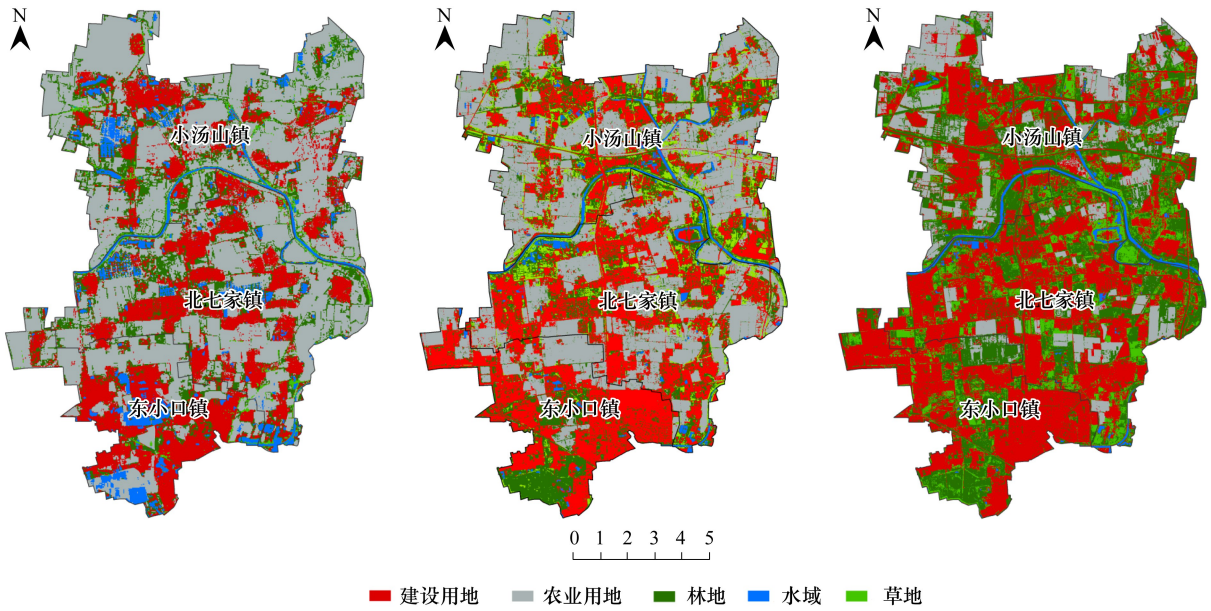

图 2 通过 SPOT 影像解译获取的各期土地覆盖图

Fig.2 Interpreted land cover maps in each period developed from SPOT images

分阶段看,1999 年,三镇以农业用地为主,建设用地和林业用地相对较少;同时,作为北京市的上风上水之地,水域面积也相对较多。1999—2004 年,三镇建设用地、林业用地和草地均有所增加,但农业用地和水域均大幅减少。2004—2010 年三镇建设用地扩张更为剧烈,伴随的是更多的农业用地的丧失,但此阶段,林地的增幅也较大,使自然景观成为该区域面积最大的景观类型。

东小口是三镇中离北京城市中心区最近的乡镇,相应地也更早受到城镇化的影响。1999 年,该镇建设用地面积百分比已达到 40.42%,但农业用地依然保持了 37.41%的比例,呈现典型的城乡交错的景观特征;到 2010 年建设用地所占比例增加到 58.78%,林业用地也增加到 28.55%,而农业用地则下降到 1.67%,已呈现出典型的城市建成区的景观特征。1999 年,北七家镇仍以农业用地为主,但建设用地也占据了一定的比例,处于由近郊农村向城乡交错带过度的阶段;到 2010 年,建设用地已占主导地位,但仍保存有少量的农业用地和为数不少的农村社区,正处于城乡交错带向城市建成区过渡的阶段。小汤山镇离城市中心区相对较远,1999 年农业用地占主导地位,建设用地所占比例较小,呈现出较为典型的近郊农村地区的景观特征;到 2010 年,建设用地面积大幅增加,已呈现出较为典型的城乡交错的景观特征。总体而言,三镇 LULC 和景观格局均呈现出典型的城乡梯度特征,受北京市“摊大饼”式的城市扩张模式[29]的影响。

2.2 不同土地利用类型间的总体转移特征

1999—2010 年,昌平三镇各种土地利用类型之间存在剧烈的相互转移过程(表 3)。从表 4 可以看

出,大部分建设用地维持其原有的利用类型(68.21%),但也有相当一部分转换为自然用地(29.83%),其中包括20.21%的林地和9.27%的草地;农村居民点拆迁、改造所腾退出来的部分农村建设用地,被转换为城市绿化或绿化隔离带用地。大部分农业用地转换为建设用地(32.23%)和林地(31.77%),除了城市扩张占用造成农业用地丧失外,城市绿化和环城绿化隔离带的建设,也促使大量的农业用地通过"退耕还绿",转换为自然用地。仅有部分林地维持其原有的利用类型(31.64%),大部分转换为建设用地(43.98%)、草地(14.23%)和农业用地(9.22%);尽管城市绿化和环城绿化隔离带的建设使三镇林地总面积不断增加,但伴随的是原有天然次生林或成熟人工林的大幅减少,所带来的负面影响不容忽视。仅有少量水域维持其原有的利用类型(20.71%),大部分转换为林地(29.92%)、建设用地(26.95%)和草地(15.03%);建设用地的直接占用,以及城市发展对水资源的过度开采,导致大片水域枯萎并转变其他土地利用类型,是三镇水域面积大幅减少的主要原因。把林地、水域和草地统称为自然用地,则有超过半数的自然用地维持其原有的非生产用地的特征(53.62%),其余38.02%转换为建设用地、8.36%转换为农业用地。1999—2010年城市扩张新占4043.97hm^{2}自然和农业用地,其中,农业用地占64.04%,林地占26.94%,水域占6.97%,草地占2.04%,以农业用地和林地为主。

从建设用地与自然和农业用地间相互转换的空间特征来看(图3),自然和农业用地转换为建设用地多发生在已有建设用地的周边,或者交通干道的两侧,反映了前期土地利用格局和交通基础设施的

表3　研究区域1999—2010年土地利用转移矩阵

Table 3　The transfer matrix of land use change from 1999 to 2010 in the study area

1999年	2010年					
	建设用地/hm^2 Constriction land	农业用地/hm^2 Farmland	自然用地/hm^2 Natural land	林地/hm^2 Woodland	水域/hm^2 Water	草地/hm^2 Grassland
建设用地 Constriction land	2755.51	79.31	1205.09	816.47	14.14	374.48
农业用地 Farmland	2589.69	1737.89	3707.90	2552.67	46.38	1108.85
自然用地	1454.28	319.84	2051.26	—	—	—
林地 Woodland	1089.79	228.52	—	783.86	22.87	352.66
水域 Water	282.03	77.23	—	313.16	216.82	157.32
草地 Grassland	82.46	14.09	—	131.12	38.72	34.76

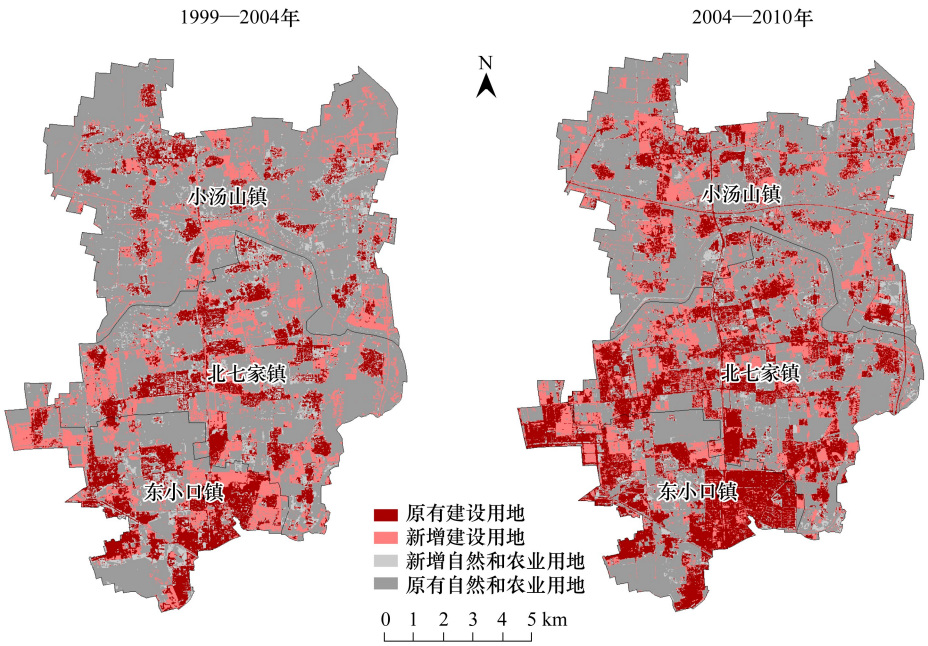

图3　1999—2010年研究区域建设用地与自然和农业用地之间的相互转换

Fig.3　Mutual transfer between construction land and non-construction land from 1999 to 2010

布局对 LUCC 的影响[5]。而由建设用地转换为自然和农业用地的斑块多零散分布,经实地调查,大多数为原有的农村居民点经拆迁、改造后转变为林地和草地。从建设用地的全局空间自相关性 Moran′s I 指数(表 4)也可以看出,1999、2004、2010 年,三镇建设用地均呈显著的空间自相关性,空间聚集特征明显;而且随着时间的推移,其空间自相关性逐步增强,也反映了新增建设用地大多分布在已有建设用地周边,呈“成片蔓延式”扩张的特征。

表 4 1999—2010 年三镇建设用地的全局 Moran′s I 值

Table 4 Moran′s I values for constriction land from 1999 to 2010

年份 Years	Moran′s I	Z
1999	0.3599	17.3036
2004	0.4577	23.3642
2010	0.5280	19.5699

2.3 自然-农业景观的连通性

三镇三个时期自然-农业景观连通性指数 IIC 值和 *PC* 值如图 4 和图 5 所示。可以看出,1999 年,小汤山和北七家两镇的 IIC 值和 *PC* 值均较高,自然和农业用地的空间连通性较好;而东小口镇的 IIC 值和 *PC* 值均较低,自然和农业用地的空间连通性较差。随着时间的推移,三镇 IIC 值和 *PC* 值均不断下降,受建设用地扩张的影响,自然和农业用地面积不断减少,斑块间的距离不断加大,空间连通性也逐渐降低。特别是小汤山和北七家两镇,IIC 值分别由 0.6833 和 0.5037 下降到 0.2442 和 0.1143,自然和农业用地的空间连通性大幅下降,反映城市扩张对当地生态系统的完整性和稳定性破坏明显。相比较而言,*PC* 值的下降幅度相对较小。主要原因在于 *PC* 在测度过程中,一些破碎化的小型斑块作为中间斑块,发挥垫脚石的作用[30],提高在 IIC 测度中不连通的斑块连通的可能性。

从空间上看,无论是哪一年,IIC 和 *PC* 均呈现明显的城乡梯度,小汤山镇远离中心城区,受城市扩张的干扰破坏相对较小,自然和农业景观的空间连通性明显好于北七家和东小口两镇;而东小口镇则靠近中心城区,受城市扩张的影响较大,自然和农业景观的空间连通性一直都较差。

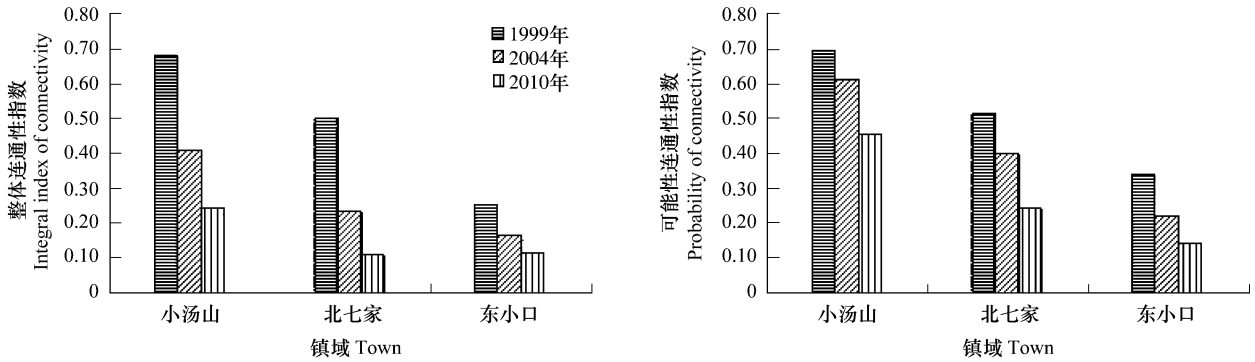

图 4 三镇 3 个时期生态用地的景观整体连通性指数(IIC)和可能连通性指数(*PC*)

Fig.4 The values of IIC and *PC* of ecological landscape in each town

2.4 自然和农业景观格局变化的驱动力

城乡结合部自然和农业景观的变化是不同尺度上多种力量共同作用的结果[31]。考虑到数据资料的可获取性,本研究重点分析三镇自然和农业景观的社会经济发展、土地利用规划和公共政策驱动力。

2.4.1 宏观社会经济驱动

由于缺乏足够镇域时间序列统计数据,三镇自然和农业景观变化的驱动力无法通过统计学模型分析。但是,通过一些零散的数据,也可以判断,近十年当地社会经济的快速发展对自然和农业景观具有重要影响。2000—2010 年,昌平区地区生产总值(现价)由 58.1 亿元增加到 399.9 亿元,伴随的是第二、第三产业的迅猛发展。特别是 2001 年北京奥运会的成功申办,北部地区再次成为北京城市空间发展的重点,带来奥北地区经济的繁荣,各类工业园区、批发市场、商业中心、会展中心、度假村和别墅区不断涌现,推动了区域 LUCC。奥北别墅区已成为北京市三大最知名的别墅区之一,其中大部分别墅分布在小汤山、北七家和东小口三镇,加剧了三镇土地的低密度利用。除了经济发展外,人口增长也常被认为是城乡结合部 LUCC 的最直接驱动力[14,32-33]。城市建成区面积的增加常常与城市人口的增长具有

高度的相关性[34-35]。根据全国第五次和第六次人口普查,2000—2010 年三镇常住人口急剧增加,由 12.16 万增加到 67.58 万,增加 457.98%;而同期三镇建设用地面积由 4039.90hm^2 增加到 6799.47hm^2,增加 68.31%,农业用地面积由 8035.47hm^2 减少到 2137.03hm^2,减少了 73.41%。可见,三镇人口的增长与建设用地扩张和农业用地的急剧减少存在密不可分的关系。但是,从人均建设用地来看,人口增长对城市建设用地的扩张和农业用地的减少的驱动作用在三镇存在较大的差异。2000 年三镇人均建设用地相差不大,均呈低密度发展模式;但到 2010 年,三镇差异悬殊,小汤山人均建设用地高达 395.71m^2,是东小口的 7.49 倍,北七家的 3.87 倍;十年间东小口和北七家人均建设用地大幅下降,而小汤山却小幅上升。从这一角度来看,人口的增长和建设用地的扩张、以及农业用地的减少并非简单的因果关系,而是一种相互促进的关系。一方面,三镇作为中心城区疏散人口的重要目的地,住房需求旺盛,促进了居住区和配套商业区的迅猛发展,以及建设用地的急剧扩张和农业用地的急剧较少;加上流动人口的大量涌入,也带动了当地"瓦片经济"[36]的繁荣,私搭乱建泛滥,加剧了建设用地的无序扩张。另一方面,土地财政促使地方政府大力推动工业园区、商业中心、批发市场的建设,促进土地的城镇化,并创造众多就业机会,促进人口的迁入和聚集。

2.4.2　土地利用规划驱动

土地利用规划往往控制着土地利用方向和规模,对区域 LUCC 具有不可忽视的影响。城乡结合部作为多尺度地理空间的一部分,自然和农业景观的演变自然受到多尺度土地利用规划的影响。

在市级层面,1993 年出台的《北京市城市总体规划(1991—2010 年)》中就明确要求,促进城市发展重点逐步从市区向郊区转移,建立由市区、卫星城、中心镇和一般建制镇组成的四级城镇体系,昌平区作为规划中的 14 个卫星城之一,需要承担市区延伸的部分功能。2005 年出台的《北京市城市总体规划(2004—2020)》进步一提出了构建"两轴-两带-多中心"的城市空间结构,昌平属于"两带"中的"西部发展带",并被规划为 11 个新城之一,承担疏解中心城区人口和功能、集聚新的产业,带动区域发展的功能;同时,规划将北京市域范围划分四个次区域,昌平山前平原被划分为西部次区域,作为北京市城市未来发展的重要地区。《北京市土地利用总体规划(2006—2020 年)》把北京市划分为四大土地利用区,其中,昌平平原区被划分为城市发展新区,作为北京发展现代制造业和现代农业的主要载体,也是北京疏散中心城区产业与人口的重要区域。城市发展新区的规划定位,使北京市在建设用地供给、产业布局方面向昌平平原区倾斜,促进了人口和产业的聚集,也导致了农业景观的大量丧失。根据北京市第五次、第六次人口普查数据,2000—2010 年,昌平区常住人口增加了 170.08%,是北京市常住人口增长率最大的区县,而这些新增的常住人口也多聚集于接近北京中心城区的昌平平原区。

在区级层面,《昌平区土地利用总体规划(2001—2010 年)》在"重点建设用地规模和布局"规划中指出,小汤山和北七家是规划期内全区重点安排建设用地的两个试点小镇,东小口则成为市区边缘集团的组成部分,主要安排市区的部分居住和工作用地。《昌平新城规划 2005—2020》提出构建昌平区"两轴一带,多点一城"的区域产业发展空间总体布局和"新城-重点镇-一般镇-边缘集团"的城镇结构;在产业布局方面,东小口、北七家和小汤山三镇均隶属于两轴之一的"东部发展轴",主要承担高档居住、休闲旅游及生态农业产业;在城镇布局方面,北七家和小汤山为重点镇,东小口为城市边缘集团。规划中三镇的定位分别为:东小口主要发挥为中心城内疏散人口的居住功能;北七家为北京市域北部为昌平及周边地区服务的商业物流中心,绿色生态环境建设区之一,昌平区东南部农村城镇化的主要承载地;小汤山镇为昌平东部的中心城镇,北京的旅游、度假、康复疗养、观光基地,现代农业示范区。由上可见,昌平区级规划已将三镇定位为重要的产业布局和城镇化区域。而从近年来的发展趋势来看,三镇基本上按照区级规划中的功能定位实现产业发展和人口布局。如东小口已建成天通苑、回龙观东区等大型生活小区,常住人口也由 2000 年的 4.41 万人增加到 2010 年的 35.94 万人,居住功能凸显;北七家已成为北京市北部重要的物流和服务性行业聚集区;小汤山已经形成了以九华山庄为龙头、近 50 家骨干企业为核心的温泉旅游会展资源集群。

除综合性规划外,北京市两道环城绿化隔离带

的规划建设是三镇包括林地和草地在内的自然用地面积不断增加的重要驱动因素。2000 年,北京市编制完成《北京市区绿化隔离地区总体规划》,并全面启动第一道绿化隔离带的建设工作。东小口镇大部分地域在第一道绿化隔离带范围内,2000 年开始实施“退耕还绿”,大片的耕地和水域被转换为林地和草地(图 2),到 2001 年已完成 1.2 万亩的绿化建设任务。2003 年,北京市批复《北京市第二道绿化隔离地区规划》,启动第二道绿化隔离建设工作。第二道绿化隔离地区范围是五环路至六环路,北七家镇大部分地域、东小口和小汤山的部分地域属于绿化隔离带中的楔形或组团间绿色限建区,要求空间建设用地比例,提高绿化覆盖率。绿色隔离带的规划建设助推了三镇绿化覆盖率的提高,大片耕地通过“退耕还绿”、部分旧村改造所腾退出来的土地通过绿化转变为林地和草地。然而,北京市绿化隔离地区的政策,更多地强调“绿化”,政府在缺乏足够实施资金的情况下,推出提出了“以绿养绿”的妥协性政策,通过牺牲一部分绿化面积进行土地开发以筹集绿化资金,而没有按照规划对建设用地扩张进行严格限制,导致绿色限建区建设用地面积比例远超过规划目标。

2.4.3 政策驱动

新千年以来,北京市陆续出台的一系列土地政策,在推动北京市城乡结合部自然和农业景观变化中发挥重要作用。特别是土地招拍挂制度以及建设用地储备和供应制度的建立,对北京市土地市场造成巨大影响,进而影响到城乡结合部地区的土地利用格局。在 2002 年以前,北京市土地使用权出让方式几乎全部为协议出让,政府部门常常采取大量低价供地方式吸引开发商开发,促进地方经济的发展。2002 年以后,北京市相继出台了一系列政策推动土地储备和招拍挂制度的建立,到 2004 年,已全面落实经营性土地使用权的招拍挂政策,强调在土地使用权出让中发挥市场对资源基础性配置作用。同时,为了促进土地的集约节约利用,2005 年,北京市出台《北京市国有建设用地供应办法》,用“年度供应计划”来调控土地市场,造成土地市场紧缺。土地市场的建立,使农业用地必须在土地市场上与竞租价格更高的建设用地进行竞争。当农业用地转变为获得许可的建设用地时,其价格急剧上升,这对当地政府、农村集体组织以及农户出卖土地使用权具有极大经济刺激作用[37]。加上土地限制供应,近郊区县政府更倾向于出让靠近城市中心区、土地竞拍价格更高的土地,以获取更大的土地收益。但同时也会造成靠近中心城区的城乡结合部地区建设用地的急剧扩张。

农村集体经济组织产权制度改革也是城乡结合部农村城镇化和农业用地流失的重要驱动因素。自 2003 年 2 月起,北京市开始在昌平区东小口镇的白坊、狮子营两个村进行农村集体经济组织产权制度改革试点工作,此后逐年推进。截止 2010 年底,三镇大部分行政村已完成改革工作。该项改革在按人口确定农户土地承包经营权的基础上,将农户土地承包经营权转化为股权,农户依据所持有的土地股权参与集体土地经营收益的分红。它保护了城市化过程中失地农民利益,提高了农民参与城市化和城乡经济社会一体化建设的积极性和主动性[38],耕地保护意愿降低。况且为了提高集体土地经营收益,农户和村集体更愿意将土地用途从农业用地转变为收益更高的第二和第三产业建设用地。因此,可以说农村集体经济组织产权制度改革是城乡结合部农业景观不断减少的助推剂。

此外,北京市郊旧村改造工作在改变城郊农村居民点用地空间格局中发挥重要作用。北京市的旧村改造工作始于 20 世纪 80 年代,先后对北京市郊区的一些试点村进行了改造。但当时的旧村改造缺乏必要的政策支撑,多零散进行,难以大规模推进。2005 年北京市政府出台《北京市远郊区旧村改造试点指导意见》,主要目的在于改变城郊旧村不符合可持续发展要求的低效率的土地利用模式;规定新村建设人均用地总量要控制在 150km^2 以内,并把“旧村改造完成后,除山区村庄外,应至少节约出 40%左右的发展用地”作为旧村改造完成后的验收标准之一。旧村改造在促进农村集体土地腾退、减少建设用地浪费、以及农村城市化中发挥着重要作用。本研究中,三镇一些零散分布的建设用地在研究期内转换为自然和农业用地(图 3),大多为旧村拆迁改造所腾退出来的土地。但是在旧村改造政策中,为了支持农村后续经济发展,允许整理出来的多余建设用地建设公租房或酒店产业,而且一些村庄打着旧村改造的旗号,违规建设小产权房,使一些村庄建

设用地超标,反倒加剧了土地的低效利用。

3　结论

城乡结合部自然和农业生态系统是确保城市生态安全的重要基础。但是城市的快速扩张常常使这些极为重要的自然和农业景观快速减少,造成区域生态系统稳定性和服务功能的急剧下降。本研究以北京市城乡结合部 3 个典型乡镇为例,开展快速城市化背景下城乡结合部自然和农业景观的时空演变规律和驱动因素研究,希望见微知著,为我国大城市城乡结合部地区土地利用规划和生态保护政策的制定提供科学支撑。研究得出如下结论:

(1)1999—2010 年,三镇经历了剧烈的 LUCC 过程。建设用地急剧扩张,伴随的是农业用地和水域面积的急剧减少;而得益于北京市城市绿化和两道环城绿化隔离带的建设,三镇林地和草地面积大幅增加,有异于很多城市城乡结合部林地和草地面积随着城市的扩张而不断减少的趋势。

(2)三镇各类土地利用类型间存在剧烈的相互转换过程。城市扩张使大片的农业用地和大量零散分布但却极其重要的林地和水域转换为城市建设用地;同时,城市新区的绿化和两道环城绿化隔离带的建设,也使大量的农业用地和农村居民点通过“退耕还绿”和“拆迁改造”等转换为林地和草地。尽管林地和草地总面积大幅增加,但伴随的是原有的人工成熟林和天然次生林生境的大量丧失。

(3)三镇新增建设用地大多分布于原有建设用地的周边,呈“成片蔓延”和“摊大饼”式的扩张特征。已有建设用地在空间上对相邻区域具有扩散效应,导致建设用地斑块面积的不断增大,以及周边自然和农业景观的不断减少,并导致建成区自然和农业景观的可达性和人居环境的不断恶化。

(4)伴随建设用地的急剧扩张,三镇自然和农业景观连通性急剧下降,城市扩张对当地生态系统空间结构的连通性、过程的连续性和服务功能的稳定性破坏明显。在空间上,三镇自然和农业景观连通性呈现明显的城乡梯度,离中心城区越远的乡镇,自然和农业景观连通性也越好。

(5)城乡结合部自然和农业景观格局的演变是社会经济发展、土地利用规划、公共政策等多种因素共同作用的结果。人口增加、经济增长是城乡结合部自然和农业景观变化最为直接的驱动力;但是土地利用规划和公共政策通过控制用地规模、影响人口和产业布局等,对城乡结合部自然和农业景观的演变也具有不容忽视的影响。限制城市建设用地的无序扩张政策的制定,需要考虑其驱动力的多维性和复杂性,采取更为综合的措施,而不应仅仅依赖于环城绿化隔离带的规划和建设。

References:

[1] Chen Y Q. Discussion on land use mode in rural-urban fringe. China Land Science, 1997, 11(4): 32-36.

[2] Torres-Lima P, Rodríguez-Sánchez L. Farming dynamics and social capital: A case study in the urban fringe of Mexico City. Environment, Development and Sustainability, 2008, 10(2): 193-208.

[3] Meert H, Van Huylenbroeck G, Vernimmen T, Bourgeois M, Van Hecke E. Farm household survival strategies and diversification on marginal farms. Journal of Rural Studies, 2005, 21(1): 81-97.

[4] Hara Y, Takeuchi K, Okubo S. Urbanization linked with past agricultural landuse patterns in the urban fringe of a deltaic Asian mega-city: a case study in Bangkok. Landscape and Urban Planning, 2005, 73(1): 16-28.

[5] Cory D C, Willis M B. Contagion externalities and the conversion of low intensity land uses on the urban fringe. The Annals of Regional Science, 1985, 19(2): 77-92.

[6] Gu C L, Chen T. Research on Metropolis Fringe in China. Beijing: Science Press, 1995.

[7] Fang S F, Gertner G Z, Sum Z L, Anderson A A. The impact of interactions in spatial simulation of the dynamics of urban sprawl. Landscape and Urban Planning, 2005, 73(4): 294-306.

[8] Vejre H, Jensen F S, Thorsen B J. Demonstrating the importance of intangible ecosystem services from peri-urban landscapes. Ecological Complexity, 2010, 7(3): 338-348.

[9] Song G, Wu C F, Wei D H. A study on the formation mechanism and optimization of land use structure of the area between city and countryside of Harbin city. Economic Geography, 2006, 26(2): 313-317.

[10] Chen M H, Chen Y B, Guo G H, Luo J B. Dynamic change of land use structure fractal characteristics of urban fringe: a case study in the extend south area of Guangzhou. Journal of Geo-information Science, 2011, 13(4): 520-525.

[11] Yang S, Chen S. The evolvement of rural-urban fringe and land use structure of rapidly urbanized area: A case study of Wuxi. Geographical Research, 2009, 28(5): 1255-1263.

[12] Tang X M, Chen B M, Lu Q B, Fang L N. Analysis on the landscape patterns change of land use in urban fringe area: a case study in Daxing district of Beijing. China Population, Resources and Environment, 2010, 20(8): 159-163.

[13] Wu Z Z, Song J P, Wang X X, Cheng Y, Zhang N. On urbanization process and spatial expansion in the urban fringe of Beijing: A case study of Daxing District. Geographical Research, 2008, 27(2): 285-293.

[14] Yu B H, Lü C H. Spatio-temporal characteristics and driving factors of farmland change on urban fringe: A case study of Shunyi district, Beijing municipality. Scientia Geographica Sinica, 2008,

28(3): 348-353.
[15] Meng J J, Yan F. Temporal and spatial variation of LUCC driving forces on the edge of metropolis: A case study of Changping district. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 2009, 45(2): 311-318.
[16] Treitz P M, Howarth P J, Gong P. Application of satellite and GIS technologies for land-cover and land-use mapping at the rural-urban fringe: a case study. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1992, 58(4): 439-448.
[17] Durieuxa L, Lagabrielleb E, Nelsonc A. A method for monitoring building construction in urban sprawl areas using object-based analysis of Spot 5 images and existing GIS data. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, 2008, 63(4): 399-408.
[18] Huang S L, Wang S H, Budd W W. Sprawl in Taipei's peri-urban zone: Responses to spatial planning and implications for adapting global environmental change. Landscape and Urban Planning, 2009, 90(1-2): 20-32.
[19] Cliff A D, Ord K. Spatial autocorrelation: A review of existing and new measures with applications. Economic Geography, 1970, 46: 269-292.
[20] Overmars K P, De Koning G H J, Veldkamp A. Spatial autocorrelation in multi-scale land use models. Ecological Modelling, 2003, 164(2-3): 257-270.
[21] Taylor P D, Fahrig L, Henein K, et al. Connectivity is a vital element of landscape structure. Oikos, 1993, 68(3): 571-573.
[22] Philippe C, Burel F. The role of spatio-temporal patch connectivity at the landscape level: an example in a bird distribution. Landscape and Urban Planning, 1997, 38(1-2): 37-43.
[23] Xiong C N, Wei H, Lan M J. Analysis of connectivity on greenland landscape inmetropolitan region of Chongqing City. Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(5): 2237-2244.
[24] Saura S, Torné J. Conefor Sensinode 2.2: A software package for quantifying the importance of habitat patches for landscape connectivity. Environmental Modelling & Software, 2009, 24(1): 135-139.
[25] Krutilla K, Hyde W F, Barnes D. Periurban deforestation in developing countries. Forest Ecology and Management, 1995, 74(1-3): 181-195.
[26] Leitmann J. A global synthesis of seven urban environmental profiles. Cities, 1995, 12(1): 23-39.
[27] Moffatt S F, Mclachlan S M. Understorey indicators of disturbance for riparian forests along an urban-rural gradient in Manitoba. Ecological Indicators, 2004, 4(1): 1-16.
[28] Radeloff V C, Hammer R B, Stewart S I. Rural and suburban sprawl in the U. S. midwest from 1940 to 2000 and its relation to forest fragmentation. Conservation Biology, 2005, 19(3): 793-805.
[29] Kuang W H, Shao Q Q, Liu J Y, Sun C Y. Spatio-temporal patterns and driving forces of urban expansion in Beijing central city Since 1932. Journal of Geo-Information Science, 2009, 11(4): 428-435.
[30] Wu J S, Liu H M, Huang X L, Feng Z. Dynamic evaluation on landscape connectivity of ecological land: A case study of Shenzhen, Guangdong Province of South China. Chinese Journal of Applied Ecology, 2012, 23(9): 2543-2549.
[31] Huang B R, Zhang H Z. The relationship between humans and the environment at the urban-rural interface: research progress and prospects. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(23): 7607-7621.
[32] Chen F, Chen G, Bao H S, Peng B Z. Analysis on land use change and human driving force in urban fringe. Journal of Natural Resources, 2001, 16(3): 204-210.
[33] Kombe W J. Land use dynamics in peri-urban areas and their implications on the urban growth and form: the case of Dar es Salaam, Tanzania. Habitat International, 2005, 29(1): 113-135.
[34] Xiao J, Shen Y, Ge J, Tateishi R, Tang C, Liang Y, Huang Z. Evaluation urban expansion and land use change in Shijiazhuang, China, by using GIS and remote sensing. Landscape and Urban Planning, 2006, 75(1-2): 69-80.
[35] Ma Y L, Xu R S. Remote sensing monitoring and driving force analysis of urban expansion in Guangzhou City, China. Habitat International, 2010, 34(4): 228-235.
[36] Liu Y. Analysis on the mixed economic form and driving factors in urbanrural fringe area: a case study on Haidian District, Neijing. City Planning Review, 2012, 36(10): 19-25.
[37] Zasada I. Multifunctional peri-urban agriculture—A review of societal demands and the provision of goods and services by farming. Land Use Policy, 2011, 28(4): 639-648.
[38] Li S Z. Thinking about the reform of property right system of rural collective economy: taking Changping District, Beijing for example. China Collective Economy, 2012, (22): 1-3.

参考文献:

[1] 陈佑启. 城乡交错带土地利用模式探讨. 中国土地科学, 1997, 11(4): 32-36.
[6] 顾朝林, 陈田. 中国大城市边缘区研究. 北京: 科学出版社, 1995.
[9] 宋戈, 吴次芳, 魏东辉. 哈尔滨市城乡结合部土地利用结构成因及优化对策. 经济地理, 2006, 26(2): 313-317.
[10] 陈明辉, 陈颖彪, 郭冠华, 罗俊彪. 城市边缘区土地利用结构分形特征的动态变化——以广州市南拓区为例. 地球信息科学学报, 2011, 13(4): 520-525.
[11] 杨山, 陈升. 快速城市化地区城乡结合部及其用地结构演变——以无锡市为例. 地理研究, 2009, 28(5): 1255-1263.
[12] 唐秀美, 陈百明, 路庆斌, 方琳娜. 城市边缘区土地利用景观格局变化分析. 中国人口·资源与环境, 2010, 20(8): 159-163.
[13] 吴铮争, 宋金平, 王晓霞, 成弈, 张宁. 北京城市边缘区城市化过程与空间扩展—以大兴区为例. 地理研究, 2008, 27(2): 285-293.
[14] 于伯华, 吕昌河. 城市边缘区耕地面积变化时空特征及其驱动机制——以北京市顺义区为例. 地理科学, 2008, 28(3): 348-353.
[15] 蒙吉军, 严汾. 大城市边缘区 LUCC 驱动力的时空分异研究——以北京昌平区为例. 北京大学学报: 自然科学版, 2009, 45(2): 311-318.
[23] 熊春妮, 魏虹, 兰明娟. 重庆市都市区绿地景观的连通性. 生态学报, 2008, 28(5): 2237-2244.
[29] 匡文慧, 邵全琴, 刘纪远, 孙朝阳. 1932 年以来北京主城区土地利用空间扩张特征与机制分析. 地球信息科学学报, 2009, 11(4): 428-435.
[30] 吴健生, 刘洪萌, 黄秀兰, 冯喆. 深圳市生态用地景观连通性动态评价. 应用生态学报, 2012, 23(9): 2543-2549.
[31] 黄宝荣, 张慧智. 城乡结合部人-环境系统关系研究综述. 生态学报, 2012, 32(23): 7607-7621.
[36] 刘玉. 城乡结合部混和经济形态与驱动要素分析—以北京市海淀区为例. 城市规划, 2012, 36(10): 19-25.
[38] 李素珍. 关于农村集体经济产权制度改革的思考——以北京市昌平区为例. 中国集体经济, 2012, (22): 1-3.