石河子市城市化过程中城市用地扩张的特征研究

唐 兵[1]，安瓦尔·买买提明[1,2]，张园园[3]

（1. 新疆师范大学 地理科学与旅游学院，新疆 乌鲁木齐 830054；2. 新疆师范大学 新疆城镇化发展研究中心，新疆 乌鲁木齐 830054；3. 新疆大学 资源与环境科学学院，新疆 乌鲁木齐 830046）

摘 要：以石河子市为研究区，利用 1990 年，1999—2000 年和 2009—2011 年的 Landsat TM/ETM$^+$ 卫星遥感影像解译的空间数据，在 GIS 的支持下，基于 Fragstats 3.3 软件平台，采用景观格局指数和城市扩展测度指标等分析方法，对研究区的城市扩张及其变化特征进行了分析。结果表明：（1）城市依规划而渐进建设的痕迹非常明显，城市东西两面的用地已基本用尽，城市的拓展方向现已依托综合建成区向北、向南扩展；（2）随着城市化的推进，城市景观格局类型与结构发生了明显的变化，人类活动是造成城市景观格局变化的重要因素之一；（3）在城市扩展速度和扩展强度方面，与区内其它主要绿洲城市相比存在较明显的差异，该城市扩展速度和扩展强度在全疆城市的排名中位居前列。

关键词：城市扩张；景观格局指数；石河子市

文献标识码：B **文章编号**：1000-288X(2013)02-0247-04 **中图分类号**：F293.2，F224

Characteristics of Urban Land Use in Process of Urbanization in Shihezi City

TANG Bing[1,2], ANWAER Maimaitiming[1,2], ZHANG Yuan-yuan[3]

(1. *School of Geographic Science and Tourism, Xinjiang Normal University, Urumqi, Xinjiang* 830054, *China*; 2. *Research Center for Urban Development of Xinjiang, Xinjiang Normal University, Urumqi, Xinjiang* 830054, *China*; 3. *College of Resources and Environmental Science, Xinjiang University, Urumqi, Xinjiang* 830046, *China*)

Abstract: Based on spatial data interpreted from Landsat TM/ETM$^+$ images of 1990, 1999—2000 and 2009—2011, we analyzed the land use characteristics during the process of urbanization in Shihezi City, using GIS and Fragstats 3.3 software platform with combined landscape index and urban expansion index. The results showed that the urban area was expanded in accordance with city planning gradually. The lands in east and west direction were almost exhausted of urban land, and the expanding direction has been shifted towards south and north surrounding the developed areas. In the course of urbanization, human activity played a huge role in forming landscape patterns. The growth rate and intensity ranked top in Xinjiang Area.

Keywords: urban land expansion; landscape metrics; Shihezi City

城市作为区域经济发展的核心与载体，城市的用地时空动态变化格局与过程逐渐成为现代土地利用过程的主要研究内容之一。城市用地扩展是城市化在空间上的最明显特征之一。城市化过程除了体现人口与经济的集中外，更能体现一个地域空间的动态变化过程，因此城市空间扩展可作为衡量区域城市化水平高低的重要指标之一，而城市空间的扩展及形态的变化也是城市形成和发展过程中的必经阶段[1-4]。目前，国内外学者对城市化过程中城市用地扩张的研究主要集中在两个方面：一方面是对土地利用/土地覆盖变化及其驱动力的分析研究[5-7]；另一方面是从景观生态学角度对城市化过程中景观格局的变化及其空间特征进行研究[8-10]。但上述研究所选择的研究区域主要集中在一些发达地区[11-14]，对新疆自治区这样欠发达地区在城市化过程中城市用地扩张的研究尚显不足。特别是地处西北干旱区的新疆自治区各绿洲城市，其空间形态及其变化的动力机制都显示出与其它地区不同的特征；其复杂性和多样性对城市形态学的理论研究具有特殊价值[15-16]。以新疆自治区的典型城市——石河子市为研究对象，利用

收稿日期：2012-06-04 修回日期：2012-08-28

资助项目：新疆维吾尔自治区社会科学基金重点项目“新疆推进新型城镇化建设研究”(10AJY003)；国家自科科学基金项目“塔里木盆地城镇化与自然灾害相互作用机制研究”(41061019)

作者简介：唐兵(1984—)，男(汉族)，新疆自治区乌苏市人，硕士研究生，研究方向为城市地理与规划。E-mail：252750704@qq.com。

通信作者：安瓦尔·买买提明(1973—)，男(维吾尔族)，新疆自治区策勒县人，博士，教授，主要从事城市化与区域发展方向的教学与研究。E-mail：anwaer@xjnu.edu.cn。

ERDAS,ArcGIS 和 Fragstats 3.3 软件提取不同时期石河子市城市空间形态信息,并在城市扩张研究中引入景观格局分析法来描述城市扩张的类型与结构,分析该城市在近 20 a 的城市化过程中城市扩展过程与形态变化特征,以期为绿洲城市的可持续发展提供科学依据。

1 研究区概况

石河子市地处欧亚大陆腹地,位于天山北麓中段、准噶尔盆地南缘,处于新疆自治区经济最为发达的天山北坡经济带的中心上,是天山北坡经济带的重要组成成员之一。地理坐标为 85°59′12″—86°08′13″E,44°15′13″—44°19′13″N。东邻玛纳斯县,南靠天山,西接克拉玛依市、奎屯市,北临古尔班通古特沙漠。石河子市是中国新疆生产建设兵团的第一个城市,在半个多世纪军垦特色文化的深厚积淀下,石河子市形成了以农场为依托,以工业为主导,工农结合,城乡结合,农工商一体化的具有典型兵团军垦精神特征的军垦文化名城。根据第 6 次人口普查数据,石河子市总人口约为 38.01 万人。

2 数据来源和研究方法

2.1 数据来源及处理

选取分辨率为 30 m 的、不同时相的 Landsat 系列遥感影像数据为数据源,数据源包括 1990 年,1999—2000 年和 2009—2011 年的 Landsat TM/ETM$^+$ 卫星遥感影像。遥感技术对研究区城市扩展研究具有重要意义,遥感技术可以很好地查明城市地域在空间和时间序列上的变化。基本技术路线为:(1) 利用遥感技术提取不同时相的遥感图像中城市建成区的边界,采用人工交互解译的方法,得到各不同时期城市建成区边界的矢量数据。(2) 在 ArcGIS 9.2 支持下,将不同时相的城市建成区解译数据进行空间叠置运算,获得时期城市用地的扩展图层,获取各研究时段内各城市建成区的空间变化信息。(3) 利用 Fragstats 3.3 景观分析软件对处理好的基础数据进行景观格局指数计算,以揭示研究区内的景观格局特征。

利用 ArcGIS 9.2 软件将影像解译分类后的结果输出成图,得到 1990,2000 和 2010 年城市建成区的空间变化信息。

2.2 研究方法

2.2.1 *景观格局指数* 景观是由大大小小斑块组成,景观元素在景观内空间分布的总体样式称为景观格局。景观格局指数是高度浓缩景观格局信息的数量指标,通常用来反映区域景观的结构组成和空间配置等特征。景观格局指数可分为斑块水平指数、斑块类型水平指数和景观水平指数,对某区域景观空间格局的研究,是揭示该区域空间变化特征的有效手段。

通过对研究区土地利用/覆盖类型及遥感影像光谱特征和分辨率的综合分析,本研究在斑块水平上和景观水平上选择了斑块数(number of patch, NP),斑块密度(patch density, PD),斑块分维数(patch fractal dimension, PFD)和最大斑块指数(largest patch index, LPI)等指标。NP 可用来指示景观或生境的破碎化。PD 可表征景观破碎化程度,PD 越小,表明景观较为完整,无明显破碎化现象;反之,说明此类斑块破碎化程度愈高,空间异质性程度也越大。PFD 可描述城市边界形状的曲折性和复杂性,并反映土地利用形状的变化及土地利用受干扰的程度。PFD 值的理论范围在 1～2,维数越大表示图形形状越复杂,当维数<1.5 时,说明图形趋向于简单;当维数等于 1.5 时,表示图形处于布朗随机运动状态,越接近于该值,稳定性越差;当维数>1.5 时,则图形趋于复杂。LPI 反映景观主体区域的扩展情况,反映景观变化受人类活动干扰的强度,是斑块水平上优势度的测量。主要指标的计算公式[17-19]为:

$$NP=N_i \tag{1}$$

$$PD=N_i/A \tag{2}$$

$$PFD=2\ln(0.25P_i)/\ln(A_i) \tag{3}$$

$$LPI=[\max(A_1,A_2,\cdots,A_i)/A]\times 100 \tag{4}$$

式中:N_i——景观中 i 类型斑块数;A——景观总面积;P_i——斑块类型 i 的周长;A_i——斑块类型 i 的面积。

2.2.2 *城市扩展测度指标计算* 城市用地的空间扩展是城市化进程的一个重要测度标志之一。对于城市空间扩张状况的测度,通过借鉴何丹[1]、刘雅轩[3]、刘盛和[20]等学者的研究成果和经验,发现用扩展速率(ES)和扩展强度(AGR)指标来分析和描述城市空间扩张状况较为客观,更具代表性。因此,文章选取扩展速率(ES)和扩展强度(AGR)指标来比较不同时段各研究单元建成区面积扩展的强弱、快慢及发展趋势。

城市用地扩展速度表示各城市建成区在研究时期内土地扩展面积年增长速率,用以表征各城市用地扩展的总体规模和趋势。扩展强度是某空间单元在某研究时段内的城市土地利用扩展面积占原空间单元总面积的百分比的平均值,实质是用各空间单元的土地面积来对其年平均扩展速度进行标准化处理,使不同时期城镇用地扩展的速度具有可比性。二者的计算公式[20-22]为:

$$ES=\{[(\frac{L_b}{L_a})^{\frac{1}{n}}-1]\times 100\%\} \quad (5)$$

$$AGR=\frac{UA_{n+j}-UA_j}{n\cdot UA_j}\times 100\% \quad (6)$$

式中:L_a——研究期初期土地面积;L_b——研究期末土地面积;UA_{n+j},UA_j——第 $n+j$ 年和第 j 年城市面积;n——研究时段,以年为单位的时间。

3　石河子市城市扩展动态变化特征分析

城市用地扩张的变化受经济发展、人口增长、城镇化、自然条件、区位条件及国家宏观政策等因素的影响,随着区域工业化与城镇化的快速发展,石河子市城市用地也发生了巨大变化,作为社会经济类驱动因素的城镇化(投资、就业驱动)和工业化(工业驱动)的发展,无疑是石河子市城市用地扩张的主导性驱动因素,并对区域内自然与人文环境产生了深刻影响。

3.1　在空间拓展模式变化上的特征分析

石河子市的城市建设从建城初期直到至今,"依规划而渐进建设"的痕迹非常明显,城市空间结构与用地布局具有鲜明的区域特征和个性。石河子市依据区域功能的不同,分成 3 个功能区:西区为工业区,中心区为商贸、文化、居住区,东面为开发区。随着城市化的推进,石河子市通过开发建设新城区,提升改造老城区,使得建成区面积由 10 a 前 25.6 km^2 扩大到现在的 54.0 km^2。城市现建成区为"团状"结构和"密实"的用地布局,历年拓展模式呈现连续、稳定、理性的扩张特征。

近些年来,随着石河子市区综合实力的提升,特别是石河子市经济技术开发区升格为国家级经济技术开发区以后,发展速度很快,优势凸现,城市东西两面的用地已基本用尽,如今城市的发展方向已开始依托综合建成区向北、向南扩展,实施生活区南移和产业北移的方针,因此 2000—2010 年城市建设用地扩展方向也主要是向北、向南进行扩展延伸,最终石河子市形成了"北拓南扩"的城镇格局和"北重南轻"的产业布局。

3.2　在景观格局指数变化上的特征分析

景观格局特征是石河子市城市化进程中各类景观类型相互作用的结果。对石河子市 1990—2010 年的景观格局指数进行分析表明,在近 20 a 间,石河子市城市景观结构发生了明显的变化,其城市扩展经历了由点到面的发展过程。由表 1 可以看出,斑块数量(NP)有减小的趋势,由 1990 年的 53 块下降到 2010 年的 43 块。一方面说明石河子市景观格局正在逐步趋于趋同化和规则化,多样性和破碎化程度的减小也是生态系统趋于不稳定的表现;另一方面说明城市在发展过程中,随着城市用地的向外蔓延、向内填充,邻近的小斑块将被逐渐合并为大斑块,造成斑块数减少。随着 NP 值的减小 PD 值也减小,即面状形扩展城市的斑块密度逐渐降低,表明城市扩张中其破碎化程度逐渐降低,空间异质性程度减小,景观完整性增强。

从表 1 可知,石河子市城市用地景观分维数呈上升趋势,并且 PFD 值始终大于 1.5,说明该类景观的斑块形状由简单变得趋于复杂,产生这样的变化的成因是与石河子市受城市化及房地产开发等土地利用变化的影响密不可分的。最大斑块指数(LPI)是显示城市建设用地最大斑块对整个类型或者景观的影响程度。分析表明,研究区的建设用地景观的最大斑块指数随时间变化呈显著上升趋势,说明建设用地的最大斑块面积对研究区总面积的影响程度不断加大;在城市化过程中,从面积上讲,建设景观面积显著上升,这是石河子市工业园区大量兴建及其所辖的北泉镇化工园区快速扩展的结果,可以说,人类活动对景观格局的影响是巨大的。

表 1　石河子市 1990－2010 年城市景观格局指数特征

年 份	斑块数 NP	斑块密度 PD	斑块分维数 PFD	最大斑块指数 LPI
1990 年	53	0.30	1.58	4.35
2000 年	40	0.23	1.60	11.86
2010 年	43	0.24	1.61	25.69

3.3　在城市扩展速度与强度变化上的特征分析

整体而言,随着经济的快速发展和城市化的不断深入,新疆自治区各城市建成区面积是不断增加的,但由于区内各城市的地理位置、社会经济的发展速度不同,导致各城市的年扩张速度方面差异比较明显。石河子市在城市扩展速度和扩展强度方面与区内其它主要绿洲城市相比,存在较为明显的差异(图 1)。

由图 1 可以看出,在近 20 a 里,石河子市无论是在城市扩张速度还是在扩张强度上,都处于全疆的前列,扩张速度由 1990—2000 年的 1.57 增长到 2000—2010 年的 2.58,两者扩展速度相差 1.01;而城市扩张强度由 1990—2000 年的 14.33 下降到 2000—2010 年的 9.16,虽然下降了 5.17,但是,其扩张强度在同时段全疆主要城市的排名中始终处于第 2 位,城市扩展强度相对较大,不仅是因为这座城市扩展速度较快,还和城市土地面积相对较小有关,从图 1 中不难发现,城市扩展强度较小的仍集中在土地资源相对富足的东疆地区的两市(哈密市和吐鲁番市)及南疆地区的部分城市,这些城市扩展速度慢,扩

展强度普遍较小。整体而言，与我国中东部城市相比，新疆自治区的各城市土地面积相对较大，且扩展速度整体较慢，因此造成了该区各城市普遍存在扩展速度相对较慢、扩展强度相对较小的局面。

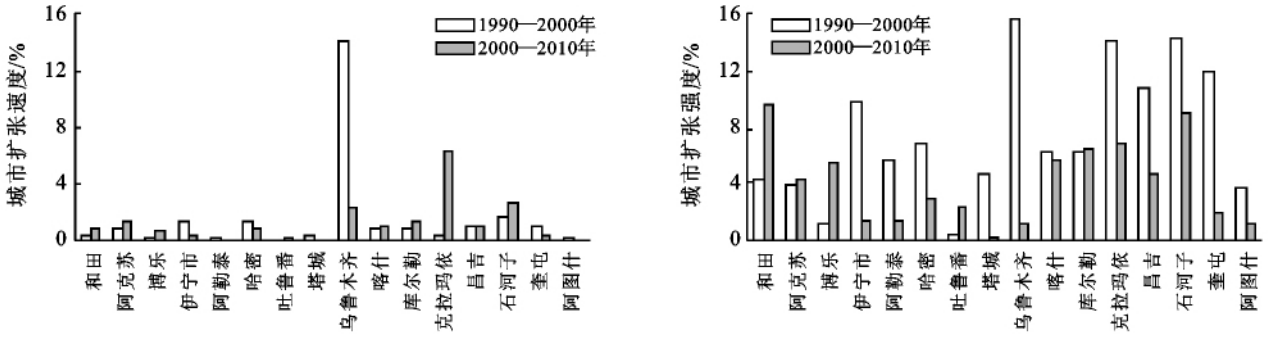


图 1 石河子市与全疆主要城市扩张速度及扩张强度的对比

4 结 论

(1) 随着石河子市工业化与城镇化的发展，引起了城市用地的巨大变化，同时在城市建设上“依规划而渐进建设”的轨迹非常明显，城市东、西两面的用地扩展迅速。向东已经发展到了市行政边界玛纳斯河；西面由于地质类型为Ⅲ类，不适宜建设用地，加之地形过于低洼，排水无出口，因此也不宜作为城市建设用地发展方向。如今城市的发展方向已开始依托综合建成区向北、向南扩展，形成以“北拓南扩”的城镇格局。

(2) 通过景观格局指数变化的分析发现，石河子市景观格局正在逐步趋于趋同化和规则化，城市扩张的破碎化程度逐渐降低，空间异质性程度减小，景观完整性增强，而斑块形状由简单变得趋于复杂，城市化过程中，建设用地的最大斑块面积对研究区总面积的影响程度不断加大；人类活动对景观格局的影响是巨大的。城镇化和工业化的发展无疑是石河子市城市用地扩张的主导性驱动因素。

(3) 在近 20 a 里，石河子市在城市扩张速度和扩张强度上，都处于全疆的前列。近 10 a 扩展速度尤为迅猛；而城市扩张强度近 10 a 虽有所下降，但是，与区内其它城市相比，其城市扩展强度依然较大，这与该区域经济的快速发展和城市化的不断深入密切相关。

[参 考 文 献]

[1] 何丹，蔡建明，周璟. 天津城市用地时空扩展研究[J]. 水土保持通报，2009，29(3)：68-72.

[2] 阿里木江·卡斯木，安瓦尔·买买提明. 近 40 a 来基于低分辨率遥感数据和 GIS 的全球城市时空变化研究[J]. 冰川冻土，2012，34(1)：214-220.

[3] 刘雅轩，张小雷，雷军，等. 新疆绿洲城市扩展与空间形态变化分析[J]. 水土保持学报，2009，23(6)：252-256.

[4] 徐枫，刘兆礼，陈建军. 长春市近 50 年城市扩展的遥感监测及时空过程分析[J]. 干旱区资源与环境，2005，19(7)：80-84.

[5] 李慧燕，常庆瑞，马廷刚，等. 铜川市土地利用/土地覆被动态变化研究[J]. 水土保持通报，2011，32(2)：211-214.

[6] 杨凯，曾永年，历华. 湘西山区土地利用变化及其生态环境效应研究：以张家界市永定区为例[J]. 水土保持通报，2007，27(6)：178-183.

[7] 曹霓，曹明明. 基于遥感的平顶山市土地利用及其景观格局变化研究[J]. 水土保持通报，2009，29(5)：123-126.

[8] 段瑞兰，郑新奇. 济南城市用地景观要素空间结构研究[J]. 山东师范大学学报：自然科学版，2006，21(1)：117-120.

[9] Luck M, Wu Jianping. A gradient analysis of urban landscape pattern: A case study from the Phoenix metropolitan region, Arizona, USA[J]. Landscape Ecology, 2002(17)：327-339.

[10] 田光进，张增祥，张国平，等. 基于遥感与 GIS 的海口市景观格局动态演化[J]. 生态学报，2002，22(7)：1028-1034.

[11] 李加林，许继琴，李伟芳，等. 长江三角洲城区城市用地增长的时空特征分析[J]. 地理学报，2007，62(4)：437-447.

[12] 龙花楼，李秀彬. 长江沿线样带土地利用格局及其影响因子分析[J]. 地理学报，2001，56(4)：417-425.

[13] 牟凤云. 广州城市空间形态特征与时空演化分析[J]. 地球信息科学，2007，9(5)：94-98.

[14] 张振龙，李少星，张敏. 南京市 1988—2007 年城市扩展空间要素分析[J]. 城市问题，2007(9)：25-31.

[15] 吴晓青，胡远满. 新疆绿洲城市扩展与空间形态变化分析[J]. 水土保持学报，2009，23(6)：252-256.

[16] 韩德林. 新疆人工绿洲[M]. 北京：中国环境科学出版社，2001：143-156.

(下转第 255 页)

[2] Juntunen M L, Hammar T, Rikala R. Leaching of nitrogen and phosphorus during production of forest seedlings in containers[J]. J. Environ. Qual.,2002, 31(6): 1868-1874.

[3] Zheng Shengxian, Nie Jun, Dai Pinan, et al. Nitrogen recovery and nitrate leaching of controlled release nitrogen fertilizer in irrigated paddy soil[J]. Agr. Ecosyst Environ, 2004, 5(3): 1-10.

[4] 刘方春,邢尚军,段春华,等. 腐殖酸缓效肥料的 NO_3^-—N 田间淋溶及土壤残留[J]. 环境科学,2010,31(7):1619-1624.

[5] 王小治,王爱礼,王守红,等. 蚯蚓粪作为坪床基质对草坪草生长的影响[J]. 生态与农村环境学报,2011,27(3):64-68.

[6] Atiyeh R M, Lee S, Edwards C A, et al. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth[J]. Bioresource Technology, 2002, 84(1):7-14.

[7] Arancon N Q, Edwards C A, Bierman P, et al. Influence of vermicomposts on field strawberries: Effects on growth and yields[J]. Bioresource Technology, 2004, 93(2): 145-153.

[8] 吕振宇,马永良. 蚯蚓粪有机肥对土壤肥力与甘蓝生长、品质的影响[J]. 中国农学通报, 2005,21(12):236-240.

[9] 赵海涛,吴海波,单玉华,等. 蚓粪复合基质对辣椒幼苗生长的影响[J]. 中国农学通报, 2010,26(12):147-153.

[10] 李潮海,王小星,王群,等. 不同质地土壤玉米根际生物活性研究[J]. 中国农业科学,2007,40(2):412-418.

[11] 靳正忠,雷加强,李生宇,等. 流动沙漠腹地灌木根际土壤微生物[J]. 应用与环境生物学报. 2010, 16(6): 759-764.

[12] Weyens V, Lelie D, Taghavi S, et al. Exploiting plant-microbe partnerships to improve biomass production and remediation[J]. Trends in Biotechnology 2009, 27(10):591-598.

[13] Campbell R, Greaves M P. Anatomy and Community Structure of the Rhizosphere[M]// Lynch J M. The Rhizosphere. Chichester: John Wiley and Sons, 1990: 11-34.

[14] Carvalhais L C, Dennis P G, Fedoseyenko D, et al. Root exudation of sugars, amino acids, and organic acids by maize as affected by nitrogen, phosphorus, potassium, and iron deficiency[J]. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 2011,174(1): 3-11.

[15] Bertin C, Yang Xiaohan, Weston L A. The role of root exudates and allelochemics the inrhizosphere[J]. Plant Soil, 2003, 256(1): 67-83.

[16] Krey T, Caus M, Baum C, et al. Interactive effects of plant growth-promoting rhizobacteria and organic fertilization on P nutrition of *Zea mays* L. and *Brassica napus* L.[J]. J. Plant Nutr. Soil Sci., 2011, 174(4): 602-613.

[17] 孟琳,张小莉,蒋小芳,等. 有机肥料氮替代部分化肥氮对稻谷产量的影响及替代率[J]. 中国农业科学,2009, 42(2): 532-542.

[18] 朱菜红,董彩霞,沈其荣,等. 配施有机肥提高化肥氮利用效率的微生物作用机制研究[J]. 植物营养与肥料学报,2010,16(2): 282-288.

(上接第 250 页)

[17] 魏义慧. 改革开放以来石河子垦区城镇化发展:问题与对策[J]. 区域经济,2011(7):62-63.

[18] 赵晓燕. 基于 GIS 的西安市城市景观格局分析及其优化对策[D]. 陕西 西安:西北大学,2007.

[19] 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[J]. 地理学报,2000,55(4):407-416.

[20] 王厚军,李小玉,张祖陆,等. 1979—2006 年沈阳市城市空间扩展过程分析[J]. 应用生态学报,2008,19(12): 2673-2679.

[21] 赵昕,胡召玲. 遥感技术在城市扩展中的应用研究:以江苏省徐州市为例[J]. 徐州师范大学学报:自然科学版,2006,24(2):67-73.

[22] 康红刚,孙希华. 基于 RS/GIS 的城市扩展及驱动机制研究:以济南市为例[J]. 地域研究与开发,2009,28(3):135-139.