

沙区城镇化过程的生态环境影响

侯阳¹, 张宇清^{1,2}, 吴斌^{1,2}, 赵紫阳¹, 石慧书²

(1. 北京林业大学 水土保持学院, 北京 100083; 2. 宁夏盐池荒漠生态系统定位研究站, 宁夏 盐池 751500)

摘要: 借助“3S”技术、景观分析软件及统计分析手段,对宁夏回族自治区盐池县北部风沙区 1989—2007 年的城镇化进程和景观格局变化进行了研究。结果表明,盐池县城镇化水平在 1985—1990 年迅速增长,变化速率在 54%~73.4%;1990 年后,城镇化水平减缓,由之前平均每年增长 3.88% 到平均每年减小 0.53%。城镇化过程中景观格局变化表现出多样性、均匀度、分离度、破碎度减小,集聚度增大的趋势。典型风沙区盐池县城镇化水平在过去的 20 a 中呈阶段性发展,景观格局的变化也表现出明显的阶段性。城镇化对生态环境建设有促进作用,两者相辅相成。在经济发展和正确的政策引导下,生态环境得到改善,特色的城镇化稳步发展。

关键词: 风沙区; 城镇化; 景观格局; 生态环境

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2013)01-0097-06

中图分类号: P291.1

Eco-environmental Impact of Urbanization Process in a Sandy Area

HOU Yang¹, ZHANG Yu-qing^{1,2}, WU Bin^{1,2}, ZHAO Zi-yang¹, SHI Hui-shu²

(1. College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;

2. Yanchi Research Station of Desert Ecosystem, Yanchi, Ningxia 751500, China)

Abstract: The process of urbanization and changes of the landscape in Yanchi County, Ningxia Hui Autonomous Region, a typical desert region, between 1989 and 2007 were studied with the support of the "3S" technology, landscape analysis software and statistical analysis. Results showed the level of Yanchi County's urbanization rapidly grew in 1985—1990 and the rate of change was between 54% and 73.4%. Since 1990, the level of urbanization has decreased slowly, from an average annual growth of 3.88% in previous time to an average annual decrease of 0.53%. In the process of urbanization, landscape pattern changes reflected the reductions of diversity, evenness, separation and fragmentation, as well as the increases of the aggregation. The urbanization level of such a typical desert region grew distinctly in the past 20 years, and landscape pattern changes also showed distinct phases. The influence of urbanization on the ecological environment is positive, complemented each other. Under the economic development and the right policy guidance, the ecological environment has improved and the specific urbanization has developed steadily.

Keywords: sandy area; urbanization; landscape pattern; ecological environment

随着我国城镇化的推进,乡村经济发展迅速,大量剩余劳动力进入第二、三产业,生产要素不断分化和重组,产业结构不断调整和改善。传统的乡村生产功能已不能满足乡村的可持续发展,资源开发利用和乡村生态环境变化受到关注。城镇的快速发展使景观格局不断变迁,呈现出不同的组合格局与空间表现形态,其中最直观、最显著的体现是乡村景观格局的变化^[1]。景观生态学的理论与方法在空间维度和动态视角下,为城镇化进程中乡村景观变迁研究提供了思路与方法^[2-4]。Forman^[5]提出斑块—廊道—基质

的景观空间镶嵌模型,成为景观生态学的研究基础。

从国内外干旱区城镇化与生态环境交互作用关系研究现状来看,国外学者多重视城镇化与生态环境交互作用机理研究,从经济发展与环境污染之间的关系出发,探讨城镇化对生态环境的影响^[6-7]。韩国、日本、荷兰、丹麦等国在土地利用制度变革、城镇化发展以及农村发展和生态环境建设等方面提供了参考^[8-10]。国内学者更多关注干旱区水资源紧张及生态恶化的原因^[11-12]。主要运用 EKC 模型、双指数模型和耦合度模型等定量分析手段,从城市人口集聚、经济增长、

收稿日期:2012-03-06

修回日期:2012-03-22

资助项目:“十二五”科技支撑计划课题“荒漠化地区退化土地治理与植被保育技术集成与示范(2012BAD16B02)

作者简介:侯阳(1986—),女(汉族),宁夏回族自治区银川市人,硕士研究生,主要研究方向为荒漠化防治。E-mail:houyang1203@sina.com。

通信作者:张宇清(1971—),男(汉族),宁夏回族自治区盐池县人,副教授,主要研究方向为荒漠化防治、复合农林。E-mail:zhangyq@bjfu.edu.cn。

空间扩展等角度,探讨城镇化与生态环境之间的交互作用^[13]。特殊的城镇化道路和必要的生态建设使城镇化对生态环境影响的研究具有深远的意义^[14-15]。

中国作为荒漠化最为严重的国家之一,经历着与西方国家不同的城镇化道路。沙区恶劣的自然环境和严峻的生存空间制约了当地社会经济的可持续发展,人居环境受到威胁。本文以宁夏盐池县北部风沙区为研究对象,考虑到盐池县地理位置特殊,位于毛乌素沙漠边缘,是典型的沙区城镇,常年受风沙危害,自然环境具有一定的典型性。同时,盐池县在 20 世纪 80 年代起,为了改善当地生态环境,陆续开展防沙治沙、退耕还林、封育禁牧等生态建设工程。2000 年开始旧城改造,新修农村住房和基础设施,新农村建设步伐加快,开始进入城镇化快速阶段。通过近年宁夏盐池北部风沙区城镇化建设引起景观格局的变化分析,揭示风沙区城镇化进程对生态环境的影响。

1 研究方法

1.1 城市化水平的度量

本文的研究重点是城镇化进程对沙漠化的影响,而非城镇化,所以采用城镇化测度方法中的主要指标法来描述城镇化水平。以研究区内非农业人口占总人口的比例来计算^[16-17],数据来源于盐池县统计局统计年鉴。

$$L_U = (1 - P_a/P_t) \times 100\% \quad (1)$$

式中: L_U ——城市(镇)化水平; P_a ——农业人口; P_t ——总人口。

1.2 景观格局指数的计算分析

研究采用 1989,2007 年 2 a 的盐池县土地利用图和卫星遥感图(附图 2),结合地面调查进行图形处理和景观单元归并分类,基于地理信息系统平台和在 Fragstats 3.3 软件的支持下,对景观要素图(地形图、土地利用现状图和行政区划图等)进行矢量化分析计算。

盐池县地处于农牧交错带,毛乌素沙地南缘,聚落格局受自然条件的影响较大,表现出明显的以居民点为中心,结合周边的土地格局,形成不同的空间构型。景观格局指数是指能够高度浓缩景观格局信息,反映其结构组成和空间配置的简单定量指标。主要包括 2 个部分,即景观单元特征指数和景观异质性指数。

本文采取分离度和分维度对景观单元进行量化,用多样性指数、均匀度指数、景观破碎度和优势度指数进行景观水平上的异质性分析^[18]。计算公式为:

(1) 分离度指数。某一景观类型中不同元素个体在空间分布上的分散程度。

$$F_i = \frac{\sqrt{n/A}}{2(A_i/A)} \quad (2)$$

式中: F_i ——分离度指数; n ——斑块数量; A ——斑块总面积; A_i ——斑块 i 所占斑块面积的比例。

(2) 分形维数。景观要素或板块类的边界褶皱程度,表明斑块受干扰的程度。

$$\text{MPDF} = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n 2 \ln \left(\frac{0.25 p_{ij}}{\ln a_{ij}} \right)}{N} \quad (3)$$

式中:MPDF——平均斑块分维数; p_{ij} ——斑块 ij 的周长(m); a_{ij} ——斑块 ij 的面积(m^2); N ——景观中斑块的数量; m ——景观类型数量; n ——某景观类型的斑块数。

(3) 多样性指数。多样性反映景观类型的多少和各景观类型所占比例变化。本文采用 Shannon 指数来表述公式为:

$$H_T = - \sum_{i=1}^n P_i \times \ln P_i \quad (4)$$

式中: H_T ——异质性指数; P_i ——景观类型 i 所占面积的比例; n ——景观类型数量。

(4) 均匀度指数。描述景观中各组分的分配均匀程度,其值越大,表明景观各组成成分分配越均匀。趋于 1 时优势度最低,说明景观中没有明显的优势类型且各斑块类型在景观中均匀分布。

$$E = \frac{H}{H_{\max}} = \frac{- \sum_{i=1}^n P_i \times \ln P_i}{\ln n} \quad (5)$$

式中: E ——均匀度指数; H ——Shannon 多样性指数, H_{\max} 为其最大值; P_i ——景观类型 i 所占面积的比例; n ——景观类型的数量。

(5) 景观破碎度。指景观被分割的破碎程度,斑块的破碎度与斑块数量呈正相关,与平均板块面积负相关,是描述景观受自然、人为等因素的干扰程度,包括整个趋于景观破碎度及区域内某一景观类型破碎度。

$$F_i = \frac{P_i}{Q} \quad (6)$$

式中: F_i ——景观类型 i 的破碎度指数,景观破碎度指数 F_i 越大代表景观越破碎; P_i ——景观类型 i 的斑块数; Q ——研究区所有景观类型的平均面积。

2 结果与分析

2.1 研究区城镇化进程

根据式(1)~(6)对盐池县 1989—2007 年的统计资料计算分析表明,这一时期在非农业人口总体上呈增加、国民生产总值增长的大前提下,盐池县的城镇化水平以 1995 年为转折点,1995 年前呈快速增加的趋势(图 1),之后逐步降低,存在着明显的阶段性。1985—1995 年城镇发展快速,城镇化水平变动在

54.0%~73.4%;1995—2007 年城镇化水平缓慢下降且变化不均匀,城镇化水平变化在 73.4%~64.3%。

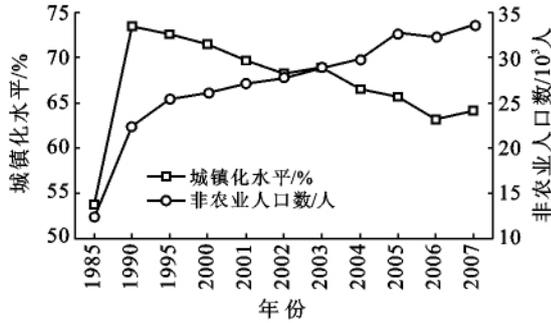


图 1 盐池县 1985—2007 年非农业人口和城市(镇)化水平变化

2.2 研究区各乡镇土地利用变化

城镇的发展使村落分布、道路网络、乡村社会生活、经济状况等都发生了明显的变化,这些变化在土地利用方式上表现得更为直观^[19]。

从 1989—2007 年土地利用总的趋势来看,草地、耕地、林地、沙地等这些表征生态状况的用地比重明显大于生产用地,且生活用地也多分布在以草地为主的耕地、沙地相间分布的模式中^[20]。林地和草地增长率较高,但草地相对林地更加稳定;耕地、沙地及未利用地面积明显减小(图 2),由最初粗放式的农牧业生产为主逐步转为以生态建设为主,土地沙化得到有效控制,植被恢复明显。5 个乡镇土地利用的情况存在差异,冯记沟乡和青山乡的耕地面积减小,林地、建设用地比重增大。这说明生态环境改善的同时,城镇化推动农业产业结构调整及厂矿用地的开发增大了土地利用程度。花马池镇相对其他乡镇主要表现为林地和稳定水域的增加,扬黄灌溉的政策实施为区域农业发展提供条件,又位于县政府所在地,城镇化使交通用地和居民点得到发展。高沙窝镇沙化威胁最严重,新农村建设使大部分居民点外迁。王乐井乡耕地面积仍占比重较高,这与其以特色农产品种植与畜牧业为主的产业规划有关。

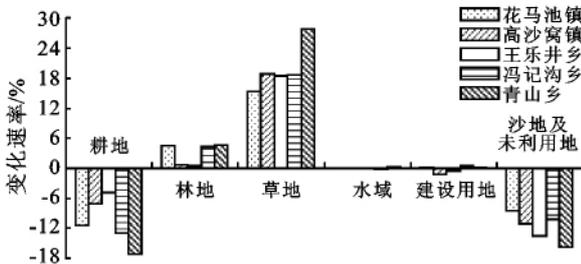


图 2 1989—2007 年研究区土地利用变化

从各土地类型从不同时间段的变化来看(图 3), 1989—1995 年变化最快的是未利用地,年变化速率达到 5.9%。1995—2000 年林地变化速率达到 11.1%,水域变化也较明显,达到 8.9%。2000—2007 年建设用地、沙地、耕地面积年变化速率分别达到 -8.7%,-7.8%和 -6.7%,同时草地面积以每年 4.4%增长。由此可以看出,土地利用类型比重的巨大转变,与近年来实施治沙造林、封育禁牧、退耕还林、恢复植被等政策有关。

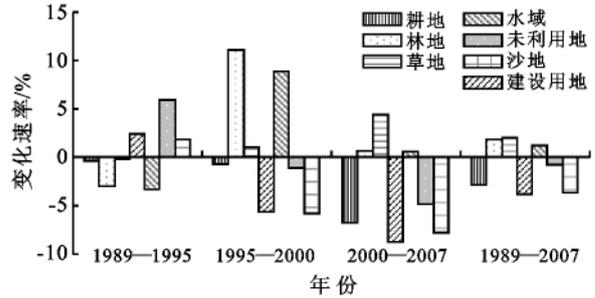


图 3 研究区土地利用类型变化速率

2.3 研究区景观格局的变迁

2.3.1 景观结构变化 从 1989—2007 年 5 个乡镇景观结构指数变化来看,5 个乡镇均表现出草地的面积比重均增大,斑块数量明显减少的同时,平均斑块面积增大,草地大面积形成,聚集度高;耕地面积比重减小的同时,斑块数量和斑块平均面积减小,耕地得到整合,破碎度大幅下降(图 4);沙地的景观结构指数均减小,且减小幅度呈现出斑块面积比重>斑块平均面积>斑块数量,可知近 20 a 沙地面积迅速减小,大斑块萎缩,原集中连片沙地被分割成零星分布的小斑块,但斑块数量减小程度低,部分破碎的小斑块仍在连通,仍存在潜在沙化威胁。林地和建设用地斑块数量增加,平均斑块面积减小,破碎度较大。其中沙埋灾害严重的高沙窝镇因居民点外迁,耕地面积比重减小,斑块数量相对较大,破碎度大于其他 4 个乡镇。青山乡与冯记沟乡在政府引导下大力发展林业,有效实施退耕还林还草政策,但随着面积比重、斑块数量增大,平均斑块面积减小幅度更大,表现出林地景观较大的破碎度。花马池镇由于位于县政府所在地,林业发展快速,同样表现为林地、沙地及未利用地破碎度增大,耕地、草地、建设用地高度集中。近 20 a 耕地和沙地集中分布的王乐井乡,耕地整合,沙地进一步破碎,居民点的迁出也使建设用地逐渐被草地景观代替。

2.3.2 景观单元变化 1989—2007 年草地、林地、耕地分离度均下降,沙地及未利用地在空间上分布的

分离程度增大明显,表现出更高的稳定性。5 个乡镇的分形维数变化体现了各区域不同的农牧经济发展和自然条件差异对景观格局的影响(图 5)。

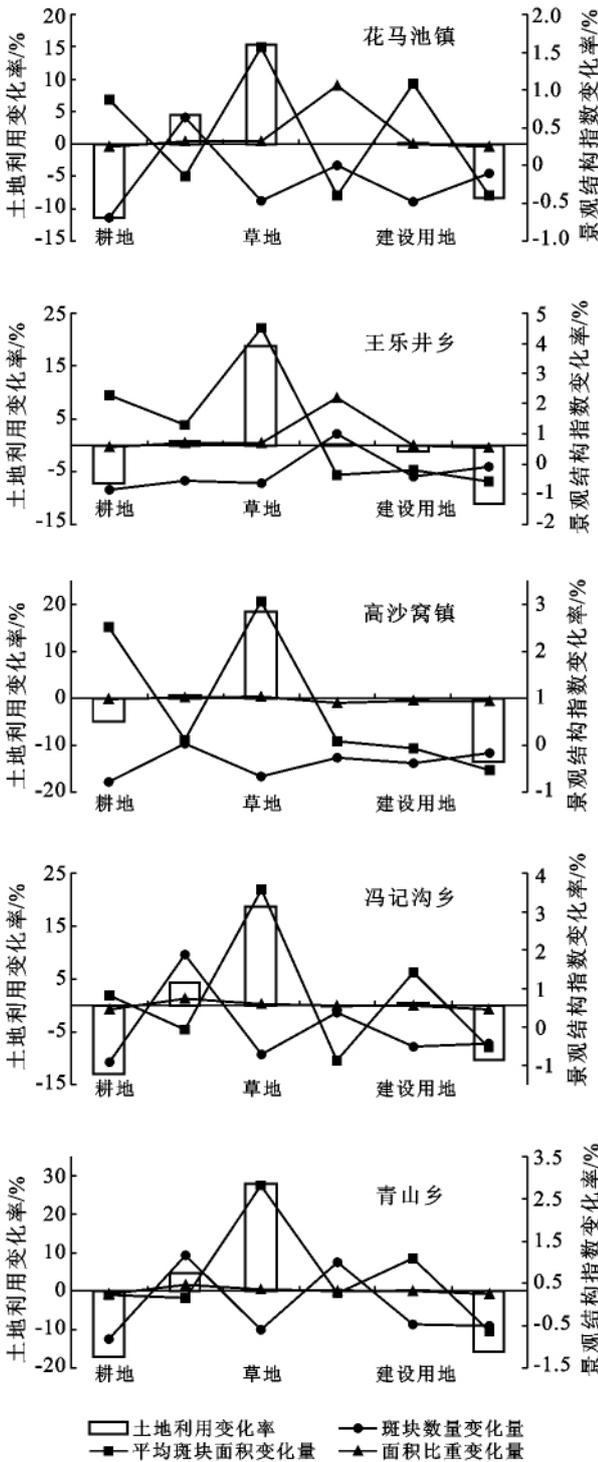


图 4 1989—2007 年盐池县主要乡镇景观结构指数

随着城镇化发展,各乡镇新增居民点和基础设施的建设、工矿用地的扩张、道路交通在镇域经济中的地位越来越突出,建设用地分维数增大,景观斑块不规则趋势增强,景观轮廓越来越复杂。沙地及未利用

地表现出景观斑块形状更加简单规整,复杂程度减小,不稳定程度提高。高沙窝镇、冯记沟乡和青山乡的耕地分形维数减小,复杂程度降低,在各土地利用类型相互转化中易转化为沙地。但林草地的扩张可以遏制沙化,结合林草地的变化情况可知青山乡相对其他乡镇土地更易沙化。高沙窝镇天然水域面积积极少且极易干涸,景观分形维数的增加表现出水域极易转化成为盐碱地,生态环境受到威胁。

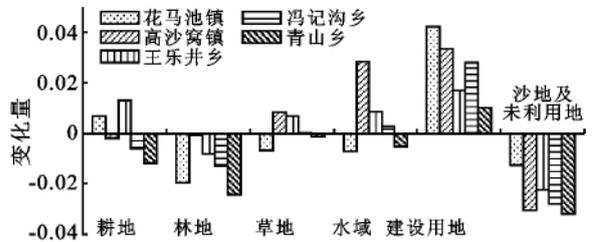


图 5 1989—2007 年盐池县主要乡镇景观单元指数

2.3.3 景观异质性变化 5 个乡镇景观异质性指数变化均表现出多样性、均匀度、破碎度、分离度减小,聚集度增大的趋势(表 1)。其中,多样性指数均减小,说明各景观要素类型所占面积比例差异增大。均匀度变化较大的是青山乡和冯记沟乡,其余乡镇有微弱的减小趋势,说明由原来景观斑块分布不均匀,人为干扰较大,逐渐趋于斑块分布均匀,人为干扰逐渐减轻的态势。从破碎度来看,镇域内林地、耕地、草地成片分布,在农业生产结构向以草畜、林业为主迅速转变过程中,农业规模经营,企业集聚发展,可以预测,随着农业现代化水平的不断提高和集聚化推进,各乡镇景观破碎度将进一步减小,同时聚集度指数进一步增大。

表 1 1989—2007 年盐池县主要乡镇景观异质性指数变化

指标	花马池镇	高沙窝镇	王乐井乡	冯记沟乡	青山乡
多样性	-0.15	-0.33	-0.25	-0.39	-0.45
均匀度	-0.08	-0.19	-0.14	-0.22	-0.25
分离度	-0.24	-0.34	-0.25	-0.29	-0.43
聚集度	4.19	6.36	4.27	3.75	5.81
破碎度	-1.73	-2.05	-0.90	-0.17	-0.01

2.4 城镇化对生态环境的阶段性的影响

1985—1990 年非农业人口迅速增加,国民生产总值 173.8 元/人,新农村建设、道路的发展和工业的起步使建设用地面积增大。该时期内农业活动迅速增长,不合理的农作灌溉方式使沙地及未利用地快速增长,且沙地斑块数量、平均斑块面积增大,斑块密度增大,这与当地农民在经济落后情况下不合

理的挖甘草、搂发菜等行为有关。草场被破坏,沙地大面积集中连片分布,局部沙化程度加大,生态环境受到威胁。

1990年后城镇化水平逐渐降低,到2000年时降至69.8%。非农人口数量进一步扩大,10 a内国民生产总值增长了180.3元/人,经济稳步增长。经济的发展使农业产业得到调整,生态环境在外界的干扰下各景观不断变化,沙地景观破碎度增大,分布越来越离散。同时,1995—2000年生态环境建设受到重视,大面积治沙造林使得这一时段林地和草地面积增加,研究区生态环境逐步得到改善,但沙漠化被遏制的同时其他土地类型也在向沙地类型转化,沙漠化现象不容忽视。

2000—2007年退耕还草、封育禁牧政策的有效实施,沙化治理效果明显,扬黄灌区的建设为垦殖创造了条件,更加集中化的用地使草场进一步得到保护。草地面积的增加又极大地促进了林业和牧业发展,农业规模和产出价值的增大使经济发展水平提高。到2007年时国民生产总值达1007.5元/人,已比城镇化初期增长了85.0%,这期间城镇化稳步发展。

3 景观格局变化的驱动力分析

3.1 人口集聚

随着乡村城市化、工业化和农业现代化水平的提高,大量乡村剩余劳动力向城镇集中,从而使居住在乡村的总人口不断下降,城镇用地面积大幅度扩张,大量小村落衰退。从整个县城来看,人口向中心镇集中的趋势明显,其中花马池镇人口占全县城镇人口的34.2%。总体来看,盐池县人口密度由新中国建设初期的3.99人/km²,增加到2005年的24.15人/km²。人口增长率从80年代起递减,人口密度在1988—1992年迅速增长,乡村人口的高度集中的同时,土地承压增加。

自然环境恶劣的沙区,人口增长引起对生活资料需求的增长,落后的生产经营方式和对资源不合理的利用造成生态环境持续恶化。由于区域土地资源有限,农业生产也进一步改革,种植业畜牧业的高度集中。推行中心村建设以来,村庄数量大幅度下降,不仅在空间分布上利于区位扩展,人口也向着规模较大、经济基础较好的村庄集中。由此整个乡村景观要素重新进行组合,呈现出新景观格局。

3.2 社会经济的发展

耕地的大量流失是经济快速发展地区面临的一个普遍问题,表明经济是耕地数量变化的主要驱动力

之一。乡村景观格局的变化是在耕地资源变化机制的基础上发生。在经济效益的驱动下,农业产业结构不断优化,为保障盐池县特色产业畜牧业的发展,为实现草原和牲畜的动态生态平衡,由过去偏重种植业与放牧业逐渐转向种植优质牧草,“以种促养,以养增收”的方式不仅提高了农业的附加值,还开拓了更大的特色农产品市场。经济快速发展带来城镇的迅速扩张,盐池县1989年城镇建设总面积到2007年增加为8557.7 km²。由于城镇位于风沙区,耕地基本上均为旱地,少数乡镇有少量水浇地,盐池县城镇建设用地来源是草地和耕地,伴随经济发展,农业经济的发展和产业结构的调整,交通各类线状基础设施的建设对景观进行规则的切割增大了景观的边界密度,降低了景观的连通性。

3.3 生产技术

乡村农业生产水平的提高明显地影响乡村景观格局。通过20 a多的发展,盐池县农业机械化水平大幅度提高,粮食作物播种的机耕率提高到目前的27.9%,机电排灌率17.4%,农业生产现代化生产逐步形成。随着农业生产规模的扩大和农业的产业化经营,大中型农用机械急剧增长,2009年末全县拥有农业机械总动力 3.62×10^5 kW,同比增长5.5%。小型农用机械同比下降1.0%,呈现出缓慢下降的趋势,从而显示出农业已经进入机械化生产,保证了在耕地面积减小的情况下,粮食产量有所增加。扬黄灌区建设,结合滴灌和喷灌等节水措施,发展拱棚和日光温室等设施农业,极大改善了农牧业生产条件,资源利用情况略有好转。同时,充分利用珍贵的水资源,有利于沙地治理项目实施和生态的恢复。

3.4 政策因素

生态保护政策是盐池北部风沙区土地利用变化最重要的驱动因素,20世纪90年代后期,盐池县各乡镇实施人工造林、禁牧封育、退耕还林还草,极大促进了研究区土地利用时空变化。西部大开发加大新农村建设的步伐,结合自身特殊条件,以协调发展草畜、改善生态环境、促进经济发展为目标,促使人口向城镇集中,工业向园区集中,农业逐渐向规模经营转变。在经济的驱动和政策的引导下进行村镇调整,一些村镇在快速繁荣的同时另一些村镇则逐渐衰败,乡村聚落景观格局由分散格局缓慢向聚集转变。

在经济政策的影响下,各地根据自然禀赋、经济基础和区位条件发展壮大优势产业,特别是滩羊集中养殖和优势农产品基地的规划与建设大大改变了乡村景观格局。现在乡村景观的差异除了自然景观以外,还与农产品、距离城市的位置有着密切的关系。

从空间布局上,花马池镇、高沙窝镇、冯记沟乡、王乐井乡、青山乡的景观格局变化的差异在于优势农产品基地的不同分布。其中重点镇花马池镇以商贸物流、建材、石化、农产品深加工等产业为主,高沙窝镇着重发展煤炭石油开采、发展新型能源为主。从龙头企业规划与发展来看,王乐井乡、青山乡主要重点发展畜牧业,特色种植,以畜牧产品加工及深加工为主,而在相邻区域仍保持自然景观,形成了不同的乡村景观。

4 结论

盐池县典型荒漠地区城镇化进程对区域生态环境的影响具有阶段性。从整体上来看,城镇化发展极大地促进了生态环境建设,在经济发展和正确的政策引导下,两者相辅相成,生态环境得到改善,特色的城镇化道路稳步发展。

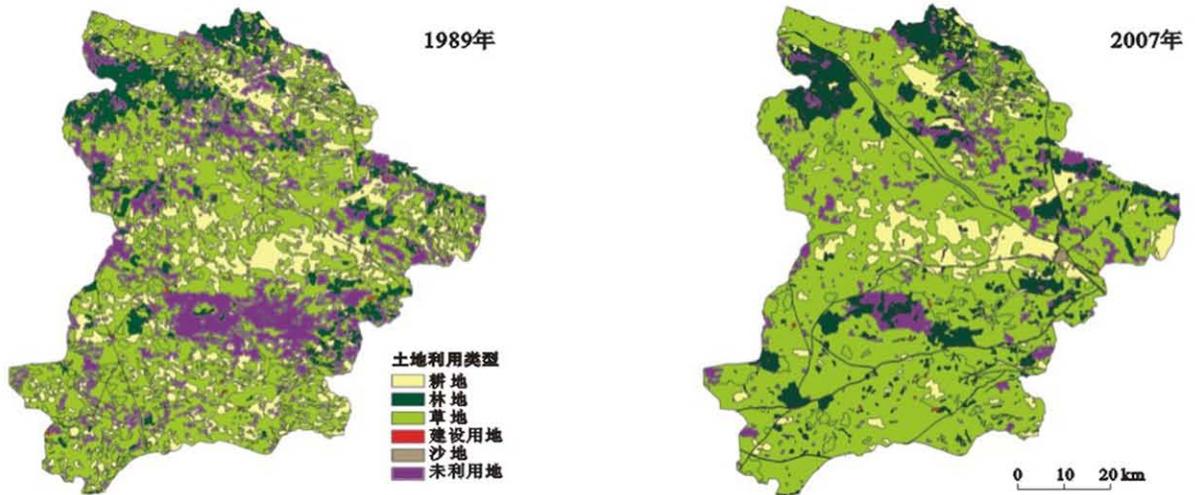
城镇化对生态环境的直接影响体现在土地利用格局的变化,景观破碎度的减小最具代表性。植被的恢复和连通使沙地蔓延受到抑制,生态环境良性发展,而经济产业规模化生产和农民生活方式的转变也间接地影响了生态环境的变化。如选择适应干旱环境的作物,退耕并调整用地投入,合理安排生产要素,降低灾害风险,种植业产值不断增加,农民生活得到改善的同时,区域生态环境和局部生境得到改善。综合分析 1989—2007 年城镇化与生态环境建设相互作用的发展过程,可知,区域农村经济的发展和土地生态环境的改善首先依靠正确的政策导向和科技的发展,而城镇化也在某种层面和意义上赋予了两者生命力和执行力。

[参 考 文 献]

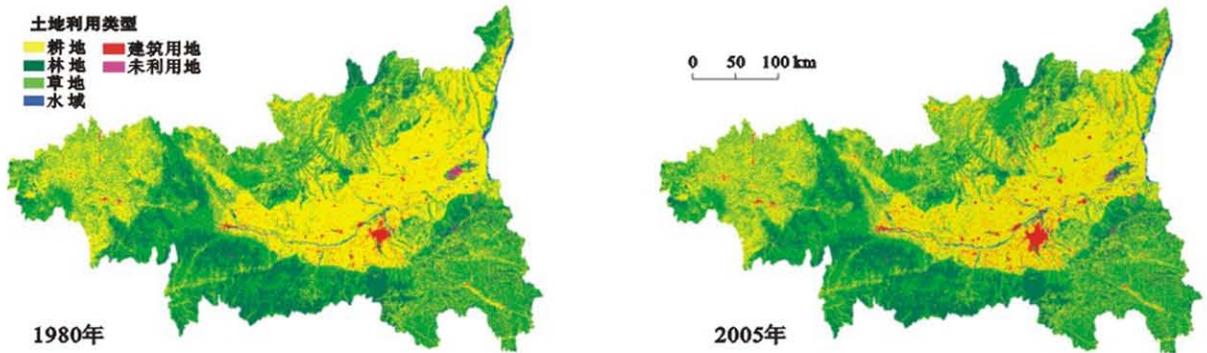
- [1] 高凯. 多尺度的景观空间关系及景观格局与生态效应的变化研究[M]. 武汉:华中农业大学,2010:41-48.
- [2] 俞孔坚. 景观:文化、生态与感知[M]. 北京:科学出版社,1998:32-38.
- [3] 邬建国. 景观生态学—格局、过程、尺度与等级[M]. 北京:高等教育出版社,2007:106-158.
- [4] 傅伯杰. 黄土区农业景观空间格局分析[J]. 生态学报,1995;15(2):113-120.
- [5] Foraman R T T. Land Mosaic: the Ecology of Landscape and Regions[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1995:133-142.
- [6] 杨晓晖,慈龙骏. 基于遥感技术的荒漠化评价研究进展[J]. 世界林业研究,2006,19(6):11-17.
- [7] 迈克—克朗. 文化地理学[M]. 南京:南京大学出版社,2003:233-273.
- [8] 刘黎明,Rim SangKyu. 韩国的土地利用规划体系和农村综合开发规划[J]. 经济地理,2004,24(3):383-386.
- [9] 李水山,许泳峰. 韩国的农业与新村运动[M]. 北京:中国农业出版社,1995,22(9):84-88.
- [10] Park J K. Rural land use in Korea[C]//Rura Land Use in Asia and Pacific. Tokyo: APO, 1992:260-272.
- [11] 高志海,李增元,丁国栋,等. 基于植被降水利用效率的荒漠化遥感评价方法[J]. 中国水土保持科学,2005,3(2):37-41.
- [12] 刘滨谊. 人类聚居环境学引论[J]. 城市规划汇刊,1996,4(4):5-11.
- [13] Al-Dabi H, Koch M, Al-Sarawi M, et al. Evolution of sand dune patterns in space and time in north western Kuwait using landsat images[J]. Journal of Arid Environments, 1997,11(36):15 -24.
- [14] 李锋,孙司衡. 景观生态学在荒漠化监测与评价中应用的初步研究:以青海沙珠玉地区为例[J]. 生态学报,2001,21(3):484-485.
- [15] 张文和,李明. 城市化定义研究[J]. 城市发展研究,2000,5(1):30-32.
- [16] 葛永军,许学强,阎小培. 中国城市化水平的综合判断[J]. 人文地理,2003,18(1):49-52.
- [17] 苏伟忠. 基于景观生态学的城市空间结构研究[D]. 南京:南京大学,2005.
- [18] 赵景柱. 景观生态空间格局动态变化指标体系[J]. 生态学报,1990,10(2):182-186.
- [19] 边学芳,吴群,刘玮娜. 城市化与中国城市土地利用结构的相关分析[J]. 资源科学,2005,27(3):73-78.
- [20] 吴秀芹,张艺潇,吴斌,等. 沙区聚落模式及人居环境质量评价研究:以宁夏盐池县北部风沙区为例[J]. 地理研究,2010(9):29-31.



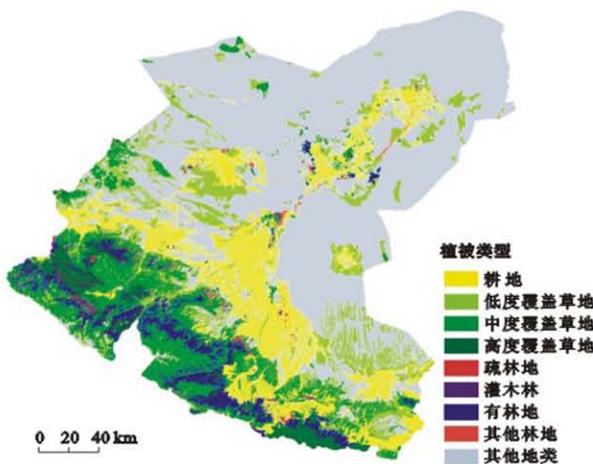
附图1 靖边县1990年各土地利用类型转变为2010年耕地、林地、草地的情况



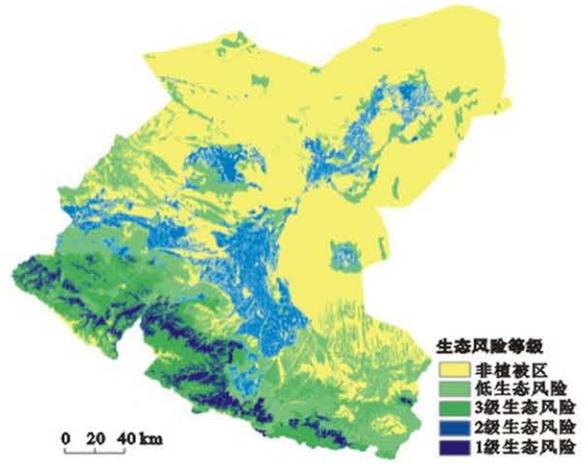
附图2 1989, 2007年盐池县北部风沙区土地利用类型分布



附图3 1980年和2005年关中-天水经济区土地利用景观



附图4 石羊河流域植被类型空间分布



附图5 石羊河流域生态风险等级空间分布