

河西走廊土地利用/覆盖变化的景观生态效应

——以肃州绿洲为例

蒙吉军¹, 吴秀芹², 李正国¹

(1. 北京大学环境学院资源与环境地理系, 地表过程分析与模拟教育部重点实验室, 北京 100871;

2. 北京林业大学水土保持学院, 北京 100083)

摘要: 近来, 在土地利用/覆被变化研究中, 都纷纷结合景观格局变化分析模型来研究其空间结构变化趋势及其生态效应, 以期
为土地持续利用规划设计提供依据。景观格局及其变化既是各种干扰因素相互作用的结果, 又影响着区域的生态过程。运用景
观生态学原理, 借助GIS技术(Arc GIS8. 1)和Fragstas 3. 3 软件, 基于1988、2000 年Landsat 5 的4、3、2(RGB)波段合成影像解译
结果, 对河西走廊中西段肃州绿洲LUCC 及其景观生态效应进行了研究。结果表明: (1)受自然地理要素的影响, 景观类型空间
分布表现出明显的区域差异。耕地主要分布于水系两岸和河流冲积扇; 草地主要分布于祁连山地及绿洲边缘; 林地主要分布于
河流两岸、祁连山北坡一带; 戈壁、沙漠广泛分布于绿洲之间, 景观格局呈现出以戈壁为基质的戈壁、绿洲、沙漠相间分布的态
势; (2)各土地利用类型及景观格局指数均发生了重要变化, 耕地、水域明显增加, 城镇用地和农村居民点也逐步增加, 草地、林
地和未利用地呈减少趋势, 尤其是高覆盖度草地全部消失; (3)斑块破碎化程度在减小, 异质性也在减小, 但生态环境质量仍在
下降, 表现为大部分草地、林地被开垦为耕地, 降低了绿洲维护生态平衡的能力, 加大了干旱绿洲业已超负的水资源载荷; (4)景
观中斑块优势度在减小, 斑块类型在景观中趋于均匀分布, 异质性的减小和均质化发展必然导致景观稳定性的降低; (5)林地和
草地边缘效应降低, 使其对周围斑块类型的影响相应减小, 原有的景观生态功能减弱; 相反, 水体、盐碱地和裸地边缘效应有所
增强, 盐碱地和裸地等对景观发展影响的增强则是景观退化的表现。

关键词: 土地利用/覆被变化; 景观生态效应; 河西走廊中西段; 肃州绿洲

Land use/cover changes and its landscape ecological effects in the middle western Hexi Corridor: A case study of Suzhou oases

MENG Ji-Jun¹, WU Xiu-Qin², LI Zheng-Guo¹ (1. Laboratory for Earth Surface Processes, The Ministry of Education, Department of Geography, Peking University, Beijing, 100871; 2. College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083). *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(11): 2535~2541.

Abstract: In recent years, landscape pattern is often combined with land use/land cover changes to study the tendency of structure changes of land use/land cover and their ecological effects. Therefore, it can provide foundation for the planning and designing of sustainable land use. Landscape pattern is the result of different disturbing factors, which in turn, affects the ecological processes of regions. Suzhou was selected as the study area. It is located in the middle western Hexi Corridor. Studies on land use/land cover changes and their landscape ecological effects were carried out by GIS and Fragstats 3. 3 according to landscape ecology principles on the basis of two composite Landsat 5 TM (Thematic Mapper) images of band 4, 3, 2 taken in 1988 and 2000. The results show the following occurred in the past 12 years: Firstly, landscape types are spatially different because of various different natural geographical conditions. For example, Cropland is mainly situated on both sides of the river and on the flood plain, while grassland is mainly located in the Qilian mountains and on the edge of the oasis. In addition, forestland is mainly distributed on both sides of the rivers and on the north slope belt of Qilian mountain. The Gobi

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40101002)

收稿日期: 2003-12-22; **修订日期:** 2004-05-27

作者简介: 蒙吉军(1971~), 男, 博士, 副教授, 主要从事综合自然地理学、土地利用/覆盖变化研究。E-mail: jijunm@pku.edu.cn

Foundation item: National Natural Science Foundation of China (No. 40101002)

Received date: 2003-12-22; **Accepted date:** 2004-05-27

Biography: MENG Ji-Jun, Ph. D., Associate professor, mainly engaged in integrated physical geography and LUCC.

and desert are broadly situated among oases, landscape is particularly characteristic patterns of Gobi. The oasis and desert are connected to each other tightly on the background of Gobi matrix. Secondly, great changes have taken place both in land use types and landscape pattern indices. Cropland and water area have increased evidently, and the same as urban land and cultural residences. While grassland, woodland and unused land had decreased, the high-covered grassland had disappeared completely. Thirdly, though the patch fragmentation was decreasing, and so the heterogeneity, and the ecological environment was degrading. For example, most grassland and woodland had been cultivated as cropland, which weaken the capability of maintaining ecological balance of oases. Also, it made the over-loaded oases more urgent in water. Fourthly, the patch dominance index decreased. Different patch types tended to distribute evenly. The decline of heterogeneity and the tendency of evenness certainly will lead to the decline of landscape stability. Fifthly, the edge effect of woodland and grassland decreased. As a result, the function of those kinds of patches in landscape declined. On the other hand, the edge effect of water, saline alkali and barren land increased, which showed the further degradation of landscape.

Key words: land use/cover changes; landscape ecological effects; middle and western reaches of Heihe River Basin; Suzhou oases

文章编号: 1000-0933(2004)11-2535-07 中图分类号: X828 文献标识码: A

景观生态学(Landscape Ecology)是地理学与生态学相互结合的产物^[1],主要研究景观结构、景观功能和景观动态^[2]。其中,结构决定功能,功能的改变最终将从结构的变化中反映出来^[3]。景观格局(Landscape Pattern)一词是在景观生态学文献中使用频率最高的术语之一^[4],即景观结构,广义包括景观组成单元的类型、数目以及空间分布与配置^[5]。景观格局变化是指组成景观的各个景观要素在一定时空尺度内发生变化引起景观空间结构的变化^[6]。一般来说,景观的起源受地貌、气候、生物、土壤发育和自然干扰5个主要自然地理过程的影响,在此基础上,景观又受到人类活动的深刻影响。较大空间尺度上,地貌和气候对景观过程常常起主导作用,中小尺度上,植被、土壤及人类活动等的分异作用更为明显。因此,景观格局及其变化既是各种干扰因素相互作用的结果,又影响着该区域的生态过程和边缘效应^[7],对其研究,是揭示其生态状况及空间变异特征的有效手段^[8]。况且目前,IGBP、IHDP和WCRP等国际组织在其土地利用/覆被变化(Land use and land cover change,简称LUCC)研究项目中,都纷纷结合景观格局及变化的分析模型来研究LUCC的空间结构并预测其变化趋势^[9]。

河西走廊属典型的荒漠-绿洲景观,走廊绿洲以广布的戈壁沙漠为基质的景观要素散布在流域冲洪积平原区。长期以来,由于人类活动强烈干扰,加之在干旱气候条件、水资源分布空间差异及社会因素的综合作用下,景观具有更大的空间异质性和演变性^[10],表现为区域景观类型与格局的变化,生态环境体现出不稳定波动而超出生态安全阈值的显著退化^[11]。本文选取河西走廊中西段肃州绿洲为典型区进行县域尺度的景观格局变化研究,结果将为整个河西走廊的生态环境综合整治提供依据。

1 研究区和数据处理

1.1 研究区

本文所指肃州绿洲(原酒泉市辖范围,现为肃州区范围,2002年9月设置)位于甘肃省西北部河西走廊西段,E98°12'~99°18',N39°10'~39°59'之间,东西长104km,南北宽84km,总面积3406.8km²。年平均气温7.9℃,年平均降水量84mm,干旱少雨,属半沙漠干旱性气候。位于祁连山北麓的缓坡地带,地势西南高,东北低,发育了北大河、洪水坝河等河流,南部沿祁连山由各山口形成若干较高的冲积扇,造成新地、红山、金佛寺、丰乐、清水、屯升等绿洲。植被类型以荒漠植被为主,盖度稀疏,种类贫乏,在戈壁滩上分布的地带性植被有红砂、珍珠猪毛菜、泡泡刺(*Nitraria sphaerocarpa*)、膜果麻黄(*Ephedra przewalskii*)和木霸王等群落;低山残丘主要是合头草、木本猪毛菜(*Salsola arbuscula*)及戈壁短舌菊(*Brachanthemum gobicum*)荒漠;流动沙丘主要是沙拐枣(*Calligonum mongolicum*)和籽蒿(*Artemisia sphaerocephala*);在湖盆低地分布有盐爪爪(*Kalidium cuspidatum*)、芦苇及香蒲;河流冲积平原上分布有柳灌丛及芦苇、芨芨草、马兰等盐生草甸^[12]。土壤类型以灰漠钙土和灰棕漠钙土为主。全区辖20个乡镇,人口35万(2001年),其中农村人口20万。2001年,国内生产总值20亿元,农民人均纯收入达到3502元^①,是全国500个商品粮生产大县之一和全国第二大对外制种和洋葱生产基地。

1.2 数据及处理

1.2.1 数据判读及斑块类型划分 数据源于研究区1988、2000年两个时期的Landsat 5 4、3、2(RGB)波段合成影像,几何精校正系统采用2次多项式,像元重采样采用双线性内插法,校正后每个像元的分辨率为30m。在ArcGIS8.1软件环境下,以影像栅格文件作为判读背景(底层),通过人机交互方式,分层提取目标地类,提取出来的土地利用数据以COVERAGE格式存储。

景观斑块分类的人为性很强,目前大多采用土地利用现状类型^[13~15]。结合研究区特点,选取中国科学院资源环境数据库中

的全国1:10万土地利用数据分类系统,将斑块类型分为20种:耕地、灌木林、疏林地、其它林地、高覆盖度草地、中覆盖度草地、低覆盖度草地、河渠、湖泊、水库坑塘、滩地、城镇用地、农村居民点、其他建设用地、沙地、戈壁、盐碱地、沼泽地、裸土地、裸岩石砾地(彩图1)。

1.2.2 土地利用转移矩阵计算 根据地图代数原理,对两期土地利用类型图 A_k 和 A_{k+1} ,采用的地图代数方法^[16]: $C_{ij}=A_{ij}^k\times 10+A_{ij}^{k+1}$ (土地利用类型 ≤ 10 时适用),可以求得由1988年到2000年的土地利用变化图 C_{ij} ,它直观表现了土地利用变化的类型及其分布,据此可以进一步求得反映土地利用类型相互转化定量关系的转移矩阵(表1)。

表1 肃州绿洲1988~2000年土地利用转移矩阵							
Table 1 Transition matrix of land use in Suzhou oases from 1988 to 2000(hm ²)							
1988~2000年	耕地 Cropland	林地 Woodland	草地 Grassland	水体 Water area	城镇用地 Urban land	农村居民点 Cultural residences	未利用地 Unused
耕地 Cropland	88634.520	0.000	86.850	73.080	174.600	83.880	261.810
林地 Woodland	12.780	1563.210	14.850	0.000	0.000	0.000	113.040
草地 Grassland	1333.530	10.350	40826.790	465.390	0.000	4.230	2947.140
水体 Water area	3.150	0.000	0.000	8183.070	0.000	0.000	107.550
城镇用地 Urban land	0.000	0.000	0.000	0.000	351.810	0.000	0.000
农村居民点 Cultural residences	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3138.480	0.000
未利用地 Unused	3596.490	0.000	605.250	85.590	0.000	12.150	187999.290

* 考虑到绿洲土地利用的特点和面积比例,进行了适当合并,将20种斑块类型合并为7种土地利用类型

1.2.3 景观格局指数计算 景观格局指数处理采用ArcGIS8.1、Excel以及Fragstats软件。Fragstats是由美国俄勒冈州立大学森林科学系开发的一个景观指标计算软件^[17],有矢量版本和栅格版本2种版本。本文采用Fragstats 3.3栅格版本来进行数据处理。

表2 肃州绿洲景观指数变化(1988~2000)												
Table 2 Indices change of landscape in Suzhou oases from 1988 to 2000												
斑块类型 Type of patch	土地类型面积(hm ²) Area of land type			平均斑块面积(hm ²) Average area of patch			斑块周长(m) Patch perimeter			平均斑块周长(m) Average perimeter of patch		
	1988	2000	差值 Difference	1988	2000	差值 Difference	1988	2000	差值 Difference	1988	2000	差值 Difference
耕地 ^①	89322	93592	4270	558	585	27	3565080	3600720	35640	22282	22505	223
灌木林 ^②	285	285	0	11	11	0	50280	50280	0	1934	1934	0
疏林地 ^③	917	787	-130	34	29	-5	85020	79800	-5220	3149	2956	-193
其他林地 ^④	501	501	0	20	20	0	57540	57540	0	2302	2302	0
高覆盖度草地 ^⑤	176		-176	176		-176	10140		-10140	10140		-10140
中覆盖度草地 ^⑥	1703	1438	-265	40	37	-3	181200	147240	-33960	4214	3775	-439
低覆盖度草地 ^⑦	43705	40092	-3613	270	267	-3	2274960	2103960	-171000	14043	14026	-17
河渠 ^⑧	1629	1629	0	815	15	0	195960	195960	0	97980	97980	0
湖泊 ^⑨	1346	1413	68	84	83	-1	127920	134520	6600	7995	7913	-82
水库坑塘 ^⑩	1585	2281	696	72	99	27	115860	141780	25920	5266	6164	898
滩地 ^⑪	3732	3483	-249	207	218	10	353880	345000	-8880	19660	21563	1903
城镇用地 ^⑫	352	526	174	352	526	174	12540	16020	3480	12540	16020	3480
农村居民点 ^⑬	3007	3106	100	7	7	0	558420	569100	10680	1272	1276	4
其他建设用地 ^⑭	117	117	0	29	29	0	14220	14220	0	3555	3555	0
沙地 ^⑮	10839	10793	-46	493	491	-2	374400	373800	-600	17018	16991	-27
戈壁 ^⑯	126487	125728	-759	3329	3309	-20	2735400	2697060	-38340	71984	70975	-1009
盐碱地 ^⑰	44694	44463	-231	526	529	3	1741560	1761600	20040	20489	20971	482
沼泽地 ^⑱	1303	1303	0	326	326	0	83580	83580	0	20895	20895	0
裸土地 ^⑲	4954	5113	159	121	119	-2	377460	394740	17280	9206	9180	-26
裸岩石砾地 ^⑳	4033	4038	5	237	238	1	152280	152340	60	8958	8961	4
总计 ^㉑	340686	340686	0	295	306	11	13067700	12919260	-148440	11334	11597	263

① Cropland, ② Shrub, ③ Sparse woodland, ④ Other woodland, ⑤ High-covered grassland, ⑥ Middle-covered grassland, ⑦ Low-covered grassland, ⑧ River and canals, ⑨ Lake, ⑩ Reservoir and ponds, ⑪ Bottomland Sand land, ⑫ Urban land, ⑬ Cultural residences, ⑭ Other built up land, ⑮ Sand land, ⑯ Gobi, ⑰ Saline-alkali land, ⑱ Marshland, ⑲ Barren land, ⑳ Barren rock land. 下同 the Same below

关于景观空间格局分析,已提出和运用了许多指标^[18~24]。根据各指标生态学涵义,本文选取斑块面积、斑块周长、斑块密度、边缘密度、Shannon 多样性指数、均匀度、优势度、破碎度和分离度来研究肃州区景观格局变化特征。其中,景观面积、周长、斑块数、均匀度指数、多样性指数、斑块密度、边缘密度由Fragstats 计算出,计算方法详见其使用说明书。优势度、破碎度、分离度则由ArcGIS 和Excel 计算出。部分指标如表2。

2 结果与分析

肃州绿洲总面积 340 686 hm²,2000 年,戈壁和沙地占 40.07%,耕地占 27.47%,盐碱地占 13.05%,低覆盖草地占 11.77%,其余类型仅占 7.64%(表1)。说明该区是以戈壁和沙地为基质的农牧业绿洲景观。

2.1 土地利用变化分析(图1)

2.1.1 耕地、水域明显增加 1988~2000 年期间新增耕地 4946.674 hm²,减少 677.897 hm²,净增加 4268.777 hm²,增长率 4.78%。新增水域 890.287 hm²,减少 375.497 hm²,净增加 514.790 hm²,增长率 6.21%。耕地增加的主要来源是未利用地和草地,反映出肃州区近年来扩大耕地面积的直接结果,水域增加的主要来源是草地、未利用地和耕地。

2.1.2 城镇用地和农村居民点也有增加 1988~2000 年,城镇用地净增加 173.261hm²,增长率 49.25%。反映了研究区近年来城市化速度较快的特点。农村居民点净增加 99.801hm²,增长率 3.18%。城镇用地增加的主要来源是耕地,农村居民点增加的主要来源是耕地和未利用地。

2.1.3 草地、林地减少 1988~2000 年,草地减少了 4761.859 hm²,增加 705.592 hm²,净减少 4056.267 hm²。林地减少了 140.412 hm²,增加了 10.155 hm²,净减少 130.257 hm²。草地减少的主要去向是未利用地、耕地和水体,林地减少的主要去向是未利用地、草地和耕地。

2.1.4 未利用地也在减少 1988~2000 年,未利用地减少了 4299.704 hm²,增加了 3429.599 hm²,净减少 870.106 hm²,减少的主要去向是耕地、草地和水体。

2.2 景观特征指数分析

2.2.1 景观结构与斑块特征 1988~2000 年,景观丰富度在减小,斑块类型由 20 个减少为 19 个,176.22 hm² 高覆盖度草地全部消失,斑块总数由1153 减为1144 个,具体表现为草地斑块在减少(17 个),农村居民地、水体却在增加(9 个)。斑块周长减小了 148 440m,其中,耕地、水体、建设用地、盐碱地和裸土地的斑块周长明显增加,草地、滩地、戈壁斑块周长明显减小。而斑块平均周长增加了 263 m,其中,城镇用地、滩地、耕地、盐碱地平均周长在增加,戈壁、各种覆盖草地平均周长在减小;斑块平均面积增加了 11 hm²,其中,城镇用地(174 hm²)、耕地(26.69 hm²)、水库坑塘(27.1 hm²)增加较多,而草地、戈壁、林地却在减少,与斑块平均周长所反映的特征是基本一致的(表1)。说明绿洲城市化进程的加快和生态环境的恶化。

2.2.2 景观特征指数 斑块密度反映景观破碎化程度,同时也反映景观空间异质性程度。12a 内肃州绿洲景观的斑块密度减少 0.0026 个/100hm²。其中,水体、农村居民点和裸土地斑块密度有所增加,草地、滩地和盐碱地则在减少。表明肃州区的景观异质性在降低,农村居民点、水体出现的频率增加,而草地出现的频率则呈减少趋势(图2)。

边缘密度反映景观破碎程度,其大小直接影响边缘效应及物种组成。景观总的边缘密度减少了 0.2030 m/hm²。其中,各类草地、戈壁和滩地边缘密度减少较多,耕地、水体和城镇用地的边缘密度在增加,说明草地、戈壁和滩地斑块边缘在简单化,而耕地、水体、城镇用地斑块边缘在复杂化(图2)。

2.3 景观多样性指数分析

2.3.1 Shannon 多样性指数(SHDI)和 Shannon 均匀度指数(SHEI) 多样性指数反映景观类型的多少和景观中斑块的多度和异质性。均匀度指数描述景观各组分分配均匀程度。其值越大,表明景观各组成成分分配越均匀。肃州绿洲的Shannon 多样性指数(SHDI)由1988 年的1.729 减为2000 年的1.7235,说明景观异质性在减小。Shannon 均匀度指数(SHEI)由1988 年的0.5772 增加为 2000 年的 0.5853,说明景观中斑块优势度在减小,斑块类型在景观中趋于均匀分布。

2.3.2 优势度指数 优势度指数反映了一种或几种景观斑块支配景观格局的程度,表示景观多样性对最大多样性之间的偏差。优势度大,表明各景观类型所占比例差别大,其中某一种或某几种景观类型占优势;优势度小,表明各类型所占比例相当。优

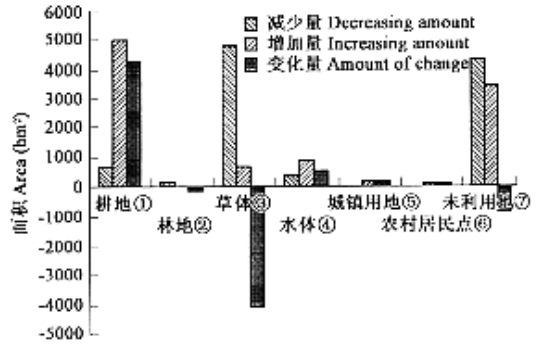


图1 肃州绿洲土地利用变化(1988~2000 年)

Fig. 1 Land use changes in Suzhou oases from 1988 to 2000

① Cropland, ② Woodland, ③ Grassland, ④ Water area, ⑤ Urban land, ⑥ Cultural residences, ⑦ Unused

势度为0时,表明各景观类型所占比例相等,没有一种景观占据优势。肃州绿洲优势度指数由1988年的1.2667减小为2000年的1.2209,说明表明景观类型比例差别在缩小。

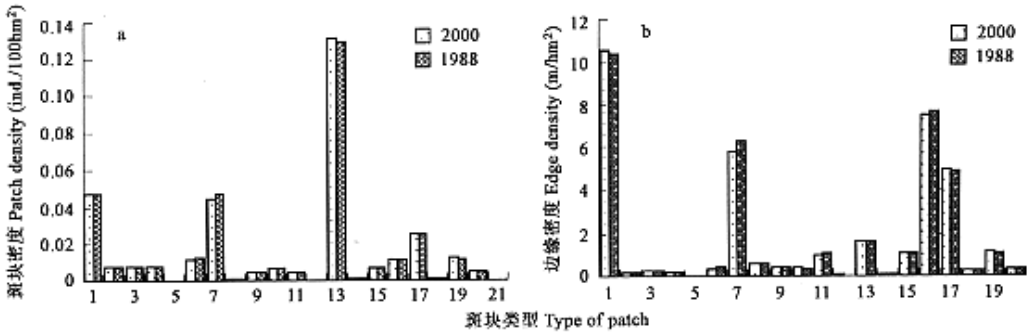


图2 景观特征指数变化(1988~2000年)
Fig. 2 Indices change of landscape features of Suzhou oases from 1988 to 2000

2.4 景观空间构型指数分析

2.4.1 破碎度 破碎度表征景观被分割的破碎程度,反映景观空间结构的复杂性。在一定程度上反映了人类对景观的干扰程度。FN1为整个区域景观破碎度,FN2为区域内某一类景观的破碎度。 $FN1, FN2 \in (0, 1)$, 0表示景观完全未被破坏,1表示被完全破坏。肃州绿洲破碎度(FN1)为由1988年的0.000304减小为2000年的0.000302,说明肃州绿洲景观类型在自然和人类的干扰下总体上呈更为简单并集中连片的分布趋势。另外,部分景观类型的破碎度(FN2)也在增大,说明在景观整体破碎度降低的同时,又有一些景观类型在干扰下进一步破碎化(图3a)。

2.4.2 分离度 分离度反映了景观中不同元素个体分布的分离程度。分离度越大,景观分布越复杂、破碎化程度也较高。肃州绿洲1988年到2000年期间,分离度由0.291减小为0.29,其中,疏林地、中低覆盖度草地、滩地、沙地、戈壁等分离度在增加,耕地、高覆盖度草地、水体、城镇用地、农村居民地和裸土地等分离度在减小(图3b)。这与前面通过破碎化程度变化得到的结论一致。

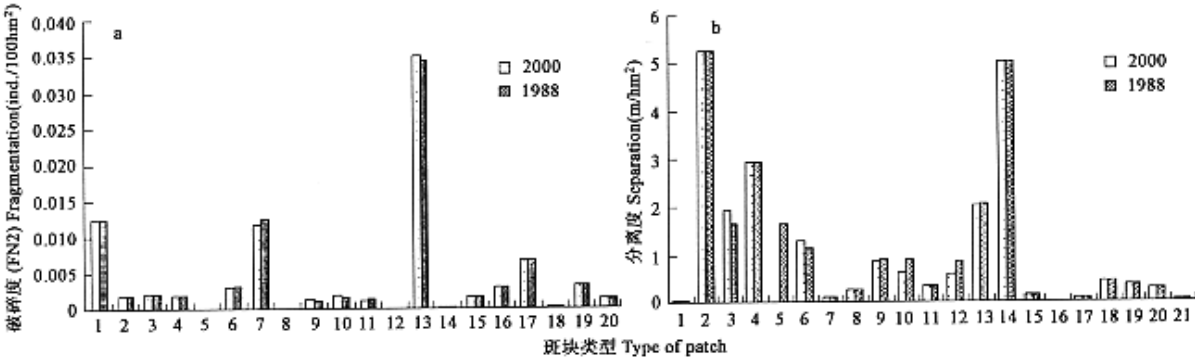


图3 景观空间构型指数变化(1988~2000年)
Fig. 3 Indices change of landscape spatial configuration of Suzhou oases from 1988 to 2000

3 景观变化的生态效应及发展趋势分析

受自然地理要素的影响,景观类型空间分布表现出明显的区域差异。耕地主要分布于黑河水系两岸和河流冲积扇;草地主要分布于祁连山地及绿洲边缘;林地主要分布于河流两岸、祁连山北坡一带;戈壁、沙漠广泛分布于绿洲之间,景观格局呈现出以戈壁为基质的戈壁、绿洲、沙漠相间分布的态势。

3.1 12a 间,肃州绿洲土地利用变化表现出耕地、水域明显增加,城镇用地和农村居民点也有增加,草地、林地和未利用地呈减少趋势,反映出区域城镇化进程的加快和生态环境恶化的趋势。

3.2 斑块破碎化程度在减小,但生态环境质量仍在下降。同1988年相比,2000年斑块类型由20个减少到11个,斑块数量减少了9块,斑块平均面积在增加,表明了斑块破碎化程度降低的趋势,这主要是由于草地和未利用地开垦为耕地而使耕地连接度

升高,及草地退化使滩地和盐碱地连接度升高所致。一方面,耕地斑块同化使得生境斑块之间的隔离程度减小,有利于物种的扩散,加大了农作物遭受病虫害的风险;另一方面,滩地和盐碱地平均面积增加,扩大了其内部生境面积,使之不容易受到外界的干扰,从而增加物种抵抗外界干扰的能力,而该类用地的生态功能极低,斑块破碎度的减少不仅没有使其环境质量得到改善,反而加大了恢复和治理的难度。因此,这种形式的景观破碎化程度变化降低了绿洲维护生态平衡及抵抗风险的能力;增大的耕地及建筑用地加深了干旱绿洲业已水资源的超负载。

3.3 景观内部均质化发展,降低了景观抗干扰的能力。1988~2000 年期间,Shannon 多样性指数(SHDI)由 1.729 减为 1.724,说明景观异质性在减小;Shannon 均匀度指数(SHEI)由 0.5772 增加为 0.5853,说明景观中斑块优势度在减小,斑块类型在景观中趋于均匀分布。优势度指数由 1.2667 减小为 1.2209,表明景观类型比例差别在缩小。异质性的减小和均质化发展必然导致景观稳定性的降低。

3.4 边缘效应降低。斑块同化将引起相邻生态系统被边缘隔离、暴露在其他生态系统中的边缘比例减小。与 1988 年相比,2000 年斑块总周长减小了 148 440m,仅高、中、低覆盖度草地就减小 215 100m,林地减小了 5 220m;林地和草地边缘效应的降低,使其对周围斑块类型的影响相应减小,景观生态功能减弱。相反,耕地、各类建筑用地、水体、盐碱地和裸地的总周长在增加,盐碱地和裸地边缘效应的增强则是景观退化的表现。

总的来看,1988~2000 年,肃州绿洲各土地利用类型及景观格局指数均发生了重要变化,土地利用变化表现在人类扩大绿洲引水强度的背景下,人类干扰下的毁草耕种、垦荒与各类型土地退化同步进行。景观总体上表现出破碎化降低,异质性在减小,斑块类型趋于均匀分布的趋势。由于研究区以广布的戈壁、盐碱地等未利用地为基质,景观的破碎度降低成为土地退化加剧的表现形式,而从其它指标的变化可以推断出景观稳定性在降低。

References:

- [1] Jia B Q, Ci L J, Yang X H, *et al.* A study on the landscape pattern change of oasis in arid land. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, **21**(1): 34~40.
- [2] Forman R T T, Godron M, *Landscape ecology*, New York: Wiley, 1986.
- [3] Wu J G, *Landscape ecology—Pattern, process, scale and grade*. Beijing: High Education press, 2000. 11.
- [4] Turner M G, and Cadner R II, eds. *Quantitative methoes in landscape ecology*. New York: Springer Verlag, 1991.
- [5] Wu J G. Landscape ecology——concept and theories. *Chinese Journal of Ecology*, 2000, **19**(1): 42~52.
- [6] Sun Z W. On research of landscape dynamic change. *Chinese Journal of Ecology*, 1995, **14**(4): 58~62.
- [7] Xu H, Wang J J. *Theory and application of landscape ecology*. Beijing: China Environmental Science Press, 1993, 129~209.
- [8] Wang G X, Chen G D. The spatial pattern analysis of landscape in arid in land river basin——a case study of the middle reaches of Heihe river. *Journal of Lanzhou University (Natural Sciences)*, 1999, **35**(1): 211~217.
- [9] Zhang M. A study on the landscape pattern and differentiation of fragile environment in Yulin Prefecture. *Geographical Research*, 2000, **19**(1): 30~36.
- [10] Wang G X, Chen G D. Study on the landscape pattern of a desert~oasis ecological system: a spatial grid method and its application. *Arid Zone Research*, 1999, **16**(3): 6~11.
- [11] Chen G D, Xiao D N, Wang G X. On the characteristics and building of landscape ecology in arid area. *Advance in Earth Sciences*, 1999, **14**(1): 11~15.
- [12] Wu G H, Jiang C Y. *Integrated natural regionalization of Gansu Province*. Lanzhou: Science Technique Press of Gansu Province, 1998.
- [13] Xiao D N. *Theory, method and application of landscape ecology*, Beijing: China Forest Press, 1991. 92~99, 186~196.
- [14] Fu B J. The spatial pattern analysis of agricultural landscape in the loess area. *Acta Ecologica Sinica*, 1995, **15**(2): 113~120.
- [15] Chen L D, Fu B J. Analysis of impact of human activity on landscape structure in yellow river delta——a case study of dongying region. *Acta Ecologica Sinica*, 1996, **16**(4): 337~345.
- [16] Shi P J, Chen J, Pan Y Z. Landuse change mechanism in Shenzhen city, *Acta Geographica Sinica*, 2000, **55**(2): 151~160.
- [17] Mc Garigal and Marks B. *FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Reference manual*. Forest Science Department, Oregon State University, Corvallis Oregon, 1994. March. 62.
- [18] Loehle C, Wein G. Landscape habitat diversity: a multi-scale information theory approach, *Eco. Modelling*, 1994, **73**: 311~329.
- [19] Chang X L, Wu J. Spatial analysis of pattern of sandy landscapes in Kerqin, Inner Mongolia. *Acta Ecologica Sinica*, 1998, **18**(3): 225~232.
- [20] Tang J. 景观格局分析 of landscape and the landscape planning in Sheshans cenic spot. *Acta Geographica Sinica*, 1998, **53**(5): 429~437.

[21] Song Y Q, Cao S Y, Zhang L X. An attempt for applying landscape pattern to desertification study, *Journal of Desert Research*, 2000, **20**(supplement):73~76.

[22] Xiao H, Ou Y Z Y, Zhao J Z. Analysis of landscape spatial structure in Hainan Island, *Acta Ecologica Sinica*, 2001, **21**(1):20~27.

[23] Cao Y L, Cui H T, Liu H Y. Remote sensing analysis of alpine landscape of Wutai Mts,. Shanxi Province. *Acta Geographica Sinica*, 2001, **56**(3): 295~306.

[24] Lu L, Li X, Chen G D. Analysis on the landscape structure of the Heihe River Basin, Northwest China. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, **21**(8):1217~1224.

参考文献：

[1] 贾宝全, 慈龙骏, 杨晓晖, 等. 石河子莫索湾垦区绿洲景观格局变化分析. *生态学报*, 2001, **21**(1): 34~40.

[3] 邬建国. 景观生态学——格局、过程、尺度与等级. 北京: 高等教育出版社, 2000, 11.

[5] 邬建国. 景观生态学——概念与理论. *生态学杂志*, 2000, **19**(1):42~52.

[6] 孙中伟. 试论景观的动态变化. *生态学杂志*, 1995, **14**(4):58~62.

[7] 许慧, 王家骥. 景观生态学的理论与应用. 北京: 中国环境科学出版社, 1993, 129~209.

[8] 王根绪, 程国栋. 干旱内陆河流域景观生态的空间格局分析——以黑河流中游地区为例. *兰州大学学报(自然科学学报)*, 1999, **35**(1): 211~217.

[9] 张明. 榆林地区脆弱生态环境的景观格局与演化研究. *地理研究*, 2000, **19**(1):30~36.

[10] 王根绪, 程国栋. 荒漠绿洲生态系统的景观格局分析——景观空间方法与应用. *干旱区研究*, 1999, **16**(3):6~11.

[11] 程国栋, 肖笃宁, 王根绪. 论干旱区景观生态特征与景观生态建设. *地球科学进展*, 1999, **14**(1):11~15.

[12] 伍光和, 江存远主编. 甘肃省综合自然区划. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 1998.

[13] 肖笃宁. 景观生态学理论、方法及应用. 北京: 中国林业出版社, 1991. 92~99, 186~196.

[14] 傅伯杰. 黄土区农业景观空间格局分析. *生态学报*, 1995, **15**(2):113~120.

[15] 陈利顶, 傅伯杰. 黄河三角洲地区人类活动对景观结构的影响分析. *生态学报*, 1996, **16**(4):337~345.

[16] 史培军, 陈晋, 潘耀忠. 深圳市土地利用变化机制分析. *地理学报*, 2000, **55**(2):151~160.

[19] 常学礼, 邬建国. 科尔沁沙地景观格局特征分析. *生态学报*, 1998, **18**(3):225~232.

[20] 唐礼俊. 余山风景区景观空间格局分析及其规划初探. *地理学报*, 1998, **53**(5):429~437.

[21] 宋豫秦, 曹淑艳, 张力小. 试探景观格局在荒漠化研究中的应用. *中国沙漠*, 2000, **20**(增刊):73~76.

[22] 肖寒, 欧阳志云, 赵景柱, 等. 海南岛景观空间结构分析. *生态学报*, 2001, **21**(1):20~27.

[23] 曹燕丽, 崔海亭, 刘鸿雁, 等. 五台山高山带景观的遥感分析. *地理学报*, 2001, **56**(3): 295~306.

[24] 卢玲, 李新, 程国栋, 等. 黑河流域景观结构分析. *生态学报*, 2001, **21**(8):1217~1224.

张 娜等：异质景观年平均蒸发量空间格局模拟

ZHANG Na,*et al*: Simulating the spatial pattern of annual mean evapotranspiration of a heterogeneous landscape

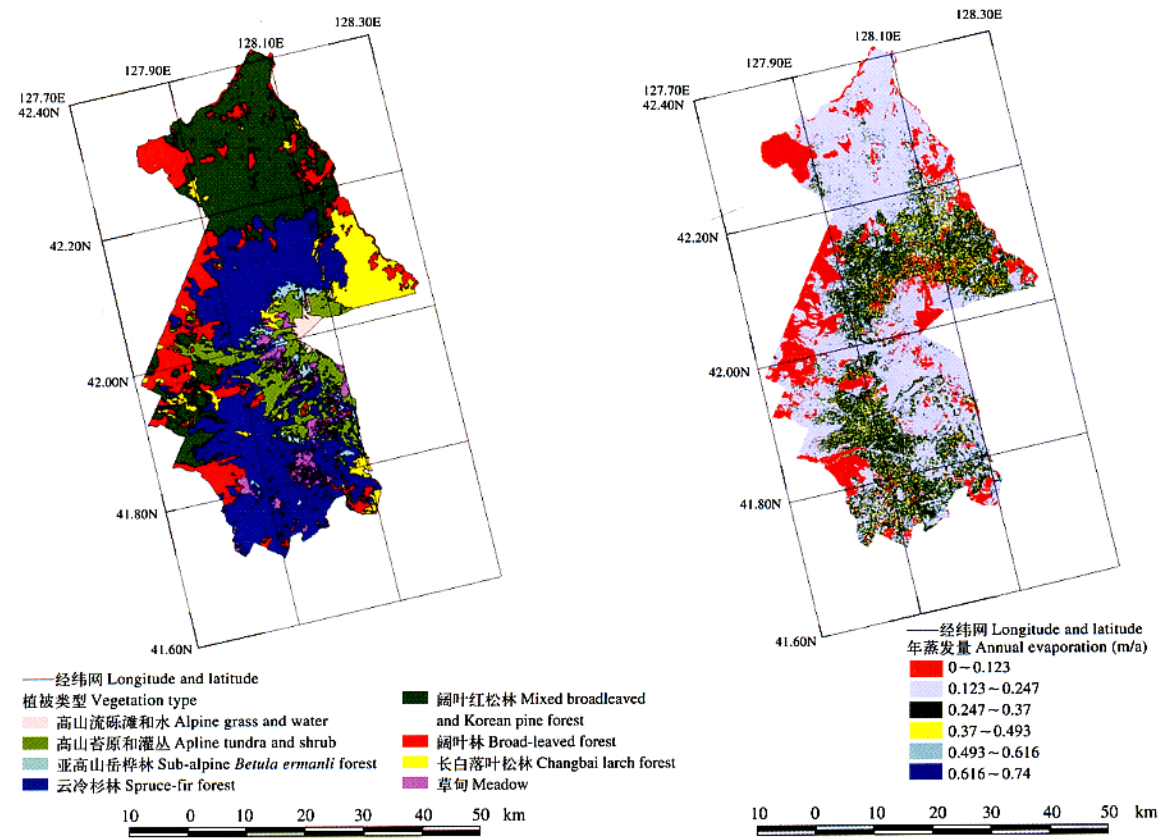


图 I 长白山自然保护区植被图
Plate I Vegetation map in Changbai Mountain Nature Reserve

图 II 长白山自然保护区年蒸发量空间格局
Plate II Spatial pattern of annual evaporation in Changbai Mountain Nature Reserve

蒙古军 等：河西走廊土地利用 / 覆盖变化的景观生态效应

MENG Ji-Jun,*et al*: Land use/cover changes and its land scape ecological effects in the middle western Hexi Corridor —— A case study of Suzhou oases

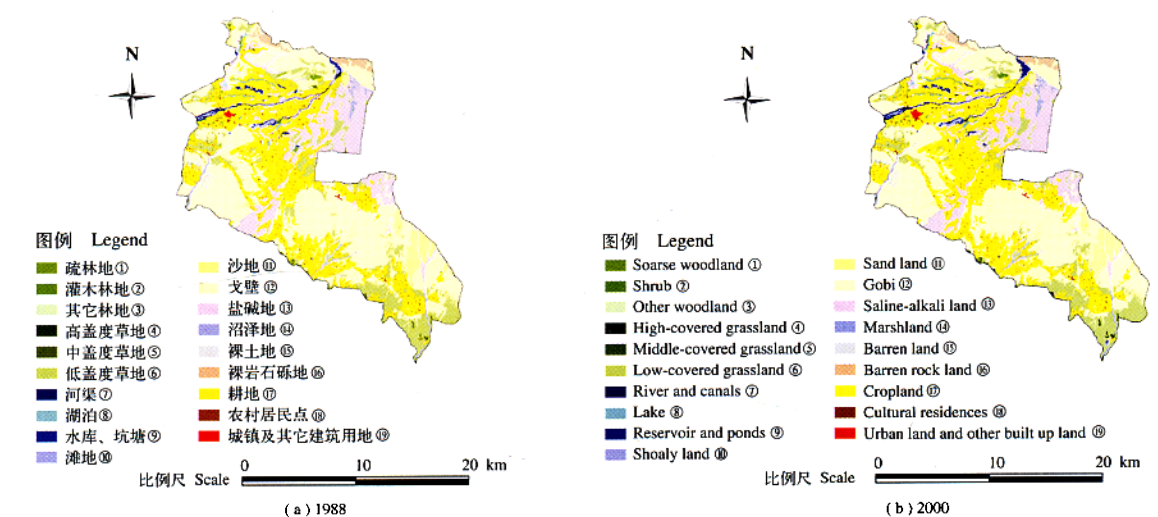


图 I 1988 年、2000 年肃州绿洲景观格局图
Plate I Landscape pattern of Suzhou oases in 1988 and 2000