

# 内蒙古多伦县土地沙漠化景观格局变化特征\*

阿如旱<sup>1,2</sup> 杨 持<sup>1\*</sup>

(<sup>1</sup> 内蒙古大学生命科学学院, 呼和浩特 010019; <sup>2</sup> 内蒙古农业大学生态环境学院, 呼和浩特 010021)

**摘要** 利用景观分析软件 Fragstats 3.3 和内蒙古多伦县 1960、1975、1987、1995、2000、2005 年 6 期遥感影像解译结果, 分析了 1960—2005 年间土地沙漠化景观格局变化. 结果表明: 1960—1995 年间研究区土地沙漠化面积呈先增后减趋势, 总沙漠化面积增加 212.70 km<sup>2</sup>, 沙漠化斑块数先增多后减少, 景观多样性和均匀性上升, 轻度、中度、重度沙漠化斑块形状趋向简单; 1995—2005 年间研究区沙漠化斑块数大幅增加, 景观多样性和均匀性下降, 轻度、中度、重度沙漠化斑块形状趋向复杂, 严重沙漠化斑块形状在 1960 年以后一直趋向复杂化. 整个景观在研究期间表现为完整-破碎-完整-破碎的趋势, 由轻度到严重沙漠化, 其景观类型的破碎化程度逐渐降低.

**关键词** 景观格局 动态变化 景观指数 内蒙古多伦县

文章编号 1001-9332(2007)11-2520-06 中图分类号 P208 Q149 文献标识码 A

**Dynamic changes of landscape pattern during desertification in Duolun County of Inner Mongolia.** ARUHAN<sup>1,2</sup>, YANG Chi<sup>1\*</sup> (<sup>1</sup>College of Life Science, Inner Mongolia University, Hohhot 010019, China; <sup>2</sup>College of Eco-Environment, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010021, China). -*Chin. J. Appl. Ecol.* 2007, 18(11): 2520-2525.

**Abstract:** By using landscape analyzing software Fragstats 3.3 and the interpretation results of remote-sensing images of 1960, 1975, 1987, 1995, 2000 and 2005, this paper analyzed the dynamic changes of landscape pattern during the desertification in Duolun County of Inner Mongolia in 1960-2005. The results showed that in 1960-1995, the desertification area appeared a tendency of increasing first and decreasing then, with a total increase of 212.7 km<sup>2</sup>. The numbers of desertification landscape patches decreased after an initial increase, landscape diversity and evenness increased, and the shapes of light-, moderate-, and heavy desertification patches tended to be simple. From 1995 to 2005, the numbers of desertification patches increased greatly, landscape diversity and evenness decreased, and the shapes of light-, moderate-, and heavy desertification patches tended to be complex. Since 1960, the shapes of severe desertification patches had been inclined to complication. In the study period, the whole desertification landscape showed a trend of integrity-broken-integrity-broken, and the broken degree of the patch types of desertification landscape was gradually from light down to severe.

**Key words:** landscape pattern; dynamic change; landscape index; Duolun County of Inner Mongolia.

## 1 引 言

近年来对景观格局及其动态变化的研究已成为景观生态学的研究热点和重要研究领域之一[2-3, 5, 10]. 景观格局是景观异质性的表现[18, 21], 景观动态指景观在结构单元和功能方面随时间的变

化, 包括景观结构单元的组成成分、多样性、形状和空间格局的变化以及由此导致的能量物质和生物在分布与运动方面的差异[7, 13]. 通过对景观格局的动态研究, 可以准确地把握景观功能及结构的变化情况[4]. 沙漠化研究主要是研究沙漠化的发生、发展原因及动力学机制和沙漠化生态系统的恢复重建. 沙漠化发生发展的过程实际上指在自然和人为因素的作用下, 生态系统结构遭受破坏、功能过程受阻和演变发生异化的过程. 景观生态学原理在沙漠化的

\* 国家重点基础研究发展规划项目(G2000048704)和农业部草地资源生态重点开放实验室资助项目.

\* \* 通讯作者. E-mail: yangchi@mail.imu.edu.cn

2006-12-12 收稿, 2007-08-23 接受.

研究和治理实践中有着重要意义<sup>[20]</sup>。现有的研究多集中于较大空间尺度及较短时间尺度的沙漠化土地景观格局的动态变化,在较小区域尺度和较长时间尺度上的沙漠化土地景观格局变化的分析尚未见报道。为此,本文在“3S”技术的支持下,根据中国北方农牧交错区内蒙古多伦县地区 1960—2005 年长时间序列航空相片和 TM 影像数据,探讨了这 45 年土地沙漠化景观格局的动态变化特征,旨在为多伦地区生态环境的改善和恢复提供重要的指导依据。

## 2 研究地区与研究方法

### 2.1 自然概况

多伦县(41°46′—42°39′N,115°54′—116°55′E)位于内蒙古自治区锡林郭勒盟东南部,地处阴山山脉北坡、内蒙古高原南缘。总体地貌为第四纪以来长期上升的干燥剥离的波状高原,南部地势较高,北部较低。高地多为裸露的火山熔岩和火山碎屑岩,低凹处为河湖相泥沙沉积和砂砾、碎石、粘土堆积。目前,多伦县已演化为沙漠化较重的地区,其北部为著名的浑善达克沙地。它不但为多伦的沙化提供了大量的物质来源,而且对多伦的沙漠化演变有着明显的控制作用<sup>[22]</sup>。受蒙古南下的冷高压气候影响,多伦地区风速高、风力大,气候高寒,冬季漫长,无明显夏季,植被覆盖时间短。研究区属半干旱区,年均降水量 385 mm,降水多集中在夏季,占年降水量的 67%,年均蒸发量 1 748 mm。早期土地多为畜牧用地,属农牧交错的生态脆弱区。20 世纪以来,由于人口的大量迁入,农业用地迅速增长,特别是近几十年来过度开垦,使该区生态环境日益恶化,加速了沙漠化的发展。

### 2.2 研究方法

**2.2.1 数据来源及处理** 以研究区 1960、1975 年 2 个时期的航空相片和 1987、1995、2000 和 2005 年 4 个时期的 TM 影像、野外实地调查及相关资料作为主要信息源。因所用遥感数据空间分辨率不同,且时间跨度长,故采用比较法进行土地沙漠化监测:首先在 MapInfo 7.5 软件支持下对照 1975 年 1:50 000 的地形图为准图,结合野外实地调查点,在每幅地形图和每幅已拼接的航空相片上分别选取 30 个地面控制点对 2 期航空影像进行配准,确立解译标志和解译精度,逐个斑块进行属性输入,得出 2 个时期的土地沙漠化现状矢量数据;在 ArcView 3.2 下对照原有专题图,对 4 个时期的 TM 影像进行图幅纠正、配准(像元匹配误差小于 0.5 个像元),并设置

坐标类型和投影参数,将投影类型转换为墨卡托(transverse mercator)投影,得出 4 个时期土地沙漠化现状矢量数据。依据《中国北方沙漠化土地分类分级表》<sup>[11]</sup>和多伦县实际情况及其影像特征,将研究区土地沙漠化分类系统划分为轻度沙漠化、中度沙漠化、重度沙漠化、严重沙漠化和非沙漠化 5 类。

**2.2.2 景观指数** 景观格局分析近年来被广泛地应用于土地沙漠化景观格局动态的研究中。景观格局指数能够高度浓缩景观格局信息,是景观生态学界广泛使用的一种定量研究方法<sup>[17]</sup>。根据研究区沙漠化土地景观特点,选取斑块面积、斑块数、斑块平均面积、平均斑块周长、最大斑块指数、景观形状指数、平均形状指数、平均最近距离、总边缘长度、边缘密度、斑块平均边缘、多样性指数、均匀度指数、景观类型百分比、景观面积、平均形状指数等 16 个生态学意义明确的指标,其计算公式与含义参见相关文献<sup>[19,14-16]</sup>。利用景观分析软件 Fragstats 3.3(栅格版)<sup>[6,8,19]</sup>计算各景观指数。

## 3 结果与分析

### 3.1 景观的总体特征

内蒙古多伦县沙漠化土地面积占总土地面积的 5.52%~21.93%,对整个景观格局动态起着重要作用。土地沙漠化景观面积在研究时段内呈先增大后减小的趋势(图 1)。1960—1995 年间研究区土地沙漠化面积增加了 14.62%,斑块平均面积增加了

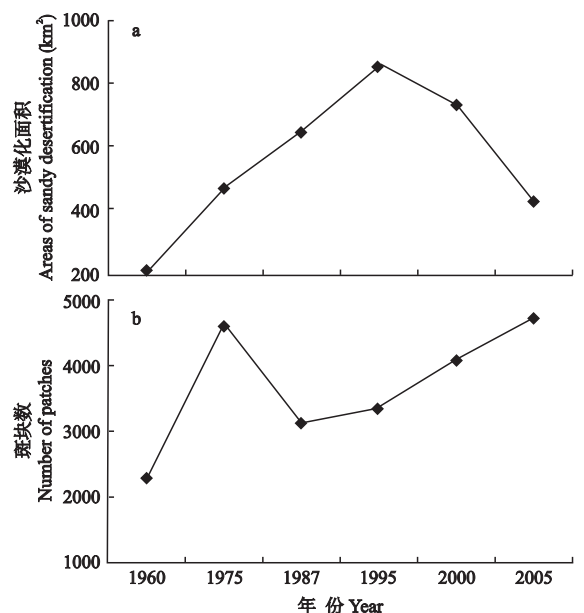


图 1 多伦县沙漠化景观面积(a)和斑块数(b)  
Fig. 1 Average areas (a) and patch numbers (b) of desert landscape pattern in Duolun County (1960-2005).

表 1 多伦县景观类型水平指数

Tab. 1 Landscape pattern index at class level in Duolun County

景观指数 Landscape pattern index	年份 Year					
	1960	1975	1987	1995	2000	2005
斑块平均面积 MPS (hm <sup>2</sup> )	9.35	10.17	20.51	25.79	17.89	9.11
多样性指数 SHDI	0.51	0.84	0.88	1.02	0.94	0.71
均匀性指数 SHEI	0.29	0.47	0.49	0.57	0.53	0.39
最大斑块指数 LPI	86.71	77.04	75.64	69.74	74.41	82.90

175.83% 斑块数则呈先增加、后减少、再增加的趋势,表明研究区沙漠化景观的空间连片趋势加剧,而在 1995—2005 年间土地沙漠化面积减少 49.97%,斑块数呈现增加趋势,增加了 34.85%,而斑块平均面积减少了 64.78%,景观破碎度不断加强(表 1)。

从表 2 可以看出,1960 年,土地沙漠化景观中轻度沙漠化景观面积最大、斑块数最多,是研究区的主导景观类型,其次为严重、重度、中度沙漠化景观,重度和严重沙漠化景观面积占总沙漠化景观面积的

44.54%,其大部分属于浑善达克沙地,说明研究区各沙漠化景观大小和分布不均衡,程度并不太严重,沙漠化处于刚刚开始阶段。1975 年,轻度沙漠化景观面积最大,仍控制着整个沙漠化景观;其次为中度、严重、重度沙漠化景观。1960—1975 年间各沙漠化景观的扩展幅度从大到小依次为轻度(114.17%)、中度(337.35%)、重度(125.35%)、严重(24.54%)沙漠化,说明在这期间各沙漠化景观的大小和分布极不均衡,沙漠化正在发展。1987 年,各沙漠化景观中仍是轻度沙漠化景观面积最大,其次为中度、严重、重度沙漠化景观;与之前相比,1987 年各沙漠化景观面积都有不同程度的增加,中度沙漠化面积增幅最大(92.82%),其次为轻度(24.54%)、严重(12.52%)、重度(5.13%)沙漠化景观,该年度已有很大面积的轻度沙漠化景观向其它类型转化,说明各沙漠化景观大小和分布有向均

表 2 多伦县沙漠化土地景观动态

Tab. 2 Landscape dynamics of desertification land of Duolun County (1960—2005)

景观类型 Landscape type	年份 Year	斑块面积 PS (hm <sup>2</sup> )	斑块数 NP	最大斑块 指数 LPI	景观形状 指数 LSI	平均最近 距离 ENN_MN (m)	斑块平均 面积 MPS (hm <sup>2</sup> )	平均斑块 周长 APP (m·hm <sup>-2</sup> )	斑块平均 边缘 MPE (m·ind <sup>-1</sup> )
轻度沙漠化 Light desertification	1960	9181	1248	0.03	62.23	255.8	7.36	215.1	1583
	1975	19663	2308	0.09	78.23	231.6	8.52	184.3	1571
	1987	24487	1101	0.29	56.82	297.4	22.24	119.9	2668
	1995	38888	1333	0.63	64.26	261.9	29.17	106.3	3102
	2000	26826	1152	0.72	63.29	271.0	23.29	128.7	2998
	2005	15958	1495	0.09	65.20	229.7	10.67	170.2	7463
中度沙漠化 Moderate desertification	1960	2739	422	0.11	31.97	570.9	6.49	207.6	1316
	1975	11978	1204	0.07	57.37	340.9	9.95	173.7	1729
	1987	23098	1057	0.26	63.42	255.8	21.85	137.9	3013
	1995	27796	930	0.50	52.96	277.3	29.88	103.9	3105
	2000	27597	1295	0.24	66.46	198.9	21.31	133.2	2838
	2005	8581	1206	0.20	58.97	267.5	7.12	194.7	6784
重度沙漠化 Severity desertification	1960	3330	364	0.09	28.97	617.4	9.15	166.3	1522
	1975	7504	728	0.08	43.39	404.3	10.31	165.6	1707
	1987	7889	656	0.06	45.18	327.9	12.03	167.6	2015
	1995	9979	733	0.22	47.98	289.9	13.61	157.9	2150
	2000	9598	1136	0.17	58.06	209.4	8.45	197.1	1665
	2005	11510	1207	0.50	62.72	206.5	9.54	194.7	399
严重沙漠化 Very severe sandy desertification	1960	6248	266	0.99	23.89	675.8	23.49	99.7	2343
	1975	7781	371	0.65	29.15	495.6	20.97	109.7	2301
	1987	8755	320	0.57	31.06	495.9	27.36	109.3	2991
	1995	8818	319	0.60	31.92	505.5	27.64	111.9	3093
	2000	8818	488	0.64	33.90	397.8	18.07	118.6	2142
	2005	6699	785	0.14	45.53	238.7	8.53	182.8	2123
非沙漠化 No desertification	1960	343785	210	86.71	36.20	75.6	5.96	20.5	12213
	1975	303881	283	77.04	52.76	95.8	5.82	31.9	18297
	1987	300238	174	75.64	35.03	126.9	9.86	21.1	20697
	1995	277971	160	69.74	31.18	152.6	21.88	19.5	41906
	2000	291685	182	74.41	35.67	145.9	20.82	19.5	33637
	2005	324547	164	82.90	32.44	109.7	21.07	18.6	39084

衡发展的趋势,沙漠化不断扩大.1995年,轻度沙漠化景观面积最大,其次为中度、重度、严重沙漠化景观;与1987年相比,1995年各沙漠化景观面积又有所增加,轻度沙漠化景观面积显著增加(58.80%),中度、重度沙漠化景观面积分别增加了20.34%、26.49%,而严重沙漠化面积增幅(0.72%)非常小,说明各沙漠化景观大小和分布比较均衡,沙漠化程度正在加剧.2000年,中度沙漠化景观面积最大,其次为轻度、重度、严重沙漠化景观;与1995年相比,除严重沙漠化面积有微弱增加外,其它沙漠化景观面积都有不同程度的减少,面积减幅从大到小依次为轻度(31.01%)、重度(3.82%)、中度(0.72%)沙漠化景观,说明各沙漠化景观大小和分布基本均衡,多伦县治沙力度在不断加大,使沙漠化程度开始变弱.2005年,轻度沙漠化景观面积最大,其次为重度、中度、严重沙漠化景观;与2000年相比,除重度沙漠化面积有所增加外,其它沙漠化景观都显著减少,面积减幅从大到小依次为中度(68.90%)、轻度(40.51%)、严重(24.02%)沙漠化景观,沙漠化景观总面积减少了41.28%,说明各沙漠化景观面积和分布的复杂程度在增加,沙漠化程度正在减轻.

### 3.2 斑块形状特征

景观类型的边缘密度指景观类型的周长与面积的比例,是一个景观类型单位面积所拥有周长的度量<sup>[12]</sup>.单位面积上的周长值越大,景观类型被边界割裂的程度越高,人类干扰影响越大;反之景观类型保存完好,人类干扰影响则越小.从斑块类型可以看出(图2),轻度、中度、重度沙漠化景观的边缘密度在1960—1995年间呈下降趋势,1995—2005年间呈上升趋势;严重沙漠化景观边缘密度在1960—2005年间一直呈上升趋势,其形状越来越复杂,对整个景观边缘效应的影响越来越大,使沙漠化治理的难度也越来越大.从图2可以看出,在气候因素和人类干扰的影响下,1960和1975年研究区的轻度沙漠化景观边缘最复杂,边缘效应最大,而严重沙漠化景观的边缘效应最小;1987年重度沙漠化景观边缘复杂,边缘效应大,严重沙漠化景观边缘效应小;1995年重度、严重沙漠化斑块边界割裂程度高,轻度和中度沙漠化斑块的连通性高;2000年重度、中度沙漠化斑块边界割裂的程度高,边缘效应大,轻度和严重沙漠化斑块的连通性高,边缘效应小;2005年重度、中度沙漠化斑块边界割裂程度高,边缘效应大,轻度和严重沙漠化斑块连通性高,边缘效应小.从时间序列上看,1960—1995年间各沙漠化景观边缘密度越

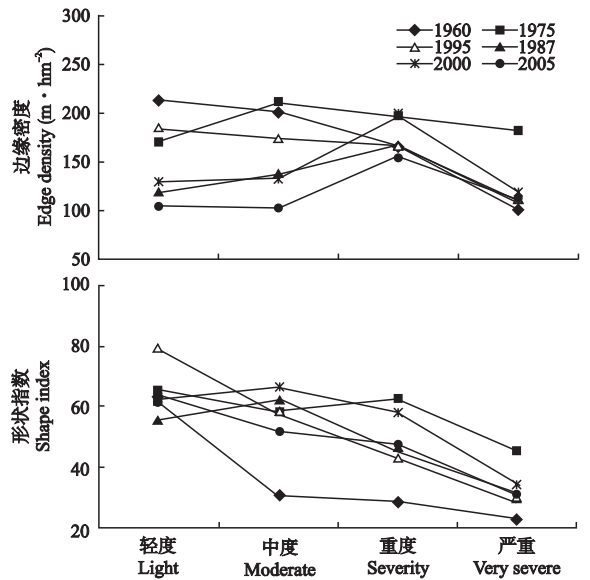


图2 多伦县沙漠化景观类型的边缘密度和形状指数

Fig. 2 Edge density and shape index of desert landscape pattern in Duolun County.

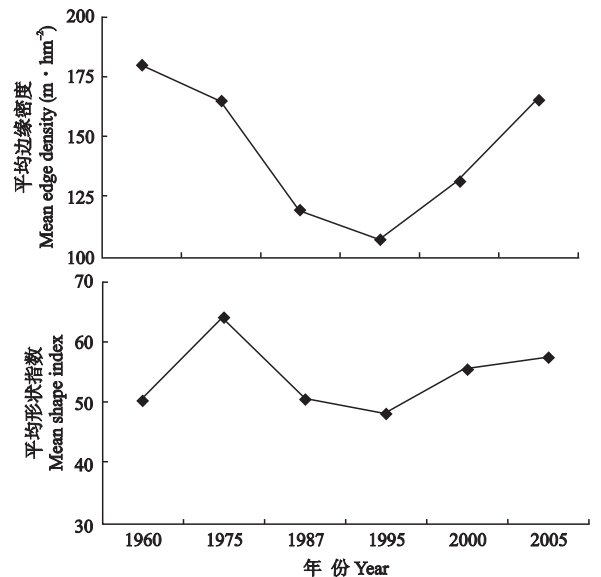


图3 多伦县沙漠化景观的平均边缘密度和平均形状指数

Fig. 3 Edge density and shape index of average desert landscape pattern in Duolun County.

来越低,边缘趋于简单,其边缘效应越来越小;而在1995—2005年各沙漠化景观边缘密度越来越高,边缘趋于复杂,整个景观的边缘效应越来越大(图3).

景观组分的斑块数量能反映各景观组分的破碎化程度.在总面积不变的情况下,斑块个数与景观破碎度也有很好的正相关性.一般规律是斑块个数越多,破碎度越高,斑块个数越少,破碎度越低.斑块个数既可以表述景观空间分布特征,也可度量不同景观类型相互作用和协同共生的稳定性.研究期间多伦县整个景观斑块数量和面积都有不同程度的增减

(表1、图1):1960—1975年间斑块数呈增加趋势,斑块形状越来越不规则,曲折程度增高,零星小面积的斑块增多,景观越来越复杂;1975—1995年间斑块数呈减少趋势,但斑块平均面积越来越大,反映出沙漠化斑块空间分布的连片化、破碎化程度降低,而在1995—2005年间斑块数大幅增加,斑块平均面积不断减小,导致斑块破碎化程度和离散性增强。从斑块类型上看:在1975、1987、1995年3个时期,从轻度到严重沙漠化景观所拥有的斑块数明显减少;2000年斑块数由大到小依次为中度、轻度、重度、严重沙漠化景观;2005年轻度沙漠化景观斑块数最多,其次为重度、中度和严重沙漠化景观。

综上所述,1975年的研究区沙漠化斑块数最多,景观破碎化程度最大;1975—2000年间沙漠化斑块数呈减少趋势,景观破碎化程度降低;2000—2005年间沙漠化斑块数又呈增加趋势,破碎化程度加大。研究时段内多伦县各沙漠化景观的破碎化程度先增加、后减小、再增大,研究区沙漠化景观表现出完整-破碎-完整-破碎的趋势,从轻度到严重沙漠化景观的破碎化程度逐渐降低。

### 3.3 景观形状指数

景观形状指数反映景观组分斑块的复杂程度。形状指数越大,斑块形状就越不规则,曲折程度就越高,反之,斑块形状越规则越平滑。从表2和图3可以看出,1975年景观形状指数达到最高值,说明该年的斑块形状在研究期间最不规则,曲折程度最高,景观最复杂化。1960—1975年平均形状指数呈上升趋势,斑块的不规则性增强,斑块边界曲折度变大,斑块形状趋于复杂,容易受周边景观影响;1975—1995年平均形状指数呈下降趋势,斑块的不规则性减弱,斑块边界曲折度变小;1995—2005年又呈上升趋势,斑块的不规则性增强,斑块边界曲折度变大,斑块形状趋于复杂,容易受周边景观影响。

从图2可以看出,1960—2005年间的6个时期中景观形状指数最小者都是严重沙漠化景观,且斑块形状较为规则,景观形状指数最大的都是轻度沙漠化景观。说明轻度、中度沙漠化景观斑块形状趋于复杂,容易受周边景观和人类活动的影响,而严重沙漠化景观不易受周边景观的影响,因此严重沙漠化景观治理起来最困难。

### 3.4 景观多样性

景观多样性指数用来度量系统结构的复杂程度,反映景观组分的多少和各景观组分所占比例的差异。其值越大,景观内各组分所占比例越均匀。景

观均匀度指数表示景观镶嵌体中不同景观类型在其数目或面积方面的均匀程度,取值范围为0~1,其值越低,各个景观类型所占面积比例的差异越大,越接近1,则景观类型间的面积比例越接近。1960—1995年间景观多样性指数由0.51增加到1.02,景观均匀度指数由0.29增加到0.57,均呈逐渐增大趋势,说明区域景观类型增多或景观类型多样化增加,同时也反映出各类景观斑块呈均衡化趋势发展,表明自然和人为因素影响的加强,使沙漠化土地景观的多样性增加,景观类型趋向均匀分布。1995—2005年间景观多样性指数由1.02减少到0.71,均匀度指数由0.57减少到0.39,均呈逐渐减少趋势,说明研究区景观多样化减小,反映整个景观内各组分所占比例越来越不均匀,各类景观斑块呈非均衡化趋势发展,表明人类改造程度正在不断加强。

## 4 结 论

1960—2005年间内蒙古多伦县土地沙漠化面积呈先增后减趋势,但总沙漠化面积明显增加;在沙漠化土地景观类型构成上,中度和重度沙漠化土地景观面积增加幅度较大,沙漠化程度正在加重。根据研究区土地沙漠化发展的特点,可将其分为两个阶段:即1960—1995年的沙漠化发展阶段和1995—2005年的沙漠化逆转阶段。结果表明,1960—1995年间土地沙漠化面积增加了212.70 km<sup>2</sup>,斑块数量先增后减,景观破碎化程度先增高后降低,景观类型基本呈聚集型分布,轻度、中度、重度沙漠化土地景观的边缘密度变得越来越低,边缘效应逐渐降低,景观形状指数越来越变小,斑块形状趋于简单,景观多样性指数增大,各沙漠化土地景观斑块呈均衡化趋势发展。1995—2005年间土地沙漠化面积减少了427.18 km<sup>2</sup>,沙漠化土地景观破碎化程度明显增加;斑块数量增多,斑块平均面积越来越小,景观类型呈离散型分布。随着人类活动的加强,特别是在“生态移民”、“退耕还林还草”、“京津风沙源治理工程”的相继启动下,研究区沙漠化土地景观格局将更加破碎。对于内蒙古多伦县而言,要实现经济、社会和环境可持续发展,就必须控制沙漠化发展、治理沙漠化土地。在严禁滥伐、滥砍、滥挖、滥垦基础上,切实处理好防沙与治沙、生物措施与工程措施、重点治理与全面治理的关系是区域实现可持续发展的重要举措。如何在沙漠化土地景观破碎度高、边缘效应影响较大的地区进行有效治理是今后研究的重点。

## 参考文献

- [ 1 ] Chen Y-L ( 陈雅琳 ), Chang X-L ( 常学礼 ), Cui B-L ( 崔步礼 ), *et al.* 2006. Analysis of land use pattern in typical river basins of Shandong Peninsula. *Resources Science ( 资源科学 )*, **28**( 6 ): 127-133 ( in Chinese )
- [ 2 ] Farina A. 1998. *Principals and Methods in Landscape and Ecology*. London : Chapman & Hall
- [ 3 ] Forman RTT. 1995. Some general principles of landscape and regional ecology. *Landscape Ecology*, **10** : 133-142
- [ 4 ] Fu B-J ( 傅伯杰 ), Chen L-D ( 陈利顶 ), Ma K-M ( 马克明 ). 2001. *Landscape Ecological Principles and Application*. Beijing : Science Press ( in Chinese )
- [ 5 ] Haber W. 1990. Using landscape ecology in planning and management// Zonneveld IS, Forman TT, eds. *Changing Landscapes : An Ecological Perspective*. New York : Springer-Verlag : 217-232
- [ 6 ] Hou W ( 侯伟 ), Zhang S-W ( 张树文 ), Zhang Y-Z ( 张养贞 ), *et al.* 2004. Analysis on the shrinking process of wetland in Naoli River Basin of Sanjiang Plain since the 1950s and its driving forces. *Journal of Natural Resources ( 自然资源学报 )*, **19**( 6 ): 725-731 ( in Chinese )
- [ 7 ] Li T-S ( 李团胜 ), Cheng S-Y ( 程水英 ). 2002. Landscape ecological characteristics and ecological construction of Loess Plateau. *Chinese Journal of Ecology ( 生态学杂志 )*, **21**( 5 ): 78-80 ( in Chinese )
- [ 8 ] Ma K-M ( 马克明 ), Fu B-J ( 傅伯杰 ), Zhou H-F ( 周华峰 ). 1998. Measuring landscape diversity : Affinity analysis of pattern diversity. *Acta Ecologica Sinica ( 生态学报 )*, **18**( 1 ): 76-81 ( in Chinese )
- [ 9 ] Meng J-J ( 蒙吉军 ), Wu X-Q ( 吴秀芹 ). 2004. Research on the landscape spatial pattern of Suzhou in the middle Western Hexi Corridor. *Arid Land Geography ( 干旱区地理 )*, **27**( 2 ): 179-185 ( in Chinese )
- [ 10 ] Turner MG. 1990. Spatial and temporal analysis of landscape patterns. *Landscape Ecology*, **4** : 21-30
- [ 11 ] Wang T ( 王涛 ), Wu W ( 吴薇 ), Xue X ( 薛嫻 ). 2004. Spatial-temporal changes of sandy desertified land during last 5 decades in Northern China. *Acta Geographical Sinica ( 地理学报 )*, **59**( 2 ): 203-212 ( in Chinese )
- [ 12 ] Wang Y-J ( 王永军 ), Li T-S ( 李团胜 ). 2006. Dynamical changes of landscape pattern in Yulin region based on GIS. *Chinese Journal of Ecology ( 生态学杂志 )*, **25**( 8 ): 895-899 ( in Chinese )
- [ 13 ] Wu B ( 吴波 ), Ci L-J ( 慈龙峻 ). 2001. Temporal and spatial patterns of landscape in the Mu Us Sandland, Northern China. *Acta Ecologica Sinica ( 生态学报 )*, **21**( 2 ): 191-196 ( in Chinese )
- [ 14 ] Wu J. 2004. Effects of changing scale on landscape pattern analysis : Scaling relations. *Landscape Ecology*, **19** : 125-138
- [ 15 ] Wu J, Shen W, Sun W. 2002. Empirical patterns of the effects of changing scale on landscape metrics. *Landscape Ecology*, **17** : 761-782
- [ 16 ] Wu J-G ( 邬建国 ). 2000. *Landscape Ecology*. Beijing : Higher Education Press ( in Chinese )
- [ 17 ] Wu JG. 2002. Key issues and research priorities in landscape ecology : An idiosyncratic synthesis. *Landscape Ecology*, **17**( 4 ): 355-365
- [ 18 ] Wu J-G ( 邬建国 ). 2004. The key research topics in landscape ecology. *Acta Ecologica Sinica ( 生态学报 )*, **24**( 9 ): 2074-2076 ( in Chinese )
- [ 19 ] Zhang Q-J ( 张秋菊 ), Fu B-J ( 傅伯杰 ), Chen L-D ( 陈利顶 ). 2003. Several problems about landscape pattern change research. *Scientia Geographica Sinica ( 地理科学 )*, **23**( 3 ): 264-270 ( in Chinese )
- [ 20 ] Zhao X-Y ( 赵学勇 ), Chang X-L ( 常学礼 ), Zhang T-H ( 张铜会 ). 2000. Application of landscape ecological principles in desertification research. *Journal of Desert Research ( 中国沙漠 )*, **20**( suppl ): 38-41 ( in Chinese )
- [ 21 ] Zhu H-Y ( 朱会义 ), He S-J ( 何书金 ), Zhang M ( 张明 ). 2001. GIS spatial analysis and its application in the research of land use change. *Progress in Geography ( 地理科学进展 )*, **20**( 2 ): 104-110 ( in Chinese )
- [ 22 ] Zhu Z-D ( 朱震达 ), Chen G-T ( 陈广庭 ). 1994. *Soil Particle for Sand Desertification in China*. Beijing : Science Press ( in Chinese )

---

作者简介 阿如旱,女,1973年生,博士研究生.主要从事土地资源与GIS应用研究. E-mail : aruhan@imnu.edu.cn

责任编辑 杨弘

---