

黄河三角洲丹顶鹤适宜生境变化分析*

舒莹^{①②} 胡远满^① 郭笃发^{②③} 单凯^④ 朱书玉^④ 王立东^④

(①中国科学院沈阳应用生态研究所 沈阳 110016; ②山东师范大学人口·资源与环境学院 济南 250014; ③沈阳农业大学土地与环境学院 沈阳 110161; ④山东黄河三角洲国家级自然保护区管理局 东营 257091)

摘要:以黄河三角洲生境分布图为基础,运用遥感和地理信息系统得出三个时期丹顶鹤(*Grus japonensis*)生境分布图。选取一系列的景观指数,通过APACK软件进行计算,结合土地利用动态度的概念对黄河三角洲地区1986~2001年丹顶鹤生境的动态变化进行分析。结果表明:适宜丹顶鹤栖息的生境面积不断减小,该地区的生境破碎化程度也不断升高;相应的适应丹顶鹤栖息的各生境类型的面积除了轻干扰深积水鱼类苇田(人类活动造成)的面积增加外,其余大多呈减少趋势,总的来说丹顶鹤栖息生境质量呈下降趋势。黄河三角洲丹顶鹤生境的变化是以人类活动为主要驱动力的。

关键词:黄河三角洲;丹顶鹤;越冬地生境;迁徙途经地生境;变化

中图分类号:Q958 **文献标识码:**A **文章编号:**0250-3263(2004)03-33-09

The Change of Habitat Suitable for the Red-crowned Crane in Yellow River Delta

SHU Ying^{①②} HU Yuan-Man^① GUO Du-Fa^{②③} SHAN Kai^④
ZHU Shu-Yu^④ WANG Li-Dong^④

(① Institute of Applied Ecology, CAS, Shenyang 110016;

② College of Population, Resource and Environment, Shandong Normal University, Jinan 250014;

③ College of Land and Environment, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161;

④ Shandong the Yellow River Delta National Nature Reserve, Dongying 257091, China)

Abstract: Based on the Yellow River delta habitat map, the Red-crowned Crane suitable habitat map was developed by RS and GIS. Based on a series of selected landscape indices, this paper analyzed change of habitat suitable for the Red-crowned Crane in Yellow River delta from 1986 to 2001. The results show that suitable habitat for the species is decreasing and there is an increased fragmentation. Areas of all types of habitats are decreasing except those with less intensive human disturbance deep seeper, sufficient fish and high and dense vegetation. In short, the quality of suitable habitat for the Red-crowned Crane is deteriorating mostly owing to the disturbance of human beings.

Key words: Yellow River delta; Red-crowned Crane; Wintering habitat; Stopover habitat; Change

生境是鸟类生活和繁殖的场所,即鸟类生活的环境条件^[1]。生物生存环境的优劣对于它们的生存和延续非常重要^[2]。近些年随着人类活动的加强,地区生态环境发生变化,引起动物栖息的生境的改变,导致物种多样性的丧失和生境破碎化。丹顶鹤(*Grus japonensis*)是世界上

珍稀濒危的鸟类物种之一^[3-6],被列入国际自

* 国家自然科学基金资助项目(No. 40171037, 40001002);

第一作者介绍 舒莹,女,25岁,硕士研究生;主要从事景观生态学、野生动物生境等研究;E-mail: shuying98@163.com.

收稿日期:2003-09-30,修回日期:2004-02-20

然保护联盟(IUCN)濒危物种红皮书并被定为易危(Vulnerable)物种^[7],是国家的一级保护动物。国际和国内对丹顶鹤的保护和研究从来没有停息过,其研究遍及繁殖、迁徙、越冬等生长发育的各个阶段,主要集中在栖息地选择^[8-11]、繁殖期行为^[9,11-13]、越冬期行为及分布^[14-19]和领域行为^[20,21]等方面。鸟类在不同的生活季节里,呈现出不同的生境选择性,丹顶鹤是一种生活在北方气候的鸟类,它们越冬和迁徙栖息地的选择至关重要^[22,23]。丹顶鹤对人类活动的敏感性决定于它只能栖息于人类活动干扰较弱的湿地上,所以湿地环境的变化将直接影响其生存与发展。借助地理信息系统与遥感,并融合景观生态学理论,从生境要素角度对黄河三角洲地区丹顶鹤的栖息、越冬和迁徙的生境进行分析研究,探索环境变化对丹顶鹤影响,从而为丹顶鹤的保护提供依据,并为其它珍稀野生动物的保护提供借鉴。

1 研究区概况

黄河三角洲是我国三大河口三角洲之一,也是世界上陆地资源增长最快的地区之一。近代黄河三角洲以垦利的宁海为顶点,北起套尔河口,南至淄脉沟口,面积达 6 100 km²,是我国最大的新生湿地生态系统。区内滩涂宽阔,湿地资源丰富,有丰富的水生植物资源及各种鱼类和丰富的无脊椎动物,为水禽提供了充足的食物^[24];生境类型的斑块状镶嵌和多样的景观类型又为水禽栖息提供了适宜的场所,优越的生境条件使得水禽资源丰富。位于其中的黄河三角洲国家级自然保护区是东亚鸟类迁飞网络的主要保护区,也是东亚-澳洲涉禽迁徙网络的成员,并且每年以近 5 km² 的速度形成新生陆地,是世界上土地面积自然增长最快的自然保护区之一^[26]。区内还坐落着我国第二大油田——胜利油田,区域资源的开发(干扰)强度逐年增大,再加上近年来黄河流量锐减,对三角洲的水禽生境影响很大。

在区内众多的水禽中,鹤类资源尤其突出,其中丹顶鹤就是本地区分布数量较大的物

种之一。黄河三角洲是目前丹顶鹤越冬的最北限^[3],那里没有开发的沼泽和滩涂更是它们生存的乐园,每年大概有 200 只左右在此越冬,有 800 只左右迁徙经过。黄河三角洲是鹤类越冬和迁徙的重要地区之一,在保护丹顶鹤上具有重要的国际意义^[25]。丹顶鹤每年秋末 10 月下旬至 12 月上旬,春季 2 月上旬至 3 月上旬数量较为集中,冬季 1 月份也有不少数量在此越冬。

2 研究方法

2.1 数据源及处理 主要的数据来源有 1986、1996 和 2001 年 3 个时相的 LandsatTM 数据及 1980 年的 30 张 1:10 万的地形图。将 3 期的 TM 数据与 1980 年的地形图进行配准,配准后的图在实地调查的基础上,利用 ERDA 遥感图像处理软件进行监督分类和非监督分类,结合人工目视解译获得本区 3 个时相的土地利用图。需要指出的是由于 3 期 TM 数据拍摄时间不同(2001 年为 5 月,1996 年为 9 月,1986 年为 6 月),潮位有所差异,潮间带范围的确定可能出现一些偏差。

在土地利用图的基础上,对生境要素进行分析,采用单要素提取法与合并法相结合。对于干扰和食物仅在土地利用分类基础上进行分类分级,对于水分和隐蔽物还要进行水分指数和 NDVI 指数分析,综合考虑后再进行分类分级,得到生境要素专题地图。最后对生境要素专题地图进行综合汇总,得到 3 年的生境类型分布图。各生境要素的分类分级标准如表 1~4。

2.2 丹顶鹤适宜生境的确定 丹顶鹤适宜生境的确定从水分、食物、隐蔽物和人类干扰四个方面入手。根据以往的研究结果^[16,18,26-29]及这两年的实地考察,来确定丹顶鹤适宜栖息的生境。水分:丹顶鹤的栖息地多位于水源充分地域,从其越冬生境来看,没有充足的水源,很少有丹顶鹤的分布,其饮水经过化学分析盐度为 0.6%~1.5%。食物:中国鸟类志^[30]介绍丹顶鹤为杂食性鸟类,食物主要有水生嫩草、大豆、小麦、软体动物、甲壳动物、鱼和虾类等,越冬主

要以一些无脊椎动物为食源,近几年植物性食物的比例也大大增加。隐蔽物:在该地区的观察发现,丹顶鹤对隐蔽物的要求不高,很多的隐蔽物类型都适宜丹顶鹤的栖息,如一些高中隐蔽物以及一些开阔的河漫滩、滩涂等。干扰:水禽都栖息于人类活动干扰较小的地区,丹顶鹤的这一特征更为明显,它只栖息于无人类频繁活动或人类活动较少的无干扰和轻干扰区域。需要指出的是,这种适宜生境的确定方法是以人类的主观认识和前人的调查经验为依据,存在一定的片面性,有可能与实际情况有些不相符。

表1 黄河三角洲水禽生境干扰分级表

干扰分级	区内特征
1 无干扰	无人类的频繁活动
2 轻干扰	人类生产经营活动较粗放,包括水域及人为干扰较少的植被区
3 中干扰	农业生产活动集约化及道路油井的缓冲区
4 重干扰	人类活动密集并对土地结果造成破坏

表2 黄河三角洲水禽生境水分分级表

干扰分级	区内特征
1 干燥	地面干燥,表土含水量 < 10%
2 潮湿	表土含水量 > 10%,但无积水
3 浅积水	积水 < 30 cm
4 深积水	积水 > 30 cm
5 潮间带	间歇性水淹

表3 黄河三角洲水禽生境食物分类表

食物分级	区内特征
1 谷物草籽	陆地植物性食物
2 鱼类	积水区鱼类、蛙类等
3 虾蟹	虾蟹、田内生物
4 无脊椎动物	淤泥质滩涂中生物
5 浮游动物	潮间带浮游生物

丹顶鹤对人类干扰的敏感度很高,正常情况下,对于其越冬及迁徙来说,能接近人工建筑物的最近距离分别为:离路为 200 m,离油井为 300 m^[31]。针对这一特点,分别对道路及油井做 200 和 300 m 的缓冲区,得到丹顶鹤的适应生境分布图,并以此图为基础进行分析(图 1,见封 4)。

表4 黄河三角洲生境隐蔽物分类表

隐蔽物分类	区内特征
1 稠密高隐蔽物	植被盖度 > 30%,平均物质高度 > 1 m
2 稠密中隐蔽物	植被盖度 > 30%,0.3 m < 平均物质高度 < 1 m
3 稀疏高隐蔽物	植被盖度 < 30%,平均物质高度 > 1 m
4 稀疏中隐蔽物	植被盖度 < 30%,0.3 m < 平均物质高度 < 1 m
5 稀疏低隐蔽物	植被盖度 < 30%,平均物质高度 < 0.3 m
6 开阔空间	水域等无植被覆盖区或盖度极低区
7 人工建筑物	人类生产生活活动区

2.3 分析方法 在黄河三角洲丹顶鹤生境图的支持下,把景观生态学的一些基本理论运用其中,用景观空间格局分析软件 APACK 进行景观指数的计算。本文选取了校正斑块周长面积比(corrected patch perimeter/area ratio)、双对数分数维(fractal double log dimension)、聚集度(agggregation)、蔓延度(contagion)、重心连接度(connectivity between patch cancroids)、多样性指数(SHDI)、均匀度指数(SHEI)和优势度指数(DOMIN)等进行分析。校正斑块周长面积比反映了各类型的生境在整个景观中的形状,当其值等于 1 时,斑块为圆形,值等于 1.1 时,斑块形状为正方形,值越大说明斑块形状越细长;双对数分数维也是景观的形状指数,多用于对斑块周界形状或不规则程度的描述^[32],其值在 1 ~ 2 之间波动,越接近 1 形状越规则,接近 2 形状越不规则;野生动物的生境条件与斑块形状密切相关^[33]。聚集度用于判断景观中各类别的聚集度水平^[34]值,等于 1 时,说明边界达到了最大可能的共享,聚集程度最大,值等于 0 时,说明没有边界共享,聚集程度最低;重心连接度用于评价生境的破碎化程度,值越低说明景观由分散的小斑块组成,破碎化程度高,值越高说明景观由密集的大斑块组成,破碎化程度低。在此仅对这 4 个指数进行简要介绍,其它指数的含义可以参阅 APACK 的介绍。

分析由两部分组成,一部分是适宜生境与

不适宜生境之间的分析,此部分分析时,把黄河三角洲地区所有适合丹顶鹤迁徙和越冬的生境综合看成一种类型,路和油井的缓冲区分别看成两个类型,再把剩余的不被丹顶鹤所利用的生境看成一种类型。第二部分是适宜生境内各生境类型的分析。在指数分析的同时引入土地利用变化的动态度 $R_{ss}^{[35-39]}$:

$$R_{ss} = \frac{\Delta U_{out} + \Delta U_{in}}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\%$$

式中: ΔU_{out} 代表某一生境类型在 T 时间内转变

为其它类型的面积之和, ΔU_{in} 代表其它类型在 T 时间转变为该类型的面积之和, U_a 为研究初期某一生境类型的面积, T 为研究时段。动态度反映了该类型的空间变化。

3 结果分析

3.1 丹顶鹤生境的景观指标变化 从3年的丹顶鹤生境分布图中提取数据,统计计算分析得出结果见表5、6。

表5 不同时期黄河三角洲丹顶鹤适宜生境及不适宜生境比较

	总面积		适宜生境		路及其缓冲区		油井及其缓冲区		剩余不适宜生境	
	hm ²	%	hm ²	%	hm ²	%	hm ²	%	hm ²	%
1986年	615 292	100	140 989	22.9	92 737	15	5 291	0.9	376 275	61.2
1996年	615 547	100	112 280	18.2	102 278	16.6	29 445	4.8	371 545	60.4
2001年	602 965	100	102 888	17.1	102 850	17.1	31 295	5.2	365 931	60.7
86-96 动态度	--	--	12.34	--	--	--	--	--	2.99	--
96-01 动态度	--	--	15.72	--	--	--	--	--	5.02	--
86-01 动态度	--	--	5.51	--	--	--	--	--	2.17	--

表6 不同时期黄河三角洲丹顶鹤适宜生境景观格局指标

年份	斑块数	平均斑块面积(hm ²)	平均斑块周长(m)	校正斑块面积周长比	分数维	重心连接度
1986	591	246.49	8 326.57	2.11	1.22	11.58
1996	1 198	129.06	5 895.38	1.93	1.21	3.24
2001	933	108.30	5 234.34	1.97	1.18	3.05

从表5可以看出,黄河三角洲各时期剩余不适宜生境占区域总面积均在60%以上,15年来面积比例变化却不大;而路及其缓冲区和油井及其缓冲区地带的面积15年来比例不断增加,两者面积比例由1986年的15.9%增加到2001年的22.3%,尤其是油井及其缓冲区的面积增加了26 004 hm²,说明该地区15年来开发程度不断增强。总的来说,不适宜生境(除了适宜生境外的所有生境)的面积呈逐年增长趋势,其面积总共增加了25 773 hm²。

黄河三角洲丹顶鹤适宜生境所占比例很小,并呈现出不断下降的趋势,由1986年的140 989 hm²,减少为1996年的112 280 hm²,到2001年只剩102 888 hm²,占区域总面积的比例也由1986年的22.9%降为2001年的17.1%;表5显示出适宜生境的斑块数经历了先增加后减小的过程,斑块数从1986年到2001年增加

了442块;面积减少斑块数增加,相应的平均斑块面积不断减小,平均斑块周长不断缩短,平均斑块面积1986年为246.49 hm²、1996年129.06 hm²、2001年108.00 hm²,平均斑块周长由1986年的8 326.57 m减少为1996年的5 895.38 m,到2001年平均斑块周长仅有5 234.34 m;重心连接度是评价生境破碎化的指标,其值越大说明组成该类别生境的斑块越大,破碎化程度低,反之则破碎化程度高,黄河三角洲丹顶鹤生境的重心连接度值不断减小,1986年11.58,1996年3.24,2001年只有3.05,表明了该地区的适宜生境的破碎化程度不断变大;以上各指数的变化都表明15年来组成丹顶鹤适宜生境的景观破碎化程度的不断降低,生境总面积和每一斑块面积的减小会引起种群数量的减小和物种的灭绝。丹顶鹤适宜生境的校正斑块面积周长比分别为1986年2.11、1996年1.93、2001年

1.97,说明丹顶鹤的适宜生境为一狭长形;丹顶鹤适宜生境分数维不断减小并趋于 1,1986、1996、2001 年分别为 1.22、1.21、1.18,分数维的降低说明在干扰不断加重的情况下异质性的降低,景观斑块自相似性的增加,说明斑块形状多样性和复杂性程度降低,这对丹顶鹤的扩散或觅食等活动产生了不利的影响。适宜生境面积及其斑块面积的减小、周长的变短、狭长的斑块的形状以及破碎化程度的增强都预示着黄河三角洲地区适宜丹顶鹤迁徙和越冬的生境质量不断下降,越来越不适宜丹顶鹤的栖息。

15 年来丹顶鹤适宜生境变化强烈,各个阶段变化的动态度都远高于不适宜生境变化的动态度,1986~1996 年、1996~2001 年和 1986~2001 年适宜生境变化的动态度分别为 12.34、15.72 和 5.51,为剩余不适宜生境变化的动态度的 4.13、3.13 和 2.01 倍(表 5)。

3.2 适宜生境内部的变化 黄河三角洲地区适宜丹顶鹤越冬及迁徙的生境类型丰富多样,从丹顶鹤生境图中把所有适宜生境类型提取出来,用景观指数单独分析其适宜生境内部的景观结构变化及景观异质性变化。

3.2.1 景观结构变化分析 构成丹顶鹤适宜生境的类型有无干扰浅积水浮游动物开阔空间、轻干扰潮湿谷物草籽稠密中隐蔽物、轻干扰深积水鱼类稠密高隐蔽物、轻干扰浅积水鱼类稀疏中隐蔽物、无干扰潮间带无脊椎动物稀疏低隐蔽物、轻干扰浅积水谷物草籽稀疏中隐蔽物。

从这些生境类型的平均斑块面积及面积比例和斑块数量(表 7)可以看出,黄河三角洲地区适宜丹顶鹤生境的斑块数量明显增加,平均斑块面积不断缩小,因而其景观破碎化程度表现为增加的趋势,对于丹顶鹤适宜生境内部来说,其景观破碎化程度越高,说明其生境类型越丰富多样,但这对单一物种的多样性还是不利的。

在所有的适宜生境中,轻干扰浅积水谷物草籽稀疏中隐蔽物所占的比例 15 年来虽大幅下降,但仍是该地区丹顶鹤生境中所占比例最大的,其斑块数变化不大,平均斑块面积由于其总面积的减小也呈现出不断减小的趋势。斑块数呈现出大幅增加的适宜生境类型有轻干扰潮湿谷物草籽稠密中隐蔽物和轻干扰深积水鱼类稠密高隐蔽物,它们的平均斑块面积不断减小,轻干扰深积水鱼类稠密高隐蔽物所占面积的比例 15 年来大幅增加,这是由于人类有意识的开发苇田所造成的。无干扰浅积水浮游动物开阔空间的斑块数 2001 年比 1986 年增加了 279 块,但由于它面积的大幅减小,平均斑块面积 15 年来减少了 269.76 hm²。以上所分析的适宜生境的平均斑块面积的减小都显示出这些生境类型破碎化程度的增加。斑块数呈现减少的生境类型有轻干扰浅积水鱼类稀疏中隐蔽物和无干扰潮间带无脊椎动物稀疏低隐蔽物,其中轻干扰浅积水鱼类稀疏中隐蔽物的面积比例不断增大,无干扰潮间带无脊椎动物稀疏低隐蔽物的面积比例稍有下降,相应的它们的平均斑块面积都不断增大。

表 7 黄河三角洲丹顶鹤适宜生境各类型结构变化

	1986 年			1996 年			2001 年		
	面积比例 (%)	平均斑块面积 (hm ²)	斑块数	面积比例 (%)	平均斑块面积 (hm ²)	斑块数	面积比例 (%)	平均斑块面积 (hm ²)	斑块数
1	22.2	316.69	120	14.2	200.02	126	16.7	46.93	399
2	12.5	53.86	352	9.8	20.24	603	14.7	35.35	749
3	2.3	143.46	21	14.9	151.69	158	18.9	44.45	445
4	6.8	109.56	88	7.9	177.89	62	13.4	325.11	39
5	12.9	52.33	260	13	57.74	244	10.4	101.21	107
6	43.3	176.23	339	40.2	128.94	437	25.9	68	417
合计	100	114.62	1 180	100	81.09	1 630	100	51.67	2 156

1. 无干扰浅积水浮游动物开阔空间; 2. 轻干扰潮湿谷物草籽稠密中隐蔽物; 3. 轻干扰深积水鱼类稠密高隐蔽物; 4. 轻干扰浅积水鱼类稀疏中隐蔽物; 5. 无干扰潮间带无脊椎动物稀疏低隐蔽物; 6. 轻干扰浅积水谷物草籽稀疏中隐蔽物

3.2.2 类别水平景观异质性分析 对适宜生境的异质性分析包括校正周长面积比, 双对数分维数、聚集度和重心连接度四个指数(图 2)。可以看出各个生境类型的异质性指数及其变化过程存在着较大的差异。

在景观水平上, 适宜生境的校正斑块周长面积比呈现出先下降后上升的趋势, 1986 年 2.207, 1996 年 1.862, 2001 年 1.950。从图 2a 可以看出类型水平校正斑块周长面积比的变化如下: 无干扰浅积水浮游动物开阔空间和无干扰潮间带无脊椎动物稀疏低隐蔽物的校正斑块面积周长比 15 年来一直呈下降趋势, 轻干扰潮湿谷物草籽稠密中隐蔽物、轻干扰浅积水鱼类稀疏中隐蔽物和轻干扰浅积水谷物草籽稀疏中隐蔽物的校正周长面积比在 1986 ~ 1996 年有一定幅度的下降, 在 1996 ~ 2001 年则稍有提升, 但 15 年来总体是下降, 轻干扰浅积水鱼类稀疏中隐蔽物的校正斑块面积周长比在各个时期都较大, 分别为 2.45、1.979、2.424; 在以上校正斑块面积比呈下降趋势的各生境类型中, 以无干扰浅积水浮游动物开阔空间的降幅最大, 达 15.79%; 轻干扰深积水鱼类稠密高隐蔽物的校

正面积周长比在经历了先上升后下降的过程后略有升高, 斑块狭长程度加重。各生境类型的校正斑块面积比都偏大, 说明斑块的形状上对丹顶鹤的栖息不利。双对数分维数是衡量斑块形状的指数, 适宜生境的分维数不断下降, 从 1986 年的 1.24, 1996 年的 1.207, 2001 年的 1.195。从类型水平的变化来看, 轻干扰浅积水鱼类稀疏中隐蔽物和轻干扰浅积水谷物草籽稀疏中隐蔽物的分维数一直不断减小, 无干扰浅积水浮游动物开阔空间和轻干扰深积水鱼类稠密高隐蔽物的分维数先增大后减小, 轻干扰潮湿谷物草籽稠密中隐蔽物及无干扰潮间带无脊椎动物稀疏低隐蔽物的分维数先减小后增大, 各类别的变化过程存在很大差别, 但最终它们的分维数都是下降的, 其中降幅最大的是轻干扰浅积水鱼类稀疏中隐蔽物, 达 4.53%。在 1986 和 2001 年, 所有适宜生境中双对数分维数最大的都是轻干扰浅积水鱼类稀疏中隐蔽物, 分别为 1.302 和 1.243, 说明其斑块形状较为复杂; 1986 和 2001 年分维数最小的都是轻干扰深积水鱼类稠密高隐蔽物, 分别为 1.136 和 1.129(图 2b)。

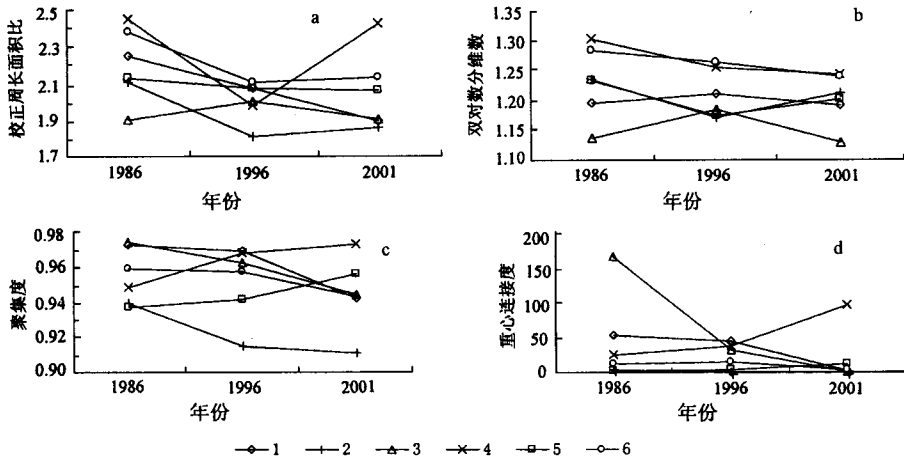


图 2 1986 ~ 2001 年黄河三角洲丹顶鹤各适宜生境类型异质性指标变化图

a. 校正斑块周长面积比图; b. 双对数分维数; c. 聚集度图; d. 重心连接度图

- 1. 无干扰浅积水浮游动物开阔空间; 2. 轻干扰潮湿谷物草籽稠密中隐蔽物; 3. 轻干扰深积水鱼类稠密高隐蔽物;
- 4. 轻干扰浅积水鱼类稀疏中隐蔽物; 5. 无干扰潮间带无脊椎动物稀疏低隐蔽物; 6. 轻干扰浅积水谷物草籽稀疏中隐蔽物

适宜生境景观水平的聚集度分别为 1986 年 0.957, 1996 年 0.954, 2001 年 0.945, 呈现下

降趋势。在类型水平上, 聚集度呈下降趋势的有无干扰浅积水浮游动物开阔空间, 轻干扰潮

湿谷物草籽稠密中隐蔽物,轻干扰深积水鱼类稠密高隐蔽物和轻干扰浅积水谷物草籽稀疏中隐蔽物,聚集度上升的生境类型有轻干扰浅积水鱼类稀疏中隐蔽物和无干扰潮间带无脊椎动物稀疏低隐蔽物,聚集度无论是上升还是下降,其变幅都不是很大(图 2c),变幅最大的是轻干扰潮湿谷物草籽稠密中隐蔽物,降幅 3.09%,变幅最小的是轻干扰浅积水谷物草籽稀疏中隐蔽物,降幅 1.67%。总的来说,无论是景观水平或是类型水平,适宜生境的聚集度程度都较高。

图 2d 是各适宜生境类型的重心连接度变化图。从图中可以看出各类型的重心连接度的变化显著,无干扰浅积水浮游动物开阔空间、轻干扰潮湿谷物草籽稠密中隐蔽物、轻干扰深积水鱼类稠密高隐蔽物和轻干扰浅积水谷物草籽稀疏中隐蔽物的重心连接度大幅下降,其中降幅最大的是轻干扰深积水鱼类稠密高隐蔽物,由 1986 年的 166.012 降为 2001 年的 2.086;轻干扰浅积水鱼类稀疏中隐蔽物和无干扰潮间带无脊椎动物稀疏低隐蔽物的重心连接度大幅增加,分别由 1986 年的 25.582 和 2.772 增加到 2001 年的 96.564 和 13.355。在 1986 年时,重心连接度最大的是轻干扰深积水鱼类稠密高隐蔽物,最小的是无干扰潮间带无脊椎动物稀疏低隐蔽物,2001 年时,重心连接度最大的是轻干扰浅积水鱼类稀疏中隐蔽物,最小的是轻干扰潮湿谷物草籽稠密中隐蔽物,它的重心连接度仅有 0.460。

3.2.3 景观水平的景观指标变化分析 从表 8 可以看出 SHDI、SHEI 和 EDEI 呈现出逐年上升的发展趋势,DOMIN 和 CONTA 呈逐年下降趋势。多样性指数反映景观类型的破碎化程度,Shannon 多样性指数的上升,意味着景观多样性的提高和景观破碎化的加重;优势度指数是与多样性指数相对应的,它表示景观类型多样性对景观最大多样性的偏离程度。Shannon 多样性指数和 Shannon 均匀度指数的上升及 DOMIN 优势度指数的降低都说明了黄河三角洲地区适宜生境内部景观类型多样性和斑块均一性的提

高,它们的变化说明了景观中各斑块类型的均匀分布性的提高;CONTA 蔓延度指数的下降反映了适宜丹顶鹤的生境呈逐年丧失的状态,这正好与丹顶鹤适宜生境面积的减小相符合。

表 8 黄河三角洲丹顶鹤适宜生境景观水平上的景观指标比较

年份	SHDI	SHEI	DOMIN	CONTA	EDEI
1986	1.496	0.681	0.701	2.101	0.53
1996	1.829	0.794	0.473	2.015	0.599
2001	1.873	0.852	0.324	1.68	0.73

SHDI: 多样性指数;SHEI: 均匀度指数;DOMIN: 优势度指数;CONTA: 蔓延度指数;EDEI: 边缘贡献率指数

4 讨 论

4.1 丹顶鹤生境变化原因探讨 黄河三角洲丹顶鹤适宜生境发生变化的主要原因是人类活动的影响。社会的发展是通过区域经济开发强度的增强达到的,黄河三角洲地区 2001 年道路的长度比 1986 年增加了 3 225.06 m, 油井数量增加了 1 566 座,这些人工建筑的增加减少了适宜生境的面积,增大了适宜生境的破碎化程度,对丹顶鹤的生存环境造成了严重的负面影响。虽然人类活动对丹顶鹤的生境保护是不适合的,但有些人类活动诸如虾蟹田和苇田的开发等,由于基本上保持了湿地生态系统的特点,可以给丹顶鹤的迁徙和越冬提供充足的食物和水,在一定时间和范围内,还是能被丹顶鹤所接受的。当然没有限度的开发,会使得湿地生物多样性的丧失,最终对丹顶鹤的栖息是不利的^[3]。

4.2 分析结果 黄河三角洲丹顶鹤适宜生境变化主导因素是人类活动的加重,水分状况的变化也是引起其发生变化的原因之一。综合以上的分析得出下面结论。

(1) 适宜丹顶鹤生存的生境面积逐年不断变小,不适宜生境的面积不断增大。适宜生境的变化动态度大。

(2) 适宜生境的平均斑块面积、平均斑块周长、重心连接度的减小说明其适宜生境的景观破碎化程度的加强,这对丹顶鹤的生存是不利

的。校正斑块面积周长比和双对数分维数的降低说明其斑块形状 15 年来变得较为规则,斑块的狭长程度也有所缓解。

(3)丹顶鹤适宜生境内部大部分类型的面积比例呈下降趋势,这与适宜生境总面积的减少是相一致的,但轻干扰深积水鱼类稠密高隐蔽物的面积比不仅呈上升趋势,且上升幅度很大,这主要是人类活动的影响,人工灌溉苇田的增多引起的。

(4)适宜生境内部的各景观指标说明了:适宜丹顶鹤栖息生境的逐年丧失,适宜生境内部景观类型多样性和斑块均一性及斑块的聚集度都有一定程度的提高,适宜生境内部破碎化程度也加重。

(5)黄河三角洲丹顶鹤适宜生境变化致使丹顶鹤栖息生境质量的下降。破碎化程度的增加和生境面积的减小会降低生境抗外部干扰的能力^[37],降低了丹顶鹤抗灾害和外来干扰的能力;破碎化程度的增强还使得生境斑块之间的隔离程度增加,会阻碍丹顶鹤的迁移和扩散。

参 考 文 献

- [1] 楚国忠,郑光美. 鸟类栖息地研究的取样调查方法. 动物学杂志, 1993, 28(6): 47 ~ 52.
- [2] 颜忠诚, 陈永林. 动物生境选择. 生态学杂志, 1998, 17(2): 43 ~ 49.
- [3] 马志军, 李文军, 王子健等. 中国盐城生物圈保护区丹顶鹤生境变化及其适应性. 人类环境杂志, 1998, 7(6): 461 ~ 464.
- [4] WCMC. IUCN Red List of Threatened Animals. IUCN, Gland, Switzerland. 1994.
- [5] SSC/IUCN. IUCN Red List of Categories. IUCN, Gland, Switzerland. 1994.
- [6] Collar N J, Crosby M J, Stattersfield A J. Birds to Watch 2: The World List of Threatened Birds. Cambridge, UK: Birdlife International (Birdlife Conservation Series No. 4), 1994, 74.
- [7] 马志军, 王子健, 汤鸿霄. 丹顶鹤在中国的分布现状. 生物学通报, 1997, 32(12): 4 ~ 6.
- [8] 王秀丽, 阎仲科, 唐洪涛. 扎龙湿地环境现状及未来发展趋势. 水电站设计, 2001, 17(4): 24 ~ 26.
- [9] 李枫, 杨红军, 中洪海等. 扎龙湿地丹顶鹤巢址选择研究. 东北林业大学学报, 1999, 27(6): 57 ~ 60.
- [10] 马志军, 刘希平. 盐城生物圈自然保护区丹顶鹤栖息地的变化及其适应性. 中国生物圈保护区, 1998, 5(2): 5 ~ 8.
- [11] 李文军, 王子健, 马志军等. 盐城自然保护区丹顶鹤越冬栖息地的分布研究. 中国生物圈保护区, 1997, 4(3): 3 ~ 7.
- [12] 万冬梅, 高玮, 王秋雨等. 生境破碎化对丹顶鹤巢位选择的影响. 应用生态学报, 2002, 13(5): 581 ~ 584.
- [13] 刘振生, 仇福臣, 李晓民等. 扎龙自然保护区丹顶鹤繁殖期的个体行为. 东北林业大学学报, 2001, 29(6): 92 ~ 95.
- [14] 张培玉, 李桂芝. 丹顶鹤的越冬地特点与保护研究. 生态学杂志, 2001, 18(2): 9 ~ 10.
- [15] 李文军, 王子健. 丹顶鹤越冬栖息地数学模型的建立. 应用生态学报, 2000, 11(6): 839 ~ 842.
- [16] 吕士成, 陈浩, 刘中权. 越冬期丹顶鹤集群行为研究. 中国生物圈保护区, 1996, 3(4): 6 ~ 9.
- [17] 严风涛. 盐城滩涂丹顶鹤越冬数量分布及生态研究. 动物学杂志, 1991, 26(2): 34 ~ 36.
- [18] 施泽荣. 自然状态下环境对越冬丹顶鹤集散行为的影响. 国土与自然资源研究, 1990, 1: 59 ~ 61.
- [19] 刘白. 江苏盐城海涂滩涂越冬丹顶鹤的数量分布. 生态学报, 1990, 10(3): 284 ~ 285.
- [20] 李文军, 王子健. 盐城自然保护区的缓冲带设计. 应用生态学报, 2000, 11(6): 843 ~ 847.
- [21] 李方满, 李佩珣. 丹顶鹤与白枕鹤的领域比较. 生态学杂志, 1999, 18(6): 33 ~ 37.
- [22] 杨维康, 钟文勤, 高行宜. 鸟类栖息地选择研究进展. 干旱区研究, 2000, 17(3): 371 ~ 378.
- [23] Horne B V. Density as a misleading indicator of habitat quality. *J Wildl Manage*, 1983, 547(4): 893 ~ 901.
- [24] 赛道建, 闫理钦. 黄河三角洲繁殖鸟类群落特征的初步研究. 山东师范大学学报(自然科学版), 1999, 14(3): 305 ~ 310.
- [25] 赵延茂, 宋朝枢. 黄河三角洲自然保护区科学考察集. 北京: 中国林业出版社, 1995, 115 ~ 117.
- [26] 李文军, 马志军, 王子健等. 自然保护区栖息地影响因素的研究. 生态学报, 1999, 3(19): 426 ~ 430.
- [27] 朱卫红. 图们江河口地区珍稀鸟类的栖息条件及保护措施. 延边大学学报(自然科学版), 2002, 28(2): 138 ~ 141.
- [28] 李晓民. 哈拉海湿地丹顶鹤现状、受胁原因及保护. 动物学杂志, 2002, 37(1): 64 ~ 66.
- [29] 吴建平, 刘振生, 李晓民等. 扎龙保护区丹顶鹤繁殖行为观察. 动物学杂志, 2002, 37(5): 42 ~ 46.
- [30] 赵正阶. 中国鸟类志(上卷: 雀形目). 长春: 吉林科学技术出版社, 2001, 414 ~ 415.
- [31] 肖笃宁, 胡远满, 李秀珍等. 环渤海三角洲湿地的景观

- 生态学研究.北京:科学出版社,2001,106~107.
- [32] 张世熔,龚国淑,邓良基等.川西丘陵区景观空间格局分析.生态学报,2003,23(2):380~386.
- [33] Marcot B G, Meretsky V J. Shaping stands to enhanced habitat diversity. *J For*, 1983, 83:527~528.
- [34] Hong S He, Barry E DeZonia, David J Mladenoff. An aggregation index (AI) to quantify spatial patterns of landscapes. *Landscape Ecology*, 2000, 15:591~601.
- [35] 王思远,刘纪远,张增祥等.中国土地利用时空特征分析.地理学报,2001,56(6):631~639.
- [36] 阎建忠,张镒铨,刘林山等.高原交通干线对土地利用和景观格局的影响.地理学报,2003,58(1):34~42.
- [37] 罗格平,周成虎,陈曦.干旱区绿洲土地利用与覆被变化过程.地理学报,2003,58(1):63~72.
- [38] 玉海.土地利用动态变化研究方法探讨.地理科学进展,1999,18(1):81~87.
- [39] 于兴修,杨桂山,李恒鹏.典型流域土地利用/覆被变化及其景观生态效应.自然资源学报,2003,18(1):13~19.

舒 莹等：黄河三角洲丹顶鹤适宜生境变化分析

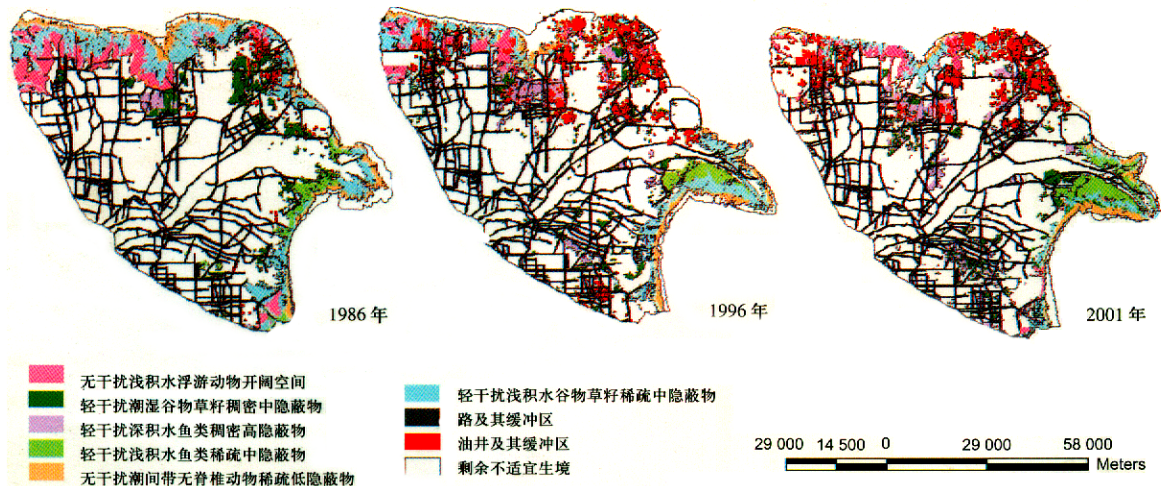


图 1 各时期黄河三角洲丹顶鹤生境类型图