

# 小三江平原湿地东方白鹳 (*Ciconia boyciana*) 生境丧失的生态后果

刘红玉<sup>1</sup> 李兆富<sup>2</sup> 李晓民<sup>3</sup>

(1. 江苏省环境演变与生态建设重点实验室, 南京师范大学地理科学学院, 南京 210097 ;

2. 南京农业大学资源与环境科学学院, 南京 210095 3 东北林业大学野生动物资源学院, 哈尔滨 150040 )

**摘要** 采用生境套娃方法反映水禽——东方白鹳生境需求的层级系统基础上, 利用 GIS 技术建立定量化分析模型, 深入探讨了小三江平原生境丧失对东方白鹳生境空间分布的影响。结果显示: 与初始状态 1954 年相比, 东方白鹳繁殖生境丧失了 81.9%, 平均斑块面积缩小了 88% ,同时, 生境面积的丧失是伴随生境破碎化过程发生的。1983 之后生境破碎化明显加剧, 到 2005 年生境连通度显著降低, 生境处于高度破碎化状态。研究表明, 生境丧失对东方白鹳繁殖生境的影响不仅取决于关键生境要素的变化, 生境空间异质性改变更为重要。

**关键词** 湿地, 生境丧失, 东方白鹳 (*Ciconia boyciana*) , 三江平原

文章编号: 1000-0933 (2007) 07-2678-06 中图分类号: P941 Q145 文献标识码: A

## Ecological effects on Oriental White Stork (*Ciconia boyciana*) with habitat loss in sub-Sanjiang Plain, China

LIU Hong-Yu<sup>1</sup>, LI Zhao-Fu<sup>2</sup>, LI Xiao-Min<sup>3</sup>

1 Key Lab of Environment Change and Ecology Construction, Jiangsu Province, College of Geography, Nanjing Normal University, 122, Ninghai Road, Nanjing 210097, China

2 College of Resources and Environmental Sciences, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China

3 College of Wild Animal Resources, University of Northeast Forest, Haerbin 150040, China

*Acta Ecologica Sinica* 2007 27 (7) 2678 ~ 2683.

**Abstract** : Since habitat loss poses one of the most serious threats for many species, it is highly important to study the impacts on Oriental White Stork — the endangered species due to the habitat loss. The sub-Sanjiang Plain is recognized as an important breeding area for Oriental White Storks in China, but the population of Oriental White Stork has sharply declined during the last decades apparently due to forest harvesting and loss of natural wetlands. Conservation efforts have been done such as the establishment of wetlands reserves network to assure the persistence of Oriental White Stork at a regional scale. However, little is known about the effects of habitat loss on the distribution of Oriental White Stork. Six key breeding habitat variables have been identified and tested by the field surveys during 2004 and 2005. And GIS model has been applied to evaluate the potential distribution on suitable breeding habitats for Oriental White Storks based on six historical periods. The tests have been made whether habitat loss, size of habitat patches or connectivity between habitat

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (40471003) ; 南京师范大学高层次人才基金资助项目 (2005105XGQ2B68)

收稿日期: 2006-12-30 ; 修订日期: 2007-05-28

作者简介: 刘红玉 (1963 ~ ), 女, 辽宁辽阳人, 博士, 教授, 主要从事湿地景观变化与生物多样性研究. E-mail: liuhongyu@njnu.edu.cn

**Foundation item** : The project was financially supported by National Natural Science Foundation of China (No. 40471003) ; Nanjing Normal University Foundation (No. 2005105XGQ2B68)

**Received date** 2006-12-30 ; **Accepted date** 2007-05-28

**Biography** LIU Hong-Yu, Ph. D., Professor, mainly engaged in wetland landscape change and biodiversity. E-mail: liuhongyu@njnu.edu.cn

patches are important in predicting the breeding habitat distribution for Oriental White Stork. Results show that (1) habitat loss with land use include the loss of habitat area ,reduction of habitat quality and the change of habitat structure ; (2) the decline of habitat patches in area and the increase of isolation between patches may result in fragmentation in landscape structure that further leads to the decline of occupancy of patches and population of Oriental White Stork in the study areas ; (3) the decrease in patch number of key habitats such as island-like forest ,ponds and marshes as well as spatial isolation have brought serious negative impacts on the breeding habitat of Oriental White Stork with landscape fragmentation ,which is the major reason for extinction of breeding population of Oriental White Stork after 1983 ; (4) loss or preservation of habitat spatial structure is also very important to maintain species sustainable survival. Results demonstrate that the original continuous habitat will be segmented in several patches when over 50% habitat is destroyed. The further destruction will decrease the size of mean patches ,increase distance of adjacent patches. And when the habitat area is less than 20% of the total landscape area ,the isolation will rapidly increase that forms a highly fragmented landscape and lead to the extinction of population of Oriental White Stork in the sub — Sanjiang Plain.

**Key Words :**habitat loss ;wetlands ;Oriental White Stork (*Ciconia boyciana* )

景观中的生境类型可以分为两类 ,即适宜目标物种繁育的生境类型和景观基质类型 (指繁育生境斑块周围生境)<sup>[1]</sup>。生境丧失一般会减少适宜繁育生境的面积 ,改变景观基质的面积。景观基质对物种非常重要 ,不同景观基质阻碍物种运动程度是不同的。一般认为 ,在人为改变的景观中景观基质的质量对于许多物种的续存非常重要。生境丧失带来面积的减少往往会导致破碎化程度增加 ,剩余的生境出现在更小、更隔离的斑块中<sup>[2]</sup>。人类土地利用常常导致景观走向高度破碎化。对高度破碎化景观 (生境)进行研究的重要性源于破碎化对种群空间结构和动态乃至物种续存产生的后果<sup>[3,4]</sup>。小斑块生境只能为小的局域种群提供栖息场所 ,这样的小种群很快会丧失遗传多样性 ,有很大的灭绝风险。因此生活在破碎化景观中的很多物种只能以集合种群形式在区域内续存<sup>[5,6]</sup>。

一个特定景观在功能上是不是高度破碎化的 ,取决于景观结构和物种运动速度和活动范围。在这样的背景下 ,斑块面积大小很重要。如果斑块足够大 ,能够使生物个体可以在一个斑块内繁殖生存 ,那么景观斑块能够提供良好质量的生境 ;如果斑块很小 ,个体需要在斑块间运动 ,那么斑块之间的景观类型可能成为阻碍 ,使个体运动受到限制或影响<sup>[7,8]</sup>。尤其对于鸟类 ,一个破碎化的景观将影响鸟类繁育和生存。这主要反映在生境斑块之间的连通度对于物种和种群繁育起关键作用 ,连通度水平的时空变异直接影响种群繁育数量大小 ,也间接反映生境质量的变异性<sup>[9]</sup>。

本文选择小三江平原为研究区域 ,采用生境套娃方法识别东方白鹳生境需求的层级系统 ,从生境数量、质量和连通度 3 个方面分析生境丧失对东方白鹳繁殖生境的影响<sup>[10,11]</sup> ,为湿地生物多样性保护与恢复提供科学依据。

1 研究区域概况

小三江平原位于中国黑龙江省三江平原的核心区域 ,土地面积 45508km<sup>2</sup> ,其中 78.4% 为平原 ,21.6% 为山地。该区是由黑龙江、乌苏里江和松花江 3 条河流冲积形成的冲积平原 ,多年平均降水量约 518mm ,降水集中在夏秋两季 ,冬季和春季降水较少 ,其中 6~9 月份降水量约占年降水量的 72%。该区土壤渗水能力差 ,渗水率为 0.0013~0.0066cm s<sup>-1</sup> ,因此水通常积累在土壤和土壤表面而形成大面积沼泽、湿草甸和洪泛平原林沼 ,支持众多珍稀和濒危物种的生存。其中东方白鹳 (*Ciconia boyciana*) 就是赖以这块湿地繁殖的国家一级重点保护鸟类。20 世纪 60 年代曾广泛分布于各大沼泽湿地 ,每年繁殖数量近千只。但由于垦沼造田 ,砍伐树林 ,东方白鹳的栖息地遭到极大的破坏 ,种群数量锐减<sup>[12]</sup>。到 20 世纪 70 年代初 ,仍有百余只的繁殖群 ,80 年代初已经没有繁殖个体 ,90 年代开始 ,每年仅有 2~3 对在此繁殖<sup>[13]</sup> ,目前 ,东方白鹳种群已经到了绝迹的边缘。

2 研究方法

2.1 生境要素调查

在 2005、2006 年春季水禽繁殖季节 ,开展了东方白鹳筑巢生境和觅食生境野外调查工作。调查地点是那些潜在的或东方白鹳曾经繁殖和觅食的地点。由于东方白鹳是大型水鸟 ,其活动范围较大 ,根据统计学需要确定样方数量。春季繁殖生境要素调查时间为 4 月 5 日开始至 5 月 24 日 ,共调查筑巢生境样方 145 个 ,觅食生境样方 245 个。对于筑巢区域调查 ,采用寻找东方白鹳巢 ,然后将巢按发现顺序编号 ,用 GPS 定位 ,测量东方白鹳筑巢区生境因子 ;对于觅食地调查 ,采用调查距离筑巢地点较近的潜在觅食地 (沼泽和湖泡等湿地) ,进行生境因子调查。

2.2 生境层级系统分析

物种的生境需求可以用层级描述的方法来定义。生境套娃 (matrioshka)就是一种以物种导向性的层级式方法描述生境层级系统的方法 ,即一系列的环境界定把特定物种的生境需求一步一步细化 ,使之得到更加精确的描述<sup>[1]</sup>。该方法以详细的野外调查为基础。

东方白鹳繁殖生境套娃是这样的 :

北方湿地

有岛状林存在的湿地或山地林缘地带

林地边缘距离湖泡、沼泽不超过 2km

道路干扰距离 450m ,居民点干扰距离 900m

生境斑块面积大于 3. 2km<sup>2</sup>

2.3 数据来源和模型建立

地理信息系统能有效的识别区域景观类型 ,具有定量和图形显示能力 ,从而为研究提供基础数据。在 1954 年 1:10 万地形图上提取研究区域的范围、界限和湿地信息 ,反映初始状态湿地景观空间分布特征 ;分别从 1967 年 1:20 万地形图和国家“六五”攻关成果 1:20 万三江平原荒地调查图 (同时参考 1976 年 MSS 影像数据)获取湿地景观信息 ;从 1983 年 1:20 万植被图中获得湿地类型信息。利用遥感技术从 1995 和 2005 年 TM 和 ETM 影像中解译出湿地景观数据。各期数据均采用一致的分类系统 (河流、湖泡、沼泽、湿草甸、岛状林、灌丛、林地、农田和居民地)和最小制图单元 (1km<sup>2</sup>)进行数据提取与处理 ,增强数据的可比性。

为了反映湿地生境空间分布特征 ,在野外调查和层级系统分析基础上 ,建立了东方白鹳繁殖生境评价模型 (图 1) ,并利用 Arcview 和 IDRISI15.0 软件实现模型定量化研究。以此为基础 ,分析不同时期东方白鹳繁

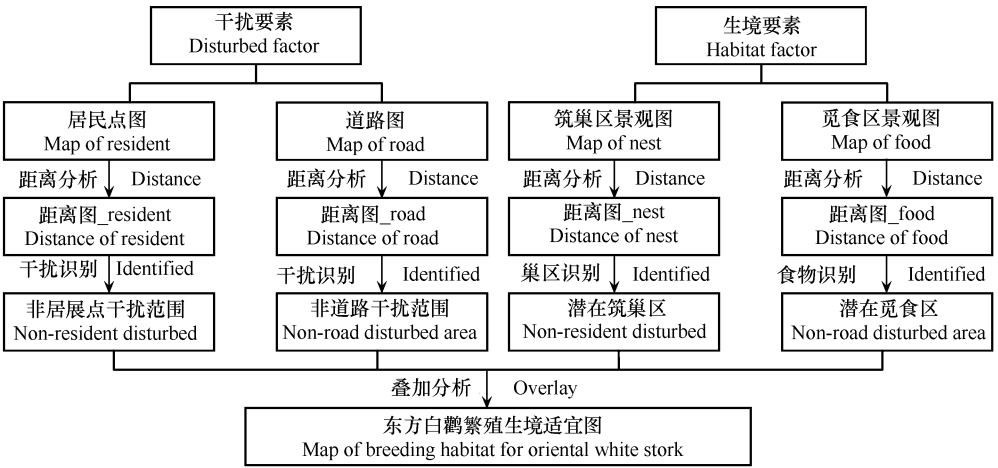


图 1 东方白鹳繁殖生境适宜性评价模型

Fig. 1 Model for evaluation of suitable breeding habitats of Oriental White Stork

殖生境空间分布特征与生境变化。图1中,综合考虑生境要素和干扰要素后,利用Assign模块赋值方法对适宜区域赋值为1,其它为0,然后分别进行距离缓冲分析,产生距离图,在此基础上,进行干扰、巢区和觅食区识别,产生非干扰区域和生境要素区域图,然后进行叠加生成生境适宜图。所有空间分析图层是由景观类型矢量数据转化为栅格数据,栅格大小依据东方白鹳最小繁殖生境面积评价需求,规定为500m×500m。

2.4 生境连通度计算

选取景观格局的连通度为生境空间结构破碎化测度指标。生境连通度测度方法采用下列公式计算：

$$S_i = \log \{ \sum \exp (\alpha d_{ij}) \cdot A_j \}$$

式中, $S_i$ 为生境中心斑块*i*的连通度; $A_j$ 为斑块面积(km<sup>2</sup>); $d_{ij}$ 为斑块*i*与*j*之间中心距离(km); $\alpha$ 为参数。指数的功能强调那些靠近焦点斑块的斑块,参数 $\alpha$ 取决于经过距离 $d_{ij}$ 后特有种的存活率。由于研究的目标是对景观基质维持特有种种群能力的普遍了解,将 $\alpha$ 取值为1.0,该参数估计更多资料参阅<sup>[6]</sup>。

3 结果分析

3.1 生境面积数量丧失的影响

生境丧失表现为总的生境面积减少,特定生境面积减少和斑块面积减少等方面。小三江平原自1954年来,生境面积数量变化极为显著。2005年与初始状态1954年相比,觅食生境面积丧失了75.8%,平均斑块面积缩小了99%,繁殖生境面积丧失了81.9%,平均斑块面积缩小了88%,表明东方白鹳生境面积的丧失是伴随生境破碎化过程发生的(表1)。其中1983~2005年繁殖生境面积丧失为52%~82%,生境破碎化明显加剧。筑巢生境面积丧失不明显,1983年后丧失比率在9%~32%之间,表明筑巢生境变化很大程度上表现在斑块数量变化上。生境面积减少会直接导致生境承载力降低,因为面积较小的生境只能维持较小的种群。可见生境面积丧失是导致东方白鹳种群数量降低的主要原因之一。

面积减少的另一个不明显的生态后果是残存生境质量的空间异质性降低。1954~1983年期间,生境空间分布表现为以湿地景观为基质,生境呈大面积连续分布状态;1983年之后,湿地景观破碎化导致生境空间异质性显著降低,其多样性指数从1954年的3.63降低到1983年的1.56,继而降到2005年的0.86,生境斑块基本呈空间隔离状态。面积减少也往往导致边缘效应,即残存生境质量发生变化(往往是降低),尤其对于东方白鹳这样的内部物种,边缘效应影响很大。通过计算湿地生境周长面积比率发现,2005年生境斑块周长面积比率增长了13倍,目前基本成狭长型分布。

表1 小三江平原东方白鹳生境面积变化

Table 1 Change of habitat Area for Oriental White Stork in sub-Sanjiang Plain						
生境类型 Habitat type	1954	1966	1976	1983	1993	2005
筑巢生境 Nesting habitat	13032	12949	12677	11910	10298	8958
觅食生境 Foraging habitat	28183	20902	19224	14447	9438	6815
繁殖生境 Breeding habitat	18577	12055	10851	8818	6732	3358

生境丧失还表现在当面积小到最小需求生境面积时,该斑块不再被利用。分析发现,2005年仅有1.4%的湿地斑块被东方白鹳利用,比1954年斑块利用率降低了93.6%。可见,生境丧失和斑块化对东方白鹳生境分布和质量的影响是极其显著的。图2显示,随着生境面积的丧失和破碎化,湿地平均斑块面积显著减少,斑块数量显著增长,而生境占有率则显著降低。

这种被占据斑块的比例随平均斑块面积减少和斑块数量增加而降低的现象说明在高度破碎化景观中,东方白鹳种群灭绝不可避免。因为单个斑块面积较小,生存于其中的种群不能免于灭绝。而灭绝的时间长短或速度快慢取决于景观结构<sup>[11]</sup>。

3.2 生境质量变化的影响

人类活动影响下,生境质量往往表现为下降的趋势。生境质量下降意味着特种生境丧失、生境改变(植

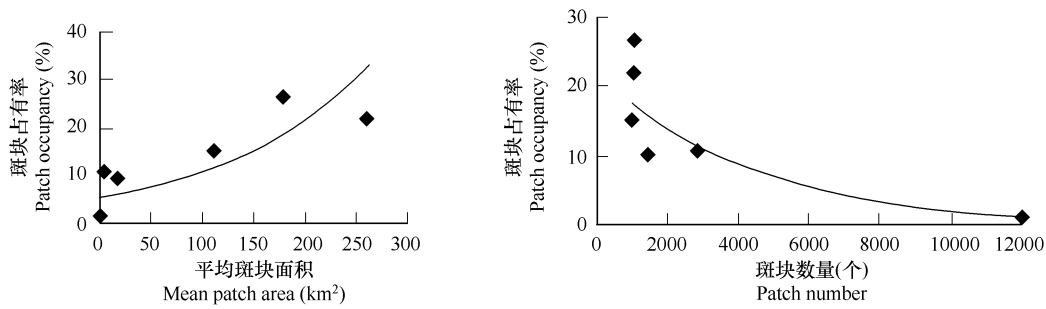


图2 斑块面积和数量变化对东方白鹤生境占有率的影响

Fig. 2 Effect of patch area and number on habitat occupancy for Oriental White Stork

被高度、类型变化、水生动物减少等),其生态后果是种群增长率下降,种群波动加剧,种群变小,种群灭绝风险增加<sup>[14,15]</sup>。小三江平原东方白鹤生境质量变化主要表现在其关键生境类型的丧失,如岛状林生境作为筑巢生境,其数量丧失对东方白鹤影响是极其显著的。随着岛状林湿地的破坏,东方白鹤逐渐丧失了52%左右的筑巢生境,沼泽和湖泊作为东方白鹤关键觅食生境,其数量减少了86%左右(图3)。这些关键生境斑块数量的大量丧失是东方白鹤生境质量下降的重要原因之一。

另外,小三江平原自1983年后大修水利工程,排水和农业活动的影响导致残存生境污染和植被类型改变,从而影响生境质量。2005年春季调查显示,目前小三江平原春季大约有20%的湿地水质状况良好,56%的湿地处于潜在的污染威胁,24%处于严重污染状态。这种局势对春季繁殖季节的鱼类、鸟类等湿地生物构成巨大威胁,是直接导致湿地水禽觅食生境质量下降重要原因之一。排水活动影响还改变了原有湿地景观类型,导致植被类型向旱化方向演替。目前,残存的湿草甸90%是由原来的沼泽演化而来。沼泽是常年积水的湿地类型,其中生长大量水生生物,是水禽的重要觅食地,但沼泽转变为季节性积水的湿草甸后,水生生物多样性迅速降低,从而严重影响觅食生境质量。

3.3 生境连通度的影响

连通度反映的是生境斑块空间上隔离程度,连通度降低意味着物种运动的可达性降低。因为某些物种空间上跨越大面积不适宜生境的能力有限,其生态后果是空生境斑块比率增加,种群减少,种群灭绝风险增加<sup>[16]</sup>。图4显示,小三江平原空生境斑块(由于隔离或面积太小而不被东方白鹤繁殖利用的斑块)比率随生境连通度的降低而增加。尤其在1983~2005年的破碎化生境中,生境连通度降低了61%~72%。可见,生境空间隔离的影响在高度破碎化景观中更为突出。

4 结论

(1)人类土地利用影响导致的生境丧失主要表现3个方面:生境数量丧失、生境质量变化和生境空间结构变化;

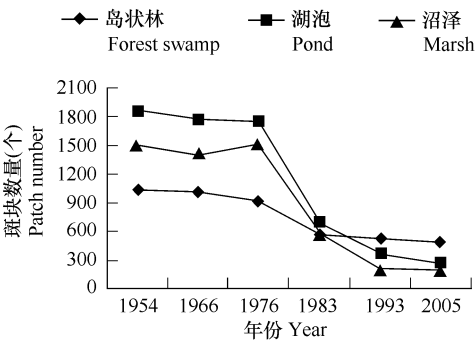


图3 东方白鹤关键生境斑块数量变化

Fig. 3 Changes in patch number for Key habitats used by Oriental White Stork

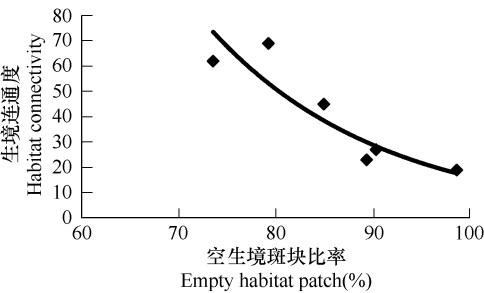


图4 生境连通度对东方白鹤生境的影响

Fig. 4 Effects of habitat connectivity on Habitats of Oriental White Stork

- (2) 生境斑块面积的减少和隔离程度的增加导致景观结构的破碎化 , 往往使斑块占有率降低 , 从而使东方白鹤繁殖种群数量降低 ;
- (3) 关键生境要素斑块数量的减少和空间隔离在破碎化的景观中对东方白鹤繁殖生境的负面影响尤为突出 , 是导致 1983 年后种群趋于灭绝的主要原因之一 ;
- (4) 生境空间结构丧失或保留对物种长期维持很重要。残留生境空间结构可极大影响种群续存。研究显示 , 超过 50% 的生境被破坏时 , 以前连续的生境将被分割成几个片断 , 即不同的相连生境单元群。进一步的破坏将减少片断平均大小 , 增加与邻近斑块间的距离。当生境面积小于整个景观面积的 20% 时 , 片断隔离程度将迅速增加 , 景观处于高度破碎化状态 , 种群趋于灭绝。

Reference :

[1] Aberg J, Jansson G, Swenson J E, Angelstam P. The effect of matrix on the occurrence of hazel grouse (*Bonasa bonasia*) in isolated habitat fragments. *Oecologia*, 1995, 103: 265 – 269.

[2] Andren H. Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat : a review. *Oikos*, 1994, 71: 355 – 366.

[3] Andren H. Population responses to habitat fragmentation : Statistical power and the random sample hypothesis. *Oikos*, 1996, 76: 235 – 242.

[4] Fahrig L. When does fragmentation of breeding habitat affect population survival ? *Ecol. Model*, 1998, 105: 273 – 292.

[5] Hanski I. Connecting the parameters of local extinction and metapopulation dynamics. *Oikos*, 1998, 83: 390 – 396.

[6] Hanski I. A practical model of metapopulation dynamics. *J. Anim. Ecol.*, 1994, 63: 151 – 162.

[7] Hanski I, O. Ovaskainen. The metapopulation capacity of a fragmented landscape. *Nature*, 2000, 404: 755 – 758.

[8] Hanski I, O. Ovaskainen. Metapopulation theory for fragmented landscapes. *Theor. Popul. Biol.*, 2003, 64: 119 – 127.

[9] Angelstam P. Landscape analysis as a tool for the scientific management of biodiversity. *Ecol. Bull. (Stockholm)*, 1997, 46: 140 – 170.

[10] Fahrig L. Relative effects of habitat loss and fragmentation on population extinction. *J. Wildl. Manage*, 1997, 61: 603 – 610.

[11] Ilkka Hanski. The shrinking world : ecological consequences of habitat loss. International Ecology Institute, Nordbunte 23, 21385 oldendorf/luhe, Germany, 2006. 18 – 38.

[12] Liu H Y, Zhang S K, Li Z F, *et al.* Impacts on wetlands of large-scale land-use changes by agricultural development : the Small Sanjiang Plain, China. *AMBIO*, 2004, 33 (6): 306 – 310.

[13] Li X M. Wild animal resources and their changes. In: Liu X T, Ma X H. The Natural Environmental changes and their conservation in the Sanjiang Plain. Beijing : Science Press, 2002. 232 – 234.

[14] Liu H Y, Li Z F, Bai Y F. Landscape Simulating of Habitat Quality Change For Oriental White Stork in Naoli River Watershed. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26 (12): 112 – 119.

[15] Hu Y M, Bu R C, Li T S, *et al.* Habitat behavior fragmentation on wild animals. In : Xiao Duning. Progress on Landscape Ecology. Changsha : Hunan Science Technique Press, 1999. 173 – 175.

[16] Liu H Y, Yang Q, *et al.* Progress on the impacts of wetland landscape change on waterfowl habitats. *Wetland Science*, 2003, (2): 115 – 121.

参考文献 :

[13] 李晓民. 野生动物资源及其变化. 见 : 刘兴士, 马学慧. 三江平原自然环境变化与生态保育. 北京 : 科学出版社, 2002. 232 ~ 234.

[14] 刘红玉, 李兆富, 白云芳. 挠力河流域东方白鹤生境质量变化景观模拟. *生态学报*, 2005, 26 (12): 4007 ~ 4013.

[15] 胡远满, 布仁仓, 李团胜, 等. 野生动物生境的行为性破碎化研究. 肖笃宁. 景观生态学研究进展. 长沙 : 湖南科学技术出版社, 1999. 173 ~ 175.

[16] 刘红玉, 杨青, 吕宪国, 等. 湿地景观变化对水禽生境影响研究的进展. *湿地科学*, 2003, (2): 115 ~ 121.