

辽河三角洲滨海湿地景观规划各预案对指示物种生境适宜性的影响

李晓文, 肖笃宁, 胡远满

(中国科学院沈阳应用生态研究所, 沈阳 110015)

摘要:运用景观生态决策与评价支持系统(LEDESS)对辽河三角洲的 3 个景观规划预案,即湿地调整、生境管理和农业开发可能导致的地表覆盖物、自然生态单元等立地环境以及保护物种生境适宜性等区域生态后果进行了评估,并与现状进行了对比。模拟结果表明,预案 A 通过湿地调整措施不仅补偿了芦苇湿地的损失,还将部分不适宜生境和边境生境转变为核心生境,相当程度上优化了保护物种丹顶鹤和黑嘴鸥的生境质量。预案 B 通过一系列生境管理措施,减轻了生境破碎化因素的影响,从而也显著改善了丹顶鹤生境质量,对黑嘴鸥生境质量也有一定改善。预案 C 大规模农业开发如能控制一定规模(8000hm²)并采取一定合理模式(滚动开发),能相当程度上减轻农业开发对物种生境的影响,即使不采取生境补偿措施,对丹顶鹤、黑嘴鸥核心生境也不会有破坏性的影响。模拟结果还表明,区域人类活动导致的生境破碎化是对丹顶鹤生境质量重要的干扰因子,而滩涂农业开发和水产养殖强烈地干扰了滩涂植被正常的演替过程,从而影响着黑嘴鸥等滩涂鸟类的生境适宜性。

关键词: 预案研究;生态后果;生境适宜性;LEDESS 模型;辽河三角洲

The effects of different land-use scenarios on habitat suitability of indicator species in the Liaohe River Delta wetlands

LI Xiao-Wen, XIAO Du-Ning, HU Yuan-Man (Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Science, Shenyang 110015, China)

Abstract: Based on the landuse scenarios elaboration and the measures identification, the ecological consequences of the scenarios were evaluated by LEDESS-model, especially focusing on the habitat suitability of the indicator species, Red-crown Crane and Saunder's Gull, in Liaohe Delta Wetlands. The results indicated that wetland mitigation (scenario A) not only can maintain the "no-net-loss" of natural wetlands but also greatly enhanced the habitat quality of indicator species by converting the unsuitable or marginal habitats into core habitats. With the measures of habitat management to mitigate the habitat fragmentation, scenario B also improved the habitat quality of Red-crowned Crane remarkably, but its effects on the habitats of Saunder's Gull was very limited compared with scenario A. The modeling results of scenario C showed that the negative impacts of regional agriculture development on those endangered species could be alleviated surprisingly with the restricted developing scale (e. g. 8000 hm²) and appropriately selected mode (e. g. "scrolling" mode) which were employed in the scenarios making. The results also revealed that habitat fragmentation brought from the human activities contributed the most to the habitat decay of Red-crowned crane. However, the habitat degradation of Saunder's Gull was mostly derived from the disorder and crumbled natural succession in the intertidal area mainly caused by the unreasonable aquaculture, agriculture and oil development in the area.

Key words: scenarios study; ecological consequences; habitat suitability; LEDESS-model; Liaohe River Delta

基金项目: 国家自然科学基金重点资助项目 (No. 49631040)

收稿日期: 1999-11-19; 修订日期: 2000-11-21

作者简介: 李晓文, 男, 武汉人, 博士。主要从事景观生态、生物多样性保护和湿地等方面的研究。

wetland

文章编号:1000-0933(2001)04-0550-11 中图分类号:Q149 文献标识码:A

对于已置于人类管理之下,处于不同程度人类开发利用的景观类型,其未来的演变趋势由于人类活动的介入,已逐渐脱离原有的自然演变轨迹。尤其在人类高强度开发区域,人类活动的影响不仅是一般意义上的干扰因子,实际上已成为区域景观演变的主要驱动因子。对这些区域的景观演变进行预测,既要考虑地形、地貌、土地适宜性等内在环境限制因子,还要考虑未来区域社会发展状况等外在驱动机制,因此,往往是十分困难的。而纯粹的、没有包含决策信息预测,其应用价值也将十分有限。由于人类高强度开发区域的景观演变已主要取决于人们对未来区域土地利用方式的规划意图,因此对这些区域进行相应的景观规划多预案分析,并对区域生态或经济后果做出相应的评价,所提供的决策信息将比单纯的预测结果更有实际价值^[1~3]。

辽河三角洲滨海湿地作为东亚以至全球重要的水禽繁殖与栖息地,具有重要的生物保护价值,同时也是我国重要的农业与油气开发基地,具有巨大的经济开发价值。经济开发与自然保护等多重价值在同一时空条件下的相互冲突构成了这些区域的鲜明特色,不断加剧的人为干扰则使其生态环境变得更加脆弱而不稳定。如何通过科学的土地利用规划对这些极其宝贵的土地资源进行保护和有效、合理的永续利用是区域可持续发展的核心问题之一^[4]。

针对缓解区域开发与生物保护的目,对辽河三角洲进行景观规划进行了多预案设计,并据此确定实现各预案景观规划目标的措施及其空间范围。本文在上述工作基础上,通过 LEDESS 模型(Landscape Ecological Decision and Evaluation Support System)对这些措施可能导致的生态后果,特别是对是保护物种生境适宜性的影响进行了评价。

1 生态适宜性的评价方法

1.1 LEDESS 模型

LEDESS 模型是一个基于栅格 GIS 地理信息系统模型,本研究使用的 LEDESS 模型即为基于 Arcview3.0a(包括 Spatial Analyst)的一个扩展模块。LEDESS 模型的生态学原理为:区域景观的植被过程取决于自然生态单元(Physiotopes)等立地无机自然条件以及相应的管理方式;自然生态单元与植被或地表覆盖类型不同的组合和匹配方式决定着生境结构,据此可确定其生境的适宜性^[2]。因此为确定各预案导致的物种生境适宜性变化,就必须先确定各预案导致的自然生态单元类型和植被或地表覆盖物类型的变化,这涉及 LEDESS 模型立地模块和生境分析模块的部分操作。通过 LEDESS 模型对各预案导致的生态后果进行空间模拟和评价的步骤和 workflows 如图 1。

1.2 指示物种

由于研究资料的缺乏,大多数情况下,难以对研究区域内所有物种或类群的生境变化进行研究。本研究通过选取指示种(Indicator species)来评价环境变化对物种生境的影响。指示种的选取必须遵循如下标准:①能代表某一类群生境需求;②与同类群其他物种相比,对环境变化敏感,种群生存力脆弱^[3]。在这种情况下,假定:如果这种对环境变化敏感,最有可能局地灭绝的指示种处于一种良好生存状态时,那么具有类似生境需求的同类群其他物种显然也应处于一种良种生存状态。反之,当指示种的生存状况受到威胁时,则表示此类群物种的生境开始恶化,应及时采取措施进行保护。很多情况下,指示种也就是区域内的濒危保护物种。研究中选取丹顶鹤、黑嘴鸥作为辽东湾湿地水禽生境的指示物种。一方面这两个物种对生境破碎化及植被演替、水盐动态等湿地环境变化非常敏感;另一方面,它们代表了辽东湾滨海湿地两类最典型的水禽生态类群,丹顶鹤代表以芦苇沼泽为主要生存环境的淡水沼泽鸟类生态类群,而黑嘴鸥则代表了以翅碱蓬滩涂为典型生存环境的滨海滩涂鸟类生态类群。同时,丹顶鹤、黑嘴鸥也是本区最具特色、最重要的保护物种。

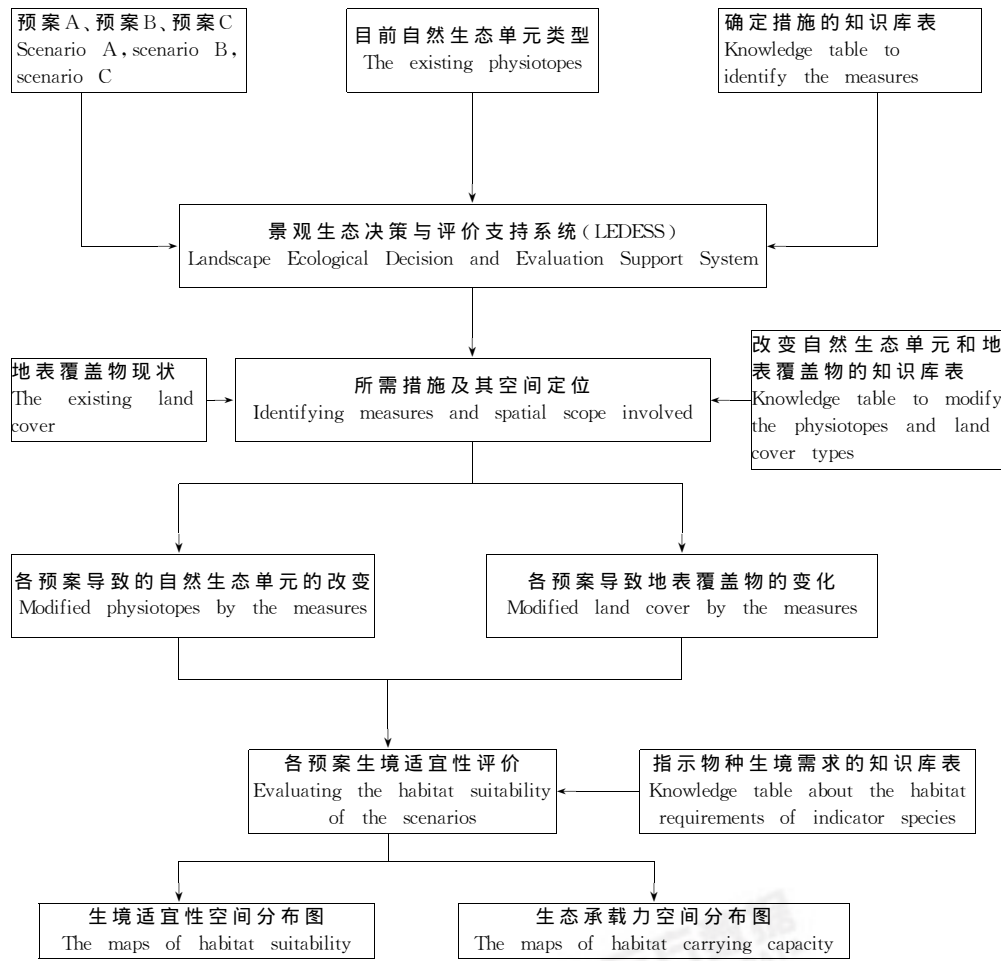


图 1 生态后果模拟和评价的工作流程

Fig. 1 The procedure to model and evaluate the ecological consequences

1.3 知识库系统的建立

LEDESS 模型是一个基于知识库系统(Knowledge-based system)的专家模型,为模拟各预案导致的自然生态单元和地表覆盖物类型的变化,并据此确定指示物种生境适宜性的类型,需要构建下列知识库类型:(a)实现各预案的措施对自然生态单元和地表覆盖物类型的改变,这些信息来自表 1;(c)确定生境适宜性等级的知识库,如表 2;并确定不同自然生态单元和地表覆盖物的组成和匹配方式所导致的生境适宜性等级;(d)生境破碎化因素导致的指示物种生境的损失如表 3,有关数据基于野外调查和已有工作基础。

2 模拟结果及分析

2.1 自然生态单元与地表覆盖物的变化

不同自然生态单元类型与地表覆盖物的组合决定了水禽生境适宜性。因此,为了评估不同预案导致的生态后果对水禽生境的影响,就首先必须确定在采取了与各项案相关的措施(Measures)后,将可能产生的自然生态单元与地表覆盖物类型,模拟结果如图 2。

显然,由于各预案都包括了类似的经济目标,因此通过灌溉、耕作等措施,将自然生态单元转变为适合水稻生长的类型(浅积水非盐渍化黏土),从而在原有苇田边缘都产生了大面积的水稻田,另外建成区在原来规模上也月有数据展,预案 B、C 虾蟹田分布范围和格局与现状差别不大,但预案 A 则主要依靠重建虾蟹池来恢复原来水产养殖规模,空间分布和格局与现状相比也有很大不同。由于各预案生境补偿措施不

表 1 自然生态单元、地表覆盖物与各类生境管理措施、土地利用方式的关系
Table 1 The cause-effects between physiotoypes & landcover and landuse & habitat management

措施 Measures	自然生态单元的变化 Modifying physiotoypes	地表覆盖物的变化 Modifying land cover
淡水灌溉 Irrigation	潮湿盐渍化粘土→潮湿半盐渍化粘土 潮湿盐渍化粘土→潮湿非盐渍化粘土	翅碱蓬滩涂→芦苇沼泽 灌丛草地或草甸→芦苇沼泽
排水并耕作 Drainage and cultivation	浅积水半盐渍化粘土→浅积水非盐渍化粘土 深积水半盐渍化粘土→浅积水非盐渍化粘土	芦苇沼泽→水稻田 香蒲-芦苇沼泽→水稻田
淡水灌溉并耕作 Irrigation and cultivation	潮湿盐渍化粘土→潮湿半盐渍化粘土 潮湿半盐渍化粘土→浅积水非盐渍化粘土	翅碱蓬滩涂→芦苇沼泽 灌丛草地或草甸→芦苇沼泽
建坝并淡水灌溉 Building dyke and irrigation	潮上带淤泥质潮滩→浅积水半盐渍化粘土	裸滩涂→芦苇沼泽
控制并降低水位 Water level control	深积水半盐渍化粘土→浅积水半盐渍化粘土	香蒲→芦苇沼泽→芦苇沼泽
恢复与海水联系 Restoring tidal water	潮湿半盐渍化粘土→潮湿盐渍化粘土 浅积水半盐渍化粘土→潮湿盐渍化粘土	杂草草甸→翅碱蓬滩涂 芦苇沼泽→翅碱滩涂
建虾蟹池 Building shrimp & crab ponds	潮上带淤泥质潮滩→虾蟹田 潮湿盐渍化粘土→虾蟹田 潮湿半盐渍化粘土→虾蟹田	裸滩涂→虾蟹田 翅碱蓬滩涂→虾蟹田 杂草草甸→虾蟹田
建造生境岛 Building habitat islands	潮上带淤泥质潮滩→潮湿盐渍化粘土	裸滩涂→翅碱蓬滩涂
利用废弃虾蟹田 Utilizing abandoned aquacultural fields	虾蟹田→潮湿盐渍化粘土	虾蟹田→翅碱蓬滩涂
基建 Building and constructing	浅积水半盐渍化粘土→建成区 浅积水非盐渍化粘土→建成区	芦苇沼泽→建成区 水稻田→建成区
维持现状 Remaining originally	原有建成区、河流、水库、潮下带粉沙潮滩、浅积水非盐渍化粘土,部分原有浅积水半盐渍化粘土、潮湿盐渍化粘土和虾蟹田等	原有建成区、水稻田、河流、水库,部分原有苇田、裸滩涂和虾蟹田等

表 2 指示物种生境质量等级的划分
Table 2 Habitat quality classification of indicator species

生境等级 Habitat class	赋值 Value	丹顶鹤 Red-crowned crane	黑嘴鸥 Saunder's gull
核心生境 Core	51~100	主要的繁殖、觅食地,如人为干扰较小的浅积水芦苇沼泽。	主要的核心繁殖区,如潮上带翅碱蓬滩涂、翅碱蓬草甸等。
次适宜生境 Inferior	26~50	重要的觅食地、迁徙停歇地,如潮上带裸滩涂、翅碱蓬滩涂等。	重要的觅食地和停歇地,如潮上带裸滩涂等。
边缘生境 Marginal	11~25	迁徙季节偶尔使用的觅食地及迁徙停息地,如虾蟹田、水库、潮下带裸滩涂等	迁徙季节偶尔使用的觅食停歇地,如虾蟹田、潮下带裸滩涂、灌丛草甸等
不适宜生境 Unsuitable	0~10	人为干扰强烈或个体从不出现的生境类型。如稻田、建成区、靠近道路、油井受人为干扰严重的地区。	人为干扰严重或个体从不出现的生境类型,如苇田、稻田、建成区、靠近道路、油井受人为干扰严重的地区。

同,所以模拟结果也显示出明显差异。如预案 A 通过大规模的建堤并淡水灌溉等生境调整措施,将部分潮上带淤泥质潮滩转变为浅积水半盐渍化黏土,从而发育出大面积的苇田。预案 B、C 的生境补偿措施均不涉及大规模土地利用方式的变换,其中预案 C 无任何生境补偿措施,预案 B 则采取的一些生境管理措施,如通过控制、降低水位使深积水半盐渍化黏土转变为更适宜芦苇生长的浅积水半盐渍化黏土,各预案导致的自然生态单元和地表覆盖物的变化将深刻的影响着水禽生境的适宜性。

表 3 不同生境破碎化因子导致的指示物种生境的损失
Table 3 Habitat loss of the indicator species caused by different fragmentation factors

破碎化因子 Fragmentation factors	生境类型 Habitat types	不同距离范围内丹顶鹤生境的损失率			不同距离范围内黑嘴鸥生境的损失率		
		Habitat loss of Red-crowned crane based on distance(m)			Habitat loss of Saunder's gull based on distance(m)		
		100%	75%	50%	100%	75%	50%
工作油井 Working oil well	繁殖 Breeding	0~200	201~400	401~800	0~100	101~300	301~600
	迁徙 Migratory	0~200	—	201~400	0~100	—	101~300
废弃油井 Deserted oil well	繁殖 Breeding	0~200	—	201~400	0~100	—	101~300
	迁徙 Migratory	0~100	—	101~200	0~100	—	101~200
伪装油井 Disguised oil well	繁殖 Breeding	—	0~100	101~200	—	0~100	101~200
	迁徙 Migratory	—	—	0~100	—	—	0~100
道路 Main road	繁殖 Breeding	0~100	101~300	301~600	0~100	101~300	301~600
	迁徙 Migratory	0~100	101~200	201~500	0~100	101~200	201~500
居住区 Residential area	繁殖 Breeding	0~400	401~800	801~1500	0~400	401~800	801~1500
	迁徙 Migratory	0~300	301~600	601~1000	0~300	301~600	601~1000

2.2 生境适宜性的变化

自然生态单元与地表覆盖物类型不同的匹配及组合决定了目标物种丹顶鹤和黑嘴鸥生境的适宜性。依据野外调查及有关文献^[5],可确定不同自然生态单元与地表覆盖物组合类型与生境适宜性关系,本研究将目标物种丹顶鹤、黑嘴鸥生境适宜性等级划分为 4 等级,即不适宜(Unsuitable)生境、边缘(Marginal)生境、次适宜(Inferior)生境和核心(Core)生境,其划分标准见表 2。

2.2.1 各预案导致的丹顶鹤生境适宜性的变化 图 3 显示了各预案导致的丹顶鹤生境适宜性变化,并与现状进行了对比。就丹顶鹤潜在(不考虑生境破碎化)生境适宜性现状表明,大面积发育良好的芦苇沼泽构成了丹顶鹤的核心生境,并成为整个生境的主体,远高于次适宜生境和边缘生境所占比例,因此,辽河三角洲滨海湿地具有得天独厚的条件和潜力使其成为丹顶鹤理想的繁殖、栖息地。

模拟结果显示,通过湿地生境调整措施,丹顶鹤的潜在核心生境斑块增加了(原滩涂部位),核心生境所占面积比例进一步得到显著提高(接近 60%)。同时,非适宜生境及边缘生境均显著减少,这表明不仅农业开发、建成区扩展所占用的丹顶鹤生境已被滩涂苇田开发新产生的高质量的核心生境所补偿,而且原来的部分次级及边缘生境也被某些生境管理措施(如通过控制水位将深积水苇田转变为浅积水苇田)转变为优质的核心生境。

预案 B 及预案 C 均未对农业开发、建成区扩展占用的芦苇湿地进行补偿,但预案 B 同样采取了控制水位的措施将大面积深积水苇田(次适宜生境)转变为浅积水苇田(核心生境),因此,尽管芦苇湿地在面积上有所损失,但生境质量有明显改善,与现状相比,核心生境面积也有所增加。预案 C 由于没有对芦苇湿地损失做任何形式补偿,因此核心生境所占比例和面积均明显减少。

2.2.2 生境破碎化对丹顶鹤生境的影响 从丹顶鹤生境适宜性现状看,尽管近几年大规模的农业开发特别是大洼小三角洲农业开发(双台河口东岸)已导致大面积芦苇湿地的消失,但由于当地苇场的管理和经营,总体而言,仍有相当面积的芦苇沼泽,据估计至少应能容纳 76 对丹顶鹤繁殖,然而野外调查而言,丹顶鹤繁殖数量最多的 1991 年也仅 30 多对,除了丹顶鹤个体迁徙历史等因素外,胡远满认为主要是生境破碎化的影响^[5,7]。为进一步确定生境破碎化因素对丹顶鹤生境的影响,以及生境管理措施对其生境破碎化优化的效果,通过 LEDESS 模型模拟生境破碎化对丹顶鹤生境的影响,其结果见图 3 和图 4。

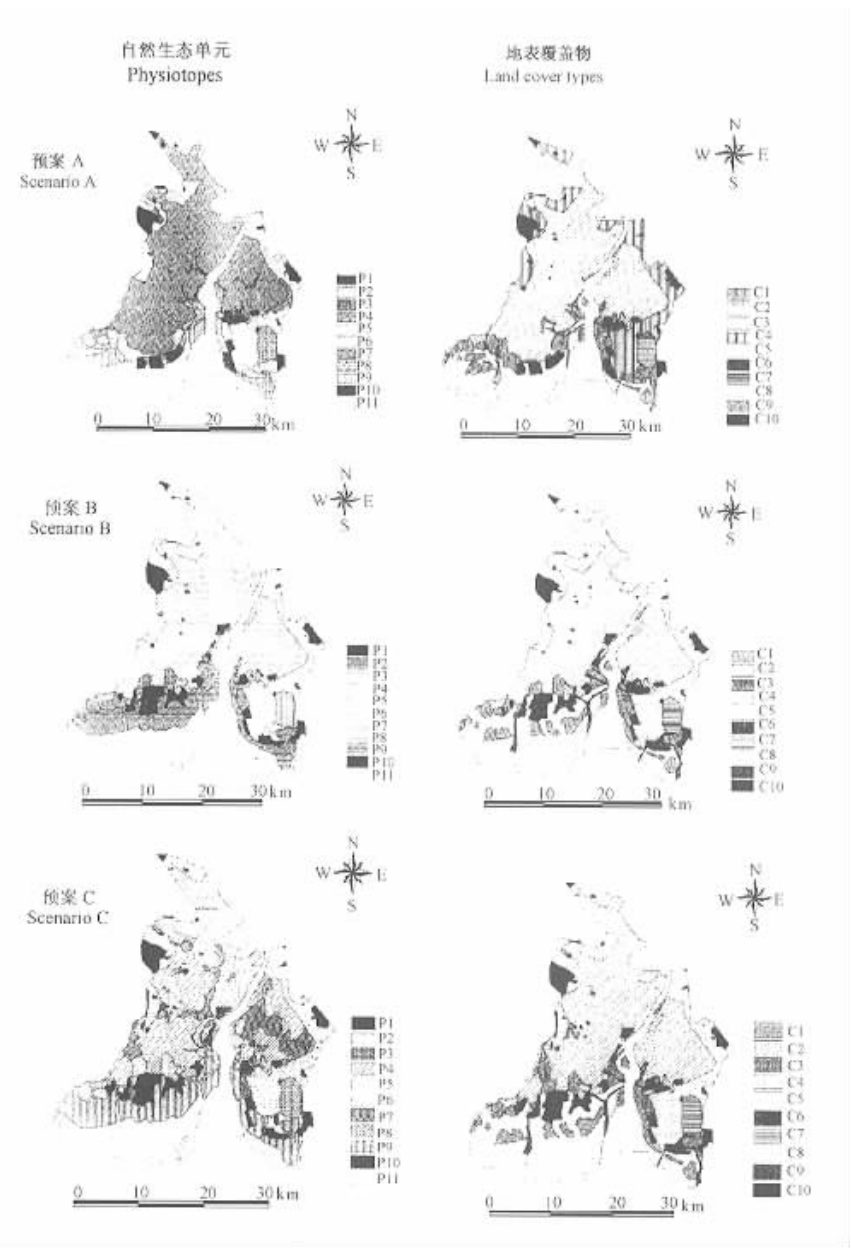


图 2 各预案导致的自然生态单元(左图)和地表覆盖物(右图)的变化

Fig. 2 Modified physiotopes (left) and land cover types of the scenarios

P1:建成区 P2:潮湿盐渍化粘土 P3:潮湿半盐渍化粘土 P4:浅积水半盐渍化粘土 P5:浅积水非盐渍化粘土 P6:潮下带盐渍化粉沙潮滩 P7:深积水半盐渍化粘土 P8:深积水非盐渍化粘土 P9:潮上带盐渍化淤泥质潮滩 P10:蟹蟹田 P11:河流 C1:翅碱蓬滩涂 C2:芦苇沼泽 C3:灌丛草甸 C4:水稻田 C5:河流 C6:蟹蟹田 C7:水库 C8:裸滩涂 C9:潮沟 C10:建成区

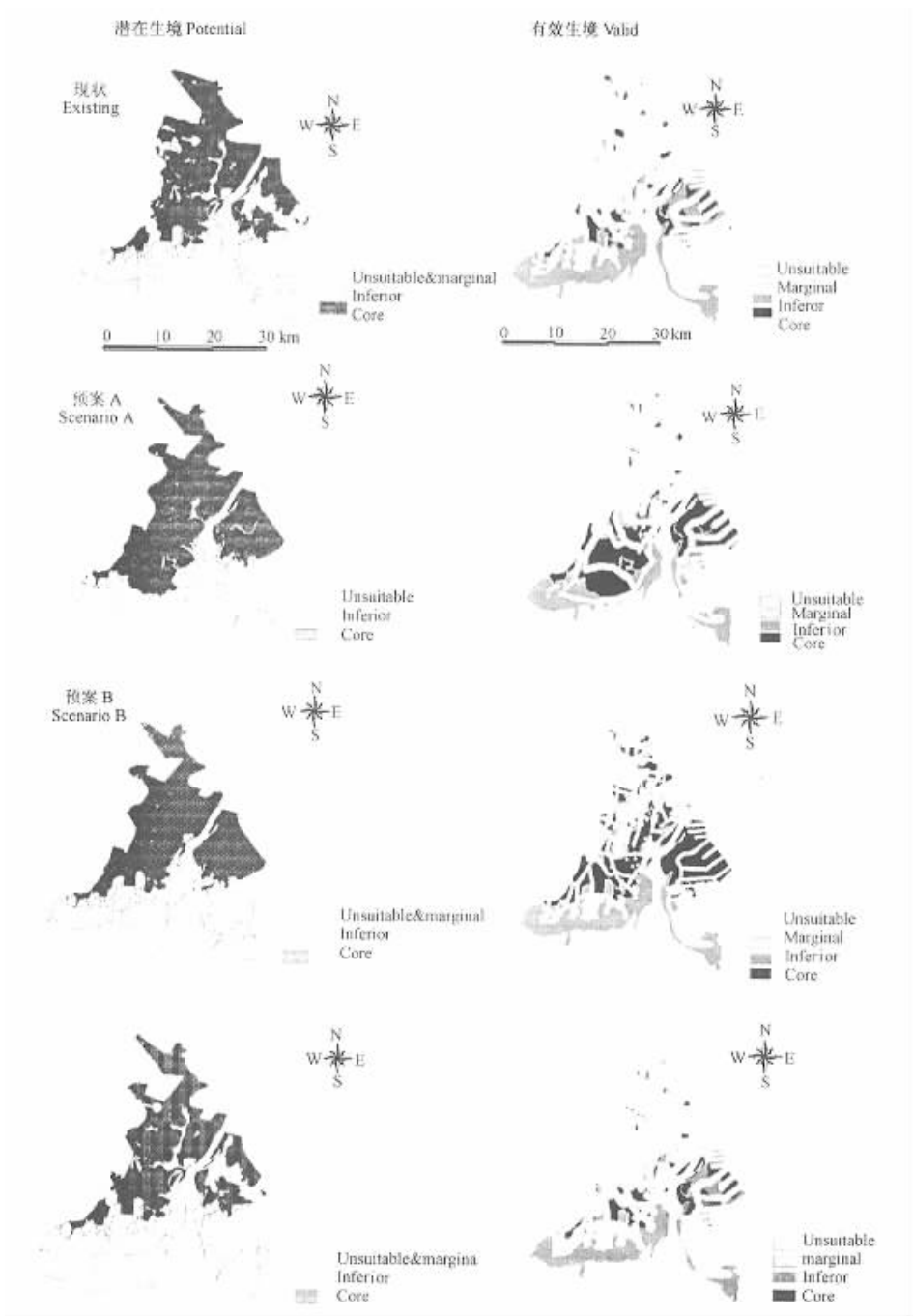


图 3 生境破碎化前后,各预案导致的丹顶鹤生境适宜性变化及其与现状的比较

Fig. 3 The potential and valid (i. e., fragmented) habitat suitability of Red-crowned crane for different scenarios vs. existing situation Unsuitable; 不适宜生境 Marginal; 边缘生境 Inferior; 次适宜生境 Core; 核心生境

万方数据

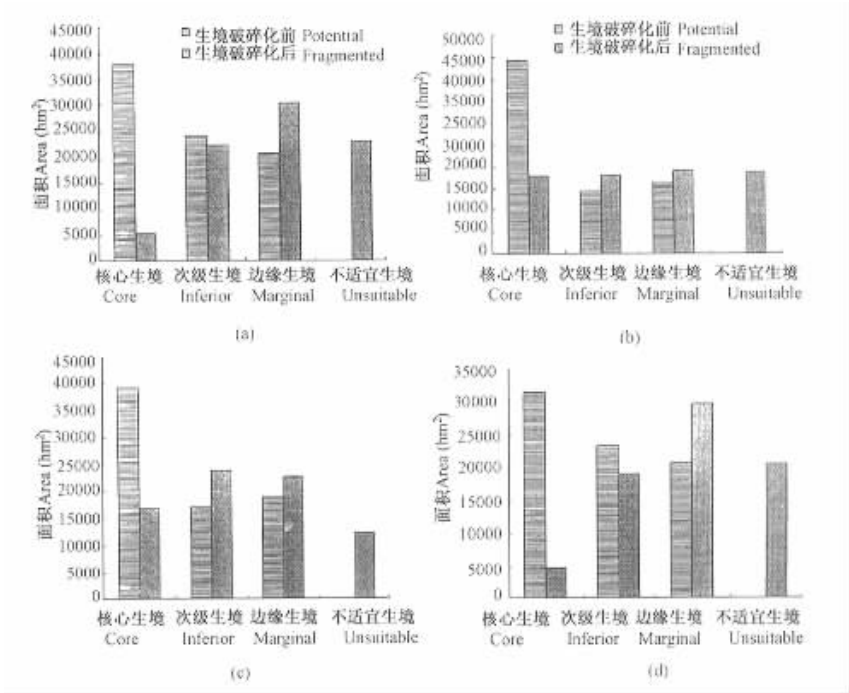


图4 生境破碎化前后,丹顶鹤不同生境适宜性等级面积的比较

Fig. 4 The area comparisons among the different habitat quality classes with and without habitat fragmentation

模拟结果表明,生境破碎化造成丹顶鹤生境损失、生境质量下降十分显著。以现状为例,生境破碎化使适宜生境面积大幅度减少,核心生境面积从 38464hm² 剧减为 5414hm²,同时生境破碎化产生的不适宜生境高达 23220hm²,边缘生境也明显增加。可见,本区生境破碎化对丹顶鹤的生境的影响是非常严重的,这一方面由于油田开采、农业开发导致的道路、油井等破碎化因素的增加,另一方面是由于丹顶鹤,特别是其繁殖个体对这些生境破碎化因素极其敏感。对于预案 A(生境调整)而言,生境破碎化的影响仍较明显,核心生境的相当部分也转变为了非适宜生境或次适宜生境及边缘生境。但由于采取一些辅助生境管理措施(如对敏感区道路重新规划等),生境破碎化的影响已有所改善,如破碎化产生的非适宜生境与现状相比减少了 4333hm²,加之滩涂苇田开发等生境调整措施补偿的高质量苇田,使考虑生境破碎化后的有效核心生境面积与现状相比有了大幅度的提高,同时次适宜生境和非适宜生境都有所减少,因此,可以认为,通过湿地调整措施不仅在面积上弥补了芦苇湿地的损失,而且总体上提高了丹顶鹤生境的质量。

预案 B 主要通过在整个区域范围内拆除废弃油井、对工作油井进行伪装、沿道路两侧营造林带以减少道路裸露面积等措施来减轻生境破碎化因素对丹顶鹤生境的影响,结果表明效果也是非常显著的,考虑生境破碎化后的有效生境面积远高于现状而与预案 A 相当,另外生境破碎化产生的非适宜生境也明显低于现状和预案 A。由于预案 B 为对农业开发占用的苇田进行补偿,显然是由于生境管理措施很大程度上优化了整个区域丹顶鹤生境的质量,从而在通过对生境“质”的提高,弥补了其在“量”上的损失。预案 C 的模拟结果表明,尽管农业开发、建成区扩展占据了一定数量的苇田,但即使在不进行生境补偿的情况下,核心生境并未显著减少(仅减少 623hm²),而边缘生境、不适宜生境均有一定减少并转变为稻田及建成区,署名说明农业开发对丹顶鹤生境的影响主要充分利用了道路、油井分布密集的苇田,对丹顶鹤核心生境的影响不大,而“滚动开发”的模式也有效的减少了生境破碎化的潜在影响,最终整个生境质量状况并未受到农业开发的

显著影响而基本维持现状的水平。

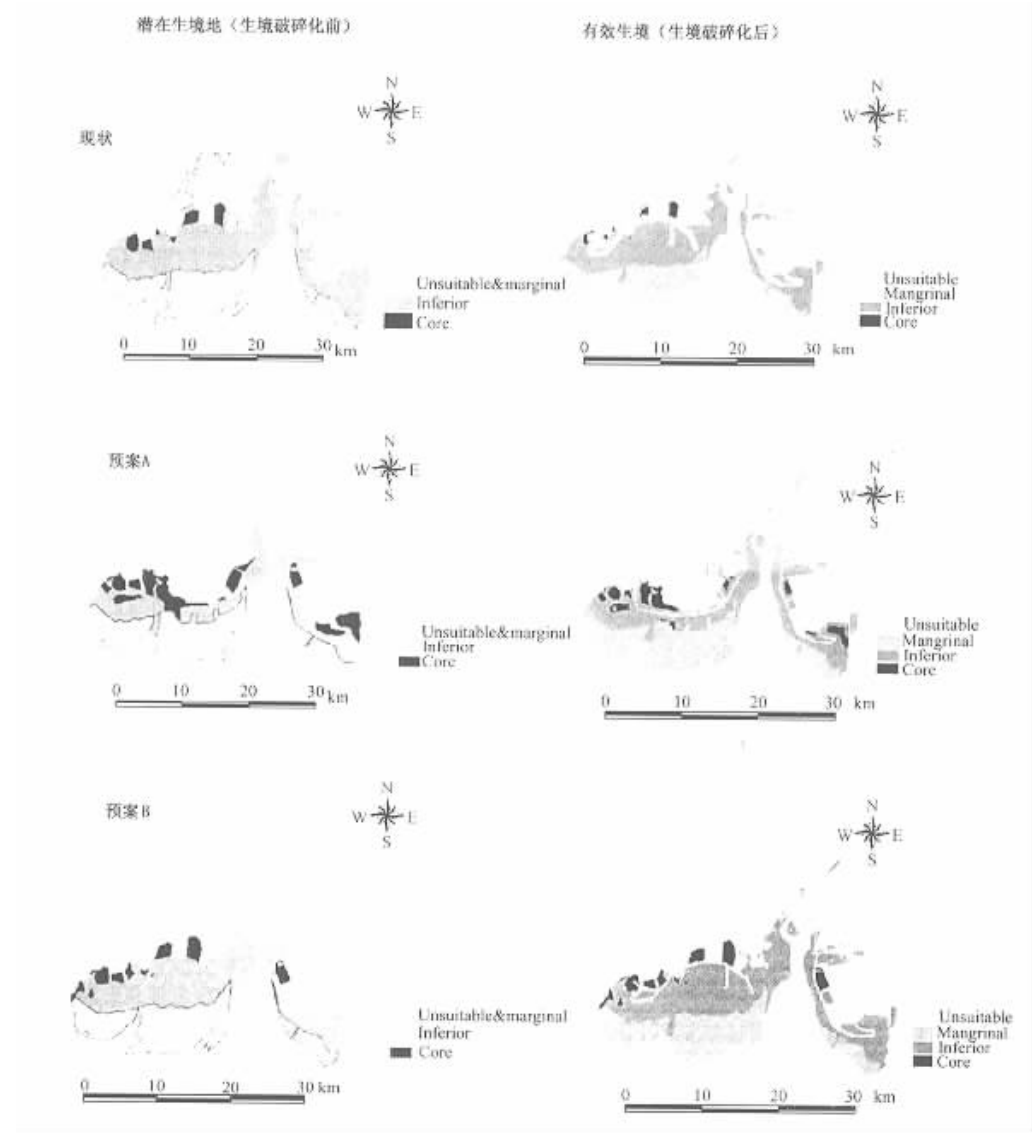


图 5 生境破碎化前后,各预案(预案 C 与现状一致)导致的黑嘴鸥生境适宜性变化及其与现状的对比
Fig. 5 Habitat suitability of different scenarios compared those shaped by the habitat fragmentation
(Unsuitable; 不适宜生境 Marginal; 边缘生境 Inferior; 次适宜生境 Core; 核心生境)

2.2.3 各预案导致的黑嘴鸥生境适宜性的变化 黑嘴鸥作为一种典型的滨海滩涂鸟类,其适宜生境类型主要为潮间带滩涂,特别是潮上带翅碱蓬滩涂是其良好的繁殖生境。在双台河口东岸,大洼小三角洲农业开发、大型三角洲水库的兴建和启用,已使黑嘴鸥在东岸的主要繁殖生境基本消失,并迫使其繁殖种群向河口西岸(大凌河口)滩涂转移。图 5 及图 6 显示了各预案导致的黑嘴鸥不同生境适宜性等级空间分布及其面积的变化。从图 5 及图 6 的结果可看出,就黑嘴鸥潜在生境适宜性(不考虑生境破碎化)现状而言,适宜其繁殖的潜在生境主要为河口西岸若干零散分布的翅碱蓬滩涂,而这部分滩涂又是辽河油田未来开发的重点地

区之一,因此,如不对这部分滩涂进行妥善保护,黑嘴鸥繁殖生境也将是岌岌可危的。

通过湿地调整措施,以补偿黑嘴鸥生境的损失,并优化其生境质量,是预案 A 的一个重要目标,这些湿地调整措施包括通过堤外兴建生境岛等相关措施,将潮间带裸滩涂转变为其繁殖生境所需的翅碱蓬湿草甸;通过沟通局部生境敏感区堤内外滩涂潮水联系,以恢复黑嘴鸥退化的生境(某些杂草草甸等);将局部敏感区虾蟹田废弃,让其其自然演变为黑嘴鸥生境等。从图所示实施预案 A 后,黑嘴鸥生境适宜性变化看,这些措施取得了明显的效果。如黑嘴鸥核心生境比例有大幅度提高。另外,次级和边缘生境面积均有所减少,这是由于滩涂苇田开发占据了大片黑嘴鸥原有生境,使黑嘴鸥潜在生境总量也有所减少。

预案 B 和预案 C 滩涂部分未采取如预案 A 类似的大规模湿地调整措施,因此黑嘴鸥潜在生境基本维持原状。但为提高生境质量,在某些生境敏感区,预案 B 也采取了一些生境管理措施,如利用废弃虾蟹田;沟通与海水联系,对部分退化黑嘴鸥生境进行恢复等。模拟结果表明,通过这些措施,黑嘴鸥潜在核心生境也有所增加,而次适宜生境和边缘生境均有所减少。预案 C 的景观规划目标,除了农业开发、建成区扩展占用了部分丹顶鹤的芦苇湿地生境外,黑嘴鸥的滩涂生境实际上没有被触及,因此预案 C 中黑嘴鸥生境仍维持现状。

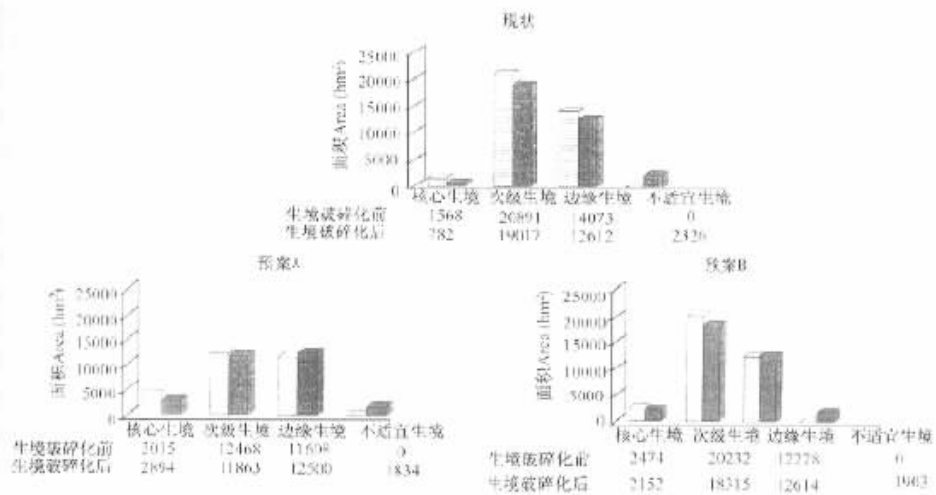


图6 考虑生境破碎化因素后,黑嘴鸥不同等级生境面积的比较(预案 C 与现状一致)

Fig. 6 The area comparison among the different scenarios and those shaped by the habitat fragmentation

2.2.4 生境破碎化对黑嘴鸥生境适宜性的影响 图5及图6同时也显示了生境破碎化前后黑嘴鸥生境适宜性的变化,以及不同等级生境面积及其空间分布。模拟结果表明,生境破碎化因素使黑嘴鸥核心生境面积减少了近一半(782hm²),并使部分次级和边缘生境质量进一步降低,从而产生了 2326hm² 的不适生境。可见,生境破碎化的影响仍较为明显,但显著低于丹顶鹤生境破碎化导致生境损失(核心生境损失 86%)。这是由于,一方面黑嘴鸥个体对生境破碎化因素本身不如丹顶鹤敏感,另外,黑嘴鸥滩涂生境内油井、道路等破碎化因素分布也没有苇田密集,因此生境破碎化因素对黑嘴鸥生境适宜性的影响尽管仍十分显著,但已不如丹顶鹤生境严重。

模拟结果显示生境破碎化使预案 A 原有核心生境明显减少,同时导致了 1834hm² 不适生境。但由于生境调整措施补充的高质量黑嘴鸥生境(翅碱蓬滩涂),破碎化后,预案 A 的核心生境仍有 2894hm²,大大高于破碎化后为现状的核心生境,甚至也远高于破碎化前现状的生境,这说明,湿地调整措施补偿了生境面积损失,并**为黑嘴鸥**提高了核心生境所占比例。

预案 B 的模拟结果显示,生境破碎化后,核心生境面积仅比原来减少 322hm²,仍占有原有核心生境的

87%,可见预案 B 中通过生境管理手段(拆除废气油井、伪装工作油井和路旁植树)减轻生境破碎化效应,取得了相当显著的效果。如前所述,由于预案 C 景观规划目标基本未触及黑嘴鸥的滩涂生境,可认为考虑生境破碎化因素后,预案 C 的生境适宜性变化与现状一致。

3 结论与讨论

LEDESS 模型对现状及各预案导致的生态后果进行了模拟,可以评价各景观预案对保护物种丹顶鹤、黑嘴鸥生境适宜性的影响,结果表明:(1)辽河三角洲湿地油田开发、建成区扩展等人为活动导致的生境破碎化是影响濒危水禽丹顶鹤生境适宜性的主要因素;滩涂水产养殖和油田开发对滩涂生境的破坏是影响以黑嘴鸥为代表的滨海滩涂鸟类生境适宜性的主要因素。(2)在大规模农业开发背景下,预案 A 通过湿地调整和补偿措施使保护物种丹顶鹤、黑嘴鸥的生境均有明显提高,但湿地调整涉及的工程投资显然较大;预案 B 则通过一系列减轻生境破碎化影响的生境管理措施,也显著改善了丹顶鹤生境条件,但对黑嘴鸥生境的改善远不如预案 A 显著,但预案 B 的生境管理所需经济投入也较低。(3)预案 C 的模拟结果表明,采取逐渐推进的“滚动开发”模式,可以相当程度减轻大规模农业开发对保护物种生境的冲击,即使不采取生境补偿措施,也不会对指示物种丹顶鹤、黑嘴鸥的生境造成破坏性的影响。

本文的预案研究中包含了部分的假设(如关于物种行为学的一些特征),有关湿地、植被组成的信息也不够详细。因此模型模拟及评价的结果不宜视为对未来精确的预测。但本研究至少理论上证明,在大规模经济开发同时兼顾自然保护利益的可能性,并提供了一套合理决策与评价的方法。实际上,预案研究对未来规划与决策的意义在于,由于不同的预案是经由同一种方式和过程予以评价和检验的,因此其结果具有较好的可比性,决策者可以通过对不同预案评价结果的比较来预断未来不同规划方案(预案)导致的后果。这样,当决策者面对未来的不确定性时,这些预案所提供的信息将帮助决策者减少决策的盲目性。

LEDESS 模型是一个典型的空间明晰化模型(Spatially explicit model,SEM),通过模型能系统的运用有关空间信息和生态学知识,并将结果予以空间直观表达,使决策者能形象地“看到”各种可能的土地利用和生境管理方式所造成的生态后果,从而提高决策的科学性。然而,LEDESS 模型不是一个基于过程的机理性预测模型,而是一个基于规则(知识库)的专家模型,这类专家模型(景观生态决策与评价支持系统)的知识库由于同时整和了关于景观(生境)过程与景观管理的专家知识,对真正解决复杂的区域性资源与景观生态系统管理方面的问题将是一个非常有效的途径。LEDESS 模型在国外的运用主要针对生态保护、自然增益(Nature development)为目的的景观生态规划与评价^[1],本研究首次将其介绍到国内并将其成功地运用于更大尺度以协调自然保护及经济开发为目的区域景观规划与评价。显然,结合我国实际,这种大尺度的区域及景观规划与评价更具有现实意义。

参考文献

- [1] Foppen R P B & Reijnen R. Ecological network in riparian systems: examples for Dutch sustainable management of river basins. Backhuys Publishers, Leiden, pp. 85~93. 1998.
- [2] Harms W B. Scenarios for nature development. In: Schoute, J. F. Th., Finke, P. A., Veeneklaas, F. R., Wolfert H P eds. *Scenario studies for the rural environment*. Kluwer Academic Publishers, Amsterdam, 1995.
- [3] Harms W B. Landscape fragmentation by urbanization in the Netherlands: options and ecological consequences. *Journal of Environmental Science*, 1999, **11**(2), 141~148.
- [4] Xiao Duning *et al.*, 1996. Protection littoral wetland in the Northern China: Ecological and environmental characteristics. *AMBIO*. **125**(1): 2~5.
- [5] 胡远满. 人类活动对水禽生境破碎化的影响. 生物圈保护区及其持续发展国际学术研讨会, 昆明, 1997. 11.
- [6] Hu Yuanman and Xiao Duning. Behavioral fragmentation of waterfowl habitat and its landscape ecological design in Shuangtai-hekou Reserve, Liaoning, China. *Journal of Environmental Sciences*. 1999, **11**(2), 231~235.