

厦门国家级自然保护区白鹭生态安全评价

吝涛, 薛雄志*, 卢昌义, 洪华生

(近海海洋环境科学国家重点实验室, 厦门大学环境科学研究中心, 厦门 361005)

摘要: 白鹭的生态安全是指白鹭所处的生态系统能够维持白鹭种群持续生存的需求和条件, 其中关键是白鹭生境的安全。白鹭生境安全从根本上取决于生境的适宜性和人为对生境的干扰程度, 又可以理解为生境受到人类干扰后所能保持的生态适宜性。分别选择白鹭在厦门的2个主要繁殖栖息生境——大屿岛和鸡屿岛和10个代表性觅食生境为研究对象, 对白鹭生境的生态适宜性和人为干扰程度进行分别评价。其中, 生境适宜性评价采用指标体系法, 通过赋值、计算进行评价; 人为干扰程度评价主要依靠地理信息系统分析方法, 将人为干扰程度用不同土地利用形式代表, 利用 Mapinfo 7.0 和 ArcView 3.2a 地理信息分析软件对白鹭生境的人为干扰程度进行计算评价。最后, 结合生境适宜性评价和人为干扰程度评价结果, 对厦门自然保护区白鹭的生态安全进行综合评价。评价结果显示: 鸡屿岛和大屿岛作为白鹭在厦门的繁殖栖息地的生态安全程度均处于安全等级, 鸡屿岛的生态安全程度高于大屿岛。厦门白鹭的觅食生境总体来看处于较安全等级, 但没有一处觅食地是属于安全等级。

关键词: 白鹭; 自然保护区; 生态安全; 评价

文章编号: 1000-0933(2006)12-3998-09 中图分类号: P941, Q145 文献标识码: A

Ecological safety assessment of egrets in Xiamen National Nature Reserve

LIN Tao, XUE Xiong-Zhi*, LU Chang-Yi, HONG Hua-Sheng (State Key Laboratory of Marine Environmental Science, Environmental Science Research Center, Xiamen University, Xiamen 361005, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(12): 3998~4006.

Abstract: Ecological safety for egrets means that the ecosystem in which they live provides the conditions necessary for sustaining life. The health of wildlife species depends on safe habitats, which consist of both living and non-living elements. As a result, egrets' ecological safety can be understood as the maintenance of ecological suitability in spite of anthropogenic impacts. The safety of the habitats is the primary issue in egrets' ecological safety assessment.

This paper reports on the results of a study of two major breeding habitats and ten typical foraging habitats of egrets along the Xiamen coast, locations selected to assess the ecological safety of the egrets which live in that area. Breeding habitats cover the entire land area and the intertidal area of Dayu and Jiyu islets which have been designated as the Xiamen National Nature Reserve. The foraging habitats cover all types of wetland along the Xiamen coast, including mudflat, estuary, mangroves, reservoirs and semi-salty lake. In this study, ecological safety assessment focused on the breeding and foraging habitats of the egrets, with the objective of assessing the extent to which the needs of egrets can be satisfied and maintained by the breeding and foraging habitats. In this paper, ecological suitability and the impacts from humans are considered as the two major factors affecting the egrets' ecological safety. Therefore, the ecological safety assessment has two components. The first evaluates the ecological conditions maintaining the egrets' sustainable lives while the second evaluates how human disturbances are affecting these ecological conditions. By calculation and assigning a value to the assessment, an ecological indicators system was adopted.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40371049); 福建省自然科学基金资助项目(D031002); 厦门市环保局资助项目

收稿日期: 2005-09-20; 修订日期: 2006-06-10

作者简介: 吝涛(1978-), 男, 博士生, 主要从事环境生态学和海岸带管理研究。E-mail: lint@xmu.edu.cn

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: xzxue@jingxian.xmu.edu.cn

Foundation item: The project was financially supported by National Natural Science Foundation of China (No. 40371049) Fujian Province Natural Science Fund (No. D031002); Item of Xiamen Municipal Environmental Protection Bureau

Received date: 2005-09-20; **Accepted date:** 2006-06-10

Biography: LIN Tao, Ph. D. candidate, mainly engaged in coastal management and environmental ecology. E-mail: lint@xmu.edu.cn

For the human impact assessment, we used different land use types to represent different degrees of human impacts, and assigned an assessment value for each land use type. In addition, geographic information system analysis software Mapinfo7.0 and ArcView3.2a were applied to analyze the impacts of different human activities on egrets' habitats.

Combining the results of these two assessments, a measure of the egrets' ecological safety in Xiamen Nature Reserve can be obtained by using a synthetical assessment function: $ES = S - D \times w_D$. Egrets' ecological safety assessment can be divided into five levels: safe, marginally safe, moderate, weak safe and unsafe. Results of the study show that both the Jiyu islet and Dayu islet are at the safe level as breeding habitats, with Jiyu islet rated higher in this range. In contrast, the tenforage habitats are at marginally safe level on a whole, although no forage habitat is at safe level.

Key words: egrets; natural conserve; ecological safety; assessment

白鹭(*Egretta*), 隶属鸟纲、鹳形目、鹭科。我国共有白鹭属鸟类 7 种: 大白鹭、中白鹭、小白鹭、岩鹭、黄嘴白鹭、鹊鹭^[1]和白脸鹭^[2]。厦门岛被称为“鹭岛”, 现有除鹊鹭之外的其他 6 个种类。白鹭自然保护区作为厦门国家级珍稀海洋物种自然保护区的主要组成之一, 范围包括大屿岛和鸡屿岛, 总面积达 2.17km², 主要保护对象是大白鹭、中白鹭、小白鹭、岩鹭和黄嘴白鹭。白鹭广泛活动在厦门沿海湿地, 大屿岛和鸡屿岛是白鹭的主要繁殖栖息地, 其周边海湾的近岸湿地则为白鹭提供了必要的觅食生境。近年来由于人类城市系统不断扩张, 白鹭赖以生存的繁殖栖息和觅食生境的生态安全状况愈加脆弱。白鹭的生态安全是指白鹭所处的生态系统能够维持白鹭种群持续生存的需求和条件。白鹭的生态安全从根本上取决于白鹭的生境安全, 生境是指生物生存环境, 由生物与非生物环境(物理环境)构成^[3]。白鹭的生态安全从根本上取决于白鹭生境的安全, 包括生境适宜性和人为对生境的干扰程度; 因此白鹭的生态安全可以解释为受到人类干扰后所能保持的白鹭生境的生态适宜性。对鸟类生境生态适宜性和人为干扰的研究是近年来研究的热点, 国内外很多学者分别从繁殖和觅食生境条件^[4-16], 气候变化^[17-19]、城市化^[20-27]和人为活动对鸟类的影响^[6, 20, 23, 27-32]等多方面开展了调查研究。随着遥感(Remote Sense, RS)、全球定位系统(Global Position System, GPS)和地理信息系统(Geographical Information System, GIS)3S 技术的应用, 进一步推动了相关研究的深入^[32-36]。但是目前此类研究较为分散, 主要集中在单个或几个生态适宜因素或人为干扰因素上, 综合生境生态适宜性和人为干扰因素两方面因素对鸟类进行生态安全研究的成果还很少。本文在厦门国家级珍稀海洋物种自然保护区白鹭生态安全评价课题研究成果的基础上, 参考有关白鹭的生态学研究资料以及自然保护区建设和评价的标准^[1, 2, 5, 6, 37-45], 结合地理信息分析技术, 以主要繁殖和觅食生境为研究目标, 综合考虑白鹭的生境生态适宜性和人为干扰因素, 对厦门自然保护区白鹭的生态安全进行综合评价。

1 研究区概况

本文选择白鹭在厦门的 2 个主要繁殖栖息地和 10 个代表性的觅食点, 以及其周边一定区域作为研究区域。繁殖栖息地包括大屿岛和鸡屿岛两岛的全部陆域和滩涂。在白鹭的觅食生境选择上, 根据以往观测和实地调查经验, 选择白鹭经常聚集觅食的 10 个代表性地点: 元当湖、香山、刘山、钟宅、石湖山、澳头、杏林湾、东屿、海沧、高浦作为觅食生境研究区。选择的觅食生境基本覆盖了白鹭在厦门沿海湿地进行觅食的主要湿地类型, 包括海滩涂、河口、红树林、水库合半咸水湖等, 见图 1。

2 白鹭生态安全评价方法

白鹭的生态安全主要是对白鹭繁殖地和觅食地的

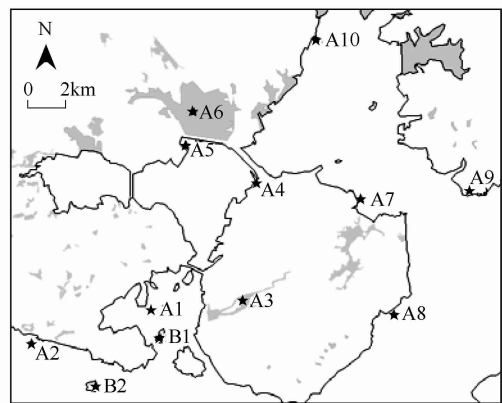


图 1 厦门白鹭繁殖栖息地和觅食地分布

Fig. 1 Egrets' breeding and forage habitats in Xiamen coast

- A1: 东屿 Dongyu; A2: 海沧 Haicang; A3: 元当湖 Yuandang lake; A4: 石湖山 Shilushan; A5: 高浦 Gaopu; A6: 杏林湾 Xinglin bay; A7: 钟宅 Zhongzhai; A8: 香山 Xiangshan; A9: 澳头 Aotou; A10: 刘山 Liushan; B1: 大屿岛 Dayu islet; B2: 鸡屿岛 Jiyu islet

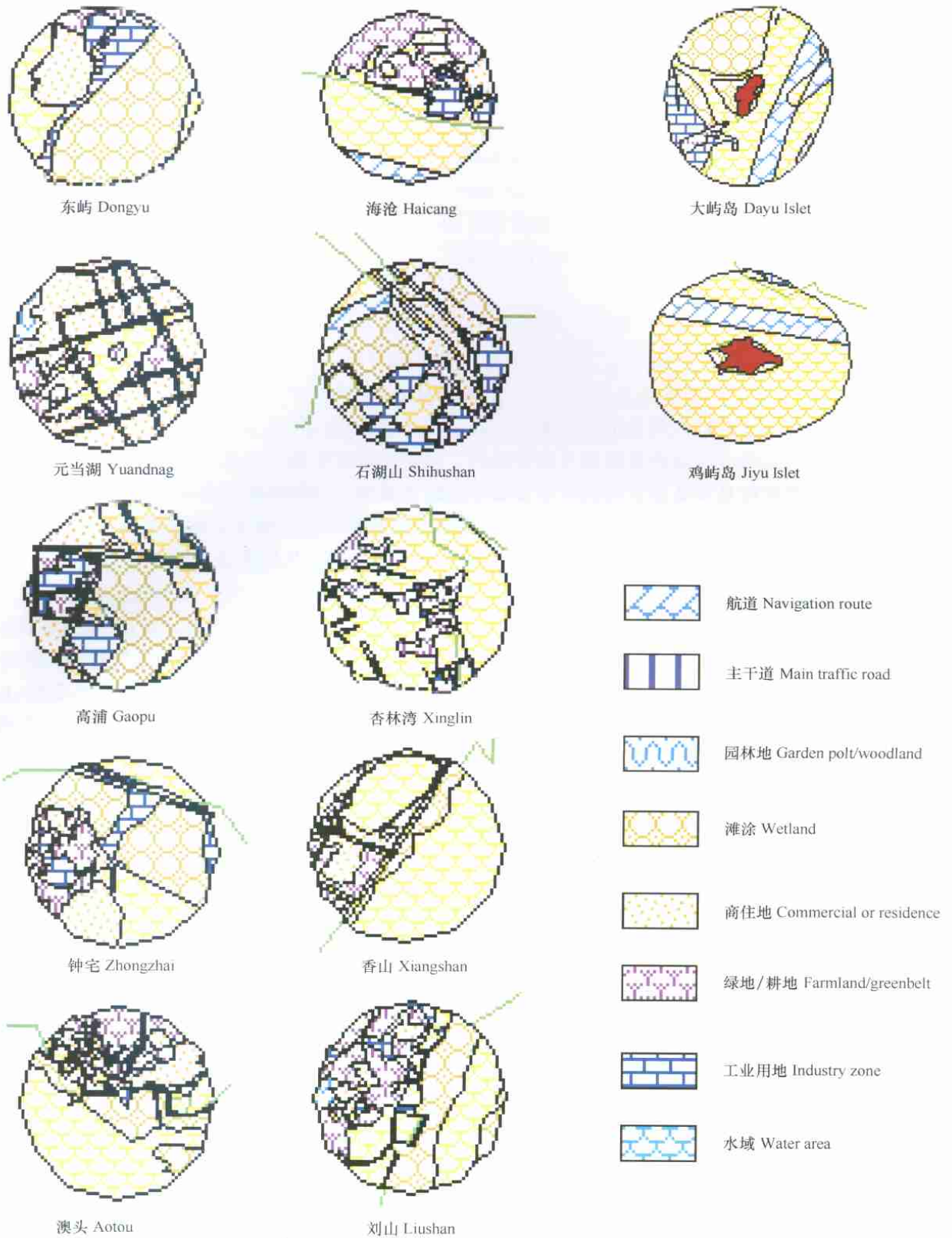


图2 ArcView 3.2a 白鹭生境人为干扰程度分析图
 Fig. 2 The picture for human impact assessment by ArcView 3.2a

生境安全评价, 其中将白鹭繁殖、栖息行为的安全因素纳入繁殖地生境安全的分析中, 觅食行为安全因素则纳入白鹭觅食地生境安全的分析中。白鹭生境安全评价包括对白鹭生境的生态适宜性分析和人为干扰程度分析。前者考虑维持白鹭可持续生存的生境条件及其适宜程度; 后者考虑对白鹭生态适宜性造成干扰、破坏的因素及其影响强度。通过赋予评价指标或因素评价值, 见表 1, 进行计算, 获得量化的评价结果, 然后结合生境适宜性评价和人为干扰评价, 进行白鹭生态安全综合评价。

表 1 白鹭生态安全评价等级和赋值范围

Table 1 Criteria range for Egrets' ecological safety assessment assigning value

评价对象 Objects	1~ 0.8	0.8~ 0.6	0.6~ 0.4	0.4~ 0.2	0.2~ 0
生态适宜程度 Ecological suitability	适宜 Suitable	较适宜 Relatively suitable	一般 Moderate suitable	较不适宜 Marginally suitable	不适宜 Unsuitable
人为干扰程度 Human impact	很强烈 Very strong	强烈 Strong	比较强烈 Moderate	不强烈 Marginally strong	轻微 Slight
生态安全程度 Ecological safety	安全 Safe	较安全 Relatively safe	一般 Moderate safe	较不安全 Marginally safe	不安全 Unsafe

2.1 生境生态适宜性指标和评价方法

物种生境的生态适宜性因素主要包括物理环境因素(Physical Environmental Factors)和生物环境因素(Biological Environmental Factors)两种^[3]。前者包括气候、地形、地质和海拔等; 后者包括植被覆盖、适宜建巢植被、食物获取、栖息生境稳定性、天敌和物种竞争等。在厦门市生态系统尺度内, 影响白鹭生境的物理环境因素相当长时间内保持稳定, 因此生物环境的变动是影响白鹭生境生态适宜性的主要因素。由于没有天敌存在, 生物环境因素的选择主要通过调查、分析白鹭在厦门的生态习性, 结合相关文献资料^[1, 4-6, 27, 28, 32, 37-40], 选取植被覆盖率、适宜建巢植被、觅食地距离、和生态稳定性 4 项作为繁殖栖息生境生态适宜评价指标; 觅食地水质、滩涂类型、距繁殖栖息地距离和周边水产养殖密度 4 项作为白鹭觅食地生境生态适宜评价指标。通过观测白鹭对繁殖和觅食生境的选择偏好, 即白鹭在不同繁殖和觅食生境的分布状况, 建立评价准则, 见表 2。

参照评价准则, 对白鹭繁殖栖息生境和觅食生境的各项适宜性因素赋予评价值, 按照下列公式进行计算和评价:

$$S = \sum (s_i \times w_i)$$

式中, S 表示生境适宜度; s_i 表示各项生境适宜性因素的适宜度; w_i 为各生境适宜因素的权重, 通过收集专家意见, 利用层次分析法(计算过程略)获得 4 项繁殖栖息生境适宜性因素的权重: 植被覆盖率 0.1、适宜树种分布 0.3、主要觅食地距离 0.3、生态稳定性 0.3; 3 项觅食生境适宜性因素的权重: 觅食地滩涂水质 0.2、滩涂类型 0.4、周边水产养殖密度 0.1, 距繁殖地距离 0.3。

2.2 人为干扰因素及评价方法

人为对白鹭生境产生干扰主要来自人类活动及其产生的噪音影响, 干扰程度的大小取决于人为活动强度和噪声强度等, 利用土地使用类型和建筑物密度可以很好的代表人为干扰的强度。选取白鹭繁殖地和觅食地周边的主要人类利用土地(海洋)类型: 航道、工业区、商业区、居民区、城市主干道、园林地、农田绿地代表不同人为干扰类型和程度, 其中自然的水域和滩涂被认为是无干扰(水产养殖的对白鹭生境的人为干扰已在适宜性评价中考虑); 根据不同土地类型人为活动强度和噪音强度的大小, 建立人为干扰因素评价准则, 见表 3。

参照与白鹭体形和行为相近的丹顶鹭研究^[41, 42, 45], 以及鸟类对人类侵扰的耐受度研究成果^[27, 28, 31], 对于繁殖地大屿岛和鸡屿岛以边界为基线, 对于 10 个代表性觅食点以觅食地中心点为基点, 选择 0~ 600m、600~ 1200m 两条缓冲带作为人为干扰研究区域。利用 2004 年厦门市卫片图(分辨率为 5m × 5m), 并参照 1999 年厦门市土地利用类型图, 使用软件 Mapinfo 7.0 将白鹭生境人为干扰评价范围 1200m 内的土地利用类型进行数字化, 然后通过 ArcView 3.2a 软件, 根据人为干扰评价准则中赋予不同土地类型的评价值, 通过以下公式进行计算:

$$D = 1/S_1 \sum (s_{1i} \times d_i) + 1/2S_2 \sum (s_{2i} \times d_i)$$

式中, D 代表人为干扰程度; S_1 代表白鹭生境周围 600m 研究区面积; s_{1i} 代表 S_1 内不同土地利用类型的面积; S_2 代表白鹭生境周围 600~ 1200m 研究区面积; s_{2i} 代表 S_2 内不同土地利用类型的面积; d_i 代表不同土地利用类型干扰程度的评价价值。

表2 厦门白鹭生境生态适宜性因素评价准则

Table 2 Criteria for Xiamen Egrets' habitat ecological suitability assessment

因素 Factors	适宜 Suitable	较适宜 Relatively suitable	一般 Moderate	较不适宜 Marginally suitable	不适宜 Unsuitable
繁殖生境 Breeding habitats					
植被覆盖率 Vegetation overlay rate(%)	> 90	70~ 90	50~ 70	30~ 50	< 30
适宜建巢植被 Nsting vegetation	红树林、相思树、马尾松、木麻黄等纯林和混交林	相思树、马尾松或木麻黄与其他树种混交林	能够提供建巢树冠的其他乔木树种纯林或混交林	不适宜建巢的非乔木树种丛林或沼泽地	不能提供建巢树冠的草地或低矮草本植物
生态稳定性 Ecosystem stability	系统稳定, 没有生态入侵现象	系统稳定, 有极少生态入侵现象	系统较稳定, 有部分生态入侵现象	系统较不稳定, 生态入侵现象严重	系统不稳定, 生态入侵很严重
周边觅食地分布(km) Distance from forage sites	0~ 10	10~ 20	20~ 30	30~ 50	> 50
觅食生境 Forage habitats					
滩涂水质 Water quality	I	II	III	IV	V
滩涂类型 Wetland type	淡、半咸水湖、泥质海滩涂	泥沙质海滩涂、水库边缘	沙质海滩涂、沙滩、岩滩	人工观赏景观水域、滩涂	人工开发的海岸带区域
水产养殖密度 Aquaculture density(%)	0~ 10	10~ 30	30~ 50	50~ 80	> 80
距繁殖地距离 Distance from breeding sites(km)	0~ 10	10~ 20	20~ 30	30~ 50	> 50

* 植被覆盖率标准划分: 白鹭在厦门主要筑巢区植被覆盖率通常 > 90%, 在 < 30% 覆盖率的地方很少见到白鹭筑巢, 以两者为上下限确定评价准则; 适宜建巢植被划分标准: 白鹭在厦门的建巢地通常是红树林、相思树、马尾松、木麻黄等树种的纯林或混交林, 以此为上限, 以不能提供建巢树冠的草地或低矮草本植物为下限确定评价标准; 生态稳定性标准划分: 综合考虑白鹭繁殖地所处生态系统受外部因素包括台风、风暴潮、海水侵蚀等自然干扰因素, 以及疾病传播、外来物种入侵等生态入侵因素; 滩涂水质按照国家水质质量标准划分; 周边觅食地分布标准划分: 白鹭在厦门觅食多见于距离繁殖地 < 10 km 范围内, 在 > 50 km 的范围很难看到白鹭成群觅食, 以两者为上下限确定评价准则; 滩涂类型划分标准: 以厦门最常见到白鹭觅食的淡、半咸水湖、泥质海滩涂为上限, 以白鹭无法觅食的人工开发海岸带区域为下限, 确立评价标准; 养殖密度= 实际养殖面积/适宜养殖面积, 白鹭在养殖密度 < 10% 的养殖区分布最多, 而在 > 80% 养殖区受人为驱赶分布很少, 以两者为上下限确定评价准则; 距繁殖地距离= 觅食地与大屿岛和鸡屿岛连线中点的距离, 划分标准同周边觅食地分布

2.3 白鹭生态安全综合评价

人为干扰程度对于白鹭在繁殖栖息地和觅食地是不同的, 考虑到白鹭在繁殖栖息生境中的繁殖和栖息行为对人为干扰的耐受度要远小于其在觅食生境中的觅食行为。因此人为干扰在对繁殖栖息生境和觅食生境生态适宜性造成的损害也不同, 综合以上对白鹭生境适宜性和人为干扰的评价结果, 利用以下公式进行白鹭生态安全综合评价:

$$ES = S - Dw_D$$

式中, ES 代表白鹭的生态安全程度, 可以理解为受到人类干扰后仍保持的生态适宜性; S 代表白鹭生境适宜度; D 代表白鹭生境的人为干扰程度; w_D 代表两者在白鹭生态安全中的权重, 其中对于繁殖栖息生境和觅食生境, w_D 分别取值为 0.5 和 0.25。

表3 人为干扰因素评价准则

Table 3 Criteria for human impact factor assessment

土地类型 Land use type	很强烈 Very strong	强烈 Strong	比较强烈 Moderate	不强烈 Marginally	轻微 Slight
商住区 Commercial or residence	0.9				
工业区 Industry zone		0.8			
主干道 Main traffic road	0.9				
航道 Navigation route			0.4		
园林地 Garden plot/ woodland					0.1
绿地/耕地 Greenbelt/ farmland				0.2	
水域 Water area					0
滩涂 Wetland					0

3 评价结果与讨论

3.1 生境生态适宜性

对白鹭繁殖栖息生境的生态适宜性评价发现,大屿岛和鸡屿岛各项生态适宜性指标的评估值均处于适宜的等级内,大屿岛的综合生态适宜度为 0.875,鸡屿岛综合生态适宜度为 0.915。从生态适宜性上考虑,两岛均适宜作为白鹭繁殖栖息地,其中影响生态适宜性的主要因素是生态稳定性。由于鸡屿岛在生态稳定性及与周边觅食地的距离指标上优于大屿岛,鸡屿岛整体生态适宜性略高于大屿岛。

对厦门 10 个觅食生境的生态适宜性评价发现:元当湖、杏林湾和海沧 3 处觅食生境综合生态适宜度最高,属于适宜等级;其中元当湖和海沧两地除水质适宜度指标外,其他 3 项生态适宜度指标均处在适宜等级。其他 7 处觅食生境综合生态适宜度均在 0.6~0.8 之间,处在较适宜等级内;其中以高浦和香山觅食生境综合适宜度最低。厦门白鹭 10 个觅食生境的适宜度平均值为 0.7321,觅食生境总体处于较适宜等级,影响觅食地适宜度的因素主要是觅食生境水质,10 个觅食生境的水质适宜度平均值仅为 0.595,处在一般水平。其中,东屿、石湖山和高浦三处水质处于较不适宜和一般的分界点,而元当湖水水质适宜度也仅处在一般水平。

3.2 人为干扰评价

从繁殖栖息生境受到的人为干扰度来看,大屿岛略高于鸡屿岛,两岛所受到的人为干扰均处在轻微等级内,其中外层干扰明显强于内层干扰。从觅食生境受到的人为干扰度来看,元当湖和石湖山受到的人为干扰最高,处于强烈干扰等级;海沧和东屿受到的人为干扰处于较强烈等级;其余 6 处觅食生境处于不强烈和轻微等级,其中以刘山和杏林湾受到的人为干扰最少,处在轻微等级。总体看,白鹭在厦门的觅食生境受到的人为干扰明显高于繁殖栖息地,但仍处在不太强烈等级,其中来自外层的人为干扰略高于内层的干扰。

3.3 生态安全综合评价

白鹭的繁殖栖息地的生态安全分析结果中,鸡屿岛和大屿岛的生态安全程度均处于安全等级,但是鸡屿岛从生态适宜性和受到的人为干扰程度上都要优于大屿岛,因此总体的生态安全程度也高于大屿岛。为验证对白鹭栖息地生态安全的分析结果,对比 1996~2004 年繁殖期白鹭在大屿岛和鸡屿岛上白鹭种群数量(图 3),鸡屿岛多年平均白鹭数量(4456)要高于大屿岛(2966)。此外,白鹭在鸡屿岛(标准方差为 1738.248)繁殖栖息的数量变化比大屿岛(标准方差为 1907.087)较为稳定。说明鸡屿岛作为白鹭繁殖栖息地的生态安全性要略高于大屿岛。

从白鹭在厦门的 10 个代表性觅食生境的生态安全分析中发现,没有一处是属于安全等级的觅食生境,虽然以杏林湾、海沧和刘山的生态安全度最高,但是也仅处于较安全等级,其他还有澳头、元当湖和香山的生态安全度处于较安全等级,其他 4 处觅食生境处于一般安全等级。本文选取的具有代表性的 10 个白鹭觅食生境生态安全平均值为 0.6697,因此总体来看厦门白鹭的觅食生境处于较安全等级。参考陈小麟、方文珍等 1999 年至 2000 年观察到的白鹭在 10 个觅食地的种群数量^[40, 43],发现 1999 年 7 月至 2000 年 6 月期间,杏林湾、海沧和刘山是白鹭聚集觅食数量最多的地方,与本文的分析结果一致。

4 结论

白鹭的生态安全是指白鹭所处的生态系统能够维持白鹭种群持续生存的需求和条件,它从根本上取决于白鹭的生境安全。本文分别选择白鹭在厦门的 2 个主要繁殖栖息生境——大屿岛和鸡屿岛和 10 个代表性觅

表 4 白鹭生态适宜度、人为干扰度和生态安全度评价结果

Table 4 The results of egret's ecological suitability, human impact and ecological safety assessment

生境地点 Habitats site	生态适宜度 Ecological suitability	人为干扰度 Human impact	生态安全度 Ecological safety
大屿岛 Dayu islet	0.875	0.137	0.8065
鸡屿岛 Jiyu islet	0.915	0.090	0.8700
元当湖 Yuandang lake	0.805	0.7812	0.6097
香山 Xiangshan	0.672	0.2875	0.6001
刘山 Liushan	0.757	0.1429	0.7213
钟宅 Zhongzhai	0.678	0.3358	0.5941
石湖山 Shihushan	0.702	0.6171	0.5477
澳头 Aotou	0.702	0.3586	0.6124
杏林湾 Xinglin bay	0.803	0.0962	0.7790
东屿 Dongyu	0.679	0.4231	0.5732
海沧 Haicang	0.851	0.4409	0.7408
高浦 Gaopu	0.672	0.3628	0.5813

食生境为研究对象,通过对白鹭在厦门生态习性的调查研究,参考相关文献资料,结合地理信息分析技术对白鹭生境的生态适宜性和人为干扰程度进行分别评价,前者考虑维持白鹭可持续生存的生境条件及其适宜程度;后者考虑对白鹭生境生态适宜性造成干扰、破坏的因素及其影响强度。然后结合生境适宜性评价和人为干扰程度评价结果,对厦门自然保护区白鹭的生态安全进行综合评价。白鹭的繁殖栖息地的生态安全分析结果表明,鸡屿岛和大屿岛的生态安全程度均处于安全状态,鸡屿岛作为白鹭繁殖生境生态安全程度高于大屿岛。从白鹭在厦门的10个代表性觅食生境的生态安全分析中发现,没有一处是属于安全等级的觅食生境,虽然以杏林湾、海沧和刘山的生态安全度最高,但是也仅处于较安全状态,其余有3个处在较安全状态,4个处在一般安全状态。总体来看白鹭在厦门自然保护区处于比较安全状态。

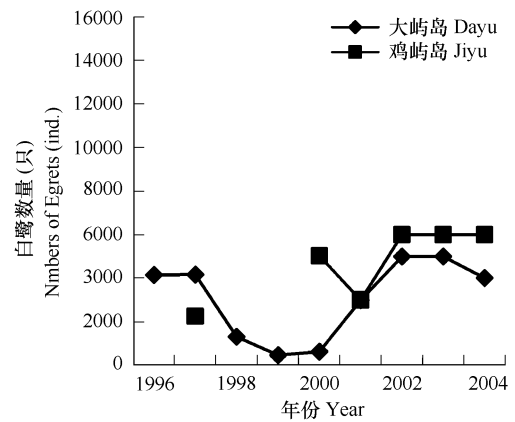


图3 繁殖期白鹭在大屿岛和鸡屿岛的数量变化

Fig. 3 Population dynamics of egrets in Dayu and Jiuyu islet during the reproduction period

数据来源: 厦门市环保局 Data Source: Xiamen Environment Protection Bureau

References:

- [1] Zheng Z X, Zheng G M, Zhang F Y. Chinese fauna. Beijing: China Environmental Science Press, 1997. 114~ 138.
- [2] Chen X L, Chen Z H, Fang W Z. New record of the White faced Heron, *Egretta Novaeollandiae* in Xiamen (Amoy), China. *Emu*, 2000, 100(4): 340.
- [3] Ouyang Z Y, Liu J G, Xiao H, *et al.* An assessment of giant panda habitat in Wolong Nature Reserve. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21(11): 1869~ 1874.
- [4] Chen S H, Ding P, Zheng G M, Zhuge Y. The Richness of Island Habitat Avian Communities and Their Influencing Factors. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(2): 141~ 149.
- [5] Wu L, Chen X L, Hu H J, *et al.* The Spatial Distribution of Breeding Ardeidae in Dayu Island, Xiamen Egret Natural Reserve. *Journal of Xiamen University (Natural Science)*, 2001, 40(4): 979~ 983.
- [6] Chen X L, Song X J. Ecological Analysis of Bird Communities in Xiamen (Amoy) Intertidal Zone during Spring. *Chinese Journal of Ecology*, 1999, 18(4): 36~ 39.
- [7] Dimalexis A, Pyrovetsi M, Sgardelis S. Foraging ecology of the Grey Heron (*Ardea cinerea*), Great Egret (*Ardea alba*) and Little Egret (*Egretta garzetta*) in response to habitat, at 2 Greek wetlands. *Colonial Waterbirds*, 1997, 20(2): 261~ 272.
- [8] Baxter G S, Fairweather P G. Does available foraging area, location or colony character control the size of multispecies egret colonies? *Wildlife Research*, 1998, 25(1): 23~ 32.
- [9] Smith J P. Nesting season food habits of 4 species of herons and egrets at Lake Okeechobee, Florida. *Colonial Waterbirds*, 1997, 20(2): 198~ 220.
- [10] Wong L C, Corlett R T, Young L, Lee J S Y. Comparative feeding ecology of Little Egrets on intertidal mudflats in Hong Kong, South China. *Waterbirds*, 2000, 23(2): 214~ 225.
- [11] Baldi A, Kisbenedek T. Factors influencing the occurrence of Great White Egret (*Egretta alba*), Mallard (*Anas platyrhynchos*), Marsh Harrier (*Circus aeruginosus*), and Coot (*Fulica atra*) in the reed archipelago of Lake Velence, Hungary. *Ekologia Bratislava*, 1998, 17(4): 384~ 390.
- [12] Custer C M, Suarez S A, Olsen D A. Feeding habitat characteristics of the Great Blue Heron and Great Egret nesting along the Upper Mississippi River, 1995-1998. *Waterbirds*, 2004, 27(4): 454~ 468.
- [13] Lombardini K, Bennetts R E, Tourenq C. Foraging success and foraging habitat use by Cattle Egrets and Little Egrets in the Camargue, France. *Condor*, 2001, 103(1): 38~ 44.
- [14] Hilaluddin, Shah J N, Shawl T A. Nest site selection and breeding success by Cattle Egret and Little Egret in Amroha, Uttar Pradesh, India. *Waterbirds*, 2003, 26(4): 444~ 448.
- [15] Wong L C, Corlett R T, Young L, Lee J S Y. Utilization of wetlands by ardeids in Starling Inlet, Hong Kong: A year round study and a comparison between the census and flight line methods. *Waterbirds*, 2001, 24(2): 153~ 160.

- [16] Parsons K C. Integrated management of waterbird habitats at impounded wetlands in Delaware Bay, USA. *Waterbirds*, 2002, 25(Sup) 25~ 41.
- [17] Hartig E K, Grozov O, Rosenzweig C. Climate change, agriculture and wetlands in Eastern Europe: Vulnerability, adaptation and policy. *Climatic Change*, 1997, 36(1-2): 107~ 121.
- [18] Seoane J, Bustamante J, Diaz Delgado R. Competing roles for landscape, vegetation, topography and climate in predictive models of bird distribution. *Ecological Modelling*, 2004, 171 (3): 209~ 222.
- [19] Bennetts R E, Fasola M, Hafner H, Kayser Y. Influence of environmental and density dependent factors on reproduction of Little Egrets. *Auk*, 2000, 117 (3): 634~ 639.
- [20] Chen S H, Ding P, Zheng G M, Zhuge Y. Impacts of urbanization on the wetland waterbird communities in Hangzhou. *Zoological Research*, 2000, 21 (4): 279~ 285.
- [21] Ruan L Z, *et al.* Egretta garzetta as a bioindicator of environmental pollution in Tai Lake region. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2003, 14(2): 263 ~ 268.
- [22] Chen S H, Ding P, Fan Z Y, Zheng G M. Selectivity of Birds to Urban Woodlots. *Zoological Research*, 2002, 23 (1): 31~ 38.
- [23] Wang Y P, Chen S H, Ding P. Effects of urbanization on the winter bird foraging guilds. *Journal of Zhejiang University (Science Edition)*, 2004, 31(3): 330~ 336.
- [24] Waltert M, Mardiatuti A, Muhlenberg M. Effects of land use on bird species richness in Sulawesi, Indonesia. *Conservation Biology*, 2004, 18(5): 1339 ~ 1346.
- [25] Parejo D, Sanchez Guzman J M. Effects of agricultural development on colonial ardeid populations in southwestem Spain. *Waterbirds*, 1999, 22(2): 302 ~ 306.
- [26] Jeffrey A, Stratford, Philip, Stoffer. Local Extinctions of Terrestrial Insectivorous Birds in a Fragmented Landscape near Manaus, Brazil. *Conservation Biology*, 1999, 13(6): 1416~ 1423
- [27] Wang Y P, Chen S H, Ding P. Flush Distance: Bird Tolerance to Human Intrusion in Hangzhou. *Zoological Research*, 2004, 25(3): 214~ 220.
- [28] Li X H, Ma Z J, Ding C Q, *et al.* Relationship between the distribution of crested ibis and local farmers. *Acta Zoologica Sinica*, 2002, 48 (6): 725~ 732.
- [29] Stolen E D. The effects of vehicle passage on foraging behavior of wading birds. *Waterbirds*, 2003, 26(4): 429~ 436.
- [30] Bautista L M, *et al.* Effect of weekend road traffic on the use of space by raptors. *Conservation Biology*, 2004, 18(3): 726~ 732.
- [31] Burton N H K, Amitage M J S, Musgrove A J, Rehfish M M. Impacts of man made landscape features on numbers of estuarine waterbirds at low tide. *Environmental Management*, 2002, 30 (6): 857~ 864.
- [32] Li X H, Ma Z J, Ding C Q, *et al.* A preliminary evaluation of the habitat quality of the Crested Ibis (*Nipponia nippon*). *Chinese Biodiversity*, 1999, 7 (3): 161~ 169.
- [33] Fuller R M, Devereux B J, Gillings S, Amable G S, Hill R A. Indices of bird habitat preference from field surveys of birds and remote sensing of land cover: a study of south eastern England with wider implications for conservation and biodiversity assessment. *Global Ecology and Biogeography*, 2005, 14 (3): 223~ 239.
- [34] Erwin R M, Sanders G M, Prosser D J. Changes in lagoonal marsh morphology at selected northeastern Atlantic coast sites of significance to migratory waterbirds. *Wetlands*, 2004, 24 (4): 891~ 903.
- [35] Luoto M, Virkkala R, Heikkinen R K, Rainio K. Predicting bird species richness using remote sensing in boreal agricultural forest mosaics. *Ecological Applications*, 2004, 14(6): 1946~ 1962.
- [36] Brotons L, Thuiller W, Araujo M B, Hirzel A H. Presence absence versus presence only modelling methods for predicting bird habitat suitability. *Ecography*, 2004, 27 (4): 437~ 448.
- [37] Zheng Y W, Xue D Y, Zhang G S. A study on evaluation criteria for effective management of natural reserves in china. *Rural Eco environment*, 1994, 10 (3): 22~ 25.
- [38] Hu H J, Chen J R, Sun L, *et al.* Population dynamics and nesting of three species of egret on Xiamen Dayu Island. *Chinese Biodiversity*, 1999, 7 (2): 123~ 126.
- [39] Wei G A, Chen X L, Hu H J, *et al.* Observation on Some Activities of Reproduction in Little Egrets (*Egretta garzetta*) at Jiyou Island in Xiamen. *Zoological Research*, 2003, 24(5): 343~ 347.
- [40] Fang W Z, Chen Z H, Lin Q X, Chen X L. The Avian Fauna of the Xiamen Coastline Wetland, Southeast of China (1999~ 2000). *Journal of Xiamen University (Natural Science)*, 2002, 41(5): 653~ 658.
- [41] Xu H G. *The Theory and Methodology of Ecological Security Design for Nature Reserves*. Beijing: China Environmental Science Press, 2000.
- [42] Li W J, Wang Z J. A method for designing buffer zone in Yancheng Biosphere Reserve: taking red crown crane as objective species. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2000, 11 (6): 843~ 847.

- [43] Fang W Z, Chen X L, Chen Z H, *et al.* The Study on Bird Community Diversity along the Xiamen Coastal Wetland. *Journal of Xiamen University (Natural Science)*, 2004, 41(1): 133~ 137.
- [44] Wei G A, Chen X L, Lin Q X, *et al.* The Breeding Behaviour and Reproductive Capacity of the Little Egret. *Journal of Xiamen University (Natural Science)*, 2002, 41(5): 647~ 652.
- [45] Zhu C R. Primary study for red crown cranes in their habitats. In: Forestry Bureau of Heilongjiang Province ed. *International Conservation and Research for Crane*. Beijing: Chinese Forestry Press, 1990. 54~ 58.

参考文献:

- [1] 郑作新, 郑光美, 张孚允, 等. 中国动物志(鸟纲, 第1卷). 北京: 科学出版社, 1997. 114~ 138.
- [3] 欧阳志云, 刘建国, 肖寒, 等. 卧龙自然保护区大熊猫生境评价. *生态学报*, 2001, 21(11): 1869~ 1874.
- [4] 陈水华, 丁平, 郑光美, 等. 岛屿栖息地鸟类群落的丰富度及其影响因子. *生态学报*, 2002, 22(2): 141~ 149.
- [5] 伍烈, 陈小麟, 胡慧娟, 等. 厦门白鹭自然保护区鹭类繁殖的空间分布. *厦门大学学报(自然科学版)*, 2001, 40(4): 979~ 983.
- [6] 陈小麟, 宋晓军. 厦门潮间带春季鸟类群落的生态分析. *生态学杂志*, 1999, 18(4): 36~ 39.
- [20] 陈水华, 丁平, 郑光美, 等. 城市化对杭州市湿地水鸟群落的影响研究. *动物学研究*, 2000, 21(4): 279~ 285.
- [21] 阮禄章, 等. 白鹭作为无锡太湖地区环境污染指示生物的研究. *应用生态学报*, 2003, 14(2): 263~ 268.
- [22] 陈水华, 丁平, 范忠勇, 等. 城市鸟类对斑块状园林栖息地的选择性. *动物学研究*, 2002, 23(1): 31~ 38.
- [23] 王彦平, 陈水华, 丁平. 城市化对冬季鸟类取食集团的影响. *浙江大学学报(理学版)*, 2004, 31(3): 330~ 336.
- [27] 王彦平, 陈水华, 丁平. 惊飞距离——杭州常见鸟类对人为侵扰的适应性. *动物学研究*, 2004, 25(3): 214~ 220.
- [28] 李欣海, 马志军, 丁长青, 等. 朱 分布与栖息地内农民的关系. *动物学报*, 2002, 48(6): 725~ 732.
- [32] 李欣海, 李典谟, 丁长青, 等. 朱 (*Nipponianippon*) 栖息地质量的初步评价. *生物多样性*, 1999, 7(3): 161~ 169.
- [37] 郑允文, 薛达元, 张更生. 我国自然保护区生态评价指标和评价标准. *农村生态环境*, 1994, 10(3): 22~ 25.
- [38] 胡慧娟, 陈剑榕, 孙雷, 等. 厦门大屿岛三种鹭的种群动态和营巢. *生物多样性*, 1999, 7(2): 123~ 126.
- [39] 魏国安, 陈小麟, 胡慧娟, 等. 厦门鸡屿岛白鹭几种繁殖活动的观察. *动物学研究*, 2003, 24(5): 343~ 347.
- [40] 方文珍, 陈志鸿, 林清贤, 等. 厦门海滨湿地鸟类的研究(1999~ 2000). *厦门大学学报(自然科学版)*, 2002, 41(5): 653~ 658.
- [41] 徐海根. 自然保护区生态安全设计的理论和方法. 北京: 中国环境科学出版社, 2000. 11.
- [42] 李文军, 王子健. 盐城自然保护区的缓冲带设计——以丹顶鹤为目标种分析. *应用生态学报*, 2000, 11(6): 843~ 847.
- [43] 方文珍, 陈小麟, 陈志鸿, 等. 厦门滨海湿地鸟类群落多样性研究. *厦门大学学报(自然科学版)*, 2004, 41(1): 133~ 137.
- [44] 魏国安, 陈小麟, 林清贤, 等. 厦门白鹭自然保护区的白鹭繁殖行为和繁殖力研究. *厦门大学学报(自然科学版)*, 2002, 41(5): 647~ 652.