

# 迁徙停歇地东方白鹳繁殖生态研究\*

薛委委<sup>1</sup> 周立志<sup>1\*\*</sup> 朱书玉<sup>2</sup> 单凯<sup>2</sup> 王立东<sup>2</sup> 许仁鑫<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>安徽大学资源与环境工程学院生物多样性与湿地生态研究所, 安徽省生态工程与生物技术重点实验室 合肥 230039)

(<sup>2</sup>黄河三角洲国家级自然保护区 东营 257091)

**摘要** 黄河三角洲是东方白鹳的迁徙停歇地之一, 但近些年开始出现繁殖种群. 为了解该种群的繁殖现状, 有效开展保护工作, 于2009年在黄河三角洲对东方白鹳的繁殖生态进行了研究. 2009年在黄河三角洲繁殖的东方白鹳种群数量为21对, 繁殖个体于2月上旬陆续返回繁殖区, 最早于2月21日开始筑巢. 巢筑于水泥电线杆、人工招引巢或者高压输电铁塔上, 其中利用旧巢11巢, 新建巢10巢. 大汶流巢区平均巢高 $13.25 \text{ m} \pm 2.07 \text{ m}$  ( $N = 18$ )、巢间距 $647.22 \text{ m} \pm 1\ 086.49 \text{ m}$  ( $N = 18$ ); 黄河口巢区平均巢高 $25.50 \text{ m} \pm 7.97 \text{ m}$  ( $N = 3$ ), 巢间距 $42\ 640.00 \text{ m} \pm 62\ 838.80 \text{ m}$  ( $N = 3$ ). 孵化期最早始于2月25日, 个别繁殖对受干扰影响延迟到5月中旬. 孵化期 $32.07 \text{ d} \pm 1.34 \text{ d}$  ( $N = 15$ ), 育雏期 $63.33 \text{ d} \pm 6.83 \text{ d}$  ( $N = 12$ ), 日育雏 $6.23 \pm 2.23$ 次 ( $N = 68$ ), 雏鸟最早离巢时间为5月28日, 最晚离巢时间为8月19日. 2009年的21对繁殖东方白鹳共有17对繁殖成功, 孵出47只幼鸟, 出飞幼鸟37只. 影响东方白鹳繁殖的主要因素是强风, 此外, 游客干扰、适宜巢址缺乏也是影响繁殖的重要因素. 为提高人工招引繁殖的成功率, 可适当增加人工招引巢数量并对其上的巢基进行加固. 图1 表2 参31

**关键词** 东方白鹳; 繁殖生态; 迁徙停歇地; 黄河三角洲; 人工招引

CLC Q959.722.08

## Breeding Ecology of Oriental White Stork (*Ciconia boyciana*) in the Migratory Stopover Site\*

XUE Weiwei<sup>1</sup>, ZHOU Lizhi<sup>1\*\*</sup>, ZHU Shuyu<sup>2</sup>, SHAN Kai<sup>2</sup>, WANG Lidong<sup>2</sup> & XU Renxin<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>Institute of Biodiversity and Wetland Ecology, School of Resources and Environmental Engineering, Anhui University, Anhui Key Laboratory of Eco-engineering and Bio-technique, Hefei 230039, China)

(<sup>2</sup>Yellow River Delta National Nature Reserve, Dongying 257091, Shandong, China)

**Abstract** The Yellow River Delta is an important stopover site of the oriental white storks (*Ciconia boyciana*) in China. In order to collect the breeding data of *C. boyciana* for its effective conservation of the population, we observed the breeding habits of the birds in the Yellow River Delta. A total of 21 pairs of *C. boyciana* were found breeding there in 2009. The birds chose the nest sites in early February, and began to build nests in mid-late February. Nests were built on wire poles, artificial nests and pylons. In Dawenliu, the average height of nests was  $13.25 \text{ m} \pm 2.07 \text{ m}$  ( $N = 18$ ), and the distance between nests was  $647.22 \text{ m} \pm 1\ 086.49 \text{ m}$  ( $N = 18$ ). In Huanghekou, the height was  $25.50 \text{ m} \pm 7.97 \text{ m}$  ( $N = 3$ ), and the distance between nests was  $42\ 640.00 \text{ m} \pm 62\ 838.80 \text{ m}$  ( $N = 3$ ). The earliest hatching began on February 25, but the disturbed breeding pairs postponed their hatching to mid-May. The hatching period lasted for  $33.23 \text{ d} \pm 1.36 \text{ d}$ , and parental care for  $63.33 \text{ d} \pm 6.83 \text{ d}$  ( $N = 12$ ). Parents fed their nestlings for  $6.23 \pm 2.23$  times ( $N = 68$ ) every day. The nestlings left their nests early on May 28 and late up to August 19. Only 17 pairs of the 21 breeding pairs made their hatching successful with 47 baby birds coming out from eggs and 37 nestlings surviving to fledging. Strong wind was the major factor affecting their breeding. In addition, the disturbance by visitors and lack of suitable nest sites also influenced the breeding. In order to increase the breeding rate of the stopover population, it is necessary to provide more artificial nests and solidate the nests. Fig 1, Tab 2, Ref 31

**Keywords** oriental white stork; *Ciconia boyciana*; breeding biology; stopover site; Yellow River Delta; artificial attract

CLC Q959.722.08

东方白鹳 (*Ciconia boyciana*) 是大型涉禽, 为我国 I 级重点保护野生动物, IUCN 红色物种名录将其列为濒危种, 现存野生种群数量约 2 500~3 000 只<sup>[1]</sup>. 东方白鹳曾广泛分布于东

北亚地区<sup>[1-2]</sup>, 但日益加剧的人类活动导致其栖息地破碎化和繁殖地萎缩<sup>[3]</sup>. 目前其繁殖地主要分布于中俄边境的三江平原流域, 越冬地主要在中国长江中下游流域<sup>[1-2]</sup>. 近年来, 山东东营市黄河三角洲、安徽望江县、江苏高邮市和大丰市、江西鄱阳县和进贤县等东方白鹳的迁徙停歇地和越冬地相继出现了繁殖个体<sup>[4-8]</sup>, 特别是黄河三角洲繁殖种群数量逐年增加, 已成为北方繁殖区以外最大的繁殖地<sup>[9]</sup>.

越冬繁殖地东方白鹳由于人为干扰较大, 要建立稳定的

收稿日期: 2010-02-27 接受日期: 2010-04-08

\*国家自然科学基金项目 (No. 30870317) 和安徽省学术与技术带头人学术与科研活动经费资助. Supported by the National Natural Science Foundation of China (No. 3087317), and the Scientific Research Foundation for Academic and Technical Leaders of Anhui, China

\*\*通讯作者 Corresponding author (E-mail: zhoulz@ahu.edu.cn)

繁殖种群较困难<sup>[10]</sup>。黄河三角洲由于其丰富湿地资源而成为水鸟的停歇地和繁殖地。但是黄河三角洲面临着严峻的生态问题,如生境破碎化程度日益加剧<sup>[11-12]</sup>,渔业活动、石油开采、旅游开发等人类干扰不断增强<sup>[13-15]</sup>,且黄河三角洲没有适合东方白鹳的营巢条件,如高大树木和远离人类干扰的湿地稀树林<sup>[16-18]</sup>,种种因素均给东方白鹳在该区域的繁殖带来不利影响。为了给东方白鹳提供繁殖条件,黄河三角洲国家级自然保护区管理局于2007年在大汶流湿地恢复区建立了人工巢招引东方白鹳繁殖。在这种环境条件下,东方白鹳如何适应当地环境进行营巢,繁殖活动又将会受到怎样的影响以及人工招引的繁殖成效如何?均是值得关注的问题。

为了解黄河三角洲东方白鹳的繁殖对策及繁殖特征,我们于2009年2~7月在黄河三角洲对东方白鹳的繁殖生态进行了研究,以进一步了解该种群的繁殖适应性,为这一繁殖种群的保护和管理积累基础资料。

## 1 研究区域概况

黄河三角洲位于山东省东营市(118°33'~119°20'E, 37°35'~38°12'N),是黄河近百年来携带大量泥沙填充渤海凹陷成陆的海相沉积平原,地形是以指叉状河床为特征的起伏地貌,海拔0~8 m。潮间带1~10 km,水温平均14.2℃,盐度30.6‰。潮汐为无规则的半日潮,潮差约2 m。该区域属北温带半湿润大陆性气候,四季分明,无霜期196 d,年均气温12.2℃,极端最高气温41.9℃,极端最低气温-23.3℃,年均降雨量533 mm,年均蒸发量1 962 mm。区内油井、炼油厂、居民区、旅游景点和公路纵横交错。

该区域濒临渤海,风力资源丰富,沿海区域的年平均风速为4 m/s左右。春季风速最大,平均风速可接近6 m/s。本区还是风暴潮重灾区,风暴潮多发生在4、5月和8、9月。

黄河三角洲湿地大体可分为天然湿地和人工湿地两大类,总面积约1 410 km<sup>2</sup>。天然湿地面积比重较大,占湿地总面积的68.40%,人工湿地占总面积的31.60%。大面积的湿地为水鸟栖息提供了丰富的食物,是东方白鹳、丹顶鹤(*Grus japonensis*)、大天鹅(*Cygnus cygnus*)、鸳鸯(*Aix galericulata*)和鸬鹚类(Charadriiformes)等候鸟迁徙的停歇地。植物160多种,以禾本科、菊科草本植物最多。主要生境有芦苇(*Phragmites communis*)沼泽(265.14 km<sup>2</sup>)、怪柳(*Tamarix chinensis*)灌木林(140 km<sup>2</sup>)、天然柳林(*Salix* spp.) (10 km<sup>2</sup>)、草场(120.72 km<sup>2</sup>)、人工刺槐林(*Robinia pseudoacacia*) (55.70 km<sup>2</sup>)。

在该区域同期繁殖的水鸟还有苍鹭(*Ardea cinerea*)、草鹭(*A. purpurea*)、黑嘴鸥(*Larus saundersi*)、反嘴鹬(*Recurvirostra avosetta*)、普通燕鸥(*Sterna hirundo*)等。

## 2 研究方法

### 2.1 研究地点选择

为给东方白鹳提供繁殖巢址,2007年黄河三角洲国家级自然保护区管理局在大汶流湿地恢复区内选择7处靠近五万亩大水面每处设置3个水泥立柱,共21个人工巢,顶端焊有井字形铁架作为巢基,高为10 m,间距为100 m。

2009年2~7月对发现的巢按其发现顺序进行编号,并用

GPS进行定位,采集和测量各巢址生境参数。巢址生境参数的定义如下:巢生境—根据巢址周围植被类型,将生境主要划分为湿地恢复区芦苇沼泽、人工槐树林、人工河湿地、油田芦苇湿地;巢址—根据巢立柱的物理属性,将巢址分为水泥电线杆、输电铁塔、废弃水泥电线杆、人工招引水泥线立柱;巢高一巢距地面高;巢间距—当年最近繁殖巢间的距离。

### 2.2 数据收集

2009年2~7月,在大汶流管理站东方白鹳集中繁殖区域,每周3次于6:00~18:00借助望远镜(单筒: BOSMA, ST16-48×65B;双筒PANDA, 10×42)观察并记录巢区内东方白鹳亲鸟和幼鸟的繁殖活动及变化。在保护区科研站工作人员的配合下,监测整个黄河三角洲繁殖区东方白鹳的繁殖情况,并且每月借助车辆对其它两个管理站繁殖情况进行一次全面调查。

根据杨陈等对东方白鹳繁殖期的划分<sup>[6]</sup>,将繁殖期划分为3个时期:1)营巢期,指东方白鹳取材修巢直至孵化期;2)孵化期,指亲鸟长时间坐巢开始,至发现亲鸟开始第一次育雏;3)育雏期,指亲鸟第一次育雏开始直至幼鸟离巢。

### 2.3 数据分析

利用SPSS17.0统计软件中的独立样本T检验来分析大汶流湿地恢复区新建巢与旧巢数据之间以及人工招引巢与电线杆巢之间繁殖活动的差异显著性。

本文中的繁殖成功率是指整个黄河三角洲出雏幼鸟的巢数与繁殖巢数比值,出飞率为指出飞幼鸟数与出雏幼鸟数比值。

## 3 结果

### 3.1 巢址选择

2009年共有21对东方白鹳在黄河三角洲繁殖(图1),其中利用旧巢11巢,未被利用旧巢2巢,新建10巢。21巢中1巢位于人工河湿地滩涂的废弃水泥电杆顶端,1巢位在人工刺槐

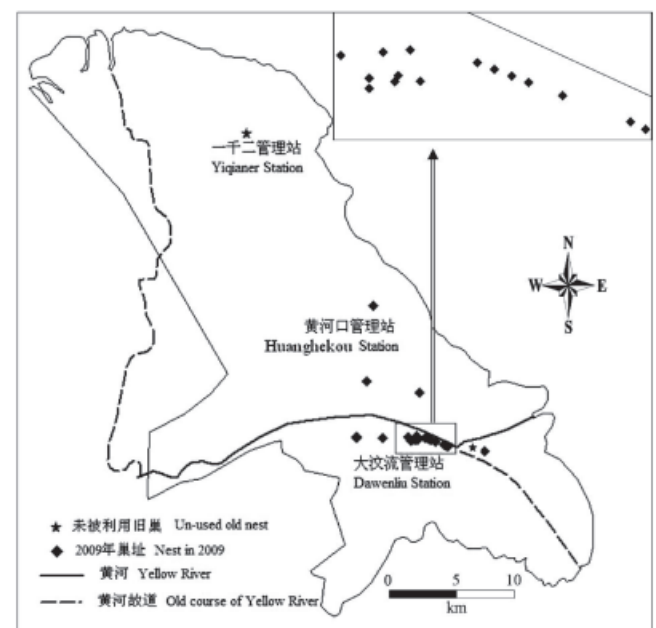


图1 黄河三角洲2009年东方白鹳巢址分布  
Fig.1 Nest sites of *C. boyciana* in the Yellow River Delta in 2009

林边缘的芦苇沼泽高压输电铁塔顶端, 1巢建在油田芦苇湿地的高压输电铁塔顶端, 13巢建在五万亩湿地恢复区的芦苇湿地水泥高压电线杆, 5巢建在五万亩湿地恢复区的芦苇湿地人工水泥招引立柱上. 巢址主要集中在大汶流巢区和黄河口巢区. 其中大汶流巢区平均巢高 $13.25 \text{ m} \pm 2.07 \text{ m}$  ( $N=18$ )、巢间距 $647.22 \text{ m} \pm 1086.49 \text{ m}$  ( $N=18$ ); 黄河口巢区平均巢高 $25.50 \text{ m} \pm 7.97 \text{ m}$  ( $N=3$ ), 巢间距 $42640.00 \text{ m} \pm 62838.80 \text{ m}$  ( $N=3N$ ). 巢基本呈碗形或者长椭圆形, 硬巢材为枯死的怪柳或旱柳 (*Salix matsudana*) 的树枝, 软巢材为芦苇絮.

### 3.2 营巢和孵化

2月份气温开始回升, 大汶流湿地恢复区冰面逐渐融化, 东方白鹤繁殖对开始陆续返回, 并出现占区、修巢、筑巢等繁殖行为. 最早一对于2月11日占巢, 2月21日开始筑巢. 种群平均筑巢期为 $13.28 \text{ d} \pm 3.31 \text{ d}$  ( $N=18$ ), 利用旧巢的筑巢期为 $13.15 \text{ d} \pm 1.02 \text{ d}$  (11~17 d) ( $N=8$ ), 一对繁殖失败的东方白鹤于7月12日重新开始在大汶流第24号电线杆上筑巢, 但一周后弃巢. 新巢筑巢期为 $13.60 \text{ d} \pm 2.03 \text{ d}$  (6~18 d) ( $N=10$ ), 其中大汶流48号巢繁殖对在筑巢时就有交配行为, 该对营巢用时6 d就坐巢孵化. 新巢和旧巢的筑巢期差异不显著 ( $t=2.31$ ,  $d_f=16$ ,  $P=0.87$ ) (表1). 电线杆巢和人工招引巢的平均筑巢期分别为 $13.43 \text{ d} \pm 3.47 \text{ d}$  ( $N=13$ ) 和 $13.40 \text{ d} \pm 2.30 \text{ d}$  ( $N=5$ ), 两者之间的差异不显著 ( $t=0.21$ ,  $d_f=16$ ,  $P=0.92$ ) (表2). 在孵化期和育雏期还经常观察到亲鸟有取材和修巢行为.

表1 东方白鹤新巢和旧巢的繁殖参数比较

Table 1 The breeding activities of *C. boyciana* at the newly-built and formerly-built nests

繁殖参数 Reproductive parameters	新巢 Newly-built nest	旧巢 Formerly-built nest	统计检验 Statistics test	
			<i>t</i>	<i>P</i>
营巢期 Nesting period	$13.60 \text{ d} \pm 2.03 \text{ d}$ ( $N=10$ )	$13.15 \text{ d} \pm 1.02 \text{ d}$ ( $N=8$ )	2.31	0.87
孵化期 Hatching period	$31.65 \pm 1.85 \text{ d}$ ( $N=8$ )	$33.33 \pm 0.52 \text{ d}$ ( $N=7$ )	2.91	0.12
育雏期 Nestling period	$61.67 \pm 9.73 \text{ d}$ ( $N=6$ )	$65.00 \pm 1.10 \text{ d}$ ( $N=6$ )	8.66	0.02*
出雏数 Hatchling number	$2.25 \pm 0.89$ ( $N=8$ )	$3.43 \pm 0.79$ ( $N=7$ )	0.44	0.02*
出飞数 Fledging number	$2.33 \pm 0.81$ ( $N=6$ )	$3.00 \pm 0.89$ ( $N=6$ )	0.00	0.21

*N*: 巢数 Nest number; \* $P < 0.05$ . 下同 The same below

营巢后期和整个孵化期都有交配行为发生, 每天为2~4次, 持续的平均时间为 $13.41 \text{ s} \pm 1.81 \text{ s}$  ( $N=72$ ), 交配后伴有理羽或整巢的行为. 3月17日大汶流57号巢受入侵鸬干扰, 中断孵化行为开始重新交配. 4月15日风暴潮将人工2号巢卵吹掉亲鸟重新开始交配, 5月13日大汶流56号巢2只幼鸟失踪后也观察到亲鸟出现交配行为.

种群孵化期为 $32.07 \text{ d} \pm 1.34 \text{ d}$  ( $N=15$ ), 新巢和旧巢的孵化期之间的差异不显著 ( $t=2.91$ ,  $d_f=13$ ,  $P=0.12$ ) (表1). 人工招引巢孵化期为 $33.65 \text{ d} \pm 3.00 \text{ d}$  ( $N=4$ ), 最早一巢于3月9日开始坐巢孵化, 4月8日孵出幼鸟. 电线杆巢孵化期为 $33.30 \text{ d} \pm 0.68 \text{ d}$  ( $N=11$ ), 最早一巢于2月25日开始坐巢孵化, 4月2日出雏, 大汶流35号巢在4月15日遭遇到的风暴潮后繁殖失败, 随

表2 人工招引巢与电线杆巢东方白鹤繁殖参数比较

Table 2 The breeding activities of *C. boyciana* at the artificial and wire pole nests

繁殖参数 Reproductive parameters	人工招引巢 Artificial nest	电线杆巢 Wire pole nest	统计检验 Statistics test	
			<i>t</i>	<i>P</i>
营巢期 Nesting period	$13.40 \text{ d} \pm 2.30 \text{ d}$ ( $N=5$ )	$13.43 \text{ d} \pm 3.47 \text{ d}$ ( $N=13$ )	0.21	0.92
孵化期 Hatching period	$33.65 \text{ d} \pm 3.00 \text{ d}$ ( $N=4$ )	$33.30 \text{ d} \pm 0.68 \text{ d}$ ( $N=11$ )	7.56	0.75
育雏期 Nestling period	$52.50 \text{ d} \pm 2.12 \text{ d}$ ( $N=2$ )	$65.00 \text{ d} \pm 5.01 \text{ d}$ ( $N=10$ )	0.23	0.01*
出雏数 Hatchling number	$2.25 \pm 0.96$ ( $N=4$ )	$3.00 \pm 1.00$ ( $N=11$ )	0.22	0.22
出飞数 Fledging number	$3.33 \pm 0.00$ ( $N=2$ )	$2.60 \pm 0.97$ ( $N=10$ )	5.33	0.59

后重新开始交配繁殖, 于6月13日孵出幼鸟. 人工招引巢和电线杆巢的孵化期差异显著 ( $t=7.56$ ,  $d_f=13$ ,  $P=0.02$ ) (表2). 东方白鹤双亲都参与孵卵, 每天换孵次数不同, 最多每天换孵8次, 最少为1次, 平均每天换孵次数为 $4.03 \pm 2.32$  ( $N=93$ ). 在孵化初期亲鸟的坐巢时间不长, 但随着时间推移坐巢时间随之增加.

幼鸟大部分于4~5月份出壳, 最早为4月2日, 而受到干扰重新交配繁殖巢的出雏时间最晚延迟到6月13日.

### 3.3 育雏

雌雄亲鸟均参加育雏, 平均每天育雏次数 $6.35 \pm 3.64$  ( $N=68$ ), 最多10次, 最少3次. 亲鸟将食物反吐给幼鸟, 观察还发现亲鸟吃巢中剩下的食物, 并具有将食物残渣清除出巢的行为.

种群育雏期平均为 $63.33 \text{ d} \pm 6.83 \text{ d}$  ( $N=12$ ), 其中新巢与旧巢的育雏期之间差异显著 ( $t=8.66$ ,  $d_f=10$ ,  $P=0.02$ ) (表1). 人工招引杆巢与电线杆巢育雏期之间差异显著 ( $t=0.23$ ,  $d_f=10$ ,  $P=0.01$ ) (表2). 雏鸟最早于5月28日离巢, 但是在巢下活动, 最晚于8月19日离巢.

4月16日发现大汶流54号巢亲鸟将一只幼鸟丢出巢, 5月2日在大汶流56号巢下也发现了一只已经死亡的幼鸟, 5月13日发现56号巢其它两只幼鸟失踪, 同时大汶流57号巢和59号巢的幼鸟分别由3只减少到2只.

### 3.4 繁殖成效

新巢和旧巢之间出雏数差异显著 ( $t=0.44$ ,  $d_f=13$ ,  $P=0.02$ ), 出飞数差异不显著 ( $t=0.00$ ,  $d_f=10$ ,  $P=0.21$ ) (表1), 人工招引巢与电线杆巢出雏数差异不显著 ( $t=0.22$ ,  $d_f=13$ ,  $P=0.22$ ), 出飞数差异不显著 ( $t=5.33$ ,  $d_f=10$ ,  $P=0.59$ ) (表2).

2009年21对繁殖东方白鹤有17巢孵化成功, 共孵出幼鸟47只, 孵化成功率为80.95%, 4巢孵化失败原因分别为风暴潮2巢、其它繁殖鸬干扰1巢、原因不详1巢. 14巢的37只雏鸟成功离巢, 出飞率为72.34%, 未出飞原因分别为大风2巢、原因不详1巢. 因此强风是影响该地东方白鹤繁殖成功率的重要因素.

## 4 讨论

### 4.1 繁殖适应性

选择合适的巢址是保证繁殖成功的一个重要的因素, 这是鸟类在自然选择中形成的一种防御对策<sup>[19]</sup>。东方白鹳等大型水鸟繁殖活动需要高大的树木作为巢址和稀树林环境作为隐蔽物<sup>[2]</sup>, 但在人口密集的长江中下游繁殖的东方白鹳几乎都是营巢于高大的高压电线塔上<sup>[4, 6, 10]</sup>, 而黄河三角洲缺少适宜营巢的高大乔木, 因此, 繁殖东方白鹳通常将巢建在水泥电线杆和高压铁塔上。

对其近缘种白鹳 (*Ciconia ciconia*) 的研究表明, 水、食物资源的丰富度、不同类型栖息地决定着白鹳的巢址分布<sup>[20-21]</sup>。2007年本区域东方白鹳在黄河故道天然淡水湿地有2巢, 油田芦苇湿地4巢, 湿地恢复区9巢<sup>[22]</sup>, 本研究发 2009年东方白鹳放弃选择黄河故道天然淡水湿地巢址, 利用油田芦苇湿地巢址1巢, 并且该年新筑的10个巢均选择在大汶流湿地恢复区。2002年实施湿地恢复工程使湿地恢复区水量在7月期间相对增加, 湿地生态环境质量明显提高, 鱼类等水生动物种类和数量明显增多<sup>[23]</sup>。因此, 可以推断随着黄河故道天然淡水湿地不断萎缩和电作业的干扰<sup>[22]</sup>, 东方白鹳迁至具有大面积淡水资源、芦苇沼泽和丰富的食物资源等适宜环境的大汶流湿地恢复区进行繁殖。因此淡水资源、食物资源丰富程度亦是决定黄河三角洲东方白鹳繁殖地选择的主要因素。

北方繁殖区的东方白鹳于3月中下旬从越冬地迁回, 3月下旬至4月初进入繁殖期, 4月初至中旬产卵, 5月份出雏, 7至8月份雏鸟离巢<sup>[24-25]</sup>。越冬地繁殖的东方白鹳2月上旬进入繁殖期, 3月底至4月初进入孵化期, 4月底出雏, 6-7月份雏鸟离巢<sup>[4, 6]</sup>。本研究区东方白鹳大都选择在2月下旬筑巢, 5月初出雏, 7月雏鸟出飞。因此, 其繁殖时间比北方种群早, 但是晚于越冬繁殖地种群, 我们认为东方白鹳繁殖时间随着繁殖地纬度降低而提前, 因而导致黄河三角洲东方白鹳在巢址选择和繁殖时间进程上与北方繁殖种群和越冬繁殖地种群具有较大差异。

环境变化影响到东方白鹳的繁殖进程。在黄河三角洲, 进入2月后, 气温开始回升, 湿地恢复区冰面融化, 此时水位适合, 湿地资源丰富, 7月黄河水引入湿地恢复区, 造成水位上涨导致东方白鹳捕食困难, 幼鸟在这时大部分离巢。东方白鹳繁殖时期与大汶流湿地恢复区的食物最丰富的时间基本相吻合。雏鸟最早于5月28日离巢, 而受4月份的风暴潮干扰的一巢离巢时间推迟至8月19日, 两者相差70 d。

近缘种白鹳年龄与繁殖成功率关系表明, 年龄大的亲鸟繁殖成功率比年龄小的要高<sup>[26]</sup>, 本研究中旧巢的出雏数和出飞数比新巢多(表1), 虽然鹳形目鸟类有利用旧巢的习性<sup>[27]</sup>, 但还不能确认利用旧巢繁殖对的年龄要比新巢的大, 因此, 年龄对东方白鹳繁殖成功率的影响尚须进一步研究。

### 4.2 繁殖活动的影响因素

由于黄河三角洲东方白鹳巢大多筑在高压电线杆上和输电铁搭上, 同越冬繁殖地一样<sup>[4, 10]</sup>, 电工毁巢事件经常发生<sup>[22]</sup>, 加之高压电对生物机体影响较大<sup>[28]</sup>。因此, 电线杆不是东方白鹳繁殖合适场所。2007年, 黄河三角洲国家级湿地自

然保护区管理局埋设了人工招引立柱21根, 东方白鹳2009年开始选择部分立柱营巢。距食物资源近和人工干扰较少使得人工招引巢亲鸟可以将更多的精力投入到繁殖。近缘种白鹳在食物资源丰富程度高、营巢地干扰小的生境中, 繁殖成功率要高于资源丰富度相对低、干扰相对大的生境<sup>[29-30]</sup>, 本研究的结果与此相似。人工招引巢与电线杆巢相比, 具有高的繁殖成功率(表2), 因此, 本地区目前人工招引立柱是东方白鹳较为适宜的巢址。应逐步将东方白鹳引导至人工招引立柱上繁殖, 这是未来迁徙停歇地和越冬地繁殖种群保护的一个有效途径。

在人工招引巢繁殖的东方白鹳选择井字形铁架其中一个角落筑巢, 而整个繁殖期风力较大, 在营巢期间大风多次将巢材吹掉, 东方白鹳重新取材建巢。风暴潮引起的大风是影响东方白鹳繁殖的主要因素。在4月16日的一次风暴潮中, 人工3号巢被大风吹损, 正在孵化的卵吹落到地面, 导致繁殖失败。每一个种群都有最适于当地条件的的时间分配, 符合最适时间分配的个体在自然选择是最有利的<sup>[31]</sup>。破坏力巨大的强风势必迫使东方白鹳花费更多的时间和能量来维护巢, 这就有可能导致东方白鹳繁殖活动偏离当地最适宜的时机, 从而影响繁殖成功率。因此, 建议在人工招引立柱原有井字形铁架基础上增加铁条的密度以便于东方白鹳筑巢。人工招引巢之间的间距(最近100 m)均小于电线杆巢之间的最近间距(250 m), 一定程度上增加了人工招引巢东方白鹳的资源竞争程度, 在下一步人工招引工作中要增大人工招引立柱之间的距离。进入繁殖期后, 一些东方白鹳个体由于没有合适的巢址而入侵已被占领的巢区, 干扰其它繁殖对正常的繁殖活动。因此, 建议在湿地恢复区范围不断增加的情况下, 适当增加人工招引巢址。

由于东方白鹳大部分巢是沿着旅游公路而建, 最近一巢距公路仅有130 m, 大量的车辆以及由此带来的噪音极大的影响了东方白鹳的繁殖。因此, 在发展旅游的同时应制订切实可行的措施, 以减少游人对繁殖东方白鹳的干扰。

**致谢** 野外工作期间得到黄河三角洲保护区管理局管理人员的大力协助, 室内工作得到王丽君同学的帮助。

### References

- BirdLife International. Threatened birds of Asia: the BirdLife International Red Data Book. Cambridge, UK: BirdLife International, 2001. 194-222
- 王岐山, 杨兆芬. 东方白鹳研究现状. 安徽大学学报(自然科学版), 1995, 19(1): 82-99
- Liu HY (刘红玉), Li ZF (李兆富), Li XM (李晓民). Effects of wetland landscape fragmentation on habitats of oriental white storks—A case study on northeastern Sanjiang Plain. *J Nat Resour* (自然资源学报), 2007, 22(5): 817-823
- 俞长好, 刘彬生, 纪伟涛. 在鄱阳湖繁殖的东方白鹳. 大自然, 2004(5): 23-24
- 周莉. 黄河三角洲自然保护区东方白鹳的繁殖保育. 山东林业科技, 2006, (2): 38-39
- Yang C (杨陈), Zhou LZ (周立志), Zhu WZ (朱文中), Hou YX (侯银

- 续). A preliminary study on the breeding biology of the oriental white stork (*Ciconia boyciana*) in its wintering area. *Acta Zool Sin* (动物学报), 2007, **53** (2): 215~226
- 7 朱文中. 安徽安庆发现东方白鹳营巢繁殖. 中国鹤类通讯, 2001, **5** (2): 30~31
- 8 王岐山, 施葵初, 朱文中. 东方白鹳在安庆营巢繁殖的再考察. 中国鹤类通讯, 2002, **6** (1): 30~31
- 9 He FQ (何芬奇), Tian XH (田秀华), Yu HL (于海玲), Zhu SY (朱书玉), Zheng ZJ (郑忠杰), Lin JS (林剑声). On the oriental white stork breeding distribution area expansion. *Chin J Zool* (动物学杂志), 2008, **43** (6): 154~157
- 10 Hou YX (侯银续), Zhou LZ (周立志), Yang C (杨陈), Wang QS (王岐山). Disturbance to the oriental white stork (*Ciconia boyciana*) breeding in the wintering area. *Zool Res* (动物学研究), 2007, **28** (4): 344~352
- 11 Zhao XS (赵欣胜), Cui BS (崔保山), Yang ZF (杨志峰). Study on the eco-environmental water requirement for wetland in Yellow River basin. *Acta Sci Circum* (环境科学学报), 2005, **25** (5): 567~572.
- 12 Xu XG (许学工), Lin HP (林辉平), Fu ZY (付在毅), Bu R (布仁). Regional ecological risk assessment of wetland in the Huanghe River Delta. *Acta Sci Nat Univ Pekingsis* (北京大学学报), 2001, **37** (1): 111~118
- 13 Wei SC (韦仕川), Wu CF (吴次芳), Yang Y (杨杨), Huang MY (黄木易), Yang ZR (杨志荣). RS and GIS based land use change in Yellow River Delta and the ecological security to Dongying City. *J Soil & Water Conserv* (水土保持学报), 2008, **22** (1): 185~189
- 14 Shu Y (舒莹), Hu MY (胡远满), Leng WF (冷文芳), Zhu SY (朱书玉), Shan K (单凯). Habitat selection of red-crowned crane in Yellow River Delta. *Chin J Ecol* (生态学杂志), 2006, **25** (8): 954~958
- 15 Chen BL (陈利顶), Fu BJ (傅伯杰). Analysis of impact of human activity on landscape structure in Yellow River Delta—A case study of Dongying City. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 1996, **16** (4): 337~344
- 16 朱宝光, 李景华, 王晓峰, 常云红. 东方白鹳人工招引方法及在保护中的作用. 野生动物, 2000 (4): 43
- 17 李晓民. 洪河自然保护区东方白鹳人工招引及种群恢复研究. 野生动物, 1995 (6): 15~18
- 18 张艳辉, 丁永良, 郑立升, 姜永奇, 冯德刚, 孔祥锋, 温光砚, 姚小平, 秦秀云. 黑龙江省东方白鹳人工招引及种群恢复对策研究. 国土与自然资源研究, 2000 (1): 70~71
- 19 Cody ML. A general theory of clutch size. *Evolution*, 1966, **20** (2): 174~184
- 20 Tryjanowski P, Sparks TH, Jakubiec Z, Jerzak L, Kosicki JZ, Kuźniak S, Profus P, Ptaszyk J, Wuczyński A. The relationship between population means and variances of reproductive success differs between local populations of white stork. *Popul Ecol*, 2005, **47** (3): 119~125
- 21 Denac D. Resource-dependent weather effect in the reproduction of the white stork (*Ciconia ciconia*). *Ardea*, 2006, **94** (2): 233~240
- 22 Hou YX (侯银续). A study on habitat selection of oriental white stork (*Ciconia boyciana*) in wintering and migration stopover sites [Master Degree Dissertation]. Hefei, China: Anhui University (合肥: 安徽大学), 2008
- 23 王开荣. 黄河调水调沙对河口及其三角洲的影响与评价. 泥沙研究, 2005, **12** (6): 29~33
- 24 费殿金, 吴国庆, 平文祥, 吴长申, 徐铁林. 齐齐哈尔市郊区白鹳的生态习性观察. 动物学杂志, 1983 (5): 10~13
- 25 于有忠. 东方白鹳在科尔沁保护区栖息繁殖的初报. 野生动物, 2005, **26** (5): 29~30
- 26 Vergara P, Aguirre JI, Fargallo JA, Davila JA. Nest-site fidelity and breeding success in white stork (*Ciconia ciconia*). *Ibis*, 2006, **148**: 672~677
- 27 周立志, 宋榆钧, 马勇. 紫蓬山区三种鹭繁殖生物学研究. 动物学杂志, 1998, **33** (4): 34~38
- 28 于永红, 高忠贤, 张方清. 电离辐射对职业照射生物效应影响的调查研究. 中国辐射卫生, 2003, **12** (3): 185~186
- 29 Aguirre JI, Vergara P. Younger, weaker white stork (*Ciconia ciconia*) nestlings become the best breeders. *Evol Ecol Res*, 2007, **9**: 355~364
- 30 Tryjanowski P, Jerzak L, Radkiewicz J. Effect of water level and livestock on the productivity and numbers of breeding white storks. *Waterbirds*, 2005, **28** (3): 378~382
- 31 Verbeek NAM. Daily and annual time budget of the Yellow Billed Magpie. *Auk*, 1972, **89**: 576~582