

荣成天鹅湖越冬前期大天鹅数量分布与行为研究

田晓燕¹ 陆滢^{1, 2, 3} 陈琤^{3, 2} 刘玉虹^{2, 3*}

(1 吉林建筑大学市政与环境工程学院, 长春 130118; 2 河海大学浅水湖泊综合治理与资源开发教育部重点实验室, 南京 210098; 3 中国科学院烟台海岸带研究所, 烟台 264003)

摘要 2015年11–12月, 采用样线法和固定点观测法方法, 调查了荣成天鹅湖自然保护区大天鹅的数量和分布, 通过瞬时扫描法观察和记录大天鹅的日间行为特征。结果表明: 在整个越冬前期, 大天鹅的数量不断增长, 最长达1 086只, 主要分布在保护区滩涂、河口以及泻湖中; 在越冬前期主要的行为分别是运动, 其次是觅食和静息; Person相关性分析表明大天鹅的行为具有互补性; 大天鹅具有早晚双高峰的觅食策略; 保护区内人为干扰对大天鹅的行为和分布有重要的影响, 需继续深入研究。

关键词 大天鹅; 越冬前期; 荣成天鹅湖; 数量和分布; 行为

A Study on Distribution and Behaviors of Whooper Swans During the Pre-winter Period in the Swan Lake of Rongcheng

TIAN Xiao-Yan¹ LU Ying^{1, 2, 3} CHEN Cheng^{3, 2} LIU Yu-Hong^{2, 3*}

(1 The Architecture University of Jilin, China School of Municipal and Environmental Engineering, Changchun 130118;

2 Hehai University, Key Laboratory of Integrated Regulation and Resource Development on Shallow Lake, Ministry of Education,

Nanjing 210098; 3 Yantai Institute of Coastal Zone Studies, Chinese Academy of Sciences, Yantai 264003)

Abstract The numbers and distributions of the whooper swans *Cygnus cygnus* in the Rongcheng swan lake were studied during the period of 2015.11-12 by the route and fixed point observation methods and the daytime behavior characteristics of the swans were observed and recorded by the focal animal observation method. The results showed that the numbers of the swans were increasing continuously and reached 1086 during the pre-winter period, which distributed mainly in the estuary, the lagoon and its beach; The most important behaviors of the swans during the pre-winter period were movement, followed by feeding and resting; The behaviors except for locomotion were significant differently by the chi-square test; Person correlation analysis showed that the behavior of the swan was complementary; The feeding strategy in the morning and evening was very important for the whooper swan to resist the cold environment at night; Human disturbance was found to have a very important influence on the behaviors and distributions of the whooper swan in the protected area and further studies are needed.

Key Words Whooper swan; The pre-winter period; The swan lake of Rongcheng; Numbers and distributions; Behavior

大天鹅是一种冬候鸟, 属于雁形目鸭科天鹅属, 国家II级保护野生动物。在我国, 大天鹅的主要越冬地有山东荣成沿海、东营、埒口, 黄河中下游湿地、青海湖、新疆等(马鸣, 1993)。据文献记载, 青海湖的越冬天鹅数量最多, 每年越冬期

都有2 000只以上; 山西平陆大天鹅数量(2012–2013)记录到1 806只; 陕西榆林地区记录到天鹅约为5 000只以上; 荣成天鹅湖天鹅数量最近几年不断下降, 种群数量不断缩小, 最近的研究(2011–2012)记录到1 511只(张国钢等, 2014)。目

收稿日期: 2016–12–05

基金项目: 山东荣成天鹅湖鸟类数量及鸟粪分解对湖水N、P变化及沉水植物大叶藻生长的影响分析与模拟(31370474);

江苏高校优势学科建设工程资助项目; 中央高校基本科研业务费专项资金资助

作者简介: 田晓燕, 教授, 硕士, 主要研究方向: 污水处理与湿地生态。E-mail: txy1317@163.com

* 通讯作者: 刘玉虹, 研究员, 博士。E-mail: yhliu@hhu.edu.cn

前,国内外对大天鹅的研究主要包括种群数量与越冬分布研究、行为学研究、食性分析、生境选择、迁移规律、人为干扰等(Chen et al, 2007; Stirnemann et al, 2012; 董翠玲等, 2007; Rees et al, 2005; Luigujõe et al, 2002; Chisholm et al, 2002; O'Donoghue et al, 1994; Albertsen et al, 2002)。

大天鹅作为天鹅湖湿地的生态健康指示器对天鹅湖的保护有重要作用(Ogden et al, 2014)。研究大天鹅的数量分布与行为,对保护湿地具有重要的科学与经济价值。本文通过对大天鹅越冬前期的数量分布和行为研究,初步掌握了大天鹅的越冬习性特征,探究了温度对大天鹅的影响,为荣成天鹅湖大天鹅的保护提供了宝贵的理论研究,对大天鹅及天鹅湖湿地生态环境的保护起到积极作用。

1 研究地概况和研究方法

1.1 研究地概况

荣成天鹅湖(122° 09' ~ 122° 42' E, 36° 43' ~ 37° 27' N)位于胶东半岛的最东端(图1),东、南、北三面临海,是中国典型的海岸泻湖及世界著名的大天鹅栖息地,是候鸟中亚迁移路线(渤海区)的一个重要越冬地,越冬的大天鹅数量约占中亚迁移路线(渤海区)大天鹅数量的36.66%(香港观鸟会, 2015)。气候类型属于暖温带季风型湿润气候区,年平均气温12℃。近海水体水质质量达到国家标准Ⅱ类以上,盐度约为32‰,pH值为8.2左右(张绪良等, 2009)。荣成天鹅湖自然保护区是中国重要的鸟区,主要包含湿地类型有泻湖湿地、浅海湿地、河口湾湿地、滩涂湿地、芦苇湿地和碱蓬盐沼,为大天鹅等多种水鸟及动物提供了良好的栖息环境。保护区有鸟类153种,隶属15目41科,保护区常见的越冬水鸟有大天鹅、苍鹭、绿头鸭、翘鼻麻鸭、苍鹭、白秋沙鸭、白鹭等(于新建等, 1997; 闫建国等, 2000; 陈伟等, 1991)。

1.2 研究方法

大天鹅在天鹅湖的越冬时间一般为11月到次年的4月,共计6个月。因此,将大天鹅越冬期分为3个时期:越冬前期(11—12月)、越冬中期(1—2月)、越冬末期(3—4月)(蒋剑虹等, 2015)。

1.2.1 大天鹅的数量与分布调查 2015年11—12月,采用步行与固定点观测的方法,分3次对荣成天鹅湖大天鹅数量与分布进行调查,主要通过GPS

(GARMIN 78s)确定了3条样线,样线长度分别是2.2 km、1.4 km和1.8 km,用测距仪(Trueyard SP 2000H)确定距离和范围、相机(Canon EOS 760D)进行拍照记录。采用直接计数法观测样线一侧800 m范围内的大天鹅,当天鹅数量较少时,用精确计数法记录大天鹅的数量;当天鹅的数量过多时,采用集团估计法。天鹅湖中心的大天鹅,通过固定点观测的方法,用单筒望远镜(CELESTRON ULTIMA 100ED)观测湖中的大天鹅数量并拍照辅助观测。

1.2.2 大天鹅的行为观测 利用单筒望远镜

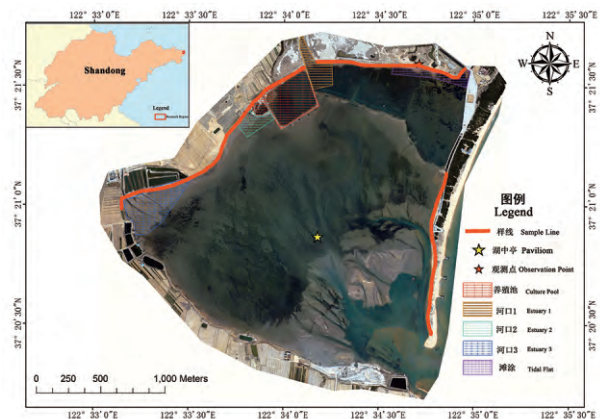


图1 荣成天鹅湖

Fig.1 The Swan Lake of Rongcheng

(CELESTRON ULTIMA 100ED)对大天鹅的行为进行观察,通过焦点动物观测的方法,每隔10 min扫描一次,每次记录10只大天鹅的行为特征。观测点选取在天鹅湖湖中亭(图1),通过望远镜瞬时针观测,记录每只大天鹅的行为特征。观测的时间从每天的早晨7点到下午5点,同时,记录当天的温度。

1.3 大天鹅行为分类

根据文献与实际调查情况(董超等, 2015; 戴年华等, 2013),将大天鹅的行为分为觅食、静息、运动、理羽、警戒、争斗、飞行7大类。具体描述如下:觅食:大天鹅倒立取食、水面觅食等;静息:大天鹅睡觉或者静止不动;运动:大天鹅水面游动、陆地或者冰面行走;争斗:大天鹅相互展翅、追逐和撕咬;理羽:大天鹅用喙整理羽毛、展翅、振翅和沐浴等;警戒:大天鹅的头抬起并转动扫描周围环境;飞行:大天鹅水面滑行、紧贴水面飞行等。

1.4 数据处理

通过Excel 2007整理和统计每个小时的行为数据并计算百分比。采用卡方检验,检验不同时间段大天鹅行为的差异性;通过Pearson相关性方法分析

大天鹅日间不同行为的相关性、温度与大天鹅行为之间的相关性。通过 Spearman 分析温度与大天鹅分布的相关性。所有的统计绘图都是通过软件 Excel 2007、SPSS 19.0 和 Sigmaplot 完成。

2 结果与分析

2.1 大天鹅越冬前期的数量变化及分布

根据越冬初期（2015 年 11 月至 2015 年 12 月）3 次天鹅湖鸟类调查，第 3 次调查大天鹅的数量最多，共计 1 086 只，第 1 次最少，仅有 595 只。通过越冬前期、中期、末期天鹅数量比较（图 2、表 1），大天鹅仅在整个越冬前期的数量随时间呈增加趋势。

对滩涂、泻湖、河口及养殖池等栖息地进行调查，发现大天鹅越冬时常聚集在一起，呈家族式活动。据观察，越冬前期大天鹅日间主要分布在河口、滩涂和泻湖。在越冬前期，滩涂的大天鹅数量最多，且数量逐渐趋于稳定，与越冬中期滩涂的天鹅数量相差不大，这说明保护区滩涂的大天鹅在越冬前期已趋于稳定，是大天鹅日间最主要的栖息地（表 1）。

2.2 越冬前期天鹅的日间行为比较

在越冬前期，大天鹅主要的日间行为分别是运动（33.82±5.33）%，觅食（24.54±7.63）%、静息（22.53±4.08）%、理羽（14.44±6.34）%，其次是警戒（3.14±1.4）%、飞行（0.47±0.81）%和争斗（1.07±1.25）%（图 3）。

2.3 越冬前期天鹅的行为规律分析

卡方检验分析表明，除运动行为（ $\chi^2=30.897$ ， $df=19$ ， $p=0.041$ ）外，其它各行为具有显著差异（ $\chi^2=70.207-256.931$ ， $df=3-19$ ， $p=0$ ）。大天鹅的觅食高峰期出现在 8:00—9:00 时和 15:00—16:00 时、运动的高峰在 10:00—11:00 时和 16:00—17:00 时、静息的高峰在 13:00—14:00 时、警戒的高峰在 12:00—14:00 时，争斗的高峰在 7:00—8:00 时和 9:00—10:00 时，飞行的高峰在 8:00—9:00 时、

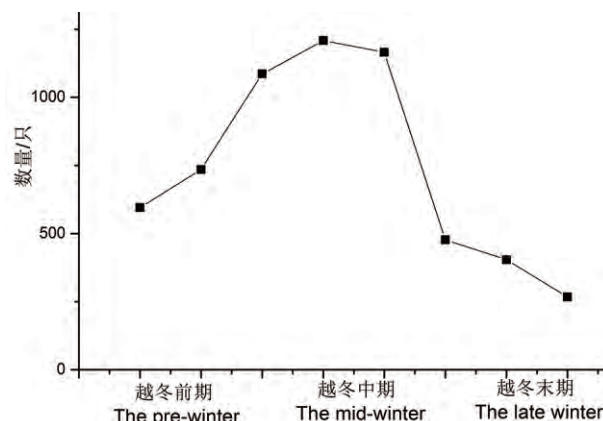


图 2 大天鹅越冬期间数量比较

Fig.2 Comparing the numbers of the swans during winter

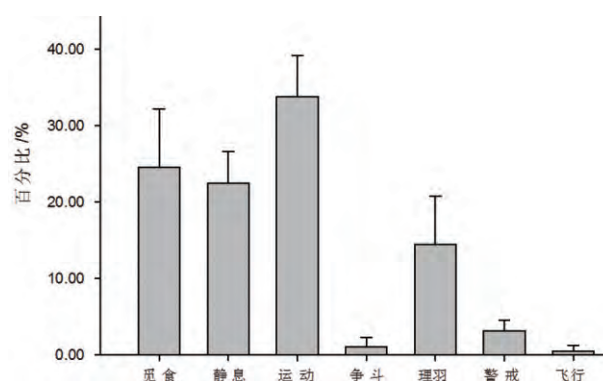


图 3 越冬初期大天鹅不同行为比例

Fig.3 Percent of the swan behaviors during the pre-winter period

理羽的高峰在 7:00—8:00 时和 11:00—12:00 时，这些行为时间先后受天鹅的觅食时间影响。Pearson 相关性分析显示觅食和静息呈显著负相关；觅食与警戒呈显著负相关；静息与警戒呈显著正相关；静息和运动呈显著负相关；运动与警戒呈显著负相关（表 2），这说明天鹅行为具有时间互补性。

2.4 越冬前期温度对大天鹅分布和行为的影响

通过 Spearman 相关性分析，发现滩涂的天鹅数量与温度呈负相关，泻湖的天鹅数量与温度呈正相关。通过观测，在越冬前期，随着温度的升高，大天鹅分布在泻湖的数量也逐渐增多；温度降低，大

表 1 越冬期天鹅湖不同区域大天鹅数量特征

Table 1 The numbers of the swans in the different regions of the Swan lake

调查时间	温度 /℃	滩涂	泻湖	河口 1	河口 2	河口 3	养殖池	总计 / 只
越冬前期	8.5	180	285	130	0	0	0	595
	2.5	553	47	135	0	0	0	735
	4	473	158	192	0	213	50	1 086
越冬中期	2	361	109	142	0	588	8	1 208
	-1.5	543	67	153	0	402	0	1 165
越冬末期	6	126	27	0	0	324	0	477
	4	272	15	0	0	117	0	404
	4	216	23	0	0	28	0	267

表2 大天鹅不同行为相关性分析 (N=23)

Table 2 Correlation Analysis of the different swan behaviors (N=23)

行为	静息	运动	理羽	争斗	警戒	飞行
觅食	-0.605**	0.081	-0.408	0.069	-0.519*	0.134
静息	1	-0.739*	-0.121	0.036	0.479*	-0.269
运动		1	-0.302	-0.223	-0.370	-0.054
理羽			1	0.164	0.189	0.268
争斗				1	-0.099	-0.066
警戒					1	0.257

注：*、** 分别表示 $P < 0.05$ 和 $P < 0.01$ 水平上显著差异

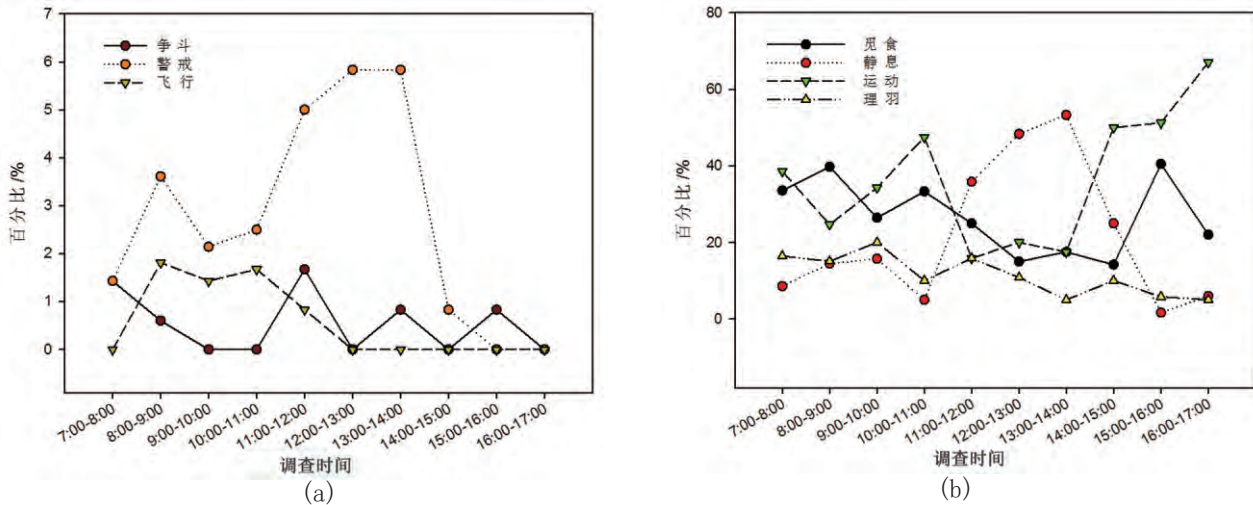


图4 越冬前期大天鹅日间活动行为时间分布

Fig. 4 The time series of the swan behaviors during the pre-winter period

天鹅在滩涂的数量增多,这与相关性分析结果一致(图4)。在越冬前期,大天鹅分布受到温度变化的影响。通过 Pearson 相关性分析,越冬前期,大天鹅的警戒 ($R=0.568$, $P=0.005$) 和飞行 ($R=0.703$, $P=0.000$) 与温度呈正相关。

3 讨论

3.1 越冬前期天鹅的数量变化及分布的影响因素分析

越冬前期,大天鹅的数量不断上升,第3次调查到14个种群共计1086只,以家族为单位分布。大天鹅集群分布主要与水鸟的生存策略有关,Boer等(1996)的研究表明水鸟的集中分布有利于敌害的预警、抵抗恶劣天气和气候(Jing et al, 2007; Boer, et al, 1996)。闫建国(2000)等统计天鹅湖的大天鹅数量,发现大天鹅在天鹅湖越冬数量平均在3000只左右(陈伟等, 1991; 侯栋皓等, 2006),而本次调查(共计6个月)天鹅湖湖区大天鹅的数量最多为1086只(图2),远小于3000只,说明近年来大天鹅的数量呈不稳定和下降的趋

势。这主要是由于最近几年天鹅湖湖区渔业、养殖业发达、大叶藻分布减少,食物匮乏有关(Singh et al, 2006; 张晓梅等, 2013)。

影响大天鹅日间分布的因素主要有食物、植被、水文、隐蔽条件等环境因素(Green et al, 2003; Paulus, 1984; Fox et al, 2011; Guillemain et al, 2002)。大天鹅日间分布在保护区的滩涂、河口和咸水泻湖中,夜间主要分布在河口。大天鹅分布在滩涂的数量最多,主要由于保护区内食物较容易获取,而在咸水泻湖中的大天鹅则需要觅食。观测发现,温度较高,大天鹅觅食湖中的大叶藻;温度较低,大天鹅会聚集在滩涂,取食游客和保护区投放的玉米。由于玉米的能量高且易获取,因此不需要消耗大量的能量去觅食,大天鹅聚集在滩涂上的数量最多。虽然大天鹅在越冬期会取食小麦(刘利等, 2014),但观察期间很少看到大天鹅在农田中,这主要是越冬前期食物充足。根据董翠玲(2007)的研究发现,大天鹅在越冬期间最主要的食物是小麦和大叶藻,并没有包含玉米,这说明大天鹅的食物发生了替代。

Spearman 相关性分析,发现滩涂的天鹅数量与温度呈负相关,泻湖的天鹅数量与温度呈正相关。在越冬前期,随着温度的升高,大天鹅分布在泻湖中的数量也逐渐增多;温度降低,大天鹅在滩涂的数量增多。在越冬前期,温度能够影响大天鹅的分布(图 5)。

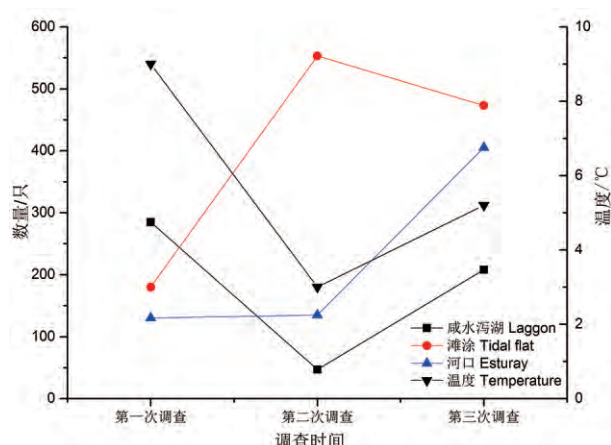


图 5 越冬初期不同温度下大天鹅的分布

Fig.5 Distribution of swans at different temperatures in the pre-winter

3.2 天鹅的日间行为分配差异及原因

董超等(2015)发现山西平陆大天鹅的静息比例高于运动和觅食,Squires 等(1997)研究咳声天鹅和 Meissner 等(2007)对疣鼻天鹅的研究也发现相同现象。天鹅的越冬策略是通过增加静息时间降低能量消耗越冬。本次研究发现,在越冬前期,大天鹅的主要行为比例由高到低依次为运动、觅食和静息。这与董超等(2015)和 Squires 等(1997)的研究结果不同,这是由于天鹅湖景区游客众多,人为干扰较大,使天鹅运动的比例高于静息和觅食。国内外关于其他水鸟的大量研究表明,当食物充足时,水鸟觅食时间(比例)远低于食物匮乏时,研究发现大天鹅的觅食比例远高于董超等(2015)和 Squires 等(1997)的研究,这说明了在天鹅湖保护区,大天鹅的食物比较匮乏,Klaassen 等(2007)的研究也证明了这一点,这也进一步解释了大天鹅数量减少的原因。在天鹅湖景区,大天鹅觅食大叶藻、玉米以及小麦。但实际观测发现,天鹅主要集中在滩涂等待游客和保护区工作人员投放玉米,这很可能是玉米的能量高且易获得。人为投食虽然可以增加大天鹅的觅食效率,但会降低大天鹅对外界环境的警戒,降低大天鹅自然条件下的觅食能力(李安市等,2008),增加争斗的概率,因此,人为干扰对大天鹅的影响有待研究。当食物极度匮乏时,

大天鹅开始捕食鱼类。因此,食物是影响大天鹅分布的因素之一。

鸟类的早晚双高峰取食策略能够更好地应对夜间能量的消耗,这种策略在鸟类越冬中很常见(Gibb, 1956)。本研究中,大天鹅的觅食高峰出现在 8:00—9:00 时和 15:00—16:00 时,即早上大天鹅体内食物耗尽,需要补充食物;为了更好地应对夜间的能量消耗,大天鹅在下午增加觅食量,这种早晚高峰的生存策略能够更好地应对其夜间的能量消耗,这与 Amat(1986)对灰鹤的越冬行为研究结果和 Lamontagne 等(2001)对天鹅的研究结果相似。然而,本次研究发现,大天鹅出现了 3 个觅食高峰,即 8:00—9:00 时、10:00—11:00 时和 15:00—16:00 时,这是由于 10:00—11:00 游客的陆续到来,使早上没有补充充足食物的大天鹅进行二次觅食。由于早晨天气温度低,大天鹅会通过静息的方式降低自身能量的消耗,觅食结束后才会开始进行其它的行为,因此,运动的高峰自然会出现在觅食的高峰以后,即 10:00—11:00 和 16:00—17:00。本研究中静息的行为高峰出现在中午,这是由于中午温度高,能量消耗小,游客少,为大天鹅的休息提供了良好的条件。大天鹅的警戒和静息呈显著正相关,这很可能是为了防止敌害的袭击,部分大天鹅在其它天鹅静息时处于警戒的状态。在保护区大天鹅一般很少飞行,都是以游动的方式觅食,其飞行高峰出现在 8:00—9:00。

3.3 越冬初期温度对大天鹅行为分配的影响

越冬前期,大天鹅的警戒($R=0.568$, $p=0.005$)和飞行($R=0.703$, $p=0.000$)与温度呈正相关。说明温度越高,游客越多,因此大天鹅的警戒性越高,温度影响了大天鹅的飞行。由于越冬前期天鹅的数量不稳定,越冬前期温度变化不显著,人类干扰较大,同样会影响温度对大天鹅的行为分配。因此,在越冬前期,在荣成天鹅湖温度对大天鹅其他的行为分配影响不显著。

4 结论

(1) 在整个越冬前期,在荣成天鹅湖大天鹅的数量逐渐增多,最多 1 086 只,其主要分布在保护区滩涂、河口以及咸水泻湖中;大天鹅食物出现替代现象;大天鹅数量目前呈现不稳定且下降的趋势,这是由于天鹅湖的食物比较匮乏。

(2) 在越冬前期,根据卡方检验,大天鹅除运

动外,其它行为均有显著差异,而且运动行为的比例最多,其次是觅食和静息;温度对大天鹅的警戒和飞行行为影响较大。

(3)大天鹅在天鹅湖保护区受到的人为干扰强度大,一方面人为投食增加了大天鹅觅食的效率,减轻了觅食压力;另一方面增加了大天鹅的争斗频率,降低了大天鹅的觅食能力。因此,人为因素的干扰对大天鹅生存的影响利弊需要进一步的研究。

参考文献

- 陈伟,李经武,张起信.1991.大天鹅的越冬栖息地:荣成天鹅湖调查初报[J].海洋湖沼通报(2):57-61
- 戴年华,邵明勤,蒋丽红,等.2013.鄱阳湖小天鹅越冬种群数量与行为学特征[C]//中国生态学会2013年学术年会.2013:5768-5776
- 董超,张国钢,陆军,等.2015.山西平陆越冬大天鹅日间行为模式[J].生态学报,35(2):290-296
- 董超.2013.大天鹅保护生物学研究[D].北京:中国林业科学研究院学位论文
- 董翠玲,齐晓丽,刘建.2007.荣成天鹅湖湿地越冬大天鹅食性分析[J].动物学杂志,42(6):53-56
- 侯栋皓,刘昕.2006.荣成沿海越冬大天鹅行为的数量化分析[J].中国科技论文在线,http://www.paper.edu.cn
- 蒋剑虹,戴年华,邵明勤,等.2015.鄱阳湖区稻田生境中灰鹤越冬行为的时间分配与觅食行为[J].生态学报,35(2):270-279
- 李安市,李月伟,耿学磊,等.2008.烟墩角大天鹅受到人类影响并产生适应性[J].科技信息:科学教研(22):516-518
- 刘利,刘晓光,苗春林,等.2014.包头南海子湿地春季北迁大天鹅食性初步分析[J].动物学杂志,49(3):438-442
- 闫建国,肖进才,姜孔仕.2000.山东荣成大天鹅自然保护区水禽调查[M].山东省林业勘察设计院
- 于新建,史瑞芳,李经武,等.1997.大天鹅在山东荣成越冬习性观察[J].山东林业科技(1):5-7
- 马鸣.1993.野生天鹅[M].北京:气象出版社
- 张国钢,董超,陆军,等.2014.我国重要分布地大天鹅越冬种群动态调查[J].四川动物(3):456-459
- 张晓梅,周毅,王峰,等.2013.山东荣成天鹅湖矮大叶藻种群的生态特征[J].应用生态学报,24(7):259-265
- 张绪良,谷东起,叶思源,等.2009.荣成大天鹅自然保护区泻湖湿地植物区系[J].生态学杂志,28(6):1073-1080
- 中国沿海水鸟同步调查项目组(2015).中国沿海水鸟同步调查报告(1.2010-12.2011)[R].香港:香港观鸟会
- Albertsen J O, Kanazawa Y. 2002. Numbers and Ecology of Swans Wintering in Japan[J]. Waterbirds, 25(4):74-85
- Amat J A. 1986. Numerical trends, habitat use, and activity of greylag geese wintering in southern Spain[J]. Wildfowl, 37:35-45
- Boer W F D, Longamane F A. 1996. The exploitation of intertidal food resources in Inhaca Bay, Mozambique, by shorebirds and humans[J]. Biological Conservation, 78(3):295-303
- Chen W, Doko T, Fujita G, et al. 2007. Migration of Tundra Swans (*Cygnus columbianus*) Wintering in Japan Using Satellite Tracking: Identification of the Eastern Palearctic Flyway[J]. Zoological Science, 33(1):63-72
- Chisholm H, Spray C. 2002. Habitat Usage and Field Choice by Mute and Whooper Swans in the Tweed Valley, Scotland[J]. Waterbirds, 25(4):177-182
- Fox A D, Cao L, Zhang Y, et al. 2011. Declines in the tuber-feeding waterbird guild at Shengjin Lake National Nature Reserve, China - a barometer of submerged macrophyte collapse[J]. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, 21(1):82-91
- Gibb J. 1956. Food feeding habits and territory of the Rock Pipit, *Anthus spinoletta*. Ibis, 98(3): 506-530
- Green D M, Baker M G. 2003. Urbanization impacts on habitat and bird communities in a Sonoran desert ecosystem[J]. Landscape & Urban Planning, 63(4):225-239
- Guillemain M, Fritz H, Duncan P. 2002. Foraging strategies of granivorous dabbling ducks wintering in protected areas in the French Atlantic coast.[J]. Biodiversity and Conservation, 11(10):1721-1732
- Jing K, Ma Z, Li B, et al. 2007. Foraging strategies involved in habitat use of shorebirds at the intertidal area of Chongming Dongtan, China[J]. Ecological Research, 22(4):559-570
- Klaassen M, Nolet B A. 2007. The role of herbivorous water birds in aquatic systems through interactions with aquatic macrophytes, with special reference to the Bewick's Swan - Fennel Pondweed system[J]. Hydrobiologia, 584(1):205-213
- Lamontagne J M, Barclay R M, Jackson L J. 2001. Trumpeter swan behaviour at spring-migration stopover areas in southern. [J]. Canadian Journal of Zoology, 79(11):2036-2042
- Luigujõe L, Leivits A. 2002. Numbers and Distribution of Whooper Swans Breeding, Wintering and on Migration in Estonia, 1990-2000[J]. Waterbirds, 25(1):61-66
- Meissner W, Ciopcińska K. 2007. Behaviour of Mute Swans *Cygnus olor* wintering at a municipal beach in Gdynia, Poland[J]. Ornis Svecica, 17:148-153
- O'Donoghue P D, O'Halloran J. 1994. The Behaviour of a Wintering Flock of Whooper Swans *Cygnus cygnus* at Rostellan Lake, Cork[J]. Biology & Environment Proceedings of the Royal Irish Academy, 94B(2):109-118
- Ogden J C, Baldwin J D, Bass O L, et al. 2014. Waterbirds as indicators of ecosystem health in the coastal marine habitats of southern Florida: 1. Selection and justification for a suite of indicator species[J]. Ecological Indicators, 44(9):148-163
- Paulus S L. 1984. Activity Budgets of Nonbreeding Gadwalls in Louisiana[J]. Journal of Wildlife Management, 48(2):371-380
- Rees E C, Bruce J H, White G T. 2005. Factors affecting the behavioural responses of whooper swans (*Cygnus c. cygnus*) to various human activities[J]. Biological Conservation, 121(3):369-382
- Singh S, Kumar M. 2006. Heavy metal load of soil, water and vegetables in peri-urban Delhi.[J]. Environmental Monitoring & Assessment, 120(1/3):79-91
- Squires J R, Anderson S H. 1997. Changes in Trumpeter Swan (*Cygnus buccinator*) Activities from Winter to Spring in the Greater Yellowstone Area[J]. American Midland Naturalist, 138(1):208-214
- Stirnemann R L, O'Halloran J, Ridgway M, et al. 2012. Temperature-related increases in grass growth and greater competition for food drive earlier migrational departure of wintering Whooper Swans[J]. Ibis, 154(3):542-553