

我国丹顶鹤栖息地选择研究进展

张婷婷^{①②} 彭昭杰^② 周大庆^{②*} 鲁长虎^{①*}

① 南京林业大学生物与环境学院 南京 210037; ② 生态环境部南京环境科学研究所 南京 210042

摘要: 丹顶鹤 (*Grus japonensis*) 是我国 I 级重点保护野生动物, 被世界自然保护联盟列为濒危物种。本研究通过搜集和整理 2000 至 2017 年丹顶鹤栖息地选择和生境适宜性相关文献, 分析了丹顶鹤在繁殖期、迁徙期、越冬期的栖息地选择, 发现丹顶鹤在这三个时期的最偏好生境均为芦苇沼泽或芦苇滩, 回避人为干扰较为严重的居民点、道路、盐田等生境。通过梳理丹顶鹤繁殖地、中途停歇地、越冬地的栖息地变化及其原因, 发现丹顶鹤栖息地变化是自然因素和人为因素共同驱动的结果, 以人为因素为主。本研究希望为科学评价栖息地变化对丹顶鹤野生种群的影响、针对性地开展栖息地保护管理工作、促进丹顶鹤野生种群健康可持续发展提供依据。

关键词: 生境选择; 人类活动; 繁殖期; 迁徙期; 越冬期; 丹顶鹤

中图分类号: Q958.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2019) 01-134-11

Research Progress on Habitat Selection of Red-crowned Crane (*Grus japonensis*) in China

ZHANG Ting-Ting^{①②} PENG Zhao-Jie^② ZHOU Da-Qing^{②*} LU Chang-Hu^{①*}

① College of Biology and Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037; ② Nanjing Institute of Environment Sciences, Ministry of Ecology and Environment, Nanjing 210042, China

Abstract: Red-crowned Crane (*Grus japonensis*) is the first-class national protected animal in China and listed as an “Endangered” species by IUCN. This study analyzed the habitat selection of Red-crowned Cranes during breeding, migration and wintering periods by collecting and sorting of the literatures on their habitat selection and suitability from 2000 to 2017 (Fig. 1). The results showed that the most preferred habitat in the three periods was reed (*Phragmites australis*) marshlands instead of settlements, roads or salt fields with serious human disturbance (Fig. 2 - 4). Moreover, by analyzing habitat changes in their breeding, stopover, and wintering habitats, it was found that those changes of Red-crowned Cranes resulted both from natural factors and human activities, and mainly from the latter. This study aims at providing a basis for scientifically evaluating impacts of habitat changes on wild Red-crowned Cranes, carrying out targeted habitat management and protection, and promoting the healthy and sustainable development of this population.

基金项目 国家自然科学基金项目 (No. 31300350, No. 31670432), 环境保护部事业费项目 (2017);

* 通讯作者, E-mail: daqingzhou@foxmail.com, changhul@163.com;

第一作者介绍 张婷婷, 女, 硕士研究生; 研究方向: 动物生态学; E-mail: ztt19931025@163.com.

收稿日期: 2017-12-28, 修回日期: 2018-11-16 DOI: 10.13859/j.cjz.201901017

Key words: Habitats selection; Human activities; Breeding period; Migration period; Wintering period; Red-crowned Crane, *Grus japonensis*

栖息地亦称生境，是指生物的居住环境，即生物个体、种群或群落能在其中完成其全部生命过程的生存空间（Yang et al. 2000, 曹铭昌等 2016）。栖息地分为宏栖息地和微栖息地，其中宏栖息地包括一个种的地理分布区和地理分布区内某一个体或社群的家域，微栖息地则包括在家域范围内动物所选择使用的不同生境类型以及在确定的取食点中所能提供的实际环境条件（Johnson 1980）。栖息地是鸟类生活和繁殖的场所（楚国忠等 1993），能够提供食物、躲避敌害和不良气候等；栖息地质量的优劣会直接影响鸟类的数量、地理分布、繁殖成功率和雏鸟存活率等（Cody 1985）。因此，栖息地在鸟类生活史中扮演着极其重要的角色，如何选择栖息地一直是鸟类生态研究的热点。

丹顶鹤（*Grus japonensis*）是世界上现存 15 种鹤类之一（马志军等 1998），被列入世界自然保护联盟（IUCN）濒危物种红皮书并被定为濒危物种（IUCN 2017），同时也是我国 I 级重点保护野生动物。丹顶鹤处于湿地生态系统食物链的顶层，是湿地环境动态变化的生物指示种（郑作新 1980, 李明阳等 2012），业已成为湿地生物多样性保护的旗舰物种之一。野生丹顶鹤分为岛屿种群和大陆种群。其中，岛屿种群为留鸟，仅分布在日本北海道（Su et al. 2012）；大陆种群为迁徙种群，主要在俄罗斯西伯利亚东南部和我国东北地区繁殖。根据越冬区的不同，大陆种群又分为东部种群和西部种群，其中，东部种群在三江平原、乌苏里江流域和兴凯湖湿地繁殖，在朝鲜半岛中部越冬；西部种群在黑龙江中游俄罗斯一侧、松嫩平原和达乌尔地区繁殖，主要在江苏盐城滨海湿地越冬，繁殖地主要有黑龙江扎龙国家级自然保护区（以下简称“扎龙保护区”）、吉林向海国家级自然保护区（以下简称“向海保护区”）等，中途停歇地主要有辽宁辽河口（双台河口）

国家级自然保护区（以下简称“辽河口保护区”）、山东黄河三角洲国家级自然保护区（以下简称“黄河三角洲保护区”），越冬地主要有江苏盐城湿地珍禽国家级自然保护区（以下简称“盐城保护区”）（Su et al. 2012）。目前，全世界野生丹顶鹤种群数量约 3 050 只（Birdlife International 2017），岛屿种群和东部种群数量不断上升，而西部种群数量却呈现下降的趋势（吕士成等 2017）；栖息地变化被认为是丹顶鹤西部种群下降的主要原因之一（冯晓东 2013）。

我国丹顶鹤栖息地选择研究较多，涵盖了繁殖期、迁徙期和越冬期，涉及东部种群和西部种群及其宏栖息地与微栖息地选择。本文重点分析我国丹顶鹤在生活史不同时期对宏栖息地的选择，并探讨丹顶鹤偏好生境的变化及其原因，为科学评价栖息地变化对丹顶鹤野生种群的影响、针对性地开展栖息地保护管理工作、促进丹顶鹤野生种群健康可持续发展提供依据。

1 研究方法

基于中国知网（<http://www.cnki.net/>）和维普网（<http://www.cqvip.com/>）中文期刊数据库，将“丹顶鹤”分别与“栖息地选择”、“生境选择”、“生境适宜性”组成双关键词组进行检索；基于 ISI Web of Knowledge（<http://isiknowledge.com>）英文期刊数据库，将“Red-crowned Crane”或“*Grus japonensis*”分别与“habitat selection”、“habitat suitability”组成双关键词组进行检索。检索时间段均为 2000 年 1 月至 2017 年 12 月。为增加结果的科学性，通过进一步筛选确定后续分析文献库，筛选标准为：① 丹顶鹤栖息地选择或生境适宜性方面的定量化研究；② 具有实地调查相关数据支撑；③ 中文论文发表

于中文核心期刊。

经检索,初步确定符合要求的文献 206 篇,其中,中文文献 184 篇,英文文献 22 篇。经筛选,60 篇文献被纳入后续分析文献库,其中,中文核心期刊论文 48 篇(占总数 80%),SCI 论文 12 篇(占总数 20%)。就生活史不同阶段而言,有关丹顶鹤繁殖期和迁徙期栖息地选择的论文均为 25 篇,分别约占总数的 42%;有关丹顶鹤越冬期栖息地选择的论文有 10 篇,约占总数的 16%。就论文数量而言,2009 至 2017 年有关丹顶鹤栖息地选择的论文数量是 2000 至 2008 年的 3 倍,大幅增加。相较于繁殖期和迁徙期,近年来对丹顶鹤越冬期栖息地选择的关注度明显提升(图 1)。

2 丹顶鹤栖息地选择

2.1 繁殖期栖息地选择

丹顶鹤在繁殖期以家庭或个体为单位,彼此间互相排斥,并以巢址为中心形成了固定的家域(王志强等 2010a)。依据这一生态习性,丹顶鹤巢址的分布能较好地反映其繁殖期对栖息地的选择。

在扎龙保护区,芦苇(*Phragmites australis*)沼泽是丹顶鹤主要和优先选择的繁殖区域(Wu et al. 2011),一方面能为丹顶鹤的栖息提供充足的食物来源(郭殿繁等 2015),另一方面可

为巢址提供遮蔽(张艳红等 2009)。研究表明,苇丛高度直接体现着巢址隐蔽状况,而隐蔽程度对丹顶鹤繁殖前期的觅食和孵化非常重要,直接影响繁衍后代成功率(汪青雄 2008)。江红星等(2009)、秦喜文等(2009)、王志强等(2009)通过对丹顶鹤繁殖期栖息地适宜性评价后发现,芦苇沼泽是丹顶鹤主要的繁殖生境,其次为苔草(*Carex* spp.)沼泽、香蒲(*Typha orientalis*)沼泽、漂筏苔草(*C. pseudo-curaica*)沼泽、草甸草原等(图 2a)。

丹顶鹤是对外界干扰(尤其是人类活动)非常敏感的大型水禽(郑作新 1980,李明阳等 2012)。虽然向海保护区核心区的耕地面积较小,但频繁的农业生产活动和农药使用仍会对其相邻沼泽内丹顶鹤的活动甚至生存造成威胁(张艳红等 2006, 2009)。因此,丹顶鹤的繁殖生境(巢区)多选择在远离干扰的开阔区域,典型的回避生境类型有居民点、耕地、道路、堤坝、正在修建的水库水渠等(袁力等 2009,张艳红等 2009,周海涛等 2016)(图 2b);其中,巢址与道路、水渠及耕地的距离一般不小于 500 m,与居民点的距离一般不小于 1 000 m(李凤山等 2007,刘会玉等 2007)。

2.2 迁徙期栖息地选择

鸟类的迁徙是指鸟类种群在其繁殖区和越冬区之间所进行的一种大规模的、有规律的、

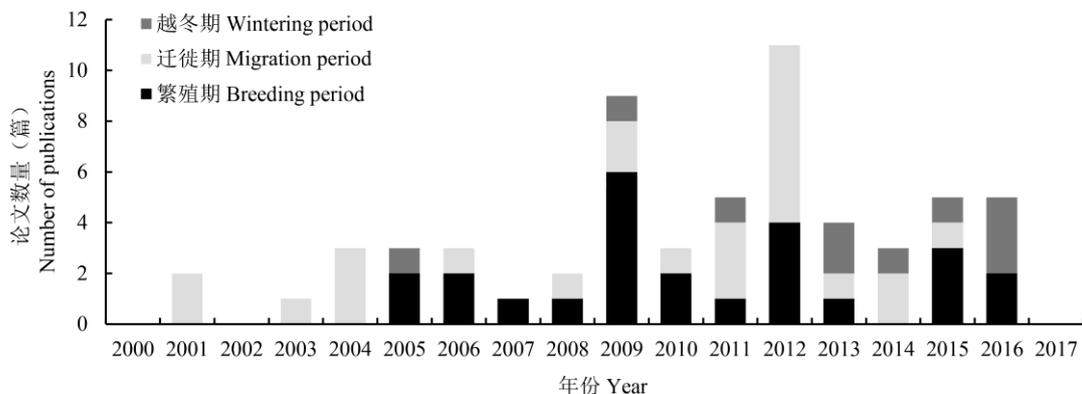


图 1 2000 年至 2017 年丹顶鹤繁殖期、迁徙期和越冬期栖息地选择的论文数量

Fig. 1 The number of publications involving breeding, migration and wintering habitat selection of Red-crowned Crane in 2000 to 2017

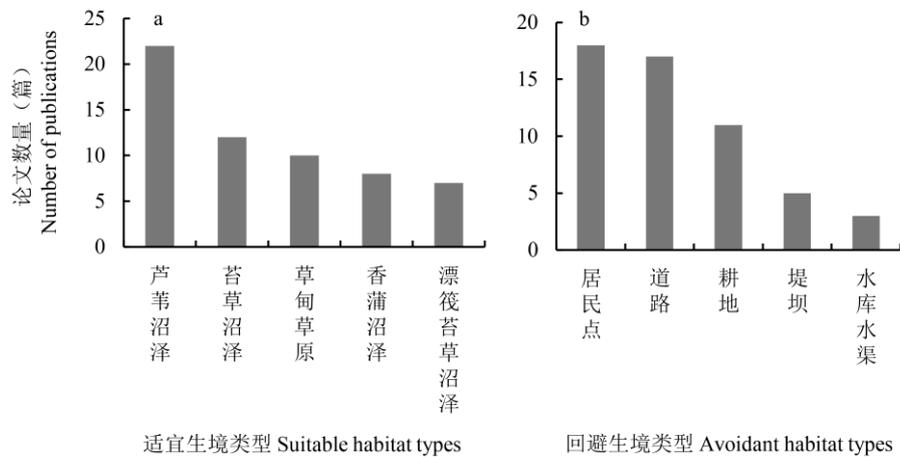


图 2 丹顶鹤繁殖期主要的适宜生境 (a) 和回避生境 (b) 类型以及支持相关结果的论文数量

Fig. 2 Main suitable (a) and avoidant (b) habitat types of Red-crowned Crane in breeding period and the number of publications supporting the relative conclusions

芦苇沼泽. *Phragmites australis* marshland; 苔草沼泽. *Carex* spp. marshland; 草甸草原. Grassland; 香蒲沼泽. *Typha orientalis* marshland; 漂筏苔草沼泽. *Carex pseudo-curaica* marshland; 居民点. Settlement; 道路. Road; 耕地. Farmland; 堤坝. Dam; 水库水渠. Reservoir and canal.

广泛的和季节性的运动 (郑光美 2012)。对处于迁徙状态的候鸟而言, 中途停歇地最主要的贡献是提供充足的能量补充, 以利于候鸟继续迁徙, 顺利到达繁殖地或迁徙的终点 (马志军等 2005, Jiang et al. 2011), 丹顶鹤亦是如此。在迁徙期, 能否有效获得充足的食物补给, 直接关系到丹顶鹤能否顺利抵达越冬地。因此, 适宜的中途停歇地至关重要。

迁徙期丹顶鹤偏好远离人类干扰、有浅水域分布的、植被覆盖率较低的地区 (舒莹等 2004, 2006, 黄翀等 2009), 因此芦苇沼泽、翅碱蓬 (*Suaeda salsa*) 沼泽、芦苇草甸、滩涂、怪柳 (*Tamarix chinensis*) - 芦苇灌丛等均为适宜生境类型 (图 3a)。次适宜生境类型包括盐田、虾蟹田、水库、潮下带裸滩涂等。吴庆明等 (2013) 在辽河口保护区对丹顶鹤觅食栖息地开展多尺度选择研究后发现, 迁徙期丹顶鹤偏好选择芦苇沼泽生境 (90.0%), 偶尔选择泥滩、草甸等生境。曹铭昌等 (2010) 在黄河三角洲保护区的观测研究表明, 丹顶鹤偏好选择芦苇沼泽、翅碱蓬滩涂等湿地植被类型; 食物匮乏时, 丹顶鹤还会选择到盐田、虾池、滩涂

中觅食。赵晓旭 (2012) 通过分析黄河三角洲地区丹顶鹤生境动态变化发现, 丹顶鹤的适宜生境包括高盐碱滩涂、翅碱蓬滩涂、芦苇沼泽、草甸、灌草丛、人工盐沼、农田, 其中芦苇沼泽和翅碱蓬滩涂为最适宜生境。

在迁徙期, 丹顶鹤对居民点、乡镇等人口密集区、农田、林地、靠近油井和道路等受人为干扰比较严重的生境类型具有回避性 (图 3b)。辽河口和黄河三角洲保护区作为丹顶鹤最重要的中途停歇地, 分别拥有全国第三大油田辽河油田和第二大油田胜利油田, 保护与开发矛盾突出。湿地内油田占地广, 外加一系列的勘探、打井等作业破坏了附近的芦苇沼泽、滩涂等自然生境, 严重影响丹顶鹤的生存 (孙猛等 2012)。吴庆明等 (2013) 在辽河口保护区调查中发现, 丹顶鹤均采用远离的方式回避油田、居民区等强干扰因子和道路等弱干扰因子, 其中, 与油田保持在 2 km 以上距离, 与居民区保持在 1 km 以上, 与道路保持在 300 ~ 500 m 距离。宋晓龙等 (2009) 通过评价黄河三角洲保护区的生态敏感性发现, 部分农田、林地、道路附近、油井等人为干扰严重的地区不适宜

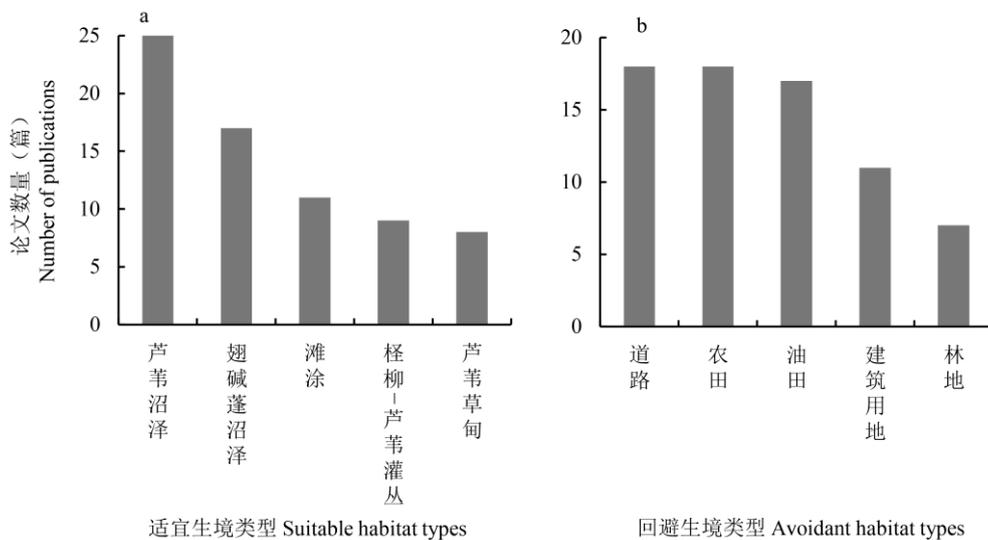


图 3 丹顶鹤迁徙期主要的适宜生境 (a) 和回避生境 (b) 类型以及支持相关结果的论文数量

Fig. 3 Main suitable (a) and avoidant (b) habitat types of Red-crowned Crane in migration period and the number of publications supporting the relative conclusions

芦苇沼泽. *Phragmites australis* marshland; 翅碱蓬沼泽. *Suaeda salsa* marshland; 滩涂. Mud flat; 柽柳-芦苇灌丛. *Tamarix chinensis-Phragmites australis* shrubland; 芦苇草甸. *Phragmites australis* and meadow; 道路. Road; 农田. Farmland; 油田 Oil field; 建筑用地. Construction area; 林地. Woodland.

丹顶鹤生存。

2.3 越冬期栖息地选择

盐城保护区是丹顶鹤西部种群最主要的越冬地。在盐城保护区，丹顶鹤优先选择人类干扰相对较小、有水域分布、动物性食物占主导地位芦苇滩和碱蓬滩等原生生境。芦苇滩水源丰富，易于隐蔽，且可避风寒，丹顶鹤对其偏好程度较大（董科等 2005）；碱蓬滩食物丰富，植被盖度低，易于取食（杨波 2008）。较适宜的生境类型有米草（*Spartina alterniflora*）滩、水产养殖塘、农田等（图 4a）。在越冬期，食物是影响丹顶鹤生境选择的最主要因子（舒莹等 2006，杨波 2008）。近年来，盐城保护区内原生生境可利用食物量大幅减少，例如，杨波（2008）发现 1992 至 2006 年盐城保护区核心区和缓冲区内丹顶鹤可利用食物量下降了 25.32%，夏欣（2013）也发现 2000 至 2010 年盐城保护区芦苇滩、碱蓬滩内可利用食物量分别减少了 0.42×10^6 kg、 6.6×10^6 kg。为获得充

足的食物以度过寒冷的冬季，越冬期丹顶鹤会选择在一些平时干扰程度较高但冬季却少有人类活动的区域觅食，如农田、水产养殖塘等。

越冬期丹顶鹤较少选择盐田、居民地、道路、建筑用地、泥滩等生境（图 4b）。吴海杰（2013）认为，大量的道路、居民点的修建是导致丹顶鹤适宜生境破碎化严重的主要原因。欧维新等（2014）也发现，丹顶鹤所受到的干扰主要来自于人类活动，而且盐田、建筑用地所产生的干扰同样降低了越冬地生境质量。

3 丹顶鹤栖息地变化及原因

3.1 繁殖地变化及原因

总体上，近年来丹顶鹤高质量繁殖生境面积不断减少，空间聚集性减弱，破碎化趋势增强。以丹顶鹤最重要的繁殖地——扎龙保护区为例，从生境质量来看，1996 年质量好、质量中等、质量差的丹顶鹤繁殖生境面积分别占整个保护区面积的 6.11%、16.25%、77.64%（李

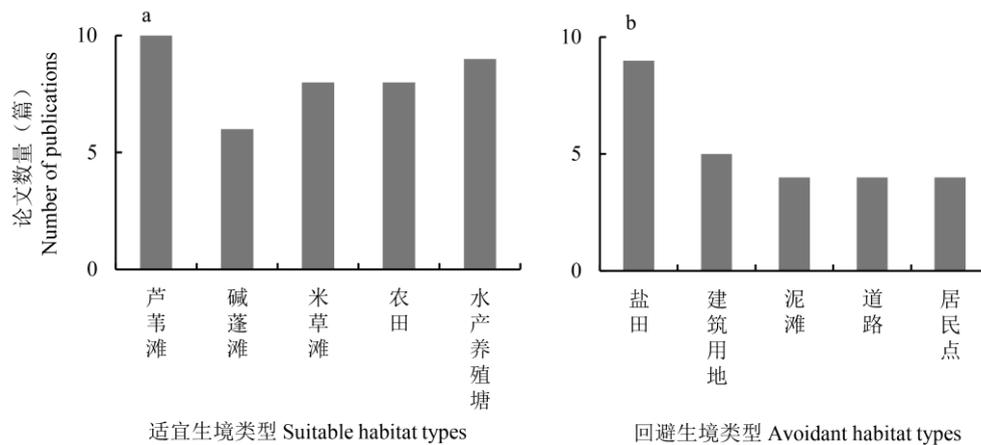


图 4 丹顶鹤越冬期主要的适宜生境 (a) 和回避生境 (b) 类型以及支持相关结果的论文数量

Fig. 4 Main suitable (a) and avoidant (b) habitat types of Red-crowned Crane in wintering period and the number of publications supporting the relative conclusions

芦苇滩. *Phragmites australis* marshland; 碱蓬滩. *Suaeda salsa* marshland; 米草滩. *Spartina alterniflora* marshland; 农田. Farmland; 水产养殖塘. Aquaculture pond; 盐田. Salt field; 建筑用地. Construction area; 泥滩. Mud flat; 道路. Road; 居民点. Settlement.

李明阳等 2012)。此后，生境质量由适宜向非适宜转化，适宜生境空间分布由均匀向斑块化转化，到 2004 年质量好、质量中等的生境面积减少到 3.24%、10.66%，不适宜生境面积上升至 86.10% (王志强等 2010a, b, 李明阳等 2012)。

丹顶鹤繁殖地栖息地变化与自然因素、人为活动等密切相关 (李明阳等 2012)。其中，自然因素主要包括水环境的变化、天然降水的减少、景观连接度和景观斑块间的渗透性等；人为因素主要包括水利工程和道路的建设、居民点和耕地面积的扩张、湿地围垦、捕鱼等。近十几年来，随着区域气候变化影响，水文格局也发生了深刻的变化。水环境的变化导致湿地生态功能减弱，直接影响丹顶鹤的生存和繁殖 (佟守正等 2008)。钱法文 (2005) 认为天然降雨的减少和不合理的拦水是导致内蒙古东部湿地和松嫩平原湿地水位急剧下降的直接原因。就景观连接度而言，由于呈孤岛状散布的适宜生境斑块间的景观连接度水平较低，导致大部分适宜生境斑块实际上无法被丹顶鹤利用，成为不可利用栖息地 (朱丽娟等 2008, Na et al. 2015)。

人为因素方面，朱丽娟等 (2008)、张艳红等 (2009)、李明阳等 (2012) 发现，相较于自然因素，适宜生境变化最主要还是人为活动干扰所致。湿地资源被掠夺式的开发、过度垦荒和放牧，以及大量水利工程和铁路高速公路的修建，严重破坏了湿地原始景观格局及水文状况，导致湿地干涸，逐渐演替为干草甸甚至为盐碱地 (赵建军等 2009)。当地农民掠夺式的收割芦苇以及无控制的放火烧荒，导致丹顶鹤缺少隐蔽的栖息场所 (周海涛等 2016)。这些因素都严重威胁着湿地的生物多样性及丹顶鹤栖息环境。2000 至 2004 年，扎龙保护区沼泽湿地面积减少了 3 670 hm²，其中部分沼泽湿地被围垦成农田，而耕地、居民工矿用地分别增加了 1 658 hm²、56 hm² (袁力 2008)；王磊 (2014) 认为虽然 2004 至 2013 年扎龙保护区丹顶鹤适宜繁殖生境总面积有所增加，但其中最适宜生境的面积减少了 1.29%，这很可能是人为干扰造成的。

3.2 中途停歇地变化及原因

随着中途停歇地生境破碎化程度不断提高，适宜丹顶鹤栖息的生境面积不断减小，不

适宜生境面积逐年增加, 生境质量总体呈下降趋势。林和山等(2012)发现, 由于过度围垦开发, 辽河三角洲滨海自然湿地面积在 1988 至 2007 年间减少了 11 072 hm², 占 1988 年的 7.43%; 其中, 碱蓬湿地面积减幅最大, 减少了 2 440 hm², 而水产养殖场增加了 9 359 hm²。黄河三角洲地区为丹顶鹤迁徙越冬提供了优良的栖息环境, 其综合生境格局在 1986 至 2007 年间也发生了明显变化, 不适宜生境面积增加, 由 1986 年的 48.64% 增加到 2007 年的 64.73%; 适宜生境面积减少, 由 1986 年的 51.39% 减至 2007 年的 35.04% (李祥 2010)。

舒莹等(2004)、胡远满等(2004)、李若楠等(2012)均明确提出, 人类活动是导致丹顶鹤迁徙期适宜生境发生变化的主要原因。随着人工建筑的逐渐增加, 适宜生境面积不断减少, 栖息地破碎化程度加剧, 对丹顶鹤的生存环境造成了严重的负面影响(李祥 2010), 尤其是油井和道路建设。芦苇沼泽和翅碱蓬滩涂是丹顶鹤最适宜的生境类型(黄翀等 2009), 而油井及其配套道路通常也建于其中, 从而导致丹顶鹤适宜栖息地减少; 另外, 道路将原有的连续生境不断分割, 引起一定范围内栖息地环境发生剧烈变化, 生境质量明显降低。虽然人类活动对丹顶鹤的适宜生境会产生一定的负面影响, 但有些人为了活动, 如虾蟹田和苇田开发等, 在一定时间和范围内, 可以被迁徙期丹顶鹤利用, 具有一定的正面作用(颜忠诚等 1998)。

3.3 越冬地变化及原因

近年来, 受湿地围垦、填海造陆、互花米草入侵等影响, 丹顶鹤越冬栖息热点地区——盐城滨海湿地的土地利用/覆被类型发生了显著变化。其中, 1991 至 2010 年自然湿地面积逐年持续减少, 人工湿地面积持续增加, 非湿地面积总体上亦呈上升趋势(欧维新等 2014)。欧维新等(2014)、曹铭昌等(2016)研究发现, 自然湿地大面积被转变为人工湿地以及非湿地

生境; 丹顶鹤适宜生境面积持续下降, 盐田和水产养殖场等补充生境及非生境面积大幅度增加。

根据盐城保护区土地利用转化模式推断, 人类生产活动和湿地开发是导致丹顶鹤越冬栖息地丧失和质量退化的主要原因。受大规模、高强度、多类型的围垦开发、建养殖场、将滩涂改造为水田等人类活动影响, 盐城保护区丹顶鹤越冬生境面积急剧减少, 生境破碎化加剧, 丹顶鹤越冬分布格局由过去的连续分布变成目前的点状分布, 栖息生境也逐渐由原生湿地转为人工和半人工湿地(吕士成 2008, 2009, Liu et al. 2013)。此外, 互花米草大面积扩张也是影响丹顶鹤越冬生境变化的重要原因(刘大伟等 2016)。1992 年, 互花米草只在盐城滨海湿地部分区域呈分散的斑块状分布, 到 2007 年互花米草沼泽景观已经演变为连续、带状分布的整体, 互花米草沼泽面积不断增加, 其面积从 1992 年的 3 561 hm² 上升到 2007 年的 14 491 hm², 增幅达 306.94%, 而且这种扩张趋势还在继续(刘春悦等 2009)。互花米草在生长稳定期盖度可达 100%, 不适宜丹顶鹤栖息(陈一宁等 2005); 同时, 互花米草扩张能加速滩涂成陆的进程, 进而影响到依赖草滩、苇滩等生境的丹顶鹤(Liu et al. 2013)。

值得关注的是, 黄河三角洲保护区丹顶鹤越冬种群不断增加, 2016 至 2017 年越冬季达到 137 只(新华社 2016), 已成为我国第二大丹顶鹤越冬地, 保护价值很高。但是, 截至目前黄河三角洲保护区作为丹顶鹤越冬地的栖息地选择研究很少(王兵兵 2012), 亟需摸清黄河三角洲保护区丹顶鹤越冬种群不断增加的原因及其面临的威胁因素, 为相关保护工作提供依据。

4 展望

从 20 世纪 80 年代开始, 我国对丹顶鹤就地保护做出了很多卓有成效的工作, 建立了超

过 100 处以保护丹顶鹤及其栖息地为主的自然保护区（苏化龙等 2000，徐海根等 2003，田秀华等 2006，环境保护部自然生态保护司 2014）。在 20 世纪 80 年代至本世纪初，保护区网络的建立为我国丹顶鹤种群的恢复和壮大发挥了重要作用。但是，近年来，在人为干扰、自然因素等影响下，丹顶鹤的适宜生境持续丧失和退化，西部种群数量不断减少。根据 2000 至 2015 年丹顶鹤重要繁殖栖息地变化的整体研究，耕地扩张和沼泽湿地萎缩业已成为丹顶鹤重要繁殖栖息地面临的主要威胁，东部种群繁殖栖息地的恶化程度比西部种群更为严重，需引起高度关注（张婷婷等 2019）。如何保护好丹顶鹤赖以生存的湿地生境，维持和复壮丹顶鹤野生种群数量，已成为亟须解决的问题。综上所述，关于丹顶鹤研究、保护和管理问题，还应注意以下几个方面。

(1) 进一步加强丹顶鹤野生种群数量、分布格局等基础调查研究。针对丹顶鹤野生种群数量时效性不足，不准确、甚至不真实的现状，采用样线（点）法、无人机调查等，引入第三方科研院所、大专院校或非政府组织，定期开展繁殖地、中途停歇地或越冬地的丹顶鹤数量同步调查，并详细记录分布点位、生境、行为等信息，以及及时掌握丹顶鹤野生种群数量、分布、动态变化等，为丹顶鹤保护提供第一手真实数据。

(2) 深入开展丹顶鹤生境适宜性研究，明确适宜生境分布。基于实地调查、遥感等多种手段，掌握湿地动态变化；继续深入系统地开展丹顶鹤生境适宜性研究，明确繁殖期、迁徙期和越冬期丹顶鹤适宜生境的空间分布，为核心区域保护、生态廊道构建等提供科学依据（曹铭昌等 2010）。

(3) 开展湿地恢复。通过生态修复和自然恢复相结合的手段，对丹顶鹤生境开展生态恢复工作。湿地恢复应有助于提高丹顶鹤适宜生境的面积和连接度，最大程度降低人为干扰，

并满足其对食物资源的需求。

(4) 加强涉及自然保护区开发建设活动的监督管理。Harris 等（2013）总结了野生丹顶鹤种群减少的原因，涉及开发建设活动主要包括两方面，一是水坝建设和水源分流导致湿地的补给水量、补水时间、水质等发生变化，从而导致丹顶鹤生境质量大幅下降和湿地火灾频发，二是湿地围垦（主要转变为农业用地）及经济开发导致原有的栖息地不再适合丹顶鹤的生存。应根据《自然保护区条例》《环境保护法》《野生动物保护法》等相关法律法规，进一步加强涉及自然保护区开发建设活动的监督管理，严肃查处违法违规开发建设活动，对丹顶鹤适宜的禾草滩（主要由荆三棱 *Bolboschoenus yagara* 和糙叶苔草 *Carex scabrifolia*，或箬毛 *Aeluropus sinensis*、大穗结缕草 *Zoysia macrostachya* 和白茅 *Imperata cylindrica* 等组成）、芦苇滩、碱蓬滩等原生生境实施更严格的保护。

(5) 科学评估丹顶鹤种群下降原因。我国丹顶鹤野生种群减少的原因非常复杂，包括栖息地变化、持续增长的圈养种群对野生种群的侵蚀（Zhou et al. 2016）、盗猎毒杀（周大庆等 2014）等直接人为干扰以及气候变化（李明阳等 2012）等。目前还没有较为系统的研究分析各种因素对丹顶鹤野生种群的影响程度以及各因素的主次关系，而这对于提出切实有效的保护措施而言非常重要。下一步，应着力评估各个因素对野生丹顶鹤种群的影响权重，并提出相应的保护和管理建议，为有效抑制丹顶鹤种群的持续下降提供技术支撑。

参 考 文 献

- Birdlife International. 2017. Species factsheet: *Grus japonensis* [EB/OL]. [2017-10-11]. <http://datazone.birdlife.org/species/factsheet/red-crowned-crane-grus-japonensis/text>.
- Cody M L. 1985. Avian Ecology. (Book Reviews: Habitat Selection in Birds). *Science*, 230(4728): 933.

- Harris J, Mirande C. 2013. A global overview of Cranes: status, threats and conservation priorities. *Chinese Birds*, 4(3): 189–209.
- IUCN. 2017. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2017.1. [EB/OL]. (2016-10-01) [2017-10-11]. <http://www.iucnredlist.org/>.
- Jiang K Y, Wu M, Shao X X. 2011. Community composition, seasonal dynamics and interspecific correlation of waterbirds in the Qiantangjiang river estuary and Hangzhou bay. *Zoological Research*, 32(6): 631–640.
- Johnson D H. 1980. The comparison of usage and availability measurements for evaluating resource preference. *Ecology*, 61(1): 65.
- Liu C Y, Jiang H X, Zhang S Q, et al. 2013. Multi-scale analysis to uncover habitat use of Red-Crowned Cranes: implications for conservation. *Current Zoology*, 59(5): 604–617.
- Na X D, Zang S Y, Zhang Y H, et al. 2015. Assessing breeding habitat suitability for the endangered Red-Crowned Crane (*Grus japonensis*) based on multi-source remote sensing data. *Wetlands*, 35(5): 955–967.
- Su L Y, Zou H F. 2012. Status, threats and conservation needs for the continental population of the Red-Crowned Crane. *Chinese Birds*, 3(3): 147–164.
- Wu Q M, Zou H F. 2011. Nest-site selection pattern of *Grus japonensis* in Zhalong nature reserve of northeast China. *Journal of Forestry Research*, 22(2): 281–288.
- Yang W K, Zhong W Q, Gao X Y. 2000. The developments in habitat selection of birds. *Arid Zone Research*, 17(3): 71–75.
- Zhou D Q, Xia X, Xu W G, et al. 2016. A growing captive population erodes the wild Red-crowned Cranes (*Grus japonensis*) in China. *Avian Research*, 7(4): 210–217.
- 曹铭昌, 刘高焕, 单凯, 等. 2010. 基于多尺度的丹顶鹤生境适宜性评价——以黄河三角洲自然保护区为例. *生物多样性*, 18(3): 283–291.
- 曹铭昌, 孙孝平, 乐志芳, 等. 2016. 基于 MAXENT 模型的丹顶鹤越冬生境变化分析: 以盐城保护区为例. *生态与农村环境学报*, 32(6): 964–970.
- 陈一宁, 高抒, 贾建军, 等. 2005. 米草属植物 *Spartina anglica* 和 *Spartina alterniflora* 引种后江苏海岸湿地生态演化的初步探讨. *海洋与湖沼*, 36(5): 394–403.
- 楚国忠, 郑光美. 1993. 鸟类栖息地研究的取样调查方法. *动物学杂志*, 28(6): 47–52.
- 董科, 吕士成, Terry, 等. 2005. 江苏盐城国家级珍禽自然保护区丹顶鹤的承载力. *生态学报*, 25(10): 2608–2615.
- 冯晓东. 2013. 基于丹顶鹤保护的扎龙自然保护区保护成效研究. 哈尔滨: 东北林业大学博士学位论文, 10–71.
- 郭殿繁, 臧淑英, 那晓东. 2015. 扎龙保护区丹顶鹤栖息地适宜性评价. *地理与地理信息科学*, 31(1): 54–58.
- 胡远满, 舒莹, 李秀珍, 等. 2004. 辽宁双台河口自然保护区丹顶鹤繁殖生境变化及其繁殖容量分析. *生态学杂志*, 23(5): 7–12.
- 环境保护部自然生态保护司, 环境保护部. 2014. 全国自然保护区名录. 北京: 中国环境科学出版社, 21–160.
- 黄翀, 刘高焕, 张海龙, 等. 2009. 黄河河口湿地景观变化影响丹顶鹤生境的评价分析. *地球信息科学学报*, 11(4): 491–496.
- 江红星, 刘春悦, 钱法文, 等. 2009. 基于 3S 技术的扎龙湿地丹顶鹤巢址选择模型. *林业科学*, 45(7): 76–83.
- 李凤山, 钱法文, 张会格, 等. 2007. 四川美姑、汉源黑颈鹤迁徙停歇地环境调查. *动物学杂志*, 42(5): 83–89.
- 李明阳, 张称意, 吴军, 等. 2012. 扎龙湿地丹顶鹤繁殖生境变化驱动因素分析. *南京林业大学学报: 自然科学版*, 36(6): 76–80.
- 李若楠, 单凯. 2012. 2001–2006 年黄河三角洲鹤类生境选择分析. *东北林业大学学报*, 40(5): 112–116.
- 李祥. 2010. 黄河三角洲自然更新模式的保护绩效评估及规划预案研究. 济南: 山东师范大学硕士学位论文, 21–27.
- 林和山, 陈本清, 许德伟, 等. 2012. 基于 PSR 模型的滨海湿地生态系统健康评价——以辽河三角洲滨海湿地为例. *应用海洋学学报*, 31(3): 420–428.
- 刘春悦, 张树清, 江红星, 等. 2009. 江苏盐城滨海湿地外来种互花米草的时空动态及景观格局. *应用生态学报*, 20(4): 901–908.
- 刘大伟, 张亚兰, 孙勇, 等. 2016. 江苏盐城滨海湿地越冬丹顶鹤种群动态变化与生境选择. *生态与农村环境学报*, 32(3): 473–477.
- 刘会玉, 林振山, 温腾, 等. 2007. 不同生境破坏速度下的物种灭绝机制. *生态学报*, 27(6): 2410–2418.

- 吕士成. 2008. 盐城沿海滩涂丹顶鹤的分布现状及其趋势分析. 生态科学, 27(3): 154-158.
- 吕士成. 2009. 盐城沿海丹顶鹤种群动态与湿地环境变迁的关系. 南京师大学报: 自然科学版, 32(4): 89-93.
- 吕士成, 赵永强, 张亚楠. 2017. 2015 年冬我国境内丹顶鹤越冬种群现状与保护对策探讨. 中国鹤类通讯, 21(1): 1-4.
- 马志军, 李博, 陈家宽. 2005. 迁徙鸟类对中途停歇地的利用及迁徙对策. 生态学报, 25(6): 1404-1412.
- 马志军, 李文军, 王子健, 等. 1998. 中国盐城生物圈保护区丹顶鹤生境变化及其适应性. 人类环境杂志, 7(6): 461-464.
- 欧维新, 逢谦, 甘玉婷婷. 2014. 盐城海滨湿地资源利用变化及其对丹顶鹤越冬生境的影响. 中国人口·资源与环境, 24(7): 30-36.
- 钱法文. 2005. 中国鹤类保护现状调查. 森林与人类, (5): 31-38.
- 秦喜文, 张树清, 李晓峰, 等. 2009. 基于证据权重法的丹顶鹤栖息地适宜性评价. 生态学报, 29(3): 1074-1082.
- 舒莹, 胡远满, 郭笃发, 等. 2004. 黄河三角洲丹顶鹤适宜生境变化分析. 动物学杂志, 39(3): 33-41.
- 舒莹, 胡远满, 冷文芳, 等. 2006. 黄河三角洲丹顶鹤秋冬季生境选择机制. 生态学杂志, 25(8): 954-958.
- 宋晓龙, 李晓文, 白红军, 等. 2009. 黄河三角洲国家级自然保护区生态敏感性评价. 生态学报, 29(9): 4836-4846.
- 苏化龙, 林英华. 2000. 中国鹤类现状及其保护对策. 生物多样性, 8(2): 180-191.
- 孙猛, 邹红菲, 金洪阳, 等. 2012. 双台河口保护区丹顶鹤春迁期觅食地环境特征. 东北林业大学学报, 40(10): 108-110.
- 田秀华, 石全华, 余溢. 2006. 中国鹤类迁地保护现状. 野生动物学报, 27(2): 50-52.
- 佟守正, 吕宪国, 苏立英, 等. 2008. 扎龙湿地生态系统变化过程及影响因子分析. 湿地科学, 6(2): 179-184.
- 汪青雄. 2008. 扎龙湿地丹顶鹤 (*Grus japonensis*) 栖息地利用. 哈尔滨: 东北林业大学硕士学位论文, 33-36.
- 王兵兵. 2012. 土地格局时空变化对黄河口湿地鹤类的生境影响研究. 青岛: 中国石油大学(华东)硕士学位论文, 48-69.
- 王磊. 2014. 基于 3S 技术的扎龙保护区丹顶鹤营巢生境适宜性分析. 哈尔滨: 东北林业大学硕士学位论文, 23-28.
- 王志强, 陈志超, 郝成元. 2009. 基于 HSI 模型的扎龙国家级自然保护区丹顶鹤繁殖生境适宜性评价. 湿地科学, 7(3): 197-201.
- 王志强, 傅建春. 2010a. 扎龙湿地丹顶鹤巢址空间分布变化及其对环境变化指征. 生态环境学报, 19(3): 697-700.
- 王志强, 傅建春, 全斌, 等. 2010b. 扎龙湿地丹顶鹤繁殖生境质量变化. 应用生态学报, 21(11): 2871-2875.
- 吴海杰. 2013. 基于 GIS、RS 的盐城国家级珍禽自然保护区丹顶鹤生态安全研究. 南京师范大学学报: 工程技术版, 13(3): 81-88.
- 吴庆明, 邹红菲, 金洪阳, 等. 2013. 丹顶鹤春迁期觅食栖息地多尺度选择——以双台河口保护区为例. 生态学报, 33(20): 6470-6477.
- 夏欣. 2013. 盐城湿地珍禽国家级自然保护区资源利用的阈值管理研究. 南京: 南京师范大学硕士学位论文, 34-36.
- 新华社. 2016. 黄河三角洲自然保护区成全国第二大丹顶鹤越冬地. [EB/OL]. (2016-02-13) [2018-07-29]. <http://news.cntv.cn/2016/02/13/ARTIyFPzjKupTj7aXf8DcyNY160213.shtml>.
- 徐海根, 王连龙, 包浩生. 2003. 我国丹顶鹤自然保护区网络设计. 生态与农村环境学报, 19(4): 5-9.
- 颜忠诚, 陈永林. 1998. 动物生境选择. 生态学杂志, 17(2): 43-49.
- 杨波. 2008. 盐城国家珍禽保护区丹顶鹤生境结构特征及变化研究. 南京: 南京林业大学硕士学位论文, 37-45.
- 袁力. 2008. 土地格局时空变化对扎龙湿地鹤类生境影响的研究. 哈尔滨: 东北林业大学博士学位论文, 42-46.
- 袁力, 龚文峰, 于成龙. 2009. 基于 RS 和 GIS 的扎龙湿地丹顶鹤生境时空的格局演变. 东北林业大学学报, 37(8): 34-38.
- 张婷婷, 彭昭杰, 张昊楠, 等. 2019. 2000 - 2015 年丹顶鹤重要繁殖地景观格局变化研究. 生态学报, 39(10): DOI: 10.5846/stxb201804280963.
- 张艳红, 邓伟, 张树文. 2006. 向海自然保护区丹顶鹤生境结构空间特征. 生态学报, 26(11): 3725-3731.
- 张艳红, 何春光. 2009. 基于 GIS 扎龙自然保护区丹顶鹤适宜生境动态变化. 东北林业大学学报, 37(4): 43-44.
- 赵建军, 张洪岩, 乔志和, 等. 2009. 基于 CA-Markov 模型的向海湿地土地覆被变化动态模拟研究. 自然资源学报, (12): 2178-2186.
- 赵晓旭. 2012. 黄河三角洲丹顶鹤适宜生境变化研究. 山东水利, 39(1): 33-41.
- 郑光美. 2012. 鸟类学. 2 版. 北京: 北京师范大学出版社, 372.
- 郑作新. 1980. 中国的鹤类. 大自然, (2): 9-12.

周大庆, 徐网谷, 刘影, 等. 2014. 1999 - 2013 年我国野生丹顶鹤
死伤数量及其对野生种群的影响. *四川动物*, 33(4): 597-604.
周海涛, 那晓东, 臧淑英. 2016. 近 30 年松嫩平原西部地区丹顶鹤

栖息地适宜性动态变化. *生态学杂志*, 35(4): 1009-1018.
朱丽娟, 刘红玉. 2008. 挠力河流域丹顶鹤繁殖期生境景观连接度
分析. *生态与农村环境学报*, 24(2): 12-16.