

# 笼养丹顶鹤成体与亚成体 血液生理生化指标比较

张藐<sup>①</sup> 田秀华<sup>①\*</sup> 宋艳珠<sup>②</sup> 赵芳菊<sup>②</sup> 何相宝<sup>③</sup>

① 东北林业大学野生动物资源学院 哈尔滨 150040; ② 沈阳森林动物园管理有限公司 沈阳 110164;

③ 哈尔滨北方森林动物园 哈尔滨 150000

**摘要:** 为了揭示丹顶鹤 (*Grus japonensis*) 不同年龄和性别个体之间血液生理生化指标的差异性, 对沈阳动物园 42 只笼养丹顶鹤 (成体 24 只, 亚成体 18 只) 的 15 项血液生化指标和 13 项血液生理指标进行了比较。所测得的血液生理生化指标在不同性别之间不存在显著差异 ( $P > 0.05$ )。血清肌酐成体 ( $37.05 \pm 17.03$ ) mmol/L、亚成体 ( $22.57 \pm 11.68$ ) mmol/L, 血清尿酸成体 ( $878.22 \pm 514.41$ ) mmol/L、亚成体 ( $426.17 \pm 207.74$ ) mmol/L, 血清甘油三酯成体 ( $7.73 \pm 4.75$ ) mmol/L、亚成体 ( $3.51 \pm 4.07$ ) mmol/L, 这 3 项指标均为成体高于亚成体, 差异性显著 ( $P < 0.05$ )。这几项指标的变化表明, 丹顶鹤在成体和亚成体时期采取了相同或不同的生态适应策略。

**关键词:** 丹顶鹤; 血液; 生理指标; 生化指标; 比较

**中图分类号:** Q955 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2017) 01-144-06

## Physiological and Biochemical Indexes of Blood in Adult and Sub-adult Captive Red-crowned Cranes

ZHANG Miao<sup>①</sup> TIAN Xiu-Hua<sup>①\*</sup> SONG Yan-Zhu<sup>②</sup> ZHAO Fang-Ju<sup>②</sup> HE Xiang-Bao<sup>③</sup>

① College of Wildlife Resources, Northeast Forestry University, Harbin 150040; ② Forest Zoo Management Company of Shenyang City,

Shenyang 110164; ③ Northern Forest Zoo of Harbin City, Harbin 150000, China

**Abstract:** In order to explore the age and sex differences in physiological and biochemical indexes of blood in Red-crowned Cranes (*Grus japonensis*), 13 physiological indexes and 15 blood biochemical indexes were determined and compared using samples from 42 (adult 24, sub-adult 18) captive Red-crowned Cranes at the Shenyang Zoo. The results showed that all the indicators had no significant difference between the sexes ( $P > 0.05$ , Table 1 and 2), but there were significant differences in the serum creatinine (adult  $37.05 \pm 17.03$  mmol/L, sub-adult  $22.57 \pm 11.68$  mmol/L), serum uric acid (adult  $878.22 \pm 514.41$  mmol/L, sub-adult  $426.17 \pm 207.74$  mmol/L), and serum triglyceride (adult  $7.73 \pm 4.75$  mmol/L, sub-adult  $3.51 \pm 4.07$  mmol/L) indicators

**基金项目** 辽宁省沈阳市科技局项目 (No. F13-114-3-00);

\* 通讯作者, E-mail: tianxiu-hua@163.com;

**第一作者介绍** 张藐, 男, 硕士研究生; 研究方向: 鸟类行为学及生理学; E-mail: 1147209048@qq.com。

收稿日期: 2015-11-14, 修回日期: 2016-07-04 DOI: 10.13859/j.cjz.201701018

between adult and sub-adult (Table 3 and 4). This implies that the Red-crowned Crane might adopt the same or different ecological adaptation strategies in different adult and sub-adult periods.

**Key words:** Red-crowned Crane, *Grus japonensis*; Blood; Physiological indexes; Biochemical indexes; Contrast

丹顶鹤 (*Grus japonensis*) 属鹤形目 (Gruiformes) 鹤科 (Gruidae) 的大型涉禽。是我国 I 级保护野生动物, 被列入世界濒危物种红皮书 (赵越等 2013)。具有较高的生态价值和文化价值, 与人类的生活有着密切的关系。同时, 丹顶鹤作为大型涉禽, 需要广阔而又洁净沼泽湿地作为栖息地, 因此, 丹顶鹤也是湿地生态安全、环境动态变化的敏感生物指示者。

虽然我国对于丹顶鹤的研究所涉及的领域比较广泛, 但是, 对于丹顶鹤血液的生理生化指标的研究却相对较少。动物血液的生理生化指标是进行疾病诊断和健康监护的重要依据, 也是反映动物健康水平和生理机能的重要数据, 因此, 对丹顶鹤血液生理生化指标的研究具有非常重要的意义。本研究对人工饲养不同性别及成体和亚成体丹顶鹤之间的血液生理生化指标进行检测和分析, 旨在为丹顶鹤的饲养、繁殖、保护和疾病防治提供参考依据, 从而更好地保护这一濒危物种。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验对象

本研究的实验材料全部来自沈阳动物园, 共 42 只笼养丹顶鹤, 其中, 雄性 23 只, 雌性 19 只。将实验所选丹顶鹤按照是否性成熟分为成体 (24 只) 和不具备繁殖能力的亚成体 (18 只)。

### 1.2 血液样本的采集

于 2013 年 11 月 25 日 (越冬期) 采集血液样本, 在上午饲喂前进行, 一个人采用物理绑定的方法, 另一个人抓住丹顶鹤的头部和颈部, 压迫颈基部, 在右颈静脉采血 3 ml。采集的血液样品置 3 000 r/min 离心 10 min 分离血清, 于 4℃ 条件下保存待测。

## 1.3 测定指标及测定方法

**1.3.1 血液生理指标** 测定白细胞、中性粒细胞百分比、淋巴细胞百分比、淋巴细胞绝对值、红细胞、血红蛋白、红细胞压积、平均红细胞体积、平均红细胞血红蛋白量、平均红细胞血红蛋白浓度、红细胞分布宽度、红细胞分布宽度、血小板共 13 项。

**1.3.2 血液生化指标** 测定血清谷氨酸氨基转移酶、血清天冬氨酸氨基转移酶、血清碱性磷酸酶、乳酸脱氢酶、血清  $\gamma$ -谷氨酰转肽酶、血清总蛋白、白蛋白、血清球蛋白、血清总胆红素、尿素、血清肌酐、血清尿酸、血清葡萄糖、血清总胆固醇、血清甘油三酯共 15 项。

15 项生化指标和 13 项生理指标均采用格利特科技有限公司生产 Animal-6000 血液分析仪进行测定, 各项指标的测定工作严格按照仪器的操作规程来进行。

## 1.4 数据处理

检测数据录入 Spss19.0 统计软件, 通过 K-S 检验分析数据是否符合正态分布, 对于符合正态分布的数据采用  $t$  检验进行分析, 否则, 采用非参数检验的 Kruskal-Wallis H 法进行检验。计算出平均值与标准差进行性别及年龄间的差异性分析, 文中的数据用平均值  $\pm$  标准差的形式表示。

## 2 结果

### 2.1 不同性别生理生化指标

**2.1.1 血液生化指标** 共测定 15 项血液生化指标, 结果见表 1。雌性与雄性的总蛋白、白蛋白和球蛋白 3 个指标的波动不大, 其他血液生化指标在性别之间的差异亦不显著 ( $P > 0.05$ )。

**2.1.2 血液生理指标** 对 13 项丹顶鹤血液生

表 1 丹顶鹤血液生化指标检测结果

Table 1 The blood biochemical index of Red-crowned Crane

检测项目 Test indexes	总体 Totality (n = 42)	雄性 Male (n = 23)	雌性 Female (n = 19)	P
总蛋白 Total protein (g/L)	41.98 ± 3.31	41.52 ± 3.07	42.53 ± 3.58	0.303
白蛋白 Albumin (g/L)	15.86 ± 3.20	16.26 ± 4.13	15.37 ± 1.41	0.269
球蛋白 Globulin (g/L)	26.11 ± 3.43	25.25 ± 3.74	27.16 ± 2.76	0.942
血清谷氨酸氨基转移酶 Alanine aminotransferase ALT (U/L)	78.71 ± 19.85	82.35 ± 20.29	75.53 ± 19.36	0.745
血清天冬氨酸氨基转移酶 Serum aspartate amino transferase AST (U/L)	291.93 ± 178.86	323.52 ± 223.85	253.68 ± 93.82	0.014
血清碱性磷酸酶 Alkaline phosphatase ALP (U/L)	173.88 ± 77.85	190.35 ± 80.49	153.95 ± 71.57	0.866
乳酸脱氢酶 Lactate dehydrogenase LDH (U/L)	216.95 ± 75.79	232.78 ± 86.15	197.79 ± 57.48	0.236
血清 $\gamma$ -谷氨酰转肽酶 Serum $\gamma$ -glutamyl trans peptidase GGT (U/L)	14.14 ± 3.80	14.35 ± 3.52	13.89 ± 4.19	0.233
总胆固醇 Total cholesterol (mmol/L)	5.47 ± 1.74	5.36 ± 1.58	5.61 ± 1.94	0.165
甘油三酯 Triglyceride (mmol/L)	6.44 ± 5.57	5.87 ± 4.87	7.13 ± 6.38	0.101
血清总胆红素 Serum total bilirubin TBil (mmol/L)	5.41 ± 2.28	5.63 ± 2.72	5.13 ± 1.63	0.218
尿素 Carbamide (mmol/L)	2.22 ± 1.61	2.46 ± 1.81	1.94 ± 1.31	0.132
血清肌酐 Serum creatinine SCr ( $\mu$ mol/L)	30.80 ± 16.54	31.31 ± 15.02	30.19 ± 18.63	0.473
血清尿酸 Uric acid ( $\mu$ mol/L)	636.43 ± 450.07	655.36 ± 455.53	613.47 ± 454.69	0.645
血清葡萄糖 Serum glucose GLU (mmol/L)	12.92 ± 1.02	12.80 ± 0.90	13.06 ± 1.16	0.317

P 值表示丹顶鹤血液生化指标在不同性别之间的比较结果。

P value indicates that comparative results of blood biochemical indexes between different gender.

理指标进行性别间差异分析, 结果见表 2。在所有指标中, 仅中性粒细胞百分比、淋巴细胞百分比的平均水平是雄性小于雌性的, 其余指标平均水平均为雄性大于雌性, 但雌雄之间均不存在显著性差异 ( $P > 0.05$ )。

## 2.2 不同年龄生理生化指标

**2.2.1 血液生理指标** 从测定的结果来看, 各项血液生理指标不存在年龄差别(表 3), 但是, 成体的淋巴细胞百分比、平均红细胞血红蛋白浓度、血小板的平均水平小于亚成体。

**2.2.2 血液生化指标** 乳酸脱氢酶、 $\gamma$ -谷氨酰转肽酶、血清总蛋白、血清白蛋白、白蛋白/球蛋白、血清总胆红素 6 项指标, 均为成体小于亚成体, 但仅血清肌酐、血清尿酸、血清甘油三酯这 3 项差异显著 ( $P < 0.05$ ) (表 4)。

## 3 讨论

### 3.1 丹顶鹤血液生化指标

血液中的总蛋白、白蛋白、球蛋白的含量与丹顶鹤所摄取的食物是密不可分。在沈阳动物园, 其饲料组成有鱼、杂粮窝头、熟鸡蛋、牛肉沫等, 这些饲料充分地满足了园内丹顶鹤蛋白质的摄入量。本研究, 血液蛋白质的含量在不同性别及成体与亚成体之间均不存在显著差异。此结果表明, 雌性与雄性处在同一个生活环境, 并且对环境有了一个良好的适应。据金光耀 (2006) 报道, 越冬期 (2014 年 11 月 2 日) 扎龙地区成体丹顶鹤血液蛋白指标: 总蛋白 ( $36.444 4 \pm 3.171 8$ ) g/L, 白蛋白 ( $13.333 3 \pm 1.331 3$ ) g/L, 球蛋白 ( $23.111 1 \pm 2.562 2$ ) g/L。

表 2 丹顶鹤血液生理指标检测结果

Table 2 The blood physiological index of Red-crowned Crane

检测项目 Test indexes	总体 Totality (n = 42)	雄性 Male (n = 23)	雌性 Female (n = 19)	P
白细胞 Leukocyte (g/L)	0.94 ± 0.33	0.88 ± 0.39	0.98 ± 0.28	0.343
中性粒细胞百分比 Neutrophil (%)	8.64 ± 2.25	8.68 ± 2.38	8.61 ± 2.19	0.466
淋巴细胞百分比 Lymphocyte (%)	91.12 ± 3.01	91.32 ± 2.38	90.96 ± 3.50	0.625
淋巴细胞绝对值 Absolute value of lymphocytes LYM (g/L)	0.85 ± 0.30	0.80 ± 0.35	0.89 ± 0.26	0.351
红细胞 Red blood cell RBC (g/L)	1.67 ± 0.28	1.63 ± 0.37	1.69 ± 1.68	0.034
血红蛋白 Hemoglobin (g/L)	141.21 ± 21.97	135.63 ± 28.32	145.83 ± 13.93	0.086
红细胞压积 Hematocrit Hct (%)	34.10 ± 5.35	32.29 ± 7.23	34.77 ± 3.08	0.045
平均红细胞体积 Mean corpuscular volume MCV (L/L)	204.95 ± 6.87	204.20 ± 7.78	205.57 ± 6.13	0.486
平均红细胞血红蛋白量 Mean corpuscular hemoglobin MCH (pg)	85.01 ± 5.36	83.52 ± 5.44	86.24 ± 5.09	0.906
平均红细胞血红蛋白浓度 Mean corpuscular hemoglobin concentration MCHC (g/L)	414.60 ± 17.97	408.84 ± 16.85	419.35 ± 17.81	0.897
红细胞分布宽度 Erythrocyte hemoglobin distribution width (CV)	10.05 ± 0.53	10.03 ± 0.46	10.06 ± 0.58	0.340
红细胞分布宽度 Erythrocyte hemoglobin distribution width (SD)	87.14 ± 4.96	86.67 ± 4.75	87.52 ± 5.21	0.917
血小板 Platelet PLT (g/L)	5.19 ± 3.45	4.63 ± 3.88	5.65 ± 3.05	0.282

P 值表示丹顶鹤血液生理指标在不同性别之间的比较结果。

P value indicates that comparative results of blood physiological indexes between different gender.

表 3 不同年龄丹顶鹤血液生理指标检测结果

Table 3 The blood physiological index of Red-crowned Cranes in different ages

检测指标 Test indexes	成体 Adult (n = 24)	亚成体 Subadult (n = 18)	P
白细胞 Leukocyte (g/L)	0.93 ± 0.32	0.86 ± 0.31	0.473
中性粒细胞百分比 Neutrophil (%)	8.65 ± 2.18	8.05 ± 1.50	0.102
淋巴细胞百分比 Lymphocyte (%)	91.35 ± 2.18	91.45 ± 3.38	0.875
淋巴细胞绝对值 Absolute value of lymphocytes LYM (g/L)	0.85 ± 0.30	0.78 ± 0.29	0.549
红细胞 Red blood cell RBC (g/L)	1.69 ± 0.21	1.68 ± 0.33	0.775
血红蛋白 Hemoglobin (g/L)	142.59 ± 16.90	140.65 ± 26.04	0.914
红细胞压积 Hematocrit Hct (%)	34.74 ± 3.71	33.97 ± 6.38	0.858
平均红细胞体积 Mean corpuscular volume MCV (L/L)	206.35 ± 6.98	202.51 ± 6.63	0.575
平均红细胞血红蛋白量 Mean corpuscular hemoglobin MCH (pg)	84.69 ± 5.20	83.98 ± 4.77	0.925
平均红细胞血红蛋白浓度 Mean corpuscular hemoglobin concentration MCHC (g/L)	410.24 ± 17.43	414.50 ± 14.99	0.370
红细胞分布宽度 Erythrocyte hemoglobin distribution width (CV)	10.14 ± 0.5145	9.95 ± 0.57	0.589
红细胞分布宽度 Erythrocyte hemoglobin distribution width (SD)	88.54 ± 3.69	85.27 ± 5.69	0.152
血小板 Platelet PLT (g/L)	4.18 ± 3.01	5.60 ± 3.86	0.207

P 值表示丹顶鹤血液生理指标在成体鹤亚成体之间的比较结果。

P value indicates that comparative results of blood physiological indexes between adult and sub-adult.

表 4 不同年龄丹顶鹤血液生化指标检测结果

Table 4 The blood biochemical index of red-crowned cranes in different ages

检测指标 Test indexes	成体 Adult ( $n = 24$ )	亚成体 Subadult ( $n = 18$ )	$P$
血清谷氨酸氨基转移酶 Alanine aminotransferase ALT (U/L)	82.28 ± 17.28	76.22 ± 21.36	0.334
血清天冬氨酸氨基转移酶 Serum aspartate amino transferase AST (U/L)	290.33 ± 198.96	255.57 ± 117.52	0.489
血清碱性磷酸酶 Alkaline phosphatase ALP (U/L)	169.28 ± 61.02	167.35 ± 81.34	0.934
乳酸脱氢酶 Lactate dehydrogenase LDH (U/L)	197.56 ± 55.60	209.74 ± 67.58	0.540
血清 $\gamma$ -谷氨酰转肽酶 Serum $\gamma$ -glutamyl trans peptidase GGT (U/L)	14.06 ± 2.78	14.87 ± 5.09	0.545
总蛋白 Total protein (g/L)	41.84 ± 3.00	42.39 ± 3.60	0.607
白蛋白 Albumin (g/L)	15.02 ± 1.44	16.75 ± 4.01	0.090
球蛋白 Globulin (g/L)	26.82 ± 2.34	25.63 ± 4.08	0.280
血清总胆红素 Serum total bilirubin TBiL (mmol/L)	5.13 ± 2.52	6.496 ± 2.196	0.071
尿素 Carbamide (mmol/L)	2.57 ± 1.34	1.94 ± 1.82	0.223
血清肌酐 Serum creatinine SCr ( $\mu$ mol/L)	37.05 ± 17.03	22.57 ± 11.68	0.003
血清尿酸 Uric acid ( $\mu$ mol/L)	878.22 ± 514.41	426.17 ± 207.74	0.002
血清葡萄糖 Serum glucose GLU (mmol/L)	13.12 ± 1.09	12.81 ± 0.85	0.317
总胆固醇 Total cholesterol (mmol/L)	5.69 ± 1.72	4.79 ± 1.27	0.062
甘油三酯 Triglyceride (mmol/L)	7.73 ± 4.75	3.51 ± 4.07	0.004

$P$  值表示丹顶鹤血液生化指标在成体鹤亚成体之间的比较结果。

$P$  value indicates that comparative results of blood biochemical indexes between adult and sub-adult.

本次实验测定方法原理、研究时期与上述文献均相同，研究对象包含成体和亚成体鹤，与上述文献具备可比性。与本次成体鹤血液生化指标的实验结果对比发现，本次实验结果均高于扎龙地区。这可能表明，沈阳动物园丹顶鹤的食物更加充裕，扎龙地区的丹顶鹤主要靠自己觅食，野化程度更高。

血清谷氨酸氨基转移酶、血清天冬氨酸氨基转移酶、血清  $\gamma$ -谷氨酰转肽酶、血清碱性磷酸酶、乳酸脱氢酶这 5 种酶含量在雌雄间以及成体和亚成体间差异均不显著。与正常圈养丹顶鹤血清生化值(王岐山等 2005)相比较来看，本研究测定的血清谷氨酸氨基转移酶的含量偏高，而  $\gamma$ -谷氨酰转肽酶的含量偏低，其原因可能是由于丹顶鹤正处于越冬期，并长期在室内圈舍饲养，其活动量较小，导致其蛋白质的合成和新陈代谢速度有所降低。对比金光耀(2006)的结果：天门冬氨酸氨基转移酶(295.889 ± 43.507) U/L、谷氨酸氨基转移酶

(58.444 4 ± 6.150 6) U/L、碱性磷酸酶(154.777 8 ± 40.268 6) U/L、乳酸脱氢酶(338.667 ± 53.710 6) U/L，本次实验测得的天冬氨酸氨基转移酶和乳酸脱氢酶均低于上述结果，而其他两项则高于上述结果。可能表明丹顶鹤对不同环境的适应性，说明散养丹顶鹤比圈养丹顶鹤适应性更强。

血清乳酸脱氢酶在体内可逆地催化丙酮酸和还原型辅酶 I (reduced diphosphopyridine nucleotide, NADH<sub>2</sub>) 转变为氧化性辅酶 I (beta-nicotinamide adenine dinucleotide trihydrate, NAD)，进而参与能量代谢(许宗运等 1999)。本研究结果与正常圈养丹顶鹤血清乳酸脱氢酶值(王岐山等 2005)相比偏高，主要是由于丹顶鹤处于越冬期，环境较寒冷恶劣。因此，直接影响到丹顶鹤体内的能量代谢，丹顶鹤为抵御严寒，使该酶活力增强，产生了更多的能量。

丹顶鹤血清胆固醇和血清甘油三酯两项指标在性别间不存在显著差异( $P > 0.05$ )。血清

甘油三酯在成体和亚成体间差异显著 ( $P < 0.01$ )。血脂是反映机体代谢能力的重要指标, 该结果表明雌性比雄性活动量更大, 代谢更加旺盛, 而雄性在越冬期可能变得不活跃或为来年繁殖期的求偶交配贮存能量。说明随着年龄的增长丹顶鹤的活动量变得更大, 代谢也更加旺盛。将本结果与金光耀 (2006) 结果相对比, 总胆固醇含量低于后者, 而甘油三酯含量则高于后者。

血清肌酐和血清尿酸在成体及亚成体之间差异显著 ( $P < 0.01$ )。表明血清肌酐和血清尿酸是受年龄影响的, 且成体高于亚成体。血清肌酐是肌酸代谢的最终产物, 而尿酸是分解代谢氮排除的产物, 说明随年龄的增长, 丹顶鹤的活动量增加, 代谢也更加旺盛。

### 3.2 丹顶鹤血液生理指标

由表 2 可知, 丹顶鹤血液生理指标在不同性别间差异不显著 ( $P > 0.05$ )。一般来说, 同种动物的红细胞数目是雄性动物高于雌性动物 (陈玉琴等 2007), 本次实验与之相符。到目前为止, 还未见有关丹顶鹤血液生理指标测定的报道, 但有类似禽类血液生理指标的报道。韩庆等 (2004) 对成年灰胸竹鸡 (*Bambusicola thoracica*) 的 13 项血液生理指标进行检测, 结果表明, 所测得的生理指标在性别无显著性差异 ( $P > 0.05$ ), 与本次实验结果相近, 说明了禽类物种在血液的生理指标上具有相似性。同时, 雌雄之间这种不显著的差异, 表明了丹顶鹤的各项生理指标非常稳定。冷超等 (2007) 对不同周龄的 BWEL-SPF 种鸡 (*Gallus gallus domesticus*) 血液生理指标进行了检测, 结果表

明出血时间、嗜碱性粒细胞、单核细胞表现出性别差异。本次实验结果与上述报道不完全相同, 可能是由于物种不同且采取的实验手段也不同而导致的。

综上所述, 丹顶鹤血液的生理生化指标在不同性别和不同年龄段的微小变化是对环境和不同生理时期的适应, 但是均不显著, 表明了丹顶鹤各项指标的稳定性及个体的健康程度。同时, 通过对不同地区的对比发现, 各项指标受地域的影响很大, 表明了饲养管理、栖息环境和食物组成是其主要的影响因素。加强动物园笼舍的丰容, 加强丹顶鹤的野化行为训练, 对丹顶鹤的生长、繁殖和疾病防御都有积极的意义。

### 参 考 文 献

- 陈玉琴, 俞诗源. 2007. 红腹锦鸡、石鸡和雉鸡的部分血液生理生化指标. 动物学报, 53(4): 674-681.
- 韩庆, 张彬, 夏维福, 等. 2004. 笼养灰胸竹鸡血液生理生化指标的测定. 经济动物学报, 8(3): 148-150.
- 金光耀. 2006. 扎龙自然保护区丹顶鹤血液生化指标的建立及比较研究. 哈尔滨: 东北林业大学硕士学位论文.
- 冷超, 韩凌霞, 于海波, 等. 2007. 不同周龄 BWEL-SPF 种鸡生理生化指标的测定. 中国比较医学杂志, 17(12): 697-701.
- 王岐山, 李凤山. 2005. 中国鹤类研究. 昆明: 云南教育出版社.
- 许宗运, 李海, 饶丽娟, 等. 1999. 新疆和田乌骨鸡血清乳酸脱氢酶同工酶的研究. 畜牧兽医杂志, 18(7): 18-21.
- 赵越, 李晓民, 王令刚. 2013. 中国丹顶鹤研究现状及保护. 野生动物学报, 34(6): 358-360.