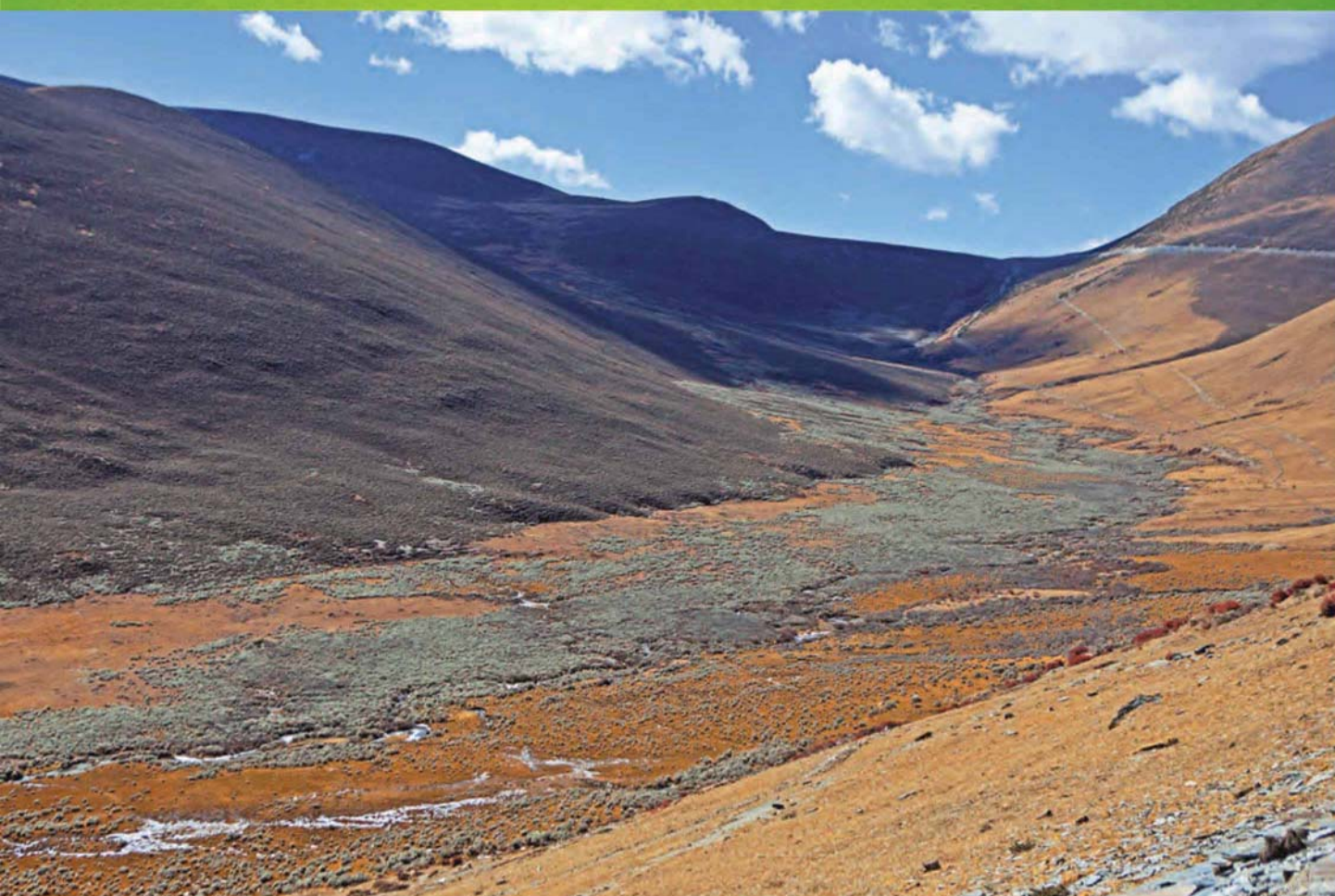


ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

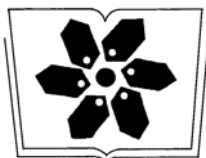
中国生态学会 2013 年学术年会专辑



第 33 卷 第 18 期 Vol.33 No.18 **2013**

中国生态学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 33 卷 第 18 期 2013 年 9 月 (半月刊)

目 次

中国生态学会 2013 年学术年会专辑 卷首语

- 美国农业生态学发展综述 黄国勤, Patrick E. McCullough (5449)
- 水足迹研究进展 马 晶, 彭 建 (5458)
- 江西省主要作物(稻、棉、油)生态经济系统综合分析评价 孙卫民, 欧一智, 黄国勤 (5467)
- 植物干旱胁迫下水分代谢、碳饥饿与死亡机理 董 蕾, 李吉跃 (5477)
- 生态化学计量学特征及其应用研究进展 曾冬萍, 蒋利玲, 曾从盛, 等 (5484)
- 三峡库区紫色土植被恢复过程的土壤团粒组成及分形特征 王轶浩, 耿养会, 黄仲华 (5493)
- 城市不同地表覆盖类型对土壤呼吸的影响 付芝红, 呼延佼奇, 李 锋, 等 (5500)
- 华南地区 3 种具有不同入侵性的近缘植物对低温胁迫的敏感性 王宇涛, 李春妹, 李韶山 (5509)
- 沙丘稀有种准噶尔无叶豆花部综合特征与传粉适应性 施 翔, 刘会良, 张道远, 等 (5516)
- 水浮莲对水稻竞争效应、产量与土壤养分的影响 申时才, 徐高峰, 张付斗, 等 (5523)
- 珍稀药用植物白及光合与蒸腾生理生态及抗旱特性 吴明开, 刘 海, 沈志君, 等 (5531)
- 不同温度及二氧化碳浓度下培养的龙须菜光合生理特性对阳光紫外辐射的响应 杨雨玲, 李 伟, 陈伟洲, 等 (5538)
- 土壤氧气可获得性对双季稻田温室气体排放通量的影响 秦晓波, 李玉娥, 万运帆, 等 (5546)
- 免耕稻田氮肥运筹对土壤 NH_3 挥发及氮肥利用率的影响 马玉华, 刘 兵, 张枝盛, 等 (5556)
- 香梨两种树形净光合速率特征及影响因素 孙桂丽, 徐 敏, 李 疆, 等 (5565)
- 沙埋对沙米幼苗生长、存活及光合蒸腾特性的影响 赵哈林, 曲 浩, 周瑞莲, 等 (5574)
- 半干旱区旱地春小麦全膜覆土穴播对土壤水热效应及产量的影响 王红丽, 宋尚有, 张绪成, 等 (5580)
- 基于 Le Bissonnais 法的石漠化区桑树地埂土壤团聚体稳定性研究 汪三树, 黄先智, 史东梅, 等 (5589)
- 不同施肥对雷竹林径流及渗漏水中氮形态流失的影响 陈裴裴, 吴家森, 郑小龙, 等 (5599)
- 黄土丘陵区不同植被土壤氮素转化微生物生理群特征及差异 邢肖毅, 黄懿梅, 安韶山, 等 (5608)
- 黄土丘陵区植被类型对土壤微生物量碳氮磷的影响 赵 彤, 闫 浩, 蒋跃利, 等 (5615)
- 林地覆盖对雷竹林土壤微生物特征及其与土壤养分制约性关系的影响 郭子武, 俞文仙, 陈双林, 等 (5623)
- 降雨对草地土壤呼吸季节变异性的影响 王 旭, 闫玉春, 闫瑞瑞, 等 (5631)
- 基于土芯法的亚热带常绿阔叶林细根空间变异与取样数量估计 黄超超, 黄锦学, 熊德成, 等 (5636)
- 4 种高大树木的叶片性状及 WUE 随树高的变化 何春霞, 李吉跃, 孟 平, 等 (5644)
- 干旱荒漠区银白杨树干液流动态 张 俊, 李晓飞, 李建贵, 等 (5655)
- 模拟增温和不同凋落物基质质量对凋落物分解速率的影响 刘瑞鹏, 毛子军, 李兴欢, 等 (5661)
- 金沙江干热河谷植物叶片元素含量在地表凋落物周转中的作用 闫帮国, 纪中华, 何光熊, 等 (5668)
- 温带 12 个树种新老树枝非结构性碳水化合物浓度比较 张海燕, 王传宽, 王兴昌 (5675)
- 断根结合生长素和钾肥施用对烤烟生长及糖碱比、有机钾指数的影响 吴彦辉, 薛立新, 许自成, 等 (5686)
- 光周期和高脂食物对雌性高山姬鼠能量代谢和产热的影响 高文荣, 朱万龙, 孟丽华, 等 (5696)
- 绿原酸对凡纳滨对虾抗氧化系统及抗低盐度胁迫的影响 王 芸, 李 正, 李 健, 等 (5704)

基于盐分梯度的荒漠植物多样性与群落、种间联接响应	张雪妮,吕光辉,杨晓东,等 (5714)
广西马山岩溶植被年龄序列的群落特征.....	温远光,雷丽群,朱宏光,等 (5723)
戴云山黄山松群落与环境的关联.....	刘金福,朱德煌,兰思仁,等 (5731)
四川盆地亚热带常绿阔叶林不同物候期凋落物分解与土壤动物群落结构的关系.....	王文君,杨万勤,谭 波,等 (5737)
中亚热带常绿阔叶林不同演替阶段土壤活性有机碳含量及季节动态.....	范跃新,杨玉盛,杨智杰,等 (5751)
塔克拉玛干沙漠腹地人工植被及土壤 C N P 的化学计量特征	李从娟,雷加强,徐新文,等 (5760)
鄱阳湖小天鹅越冬种群数量与行为学特征.....	戴年华,邵明勤,蒋丽红,等 (5768)
营养盐加富和鱼类添加对浮游植物群落演替和多样性的影响.....	陈 纯,李思嘉,肖利娟,等 (5777)
西藏达则错盐湖沉积背景与有机沉积结构.....	刘沙沙,贾沁贤,刘喜方,等 (5785)
西藏草地多项供给及调节服务相互作用的时空演变规律.....	潘 影,徐增让,余成群,等 (5794)
太湖水体溶解性氨基酸的空间分布特征.....	姚 昕,朱广伟,高 光,等 (5802)
基于遥感和 GIS 的巢湖流域生态功能分区研究.....	王传辉,吴 立,王心源,等 (5808)
近 20 年来东北三省春玉米物候期变化趋势及其对温度的时空响应	李正国,杨 鹏,唐华俊,等 (5818)
鄱阳湖湿地景观恢复的物种选择及其对环境因子的响应.....	谢冬明,金国花,周杨明,等 (5828)
珠三角河网浮游植物生物量的时空特征.....	王 超,李新辉,赖子尼,等 (5835)
南京市景观时空动态变化及其驱动力	贾宝全,王 成,邱尔发 (5848)
川西亚高山-高山土壤表层有机碳及活性组分沿海拔梯度的变化	秦纪洪 王 琴 孙 辉 (5858)
城市森林碳汇及其抵消能源碳排放效果——以广州为例.....	周 健,肖荣波,庄长伟,等 (5865)
基于机器学习模型的沙漠腹地地下水含盐量变化过程及模拟研究.....	范敬龙,刘海龙,雷加强,等 (5874)
干旱区典型绿洲城市发展与水资源潜力协调度分析	夏富强,唐 宏,杨德刚,等 (5883)
海岸带区域综合承载力评估指标体系的构建与应用——以南通市为例.....	魏 超,叶属峰,过仲阳,等 (5893)
中街山列岛海洋保护区鱼类物种多样性	梁 君,徐汉祥,王伟定 (5905)
丰水期长江感潮河口段网采浮游植物的分布与长期变化.....	江志兵,刘晶晶,李宏亮,等 (5917)
基于生态网络的城市代谢结构模拟研究——以大连市为例.....	刘耕源,杨志峰,陈 彬,等 (5926)
保护区及周边居民对野猪容忍性的影响因素——以黑龙江凤凰山国家级自然保护区为例.....	徐 飞,蔡体久,琚存勇,等 (5935)
三江源牧户参与草地生态保护的意愿.....	李惠梅,张安录,王 珊,等 (5943)
沈阳市降雨径流初期冲刷效应.....	李春林,刘 淼,胡远满,等 (5952)
期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 514 * zh * P * ¥ 90.00 * 1510 * 59 * 2013-09	



封面图说: 川西高山地带土壤及植被——青藏高原东缘川西的高山地带坡面上为草地,沟谷地带由于低平且水分较充足,生长有很多灌丛。川西地区大约在海拔 4000m 左右为林线,以下则分布有亚高山森林。亚高山森林是以冷、云杉属为建群种或优势种的暗针叶林为主体的森林植被。作为高海拔低温生态系统,高山-亚高山地带土壤碳被认为是我国重要的土壤碳库。有研究表明,易氧化有机碳含量与海拔高度呈显著正相关,显示高海拔有利于土壤碳的固存。因而,这里的表层土壤总有机碳含量随着海拔的升高而增加。

彩图及图说提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201305060940

戴年华, 邵明勤, 蒋丽红, 杜建华, 蒋剑虹, 曾宾宾. 鄱阳湖小天鹅越冬种群数量与行为学特征. 生态学报, 2013, 33(18): 5768-5776.

Dai N H, Shao M Q, Jiang L H, Du J H, Jiang J H, Zeng B B. A preliminary investigation on the population and behavior of the Tundra Swan (*Cygnus columbianus*) in Poyang Lake. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(18): 5768-5776.

鄱阳湖小天鹅越冬种群数量与行为学特征

戴年华^{1,*}, 邵明勤², 蒋丽红¹, 杜建华³, 蒋剑虹², 曾宾宾²

(1. 江西省科学院生物资源研究所, 南昌 330096; 2. 江西师范大学生命科学院, 南昌 330022;
3. 南昌工学院, 南昌 330108)

摘要: 2012 年 10 月—2013 年 3 月, 采用直接计数法对鄱阳湖小天鹅 *Cygnus columbianus* 种群数量分布进行了 5 次调查。结果显示, 各调查点小天鹅的种群数量均不稳定, 可能与食物丰富度、水位等相关。各次调查中以第 2 次调查观测到的小天鹅数量最多, 合计 10756 只; 调查区域中以鄱阳县白沙洲自然保护区调查到的小天鹅数量最多。5 次调查中鄱阳县的小天鹅数量均占每次调查总数的 56% 以上, 平均 2239.80 只。小天鹅在各保护区不同湖泊的数量分布存在时间差异, 但分布仅局限在几个湖泊中。调查显示, 小天鹅的幼体比例为 29.04% ($n=1150$)。采用瞬时扫描法对小天鹅越冬期的行为进行了研究, 其用于静止 (43.12%) 和取食 (27.44%) 行为的时间较多, 用于运动 (16.82%) 和梳理 (11.48%) 行为的时间较少, 用于社会行为 (1.14%) 的时间最少。在小天鹅的日间行为节律中, 静止行为高峰出现在 07:00—08:00 和 17:00—18:00 时段, 取食行为高峰出现在 16:00—17:00。下午取食强度的增加与冬季夜间长和气温低有关, 鸟类必须获得足够的能量以维持其夜间的能量消耗。对小天鹅成幼体行为分配进行检验, 发现除社会行为差异显著 ($Z=-2.310, P=0.021$) 外, 其余行为差异均不显著。但成幼体的行为节律有较大差异, 主要体现在静止和取食行为上。

关键词: 小天鹅; 越冬; 行为; 幼体; 鄱阳湖

A preliminary investigation on the population and behavior of the Tundra Swan (*Cygnus columbianus*) in Poyang Lake

DAI Nianhua^{1,*}, SHAO Mingqin², JIANG Lihong¹, DU Jianhua³, JIANG Jianhong², ZENG Binbin²

1 Institute of Biological Resources, Jiangxi Academy of Sciences, Nanchang, Jiangxi, 330096, China

2 College of Life Science, Jiangxi Normal University, Nanchang, Jiangxi, 330022, China

3 Nanchang Institute of Science and Technology, Nanchang, Jiangxi, 330108, China

Abstract: The tundra swan (*Cygnus columbianus*) is listed in the second category of nationally protected wildlife species in China and is regarded as a vulnerable endangered species by the China Red Data Book of Aves. In China, wintering areas include the middle and lower reaches of the Yangtze River and Taiwan among other areas. In recent years tundra swan numbers have decreased in some lakes. The distribution ranges of this species has reduced and it is now concentrated in lakes in Anhui Province and Poyang Lake in Jiangxi Province. Tundra swan inhabit Poyang Lake for approximately 150 days of the year from late October to the middle of March. The wintering ecology of tundra swans was investigated by direct count method in Poyang Lake on five occasions from October 2012 to March 2013. The Poyang Lake National Nature Reserve (PYH), Nanji Wetland National Nature Reserve (NJS), Duchang Migratory-bird Nature Reserve (DC), and the Poyang Baishazhou Nature Reserve (BSZ) were selected to conduct wintering ecology assessments including population dynamics, age structure, and behavior of tundra swans. The results show that tundra swan numbers were not stable at all of the survey sites, indicating that local movement occurs in tundra swan populations. There may be some mechanism by which this local movement is triggered, e.g. food availability or water level. The exact mechanism of local movement requires further study.

基金项目: 江西省科技重大专项资助项目 (20114ABG01100-1-03-4); 国家自然科学基金资助项目 (31260517, 31060285)

收稿日期: 2013-05-06; **修订日期:** 2013-07-10

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: dainianhua@jxas.ac.cn; 1048362673@qq.com

The tundra swan numbers were highest in the second survey, 10, 756 swans in total. The largest population, 11, 199 individuals, was observed in BSZ, accounting for > 56% of total the numbers observed during the experimental period. Temporal variation in the distribution and number of this species was observed in the different lakes of each reserve. However, the species was confined to certain lakes, indicating that only some lakes provide good habitats for this bird. Our results show that the percentage of juveniles was 29.04% ($n=1150$). The diurnal activity budgets and rhythm of the tundra swan were studied with the instantaneous scan sampling method from December 2012 to March 2013. The birds spent most of their time either motionless (43.12%) or feeding (27.44%), and spent the least amount of time either in motion (16.82%) or cleaning and tidying (11.48%). The motionless behavior peaked between 07:00 and 08:00 h and 17:00 and 18:00 h, whereas, feeding behavior peaked between 16:00 and 17:00 h. The increase in feeding intensity in the afternoon was related to long, cold winter nights. Birds had to acquire enough food and energy to survive through the night. Social behavior differed significantly between adults and juveniles, no differences were found for other behaviors. The diurnal activity budgets and rhythm of adults and juveniles were very different. This difference was mainly observed in their motionless and feeding behaviors. Early research indicates that the tundra swan can forage in deep water areas (about 1 meter), however, none have been observed foraging in grassland. During this investigation we observed many individuals foraging in grasslands and rice fields, which perhaps indicates a lack of food resources in Poyang Lake.

Key Words: *Cygnus columbianus*; overwintering; behavior; juvenile; Poyang Lake

雁鸭类是鄱阳湖湿地越冬鸟类的重要组成部分,是湿地环境质量变化的指示类群之一,具有重要的科学和经济价值^[1]。国内针对雁鸭类越冬生态研究较多,如豆雁 *Anser fabalis*^[2-3],大天鹅 *Cygnus Cygnus*^[4-6],斑头雁 *Anser Indicus*^[7-9],赤麻鸭 *Tadorna ferruginea*^[10],鸳鸯 *Aix galericulata*^[11-12]和中华秋沙鸭 *Mergus squamatus*^[13-15]等。研究内容涉及种群结构与动态、生境选择、食性、行为和活动区。国外对越冬期雁鸭类也开展了较多的研究,如加拿大雁 *Branta canadensis*^[16-17]、白额雁 *Anser albifrons*^[18]、小雪雁 *Chen caerulescens* 与罗斯雁 *Chen rossii*^[19]、黑雁 *Branta bernicla*^[20]等,研究内容涉及种群动态与分布、日常活动模式、栖息地利用、集群和营养等。

小天鹅 *Cygnus columbianus* 属雁形目鸭科天鹅属,为国家 II 级重点保护动物,《中国物种红色名录》将其列为近危物种,《中国鸟类红皮书》列为易危物种^[21]。在我国境内,小天鹅在长江中下游、东南沿海及台湾地区越冬^[22]。目前国内对小天鹅的研究相对较少,仅王会志等^[23-24]于 20 世纪 90 年代对小天鹅进行过个体识别和行为谱的研究,发现了利用小天鹅喙部特征进行个体鉴别的方法,同时定义了静止、社会、梳理、取食、运动 5 大行为类型的 32 个行为型式的行为谱; Cong 等^[25]研究了长江滞区小天鹅的数量和分布变化,发现小天鹅年际数量变动较大,某些湖泊小天鹅数量在逐步减少,在国内的分布范围也在缩小,已逐步集中到安徽和江西鄱阳湖区域^[25]。据笔者 2004 年以来观察发现,江西省小天鹅主要在鄱阳湖主湖泊分布,偶见于鄱阳湖的卫星湖泊和流域河流内,一般每年 10 月下旬迁入,翌年 3 月中下旬迁出,停留时间 150 d 左右,数量高峰出现在 12 月份左右。然而鄱阳湖小天鹅的种群数量动态、幼体比例、行为模式还未见系统研究。掌握小天鹅的这些种群生态学的基础资料,对该物种的保护和管理有重要意义。笔者于 2012 年 10 月至 2013 年 3 月对鄱阳湖小天鹅的种群数量动态和行为进行了研究,以期为该物种提供基础资料。

1 研究地区和方法

1.1 研究地区概况

鄱阳湖是我国最大的淡水湖泊,位于江西省北部(E:115° 49'—116° 46', N:28° 24'—29° 46'),南北长约 173 km,东西宽约 74 km,是一个过水性、季节型湖泊,夏季丰水期湖泊通江水面最大为 4078 km²(湖口水位 22.59 m,吴淞基面),冬季枯水期多年平均面积为 1290 km²^[26]。鄱阳湖为典型的亚热带季风气候,夏季盛行偏南风,炎热多雨;冬季盛行偏北风,气温低而降雨少;年平均气温 17.6 °C,年平均降水量 1450—1550 mm,多集中在 4—6 月^[27]。鄱阳湖冬季大量洲滩显露,是长江中下游大量珍稀濒危水禽重要的越冬地。1992 年鄱阳湖国家级自然保护区所属的 224 km²被列入《世界重要湿地名录》,是具有国际性保护意义的淡水湿地^[28]。本次调查地点包括鄱阳湖国家级自然保护区、南矶湿地国家级自然保护区、都昌候鸟省级自然保护区和鄱阳县白沙洲自然保护区、共青城市南湖湿地自然保护区(图 1)。

1.2 研究方法

1.2.1 种群数量及成幼比例

2012 年 10 月—2013 年 3 月,采用直接计数法对鄱阳湖小天鹅种群数量进行了 5 次调查。即在每个湖泊选择 1—5 个相对固定的点,记录视野内小天鹅的数量,区域大的湖泊可在样点附近走动寻找。第 1 次调查时间为 2012 年 10 月 14 日至 11 月 5

日,第2次为2012年11月11日至12月3日,第3次为2012年12月23日至2013年1月9日,第4次为2013年1月16日至1月27日,第5次为2013年2月22日至3月18日。数量调查主要借助SWAROVSKI(20—60×)单筒望远镜及双筒望远镜。本次调查的小天鹅数量只代表样方内数量,并不代表鄱阳湖整个湖区

的数量,主要目的是说明越冬期间小天鹅数量在不同湖区是否发生明显的变化。

小天鹅成幼体形态区别较大,成体全身洁白,嘴端黑色,嘴基黄色,幼体淡灰褐色,嘴基粉红色,嘴端黑色,以此区分成幼体,记录下能辨认的成体和幼体数量。

1.2.2 行为观察及行为谱定义

2012年12月至2013年3月,于都昌候鸟省级自然保护区和共青城市南湖湿地自然保护区,采用瞬时扫描法对小天鹅行为进行观察,即每5 min 观察1次小天鹅行为,记录其行为类别^[14]。当小天鹅集群数量较大时,只选取其中的8—10只个体进行行为记录,通常选取5只成体4只幼体,数量较少时记录能观察到的全部个体行为。全天观察时间为07:00—18:00。根据实地观察并结合文献^[24],本文将小天鹅行为分为5种类型(表1)。

1.3 数据处理

首先对每小时的行为数据进行统计,然后计算百分比。对于小天鹅成幼体行为差异分析,先用Kolmogorov-Smirnov检验数据的正态性,若符合正态分布,则使用 t 检验检验差异的显著性;若不符合正态分布,则使用Mann-Whitney U检验。文中数据表示为平均值±标准误($\bar{x}\pm SE$)。显著性水平设置为 $\alpha=0.05$,所有统计分析借助Excel 2007和SPSS 19.0完成。

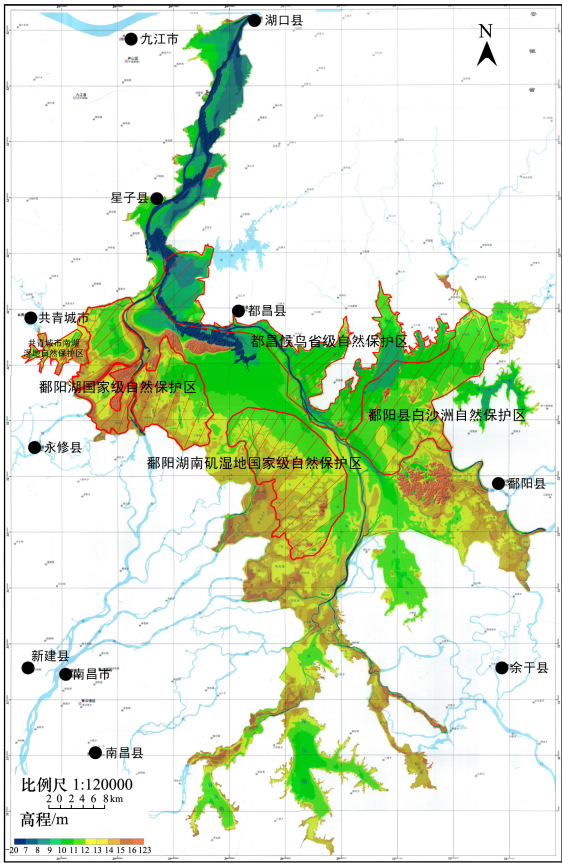


图1 鄱阳湖调查区域分布示意图

Fig. 1 The distribution of survey area in Poyang Lake

表1 小天鹅行为定义

Table 1 The behavior definition of Tundra swan	
行为类别 Type of behavior	行为描述 Behavior Definition
静止 Motionless	包括回头式睡眠、垂头式睡眠和双腿或单腿站立
取食 Feeding	包括觅食(长颈浸于水中觅食水下食物或在不没过喙的浅水取食)和饮水
梳理 Cleaning and tidying	包括理羽、抹脂、洗澡、抖头、抖翅、抖羽、摆尾、挺胸拍翅和呵欠
运动 Motion	包括游泳、行走和飞翔
社会 Social	包括友好行为、攻击行为、通讯行为和警戒行为

2 研究结果

2.1 种群数量与分布

5次调查中,第2次调查的小天鹅数量最多,合计10756只,其中鄱阳县白沙洲自然保护区最多,有4495只;第1次最少,仅在都昌候鸟省级自然保护区记录到230只。各调查区域中鄱阳县白沙洲自然保护区调查到的小天鹅数量最多,且在5次调查中鄱阳县的小天鹅数量均占每次调查总数的56%以上,平均2239.80只。各地小天鹅种群数量均不稳定,其中,鄱阳县白沙洲保护区的小天鹅数量离散程度最大,其标准误为731.96;都昌候鸟省级自然保护区的离散程度最小,其标准误为338.22(表2)。

鄱阳湖国家级自然保护区各观测点中,小天鹅数量最多的是核心区大湖池,最少的是朱市湖。第2次至第5次记录的小天鹅数量最多的点均为大湖池,第5次大湖池和沙湖并列。除第1次观测,其余4次均记录到小天鹅的为大湖池和沙湖(表3)。

南矶湿地国家级自然保护区各观测点中,小天鹅数量最多的是常湖,最少的是三泥湾、白沙湖和北深湖。第2次至第5次记录的小天鹅数量最多的点依次是常湖、常湖、凤尾湖和神塘湖(表4)。

鄱阳县白沙洲自然保护区各观测点中,小天鹅数量最多的是鄱阳湖(荣七村),最少的是四望湖。第2次至第5次记录的小天鹅数量最多的点依次是内珠湖、鄱阳湖(荣七村)、鄱阳湖(荣七村)和大鸣湖。除第1次观测,其余4次观测均有小天鹅的是鄱阳

湖(荣七村)和大鸣湖。内珠湖、鄱阳湖(荣七村)和大鸣湖有交替出现大量小天鹅种群的现象(表5)。

表2 鄱阳湖越冬期各观测区域小天鹅数量统计

Table 2 Statistics on the number of Tundra swan at each observation area in the Poyang Lake during overwintering stage

	第1次/只 (10-14—11-05)* First time	第2次/只 (11-11—12-03) Second time	第3次/只 (12-23—01-09) Third time	第4次/只 (01-16—01-27) Fourth time	第5次/只 (02-22—03-18) Fifth time
鄱阳湖星子水位/m Xingzi water level in Poyang Lake/m	11.90±0.24	11.88±0.17	10.82±0.15	9.97±0.14	9.83±0.10
鄱阳湖国家级自然保护区 Poyang Lake National Nature Reserve	0	2235	460	206	162
南矶湿地国家级自然保护区 Nanji wetland National Nature Reserve	0	2075	181	24	43
鄱阳县白沙洲自然保护区 Poyang Baishazhou Nature Reserve	0	4495	2680	2409	1615
都昌候鸟省级自然保护区 Duchang Migratory-bird Nature Reserve	230	1951	85	501	367
合计 Total	230	10756	3406	3140	2187

* 观测日期

表3 鄱阳湖国家级自然保护区越冬期各观测点小天鹅数量统计

Table 3 Statistics on the number of Tundra swan at each observation point in the Poyang Lake National Nature Reserve during overwintering stage

地点 Site	第1次/只 First time	第2次/只 Second time	第3次/只 Third time	第4次/只 Fourth time	第5次/只 Fifth time
大湖池	0	1730	350	169	80
常湖池	0	200	92	0	0
朱市湖	0	0	0	0	0
沙湖	0	300	18	37	80
蚌湖	0	5	0	0	2
合计 Total	0	2235	460	206	162

表4 南矶湿地国家级自然保护区越冬期各观测点小天鹅数量统计

Table 4 Statistics on the number of Tundra swan at each observation point in the Nanji Wetland National Nature Reserve during overwintering stage

地点 Site	第1次/只 First time	第2次/只 Second time	第3次/只 Third time	第4次/只 Fourth time	第5次/只 Fifth time
战备湖	0	40	3	10	0
常湖	0	2000	170	0	0
凤尾湖	0	11	0	14	0
三泥湾	0	0	0	0	0
白沙湖	0	0	0	0	0
泥湖	0	24	0	0	0
上北甲湖	0	0	0	0	13
下北甲湖	0	0	8	0	0
北深湖	0	0	0	0	0
神塘湖	—	—	—	0	30
合计 Total	0	2075	181	24	43

都昌候鸟省级自然保护区各观测点中,小天鹅数量最多的是泉阳农场,最少的是马影湖。第1次至第5次记录的小天鹅数量最多的点依次是泉阳农场、泉阳农场、大沔池、泉阳农场和矾山湖。各次观测中均有小天鹅的是大沔池和泉阳农场(表6)。

表 5 鄱阳县白沙洲县级自然保护区越冬期各观测点小天鹅数量统计

Table 5 Statistics on the number of Tundra swan at each observation point in the Poyang Baishazhou Nature Reserve during overwintering stage

地点 Site	第 1 次/只 First time	第 2 次/只 Second time	第 3 次/只 Third time	第 4 次/只 Fourth time	第 5 次/只 Fifth time
内珠湖	0	2560	121	0	42
鄱阳湖(荣七村)	0	771	1350	2289	58
四望湖	0	6	48	0	0
小鸣湖	0	158	0	0	0
大鸣湖	0	1000	636	120	1515
合计 Total	0	4495	2155	2409	1615

表 6 都昌候鸟省级自然保护区越冬期各观测点小天鹅数量统计

Table 6 Statistics on the number of Tundra swan at each observation point in the Duchang Migratory Birds Provincial Nature Reserve during overwintering stage

地点 Site	第 1 次/只 First time	第 2 次/只 Second time	第 3 次/只 Third time	第 4 次/只 Fourth time	第 5 次/只 Fifth time
矾山湖	0	200	0	57	209
新妙湖	0	30	0	0	0
马影湖	0	8	0	0	0
黄金咀	0	250	3	0	0
大沔池	20	197	35	16	60
泉阳农场	210	590	34	428	12
花庙湖	0	273	2	0	0
西湖	0	403	11	0	86
合计 Total	230	1951	85	501	367

2.2 小天鹅的年龄结构

本次调查共辨认出小天鹅的成幼体 1150 只。其中,成体 816 只,幼体 334 只,幼体占 29.04%。

2.3 小天鹅越冬期行为分配与活动节律

本次观察小天鹅行为 74 h,记录各行行为频次 5875 次。小天鹅 5 种行为中,静止行为出现的频率最高(43.12%),其次为取食行为(27.44%),运动行为和梳理行为较少,分别占 16.82%和 11.48%,社会行为出现频率最少,只有 1.14%(图 2)。

小天鹅的日活动节律中(图 3),静止行为的变化曲线类似“W”型,静止高峰出现在 07:00—08:00、11:00—12:00、15:00—16:00 和 17:00—18:00,其中,07:00—08:00 时段出现静止行为最高峰,占 77.78%,17:00—18:00 也达到 63.64%,11:00—12:00 和 15:00—16:00 的小高峰也分别达到了 51.11%和 46.22%。静止行为低谷出现在 10:00—11:00、13:00—14:00 和 16:00—17:00,其中,13:00—14:00 出现最低谷,占 31.98%,10:00—11:00、16:00—17:00 分别达到 34.89%和 32.86%。

取食行为 07:00 到 10:00 稳步增长到 27.74%,10:00 开始到 16:00 取食行为比例保持在 27%左右,最高峰出现在 16:00—17:00,占 46.38%,随后迅速下降到 17:00—18:00 的 2.27%。

梳理和运动行为各时段出现频率较为均匀,社会行为出现最少,只在上午出现。

2.4 小天鹅成幼体越冬活动差异

小天鹅成幼体在越冬期的行为分配差异较小(图 4)。对越冬期小天鹅行为分配进行检验,结果表明,成幼体因素对社会($Z = -2.310, P = 0.021$)行为影响显著($P < 0.05$);静止($F = 0.838, P = 0.371$)、取食($F = 0.006, P = 0.938$)、梳理($F = 0.214, P = 0.649$)和运动($F = 1.747, P = 0.201$)行为差异不显著。

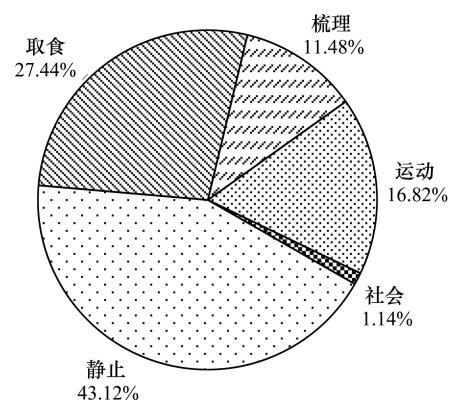


图 2 小天鹅各行行为分配

Fig.2 Proportion of daily behaviors of Tundra swan

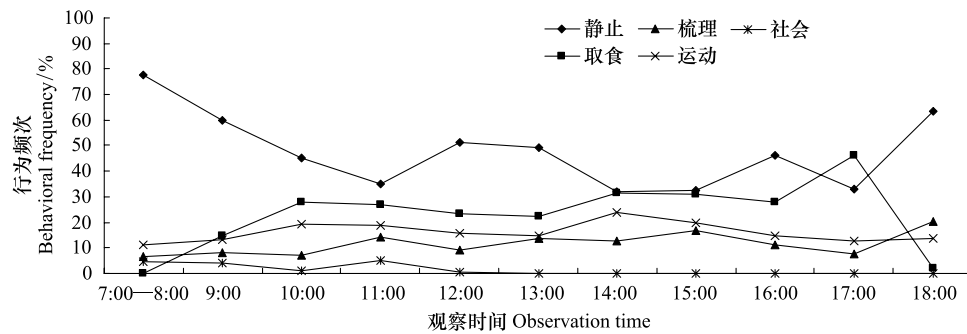


图3 越冬期小天鹅日行为节律

Fig.3 Time-activity rhythm of wintering Tundra swan

越冬期小天鹅成幼体的日活动节律有较大差异(图5),对静止行为进行对比,成幼体各时段之间方差 σ^2 分别为0.015和0.028,成体在07:00—08:00时段有一单高峰,占68.00%,随后下降到38%左右波动;幼体在07:00—08:00时段也有一单高峰,占90.00%,随后下降到50%左右波动,波动幅度大于成体。对取食行为进行对比,成幼体 σ^2 分别为0.020和0.018,成幼体在16:00—17:00时段均出现一大高峰,分别占45.94%、47.11%,上午均出现一取食小高峰,成体在09:00—10:00,占33.72%,幼体在10:00—11:00,占28.57%。

3 讨论

为满足自身营养需求,鸟类需要在栖息地内和/或栖息地间移动觅食。食物资源和微生境的时空变化是鸟类发生水平移动和垂直迁移的重要原因^[29]。研究结果显示,水鸟(尤其是鸕鹚类)在越冬地会有小规模的迁移,迁移的原因通常是特殊的天气状况。如在连续降雨的时期,黑腹滨鹚 *Calidris alpina* 在加利福尼亚4个中心海滩的数量减少了44%—84%,之后中心海滩环志的6—7只黑腹滨鹚在内陆地区被发现^[30]。大杓鹬 *Numenius arquata* 在越冬期间也会由于天气或月相的原因,在相距30 km的海岸泥滩和农作区之间迁移^[31-32]。朱奇等2006—2009年观

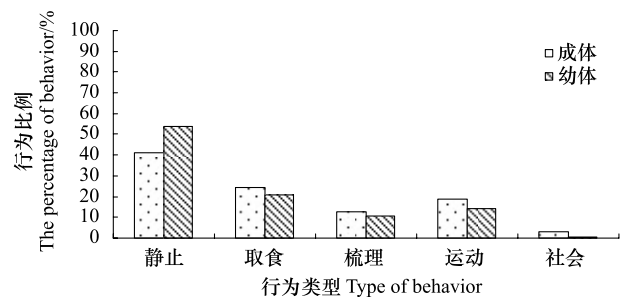


图4 小天鹅成幼体越冬行为差异

Fig.4 The difference in behavior between the adult and juvenile of wintering Tundra swan

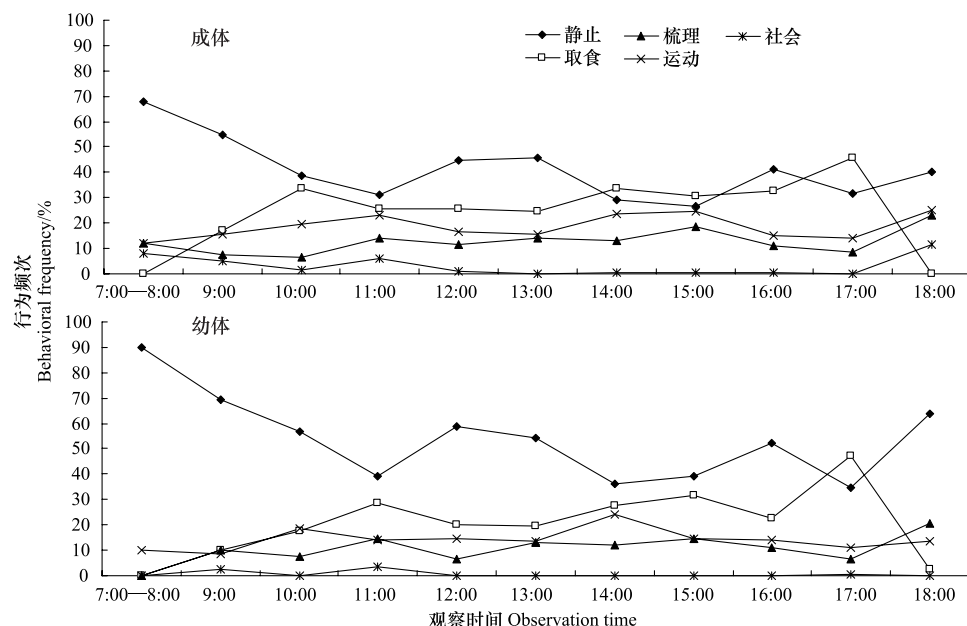


图5 小天鹅成体与幼体越冬行为节律对比

Fig.5 The comparison of time-activity rhythm between the adult and juvenile of wintering Tundra swan

测到越冬期鄱阳湖国家级自然保护区内小天鹅在 1、2、3 月份的数量显著少于前一年 12 月份^[33]。本次调查也显示,第 3、4、5 次的小天鹅种群数量相比第 2 次减少了 68%—80%,且 5 次调查中各调查点的小天鹅数量均不稳定,例如:在鄱阳县白沙洲自然保护区内出现内珠湖、鄱阳湖(荣七村)和大鸣湖交替出现大量小天鹅种群的现象,四望湖第 3 次有 48 只小天鹅,其余调查均未超过 6 只;在鄱阳湖国家级自然保护区内大湖池第 2 次有 1730 只,第 3 次锐减到 350 只,第 4 次和第 5 次也逐步减少,分别为 169 只和 80 只;南矶湿地国家级自然保护区的常湖与鄱阳湖国家级自然保护区的大湖池相似,第 2 次有 2000 只,第 3 次锐减到 170 只,其余均未调查到小天鹅;都昌候鸟省级自然保护区的泉阳农场第 1 次有 210 只,第 2 次增加到 590 只,第 3 次锐减到 34 只,第 4 次出现 428 只,第 5 次又只剩 12 只。这是小天鹅在越冬地进行小范围内迁移的结果,可能与食物丰富度、水位等因素有关。小天鹅食物呈斑块化分布,一个斑块内的食物可以在短时间内取食至不适口的程度,致使其迁移到食物相对丰富的斑块。小天鹅一般 10 月下旬迁入,因此第 1 次未发现大量小天鹅,第 2 次至第 5 次观测中,随着湖口水位的下降,小天鹅的数量也随之减少。

每一物种在适应当地的环境条件时都有一个最佳的行为分配^[34]。多数雁鸭类越冬期间以取食为主,如斑头雁(50.48%)^[7]、鸿雁 *Anser Cygnoides* (60.2%)^[35]、豆雁(64%)^[3]、白额雁 *Anser albifrons* (90%)^[36]、粉足雁 *Anser brachyrhynchus* (70%)^[37];有些雁鸭类则以休息(静止)为主,如鸳鸯 *Aix galericulata* (57.5%)^[11]和斑嘴鸭 *Anas poecilorhyncha* (54.55%)^[38],小天鹅属于后者。有些雁鸭类如斑嘴鸭、绿翅鸭、绿头鸭等有夜间取食的习性,它们在夜间已获取足够的能量,因此白天以休息为主。小天鹅是否有夜间取食的习性还有待进一步的研究。

小天鹅在越冬期间社会行为成体显著高于幼体,这与幼体不担任警戒、身体相对弱小需要更多的时间休息有关^[39]。成幼体其它行为无显著差异,说明小天鹅幼体已趋于成熟,各行为与成体基本相似,但幼体主要行为节律波动更大,说明部分幼体行为分配还不成熟,行为变化的随机性更强^[40]。一般秋季处于动物幼体的行为发育期,在这期间幼体的行为逐渐成熟,各项技能逐渐增强,在此期间幼体的运动行为分配时间多于成体^[41]。温度是水禽活动量的决定因素^[38],在越冬期的小天鹅幼体运动行为略低于成体,这可能是冬季寒冷的环境条件和不够完善的身体机能使其在运动耗能能量和休息节约能量之间选择的结果。

很多雁鸭类日间活动节律中,取食高峰出现在早晨和傍晚,如:斑头雁的取食高峰出现在 09:00—10:00 和 17:00 以后,上午比例大于下午^[7];斑嘴鸭出现在 6:30—7:30 和 16:30—17:30,早晨和傍晚频次相当^[38];鸳鸯出现在早晨 7:00 以前及下午 14:00—17:00,下午比例大于上午^[11]。小天鹅仅在傍晚 16:00—17:00 时段出现一个取食高峰(46.38%)。原因可能是下午取食强度的增加与冬季夜间寒冷且时间较长有关,鸟类必须获得足够的能量以维持其夜间的能量消耗;而白天气温较夜间高,鸟类不需要取食大量食物来维持能量消耗^[11]。因此下午取食强度较上午明显增加。

20 世纪 90 年代末,有学者发现小天鹅可在水深 1 m 的深水区觅食植物的根茎及螺蚌等软体动物,未见草滩取食^[42]。笔者在调查期间发现小天鹅会于鄱阳湖草滩和稻田内取食,这可能是鄱阳湖水生植被的减少导致其食物缺乏所致。

References:

- [1] Tang J, Lu C H, Yuan A Q. The species composition, Abundance and distribution in habitat of geese and ducks in the eastern Hongzehu wetland natural reserve. *Chinese Journal of Zoology*, 2007, 42(1): 94-101.
- [2] Kuang B Y. Preliminary observation on wintering ecology of *Anser fabalis*. *Chinese Journal of Zoology*, 1960, (6): 253-254.
- [3] Liu J. Diet and Activities of Wintering Tundra Bean Geese *Anser Fabalis serrirostris* at Shengjin Lake, NNR, Anhui Province [D]. Hefei: College of Life Sciences, University of Science and Technology of China, 2011.
- [4] Yan J G, Tang T Q. Presentation research of Whooper swan in Rongcheng Coastal. *Shandong Forestry Science and Technology*, 2003, (2): 38-39.
- [5] Dong C L, Qi X L, Liu J. Food habits of Whooper swan in winter at the Tian'ehu of Rongcheng. *Chinese Journal of Zoology*, 2007, 42(6): 53-56.
- [6] Niu H X, Lu J Q, Lu J Q, Qu W Y. Study on the Overwintering eco-habits of cygnus cygnus in north Henan province. *Journal of Hebei Normal University: Natural Science*, 1997, 21(3): 314-316.
- [7] Yang Y F, Zhang G G, Lu W, Li Z J. Diurnal activity patterns and environmental factors on behaviors of Bar-headed Geese *Anser indicus* wintering at Caohai Lake of Guizhou, China. *Acta Ecologica Sinica*, 2012, 32(23): 7280-7288.
- [8] Liu D P, Zhang G G, Qian F W, Hou Y Q, Dai M, Jiang H X, Lu J, Xiao W F. Population, distribution and home range of wintering bar-headed goose along Yaluzangbu River, Tibet. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(15): 4173-4179.
- [9] Li F S, Nie H, Ye C H. Feeding habits of bar-headed geese wintering at Cao Hai, Guizhou province. *Chinese Journal of Zoology*, 1998, 33(4): 29-33.
- [10] Chang J C, Yu D M, Liu Y D. Preliminary study on ecology of Ruddy shelduck in winter. *Chinese Journal of Zoology*, 1997, 32(6): 31-34.
- [11] Ruan Y Q. The diurnal time-budgets of mandarin duck (*Aix galericulata*) in wintering. *Chinese Journal of Wildlife*, 1995, (6): 19-23.
- [12] Jiao Z X, Gao Y J, Zhang J H, Liu S X, Liu J W. Initial exploration of overwintering mandarin duck habitat selection along the valley of Qinggan river of Three Gorges Area. *Sichuan Journal of Zoology*, 2012, 31(4): 647-649, 654-654.

- [13] Shao M Q, Zeng B B, Hounscome T, Chen L X, You C Y, Wang H B, Dai N H. Winter ecology and conservation threats of scaly-sided merganser *Mergus squamatus* in Poyang lake watershed, China. *Pakistan Journal of Zoology*, 2012, 44(2): 503-510.
- [14] Shao M Q, Zhang X R, Dai N H, Guo Y R, Gan W L, Tong L F, Jian M F, Tu Y L. Preliminary study on behaviors of wintering scaly-sided merganser. *Sichuan Journal of Zoology*, 2010, 29(6): 984-985.
- [15] Shao M Q, Zeng B B, Shang X L, Chen L X, You C Y, Dai N H. Group characteristics of Chinese merganser (*Mergus squamatus*) during the wintering period in Poyang Lake watershed, Jiangxi Province. *Acta Ecologica Sinica*, 2012, 32(10): 3170-3176.
- [16] Maccarone A D, Cope C H. Recent trends in the winter population of Canada geese (*Branta canadensis*) in Wichita, Kansas: 1998—2003. *Transactions of the Kansas Academy of Science*, 2004, 107(1/2): 77-82.
- [17] Eichholz M W, Sedinger J S. Staging, migration, and winter distribution of Canada and cackling geese staging in Interior Alaska. *The Journal of Wildlife Management*, 2006, 70(5): 1307-1315.
- [18] Shimada T. Daily activity pattern and habitat use of greater white-fronted geese wintering in Japan; Factors of the population increase. *Waterbirds*, 2002, 25(3): 371-377.
- [19] Jónsson J E, Afton A D. Lesser Snow Geese and Ross's Geese form mixed flocks during winter but differ in family maintenance and social status. *The Wilson Journal of Ornithology*, 2008, 120(4): 725-731.
- [20] Mason D D, Barboza P S, Ward D H. Nutritional condition of Pacific Black Brant wintering at the extremes of their range. *The Condor*, 2006, 108(3): 678-690.
- [21] Wang S, Xie Y. *China Species Red List*. Beijing: Higher Education Press, 2009.
- [22] Zhao Z J. *Chinese Birds*. Changchun: Jilin Science and Technology Press, 2001.
- [23] Wang H Z, Zhou R G. Individual Identification of *Cygnus columbianus jankowskii* by Bill Pattern. *Journal of Shanghai Normal University: Natural Science*, 1995, 24(1): 60-65.
- [24] Wang H Z, Yao H, Yu K. A preliminary study on ethograms of Chinese bewick's swans. *Journal of Shanghai Normal University: Natural Science*, 1995, 24(3): 75-82.
- [25] Cong P H, Cao L, Anthony D F, Mark B, Eileen C R, Jiang Y, Ji W T, Zhu W Z, Song G X. Changes in Tundra Swan *Cygnus columbianus bewickii* distribution and abundance in the Yangtze River floodplain. *Bird Conservation International*, 2011, 21(3): 1-6.
- [26] Jing J F, Liu G H, Jin Z F, Wu J D, Zeng N J, Gao X. Distribution and status of wintering Eurasian spoonbills in Poyang lake nature reserve. *Chinese Journal of Zoology*, 2011, 46(2): 59-64.
- [27] Wang X L, Xu L G, Bai L, Zhang Q. Soil enzyme activities in Poyang Lake wetlands with typical hygrophilous vegetations. *Chinese Journal of Ecology*, 2011, 30(4): 798-803.
- [28] Wang X H. *The Evaluation of Wetland Ecosystem in Poyang Lake*. Beijing: Science Press, 2004.
- [29] Zou F S, Chen G Z, Guo N. Movement of several species of passeriformes in tropical rain forest of Jianfengling, Hainan island, China. *Zoological Research*, 2005, 26(1): 25-30.
- [30] Nils W, Gary W P, Lynne E S. Non-migratory movements of dunlins on their California wintering grounds. *Wilson Bulletin*, 1995, 107(1): 131-139.
- [31] Bainbridge I P, Minton C D T. The migration and mortality of the Curlew in Britain and Ireland. *Bird Study*, 1978, 25(1): 39-50.
- [32] Townshend D J. The importance of field feeding to the survival of wintering male and female Curlews *Numenius arquata* on the Tees estuary // Jones N V, Wolf W J, eds. *Feeding and Survival Strategies of Estuarine Organisms*. New York: Plenum Press, 1981: 261-273.
- [33] Zhu Q, Liu G H, Zeng N J, Wu J D, Jin J F, Zhan H Y. Population sizes and distributions of *Grus leucogeranus*, *Ciconia boyciana* and *Ciconia boyciana* in Poyang lake national nature reserve during the winters of 2007 to 2009. *Wetland Science & Management*, 2012, 8(4): 53-56.
- [34] Verner J. Time budget of the male Long-billed march wren during the breeding season. *The Condor*, 1965, 67(2): 125-139.
- [35] Zhang Y. Preliminary Research of Swan Geese (*Anser cygnoides*) Wintering Ecology during 2008/2009 at Shengjin Lake, Anhui Province, China [D]. Hefei: College of Life Sciences, University of Science and Technology of China, 2009.
- [36] Yang X L. Research on the Numbers, Distribution, Feeding Behavior and Diet of Great White Fronted Geese at Shengjin Lake, the National Natural Reserves in Anhui Province [D]. Hefei: College of Life Sciences, University of Science and Technology of China, 2011.
- [37] Grioux J F, Patterson I J. Daily movements and habitat use by radio-tagged Pink-footed Geese *Anser brachyrhynchus* wintering in northeast Scotland. *Wildfowl*, 1995, 46: 31-44.
- [38] Sang L L, Ge Z M, Pei E L, Xu X J, Jiang S, Wang T H. Observation on the behaviors of wintering waterfowls in artificial wetland at Chongming Dongtan. *Chinese Journal of Ecology*, 2008, 27(6): 940-945.
- [39] Liu Z S, Wang X M, Li Z G, Cui D Y, Li X Q. Seasonal variation of diurnal activity budgets by blue sheep (*Pseudois nayaur*) with different Age-sex Classes in Helan mountain. *Chinese Journal of Zoology*, 2005, 26(4): 350-357.
- [40] Cao Q, Hu D F, Lu J, Huang Z F, Fu W Y. A comparison on behavioral rhythm of South China Tiger (*Panthera tigris amoyensis*) in different age groups. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(6): 2767-2774.
- [41] Gao F. Studies on the Diurnal Behavior of Semi-free Asiatic Wild Ass [D]. Hohhot: College of Life Sciences, Inner Mongolia Normal

University, 2008.

- [42] Zhu H H, Zhang B. Poyang Lake-Hydrologic, Biological, Deposition, Wetland, Development and Improvement. Beijing: University of Science and Technology of China Press, 1997.

参考文献:

- [1] 唐剑, 鲁长虎, 袁安全. 洪泽湖东部湿地自然保护区雁鸭类种类组成、数量及生境分布. 动物学杂志, 2007, 42(1): 94-101.
- [2] 匡邦郁. 豆雁 *Anser fabalis serrirostris* (Alphéraky) 越冬习性的初步观察. 动物学杂志, 1960, (6): 253-254.
- [3] 刘静. 安徽升金湖国家级自然保护区豆雁的越冬食性和行为研究 [D]. 合肥: 中国科技大学生命科学院, 2011.
- [4] 闫建国, 汤天清. 大天鹅在荣成沿海越冬调查简报. 山东林业科技, 2003, (2): 38-39.
- [5] 董翠玲, 齐晓丽, 刘建. 荣成天鹅湖湿地越冬大天鹅食性分析. 动物学杂志, 2007, 42(6): 53-56.
- [6] 牛红星, 路纪琪, 吕九全, 瞿文元. 豫北大天鹅越冬生态习性的研究. 河北师范大学学报: 自然科学版, 1997, 21(3): 314-316.
- [7] 杨延峰, 张国钢, 陆军, 刘文, 李振吉. 贵州草海越冬斑头雁日间行为模式及环境因素对行为的影响. 生态学报, 2012, 32(23): 7280-7288.
- [8] 刘东平, 张国钢, 钱法文, 侯韵秋, 戴铭, 江红星, 陆军, 肖文发. 西藏雅鲁藏布江中游斑头雁的越冬种群数量、分布和活动区. 生态学报, 2010, 30(15): 4173-4179.
- [9] 李凤山, 聂卉, 叶长虹. 贵州草海斑头雁的冬季食性分析. 动物学杂志, 1998, 33(4): 29-33.
- [10] 常家传, 于达敏, 刘英铎. 赤麻鸭越冬生态观察. 动物学杂志, 1997, 32(6): 31-34.
- [11] 阮云秋. 鸳鸯越冬期日活动行为时间分配的研究. 野生动物, 1995, (6): 19-23.
- [12] 焦致炯, 高艳娇, 张俊华, 刘胜祥, 刘家武. 三峡库区青干河峡谷鸳鸯越冬生境选择初探. 四川动物, 2012, 31(4): 647-649, 654-654.
- [14] 邵明勤, 章旭日, 戴年华, 郭英荣, 甘文亮, 童丽芳, 简敏菲, 涂远龙. 中华秋沙鸭冬季行为初步分析. 四川动物, 2010, 29(6): 984-985.
- [15] 邵明勤, 曾宾宾, 尚小龙, 陈立欣, 游茶英, 戴年华. 江西鄱阳湖流域中华秋沙鸭越冬期间的集群特征. 生态学报, 2012, 32(10): 3170-3176.
- [21] 汪松, 解焱. 中国物种红色名录. 北京: 高等教育出版社, 2009.
- [22] 赵正阶. 中国鸟类志. 长春: 吉林科学技术出版社, 2001.
- [23] 王会志, 周韧刚. 小天鹅的个体识别方法. 上海师范大学学报: 自然科学版, 1995, 24(1): 60-65.
- [24] 王会志, 姚红, 虞快. 小天鹅行为谱的初步建立. 上海师范大学学报: 自然科学版, 1995, 24(3): 75-82.
- [26] 金杰锋, 刘观华, 金志芳, 吴建东, 曾南京, 高翔. 鄱阳湖保护区白琵鹭越冬种群分布. 动物学杂志, 2011, 46(2): 59-64.
- [27] 王晓龙, 徐力刚, 白丽, 张奇. 鄱阳湖典型湿地植物群落土壤酶活性. 生态学杂志, 2011, 30(4): 798-803.
- [28] 王晓鸿. 鄱阳湖湿地生态系统评估. 北京: 科学出版社, 2004.
- [29] 邹发生, 陈桂珠, 郭宁. 海南岛尖峰岭热带森林中几种雀形目鸟的移动. 动物学研究, 2005, 26(1): 25-30.
- [33] 朱奇, 刘观华, 曾南京, 吴建东, 金杰锋, 詹慧英. 鄱阳湖国家级自然保护区白鹤、东方白鹳和小天鹅种群数量与分布. 湿地科学与管理, 2012, 8(4): 53-56.
- [35] 张永. 安徽升金湖国家级自然保护区 2008/2009 鸿雁 (*Anser cygnoides*) 越冬生态学初步研究 [D]. 合肥: 中国科技大学生命科学院, 2009.
- [36] 杨秀丽. 安徽升金湖国家级自然保护区白额雁 (*Anser albifrons*) 数量分布, 觅食行为和食性变化研究 [D]. 安徽: 中国科技大学生命科学院, 2011.
- [38] 桑莉莉, 葛振鸣, 裴恩乐, 徐道俊, 姜姗, 王天厚. 崇明岛东滩人工湿地越冬水禽行为观察. 生态学杂志, 2008, 27(6): 940-945.
- [39] 刘振生, 王小明, 李志刚, 崔多英, 李新庆. 贺兰山岩羊不同年龄和性别昼间时间分配的季节差异. 动物学研究, 2005, 26(4): 350-357.
- [40] 曹青, 胡德夫, 陆军, 黄兆峰, 傅文源. 散养条件下华南虎不同年龄组行为节律的比较. 生态学报, 2009, 29(6): 2767-2774.
- [41] 高峰. 半散养蒙古野驴 (*Equus hemionus heionus*) 昼间行为研究 [D]. 内蒙古: 内蒙古师范大学生命科学学院, 2008.
- [42] 朱海虹, 张本. 鄱阳湖—水文、生物、沉积、湿地、开发、整治. 中国科技大学出版社, 1997.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.33 ,No.18 Sep. ,2013(Semimonthly)

CONTENTS

Development of agroecology in USA	HUANG Guoqin, McCullough Patrick E. (5449)
Research progress on water footprint	MA Jing, PENG Jian (5458)
Analysis and evaluation of the eco-economic systems of the main crops (rice, cotton and rapeseed) in Jiangxi Province, China	SUN Weimin, OU Yizhi, HUANG Guoqin (5467)
Relationship among drought, hydraulic metabolic, carbon starvation and vegetation mortality	DONG Lei, LI Jiyue (5477)
Reviews on the ecological stoichiometry characteristics and its applications	ZENG Dongping, JIANG Liling, ZENG Congsheng, et al (5484)
Composition and fractal features of purple soil aggregates during the vegetation restoration processes in the Three Gorges Reservoir Region	WANG Yihao, GENG Yanghui, HUANG Zhonghua (5493)
Impacts of different surface covers on soil respiration in urban areas	FU Zhihong, HUYAN Jiaoqi, LI Feng, et al (5500)
Chilling sensitivities of three closely related plants with different invasiveness in South China	WANG Yutao, LI Chunmei, LI Shaoshan (5509)
The flower syndrome and pollination adaptation of desert rare species <i>Eremosparton songoricum</i> (litv.) Vass.(Fabaceae)	SHI Xiang, LIU Huiliang, ZHANG Daoyuan, et al (5516)
Competitive effect of <i>Pistia stratiotes</i> to rice and its impacts on rice yield and soil nutrients	SHEN Shicai, XU Gaofeng, ZHANG Fudou, et al (5523)
Photosynthetic physiological ecology characteristics of rare medicinal plants <i>Bletilla striata</i>	WU Mingkai, LIU Hai, SHEN Zhijun, et al (5531)
Photosynthetic responses to Solar UV radiation of <i>Gracilaria lemaneiformis</i> cultured under different temperatures and CO ₂ concentrations	YANG Yuling, LI Wei, CHEN Weizhou, et al (5538)
The effect of soil oxygen availability on greenhouse gases emission in a double rice field	QIN Xiaobo, LI Yu'e, WAN Yunfan, et al (5546)
Effects of nitrogen management on NH ₃ volatilization and nitrogen use efficiency under no-tillage paddy fields	MA Yuhua, LIU Bing, ZHANG Zhisheng, et al (5556)
Study on characteristics of net photosynthetic rate of two kinds of tree shape and Impact Factors in Korla fragrant pear	SUN Guili, XU Min, LI Jiang, et al (5565)
Effects of sand burial on growth, survival, photosynthetic and transpiration properties of <i>Agriophyllum squarrosum</i> seedlings	ZHAO Halin, QU Hao, ZHOU Ruilian, et al (5574)
Effects of using plastic film as mulch combined with bunch planting on soil temperature, moisture and yield of spring wheat in a semi-arid area in drylands of Gansu, China	WANG Hongli, SONG Shangyou, ZHANG Xucheng, et al (5580)
Study on soil aggregates stability of mulberry ridge in Rocky Desertification based on Le Bissonnais method	WANG Sanshu, HUANG Xianzhi, SHI Dongmei, et al (5589)
Effects of fertilization on nitrogen loss with different forms via runoff and seepage under <i>Phyllostachy praecox</i> stands	CHEN Peipei, WU Jiasen, ZHENG Xiaolong, et al (5599)
Characteristics of physiological groups of soil nitrogen-transforming microbes in different vegetation types in the Loess Gully region, China	XING Xiaoyi, HUANG Yimei, AN Shaoshan, et al (5608)
Effects of vegetation types on soil microbial biomass C, N, P on the Loess Hilly Area	ZHAO Tong, YAN Hao, JIANG Yueli, et al (5615)
Influence of mulching management on soil microbe and its relationship with soil nutrient in <i>Phyllostachys praecox</i> stand	GUO Ziwu, YU Wenxian, CHEN Shuanglin, et al (5623)
Effect of rainfall on the seasonal variation of soil respiration in Hulunber Meadow Steppe	WANG Xu, YAN Yuchun, YAN Ruirui, et al (5631)
Spatial heterogeneity of fine roots in a subtropical evergreen broad-leaved forest and their sampling strategy based on soil coring method	HUANG Chaochao, HUANG Jinxue, XIONG Decheng, et al (5636)
Changes of leaf traits and WUE with crown height of four tall tree species	HE Chunxia, LI Jiyue, MENG Ping, et al (5644)
Sap flow dynamics of <i>Populus alba</i> L.× <i>P.talassica</i> plantation in arid desert area	ZHANG Jun, LI Xiaofei, LI Jiangui, et al (5655)
Effects of simulated temperature increase and vary little quality on litter decomposition	LIU Ruipeng, MAO Zijun, LI Xinghuan, et al (5661)
The effects of leaf stoichiometric characters on litter turnover in an arid-hot valley of Jinsha River, China	YAN Bangguo, JI Zhonghua, HE Guangxiong, et al (5668)
Comparison of concentrations of non-structural carbohydrates between new twigs and old branches for 12 temperate species	ZHANG Haiyan, WANG Chuankuan, WANG Xingchang (5675)
Combined effects of root cutting, auxin application, and potassium fertilizer on growth, sugar:nicotine ratio, and organic potassium index of flue-cured tobacco	WU Yanhui, XUE Lixin, XU Zicheng, et al (5686)
Effects of photoperiod and high fat diet on energy intake and thermogenesis in female <i>Apodemus chevrieri</i>	GAO Wenrong, ZHU Wanlong, MENG Lihua, et al (5696)
Effects of dietary chlorogenic acid supplementation on antioxidant system and anti-low salinity of <i>Litopenaeus vannamei</i>	WANG Yun, LI Zheng, LI Jian, et al (5704)

- Responses of desert plant diversity, community and interspecific association to soil salinity gradient ZHANG Xueni, LÜ Guanghui, YANG Xiaodong, et al (5714)
- Community characteristics in a chronosequence of karst vegetation in Mashan county, Guangxi WEN Yuanguang, LEI Liquan, ZHU Hongguang, et al (5723)
- Association between environment and community of *Pinus taiwanensis* in Daiyun Mountain LIU Jinfu, ZHU Dehuang, LAN Siren, et al (5731)
- The dynamics of soil fauna community during litter decomposition at different phenological stages in the subtropical evergreen broad-leaved forests in Sichuan basin WANG Wenjun, YANG Wanqin, TAN Bo, et al (5737)
- Seasonal dynamics and content of soil labile organic carbon of mid-subtropical evergreen broadleaved forest during natural succession FAN Yuexin, YANG Yusheng, YANG Zhijie, et al (5751)
- The stoichiometric characteristics of C, N, P for artificial plants and soil in the hinterland of Taklimakan Desert LI Congjuan, LEI Jiaqiang, XU Xinwen, et al (5760)
- A preliminary investigation on the population and behavior of the Tundra Swan (*Cygnus columbianus*) in Poyang Lake DAI Nianhua, SHAO Mingqin, JIANG Lihong, et al (5768)
- Effects of nutrient enrichment and fish stocking on succession and diversity of phytoplankton community CHEN Chun, LI Sijia, XIAO Lijuan, HAN Boping (5777)
- The depositional environment and organic sediment component of Dagze Co, a saline lake in Tibet, China LIU Shasha, JIA Qinxian, LIU Xifang, et al (5785)
- Spatiotemporal variation of interacting relationships among multiple provisioning and regulating services of Tibet grassland ecosystem PAN Ying, XU Zengrang, YU Chengqun, et al (5794)
- Spatial distribution of dissolved amino acids in Lake Taihu, China YAO Xin, ZHU Guangwei, GAO Guang, et al (5802)
- RS- and GIS-based study on ecological function regionalization in the Chaohu Lake Basin, Anhui Province, China WANG Chuanhui, WU Li, WANG Xinyuan, et al (5808)
- Trends of spring maize phenophases and spatio-temporal responses to temperature in three provinces of Northeast China during the past 20 years LI Zhengguo, YANG Peng, TANG Huaqun, et al (5818)
- Species selection for landscape rehabilitation and their response to environmental factors in Poyang Lake wetlands XIE Dongming, JIN Guohua, ZHOU Yangming, et al (5828)
- Temporal and spatial pattern of the phytoplankton biomass in the Pearl River Delta WANG Chao, LI Xinhui, LAI Zini, et al (5835)
- Spatio-temporal dynamics of land use/land cover and its driving forces in Nanjing from 1995 to 2008 JIA Baoquan, WANG Cheng, QIU Erfa (5848)
- Changes of organic carbon and its labile fractions in topsoil with altitude in subalpine-alpine area of southwestern China QIN Jihong, WANG Qin, SUN Hui (5858)
- The carbon sink of urban forests and efficacy on offsetting energy carbon emissions from city in Guangzhou ZHOU Jian, XIAO Rongbo, ZHUANG Changwei, et al (5865)
- Groundwater salt content change and its simulation based on machine learning model in hinterlands of Taklimakan Desert FAN Jinglong, LIU Hailong, LEI Jiaqiang, et al (5874)
- Analysis of coordination degree between urban development and water resources potentials in arid oasis city XIA Fuqiang, TANG Hong, YANG Degang, et al (5883)
- Constructing an assessment indices system to analyze integrated regional carrying capacity in the coastal zones: a case in Nantong WEI Chao, YE Shufeng, GUO Zhongyang, et al (5893)
- Fish species diversity in Zhongjieshan Islands Marine Protected Area (MPA) LIANG Jun, XU Hanxiang, WANG Weiding (5905)
- Distribution and long-term changes of net-phytoplankton in the tidal freshwater estuary of Changjiang during wet season JIANG Zhibing, LIU Jingjing, LI Hongliang, et al (5917)
- Study of urban metabolic structure based on ecological network: a case study of Dalian LIU Gengyuan, YANG Zhifeng, CHEN Bin, et al (5926)
- Factors influencing of residents' tolerance towards wild boar in and near nature reserve: Taking the Heilongjiang Fenghuangshan Nature Reserve as the example XU Fei, CAI Tiju, JU Cunyong, et al (5935)
- Herdsmen's willingness to participate in ecological protection in Sanjiangyuan Region, China LI Huimei, ZHANG Anlu, WANG Shan, et al (5943)
- Analysis of first flush in rainfall runoff in Shenyang urban city LI Chunlin, LIU Miao, HU Yuanman, et al (5952)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,300 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

本期责任副主编 陈利顶

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 33 卷 第 18 期 (2013 年 9 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 18 (September, 2013)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel: (010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail: journal@ cspg. net	Distributed by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel: (010)64034563 E-mail: journal@ cspg. net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add: P.O.Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行人

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元