

全球气候变化对野生动物的影响

马瑞俊^{1, 2}, 蒋志刚¹

(1. 中国科学院动物研究所, 北京 100080; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘要: 全球气候变化及其影响引起了人们的关注。随着全球气候变暖, 北半球物候期提前, 一些野生动物的分布区北移, 动物的繁殖、种群变化都发生了不同程度的变化, 有的物种甚至灭绝。青藏高原是全球变化的敏感地区之一, 位于青藏高原东北部的青海湖地区正向暖干化方向发展。与历史分布比较, 青海湖地区现生动物的分布和组成发生了较大的变化。设计自然保护区时, 考虑全球气候变化对野生动物的影响, 有利于保护物种多样性, 有利于保持生态系统的功能完整性。

关键词: 气候变化; 物候期; 生物多样性; 青藏高原; 青海湖

文章编号: 1000-0933(2005)11-3061-06 中图分类号: Q 143, S759.6 文献标识码: A

Impact of global climate change on wildlife

MA RuiJun^{1, 2}, JIANG Zhi-Gang¹ (*Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China; 2. the Graduate school of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China*). *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(11): 3061~ 3066

Abstract The Earth's climate has warmed by approximately 0.3~ 0.6 °C over the past 100 years, with the 1990s being the warmest decade. There is now ample evidence of the impacts of recent climate change on wildlife, from polar terrestrial to tropical marine environments. The recent climatic changes have affected a broad range of wildlife with diverse geographical distribution, for instance, the species distribution, the phenology, the animal's behavior and population dynamics of wild animals. The Qinghai-Tibetan plateau is one of the sensitive regions to global environmental change. The Qinghai Lake region which located on the northeast part of the plateau is become warmer and drier. Compare with the historical distribution and composition, the distribution and composition of wild fauna in the Qinghai Lake region changed. For the sake of protecting the wildlife, we should be careful when making decisions about wildlife management in the context of global climate conditions. Particularly, when designing nature reserve for protecting endangered wildlife species.

Key words: climate change; phenology; Qinghai-Tibetan plateau; Qinghai Lake

近百年来, 世界正以异乎寻常的速率在变暖^[1~3]。现在全球年平均气温为 14.3 °C, 比 100a 前的全球平均气温已升高 0.3~ 0.6 °C, 其中 20 世纪 90 年代是过去 100a (1900~ 2000 年) 中最热的 10a^[4]。全球气候变暖的一个可能原因是大气中二氧化碳和其他温室气体浓度的增加^[5]。历史文献、树木年轮、沉积物、冰芯以及其他资料间接地为人们提供了全球气候变化的历史资料。人们构建了许多相关模型预测未来气候的变化^[6], 虽然预测结果不尽相同, 但预测的总体趋势大致相同, 在今后 100a 左右的时间里, 全球气温将增加 5.8 °C^[7]。

全球变暖产生了一系列后果, 如冰川消退、海平面上升、荒漠化等。全球变暖还给生态系统、农业生产、特别是野生动物带来严重影响, 甚至加速了物种的灭绝^[8, 9]。然而, 人们对生物多样性随气候变化的机制知之甚少^[10]。研究表明, 气候变化影响了动物的地理分布、物候(如繁殖、鸟类迁徙等)、动物行为以及种群大小等^[11]。本文, 综述了有关全球变化对野生动物的影响, 并探讨了这一领域的有关研究方向。

基金项目: 国家重点基础研究发展规划资助项目(G200046805); 中国科学院知识创新工程资助项目(KSCX2-SW-118); 国家自然科学基金重点资助项目(No. 30230080)

收稿日期: 2005-04-26; **修订日期:** 2005-09-12

作者简介: 马瑞俊(1972~), 男, 内蒙古自治区呼和浩特人, 硕士生, 主要从事全球变化及其对野生动物的影响

Foundation item: Key Basic Research and Development Project (No. G2000046805), the Knowledge Innovation Project of Chinese Academy of Sciences (No. KSCX2-SW-118), and the National Natural Science Foundation of China (No. 30230080)

Received date: 2005-04-26; **Accepted date:** 2005-09-12

Biography: MA RuiJun, Master candidate, mainly engaged in global change and its impact on wildlife

1 动物地理分布

全球气候变化改变了物种的地理分布范围^[9, 12~14], 增加了某些物种潜在的分布区域^[15]。生境是生物生活的空间及其全部生态因子的总和, 各生态因子相互关联、相互影响, 共同对生物产生影响。全球气候变化改变了区域的温度和降水格局, 使动物的栖息生境发生改变, 某些鸟类和两栖类, 甚至丧失了栖息生境^[16, 9]。当温度和降水格局发生变化时, 物种的分布会随之发生变化, 因为物种总是倾向于分布在气候条件最适宜的区域^[17]。植被是野生动物赖以生存的栖息环境, 也是野生动物的食物来源。气候变化影响植被, 尤其对植被的初级生产力产生较大影响。植被变化时, 动物分布区相应地随之发生改变^[18]。气候变化对极地和湿地影响显著。在内陆地区, 随着温度的升高, 湿地大面积缩小, 分布于湿地的两栖动物受到影响。

在一定范围内, 动物的分布范围与种群大小有关。当生境因子的变幅在动物的忍受范围之内时, 动物种群的大小与分布范围呈正相关。对那些受益于全球气候变化的动物种群, 其分布范围会随着种群的壮大而扩展。例如近年来频繁的极端气候事件, 尤其是干旱, 常会引起一些昆虫的大暴发、从分布中心向更大范围扩展^[19]。

温度是影响物种分布关键的因子之一。特定的物种分布在特定的温度带内。全球气候变暖后, 由于不同地区温度升高的不平衡, 加上这些地区本身环境的差异, 温度升高对这些地区的野生动物生境产生了影响^[20]。气候变化对野生动物分布的影响, 除了温度升高而使其受到直接胁迫外, 温度升高还引起其它环境因子改变, 而使其重新分布^[13]。对扩散能力不同的动物, 全球气候变化对其分布的影响结果不同, 扩散能力较强的动物, 随气温的升高, 其分布区北移或出现在更高海拔地区^[21], 当温度变化在其忍受范围之内时, 其分布范围因其分布边界的移动而扩大。如蝴蝶是全球变暖的敏感指示物种之一。研究发现, 生活在北美洲和欧洲的斑蝶 (*Euphydryas editha*) 其分布区在过去 27a 中向北迁移, 最多向北迁移达 200km^[22]。斑蝶每年在加利福尼亚北部到加拿大度过夏季, 冬季到墨西哥越冬。由于气候变暖, 斑蝶在南部的分布区正在消失, 其分布区向北部和高海拔地区扩展。同时, 生活在英国的 12 种鸟类由于冬季气温升高, 它们的分布区向北平均迁移了 18.9km^[23]。加拿大的红狐 (*Vulpes vulpes*)、北极狐 (*Alopex lagopus*) 由于气温升高, 其分布区也向北扩展^[24], 哥斯达黎加一些鸟类分布区有从低海拔地区向高海拔地区扩展的趋势^[25]。相反, 对于扩散能力较弱的物种, 如全球气候变化会导致蝴蝶 (*Euphydryas editha bayensis*) 分布区缩减, 甚至局部灭绝^[8]。

由于全球变暖, 蚊子出现在更高海拔, 调查显示, 一些以前从来没有疟疾或其他蚊子传播的疾病的高海拔地区, 现在也开始发生这些疾病。1997 年, 坦桑尼亚和印度尼西亚的热带高地第一次暴发了疟疾。登革热以前只在海拔 1000m 以下的地区发生, 现在在墨西哥近海拔 2000m 的地区也有登革热的报道。在哥伦比亚超过海拔 2000m 的地区发现了登革热和黄热病的媒介昆虫^[26]。

我国学者发现, 鸟类的分布向北扩展^[27, 28], 一些典型的东洋界鸟类, 如叉尾太阳鸟 (*Aethopya christinae*), 已经进入到古北界, 东洋界种类明显多于古北界, 使地理区系的界限更加模糊^[29]。

2 动物物候

物候是生物长期生活于特定生境, 经过适应后, 其发育节律与自然周期相协调的现象。如鸟类的产卵、昆虫的孵化、迁徙动物的第一次出现、植物的开花等。物候的时间与气温、降水、土壤温湿度、光照等因子有关。但不同的物种对这些因子的敏感程度不同, 这些因子的长期改变也常会引起其物候的变化, 最终影响到物种繁殖力、竞争力以及物种间的相互作用。物候变化也许是动物对气候变化最简单的反应。温度升高使野生动物的物候发生改变^[30, 31], 通常表现为物候期提前。

在欧洲和北美, 野生植物、蝴蝶和鸟类的物候变化引起了广泛关注。长期的物候学数据表明植物的开花日期、蝴蝶羽化时间、两栖类的繁殖产卵时间、鸟类的繁殖、迁徙日期提前^[11, 32, 33]。在欧洲, 植物的开花期每 10a 提前 1.4~3.8d^[32], 18 种蝴蝶在英国的羽化时间每 10a 提前 2.8~3.2d。气候变暖后, 两栖类繁殖期提前^[34, 35]。在欧洲和北美鸟类的迁徙时间每 10a 春季早到 1.3~4.4d^[36], 繁殖期每 10a 提前 1.9~4.8d。Crick 和 Spark 预测到 2080 年约有 75% 的鸟类产卵期提前^[37]。

气候变暖对水禽的影响更为明显。20 世纪 90 年代以前, 斑嘴鸭 (*Anas poecilorhyncha*) 在渤海湾地区还是夏候鸟, 近年来由于冬季气候变暖, 渤海湾近海结冰期缩短, 斑嘴鸭已经成为该地区的留鸟^[38]。气候变暖还改变鸟类迁徙的时间和路线, 并可能缩短鸟类迁徙的距离。灰鹤 (*Grus grus*) 在俄罗斯及我国东北繁殖, 历史上它在我国华南地区越冬, 在黄河三角洲只是旅鸟, 而现在它们不仅在黄河三角洲越冬, 而且在辽宁省瓦房店地区也发现了灰鹤的越冬种群^[39]。气候的变化不仅影响鸟类在大范围内的水平运动, 也同样影响山地居留鸟类的垂直运动, 这种影响是气候变暖与所引起的植物群落沿海拔变化共同作用的结果^[40]。

3 动物行为与生理

研究表明, 气候变化特别是降水变化对动物有较大的影响, 如影响物种丰富度^[41]、存活率^[42]、产卵日期^[37]、繁殖成功率^[43, 44]、生长速度^[45]和动物行为^[48]等。

动物的繁殖期是对动物生活史中对气候最敏感的时期, 微小的气候变化都有可能影响到动物的繁殖成功率^[46]。这种影响

可能是正向的也可能是负向的, 关键看动物繁殖的限制因子的变化方向。当限制因子变得对动物有利时, 其繁殖的机会增加, 繁殖后代的成功率也会增加, 种群逐渐壮大; 反之, 动物的繁殖会进一步受限制, 繁殖后代的成功率减小。

由于气候变化而导致的野生动物繁殖生境改变也会影响到野生动物的繁殖欲望, 进而影响到种群的繁殖速率^[47]。如北极的野鸭, 在干旱年份筑巢的欲望明显降低, 从而使其繁殖率降低^[48]。对英国鸟类的野外观察发现, 20 世纪 70 年代以来许多鸟类的繁殖期提前, 产卵时间提前^[49]。北美洲雪雁(*Anser caerulescens*)繁殖的成功率也受到气候波动的影响, 其每窝卵的数量、孵卵的起始时间与每年 5 月的日平均温度和冻雨次数有关^[50]。目前, 有关气候变暖对鸟类神经内分泌和繁殖行为影响的研究不多, 相关机理尚不清楚。

气候变化还可以影响动物的冬眠行为。旱獭在阿拉斯加冬眠时间较 23a 前缩短 38d^[51], 美洲许多鸟类的繁殖期提前^[6]。全球变暖还影响雀形目动物^[52]和啮齿类动物^[53]的身体大小等生理机制。

4 动物种群动态

种群的数量变动由出生与迁入和死亡与迁出两组数据决定。影响出生、死亡和迁移率的因素都影响种群的数量动态。气候变化主要是通过影响动物的生境及其繁殖率, 最后导致动物种群数量波动。

全球气候变化导致动物生境的改变。栖息地的退化也是导致生物多样性减少的主要原因^[54, 11]。栖息地的破碎化是导致物种灭绝的重要原因^[55~58]。物种灭绝的另一个重要原因是极端天气灾害导致大量物种的死亡。气候变化对不同种类的野生动物影响不同, 对哥斯达尼加云雾林保护区的研究发现, 动物种群的数量随着湿度的变化而变化。最明显的是在 1987 年的高温干旱时期, 对 30km² 面积中 50 种青蛙和蟾蜍的调查中发现已有 20 种消失^[59]。过去的几十年中, 许多研究都证明在世界范围内两栖类种群的下降^[60~62]。同时, 全球气候变化带来的极端天气灾害, 也会直接影响到种群动态变化。许多物种的灭绝与极端气候事件有关, 如斑蝶(*Euphydryas editha*)的局部灭绝^[8]。

极地是受气候影响最显著的区域^[51], 由于北极受人类直接干扰少, 由气候变化引起的生境变化比较容易与其它因素区分, 因此, 北极被认为是研究气候变化对野生动物影响的一个理想区域。极地温度升高的另一显著效应是植物生长期延长, 生物量增加, 野生动物的食物增加^[63]。冻原是极地的地带性植被类型, 在北半球, 由于北冰洋的阻挡, 冻原的北界延伸受到很大限制, 而冻原的南界则会大幅度向北推移。这预示将有大面积的冻原在气候变暖过程中消失。对那些在极地完成生活史或在极地进行繁殖的动物来说, 极地面积的缩小会给这些动物带来很大的冲击。据估计, 北极冻原现有 840~1040 万只企鹅(*Spheniscus mendiculus*)在这里繁殖。由于泰加林及北部森林向冻原的转移, 到 2070~2099 年企鹅的数量将缩减一半^[64]。

由于全球气候变暖, 在加利福尼亚和北大西洋海岸, 海水水温上升, 使得一些浮游生物、无脊椎动物和某些鱼类的种群数量增加^[65, 66], 气候变化对深海生物多样性(线虫类)影响明显^[67], 而人们只了解有限的深海线虫种类^[68, 69]。

5 青藏高原的气候变化及其对野生动物的影响

青藏高原是全球变化的敏感地区之一^[70]。Yao 等发现在气候的变化较低海拔地区剧烈, 在高海拔地区, 气温上升的幅度远大于低海拔地区, 在最近 30a 中, 青藏高原海拔 3500m 的气温每年升高 $0.25 \times 10^{-1} / ^\circ\text{C}$ ^[70]。

位于青藏高原东部的青海湖地区的气候正向暖干化方向发展, 注入青海湖的淡水河流量减少, 约 85% 的入湖河流已经断流。湖水蒸发量加剧^[71]。青海湖水位约以每年 10.2~11cm 的速度下降。从 1978 年到 2003 年, 青海湖鸟岛和湖东北沿岸湖水退缩, 最大退缩距离约 5.42km, 最小退缩距离约 0.069km。由于 2004 年海晏湾与青海湖完全分离, 青海湖面积从 1978 年的 4439km² 减小为 4146km²^[72]。湖水退缩后, 裸露的湖底成为湖畔的沙地。

由于气候、土地覆盖和干燥度的变化, 加之人类活动的影响, 青海湖地区的物种组成和分布发生了变化。环境变迁后, 沙地上发生了植被演替和动物区系演替。与动物的历史分布比较^[73~74], 青海湖地区动物的分布和组成发生了较大的变化^[75~80]。近年来青海湖地区气候变化明显, 鸟类分布有很大的变化, 与上世纪中相比较, 洗耀华^[81]和李德浩^[82]发现 26 种鸟类从湖区消失了, 如豆雁(*Anser fabalis*)、灰头鹀(*Turdus rubrocanus*)、白头鹀(*Circus aeruginosus*)、鹌鹑(*Coturnix coturnix*)、白背矶鹑(*Monticola saxatilis*)、文须雀(*Panurus blainius*)等。据中国科学院青海甘肃兽类调查报告记录^[83], 青海湖周围地区曾经有北山羊(*Capra sibirica*)和藏野驴(*Equus kiang*)、豹猫(*Felis bengalensis*)、猞猁(*Felis lynx*)分布, 现在, 这些动物已经消失。藏野驴、野牦牛(*Poephagus mutus*)、藏羚(*Pantholops hodgsoni*)也在此绝迹^[83], 普氏原羚(*Procapra przewalskii*)是 I 级保护动物, 曾分布于内蒙古、青海和甘肃等地区, 由于气候变化和人类活动的影响, 现在仅分布于青海湖地区^[80]。

6 全球变化与野生动物保护

目前, 需要在以下几方面展开全球气候变化对野生动物影响的研究:

- (1) 物种表现型和基因型的研究 那些不能对全球气候变化做出反应的物种可能是最易于受到气候变化伤害的物种。
- (2) 物种扩散能力的研究 那些扩散能力较弱、生活在破碎化栖息地中的物种, 不能对气候变化作出及时反应。
- (3) 种群的研究 气候变化对单个物种的种群动态变化的影响, 尤其是对热点地区关键物种的种群动态变化的影响。如果

气候变化比预期更加易变,那么,小种群则容易受到气候变化的影响。

(4) 极端气候变化频率的研究 极端气候变化能够对种群产生严重的影响,从长远观点来看,极端气候变化发生频率的增加可以影响种群的生存力。

(5) 预测模型的研究 尽管已有较多的模型应用到实际预测中,但现有模型需要进一步完善,更大尺度和特殊生境的模型研究还很欠缺。

(6) 保护机制的研究 由于全球气候变化的影响,野生动物的分布区表现为扩大或缩小,必然会引起生物种间关系的变化^[85~87]。目前仅在动物分布区建立自然保护区。由于气候的变化,动植物种群也将随之进行迁移。因此,在未来的野生动物保护中,要从全球气候变化的角度考虑,对自然保护区的范围做出相应的及时调整,才能有效地保护野生动物。

References

- [1] Houghton J T, Meiro-Filho L G, Callander B A, et al. *Climate Change 1995: The Science of Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, 1996.
- [2] Houghton J T, Ding Y, Griggs D J, et al. *Climate Change 2001: The Science Basis*. Cambridge University Press, Cambridge, 2001.
- [3] Root T, Price J T, Hall K R, et al. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature*, 2003, **421**: 57~ 60.
- [4] Thomas C D, Cameron A, Green R E, et al. Extinction risk from climate change. *Nature*, 2004, **427**: 145~ 148.
- [5] Graham R W, Grimm E C. Effects of climate change on the patterns of terrestrial biological communities. *Trends in Ecology & Evolution*, 1990, **5**: 289~ 292.
- [6] Easterling D R, Horton B, Jones P D, et al. Maximum and minimum temperature trends for the globe. *Science*, 1997, **277**: 364~ 367.
- [7] McCarthy J J, Canziani O F, Leary N A, et al. *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, 2001.
- [8] Mclaughlin J F, Hellmann J J, Boggs C L, et al. Climate change hastens population extinctions. *PNAS*, 2002, **99**: 6070~ 6074.
- [9] Julian L, Stuart L, Pimm, et al. Extinction Rates. *Science*, 1996, **273**: 293~ 297.
- [10] Gaston K J. Global patterns in biodiversity. *Nature*, 2000, **405**: 220~ 227.
- [11] Walther G R, Post E, Convey P, et al. Ecological responses to recent climate change. *Nature*, 2002, **416**: 389~ 395.
- [12] Wuethrich B. How climate change alters rhythms of the wild. *Science*, 2000, **287**: 793~ 795.
- [13] Hughes L. Biological consequences of global warming: is the signal already apparent? *Trends in Ecology & Evolution*, 2000, **15**: 56~ 61.
- [14] Ottersen G, Planque B, Belgrano A, et al. Ecological effects of the North Atlantic Oscillation. *Oecologia*, 2001, **128**: 1~ 4.
- [15] Kriticos D J, Sutherst R W, Brown J R, et al. Climate change and the potential distribution of an invasive alien plant: *Acacia nilotica* ssp. *Indica* in Australia. *Journal of Applied Ecology*, 2003, **40**: 111~ 124.
- [16] Batabyal A A. An optimal stopping approach to the conservation of biodiversity. *Ecol. Mod.*, 1998, **105**: 293~ 298.
- [17] Parnesan C. Climate and species's range. *Nature*, 1996, **382**: 765~ 766.
- [18] Masters G J, Brown V K, Clarke I P, et al. Direct and indirect effects of climate change on insect herbivores Auchenorrhyncha (Homoptera). *Ecological Entomology*, 1998, **23**: 45~ 52.
- [19] Warren M S, Hill J K, Thomas J A, et al. Rapid responses of British butterflies to opposing forces of climate and habitat change. *Nature* (London), 2001, **414**: 65~ 69.
- [20] Moisselin J M, Schneider M, Canellas C, et al. Climate change over France during the 20th century; a study of longterm homogenized data of temperature and rainfall. *L'Atmosphère*, 2002, **38**: 45~ 56.
- [21] Veit R R, McGowan J A, Ainley D G. Apex marine predator declines 90% in association with changing oceanic climate. *Global Change Biology*, 1997, **3**: 23~ 28.
- [22] Parnesan C, Ryrholm N, Stefanescu C, et al. Poleward shifts in geographical ranges of butterfly species associated with regional warming. *Nature*, 1999, **399**: 579~ 583.
- [23] Thompson L G, Mosley-Thompson E, Davis M, et al. Recent warming: ice core evidence from tropical ice cores with emphasis on Central Asia. *Global Planetary Change*, 1993, **7**: 145~ 156.
- [24] Hersteinsson P, MacDonald D W. Interspecific competition and the geographical distribution of red and arctic foxes *Vulpes vulpes* and *Alopex lagopus*. *Oikos*, 1992, **64**: 50~ 515.
- [25] Pounds J A, Fogden M P L, Campbell J H. Biological response to climate change on a tropical mountain. *Nature*, 1999, **398**: 611~ 615.
- [26] Epstein P R, Diaz H F, Elias S, et al. Biological and physical signs of climate change: focus on mosquito-borne diseases. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 1998, **79**(3): 409~ 417.
- [27] Liu B. Winter residence of some birds and its relation to the ecological environment in northern China. *Journal of Zoology*, 1992, **27**: 32.
- [28] Sun Q and Zhang Z. Impacts of global climate warming on the distribution of birds in China. *Journal of Zoology*, 2000, **14**: 45~ 48.
- [29] Bai L and Bai Y. Survey of Avian Fauna in Shangdong. Beijing: Science Press, 1991.
- [30] Crick H Q P, Dudley C, Glue D E, et al. UK birds are laying eggs earlier. *Nature*, 1997, **388**: 526.
- [31] Forchhamer M C, Post E, Srenseth N C. Breeding phenology and climate. *Nature*, 1998, **391**: 29~ 30.

- [32] Menzel A, Estrella N, Fabian P. Spatial and temporal variability of the phenological seasons in Germany from 1951~ 1996 *Global Change Biology*, 2001, **7**: 657~ 666
- [33] Sparks T H, Menzel A. Observed changes in seasons: an overview. *Journal of Climatology*, 2002, **22**: 1715~ 1725
- [34] Gibbs J P, Breisch A R. Climate warming and calling phenology of frogs near Ithaca, New York, 1900~ 1999 *Conservation Biology*, 2001, **15**: 1175~ 1178
- [35] Beebee T J C. Amphibian breeding and climate *Nature*, 1995, **374**: 219~ 220
- [36] Roy D B, Sparks T H. Phenology of British butterflies and climate change *Global Change Biology*, 2000, **6**: 407~ 416
- [37] Crick H Q P, Sparks T H. Climate change related to egg-laying trends *Nature*, 1999, **399**: 423~ 424
- [38] Liu M. Survey report of waterfowl along the coast of Liaoning Province *Chinese Wildlife*, 1993, **106**(3): 16~ 17
- [39] Wang K. Wintering and distribution of cranes in the Huanghe delta *Chinese Wildlife*, 1993, **2**: 18~ 20
- [40] Zhang Y. The first recording of grey crane in Liaoning *Chinese Wildlife*, 1993, **4**: 26
- [41] Bridges A S, Peterson M J, Silvy N J, et al. Differential influence of weather on regional quail abundance in Texas *J. Wildlife Manage*, 2001, **65**: 10~ 18
- [42] McCleery R, Yom-Tov Y, Purchase D. The effect of annual rainfall on the survival rates of some Australian passerines *J. Field Ornithol*, 1998, **69**: 169~ 179
- [43] Hustler K, Howells W W. The influence of primary production on a raptor community in Hwange National Park, Zimbabwe *J. Trop. Ecol*, 1990, **6**: 343~ 354
- [44] Lloyd P. Rainfall as breeding stimulus and clutch size determinant in South African arid-zone birds *Ibis*, 1999, **141**: 637~ 643
- [45] Ball J P. Among-year variation in moose calf mass related to climate, plant phenology and nitrogen. ESA. Abstr. 86th Annu. Meeting *Ecol. Soc. Am.* 2001
- [46] Post E, Peterson R O, Stenseth N C, et al. Ecosystem consequences of wolf behavioural response to climate *Nature*, 1999, **401**: 905~ 907
- [47] Sorenson L G, Richard G, Michael G A, et al. Potential impacts of global warming on Pothole wetlands and waterfowl. Green E R, Harley M, Spalding M, Zockler C, Eds. *Impacts of Climate Change on Wildlife*. RSPB, UK, 2001. 64~ 66
- [48] Christoph Z, Lgor L. Waterbirds on the edge: climate change impact on Arctic breeding waterbirds. Green E R, Harley M, Spalding M, Zockler C, Eds. *Impacts of Climate Change on Wildlife*. RSPB, UK, 2001. 20~ 25
- [49] Perris C M. Temperature and eggs laying trends *Nature*, 1998, **391**: 30~ 31
- [50] Skinner W R. Prediction of reproductive success and failure in lesser snow gees based on early season climatic variables *Global Change Biology*, 1998, **4**: 3~ 16
- [51] David A, Peter W, William R F. Effects of climate change on Antarctic sea ice and penguins. In: Green E R, Harley M, Spalding M, Zockler C, Eds. *Impacts of Climate Change on Wildlife*. RSPB, UK, 2001. 26~ 27
- [52] Yom-Tov Y. Global warming and body mass decline in Israeli passerine birds *Proceedings of the Royal Society of London, B*, 2001, **268**: 947~ 952
- [53] Smith F A, Browning H, Shepherd U L. The influence of climate change on the body mass of woodrats *Neotoma* in arid region of New Mexico, USA. *Ecography*, 1998, **21**: 140~ 148
- [54] Donald P F, Green R E, Heath M F. Agricultural intensification and the collapse of Europe's farmland bird populations *Proceedings of the Royal Society of London Series B*, 2001, **26**: 25~ 29
- [55] Soule M E. *Viable Populations for Conservation*. Cambridge: Cambridge University Press, 1987.
- [56] Wilson E O. *The Diversity of Life*. Harvard University Press, Cambridge, MA, 1992
- [57] Batabyal A A. An optimal stopping approach to the conservation of biodiversity. *Ecol. Mod.*, 1998, **105**: 293~ 298
- [58] Noss R F, Murphy D D. Endangered species left homeless in Sweet Home *Conservation Biology*, 1995, **9**: 229~ 231
- [59] Pounds J A. Impacts of climate change on birds, amphibians and reptiles in a tropical montane cloud forest reserve. Green E R, Harley M, Spalding M, Zockler C, Eds. *Impacts of Climate Change on Wildlife*. RSPB, UK, 2001. 30~ 31
- [60] Alford R A, Richards S J. Global amphibian declines: a problem in applied ecology. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1999, **30**: 133~ 165
- [61] Carey C, Heyer W R, Wilkinson J, et al. and Rand A S. Amphibian declines and environmental change: use of remote-sensing data to identify environmental correlates *Conservation Biology*, 2001, **15**: 903~ 913
- [62] Houghton J T, Ding Y, Griggs D J, et al. *Climate Change 2001: The Science Basis*. Cambridge University Press, Cambridge, 2001
- [63] Brad G, David C D, Donald E R, et al. Effects of recent climate warming on Caribou habitat and calf survival. Green E R, Harley M, Spalding M and Zockler C. *Impacts of climate change on Wildlife*. RSPB, UK, 2001. 17~ 19
- [64] Cristoph Z. Climate change in Polar Regions. Green E R, Harley M, Spalding M, Zocker C, Eds. *Impact of climate change on wildlife*. RSPB, UK, 2001. 16
- [65] Sagarin R D, Barry J P, Gilman S E, et al. Climate-related change in an intertidal community over short and long time scales *Ecol. Monogr.*, 1999, **69**: 465~ 490
- [66] Holbrook S J, Schmitt R J, Stephens J S. Changes in an assemblage of temperate reef fishes associated with a climatic shift *Ecol.*

- 1997, 7: 1299~ 1310
- [67] Danovaro R, Dell A, Anno A. Biodiversity response to climate change in a warm deep sea. *Ecology Letters*, 2004, 7: 821~ 828
- [68] Lehoudey P, Grandperrin R. Influence of temperature and ENSO events on the growth of the deep demersal fish alfonsino, *Beryx splendens*, off New Caledonia in the western tropical South Pacific Ocean. *Deep. Sea. Res.*, 1996, 43, 49~ 57.
- [69] Tunberg B G, Nelson W G. Do climatic oscillation influence cyclical patterns of soft bottom macrobenthic communities on the Swedish west coast? *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 1998, 170, 85~ 94
- [70] Yao T, Liu X, Wang N, et al. Amplitude of climatic changes in Qinghai-Tibetan Plateau. *Chinese Science Bulletin*, 2000, 45: 1236~ 1243
- [71] Qin B, Shi Y. Analyses of the hydrological characteristics and water table decreasing in the Qinghai Lake. *Acta Geographica Sinica*, 47 (5): 267~ 273
- [72] Sheng F, Kuang D. Remote sensing the of changes of Qinghai Lake during recent 25 years. *Chinese Lake Science*, 15(4): 289~ 296
- [73] Allen G. Natural history of central Asia. Vol. 2. *The mammal of China and Mongolia*. New York: American Museum of Natural History, 1940. 1208~ 1278
- [74] Zhen Z, Feng Z, Zhang R, et al. Terrestrial vertebrate fauna and its evolution on the Qinghai-Tibetan Plateau. *Report of the Beijing Natural History Museum*, 1981, 9: 1~ 21.
- [75] Schaller G. *Wildlife of the Tibetan steppe*. Chicago and London: The University of Chicago Press, 1998. 245~ 284
- [76] Jiang Z, Li D. Land-cover Change and conservation of Przewalski's gazelle and P. David's deer. *Journal of Chinese Natural Resource*, 1999, 14: 334~ 339.
- [77] Jiang Z, Li D, Wang Z. Population declines of Przewalski's gazelle around Qinghai Lake, China. *Oryx*, 2000, 34: 129~ 135
- [78] Jiang Z, Feng Z, Wang Z, et al. Historical and current distribution of the Przewalski's gazelle. *Acta Theriologica Sinica*, 1995, 5: 241~ 245
- [79] Jiang Z, Li D, Wang Z, et al. Population status and conservation of the Przewalski's gazelle. *Acta Zoologica Sinica*, 2001, 47(2): 158~ 162
- [80] Ma R and Jiang Z. Environmental change in the Qinghai Lake region and its impacts on local fauna. In: Jiang Z, et al. *Przewalski's Gazelle*, Beijing: China Forestry Press, 2004. 161~ 168
- [81] Xian Y. Preliminary observation of the breeding characteristics in Qinghai Lake region. *Journal of Zoology*, 1964, 1: 12
- [82] Li D. *Economic Fauna of Qinghai*. Xining: Qinghai People's Press, 1989. 1~ 735
- [83] Integrated Survey Team of the Chinese Academy of Sciences, Eds. *Report on the Mammals of Qinghai and Gansu*. Beijing: Science Press, 1964
- [84] Chen T, Ren J, Wang H, et al. Impacts of environmental change in the Qinghai Lake region on the evolution of local fauna. *Chinese lake Science*, 1992, 4: 41~ 47.
- [85] Harrington R, Woiod IP, Sparks T H. Climate change and trophic interactions. *Trends Ecol. Evol.*, 1999, 14: 146~ 150
- [86] Davis A J, Jenkinson L S, Lawton J H, et al. Making mistakes when predicting shifts in species range in response to global warming. *Nature*, 1998, 391: 783~ 786
- [87] Harrington R, Woiod IP, Sparks T H. Climate change and trophic interactions. *Trends Ecol. Evol.*, 1999, 14: 146~ 150

参考文献:

- [27] 刘伯文. 某些鸟类冬季留居与北方一些地区生态原因探讨. *动物学杂志*, 1992, 27: 32
- [28] 孙全辉, 张正旺. 气候变暖对我国鸟类分布的影响. *动物学杂志*, 2000, 14: 45~ 48
- [29] 柏亮, 柏玉琨. 山东鸟类调查. 北京: 科学出版社, 1991.
- [38] 刘明玉. 辽宁沿海水鸟调查报告. *野生动物*, 1993, 106(3): 16~ 17.
- [39] 王克山. 黄河三角洲鹤类越冬习性及分布规律观察. *野生动物*, 1993, 2: 18~ 20
- [40] 张跃文. 辽宁首次发现灰鹤越冬种群. *野生动物*, 1993, 4: 26
- [72] 沈芳, 匡定波. 青海湖最近 25 年变化的遥感调查与研究. *湖泊科学*, 2003, 15(4): 289~ 296
- [73] 郑作新, 冯祚建, 张荣祖, 等. 青藏高原陆栖脊椎动物区系及其演变的探讨. 北京自然博物馆研究报告, 1981, 9: 1~ 21.
- [74] 秦伯强, 施雅风. 青海湖水文特征及水位下降原因分析. *地理学报*, 1992, 47(5): 267~ 273
- [76] 蒋志刚, 李迪强. 土地覆盖变化与普氏原羚和麝鹿的保护. *自然资源学报*, 1999, 14: 334~ 339
- [78] 蒋志刚, 冯祚建, 王祖望, 等. 普氏原羚的历史分布与现状. *兽类学报*, 1995, 5: 241~ 245
- [79] 蒋志刚, 李迪强, 王祖望, 等. 青海湖地区普氏原羚种群现状与保护. *动物学报*, 2001, 47(2): 158~ 162
- [80] 马瑞俊, 蒋志刚. 青海湖地区环境变迁及其对动物区系的影响. 见: 蒋志刚, 等编. *中国普氏原羚*, 北京: 中国林业出版社, 2004. 161~ 168
- [81] 洗耀华. 青海湖地区斑头雁繁殖习性的初步观察. *动物学杂志*, 1964, 1: 12
- [82] 李德浩. 青海经济动物志. 西宁: 青海人民出版社, 1989. 1~ 735
- [83] 中国科学院青海甘肃综合考察队编. 青海甘肃兽类调查报告. 北京: 科学出版社, 1964
- [84] 陈涛, 任杰, 王恒山, 等. 青海湖地区环境变化对动物区系演变影响的探讨. *湖泊科学*, 1992, 4: 41~ 47.