科学通报 2013 年 第 58 卷 第 16 期: 1534 ~ 1538
专辑: 野生动物适应性进化和保护生态学 论 文 www.scichina.com csb.scichina.com
《中国科学》杂志社 SCIENCE CHINA PRESS

历史时期人类侵蚀对大熊猫种群的影响

朱立峰, 胡义波, 张泽钧, 魏辅文*

中国科学院动物研究所动物生态与保护生物学重点实验室, 北京 100101
* 联系人, E-mail: weifw@ioz.ac.cn

2012-03-18 收稿, 2012-04-25 接受
中国科学院知识创新工程重要方向项目(KSCX2-EW-Z-4)和国家自然科学基金(30670329)资助

摘要 人为因素影响生物多样性, 并已导致世界各地许多动物种群的缩小与灭绝. 本文通过对近300年来人口统计数据进行分析, 发现人口爆发期间(18~19世纪)大熊猫分布区发生了快速收缩. 同时, 在大熊猫历史分布区, 由于政府农业政策和引进新作物的推动, 土地利用方式发生了显著变化. 历史时期的社会发展导致了大熊猫栖息地的急剧丧失和破碎化. 本研究结果将有助于制定有效的大熊猫保护策略, 即应积极保护和增加这个标志性物种的栖息地, 尤其是已确定为高人类压力的分布区.

关键词
大熊猫(*Ailuropoda melanoleuca*)
分布区缩小
人口爆发
土地利用
栖息地丧失
保护策略

人类活动(如农业、工业和森林采伐等)导致世界各地的环境变化与物种栖息地的急剧丧失[1], 引起很多物种灭绝与种群数量下降[2]. 基于众多的区域、大陆以及全球性的分析表明, 人类对生物多样性的影响是最大的[3~7]. 例如, 物种灭绝与栖息地的丧失呈现一个线性函数关系. 据报道, 在热带雨林地区, 每小时约有 1800 个种群在消失[8]. 世界上许多哺乳动物已经濒临灭绝. 考虑到哺乳动物的遗传多样性和生态位, 其种群的健康程度可作为其他生物种群的指标[9], 因此有必要了解人类发展进程下物种种群缩小与灭绝的原因, 从而可以跟踪这些变化, 并制定有效的保护策略.

大熊猫(*Ailuropoda melanoleuca*)是我国特有的物种, 是全球最濒危的大型哺乳动物之一. 它是一个高度特化的物种, 主要生活在竹林中, 并以竹子为主要食物[10]. 无线电跟踪研究表明, 这一物种更喜欢利用竹林连接度高、郁闭良好且树木繁茂的森林区域[10,11]. 在 18 和 19 世纪, 大熊猫曾广泛分布于四川(包括重庆)、陕西、湖南、湖北、贵州以及云南等省(图 1)[10,12,13]. 如今, 它们仅分布在青藏高原的边缘, 而且仅限于四川、陕西以及甘肃等高山地区[10,14]. 尽管人们已经看到大熊猫种群的缩小, 但为何如此快速崩溃却知之甚少[15]. 本研究使用人口数据和历史相关数据, 分析人口规模和土地利用的变化, 探讨一些导致大熊猫分布区快速缩小与局部灭绝的潜在原因. 具体研究目标是: (1) 量化大熊猫历史分布区人口数量和土地利用情况; (2) 与大熊猫现在分布区的相关数据进行比较分析; (3) 揭开导致大熊猫种群快速缩小与局部灭绝的主因; (4) 为制定现在分布区大熊猫的有效保护策略提供依据.

1 材料与方法

(ⅰ) 历史分布区的定义. 纵观中国历史, 大熊猫曾有多个通用名字被记载[10], 本研究选择了 300 年以来有详细记录的地区, 这300年正好也是人口的快速增长期和大熊猫种群的快速下降期[12]. 历史分布区是指“在某个阶段(在过去 300 年中)有分布, 但现在已无大熊猫分布的县”. 这些历史数据的收集主要是通过文献检索[10,12,13]. 目前分布区域包括全国第3次大熊猫调查发现的分布县[14].

引用格式: 朱立峰, 胡义波, 张泽钧, 等. 历史时期人类侵蚀对大熊猫种群的影响. 科学通报, 2013, 58: 1534–1538
英文版见: Zhu L F, Hu Y B, Zhang Z J, et al. The effect of China's rapid development on its iconic giant panda. Chin Sci Bull, 2013, 58: 2134–2139, doi: 10.1007/s11434-012-5647-4

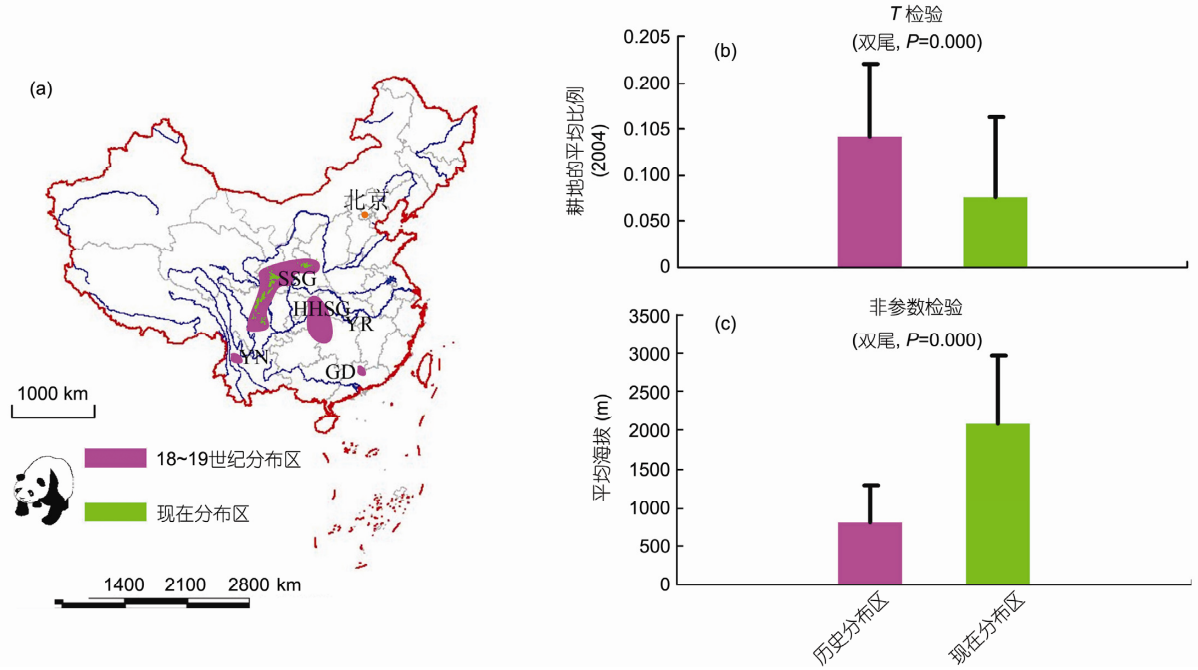

图 1　300 年以来人类侵蚀下大熊猫种群的局部灭绝

(a) 18 世纪以来大熊猫分布区的演变引自文献[10,12,13]. 紫色表示历史分布区, 绿色表示现在分布区, YR 表示长江, SSG 代表四川、陕西以及甘肃的分布区, HHSG 代表湖南、湖北、四川(重庆)以及贵州的分布区, YN 表示云南省的分布区, GD 表示广东省的分布区; (b) 历史与现在分布区的耕地所占的平均比例; (c) 历史与现在分布区的平均海拔

(ⅱ) 人口数量、耕地利用与大熊猫种群密度. 过去 300 年的人口资料主要从清朝(公元 1644~1911 年)出版的县志中获得. 民国以来的人口资料从相关的县志与年鉴中获得. 1953 年后, 文献[16,17]和各省年鉴也被用作统计各省人口的资料. 耕地是指用于培育农作物的土地, 我们从当地记载中估计相关面积(文献[16,18]及1949年后各省年鉴), 分别计算历史和现在分布区耕地所占土地总面积的平均比例. 目前大熊猫的种群密度(县)是从全国第 3 次大熊猫调查[14]中统计获得.

各县的海拔信息从 CGIAR-CSI SRTM 90 m 的数字高程数据库获得(http://srtm.csi.cgiar.org/). 我们用 ArcGIS8.3(ESRI, 美国)计算每个县平均海拔高度. 现在大熊猫分布地区的人类压力的分类是基于历史分布区大熊猫迅速消失时的人口密度情况, 使用 Arcview3.2 (ESRI, 美国)来展示结果.

(ⅲ) 统计分析. 使用独立的 t 检验检测历史与现在分布区耕地比例是否存在显著差异. 考虑到海拔数据中存在不平均的方差, 利用非参数独立样本检验来比较历史与现在分布区平均海拔高度间的差异程度. 另外, 通过回归分析分别检测人口密度与耕地面积、人口密度与大熊猫密度间的相关性. 上述的所有检验都通过 SPSS version 15 (SPSS Inc., 美国)来完成.

2　结果

文中涉及 53 个大熊猫历史分布县, 分别位于四川、湖南、湖北、贵州、云南以及广东等省(图 1(a)紫色区域). 另涉及来自四川、甘肃以及陕西三省的 45 个大熊猫现在分布县(图 1(a)绿色区域).

2.1　300 年以来人口数量、土地利用的变化以及海拔差异

300 多年以来大熊猫历史分布区人口急剧增加. 从 18 世纪到 19 世纪后期平均人口密度增加了 7 倍. 1661~1912 年, 四川、湖南、云南以及贵州等省的人口分别增长了 12, 7, 4 与 4 倍. 更确切地说, 150 年内, 四川省秀山县人口密度增加了近 40 倍; 四川黔江县增加了 13 倍; 贵州省正安县增加了近 10 倍. 从 18 世纪中叶至 19 世纪初(小于 100 年), 湖北省恩施地区

人口密度增加了 8 倍. 在其他的历史分布县也发现了类似的人口快速增长(图 2(a)).

300 年来, 四川省的土地使用增加了 81 倍. 贵州、云南以及湖南等省的土地利用也发现大量增加(分别为 21, 5 与 3 倍). 1661~1887 年, 所有的大熊猫分布省土地利用增加了约 10 倍(图 2(b)).

现在和历史分布县耕地的平均利用比例分别为 0.075(±0.088)和 0.142(±0.079), 它们之间具有显著差异(双尾, P=0.000; 图 1(b)). 现在大熊猫分布县的平均海拔高度是 2072 m (±887 m), 历史分布县的平均海拔为 802 m (±480 m), 它们之间通过 Mann-Whitney 检验发现具有显著差异(双尾, P=0.000; 图 1(c)). 上述结果表明, 由于人类压力, 大熊猫已被迫生活在海拔更高、耕地更少的地区. 我们的研究结果发现人口密度与耕地所占比例之间存在显著正相关关系(P< 0.01), 表明越来越多的人居住, 将需要更多的土地用来种植农作物以支持不断扩张的人口.

2.2 大熊猫分布区的人口压力评估

我们以人口密度来评估人口压力. 19 世纪初大熊猫历史分布区的人口平均密度是 61 人/km^2. 而到 20 世纪初(大熊猫种群快速缩小后), 人口密度膨胀到 95 人/km^2. 在 2004 年, 现在分布县的平均人口密度为 125 人/km^2. 我们以历史值(60 人/平方公里)和当前值(125 人/km^2)作为人类压力的低与高的分类界限(图 3).

现在分布区有 18 个县为人类压力低(<60 人/km^2)的区域, 涉及 13584 km^2 的栖息地, 占目前大熊猫栖息地的近 59%(图 3, 绿色区域); 人类中度压力(60~125 人/km^2)的区域共涉及 12 个县, 总栖息地面积 6016 km^2, 占总栖息地面积的 26%(图 3, 黄色区域); 目前大熊猫栖息地有 15 个县被列为人类压力高(超过 125 人/km^2)的区域, 占地共约 3528 km^2, 占目前大熊猫栖息地的 15%(图 3, 红色区域).

3 讨论

本研究发现, 大熊猫在 18 世纪和 19 世纪经历了四川、湖北、湖南、贵州、云南以及广东等省的分布区的迅速收缩, 并造成该物种的局部灭绝. 在同一时期, 这些地区的人口和土地的利用却在急剧增加. 我们的结果表明, 人为因素(如砍伐森林和耕地增加)导致大熊猫栖息地的急剧丧失和破碎化, 并最终在这些地区局部灭绝. 2 个主要因素刺激了人类历史上的人口膨胀和土地利用的增加. 首先, 18 世纪到 19 世纪初[19,20]温暖的气候有利于农作物的生长和增加产量[20], 这可以养活更多的人, 进而导致进一步的森林砍伐和耕地的增加. 其次, 当时清朝的政策, 如减少人口税、开垦土地以及移民政策均导致大熊猫历史分布区的人口激增[21].

为什么人类对大熊猫有这么大的影响呢? 首先, 越来越多的人需要更多的土地. 从 1661 年至 1887 年, 山区土地利用增加了近 10 倍; 17 世纪末期引进玉米、马铃薯和甘薯, 使得人们可在中高海拔地区种植这些农作物. 事实上, 现在这些作物的种植区仍然占据部分大熊猫栖息地. 因此, 在低海拔地区, 甚至高海拔地区, 刀耕火种的传统农业开发[16]引起了森林的急剧丧失, 最终导致大熊猫栖息地的急剧丧失与片段化. 大熊猫历史分布区的平均海拔比现在分布区的要低, 表明在低海拔地区人类侵占了大量的大熊猫栖息地,

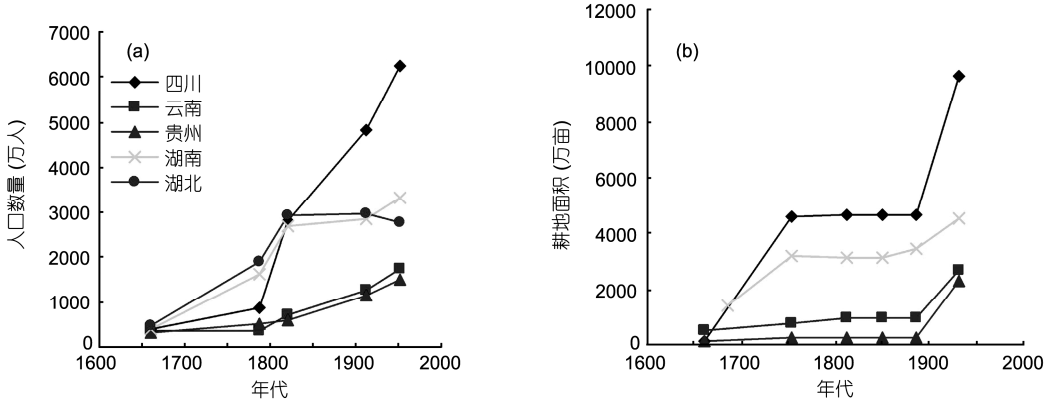

图 2 18 世纪至 19 世纪四川、湖南、云南、贵州以及湖北等省的人口(a)和土地利用(b)的变化

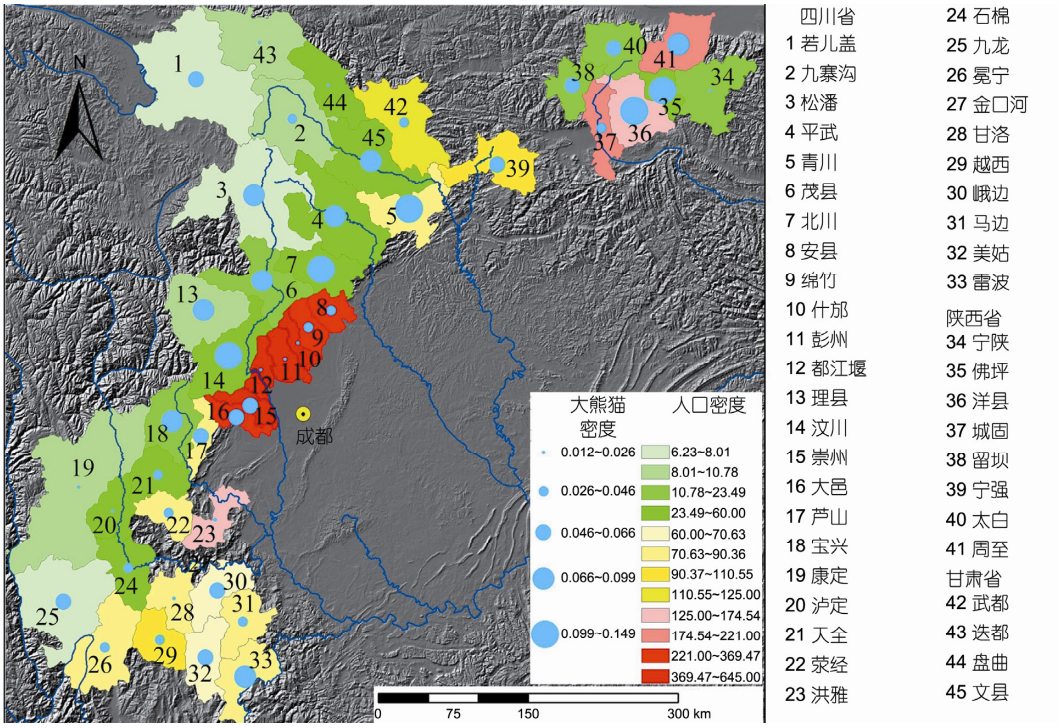

图 3　大熊猫现在分区县的人口密度

绿色区域表示人口密度在 6~60 人/平方公里，即低人口压力区；黄色区域代表人口密度在 60~125 人/平方公里，即中等人口压力区；红色区域代表高人口压力区，其人口密度在 125~645 人/平方公里；蓝色圈的大小表示各县不同的大熊猫密度

这可能迫使大熊猫生活在海拔更高的地区. 根据这一假说，历史区域内耕地的平均比例应比现在分布区的显著要高，事实也是如此. 其次，当地人民在这些地区的主要燃料是木材，他们几乎完全使用木材取暖、做饭和房屋建筑. 这将进一步导致大熊猫栖息地的丧失. 再次，我们的数据进一步揭示，人口增长和大熊猫种群密度之间呈负相关. 显然，当地的人口密度越高，大熊猫的密度越低. 此外，历史分布区的人口密度越高，最后记录到大熊猫分布的时间也越早，即大熊猫在当地消失的也越早. 以前的研究也指出了许多与大熊猫同域分布的其他物种种群缩小或局部灭绝[22]，极端的例子是犀牛. 历史上犀牛是在中国最南端的分布相对普遍，然而，由于栖息地的急剧丧失和破碎化以及偷猎，导致这个物种在中国地区局部灭绝[22].

因此，人口膨胀所造成的大熊猫栖息地急剧丧失和破碎化已经导致了物种分布区的急剧缩小与局部灭绝. 最近，遗传研究表明，大熊猫具有较高的遗传变异和进化潜力[23,24]. 然而，基于大熊猫隔离的小相岭小种群的研究发现，其数量从大约 250 年前开始急剧下降，主要是由于当地人口增长和土地利用扩张所致[25]. 种群生存力分析[26]指出数量小、且被隔离的大熊猫种群在未来具有高灭绝风险. 大熊猫更容易受到栖息地丧失和破碎化的影响，可能主要是由其自身的生物学特性所决定. 无线电追踪数据和栖息地适宜性分析表明，大熊猫是生态位上的特化者，主要生活在有竹林的林地，且主要以竹子为食[27~29]. 不幸的是，这些地区往往与人类活动(如居住和耕作)区重叠. 此外，大熊猫是大型哺乳动物，需要大的活动范围，在野外具有相对较低的繁殖率与种群增长率[30]. 因而，栖息地特化与种群数量小增加了大熊猫的灭绝风险[31~33]. 总之，由于人口膨胀所造成的剧烈环境变化对大熊猫栖息地的丧失产生了严重的负面影响.

虽然大多数大熊猫生活在 60 多个自然保护区[14]，但是栖息地丧失和破碎化继续威胁着该物种. 应用更有效的保护策略来保护现在分布区的种群，尤其在高人口压力地区应给予更多关注. 我们建议应主要保护大熊猫栖息地，并减少在这些地区的人为干扰. 这将不仅让大熊猫受益，同时也会让一些其他的同域物种(如小熊猫 *Ailurus fulgens*，金丝猴 *Rhinopithecus roxellanae* 和羚牛 *Budorcas taxicolor* 等)从中受益.

参考文献

1 Pimm S L, Raven P. Biodiversity: Extinction by numbers. Nature, 2000, 403: 843–845
2 Luck G W, Ricketts T H, Daily G C, et al. Alleviating spatial conflict between people and biodiversity. Proc Natl Acad Sce USA, 2004, 101: 182–186
3 Abbitt R J F, Scott J M, Wilcove D S. The geography of vulnerability: Incorporating species geography and human development patterns into conservation planning. Biol Conserv, 2000, 96: 169–175
4 Araújo M B. The coincidence of people and biodiversity in Europe. Global Ecol Biogeogr, 2003, 12: 5–12
5 Balmford A, Moore J L, Brooks T, et al. People and biodiversity in Africa-Response. Science, 2001, 293: 1591–1592
6 Balmford A, Moore J L, Brooks T, et al. Conservation conflicts across Africa. Science, 2001, 291: 2616–2619
7 Fahrig L. How much habitat is enough? Biol Conserv, 2001, 100: 65–74
8 Hughes J B, Daily G C, Ehrlich P R. Population diversity: Its extent and extinction. Science, 1997, 278: 689–692
9 Ceballos C, Ehrlich P R. Mammal population losses and the extinction crisis. Science, 2002, 296: 904–907
10 胡锦矗. 大熊猫研究. 上海: 上海科技教育出版社, 2001
11 Schaller G B, Hu J C, Pan W S, et al. The Giant Pandas of Wolong. Chicago: The University of Chicago Press, 1985
12 何业恒. 大熊猫的兴衰. 中国历史地理论丛, 1998, 4: 109–123
13 文焕然, 何业恒. 近五千年来豫鄂湘川间的大熊猫. 西南师范大学学报(自然科学版), 1981, 1: 87–93
14 国家林业局. 全国第三次大熊猫调查报告. 北京: 科学出版社, 2006
15 Swaisgood R R, Wei F W, Mcshea W J, et al. Can science save the giant panda (*Ailuropoda melanoleuca*)? Unifying science and policy in an adaptive management paradigm. Integr Zool, 2011, 6: 290–296
16 Ho P T. Studies on the population of China 1368–1953. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1959
17 曹树基. 中国人口史. 上海: 复旦大学出版社, 2001
18 梁方仲. 中国历代户口、田地、田赋统计. 上海: 上海人民出版社, 1980
19 Wang S W, Wen X Y, Luo Y, et al. Reconstruction of temperature series of China for the last 1000 years. Chin Sci Bull, 2007, 52: 3272–3280
20 施雅风, 张丕远. 中国气候与海面变化及其趋势和影响: 中国历史气候变化. 济南: 山东科学技术出版社, 1996. 418–423
21 郑天挺. 清代简史. 北京: 中华书局, 2005
22 文焕然. 中国历史时期植物与动物变迁研究. 重庆: 重庆出版社, 2006
23 Zhan X J, Li M, Zhang Z J, et al. Molecular censusing doubles giant panda population estimate in a key nature reserve. Curr Biol, 2006, 16: 451–452
24 Zhang B W, Li M, Zhang Z J, et al. Genetic viability and population history of the giant panda, putting an end to the “Evolutionary Dead End”? Mol Biol Evol, 2007, 24: 1801–1810
25 Zhu L F, Zhan X J, Wu H, et al. Conservation implications of the drastic reductions in the smallest and most isolated populations of giant pandas. Conserv Biol, 2010, 24: 1299–1306
26 Wei F W, Feng Z J, Hu J C. Population viability analysis computer model of giant panda population in Wuyipeng, Wolong Nature Reserve, China. Int Confer Bear Res and Manage, 1997, 9: 19–23
27 Zhang Z J, Zhan X J, Yan L, et al. What determines selection and abandonment of a foraging patch by wild pandas (*Ailuropoda melanoleuca*) in winter? Environ Sci Pollut Res, 2009, 16: 79–84
28 Zhang Z J, Swaisgood R, Zhang S N, et al. Old-growth forest is what giant pandas really need. Biol Lett, 2011, 7: 403–406
29 Qi D W, Hu Y B, Gu X D, et al. Ecological niche modeling of the sympatric giant and red pandas on a mountain-range scale. Biodiv Conserv, 2009, 18: 2127–2141
30 Wei F W, Hu J C, Xu G Z. Preliminary study on the life table and reproductive characters of the wild giant panda. In: Hu J C, ed. Research and Progress in Biology of the Giant Panda. Chengdu: Sichuan Publishing House of Science & Technology, 1997. 177–182
31 Foufopoulos J, Ives A R. Reptile extinctions on land-bridge islands: Life-history attributes and vulnerability to extinction. Am Nat, 1999, 153: 1–25
32 Hughes J B, Daily G C, Ehrlich P R. Conservation of insect diversity: A habitat approach. Conserv Biol, 2000, 14: 1788–1797
33 Munday P L. Habitat loss, resource specialization, and extinction on coral reefs. Global Change Biol, 2004, 10: 1642–1647