• 中国自然观察专题 •

基于最受关注濒危物种分布的国家级自然保护区空缺分析

闻 丞^{1,2*} 顾 垒^{1,2} 王 昊^{1,2} 吕 植^{1,2} 胡若成¹ 钟 嘉³

1 (北京大学生命科学学院自然保护与社会发展研究中心, 北京 100871)

2 (山水自然保护中心, 北京 100871)

3 (中国观鸟组织联合行动平台, 昆明 650224)

摘要: 我们收集整理了中国96个最受关注濒危物种的分布点信息, 利用Maxent分布模型模拟其中分布点信息较为充分的46个物种的潜在分布区, 将其余50个分布信息极少物种的分布点直接标示在地图上。通过分析单个物种分布被国家级自然保护区覆盖的比例, 以及国家级自然保护区覆盖最受濒危物种分布热点地区的比例, 对国家级自然保护区进行了空缺分析。截至2014年底, 仅16个最受关注濒危物种的预测分布区被保护区覆盖超过10%。在分布有最受关注濒危物种的数目可能超过10种的像元(0.8421°)中, 仅有8.27%得到国家级自然保护区保护; 另外, 仅有10.9%的最受关注濒危哺乳动物分布热点地区、1.13%的最受关注濒危鸟类分布热点地区和7.26%的最受关注濒危植物分布热点地区得到国家级自然保护区覆盖。结果显示国家级自然保护区对大部分最受关注濒危物种覆盖不足, 尤其是对其中的所有长距离迁徙鸟类; 国家级自然保护区对最受关注濒危物种分布热点地区覆盖也不足, 尤其是在中国东部和南部地区, 自然保护区在这些地区的布局亟待优化。

关键词: 国家级自然保护区, GAP分析, 物种分布预测

GAP analysis on national nature reserves in China based on the distribution of endangered species

Cheng Wen^{1,2*}, Lei Gu^{1,2}, Hao Wang^{1,2}, Zhi Lü^{1,2}, Ruocheng Hu¹, Jia Zhong³

1 Center for Nature and Society, School of Life Sciences, Peking University, Beijing 100871

2 Shanshui Conservation Center, Beijing 100871

3 China Bird Watching Society Networks, Kunming 650224

Abstract: We defined all plant and animal species under level-I special state protection, and avian species classified as CR and EN in the IUCN Red List as the most concerned endangered species (MCES). GAP analysis was first applied to national nature reserves (NRs) in China based on the distribution of MCES. Through historical specimen collection data, published research articles on MCES, and bird-watching records, we collected occurrence sites for 96 MCES. We simulated 46 species (with at least 5 known occurrence sites) distributions using a Maxent model and drew scatter diagrams with occurrence sites of 50 other species (with little information). Distribution coverage of each MCES by national NRs was calculated. We defined the geological grid (0.8421°) on which at least 10 MCES would occur as a hotspot for MCES, and the grid on which at least 3 mammals, or 8 birds, or 3 plants of MCES as a hotspot for mammals, birds, and plants of MCES, respectively. The coverage of these hotspots by national NRs was also calculated. We found that there are only 16 MCES with over 10% range covered by national NRs. By 2014, national NRs only covered 8.27% of MCES hotspots, and 10.9%, 1.13%, and 7.26% of mammals, birds and plants MCES hotspots, respectively. The results indicated that there is a significant gap between sufficient coverage of national NRs and MCES distribution and their hotspots in China. The coverage of national NRs for birds, especially long-distance migrants, is exceptionally low, while the greatest gap of NRs occurs in hotspots for MCES in

收稿日期: 2015-05-06; 接受日期: 2015-09-20

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: wencheng@shanshui.org

east and south China.

Key words: national nature reserve (national NR), GAP analysis, species distribution simulation

建立自然保护区是保护生物多样性最直接而有效的措施(Chape *et al.*, 2005)。虽然全球已建立了超过14万个保护区,覆盖了超过10%的陆地面积,且其数量和面积还在不断增加(<http://www.wdpa.org/statistics.aspx>),但保护区对生物多样性热点地区仍覆盖不足,全球生物多样性丧失速度并未减缓(Fuller *et al.*, 2010)。截至2014年底,中国已建立了428个国家级自然保护区(<http://sts.mep.gov.cn/zrbhq/>),其他各级自然保护区数量也已达两千多个,这些保护区已经覆盖了中国陆地国土面积的近15.0%。近年,已有针对中国南方森林生态系统中的特有物种对国家级自然保护区的保护空缺进行评估(Li & Pimm, 2015),以及对湿地类型(刘吉平和吕宪国, 2011; 郑姚闽等, 2012a, b; 杨军等, 2012)、森林类型(韦惠兰和杨凯凯, 2013)的自然保护区保护成效评估,也有研究人员对自然保护区内的国家重点保护物种保护成效(蒋明康等, 2006)和一些候鸟类型自然保护区保护成效进行了评价(杨道德等, 2015)。

GAP分析综合重要濒危物种适宜生境的分布区和保护区等方面的空间信息,利用GIS找出单个重要物种分布区与保护区覆盖地区之间的空缺,在较大空间尺度上提供一个地区的生物多样性组成、分布与保护状态的概况(李迪强和宋延龄, 2000)。GAP分析强调区域内每一物种或植被类型在已有保护区系统内至少出现一次,没有出现的植被类型或“物种分布热点区”就是空缺点(gap) (刘吉平等, 2005)。

国外已有研究人员对一个区域内的受胁有花植物(Mendoza-Fernández *et al.*, 2010),或保护区系统进行了空缺分析评估(Bushing, 1997; Billue, 2014);国内已有研究人员针对单个物种(邱胜荣和丁长青, 2014),或一个地区的生物多样性状况进行GAP分析(李迪强等, 1999),但对于全国尺度上的濒危物种的GAP分析尚未见报道。为此,我们选择了96个有分布点信息的最受关注的濒危物种对我国国家级保护区进行空缺分析,以期为评估中国保护区对濒危物种和国家级重点保护物种的保护成效概貌提供参考。

1 方法

1.1 物种和物种分布点数据

我们定义所有国家一级保护动植物和IUCN物种红色名录中极危(CR)/濒危(EN)级别的鸟类为中国“最受关注的濒危物种(the most concerned endangered species, MCES)” (顾垒等, 2015),共计214个物种(详见附件1)。MCES包括52种哺乳动物,均为国家一级保护动物(下简称“一级保护”),含CR物种6种, EN物种16种;包括66种鸟类,含一级保护46种, CR物种11种, EN物种21种(有部分CR、EN物种非一级保护);6种爬行动物,均为一级保护,含CR物种1种, EN物种1种;4种鱼类,均为一级保护,含CR物种2种;还包括86种植物,均为一级保护,含CR物种20种, EN物种22种。

在214个物种中,能够在2000–2013年期间检索到文献记录的有174种;检索北京大学自然保护与社会发展研究中心(以下简称“研究中心”)历年积累数据和2000–2013年间发表的与上述物种相关的中英文文献,以及中国观鸟组织联合行动平台2000–2013年经过审核的鸟类爱好者观察记录,具有确切分布点坐标(GPS定位),可以进行评估的物种共计96种,其中包括21种哺乳动物、44种鸟类、3种爬行动物、1种鱼类和27种植物。

1.2 物种分布区模拟

我们采用国内外GAP分析的主要方法(Jennings, 2000; 刘吉平等, 2005; 肖海燕等, 2006),利用物种分布数据建立分布散点图或分布模型,叠加得到物种分布格局,再与保护区图层叠加,基于GIS技术进行空缺分析(Rodrigues *et al.*, 2004)。

对于分布点信息不超过5个的物种,直接将经纬度信息导入ArcMap软件,生成点图层,在中国地图上标示。对于分布记录点超过5个、但多为历史记录点且模型预测效果不好的物种,如绿孔雀(*Pavo muticus*)、云豹(*Neofelis nebulosa*)等,也采用散点图标示其分布。

对于分布点信息超过5个的物种,用Maxent模型预测其潜在分布。我们共选择了77个能够反映气候特征、栖息地和人类影响的环境变量(Hijmans *et*

al., 2005)。其中67个与气候相关的变量来自WorldClim 1.4数据库(www.worldclim.org/); 海拔、坡度和坡向3个变量来自SRTM (Shuttle Radar Topography Mission)图像(Hof *et al.*, 2012); 到公路的距离、到铁路的距离、土壤类型、土地利用类型、2000年GDP和人口分布等6个变量来自中国科学院地理科学与资源研究所(个人交流); 到水体的距离通过提取土地利用类型中的“水体”后用ArcMap软件中的“buffer”功能计算得到。所有变量均转化为ArcGIS栅格数据格式(Dem格式)使用, 栅格数据的像元精度为0.8421°。

对于一个特定的物种, 首先用所有变量进行初步建模。然后计算并检验物种分布点所对应变量值的两两Pearson's相关系数, 对于物种记录点上取值的Pearson's相关系数 $|r| \geq 0.8$ 的1对变量, 取对初步模型结果贡献大者, 以降低每个物种建模时采用的变量个数, 避免建模时的过度拟合。再根据初步建模的Jackknife检验系数结果, 舍去贡献值小于0.4的变量, 用最后剩下的4–6个变量进行最终建模(Hu & Liu, 2014)。

对于每个物种, 采用Maxent模型的自举重复(bootstrap replicate)功能可产生5个子模型, 将这些模型在每个像元上的输出值加和平均, 输出的结果作为物种分布现状预测结果。分别利用模型给出的符合敏感性特异性相等(equal training sensitivity and specificity, ETSS), 敏感性特异性之和最大(maximum training sensitivity plus specificity, MTSS), 均衡考虑建模点遗漏率、预测面积和阈值(balanced training omission, predicted area and threshold value, BTOPT)标准的阈值将预测结果转化为Presence/Absence二值图(Liu *et al.*, 2005; Jiménez-Valverde & Lobo, 2007)。将3个二值图与已知分布范围比较(e.g. Mackinnon等, 2000; 郑光美, 2011), 取最接近者。将单个物种的二值分布图或分布点图叠加, 获得最受关注濒危物种的分布格局。定义单个像元上可能出现的最受关注濒危物种不少于10种的区域为最受关注濒危物种分布热点地区(hotspot)。再分别考察最受关注濒危物种中的哺乳类、鸟类和高等植物, 若单个像元上可能出现的最受关注濒危哺乳类、鸟类和植物最大值分别为 $N_{Mmammal}$ 、 N_{Mbird} 、 N_{Mplant} , 则单位像元上出现最受关注濒危哺乳动物、鸟类和植物种数达到或超过 $1/2N_{Mmammal}$ 、 $1/2 N_{Mbird}$ 、 $1/2$

N_{Mplant} 者分别定义为最受关注濒危哺乳动物、鸟类和植物分布热点地区。当 $1/2N_{Mmammal}$ 、 $1/2 N_{Mbird}$ 、 $1/2 N_{Mplant}$ 不为整数时, 仅取其整数部分。

以上所有栅格计算在ArcMap 10.0环境下实现。

1.3 国家级自然保护区图层和保护成效评估指标

国家级自然保护区图层采用环境保护部南京环境科学研究所自然保护与生物多样性研究中心协议共享的2014年的更新国家级自然保护区数字地图边界, 共计428个国家级自然保护区, 总面积约93万 km^2 , 占陆域面积的9.72%。

GAP分析从以下两个方面进行: 第一, 保护区对每个最受关注濒危物种潜在分布范围的覆盖程度; 第二, 保护区对最受关注濒危物种分布热点地区的覆盖程度。空缺分析使用物种分布预测结果、分布信息极少物种分布点集和全国保护区图层在ArcMap 10.0环境下实现。

2 结果

2.1 物种分布图

在96个有分布点信息的物种中, 有46种的潜在分布用二值化后的Maxent预测结果表示, 其中包括16种哺乳动物、23种鸟、1种爬行动物和6种植物。48种的分布点数目不足5个, 用散点表示, 包括4种哺乳动物、21种鸟、2种爬行动物、1种鱼和20种植物, 加上绿孔雀与云豹, 用散点标示其分布的物种共计50种。

Maxent模拟的46个最受关注濒危物种的潜在适宜栖息地叠加结果显示, 西南山地至秦岭地区、长江中下游和华北环渤海区域是上述濒危物种分布最集中的地区。50个用散点标示的物种的分布点汇总结果显示, 西南山地、云南南部边境地区、长江中下游沿岸、东南地区局部山地和台湾岛、海南岛是这些物种分布相对集中的区域(图1)。综合Maxent模拟与散点标示结果可以看出, 环渤海、黄海沿岸及太行山地区(北方), 长江中下游地区(长江下游)和横断山区及邻近的秦岭等地(西部)是最受关注的濒危物种高度集中的区域。东南沿海福建、广东至广西也有少数热点分布。上述热点地区共计667,961个像元, 约58.1万 km^2 。

最受关注濒危哺乳动物中, 16种有Maxent预测结果, 4种仅有分布散点, 分布叠加结果如图2所示。单个像元最高值为7, 取单位像元上值 ≥ 3 者为分布

图1 中国最受关注濒危物种分布热点地区及国家级自然保护区。46个最受关注濒危物种的Presence/Absence分布图叠加结果为灰度图。中国最受关注濒危物种分布热点地区主要为四川中部山地、环渤海及黄河下游平原，长江下游平原部分地区。其中环渤海及黄河下游平原地区几无国家级自然保护区覆盖。

Fig. 1 The hotspot for the most concerned endangered species in China and National Nature Reserves (NRs). The grayscale map illustrates the accumulation result of binary presence/absence map of the 46 MCES with sufficient information for distribution modelling. Hotspot concentrates in the mountainous area of central Sichuan, North China Plain (the lower basin of Yellow River, and the Bohai Region) and the lower Yangtze River Plain. There is scarcely any national NRs in the lower basin of Yellow River and the Bohai Region.

热点地区，则秦岭至四川中西部山地、西藏东南部至云南西北部山地、云南南部是最受关注濒危哺乳动物分布热点地区。

最受关注濒危鸟类中，23种有Maxent预测结果，21种仅有分布散点，分布叠加结果如图3所示。单个像元最高值为16，取单位像元上值 ≥ 8 者为分布热点地区，则华北平原-环渤海地区、黄海沿岸、长江中下游平原及周边山地、四川盆地西侧、南侧边缘是上述物种分布的主要热点地区。在台湾、海南、西藏东南部、新疆西部和东北局部地区也有热点地区分布。

图2 中国最受关注濒危哺乳动物分布热点地区与国家级自然保护区。16种哺乳动物的Presence/Absence分布图叠加结果为灰度图。图中可见中国最受关注濒危哺乳动物分布热点地区主要为四川中部山地、西藏东南部林地、云南西北部山地等地区。其中四川中部山地的国家级保护区覆盖程度较高，而西藏东南-云南西北部地区国家级保护区覆盖面积仍较低。

Fig. 2 The hotspot for the most concerned endangered species (mammal) in China and distribution of National nature reserves (NRs). The grayscale map illustrates the accumulation result of binary presence/absence map of the 16 mammals with sufficient information for distribution modelling. Hotspot concentrates in mountainous area of central Sichuan, forestry area of Southeast Tibet, and Northwest Yunnan. Higher coverage of national NRs on hotspot occur in Sichuan, while the coverage is considerably low in Northwest Yunnan and Southeast Tibet.

最受关注濒危植物中，6种有Maxent预测结果，20种仅有分布散点，分布叠加结果如图4所示。单个像元最高值为6，取单位像元上值 ≥ 3 者为分布热点，则云南西北部(高黎贡山)、四川中部山地(岷山)、陕西南部、湖北西南部-重庆西部-湖南西北部山地(大巴山-武陵山)、贵州西部-广西北部-岭南山地、浙江南部-福建中部山地、台湾中部山地是上述物种分布的热点地区。另外云南东南部和广西西南部边境地区有较多分布点和少量分布热点。

因为仅有1种最受关注爬行动物(蟒蛇Python molurus)有Maxent预测结果，故未对该类群分布热

图3 中国最受关注濒危鸟类分布热点地区与国家级自然保护区。23种鸟类的Presence/Absence分布图叠加结果为灰度图。图中可见中国最受关注濒危鸟类分布热点地区主要为环渤海-华北平原、黄海沿岸、长江中下游平原部分地区。其中除长江中下游部分地区国家级保护区较多之外,其他大片地区几无国家级自然保护区覆盖。

Fig. 3 The hotspot for the most concerned endangered species (bird) in China and distribution of National nature reserves (NRs). The grayscale map illustrates the accumulation result of binary presence/absence map of the 23 birds with sufficient information for distribution modelling. Hotspot concentrates in Bohai Region-North China Plain, Coastal region of Yellow Sea, and Lower Yangtze Region. There are several great national NRs in lower Yangtze region, where there is hardly any national NRs in other two region.

点地区进行识别。

2.2 国家级自然保护区空缺分析

在ArcMap 10.0中计算428个国家级自然保护区对46个可建模物种Presence/Absence分布图的覆盖比例,结果显示,青藏高原上的物种其分布区被国家级保护区覆盖的比例较高,与大熊猫(*Ailuropoda melanoleuca*)同域分布的物种其分布区被国家级保护区覆盖的比例较高,而其他物种的分布区被国家级保护区覆盖的比例很低。

在ArcMap中计算图1所示最受关注濒危物种分布热点地区受自然保护区覆盖的程度。由于大量分布在云南南部、东南部边境地区,以及广西、贵州、

图4 中国最受关注濒危植物分布热点与国家级自然保护区。6种植物的Presence/Absence分布图叠加结果为灰度图。图中可见中国最受关注濒危植物分布热点地区主要为四川中部山地,陕西南部山地-湖北西南部-重庆西部-湖南西北部山地(大巴山-武陵山),贵州西部-广西北部-岭南山地,浙江南部-福建中部山地,台湾中部山地。另外云南东南部 and 广西西南部边境地区有较多分布点和少量分布热点。其中贵州西部、福建北部、重庆西部等热点地区的国家级自然保护区分布较少,保护区覆盖度低。

Fig. 4 The hotspot for the most concerned endangered species (plant) in China and distribution of National nature reserves (NRs). The grayscale map illustrates the accumulation result of binary presence/absence map of the 6 plants with sufficient information for distribution modelling. Hotspot concentrates in mountainous region of Central Sichuan, Dabashan-Wulingshan Mountains, West Guizhou-North Guangxi-Lingnan Mountain, South Zhejiang and Central Fujian (Wuyi Mountain), and Central Taiwan. Besides, there are scattered hotspot and numerous occurrence sites of MCES in Southeast Yunnan and Southwest Guangxi. The coverage of national NRs is considerably lower on hotspot in West Guizhou, North Fujian and West Chongqing.

黑龙江、吉林等地区的物种仅有个别分布点,不能获得分布预测结果用于图层叠加,所以图1所示热点地区范围应小于实际范围,尤其是在云南南部、贵州、广西和东北三省。

在全国尺度,国家级自然保护区共覆盖1,694,920个像元,其中仅有55,406个像元为热点地区,约4.8万km²。前述3片主要热点地区(北方、西

部、长江下游)分别涉及的省份、各省份内的保护面积、热点地区面积和热点地区被保护区覆盖的比例如表1所示。在全国层面,仅有8.27%的最受关注濒危物种分布热点地区受到国家级自然保护区覆盖。北方省份热点地区受保护区覆盖比例均在2.50%以下,最低者如河北,仅0.91%。西部省份分布热点地区受国家级保护区覆盖比例普遍高于10.0%,仅云南较低,不足6.00% (5.85%)。长江下游省份分布热点地区受国家级保护区覆盖比例在3.00–20.0%,区内最受关注濒危物种分布热点受国家级自然保护区覆盖的程度与全国平均水平接近。

对于最受关注濒危哺乳动物,有10.9%的分布热点地区受国家级保护区覆盖,主要集中在四川中西部山地至秦岭,以及云南西北部(图2)。对于最受关注濒危鸟类,仅有1.13%的分布热点地区受保护区覆盖,主要位于中国东部华北平原、渤海/黄海沿岸和长江中下游的湿地类型保护区内(图3)。对于最受关注的濒危植物,有7.26%的分布热点地区受国家级保护区覆盖,主要集中在四川、重庆、湖北、湖南和贵州(大巴山和武陵山区)(图4),在南岭、武夷山区等地尚有大片热点地区未被国家级自然保

护区覆盖。

如表2所示,仅有34.8%的物种(16/46)潜在分布范围受国家级保护区覆盖比例超过10.0%。而覆盖比例最高的前10个物种中有6个主要分布在青藏高原和周边地区,即藏羚(*Pantholops hodgsonii*)、藏野驴(*Equus kiang*)、野牦牛(*Bos mutus*)、雪豹(*Panthera uncia*)、白唇鹿(*Cervus albirostris*)和黑颈鹤(*Grus nigricollis*); 3个物种主要分布在中国西南山地,即大熊猫、川金丝猴(*Rhinopithecus roxellana*)和羚牛(*Budorcas taxicolor*)。而潜在分布范围受保护区覆盖程度小于5.0%的物种中,有8种为主要分布于中国东部的长距离迁徙候鸟,即中华秋沙鸭(*Mergus squamatus*)、白肩雕(*Aquila heliaca*)、丹顶鹤(*Grus japonensis*)、白头鹤(*G. monacha*)、白鹤(*G. leucogeranus*)、大鸨(*Otis tarda*)、东方白鹳(*Ciconia boyciana*)和遗鸥(*Ichthyiaetus relictus*); 有7种主要分布于中国南方山地,即水杉(*Metasequoia glyptostroboides*)、曲茎石斛(*Dendrobium flexicaule*)、蟒蛇、灰孔雀雉(*Polyplectron bicalcaratum*)、黑颈长尾雉(*Syrmaticus humiae*)和白颈长尾雉(*S. ellioti*)。国家级自然保护区对最受关注濒危物种分布的覆盖空

表1 各省(市)国家级自然保护区覆盖最受关注濒危动物分布热点地区比例

Table 1 The coverage of the most concerned endangered species hotspots by national nature reserves (NRs) in each province

热点地区 Hotspot	涉及省份 Relevant province	各省保护区面积 Area of NRs in each province (km ²)	各省热点地区面积 Area of hotspot in each province (km ²)	保护区内热点面积 Hotspot in NRs (km ²)	热点地区被保护区覆盖比例 NRs coverage of Hotspots (%)
北方 North	辽宁 Liaoning	11,325.8	56,938.0	1,231.4	2.16
	河北 Hebei	7,555.5	76,693.0	701.0	0.91
	北京 Beijing	1,868.9	11,719.9	279.5	2.38
	天津 Tianjin	426.1	14,491.7	238.0	1.64
	山东 Shandong	1,595.4	131,460.6	1,752.3	1.33
	河南 Henan	6,426.7	22,279.3	322.8	1.45
	小计 Sub total	29,198.4	313,582.5	4,525.1	1.44
西部 West	甘肃 Gansu	307,312.3	6,319.0	3,190.7	50.5
	四川 Sichuan	244,152.3	118,175.2	22,957.8	19.4
	云南 Yunnan	2,825.3	18,890.5	1,105.4	5.85
	西藏 Tibet	42,426.1	25,047.7	7,048.6	28.1
	陕西 Shaanxi	9,604.7	4,108.8	1,231.4	30.0
	小计 Sub total	1,013,583.3	172,541.3	35,533.9	20.6
长江下游 Lower Yangtze	安徽 Anhui	3,549.1	24,325.1	903.5	3.71
	江西 Jiangxi	3,291.3	6,087.1	255.3	4.18
	湖北 Hubei	12,989.3	17,961.0	1,182.1	6.58
	湖南 Hunan	2,331.8	16,584.2	3,210.6	19.4
	小计 Sub total	36,882.1	64,957.5	5,551.4	8.54
	合计 Total	1,064,943.2	551,081.3	45,610.4	8.27

表2 国家级自然保护区对Maxent模拟的最受关注濒危物种分布区的覆盖

Table 2 The coverage of national nature reserves (NRs) on the distribution by Maxent of most concerned endangered species

中文名 Chinese name	学名 Scientific name	分布像元数 Pixel of presence	保护区覆盖像元数 Pixel of presence covered by NRs	保护区覆盖比例 Coverage (%)
植物 Plant				
珙桐	<i>Davidia involucrata</i>	900,145	72,375	8.0
滇桂石斛	<i>Dendrobium guangxiense</i>	129,457	19,078	14.7
斑叶杓兰	<i>Cypripedium margaritaceum</i>	738,426	52,221	7.1
秃杉	<i>Taiwania flousiana</i>	252,395	12,628	5.0
水杉	<i>Metasequoia glyptostroboides</i>	903,424	36,968	4.1
曲茎石斛	<i>Dendrobium flexicaule</i>	2,031,378	81,820	4.0
爬行类 Reptile				
蟒蛇	<i>Python molurus</i>	931,442	45,969	4.9
鸟类 Bird				
斑尾榛鸡	<i>Bonasa sewerzowi</i>	1,308,254	205,748	15.7
黑嘴松鸡	<i>Tetrao parvirostris</i>	356,911	23,709	6.6
灰孔雀雉	<i>Polyplectron bicalcaratum</i>	229,409	11,219	4.9
黑颈长尾雉	<i>Syrnaticus humiae</i>	388,053	15,998	4.1
白颈长尾雉	<i>Syrnaticus ellioti</i>	951,806	35,006	3.7
马鸡属一种	<i>Crossoptilon</i> sp.	2,219,104	79,119	3.6
角雉属(四种)	<i>Tragopan</i> sp.(4 species)	1,021,783	34,782	3.4
中华秋沙鸭	<i>Mergus squamatus</i>	2,202,861	48,206	2.2
金雕	<i>Aquila chrysaetos</i>	6,242,370	498,702	8.0
白肩雕	<i>Aquila heliaca</i>	3,763,922	125,030	3.3
白尾海雕	<i>Haliaeetus albicilla</i>	2,489,869	124,138	5.0
胡兀鹫	<i>Gypaetus barbatus</i>	1,223,626	229,855	18.8
黑颈鹤	<i>Grus nigricollis</i>	1,689,988	331,725	19.6
丹顶鹤	<i>Grus japonensis</i>	1,264,040	44,296	3.5
白头鹤	<i>Grus monacha</i>	2,065,468	53,834	2.6
白鹤	<i>Grus leucogeranus</i>	1,796,487	42,007	2.3
大鸨	<i>Otis tarda</i>	1,012,271	42,332	4.2
东方白鹳	<i>Ciconia boyciana</i>	1,332,168	34,087	2.6
遗鸥	<i>Ichthyaeetus relictus</i>	1,910,796	58,243	3.0
哺乳类 Mammal				
白眉长臂猿	<i>Bunopithecus hoolock</i>	52,970	3,814	7.2
黑叶猴	<i>Trachypithecus francoisi</i>	616,223	24,052	3.9
熊猴	<i>Macaca assamensis</i>	238,013	34,819	14.6
滇金丝猴	<i>Rhinopithecus bieti</i>	221,115	25,383	11.5
川金丝猴	<i>Rhinopithecus roxellana</i>	148,262	32,008	21.6
黔金丝猴	<i>Rhinopithecus brelichi</i>	3,276	1,147	35.0
雪豹	<i>Panthera uncia</i>	1,505,218	379,635	25.2
云豹	<i>Neofelis nebulosa</i>	1,228,624	122,298	9.9
大熊猫	<i>Ailuropoda melanoleuca</i>	56,056	32,008	57.1
野牦牛	<i>Bos grunniens</i>	534,244	364,932	68.3
羚牛	<i>Budorcas taxicolor</i>	211,741	43,483	20.5
白唇鹿	<i>Cervus albirostris</i>	454,198	91,765	20.2
马麝	<i>Moschus chrysogaster</i>	675,516	121,811	18.0
藏羚	<i>Pantholops hodgsonii</i>	569,159	412,792	72.5
藏野驴	<i>Equus kiang</i>	1,136,538	492,290	43.1
亚洲象	<i>Elephas maximus</i>	68,053	6,279	9.2

缺主要在中国东部、南部,而对主要分布在青藏高原和西南山地的最受关注濒危物种覆盖较好。上述情况也反映现有自然保护区对藏羚、大熊猫等知名度高的旗舰物种和与它们同域分布的其他物种保护有效,但对其他大多数最受关注濒危物种的空间覆盖不足。

3 讨论

3.1 国家级自然保护区空间分布空缺

与国外多数国家现状一致(Joppa & Pfaff, 2009; Cantu-Salazar & Gaston, 2010),我国国家级自然保护区分布也极不均衡,主要集中在人口少、温度低的高寒、干旱地区,而人类活动强度大、海拔低、生产力高地区的覆盖率过低,其布局有待优化(赵广华等, 2013)。本文首次从最受关注濒危物种的分布及其分布热点地区出发,定量分析了现有的国家级自然保护区在物种保护方面的空间空缺,为优化自然保护区对物种的覆盖提供了参考。

3.2 最受关注濒危物种分布热点和生物多样性分布热点的差异

热点地区途径对生物多样性保护政策的制定,以及自然保护区的合理布局等有重要参考意义(马克平, 2001)。国际上公认的全球生物多样性热点地区有4片涉及中国,分别是喜马拉雅山脉、印缅地区、中亚山地和中国西南山地(Myers, 2000),但本文研究结果表明,仅有印缅地区中国部分和中国西南山地与中国最受关注濒危物种的分布热点地区有重叠。尽管近期已有学者呼吁关注中国的沿海水鸟迁徙路线(Ma *et al.*, 2014),而且长江中下游的大型湿地一直是我国和国际环保组织在保护投资方面的重点,但最受关注濒危物种集中分布的华北环渤海地区、长江中下游和中国南方山地等区域依然未受到足够的保护,这一点从保护区对单个物种潜在分布范围的覆盖程度和最受关注濒危物种热点地区的覆盖程度可以看出。

如表2所示,最受关注濒危物种分布热点在全国范围内仅有8.27%得到国家级自然保护区覆盖,低于自然保护区覆盖全国土地的比例(所有各级自然保护区覆盖全国面积14.95%,国家级自然保护区覆盖全国面积9.72%)。

3.3 对最受关注濒危物种的覆盖空缺

北方各省区至长江中下游有分布的最受关注

濒危物种主要是长距离迁徙水鸟;长江下游尚有部分最受关注濒危物种为留鸟或植物等。西部各省区有分布的最受关注濒危物种主要是哺乳动物、植物等。如图2-4所示,在最受关注濒危物种中,国家级自然保护区覆盖哺乳动物分布热点比例最高,对植物分布热点覆盖程度次之,对鸟类分布热点覆盖程度最低。这虽然可以部分地归因于很多鸟类分布广,活动范围大,但还是反映了国家级自然保护区在中国东部,尤其是华北地区环渤海及黄海沿岸的空缺。相比于西部,中国东部确有数量更多的国家级自然保护区(赵广华等, 2013; 孔石等, 2014),但其面积小且空间上分散,这是造成分布在中国东部的最受关注濒危物种及其分布热点地区有大量保护空白亟需填补的根本原因。另一方面,中国2014年新增的21个国家级自然保护区中有14个位于中国东部和南方,这对于优化自然保护区空间布局,填补自然保护区覆盖空缺有积极意义。

3.4 民间参与对未来濒危物种保护的重要性

另外,对于44种最受关注濒危鸟类中的25种,相比于同期发表的科学文献,观鸟爱好者提供了数量更多的分布点信息(附录1);而对于可模拟分布的21种鸟类,有16种主要依靠观鸟爱好者提供的数据建模,其中有一些近年来数量急剧下降,缺乏研究以及专门设立的保护区来保护长距离迁徙鸟类,如青头潜鸭(*Aythya baeri*)、勺嘴鹬(*Eurynorhynchus pygmeus*)等。它们都主要分布在人口稠密、保护区覆盖不足的中国东部、南部地区。在上述地区,爱好者及其团体在有效发现上述物种重要栖息地(尤其是保护区外的)方面具有重要作用——此前观鸟爱好者对中国鸟类分布信息更新的贡献已经引起各方重视(Li *et al.*, 2013)。其他物种类群的爱好者团体也掌握有大量未发表的物种分布信息。这些信息如能系统整合,对于保护事业亦能发挥巨大作用。在保护区覆盖不足的中国东部,其他类型的保护地——如风景名胜、保护小区(王云豹等, 2006)、与民间组织共管的民间保护站(周满, 2013)等——将成为现有保护区外,借由爱好者发现的濒危物种重要栖息地得到保护的补充载体。其有效性和可持续性需要社会各方在今后共同探讨并合作实现。

综上,我们的工作显示,中国最受关注濒危物种分布热点地区与生物多样性热点地区并不完全重合,且包括了中国东部人口密集、经济发达的地

区。自然保护区对西部的旗舰物种分布区及与其有关的最受关注濒危物种热点地区覆盖率高, 但对东部的最受关注濒危物种覆盖率低。今后在中国东部和南部, 建立更多以濒危鸟类、植物, 乃至未被本项工作涉及的“未受关注”濒危物种为保护对象的自然保护区或其他类型的有效保护地的需求更为迫切。

致谢: 承蒙环境保护部南京环境科学研究所自然保护与生物多样性研究中心协议共享自然保护区数据, 特此致以诚挚谢意。清华大学生命科学学院2015届本科生陈怀庆参与了物种分布信息检索和分布图制作的部分工作, 特此一并感谢。

参考文献

- Billue A (2014) Extent of Alabama's Terrestrial Nature Reserve System in representing ecosystem diversity: a coarse-filter gap analysis. *Natural Areas Journal*, **34**, 495–504.
- Bushing WW (1997) GIS-based gap analysis of an existing marine reserve network around Santa Catalina Island. *Marine Geodesy*, **20**, 205–234.
- Cantu-Salazar L, Gaston KJ (2010) Very large protected areas and their contribution to terrestrial biological conservation. *BioScience*, **60**, 808–818.
- Chape S, Harrison J, Spalding M, Lysenko I (2005) Measuring the extent and effectiveness of protected areas as an indicator for meeting global biodiversity targets. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, **360**, 443–455.
- Fuller RA, McDonald-Madden EMD, Wilson KA, Carwardine J, Grantham HS, Watson JEM, Klein CJ, Green DC, Possingham HP (2010) Replacing underperforming protected areas achieves better conservation outcomes. *Nature*, **466**, 365–367.
- Gu L (顾垒), Wen C (闻丞), Luo M (罗玫), Wang H (王昊), Lü Z (吕植) (2015) A rapid approach for assessing the conservation effectiveness of the most concerned endangered species in China. *Biodiversity Science* (生物多样性), **23**, 583–590. (in Chinese with English abstract)
- Hijmans RJ, Cameron SE, Parra JL, Jones PG, Jarvis A (2005) Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, **25**, 1965–1978.
- Hof AR, Jansson R, Nilsson C (2012) The usefulness of elevation as a predictor variable in species distribution modelling. *Ecological Modelling*, **245**, 86–90.
- Hu JH, Liu Y (2014) Unveiling the conservation biogeography of a data-deficient endangered bird species under climate change. *PLoS ONE*, **9**, e84529.
- Jennings MD (2000) Gap analysis: concepts, methods, and recent results. *Landscape Ecology*, **15**, 5–20.
- Jiang MK (蒋明康), Wang Z (王智), Qin WH (秦卫华), He ZH (贺昭和) (2006) Effectiveness of national priority wildlife protection in nature reserves. *Journal of Ecology and Rural Environment* (生态与农村环境学报), **22**, 35–48. (in Chinese with English abstract)
- Jiménez-Valverde A, Lobo JM (2007) Threshold criteria for conversion of probability of species presence to either-or presence-absence. *Acta Oecologica*, **31**, 361–369.
- Joppa LN, Pfaff A (2009) High and far: biases in the location of protected areas. *PLoS ONE*, **4**, e8273.
- Kong S (孔石), Fu LQ (付励强), Song H (宋慧), Fu GH (付国华), Ma JZ (马建章) (2014) Spatial distribution difference of national nature reserves and national geoparks in China. *Journal of Northeast Agricultural University* (东北农业大学学报), **45**(9), 73–78. (in Chinese with English abstract)
- Li BV, Pimm SL (2015) China's endemic vertebrates sheltering under the protective umbrella of the giant panda. *Conservation Biology*, doi: 10.1111/cobi.12618.
- Li DQ (李迪强), Jiang ZG (蒋志刚), Wang ZW (王祖望) (1999) Biodiversity spatial characteristics and GAP analysis in Qinghai Lake region. *Journal of Natural Resources* (自然资源学报), **14**(1), 47–54. (in Chinese with English abstract)
- Li DQ (李迪强), Song YL (宋延龄) (2000) Review on hot spot and GAP analysis. *Chinese Biodiversity* (生物多样性), **8**, 208–214. (in Chinese with English abstract)
- Li XY, Liang L, Gong P, Liu Y, Liang FF (2013) Bird watching in China reveals bird distribution changes. *Chinese Science Bulletin*, **58**, 649–656.
- Liu C, Berry PM, Dawson TP, Pearson RG (2005) Selecting thresholds of occurrence in the prediction of species distributions. *Ecography*, **28**, 385–393.
- Liu JP (刘吉平), Lü XG (吕宪国), Yin SB (殷书柏) (2005) GAP analysis: a geographic approach to protect biological diversity. *Progress in Geography* (地理科学进展), **21**(1), 41–51. (in Chinese with English abstract)
- Liu JP (刘吉平), Lü XG (吕宪国) (2011) Study on the spatial pattern of wetland bird richness and hotspots in Sanjiang Plain. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), **31**, 5894–5902. (in Chinese with English abstract)
- Ma KP (马克平) (2001) Hotspots assessment and conservation priorities identification of biodiversity in China should be emphasized. *Acta Phytoecologica Sinica* (植物生态学报), **25**, 125. (in Chinese)
- Ma ZJ, Melville DS, Liu JG, Chen Y, Yang HY, Ren WE, Zhang ZW, Piersma T, Li B (2014) Rethinking China's new great wall: massive seawall construction in coastal wetlands threatens biodiversity. *Science*, **34**, 6212.
- Mackinnon JR (约翰·马敬能), Phillipps K (卡伦·菲利普斯), He FQ (何芬奇) (2000) *A Field Guide to the Birds of China* (中国鸟类野外手册). Hunan Education Press, Changsha. (in Chinese)
- Mendoza-Fernández A, Perez-Garcia F, Medina-Cazorla J, Martinez-Hernandez F (2010) Gap analysis and selection of

- reserves for the threatened flora of eastern Andalusia, a hot spot in the eastern Mediterranean region. *Acta Botanica Gallica*, **157**, 749–767.
- Myers N (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, **403**, 853–858.
- Qiu SR (邱胜荣), Ding CQ (丁长青) (2014) GAP analysis-based study on Hainan Partridge conservation. *Forest Resources Management* (林业资源管理), (3), 105–108. (in Chinese with English abstract)
- Rodrigues ASL, Akcakaya HR, Andelman SJ (2004) Global gap analysis: priority regions for expanding the global protected-area network. *BioScience*, **54**, 1092–1100.
- Wang YB (王云豹), Luo JC (罗菊春), Cui GF (崔国发) (2006) Analysis of present characteristics of nature small reserves in China—taking some counties in Zhejiang, Jiangxi and Fujian provinces as examples. *Jiangxi Forestry Science and Technology* (江西林业科技), **33**, 47–50. (in Chinese with English abstract)
- Wei HL (韦惠兰), Yang KK (杨凯凯) (2013) Assessment on the performance of protection for Qinling Nature Reserve. *Ecological Economy (Academic Forum)* (生态经济(学术版)), **28**, 374–383. (in Chinese with English abstract)
- Xiao HY (肖海燕), Zhao J (赵军), Jiang F (蒋峰), Zeng H (曾辉) (2006) GAP analysis and regional biodiversity conservation. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis* (北京大学学报(自然科学版)), **42**(2), 153–158. (in Chinese with English abstract)
- Yang DD (杨道德), Deng J (邓娇), Zhou XY (周先雁), Zhang ZQ (张志强), Yan YY (晏玉莹) (2015) Construction of an indicator system and a case study of protection efficacy evaluation of China's national reserves for migratory birds. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), **35**, 1–10. (in Chinese with English abstract)
- Yang J (杨军), Zhang MX (张明祥), Lei GC (雷光春) (2012) Biases in “Protection efficacy of national wetland reserves in China”. *Chinese Science Bulletin (Chinese Version)* (科学通报), **57**, 1367–1370. (in Chinese)
- Zhao GH (赵广华), Tian Y (田瑜), Tang ZY (唐志尧), Li JS (李俊生), Zeng H (曾辉) (2013) Distribution of terrestrial national nature reserves in relation to human activities and natural environments in China. *Biodiversity Science* (生物多样性), **21**, 658–665. (in Chinese with English abstract)
- Zheng GM (郑光美) (2011) *A Checklist on the Classification and Distribution of the Birds of China, 2nd edn.* (中国鸟类分类与分布名录(第二版)). Science Press, Beijing. (in Chinese)
- Zheng YM (郑姚闽), Zhang HY (张海英), Niu ZG (牛振国), Gong P (宫鹏) (2012a) Protection efficacy of national wetland reserves in China. *Chinese Science Bulletin (Chinese Version)* (科学通报), **57**, 207–230. (in Chinese)
- Zheng YM (郑姚闽), Niu ZG (牛振国), Gong P (宫鹏) (2012b) Response to “Biases in ‘Protection efficacy of national wetland reserves in China’”. *Chinese Science Bulletin (Chinese Version)* (科学通报), **57**, 1371–1376. (in Chinese)
- Zhou M (周满) (2013) Xinning established migratory bird protection stations to achieve the government and civil organizations condominium. *Forestry and Ecology* (林业与生态), **60**, 48. (in Chinese)

(责任编辑: 李俊生 责任编辑: 闫文杰)

附录 Supplementary Material

附录1 中国最受关注的濒危物种名录与其分布点数目

Appendix 1 The directory and number of distribution for the most concerned endangered species in China

<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/w2015-114-1.pdf>

附录 1 中国最受关注的濒危物种名录与其分布点数目

Appendix 1 The directory and number of distribution for the most concerned endangered species in China

中文名	学名	国家保护级	IUCN 受胁等	分布点数目 (个)		
Chinese name	Scientific name	别	级**	The number of distribution points		
		National	IUCN	研究中心历	文献	民间爱好
		protection	protection level	史数据	Papers	者
		level		Historical		Folk lovers
				data of		
				research		
				center		
哺乳类 Mammal						
白颊长臂猿*	<i>Nomascus leucogenys</i>	I	CR	1		
白眉长臂猿*	<i>Bunopithecus hoolock</i>	I	EN	8	3	
黑长臂猿*	<i>Nomascus concolor</i>	I	CR	16	13	
白头叶猴	<i>Trachypithecus poliocephalus</i>	I	CR			
长尾叶猴	<i>Semnopithecus schistaceus</i>	I	LC			
黑叶猴*	<i>Trachypithecus francoisi</i>	I	EN	7	8	
川金丝猴*	<i>Rhinopithecus roxellana</i>	I	VU	1,734	16	
滇金丝猴*	<i>Rhinopithecus bieti</i>	I	EN	89	9	
黔金丝猴*	<i>Rhinopithecus brelichi</i>	I	EN	1	1	
蜂猴	<i>Nycticebus coucang</i>	I	VU			
台湾猴	<i>Macaca cyclopis</i>	I	LC			
豚尾猴	<i>Macaca nemestrina</i>	I	VU			
倭蜂猴	<i>Nycticebus pygmaeus</i>	I	VU			
熊猴*	<i>Macaca assamensis</i>	I	VU	71	1	
河狸	<i>Castor fiber</i>	I	LC			

中华白海豚	<i>Sousa chinensis</i>	I	NT		
白鱀豚	<i>Lipotes vexillifer</i>	I	CR		
儒艮	<i>Dugong dugon</i>	I	VU		
亚洲象*	<i>Elephas maximus</i>	I	EN	2	4
豹	<i>Panthera pardus</i>	I	NT		
貂熊	<i>Gulo gulo</i>	I	LC		
虎	<i>Panthera tigris</i>	I	EN		
马来熊	<i>Helarctos malayanus</i>	I	DD	7	
熊狸	<i>Arctictis binturong</i>	I	VU		
大熊猫*	<i>Ailuropoda melanoleuca</i>	I	EN	4,120	1,094
雪豹*	<i>Panthera uncia</i>	I	EN	312	8
云豹*	<i>Neofelis nebulosa</i>	I	VU	156	
紫貂	<i>Martes zibellina</i>	I	LC		
北山羊	<i>Capra ibex</i>	I	LC		
藏羚*	<i>Pantholops hodgsonii</i>	I	EN	3,930	12
白唇鹿*	<i>Cervus albirostris</i>	I	VU	115	1
藏野驴*	<i>Equus kiang</i>	I	LC	2,581	4
赤斑羚*	<i>Naemoredus baileyi</i>	I	VU		1
高鼻羚羊	<i>Saiga tatarica</i>	I	CR		
黑鹿	<i>Muntiacus crinifrons</i>	I	VU		
黑麝	<i>Moschus fuscus</i>	I	EN		
林麝	<i>Moschus berezovskii</i>	I	EN		
羚牛*	<i>Budorcas taxicolor</i>	I	VU	6,220	10
马麝*	<i>Moschus chrysogaster</i>	I	LC	126	5
梅花鹿*	<i>Cervus nippon</i>	I	LC	57	6
蒙古野驴	<i>Equus hemionus</i>	I	EN		
扭角羚	<i>Budorcas taxicolor</i>	I	VU		
坡鹿	<i>Rucervus duvaucelii</i>	I	VU		
普氏原羚	<i>Procapra przewalskii</i>	I	EN		

塔尔羊	<i>Hemitragus jemlahicus</i>	I	NT			
台湾鬣羚	<i>Capricornis crispus</i>	I	LC			
豚鹿	<i>Axis porcinus</i>	I	EN			
麂鹿	<i>Tragulus javanicus</i>	I	DD			
野骆驼	<i>Camelus ferus</i>	I	CR			
野马	<i>Equus przewalskii</i>	I	EN			
野牦牛*	<i>Bos mutus</i>	I	VU	293	6	
野牛*	<i>Bos gaurus</i>	I	VU			
鸟类 Bird						
白腹军舰鸟*	<i>Fregata andrewsi</i>	I	CR			2
短尾信天翁	<i>Diomedea albatrus</i>	I	VU			
黄颊麦鸡*	<i>Vanellus gregarius</i>		CR			1
小青脚鹬*	<i>Tringa guttifer</i>	II	EN			18
勺嘴鹬*	<i>Eurynorhynchus pygmeus</i>		CR		3	14
黑嘴端凤头燕鸥*	<i>Sterna bernsteini</i>	II	CR		3	4
遗鸥*	<i>Ichthyaeetus relictus</i>	I	VU	11	19	45
青头潜鸭*	<i>Aythya baeri</i>		CR	80	5	41
中华秋沙鸭*	<i>Mergus squamatus</i>	I	EN		21	26
白头硬尾鸭*	<i>Oxyura leucocephala</i>		EN			10
红胸黑雁*	<i>Branta ruficollis</i>	I	EN		3	3
白鹤*	<i>Grus leucogeranus</i>	I	CR	24	8	35
丹顶鹤*	<i>Grus japonensis</i>	I	EN	96	8	15
黑颈鹤*	<i>Grus nigricollis</i>	I	VU	130	24	49
白头鹤*	<i>Grus monacha</i>	I	VU	2	4	63
赤颈鹤*	<i>Grus antigone</i>	I	VU	4		
东方白鹳*	<i>Ciconia boyciana</i>	I	EN	71	36	64
黑鹳*	<i>Ciconia nigra</i>	I	LC			126
白鹳	<i>Ciconia ciconia</i>	I	LC			
黑脸琵鹭*	<i>Platalea</i>	II	EN			63

	<i>minor</i>					
朱鹮*	<i>Nipponia nippon</i>	I	EN	3	5	12
白肩黑鹳*	<i>Pseudibis</i>		CR			1
	<i>davisoni</i>					
海南鵟*	<i>Gorsachius magnificus</i>	II	EN			5
栗鵟*	<i>Gorsachius melanolophus</i>		EN			2
波斑鸨*	<i>Chlamydotis macqueenii</i>	I	LC		1	1
小鸨*	<i>Tetrax tetrax</i>	I	LC		1	
大鸨*	<i>Otis tarda</i>	I	VU	82	30	26
白尾海雕*	<i>Haliaeetus albicilla</i>	I	LC			69
虎头海雕*	<i>Haliaeetus pelagicus</i>	I	VU			1
玉带海雕*	<i>Haliaeetus leucoryphus</i>	I	VU			13
胡兀鹫*	<i>Gypaetus barbatus</i>	I	LC	92		84
白背兀鹫*	<i>Gyps bengalensis</i>	I	CR			1
白兀鹫*	<i>Neophron percnopterus</i>	II	EN			1
黑兀鹫*	<i>Sarcogyps calvus</i>	II	CR	1		
金雕*	<i>Aquila chrysaetos</i>	I	LC	150		118
白肩雕*	<i>Aquila heliaca</i>	I	VU			13
猎隼*	<i>Falco cherrug</i>	II	EN	37	22	96
毛腿渔鸮*	<i>Bubo blakistoni</i>	II	EN			1
绿孔雀*	<i>Pavo muticus</i>	I	EN	43	6	1
灰孔雀雉*	<i>Polyplectron</i>	I	LC			9
	<i>bicalcaratum</i>					
海南孔雀雉*	<i>Polyplectron katsumatae</i>	I	EN		2	2
四川雉鹑*	<i>Tetraophasis szechenyii</i>	I	LC	67		
雉鹑*	<i>Tetraophasis obscurus</i>	I	LC	154		
白颈长尾雉*	<i>Syrnaticus ellioti</i>	I	NT	40	13	12
黑颈长尾雉*	<i>Syrnaticus humiae</i>	I	LC	59	2	8
黑长尾雉*	<i>Syrnaticus mikado</i>	I	NT			5
蓝鹇*	<i>Lophura swinhoii</i>	I	NT			4
海南山鹧鸪*	<i>Arborophila brunneopectus</i>	I	VU	7	4	

四川山鹧鸪*	<i>Arborophila rufipectus</i>	I	CR	82	3	1
马鸡属*	<i>Crossoptilon</i> sp.	—	—	7	5	9
黑嘴松鸡*	<i>Tetrao parvirostris</i>	I	LC			7
斑尾榛鸡*	<i>Bonasa sewerzowi</i>	I	NT	363	6	6
角雉属*	<i>Tragopan</i> sp.	I	—	41	13	16
绿尾虹雉*	<i>Lophophorus lhuysii</i>	I	VU	341	6	5
棕尾虹雉*	<i>Lophophorus impejanus</i>	I	LC			1
白尾梢虹雉*	<i>Lophophorus sclateri</i>	I	VU	29	21	1
鹊色鹇*	<i>Oriolus mellianus</i>		EN			1
细纹苇莺*	<i>Acrocephalus sorghophilus</i>		EN			3
巨鹇*	<i>Sitta magna</i>		EN			7
靛冠噪鹛*	<i>Garrulax courtoisi</i>		CR		1	1
棕头歌鸲*	<i>Luscinia ruficeps</i>		EN			1
栗斑腹鸲*	<i>Emberiza jankowskii</i>		EN			4
黄胸鹀*	<i>Emberiza aureola</i>		EN			105
爬行类 Reptile						
巨蜥*	<i>Varanus salvator</i>	I	VU		1	
扬子鳄	<i>Alligator sinensis</i>	I	CR			
蟒蛇*	<i>Python molurus</i>	I	VU	25	1	
鳄蜥	<i>Shinisaurus crocodilurus</i>	I	EN			
鼋	<i>Pelochelys bibroni</i>	I	VU			
四爪陆龟*	<i>Testudo horsfieldii</i>	I	NE		1	
鱼类 Fish						
中华鲟*	<i>Acipenser sinensis</i>	I	NT	2	3	
达氏鲟	<i>Acipenser dabryanus</i>	I	CR			
白鲟	<i>Psephurus gladius</i>	I	CR			
新疆大头鱼	<i>Aspiorhynchus laticeps</i>	I	Not listed			

植物 Plant

斑叶杓兰*	<i>Cypripedium margaritaceum</i>	I	NE	1	
伯乐树*	<i>Bretschneidera sinensis</i>	I	EN	37	2
滇桂石斛*	<i>Dendrobium guangxiense</i>	I	EN	0	0
独叶草*	<i>Kingdonia uniflora</i>	I	EN	27	6
峨眉拟单性木兰*	<i>Magnolia omeiensis</i>	I	VU		1
萼翅藤*	<i>Calcyopteris floribunda</i>	I	NE		1
珙桐*	<i>Davidia involucrata</i>	I	CR	38	14
褐花杓兰*	<i>Cypripedium smithii</i>	I	NE		1
虎斑杓兰	<i>Paphiopedilum tigrinum</i>	I	CR		
华盖木*	<i>Manglietia sinica</i>	I	CR	2	2
丽江杓兰*	<i>Cypripedium lichiangense</i>	I	CR		1
绿花杓兰*	<i>Cypripedium henryi</i>	I	LC		1
毛瓣杓兰*	<i>Cypripedium fargesii</i>	I	EN		1
曲茎石斛*	<i>Dendrobium flexicaule</i>	I	CR		1
望天树*	<i>Parashorea chinensis</i>	I	EN	1	3
杏黄兜兰*	<i>Paphiopedilum armeniacum</i>	I	VU		2
云南蓝果树*	<i>Nyssa yunnanensis</i>	I	EN		4
云南杓兰*	<i>Cypripedium yunnanense</i>	I	VU		1
长瓣兜兰*	<i>Paphiopedilum dianthum</i>	I	CR		1
珍珠矮*	<i>Cymbidium nanulum</i>	I	VU		1
玉龙蕨	<i>Sorolepidium glaciale</i>	I	Not listed		
合柱金莲木	<i>Sinia rhodoleuca</i>	I	Not listed		
单座苣苔	<i>Hemiboea ovalifolia</i>	I	Not listed		
落叶木莲	<i>Manglietia decidua</i>	I	EN		
貉藻	<i>Aldrovanda vesiculosa</i>	I	EN		
普陀鹅耳枥	<i>Carpinus putoensis</i>	I	CR		

天目铁木	<i>Ostrya rehderiana</i>	I	CR	
膝柄木	<i>Bhesa sinensis</i>	I	Not listed	
藤枣	<i>Eleutharrhena macrocarpa</i>	I	Not listed	
瑶山苣苔	<i>Oreocharis continifolia</i>	I	Not listed	
银缕梅	<i>Shaniodendron subaequalum</i>	I	Not listed	
长喙毛茛泽泻	<i>Ranalisma rostratum</i>	I	Not listed	
长蕊木兰	<i>Alcimandra cathcartii</i>	I	LC	
东京龙脑香	<i>Dipterocarpus retusus</i>	I	VU	
报春苣苔	<i>Primulina tabacum</i>	I	Not listed	
辐花苣苔	<i>Oreocharis auricula</i>	I	Not listed	
单性木兰	<i>Kmeria septentrionalis</i>	I	VU	
掌叶木	<i>Handeliodendron bodinieri</i>	I	Not listed	
革苞菊	<i>Tugarinovia mongolica</i>	I	Not listed	
莼菜	<i>Brasenia schreberi</i>	I	Not listed	
华山新麦草	<i>Psathyrostachys huashanica</i>	I	Not listed	
巨柏*	<i>Cupressus torulosa</i> var.	I	EN	3
	<i>gigantea</i>			
红豆杉	<i>Taxus wallichiana</i>	I	EN	
	var. <i>chinensis</i>			
	<i>Taxus wallichiana</i>	I	EN	
南方红豆杉	var. <i>mairei</i>			
东北红豆杉	<i>Taxus cuspidata</i>	I	LC	
西藏红豆杉	<i>Taxus wallichiana</i>	I	EN	
梵净山冷杉	<i>Abies fanjingshanensis</i>	I	EN	
百山祖冷杉	<i>Abies beshanzuensis</i>	I	CR	
元宝山冷杉	<i>Abies yuanbaoshanensis</i>	I	CR	
资源冷杉	<i>Abies ziyuanensis</i>	I	EN	
银杏	<i>Ginkgo biloba</i>	I	EN	
巧家五针松*	<i>Pinus squamata</i>	I	CR	1

长白松	<i>Pinus sylvestris</i> var. <i>sylvestriformis</i>	I	LC		
台湾穗花杉	<i>Amentotaxus formosana</i>	I	VU		
云南穗花杉*	<i>Amentotaxus yunnanensis</i>	I	CR	1	1
水松	<i>Glyptostrobus pensilis</i>	I	CR		
水杉*	<i>Metasequoia</i> <i>glyptostroboides</i>	I	CR	4	8
秃杉*	<i>Taiwania flousiana</i>	I	EN		23
银杉*	<i>Cathaya argyrophylla</i>	I	EN	6	4
叉孢苏铁	<i>Cycas segmentifida</i>	I	VU		
攀枝花苏铁	<i>Cycas panzhihuaensis</i>	I	VU		
苏铁	<i>Cycas revoluta</i>	I	LC		
叉叶苏铁	<i>Cycas bifida</i>	I	VU		
单羽苏铁	<i>Cycas simplicipinna</i>	I	NT		
海南苏铁	<i>Cycas hainanensis</i>	I	EN		
德保苏铁	<i>Cycas debaoensis</i>	I	CR		
华南苏铁	<i>Cycas rumphii</i>	I	NT		
宽叶苏铁	<i>Cycas balansae</i>	I	NT		
台东苏铁	<i>Cycas taitungensis</i>	I	EN		
台湾苏铁	<i>Cycas taiwaniana</i>	I	EN		
秀叶苏铁	<i>Cycas gracilis</i>	I	LC		
锈毛苏铁	<i>Cycas ferruginea</i>	I	NT		
绿春苏铁	<i>Cycas tanqingii</i>	I	NT		
石山苏铁	<i>Cycas miquelii</i>	I	LC		
葫芦苏铁	<i>Cycas changjiangensis</i>	I	EN		
四川苏铁	<i>Cycas szechuanensis</i>	I	CR		
多歧苏铁	<i>Cycas multipinnata</i>	I	EN		
仙湖苏铁	<i>Cycas fairylakea</i>	I	Not listed		

云南苏铁	<i>Cycas tonkinensis</i>	I	Not listed		
贵州苏铁	<i>Cycas guizhouensis</i>	I	VU		
高寒水韭	<i>Isoetes hypsophila</i>	I	Not listed		
中华水韭	<i>Isoetes sinensis</i>	I	CR		
多毛坡垒	<i>Hopea mollissima</i>	I	CR		
坡垒	<i>Hopea hainanensis</i>	I	CR		
狭叶坡垒	<i>Hopea chinensis</i>	I	CR		
光叶蕨*	<i>Cystoathyrium chinense</i>	I	NE	1	1

*具有 GPS 分布点的物种, **自世界自然保护联盟濒危物种红色名录 ver 3.1

* Species with GPS point. ** From the IUCN Red List of Threatened Species ver 3.1