

• 研究报告 •

全球陆地保护地与城市距离变化分析

范 边 马克明*

(中国科学院生态环境研究中心城市与区域生态国家重点实验室, 北京 100085)

摘要: 在城市用地和保护地都快速扩张的背景下, 保护地与城市之间的距离在急剧缩小, 然而这并未引起人们的足够关注。城市对保护地的负面影响具有尺度效应, 且随着距离的接近, 负面影响也将加剧, 因此保护地与城市距离的远近可成为衡量负面影响大小的重要依据。本文基于全球保护地和大城市及城市用地分布数据, 对全球、洲际、地区和国家尺度1950–2010年城市与保护地距离的变化进行分析。结果表明: (1)在4个尺度上, 保护地与城市的距离都在不断缩小。欧洲和西欧是保护地与城市距离最近的洲和地区, 而大洋洲和澳大利亚及新西兰则是距离最远的洲和地区。在面积排名前20的保护地大国中, 中国是保护地与城市平均最近距离最小的国家, 其与50万以上人口城市的平均最近距离在2010年仅为143.5 km。(2)根据城市与保护地距离的现状及其变化, 可将保护地排名前60的国家分成5类: (a)距离很近, 靠近速度慢, 如西欧国家; (b)距离近, 靠近速度适中, 如中国、美国; (c)距离较近, 靠近速度快, 如沙特阿拉伯、厄瓜多尔; (d)距离较远, 靠近速度较慢, 如巴西、加拿大、俄罗斯联邦; (e)距离远, 靠近速度较快, 如澳大利亚、非洲大多数国家。(3)全球范围内, 越来越多生物多样性较高的保护地将面临被城市影响的境地。该结果以期引起大家对全球保护地与城市距离急剧缩短现象的关注和警惕。

关键词: 陆地保护地, 城市用地, 最近距离, 缓冲区, 多尺度, 重点生态区

Analysis of change in the distances between global terrestrial protected areas and urban areas

Bian Fan, Keming Ma*

State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085

Abstract: With the expansion of urban areas and protected areas (PAs), the distance between them is strongly declining. However, this phenomenon hasn't garnered much attention. The negative influences of urban areas on PAs have scaling effects, and with this distance decreasing, those negative influences may compound, therefore the distance between PAs and urban areas could be an important reference for measuring these negative influences. Based on spatial data of PAs, cities and urban areas, our study analyzed the changes in distance from PAs to urban areas between 1950 to 2010 at global, continental, regional and national scale. The results showed that: (1) at these four scales, the distance between PAs to urban areas were all declining. Europe (Western Europe) was the continent (region), which had the closest proximity of PAs and urban areas. On the contrary, Oceania (Australia and New Zealand) was the continent (region), which had the farthest proximity of these areas. Among the top 20 PAs countries, China had the nearest proximity, as the mean distance from PAs to cities with more than 50 thousand people was merely 143.5 km. (2) According to the current situation and changes in the distances between PAs and urban areas, the top 60 PAs countries can be divided into 5 categories: (a) the proximity was very near and the speed of changes was slow, such as Western European countries; (b) the proximity was near and the speed was moderate, such as China and America; (c) the proximity was relatively near and the speed was rapid, such as Saudi Arabia and Ecuador; (d) the proximity was relatively distant and the speed was relatively slow, such as Brazil, Canada and Russia; (e) the proximity was distant and the speed was relatively rapid, such as Australia and most African countries. (3)

收稿日期: 2015-04-21; 接受日期: 2015-05-30

基金项目: 城市与区域生态国家重点实验室自主项目(SKLURE2013-1-01)

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: mkm@rcees.ac.cn

On a global scale, more and more PAs with high biodiversity are influenced by urbanization. This study may draw attention and awareness to the changing proximity between PAs and urban areas.

Key words: terrestrial protected areas, urban area, nearest distance, buffer area, multiple scale, priority eco-region

人口快速增长及从农村到城市的人口迁移正日益成为一个全球化现象(Jenerette & Potere, 2010)。据联合国 *World Urbanization Prospects: The 2014 Revision* 估计,世界城市人口将由2011年的36亿增加至2050年的63亿,增幅达72% (United Nations, 2014)。相应地,城市用地也因发展中国家的城市人口增加以及发达国家的城市蔓延而不断扩张。从全球来看,城市用地的扩展速度至少是城市人口增长速度的2倍,在某些地区,其差异更是高达3—4倍(Angel *et al.*, 2005; Seto *et al.*, 2011)。与此同时,被公认为是保护自然栖息地、减缓生物多样性丧失第一道防线的保护地建设(Balmford *et al.*, 2002; Rodrigues *et al.*, 2004; Nelson & Chomitz, 2011)在过去25年间呈指数增长,尤其在一些生物多样性丰富的发展中国家,其发展尤为迅速(Naughton-Treves *et al.*, 2005)。当前,全球各类保护地数量近13.5万,面积达到2,437万km²,其中陆地保护地约占2/3 (Butchart *et al.*, 2010)。

早在20世纪70年代,学者们就已意识到保护地周边土地利用变化会对保护地造成负面影响(Hansen & DeFries, 2007),城市作为人口高度集中的区域,其产生的各种人类活动无疑给周边保护地带来压力。如,噪声污染会降低白喉带鹀(*Zonotrichia albicollis*)、黄腰林莺(*Dendroica coronata*)和红眼莺雀(*Vireo olivaceus*)的栖息率(Bayne *et al.*, 2008),以及灶巢鸟(*Seiurus aurocapilla*)的配对成功率(Habib *et al.*, 2007),干扰灰纹霸鹟(*Empidonax wrightii*)、西丛鸦(*Aphelocoma californica*)的筑巢和捕食行为(Francis *et al.*, 2009, 2011)。光污染则会扰乱幼龟的航向(Bourgeois *et al.*, 2009),增加候鸟死亡率(Longcore & Rich, 2004)。城市工厂排放的污染物可传播数千公里,因此容易波及周边保护地。美国东北部和加拿大东南部工业区的铅污染能影响到与其距离遥远的加拿大新斯科舍省的Kejimikujik国家公园(DesJardins *et al.*, 2004),而西雅图汽车厂产生的臭氧和颗粒物则能影响到几百公里外、位于华盛顿的Mount Rainier国家公园

(USGS, 1999)。同时,保护地周边的居民是在保护地内从事滥砍滥伐、非法采集和偷猎活动的主体^①(Yonariza & Webb, 2007),而其饲养的家养动物则可能将疾病传播至保护地的源头。在赞比亚Sengwa野生动物研究区,家犬可侵入保护地内6 km,将狂犬病、犬瘟热和其他病毒带给野生物种(Butler *et al.*, 2004)。城市土地利用增加了周边保护地发生火灾的可能性,例如靠近巴西里约热内卢的奇久卡国家公园(Tijuca National Park)每年大约会发生75次火灾,而其中约86%是由人为活动引起的,如热气球、故意纵火、垃圾焚烧和宗教活动等(Matoss *et al.*, 2002)。在一些热带发展中国家,兽肉消费可能会威胁到保护地内一些重要物种的保护,这也日渐成为生态学家的担忧(Macdonald *et al.*, 2012; Gardner & Davies, 2014)。

城市对保护地的影响具有尺度效应。大部分大气污染、噪声污染、水污染、河流截流改道、偷猎、滥伐等负面影响作用于约100 km内的区域尺度,而光污染、火灾、过度踩踏等则作用于约10 km内的局部地区。同时,随着城市和保护地距离的接近,负面影响也将加剧(McDonald *et al.*, 2009)。因此,保护地和城市间距离的远近可成为衡量其负面影响大小的重要依据。然而,当前仅有为数很少的学者对此进行了研究,且在测量指标和时间范围上都较为局限。在测量指标方面,已有研究关注了保护地与城市最近距离、保护地周边地区城市用地面积两项指标。McDonald等(2008)认为当前25%的保护地与5万以上人口城市的最近距离不超过17 km,而这一数字到2030年将进一步降低至15 km。同时,保护地到城市的最近距离存在较大区域差异,例如在东亚地区,其平均最近距离将急剧缩短,由1995年的43 km减少至2030年的23 km。在未来,可能受城市影响的保护地90%将分布在中低收入国家。Guneralp通过计算保护地周边地区城市用地面积来

^① Poudyal M (2005) A study of the reasons for an increase in poaching of the one-horned Indian rhinoceros in Royal Chitwan National Park, Nepal. Master dissertation, School of Resource and Environmental Management, Simon Fraser University, Burnaby.

衡量保护地与城市的接近度。全球保护地50 km缓冲区内城市用地面积将由2000年的45万km²增加到2030年的144万km²。而中国在此方面的增长最快,其增幅达到30.4万km² (Güneralp & Seto, 2013)。在时间范围上,已有尝试都基于全球1995和2000年城市用地数据,并通过情景模拟产生2030年城市用地分布,由此探索1995/2000–2030年保护地与城市距离的变化。因此,当前保护地与城市距离测量研究至少存在两点不足:(1)测量指标过于单一,其出发点均从保护地本身出发,并未考虑城市对保护地影响中尺度效应的存在;(2)时间尺度过于局限,缺乏对过去长期变化的关注。

本文基于全球保护地、城市用地以及大城市分布等数据,通过保护地与最近大城市距离和城市用地缓冲区内保护地比例两项指标对1950–2010年全球陆地保护地与大城市距离变化进行分析。其主要内容包括:(1)采用以上两项指标测量保护地与城市距离的变化;(2)根据距离现状值和1950–2010年距离变化值对国家进行分类;(3)结合城市对保护地影响存在的尺度效应和重点生态区分布,研究提取了落在重点生态区内的近城市保护地,并以此为依据进行评价。通过本研究,一方面希望引起大家对全球保护地与城市距离急剧缩短现象的关注和警惕;另一方面则在多尺度上对保护地和城市距离长期变化进行系统分析、评价,由此发现未来应重点关注的地区和国家。

1 数据与方法

1.1 研究区域

本研究选取的多尺度包括3个层次:微观层面,本文从各保护地与大城市最近距离以及各城市用地缓冲区内保护地比例的两个测量指标入手,此层面为单个保护地和城市用地的斑块尺度;中观层面,在保护地与城市用地距离的评价部分引入世界自然基金会(World Wild Foundation, WWF)的142个重点陆地生态区,此层面为单个生态区的景观尺度;宏观层面,对两大测量指标分别在国家、地区、洲际和全球4个尺度上进行汇总,此层面的单位是行政区域。在国家尺度上,选取联合国193个主权国(United Nations, 2012)中的180个国家,另外13个国家由于本身陆地面积很小或几乎不存在保护地而未考虑(范边和马克明, 2015)。在洲际和地区尺度上,

遵循联合国标准(United Nations Statistics Division, 2013),将全球各国分为6大洲和22个地区。同时由于位于大洋洲的密克罗尼西亚、美拉尼西亚和波利尼西亚3个地区的面积相对较小,其总和仅为51.7万km²,为地区间比较带来不便,故将三者统一为太平洋三大岛群。为避免领土争议及统计混淆,各国海外属地及争议领土未纳入。

1.2 数据来源及处理

本文研究的是陆地保护地(注:下文提及的保护地均指陆地保护地)与城市的距离,因此海洋保护地不在考虑范围之内。保护地的定义为:在一个明确划定的地理空间内,通过法律或其他有效手段对区内物种进行管理,从而使与生态系统服务和文化价值相关的自然环境得到长期保护(IUCN, 2008)。从管理类型看,本文中未对保护地的管理强度差异加以区分,而是包括了世界自然保护联盟(International Union for Conservation of Nature, IUCN)所划分的全部6种类型,即:(Ia) 严格自然保护区(strict nature reserve); (Ib) 荒野区(wilderness area); (II) 国家公园(national park); (III) 自然纪念物(natural monument); (IV) 生境/物种管理区(habitat/species management area); (V) 陆地/海洋保护景观(protected landscape/seascape); (VI) 资源管理保护地(managed resource protected area) (IUCN, 2008)。

研究数据源主要包括5个方面:(1)世界保护地数据库(World Database of Protected Areas, WDPA) (IUCN & UNEP-WCMC, 2014),这是当前全球保护地数据最完善的数据库(Soutullo, 2010),本研究采用的是2014年10月的版本,同时为避免保护地空间图层过于破碎,选取的陆地保护地面积均不小于1 km²。(2)全球环境历史数据集(Historical Database of the Global Environment, HYDE),由荷兰环境评价局(Netherlands Environmental Assessment Agency)建立、更新,其所含信息广泛,包括人口、GDP、土地利用、能源消耗等。研究选取的是1950–2005年每间隔10年的城市用地栅格图层,并参考同期城市用地统计数据设置提取阈值为20% (Goldewijk *et al.*, 2010)。(3)为弥补HYDE城市用地空间数据在2010年的缺失,我们在其2005年空间数据和2010年统计数据的基础上,引入世界人口网格数据库v3 (Gridded Population of the World, GPW)的2010年全

球人口密度数据作为补充(CIESIN *et al.*, 2005), 提取出2006–2010年最可能的新增城市用地, 并结合2005年城市用地数据, 得到2010年城市用地的估计图层。(4)联合国人口司(United Nations Population Division, UNPD)的75万以上人口规模城市1950–2050年人口估计/预测数据(UNPD, 2012)。(5)重点生态区图层源于世界自然基金会的“全球200”项目, 选取其中的142个陆地重点生态区(WWF, 2004), 涉及的植被类型共有14种, 包括热带和亚热带湿润阔叶林、温带针叶林、温带阔叶林和混交林等。

在计算保护地与最近大城市距离及城市用地缓冲区内保护地比例时, 采用了相邻分析(Near)、缓冲区分析(Buffer)、叠加分析(Intersection)等地理数据操作, 并借助ArcGIS 10.2完成。

选取1950–2010年每间隔10年的年份作为研究期, 即1950、1960、1970、1980、1990、2000、2010年这7个年份。之所以将基期定为1950年, 其原因在于: (1)虽然WDPA中记录最早的保护地可追溯至19世纪, 但就全球尺度而言, 保护地的蓬勃发展始于20世纪50年代(Pyke, 2007); (2)各国国界版图在当时已基本形成。

1.3 分析方法

1.3.1 保护地与城市距离的测量指标

为测量保护地与城市之间的距离, 本研究采用了两项指标: 保护地与最近大城市距离(指标一); 城市用地缓冲区内保护地比例(指标二)。

指标一从单个保护地图斑出发, 计算其和最近大城市距离。采用人口规模数作为衡量城市大小的指标, 设置了50万、75万和100万3个城市人口规模梯度。同时, 将该指标结果在全球、洲际、地区和国家4个尺度上进行汇总, 得到保护地与大城市的平均最近距离($M_{\text{near_distance}}$), 其具体计算方法如下:

$$M_{\text{near_distance}} = \sum_{i=1}^n D_{\text{near}(i)} / n \quad (1)$$

式中, $D_{\text{near}(i)}$ 表示空间范围内第*i*个保护地到其最近某一规模大城市的距离, n 表示空间范围内保护地的个数。

指标二从单个城市用地图斑出发, 计算其一定缓冲区范围内的保护地面积和比例($P_{\text{urban_buffer}}$), 本文设置了10 km、30 km、50 km 3个缓冲区距离梯度, 其具体计算方法如下:

$$P_{\text{urban_buffer}} = \sum_{j=1}^m S_{\text{buffer}(j)} / \sum_{i=1}^n S_{\text{Parea}(i)} \quad (2)$$

式中, $S_{\text{buffer}(j)}$ 表示空间范围内第*j*块城市用地一定缓冲区内保护地面积, m 表示空间范围内城市用地的个数, $S_{\text{Parea}(i)}$ 表示空间范围内第*i*个保护地的面积, n 表示空间范围内保护地个数。

无论是保护地与最近大城市距离, 还是城市用地缓冲区内保护地比例都定量反映了保护地和城市用地的接近程度。前者的优点在于距离测量更加客观、直接, 而后的优势是便于和城市用地对保护地影响的尺度效应相结合。

1.3.2 基于保护地与城市距离的国家分类标准

分别采用保护地与城市距离的现状值和变化值对国家进行分类, 其中现状值包括2010年各国平均最近距离和缓冲区内保护地比例, 变化值则包括1950–2010年各国平均最近距离的变化量和缓冲区内保护地比例的变化量。同时为简化过程, 本部分仅针对2010年保护地面积排名前60的国家进行分类。因为这60个国家的陆地保护地总面积为1,619万 km^2 , 占全球陆地保护地总面积的89.5%, 因此国家选取具有代表性。

国家分类规则是将各国水平与全球水平进行比较, 从而得到各国当前的现状等级和变化等级。具体来说, 将各国现状分为4个等级: (1)近: 平均最近距离 \leq 全球平均水平, 缓冲区内保护地比例 \geq 全球平均水平; (2)较近: 平均最近距离 \leq 全球平均水平, 缓冲区内保护地比例 $<$ 全球平均水平; (3)较远: 平均最近距离 $>$ 全球平均水平, 缓冲区内保护地比例 \geq 全球平均水平; (4)远: 平均最近距离 $>$ 全球平均水平, 缓冲区内保护地比例 $<$ 全球平均水平。同样地, 根据各国变化情况分为4个等级: (1)快速逼近: 平均最近距离变化 \leq 全球平均水平, 缓冲区内保护地比例变化 \geq 全球平均水平; (2)较快接近: 平均最近距离变化 \leq 全球平均水平, 缓冲区内保护地比例变化 $<$ 全球平均水平; (3)较慢靠近: 平均最近距离变化 $>$ 全球平均水平, 缓冲区内保护地比例变化 \geq 全球平均水平; (4)缓慢靠近: 平均最近距离变化 $>$ 全球平均水平, 缓冲区内保护地比例变化 $<$ 全球平均水平。最后再根据各国现状等级和变化等级, 将较为相近的等级合并, 最终得到各国保护地与城市距离现状和变化的综合等级。在该部分, 城市人口规模选取75万及以上, 缓冲区距离选取50 km。

1.3.3 保护地与最近大城市距离的评价指标

为对全球保护地与城市距离变化情况进行评价,提取了落在重点生态区内的近城市保护地。具体过程是:首先提取各年份距离最近大城市100 km以内的保护地作为近城市保护地,接着将其与陆地重点生态区图层进行叠加分析,最终得到落在重点生态区内的近城市保护地,在该过程中,大城市的人口规模选择75万及以上。基于落在重点生态区内的近城市保护地和保护地总面积,研究得到落在重点生态区内的近城市保护地比例($P_{\text{urban_priority}}$),其具体计算方法如下:

$$P_{\text{urban_priority}} = \frac{\sum_{k=1}^K S_{\text{urban_priority}(k)}}{\sum_{i=1}^n S_{\text{Parea}(i)}} \quad (3)$$

式中, $S_{\text{urban_priority}(k)}$ 表示第 k 个落在重点生态区内的近城市保护地的面积, K 表示空间范围内该类保护地的个数。

2 结果

2.1 保护地与城市距离变化

2.1.1 保护地与最近大城市平均距离变化

1950–2010年期间,全球范围内面积 $\geq 1 \text{ km}^2$ 的陆地保护地个数由17,174个增至77,838个,同时人口规模 ≥ 75 万的城市数也由105个增加至611个,而保护地与最近城市的距离却在不断减少。1950年,有50%保护地与75万以上人口城市的最近距离在463.74 km以上,但在2010年,这一数值已降至163.53 km(图1)。

全球尺度上,保护地与最近大城市的距离不断缩短。1950–2010年,各保护地距75万以上人口城市的平均最近距离从925 km缩短至233 km。洲际尺度上,六大洲也同样表现出平均最近距离减小趋势,其中欧亚两洲低于全球水平。1950–2010年间,亚洲保护地距75万以上人口城市的平均最近距离由591 km减少到176 km,是平均最近距离最小的洲。其次是欧洲,其平均最近距离从477 km缩短至188 km。而大洋洲保护地的平均最近距离最远,保护地和3类不同人口规模城市的平均最近距离均在500 km以上(图2a)。

地区尺度上,西欧、东亚、西亚、中美洲、西非保护地与3类不同人口规模城市的平均最近距离都小于200 km,其中西欧是平均距离最小的地区,1950–2010年间其保护地与100万以上人口规模城

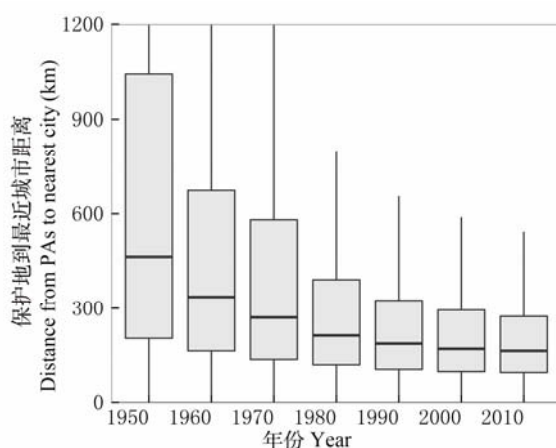


图1 1950–2010年保护地与最近城市距离变化(城市人口规模: 75万及以上)

Fig. 1 The change of nearest distances from PAs to cities between 1950 and 2010 (city population size: no less than 750 thousand)

市的平均最近距离由202 km减少至123 km,而澳大利亚和新西兰、太平洋三大岛群的保护地与3类不同人口规模城市的平均最近距离则都高于490 km,是距离最远的地区(表1)。

国家尺度上,各国保护地也日益接近大城市。1950年,50%的国家其保护地与75万以上人口规模城市的平均最近距离小于797 km,而到2010年,75%的国家其保护地和相同人口规模城市的平均最近距离已低于353 km(图3a)。在全球保护地大国(本文选取保护地面积排名前20的国家,下同)中,除纳米比亚外,其他国家2010年保护地与大城市的平均最近距离均在140–440 km之间,其中平均距离最小的是中国,其保护地距50万以上人口城市的平均最近距离从355 km减少至142 km,而距100万以上人口城市的平均最近距离由544 km降至167 km(附录1a)。

2.1.2 城市用地缓冲区内保护地比例变化

全球尺度上,城市用地缓冲区内保护地比例不断增加。1950–2010年,全球城市用地50 km缓冲区内保护地比例由3.5%发展至10.9%。洲际尺度上,六大洲也同样呈现不断上升的趋势。其中,欧洲明显高于全球水平,共有31%的保护地位于城市用地50 km缓冲区内。北美洲的比例略高于全球水平,共有12%的保护地位于城市用地50 km缓冲区内。亚洲位列第三,其比例略低于全球水平,有超过10%的保护地在城市用地50 km缓冲区内。而拉丁美洲、

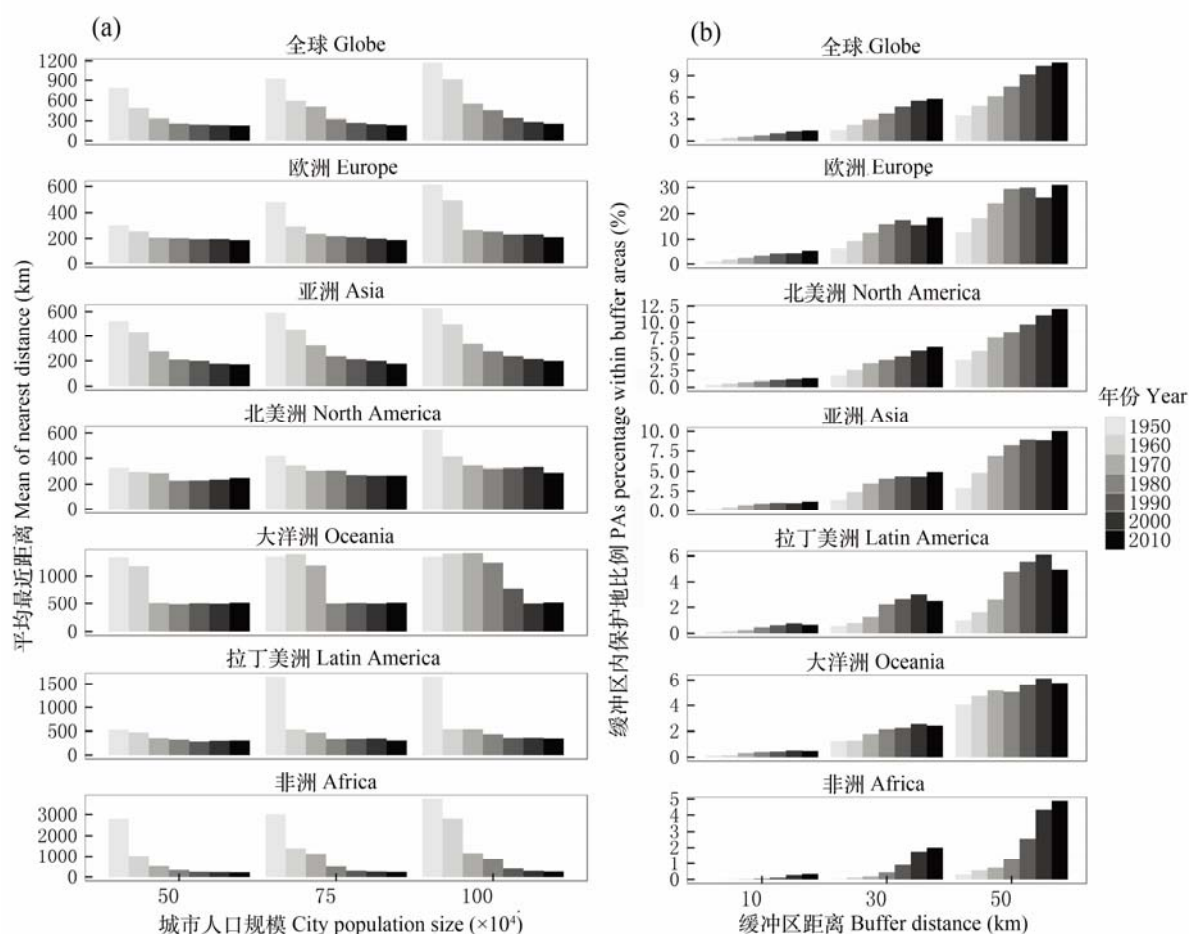


图2 全球、各洲保护地与城市距离变化。(a)平均最近距离变化;(b)城市用地缓冲区内保护地比例变化。

Fig. 2 The change of distances from PAs to cities at global and continental scale. (a) The change in mean of nearest distance from PAs to cities; (b) The change of PAs percentage in buffer areas of urban areas.

大洋洲、非洲的比例均不到全球水平的50% (图2b)。

地区尺度上, 有10个地区城市用地缓冲区内保护地比例超过全球水平, 其中, 西欧、南欧、北欧和加勒比海区至少是全球水平的两倍, 而西欧位列地区之首, 其有近83%的保护地位于城市用地50 km缓冲区内。在比例低于全球水平的10个地区中, 北非、南非、东亚的比例接近全球水平, 而其余各区均不到全球水平的50% (表1)。

国家尺度上, 越来越多保护地落在城市用地缓冲区范围内。1950年, 只有不到25%的国家其城市用地50 km缓冲区内保护地比例大于1.16%, 而到2010年, 有50%国家该缓冲区内保护地比例已超过14.25% (图3b)。在全球保护地大国中, 美国、委内瑞拉和印度尼西亚是城市用地缓冲区内保护地比例最高的3个国家, 其中美国位列之首, 2010年其城

市用地50 km缓冲区内保护地比例达到18.51%。中国城市用地50 km缓冲区内保护地比例为5.85%, 只有全球水平的50% (附录1b)。

2.2 基于保护地与城市距离的国家分类

2010年, 全球保护地与城市平均最近距离是233 km, 缓冲区内保护地比例是10.9%。1950–2010年, 全球保护地与城市平均最近距离减少了691.58 km, 缓冲区内保护地比例增加了4.25%。依据前两者作为现状分类标准, 将60个国家分成近、较近、较远、远4个类型(附录2a), 同时基于后两者, 将60个国家分成快速逼近、较快接近、较慢靠近、缓慢靠近4个类型(附录2b)。

基于各国现状等级和变化等级, 将全球保护地面积排名前60的国家分成5种类型(附录3): (1)距离很近, 靠近速度慢: 保护地与大城市平均最近距离

表1 2010年各地区保护地与城市的距离
Table 1 The distance from PAs to cities within regions in 2010

地区 Region	平均最近距离 ^a Mean nearest distance ^a (km)			缓冲区内保护地比例 ^b PAs percentage within buffer areas ^b (%)		
	50	75	100	10	30	50
西欧 Western Europe	114.79	114.79	122.85	22.38	58.87	82.56
西亚 Western Asia	134.85	136.26	145.98	0.68	2.81	5.90
东亚 Eastern Asia	136.92	137.72	146.36	1.21	4.24	7.76
中美洲 Central America	140.57	140.59	163.83	2.48	9.85	17.68
西非 Western Africa	161.45	166.82	196.66	0.35	2.79	7.43
南亚 Southern Asia	178.05	178.81	217.17	1.62	8.99	20.60
南欧 Southern Europe	185.17	185.17	234.10	6.46	28.05	51.10
东欧 Eastern Europe	228.16	229.53	249.31	1.93	9.53	18.18
北欧 Northern Europe	238.18	238.18	264.41	5.04	18.76	31.66
北非 Northern Africa	244.75	244.75	356.22	1.11	4.75	9.33
南非 Southern Africa	251.56	251.56	252.62	0.77	3.72	8.64
北美洲 Northern America	249.17	266.95	289.48	1.32	6.13	12.07
东非 Eastern Africa	260.88	288.23	304.73	0.16	1.11	3.22
南美洲 Southern America	308.28	308.91	351.48	0.65	2.48	4.95
中非 Central Africa	322.46	322.57	383.72	0.19	1.11	2.66
中亚 Central Asia	323.14	323.14	333.57	1.08	5.73	13.80
东南亚 Southeastern Asia	303.14	330.29	406.65	1.18	6.18	12.83
加勒比海区 Caribbean	338.50	338.50	388.99	4.65	12.68	31.09
澳大利亚和新西兰 Australia and New Zealand	492.04	492.04	493.20	0.49	2.42	5.56
太平洋三大岛群 Pacific islands	2,812.72	2,812.72	3,198.28	0.18	0.40	0.48

a, 三种城市人口规模: 50万、75万、100万; b, 三种缓冲距离: 10 km、30 km、50 km
a, Below is three city population sizes: 500 thousand, 750 thousand, 1,000 thousand; b, Below is three distances of buffer areas: 10 km, 30 km, 50 km.

≤233 km, 城市用地缓冲区内保护地比例≥10.9%, 平均最近距离减少> 691.58 km, 以西欧国家、日本为代表; (2)距离近, 靠近速度适中: 保护地与大城市平均最近距离≤ 233 km, 城市用地缓冲区内保护地比例增加< 10.9%, 平均最近距离减少> 691.58 km, 以中国、美国为代表; (3)距离较近, 靠近速度快: 保护地与大城市平均最近距离≤ 233 km, 平均最近距离减少≤ 691.58 km, 以沙特阿拉伯、厄瓜多尔为代表; (4)距离较远, 靠近速度较慢: 保护地与大城市平均最近距离> 233 km, 平均最近距离减少> 691.58 km, 城市用地缓冲区内保护地比例增加≥ 4.25%, 以巴西、加拿大、俄罗斯联邦为代表; (5)距离远, 靠近速度较快: 保护地与大城市平均最近距离> 233 km, 平均最近距离减少≤ 691.58 km, 城市用地缓冲区内保护地比例增加< 4.25%, 以澳大利亚、非洲大多数国家为代表。

2.3 保护地与最近大城市距离的评价

全球范围内, 落在重点生态区内的近城市保护地面积由1950年的28,325 km²扩大到2010年的

895,104 km², 其比例则由0.86%上升至5.63%。同时在142个陆地重点生态区内, 包含近城市保护地的生态区个数也从1950年的22个增加到2010年的95个。

从植被类型来看, 落在重点生态区内的近城市保护地在1950–1980年间主要分布在温带阔叶林和混交林, 地中海森林、林地和灌丛以及温带针叶林这3个类型中, 到1980年以后, 则开始向热带和亚热带湿润阔叶林转移, 同时诸如山地草地和稀树草原, 热带和亚热带草原、稀树草原和灌木等多种植被类型也开始有所分布(图4a)。从地区来看, 落在重点生态区内的近城市保护地在1950–1980年间主要分布在北美洲、澳大利亚和新西兰及南欧这3个区域中, 到1980年以后, 则开始向南美洲转移, 同时东南亚、东亚、东非等多个地区也开始有所分布(图4b)。

3 讨论

本研究通过保护地与最近城市距离和城市用地缓冲区内保护地比例对1950–2010年全球保护地

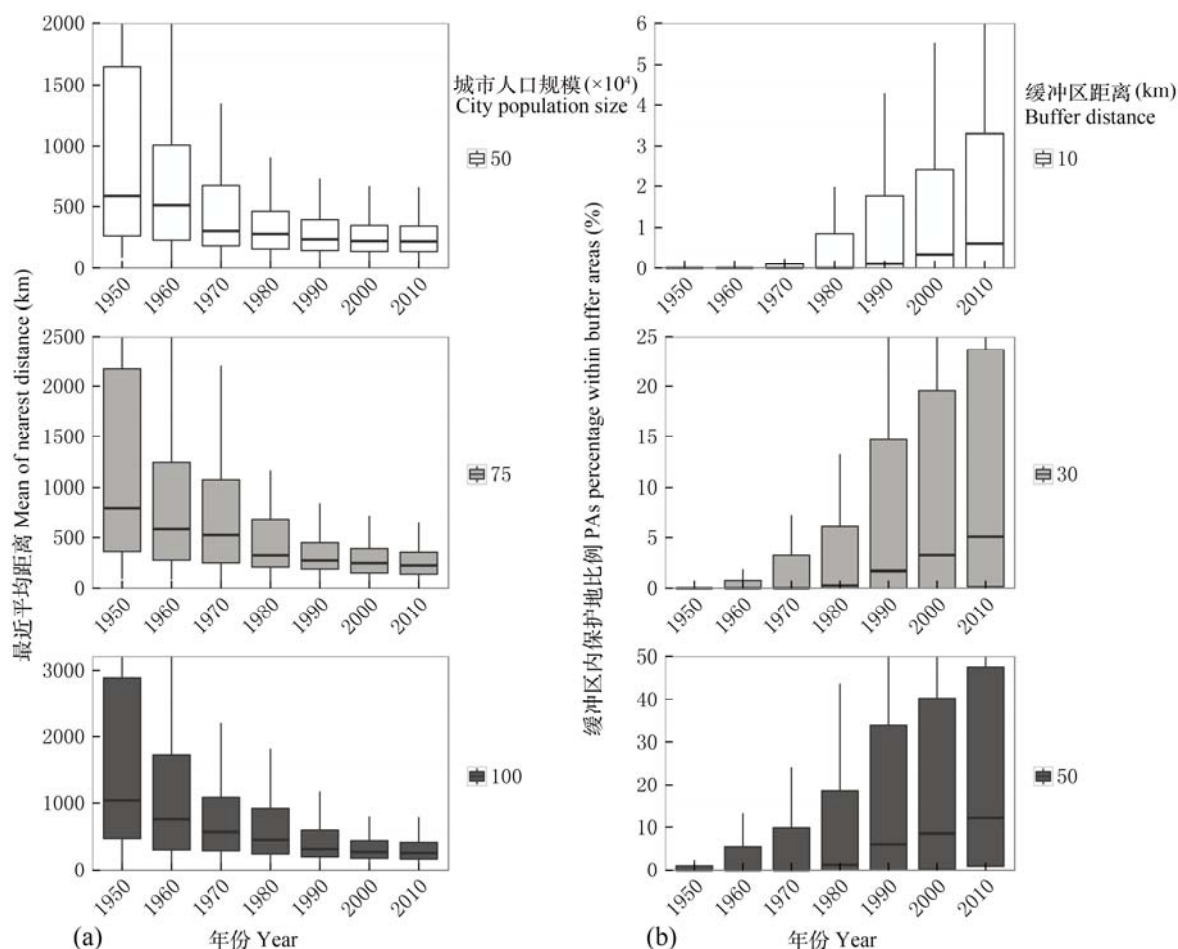


图3 国家保护地与城市距离分布变化。(a)平均最近距离变化;(b)城市用地缓冲区内保护地比例变化。

Fig. 3 The change in distribution of distances from PAs to cities within countries. (a) The change in distribution of mean in nearest distances from PAs to cities; (b) The change in distribution of PAs percentage in buffer areas of urban areas.

与城市距离变化在多尺度上进行测量、分类及评价。相比已有研究, 本研究侧重1950–2010年的长期变化, 弥补了已有研究仅预测1995/2000–2030年变化趋势的不足。在指标设置上, 本文不仅从保护地本身出发, 还同时考虑城市用地对保护地影响存在的尺度效应, 弥补了已有研究中测量指标过于单一的缺陷。此外, 本文还尝试计算了重点生态区内近城市保护地比例的变化。

3.1 保护地与城市距离的变化

迄今为止城市用地并未有统一定义, 因而在现有研究中有很多表示其含义的词, 诸如城区(city area)、城市行政辖区(urban administrative area)、建成区(built-up area)、不透水面(impervious surfaces)等(Douglas *et al.*, 2010)。为对城市用地有个统一而清晰的认识, 邬建国等提出一个“三层次”金字塔框

架, 并用该框架对现有城市用地估计结果进行梳理。处于金字塔低端的是城区(urban area), 由城市管理边界定义, 包括辖区范围内所有的不透水面、植被、裸地、水体等; 处于中间位置的是建成区, 它是指城区范围内主要被非植被和人工建筑物覆盖的区域, 比如道路、建筑物、飞机跑道、工业设施等; 处于金字塔顶端的是不透水面, 它仅包括不能被水穿透的人工建筑物表面, 如屋顶、道路、车道、人行道、停车场等。从面积来看, 城区>建成区>不透水面。具体来说, 不透水面约有60万km², 占全球陆地总面积的0.45%; 建成区约为70–90万km², 占总面积的0.49–0.65%; 城区则占总面积的1.86–3% (Liu *et al.*, 2014)。在本文选用的HYDE数据集中, 城市用地由1950年的14.5万km²扩大至2013年的72.8万km², 约占陆地总面积的0.53%, 处于金字塔框架

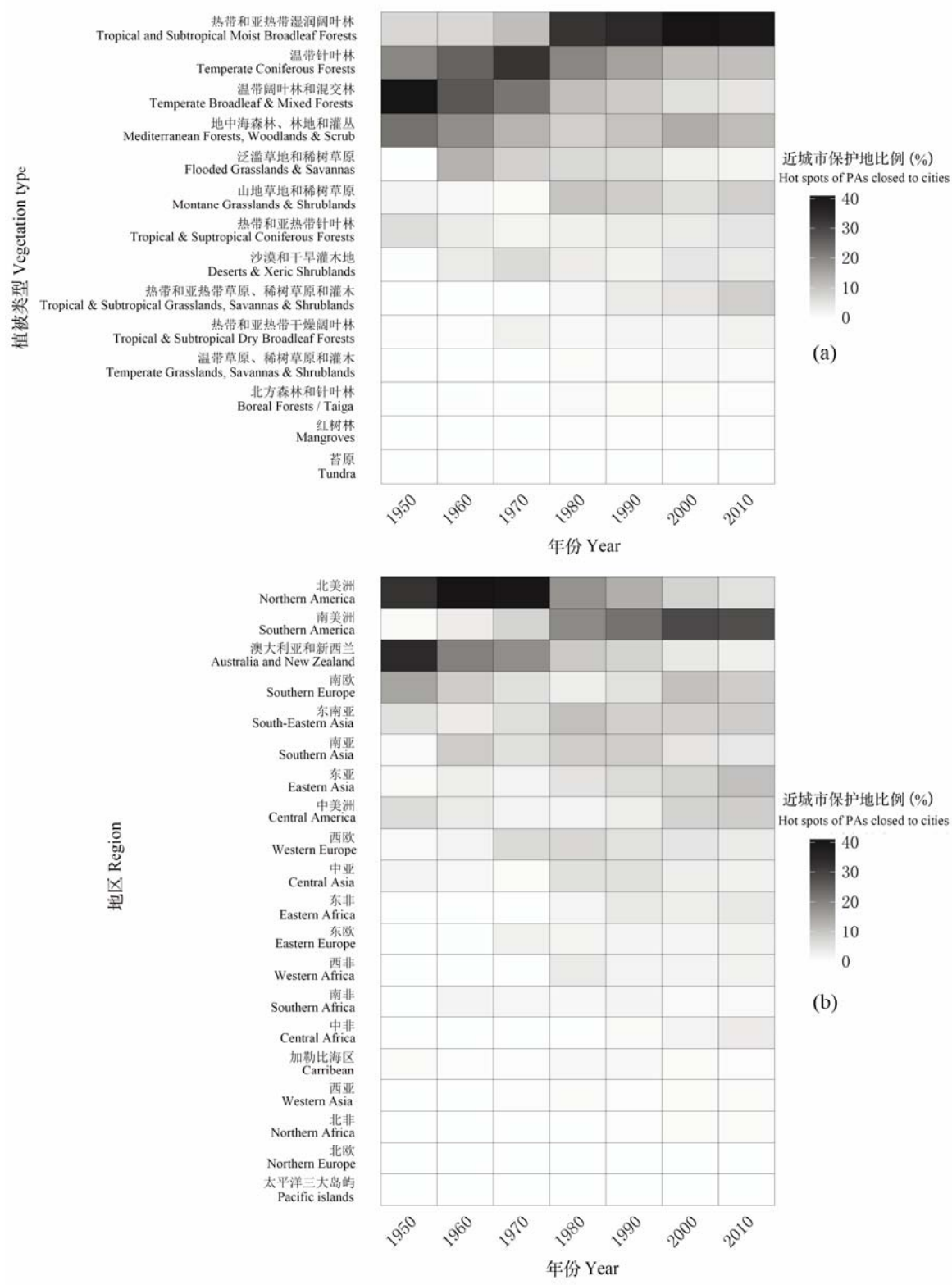


图4 落在重点生态区内近城市保护地的分布热图。(a)植被类型分布热图;(b)地区分布热图。
Fig. 4 Hot spots of PAs closed to cities and located in priority ecoregions. (a) The vegetation hot spots. (b) The regional hot spots.

中的“建成区”层。这也与HYDE数据集采用的数据源有关,它主要以人口数据集及其他基于遥感影像的城市用地数据集为估计来源(Goldewijk *et al.*, 2010)。

在计算保护地与最近大城市距离时,本文采用人口数量作为衡量城市规模的指标。然而,各国根据自身发展水平对此的规定不尽相同。例如联合国规定人口数量大于2万可称之为城市,但在澳洲,1,000人的小镇即可称为城市(Douglas *et al.*, 2010)。已有研究关注的是中小城市,其人口规模基数都在50万及以下,而本研究则选取了50万、75万、100万作为大城市人口规模梯度,一方面使选取的城市数不至于过多,另一方面也避免与已有研究重复。在城市对保护地的所有影响中,有2/3集中在城市用地50 km范围内,并且在10 km范围内,很多负面效应将会加剧(Guneralp & Seto, 2013)。因此在计算城市用地缓冲区内保护地比例时,本文分别将50 km和10 km作为缓冲区距离的梯度值,并间隔20 km设置中间梯度值30 km。在提取近城市保护地时,选取100 km作为最近距离阈值,其依据在于:城市对保护地的绝大部分影响是作用于区域和局部地区,而其距离范围的上限约为100 km (McDonald *et al.*, 2009)。

无论从保护地与大城市平均最近距离指标,还是从城市用地周边缓冲区内保护地比例指标,各尺度上都呈现出保护地和大城市距离不断缩小的趋势,这与已有研究结果相符。然而由于以往研究关注的是人口规模较小的城市,如McDonald基于5万及以上人口城市计算了1995年保护地与城市的最近距离,因此在具体数值上无法与本研究结果直接对比,但仍可为横向比较提供参考。洲际水平上,其距离由小到大依次是:欧洲、亚洲、北美洲、非洲、南美洲、大洋洲,与本研究1990年的距离结果相同;而在地区水平上,其距离最小的是西欧、南欧和西亚,而在本研究1990年的结果中,距离最小的地区依次是西欧、东亚、西亚和南欧。考虑到两项研究选取人口规模大小的不同,而东亚作为一个高人口密度地区,其最近距离排名应随着选取城市人口规模的增加而提高。此外,两项研究都得出了中国在保护地大国中是保护地与城市平均距离最小的国家。因此总体来说,本研究结果与上述研究在变化趋势、横向对比上都较为一致。

虽然由于城市自身规模扩大的有限性,在中小尺度上,保护地和城市距离的靠近主要表现为近城市保护地的确立。但从本质看,全球范围内保护地与城市距离缩短的原因在于保护地和城市数量的增加。1950–2010年间,全球陆地保护地面积从340万 km^2 扩大到1,809万 km^2 ,而其数量也由1.72万个增加到7.78万个,同时人口规模超过75万的城市数量也从105个上升至611个,两方面数目的增长最终导致两者的距离互相靠近。

保护地与城市距离指标可在整体空间上反映保护地与城市间的距离,以平均最近距离为界,其中约一半保护地位于界内,一半保护地位于界外。城市用地缓冲区内保护地比例指标则在缓冲区内反映保护地与城市间的距离,其值越大,代表缓冲区内保护地个数越多,由此可反映保护地在缓冲区内(界限1),缓冲区外和平均最近距离内(界限2)以及平均最近距离外(界限3)三界间的空间分布。对于城市用地缓冲区内保护地比例大于50%的国家(如法国),其保护地分布密度随界限向外呈现“较高–低–高”的格局,而对于比例低于50%的国家(如中国),其保护地分布密度随界限向外呈现“低–较高–高”的格局。

3.2 基于保护地与城市距离的国家分类

国家分类结果表明,多数保护地与城市距离很近,靠近慢的国家陆地面积较小且经济发达,如西欧国家。由于其城市化水平很高,且本身土地发展空间有限,可预见其保护地与城市距离在未来将基本维持现状。对于中国、印度等保护地与城市距离近,且靠近速度适中的国家,由于其城市化进程还在快速开展,因此在未来其保护地与城市距离将进一步缩短;而对于美国,虽然其城市化水平很高,但由于其幅员辽阔,未来保护地建设和城市蔓延的空间扩展性仍较高,因而两者的距离值也可能缩小。虽然目前巴西、俄罗斯、加拿大等国的保护地与城市距离较远,但未来保护地建设的空间潜力很高,尤其是巴西一直是近二十年来生物多样性保护的热点地区,因而其保护地与城市距离在未来可能会大幅降低。非洲大多数国家保护地与城市距离远,但接近速度较快,未来因其城市化进程也将进一步靠近。

3.3 保护地与城市距离的评价

相比1950年,全球落在重点生态区内的近城市

保护地面积在60年间增长了30倍。同时其包括的重点生态区个数也由22个增加至95个,并且涉及的植被类型也开始多样化。这表明越来越多生物多样性重要程度较高的保护地可能面临被城市影响的境地。

当前全球保护地通常建设在人类活动强度低的区域,诸如坡度陡峭、土壤贫瘠、气候严酷的区域,这些地方不适合农业发展和人类居住,土地转化的可能性低,更可能建立保护地(Jenkins & Joppa, 2009; Joppa & Pfaff, 2009)。然而从大尺度看,物种丰富度和人口分布密度存在正相关关系,在一些人口密集的区域,其生物多样性反而更丰富(Balmford *et al.*, 2001; Araujo, 2003; Evans *et al.*, 2007),因而这些区域的生物多样性保护形势更为严峻(Wu *et al.*, 2011)。因此虽然保护地和城市的距离可作为量化城市对其潜在压力和威胁的依据,但却不可将其当作保护地建设和布局的指南。根据保护地类型的不同,近城市保护地仍有其存在的重要价值,例如印度尼西亚Gunung Gede国家公园的建立就是为了保障雅加达市的淡水供应(IUCN, 2008)。

保护地与城市距离的靠近确实可能导致一些负面影响的产生和加剧,不过也能带来一些积极影响。它可为周边城市居民提供休闲娱乐(Carr & Mendelsohn, 2003; Grow *et al.*, 2008)、滤水(Bryant *et al.*, 2008)、防洪(Forman, 2008)等功能。在近城市保护地的建设、管理中,保护学家需要制定一系列规划和约束以引导城市居民对保护地的合理利用,以此尽可能缓解负面影响,优化积极影响。以城市噪声污染和光污染为例,首要任务应当进行监测并研究不同污染水平对保护地内各物种的影响程度,以此为后续措施提供参考标准(Newport *et al.*, 2014)。设置隔声屏障、遮光罩等可减小噪声和光污染强度,但可能成本高昂或使物种栖息地破碎化(Forman *et al.*, 2002; Duriscoe *et al.*, 2014),因而也可将保护地区内道路规划作为替代手段(Parris & Schneider, 2009)。事实上,城市化既是问题之源,也是应对方法,其带来社会经济效益的同时,也能为保护地的建设和管理筹集资金(McDonald *et al.*, 2013)。

4 结论

(1)在全球、洲际、地区和国家尺度上,保护地与城市的距离都在不断缩小。欧洲和西欧是保护地

与城市距离最小的洲和地区,其保护地与最近75万以上人口城市的平均距离仅为115 km,而其城市用地50 km缓冲区内保护地比例更是高达83%。而大洋洲和澳大利亚及新西兰则是保护地与城市距离最大的洲和地区。在保护地大国中,中国是保护地与城市最近平均距离最小的国家,其与50万以上人口城市的平均最近距离在2010年仅为143.5 km。

(2)根据城市与保护地距离的现状和变化,可将各国分成五类:(a)距离很近,靠近速度慢,如西欧国家;(b)距离近,靠近速度适中,如中国、美国;(c)距离较近,靠近速度快,如沙特阿拉伯、厄瓜多尔;(d)距离较远,靠近速度较慢,如巴西、加拿大、俄罗斯联邦;(e)距离远,靠近速度较快,如澳大利亚、非洲大多数国家。

(3)全球范围内,越来越多生物多样性较高的保护地将面临被城市影响的处境。1950–2010年间,落在重点生态区内的近城市保护地面积由28,325 km²扩大到895,104 km²,其比例也从0.86%上升至5.63%。

参考文献

- Angel S, Sheppard SC, Civco DL, Buckley R, Chabaeva A, Gitlin L, Kraley A, Parent J, Perlin M (2005) *The Dynamics of Global Urban Expansion*. http://siteresources.worldbank.org/INTURBAN_DEVELOPMENT/Resources/dynamics_urban_expansion.pdf. (accessed June 2014)
- Araujo MB (2003) The coincidence of people and biodiversity in Europe. *Global Ecology and Biogeography*, **12**, 5–12.
- Balmford A, Moore JL, Brooks T, Burgess N, Hansen LA, Williams P, Rahbek C (2001) Conservation conflicts across Africa. *Science*, **291**, 2616–2619.
- Balmford AA, Bruner P, Cooper R, Costanza S, Farber RE, Green M, Jenkins P, Jefferiss V, Jessamy J, Madden K, Munro N, Myers S, Naeem J, Paavola M, Rayment S, Rosendo J, Roughgarden K, Turner RK (2002) Economic reasons for conserving wild nature. *Science*, **297**, 950–953.
- Bayne EM, Habib L, Boutin S (2008) Impacts of chronic anthropogenic noise from energy-sector activity on abundance of songbirds in the boreal forest. *Conservation Biology*, **22**, 1186–1193.
- Bourgeois S, Gilot-Fromont E, Viallefont A, Boussamba F, Deem SL (2009) Influence of artificial lights, logs and erosion on leatherback sea turtle hatchling orientation at Pongara National Park, Gabon. *Biological Conservation*, **142**, 85–93.
- Bryant RB, Veith TL, Kleinman PJA, Gburek WJ (2008) Cannonsville reservoir and town brook watersheds: documenting conservation efforts to protect New York City's drinking water. *Journal of Soil and Water Conserva-*

- tion, **63**, 339–344.
- Butchart SH, Walpole MM, Collen B, van Strien A, Scharlemann JPW, Almond REA, Baillie JEM, Bomhard B, Brown C, Bruno J, Carpenter KE, Carr GM, Chanson J, Chenery AM, Csirke J, Davidson NC, Dentener F, Foster M, Galli A, Galloway JN, Genovesi P, Gregory RD, Hockings M, Kapos VNC, Lamarque JF, Leverington F, Loh J, McGeoch MA, McRae L, Minasyan A, Morcillo MH, Oldfield TEE, Pauly D, Quader S, Revenga C, Sauer JR, Skolnik B, Spear D, Stanwell-Smith D, Stuart SN, Symes A, Tierney M, Tyrrell TD, Vie JC, Watson R (2010) Global biodiversity, indicators of recent declines. *Science*, **328**, 1164–1168.
- Butler JRA, du Toit JT, Bingham J (2004) Free-ranging domestic dogs (*Canis familiaris*) as predators and prey in rural Zimbabwe: threats of competition and disease to large wild carnivores. *Biological Conservation*, **115**, 369–378.
- Carr L, Mendelsohn R (2003) Valuing coral reefs: a travel cost analysis of the Great Barrier Reef. *Ambio*, **32**, 353–357.
- Center for International Earth Science Information Network (CIESIN), Columbia University, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) (2005) *Gridded Population of the World (GPWv3)*. <http://sedac.ciesin.columbia.edu/data/set/gpw-v3-population-density-future-estimates>. (accessed January 2015)
- DesJardins MJ, Telmer K, Beauchamp S (2004) Apportioning atmospheric pollution to Canadian and American sources in Kejimikujik National Park, Nova Scotia, using Pb isotopes in precipitation. *Atmospheric Environment*, **38**, 6875–6881.
- Douglas I, Goode D, Houck M, Wang R (2010) *The Routledge Handbook of Urban Ecology*. Taylor & Francis, London.
- Duriscoe DM, Luginbuhl CB, Elvidge CD (2014) The relation of outdoor lighting characteristics to sky glow from distant cities. *Lighting Research & Technology*, **46**, 35–49.
- Evans KL, Greenwood JJ, Gaston KJ (2007) The positive correlation between avian species richness and human population density in Britain is not attributable to sampling bias. *Global Ecology and Biogeography*, **16**, 300–304.
- Fan B (范边), Ma KM (马克明) (2015) Analysis and prediction of development in global terrestrial protected areas between 1950 and 2013. *Biodiversity Science* (生物多样性), **23**, 507–518. (in Chinese with English abstract)
- Forman RTT (2008) *Urban Regions: Ecology and Planning Beyond the City*. Cambridge University Press, New York.
- Forman RTT, Reineking B, Hersperger AM (2002) Road traffic and nearby grassland bird patterns in a suburbanizing landscape. *Environmental Management*, **29**, 782–800.
- Francis CD, Ortega CP, Cruz A (2009) Noise pollution changes avian communities and species interactions. *Current Biology*, **19**, 1415–1419.
- Francis CD, Paritsis J, Ortega CP, Cruz A (2011) Landscape patterns of avian habitat use and nest success are affected by chronic gas well compressor noise. *Landscape Ecology*, **26**, 1269–1280.
- Gardner CJ, Davies ZG (2014) Rural bushmeat consumption within multiple-use protected areas: qualitative evidence from southwest Madagascar. *Human Ecology*, **42**, 21–34.
- Goldewijk KK, Beusen A, Janssen P (2010) Long-term dynamic modeling of global population and built-up area in a spatially explicit way: HYDE 3.1. *Holocene*, **20**, 565–573.
- Grow HM, Saelens BE, Kerr J, Durant NH, Norman GJ, Sallis JF (2008) Where are youth active? Roles of proximity, active transport, and built environment. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **40**, 2071–2079.
- Guneralp B, Seto KC (2013) Futures of global urban expansion: uncertainties and implications for biodiversity conservation. *Environmental Research Letters*, **8**, 1–10.
- Habib L, Bayne EM, Boutin S (2007) Chronic industrial noise affects pairing success and age structure of ovenbirds *Seiurus aurocapilla*. *Journal of Applied Ecology*, **44**, 176–184.
- Hansen AJ, DeFries R (2007) Land use change around nature reserves: implications for sustaining biodiversity. *Ecological Applications*, **17**, 972–973.
- International Union for Conservation of Nature (IUCN) (2008) *Guidelines for Applying Protected Area Management Categories*. http://cmsdata.iucn.org/downloads/guidelines_for_applying_protected_area_management_categories.pdf. (accessed August 2014)
- International Union for Conservation of Nature (IUCN), United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre (UNEP-WCMC) (2014) *The World Database on Protected Areas (WDPA)*. www.protected-planet.net. (accessed October 2014)
- Jenerette GD, Potere D (2010) Global analysis and simulation of land-use change associated with urbanization. *Landscape Ecology*, **25**, 657–670.
- Jenkins CN, Joppa L (2009) Expansion of the global terrestrial protected area system. *Biological Conservation*, **142**, 2166–2174.
- Joppa LN, Pfaff A (2009) High and far: biases in the location of protected areas. *PLoS ONE*, **4**, e8273.
- Liu Z, He C, Zhou Y, Wu J (2014) How much of the world's land has been urbanized, really? A hierarchical framework for avoiding confusion. *Landscape Ecology*, **29**, 763–771.
- Longcore T, Rich C (2004) Ecological light pollution. *Frontiers in Ecology and the Environment*, **2**, 191–198.
- Macdonald DW, Johnson PJ, Albrechtsen L, Seymour S, Dupain J, Hall A, Fa JE (2012) Bushmeat trade in the Cross-Sanaga rivers region: evidence for the importance of protected areas. *Biological Conservation*, **147**, 107–114.
- Matos DMS, Santos CJF, Chevalier DR (2002) Fire and restoration of the largest urban forest of the world in Rio de Janeiro City, Brazil. *Urban Ecosystems*, **6**, 151–161.
- McDonald RI, Forman RTT, Kareiva P, Neugarten R, Salzer D, Fisher J (2009) Urban effects, distance, and protected areas in an urbanizing world. *Landscape and Urban Planning*, **93**, 63–75.
- McDonald RI, Kareiva P, Forman RTT (2008) The implications of current and future urbanization for global protected areas and biodiversity conservation. *Biological*

- Conservation*, **141**, 1695–1703.
- McDonald RI, Marcotullio PJ, Güneralp B (2013) Urbanization and global trends in biodiversity and ecosystem services. In: *Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services: Challenges and Opportunities* (eds Elmqvist T, Fragkias M, Goodness J, Güneralp B, Marcotullio PJ, McDonald RI, Parnell S, Schewenius M, Sendstad M, Seto KC, Wilkinson C), pp. 31–52. Springer, New York.
- Naughton-Treves L, Holland MB, Brandon K (2005) The role of protected areas in conserving biodiversity and sustaining local livelihoods. *Annual Review of Environment and Resources*, **30**, 219–252.
- Nelson A, Chomitz KM (2011) Effectiveness of strict vs. multiple use protected areas in reducing tropical forest fires: a global analysis using matching methods. *PLoS ONE*, **6**, e22722.
- Newport J, Shorthouse DJ, Manning AD (2014) The effects of light and noise from urban development on biodiversity: implications for protected areas in Australia. *Ecological Management & Restoration*, **15**, 204–214.
- Parris KM, Schneider A (2009) Impacts of traffic noise and traffic volume on birds of roadside habitats. *Ecology and Society*, **14**, 29.
- Pyke CR (2007) The implications of global priorities for biodiversity and ecosystem services associated with protected areas. *Ecology and Society*, **12**, 1–10.
- Rodrigues ASL, Andelman SJ, Bakarr MI, Boitani L, Brooks TM, Cowling RM, Fishpool LCD, Fonseca GAB, Gaston KJ, Hoffmann M, Long JS, Marquet PA, Pilgrim JD, Pressey RL, Schipper J, Sechrest W, Stuart SN, Underhill LG, Waller RW, Watts MEJ, Yan X (2004) Effectiveness of the global protected area network in representing species diversity. *Nature*, **428**, 640–643.
- Seto KC, Fragkias M, Güneralp B, Reilly MK (2011) A meta-analysis of global urban land expansion. *PLoS ONE*, **6**, e23777.
- Soutullo A (2010) Extent of the global network of terrestrial protected areas. *Conservation Biology*, **24**, 362–363.
- United Nations (UN) (2012) *Member States of the United Nations*. <http://www.un.org/zh/members/>. (accessed April 2014)
- United Nations Statistics Division (2013) *Country or Area & Region Codes: Composition of Regions*. <http://unstats.un.org/unsd/methods/m49/m49regin.htm>. (accessed April 2014)
- United Nations (UN) (2014) *World Urbanization Prospects*. <http://esa.un.org/unpd/wup/>. (accessed December 2014)
- United Nations Population Division (UNPD) (2012) *United Nations Population Division National Projections*. <http://www.un.org/en/development/desa/population/>. (accessed August 2014)
- United States Geological Survey (USGS) (1999) *USGS Study Confirms an Urban Air Pollution Problem at Mount Rainier National Park*. http://www.usgs.gov/newsroom/article_pf.asp?ID=1320. (accessed January 2015)
- World Wildlife Fund (WWF) (2004) *World Wildlife Fund: Global 200 (terrestrial) Ecoregions*. <http://www.arcgis.com/home/item.html?id=67e8c7ce18f744f0b0e067c1e2247b6c>. (accessed September 2014)
- Wu R, Zhang S, Yu DW, Zhao P, Li X, Wang L, Yu Q, Ma J, Chen A, Long Y (2011) Effectiveness of China's nature reserves in representing ecological diversity. *Frontiers in Ecology and the Environment*, **9**, 383–389.
- Yonariza, Webb EL (2007) Rural household participation in illegal timber felling in a protected area of West Sumatra, Indonesia. *Environmental Conservation*, **34**, 73–82.

(责任编辑: 唐志尧 责任编辑: 闫文杰)

附录 Supplementary Material

附录1 1950–2010年巴西、中国、俄罗斯联邦、美国、澳大利亚保护地与城市距离变化。(a)平均最近距离变化(城市人口规模: 75万); (b)城市用地缓冲区内保护地比例变化(缓冲区距离: 30 km)

Appendix 1 The change of distances from protected areas to cities at Brazil, China, Russia, America and Australia between 1950 and 2010. (a) The change of mean in nearest distances from protected areas to cities (city population size: 750 thousand); (b) The change of protected areas percentage within buffer areas of urban areas (distance of buffer areas: 30 km).

<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/w2015-099-1.pdf>

附录2 国家保护地与城市距离分类图。(a)现状分类图; (b)变化分类图

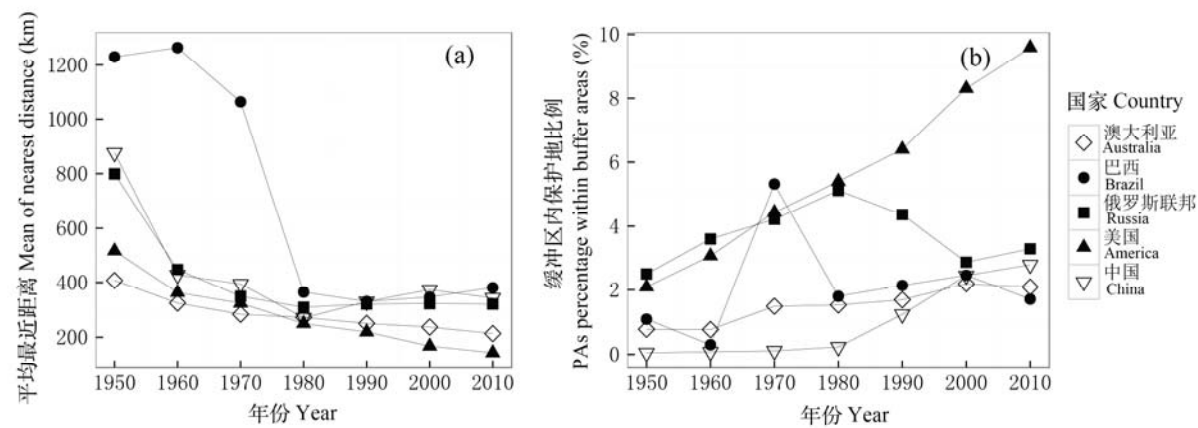
Appendix 2 The classification of countries regarding the distances from protected areas to cities. (a) The classification regarding the current distances from protected areas to cities; (b) The classification regarding the change of distances from protected areas to cities.

<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/w2015-099-2.pdf>

附录3 保护地与城市距离和变化的国家分类

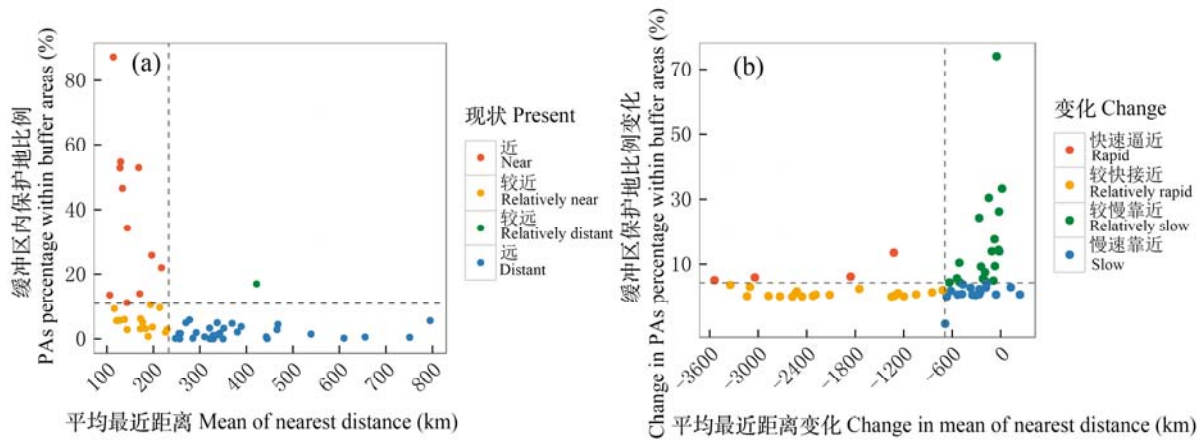
Appendix 3 The classification of countries regarding the distances and its change from protected areas to cities

<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/w2015-099-3.pdf>



附录1 1950–2010年巴西、中国、俄罗斯联邦、美国、澳大利亚保护地与城市距离变化。(a)平均最近距离变化(城市人口规模: 75万); (b)城市用地缓冲区内保护地比例变化(缓冲区距离: 30 km)

Appendix 1 The change of distances from protected areas to cities at Brazil, China, Russia, America and Australia between 1950 and 2010. (a) The change of mean in nearest distances from protected areas to cities (city population size: 750 thousand); (b) The change of protected areas percentage within buffer areas of urban areas (distance of buffer areas: 30 km).



附录2 国家保护地与城市距离分类图。(a) 现状分类图; (b) 变化分类图

Appendix 2 The classification of countries regarding the distances from protected areas to cities. (a) The classification regarding the current distances from protected areas to cities; (b) The classification regarding the change of distances from protected areas to cities.

附录3 保护地与城市距离和变化的国家分类

Appendix 3 The classification of countries regarding the distances and its change from protected areas to cities

综合类型	General type	最近距离	比例	距离变化	比例变化	国家 ^a
现状	变化	Nearest distance	Percentage	Distance change	Percentage change	Countries
Present	Change					
很近	慢					法国(FRA)、英国(GBR)、德国(DEU)、意大利(ITA)、
Very near	Slow	≤ 233 km	≥ 10.9%	> 691.58 km	—	西班牙(ESP)、罗马尼亚(ROU)、波兰(POL)、日本(JPN)、
						伊朗(IRN)、墨西哥(MEX)
近	适中					中国(CHN)、美国(USA)、印度(IND)、缅甸(MMR)、
Near	Moderate	≤ 233 km	< 10.9%	> 691.58 km	—	埃及(EGY)、巴基斯坦(PAK)、南非(ZAF)、摩洛哥
						(MAR)
较近	快					沙特阿拉伯(SAU)、厄瓜多尔(ECU)、哥伦比亚(COL)、
Relatively near	Rapid	≤ 233 km	—	≤ 691.58 km	≥ 4.25%	肯尼亚(KEN)、喀麦隆(CMR)、委内瑞拉(VEN)、科特
						迪瓦(CIV)、尼日利亚(NGA)
较远	较慢					巴西(BRA)、俄罗斯联邦(RUS)、加拿大(CAN)、哈萨
Relatively distant	Relatively slow	> 233 km	—	> 691.58 km	≥ 4.25%	克斯坦(KAZ)、尼日尔(NER)、纳米比亚(NAM)、博茨
						瓦纳(BWA)、新西兰(NZL)、秘鲁(PER)、智利(CHL)、
						津巴布韦(ZWE)、芬兰(FIN)、瑞典(SWE)、阿根廷
						(ARG)、印度尼西亚(IDN)、马来西亚(MYS)、泰国
						(THA)、阿尔及利亚(DZA)
远	较快					澳大利亚(AUS)、安哥拉(AGO)、马里(MLI)、埃塞俄
Distant	Relatively rapid	> 233 km	—	≤ 691.58 km	< 4.25	比亚(ETH)、塞内加尔(SEN)、莫桑比克(MOZ)、几内
						亚(GIN)、刚果共和国(COG)、中非(CAF)、南苏丹
						(SSD)、坦桑尼亚(TZA)、赞比亚(ZMB)、乍得(TCD)、
						刚果民主共和国(COD)、玻利维亚(BOL)、蒙古国
						(MNG)

a 这里的国家代码指国际标准组织的3位字母代码标准
a The country codes refer to ISO ALPHA-3 code standard.