

• 研究报告 •

全球陆地保护地60年增长情况分析和趋势预测

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: 保护地建设已成为全球生物多样性保护的第一道防线。掌握其不同尺度上的发展状况和变化趋势对保护地规划和建设具有重要意义。针对已有研究在时间跨度、空间尺度以及结果对比方面的不足, 本文基于世界保护地数据库(World Database of Protected Areas, <http://www.protectedplanet.net>), 对全球、洲际、地区及国家尺度1950–2013年陆地保护地的增长情况进行描述和短期预测。结果发现: (1)全球保护地增长速率不断加快, 特别是在20世纪90年代以后。(2)洲际和地区保护地发展大致呈现3种增长趋势: 在美洲及大洋洲, 多数地区的保护地增长速率一直在加快; 在亚洲和欧洲, 多数地区的发展高峰出现在20世纪80、90年代; 在非洲, 多数地区的发展高峰为20世纪70年代及21世纪前10年。(3)各国保护地建设存在不平衡性, 仍有近一半国家的陆地保护地比例小于10%, 但这种差距随时间的推移有缩小的趋势。(4)绝大部分保护地增速均匀性低的国家分布在非洲。(5)虽然全球的《爱知生物多样性目标》在2020年预计不能完成, 但包括中国在内的22个国家有望如期达到目标。本文结果为未来保护地规划和建设工作的开展提供了参考依据。

关键词: 陆地保护地, 多尺度, 爱知生物多样性目标, 均匀性, Holt指数平滑法

Analysis and prediction of development in global terrestrial protected areas between 1950 and 2013

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: Protected areas (PAs) have become a key global effort to protect biodiversity. Understanding their status and growth trends is thus significant for planning and development of PAs. In considering the drawbacks of previous research (time and spatial scale and comparison of results), our study focused on the description and prediction of growth in terrestrial PAs from 1950 to 2013 within global, continental, regional and national scales, by using the World Database of Protected Areas (<http://www.protectedplanet.net>). The results showed that at the global scale, terrestrial PAs grew quickly especially after 1990s. At the continental and regional scales, three different trends appear. In America and Oceania, terrestrial PAs grew quickly, similar to trends found at the global scale. In Asia and Europe, peak growth occurred in 1980s and 1990s. In Africa, development peaked in the 1970s and 2000s. A non-equilibrium status existed among the countries with respect to development of PAs, the PAs coverage in nearly half of the countries is less than 10%, but this gap decreased over time. Most countries with weak growth uniformity of PAs located in Africa. At global scale, the Target 11 of the Aichi Biodiversity Target might not be reached in 2020, but 22 countries including China would achieve this goal in time. This study provides a reference for planning and development of future PAs.

Key words: terrestrial protected areas, multi-scale, Aichi Biodiversity Targets, uniformity, Holt's exponential smoothing

世界自然保护联盟(International Union for Conservation of Nature, IUCN)对保护地(protected

areas, PAs)的定义是: 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

收稿日期: 2015-02-27; 接受日期: 2015-05-07

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

理,从而实现与生态系统服务和文化价值相关的自然环境的长期保护(IUCN, 2008)。全球范围内,保护地建设被公认为是保护自然栖息地、减缓生物多样性丧失的主要措施之一(Balmford *et al.*, 2002, 2003; Rodrigues *et al.*, 2004; Nelson & Chomitz, 2011)。在过去25年中,全球保护地面积呈指数增长趋势,特别是在一些生物多样性丰富的发展中国家,保护地建设尤为迅速(Naughton-Treves *et al.*, 2005)。当前,全球各类保护地数量接近13.5万,面积达2,437万 km^2 (Butchart *et al.*, 2010),其中占保护地总面积2/3的陆地保护地(terrestrial protected areas)与人类活动有更直接且深刻的关联,因此一直以来均受到广泛关注。对陆地保护地发展情况和变化趋势进行分析和预测,能在充分了解、评价当前保护地发展水平的基础上,对未来保护地设置、规划和设计提供重要依据。

全球保护地数据库的缺失一度给保护地估计和发展研究带来困难。2003年以前,相关研究多以联合国国家公园和保护地名单(United Nations List of National Parks and Protected Areas)为数据源。Chape等(2003)、Zimmerer等(2004)基于1985、1997和2003年的联合国国家公园和保护地名单估计了3个年份的全球保护地占陆地面积比例,分别为3.84%、8.82%和11.5%。然而此种估计并不精确,一方面,它无法识别保护地之间可能存在的相互覆盖区域,从而使估计值可能偏大;另一方面,它并未包括所有保护地,从而使估计值可能偏小(Jenkins & Joppa, 2009)。2003年,世界保护地数据库(World Database of Protected Areas, WDPA) (<http://www.protectedplanet.net>)的发布成为一个重要转折点,其最初版本包括近6万个多边形数据和超过10.5万个点状数据。同时,这些数据还分别对应了保护地名称、国家、类型、状态、年份等属性数据(UNEP-WCMC, 2005)。自此,它成为相关研究的主要数据源。Brooks等(2004)、Hoekstra等(2005)、Soutullo等(2008)、Jenkins和Joppa (2009)分别利用不同年份的WDPA对全球保护地比例进行估计,其值由2003年的11%增加至2009年的近13%。由于各地保护地数据库的不完善及不一致(Bertzky & Stoll-Kleemann, 2009),当前全球保护地发展研究存在3点不足:(1)重在现状估计,缺乏对长期发展趋势的分析;(2)集中于全球和地区尺度,缺乏国家间的对比研

究;(3)因为数据源的不一致导致国家尺度上的研究结果无法相互比较(Cabral & Brito, 2013; Stamper *et al.*, 2013)。因此本研究拟从全球、洲际、地区和国家4个尺度上对1950–2013年陆地保护地长期增长情况进行分析,以弥补此类研究的缺陷。

各国政府及保护机构通常采用保护地面积、个数及开支等指标来衡量保护地建设的努力程度(Chape *et al.*, 2005; Pereira & Cooper, 2006)。2004年,生物多样性公约(Convention on Biological Diversity, CBD)提出一项目标,即到2010年,保护地至少要覆盖全球生态区(ecological regions, ecoregions)的10%(CBD, 2004)。从当前结果看,该目标已经达成,但也有研究认为,虽然全球保护地覆盖比例已达到12.9%,但其中仅有5.8%的保护地得到严格保护,而且近13%的生态区没有建立任何严格的自然保护地(Jenkins & Joppa, 2009)。2010年,生物多样性公约通过《2011–2020年生物多样性战略计划》(Strategic Plan for Biodiversity 2011–2020),该计划包括一套《爱知生物多样性目标》(Aichi Biodiversity Targets),目标11规定到2020年,陆地保护地至少要覆盖17%的陆地和内陆水域(CBD, 2010)。对于这项新目标,当前鲜有研究对目标完成的可能性作出分析及预测。

本文基于世界保护地数据库,对全球、洲际、地区和国家4个尺度上1950–2013年陆地保护地长期增长情况进行分析,并对2020年《爱知生物多样性目标》能否完成做出预测,其研究内容包括:(1)保护地增长情况描述;(2)保护地增速均匀性衡量;(3)保护地增长趋势预测。通过本研究,一方面能较深入地了解4个尺度上陆地保护地的长期增长情况,以帮助日后保护地规划和建设工作的开展;另一方面对当前保护地建设情况与未来目标的差距进行评价,便于发现未来应重点关注的地区。

1 数据与方法

1.1 研究区域

本研究包括全球、洲际、地区和国家4个尺度。在国家尺度上,本文选取了联合国193个主权国(United Nations, 2012)中的180个(附录1),另外13个国家因本身陆地面积很小或几乎不存在保护地而未考虑。洲际和地区尺度上的划分遵循联合国标准(United Nations Statistics Division, 2013),即将180

个国家分为6大洲和22个地区。位于大洋洲的密克罗尼西亚、美拉尼西亚和波利尼西亚3个地区面积相对较小,其总和仅为51.7万km²,故将三者统一归为太平洋三大岛群。为避免领土争议及统计混淆,本文未将各国海外属地及争议领土纳入研究。譬如,格陵兰作为丹麦海外自治省,拥有全球最大的陆地保护地Northeast Greenland National Park,其面积高达97.2万km²,但由于格陵兰在地理位置上属于北美洲,而其宗主国丹麦位于北欧,为避免洲、地区尺度上统计的混淆,故未将此类地区纳入研究。

1.2 数据来源

本文仅对陆地保护地进行统计,同时也不区分保护地之间管理强度的差异。研究数据来自WDPA 2014年10月的版本(IUCN & UNEP-WCMC, 2014)。为了解不同尺度上保护地面积的长期增长情况,本文选取的时间跨度是1950–2013年。将研究基期定为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)各国边界范围在当时已基本形成。

1.3 分析方法

1.3.1 保护地数据预处理

在WDPA中,本文筛选了海洋保护地、状态不明或仅在提议中以及误差大的数据,从而得到陆地保护地数据。同时,由于少量多边形数据之间存在重叠,为避免面积的重复计算,研究用多边形的地理面积(GIS area)代表保护地的真实面积,并采用数据融合(dissolve)手段去除了重叠面积(通过E-mail从UNEP-WCMC获取数据,2014)。在点状数据的处理部分,本文基于点状数据的地理坐标和报告面积(reported area),利用缓冲区分析(buffer)将其转化为多边形数据(Venter *et al.*, 2014)。在预处理过程中,研究主要利用缓冲区分析、合并(merge)、几何修复(repair geometry)、几何检查(check geometry)、数据融合等地理数据处理操作,并借助ArcGIS 10.2和Feature Manipulate Engineering 2014 SP4完成,采用的投影坐标是等积投影Molleweide Projection。

1.3.2 保护地增长的描述指标

本文选取4个指标来描述不同尺度的保护地增长情况,分别是保护地面积(指标1)、保护地占陆地面积比例(指标2)、保护地新增面积(指标3)以及保护地新增面积占全球总增量的百分比(指标4),其具体

计算公式如下:

保护地面积:

$$S_{\text{year}} = S_{1950} + \sum_{1951}^{\text{year}} \Delta S_y \quad (1)$$

保护地占陆地面积比例:

$$P_{\text{year}} = S_{\text{year}} / S_{\text{land}} \quad (2)$$

保护地新增面积:

$$S_{\Delta S(\text{decade})} = \sum_{\text{decade}+1}^{\text{decade}+10} \Delta S_y \quad (3)$$

保护地新增面积占全球总增量的百分比:

$$P_{\Delta S(\text{year})} = \Delta S_{\text{year}} / \Delta S_{\text{year}}^{\text{globe}} \quad (4)$$

式中, S_{1950} 是1950年保护地面积, ΔS_y 是各年份y对应的保护地新增面积,而保护地累积面积 S_{year} 中year的取值范围是1951–2013, S_{land} 表示陆地面积。通过1950–2013各年保护地面积和比例值(指标1和指标2),可反映各尺度上保护地面积和比例的长期发展状况,前者重在时间纵向对比,后者利于空间横向比较及分布平衡性衡量。对保护地新增面积按年代求和,得各年代保护地新增面积 $S_{\Delta S(\text{decade})}$,其中decade的取值是1950–2010间隔10年的年份,如1950、1960、1970。通过1950–2010各年代保护地新增面积(指标3),可指出保护地发展高峰。 $\Delta S_{\text{year}}^{\text{globe}}$ 表示各年全球保护地面积增量,通过1950–2013各年保护地新增面积占全球总增量百分比(指标4),能突出保护地发展的热点区域。

1.3.3 保护地增速均匀性的衡量指标

为衡量保护地增速的均匀性,即保护地面积是呈现均匀增长,还是集中在个别年份增长,研究计算了阶段面积增量百分比,其具体计算公式如下:

阶段面积增量:

$$\Delta S_i = \sum_{\text{year}}^{\text{year}+4} \Delta S_y \quad (\text{year} < 2010) \quad (5.1)$$

$$\Delta S_i = \sum_{\text{year}}^{\text{year}+3} \Delta S_y \quad (\text{year} = 2010) \quad (5.2)$$

阶段面积增量百分比最大值:

$$P_{\Delta S} = \text{Max}(\Delta S_i / \sum_{i=1}^{13} \Delta S_i) \quad (6)$$

阶段面积增量百分比敏感性:

$$S_{\Delta S} = \text{Max}(P_{\Delta S}) - \text{Min}(P_{\Delta S}) \quad (7)$$

式中, 对 ΔS_y 求和得到各阶段保护地面积增量 ΔS_i , 其中 $year$ 分别取1950–2010间隔5年的年份, 如1950、1955、1960、1965。当 $year < 2010$ 时, 阶段面积增量(ΔS_i)是对 ΔS_{year} 到 ΔS_{year+4} 求和; 当 $year = 2010$ 时, 阶段面积增量(ΔS_i)是对 ΔS_{year} 到 ΔS_{year+3} 求和, 因此 ΔS_i 中的 i 表示1950–2013年的13个阶段。 $P_{\Delta S}$ 则是将阶段面积增量 ΔS_i 除以1950–2013年的总面积增量, 取其最大值, 以此反映保护地增速的均匀性。 $P_{\Delta S}$ 的值越大, 表示保护地增长越集中在某一阶段, 保护地增速的均匀性越低; $P_{\Delta S}$ 的值越小, 表示保护地的增长分散在各个阶段, 保护地增速的均匀性越高。 $S_{\Delta S}$ 是各尺度上阶段增量百分比的区间范围, 可反映该指标在各尺度上的敏感性, $S_{\Delta S}$ 越大, 表示该指标在这个尺度上越敏感, 否则越不敏感。

选取2013年保护地面积排名前60位的国家进行增速均匀性衡量, 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%, 因而国家选取具有代表性。

1.3.4 Holt指数平滑法

过去几十年中, 指数平滑法在理论研究和方法推广方面都取得巨大进步, 并成为主要预测方法之一(Andrews & Atiya, 2009)。其主要性质包括: (1) 预测值是各期观测值的加权和, 且对不同时期的数据给予不同权数, 新数据给予较大权数, 旧数据给予较小权数; (2) 计算简单; (3) 需要一定量的观测值(Holt, 2004)。一般简单指数平滑法只适用于不存在趋势的时间序列, 而Holt指数平滑法适用于对一个存在增长或降低趋势、且不存在季节性变化的时间序列进行短期预测。其总体思想是对时间序列的水平值和趋势值分别进行平滑, 再利用两次平滑值进行预测, 具体计算涉及2个平滑参数 α 、 β 和3个方程式(Hyndman & Koehler, 2008):

水平项:

$$L_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha) (L_{t-1} + B_{t-1}) \quad (8)$$

趋势项:

$$B_t = \beta (L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta) B_{t-1} \quad (9)$$

预测值:

$$\hat{Y}_{t+h|t} = L_t + B_t h \quad (10)$$

式中, L_t 和 B_t 分别表示 t 时间点上序列水平值和趋势值的估计, Y_t 是 t 时间点的实际观测值, $\hat{Y}_{t+h|t}$ 是未来

h 期的预测值, h 是预测外推期数, α 、 β 则分别表示水平项和趋势项估计的平滑系数, 其取值范围在0–1之间, 取值越接近1, 表明近期观测值在预测值中占的权重越大。

本文采用R语言的forecast包实现对保护地增长趋势的Holt指数平滑预测, 其平滑参数 α 、 β 的确定采用极大似然估计(Hyndman & Khandakar, 2008), 而初始值由用户输入, 本文将1950年保护地面积作为水平初始值, 1950–1951年保护地新增面积作为趋势初始值。

2 结果

2.1 保护地增长的多尺度描述

2.1.1 全球尺度

从1950到2013年, 全球陆地保护地面积有巨大增长, 从340万 km^2 扩展至1,809万 km^2 。在1992年, 全球保护地面积达1,000万 km^2 , 如将其作为时间分界线, 则前40年的全球保护地面积增量约为660万 km^2 , 而后20年的面积增量则高达800万 km^2 (附录2a)。考虑全球陆地面积(不包括两极地区), 保护地面积占陆地总面积比例由1950年的2.55%增长至2013年的13.40% (附录2b)。就每10年保护地增量来看, 从20世纪50年代起, 全球保护地增长的速率一直在加快, 而到21世纪才有所放缓(附录3)。

2.1.2 洲际尺度

20世纪中期, 各洲保护地面积由多到少依次为: 北美洲、非洲、亚洲、欧洲、拉丁美洲及大洋洲。经过60多年的发展, 拉丁美洲已升至第一, 非洲、亚洲紧随其后, 接着是欧洲、北美洲和大洋洲(图1a)。从面积增量来看, 拉丁美洲保护地面积增长最多, 为390万 km^2 , 占全球总增量的28%。非洲和亚洲的增长面积相当, 都达到300多万 km^2 , 各占总增量的22%。欧洲和大洋洲的保护地面积分别增加了225万和101万 km^2 , 占总增量的16%和7.2%。北美洲1950年陆地保护地面积已达到116万 km^2 , 并在随后60年扩大了76万 km^2 , 仅占总增量的5.41%。

根据各洲年增量占总年增量的变化趋势, 可将全球保护地发展分为3个阶段(图1b): (1) 1950–1975年: 非洲推动了全球保护地面积的增长; (2) 1975–1995年: 欧洲和亚洲推动了全球保护地面积的增加; (3) 1995–2013年: 拉丁美洲在全球保护地增长中起主要作用。同时, 各洲呈现了3种保护地发

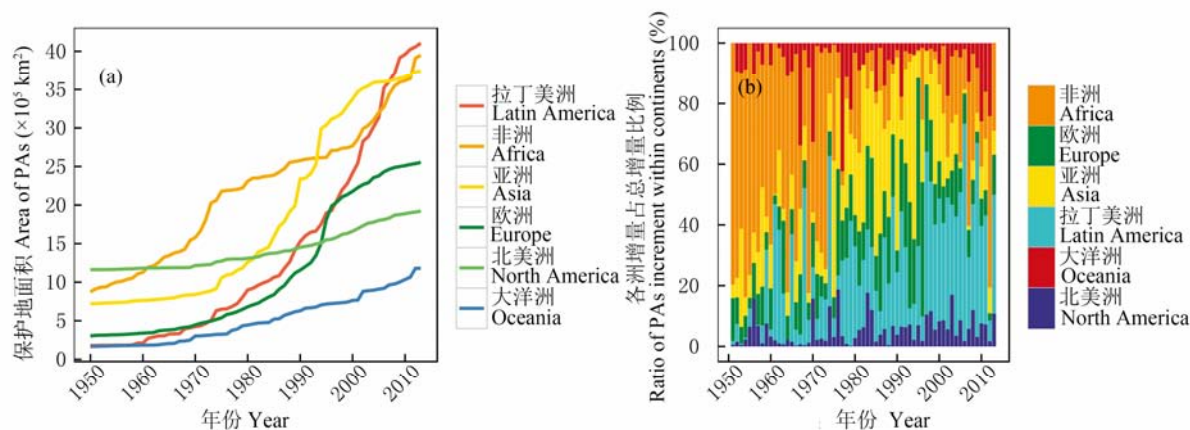


图1 1950–2013年洲际尺度陆地保护地发展。(a)各洲陆地保护地面积增长;(b)各洲保护地增量比例发展。

Fig. 1 Development of protected areas (PAs) in continental scale from 1950 to 2013. (a) The growth of areas in terrestrial PAs within continents; (b) The development in ratio of PAs increments within continents.

展高峰(图2): (1)拉丁美洲、北美洲和大洋洲: 保护地增长速率一直加快, 与全球发展高峰相似; (2)亚洲和欧洲: 20世纪80、90年代为保护地发展高峰; (3)非洲: 20世纪70年代及21世纪前10年为保护地发展高峰。

2.1.3 地区尺度

1950–2013年期间, 保护地面积增加的热点地区主要有: 南美洲、东欧、东亚、东非、澳大利亚和新西兰, 其增量都超过100万 km^2 , 而增加面积最少的是太平洋三大岛群、加勒比海区、中亚、北欧和中美洲地区, 其增量均在26万 km^2 以下(图3)。考虑各地区陆地面积, 南欧和西欧的保护地增量虽然只有28–30万 km^2 , 但其增量占陆地面积比例却高达22%和27%。南非陆地保护地在1950–2013年增加了约51万 km^2 , 占陆地面积比例近20%。南美洲保护地面积增加最多, 同时其增量占陆地面积比例也高达22.5%。

各地区发展高峰基本与洲际尺度一致。在美洲, 除加勒比海区是均匀增长外, 其余3个地区均为加快增长; 在大洋洲, 澳大利亚和新西兰是加快增长, 而太平洋三大岛群的发展高峰出现在20世纪90年代; 在亚洲, 除中亚外, 其余4个地区的发展高峰均为20世纪80、90年代, 而中亚的发展高峰出现在20世纪70年代; 在欧洲, 除西欧是均匀增长外, 其余3个地区的发展高峰都在20世纪90年代; 在非洲, 除中非外, 其余4个地区的发展高峰均在20世纪70年代或21世纪前10年, 而中非的发展高峰则是20世

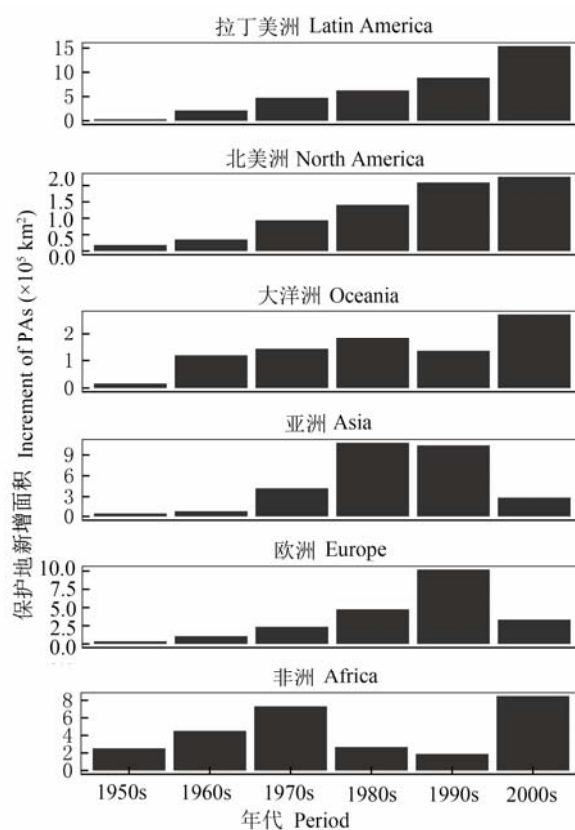


图2 洲际尺度陆地保护地发展高峰

Fig. 2 The wave of terrestrial protected areas development within continents

纪60年代及21世纪前10年(附录4)。

2.1.4 国家尺度

2013年保护地面积排名前20的国家包括巴西、

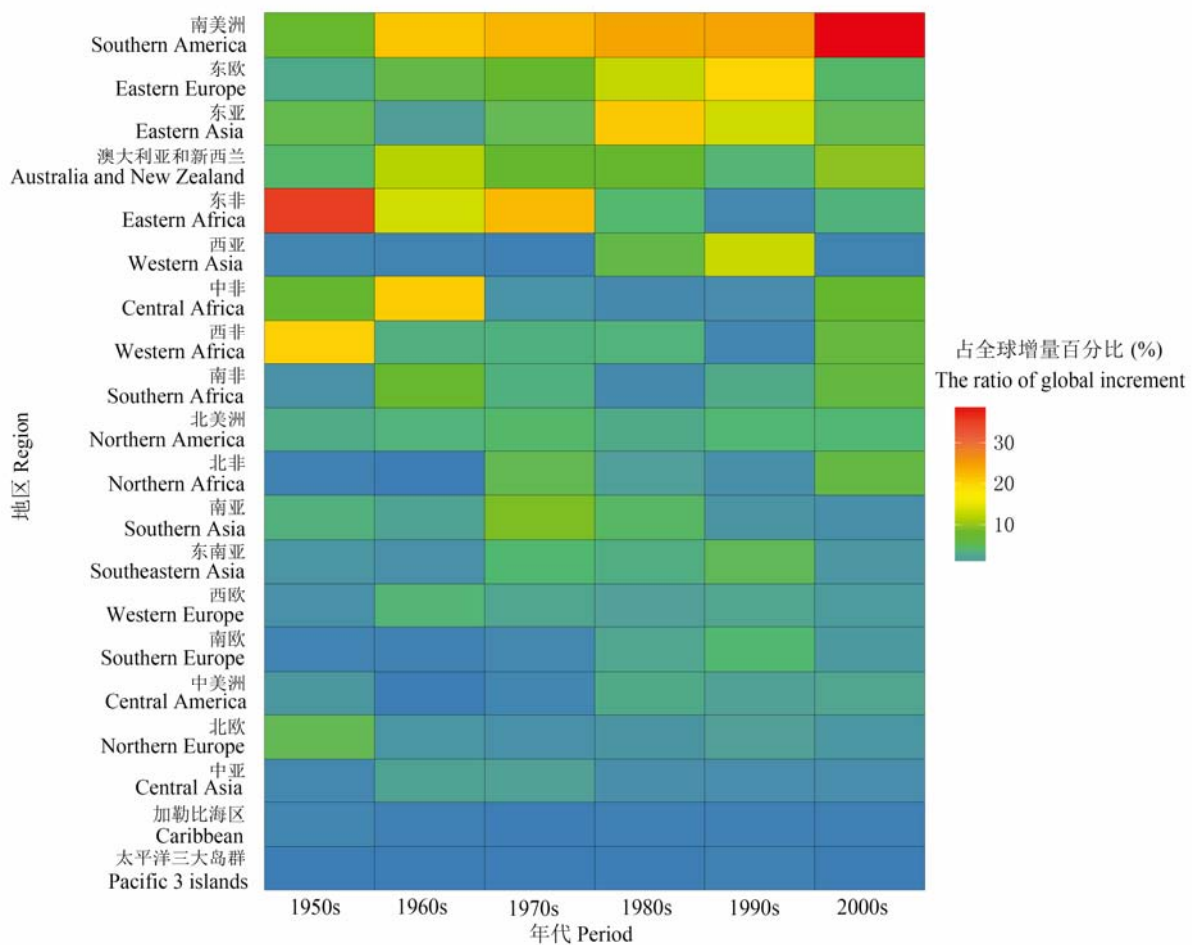


图3 陆地保护地增长热点区域
Fig. 3 Hot spots of terrestrial protected areas growth

中国、俄罗斯、澳大利亚、美国、加拿大、沙特阿拉伯等，其保护地面积总量约为1,223.63万km²，占全球保护地面积的67.62%。其中12个国家分布在上述已提及的5个热点地区。考虑各国陆地面积，20个国家中保护地占陆地面积比例达到17%的有12个，而中国2013年陆地保护地面积为158.59万km²，占陆地面积的16.94%。

各国之间保护地发展并不平衡。在全球180个国家中，保护地面积比例小于20%的有127个，其中77个更是低于10%。大部分国家(约90%)的保护地面积比例都小于30%，大于30%的国家仅有20个(图4a)，其中保护地面积比例最高的5个国家分别是：保加利亚(41.22%)、文莱(45.30%)、不丹(49.05%)、委内瑞拉(53.64%)和斯洛文尼亚(53.95%)，除委内瑞拉外，其余4个国家的陆地面积均小于11万km²。

2.2 各国保护地增速的均匀性

在选取的保护地面积最大的60个国家中，阶段面积增量百分比的最大值为15.58–95.53% (图4b)，其中34个国家在40%以下，最低的3个国家为澳大利亚(15.58%)、德国(16.29%)和加拿大(17.24%)。阶段面积增量百分比的最大值大于50%的有14个国家，除沙特阿拉伯、缅甸、罗马尼亚外，其余11个国家均分布在非洲，而值最高的3个国家是摩洛哥(95.53%)、埃塞俄比亚(83.46%)和沙特阿拉伯(76.17%) (附录5)。

作为目前全球第七大陆地保护地国家，沙特阿拉伯的阶段面积增量百分比最大值高达76%，且对应年份是1990–1995年，即其超过3/4的陆地保护地是在1990–1995年间确立的(附录6c)。它在1994年建设的Rub'al Khali保护地面积高达64万km²，位列全

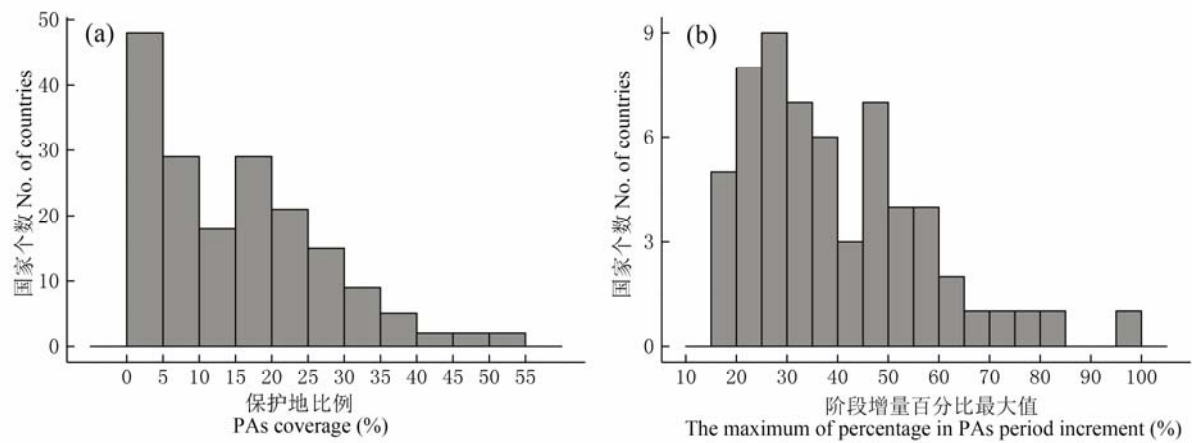


图4 陆地保护地发展的国家分布。(a)保护地比例分布;(b)阶段增量百分比最大值分布。
Fig. 4 The distribution of terrestrial PAs developments within countries. (a) The distribution of PAs coverage within countries; (b) The distribution in maximum of PAs period increment within countries.

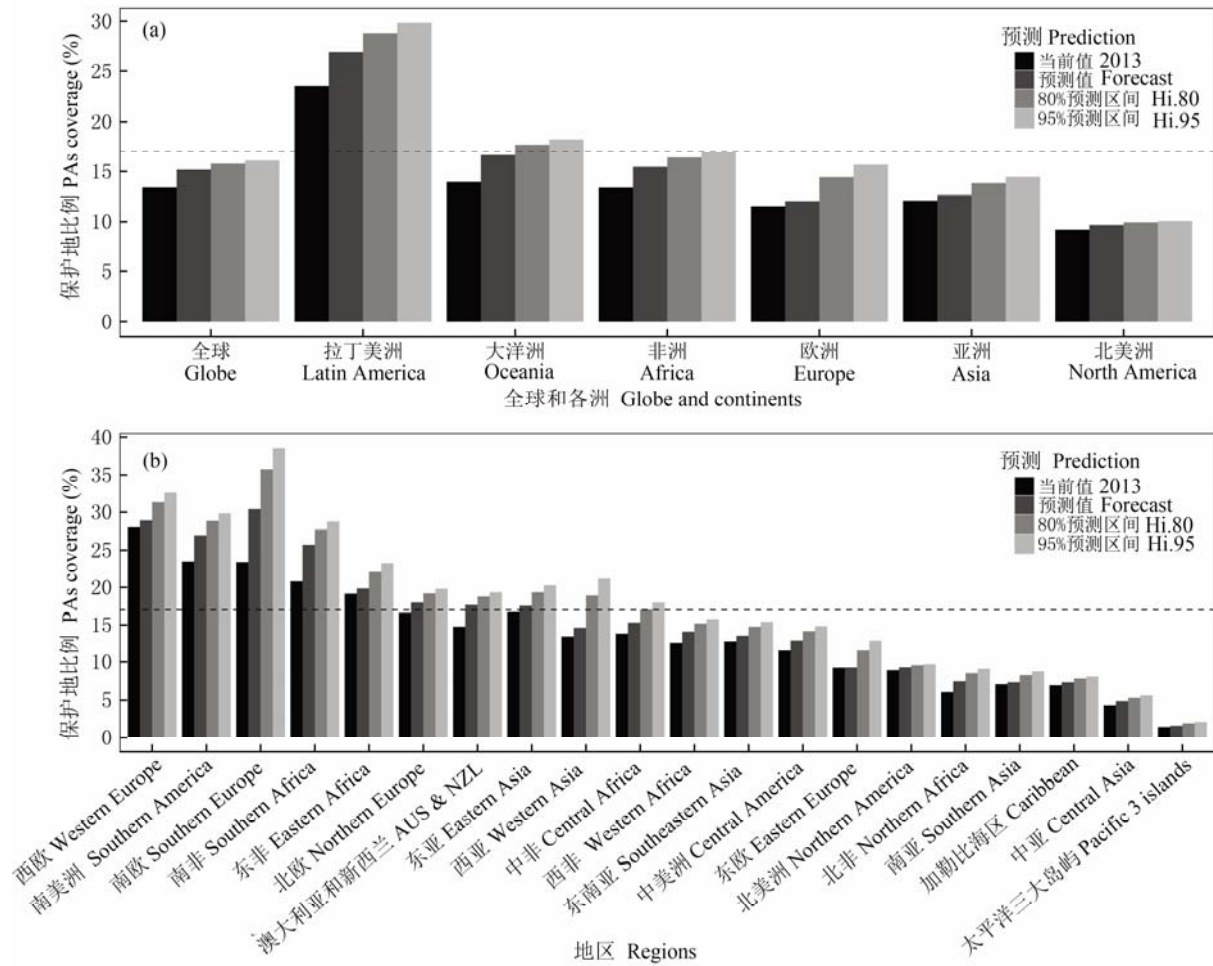


图5 陆地保护地增长趋势的短期预测(2020年)。(a)全球、洲际预测;(b)地区预测。
Fig. 5 The prediction of terrestrial PAs development in 2020. (a) The prediction in global and continental scales; (b) The prediction in regional scale.

球第二大陆地保护地,因此出现如此巨大的断裂式增长趋势。相反,巴西和加拿大的阶段面积增量百分比最大值分别是29.4%和17.24%,其值较低,因而表现为渐进增长趋势(附录6a, b)。中国阶段面积增量百分比最大值是45%,且出现最大值的年份是1985–1990年,而1980–1985年面积增量百分比也达到20%,因此20世纪80年代是中国保护地增长的高峰期,有75.63万km²保护地是在此期间建立的。

2.3 保护地增长的短期预测(2014–2020)

全球陆地保护地面积比例在2013年约为13.4%,根据预测,该值在2020年将达到15.19–16.12%,因而全球尺度的《爱知生物多样性目标》不能达成。洲际尺度上,当前已达成目标的是拉丁美洲,其陆地保护地比例在2013年已达到23.5%。根据预测,到2020年,预计能完成目标的只有大洋洲,由2013年的13.95%增加至2020年的18.24% (图5a)。地区尺度上,当前已完成目标的有南美洲、东非、南非、西欧和南欧5个地区,其陆地保护地比例在2013年分别为23.5%、19.14%、20.82%、28%和23.42%。根据预测,到2020年预计能完成目标的有澳大利亚和新西兰、北欧、东亚、中非和西亚这5个地区,其预测值分别为17.66%、17.92%、17.54%、17.04%和18.91% (图5b)。

就2013年陆地保护地面积比例来说,已经达成17%目标的国家有70个,本研究对未完成目标的110个国家进行预测。结果显示,有22个国家有望按时达成目标,这些国家在各大洲均有分布。在亚洲,中国、日本、马来西亚、菲律宾、老挝、科威特可能如期完成目标,这些国家主要分布在东亚和东南亚,其中中国保护地比例在2020年预计达到17.6–21.3%。在非洲,尼日尔、莫桑比克、南苏丹、加蓬、布基纳法索、加纳、赤道几内亚有望达到目标,主要分布在东非、西非和中非3个地区。在欧洲,瑞典、芬兰、丹麦3个北欧国家可能完成目标。在美洲,巴拿马、苏里南、圭亚那、牙买加、圣卢西亚预计可达成目标,均分布于拉丁美洲。大洋洲的澳大利亚也有望达到目标。

根据Holt指数平滑模型对4个尺度1950–2013年保护地增长的预测结果来看,全球尺度的相对误差为1.01–3.57%,各洲的相对误差几乎都控制在8%以内,地区的相对误差也基本上均未超过10% (附录7)。对于保护地增速均匀性较强的国家,如中国,其

预测相对误差在0–5.5%之间。在保护地增速均匀性弱的14个国家中,摩洛哥、埃塞俄比亚、沙特阿拉伯等8个国家已经达到《爱知生物多样性目标》,而在未达成目标的6个国家(刚果民主共和国、阿尔及利亚、埃及、马里、南苏丹、缅甸)的预测结果中,其最大预测相对误差仅为5.24% (附录8)。一般预测误差低于10%则认为预测精度高,因此Holt指数平滑模型的预测结果已达到较高精度。

3 讨论

针对已有研究在时间跨度、空间尺度以及国家比较三方面的不足,本文做了相应改进。首先,研究时间跨度为1950–2013年,比绝大多数现状和短期研究更能反映陆地保护地的长期增长情况。其次,除全球、洲际和地区尺度外,本文还包括国家尺度,实现了多尺度研究。第三,研究在国家尺度上对保护地增长情况和增速均匀性进行了探讨,其中陆地保护地比例和阶段面积增量百分比的计算为国家间的定量比较提供了依据,弥补了以往单个国家结果之间无法比较的缺陷。

3.1 保护地增长的多尺度描述

Soutullo等(2008)利用WDPA估计2005年全球保护地面积约为1,428万km²,占陆地面积的9.7%。基于2009年WDPA, Jenkins和Joppa (2009)认为2009年全球保护地面积约为1,700万km²,占陆地面积的12.8%。根据本研究对2005、2009年陆地保护地的统计,其面积分别为1,460万km²和1,684万km²,与先前研究结果大体一致,但存在微小差异。由于本文采用的是2013年WDPA的数据,其相对较早版本在数据上有很大完善,因此估计结果会有所偏差。同时本文在数据预处理过程中,通过数据融合分析去除了保护地之间的重叠面积,这虽然让估计结果变小,但却更真实。

全球陆地保护地总体呈现速率加快的增长趋势,特别是在20世纪90年代以后。该发展趋势与20世纪80、90年代国际环境保护意识的大觉醒相吻合(IUCN, 1982, 1992)。同时伴随经济发展,各国也越来越有能力将资金投入保护地建设,且人们对物种保护的意愿也在逐渐增强。

洲际和地区尺度上,保护地发展大致呈现3种增长趋势:在美洲及大洋洲,多数地区的保护地增长速率一直在加快,与全球增长趋势类似;在亚洲

和欧洲,多数地区的发展高峰是20世纪80、90年代;在非洲,多数地区的发展高峰为20世纪70年代及21世纪前10年。基于面板数据回归模型,McDonald和Boucher (2011)检验了各社会经济因素对保护地建设的影响,结果发现,国家经济实力、教育水平以及政治形态对保护地发展的影响显著。因而今后可从这3方面考察这3种增长趋势出现的原因。

各国在保护地建设方面具有不平衡性,且这种差距有缩小的趋势。1950年,165个国家的保护地面积均未超过陆地面积的10%,而到1990年,这个数字下降至123个,进入21世纪后,保护地比例仍小于10%的国家数为96个,2013年,该数字为77个。虽然仍有近一半国家的保护地比例未达到10%,但总体上,这种不平衡现象正得到纠正。以往研究认为这种不平衡性与国家经济实力及其政治关系有关。一方面,越富裕的国家,人们会有更强烈的保护意识及要求,并有相应的财力支撑(McDonald & Boucher, 2011)。另一方面,与西方(特别是美国)政治关系更好的国家更容易得到资金支持来建设保护地(Steinberg, 1998),但委内瑞拉却明显是政治关系亲疏的一个反例(Naughton-Treves *et al.*, 2005)。针对受国际关注和未受国际关注国家,Pyke (2007)曾定义不平衡指数来衡量其保护地建设的平衡性,结果显示,受国际关注的国家的平衡性高于未受国际关注的国家,并据此结果认为,国际组织可能对平衡性纠正作用较小。此外有研究认为,热带雨林由于其丰富的生物多样性而广受关注,而其他地区因此可能有被忽略的风险(Naughton-Treves *et al.*, 2005)。本研究认为,随着保护地建设进程的日益加快,国际组织的努力会逐渐减少由经济实力差距引起的不平衡性,而生物多样性重要程度则是能够衡量国际组织投入程度的指标,区域生物多样性程度越重要,其得到的国际资助也会越大,如巴西的亚马孙保护地。因此,这种不平衡性会逐渐由经济实力上的非平衡性向生物多样性丰富度的非平衡性转变。

3.2 保护地增速的均匀性

阶段面积增量百分比的引入使研究能量化保护地增速的均匀性,同时该指标随着尺度变大,其敏感性也有所降低。其变动范围从国家尺度的15.58–95.53%,下降到地区尺度的14.5–46.80% (除西亚,其阶段面积增量百分比最大值是73%),进一

步下降至洲际尺度的14.4–29.2%。因此,在国家尺度上计算各国阶段面积增量百分比最能衡量保护地增速均匀性的差异。事实上,地区尺度阶段增量百分比的相对差异与国家尺度结果吻合:澳大利亚和新西兰、西欧、北美、北欧是增量百分比最大值最小的4个地区,其值分别为14.49%、15.22%、16.77%和17.92%,而东非、北非、中非的增量百分比最大值则高达31%以上。

基于各国阶段增量百分比的计算结果,本文中识别出14个最大值超过50%的国家,这些国家绝大多数都分布在非洲。由于非洲保护地建设严重依赖外来资金(Struhsaker *et al.*, 2005),可能是外来资金数额和期限的不稳定性增大了非洲保护地建设的波动性。而对于沙特阿拉伯,其保护地建设几乎都集中在1987–1995年,考虑到其经济实力,沙特阿拉伯这种保护地增速均匀性低的产生原因可能与非洲国家有所不同,可能是受国际保护意识驱动,其20世纪80年代末到90年代初在保护地政策上产生了巨大冲击。

3.3 保护地增长的短期预测

基于保护地增长趋势的短期预测结果,有22个国家有望在2020年达到《爱知生物多样性目标》,主要分布在澳大利亚和新西兰、东亚、东南亚、东非、西非、中非、北欧及拉美等8个地区。然而在关注保护地建设目标的同时,也应当指出,各个保护地自身的面积大小、形状、类型、管理主体等都会影响其管理有效性(Dudley *et al.*, 2010),因此仅仅强调保护地的面积和比例是无法真正代表其保护力度大小的。同时,在保护地规划上设置单一的面积百分比目标也广受批评,其原因在于它并未考虑地区间生物多样性的差异(Soule & Sanjayan, 1998; Pressey *et al.*, 2003; O'Neill & Abson, 2009)。因此,为真正了解保护地建设状况,应设置更精细的目标(Rodrigues & Gaston, 2001)。

4 结论

(1)全球陆地保护地面积由1950年的340万km²扩展至2013年的1,809万km²,其占陆地面积比例也由2.55%增长至13.40%。同时,其增长速率不断加快,尤其是在20世纪90年代以后。

(2)洲际和地区保护地增长大致呈现3种趋势:在美洲及大洋洲,多数地区的保护地增长速率一直

在加快,与全球增长趋势类似;在亚洲和欧洲,多数地区的发展高峰是20世纪80、90年代;在非洲,多数地区的发展高峰为20世纪70年代及21世纪前10年。

(3)各国保护地建设具有不平衡性,超过1/3的主要国家其陆地保护地比例大于17%,但也有近一半的主要国家其陆地保护地比例仍低于10%,不过这种差距随时间发展有缩小趋势。

(4)阶段面积增量百分比在一定程度上可以衡量保护地增速的均匀性。在保护地增速均匀性低的14个国家中,绝大多数位于非洲。

(5)基于1950–2013年保护地长期增长情况,Holt指数平滑法可较精确地进行短期预测。虽然《爱知生物多样性目标》的目标11在2020年预计不能在全球尺度完成,但包括中国在内的22个国家有望如期达成目标。

致谢:感谢Yichuan Shi、Marine Deguignet、Brian MacSharry先生(WDPA工作人员)对本文在WDPA数据预处理方面的指点和帮助。

参考文献

- Andrawis RR, Atiya AF (2009) A new Bayesian formulation for Holt's exponential smoothing. *Journal of Forecasting*, **28**, 218–234.
- Balmford A, Bruner A, Cooper P, Costanza R, Farber S, Green RE, Jenkins M, Jefferiss P, Jessamy V, Madden J, Munro K, Myers N, Naeem S, Paavola J, Rayment M, Rosendo S, Roughgarden J, Trumper K, Turner RK (2002) Economic reasons for conserving wild nature. *Science*, **297**, 950–953.
- Balmford A, Gaston KJ, Blyth S, James A, Kapos V (2003) Global variation in terrestrial conservation costs, conservation benefits, and unmet conservation needs. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, **100**, 1046–1050.
- Bertzky M, Stoll-Kleemann S (2009) Multi-level discrepancies with sharing data on protected areas: what we have and what we need for the global village. *Journal of Environmental Management*, **90**, 8–24.
- Brooks TM, Bakarr MI, Boucher T, da Fonseca GAB, Hilton-Taylor C, Hoekstra JM, Moritz T, Olivier S, Parrish J, Pressey RL, Rodrigues ASL, Sechrest W, Stattersfield A, Strahm W, Stuart SN (2004) Coverage provided by the global protected-area system, is it enough? *BioScience*, **54**, 1081–1091.
- 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.
- Cabral R, Brito D (2013) Temporal and spatial investments in the protected area network of a megadiverse country. *Zoologia*, **30**, 177–181.
- Chape S, Blyth S, Fish L, Fox P, Spalding M (2003) 2003 United Nations List of Protected Areas. <http://www.unep.org/pdf/un-list-protected-areas.pdf>. (accessed August 2014)
- 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.
- Convention on Biological Diversity (CBD) (2004) Decision adopted by the conference of the parties to the convention on biological diversity at its seventh meeting: VII/30. strategic plan, future evaluation of progress. <http://www.cbd.int/doc/decisions/cop-07/cop-07-dec-30-en.pdf>. (accessed July 2014)
- Convention on Biological Diversity (CBD) (2010) *Strategic Plan for Biodiversity 2011–2020 and the Aichi Targets*. <https://www.cbd.int/doc/strategic-plan/2011-2020/Aichi-Targets-EN.pdf>. (accessed July 2014)
- Dudley N, Parrish JD, Redford KH, Stolton S (2010) The revised IUCN protected area management categories: the debate and ways forward. *Oryx*, **44**, 485–490.
- Hoekstra JM, Boucher TM, Ricketts TH, Roberts C (2005) Confronting a biome crisis: global disparities of habitat loss and protection. *Ecology Letters*, **8**, 23–29.
- Holt CC (2004) Forecasting seasonals and trends by exponentially weighted moving averages. *International Journal of Forecasting*, **20**, 5–10.
- Hyndman RJ, Khandakar Y (2008) Automatic time series forecasting: the forecast package for R. *Journal of Statistical Software*, **27**, 1–22.
- Hyndman RJ, Koehler AB (2008) Holt's linear method. In: *Forecasting with Exponential Smoothing* (eds Hyndman RJ, Koehler AB, Ord JK, Snyder RD), pp. 25–26. Springer-Verlag, Berlin.
- International Union for Conservation of Nature (IUCN) (1982) *National Parks, Conservation, and Development: The Role of Protected Areas in Sustaining Society*. http://web.bf.uni-lj.si/students/vnd/knjiznica/Skoberne_literatura/gradi%20va/zavarovana_obmocja/NP_Sust_devel.pdf. (accessed June 2014)
- International Union for Conservation of Nature (IUCN) (1992) *Parks for Life: Report of the IVth World Congress on National Parks and Protected Areas*. <https://portals.iucn.org/library/node/6584>. (accessed June 2014)
- International Union for Conservation of Nature (IUCN) (2008) *Guidelines for Applying Protected Area Management Categories*. http://cmsdata.iucn.org/downloads/guidelines_for_ap

- plying_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)
- Jenkins CN, Joppa L (2009) Expansion of the global terrestrial protected area system. *Biological Conservation*, **142**, 2166–2174.
- McDonald RI, Boucher TM (2011) Global development and the future of the protected area strategy. *Biological Conservation*, **144**, 383–392.
- 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.
- O'Neill DW, Abson DJ (2009) To settle or protect? A global analysis of net primary production in parks and urban areas. *Ecological Economics*, **69**, 319–327.
- Pereira HM, Cooper HD (2006) Towards the global monitoring of biodiversity change. *Trends in Ecology and Evolution*, **21**, 123–129.
- Pressey RL, Cowling RM, Rouget M (2003) Formulating conservation targets for biodiversity pattern and process in the Cape Floristic Region, South Africa. *Biological Conservation*, **112**, 99–127.
- 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, da 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.
- Rodrigues ASL, Gaston KJ (2001) How large do reserve networks need to be? *Ecology Letters*, **4**, 602–609.
- Soule ME, Sanjayan MA (1998) Conservation targets: do they help? *Science*, **279**, 2060–2061.
- Soutullo A, de Castro M, Urios V (2008) Linking political and scientifically derived targets for global biodiversity conservation: implications for the expansion of the global network of protected areas. *Diversity and Distributions*, **14**, 604–613.
- Stamper TJ, Hicke JA, Jennings M, Aycrigg J (2013) Spatial and temporal patterns of changes in protected areas across the southwestern United States. *Biodiversity and Conservation*, **22**, 343–356.
- Steinberg PF (1998) Defining the global biodiversity mandate: implications for international policy. *International Environmental Affairs*, **10**, 113–130.
- Struhsaker TT, Struhsaker PJ, Siex KS (2005) Conserving Africa's rain forests: problems in protected areas and possible solutions. *Biological Conservation*, **123**, 45–54.
- United Nations (UN) (2012) *Member States of the United Nations*. <http://www.un.org/zh/members>. (accessed April 2014)
- United Nations Environment Programme–World Conservation Monitoring Centre (UNEP-WCMC) (2005) *Development of the World Database on Protected Areas*. <http://proceedings.esri.com/library/userconf/proc05/papers/pap2296.pdf>. (accessed September 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)
- Venter O, Fuller RA, Segan DB, Carwardine J, Brooks T, Butchart SHM, Marco MD, Iwamura T, Joseph L, O'Grady D, Possingham HP, Rondinini C, Smith RJ, Venter M, Watson JEM (2014) Targeting global protected area expansion for imperiled biodiversity. *PLoS Biology*, **12**, e1001891.
- Zimmerer KS, Galt RE, Buck MV (2004) Globalization and multi-spatial trends in the coverage of protected-area conservation (1980–2000). *Ambio*, **33**, 520–529.

(责任编辑: 唐志尧 责任编辑: 闫文杰)

附录 Supplementary Material

附录1 研究选取国家及其洲际、地区划分

Appendix 1 Countries involved and the composition of continents and regions

<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/w2015-046-1.pdf>

附录2 全球陆地保护地增长。(a)全球保护地面积增长;(b)全球保护地比例增长。

Appendix 2 Growth of terrestrial protected areas (PAs) in global scale. (a) Growth of areas in PAs within global scale; (b) Growth of PAs coverage within global scale.

<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/w2015-046-2.pdf>

附录3 全球陆地保护地发展高峰

Appendix 3 The wave of terrestrial protected areas development in global scale

<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/w2015-046-3.pdf>

附录4 地区陆地保护地发展高峰

Appendix 4 The wave of terrestrial protected areas development in regional scale

<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/w2015-046-4.pdf>

附录5 阶段增量百分比最大值大于50%的14个国家

Appendix 5 Fourteen countries with maximum of period increment above 50%

<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/w2015-046-5.pdf>

附录6 国家陆地保护地增速均匀性。(a)巴西;(b)加拿大;(c)沙特阿拉伯。

Appendix 6 The growth uniformity of terrestrial PAs within different countries. (a) Brazil; (b) Canada; (c) Saudi Arabia.

<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/w2015-046-6.pdf>

附录7 全球、洲际预测相对误差(单位: %)

Appendix 7 Relative error of prediction within global and continental scales (Unit: %)

<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/w2015-046-7.pdf>

附录8 6个国家预测的相对误差(单位: %)

Appendix 8 Relative error of prediction within six countries (Unit: %)

<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/w2015-046-8.pdf>

附录1 研究选取国家及其洲际、地区划分

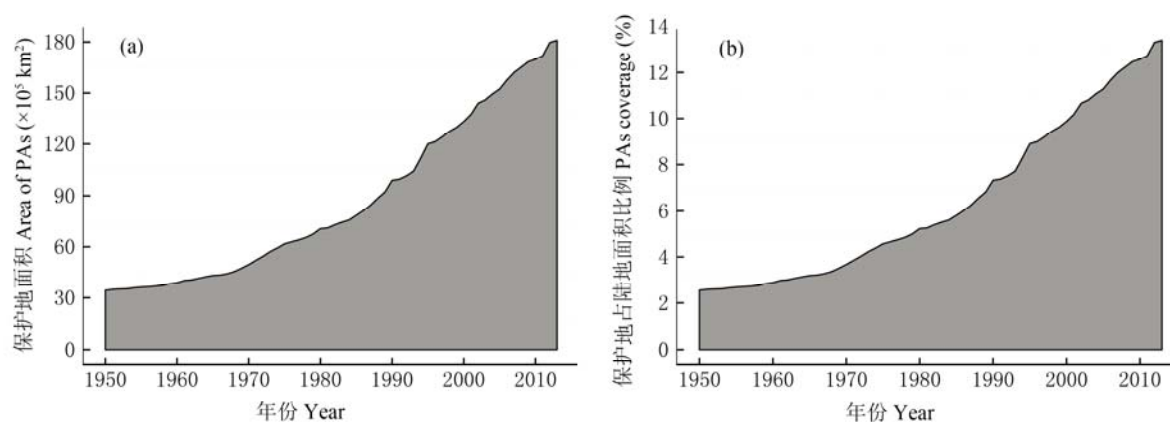
Appendix 1 Countries involved and the division of continents and regions

代码 Code	国家名 Country name	洲 Continent	地区 Region
AFG	阿富汗 Afghanistan	亚洲 Asia	南亚 Southern Asia
AGO	安哥拉 Angola	非洲 Africa	中非 Central Africa
ALB	阿尔巴尼亚 Albania	欧洲 Europe	南欧 Southern Europe
AND	安道尔 Andorra	欧洲 Europe	南欧 Southern Europe
ARE	阿联酋 United Arab Emirates	亚洲 Asia	西亚 Western Asia
ARG	阿根廷 Argentina	拉丁美洲 Latin America	南美洲 Southern America
ARM	亚美尼亚 Armenia	亚洲 Asia	西亚 Western Asia
AUS	澳大利亚 Australia	大洋洲 Oceania	澳大利亚和新西兰 Australia and New Zealand
AUT	奥地利 Austria	欧洲 Europe	西欧 Western Europe
AZE	阿塞拜疆 Azerbaijan	亚洲 Asia	西亚 Western Asia
BDI	布隆迪 Burundi	非洲 Africa	东非 Eastern Africa
BEL	比利时 Belgium	欧洲 Europe	西欧 Western Europe
BEN	贝宁 Benin	非洲 Africa	西非 Western Africa
BFA	布基纳法索 Burkina Faso	非洲 Africa	西非 Western Africa
BGD	孟加拉国 Bangladesh	亚洲 Asia	南亚 Southern Asia
BGR	保加利亚 Bulgaria	欧洲 Europe	东欧 Eastern Europe
BHR	巴林 Bahrain	亚洲 Asia	西亚 Western Asia
BHS	巴哈马 Bahamas	拉丁美洲 Latin America	加勒比海区 Caribbean
BIH	波斯尼亚和黑塞哥维那 Bosnia and Herzegovina	欧洲 Europe	南欧 Southern Europe
BLR	白俄罗斯 Belarus	欧洲 Europe	东欧 Eastern Europe
BLZ	伯利兹 Belize	拉丁美洲 Latin America	中美洲 Central America
BOL	玻利维亚 Bolivia	拉丁美洲 Latin America	南美洲 Southern America
BRA	巴西 Brazil	拉丁美洲 Latin America	南美洲 Southern America
BRN	文莱 Brunei Darussalam	亚洲 Asia	东南亚 Southeastern Asia
BTN	不丹 Bhutan	亚洲 Asia	南亚 Southern Asia
BWA	博茨瓦纳 Botswana	非洲 Africa	南非 Southern Africa
CAF	中非 Central African Republic	非洲 Africa	中非 Central Africa
CAN	加拿大 Canada	北美洲 North America	北美洲 Northern America
CHE	瑞士 Switzerland	欧洲 Europe	西欧 Western Europe
CHL	智利 Chile	拉丁美洲 Latin America	南美洲 Southern America
CHN	中国 China	亚洲 Asia	东亚 Eastern Asia
CIV	科特迪瓦 Coate d'Ivoire	非洲 Africa	西非 Western Africa
CMR	喀麦隆 Cameroon	非洲 Africa	中非 Central Africa
COD	刚果民主共和国 the Democratic Republic of the Congo	非洲 Africa	中非 Central Africa
COG	刚果共和国 Congo	非洲 Africa	中非 Central Africa
COL	哥伦比亚 Colombia	拉丁美洲 Latin America	南美洲 Southern America
COM	科摩罗 Comoros	非洲 Africa	东非 Eastern Africa
CPV	佛得角 Cape Verde	非洲 Africa	西非 Western Africa
CRI	哥斯达黎加 Costa Rica	拉丁美洲 Latin America	中美洲 Central America
CUB	古巴 Cuba	拉丁美洲 Latin America	加勒比海区 Caribbean
CYP	塞浦路斯 Cyprus	亚洲 Asia	西亚 Western Asia
CZE	捷克共和国 Czech Republic	欧洲 Europe	东欧 Eastern Europe
DEU	德国 Germany	欧洲 Europe	西欧 Western Europe
DJI	吉布提 Djibouti	非洲 Africa	东非 Eastern Africa
DMA	多米尼克 Dominica	拉丁美洲 Latin America	加勒比海区 Caribbean
DNK	丹麦 Denmark	欧洲 Europe	北欧 Northern Europe
DOM	多米尼加 Dominican Republic	拉丁美洲 Latin America	加勒比海区 Caribbean
DZA	阿尔及利亚 Algeria	非洲 Africa	北非 Northern Africa

代码 Code	国家名 Country name	洲 Continent	地区 Region
ECU	厄瓜多尔 Ecuador	拉丁美洲 Latin America	南美洲 Southern America
EGY	埃及 Egypt	非洲 Africa	北非 Northern Africa
ERI	厄立特里亚 Eritrea	非洲 Africa	东非 Eastern Africa
ESP	西班牙 Spain	欧洲 Europe	南欧 Southern Europe
EST	爱沙尼亚 Estonia	欧洲 Europe	北欧 Northern Europe
ETH	埃塞俄比亚 Ethiopia	非洲 Africa	东非 Eastern Africa
FIN	芬兰 Finland	欧洲 Europe	北欧 Northern Europe
FJI	斐济 Fiji	大洋洲 Oceania	太平洋三大岛群 Pacific 3 islands
FRA	法国 France	欧洲 Europe	西欧 Western Europe
GAB	加蓬 Gabon	非洲 Africa	中非 Central Africa
GBR	英国 United Kingdom	欧洲 Europe	北欧 Northern Europe
GEO	格鲁吉亚 Georgia	亚洲 Asia	西亚 Western Asia
GHA	加纳 Ghana	非洲 Africa	西非 Western Africa
GIN	几内亚 Guinea	非洲 Africa	西非 Western Africa
GMB	冈比亚 Gambia	非洲 Africa	西非 Western Africa
GNB	几内亚比绍 Guinea-Bissau	非洲 Africa	西非 Western Africa
GNQ	赤道几内亚 Equatorial Guinea	非洲 Africa	中非 Central Africa
GRC	希腊 Greece	欧洲 Europe	南欧 Southern Europe
GRD	格林纳达 Grenada	拉丁美洲 Latin America	加勒比海区 Caribbean
GTM	危地马拉 Guatemala	拉丁美洲 Latin America	中美洲 Central America
GUY	圭亚那 Guyana	拉丁美洲 Latin America	南美洲 Southern America
HND	洪都拉斯 Honduras	拉丁美洲 Latin America	中美洲 Central America
HRV	克罗地亚 Croatia	欧洲 Europe	南欧 Southern Europe
HTI	海地 Haiti	拉丁美洲 Latin America	加勒比海区 Caribbean
HUN	匈牙利 Hungary	欧洲 Europe	东欧 Eastern Europe
IDN	印尼 Indonesia	亚洲 Asia	东南亚 Southeastern Asia
IND	印度 India	亚洲 Asia	南亚 Southern Asia
IRL	爱尔兰 Ireland	欧洲 Europe	北欧 Northern Europe
IRN	伊朗 Iran	亚洲 Asia	南亚 Southern Asia
IRQ	伊拉克 Iraq	亚洲 Asia	西亚 Western Asia
ISL	冰岛 Iceland	欧洲 Europe	北欧 Northern Europe
ISR	以色列 Israel	亚洲 Asia	西亚 Western Asia
ITA	意大利 Italy	欧洲 Europe	南欧 Southern Europe
JAM	牙买加 Jamaica	拉丁美洲 Latin America	加勒比海区 Caribbean
JOR	约旦 Jordan	亚洲 Asia	西亚 Western Asia
JPN	日本 Japan	亚洲 Asia	东亚 Eastern Asia
KAZ	哈萨克斯坦 Kazakhstan	亚洲 Asia	中亚 Central Asia
KEN	肯尼亚 Kenya	非洲 Africa	东非 Eastern Africa
KGZ	吉尔吉斯斯坦 Kyrgyzstan	亚洲 Asia	中亚 Central Asia
KHM	柬埔寨 Cambodia	亚洲 Asia	东南亚 Southeastern Asia
KOR	韩国 The Republic of Korea	亚洲 Asia	东亚 Eastern Asia
KWT	科威特 Kuwait	亚洲 Asia	西亚 Western Asia
LAO	老挝 Lao People's Democratic Republic	亚洲 Asia	东南亚 Southeastern Asia
LBN	黎巴嫩 Lebanon	亚洲 Asia	西亚 Western Asia
LBR	利比里亚 Liberia	非洲 Africa	西非 Western Africa
LBY	利比亚 Libyan Arab Jamahiriya	非洲 Africa	北非 Northern Africa
LCA	圣卢西亚 Saint Lucia	拉丁美洲 Latin America	加勒比海区 Caribbean
LIE	列支敦士登 Liechtenstein	欧洲 Europe	西欧 Western Europe
LKA	斯里兰卡 Sri Lanka	亚洲 Asia	南亚 Southern Asia
LSO	莱索托 Lesotho	非洲 Africa	南非 Southern Africa
LTU	立陶宛 Lithuania	欧洲 Europe	北欧 Northern Europe

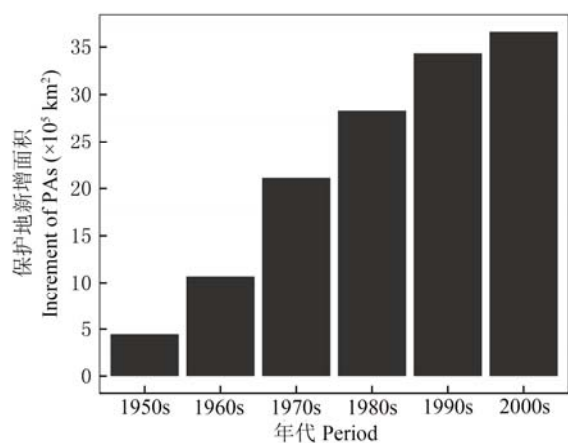
代码 Code	国家名 Country name	洲 Continent	地区 Region
LUX	卢森堡 Luxembourg	欧洲 Europe	西欧 Western Europe
LVA	拉脱维亚 Latvia	欧洲 Europe	北欧 Northern Europe
MAR	摩洛哥 Morocco	非洲 Africa	北非 Northern Africa
MDA	摩尔多瓦 Moldova	欧洲 Europe	东欧 Eastern Europe
MDG	马达加斯加 Madagascar	非洲 Africa	东非 Eastern Africa
MEX	墨西哥 Mexico	拉丁美洲 Latin America	中美洲 Central America
MKD	马其顿 Macedonia	欧洲 Europe	南欧 Southern Europe
MLI	马里 Mali	非洲 Africa	西非 Western Africa
MLT	马耳他 Malta	欧洲 Europe	南欧 Southern Europe
MMR	缅甸 Myanmar	亚洲 Asia	东南亚 Southeastern Asia
MNE	黑山 Montenegro	欧洲 Europe	南欧 Southern Europe
MNG	蒙古国 Mongolia	亚洲 Asia	东亚 Eastern Asia
MOZ	莫桑比克 Mozambique	非洲 Africa	东非 Eastern Africa
MRT	毛里塔尼亚 Mauritania	非洲 Africa	西非 Western Africa
MUS	毛里求斯 Mauritius	非洲 Africa	东非 Eastern Africa
MWI	马拉维 Malawi	非洲 Africa	东非 Eastern Africa
MYS	马来西亚 Malaysia	亚洲 Asia	东南亚 Southeastern Asia
NAM	纳米比亚 Namibia	非洲 Africa	南非 Southern Africa
NER	尼日尔 Niger	非洲 Africa	西非 Western Africa
NGA	尼日利亚 Nigeria	非洲 Africa	西非 Western Africa
NIC	尼加拉瓜 Nicaragua	拉丁美洲 Latin America	中美洲 Central America
NLD	荷兰 Netherlands	欧洲 Europe	西欧 Western Europe
NOR	挪威 Norway	欧洲 Europe	北欧 Northern Europe
NPL	尼泊尔 Nepal	亚洲 Asia	南亚 Southern Asia
NZL	新西兰 New Zealand	大洋洲 Oceania	澳大利亚和新西兰 Australia and New Zealand
OMN	阿曼 Oman	亚洲 Asia	西亚 Western Asia
PAK	巴基斯坦 Pakistan	亚洲 Asia	南亚 Southern Asia
PAN	巴拿马 Panama	拉丁美洲 Latin America	中美洲 Central America
PER	秘鲁 Peru	拉丁美洲 Latin America	南美洲 Southern America
PHL	菲律宾 Philippines	亚洲 Asia	东南亚 Southeastern Asia
PLW	帕劳 Palau	大洋洲 Oceania	太平洋三大岛群 Pacific 3 islands
PNG	巴布亚新几内亚 Papua New Guinea	大洋洲 Oceania	太平洋三大岛群 Pacific 3 islands
POL	波兰 Poland	欧洲 Europe	东欧 Eastern Europe
PRK	朝鲜 the Democratic People's Republic of Korea	亚洲 Asia	东亚 Eastern Asia
PRT	葡萄牙 Portugal	欧洲 Europe	南欧 Southern Europe
PRY	巴拉圭 Paraguay	拉丁美洲 Latin America	南美洲 Southern America
QAT	卡塔尔 Qatar	亚洲 Asia	西亚 Western Asia
ROU	罗马尼亚 Romania	欧洲 Europe	东欧 Eastern Europe
RUS	俄罗斯联邦 Russian Federation	欧洲 Europe	东欧 Eastern Europe
RWA	卢旺达 Rwanda	非洲 Africa	东非 Eastern Africa
SAU	沙特阿拉伯 Saudi Arabia	亚洲 Asia	西亚 Western Asia
SDN	苏丹 Sudan	非洲 Africa	北非 Northern Africa
SEN	塞内加尔 Senegal	非洲 Africa	西非 Western Africa
SGP	新加坡 Singapore	亚洲 Asia	东南亚 Southeastern Asia
SLB	所罗门群岛 Solomon Islands	大洋洲 Oceania	太平洋三大岛群 Pacific 3 islands
SLE	塞拉利昂 Sierra Leone	非洲 Africa	西非 Western Africa
SLV	萨尔瓦多 El Salvador	拉丁美洲 Latin America	中美洲 Central America
SOM	索马里 Somalia	非洲 Africa	东非 Eastern Africa
SRB	塞尔维亚 Serbia	欧洲 Europe	南欧 Southern Europe
SSD	南苏丹 South Sudan	非洲 Africa	东非 Eastern Africa

代码 Code	国家名 Country name	洲 Continent	地区 Region
SUR	苏里南 Suriname	拉丁美洲 Latin America	南美洲 Southern America
SVK	斯洛伐克 Slovakia	欧洲 Europe	东欧 Eastern Europe
SVN	斯洛文尼亚 Slovenia	欧洲 Europe	南欧 Southern Europe
SWE	瑞典 Sweden	欧洲 Europe	北欧 Northern Europe
SWZ	斯威士兰 Swaziland	非洲 Africa	南非 Southern Africa
SYC	塞舌尔 Seychelles	非洲 Africa	东非 Eastern Africa
SYR	叙利亚 Syrian Arab Republic	亚洲 Asia	西亚 Western Asia
TCD	乍得 Chad	非洲 Africa	中非 Central Africa
TGO	多哥 Togo	非洲 Africa	西非 Western Africa
THA	泰国 Thailand	亚洲 Asia	东南亚 Southeastern Asia
TJK	塔吉克斯坦 Tajikistan	亚洲 Asia	中亚 Central Asia
TKM	土库曼斯坦 Turkmenistan	亚洲 Asia	中亚 Central Asia
TLS	东帝汶 Timor-Leste	亚洲 Asia	东南亚 Southeastern Asia
TTO	特立尼达和多巴哥 Trinidad and Tobago	拉丁美洲 Latin America	加勒比海区 Caribbean
TUN	突尼斯 Tunisia	非洲 Africa	北非 Northern Africa
TUR	土耳其 Turkey	亚洲 Asia	西亚 Western Asia
TZA	坦桑尼亚 Tanzania	非洲 Africa	东非 Eastern Africa
UGA	乌干达 Uganda	非洲 Africa	东非 Eastern Africa
UKR	乌克兰 Ukraine	欧洲 Europe	东欧 Eastern Europe
URY	乌拉圭 Uruguay	拉丁美洲 Latin America	南美洲 Southern America
USA	美国 United States	北美洲 North America	北美洲 Northern America
UZB	乌兹别克斯坦 Uzbekistan	亚洲 Asia	中亚 Central Asia
VCT	圣文森特和格林纳丁斯 Saint Vincent and the Grenadines	拉丁美洲 Latin America	加勒比海区 Caribbean
VEN	委内瑞拉 Venezuela	拉丁美洲 Latin America	南美洲 Southern America
VNM	越南 Viet Nam	亚洲 Asia	东南亚 Southeastern Asia
VUT	瓦努阿图 Vanuatu	大洋洲 Oceania	太平洋三大岛群 Pacific 3 islands
WSM	萨摩亚 Samoa	大洋洲 Oceania	太平洋三大岛群 Pacific 3 islands
YEM	也门 Yemen	亚洲 Asia	西亚 Western Asia
ZAF	南非 South Africa	非洲 Africa	南非 Southern Africa
ZMB	赞比亚 Zambia	非洲 Africa	东非 Eastern Africa
ZWE	津巴布韦 Zimbabwe	非洲 Africa	东非 Eastern Africa



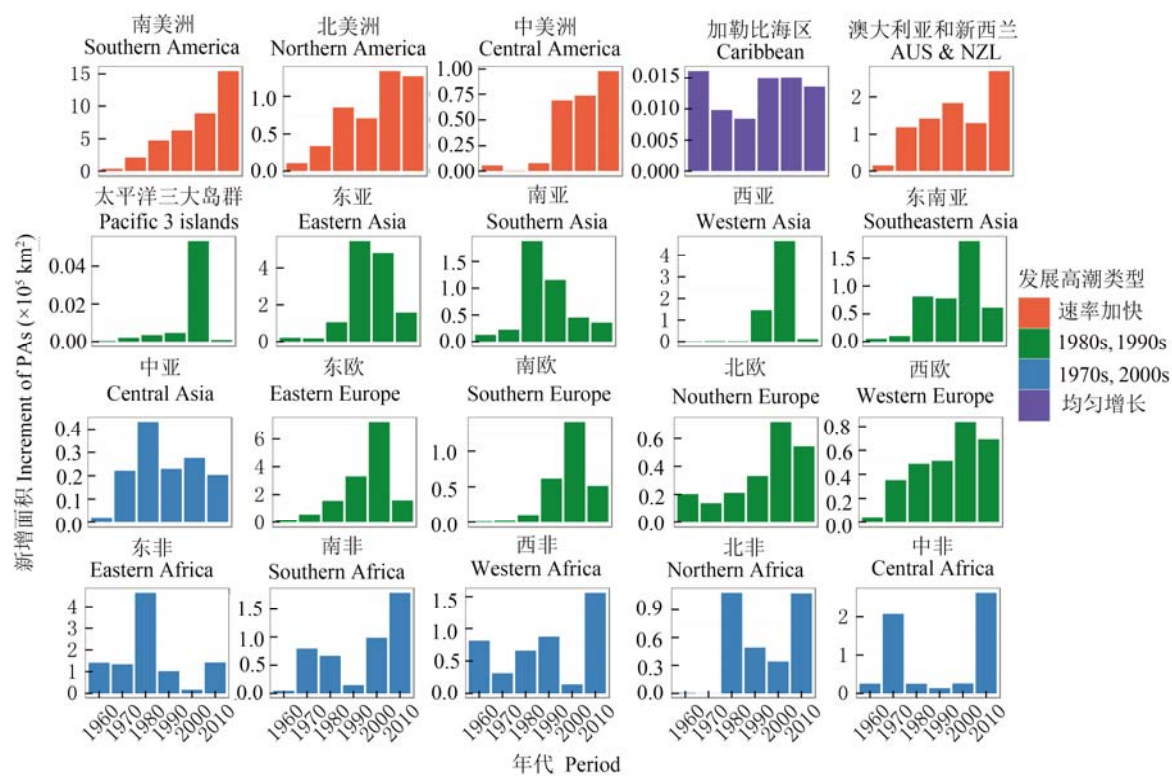
附录2 全球陆地保护地增长。(a)全球保护地面积增长; (b)全球保护地占陆地面积比例增长。

Appendix 2 Growth of terrestrial protected areas (PAs) in global scale. (a) Growth of areas in PAs within global scale; (b) Growth of PAs coverage within global scale.



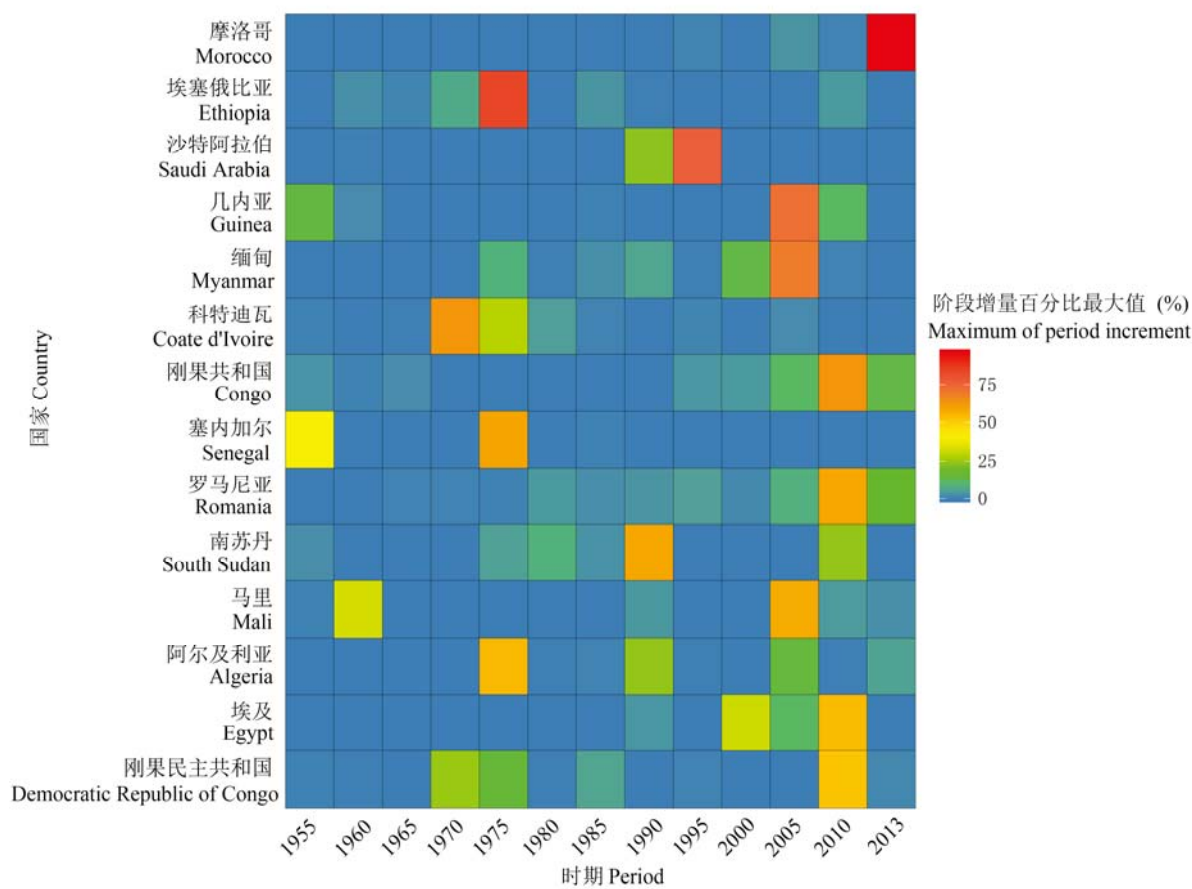
附录3 全球陆地保护地发展高峰

Appendix 3 The wave of terrestrial protected areas development in global scale

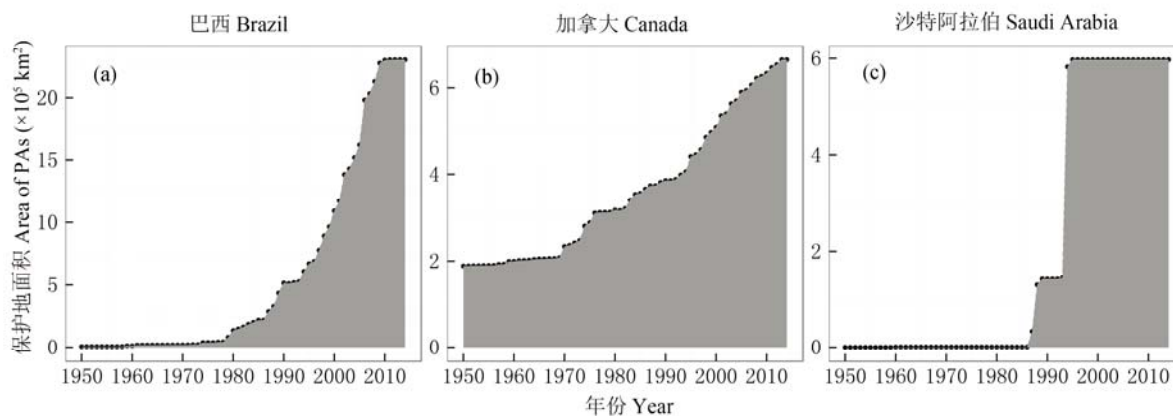


附录4 地区尺度陆地保护地发展高峰

Appendix 4 The wave of terrestrial protected areas development in regional scale



附录5 阶段增量百分比最大值大于50%的14个国家
Appendix 5 Fourteen countries with maximum of period increment above 50%



附录6 国家陆地保护地增速均匀性。(a)巴西; (b)加拿大; (c)沙特阿拉伯。

Appendix 6 The growth uniformity of terrestrial PAs within different countries. (a) Brazil; (b) Canada; (c) Saudi Arabia.

附录7 全球、洲际预测相对误差(单位: %)

Appendix 7 Relative error of prediction within global and continental scales (Unit: %)

年份 Year	全球 Globe	非洲 Africa	亚洲 Asia	欧洲 Europe	北美洲 North America	大洋洲 Oceania	拉丁美洲 Latin America
1952	1.18	4.55	0.31	2.31	0.02	0.02	0.38
1953	1.28	4.64	0.36	3.01	0.03	0.18	0.57
1954	1.13	3.89	0.42	0.26	0.02	0.28	0.47
1955	1.18	3.76	0.43	1.12	0.04	0.53	0.40
1956	1.16	3.44	0.40	0.36	0.08	0.52	0.53
1957	1.08	2.97	0.37	0.76	0.13	0.59	0.42
1958	1.02	2.80	0.43	1.13	0.15	0.60	0.34
1959	1.02	2.52	0.71	1.48	0.12	0.69	0.52
1960	1.29	2.89	0.74	1.69	0.24	0.64	2.90
1961	1.34	2.62	0.71	1.24	0.22	0.69	2.53
1962	1.58	3.06	0.57	1.13	0.22	0.63	6.57
1963	1.47	2.69	0.64	0.93	0.17	0.58	6.35
1964	1.58	2.80	0.62	6.03	0.14	0.75	5.85
1965	1.61	3.08	0.67	1.95	0.15	1.22	4.53
1966	1.62	2.78	0.73	1.40	0.13	1.47	4.75
1967	1.45	2.67	0.77	1.18	0.10	1.44	3.88
1968	1.49	2.38	1.08	4.06	0.09	2.50	3.11
1969	1.65	2.30	1.25	2.71	0.07	2.51	5.57
1970	2.01	3.09	1.14	2.03	0.09	2.68	5.05
1971	2.32	2.90	1.01	5.28	0.57	4.06	4.63
1972	2.61	3.21	1.13	4.30	0.53	3.87	3.99
1973	2.81	3.88	1.31	3.06	0.51	3.59	4.32
1974	3.01	4.78	1.39	3.15	0.49	3.26	4.90
1975	3.02	4.14	1.83	3.93	1.00	3.06	7.59
1976	3.07	4.19	4.23	3.91	0.98	2.72	6.61
1977	2.83	3.49	4.33	7.27	1.15	2.46	5.23
1978	2.64	2.89	3.64	2.55	0.96	3.35	4.73
1979	2.50	2.43	3.57	3.69	0.73	3.47	4.67
1980	2.52	2.10	3.22	4.63	0.54	3.97	5.53
1981	2.73	2.37	3.71	4.76	0.55	3.80	6.30
1982	2.37	2.21	3.55	3.66	0.56	3.59	5.38
1983	2.35	1.81	4.06	3.03	0.63	3.37	4.88
1984	2.26	1.60	3.64	5.25	0.94	3.05	4.34
1985	2.15	1.37	3.28	4.67	1.00	2.71	3.84
1986	2.29	1.19	4.20	3.72	0.84	3.12	3.78
1987	2.42	1.26	4.88	7.69	0.81	2.92	3.33
1988	2.57	1.35	4.63	5.16	0.92	3.28	4.18
1989	2.79	1.64	4.83	8.28	0.74	3.30	4.55
1990	2.89	1.42	4.49	6.51	0.94	3.29	5.59
1991	3.36	1.25	6.36	3.43	1.07	3.09	5.78
1992	2.91	1.12	5.38	3.85	1.03	3.18	5.36
1993	2.69	0.98	4.46	3.88	0.95	2.91	4.67
1994	2.62	0.85	4.26	6.85	1.02	2.65	3.75
1995	3.15	0.72	6.30	10.70	1.03	2.68	3.85
1996	3.57	0.61	5.54	16.89	1.37	2.54	4.48
1997	3.12	1.10	4.69	8.69	1.17	2.31	3.86
1998	2.93	0.91	3.69	2.75	1.25	2.09	4.20
1999	2.80	0.91	3.00	3.06	1.49	1.89	4.48

年份 Year	全球 Globe	非洲 Africa	亚洲 Asia	欧洲 Europe	北美洲 North America	大洋洲 Oceania	拉丁美洲 Latin America
2000	2.61	0.78	2.82	1.48	1.33	1.73	4.19
2001	2.54	0.79	2.68	1.91	1.39	1.80	4.33
2002	2.56	1.21	2.63	2.17	1.54	1.66	4.35
2003	2.78	1.75	2.32	1.79	1.67	2.75	5.30
2004	2.52	1.68	1.94	0.99	1.72	2.72	4.59
2005	2.44	1.75	1.69	2.80	1.46	2.49	4.32
2006	2.31	1.95	1.31	0.97	1.40	2.30	4.07
2007	2.41	1.96	1.00	2.21	1.18	2.12	5.28
2008	2.41	2.42	0.76	1.29	1.13	2.30	4.64
2009	2.30	2.47	0.66	0.97	1.31	2.18	4.10
2010	2.20	2.23	0.62	0.48	1.13	2.17	4.15
2011	1.96	1.91	0.55	0.45	0.96	2.23	3.45
2012	1.81	1.69	0.60	0.60	0.88	2.26	2.95
2013	2.16	2.55	0.71	0.46	0.76	2.95	2.42

附录8 6个国家预测相对误差(单位: %)

Appendix 8 Relative error of prediction within six countries (Unit: %)

年份 Year	埃及 Egypt	缅甸 Myanmar	阿尔及利亚 Algeria	马里 Mali	南苏丹 South Sudan	刚果民主共和国 Democratic Republic of the Cogo
1952	—	0.0000	—	0.0000	0.0000	0.0000
1953	—	0.0000	—	0.0000	0.0512	0.0001
1954	—	0.0000	—	0.0000	0.0503	0.0001
1955	—	0.0000	—	0.0295	0.0565	0.0063
1956	—	0.0000	—	0.0297	0.0554	0.0059
1957	—	0.0000	—	0.0281	0.0544	0.0061
1958	—	0.0000	—	0.0292	0.0534	0.0068
1959	—	0.0000	—	0.0286	0.0524	0.0066
1960	—	0.0000	—	1.1780	0.0515	0.0067
1961	—	0.0000	—	1.1669	0.0505	0.0066
1962	—	0.0000	—	0.9919	0.0496	0.0066
1963	—	0.0000	—	1.0100	0.0498	0.0063
1964	—	0.0000	—	1.0284	0.0489	0.0065
1965	—	0.0000	—	1.0472	0.0480	0.0064
1966	—	0.0000	—	1.0663	0.0462	0.0062
1967	—	0.0000	—	1.0857	0.0453	0.0751
1968	—	0.0000	—	1.1056	0.0445	0.1390
1969	—	0.0000	—	1.1463	0.0437	0.1982
1970	—	0.0000	—	1.1257	0.0429	0.2530
1971	—	0.0000	—	0.7035	0.0421	0.3038
1972	—	0.0000	—	0.7164	0.0413	0.3393
1973	—	0.0409	1.6948	0.7295	0.0475	0.3281
1974	—	0.0390	1.6669	0.7428	0.0505	0.3509
1975	—	0.7414	1.6387	0.7563	0.0496	0.3174
1976	—	0.7060	1.5836	0.7701	0.1622	0.4134
1977	—	0.6723	1.6109	0.7842	0.1592	0.3739
1978	—	0.6403	1.5570	0.7985	0.1563	0.3998
1979	—	0.6271	1.5306	0.8131	0.1534	0.3866
1980	—	0.5972	1.5049	0.8279	0.1506	0.3622
1981	—	0.5687	1.4543	0.8430	0.3121	0.3509
1982	—	0.5469	1.4794	0.8584	0.3063	0.3179
1983	—	0.5222	1.4298	0.8741	0.3007	0.3400
1984	—	0.5368	1.4080	0.8900	0.2951	0.3288
1985	—	0.5112	1.3848	0.9063	0.3188	0.3542
1986	—	0.6191	1.3382	0.9228	0.3425	0.3663
1987	5.2402	0.6064	1.3613	0.9396	0.9576	0.3430
1988	4.9902	0.5788	1.4302	0.9743	0.9399	0.3317
1989	4.7331	0.5812	1.4084	0.9568	0.9225	0.3101
1990	5.2398	0.9225	1.3154	0.7643	0.9055	0.3207
1991	4.9898	0.8784	1.3381	0.7523	0.8723	0.3001
1992	4.7327	0.8434	1.3611	0.6279	0.8562	0.2932
1993	3.8182	0.8031	1.3846	0.6394	0.8404	0.2865
1994	4.0297	0.7648	1.2933	0.6510	0.8249	0.2771
1995	4.4878	0.7343	1.2721	0.6629	0.8096	0.2506
1996	4.2528	0.7018	1.1880	0.6750	0.7947	0.2591
1997	5.0588	1.4192	1.2085	0.6873	0.7800	0.2266
1998	4.8296	1.3515	1.2293	0.6999	0.7656	0.2680
1999	4.6295	1.2870	1.2506	0.7126	0.7515	0.2191

年份 Year	埃及 Egypt	缅甸 Myanmar	阿尔及利亚 Algeria	马里 Mali	南苏丹 South Sudan	刚果民主共和国 Democratic Republic of the Cogo
2000	4.3947	1.2322	1.1685	0.7257	0.7376	0.2343
2001	3.9467	1.1785	1.1487	0.7389	0.7240	0.2423
2002	4.1651	1.1450	1.1946	0.6267	0.7106	0.2119
2003	4.0751	1.3508	1.1761	0.6870	0.6975	0.1794
2004	3.8924	1.6144	1.1734	0.6764	0.6846	0.1856
2005	3.6915	2.7181	1.1581	1.1935	0.6719	0.1919
2006	3.3149	2.6611	1.0817	1.1792	0.8889	0.1984
2007	3.4985	2.5341	1.1004	1.1676	0.8353	0.2052
2008	4.2128	2.4131	1.1387	1.1546	0.8198	0.2467
2009	4.0517	2.3019	1.1194	1.1341	0.8047	0.6538
2010	3.8456	2.1970	1.0641	1.1138	0.7898	0.5913
2011	3.2740	2.0921	1.0461	1.0988	0.7752	0.6114
2012	3.4552	1.9923	1.0287	1.0804	0.7609	0.6323
2013	3.6463	1.8972	1.0470	1.0680	0.7469	0.5818

–表示该年份下该国无保护区

–represents no PAs in this country at that year