

DOI: 10.20103/j.stxb.202212103552

赵文飞, 宗路平, 王梦君. 中国自然保护区空间分布特征. 生态学报, 2024, 44(7): 2786-2799.

Zhao W F, Zong L P, Wang M J. Spatial distribution of nature reserves in China. Acta Ecologica Sinica, 2024, 44(7): 2786-2799.

中国自然保护区空间分布特征

赵文飞^{1,2}, 宗路平^{1,2,*}, 王梦君^{1,2}

1 国家林业和草原局西南调查规划院, 昆明 650031

2 国家林业和草原局国家公园规划研究中心, 昆明 650031

摘要:我国自然保护区经过 60 余年建设,在维护国家生态安全、保护生物多样性、保存自然遗产和改善生态环境质量等方面发挥着重要作用。研究系统整理了我国现有 2672 个自然保护区空间分布数据,形成了较为完整的空间信息数据库,从发展历程、保护类型、建设规模等方面进行了特征统计。运用地理集中指数和核密度指数等方法,对全国自然保护区从海陆分布、省级分布、时空分布、集聚分布等不同维度进行了空间分布特征分析。结果表明:(1)我国自然保护区数量和类型丰富,大致经历了“起步-停滞缓慢发展-稳步发展-快速发展-稳固完善”的 5 个发展阶段,以中小型的森林生态系统、野生动物、内陆湿地和水域生态系统自然保护区为主;(2)空间上为集聚分布,省域分布差异悬殊,沿“胡焕庸线”呈“西少东多、西聚东散”的特点;(3)不同类型和管理级别的自然保护区分布集群态势差异明显,形成了黄山-怀玉山、粤东北丘陵、南岭、武夷山等 11 个显著聚集区;(4)建设规模和连片集聚效应自西向东呈递减趋势,与我国地形的三级阶梯构造变化趋势存在紧密联系。最后,本文讨论了形成我国现有自然保护区空间格局的主要原因,包括客观自然条件及主观人为等因素,并结合我国自然保护区空间分布和建设发展中存在的问题进行了分析,从建立布局完善和海陆统筹的保护区网络,科学界定保护地类型,逐步优化自然保护区边界及稳步提升科研监测成效等方面提出了发展建议。在我国自然保护地体系由自然保护区向国家公园为主体的全面深化改革阶段,本研究弥补了现有研究成果的局限性和时效性问题,以期对未来自然保护区的空间布局优化及发展提供科学参考。

关键词:自然保护区;自然保护地体系;空间分布;核密度

Spatial distribution of nature reserves in China

ZHAO Wenfei^{1,2}, ZONG Luping^{1,2,*}, WANG Mengjun^{1,2}

1 Southwest Survey and Planning Institute of National Forestry and Grassland Administration, Kunming 650031, China

2 National Park Planning and Research Center of National Forestry and Grassland Administration, Kunming 650031, China

Abstract: After over 60 years of construction, China's nature reserves have played a vital role in maintaining national ecological security, protecting biodiversity, preserving natural heritage, and improving the ecological and environmental quality. This paper has systematically sorted out the existing spatial distribution data of 2672 nature reserves in China (excluding Hong Kong, Macao, and Taiwan), formed a relatively complete geo-spatial database. Preliminary analysis was conducted on statistical characteristics from the aspects of development process, protection type, construction scale, etc. And the methods of geographical concentration index and kernel density index were used to analyze the spatial distribution characteristics of nature reserves from different dimensions, such as sea and land distribution, provincial distribution, temporal and spatial distribution, agglomeration distribution and so on. The results showed that: (1) China's nature reserves were rich in number and type, roughly experienced five development stages of starting, slow development, steady development, rapid development, and stable and perfect stage. The main types of nature reserves were small and medium-

基金项目:国家公园与自然保护区关系研究(2018-R13);国家林业和草原局西南调查规划院科技项目(2022-007)

收稿日期:2022-12-10; **网络出版日期:**2023-11-15

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: lupingzong08@163.com

#限于数据的可获取性,本研究尚未统计到中国港澳台地区数据。

sized forest ecosystem, wildlife, inland wetland and aquatic ecosystem. (2) They were spatially clustered with significantly provincial differences, showing the characteristics of less in the west and more in the east, and clustering in the west and scattering in the east along the Hu Huanyong Line. (3) There were obvious differences in the cluster trend among different types and management levels of nature reserves, forming 11 significant aggregation areas, such as Huangshan-Huaiyu Mountain, Northeast Guangdong Hills, Nanling, and Wuyi Mountain. (4) The construction scale and continuous aggregation effect of nature reserves decreased from west to east, which were closely related to the changing trend of the “three-step ladder” terrain structure in China. Finally, this paper discussed the main reasons for spatial pattern of existing nature reserves in China, including objective natural conditions and subjective human factors, and summarized the existing problems in the spatial distribution and development of nature reserves, and put forward some suggestions for establishing the network of nature reserves with perfect distribution and the integration of land and sea, scientifically defining the types of protected areas, gradually optimizing the boundaries of nature reserves, and enhancing scientific research and monitoring effectiveness. In the comprehensive and deepening reform stage of China’s protected area system, which will shift from nature reserves to national parks as the main body. This study makes up for the limitations and timeliness of the existing research results, it is expected to provide some scientific reference for the spatial distribution optimization and development of nature reserves.

Key Words: nature reserves; natural protected areas system; spatial distribution; kernel density

自 1956 年,我国设立第一个自然保护区——广东鼎湖山自然保护区,经过 60 多年建设,已逐步建立了包括自然保护区、风景名胜区、森林公园、湿地公园、地质公园和湿地公园等各类自然保护地约 12 万个(尚缺中国港澳台统计数据),面积超过 200 万 km^2 ,约占全国国土面积的 20%^[1-2],其中自然保护区 2700 余个,约占全国国土面积的 14.8%。2019 年 6 月,中办、国办印发《关于建立以国家公园为主体的自然保护地体系的指导意见》(下称《指导意见》),标志着我国自然保护地建设正式进入全面深化改革阶段^[3]。2021 年 10 月,我国正式设立三江源、大熊猫、东北虎豹、海南热带雨林、武夷山等第一批国家公园。国家公园建设固然重要,自然保护区在过去、现在和未来仍将在自然保护领域发挥着不可替代的作用,更是未来国家公园建设所依托的重要载体。因此,在我国自然保护地体系由自然保护区向国家公园为主体的过度阶段,研究我国自然保护区空间分布特征,分析其空间布局和发展过程中存在的问题,对于完善我国自然保护地体系具有重要现实意义。

目前,已有很多学者对自然保护区空间分布特征进行了一定的探索。如闫颜等采用主成分分析法和回归分析法对我国自然保护区分布特征和影响因素进行了分析^[4];樊涵、石秀雄等研究了贵州省自然保护区及其他类型自然保护地空间特征,并探讨了影响自然保护地分布的主要因素^[5-7];杨阳等对长江流域的国家级自然保护地进行了研究,并提出分布特征受到地形、植被、水资源、资金、政策等多种因素影响^[8];朱里莹、潘竟虎等在国家公园试点初期,研究了全国国家级自然保护地在自然地理和文化地理表征的空间分布特征,并提出了国家公园布局建设相关建议^[9-10]。

经过近几年的发展,我国自然保护区的空间分布发生较大变化,以上研究多着眼于某个省域或自然地理区范围,或仅限于国家级自然保护区,鲜有对我国范围内各保护类型、管理级别的自然保护区分布特征进行系统研究。鉴于现有研究的局限性和时效性,本文综合采用 GIS 空间分析和数理统计方法,对全国自然保护区系统梳理形成空间数据库,总结空间分布特征,从空间布局和发展中存在的问题提出了布局优化及发展建议,以期为新形势下自然保护地体系完善和优化等方面决策提供一定参考。

1 数据源与研究方法

1.1 数据来源与处理

(1) 本文中全国各级自然保护区名录来源于中华人民共和国生态环境部、国家林业和草原局及各省生态

环境厅等相关网站,矢量数据来源于生态环境部自然保护区监管网站(<https://www.mee.gov.cn/ywgz/zrstbh/zrbhdjg>),世界自然保护地委员会(<https://www.protectedplanet.net>),全国地理信息资源目录服务系统(<https://www.webmap.cn>),中国自然保护区标本资源共享平台(<http://www.papc.cn>)和部分搜集的数据。笔者将以上矢量数据和名录进行筛选和检查,共统计到 2762 个自然保护区(港澳台地区数据暂缺),详见图 1。

(2) 行政边界矢量数据来源于全国地理信息资源目录服务系统中心公众版 1:100 万矢量地图数据。

(3) 中国地势图来源于《中国地图集》^[11],并进行矢量化处理。

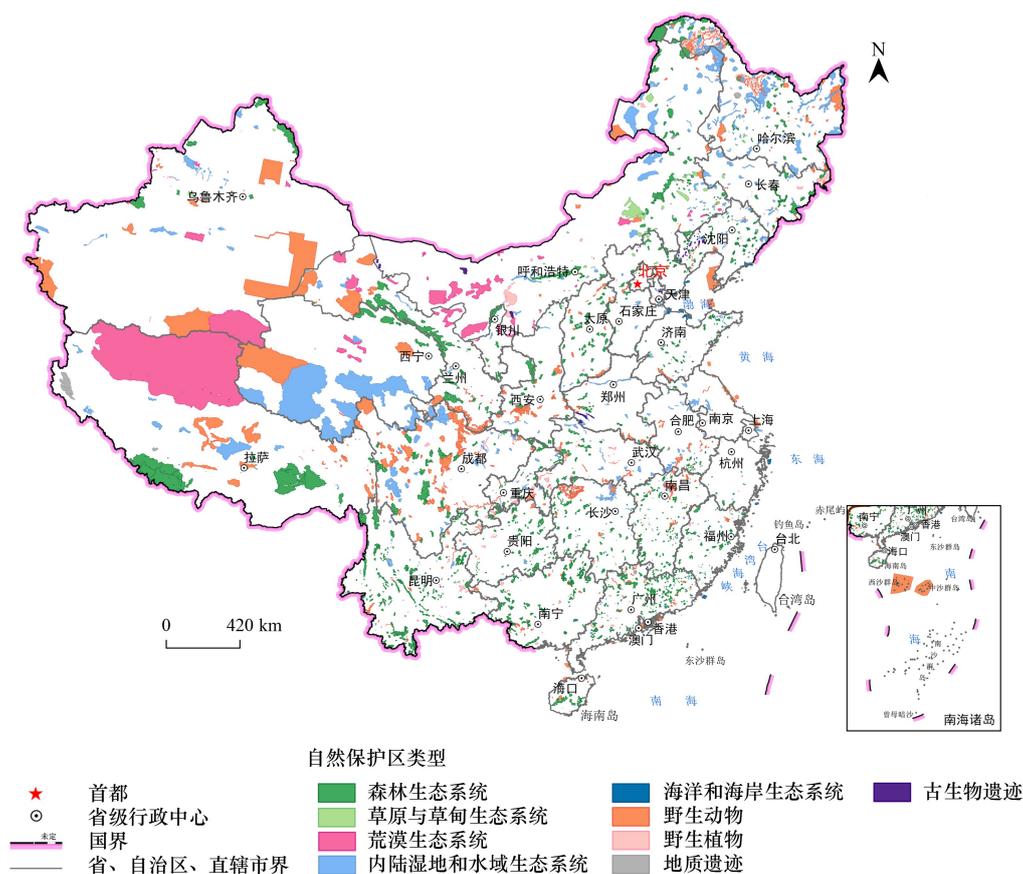


图 1 全国自然保护区分布图

Fig.1 Distribution map of nature reserves in China

1.2 研究方法

本研究以全国自然保护区范围为研究对象,运用 ArcGIS 10.8 软件平台,将矢量和栅格数据统一投影到阿尔伯斯等积圆锥投影,并建立地理空间数据库。利用地理集中指数、平均最邻近指数及核密度指数等方法,对自然保护区的总体空间分布格局进行分析。

1.2.1 地理集中指数

地理集中指数(geographic concentration index, G)是研究地理事物在地域上集中程度的指标^[12]。本文以全国尺度为地理单元,用地理集中指数 G 来衡量重叠自然保护区的集中程度,计算公式为:

$$G = 100 \times \sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i/T)^2} \quad (1)$$

式中, n 为省级行政区的个数,本文取值 31, X_i 为第 i 个省拥有的自然保护区个数, T 为自然保护区的数量,本文取值 2672。如果各区域地理集中指数大于自然保护区均匀分布于各省级行政区时的地理集中指数,则说明各区域自然保护区分布呈现集聚分布,反之呈分散分布^[13]。

1.2.2 平均最近邻指数

平均最近邻指数是用于判别要素间的聚集、均匀或随机分布的状态。当区域内点状要素为随机分布时,其理论上的最邻近距离为 r_E , 平均最近邻指数 R 是指实际最邻近距离 \bar{r} 与理论上最邻近距离 r_E 的比率, 公式为:

$$R = \frac{\bar{r}}{r_E}, r_E = \frac{1}{\sqrt{2n/A}} \quad (2)$$

式中, r_E 为理论上最邻近距离, A 为区域面积, n 为要素数量。当 $R=1$ 或者接近于 1 时, 自然保护区分布趋于随机分布; 当 $R>1$ 时, 自然保护区分布趋于均匀分布; 当 $R<1$ 时, 自然保护区分布趋于集聚分布。

1.2.3 核密度指数

核密度指数能反映自然保护区在空间上聚集和扩散的特性, 本文使用 ArcGIS 核密度分析工具实现, 输入自然保护区质心点数据, 得到核密度分布图, 从而分析自然保护区及其在周围邻域中的分布位置、形态特征及其延展性等^[13-14], 核密度指数计算公式如下:

$$f(x) = \frac{1}{nh} \times \sum_{i=1}^n k\left(\frac{d(x-x_i)}{h}\right) \quad (3)$$

式中, $f(x)$ 为地点 x_i 处的核密度估计值, x_i 表示点 i 的坐标位置; n 表示坐标点的数量; h 表示核密度函数的带宽; k 为核密度函数, 即核密度法的尺度; $d(x-x_i)$ 表示两点之间的欧式距离。

2 结果与分析

2.1 统计特征

本研究共统计到全国自然保护区 2672 个, 总面积 148.94 万 km^2 。按自然保护区的管理级别“国家级—省级—市县级”分析, 其中国家级 474 个, 面积 98.21 万 km^2 , 占总面积的 65.94%; 省级 856 个, 面积 40.28 万 km^2 , 占总面积的 27.04%; 市县级 1342 个, 面积 10.45 万 km^2 , 占总面积的 7.02%。我国自然保护区在数量上呈准金字塔结构, 在面积上呈倒金字塔结构, 详见表 1。

2.1.1 按发展历程的统计特征

通过对自然保护区的始设时间特征点的分析, 本研究将我国自然保护区发展划分为以下 5 个阶段, 各阶段数量和面积变化趋势见图 2。

(1) 1956—1965 年, 起步阶段。1956 年 9 月, 秉志等 5 位生物学家在第一届全国人民代表大会第三次会议上提出了 92 号提案, 建议在全国各省区划定天然森林禁伐区, 以保护自然植被供科学研究之用^[15]。随即国务院批准了该提案, 并在广东建立我国第一个自然保护区—鼎湖山自然保护区。自此, 我国自然保护区建设拉开序幕, 至 1965 年底, 先后在四川、云南、黑龙江、陕西等地建立了 15 个自然保护区, 面积 1.03 万 km^2 。

(2) 1966—1976 年, 停滞缓慢发展阶段。期间与全国其他事业一样, 我国自然保护区建设几乎停滞^[16], 直至 1975—1976 年, 浙江、四川、青海、广东、海南(属广东管辖)等地区先后建立了 14 个自然保护区, 面积 0.72 万 km^2 。

(3) 1977—1993 年, 稳步发展阶段。1978 年十一届三中全会以来, 改革开放极大促进了自然保护区事业的稳步发展。随着《森林法》《野生动物保护法》《环境保护法》的实施, 我国也相继加入濒危野生动植物种国际贸易、保护世界文化和自然遗产等国际公约^[16]。全国各地约以每年 13 个的速度建设自然保护区, 仅 1982 年就设立了 115 个自然保护区。截止 1993 年底, 期间共建成 595 个自然保护区, 面积 77.46 万 km^2 。

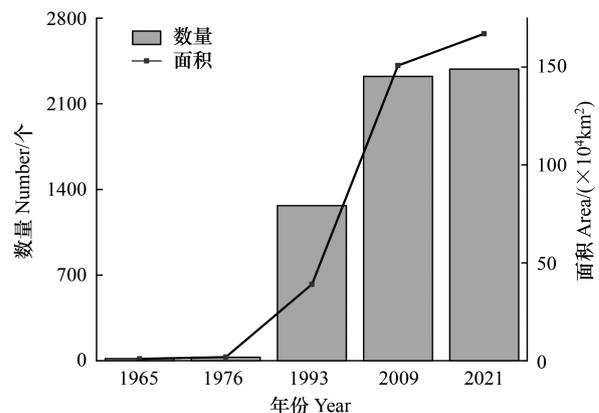


图2 全国自然保护区数量和面积变化趋势

Fig.2 Changes in number and area of nature reserves in China

表 1 全国自然保护区数量及面积统计表
Table 1 Statistical table of quantity and area of nature reserves in China

类别 Category	始设年份 Start year										合计 Total	
	1956—1966		1966—1976		1977—1993		1994—2009		2010—2021			
	数量/个 Number	面积/hm ² Area	数量/个 Number	面积/hm ² Area	数量/个 Number	面积/hm ² Area	数量/个 Number	面积/hm ² Area	数量/个 Number	面积/hm ² Area	数量/个 Number	面积/hm ² Area
保护类型 Categories												
森林生态系统 Forest ecosystem	7	5303	7	1071	293	121318	954	162840	140	9780	1401	300312
草原与草甸生态系统 Grassland and meadow ecosystem	0	0	0	0	8	7629	25	7671	1	157	34	15457
荒漠生态系统 Desert ecosystem	0	0	0	0	12	361905	23	40479	2	133	37	402518
内陆湿地和水域生态系统 Inland wetland and aquatic ecosystem	0	0	0	0	40	23695	287	268050	72	16406	399	308151
海洋和海岸生态系统 Marine and coastal ecosystem	0	0	0	0	25	3736	41	2320	1	11	67	6066
野生动物 Wild animal	7	4997	6	6061	154	247687	307	156524	28	10022	502	425291
野生植物 Wild plant	1	11	1	43	39	6975	80	9687	7	507	128	17224
地质遗迹 Geological relic	0	0	0	0	19	1243	47	8311	8	80	74	9633
古生物遗迹 Ancient organism relics	0	0	0	0	5	430	25	4315	0	0	30	4745
管理级别 Administrative grade												
国家级 National	10	9674	9	6935	251	644375	192	312093	12	9049	474	982125
省级 Provincial	5	637	3	90	194	122709	570	266502	84	12803	856	402742
市县级 Civic and county	0	0	2	150	150	7534	1027	81602	163	15244	1342	104530
陆海分布 Land-sea distribution												
陆地 Land	15	10311	14	7175	545	695859	1695	652022	256	36793	2525	1402160
海洋 Sea	0	0	0	0	50	78759	94	8175	3	303	147	87237
面积规模 Area Scale												
超大型 Extra large	3	6448	1	5558	33	666815	56	407337	3	9612	96	1095771
大型 Large	2	2417	0	0	38	41161	94	88050	8	5427	142	137054
中型 Medium	5	1153	6	1357	199	52217	462	122795	73	17189	745	194711
小型 Small	5	293	7	260	325	14425	1177	42015	175	4868	1689	61861
合计 Total	15	10311	14	7175	595	774618	1789	660197	259	37096	2672	1489397

(4) 1994—2009 年,快速发展阶段。1994 年,国务院发布实施《中华人民共和国自然保护区条例》,我国自然保护区建设和管理有了专门的法律支撑。1999 年我国陆续启动了天然林保护、退耕还林等一系列重大生态工程^[15]。期间法规、政策、标准规范不断完善,抢救性建区与提高保护区质量并重,我国自然保护区建设进入高速发展阶段。2000 年是截止目前我国自然保护区建设数量最多的一年,达 269 个。截止 2009 年底,期间共建成 1789 个自然保护区,面积 66.02 万 km²。

(5) 2010—2021 年,稳固完善阶段。2010 年国务院出台了《关于做好自然保护区管理有关工作的通知》^[16],从科学规划、强化管理、严格限制开发建设活动、强化监督等 9 个方面对自然保护区的规范化管理提出要求。自 2016 年中央环境保护督察工作以来,各地实现自然保护区建设从重数量向重质量转变^[17],新建自然保护区以补充完善空间布局为主,我国自然保护区自此走向稳固完善阶段。截止 2021 年底,期间共建成 259 个自然保护区,面积 3.71 万 km²。

2.1.2 按保护类型的统计特征

我国现行自然保护区保护类型划分为自然生态系统、野生生物和自然遗迹 3 大类 9 个类型。从数量上看,森林生态系统、野生动物、内陆湿地和水域生态系统 3 种类型的自然保护区数量较多,分别为 954 个、307 个和 287 个,占到总数的 86.15%;荒漠生态系统、草原与草甸生态系统和古生物遗迹 3 种类型的自然保护区数量较少,分别为 37 个、34 个和 30 个。从面积上看,野生动物、荒漠生态系统、内陆湿地和水域生态系统、森林生态系统 4 种类型的自然保护区面积较大,分别为 42.53 万 km²、40.25 万 km²、30.82 万 km²和 30.03 万 km²,占到总面积的 96.43%。从自然保护区平均面积看,荒漠生态系统类型的自然保护区的数量不占优势,但平均面积最大,约 10878.86 km²;海洋和海岸生态系统类型的自然保护区平均面积最小,约 90.54 km²;森林生态系统类型的自然保护区数量虽然超过了总数量的 52%,但平均面积在各类自然保护区中仅位于中间水平,约 214.36 km²。

2.1.3 按建设规模的统计特征

参考《自然保护区工程项目建设标准》(建标 195-2018)^[18],将不同类型自然保护区的面积分为超大型、大型、中型和小型 4 类,数量分别为 96 个、142 个、745 个和 1689 个,平均自然保护区面积为 557 km²。小型和中型的自然保护区在数量上占有绝对比重,但两者仅占自然保护区总面积的 17.22%,其平均面积分别为 37 km²和 261 km²;大型和超大型的自然保护区占到自然保护区总面积的 82.78%,其平均面积分别为 965 km²和 11414 km²。我国面积最大的 5 个自然保护区(羌塘、三江源、西南中沙群岛、罗布泊野骆驼和可可西里)面积 56.42 万 km²,约占到全国陆地国土面积的 5.88%,占到全国自然保护区总面积的 37.88%,以三江源和可可西里自然保护区为基础建立的三江源国家公园面积在世界自然保护地上也位于前列。面积最小的自然保护区是大理凤阳鹭鸶栖息榕树州级自然保护区,主要保护鹭鸶鸟和古榕树,面积仅 0.2 hm²。

2.2 空间分布特征

2.2.1 海陆分布格局

全国共统计到 2525 个陆地型自然保护区,面积 140.68 万 km²,面积和数量约占全国自然保护区的 94.5%。另外,保护海洋、红树林、珊瑚礁、海滨地质遗迹、河口湿地和海洋生物栖息地等相关的海洋型自然保护区共 147 处,面积 8.26 万 km²,面积和数量约占全国自然保护区的 5.50%,其中广东、海南和山东 3 省的海洋型自然保护区数量较多,分别为 61 个、19 个和 18 个,3 省的数量占海洋型自然保护区的 66.67%,面积占 86.15%;天津、浙江和河北等沿海地区的海洋型自然保护区数量较少,分别为 1 个、3 个和 3 个。

2.2.2 省级分布差异

我国 31 个省级行政区的平均自然保护区数量为 86 个,假设所有自然保护区均匀分布,则地理集中指数参考值 \bar{G} 为 17.96,而实际地理集中指数 G 为 24.22, G 大于该参考值 \bar{G} ;同时,计算得到全国自然保护区的平均最近邻指数 R 为 0.61, $R < 1$,置信度 Z 值为 -38.90。地理集中指数 G 和平均最近邻指数 R 两个指数均表明全国自然保护区在空间上呈现出集聚分布、空间分布不均衡的趋势,各省级行政区内自然保护区的数量和面

积差距悬殊。从数量上看,主要集中在广东、内蒙古、黑龙江、江西和云南,5省(区)的数量达1152个(分别为377个、216个、204个、191个和164个),占全国总数的43.11%;上海、天津、青海、宁夏和北京5省(区、市)的数量仅占2.13%(分别为4个、8个、11个、13个和21个)。从面积上看,我国自然保护区主要集中在西藏、青海、新疆、内蒙古和甘肃等自然资源丰富、人类活动较少的西部地区,占到了全国总面积的70.83%。天津、上海、北京、浙江和福建等东部沿海及华北的人类活动频繁地区,一是受限于行政区面积较小,二是受城市化进程的影响,以上省(市、区)自然保护区的面积规模较小,仅占全国总面积的0.65%。本研究发现,部分省份存在追求自然保护区数量的情况,如安徽省某县建设了50余个空间重叠或相连的县级自然保护区,平均自然保护区的面积仅3.5 km²。将各省级行政区内自然保护区数量和面积按自然间断分级法进行分级显示,详见图3。

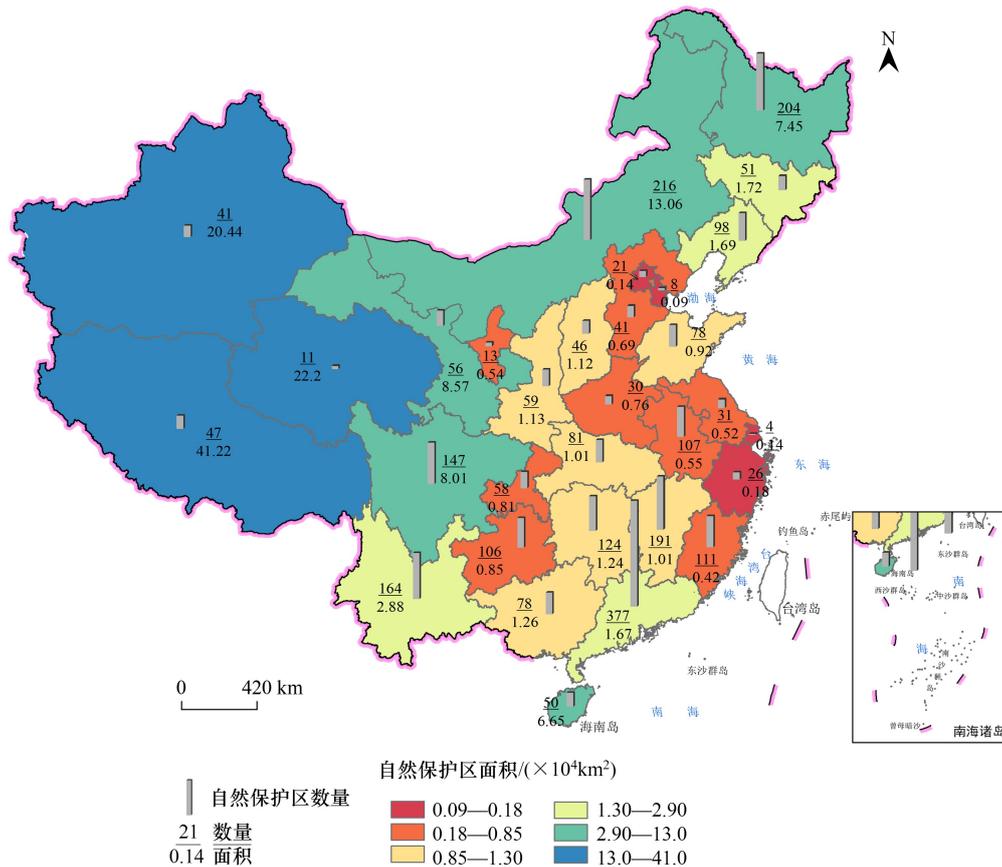


图3 各省(区、市)自然保护区数量和面积分布图

Fig.3 Distribution of nature reserves at provincial level in China by area and quantity

长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区跨川渝滇黔,上图中数量分别计入各省(区、市)

2.2.3 时空分布态势

根据上述我国自然保护区发展阶段,计算得到5个阶段的平均最邻近指数R值分别为0.89、1.10、0.62、0.58和0.52,详见表2。除1966—1976年的R值大于1外,其余值均小于1。虽然1956—1965年的R值为0.89,但置信度仅为-0.83,其随机分布的特征不显著。由此可知,在1976年前我国自然保护区从起步到停滞缓慢发展阶段,其空间分布总体呈随机分布的态势;在经历了1977—1993年和1994—2009年的稳步发展及快速发展阶段,自然保护区在空间上逐渐呈现集聚发展的态势,直至稳固完善的2010—2021年,R值由0.62下降至0.52,即随着时间的推移,集聚态势逐渐增强。

表 2 不同时期自然保护区分布态势统计表

Table 2 Statistical table of distribution trend of nature reserves in different periods

时期 Time range	发展阶段 Stage of development	数量/个 Number	面积/($\times 10^4 \text{ km}^2$) Area	平均最近邻指数 R Average nearest neighbor index	置信度 Critical value	分布态势 Distribution trend
1956—1965 年	起步	15	1.03	0.89	-0.83	随机
1966—1976 年	停滞缓慢	14	0.72	1.10	0.69	随机
1977—1993 年	稳步发展	595	77.46	0.62	-17.65	集聚
1994—2009 年	快速发展	1789	66.02	0.58	-34.02	集聚
2010—2021 年	稳固完善	259	3.71	0.52	-14.91	集聚
合计 Total		2672	148.94	0.61	-38.90	集聚

结合表 1 和表 2,表明我国自然保护区建设在各阶段的侧重点有所不同。(1)1976 年以前,自然保护区仅有森林生态系统和野生生物类型,直至 1978 年改革开放后,人们对自然保护认识水平显著提高,其他生态系统、自然遗迹及海洋类型的自然保护区开始逐步得到关注,自然保护区的类型朝着多样化的方向发展。(2)在 1977—1993 年的稳步发展时期,我国共建立 251 个国家级自然保护区(数量占目前总数的 52.95%),为我国自然保护事业奠定了坚实基础,在此之后,晋升至国家级的自然保护区数量在逐渐减少。(3)从自然保护区的建设规模看,超大型和大型自然保护区多在 2009 年之前设立(累积数量占目前总数的 96.88%、94.37%),在“井喷式”发展的 1994—2009 年以中小型自然保护区为主(数量占同期自然保护区总数的 91.62%),也侧面反映出,随着社会经济的发展,自然生境破碎化程度一定程度上也在加剧,导致自然保护区的建设规模在逐渐减小^[19]。

2.2.4 核密度分布特征

将自然保护区质心点的搜索半径设置为 50 km,得出我国自然保护区分布的核密度指数,按自然间断点法分级显示,详见图 4。核密度指数分布结果进一步验证了我国自然保护区空间分布的不均衡性,结合图 1 和图 4,全国自然保护区分布具有明显的地域分异规律,即沿“胡焕庸线”呈“西少东多、西聚东散”的分布特点(“胡焕庸线”以东自然保护区数量约占总数的 86%)。具体来说,高密度区主要包括皖赣交界处的黄山-怀玉山,湘粤交界处的南岭,闽赣交界处的武夷山,滇黔交界处的乌蒙山等地区;次密集区主要包括大小兴安岭、

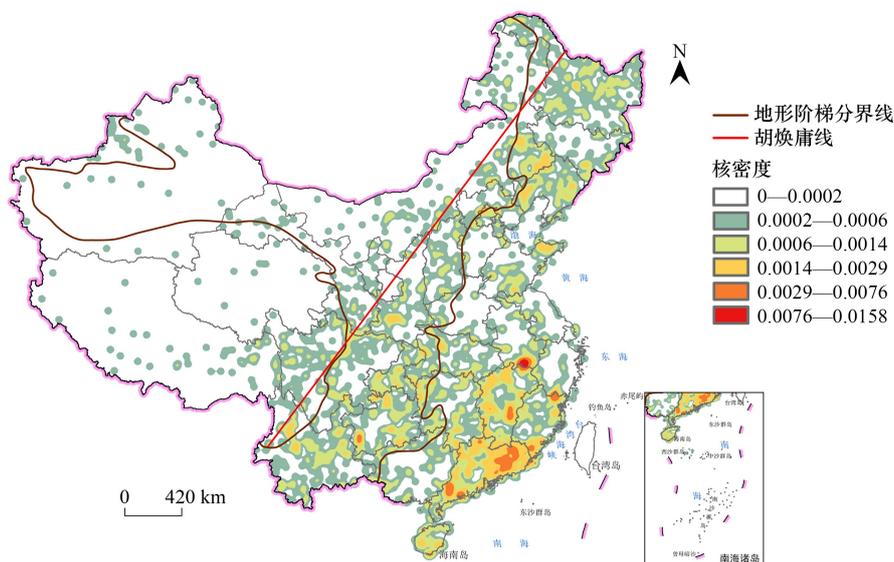


图 4 自然保护区核密度指数与地形阶梯构造、胡焕庸线关系图

Fig.4 The relationship between the kernel density index of nature reserve and the topographic ladder structure in China, and the Huanyong line

秦岭、岷山、武陵山、辽河、鄱阳湖、洞庭湖等国家重要生态区。我国自然保护区以这 11 个聚集区为中心向周边延伸形成自然保护区群,其余地区的核密度指数较低,分布相对离散,无明显的集聚特征。

按保护类型分别得到各自核密度指数,按自然间断点法分级显示,详见图 5。利用 ArcGIS 标准差椭圆工

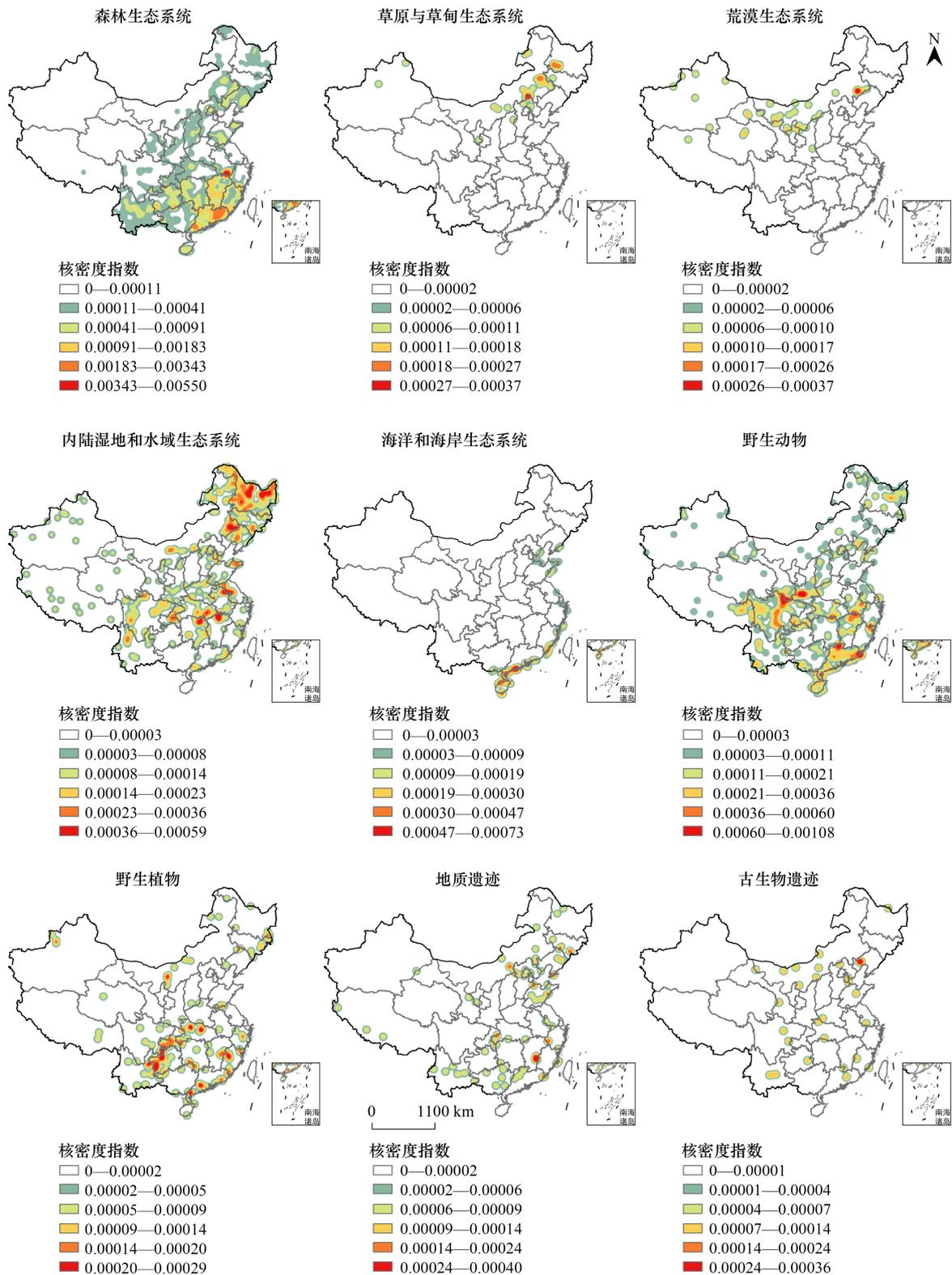


图 5 不同保护类型的自然保护区核密度指数分布图

Fig.5 Distribution map of kernel density index in different types of nature reserves

具计算自然保护区中心分布趋势,详见图 6。综合分析得到不同保护类型自然保护区的分布特点:(1)分布范围最广的是内陆湿地和水域生态系统类型,在我国黑龙江、辽河、淮河、鄱阳湖、洞庭湖、长江三峡库区等多个重要流域及湖泊形成了高密度区;其次是野生动物类型,高密度区包括保护大熊猫的岷山-秦岭地区,保护中华白海豚等海洋生物的粤闽沿海地区,保护大鲵、鳄蜥、闭壳龟等爬行动物的粤北地区,保护动物多样性的黄山-怀玉山等地区。(2)地质遗迹和古生物遗迹类型的自然保护区分布跨度较大,仅陕西、青海、安徽及海南等少数省份未有分布,但在空间分布上多呈散点状分布,密集度相对偏低。(3)森林生态系统类型数量最多,辐射带动效应最为明显,其高密度区多分布于我国长江以南地区,包括桂东-粤西和粤闽交界处的丘陵山地、黄山-怀玉山、黔东南-湘西的武陵山-雪峰山、燕山-太行山以及海南中部五指山等地区,以上地区是我国重要的水源涵养区。(4)野生植物类型分布标准差椭圆扁率仅为 0.25,空间分布的方向性较弱,不同于野生动物类型(扁率最低,为 0.20)在全国尺度呈环状密集分布的特点,野生植物类型的高密度区形成了以川渝滇黔交界地带、鄂北大洪山-神农架、闽赣武夷山以及粤东南沿海等的几个组团。(5)其他类型自然保护区空间分布尺度相对狭窄,其中荒漠生态系统分布区以内蒙古高原中部为轴中心,自西部的准噶尔盆地-羌塘高原向东依次收窄,至科尔沁草原形成高密度区;草原与草甸生态系统自然保护区呈“三核+多点”的分布特点,“三核”包括松嫩平原、科尔沁和锡林郭勒,“多点”包括呼伦贝尔、阴山北麓、阿尔泰山南部和宁夏云雾山等零星分布区;海洋和海岸生态系统类型的标准椭圆短半轴最窄,扁率最大,为 0.71,其分布范围最为狭窄,仅分布在我国东部沿海地区,以琼州海峡-雷州半岛、深圳湾及厦门-南澎湖列岛周边近海区域最为密集,远海地区未有分布。

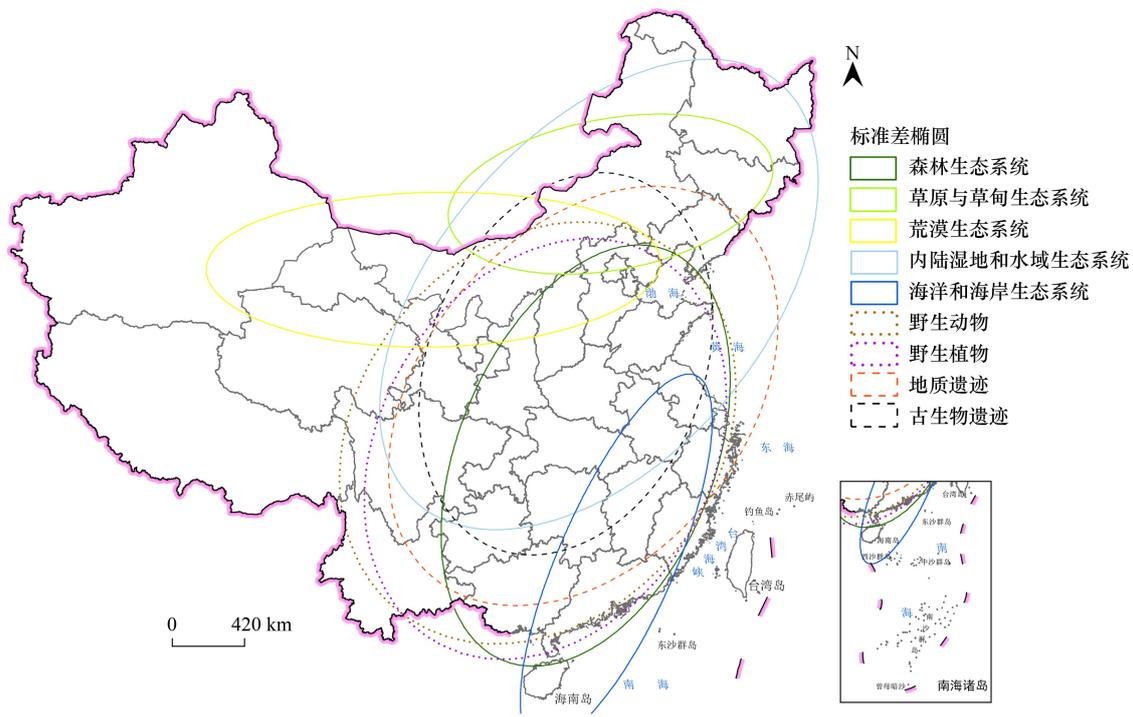


图 6 不同保护类型自然保护区标准差椭圆分布图

Fig.6 Distribution map of standard deviational ellipse in different types of nature reserves

从各管理级别自然保护区的核密度指数分布图(图 7)来看,各级自然保护区的集聚特征差异明显:(1)国家级自然保护区分布相对均衡,形成了以沿国境及省界的集聚特点,高密度区主要集中在东北地区的中俄、中朝国境地区,以及川陕甘、湘渝鄂、云贵川、闽赣、湘桂等交界地区,其次在琼南、川中、滇中南等区域有零星的密集区分布;(2)省级自然保护区的高密度区主要集中在我国的东部季风区,呈“一带多组团”的分布特点,“一带”即“小兴安岭-燕山-太行山-秦岭-邛崃山”的集中分布带,“一带”与“胡焕庸线”吻合度较高,北部稍向

东南方偏移;“多组团”包括南岭、黄山、辽东-胶东半岛、松嫩平原-小兴安岭、琼南等高密集区。青藏高原地区的国家级和省级自然保护区有一定的数量,但无明显高密集区。(3)市县级自然保护区的地区分布差异最为明显,高密集区分布在除广西和浙江以外的秦岭淮河以南的亚热带及热带地区,小兴安岭、科尔沁、鲁中-沂沭泗等地区形成了次级密集区,中部、西部以及西北地区仅有零星分布的县级自然保护区。

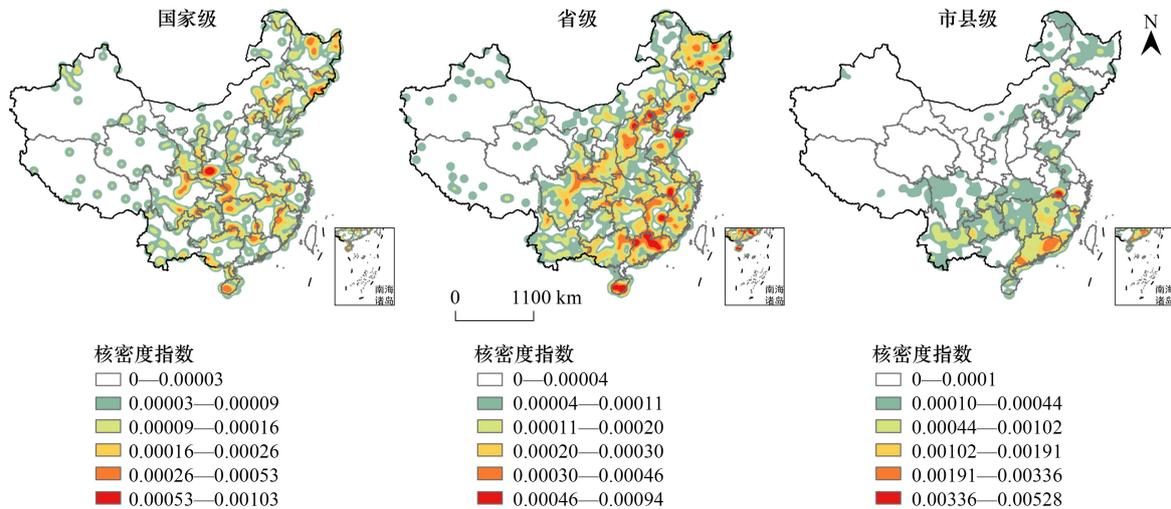


图7 不同管理级别自然保护区核密度指数分布图

Fig.7 Distribution map of kernel density index in different administrative grades of nature reserves

3 讨论

综合自然保护区保护类型、建设规模和管理级别的高密集区分布特点,我国自然保护区分布与地形阶梯构造变化趋势存在紧密的关联性,具体表现在:(1)自然保护区建设规模和连片集聚效应自西向东呈递减趋势(图4);(2)在地形阶梯分界线或省界地区的自然保护区核密度指数明显高于其他区域(图5、图7),自然保护区聚集呈带状分布。地形地貌影响着气候、降水、土壤等要素,而这些要素对植被和物种分布有着重要影响^[20]。我国大部分省界多以山脉或河流为界进行划分,特殊的自然地理位置和良好的生态环境造就了阶梯地势分界处或省区交界处复杂的生境,使其成为珍稀濒危物种的天然避难所和生物多样性富集区。同时该区域相伴有独特的地质遗迹和地质景观,起伏的山地对人类的生产生活以及土地开发带来一定的难度,通常人类活动强度较低^[6],具有建立自然保护区的先天优势,各地在阶梯地势分界处或省区交界处建立了相当数量的自然保护区。

研究还发现,在我国社会经济发展水平较高的珠三角、粤闽赣湘桂交界地区形成了连片的森林生态系统自然保护区集群,以及长江中下游的鄂湘赣皖地区形成了湿地及水生野生动物类型自然保护区聚集分布区,这种“异常”分布现象与大众“经济发达地区,自然保护区数量相对较少”的普遍认知存在一定差异。出现如此现象的原因,一方面是受限于山地丘陵的地形特点,资源禀赋价值高的保护对象分布区与人类生产生活区高度镶嵌,物种生境破碎化程度重,难以建立较大面积的自然保护区;另一方面,一定程度上映射出经济和城市化水平发展到一定阶段,公众对于优质生态环境的诉求在提高,地方政府会统筹做好生态环境保护与经济发展,促进自然保护区的建设^[21];三是自然保护区发展具有一定的区域协同效应^[22],即不同的市县均以共有的山脉、湿地、海岸等组团设立自然保护区。因此以上“异常”分布区的自然保护区数量多,分布集中,但规模相对较小^[19, 23]。

自然资源因素是决定自然保护区设立的本底驱动因素,社会因素直接影响自然保护区的建设布局^[4]。我国自然保护区数量已接近饱和^[16],但存在空间集聚分布、发展不均衡的空间分布特征,究其原因:一是自然

保护区的建设依赖特殊价值的自然资源禀赋作为支撑,受我国地区间森林资源、湿地资源、地质遗迹资源、海洋资源和生物多样性等本底资源分布的客观差异影响,自然保护区发展具有先天的地区不平衡性。二是我国自然保护区采取“自下而上”逐级申报设立,缺少全国整体布局考虑,而受历史条件、认知水平、科学技术、管理机构完善程度、资金投入差异等多方面影响,自然保护区的布局存在不充分之处^[24-26]。三是不同发展时期的政策环境也是影响自然保护区保护类型、建设规模的重要因素。四是地区之间对自然保护和经济发展的协同定位差异,各地在选择建设建设管理较为宽松的自然公园还是更为严格的自然保护区积极性不同^[23, 27],强烈的主观目的性造成自然保护区空间结构合理性不足。

4 建议

综合全国自然保护区空间分布特征,结合当下自然保护地体系建设面临的新形势,对自然保护地体系布局完善和规范化管理提供如下建议:

(1) 建立布局完善、海陆统筹的自然保护区网络

设立自然保护区主要是为了加强对典型的自然生态系统和生物多样性的保护,但各省对自然保护区建设的积极性差别较大。结合《中国生物多样性保护战略与行动计划(2011—2030年)》,我国现有自然保护区范围已覆盖约37%的生物多样性保护优先区域范围,详见图8,但在武夷山东北部、黄山-怀玉山东部、大兴安岭南端、六盘山-子午岭中西部、天山-准噶尔盆地东南部等局部优先区的自然保护区占比较低,即存在自然保护区空缺区。因此,有必要开展全国尺度的科学评估,对重要自然生态系统、珍稀濒危物种的天然集中分布区、地质遗迹和海洋生态区域等进行综合研判,在空缺区科学布局自然保护地,推进条件成熟的“拟建”保护区按照程序设立。针对建设进度相对滞后的海洋自然保护区^[28],需要进一步加强海洋自然保护地的布局和规划,逐步形成空间布局更合理,体系更完善,海陆统筹的自然保护区网络。

(2) 科学界定自然保护地类型

当前我国自然保护地正处于全面深化改革新阶段,除加快推进国家公园建设以外,数量巨大的自然保护区和自然公园仍是生态保护的基础和补充。如何根据保护对象和主导功能,科学界定自然保护地的功能定

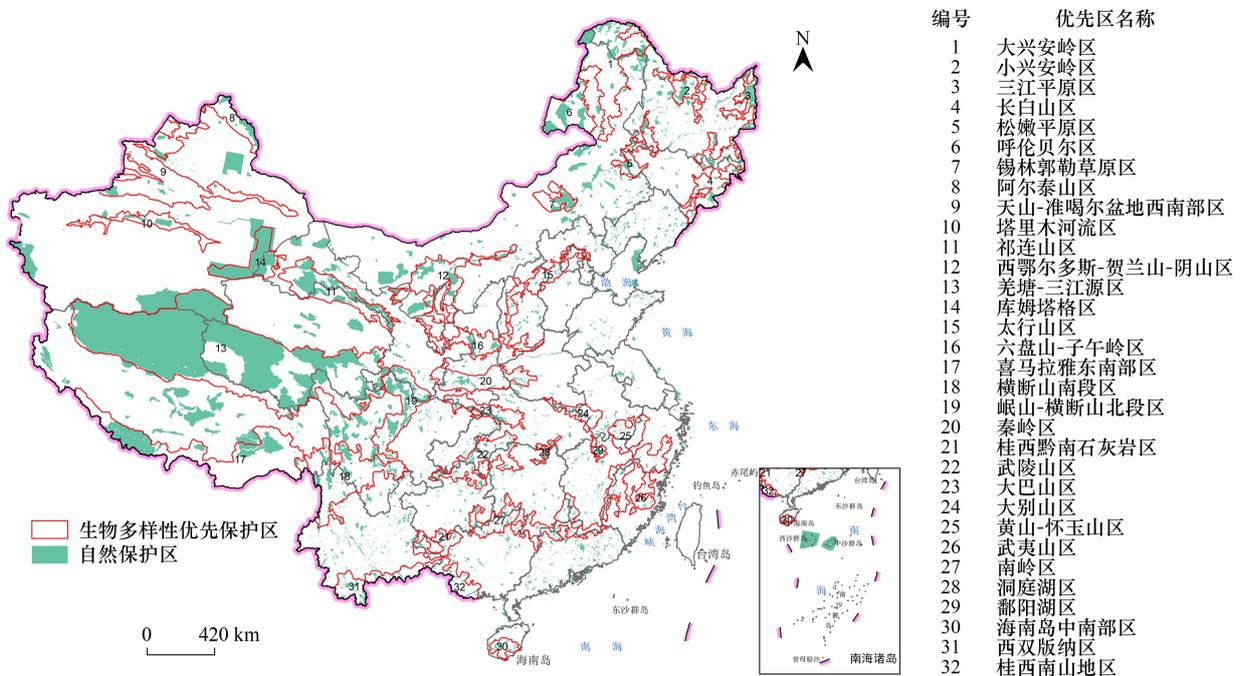


图8 中国自然保护区与生物多样性保护优先区空间关系图

Fig.8 Spatial relationship between nature reserves and biodiversity conservation priority areas in China

位、类型及规模类型是自然保护地体系完善的重要基础。结合《国家公园空间布局方案》遴选出的 49 个国家公园候选区设立国家公园,优先选择青藏高原、长江流域和黄河流域等综合生态系统服务功能完整、保护基础良好的自然保护地进行建设国家公园^[29-31],并以国家公园建设为契机,带动区域及周边自然保护区和自然公园发展;针对现状自然保护区分散,但保护价值较高的区域,充分利用现有生态空间布局生态廊道,确保自然保护区间的连通性^[32],提高整体保护能力,提升对主要保护对象的有效覆盖,强化生态系统完整性;选择有条件的自然保护区聚集分布区和潜力大的省级、市县级自然保护区整合晋升为国家级自然保护区,降低自然保护区的孤岛效应;通过一定的宣传和政策引导,避免主观目的性导致的自然保护区布局不合理问题。

(3) 逐步优化自然保护区边界问题

自然保护区经过 60 多年的建设,数量和规模较大的自然保护区成为我国生物多样性保育的基石,但受限于早期“抢救性保护”导向等多方面原因,我国自然保护区的布局 and 范围划定存在较多不合理之处^[17, 24, 33]。虽然在自然保护地整合优化工作中,自然保护区的边界和功能分区得到一定优化,但也存在一些无法解决的问题^[34]。如水产种质资源保护区、水利风景区等一些自然保护地并未移交至国家林草部门进行管理,自然保护地空间交叉重叠的问题未能真正解决;为解决保护地内永久基本农田、村庄等矛盾冲突,部分自然保护地成为与人类活动完全隔离的“生态孤岛”^[35],尤其在在我国南方石灰岩发达的岩溶地区,优化后的自然保护地边界呈现“渔网化”趋势。建议及时总结自然保护区建设的经验教训,系统梳理问题根源,逐步解决因自然保护区边界不合理造成的多头管理、交叉重叠、矛盾冲突尖锐等问题。其次,在优化保护地范围时,应重点审视人与自然的关系,避免过度划界迫使自然保护地的完整性受到影响。

(4) 稳步提升科研监测成效

自然保护区建设是一项复杂的系统工程,而生态环境监测是指导自然保护区规划和管理调整的重要依据^[32]。建议以科技为引领,加强科学理论实践研究,发挥天空地一体化监测、物联网、大数据、人工智能等先进技术在自然保护区监测中的应用,有效提升自然保护地现代化建设水平。以监测成果促进自然保护区的空间布局优化,实现从追求自然保护区数量到追求质量的跨越式发展。

由于全国尺度的各级各类自然保护地数据获取难度较大,本研究仅局限于自然保护区一种类型,未统筹考虑其他自然保护地对自然保护区分布格局的影响。

参考文献 (References):

- [1] 欧阳志云, 杜傲, 徐卫华. 中国自然保护地体系分类研究. 生态学报, 2020, 40(20): 7207-7215.
- [2] 臧振华, 张多, 王楠, 杜傲, 孔令桥, 徐卫华, 欧阳志云. 中国首批国家公园体制试点的经验与成效、问题与建议. 生态学报, 2020, 40(24): 8839-8850.
- [3] 唐芳林, 闫颜, 刘文国. 我国国家公园体制建设进展. 生物多样性, 2019, 27(2): 123-127.
- [4] 闫颜, 王智, 高军, 徐网谷, 蒋明康. 我国自然保护区地区分布特征及影响因素. 生态学报, 2010, 30(18): 5091-5097.
- [5] 石秀雄, 杨广斌, 李蔓, 张国, 谢波. 贵州省国家级自然保护地空间格局特征分析. 水土保持研究, 2021, 28(6): 323-329.
- [6] 樊涵, 刘佳梅, 杨朝辉, 王丞, 蒙秉顺, 谢波, 张明明. 贵州省不同类型自然保护地空间分异及其影响因素. 云南大学学报: 自然科学版, 2023, 45(1): 226-238.
- [7] 陈冰, 朱彦鹏, 罗建武, 靳勇超, 辛利娟, 王伟. 云南省国家级自然保护区与其他类型保护地关系分析. 生态经济, 2015, 31(12): 129-135.
- [8] 杨阳, 唐晓岚. 长江流域国家级自然保护地空间分布特征及其影响因素. 长江流域资源与环境, 2022, 31(11): 2430-2448.
- [9] 朱里莹, 徐姗, 兰思仁. 中国国家级保护地空间分布特征及对国家公园布局建设的启示. 地理研究, 2017, 36(2): 307-320.
- [10] 潘竟虎, 徐柏翠. 中国国家级自然保护地的空间分布特征与可达性. 长江流域资源与环境, 2018, 27(2): 353-362.
- [11] 刘明光. 中国自然地理图集. 3 版. 北京: 中国地图出版社, 2010.
- [12] 邢韶华, 张芳玲, 承勇, 刘云强, 王红梅. 我国东北地区国家级自然保护地空间分布特征分析. 自然保护地, 2022, 2(3): 106-119.
- [13] 马童慧. 中国湿地类型自然保护地空间重叠分布与整合优化对策研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2019.
- [14] 朱磊, 李燕楠, 胡静, 周葆华, 贾焱焱. 国家森林公园空间分布格局及其影响因素研究. 干旱区地理, 2022, 45(2): 389-400.
- [15] 高吉喜, 徐梦佳, 邹长新. 中国自然保护地 70 年发展历程与成效. 中国环境管理, 2019, 11(4): 25-29.

- [16] 邱胜荣. 基于 logistic 模型的中国自然保护区增长动态分析. 生态学报, 2020, 40(3): 1015-1020.
- [17] 邱胜荣, 唐小平. 中国自然保护区历史遗留问题成因及其疏解途径研究. 世界林业研究, 2020, 33(4): 94-98.
- [18] 中华人民共和国住房和城乡建设部, 中华人民共和国国家发展和改革委员会. 建标 195-2018 自然保护区工程项目建设标准. 北京: 中国计划出版社, 2018.
- [19] 何凯琪. 广东自然保护地空间分布特征与保护地群构建研究[D]. 广州: 广州大学, 2022.
- [20] 解焱, 李典谟, John M K. 中国生物地理区划研究. 生态学报, 2002, 22(10): 1599-1615.
- [21] 吴后建, 但新球, 王隆富, 舒勇, 吴照柏, 刘世好, 张铁平. 中国国家湿地公园的空间分布特征. 中南林业科技大学学报, 2015, 35(6): 50-57.
- [22] 唐明贵, 胡静, 吕丽, 龚雅莉, 覃小华. 贵州省生态游憩空间时空演化特征及其驱动因素. 生态学报, 2022, 42(21): 8594-8604.
- [23] 孙金欣, 韩美, 孔祥伦, 魏帆, 王佳炜. 黄河下游自然保护地时空分布特征与高质量发展建议——以山东省为例. 水土保持研究, 2023, 30(3): 395-402, 412.
- [24] 黄宝荣, 马永欢, 黄凯, 苏利阳, 张丛林, 程多威, 王毅. 推动以国家公园为主体的自然保护地体系改革的思考. 中国科学院院刊, 2018, 33(12): 1342-1351.
- [25] 苏红巧, 罗敏, 苏杨. “最严格的保护”是最严格地按照科学来保护——解读“国家公园实行最严格的保护”. 北京林业大学学报: 社会科学版, 2019, 18(1): 13-21.
- [26] Wu J, Gong Y, Wu J. Spatial distribution of nature reserves in China: Driving forces in the past and conservation challenges in the future. Land Use Policy, 2018, 77:31-42.
- [27] 邓武功, 贾建中, 束晨阳, 王笑时. 从历史中走来的风景名胜区——自然保护地体系构建下的风景名胜区定位研究. 中国园林, 2019, 35(3): 9-15.
- [28] Zhou W L, Wang M, Huang M P, Wei F W. A marine biodiversity plan for China and beyond. Science, 2021, 371(6530): 685-686.
- [29] 蒋亚芳, 马炜, 刘增力, 徐卫华, 唐小平. 我国国家公园空间布局规划. 北京林业大学学报(社会科学版), 2021, 20(2): 1-7.
- [30] 唐小平, 欧阳志云, 蒋亚芳, 马炜, 徐卫华, 陈尚, 刘增力. 中国国家公园空间布局研究. 国家公园, 2023, 1(1): 1-10.
- [31] 苏红巧, 苏杨. 跨省国家公园统一管理机制探析. 国家公园, 2023, 1(1): 53-61.
- [32] 赵智聪, 王沛. 中国自然保护地连通性的重要意义与关键议题. 风景园林, 2022, 29(7): 12-17.
- [33] 刘道平, 欧阳志云, 张玉钧, 邹红菲, 钟林生, 徐基良, 曾江宁, 金崑, 钟永德, 吴江洲, 叶文, 杨宇明. 中国自然保护地建设: 机遇与挑战. 自然保护地, 2021, 1(1): 1-12.
- [34] 唐小平, 刘增力, 马炜. 我国自然保护地整合优化规则与路径研究. 林业资源管理, 2020(1): 1-10.
- [35] 吴必虎, 谢治凤, 李奕, 丛丽. 生态保护红线战略视域下自然保护地如何划界和分区管控?. 生物多样性, 2022, 30(4): 21-26.