

长江流域国家级自然保护区空间分布特征及其影响因素¹

杨 阳¹ 唐晓岚^{1, 2*}

(1. 南京林业大学风景园林学院, 江苏 南京 210037;

2. 南京林业大学中国特色生态文明建设与林业发展研究院, 江苏 南京 210037)

【摘要】: 长江流域已形成较为成熟的自然保护区体系, 揭示各类自然保护区空间分布特征及其影响因素能为流域自然保护区的申报、管理、保护和可持续发展等方面提供科学依据。以长江流域 5 类数量众多的国家级自然保护区为研究对象, 对数量、面积、地理集中度及核密度的空间分布格局展开分析, 并对影响因子作深入探讨。结果表明: (1) 长江流域国家级自然保护区在湖南、四川、江西、湖北、贵州数量较多, 分别有 152、141、125、98、73 处。总面积上青海、四川、湖南、湖北、江西占有优势, 分别达 1 974. 16、389. 39、92. 41、73. 91、64. 35 万 km²。(2) 国家级自然保护区(7. 10)、国家级风景名胜区(7. 16)、国家级水利风景区(7. 84) 地理集中度指数均在湖南最高, 国家级森林公园与国家级地质公园分别在江西(7. 24)、贵州(4. 01) 地理集中度指数最高。(3) 多距离空间聚类分析方法确定的长江流域五类国家级自然保护区, 核密度分析的带宽值分别为 20、20、20、25、25 km。国家级自然保护区空间分布呈现出“一横、两纵式”的格局, 国家级风景名胜区呈现出“下游集聚、中游两组团、上游单热点”的格局, 国家级森林公园呈现出“下游扎堆、中游三组团、上游单核心”的格局, 国家级水利风景区呈现出“下游单核心、中游两组团、上游两热点”的格局, 国家级地质公园呈现出“下游单组团、中上游一横两纵”的格局。(4) 各类国家级自然保护区空间分布受到地形、植被、水资源、生物多样性、人口、土地、资金、交通、政策多种不同因素的综合影响。

【关键词】: 国家级自然保护区; 空间分布特征; 核密度; 影响因子; 长江流域

【中图分类号】: F291 **【文献标识码】**: A **【文章编号】**: 1004-8227(2022) 11-2430-19

【DOI】: 10. 11870 /cjlyzyyhj202211009

中国自 1956 年建立第一个自然保护区-广东省鼎湖山国家级自然保护区以来, 目前已经成立了 10 余种类型的众多自然保护区[1]。长江是我国第一大河, 长江流域是世界第三大流域。纵观自然资源的空间分布, 长江流域已形成了较为成熟的自然保护区体系。至 2019 年 12 月, 流域内共拥有各类别国家级自然保护区 1 224 处^[2]。此外, 数量不菲的省级自然保护区作为保护地的“蓄水池”分布在境内, 总量约占全国 2/3 以上。随着社会人口的不断增加、经济的迅猛发展, 长江流域自然保护区生境、

¹ **【收稿日期】**: 2021-06-06; **修回日期**: 2021-09-02

基金项目: 江苏省普通高校学术学位研究生科研创新计划项目(SJKY19_0870)

作者简介: 杨 阳(1991 ~), 男, 博士研究生, 主要研究方向为区域发展规划与风景园林规划。 E-mail: ocean1999@yeah.net

* **通讯作者** E-mail: 39887917@qq. com

资源、环境及生态系统受到外界干扰与胁迫异常突出[3]。

2017 年中共办公厅、国务院办公厅印发《建立国家公园体制总体方案》，提出新时期建立分类科学、保护有力的自然保护地体系。2019 年，中共办公厅、国务院颁布了《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》，意味着中国自然保护地的建设管理已进入国家战略指引下的实质性改革阶段。在国家宏观政策背景下，研究长江流域国家级自然保护地空间分布特征，对于国家自然保护地顶层设计、维护国土生态安全、弘扬中华民族宝贵的自然资源财富具有重要作用。

20 世纪 60 年代，国外开始对自然保护地展开空间信息的收集工作[4]。1962 年，在联合国经济与社会委员会要求下第一份联合国保护地名录出版。1981 年，联合国环境规划署和世界自然保护联盟创建了世界保护地数据库。之后，世界各国的专家逐渐将自然保护地的空间分布研究运用到大尺度区域的重要物种[5]、动植物分布及丰富度[6]、生物多样性热点[7]、生态系统完整性[8]等研究中。我国自然保护地空间数据的收集工作开始于 20 世纪 80 年代，在 90 年代有了较大发展。近些年，随着 3S 技术的发展，自然保护地空间分布研究也有了较多进展。国内研究多是依托 ArcGIS 平台，针对自然保护地开展空间关系[9]、生态空间[10]、生物多样性[11]、交叉重叠、整合优化[12]等方面研究。总体来看，目前研究范围多集中于某省、小尺度的局部地域，聚焦于长江等一级江河流域的研究较少。其次，研究对象主要涉及风景名胜区或自然保护区某单一类别的自然保护地，少有针对多种自然保护地的研究[13]。再者，研究内容虽然已从可达性、最邻近点指数、不平衡指数、核密度分析等视角分析空间分布特征，但较少对空间分布的影响因子进行深入挖掘。

基于目前研究存在的不足，揭示长江流域自然保护地空间分布特征及其影响因素能为保护地的申报、管理与保护，维护区域生物多样性、生态功能完整性和经济社会的可持续发展提供科学依据。本研究将采用长江流域 5 类数量众多的国家级自然保护地(国家级自然保护区、国家级风景名胜区、国家级森林公园、国家级水利风景区、国家级地质公园)为研究对象(表 1)，研究的目标与创新性主要体现在以下 4 个方面：(1)基于大数据统计视角，对各类国家级自然保护地数量与面积空间分异展开分析；(2)依据地理集中度指数，对国家级自然保护地地理集中程度展开不同尺度的分析；(3)依托 ArcGIS 10.2 平台，建立长江流域多类别国家级自然保护地的核密度分布图，对空间分布特征做出说明。(4)通过多元线性回归分析，揭示国家级自然保护地空间分布的影响因子。

表 1 5 类自然保护地的划分依据

自然保护地类别	划分依据	国家级数量
自然保护区	对有代表性的自然生态系统、珍稀濒危野生动植物物种的天然集中分布、有特殊意义的自然遗迹等保护对象所在的陆地、陆地水域、海域，划出特定面积予以特殊保护和管理的区域	446
风景名胜区	具有观赏、文化、科学价值，自然、人文景观比较集中，环境优美，可供人们游览或者进行科学、文化活动的区域	244
森林公园	以大面积人工林或天然林为主体，具有优美景色、科学教育和游览休息价值的地域，经科学保护和适度建设，为人们提供旅游、观光、休闲和科学教育活动的特定公园场所	760
水利风景区	以水域或水利工程为依托，按照水利风景资源，由水利部公布的可以开展观光、娱乐、休闲、度假、教育活动的区域	475

地质公园	具有一定规模和分布范围的地质遗迹,融合其它自然景观与人文景观构成的一种具有特殊地质科学意义、稀有自然属性、较高美学观赏价值的自然区域	241
------	--	-----

注:数量统计截至时间为2019年底.

1 研究范围、数据来源与研究方法

1.1 长江流域研究范围

长江流域指长江干流和支流流经的区域,地理位置位于 $24^{\circ}27'N\sim 35^{\circ}54'N$ 与 $90^{\circ}33'E\sim 122^{\circ}19'E$ 之间(图1)。长江是中国水量最丰富的河流,水资源总量9755亿 m^3 ,为黄河的20倍,约占全国河流径流总量的36%。长江流域总面积180万 km^2 ,占我国国土面积的18.8%,大部分地区地处亚热带季风区,气候温暖湿润,四季分明,年积温高,农业生产的光、热、水、土等条件优越。根据长江干流上、中、下游地理划分,将研究区划分为长江上游地区、中游地区和下游地区[14]。

1.2 数据来源与研究方法

1.2.1 数据来源

长江流域国家级自然保护地的数据主要来源于中华人民共和国生态环境部、中华人民共和国中央人民政府网、国家林业和草原局政府网、中华人民共和国住房和城乡建设部、中华人民共和国水利部、中华人民共和国自然资源部等部门及其官方网站。国家级自然保护地地理坐标、面积等相关信息数据还取自于《中国地图集》纸质地图的矢量化。影响因子中经济社会发展的各因子原始数据来源于《中国统计年鉴》《中国城市统计年鉴》《中国城市建设统计年鉴》、各省、市、自治区统计年鉴。对于其中少数极个别地级市无法直接获取统计数据的,采取加权平均法对缺失指标赋值补缺。自然资源环境中的部分因子还来源于2018年中国科学院资源环境科学数据中心3期Landsat 8 TM遥感数据的提取计算。

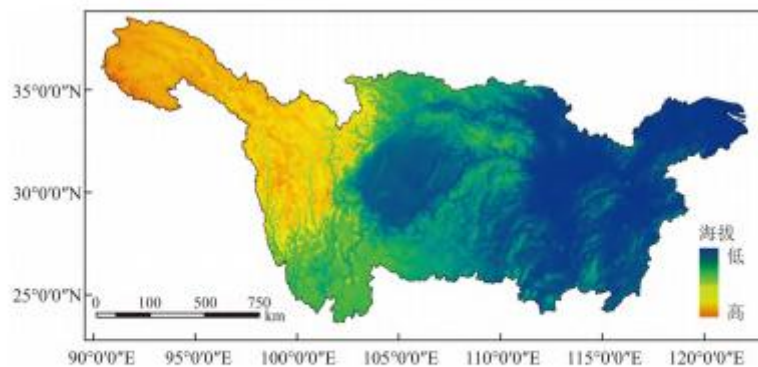


图1 长江流域研究范围

Fig. 1 Scope of study area in Yangtze Basin

1.2.2 地理集中度指数

采用地理集中度指数G(Geographic concentration index)分析各类国家级自然保护地的集中程度。地理集中度指数指研究的某地理事物在地域上集中程度的指标[15],G值计算公式为:

$$G = 100 * \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{X_i}{T}\right)^2}$$

式中：G 指地理集中度指数；n 为省份个数； X_i 为第 n 个省份所拥有的自然保护地个数；T 为自然保护地总数。G 值越大则表明分布越集中，G 值越小则说明分布越分散。

但是，为了分析长江上、中、下游地区三大片区各类自然保护地的地理集中度指数，公式 G 的计算结果既受到各类国家级自然保护地的分布是否平衡的影响，又受到上中下游地区省份数量多少的影响。例如：自然保护地分布越不平衡，地理集中度指数 G 值越大；然而若是研究区省份数量越少，地理集中度指数 G 值也会越大。因此，在没有排除省份数量影响之前，不能直接采用 G 值来说明上中下游地区自然保护地的地理集中程度，需要设定基础比较值。采用冯达等[16]提出的改进算法 G' 值：

$$\bar{G} = 100 * \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{n}\right)^2}$$

$$\Delta G = 100 * \left(\sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{X_i}{T}\right)^2} - \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{n}\right)^2} \right)$$

$$G' = \left(\frac{\Delta G}{\bar{G}}\right) * 100$$

式中 ΔG 为实际地理集中程度 G 与完全平均分布的 \bar{G} 值之差，称之为偏离值。以偏离值 ΔG 与 \bar{G} 的比值 G' 来反映自然保护地的集中程度，将比值 G' 作为国家级自然保护地的集中度系数。集中度系数 G' 越大表明自然保护地越集中；反之越小，说明自然保护地越分散。在计算 G 与 G' 时，由于长江流域在广东、福建不含有国家级自然保护地，考虑到计算结果精确性，将该两省去除。

1.2.3 核密度分析

基于各类国家级自然保护地地理坐标数据，在 ArcGIS 10.2 平台中选择空间密度分析工具中的核密度分析(Kernel density analysis)建立长江流域不同类别国家级自然保护地的核密度分布图。核密度分析是一种统计非参数密度估计的方法，其原理是在设定的带宽范围内，要素所处位置中心估算的密度值最高，并且估算密度值随着与要素的距离增大而降低，直至到达要素的带宽边缘处估算密度值为零[17]。核密度的计算公式如下：

$$f(x, y) = \frac{1}{nh^2} \sum_{j=1}^n L\left(\frac{d_j}{h}\right)$$

式中：f(x, y) 表示的是位置点(x, y)的核密度值；n 为自然保护地点斑块数量；h 为带宽；L 为核函数； d_j 为(x, y)位置距第 j 个观测位置的距离。f(x, y) 值越高，表明自然保护地空间分布的密度越大，f(x, y) 值越低，说明自然保护地空间分布的密度越小。从公式中可以看出，核密度分析需要控制的一个变量是带宽，即搜索半径。带宽的选择要根据不同的研究对象和研究目的设置不同的带宽，一般来说，研究范围较大的区域需要较大的带宽，研究范围较小则设置较小的带宽。

1.2.4 多距离空间聚类分析

在进行核密度分析前，需确定一个合理的带宽值。采用多距离空间聚类分析(Ripley's K函数)[18]确定研究的带宽值。下面是K函数的一种常见变换，通常称为L(d)：

$$L(d) = \sqrt{\frac{A \sum_{i=1}^n \sum_{j=1, j \neq i}^n k_{i,j}}{\pi n(n-1)}}$$

式中：d是距离；n为要素的总数目；A代表要素的总面积； $k_{i,j}$ 是权重。在L(d)变换下，“预期值K”等于“距离d”。

1.2.5 多元线性回归分析

采用多元线性回归分析探索国家级自然保护区空间分布的影响因子。它利用多个变量的观察数据来拟合目标变量，检验各变量的显著程度并比较它们对目标变量影响作用的大小[19]。其中多元线性回归数学模型为：

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n$$

式中：y为因变量； x_n 为自变量；n为自变量的个数。通过对基础数据进行标准化处理，使其适用于多元线性回归分析，再基于SPSS 22.0软件对数据进行回归分析，得出回归模型。

2 长江流域国家级自然保护区空间分布特征

从长江流域整体范围来看，国家级自然保护区、国家级风景名胜区、国家级森林公园、国家级湿地公园和国家级地质公园在空间上整体呈现出“中下游密集、上游较疏、源头零散”的分布格局(图2)。从数量分布上来看，5类国家级保护地数量从高到低依次为：国家级森林公园(296处)、国家级水利风景区(185处)、国家级自然保护区(120处)、国家级风景名胜区(99处)、国家级地质公园(69处)。

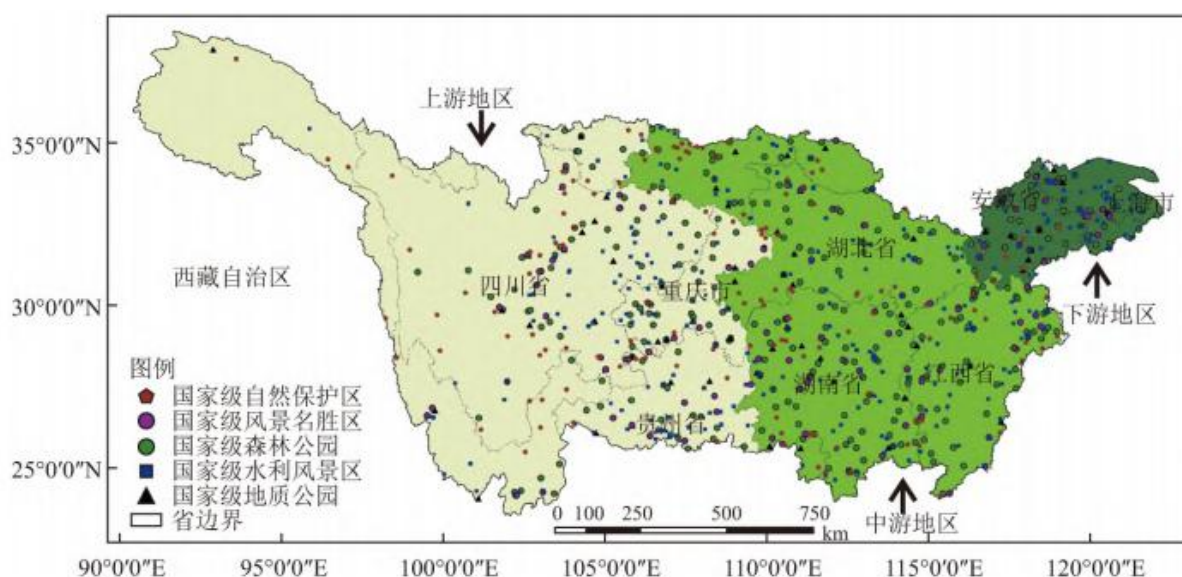


图 2 长江流域国家级自然保护地空间分布

Fig. 2 Spatial distribution of national nature protected areas in Yangtze Basin

2.1 流域国家级自然保护地数量分异

从长江上、中、下游地区数量分布上看(图 3), (1)国家级自然保护区在上游地区数量为 48 处(占 40.00%);中游地区国家级自然保护区数量为 65 处(54.17%);而下游地区国家级自然保护区数量仅为 7 处(5.83%)。 (2)国家级风景名胜区在上游地区数量为 34 处(34.34%);中游地区数量为 49 处(49.49%);而下游地区数量仅为 16 处(16.16%)。 (3)国家级森林公园在上游地区数量为 93 处(31.42%);中游地区数量为 155 处(52.36%);下游地区数量为 48 处(16.22%)。 (4)国家级水利风景区在上游地区数量为 60 处(30.93%);中游地区数量 99 处(51.03%);而下游地区数量为 35(18.04%)。 (5)国家级地质公园在上游地区数量为 27 处(39.13%);中游地区数量为 31 处(44.93%);下游地区数量为 11 处(15.94%)。

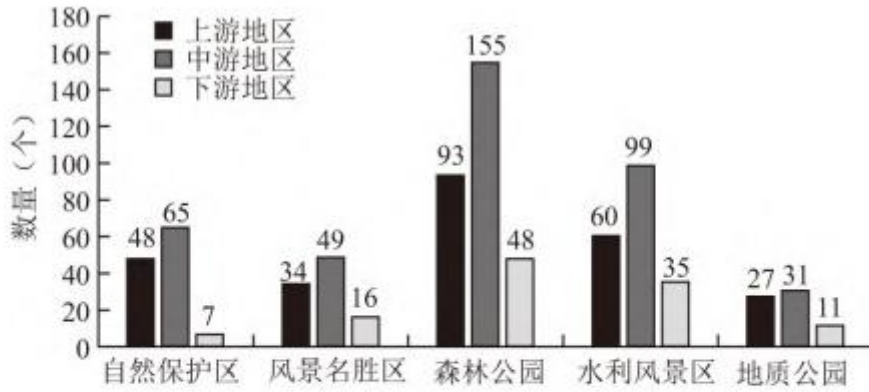


图3 长江流域国家级自然保护地上中下游地区数量分异

Fig. 3 Quantity differentiation of national nature protected areas of upper, middle and lower reaches in Yangtze Basin

从各省数量分布来看(图4),总体上国家级自然保护地在湖南、四川、江西、湖北、贵州数量较多,分别有152、141、125、98、73处。具体而言,国家级自然保护区在四川、湖南、湖北、陕西、江西数量最多,分别有29、22、17、16、14处。国家级风景名胜区在湖南、江西、四川、贵州、安徽数量最多,分别有22、17、16、10、10处。国家级森林公园在湖南、江西、四川、湖北、重庆数量最多,分别有54、45、38、36、26处。国家级水利风景区在江西、湖南、四川、贵州、江苏数量最多,分别有44、42、42、32、32处。国家级地质公园在四川、湖南、湖北、安徽、重庆数量最多,分别有16、12、9、8、6处。

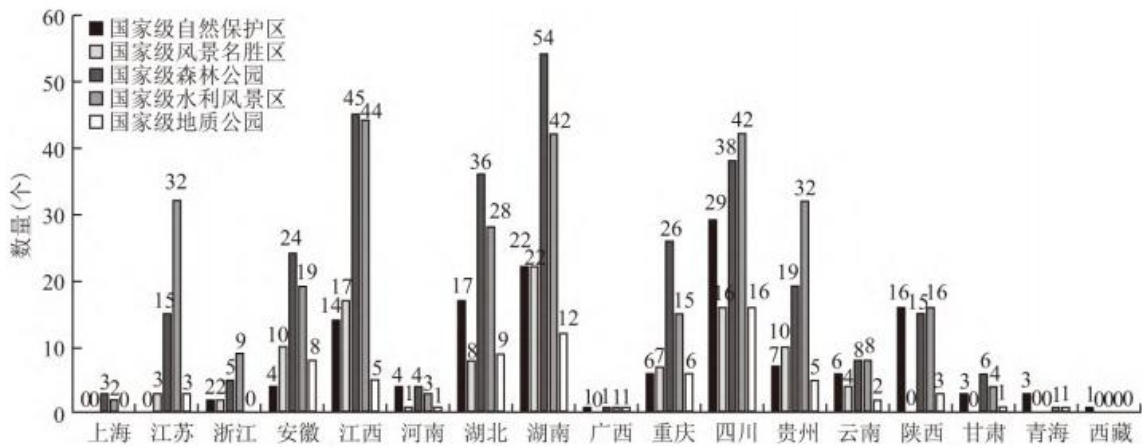


图4 长江流域国家级自然保护地各省数量分异

Fig. 4 Quantity differentiation of national nature protected areas of provinces in Yangtze Basin

2.2 流域国家级自然保护地面积省级分异

从各省总面积分布来看(图5),总体上国家级自然保护地在青海、四川、湖南、湖北、江西占有面积优势,总面积分别达1

974.16、389.39、92.41、73.91、64.35 万 km²。(1)国家级自然保护区在青海、四川、湖南、湖北、云南占有面积优势，其中青海格尔木市与玉树国家级自然保护区面积占有绝对优势，总面积为 1 974 万 km²。而下游地区面积最少。(2)国家级风景名胜区在四川、云南、江苏、湖南、江西占有面积优势，其中四川和云南占有绝对优势，上述两省的总面积分别为 16 933 和 10 999 km²。(3)国家级森林公园在四川、江西、湖北、湖南、重庆占有面积优势，其中四川占有绝对优势，总面积为 107.08 万 km²。下游地区和上游地区除川渝地区的其他省份在面积上不具备优势。(4)国家级水利风景区在江西、湖南、四川、江苏、湖北占有面积优势，其中江西和湖南占有绝对优势，总面积为分别为 32 512 和 24 431 km²。上游地区甘肃、青海、西藏在面积上不具备优势。(5)国家级地质公园在安徽、四川、湖南、湖北、江西占有面积优势，其中安徽和四川占有绝对优势，总面积分别为 8 586 和 6 468 km²。下游地区与中上游地区相比在面积上并不具备优势。

2.3 流域国家级自然保护地不同尺度下地理集中度差异

按地理集中度指数公式分别计算长江上、中、下游地区各类国家级自然保护地的 G 和 G' 值(图 6、7)。(1)国家级风景名胜区、国家级森林公园与国家级地质公园在下游地区的地理集中度指数比中、上游地区高,G' 值分别达到 -93.83、-95.78、-90.21,说明长江流域下游地区国家级风景名胜区、国家级森林公园与国家级地质公园空间分布最为集中。(2)国家级自然保护区在中游地区地理集中度指数最高,G 和 G' 值分别高达 14.94 和 -96.01,说明长江中游地区国家级自然保护区空间分布最为集中。国家级水利风景区在上游地区地理集中度指数最高,G 和 G' 值分别为 13.22、-93.24,说明长江上游地区国家级水利风景区空间分布最为集中。(3)国家级自然保护区、国家级水利风景区的地理集中度指数在下游地区为最小值,表明下游地区国家级自然保护区、国家级水利风景区空间分布最为分散。国家级森林公园在上游地区为最小值,表明其在上游地区最为分散。国家级风景名胜区、国家级地质公园在中游地区为最小值,说明中游地区国家级风景名胜区、国家级地质公园空间分布最为分散。

从各省 G 值分布来看(图 8),国家级自然保护区在湖南、湖北、四川、陕西、云南地理集中度指数最高,G 值分别高达 7.01、6.54、6.22、5.96、5.79。国家级风景名胜区在湖南、江西、贵州、四川、湖北地理集中度指数最高,G 值分别高达 7.16、6.91、6.43、5.91、4.21。国家级森林公园在江西、江苏、安徽、浙江、重庆地理集中度指数最高,G 值分别高达 7.24、6.68、6.12、5.01、5.01。国家级水利风景区在湖南、江苏、江西、四川、浙江地理集中度指数最高,G 值分别高达 7.84、6.71、6.11、5.97、5.71。国家级地质公园在贵州、四川、浙江、重庆、陕西地理集中度指数最高,G 值分别高达 4.01、3.64、3.38、2.66、1.41。总体而言,国家级自然保护区(7.10)、国家级风景名胜区(7.16)、国家级水利风景区(7.84)均在湖南地理集中度指数最高,而国家级森林公园(7.24)与国家级地质公园(4.01)分别在江西、贵州地理集中度指数最高。

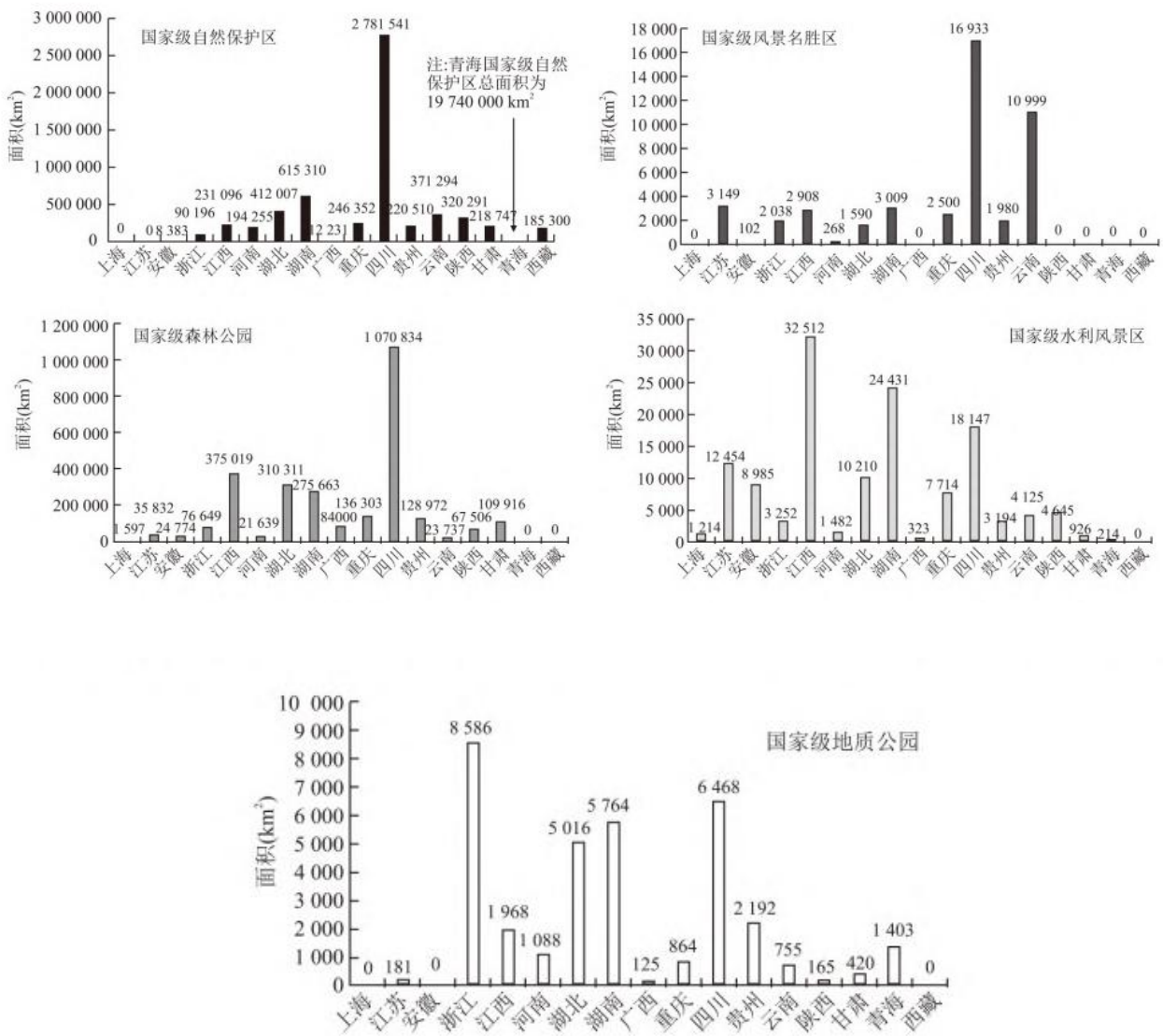


图5 长江流域国家级自然保护地各省总面积分异

Fig. 5 Total area differentiation of national nature protected areas of provinces in Yangtze Basin

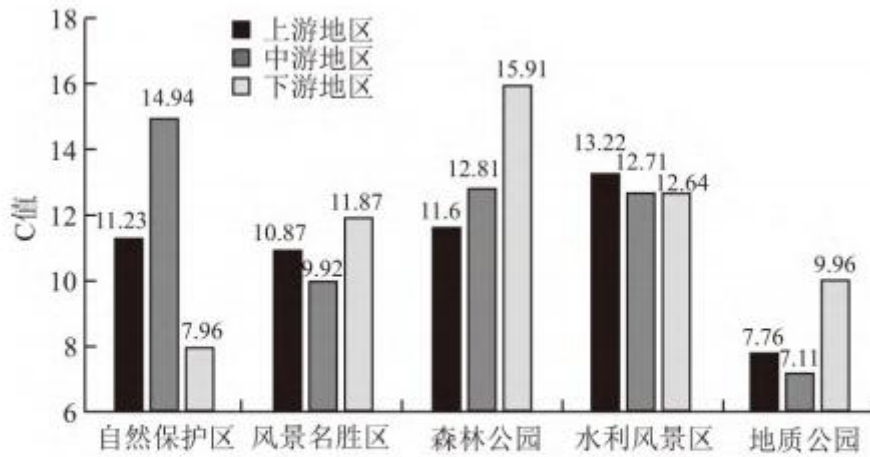


图 6 长江流域国家级自然保护地 G 值分异

Fig. 6 G value differentiation of national nature protected areas in Yangtze Basin

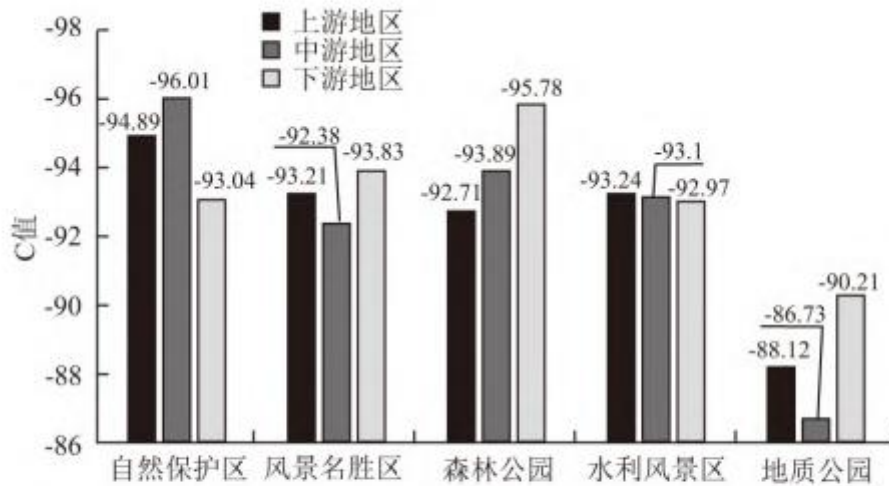


图 7 长江流域国家级自然保护地 G' 值分异

Fig. 7 G' Value differentiation of national nature protected areas in Yangtze Basin

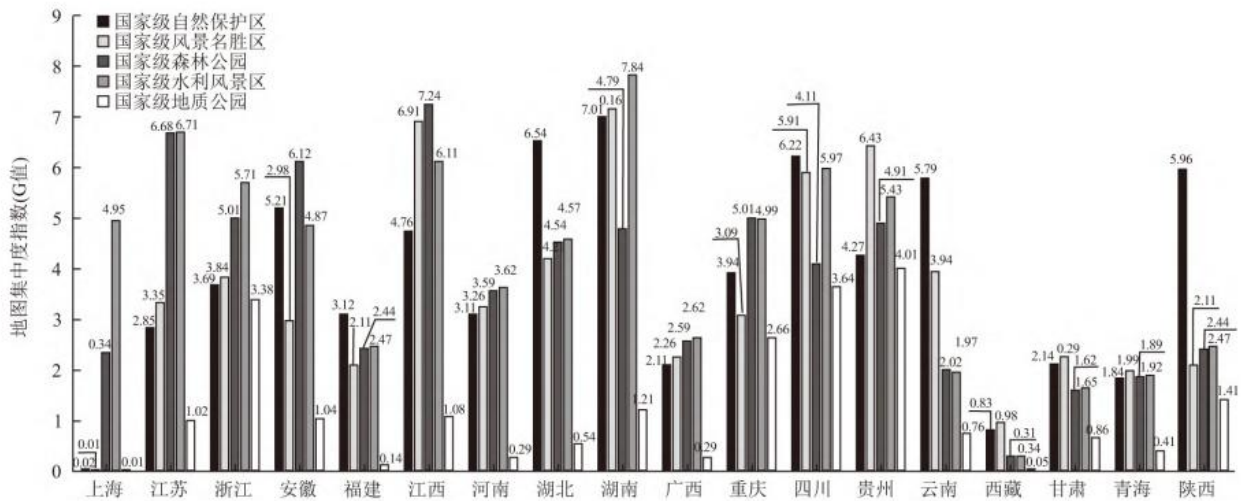


图 8 长江流域国家级自然保护地各省地理集中度指数差异

Fig. 8 Geographical concentration index differentiation of national nature protected areas of provinces in Yangtze Basin

2.4 核密度分析的带宽确定

通过多距离空间聚类分析确定核密度分析时的带宽值，以长江流域国家级自然保护区为例，从图 9 计算结果可以发现，在前 7 次计算时，观测 K 值大于预期 K 值，说明与该距离分析的随机分布相比，数据空间分布的聚类程度高。在第 3 次计算的时候，即预期 K 值(预期 K 值一般等于带宽值)约等于 20 km，观测 K 值与预期 K 值的差距最大，此时自然保护区空间分布的聚类程度最高。即当带宽值设置为 20 km 时，空间数据聚类程度最高，用于计算核密度分析的效果最好。

图 10 为带宽值分别设置为 5、10、20、30 km 的国家级自然保护区核密度计算结果。由图 10 可知，带宽值越大，核密度高值区域面积越大，融合现象越明显，整体分布特征越明显。随着带宽的减小，局部高密度特征细节凸显，空间分布特征更加精细化。具体而言，当带宽值为 5km 时，国家级自然保护区几乎各自都呈现出密度中心，整体特征不明显，因此不利于流域空间分布特征的分析。当带宽为 10 km 时，自然保护区密度最大的区域开始出现融合态势，但仍呈现众多散点密集中心，且各中心间隔较远。带宽扩大到 20 km 时，呈现出不规则的高密度区域，并出现零散的次高区，符合空间特征分析的要求。而当带宽再增加至 30 km 时，全局高密度区域融合的区域过大，局部次高密度空间基本被消除。从不同带宽核密度分析结果可以看出，多距离空间聚类分析方法确定的带宽值 20 km 具有最佳适合性。

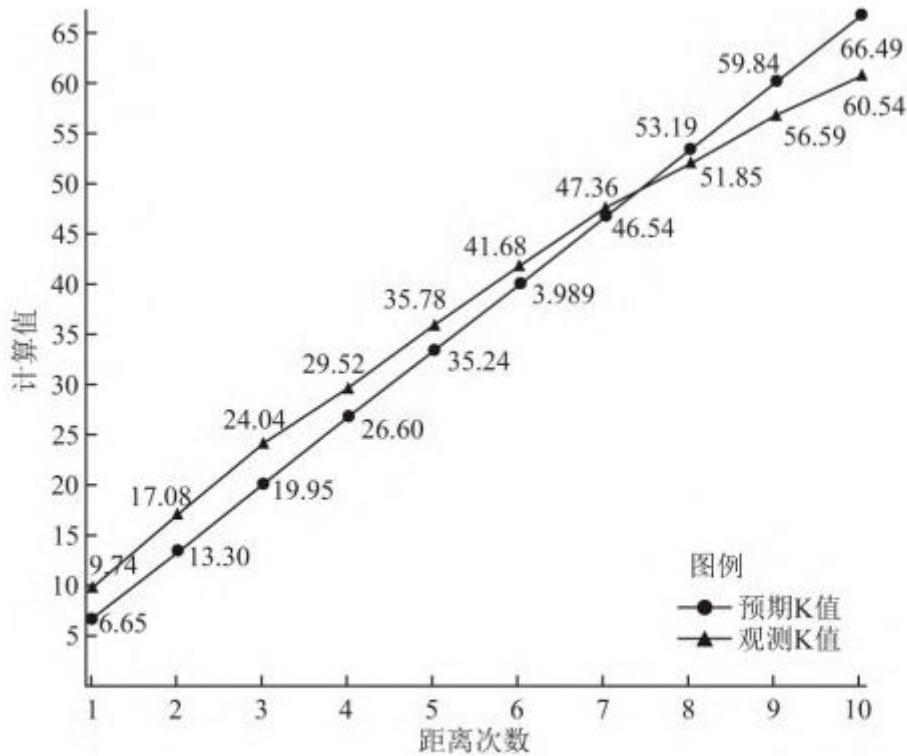


图9 国家级自然保护区多距离空间聚类分析
Fig. 9 Ripley's analysis of national nature reserves

相对应的，采用多距离空间聚类分析方法确定的国家级风景名胜区、国家级森林公园、国家级水利风景区、国家级地质公园的带宽值分别为20、20、20、25 km。

2.5 流域多类别国家级自然保护地的核密度空间分布特征

基于各类国家级自然保护地质心点的地理坐标数据，在 ArcGIS 10.2 平台中选择空间密度分析工具中的核密度分析 (Kernel Density Analysis)，采用自然间断点分级法，建立长江流域国家级自然保护地的核密度分布图。(1) 国家级自然保护区空间分布呈现出“一横、两纵式”的格局，国家级自然保护区主要集中在6大区域：大巴山区、岷山地区、云贵高原、武陵山区、雪峰山区、鄱阳湖平原(图11)。长江源头的玉树、四川盆地、云南大理、楚雄、昆明、贵阳、江西东部、长江下游的苏、锡、常、沪等地为国家级自然保护区分布的冷点区域。(2) 国家级风景名胜区空间分布呈现出“下游集聚、中游两组团、上游单热点”的格局，国家级风景名胜区主要集中在5大区域：太湖地区、鄱阳湖平原、雪峰山区、乌蒙山区、四川盆地(图12)。长江源头的格尔木市、玉树、昌都、陇南、汉中、云南的昆明、楚雄为国家级风景名胜区分布的冷点区域。(3) 国家级森林公园空间分布呈现出“下游扎堆、中游三组团、上游单核心”的格局，国家级森林公园主要集中在7大区域：长三角地区、鄱阳湖平原、罗霄山区、洞庭湖平原、湘赣交界地区、武陵山区、秦巴山区(图13)。长江源头的格尔木市、玉树、昌都、云南的迪庆、丽江、大理、楚雄为国家级森林公园分布的冷点区域。(4) 国家级水利风景区空间分布呈现出“下游单核心、中游两组团、上游两热点”的格局，国家级水利风景区主要集中在6大区域：环太湖地区、合肥皖江沿线、鄱阳湖平原、洞庭湖平原、鸭池河地区、川渝地区(图14)。长江源头的格尔木市、玉树、昌都、云南的昭通、曲靖、长江中游的宜昌、张家界为国家级水利风景区分布的冷点区域。(5) 国家级地质公园空间分布呈现出“下游单组团、中上游一横两纵”的格局。国家级地质公园主要集中在5大区域：下游天目山地区、怀玉山地区、环洞庭湖地区、武陵山区、米仓山地带(图15)。长江源头的格尔木市、玉树、昌都、云南的昭通、

曲靖、长江中游的随州、襄樊、荆门以及长江下游临海地区南通、上海为国家级地质公园分布的冷点区域。

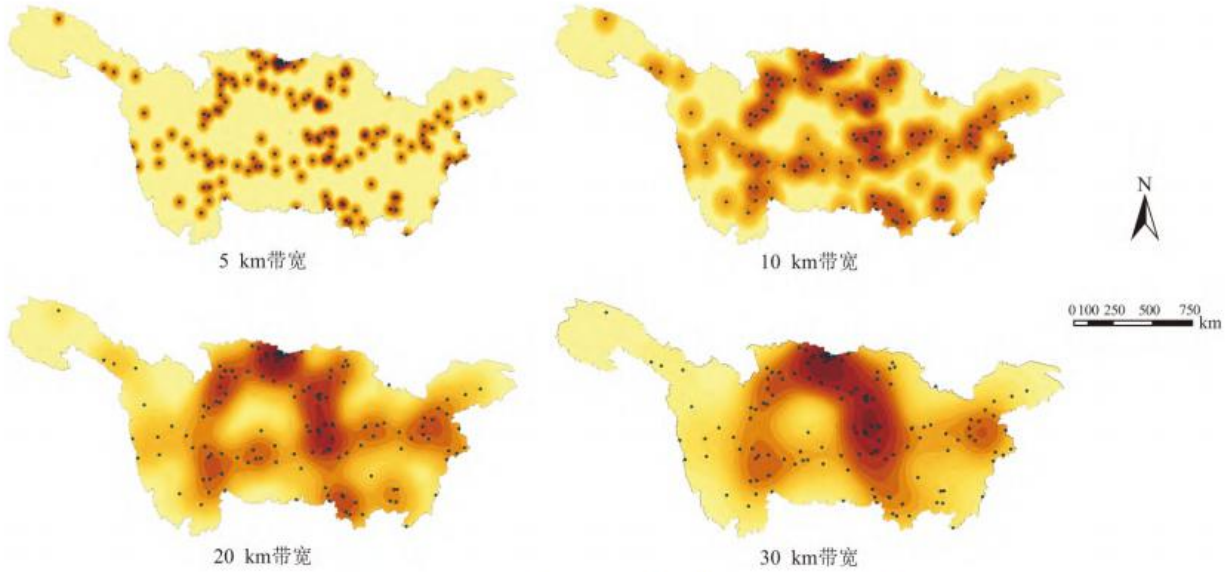


图 10 国家级自然保护区不同带宽核密度分析图

Fig. 10 Kernel density analysis of different bandwidths of national nature reserves

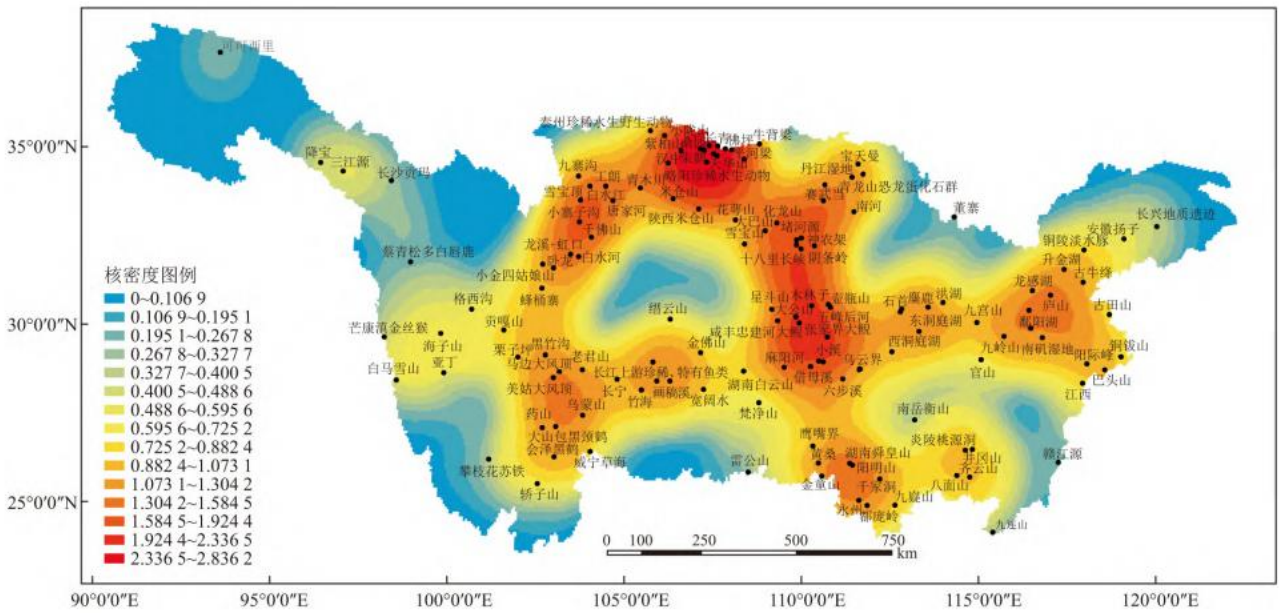


图 11 长江流域国家级自然保护区核密度图

Fig. 11 Kernel density map of national nature reserves in Yangtze Basin

3 影响因素分析

参考引言部分文献内容，根据研究区实际情况，在咨询生态学、环境学、地理学、风景园林学等相关专业专家的基础上，构建了长江流域自然保护地空间分布的影响因子体系(表 2)。该因子体系的构建包含了独立性、系统性、可比性、可获取等原则。考虑到长江源头地区的特殊性，虽然国家级保护地数量较少，但其面积巨大，不具有代表性和广泛性，因而影响因子分析将这部分地区去除，主要涉长江源头的格尔木市、玉树、昌都、甘孜、迪庆、丽江、大理等地。以长江流域各地级市不同类别国家级自然保护地数量为因变量，以表 2 中影响因子为解释变量，在 SPSS 22.0 软件支持下，进行多变量回归分析。

表 2 影响因子 导出到 EXCEL

大类别	小亚类	影响因子	符号	单位
自然资源环境	地形要素	地貌类型	LC	-
		平均海拔	AE	m
		平均坡度	AS	%
		地质灾害次数	NGD	次
	植被要素	森林面积	FA	万 km ²
		湿地面积	WA	万 km ²
		草原面积	PA	万 km ²
	水资源要素	年降水量	AP	mm
		干流及其主要支流长度	LST	km
		湖泊面积	AL	万 km ²
		水电站装机总容量[20]	ICHS	104kw
		地下水资源补给量	RGR	万 km ³
	生物多样性[21]	物种多度	SA	种
		稀有物种程度	DR	%
			DF	种

		群系多度		
		植被破坏程度	VD	%
经济社会发展	人口要素	人口密度	TUP	人/km ²
		城镇人口	UP	万人
	土地要素	建设用地面积占总面积比	BUA	%
		耕地面积占总面积比	AL	%
		水土流失面积[22]	SEA	万 km ²
		土壤侵蚀面积	SEI	万 km ²
	资金要素	人均 GDP	GPC	万元
		工业污染治理投入资金	IIP	万元
		水土保持治理投入资金	IWS	万元
		旅游年收入	ATR	万元
	交通要素	高速公路里程	HM	km
		铁路里程	RM	km
		通航河流长度	NRL	km
	政策要素	近 30 年相关政策保障程度[23]	DPP	-
近 30 年相关政策颁布数量		NPI	件	

在国家级自然保护区中，自然资源环境因子中的 WA、AL、SA、DR、DF 过了 1%极显著性检验，AE、AS、FA、PA、LST 通过了 5%显著性检验(图 16)，由回归系数均为正数可知，它们对国家级自然保护区空间分布具有显著的正向影响作用。经济社会发展因子中的 TUP、AL、SEI、GPC、IWS 通过了 1%极显著性检验，SEA、IIP、ATR、HM 通过了 5%显著性检验，由回归系数均为负数可知，这些因子对国家级自然保护区空间分布具有显著的负向影响作用。DPP 与 NPI 通过了 1%或 5%的显著性检验，二者具有显著的正向影响作用。

国家级风景名胜区与国家级森林公园的显著性影响因子具有一定的相似性，这有一部分原因是因为有些国家级风景名胜区又从属于国家级森林公园，保护地存在多处交叉重叠，“同一块地、两块牌子”的现象。在这两类自然保护地中，自然资源环境因子中的 AE、AS、FA、LST、AL、RGR、SA、DR、DF 通过了 1% 或 5% 的显著性检验(图 16)，它们具有显著的正向影响作用。经济社会发展因子中的 TUP、BUA、AL、GPC 通过了 1% 或 5% 的显著性检验，它们具有显著的负向影响作用。值得注意的是，ATR、HM、RM、NPI 通过了 5% 的显著性检验，DPP 通过了 1% 的极显著性检验，与其他经济社会发展因子不同的是，它们对这两类自然保护地空间分布具有显著的正向影响作用。

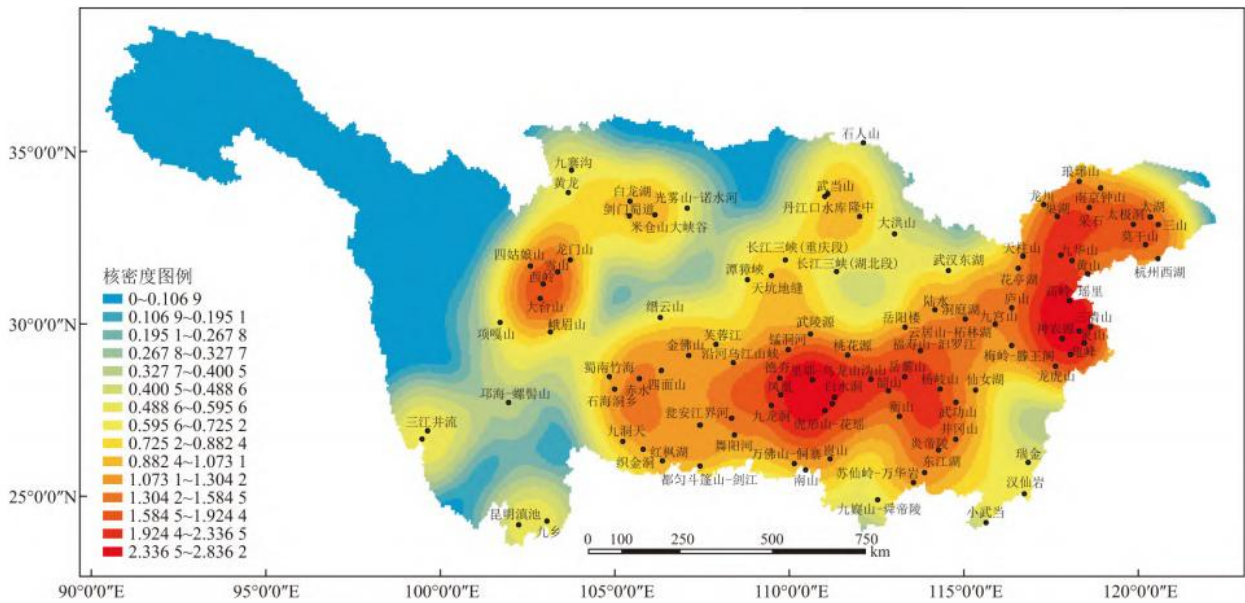


图 12 长江流域国家级风景名胜区核密度图

Fig. 12 Kernel density map of national scenic spots in Yangtze Basin

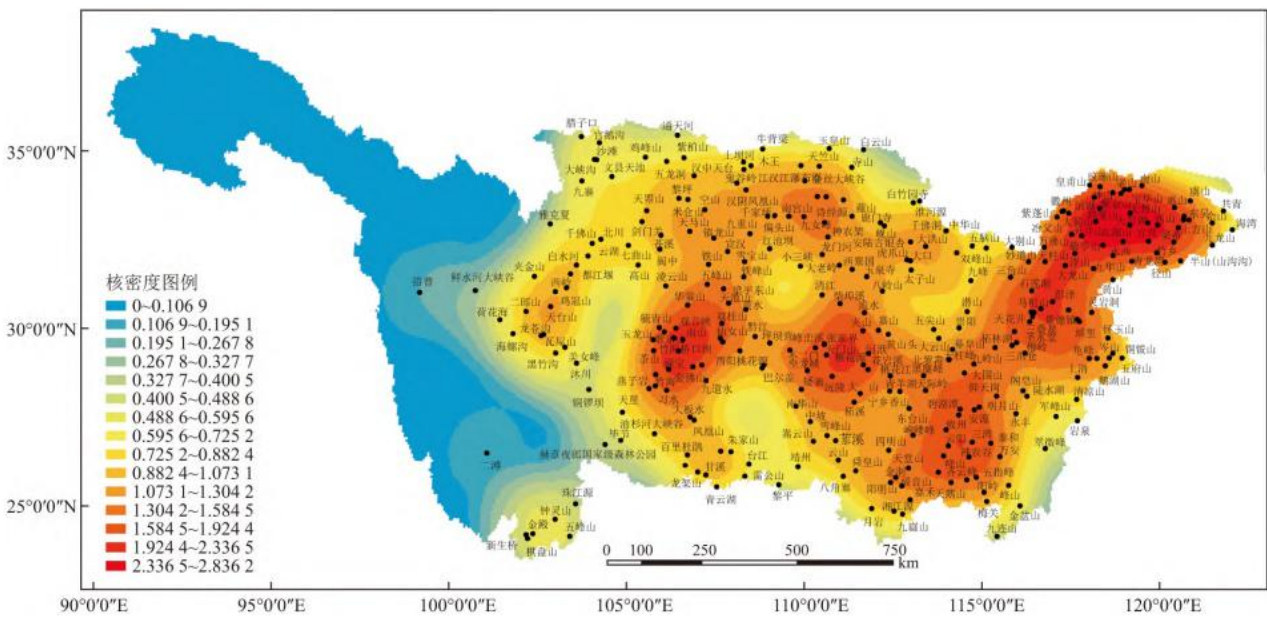


图 13 长江流域国家级森林公园核密度图

Fig. 13 Kernel density map of national forest parks in Yangtze Basin

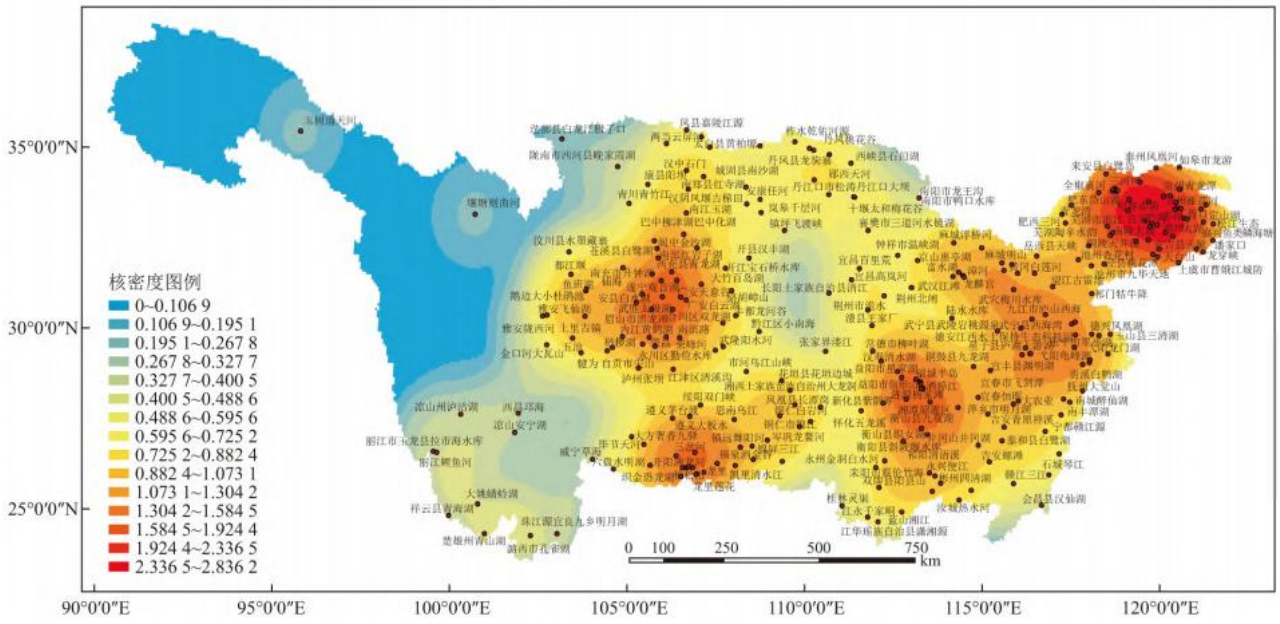


图 14 长江流域国家级水利风景区核密度图

Fig. 14 Kernel density map of national water conservancy scenic spots in Yangtze Basin

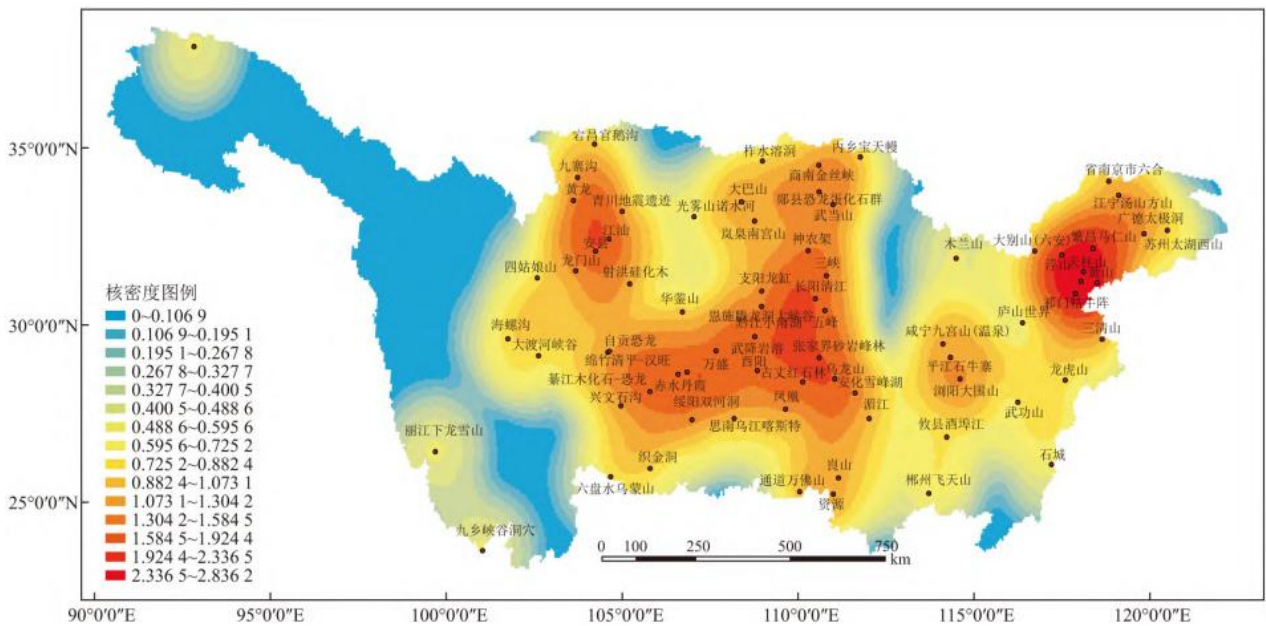


图 15 长江流域国家级地质公园核密度图

Fig. 15 Kernel density map of national geological parks in Yangtze Basin

影响因子	国家级自然保护区	国家级风景名胜区	国家森林公园	国家级水利风景区	国家级地质公园
LC	0.22	0.08	0.17	0.26	0.44**
AE	0.35*	0.29**	0.30*	0.43	0.37*
AS	0.15*	0.12**	0.11**	0.32	0.28**
NGD	-0.62	-0.76	-0.67	-0.10	0.50**
FA	0.25*	0.42*	0.61**	0.18*	0.78
WA	0.51**	0.48	0.37	0.44**	0.64
PA	0.37*	0.74	0.83	0.40	0.00
AP	0.34	0.21	0.30	0.13*	0.47
LST	0.27*	0.23*	0.23*	0.49**	0.40
AL	0.44**	0.41**	0.20*	0.57**	0.07
ICHS	0.42	0.29	0.48	0.35**	0.55
RGR	0.89	0.15*	0.11*	0.21*	0.02
SA	0.57**	0.43**	0.33**	0.09	0.70
DR	0.45**	0.31*	0.40**	0.97	0.57
DF	0.53**	0.57*	0.49*	0.01	0.40
VD	-0.39	-0.25*	-0.35*	-0.91	-0.52
TUP	-0.43**	-0.17*	-0.27*	-0.71	-0.30*
UP	-0.27	-0.13	-0.22	-0.21	-0.19
BUA	-0.45	-0.32**	-0.41**	-0.02	-0.58
AL	-0.21**	-0.45*	-0.26	-0.49*	-0.18**
SEA	-0.25*	-0.71	-0.80	-0.37	-0.47**
SEI	-0.09**	-0.42	-0.41	-0.02	-0.58**
GPC	-0.31**	-0.14*	-0.24*	-0.47*	-0.13*
IIP	-0.17*	-0.43	-0.42	-0.01	-0.59
IWS	-0.15**	-0.11	-0.10	-0.33	-0.27
ATR	-0.11*	0.49*	0.38*	0.55	0.15
HM	-0.31*	0.48*	0.37*	0.14*	0.24*
RM	-0.46	0.12*	0.11*	0.02	-0.58
NRL	-0.00	0.13	0.04	0.47**	-0.13
DPP	0.21**	0.19**	0.24**	0.27*	0.13*
NPI	0.19*	0.13*	0.22*	0.11*	0.09

注: * 表示 P 值 < 0.1 , ** 表示 P 值 < 0.05

图 16 影响因子与国家级自然保护区的相关系数和 P 值矩阵

Fig. 16 Correlation coefficient and significance matrix of relationship between impact factors and national nature protected areas

在国家级水利风景区中，从自然资源环境因子的 P 值和相关性系数分布来看，国家级水利风景区中主要受到 AP、LST、AL、ICHS、RGR 水资源要素的影响，其中 LST、AL、ICHS 均通过了 1% 的极显著性检验 (图 16)。经济社会发展因子中的 AL 与 GPC 通过了 5% 的显著性检验，具有显著的负向影响作用，而 HM、NRL、DPP、DPI 通过了 1% 或 5% 的显著性检验，具有显著的正向影响作用。

在国家级地质公园中，自然资源环境中主要受地形要素的正向影响作用，LC、AS、NGD通过了1%的极显著性检验，AE通过了5%的显著性检验(图16)。经济社会发展的影响因子主要是人口要素与土地要素，与国家级自然保护区具有一定的相似性，TUP、AL、SEA、SEI、GPC通过了1%或5%显著性检验。下文就各类国家级自然保护地主要的及共同的影响因子作相应探讨。

3.1 地形、水资源要素

以地形高程作为衡量地形要素的切入点，由图17可知，长江流域呈多级阶梯性地形，自西向东依次为青藏高原、横断山脉、云贵高原、四川盆地、江南丘陵、长江中下游平原。在长江上游地区，国家级自然保护地多分布于山脉周边，受外界干扰较小，生态环境较好，这在四川盆地外围地带尤为明显。长江源头的玉树、甘孜、迪庆、阿坝等地位于青藏高原与横断山脉地带，气候恶劣，不适宜人类生存发展，这里拥有面积巨大的国家级自然保护地，例如可可西里自然保护面积450万 km^2 、三江源自然保护区面积1523万 km^2 、嘎贡山自然保护区面积40万 km^2 。

长江中下游地区位于长江三峡以东，水网稠密，素有“水乡泽国”之称[24]，在中下游地区，洞庭湖地区[25]、鄱阳湖地区、环太湖地区是国家级风景名胜、国家级森林公园、国家级水利风景区主要分布区。而国家级水利风景区还多沿岷江、乌江、湘江、赣江、汉江等长江主要支流分布，例如赣江附近的峡江水利枢纽风景区、新干黄泥埠水库风景区。这主要是因为在这些支流地区多有人工开发用于农业灌溉、水电建设的水利设施和水电站，江河、湖泊、水利等景观资源丰富。

3.2 植被、生物多样性要素

国家级自然保护地在山脉周围具有一定的聚集特征，原始森林的地理差异会框定和限制国家级自然保护区、国家级风景名胜区、国家级森林公园的基本格局。国家级自然保护区的空间分布还与草原面积之间具有一定的相关性，这主要是因为长江源头的甘孜、迪庆、阿坝等地，日照充足，河畔周围分布大面积开阔草滩，为我国重要的畜牧区。国家级自然保护区植被以矮小的草本和垫状植物为主，木本植物极少，保护区内草原面积十分辽阔(图18)。

中国是世界上生物多样性最丰富的国家之一[26]，多数自然保护地的主要功能是保护境内自然生态环境和生物多样性，生态系统完整性和景观资源的可持续利用，因而国家级自然保护区、国家级森林公园、国家级风景名胜区均与物种多度、稀有物种程度、群系多度呈现出显著的相关性关系。例如：四川大巴山脉南部与川西山地为我国生物多样性保护优先区域岷山-横断山北段区，分布有九寨沟风景名胜区、小金四姑娘山保护区、卧龙自然保护区等30余处国家级自然保护地。该生物多样性优先保护区植被类型以山地森林为主，主要是保护其西部典型山地森林生态系统及川西地区珍稀濒危特有的野生动物。

3.3 人口、资金要素

经济水平较高的核心地区会对人口产生明显的“虹吸效应”，使得城镇人口在经济水平高的地区产生热核现象[27]，城镇人口的快速增长势必会导致自然保护地空间受到城镇人为活动空间的挤压与干扰[28]。因此，国家级自然保护地的空间分布与人口密度因子呈现出一种相应的负相关关系，这在国家级自然保护区上反应最为明显。对照长江流域国家级自然保护地与人口密度分布的空间关系(图19)，可以看出长江流域人口密度大于400人/ km^2 的地区主要位于长江下游的苏锡常沪、南京、合肥，中游地区的长沙、武汉省会地区及周边，上游地区的重庆、成都地区。而国家级自然保护地基本分布在人口密度在200人/ km^2 及以下的地区，国家级风景名胜区与国家级森林公园主要分布在100~200人/ km^2 的地区。

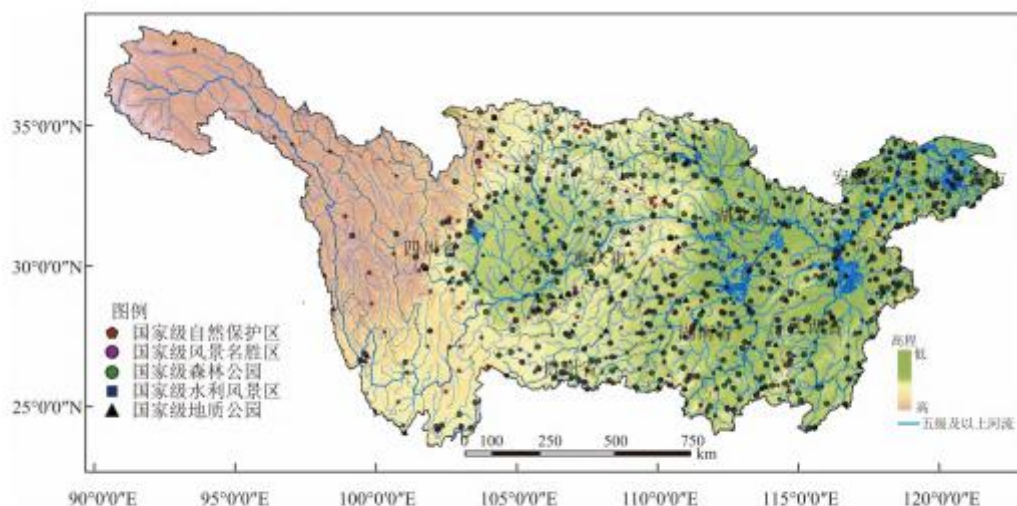


图 17 长江流域国家级自然保护地与地形、水系空间关系图

Fig. 17 Spatial relationship between national nature protected areas, terrain, and water in Yangtze Basin

通常，经济发达地区城镇化水平高，相应的城镇土地建设用地的扩张也会不断的侵占了原有的自然用地，使自然资源斑块破碎化，自然保护地生境受到干扰。对照长江流域国家级自然保护与人均 GDP 的空间关系(图 20)，与人口密度空间关系具有一定的相似性，除苏锡常沪及省会城市地区外，多数国家级自然保护地分布于流域人均 GDP 的低值区。

3.4 土地要素

我国早期建设的自然保护地属于“抢救式保护”，经济社会发展中耕地面积的扩张势必会导致各类自然保护地及其周围内分布着永久性农田[29]。对照长江流域国家级自然保护地与耕地分布的空间关系(图 18)，长江流域主要耕地区域位于成都平原、江汉平原、洞庭湖区、鄱阳湖区和太湖地区，除下游太湖地区外，其他耕地区各类别国家级自然保护地的数量均较少。

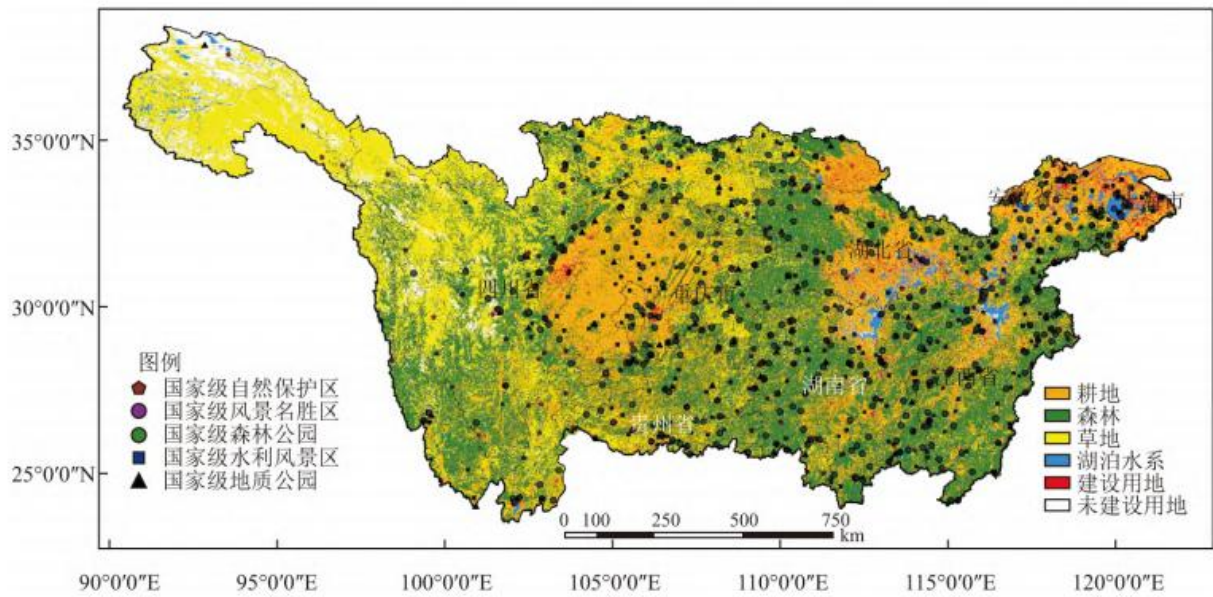


图 18 长江流域国家级自然保护地与土地利用类型空间关系图

Fig. 18 Spatial relationship between national nature protected areas and land use type in Yangtze Basin

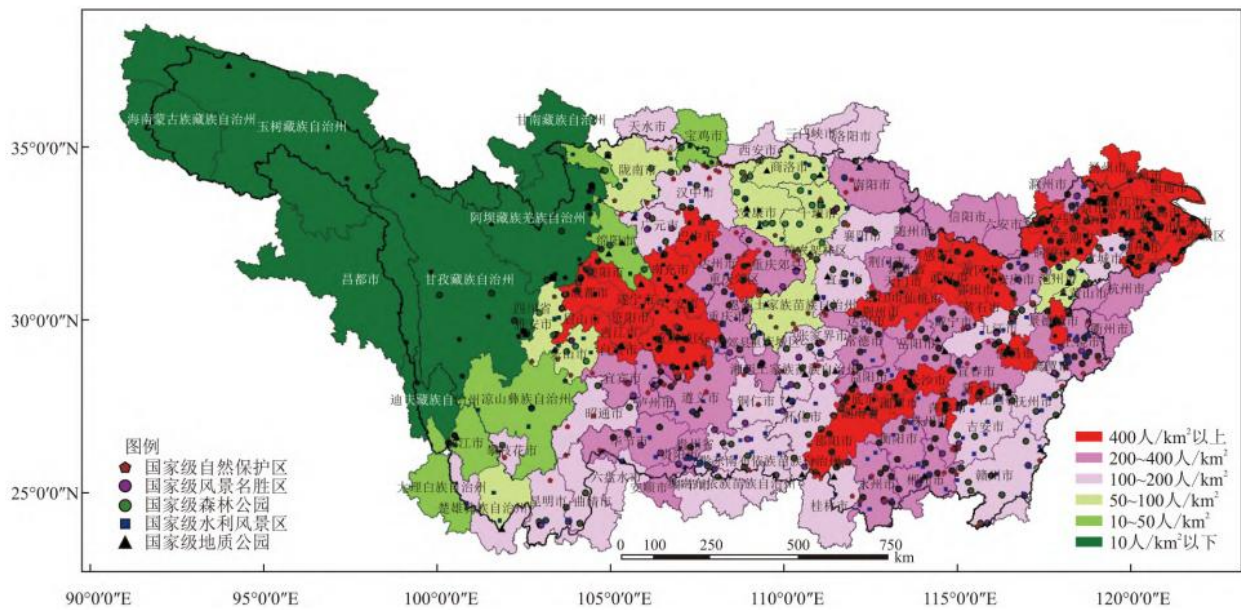


图 19 长江流域国家级自然保护地与人口密度空间关系图

Fig. 19 Spatial relationship between national nature protected areas and population density in Yangtze Basin

3.5 交通要素

随着长江流域各区域经济不断发展, 高速公路、铁路交通设施不断完善, 一些位于重要交通道路两侧的自然保护地逐渐繁荣, 形成了一系列公众关注度较高的旅游型国家级自然保护地。对照长江流域国家级自然保护地与高速公路、铁路的空间关系(图 21), 我们发现长江流域川东地区、贵州、湖南、江西地带, 山多田少, 在重要铁路、高速公路的两侧, 例如铁路宝成线、沪昆

线周围分布着众多国家级风景名胜区与国家级森林公园，借助交通条件的便利，形成了很多“得田不易”而“名于四方”的旅游胜地，风景资源的开发比较全、多、有名。

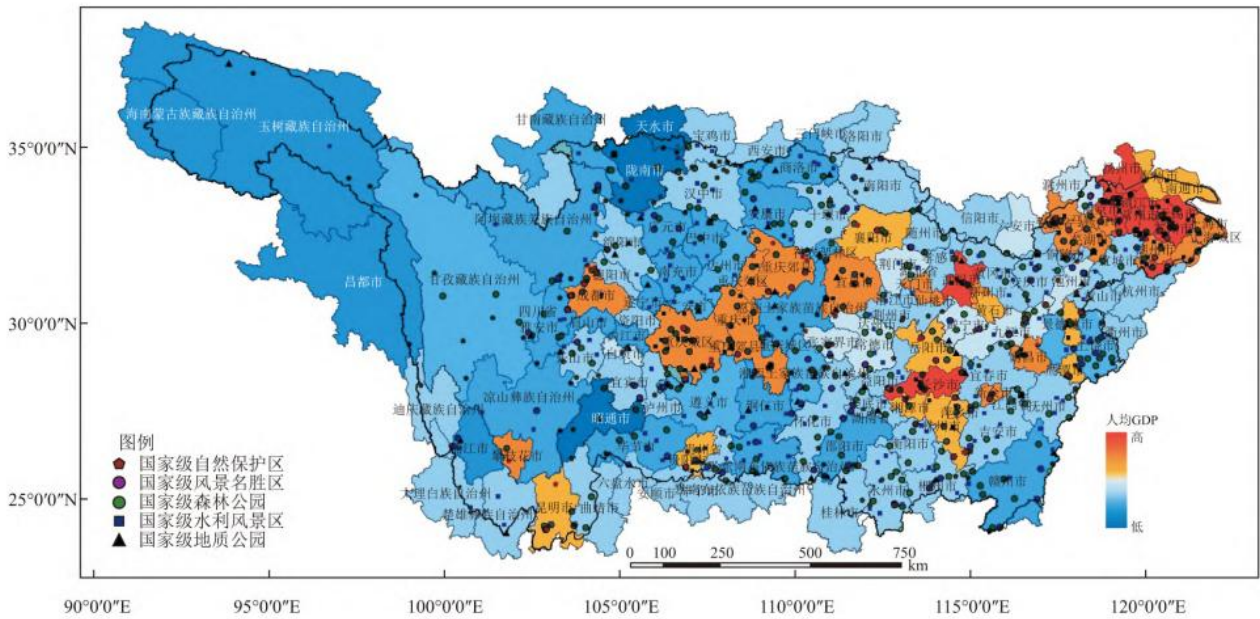


图 20 长江流域国家级自然保护地与人均 GDP 空间关系图

Fig. 20 Spatial relationship between national nature protected areas and GDP per capita in Yangtze Basin

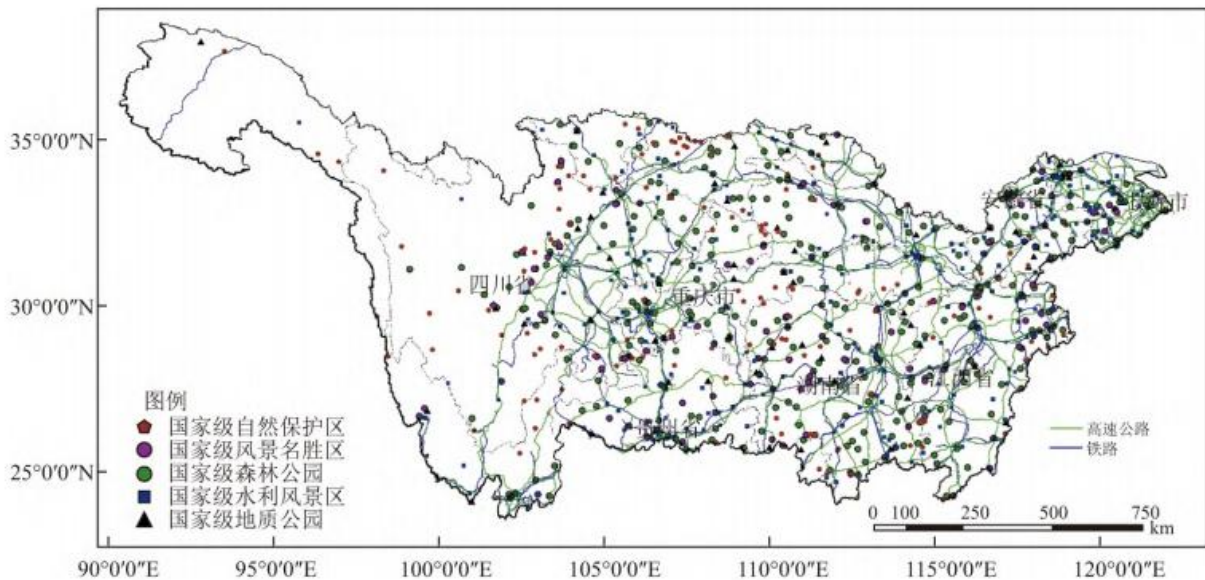


图 21 长江流域国家级自然保护地与高速公路、铁路空间关系图

Fig. 21 Spatial relationship between national nature protected areas, expressways and railways in Yangtze Basin

4 结论与建议

4.1 结论

以长江流域 5 类主要的国家级自然保护区为研究对象，揭示了长江流域国家级自然保护区空间分布特征，同时结合自然资源环境与经济社会发展的多指标数据对国家级自然保护区空间分布的影响因素进行了探讨，主要结论如下：

(1) 长江流域国家级自然保护区在湖南、四川、江西、湖北、贵州数量较多，数量分别为 152、141、125、98、73 处。国家级自然保护区在四川、湖南、湖北、陕西、江西数量最多，国家级风景名胜区在湖南、江西、四川、贵州、安徽数量最多，国家级森林公园在湖南、江西、四川、湖北、重庆数量最多，国家级水利风景区在江西、湖南、四川、贵州、江苏数量最多，国家级地质公园在四川、湖南、湖北、安徽、重庆数量最多。

(2) 总体上国家级自然保护区在青海、四川、湖南、湖北、江西占有面积优势，总面积分别达 1 974.16、389.39、92.41、73.91 和 64.35 万 km²。国家级自然保护区在青海、四川、湖南、湖北、云南占有面积优势，国家级风景名胜区在四川、云南、江苏、湖南、江西占有面积优势，国家级森林公园在四川、江西、湖北、湖南、重庆占有面积优势，国家级水利风景区在江西、湖南、四川、江苏、湖北占有面积优势，国家级地质公园在安徽、四川、湖南、湖北、江西占有面积优势。

(3) 采用多距离空间聚类分析方法确定的长江流域国家级自然保护区、国家级风景名胜区、国家级森林公园、国家级水利风景区、国家级地质公园核密度分析的带宽值分别为 20、20、20、20、25 km。

(4) 核密度图表明国家级自然保护区主要集在大巴山区、岷山地区、云贵高原、武陵山区、雪峰山区、鄱阳湖平原。国家级风景名胜区主要集中在太湖地区、鄱阳湖平原、雪峰山区、乌蒙山区、四川盆地。国家级森林公园主要集中在长三角地区、鄱阳湖平原、罗霄山区、洞庭湖平原、湘赣交界地区、武陵山区、秦巴山区。国家级水利风景区主要集中在环太湖地区、合肥皖江沿线、鄱阳湖平原、洞庭湖平原、鸭池河地区、川渝地区。国家级地质公园主要集中在天目山地区、怀玉山地区、环洞庭湖地区、武陵山区、米仓山地带。

(5) 各类别国家级自然保护区空间分布受到地形、植被、水资源、生物多样性、人口、土地、资金、交通、政策的多种不同因素的综合影响。

4.2 建议

基于长江流域国家级自然保护区空间分布特征及其影响因子分析，得到如下建议启示：(1) 长江中下游的环太湖地区、鄱阳湖平原、洞庭湖平原、罗霄山区、湘赣交界地区、雪峰山区是国家级自然保护区的集中区，上述地区今后应注重经济社会发展的同时，保护与优化原生山水格局，加强森林、湿地自然资源和保护区的保护力度，对城镇用地、工业用地等建设用地肆意扩张、侵占生态用地的人类活动加强管控。长江中上游藏青地区、云贵高原区、横断山脉山区拥有面积巨大的国家级自然保护区，多数自然保护区植被以矮小的草本和垫状植物为主，保护区内草原面积巨大，因此这些地区应格外注重生态敏感性脆弱的草原景观生态化管理。(2) 自然保护区的建设与管理需要当地拥有充足的资金投入作为经济基础，在经济发展水平相对落后的地区可以采用当地旅游业资金收入反哺保护区作为建设与保护的共赢运作模式。结合资金要素的分析，长江中上游地区的非省会城市、边缘性地区为人均 GDP 的低值区，然而空间分析表明这些地区国家级自然保护区的资源数量与类型又十分丰富，因此这些地区可充分发挥自然资源环境优势，结合自然保护区自然景观资源，尝试发展绿水青山的生态旅游模式。(3) 长江流域成都平原、江汉平原、洞庭湖区、鄱阳湖区和太湖地区为主要耕地区。保护区境内及其周围分布着农田的国家级自然保护区，我们建议应限制这些地方农业传统型资源的利用方式，实施土地退耕，农耕人口迁移等策略，减轻农业活动对于自然保护区生态高敏感地区及位于生态网络、廊道构建地区的干扰[30, 31]。(4) 高速公路、铁路交通的快速发展能够对流域资源的共享、整合和空间优化提供支撑。长江中上游地区川西、云南边缘性州、市、湘赣山区等地相比下游地区而言，仍是交通系统建设的薄弱地，建议可以推广“交通围绕旅游优先发展”的模式[32]，挖掘本地自然保护区旅游资源优势，增强对国内外旅客的吸引力。可以结合当下乡村振兴的时代背景，依托国家对“三农”政策倾向，强化旅游的交通基础设施建设，完善区域旅游交通条件；同时强化旅游地周边旅游住宿、娱乐环境建设，提升旅游舒适度。最终提升自然保护区旅游综合服务水平，打造交通便捷、服务优质、形

式多样的生态旅游服务体系。(5)长江流域伴水而生,密集分布的河流、湖泊是流域生态环境保持稳定的根基和保障。中下游地区的洞庭湖地区、鄱阳湖地区、环太湖流域既是河流湖泊相对密集分布的区域,也是国家级风景名胜区、国家级森林公园、国家级水利风景区的主要分布地。改善这些地区自然保护地的生态环境,应因地制宜地改善水环境,水网、水系结构,重建和恢复良好的水系景观生态结构和功能。(6)结合生物多样性要素的分析,考虑到生物多样性优先保护、野生动植物原始生境地、野生动物迁徙活动等需求,应当在国家级自然保护地空缺地增设国家级自然保护地(或是扩大自然保护地的范围),起到流域生境廊道、自然保护区群的作用,以形成完整的自然生态系统保护。如前文 4.2 所述的岷山-横断山生物多样性保护优先区,建议优先选择森林生态系统以及大熊猫生境廊道为主要保护对象的博峪河自然保护区和四川小河沟自然保护区(省级)晋升为国家级自然保护地,起到生境廊道、自然保护区群的作用。(7)从广义上看,长江中上游自然保护地分布集中的地区,如青海、四川、湖南是拥有国家级自然保护地面积前三的地区,因流域生态环境保护需求进行的“自然保护地圈地保护”在一定程度上丧失了经济社会快速发展的机会,但它们又为经济快速发展地区提供了流域生态安全、自然资源、生态旅游等保障。因此建议建立长江流域国家级自然保护地的经济补偿机制,重构自然保护地的全社会利益分享机制。综合考虑国家级自然保护地空间分布的差异性,对因保护地保护阻碍经济发展机会的地区进行资金、技术、实物上的补偿,政策上的优惠,以及为增强生态环境保护意识,提高环境保护水平而进行科研、教育等方面的补偿。如此使得长江流域经济社会发展水平相对较低,但为了社会整体利益和生态安全而设立较多国家级自然保护地的地区能够获得全社会的经济激励与补偿。

参考文献

- [1] 赵智聪,彭琳,杨锐.国家公园体制建设背景下中国自然保护地体系的重构[J].中国园林,2016,32(7):11-18. ZHAO Z C, PENG L, YANG R. Reconstruction of protected area system in the context of the establishment of national park system in China [J]. Chinese Landscape Architecture, 2016, 32(7):11-18.
- [2] 胡德胜,杨焱.长江流域自然保护地体系及其管理体制机制探析[J].江西社会科学,2021,41(1):139-151. HU D S, YANG Y. Analysis on the nature reserves system and its management institutions and mechanism in the Yangtze River Basin[J]. Jiangxi Social Sciences, 2021, 41(1):139-151.
- [3] 杨阳,唐晓岚,唐芳林,等.基于文献计量分析的我国国家公园研究进展与展望[J].现代城市研究,2019(6):69-77. YANG Y, TANG X L, TANG F L, et al. A review of national park: A bibliometric analysis [J]. Modern Urban Research, 2019(6):69-77.
- [4] SCOWCROFT P G, JEFFREY J. Potential significance of frost, topographic relief, and Acacia koa stands to restoration of mesic Hawaiian forests on abandoned rangeland[J]. Forest Ecology and Management, 1999, 114(2):447-458.
- [5] PARE S, SAVADOGO P, TIGABU M, et al. Regeneration and spatial distribution of seedling populations in Sudanian dry forests in relation to conservation status and human pressure[J]. Tropical Ecology, 2009, 50(2):339-353.
- [6] ZHOU D M, LUAN Z Q, GUO X Y, et al. Spatial distribution patterns of wetland plants in relation to environmental gradient in the Honghe National Nature Reserve, Northeast China[J]. Tropical Ecology, 2012, 22(1):57-70.
- [7] 刘敏超,李迪强,温琰茂.论三江源自然保护区生物多样性保护[J].干旱区资源与环境,2005,19(4):49-53. LIU M C, LI D Q, WEN Y M. The protection of biological diversity in the Sanjiangyuan Nature Reserve [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2005, 19(4):49-53.
- [8] 樊涵,王晓娟,杨朝辉.遵义市4种主要自然保护地空间分布特征及其影响因素研究[J].生态与农村环境学报,2020,36(3):334-341. FAN H, WANG X J, YANG Z H, et al. Spatial distribution characteristics and influencing factors of

four main kind of protected areas in Zunyi City, Guizhou Province[J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 2020, 36(3):334-341.

[9] 陈冰, 朱彦鹏, 罗建武, 等. 云南省国家级自然保护区与其他类型保护地关系分析[J]. 生态经济, 2015, 31(12):129-135. CHENG B, ZHU Y P, LUO J W, et al. Relationships between national nature reserves and other types of protected areas in Yunnan province [J]. Ecological Economy, 2015, 31(12):129-135.

[10] 杨振, 程鲲, 付励强, 等. 东北林业系统自然保护区、森林公园和湿地公园的空间重叠分析[J]. 生态学杂志, 2017, 36(11):3305-3310. YANG Z, CHENG K, FU L Q, et al. Spatial overlapping analysis for nature reserves, forest parks and wetland parks in forestry management system of Northeast China [J]. Chinese Journal of Ecology, 2017, 36(11):3305-3310.

[11] 杨锐, 彭钦一, 曹越, 等. 中国生物多样性保护的变革性转变及路径[J]. 生物多样性, 2019, 27(9):1032-1040. YANG R, PENG Q Y, CAO Y, et al. Transformative changes and paths toward biodiversity conservation in China [J]. Biodiversity Science, 2019, 27(9):1032-1040.

[12] 冯达, 胡理乐, 陈建成. 北京市自然保护地空间分布格局与交叉重叠特征[J]. 生态学杂志, 2020, 39(10):3421-3429. FENG D, HU L L, CHENG J C. Spatial distribution and the overlapping feature of Beijing protected areas[J]. Chinese Journal of Ecology, 2020, 39(10):3421-3429.

[13] 孔石, 付励强, 宋慧, 等. 中国自然保护区与国家地质公园空间分布差异. 东北农业大学学报, 2014, 45(9):73-78. KONG S, FU L Q, SONG H, et al. Spatial distribution difference of national nature reserves and national geoparks in China[J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2014, 45(9):73-78.

[14] 周长艳, 王顺久, 徐捷, 等. 长江上游和中下游地区空中水汽资源气候特征对比分析[J]. 长江流域资源与环境, 2010, 19(S2):58-66. ZHOU C G, WANG S J, XU J, et al. A comparative analysis of the climate features for the water vapor resource between the upper reaches and the middle and lower reaches of the Yangtze River [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2010, 19(S2):58-66.

[15] 周艳, 涂建军, 卢德彬, 等. 重庆市人口与经济空间分布关系及其变化研究[J]. 经济地理, 2011, 31(11):1781-1785. ZHOU Y, TU J N, LU D B, et al. Study on the relationship between population and economic spatial distribution and its dynamic in Chongqing[J]. Economic Geography, 2011, 31(11):1781-1785.

[16] 冯达, 胡理乐, 陈建成. 基于生态价值评价的北京自然保护地保护空缺分析[J]. 生态学杂志, 2020, 39(12):4233-4240. FENG D, HU L L, CHENG J C. Protection vacancy analysis of Beijing nature reserves based on ecosystem services valuation[J]. Chinese Journal of Ecology, 2020, 39(12):4233-4240.

[17] 陈晨, 修春亮, 陈伟, 等. 基于GIS的北京地名文化景观空间分布特征及其成因[J]. 地理科学, 2014, 34(4):420-429. CHEN C, XIU C L, CHEN W, et al. Spatial distribution characteristics of place-name landscape based on GIS approach in Beijing and its reasons for the formation [J]. Scientia Geographica Sinica, 2014, 34(4):420-429.

[18] 牛强. 城市规划GIS技术应用指南[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2011. NIU Q. Urban planning GIS technology application guide [M]. Beijing: China Building Industry Press, 2011.

-
- [19] 项静恬, 郭世琪. 多元回归模型在实际应用中的几种推广[J]. 数理统计与管理, 1994, 13(4):48-53. XIANG J T, GUO S Q. Several generalizations of multi-variate regressive models in applications [J]. Journal of Applied Statistics and Management, 1994, 13(4):48-53.
- [20] 柳林云, 丁毅. 长江流域水力资源与水电规划[J]. 人民长江, 2013, 44(10):69-71. LIU L Y, DING Y. Analysis on hydropower resources in Yangtze River Basin and hydropower generation planning [J]. Yangtze River, 2013, 44(10):69-71.
- [21] 杨杰峰, 牡丹, 田思思, 等. 湖北省典型湖泊湿地生物多样性评价研究[J]. 水生态学杂志, 2017, 38(3):15-22. YANG J F, DU D, TIAN S S, et al. Biodiversity assessment of typical lake wetlands in Hubei province [J]. Journal of Hydroecology, 2017, 38(3):15-22.
- [22] 史德明. 长江流域水土流失及其防治[J]. 长江流域资源与环境, 1992, 1(1):62-70. SHI D M. Soil and water loss and its control in the Yangtze River Basin [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 1992, 1(1):62-70.
- [23] 翟文侠, 黄贤金. 我国耕地保护政策运行效果分析[J]. 中国土地科学, 2003, 17(2):8-13. Zhai Wenxia, Huang Xianjin. Analysis on the effect of policies operation of cultivated land protection in China [J]. China Land Science, 2003, 17(2):8-13.
- [24] 周建军, 张曼. 近年长江中下游径流节律变化、效应与修复对策[J]. 湖泊科学, 2018, 30(6):1471-1488. ZHOU J J, ZHANG M. Effect of dams on the regime of the mid-lower Yangtze River runoff and countermeasures [J]. Journal of Lake Sciences, 2018, 30(6):1471-1488.
- [25] 龚胜生. 江汉—洞庭湖平原湿地的历史变迁与可持续利用[J]. 长江流域资源与环境, 2002, 11(6):569-574. GONG S S. Historical variation and sustainable utilization of the Jianghan-Dongting plain's wetlands [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2002, 11(6):569-574.
- [26] 唐小平. 国家公园体制引领生物多样性主流化[J]. 林业资源管理, 2021, (4):1-8. TANG X P. National park system leads the mainstreaming of biodiversity [J]. Forest Resources Management, 2021, (4):1-8.
- [27] 杨阳, 唐晓岚. 长江流域新型城镇化耦合协调度时空分异与空间集聚[J]. 长江流域资源与环境, 2022, 31(3):503-514. YANG Y, TANG X L. Spatial-temporal differentiation and spatial agglomeration of new urbanization coupling coordination degree in the Yangtze Basin [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2022, 31(3):503-514.
- [28] 贾艳艳, 唐晓岚, 唐芳林, 等. 长江中下游流域人类活动强度及其对湿地景观格局影响研究[J]. 长江流域资源与环境, 2020, 29(4):950-963. JIA Y Y, TANG X L, TANG F L, et al. Research on human activity intensity and its impact on wetland landscape pattern in the middle and lower reaches of the Yangtze River Basin [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2020, 29(4):950-963.
- [29] 徐增让, 邹秀萍. 羌塘高原自然保护区社会生态效果评价[J]. 生态学报, 2020, 40(23):8743-8752. XU Z R, ZHOU X P. Evaluation of social-ecological effectiveness of protected areas on the Chang tang plateau [J]. Acta Ecologica Sinica, 2020, 40(23):8743-8752.

[30] 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[J]. 林业资源管理, 2020, (1):1-10. TANG X P, LIU Z L, MA W. A study on integration and optimization rules and paths for natural protected areas in China [J]. Forest Resources Management, 2020, (1):1-10.

[31] 雷会霞, 敬博, 朱依平. 自然保护地体系下的秦巴山脉区域乡村振兴发展战略与模式研究[J]. 中国工程科学, 2020, 22(1):96-110. LEI H X, JING B, ZHU Y P. Development path and mode for rural revitalization in Qinba mountain area under the nature reserve system[J]. Strategic Study of CAE, 2020, 22(1):96-110.

[32] 郭向阳, 穆学青, 明庆忠. 旅游地快速交通优势度与旅游流强度的空间耦合分析[J], 地理研究, 2019, 38(5):1119-1135. GUO X Y, MU X Q, MING Q Z. Spatial coupling between rapid traffic superiority degree and tourist flow intensity tourist destinations [J], Geographical Research, 2019, 38(5):1119-1135.