

DOI: 10.5846/stxb202105061173

王成武, 崔彪, 汪宙峰, 谢亮, 陈雅靓. 四川省自然保护区时空分布与影响因素. 生态学报, 2022, 42(9): 3794-3805.

Wang C W, Cui B, Wang Z F, Xie L, Chen Y J. Spatial and temporal distribution and influencing factors of nature reserves in Sichuan Province. Acta Ecologica Sinica, 2022, 42(9): 3794-3805.

四川省自然保护区时空分布与影响因素

王成武¹, 崔彪^{1,*}, 汪宙峰¹, 谢亮¹, 陈雅靓²

¹ 西南石油大学地球科学与技术学院, 成都 610500

² 西南石油大学土木工程与测绘学院, 成都 610500

摘要:自然保护区是为保护具有代表性的生态系统和濒危动植物而划分的特定区域,在涵养水土、防风固沙、净化空气、保护生物多样性等方面发挥着重要作用。四川省有自然保护区 166 处,类型丰富多样,是中国自然保护地体系的重要组成部分,其保护对象涵盖珍稀动植物,保护功能涉及物种、水源和生态环境,与国家地质公园、湿地公园、森林公园等共同维系着中国西南地区,乃至青藏高原东缘的生态系统。因此,研究四川省自然保护区的空间分布格局及其影响因素具有重要的价值和意义。运用地理空间分析方法对 1963—2018 年间四川省自然保护区的空间分布和影响因素进行了研究。研究发现:①四川省自然保护区空间分布的总体特征以集聚为主,呈现集聚-随机-集聚的变化特征,且前期变化幅度大,后期变化幅度小,总体发展明显分为 1963—1998 年的单核形成与发展阶段和 1998—2018 年的双核阶段;②四川省自然保护区主要分布在成都平原向川西高原的过渡区域,其均衡度类型在时间上表现出由“差距悬殊”到“差距较大”的演变特征;③四川省自然保护区的重心活动范围相对较小,基本稳定在阿坝州南部。标准差椭圆的长短半轴和面积均变化强烈,总体呈现出大幅度的增长,空间分布由南-北向演变为东北-西南向;④自然保护区受到自然因素和社会因素的双重影响,高密度区域分布在地势适中、气候温和、河流众多、土壤肥沃、人口稀少的阿坝州南部与东部地区。未来,四川省生态功能建设应该立足国家公园、自然保护区和自然公园的特点、分布状况,对自然保护区分布较少的川西北、川东北和川南部分地区进行优化布局,以加强这些地区的生态功能建设。同时,探索自然保护区的发展模式,实现自然保护区与周边区域社会经济的协调发展。

关键词:四川省;自然保护区;时空分布;影响因素

Spatial and temporal distribution and influencing factors of nature reserves in Sichuan Province

WANG Chengwu¹, CUI Biao^{1,*}, WANG Zhoufeng¹, XIE Liang¹, CHEN Yajing²

¹ College of Earth Science and technology, Southwest Petroleum University, Chengdu 610500, China

² College of civil engineering and surveying and mapping, Southwest Petroleum University, Chengdu 610500, China

Abstract: Nature reserves are specific areas set aside to protect representative ecosystems, endangered flora and fauna, and play an important role in nourishing water and soil, preventing wind and sand, purifying the air and protecting biodiversity. There are 166 nature reserves in Sichuan province, whose protection objects cover rare flora and fauna, and whose protection functions involve species, water sources and ecological environment. They are not only an important part of China's nature reserve system, but also work together with national geological parks, wetland parks and forest parks to maintain the ecosystems of southwest China, and even the eastern edge of the Tibetan Plateau. Therefore, studying the spatial distribution pattern and influencing factors of natural reserves in Sichuan Province has important value and significance. The spatial distribution and influencing factors of nature reserves in Sichuan Province during 1963—2018 were studied using

基金项目:国家重点研发计划项目(2020YFF0414359);重庆市技术创新与应用发展专项面上项目(cstc2019jscx-msxm0451)

收稿日期:2021-05-06; **网络出版日期:**2022-01-06

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: 529882538@qq.com

geospatial analysis. The results show that: ① the overall characteristics of the spatial distribution of nature reserves in Sichuan Province are mainly agglomerative, showing the characteristics of agglomeration-random-agglomeration change, and there was a large change in the early phase and a small change in the later phase. The overall development is clearly divided into a single nucleus formation and development phase from 1963—1988 and a single to dual nucleus evolution phase from 1998—2018. ② Nature reserves in Sichuan Province are mainly located in the transition area from the Chengdu Plain to the western Sichuan Plateau, and their equilibrium types show a temporal evolution from "great disparity" to "wide disparity". ③ The gravity center migration of nature reserves in Sichuan Province shows a repeated migration process of south-north-south, but the overall migration is southward. The area of the standard deviation ellipse increases overall, and the direction changes from south-north to east-west. ④ The high density of nature reserves is mainly the southern and eastern parts of Aba Prefecture, which have moderate terrain, mild climate, numerous rivers, fertile soil and sparse population. In the future, the ecological function construction of Sichuan Province should be based on the characteristics and distribution of national parks, nature reserves and natural parks, and optimize the layout of some areas in northwest, northeast and South Sichuan with less natural reserves to strengthen the ecological function construction. At the same time, the development model of nature reserves should be explored to achieve the coordinated development of nature reserves and the social economy of the surrounding areas.

Key Words: Sichuan Province; nature reserve; temporal and spatial distribution; influence factors

2020 年是全球极端天气的一年,多个地区已经出现了明显的异常气候现象^[1-2],气候变化给人类带来了深刻的影响。为了应对全球气候变化,世界各国采用了多种措施予以应对。其中,设立各级各类自然保护区,不仅可以有效保护生物多样性,还对区域生态功能保护与修复具有重要的作用。中国的自然保护区建设经历了从旨在珍稀动植物保护的点状建设阶段到全面生态功能建设的体系化建设阶段,2015 年之后形成了以国家公园为主体、自然保护区为基础、各类自然公园为补充的自然保护地体系^[3-5]。

四川省位于中国西南内陆腹地,地处长江上游流域,地形地貌复杂,气候复杂多样,自然资源丰富,在国家主体功能中承担着重要的生态功能。从 20 世纪 60 年代至今,四川省共建成自然保护地 489 处,其中国家公园 1 处、自然保护区 166 处、地质公园 34 处、湿地公园 55 处、森林公园 140 处,风景名胜区 93 处(图 1)。在四川省自然保护地体系中,自然保护区占比最高(34%),建设历史最早,多年来对四川省的生态保护发挥了重要的作用。目前学者们对于自然保护区或者自然保护地的研究,主要包括特定保护区的某类物种^[6-7]或某个生态系统^[8-9],自然保护地的生态承载力^[10-11]、立法建设^[12-13]、优化布局^[14-15]等方面。近期也有学者开始从省域尺度研究部分省区自然保护地的空间分布格局^[16-18]。为了探索四川省自然保护区的空间分布特征及空间演变的影响机制,本文采用地理空间分析的方法对 166 处自然保护区展开研究,以期对四川省自然保护区乃至自然保护地体系的建设提供一定的建议。

1 数据与空间分布研究方法

1.1 数据来源

国家公园数据和自然保护区数据来自四川省生态环境厅、四川省自然资源厅,地质公园数据来自四川省地质学会,风景名胜区、湿地公园数据来自四川省文化和旅游厅,森林公园数据来源于四川省林业和草原局,四川省海拔高程数据、植被区划、水系数据、土壤分布数据来自资源环境与科学研究中心。人口数据、生产总值、自然科学领域投入资金来源于四川省统计年鉴。

1.2 空间分布及相关性研究方法

近年来空间统计学发展迅速,产生了诸如地理探测器、莫兰指数等较多分析方法^[19-26]。这些方法有的适于连续分布的地理要素,有的适于离散的地理要素,有的两者均适用。对于点状地理事物,多采用平均最近邻

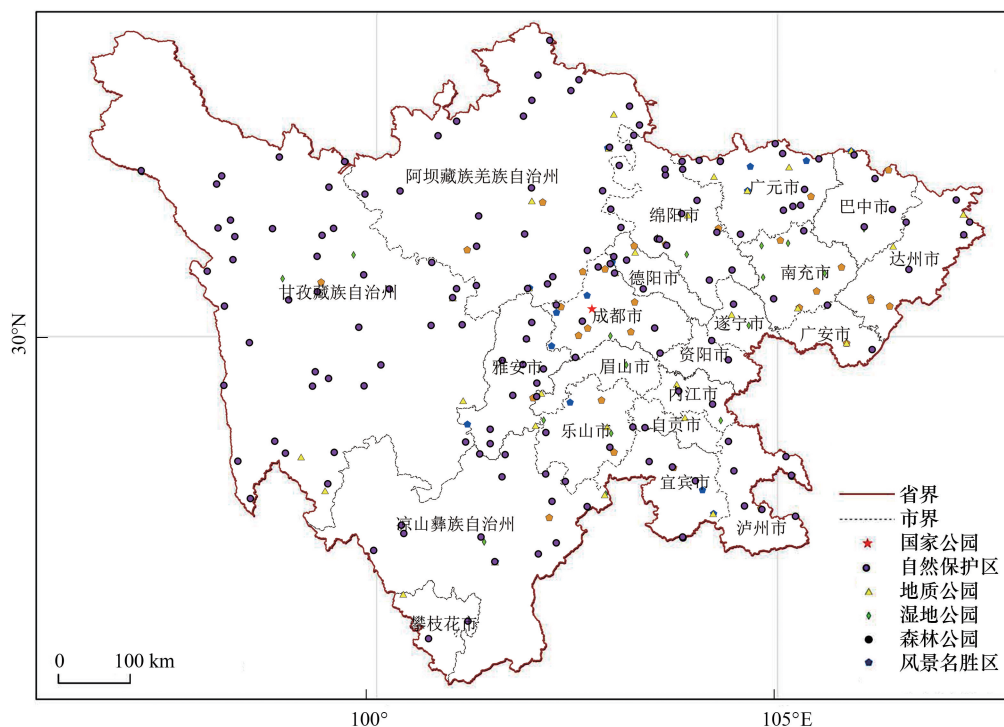


图1 四川省自然保护区分布图

Fig.1 Distribution map of nature reserves in Sichuan Province

指数法、基尼系数、重心迁移轨迹、核密度分析、标准差椭圆等方法刻画与描述其空间分布状态及演化过程。其中,平均最近邻指数^[27]用于研究点状要素的空间分布类型;基尼系数^[28]衡量研究点状要素空间分布的均衡程度;核密度分析法^[29]用于研究点状要素在一定区域内的分布数量、总体的分布方位、集聚分布的区域;重心迁移轨迹法^[30]用于分析点状要素空间分布及其动态演化过程;标准差椭圆方法^[31]用于研究基于目标对象的空间区位和空间结构,可从全局的、空间的角度定量解释地理要素空间分布的中心性、展布性、方向性、空间形态等特征,椭圆空间分布范围表示地理要素空间分布的主体区域。本文研究的自然保护区因其视为点状事物,故可作为离散的空间事物并研究其空间分布与演化特征。同时,文章采用相关系数法用于分析自然保护区空间分布的影响因素。

(1) 平均最近邻指数

将四川省各自然保护区平均观测距离 R_1 与四川省各自然保护区平均期望距离 R_2 的比值 NN 与数字 1 进行比较,计算公式如下:

$$R_1 = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n} \quad (1)$$

$$R_2 = \frac{\sqrt{S}}{2\sqrt{n}} \quad (2)$$

$$NN = \frac{R_1}{R_2} \quad (3)$$

式中 S 表示四川省面积, d_i 表示自然保护区 i 至其最邻近自然保护区的欧式距离, n 表示四川省自然保护区总数目,以此用来衡量四川省自然保护区不同时期的积聚程度。

(2) 基尼系数

本文应用其研究四川省自然保护区的空间均衡度,表示出不同城市研究对象数量的悬殊程度,其理论计算公式如下:

$$\text{Gini} = 1 - \frac{2 \sum_{i=1}^{n-1} w_i + 1}{n} \quad (4)$$

式中,Gini 代表基尼系数; n 为区域的数量; W 为累计数量占总数量的比重。Gini 的取值在 0—1 之间,Gini 值越大,表明研究对象空间分布的均衡性越小,集中度越高。基尼系数可以表示出不同城市研究对象数量的悬殊程度。

(3) 核密度分析

运用核密度分析工具研究 1963—2018 年四川省自然保护区的集聚分布的区域、数量、方位,用以判断其变化情况。其理论公式如下:

$$f_n(x) = \frac{1}{tl} \sum_{i=1}^l k\left(\frac{x - X_i}{l}\right) \quad (5)$$

式中, $k(\cdot)$ 称为核密度函数; $(x - X_i)$ 表示自然保护区的某一 x 点至事件 X_i 的距离; $l > 0$,为带宽; t 是在带宽范围内的已知要素数目。

(4) 重心分布轨迹

计算 1963—2018 年四川省自然保护区空间分布的重心,研究其重心的迁移轨迹,分析四川省自然保护区的空间演化过程。重心理论公式如下:

$$X_i = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (6)$$

$$Y_i = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \quad (7)$$

$$L_{X_i} = 111 \times \cos Y_i \times (X_i - X_o) \quad (8)$$

$$L_{Y_i} = 111 \times (Y_i - Y_o) \quad (9)$$

$$L = 111 \times \arccos[\cos Y_i \cos Y_o \cos(X_i - X_o) + \sin Y_i \sin Y_o] \quad (10)$$

式中, X_o 、 Y_o 表示该年四川省自然保护区分布重心的经纬度坐标; n 为该年四川省自然保护区的个数总和; X_i 、 Y_i 为第 i 个自然保护区的经纬度坐标;总偏移距离用 L 表示,东西向、南北向偏移距离分别为 L_{X_i} 、 L_{Y_i} 。

(5) 标准差椭圆

标准差椭圆是空间统计方法中能够精确揭示要素空间分布多方面特征的方法。该方法通过以中心、长轴、短轴、方位角为基本参数,定量描述事物的总体空间分布特征。本文采用标准差椭圆算法分析四川省自然保护区的分布方向、疏密程度及动态变化。

(6) 相关系数法

相关系数法是研究变量之间相关程度的方法,在生态、医疗等各个领域^[32-36]都有广泛的应用。本文运用该方法研究地区 GDP、人口、城镇化率、自然科学领域投入资金率等社会因素与自然保护区之间的相关性,从而探究社会因素对自然保护区空间分布的影响。

1.3 自然保护区的空间分布特征演化

(1) 空间分布类型变化

使用 ArcGIS 对四川省自然保护区进行最近邻分析,得到其空间分布类型。当最邻近比率 $NN < 1$,则空间分布类型为积聚;当最邻近比率 $NN = 1$,则空间分布类型为平均;当最邻近比率 $NN > 1$,则空间分布类型为随机。最邻近比率 NN 与 1 相差的绝对值愈大,则相对应分布的程度越高。由表 1 分析可知:四川省自然保护

区总体呈现集聚-随机-集聚的变化特征,且前期变化幅度大,后期变化幅度小。

表 1 四川省自然保护区空间分布最近邻指数表
Table 1 Nearest neighbor index of spatial distribution of nature reserves in Sichuan Province

年份 Year	平均观测距离 Average observation distance	平均期望距离 Average expected distance	最近邻比率 Nearest neighbor ratio	空间分布类型 Spatial distribution type
1968	45020.41	42302.49	0.316	集聚
1973	45020.41	142302.49	0.316	集聚
1978	103066.08	105097.35	0.981	集聚
1983	90711.08	87142.12	1.041	随机
1988	90510.27	77942.28	1.161	随机
1993	67657.46	60677.98	1.115	随机
1998	45353.74	43571.06	1.041	随机
2003	25253.65	28555.84	0.884	集聚
2008	23833.47	27386.12	0.872	集聚
2013	24148.40	27301.99	0.885	集聚
2018	24098.09	27054.16	0.891	集聚

(2)空间分布均衡度

计算四川省 21 个地级市的自然保护区数量,按数量大小排序,得出各地市自然保护区数量占总数量的比重和累计比重,代入基尼系数公式中计算,得到四川省自然保护区的基尼系数,按照判定方法对其均衡程度类型判断,结果如表 2。从基尼系数计算结果看,历年数值均大于0.5,从均衡程度类型看,主要表现为差距悬殊和差距较大,这表明四川省自然保护区的空间分布在很长时间内呈现较不均衡的特征。

表 2 基尼系数结果
Table 2 Result of Gini coefficient

年份 Year	基尼系数 Gini coefficient	均衡程度 Degree of equilibrium	年份 Year	基尼系数 Gini coefficient	均衡程度 Degree of equilibrium
1963	0.933	差距悬殊	1993	0.625	差距悬殊
1968	0.905	差距悬殊	1998	0.680	差距悬殊
1973	0.905	差距悬殊	2003	0.588	差距较大
1978	0.831	差距悬殊	2008	0.552	差距较大
1983	0.815	差距悬殊	2013	0.549	差距较大
1988	0.724	差距悬殊	2018	0.544	差距较大

根据表 2 基尼系数的结果可知:四川省自然保护区的空间分布均衡度为极不均衡。从时间上看,其空间分布由差距悬殊向差距较大的类型发展,分布差距在逐渐减小。从基尼系数计算结果看,历年数值均大于0.5,从均衡程度类型看,主要表现为差距悬殊和差距较大,这说明四川省自然保护区的空间分布在很长的时间内呈现较不均衡的特征。

1.4 自然保护区空间分布特征演化

(1)密度变化过程

如图 2,通过研究四川省自然保护区核密度图的变化,发现其核密度空间分布呈现出明显的阶段特征。总体分为两个阶段。第一阶段:单核形成与发展阶段(1963—1998 年)。该时期自然保护区发展相对缓慢,高、低密度核相继形成。主核位于阿坝高原与川西平原的过渡区域,高密度核由阿坝州若尔盖县、阿坝州九寨沟县发展为甘孜州、乐山—凉州区域、阿坝州北部等多个区域。第二阶段:双核阶段(1998—2018 年)。1998 年在原有主核的基础上出现了另一个位于阿坝州北部-绵阳交界区域的主核,且双核共存的状态一直持续到 2018 年。此阶段高密度核数量持续增加,范围继续扩大并逐渐扩展为南至凉山州、西至甘孜州、北至阿坝州、

东至巴中市的广大区域。

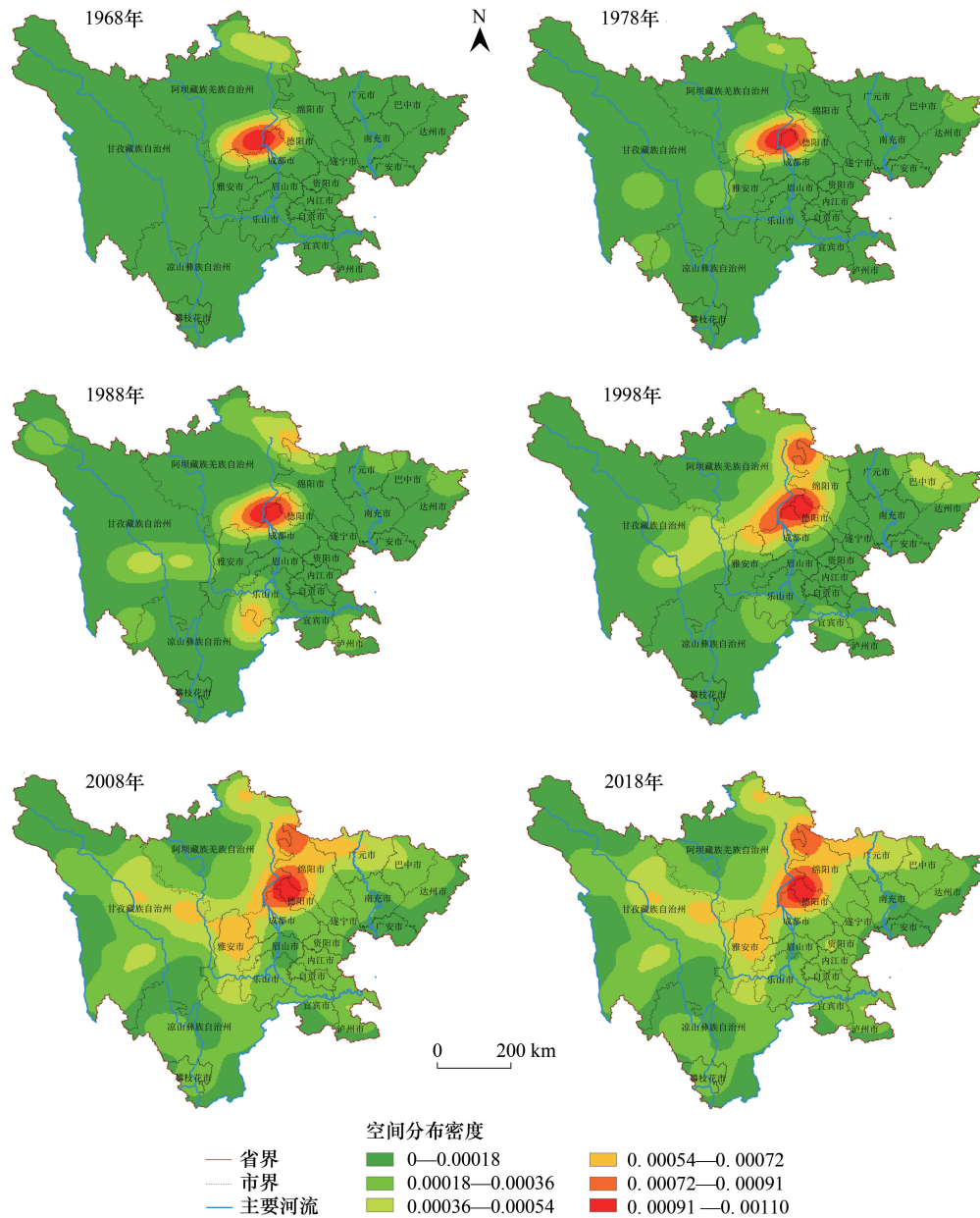


图2 四川省自然保护区空间分布核密度图

Fig.2 Nuclear density map of spatial distribution of nature reserves in Sichuan Province

(2) 重心迁移

参照四川省的几何中心(绵阳市平武县 104.433°E , 32.234°N),通过 ArcGIS 计算 1963—2018 四川省自然保护区的分布重心,结果如表 3,发现其具有以下特点:

①重心迁移轨迹表现为南-北-南的反复迁移过程,但总体为向南迁移。1963—1978 年重心由阿坝州黑水县南迁至阿坝州汶川县,1978—1983 年重心北迁至阿坝州理县,随后重心南迁,1983—2018 年都位于阿坝州汶川县内。

②重心活动范围较小,活动区域稳定,大致分布在阿坝州黑水县、阿坝州汶川县、阿坝州理县附近,且相距最远的两重心距离为 135.412 km。

③ 重心坐标值在 103.021°E—103.393°E、30.830°N—32.039°N 之间,波动幅度与范围较小。在东西方向上无明显变化,重心间最远距离为 35.39 km;在南北方向上有轻微波动,重心间最远距离为 134.198 km。就总体偏移距离而言,2003 年四川省自然保护区分布重心距几何中心最远,达到 203.991 km。这说明四川省自然保护区建设重点在阿坝州南部,并有向成都市转移的趋势,体现为逐渐远离四川省几何中心。

表 3 四川省自然保护区空间分布重心参数表

Table 3 Parameters of spatial distribution barycenter of nature reserves in Sichuan Province						
年份 Year	坐标 Coordinate		所在地区 Region	东西向偏移距离/km East West offset distance	南北向偏移距离/km North South offset distance	偏移距离/km Offset distance
1963	103.330°E	32.039°N	阿坝州黑水县	103.546	21.645	105.909
1968	103.393°E	31.909°N	阿坝州黑水县	97.898	35.742	104.261
1973	103.393°E	31.909°N	阿坝州黑水县	97.898	35.742	104.261
1978	103.141°E	31.217°N	阿坝州汶川县	122.928	112.887	166.199
1983	103.067°E	31.549°N	阿坝州理县	129.968	76.035	149.513
1988	103.221°E	30.960°N	阿坝州汶川县	115.316	141.414	182.008
1993	103.289°E	30.918°N	阿坝州理县	109.971	146.076	181.771
1998	103.294°E	31.178°N	阿坝州汶川县	108.168	117.216	159.085
2003	103.021°E	30.845°N	阿坝州汶川县	135.739	154.179	203.991
2008	103.113°E	30.861°N	阿坝州汶川县	125.774	152.403	197.018
2013	103.227°E	30.942°N	阿坝州汶川县	114.815	143.412	183.218
2018	103.139°E	30.830°N	阿坝州汶川县	123.337	155.844	198.176

(3) 标准差椭圆分析

使用 ArcGIS 软件对四川省自然保护区 1963—2018 年每隔 5 年的数据进行标准差椭圆分析,计算结果如表 4,ArcGIS 所得标准差椭圆图如图 3。根据图 3 和表 4 相关结果,分析得出如下结论:

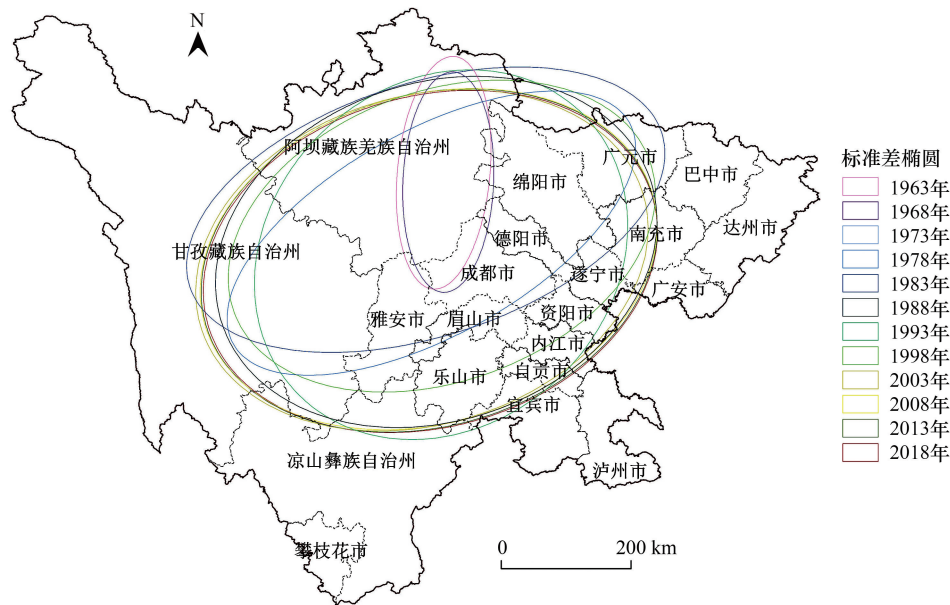


图 3 四川省自然保护区空间分布标准差椭圆

Fig.3 SDE's spatial distribution of nature reserves in Sichuan Province

①标准差椭圆的方向变化较大,其空间分布由南-北向演变为东北-西南向。1963—1973 年标准差椭圆的方向为南-北向,1978 年后方向发生明显变化,其方向演变为东北-西南向。其原因是 1978 年甘孜州新建 5 处

自然保护区,致使 1978 年的标准差椭圆的方向发生了明显变化。

②标准差椭圆面积总体呈大幅增长,其过程具有“先增大,后减小,再增大”的特点,自然保护区的空间分布特征由集中到分散。1973—1998 年期间标准差椭圆的面积先增大,后减小。1998 年后其面积再次缓慢增长并趋于稳定,直至 2013 年,标准差椭圆面积达到最大值。至此,四川省自然保护区的空间格局基本确立,各地区自然保护区发展趋向均衡。

③标准差椭圆长短轴变化强烈,在经历了方向发生变化的同时,长短轴的距离均呈现出“减小-增大-减小-增大”的周期性变化。其中,长轴距离数值最小的为 1973 年的 169.598 km,距离数值最大的为 1983 年的 333.205 km;短轴距离数值最小的为 1973 年的 59.402 km,距离数值最大的为 1988 年的 253.090 km。该过程在一定程度上反映了四川省不同时期生态建设的区域重点。如 1963—1973 年川西地区是生态建设重点;1973—1983 年甘孜地区为生态建设重点;1983—1993 年阿坝州、甘孜州依然是生态建设重点区域;1993—2008 年川东川南地区成为生态建设重点区域;2008—2018 年川南的宜宾和成都两个地区成为生态建设重点。

表 4 标准差椭圆计算结果

Table 4 Calculating result of Standard deviation ellipse

年份 Year	X 轴标准差/km X-axis standard deviation	Y 轴标准差/ km Y-axis standard deviation	椭圆面积/ km ² Elliptical area	偏转角/ (°) Deflection angle	圆率 Round rate
1963	60.560	179.320	34110.105	5.288	0.338
1968	60.560	179.320	34110.105	5.288	0.338
1973	59.402	169.598	31644.338	3.031	0.350
1978	147.552	314.794	145907.330	55.649	0.469
1983	190.147	333.205	199029.050	67.025	0.571
1988	253.090	306.497	243684.729	56.804	0.826
1993	236.445	292.984	217620.977	24.467	0.807
1998	216.763	300.172	204399.801	61.039	0.722
2003	247.953	311.692	242784.858	63.358	0.795
2008	247.845	314.694	245016.257	64.251	0.787
2013	250.218	313.729	246603.496	64.204	0.797
2018	250.098	311.970	245103.998	64.501	0.802

2 四川省自然保护区空间分布影响因素

根据上文分析,目前四川省自然保护区分布并不均衡,各地市、自治州之间自然保护区数量差异极大。为了探究其空间分布的影响因素,从自然保护区的内在特点和文献研究^[35—37]出发,从自然和社会经济两个方面 8 个指标展开分析。

2.1 自然因素对自然保护区空间分布的影响

自然保护区是以保护珍稀动植物资源、保留自然本底、保护生态系统为主要目的而划分出的区域。这种性质和特点决定了自然因素是其空间分布的主要因素。为了深入分析自然保护区与各自然因素之间的关系,本文选择可能对其产生影响的地形地貌、土壤、植被、水系等因素进行研究(图 4)。

(1) 地势高程影响分析

四川省西高东低、高差悬殊,不同高程所分布的自然保护区数量也不相同。根据“四川省主体功能区划”对高程的分级,将四川省按照高程分为 5 个等级,包括 $h < 500$ m(占比 12.12%), $500—1000$ m(占 19.39%), $1000—2000$ m(16.36%), $2000—3000$ m(23.64%), $3000—4500$ m(26.06%), $h > 4500$ m(2.43%)。基于对地形数据的分析可知,自然保护区在不同高程的区域中均有分布,但较倾向于地势平坦、高程适中的阿坝州南部与东部、甘孜州东部、凉山州北部以及成都市、绵阳市等区域(图 4)。

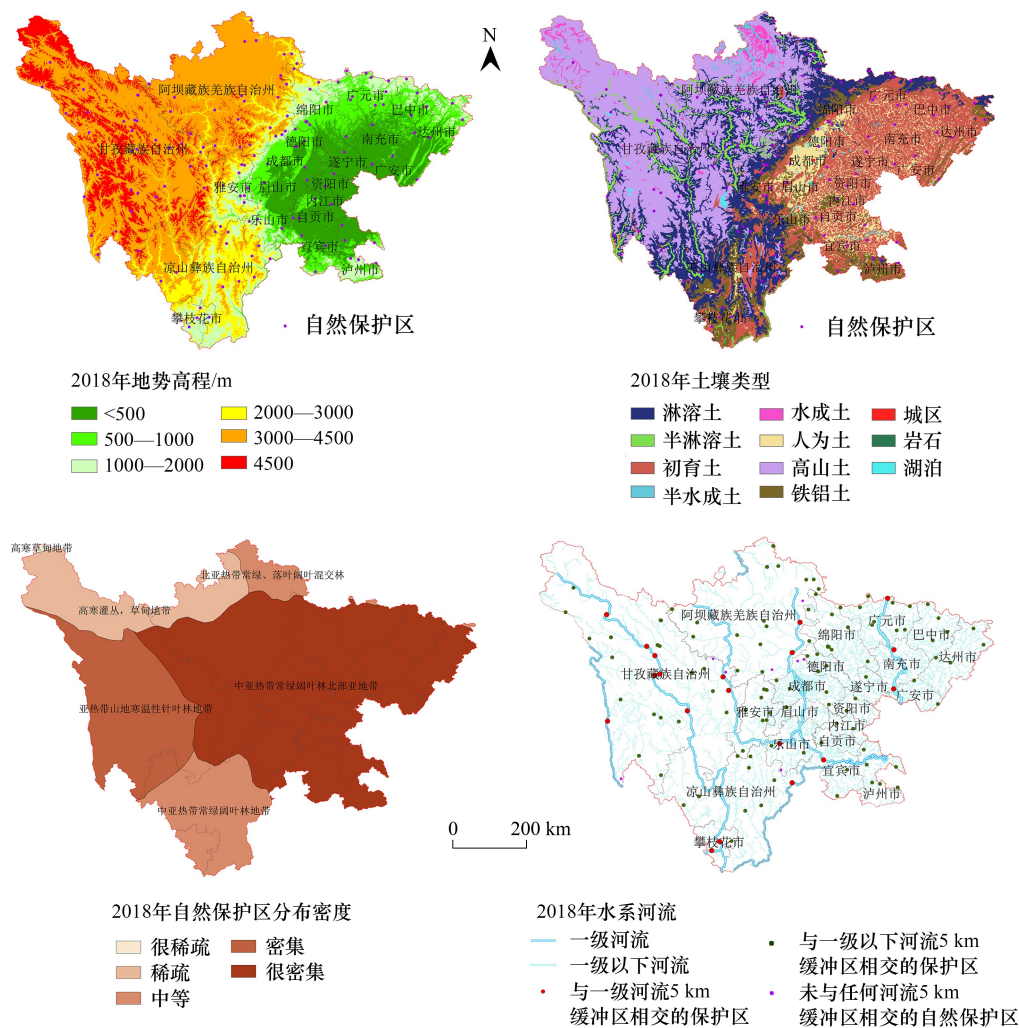


图4 不同自然因素条件下自然保护区分布或密度图

Fig.4 Distribution or density map of nature reserves under different natural factors

(2) 土壤类型影响分析

四川省地貌复杂,土壤类型多样。按照传统的“土壤发生分类”系统^[37],四川省土壤分为8个土纲,包括高山土、水成土、淋溶土、半淋溶土、半水成土、初育土、人为土、铁铝土。25个土类,63个亚类以及137个土属。通过空间叠加分析发现,自然保护区主要集中于淋溶土(25.46%)、半淋溶土(22.43%),部分集中于初育土(15.76%)、人为土(9.09%)、高山土(9.69%)、铁铝土(15.45%),少量分布于半水成土(1.21%)、水成土(1.21%)。其原因可能是以上土壤区更有力形成较好的生态环境,有利于生物生长发育,因此甘孜州、阿坝州、凉山州、广元市、绵阳市较适宜设立自然保护区。

(3) 水系河流影响分析

四川省内河流众多,绝大部分属长江水系。水系对自然保护区的分布有重大的影响作用。按水系等级将四川省水系河流分为一级河流与一级以下河流,将5 km作为缓冲距离,进行河流缓冲分析。通过ArcGIS的分析可发现:一级河流5 km以内的保护区数量占比13.86%,一级以下河流5 km以内的保护区数量占比74.09%,所有河流5 km以内的保护区数量占比高达87.95%。由此可见,四川省自然保护区的分布与河流发育有着密切的联系,因此河流富集的甘孜州、阿坝州、凉山州、绵阳市、雅安市、巴中市等设有较多的自然保护区。

(4) 植物区划影响分析

植物区划是区域气候、土壤分布等地理要素的综合反映。四川省植被区划分为高寒灌丛草甸地带、高寒草甸地带等 6 个地带。其中,自然保护区大多集中分布在中亚热带常绿阔叶林北部亚地带(65.45%),部分分布于亚热带山地寒温性针叶林地带(16.36%)、中亚热带常绿阔叶林地带(7.88%)、北亚热带常绿落叶阔叶混交林(7.27%),少量分布于高寒灌丛草甸地带(3.03%)。此种分布格局反映出中亚热带阔叶林区具有气候温和、空气湿润、降雨量充沛的特点,是生态环境优良的区域,有利于动植物生长发育,成为了生态功能较好的区域,也成为自然保护区建设的重点区域。

2.2 社会因素对自然保护区空间分布的影响

尽管自然因素是自然保护区空间分布的决定性因素,但社会经济条件也不可避免地对其产生一定的影响。为此,本文选择了地区 GDP、人口、城镇化率、自然科学领域投入资金率等社会经济因子,分析其对自然保护区可能产生的影响,通过 SPSS 软件分析两者的相关性。相关系数 $r>0$ 时,两者为正相关, $r<0$ 时,为负相关, $|r|$ 越接近 1,两者相关性越强;显著系数 α 的值越接近 0,显著性水平越高。计算结果如表 5。

表 5 社会因素与四川省自然保护区空间分布的相关系数表

Table 5 Correlation coefficient table between social factors and spatial distribution of nature reserves in Sichuan Province

影响因素 Influence factors	相关系数 Correlation coefficient	相关类型 Related types	显著系数 Significant coefficient	显著性水平 Significance level
GDP	-0.083	低度负相关	0.721	较不显著
人口 Population	-0.180	低度负相关	0.435	显著
城镇化率 Urbanization rate	-0.535	高度负相关	0.012	极为显著
自然科学领域投入资金率 Investment rate in Natural Science	0.435	中度正相关	0.049	极为显著

通过分析发现:(1)地区 GDP 与自然保护区的关联程度极低,影响程度较弱;(2)地区人口与自然保护区之间低度负相关,这说明人口稀少地区的自然保护区分布多于人口聚集的地区;(3)地区城镇化水平与自然保护区为高度负相关,其原因是城镇化提供非生态功能而自然保护区则提供生态功能。因此,城镇化会对自然保护区的建设产生较大的抑制效应;(4)地区自然科学领域投入资金率与自然保护区的相关类型为中度相关,自然科学领域投入资金率较高的地区其自然保护区分布高于自然科学领域投入资金率较低的地区,这与《中华人民共和国自然保护区条例》对自然保护区所需经费的规定是一致的。

2.3 自然与社会因素的交互作用

自然因素是自然保护区设立的基本条件,对自然保护区的空间分布具有决定性影响;社会因素对自然保护区的空间分布有一定的影响。在二者的交互作用下,自然保护区集中分布于地势适中、气候温和、河流交错、土壤良好、城镇化率低、人口稀少的地区,主要包括阿坝州南部与东部地区。

3 结论与建议

本文采用平均最近邻指数、基尼系数、重心分布轨迹、标准差椭圆研究了四川省自然保护区 1963—2018 年间的时空分布特征,并采用空间叠置和相关系数分析法试图从自然和社会两个角度揭示影响四川省自然保护区时空变化的因素,研究得出以下主要结论:

①从时间上看,1963—2018 年间四川省自然保护区空间分布的总体特征以集聚为主,呈现集聚-随机-集聚的变化特征,且前期变化幅度大,后期变化幅度小,但集聚程度逐渐减弱。由于自然保护区建设有一个过程,这种空间变化反映了该时期四川省生物保护的演变过程。四川省生物保护初期以大熊猫、扭角羚、绿尾虹雉、金丝猴等珍稀动物为主,在阿坝州、甘孜州、绵阳市等区域建立了系列野生动物类的大型自然保护区。后期开始了全面的生物多样性保护,初步完成了以秦巴生物多样性、川滇森林及生物多样性、若尔盖草原湿地、大小凉山水土生态功能区等为主体的生态安全格局建设。从图 2 可以看出,四川省自然保护区的发展明显分

为两个阶段,1963—1998 年的单核形成与发展阶段和 1998—2018 年双核阶段。

②从空间上看,四川省自然保护区的分布较不均衡,其分布主要集中在成都平原向川西高原的过渡区域,即阿坝州的东部和南部地区。从基尼系数计算结果可知:其历年数值均大于 0.5,说明四川省自然保护区的空间分布在很长时间内呈现出较不均衡的特征。从四川省自然保护区分布重心看,50 多年来其重心由阿坝州黑水县南移至阿坝州汶川县,重心活动区域相对稳定。从标准差椭圆的计算结果看,长短半轴和面积均变化强烈,总体呈现出大幅度的增长,空间分布由南-北向演变为东北-西南向。这说明四川省自然保护区设立的区域不断增加,范围在不断扩大,由最初的阿坝州、绵阳市等地区扩散至全省各市。这种空间分布不均衡在一定程度上反映出四川省生态保护的空间重点在阿坝州的东部和南部地区。这是否意味着在川西北、川东北和川南部分地区的生态功能建设尚需要进一步加强?

③从影响因素看,四川省自然保护区的空间分布受到自然因素和社会因素的双重影响。其中,自然保护区的设立与发展主要受到自然因素的影响,包括水系河流、植被区划、地势高程、土壤类型。这种影响应该是由自然保护区的性质和特点决定的。社会因素中的城镇化率对自然保护区空间分布有一定的抑制作用,其原因是城镇化与自然保护区追求的目标具有较大的相向性;自然科学领域投入资金率对自然保护区的发展有一定的促进作用,其原因是自然保护区的发展建设需要经费投入,自然保护区多的地方相应的自然科学领域投入资金率会增高。但是,自然科学领域投入资金率较高的地区未必自然保护区分布较多。

通过以上研究发现,四川省自然保护区 50 多年的发展取得了巨大的成就,其发展经历了濒危动植物保护,生物多样性保护,生态功能全面建设等几个阶段。这在一定程度上反映了我国生态文明建设理论和实践的不断完善。但由于存在保护与发展的矛盾,四川省的自然保护区建设仍然存在“点”上的保护问题和“面”上的布局问题。因此,本文对未来四川省自然保护区和生态功能建设提出如下建议:

(1)基于四川省自然保护区集聚程度不断减弱和空间分布仍不均衡的状况,从国家公园、自然保护区和自然公园的特点出发,优化四川省自然保护地体系布局。在四川省主体功能区划的框架下,分析全省的国家公园、自然保护区和自然公园的分布状况及相互转化条件,优化其空间布局,最大限度地发挥自然保护地的生态功能。如可在自然保护区分布较少的川西北、川东北和川南部分地区设立更多的自然公园,以加强其生态功能建设。

(2)在四川省生态文明建设初有成效的前提下,开展对自然保护区发展模式的探讨。在不断加大生态补偿力度的同时,尝试在自然保护区的实验区乃至外围区域实施乡村旅游、生态旅游发展模式。在加强生态文明建设的同时,实现自然保护区对周边区域发展的带动作用,促进乡村振兴,促进民族地区振兴,实现生态、经济和社会效益的统一。

此外,本研究尚存在一定的不足,如自然因素和社会因素对自然保护区分布的影响研究缺乏深层探究,以每 5 年为时间单元可能会损失了部分自然保护区变化剧烈的年限,降低对自然保护区时空分布研究的准确度。

参考文献 (References):

- [1] 刘芸芸,王永光,柯宗建. 2020 年夏季我国气候异常特征及成因分析. 气象, 2021, 47(1): 117-126.
- [2] 白夜,武英达,贾宜松,王博. 2019—2020 年澳大利亚气候异常与山火爆发的关系分析及应对策略. 中国应急救援, 2020(2): 23-27.
- [3] 高吉喜,刘晓曼,周大庆,马克平,吴琼,李广宇. 中国自然保护地整合优化关键问题. 生物多样性, 2021, 29(3): 290-294.
- [4] 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.
- [5] 刘晓曼,付卓,闻瑞红,靳川平,王雪峰,王超,肖如林,侯鹏. 中国国家级自然保护区人类活动及变化特征. 地理研究, 2020, 39(10): 2391-2402.
- [6] 白泚露,李艳红,郑维超,陈万里,谌利民,黎大勇,胡杰. 唐家河国家级自然保护区川金丝猴生境适宜性评价. 生态学报, 2021, 41(11): 4460-4468.
- [7] 赵琬婧. 黑龙江三江自然保护区成功繁殖白尾海雕. 湿地科学与管理, 2021, 17(2): 81.

- [8] 韦华,何晓安,杨建. 四川卧龙国家级自然保护区的鸟类多样性. 四川动物, 2021, 40(4): 451-468.
- [9] 赵湘江,杨兰. 高原湖泊湿地生态保护对策:以贵州草海国家级自然保护区为例. 湿地科学与管理, 2021, 17(2): 71-73.
- [10] 智尹,张育庆,王垚. 自然保护区生态承载力时空分异研究——以大连金石滩为例. 生态学报, 2021, 41(12): 4676-4684.
- [11] 王垚. 自然保护区生态承载力时序变化及驱动因素分析. 国土与自然资源研究, 2019(6): 58-59.
- [12] 陈保禄,沈丹凤,禹莎,洪莹,简单,干靓. 德国自然保护区立法体系述评及其对中国的启示. 国际城市规划, 2022, 37(1): 85-92.
- [13] 徐缘. 我国自然保护区体系构建法律问题研究. 河北环境工程学院学报, 31(6): 1-5.
- [14] 高吉喜,刘晓曼,周大庆,马克平,吴琼,李广宇. 中国自然保护区整合优化关键问题. 生物多样性, 2021, 29(3): 290-294.
- [15] 赵晶博,王辉,张英楠,王东娜. 吉林省白城地区自然保护区整合优化方法探究. 农业与技术, 2021, 41(9): 94-96.
- [16] 冯达,胡理乐,陈建成. 北京市自然保护区空间分布格局与交叉重叠特征. 生态学杂志, 2020, 39(10): 3421-3429.
- [17] 樊涵,杨朝辉,王丞,毕兴,张明明. 贵州省自然保护区时空演变特征及影响因素. 应用生态学报, 2021, 32(3): 1005-1014.
- [18] 王成武,张旭,汪宙峰,靳鑫,洪星. 四川省生态功能类自然保护区的时空演变特征. 西南石油大学学报: 社会科学版, 2021, 23(2): 36-43.
- [19] 李理,赵芳,朱连奇,何莎莎,叶露培. 淇河流域生态系统服务权衡及空间分异机制的地理探测. 生态学报, 2021, 41(19): 7568-7578.
- [20] 赖承义,左舒翟,任引. 不同生态修复措施和环境因素对亚热带红壤区针叶纯林坡面水土保持功能的影响. 生态学报, 2021, 41(12): 4913-4922.
- [21] 王芳,季健,秦海鸥,王龙梅. 技术创新对环境污染影响的空间分析——基于研发投入视角. 生态经济, 2021, 37(7): 196-205.
- [22] 李博闻,黄正东,蒯希,于溪. 基于空间公平理论的公共交通服务评价——以深圳市为例. 地理科学进展, 2021, 40(6): 958-966.
- [23] 周紫燕,汪小钦,丁哲,陈芸芝,汪传建. 新疆生态质量变化趋势遥感分析. 生态学报, 2020, 40(9): 2907-2919.
- [24] 刘光旭,王小军,相爱存,王雪然,王炳香,肖书妹. 赣江中上游地区土地利用变化空间分异与驱动因素. 应用生态学报, 2021, 32(7): 2545-2554.
- [25] 丁亚鹏,张俊华,刘玉寒,卢翠玲,王烁骞,秦静婷,丁圣彦. 基于 GWR 模型的伊河流域土壤有机碳空间分布特征及影响因素分析. 生态学报, 2021, 41(12): 4876-4885.
- [26] 陈晓辉,曾晓莹,赵超超,邱荣祖,张兰怡,侯秀英,胡喜生. 基于遥感生态指数的道路网络生态效应分析——以福州市为例. 生态学报, 2021, 41(12): 4732-4745.
- [27] 肖林,胡玲,戴柳燕,李红. 农村“空心房”整治复垦类型特征及其影响因素——以汨罗市为例. 经济地理, 2021, 41(1): 173-180.
- [28] 吴健生,门·新纳,梁景天,赵宇豪. 基于基尼系数的生态系统服务供需均衡研究——以广东省为例. 生态学报, 2020, 40(19): 6812-6820.
- [29] 蒋海兵,李业锦. 京津冀地区制造业空间格局演化及其驱动因素. 地理科学进展, 2021, 40(5): 721-735.
- [30] 唐芳,李阳兵,王权,刘秀明,王世杰. 岩溶槽谷区农村居民点的时空分布特征及其驱动机制. 自然资源学报, 2021, 36(4): 978-992.
- [31] 刘敏,郝炜,张芙蓉. 山西省 A 级景区空间分布与影响因素. 经济地理, 2020, 40(8): 231-240.
- [32] 安德帅,徐丹丹,濮毅涵,王浩斌,刘艳清,朱建琴. 2000—2019 年武夷山亚高山草甸对气候因子的响应及其时滞效应. 应用生态学报, 2021, 32(12): 4195-4202.
- [33] 林薇,赵荷,郝怡雯,朱宗萍,饶雅舒,赵海亮,韩国鑫,赵萱,廖婉. 基于 Copula 函数研究柴胡-白芍药对在治疗“肝郁血虚”方剂中的剂量相关性. 中草药, 2021, 52(13): 4007-4013.
- [34] 王雨燕,杨文,王秀艳,王帅,白瑾丰,程颖. 淄博市城郊臭氧污染特征及影响因素分析. 环境科学, 2022, 43(1): 170-179.
- [35] 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.
- [36] 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.
- [37] 张维理,徐爱国,张认连,冀宏杰. 土壤分类研究回顾与中国土壤分类系统的修编. 中国农业科学, 2014, 47(16): 3214-3230.