

DOI: 10.5846/stxb202011042818

栗忠飞, 刘海江. 2011 和 2019 年生物多样性维护型国家重点生态功能区状态及变化评估. 生态学报, 2021, 41(15): 5909-5918.

Li Z F, Liu H J. An assessment on the change of national key ecological functional zones of biodiversity maintenance in 2011 and 2019. Acta Ecologica Sinica, 2021, 41(15): 5909-5918.

2011 和 2019 年生物多样性维护型国家重点生态功能区状态及变化评估

栗忠飞¹, 刘海江^{2,*}

¹ 西南林业大学生态与环境学院, 昆明 650224

² 中国环境监测总站, 北京 100012

摘要: 适时掌握国家生物多样性维护型重点生态功能区的生境质量状况及其变化特征, 是国家生物多样性保护战略规划及措施实施的重要科学依据。针对生物多样性维护型国家重点生态功能区, 重点考虑生态系统结构与功能、人类活动的生态胁迫、人类社会响应 3 方面影响因素, 构建生物多样性综合评估指标体系, 评估了生物多样性维护型国家重点生态功能区 2011 和 2019 年的状况及变化。结果表明: (1) 从 2011 到 2019 年, 生物多样性维护国家重点生态功能区内人口以迁出为主, 但路网密度显著上升, 人类干扰指数和生态空间破碎度仍然呈增加趋势; (2) 2011 和 2019 年, 各生物多样性维护型生态功能区综合评估指数 BDI 总体上均维持在 0.4 以上, 生境质量总体上处于中、良等级范围内; (3) 从 2011 年到 2019 年, 各生态功能区 BDI 值平均从 0.582 上升到了 0.606, 中、良等级的功能区占比从 61.5% 提升到了 76.9%; (4) 从 2011 年到 2019 年, 有 2 个生态功能区的 BDI 值出现下降, 占比 15.4%。近十多年来, 生物多样性维护型国家重点生态功能区总体上呈现持续向好的变化趋势, 但人口密度、路网建设、生态空间破碎度等因素, 仍然是今后一定时期内国家生物多样性保护面临的关键压力, 而加大保护区面积并严格控制, 是缓解压力的有效途径。

关键词: 国家重点生态功能区; 生物多样性; 综合评估; 状态和变化

An assessment on the change of national key ecological functional zones of biodiversity maintenance in 2011 and 2019

LI Zhongfei¹, LIU Haijiang^{2,*}

¹ Ecology and Environment College, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China

² China National Environmental Monitoring Centre, Beijing 100012, China

Abstract: Timely evaluation of habitat quality on national key ecological function zones for biodiversity conservation is an important scientific basis for the strategic planning and implementation measures of national biodiversity conservation. In this study, three factors including structure and function of ecosystem, ecological stress from social activities and response of human, were given priority consideration in the process of constructing a comprehensive index system of biodiversity assessment combining with previous research and pressure-state-response (PSR) framework model. Also, all indicators were processed by using weighted processing and normalization method and the comprehensive evaluation method of regional biodiversity were constructed based on remote sensing and GIS technology. Finally, the habitat quality status were assessed on the national key ecological function zones of biodiversity maintenance in 2011 and 2019. The results show that: (1) The population emigration generally occupy the dominant position in the national key ecological function zones of biodiversity

基金项目: 国家重点研发计划 (2016YFC0500205)

收稿日期: 2020-11-04; 网络出版日期: 2021-05-20

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: liuhj@cncem.cn

maintenance from 2011 to 2019, but road net density has increased significantly. The human interference index and the fragmentation degree of ecological space increases accordingly. (2) The comprehensive index of biological diversity assessment (BDI) in all ecological function zones generally were maintained at above 0.4, and ecological environment quality status were in mid and good grade in 2011 and 2019. (3) The average BDI value of ecological function zones increased from 0.582 to 0.606, and the proportion of ecological function zones in the mid and good grade increased from 61.5% to 76.9% from 2011 to 2019. (4) The BDI value of two ecological function zones has decreased, occupied 15.4% from 2011 to 2019. In the last ten years, the habit qualities in the national key ecological function zones of biodiversity maintenance generally presents a trend toward better change. But controlling density of population, road network construction and ecological space fragmentation, and the construction of protection pattern based on the new territorial space planning, still are the key issues of biological diversity protection within a certain period. But population density, is critical pressures to biodiversity protection during future period of time, and increasing the area of nature reserve and strictly controlling is an effective pathway to relieve the stress. This evaluation method and index system had the characteristics of strong timeliness, simple operation and high efficiency, which could better reflect the actual status and change characteristics of biodiversity in the national key ecological function zones of biodiversity maintenance, and could be applied to regional scale biodiversity monitoring and evaluation.

Key Words: national key ecological function zones; biological diversity; comprehensive assessment; statues and change

国家重点生态功能区包括水源涵养、水土保持、防风固沙和生物多样性维护等 4 种类型, 占国土面积的比例已经达到了当前的 53%^[1], 其中, 生物多样性维护功能区达到 13 个。重点生态功能区是国家构建生态安全、打造绿色生态空间的重要生态屏障体系, 其生境质量变化是中央财政转移支付资金拨付的重要依据^[2]。

当前, 面向重点生态功能区已经开展的众多研究, 主要集中在 3 个方面: (1) 转移支付、生态效益补偿及产业发展等领域^[3-6]; (2) 生态功能区的生态系统服务、生态安全评估等领域^[7-11]; (3) 生态功能区生态环境质量状况、变化等领域的评估研究, 但评估时段主要是 2010 年及以前至 2015 年前后, 诸如集中在防风固沙区^[5, 8, 12-14]、水土保持区^[9, 15]、水源涵养区^[16-17], 以及包括了各类型功能区的综合评估研究^[5, 11, 18-21]。为数不多的面向生物多样性维护功能区的相关研究, 同样也是针对上述时段内的变化评估^[19, 22-23]。由此可见, 在国家财政转移支付政策实施十多年后的今天, 亟待全面、实时的了解生物多样性维护型重点生态功能区的当前状况, 以及其生物多样性维护生态功能的变化特征, 面向生物多样性维护生态功能区的评估研究显得尤为迫切而重要。

当前, 生物多样性持续减退已经成为气候变化后的另一个对人类构成严重威胁的全球环境问题^[24-25], 由此推动的生物多样性评估研究成为生物多样性保护的关键科学问题而受到高度重视。然而, 综合的生物多样性评估重视环境变化的影响, 尤其是人类活动产生的压力^[26], 其评估指标体系的构建尤为复杂而关键。国际上, CBD 制定了 7 个领域、22 个指标框架, 涉及社会、经济已经生物多样性组分等内容, 并尤其强调了胁迫因素和响应措施^[27]。2015 年, 国家环境保护部发布了《生态环境状况评价技术规范》(HJ/T192—2015), 提供了较为系统、全面的生物多样性维护生态功能区评估指标体系^[28]。此后, 研究人员以此指标体系为基础, 开展了一系列面向生物多样性维护型国家重点生态功能区的相关评估研究^[19, 23, 29-30]。

基于上述研究现状, 本文面向全国 13 个生物多样性维护型重点生态功能区, 以国家县域财政转移支付政策实施起始阶段的 2011 年为基准年份, 以 2019 年作为代表当前状况年份, 参照相关行业部门标准以及相关研究成果, 构建综合评估指标体系, 对各区域生物多样性维护生态功能状况进行综合评估, 以期为生物多样性维护国家重点生态功能区的保护措施及财政转移支付决策等提供及时的科学支撑。

1 研究区域及研究方法

1.1 研究区域

研究区为当前国家发布的 13 个生物多样性维护型重点生态功能区,共涉及 183 个县区(图 1),广泛分布于全国各个区域,气候、生态系统类型以及社会环境条件等复杂多样。

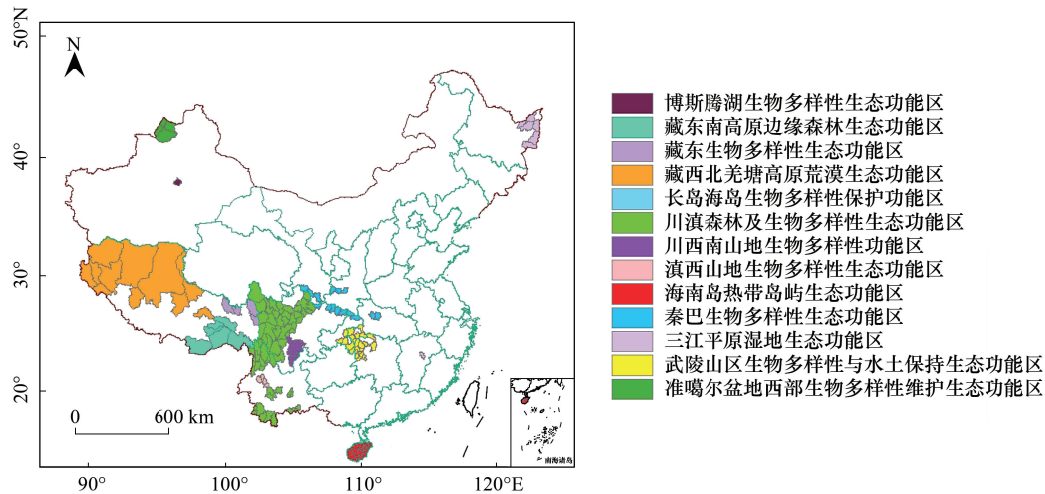


图 1 生物多样性维护型国家重点生态功能区分布图

Fig.1 Distribution map of national key ecological function zones of biodiversity maintenance

1.2 研究方法

1.2.1 生物多样性评估指标体系的构建及赋权

理想的评估指标应涵盖生物多样性各个层次及所有属性特征,但实际研究中受到多种因素的限制,只能筛选若干具代表性和可操作性的关键指标^[27,31-32]。本研究基于《生态环境状况评价技术规范》(HJ/T192—2015)中的生物多样性评估指标体系,结合“十三五”国家重点生态功能区县域生态环境质量监测评价与考核指标^[2],参考重点生态功能区生物多样性评估相关研究进展^[10,33-34],同时考虑全国尺度上数据的可获得性等问题,以及重点生态功能区保护与开发的突出矛盾问题^[35],从外界压力对生态系统的影响,以及生物多样性对生态系统本身状态的响应入手,运用频度统计法和专家咨询法^[22,36],重点考虑生态胁迫因素、生态系统结构与功能因素、人类社会响应因素 3 个层面选取评估指标。

生态胁迫因素选取人口密度、路网密度、人类干扰指数、GDP 年增长率和生态空间破碎度指数作为指标;生态结构与功能因素选取生境质量指数、生物丰度指数、林地、草地覆盖度、水域湿地面积比等指数;人类社会响应因素选取受保护区面积比指数,2011 年为各区域内各类自然保护地总面积比,2019 年为各区域内生态保护红线区域总面积比(表 1)。指标的赋权,一方面参照《生态环境状况评价技术规范(HJ192—2015)》,另一方面邀请生物多样性保护、生态环境监测、生态系统服务等领域的专家学者,进行专家咨询赋权,最终获得评估指标体系的权重(表 1)。

1.2.2 指标的标准化及生物多样性综合评估指数的计算

采用极差标准化法对数据进行标准化处理,标准化后的指标标准值处于 0—1 之间^[36]。

生物多样性维护型生态功能区综合评估指数(以下简称生物多样性指数,BDI)的计算公式如下:

$$BDI = \sum W_i I_i$$

式中, W_i 表示指标 i 的权重值, I_i 表示第 i 种指标的标准化值。

表 1 生物多样性维护型国家重点生态功能区评估指标体系

Table 1 Evaluation index system for national key ecological function zones of biodiversity maintenance

目标层 Target layer	指标 Index	指标计算 Index calculation	权重 Weight	指标属性 Index attribute
生物多样性维护生态功能值 Biodiversity comprehensive assessment index (BDI)	人口密度	区域总人口/区域土地总面积	0.04	负
	路网密度	区域内路网总里程(铁路+公路)/区域总面积	0.08	负
	人类干扰指数/%	(耕地+建设用地面积)/土地总面积	0.12	负
	GDP 年增长率/%	(当年 GDP/前一年 GDP)-1	0.04	负
	生态空间破碎度指数	区域斑块数量/景观面积	0.12	负
	生境质量指数	采用《生态环境状况评价技术规范 (HJ192—2015)》中的生境质量指数计算方法	0.25	正
	林地覆盖率	林地面积/土地总面积	0.06	正
	草地覆盖率	草地面积/土地总面积	0.06	正
	水域湿地面积比	水域湿地面积/土地总面积	0.06	正
	受保护区域面积比	区域内自然保护区、风景名胜区、森林公园、 生态保护红线等受到严格保护的面积之和/ 区域总面积	0.17	正

1.2.3 BDI 分级

参照文献^[22,37]以及《生态环境状况评价技术规范(HJ192—2015)》等,将 BDI 的值划分为优、良、中、差、劣 5 个等级:

(1) 优: $0.8 < BDI < 1$, 生态环境质量优, 生态系统结构和功能稳定, 具高的抵抗力和恢复力, 生境能提供较高水平的物种容纳量, 生物多样性维护生态功能显著;

(2) 良: $0.6 < BDI < 0.8$, 生态环境质量良, 生态系统结构和功能基本稳定, 具较好的恢复力, 生境适宜物种的生存, 生物多样性维护生态功能良好;

(3) 中: $0.5 < BDI < 0.6$, 生境质量中等, 生态系统结构和功能波动不稳定, 生境存在一定破坏, 但仍具有一定的恢复力, 物种基本仍能勉强生存, 生物多样性维护生态功能一般;

(4) 差: $0.3 < BDI < 0.5$, 生境质量较差, 生态系统结构和功能退化, 生境遭受明显破坏, 基本不具备自行恢复的能力, 生境破碎度较高, 难以适宜物种长期生存, 生物多样性维护生态功能态势严峻;

(5) 劣: $0 < BDI < 0.3$, 生境质量恶劣, 生态系统结构和功能严重受损, 生境遭受全面破坏, 不具备提供物种共存的生境, 基本不具备生物多样性维护的生态功能。

2 数据来源

主要包括上述指标体系涉及的数据:(1)2011 和 2019 年县域人口和 GDP 年增长率数据来源于《中国县域统计年鉴》(<https://cyfd.cnki.com.cn>);(2)2011 和 2019 年土地覆被数据(Landsat TM/ETM, 空间分辨率 30 m)由中国环境监测总站提供;(3)生物多样性维护型国家重点生态功能区数据利用 1:100 万全国县域数据和《国家重点生态功能区名录》生成;(4)路网密度、人类干扰指数、生态空间破碎度指数、生境质量、林地覆盖率、草地覆盖率和水域湿地面积比数据由上述土地覆被数据提取获得;(5)2011 及 2019 年受保护区域面积比数据由中国环境监测总站及相关行业主管部门获得。

3 研究结果

3.1 2011 和 2019 年各功能区指标的变化特征

人口密度、路网密度、人类干扰指数、GDP 年增长率、生态空间破碎度指数为负向指标(表 1、表 2)。

表 2 显示,2011 和 2019 年各生态功能区人口密度最高的为长岛海岛功能区,其标准值得分最低,最低为藏东南高原边缘森林生态功能区。10 年间,藏东、川西南山地、滇西山地和武陵山区等功能区人口密度出现不同程度的上升,而长岛海岛、秦巴、三江平原湿地、准格尔等功能区呈现下降,其它生态功能区基本保持不变。

表 2 2011 和 2019 年生物多样性维护型国家重点生态功能区负向指标标准化值

Table 2 Standardized values of the negative indicators of national key ecological function zones of biodiversity maintenance in 2011 and 2019													
生物多样性维护型生态功能区 Ecological function zones of biodiversity maintenance				人口密度 Density of population		路网密度 Density of road network		人类干扰指数 Human interference index		GDP 年增长率 Annual growth rate of GDP		生态空间破碎度指数 Index of ecological fragmentation degree	
				年份 Year									
				2011	2019	2011	2019	2011	2019	2011	2019	2011	2019
博斯腾湖生物多样性生态功能区 Bosten lake region				0.990	0.990	0.998	0.995	0.850	0.814	0.722	0.934	0.995	0.979
藏东南高原边缘森林生态功能区 Forest region on the edge of southeast Tibet				1	1	1	0.997	0.986	0.980	0.876	0.910	1	0.950
藏东生物多样性生态功能区 East Tibet region				0.988	0.984	0.995	0.978	0.957	0.966	0.817	0.922	0.923	0.931
藏西北羌塘高原荒漠生态功能区 Desertification region in Qiangtang Plateau in Northwest Tibet				0.998	0.998	0.996	0.982	1	1	0.875	1	0.968	0.976
长岛海岛生物多样性保护功能区 Island region in Changdao				0	0.057	0.918	0	0.259	0.229	0.985	0.966	0.296	0.070
川滇森林及生物多样性生态功能区 Forest and biodiversity region in Sichuan and Yunnan province				0.979	0.979	0.997	0.981	0.889	0.888	0.425	0.904	0.776	0.774
川西南山地生物多样性功能区 Mountain region in southwest Sichuan province				0.936	0.925	0.996	0.962	0.769	0.770	0.846	0.854	0.675	0.67
滇西山地生物多样性生态功能区 Mountain region in west Yunnan province				0.933	0.932	0.990	0.964	0.478	0.476	0	0.936	0	0.008
海南岛热带岛屿生态功能区 Tropical island region in Hainan Island				0.860	0.860	0.977	0.910	0.376	0.370	0.816	0.906	0.670	0.656
秦巴生物多样性生态功能区 Qinba region				0.830	0.834	0.992	0.936	0.645	0.647	0.772	0.943	0.707	0.712
三江平原湿地生态功能区 Wetland region in Sanjiang Plain				0.977	0.979	0.993	0.976	0.022	0	0.843	0.985	0.971	0.950
武陵山区生物多样性与水土保持生态功能区 Biodiversity and soil conservation region in Wuling Mountains				0.872	0.870	0.997	0.960	0.606	0.589	0.797	0.970	0.824	0.632
博斯腾湖生物多样性生态功能区 Bosten lake region				0.992	0.993	0.999	0.991	0.813	0.777	0.435	0.955	0.966	0.934

路网密度指标上,长岛海岛最高,藏东南高原边缘、博斯腾湖、川滇森林、准格尔盆地西部等功能区均相对较低。2011—2019 年,所有功能区的路网密度都呈显著增加特征,增加最显著的依次为长岛海岛、海南岛热带岛屿、秦巴、三江平原湿地、武陵山区、川西、滇西等功能区(表 2)。

人类干扰指数上,2011—2019 年,藏东和秦巴功能区呈下降特征,其它的多数呈现加强特征,尤其是博斯腾湖、长岛海岛、准格尔盆地西部、三江平原湿地等功能区。此外,三江平原湿地功能区的人类干扰指数最大,藏西北羌塘高原荒漠生态功能区最小(表 2)。

GDP 年增长率方面,仅长岛海岛生态功能区 2019 年 GDP 增长率高于 2011 年,其他功能区 GDP 年增长率均呈现下降特征,较为显著的有川滇森林、准格尔盆地西部、博斯腾湖等区域(表 2)。此外,GDP 年增长率最低的为长岛海岛区域,最高的 2011 年为滇西山地、准格尔盆地西部、川滇森林等区域,2019 年为川西南山

地生态功能区(表2)。

生态空间破碎度指数上,从2011年到2019年,藏东、藏西北羌塘高原、滇西山地、秦巴等功能区均呈微弱下降特征,景观斑块密度下降,而长岛海岛、武陵山区、博斯腾湖、三江平原、武陵山区、准格尔盆地西部等区均有明显的增加趋势(表2)。生态空间破碎度指数尤其以长岛海岛、滇西山地、海南岛热带岛屿、秦巴等区域为最高(表2)。

生境质量指数、林地覆盖率、草地覆盖率、水域湿地面积比、受保护区域面积比为正向指标(表1、表3)。

表3显示,从2011年到2019年,藏东、海南岛热带岛屿、武陵山区、准格尔盆地西部、博斯腾湖、三江平原等功能区生境质量下降,而藏东南、藏西北羌塘高原荒漠、长岛海岛功能区微弱上升。秦巴功能区是生境质量指数最高的区域,其次为藏东南高原边缘、川西南山地、武陵山区、川滇森林等区域,最低的分别为博斯腾湖、藏西北羌塘高原荒漠、三江平原、准格尔盆地西部功能区(表3)。

表3 2011年和2019年生物多样性维护型国家重点生态功能正向评估指标标准化值

Table 3 Standardized values of the positive indicators of national key ecological function zones of biodiversity maintenance in 2011 and 2019

生物多样性维护型生态功能区 Ecological function zones of biodiversity maintenance	生境质量指数 Habitat quality index		林地覆盖率 Forest coverage		草地覆盖率 Grassland coverage		水域湿地面积比 Ratio of waters and wetland areas		受保护区面积比 Ratio of protected areas	
	年份 Year									
	2011	2019	2011	2019	2011	2019	2011	2019	2011	2019
博斯腾湖生物多样性生态功能区 Bosten lake region	0.030	0	0.002	0	0.176	0.169	1	0.931	0	0.448
藏东南高原边缘森林生态功能区 Forest region on the edge of southeast Tibet	0.904	0.929	0.906	0.859	0.214	0.314	0.136	0.164	0.240	0.504
藏东生物多样性生态功能区 East Tibet region	0.715	0.589	0.596	0.311	0.613	0.988	0.006	0.001	0.103	0.125
藏西北羌塘高原荒漠生态功能区 Desertification region in Qiangtang Plateau in Northwest Tibet	0.200	0.297	0.047	0.020	0.776	1	0.357	0.274	0.440	0.595
长岛海岛生物多样性保护功能区 Island region in Changdao	0.406	0.469	0.445	0.613	0.287	0.048	0.054	0.100	0.936	0.883
川滇森林及生物多样性生态功能区 Forest and biodiversity region in Sichuan and Yunnan province	0.909	0.908	0.832	0.832	0.347	0.346	0.082	0.081	0.317	0.579
川西南山地生物多样性功能区 Mountain region in southwest Sichuan province	0.941	0.941	0.819	0.819	0.367	0.367	0.056	0.058	0.159	0.343
滇西山地生物多样性生态功能区 Mountain region in west Yunnan province	0.873	0.872	0.907	0.905	0	0.001	0.019	0.019	0.078	0.264
海南岛热带岛屿生态功能区 Tropical island region in Hainan Island	0.771	0.762	0.777	0.771	0.007	0.009	0.123	0.121	0.169	0.280
秦巴生物多样性生态功能区 Qinba region	1	1	0.993	0.993	0.078	0.080	0.027	0.025	0.788	1
三江平原湿地生态功能区 Wetland region in Sanjiang Plain	0.258	0.253	0.282	0.276	0.073	0.068	0.148	0.148	0.233	0.270
武陵山区生物多样性与水土保持生态 功能区 Biodiversity and soil conservation region in Wuling Mountains	0.983	0.978	0.991	1	0.044	0.017	0.025	0.024	0.192	0.427
准噶尔盆地西部生物多样性维护生态 功能区 Western Junggar Basin region	0.231	0.205	0.072	0.049	0.899	0.887	0	0.011	0.031	0.156

林地覆盖率方面,从2011到2019年,藏东南、藏东、藏西北羌塘高原功能区显著下降,但草地覆盖率显著

上升(表 3),长岛海岛的林地覆盖率明显增加,但草地覆盖率显著下降了(表 3)。此外,藏东南水域湿地面积有明显的增加,但仍处于所有功能区中的最低水平(表 3)。

受保护区域面积比方面,除长岛海岛功能区外,其它功能区均出现较大幅度的增加(表 3)。此外,从 2011 年到 2019 年,博斯腾湖、武陵山区等受保护区域面积比增加最为显著(表 3)。

3.2 2011 年生物多样性维护型国家重点生态功能区 BDI 值

图 2 显示,2011 年,13 个生物多样性维护型国家重点生态功能区的 BDI 值处于 0.406—0.756 范围,平均值为 0.582,总体位于中等级以上。各生态功能区 BDI 值均分布差、中、良等级之中,其中 5 个功能区处于差等级,占比 38.5%,依次分别为三江平原湿地、博斯腾湖、滇西山、准噶尔盆地西部和长岛海岛功能区;2 个处于中等级,分别为海南岛热带岛屿和藏西北羌塘高原功能区;6 个处于良等级,占比 46.2%,分别为秦巴、藏东南高原边缘森林、川滇森林、川西南山地、武陵山区、藏东功能区,且秦巴和藏东南功能区均达到了 0.7 以上。各功能区的 BDI 均未达到优等级。

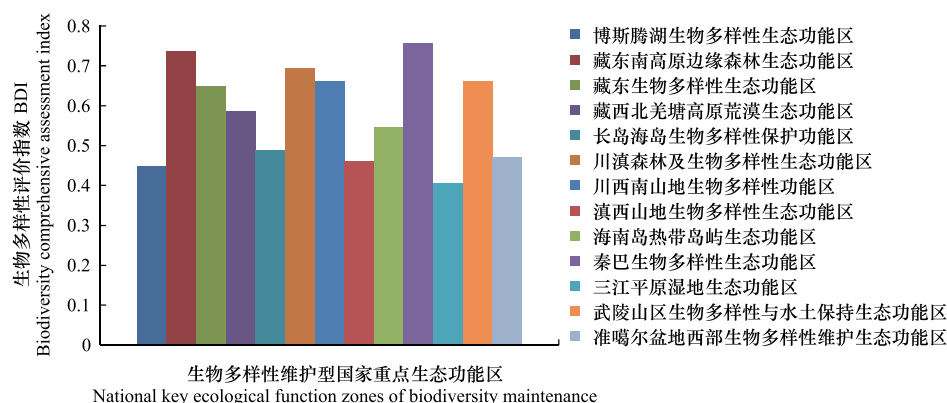


图 2 2011 年生物多样性维护型国家重点生态功能区 BDI 值

Fig.2 The value of biodiversity comprehensive assessment index of each ecological function zone in 2011

3.3 2019 年各生物多样性维护型国家重点生态功能区 BDI 值

图 3 显示,2019 年各功能区 BDI 值范围为 0.390—0.795,平均值达到 0.606,跨入良等级。2019 年,各生态功能区 BDI 值同样分布于差、中、良等级之中,其中仍有 3 个功能区处于差等级,占比 23.1%。依次分别为长岛海岛、三江平原湿地和准噶尔盆地西部功能区,比 2011 年减少了 2 个;3 个处于中等级,分别为海南岛热带岛屿、滇西山、博斯腾湖生态功能区;7 个功能区处于良等级,占比 53.8%,分别为秦巴、藏东南高原边缘森林、川滇森林、川西南山地、武陵山区、藏西北羌塘高原、藏东等功能区,比 2011 年增加了 1 个。

3.4 2011 到 2019 年各功能区 BDI 变化趋势

图 4 显示,从 2011 年到 2019 年,13 个生物多样性维护型国家重点生态功能区 BDI 值,总体上呈现增加趋势,其平均值从 0.582 增加到了 0.606,从中等级提升到了良等级。其中,BDI 呈上升趋势的有 11 个功能区,占比 84.6%。BDI 值上升幅度最大的依次为滇西山、博斯腾湖、藏西北羌塘高原、川滇森林等功能区,分别上升了 14.75%、14.73%、10.56%、8.95%,上升幅度最小的是三江平原、海南岛热带岛屿和武陵山区生态功能区,分别为 0.99%、2.19%和 2.42%(图 4)。博斯腾湖和滇西山 2 个功能区实现了等级跨越,从差等级提升到了良等级,而川滇森林区从中等级提升到了良等级(图 4)。此外,长岛海岛和藏东功能区呈下降特征,分别下降了 20.08%和 2.78%(图 4)。

4 讨论

4.1 指标间关联性特征及其对生态功能的影响

压力-状态-响应(PSR)模型引入因果关系,能直观地反映生物多样性压力、状态和及其响应的关系链,受

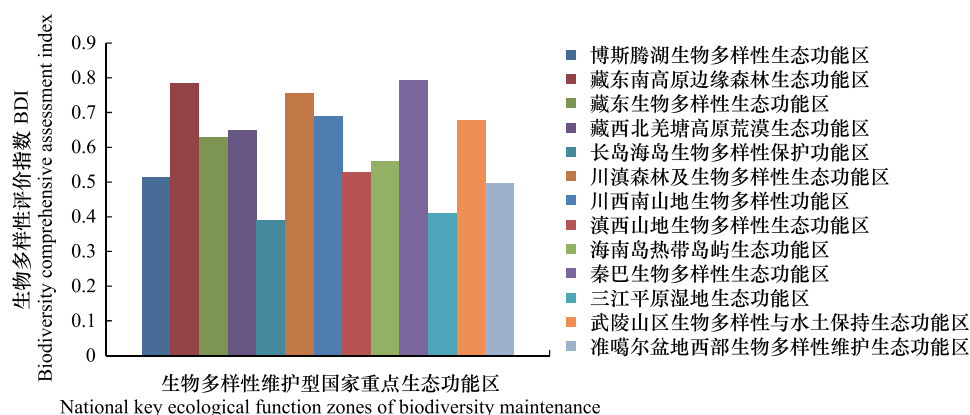


图3 2019年生物多样性维护型国家重点生态功能区 BDI 值

Fig.3 The value of biodiversity comprehensive assessment index of each ecological function zone in 2019

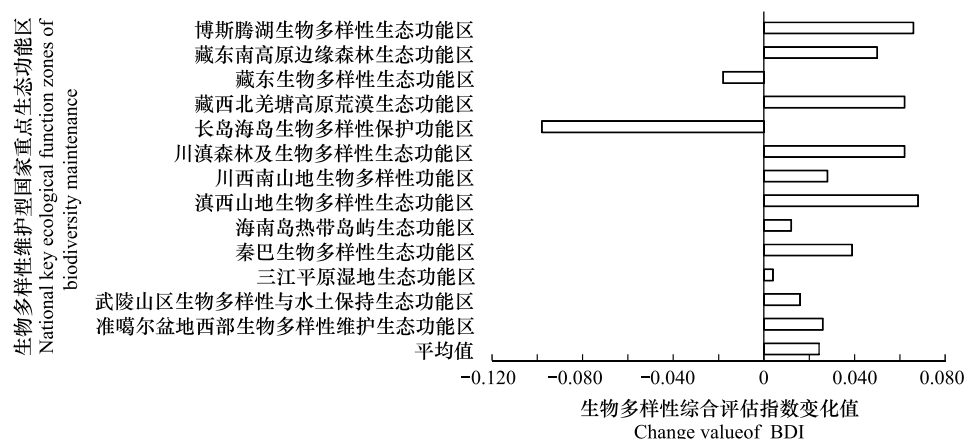


图4 2011 到 2019 年各生态功能区 BDI 变化趋势

Fig.4 Change of BDI Value in each ecological function zone from 2011 to 2019

到广泛应用^[22,34,36,38]。本研究,评估指标体系基本体现了 PSR 模型的 3 个方面(表 1),但没有将其划分为压力、状态和响应 3 个项目层,而是将所有指标作为平行指标处理并赋权,由此强调了各评估指标在生物多样性维护功能中的同等重要性作用。

本研究中,一方面受限于数据获取的问题,另一方面,也是为了更加直观的探讨揭示人类活动形成的胁迫、人类社会的响应等因素,在生物多样性维护功能上所产生的作用,因此诸如污染、物种尺度上的多样性等数据未被列入指标体系,本文所选取的指标也是生物多样性维护生态功能变化的快速响应指标。

研究发现,人口密度与路网密度存在密切的一致性变化趋势,而与受保护区面积呈反向变化趋势(表 2,表 3)。2011 和 2019 年,各功能区内人口密度总体上呈微弱下降特征,而人类干扰指数呈总体上升特征(表 2,表 3)。人口密度是国家生态功能区内重点调控的因素^[39],但本研究发现,仍有 4 个功能区的呈上升趋势,占比达到 30.8%,这需要相关功能区继续整治并严格控制。此外,人类干扰指数的空间分布也存在一定的规律特征,即:藏西北、藏东南、藏东等区域内相对较低,而长岛海岛、海南岛热带岛屿、滇西山地和三江平原湿地等区域内先对较高。相关研究显示,2000—2010 年间,三江平原、海南岛、武陵山区等人类干扰指数上升^[19],结合本研究结果表明,这些区域内近 20 年来,来自于人类活动对生物多样性产生的压力仍然在持续增加。

4.2 各生态功能区 2011 到 2019 年 BDI 值的变化特征

研究发现,长岛海岛区受到人口密度、路网密度的影响相对最高,导致其 BDI 相对较低,尤其是 2019 年,

其路网密度增加至所有功能区中最高状态,生态破碎度显著升高,加之原本较低的受保护区面积比更出现下降(表 2、表 3),最终导致其 BDI 值出现下降的趋势(图 2、图 3)。此外,BDI 值下降的还有藏东生态功能区,其人口密度和路网密度呈现增加,尤其是大量林地转化为草地,水域湿地面积下降,生境质量指数呈现下降(表 2、表 3),其 BDI 值最终呈现下降趋势(图 4)。

研究显示,博斯腾湖、滇西山地、藏西北羌塘高原 3 个功能区的生境质量等级出现了提升(图 2—图 4),关键与其受保护区面积比的显著上升,以及 GDP 增长率的下降,生境质量提升等因素有关(表 2、表 3)。此外,三江平原湿地生态功能区的 BDI 增加值最小(图 4),其林、草覆盖率、生境质量均呈现下降特征,人类干扰指数增加(表 2、表 3),相关研究显示,2010—2015 年,三江平原、秦巴功能区的生态用地呈现下降^[40]。由此可见,国家重点生态功能区域的建设,今后仍需重点关注生境质量的建设,尤其是需要加大保护区面积与保护力度。

5 结论与建议

5.1 主要结论

(1)2011—2019 年 13 个生物多样性维护型国家重点生态功能区的人口密度总体呈下降特征,总体表明,经过多年的保护建设,各功能区人口以迁出为主。

(2)2011—2019 年路网密度的增加,以及人类干扰指数的上升,导致了区域内生态空间破碎度的上升,对区域内生物多样性保护形成了持续的胁迫与压力。

(3)2011—2019 年在国家财政转移支付政策的支撑下,经过各类生态保护与建设措施的实施,各生态功能区生物多样性维护功能持续向好,BDI 平均值从 0.582 上升到了 0.606,处于中、良等级的功能区从 61.5%提升到了 76.9%。

5.2 政策建议

(1)一套指标体系的建立很难普适于全国众多的、不同生态系统类型的生物多样性维护生态功能区。国家相关部门或当地政府部门,有必要分别构建面向不同生物多样性维护区域的评估指标体系及评估方法体系,形成面向不同生物多样性维护型生态功能区的动态评估机制。

(2)本评估指标体系中,受保护区域面积以及生境质量指数,在评估中体现了重要位置及影响作用,而负面的影响指标中,路网密度和生境破碎化问题尤显突出。基于此,各级政府部门应抓住当前生态保护红线划定、国家公园建设等机遇,重构自然保护地体系,整合破碎的、孤岛化的生物多样性维护区。与此同时,进一步严控功能区内的人口数量、路网建设、农田扩展等。

(3)仅仅局限于自然保护地的保护方式,已经无法应对生物多样性维护功能区日益增大的生态压力,无法实现有效的生物多样性保护,而应当建立全域性的生物多样性保护,即绿色发展政策框架;其次,在当前国土空间规划中,将生物多样性保护的理念和目标全面融入生产、生活和生态空间,使国土空间的每一寸土地兼具保护和发展的功能。

参考文献(References):

- [1] 国务院.国务院关于同意新增部分县(市、区、旗)纳入国家重点生态功能区的批复.中华人民共和国国务院公报,2016,(29):26-28.
- [2] 马本,孙艺丹,刘海江,孙聪.国家重点生态功能区转移支付的政策演进,激励约束与效果分析.环境与可持续发展,2020,45(4):42-50.
- [3] 李宝林,袁烨城,高锡章,许丽丽.国家重点生态功能区生态环境保护面临的主要问题与对策.环境保护,2014,42(12):14-18.
- [4] 刘欣,王永清.我国重点生态功能区研究现状分析.世界林业研究,2014,27(1):93-96.
- [5] 甘爽,肖玉,徐洁,王洋洋,余付勤,谢高地.呼伦贝尔草原草甸生态功能区建设效益评价.生态学报,2019,39(16):5874-5884.
- [6] 赵卫,刘海江,肖颖,孙聪,栾兆擎.国家重点生态功能区转移支付与生态环境保护的协同性分析.生态学报,2019,39(24):9271-9280.
- [7] 迟妍妍,饶胜,陆军.重要生态功能区生态安全评价方法初探——以沙漠化防治区为例.资源科学,2010,32(5):804-809.
- [8] 韩永伟,拓学森,高吉喜,刘成程,高馨婷.黑河下游重要生态功能区植被防风固沙功能及其价值初步评估.自然资源学报,2011,26

- (1):58-65.
- [9] Yu F Q, Lu C X, Xiao Y, Gu S J. Ecosystem Service Value Assessment for National Key Eco-Function Zones for Water and Soil Conservation. *Journal of Resources and Ecology*, 2017, 8(4):369-377.
- [10] 刘璐璐, 曹巍, 吴丹, 黄麟. 国家重点生态功能区生态系统服务时空格局及其变化特征. *地理科学*, 2018, 38(9):1508-1515.
- [11] 刘慧明, 高吉喜, 刘晓, 张海燕, 徐新良. 国家重点生态功能区 2010—2015 年生态系统服务价值变化评估. *生态学报*, 2020, 40(6):1865-1876.
- [12] 申陆, 田美荣, 高吉喜, 钱金平. 浑善达克沙漠化防治生态功能区防风固沙功能的时空变化及驱动力. *应用生态学报*, 2016, 27(1):73-82.
- [13] 王俊枝, 常屹冉, 匡文慧, 迟文峰, 张润科, 付粉娥, 嘎毕日. 浑善达克沙漠化防治重点生态系统功能区防风固沙功能动态特征分析. *北京师范大学学报:自然科学版*, 2018, 54(3):348-356.
- [14] 徐洁, 肖玉, 谢高地, 王洋洋, 江源, 陈文辉. 防风固沙型重点生态功能区防风固沙服务的评估与受益区识别. *生态学报*, 2019, 39(16):5857-5873.
- [15] 韩永伟, 高吉喜, 王宝良, 刘成程, 汪军, 拓学森. 黄土高原生态功能区土壤保持功能及其价值. *农业工程学报*, 2012, 28(17):78-85, 294-294.
- [16] 潘韬, 吴绍洪, 戴尔阜, 刘玉洁. 基于 InVEST 模型的三江源区生态系统水源供给服务时空变化. *应用生态学报*, 2013, 24(1):183-189.
- [17] 吴丹, 邹长新, 高吉喜, 林乃峰. 水源涵养型重点生态功能区生态状况变化研究. *环境科学与技术*, 2017, 40(1):174-179.
- [18] 王丹君. 基于 MODIS 的中国重要生态功能区生态功能评估[D]. 北京:北京林业大学, 2011.
- [19] 黄麟, 曹巍, 吴丹, 巩国丽, 赵国松. 2000—2010 年我国重点生态功能区生态系统变化状况. *应用生态学报*, 2015, 26(9):2758-2766.
- [20] 黄耀欢, 赵传朋, 杨海军, 丁方宇, 李中华. 国家重点生态功能区人类活动空间变化及其聚集分析. *资源科学*, 2016, 38(8):1423-1433.
- [21] 吴丹, 邹长新, 高吉喜. 我国重点生态功能区生态状况变化. *生态与农村环境学报*, 2016, 32(5):703-707.
- [22] 黄备, 魏娜, 孟伟杰, 张明霞. 基于压力-状态-响应模型的辽宁省长海海域海洋生物多样性评价. *生物多样性*, 2016, 24(1):48-54.
- [23] 侯鹏, 翟俊, 曹巍, 杨旻, 蔡明勇, 李静. 国家重点生态功能区生态状况变化与保护成效评估——以海南岛中部山区国家重点生态功能区为例. *地理学报*, 2018, 73(3):429-441.
- [24] Dolman P M, Primack R B. A Primer of Conservation Biology. *Journal of Applied Ecology*, 1996, 33(4):910-910.
- [25] CBD. Global Biodiversity Outlook 4. Montreal, 2014:155-155.
- [26] 栗忠飞, 高吉喜. 生物多样性评估方法的综述与评价. *中国发展*, 2018, 18(2):1-13.
- [27] 曹铭昌, 乐志芳, 雷军成, 徐海根. 全球生物多样性评估方法及研究进展. *生态与农村环境学报*, 2013, 29(1):8-16.
- [28] 中华人民共和国环境保护部. HJ 192—2015 生态环境状况评价技术规范. 北京:中国环境科学出版社, 2015.
- [29] 刘慧明, 高吉喜, 张海燕, 马敦良, 徐新良. 2010-2015 年中国生物多样性保护优先区域人类干扰程度评估. *地球信息科学学报*, 2017, 19(11):1456-1465.
- [30] 满卫东, 刘明月, 李晓燕, 王宗明, 贾明明, 李想, 毛德华, 任春颖, 欧阳玲. 1990-2015 年三江平原生态功能区生态功能状况评估. *干旱区资源与环境*, 2018, 32(2):136-141.
- [31] 王智, 蒋明康, 秦卫华. 中国生物多样性重点保护区评价标准探讨. *生态与农村环境学报*, 2007, 23(3):93-96.
- [32] 徐海根, 丁晖, 吴军, 曹铭昌, 陈炼, 乐志芳, 崔鹏. 2020 年全球生物多样性目标解读及其评估指标探讨. *生态与农村环境学报*, 2012, 28(1):1-9.
- [33] 丁晖, 徐海根, 吴翼, 曹铭昌, 雷军成, 杨云方. 生物多样性风险评估方法和案例研究. *生态与农村环境学报*, 2014, 30(1):90-95.
- [34] 傅伯杰, 于丹丹, 吕楠. 中国生物多样性与生态系统服务评估指标体系. *生态学报*, 2017, 37(2):341-348.
- [35] 邹长新, 徐梦佳, 高吉喜, 杨姗姗. 全国重要生态功能区生态安全评价. *生态与农村环境学报*, 2014, 30(6):688-693.
- [36] 杨予静, 李昌晓, 丽娜·热玛赞. 基于 PSR 框架模型的三峡库区忠县汝溪河流域生态系统健康评价. *长江流域资源与环境*, 2013, 22(S1):66-74.
- [37] 陈美球, 许莉, 刘桃菊, 黄宏胜. 基于 PSR 框架模型的赣江上游生态系统健康评价. *江西农业大学学报*, 2012, 34(4):839-845.
- [38] Walz R. Development of Environmental Indicator Systems:Experiences from Germany. *Environmental Management*, 2000, 25(6):613-623.
- [39] 黄婷, 吕晨. 国家重点生态功能区人口政策适应性探究. *科技和产业*, 2020, 20(5):56-61.
- [40] 陈瑜琦, 张智杰, 郭旭东, 吕春艳, 汪晓帆. 中国重点生态功能区生态用地时空格局变化研究. *中国土地科学*, 2018, 32(2):19-26.