

DOI: 10.5846/stxb201903010382

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.
Liu H M, Gao J X, Liu X, Zhang H Y, Xu X L. Monitoring and assessment of the ecosystem services value in the national key ecological function zones. Acta Ecologica Sinica, 2020, 40(6): 1865-1876.

国家重点生态功能区 2010—2015 年生态系统服务价值变化评估

刘慧明¹, 高吉喜^{1,*}, 刘 晓², 张海燕³, 徐新良³

1 生态环境部卫星环境应用中心, 北京 100094

2 北京林业大学水土保持学院, 北京 100083

3 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101

摘要: 国家重点生态功能区是国家重要的生态安全屏障, 其生态保护价值对维护国家生态安全具有重要意义。基于单位面积价值当量因子的生态系统服务价值化方法, 采用模型运算和地理信息空间分析, 定量分析了 25 个国家重点生态功能区在实施转移支付后(2010—2015 年)生态系统服务价值的时空分布格局及其变化特征。研究表明: (1) 2015 年, 全国重点生态功能区生态系统服务价值呈现明显的“西北低, 东南高”的分布格局。从 25 个重点生态功能区来看, 中高值区的面积占比 31.60%, 个数占比 60%。4 类自然生态功能区的生态系统服务价值大小排序为水土保持型功能区>生物多样性维护型功能区>水源涵养型功能区>防风固沙型功能区。(2) 2010—2015 年, 全国重点生态功能区的生态系统服务价值整体呈明显增加趋势, 增幅为 16.46%。从空间分布来看, 80.14% 面积的生态系统服务价值基本持衡; 从分级变化特征来看, 高值区、较高值区的面积增加, 中值区面积减少, 较低值区面积增加, 低值区面积减少。(3) 近 5 年来, 25 个重点生态功能区的生态系统服务价值呈增加的有 21 个, 占比 84%, 而生态系统服务价值出现减少区域的变化幅度均小于 1%; 4 类自然生态功能区生态系统服务价值均呈增加趋势, 其变化幅度从高到低依次为水土保持生态功能区(1.44%)>水源涵养生态功能区(0.22%)>防风固沙生态功能区(0.21%)>生物多样性生态功能区(0.08%)。生态系统服务价值整体呈上升趋势, 反映出生态保护与工程建设成效明显。本文研究成果可为分类分区开展生态系统保护、改善及其效果的定量综合评估提供科学依据, 为重点生态功能区管理和国家生态安全格局的构建提供有效参考依据。

关键词: 国家重点生态功能区; 转移支付; 生态系统服务价值; 时空变化; 监测评估

Monitoring and assessment of the ecosystem services value in the national key ecological function zones

LIU Huiming¹, GAO Jixi^{1,*}, LIU Xiao², ZHANG Haiyan³, XU Xinliang³

1 Satellite Environment Application Center, Ministry of Ecology and Environmental, Beijing 100094, China

2 School of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China

3 Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

Abstract: The national key ecological function zones are important national ecological security barriers, and their ecological protection value is of great significance for maintaining national ecological security. The policy of financial transfer payment was established to protect ecosystems and environment in those zones. In order to evaluate the ecological effects of financial transfer payment policy, 25 national key ecological functional areas and their four types of natural functional zonings are

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2012BAC01B08)

收稿日期: 2019-03-01; 网络出版日期: 2019-12-17

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: gjx@nies.org

used as research areas in this paper. Based on the value equivalent factor of unit area value, the ecosystem service values and their change in 2010—2015 were quantitatively estimated by using the methods of model operation and geographic information spatial analysis. The results showed that (1) in 2015, the value of ecosystem services in key functional areas of the country presented an obvious distribution pattern of “low in northwest and high in southeast”. From the perspective of 25 key ecological function areas, the area of the medium-high value area accounts for 31.60% and the number accounts for 60%. The ecosystem service value of the four types of natural ecological functional areas from the highest to the lowest is the soil and water conservation type functional area, the biodiversity maintenance type functional area, the water source conservation type functional area, and the wind and sand fixation type functional area. (2) From 2010 to 2015, the value of ecosystem services in key national ecological functional areas showed a significant increase, with an increase of 16.46%. In terms of the spatial distribution, the ecosystem service value of 80.14% of the key eco-functional areas remained basically unchanged. According to the characteristics of grading change, the area of the high value area increases, the area of the median area decreases, and the area of the low value area decreases. (3) In the past five years, there have been 21 increases in the value of ecosystem services in 25 key ecological areas, accounting for 84.00%. However, the range of changes in the areas where ecosystem service value decreased was less than 1.00%. The ecosystem service value of the four types of natural ecological function areas showed an increasing trend, and the change ranged from high to low were soil and water conservation ecological function area (1.44%), water conservation ecological function area (0.22%), wind prevention and sand fixation ecological function area (0.21%), and biodiversity ecological function area (0.08%). The value level of ecosystem services is on the rise as a whole, which reflects the obvious effect of ecological protection and engineering construction. The research results can not only provide a scientific basis for the quantitative and comprehensive assessment of ecosystem protection, improvement and its effects, but also provide an effective reference for the construction of important ecological functional areas and the construction of national ecological security patterns.

Key Words: national key ecological function zones; financial transfer payment policy; ecosystem services value; spatio-temporal dynamics; monitoring and evaluation

2010年12月,《全国主体功能区规划》(国发[2010]46号)由国务院发布并确定了25个国家重点生态功能区,明确了“保障国家生态安全的主要区域,人与自然和谐相处的示范区”的定位。国家重点生态功能区是指与全国或较大范围区域的生态安全密切相关,生态系统十分重要,当前生态系统有所退化,在国土空间开发中需要限制开展大规模高强度城镇化开发、工业化,需保持和提高生态产品供给能力的区域^[1]。重点生态功能区旨在保护、恢复和提高区域水源涵养、防风固沙、保持水土、调蓄洪水、保护生物多样性等重要生态功能,在保持流域、区域生态平衡、减轻自然灾害、确保国家和地区生态环境安全方面具有重要作用,是国家重要的生态安全屏障,也是生态环境保护的重中之重^[2]。中央财政设立重点生态功能区转移支付,2008—2014年,中央财政累计下拨国家重点生态功能区转移支付2004亿元^[3]。虽然近年来重点生态功能区的生态环境总体转好,但部分区域仍存在生态破坏的现象,如内蒙古地区的水土保持区和防风固沙区的草原和坡耕地上出现新的耕地开垦等^[4]。

生态系统为维持人类生存所提供的自然环境条件及效用被称为生态系统服务价值,既包括为人类提供物质产品、文化娱乐服务等直接利用价值,也包括保护环境、维持生态平衡等间接利用价值^[5],服务范围涵盖国民生产各个部门。生态系统服务价值评估是生态保护、生态功能区划、自然资源核算和生态补偿决策的重要依据和基础^[6-7]。自1997年以来,全球生态系统服务价值的概念及其计算方法由Daily、Constanza等提出后,引起国内外学者的广泛关注。近年来,Constanza等^[8]、欧阳志云等^[9-10]、赵景柱^[11]、谢高地等^[12-13]对生态系统服务价值计算方法进行了不断改进。目前,生态系统服务价值的估算广泛应用于区域^[14]、流域^[15-16]、生态系统^[17-18]等各个尺度,并取得丰富的研究成果,促进了全球资源、环境价值评估的开展。许多学者针对国家重

点生态功能区的生态系统服务价值展开大量研究,但主要集中在单个类型或单个区域^[19-25],然而在国家尺度上,重点生态功能区各类型生态系统服务价值的量化分析较少,尤其是缺乏重点生态功能区生态系统服务价值时空分布差异、动态变化和内在机制的研究。

因此本文选择国家重点生态功能区作为研究区,基于单位面积价值当量因子法,利用模型运算和地理信息空间分析等手段开展了生态系统服务价值的长时间序列估算,从 25 个分区及 4 大自然区划分类尺度上,定量分析和评估实施转移支付后(2010—2015 年),国家重点生态功能区生态系统服务价值的时空变化特征,评估生态保护对其发挥生态服务的作用,对于支撑与完善国家重点生态功能区转移支付制度的管理决策及绩效评估考核具有重要意义。

1 数据与方法

1.1 研究区概况

为动态评估重点生态功能区的生态系统服务价值变化,选择全国 25 个生态功能区作为研究对象,包括水土保持型、水源涵养型、生物多样性维护型和防风固沙型 4 类^[26],总面积 $3.77 \times 10^6 \text{ km}^2$,占陆地国土面积的 39.33%。重点生态功能区在全国各地均有分布(图 1),其中属于西部地区的生态功能区有 16 个,总面积为 $2.85 \times 10^6 \text{ km}^2$,占国家重点生态功能区总面积的 75.55%。这些地区往往平原较少、山地较多,生态环境相对脆弱,水资源时空分布差异较大,自然灾害发生频率较高,但开发利用前景广阔,能源和矿产资源丰富^[27],且关系着区域生态保护与社会经济协调发展,西部与其他区域的平衡发展。本文以这 25 个国家重点生态功能区及其 4 类自然生态功能划分作为研究区,探讨其生态系统服务价值的变化特征。

1.2 数据来源

本文以土地利用/覆被空间分布数据为主要数据源,数据来源于中国科学院资源环境数据中心的全国土地利用数据库,全国陆地区域全覆盖、多时相 1:10 万比例尺土地利用现状数据集,研究时间为 2010 年和 2015 年^[28-30]。该数据集以 Landsat TM/ETM 遥感影像为主要数据源,基于人工目视解译生成,经过野外调查实地验证,土地利用一级类型的综合评价精度达到 90%以上^[31-32]。

本文中的净初级生产力(Net Primary Product, NPP)数据、降水数据、土壤保持量均来自中国科学院资源环境数据中心^[33],空间分辨率均为 1km。其中,NPP 数据是基于光能利用率模型 GLO-PEM 计算获取的;年降水量空间插值数据是基于全国 2400 多个气象站点日观测数据,通过整理、计算并运用澳大利亚的插值软件 ANUSPLIN 插值而成,其单位为 0.1mm;土壤保持量数据^[34-35]是采用通用土壤流失方程(USLE)计算全国潜在土壤侵蚀量和现实土壤侵蚀量两者之差获得。

1.3 生态系统服务价值的估算

1.3.1 生态系统服务价值的计算方法

本研究以 Costanza 等^[5-6]与谢高地等^[12-13,36]生态服务价值当量因子法为基础,依据全国 NPP、降水、土壤保持量空间分布数据等,分别对生态系统各服务价值当量因子价值进行调整,计算 2010 和 2015 年两个时间段的生态系统服务价值动态变化。

区域生态系统服务价值的总量是区域内所有生态系统类型提供的所有服务功能及其自然资源价值的总和,它会随着区域内所含有的生态系统类型、面积、质量的变化而变化^[37]。一定区域内的生态系统服务价值总量(V)可以表示为:

$$V = \sum_{c=1}^n V_c \quad (1)$$

式中, $c=1,2,\dots,n$,表示生态服务功能的类型; V_c 表示生态系统第 c 种生态服务价值。

$$V_c = \sum_{l=1}^n \sum_{j=1}^m D \times F_{cij} \times A_{lj} \quad (2)$$

式中, $j=1,2,\dots,n$,表示第 c 种生态服务功能的第 j 类生态系统; D 表示 1 个标准当量因子的生态系统服

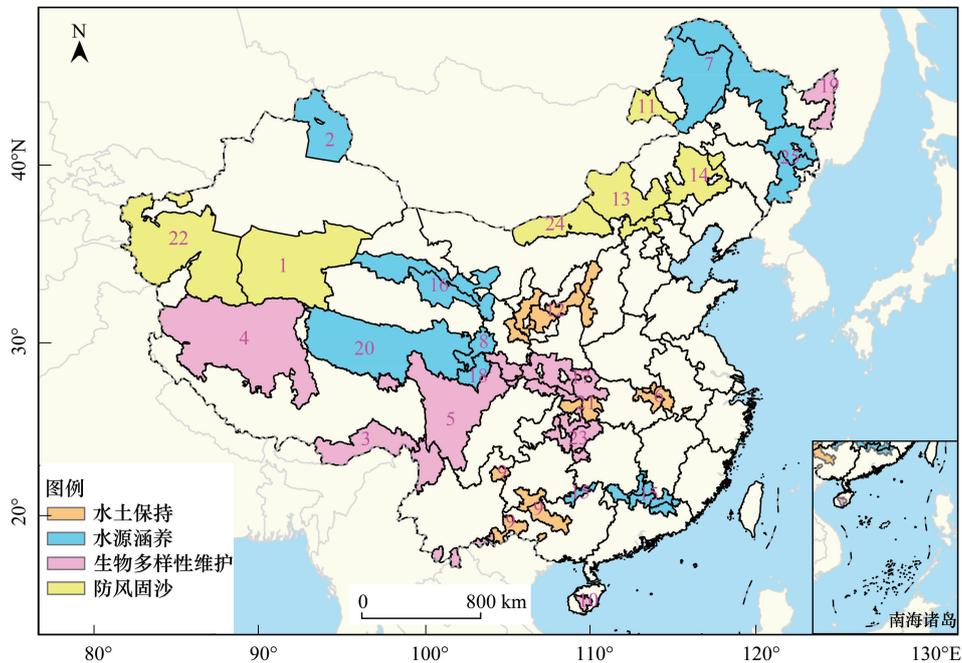


图 1 国家重点生态功能区空间分布格局

Fig.1 The pattern of spatial distribution of national key ecological function zones in China

1. 阿尔金草原荒漠化防治生态功能区; 2. 阿尔泰山地森林草原生态功能区; 3. 藏东南高原边缘森林生态功能区; 4. 藏西北羌塘高原荒漠生态功能区; 5. 川滇森林及生物多样性生态功能区; 6. 大别山水土保持生态功能区; 7. 大小兴安岭森林生态功能区; 8. 甘南黄河重要水源补给生态功能区; 9. 桂黔滇喀斯特石漠化防治生态功能区; 10. 海南岛中部山区热带雨林生态功能区; 11. 呼伦贝尔草原草甸生态功能区; 12. 黄土高原丘陵沟壑水土保持生态功能区; 13. 浑善达克沙漠化防治生态功能区; 14. 科尔沁草原生态功能区; 15. 南岭山地森林及生物多样性生态功能区; 16. 祁连山冰川与水源涵养生态功能区; 17. 秦巴生物多样性生态功能区; 18. 若尔盖草原湿地生态功能区; 19. 三江平原湿地生态功能区; 20. 三江源草原草甸湿地生态功能区; 21. 三峡库区水土保持生态功能区; 22. 塔里木河荒漠化防治生态功能区; 23. 武陵山区生物多样性与水土保持生态功能区; 24. 阴山北麓草原生态功能区; 25. 长白山森林生态功能区

务价值量 (元/hm²); F_{cjl} 指第 j 类生态系统在第 i 地区第 c 类生态服务功能的单位面积价值当量因子; $l=1, 2, \dots, m$ 表示一定区域内第 c 类生态系统在空间上分布的象元数; A_{ij} 表示各个象元的面积大小, 对于等面积投影, A_{ij} 为给定的常数。

1 个标准单位生态系统生态服务价值当量因子 (以下简称标准当量) 是指 1hm² 全国平均产量的农田每年自然粮食产量的经济价值^[13], 以此当量为参照并结合专家知识可以确定其他生态系统服务的当量因子, 其作用在于可以表征和量化不同类型生态系统对生态服务功能的潜在贡献能力。在实际应用中, 特别是在区域尺度上, 完全消除人为因素的干扰以准确衡量农田生态系统自然条件下能够提供的粮食产量的经济价值存在较大难度。本研究参考谢高地等^[12] 的处理方法, 将单位面积农田生态系统粮食生产的净利润作为 1 个标准当量因子的生态系统服务价值量。农田生态系统的粮食产量价值主要依据稻谷、小麦和玉米三大粮食主产物计算。其计算公式如下:

$$D = S_r \times F_r + S_w \times F_w + S_c \times F_c \tag{3}$$

式中: D 表示 1 个标准当量因子的生态系统服务价值量 (元/hm²); S_r 、 S_w 和 S_c 分别表示 2010 年稻谷、小麦和玉米的播种面积占三种作物播种总面积的百分比 (%); F_r 、 F_w 和 F_c 分别表示 2010 年全国稻谷、小麦和玉米的单位面积平均净利润 (元/hm²)。依据《中国统计年鉴 2011》^[38]、《全国农产品成本收益资料汇编 2011》^[39] 和公式 (3), 得到 D 值为 3406.5 元/hm²。

单位面积生态系统服务价值的基础当量是指不同类型生态系统单位面积上各类服务功能年均价值当量 (以下简称基础当量)。基础当量体现了不同生态系统及其各类生态系统服务功能在全国范围内的年均价值

量,也是合理构建表征生态系统服务价值区域空间差异和时间动态变化的动态当量表的前提和基础^[7-8]。本研究以谢高地等^[13]构建的生态系统服务价值基础当量表为基础对各类生态系统的不同生态服务价值进行核算。

生态系统在不同区域、不同时间其内部结构与外部形态是不断变化的,因而其所具有的生态服务功能及其价值量也是不断变化的。通过前人的研究^[12-13],生态系统食物生产、原材料生产、气体调节、气候调节、净化环境、维持养分循环、生物多样性和美学景观功能与生物量在总体上呈正相关,水资源供给和水文调节与降水变化相关,而土壤保持与降水、地形坡度、土壤性质和植被盖度密切相关。基于上述认识,本文进一步分析确定了 NPP、降水和土壤保持调节的动态因子,结合生态系统服务价值基础当量表,通过下式构建了生态服务动态变化价值当量修正方法:

$$F_{cij} = \begin{cases} P_{ij} \times F_{c1} & \text{或} \\ R_{ij} \times F_{c2} & \text{或} \\ S_{ij} \times F_{c3} \end{cases} \quad (4)$$

式中: F_{cij} 指第 j 类生态系统在第 i 地区第 c 类生态服务功能的单位面积价值当量因子; F_c 指该类生态系统的第 c 种生态服务价值当量因子; P_{ij} 指第 j 类生态系统第 i 地区某年的 NPP 调节因子; R_{ij} 指第 j 类生态系统第 i 地区某年的降水调节因子; S_{ij} 指第 j 种生态系统第 i 地区某年的土壤保持调节因子; $c1$ 表示食物生产、原材料生产、气体调节、气候调节、净化环境、维持养分循环、维持生物多样性和提供美学景观等服务功能; $c2$ 表示水资源供给或者水文调节服务功能; $c3$ 指土壤保持服务功能。

1.3.2 生态系统服务价值的分级

为更清晰地描述和比较各个重点生态功能区间生态系统服务的差异与变化,本研究将 1km 格网的生态系统服务价值进行标准化^[40-41],并在标准化的基础上,将生态功能区生态系统服务价值划分为 5 个等级,分别为低值区、较低值区、中值区、较高值区和高值区。

$$Z_i = \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (5)$$

式中: Z_i 为第 i 个栅格内生态系统服务价值的标准化值,值域范围为 0—1; X_i 为第 i 个栅格生态系统服务价值的实际值; X_{\max} 为研究区域生态系统服务价值的最大值; X_{\min} 为研究区域生态系统服务价值的最小值。

表 1 生态系统服务价值分级标准

Table 1 Grading standards of ecosystem service value for national key ecological function zones

分级 Grading	参数层 Parameter layer	分级 Grading	参数层 Parameter layer
低值区 Low value area	0—0.005	较高值区 Higher value area	0.04—0.06
较低值区 Lower value area	0.005—0.02	高值区 High value area	0.06—1
中值区 Median area	0.02—0.04		

1.3.3 生态系统服务价值的变化程度

本文用生态系统服务价值变化幅度和变化程度来表述生态系统服务价值的变化态势,变化幅度定义为一定时段内生态系统服务价值的变化量,变化程度则定义为 5 年间生态系统服务价值变化比例^[41],计算公式如下:

$$\Delta E = E_{\text{end}} - E_{\text{star}} \quad (6)$$

$$K = \Delta E \times 100\% \quad (7)$$

式中: E_{star} 、 E_{end} 为某区域研究期初和研究期末的总生态系统服务价值; ΔE 为研究时段内生态系统服务价值的变化幅度, K 为研究时段内生态系统服务价值的变化程度。为更清晰刻画区域生态系统服务价值的变化态势,依据变化程度的大小分为明显减少、较明显减少、基本持衡、较明显增加以及明显增加等 5 个类型^[42](表 2)。

表 2 变化程度类型的划分

Table 2 Categories of change intensity types

变化程度 Degree of change/%	变化程度类型 Type of change intensity	变化程度 Degree of change/%	变化程度类型 Type of change intensity
<-5	明显减少	1—5	较明显增加
-5—-1	较明显减少	>5	明显增加
-1—1	基本持衡		

2 结果与分析

2.1 2015 年国家重点生态功能区生态系统服务价值现状

从图 2 可以看出,2015 年国家重点生态功能区的生态系统服务价值具有明显的空间分异特征。从整体的生态系统服务价值分级来看,全国重点生态功能区生态系统服务价值中高值区的面积占生态功能区总面积的 31.60%,面积占比不足一半。其中,中值区面积为 $56.49 \times 10^4 \text{ km}^2$,占生态功能区总面积的 14.96%;有 $33.83 \times 10^4 \text{ km}^2$ 处于较高值区,占生态功能区总面积的 8.96%;高值区面积仅为 $29.02 \times 10^4 \text{ km}^2$,占生态功能区总面积的 7.68%;而生态功能区低于 0.005 即低值区的面积为 $174.40 \times 10^4 \text{ km}^2$,占生态功能区总面积的 46.19%;较低值区面积为 $83.87 \times 10^4 \text{ km}^2$,占生态功能区总面积的 22.21%。生态系统服务价值总体上呈“西北低,东南高”的趋势,这与我国降水和生物量的分布是一致的。低值区主要位于我国西部荒漠及高原地区,该地区生物量较少,其生态环境本身就比较脆弱,人类活动的干扰会加剧其脆弱性^[39],损害自然生态系统原有的功能,应对该区着重保护。高值区主要分布于我国南部的生态功能区,大部分位于湖北、重庆、陕西的交界处,江西、湖南、广东交界处,广西北部等地,该区降水充足、且大多是森林分布区、生物量丰富,其生态功能被完美的运用,对生态环境起到有效的保护,应继续保持其生态保护及生态功能。

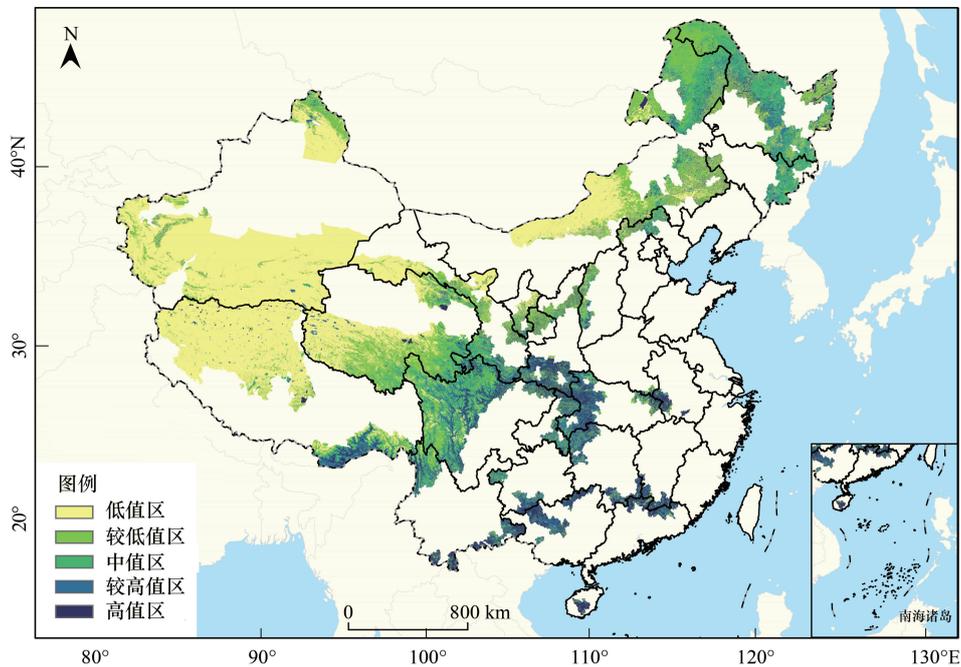


图 2 2015 年全国重点生态功能区生态系统服务价值分布

Fig.2 Spatial distribution of ecosystem service value of national key ecological function zones in China in 2015

通过统计,从各重点生态功能区的生态系统服务价值均值(图 3)得出:25 个重点生态功能区的生态系统

服务价值大部分处于高值区和中值区状态。其中,处于高值区和较高值区的功能区共 7 个,共占功能区总个数的 28%;处于中值区的 8 个,占功能区总个数的 32%;低值区和较低值区的个数为 10 个,占功能区总个数的 40%。生态系统服务价值较高的功能区为海南岛中部山区热带雨林生态功能区、大别山水土保持生态功能区、南岭山地森林及生物多样性生态功能区、三峡库区水土保持生态功能区、桂黔滇喀斯特石漠化防治生态功能区、秦巴生物多样性生态功能区、武陵山区生物多样性与水土保持生态功能区等,而处于生态系统服务价值低值区的功能区从高到低依次是阴山北麓草原生态功能区、藏西北羌塘高原荒漠生态功能区、塔里木河荒漠化防治生态功能区、阿尔金草原荒漠化防治生态功能区。

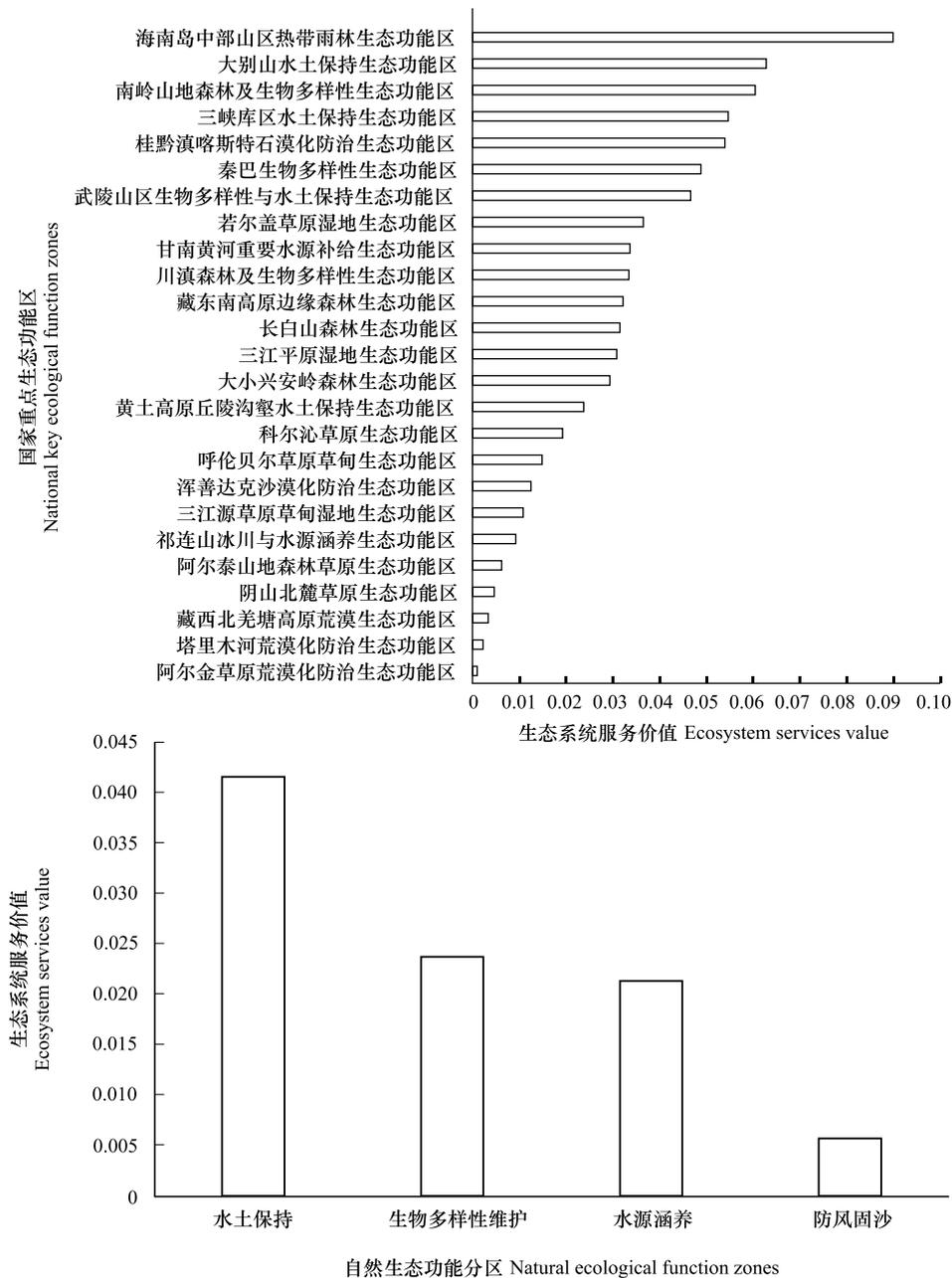


图 3 2015 年全国重点生态功能区和自然生态功能区生态系统服务价值

Fig.3 Ecosystem service value of the national key ecological function zones and natural ecological function zones in 2015

从 2015 年全国 4 类自然生态功能区来看(图 2,图 3),生态系统服务价值均值大小排序为水土保持型功

能区>生物多样性维护型功能区>水源涵养型功能区>防风固沙型功能区。其中水土保持功能区全区均值为0.042,为较高值区;生物多样性维护功能区和水源涵养功能区的全区均值分别为0.024、0.021,均为中值区;而防风固沙功能区的生态系统服务价值均值仅为0.006,处于较低值区,生态系统服务功能较差,应重点保护。

2.2 2010—2015 年国家重点生态功能区生态系统服务价值变化特征

2.2.1 国家重点生态功能区生态系统服务价值变化特征

2010—2015 年间,国家重点生态功能区实施转移支付后,生态系统服务价值均值由 0.016 增加到 0.019,增加幅度为 16.46%,呈较明显增加。生态系统服务价值基本保持不变的面积为 $302.63 \times 10^4 \text{ km}^2$,占功能区总面积的 80.14%;生态系统服务价值增加(变化幅度>1%)的面积为 $49.82 \times 10^4 \text{ km}^2$,占功能区总面积的 13.19%,其中较明显增加和明显增加的面积分别占增加区域总面积的 89.05%和 10.95%;而生态系统服务价值减少的区域占功能区总面积的 6.66%,为 $25.17 \times 10^4 \text{ km}^2$,其中生态系统服务价值明显减少的面积仅占减少区域总面积的 7.70%。从生态系统服务价值变化空间分布格局来看(图 4),生态系统服务价值呈增加状态的区域主要分布于我国中部及南部地区和内蒙古中部地区,可能与该区实施的退牧还草工程等有关,生态工程有效提升了生态系统保持水土、减少侵蚀、涵养水源等的能力。而云南北部和西藏南部、中西部部分地区则呈较明显减少趋势,则可能与农牧业发展带来的土地利用类型转变有关,土地开垦使湿地、草地、林地向农田的转化,导致生态系统服务价值减少。

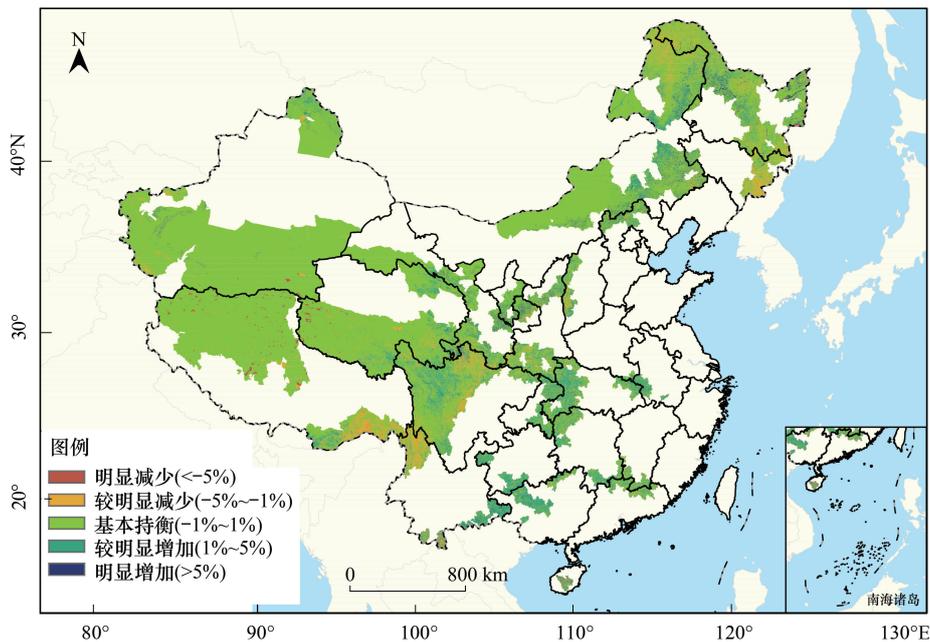


图 4 2010—2015 年国家重点生态功能区生态系统服务价值空间变化

Fig.4 Spatial distribution of the variation characteristics of ecosystem service value at national key ecological function zones from 2010 to 2015

2010—2015 年,国家重点生态功能区实施转移支付后,从生态系统服务价值分级来看,重点生态功能区的整体生态系统服务等级有所提升,具体表现为“高值区、较高值区的面积增加,中值区面积减少;较低值区面积增加,低值区的面积明显减少”。其中高值区、较高值区的面积分别增加 $8.93 \times 10^4 \text{ km}^2$ 、 $3.13 \times 10^4 \text{ km}^2$,分别占生态功能区总面积的 2.37%、0.83%;中值区面积稍有减少,减少了 $5.53 \times 10^4 \text{ km}^2$,占生态功能区总面积的 1.46%;而低值区面积明显减少,减少了 $24.19 \times 10^4 \text{ km}^2$,占生态功能区总面积的 6.41%,较低值区面积增加 $17.62 \times 10^4 \text{ km}^2$,占生态功能区总面积的 4.67%。可以明显看出,较低值区增加的面积小于低值区减少的面积,说明生态功能区生态系统服务价值低值区的区域正向较高值区和高值区转变,生态系统服务价值明显提升。

总的来说,实施转移支付的 5 年来,国家重点生态功能区的生态系统服务价值明显提高,生态保护成效显著。

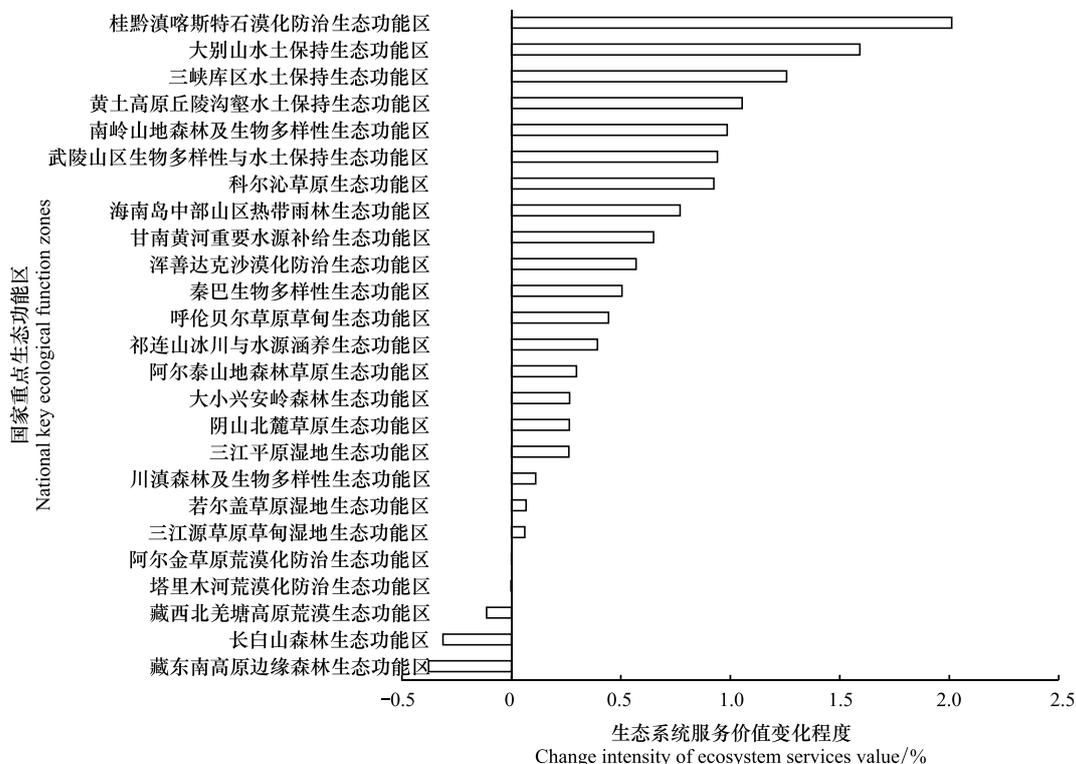


图 5 2010—2015 年全国重点生态功能区生态系统服务价值变化趋势

Fig.5 The variation trend of ecosystem service value at the national key ecological function zones from 2010 to 2015

2.2.2 各重点生态功能区生态系统服务价值变化特征

2010—2015 年间,实施转移支付后,国家重点生态功能区生态系统服务价值增加的有 21 个,占生态功能区总数的 84%。其中桂黔滇喀斯特石漠化防治生态功能区、大别山水土保持生态功能区、三峡库区水土保持生态功能区、黄土高原丘陵沟壑水土保持生态功能区等 4 个重点生态功能区生态系统服务价值增加幅度大于 1%,呈较明显增加趋势;南岭山地森林及生物多样性生态功能区、武陵山区生物多样性与水土保持生态功能区、科尔沁草原生态功能区、海南岛中部山区热带雨林生态功能区等 17 个生态功能区生态系统服务价值增加幅度在 0—1%之间,处于基本持衡状态。塔里木河荒漠化防治生态功能区、藏西北羌塘高原荒漠生态功能区、长白山森林生态功能区、藏东南高原边缘森林生态功能区等 4 个重点生态功能区的生态系统服务价值呈下降趋势,生态系统服务变化幅度在 -1%—0 之间,处于基本持衡状态。2010—2015 年,25 个重点生态功能区中大部分生态功能区生态系统服务价值呈增加趋势,并且无生态系统服务价值明显减少,可见 5 年间国家重点生态功能区生态环境保护较好,生态系统服务功能逐渐提升。

2.2.3 重点生态功能区生态系统服务价值变化特征

从重点生态功能区来看,2010—2015 年间生态系统服务价值均呈增加趋势,其增幅从高到低依次是水土

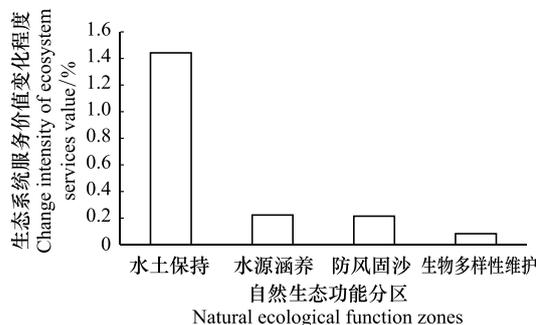


图 6 2010—2015 年国家自然生态功能分区生态系统服务价值变化趋势

Fig.6 The variation trend of ecosystem service value the natural ecological function zones from 2010 to 2015

保持生态功能区、水源涵养生态功能区、防风固沙生态功能区、生物多样性生态功能区,增加幅度分别为1.44%、0.22%、0.21%、0.08%。其中水土保持生态功能区呈较明显增加趋势,说明5年间水土保持工作实施效果较好,生态系统服务功能得到提升。

从生态系统服务价值分级来看,4类生态功能区生态系统服务价值等级整体呈上升趋势。其中水土保持生态功能区由中值区提升为较高值区,水源涵养生态功能区由较低值区提升为中值区,防风固沙生态功能区由低值区提升为较低值区,而生物多样性生态功能区提升幅度较小,为中值区保持不变。5年间我国实行了水土保持、退耕还林、防沙治沙等多项生态建设工程,由生态功能区服务价值的提高可见,生态保护措施成效显著,有效的保证了重点生态功能区独特生态功能的发挥。

3 结论与讨论

3.1 结论

本文围绕2010—2015年转移支付政策实施后,从国家重点生态功能区的生态系统服务价值时空动态变化特征的角度,在整体和分区上对重点生态功能区转移支付政策的成效进行了评估,其主要结论如下:

(1)2015年全国重点功能区生态系统服务价值,空间上整体呈现“西北低,东南高”的分布格局,中高值区的面积占生态功能区总面积的31.60%,面积占比不足一半;从各区均值来看,低值区和较低值区的功能区个数较多,共10个,占功能区总个数的40%。4类自然生态功能类型区按生态系统服务价值均值大小依次为水土保持型功能区>生物多样性维护型功能区>水源涵养型功能区>防风固沙型功能区。

(2)实施转移支付后(2010—2015年),全国重点生态功能区的生态系统服务价值增加幅度为16.46%,呈明显增加趋势。大部分区域生态系统服务价值基本持衡,其面积为 $302.63 \times 10^4 \text{ km}^2$,占功能区总面积的80.14%;5年来,重点生态功能区生态系统服务价值等级变化特征表现为“高值区、较高值区的面积增加,中值区面积减少,较低值区面积增加,低值区的面积减少”,我国中部及南部地区和内蒙古中部地区的生态功能区生态系统服务价值呈较明显增加趋势。

(3)5年间生态系统服务价值增加的功能区有21个,占生态功能区总数的84%。其中桂黔滇喀斯特石漠化防治生态功能区、大别山水土保持生态功能区增加幅度高于1.5%,增加明显;生态系统服务价值减少的生态功能区减少幅度均小于1%,处于基本持衡状态。

(4)水土保持型生态功能区生态系统服务价值增加最明显,说明5年间水土保持工作实施效果较好,其生态系统服务功能得到明显提升;4类生态功能区生态系统服务价值等级整体呈上升趋势,而生物多样性维护型生态功能区提升幅度较小,为中值区保持不变。不同功能性分区有其特有的功能,应着重保持重点生态功能区单项生态功能价值。

3.2 讨论

生态系统服务价值是国家实施生态补偿和构建生态安全屏障的重要基础和依据。本文从整体及分区尺度分析了国家重点生态功能区生态系统服务价值的时空动态变化特征,可为国家有关部门实施生态系统的保护和管理以及土地资源开发利用战略提供参考依据。从本文研究结果来看,2010年实施转移支付以来,国家重点生态功能区的生态系统服务价值整体趋于增加趋势,但少数区域生态系统服务价值呈现下降趋势,这类区域应引起足够重视,应根据区域各项生态系统服务价值变化的特点和规律,具体问题具体分析,有针对性的加强土地管理措施,加大生态保护力度,避免生态系统服务功能的退化和恶化。

本文仅研究了转移支付政策实施后,国家重点生态功能区生态系统服务价值的空间变化情况,转移支付政策支持下的各项生态工程,以及气候变化是生态系统服务价值变化的主要影响因素^[43],需进一步研究定量评估各影响因子的贡献率^[44]。同时,国家重点生态功能区除实施保护外,还需加强监管^[45]。

生态系统本身具有多样性与复杂性,加上生态系统服务价值计算的模型和方法多样,其价值评估可能与实际价值存在一定差异性,因此其计算方法及参考指标数据仍有完善的空间。另外,生态系统服务价值存在

空间尺度差异性,本文主要从国家重点生态功能区整体来研究,而对于较小区域尺度存在的生态系统服务差异性未充分考虑,未来可以选择某一典型重点生态功能区进行细致深入的研究。此外,生态系统服务的价值估算还存在市场定价不确定性因素,现有的定量方法可能会随着社会经济发展而发生改变,因此国家重点生态功能区的生态系统价值定量估算需要不定期更新。

参考文献 (References):

- [1] 国家发展和改革委员会. 全国及各地区主体功能区规划. 北京: 人民出版社, 2015.
- [2] 唐仕钧. 重点生态功能区生态补偿机制研究. 价格月刊, 2015, (2): 80-83.
- [3] 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.
- [4] 王娟, 李宝林, 余万里. 近 30 年内蒙古自治区植被变化趋势及影响因素分析. 干旱区资源与环境, 2012, 26(2): 132-138.
- [5] Costanza R, D'ARCE R, De Groot R S, Farber S, Grasso M, Hannon B, Limburg K, Naeem S, O'Neill R V, Paruelo J, Raskin R G, Sutton P, Van Den Belt M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 1997, 387(6630): 253-260.
- [6] 谢高地, 鲁春霞, 冷允法, 郑度, 李双成. 青藏高原生态资产的价值评估. 自然资源学报, 2003, 18(2): 189-196.
- [7] Lautenbach S, Kugel C, Lausch A, Seppelt R. Analysis of historic changes in regional ecosystem service provisioning using land use data. *Ecological Indicators*, 2011, 11(2): 676-687.
- [8] Costanza R, De Groot R, Sutton P, Van Der Ploeg S, Anderson S J, Kubiszewski I, Farber S, Turner R K. 2014. Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change*, 26: 152-158.
- [9] 欧阳志云, 朱春全, 杨广斌, 徐卫华, 郑华, 张琰, 肖焱. 生态系统生产总值核算: 概念、核算方法与案例研究. 生态学报, 2013, 33(21): 6747-6761.
- [10] 欧阳志云, 王效科, 苗鸿. 中国陆地生态系统服务功能及其生态经济价值的初步研究. 生态学报, 1999, 19(5): 607-613.
- [11] 赵景柱, 肖寒, 吴刚. 生态系统服务的物质量与价值量评价方法的比较分析. 应用生态学报, 2000, 11(2): 290-292.
- [12] 谢高地, 张彩霞, 张雷明, 陈文辉, 李士美. 基于单位面积价值当量因子的生态系统服务价值化方法改进. 自然资源学报, 2015, 30(8): 1243-1254.
- [13] Xie G D, Zhang C X, Zhen L, Zhang L M. Dynamic changes in the value of China's ecosystem services. *Ecosystem Services*, 2017, 26: 146-154.
- [14] 谢高地, 张钰铨, 鲁春霞, 郑度, 成升魁. 中国自然草地生态系统服务价值. 自然资源学报, 2001, 16(1): 47-53.
- [15] 赖敏, 吴绍洪, 戴尔阜, 尹云鹤, 赵东升. 三江源区生态系统服务间接使用价值评估. 自然资源学报, 2013, 28(1): 38-50.
- [16] 赵进. 流域生态价值评估及其生态补偿模式研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2009.
- [17] 谢高地, 鲁春霞, 成升魁. 全球生态系统服务价值评估研究进展. 资源科学, 2001, 23(6): 5-9.
- [18] 赵同谦, 欧阳志云, 郑华, 等. 中国森林生态系统服务功能及其价值评价. 自然资源学报, 2004, 19(4): 480-491.
- [19] 熊善高, 万军, 龙花楼, 于雷. 重点生态功能区生态系统服务价值时空变化特征及启示—以湖北省宜昌市为例. 水土保持研究, 2016, 23(1): 296-302.
- [20] 李姝, 雷晓寒, 陈其兵. 重点生态功能区生态系统服务价值变化及预测. 水土保持通报, 2017, 37(6): 225-231.
- [21] 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.
- [22] Wu J, Gong Y Z, Zhou J B, Wang X X, Gao J X, A Y. The governance of integrated ecosystem management in ecological function conservation areas in China. *Regional Environmental Change*, 2013, 13(6): 1301-1312.
- [23] 曾菊新, 杨晴青, 刘亚晶, 赵纯凤, 李伯华. 国家重点生态功能区乡村人居环境演变及影响机制—以湖北省利川市为例. 人文地理, 2016, 31(1): 81-88.
- [24] 陈全, 周忠发, 闫利会. 国家重点生态功能区生态文明建设评价—以贵州省荔波县为例. 中国农业资源与区划, 2016, 37(9): 1-6.
- [25] 孙小涛, 周忠发, 陈全, 陈继军, 张珊珊. 重点生态功能区水土流失敏感性评价与分布研究—以贵州省雷山县为例. 水土保持学报, 2016, 30(6): 73-78, 133-133.
- [26] 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.
- [27] 刘幼迟. 重点生态功能区产业发展困境及政策思路. 全球化, 2017, (12): 80-91.
- [28] Liu J Y, Liu M L, Tian H Q, Zhuang D F, Zhang Z X, Zhang W, Tang X M, Deng X Z. Spatial and temporal patterns of China's cropland during 1990—2000: An analysis based on Landsat TM data. *Remote Sensing of Environment*, 2005, 98(4): 442-456.
- [29] 刘纪远, 张增祥, 庄大方, 王一谋, 周万村, 张树文, 李仁东, 江南, 吴世新. 20 世纪 90 年代中国土地利用变化时空特征及其成因分析. 地理研究, 2003, 22(1): 1-12.
- [30] Liu J Y, Zhang Z X, Xu X L, Kuang W H, Zhou W C, Zhang S W, Li R D, Yan C Z, Yu D S, Wu S X, Jiang N. Spatial patterns and driving

- forces of land use change in China during the early 21st century. *Journal of Geographical Sciences*, 2010, 20(4): 483-494.
- [31] Liu J Y, Liu M L, Zhuang D F, Zhang Z X, Dneg X Z. Study on spatial pattern of land-use change in China during 1995—2000. *Science in China Series D: Earth Sciences*, 2003, 46(4): 373-384.
- [32] Liu J Y, Kuang W H, Zhang Z X, Xu X L, Qin Y W, Ning J, Zhou W C, Zhang S W, Li R D, Yan C Z, Su S X, Shi X Z, Jiang N, Yu D S, Pan X Z, Chi W F. Spatiotemporal characteristics, patterns, and causes of land-use changes in China since the late 1980s. *Journal of Geographical Sciences*, 2014, 24(2): 195-210.
- [33] 中国科学院资源环境科学数据中心. <http://www.resdc.cn/>.
- [34] 肖玉, 谢高地, 安凯. 青藏高原生态系统土壤保持功能及其价值. *生态学报*, 2003, 23(11): 2367-2378.
- [35] 张静, 曹生奎, 曹广超, 陈克龙, 蒋刚, 张涛, 汉光昭, 林阳阳. 青海湖流域土壤保持量动态变化. *水土保持通报*, 2016, 36(2): 326-331.
- [36] 谢高地, 甄霖, 鲁春霞, 肖玉, 陈操. 一个基于专家知识的生态系统服务价值化方法. *自然资源学报*, 2008, 23(5): 911-919.
- [37] 潘耀忠, 史培军, 朱文泉, 顾晓鹤, 范一大, 李京. 中国陆地生态系统生态资产遥感定量测量. *中国科学 D 辑: 地球科学*, 2004, 34(4): 375-384.
- [38] 中华人民共和国国家统计局. *中国统计年鉴(2011)*. 北京: 中国统计出版社, 2011.
- [39] 国家发展和改革委员会价格司. *全国农产品成本收益汇编(2011)*. 北京: 中国统计出版社, 2011.
- [40] 徐涵秋. 区域生态环境变化的遥感评价指数. *中国环境科学*, 2013, 33(5): 889-897.
- [41] 赵国松, 刘纪远, 匡文慧, 欧阳志云. 1990—2010 年中国土地利用变化对生物多样性保护重点区域的扰动. *地理学报*, 2014, 69(11): 1640-1649.
- [42] 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.
- [43] 邵全琴, 樊江文, 刘纪远, 黄麟, 曹巍, 徐新良, 葛劲松, 吴丹, 李志强, 巩国丽, 聂学敏, 贺添, 王立亚, 邴龙飞, 李其江, 陈卓奇, 张更权, 张良侠, 杨永顺, 杨帆, 周万福, 刘璐璐, 祁永刚, 赵国松, 李愈哲. 三江源生态保护和建设一期工程生态成效评估. *地理学报*, 2016, 71(1): 3-20.
- [44] 陈姗姗, 刘康, 包玉斌, 陈海. 商洛市水源涵养服务功能空间格局与影响因素. *地理科学*, 2016, 36(10): 1546-1554.
- [45] 李宝林, 袁焯城, 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.