

DOI: 10.19741/j.issn.1673-4831.2019.1060

梁彦庆, 官洋溢, 黄志英, 等. 京津冀土地绿色利用与经济增长耦合协调的时空异质性研究[J]. 生态与农村环境学报, 2020, 36(12): 1522–1531.
LIANG Yan-qing, GUAN Yang-yi, HUANG Zhi-ying, et al. Spatial-Temporal Heterogeneity of Coupling and Coordination Between Green Land Use and Economic Growth in Beijing-Tianjin-Hebei Area[J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 2020, 36(12): 1522–1531.

京津冀土地绿色利用与经济增长耦合协调的 时空异质性研究

梁彦庆^{1,2}, 官洋溢¹, 黄志英^{3,4,5,6①}, 焦新颖⁵ (1. 河北师范大学资源与环境科学学院, 河北 石家庄 050024; 2. 河北省环境变化遥感识别技术创新中心, 河北 石家庄 050024; 3. 中国科学院新疆生态与地理研究所荒漠与绿洲生态国家重点实验室, 新疆 乌鲁木齐 830011; 4. 新疆大学资源与环境科学学院, 新疆 乌鲁木齐 830046; 5. 河北地质大学土地科学与空间规划学院, 河北 石家庄 050031; 6. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘要：基于2006、2011和2016年3期截面数据,综合运用超效率SBM模型、标准差椭圆法、耦合协调度模型、地理探测器等方法,对京津冀13市土地绿色利用与经济增长耦合协调的时空异质性及其影响因素进行研究,为该地区土地资源合理利用以及经济增长方式的转变提供决策参考。结果表明:(1)2006—2016年京津冀各城市土地绿色利用与经济增长系统移动趋势分别为东北—西北向、东北—北向,空间上总体呈东北—西南格局分布。(2)耦合协调度范围在0.34~0.41之间,2006—2016年总体由轻度失调转变为濒临失调,京津呈土地绿色利用滞后型状态,而河北省各市呈经济增长滞后型状态。(3)因子探测器计算结果表明,城镇化率 q 值高达0.799 4,交互探测器计算结果表明,第三产业占GDP比重与工业固体废物综合利用率的交互作用最大,为0.955 6。研究表明京津冀各城市近10 a土地绿色利用与经济增长变化差异显著,耦合协调水平的空间分布表现出集中性与稳定性,城镇化率为其主导影响因子,且任意两因子的交互影响力要优于单项因子的独立作用。

关键词：土地绿色利用; 经济增长; 耦合协调度; 时空异质性; 京津冀

中图分类号：X171.1; F062.2 **文献标志码：**A **文章编号：**1673-4831(2020)12-1522-10

Spatial-Temporal Heterogeneity of Coupling and Coordination Between Green Land Use and Economic Growth in Beijing-Tianjin-Hebei Area. LIANG Yan-qing^{1,2}, GUAN Yang-yi¹, HUANG Zhi-ying^{3,4,5,6①}, JIAO Xin-ying⁵ (1. College of Resource and Environmental Science, Hebei Normal University, Shijiazhuang 050024, China; 2. Hebei Innovation Center for Remote Sensing Identification Technology of Environmental Change, Shijiazhuang 050024, China; 3. State Key Laboratory of Desert and Oasis Ecology, Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China; 4. College of Resources and Environmental Sciences, Xinjiang University, Urumqi 830046, China; 5. College of Land Science and Spatial Planning, Hebei University of Geosciences, Shijiazhuang 050031, China; 6. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: This paper discussed the spatial-temporal heterogeneity and its influencing factors of the coupling coordination of green land use and economic growth in 13 cities of Beijing-Tianjin-Hebei area. This work aims to provide decision-making references for the rational utilization of land resources and the transformation of economic growth mode. Super efficiency SBM model, standard deviation ellipse method, coupling coordination degree model and geographical detector method were conducted based on the section data of 2006, 2011 and 2016. Results show that: (1) From 2006 to 2016, the moving trends of green land use and economic growth systems in Beijing-Tianjin-Hebei area were northeast-southwest and northeast-north respectively, but the overall spatial distribution was northeast-southwest. (2) The coupling coordination degree ranged from 0.34 to 0.41, which changed from mild imbalance to close to imbalance, and the regions in northwest

收稿日期: 2019-12-31

基金项目: 河北省教育厅科学技术研究重点项目(ZD2019115); 河北师范大学科技类科研重点基金(L052018Z09); 国家自然科学基金(41471090); 河北省社会科学基金(HB17YJ022)

① 通信作者 E-mail: hzy366@sohu.com

and south Hebei were always low; Beijing and Tianjin were lagging behind state in green land use, while cities in Hebei were lagging behind in economic growth. (3) The urbanization rate q value was up to 0.799 4 among detection of influence factors, and the interaction between the proportion of tertiary industry in GDP and the comprehensive utilization rate of industrial solid waste was the largest, which was 0.955 6. The research concluded that there are significant differences between green land use and economic growth in Beijing, Tianjin and Hebei in recent 10 years. The spatial coupling coordination level maintains the concentration and stability of inter annual distribution, but shows significant spatial-temporal heterogeneity. The urbanization rate is the dominant factor and the interaction effect of any two factors is better than the independent effect of single factor on the coordinated development of the two systems.

Key words: green land use; economic growth; coupling coordination degree; spatial-temporal heterogeneity; Beijing-Tianjin-Hebei area

中国经济的高速发展给土地生态环境造成了巨大压力,土地资源绿色利用与经济增长的合理匹配成为实现国家可持续发展的重要前提。随着城市化进程的不断加快,由土地利用引发的资源环境保护与经济发展之间的矛盾冲突愈加严峻,这与我们当前绿色、协调的发展理念不符。土地绿色利用与生产已成为生态文明建设新时期土地利用的新模式、新需求,将绿色发展理念贯彻到土地利用过程中,在土地总量有限、生态环境脆弱的前提下,通过土地绿色利用转型减少资源投入与污染排放,实现土地利用中经济、社会和环境综合效益的最优协调发展,成为继土地集约利用之后的一种土地利用新理念^[1-3]。

学者们围绕土地利用与城镇化、区域一体化的耦合关系进行了相关研究,大致分为两类:一是全国、区域、城市等不同尺度下的研究。如张红凤等^[4]从时点状态和时段变化的角度对我国各省份的城镇化发展和土地集约利用水平的耦合特征进行了分析;陈万旭等^[5]采用空间计量经济学模型探测长江中游土地利用转型与城镇化之间的空间关系;邢颖等^[6]对都匀市土地利用变化与经济增长的协调性进行了考察。二是时空效应、协调发展程度评价等不同视角下的研究。如李晓庆等^[7]基于耦合协调发展度及空间自相关模型探究长江两大城市群新型城镇化与土地集约利用的协调时空分异特征;苗苗等^[8]探讨长江中游城市群土地利用与社会-经济-自然系统的内在耦合协调性;张志等^[9]从空间尺度分析了湖北省各城市土地集约利用程度与经济发展的耦合协调关系。上述研究大多注重解决经济、社会或环境某一方面的问题,着眼于全面考虑资源节约、环境保护、生态可持续的土地绿色利用研究较少,且土地绿色利用与经济增长的相关研究也局限于某个因素的单项研究,缺乏对两者的耦合分析,特别是对耦合协调时空异质性及其驱动因素的深入探讨较少。

京津冀城市群作为我国北方人居环境的重要保障地带,土地生态保护与经济发展等矛盾突出,基于 2006、2011 和 2016 年 3 期截面数据,探索土地绿色利用与经济增长耦合协调发展的时空分异规律及其影响因素,可为实现京津冀区域土地资源高效绿色利用与经济社会可持续发展提供借鉴和参考。

1 研究区域概况与数据来源

1.1 研究区域概况

京津冀地区是我国北方最重要的经济中心,地处 $36^{\circ}01' \sim 42^{\circ}37' N$, $113^{\circ}04' \sim 119^{\circ}53' E$,总面积约为 21.80 万 km^2 ,包括北京、天津和河北 3 个省级行政区,辖 13 个城市,拥有良好的区位条件和资源禀赋,现已成为继长三角、珠三角之后的中国第三大经济增长极地区。2016 年,总人口超过 1 亿人,地区生产总值达到 74 612.6 亿元,占全国的 10%。然而,由于京津冀不同发展定位城市的土地利用模式、结构不同,造成区域间经济发展不平衡、土地利用效益低下、生态环境污染等问题一直比较突出。为保证京津冀协同可持续发展,亟需重点研究和解决土地资源高效绿色利用与经济发展的协调问题。

1.2 数据来源

数据来源于 2007、2012 和 2017 年的《北京统计年鉴》《天津统计年鉴》《河北统计年鉴》《中国城市统计年鉴》和各市统计公报,无法直接获取的各类地均资源投入和经济密度等指标值根据相关指标计算得到。

2 研究方法 with 指标体系

2.1 研究方法

2.1.1 超效率 SBM 模型

土地绿色利用水平可采用考虑资源与环境代价的综合土地利用效率来衡量。基于非期望产出的 SBM 模型于 2001 年由 TONE^[10]提出,能够解决传统数据包络模型造成的投入产出变量松弛性问

题,但难以进一步区分有效决策单元间的效率差异,而超效率 DEA 模型可实现对所有效率值大于 1 的决策单元(DMU)的区分,因此运用结合 2 种模型优势的超效率 SBM 模型对综合土地利用效率进行测算^[10],不仅可以恰当处理非期望产出,同时能够解决非有效单元和有效单元的排序问题。模型公式为

$$\min(\rho) = \frac{1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{\bar{x}}{x_{ik}}}{1 + \frac{1}{r_1 + r_2} \left(\sum_{s=1}^{r_1} \frac{\bar{y}^d}{y_{sk}^d} + \sum_{q=1}^{r_2} \frac{\bar{y}^u}{y_{qk}^u} \right)}, \quad (1)$$

$$s.t. \begin{cases} \bar{x} \geq \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j, i = 1, \dots, m \\ \bar{y}^d \leq \sum_{j=1}^n y_{sj}^d \lambda_j, s = 1, \dots, r_1 \\ \bar{y}^u \geq \sum_{j=1}^n y_{qj}^u \lambda_j, q = 1, \dots, r_2 \\ \bar{x} \geq x_k, \bar{y}^d \leq y_k^d, \bar{y}^u \geq y_k^u, \lambda \geq 0 \end{cases} \quad (2)$$

式(1)~(2)中, ρ 为测度的土地绿色利用水平值;假设有 n 个 DMU,每个 DMU 由投入 m 、期望产出 r_1 和非期望产出 r_2 构成,其投入、期望产出和非期望产出向量分别为 $\mathbf{x} \in R^m$ 、 $\mathbf{y}^d \in R^{r_1}$ 、 $\mathbf{y}^u \in R^{r_2}$; λ_j 为约束条件。

2.1.2 标准差椭圆法

标准差椭圆法最早由 Lefever 提出,通过重心、长半轴、短半轴、方位角等构成要素能够揭示土地绿色利用与经济增长的空间分布特征。其中,重心表示区域要素空间分布的相对位置,长短轴之比用来描述要素空间分布形态,方位角表示空间分布的主趋势方向^[11]。平均中心坐标、 x 轴标准差、 y 轴标准差计算公式分别为

$$\bar{X}_w = \frac{\sum_{i=1}^n w_i x_i}{\sum_{i=1}^n w_i}, \quad (3)$$

$$\bar{Y}_w = \frac{\sum_{i=1}^n w_i y_i}{\sum_{i=1}^n w_i}, \quad (4)$$

$$\sigma_x = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (w_i \bar{x}_i \cos \theta - w_i \bar{y}_i \sin \theta)}}{\sum_{i=1}^n w_i^2}, \quad (5)$$

$$\sigma_y = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (w_i \bar{x}_i \sin \theta - w_i \bar{y}_i \cos \theta)}}{\sum_{i=1}^n w_i^2} \quad (6)$$

式(3)~(6)中, x_i 和 y_i 为要素坐标; w_i 为权重; i 为各决策单元; $\bar{X}$ 和 $\bar{Y}$ 为标准差椭圆的中心点坐标; σ_x 和 σ_y 分别为沿 x 轴和 y 轴的标准差; $\tan \theta$ 为分布格局的转角。

2.1.3 耦合协调度模型

耦合协调度模型用来描述系统之间相互作用、相互影响的关联性^[12-13],可将土地绿色利用和经济增长 2 个系统相互作用、协调发展的程度定义为土地绿色利用-经济增长系统耦合协调度。表达式为

$$U_1 = \sum_{i=1}^m p_i x_i, \quad (7)$$

$$U_2 = \sum_{i=1}^n q_i y_i, \quad (8)$$

$$C = \frac{\sqrt{U_1 \times U_2}}{\sqrt{(U_1 + U_2)^2}}, \quad (9)$$

$$T = \alpha U_1 + \beta U_2, \quad (10)$$

$$D = \sqrt{C \times T}. \quad (11)$$

式(7)~(11)中, U_1 和 U_2 分别为土地绿色利用系统和经济增长系统的综合得分值; p_i 和 q_i 为对应指标权重; x_i 和 y_i 分别为各指标对应的标准化值; m 和 n 分别为 2 个系统指标总数; C 为系统之间的耦合度; T 为系统之间的综合调和指数; α 、 β 为待定系数,反映 2 个子系统对总系统贡献的重要程度,参照文献^[14],取 $\alpha = \beta = 1/2$ 。

采用均匀分布函数法^[15-16],将京津冀土地绿色利用-经济增长耦合协调度(D)划分为如下等级:0~0.19、>0.19~0.29、>0.29~0.39、>0.39~0.49 分别表示严重、中度、轻度与濒临失调;>0.49~0.59、>0.59~0.69、>0.69~0.79、>0.79~0.89、>0.89~1.00 分别表示勉强、初级、中级、良好与优质协调。

2.1.4 地理探测器

地理探测器是识别地理事物空间分异性及其驱动力的统计学方法^[17],用于检验影响因素与地理事物的变化在空间上是否具有显著一致性。其中因子探测器用来探测京津冀土地绿色利用与经济增长耦合协调的空间分异性以及影响因素对其的解释力,大小用 q 值来衡量,表达式为

$$q = 1 - \frac{\sum_{h=1}^n N_h \sigma_h^2}{N \sigma^2} \quad (12)$$

式(12)中, h 为变量 Y 或者 X 的分层; N_h 和 N 分别为 h 层和全区的单元数; σ_h^2 和 σ^2 分别为 h 层和全区 Y 值的方差。 q 的取值在 $[0, 1]$ 之间,数值越大,

说明影响因子对土地绿色利用与经济增长耦合协调的影响越大。

交互探测器(P)用来识别影响因子两两共同作用时是否会增加或减弱对土地绿色利用与经济增长耦合协调的解释力。 $P(x_1 \cap x_2) < \min[P(x_1), P(x_2)]$, 代表因子 x_1 与 x_2 交互后非线性减弱; $\min[P(x_1), P(x_2)] < P(x_1 \cap x_2) < \max[P(x_1), P(x_2)]$, 代表因子 x_1 与 x_2 交互后单线性减弱; $P(x_1 \cap x_2) > \max[P(x_1), P(x_2)]$, 代表因子 x_1 与 x_2 交互后双线性加强; $P(x_1 \cap x_2) > P(x_1) + P(x_2)$, 代表因子 x_1 与 x_2 交互后非线性加强; $P(x_1 \cap x_2) = P(x_1) + P(x_2)$, 代表因子 x_1 与 x_2 相互独立。

2.2 指标体系构建

土地绿色利用是在一定约束条件下实现多目标并同时达到最优水平的土地利用方式组合,不仅需要增加土地资源的产出强度,还要考虑在节能减排约束条件下,降低污染物排放水平,从而实现土地资源的绿色可持续利用,因此在指标选择上立足

于土地利用过程中生态水平的提升能力,重点关注减少资源消耗和污染排放 2 个方面^[18]。经济增长是实现经济可持续发展的关键,大部分学者认为从经济增长的有效性、稳定性、持续性、创新性、分享性等方面能较好地反映经济增长内涵,因此在指标选择上主要关注经济增长结构性、稳定性、福利性等方面^[19]。基于土地绿色利用和经济增长的内涵,对黄鑫等^[20]、梁流涛等^[2]学者研究中使用频率较高的指标进行统计,并结合京津冀发展实际以及数据可获取性、连续性等因素,构建京津冀土地绿色利用与经济增长评价指标体系(表 1)。其中土地绿色利用由资源投入、污染排放(非期望产出)、经济产出(期望产出)3 个一级指标,8 个二级指标构成;经济增长由经济发展、国内外贸易和经济增长效益 3 个一级指标,8 个二级指标构成。为减少人为因素对权重的影响,土地绿色利用和经济增长各指标权重采用熵值法确定,权重越小表明评价指标变异系数越小,提供的有效信息越少(表 1)。

表 1 京津冀土地绿色利用与经济增长评价指标体系
Table 1 Evaluation index system for green land use and economic growth in Beijing-Tianjin-Hebei area

目标	一级指标	二级指标	指标单位	指标功效	权重
土地绿色利用	资源投入	地均水资源投入	$\text{m}^3 \cdot \text{km}^{-2}$	负	0.067 5
		地均电力资源投入	$\text{万 kW} \cdot \text{h} \cdot \text{km}^{-2}$	负	0.085 0
		地均资金投入	$\text{万元} \cdot \text{km}^{-2}$	负	0.056 4
		地均劳动力投入	$\text{人} \cdot \text{km}^{-2}$	负	0.053 3
	污染排放(非期望产出)	工业废水排放量	万 t	负	0.081 7
		工业二氧化硫排放量	万 t	负	0.071 3
		工业烟(粉)尘排放量	万 t	负	0.048 9
	经济产出(期望产出)	地区生产总值	万元	正	0.535 9
经济增长	经济发展	经济密度	$\text{万元} \cdot \text{km}^{-2}$	正	0.095 6
		地区生产总值增长率	%	正	0.031 3
		第三产业/第二产业	%	正	0.108 5
		地方财政收入	万元	正	0.201 9
	国内外贸易	实际利用外资金额	亿美元	正	0.216 6
		社会消费品零售总额	亿元	正	0.180 5
	经济增长效益	人均 GDP	$\text{元} \cdot \text{人}^{-1}$	正	0.075 0
		城镇居民人均可支配收入	$\text{元} \cdot \text{人}^{-1}$	正	0.090 6

3 结果与分析

3.1 土地绿色利用与经济增长的时空分布特征

运用 DEA-Solver Pro5 软件,选择规模报酬不变情况下考虑非期望产出的超效率 SBM 模型,对京津冀 13 市 2006—2016 年的土地绿色利用水平值进行测算(图 1)。结果显示,2006—2016 年,京津冀土地绿色利用水平均值从高到低依次为北京、承德、沧州、保定、张家口、天津、唐山、石家庄、邯郸、衡

水、廊坊、邢台和秦皇岛,大致呈西高东低、北高南低的分布格局。不同城市间的土地绿色利用水平差别较大,北京、承德、沧州、保定的土地绿色利用水平均值分别为 2.67、1.44、1.48、1.09,高于城市群 0.91 的平均水平,表明这些城市土地绿色利用水平较高效,其中北京作为京津冀城市群的核心城市,一直强调低消耗、低污染、高效益的集约型经济增长模式,注重对土地的健康有序利用;承德、沧州、保定近年加强工业转型和产业结构调整,发展

环境友好型工业,对提高土地绿色利用水平起到了积极作用;其余城市由于产业耗能相对较高,工业污染物排放量相对较大,土地绿色利用水平普遍偏低,仅张家口略高于城市群平均水平,达到 0.95,秦皇岛最低,仅为 0.28。

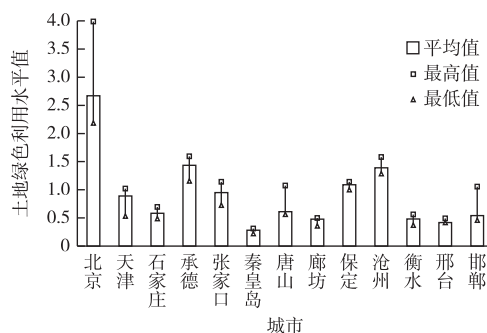


图 1 2006—2016 年土地绿色利用水平平均值变化

Fig. 1 Variation range of green land use level in 2006–2016

运用多因素综合评价法测算得到京津冀 13 市 2006—2016 年的经济增长水平值,根据其值对经济增长动态变化进行分析。由图 2 可知,2006—2016 年京津冀经济增长水平平均值存在显著的区域非均衡发展特征,在空间上呈现东高西低的分布格局。其中北京、天津的经济增长水平平均处于区域领先地位

位,经济增长水平平均值分别为 0.90 和 0.64,高于区域平均水平;唐山、石家庄、秦皇岛、廊坊等地次之;而衡水为生态休闲旅游型城市,均值最低,仅为 0.03。总体来看,除天津外,其余各市经济增长综合水平总体呈下降趋势。分阶段来看,2006—2011 年呈下降趋势的有北京、石家庄、唐山、廊坊、邢台和衡水 6 市,其余 7 市均呈上升趋势;2011—2016 年呈下降趋势的有承德、张家口、邢台、唐山、保定、邯郸,其余 7 市呈上升趋势。

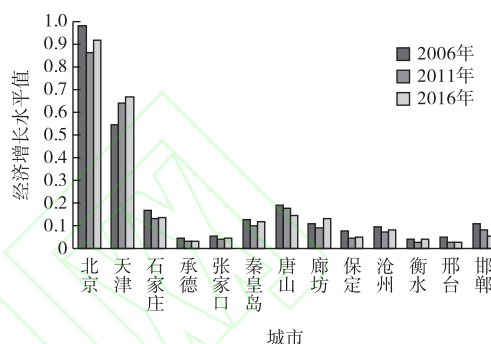


图 2 2006—2016 年经济增长水平变化

Fig. 2 Economic growth level in 2006–2016

土地绿色利用与经济增长标准差椭圆的参数变化见表 2,空间分布见图 3。

表 2 土地绿色利用与经济增长的标准差椭圆参数变化

Table 2 Changes of elliptical parameters of standard deviation between green land use and economic growth

年份	土地绿色利用				经济增长			
	重心位置	迁移方向	长短轴之比	方位角/(°)	重心位置	迁移方向	长短轴之比	方位角/(°)
2006	39.29° N, 116.27° E		1.92	23.68	39.48° N, 116.61° E		1.75	36.55
2011	39.43° N, 116.36° E	东北	2.00	24.77	39.52° N, 116.71° E	东北	1.64	37.59
2016	39.56° N, 116.33° E	西北	1.86	20.71	39.54° N, 116.71° E	北	1.54	39.33

2006—2016 年京津冀地区土地绿色利用标准差椭圆整体呈北(偏东)—南(偏西)的分布格局,但在 2 个时间段内分别呈现向东北、西北方向的移动路径。2006—2011 年长短轴之比由 1.92 增加到 2.00,表明北(偏东)—南(偏西)方向呈扩张趋势,2011—2016 年长短轴之比由 2.00 减小到 1.86,表明北(偏西)—南(偏东)方向呈扩张趋势,且扩张速度快于 2006—2011 年,区域间差距逐渐拉大,方位角转动方向由顺时针转为逆时针,转动较明显,表明城市群西北部地区对生态环境的重视程度加强,土地绿色利用水平得到逐步提高。

2006—2016 年京津冀 13 市经济增长的空间分布整体呈北(偏东)—南(偏西)方向,移动路径范围较小,2006—2011 年经济增长重心位置由 39.48°

N, 116.61° E 向东北方向移至 39.52° N, 116.71° E, 2011—2016 年向北移动至 39.54° N, 116.71° E。近 10 a 长短轴之比由 1.75 减小到 1.54,表明东北—西南方向呈持续收缩趋势,方位角由 36.55° 逐渐变为 39.33°,呈顺时针方向旋转,表明城市群东北部地区的经济发展水平较高,发展速度较快,东北部与西南部地区的经济增长水平差距明显拉大。

综上所述,2006—2016 年,京津冀各城市土地绿色利用与经济增长时序变化差异显著,土地绿色利用水平较高区域集中在北京、承德等中、北部,随时间变化其主方向由北(偏东)—南(偏西)方向变为北(偏西)—南(偏东)方向,而城市群西北部地区呈现“追赶”趋势,土地利用效率逐步提高;经济增

长水平较高区域集中分布在北京、唐山等中、东部区域,其主方向始终为北(偏东)—南(偏西)方向,其余地区发展相对较弱。在空间演变上,两系统标准差椭圆总体呈现东北—西南格局分布,京津冀东北部地区的土地绿色利用与经济增长态势好于西南地区。

3.2 土地绿色利用与经济增长耦合协调的空间异质性

为避免数据量纲的影响,先对土地绿色利用和经济增长的原始数据进行标准化处理,再进行耦合协调度测算,根据测算结果对京津冀近年来各市的土地绿色利用与经济增长耦合协调水平进行等级划分,共分为中度失调、轻度失调、濒临失调、勉强协调和初级协调 5 个等级(图 4)。

2006—2016 年间,京津冀各城市土地绿色利用与经济增长耦合协调度呈现缓慢上升趋势,耦合协调度大致在 0.20~0.65 之间,只有少数城市在个别年份高于 0.60。京津冀整体协调关系有一定改善,从 0.34 上升到 0.41,由轻度失调转变为濒临失调。

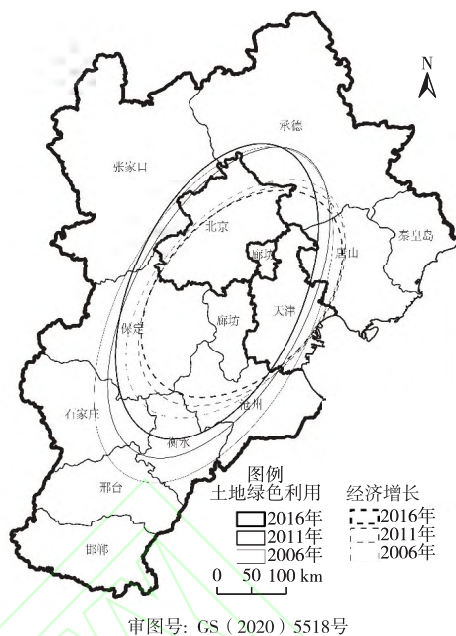


图 3 土地绿色利用与经济增长标准差椭圆分布

Fig. 3 Elliptical distribution of standard deviation of green land use and economic growth

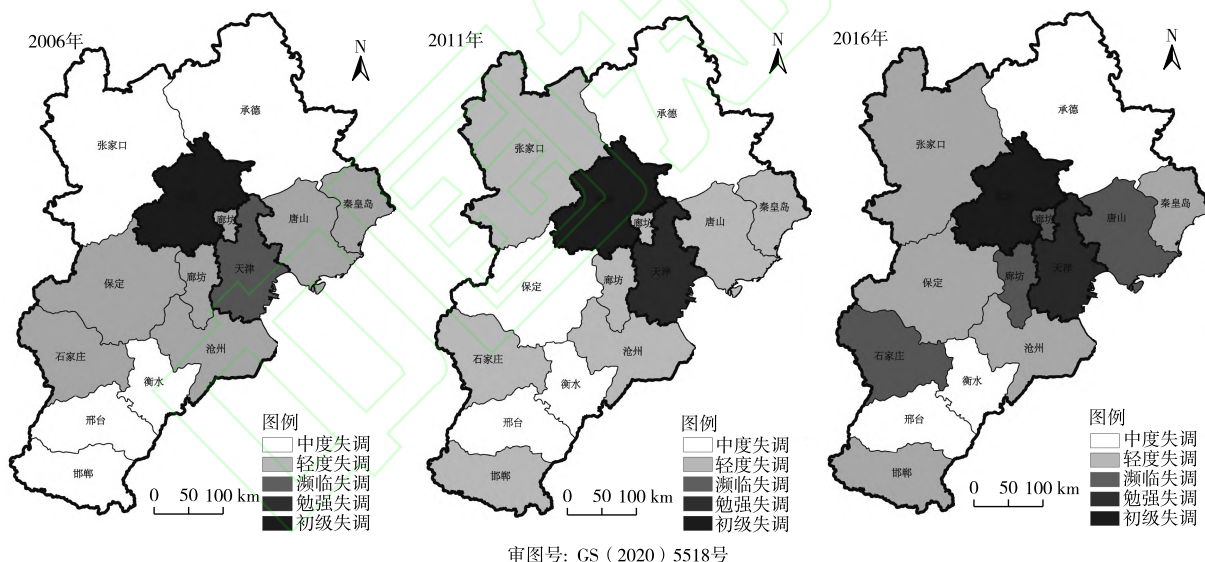


图 4 土地绿色利用与经济增长耦合协调度的时空演变格局

Fig. 4 Spatial-temporal evolution patterns of coupling coordination degree between green land use and economic growth

对各个阶段展开具体分析:(1)中度失调阶段,2006 年有张家口、承德、衡水、邢台和邯郸;2011 年变为 4 个,邯郸、张家口由于系统关联度增强,变为轻度失调,新增保定;2016 年仅有 3 个,分别为承德、衡水和邢台。(2)轻度失调,2006 年处于该阶段的有 6 个,分别为秦皇岛、唐山、廊坊、石家庄、保定和沧州;2011 年新增张家口和邯郸,表明张家口和邯郸的协调度较 2006 年有所提升,保定降为中度失

调阶段;2016 年减少为 5 个,分别为张家口、保定、沧州、邯郸和秦皇岛。(3)濒临失调阶段,2006 年仅有天津;2011 年无城市处于此阶段;2016 年有 3 个,分别为唐山、廊坊和石家庄,表明其土地绿色利用与经济增长之间的关联度增强,这些城市在发展经济的同时也注重土地利用绿色化和对资源、环境的保护。(4)勉强协调阶段,2006 年未有城市处于该阶段,2011 和 2016 年处于此阶段的均仅有天津。

(5) 初级协调阶段。2006—2016 年处于该阶段的均仅有北京。

从图 5 可知,2006—2016 年间,京津冀 13 个城市土地绿色利用与经济增长的耦合协调度均得到不同程度提升,但呈现区域发展不平衡的明显特征,耦合协调度由高到低依次为北京、天津、石家庄、唐山、廊坊、秦皇岛、沧州、保定、张家口、邯郸、衡水、邢台和承德。北京、天津土地绿色利用与经济增长的耦合协调度遥遥领先,与河北省 11 个城市拉开差距;而从河北省内部看,石家庄位居首位,唐山、廊坊等环京津、沿海区域次之,冀西北和冀南区域城市的耦合协调度较差。通过比较土地绿色利用与经济增长系统的综合得分值可以看出,北京、天津的土地绿色利用落后于经济增长,表现为土地绿色利用滞后型状态,而河北省各市相反,表现为经济增长滞后型状态,表明京津冀城市群尚未达到土地绿色利用与经济增长高协调、高质量的发展阶段,其中北京、天津的土地利用仍较为粗放,需要前瞻性的国土空间规划进行指导,而河北省各市的经济发展水平较差,还需加大力度优化产业结构,实现产业绿色化高端化发展。

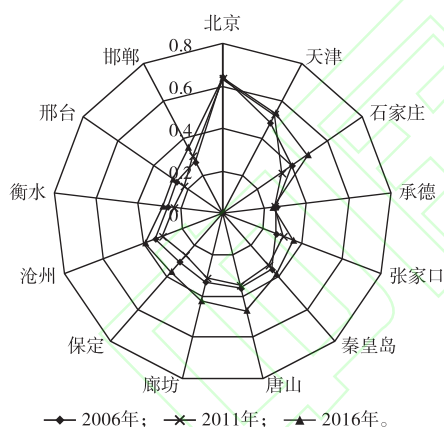


图 5 土地绿色利用与经济增长耦合协调度演进态势
Fig. 5 The evolution trend of coupling coordination degree between green land use and economic growth

总体来看,近 10 a 来京津冀 13 个城市耦合协调发展水平不断提升,形成以北京、天津为中心的辐射扩散趋势,表明京津冀在经济发展的同时,注重土地集约利用,提高资源利用效率和减少环境污染,逐步走上健康的可持续发展道路,但需要注意的是冀西北和冀南等区域耦合协调度处于轻度失调阶段的城市占比依然很大。对于不同类型城市,未来应有所侧重地提高土地绿色利用水平并优化调整经济结构,有效促进不同地区经济的健康增

长,从而促进土地绿色利用与经济增长的全面协调发展。

3.3 土地绿色利用与经济增长耦合协调的影响因素

选取与当前实际发展状况最为相近的 2016 年为研究时点,运用地理探测器软件中的因子探测器与交互探测器来探测各驱动因子对京津冀土地绿色利用与经济增长的影响程度。借鉴文献[21-22]并结合数据可得性和典型性,选取单位 GDP 能耗(X_1)、人口密度(X_2)、第三产业占 GDP 比重(X_3)、城镇化率(X_4)、建成区绿化率(X_5)、专利申请授权量(X_6)和工业固体废物综合利用率(X_7)共 7 个指标作为土地绿色利用与经济增长协调发展的驱动因子,计算得到各指标的解释力大小 q 分别为 0.486 6、0.399 8、0.552 2、0.799 4、0.340 3、0.614 8、0.229 6。可见,京津冀土地绿色利用与经济增长协调的主导驱动因子及其解释力差异较为明显。

整体来看,因子探测分析结果中所有驱动因子的解释力 q 值均处于显著范围内,但其大小具有明显差距。其中,城镇化率 q 值最大,明显区别于其他因子,表明该因子对土地绿色利用-经济增长协调发展的解释力具有主导作用,因此属于主导驱动因子;其次为专利申请授权量、第三产业占 GDP 比重,其 q 值均高达 0.5 以上,这些因子涉及科技创新、产业结构等方面,能较为全面地反映城市的可持续和健康发展状况,对于土地绿色利用与经济增长的协调发展具有重要促进作用,属于高水平影响因子;而单位 GDP 能耗、人口密度、建成区绿化率和工业固体废物综合利用率的影响程度属于较低水平, q 值均处于 0.5 以下,由于不同城市在经济发展中各有侧重,对绿化率、工业固体废物综合利用率的要求差异较大,导致对系统协调发展的综合影响力较弱;能耗、人口的增加会导致土地、水电等各种资源需求量和污染物排放增加等问题,这些因子对土地绿色利用与经济增长协调发展的影响力均较弱,属于一般影响因子。

从表 3 可知,各驱动因子间存在显著交互作用,且任意两因子交互作用后的作用力显著高于单因子,具有双因子增强或非线性增强特征,表明产业结构、生态投入、科技创新、城市化水平等方面的综合作用要优于单项因子的独立作用。整体来看,产业结构与科技创新、环境规制对土地绿色利用与经济增长协调发展的交互影响力显著区别于其他影响因子的交互影响力。其中第三产业占 GDP 比重

与工业固体废物综合利用率的交互作用值最大,为 0.955 6;第三产业占 GDP 比重与专利申请授权量

的交互作用值次之,为 0.911 1。

表 3 土地绿色利用-经济增长耦合协调影响因子交互探测结果

Table3 Results of interactive detecting of influence factors on coupling coordination between green land use-economic growth

指标	交互作用值						
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7
X_1	0.486 6						
X_2	0.888 9	0.399 8					
X_3	0.818 9	0.855 6	0.552 2				
X_4	0.904 6	0.866 7	0.859 3	0.799 4			
X_5	0.877 8	0.666 7	0.822 2	0.881 5	0.340 4		
X_6	0.888 9	0.770 4	0.911 1	0.881 5	0.866 7	0.614 8	
X_7	0.901 1	0.733 3	0.955 6	0.905 6	0.777 8	0.866 7	0.229 6

X_1 为单位 GDP 能耗, X_2 为人口密度, X_3 为第三产业占 GDP 比重, X_4 为城镇化率, X_5 为建成区绿化率, X_6 为专利申请授权量, X_7 为工业固体废物综合利用率。

综上所述,各驱动因子对京津冀土地绿色利用与经济增长协调发展均具有一定影响,且影响力差异较大,未来要在快速发展经济的同时,发挥高水平驱动因子的主导作用,同时注重与低水平驱动因子之间的融合,增强因子间的综合影响水平,逐步提高土地绿色利用与经济增长的协调发展水平。

4 结论

运用超效率 SBM 模型、标准差椭圆法、耦合协调度模型、地理探测器等方法,探讨了京津冀 13 个城市 2006—2016 年土地绿色利用与经济增长的时空变化规律、耦合协调的时空异质性及其影响因素,结论如下:

(1)近 10 a 京津冀各城市土地绿色利用与经济增长水平随时间变化呈现显著的区域差异。其中北京、承德等中、北部区域的土地绿色利用水平较高,均值均在 1.00 以上;北京、天津等中、东部地区的经济增长水平较高,均值均在 0.20 以上。土地绿色利用发展主方向由北(偏东)—南(偏西)变为北(偏西)—南(偏东),经济增长主方向始终为北(偏东)—南(偏西),其移动趋势分别为东北—西北向、东北—北向,但在空间上 2 个系统总体呈东北—西南格局分布格局。

(2)由耦合协调度测算结果可知,京津冀城市群的土地绿色利用与经济增长耦合协调度在 0.34~0.41 之间,随时间变化整体协调度不断提升,由轻度失调转变为濒临失调,但依旧处于较低水平。耦合协调水平在空间分布上具有集中性与稳定性,但存在明显的区域差异,表现出显著的空间异质性,即北京、天津遥遥领先,环京津、沿海区域次之,冀

西北和冀南区域较差,其中北京、天津表现为土地绿色利用滞后型状态,河北省各市表现为经济增长滞后型状态。

(3)土地绿色利用与经济增长协调发展受城镇化率、专利申请授权量、第三产业占 GDP 比重等多因子共同驱动,其中城镇化率的解释力最大,且任意两因子的交互作用均比单因子作用强。

由于京津冀土地绿色利用-经济增长耦合协调性较弱,未来应继续运用政府政策调控机制,协调好土地资源利用与经济增长之间的关系,推动以绿色化为重点的技术改造,减少能源损耗与环境污染问题。结合城市功能定位,需因地制宜地对不同区域采取差别化的管理措施,如北京、天津需转变经济增长方式,优化产业结构,提高土地绿色利用效率,同时将科技创新作为推动经济发展的根本动力,减少对资源的依赖,降低污染物排放;河北省应推动城市土地资源利用方式向节约、集约的绿色化方向发展,进一步推动经济增长向低投入、低排放和高产出的绿色发展方式转变,破解保障发展与保护资源的两难局面。

对 2006—2016 年京津冀土地绿色利用与经济增长耦合协调的时空异质性及其影响因素进行分析,可为土地生态利用与经济协调发展提供新的思路,同时对其他城市群土地绿色利用研究具有一定参考价值。未来可通过甄选优化评价指标体系,加强遥感数据、土地利用空间数据等多元数据的运用与探索,实现对研究结果空间异质性的深入分析。目前将土地绿色利用与经济增长结合起来的研究较少,在对耦合协调发展的时空变化特征进行分析评价的基础上,仍需对 2 个系统间的交互作用进行

系统、全面的研究。

参考文献:

- [1] 王德起, 庞晓庆. 京津冀城市群绿色土地利用效率研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2019, 29(4): 68-76. [WANG De-qi, PANG Xiao-qing. Research on Green Land-Use Efficiency of Beijing-Tianjin-Hebei Urban Agglomeration[J]. China Population, Resources and Environment, 2019, 29(4): 68-76.]
- [2] 梁流涛, 雍雅君, 袁晨光. 城市土地绿色利用效率测度及其空间分异特征: 基于 284 个地级以上城市的实证研究[J]. 中国土地科学, 2019, 33(6): 80-87. [LIANG Liu-tao, YONG Ya-jun, YUAN Chen-guang. Measurement of Urban Land Green Use Efficiency and Its Spatial Differentiation Characteristics: An Empirical Study Based on 284 Cities[J]. China Land Science, 2019, 33(6): 80-87.]
- [3] 李广培, 李艳歌. 福建省各地市生态效率与经济增长协同发展的比较研究[J]. 发展研究, 2018(11): 40-46. [LI Guang-pei, LI Yan-ge. Comparative Study on Synergistic Development of Ecological Efficiency and Economic Growth in Various Cities of Fujian Province[J]. Development Research, 2018(11): 40-46.]
- [4] 张红凤, 曲衍波. 我国城镇化发展与土地集约利用的时空耦合及调控格局[J]. 经济理论与经济管理, 2018(10): 44-54. [ZHANG Hong-feng, QU Yan-bo. Spatio-Temporal Coupling and Regulation Pattern of Land Intensive Use and Urbanization Development[J]. Economic Theory and Business Management, 2018(10): 44-54.]
- [5] 陈万旭, 李江风, 冉端. 长江中游城市群土地利用转型和城镇化之间的空间关系[J]. 长江流域资源与环境, 2019, 28(5): 1036-1048. [CHEN Wan-xu, LI Jiang-feng, RAN Duan. On the Spatial Relationship Between Land Use Transition and Urbanization in the Middle Yangtze River Urban Cluster[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2019, 28(5): 1036-1048.]
- [6] 邢颖, 乐立, 张文磊, 等. 基于耦合协调度模型的都匀市土地利用变化与经济增长协调性研究[J]. 中国农业资源与区划, 2019, 40(4): 128-134, 216. [XING Ying, LE Li, ZHANG Wen-lei, et al. Research on Coordination of Land Use and Economic Growth in Duyun Based on Coupling Coordination Degree Model[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2019, 40(4): 128-134, 216.]
- [7] 李晓庆, 姜博, 米媛, 等. 长江中上游城市群土地集约利用及与新型城镇化耦合协调时空分异特征[J]. 水土保持研究, 2017, 24(5): 291-298. [LI Xiao-qing, JIANG Bo, MI Yuan, et al. Characteristics of Spatial and Temporal Differentiation of Coupling Coordination Between Intensive Land Utilization and New Urbanization in Urban Agglomerations in Middle and Upper Reaches of the Yangtze River[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2017, 24(5): 291-298.]
- [8] 苗苗, 李长健. 城市土地利用与社会-经济-自然系统协调发展研究: 以长江中游城市群 26 市为例[J]. 城市发展研究, 2017, 24(7): 1-6, 18. [MIAO Miao, LI Chang-jian. Coupling Coordinative Degree of Land Use and SEN in City Group of Middle Reaches of Yangtze River[J]. Urban Development Studies, 2017, 24(7): 1-6, 18.]
- [9] 张志, 龚健, 王利华. 城市土地集约利用与社会经济时空耦合协调发展评价: 以湖北省 12 个地级市为例[J]. 水土保持研究, 2017, 24(4): 296-303, 310. [ZHANG Zhi, GONG Jian, WANG Li-hua. Spatiotemporal Development and Coupling Relationship of Urban Intensive Land Use and Social Economics: A Case Study of 12 Cities in Hubei Province[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2017, 24(4): 296-303, 310.]
- [10] TONE K. A Slacks-Based Measure of Efficiency in Data Envelopment Analysis[J]. European Journal of Operational Research, 2001, 130(3): 498-509.
- [11] 邢璐平, 方斌. 江苏省城镇化和生态环境的时空格局与协调发展研究[J]. 南京师范大学学报(自然科学版), 2018, 41(3): 131-137. [XING Lu-ping, FANG Bin. Spatial-Temporal Pattern and Coordinated Development of Urbanization and Ecological Environment in Jiangsu Province[J]. Journal of Nanjing Normal University (Natural Science Edition), 2018, 41(3): 131-137.]
- [12] 梁栋, 罗静, 郭洋. 山东省城镇化质量与城镇化规模协调性研究[J]. 华中师范大学学报(自然科学版), 2019, 53(1): 112-120. [LIANG Dong, LUO Jing, GUO Yang. Coordination of Urbanization Quality and Urbanization Scale Research in Shandong Province[J]. Journal of Central China Normal University (Natural Sciences), 2019, 53(1): 112-120.]
- [13] 袁俊芳, 卞正富, 闫庆武, 等. 西部典型矿业城市土地利用效益耦合协调度研究[J]. 生态与农村环境学报, 2018, 34(8): 709-716. [YUAN Jun-fang, BIAN Zheng-fu, YAN Qing-wu, et al. Coupling Coordination Degree of Urban Land Use Efficiency in Typical Mining Cities in Western China[J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 2018, 34(8): 709-716.]
- [14] 李志龙. 乡村振兴-乡村旅游系统耦合机制与协调发展研究: 以湖南凤凰县为例[J]. 地理研究, 2019, 38(3): 643-654. [LI Zhi-long. Research on the Coupling Mechanism and Coordinated Development of Rural Revitalization-Rural Tourism System: A Case Study on Fenghuang County in Hunan[J]. Geographical Research, 2019, 38(3): 643-654.]
- [15] VALERIE I. The Penguin Dictionary of Physics[M]. Beijing: Foreign Language Press, 1996: 92-93.
- [16] 田俊峰, 王彬燕, 王士君. 东北三省城市土地利用效益评价及耦合协调关系研究[J]. 地理科学, 2019, 39(2): 305-315. [TIAN Jun-feng, WANG Bin-yan, WANG Shi-jun. Urban Land Use Efficiency and Its Coupling Relationship in the Three Provinces of Northeast China[J]. Scientia Geographica Sinica, 2019, 39(2): 305-315.]
- [17] 王劲峰, 徐成东. 地理探测器: 原理与展望[J]. 地理学报, 2017, 72(1): 116-134. [WANG Jin-feng, XU Cheng-dong. Geodetector: Principle and Prospective[J]. Acta Geographica Sinica, 2017, 72(1): 116-134.]
- [18] 胡碧霞, 李菁, 匡兵. 绿色发展理念下城市土地利用效率差异的演进特征及影响因素[J]. 经济地理, 2018, 38(12): 183-189. [HU Bi-xia, LI Jing, KUANG Bing. Evolution Characteristics and Influencing Factors of Urban Land Use Efficiency Difference Under the Concept of Green Development[J]. Economic Geography, 2018, 38(12): 183-189.]
- [19] 朱子云. 中国经济增长质量的变动趋势与提升动能分析[J]. 数

- 量经济技术经济研究, 2019, 36(5): 23-43. [ZHU Zi-yun. Analysis of the Changing Trend and Improving Motivation of the Quality of China's Economic Growth [J]. The Journal of Quantitative & Technical Economics, 2019, 36(5): 23-43.]
- [20] 黄鑫, 程文仕, 焦利民. 土地利用生态效率测度、时空异质性及优化配置[J]. 生态学杂志, 2018, 37(12): 3809-3816. [HUANG Xin, CHENG Wen-shi, JIAO Li-min. Measurement and Spatial Heterogeneity of Land Use Eco-Efficiency and the Optimal Allocation of Land Resources [J]. Chinese Journal of Ecology, 2018, 37(12): 3809-3816.]
- [21] 陆砚池, 方世明. 基于 SBM-DEA 和 Malmquist 模型的武汉城市圈城市建设用地生态效率时空演变及其影响因素分析[J]. 长江流域资源与环境, 2017, 26(10): 1575-1586. [LU Yan-chi, FANG Shi-ming. Analysis of Spatio-Temporal Evolution and Influencing Factors of Eco-Efficiency of Urban Construction Land in Wuhan City Circle Based on SBM-DEA and Malmquist Model [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2017, 26(10): 1575-1586.]
- [22] 盖美, 王丽娜. 辽宁省生态效率时空差异及影响因素分析[J]. 辽宁师范大学学报(自然科学版), 2018, 41(2): 239-252. [GAI Mei, WANG Li-na. Spatial and Temporal Variability of Ecological Efficiency in Liaoning Province and Analysis of Influencing Factors [J]. Journal of Liaoning Normal University (Natural Science Edition), 2018, 41(2): 239-252.]
- 作者简介:** 梁彦庆(1979—), 男, 河北井陉人, 副教授, 博士, 研究方向为资源评价与规划、区域经济与土地利用。E-mail: liangyanqing@126.com
- (责任编辑: 许 素)

欢迎订阅 2021 年《生态与农村环境学报》

《生态与农村环境学报》系生态环境部主管、生态环境部南京环境科学研究所主办的全国性学术期刊, 是《中文核心期刊要目总览》入编期刊、中国科学引文数据库(CSCD)核心期刊、中国学术期刊评价研究报告(RCCSE)核心期刊、中国科技论文统计源期刊(中国科技核心期刊), 被中国科技论文与引文数据库(CSTPCD)、中文社会科学引文索引(CSSCI)、中国学术期刊综合评价数据库(CAJCED)、中国期刊全文数据库(CJFD)、中国核心期刊(遴选)数据库、CA、CABI、BA、BP、BD、UPD、GeoBase、ZR、EM、Scopus、AGRIS、中国农业文摘、中国生物学文摘、中国学术期刊文摘、地球与环境科学信息网(EES)等国内外重要刊库网收录。系全国优秀环境科技期刊, 江苏省优秀期刊, 中国期刊协会赠建全国百家期刊阅览室指定赠送期刊。

本刊宗旨: 及时报道生态与农村环境保护领域创新性研究成果等。

主要栏目: 研究报告、研究简报、研究方法、专论与综述、学术讨论与建议等。

主要内容: (1) 区域环境与发展, 包括生态环境变化与全球环境影响、区域生态环境风险评价、环境规划与管理、区域生态经济与生态安全等; (2) 自然保护与生态, 包括自然资源保护与利用、生物多样性与外来物种入侵、转基因生物环境安全与监控、生态保护、生态工程与生态修复、有机农业与农业生态、气候变化与生态响应等; (3) 污染控制与修复, 包括污染控制原理与技术、土壤污染与修复、水环境污染与修复、大气污染防控、农业废物综合利用与资源化、农用化学品风险评价与监控、化学品环境与健康等。

主要读者对象: 从事生态学、环境科学、农学、林学、地学、资源科学等研究、教学、生产的科技人员, 相关专业的高等院校师生以及各级决策与管理人员。

本刊为月刊, 每月 25 日出版, A4 开本, 每期 136 页, 每期定价 30.00 元, 全年定价 360.00 元, 公开发行, 国内邮发代号 28-114, 全国各地邮局均可订阅; 国外由中国国际图书贸易总公司(北京 399 信箱)负责发行, 国外发行代号 Q5688。如漏订, 可向本刊编辑部补订。编辑部地址: 江苏省南京市蒋王庙街 8 号; 邮政编码: 210042; 电话: (025) 85287092, 85287601, 85287036, 85287052, 85287053; 网址: <http://www.ere.ac.cn>; E-mail: ere@vip.163.com, bjb@nies.org。