

张 玉,任建兰,谷 缙. 中国省域绿色发展水平空间分异特征及影响因素分析[J]. 江苏农业科学,2019,47(11):339-346.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.11.077

# 中国省域绿色发展水平空间分异特征及影响因素分析

张 玉,任建兰,谷 缙

(山东师范大学地理与环境学院,山东济南 250358)

**摘要:**基于对绿色发展水平内涵的理解,构建四级指标体系,运用熵权 TOPSIS 法、探索性空间数据分析(ESDA)、趋势面分析及障碍度模型,分析中国省域绿色发展水平各层级和综合水平的空间分异特征及影响因素。结果表明,北京、山东、浙江、上海、广东等 5 省(市)无论是在经济社会发展水平、生态环境保护能力、国土空间开发治理 3 个层级,还是在综合评价方面处在高水平区,甘肃省处在低水平区;中国各省域绿色发展水平整体上空间差异明显,聚合趋势较显著,冷热点空间格局与其等级水平的空间格局基本吻合;空间指向性明显,东西向呈“东高西低”的抛物线型分布,南北向呈“中间高、两端低”的倒“U”形分布,出现较明显的空间分异现象。针对不同地区制约因素提出不同的发展路径,以期提升区域绿色发展水平提供参考与借鉴。

**关键词:**绿色发展;生态文明;空间分异;影响因素

**中图分类号:** F129.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)11-0339-08

中国经济经过几十年的高速发展,环境问题日益凸显。自 20 世纪 90 年代以来,环境问题逐渐成为发展问题,中国提出可持续发展理念,平衡推进经济、社会和生态环境三大领域的发展<sup>[1]</sup>。绿色发展是对可持续发展理念的实践,是可持续发展的升级版。“绿色发展”由联合国开发计划署(UNDP)于 2002 年提出,强调绿色增长、绿色财富和绿色福利于一体的新型发展道路。生态文明是协同推进经济发展、社会进步和生态环境保护所取得的物质与精神成果进步的总和,是工业化后的社会文明形态。而我国的生态文明建设是在工业化中期资源约束趋紧,环境污染严重,生态系统退化,发展与人口、资源、环境之间的矛盾日益突出的大背景下超前提出的,重点是“建设”<sup>[2]</sup>。绿色发展不完全等同于生态文明建设,绿色发

展是全面的发展,不以牺牲生态环境、恶化人地关系为代价,而生态文明是发展的上层建筑,是一场生产关系、生产方式、生活方式复兴与进化的社会运动,绿色发展是实现生态文明发展阶段的必然选择。2016 年国家发展和改革委员会印发了《绿色发展指标体系》《生态文明建设考核目标体系》,绿色发展愈发受到重视。近几年,学者们对绿色发展的研究逐渐增加,主要集中在绿色发展理论探讨<sup>[3-6]</sup>、绿色发展效率<sup>[7-9]</sup>、绿色发展水平测度<sup>[10-13]</sup>、绿色发展福利<sup>[14-15]</sup>以及绿色发展路径选择<sup>[16-19]</sup>。目前有关绿色发展评价指标体系众多,参考依据也不同,评价结果有所差异,李琳等从产业绿色增长度、资源环境承载力、政府政策支撑力 3 个方面构建指标,评价中国区域产业绿色发展指数<sup>[20]</sup>;郑红霞等围绕国民经济核算体系、绿色发展综合指数、绿色发展测度体系等梳理绿色发展与生态文明建设评价指标,并提出指标构建面临的严峻挑战<sup>[21]</sup>。从研究方法上看,层次分析、聚类分析等方法普遍被应用,基于 GIS 空间分析、DEA 模型的研究逐渐增加,郭永杰等利用 GIS 空间分析对宁夏回族自治区县域绿色发展区域差异进行研究<sup>[22]</sup>;谢里等通过 DEA 模型探究中国 31 个省(市、区)农村绿色发展及内部差异<sup>[23]</sup>。本研究结合十八

收稿日期:2018-01-30

基金项目:国家自然科学基金(编号:41571525);山东省社会科学重大项目(编号:16AWTJ05)。

作者简介:张 玉(1993—),男,山东菏泽人,硕士研究生,主要从事区域可持续发展研究。E-mail:1142166974@qq.com。

通信作者:任建兰,教授,博士生导师,主要从事人地系统与区域可持续发展研究。E-mail:renjianlan@sina.com。

系、质量追溯体系的建立,围绕食用农产品生产环节,加强产品检测、执法监管等环节,特别是加强草莓在病害发生关键时期用药的监管,强化安全生产和食品安全等方面的宣传,形成长效机制,确保草莓质量安全优质。

致谢:感谢上海市农业农村委员会、青浦区、金山区等有关部门提供大量数据支持。

## 参考文献:

- [1] 张兆辉,姜玉萍,汪李平,等. 上海地区草莓大棚半促成栽培关键技术[J]. 中国果树,2012(2):63-65.
- [2] 靳冬梅. 秋冬茬草莓大棚栽培管理技术[J]. 现代农村科技,2014(20):38-39.

- [3] 顾荷英. 上海地区草蓐优质种苗繁育技术体系与管理规程的研究[D]. 南京:南京农业大学,2007.
- [4] 张庆雨,祝 春,祝子坪,等. 栽培条件对草莓逆境参数变化的影响[J]. 江西农业学报,2014,26(1):12-15.
- [5] 张兆辉,姜玉萍,汪李平,等. 上海地区草莓大棚半促成栽培关键技术[J]. 中国果树,2012(2):63-65.
- [6] 董云天,孙荣波,郭志刚. 上海郊区大棚草莓斜纹夜蛾的发生情况与防治对策[J]. 上海农业科技,2012(2):142-143.
- [7] 颜伟中. 上海地区大棚草莓主要病虫害发生规律初探[C]//草莓研究进展(三). 北京:中国园艺学会,2009.
- [8] 赵建军,邹继生,陈建德. 上海地区草莓真菌病害的发生与防治[J]. 上海农业科技,2014(5):146.

大以来国家部委发布的相关文件和“十三五”规划的指标要求,从人地关系的视角构建中国绿色发展水平评价指标体系,探讨中国各省域绿色发展水平现状,并对其制约因素进行诊断,针对不同地区提出不同的发展路径,为提升区域绿色发展水平提供参考与借鉴。

## 1 数据来源与研究方法

### 1.1 数据来源

以中国 30 个省域为研究单元,除中国香港特别行政区、澳门特别行政区、台湾、西藏自治区外,研究数据主要来自《中国统计年鉴 2016》《中国环境统计年鉴 2016》《中国工业统计年鉴 2016》《中国能源统计年鉴 2016》等,部分缺失数据根据各省(市、区)国民经济和社会发展统计公报以及各省(市、区)统计年鉴进行补充。

### 1.2 研究方法

**1.2.1 熵权 TOPSIS 法** 熵权 TOPSIS 法是熵值法和 TOPSIS 法的结合<sup>[24]</sup>。熵值法是确定评价指标的权重数值,能有效避免主观因素带来的偏差,具有较高的可信度<sup>[25]</sup>。TOPSIS 法(逼近理想解排序法)主要是通过评价对象与正、负理想解的距离进行优劣度的评价,以此给评价对象进行排序,使评价结果具有客观性、科学性<sup>[26]</sup>。依据相关参考文献内容,具体过程如下。

(1)构造原始矩阵 $\{v_{ij}\}_{m \times n}$ 。本研究中 $m=30$ ,表示 30 个评价对象; $n=38$ ,表示 38 个评价指标。采用极差法对原始数据进行无量纲处理,得到标准化矩阵 $\{r_{ij}\}_{m \times n}$ 。

(2)利用熵权法确定指标权重,计算经济社会发展水平、生态环境保护能力、国土空间开发治理贴进度时分别取 $w_1$ 中相对应权重,计算绿色发展水平综合指数时权重取 $w_2$ 。

(3)为提高中国绿色发展水平评价的客观性,运用熵权 $w_i$ 构建权重规范化矩阵 $Y$ 。

$$Y = \begin{bmatrix} g_{11} & g_{12} & \cdots & g_{1n} \\ g_{21} & g_{22} & \cdots & g_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ g_{m1} & g_{m2} & \cdots & g_{mn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{11} \cdot w_1 & r_{12} \cdot w_1 & \cdots & r_{1n} \cdot w_1 \\ r_{21} \cdot w_2 & r_{22} \cdot w_2 & \cdots & r_{2n} \cdot w_2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} \cdot w_m & r_{m2} \cdot w_m & \cdots & r_{mn} \cdot w_m \end{bmatrix}。$$

(4)确定正负理想解。

正理想解集合: $\{e_j^+\} = \{\max_{g_{1j}}, \max_{g_{2j}}, \cdots, \max_{g_{mj}}\}$ ;

负理想解集合: $\{e_j^-\} = \{\min_{g_{1j}}, \min_{g_{2j}}, \cdots, \min_{g_{mj}}\}$ 。

(5)运用欧式距离法计算各评价对象与正理想解和负理想解的距离 $d_i^+$ 、 $d_i^-$ 。

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (g_{ij} - e_j^+)^2};$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (g_{ij} - e_j^-)^2} \quad i=1, 2, \cdots, m;$$

$$0 \leq d_i^+, d_i^- \leq 1。$$

(6)计算评价对象与理想解的贴进度 $T_i$ 。

$$T_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad i=1, 2, \cdots, m; 0 \leq T_i \leq 1。$$

式中: $T_i$ 取值 0~1 之间,取值越大说明与目标越接近,即区域经济社会发展水平、生态环境保护能力、国土空间开发能力及绿色发展综合水平越高。

### 1.2.2 探索性空间数据分析 探索性空间数据分析

(exploratory spatial data analysis, ESDA)广泛运用到各种研究问题的空间格局分析上,能够有效揭示中国省域绿色发展水平的空间格局。采用 Moran's I、Getis - Ord General G 和 Getis - Ord  $G_i^*$  测度空间关联的结构模式,反映其全局、局部空间关联特征以及热点(hot spots)与冷点(cold spots)的空间分布。

(1) Moran's I (Global Moran's I, GMI) 指数。

$$I = \frac{\sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^n (X_k - \bar{X})(X_j - \bar{X})}{S^2 \sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^n W_{kj}}。$$

式中: $X_k, X_j$  表示区域属性值; $\bar{X}$  表示均值; $S^2$  表示样本方差; $W_{kj}$  表示空间权重矩阵。Moran's I 值介于 -1~1 之间,当值小于 0 时,表示空间负相关,存在低值与高值集聚现象;当值等于 0 时,表示不存在空间自相关;当值大于 0 时,表示空间正相关,存在低低集聚或高高集聚现象。采用 Z 值对 Moran's I 进行统计检验。

$$Z(I) = \frac{1 - E(I)}{\sqrt{Var(I)}}。$$

式中: $E(I)$  表示数学期望; $Var(I)$  表示变异系数。

(2) Getis - Ord General G。

$$G(d) = \frac{\sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^n W_{kj}(d) X_k X_j}{\sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^n X_k X_j}。$$

如果空间不集聚, $G(d)$  的期望值(expected general G)为

$$E(G) = \frac{W}{n(n-1)};$$

如果正态分布, $G(d)$  的统计检验值为

$$Z(I) = \frac{G(d) - E(G)}{\sqrt{Var(G)}}。$$

当 Z 值为负且显著时,表明 I 周围值均低于均值,出现低值簇;当 Z 值为正且显著时,表明研究区域内出现高值簇。所以用 G 统计量来识别低值或高值的空间关联结构模式。

(3) Getis - Ord  $G_i^*$ 。

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n X_j W_{ij}(d)}{\sum_{j=1}^n X_j}。$$

为了便于比较,将 $G_i^*(d)$ 进行标准化,公式为

$$Z(G_i^*) = \frac{[G_i^* - E(G_i^*)]}{\sqrt{Var(G_i^*)}}。$$

式中: $E(G_i^*)$ 、 $Var(G_i^*)$  分别表示 $G_i^*$ 的数学期望和方差。若 $Z(G_i^*)$ 为负且显著,表明位置 i 周围值均低于均值,属于低值空间集聚(冷点区);反之,则属于高值空间集聚(热点区),有效反映空间关联模式的异质性特征。

**1.2.3 趋势面分析** 其中, $T_i(x_i, y_i)$  为趋势函数,表示大范围的趋势值。 $\varepsilon_i$  为自相关随机误差,表示第 i 趋势面是实际曲面的近似值,能够模拟不同地理要素在空间上的分布规律和变化趋势。本研究运用趋势面分析中国各省域绿色发展水平的总体空间分异趋势。假设 $Z_i(x_i, y_i)$  为区域 i 的绿色发展综合水平, $(x_i, y_i)$  为平面空间坐标,根据趋势面定义可知 $Z_i(x_i, y_i) = T_i(x_i, y_i) + \varepsilon_i$ 。

各区域的绿色发展水平的真实值与趋势值之间存在的偏

差,本研究采用二阶多项式测算绿色发展水平的趋势值,趋势函数可表示为  $T_i(x_i, y_i) = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 y + \beta_3 x^2 + \beta_4 y^2 + \beta_5 xy$ 。

### 1.3 指标选取

合理的指标选取对区域绿色发展水平评价结果的客观性、科学性具有关键作用。不管从广义上看还是从狭义上看,有关绿色发展水平的评价还不统一,评价标准存在差异,学者们普遍从经济、社会、生态 3 个子系统进行评价。本研究在参考十八大以来有关绿色发展的文件,尤其是生态文明建设的任务、国家绿色发展指标体系、循环经济发展指标体系、生态文明建设考核指标等,构建新的绿色发展水平评价指标,指标体系的总体设计全面诠释了我国绿色发展的内涵。绿色发展水平评价主要包括经济、社会、生态环境、国土空间 4 个方面,经济发展是动力,社会进步是目标,生态环境保护是发展的基础,国土空间开发是基于综合 3 个子系统的发展在空间上的协调。在阅读大量文献的基础上,发现有关研究对经济子系统、社会子系统评价指数的空间分异具有一致性,本研究将经济社会发展水平列为 1 个层级。绿色发展水平指标体系共涵盖 3 个层级,包括经济社会发展水平、生态环境保护能力、国土空间开发治理。由于研究选取指标过多,二级指标权重参考《中国绿色发展指数报告》及相关文献确定权重,其他层级指标通过熵权法计算得到,  $W_1$  为各系统层级指标权重,  $W_2$  为综合评价指标权重。经济发展是绿色发展的动力和条件,社会进步关乎到绿色发展的目的所在,关系到人们生活福祉,经济社会发展水平主要反映绿色发展水平的可持续性、稳定性与目的性;生态环境保护能力是提升绿色发展水平的基础,资源节约有效利用是提升绿色发展水平的重要途径,生态系统的稳定、平衡发展有助于生态环境的保护与修复,提升区域可持续发展能力;国土空间开发治理是实现绿色发展的第一任务,目的是实现空间均衡发展,空间均衡就是主体功能区中生活空间、生产空间、生态空间的整治,反映发展过程中过度开发、无序开发等占用大量生态空间、破坏生态环境的问题,城乡发展空间协调性问题(表 1)。

## 2 结果与分析

### 2.1 中国省域绿色发展水平空间布局

运用各评价指标数据及权重,利用 TOPSIS 模型计算出经济社会发展贴适度、生态环境保护贴适度、国土空间开发贴适度、绿色发展水平综合贴适度。运用标准差分级法将各个贴适度进行水平等级分类,研究共分为高水平区、较高水平区、较低水平区、低水平区 4 类。 $V$  表示平均值; $B$  表示标准差(表 2)。为更加直观地反映各区域的经济社会发展水平、生态环境保护能力、国土空间开发治理和绿色发展综合水平,运用 ArcGIS 10.2 软件进行空间统计分析,并绘制专题地图(图 1)。

2.1.1 中国省域绿色发展水平层级系统评价 通过 TOPSIS 模型计算出各层级贴适度,并运用标准差分级法将中国省域绿色发展水平进行等级分类,从经济社会发展水平、生态环境保护能力、国土空间开发治理 3 个层级分别进行分析。(1)经济社会发展水平层级中,高水平区和较高水平区呈“T”字形分布,高水平区集中在东部沿海地区,较高水平区沿长江经济带分布,甘肃省、云南省、贵州省的经济社会发展水平处在

低水平区。北京市、上海市、浙江省、广东省的贴适度  $A_1$  分别为 0.625 7、0.682 5、0.609 9、0.595 3,远高于其他地区,经济社会发展处在最理想状态。作为中国经济发展的核心区域,东部沿海各地区凭借优越的区位条件,引领中国经济的快速发展。沿江各省份依靠天然航道,强化与长江三角洲地区的经济联系,经济社会发展处于较高水平。低水平区的甘肃省、贵州省、云南省的贴适度分别为 0.240 2、0.275 6、0.270 7,经济社会发展水平与东部地区还存在较大差距。甘肃、云南、贵州等省处于“老少边山”地区,区位条件严重制约了经济社会的发展,2015 年三省的贫困人口发生率分别为 15.33%、14.12%、10.37%,脱贫任务还很严重,应不断加强财政转移支付、强化对口帮扶力度,提升区域经济社会发展。(2)生态环境保护能力层级中,北京市、山东省、上海市、浙江省、福建省、广东省等 6 省(市)的生态环境保护能力属于最高水平区,有 11 个省(市、区)(天津市、河北省、内蒙古自治区、陕西省、重庆市、河南省、安徽省、江苏省、湖南省、江西省、海南省)处于较高水平区。整体来看,东部地区和中部地区的国土空间开发贴适度差异小于经济社会发展水平层级,其中内蒙古自治区、陕西省、江西省在经济社会发展水平层级处在较低水平区,但生态环境保护能力层级处在较高水平区,说明这些区域在现有发展条件下,从长远考虑更关注生态环境保护,推动区域协调发展。新疆维吾尔自治区、甘肃省、青海省生态环境脆弱、气候条件恶劣,加上滥砍乱伐、过度开采,经济社会发展缓慢,生态环境保护能力较弱;黑龙江省长期依赖石油、煤炭等自然资源的高消耗,发展方式粗放,人地矛盾突出,生态环境恶化,威胁着区域生态系统的稳定,这些区域属于生态环境保护能力层级中低水平区。(3)国土空间开发治理层级的分类结果显示,北京市、山东省、江苏省、上海市、浙江省、广东省等 6 省(市)属于高水平区,国土空间开发强度大,治理能力强,区域内雄厚的经济实力推动城乡基础设施投资建设,农村生活条件逐步改善。受周边区域发展的辐射带动,加上自身优越的区位条件,河北省、江西省、福建省、海南省处在较高水平区,中西部地区只有重庆市的国土空间开发治理状况较理想。13 个省(区)(内蒙古自治区、吉林省、辽宁省、新疆维吾尔自治区、青海省、陕西省、山西省、四川省、河南省、湖南省、湖北省、安徽省、广西壮族自治区)的国土空间开发治理处在较低水平,且集中分布在中国中部、西北和东北地区,一方面受地区经济发展程度的影响,另一方面也与主体功能区规划有关。黑龙江省、甘肃省、贵州省、云南省的国土空间开发治理状况不理想,其中黑龙江省的经济社会发展状况好于其他 3 个省份,但对于城镇绿色发展和农村生活条件改善关注度还不够,应加大政府财政投资力度,改善城乡居民生活,进而实现空间均衡发展。

2.1.2 中国省域绿色发展水平综合评价 从绿色发展水平的综合评价结果看,整体上贴适度表现为东部 > 中部 > 东北、西部地区。高水平区包括北京市、天津市、山东省、江苏省、上海市、浙江省、广东省,其综合贴适度( $T$ )分别为 0.624 8、0.590 4、0.556 8、0.586 5、0.640 1、0.627 4、0.582 4,远高于其他地区,绿色发展水平最理想。北京市、山东省、浙江省、上海市、广东省等 5 省(市)无论是在经济社会发展水平、生态环境保护能力、国土空间开发治理 3 个层级,还是在综合评价

表 1 中国绿色发展水平评价指标体系

目标层	系统层	要素层	指标层	指标属性	$W_1$	$W_2$
中国绿色发展水平评价指标	经济社会发展水平(0.33)	经济发展质量(0.09)	$C_1$ 人均 GDP 增长率(%)	+	0.052 8	0.022 4
			$C_2$ 城乡居民收入比(一)	—	0.041 0	0.017 4
		经济效益(0.47)	$C_3$ 第三产业增加值占 GDP 比重(%)	+	0.045 2	0.019 2
			$C_4$ 技术市场成交额占 GDP 比重(%)	+	0.249 6	0.106 0
			$C_5$ R&D 经费占 GDP 比重(%)	+	0.077 9	0.033 1
			$C_6$ 万元 GDP 用水量(亿 m <sup>3</sup> /万元)	—	0.009 6	0.004 1
			$C_7$ 居民人均可支配收入增长率(%)	+	0.088 4	0.037 5
		社会保障(0.14)	$C_8$ 城镇常住人口基本医疗保险覆盖率(%)	+	0.015 5	0.006 6
			$C_9$ 城乡居民基本养老保险覆盖率(%)	+	0.091 2	0.038 7
			$C_{10}$ 贫困人口发生率(%)	—	0.031 4	0.013 3
			$C_{11}$ 城镇登记人口失业率(%)	—	0.035 3	0.015 0
		社会基本公共服务(0.30)	$C_{12}$ 城市社区综合服务设施覆盖率(%)	+	0.154 7	0.065 7
			$C_{13}$ 人均拥有公共图书馆藏量(册/人)	+	0.107 4	0.045 6
	生态环境保护能力(0.33)	资源节约有效利用(0.37)	$C_{14}$ 单位工业增加值用水量(m <sup>3</sup> /万元)	—	0.061 3	0.018 4
			$C_{15}$ 工业固体废物综合利用率(%)	+	0.057 3	0.017 2
			$C_{16}$ 土地产出率(万元/hm <sup>2</sup> )	+	0.104 7	0.031 5
			$C_{17}$ 有效灌溉面积占耕地面积比重(%)	+	0.117 0	0.035 2
			$C_{18}$ 单位 GDP 建设用地面积(m <sup>2</sup> /万元)	—	0.030 5	0.009 2
		生态系统保护与修复(0.39)	$C_{19}$ 森林覆盖率(%)	+	0.078 8	0.023 7
			$C_{20}$ 湿地保护率(%)	+	0.250 7	0.075 4
		污染防治(0.24)	$C_{21}$ 草原综合植被覆盖度(%)	+	0.059 4	0.017 9
			$C_{22}$ 单位 GDP 二氧化硫排放量(ν/亿元)	—	0.027 7	0.008 3
			$C_{23}$ 单位 GDP 化学需氧量排放量(ν/亿元)	—	0.026 8	0.008 1
			$C_{24}$ 危险废物处置利用率(%)	+	0.054 0	0.016 2
			$C_{25}$ 生活垃圾无害化处理率(%)	+	0.020 9	0.006 3
			$C_{26}$ 城市污水集中处理率(%)	+	0.026 8	0.008 1
			$C_{27}$ 环境污染投资治理占 GDP 比重(%)	+	0.084 0	0.025 3
	国土空间开发治理(0.33)	空间均衡(0.32)	$C_{28}$ 公路与铁路网密度(km/km <sup>2</sup> )	+	0.080 5	0.022 1
			$C_{29}$ 人均城市建设用地面积(m <sup>2</sup> /人)	—	0.015 5	0.004 3
			$C_{30}$ 全国自然保护区面积占陆地国土面积的比例(%)	+	0.210 7	0.057 8
		绿色城镇化(0.19)	$C_{31}$ 城市建成区绿地率(%)	+	0.043 0	0.011 8
			$C_{32}$ 人均公园绿地面积(m <sup>2</sup> /人)	+	0.050 1	0.013 8
			$C_{33}$ 每万人拥有公共汽车数(辆/万人)	+	0.065 3	0.017 9
			$C_{34}$ 城市燃气普及率(%)	+	0.029 8	0.008 2
		美丽乡村建设(0.49)	$C_{35}$ 农民人均纯收入(元/人)	+	0.109 1	0.029 9
			$C_{36}$ 农村卫生厕所普及率(%)	+	0.071 3	0.019 6
			$C_{37}$ 农村人均改水、改厕政府投资(元/人)	+	0.112 6	0.030 9
			$C_{38}$ 每千农村人口村卫生室人员数(人/千人)	+	0.212 0	0.058 2

表 2 中国省域绿色发展水平等级划分

分级标准	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$T$
(0, $V-B$ ] 低水平区	(0, 0.305 9]	(0, 0.428 8]	(0, 0.354 7]	(0, 0.333 7]
( $V-B$ , $V$ ] 较低水平区	(0.305 9, 0.424 5]	(0.428 8, 0.505 8]	(0.354 7, 0.436 8]	(0.333 7, 0.438 8]
( $V$ , $V+B$ ] 较高水平区	(0.424 5, 0.543 2]	(0.505 8, 0.582 8]	(0.436 8, 0.518 8]	(0.438 8, 0.543 9]
( $V+B$ , 1) 高水平区	(0.543 2, 1)	(0.582 8, 1)	(0.518 8, 1)	(0.543 9, 1)

方面都处在高水平区,其贴近度也远高于其他地区。河南省、湖南省、湖北省、重庆市、福建省的绿色发展水平较理想,有 14 个省(区)(内蒙古自治区、吉林省、辽宁省、河北省、陕西

省、山西省、宁夏回族自治区、新疆维吾尔自治区、青海省、四川省、安徽省、江西省、广西壮族自治区、海南省)的绿色发展水平属于较低水平区,西北和东北地区分布较集中,中部地区

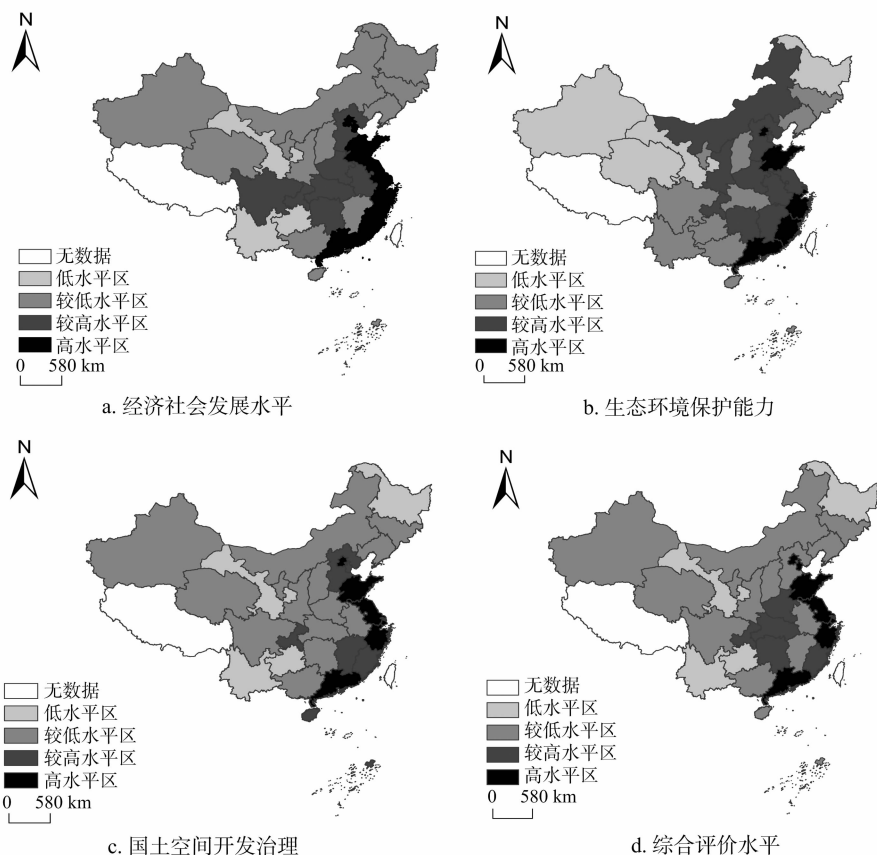


图1 中国省域绿色发展水平空间布局

的安徽省、江西省处在较低水平,其周围地区的绿色发展水平状况都较理想。低水平区包括黑龙江省、甘肃省、贵州省、云南省,其综合贴适度( $T$ )分别为0.303 2、0.288 3、0.317 3、0.319 1。甘肃省气候条件恶劣、生态系统脆弱、区位优势不显著,在经济社会发展水平、生态环境保护能力、国土空间开发治理和综合评价中都处于低水平区,说明其发展过程存在一定问题,经济社会发展缓慢,贫困问题突出,乱砍滥伐、过度放牧现象突出,生态系统破坏严重;黑龙江省经济社会发展水平相对较好,但在生态环境保护能力和国土空间开发治理方面状况不理想,导致综合评价结果处在低水平区,应在经济社会发展过程中,注重污染防治和生态修复,提升生态环境保护能力,平衡人口、资源、环境与发展之间的关系,进而促进空间协调发展。

## 2.2 中国省域绿色发展水平空间关联格局

### 2.2.1 全局空间自相关分析

通过 Geoda 软件对中国省域绿色发展水平综合评价数据进行全局空间自相关分析,发现  $Z$  值为 4.674 7  $\geq 1.98$ ,说明返回的统计结果是可信的,且空间分布是集聚的;第一象限和第三象限的点为空间正相关的点数据, Moran's  $I$  值为 0.490 007,表现为空间正相关;  $P$  值为  $0.000\ 03 \leq 0.01$ ,说明 Moran's  $I$  值在 1% 的水平上显著。其空间关联特征为综合评价数据高的区域趋于和综合评价数据高的区域相邻,数值低的区域趋于和数值低的相邻。大部分区域位于第一象限和第三象限中,即通常的热点和冷点区域,这两象限的空间单元具有强烈的空间正相关,说明中国绿色发展水平整体上空间差异明显,聚合趋势较显著。

### 2.2.2 局部空间自相关分析

运用 ArcGIS 软件将中国绿色发展水平局部空间关联指数  $Getis - Ord\ G_i^*$  的结果将研究空间分为热点、次热点、次冷点、冷点等 4 个区域。绿色发展水平的热点数量为 7 个,主要集中在东部沿海地区,是绿色发展水平高的集聚区域;次热点数量为 5 个,主要集中在中部地区;次冷点数量为 13 个,多集中在黄河以北地区;冷点数量为 5 个,主要集中在西北、西南地区,区域内生态系统脆弱,资源环境承载力差,可持续发展能力不足。整体来看,中国绿色发展水平的冷热点空间格局与其等级水平的空间格局基本吻合(图 2、图 3)。

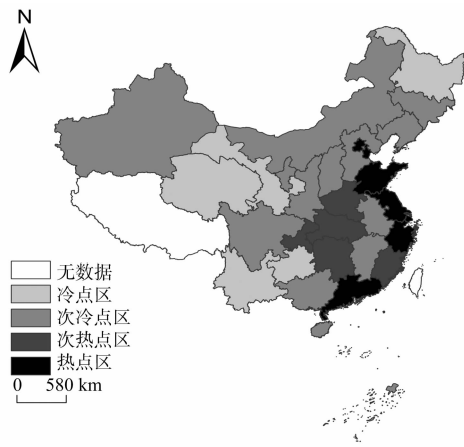


图2 热点和冷点分布

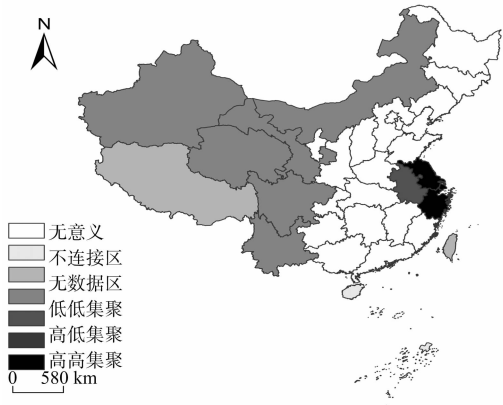


图3 LISA 集聚地分布

局部空间自相关指标 LISA 用于反映一个区域单元的某一属性值与相邻区域单元的某一属性值的相关程度。利用 Geoda 软件生成的 LISA 聚集图,用不同颜色渲染不同的空间自相关类别。黑色表示高高集聚,表明江苏省、上海市、浙江省等长江三角洲地区属于绿色发展水平高水平集聚区;深灰色表示低高集聚,图中区域没有出现高低集聚,表明安徽省的绿色发展水平低于周围区域,没有某一区域的综合水平数据高于周围区域;灰色表示低低集聚,表明中国西部地区属于绿色发展水平低水平集聚区,而白色表示不显著。中国地域辽阔、地形复杂、气候多样,区域间区位条件差异明显,西部地区尤其是甘肃、云南、贵州等省经济社会发展水平低、生态系统脆弱、国土空间开发治理能力不足,是中国绿色发展水平低水

平集聚区(图4)。

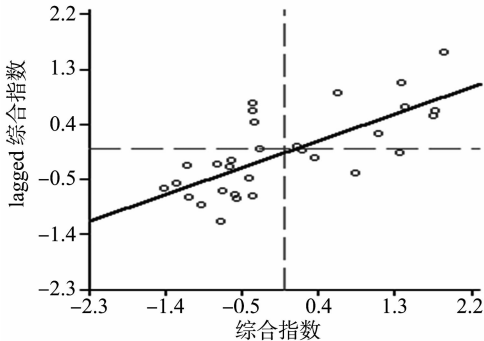


图4 Moran's I 指数散点

2.3 中国省域绿色发展水平趋势面分析

运用地统计分析方法,对中国各省域绿色发展水平各层级系统和综合评价进行空间趋势面分析。结果(图5)表明,中国的绿色发展水平空间格局整体表现为东西向呈“东高西低”的抛物线型分布,南北向呈“中间高、两端低”的倒“U”形分布,表明东西方向和南北方向上出现较明显的分异现象。具体来看,东西方向上,经济社会发展水平呈现明显的由东向西逐渐递减的趋势,而在生态环境保护能力、国土空间开发治理、综合评价水平上东部和中部地区的分异不明显,但西部地区明显低于中部和东部地区;南北方向上,经济社会发展水平、生态环境保护能力、综合评价水平地区分异明显,中部地区明显高于南部和北部地区,国土空间开发治理方面的趋势面相对平缓,没有出现强烈的地域分异。

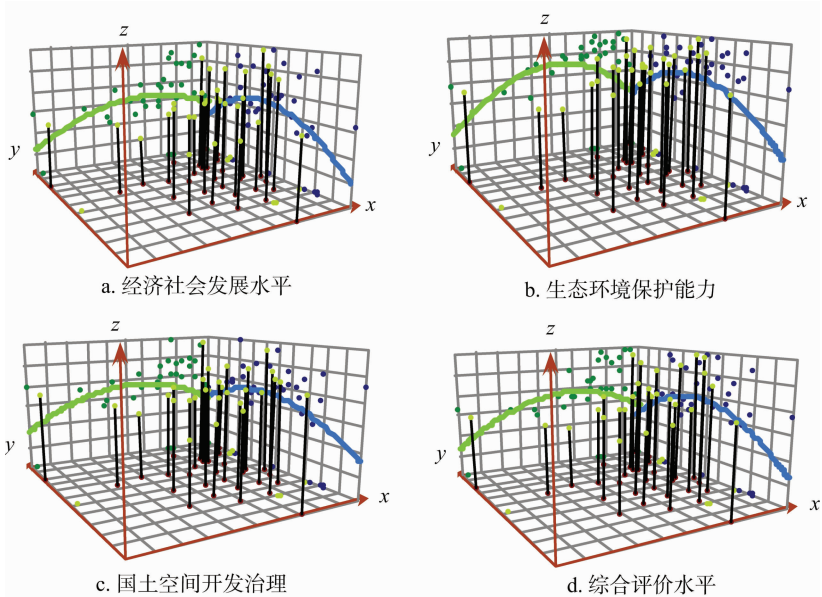


图5 中国绿色发展水平空间趋势面分析

3 中国省域绿色发展水平影响因素分析

为了更加深入研究造成绿色发展水平空间差异的原因,剖析其发展制约因素,以便为未来区域绿色发展指明方向,提升区域绿色发展能力,建设美丽中国。本研究引入障碍因子模型进一步对绿色发展的制约因素进行诊断,具体方法为:

$$M_{ij} = \frac{w_j \cdot N_{ij}}{\sum_{j=1}^m w_j \cdot N_{ij}} \times 100\%, N_{ij} = 1 - v_{ij} (i = 1 \cdots m, j = 1 \cdots n)。$$

式中: $M_{ij}$ 表示障碍度; $N_{ij}$ 表示指标偏离度。 $M_{ij}$ 越大,表示该指标对绿色发展水平的制约程度越大。

由于指标选取的数量众多,导致指标障碍度数值偏小,各

地区排名前 3 位的指标累计障碍度均值在 15% 左右。不同地区的指标障碍度存在较大差异,北京市、上海市、浙江省、广东省的指标障碍度数值相对较高,其中北京市的前 3 位指标障碍度累计为 25.44%,因为北京市的部分指标数据在所有研究样本中是最大的,而这些指标数据的最大值所对应的障碍度为 0。低水平区的障碍度数值较低且相对平均,说明低水平区绿色发展水平制约因素偏多且主导作用不显著,发展过程中出现问题较多(表 3)。

表 3 中国省域绿色发展水平障碍度

地区	障碍度 (%)
北京	C <sub>20</sub> (8.67)、C <sub>5</sub> (8.58)、C <sub>30</sub> (8.19)
天津	C <sub>37</sub> (5.77)、C <sub>30</sub> (5.34)、C <sub>5</sub> (5.27)
河北	C <sub>8</sub> (4.69)、C <sub>4</sub> (4.66)、C <sub>30</sub> (4.58)
山西	C <sub>20</sub> (4.11)、C <sub>12</sub> (4.11)、C <sub>4</sub> (4.01)
内蒙古	C <sub>4</sub> (4.47)、C <sub>5</sub> (4.40)、C <sub>28</sub> (4.37)
辽宁	C <sub>15</sub> (4.46)、C <sub>7</sub> (4.44)、C <sub>5</sub> (4.34)
吉林	C <sub>9</sub> (4.15)、C <sub>3</sub> (4.15)、C <sub>4</sub> (4.11)
黑龙江	C <sub>23</sub> (3.76)、C <sub>11</sub> (3.76)、C <sub>7</sub> (3.73)
上海	C <sub>32</sub> (6.99)、C <sub>5</sub> (6.46)、C <sub>19</sub> (6.26)
江苏	C <sub>21</sub> (5.90)、C <sub>30</sub> (5.66)、C <sub>4</sub> (5.60)
浙江	C <sub>30</sub> (6.66)、C <sub>38</sub> (6.66)、C <sub>4</sub> (6.57)
安徽	C <sub>14</sub> (4.63)、C <sub>3</sub> (4.59)、C <sub>30</sub> (4.55)
福建	C <sub>4</sub> (5.13)、C <sub>30</sub> (5.08)、C <sub>5</sub> (4.93)
江西	C <sub>3</sub> (4.58)、C <sub>4</sub> (4.51)、C <sub>12</sub> (4.49)
山东	C <sub>4</sub> (5.36)、C <sub>30</sub> (5.15)、C <sub>5</sub> (5.07)
河南	C <sub>12</sub> (4.41)、C <sub>13</sub> (4.41)、C <sub>4</sub> (4.38)
湖北	C <sub>30</sub> (4.48)、C <sub>5</sub> (4.47)、C <sub>20</sub> (4.27)
湖南	C <sub>4</sub> (4.51)、C <sub>5</sub> (4.41)、C <sub>20</sub> (4.37)
广东	C <sub>27</sub> (5.99)、C <sub>38</sub> (5.90)、C <sub>4</sub> (5.64)
广西	C <sub>4</sub> (4.26)、C <sub>3</sub> (4.24)、C <sub>5</sub> (4.22)
海南	C <sub>24</sub> (4.73)、C <sub>4</sub> (4.72)、C <sub>5</sub> (4.72)
重庆	C <sub>33</sub> (5.00)、C <sub>20</sub> (4.89)、C <sub>4</sub> (4.89)
四川	C <sub>5</sub> (4.31)、C <sub>20</sub> (4.25)、C <sub>4</sub> (4.14)
贵州	C <sub>17</sub> (4.10)、C <sub>36</sub> (4.10)、C <sub>20</sub> (4.09)
云南	C <sub>34</sub> (3.85)、C <sub>20</sub> (3.83)、C <sub>5</sub> (3.82)
陕西	C <sub>20</sub> (4.26)、C <sub>5</sub> (4.15)、C <sub>36</sub> (4.13)
甘肃	C <sub>35</sub> (3.63)、C <sub>10</sub> (3.63)、C <sub>2</sub> (3.62)
青海	C <sub>5</sub> (3.92)、C <sub>26</sub> (3.92)、C <sub>28</sub> (3.83)
宁夏	C <sub>22</sub> (4.22)、C <sub>4</sub> (4.20)、C <sub>5</sub> (4.14)
新疆	C <sub>28</sub> (4.04)、C <sub>1</sub> (4.04)、C <sub>4</sub> (3.98)

不同等级水平区的障碍度因素存在差异,低水平区主要受 C<sub>7</sub> (居民人均可支配收入)、C<sub>35</sub> (农民人均纯收入)、C<sub>36</sub> (农村卫生厕所普及率)等因素制约;较低水平区范围广,制约因素复杂,尤其是第一障碍度区域间差异明显,前 3 位障碍度 C<sub>5</sub> (R&D 经费占 GDP 比重)出现频次最高,受其制约较大;对高水平区和较高水平区的障碍度统计,C<sub>4</sub> (7 次)、C<sub>30</sub> (6 次)等指标数值较高,东部、中部高水平区和较高水平区普遍存在技术市场交易额不足、自然保护区面积小的状况。从要素层上看,主要受经济效益、生态环境保护与修复、空间均衡等要素制约,说明绿色发展水平提升过程中存在经济发展结构不够合理、效益低下,生态环境保护与修复力度不足,国土空间开发不协调等问题(表 3)。

总体的障碍度统计(表 3)显示,制约各地区绿色发展水

平的指标因素有较大差异,影响不同地区障碍度前 3 位的指标因素共 32 项,其中出现频次较高的依次为 C<sub>4</sub> (18 次) > C<sub>5</sub> (16 次) > C<sub>30</sub> (10 次) > C<sub>20</sub> (9 次),C<sub>4</sub> (技术市场成交额占 GDP 比重)、C<sub>5</sub> (R&D 经费占 GDP 比重)出现频次较高说明我国发展结构不够合理,对科研投入的力度有待加强,技术市场潜力须进一步挖掘;其次为 C<sub>30</sub> (全国自然保护区面积占陆地国土面积的比例)、C<sub>20</sub> (湿地保护率),说明我国的生态环境较脆弱,生态系统保护与修复任务依然严峻。今后在发展过程中应始终贯彻绿色发展理念,加大科研投入力度,不断开拓技术市场,转变经济发展方式,调整优化经济结构,保持经济社会稳步发展,提升生态环境保护能力和国土空间开发治理能力,从而提升中国绿色发展水平,建设美丽中国。

## 4 结论与建议

### 4.1 结论

首先,经济社会发展水平层级,高水平区和较高水平区呈“T”字形分布在东部沿海和长江经济带,甘肃省、云南省、贵州省的发展状况不理想;内蒙古自治区、陕西省、江西省的经济社会发展水平处在较低水平区,但生态环境保护能力处在较高水平区,说明这些地区在现有发展条件下更加关注生态环境保护;国土空间开发治理方面,高水平区和较高水平区集中分布在东部沿海,中西部地区只有重庆市处在较高水平区,其他地区的国土空间开发治理状况不理想。其次,通过对中国省域绿色发展水平综合评价发现,北京、山东、浙江、上海、广东 5 省(市)无论在经济社会发展水平、生态环境保护能力、国土空间开发治理 3 个层级,还是在综合评价方面都处在高水平区,其贴适度也远高于其他地区,甘肃省都处在低水平区,发展状况不理想,这与其区位条件有着密切的联系。中部地区的安徽省、江西省处在较低水平,其周围地区的绿色发展状况都较理想,黑龙江、甘肃、贵州、云南等省的综合评价结果处在低水平区。再次,中国绿色发展水平整体上空间差异明显,聚合趋势较显著,冷热点空间格局与其等级水平的空间格局基本吻合。江苏省、上海市、浙江省等长江三角洲地区属于绿色发展水平高水平集聚区,安徽省的绿色发展水平低于周围区域,中国西部地区属于绿色发展水平低水平集聚区。地统计分析结果显示,中国的绿色发展水平空间格局整体表现为东西向呈“东高西低”的抛物线型分布,南北向呈“中间高、两端低”的倒“U”形分布,出现较明显的空间分异现象。最后,中国省域绿色发展水平障碍度分析结果显示,中国各省域制约因素存在着一定差异,但 C<sub>4</sub> (技术市场成交额占 GDP 比重)、C<sub>5</sub> (R&D 经费占 GDP 比重)、C<sub>30</sub> (全国自然保护区面积占陆地国土面积的比例)、C<sub>20</sub> (湿地保护率)是出现频次较高的 4 项指标因素,说明我国在绿色发展过程中普遍存在技术市场狭小、科研投入不足、生态系统保护与修复重视不够等问题。高水平区和较高水平区普遍存在技术市场交易额不足、自然保护区面积小的状况;较低水平区范围广,制约因素复杂,低水平区的障碍因素主要集中在社会保障、社会基本公共服务和国土空间开发治理当中的美丽乡村建设方面。

### 4.2 对策建议

受不同障碍度因素制约,中国的绿色发展水平空间差异显著,对此提出以下建议。



4.2.1 推动技术创新与智能创造,提高发展质量与效益 传统的发展方式已不能够实现经济的可持续增长,也影响着人们生活水平的提升和社会进步。应着力发展科技含量高、资源消耗低、环境污染少的产业,推动科技创新,加快推动生产方式绿色化,提升绿色生产效率。东部地区凭借雄厚的经济实力,做好产业升级、社会转型的排头兵,辐射带动周边地区快速发展;中西部地区创新发展环境,增加就业机会,提高城乡居民收入,保障人们生活质量,尤其是贫困人口的基本生活。

4.2.2 加大生态系统修复与环境保护力度,促进资源节约高效利用 国家部委相继发布“大气十条”“水十条”“土十条”,积极推进生态系统保护与修复,强化水、土地、矿产等自然资源节约利用,全面推进节能减排和污染防治,积极应对气候变化,大力发展循环经济和低碳经济。东北、西北、西南地区在森林、草原、湿地覆盖率方面优于中东部地区,在发展过程中应提高资源利用率,杜绝乱砍滥伐、过度放牧,东部则要注重公园绿地建设面积,提高绿化覆盖率,提升生态文明建设能力。

4.2.3 强化主体功能区定位,优化国土空间开发格局 坚定不移地实施主体功能区战略,健全空间规划体系,根据主体功能定位推动“多规合一”,加强城乡规划“三区四线”管理,科学合理布局和整治生活空间、生产空间和生态空间,积极推进绿色城镇化和美丽乡村建设。黑龙江省、甘肃省、贵州省、云南省等国土空间开发治理状况不理想的地区,应更加关注城镇绿色发展和农村生活条件改善,加大城乡基础设施投资建设力度,大力推进绿色城镇化和美丽乡村建设,进而实现区域协调发展。

4.2.4 建立健全法律法规,构建生态文明制度体系 目前我国有关绿色发展意识不强、责任不清,制度建设是绿色发展的重点,靠制度倒逼强化发展。完善生态环境监管制度,健全生态保护补偿机制,坚持“谁污染、谁治理”“谁受益、谁缴费”的原则。健全政绩考核制度,把资源消耗、环境损害、生态效益等指标纳入经济社会发展综合评价体系,强化指标约束,不以 GDP 论英雄。实行差别化的考核制度,对领导干部实行自然资源资产和环境责任离任审计,完善责任追究制度。

#### 参考文献:

- [1]任建兰,张 伟,张晓青,等. 基于“尺度”的区域环境管理的几点思考——以中观尺度区域(省域)环境管理为例[J]. 地理科学, 2013,33(6):668-675.
- [2]任建兰,常 军,张晓青,等. 黄河三角洲高效生态经济区资源环境综合承载力研究[J]. 山东社会科学,2013(1):140-145.
- [3]刘纪远,邓祥征,刘卫东,等. 中国西部绿色发展概念框架[J]. 中国人口·资源与环境,2013,23(10):1-7.
- [4]胡鞍钢,周绍杰. 绿色发展:功能界定、机制分析与发展战略[J]. 中国人口·资源与环境,2014,24(1):14-20.

- [5]蒋南平,向仁康. 中国经济绿色发展的若干问题[J]. 当代经济研究,2013(2):50-54.
- [6]刘思华. 科学发展观视域中的绿色发展[J]. 当代经济研究, 2011(5):65-70.
- [7]杨志江,文超祥. 中国绿色发展效率的评价与区域差异[J]. 经济地理,2017,37(3):10-18.
- [8]赵领娣,张 磊,徐 乐,等. 人力资本、产业结构调整与绿色发展效率的作用机制[J]. 中国人口·资源与环境,2016,26(11):106-114.
- [9]穆学英,刘 凯,任建兰. 中国绿色生产效率区域差异及空间格局演变[J]. 地理科学进展,2017,36(8):1006-1014.
- [10]张 欢,罗 畅,成金华,等. 湖北省绿色发展水平测度及其空间关系[J]. 经济地理,2016,36(9):158-165.
- [11]卢 风. 绿色发展与生态文明建设的关键和根本[J]. 中国地质大学学报(社会科学版),2017,17(1):1-9.
- [12]黄 跃,李 琳. 中国城市群绿色发展水平综合测度与时空演化[J]. 地理研究,2017,36(7):1309-1322.
- [13]刘 冰,张 磊. 山东绿色发展水平评价及对策探析[J]. 经济问题探索,2017(7):141-152.
- [14]臧漫丹,诸大建,刘国平. 生态福利绩效:概念、内涵及 G20 实证[J]. 中国人口·资源与环境,2013,23(5):118-124.
- [15]钟水映,冯英杰. 中国省际间绿色发展福利测量与评价[J]. 中国人口·资源与环境,2017,27(9):196-204.
- [16]Kruk R, Thompson D, Liu J Y. The road map for green development of Western China[J]. Chinese Journal of Population Resources and Environment, 2013,11(3):244-252.
- [17]Saul C. Toronto's green development policies get a passing grade [J]. Daily Commercial News and Construction Record, 2008, 81(114):1-3.
- [18]谢雄标,吴 越,严 良. 数字化背景下企业绿色发展路径及政策建议[J]. 生态经济,2015,31(11):88-91.
- [19]王 珂,秦成逊. 西部地区实现绿色发展的路径探析[J]. 经济问题探索,2013(1):89-93.
- [20]李 琳,楚紫穗. 我国区域产业绿色发展指数评价及动态比较[J]. 经济问题探索,2015(1):68-75.
- [21]郑红霞,王 毅,黄宝荣. 绿色发展评价指标体系研究综述[J]. 工业技术经济,2013(2):142-152.
- [22]郭永杰,米文宝,赵 莹. 宁夏县域绿色发展水平空间分异及影响因素[J]. 经济地理,2015,35(3):45-51,8.
- [23]谢 里,王瑾瑾. 中国农村绿色发展绩效的空间差异[J]. 中国人口·资源与环境,2016,26(6):20-26.
- [24]程 钰,任建兰,崔 昊,等. 基于熵权 TOPSIS 法和三维结构下的区域发展模式——以山东省为例[J]. 经济地理,2012,32(6):27-31.
- [25]何 伟,杨春红. 基于 Topsis 的江苏省中心城市可持续发展状况评价[J]. 南京师大学报(社会科学版),2010(6):68-72.
- [26]韩瑞玲,佟连军,宋亚楠. 基于生态效率的辽宁省循环经济分析[J]. 生态学报,2011,31(16):4732-4740.