

李光勤,方徐兵.黄河流域绿色发展水平时空演变特征[J].中国沙漠,2021,41(4):129-139.

黄河流域绿色发展水平时空演变特征

李光勤,方徐兵

(安徽财经大学 国际经济贸易学院,安徽 蚌埠 233030)

摘要:采用全局 Malmquist-Luenberger 指数,测算了 2001—2018 年黄河流域的绿色全要素生产率,作为绿色发展水平的度量指标,并借助于核密度估计、泰尔系数、变异系数、Dagum 基尼系数等考察黄河流域绿色发展水平的时空演变特征。结果表明:黄河流域绿色发展总体水平不高,且呈现出缓慢的波浪式上升特征,增长的动力来源于绿色技术进步;流域内差异较为明显,下游>上游>全流域>中游。绿色发展水平省际差距呈逐步缩小趋势,分布形态呈现由两极分化向单极化演进态势,总体呈现高一低一高的发展态势,空间分异特征较为明显,呈现以山西和河南为核心的“双核”空间不平衡特征。基于泰尔系数,黄河流域内部绿色发展水平差距大于上游、中游、下游三大区域间的差距;基于变异系数,绿色发展水平不平衡程度整体呈现下降趋势;基于 Dagum 基尼系数,绿色发展水平空间不平衡总体呈下降趋势,差距主要来源于地区内差异,且流域间的交叉重叠现象对绿色发展水平总体差距的影响较小。

关键词:黄河流域;绿色全要素生产率;时空演变;全局 Malmquist-Luenberger 指数

文章编号: 1000-694X(2021)04-129-11

DOI: 10.7522/j.issn.1000-694X.2021.00050

中图分类号: F328

文献标志码: A

0 引言

黄河流经青海、四川、甘肃、宁夏、内蒙古、陕西、山西、河南、山东 9 个省(区)^[1]。黄河流域是中国重要的生态屏障和重要的经济地带,在中国经济社会发展和社会生态安全方面具有十分重要的地位^[2]。2019 年 9 月 18 日,习近平总书记在黄河流域生态保护和高质量发展座谈会上发表重要讲话,黄河流域生态保护和高质量发展成为重大国家战略^[3]。在绿色、共享、协调、开放、创新发展背景下,重视黄河流域的绿色发展,将强有力平衡南北方经济、巩固脱贫成果、优化生态环境、加强对外贸易、协调区域发展^[4]。黄河流域经济社会发展和人民生活得到极大改善。黄河含沙量近 20 年累计下降超过八成,入渤海水量年均增加约 10%;库布齐沙漠过半面积被植被覆盖,下游河口湿地面积增加;沿黄九省区共 1 547 万人摆脱了贫困。但是,黄河流域仍然存在水患威胁、流域生态环境脆弱、水资源保

障形势严峻、南北经济水平分化等,应当引起高度重视。在此背景下提升黄河流域绿色发展水平就需要我们对黄河流域的绿色发展水平现状和基本特征有清晰且全面的认知。绿色全要素生产率可以用来衡量绿色发展水平^[4]。黄河流域绿色发展水平基本特征如何,呈现怎样的空间格局?在一系列政策和国家发展战略举措下,绿色发展水平的时空演变趋势如何,具有何种演化特征?显然,对这些问题的探讨有助于认清现状、明确未来发展方向,对黄河流域生态环境提质增效和高质量发展具有重要意义。

国内外学者围绕绿色全要素生产率,已然进行了不同维度的探讨。首先,关于绿色全要素生产率测度方法。第一,基于参数估计方法测算绿色全要素生产率^[5-7]。企业高产出的背后是生态环境的大范围破坏以及环境治理成本的增加,然而这种方法未将环境破坏、能源消耗等因素纳入度量系统中,导致测算结果不能完全体现绿色的概念且存在误

收稿日期:2021-04-19;改回日期:2021-04-28

资助项目:安徽财经大学校级科研项目(中国绿色信贷政策的绿色发展效应研究);安徽财经大学研究生科研创新基金项目(ACYC2019039);山东省社会科学基金项目(20DJJJ03);山东省自然科学基金项目(ZR2020QG043);陕西省软科学一般项目(2021KRM067)

作者简介:李光勤(1979—),男,四川泸县人,博士,副教授,主要研究方向为环境经济与区域经济。E-mail: zjfclogq@126.com。

差。第二,基于非参数法估计测算绿色全要素生产率。其中,DEA方法可以对绿色全要素生产率进行分解^[8],被广泛运用到绿色全要素生产率的相关研究中^[9-11]。但传统的全要素生产测算都仅考虑了生产过程中所产生的“好”产出,尚未考虑资源消耗的非期望产出,从而使测算结果产生偏误^[12-13]。第三,考虑非期望产出测算绿色全要素生产率,弥补了基于参数估计方法的弊端,将一些因素纳入度量系统中得到广泛应用^[14-15]。文献大多选择非径向、非角度的SBM效率测度模型^[16-17]进行测算,可以较好解决传统测度方法因径向和角度问题产生的测量误差。滕泽伟^[18]基于该方法测算了中国省际服务业绿色全要素生产率,对空间分异特征及其影响因素进行了系统性研究。第四,就绿色全要素生产率的影响因素而言,目前诸多学者利用相关计量模型及方法从城市蔓延^[19]、进口贸易^[20]、外资开放^[21]、环境规制^[22]等方面对其影响程度进行检验,然而计量经济模型、方法和指标测算的差异都会导致关于绿色全要素生产率研究结论不同。最后,关于绿色全要素生产率时空演变特征的研究,不少学者基于标准差椭圆^[23-24]、泰尔系数^[25]、核密度函数^[26]等研究方法分析了绿色全要素生产率的空间分异特征。

结合黄河流域特色,采用全局Malmquist-Luenberger指数,测算2001—2018年黄河流域的绿色全要素生产率,用以衡量黄河流域绿色发展水平,并结合核密度函数考察增长分布形态,区别于刘华军等^[23]的研究方法,采用泰尔系数、基尼系数以及变异系数,进一步探讨黄河流域绿色发展水平的时空演变及其差异特征。

$$ML^{t,t+1} = \frac{1 + \bar{D}_0^G(x^t, y^t, b^t; y^t, b^t)}{1 + \bar{D}_0^G(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; y^{t+1}, b^{t+1})} = \frac{1 + \bar{D}_0^t(x^t, y^t, b^t; y^t, b^t)}{1 + \bar{D}_0^G(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; y^{t+1}, b^{t+1})} \times \frac{1 + \bar{D}_0^G(x^t, y^t, b^t; y^t, b^t)}{1 + \bar{D}_0^t(x^t, y^t, b^t; y^t, b^t)} = \frac{TE^t(x^t, y^t, b^t; y^t, b^t)}{TE^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; y^{t+1}, b^{t+1})} \times \frac{TPG^{G,t}(x^t, y^t, b^t; y^t, b^t)}{TPG^{G,t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; y^{t+1}, b^{t+1})} = MLTEC^{t,t+1} \times MLTC^{t,t+1} \quad (3)$$

若 $MLTEC > 1$,说明 $t+1$ 时期较 t 时期的绿色技术效率得到明显改善,反之则相反;若 $MLTC > 1$,说明 $t+1$ 时期较 t 时期有明显的技术进步,反之则相反。若全局Malmquist-Luenberger指数 > 1 ,意味着某一省

1 研究方法与研究区域

1.1 研究方法

1.1.1 全局Malmquist-Luenberger指数

传统绿色全要素生产率指标的测算方法相当丰富,但是这些方法普遍存在对评价对象的效率高估,以及能源投入要素忽略等弊端。参考Oh^[27]构造的全局Malmquist-Luenberger指数,测算黄河流域的绿色全要素生产率,并作为黄河流域绿色发展水平的衡量指标。全局Malmquist-Luenberger指数的生产可能性集合指全局的生产技术集 $DG(x)$,且同时包含期望和非期望产出,能够较好地测度绿色发展水平和质量^[4]。根据 $DG(x)$ 生产技术集定义,第 t 到 $t+1$ 时期的全局Malmquist-Luenberger指数可以表达为:

$$ML^{t,t+1} = \frac{1 + \bar{D}_0^G(x^t, y^t, b^t; y^t, b^t)}{1 + \bar{D}_0^G(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; y^{t+1}, b^{t+1})} \quad (1)$$

式中: x^t, y^t, b^t 分别为投入、期望产出、非期望产出指标。使用方向性距离函数定义全局的生产技术集:

$$\bar{D}_0^G(x^s, y^s, b^s; y^s, b^s) = \max \left\{ \beta : (y^s + \beta y^s, b - \beta b^s \in P^G(x^s)) \right\}, \quad (2)$$

式中: s 为时期。

考虑到黄河流域在经济发展规模、招商引资水平、自然资源禀赋以及环境规制强度等方面存在的差异。因此,将全局Malmquist-Luenberger指数分解为绿色技术效率指数($MLTEC$)和绿色技术进步指数($MLTC$)两部分^[28],即:

区绿色发展水平呈现增长态势;若全局Malmquist-Luenberger指数 ≤ 1 ,说明绿色发展水平呈现不变或降低。

借鉴相关研究^[23,29-30],利用投入和产出指标测

算绿色发展水平。资本投入:考虑到黄河流域各省区的资本存量数据无法直接获取,借鉴成熟的“永续盘存法”估算资本存量^[31-33],公式为 $K_{it} = I_{it} + (1 - \delta_{it})K_{it-1}$ 。与刘华军等^[23]不同的是, δ 按多数文献的做法,取10%。劳动投入:采用黄河流域各省市的城镇单位就业人数和其他单位就业人数的加总进行度量。能源投入:采用全社会的能源消耗量来代表能源投入。期望产出:为避免价格因素对测量的干扰,采用以2001年为基期进行平减处理后的各省份的实际国民生产总值衡量^[34]。非期望产出:采用工业废水、工业SO₂排放总量来衡量。数据来源于国家统计局、《中国劳动统计年鉴》《中国城市统计年鉴》《中国能源统计年鉴》、黄河流域各省历年统计年鉴。

1.1.2 泰尔系数

泰尔系数(Theil)利用信息熵的原理,考察区域之内和区域间的不平衡水平。该系数可以将区域总的差别分解为区域内差异(T_w)和区域间差异(T_b)。考虑到黄河流域各地区之间因经济发展水平以及自然要素禀赋等因素会导致绿色发展水平存在差异,研究意图是对黄河流域绿色发展水平的时空演变特征进行深入剖析,采用Theil系数衡量黄河流域各地区绿色发展水平的空间演变特征,具体公式为:

$$T = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i / \bar{y}) \lg(y_i / \bar{y}) \quad (4)$$

式中: T 为绿色发展水平的Theil系数, y_i 和 \bar{y} 分别为第*i*省的绿色发展水平和所有年份的绿色发展水平均值; N 为省份的数量,本文 N 为9。Theil系数越高,表示绿色发展水平的差异越大。将Theil系数分解为区域内的Theil系数(TWR)和区域间的Theil系数(TBR),以便考察黄河流域上游、中游、下游三大区域的差异,具体公式为:

$$T = TWR + TBR \quad (5)$$

$$TWR = \sum_{k=1}^K y_k \lg \left(\frac{y_k}{N_k / N} \right) \quad (6)$$

$$TBR = \sum_{k=1}^K y_k \sum_{i=1}^{N_k} \frac{y_i}{y_k} \lg \left(\frac{y_i / y_k}{1 / N_k} \right) \quad (7)$$

式中: K 为区域的数量,本文将黄河流域分为上游、中游、下游, $K=3$; y_i 与 y_k 为第*i*省与第*k*区域的绿色发展水平。 N_k 为第*k*区域的省份数量。Theil系数越高,表示绿色发展水平的差异越大。

1.1.3 变异系数

借鉴覃成林等^[35]的研究,采用以人口为权重的变异系数的平方来测度黄河流域绿色发展水平不平衡程度。将黄河流域分为上游、中游、下游3个区域($k=3$),且每个区域有*m*个省。具体公式如下:

$$CV(Y)^2 = \frac{1}{\bar{Y}^2} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{m_i} \frac{P_{ij}}{P} (\bar{y}_{ij} - \bar{Y})^2 \quad (8)$$

式中: \bar{y}_{ij} 为*i*区域*j*省的绿色发展水平; P_{ij} 为*i*区域*j*省的人口数; P_i 为区域*i*的总人口数; Y_i 为*i*区域的绿色发展水平; $\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{m_i} P_{ij}$ 为黄河流域总人口数; $Y = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{m_i} P_{ij} \bar{y}_{ij}$ 为全流域的绿色发展水平; $\bar{Y}_i = Y_i / P_i$ 为*i*区域的人均绿色发展水平; $\bar{Y} = Y / N$ 表征全国人均绿色发展水平。

1.1.4 Dagum基尼系数

借鉴刘华军等^[36]和方泽润等^[37]的研究,采用Dagum基尼系数测度黄河流域绿色发展水平的差异。假设全流域共有*n*个省份,将其分成*k*个子区域, n_j 表征子区域的省份数量, y 表征所有省份绿色发展水平的总和, \bar{y} 表征所有省份绿色发展水平的均值, \bar{y}_j 表征子区域*j*中所有省份绿色发展水平的均值, y_{ji} 表征子区域*j*中省份*i*的绿色发展水平。同理, y_{hr} 表征子区域*h*中省份*r*的绿色发展水平, y_j 表征子区域*j*中所有省份绿色发展水平总和。综上,Dagum基尼系数的具体计算公式可表示为:

$$G = \sum_{j=1}^k \sum_{h=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} \sum_{r=1}^{n_h} |y_{ji} - y_{hr}| / 2n^2 \bar{y} \quad (9)$$

参考Dagum^[38]的研究,地区差异可分解为地区间差异(G_{nb})、地区内差异(G_w)、超变密度贡献(G_t)。地区内差异 G_w 的计算公式可表示为:

$$G_w = \sum_{j=1}^k G_{jj} \frac{n_j}{n} \frac{\bar{y}_j}{\bar{y}} \quad (10)$$

式中: G_{jj} 表征*j*区域的基尼系数,计算公式为:

$$G_{jj} = \sum_{i=1}^{n_j} \sum_{r=1}^{n_j} |y_{ji} - y_{jr}| / 2n_j^2 \bar{y}_j \quad (11)$$

地区间差异 G_{nb} ,表征地区间的折余价值差距;超变密度贡献 G_t ,则用来解释子区域*j*和*h*之间的交叉重叠现象^[37],其含义为区域*j*的总体绿色发展水平虽高于子区域*h*,但区域*j*中的某些省份的绿色发展水平低于子区域*h*中的一些省份的绿色发展水平。二者的计算公式分别可表示为:

$$G_{nb} = \sum_{j=2}^k \sum_{h=1}^{j-1} G_{jh} \left(\frac{n_j}{n} \frac{n_h \bar{y}_h}{n \bar{y}} + \frac{n_h}{n} \frac{n_j \bar{y}_j}{n \bar{y}} \right) D_{jh} \quad (12)$$

$$G_t = \sum_{j=2}^k \sum_{h=1}^{j-1} G_{jh} \left(\frac{n_j}{n} \frac{n_h \bar{y}_h}{n \bar{y}} + \frac{n_h}{n} \frac{n_j \bar{y}_j}{n \bar{y}} \right) (1 - D_{jh}) \quad (13)$$

式中: G_{jh} 表征两个子区域 j 和 h 之间绿色发展水平的差异, 计算公式为:

$$G_{jh} = \sum_{i=1}^{n_j} \sum_{r=1}^{n_h} |y_{ji} - y_{hr}| / n_j n_h (\bar{y}_j + \bar{y}_h) \quad (14)$$

D_{jh} 表征将两个子区域 j 和 h 之间绿色发展水平的差异做进一步分解, 表达式为:

$$D_{jh} = \frac{d_{jh} - p_{jh}}{d_{jh} + p_{jh}} \quad (15)$$

$$d_{jh} = \int_0^{\infty} dF_j(y) \int_0^y (y-x) dF_h(x) \quad (16)$$

$$p_{jh} = \int_0^{\infty} dF_h(y) \int_0^y (y-x) dF_j(x) \quad (17)$$

式中: d_{jh} 为子区域 j 和 h 中, 所有能使 $y_{ji} - y_{hr} > 0$ 的全部省份绿色发展水平差值加总的数学期望(样本平均值代替); p_{jh} 为子区域 j 和 h 中, 所有能使 $y_{ji} -$

$y_{hr} < 0$ 的全部省份绿色发展水平差值加总的数学期望(样本平均值代替)^[34]。

1.2 研究区域

选取黄河流域 9 个省份作为研究样本。参考王喜等^[39]和赵明亮等^[4]的研究, 将青海、四川、甘肃、宁夏、内蒙古归为上游, 将陕西、山西归为中游, 将河南、山东归为下游, 以便考察流域内部各区域绿色发展水平的差异性。

2 结果与分析

2.1 时间变化特征

2.1.1 总趋势

2001—2018 年, 黄河流域全局 Malmquist-Luenberger 指数从 2001 年的 0.9459 增长到 2018 年的 1.0193, 增幅仅有 7.76%, 呈现微幅上升态势, 表明全域绿色发展水平增长缓慢且总体水平不高(表 1)。上游 5 省中, 全局 Malmquist-Luenberger 指数分别是

表 1 黄河流域全局 Malmquist-Luenberger 指数

Table 1 The global Malmquist-Luenberger index in the Yellow River Basin

年份	上游					中游		下游	
	青海	甘肃	宁夏	四川	内蒙古	陕西	山西	河南	山东
2001	1.0045	1.0014	0.9752	1.0004	0.8559	0.7321	1.0033	1.0004	0.9822
2002	1.0113	1.0011	0.9790	1.0003	0.9460	0.8598	1.0037	1.0035	1.0007
2003	1.0050	1.0002	1.0192	1.0002	0.9703	1.0494	1.0030	0.9990	0.9975
2004	1.0018	1.0010	1.0326	1.0002	1.0113	0.9265	1.0028	0.9937	1.0008
2005	0.9798	1.0013	0.9076	1.0002	0.9986	1.0129	1.0048	1.0082	1.0068
2006	1.0029	1.0007	1.0286	1.0006	1.0009	1.0298	0.9962	1.0053	1.0079
2007	1.0010	1.0009	0.9860	1.0003	1.0351	0.9902	1.0042	1.0027	1.0028
2008	1.0009	1.0002	0.9953	1.0002	0.9798	0.9671	1.0009	1.0005	0.9990
2009	0.9989	1.0006	1.0042	1.0006	1.0873	1.0307	1.0105	1.0313	1.0214
2010	1.0002	1.0011	1.0009	1.0008	0.9631	1.0619	1.0098	1.0108	1.0018
2011	1.0008	0.9993	1.0078	1.0004	1.0132	0.6464	1.0244	0.9820	1.0010
2012	1.0003	1.0003	1.0277	1.0004	1.0540	0.9977	1.0107	1.0180	1.0111
2013	1.0008	1.0001	1.0444	1.0005	1.0280	0.9600	1.0123	1.0111	1.0157
2014	1.0006	1.0003	1.0185	1.0002	1.0024	0.9307	1.0110	1.0088	1.0024
2015	1.0004	1.0005	1.0114	1.0014	1.0465	0.9859	1.0294	1.0157	1.0053
2016	1.0002	1.0005	1.0212	1.0021	1.0369	1.0108	1.0284	1.0187	1.0040
2017	1.0000	1.0005	1.0310	1.0028	1.0274	1.0357	1.0274	1.0217	1.0027
2018	0.9998	1.0005	1.0408	1.0035	1.0180	1.0606	1.0264	1.0247	1.0014
均值	1.0005	1.0006	1.0068	1.0008	1.0029	0.9532	1.0116	1.0086	1.0036

1.0005(青海)、1.0006(甘肃)、1.0068(宁夏)、1.0008(四川)、1.0029(内蒙古),上游全局 Malmquist-Luenberger 指数均值为 1.0023,可以看出所有数值都稍大于 1,表明上游绿色发展水平虽呈增长态势,但整体水平不高。中游的全局 Malmquist-Luenberger 指数均值为 0.9824,数值低于 1,绿色发展效率呈现降低态势,这主要源于陕西省(0.9532)绿色发展水平偏低所致。下游全局 Malmquist-Luenberger 指数大于 1,整个下游绿色发展水平较其他区域较高,成为推动黄河流域绿色发展的主要因素。

2001 年有 5 个省份全局 Malmquist-Luenberger 指数大于 1,占 62.5%。2005、2010、2015、2018 年全局 Malmquist-Luenberger 指数大于 1 的省份分别占 75%、88.9%、88.9%、88.9%,表明黄河流域内绝大多数省份环境达到了较优产出,绿色发展水平呈现整体提升态势。

从全流域视角看,2001—2018 年黄河流域的绿色发展水平变化呈现波浪式缓慢波动上升特征(图 1)。将 2001—2018 年全流域绿色发展水平变动细分为 3 个阶段:第一阶段(2001—2003 年),黄河流域的绿色发展水平呈现增长趋势,增长幅度较大;第二阶段(2004—2013 年),绿色发展水平则表现出波浪式发展趋势,其中 2010—2011 年绿色发展水平更是出现下降趋势;第三阶段(2014—2018 年),绿色发展水平呈现正向增长趋势,表明随着国家出台和实施生态环境保护政策,黄河流域在加快工业化发展的同时,也在不断加强绿色技术发展,提高能

源开采过程中废物、废水、废气的利用率,降低对环境的污染程度,进而整体提高了全流域绿色发展水平。从流域内视角看,上游、下游绿色发展水平表现出相同的变动趋势,绝大多数省份绿色发展水平数值围绕 1 上下波动,增长幅度虽不大,但 2014 年增长态势较为明显,这与全流域较为一致。中游绿色发展水平变动趋势与全流域形态相似,但幅度更大。2010—2011 年绿色发展水平出现急剧下降趋势,这与该阶段陕西绿色发展水平急剧下降相关,全局 Malmquist-Luenberger 指数从 2010 年的 1.0619 降低至 2011 年的 0.6464;受全球金融危机影响和“十一五”收官(2010 年),陕西为发展经济,能源资源消耗增加,高耗能、低节能、高污染对绿色发展水平产生影响,这也是导致全流域绿色发展水平降低的原因所在。

黄河流域绿色发展水平在 2001—2015 年呈上游、中游、下游递减的特征,在 2016—2018 年则呈上游、中游、下游递增的分异特征。黄河流域上游多为农牧区,中游、下游多为能源资源丰富的农业区^[23],工业化推进中要素配置的趋利性加剧了中游、下游的环境污染,资源能源大量浪费,使绿色发展水平处于相对降低水平。因此,上游绿色发展水平高于中游、下游。随着国家重大战略的实施以及国家环境规制政策的出台,地方政府越发重视黄河流域的生态环境保护,各省份绿色发展水平变动趋势相同,均呈增长态势,中游以及下游省份绿色发展水平略高于上游省份。

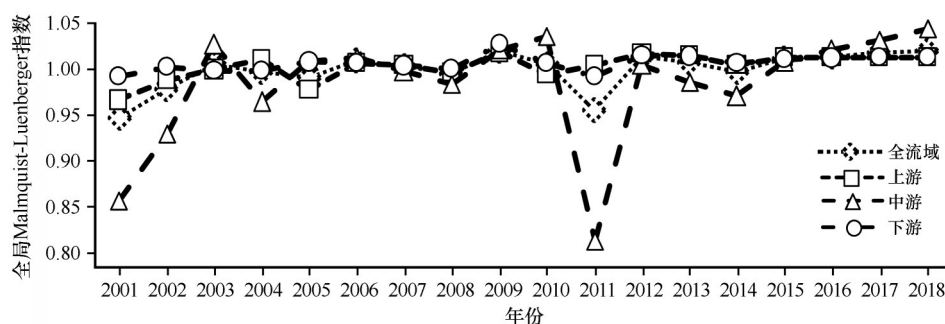


图1 2001—2018年黄河流域全局 Malmquist-Luenberger 指数演进趋势

Fig.1 Evolution trend of global Malmquist-Luenberger index in the Yellow River Basin from 2001 to 2018

2.1.2 绿色技术效率 (MLTEC) 和绿色技术进步 (MLTC) 变动

为了更好地把握黄河流域绿色发展水平的动态变化趋势,借鉴赵明亮等^[4]的做法,将 2010 年(“十一五”规划收官之年)作为界限,分析 2001—2010 年(“十五”、“十一五”时期)和 2011—2018 年

(“十二五”、“十三五”时期)两个时段的黄河流域全局 Malmquist-Luenberger 指数及其分解指数(绿色技术效率指数 MLTEC 和绿色技术进步指数 MLTC)的变动(表 2)。

2010—2010 年,上游的甘肃绿色发展水平呈增长态势,兼具均衡的增长动力来源,绿色技术效率

表 2 黄河流域绿色发展水平变化

Table 2 Dynamic change and decomposition of main green development level in the Yellow River Basin

省份		2001—2010 年			2011—2018 年		
		<i>ML</i>	<i>MLTEC</i>	<i>MLTC</i>	<i>ML</i>	<i>MLTEC</i>	<i>MLTC</i>
上游	青海	1.0006	0.9978	1.0028	1.0004	0.9996	1.0007
	甘肃	1.0008	1.0000	1.0008	1.0002	0.9999	1.0003
	宁夏	0.9923	0.9847	1.0077	1.0253	0.9937	1.0318
	四川	1.0004	0.9999	1.0005	1.0014	1.0012	1.0002
	内蒙古	0.9831	0.9754	1.0079	1.0282	0.9897	1.0388
中游	陕西	0.9606	1.0000	0.9606	0.9440	1.0000	0.9440
	山西	1.0039	1.0003	1.0036	1.0212	1.0067	1.0145
下游	河南	1.0055	1.0002	1.0054	1.0125	1.0070	1.0055
	山东	1.0020	0.9980	1.0041	1.0054	1.0002	1.0053
均值		0.9944	0.9951	0.9993	1.0043	0.9998	1.0046

ML 代表全局 Malmquist-Luenberger 指数。

稍逊一筹;青海、四川的绿色发展水平增长来源均是绿色技术进步;宁夏、内蒙古的绿色发展水平出现了下降的趋势,下降的原因主要是绿色技术效率降低。中游的山西呈现绿色技术进步和绿色技术效率共同驱动增长的态势。陕西绿色发展水平呈现降低态势,主要原因是绿色技术进步的下降,表明在这期间管理者缺乏对绿色技术进步的认知,生态环境问题的管控力度小,环境规制强度较低。下游的河南、山东两省绿色发展水平平均大幅增加,且绿色技术进步为主要增加来源。由此可见,除陕西外,上游、中游、下游绿色发展水平增长的动力大都源自绿色技术进步。

2011—2018 年,除陕西外,其他省份的绿色发展水平均较高,且除河南、四川两省外,绿色发展水平增长的动力主要来源于绿色技术进步。这可能是由于随着国家环境规制政策的出台,各地加大了对生态环境问题的管控力度,也加大了对生态环境保护的重视程度。与 2001—2010 年相似,陕西绿色发展水平降低仍是绿色技术进步下降引致。上游的青海(0.9996)、甘肃(0.9999)、宁夏(0.9937)、内蒙古(0.9897)绿色技术效率指数呈现下降趋势,可能与上游发展相对滞后、产业结构优化以及新旧动能转换等因素有直接关联。

2001—2010 年和 2011—2018 年,黄河流域绿色技术效率指数 *MLTEC* 均小于 1,表明黄河流域绿色技术效率呈下降趋势。而绿色发展水平全局 Malmquist-Luenberger 指数和绿色技术进步指数

MLTC 均由 2001—2010 年的小于 1 演变成 2011—2018 年的大于 1,表明黄河流域的绿色发展水平呈现改善趋势,绿色技术进步与之趋同演变。当前黄河流域绿色发展水平动态变化趋势在很大程度上仍受绿色技术进步的影响。因此,一方面积极转变经济发展模式,主动吸收和应用先进技术,促使生产投入与有效产出同步发展^[40];另一方面向创新项目提供充裕的资金支持,化解绿色项目创新风险,积极推进其发展^[41]。

2.1.3 核密度分析

为了更为直观地反映黄河流域绿色发展水平的地区差异随时间演化的总体演变特征,本部分将对 2001、2005、2010、2018 年黄河流域绿色发展水平进行核密度分析,并绘制出 Densi-Graph 曲线(图 2)。与 2001 年的单峰分布特征相比,2005 年黄河流域绿色发展水平的核密度曲线大致呈“M”型双峰分布,核密度函数中心右移,主峰高度增加,表明 2001—2005 年流域的绿色发展水平数值有所增加,并出现两极分化状态,但各绿色发展水平分布差异在缩小。与 2005 年相比,2010 年黄河流域绿色发展水平的核密度曲线中心略微右移,主峰高度基本保持不变,双峰状态逐渐变化成单峰形态,右侧是其主要分布区位,表明该阶段黄河流域绿色发展水平整体上呈增长态势。与 2010 年相比,2018 年黄河流域绿色发展水平的核密度曲线中心右移,主峰高度减小,仍呈单峰状态,分布于 1 的右侧,说明该阶段绿色发展水平数值增加,状态有所改善,并处于较高水平,省际差异进

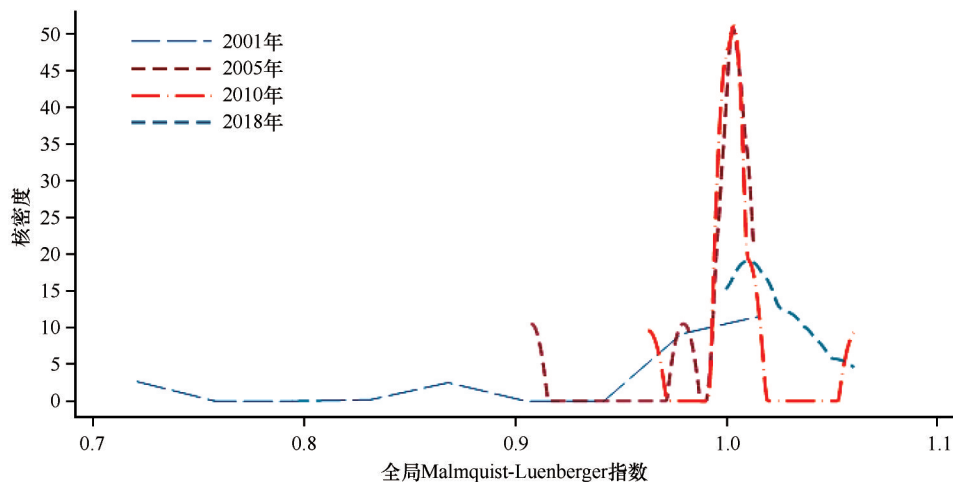


图2 黄河流域绿色发展水平核密度曲线

Fig.2 Nuclear density curves of green development level in the Yellow River Basin

一步缩小。总的来说,在2001—2018年期间,每一条Densi-Graph曲线都呈现出向右平移的特征,这表明黄河流域绿色发展水平呈现先降后升的动态变化趋势,低值区波动程度远高于高值区。

总体而言,黄河流域各地区的绿色发展水平呈高一低一高的发展态势。黄河流域绿色发展水平下降,这可能是由于以要素集聚为特征的粗放式工业化发展虽然推动了经济规模提高,但由于开采及生产技术水平有限,带来资源能源大量浪费,导致环境恶化、绿色效率下降,使得绿色发展水平降低。近年来,国家层面出台了一系列推动黄河流域发展的战略与政策,始终坚持与发展绿色转型理念,推动黄河流域绿色技术效率和绿色技术进步快速上升,从而提升了黄河流域的绿色发展水平^[24,42]。

2.2 空间演化特征

2.2.1 基于泰尔系数的空间演化特征分析

从黄河流域绿色发展水平的空间分布来看,经过2001—2005年一个缓慢的下降阶段之后,2006—

2011年呈现上升态势,而后开始呈现下降趋势,但2012年以后相对稳定。黄河流域绿色发展水平的泰尔系数最高值出现在2005年(0.51),2013年以后下降到0.5以下。所有年份区域内差距大于区域间差距,表明地区内部差距大于上游、中游、下游三大区域间的差距(图3)。可能的原因是,一方面,各地区内部经济发展水平、自然资源存在差异,相比于自身资源禀赋相对较差城市,那些经济发展水平和自然资源具有天然优势的城市绿色发展水平会因此而得到快速增长。除此之外,一些省会城市的绿色发展水平会由于政府出台相关政策以加速新旧动能转换而有所增长,比如郑州、济南等^[3]。另一方面,随着国家相继出台一系列重大发展战略,黄河流域内各省份的绿色发展水平数值相差较少。因此,上游、中游、下游三大区域间的泰尔系数较小,在0.1左右,即三大区域间的差异较小。

2.2.2 基于变异系数的空间演化特征分析

2001—2018年,黄河流域绿色发展水平不平衡

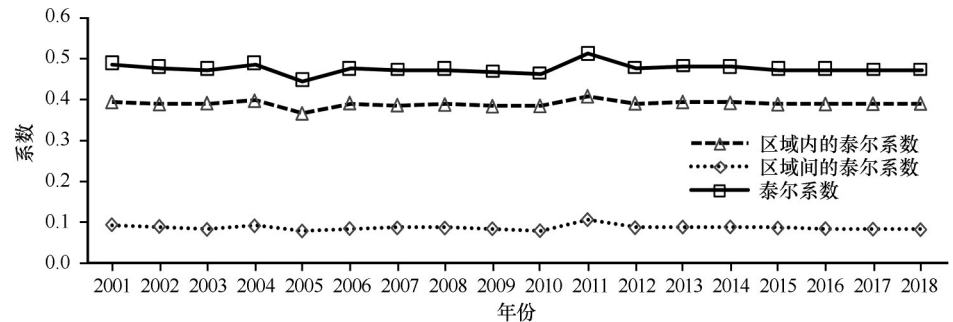


图3 2001—2018年黄河流域绿色发展水平泰尔系数

Fig.3 The Theil coefficient of green development level in the Yellow River Basin from 2001 to 2018

程度先下降,然后经过短暂快速上升,再经过持续较快下降,最后缓慢上升,逐渐趋于平缓。这一过程中有两个明显的分界点,分别为2005年和2011年(图4)。在2005年之前,绿色发展水平不平衡程度经历短暂上升,即人口加权变异系数增长到

0.454。2005—2011年,绿色发展水平不平衡程度快速下降,人口加权变异系数由0.454下降到0.427。然后缓慢上升至0.44左右。这说明黄河流域绿色发展水平不平衡程度也在降低。

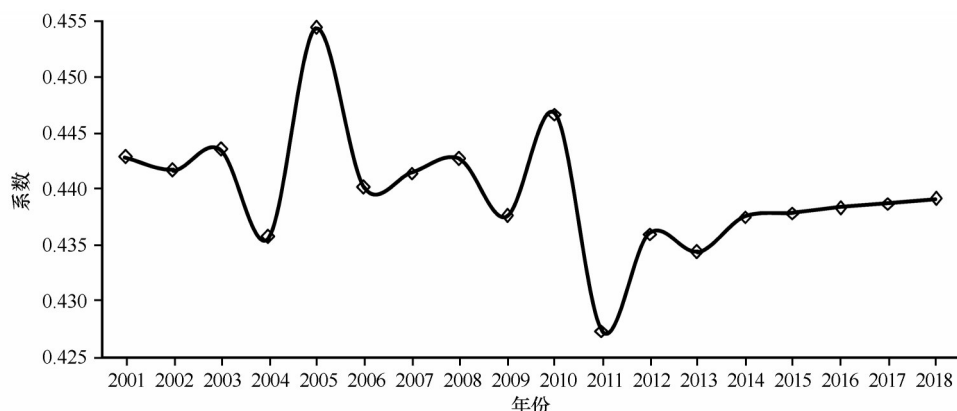


图4 2001—2018年黄河流域绿色发展水平变异系数

Fig.4 The variation coefficient of green development level in the Yellow River Basin from 2001 to 2018

2.2.3 基于基尼系数的空间演化特征分析

从总体差异看,2001—2018年黄河流域绿色发展水平地区差距经历短暂快速下降,总体基尼系数从2001年的0.056下降2007年的0.002,而后呈现一定程度的波动性,大致保持在0.01左右,总体呈下降趋势(图5)。地区内差异、地区间差异、超变密度贡献具有相同的变化走势,且地区内差异的贡献率略胜一筹,表明黄河流域绿色发展水平差距主要来

源于地区内差异。因此,在实现黄河流域生态环境保护,促进绿色发展水平快速发展过程中,各地区内部因相互借鉴发展经验,优势互补,发扬优势,弥补自身绿色发展的劣势,形成内部城市协同发展的治理新格局;另外,超变密度曲线趋近于0,即超变密度对于绿色发展水平总体差距的贡献率小,表明整个流域地区之间的交叉重叠现象对于绿色发展水平总体差距的影响较小。

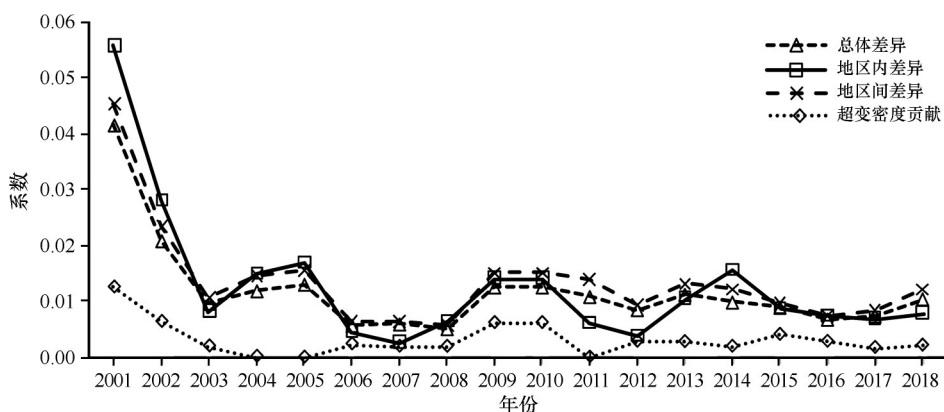


图5 2001—2018年黄河流域绿色发展水平基尼系数及其分解

Fig.5 The Gini coefficient and decomposition of green development level in the Yellow River Basin from 2001 to 2018

3 讨论

在新时代背景下,不仅要注重黄河流域生态保护,而且还要坚定不移的走绿色发展道路^[23]。近几年,尽管黄河流域绿色发展水平呈增长态势,但绿

色技术效率却呈现明显的下降趋势,这种迹象应该引起地方政府的高度重视。

黄河流域绿色发展水平总体水平不高,针对经济投入高、有效产出不足的难题^[32],积极明确《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规

划和2035年远景目标纲要》中“加强长江黄河流域的生态保护”优先发展目标,节约资源,保护环境,提升黄河流域绿色发展水平,促进中国经济高效发展^[40]。

黄河流域高质量发展与绿色发展水平的提升息息相关,要实现流域内的绿色发展,首要环节是提升黄河流域的技术水平以及使资源利用效益获得最大化^[4],充分发挥规模效应,推进绿色经济的效率改革,同时提高绿色技术效率和促进技术进步,增强技术创新力度,增加绿色技术研发和人力资本投入,统筹规划,培养高素质人才,强化创新活力,加强黄河流域的创新发展,提高增长效率。

下游应充分发挥领头作用,充分利用有利条件,实现区域绿色发展,率先实现高质量发展。上游应当格外注重生态环境保护,统一筹划推进“山水林田湖草沙”生态系统修复^[43],注重发展多样化且极具特色的生态产品。中游应因地制宜,利用自然资源发展自身优势绿色产业,向下游看齐,积极缩小绿色发展水平差距,注重强化环境规制,降低能源资源的损耗,同时加强对企业开展绿色技术创新的资金支持与权益保护^[44]。政府统筹区域协调发展,提高绿色发展水平。

提升黄河流域协同发展水平,促进绿色发展。加强黄河流域内各地区的交流与合作,强调共享发展,产业可分工,基建可共享,积极引导能源资源要素充分流动,提升区域资源配置效率,促进流域内绿色发展水平的协调提升,从而促进各省绿色协调发展,大力推动黄河流域生态保护和高质量发展^[23]。

大力发展城市群和都市群,通过发挥城市群绿色辐射性能,提升黄河经济带的整体实力。黄河流域的高质量发展离不开城市群的承载,增加山东半岛、中原、关中平原、兰州—西宁、晋中、呼包鄂渝和宁夏沿黄等国家级城市群核心区高校资金投入,加强技术创新,从而进一步提高绿色发展水平。积极发挥以济南和青岛为中心城市的山东半岛城市群龙头作用;发展中原城市群经济,积极推动黄河经济带发展的重大战略决策;激发黄河上游的绿色发展新动能,强调黄河经济带统筹协调发展,提升黄河经济带绿色发展水平,把黄河流域建设成为中国流域绿色协调发展的重要先导区和标杆区^[40]。

4 结论

2001—2018年,黄河流域绿色发展水平由

0.9459增长至1.0193,绿色发展水平总体水平不高,且呈现出较为缓慢的波浪式上升特征,增长的动力来源于绿色技术进步,山西和河南发挥“领头羊”作用。流域内差异较明显,下游>上游>全流域>中游。上游、下游绿色发展水平表现出相同的变动趋势,数值始终围绕1上下波动,增长幅度虽不大,但2014年后增长态势较为明显;中游绿色发展水平变动趋势与全流域形态较为相似,但2010—2011年下降幅度大,这与2010—2011年陕西省工业化进程中能源资源大幅高开、逐步回落的发展趋势以及低节能、高污染等因素导致绿色发展水平的骤降相关。

黄河流域大多数年份绿色发展水平和绿色技术进步变化都呈现增长态势,而绿色技术效率则呈现降低趋势。绿色技术进步推动大多数地区绿色发展水平的增长,成为主要的增长动力来源;上游的绿色技术效率呈现衰退趋势,成为阻碍流域高质量发展的因素,这可能与上游发展相对滞后、产业结构优化程度不足、新旧动能转换效率低等相关。

黄河流域绿色发展水平省际差距呈逐步缩小趋势,分布形态则呈现由两极分化向单极化演进态势,总体呈现高—低—高的发展态势。黄河流域绿色发展水平空间分异特征较为明显,呈现以山西和河南为核心的“双核”特征。

从泰尔系数来看,样本期内大多数年份均呈现出地区内部绿色发展水平差距大于上游、中游、下游三大区域间差距的发展态势;从变异系数来看,绿色发展水平不平衡的程度先下降,然后经过短暂快速上升,再经过持续较快下降,最后缓慢上升、趋于平缓,发展不平衡程度整体呈现下降趋势;从Dagum基尼系数来看,绿色发展水平空间不平衡总体呈下降趋势,差距主要来源于地区内差异,并且全流域之间的交叉重叠现象对于绿色发展水平总体差距的影响较小。

参考文献:

- [1] 马海涛,徐植钊.黄河流域城市群高质量发展评估与空间格局分异[J].经济地理,2020,40(4):11-18.
- [2] 王胜鹏,乔花芳,冯娟,等.黄河流域旅游生态效率时空演化及其与旅游经济互动响应[J].经济地理,2020,40(5):81-89.
- [3] 周成,张旭红,张倩,等.黄河流域“五位一体”综合评价体系建构与空间差异研究[J].中国沙漠,2021,41(4):1-11.
- [4] 赵明亮,刘芳毅,王欢,等.FDI、环境规制与黄河流域城市绿色全要素生产率[J].经济地理,2020,40(4):38-47.
- [5] 匡远凤,彭代彦.中国环境生产效率与环境全要素生产率分析[J].经济研究,2012,47(7):62-74.

- [6] 李兆亮,罗小锋,薛龙飞,等.中国农业绿色生产效率的区域差异及其影响因素分析[J].中国农业大学学报,2017,22(10):203-212.
- [7] 武义青,陈俊先.绿色全要素生产率测定的一种新方法:以河北省11个设区市工业为例[J].河北经贸大学学报,2018,39(2):12-16.
- [8] 杨骞,王珏,李超,等.中国农业绿色全要素生产率的空间分异及其驱动因素[J].数量经济技术经济研究,2019,36(10):21-37.
- [9] Yu M M, Hsu S H, Chang C C, et al. Productivity growth of Taiwan's major domestic airports in the presence of aircraft noise [J]. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 2008, 44(3): 543-554.
- [10] 韩英,马立平.京津冀产业结构变迁中的全要素生产率研究[J].数量经济技术经济研究,2019,36(6):62-78.
- [11] 刘帅.中国经济增长质量的地区差异与随机收敛[J].数量经济技术经济研究,2019,36(9):24-41.
- [12] Nanere M, Fraser J, Quazi A, et al. Environmentally adjusted productivity measurement: an Australian case study [J]. *Journal of Environmental Management*, 2007, 85(2): 350-362.
- [13] 黎明,王俊昊,赵婉茹,等.中国区域绿色全要素生产率的影响因素及其空间特征[J].财经理论与实践,2020,41(4):122-132.
- [14] Chen S, Golley J. 'Green' productivity growth in China's industrial economy [J]. *Energy Economics*, 2014, 44: 89-98.
- [15] Shen Z Y, Bousement J P, Leleu H. Aggregate green productivity growth in OECD's countries [J]. *International Journal of Production Economics*, 2017, 189: 30-39.
- [16] 齐绍洲,徐佳.贸易开放对“一带一路”沿线国家绿色全要素生产率的影响[J].中国人口·资源与环境,2018,28(4):134-144.
- [17] 吕娜,朱立志.中国农业环境技术效率与绿色全要素生产率增长研究[J].农业技术经济,2019(4):95-103.
- [18] 滕泽伟.中国服务业绿色全要素生产率的空间分异及驱动因素研究[J].数量经济技术经济研究,2020,37(11):23-41.
- [19] 邵汉华,夏海波.中国城市蔓延对绿色全要素生产率的影响[J].资源科学,2020,42(4):790-800.
- [20] 邵军,施震凯,朱俊明.进口贸易与中国城市的绿色转型发展:基于绿色全要素生产率的研究[J].国际贸易问题,2020(12):51-64.
- [21] 汪朝阳.外资开放如何影响绿色全要素生产率[J].经济与管理评论,2021,37(1):138-149.
- [22] 黄伟华,祁春节,方国柱,等.农业环境规制促进了小麦绿色全要素生产率的提升吗?[J].长江流域资源与环境,2021,30(2):459-471.
- [23] 刘华军,曲惠敏.黄河流域绿色全要素生产率增长的空间格局及动态演进[J].中国人口科学,2019(6):59-70.
- [24] 张红梅,张宁.省域绿色全要素生产率的时空演变与空间溢出效应[J].财会月刊,2019(24):119-127.
- [25] 刘涛,李继霞.中国林业绿色全要素生产率时空分异及其影响因素[J].世界林业研究,2020,33(6):56-61.
- [26] 郭海红,刘新民.中国农业绿色全要素生产率时空演变[J].中国管理科学,2020,28(9):66-75.
- [27] Oh D. A global Malmquist-Luenberger productivity index [J]. *Journal of productivity analysis*, 2010, 34(3): 183-197.
- [28] 李光勤,洪梦.中国的OFDI与“一带一路”沿线国家绿色发展[J].重庆工商大学学报(社会科学版):1-24[2021-04-25]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1154.C.20201028.1227.002.html>.
- [29] 孙亚男,杨名彦.中国绿色全要素生产率的俱乐部收敛及地区差距来源研究[J].数量经济技术经济研究,2020,37(6):47-69.
- [30] 刘玲利.能源环境与创新约束下的中国区域经济绩效:1998~2009年[J].工业技术经济,2012,31(3):40-49.
- [31] 张军,吴桂英,张吉鹏.中国省际物质资本存量估算:1952—2000[J].经济研究,2004(10):35-44.
- [32] 单豪杰.中国资本存量K的再估算:1952—2006年[J].数量经济技术经济研究,2008,25(10):17-31.
- [33] 张凯,林小玲.财政分权、金融发展与全要素生产率提升[J].经济与管理评论,2019,35(1):13-23.
- [34] 张玲.新常态背景下中部六省全要素发展战略研究[J].管理现代化,2017,37(4):51-55.
- [35] 覃成林,张华,张技辉.中国区域发展不平衡的新趋势及成因:基于人口加权变异系数的测度及其空间和产业二重分解[J].中国工业经济,2011(10):37-45.
- [36] 刘华军,杜广杰.中国经济发展的地区差距与随机收敛检验:基于2000~2013年DMSP/OLS夜间灯光数据[J].数量经济技术经济研究,2017,34(10):43-59.
- [37] 方泽润,桂文林,韩兆洲.广东区域专利效率的时空特征研究:基于Network BCC Global Malmquist指数和Dagum基尼系数[J].数理统计与管理:1-18[2021-03-14]. <https://doi.org/10.13860/j.cnki.slj.20210305-018>.
- [38] Dagum C. A New Approach to the Decomposition of the Gini Income Inequality Ratio [M]. Heidelberg, Germany: Physica-Verlag HD, 1998:47-63.
- [39] 王喜,秦耀辰,鲁丰先,等.黄河中下游地区主要省份低碳经济发展水平的时空差异研究[J].地理科学进展,2013,32(4):505-513.
- [40] 林江彪,王亚娟,张小红,等.黄河流域城市资源环境效率时空特征及影响因素[J].自然资源学报,2021,36(1):208-222.
- [41] 谢婷婷,刘锦华.绿色信贷如何影响中国绿色经济增长?[J].中国人口·资源与环境,2019,29(9):83-90.
- [42] 杜宇,吴传清,邓明亮.政府竞争、市场分割与长江经济带绿色发展效率研究[J].中国软科学,2020(12):84-93.
- [43] 杨洁,谢保鹏,张德罡.黄河流域生境质量时空演变及其影响因素[J].中国沙漠,2021,41(4):12-22.
- [44] 李凤琦,龚娟.绿色技术进步缓解雾霾污染了吗?[J].湘潭大学学报(哲学社会科学版),2021,45(1):82-86.

Spatio-temporal evolution characteristics of green development level in the Yellow River Basin

Li Guangqin, Fang Xubing

(School of International Economic & Trade, Anhui University of Finance & Economics, Bengbu 233030, Anhui, China)

Abstract: The global Malmquist-Luenberger index was used to measure the green total factor productivity of the Yellow River Basin in China from 2001 to 2018, as a measure of the level of green development. Applying the nuclear density estimation, Theil coefficient, coefficient of variation, Dagum Gini coefficient and other research methods, the paper investigates the temporal and spatial evolution characteristics of the green development level in the Yellow River Basin. The research results show that the overall level of green development in the Yellow River Basin is not high, and it shows a slow wave-like rise. The driving force for growth comes from the progress of green technology; the differences within the basin are more obvious, downstream areas>upstream areas> the whole basin>midstream area in the average level of green development. The inter-provincial gap in the level of green development is gradually narrowing, and the distribution pattern is evolving from polarization to unipolarity. The overall development trend is "high-low-high". The characteristics of spatial differentiation are more obvious, showing that Shanxi and Henan as the core "dual-core" space imbalance feature. Based on the Theil coefficient, the gap in the level of green development within the Yellow River Basin is greater than the gap between the upstream, midstream, and downstream regions; based on the coefficient of variation, the overall level of green development level imbalance shows a downward trend; based on the Dagum Gini coefficient, the level of green development is spaced. The overall imbalance is in a downward trend, and the gap is mainly due to regional differences, and the overlap between river basins has a relatively small impact on the overall gap in green development.

Key words: Yellow River Basin; green total factor productivity; spatio-temporal evolution; global Malmquist-Luenberger index