

引用格式:巨虹,李同昇,翟洲燕,等.基于ETFP的黄河流域工业高质量发展水平时空分异研究[J].资源科学 2020, 42(6): 1099-1109. [Ju H, Li T S, Zhai Z Y, et al. Spatial-temporal differentiation of high-quality industrial development level in the Yellow River Basin based on ecological total factor productivity[J]. Resources Science, 2020, 42(6): 1099-1109.] DOI: 10.18402/resci.2020.06.08

基于ETFP的黄河流域工业高质量发展水平 时空分异研究

巨虹^{1,3},李同昇^{1,2},翟洲燕⁴

(1. 西北大学城市与环境学院,西安 710127; 2. 西北大学陕西省情研究院,西安 710127;
3. 山东建筑大学,济南 250101; 4. 河南师范大学旅游学院,新乡 453007)

摘要:工业高质量发展是黄河流域生态保护与高质量发展战略的重要组成部分。为研究近10年黄河流域工业高质量发展水平的时空分异,本文采用ETFP(生态全要素生产率)作为衡量标准,通过超效率DEA及Malmquist指数模型,测算并分析2006—2016年黄河流域主要地市及城市群的工业发展水平,研究发现:①黄河流域工业发展质量水平参差不齐,总体表现为东部>西部>中部,尤其是山东半岛城市群远高于其他区域;②各地市工业ETFP的近邻效应显著,呈现出聚集分布的特征;③研究期内黄河流域的工业ETFP以年均7.5%的速度递增,分区域来看西部的增长速度较快,后发优势充分体现,东部和中部增速则较缓慢。尤其是,中部地区始终处于较低的发展水平,急需调整产业发展策略,提高技术效率,才能整体推进黄河流域工业的高质量发展。

关键词:工业高质量发展;生态全要素生产率(ETFP);超效率DEA;Malmquist指数;黄河流域

DOI:10.18402/resci.2020.06.08

1 引言

黄河流域地处中国“两屏三带”生态屏障格局的核心区域,不仅承载着经济发展的功能,同时还肩负着生态文明建设的重任^[1]。黄河流域生态保护和高质量发展已经上升为重大国家战略,这为黄河流域乃至整个北方地区的可持续发展提供了前所未有的战略机遇^[2]。近年来,黄河流域逐渐形成各具特色的区域经济,沿黄地区经济社会发展业已取得较大成就,未来的发展势头依然强劲,但工业发展与生态环境保护间的矛盾也更加突出,高强度的工业化开发导致禁采区面积逐渐扩大、水资源严重短缺和空气质量持续恶化等一系列环境问题。因此,如何在加强黄河流域生态保护治理的同时,实现工业高质量发展已成为学界广泛关注的课题。

目前,关于高质量发展的内涵界定,学界尚无统一的观点,学者们分别从各自的研究领域出发,

进行有针对性的探索。金碚^[3]认为以各种有效和可持续方式满足人民不断增长的多方面需要,是高质量发展的本质性特征。钞小静等^[4]从经济增长的结构、稳定性、收入分配以及生态环境代价等4个维度研究中国经济增长质量。就工业的高质量发展而言,目前研究主要集中在产品质量、结构优化、产业协同和生产效率等4个方面^[5]。产品质量属于狭义的工业发展质量研究,主要从工业企业的微观层面,探讨工业产品的供给质量和品牌建设等;结构优化和产业协同主要通过构建多维度的评价指标体系,对中国整体或省际的工业综合发展质量进行评价^[6,7];生产效率则主要基于投入产出模型对研究对象的全要素生产率(Total Factor Productivity, TFP)进行测算和分析。一些学者还增加了环境因素,将全要素生产率扩展到生态全要素生产率(Ecological Total Factor Productivity, ETFP)层面。相较而

收稿日期:2020-02-20;修订日期:2020-05-31

基金项目:“人文地理与城乡规划”国家一流专业建设点项目(070503);西北大学陕西省情研究院2020年度重点课题。

作者简介:巨虹,女,陕西西安人,博士研究生,研究方向为经济地理学与区域发展。E-mail:12398@sdjzu.edu.cn

通讯作者:李同昇,男,陕西岐山人,教授,博士生导师,博士,研究方向为经济地理与区域发展。E-mail:leetang@nwu.edu.cn

言,生态全要素生产率更适合当前中国生态效益与经济效益兼顾的发展趋势,为研究工业高质量发展提供了重要的视角^[8]。

生态全要素生产率始于1990年美国学者Schaltegger等提出的生态效率概念,之后这一概念的应用范围逐步扩大到政府、工业企业与其他组织以及自然或行政区域^[9]。当研究对象为具体的企业或行业的ETFP时,学者们多选择估计生产函数的方法,如果是针对宏观面板数据的估计,则多采用数据包络分析法(Data Envelopment Analysis, DEA),以解决生产函数不确定的问题。李成宇等^[10]基于生产率的DEA模型,对中国30个省(市、区)的工业生产水平进行了测算,发现省区之间差异较大,呈现东部>中部>西部的分布格局,且邻近效应显著。胡立和等^[11]同样采用DEA及其扩展的Malmquist指数模型测算了长江经济带11个省市的工业生态全要素生产率,也得出了类似结论。关伟等^[12]利用超效率SBM模型测度1997—2017年黄河流域9省区的能源综合效率值并分析其时空演变特征,发现西部省份能源综合效率比较低,中部省份上下波动,东部的山东省优势显著。由此可见,学者们的研究尺度大都局限于省级层面,忽视了各地市之间工业ETFP的差异。为了更加深入地了解黄河流域工业发展质量水平的空间分异规律,本文将研究尺度拓展到地市级,采用生态全要素生产率作为区域工业高质量发展的衡量标准,基于超效率DEA及Malmquist指数模型,测算并分析2006—2016年黄河流域各地市的工业生态全要素生产率的时空分异特征及形成原因,以期为黄河流域因地制宜地推进工业高质量发展战略提供科学依据。

2 研究区域、数据说明与研究方法

2.1 研究区域

依据《黄河流域综合规划(2012—2030)》^[13],综合考虑自然环境基础、社会经济条件以及行政区划等因素,黄河流域的范围通常包括青海、四川、甘肃、宁夏、内蒙古、山西、陕西、河南和山东9省(区)内的73个地市。因位于黄河上游的青海省和四川省部分地市(州)的工业基础普遍薄弱,且缺乏历年工业生产统计数据,考虑到数据连续性与可获性,最终将本文的研究范围确定为61个地市。这些地身分属7个城市群^[14],即西部的兰西城市群、银川平

原城市群、呼包鄂榆城市群和关中平原城市群;中部的太原城市群和中原城市群以及东部的山东半岛城市群(依据国家发改委公布的城市群发展规划及相关文献进行整理,详见图1)。

2.2 数据说明

研究期间为2006—2016年,相关统计数据来源于《中国城市统计年鉴》(2006—2017)及各省统计年鉴。研究中使用到的各项年度数据包括:①1个期望产出项,即各地市规模以上工业企业的总产值(根据以2001年为基期的工业产品价格指数进行折算)。②2个基本的投入项,即工业企业的劳动力和资本存量。其中,劳动力使用“工业企业年平均从业人员数”来衡量;资本存量采用城市统计年鉴中直接给出的“工业企业固定资产合计”指标(根据以2001年为基期的固定资产价格指数进行折算)。③1个能源投入项,采用“工业用电量”来衡量。④2个环境投入项,分别采用工业生产中的“二氧化硫排放量”“废水排放总量”“烟(粉)尘排放量”作为衡量指标,上述3个指标是会给环境带来负面影响的非期望产出,故通常将其作为投入项纳入到模型中,以便核算和理解。

2.3 研究方法

研究主要采用超效率DEA模型测算黄河流域各地市的工业生态全要素生产率水平,通过空间自相关分析探索其空间分异特征。由于超效率DEA模型无法准确衡量工业ETFP的时序变化情况,还需借助DEA-Malmquist指数做进一步的分析。

需要说明的是:当以地市为研究单元时,由于各地市的产业结构在很大程度上是城市群内部劳动分工的结果,其产业的偏向性更强。黄河流域工业主要以矿产资源开发为主导产业,煤炭、石油、天然气等能源产品都带有一定的垄断性质。能源类产品的价格受政策调控的影响较大,通过一般价格指数的折算不能有效避免价格因素对期望产出的影响。因此,在结果分析时,会更加关注能源型城市和非能源型城市工业ETFP水平的差异。

2.3.1 空间自相关分析

空间自相关分析主要用于揭示黄河流域各地市ETFP的空间分异特征。空间分布模式分为随机、离散和聚集3种,通常利用全局空间自相关(Global Moran's I)的统计值,也就是莫兰指数进行

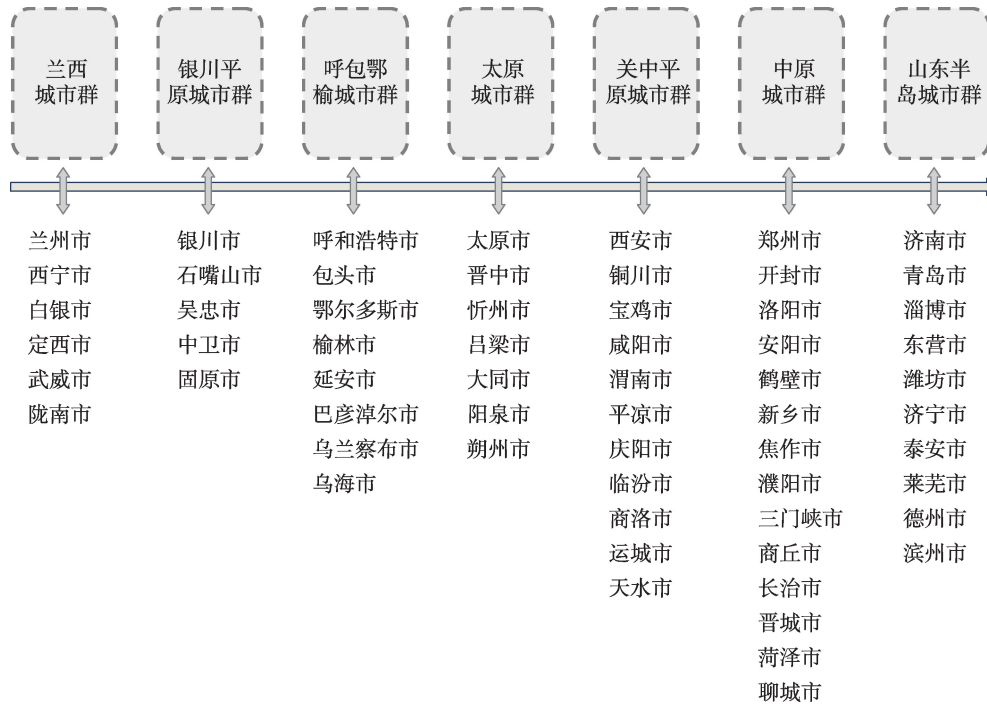


图1 黄河流域研究范围示意图

Figure 1 Research scope of the Yellow River Basin

判断。莫兰指数(Moran's I)采用ArcGIS进行测算,其计算结果在 $[-1,1]$ 之间, Moran's $I > 0$ 表示空间正相关性,其值越大,空间相关性越明显,即工业ETFP在空间上呈现出明显的聚集分布现象; Moran's $I < 0$ 表示空间负相关性,其值越小,空间差异性越大,表明呈现空间离散分布的特征; Moran's $I = 0$,空间分布则呈随机性。

2.3.2 超效率DEA模型

计算全要素生产率的依据来自于经济增长经典理论模型 $Y=f(K, AL)$ —— Y 表示经济产出, K 表示资本, AL 表示有效劳动——该模型表明经济增长的主要驱动力是资本和劳动等投入项,生产率越高说明企业生产过程中对各种投入要素的利用越充分,反之则说明生产还有改进的空间;这里的全要素生产率是相对于单一要素生产率而言的,是指超过一种投入要素的生产率。除劳动力和资本之外,能源、环境等也是重要的投入要素。借助一定的计量方法,可将这些投入和产出要素的数据转化为决策单元的全要素生产率水平。一般当生产函数不确定时,多采用数据包络分析法来计算生产率。

数据包络分析法,即DEA(Data Envelopment Analysis)及其模型是1978年由美国著名运筹学家

A.Charnes等^[15]所提出,运用生产可能性边界的原理,通过计算每个经济实体的实际产出值与目标产出值之间的比率,来衡量生产率的高低。其解决了生产函数不确定的问题,更适用于分析宏观数据。

$$\text{生产率} = \text{实际经济产出值} / \text{目标产出值} \quad (1)$$

生产率小于1,即代表该区域处于非有效生产区间,还有可以改进的空间。本文借鉴相关文献^[16]在衡量全要素生产率时所采用的研究方法,选择产出导向的规模报酬可变超效率SBM模型,该模型可表示为:

$$\begin{aligned} \min \rho &= \frac{1}{1 - \frac{1}{s} \sum_{r=1}^s s_r^+ / y_{rk}} \\ \text{s.t.} &\left\{ \begin{aligned} \sum_{j=1, j \neq k}^n x_{ij} \lambda_j &\leq x_{ik} \\ \sum_{j=1, j \neq k}^n y_{rj} \lambda_j + s_r^+ &= y_{rk} \\ \sum_{j=1, j \neq k}^n \lambda_j &= 1 \end{aligned} \right. \\ &\lambda, s^-, s^+ \geq 0 \end{aligned} \quad (2)$$

$$i = 1, 2, \dots, m; r = 1, 2, \dots, q; j = 1, 2, \dots, n (j \neq k)$$

式中: ρ 是模型测算出的全要素生产率值, $\rho > 1$ 时,说明决策单元达到最优效率, $\rho < 1$ 时,则说明决策

单元效率还有改进的空间; x 表示投入,共有 m 种; y 表示产出,共有 q 种; k 是指当前测量的决策单元(Decision Making Unit,简称DMU)共有 n 个; j 指的是第 j 个决策单元; s^+ 和 s^- 分别表示投入和产出的松弛变量; λ 是矩阵的特征值。

2.3.3 DEA-Malmquist 指数模型

由于DEA超效率模型适合在决策单元之间进行横向比较,若要观察研究期内全要素生产率的时序变化情况,还需借助Malmquist指数模型。Malmquist指数最早是由瑞典经济学家Malmquist在分析不同时期消费变化时提出的统计分析方法,Fare等将其应用扩展到考察全要素生产率的变化率^[7],并对该指数进行了分解。其指数分解关系如下所示:

$$TFPC = EC(CRS) \times TC(CRS) = PTEC(VRS) \times SEC(CRS, VRS) \times TC(CRS) \quad (3)$$

式中: $TFPC$ 是全要素生产率变化指数,代表不同决策单元各自全要素生产率的变动指数; EC 表示技术效率变化指数,体现每一期对前一期的追赶效率; TC 表示技术进步指数,反映每递进一个时期决策单元的生产前沿面移动情况; $PTEC$ 表示纯技术效率指数; SEC 表示规模效率指数; CRS 表示规模报酬不变; VRS 表示规模报酬可变。 $TFPC$ 是由 EC 与 TC 两项相乘得来的, EC 可以进一步分解成 $PTEC$ 和 SEC 的乘积。如果 $TFPC > 1$,表明全要素生产率在增长; $TC > 1$ 和 $EC > 1$,说明企业的生产技术有所改善; $TC = 1$ 和 $EC = 1$,即企业的生产技术无变化; $TC < 1$ 和 $EC < 1$,则企业的生产技术不进反退。各指数的计算方法详见相关文献^[18]。

3 结果与分析

3.1 2006—2016年黄河流域工业发展情况

黄河流经的地区矿产资源丰富,尤其是煤炭、石油和天然气,形成了胜利油田、延长油田、长庆油田和中原油田四大石油产区,神府-东胜煤田、大同煤田和沁水煤田三大煤田及在此基础上建立的三大能源化工生产基地,即陕北、鄂尔多斯和宁东能源化工基地。黄河流域还拥有一批建国初期重点建设的老工业基地,如兰州、包头、西安、郑州、青岛等,这些地市行业门类齐全,具备制造业高质量发展的基础条件。鉴于能源资源型产品在黄河流域工业发展中的重要地位,可将各地市分为两大类:

(1)一类是以石油、天然气和煤炭等能源资源型产品为依托的城市(简称能源型城市),如榆林、延安、东营和鄂尔多斯等。这些城市由于产品特殊、工业结构比较单一,容易受到国内外经济形势、宏观调控等外部因素的影响,工业企业发展水平波动较大。

(2)另一类是非能源型城市,其中各城市群的核心城市,如郑州、西安、济南、青岛等,工业结构相对复杂化,受外部因素的影响较小,工业发展通常比较稳定。其他非能源依托型的城市工业发展水平则差异较大,其中有的地市能够充分利用后发优势追赶并超越传统的工业城市,有的地市则陷入恶性循环,工业发展水平一直比较低。

2006—2016年,黄河流域的工业企业增长迅速,无论是数量还是产值规模的增长速度都超过了全国平均水平。各主要地市规模以上工业企业的工业总产值从4.7万亿元增长到18.1万亿元,工业总产值占全国工业总产值的比例由16.3%上升到19.2%(以2001年为基期进行折算)。如图2所示,10年间每万元工业产值的用电量大幅下降。同时,单位产值的工业废水排放量、二氧化硫排放量和烟尘排放量除个别年份外,均呈逐年下降趋势。从工业企业的空间分布来看,处在黄河下游的山东半岛城市群和中原城市群的工业规模最大,其工业产值占到黄河流域工业总产值的70%,其中山东半岛城市群占比达40%以上。工业企业数量最多的城市也都聚集在山东半岛城市群,工业企业分布最少的区域主要位于黄河上游的兰西城市群。也就是说,工业企业的分布呈现自东至西逐级递减的趋势,且这一趋势正在逐年增强。同时各城市群的非

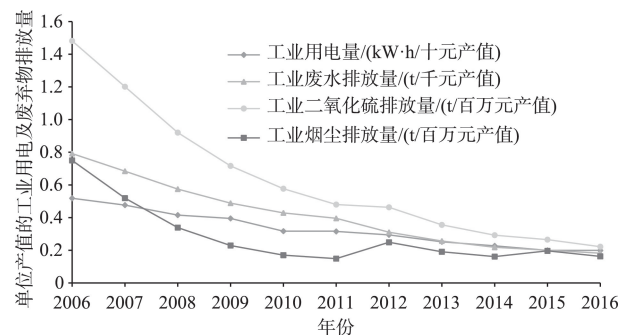


图2 2006—2016年黄河流域工业相关数据

Figure 2 Industrial data of the Yellow River Basin, 2006-2016

2020年6月

中心城市的企业增长速度普遍超过中心城市,呈现出工业企业在城市群内部扩散的趋势。

3.2 黄河流域工业生态全要素生产率的时空分异

工业生态全要素生产率(ETFP)的时空分异特征涉及时间和空间两个维度,从空间维度上,通过超效率DEA模型测算出决策单元(即各城市群和地市)的ETFP水平,并对其进行横向比较;从时间维度上,运用DEA-M指数模型测算ETFP的变化率。

3.2.1 工业生态全要素生产率的空间分异

选取研究期初和期末,即2006年和2016年作为典型年份,在MATLAB2017中利用超效率DEA模型分别对黄河流域7个主要城市群及61个地市的工业数据进行统计分析,测算各决策单元的工业ETFP水平。

结果显示黄河流域工业ETFP的空间分布特征总体表现为:东部>西部>中部,尤其是山东半岛城市群的生产率远高于其他区域。10年间前沿有效区的数量出现大幅增长,各地市工业ETFP空间分布的近邻效应越来越显著。工业ETFP大于1的地市主要分布在山东半岛、关中平原和兰西城市群,太原城市群和中原城市群则几乎没有进入有效生产区的地市。

(1)2006年工业ETFP的空间分异

①城市群单元。各城市群群的工业ETFP差异很大,位于东部的山东半岛最高(3.820),中部的中原城市群最低(0.881),前者是后者的4倍左右,这两个城市群虽然人口数量相当,工业门类也都比较齐全,但山东半岛城市群东部临海,石油等矿产资源丰富,具有得天独厚的发展优势,工业发展质量水平明显高于相邻的中原城市群。太原城市群(0.971)属于典型的能源资源依托型城市群,以煤炭产品生产为主,在中国节能减排的大趋势下煤炭市场持续低迷,导致其生产率水平较低。同样以能源资源为依托的呼包鄂榆城市群(1.412),石油和天然气类产品占比较大,受强劲的市场需求影响,工业生产率水平在黄河流域中仅次于山东半岛。

西部的3个城市群的工业ETFP都大于1,为有效生产区。其中关中平原城市群(1.351)在制造业方面具有明显优势,工业基础好,生产率水平在各城市群中处于较高水平。与之相邻的兰西城市群(1.011)和银川平原城市群(1.012)产值规模都比较

小,主要以资源型产品为主,工业的生产率水平相对较高。

②地市单元。结果表明大部分地市对经济投入要素的利用存在较大的提升空间。ETFP小于1的地市有50个,即将近80%的地区处在非有效区,大于1的前沿有效区仅有11个,且分散于各城市群,没有明显的聚集性(图3a)。其中,工业ETFP最低的地市多分布在黄河上游和中游地区,如大同和中卫等地的工业ETFP只有0.3左右;ETFP最高的是延安,达到2.592;青岛次之(1.810)。这两个城市代表了两种工业结构类型:延安属于典型的能源资源依托型城市,以石油、天然气开采业以及与之相关的能源化工产业为主,与之相似的还有东营等,其工业ETFP普遍较高;青岛则是以制造业为主、产业门类较为齐全的老工业基地,又是区域中心城市。在各城市群的中心城市中,与青岛同属山东半岛城市群的济南市ETFP为1.152,郑州的ETFP为0.751,西安、兰州、银川和包头都是0.5左右,太原只有0.331,说明中西部城市群的核心城市工业ETFP普遍不高。此外,其他一般城市中,商洛的ETFP(1.39)最高,定西和陇南市也都大于1。这几个城市均位于西部地区,支柱产业各具特色,虽然工业产值规模不大,但专业化程度高,生产技术水平在行业中位居领先水平。

(2)2016年工业ETFP的空间分异

①城市群单元。与2006年相比,各城市群的工业ETFP的位序发生了变化。山东半岛城市群的ETFP保持领先(1.880),中原城市群上升1位(0.911),两者之间的差距从3倍减少到1倍。中原城市群的工业产值规模增长最快,在黄河流域工业总产值中的占比从23%增长到32%,但其生产率并没有与产值规模同步增长,说明工业部门在对资源的有效配置上还存在较大的改进空间。与之相邻的太原城市群的工业发展持续低迷,不但工业ETFP下降到末位(0.610),工业产值规模的增长速度也是流域中最低的。受能源市场波动的影响,呼包鄂榆城市群下降3位(0.989)跌入了非有效区。西部3个城市群的工业发展水平相近,都是1.001。

②地市单元。相比2006年,10年后进入前沿有效区的城市数量大大增加,总数达到20个,占城市总数的近1/3,且呈现出一定的空间聚集性(图

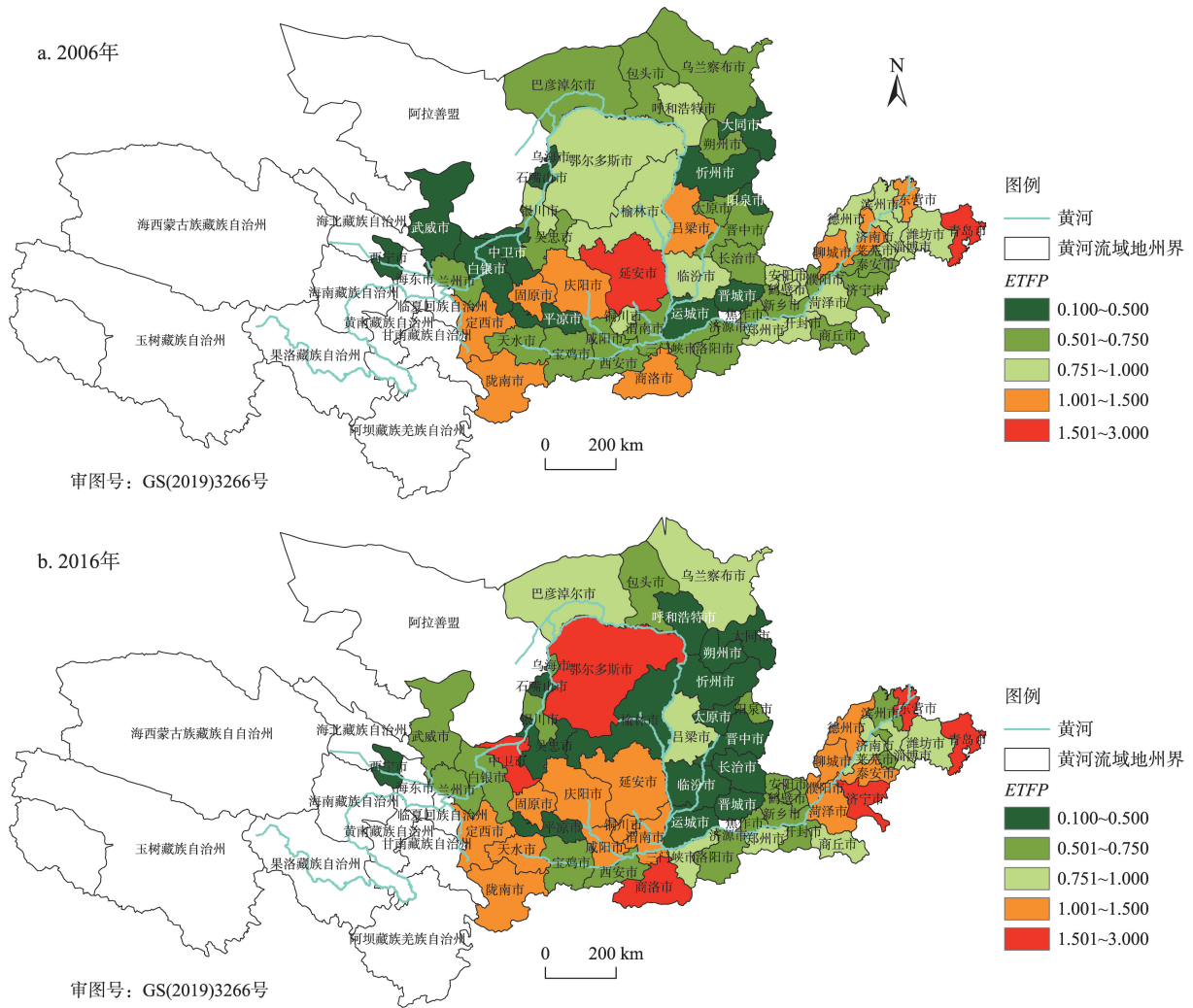


图3 2006年和2016年黄河流域各主要地市ETFP分布示意图

Figure 3 Ecological total factor productivity (ETFP) distribution in 2006 and 2016

3b)。其中,关中平原城市群增长最快(新增4个),山东半岛城市群和中原城市群次之(各增长2个),其他3个城市群各增加1个。新增城市中能源依托型城市有4个,非能源型城市有7个,反映了非能源型城市的工业生产率水平有了较大的提高,能源依托型城市的优势则有所下降。

ETFP最高的前5个城市依次是中卫(2.720)、商洛(2.482)、济宁(1.951)、鄂尔多斯(1.771)和东营(1.720)。其中,中卫和商洛属于非能源型一般城市,充分利用后发优势,发展专业化程度高的产业,生产率迅速跃升至前两位,成为近10年来实现工业高质量发展的典型地区。能源型城市中以石油天然气产品为依托的城市表现最为突出,如鄂尔多斯和东营等;其他诸如大同、榆林等以煤炭产品为依

托的城市ETFP则相对较低。

ETFP较低的地市主要集中分布在太原城市群。太原城市群是以煤炭产品为主的典型能源型城市群,2016年采矿业总产值仅次于内蒙,位居全国第2位,但制造业产值低,是中国高物耗、高能耗、高污染的粗放型经济模式的典型代表。从2013年开始,由于全国工业用电量持续下降、节能减排压力以及市场对煤炭的有效需求日益萎缩,煤炭价格持续下跌,导致其生产率较低。但即使是在煤炭价格高位运行的年份,太原城市群的各地市生产率依然比较低(ETFP在0.3~0.8之间),可见其工业发展质量需要持续提高。

(3)工业ETFP的空间自相关检验

2006—2016年,黄河流域各地市工业生态全要

2020年6月

素生产率的空间相关性逐渐增强,空间分布由随机分布转向聚集分布。为进一步分析黄河流域各地市工业生态全要素生产率的空间分布的相关性,分别选择期初、期中和期末年份(2006年、2011年和2016年)的超效率DEA值进行空间自相关检验,结果如表1所示:莫兰指数在2006年和2011年都很小, p 值大于0.1,说明统计上空间相关性并不显著,地市之间的差异与空间分布之间的关系很弱,属于随机分布型;到了2016年,莫兰指数达到0.177, p 值也趋近于0,说明各地市工业ETFP的空间分布呈显著的正相关。根据空间自相关检验中莫兰指数的含义,其值越大,则近邻效应越强,说明各地市工业生态全要素生产率与空间分布的相关性增强,聚集分布特征逐渐显现。原因可能来自城市区内部各地市的分工协作与技术扩散等。

3.2.2 工业生态全要素生产率的时序分异特征

超效率DEA模型可用于横向比较决策单元之间ETFP的相对高低,但无法判断随着时间的推移,ETFP的增长速度如何。因此,还需要借助

表1 2006、2011和2016年各地市ETFP的空间自相关检验结果

Table 1 Spatial autocorrelation test results of ecological total factor productivity (ETFP) in 2006, 2011, and 2016

	2006	2011	2016
莫兰指数	0.057	0.006	0.177
z -得分	1.465	0.560	2.815
p -值	0.143	0.575	0.004

Malmquist指数法,即利用DEA-M指数模型,研究和各地市工业ETFP从2006—2016年的年度变化率,结果表明:黄河流域工业ETFP的时序分异特征总体表现为工业发展质量总体呈现波动式上升趋势。2006—2016年黄河流域的工业ETFP年平均增长率为7.5%,其中关中平原城市群的增长速度最快,中原城市群最慢;各地市的工业ETFP年均增长率差异显著,个别地区出现负增长。

(1)黄河流域整体工业ETFP的时序分异

2006—2016年,黄河流域工业ETFP(ETFP变动指数)呈现波动式变化,技术水平在不断进步,同时物质投入的资源配置水平有所下降(表2)。工业生态全要素生产率指数(ETFP)的均值为1.075,也就是说ETFP年均增长率为7.5%。2006年—2009年工业ETFP的增长速度逐年提高,2009年后,ETFP开始出现波动,2014—2015年出现负增长,工业经济增长面临巨大的下行压力,工业企业的盈利能力受到国内外市场需求不足、互联网经济下区域垄断格局被打破等诸多因素的影响,造成工业ETFP的下降。2016年,随着全国经济形势有所好转,生产率也开始回升。从分解项来看,技术进步指数(TC)的均值为1.085, $TC>1$,表示总体上决策单元的技术随着时间推移在不断进步,即前沿生产面在向外推进。技术效率变化指数EC的值为0.991, $EC<1$,说明这10来年技术利用能力有所退化。EC还可以进一步分解成PTEC和SEC。其中PTEC为0.999,表示扣除规模效应后对前沿生产面的追赶效

表2 黄河流域分年度工业生态全要素生产率DEA-M指数

Table 2 Data envelopment analysis DEA-M index of industrial ecological total factor productivity (ETFP) in the Yellow River Basin

年度	EC	TC	PTEC	SEC	ETFP	TFPC
2006—2007	1.063	1.046	1.017	1.045	1.113	1.088
2007—2008	1.021	1.127	1.033	0.989	1.151	1.157
2008—2009	1.006	1.146	1.001	1.005	1.153	1.112
2009—2010	0.991	1.011	0.996	0.995	1.002	0.965
2010—2011	1.004	1.145	0.977	1.027	1.150	1.113
2011—2012	0.944	1.092	1.006	0.938	1.031	1.103
2012—2013	1.012	1.125	1.018	0.994	1.139	1.051
2013—2014	0.951	1.085	0.969	0.981	1.031	0.960
2014—2015	0.952	1.017	0.960	0.992	0.968	0.990
2015—2016	0.967	1.069	1.013	0.955	1.034	0.978
均值	0.991	1.085	0.999	0.992	1.075	1.049

注:TFPC的值表示只包含资本和劳动力两种投入要素时一般TFP的DEA-M指数,ETFP表示工业生态全要素生产率(ETFP)的DEA-M指数。

率不足, SEC 是 0.992, 该值小于 1, 说明生产活动的规模效率水平有所退步。总之, 黄河流域工业 $ETFP$ 的增长主要来自技术进步的贡献。

将投入品减少为劳动力和资本两项, 重新对工业 $TFPC$ 进行测算(表 2), 即不含能源和非期望产出项的全要素生产率变动指数, 结果发现 $TFPC$ 的均值为 1.049, 说明 $ETFP$ 的进步速度大于 TFP , 2014—2016 年 TFP 的指数连续 3 年小于 1, 而 $ETFP$ 指数只有一年小于 1。可见, 与普通 TFP 相比较而言, 生态全要素生产率增长更快, 为工业高质量发展的目标提供了强有力的支撑。

(2) 黄河流域各城市群工业 $ETFP$ 的时序分异

各城市群的 $ETFPC$ 都大于 1(表 3), 说明工业 $ETFP$ 在逐年提高, 从两个分解项的结果来看, 这种进步主要来自技术进步的贡献。技术效率变化指数(EC 项)普遍不高, 只有银川平原、关中平原和中原城市群大于 1, 说明这 3 个区域对前沿生产面的追赶效率是比较好的; 技术进步指数 TC 普遍大于 1, 其中兰西城市群最高, 表明其生产前沿面向前推进的速度较快。

从空间分布来看, 西部各地的生产率增长速度要快于东部地区, 尤其是关中平原、银川平原和兰西城市群这 3 个区域, 增长率都超过了 10%, 三者彼此相邻, 基于技术扩散的理论, 在一定程度上起到了互相促进作用。同样地理位置邻近的呼包鄂榆与太原城市群、山东半岛与中原城市群, 也表现出相同的增长率。可见产业类型相近又彼此相邻的区域, 往往生产率的变化率也比较接近, 显现出一定的近邻效应。

(3) 黄河流域各地市工业 $ETFP$ 的时序分异

以各地市为单元测算 2006—2016 年黄河流域

各地市工业生态全要素生产率 $DEA-M$ 指数, 如表 4 所示(以城市群分组, 各组内部按照 $ETFPC$ 从大到小排列):

研究期内, 城市群内部各地市的工业 $ETFP$ 增长率差异很大, 在空间分布上没有表现出明显的聚集性。各城市群中 $ETFP$ 进步最快的地市年均增长幅度在 13%~21% 之间。其中, 能源资源依托型城市东营的增长率最高(20.3%), 与之相似的还有阳泉、乌海和三门峡; 商洛、中卫和定西地处西部, 工业基础相对薄弱, 产值规模也较小, 但由于近年来受到环境规制的影响, 积极探索生产技术的创新, 发展特色产业, 不断提高专业化程度, 其工业生态全要素生产率增长很快。

工业 $ETFP$ 出现退步的有 6 个城市, 主要分散在呼包鄂榆、兰西和太原城市群, 大都以能源资源为依托。受到宏观经济形势等诸多方面的影响, 煤炭价格自 2011 年后持续下跌, 降到 2008 年最高点时的 37%, 2015 年后才回升并趋向稳定, 导致以煤炭开采为主导产业的地市 $ETFP$ 均出现不同程度的下降。各城市群中心城市的 $ETFP$ 增长率则比较接近, 介于 1.060~1.120 之间, 与整个区域的平均水平相近, 总体增长比较稳定。

4 结论与政策建议

4.1 结论

本文采用生态全要素生产率作为区域工业高质量发展的衡量标准, 基于超效率 DEA 及 $Malmquist$ 指数模型, 测算并分析了 2006—2016 年黄河流域主要地市及城市群工业 $ETFP$ 的空间和时序分布特征, 得出以下结论:

(1) 2006—2016 年, 黄河流域的工业产值增长迅速, 同时单位产值的用电量、工业废水排放量、二

表 3 2006—2016 年各城市群工业生态全要素生产率 $DEA-M$ 指数

Table 3 Data envelopment analysis (DEA)-M index of industrial ecological total factor productivity (ETFP) of urban agglomerations, 2006-2016

城市群	EC	TC	$PTEC$	SEC	$ETFPC$
兰西城市群	0.997	1.132	1.000	0.997	1.129
银川平原城市群	1.006	1.095	1.000	1.006	1.102
呼包鄂榆城市群	0.982	1.108	0.999	0.983	1.088
太原城市群	0.969	1.123	0.972	0.997	1.088
关中平原城市群	1.032	1.099	1.000	1.032	1.134
中原城市群	1.005	1.057	1.003	1.002	1.062
山东半岛城市群	1.000	1.069	1.000	1.000	1.069

表4 2006—2016年黄河流域分地市工业生态全要素生产率DEA-M指数

Table 4 Data envelopment analysis (DEA)-M index of industrial ecological total factor productivity (ETFP) of cities in the Yellow River Basin, 2006-2016

单元名称	ETFP	单元名称	ETFP	单元名称	ETFP	单元名称	ETFP
兰西城市群		鄂尔多斯市	1.083	咸阳市	1.142	安阳市	1.056
定西市	1.175	包头市	1.077	宝鸡市	1.112	焦作市	1.051
白银市	1.130	呼和浩特市	1.039	运城市	1.084	晋城市	1.022
武威市	1.089	延安市	0.997	西安市	1.072	开封市	1.014
西宁市	1.078	榆林市	0.968	平凉市	1.044	长治市	1.012
兰州市	1.065	太原城市群		天水市	1.041	鹤壁市	0.984
陇南市	0.960	阳泉市	1.133	庆阳市	1.000	山东半岛城市群	
银川平原城市群		忻州市	1.063	临汾市	0.998	东营市	1.203
中卫市	1.198	太原市	1.054	中原城市群		济宁市	1.152
石嘴山市	1.102	吕梁市	1.037	三门峡市	1.132	泰安市	1.144
吴忠市	1.056	大同市	1.015	菏泽市	1.119	德州市	1.132
银川市	1.034	朔州市	1.003	聊城市	1.112	青岛市	1.116
固原市	1.013	晋中市	0.991	濮阳市	1.098	潍坊市	1.088
呼包鄂榆城市群		关中平原城市群		商丘市	1.083	滨州市	1.069
乌海市	1.172	商洛市	1.189	洛阳市	1.082	淄博市	1.057
巴彦淖尔市	1.095	渭南市	1.163	新乡市	1.082	莱芜市	1.052
乌兰察布市	1.085	铜川市	1.162	郑州市	1.058	济南市	1.039

二氧化硫排放量和烟尘排放量除个别年份外,均呈逐年下降趋势。与不含能源和非期望产出的全要素生产率相比,生态全要素生产率增长更快,为工业高质量发展的目标提供了强有力的支撑。

(2)黄河流域工业发展质量水平参差不齐,总体表现为东部>西部>中部,尤其是山东半岛城市群的生产率远高于其他区域。各地市工业ETFP的差异较大,多数处于非有效区,通过空间自相关检验可见其近邻效应愈加显著,呈现聚集分布的特征。

(3)研究期内黄河流域的工业ETFP以年均7.5%的速度递增,分区域来看东部增长较缓慢,西部的增长速度最快,后发优势充分体现。尤其是关中平原城市群无论是新增有效生产区的数量还是整体增速都名列前茅。与之相邻的太原和中原城市群则增长缓慢,工业发展质量始终处于较低水平。

4.2 政策建议

黄河流域在中国经济社会发展和生态安全中的地位举足轻重,只有实现工业的高质量发展,才能有效解决经济发展与生态保护的矛盾,保障流域经济社会的可持续发展。由于黄河流域自然条件与社会经济环境的地区差异较大,其工业的高质量

发展也不可能采取统一的发展模式。因此,基于黄河流域各区域工业生态全要素生产率的时空分异特征,结合国家关于黄河流域经济高质量发展与生态保护协调的战略要求,提出以下对策建议:

(1)山东半岛城市群。山东半岛城市群工业产值规模在黄河流域中占比最大,接近1/2,生产率水平也是最高的,近年来生产率的增长速度有所放缓。山东半岛的资源环境承载能力较强,具有庞大的人口基数以及良好的经济发展基础,依托丰富的石油等矿产资源和优越的对外贸易条件,保持工业高质量发展的难度不大。作为支撑黄河流域工业高质量发展的核心载体,需要加快生产率的进步,鼓励技术创新和对新技术的应用,进一步协调好城市群内部各地市的职能分工和合作,相互促进,保持工业高质量发展的优势地位。

(2)中原城市群。中原城市群的工业产值规模仅次于山东半岛城市群,但是其工业生态全要素生产率始终小于1,大多数地市都处在非有效生产区,急需改进生产技术和效率。中原城市群的产业门类齐全,人口规模大,需求旺盛,需要在规模快速增长的同时,有效提高生产率水平,促进工业高质量发展。

(3)关中平原城市群。关中平原城市群是黄河流域工业发展水平提升最快的区域,也是西北地区最大的物流集散地,拥有最密集的科研院所和高新技术人才,未来应充分利用这些优势,提高各支柱产业的专业化程度和规模,保持目前的快速增长势头,将工业发展质量提高到一个新的层级,并通过技术扩散带动周边更多地区进入有效生产区。

(4)呼包鄂榆城市群和太原城市群。这两个城市群都属于生态环境保护协调发展区,区域内不宜再进行高强度的工业开发,而要对区域工业布局和结构进行优化。加快供给侧改革和消化过剩产能,科学谋划未来工业的发展方向,推动现代化工业体系的形成。要在保障全国能源供应的基础上,鼓励技术创新,减少废弃物排放,提高工业企业的投入产出效率。长期来看,该区域还面临产业转型和发展路径突破的问题,需要发展新技术和新产品。

(5)兰西城市群和银川平原城市群。这两个城市群虽然工业产值规模较小,但依托各自的支柱产业,一直处在有效生产区。其所处区域生态脆弱,资源环境承载能力较弱,但自然资源丰富,工业发展具有较强的地域特色,专业化程度高,工业生产率也比较高。因此应该在注重生态环境保护的同时,进行有限度、高质量的工业开发。在未来的发展中应进一步鼓励企业创新机制,继续开发符合自身要素禀赋的高质量产品,走生产效率高、环境影响小的工业高质量发展之路。

参考文献(References):

- [1] 任保平. 黄河流域高质量发展的特殊性及其模式选择[J]. 人文杂志, 2020, (1): 1-4. [Ren B P. The particularity and mode selection of high quality development in the Yellow River Basin[J]. The Journal of Humanities, 2020, (1): 1-4.]
- [2] 金凤君, 马丽, 许堞. 黄河流域产业发展对生态环境的胁迫诊断与优化路径识别[J]. 资源科学, 2020, 42(1): 127-136. [Jin F J, Ma L, Xu D. Environmental stress and optimized path of industrial development in the Yellow River Basin[J]. Resources Science, 2020, 42(1): 127-136.]
- [3] 金碚. 关于“高质量发展”的经济学研究[J]. 中国工业经济, 2018, (4): 5-18. [Jin B. Study on the “high-quality development” economics[J]. China Industrial Economics, 2018, (4): 5-18.]
- [4] 钞小静, 任保平. 中国经济增长质量的时序变化与地区差异分析[J]. 经济研究, 2011, (4): 26-40. [Chao X J, Ren B P. The fluctuation and regional difference of quality of economic growth in China[J]. Economic Research Journal, 2011, (4): 26-40.]
- [5] 史丹, 李鹏. 中国工业70年发展质量演进及其现状评价[J]. 中国工业经济, 2019, (9): 5-23. [Shi D, Li P. Quality evolution and assessment of China's industry over the past Seven decades[J]. China Industrial Economics, 2019, (9): 5-23.]
- [6] 唐晓华, 张欣珏, 李阳. 中国制造业与生产性服务业动态协调发展实证研究[J]. 经济研究, 2018, 53(3): 79-93. [Tang X H, Zhang X Y, Li Y. Dynamic coordination development in China's manufacturing and manufacturing-related service industries[J]. Economic Research Journal, 2018, 53(3): 79-93.]
- [7] 张杰, 郑文平, 翟福昕. 中国出口产品质量得到提升了么?[J]. 经济研究, 2014, (10): 46-59. [Zhang J, Zheng W P, Zhai F X. Has the quality of China's export products been improved?[J]. Economic Research Journal, 2014, (10): 46-59.]
- [8] 陈诗一. 中国的绿色工业革命: 基于环境全要素生产率视角的解释(1980-2008)[J]. 经济研究, 2010, (11): 21-34. [Chen S Y. Green industrial revolution in China: A perspective from the change of environmental total factor productivity[J]. Economic Research Journal, 2010, (11): 21-34.]
- [9] 王恩旭, 武春友. 基于超效率DEA模型的中国省际生态效率时空差异研究[J]. 管理学报, 2011, 8(3): 443-450. [Wang E X, Wu C Y. Spatial-temporal differences of provincial eco-efficiency in China based on super efficiency DEA model[J]. Chinese Journal of Management, 2011, 8(3): 443-450.]
- [10] 李成宇, 张士强, 张伟. 中国省际工业生态效率空间分布及影响因素研究[J]. 地理科学, 2018, 38(12): 1970-1978. [Li C Y, Zhang S Q, Zhang W. Spatial distribution characteristics and influencing factors of China's inter provincial industrial eco-efficiency[J]. Scientia Geographica Sinica, 2018, 38(12): 1970-1978.]
- [11] 胡立和, 商勇, 王欢芳. 工业绿色全要素生产率变化的实证分析: 基于长江经济带11个省市的面板数据[J]. 湖南社会科学, 2019, (4): 108-114. [Hu L H, Shang Y, Wang H F. An empirical analysis on the change of industrial green total factor productivity: Based on the panel date of 11 provinces and cities in the Yangtze River Economic Belt[J]. Social Sciences in Hunan, 2019, (4): 108-114.]
- [12] 关伟, 许淑婷, 郭岫壺. 黄河流域能源综合效率的时空演变与驱动因素[J]. 资源科学, 2020, 42(1): 150-158. [Guan W, Xu S T, Guo X Y. Spatiotemporal change and driving factors of comprehensive energy efficiency in the Yellow River Basin[J]. Resources Science, 2020, 42(1): 150-158.]
- [13] 水利部黄河水利委员会. 黄河流域综合规划: 2012-2030[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2013. [Yellow River Conservancy Commission of the Ministry of Water Resources. Comprehensive Planning of the Yellow River Basin: 2012-2030[M]. Zhengzhou: Yellow River Water Conservancy Press, 2013.]
- [14] 金凤君. 黄河流域生态保护与高质量发展的协调推进策略[J].

2020年6月

- 改革, 2019, (11): 33-39. [Jin F J. Coordinated promotion strategy of ecological protection and high quality development in the Yellow River Basin[J]. Reform, 2019, (11): 33-39.]
- [15] Charnes A, Cooper W W, Rhodes E. Measuring the efficiency of decision making units[J]. European Journal of Operational Research, 1978, 2(6): 429-444.
- [16] 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, (9): 24-41. [Liu S. Research on regional differences decomposition and convergence mechanism of economic quality in China[J]. The Journal of Quantitative & Technical Economics, 2019, (9): 24-41.]
- [17] 韩瑞玲, 张秋雯, 朱绍华, 等. 基于DEA-Malmquist模型的唐山市工业经济与能源全要素生产率分析[J]. 地理科学, 2016, 36(12): 1793-1801. [Han R L, Zhang Q L, Zhu S H, et al. Industrial economy and energy TFP of Tangshan City based on DEA and Malmquist model[J]. Scientia Geographica Sinica, 2016, 36(12): 1793-1801.]
- [18] 黄志基, 贺灿飞, 杨帆, 等. 中国环境规制、地理区位与企业生产率增长[J]. 地理学报, 2015, 70(10): 1581-1591. [Huang Z J, He C F, Yang F, et al. Environmental regulation, geographic location and growth of firms' productivity in China[J]. Acta Geographica Sinica. 2015, 70(10): 1581-1591.]

Spatial-temporal differentiation of high-quality industrial development level in the Yellow River Basin based on ecological total factor productivity

JU Hong^{1,3}, LI Tongsheng^{1,2}, ZHAI Zhouyan⁴

(1. College of Urban and Environment, Northwest University, Xi'an 710127, China; 2. Shaanxi Institute of Provincial Resource, Environment and Development, Northwest University, Xi'an 710127, China; 3. Shandong Jianzhu University, Jinan 250101, China; 4. College of Tourism, Henan Normal University, Xinxiang 453007, China)

Abstract: High-quality industrial development is an important part of the strategy of ecological protection and high quality development in the Yellow River Basin. In order to study the spatial differentiation of high-quality industrial development in the Yellow River Basin in the past decade, this paper uses EFTP (ecological total factor productivity) as the measurement standard, measures and analyzes the industrial development level of the main cities and urban agglomerations in the Yellow River Basin from 2006 to 2016 through super efficiency DEA and Malmquist index model, and finds that: the industrial development quality level of the Yellow River Basin is uneven, with the overall performance of East > West > Middle, In particular, the productivity of Shandong Peninsula urban agglomeration is much higher than other regions. The neighbor effect of industrial EFTP in different cities is significant, showing the characteristics of aggregation distribution. During the study period, the industrial EFTP in the Yellow River Basin increased at an average annual rate of 7.5%, the growth rate in the western region was faster, the late development advantage was fully reflected, and the growth in the eastern and central regions was slower. The central region has always been at a low level of development. It is urgent to adjust industrial development strategies and improve technical efficiency in order to promote the overall high-quality development of industry in the Yellow River Basin.

Key words: high-quality industrial development; ecological total factor productivity (ETFP); super efficiency DEA; Malmquist index; Yellow River Basin