

工业企业生态效率与科技创新耦合协调及影响因素研究

冯俊华,臧倩文

(陕西科技大学 经济与管理学院,西安 710021)

摘要:本文以2004—2017年我国29个省份工业企业为研究对象,通过构建生态效率与科技创新评价指标体系,运用耦合协调度模型和PVAR2模型,研究分析工业企业两者耦合协调效应及其影响因素,研究表明:工业企业生态效率评价值整体高于科技创新综合评价值,且两者综合评价值和两者耦合协调度呈不断增长及东部>中部>西部态势;企业规模、能源结构、研发投入和环境规制对各地区工业企业生态效率和科技创新耦合协调度都会产生影响,并且随着滞后期数增加,对耦合协调度影响均趋于稳定。

关键词:生态效率;科技创新;耦合协调效应;PVAR2模型

中图分类号:F424 **文献标志码:**A **文章编号:**1002—980X(2020)7—0035—08

改革开放40年来,工业企业在资源、能源高消耗下,经济取得飞跃发展,这必然导致生态环境的严重恶化。在当今资源与环境约束力不断增强的情况下,探寻企业对资源与环境低依赖性的绿色经济发展方式成为学者们的研究热点,绿色经济发展关键在于提高企业生态效率。《中国制造2025》提出将“绿色发展、创新驱动”作为我国制造业发展方针,走生态文明道路,这也说明了科技创新是实现绿色经济发展的关键手段。通过研究工业企业生态效率与科技创新关系,有助于加深对科技创新与生态经济认识,对我国工业企业可持续发展具有重要意义。

关于生态效率和科技创新关系研究,从现有文献来看主要表现在:一是研究研究科技创新对生态效率的单方面影响。例如,谢波等^[1]运用DEA模型对我国各地区生态效率进行测算,并根据空间杜宾模型分析科技创新对区域生态效率的影响;杨红娟和张成浩^[2]在测算我国生态效率基础上,运用Tobit模型分析技术创新对生态效率影响。二是以生态效率与生态创新为基础,评价分析生态创新效率。例如,张雪梅和叶贝贝^[3]以34个工业行业为研究对象,从生态效率和生态创新出发,构建生态创新效率指标体系并进行分析评价;廖丽平等^[4]以低碳战略企业为研究对象,根据两阶段DEA模型分析企业生态技术创新效率。三是以各地区为研究对象,分析科技创新与生态效率之间关系。例如,刘云强等^[5]以长江经济带城市群为研究对象,利用非期望产出DEA模型和Tobit模型分析生态效率及技术创新对其的影响;罗良文和张万里^[6]以我国30个省份为研究对象,分析区域生态效率以及大中型企业技术创新效率以及两者之间关系。

由上述可知,对生态效率和科技创新关系研究已有一定成果,但存在一些不足,主要表现:一是对生态效率与科技创新耦合关系以及耦合影响因素研究较少,并且在分析影响因素时很少考虑相关因素滞后性问题;二是大部分研究都是以各省市为研究对象,对各地区工业企业生态效率与技术创新研究不够深入。因此,本文在前人研究的基础上,构建生态效率和科技创新评价指标体系,运用耦合协调度模型和PVAR2模型,分析我国29个省份工业企业生态效率与科技创新耦合效应及其影响因素。

一、模型构建、指标选取和数据来源

(一)模型构建

工业企业生态效率与科技创新之间联系复杂,两者相互影响、相互促进,存在耦合关系。一方面,科技创新改变工业企业生产方式,提高生产技术水平,从而在提高生产效率、加速经济增长的同时实现低投入、高产

收稿日期:2020—01—12

作者简介:冯俊华(1964—),女,陕西西安人,陕西科技大学经济管理学院教授,研究方向:生态经济、企业管理;臧倩文(1996—),女,陕西铜川人,陕西科技大学经济管理学院硕士研究生,研究方向:生态经济、企业管理。

出,减少污染物排放,提高工业企业生态效率;另一方面,生态效率包含经济和环境两方面,工业企业经济增长会带动社会进步,推动科学技术发展,同时为企业科技创新提供更多资金支持,环境规制激励企业提高技术水平,增加研发投入,从而促进企业科技创新水平。

通过构建耦合协调度模型,判断工业企业生态效率与技术创新两个系统相互作用程度。若耦合协调度越高,系统间相互作用程度越高,企业则具有顽强的生命力;耦合协调度低,两系统间不相互协调,互相抑制,企业发展可能出现停滞或者倒退。具体耦合协调度模型构建^[7]如下:

1. 综合发展水平评价模型

(1)功效函数。原始数据存在量纲、数量级等差异,不能直接计算与分析,因此需先构建功效函数,功效函数也可反映子系统对整个系统的贡献程度。计算公式如下:

$$u_{ij} = \frac{U_{ij} - \max(U_{ij})}{\max(U_{ij}) - \min(U_{ij})} \times 0.9 + 0.1; u_{ij} \text{ 具有正功效} \quad (1)$$

$$u_{ij} = \frac{\max(U_{ij}) - U_{ij}}{\max(U_{ij}) - \min(U_{ij})} \times 0.9 + 0.1; u_{ij} \text{ 具有负功效} \quad (2)$$

其中: u_{ij} 为第*i*个子系统的第*j*项指标的序参量; $i=1, 2; j=1, 2 \dots, n$ 。

(2)综合发展水平评价:

$$E(U_e) = \sum_{i=1}^n w_{ei} u_{ei}; T(U_t) = \sum_{i=1}^n w_{ti} U_{ti} \quad (3)$$

其中: $E(U_e)$ 为生态效率综合评价价值; w_{ei} 为生态效率指标层各个指标权重; u_{ei} 为生态效率各指标数据对系统的功效度; $T(U_t)$ 为科技创新综合评价价值; w_{ti} 为科技创新指标层各个指标权重; U_{ti} 为科技创新各指标数据对系统的功效度。其中指标权重通过熵权法计算得出。

2. 耦合协调度模型

根据工业企业生态效率与科技创新综合发展评价价值,进一步建立两者之间耦合度模型:

$$C = \left\{ \frac{E(U_e)T(U_t)}{\left[\frac{E(U_e) + T(U_t)}{2} \right]^2} \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

当出现低水平耦合和高水平耦合时,耦合度无法准确客观评价生态效率与科技创新之间的协调发展水平,因此,需要构建耦合协调度模型:

$$D = \sqrt{C \times T} \quad (5)$$

$$T = aE(U_e) + bT(U_t) \quad (6)$$

其中:耦合度为*C*;耦合协调度为*D*;T是工业企业生态效率与科技创新两者综合协调指数;*a*、*b*为待定系数,反映生态效率和科技创新对工业企业发展影响程度比重。本文认为生态效率和科技创新对工业企业发展同等重要。鉴于此,将*a*取值为0.5,*b*取值为0.5。为更直观反映工业企业生态效率与科技创新两者耦合协调状态,将其划分为7个类型,见表1。

表 1 生态效率与技术经济耦合协调度类型

<i>D</i>	0~0.4	0.4~0.5	0.5~0.6	0.6~0.7	0.7~0.8	0.8~0.9	0.9~1.0
协调度类型	不协调	濒临失调	勉强协调	初级协调	中级协调	良好协调	优质协调

(二) 指标体系构建

在全面性、可行性、系统性等指标体系构建原则的基础上,结合工业企业特点及发展现状,构建工业企业生态效率与科技创新综合评价指标体系^[8-9],见表2。

(三) 数据来源

本文以29个省份工业企业为研究对象(表3),定量分析生态效率与科技创新两者耦合协调效应及其影响因素。指标数据来源于《中国统计年鉴》《中国环境统计年鉴》《中国科技统计年鉴》和《中国能源统计年鉴》,时间跨度为2004—2017年。

表2 重污染工业企业生态效率与技术创新综合评价指标体系

系统层	准则层	指标层
生态效率	资源消耗	固定资产投资
		平均用工人数
		工业用水量
		能源消耗
	经济效益	主营业务收入
		利润总额
	环境污染	废水排放
		废气排放
	循环经济	固体废弃物产生量
		固体废物综合利用量
		废水治理设施处理能力
	科技创新	创新投入
R&D人员数		
R&D经费		
创新产出		R&D项目数
		专利申请数
		有效发明专利数
		新产品开发项目数
		新产品销售收入

二、实证分析

根据上述计算公式(1)~公式(6)得出2004—2017年各地区工业企业生态效率与科技创新综合评价价值及两者耦合协调度,见表3,由于篇幅有限只列出其中3年的结果。根据工业企业生态效率与科技创新综合评价价值和两者之间耦合协调度绘制图1和图2。

表3 工业企业生态效率与科技创新综合评价价值及两者耦合协调度

地区	省份	2004年			2010年			2017年		
		<i>E</i>	<i>T</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>T</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>T</i>	<i>D</i>
东部地区	北京	0.408	0.130	0.480	0.420	0.145	0.496	0.457	0.204	0.553
	天津	0.434	0.123	0.481	0.465	0.153	0.516	0.447	0.203	0.549
	河北	0.361	0.192	0.513	0.421	0.138	0.491	0.459	0.217	0.562
	辽宁	0.347	0.137	0.467	0.424	0.159	0.510	0.347	0.192	0.508
	上海	0.439	0.156	0.512	0.483	0.189	0.550	0.508	0.286	0.618
	江苏	0.414	0.206	0.540	0.568	0.313	0.649	0.683	0.801	0.860
	浙江	0.409	0.187	0.526	0.492	0.226	0.578	0.546	0.616	0.762
	福建	0.383	0.122	0.465	0.437	0.143	0.500	0.473	0.254	0.589
	山东	0.421	0.175	0.521	0.572	0.276	0.630	0.651	0.549	0.773
	广东	0.413	0.185	0.526	0.564	0.358	0.670	0.671	1.000	0.905
	海南	0.390	0.101	0.445	0.411	0.101	0.452	0.366	0.104	0.442
	均值	0.402	0.156	0.498	0.478	0.200	0.549	0.510	0.402	0.647
中部地区	山西	0.350	0.116	0.449	0.384	0.123	0.467	0.344	0.139	0.467
	吉林	0.370	0.108	0.447	0.400	0.117	0.466	0.391	0.136	0.480
	黑龙江	0.405	0.117	0.466	0.421	0.129	0.483	0.382	0.130	0.472
	安徽	0.393	0.122	0.468	0.433	0.148	0.503	0.480	0.309	0.621
	江西	0.334	0.110	0.438	0.379	0.120	0.461	0.430	0.190	0.535
	河南	0.379	0.131	0.472	0.453	0.158	0.518	0.539	0.264	0.614
	湖北	0.379	0.124	0.466	0.426	0.154	0.506	0.442	0.257	0.581
	湖南	0.366	0.119	0.456	0.427	0.146	0.500	0.526	0.251	0.603
	广西	0.368	0.109	0.447	0.396	0.116	0.463	0.434	0.136	0.493
	均值	0.372	0.117	0.457	0.413	0.135	0.485	0.441	0.201	0.541
西部地区	重庆	0.385	0.119	0.462	0.402	0.134	0.482	0.423	0.208	0.544
	四川	0.356	0.131	0.465	0.397	0.140	0.486	0.426	0.224	0.556
	贵州	0.354	0.106	0.440	0.371	0.109	0.449	0.374	0.126	0.466
	云南	0.360	0.107	0.443	0.380	0.108	0.450	0.360	0.134	0.469
	陕西	0.340	0.116	0.446	0.398	0.129	0.476	0.399	0.163	0.505
	甘肃	0.349	0.106	0.439	0.369	0.109	0.448	0.366	0.115	0.453
	青海	0.341	0.101	0.431	0.365	0.101	0.439	0.371	0.103	0.442
	宁夏	0.372	0.102	0.442	0.374	0.103	0.443	0.356	0.111	0.445
	新疆	0.369	0.105	0.444	0.379	0.106	0.448	0.386	0.113	0.457
均值	0.359	0.110	0.446	0.382	0.116	0.458	0.384	0.144	0.482	

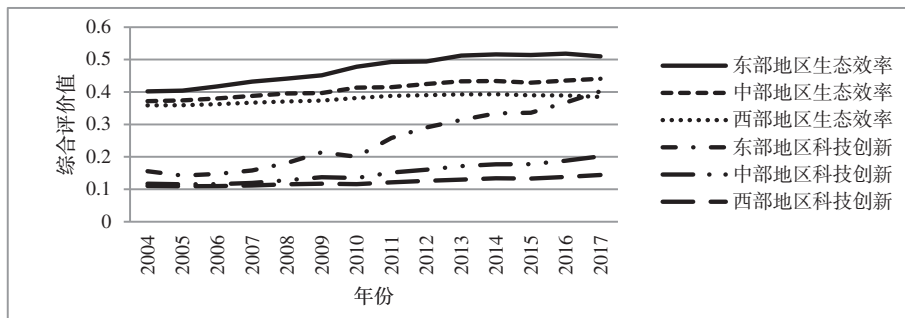


图 1 东中西部地区工业企业生态效率与科技创新综合评价均值

由表 3 和图 1 可以看出,各地区工业企业生态效率综合评价值整体明显大于科技创新综合评价值,且均处于不断上升及东部 > 中部 > 西部趋势,其中东部地区上升幅度较大,西部地区平稳中略有增长。具体来看,生态效率方面,2004 年东部地区各省综合评价值在 0.34 ~ 0.44 范围内,中西部地区各省综合评价值在 0.3 ~ 0.41 范围内。2017 年东部地区江苏、山东和广东达到 0.6 以上,中西部地区除河南和湖南在 0.5 以上,其余综合评价值在 0.34 ~ 0.49 范围内;科技创新方面,2004 年各省工业企业综合评价值均在 0.1 ~ 0.2 范围内,2017 年,东部地区江苏、浙江和广东综合评价值达 0.801、0.616 和 0.998,均大于生态效率综合评价值,中西部地区各省综合评价值在 0.1 ~ 0.3 范围内。

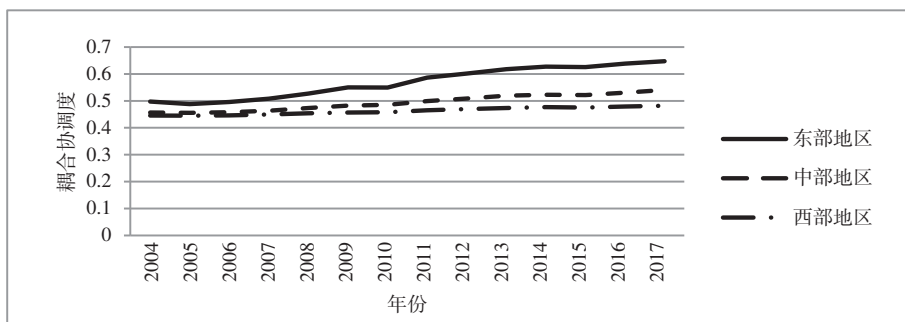


图 2 东中西部地区工业企业生态效率与科技创新耦合协调度均值

由表 3 和图 2 可以看出,2004—2017 年工业企业生态效率与科技创新耦合协调度整体呈现上升趋势,东部地区耦合协调效应及增长幅度较大,中部次之,西部最小。具体来看,2004 年东部、中部和西部地区两者耦合协调度分别为 0.498、0.457 和 0.446,2017 年增长至 0.647、0.541 和 0.482,西部地区耦合协调度有所增加,但类型无变化,东部地区、中部地区数值有明显增加,耦合协调度类型由濒临失调变为初级协调和勉强协调。造成这一现象原因:东部地区科技创新能力和生态效率明显要大于中西部地区,科技创新推动经济和环境的发展,从而提高生态效率发展水平,生态效率发展进一步激励企业提高科技创新水平,两者相互促进,协调发展。但两者基本处于失调状态,除 2017 年江苏、浙江和山东科技创新综合评价值大于生态效率综合评价值,其余均相反,这种失调状态对两者耦合协调效应会产生抑制作用。

三、影响因素分析

(一) 变量设定及模型构建

根据前文耦合协调度分析及相关文献,本文选取 4 个变量作为解释变量对工业企业生态效率与科技创新耦合协调度影响因素进行研究^[10-11]。企业规模(x_1):企业个数与主营业务收入比值,企业规模不同所选战略不同,大规模企业往往追求高质量、长远发展;能源结构(x_2):煤炭消费量占能源消费总量的比值,反映各地区工业企业最终用能方式,其中需原煤消费量 $\times 0.7143$ 换算成标准煤消耗量;研发资金比例(x_3):工业企业 R&D 经费内部支出占主营业务收入比重,反映各地区工业企业研发资金投入情况;环境规制(x_4):用工业企业环境污染治理投入资金来衡量,反映各地区工业企业对环境污染治理程度。

本文采用面板向量自回归模型(PVAR2)来分析能源结构、企业规模、研发资金比例和环境规制对工业企业生态效率和科技创新耦合协调度的影响情况,选取 29 个省份 2004—2017 年相关指标面板数据进行研

究。PVAR2模型与传统线性回归模型相比,将VAR模型与面板数据模型相结合,能更好地分析变量间动态关系,解决变量间内生性问题。具体计量模型^[12]为

$$Y_{i,t} = \alpha_i + \beta_0 + \sum_{j=1}^p \beta_j y_{i,t-1} + \varepsilon_{i,t} + \delta_{i,t} \quad (7)$$

其中: i 代表省份($i=1,2,\dots,29$); t 代表年份($t=1,2,\dots,29$); j 代表滞后期数($j=1,2,\dots,p$); α_i 代表各省份固定效应向量; β_0 代表截距向量; $\varepsilon_{i,t}$ 代表时间效应向量; $\delta_{i,t}$ 代表随机扰动项。

(二) 平稳性检验及模型设定

为排除各指标原始序列非平稳所造成的伪回归问题,导致分析结果的无效性,原始序列需进行平稳性检验。对变量原始数据和一阶差分数据进行面板单位根检验,结果见表4,各变量原始序列基本为非平稳序列,经过一阶差分后均变为平稳序列,说明原始序列存在一阶单整。此外,构建PVAR2模型需先由赤池信息准则(AIC)、贝叶斯信息准则(BIC)与最小信息准则(HQIC)判断各变量之间最优滞后期数,结果见表5,东部地区最优滞后期数为2,中部地区和西部地区最优滞后期数均为1。

表4 面板单位根检验结果

地区	变量	统计量	P值	结论	变量	统计量	P值	结论
东部地区	x_1	-0.939	0.941	非平稳	Dx_1	-2.043	0.041**	平稳
	x_2	-1.547	0.313	非平稳	Dx_2	-2.233	0.005***	平稳
	x_3	-1.153	0.762	非平稳	Dx_3	-2.304	0.003***	平稳
	x_4	-1.542	0.319	非平稳	Dx_4	-2.245	0.004**	平稳
	y	-0.571	0.994	非平稳	Dy	-1.864	0.084*	平稳
中部地区	x_1	-1.653	0.221	非平稳	Dx_1	-1.932	0.077*	平稳
	x_2	-1.123	0.777	非平稳	Dx_2	-1.864	0.084*	平稳
	x_3	-1.620	0.251	非平稳	Dx_3	-3.320	0.000***	平稳
	x_4	-1.581	0.288	非平稳	Dx_4	-2.878	0.000***	平稳
	y	0.195	1.000	非平稳	Dy	-2.023	0.062*	平稳
西部地区	x_1	-1.534	0.335	非平稳	Dx_1	-1.846	0.092*	平稳
	x_2	-0.297	0.999	非平稳	Dx_2	-3.782	0.000***	平稳
	x_3	-2.086	0.022**	平稳	Dx_3	-3.552	0.000***	平稳
	x_4	-1.338	0.556	非平稳	Dx_4	-1.832	0.099*	平稳
	y	-0.081	1.000	非平稳	Dy	-1.976	0.083*	平稳

注:*,**,***分别表示通过10%、5%和1%的显著性检验; D 为一阶差分序列。

表5 PVAR2最优滞后期数

地区	滞后期数	AIC	BIC	HQIC
东部地区	1	-22.754	-20.889	-22.007
	2	-22.495	-20.913*	-22.440*
	3	-23.725*	-20.253	-22.325
中部地区	1	-24.127*	-22.292*	-23.384*
	2	-22.644	-20.0053	-21.580
西部地区	1	-25.084*	-23.249*	-24.342*
	2	-25.023	-22.385	-23.959

注:*,**,***分别表示通过10%、5%和1%的显著性检验。

(三) 脉冲响应分析及方差分解

图3~图5为东中西部地区工业企业生态效率和科技创新耦合协调度自身及各解释变量的脉冲响应结果,横坐标是冲击作用响应期数,纵坐标为变量的影响程度,中间曲线代表脉冲反应函数,两侧曲线为5%和95%分位点的估计值。由图可以看出:

(1)给企业规模一个正向冲击,对东中西部地区耦合协调度产生正向效应,其中东部地区在滞后2期达到最大,中西部地区在滞后1期达到最大,随后效应减弱,逐渐趋于平稳。说明企业规模初期对东中西部地区耦合协调度影响较大,随着规模不断扩大,企业战略发展不断成熟,对耦合协调度影响不断减小,最终达到稳定。

(2)给能源结构一个正向冲击,对东部地区耦合协调度产生负向效应,在滞后3期时达到最大;对中部地区产生小幅负向波动,对西部地区产生小幅度正向波动,但最终均趋于平稳。说明能源结构优化对东中部地区耦合协调度整体产生负向影响,对西部地区耦合协调度整体产生负向影响。

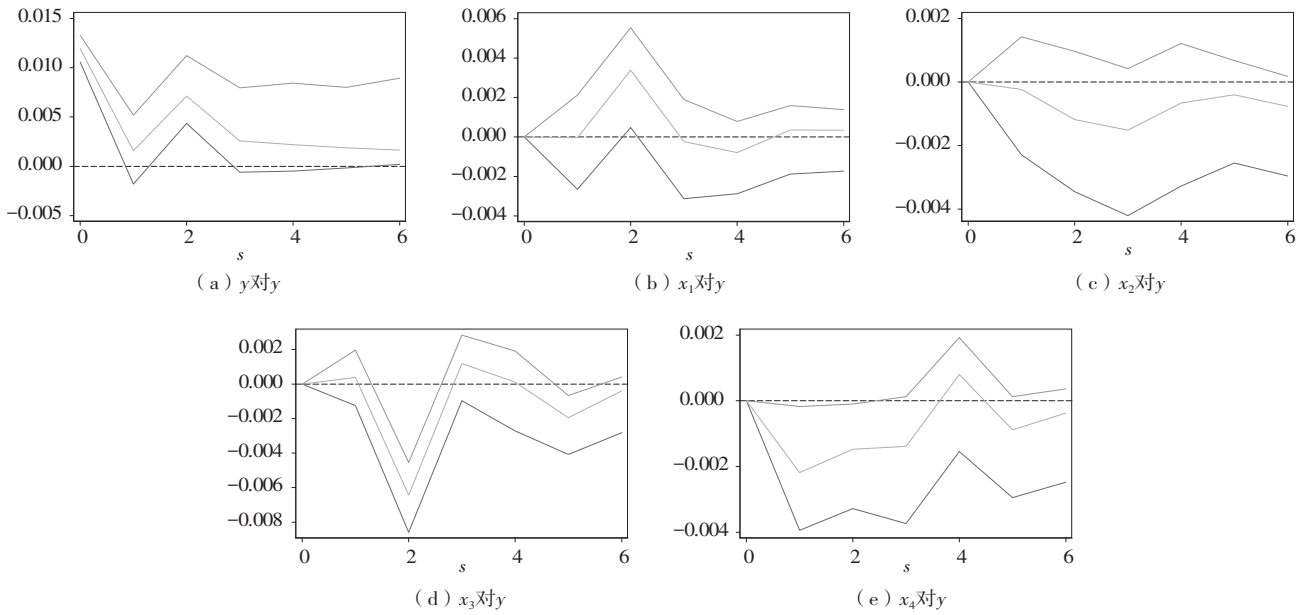


图 3 东部地区各变量脉冲响应曲线

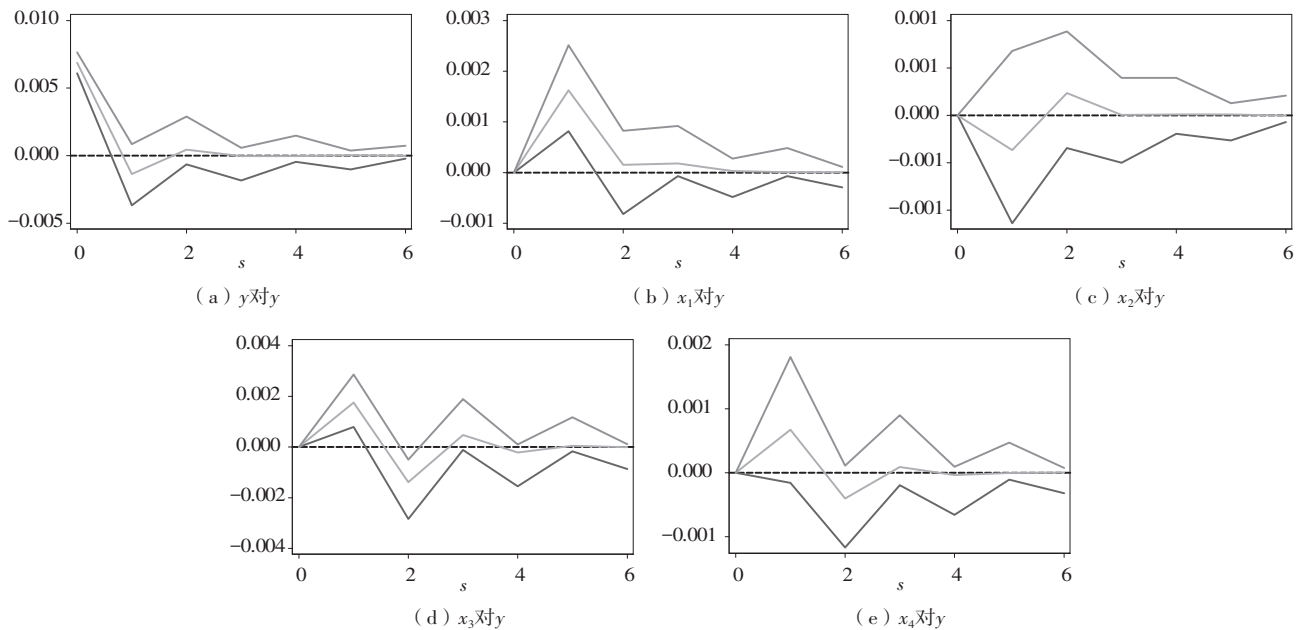


图 4 中部地区各变量脉冲响应曲线

(3)给研发资金比例一个正向冲击,对东中西部地区耦合协调度在前期某一阶段会产生负向效应,整体正向效应。说明研发投入会改进企业生产技术,提高企业生产率,减少污染物排放,从而促进工业企业生态效率与科技创新耦合协调度,但同时也会增加企业研发成本,因此在一定阶段对工业企业耦合协调度产生负向影响。

(4)给环境规制一个正向冲击,对东部地区耦合协调度产生负向效应,对中西部地区耦合协调度整体产生正向影响,并都随着滞后期数增加冲击效应不断减弱,后期趋于平稳。说明环境规制对东部地区耦合协调度具有消极负向作用,对中西部地区产生正向作用,后期随着相关政策不断完善,企业发展策略与技术不断成熟,环境规制对企业耦合协调度影响逐渐削弱,逐渐趋于稳定。

(5)给耦合协调度自身一个正向冲击,对东中西部地区耦合协调度产生正向效应,其中在滞后 4 期和滞后 2 期时,对东部地区和中西部地区耦合协调度冲击效应趋于平稳。说明耦合协调度对自身前期有正向影响,随着环境政策不断完善,企业发展不断成熟,工业企业耦合协调度对其自身影响不断减弱,最终达到平稳。

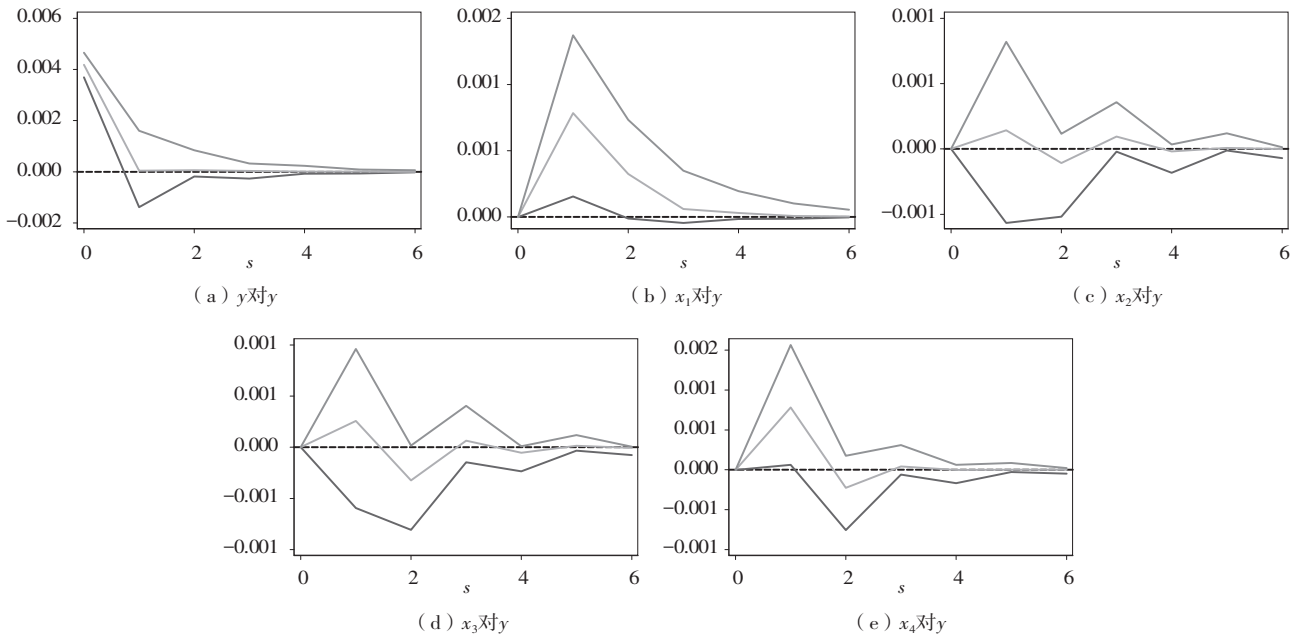


图5 西部地区各变量脉冲响应曲线

从表6各地区工业企业耦合协调度方差分解可以看出：

①东中西部地区工业企业耦合协调度均对其自身贡献率较大，随着滞后期数增加，贡献率不断减少，滞后4期时，东中西部地区贡献率分别为75%、85%和90.6%，基本达到稳定。企业规模、能源结构、研发资金投入和环境规制对各地区耦合协调度贡献率在第2期才开始显现，并随着滞后期数不断增加，贡献率不断变大，在滞后4期时，均达到稳定。②除耦合协调度自身影响外，研发资金投入比例对东中部地区耦合协调度贡献率较大，特别是东部地区，从滞后3期开始，研发资金比例对耦合协调度贡献率达16%左右；企业规模对西部地区耦合协调度贡献率相对较大，在滞后3期达到平稳，贡献率为4.8%。能源结构对东中西部地区耦合协调度贡献率相对较小，特别是中西部地区，滞后3期后，贡献率仅为0.3%和0.2%。综上可知，各地区工业企业生态效率与科技创新耦合协调度受自身影响较大，企业规模、能源结构、研发资金比例和环境规制在短时间内无法改变各地区工业企业两者耦合协调度，即具有一定滞后性。

表6 各地区工业企业耦合协调度方差分解

地区	滞后期数	1	2	3	4	5	6
东部地区	Dy	100.00	91.00	76.10	75.10	75.00	74.00
	Dx_1	0.00	4.30	4.50	4.30	4.40	4.30
	Dx_2	0.00	0.40	0.60	1.40	1.50	1.50
	Dx_3	0.00	1.10	16.20	16.00	15.60	16.50
	Dx_4	0.00	3.20	2.70	3.30	3.40	3.60
中部地区	Dy	100.00	88.60	85.40	85.00	84.90	84.90
	Dx_1	0.00	4.80	4.60	4.60	4.60	4.60
	Dx_2	0.00	0.20	0.30	0.30	0.30	0.30
	Dx_3	0.00	5.50	8.60	9.00	9.10	9.10
西部地区	Dy	100.00	92.00	90.70	90.60	90.60	90.60
	Dx_1	0.00	4.30	4.80	4.80	4.80	4.80
	Dx_2	0.00	0.10	0.20	0.20	0.20	0.20
	Dx_3	0.00	0.40	0.90	0.90	0.90	0.90
	Dx_4	0.00	3.20	3.50	3.50	3.50	3.50

四、结论与建议

通过构建工业企业生态效率与科技创新评价指标体系，运用耦合协调度模型和PVAR2模型，实证分析2004—2017年我国29个省工业企业生态效率与科技创新两者耦合协调效应及其影响因素，结果显示：

(1)工业企业生态效率综合评价整体高于科技创新综合评价，且生态效率和科技创新整体均呈现不断增长及东部 > 中部 > 西部态势。生态效率方面，2004年东中西部综合评价分别为0.402、0.372和0.359，2017年综合评价上升至0.501、0.441和0.384。科技创新方面，2004年东中西部综合评价分别为0.156、0.117和0.110，2017年综合评价上升至0.402、0.201和0.144。

(2)各地区工业企业与科技创新两者耦合协调度呈不断增长及东部 > 中部 > 西部态势，增长幅度也是东部 > 中部 > 西部。2004年东中西部地区工业企业生态效率和科技创新两者耦合协调度分别为0.498、0.457和0.446，2017年增长至0.647、0.541和0.482，东中部地区工业企业耦合协调度类型从濒临失调变为初级协调和勉强协调，西部地区类型无变化。

(3)各地区企业规模、能源结构、研发资金投入、环境规制及耦合协调度自身都会对工业企业耦合协调度产生影响,并且随着滞后期数增加,这些变量对耦合协调度影响均趋于稳定。其中,研发资金比例对东中部地区工业企业耦合协调度贡献率较大,企业规模对西部地区工业企业耦合协调度贡献率较大,并且企业规模、能源结构、研发资金投入和环境规制对工业企业耦合协调度影响具有一定滞后性。

基于以上研究提出以下建议:

(1)各地区工业企业应加大研发资金投入,不断增加科技创新水平。大部分地区工业企业生态效率和科技创新两者基本一直处于失调状态,这种失调状态会抑制两者耦合协调效应。因此工业企业应加大对生产研发投入,在提高企业科技创新水平的同时提高清洁生产水平、循环利用等,从而增加生态效率和科技创新耦合协调度水平,提高各地区工业企业可持续发展水平。

(2)长期来看,企业规模、能源结构优化、研发资金投入和环境规制对工业企业生态效率与科技创新两者耦合协调度增加产生影响,各地区工业企业要针对自身特点选择适合自身的发展模式。其中研发资金投入对东中部地区贡献度较大,企业规模对西部地区贡献度较大。

(3)引领各区域工业企业进行转型发展。在当今,我国资源与环境不断恶化,工业企业进行转型升级是必然选择,因此,工业企业也需构建先进的科技体系和评价体系,大力发展高科技、高效益、低耗能的循环经济体系。

参考文献

- [1] 谢波,单灿阳,张成浩. 科技创新、环境规制对区域生态效率的影响研究[J]. 生态经济, 2018, 34(4): 86-92.
- [2] 杨红娟,张成浩. 企业技术创新对生态效率提升的有效性研究[J]. 经济问题, 2016(12): 71-76.
- [3] 张雪梅,叶贝贝. 行业异质性视角下我国工业生态创新效率评价[J]. 生态学报, 2019, 39(14): 5198-5207.
- [4] 廖丽平,姚丽霞,刘绘珍. 基于低碳战略的企业生态化技术创新效率研究——基于两阶段链DEA模型和Tobit回归分析[J]. 科技管理研究, 2016, 36(6): 245-249, 255.
- [5] 刘云强,权泉,朱佳玲,等. 绿色技术创新、产业集聚与生态效率——以长江经济带城市群为例[J]. 长江流域资源与环境, 2018, 27(11): 2395-2406.
- [6] 罗良文,张万里. 区域绿色技术创新效率对生态效率的影响分析[J]. 湖北社会科学, 2017(3): 69-78.
- [7] 李强,韦薇. 长江经济带经济增长质量与生态环境优化耦合协调度研究[J]. 软科学, 2019, 33(5): 117-122.
- [8] 王俊岭,戴淑芬. 基于DEA-Malquist指数的我国钢铁行业循环经济效率评价[J]. 河北经贸大学学报, 2014, 35(2): 78-82.
- [9] 杜先进,胡苏,徐晟,等. 面向竞争的区域技术创新效率动态评价[J]. 科技管理研究, 2015, 35(12): 44-49.
- [10] 吴超,杨树旺,唐鹏程,等. 中国重污染行业绿色创新效率提升模式构建[J]. 中国人口·资源与环境, 2018, 28(5): 40-48.
- [11] 秦臻,倪艳,孙亚杰. 湖北省绿色全要素生产率测算及影响因素分析[J]. 统计与决策, 2019, 35(12): 139-142.
- [12] 辛灵,陈菡彬. 我国钢铁产业产能过剩的形成机理与影响因素分析[J]. 统计与决策, 2019, 35(17): 139-142.

Study on the Coordination and Influencing Factors of Ecological Efficiency and Scientific and Technological Innovation of Industrial Enterprises

Feng Junhua, Zang Qianwen

(School of Economics and Management, Shaanxi University of Science and Technology, Xi'an 710021, China)

Abstract: This article takes the industrial enterprises in 29 provinces in China as the research object from 2004 to 2017. By constructing an evaluation index system of ecological efficiency and technological innovation, coupling coordination model and a VAR model are used to analyze the coupling and coordination effects and their influencing factors of industrial enterprises. The results show as follows. The comprehensive evaluation value of industrial enterprises' ecological benefits is higher than the comprehensive evaluation value of scientific and technological innovation. The comprehensive evaluation value and the degree of coupling and coordination between the two are constantly increasing, and the eastern part > central part > western part. Enterprise scale, energy structure, investment in research and development, and environmental regulations all have an impact on the degree of coupling and coordination of industrial enterprises' ecological efficiency and technological innovation in various regions. With the increasing of the lags number, the effects of these factors on the degree of coupling and coordination tend to stabilize.

Keywords: ecological efficiency; technological innovation; coupling and coordination effect; PVAR2 model