

产业结构调整与能源生态效率的演变特征及耦合关系

——以关中平原城市群为例

唐晓灵,冯艳蓉,杜莉

(西安建筑科技大学管理学院,西安710055)

摘要:本文从生态文明建设视角出发,构建基于“能源-经济-环境-社会”系统的能源生态效率评价体系,并分别从幅度和质量两个维度实证考察了关中平原城市群产业结构调整与能源生态效率的演变特征及耦合关系。结果显示:①关中平原城市群能源生态效率在2002—2017年间整体变化幅度不大,但地区差异显著;能源生态效率的增长主要依赖于技术进步率;②区域产业结构调整幅度存在明显的周期性变化,周期大致为3年,而产业结构调整质量呈较稳定的上升趋势;③区域产业结构调整与能源生态效率的整体耦合协调水平较低,两者尚未实现高水平协调发展;产业结构调整是促进区域耦合协调水平提升的关键性因素;④产业结构调整质量与能源生态效率的耦合优于产业结构调整幅度与能源生态效率的耦合,说明改善区域能源生态效率应以提高产业结构调整质量为主。

关键词:产业结构调整;能源生态效率;演变特征;耦合关系

中图分类号:F062.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1002—980X(2021)04—0058—07

一、引言

随着我国工业化和城镇化进程的加速推进,能源利用、经济发展、生态环境和社会福利间的矛盾将愈发突出,协调能源、经济、环境、社会四者间关系,对能源生态效率进行评价实现社会经济建设与生态文明建设间平衡发展成为当下研究的重点(孟凡生,2018)。产业结构调整与提高能源生态效率密切相关,表现为通过自身结构优化来实现资源的有效配置,进而获取经济增长动力、改善生态环境状况、提高社会居民福利。在当前转方式、调结构的大背景下,探索区域内部产业结构调整与能源生态效率的相互关系,对于改善两者协调发展水平、实现经济高质量发展及推进生态文明建设均具有重要的现实意义。

目前,国内外学者针对产业结构调整与能源效率关系开展了大量有益的探索。从早期来看,学者们重点关注产业结构调整对能源效率的影响。Sue et al(1990)基于美国一系列能源效率相关数据,发现产业结构调整提升了美国1958—2000年间的能源效率。Vaclav(1990)和Kambara(1992)通过对我国20世纪80年代到90年代中期能耗强度下降原因的分析,认为产业结构由高能耗的重工业结构转向低能耗的轻工业结构是导致我国能耗强度下降的主要原因。魏楚和沈满洪(2008)在研究结构调整能否改善能源效率时,发现以“退二进三”为主导的产业结构调整在一定程度上能够改善能源效率。此外,部分学者发现能源效率对产业结构调整也同样具有影响作用。例如,王强等(2011)、朱胜清等(2013)、周肖肖等(2015)通过研究能源效率对产业结构演变的响应机理,证实了能源效率可以通过倒逼产业结构优化来推动经济的增长。随着研究的不断深入,多数研究结果表明产业结构调整与能源效率之间并非仅存在单向影响,而是呈现相互影响的耦合关系(张俊和林卿,2017)。例如,于斌斌(2017)基于幅度和质量双重视角分析了我国产业结构调整与能源效率变化的相互影响,发现两者间存在显著的空间溢出效应和交互耦合关系。徐卓顺(2015)通过分析东北三省各地级市的产业结构调整与能源效率的耦合关系,得出产业结构高度化与能源效率的耦合高于产业结构合理化与能源效率的耦合。关伟和许淑婷(2014)在分析辽宁省产业结构与能源效率的耦合特征时,发现辽宁省

收稿日期:2019—11—10

基金项目:陕西省软科学研究计划项目“转型中的陕西省资源型城市循环经济产业集群生态运行机制与评价体系研究”(2017KRM158);西安市科技计划项目“品质西安建设重大现实问题研究——新型城镇化视角下西安市县域经济发展模式研究”(2017109SF/RK003)

作者简介:唐晓灵,博士,西安建筑科技大学管理学院副教授,研究方向:资源环境管理、区域生态经济;冯艳蓉,西安建筑科技大学管理学院硕士研究生,研究方向:资源环境管理、区域生态经济;杜莉,西安建筑科技大学管理学院硕士研究生,研究方向:资源环境管理、区域生态经济。

整体耦合度较低且空间差异性显著。

通过对相关文献的梳理,学者们针对产业结构调整与能源效率关系的研究日趋成熟。在产业结构测度上,已从最初的三次产业 GDP 占比深入至各种高级化指标。在能源效率测度指标选取上,已逐渐从单一要素转向全要素分析,较为成熟的是考虑能源利用对经济和环境的影响,但较少考虑能源利用对社会系统的影响。近年来,随着国家对生态环境的重视,能源生态效率的研究逐渐受到各界学者的普遍关注(王晓岭和武春友,2015;王腾等,2017)。此外,在研究尺度上多以国家、省、市等为主,围绕城市群开展的研究相对匮乏。鉴于此,本文从生态文明建设视角出发,构建基于“能源-经济-环境-社会”系统的能源生态效率评价体系,并分别从调整幅度和调整质量双重维度揭示关中平原城市群产业结构调整与能源生态效率的演变特征及耦合关系,旨在为区域产业结构与能源生态效率协调发展提供科学依据和现实指导。

二、研究区概况

关中平原城市群是十九大召开之后首个获批的国家级城市群,其战略意图一是谋求区域协调发展,二是推动实现“一带一路”倡议,在国家现代化建设大局和全方位开放格局中均具有独特的战略地位。该区域涉及晋陕甘三省,主要城市包括西安、咸阳、宝鸡、天水、庆阳、运城和临汾等,国土面积达 10.71 万平方公里,区域矿产资源丰富,能源开采和利用量大。近年来,随着城镇化进程的不断加快,关中平原城市群在利用丰富资源发展经济的同时也不可避免地对区域生态环境带来了极大的破坏与污染,且区域各城市产业结构差异较大,高耗能、高污染的发展模式仍普遍存在,导致生态环境制约压力倍增。故而,新形势下关中平原城市群应抓紧发展机遇积极承接产业转移和产业结构调整升级,提升区域能源生态效率,推动城市群绿色永续发展。

三、研究设计及数据来源

(一)能源生态效率的测度

生态文明强调以人为本,在尊重自然基本规律的基础上,协调经济增长与生态环境、社会福利间的矛盾,实现人与自然和谐相处。因此,本文基于生态文明建设视角,分别从能源、经济、环境、社会系统出发构建能源生态效率评价指标体系,选取劳动力、资本和能源消耗作为投入指标,选取地区生产总值、社会居民福利及污染物排放作为产出指标,见表 1。

表 1 能源生态效率投入产出指标体系

分类	指标名称	说明
投入指标	能源投入	能源消费总量
	资本投入	资本存量
	劳动投入	从业人数
产出指标	期望产出	地区生产总值
		社会居民福利
	非期望产出	综合污染指数

投入要素中,劳动力以各城市从业人员数表示;资本存量采用永续盘存法(PIM)进行估算,具体计算过程参考柯善咨和向娟(2012)的研究方法;由于目前我国仅统计了主要大城市的能源消费数据,其余城市的能源消费数据并未公布。因此需要通过估算得到能源消费总量。借鉴陈龙等(2016)的做法,设定某城市的能源强度与所属省份的能源强度相同,则该城市能源消费量 $UE_t = UGRP_t \times EI_t$,其中, $UGRP_t$ 表示该城市第 t 年的地区生产总值, EI_t 表示该城市第 t 年的能源强度。

产出要素中,地区生产总值为 2002 年不变价格调整的实际 GDP;社会居民福利则根据“十三五”规划和数据可得性,综合考虑就业、教育、文化、医疗、交通和通讯等方面分别选取就业率、万人拥有普通高校学生数、百人公共图书馆藏书、万人拥有医生人数、万人拥有公共交通工具和国际互连网用户数量通过熵权法合成;非期望产出指标由工业废水排放量、二氧化硫排放量和烟尘排放量通过熵权法合并为一个综合污染指数。测算方法选取考虑非期望产出的 SBM 超效率模型对能源生态效率进行测度,计量工具采用 MaxDEA Ultra 软件。

(二)产业结构调整测度的测度

产业结构调整意味着各产业内及产业间的比例发生变化。本文将从产业结构调整幅度与调整质量两方面展开研究。

1. 产业结构调整幅度

借鉴 Findeisen 和 Sudekum(2008)的方法,通过测算劳动力跨行业配置的强度来反映产业结构调整幅度($StrI$),计算公式为

$$StrI = \frac{\left[\sum_{i=1}^n |e(i, t+1) - e(i, t)| \right] - |e(t+1) - e(t)|}{e(t)} \quad (1)$$

其中: $e(i, t+1)$ 和 $e(i, t)$ 分别表示每个城市的第 i 产业在 $t+1$ 期和 t 期的从业人员数; $e(t+1)$ 和 $e(t)$ 分别表示该城市在 $t+1$ 期和 t 期的总从业人数,只有当某城市各行业从业人数与总从业人数同比例变动时有 $StrI = 0$ 。

2. 产业结构调整质量

由于资源要素从低效率部门向高效率部门转移时会促进高效率产业部门占比持续增加,最终引致经济系统的总生产率提高。因此用各行业增加值占比与该行业生产率的综合作用表示产业结构调整质量($StrH$),计算公式为

$$StrH_{it} = \sum_{j=1}^J (S_{ijt} \times F_{ijt}) \quad (2)$$

其中: i, j, t 分别表示城市、产业和时间; J 表示产业总数; S_{ijt} 表示 t 时间 i 城市 j 产业的增加值占有所有产业总增加值的比重; F_{ijt} 表示 t 时间 i 城市 j 产业的劳动生产率(地区生产总值/总从业人数)。

(三)耦合模型的构建

耦合度(C)是物理学的概念,用来描述系统间紧密配合、相互影响的作用关系。产业结构调整对能源生态效率产生胁迫作用,同时产业结构调整也受能源生态效率的约束作用,两者相互影响、相互作用。本文采用以变异系数为基础的耦合度模型揭示产业结构调整与能源生态效率之间关联性,其计算公式为

$$C = \left\{ \frac{S_i(x)E(y)}{\left[\frac{S_i(x) + E(y)}{2} \right]^2} \right\}^k \quad (3)$$

其中: $S_i(x)$ 和 $E(y)$ 分别表示产业结构调整指数与能源生态效率; k 表示区别系数,取值范围为2~5,为加强区分度,此处设 $k = 4$ 。

为进一步区分产业结构调整与能源生态效率耦合的空间类型,构建权系数分别为0.4与0.6的耦合协调度指数 $R = \sqrt{C \times [0.4S_i(x) + 0.6E(y)]}$,并利用中值分段法对耦合度和耦合协调度进行分段(表2)。

(四)数据来源

以关中平原城市群11个城市为研究单元(杨凌示范区除外),时间跨度为2002—2017年,相关指标原始数据主要来源于历年《中国城市统计年鉴》《中国能源统计年鉴》、晋陕甘各省统计年鉴及各城市历年国民经济和社会发展统计公报。

表2 耦合度与耦合协调度的阶段划分标准

区间	耦合阶段	协调耦合阶段	综合耦合阶段
[0.0, 0.3]	分离阶段	低协调耦合阶段	低协调分离阶段
[0.3, 0.5]	拮抗阶段	中协调耦合阶段	中协调拮抗阶段
[0.5, 0.8]	磨合阶段	高协调耦合阶段	高协调磨合阶段
[0.8, 1.0]	耦合阶段	极协调耦合阶段	极协调耦合阶段

四、能源生态效率与产业结构调整的演变特征

(一)关中平原城市群能源生态效率演变特征分析

本文首先使用考虑非期望产出的SBM超效率模型对2002—2017年关中平原城市群11个城市的能源生态效率进行测度,具体测算结果见表3。从各城市情况看,能源生态效率的地区差异显著。陕西省的西安、渭南、咸阳3市及山西省临汾市的历年能源生态效率均值都在1以上,在所有城市中位列前四;甘肃省的天水、平凉、庆阳3市及陕西省铜川市的能源生态效率值在大部分年份中处于0.4~0.6,与排名靠前的城市相比差距明显,仍有较大的提升空间。从各年份情况看,能源生态效率整体变化幅度不大。在2002—2008年期间,大部分城市的能源生态效率值呈缓慢上升趋势,区域平均效率值均在0.86以上,但在2008年以后部分城市出现了“断崖式”下降,例如,陕西省的宝鸡市、商洛市及山西省的运城市在2008—2010年分别下降了29%、38%和37%,区域整体效率值在2008年以后呈现波动上升趋势,到2017年达到0.88。其原因可能在

表3 2002—2017年关中平原城市群11市能源生态效率测算结果

城市	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年
运城	1.0232	1.0241	1.0311	1.0309	1.0314	1.0412	1.0216	0.6474	0.6035
临汾	1.1307	1.1517	1.1686	1.1587	1.1822	1.1794	1.1640	1.1290	1.1309
西安	1.3459	1.3300	1.3144	1.3291	1.3256	1.3127	1.3002	1.2767	1.2783
铜川	0.6482	0.5916	0.6069	0.6146	0.6066	0.5952	0.5880	0.5571	0.5679
宝鸡	0.6952	0.6705	0.6789	0.7291	0.7799	0.7190	1.012	1.004	0.7203
咸阳	1.0414	1.0390	1.0340	1.0567	1.0607	1.0655	1.0590	1.0791	1.0855
渭南	1.0407	1.0418	1.0397	1.0416	1.0414	1.0410	1.0636	1.0393	1.0402
商洛	1.0093	1.0034	1.0161	1.0273	1.0337	1.0360	1.0187	1.0107	0.6339
天水	0.5141	0.5228	0.5271	0.5699	0.5331	0.5198	0.4912	0.4627	0.4497
平凉	0.6147	0.6222	0.6084	0.5142	0.6181	0.5562	0.5412	0.4954	0.4857
庆阳	0.5198	0.5313	0.5662	0.5670	0.5111	0.5006	0.4801	0.4558	0.4316
区域平均	0.8712	0.8662	0.8719	0.8763	0.8840	0.8697	0.8854	0.8325	0.7661
城市	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	均值	排名
运城	0.7910	0.6143	1.0138	0.6185	0.6661	0.6363	0.6512	0.8404	6
临汾	1.2989	0.4844	1.0554	1.0476	1.0313	1.004	0.9878	1.0815	2
西安	1.1490	1.4558	1.3241	1.2825	1.3448	1.6717	1.8352	1.3673	1
铜川	0.5080	0.5059	0.5292	0.5382	0.5451	1.0049	1.0104	0.6261	8
宝鸡	1.0246	1.0211	1.0617	1.0575	1.0437	1.0529	1.0612	0.8957	5
咸阳	1.0692	1.0745	1.0338	1.0358	1.0334	1.0379	1.0424	1.0530	4
渭南	1.0394	1.0481	1.1060	1.1104	1.1132	1.0720	1.0307	1.0568	3
商洛	0.6103	0.5922	0.5902	0.5451	0.5531	0.5597	0.5663	0.8004	7
天水	0.4518	0.4289	0.4767	0.4606	0.4559	0.4634	0.4708	0.4874	10
平凉	0.4744	0.4506	0.5009	0.4795	0.4907	0.5319	0.5731	0.5348	9
庆阳	0.4136	0.3948	0.3608	0.3508	0.3682	0.3848	0.4014	0.4524	11
区域平均	0.8027	0.7337	0.8230	0.7751	0.7860	0.8563	0.8755	0.8360	-

于:受2008年全球金融危机冲击使得我国投资锐减与产能过剩的矛盾突出,经济环境受创的同时也间接降低了社会居民福利,导致区域能源生态效率在短时间内出现大幅下降。但随着国家一系列转方式、调结构等战略的出台,如2010年中央提出“加快转变经济发展方式”的战略性调整、2013年中央提出加快“一带一路”区域合作发展等,通过经济产业结构调整、自主创新等方式使得区域能源生态效率逐渐转好。

为了更加深入地理解关中平原城市群能源生态效率的变化情况,本文进一步引入Malmquist-Luenberger(ML)生产率指数考量能源生态效率的变化成因。ML测算结果如图1所示。

由图1可知,区域能源生态效率的ML指数在2003—2017年间均大于1,ML指数平均增长了17.7%,说明该期间关中平原城市群的能源生态效率总体呈上升趋势。从分项来看,技术进步率指数的变化走势与ML生产率指数的走势更为接近,表明此阶段能源生态效率的增长主要依赖于技术进步率,其平均增长率为16.7%;而技术效率变化平均走势在大部分年份均低于技术进步率,且在较多年份出现负增长,在一定程度上对ML指数形成拖累,其平均增长率仅为1.01%。

(二)关中平原城市群产业结构调整演变特征分析

关中平原城市群产业结构调整幅度与产业结构调整质量的整体变化情况如图2所示。从变化趋势上看,产业结构调整幅度在2002—2017年整体呈“波浪式”变化趋势,并存在一定的周期性,周期大致为3年。在整个周期内,产业结构调整幅度在2010年和2013年出现了较大变动,短短3年里分别从2010年的最低点0.004上升到2013年的最高点0.026,上升幅度达6.5倍。产业结构调整幅度的周期性表明关中平原城市群的

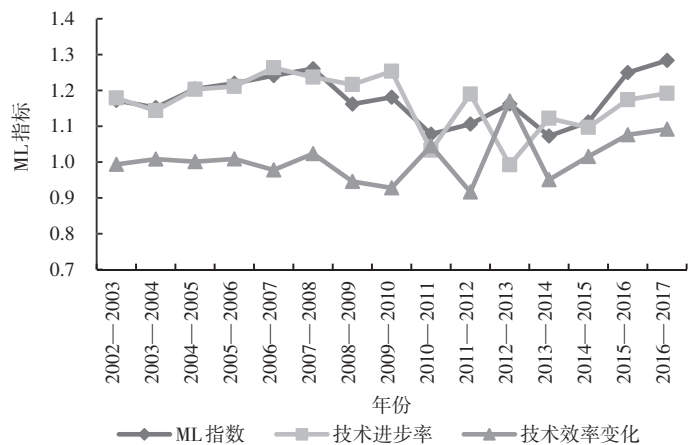


图1 2002—2017年关中平原城市群平均ML指数对比

三大产业从业人员调整具有周期性。在考察期内,关中平原城市群产业结构调整质量整体呈上升趋势,仅在2012年出现了短暂回落。2002年,区域整体产业结构调整质量低于20,产业结构调整力度较低,但到2017年底,区域整体产业结构调整质量约为2002年的10.77倍。这说明在“西部大开发”和“一带一路”等区域一体化战略的影响下,关中平原城市群积极承接产业转移和优化内部产业结构使得产业结构调整质量显著上升。总体而言,在过去15年间,关中平原城市群产业结构调整幅度呈周期性变化,产业结构调整质量不断上升,产业结构更趋合理化、高级化。

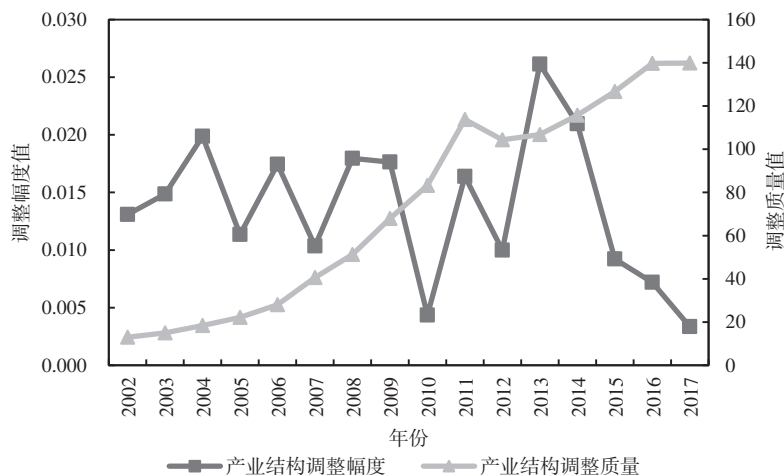


图2 2002—2017年关中平原城市群产业结构调整的变化情况

五、产业结构调整与能源生态效率的时空耦合关系

2002—2017年关中平原城市群产业结构调整与能源生态效率的耦合协调度如图3所示,其值取各城市历年均值。从总体上看,产业结构调整幅度和产业结构调整质量分别与能源生态效率的耦合协调度在大部分年份中均在0.5以下,区域整体耦合协调水平较低,尚未实现高水平协调发展。2007年以前,产业结构调整质量与能源生态效率的耦合协调度低于产业结构调整幅度与能源生态效率的耦合协调度,且两者间差距在逐渐缩小;2007年及以后,产业结构调整质量与能源生态效率的耦合协调度普遍高于产业结构调整幅度与能源生态效率的耦合协调度,且两者间的差距在2009年以后呈逐渐拉大的趋势。对比历年耦合协调度与产业结构调整的变化趋势,发现区域耦合协调度与产业结构调整的走势保持较高的一致性,即区域耦合协调水平与产业结构调整呈较强的正相关。这说明关中平原城市群产业结构调整是促进区域耦合协调水平提升的关键性因素,未来应重点通过产业结构优化升级来助力区域耦合协调水平的整体提升。

为了更直观地了解关中平原城市群各城市的空间耦合特征,进一步绘制了区域11个城市产业结构调整与能源生态效率的空间耦合分布散点图(图4、图5),所用数据取各城市2002—2017年均值,图中未标记的城市为耦合度趋近于零的城市。直观上看,区域内低耦合城市多,高耦合城市少。从产业结构调整幅度与能源生态效率的空间耦合分布来看,除运城市处于极协调耦合阶段及渭南市处于高协调磨合阶段以外,区域其余城市均处于低协调分离阶段;而产业结构调整质量与能源生态效率的空间耦合分布则显示,咸阳、运城、商洛3市分别处于极协调耦合阶段、高协调磨合阶段和中协调拮抗阶段,铜川和平凉则为低水平上的耦合,其余西安、宝鸡、渭南、临汾、天水、庆阳6市均处于低协调分离阶段。宝鸡市虽属低耦合城市之一,但其耦合度和耦合协调度明显高于其他五市,未来产业结构与能源生态效率协调发展的潜力较大。综合来看,产业结构调整质量与能源生态效率的空间耦合分布优于产业结构调整幅度与能源生态效率的空间耦合分布,说明产业结构调整质量与能源生态效率的提高关系密切,改善区域能源生态效率应以提高产业结构调整质量为主。

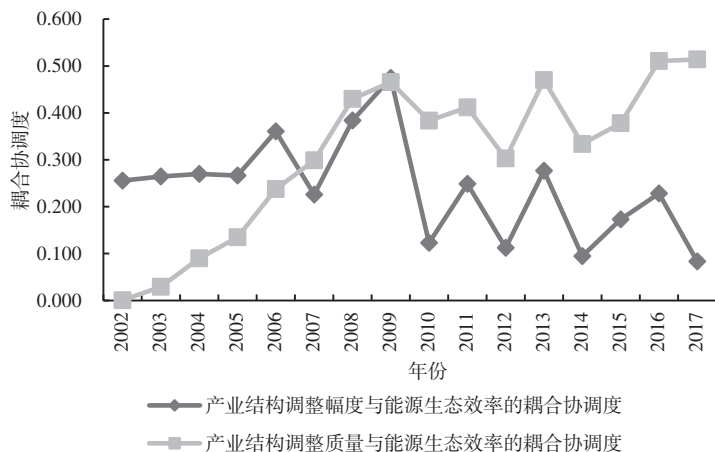


图3 2002—2017年关中平原城市群产业结构调整与能源生态效率的耦合协调度

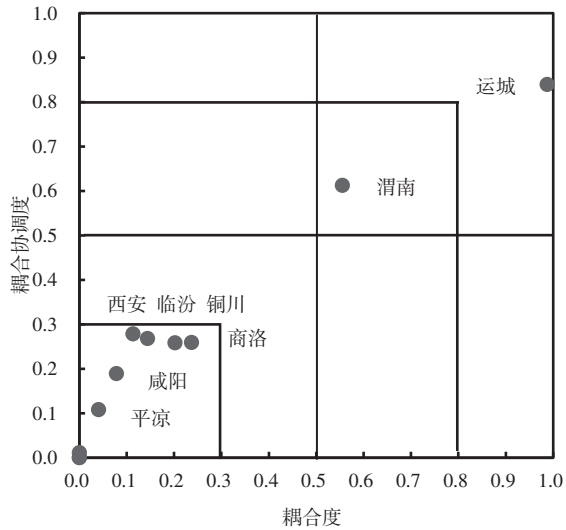


图4 产业结构调整幅度与能源生态效率的空间耦合分布

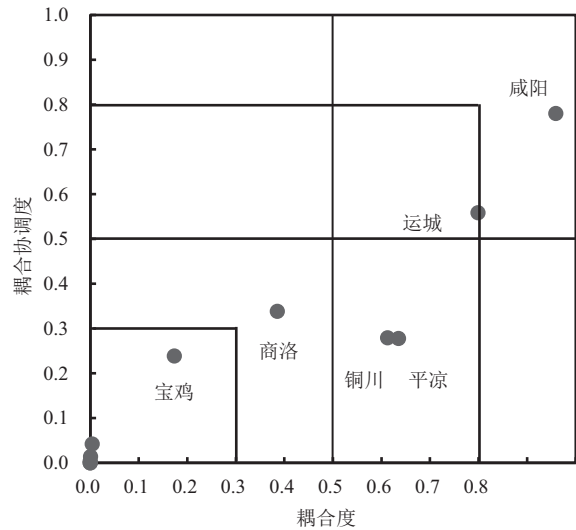


图5 产业结构调整质量与能源生态效率的空间耦合分布

六、结论与讨论

(一) 结论

本文基于幅度和质量双重维度实证考察了2002—2017年关中平原城市群产业结构调整与能源生态效率的演变特征及耦合关系,得出以下几方面的主要结论:

第一,2002—2017年间,关中平原城市群能源生态效率整体变化幅度不大,但地区差异显著,各地区不同的资源禀赋、经济基础、区位优势、政策支持等都是导致能源生态效率差异形成的内在动因;同时ML指数表明能源生态效率的增长主要依赖于技术进步率。

第二,考察期间,关中平原城市群产业结构调整幅度整体呈“波浪式”变化趋势,并存在明显的周期性,即区域三大产业从业人员的调整具有周期性,周期大致为3年;产业结构调整质量呈较稳定的上升趋势,仅在2012年出现了短暂回落,产业结构更趋合理化、高级化。

第三,区域产业结构调整与能源生态效率的整体耦合协调水平较低,两者尚未实现高水平协调发展;区域耦合协调水平与产业结构调整呈较强的正相关,说明产业结构调整是促进区域耦合协调水平提升的关键性因素,未来应重点通过产业结构优化升级来助力区域耦合协调水平的整体提升。

第四,区域产业结构调整质量与能源生态效率的耦合协调度普遍高于产业结构调整幅度与能源生态效率的耦合协调度,且区域各城市产业结构调整质量与能源生态效率的空间耦合分布优于产业结构调整幅度与能源生态效率的空间耦合分布,说明改善区域能源生态效率应以提高产业结构调整质量为主。

(二) 政策启示

根据上述实证分析结论,本研究对关中平原城市群产业结构调整升级、能源生态效率的提高及实现产业结构调整与能源生态效率耦合协调发展具有一定的政策启示。

第一,大力推进能源技术进步,缩小城市间能源生态效率差距。研究表明,关中平原城市群各城市间的能源生态效率地区差异显著,且技术进步是推动能源生态效率提高的重要动力。因此在未来的发展中应重点推进能源技术进步,增强企业科技创新与自主研发的能力,积极开发清洁低碳能源,从根本上降低能源消耗强度,改善区域能源生态效率。对于各城市而言,西安的能源生态效率远高于区域其他城市。因此西安在快速发展的同时要帮助和扶持中、低能效城市,通过传授先进的节能办法和管理经验提升其能源生态效率,缩小各城市间能源生态效率差距,进而促进区域整体能源生态效率的提高。

第二,合理推进产业结构调整,促进产业结构优化升级。关中平原城市群区域三大产业从业人员的调整具有明显的周期性,今后在产业结构调整幅度上应该注重产业结构之间人员的合理配置,积极促进三产人员的更换,积极发展优势产业并鼓励人员参与,形成劳动力在产业间与产业内良好的动态流动机制;在产业结构调整质量方面,应加快产业结构由“重型化”格局向“轻型化”格局的转型,推动资源要素持续向高附加值、低能耗的新兴技术制造业、服务业等高生产率产业发展。

第三,充分发挥产业结构调整质量对能源生态效率提升的促进作用,推动产业结构与能源生态效率协调发展、共同进步。对于关中平原城市群而言,产业结构优化升级是实现产业结构与能源生态效率二者耦合协调发展的关键,尤其是产业结构调整质量的提升能有效促进能源生态效率的提高。从能源消费来看,区域产业结构调整应重点考虑以下两个方面:一是大力发展第三产业,减轻对能源需求量的压力;二是优化第二产业内部结构,大力发展能耗低的高新技术产业,从而降低第二产业对能源的需求量。同时在发展的过程中要牢固树立“生态文明,绿色发展”理念,坚持走绿色发展道路,形成节约资源和保护环境的空间格局和产业结构,推动关中平原城市群真正实现区域内良性互动、协调发展的局面。

参考文献

- [1] 陈龙,李金昌,程开明,2016.中国城市能源效率测算[J].商业经济与管理(7):83-96.
- [2] 关伟,许淑婷,2014.辽宁省能源效率与产业结构的空间特征及耦合关系[J].地理学报,69(4):520-530.
- [3] 柯善咨,向娟,2012.1996—2009年中国城市固定资本存量估算[J].统计研究,29(7):19-24.
- [4] 孟凡生,邹韵,2018.基于PP-SFA的能源生态效率动态评价——以我国30个省市自治区为例[J].系统工程,36(5):47-56.
- [5] 王晓岭,武春友,2015.“绿色化”视角下能源生态效率的国际比较——基于“二十国集团”面板数据的实证检验[J].技术经济,34(7):70-77.
- [6] 王腾,严良,易明,2017.中国能源生态效率评价研究[J].宏观经济研究(7):149-157.
- [7] 魏楚,沈满洪,2008.结构调整能否改善能源效率:基于中国省级数据的研究[J].世界经济(11):77-85.
- [8] 王强,郑颖,伍世代,等,2011.能源效率对产业结构及能源消费结构演变的响应[J].地理学报,66(6):741-749.
- [9] 徐卓顺,2015.东北三省能源效率与产业结构耦合协调度测度[J].城市问题(10):63-68.
- [10] 于斌斌,2017.产业结构调整如何提高地区能源效率?——基于幅度与质量双维度的实证考察[J].财经研究,43(1):86-97.
- [11] 朱胜清,曹卫东,罗健,等,2013.我国能源效率对产业结构演变响应的区域差异研究[J].人文地理,28(6):118-125.
- [12] 周肖肖,丰超,魏晓平,2015.能源效率、产业结构与经济增长——基于匹配视角的实证研究[J].经济与管理研究,36(5):13-21.
- [13] 张俊,林卿,2017.福建省工业结构调整与能源效率的耦合协调性研究[J].福建农林大学学报(哲学社会科学版),20(6):43-49.
- [14] FINDEISEN S, SUDEKUM J, 2008. Industry churning and the evolution of cities: Evidence for germany[J]. Journal of Urban Economics, 2008, 64(2): 326-339.
- [15] KAMBARA T, 1992. The energy situation in china[J]. China Quarterly, 131: 608-636.
- [16] SUE W, IAN E, RICHARD S, 2004. Explaining long-run changes in the energy intensity of the U. S. economy[M]. MA: Cambridge University Press.
- [17] VACLAV S, 1990. China's energy[R]//Report prepared for the U. S. congress. Washington, D. C: Office of Technology Assessment.

The Evolution Characteristics and Coupling Relationship between Industrial Structure Adjustment and Energy Eco-efficiency: Taking Guanzhong Plain Urban Agglomeration as an Example

Tang Xiaoling, Feng Yanrong, Du Li

(College of Management, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an 710055, China)

Abstract: From the perspective of ecological civilization construction, an energy eco-efficiency evaluation system based on the “energy-economy-environment-society” system is constructed, and then the evolution characteristics and coupling relationship between the industrial structure adjustment and energy eco-efficiency of Guanzhong Plain urban agglomeration from two dimensions of range and quality are empirically studied. The results show as follows. The overall energy eco-efficiency of the Guanzhong Plain urban agglomeration has not changed much from 2002 to 2017, but the differences among regions are significant. The growth of energy eco-efficiency mainly depends on the rate of technological progress. The range of regional industrial structure adjustment is in a significant periodic change which is roughly 3 years and the quality of industrial structure adjustment shows a relatively stable upward trend. The overall level of coupling and coordination between regional industrial structure adjustment and energy eco-efficiency is low and has not reached a high level of coordinated development. The industrial structure adjustment is a key factor to promote the improvement of regional coupling and coordination. The coupling between industrial structure adjustment quality and energy eco-efficiency is superior to the coupling between industrial structure adjustment range and energy eco-efficiency, indicating that improving regional energy eco-efficiency should focus on improving the quality of industrial structure adjustment.

Keywords: industrial structure adjustment; energy eco-efficiency; evolution characteristics; coupling relationship