

刘德强,沙海江,吴成亮. 中国省域生态经济系统耦合协调发展时空分异[J]. 江苏农业科学,2018,46(5):338-342.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.05.086

中国省域生态经济系统耦合协调发展时空分异

刘德强¹, 沙海江^{2,3}, 吴成亮¹

(1. 北京林业大学经济管理学院,北京 100083; 2. 北京市海淀区人民政府办公室,北京 100089;

3. 北京理工大学管理与经济学院,北京 100081)

摘要:通过构建生态环境与经济发展评价指标体系,借助熵值法商定各指标的权重,并基于耦合度和耦合协调度模型定量测度 2000—2015 年中国以及 30 个省份单元生态环境与经济耦合度和耦合协调度,对其时空变动趋势进行分析。结果发现,2000—2015 年期间中国生态环境与经济耦合度和耦合协调度总体上呈现明显上升趋势。从空间格局演变来看,30 个省份单元耦合度和耦合协调度存在明显差异,表现为东部地区优于中西部地区。随着时间的推移,各区域间耦合协调度差异逐步缩小。

关键词:生态环境;经济发展;耦合度;耦合协调;时空分异;熵值法;权重;政策建议

中图分类号: F062.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)05-0338-05

生态环境与经济发展耦合协调关系的研究由来已久,且日益受到重视。生态环境与经济发展相协调是可持续发展的核心^[1],二者协调发展的内涵包括 3 个方面:经济的发展应在资源环境承载力阈值之内,在可持续基础上,达到经济发展的最大化;依靠经济发展,提高环境承载力^[2-3]。长期以来,许多学者对生态环境与经济耦合关系进行了研究。从最初的将环境污染纳入到投入产出表,分析其对经济增长等各部门之间的要素投入与产出关系^[4],到环境经济学家库兹涅茨提出 EKC 曲线,随后许多学者对 EKC 曲线进行了验证研究,有的学者认为仅用单一指标分析经济与环境的关系是不充分的,须要采用复合指标进行研究^[5-6]。于是,一些学者从物理学中借用耦合与协调发展度概念对经济与环境系统的协调关系进行了研究,如廖重斌提出的协调度模型^[7]、刘耀彬等提出的耦合关联模型^[8]等被普遍应用。

由于我国统计年鉴中香港、澳门、台湾、西藏 4 个地区数据缺失较多,为便于研究,笔者选取我国 30 个省[市、区(不含港、澳、台、藏)]为研究区域,通过构建生态环境与经济发展评价指标体系,借助熵值法商定各评价指标的权重,并基于耦合度和耦合协调度模型定量测度 2000—2015 年我国以及 30 个省份单元生态环境与经济耦合度和耦合协调度,对其时间变动趋势、空间分布格局及演变趋势进行分析,相应提出推进我国生态经济系统耦合协调发展的政策建议。

1 生态环境与经济发展耦合关系评价模型

为了评价生态环境与经济耦合协调度,须要对 2

个系统分别进行评价。指标体系的建立是对 2 个系统进行评价的首要步骤,指标体系的合理性直接决定了评价结果的科学性和准确程度。其次,对各指标的数据进行标准化处理,测算各指标的权重。最后,介绍耦合度及耦合协调度模型。

1.1 生态环境与经济发展评价指标体系

根据生态环境-经济发展耦合协调系统的特征,遵循全面性、动态性、科学性和可操作性等指标选取的原则,结合相关学者的研究^[9-11],构建生态环境与经济发展评价指标体系(表 1)。

关于生态环境系统方面,本研究以经济合作发展组织提出的压力-状态-响应(pressure-state-respond,PSR)模型作为指标体系设计的框架。该模型能够全面地反映生态系统中自然、经济、社会等多种要素系统之间相互作用的因果关系,因其适用于不同的空间尺度和生态范畴,所以被广泛应用于多个研究领域^[12]。指标体系共由三大分类层、16 个评价指标组成,具体包括以下几个方面:(1)压力因子方面。废水排放量、工业废气排放量、工业固体废物产生量以及农用化肥施用量表征了人类活动对生态环境造成的污染水平,污染排放量越高,生态环境质量越差;单位 GDP 能耗以及城市用水量表征了人类活动导致的资源能源消耗水平,其消耗量越高,对生态环境造成的压力越大,生态环境质量也就越差。(2)状态因子方面。人均水资源量反映了地区水资源量的丰富程度;人均公园绿地面积以及森林覆盖率综合反映了地区的植被覆盖程度,植被覆盖程度的提高对生态环境质量的改善至关重要;人均耕地面积反映了地区土地资源的承载力。(3)响应因子方面。工业废气治理设施数、工业废水排放达标率以及工业固体废物综合利用率体现了企业对生产经营活动所产生的污染排放物的控制;生活垃圾无害化处理率反映了对人类生活污染物排放的控制;环保投资占 GDP 的比重以及当年人均造林面积则从政府投资以及政策层面反映了政府为改善生态环境质量作出的响应。

关于经济发展系统方面,本研究借助层次分析法将经济发展系统划分为 3 个分类层,分别是经济水平、经济结构、经

收稿日期:2017-12-11

基金项目:国家林业局软科学项目(编号:2015-R24);北京市园林绿化局青年科技专项(编号:2016HXFWJGX018);国家林业局业务委托项目(编号:JYC2017-62,ZDWT-2017-10)。

作者简介:刘德强(1993—),男,山东平邑人,硕士研究生,主要从事资源与环境经济理论与政策研究。E-mail:liudq_bjfu@163.com。

通信作者:吴成亮,博士,副教授,主要从事林业经济、环境经济、技术经济研究。E-mail:wu_bjfu@163.com。

表 1 生态环境与经济发展评价指标体系

系统层	分类层	指标层	指标单位	正/负指标类型	权重
生态环境系统	压力	废水排放量	万 t	-	0.012
		工业废气排放量	亿 m ³	-	0.010
		工业固体废物产生量	万 t	-	0.009
		农用化肥施用量	万 t	-	0.016
		单位 GDP 能耗	t/万元,以标准煤计	-	0.012
		城市用水总量	亿 m ³	-	0.031
	状态	人均水资源量	m ³	+	0.151
		人均公园绿地面积	m ²	+	0.045
		森林覆盖率	%	+	0.092
		人均耕地面积	hm ²	+	0.116
	响应	工业废气治理设施数	套	+	0.116
		城市污水处理率	%	+	0.043
		工业固体废物综合利用率	%	+	0.044
		生活垃圾无害化处理率	%	+	0.040
		环境污染治理投资占 GDP 比重	%	+	0.097
		当年人工造林面积	khm ²	+	0.167
经济发展系统	经济水平	GDP	亿元	+	0.115
		人均 GDP	元	+	0.085
		地方财政收入	亿元	+	0.139
	经济结构	社会消费品零售总额	亿元	+	0.128
		第一产业增加值占 GDP 比重	%	-	0.014
		第三产业增加值占 GDP 比重	%	+	0.042
		进出口贸易总额占 GDP 比重	%	+	0.139
		外商企业投资总额占 GDP 比重	%	+	0.127
	经济效益	GDP 增长率	%	+	0.017
		全社会固定资产投资占 GDP 比重	%	+	0.024
		城镇居民人均可支配收入	元	+	0.080
		农村居民人均纯收入	元	+	0.091

济效益。(1)经济水平分类层。GDP 不仅反映一个地区的经济总量水平,也表征了该地区的实力与财富;人均 GDP 是对总体规模进行人均化处理,体现的是相对水平;地方财政收入反映了地区的经济运行状况和地方政府的履职能力;社会消费品零售总额反映一定时期内社会商品购买力的实现程度。(2)经济结构分类层。一个地区经济发展程度在一定程度上取决于经济结构是否合理健全。第三产业增加值占 GDP 的比重可以在一定程度上代表一个地区的现代化发展程度,而第一产业增加值占的 GDP 比重则体现的是一个地区的自然资源禀赋,该比重越高,则表明该地区工业现代化程度越低;进出口贸易总额占 GDP 的比重可以表征一个地区的对外贸易规模与对外开放程度;外商企业投资总额占 GDP 的比重则是对该地区外商投资吸引能力的考察。(3)经济效益分类层。经济效益是对经济发展的综合考察,从经济增长速度、基础建设程度、人们生活水平这 3 个方面出发,选取了 GDP 增长率、全社会固定资产投资占 GDP 比重、城镇居民人均可支配收入、农村居民人均纯收入 4 个指标。

1.2 数据标准化

本试验的研究区域包括我国 30 个省(市、区,以下简称为省份),不包括中国台湾、香港和澳门特别行政区以及西藏自治区。生态环境与经济发展评价指标的数据均取自 2001—2016 年《中国统计年鉴》《中国环境统计年鉴》《中国农村统计年鉴》以及各省的统计年鉴,对于个别年份的个别

地区或指标的数据缺失项,采取插值法对缺失指标进行补充。

由于生态环境与经济发展系统指标体系的复合性,各个指标量纲和数量级不同,因此在进行指标权重计算前须要对原始数据进行无量纲化处理。本研究采用标准化方法进行同一化处理,同时按照各个指标对整体系统耦合协调的影响,将指标分为正向指标与负向指标 2 类。标准化过程如下:

负向指标, $X_{ij}' = \frac{\max X_{ij} - X_{ij}}{\max X_{ij} - \min X_{ij}}$; (1)

正向指标, $X_{ij}' = \frac{X_{ij} - \min X_{ij}}{\max X_{ij} - \min X_{ij}}$ 。 (2)

式中: X_{ij} 表示指标体系中各系统第 j 项指标的实际值; X_{ij}' 为经过标准化处理后的无量纲化数值。 $\max X_{ij}$ 与 $\min X_{ij}$ 分别为第 j 项指标实际值的最大值与最小值。

1.3 熵值法赋权

在对各指标进行标准化处理后,为了测算各系统综合评价得分,须要确定各指标的权重。由于熵值法是一种客观赋权法,克服了主观赋权法的主观随意性^[13],并且相比于主成分分析法、因子分析法等客观赋权法,熵值法具有广泛的适用性^[14],因此本研究采用熵值法确定各指标权重。根据熵值法的计算方法得出各指标的权重,结果如表 1 所示。

1.4 耦合协调度模型

本研究借鉴前人的相关研究成果^[15-16],采用集成法计算各系统的综合评价得分。

$$U_i = \sum_{j=1}^p \lambda_{ij} X_{ij}' \quad i=1,2. \tag{3}$$

式中： U_1 与 U_2 分别为生态环境综合指数和经济发展综合指数； X_{ij}' 为各子系统第 j 个初始指标无量纲化后的值； λ_{ij} 为各子系统第 j 个指标的权重。由计算结果可知， $U_i \in [0,1]$ 。

1.4.1 耦合度模型 将物理学中的耦合概念和容量耦合系数模型，应用到包含生态环境和经济发展 2 个子系统的评价模型，表示为：

$$C = \left\{ \frac{(U_1, U_2)}{\left[\frac{U_1 + U_2}{2} \right]^2} \right\}^{1/2}. \tag{4}$$

式中： $U_1, U_2 \in [0,1]$ ，耦合度 $C \in [0,1]$ 。当 $C=0$ 时，耦合度最小，此时，两系统没有关联性。当 U_1 和 U_2 同时为 1 时， $C=1$ ，耦合度最大，此时两系统达到良性共振耦合。借鉴马丽等的相关研究^[9]，采用中值分段法对生态环境与经济发展耦合度进行分段。当 $0 < C \leq 0.300$ 时，生态环境与经济发展系统处于低水平耦合阶段；当 $0.300 < C \leq 0.500$ 时，生态环境与经济发展系统处于颞颞时期；当 $0.500 < C \leq 0.800$ 时，生态环境与经济发展系统进入磨合阶段；当 $0.800 < C < 1.00$ 时，生态环境与经济发展系统进入高水平耦合阶段。

1.4.2 耦合协调度模型 耦合度模型仅仅反映省份生态环境与经济发展之间的相互作用程度，无法反映二者的综合协调发展状态，即省份生态环境与经济发展是处于高水平协调发展，还是处于低水平协调发展。因此，引入生态环境与经济发展协调度模型，以更好地评价二者交互耦合的协调程度。计算公式如下：

$$D = \sqrt{C \times T}, \text{ 其中 } T = \alpha U_1 + \beta U_2. \tag{5}$$

式中： D 为耦合协调度； T 为生态环境与经济发展综合评价指数，它反映的是生态环境与经济发展系统整体协同的贡献和效应； α, β 为待定系数。由于省域生态环境与经济发展同等重要，因此取 $\alpha = \beta = 0.5$ 。由 $U_1, U_2 \in [0,1]$ ，耦合度 $C \in [0,1]$ 可知，耦合协调度 $D \in [0,1]$ 。由耦合协调度的计算公式可知，生态环境与经济发展综合评价指数越高，二者耦合度及耦合协调度越高，反之亦然。借鉴以往学者的研究成果，采取均匀分布函数法将耦合协调指数划分为 10 个区间（表 2），以更好地说明省域生态环境与经济耦合协调发展程度。

表 2 生态环境与经济发展耦合协调度等级划分

耦合协调度 D	类型	耦合协调度 D	类型
$0.000 \leq D \leq 0.100$	极度失调	$0.500 < D \leq 0.600$	勉强协调
$0.100 < D \leq 0.200$	严重失调	$0.600 < D \leq 0.700$	初级协调
$0.200 < D \leq 0.300$	中度失调	$0.700 < D \leq 0.800$	中级协调
$0.300 < D \leq 0.400$	轻度失调	$0.800 < D \leq 0.900$	良好协调
$0.400 < D \leq 0.500$	濒临失调	$0.900 < D \leq 1.000$	优质协调

2 生态环境与经济发展耦合协调结果分析

在建立生态环境与经济发展评价指标体系后，通过熵权法确定各指标权重并得出各系统的综合评价指数，根据耦合度及耦合协调度公式测算出中国以及 30 个省份的生态环境与经济发展耦合度指数及耦合协调度指数。

2.1 时间变动趋势分析

为更直观地显示中国生态环境与经济发展耦合关系的变

化趋势，绘制中国生态环境与经济发展耦合度及耦合协调度变化趋势图（图 1）。同时，根据耦合度及耦合协调度等级划分标准，对 2000—2015 年期间我国历年的生态环境与经济发展耦合类型及耦合协调类型进行划分（表 3）。

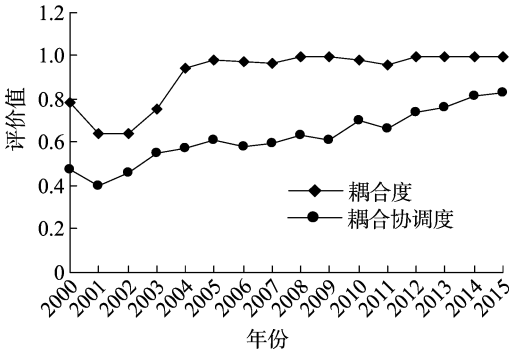


图1 我国生态环境与经济发展耦合度及耦合协调度变化趋势

2.1.1 生态环境与经济发展耦合度变化趋势 2000—2005 年期间耦合度指数呈现出先降低后上升的趋势，2002 年耦合度指数最小（0.638），2005 年达到最大值（0.983）。此后，2005—2015 年期间耦合度指数一直维持平稳变化趋势，指数值波动变化较小。从耦合阶段的变化来看，2000—2003 年期间，我国生态环境与经济发展处于磨合阶段，此后，2004—2015 年期间二者进入高水平耦合阶段，生态环境与经济发展相得益彰、共同发展（表 3）。总的来说，2000—2015 年期间我国生态环境与经济发展的耦合度一直处于较高水平，二者相互作用较强。

2.1.2 生态环境与经济发展耦合协调发展度变化趋势 除个别年份略有下滑之外，耦合协调度呈现出平稳增长趋势，从 2001 年的最低值 0.401 增长到 2015 年的最高值 0.827，其耦合协调类型的变化经历了以下几个阶段：2000—2002 年濒临失调类型、2003—2007 年勉强协调类型、2008—2011 年初级协调类型、2012—2015 年中级协调类型（表 3）。我国生态环境与经济发展协调发展程度的不断提高，根源于生态环境质量改善与经济发展水平的提高。进入 21 世纪以来，我国的经济的发展一直处于高速增长状态，国民生产总值持续增加，产

表 3 我国生态环境与经济发展耦合阶段与耦合协调类型

年份	U_1	U_2	C	D	耦合阶段	耦合协调类型
2000	0.382	0.188	0.782	0.472	磨合阶段	濒临失调
2001	0.361	0.139	0.644	0.401	磨合阶段	濒临失调
2002	0.489	0.186	0.638	0.464	磨合阶段	濒临失调
2003	0.544	0.255	0.756	0.549	磨合阶段	勉强协调
2004	0.409	0.291	0.944	0.575	高水平耦合	勉强协调
2005	0.419	0.348	0.983	0.614	高水平耦合	初级协调
2006	0.303	0.385	0.972	0.578	高水平耦合	勉强协调
2007	0.316	0.415	0.964	0.593	高水平耦合	勉强协调
2008	0.390	0.406	0.999	0.630	高水平耦合	初级协调
2009	0.372	0.385	0.999	0.615	高水平耦合	初级协调
2010	0.557	0.453	0.979	0.703	高水平耦合	中级协调
2011	0.389	0.521	0.959	0.661	高水平耦合	初级协调
2012	0.534	0.567	0.998	0.741	高水平耦合	中级协调
2013	0.563	0.613	0.996	0.766	高水平耦合	中级协调
2014	0.658	0.683	0.999	0.819	高水平耦合	中级协调
2015	0.648	0.731	0.993	0.827	高水平耦合	中级协调

业结构不断优化,同时生态文明建设的提出与落实也使得生态环境恶化的态势得到抑制,生态环境质量开始好转。

2.2 空间格局变化分析

为显著识别我国生态环境与经济发展耦合阶段及耦合协调类型的空间格局分布差异,本研究选取 2000、2005、2010、2015 年的数据进行对比分析,其各省份的耦合度及耦合协调度见表 4。

表 4 2000—2015 年各省生态环境与经济发展耦合度及耦合协调度

地区	C				D			
	2000 年	2005 年	2010 年	2015 年	2000 年	2005 年	2010 年	2015 年
北京	0.998	0.988	0.952	0.880	0.507	0.540	0.592	0.626
天津	0.953	0.990	0.999	0.943	0.459	0.505	0.532	0.565
河北	0.334	0.536	0.805	0.927	0.246	0.339	0.471	0.581
山西	0.248	0.559	0.654	0.821	0.216	0.309	0.408	0.516
内蒙古	0.143	0.401	0.630	0.727	0.180	0.321	0.441	0.556
辽宁	0.713	0.777	0.924	0.989	0.373	0.432	0.529	0.595
吉林	0.226	0.465	0.642	0.846	0.206	0.315	0.420	0.518
黑龙江	0.159	0.352	0.575	0.775	0.193	0.285	0.414	0.513
上海	0.990	0.864	0.833	0.743	0.475	0.501	0.540	0.573
江苏	0.765	0.994	0.970	0.885	0.396	0.528	0.593	0.665
浙江	0.546	0.842	0.945	0.998	0.370	0.514	0.624	0.711
安徽	0.307	0.559	0.744	0.902	0.217	0.308	0.429	0.561
福建	0.624	0.682	0.803	0.969	0.383	0.453	0.531	0.631
江西	0.224	0.367	0.487	0.774	0.198	0.280	0.399	0.542
山东	0.544	0.839	0.978	0.985	0.331	0.451	0.579	0.675
河南	0.626	0.524	0.836	0.998	0.338	0.316	0.458	0.577
湖北	0.342	0.503	0.789	0.976	0.258	0.326	0.457	0.594
湖南	0.298	0.460	0.682	0.901	0.227	0.313	0.439	0.584
广东	0.995	0.998	1.000	0.943	0.543	0.569	0.670	0.730
广西	0.215	0.328	0.484	0.724	0.206	0.272	0.384	0.517
海南	0.601	0.341	0.535	0.831	0.381	0.290	0.403	0.492
重庆	0.329	0.452	0.599	0.919	0.234	0.300	0.420	0.568
四川	0.224	0.384	0.726	0.950	0.214	0.299	0.458	0.589
贵州	0.110	0.289	0.474	0.617	0.137	0.227	0.330	0.462
云南	0.118	0.236	0.334	0.658	0.164	0.243	0.347	0.495
陕西	0.302	0.478	0.608	0.872	0.237	0.294	0.401	0.534
甘肃	0.291	0.373	0.554	0.699	0.206	0.250	0.331	0.442
青海	0.266	0.310	0.418	0.694	0.207	0.234	0.307	0.432
宁夏	0.319	0.509	0.563	0.737	0.235	0.304	0.354	0.451
新疆	0.179	0.307	0.439	0.706	0.193	0.265	0.343	0.484

2.2.2.1 2000 年我国生态环境与经济发展耦合阶段及耦合协调类型的空间格局分布 由表 4 可知,各省的耦合阶段分为以下几类:(1)高水平耦合阶段,包括北京、天津、上海、广东;(2)磨合阶段,包括辽宁、江苏、浙江、福建、山东、河南、海南;(3)颀颀时期,包括河北、安徽、湖北、重庆、陕西、宁夏;(4)低水平耦合阶段,除上述 3 种类型之外的地区。由此可以看出,处于低水平耦合阶段的省份有 13 个,占总数的 43%,且这些省份多分布在我国西北地区以及西南地区,经济发展水平较低,生态环境与经济发展耦合度较低。此外,处于高水平耦合阶段以及磨合阶段的省份多分布在我国东部沿海地区,这些省份经济发展水平相对较高,对生态环境与经济发

展起到了重要的作用。

调、濒临失调、轻度失调、中度失调、严重失调。其中,北京、广东为勉强协调,天津、上海为濒临失调;轻度失调的省份有辽宁、江苏、浙江、福建、山东、河南以及海南 7 个省份。与其他省份相比,上述这些省份生态环境与经济发展耦合协调情况相对较好,与耦合阶段对比可发现,这些省份基本对应了处于磨合阶段以及高水平耦合阶段的省份。此外,中度失调以及严重失调的省份有 19 个,占总数的 63%。总体而言,2000 年我国各省生态环境与经济发展耦合协调发展水平较低,半数以上的省份生态环境与经济发展明显失调,且存在地区之间耦合协调发展水平差异大的情况,东部地区明显优于中西部地区。

2.2.2.2 2005 年我国生态环境与经济发展耦合阶段及耦合协调类型的空间格局分布 与 2000 年相比,2005 年各省耦合阶段依然分为 4 类,但各阶段的数量发生了变化。其中,除贵州、云南仍处于低水平耦合阶段以外,其余 11 个省份耦合度明显提高,进入颀颀时期。因此,处于颀颀时期的省份达到了 13 个,占据总数的 43%,同样地,磨合阶段以及高水平阶段的数量也在增加。耦合协调类型按耦合协调度从高至低依次分为勉强协调、濒临失调、轻度失调、中度失调。其中,北京、天津、上海、浙江、江苏、广东为勉强协调区,这 6 个省份主要分布在我国东部沿海发达地区,且均处于高水平耦合阶段,无论是耦合度还是耦合协调度均优于我国其他省份。除上述 6 个省份外,其余省份均面临不同程度的失调,包括 3 个濒临失调区、12 个中度失调区以及 9 个轻度失调区,但不存在严重失调省份。12 个中度失调区包括以重庆、四川为代表的西南地区

和以甘肃、青海为代表的西北地区,其耦合度均处于颀颀时期;9 个轻度失调区主要包括以安徽、湖南、湖北、江西等为代表的中部地区。从 2005 年各省耦合阶段及耦合协调类型的分布情况可以看出,我国生态环境与经济发

展的耦合协调度依然呈现出自西向东逐渐变好的趋势,对比 2000 年的情况发现,各省的生态环境与经济发展耦合度得到改善,且区域间差距呈现出缩小的趋势。

2.2.2.3 2010 年我国生态环境与经济发展耦合阶段及耦合协调类型的空间格局分布 各省的耦合阶段分为 3 类,处于颀颀时期的共 6 个省份,分别是江西、广西、贵州、云南、青海以及新疆,其余省份均处于磨合阶段或者高水平耦合阶段,其中处于高水平耦合阶段的省份有 10 个,与 2005 年(7 个)相比略有提高,主要以北京、天津以及长三角地区为主。从耦合阶段的分布变化可以看出,我国各省生态环境与经济发展耦合度进一步提高,且省份间耦合度的差距在进一步缩小。耦合协调类型按耦合协调度从高至低依次分为初级协调、勉强协调、濒临失调、轻度失调。其中,初级协调以及勉强协调的省份共 9 个,与 2005 相比增加了 3 个,分别是辽宁、福建、山东,均为东部沿海发达地区,这些地区由于其经济水平的快速发展以及环保政策的有效落实,率先进入生态环境与经济发展协调发展的阶段。轻度失调的省份包括江西、广西、贵州、云南、甘肃、青海、宁夏、新疆共计 8 个,比 2005 年中度失调的省份减少 4 个,即黑龙江、陕西、重庆、四川。与 2005 年对比可以看出,相当一部分省份的耦合协调度明显提高,进入了更高水平的耦合协调类型。

2.2.2.4 2015 年我国生态环境与经济发展耦合阶段及耦合协

调类型的空间格局分布 这一时期,各省的耦合阶段分为 2 类,分别是高水平阶段、磨合阶段。内蒙古、黑龙江、上海、江西、广西、贵州、云南、甘肃、青海、宁夏、新疆这 10 个省份处于磨合阶段,这些省份基本分布在我国西北以及西南地区。其中,上海的耦合度出现了下滑,从其生态环境系统以及经济发展系统的综合评价指数来看,其原因主要是经济的持续高速发展与生态环境质量的缓慢变化,最终导致二者差距过大,从而出现协调发展程度的下滑。其余 20 个省份均处于高水平耦合阶段,与 2010 年相比,处于高水平耦合阶段的省份数量实现了翻倍的增长,这些增加的省份基本分布在我国中部地区。因此,在东部地区率先跨入高水平耦合阶段之后,中部地区随之也步入了高水平耦合阶段,使得区域间差距进一步缩小。

耦合协调类型按耦合协调度从高至低依次分为中级协调、初级协调、勉强协调、濒临失调。其中,濒临失调省份共 7 个,而 2010 年濒临失调以及轻度失调的省份共计 21 个,经对比可知我国生态环境与经济协调度的耦合协调度从整体上过渡到了更高的水平,二者良性互动的态势持续不变。除濒临失调省份外,其余省份均进入生态环境与经济发展耦合协调发展的阶段,其中勉强协调省份的数量达到了 17 个,占据总数的 57%;初级协调省份以及中级协调省份包括北京、江苏、浙江、福建、山东、广东共计 6 个省份。从耦合协调类型的分布可以看出,我国生态环境与经济发展耦合协调度的空间分布格局总体保持不变,即东部地区优于中部地区,中部地区优于西部地区。从各耦合协调类型分布数量的变化可以看出,我国各省生态环境与经济发展耦合协调类型的分布结构正在从“金字塔”型分布向“橄榄球”型分布转变,区域间生态环境与经济发展耦合协调度的差距进一步缩小。

3 结论

本研究构建了生态环境与经济发展评价指标体系,基于耦合度模型以及耦合协调度模型测算出 2000—2015 年我国以及 30 个省份生态环境与经济发展耦合度及耦合协调度。通过对测算结果时间变动趋势及空间格局演变分析得出以下结论:(1)从时间变动趋势来看,2000—2015 年期间我国生态环境与经济协调度的耦合度和耦合协调度总体上呈现明显上升态势,这说明我国 30 个省份单元的生态环境与经济发展之间存在着趋向协调发展的趋势。具体来说,耦合度呈现先回落而后增长并保持平稳的态势,由磨合阶段进入高水平耦合阶段。其中,2000—2005 年间耦合度呈现出先回落而后增长的趋势,耦合度的区域差异过大是造成这种情况的主要原因。耦合协调度总体呈现平稳增长趋势,耦合协调度从 2001 年的最低值 0.401 增长到 2015 年的最高值 0.827;耦合协调类型实现了从濒临失调到中级协调的转变。(2)从空间分布格局来看,我国各个区域的生态环境与经济发展交互作用的耦合度和耦合协调度存在着明显的区域差异,且表现出东部地区普遍优于中部地区,中部地区普遍优于西部地区的空间格局分布规律。由此可以看出,耦合度和耦合协调度的空间分布格局与区域经济发展水平之间存在很强的空间对应关系,造成这种情况的主要原因是耦合度和耦合协调度的高低很大程度上取决于经济发展水平的高低。(3)从空间分布格局的演变来看,对 2000、2005、2010、2015 年我国 30 个省份生态环境

与经济发展耦合阶段及耦合协调类型的分析表明,随着时间的推移,我国各省份生态环境与经济发展耦合协调类型的空间分布格局正在从“金字塔”型分布向“橄榄球”型分布转变,即大多数区域从面临着不同程度的失调开始向初级程度的协调转变,各区域间生态环境与经济发展耦合协调度的差距正在逐步缩小。(4)经济发展水平和生态环境质量状况共同影响了二者耦合协调发展的程度。我国地区间的经济发展水平和生态环境质量状况长期处于不平衡的状态。东部发达地区经济发展水平领先于全国平均水平,但同时存在着环境污染与资源过度使用的情况,这种非协调状况制约了东部地区的持续发展,因此调整产业结构、发展高附加值、低能耗的第三产业和高科技产业则成为东部地区的必由之路。中西部地区资源丰富,但通过资源换取经济发展的方式已然导致了很多环境问题,因此这些地区也必须进行工业技术革新,对重要的资源型产业进行升级换代,减少资源浪费,降低污染物对环境的破坏,促进区域经济发展与生态环境协调发展。

参考文献:

- [1] 张晓东,朱德海. 中国区域经济与环境协调度预测分析[J]. 资源科学,2003,25(2):1-6.
- [2] 李胜芬,刘斐. 资源环境与社会经济协调发展探析[J]. 地域研究与开发,2002,21(1):78-80.
- [3] 韩瑞玲,佟连军,佟伟铭,等. 沈阳经济区经济与环境系统动态耦合协调演化[J]. 应用生态学报,2011,22(10):2673-2680.
- [4] 江红莉,何建敏. 区域经济与生态环境系统动态耦合协调发展研究——基于江苏省的数据[J]. 软科学,2010,24(3):63-68.
- [5] Dinda S. Environmental kuznets curve hypothesis: a survey[J]. Ecological Economics,2004,49(4):431-455.
- [6] 李玉文,徐中民,王勇,等. 环境库兹涅茨曲线研究进展[J]. 中国人口·资源与环境,2005,15(5):7-14.
- [7] 廖重斌. 环境与经济协调发展的定量评判及其分类体系——以珠江三角洲城市群为例[J]. 热带地理,1999,19(2):171-177.
- [8] 刘耀彬,李仁东,宋学锋. 中国区域城市化与生态环境耦合的关联分析[J]. 地理学报,2005,60(2):237-247.
- [9] 马丽,金凤君,刘毅. 中国经济与环境污染耦合度格局及工业结构解析[J]. 地理学报,2012,67(10):1299-1307.
- [10] 王琦,汤放华. 洞庭湖区生态-经济-社会系统耦合协调发展的时空分异[J]. 经济地理,2015,35(12):161-167.
- [11] 刘定惠,杨永春. 区域经济-旅游-生态环境耦合协调度研究——以安徽省为例[J]. 长江流域资源与环境,2011,20(7):892-896.
- [12] 李汝资,宋玉祥,李雨婷,等. 近 10 年来东北地区生态环境演变及其特征研究[J]. 地理科学,2013,33(8):935-941.
- [13] 袁久和,祁春节. 基于熵值法的湖南省农业可持续发展能力动态评价[J]. 长江流域资源与环境,2013,22(2):152-157.
- [14] 朱蕾,葛晓,郭海宁,等. 基于熵权的扬州市生态环境质量模糊综合评价研究[J]. 环境科学与管理,2013,38(7):161-166.
- [15] 陈泓冰,艾建国,鲁璐. 湖北省城市化发展与生态环境耦合协调分析[J]. 湖北社会科学,2012(3):59-64.
- [16] 柴莎莎,延军平,杨谨菲. 山西经济增长与环境污染水平耦合协调度[J]. 干旱区资源与环境,2011,25(1):130-134.