

# 安徽省产业结构演变的生态环境效应

崔木花<sup>1</sup>

(淮北师范大学 经济与管理学院, 中国安徽 淮北 235000)

**【摘要】:** 基于产业结构熵值、工业结构特征偏向指数等方法, 利用安徽省 2006—2016 年相关数据, 对安徽省产业结构演变的环境效应进行了分析。结果表明: ①随着安徽省产业结构熵值的变小, 三大产业结构内部各产业间的协同性不断提高, 结构比也渐趋合理, 对生态环境带来的正向影响效应逐步显现。②2006—2011 年, 安徽省产业结构的合理化和高级化程度皆不高, 导致其产业优化升级指数呈现下降趋势, 产业结构演变的环境正效应并未体现, 2011 年以来, 随着产业结构优化升级的速度逐渐加快, 安徽省生态环境质量明显得到提升。③2006—2016 年, 安徽省四大工业污染物排放强度呈现不同程度的下降, 其中工业 SO<sub>2</sub> 和工业固废排放 ICB 值下降较为明显。随着工业污染排放水平的降低, 生态环境质量有所提升, 但提升速率较慢。工业结构内部行业中, 煤炭开采与洗选业、化学原料和化学制品制造业等八大行业工业污染排放相对较大。

**【关键词】:** 产业结构演变 产业结构熵 工业污染 生态环境质量

**【中图分类号】:** F121.3 **【文献标志码】:** A **【文章编号】:** 1000-8462 (2020) 08-0131-07

产业结构既是人类经济活动和生态环境的重要连接体, 也是各类经济投入的“资源转换器”<sup>[1]</sup>, 又是各种“污染物种类和数量的控制体”<sup>[2]</sup>。一方面, 产业结构的组合类型在很大程度上决定着经济效益、能源资源利用效率及其对环境的胁迫效应<sup>[3]</sup>; 另一方面, 区域资源环境承载力也制约着产业结构及其演变的方向。不同类型的产业结构消耗的资源、能源及所需从业人员不同, 从而导致其对生态环境的影响也不同, 若产业结构中污染排放较高的产业占比较大, 则对环境的影响也越大, 反之, 则对环境的影响较小。由于区域产业结构对其生态环境及资源能源的利用效率产生着重要影响, 因此, 结合区域资源环境实际, 适时调整产业结构, 推动其不断优化升级, 对促进区域经济与资源环境协调发展意义重大。

近年来, 国内外许多学者对产业结构演变的环境效应进行了研究, 学者们通过理论和实证分析论证了产业结构演变与生态环境质量有着密切关系。

Grossman 等对东亚的研究表明: 在工业化发展的不同阶段, 不同类型的产业结构对生态环境的影响也各不相同<sup>[4]</sup>。Maria Llop 利用环境投入产出法分析了 1995—2000 年西班牙的产业结构对污染排放强度的影响, 发现产业结构调整在抑制污染物排放方面发挥了积极作用<sup>[5]</sup>。彭建、张海峰等通过构建产业生态环境影响指数 (IIISNE) 对所研究区域进行实证分析后认为, 地区产业结构演变是影响环境变化的重要因素, 且不同的产业对环境的影响也不同<sup>[6-13]</sup>。刘宇、林翊和杨建林等运用典型性相关法和协整检验分析法分别对辽宁省、福建省和呼包银榆经济区产业结构变动对生态环境的动态效应研究表明, 产业结构不断优化是改善生态环境质量的重要因素<sup>[14-16]</sup>。藺雪芹等通过研究武汉城市群工业结构演变的环境效应表明, 随着工业产业结构的变化, 工业生态环境效应指数表现出先下降后上升的趋势, 且各城市的生态环境效应指数空间分异明显<sup>[17]</sup>; Wang Maojun 等对制造业的污染排放研究发现, 不同制造业污染物排放量的差异较大, 工业废水和固体废物排放量主要源于服装、皮革、羽绒制品、食品和烟草加工

**作者简介:** 崔木花 (1969-), 女, 内蒙古包头人, 博士, 教授。主要研究方向为区域经济与资源产业经济等。  
E-mail: cuimuhua@126.com。

**基金项目:** 安徽省 2016 年哲学社会科学规划项目 (AHSKY2016D103)。

业等行业，并指出这些污染物的排放量是由行业本身及其上游产业共同产生的结果<sup>[18]</sup>；王菲等通过分析中国工业结构演变的环境效应认为，工业结构是影响区域环境质量的重要因素，并指出各区域工业三废排放强度存在较大差异<sup>[19]</sup>；徐成龙、程钰等通过对山东省工业结构演变的水环境和大气环境效应研究表明，由于污染密集型产业在工业结构中占比较高，导致废水和大气污染物排放量增加，因此，调整工业结构是污染物减排的重要途径<sup>[20-21]</sup>。

上述研究对推动区域产业结构优化升级、促进区域经济与生态环境协调发展具有重要的启示意义。但从现有相关研究来看，存在以下两方面的不足，一是把产业结构视为一个整体来分析其演变的环境效应，或分析区域工业产业结构内部各行业对环境影响的研究相对较少；二是从研究地域看，对于中部区域的相关研究较少。基于此，本文以安徽省为例，在分析产业结构演变对生态环境的影响机理基础上，通过构建产业结构熵数、产业结构优化升级度指数和工业结构特征指数，分别对安徽省产业结构演变及工业结构内部各行业对生态环境的影响进行定量分析，旨在挖掘影响该省生态环境质量的结构因素，进而探寻相应的解决路径，以期为加快推动安徽省产业结构优化升级、促进其产业结构与生态环境协调发展提供有益借鉴。

## 1 产业结构演变对生态环境的影响机理

区域产业结构是指区域经济中各产业部门之间和每个产业内部的构成，以及它们之间相互制约的经济联系和数量比例关系，它是决定资源在产业间能否优化配置、高效利用的关键性因素。在产业层次上，只有产业结构合理化，资源才能得到充分利用，防止积压和浪费；只有产业结构高级化，产业的资源才能被高效利用<sup>[22]</sup>。产业结构变化，通常从以下两个方面得到体现：一方面体现在各产业之间在产出规模上的数量比例关系发生变化，另一方面体现在各产业间联系方式或关联方式发生相应变化，一般用各产业增加值在 GDP 中的比重或各产业就业人数占总就业人数的比重变化来定量评价。在区域产业结构演变过程中，由于各产业间产出比例和就业比例将发生明显的变化，从而引致各产业产出总量和产出结构、就业结构和人口集聚空间皆发生相应改变，而这些变化又将直接或间接地对区域资源能源的消费结构及各类污染物的产生或排放量产生影响，进而对区域生态环境质量产生影响，影响机理如图 1 所示。

## 2 研究方法与数据来源

### 2.1 产业结构熵数法<sup>[23]</sup>

产业结构熵是将结构比变化视为产业结构的干扰因素，用于综合反映产业结构变化程度大小的指标。其计算公式为：

$$e_t = \sum_{i=1}^n W_{i,t} \ln(1/W_{i,t}) \quad (1)$$

式中： $e_t$  为第  $t$  期产业结构熵数值； $W_{i,t}$  为  $t$  期第  $i$  产业占 GDP 的比重； $n$  为产业部门的个数。 $e_t$  值越大，产业结构中，各产业间协同性越差，结构比越不合理； $e_t$  越小，说明各产业间协同性越好，结构比越合理。因此， $e_t$  是衡量产业结构演变程度优劣的一个较好指标，本文用  $e_t$  来表征产业结构演变指数，以综合考量安徽省产业结构演变与生态环境质量的关系。

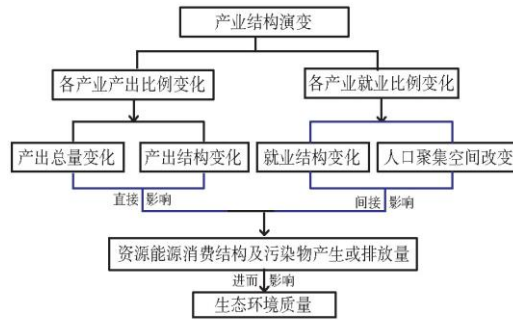


图 1 产业结构演变对生态环境的影响机理

## 2.2 产业结构优化升级度测度

区域产业结构的演变过程实质就是产业结构不断向合理化和高级化演变，从而使产业结构优化升级的过程，因此我们也可通过计算产业结构优化升级度来分析产业结构演变与生态环境质量的关系。

据此，定义产业结构优化升级度应从产业结构的合理化和高级化两个维度综合考量，已有文献中大多用产业结构偏离度衡量产业结构合理化。而于春晖等在研究中发现<sup>[24]</sup>，用重新定义的泰尔指数衡量产业结构合理化比用结构偏离度效果更优，该指数既考虑了产业的相对重要性并避免了绝对值的计算，同时它还保留了结构偏离度的理论基础和经济含义，故本文采用此法度量产业结构合理化（记为 TL）。其重新定义的泰尔指数计算公式为：

$$TL = \sum_{i=1}^n \left( \frac{Y_i}{Y} \right) \ln \left( \frac{Y_i}{L_i} / \frac{Y}{L} \right) \quad (2)$$

式中： $Y_i$ 代表三次产业产值（ $i=1, 2, 3$ ）； $Y$ 为 GDP； $L$ 为三次产业从业者总和； $L_i$ 为三次产业从业人数（ $i=1, 2, 3$ ）。若  $TL=0$ ，表明经济处于均衡状态，这时各产业部门生产率水平相同，若泰尔指数不为 0，表明产业结构偏离了均衡状态，偏离零越远，产业结构越不合理，越接近零，产业结构相对越合理。

因经济结构的服务化水平更能体现产业结构的高级化程度，故本文用第三产业产值与第二产业产值之比（记为 TS）衡量产业结构高级化程度<sup>[24]</sup>。由于在产业结构优化升级过程中，产业结构合理化的地位略高于高级化<sup>[25]</sup>，故这里赋予 TL 和 TS 的权重分别为 0.6 和 0.4，由此合成产业结构优化升级度指数，记为 TLS（ $TLS=0.6 \cdot TL+0.4 \cdot TS$ ），以进一步分析随着安徽省产业结构的优化升级，其与生态环境质量关系演变的特征。

## 2.3 指标权重的确定方法

本文利用变异系数法确定表征生态环境质量的各指标权重，可以防止因指标量纲不同而对权重产生影响，因而更能反映指标的相对重要程度。公式如下：

$$V_i = \sigma_i / \bar{x}_i \quad (i = 1, 2, \dots, 6) \quad (3)$$

式中： $V_i$ 是第  $i$  项指标的变异系数； $\sigma_i$ 是第  $i$  项指标的标准差； $\bar{x}_i$ 是第  $i$  项指标的平均数。各指标的权重为：

$$w_i = v_i / \sum_{i=1}^6 v_i \quad (i = 1, 2, \dots, 6) \quad (4)$$

为便于比较，在确定指标权重之前，首先采用极差标准化法对原始指标进行标准化处理，然后再计算指标的变异系数。本文用单位 GDP 废水排放总量、单位 GDP SO<sub>2</sub>和烟尘排放总量、单位 GDP 一般工业固废产生量、单位 GDP 水耗、能耗和电耗来综合评价生态环境质量，因这些指标都是负向指标，故对指标进行标准化处理，公式如下：

$$x'_i = \frac{\max x_i - x_i}{\max x_i - \min x_i} \quad (5)$$

式中： $x_i$ 是原始指标值； $\min x_i$ 、 $\max x_i$ 分别表示原始指标的最小、最大值。确定好权重，利用线性加权法合成生态环境质量指数（记为 EEQI），具体计算公式如下：

$$EEQI = \sum_{i=1}^6 x'_i w_i \quad (6)$$

式中： $x'_i$ 为标准化的各指标值； $w_i$ 为各指标权重。

#### 2.4 工业结构特征偏向指数法<sup>[25]</sup>

一般地，工业结构是区域环境质量的重要影响因素，工业结构不同导致其对环境的影响不同，由此产生的环境污染效应也不同。为进一步剖析安徽省工业结构与环境污染的关系，本文引入工业结构特征偏向指数（ICB<sub>i</sub>）来分析安徽工业结构的环境污染特征，公式为：

$$ICB_i = \sum_{k=1}^j (S_{ki})(Z_k) \quad (7)$$

式中：ICB<sub>i</sub>为  $i$  地区（或指某地区第  $i$  年）的工业结构特征偏向指数（在实际运用时，ICB 还可以表示某个行业的污染排放水平）； $S_{ki}$ 表示  $i$  地区  $k$  行业在该地区工业中所占的比重，用  $k$  行业总产值占地区工业总产值比重来衡量； $Z_k$ 为  $k$  行业的单位产值环境污染指数，用万元工业产值的废水排放量、SO<sub>2</sub>排放量、工业烟尘、固体废弃物排放量来衡量。显然，不同行业  $Z_k$ 值不同，高污染行业的  $Z_k$ 值高，低污染行业的  $Z_k$ 值低，而工业结构中高污染行业占比越大， $S_{ki}Z_k$ 值越大，ICB<sub>i</sub>值也随之越大，表明该地区工业结构具有高环境污染的特征，反之，ICB<sub>i</sub>值越小则其工业结构越具有低环境污染特征。

#### 2.5 数据来源

本文的研究时段为 2006—2016 年，文中原始数据主要源自 2007—2017 年《安徽统计年鉴》。各年 GDP 按 2005 年不变价计算，由于各工业行业总产值无从获取，这里用各行业规模以上工业增加值替代，个别年份（2008 年）的各行业规模以上工业增

加值缺失，用插值法计算得到。其中，计算工业结构特征偏向指数时，借鉴王菲等的研究成果<sup>[26]</sup>，各工业行业单位产值环境污染指数  $Z_k$  的值选用 2007 年全国工业分行业单位产值工业废水、SO<sub>2</sub>、工业烟尘及固废排放量的数据，因《2007 中国投入产出表》中有关行业投入产出及相关环境数据较为准确，为便于比较，故各年选择 2007 年相关数据计算  $Z_k$  作为统一衡量标准。

### 3 安徽省产业结构演变的生态环境效应分析

#### 3.1 产业结构整体演变的生态环境效应分析

据前述研究方法，计算所得安徽省 2006—2016 年产业结构熵值、产业结构合理化值 (TL)、产业结构高级化值 (TS)、产业结构优化升级度 (TLS) 及生态环境质量指数 (记为 EEQI)，见表 1 和表 2。

表 1 安徽省 2006—2016 年产业结构熵值与产业结构优化升级度指数

年份	et	TL	TS	TLS
2006	1.0255	0.2215	0.8816	0.8197
2007	1.0210	0.1919	0.8276	0.8159
2008	1.0150	0.1802	0.7703	0.8000
2009	1.0014	0.1870	0.7466	0.7864
2010	0.9817	0.2181	0.6515	0.7297
2011	0.9638	0.2417	0.5988	0.6945
2012	0.9574	0.2228	0.5985	0.7057
2013	0.9516	0.2037	0.6325	0.7308
2014	0.9520	0.1828	0.6661	0.7568
2015	0.9592	0.1569	0.7858	0.8202
2016	0.9558	0.1496	0.8593	0.8540

由表 1 可知，安徽省产业结构熵值 ( $e_t$ ) 和产业结构合理化指数 (TL) 总体呈现出减小趋势，产业结构高级化指数 (TS) 则经历了先降低后升高的发展趋势。同时可以看出，2011 年以来，安徽产业结构逐渐朝着合理化、高级化方向演变，产业结构优化升级的速度明显加快；但从  $e_t$  值的情况看，2012—2016 年  $e_t$  值变化不大，说明安徽省在此期间产业结构的协同性提高缓慢，结构比仍存在不合理等问题，产业结构优化升级的空间依然很大。

为深入分析安徽省 2006—2016 年产业结构整体演变对生态环境的影响效应，绘制了产业结构熵值、产业结构优化升级度指数和生态环境质量指数的关系图 (图 2、图 3)。

表 2 安徽省 2006—2016 年单位 GDP 资源消耗、污染排放与生态环境质量指数

年份	单位 GDP 废水排放量 (t/万元) (0.1355)	单位 GDP SO <sub>2</sub> 和烟尘排放总量 (t/万元) (0.1298)	单位 GDP 能耗 (t 标准煤/万元) (0.1789)	单位 GDP 水耗 (t/万元) (0.1491)	单位 GDP 电耗 (kW·h/万元) (0.2216)	单位 GDP 一般固废产生量 (t/万元) (0.1851)	生态环境质量指数 (EEQI)
2006	27.65	0.0149	1.174	407.22	1099.86	0.8355	0.1137
2007	25.51	0.0125	1.126	337.59	1118.33	0.8671	0.1861
2008	21.78	0.0109	1.075	343.95	1109.16	0.9774	0.1896

2009	20.55	0.0094	1.017	334.30	1088.76	0.9685	0.2575
2010	18.43	0.0079	0.970	291.84	1075.99	0.9137	0.3730
2011	21.37	0.0084	0.754	258.99	870.49	1.0085	0.4873
2012	19.93	0.0076	0.722	226.27	865.50	0.9427	0.5804
2013	18.90	0.0065	0.676	210.17	880.50	0.8475	0.6723
2014	17.71	0.0074	0.636	176.91	839.28	0.7802	0.7693
2015	16.78	0.0061	0.600	172.61	798.37	0.7809	0.8294
2016	13.24	0.0033	0.531	159.92	750.43	0.6962	1.0000

注：各指标后面括号里的数据是用变异系数法确定的各指标权重，各指标数据除了单位 GDP 能耗和电耗数据外，其余皆由安徽省 2007-2017 年统计年鉴相关数据算得。

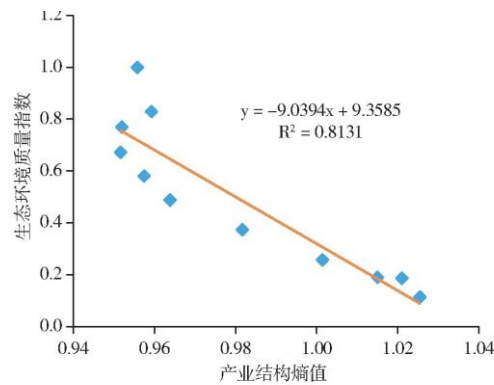


图 2 安徽省 2006—2016 年产业结构熵值与生态环境质量指数的相关关系图

从图 2 可看出，2006—2016 年，安徽省产业结构熵值与生态环境质量指数呈现出显著的负相关关系，即随着  $e_i$  的变小，生态环境质量指数呈现增大趋势，说明这段时期安徽省产业结构内部各产业间协同性逐渐向好，结构比渐趋合理，对生态环境质量产生了正向影响效应。而从图 3 来看，2006—2011 年，由于安徽省产业结构的合理化和高级化程度皆不高，导致其产业优化升级指数呈现了下降趋势，因此，这段时间安徽省产业结构给生态环境带来的正向影响效果十分有限，环境质量的提升主要是由结构以外的其他因素引起。而 2011 年以来，随着二产占比的降低，其产业结构优化升级的速度逐渐加快，生态环境质量则明显得到提升，也由此印证了产业结构的优化升级对生态环境质量的重要影响。

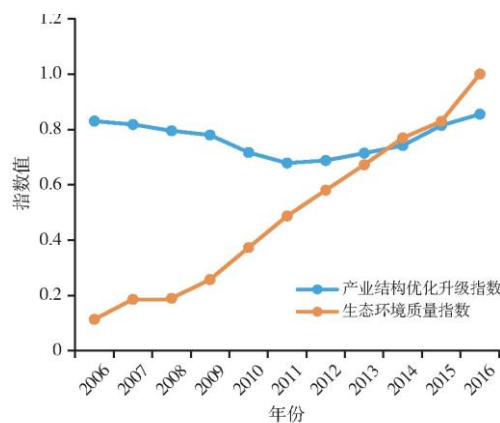


图 3 安徽省 2006—2016 年产业结构优化升级的生态环境效应

### 3.2 工业结构演变的环境效应分析

由于区域工业结构对其生态环境质量的影响较大，因此，有必要对安徽省工业结构与环境污染排放水平的关系做深入分析，以探索工业结构演变对其生态环境质量的影响程度。为此，选取安徽省近年来规模以上工业增加值占比较大的 16 个行业为代表进行分析，各行业单位产值环境污染指数  $Z_k$  的值选用 2007 年全国工业分行业单位产值工业污染排放的数据（表 3）作为统一衡量基准，然后依公式（5）分别计算安徽省 2006—2016 年各年工业污染排放的 ICB 值（表 4）以及污染排放排在前八位的行业污染排放 ICB 值（图 4）。

表 3 2007 年全国 16 个工业行业单位产值环境污染情况（单位：t/万元）<sup>[26]</sup>

制造业占比较大行业	单位产值工业废水排放	单位产值工业 SO <sub>2</sub> 排	单位产值工业烟尘排	单位产值工业固废排
		放	放	放
煤炭开采和洗选业	7.94	0.001095	0.001511	2.037817
农副食品加工业	8.49	0.000973	0.000034	0.099016
化学原料和化学制品制造业	12.09	0.004165	0.000512	0.439741
非金属矿物制品业	6.34	0.004817	0.005335	1.150901
黑色金属冶炼和压延加工业	4.65	0.004821	0.003021	0.884116
有色金属冶炼和压延加工业	1.76	0.003791	0.000593	0.349887
通用设备制造业	0.66	0.000218	0.000118	0.011779
汽车制造业	0.81	0.000151	0.000122	0.014378
电气机械和器材制造业	0.36	0.000051	0.000002	0.002413
电力、热力生产和供应业	6.61	0.043349	0.000045	1.420322
计算机、通信和其他电子设备制造业	0.76	0.000041	0.000006	0.003101
专用设备制造业	0.89	0.000236	0.000026	0.012291
纺织业	12.02	0.001473	0.000008	0.035251
橡胶和塑料制品业	1.86	0.001296	0.000038	0.032282
金属制品业	2.91	0.000453	0.000114	0.035181
医药制造业	6.74	0.001229	0.000011	0.049813

表 4 安徽省 2006—2016 年工业污染排放 ICB 及工业结构偏向指数

年份	工业废水排放 ICB 指数	工业 SO <sub>2</sub> 排放 ICB 指数	工业烟尘排放 ICB 指数	工业固废排放 ICB 指数	工业结构偏向指数 ICB
2006	3.30872	0.00456	0.00067	0.45171	3.76565
2007	3.46448	0.00434	0.00069	0.44478	3.91430
2008	3.68485	0.00441	0.00072	0.48353	4.17351
2009	3.90523	0.00447	0.00074	0.52227	4.43271
2010	3.74106	0.00398	0.00074	0.49178	4.23755

2011	3.58218	0.00370	0.00073	0.45734	4.04396
2012	3.39911	0.00383	0.00067	0.41844	3.82205
2013	3.37694	0.00359	0.00066	0.38353	3.76472
2014	3.27734	0.00336	0.00066	0.34129	3.62265
2015	3.20716	0.00344	0.00061	0.31223	3.52344
2016	3.11961	0.00328	0.00058	0.29728	3.42075

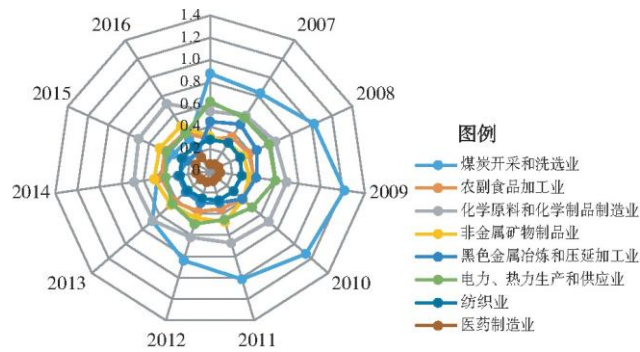


图4 安徽省 2006—2016 年煤炭开采和采选业等八大污染行业 ICB 指数分布雷达图

从表 4 可以看出，安徽省 2006—2016 年的工业污染排放中，主要来自工业废水和工业固废，二者在全部工业污染排放中平均占比分别为 89.1%和 10.78%，相对来说，来自工业  $\text{SO}_2$  和工业烟尘排放和的占比不足 1%，而形成这一局面的主要原因是制造业中占比较大的几个行业，其单位产值废水和固废的排放相应也大，因而拉高了这两项污染排放的占比水平。据表 3 和图 4，由于煤炭开采与洗选业、化学原料和化学制品制造业等八大行业单位产值工业污染排放相对较大，故算得的行业污染指数 ICB 值也跟着走高。ICB 均值排在前四位的依次是煤炭开采与洗选业 0.8004，化学原料和化学制品制造业，电力、热力生产和供应业及非金属矿物制品业 0.4133，而其他四个行业 ICB 的均值则分别为：农副产品加工业 0.3871、黑色金属冶炼和压延加工业 0.3459、纺织业 0.2780 和医药制造业 0.1014。

为便于分析安徽省 2006—2016 年各年工业污染排放强度的特征、演变趋势及其与生态环境质量的关系，绘制了图 51 和图 6。

由图 5 可知，2006—2016 年，安徽省四大工业污染排放强度呈现了不同程度的下降趋势，其中工业  $\text{SO}_2$  和工业固废排放 ICB 值下降趋势较明显，工业废水和烟尘排放 ICB 值下降得较为平缓，其对生态环境造成的负向影响仍需引起重视。据图 6，安徽省工业结构偏向指数 ICB2009 年以来呈现明显的下降趋势，而 ICB 值下降的同时，其生态环境质量指数则呈现较快的上升态势，即随着工业污染排放水平的降低，安徽省生态环境质量逐年提高，这也充分说明其工业结构演变对生态环境质量改善有着不容忽视的影响。

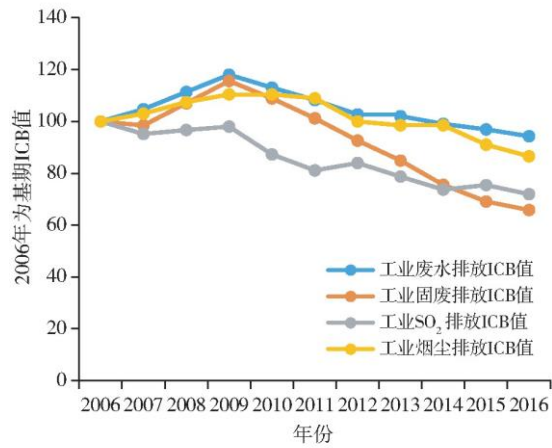


图5 安徽省 2006—2016 年四大工业污染排放 ICB 值演变趋势

## 4 结论与启示

### 4.1 结论

本文利用 2006—2016 年相关数据对安徽省产业结构演变的生态环境效应进行了分析，一方面基于产业结构熵和产业结构优化升级度把产业结构视为一个整体来分析其结构演变的环境效应，另一方面利用工业结构偏向指数对工业结构及其内部一些主要行业对生态环境的影响进行了分析。得到的主要结论如下：

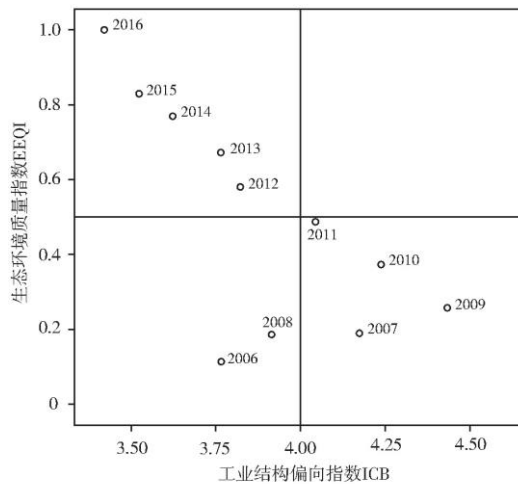


图6 安徽省 2006—2016 年工业结构偏向指数和生态环境质量指数关系图

(1) 2006—2016 年，安徽省三次产业结构基本保持“二三一”的格局，产业结构总体呈现出第二产业占主导地位的特征。随着安徽省产业结构的变迁，仍同时伴有大量的资源消耗和污染排放，短期内，环境污染对其经济增长的压力依然严峻。

(2) 2006—2016 年，安徽省产业结构熵值与生态环境质量指数呈显著的负相关关系，亦即随着  $e_i$  的变小，三大产业结构内部

各产业间的协同性不断提高，结构比也渐趋合理，对生态环境带来的正向影响效应逐步显现；通过分析产业结构优化升级度发现，2011年以来，随着安徽省产业结构的优化升级，其生态环境质量得到明显提升。

(3)从 ICB 值的计算结果看，安徽省 2006—2016 年的工业污染排放中，四大工业污染排放强度呈现了不同程度的下降，其中工业 SO<sub>2</sub>和工业固废排放 ICB 值下降较为明显。工业结构内部行业中，煤炭开采与洗选业、化学原料和化学制品制造业等八大行业工业污染排放相对较大，需进一步加大减排力度。安徽省工业结构偏向指数 ICB 总体呈下降趋势，尤其是 2009 年以后下降趋势明显，随着工业污染排放水平的降低，生态环境质量有所提升，但提升速率较慢，说明安徽省工业结构演变对生态环境的压力依然较大。

#### 4.2 启示

综上分析不难看出，安徽省产业结构的演变确实对其生态环境质量产生了不容忽视的影响，尤其工业结构演变对其生态环境质量影响较大。因此，安徽省在未来的产业结构调整及产业优化升级过程中，应着重注意处理好如下问题：

(1)既要注重提高三大产业间结构比的协同性和合理性，还要兼顾调整和优化工业结构内部各产业的比例。要继续调整安徽省三大产业间的比例关系，逐步缩小一、二产业所占比重，加快提高第三产业占比，推动其产业结构尽快向“三二一”转变，以减小对生态环境的压力。

(2)在产业结构优化升级过程中，一方面要通过工艺改革、设备更新等手段，加大对工业内部传统“三高”行业的改造和升级力度，逐步降低其单位工业产值的资源消耗和污染排放；另一方面要立足本省科技创新优势，加快推动高附加值、高加工度、高智能化产业的发展，不断提高这类产业在工业中所占比重，促使工业结构的重心向产业链下游转移，推动安徽省产业结构不断向服务化、高端化和智能化方向演变。

(3)安徽省要抢抓全面融入长三角一体化发展的战略机遇，深化与长三角发达区域的产业发展合作，立足本地资源优势，找差距、补短板、拉长板，围绕补链、延链和强链，高水平地打造承接长三角产业转移的集聚区和示范区，同时还要加强生态环境监管力度，避免承接过来的产业对当地造成污染。只有全省上下凝聚共识、齐抓共管，才能实现安徽省产业结构与生态环境的协调发展。

#### 参考文献：

- [1]崔凤军, 杨勇慎. 产业结构对城市生态环境的影响评价[J]. 中国环境科学, 1998, 18(2):166-169.
- [2]任建兰, 张淑敏, 周鹏. 山东省产业结构生态评价与循环经济模式构建思路[J]. 地理科学, 2004, 24(6):648-653.
- [3]赵雪雁, 赵海莉. 干旱区内陆河流域产业结构效益分析: 以黑河流域中游张掖市为例[J]. 西北师范大学学报(自然科学版), 2007, 43(1):91-94.
- [4]Grossman G M, Krueger A B. Economic growth and the environment[J]. The Quarterly Journal of Economics, 1995, 110(2):353-377.
- [5]Maria Llop. Economic structure and pollution intensity within the environmental input-output framework[J]. Energy Policy, 2007, 35(6):3410-3417.

- 
- [6]彭建, 王仰麟, 叶敏婷, 等. 区域产业结构变化及其生态环境效应[J]. 地理学报, 2005, 60(5):798-806.
- [7]张海峰, 白永平. 青海省产业结构变化及其生态环境效应[J]. 经济地理, 2008, 28(5):784-751.
- [8]汤进华, 钟儒刚. 武汉市产业结构变动的生态环境效应研究[J]. 水土保持研究, 2010, 17(2):259-263.
- [9]邬娜, 傅泽强, 谢园园. 产业结构变动的环境效应及案例分析[J]. 生态经济, 2013(4):29-32.
- [10]张远宾, 熊理然. 滇西北产业结构演替及其生态环境效应研究[J]. 资源开发与市场, 2015, 31(1):60-63.
- [11]李霞, 文琦, 杨瑞兰. 能源开发区产业结构演变的环境效应分析——以榆林市为例[J]. 经济地理, 2016, 36(8):127-133.
- [12]吴文洁, 吕怡静. 陕西省产业结构演替及其生态环境效应实证研究[J]. 商业经济研究, 2016(19):200-202.
- [13]陆道芬, 黄伟新. 广西产业结构调整生态环境效应研究[J]. 生产力研究, 2017(4):47-50.
- [14]刘宇, 黄继忠. 辽宁省产业结构演变的环境效应分析[J]. 资源与产业, 2013, 15(2):110-116.
- [15]林翊, 刘倩. 福建省产业结构调整对生态环境影响的实证分析[J]. 福建师范大学学报: 哲学社会科学版, 2014(1):26-32.
- [16]杨建林, 徐君. 经济区产业结构变动对生态环境的动态效应分析——以呼包银榆经济区为例[J]. 经济地理, 2015, 35(10):179-185.
- [17]蔺雪芹, 方创琳. 城市群工业发展的生态环境效应——以武汉城市群为例[J]. 地理研究, 2010, 29(12):2234-2242.
- [18]Wang Maojun, Xu Jie, Yang Xuechun, et al. The research on the relationship between industrial development and environmental pollutant emission[J]. Energy Procedia, 2011(5):555-561.
- [19]王菲, 董锁成, 毛琦梁. 中国工业结构演变及其环境效应时空分异[J]. 地理研究, 2014, 33(10):1793-1806.
- [20]徐成龙, 程钰, 任建兰. 山东省工业结构演变的水环境效应研究[J]. 华东经济管理, 2014, 28(4):18-22.
- [21]程钰, 徐成龙, 任建兰, 等. 山东省工业结构演变的大气环境效应研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2014, 24(1):157-162.
- [22]简新华, 杨艳琳. 产业经济学[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2009.
- [23]范金, 郑庆武, 梅娟. 应用产业经济学[M]. 北京: 经济管理出版社, 2004.
- [24]干春晖, 郑若谷, 余典范. 中国产业结构变迁对经济增长和波动的影响[J]. 经济研究, 2011(5):4-16.
- [25]孙学涛, 王振华, 张广胜. 全要素生产率提升中的结构红利及其空间溢出效应[J]. 经济评论, 2018(3):46-58.
- [26]王菲, 董锁成, 毛琦梁, 等. 宁蒙沿黄地带产业结构的环境污染特征演变分析[J]. 资源科学, 2014, 3(36):620-631.

---

**注释:**

1 为能在一个坐标里描述各工业污染排放 ICB 值演变趋势,以 2006 年为基期对 ICB 值进行了变换。具体变换公式为:变换后的各年 ICB 值 $= (x_i/x_0) \cdot 100$ 。式中:  $x_i$  为 2006—2016 年各年 ICB 的原始值;  $x_0$  为 2006 年 ICB 的原始值。