

引用格式: 马晓微, 石秀庆, 王颖慧, 等. 中国产业结构变化对能源强度的影响[J]. 资源科学, 2017, 39(12): 2299-2309. [Ma X W, Shi X Q, Wang Y H, et al. Impacts of industrial structural change on energy intensity in China[J]. *Resources Science*, 2017, 39(12): 2299-2309.] DOI: 10.18402/resci.2017.12.09

中国产业结构变化对能源强度的影响

马晓微, 石秀庆, 王颖慧, 廖 华

(1. 北京理工大学管理与经济学院, 北京 100081;

2. 北京理工大学能源与环境政策研究中心, 北京 100081;

3. 能源经济与环境管理北京市重点实验室, 北京 100081)

摘要: 改革开放以来, 中国总能源强度呈现整体下降的趋势, 分析影响总能源强度的因素, 对促进节能减排有着至关重要的作用。本文基于结构性因素分解方法(SDA)将能源强度分解为结构效应和效率效应, 从产业结构层次逐步深入到工业内部行业的结构层次, 从各产业和工业分行业角度分别定量分析了引起中国总能源强度和工业能源强度下降的原因。结果表明: ①目前中国总能源强度的下降主要是由于各产业能源效率的提高, 产业结构在2013年之前起到了阻碍作用, 在2013年之后起到了微弱正向促进作用; ②从各产业对总能源强度的影响上看, 工业、建筑业和第三产业的结构因素对总能源强度下降的负向影响程度大于第一产业结构因素的正向影响程度, 但工业、建筑业和第三产业的效率因素对总能源强度下降起到了主要的推动作用; ③中国工业能源强度的下降是由工业结构变化和工业各行业能源利用效率的提高共同推动的, 工业各行业能源强度的下降是主要动力; ④从工业各行业对工业能源强度的影响上看, 工业行业结构效应和效率效应影响行业较为集中, 重点高能耗行业的结构变化和效率变化对促进工业能源强度的下降起到了重要的作用; ⑤工业发展速度较快行业的结构变化和效率变化对工业能源强度的影响作用越来越明显。针对得出的结论, 提出了相关建议, 为中国节能减排政策的制定提供理论支持。

关键词: SDA; 结构性因素分解方法; 产业结构; 能源强度; 影响分析; 中国

DOI: 10.18402/resci.2017.12.09

1 引言

能源消费与经济发展、全球气候变化等紧密相关, 是当今世界各国关注的热点问题, 也是关系到中国社会经济可持续发展的全局性、战略性问题。国家能源局局长吴新雄在“十三五”能源规划工作会议上提出, 大力推进能源节约, 提高能源效率, 在平稳发展经济的同时落实节能低碳的战略要求。衡量一个国家综合能源利用效率的主要指标就是能源强度, 能源强度越低, 能源利用效率越高。

改革开放以来, 中国经济在快速增长的同时, 能源强度呈现整体下降的趋势。国际经验表明, 经济增长与能源强度的关系一般表现为倒V型^[1]。能源强度与工业化进程密切相关, 随着经济的增长,

工业化阶段初期和中期能源强度一般呈缓慢上升趋势, 后工业化阶段能源强度开始下降^[2]。因此, 经济结构的变化影响着能源强度变化。产业结构对能源强度的影响主要体现在两个方面: ①产业结构的构成, 即产业结构中各个产业、部门结构的比重; ②产业结构中各个产业、部门的能源强度。国内外学者进行了相关实证研究, 得出了不同的观点。

一种观点认为产业结构的变动促进了能源强度的下降, 如Karen等认为企业部门的所有制改革和中国产业结构的转变, 是中国能源强度下降的主要驱动力^[3]; Ma等采用LMDI分解方法分析中国在1980—2003年期间能源强度的变化, 结果表明部门之间涉及生产转变的结构变化降低了能源强度^[4];

收稿日期: 2017-02-10; 修订日期: 2017-10-05

基金项目: 中华人民共和国科学技术部国家重点研发计划项目(2016YFA0602800); 国家自然科学基金项目(71573015; 71303019; 71521002)。

作者简介: 马晓微, 女, 安徽萧县人, 博士, 副教授, 研究方向为能源与环境政策。E-mail: maxiaowei@bit.edu.cn

Xia 等采用SDA结构分解法,通过对1987—2005年的能源投入产出表进行分阶段实证分析,认为1987—2002年中国能源强度下降主要受投入结构变动的影响,2002—2005年能源强度反向上升是受产品的投入结构和最终需求结构双重作用的结果,真实的能源效率和真实技术进步对其影响很小^[5];Adom指出,南非贸易结构的变化有利于更多的进口,促进了能源强度下降^[6]。

另一种观点则认为能源强度下降的主要原因是各产业能源效率的提高,产业结构变动对促进能源强度下降作用并不明显。如史丹认为对外开放、产业结构和经济体制是影响能源利用效率的重要因素,将能源利用效率分为能源技术进步效率和能源经济效率,结果表明经济效率会逐渐消失,技术进步效率可持续。通过分阶段分析,指出1995年以后工业能源利用效率的提高在一定程度上抵消了产业结构变动的反向作用^[7];韩智勇等从定量分析的角度研究了经济结构变化和部门能源效率变化对中国能源强度下降的影响方向及影响份额,认为中国能源强度下降的主要动力来自于各产业能源利用效率的提高,其中工业能源强度下降是总体能源强度下降的主要原因^[8];吴巧生等运用Laspeyres指数法、Paasche方法以及简单平均微分方法^[9],刘静华等采用对数平均权重Divisia分解法^[10],施凤丹等^[11]、于超等应用SDA分解法^[12],Liu等应用Divisia指数方法^[13],张成龙等利用因素分解方法^[14],林伯强等提出了一个综合的分解框架^[15],也得出了相似的结论。

分析现有的研究可以发现:在研究方法上,对结构变动和效率变动的定量计算较少,部分学者采用Laspeyres指数分解法、Paasche方法、算数平均的Divisia方法进行分解分析,分解后存在残差项;在研究内容上,主要涉及三大产业的结构效应和效率效应,对工业各行业的深入研究较少。针对目前研究的不足,本文在方法上采用基于投入产出表的结构性因素分解方法,提高分解结果的解释效果,首先将能源强度分解为结构效应和效率效应,在产业结构层次中将第二产业细分为工业和建筑业,从产业结构调整和产业能源利用效率两个维度定量分析引起中国总能源强度下降的原因。其次,深入到

工业内部行业的结构层次,从工业结构调整和工业各行业能源利用效率两个维度定量分析引起工业能源强度下降的原因,从而找出影响中国总能源强度和工业能源强度的因素和影响份额,为中国制定节能减排政策提供相关建议,促进中国经济与环境的可持续发展。

2 研究方法 & 数据来源

2.1 研究方法

本文采用Sun提出的能够完全分解的结构分解方法^[16]。运用基于投入产出表的结构性因素分解方法(SDA)将被解释变量能源强度分解为产业结构的变化和各产业能源效率的变化,即结构份额和效率份额。为了避免残差的出现,提高解释效果,本文采用完全结构分解法。

能源强度 e 表示为:

$$e = \frac{E}{Y} \quad (1)$$

式中 E 为能源消费总量; Y 为国内生产总值。

其中 $E = \sum E_i$, $Y = \sum Y_i$, $i = 1, 2, \dots, n$, 则 e 还可表示为:

$$e = \sum E_i / \sum Y_i = \sum E_i / Y_i \times Y_i / Y = \sum e_i y_i \quad (2)$$

式中 e_i 为第 i 产业的能源强度; y_i 为第 i 产业产值占国内生产总值的比重。公式(2)表明,总能源强度的变化是由各产业的能源强度和各产业的产值比重所决定的。

那么,从0时期到 t 时期总能源强度变化可以表示为:

$$\begin{aligned} \Delta e &= e_t - e_0 = \sum e_{it} y_{it} - \sum e_{i0} y_{i0} \\ &= \sum e_{i0} (y_{it} - y_{i0}) + \sum y_{it} (e_{it} - e_{i0}) \end{aligned} \quad (3)$$

($i = 1, 2, \dots, n$)

式中 Δe 为从0时期到 t 时期总能源强度变化; e_t 为 t 时期的能源强度; e_0 为0时期即基期的能源强度; e_{it} 为 i 产业在 t 时期的能源强度; e_{i0} 为 i 产业在基期的能源强度; y_{it} 为 i 产业在 t 时期的产值比重; y_{i0} 为 i 产业在基期的产值比重; $\sum e_{i0} (y_{it} - y_{i0})$ 为从0时期到 t 时期产业结构的变动对总能源强度的影响; $\sum y_{it} (e_{it} - e_{i0})$ 为从0时期到 t 时期各产业能源强度的变动对总能源强度的影响。因此,产业结构因素和效率因素对总能源强度的影响份额表示如下:

2017年12月

$$\text{结构份额: } S = \frac{\sum e_{i0}(y_{it} - y_{i0})}{\sum e_{i0}(y_{it} - y_{i0}) + \sum y_{it}(e_{it} - e_{i0})} \quad (4)$$

$$\text{效率份额: } T = \frac{\sum y_{it}(e_{it} - e_{i0})}{\sum e_{i0}(y_{it} - y_{i0}) + \sum y_{it}(e_{it} - e_{i0})} \quad (5)$$

式中 S 为总能源强度变化中的结构份额,即从基期以来,总能源强度变化中产业结构变动提供的贡献率; T 表示总能源强度变化中的效率份额,即从基期以来,总能源强度变化中能源效率变动提供的贡献率。本文通过对比两者贡献率,定量分析结构因素和效率因素对总能源强度的影响。当结构份额和效率份额均为正值时,说明两者推动力与总能源强度的变化是同向的;当结构份额和效率份额均为负值时,说明两者推动力与总能源强度的变化是反向的。

在分析工业能源强度的影响研究中,同理,通过 SDA 分解法将被解释变量工业能源强度分解为工业结构的变化和工业各行业能源效率的变化,分析比较工业各行业结构因素和效率因素的贡献率。

2.2 数据来源及处理

(1)产业结构和工业结构划分。按照国家统计局关于产业结构的划分标准,本文将产业结构划分为第一产业、第二产业和第三产业,其中,将第二产

业细分为工业和建筑业。按照国家统计局关于工业行业的分类,选取了工业的 39 个行业。其中,有些行业的数值较小,并且废旧资源和废旧材料回收加工业的数据在 2004 年才出现,因此本文将其他采矿业、废旧资源和废旧材料回收加工业、工艺品及其他制造业这三个行业合并为“其他工业”。因此,工业结构选取的指标如表 1 所示。

(2)各产业和工业各行业增加值数据。在产业结构层次,以 1995—2015 年为样本期,期间第一产业、工业、建筑业、第三产业的增加值数据来自于国家统计局^[17],并按照 1995 年的不变价格换算为实际生产总值。

在工业内部行业层次,以 1995—2008 年为样本期。主要是由于 2008 年以后,中国就不再公布工业分行业增加值数据,并且 2008 年之前中国曾对统计口径进行多次调整,不能对数据直接进行分析。因此,工业各行业增加值数据难以获得。陈诗一曾对工业各行业增加值数据进行了调整和核算,并对缺失数据进行了估算,结果较为准确^[18]。因此,本文工业各行业产值数据参照陈诗一的估算结果^[18],选取了 1995—2008 年 37 个行业的增加值数据,其中增加值按照 1990 年的不变价格换算为实际生产总值。2009 年以来,工业各行业整体的发展趋势跟

表 1 中国工业结构行业组成

Table 1 Industrial structure of China

序号	工业行业名称	序号	工业行业名称
1	煤炭开采和洗选业	20	医药制造业
2	石油和天然气开采业	21	化学纤维制造业
3	黑色金属矿采选业	22	橡胶制品业
4	有色金属矿采选业	23	塑料制品业
5	非金属矿采选业	24	非金属矿物制品业
6	农副食品加工业	25	黑色金属冶炼及压延加工业
7	食品制造业	26	有色金属冶炼及压延加工业
8	饮料制造业	27	金属制品业
9	烟草制品业	28	通用设备制造业
10	纺织业	29	专用设备制造业
11	纺织服装、鞋、帽制造业	30	交通运输设备制造业
12	皮革、毛皮、羽毛(绒)及其制品业	31	电气机械及器材制造业
13	木材加工及木、竹、藤、棕、草制品业	32	通信设备、计算机及其他设备制造业
14	家具制造业	33	仪器仪表及文化、办公用机械制造业
15	造纸及纸制品业	34	电力、热力的生产和供应业
16	印刷业和记录媒介的复制	35	燃气生产和供应业
17	文教体育用品制造业	36	水的生产和供应业
18	石油加工、炼焦及核燃料加工业	37	其他工业
19	化学原料及化学制品制造业		

1995—2008年的发展趋势相似,燃气生产和供应业,通信设备、计算机及其他设备制造业,医药制造业等行业增加值始终增长较快,六大高能耗行业产值比重都是呈下降趋势。因此,可以依据1995—2008年的工业分行业增加值数据开展分析。

(3)各产业和工业各行业能源消费数据。各产业和工业各行业的能源消费数据来自1997—2016年《中国统计年鉴》和国家统计局^[17]。同样地,在工业内部行业层次,以1995—2008年为样本期。比较1995—2008年和2009—2015年工业各行业能源消费增长量和年平均增长率发现,化学原料及化学制品制造业,有色金属冶炼及压延加工业,石油加工、炼焦及核燃料加工业,非金属矿物制品业,黑色金属冶炼及压延加工业五个行业能源消费增长量始终较大,文教体育用品制造业,有色金属冶炼及压延加工业,金属制品业三个行业能源消费量年平均增长率始终较高。也就是说,2009年以来能源消费增长量和年平均增长率较大的工业行业没有太大变化,跟1995—2008年相似,因此,可以依据1995—2008年的工业分行业能源消费数据开展分析。

3 结果及分析

3.1 中国产业结构对总能源强度影响的因素分解分析

图1给出了1995—2015年期间中国总能源强度变化情况。可以看出,中国总能源强度总体呈持

续下降的趋势,在-0.01~-0.08之间波动,但在个别年份,如2003年、2004年和2013年,总能源强度呈略微上升趋势。

3.1.1 产业总体结构份额和效率份额分析

由表2可以看出,1995—2015年中国总能源强度变化中,效率份额比结构份额大,说明产业的能源效率因素是影响中国总能源强度的主要因素。从作用方向上来看,效率份额均为正值,说明除了2003年、2004年和2013年之外,能源效率因素对总能源强度下降起到了正向作用,即能源利用效率的变化推动了总能源强度的下降;结构份额基本为负值,说明结构因素对总能源强度下降起到了负向作用,即产业结构的变化阻碍了总能源强度的下降。2013年之后,结构因素为较小的正值,说明2013年之后的产业结构变动对总能源强度的下降起到了微弱的促进作用。因此,可以得出结论:1995—2015年期间,中国总能源强度的下降几乎完全是由各产业能源强度的下降推动的,产业结构在2013年之前对总能源强度的下降起到了阻碍作用,但在2013年之后对总能源强度的下降有微弱正向促进作用,表明近几年产业结构的调整有利于总能源强度下降。

3.1.2 产业中各产业结构份额和效率份额分析

为了研究第一产业、工业、建筑业和第三产业分别对总能源强度变化做出的贡献程度,进行了分解分析。

由表3可以看出:

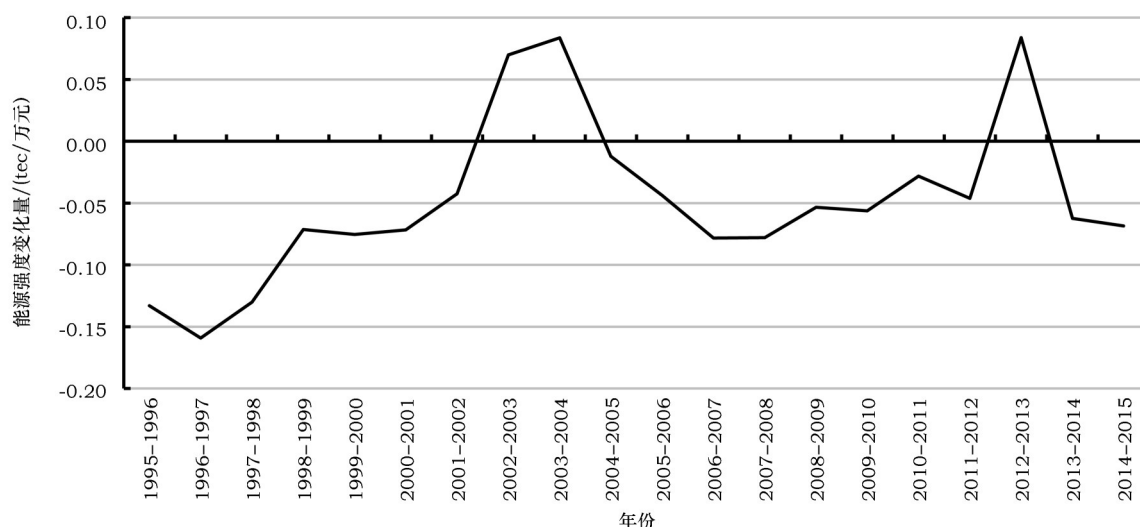


图1 1995—2015年中国总能源强度变化情况

Figure1 Trends of total energy intensity change in China from 1995 to 2015

2017年12月

表2 1995—2015年中国产业总体的结构份额和效率份额

Table 2 Structural share and efficiency share of the overall industry in China from 1995 to 2015

年份	结构份额	效率份额	年份	结构份额	效率份额
1995—1996	-0.245	1.245	2005—2006	-0.127	1.127
1996—1997	-0.194	1.194	2006—2007	-0.130	1.130
1997—1998	-0.113	1.113	2007—2008	-0.054	1.054
1998—1999	-0.206	1.206	2008—2009	0.034	0.966
1999—2000	-0.237	1.237	2009—2010	-0.211	1.211
2000—2001	-0.130	1.130	2010—2011	-0.310	1.310
2001—2002	-0.268	1.268	2011—2012	-0.037	1.037
2002—2003	0.305	0.695	2012—2013	0.007	0.993
2003—2004	0.146	0.854	2013—2014	0.011	0.989
2004—2005	-0.407	1.407	2014—2015	0.036	0.964

表3 1995—2015年中国各产业的结构份额和效率份额

Table 3 Structural share and efficiency share of each industry in China from 1995 to 2015

年份	结构份额				效率份额			
	第一产业	第二产业		第三产业	第一产业	第二产业		第三产业
		工业	建筑业			工业	建筑业	
1995—1996	0.112	-0.282	-0.036	-0.013	0.888	1.282	1.036	1.013
1996—1997	0.627	-0.243	0.991	-0.203	0.373	1.243	0.009	1.203
1997—1998	0.538	-0.141	-0.289	-0.097	0.462	1.141	1.289	1.097
1998—1999	0.952	-0.189	0.526	-0.551	0.048	1.189	0.474	1.551
1999—2000	1.231	-0.281	0.440	-0.327	-0.231	1.281	0.560	1.327
2000—2001	1.744	-0.079	0.313	-0.445	-0.744	1.079	0.687	1.445
2001—2002	1.610	-0.293	0.134	-0.469	-0.610	1.293	0.866	1.469
2002—2003	-1.707	0.512	0.721	-0.173	2.707	0.488	0.279	1.173
2003—2004	-0.777	0.243	-0.434	-0.042	1.777	0.757	1.434	1.042
2004—2005	1.281	-0.261	-2.159	-2.245	-0.281	1.261	3.159	3.245
2005—2006	0.914	-0.065	-2.047	-0.600	0.086	1.065	3.047	1.600
2006—2007	0.664	-0.121	-0.450	-0.403	0.336	1.121	1.450	1.403
2007—2008	0.327	-0.056	0.012	-0.138	0.673	1.056	0.988	1.138
2008—2009	0.956	0.064	0.926	-0.065	0.044	0.936	0.074	1.065
2009—2010	0.902	-0.421	0.554	0.313	0.098	1.421	0.446	0.687
2010—2011	1.008	-0.426	0.182	-5.640	-0.008	1.426	0.818	6.640
2011—2012	0.452	-0.037	-0.661	0.387	0.548	1.037	1.661	0.613
2012—2013	-0.348	-0.013	0.318	0.084	1.348	1.013	0.682	0.916
2013—2014	0.455	0.052	-13.117	-0.180	0.545	0.948	14.117	1.180
2014—2015	0.558	0.112	0.022	-2.824	0.442	0.888	0.978	3.824
1995—2015	0.844	-0.337	-3.149	-0.528	0.156	1.337	4.149	1.528

(1)从各产业结构对总能源强度的影响方向上来看,第一产业一直是正向促进总能源强度的下降;工业和第三产业的贡献率基本为负向;建筑业的贡献率约一半年份为正向,一半年份为负向。从1995—2015年累计贡献的方向来看,第一产业的累计贡献为正值,工业、建筑业和第三产业的累计贡献为负值,说明第一产业的产业结构因素对总能源强度下降的影响为正向,第一产业的发展促进了总

能源强度的下降即能源效率的提高,工业、建筑业和第三产业的产业结构因素对总能源强度下降的影响为负向。各产业总的影响为负向,说明工业、建筑业和第三产业的负向影响程度大于第一产业的正向影响程度。从各产业的结构因素累计贡献程度上来看,累计贡献率大小依次是建筑业、第一产业、第三产业和工业,也说明了四者之间影响程度的大小。

因此,1995—2015年间,中国的产业结构变动对总能源强度的下降主要起到了阻碍作用。产业结构中,虽然第一产业对总能源强度的下降起到正向作用,但仍小于建筑业、第三产业和工业的负向作用,即建筑业、第三产业和工业的影响程度更大。

(2)从各产业能源效率对总能源强度的影响方向上来看,1995—2015年间,中国各产业的效率份额除第一产业个别年度是负值,其余年份都是正值,也就是说各个产业能源效率的变化都在一定程度上推动了中国总能源强度的下降,并且负向作用均能够被正向作用所抵消,说明各产业能源强度下降不仅抵消了第一产业的负向作用,而且促进了中国总能源强度的下降。从各产业的能源效率因素累计贡献率来看,累计贡献率均为正值,其中建筑业贡献率最大,其次是第三产业和工业,最后是第一产业。

因此,中国各产业能源强度的下降对总能源强度的下降起到了正向促进作用,是总能源强度下降的主要推动力,抵消了产业结构变动对总能源强度下降的阻碍作用。其中,建筑业、第三产业和工业能源强度的下降是促进总能源强度下降的主要贡献者,说明产业内的技术进步、能源效率的提升对总能源强度下降起到了促进作用。

3.2 中国工业结构对工业能源强度影响的因素分解分析

建筑业、第三产业和工业能源强度的下降是影响中国总能源强度下降的主要原因。为进一步研

究工业能源强度下降的原因,本文按照SDA分解法继续对工业结构进行分解,通过比较工业内部的结构份额和效率份额,分析工业各行业的结构变化和效率变化对工业能源强度下降的贡献情况。

本部分研究是基于1995—2008年工业各行业的增加值和能源消费数据开展的。从2009年至今,工业各行业产值的发展趋势跟研究期间相似,新兴产业保持快速增长,高耗能产业产值比重下降,工业绿色转型更加突出。与此同时,能源消费增长量和年平均增长率较大的工业行业没有太大变化,跟研究期间相似。因此,依据1995—2008年的工业各行业数据开展分析,可以为今后工业内部各行业制定节能减排政策提供启示。

由图2可以看出,从1995年到2008年,中国工业各行业能源强度除水的生产和供应业,石油加工、炼焦及核燃料加工业,石油和天然气开采业有所上升外,其余均是下降的趋势。其中,行业能源强度下降最快的为医药制造业,其余依次为食品制造业、交通运输设备制造业、化学纤维制造业等。六大高能耗行业的能源强度年平均下降率相对其他行业较低。

3.2.1 工业总体结构份额与效率份额分析

由表4可以看出,工业效率份额明显大于结构份额,基本均为正值(除了2006—2007年期间的工业结构份额)。1995—2008年期间,工业总体结构份额和效率份额分别为27.3%和72.7%,由此可见,工业结构变化和工业能源利用效率的提高均对中

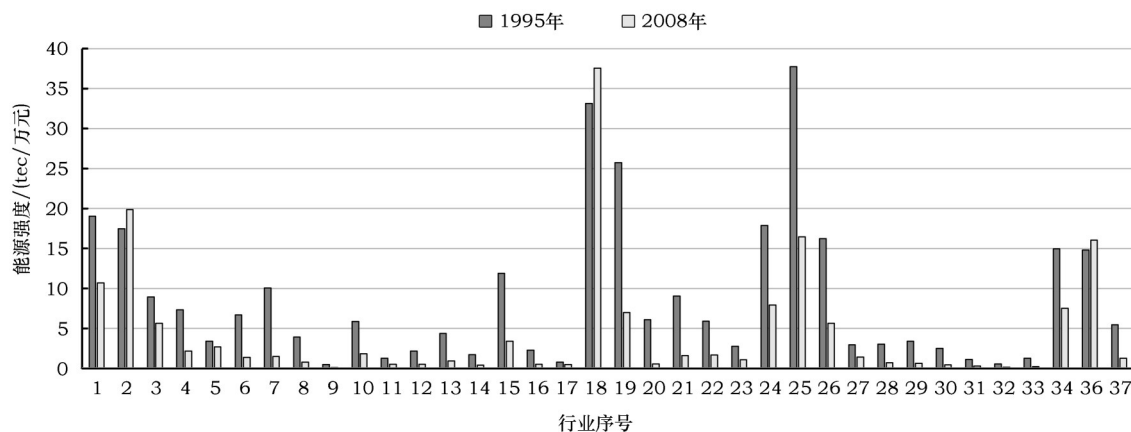


图2 1995年和2008年中国工业各行业能源强度对比

Figure 2 Comparison of industrial sectors' energy intensity in China between 1995 and 2008

注:1)行业序号对应的工业行业名称详见表1;2)燃气生产和供应业在1995年能源强度较大,图2中未列出。

2017年12月

国工业能源强度的下降起到了促进作用,而其中工业能源利用效率的提高起到了主导作用。

3.2.2 工业分行业结构份额和效率份额分析

按照SDA分解法,计算出1995—2008年工业各行业结构份额和效率份额(以1995年为基期),从

表4 1995—2008年中国工业总体结构份额和效率份额

Table 4 Structural share and efficiency share of Industry in China from 1995 to 2008

年份	结构份额	效率份额
1995—1996	0.326	0.674
1996—1997	0.336	0.664
1997—1998	0.036	0.964
1998—1999	0.021	0.979
1999—2000	0.587	0.413
2000—2001	0.284	0.716
2001—2002	0.379	0.621
2002—2003	0.385	0.615
2003—2004	0.276	0.724
2004—2005	0.300	0.700
2005—2006	0.203	0.797
2006—2007	-0.018	1.018
2007—2008	0.427	0.573
1995—2008	0.273	0.727

结构份额和效率份额对比发现,随着时间的推移,除个别行业外,各行业的效率份额明显大于结构份额。图3显示的是1995—2008年期间37个行业的结构效应和效率效应(以1995年为基期)。

由图3可以看出,在结构效应方面,从影响方向来看,大部分行业对工业能源强度的下降起到促进作用,但通信设备、计算机及其他电子设备制造业,燃气生产和供应业,有色金属冶炼及压延加工业,木材加工及木、竹、藤、棕、草制品业,医药制造业,交通运输设备制造业等行业对工业能源强度的下降起到负向作用,但正负作用相抵之后仍为正向效应,总效应为27.3%。正向影响程度较大的行业依次是石油加工、炼焦及核燃料加工业,石油和天然气开采业,水的生产和供应业,非金属矿采选业,煤炭开采和洗选业。从影响程度大小来看,影响结构效应的行业集中在以通信设备、计算机及其他电子设备制造业为主的8个行业中,这8个行业对结构效应的影响份额超过了80%,8个行业主要是重工业,分别是通信设备、计算机及其他电子设备制造业,燃气生产和供应业,石油加工、炼焦及核燃料加

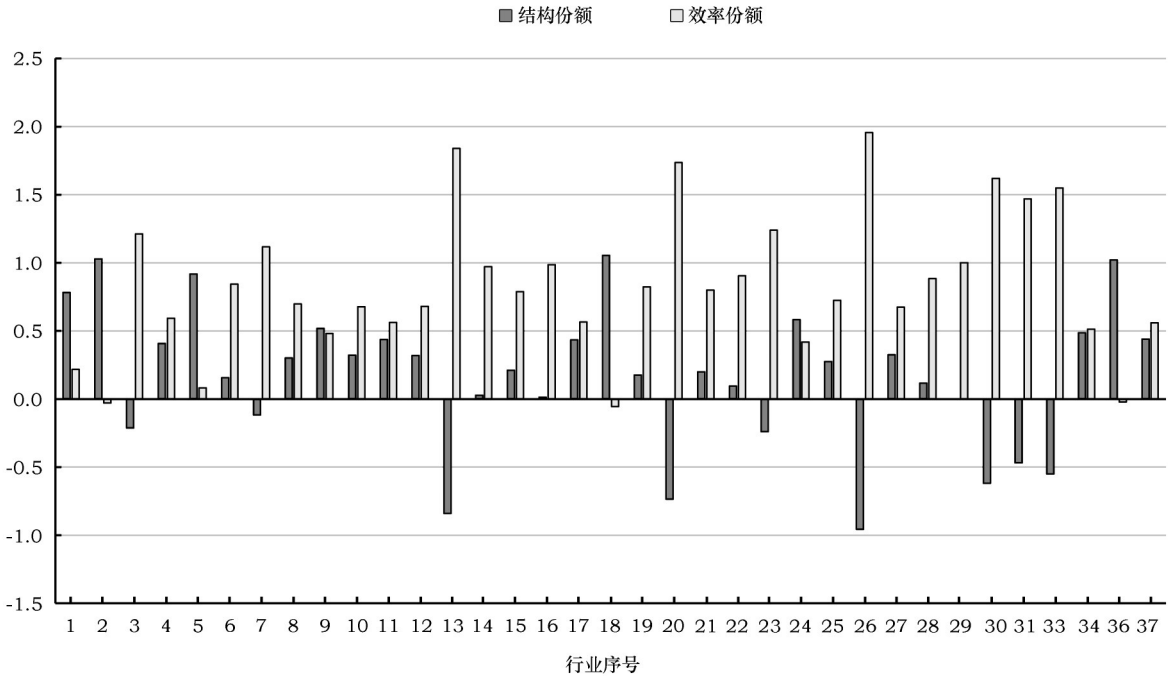


图3 1995—2008年中国工业各行业结构效应和效率效应对工业能源强度的影响

Figure 3 The influence of industrial sectors' structural effect and efficiency effect on industrial energy intensity in China from 1995 to 2008

注:1)行业序号对应的工业行业名称详见表1;2)燃气生产和供应业,通信设备、计算机及其他电子设备制造业两个行业的结构份额和效率份额较大,结构份额分别为-16.04和-19.45,效率份额分别为17.04和20.45,图3中未列出。

工业,石油和天然气开采业,水的生产和供应业,有色金属冶炼及压延加工业,非金属矿采选业,木材加工及木、竹、藤、棕、草制品业,而其他29个行业的影响份额只占不到20%。

在效率效应方面,除了石油加工、炼焦及核燃料加工业,石油和天然气开采业,水的生产和供应业,其他34个行业能源强度的变化均推动了工业能源强度的下降,其中以通信设备、计算机及其他电子设备制造业为主的另外8个行业对效率效应的影响份额超过了70%,这8个行业以轻工业为主,分别是通信设备、计算机及其他电子设备制造业,燃气生产和供应业,有色金属冶炼及压延加工业,木材加工及木、竹、藤、棕、草制品业,医药制造业,交通运输设备制造业,仪器仪表及文化、办公用机械制造业,电气机械及器材制造业,而其他29个行业的影响份额只占不到30%。

本文也对工业各行业每年的能源强度变化进行了结构分解分析,由于篇幅的限制,这里选取了工业各行业增加值和能源强度变化幅度显著的行业,其中也包括高能耗行业作为工业代表性行业,分解结果如表5和表6所示。

对工业各行业的结构份额进行分析发现,工业内部各行业结构对工业能源强度的影响不同时期各不相同,其中代表性行业对结构效应的影响份额

占比约为49%。观察表5,整体来说,高能耗行业中非金属矿物制品业、化学原料及化学制品制造业的结构变动对工业能源强度下降的影响是正向促进的,交通运输设备制造业,电力、热力的生产和供应业,通信设备、计算机及其他电子设备制造业,电气机械及器材制造业,有色金属冶炼及压延加工业,医药制造业的结构变动对工业能源强度的下降主要起到负向作用。从累计贡献率来看,重点高能耗行业的结构变化促进了工业能源强度下降。

对工业各行业的效率份额进行分析发现,37个行业中,有4个重工业行业能源效率变动对工业能源强度下降起阻碍作用的年份较多,这4个行业分别是黑色金属矿采选业,非金属矿采选业,石油加工、炼焦及核燃料加工业,燃气生产和供应业,其他行业主要起正向促进作用。从表6可以看出,在高能耗行业中,石油加工、炼焦及核燃料加工业的能源效率变动对工业能源强度下降起到阻碍作用的年份最多,其余五大高能耗行业的能源效率变动对工业能源强度的下降主要起到促进作用。通信设备、计算机及其他电子设备制造业的能源效率变动起到了主要的促进作用。

通过对工业能源强度因素分解分析,发现结构因素和效率因素均促进了工业能源强度下降,但下降主要动力是工业各行业能源强度的下降,1995—

表5 1995—2008年中国工业代表性行业的结构份额

Table 5 Structural share of representative industrial sector in China from 1995 to 2008

年份	石油加工、 炼焦及核 燃料加工业	化学原料 及化学制品 制造业	非金属 矿物 制品业	黑色金属 冶炼及压延 加工业	有色金属 冶炼及压 延加工业	电力、热力 的生产和 供应业	通信设备、计算 机及其他电子 设备制造业	交通运输 设备 制造业	电气机械 及器材 制造业	医药 制造业
1995—1996	0.36	0.92	0.31	0.90	0.20	-5.38	0.56	0.35	0.05	-0.52
1996—1997	-0.20	0.20	0.37	0.29	0.45	-0.64	1.26	0.78	0.29	-0.46
1997—1998	-1.42	0.17	0.18	0.47	-0.25	-0.32	-5.65	-0.15	0.30	0.30
1998—1999	0.74	-0.06	3.16	-0.84	4.07	-1.45	1.09	0.00	-1.18	11.33
1999—2000	7.25	0.33	0.75	-0.28	0.19	1.11	-10.36	0.15	-1.08	-1.37
2000—2001	1.50	-0.24	0.70	-0.41	-2.03	-0.19	-1.77	-22.41	-0.44	-1.55
2001—2002	0.28	0.45	0.44	0.14	1.61	0.33	-6.80	-2.53	0.16	0.01
2002—2003	1.57	0.09	1.06	31.37	-2.75	1.01	11.47	-0.33	-0.45	0.19
2003—2004	-1.93	0.26	-1.55	0.43	-0.21	0.10	-1.58	2.00	-1.04	-0.01
2004—2005	0.79	0.53	0.26	1.16	0.07	0.23	-1.59	0.25	-0.13	0.22
2005—2006	1.33	0.24	0.06	-0.37	-3.55	0.42	-1.20	-0.36	0.35	0.19
2006—2007	-0.28	-0.41	-0.07	0.37	0.53	-0.10	0.89	-1.24	-0.86	0.00
2007—2008	0.86	0.08	0.99	1.11	-1.63	-0.28	0.50	-3.01	7.50	-0.14
1995—2008	1.05	0.18	0.58	0.28	-0.96	0.49	-19.45	-0.62	-0.47	-0.74

表6 1995—2008年中国工业代表性行业的效率份额

Table 6 Efficiency share of representative industrial sector in China from 1995 to 2008

年份	石油加工、 炼焦及核 燃料加工业	化学原料及 化学制品 制造业	非金属 矿物 制品业	黑色金属 冶炼及压延 加工业	有色金属 冶炼及压延 加工业	电力、热力 的生产和 供应业	通信设备、计算 机及其他电子 设备制造业	交通运输 设备 制造业	电气机械 及器材 制造业	医药 制造业
1995—1996	0.64	0.08	0.69	0.10	0.80	6.38	0.44	0.65	0.95	1.52
1996—1997	1.20	0.80	0.63	0.71	0.55	1.64	-0.26	0.22	0.71	1.46
1997—1998	2.42	0.83	0.82	0.53	1.25	1.32	6.65	1.15	0.70	0.70
1998—1999	0.26	1.06	-2.16	1.84	-3.07	2.45	-0.09	1.00	2.18	-10.33
1999—2000	-6.25	0.67	0.25	1.28	0.81	-0.11	11.36	0.85	2.08	2.37
2000—2001	-0.50	1.24	0.30	1.41	3.03	1.19	2.77	23.41	1.44	2.55
2001—2002	0.72	0.55	0.56	0.86	-0.61	0.67	7.80	3.53	0.84	0.99
2002—2003	-0.57	0.91	-0.06	-30.37	3.75	-0.01	-10.47	1.33	1.45	0.81
2003—2004	2.93	0.74	2.55	0.57	1.21	0.90	2.58	-1.00	2.04	1.01
2004—2005	0.21	0.47	0.74	-0.16	0.93	0.77	2.59	0.75	1.13	0.78
2005—2006	-0.33	0.76	0.94	1.37	4.55	0.58	2.20	1.36	0.65	0.81
2006—2007	1.28	1.41	1.07	0.63	0.47	1.10	0.11	2.24	1.86	1.00
2007—2008	0.14	0.92	0.01	-0.11	2.63	1.28	0.50	4.01	-6.50	1.14
1995—2008	-0.05	0.82	0.42	0.72	1.96	0.51	20.45	1.62	1.47	1.74

2008年期间,效率份额达到了72.7%。工业行业中以通信设备、计算机及其他电子设备制造业为主的8个行业对结构效应的影响份额超过了80%,这8个行业主要是重工业,分别是通信设备、计算机及其他电子设备制造业,燃气生产和供应业,石油加工、炼焦及核燃料加工业,石油和天然气开采业,水的生产和供应业,有色金属冶炼及压延加工业,非金属矿采选业,木材加工及木、竹、藤、棕、草制品业。而以通信设备、计算机及其他电子设备制造业为主的另外8个行业对效率效应的影响份额超过了70%,这8个行业以轻工业为主,分别是通信设备、计算机及其他电子设备制造业,燃气生产和供应业,有色金属冶炼及压延加工业,木材加工及木、竹、藤、棕、草制品业,医药制造业,交通运输设备制造业,仪器仪表及文化、办公用机械制造业,电气机械及器材制造业。重点高能耗行业中,结构变化和效率变化促进了工业能源强度下降,而电力、热力的生产和供应业,有色金属冶炼及压延加工业的结构变化和石油加工、炼焦及核燃料加工业的效率变化阻碍了工业能源强度的下降。

4 结论和政策建议

4.1 结论

本文采用SDA因素分解法,对1995—2015年中国总能源强度和1995—2008年工业能源强度的

影响因素分别进行了研究分析,主要得出以下五点结论:

(1)目前中国总能源强度的下降主要是由于各产业能源效率的提高,产业结构在2013年之前对能源效率的提高起到了阻碍作用,但在2013年之后对能源效率的提高有微弱正向促进作用。

(2)从各产业对总能源强度的影响上看,工业、建筑业和第三产业的结构因素对总能源强度下降的负向影响程度大于第一产业结构因素的正向影响程度,但工业、建筑业和第三产业的效率因素对总能源强度下降起到了主要的推动作用。

(3)中国工业能源强度的下降是由工业结构变化和工业各行业能源利用效率的提高共同推动的,工业各行业能源强度的下降是主要动力。

(4)从工业各行业对工业能源强度的影响上看,工业行业结构效应和效率效应影响行业较为集中,结构效应和效率效应集中在通信设备、计算机及其他电子设备制造业,燃气生产和供应业等行业中。重点高能耗行业的结构变化和效率变化促进了工业能源强度下降。

(5)工业发展速度较快的行业如通信设备、计算机及其他电子设备制造业和医药制造业,这些行业的结构变化和效率变化对工业能源强度的影响作用越来越明显。

4.2 政策建议

针对以上结论,对如何降低中国的总能源强度和工业能源强度,提高能源利用效率,实现节能减排,提出以下三方面的政策建议。

(1)现阶段产业结构阻碍了能源效率的提高,说明中国的产业结构调整和优化刻不容缓。由于工业、建筑业和第三产业的结构因素对总能源强度下降的负向影响程度大于第一产业结构因素的正向影响程度,因此,对于中国产业结构的调整和优化,应注重对工业、建筑业和第三产业部门的调整,尤其是建筑业。

(2)建筑业、第三产业和工业的效率因素对总能源强度下降起到了主要的推动作用,因此,需要继续提高建筑业、第三产业和工业的能源利用效率,不断改进节能技术,通过技术进步提升中国的能源利用效率。

(3)中国工业结构虽然在一定程度上促进了工业能源强度的下降,但仍有较大的提升空间,工业结构还有待进一步调整优化。中国工业行业主要集中在高耗能行业上,因此加快高耗能行业的节能技术进步尤为重要,尤其是石油加工、炼焦及核燃料加工业。控制工业能源强度不仅要重点调整高能耗产业,还应注重对其他发展速度较快行业的调整和控制,如通信设备、计算机及其他设备制造业,燃气生产与供应业和医药制造业的结构调整。

参考文献(References):

- [1] 吴滨,李为人. 中国能源强度变化因素争论与剖析[J]. 中国社会科学院研究生院学报, 2007, (2): 121-128. [Wu B, Li W R. Dispute and analysis of the factors about China's energy intensity changing[J]. *Journal of Graduate School of Chinese Academy of Social Sciences*, 2007, (2): 121-128.]
- [2] 常中甫. 中国经济增长与能源消耗的现状分析与对策[J]. 经济研究导刊, 2008, (15): 107-108. [Chang Z F. Analysis on the presentation and countermeasures of economic growth and energy consumption in China[J]. *Economic Research Guide*, 2008, (15): 107-108.]
- [3] Karen F V, Gary H J, Liu H M, et al. What is driving China's decline in energy intensity?[J]. *Resource and Energy Economics*, 2004, 26(1): 77-97.
- [4] Ma C B, Stern D I. China's changing energy intensity trend: a decomposition analysis[J]. *Energy Economics*, 2008, 30(3): 1037-1053.
- [5] Xia Y, Yang C H, Chen X K. Structural decomposition analysis on China's energy intensity change for 1987-2005[J]. *Journal of Systems Science & Complexity*, 2012, 25(1): 156-166.
- [6] Adom P K. Determinants of energy intensity in South Africa: testing for structural effects in parameters[J]. *Energy*, 2015, 89(9): 334-346.
- [7] 史丹. 我国经济增长过程中能源利用效率的改进[J]. 经济研究, 2002, (9): 49-56. [Shi D. The improvement of energy consumption efficiency in China's economic growth[J]. *Economic Research Journal*, 2002, (9): 49-56.]
- [8] 韩智勇,魏一鸣,范英. 中国能源强度与经济结构变化特征研究[J]. 数理统计与管理, 2004, 23(1): 1-6. [Han Z Y, Wei Y M, Fan Y. Research on change features of Chinese energy intensity and economic structure[J]. *Application of Statistics and Management*, 2004, 23(1): 1-6.]
- [9] 吴巧生,成金华. 中国能源消耗强度变动及因素分解: 1980-2004[J]. 经济理论与经济管理, 2006, (10): 34-40. [Wu Q S, Cheng J H. Changes and factors decomposition of Chinese energy consumption intensity: 1980-2004[J]. *Economic Theory and Business Management*, 2006, (10): 34-40.]
- [10] 刘静华,贾仁安,涂国平. 1995年至2007年中国能源消费强度的分解模型及实证分析-基于结构份额和效率份额视角[J]. 资源科学, 2010, 32(10): 1846-1855. [Liu J H, Jia R A, Tu G P. A decomposition model and analysis of energy consumption intensity in China during 1995-2007 based on structural and efficiency contributions[J]. *Resources Science*, 2010, 32(10): 1846-1855.]
- [11] 施凤丹,刘春平,郭红燕. 基于SDA的结构效应对能源强度影响程度的实证研究[J]. 企业经济, 2008, (2): 99-101. [Shi F D, Liu C P, Guo H Y. An empirical study on the effect of structural effect on energy intensity based on SDA[J]. *Enterprise Economy*, 2008, (2): 99-101.]
- [12] 于超,谭忠富,王鲁华. 我国能源强度变化影响因素分解模型[J]. 中国电力, 2010, 43(10): 1-5. [Y C, Tan Z F, Wang L H. Factor decomposition model of energy intensity change in China[J]. *Electric Power*, 2010, 43(10): 1-5.]
- [13] Liu W M, Wu J J, Yang K, et al. The Action of Structure and Efficiency on Chinese Energy Intensity: An Empirical Analysis Based on AWD Changes and Factors Decomposition of Chinese Energy from 1978 to 2007[C]. Wuhan: Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference, 2009.
- [14] 张成龙,李继峰,张阿玲,等. 1997-2007年中国能源强度变化的因素分解[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2013, 53(5): 688-693. [Zhang C L, Li J F, Zhang A L, et al. Factor decomposition analyses on Chinese energy use intensity changes[J]. *Journal of Tsinghua University(Science and Technology)*, 2013, 53(5): 688-693.]
- [15] 林伯强,杜克锐. 理解中国能源强度的变化: 一个综合的分解

2017年12月

- 框架[J]. 世界经济, 2014, (4): 69-87. [Lin B Q, Du K R. China's energy intensity changes: a comprehensive decomposition framework[J]. *The Journal of World Economy*, 2014, (4): 69-87.]
- [16] Sun J W. Changes in energy consumption and energy intensity: a complete decomposition mode[J]. *Energy Economics*, 1998, 20(1): 85-100.
- [17] 中国国家统计局. 年度数据[EB/OL]. (2016-09) [2017-11-10]. <http://data.stats.gov.cn/easyquery.htm?cn=C01>. [National Bureau of Statistics of the People's Republic of China. Annual Data [EB/OL]. (2016-09) [2017-11-10]. <http://data.stats.gov.cn/easyquery.htm?cn=C01>.]
- [18] 陈诗一. 中国工业分行业统计数据估算: 1980-2008[J]. 经济学(季刊), 2011, 10(3): 735-776. [Chen S Y. Reconstruction of sub-industrial statistical data in China (1980-2008) [J]. *China Economic Quarterly*, 2011, 10(3): 735-776.]

Impacts of industrial structural change on energy intensity in China

MA Xiaowei, SHI Xiuqing, WANG Yinghui, LIAO Hua

(1. Center for Energy and Environmental Policy Research, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China;

2. School of Management and Economics, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China;

3. Beijing Key Lab of Energy Economics and Environmental Management, Beijing 100081, China)

Abstract: Since the reform and opening up, China's total energy intensity has shown an overall downward trend. It will contribute to promote energy conservation and emission reduction if we determine the factors influencing total energy intensity. Here we decomposed energy intensity into structural effects and efficiency effects, and analyzed reasons causing the decline in China's total energy intensity and industrial energy intensity from the angles of each industry and industrial sectors based on structural decomposition analysis (SDA). We found that the decrease in China's energy intensity was mainly due to improvements in energy utilization efficiency of the three major industries. However, the change in industrial structure hindered the drop in total energy intensity before 2013 and played a weak positive role after 2013. From the impacts of four industries on total energy intensity, the structural factor of Industry, Construction and Tertiary Industry had a negative impact on total energy intensity, which was greater than the positive impact of the Primary Industry. While the efficiency factor of Industry, Construction and Tertiary Industry predominantly led to the fall of total energy intensity in China. The decline in industrial energy intensity was jointly driven by change in the internal structure of Industry and the improvement of industrial sectoral energy utilizing efficiency, among which the decrease in industrial sectoral energy intensity played a leading role. From impacts of industrial sectors on industrial energy intensity, the influence of the structural effect and efficiency effect of industrial sectors was focused on several sectors. Change in the structure and efficiency of key high energy-consumption industries played an important role in promoting the decrease in industrial energy intensity. The influence of structural and efficiency change in some industrial sectors on industrial energy intensity has become increasingly evident. These industrial sectors have a relatively rapid pace of development. Based on these findings, some suggestions are put forward to provide support for formulating energy-saving strategies.

Key words: SDA; factor decomposition; industrial structure; energy intensity; impact analysis; China