

# 中国工业能源消费强度的影响因素研究 ——基于省域工业数据的实证分析

杨威<sup>1</sup>, 王成金<sup>2\*</sup>, 金凤君<sup>2</sup>, 李玲玲<sup>3</sup>

(1. 国家发展和改革委员会 产业经济与技术经济研究所, 北京 100038; 2. 中国科学院 地理科学与资源研究所, 北京 100101; 3. 铁岭师范高等专科学校, 辽宁 铁岭 112001)

**摘要:** 基于分解方法, 把中国各省域 1985—2008 年间不同时期的工业能源消费强度变化分解为规模效应、结构效应和技术效应。结果表明: 规模效应、技术效应和结构效应在不同省域及不同的时段内, 强度和方向都有所不同。规模效应在 1985—1995、1995—2004 年间两个时期都是工业能源消费增长的主导因素, 且随着时间推进, 作用强度也在显著增加; 同时规模效应强度的区域差异并不显著; 而在 2004—2008 年间, 规模效应则出现明显分异, 增长能源与节约能源两种效应同时并存。技术效应在 1995—2004、2004—2008 年两个时期都是朝着节约工业能源的方向发展, 表明随着时间的推进, 技术效应在各个省域的作用在逐步显现, 但其大小对不同区域来说有所不同; 在 1985—1995 年时期内, 技术效应的大小和方向都不一。总体来看, 技术进步的节能效应在一些省域有待提高, 这样才有助于“积极主动”地促进工业能源消费降低。结构效应在三个时期方向不一, 仅在少数地区表现为节能作用; 且较之以上两种效应, 结构效应的作用强度较小; 结构效应与各地区工业发展阶段密切相关, 其节能潜力仍需充分挖掘。

**关键词:** 能源消费强度; 规模效应; 结构效应; 技术效应

中图分类号: F426. 2; F206 文献标志码: A 文章编号: 1000-3037(2013)01-0081-11

基于可持续发展理念的产业转型, 更加注重综合效益的提升, 即在考虑产业经济社会效益的同时, 还应关注产业发展降低对资源及环境的影响。产业的能源消费变化及其机制早已引起学者的关注, 大部分研究通过分解技术对其变动机制进行详细考察<sup>[1]</sup>。一般而言, 经济活动或生产的总量、经济结构及单位能源消费强度是影响能源消费水平的三个关键因素<sup>[2]</sup>。因此, 两个时期的能源变化量可以分解为规模、技术和结构三种效应<sup>[3]</sup>。Ki-Hong Choi 通过对韩国制造业能源消费变动的分解分析发现, 技术效应是能源消费变化的主要因素, 而结构效应和交互效应的作用非常小<sup>[4]</sup>。A. Miketa 基于 39 个国家 10 个制造业行业的 1971—1996 年数据, 分析了部门工业经济产出、资本形成及工业能源价格对能源消费强度的影响, 认为资本形成对能源强度具有正向作用, 且随部门工业经济产出的增加而增强<sup>[5]</sup>。Arjaree 通过 Laspeyres 指数分解, 对泰国工业能源的需求格局、消费总量和能源强度进行了分析, 发现工业能源消费强度呈现 U 型曲线, 1997 年之后曲线呈增长趋势, 食品工业、饮料工业和非金属矿选业工业部门的能源需求有显著影响<sup>[6]</sup>。Sudhakara 等通过分解分析, 对印度的制造业能源消费进行了分析, 结果发现结构效应是能源消费强度降低的最重要驱动因

收稿日期: 2011-12-19; 修订日期: 2012-04-29。

基金项目: 国家自然科学基金(41101138)。

第一作者简介: 杨威(1983-) 博士, 主要从事产业经济和高新技术及战略性新兴产业研究。

\* 通信作者。

素,而非能源消费则是技术提升<sup>[7]</sup>。

在中国的能源消费中,工业能源消费一直占有较高比重。自1980年以来,工业能源消费比重一直都在60%以上,特别是1990年以来,一直占到70%以上。因此,可以认为工业对中国能源需求变化起着支配性的作用,工业部门的能源效率问题更值得关注<sup>[8]</sup>。许多学者认为中国工业能源消费强度变化的主导因素是技术,而结构调整和规模因素的作用都相对较弱<sup>[8-12]</sup>。但也有一些学者强调结构调整是中国能源消费强度提高的主要原因<sup>[13-15]</sup>。另外一些学者利用面板数据,通过计量模型研究中国工业能源消费变化的多因素作用,强调技术进步、产权、贸易结构、能源价格等对工业行业能源消费强度的影响<sup>[16-17]</sup>。不难发现,现有研究主要集中于国家尺度,而对省域尺度尤其是不同省域之间的工业能源消费差异研究则不多见。鉴于省域工业能源数据的获取难度,本文选取1985、1995、2004和2008年4个年份工业分行业数据,采用分解方法,将工业能源消费量完全分解为结构效应、技术效应和规模效应,以期深入分析中国省域工业能源消费变动及其机制,进而为各地能源政策制定提供科学依据。

## 1 数据来源与研究方法

### 1.1 研究方法

能源消费强度作为衡量能源利用效率的指标之一已经得到广泛应用<sup>[8]</sup>。从具体指标来看,可分为多要素指标法和单要素指数分解法。其中,多要素指标法主要是基于生产前沿的假定,考察最优能源投入与实际能源投入的比值,以此反映能源消费的强度。通常以工业能源消费为主要投入要素,并把与其相关的人力、资本也作为投入要素,同时以工业产值作为产出要素。具体的计算模型有随机前沿分析(SFA)<sup>[18]</sup>和非参数的数据包络分析(DEA)<sup>[19-23]</sup>。单要素指数分解法也得到了广泛应用<sup>[7, 24-28]</sup>。单要素指数分解法通常是以单位生产总值的能源消费总量为量化指标,采用分解分析法对其变化进行考察,其核心思想是将能源消费强度的变动分解为有关各因素变动的和,以测度各因素对总体能源消费强度变动贡献的大小<sup>[8]</sup>。而具体的分解技术又可概括为结构分解和指数分解,其中指数分解易于进行时间序列的对比,而结构分解则对数据要求比较高<sup>[29]</sup>。指数分解方法主要有Laspeyres、Divisia、Paasche、Fisher等<sup>[11]</sup>,分解的形式有加法和乘法形式等<sup>[26]</sup>。比较而言,由于加法形式分解运算简洁且结果直观明了,易于解读,因此加法形式在应用研究中占绝大多数<sup>[8]</sup>。本文借鉴已有的分解方法,以工业各行业为基础,将工业能源消费量完全分解为结构效应、技术效应和规模效应,克服了结构分解法存在资料难以获取的困难,能够较容易地进行时间序列比较。具体方法如下<sup>[30-31]</sup>:

设 $Y_{it}$ 为 $i$ 省域 $t$ 时期的工业总产值, $Y_{i0}$ 为其初始时期的工业总产值。 $A_{it}$ 为 $t$ 时期各工业部门产出比重行向量,其中的每一个元素分别表示各行业的总产值占工业总产值的比重,这些元素之和为1。 $B_{it}$ 为 $t$ 时期部门单位产出能耗列向量,其中的每一个元素分别表示各个行业的单位工业总产值所需的能耗。 $A_{i0}$ 为初始时期部门产出比重行向量, $B_{i0}$ 为初始时期部门单位产出能耗列向量。 $\Delta E_{i0-t}$ 为初始时期至 $t$ 时期的工业能源消费变化量。则:

$$\Delta E_{i0-t} = A_{it}B_{it}Y_{it} - A_{i0}B_{i0}Y_{i0} = (A_{it} - A_{i0})B_{it}Y_{it} + A_{i0}(B_{it} - B_{i0})Y_{it} + A_{i0}B_{i0}(Y_{it} - Y_{i0}) \quad (1)$$

其中: $(A_{it} - A_{i0})$ 反映 $i$ 省域各部门产业比重的变化情况, $(A_{it} - A_{i0})Y_{it}$ 反映 $i$ 省域各部门产值的变化情况,因此 $(A_{it} - A_{i0})B_{it}Y_{it}$ 表示 $i$ 省域由于各部门产业比重的变化而导致的工业能源消费量的变化,被称为结构效应; $(B_{it} - B_{i0})$ 反映 $i$ 省域各部门单位产出能耗的变化情况,

$A_{i0}Y_{it}$  是  $i$  省域按照初始时期的部门产业比重计算出的  $t$  时期各部门工业总产值, 所以  $A_{i0}(B_{it} - B_{i0})Y_{it}$  表示排除工业结构变化的影响, 单纯由于技术进步而导致的能源消费量的变化, 被称为技术效应;  $(Y_{it} - Y_{i0})$  反映  $i$  省域初始时期到  $t$  时期工业总产值的变化情况,  $A_{i0}B_{i0}(Y_{it} - Y_{i0})$  表示排除产业结构变化和技术进步的影响, 单纯由于工业经济规模扩大而导致的能源消费量的变化, 被称为规模效应。另外, 还有一种分解方式:

$$\Delta E_{i0-t} = A_{it}B_{it}Y_{it} - A_{i0}B_{i0}Y_{i0} = (A_{it} - A_{i0})B_{i0}Y_{it} + A_{it}(B_{it} - B_{i0})Y_{it} + A_{i0}B_{i0}(Y_{it} - Y_{i0}) \quad (2)$$

与式(1)相同,  $(A_{it} - A_{i0})B_{i0}Y_{it}$  是结构效应, 表示排除技术进步的影响, 单纯由于各部门产业比重的变化而导致的工业能源消费量的变化;  $A_{it}(B_{it} - B_{i0})Y_{it}$  是技术效应, 表示由于技术进步而导致的能源消费量的变化;  $A_{i0}B_{i0}(Y_{it} - Y_{i0})$  是规模效应, 表示排除产业结构变化和技术进步的影响, 单纯由于经济规模扩大而导致的能源消费量的变化。

将式(1)和式(2)相加除以2可得:

$$\begin{aligned} \Delta E_{i0-t} = A_{it}B_{it}Y_{it} - A_{i0}B_{i0}Y_{i0} = & 0.5(A_{it} - A_{i0})(B_{i0} + B_{it})Y_{it} \\ & + 0.5(A_{it} + A_{i0})(B_{it} - B_{i0})Y_{it} + A_{i0}B_{i0}(Y_{it} - Y_{i0}) \end{aligned} \quad (3)$$

式(3)是式(1)和(2)的平均, 弥补了各自的不足。  $0.5(A_{it} - A_{i0})(B_{i0} + B_{it})Y_{it}$  表示  $i$  省域在初始时期和  $t$  时期各部门单位产出能耗的平均值的情况下(即对技术水平平均的情况下), 由于工业结构变化而导致能源消费量的变化;  $0.5(A_{it} + A_{i0})(B_{it} - B_{i0})Y_{it}$  表示  $i$  省域在初始时期和  $t$  时期各部门产业比重平均值的情况下, 由于技术进步而导致能源消费量的变化;  $A_{i0}B_{i0}(Y_{it} - Y_{i0})$  的意义和前面相同, 表示排除工业结构变化和技术进步的影响, 单纯由于经济规模扩大而导致的能源消费量的变化。

本文采用能源消费分解式(3)。令  $\Delta E_{i0-t} = A_{it}B_{it}Y_{it} - A_{i0}B_{i0}Y_{i0}$ ,  $\Delta E_{istr} = 0.5(A_{it} - A_{i0})(B_{i0} + B_{it})Y_{it}$ ,  $\Delta E_{itec} = 0.5(A_{it} + A_{i0})(B_{it} - B_{i0})Y_{it}$ ,  $\Delta E_{isca} = A_{i0}B_{i0}(Y_{it} - Y_{i0})$ , 则任意两个时期工业能源消费的变化量可以分解为结构效应、技术效应和规模增长效应, 即:

$$\Delta E_{i0-t} = \Delta E_{istr} + \Delta E_{itec} + \Delta E_{isca} \quad (4)$$

## 1.2 数据来源及处理

能源消费强度通常量化为单位生产总值的能源消费总量<sup>[8]</sup>, 鉴于中国分省工业分行业工业增加值数据的不完整, 本文选用工业总产值指标。数据主要来源于《中国经济普查年鉴2008》、《中国经济普查年鉴2004》、《中华人民共和国1995年第三次全国工业普查资料汇编》(地区卷)、《中华人民共和国1985年工业普查资料》(第四册)。其中2004年分省工业分行业能源消费来源于各省2004年经济普查年鉴, 1995年分省工业分行业能源消费来自各省1995年经济统计年鉴及工业普查年鉴。由于各年份统计口径不同, 为了便于研究, 对相关行业进行了归并, 最终确定为25个部门。另外, 为了保证数据的可比性, 对数据进行了以下处理。首先, 基于工业品出厂价格指数, 将各年份的现价分行业工业总产值转变为1980年不变价数据。其次, 根据能源折算系数对各行业不同种类的能源消费数据进行了换算。再者, 基于重庆1985、1995及海南1985年统计年鉴数据对四川、广东及以上两个省域的数据进行了处理(因数据所限, 未计算西藏、香港、澳门和台湾)。通过数据预处理, 可以有效保证在分解过程中各时期之间的数据具有可比性, 以较真实地反映工业能源消费量的变化情况。

## 2 中国工业能源消费强度的区域差异

从省域来看, 不同历史时期下, 中国工业能源消费强度差异非常显著(表1)。<sup>①</sup>1985

年,绝大多数省域工业能源消费强度高于全国水平(3.86 t 标准煤/ $10^4$  元),约占研究省域的83%,仅上海、浙江、江苏、天津和广东等工业能源消费强度低于全国水平,宁夏和山西工业能源消费强度最高,都超过了全国水平的3倍。②1995年,北京、天津等25个省域工业能源消费强度有所降低,而江苏、河南、山东、青海和新疆等5个省域则不降反升。但与全国水平(3.63 t 标准煤/ $10^4$  元)相比,只有广东、上海、海南、天津、福建、浙江、湖北、安徽、重庆等8个省域低于全国水平。山西工业能源强度仍最高,达到了12.35 t 标准煤/ $10^4$  元,超过了全国水平的3倍。③2004年,北京、天津等22个省域工业能源消费强度都降低,而河北、山西、内蒙古、辽宁、黑龙江、青海、宁夏和新疆等8个省域则不降反升。仅有上海、天津、北京、福建、广东、浙江工业能源消费强度低于全国水平(2.31 t 标准煤/ $10^4$  元);贵州、河南、甘肃、黑龙江、河北、青海、宁夏、辽宁、内蒙古、新疆和山西等11个省域工业能源消费强度最高,都高于全国水平的3倍。④2008年,仅有陕西工业能源消费强度未能实现降低,其他省域都实现了降低。仅北京、上海、广东、天津、福建、浙江、江苏和重庆等8个省域工业能源消费强度低于全国水平(1.70 t 标准煤/ $10^4$  元)。贵州、甘肃、内蒙古、青海、黑龙江、山西、宁夏和新疆8个省域工业能源消费强度最高,都高出全国水平的3倍。

表1 中国各省工业能源消耗强度

Table 1 Industrial energy intensity in 30 provinces in China (t 标准煤/ $10^4$  元)

区域	1985年	1995年	2004年	2008年	区域	1985年	1995年	2004年	2008年
北京	4.74	3.88	1.00	0.49	河南	8.18	9.72	7.11	2.66
天津	3.38	1.40	0.95	0.62	湖北	5.05	3.17	3.86	1.92
河北	8.25	6.37	9.69	4.01	湖南	8.18	4.57	5.32	2.81
山西	13.31	12.35	34.59	9.26	广东	3.46	1.21	1.41	0.52
内蒙古	11.05	9.31	17.12	6.29	广西	5.88	3.89	5.51	2.65
辽宁	7.07	5.31	13.11	2.53	海南	5.99	1.27	4.30	2.04
吉林	7.47	5.96	3.74	2.24	重庆	6.69	3.52	2.58	1.40
黑龙江	7.87	4.47	8.05	7.39	四川	10.93	5.92	4.45	2.32
上海	2.00	1.25	0.73	0.51	贵州	9.75	5.51	6.97	5.42
江苏	3.17	4.03	2.34	1.14	云南	7.35	4.80	5.55	3.42
浙江	2.94	1.80	1.90	0.70	陕西	5.12	3.74	2.64	2.67
安徽	6.74	3.35	5.83	2.09	甘肃	9.50	6.26	7.58	5.43
福建	4.99	1.56	1.17	0.65	青海	9.65	9.82	11.51	6.82
江西	6.10	3.72	3.40	1.73	宁夏	12.36	10.27	12.63	9.50
山东	5.38	5.49	2.59	1.71	新疆	9.56	9.97	25.09	10.21

### 3 工业能源消费分解的时空差异

根据前文所述分解方法,分别计算了1985—1995、1995—2004、2004—2008和1985—2008年共4个时段的结构效应、技术效应和规模效应。分解出的三种效应与对应时间段里工业能源消费变化量的百分比称为贡献率。符号为正,表示该效应对工业能源消费的增长贡献率;符号为负,表示该效应的节能贡献率。可根据三种效应对工业能源消费量增长的作用组合,对中国省域进行类型划分(表2)。类型I,表示结构、技术和规模效应都对工业能源消费增长起正向作用;类型II,表示结构和技术对工业能源消费量增长起正向作用,而规

模效应对其起负向作用; 类型 III 表示结构和规模都对工业能源消费量增长起正向作用, 而技术效应则对其起负向作用; 类型 IV 表示技术和规模同时都对工业能源消费量增长起正向作用, 而结构起正向作用; 类型 V 表示技术和规模对工业能源消费量增长起正向作用, 而结构则对其起负向作用; 类型 VI 表示结构和规模同时对工业能源消费量增长起负向作用, 而技术则对其起正向作用; 类型 VII 表示结构和规模同时对工业能源消费量增长起负向作用, 而规模则对其起正向作用; 类型 VIII 表示结构、技术和规模都对工业能源消费量增长起负向作用。而类型 II—类型 VII 又可根据最终能源消费变动的增减状况, 分 a、b 两类, a 类表示最终能源实现负增长, b 类表示最终能源未能实现负增长。

表 2 能源消费强度变化类型  
Table 2 Types of industrial energy intensity

类型	$\Delta E$	结构效应	技术效应	规模效应
I	+	+	+	+
II a	-	+	+	-
II b	+	+	+	-
III a	-	+	-	+
III b	+	+	-	+
IV a	-	+	-	-
IV b	+	+	-	-
V a	-	-	+	+
V b	+	-	+	+
VI a	-	-	+	-
VI b	+	-	+	-
VII a	-	-	-	+
VII b	+	-	-	+
VIII	-	-	-	-

### 3.1 1985—2008 年

规模增长是所有省域工业能源消费量增长的主要因素, 其增长贡献率都超过了 150%, 同时技术进步是所有省域工业能源消费量减少的主要因素, 而结构调整仅对北京、上海、广东和重庆具有节能作用, 说明结构调整的节能潜力仍未发挥出来。从工业能源消费变化类型看, 仅包括类型 III 和类型 VII 两种 [图 1(a)]。

(1) 其中类型 III 包括天津、河北、山西、内蒙古、辽宁、吉林、黑龙江、江苏、浙江、安徽、福建、江西、山东、河南、湖北、湖南、广西、海南、四川、贵州、云南、陕西、甘肃、青海、宁夏和新疆等 26 个省域, 且都属 b 类; 这些省域规模增长对工业能源消费量的增长贡献率都非常大, 且结构调整并未有助于工业能源消费量的减少, 反而朝着相反的增加能源消费方向发展; 尽管技术效应的节能贡献率也很大, 但仍不足以抵消由规模增长和结构调整导致的能源增长贡献率。因此, 这些地区工业能源消费量未能实现负增长。

(2) 类型 VII 包括北京、上海、广东和重庆等 4 个省域, 且都属于 b 类。这些省域规模增长对工业能源消费量的增长贡献率也非常大, 同时技术进步的节能贡献率也很大, 与上述类型不同的是, 结构调整对工业能源消费量起着节能作用, 但节能贡献率比较小。由于这些区域技术进步和结构调整的节能效应还不足以弥补规模增长导致的工业能源消费增长, 因此最终工业能源消费量增长仍未呈现负增长。

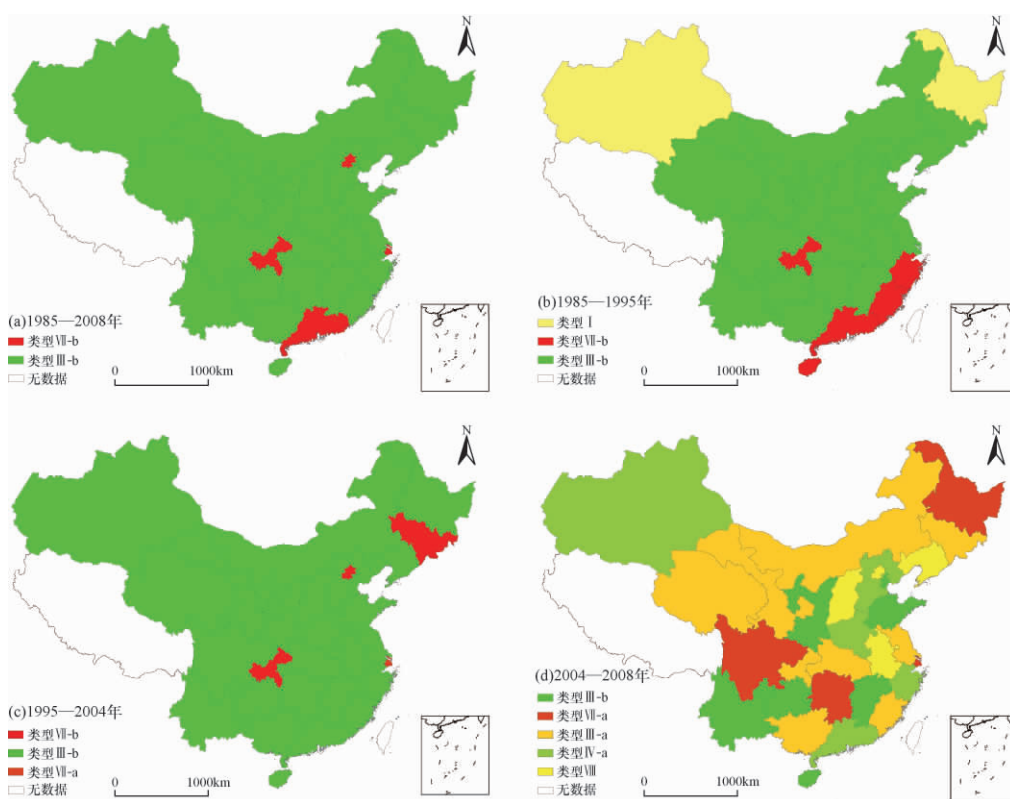


图1 中国能源消费变动分解类型

Fig. 1 Types of industrial energy intensity in China

### 3.2 1985—1995年

规模增长对所有省域工业能源消费量增长都呈正向作用,且其贡献率都在50%以上,表明其是所有省域工业能源消费增长的主导因素。技术效应对大多数(黑龙江和新疆除外)的工业能源消费起节能作用,但贡献率比较低,都未超过40%,表明其节能作用远低于规模效应的增长作用。结构效应约对83%的省域工业能源消费增长起正向作用,而其值都低于35%,表明其对工业能源消费的增长作用低于规模效应。从工业消费变化的类型来看,仅有I、III和VII等3个类型[图1(b)]。

(1) 类型I仅包括黑龙江和新疆;规模增长效应是导致能源消费增长的主要因素,技术进步和产业结构调整总体都未能起到减少能源消费的作用,反而向着增加的方向发展;因此这些省域工业能源消费量未能实现负增长。

(2) 类型VII包括浙江、福建、广东、海南和重庆等5个省域,且都属b类;在此类型省域中规模增长是导致能源消费增长的主导因素,其贡献率都在110%以上,同时技术进步和产业结构调整都对能源消费起到了减少的作用;这是由于化学工业、非金属矿物制品业、黑色金属冶炼及压延加工业和电力、燃气及水的生产和供应业等行业在这些省域能源消费比重及强度都实现了降低,才在一定程度上抵消了由于规模扩大导致的能源消费量增长;但由于规模增长的能源增长贡献率超过了由技术进步和结构调整带来的节能贡献率,因此这些省域也未能实现工业能源消费的负增长。

(3) 类型III包括北京、天津、河北、山西、内蒙古、辽宁、吉林、上海、江苏、安徽、

江西、山东、河南、湖北、湖南、广西、四川、贵州、云南、陕西、甘肃、青海和宁夏等 23 个省域,且都属 b 类。这些地区规模增长也对工业能源消费增长量起着主导作用,但作用强度不如类型 I 和类型 VII;结构调整不但未能起到节能作用,还在一定程度上促进工业能源消费量的增长,这表明这些地区的产业结构调整在继续向化学工业、非金属矿物制品业、黑色金属冶炼及压延加工业和电力、燃气及水的生产和供应业等高耗能行业方向转化;技术效应则对工业能源消费量起着节能作用,但其作用强度远弱于规模扩大和产业结构调整的增长作用,因此这些地区工业能源消费量也在增加。

### 3.3 1995—2004 年

规模增长仍是所有省域工业能源消费量增长的主导因素,其贡献率都超过了 120%。技术进步的作用也较为突出,与前期相比,技术进步对工业能源消费量都呈节能作用,且其节能效率都超过了 75%,这表明技术进步在很大程度上抵消了规模增长对工业能源消费量的增长作用。结构调整对所有省域工业能源消费的作用较规模及技术效应仍较弱,且两种作用方向同时并存。从工业能源消费变化的类型来看,仅有 III 和 VII 两种类型[图 1(c)]。

(1) 类型 III 包括天津、河北、山西、内蒙古、辽宁、黑龙江、江苏、浙江、安徽、福建、江西、山东、河南、湖北、湖南、广东、广西、海南、四川、贵州、云南、陕西、甘肃、青海、宁夏和新疆等 26 个省域,且都属 b 类。规模增长是这些省域工业能源消费量增长的主导因素,其贡献率都超过了 130%;同时产业结构调整并未朝向节能行业,因此其作用不但未能实现节能效应,反而向着增加的方向发展;技术进步则实现了节能作用,且贡献率也比较大,但不足以抵消以上两种效应。因此,这些省域的工业能源消费量仍在继续增加。

(2) 类型 VII 包括北京、吉林、上海和重庆 4 个省域。在此类型中规模增长对工业能源消费增长的正向作用仍非常大,其贡献率都超过了 200%;同时结构调整和技术进步对工业能源消费都起节能作用,但结构调整的效应比较小,其节能贡献率都在 50% 以下,而技术进步的效应比较大,其节能贡献率都在 100% 以上。从具体省域来看,北京、吉林和重庆 3 个省域,工业能源消费量继续增长,属 b 类。尽管行业的能源效率得到了很大的节约,但由于产业结构继续向高耗能方向发展,其总体节能作用仍不能抵消由于工业经济总量扩大带来的增长作用。而上海工业能源消费量实现了负增长,属 a 类。虽然工业经济快速发展带动了能源消费量的增长,但是通过技术进步和产业结构的有效调整取得了很好的节能效果,尤其是技术进步的节能效应达到了 704%,超过了规模扩大的能源增长效应(661%)。因此,上海实现了工业能源消费量的负增长,也是一种主动意义的节能模式,值得提倡,因为这种工业能源消费量的减少主要是依靠技术进步和结构调整来实现的,且并未导致工业经济总量的负增长。

### 3.4 2004—2008 年

规模增长对多数省域仍是工业能源消费量增长的主要因素,但对一些省域来说,规模效应并未促使能源消费增长,反而向着节能的方向发展,这可能是主要基于以下原因:一方面,在一些地区如北京近年来随着三次产业结构的调整及第三产业的迅速发展,工业经济总量有可能出现下降;另一方面,2008 年的金融危机对一些地区工业经济增长产生了很大的冲击,极有可能导致这些地区工业经济的倒退。技术进步仍是所有省域工业能源消费量减少的主导因素,且作用强度比前一时期有所增大。结构调整的节能作用仍不明显,仅在 8 个省域有节能作用,说明结构调整的节能潜力仍未发挥出来。从工业能源消费变化的类型来看,

包括类型 III、类型 IV、类型 VII 和类型 VIII [图 1(d)]。

(1) 类型 III 包括天津、内蒙古、吉林、江苏、福建、江西、山东、湖北、广西、海南、重庆、贵州、云南、陕西、甘肃、青海和宁夏等 17 个省域。在此类型中, 规模增长对工业能源消费量增长的主导作用仍然存在, 且结构调整的能源消费增长作用也比较大; 尤其是天津、吉林、江西、海南、贵州、云南、青海和宁夏等 8 个省域结构调整对工业能源消费量增长的贡献率超过了 120%; 究其原因, 这些省域重工业化趋势的增强, 一些高耗能行业的产业比重得到了提升。从具体的省域来看, 内蒙古、吉林、江苏、福建、湖北、广西、重庆、甘肃和青海等 9 个省域属于 a 类; 由于技术进步效应对工业能源消费的节能贡献率非常大, 都高于 150%, 超过了规模增长和结构调整所导致的工业能源消费的增长贡献率, 因此这些地区工业能源消费量实现了负增长。然而值得关注的是, 这仅是一种“中性”的节能模式, 因为这些地区工业节能仅依靠技术进步的作用, 其结构调整的节能效应还未显现。并且一些省域的技术进步节能贡献率非常大, 达到了 500% 以上, 其节能效应潜力已发挥极致, 将来若结构调整的节能效应仍不显现, 很有可能不足以抵消工业能源消费的增长量, 进而导致能源消费的反弹。另外, 天津、江西、山东、海南、贵州、云南、陕西和宁夏等 8 个省域, 属于 b 类; 尽管技术进步的节能贡献率非常大, 但仍不能抵消产业结构调整 and 规模增长所导致的工业能源消费量的增长, 因此这些地区工业能源消费量仍继续增长。

(2) 类型 IV 包括河北、浙江、河南、广东和新疆等 5 个省域, 且都属于 a 类; 这些省域技术进步的节能贡献率并不大, 但由于规模效应的节能作用存在, 抵消了由结构调整导致的工业能源消费量增长, 因此工业能源消费实现了负增长。然而, 由于这种节能模式是以牺牲工业经济产出为代价的, 仅能看作为“被动”意义的节能, 不值得提倡。

(3) 类型 VII 包括黑龙江、上海、湖南和四川等 4 个省域, 且都属于 a 类; 与 IV-a 不同, 这些省域技术进步和结构调整的节能效应足以抵消由工业规模增长导致的能源消费量增长, 因此工业能源消费实现了负增长。即尽管工业经济快速发展带动了这些省域能源消费量的增长, 但是技术进步和产业结构有效调整也起到了很好的节能效应。因此, 这是一种“积极主动”的节能模式, 应当值得提倡。

(4) 类型 VIII 包括北京、山西、辽宁和安徽等 4 个省域, 规模、技术和结构都对工业能源消费起节能作用, 因此工业能源消费一定是负增长。但从节能贡献率看, 北京规模节能的贡献率远低于技术进步的节能贡献率, 同时北京由于三次产业比重的协调发展, 工业经济总量不断合理降低, 因此这也是一种“积极主动”的节能模式, 值得提倡。而辽宁、山西和安徽技术进步及结构调整的节能贡献率远低于规模减少的节能贡献率, 作为传统的工业及能源大省, 这仅是一种“被动”的节能模式, 不值得提倡。

#### 4 结论

(1) 从工业能源消费强度来看, 尽管多数省域的工业能源消费强度都在降低, 但在不同历史时期下, 多数省域的能源强度是高于全国水平的。各地区能源消耗总量在 1985—1995、1995—2004 年两个时期都在增加, 仅上海在 1995—2004 年间为负增长, 其主要由技术进步和产业结构有效调整的节能效果超过了规模扩大的能源增长效应; 而进入 2004—2008 年间, 由于技术进步的节能效应增强, 加之规模效应的减弱或节能作用, 多数地区工业能源消费出现了负增长。

(2) 规模效应在 1985—1995、1995—2004 年间两个时期都是工业能源消费增长的主



导因素,且随着时间推进,作用强度也在显著增加;同时规模效应强度的区域差异并不显著,前一时期规模效应作用强度较大的省域并未集中分布,后一时期大多介于 150%~200% 之间。而在 2004—2008 年间,规模效应则出现明显分异,增长能源与节约能源两种效应同时并存。

(3) 技术效应在 1995—2004、2004—2008 年两个时期都是朝着节约工业能源的方向发展,且随着时间的推进,技术效应在各个省域的作用在逐步显现;但其大小对不同区域来说有所不同,东部沿海地区 > 东北地区 > 中部地区 > 西部地区。而在 1985—1995 年间,技术效应的大小和方向都不一。总体来看,技术进步的节能效应在一些省域有待提高,这样才有助于“积极主动”地促进工业能源消费降低。

(4) 结构效应在三个时期方向不一,仅在少数地区表现为节能作用;且较之以上两种效应,结构效应的作用强度较小。对于北京、上海等地区而言,由于工业结构的有效调整,促使了高耗能工业的减少,结构效应对工业能源消费起着节能作用;而对于其他地区而言,由于工业发展的阶段不同,重化工工业的比例在逐渐攀升,结构效应则朝向了增长能源消费的方向发展。总之,结构效应与各地区工业发展阶段密切相关,其节能潜力仍需充分挖掘。

#### 参考文献(References):

- [1] Liu Na, Ang B W. Factors shaping aggregate energy intensity trend for industry: Energy intensity versus product mix[J]. *Energy Economics*, 2007, 29: 609-635.
- [2] Nooji M, Kruk R, Soest D P. International comparisons of domestic energy consumption[J]. *Energy Economics*, 2003, 25: 259-373.
- [3] Ang B W, Lee S Y. Decomposition of industrial energy consumption: Some methodological and application issues[J]. *Energy Economics*, 1994, 16: 83-92.
- [4] Choi Ki-Hong, Ang B W, Ro K K. Decomposition of the energy intensity index with application for the Korean manufacturing industry[J]. *Energy*, 1995, 20(9): 835-842.
- [5] Miketa A. Analysis of energy intensity developments in manufacturing sectors in industrialized and developing countries[J]. *Energy Policy*, 2001, 29: 769-775.
- [6] Arjaree Ussanarassamee, Subhes C Bhattacharyya. Changes in energy demand in Thai industry between 1981 and 2000[J]. *Energy*, 2005, 30: 1845-1857.
- [7] Reddy B S, Ray B K. Decomposition of energy consumption and energy intensity in Indian manufacturing industries[J]. *Energy for Sustainable Development*, 2010, 14: 35-47.
- [8] 张晓平,孙磊. 中国工业能源消费强度变化的分解分析[J]. 资源科学, 2010, 32(9): 1685-1691. [ZHANG Xiaoping, SUN Lei. Decomposition of energy intensity change in China's industrial sub-sectors. *Resources Science*, 2010, 32(9): 1685-1691.]
- [9] 王玉潜. 能源消耗强度变动的因素分析方法及其应用[J]. 数量经济技术经济研究, 2003(8): 151-154. [WANG Yu-qian. The method of changes in the energy intensity of the factor analysis and its application. *The Journal of Quantitative & Technical Economics*, 2003(8): 151-154.]
- [10] ZHA Dong-lan, ZHOU De-qun, DING Ning. The contribution degree of sub-sectors to structure effect and intensity effects on industry energy intensity in China from 1993 to 2003[J]. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2009, 13(4): 895-902.
- [11] 刘叶,王磊. 我国工业能源强度变动的影响因素分解分析——基于 LMDI 分解法[J]. 中国矿业大学学报: 社会科学版, 2009(4): 66-70. [LIU Ye, WANG Lei. Decomposing analysis of influencing factors of China's industrial energy intensity. *Journal of China University of Mining & Technology: Social Science*, 2009(4): 66-70.]
- [12] 刘红玫,陶全. 大中型工业企业能源密度下降的动因探析[J]. 统计研究, 2002(9): 30-34. [LIU Hong-mei, TAO Quan. The approach to the factors resulting in the decrease of energy consumption density of large and middle industrial

- enterprises. *Statistical Research*, 2002(9): 30-34. ]
- [13] LIAO Hua, FAN Ying, WEI Yi-ming. What induced China's energy intensity to fluctuate: 1997-2006 [J]. *Energy Policy*, 2007, 35: 4640-4649.
- [14] 孙鹏, 顾晓薇, 刘敬智, 等. 中国能源消费的分解分析 [J]. 资源科学, 2005, 27(5): 15-19. [SUN Peng, GU Xiao-wei, LIU Jing-zhi, et al. Decomposition analysis of Chinese energy consumption. *Resources Science*, 2005, 27(5): 15-19. ]
- [15] 刘凤朝, 潘雄锋, 徐国泉. 基于结构份额与效率份额的中国能源消费强度研究 [J]. 资源科学, 2007, 29(4): 2-6. [LIU Feng-chao, PAN Xiong-feng, XU Guo-quan. An assessment of China's energy consumption intensity based on structure share and efficiency share methods. *Resources Science*, 2007, 29(4): 2-6. ]
- [16] 刘畅, 孔宪丽, 高铁梅. 中国工业行业能源消耗强度变动及影响因素的实证分析 [J]. 资源科学, 2008, 30(9): 1290-1299. [LIU Chang, KONG Xian-li, GAO Tie-mei. Empirical analysis of changes in China's industrial sector energy consumption intensity and influential factors. *Resources Science*, 2008, 30(9): 1290-1299. ]
- [17] 周鸿, 林凌. 中国工业能耗变动因素分析: 1993-2002 [J]. 产业经济研究, 2005(5): 13-18. [ZHOU Hong, LIN Ling. Decomposition of energy efficiency change of industry in China (1993-2002). *Industrial Economics Research*, 2005(5): 13-18. ]
- [18] Zhou P, Ang B W, Zhou D Q. Measuring economy-wide energy efficiency performance: A parametric frontier approach [J]. *Applied Energy*, 2011, doi: 10.1016/j.apenergy.2011.02.025.
- [19] 李廉水, 周勇. 技术进步能提高能源效率吗? ——基于中国工业部门的实证检验 [J]. 管理世界, 2006(10): 82-89. [LI Lian-shui, ZHOU Yong. Can Technological advances improve energy efficiency? —Empirical analysis of industrial sector energy consumption. *Management World*, 2006(10): 82-89. ]
- [20] HU Jin-li, WANG Shi-chuan. Total factor energy efficiency of regions in China [J]. *Energy Policy*, 2006, 34(17): 3206-3217.
- [21] 魏楚, 沈满洪. 能源效率及其影响因素: 基于 DEA 的实证分析 [J]. 管理世界, 2007(8): 66-76. [WEI Chu, SHEN Man-hong. The energy efficiency and its influencing factors: Based on DEA model. *Management World*, 2007(8): 66-76. ]
- [22] Mukherjee K. Energy use efficiency in US manufacturing: A nonparametric analysis [J]. *Energy Economics*, 2008, 30: 76-96.
- [23] 李世祥, 成金华. 中国工业行业的能源效率特征及其影响因素——基于非参数前沿的实证分析 [J]. 财经研究, 2009, 35(7): 134-143. [LI Shi-xiang, CHENG Jin-hua. The energy efficiency feature of industrial sectors in China and its influencing factors. *Journal of Finance and Economics*, 2009, 35(7): 134-143. ]
- [24] Park Se-Hark. Decomposition of industrial energy consumption [J]. *Energy Economics*, 1992, 13: 265-270.
- [25] Ma Chunbo, Stern D I. China's changing energy intensity trend: A decomposition analysis [J]. *Energy Economics*, 2008, 30: 1037-1053.
- [26] Liu F L, Ang B W. Eight methods for decomposing the aggregate energy-intensity of industry [J]. *Applied Energy*, 2003, 76: 15-23.
- [27] Mukherjee K. Energy use efficiency in the Indian manufacturing sector: An inter state analysis [J]. *Energy Policy*, 2007(10): 1-11.
- [28] Han X, Lakshmanan T K. Structural changes and energy consumption in the Japanese economy 1975-1985: An input-output analysis [J]. *Energy Journal*, 1994, 15: 165-188.
- [29] 梁进社, 郑蔚, 蔡建明. 中国能源消费增长的分解: 基于投入产出分析方法 [J]. 自然资源学报, 2007, 22(6): 854-864. [LIANG Jin-she, ZHENG Wei, CAI Jian-ming. The decomposition of energy consumption growth in China: Based on input-output model. *Journal of Natural Resources*, 2007, 22(6): 853-864. ]
- [30] 梁进社, 洪丽璇, 蔡建明. 中国城市化进程中的能源消费增长——基于分解的 1985—2006 年间时序比较 [J]. 自然资源学报, 2009, 24(1): 20-29. [LIANG Jin-she, HONG Li-xuan, CAI Jian-ming. The decomposition of energy consumption growth—During the process of China's urbanization: 1985-2006. *Journal of Natural Resources*, 2009, 24(1): 20-29. ]
- [31] 洪丽璇, 梁进社, 蔡建明, 等. 中国地级以上城市工业能源消费的增长——基于 2001—2006 年的数据分解 [J].

地理研究, 2011, 30(1): 83-93. [HONG Li-xuan, LIANG Jin-she, CAI Jian-ming, et al. Growths of industrial energy consumption in China's prefecture-level cities: Based on the data in 2001-2006. *Geographical Research*, 2011, 30(1): 83-93.]

## Decomposition of Energy Intensity Change in Industrial Sub-Sectors and Its Spatio-Temporal Variation in China

YANG Wei<sup>1</sup>, WANG Cheng-jin<sup>2</sup>, JIN Feng-jun<sup>2</sup>, LI Ling-ling<sup>3</sup>

(1. Institute of Industrial and Technological Economics of National Development and Reform Commission, Beijing 100038, China;

2. Institute of Geographical and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;

3. Tieling Teacher's College, Tieling 112001, China)

**Abstract:** Differing from previous studies primarily focusing on the change of the total energy consumption intensity of China, the paper analyzes aggregate industrial energy intensity changes in 25 selected industrial sub-sectors of 30 provinces in China (not including Tibet, Hong Kong, Macao and Taiwan due to no data), using the adaptive additive decomposition method. The changes of industrial energy consumption are decomposed into industrial structure effect, technological effect and economic scale effect. By employing adaptive additive decomposition analysis, it was found that the strength and direction of the three effects are different in different provinces and times intervals. Economic scale effect played a dominant role in increasing industrial energy intensity, and its difference is not significant in the two periods 1985-1995 and 1995-2004. But, it played two roles in increasing and reducing industrial energy intensity and its difference is significant in the period 2004-2008. Technical effect played a dominant role in reducing industrial energy intensity, and its difference is significant in different provinces in the two periods 1995-2004 and 2004-2008. And in the period 1985-1995, its strength and direction are both different. Overall, its role in reducing industrial energy intensity needs to be improved in some provinces, to reduce proactively industrial energy consumption. Structural effect played two roles in increasing and reducing industrial energy intensity and its difference is significant in different provinces all the time. Its strength was small in most provinces except Beijing, Shanghai and Guangdong. This indicated that its urgent need is to tap the potential of the structural effect in reducing industrial energy intensity. Thus, significant steps should be taken in effective structural adjustment to reduce industrial energy consumption in the future.

**Key words:** energy intensity; economic scale effect; structure effect; technological effect