

# 我国八大行业的能源消费驱动因素研究\*

## ——基于完全指数分解法

邓 军, 蒋喆慧

(华中师范大学 经济学院, 湖北 武汉 430079)

**摘 要** 运用完全指数分解法, 选用 1994—2007 年间中国八大行业的 GDP 与能源的面板数据, 对中国能源消费量进行分解, 并对其影响因素进行研究。研究发现, 各部门经济规模的扩大是导致能源消耗增加的最主要因素, 但各部门能源密度明显下降, 成为节约能源的最主要因素。而能源转换效率下降以及经济结构的不合理也是影响能源消费增加的重要因素。从行业看, 制造业是分析我国能源消费的最关键部门。

**关键词** 能源消费量; 完全指数分解法; 驱动因素

**中图分类号:** F206 **文献标识码:** A **文章编号:** 1008-3456(2010)05-0089-05

从 20 世纪 90 年代以来, 中国经济保持了持续快速增长, 按 1994 年基期价格计算, 从 1994 年到 2007 年间我国 GDP 年均增长率达到 10.5%。经济快速发展的同时, 我国能源消费也迅猛增长, 从 1994 年到 2007 年间我国能源消费总量年均增长率达到 6.5%, 14 年间能源消费总量翻了一番。中国经济的快速增长伴随着能源的高消耗, 吸引了众多国内外学者的关注。在相关研究中, 指数分解法(index decomposition analysis 简称 IDA)被广泛用来分析能源消费及碳排放变化的动因。指数分解法 IDA 是将指数概念应用于分解分析中, 它实际上是总量计算公式表示为几个因素指标的乘积, 并根据不同的确定权重的方法进行分解, 以确定各个指标的增量份额。因素分解方法有很多种, 据 Ang<sup>[1]</sup> 的总结, 目前的因素分解方法盛行的主要分为两大类: 一类是以 Laspeyres 为基础的 IDA 方法; 另一类是 Divisia IDA 方法。其中 Sun<sup>[2]</sup> 提出的以 Laspeyres 为基础的完全指数分解法由于很好地解决了残差项问题, 被众多研究者广泛运用。

国内外有许多学者运用 IDA 方法研究能源消费问题。比如 Chunbo<sup>[3]</sup> 运用 Divisia 指数分解法分析中国 1980—2003 年间的能源密度变化趋势。Zhao 等<sup>[4]</sup> 运用 LMDI 指数分解方法, 分析 1998—2006 年我国能源消费的影响因素。吴巧生等<sup>[5]</sup> 利

用指数分解法分析了中国工业化中的能源消耗强度变动的因素。周勇等<sup>[6]</sup> 运用 AWD 分解法分析了中国能源强度变化的结构与效率因素贡献。

国内外运用 IDA 指数分解法分析我国能源消费情况的方法, 方法上没有将能源消费影响因素进一步分解; 研究对象上缺乏对各部门的细分。有鉴于此, 本文采用 Sun1998 年提出的完全分解法, 将我国能源消费的影响因素进一步分解为四大因素, 即能源转换效率、能源密度、经济结构、经济规模; 研究对象为我国的生产部门的八个大部门, 即农业、采掘业、制造业、公用事业、建筑业、交通运输业、商业、其他行业。期望更深入地发掘我国能源消费的规律。

## 一、模型设定、变量及数据

### 1. 模型设定

Laspeyres 分解法由德国 Laspeyres 于 1864 年提出的。因其对各要素的分解总存在不完全性, 按照“共同创造, 平等分配”原则, Sun 于 1998 年将 Laspeyres 分解法中的残差项完全分摊到各个要素中, 提出了优化的 Laspeyres 分解方法。该方法相对于传统的 Laspeyres 分解方法是一大扩展与优化, 又被称为完全分解法。按照 Sun 的总结, 要素  $X_i$  对  $A$  总变化的贡献为:

收稿日期: 2010-07-04

\* 国家社科基金项目“两型社会建设与中部地区工业增长模式研究”(08AJY032); 华中师范大学研究生科研自主基金(2009054)。

作者简介: 邓 军(1985-), 男, 硕士研究生; 研究方向: 数量经济学。E-mail: dengjun85@gmail.com

$$X_{i-effect} = \frac{\prod_{k=1}^n X_k}{X_i} \vee X_i + \frac{1}{2} \sum_{i \neq p} \frac{\prod_{k=1}^n X_k}{X_i X_p} \vee X_i \vee X_p + \frac{1}{3} \sum_{i \neq p \neq q} \frac{\prod_{k=1}^n X_k}{X_i X_p X_q} \vee X_i \vee X_p \vee X_q + \dots + \frac{\prod_{k=1}^n \vee X_k}{n} \quad (1)$$

本文采用 Sun 提出的完全分解法,将能源消费总量  $E$  首先按下式进行分解:

$$E = \sum_i E_i = \sum_i \frac{E_i}{FE_i} * \frac{FE_i}{GDP_i} * \frac{GDP_i}{GDP} * GDP \quad (2)$$

$$GDP = \sum_i TE_i * EI_i * ES_i * G$$

注:式中  $E$  代表能源总消耗、 $E_i$  代表各个行业的能源总消耗、 $FE_i$  代表各行业终端能源消费、 $GDP_i$  代表各行业经济规模、 $GDP$  代表总的经济规模。

通过分解,我们就可以将能源消费总量转换为四个因素的乘积,这四个因素是能源转换效率  $TE_i$  (即能源消耗总量与终端的最终消费能源总量比值)、能源密度  $EI_i$  (即各行业单位 GDP 的终端能源消耗量)、产业结构因素  $ES_i$  (各行业的  $GDP_i$  与总 GDP 比重)以及经济规模因素  $G$ 。

但是上式仅将能源消耗量分解为四个因素的乘积,这种形式并不能直接度量出能源消耗的影响情况。本文参照 Sun1998 年提出的优化指数分解法,将 T 期与 0 期的能源消费量的变化分解为四大效应:

$$\Delta E_i = E^t - E^0 = TE_{effect} + EI_{effect} + ES_{effect} + G_{effect} \quad (3)$$

这里的  $TE_{effect}$  表示能源转换效率  $TE$  在其他几个因素不变的情况下,  $TE$  的变化对能源消费总量的效应或影响。也就是说如果能源转换效率提高,在其他因素不变的情况下,能源消费量相应提高,这样可以度量出此因素的变化带来能源消费量的变化。同样  $EI_{effect}$ 、 $ES_{effect}$ 、 $G_{effect}$  分别表示能源密度  $EI$ 、经济结构  $ES$ 、经济规模  $G$  对能源消费总量的单独影响和效应。如此,我们便可以将我国能源消费总量分解为能源转换效率  $TE$ 、能源密度  $EI$ 、经济结构  $ES$  和经济规模  $G$  四个典型的影响因素;并可以通过相关数据分析此四因素对我国能源消费影响的大小及趋势。

### 2. 变量及数据来源

本文研究中所用的中国八大生产部门 GDP 数据取自于 1994 年到 2007 年间历年的《中国统计年鉴》,以 1994 年不变价计算而来。对应各部门能源消费总量  $E_i$  以及终端能源消费量  $FE_i$  数据来自于历年《中国能源统计年鉴》。

表 1 各主要变量统计结果

变量	总产出 GDP/百亿元	各部门产出 GDP <sub>i</sub> /百亿元	各部门能源消费 总量 $E_i$ /百万吨标准煤	各部门终端能源 消费量 $FE_i$ /百万吨标准煤
样本数	14	112	112	112
均值	934.55	116.82	185.71	130.43
标准差	386.58	136.24	307.67	229.45
最小值	482.43	11.97	13.50	8.40
最大值	1 770.14	857.40	1 562.20	1 112.60

### 3. 基本数据描述性分析

(1)制造业和其他行业是拉动 GDP 增长的主要部门。我国经济规模迅速扩大,从 1994 到 2007 年间年均增长率达到 10.5%。从 20 世纪 90 年代以来我国经济一直保持高速增长,经济规模不断增大。我国 GDP 从 1994 年的 4.82 万亿元增长到 2007 年的 17.7 万亿元(以 1994 年为基准价),实际 GDP 14 年间累计增长了 267%,平均年增长率达到 10.5%。从阶段趋势上看,除 1998、1999、2000 年增长率在 7%左右外,其他年份增长率基本在 10%左右,但 2005、2006、2007 年环比增长率分别为 12.5%、13.9%、17.9%,呈现出加速势头。

分部门看,制造业和其他行业这两个部门创造了中国 GDP 总和的约 60%。其中制造业占比最高,从 1994 年的 33.9%到 2007 年的 48.4%,年均占比 39.5%,且呈上升趋势,而其他行业年均占比也达到了 18.6%且呈略微上升趋势。为了更准确地考察各个部门对我国 GDP 增长的影响,我们通过各部门的年均 GDP 占比以及各部门产值的年均增长率,算出了各部门对总 GDP 增长的拉动。计算结果显示,中国从 1994 年到 2007 年 GDP 年均增长率约 10.5%,其中制造业拉动了 GDP 增长 5.4%,其他行业创造了 1.98% 的增长,也就是说中国这些年的快速经济增长,年均的 10.5% 中有约

表2 各部门年均创造的全国的GDP增长率

									%
八大部门年均	农业	采掘业	制造业	公用事业	建筑业	交通运输业	商业	其他行业	总和
GDP占比	14.47	3.16	39.46	3.10	5.66	6.02	9.51	18.6	100.00
产值增长率	3.90	6.51	13.69	12.87	9.01	10.27	9.29	10.64	
对总GDP拉动	0.56	0.21	5.40	0.40	0.51	0.62	0.88	1.98	10.56

7.4%是制造业和其他行业创造的,尤其制造业创造了中国GDP过半的增长,各行业的具体计算结果参见表2。

(2)总能源消费增长迅速,制造业是主要的能源消费行业。从总体上看,我国能源消费迅速增长,从1994到2007年间年均消费增长率达到6.5%。生产部门总能源消耗从1994年的10.73亿吨标准煤到2007年的23.88亿吨标准煤,14年间能源消耗累计增长了123%,能源消耗总量翻了一番,其中1998、1999年为负增长,2003年、2004年增长较快,环比增长率分别为15.6%,17.3%。2005、2006、

2007三年环比增长率分别为10.6%、9.8%、8.1%,处于一个比较高的增长水平。

从部门看,制造业、公用事业、采掘业以及交通运输业这四个部门能源消耗总量占据了八大行业总消耗的87%之多,尤其制造业占了能源消费的大部分,年均占比达63.4%,消费能源总量从1994年的7.17亿吨标准煤到2007年的15.62亿吨标准煤,消费总量翻了一番多,而且有略微上升趋势。在表3中,我们具体列出了各行业的能源占比情况,并添加了各行业的GDP占比情况作为对比分析。

表3 八大行业的年均GDP占比和能源消耗占比对比表

									%
1994-2007年均	农业	采掘业	制造业	公用事业	建筑业	交通运输业	商业	其他行业	
GDP占比	14.47	3.16	39.46	3.10	5.66	6.02	9.51	18.62	
能源消耗占比	4.55	7.83	63.43	8.53	1.52	7.36	2.32	4.46	

## 二、实证分析

前面基本数据的统计分析,我们发现了一些现象,如中国经济在快速的增长,制造业和其他行业创造了年均10.5%的经济增长率中的7.4%;能源消耗总量翻了一翻,制造业、公用事业、采掘业、交通运输业四个部门消费了总能源的80%以上。中国经济的高速发展是伴随着能源的大量消耗的,而且是不均衡的消耗。这里我们从能源模型分解的四个因素进行分析,看看我国八大行业能源消费是如何受这四个因素影响的。

### 1. 能源转换效率总体下降,导致能源消费增加

能源转换效率即终端能源消费量与总能源消费量的比值,其值越高则能源消耗越少,所以提高能源

转换效率可以节约能源。这里的能源转换效率效应,主要是指在其他几个因素不变的情况下,能源转换效率的变化对能源消耗总量的净效应。

我国能源转换效率总体在下降,由于能源转换效率的下降每年都消耗着大量的能源。1995-2007年14年间由于能源转换效率下降导致能源消费总量增加0.98亿吨标准煤,平均每年增加能源消耗7.5百万吨标准煤。按部门分析,制造业和其他行业是能源转换效率下降导致能源消费增加的主要部门。制造业由于能源效率降低年均增加能源消耗8.2百万吨标准煤,其他行业增加消费1.54百万吨标准煤,这两个部门是能源转换效率下降导致总能源消耗增加的最主要部门,利用模型(3)对八大行业各年的能源转换效应计算结果参见表4。

表4 八大行业各年份的能源转换效应(TE<sub>effect</sub>)

行业/年份	百万吨标准煤													
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	年均
农业	1.5	-0.7	2.4	-1.1	-0.6	1.6	1.4	-1.7	-1.3	-4.9	0.9	0.6	0.6	-0.1
采掘业	4.9	-3.9	10.3	-4.6	-8.8	8.2	2.4	-2.8	-0.9	-23.4	4.3	0.9	-2.1	-1.2
制造业	17.0	-17.9	41.7	-3.7	5.8	36.2	32.0	-27.2	2.9	-17.7	0.2	16.5	20.9	8.2
公用事业	7.1	-33.4	-0.3	-2.8	4.9	9.9	12.9	3.0	-16.6	0.5	8.1	3.8	7.3	0.3
建筑业	0.9	-0.3	-0.8	0.7	-1.3	7.3	-0.2	0.8	0.7	-19.8	0.0	0.4	0.2	-0.9
交通运输业	-1.5	0.3	0.5	-1.0	-1.5	1.3	-0.1	-0.4	-1.2	-2.2	-1.7	0.1	-1.0	-0.6
商业	0.4	-0.4	2.2	0.0	-0.2	2.3	0.4	-0.1	0.3	-1.2	-0.8	0.5	-0.4	0.2
其他行业	-2.3	2.7	2.1	3.2	0.5	1.3	0.0	0.4	2.4	-1.5	6.0	2.6	2.6	1.5
总计	27.9	-53.5	58.1	-9.2	-1.1	67.9	48.8	-28.1	-13.6	-70.2	17.1	25.4	28.2	7.5

### 2. 能源密度大幅下降,推动能源节约

能源密度指终端能源消费量与相应GDP的比

值,其倒数又称能源利用效率。它反映GDP对能源的依赖程度,能源密度越低,能源利用效率越高能源

消耗越少,降低能源密度可以节约能源。这里的能源密度效应主要是指在其他几个因素不变的情况下,能源密度的变化对能源消耗总量的净效应。利用模型(3)对八大行业各年的能源密度效应的计算结果如图 1。

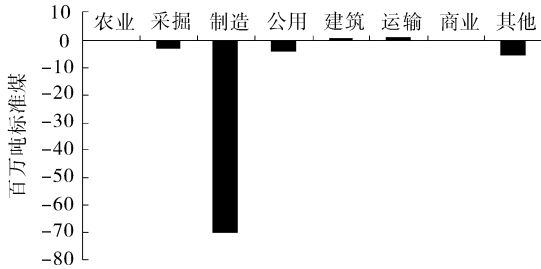


图 1 八大行业能源密度效应(14 年平均量)

我国生产部门的能源密度大幅下降,1995—2007 年因为能源密度变化对能源消费总的效应(百万吨标准煤)分别为: -76.33、-28.84、-178.69、-108.21、-108.8、-85.3、-126.12、-25.96、47.73、151.71、-72.02、-124.55、-301.32。14 年间由于能源密度下降总共节约能源约 10.37 亿吨标准煤,平均每年节约能源 79.75 百万吨标准煤。能源密度下降正在为我国节约着大量的能源消费。按部门分析,制造业是源密度下降节约能源消费的最主要部门,制造业由于能源密度下降年均节约能源近 70 百万吨标准煤。从图 1 可以看出,我国生产部门整体能源密度的下降主要来自制造业的贡献。

### 3. 经济结构不合理,资源消耗型产业比重过大,增加了能源消费

这里定义的经济结构因素是各行业 GDP 与总 GDP 的比值,即表示各行业经济份额的比重。从总体上看,由于经济结构不合理,年均增加能源消耗约 0.18 亿吨标准煤。从 1995—2007 年因为产业结构变化对能源消费总的效应(百万吨标准煤)分别为:

20.76、24.04、17.99、1.24、4.92、-3.11、7.24、6.63、13.97、23.15、21.48、20.45、72.13。14 年间由于产业结构问题导致能源消费累计增加 2.31 亿吨标准煤,平均每年增加能源消耗 17.8 百万吨标准煤。按部门分析,制造业比重增加是造成产业结构效应增加能源消费的最主要部门。利用模型(3)对八大行业各年的经济结构效应如图 2 所示,各个部门单独净效应(百万吨标准煤),年均农业 -4.23、采掘业 -4.25、制造业 27.76、公用事业 0.44、建筑业 -0.34、交通运输业 -0.95、商业 -0.52、其他行业 -0.13。由于制造业比重增加,年均增加能源消耗 27.76 百万吨标准煤,而其他部门产业结构效应基本为负。

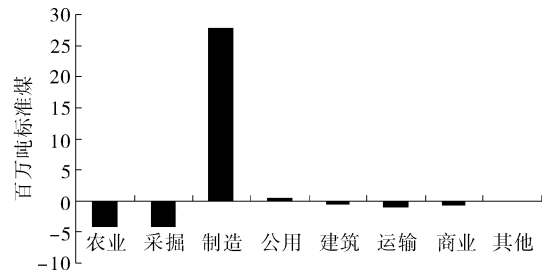


图 2 八大行业经济结构效应(14 年平均量)

### 4. 经济规模快速扩张带动能源消费迅猛增加

经济规模效应是指在其他三个因素不变的情况下,经济总量的变化导致能源消费量变化的净效应。1995—2007 年的 14 年间由于经济规模不断扩大导致能源消费累计增加 20.23 亿吨标准煤,平均每年增加能源消耗 1.56 亿吨标准煤。分部门看,主要是制造业的快速发展带动了我国能源消费的大幅度增加。由于制造业的经济规模扩大,年均增加能源消耗 98.85,占了年均总效应的约 64%,其次是公用事业、交通运输业和采掘业,各年各行业的具体计算数据参见表 5。

表 5 八大行业各年份的经济规模效应( $G_{effect}$ )

百万吨标准煤

行业/年份	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	年均
农业	5.2	5.4	5.1	3.9	4.1	4.5	5.5	6.2	7.4	7.0	9.3	10.7	13.8	6.8
采掘	9.5	9.5	9.2	7.1	7.0	7.5	9.3	10.2	13.0	12.0	14.9	17.2	22.6	11.5
制造	73.1	76.4	70.3	50.6	51.0	55.1	66.3	74.1	97.3	101.5	144.4	177.5	247.5	98.9
公用	7.2	8.5	9.0	7.2	7.5	8.4	10.3	11.7	15.3	14.6	19.5	23.4	32.1	13.4
建筑	1.3	1.3	1.2	0.9	1.1	1.3	1.9	2.3	3.0	3.2	4.0	4.7	6.4	2.5
运输	5.6	5.7	6.0	5.3	6.2	7.3	9.1	10.2	13.3	13.5	18.7	22.9	32.4	12.0
商业	1.9	2.1	2.1	1.7	1.9	2.2	2.8	3.2	4.3	4.4	5.8	6.9	9.5	3.7
其他	4.9	4.8	4.5	3.3	3.8	4.3	5.3	5.9	7.3	7.1	9.8	11.9	16.0	6.8
总计	108.7	113.6	107.3	80.0	82.4	90.7	110.5	123.8	160.9	163.2	226.3	275.2	380.2	155.6

### 三、结论及政策建议

本文采用完全指数分解法,构造能源消费模型,对我国能源消费总量进行分解,得出能源密度下降成为我国能源节约的最大推动力,而能源转换效率、经济结构以及经济规模因素都是带动我国能源消费的增加的。针对我国当前的能源消费情况提出以下建议:

第一,优化能源结构,减少火力发电比重,提高能源转换效率。我国能源转换效率整体下降,其中一个重要原因是火力发电比重过大。本文研究得出制造业和其他行业是能源转换效率效应引起能源消费增加的主要部门,而这两个部门消耗着大量的电力能源,火力发电中煤炭转换为电力的能源转换效率实际上只有30%左右,这是造成了我国整体能源转换效率低下的一个主要因素。可以通过减少火力发电在发电中的比例,在火力发电企业中通过提高工艺技术、管理水平等措施提高他们的转换效率,以及提高其他可再生能源的比例等手段最终到达提高能源转换效率的目的。

第二,能源密度下降空间依旧很大。这些年能源密度显著下降且是我国节约能源的最主要因素。但是同发达国家相比,我国各行业的能源利用效率还不是很高,尤其是占主要地位的制造业,虽然能源密度下降而且为能源节约做出了很大贡献,但是能源利用效率可以提高的空间依然巨大。可以继续通过投资科研,引进新技术,新设备等措施提高能源利用效率;可以通过制度改革,引进外国先进管理经

验,提高企业管理效率等手段让单位能耗的产出增加。这样从技术和制度两方面着手降低我国的能源密度,提高能源利用效率。

第三,优化产业结构,提高能源节约型产业在我国产业中的比重。目前我国经济结构过于重型化,产业结构还有待优化。经验显示第三产业是能源消耗较少的行业,而当前我国第三产业仅占我国GDP的40%左右,而发达国家的第三产业比重一般都在70%以上,相对于发达国家,我国第三产业发展的空间巨大,所以我国应该提高第三产业等能源消耗少的行业比重,给予这些行业发展更多鼓励和支持,这样对于我国经济结构优化,能源节约将起到巨大的推动作用。

### 参 考 文 献

- [1] ANG B W. Decomposition analysis for policymaking in energy: which is the preferred method? [J]. *Energy Policy*, 2004(32): 1131-1139.
- [2] SUN J W. Accounting for energy use in China, 1980-1994 [J]. *Energy*, 1998(20): 835-849.
- [3] CHUNBO M, DAVID I S. China's changing energy intensity trend: A decomposition analysis [J]. *Energy Economics*, 2008(30): 1037-1053.
- [4] ZHAO X L, CHUNBO M, HONG D Y. Why did China's energy intensity increase during 1998-2006: Decomposition and policy analysis [J]. *Energy Policy*, 2010(38): 1379-1388.
- [5] 吴巧生, 成金华. 中国工业化中的能源消耗强度变动及因素分析——基于分解模型的实证分析 [J]. *财经研究*, 2006(6): 75-85.
- [6] 周勇, 李廉水. 中国能源强度变化的结构与效率因素贡献——基于AWD的实证分析 [J]. *产业经济研究*, 2006(4): 68-74.

## The Current Situation of Energy Consumption and Analysis on Affection Factors in Eight Industries

——Based on the Complete Decomposition Approach

DENG Jun, JIANG Zhe-hui

(School of Economics, Huazhong Normal University, Wuhan, Hubei, 430079)

**Abstract** This paper analyzed total energy consumption in the eight industries through the selected panel data of eight industries between 1994 and 2007. It has been found that the expansion of economy is the primary factor in raising the energy consumption. However, energy intensity declined remarkably, making energy intensity a leading factor in energy conservation. Nevertheless, Energy conversion efficiency and structural changes are also of vital importance in reducing energy consumption.

**Key words** energy consumption; complete decomposition approach; drivers

(责任编辑:金会平)