

# Analysis of China's Energy-Saving Effect during the 11th Five-Year-Plan Period

—Based on the Empirical Study of Complete Decomposition Model

Yadong Ning, Tao Ding

School of Energy and Power Engineering, Dalian University of Technology, Dalian  
Email: ningyd@dlut.edu.cn, dingtao.129@hotmail.com

Received: Apr. 2<sup>nd</sup>, 2013; revised: Apr. 5<sup>th</sup>, 2013; accepted: May 3<sup>rd</sup>, 2013

Copyright © 2013 Yadong Ning, Tao Ding. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**Abstract:** During the 11th Five-Year-Plan period, energy consumption intensity reduced by 19.06%, which was very close to a reduction of 20% in the main target. In this paper, China's energy consumption was divided into industry sector and household sector. Based on a complete decomposition model, the energy consumption change of industry and household sectors were studied. The effect on the energy consumption change of industry sector was decomposed into economy factor, structure factor and efficiency factor. And the effect on the energy consumption change of household sector was decomposed into population factor, economy factor and utility factor. The results showed that ever-increasing energy consumption of industry sector was mainly attributed by the economy factor. The energy savings of industry sector was mainly achieved by efficiency factor, while the structure factor did not realize energy-saving. In household sector, income factor contributed to the energy consumption increase, and the utility factor was the main reason to achieve energy savings.

**Keywords:** Energy Consumption; Energy Saving Effect; Decomposition Methodology; Industrial Structure; Energy Intensity

## 我国“十一五”期间的节能效果分析

—基于完全因素分解模型的实证研究

宁亚东, 丁涛

大连理工大学能源与动力学院, 大连  
Email: ningyd@dlut.edu.cn, dingtao.129@hotmail.com

收稿日期: 2013年4月2日; 修回日期: 2013年4月5日; 录用日期: 2013年5月3日

**摘要:**“十一五”期间,我国能源消费强度下降了19.06%,基本实现了“降低20%”的总体目标。本文将我国的能源消费划分为产业和居民生活消费两部分,运用完全因素分解法分别对产业部门的经济因素、结构因素和效率因素以及居民生活消费部门的人口因素、收入因素和效用因素的节能效果进行了分析。结果表明,在“十一五”期间,经济因素是拉动产业部门能源消费量增长的主要原因。产业部门节能主要是通过效率因素实现的,结构因素并没有实现节能。收入因素是居民生活消费部门能源消费量增长的主要原因,居民生活消费部门的节能主要是通过效用因素实现的。

**关键词:** 能源消费; 节能效果; 完全因素分解; 产业结构; 能源强度

## 1. 引言

我国政府在“十一五”规划纲要中明确提出了节约能源的约束性目标,即在“十一五”期间实现单位国内生产总值能源消费强度下降 20%。经过不懈的努力,“十一五”期间,我国能源消费强度下降了 19.06%,基本实现了“降低 20%”的总体目标。在“十二五”规划中,我国又明确了单位国内生产总值能源消费强度降低 16%的约束性目标及合理控制能源消费总量的“双控”目标。虽然“十二五”节能目标低于“十一五”,但是由于国内生产总值总量的增加,实现单位国内生产总值能耗下降一个百分点的绝对节能量将会增加,所以“十二五”期间要实现的节能量将和“十一五”期间相当。因此,提升经济增长内涵、加强技术创新、促进产业结构调整将是保障“十二五”节能目标顺利完成的有效途径,而对“十一五”期间这些方面的节能效果研究将会对“十二五”的节能工作具有重要的参考价值。

有许多学者利用因素分解法量化研究了影响能源消费变化及节能效果,常用的因素分解方法有 Laspeyres 和 Divisia 分解方法,但是两者均存在分解剩余项,属于不完全因素分解,而且 Divisia 分解方法还存在“0”值问题,使得对数运算无法进行。Ang 等提出了一种剩余项相对较小的因素分解模型<sup>[1]</sup>。之后,Ang 等又提出了一种使用对数平均权重函数(a logarithmic mean weight function)的 Divisia 分解法,可以实现完全分解,并且可以解决计算中出现的“0”值问题<sup>[2]</sup>。由 Sun 提出的完全分解的 Laspeyres 方法,解决了 Laspeyres 指数分解方法中剩余项的问题,并且利用该方法对中国 1980 到 1994 年间的能源消费量、能源效率以及节能量进行了分析,并在 2000 年又对这种方法进行了完善<sup>[3-5]</sup>。此外,Ang 等利用 LMDI (Log-Mean Divisia Index)分解方法对碳排放进行分析,该方法有效解决了分解中的剩余项问题,从而避免了参数估计的主观性和随意性<sup>[6,7]</sup>。随后 Ang 等又提出了一种新的能源分解模型——LMDI I 方法<sup>[8]</sup>。随着完全因素分解模型理论的不完善,运用此方法对我国能源强度和能源消费的研究越来越多。韩智勇等将能源强度分解为结构份额和效率份额并进行了定量分析,认为 1980~2000 年间我国能源强度的降低主要来自各产业能源利用效率的提高<sup>[9]</sup>。吴巧生等

运用 Laspeyres 指数分解模型对我国能源强度进行了分解,得出我国能源强度下降主要是各产业能源使用效率提高的结果,相对于效率因素,结构因素对能源消耗强度的影响要少得多<sup>[10]</sup>。齐志新等<sup>[11]</sup>应用 Laspeyres 指数分解模型,师博<sup>[12]</sup>应用 Refined Laspeyres 指数分解模型,对我国能源强度变动的主导效应进行研究并得出相似结论,认为产业内部尤其是工业部门能源强度的下降是总能源强度显著改进的主要原因。高振宇<sup>[13]</sup>等用 LMDI 方法探讨了我国 1980~2005 年间产业结构变动和产业内效率提高对能源消费和总体能源强度的影响,认为产业内能源效率的提高是能源节约的主要因素。此外,还有一些学者采用因素分解法对我国各地区的能源消费和节能效果进行了研究。

然而,在上述有关我国能源消费和能源强度因素分解的文献中,很多文献都忽略了一个事实,即我国的能源消费主要用于产业部门(包括物质生产部门和服务部门)和居民生活消费部门两个部分,而居民生活消费并不直接参与国民经济价值的创造,在能源消费体系中相对独立,因此需要将其与产业部门分开进行单独研究。在考虑这一特性的基础上,本文采用完全因素分解模型分别对我国的产业部门和居民生活消费部门的能源消费和节能效果进行实证研究。

## 2. 分析模型

### 2.1. 产业部门

采用因素分解模型,将影响产业部门能源消费量变化的因素归结为以下三个因素,一是经济因素,即经济的规模效应对能源消费量的影响;二是结构因素,即产业结构变化对能源消费量的影响;三是效率因素,也称技术因素,即能源消费强度变化对能源消费量的影响。模型如式(1)所示:

$$E = \sum_{i=1}^n \left( G \times \frac{G_i}{G} \times \frac{E_i}{G_i} \right) \quad (1)$$

式中:  $E$  为产业部门能源消费量,  $G$  为国内生产总值(GDP),  $G_i$  为各个产业(或行业)的生产总值,  $i=1,2,\dots,n$ ,  $E_i$  为各个产业(或行业)的能源消费量。设  $G_e$  为经济因素,  $S_e$  为结构因素,  $I_e$  为效率因素。

这样,利用统计数据,可以将每年能源消费量的变化量分解到以上三个因素上,如式(2)所示:

$$\Delta E = \sum_{i=1}^n \left( \Delta G \times \frac{G_i}{G} \times \frac{E_i}{G_i} \right) + \sum_{i=1}^n \left( G \times \Delta \frac{G_i}{G} \times \frac{E_i}{G_i} \right) + \sum_{i=1}^n \left( G \times \frac{G_i}{G} \times \Delta \frac{E_i}{G_i} \right) + \Delta r \quad (2)$$

式中： $\Delta$ 表示当期与基期的差值。由于存在剩余项 $\Delta r$ ，会导致模型分析结果误差较大。为了提高模型分析精度，根据“联合产生，平等贡献”理论，对剩余项进行分解，即采用完全因素分解模型，表达式如下：

经济因素：

$$G_{e,i} = \Delta G \times \frac{G_i}{G} \times \frac{E_i}{G_i} + \frac{1}{2} \left( \Delta G \times \Delta \frac{G_i}{G} \times \frac{E_i}{G_i} \right) + \frac{1}{2} \left( \Delta G \times \frac{G_i}{G} \times \Delta \frac{E_i}{G_i} \right) + \frac{1}{3} \left( \Delta G \times \Delta \frac{G_i}{G} \times \Delta \frac{E_i}{G_i} \right) \quad (3)$$

结构因素：

$$S_{e,i} = G \times \Delta \frac{G_i}{G} \times \frac{E_i}{G_i} + \frac{1}{2} \left( \Delta G \times \Delta \frac{G_i}{G} \times \frac{E_i}{G_i} \right) + \frac{1}{2} \left( G \times \Delta \frac{G_i}{G} \times \Delta \frac{E_i}{G_i} \right) + \frac{1}{3} \left( \Delta G \times \Delta \frac{G_i}{G} \times \Delta \frac{E_i}{G_i} \right) \quad (4)$$

效率因素：

$$I_{e,i} = G \times \frac{G_i}{G} \times \Delta \frac{E_i}{G_i} + \frac{1}{2} \left( \Delta G \times \frac{G_i}{G} \times \Delta \frac{E_i}{G_i} \right) + \frac{1}{2} \left( G \times \Delta \frac{G_i}{G} \times \Delta \frac{E_i}{G_i} \right) + \frac{1}{3} \left( \Delta G \times \Delta \frac{G_i}{G} \times \Delta \frac{E_i}{G_i} \right) \quad (5)$$

在时间区间(0, t)内，令

$$\frac{G_i}{G} = S_i, \frac{E_i}{G_i} = I_i, S_i^t - S_i^0 = \Delta S_i, I_i^t - I_i^0 = \Delta I_i$$

可将式(3~5)进一步简化，得到：

$$G_{e,i}^t = \Delta G S_i^0 I_i^0 + \frac{1}{2} \Delta G (\Delta S_i I_i^0 + S_i^0 \Delta I_i) + \frac{1}{3} \Delta G \Delta S_i \Delta I_i \quad (6)$$

$$S_{e,i}^t = G^0 \Delta S_i I_i^0 + \frac{1}{2} \Delta S_i (\Delta G I_i^0 + G^0 \Delta I_i) + \frac{1}{3} \Delta G \Delta S_i \Delta I_i \quad (7)$$

$$I_{e,i}^t = G^0 S_i^0 \Delta I_i + \frac{1}{2} \Delta I_i (\Delta G S_i^0 + G^0 \Delta S_i) + \frac{1}{3} \Delta G \Delta S_i \Delta I_i \quad (8)$$

则当期与基期的能源消费变化量可表示为：

$$\Delta E = \sum_{i=1}^n G_{e,i}^t + \sum_{i=1}^n S_{e,i}^t + \sum_{i=1}^n I_{e,i}^t \quad (9)$$

## 2.2. 居民生活消费部门

由于我国城镇和农村居民生活水平和生活方式存在很大差异，能源消费结构相差也非常大，因此，本文将城镇和农村分开进行分析。采用因素分解模型，将影响居民生活消费部门能源消费的因素归结为人口因素(人口数量变化对能源消费量的影响)、收入因素(收入变化对能源消费量的影响)和效用因素(单位收入能源消费量变化对能源消费量的影响)。模型如下所示：

$$E = P \times \frac{G}{P} \times \frac{E}{G} \quad (10)$$

式中： $E$ 为居民生活消费部门能源消费总量； $P$ 为人口， $G$ 为居民收入(其中城镇为可支配收入，农村为纯收入)。设 $P_e$ 为人口因素， $E_e$ 为收入因素， $U_e$ 为效用因素。

同样，采用完全因素分解模型，将每年能源消费量的变化量分解到以上三个因素上，表达式如下：

人口因素：

$$P_e = \Delta P \times \frac{G}{P} \times \frac{E}{G} + \frac{1}{2} \left( \Delta P \times \Delta \frac{G}{P} \times \frac{E}{G} \right) + \frac{1}{2} \left( \Delta P \times \frac{G}{P} \times \Delta \frac{E}{G} \right) + \frac{1}{3} \left( \Delta P \times \Delta \frac{G}{P} \times \Delta \frac{E}{G} \right) \quad (11)$$

收入因素：

$$E_e = P \times \Delta \frac{G}{P} \times \frac{E}{G} + \frac{1}{2} \left( \Delta P \times \Delta \frac{G}{P} \times \frac{E}{G} \right) + \frac{1}{2} \left( P \times \Delta \frac{G}{P} \times \Delta \frac{E}{G} \right) + \frac{1}{3} \left( \Delta P \times \Delta \frac{G}{P} \times \Delta \frac{E}{G} \right) \quad (12)$$

效用因素：

$$U_e = P \times \frac{G}{P} \times \Delta \frac{E}{G} + \frac{1}{2} \left( \Delta P \times \frac{G}{P} \times \Delta \frac{E}{G} \right) + \frac{1}{2} \left( P \times \Delta \frac{G}{P} \times \Delta \frac{E}{G} \right) + \frac{1}{3} \left( \Delta P \times \Delta \frac{G}{P} \times \Delta \frac{E}{G} \right) \quad (13)$$

则当期与基期的居民生活消费部门能源消费变化量可表示为：

$$\Delta E = P_e + E_e + U_e \quad (14)$$

## 3. 数据来源及数据处理

国内生产总值、工业总产值、人口数及人均收入等数据来源于《中国统计年鉴》<sup>[14]</sup>和《中国工业经济

统计年鉴》<sup>[15]</sup>，并采用最新的数据修正值。另外，考虑到变量之间的可比性，消除价格因素的影响，本文以 2005 年为基准对国内生产总值、工业总产值及人均收入进行了可比价格换算。能源消费量数据来自《中国能源统计年鉴》<sup>[16]</sup>。相关数据参见附表 1~4。

## 4. 节能效果分析

### 4.1. 整体节能效果

2005~2010 年国内生产总值、能源消费量、能源强度及能源消费弹性系数如图 1 所示。“十一五”期间，国内生产总值平均增速 11.23%，而能源消费量平均增速 6.62%。“十一五”期间，能源消费弹性系数先降后升，2008 年最低，为 0.40，之后连续两年上升，到 2010 年，能源消费弹性系数为 0.57。“十一五”期间，能源消费强度持续下降，由 2005 年的 1.28 吨标准煤/万元下降到 2010 年的 1.03 吨标准煤/万元，下降了 19.06%，年均下降 4.13%。

### 4.2. 三次产业

按照式(6)~(8)对 2006~2010 年我国三次产业的能源消费数据进行了完全因素分解，结果如图 2 所示，图中正值表示能源消费量增加，负值表示能源消费量减少，即节能。由图 2 可知，各产业的经济因素均为正值，尤其是第二产业的经济因素对能源消费量变化的贡献显著，说明经济的规模效应是影响我国产业部门能源消费量增长的最主要因素。在结构因素中，只有第一产业为负值，第二、三产业均为正值，且第二产业数值(绝对值)远远高于第一、三产业。三次产业的效率因素均为负值，即起到了节能作用，尤其是第二产业的效率因素节能效果明显。

2005~2010 年三次产业能源消费量变化因素分解的累计效果如图 3 所示。“十一五”期间，只有效率因素起到了节能作用，累计实现节能 61181.2 万吨标准煤。结构因素不但没有实现节能，反而累计增加能源消费 7818.4 万吨标准煤。

三次产业的经济因素、结构因素及效率因素的分解结果及系数值如表 1 所示。表中三个因素( $G_e$ 、 $S_e$  和  $I_e$ )对应的数值，正值表示能源消费量增加，负值表示能源消费量减少，即节能。表中系数值  $G_{e,1}/\Delta G_1$ 、 $G_{e,2}/\Delta G_2$  和  $G_{e,3}/\Delta G_3$  分别表示第一、二、三产业的国

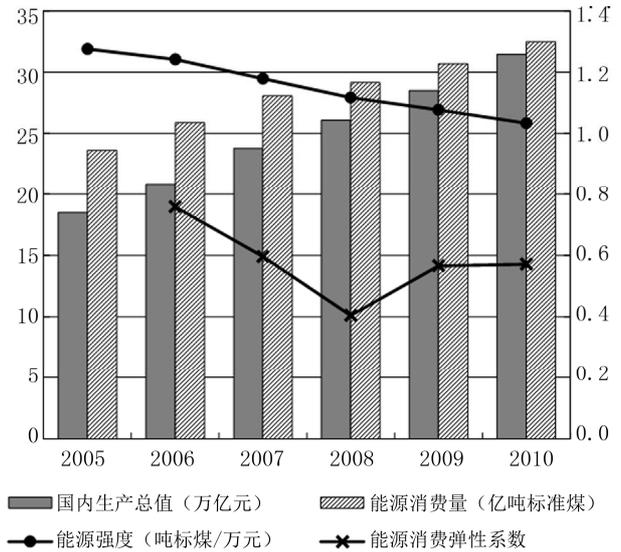


Figure 1. The variation tendency of GDP, energy consumption, intensity and elasticity of energy consumption  
图 1. 国内生产总值、能源消费量、能源强度及能源消费弹性系数变化趋势

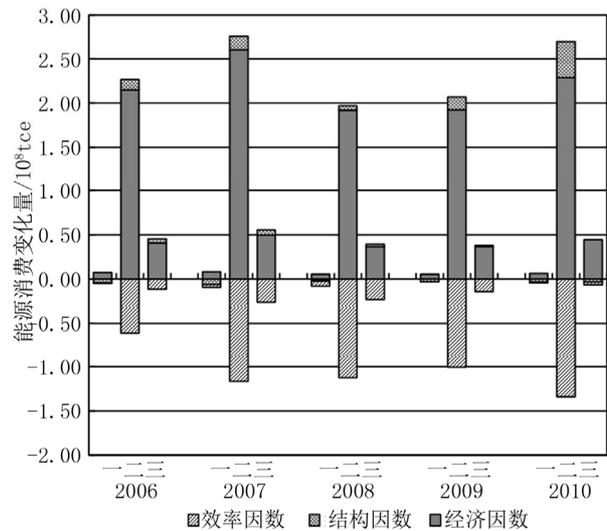


Figure 2. Decomposition results of three industries' energy consumption change  
图 2. 三次产业能源消费量变化的因素分解结果

内生产总值每变化 1 个百分点时能源消费量发生相应变化的数值，如 2010 年分别为 148.1、1845.7、464.2 万吨标准煤，第二产业远远高于第一、三产业，分别是第一、三产业的 12.47 和 3.98 倍。系数值  $S_{e,1}/\Delta S_1$ 、 $S_{e,2}/\Delta S_2$  和  $S_{e,3}/\Delta S_3$  分别表示第一、二、三产业的结构每变化 1 个百分点，能源消费量发生相应变化的数值，如 2010 年分别为 696.5、4718.1、1065.5 万吨标准煤，第二产业分别是第一、三产业的 6.78 和 4.43 倍。系数值  $I_{e,1}/\Delta I_1$ 、 $I_{e,2}/\Delta I_2$  和  $I_{e,3}/\Delta I_3$  分别表示第一、二、三

产业能源强度每变化1个百分点,能源消费量发生变化的数值,2010年分别为63.9、2375.7、448.4万吨标准煤,第二产业分别是第一、三产业的37.2和5.3倍。可以看出,在各影响因素中,第二产业的影响效果都远远高于第一、三产业。

“十一五”期间,经济因素对能源消费量变化的贡献显著,过快的经济增长速度带动了能源消费量的高增长。“十二五”规划将GDP年均增长预期定在7%这一适度较快的水平上,体现了“十二五”期间更加

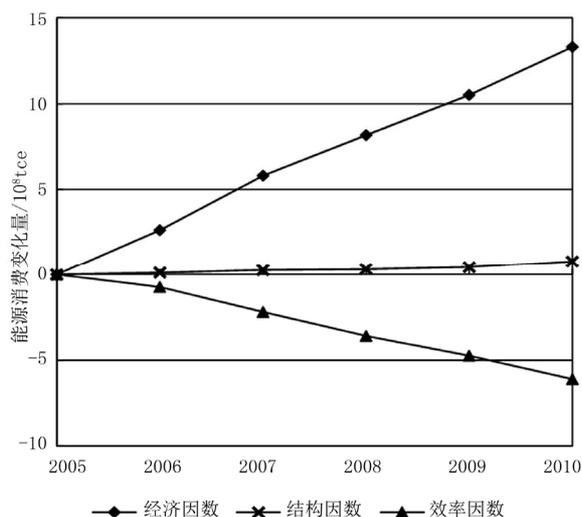


Figure 3. Accumulated decomposition results of three industries' energy consumption change  
图 3. 三次产业能源消费量变化因素分解的累计效

注重经济增长的质量和效益,降低经济增速,将有利于控制能源消费总量的过快增长,促进经济社会和资源环境协调和可持续发展。而“十一五”期间我国的节能效果主要是通过效率因素实现的,结构调整非但没有实现节能,反而增加了能源消费量,主要原因是我国第二产业比重的扩大,这也表明如果我国不改变过分依赖投资的经济增长方式和以第二产业(工业)为主的经济结构的话,能源消费量的快速增长趋势还将持续下去。效率因素虽然起到了很大的节能作用,但效率因素主要是靠技术进步实现的(还包括“十一五”期间淘汰大量落后产能带来的节能效果),以技术进步为主要前提的效率因素影响存在瓶颈效应,即持续的能源强度下降程度必将减缓,节能空间将会越来越小,因此,过度依靠效率因素实现节能并不是长久之计。比较结构因素和效率因素的系数值,可以看出结构调整实现节能的效果更加明显,但结构调整尤其是产业结构调整是一个复杂的社会系统工程,受资源、社会发展环境、投资取向等多种因素的影响,实际操作起来并不易实现。

### 4.3. 工业和建筑业

运用完全因素分解模型对我国第二产业中的工业和建筑业进行因素分解分析,结果见表2所示,工业的经济因素、结构因素和效率因素的影响值远远大

Table 1. Decomposition results and coefficient of three industries' energy consumption change 10<sup>4</sup> tce  
表 1. 三次产业能源消费量变化的因素分解结果 10<sup>4</sup> tce

年份	$G_{e,1}$	$G_{e,2}$	$G_{e,3}$	$S_{e,1}$	$S_{e,2}$	$S_{e,3}$	$I_{e,1}$	$I_{e,2}$	$I_{e,3}$
2006	740.9	21525.7	4077.8	-438.3	1141.2	440.8	-42.9	-6087.5	-1137.6
2007	833.9	26059.2	4948.3	-602.3	1547.8	591.9	-333.9	-11654.3	-2607.7
2008	563.9	19223.7	3645.8	-242.7	462.5	276.9	-536.5	-11230.4	-2307.3
2009	540.7	19258.4	3667.6	-289.4	1448.5	133.0	-13.2	-10062.5	-1428.9
2010	632.4	22899.6	4434.9	-366.2	4074.9	-360.1	-40.1	-13405.5	-292.9
年份	$\Delta G_1$	$\Delta G_2$	$\Delta G_3$	$\Delta S_1$	$\Delta S_2$	$\Delta S_3$	$\Delta I_1$	$\Delta I_2$	$\Delta I_3$
2006	5.0	13.4	14.1	-0.8	0.3	0.5	-0.7	-3.3	-3.3
2007	3.7	15.1	16.0	-1.0	0.4	0.7	-5.2	-5.7	-6.7
2008	5.4	9.9	10.4	-0.4	0.1	0.3	-8.4	-5.2	-5.7
2009	4.2	9.9	9.6	-0.5	0.3	0.1	-0.2	-4.5	-3.4
2010	4.3	12.4	9.6	-0.5	0.9	-0.3	-0.6	-5.6	-0.7
年份	$G_{e,1}/\Delta G_1$	$G_{e,2}/\Delta G_2$	$G_{e,3}/\Delta G_3$	$S_{e,1}/\Delta S_1$	$S_{e,2}/\Delta S_2$	$S_{e,3}/\Delta S_3$	$I_{e,1}/\Delta I_1$	$I_{e,2}/\Delta I_2$	$I_{e,3}/\Delta I_3$
2006	148.2	1607.5	288.4	530.7	3799.0	838.7	62.3	1836.3	347.8
2007	222.7	1730.0	309.6	584.2	4114.7	903.9	64.6	2028.8	387.3
2008	104.8	1946.2	350.5	6.8.9	4346.6	947.7	64.0	2147.6	408.2
2009	129.2	1937.4	383.5	636.8	4524.4	989.9	61.4	2236.9	423.5
2010	148.1	1845.7	464.2	696.5	4718.1	1065.5	63.9	2375.7	448.4

**Table 2. Decomposition results of industry and construction's energy consumption change 10<sup>4</sup> tce**  
**表 2. 工业和建筑业能源消费量变化的因素分解结果 10<sup>4</sup> tce**

年份	经济因素		结构因素		效率因素	
	$G_{e,1}$	$G_{e,2}$	$S_{e,1}$	$S_{e,2}$	$I_{e,1}$	$I_{e,2}$
2006	22217.3	450.1	-805.7	119.3	-5189.6	-212.0
2007	27055.1	553.5	-262.7	38.3	-11206.6	-225.0
2008	19311.4	375.2	98.8	-13.6	-10639.4	-676.5
2009	20310.8	395.7	-2372.3	315.1	-8043.5	38.7
2010	26351.4	626.4	-396.1	61.2	-14050.7	976.7

于建筑业的,说明工业是影响我国产业部门能源消费量变化的关键。其中经济因素是拉动我国第二产业能源消费量快速增长的最主要原因,尤其是工业,在“十一五”期间,工业的经济因素累计增加能源消费量约 12 亿吨标准煤。第二产业的结构因素起到了节能作用,但效果不明显。第二产业的效率因素节能效果明显,尤其是工业,在“十一五”期间,效率因素累计实现节能约 5 亿吨标准煤。

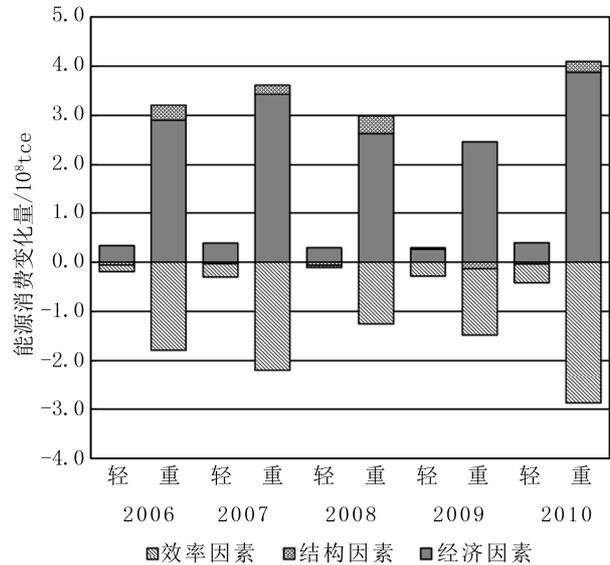
#### 4.4. 轻重工业

按照式(6)~(8)对 2006~2010 年我国轻重工业能源消费量变化进行了完全因素分解,结果如图 4 所示。轻工业各影响因素值远小于重工业,说明重工业是影响我国工业部门能源消费和节能的关键。其中,重工业的经济因素对能源消费量变化的贡献显著。在结构因素上,除 2009 年,重工业的其余年份均为正值,虽然轻工业的结构因素实现了节能,但与重工业结构因素相比非常小,综合起来看,“十一五”期间的工业结构变化没有实现节能,反而拉动了能源消费量的增长。在效率因素上,轻重工业都实现了节能,但主要来自重工业。

#### 4.5. 工业各行业

按照式(6)~(8)对 2006~2010 年我国工业各行业进行完全因素分解。本文对工业部门的 39 个行业进行了分析,发现石油加工、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和电力、热力的生产和供应业 6 个行业的效果显著。结果如表 3 所示。

从 39 个行业合计来看,历年的经济因素都起到



**Figure 4. Decomposition results of light and heavy industries' energy consumption change**  
**图 4. 轻重工业能源消费量变化的因素分解结果**

**Table 3. Decomposition results of main industrial trades' energy consumption change 10<sup>4</sup> tce**  
**表 3. 重点工业行业能源消费量变化的因素分解结果 10<sup>4</sup> tce**

影响因素	年份	39 个行业合计	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
经济因素	2006	34241.3	2368.2	4828.1	4263.6	8146.3	1569.9	3321.0
	2007	40243.9	2707.1	5698.6	4801.0	9888.3	2046.0	3855.2
	2008	30018.3	1992.1	4220.5	3555.0	7472.9	1624.0	2754.8
	2009	27302.2	1849.4	3703.1	3334.9	6885.8	1447.7	2435.0
	2010	42672.2	3019.4	5563.1	5183.8	10803.5	2290.2	3978.6
结构因素	2006	-542.5	-1562.1	478.6	591.8	413.9	663.5	-586.6
	2007	-157.1	-1189.9	619.4	1328.0	-133.5	-81.3	-472.8
	2008	-2590.4	-1304.4	-575.5	1630.2	-2394.6	323.6	-767.8
	2009	1296.5	-1217.8	2344.5	1112.9	-13.5	381.3	-836.7
	2010	-5638.4	-797.0	-346.4	1016.1	-4062.0	-497.7	-468.9
效率因素	2006	-17476.9	-231.0	-3160.0	-3528.2	-3374.6	-775.3	-1056.8
	2007	-24500.8	-570.6	-3692.2	-5655.0	-4298.2	41.0	-2494.3
	2008	-18657.1	-386.0	-3305.0	-2836.3	-3401.9	-1527.3	-2202.8
	2009	-18703.7	949.6	-6062.7	-3026.0	-2330.9	-1715.6	-699.9
	2010	-25129.2	-968.0	-4473.8	-5398.9	-5612.2	-352.4	-500.4

了拉动能源消费增加的作用,且效果十分明显,“十一五”期间累计增加能源消费量超过 17 亿吨标准煤。结构因素总体上起到了节能作用,但效果不明显,“十

一五”期间累计实现节能仅 7631.9 万吨标准煤。效率因素的节能效果明显,“十一五”期间累计实现节能超过 10 亿吨标准煤,尤其是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,电力、热力的生产和供应业的节能效果显著。但随着效率因素节能效果的瓶颈效应的逐渐显现,效率因素带来的节能效果将逐渐减少,效率因素的节能潜力也将越来越小。因此工业结构调整势在必行,它将是“十二五”期间节能工作的重点。而且从目前情况来看,各省市规划中重化工业及制造业的产能扩展将严重超出国内市场需求,存在产能过剩隐忧<sup>[17]</sup>。因此“十二五”期间只有努力进行产业结构的战略性调整,大力发展高新技术产业和现代服务业,发展低碳新兴产业,优化产业结构,实现产业转型,才能更好地实现结构节能。

#### 4.6. 居民生活能源消费

按照式(11)~(13)对 2006~2010 年我国城乡居民生活能源消费进行了完全因素分解,结果如图 5 所示。随着城市化进程加快,城镇人口不断增加,农村人口逐渐减少,人口因素对能源消费的影响效果明显,城镇人口因素起到了增加能源消费量的作用,农村人口因素则起到了节能作用。效用因素在城镇和农村表现出来的效果并不一致,城镇的效用因素的节能效果比

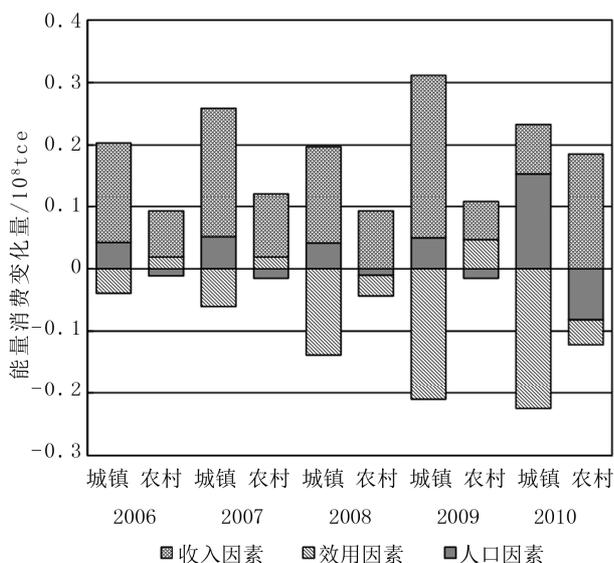


Figure 5. Decomposition results of household energy consumption change  
图 5. 居民生活消费部门能源消费变化的因素分解结果

较明显,而农村的效用因素只有 2008 年和 2010 年实现了节能,其余三年并未实现节能,这主要是由于农村生活水平的提高,人均收入不断增加,在住宅面积和居住条件不断改善的同时,追求舒适生活,减少了秸秆、薪柴等生物质能的消费量,而增加了煤炭、液化石油气(LPG)、电力等商品能源的消费量,进而带动能源消费的增加。

随着人民生活水平的提高,居民的生活质量和消费水平正处在一个快速变化期,居民的消费结构正处在逐步升级的变化态势中,由温饱型向舒适型转变。今后,住房面积的扩大、汽车拥有量的提高、家用电器的普及等,都将推动居民生活能源消费量的进一步扩大。因此,引导消费者选择可持续的生活方式和理念非常重要。

#### 5. 结论

1) 从产业部门的分析结果可以看出,经济因素对能源消费量变化的贡献显著,即经济的规模效应是影响我国能源消费量增长的最主要因素,过快的经济增长速度必将带动能源消费量的高增长。

2) 在“十一五”期间,我国三次产业的节能主要是通过效率因素实现的,结构因素不但没有实现节能,反而增加了能源消费量。然而随着效率因素的节能空间越来越小,结构因素将成为今后节能工作的重点。

3) 通过模型研究结果发现,降低三次产业中的第二产业、第二产业中的工业以及工业中的重工业和 6 大耗能行业的结构比重和能源消费强度,节能效果显著。

4) 从居民生活消费部门模型分析结果看,居民生活消费部门的能源消费量正处在快速增长阶段,不论城镇还是农村,收入因素是居民生活消费部门能源消费量增加的主要因素。今后随着生活水平的提高,人均收入的增加、住宅条件的改善、家用电器的普及等因素都将推动我国居民生活消费部门能源消费量的快速增长。

#### 6. 致谢

本研究内容得到教育部回国留学人员科学研究资助专项及海洋能源利用与节能教育部重点实验室

开放课题资助, 在此表示感谢。

## 参考文献 (References)

- [1] B. W. Ang, P. W. Lee. Decomposition of industrial energy consumption: The energy coefficient approach. *Energy Economics*, 1996, 18(1-2): 129-143.
- [2] B. W. Ang, F. Q. Zhang and K. Choi. Factorizing changes in energy and environmental indicators through decomposition. *Energy*, 1998, 23(6): 489-495.
- [3] J. W. Sun. Accounting for energy use in China, 1980-94. *Energy*, 1998, 23(10): 835-849.
- [4] J. W. Sun. Changes in energy consumption and energy intensity: A complete decomposition model. *Energy Economics*, 1998, 20(1): 85-100.
- [5] J. W. Sun, B. W. Ang. Some properties of an exact energy decomposition model. *Energy*, 2000, 25(12): 1177-1188.
- [6] B. W. Ang, G. Pandiyan. Decomposition of energy-induced CO<sub>2</sub> emissions in manufacturing. *Energy Economics*, 1997, 19(3): 363-374.
- [7] B. W. Ang, F. Q. Zhang. Inter-regional comparisons of energy-related CO<sub>2</sub> emissions using the decomposition technique. *Energy*, 1999, 24(4): 297-305.
- [8] B. W. Ang, F. L. Liu. A new energy decomposition method: Perfect in decomposition and consistent in aggregation. *Energy*, 2001, 26(6): 537-548.
- [9] 韩智勇, 魏一鸣, 范英. 中国能源强度与经济结构变化特征分析[J]. *数理统计与管理*, 2004, 23(1): 1-7.
- [10] 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, 32(6): 75-85.
- [11] 齐志新, 陈文颖. 结构调整还是技术进步——改革开放后我国能源效率提高的因素分析[J]. *上海经济研究*, 2006, 6: 8-16.
- [12] 师博. 中国能源强度变动的主导效应分析——一项基于指数分解模型的实证研究[J]. *山西财经大学学报*, 2007, 29(12): 24-28.
- [13] 高振宇, 王益. 我国生产用能源消费变动的分解分析[J]. *统计研究*, 2007, 24(3): 52-57.
- [14] 国家统计局. 中国统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2006-2011.
- [15] 国家统计局. 中国工业经济统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2006-2011.
- [16] 国际统计局能源统计司. 中国能源统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2006-2011.
- [17] 何建坤. 我国“十二五”低碳发展的形势与对策[J]. *开放导报*, 2011, 4: 9-12.

我国“十一五”期间的节能效果分析

**Attach table 1. China's GDP and energy consumption by sector**  
**附表 1. 按产业分国内生产总值及能源消费量**

年份	国内生产总值(亿元)				能源消费量(万吨标准煤)			
	总量	第一产业	第二产业	第三产业	总量	第一产业	第二产业	第三产业
2005	184937.4	22420.0	87598.1	74919.3	210691.2	6071.1	172126.8	32493.3
2006	208381.0	23541.0	99328.5	85511.6	230911.1	6330.7	188706.2	35874.3
2007	237892.8	24422.4	114290.6	99179.7	249694.1	6228.4	204658.9	38806.8
2008	260812.9	25735.9	125579.7	109497.4	259550.0	6013.1	213114.7	40422.2
2009	284844.8	26812.6	138062.7	119969.4	272804.3	6251.2	223759.2	42793.9
2010	314579.9	27957.8	155192.1	131429.9	290381.2	6477.3	237328.1	46575.8

**Attach table 2. China's population, annual per capita income and energy consumption by residence**  
**附表 2. 按城乡分人口、人均收入及能源消费量**

年份	人口(万人)		人均年收入(元)		能源消费量(万吨标准煤)	
	城镇	农村	城镇	农村	城镇	农村
2005	56212.0	74544.0	10493.0	3254.9	15392.2	9913.2
2006	57706.0	73742.0	11586.5	3495.7	17034.9	10730.3
2007	59379.0	72750.0	12999.6	3827.7	19021.6	11792.3
2008	60667.0	72135.0	14091.4	4133.9	19615.2	12283.1
2009	62186.0	71288.0	16046.9	4337.4	20629.5	13213.4
2010	66978.0	67113.0	16674.1	4974.2	20706.8	13851.1

**Attach table 3. China's GIOV and energy consumption by light and heavy industries**  
**附表 3. 按轻重工业分工业总产值及能源消费量**

年份	工业总产值(亿元)			能源消费量(万吨标准煤)		
	总量	轻工业	重工业	总量	轻工业	重工业
2005	307919.5	123320.3	184599.2	159491.6	16674.4	142817.3
2006	373564.3	145040.6	228523.7	175136.6	18117.6	157019.0
2007	459988.6	175415.4	284573.2	190167.3	18988.3	171179.0
2008	532396.3	196416.7	335979.6	209302.2	20781.2	188520.9
2009	604611.3	225610.6	379000.7	219197.2	20840.0	198357.2
2010	730329.4	267572.3	462757.0	231101.8	20576.6	210525.2

我国“十一五”期间的节能效果分析

Attach table 4 China's GIOV and energy consumption by industrial sector  
附表 4. 按行业分工业总产值及能源消费量

行业	工业总产值(亿元)						能源消费量(万吨标准煤)					
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2005	2006	2007	2008	2009	2010
合计	307919.5	373564.3	459988.6	532396.3	604611.3	730329.4	168723.5	184945.5	200531.4	209302.2	219197.2	231101.8
煤炭开采和洗选业	6044.2	7196.4	8822.7	10819.7	11892.9	14468.8	7522.4	7672.9	8269.9	9356.2	10206.6	10574.4
石油和天然气开采业	6639.3	6632.9	6970.0	7249.9	7761.2	7374.2	3710.9	3586.8	3651.3	4210.0	3945.9	4057.6
黑色金属矿采选业	1045.2	1503.5	2085.3	2782.3	3779.6	5038.7	971.1	1138.1	1330.3	1408.0	1250.9	1573.4
有色金属矿采选业	1204.5	1420.2	1721.3	1945.0	2253.3	2537.0	680.7	738.0	828.9	863.1	832.9	954.2
非金属矿采选业	799.0	1052.9	1350.4	1654.4	2079.1	2605.8	927.8	978.2	1035.1	1028.3	1095.8	1026.4
其他采矿业	9.1	5.3	10.8	9.5	13.4	28.4	101.7	133.2	125.3	184.8	253.2	213.5
农副食品加工业	19965.8	24005.1	28147.1	32588.9	39174.9	46705.2	2207.3	2360.8	2537.7	2731.3	2795.4	2644.3
食品制造业	7108.7	8636.6	10678.6	12177.3	14208.0	17054.0	1281.7	1389.7	1448.6	1544.7	1563.3	1508.5
饮料制造业	5810.7	7186.1	9117.5	10476.0	12278.2	14733.4	992.1	1081.6	1098.8	1161.9	1191.4	1130.4
烟草制品业	5343.2	5923.4	6828.3	7823.4	8433.3	10033.3	257.1	255.4	249.0	232.6	233.8	228.9
纺织业	23834.3	27783.5	33211.2	36216.1	39071.0	44998.1	5281.3	6108.6	6528.3	6396.4	6251.0	6204.5
纺织服装、鞋帽制造业	9356.9	11306.5	13648.1	16072.0	17581.1	20564.3	577.4	661.7	711.4	725.3	713.1	748.4
皮革、毛皮、羽毛(绒)及其制品业	3657.3	4299.2	5196.8	5750.1	6378.1	7652.4	323.7	364.1	387.7	388.7	384.5	392.2
木材加工及木、竹、藤、棕、草制品业	1930.4	2489.3	3471.3	4518.5	5472.4	6865.9	754.8	843.1	893.7	981.9	1049.1	1035.6
家具制造业	2684.6	3477.4	4346.0	5163.1	5680.2	7258.1	133.1	149.3	152.9	181.8	183.8	209.7
造纸及纸制品业	7827.1	9260.7	11347.4	12938.5	14198.9	17453.3	3574.9	3791.6	3643.4	3998.7	4101.0	3961.9
印刷业和记录媒介的复制	2714.1	3167.2	3852.1	4612.7	5047.1	6052.9	280.7	303.6	327.1	349.8	357.5	391.0

我国“十一五”期间的节能效果分析

续表

文教体育用品制造业	2788.5	3213.0	3720.7	4210.6	4362.6	5113.8	198.4	202.8	210.1	219.8	214.6	210.8
石油加工、 炼焦及核燃料加工业	12674.5	13459.1	15055.7	15755.9	16390.8	18786.7	11923.6	12498.7	13445.3	13747.0	15328.3	16582.7
化学原料及 化学制品制造业	17278.5	21352.3	26871.9	30413.4	37475.3	44713.0	23848.7	25995.4	28621.2	28961.1	28946.1	29688.9
医药制造业	4489.2	5336.4	6603.9	7825.6	9354.6	11181.3	1203.6	1256.0	1261.4	1360.5	1354.6	1427.7
化学纤维制造业	4906.2	5867.0	7192.1	6753.8	7108.1	8120.8	1382.8	1465.0	1575.0	1448.6	1436.9	1440.9
橡胶制品业	2320.1	2735.4	3345.4	3868.4	4373.4	5182.4	1137.1	1246.9	1305.2	1335.8	1344.7	1461.2
塑料制品业	5352.5	6623.4	8237.0	9713.8	11184.6	13725.2	1486.3	1604.9	1652.5	1852.4	1895.0	2097.5
非金属矿物 制品业	9711.7	12106.8	15813.7	19593.3	23232.0	29145.8	21310.5	22637.6	23111.7	25460.5	26882.3	27683.3
黑色金属冶 炼及压延加 工业	22676.8	27742.1	34000.8	37428.7	42444.6	47684.3	39544.3	44729.9	50186.5	51862.9	56404.4	57533.7
有色金属冶 炼及压延加 工业	8383.8	11071.1	13505.0	16096.6	18917.8	21893.1	7403.8	8861.8	10867.6	11288.0	11401.4	12841.5
金属制品业	6925.0	8853.5	11543.6	14108.2	15572.0	19034.3	2271.1	2632.4	2852.6	3023.8	3037.8	3627.8
通用设备制 造业	11206.3	14370.3	18959.2	24087.8	27017.6	34396.0	2149.7	2406.2	2649.2	2758.1	2985.2	3270.8
专用设备制 造业	6427.2	8239.1	10775.7	14201.4	16381.1	20635.9	1314.7	1438.2	1579.4	1630.3	1671.5	1851.2
交通运输设 备制造业	16597.4	21476.1	28482.9	34272.7	42803.4	56265.3	2043.1	2247.9	2467.6	2732.6	3031.9	3748.9
电气机械及 器材制造业	14682.0	17731.9	22536.5	28062.3	32703.4	40402.1	1213.2	1353.0	1557.0	1791.1	1854.5	2121.5
通信设备、 计算机及其 他电子设备 制造业	28510.4	35897.9	43519.2	49231.9	52115.0	64880.7	1482.6	1754.0	1995.0	2197.4	2216.3	2525.2
仪器仪表及 文化、办公 用机械制造 业	2937.2	3740.4	4588.6	5260.0	5404.1	6810.3	197.4	232.8	260.9	285.0	291.9	346.5
工艺品及其 他制造业	3828.9	4577.5	5781.7	6408.1	6877.9	8488.9	1330.4	1349.9	1323.7	1401.7	1413.7	1505.1
废弃资源和 废旧材料回 收加工业	309.4	425.9	659.0	1004.2	1496.2	2205.5	35.0	51.5	50.6	56.8	61.1	77.5
电力、热力 的生产和供 应业	18784.8	21976.2	26321.0	29157.4	31633.9	37342.2	16326.5	18004.1	18892.3	18676.5	19574.9	22584.1
燃气生产和 供应业	543.6	718.6	923.1	1319.6	1574.4	1961.7	643.2	663.1	650.8	634.6	566.3	650.1
水的生产和 供应业	611.5	704.3	747.0	825.4	885.7	936.2	698.8	756.4	796.5	834.1	874.9	970.4