

基于 SDA 法的能源消费影响关键要素分析

赵晓丽, 洪东悦

(华北电力大学 经济与管理学院, 北京 102206)

摘要: 基于投入产出结构因数分解法, 本文分行业研究了影响中国能源消费的关键要素, 将影响能源消费变动的因素分解为能源强度变化、技术系数变化、国内最终消费比例变化、资本形成总额比例变化、出口比例和进口比例变化以及最终需求总量变化等 6 个指标。研究结果显示, 技术系数变化是影响中国能源需求变动的最主要因素; 能源强度变化、出口比例和进口比例变化也是影响能源消费量变动的主要因素。在影响中国能源消费变化的各行业中, 电力、蒸气及水的生产和供应业, 金属产品制造业等 6 个行业对中国能源消费具有重要影响。

关键词: 能源消费; 影响因素; 结构因素分解

中图分类号: F015 文献标识码: A 文章编号: 1002-980X(2010)09-0042-08

至 2007 年的过去 30 年里, 世界能源消费量年均增长率约为 1.8%, 1975—2007 年中国能源消费量年均增长率为 5.67%^①, 远高于世界平均增长水平。进入 21 世纪, 中国加入 WTO 带来了工业制成品出口的快速增长; 2003 年中国人均 GDP 首次突破 1000 美元大关, 以轿车需求和住房需求的快速增长为代表的消费结构的转变带来了钢材、水泥等高耗能工业的快速发展, 这种产业结构转变促进了中国能源消费的快速增长。《BP 世界能源统计》及《中国能源统计年鉴》的相关数据显示, 2004 年全世界能源消费总量比上年增长 4.32%, 而中国能源消费总量则增长 15.11%; 2005 年世界一次能源消费增长了 2.7%, 中国的增长率为 9.5%; 2006 年世界一次能源消费的增长速度为 2.4%, 而中国则为 8.4%。中国“十一五规划”把节能目标定在 20% (以 2005 年为基础), 2006—2010 年每年节能 4.36% (能源强度下降的比例), 并制定了 2000—2020 年每年节能约 3.6% 的目标^[1]。然而, 2006 年的完成情况仅为 1.3%, 2007 年下降速度有所加快, 但也只有 3%^[2]。如何实现中国的节能目标, 减少中国温室气体 (GHG) 的排放, 成为学术领域关注的一个重要问题。为了加深对能源消费变化机制的认识, 学者们开始从行业层面寻找能对能源消费变化的影响要素进行量化的方法。

1 相关研究述评

常用的研究能源消费变动的影响因素的方法有两种: 指数因素分解法 (index decomposition analysis, IDA); 结构因素分解法 (structure decomposition analysis, SDA)。文献[3]首次提出适应性加权 Divisia 因素分解法, 并对新加坡的工业结构变化与能源消费的关系进行了分析; 文献[4]将影响中国能源消费的因素分解为结构份额和效率份额; 文献[5]采用适应性加权 Divisia 因素分解法, 将 1980—2003 年中国能源强度变化因素分解为产业结构变化效应、产业能源强度变化效应、残差效应。但是, 基于指数因素分解法所进行的研究利用的是宏观经济数据, 难以体现产业间的关联效应, 由于经济各行业间的联系错综复杂, 一个行业的变动往往会导致其他行业产生连锁变动, 因此, 运用结构因数分解法 (基于投入产出表的因素分解法) 可以反映产业间的关联作用, 利于通过产业间的关联作用分析宏观经济发展对能源消费的影响效果。因此, 本文采用基于投入产出的结构因素分解法进行研究。

投入产出技术中的结构分解分析是定量研究经济结构变动需求方面的影响因素的重要工具, 其核心思想是, 将经济系统中某因变量的变动分解为有关自变量各种形式变动的和, 以测度各自变量变动

收稿日期: 2010-06-23

基金项目: 国家自然科学基金项目 (70773040); 华北电力大学博士基金项目

作者简介: 赵晓丽 (1970—), 女, 黑龙江双城人, 华北电力大学低碳经济与贸易研究所所长, 华北电力大学经济管理学院教授, 博士, 研究方向: 能源与环境经济; 洪东悦 (1984—), 男, 福建人, 华北电力大学工商管理学院硕士研究生, 研究方向: 能源经济。

① 数据来源: 《世界能源供需现状与发展趋势》(黄鸣著) 及《中国能源统计年鉴》。

对因变量变动贡献的大小^[6-9]。自 Leontief 和 Ford 最先引用投入产出方法计算美国能源消费污染排放并提供能源控制政策以来, SDA(投入产出结构因素分解法)模型已经发展成为投入产出技术领域的一种主流经济分析工具, 被广泛地运用于能源和环保等方面的分析研究中。文献[10]对 1981—1991 年我国台湾地区的工业活动的 CO₂ 排放情况进行了分析, 结果表明, 地区内最终需求和出口是导致其 CO₂ 排放增加的首要原因, 技术进步是 CO₂ 排放降低的主要原因。文献[11]利用 SDA 法对泰国的各种发电技术就减少 CO₂ 排放进行了评估, 其利用 1998 年投入产出表的数据, 发现清洁发电技术的初期投资较高, 因此间接需求导致 CO₂ 排放增加, 但长期可以减少 CO₂ 的排放。文献[12]利用 SDA 法对除希腊以外的欧盟国家的能源消费进行了对比分析, 其利用 1995 年欧盟各国家的投入产出表的数据, 将 14 个国家的能源强度和平均值的偏差分解为三个因素, 即直接能源强度效应、Leontief 效应和最终需求效应, 发现直接能源强度效应和最终需求效应对能源消费的影响起主要作用。

已有越来越多的国内学者关注中国能源消费的影响因素研究^[4, 12-18]。与已有文献相比, 本文的特点是: 第一, 运用投入产出结构因素分解法将影响能源消费的因素分解为 6 个部分, 即能源强度效应、技术效应、国内最终需求效应、资本形成总额效应、进口效应、出口效应; 第二, 分行业研究了影响能源消费变化的关键要素及其影响程度, 对不同时期影响能源消费的关键要素和关键行业进行了对比分析。

2 研究方法及数据来源

假设 E 为能源消费总量, A 为直接消耗系数矩阵, I 为单位矩阵, L 表示里昂惕夫逆矩阵 $(I - A)^{-1}$, Y 为最终需求列向量, ε 为能源强度横向量。根据投入产出结构因素分解法的研究思路, 能源消费 E 可表示为:

$$E = \varepsilon(I - A)^{-1}Y. \quad (1)$$

式(1)表明能源消费总量依赖于产业能源强度、里昂惕夫逆矩阵和最终需求。投入产出表的最终需求部分反映了各产业生产的产品或服务成为最终产品那部分的去向, 大致分为 3 个部分流向——最终消费部分、资本形成总额部分、进出口部分以及其他项, 因此式(1)中的 Y 又可进一步分解为:

$$Y = Y_c \times Y_L = \begin{bmatrix} Y_{c11} & \dots & Y_{c15} \\ \vdots & & \vdots \\ Y_{c151} & \dots & Y_{155} \end{bmatrix} \times Y_L. \quad (2)$$

其中: Y_c 为最终需求中各类所占的比例矩阵,

为满足研究目的, 将最终需求分为 5 类, 分别为最终消费、资本形成总额、出口、进口以及其他; Y_L 表示所有部门的最终需求总额, $Y_{\alpha 1}, Y_{\alpha 2}, Y_{\alpha 3}, Y_{\alpha 4}, Y_{\alpha 5}$ 分别表示各部门的最终消费、资本形成总额、出口、进口以及其他占所有部门最终需求总额的比例。因此, 能源消费可进一步分解为:

$$\begin{aligned} E &= \varepsilon \times (I - A)^{-1} \times Y_c \times Y_L \\ &= (\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_{15}) \times (I - A)^{-1} \times \\ &\quad \begin{bmatrix} Y_{c11} & \dots & Y_{c15} \\ \vdots & & \vdots \\ Y_{c151} & \dots & Y_{155} \end{bmatrix} \times Y_L. \end{aligned} \quad (3)$$

式(3)表明, 影响能源消费总量的因素主要包括各行业的能源强度、技术结构(里昂惕夫逆矩阵)、最终消费、资本形成总额、出口以及进口。以 0 表示基期, 1 表示目标期, 则能源消费增长可表示为:

$$\begin{aligned} \Delta E &= E_1 - E_0 = \varepsilon_1 Y_{c1} Y_{L1} - \varepsilon_0 Y_{c0} Y_{L0} = (\varepsilon_1 - \varepsilon_0) Y_{c0} Y_{L0} + \varepsilon_0 (L_1 - L_0) Y_{c0} Y_{L0} + \varepsilon_0 L_0 (Y_{c1} - Y_{c0}) Y_{L0} + \varepsilon_0 L_0 Y_{c0} (Y_{L1} - Y_{L0}) + (\varepsilon_1 - \varepsilon_0) (L_1 - L_0) Y_{c0} Y_{L0} + (\varepsilon_1 - \varepsilon_0) L_0 (Y_{c1} - Y_{c0}) Y_{L0} + (\varepsilon_1 - \varepsilon_0) L_0 Y_{c0} (Y_{L1} - Y_{L0}) + \varepsilon_0 (L_1 - L_0) Y_{c0} (Y_{L1} - Y_{L0}) + \varepsilon_0 L_0 (Y_{c1} - Y_{c0}) (Y_{L1} - Y_{L0}) + (\varepsilon_1 - \varepsilon_0) (L_1 - L_0) (Y_{c1} - Y_{c0}) Y_{L0} + (\varepsilon_1 - \varepsilon_0) L_0 (Y_{c1} - Y_{c0}) (Y_{L1} - Y_{L0}) + (\varepsilon_1 - \varepsilon_0) (L_1 - L_0) (Y_{c1} - Y_{c0}) (Y_{L1} - Y_{L0}). \end{aligned} \quad (4)$$

令 $\Delta \varepsilon = \varepsilon_1 - \varepsilon_0$, $\Delta L = L_1 - L_0$, $\Delta Y_c = Y_{c1} - Y_{c0}$, $\Delta Y_L = Y_{L1} - Y_{L0}$ 分别表示能源强度、技术结构(里昂惕夫逆矩阵)、最终需求中各类所占的比例以及最终需求总额的变化, 则式(4)可变化为:

$$\begin{aligned} \Delta E &= E_1 - E_0 = \varepsilon_1 Y_{c1} Y_{L1} - \varepsilon_0 Y_{c0} Y_{L0} = \\ &\Delta \varepsilon_0 Y_{c0} Y_{L0} + \varepsilon_0 \Delta L Y_{c0} Y_{L0} + \varepsilon_0 L_0 \Delta Y_c Y_{L0} + \\ &\varepsilon_0 L_0 Y_{c0} \Delta Y_L + \Delta \varepsilon \Delta L Y_{c0} Y_{L0} + \Delta \varepsilon_0 \Delta Y_c Y_{L0} + \\ &\Delta \varepsilon_0 Y_{c0} \Delta Y_L + \varepsilon_0 \Delta L \Delta Y_c Y_{L0} + \varepsilon_0 \Delta L Y_{c0} \Delta Y_L + \\ &\varepsilon_0 L_0 \Delta Y_c \Delta Y_L + \Delta \varepsilon \Delta L \Delta Y_c Y_{L0} + \Delta \varepsilon \Delta L Y_{c0} \Delta Y_L + \\ &\Delta \varepsilon_0 \Delta Y_c \Delta Y_L + \varepsilon_0 \Delta L \Delta Y_c \Delta Y_L + \Delta \varepsilon \Delta L \Delta Y_c \Delta Y_L. \end{aligned} \quad (5)$$

其中: $\Delta \varepsilon_0 Y_{c0} Y_{L0}$, $\varepsilon_0 \Delta L Y_{c0} Y_{L0}$, $\varepsilon_0 L_0 \Delta Y_c Y_{L0}$, $\varepsilon_0 L_0 Y_{c0} \Delta Y_L$ 分别表示能源强度、技术结构(里昂惕夫逆矩阵)、最终需求中各类所占的比例以及最终需求总额的变化对能源消费总量变化的影响量; $\Delta \varepsilon \Delta L Y_{c0} Y_{L0}$, $\Delta \varepsilon_0 \Delta Y_c Y_{L0}$, $\Delta \varepsilon_0 Y_{c0} \Delta Y_L$, $\varepsilon_0 \Delta L \Delta Y_c Y_{L0}$, $\varepsilon_0 \Delta L Y_{c0} \Delta Y_L$, $\varepsilon_0 L_0 \Delta Y_c \Delta Y_L$ 则表示能源强度、技术结构(里昂惕夫逆矩阵)、最终需求中各类所占的比例以及最终需求总额中两者的交互影响; $\Delta \varepsilon \Delta L \Delta Y_c Y_{L0}$, $\Delta \varepsilon \Delta L Y_{c0} \Delta Y_L$, $\Delta \varepsilon_0 \Delta Y_c \Delta Y_L$, $\varepsilon_0 \Delta L \Delta Y_c \Delta Y_L$ 则表示能源强度、技术结构(里昂惕夫逆矩阵)、最终需求中各类所占的比例以及最终需求总额中三者的交互影响;

$\Delta \varepsilon \Delta L \Delta Y_c \Delta Y_L$ 则表示能源强度、技术结构(里昂惕夫逆矩阵)、最终需求中各类所占的比例以及最终需求总额中四者的交互影响。SDA 分解中通常均保留“交互影响”的分析。由于交互影响在实际经验分析中一般较大,为清楚地解释总产出变动的的原因,因此常常将交互影响归因到各自变量,这样式(5)就有以下两种合并方式:

$$\Delta E = \Delta \varepsilon_1 Y_{c1} Y_{L1} + \varepsilon \Delta L Y_{c1} Y_{L1} + \varepsilon L_0 \Delta Y_c Y_{L1} + \varepsilon L_0 Y_{c0} \Delta Y_L; \quad (6)$$

$$\Delta E = \Delta \varepsilon_0 Y_{\omega} Y_{L0} + \varepsilon \Delta L Y_{c0} Y_{L0} + \varepsilon L_1 \Delta Y_c Y_{L0} + \varepsilon L_1 Y_{c1} \Delta Y_L. \quad (7)$$

式(6)和式(7)是通常 SDA 模型的两形式。因为 $\Delta \varepsilon_1 Y_{c1} Y_{L1}$ 和 $\Delta \varepsilon_0 Y_{c0} Y_{L0}$ 都可以表示自变量 ε 的变动对因变量 E 的变动的的影响; $\varepsilon \Delta L Y_{c1} Y_{L1}$ 和 $\varepsilon \Delta L Y_{\omega} Y_{L0}$ 都可以表示自变量 L 的变动对因变量 E 的变动的的影响; $\varepsilon L_0 \Delta Y_c Y_{L1}$ 和 $\varepsilon L_1 \Delta Y_c Y_{L0}$ 都可以表示自变量 Y_c 的变动对因变量 E 的变动的的影响; $\varepsilon L_0 Y_{c0} \Delta Y_L$ 和 $\varepsilon L_1 Y_{c1} \Delta Y_L$ 都可以表示自变量 Y_L 的变动对因变量 E 的变动的的影响。关于结构因素分解法,在投入产出技术研究文献中,两极分解法、中点权分解法是最常见的。本文采用两极分解法,即 ΔE 与所有 $\Delta \varepsilon$ 、 ΔL 、 ΔY_c 和 ΔY_L 有关。取式(6)和式(7)的算术平均值,结合式(6)和式(7),可以得到:

$$\Delta E = 1/2(\Delta \varepsilon_1 Y_{c1} Y_{L1} + \Delta \varepsilon_0 Y_{\omega} Y_{L0}) + 1/2(\varepsilon \Delta L Y_{c1} Y_{L1} + \varepsilon \Delta L Y_{c0} Y_{L0}) + 1/2(\varepsilon L_0 \Delta Y_c Y_{L1} + \varepsilon L_1 \Delta Y_c Y_{L0}) + 1/2(\varepsilon L_0 Y_{\omega} \Delta Y_L + \varepsilon L_1 Y_{c1} \Delta Y_L). \quad (8)$$

式(8)是一种平均状况,其中 $1/2(\Delta \varepsilon_1 Y_{c1} Y_{L1} + \Delta \varepsilon_0 Y_{\omega} Y_{L0})$ 表示能源强度变化对能源消费总量变化的影响; $1/2(\varepsilon \Delta L Y_{c1} Y_{L1} + \varepsilon \Delta L Y_{c0} Y_{L0})$ 表示技术结构变化对能源消费总量变化的影响; $1/2(\varepsilon L_0 \Delta Y_c Y_{L1} + \varepsilon L_1 \Delta Y_c Y_{L0})$ 表示最终需求中各类所占比例的变化对能源消费总量变化的影响; $1/2(\varepsilon L_0 Y_{\omega} \Delta Y_L + \varepsilon L_1 Y_{c1} \Delta Y_L)$ 表示最终需求总量变化对能源消费总量变化的影响。

本文基于投入产出结构分解法,采用 1997 年、2000 年、2002 年以及 2005 年^①的投入产出表数据,分析我国各行业单位产出的能源消费量变化、技术结构变化和最终需求总量变化对总的能源消费量变化的影响。所用的投入产出表数据均来自于《国家统计年鉴》、《中国能源统计年鉴》以及国家统计局网。上述 4 年的投入产出表均以 1997 年的价格为基期,采用相关行业的 GDP 指数进行折算。由于缺乏工业部门专门针对各行业的工业品出厂价格指数

或 GDP 指数,因此对各行业产出的折算采用统一的工业 GDP 总指数进行。

为了重点分析工业部门,将投入产出表中的公用事业及居民服务业、金融保险业、其他服务业统一合并为其他服务业,从而将原有的投入产出表中的 17 个部门合并为 15 个部门,并根据“总产出=中间使用合计+最终使用+进口+其他”得出各行业的总产出,根据“总产出=总投入”得到各行业的总投入值,从而得出各行业的增加值(增加值=总投入-中间使用合计)。

3 计算结果及分析

根据上述分解方法和整理的的数据可得到 1997—2005 年中国各行业能源强度变化、技术结构变化、最终需求中各类所占比例及份额量变化(包括最终消费、资本形成总额、出口、进口及其他)、最终需求总量变化对能源消费总量变化的影响。

3.1 不同时期能源消费量变化主要影响因素的对比分析

3.1.1 1997—2000 年能源消费量变化的主要影响因素

表 1 为 1997—2000 年中国能源消费量变动影响因素的分析结果。表 1 显示,1997—2000 年间中国能源消费量减少了 6420.02 万吨标准煤,减少了 5.27%,其中能源强度和进口比例的变化是导致这一期间能源消费下降的主要原因。图 1 进一步表明,1997—2000 年间中国能源强度基本呈下降趋势,下降的主要原因是 1997 年 7 月东南亚金融危机爆发,这一事件对中国的工业出口和生产造成重要影响。1998 年和 1999 年中国出口年均增长只有 3%,而 2001—2005 年间中国的年均出口增长达 29.9%。国内经济在这一时期呈现萎缩,第二产业的产出比例从 1998 年的 46.2% 下降到 2001 年的

表 1 1997—2000 年中国能源消费变化影响因素的分析结果 万吨标准煤

2000 年中国能源消费量		115385.1
1997 年中国能源消费量		121805.1
1997—2000 年能源消费变化量		-6420.0
结构因素分析	能源强度变化导致的能源消费变化	-8850.9
	技术系数变化导致的能源消费变化	5706.1
	国内消费比例变化导致的能源消费变化	3421.3
	资本形成总额比例变化导致的能源消费变化	-2233.9
	出口比例变化导致的能源消费变化	3965.2
	进口比例变化导致的能源消费变化	-7363.0
	其他比例变化导致的能源消费变化	1399.4
	最终需求总量变化导致的能源消费变化	-2464.0

注:表中前两行数据是绝对量,第三行至第十行数据为变化量。

① 投入产出表不是每年都编制,最新编制的投入产出表为 2005 年。

45.1%, 第二产业的能源消费占全国总能源消费的 70%, 第二产业的能源强度远远高于第一产业和第三产业。因此, 第二产业产出比例的下降也是这一时期中国能源强度下降的一个重要原因。进口比例所引起的能源消费量的降低主要是由这一时期能源进口的高速增长造成的(见表 2)。

表 2 1980—2005 年中国能源进出口贸易总量

年份	进口量	出口量	净出口	年份	进口量	出口量	净出口
1980	261	3058	2797	1995	5456	6776	1320
1985	340	5774	5434	1996	6834	7529	695
1986	741	5745	5004	1997	9964	8474	- 1490
1987	661	5795	5134	1998	8474	7153	- 1321
1988	912	5767	4855	1999	9513	6477	- 3036
1989	1765	5746	3981	2000	14331	9026	- 5305
1990	1310	5885	4575	2001	13471	11145	- 2326
1991	2022	5819	3797	2002	15769	11017	- 4752
1992	3334	5633	2299	2003	20048	12701	- 7347
1993	5492	5341	- 151	2004	26593	11646	- 14947
1994	4342	5772	1430	2005	26952	11447	- 15505

资料来源:国家统计局、《中国能源统计年鉴》(1986—2006)。

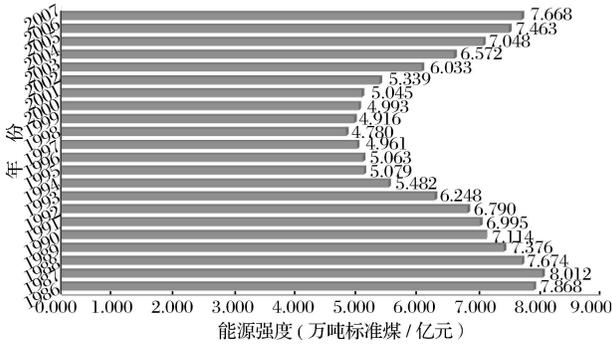


图 1 1986—2007 年中国的能源强度

数据来源:《中国统计年鉴》(1986—2008年),

经作者计算整理。GDP 以 1986 年为基期进行核算。

3.1.2 2000—2002 年能源消费量变化的主要影响因素

表 3 为 2000—2002 年中国能源消费量变动因素的分析结果。表 3 显示, 中国能源消费量自 2000 年至 2002 年增加了 15804.33 万吨标准煤, 增加了 13.70%, 其中能源强度和最终需求总量的变化是导致这一时期能源消费增长的主要因素。图 1 显示, 2000—2002 年中国能源强度呈上升态势, 这主要是由于随着东南亚金融危机的缓解和 2001 年中国加入 WTO, 中国经济从 2001 年开始进入新一轮的快速增长期, 第二产业的增长迅速带来了能源强度的快速增长。这几年中国的最终需求总量快速增长的原因主要包括: 政府和企业的投资使得最终需求总量中的资本形成总额部分大大增加; 先进的科学技术、学习市场经济的管理方法和融入世界、引进外资是最终需求总量增长的另一个重要因素; 国内人民通过劳动和勤俭节约积累了大量的资本, 使得信贷货币快速增长, 这是导致资本形成总额增长的一个

原因; 此外, 外贸顺差过多也导致了最终需求总量中资本形成总额的增长; 公共消费的快速增长也使得中国的最终需求总量得到加快增长(最终需求总量包括居民最终消费 C、政府消费 G、资本形成总额 I 以及净出口(出口 X-进口 M), 相当于 $C+I+G+(X-M)$, 也即中国 GDP 的核算公式)。最终需求总量的快速增长, 也导致了这一时期中国能源消费量出现明显增加。

表 3 2000—2002 年中国能源消费变化影响因素的

分析结果		万吨标准煤
2002 年能源消费量		131189.4
2000 年能源消费量		115385.1
2000—2002 年能源消费变化量		15804.3
结构因素分析	能源强度变化导致的能源消费变化	20431.6
	技术系数变化导致的能源消费变化	- 17812.3
	国内消费比例变化导致的能源消费变化	- 5296.6
	资本形成总额比例变化导致的能源消费变化	3596.3
	出口比例变化导致的能源消费变化	- 1340.4
	进口比例变化导致的能源消费变化	77.8
	其他比例变化导致的能源消费变化	3032.4
	最终需求总量变化导致的能源消费变化	13115.6

注: 表中前两行数据是绝对量, 第三行至第十行数据为变化量。

3.1.3 2002—2005 年能源消费量变化的主要影响因素

表 4 为 2002—2005 年中国能源消费量变动因素的分析结果。表 4 显示, 中国能源消费量自 2002 年至 2005 年增加了 68736.49 万吨标准煤, 增加 52.39%, 即这一阶段是中国能源消费迅速增长的阶段。这一时期造成中国能源消费迅速增长的重要因素包括技术系数的变化、出口比例的变化、最终需求总量的变化以及能源强度的变化。技术系数的变化导致中国能源消费快速增长, 说明这一时期投入产出结构的变化是造成能源消费快速增长的最重要因素。其主要原因是: 2003 年中国人均 GDP 第一次突破 1000 美元大关, 这意味着中国的消费结构向以汽车、住房、旅游为主的方向转变, 并带来了以建筑、汽车生产等为主的生产结构的转变, 这种转变正是

表 4 2002—2005 年中国能源消费变化影响

因素的分析结果		万吨标准煤
2005 年能源消费量		199925.9
2002 年能源消费量		131189.4
2002—2005 年能源消费变化量		68736.5
结构因素分析	能源强度变化导致的能源消费变化	11663.9
	技术系数变化导致的能源消费变化	32579.8
	国内消费比例变化导致的能源消费变化	- 4722.2
	资本形成总额比例变化导致的能源消费变化	9477.3
	出口比例变化导致的能源消费变化	26714.6
	进口比例变化导致的能源消费变化	- 21413.0
	其他比例变化导致的能源消费变化	- 4666.7
	最终需求总量变化导致的能源消费变化	19102.8

注: 表中前两行数据是绝对量, 第三行至第十行数据为变化量。

2003 年以来中国钢铁、水泥、铝合金等高耗能工业快速发展的主要动因^[21], 即 2003 年以来中国高耗能工业快速增长导致了我国能源消费快速增长。

这一时期中国出口产品制成品比例快速提升(见表 5), 主要原因是中国 2001 年 11 月加入 WTO 以后, 成为国际化产业分工的重要组成环节, 越来越多的劳动密集型产业和加工环节被转移到我国, 而

最终产品却返销到欧美等市场, 我国成为国际产品净供给者。这种由国际产业转移所带来的中国国际贸易结构的变化, 通过产业结构的变化和最终需求的变化对中国能源消费产生了重要影响。同时, 这一时期能源强度和最终需求总量的变化仍是导致中国能源消费快速增长的主要原因, 其影响机理和 2000—2002 年时期相似。

表 5 部分年份中国出口商品构成表(按国际贸易标准分类)

年份	出口总额 (亿美元)	初级产品		工业制品	
		金额(亿美元)	比重(%)	金额(亿美元)	比重(%)
1957	10.2	8.1	79.4	2.1	20.6
1970	22.6	12.1	53.5	10.5	46.5
1975	72.6	41.0	56.4	31.7	43.6
1980	181.2	91.1	50.3	90.1	49.7
1985	273.5	138.1	50.6	135.4	49.5
1990	620.9	158.9	25.6	461.8	74.4
1995	1487.8	214.9	14.4	1272.8	85.6
2000	2492	254.6	10.2	2237.5	89.8
2004	5933.7	390.5	6.6	5543.2	93.4

资料来源: 海关统计数据, 中华人民共和国海关总署网站。

3.1.4 进一步分析

1997—2005 年影响中国能源消费量变动的因素的变化情况如图 2 所示。图 2 显示: 1997—2005 年能源强度(能源消费系数)以及技术系数对能源消费量变动的的影响效果最为显著; 2000—2002 年以及 2002—2005 年能源强度对能源消费量变化的影响比 1997—2000 年大幅度提高, 而技术系数对能源消费量变动的的影响却由 1997—2000 年的正效应变成 2000—2002 年的负效应, 接着又变成 2002—2005 年的正效应。这说明, 与 1997—2000 年期间的情况相比, 2000—2002 年中国的技术结构得到改善, 但 2002—2005 年期间技术结构却没有得到进一步改善, 造成这段时期能源消费量增加。技术结构合理化的实质是资金投入与劳力投入的最优组合问题, 各个国家的技术结构都要根据本国的国情与特点来考虑, 充分利用本国的优势资源, 争取获得最好的经济效益。技术结构的状况和水平对整个经济的发展、社会的进步起着重要作用, 在很大程度上决定着国民经济的规模与速度。采用的先进技术的比重越

高, 即机械化、自动化水平越高, 说明其技术结构的水平越高。

同时, 最终需求总量对能源消费的影响不断加强, 这是由于分析期内(1997—2005 年)中国最终需求总量的增长速度不断加快。2002 年中国最终需求总量比 2000 年增长约 11.2%, 而 2005 年比 2002 年增长约 12.4%。正是中国最终需求总量的不断增长, 使得中国对能源消费的需求不断增加, 显示为最终需求总量对能源消费的影响不断加强。

3.2 不同时期影响中国能源消费变化的重点行业的对比分析

1997—2005 年各行业影响能源消费的具体情况如图 3 所示。

3.2.1 1997—2000 年影响中国能源消费的重点行业

由图 3 可以看出, 1997—2000 年对中国能源消费量下降造成影响的主要行业是金属产品制造业(使能源消费下降了 2450.3 万吨标准煤)和食品制造业(使能源消费下降了 1934.4 万吨标准煤)。而造成金属产品制造业能源消费下降的主要因素包括两方面: 一是进口比例的增加(使能源消费减少了 2014.0 万吨标准煤); 二是资本形成总额的减少(使能源消费减少了 73.9 万吨标准煤)。这一时期中国金属产品制造业进口比例上升的主要原因在于, 一方面, 国内外市场金属产品比价存在差异, 国外市场的金属产品的价格在这一时期要低于国内, 引起了中国金属产品进口比例的上升, 另一方面, 中国国内金属产品需求的持续增长也造成了中国金属产品进口比例的上升。

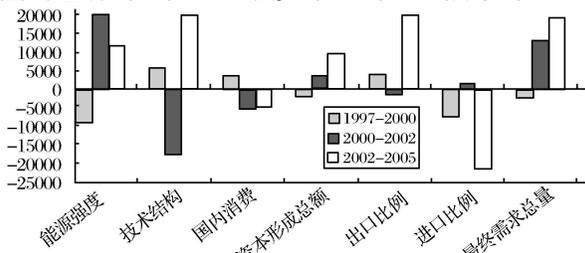


图 2 能源消费量变动影响因素的变化情况
注: 纵轴表示能源消费的变化, 单位为万吨标准煤。

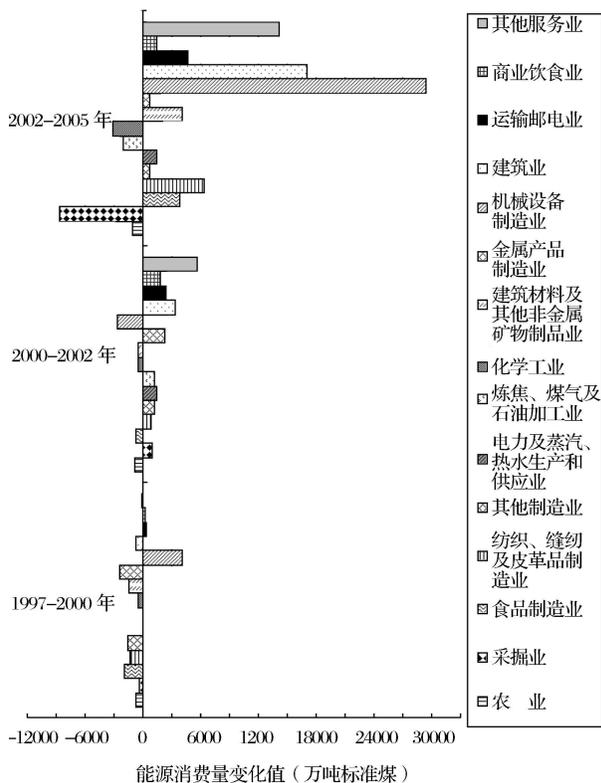


图3 1997—2005年影响中国能源消费量变化的行业分析

这一时期中国金属产品制造业的资本形成总额减少的原因主要是国际金融危机对中国资本市场的冲击影响造成了中国绝大部分部门资本形成总额减少。造成食品制造业能源消费下降的主要因素包括三方面：一是资本形成总额所占比例的减少（使能源消费减少了866.1万吨标准煤）；二是能源强度的降低（使能源消费减少了880.6万吨标准煤）；三是国内消费的减少（使能源消费减少了756.2万吨标准煤）。而这一时期中国食品制造业各种比例下降的原因主要也是受国际金融危机的影响。金融危机对中国资本市场的冲击影响造成了资本形成总额的减少；同时，金融危机影响到人民的收入，使得食品的国内消费比例下降，还影响到中国食品制造业的能源强度。

3.2.2 2000—2002年影响中国能源消费的重点行业

由图3可以看出，2000—2002年对中国能源消费总量上升造成影响的主要行业是：①其他服务行业（使能源消费上升了5668.6万吨标准煤）；②建筑业（使能源消费上升了3388.5万吨标准煤）；③运输邮电业（使能源消费上升了2348.0万吨标准煤）；④金属产品制造业（使能源消费上升了2283.3万吨标

准煤）。2000—2002年期间，中国的服务行业、建筑业和运输邮电业的能源强度的变化造成能源消费量的增加，主要是因为金融危机结束后中国的经济发展使得国内对这些行业的需求和消费增加，最终使得能源消费的需求量迅速增加。造成上述4个行业的能源消费增加的主要因素如表6所示。从表6可以看出，这段时期能源强度的上升是导致各行业能源消费增加的一个主要因素，同时，资本形成总额的增加和最终需求总量的增加也是一个重要的影响因素。

表6 2000—2002年影响相关行业能源消费增加的主要因素

主要因素	万吨标准煤			
	其他服务行业	建筑业	运输邮电业	金属产品制造业
能源强度的上升	8763.2	6806.4	491.2	
资本形成总额比例的增加	865.3			776.4
国内消费比例的增长	555.9			
最终需求总量的增长		4096.5	508.1	
出口比例的增加			602.8	
进口比例的减少				1684.2

3.2.3 2002—2005年影响中国能源消费的重点行业

由图3可以看出，2002—2005年影响中国能源消费总量上升的主要影响行业是：①机器设备制造业（使能源消费上升了29392.26万吨标准煤）；②建筑业（使能源消费上升了17068.31万吨标准煤）；③其他服务业（使能源消费上升了14180.34万吨标准煤）。影响上述3个行业能源消费上升的主要因素如表7所示。表7显示，能源强度和技术结构的变化是导致重点行业能源消费上升的主要因素。

表7 2002—2005年影响相关行业能源消费增加的主要因素

主要因素	万吨标准煤		
	机器设备制造业	建筑业	其他服务业
能源强度的上升		4111.7	2491.4
技术结构的变化	8288.3		8266.1
资本形成总额比例的增加	8189.3		
最终需求总量的增长		5629.3	
出口比例的增加	14252.3		
进口比例的减少			1706.5

2002—2005年，消费结构升级（由传统的以衣食为主向以住行为主转化）导致的产业结构变化使投资快速增长，尤其是机器设备制造业等重工业在工业中的比重明显上升，建筑业也呈现出快速增长态势（见图3）。全社会固定资产投资连续三年增长26%以上^①，钢铁、水泥、化工、电力等高耗能产业迅速扩张，高耗能产品产量大幅增长，出口比例增加，从而造成能源消费量增长过快。

① 根据《中国统计年鉴》数据计算得到。

以上研究结果说明,要降低中国能源消费的总体水平需要着重降低以下 6 个重点行业的能源消费:电力、热力及水的生产和供应业,金属产品制造业,建筑业,机器设备制造业,运输邮电业和服务行业。对于能源生产部门,应该着重从提高生产效率的角度降低能源消费;对于工业生产部门,可以通过调整产业结构或提高技术进步水平降低能源消费;对于运输邮电业以及其他服务行业,可通过改变消费方式(如倡导公交车出行、自行车出行等)降低能源消费。同时,注重通过改善对外贸易结构促进能源消费的节约;协调进出口与能源消费、经济的关系,减少出口高耗能的产品,增加高耗能产品的进口,重视利用关税政策调解高耗能产品的进出口,促进能源节约。

4 结论

本文运用投入产出结构因素分解法研究了我国能源消费量变动的影响因素。本研究认为:

技术结构的完善(体现为直接消耗系数的变化,也为技术系数的变化)是影响能源消费量变化的关键因素:1997—2000 年,技术系数变化使能源消费量增加了 5706.1 万吨标准煤;2000—2002 年,技术系数变化使能源消费量减少了 17812.3 万吨标准煤;2002—2005 年,技术系数变化又使能源消费量增加了 32579.8 万吨标准煤。

最终需求总量的变化对能源消费量的影响也十分重要:2000—2002 年以及 2002—2005 年,最终需求总量对能源消费量有明显的正效应,分别造成能源消费量增加 13115.6 万吨标准煤以及 19102.8 万吨标准煤。

能源强度也是影响 2000—2002 年中国能源消费变化的重要因素(其使能源消费增长了 20431.6 万吨标准煤)。

此外,进出口比例的变化是影响 2002—2005 年期间能源消费变化的主要因素(出口比例的变化使能源消费量增长了 26714.6 万吨标准煤,进口比例变化使能源消费量减少了 21413.0 万吨标准煤),说明国际贸易对能源消费量的影响已越来越明显。

1997—2005 年间,对中国能源消费变化具有重要影响的行业主要有:①电力、热力及水的生产和供应业;②金属产品制造业;③运输邮电业;④建筑业;⑤其他服务业;⑥机器设备制造业。其中,前 5 个行业的能源消费在 1997—2000 年间使得中国的能源消费呈下降态势,而在 2000—2002 年以及 2002—2005 年间使得能源消费呈增长态势。机器设备制造业的能源消费在 1997—2000 年以及 2002—2005

年使得中国的能源消费呈上升态势,而在 2000—2002 年使其呈下降态势。

参考文献

- [1] YANG M. China's energy efficiency target 2010[J]. Energy Policy, 2008(36): 561-570.
- [2] 2008 年通货预期加强,下半年 CPI 增速或回落[N]. 中国证券报,2007-12-21.
- [3] LIU X O, ANG B W, ONG H L. The application of the Divisia index to the decomposition of changes in industrial energy consumption[J]. The Energy Journal, 1992, 13(4): 161-177.
- [4] 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, 52.
- [5] 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.
- [6] ANG B W, LIU F L, CHEW E P. Perfect decomposition techniques in energy and environmental analysis[J]. Energy Policy, 2003, 31: 1561-1566.
- [7] HAN X, LAKSHMANAN T K. Structural changes and energy consumption in the Japanese Economy 1975-85: an input-output analysis[J]. The Energy Journal, 1994, 15(3): 165-188.
- [8] ROSE A, CHEN C Y. Sources of change in energy use in the U. S. Economy, 1972-1982[J]. Res Energy, 1991, 13: 1-21.
- [9] SUN J W. Changes in energy consumption and energy intensity: a complete decomposition model[J]. Energy Economics, 1998, 20: 85-100.
- [10] CHANG Y F, LIN S J. Structural decomposition of industrial CO₂ emission in Taiwan: an input-output approach[J]. Energy Policy, 1997, 26(1): 5-12.
- [11] LIMMEECHOKCHAI B, SUKSUNTORN SIRI P. Assessment of cleaner electricity generation technologies for net CO₂ mitigation in Thailand[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2007(11): 315-330.
- [12] ALCANTARA V, DUARTE R. Comparison of energy intensities in European Union countries: results of a structural decomposition analysis[J]. Energy Policy, 2004, 32: 177-189.
- [13] 林伯强. 结构变化、效率改进与能源需求预测[J]. 经济研究, 2003(5): 57-65.
- [14] 梁进社,郑蔚,蔡建明. 中国能源消费增长的分解[J]. 自然资源学报, 2007, 22(6): 853-864.
- [15] 沈利生. 我国对外贸易结构变化不利于节能降耗[J]. 管理世界, 2007(10): 43-50.
- [16] 赵晓丽,杨娟. 影响全国与北京工业能源消费的关键要素对比分析[J]. 中国能源, 2009(5): 19-25.

- [17] 常友玲,张丽峰. 中国石油消费与经济增长关系的实证研究[J]. 技术经济, 2010(5): 83-87. 系——基于 1978—2008 年山西省数据的实证分析[J]. 技术经济, 2010(2): 74-80.
- [18] 王保忠,黄解宇. 能源供给、能源消费与经济增长的关

Key Factors Affecting Energy Consumption in China: Based on Structure Decomposition Analysis

Zhao Xiaoli, Hong Dongyue

(School of Economics and Management, North China Electric Power University, Beijing 102206, China)

Abstract: Based on the input-output structure decomposition analysis (SDA), this paper studies the key factors affecting energy consumption in China at sector level, and decomposes impact factors of energy consumption into the following six indicators: energy intensity change, technological coefficient change, proportion change of domestic final consumption, proportion change of gross capital formation, share change of export and import and ultimate demand. Results show that technological coefficient change is the most significant factor affecting China's energy consumption, and the energy intensity change and the change of international trade structure also contribute much to the change of China's energy consumption, and the six sectors that have important impacts on China's energy consumption are as follows: electric power, gas, hot water and metal products, etc.

Key words: energy consumption; influence factor; structure decomposition analysis

(上接第 5 页)

- [8] KIM L. Imitation to Innovation: The Dynamics of Korea's Technological Learning[M]. Boston, MA: Harvard Business School Press, 1997.
- [9] CHANDLER A D. Shaping the Industrial Century[M]. Cambridge, MA: Harvard University Press, 2005.
- [10] FOSS N J. Resources, Firms, and Strategies: A reader in the Resource Based Perspective[M]. Oxford University Press, 1997.
- [11] CHESBROUGH H. Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology[M]. Boston, Mass: Harvard Business School Press, 2003.
- [12] 中国机械资讯网. 专家称三大因素制约中国刀具业发展[EB/OL]. [2006-06-15]. <http://info.pf.hc360.com/2006/06/15090944217.shtml>
- [13] 高旭东.“后来者劣势”与我国企业发展新兴技术的对策[J]. 管理学报, 2005, 2(3): 291-294.
- [14] GAO Xudong, LIU Jianxin, CHAI K H, et al. Overcoming “latecomer disadvantages” in small and medium sized firms: evidence from China[J]. Int. J. technology and Globalization, 2007, 3(4): 364-383.
- [15] GAO Xudong. Technological capability catching up: follow the normal way or deviate[D]. Ph. D. Dissertation, MIT Sloan School of Management, 2003.
- [16] PORTER M E. The Competitive advantage of nations[J]. Harvard Business Review, 1990, 68(2): 73-91.
- [17] 佟风, 张蓝, 范端胜. TD-SCDMA 三起三落: 中国通信国标问世台前幕后[EB/OL]. [2006-02-27]. <http://tech.163.com/06/0227/09/2AV7G0DO000915BE.html>

Institutional Arrangement for Indigenous Technological Innovation in Era of Globalization

Wei Jie¹, Gao Xudong¹, Tian Yezhuang², Zhou Zuwei²

(1. Research Center for Technological Innovation, Tsinghua University, Beijing 100084, China;

2. Management of School, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China)

Abstract: Indigenous technological innovation in the era of globalization is a new topic. This paper first discusses the conditions to apply the traditional catch up theory, followed by examining the impacts of globalization on indigenous technological innovation, and explores institutional arrangements to support indigenous technological innovation in the era of globalization.

Key words: indigenous technological innovation; globalization