

从投入产出视角看中国能耗加速增长现象

刘瑞翔 姜彩楼*

摘 要 本文运用结构分解方法,对近年来中国能源消费加速增长现象进行了研究,结果表明:(1)1987—2007年间,中间产品投入结构变化和经济规模扩大是导致中国能源消费近年来加速增长的主要原因;(2)在行业层面上,我国能耗加速增长主要与工业,特别是重化工业近年来迅速发展有关;(3)不同最终需求驱动的经济增长对于能源依赖程度不同,中国经济依存结构变化在推动我国经济高速增长的同时,导致能源消费近年来出现加速增长现象。

关键词 能源消费,加速增长,结构分解方法

一、引 言

改革开放以来,随着中国经济的快速增长,中国能源消耗总量在不断增加。在中国能源消耗的增长过程中,有一个现象需要引起特别的重视:从1978年改革开放到2001年加入世界贸易组织(World Trade Organization, WTO)之前,中国的能源消费增长速度持续低于经济增长速度,导致能源强度(energy intensity)呈现单调下降的趋势,能源消费总量也保持缓和的增长趋势;但在2001年加入WTO之后,中国的能源消费增长速度超过了经济增长速度,单位GDP能耗在2002—2005年间出现了大幅度的波动,中国的能源消耗总量出现了加速上升趋势,在短短的七年内增长了近两倍,到2007年已经达到26.56亿吨标准煤,占世界能源消耗的比重为16.8%。由于中国在世界经济体系中扮演越来越重要的角色,深入探讨中国能源消耗加速增长背后的驱动因素,不仅对于中国的可持续发展有着巨大的理论和现实意义,而且对于世界范围内的温室气体减排和环境保护具有重要的影响。

在加入世界贸易组织之后,中国的国际贸易数量快速增长。以当年价格计,中国的进出口贸易量从2000年的4723.97亿美元迅速增长到2008年的25632.55亿美元,在此期间增长了约5.4倍。因此,学者们广泛认为,中国入世之后日益增长的国际贸易是导致能源消费以及温室气体排放加速增长的

* 刘瑞翔,南京大学经济学院;姜彩楼,南京信息工程大学经济管理学院。通信作者及地址:刘瑞翔,南京市汉口路22号南京大学经济学院经济学系,210093;电话:13405847401;E-mail: ruixiangliu@yahoo.com.cn。作者对两位匿名审稿人的宝贵修改意见表示衷心感谢。当然,文责自负。

主要原因。Shui and Harriss (2006) 是最早研究中美贸易对于中国碳排放影响的文献之一, 他们认为中国约有 7%—14% 的碳排放是由于对美出口产生的。Kahrl and Roland-Holst (2008) 认为尽管出口对于能源消费的影响并没有想象中的巨大, 但仍然是推动中国能耗上涨最主要的因素。Liu *et al.* (2010) 采用投入产出技术, 对于 1992—2005 年间中国出口所诱发的能源消费增长进行了因素分析, 结果表明出口数量和出口结构是导致相应能源消费增长的主要原因。尽管我们并不否认出口需求对于中国能源消费增长的重要性, 但仍然存在疑惑: 出口是解释中国能源消费近年来加速增长的唯一原因吗? 或者, 除了出口之外, 还有哪些因素对中国能源消费的增长产生了影响? 以往的相关研究并没有给出全面确切的答案。

本文运用结构分解分析法 (structure decomposition analysis, SDA), 从不同的角度对中国的能源消耗增长进行成因分解分析。我们首先运用 1987—2007 年数据进行整体层面的分析, 然后对所使用的结构分解方法稍做改进后, 进一步深入行业层面分析, 最后基于最终需求的视角, 对中国在加入 WTO 后能源消耗加速增长的现象进行了解释。本文的研究结果表明, 改革开放以来, 中国能源消耗增长的驱动因素发生了根本改变, 近年来能源消耗之所以加速增长, 与当前工业化进程和通过加工贸易方式参与国际分工有关, 这就意味着我国节能减排工作将面临较大的挑战, 必须通过技术进步和转变经济增长方式来实现预先设定的目标。

本文正文安排如下: 第一部分为引言; 第二部分对以往相关研究进行文献综述; 第三部分介绍本文所应用的理论模型及数据来源; 第四部分为分解结果以及相应分析; 第五部分进行进一步深入分析, 从最终需求的角度探讨经济增长与能源消费之间的关系; 最后得出结论并提出相应的政策建议。

二、文献综述

能源是现代经济增长的基础, 而经济快速增长往往伴随着能源资源匮乏、环境质量下降等问题, 因此, 能源、环境与经济增长之间的关系 (即 3E 问题) 近年来成为国内外研究的焦点。现有的研究文献主要沿着三条思路展开, 第一, 针对传统生产率测算方法的不足, 将环境资源约束纳入效率和生产率分析框架中, 对经济增长绩效做出更为准确和科学的评价 (Kaneko and Managi, 2004; 胡鞍钢等, 2008; 陈诗一, 2009; 王兵等, 2010); 第二, 在经济全球化背景下, 运用计量模型检验环境规制、污染排放以及产业转移之间关系 (Dean *et al.*, 2009; 李小平和卢现祥, 2010); 第三, 采用因素分解分析方法, 以期发现导致能源消耗和碳排放变化的影响因素, 从而制定出更有针对性的节能减排对策。本文的研究主要与最后一种思路相关。

在能源经济学领域内有两种常用的分解分析方法，一种是指数分解分析法（index decomposition analysis, IDA），另一种是结构分解分析法（structure decomposition analysis, SDA），两种分解方法机理不尽相同，具体应用中也各有利弊。指数分解法主要包括拉氏分解和迪氏分解等方法（Ang, 2005），其优点在于数据获得性较好，分解过程简单方便，但缺点在于难以对经济现象提供合理解释。结构分解法恰好与其相反，由于考虑了经济活动中的直接和间接关联，因此可对经济现象背后的动因提供合理解释，但缺点在于数据难以得到，不如指数分解法简单直接。在实际应用中已经有大量研究运用这两种方法，对中国的能源消费以及碳排放进行了深入的研究。

从1978年改革开放到2001年加入WTO之前，中国在工业化的同时能源强度呈现持续下降趋势，引起了国内外学者们的广泛关注，有关中国能源领域的早期研究主要与此有关。Huang（1993）运用LMDI方法对中国1980—1988年六个部门的数据进行了研究，认为技术进步是导致中国能耗密集度不断下降的主要原因，而结构变化对能耗强度下降几乎没有影响。Sinton and Levine（1994）运用拉氏分解方法，对中国1980—1990年的工业数据进行了研究，得到了与Huang（1993）相似的结论。与以上研究运用指数分解方法不同，Lin and Polenske（1995）运用结构分解方法，把中国经济分成七个大的部门，对中国1981—1987年的能源消费进行了研究，同样认为生产技术的进步是导致能耗强度降低的主要原因。进一步的，Garbaccio *et al.*（1999）将中国经济细分为29个部门，在得到技术进步是中国能耗强度降低主要原因的结论同时，发现产业结构变动导致中国能耗强度的升高。与以上研究主要运用行业层面数据不同，Fisher-Vanden *et al.*（2004）使用企业层面的数据，对中国1997—1999年的能耗强度变动进行了研究，发现结构效应与产业结构划分的程度有关，当结构划分足够细时，结构变动同样会导致中国能耗强度的降低。

近年来，有关中国能源消耗强度异常波动的现象引起了学者们的关注。Ma and Stern（2008）运用LMDI分解方法，对1980—2003年中国能源消耗强度变动进行了分析，认为2000年以来中国能耗强度波动与负向的技术进步有关，同时发现中国能源结构变动对能源效率几乎不产生影响。指数分析方法一般将产业结构作为能源效率变化的解释变量，但正如Chai *et al.*（2009）在文章中所指出的，产业结构是由技术进步以及最终需求结构等因素决定的，因此从产业结构角度并不能给出能源效率深层次驱动原因。与指数分析方法相比，结构分解方法直接从最终需求结构等角度来进行分析，因此近年来得到了广泛的应用。Chai *et al.*（2009）利用1992年、1997年、2002年以及2004年中国投入产出数据，运用结构分解分析方法，认为中国的产业结构受到最终需求结构和技术进步的影响，中国单位GDP能耗之所以产生波动，主

要与技术变动和由此导致的结构变动有关。Kahrl and Roland-Holst (2008, 2009) 从最终需求的角度, 分析了出口、投资等对于中国能源消费的影响, 得到出口是导致中国能源消费加速增长主要原因的结论。除此之外, 近年来我国学者也常将该方法应用在能源消耗与碳排放领域的研究, 并取得丰硕的成果(陈迎等, 2008; 张友国, 2010)。

综上所述, 针对中国改革开放的能源消耗问题, 现有文献进行了广泛而又深入的研究, 但整体上存在以下的不足: 首先, 现有研究主要针对中国能源消耗强度的变化, 对于中国能源消耗总量增长分析不足, 尽管两者之间具有一定相关性, 但与用单位 GDP 能源消耗表示的能耗强度相比, 能源消耗总量更能直接反映中国当前所面临能源困境问题; 其次, 尽管部分学者已经从对外贸易的角度对能源消耗问题进行了分析, 但并没有能够对中国近年来能源消耗加速增长的现象提供全面的解释。中国加入世界贸易组织是否导致能源消费加速增长的主要因素? 或者说, 除了出口之外, 还有哪些因素对中国能源消费增长产生重要影响? 针对以往研究的不足, 本文可能的创新之处在于以下几个方面: (1) 与以往研究主要集中在国内能源效率近年来异常波动不同, 本文针对中国加入 WTO 之后的能源消耗加速增长现象进行了研究, 在研究对象上有所区分; (2) 本文运用结构分解方法, 从多个角度对中国能源消耗加速增长现象进行了深入研究, 并提出了全面的解释和分析, 克服了之前研究视角过于单一的缺陷; (3) 利用国家统计局颁布的最新投入产出数据, 分析了 1987—2007 年中国工业化进程中能源消耗增长的驱动因素, 特别的, 针对不同发展阶段影响能源消耗增长的驱动因素进行了深入分析。

三、理论模型与数据来源

(一) 理论模型

由于中国统计局公布的投入产出数据为进口竞争型, 在使用过程中并不区分国内产品和进口产品, 不能直接测算最终需求对于中国经济增长以及能源消费的影响。因此, 为了得到包括消费、投资以及出口需求对于中国能源消费的驱动关系, 我们首先需要将国内产品和进口产品区分开, 得到非竞争型经济-能源投入产出数据表¹, 具体如表 1 所示。

¹ 由于生活用能源消费占能源消费总量比例较小且增长较为平缓, 因此本文仅考虑生产用能源消费对于中国能源消费总量加速增长的影响。

表1 (进口)非竞争型经济-能源投入产出表

		中间使用		最终使用			总产出或进口
		1, ..., n	消费	投资	出口	合计	
国内产品中间投入	1, ..., n	$A^d X$	F_c^d	F_m^d	Ex	F^d	X
进口产品中间投入	1, ..., n	$A^m X$	F_c^m	F_m^m		F^m	M
增加值	V						
总投入	X						
能源消费	E						

注: 右上角的 d 代表国内产品, m 代表进口产品。

表1中 $A^d X$ 和 $A^m X$ 分别代表生产过程中国内产品和进口产品的直接消耗向量, 其中 A^d 表示国内产品的直接消耗系数矩阵, A^m 表示进口产品的直接消耗系数矩阵。 F^d 和 F^m 分别表示国内产品和进口产品的最终使用向量, 其中国内产品的最终使用由三部分组成, 包括消费向量 F_c^d 、资本形成向量 F_m^d 和出口向量 Ex ; 与国内产品不同的是, 进口产品一般不直接用于出口, 因此其最终使用 F^m 由消费 F_c^m 和资本形成 F_m^m 两部分组成, M 代表进口产品列向量。

根据投入产出表的特性, 横向上的均衡关系可以表示为

$$A^d X + F^d = X. \quad (1)$$

(1) 式表明总产出等于国内产品的中间投入与最终需求的总和, 其中最终需求包括消费、投资以及出口三部分, 即 $F^d = F_c^d + F_m^d + Ex$ 。进一步的, 总产出可以表示为

$$X = (I - A^d)^{-1} F^d. \quad (2)$$

上式中 $(I - A^d)^{-1}$ 为里昂惕夫逆矩阵, 可以用符号 B 表示。在得到总产出的基础上, 能源消费可以表示为

$$E = WX = WBF^d. \quad (3)$$

(3) 式中 W 为能源消费强度系数向量, 用一个 1×26 的行向量表示, 其元素 $w_i = e_i / x_i$, 其中 e_i 为 i 部门的能源消费量, x_i 为该部门当年的产出, 因此 w_i 表示 i 部门单位产出所消耗的能源, WX 则表示生产出总产出 X 所需要消耗的能源总量。最终需求可以进一步用相应的产业结构、需求结构以及需求总量来表示, 具体可以表示为

$$F^d = MSy^d. \quad (4)$$

上式中 M 是一个 26×4 矩阵², 它刻画了基于最终需求的经济体系产业结构。

² 虽然最终需求由消费、投资以及出口三项组成, 但由于存在误差项, 因此必须考虑投入产出表中“其他”项目对于结算结果的影响, 这也是本处为 26×4 矩阵的原因。

S 为 4×4 最终需求结构对角矩阵, 其对角元素 $s_{k,k}$ 代表第 k 类需求在国内产品总需求中的比重。 y^d 为最终需求总量, 根据非竞争型投入产出表的原理, 最终需求 y^d 等于国内增加值 v 与进口中间产品之和³, 令 $y^d = \lambda v$, 其中 λ 的数值越大, 说明生产过程中进口中间产品投入的比例越高。因此, 能源消费总量可以表示为

$$E = WX = WBF^d = WBMS\lambda v. \quad (5)$$

为进一步找到影响中国能源消费增长的驱动因素, 我们利用投入产出分析模型可做如下分解:

$$E_1 - E_0 = W_1 B_1 M_1 S_1 \lambda_1 v_1 - W_0 B_0 M_0 S_0 \lambda_0 v_0, \quad (6)$$

其中, 下标 0, 1 分别表示变量在第 0 期和第 1 期的取值。使用结构分解往往存在“非唯一性问题”(Dietzenbacher and Los, 1998), 在实际应用中一般采用两极分解法来避免该问题。在两极分解法中, 以上分解有两种形式, 其中之一为

$$E_1 - E_0 = \Delta W B_1 M_1 S_1 \lambda_1 v_1 + W_0 \Delta B M_1 S_1 \lambda_1 v_1 + W_0 B_0 \Delta M S_1 \lambda_1 v_1 + W_0 B_0 M_0 \Delta S \lambda_1 v_1 + W_0 B_0 M_0 S_0 \Delta \lambda v_1 + W_0 B_0 M_0 S_0 \lambda_0 \Delta v. \quad (7)$$

另外一种分解形式为

$$E_1 - E_0 = \Delta W B_0 M_0 S_0 \lambda_0 v_0 + W_1 \Delta B M_0 S_0 \lambda_0 v_0 + W_1 B_1 \Delta M S_0 \lambda_0 v_0 + W_1 B_1 M_1 \Delta S \lambda_0 v_0 + W_1 B_1 M_1 S_1 \Delta \lambda v_0 + W_1 B_1 M_1 S_1 \lambda_1 \Delta v. \quad (8)$$

因此, 中国的能源消费增长可以分解为:

$$\begin{aligned} E_1 - E_0 = & \underbrace{0.5 \times (\Delta W B_1 M_1 S_1 \lambda_1 v_1 + \Delta W B_0 M_0 S_0 \lambda_0 v_0)}_{\text{能源技术进步效应}} \\ & + \underbrace{0.5 \times (W_0 \Delta B M_1 S_1 \lambda_1 v_1 + W_1 \Delta B M_0 S_0 \lambda_0 v_0)}_{\text{投入产出结构变化效应}} \\ & + \underbrace{0.5 \times (W_0 B_0 \Delta M S_1 \lambda_1 v_1 + W_1 B_1 \Delta M S_0 \lambda_0 v_0)}_{\text{产业结构变化效应}} \\ & + \underbrace{0.5 \times (W_0 B_0 M_0 \Delta S \lambda_1 v_1 + W_1 B_1 M_1 \Delta S \lambda_0 v_0)}_{\text{最终需求结构变化效应}} \\ & + \underbrace{0.5 \times (W_0 B_0 M_0 S_0 \Delta \lambda v_1 + W_1 B_1 M_1 S_1 \Delta \lambda v_0)}_{\text{进口中间品投入变化效应}} \\ & + \underbrace{0.5 \times (W_0 B_0 M_0 S_0 \lambda_0 \Delta v + W_1 B_1 M_1 S_1 \lambda_1 \Delta v)}_{\text{经济规模变化效应}}. \end{aligned} \quad (9)$$

³ 从表 1 中可以看出, 在水平方向上总产出等于国内产品中间消耗与最终需求之和, 在垂直方向总产出等于国内产品中间消耗、进口产品中间消耗以及国内增加值三者之和, 因此最终需求等于国内增加值与进口产品中间消耗之和。

通过以上的分解，我们发现影响中国能源消费的因素具体包括六个方面：能源技术的进步、中间投入结构变化、生产过程中进口中间投入比例的变化、基于最终需求的产业结构变化、最终需求自身的结构变化以及经济规模变化。

（二）数据来源及处理

本文所采用的原始数据主要来自于中国统计局所颁布的1987年、1992年、1997年、2002年以及2007年五张投入产出表。由于五张表之间的统计口径有所不同，同时考虑到对能源行业数据的对应，我们对表中的部门进行了合并与调整，合计包括26个部门。⁴另外，我国颁布的1987年和1992年投入产出表的最终需求没有区分进口和出口，而是将其合并成净出口一项。因此，为了得到1987年和1992年的出口数据，我们参照李强和薛天栋（1998）中各产业进口和出口的比率，并结合对应年份的净出口数据，最终得到1987年和1992年的出口和进口数据。

由于中国颁布的投入产出表都是基于当年价格的名义表，在做时间序列的比较分析时应消除价格波动带来的影响，本文利用各种公布数据推算了相应产业的价格指数，并利用该指数对1987年、1992年、1997年、2002年、2007年五张投入产出表进行了平减。具体的过程如下：有关农业部门的价格指数主要是根据《2009中国统计年鉴》中国内生产总值的当年价与不变价推算得到，工业部门的价格指数主要利用历年《中国统计年鉴》中的“按行业分的工业品出厂价格指数”得到，第三产业的价格指数主要是根据《2009中国统计年鉴》中第三产业增加值推算而得到，并以2002年价格为基准。各部门能源消耗量数据取自相应年份的《中国能源统计年鉴》，为了保持与相应的投入产出数据一致，将历年的部门能源消耗数据统一调整为26个部门。其中，1992年之前能源消耗部门划分比较笼统，我们参照相邻年度的能源消耗比例进行了分解。此外，由于在中国国家统计局历年所公布的投入产出表中，中间使用和最终使用并没有对国内产品和进口产品进行有效区分，本文借鉴张友国（2010）的方法，以按比例的方法将竞争型投入产出表转化为（进口）非竞争型投入产出表。

⁴ 26个部门具体包括：农林牧渔业，煤炭开采和洗选业，石油和天然气开采业，金属矿采选业，非金属矿及其他矿采选业，食品制造及烟草加工业，纺织业，纺织服装鞋帽皮革羽绒及其制品业，木材加工及家具制造业，造纸印刷及文教体育用品制造业，石油加工、炼焦及核燃料加工业，化学工业，非金属矿物制品业，金属冶炼及压延加工业，金属制品业，通用、专用设备制造业，交通运输设备制造业，电气机械及器材制造业，通信设备、计算机及其他电子设备制造业，仪器仪表及文化办公用机械制造业，其他制造业，电力、煤气与自来水的生产与供应业，建筑业，交通运输及仓储业，批发、零售和餐饮业，其他行业。

四、分解结果

(一) 整体层面的分析

根据上述提供的分解思路和数据来源,表2和表3给出了结构分解的具体结果。本部分首先对1987—2007年间能源消耗增长的动因进行整体分析,在此基础上,针对不同阶段的分解结果进一步深入研究,了解在此期间中国能源消耗增长的动力来源有没有发生变化,以解决中国能源消耗总量近年来加速增长的疑惑。

表2 1987—2007年中国能源消耗总量增长结构分解表(EJ)

	能源强度	中间投入	进口率	产业结构	需求结构	经济规模	总量
1987—1992	-10.42	3.14	0.55	-0.05	1.73	9.74	4.69
1992—1997	-14.51	3.92	0.69	3.88	0.55	15.90	10.43
1997—2002	-17.12	-0.35	1.81	0.09	1.77	17.55	3.76
2002—2007	-16.27	8.77	2.69	-1.48	2.20	34.73	30.63
1987—2007	-58.32	15.48	5.75	2.44	6.25	77.91	49.51

注:1 EJ(10^{18} J)=34.12 百万吨标准煤。

表3 1987—2007年中国能源消耗总量增长结构分解表(%)

	能源强度	中间投入	进口品	产业结构	需求结构	经济规模	总量
1987—1992	-21.05	6.35	1.11	-0.09	3.49	19.66	9.47
1992—1997	-29.3	7.91	1.4	7.83	1.11	32.11	21.06
1997—2002	-34.58	-0.7	3.67	0.18	3.57	35.46	7.6
2002—2007	-32.87	17.71	5.44	-2.99	4.44	70.14	61.88
1987—2007	-117.8	31.27	11.61	4.94	12.62	157.37	100

根据中国统计年鉴提供的数据,中国生产用能源消耗量1987年为69856.55万吨标准煤,转换成热量单位约为20.47 EJ,2007年为238793.2万吨标准煤,约为69.99 EJ,20年间能源消耗增长约为49.51 EJ。其中,由于生产过程中能源技术进步导致能源消耗减少58.32 EJ,约是分析期间能源消耗增长总量的一117.8%,说明各部门能源效率的提高是减缓我国能源消费过快上涨的主要原因;除了能源强度之外,其余因素对中国能源消费增长都起到促进效果。其中基于最终需求的产业结构变化对于中国能源消费增长的影响并不明显,包括产业内和三次产业间的结构变化导致能源消费增长2.44 EJ,约占到能源消费增长总量的4.94%,是导致我国能源消费增长效果最不明显的驱动因素之一;与产业结构变化效应相比,最终需求自身的结构变化对于我国能源消费的影响要更大一些,在1987—2007年间由于最终需求结构变化导致我国能源消费增长6.25 EJ,约占到能源消费增长总量的12.62%;在中国对外开放进程中,进口中间品在生产过程中的比例不断上

升,导致中国能源消费增长 5.75 EJ, 约占到 1987—2007 年间能源消费增长总量的 11.61%。中间产品投入结构的变化是导致中国能源消费增长的主要驱动因素,在 1987—2007 年间,由于中间投入产出结构的变化导致中国能源消费增长 15.48 EJ, 约占到增长总量的近 1/3。尽管中间产品结构变化对于中国能源消费影响较大,但却不是最主要的驱动因素,进一步分析可发现,驱动中国能源消耗增长的主要因素来自于中国经济规模的扩大,在 20 年间导致我国能源消耗增长 77.91 EJ, 是此期间能源消耗增长总量的 157%。

进一步深入分析可发现,在此期间中国能源消耗总量增长的速度并不相同。在 1987—1992 年和 1992—1997 年两个阶段,中国能源消费分别增长了 4.69 EJ 和 10.43 EJ, 约占到能源消费增长总量的 9.47% 和 21.06%。在 1997 年之后,由于受到亚洲金融危机冲击的影响,中国能源消费增长速度也出现了下降,在 1997—2002 年间增长了 3.76 EJ, 仅为该阶段能源消费增长总量的 7.6%。在加入世界贸易组织之后,中国能源消耗在 2002—2007 年间增长 30.63 EJ, 约占到能源消耗增长总量的 61.88%, 说明影响中国能源消耗增长的动力来源在此期间发生了根本的改变。通过对比各个阶段的分析结果可发现,能源强度的变化并不是推动能源消耗加速增长主要原因,相反,中国在能源消耗增长的同时,各部门的能源效率也获得了大幅提高,1997—2002 年和 2002—2007 年由于能源技术进步导致能源消费分别减少 17.12 EJ 和 16.27 EJ, 是 1987—2007 年间能源消费技术效应最为明显的两个阶段。与技术效应相似,最终需求结构和相关行业结构改变对于中国能源消费影响在此期间变化并不大,其中最终需求结构变化在 1997 年之后对于中国能源消费驱动效果虽然逐步增强,但与 1997 年之前相比差别并不明显,而产业结构变化不但没有使中国能源消费出现加速增长,相反,却导致中国能源消费在 2002—2007 年间下降 1.48 EJ。与以上驱动因素不同,中间品投入结构变化和经济规模扩大不但是推动中国能源消费增长的主要因素,更是导致中国能源消费近年来加速增长的主要原因。

表 2 的数据表明,无论是中间投入效应还是进口率变化效应,在 2002—2007 年阶段的数值约占到相应总量的一半。图 1 显示了 1987—2007 年三次产业间中间产品投入比例的变化趋势,其中农产品中间投入在此期间呈现出不断下降的趋势,以服务业为主的第三产业中间投入比例在此期间出现多次反复,但整体呈现下降趋势。与此不同的是,第二产业中间投入比例在分析期间是不断上升的,特别是在 1992—1997 年以及 2002—2007 年,更是出现大幅度上升的趋势。深入行业分析后可发现,在 2002 年之后中间投入上升幅度较为显著的行业主要包括通信设备、计算机及其他电子设备制造业,电气、机械及器材制造业,交通运输设备制造业以及非金属矿采业,而中间投入下降比较明显的则主要包括农业,服务业以及采掘业。实际上,以机械电子部门为主的中间投入比例的上升,不仅与我国的工业化进程密切相关,而且与

近年来机械电子部门通过加工贸易的方式参与国际专业化分工有关。实际上,最终需求中进口中间产品比例的升高也进一步验证了以上的观点。图2表明,1987—2007年间,我国最终需求中进口中间产品的价值从1987年的6.22%上升到2007年的18.2%,其中最为明显的是出口需求,在1997年以来保持直线上升的趋势,从1997年的14.18%上升到2007年的24.75%。因此,近年来我国最终需求中进口中间产品比例的不断上升,也是导致我国能源消费出现加速增长的原因。

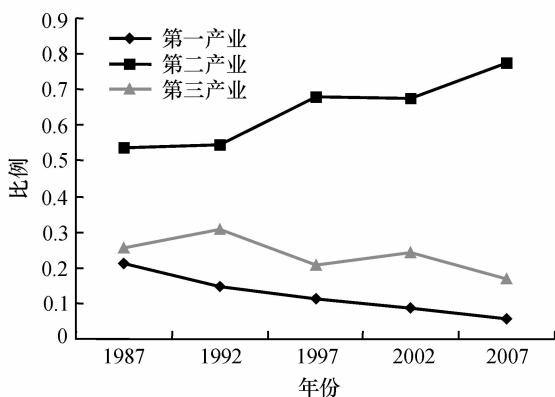


图1 1987—2007年三次产业国内中间产品比例变化趋势

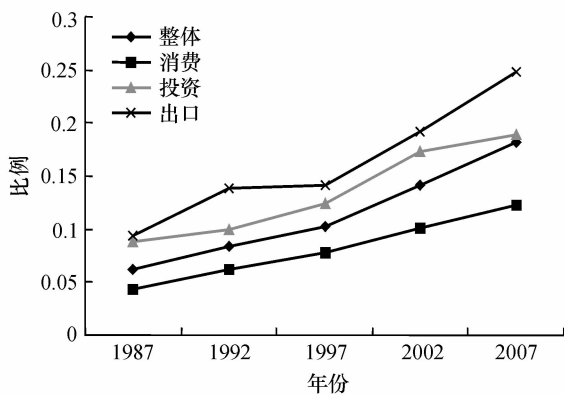


图2 1987—2007年间最终需求中进口中间产品价值所占比例变化趋势

表2数据表明,经济规模的扩大是中国能源消耗近年来加速增长最主要的原因。由于经济规模的扩大,在分析期间共导致中国能源消费增长77.91 EJ,但主要的增长集中在2002—2007年,在此期间由于经济规模的扩大导致能源消费增长34.73 EJ,约占到1987—2007年中国能源消费增长总量的70.14%。根据统计部门所提供的数据,中国的国内生产总值从1987年的12 058.6亿元增长到2007年的257 305.6亿元(当年价),如果去除价格因素的影响,在此期间实际增长了约6.47倍。分阶段来分析,1987—1992年是中

国经济发展比较缓慢的阶段；在1992—1997年，中国经济经历了快速的发展；但由于受到1997年亚洲金融危机的影响，随之在1997—2002年又进行调整；在2001年年底加入世界贸易组织之后，中国经济又经历了一个快速发展的阶段。尽管1992—1997年和2002—2007年两个阶段中国经济都经历了快速的发展，但由于2002年之后经济基数比较大，因此规模效应显得更为突出。下文将进一步探讨经济增长模式的变化对中国能源消费的影响，我们将发现，经济增长模式改变一方面推动了我国经济高速增长，但另一方面也是能源消费近年来加速增长的主要原因。

通过以上整体层面的分析，可以发现中间投入结构变化和经济规模的扩大是导致我国能源消费增长的两大主要原因。但与我们的常识不同的是，无论是行业结构变化还是最终需求结构变化，对于中国能源消费增长的解释并不显著。究其原因，与本部分采用的结构分解方法有关，因为在这种分解方法中，行业结构与需求结构对于中国能源消费增长的影响，往往通过中间投入结构以及经济规模等其他因素表现出来。因此，为了更好地解释近年来中国能源消费加速增长之谜，我们需要从另外的角度进行深入研究。

（二）基于行业特征的中国能源消费增长因素分析

在对能源消耗总量分析基础上，本部分将进一步深入行业层面分析，以期找到推动我国能源消耗增长的深层次原因。对于农业而言，与其相关的能源消费增长量为1.04 EJ，约为此阶段中国能源消耗总量的2.23%，几乎可以忽略不计。与农业不同，以服务业为主的第三产业在驱动能耗增长方面显得更为重要，与其相关的能源消费增长量约为7.91 EJ，占到能源消耗增长总量的16.91%。从表4可以发现，我国第三产业能源消耗增长在1987—1992年和1992—1997年相差并不大，但在1997年之后却出现了加速增长的现象，其中1997—2002年间增长了1.77 EJ，约是之前五年增长总量的1.67倍，而在2002—2007年间增长了4.24 EJ，又是之前五年增长总量的2.4倍，究其原因，主要与我国交通运输行业近年来的迅速发展有关。尽管第三产业的能源消耗在1997年之后迅速增长，但却不是推动我国能源消耗加速增长的主要原因，因为与其相比，第二产业在1997—2002年间能源消耗增长1.59 EJ，还稍低于同时期第三产业的能耗增长数量，但在2002—2007年间，这一数字迅速上升到24.24 EJ，与之前五年增长总量相比增长了15.26倍。在第二产业内部，不同部门的能源消耗增长趋势又有很大的不同，对于建筑部门而言，尽管在1997年之后由于房地产业的发展，导致相关的能源消耗出现大幅度增长，但由于其在能源消耗总量中所占比重较小，同时在1997年之后增长趋势比较平缓，对于中国能源消耗增长的影响并不大，因此，工业部门近年来蓬勃发展是驱动我国能耗加速增长的主要因素。

表4 1987—2007年按行业分中国能源消耗增长趋势分解表(EJ)

	第一产业	第二产业			第三产业	总量
		工业	建筑业	合计		
1987—1992	0.15	3.40	0.04	3.43	0.84	4.43
1992—1997	0.24	8.61	-0.06	8.55	1.06	9.85
1997—2002	0.20	1.21	0.38	1.59	1.77	3.55
2002—2007	0.45	23.83	0.41	24.24	4.24	28.94
1987—2007	1.04	37.05	0.77	37.82	7.91	46.77

为了更好地从行业层面分析我国能源消费增长的驱动因素,本文对能源消耗结构分解公式稍加调整,直接对我国工业部门能源消耗的增长进行分解,具体见附录1。与(9)式相比,区别在于直接度量最终需求变化对于能源消费增长的影响,而(9)式将包括消费、投资以及出口需求变化转变为行业结构、需求结构、进口中间品结构以及国内增加值的变化。需要指出的是,两种分解方法本身并无优劣之分,主要根据分析研究的需要进行选择。

表5的数据显示,在1987—2007年间中国工业部门⁵能源消耗共增长39.22 EJ,约占到该阶段中国能源消耗增长总量的80%,说明中国能源消耗增长主要与工业有关。在众多影响因素中,能源技术进步导致工业部门能耗减少53.25 EJ,中间投入结构变化导致能源消耗增加15.84 EJ。与此不同的是,最终需求是导致工业部门能耗增长的主要因素,合计使能源消耗增长78.26 EJ,其中出口需求和投资需求是拉动我国工业能耗最主要的因素,两者分别导致工业部门能源消耗增长30.3 EJ和28.94 EJ,与出口和投资相比,消费需求对于工业部门能源消耗拉动效应相对较弱,仅使得工业部门能源消耗增长19.02 EJ。

进一步研究可发现,能源强度效应在分析期间保持较为平稳趋势,并不是驱动工业部门能源消耗加速增长的主要因素。与能源强度效应不同,中间投入结构变化是导致工业部门能源消耗加速增长的重要原因。在1997—2002年间,中间投入结构变化不但没有导致工业部门能耗增加,相反导致工业部门能源消费减少1.45 EJ,主要与该期间工业部门在国民经济中间消耗中的比例减少有关,但在2002年之后,随着工业部门中间投入的比例大幅度上升,

⁵ 工业部门具体包括:煤炭开采和洗选业,石油和天然气开采业,金属矿采选业,非金属矿及其他矿采选业,食品制造及烟草加工业,纺织业,纺织服装鞋帽皮革羽绒及其制品业,木材加工及家具制造业,造纸印刷及文教体育用品制造业,石油加工、炼焦及核燃料加工业,化学工业,非金属矿物制品业,金属冶炼及压延加工业,金属制品业,通用、专用设备制造业,交通运输设备制造业,电气机械及器材制造业,通信设备、计算机及其他电子设备制造业,仪器仪表及文化办公用机械制造业,其他制造业,电力、煤气与自来水的生产与供应业。其中轻工业部门包括食品制造及烟草加工业,纺织业,纺织服装鞋帽皮革羽绒及其制品业,木材加工及家具制造业,造纸印刷及文教体育用品制造业,仪器仪表及文化办公用机械制造业,其余为重工业。

中间投入结构变化导致我国工业能源消费增长 10 EJ, 约占到 1987—2007 年间我国能源消耗总量的 20.2%。最终需求的变化是驱动中国工业部门能源消耗增长的主要因素, 但不同最终需求对能源消费增长的影响又有所区别。从表 5 可以发现, 中国工业部门能源消耗之所以近年来出现加速增长, 主要与来自投资和出口需求的驱动有关。在 1987—2002 年 15 年间, 由投资和出口需求诱发的能源消费保持稳定增长状态, 但在 2002—2007 年间却出现快速增长趋势, 其中投资需求导致中国工业能耗增加 12.84 EJ, 与之前 5 年相比实现翻番, 同期间出口需求导致中国工业能耗增加 15.73 EJ, 超过了之前 15 年能源消耗的总和, 因此, 投资和出口需求对于工业部门能源消费的驱动效应是中国能耗增长的主要原因。

表 5 1987—2007 年中国工业部门能源消耗增长结构分解表(EJ)

分析阶段	能源强度	投入结构	最终需求				总量
			消费	投资	出口	合计	
1987—1992	-9.44	2.83	3.35	3.05	3.43	9.83	3.59
1992—1997	-13.27	4.46	5.90	7.18	5.95	19.03	9.12
1997—2002	-14.30	-1.45	4.41	5.87	5.20	15.48	1.28
2002—2007	-16.25	10.00	5.36	12.84	15.73	33.93	25.23
1987—2007	-53.25	15.84	19.02	28.94	30.30	78.26	39.22

为了更加深入了解驱动中国能耗增长的主要原因, 我们对于工业内部的能源消耗增长结构做进一步的分析。由表 6 中数据可发现, 轻工业对中国能耗增长的影响很小, 1987—2007 年间与轻工业相关的能源消耗增长量为 2.83 EJ, 仅是此阶段中国能源消耗增长总量的 5.71%, 而由重工业拉动的能耗增长总量高达 36.39 EJ, 占到 1987—2007 年间中国能源消耗总量的 73.51%。进一步深入分析后可发现, 与重工业相关的能耗增加主要产生在 2002—2007 年间, 在该阶段相关的能源消耗增加量达到 23.25 EJ, 占到能耗增长总量的 46.97%, 即中国 1987—2007 年间约一半能源消耗增长与 2002 年之后重工业发展有关。在重工业内部, 采掘部门和机械电子部门对能耗增加的驱动作用并不明显, 与其相关的能源消耗增加量仅为 3.9 EJ, 占重工业部门能耗增加总量不到 13%。与采掘业和机械业相比, 化学工业和金属工业是导致中国能耗增长的两大主要行业, 两者合计使中国能源消耗量增长 27.62 EJ, 占到该阶段中国能耗增加总量的 55.79%。因此, 深入行业层面后可发现, 以化学和金属行业为主的重化工业近年来的迅速发展, 是导致中国能源消耗总量加速增长的主要原因。

表6 1987—2007年中国轻、重工业能源消耗增长结构分解表(EJ)

部门	分析阶段	能源强度	投入结构	最终需求				总量
				消费	投资	出口	合计	
轻工业	1987—1992	-1.45	0.41	0.68	0.34	0.72	1.74	0.71
	1992—1997	-3.02	0.52	1.32	0.37	0.80	2.49	0.03
	1997—2002	-0.69	-0.44	0.41	0.11	0.61	1.13	0.11
	2002—2007	-2.25	1.04	1.04	0.53	1.65	3.21	1.97
	1987—2007	-7.41	1.54	3.45	1.34	3.78	8.57	2.83
重工业	1987—1992	-7.99	2.41	2.67	2.71	2.71	8.09	2.88
	1992—1997	-10.25	3.94	4.58	6.81	5.15	16.53	9.08
	1997—2002	-13.61	-1.01	4.00	5.76	4.58	14.35	1.17
	2002—2007	-14.00	8.96	4.32	12.32	14.08	30.72	23.25
	1987—2007	-45.84	14.30	15.57	27.60	26.52	69.69	36.39

与梁进社等(2007)相同,本文也发现在行业层面存在能源强度效应(梁文称为技术效应)与中间投入结构效应(梁文称为中间需求效应)存在负相关的现象,即绝大部分产业能源强度效应与投入结构效应符号恰好相反。如此对这一现象给出合理的解释?我们整理的行业数据表明,尽管在分阶段个别行业能源强度效应为正,但在1987—2007年整体期间所有行业的能源强度效应都为负,说明技术进步在所有的行业都普遍存在。而农业、石油开采和洗选业、煤炭开采和洗选业、建筑业以及部分第三产业的投入结构效应为负,与这些行业的中间投入比例有所降低有关。正如上文图2中已经指出的,在中国工业化的进程中,工业部门的中间投入比例呈现出整体上升的趋势,而农业部门、建筑业以及第三产业的中间投入比例有所减少,这也是这些部门中间投入结构效应为负的主要原因。至于石油开采和洗选业等部门的投入结构效应为负,与改革开放以来我们能源产品价格出现大幅度上升有关,正是由于能源产品的价格不断升高,导致其在中间产品消耗中的比例有所降低,最终导致中间投入效应为负。

五、基于最终需求视角的中国能源消费增长分析

基于上文的分析,从整体层面我们了解到中国能源消费增长与中间投入结构变化和经济规模扩大有关,从产业层面上又发现与工业、特别是重工业的发展有关,但我们仍然没有能够回答这样的问题:为什么在加入WTO之后,中国能源消费出现了加速增长的现象?为了能对该问题提供合理的解释,本部分基于最终需求的视角,将中国能源消费表示为以下形式:

$$E = WX = WBF^d = WBF_c^d + WBF_m^d + WBE_x \quad (10)$$

上式中 WBF_c^d 表示内涵于消费需求的能源消费(embodied energy),相似的, WBF_m^d 、 WBE_x 分别表示内涵于投资和出口需求中的能源消费。通过以上的表

示方式，可以得到1987—2007年间内涵于最终需求中的能源消费，如图3所示。

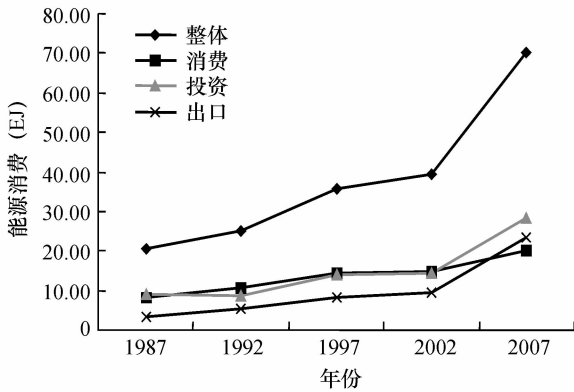


图3 1987—2007年间内涵于最终需求中的中国能源消费增长趋势

从图3可以发现，如果按照最终需求中内涵能源消耗数量进行排序，则在2002年之前几乎所有的阶段，最终需求之间的相互顺序保持不变，即内涵于消费需求的能源消耗始终位于首位，而内涵于出口需求的能源消耗是最低的，而投资需求内涵的能源消耗则介于两者之间。但在2002年之后，内涵于投资需求的能源消耗从14.39 EJ增长到28.18 EJ，与此同时，内涵于出口和消费需求的能源消耗则分别为23.44 EJ和19.92 EJ，三者之间次序发生根本的变化。进一步分析可发现，虽然出口需求所内涵的能源消费所占比例并不是最大，但却是近年来中国能源消费出现加速增长现象的主要原因。在1987—2002年间，包括消费、投资与出口需求所驱动的能源消费增长速度差别并不大，但在2002—2007年间，内涵于消费需求中的能源消费仅增长了33.95%，而同期内涵于投资需求的能源消费增长了95.83%，最为明显的是内涵于出口需求中的能源消费，尽管在数量上仍然要低于投资需求所内涵的能源消费，但在增长速度上却是三驾马车中最高的，在2002—2007年五年期间上涨了145.14%。因此，三驾马车中的投资与出口需求，特别是对外出口是导致我国能源消费近年来加速增长的主要原因。

为了进一步从最终需求角度来分析中国能源消费增长的动力来源，可以将能源消费简单地表示为以下的形式：

$$E = WPG, \quad (11)$$

其中 W 为基于最终需求的能源消费强度行向量，其元素 w_i 代表基于 i 最终需求的单位产出能源消费数量， $i=1, 2, 3$ 分别代表消费、投资以及出口需求； P 为基于最终需求的投入产出效率对角矩阵，其对角元素 $p_{i,i}$ 代表基于 i 需求的投入产出效率，用每单位新增国内增加值所需产出值来表示，在数值上等于增加值率的倒数； G 为反映国内增加值的列向量，其元素 g_i 表示由最终需

求 i 诱发产生的国内增加值。同样应用结构分解方法,可以将能源消费增长分解,具体分解公式见附录2,结果如表7所示。

表7 基于最终需求1987—2007年中国能源消耗增长结构分解表(EJ)

分析阶段	能源技术进步	投入产出效率	经济增长规模	合计
1987—1992	-10.19	3.46	11.41	4.69
1992—1997	-8.72	2.61	16.54	10.43
1997—2002	-15.98	0.50	19.24	3.76
2002—2007	-13.32	6.34	37.62	30.63
1987—2007	-48.21	12.92	84.81	49.51

与表1相比,表7的区别在于从最终需求视角分析中国能源消费增长的影响因素。结果显示在1987—2007年间,因能源技术进步而导致能源消费减少48.21 EJ,约为1987—2007年间能源消费增长总量的一97.38%,因生产过程中投入产出效率下降导致能源消费增长12.92 EJ,约为能源消费增长总量的26.1%,而因经济规模扩大而导致的能源消耗增长约为84.81 EJ,约为1987—2007年间能源消费增长总量的171.28%。从整体上看,中国能源消费增长主要与经济规模扩大以及投入产出效率下降有关,其中2002—2007年间经济规模效应约为37.62 EJ,投入产出效率效应为6.34 EJ,是近年来驱动中国能源消耗加速增长的主要原因。

图4表示1987—2007年基于最终需求视角的中国单位产出能源消耗结构变化趋势。从图中可以看出,我国单位产出能耗整体上呈现下降趋势,从1987年的3.39 MJ/RMB下降到1.02 MJ/RMB,表明我国生产过程中的能源效率在不断提高。在消费、投资以及出口三者之中,与消费相关的单位产出能源消费在此期间始终是最底的,说明由消费推动的经济增长是资源集约型的,通过消费来拉动中国经济的增长,有利于减少对于能源的依赖。与此不同的是,在1997年之前与出口相关的单位产出能耗要高于与投资相关的单位

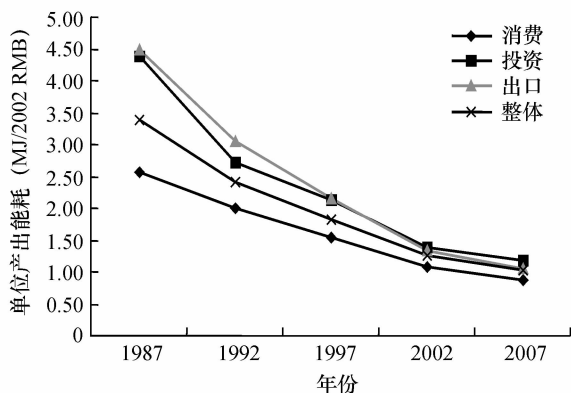


图4 1987—2007年基于最终需求中国单位产出能耗变化趋势

产出能耗，应与改革开放初期，我国对外贸易较为单一，主要以出口原材料的方式参与国际竞争有关；但在1997年之后，与出口相关的单位产出能耗出现快速下降，到2007年已经下降为1.06 MJ/RMB，是三驾马车中下降最为迅速的，说明中国在以加工贸易的方式参与国际分工过程中，与之相关的生产技术水平得到有效提升。与消费与出口相比，基于投资驱动的经济增长单位产出能耗虽然在此期间也出现下降，但仍然是单位产出能源消费最高的，说明通过投资来拉动经济是一种粗放型的经济增长方式。

正如上文所指出的，生产规模的扩大是中国能耗增长的主要原因。而生产规模之所以扩大，固然与中国经济总量（GDP）不断增长有关，但另一方面也与我国国民经济中间消耗比例不断增加有关。正是由于国民经济中间消耗部分持续上升，使得中国经济投入产出效率不断下降（沈利生和王恒，2006；沈利生，2009），在GDP总量持续高速增长背景下，中国生产规模出现了大幅度增长，导致能源消耗总量的加速增长。本文用增加值率（国内增加值在单位产出中所占的比例）来表示经济投入产出效率，图5给出了1987—2007年间中国经济增加值率变化趋势。图中表示，自1987年以来，中国经济增加值率出现了持续下降的趋势，从1987年的0.4955下降到2007年的0.3385，20年间约下降了1/3，表明中国经济的投入产出效率在不断降低。进一步深入分析可知，不同最终需求的三条曲线在此期间表现出相似的变化趋势，都是在1992—2002年间比较平缓，而在1987—1992年和2002—2007年间出现明显的下降趋势，之所以出现这种特征，应与中国所经历的工业化进程相关。改革开放以来，中国逐步从以农业为主的经济过渡到以工业为主的经济，因此在工业化的初期阶段，出现了产业生产高加工度化的现象，在2002年之后，随着重化工业在经济结构中的比例逐步增加，中国进入了重工业化阶段，生产的分工趋势更为明显，这也是增加值率曲线出现下降现象的主要原因。

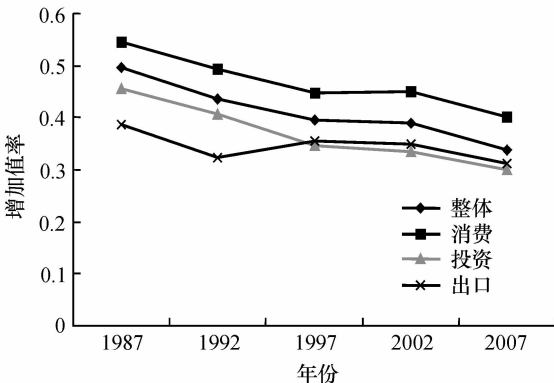


图5 基于最终需求的1987—2007年中国增加值率变化趋势图

与表2中结果相似,经济规模效应同样是导致中国能源消耗增长的主要原因。在基于最终需求视角的分解结果中,由于经济规模扩大导致能源消耗增长49.51EJ,比表2中的对应结果要高一些,主要是因为表7中的经济规模效应,不但包括了经济规模的扩大,而且包含经济依存结构变化所带来的影响。我们的研究表明,1987—2007年间中国经济在高速增长的同时,其依存结构发生了本质的变化,经济正在从“内需依存型”向“出口导向型”转变。1987年,我国国内增加值对于消费的依存度为57%,也就表示每单位的GDP就有0.57单位是由消费诱发产生的,对于投资需求的依存度为32%,两者之和接近90%,说明我国有约九成左右的GDP是基于消费和投资的诱发,明显属于“内需依存型”。到了2007年,我国国内增加值对于消费需求的依存度下降为35.5%,而对于出口需求的依存度已经高达32.2%,说明在1987—2007年间中国经济正迅速从“内需依存型”向“出口导向型”转变。另一方面,中国经济对于投资需求的依存度始终保持在30%,到2007年对于投资和出口的依存度合计已达到65%左右。图6的结果说明,对于驱动经济增长的三驾马车而言,在2002年前后对于中国经济的影响程度发生了变化,在2002年之前,基于国内市场的消费需求是驱动中国经济增长的主要动力,但在2002年之后该动力已转变为投资和出口需求,这固然与中国加入世界贸易组织有关,但同时也与中国进入重工业化阶段有关。经济增长模式的改变一方面推动了我国经济高速增长,但另一方面也是能源消费近年来加速增长的主要原因。

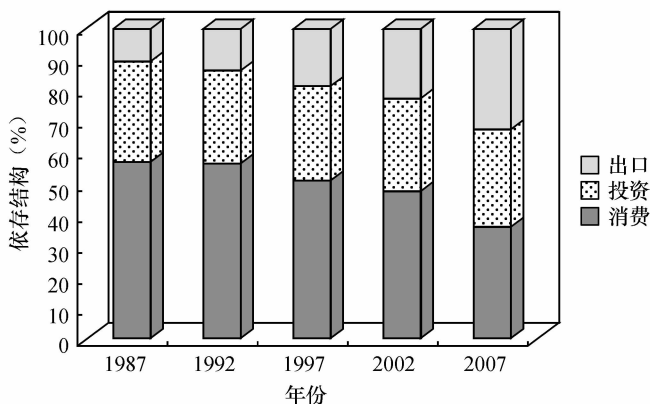


图6 基于最终需求1987—2007年间中国经济的依存结构变化趋势

需要指出的是,除了上文已经涉及的驱动因素之外,包括能源价格、能源结构在内的其他因素都对我国能源消耗产生重要的影响,并引起了学者们的广泛关注(Fisher-Vanden *et al.*, 2004; Ma and Stern, 2008; Chai *et al.*, 2009)。其中特别是能源价格对于我国能源消耗产生较大影响,一方面,由于能源价格的不断升高导致能源效率的提高(Fisher-Vanden *et al.*, 2004; Shi and Polenske,

2005), 但另一方面, 由于管制而导致的价格扭曲使得国内企业放缓能源技术的升级, 甚至通过出口间接补贴了国际市场 (Chai *et al.*, 2009), 是导致我国经济当前粗放型增长的重要因素之一。由于文章篇幅和分析框架的限制, 在这里我们将暂缓以上问题的研究, 未来将作为一个专题单独进行深入分析。

六、结 论

本文基于投入产出的视角, 利用中国统计局颁布的 1987 年、1992 年、1997 年、2002 年以及 2007 年投入产出表, 运用不同的结构分解方法, 对中国能源消耗近年来加速增长的现象进行了研究。综合本文的分析, 可以得到以下结论:

(1) 通过 1987—2007 年数据的整体分析可发现, 包括国内消费、投资以及出口在内的最终需求是驱动中国能源消耗增长的主要原因, 技术进步提高了能源的利用效率, 而中间投入产品和进口结构的变化对能源消耗增长的影响并不显著。进一步深入分析可发现, 导致中国能源消耗增长的动因在此期间发生了根本的改变, 与中间产品投入相关的结构效应, 以及由投资、出口需求诱发的需求效应, 是近年来中国能源消耗加速增长的主要原因。

(2) 深入行业层面分析后可知, 农业部门对我国能源消耗增长的影响很小, 交通运输行业的迅速发展导致第三产业能源消耗大幅增长, 但以工业为主的第二产业是驱动我国能耗加速增长的主要原因。在中国的工业经济中, 轻工业对中国能耗增长的影响很小, 化学工业和金属工业是导致中国能耗增长的两大主要行业, 两者合计占到中国能耗增加总量的 55.79%。因此, 深入行业层面后可发现, 以化学和金属行业为主的重化工业近年来的迅速发展, 是导致中国能源消耗总量加速增长的主要原因。

(3) 基于最终需求的分解视角可发现, 不同最终需求驱动的经济增长对于能源依赖程度不同。基于消费驱动的经济增长是资源集约型的, 而基于投资驱动的经济增长是粗放型的经济增长方式。在工业化和改革开放过程中, 由于国民经济中间消耗部分持续上升, 使得中国经济投入产出效率不断下降, 中国生产规模出现了大幅度增长, 导致能源消耗总量的加速增长。最重要的是, 中国经济增长对于消费的依存度不断降低, 而对于投资和出口的依存度持续增高, 经济增长动力源泉的改变在推动了我国经济高速增长同时, 也导致能源消费近年来出现加速增长现象。

本文的研究结果表明, 中国近年来能源消耗之所以出现加速增长, 是当前中国在工业化进程中所处的阶段以及以加工贸易参与国际分工的共同结果。因此, 相关部门在制定节能降耗政策时, 一方面要尊重客观事实, 认识到当前工业化阶段的不可逾越性, 另一方面应鼓励企业加大研发投入力度, 通过能源技术的进步来达到节能减排的目标。此外, 更为重要的是, 要逐步转变

经济的增长方式,从投资驱动的粗放式增长向消费驱动的内涵式增长转变,同时在参与国际分工中,逐步转变其世界制造中心的职能,通过研发能力提升和品牌打造,积极向全球价值链高端攀升。

附录 1

$$E = WX = WBF^d = WB(F_c^d + F_m^d + EX). \quad (12)$$

在(9)式基础上对能源消费增长进行结构分解,得到以下表达式:

$$\begin{aligned} E_1 - E_0 = & 1/2(W_1 - W_0)(X_0 + X_1) + 1/2\{W_0(B_1 - B_0)F_1^d + W_1(B_1 - B_0)F_0^d\} \\ & + 1/2(W_0B_0 + W_1B_1)(F_{c1} - F_{c0}) + 1/2(W_0B_0 + W_1B_1)(F_{m1}^d - F_{m0}^d) \\ & + 1/2(W_0B_0 + W_1B_1)(EX_1 - EX_0). \end{aligned} \quad (13)$$

附录 2

$$\begin{aligned} E_1 - E_0 = & 1/2 \times (\Delta WP_1G_1 + \Delta WP_0G_0) + 1/2 \times (W_0\Delta PG_1 + W_1\Delta PG_0) \\ & + 1/2 \times (W_0P_0\Delta G + W_1P_1\Delta G). \end{aligned} \quad (14)$$

参 考 文 献

- [1] Ang, B., "The LMDI Approach to Decomposition Analysis: A Practical Guide", *Energy Policy*, 2005, 33(7), 867—871.
- [2] Chai, J., J. Guo, S. Wang, and K. Lai, "Why Does Energy Intensity Fluctuate in China?" *Energy Policy*, 2009, 37(12), 5717—5731.
- [3] 陈诗一, "能源消耗、二氧化碳排放与中国工业的可持续发展", 《经济研究》, 2009年第4期, 第41—55页。
- [4] 陈迎、潘家华、谢来辉, "中国外贸进出口商品中的内涵能源以及政策含义", 《经济研究》, 2008年第7期, 第11—25页。
- [5] Dean, J., E. Mary, and H. Wang, "Are Foreign Investors Attracted to Weak Environmental Regulations? Evaluation the Evidence from China", *Journal of Development Economics*, 2009, 90(1), 1—13.
- [6] Dietzenbacher, E., and B. Los, "Structural Decomposition Techniques: Sense and Sensitivity", *Economics Systems Research*, 1998, 10(4), 307—323.
- [7] Fisher-Vanden, K., G. Jefferson, H. Liu, and Q. Tao, "What Is Driving China's Decline in Energy Intensity?" *Resource and Energy Economics*, 2004, 26(1), 77—97.
- [8] Garbaccio, R., M. Ho, and D. Jorgenson, "Why Has the Energy-Output Ratio Fallen in China?" *Energy Journal*, 1999, 20(3), 63—91.
- [9] 胡鞍钢、郑京海、高宇宁、张宁、许海萍, "考虑环境因素的省级技术效率排名(1999—2005)", 《经济学(季刊)》, 2008年第7卷第3期, 第933—960页。
- [10] Huang, J., "Industrial Energy Use and Structural Change: A Case Study of the People's Republic of China", *Energy Economics*, 1993, 15(2), 131—136.
- [11] Kahrl, F., and D. Roland-Holst, "Energy and Exports in China", *China Economic Review*, 2008, 19(4), 649—658.

- [12] Kahrl, F., and D. Roland-Holst, "Growth and Structural Change in China's Energy Economy", *Energy*, 2009, doi:10.1016/j.energy.2009.03.009.
- [13] Kaneko, S., and S. Managi, "Environmental Productivity in China", *Economics Bulletin*, 2004, 17(2), 1—10.
- [14] 李强、薛天栋,《中国经济发展部门分析:兼新编可比价投入产出序列表》。北京:中国统计出版社,1998年。
- [15] 李小平、卢现祥,“国际贸易、污染产业转移和中国工业CO₂排放”,《经济研究》,2010年第1期,第15—26页。
- [16] 梁进社、郑蔚、蔡建明,“中国能源消费增长的分解——基于投入产出方法”,《自然资源学报》2007年第6期,第853—864页。
- [17] Lin, X., and K. Polenske, "Input-Output Anatomy of China's Energy-Use Changes in the 1980s", *Economic Systems Research*, 1995, 7 (1), 67—84.
- [18] Liu, H., Y. Xi, J. Guo, and X. Li, "Energy Embodied in the International Trade of China: an Energy Input-Output Analysis", *Energy Policy*, 2010, 38 (3), 3957—3964.
- [19] Ma, C., and D. Stern, "China's Changing Energy Intensity Trend: A Decomposition Analysis", *Energy Economics*, 2008, 30(3), 1037—1053.
- [20] 沈利生、王恒,“增加值率下降意味着什么?”《经济研究》,2006年第3期,第59—66页。
- [21] 沈利生,“中国经济增长质量与增加值变动分析”,《吉林大学社会科学学报》,2009年第3期,第126—134页。
- [22] Shui, B., and R. Harriss, "The Role of CO₂ Embodiment in US-China trade", *Energy Policy*, 2006, 34(18), 4063—4068.
- [23] Sinton, J., and M. Levine, "Changing Energy Intensity in Chinese Industry: the Relative Importance of Structural Shift and Intensity Change", *Energy Policy*, 1994, 22(3), 239—255.
- [24] 王兵、吴延瑞、颜鹏飞,“中国区域环境效率与环境全要素生产率增长”,《经济研究》,2010年第5期,第95—109页。
- [25] Shi, X., and K. Polenske, "Energy Prices and Energy Intensity in China: A Structural Decomposition Analysis and Economics Study", Working Paper, 2005.
- [26] 张友国,“经济发展方式变化对中国碳排放强度的影响”,《经济研究》,2010年第4期,第120—133页。

Understanding the Accelerating Growth of Energy Consumption in China from the Input-output Perspective

RUIXIANG LIU

(Nanjing University)

CAILOU JIANG

(Nanjing University of Information Science & Technology)

Abstract The accelerating growth of energy consumption in China between 1987 and 2007 is studied by a structural decomposition analysis. The following results are obtained. First, the changing intermediate input structure and expanding economic scale were the main

forces behind energy consumption. Second, at the industry level the growth of energy consumption was mainly driven by the expansion of the manufacturing industries, especially heavy industries. Third, structural change not only promoted economic growth, but also led to the explosive growth of energy consumption.

JEL Classification F18, Q43, D57