

重工业化与中国能源消费

余江

(武汉大学 武汉大学人口、资源与环境经济研究中心, 湖北 武汉 430072)

摘要: 重工业化趋势导致了中国的能源消费弹性和强度上升, 这使得了中国的经济增长在短期出现能源供应紧张。对此, 本文利用结构变动的能源消费模型对中国的产业结构变动和能源消费进行实证分析。研究发现, 由于重工业比重上升的“资源效应”远大于“技术效应”, 因此, 这一时期的重工业化导致中国的能源消费弹性和强度上升。

关键词: 重工业化; 产业结构变动; 能源消费

中图分类号: F062.1

文献标识码: A

一、引言

(一) 研究背景

从 1999 年开始, 中国工业发展出现转折性变化。无论是在产值、投资、利润增长方面, 还是在比重上, 重工业都超过了轻工业, 出现了重新重工业化的趋势¹, 这是中国经济增长中的一个新现象。对于这一新的经济现象, 许多学者从资源、环境和就业等多个角度进行了激烈的争论, 提出了很多完全不同的看法。但是, 在能源消费问题上, 学者们的看法却基本一致。他们都认为由于重工业的能源消费强度很高, 重工业的比重上升必将加剧我国本来就严重的能源压力。而事实上, 从 1999 年开始, 中国的能源消费强度和能源消费弹性都出现不同程度的上升趋势, 这似乎也佐证了重工业化将导致能源消费增加的观点。

而作为后进大国, 重工业化是经济发展的必经阶段(张培刚, 1989, 简新华, 2006)。发达国家实现工业化的历史表明, 工业化首先从轻工业化开始, 然后再向重工业化推进, 只有实现高水平的重工业化, 并用先进的设备和技术武装、改造轻工业和农业, 整个工业化的任务才能最终完成, 也才能进入发达的后工业化社会。因此, 重工业化时期是工业化中对能源消耗影响最大的时期之一, 同时也是经济发展的关键阶段。所以, 在能源供应日益紧张的今天, 如何在能源约束下实现重工业化, 是未来经济增长的一个关键, 也是一个后进国家面临的重大难题。

(二) 研究框架与目的

因此, 我们将分析我国 1999~2004 年的重工业化带来的能源消费问题。按照前面的逻辑, 本章分为四个部分。首先, 我们将利用能源消费弹性和强度的两个指标, 初步分析 1986~2004 年期间的中国能源消费变动。并在此基础上, 利用内生突变点模型和虚拟变量模型分别进行突变点确定和突变的前后对比, 证明重新重工业化对能源消费存在影响; 第二, 我们将利用一个能源消费的产业结构分解模型, 考察重工业化时期的结构变动对能源消费的影响效应, 分解出结构变动的技术效应和资源效应; 第三, 我们在分解效应的基础上, 模拟重工业化导致的结构变动对能源消费的影响; 最后, 我们将给出一些初步的结论。

(三) 文献综述

在影响资源消耗的各种因素中，产业结构及其变动对资源消耗的影响，早已被无数的理论和实证研究所证明。如 Meadows 等（1972）在《增长的极限》中的研究发现，工业化和资源消耗的关系呈 S 型曲线：工业化之前，经济增长对资源的消耗少，随着工业化水平的提高，经济增长对资源的消耗急剧增加；而 Ayres（1998）的研究表明，虽然在先进的国家里，GDP 的能源消费密度已经下降几十年。但是过去的经验表明，工业化最初阶段是上升的，只有在到达某个峰值才会下降。这些研究暗示，在存在自然资源稀缺的条件下，经济增长中的产业结构变动将有可能通过影响资源消耗而影响到经济增长。对于这种结构变动导致的资源消耗和经济增长变动的问题，蒲勇健（1997）曾通过一个内生经济增长模型给出了初步的解释，从理论上显示了这种可能。但是他没有进一步分析结构变动对增长变动的作用机制。

如 Kakali Mukhopadhyay 和 Debesh Chakraborty（1999）在研究印度能源消费和经济增长时发现，如果将“石油危机”后的印度能源消费分为 1973~1983 年和 1984~1992 年两个阶段，那么在导致能源消费变化的六个结构性因素（技术结构、最终消费结构、技术结构和最终消费结构的共同作用、能源进口、出口和储存的作用）中，重工业化和其导致的产业结构变动是短期的能源消费的主要因素；Rabindranath Bhattacharya 和 Shyamal Paul（2001）也曾对印度的 1980~1996 年的能源消费进行了部门研究。结果发现，在工业化过程中，尽管整个经济体的能源消费弹性是下降的，但是部门分解的结果是农业部门的能源使用是缺乏效率的，但是这种消极作用被其它部门的强的积极效应抵消了，这暗示各个部门对能源的消耗情况存在很大不同；Tae Yong Jung 和 Tae Sik Park（2000）分析韩国 1981~1996 年的能源消费弹性发现，由于重工业化的趋势导致钢铁、水泥和石油化工等重工业的比重增加，韩国该时期的能源消费状况恶化，并对经济增长产生了负效应；柳中明（1998）在研究台湾的能源消耗和工业化时发现，重工业化时期有 5 年的能源消费不合理（能源消费弹性和强度双上升），结果导致台湾的 GDP 增长比预期下降 21.2%。如果以 6% 的增长速度计算，需要 192 年才能回到最优轨迹；Jacobsen（2000）分析了作为工业小国的荷兰的能源需求与外贸导致的产业变动之间的关系，结果发现该国的能源需求与产业结构变动存在很强的联系；Fridolin Krausmann 和 Helmut Haberl（2002）系统回顾了澳大利亚 1830~1995 年间的工业化过程和相应的能源消费的结构变化，证实了能源消费在总量和结构上都与工业化带来的产业结构变化存在强相关。

与此同时，国内也对产业结构，资源和经济增长的关系进行了一些实证研究。如史丹（1994，1999，2000，2002，2003a，2003b）对我国的经济增长和能源消费进行了较为系统研究，结果发现，中国的工业化和产业结构变动是短期能源消费变动的主要因素，但他没有给出严格的证明；林伯强（2001，2003）的研究显示，中国的能源消费和产业结构变动尤其是重工业变动存在显著关系，重工业的比重上升严格导致能源消费增加；张晓平（2005）对能源和产业结构的研究发现，工业比重和能源消费的相关系数高达 0.97，这表明工业结构是影响中国能源消费的重要因素。

二、重工业化与中国能源消费变化

（一）特殊的工业化道路与能源消费突变

一般来说，工业化进入到重工业主导阶段的一个显著特点是能源消耗大量增加。这是因为，由于重工业每单位产出所消耗的能源大约是轻工业的四倍，重工业增长速度的加快，整个工业部门能源消耗的比重就会上升、增长速度会更快²。

中国作为一个后发的国家，在工业化进程中由于国际环境、经济结构、认识偏差和苏联

工业化模式的影响，走了一条特殊的工业化道路，现在正处于一个重新重工业化的阶段³。重新重工业化在给中国经济进一步发展带来新的机遇的同时，也对中国的资源、环境、就业等方面都带来了巨大的压力。其中，重工业化对中国能源消费的影响尤为明显。我们可以从以下几个方面看出重工业化对中国能源消费的影响。

1、能源消费弹性的变化

对 1985~2004 年期间中国能源消费和经济增长进行简单回归分析可以得到，这一时期中国的能源消费弹性约为 0.49。一般来说，能源消费弹性小于 1，是经济增长相对为能源节约型的一个表现。但是，考察这一时期的能源消费弹性的变动趋势，则可以发现这一时期的能源消费弹性存在明显的结构突变。

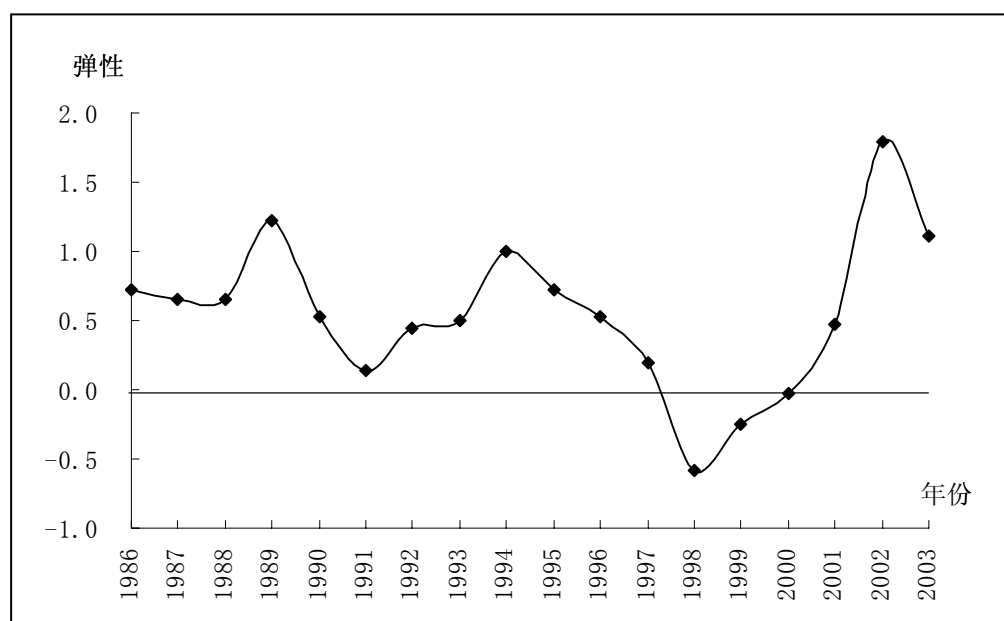


图 1 中国生产部门的能源消费弹性（1986~2003 年）

注：图 1 中的能源消费只包括第一产业、轻工业、重工业和第三产业。

通过图 1，我们可以看出，在 1996 年以前，中国的能源消费弹性大致呈稳定趋势。除了个别年份（1989 年）以外，大致都在 0.4~0.6 之间徘徊。但是，这一稳定状态在 1996 年出现变化。能源消费弹性在 1997~1998 年突然出现大幅下降，能源消费量 1997~1999 年连续三年出现负增长⁴。而从 1999 年起，能源消费弹性又出现快速回升势头。能源消费弹性在 2000 年重新变为正，2002 年能源消费弹性突破 1.0。这标志着，自 1990 年以来，中国的能源消费增长速度首次超过经济增长速度，经济增长转向能源消费粗放型。到 2002 年，能源消费弹性达到了这一时期的最高点 1.80，2003 年则继续保持在 1.0 以上。

这一时期能源消费弹性的剧烈变动，说明中国的能源消费与经济增长的关系在 1999 年附近出现了很大的变化，存在结构突变的可能。

2、能源消费强度的变化

其次，从能源消费强度来看，我们发现，虽然整个时期的能源消费强度呈稳定下降趋势。但是，这一趋势也在后期发生了较大变化。无论是从实际能源消费强度还是名义能源消费强度来看，这一下降趋势 2002 年发生了方向性的改变，出现消费强度上升的情况。并且，这种上升的势头在 2003 和 2004 年得到延续和增强。

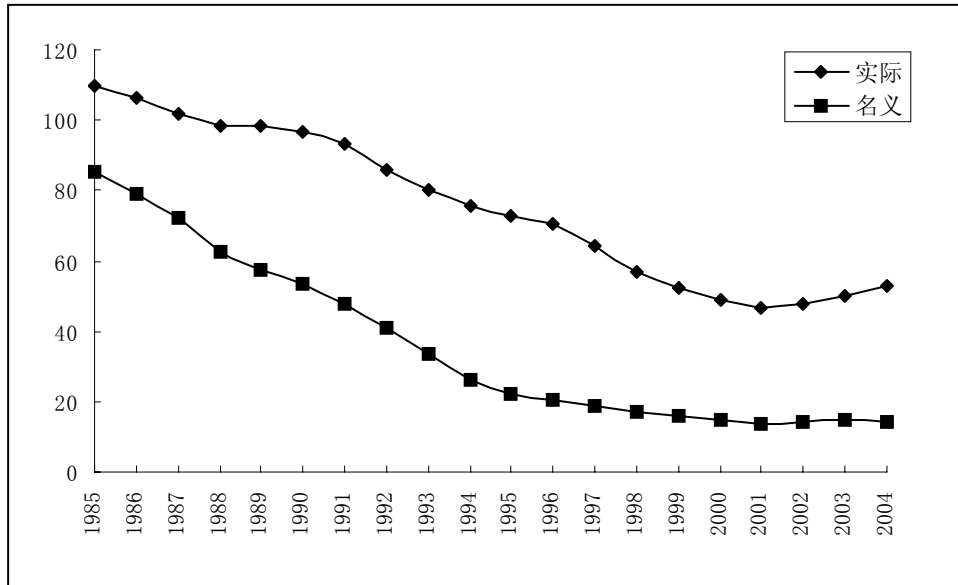


图2 中国能源消费强度 (公斤标准煤/元人民币)

进一步分析能源消费强度的边际变动 (能源消费强度的降低幅度)。通过图 3, 我们可以发现, 能源消费强度的边际变动实际上从 1999 年就开始出现了方向性的变化, 即从边际量递增变为边际量递减。到 2002 年, 能源消费强度的边际变动甚至变成负增长, 这导致了 2002~2004 年的能源消费强度上升的情况。

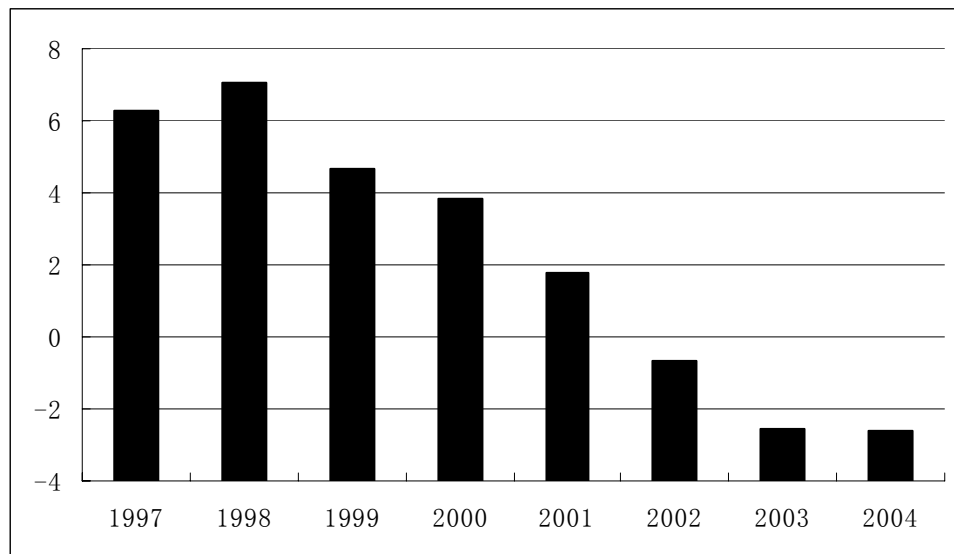


图3 中国能源消费强度的边际变化 (公斤标准煤/元人民币)

通过上面对能源消费弹性和强度变动的分析, 我们可以初步判断, 中国的能源消费在 1999 年附近出现了结构性的变化, 即 1999~2003 年的能源消费与前一阶段存在较大不同。

3、能源消费变动的突变点检验

通过上面对能源消费弹性和强度变化的分析, 我们初步判断这一时期的能源消费出现了结构突变, 并且初步判断突变点大致出现在 1999 年附近。为了进一步判断这个突变点是否存在, 下面, 我们将通过递归、滚动、和循环检验的方法四种方法来寻找这个结构突变点是否存在。

首先，借助 Eviews4.0，我们编写四个程序，对中国在 1978~2004 年的能源消费的对数时间序列（数据来源，中国统计年鉴 2005），分别采取递归、滚动、和循环检验的方法，寻找能源消费序列是否存在内生的结构突变点，以及这个突变点的位置。

通过 ADF 检验，结果显示对这个对数序列，通过一阶差分可以消除自相关。这意味着我们的实际样本容量为 25 个，范围从 1980~2004 年。

那么，根据定义，这四种检验的方程可以写为：

(1) 递归检验：

$$\Delta \ln E_t = \rho \ln E_{t-1} + \mu + \alpha t + \beta \Delta \ln E_{t-1} + \mu_t \quad (2.1)$$

递归子样本检验范围为 1980~1985, 1980~1986, ……1980~2004,, 对不断扩大的子样本进行 ADF 检验（含趋势项和截距项）；

(2) 滚动检验：

选择范围为 1980~1988, 1981~1989, ……，1996~2004，进行含趋势项和截距项的 ADF 检验，考察最小值和临界值的比较，检验单位根零假设。

(3) 循环检验：

即加入一个虚拟变量来考察结构突变是否存在。

$$\Delta \ln E_t = \rho \ln E_{t-1} + \mu + \alpha t + \beta \Delta \ln E_{t-1} + \mu_t + \gamma D_t \quad (2.2)$$

则分为两种情况：均值突变和趋势突变：

均值突变：

$$D_t = 0, t \leq k ;$$

$$= 1, t > k .$$

趋势突变：

$$D_t = 0, t \leq k ;$$

$$= t - k, t > k .$$

$$k = [0.15T, 0.85T] .$$

通过四个程序的运行，结果如下：

表 1 能源消费结构突变的检验结果

变量	递归检验	滚动检验	循环检验均值	循环检验趋势
$\ln E_{t-1}$	2002	2002	2001	2002

结果显示，检验发现中国能源消费存在结构突变，变动点分别为 2001 和 2002 年。

通过上面的分析，结合能源消费弹性和强度的变化，我们可以初步确定，中国的能源消费在 1999 年附近出现了结构突变。

综合上面的分析，无论是从能源消费弹性和强度的变化，还是从突变点的计量分析来看，都可以说明中国的能源消费在 1999~2003 年出现了很大的变化。这暗示，在这一阶段，有

某种或者几种影响能源消费的因素出现了较大的变化，导致中国能源消费也出现很大变化。

但是，上面的分析还不足以考察这种变动的大小和性质。因此，我们将继续考察这种变动的具体情况。

(二) 能源消费变动的虚拟变量分析

由于我们初步判断中国的能源消费在 1998~1999 年存在结构突变，因此，我们将数据分为两个时期，即 1978~1998 年和 1999~2004 年。考察这两个时期的能源消费与 GDP 增长关系是否发生变化。

为了考察这种突变的存在，我们加入一个虚拟变量。通过建立一个含虚拟变量 D_i 的函数，分析这两个时期的能源消费是否存在变动。

则函数可以表示如下：

$$\ln E_i = \alpha_1 + \alpha_2 D_i + \beta_1 \ln Y_i + \beta_2 (D_i Y_i) + \mu_i \quad (2.3)$$

其中：

$\ln E_i$ 、 $\ln Y_i$ 和 t 的含义不变，（以 1978 年为不变价格），

D_i 为虚拟变量，定义为：

当观测属于 1978~1998 年时期时， $D_i = 1$ ；

当观测属于 1999~2004 年时期时， $D_i = 0$ ；

那么，由模型 (7.1.3) 可以看出，由于假定 $E(\mu_i) = 0$ ，那么可以得到：

$$E(\ln E_i / D_i = 1, \ln Y_i) = (\alpha_1 + \alpha_2) + (\beta_1 + \beta_2) \ln Y_i \quad (2.4)$$

$$E(\ln E_i / D_i = 0, \ln Y_i) = \alpha_1 + \beta_1 \ln Y_i \quad (2.5)$$

这里， α_2 为级差截距， β_2 为级差斜率系数。

我们可以看出，这两个函数恰恰分别是两个时期的平均能源消费函数，也就是说，基于虚拟变量的估计等效于估计两个各时期的能源消费函数。

通过对函数 (7.1.3) 进行回归，结果为：

$$\ln E_i = 1.0156 + 5.8771 D_i + 1.0569 \ln Y_i - 0.5604 D_i \ln Y_i$$

$$(1.2556) \quad (1.2857) \quad (0.1217) \quad (0.1252)$$

$$t = (0.8089) \quad (4.5712) \quad (8.6844) \quad (-4.4773)$$

$$\bar{R}^2 = 0.9756,$$

$$d = 1.7103, \quad F = 213.6379$$

1% D-W 表给出的 d_L 和 d_U 分别为 0.77 和 1.41，而 $d = 1.7103$ ， $d_U < d < 4 - d_U$ ，不拒绝虚拟假设，即不存在自相关。

该回归结果表明，级差截距和级差斜率系数都是统计上显著的，这强烈表示两个时期的回归是相异的。这个含义是，中国的能源消费在 1978~1998 年和 1999~2004 年两个时期存在很大的差异，即这两个时期的能源消费出现的结构变动。

由于级差截距和级差斜率系数都是统计上显著的，于是，按照（4）和（5）可以导出两个时期的回归，结果如下：

1978~1998:

$$\ln E_t = 6.8927 + 0.4965 \ln Y_t$$

1999~2004:

$$\ln E_t = 1.0156 + 1.0569 \ln Y_t$$

也就是说，后一个时期（1999~2004）的能源消费弹性 β_2 大约是前一个时期（1978~1998年）的 2.11 倍。这个结果说明，后一时期的能源消费与前一时期是完全不同的。也就是说，在考察期内，能源消费存在结构性变化，变化点为 1998~1999 年。两个时期和整个考察期的能源对 GDP 的消费弹性对比如下表显示：

表 2 两个时期的能源消费弹性比较

	T	T ₁	T ₂
能源消费弹性	0.4893	0.4965	1.0569

T=1978~2004, T₁=1978~1998, T₂=1999~2004。

因此，我们可以得出这样一个结论：由于某些原因，中国经济增长和能源消费的关系在 1998~1999 年左右存在结构突变(Structural change)，并且突变点之后的能源消费弹性明显大于突变点之前。

（三）结构突变的因素分析

这一时期中国的能源消费为什么会在 1999 年出现这种结构突变，或者说，出现突变的原因是什么？一般来说，如果不考虑价格因素，影响能源消费的因素一般主要有经济增长，结构变动、技术进步和人口增长。而第三章的理论告诉我们，经济增长和人口增长只能导致能源消费总量的变动。因此，导致能源消费弹性和强度变化的因素只有结构变动和技术进步⁵。

对产业结构变动，我们分析这一时期的产业结构可以发现，经济结构从三次产业来看，变动不大。但是，进一步分析，1999~2004 年期间，我国的工业内部出现了大的变动，主要是工业内部重工业比重大幅上升。一般来说，重工业的能源消耗强度比较大⁶，因此，理论上来说，在其它因素不变的情况下，能源消费强度较大的产业比重增加的话，会导致总体能源消费强度和总量的增加。所以，我们可以初步判断，可能是重工业化导致了后一时期能源消费的变化。

为了证明上面的判断，我们首先建立一个计量模型分析这几个因素对能源消费的影响，模型为：

$$\ln E_t = \alpha + \beta_1 \ln Y_t + \beta_2 \ln S_t + \beta_3 \ln A_t + \mu_t \quad (2.6)$$

其中，

其它变量含义不变， $S_t = t$ 时期的结构变动，这里用重工业在国民经济中的比重表示。

回归结果如下：

$$\ln E_t = 1.2802 \ln Y_t + 0.8644 \ln S_t - 0.0281 A_t$$

$$(0.1224) \quad (0.0605) \quad (0.0074)$$

$$t = (8.7839) \quad (14.276) \quad (-3.8124)$$

$$R^2 = 0.9923$$

0.0281 的反对数为 1.066。

这里可以看出，由于 S_t 是统计显著的，这表示这一时期重工业比重上升导致的结构变动是影响能源消费的一个重要因素。具体来看，在 1999~2004 年期间，重工业在 GDP 中的比重每上升一个百分点，能源消费将上升 0.86 个百分点。也就是说，重工业的比重上升是导致这一时期能源上升的一个原因。

三、理论模型—单产业结构变动的能源消费模型

在第二部分的研究中，我们通过各种分析方法，初步判断 1999 年后的能源消费变化的一个主要因素是经济增长中的重工业比重上升引起的。那么，我们需要进一步研究的是，重工业化对中国能源消费影响的大小和性质是怎样的。对重工业化，我们可以抽象为经济体中有单个产业结构出现变动，因此，考察重工业化对能源消费的影响，等同于考察经济体中单个产业结构变动对能源消费的影响。因此，这一部分我们将建立一个单个产业结构变动的能源消费模型，分析重工业化对能源消费的影响做技术上的支持。

(一) 模型的建立

1、基本关系式

设经济中存在 i 个部门， $i=1, 2L, m$ ，其中有某部门为 h ； i 部门在 t 时期的能源消费为 E_{it} ，其能源消费强度为 d_{it} ，产出为 Y_{it} ；整个经济体在 t 时期的能源消费为 E_t ，其能源消费强度为 d_t ，产出为 Y_t ；

那么， t 时期，在我们有如下关系式：

$$E_t = E_{1t} + E_{2t} + E_{ht} + \dots + E_{mt} \quad (3.1)$$

$$E_{it} = d_{it}Y_{it} = d_{it}\theta_{it}Y_t \quad (3.2)$$

2、假设条件

由于我们现在要考察 h 部门比重变动对能源消费的影响。因此，我们给出几个附加假设条件：

(1) t 到 $t+1$ 时期 h 部门的比重变动

$$\text{即, } \theta_{ht} \neq \theta_{ht+1} > 0,$$

这里，设

$$\Delta\theta_{ht} = \theta_{ht+1} - \theta_{ht} \neq 0 \quad (3.3)$$

(2) 其它产业之间的相对比重不变⁷

即，在 $t+1$ 时期，任意其它产业的比重为：

$$\theta_{it+1} = \theta_{it} + (\theta_{ht+1} - \theta_{ht}) / (m-1)$$

$$= \theta_{it} + \Delta\theta_{ht} / (m-1) \quad (3.4)$$

$\Delta\theta_{it}$ 其为它产业结构变动

(3) t 到 $t+1$ 时期 h 部门存在技术进步 Δd_{ht} ,

$$\Delta d_{ht} = d_{ht+1} - d_{ht} \neq 0 \quad (3.5)$$

(4) 其它产业存在技术进步, 这意味着:

$$\Delta d_{it} = d_{it+1} - d_{it} \neq 0, \quad i \neq h;$$

(5) t 到 $t+1$ 时期存在能源消费变动

设 $t+1$ 时期的实际能源消费量为 E_{t+1} , 有:

$$E_{t+1} \neq E_t > 0$$

设 t 到 $t+1$ 时期存在能源消费变动为 ΔE_t , 有:

$$\Delta E_t = E_{t+1} - E_t \neq 0 \quad (3.6)$$

(6) 不存在单纯经济增长。

$$Y_{t+1} = Y_t \quad (3.7)$$

(二) 模型的解和分析

1、模型的解

我们要求的是 t 到 $t+1$ 时期存在能源消费变动 ΔE_t , 有:

$$\Delta E_t = E_{t+1} - E_t$$

将公式 (3.1) ~ (3.5)、(3.7) 带入 (3.6), 可以得到

$$\begin{aligned} \Delta E_t &= \sum_i d_{it+1} \theta_{it+1} Y_{t+1} - \sum_i d_{it} \theta_{it} Y_t \\ &= \sum_i d_{it} \Delta \theta_{it} Y_t + \sum_i \Delta d_{it} \theta_{it} Y_t + \sum_i \Delta d_{it} \Delta \theta_{it} Y_t + d_{ht} \Delta \theta_{ht} Y_t + \Delta d_{ht} \theta_{ht} Y_t + \Delta d_{ht} \Delta \theta_{ht} Y_t \end{aligned} \quad (3.8)$$

($i \neq h$)

(3.8) 就是我们要求的解。

2、对解的分析

(1) 对 $\sum_i d_{it} \Delta \theta_{it} Y_t$ 的分析

$\Delta \theta_{it}$ 表示由于 h 部门比重变化导致的其它产业比重变化, 因此, $\sum_i d_{it} \Delta \theta_{it} Y_t$ 表示 h 部门比重变化导致的其它产业比重变化通过能源消费强度对能源消费的影响;

(2) 对 $\sum_i \Delta d_{it} \theta_{it} Y_t$ 的分析

Δd_{it} 表示其它产业的技术进步对能源消费的影响, 这显然与 h 部门比重变动无关。

(3) 对 $\sum_i \Delta d_{it} \Delta \theta_{it} Y_t$ 的分析

Δd_{it} 表示其它产业的技术进步对能源消费的影响, $\Delta \theta_{it}$ 表示由于 h 部门比重变化导致的其它产业比重变化。因此, $\sum_i \Delta d_{it} \Delta \theta_{it} Y_t$ 表示 h 部门比重变化导致的其它产业比重变化通过技术进步对能源消费的影响;

(4) 对 $d_{ht}\Delta\theta_{ht}Y_t$ 的分析

$\Delta\theta_{ht}$ 表示 h 部门本身比重变化, 因此, $d_{ht}\Delta\theta_{ht}Y_t$ 表示 h 部门比重上升通过能源消费强度对能源消费的影响。

(5) 对 $\Delta d_{ht}\Delta\theta_{ht}Y_t$ 的分析

Δd_{ht} 表示 h 部门的技术进步, 因此, $\Delta d_{ht}\Delta\theta_{ht}Y_t$ 表示结构变动通过影响技术进步而对能源消费的影响。

(6) 对 $\Delta d_{ht}\theta_{ht}Y_t$ 的分析

Δd_{ht} 表示 h 部门的技术进步, 因此, $\Delta d_{ht}\theta_{ht}Y_t$ 表示 h 部门本身技术进步对能源消费的影响, 这显然与 h 部门比重变动无关。

因此, (3.8) 中, $\sum d_{it}\Delta\theta_{it}Y_t$ 、 $\sum \Delta d_{it}\Delta\theta_{it}Y_t$ 、 $d_{ht}\Delta\theta_{ht}Y_t$ 和 $\Delta d_{ht}\Delta\theta_{ht}Y_t$ 四个部分是由于 h 部门结构变动造成的, 也就是说, 这四个部分是我们想要的结果。

3、结论

如果我们令

$$\Delta E_{sR,t} = \sum_i d_{it}\Delta\theta_{it}Y_t + d_{ht}\Delta\theta_{ht}Y_t, \quad (\Delta\theta_{it} = \Delta\theta_{ht}/(m-1),)$$

表示 h 部门的结构变动通过能源消费强度对能源消费的影响;

$$\Delta E_{sA,t} = \sum_i \Delta d_{it}\Delta\theta_{it}Y_t + \Delta d_{ht}\Delta\theta_{ht}Y_t,$$

表示 h 部门的结构变动通过技术进步对能源消费的影响。

那么, h 部门变动造成的能源消费变化 $\Delta E_{sh,t}$:

$$\Delta E_{sh,t} = \Delta E_{sR,t} + \Delta E_{sA,t} \quad (3.9)$$

由 (3.9) 公式可以看出, h 部门的比重变动存在两个效应,

一是由于各产业的能源消费强度不同, h 部门结构变动通过影响各产业的能源消费强度在总强度中的比重来影响能源消费, 即 h 部门变动的资源效应 $\Delta E_{sR,t}$ 。这种资源效应同时体现在 h 部门变动本身和 h 部门导致的其它产业比重变动上。

二是由于各产业的技术进步水平不同, h 部门比重变动通过影响各产业技术进步在总技术进步中的比重来影响能源消费结构变动的技术效应 $\Delta E_{sA,t}$, 即 h 部门结构变动的技术效应。这种技术效应也同时体现在 h 部门变动本身和 h 部门导致的其它产业比重变动上。

因此, h 部门比重变动造成的能源消费影响 $\Delta E_{sh,t}$ 是不确定的; 其整体效果取决于两种不同力量的对比。

通过上面的分析, 我们可以得出如下结论:

经济体中的某一产业结构变动对资源消费存在两种不同的效应: 资源效应和技术效应。并且这两种效应同时通过该产业的结构变动和该产业导致的其它产业结构变动体现。

四、实证方法与结果——重工业化对中国能源消费的影响

在第三部分, 我们成功建立了一个单产业结构变动的资源消费模型。而重工业化导致的

能源消费就是一个典型的单产业比重变化对能源消费的影响。因此，在这一部分，我们将借助第三部分的模型，分析在 1999~2003 年期间，中国的重工业化对能源消费的影响。

(一) 重工业化的能源消费模型

如果将重工业化看作经济中重工业比重上升和相应其它产业比重下降的经济现象，那么，由 (3.8)，我们可以给出重工业化对能源消费影响的公式：

$$\begin{aligned} \Delta E_{sh,t} &= \Delta E_{sR,t} + \Delta E_{sA,t} \\ &= \sum_i d_{ii} \Delta \theta_{ii} Y_t + \sum_i \Delta d_{ii} \Delta \theta_{ii} Y_t + d_{hh} \Delta \theta_{hh} Y_t + \Delta d_{hh} \Delta \theta_{hh} Y_t \quad (i \neq h) \end{aligned} \quad (4.1)$$

其中，下标 h 表示重工业，下标 i 表示除重工业外的其它产业；

$\Delta E_{sh,t}$ 表示由于重工业化导致的能源消费变动；

d_{ii} 表示其它产业相应时期的能源消费强度；

d_{hh} 表示重工业相应时期的能源消费强度；

$\Delta \theta_{ii}$ 表示重工业比重变化导致的其它产业比重相应变动；

$\Delta \theta_{hh}$ 表示重工业的比重变动；

Y_t 表示相应时期的 GDP。

那么，重工业化导致的能源消费变动将可以分解为四个部分。对应第三部分的分析， $\sum d_{ii} \Delta \theta_{ii} Y_t$ 表示重工业化的体现在其它产业的资源效应； $\sum \Delta d_{ii} \Delta \theta_{ii} Y_t$ 表示重工业化体现在其它产业的技术效应； $d_{hh} \Delta \theta_{hh} Y_t$ 和 $\Delta d_{hh} \Delta \theta_{hh} Y_t$ 分别表示重工业自身结构变动的资源效应和技术效应。

下面，我们将利用 (4.1)，考察 1999~2003 年期间，中国重工业比重变化导致的能源消费变动。

(二) 实证结果

1、样本空间，指标解释和数据来源

(1) 样本空间和考察对象

样本空间：1986~2003 年。

考察对象：第一产业、轻工业、重工业和第三产业。

(2) 指标解释：

d_{ii} 用相应时期相应产业的能源消费强度表示；

d_{hh} 用相应时期重工业的能源消费强度表示；

$\Delta \theta_{ii}$ 用相应时期相应产业的比重变动表示，该变动为重工业比重变动除以 3；

$\Delta \theta_{hh}$ 用重工业的比重变动表示；

Y_t 相应时期的 GDP 表示。

(3) 数据来源

能源消费强度 = “当年对应产业能源消费量” / “当年实际 GDP”；

能源消费：1990~2004 年的数据都来源于《中国统计年鉴》（2005），1986~1989 年的数据由《中国能源统计年鉴》（1991）给出的数据算出；

实际 GDP：考察期为 1986~2004 年时，实际 GDP 的基期为 1978 年，数据由《中国统计年鉴》（2005）计算得出；

结构变动=某产业“当年产值比重”-“上一年产值比重”；

产业结构这里讨论四种指标：“第一产业产值比重”，“第二产业产值比重”，“第三产业产值比重”，“重工业产值比重”；

其中，“重工业产值比重”=“重工业占工业产值比重”×“工业产值比重”；

“重工业占工业产值比重”数据：1986~1999 年的数据来自《中国工业统计年鉴》（2001），2000~2004 年的数据来自《中国统计年鉴》（2001~2005）；

“工业产值比重”数据：1986~1977 年的数据来自《新中国 50 年统计资料汇编》，1978~2004 年的数据来自《中国统计年鉴》（2005）；

第一、二、三产业产值比重数据来自《中国统计年鉴》（2005）。

2、实证检验结果

利用 1986~2003 年的数据，我们得到的结果如表 3 所示：

表 3 重工业比重变化导致的能源消费变动

年份	重工业结构变动						综合效果
	资源效应			技术效应			
	重工业	其它产业	综合	重工业	其它产业	综合	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	
1986	281.66	103.28	384.94	-8.13	-10.36	-18.49	366.4443
1987	-1106.47	-172.61	-1279.07	22.52	-3.50	19.02	-1260.05
1988	-552.98	558.19	5.212871	13.81	-39.64	-25.83	-20.6144
1989	-65.70	225.75	160.0507	-1.30	-19.05	-20.35	139.7007
1990	-2382.18	-480.39	-2862.57	-73.37	-30.00	-103.37	-2965.93
1991	1710.45	638.30	2348.749	-168.65	-114.89	-283.54	2065.212
1992	3721.86	-89.33	3632.539	-428.12	-18.47	-446.59	3185.948
1993	3527.02	-247.26	3279.76	-448.90	-36.23	-485.13	2794.632
1994	1092.80	-461.16	631.6432	19.87	25.07	44.93	676.5776
1995	139.13	64.79	203.9245	1.43	-25.99	-24.57	179.3587
1996	-150.19	155.99	5.801224	6.12	-54.91	-48.79	-42.9862
1997	-134.86	557.07	422.211	9.60	-79.71	-70.11	352.1022
1998	-3289.42	-118.79	-3408.21	364.10	15.45	379.55	-3028.66
1999	1376.15	629.46	2005.609	-156.41	-61.44	-217.85	1787.757
2000	14325.02	-441.98	13883.03	-3283.94	-128.98	-3412.92	10470.12
2001	1611.13	-2341.77	-730.633	-119.97	-102.46	-222.43	-953.065
2002	809.08	-336.86	472.2258	76.31	4.91	81.22	553.4435
2003	8487.22	-400.17	8087.051	-656.40	-23.04	-679.45	7407.605
整体	26608.6	-2891.32	23717.28	-4140.41	-311.01	-4451.43	19265.86

注：1、列（1）～（7）的单位为万吨标准煤；

2、列（1）～（7）中的正号表示该因素导致能源消费增加，负号表示该因素导致能源消费减少；

3、列（3）为列（1）和（2）之和，列（5）为列（3）和（4）之和，误差来自四舍五入；

4、整体为 1999～2003 年的对应数据加总。

（三）对分解结果的分析

现在我们对表 3 的显示结果进行简单分析。

1、1999～2003 年重工业化对能源消费的整体效果

首先，我们考察这一时期的重工业结构变动对能源消费的综合影响。通过表 3 我们可以看出，在 1999～2003 年，由于重工业比重的上升，生产中多消耗了约 1.9 亿吨标准煤的能量。这个数值表示，在产出同等 GDP 的情况下，重工业化导致经济增长消耗更多的能源。

其次，我们进一步考察重工业化的资源效应和结构效应。

在这一时期，重工业化的资源效应导致能源消费增加了约 2.4 亿吨标准煤，而其技术效应导致能源消费减少了约 0.5 亿吨标准煤。由于重工业化的资源效应带来的能源消费增加远大于由于其技术效应带来的能源消费减少，两者的力量对比为 4.8：1。因此，这一时期重工业结构变动的总体效果是导致能源增加的，这也是我们上面分析的结果。

再次，我们进一步分析体现在不同产业的资源效应和技术效应。

对资源效应，重工业比重变化体现在重工业本身的资源效应为导致能源消费增加 2.66 亿吨标准煤，而体现在其它产业变化的资源效应为降低能源消费 0.29 亿吨标准煤，由于重工业比重变化导致的能源消费增加远大于其它产业比重变化导致的能源消费减少，两者力量对比为 9.17：1。因此，重工业化的资源效应总体是导致能源消费增加的。

对技术效应，重工业比重变化体现在重工业本身的技术导致能源消费减少 0.42 亿吨标准煤，体现在其它产业变化的资源效应为降低能源消费 0.03 亿吨标准煤，两者的力量对比为 14：1。

可见，无论是在资源效应还是技术效应上，重工业化体现在重工业本身结构变化的效果都远远大于其它产业结构变动的效果。

综合上面的分析，我们可以得出的初步结论是：

在 1999～2003 年，重工业化导致能源消费增加。其中，重工业化的资源效应带来的能源消费增加远大于其技术效应带来的能源消费减少。而且，重工业化体现在重工业自身变动上对能源消费的影响远大于体现在其它产业的比重变化上。

2、各年的变动

下面我们从各年的变动来看分析重工业化对能源消费的影响。

从综合效果来看，1998 年以后，重工业化对能源消费的影响除了 2001 年以外，都是导致能源消费增加的。其中在 2000 年和 2003 年的影响很大，分别导致能源消费增长约 1.04 亿吨标准煤和 0.74 亿吨标准煤。可见，这一时期，重工业对能源消费的影响基本是导致能源消费增加的。

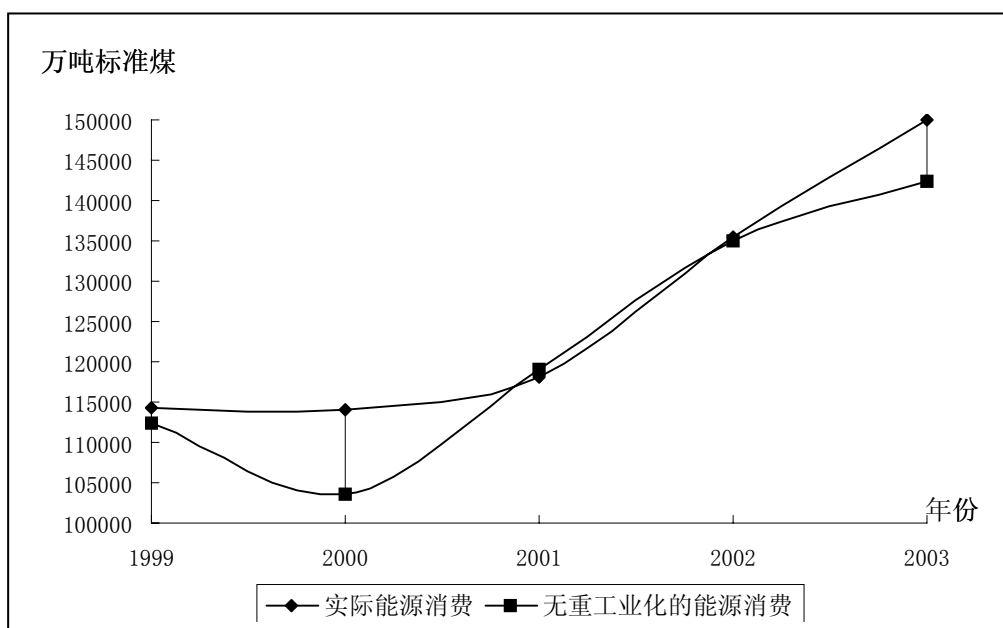


图4 重工业化对能源消费的影响（1999~2003年）

而从重工业化的资源效应来看，除了2001年以外，重工业化的资源效应都导致能源消费增加。两个最大值同样出现在2000年和2003年，分别导致能源消费增加了1.39和0.81亿吨标准煤。而这两年正是重工业比重大幅上升的年份，重工业在国民经济中的比重分别上升了约4.0和2.4个百分点。

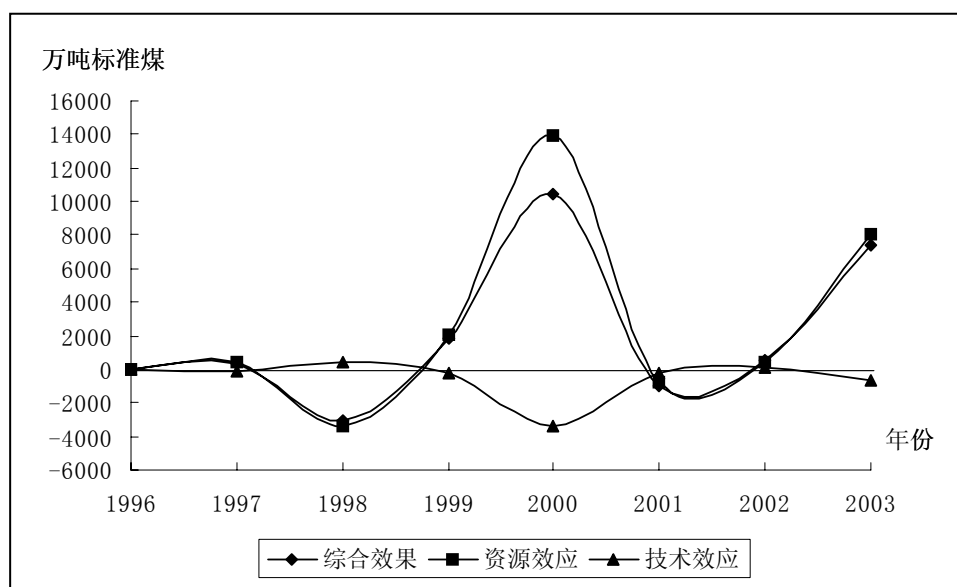


图5 重工业化的资源效应、技术效应和综合效果（1999~2003年）

从重工业的技术效应来看，除了2002年，结构变动导致的技术效应在其它年份都导致减少能源消费。两个最大值同样出现在2000年和2003年，这也对应了重工业比重大幅变化的年份。

单纯从体现在重工业比重变化来看，通过图5，我们可以看出，从1999年开始，重工业比重上升在所有年份都导致能源消费增加，最大值也出现在2001和2003年。其中，重

工业比重上升的资源效应在所有年份都导致能源消费增加；重工业比重变化的技术效应除了2002年外，都是导致能源消费减少的；其中2000年为最大值，大约减少了0.33亿吨标准煤的能量。这暗示，重工业在2000年存在技术的大幅进步。但是，由于当年重工业的比重也出现大幅上升，其资源效应带来的能源消费增加大大超过了技术进步带来的能源消费减少，因此，2000年重工业的总体效果仍然导致能源大幅度增加。

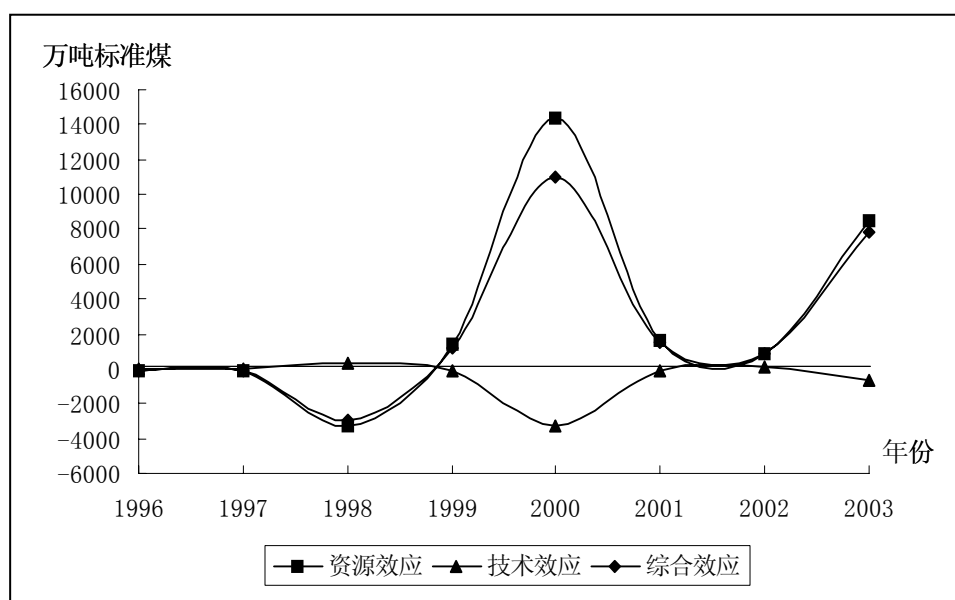


图6 重工业比重变化的资源效应、技术效应和综合效果 (1999~2003年)

五、结论

综合上面的分析，我们可以得出的一些结论有：

(一) 从重工业化的整体效果来看，在1999~2003年，重工业化导致中国能源消费增加。其中，重工业化的资源效应导致能源消费增加，技术效应导致能源消费减少；但是，由于重工业化的资源效应远大于技术效应，因此，这一时期重工业的整体效果仍然是导致能源消费增加的。并且，重工业自身比重变化对能源消费的影响远大于重工业化导致其它产业结构变动的的影响。

(二) 从各年的变动来看，除了2001年，重工业化的资源效应和综合效果都导致能源消费增加；除了2002年，重工业化导致的技术效应都导致能源消费减少；尤其值得注意的是，重工业化的资源效应、技术效应和综合效应都在2000和2003年出现两个最大值，而这两年正是重工业比重大幅增加的时期；

(三) 单独考察重工业比重变化，则重工业比重上升的资源效应在所有年份都导致能源消费增加；重工业比重变化的技术效应除了2002年外，都是导致能源消费减少的。

综合上面的结论，我们可以给出一个总的结论：

在1999~2003年期间，由于中国的经济增长中出现重新重工业化的现象，重工业比重的上升导致该时期的能源消费增加。

参考文献

- [1] 张培刚:《发展经济学通论》(第一卷):农业国工业化问题[M],1991年,湖南出版社,第190—192页。
- [2] 魏后凯:《中西部工业与城市发展》[M],2000年,北京,经济管理出版社,第104页。
- [3] 丹尼斯·梅多斯等:《增长的极限》[M],李宝恒翻译,1997年,吉林人民出版社,第75页。
- [4] Kakali Mukhopadhyay & Debesh Chakraborty, India's Energy Consumption Changes during [J]1973/74 to 1991/92, Economic Systems Research , 1999,11(4)423-438.
- [5] Rabindranath Bhattacharya, Shyamal Paul, Sectoral Changes in Consumption and Intensity of Energy in India[J], Indian Economic Review,2001,36(2)381-392.
- [6] Tae Yong Jung and Tae Sik Park, Structural Change of The Manufacturing Sector In Korea: Measurement of Real Energy Intensity And CO2 Emissions[R], Mitigation and adaptation strategies for global change 2000,5(3)221-238.
- [7] 柳中明:“积极抑止二氧化碳排放,永续我国(台湾地区,笔者注)经济发展”[J],1998年全国会议论文。
- [8] Henrik K. Jacobsen, Energy Demand, Structural Change and Trade: A Decomposition Analysis of the Danish Manufacturing Industry[J], Economic Systems Research 2000, 12(3) 319-344.
- [9] 史丹:“结构变动是影响我国能源消费的主要因素”[J],《中国工业经济》,1999年第11期,38~43页。
- [10] 林伯强:“结构变化、效率改进与能源需求预测”[J],《经济研究》,2003年第5期,57~65页。
- [11] 罗伯特·艾尔斯:《转折点-增长范式的终结》[M],戴星翼等译,2001年,上海译文出版社,246~248页。对译本:Robert U Ayres, Turning Point The End of Growth Paradigm Earth scan Publications Ltd, 1998.

Reindustrialization of Heavy Industry and Energy Consumption in China

YU Jiang

(Center for Population, Resources and Environment Economics Research, Wuhan University,
Wuhan, Hubei, 430072, China)

Abstract: Recently, Structural change from the heavy industrialization in China induces the short of energy. Using the model in this paper, we find structural change from the industrialization heavy industrialization is the important factor that influences the energy consumption. Because of the resource effect larger than the technique effect, the proportion ascending increases the energy depletion in China.

Key words: Heavy industrialization; Industry structural change ; Energy consumption

收稿日期: 2006 - 06 - 15;

作者简介: 余江, 经济学博士, 武汉大学人口、资源与环境经济研究中心讲师。

¹ 也有学者认为我国的重新重工业化开始于 1993 年。理由是 1993 年开始, 我国的重工业呈快速增长趋势 (1993 年重工业增速为 22.2%, 超过了轻工业的 19.9%)。但是这一判断存在两个问题, 一是在随后的 1994 年到 1998 年, 重工业的增速一直低于轻工业, 这一时期反而成为了我国的第三次轻工业高速发展时期 (参见魏后凯:《中西部工业与城市发展》, 第 104 页, 北京, 经济管理出版社 2000 年版。); 二是 1993 年重工业的快速增长的势头也没有得到延续, 没有成为一个连续的趋势。

² 如日本是资源使用集约程度很高的国家, 但是在 1955—1975 年的重化工业时代, 他们的钢铁消费仍增长了 9 倍以上, 能源消耗增长了 6 倍以上, 其中石油消费增长了 21 倍, 都成倍地高于同期 GNP 增速。

³ 关于重新重工业化的分析, 作者在 2004~2006 年期间发表的一系列文章中有较为详细的论述, 在此不再赘述。

⁴ 这直接导致了 Rawski (2000) 对中国经济增长的置疑。

⁵ 从后面的分析可以看出, 技术进步也是导致这一时期能源消费变动的主要因素之一。但是我们在这里主要考察重工业化导致的结构变动问题, 因此, 技术进步在这里不重点讨论。

⁶ 如 1997 年中国的各产业能源消耗强度为: 第一产业的能源消耗强度为 0.42 万吨标准煤/亿元 (下同), 轻工业为 0.98, 重工业为 5.19, 第三产业为 0.64。

⁷ 由于任何一个产业比重上升意味着经济中至少有一个产业比重改变, 因此, 我们对重工业上升造成的其它产业比重变化采取均值处理, 这意味着我们同时假设其它产业之间的相对比重不变 (这也变相剔除重工业比重上升对其它产业比重相对变化的影响)。