

的是,中国在经济保持高速增长的同时,能源消费却出现了相反的变化趋势,即:能源消费增长速度减缓,国民经济的能源消耗强度持续下降。在 1996 年以后,能源消费总量甚至出现了负增长,在 1996~1999 年 3 年的时间里,我国经济同比增长了 25.7%,同期能源消费量却下降 6.35%。能源消费强度的持续下降,尤其是近几年能源消费和经济增长反向变化的关系引起了国内外研究人员的广泛关注,特别是部分学者对中国能源,甚至经济统计数据真实性的怀疑^[1]。Thoms G. Rawski 分析了我国 1990 年以来能源经济增长的关系,并比较了亚洲部分国家的能源经济数据,认为中国在能源消费下降的情况下实现的经济增长是不可能的,并据此认为中国 1998 年以来的经济增长速度是不真实的^[2]。Jonathan E. Sinton 则从能源统计数据的真实性方面提出了疑问^[3],认为 1996 年之后我国小煤矿产量统计存在问题,实际煤炭产量要大于统计产量,因此能源供给存在低估,但同时他也认为如果能源消费统计准确的话,中国能源强度持续下降的现象值得进一步研究。

关于自 80 年代以来出现的中国能源消费强度持续下降的现象,国内许多学者做了探索,魏平仲、谢德明对我国能源与经济增长率做了计量分析^[4]。陈书通、耿志成等认为我国经济增长中能源消费增长贡献率大大低于节能贡献率,从经济结构、行业结构、产品结构、国际贸易等多方面对经济增长中节能贡献率增加的原因进行了综合分析^[5]。赵丽霞、魏巍贤研究了能源与经济增长的模型^[6]。史丹就能源效率的提高从对外开放、结构变化和市场化程度三个方面进行解释^[7],认为改革开放以来,我国能源消费增长速度减缓甚至下降的根本原因是能源利用效率的改进。

尽管现有的研究已经表明^{[8][9]}:我国能源效率提高过程中经济结构变化的影响正在逐渐减小,但由于缺少对结构变动和效率变动的定量计算,认为经济结构变动推动能源消费下降的观点仍然出现在很多文章中。本文在现有关于中国能源消费强率研究结果的基础上,利用我国 1980-2000 年的经济与能源统计数据进行分析,从能源强度变化方面分析我国能源统计数据的一致性,并进一步开展经济结构变化和部门能源效率变化对中国能源强度下降的影响方向及影响份额的实证研究,定量讨论了引起中国能源强度持续下降的原因。

一、中国能源经济的基本趋势

1.1 我国经济总量、产业结构及能源消费的基本趋势

1978-2000 年间,我国经济总量持续增长,按照 1978 年不变价格计算,GDP 增长了 6.3 倍。尤其在 1993 年加快社会主义市场经济建设以后,GDP 年均增长率达到 10% 以上,第二产业(根据国家统计局^[10]计算,包括工业和建筑业)GDP 增长率一度接近 20%。虽然在 1997 年亚洲金融危机之后 GDP 增长有所减缓,但仍然保持了 7% 以上的年增长率,其中第二产业 GDP 保持了 10% 以上的增长。图 1 反映了按照 1978 年不变价格计算的 1980-2000 年我国国内生产总值及各产业国内生产总值的增长趋势。

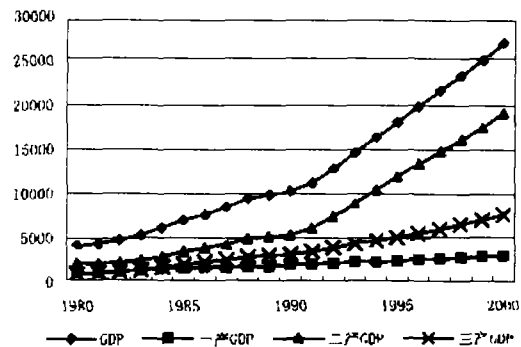


图 1: 不同产业 GDP 增长 (1980—2000)

在产业结构上,如图2所示:第一产业除了改革初期在经济中的比重有所上升外,其后基本是持续下降;第二产业的比重在80年代从48.5%一直下降到1990年的41.6%,此后保持了增长的趋势,但在1996年之后在50%左右稳定了下来;第三产业(根据国家统计年鉴计算,包括交通运输、仓储、邮电通信、批发和零售贸易及餐饮业)比重在1992年之前持续增加,然后由于第二产业比重的上升而出现了波动。

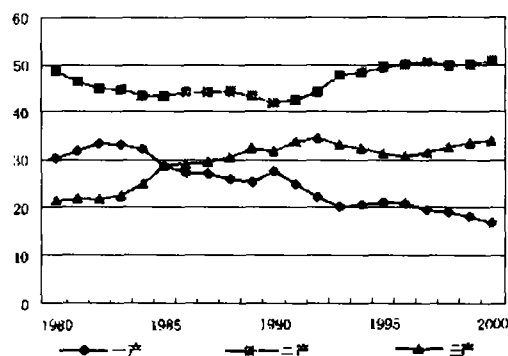


图2: 三次产业结构变化 (1980-2000)

与此同时,能源消费总量在1996年之前持续稳定增加,平均年增长率为5.36%,到1996年达到最高点138948万吨标准煤,1997-1999年连续下降,年增长率为-2.16%。从分行业能源消费趋势(图3)可以看出,能源消费的下降主要发生在第二产业和生活消费,其他行业和其他部门的能源消费趋势都基本保持了稳定。

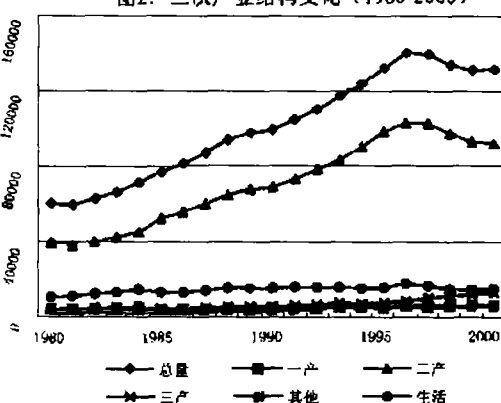


图3: 能源消费量变化(1980-2000)

1.2 我国能源强度的变化趋势

经济总量和能源消费的趋势决定了我国能源强度的趋势和波动,从图4可以看出,我国能源强度下降的趋势在1988年后有所减缓,这是由于经济增长速度,尤其是工业增加值增长速度下降引起的;此后在1993年和1996年均出现了加速下降的趋势:1993年的加速下降是经济增长速度提高引起的,而1996年后的加速下降则主要是由于关停小煤矿引起的能源消费量下降所引起的,尽管当时的经济增长速度同时略有降低,但能源消费量的下降主导了能源强度的变化。能源消费量下降的趋势在1999年之后逐渐消失,因此,能源强度的下降速度也随之减缓。图4同时显示出第二和第三产业的能源强度受上述三次经济和能源消费量波动的影响很小,基本保持了稳定的小幅下降,显示出了能源强度变化外在性的特征。

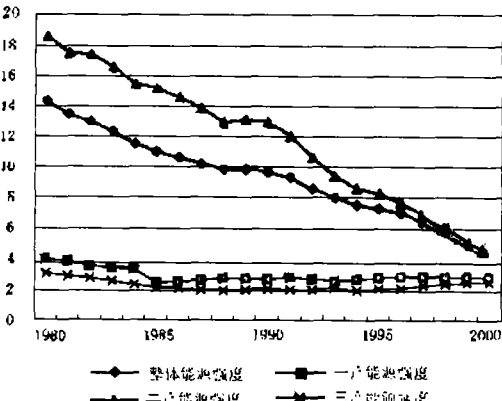


图4: 能源强度变化 (1980-2000)

我们认为,能源强度的变化虽然在计算公式上是由经济总量和能源消费量所决定的,但在本质上,它是节能技术进步、管理水平提高以及体制创新的结果。因此相对经济总量和能源消费量而言,能源强度在很大程度上是一个外生变量。也就是说,不是经济总量和能源消费量决定了能源强度,而是经济总量和能源强度决定了能源消费量,能源强度实际上是随着技术进步和管理水平提高而逐渐下降。尽管如此,短期的能源供给下降或者需求上升引起的能源价格上升,也会造成能源消费者减少能源消费或者进行能源替代,进而促使能源强度的下降。

从能源强度的下降幅度来看,20 年间,能源强度从 1980 年的 14.34 下降到了 2000 年的 4.87,平均每年下降 0.52,其中仅仅在 1997 - 1999 年间,能源强度就下降了 26.64%,尽管这种能源效率的提高速度引起了众多的争议,但从能源强度下降幅度的数据中(图 5)可以看出:20 年间的能源强度变化幅度除了 1990 年之外,基本在 -0.2 ~ -0.8 之间波动,而且表现出明显的周期性。因此,我们认为不能仅仅因为 1997 - 1999 年经济保持增长的同时出现了能源消费量大幅

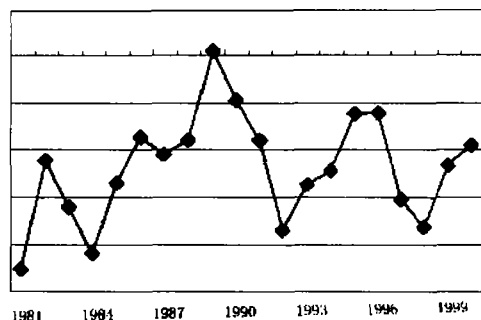


图 5: 能源强度变化幅度波动趋势

下降,就认为中国能源或经济统计数据存在问题。从能源强度下降的幅度来看,这种能源效率的提高速度在以前的年份就曾经发生过。在中国 1997 年后大量关闭小煤矿,控制能源供给,促使能源消费者加强能源节约和能源替代的情况下,中国经济的能源利用效率再次出现较快上升是完全可能的。

尽管如此,中国在 20 年间能源强度持续下降的现象是其他发展中国家以及发达国家经济增长过程中所没有过的,因此,对能源强度下降背后影响能源效率提高的因素进行分析和解释仍然非常必要。这对于中国未来的能源经济发展,以及其他发展中国家的经济发展都有着现实的借鉴意义。

二、基于结构份额与效率份额的能源强度分析方法

本文所说能源强度是指单位国内生产总值所消耗的能源数量,

即 $e = \frac{E}{Y}$, 其中: E 表示能源消费量(万吨标准煤), Y 表示国内生产总值(亿元人民币)

将 E 和 Y 分别按照三次产业进行分解,即 $E = \sum_i E_i, Y = \sum_i Y_i, i = 1, 2, 3$

由此将 e 进行分解,得到: $e = \frac{\sum_i E_i}{\sum_i Y_i} = \frac{\sum_i e_i \cdot Y_i}{\sum_i Y_i} = \sum_i e_i \cdot y_i, i = 1, 2, 3$

其中: e_i 表示第 i 次产业的能源强度

y_i 表示第 i 次产业产值占国内生产总值的比例

由 $e = \sum_i e_i \cdot y_i$, 可以看出总体能源强度取决于两个因素,一个因素是各产业的能源强度,反映了各产业能源利用效率的高低;另一个因素是产业结构,反映了各产业在国民经济总量中所占的比重。通过数据的关联性分析,我们发现许多因素都与能源强度下降之间存在相关性,比如市场化程度、国际贸易量、固定资产投资量等等。但实际上这些因素都是通过影响产业结构或各产业能源强度的变化进而间接的影响整体能源强度的变化,因此,对能源强度的分析,首先应该着眼于对产业结构以及产业能源效率变化对能源强度影响的分析。

令 $e^n (n = 0, 1, 2 \dots N)$ 表示第 n 期的能源强度, e^0 表示基期的能源强度

则有 $e^n = \sum_i e_i^n \cdot y_i^n, e^0 = \sum_i e_i^0 \cdot y_i^0, (i = 1, 2, 3; n = 1, 2 \dots N)$

为了分析结构变化和效率变化对能源强度的影响份额,将 e^n 进行分解:

$e^n = \sum_i e_i^n \cdot y_i^n = \sum_i e_i^0 \cdot y_i^0 + \sum_i e_i^0 \cdot (y_i^n - y_i^0) + \sum_i (e_i^n - e_i^0) \cdot y_i^n$

由此,能源强度的变化可以分解为:

$$\Delta e = e^n - e^0 = \sum_i e_i^n \cdot y_i^n - \sum_i e_i^0 \cdot y_i^0 = \sum_i e_i^0 \cdot (y_i^n - y_i^0) + \sum_i (e_i^n - e_i^0) \cdot y_i^n, \quad (i=1,2,3;n=1,2 \dots N)$$

其中: $e_i^0 \cdot (y_i^n - y_i^0)$ 表示由于第*i*产业在总产出中所占比重变化导致能源强度的变化量, $\sum_i e_i^0 \cdot (y_i^n - y_i^0)$ 表示由于整体经济结构变化导致能源强度的变化量,则能源强度变化中的结

$$\text{构份额为: } \frac{\sum_i e_i^0 \cdot (y_i^n - y_i^0)}{\sum_i e_i^n \cdot y_i^n - \sum_i e_i^0 \cdot y_i^0}, \quad (i=1,2,3;n=1,2 \dots N) \quad \textcircled{1}$$

$(e_i^n - e_i^0) \cdot y_i^n$ 表示由于第*i*产业能源利用效率变化而导致能源强度的变化量, $\sum_i (e_i^n - e_i^0) \cdot y_i^n$ 表示由于全部产业能源利用效率变化而导致能源强度的变化量,则能源强度变化中的效率份

$$\text{额为: } \frac{\sum_i (e_i^n - e_i^0) \cdot y_i^n}{\sum_i e_i^n \cdot y_i^n - \sum_i e_i^0 \cdot y_i^0}, \quad (i=1,2,3;n=1,2 \dots N) \quad \textcircled{2}$$

为计算当年能源强度变化中的结构份额和效率份额,取第*n*-1期为基期,则当年能源强度变化中的结构份额为:

$$\frac{\sum_i e_i^{n-1} \cdot (y_i^n - y_i^{n-1})}{\sum_i e_i^n \cdot y_i^n - \sum_i e_i^{n-1} \cdot y_i^{n-1}}, \quad (i=1,2,3;n=1,2 \dots N) \quad \textcircled{3}$$

当年能源强度变化中的效率份额为:

$$\frac{\sum_i (e_i^n - e_i^{n-1}) \cdot y_i^n}{\sum_i e_i^n \cdot y_i^n - \sum_i e_i^{n-1} \cdot y_i^{n-1}}, \quad (i=1,2,3;n=1,2 \dots N) \quad \textcircled{4}$$

能源强度变化中的结构份额①和效率份额②分别表示了从基期以来能源强度变化总量中,经济结构变化和能源效率提高分别提供的贡献率;当期的结构份额③和效率份额④则分别表示了结构变化和效率提高的影响在当年能源强度变化幅度中所占的比重。当结构份额和效率份额为正值时,说明其推动力与能源强度的变化是同向的;如果是负值,则表示其影响方向和能源强度的变化方向是相反的。

三、结果分析与讨论

3.1 三次产业结构变化及效率提高对能源强度的影响份额

依照上述计算方法,根据历年中国统计年鉴和中国能源年鉴数据^[11],我们对中国大陆1980-2000年间三次产业结构变化以及表示了计算的结果。图6中的两个阴影部分分别表示了各年当期能源强度变化幅度中的结构份额和效率份额。

表1: 中国能源强度变化中的结构份额与效率份额

年份	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
结构份额	0.32	0.47	0.11	0.23	0.12	-0.78	0.04	-0.04	2.02	0.56	-0.11	-0.31	-1.03	-0.10	-0.70	-0.18	-0.07	0.08	-0.01	-0.09
效率份额	0.68	0.53	0.89	0.77	0.88	1.78	0.96	1.04	-1.02	0.44	1.11	1.31	2.03	1.10	1.70	1.18	1.07	0.92	1.01	1.09

资料来源:表中数据根据历年中国统计年鉴和中国能源年鉴数据计算

从计算结果可以看出,除去1989年前后出现的经济波动之外,其他各年的能源强度变化中,效率份额都是能源强度下降的主要因素。在1993年之后,结构份额大都成为负值,也就是说,经济结构的变化实际上反而促使了能源强度的上升,我国能源强度的下降完全来自效率份

额,即各产业能源效率的提高。1980 - 2000 年的 20 年间,结构份额累计为 -1.76%,而效率份额累计达到了 101.7%,即 1980 - 2000 年期间,我国能源效率的提高全部是由各产业能源效率提高所推动的。

3.2 三次产业效率份额的比较

通过以上分析我们知道:我国能源强度下降基本上完全来自各产业能源效率提高,因此有必要对各产业的效率份额进行分析。按照效率份额的计算方法,

$$\frac{(e_i^n - e_i^{n-1}) \cdot y_i^n}{\sum_i e_i^n \cdot y_i^n - \sum_i e_i^{n-1} \cdot y_i^{n-1}} \quad (i=1,2,3; n=1,2 \dots N)$$

表示了能源强度下降中第 i 产业的效率份额。由此可以计算出三次产业各自的效率份额。图 7 是三次产业各自效率份额的计算结果。从图 7 中可以清楚的看出:1985 年以后(除去 1989 年前后的波动),第二产业的效率份额基本都在 100% 以上,因此,可以进一步把我国能源强度下降的动力归结到工业能源效率的提高。1991 年之后的 10 年间,第二产业的效率份额平均达到了 124%,第二产业的效率提高不仅抵消了其他产业能源消费波动以及产业结构变化导致能源强度上升的影响,而且推动了能源强度持续快速的下降。

四、结论

能源强度反映的是能源的利用效率。我国能源利用效率虽然有了很大的提高,但相对发达国家来看,能源强度的下降仍然有很大的空间。在我国制度变革和逐步开放的时期,正是持续不断的制度创新、管理进步和技术引进并扩散推动了我国能源强度出现持续快速下降,这一下降过程实际上反映了我国在经济体制、管理方法和技术水平等方面与世界逐步接轨融合的过程。因此从我国能源强度下降过程来看,其前后下降趋势基本上是一致的,就这一方面来说,我国能源经济统计数据并没有表现出明显的异常。以此分析为基础,本文将能源强度变化分解为结构份额和效率份额,提出了结构份额和效率份额的计算方法,并基于我国现有的统计数据进行了分析。结果表明:我国能源强度下降的主要动力来自于各产业能源利用效率的提高,其中,工业能源强度的下降是整体能源强度下降的主要原因。因此,通过本文的分析,可以确定我国能源强度研究的主要着眼点应该放在工业能源强度的下降:到底是各工业行业的结构变化还是技术进步引起的能源效率提高最终促使工业能源强度下降应该成为在这一领域进一步研究的课题。

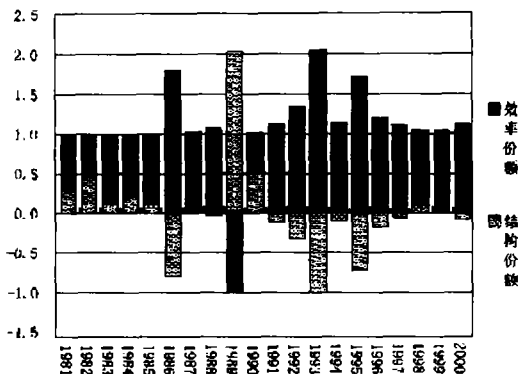


图6: 中国能源强度变化中的结构份额与效率份额

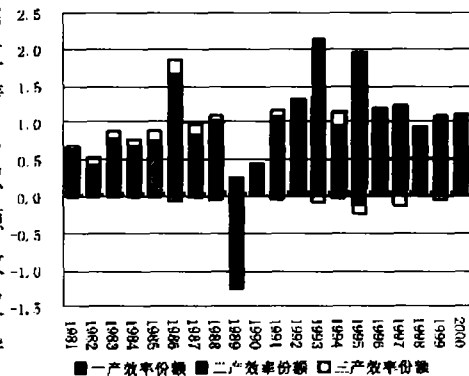


图7: 三次产业效率份额比较

心须看到的是,主成分分析与分段逆回归方法相比,在提取新综合变量的信息量方面具有一定相近性。这是因为分段逆回归中,在提取主轴向量时,分析的对象是 X 分段平均的数据矩阵,舍弃了一定的噪声信息。从主成分分析与分段逆回归方法得到主轴来看,两者也非常近似,说明两种方法在多项式回归建模时基本可以等价。另外,对比主成分分析与偏最小二乘回归,主成分分析得到的综合变量较好的代表了原始自变量集合,同时偏最小二乘回归得到的综合变量不但较好的代表了原始自变量集合,而且与因变量相关程度也最大。在自变量集合中,如果存在与因变量相关程度较低或对因变量无解释作用的变量的情况下,偏最小二乘回归可以最大限度地提取与因变量相关的自变量信息,排除自变量集合中的冗余信息。而主成分分析则不具有这样的特点,不可避免的要包括对因变量无解释作用的变量信息,在这样的变量变异程度较大时更为严重。可以看到仿真实验中,由于原始自变量集合 (x_1, x_2, x_3, x_4) 与因变量的相关程度都较高,不存在冗余变量信息,所以使用主成分分析和偏最小二乘回归的结果比较近似。综上,在自变量集合中不存在冗余变量信息时,三种方法的基本上是等价的。在存在较多冗余变量信息时,偏最小二乘回归更具有优越性。

从计算复杂性的角度来看,主成分分析的计算复杂性最低,同时又概念简单,易于为广大分析人员所理解和使用,因此在自变量集合中不存在冗余变量信息的条件下,使用主成分分析方法较好。

[参考文献]

- [1] 任若恩,王惠文.多元统计数据分析[M].北京:国防工业出版社,1997.
- [2] 王惠文.偏最小二乘回归方法及其应用[M].北京:国防工业出版社,1999.
- [3] Ker Chau Li. Sliced Inverse Regression For Dimension Reduction[J]. American Statistical Association Journal of the American Statistical Association, June 1991, Vol. 86, No. 414.

(上接第 6 页)

[参考文献]

- [1] Xiaolu Wang, Lian Meng. A Reevaluation of China's Economic Growth [J]. China's Economic Review, 2001 (12): 338 - 346.
- [2] Thomas G. Rawshi. What is happening to China's Energy Consumption [J]. Energy Policy, 2001 (28): 671 - 687.
- [3] Jonthan E. Sinton. Accuracy and Reliability of China's Energy Statistics [J]. China Economic Review, 2001 (12): 373 - 383.
- [4] 魏平仲,谢德明.我国能源与经济增长率的计量分析及发展对策[J].江苏煤炭,1991(1):15 - 20.
- [5] 陈书通,耿志成,董路影.九十年代以来我国能源与经济增长关系分析[J].中国能源 1996(12):24 - 30.
- [6] 赵丽霞,魏巍贤.能源与经济增长模型研究[J].预测,1998(6):32 - 34,49.
- [7] 史丹.我国经济增长过程中能源利用效率的改进[J].经济研究,2002(9):49 - 56.
- [8] 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(11):38 - 43.
- [9] 王海建.经济结构变动与能源需求的投入产出分析[J].数理统计与管理,2001(5):27 - 30.
- [10] 国家统计局.中国统计年鉴(1980 - 2000)[Z].北京:中国统计出版社,1980 - 2000.
- [11] 国家统计局.中国能源年鉴(1986,1991,1998)[Z].北京:中国统计出版社,1986,1991,1998.