

# 能源对中国产业经济制约的程度和因素分解

吴开尧<sup>1,2</sup>

(1.上海金融学院,上海200135;

2.上海交通大学安泰经济与管理学院,上海200052)

**摘要:**本文提出能源对生产制约程度的能源制约系数指标;在投入产出分析框架下,编制1997-2002-2007年混合型能源投入产出递延表;根据投入产出模型计算并对比了3个时点的产业能源制约系数、能源价格、能源强度和产业结构比重的变化;根据LMDI分解模型分析全部生产的能源制约系数变化的三个影响因素(能源价格、能源强度和产业结构)的贡献,发现能源价格是影响全部生产能源制约程度的最重要的原因,据此提出有针对性的政策建议。

**关键词:**能源制约;LMDI;能源价格;能源强度;混合型能源投入产出递延表

**中图分类号:**F222.3

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-680X(2014)05-0096-15

## 引言

中国自改革开放以后,经济得到快速的发展,由于工业化和城市化的推动,快速和稳定的经济增长预期能在此后的几十年内继续。但是中国经济发展的历史条件已不同于西方发达国家工业化发展时期,显著体现在更加严苛的能源和环境的制约。一方面中国能源供应不确定,另一方面中国经济发展现在所处阶段对能源的需求是刚性的(林伯强、牟敦国,2008)。理论界对于中国经济发展的能源制约有诸多探讨,但是缺乏适合的量化指标,也缺乏充分的量化分析。由于能源的制约是不可绕开的障碍,所以应该定量研究其程度、变化和影响因素,从而为应对这种制约的经济政策提供理论依据和数据基础。本文在投入产出分析框架下,提出能源制约系数的量化指标,用来

**收稿日期:**2014-09-20

**基金项目:**本文受教育部人文社科项目(14YJC790131)、上海市教委科创项目(14YS125)的资助。

**作者简介:**吴开尧(1974-),男,福建仙游人,上海金融学院讲师,上海交通大学管理与工程流动站博士后,博士。

反映国民经济的能源制约程度,并计算和分析这个指标的发展变化及其影响因素。

投入产出分析框架自 Wassily Leontief(1936)提出以来,理论、方法得到很大的发展。近几十年中,这种不断成熟的分析方法被广泛应用于能源经济问题研究。上世纪六、七十年代美国学者 Strout(1967), Bullard and Herendeen (1975a,b), Blair (1979,1980)等开发的能源投入产出简单模型是基于价值型投入产出表,通过加总一系列能源产品的线性消耗系数来核算各产业单位经济产出的能源消费。这种方法为我们构造能源制约的量化指标提供了思路。

自 1980 年之后,能源的消费模式与产业结构变化的关联得到广泛的研究,其中的一种方法是在投入产出框架下运用因素分解方法分析影响能源消费的各种因素,如 Ang(1995), Lin and Polenske (1995),Mukhopadhyay and Chakraborty(1999),Wilting, Biesiot and Moll(1999),Jacobsen(2000),Kagawa and Inamura (2001, 2004),Park and Heo (2008) 以及林伯强 & 蒋竺均 (2009)。本文将借鉴这种方法,在能源投入产出递延表的基础上构建因素分解模型,分析能源制约系数的各种影响因素。

根据以上研究思路,本文包括以下几个部分。第一部分,介绍 1997-2002-2007 年中国混合型能源投入产出递延表的编制方法;第二部分根据第一部分的递延表,计算并分析 GDP 产业结构比重、能源强度、能源消费价格以及能源制约系数的变化;第三部分构建能源制约系数因素分解模型并分析计算结果;第四部分得出结论并提出政策建议。

## 一、混合型能源投入产出递延表

本文构造的混合型能源投入产出表将能源消费的实物量数据按照投入产出核算的产业分类和最终消费分类进行列示,从而将特定的经济活动与其能源消费对应起来,将能源消费的实物量数据同价值量数据对应起来。

从 1992 年开始,中国每隔 5 年分别编制了 1992 年、1997 年、2002 年、2007 年 SNA 式投入产出表,其间又编制了 1995 年、2000 年、2005 年的延长表。由于国民经济产业分类的改变,1997 年前后投入产出核算的部门分类差异较为明显,同时由于已公开的 2000 年、2005 年延长表的部门分类较为粗略,所以本文考虑递延表的时间次序是 1997 年、2002 年以及 2007 年。1997 年之后的中国能源统计年鉴的产业分类大体上采用投入产出表相同的标准,不过对于能源消费较少的第三产业没有细致的分类。综合分析 1997 年、2002 年、2007 年投入产出表以及相应年份的中国能源统计年鉴中分行业能源消费表的产业分类,经过调整<sup>①</sup>和归并<sup>②</sup>,得到统一的 28 个部门的产业分类(如表 1 主栏所示)价值量投入产出递延表以及相同分类的分产业能源消

费实物量表。为了和投入产出表基本流量表的产出(宾栏)项目相一致,由相应年度的能源平衡表中的数据推算资本形成、进口、出口和总产出数据<sup>③</sup>。这样能源产出(包括中间使用和最终使用)的实物量数据可以按照投入产出表的规则进行列示,并可以附加到相应年度的价值量投入产出表中,从而构造了1997-2002-2007年的混合型能源投入产出递延表。其中,能源消费的价值量数据由投入产出表中5个能源产业(煤炭开采和洗选业、石油和天然气开采业、石油加工炼焦及核燃料加工业、电力热力的生产和供应业、燃气生产和供应业)列向相加而得。这样实现了经济活动数据与能源消费数据、能源消费实物量数据和价值量数据的分别对应,为下文的深入分析提供了数据基础。

## 二、混合型能源投入产出模型和核算

### (一)混合型能源投入产出模型

根据各年混合型投入产出表,可以得到以下价值量的经济行模型:
$$\sum_{j=1}^n x_{ij} + \sum_{k=1}^m y_{ik} = X_i \quad (i, j=1, 2, \dots, n; k=1, 2, \dots, m)$$
其中  $x_{ij}$  表示  $j$  部门对  $i$  产品中间使用数量; $X_i$  表示  $i$  产品的总产出量; $y_{ik}$  表示  $i$  产品的  $k$  项最终使用数量。

价值量能源总产出行模型则为:
$$\sum_{j=1}^n x_{ej} + \sum_k y_{ke} = X_e$$
其中  $x_{ej} = \sum_{i \in e} x_{ij}$  表示  $j$  产业中间使用能源产品合计; $y_{ke} = \sum_{i \in e} y_{ik} (k=c, s, e, i, o)$  表示能源产品  $k$  项最终使用合计, $k=c$  表示居民消费, $k=s$  表示存量增加, $k=e$  表示出口, $k=i$  表示进口, $k=o$  表示其他。

与价值量相对应的实物量能源总产出行模型则为:
$$\sum_{j=1}^n E_j + \sum_k E_{ky} = E$$
其中  $E_j$  是  $j$  产业的能源中间使用耗量; $E_{ky}$  是能源最终使用量。

各个产业中间使用的能源价格、全部生产的中间使用能源平均价格、及各项最终使用能源价格以及总产出综合能源投入价格可以由相应的能源使用的

价值量除以实物量,即:
$$p_{ej} = x_{ej} / E_j, p_e = \sum_{j=1}^n x_{ej} / \sum_{j=1}^n E_j, p_{ke} = y_{ke} / E_{ky}, p_{oe} = X_e / E_o$$

价值量的经济列模型:
$$\sum_{j=1}^n x_{ij} + gdp_j = X_j$$

各个产业 GDP 结构比重可以表示为:
$$S_j = gdp_j / \sum_{j=1}^n gdp_j$$

各个产业能源强度以及全部生产的能源强度可以表示为： $I_j = E_j / \text{gdp}_j$ ,  $I =$

$$\sum_{j=1}^n E_j / \sum_{j=1}^n \text{gdp}_j, \text{同时 } I = \sum_{j=1}^n I_j \star S_j。$$

各个产业能源制约系数以及全部生产能源制约系数则可以表示为： $Z_{ej} =$

$$x_{ej} / \text{gdp}_j, \text{同时 } Z_{ej} = p_{ej} \star I_j, Z_e = \sum_{j=1}^n x_{ej} / \text{gdp} \quad (\text{gdp} = \sum_{j=1}^n \text{gdp}_j)。$$

## (二) 主要指标核算结果

根据 1997 年、2002 年以及 2007 年的混合型能源投入产出递延表求解上述模型的主要指标：各产业能源中间使用价格、能源强度以及产业结构比重，各个产业的能源制约系数。这些指标的求解数据呈现如下：

### 1. 能源制约系数

研究期间中国产业能源制约系数都超过 10%，单种资源产品挤占 GDP 如此份额，说明能源制约程度水平较高，而且这种水平呈逐渐升高趋势。2002 年中国全部生产的综合能源制约系数比之 1997 年有所上升（从 10.49% 至 13.02%），2007 年的数值却是 2002 年的 2 倍有余（达致 29.19%）。3 年中三个能源加工转换产业的能源制约系数最大（石油加工及炼焦业的能源制约系数、煤气的生产和供应业、电力蒸汽热水生产供应业），其次是金属冶炼及压延加工业、自来水的生产和供应业、非金属矿物制品业、化学工业、金属矿采选业、非金属矿采选业、金属制品业、交通运输、仓储及邮电通信业、煤炭采选业，其余产业的能源制约系数小于全部生产综合能源制约系数。除了第一阶段（1997 年至 2002 年）的造纸印刷及文教用品制造业、金属冶炼及压延加工业、电力蒸汽热水生产供应业、自来水的生产和供应业以及第二阶段（2002 年至 2007 年）的农、林、牧、渔业的能源制约系数有所下降外，其他产业在研究期间的数值均为上升，总体而言第二阶段上升幅度要显著大于第一阶段。具体数据如表 1 所示。

表 1 产业能源制约系数 (1997–2002–2007)

产业	1997 年	2002 年	2007 年
农、林、牧、渔业	2.04%	3.22%	3.08%
煤炭采选业	12.46%	14.08%	38.86%
石油和天然气开采业	6.00%	9.15%	20.88%
金属矿采选业	21.41%	32.61%	61.60%
非金属矿采选业	14.31%	14.49%	31.98%
食品制造及烟草加工业	3.60%	3.94%	7.29%
纺织业	3.50%	9.49%	16.17%
服装皮革羽绒及其他纤维制品制造业	1.13%	3.28%	6.94%

木材加工及家具制造业	6.05%	10.98%	14.17%
造纸印刷及文教用品制造业	8.16%	7.22%	14.15%
石油加工及炼焦业	197.43%	297.73%	392.97%
化学工业	23.10%	30.88%	73.34%
非金属矿物制品业	25.83%	30.74%	54.94%
金属冶炼及压延加工业	41.45%	35.68%	59.58%
金属制品业	13.55%	16.78%	29.23%
机械工业	6.37%	9.70%	16.45%
交通运输设备制造业	5.52%	5.97%	8.98%
电气机械及器材制造业	5.85%	6.72%	9.80%
电子及通信设备制造业	2.64%	4.29%	8.16%
仪器仪表文化办公用机械	3.36%	3.83%	6.38%
其他制造业、废品废料	3.80%	4.28%	4.61%
电力蒸汽热水生产供应业	47.17%	38.14%	184.60%
煤气的生产和供应业	127.11%	183.43%	322.32%
自来水的生产和供应业	29.78%	29.31%	45.36%
建筑业	9.01%	13.18%	14.87%
交通运输、仓储及邮电通信业	12.82%	16.85%	31.95%
批发和零售贸易餐饮业	3.44%	4.91%	4.97%
其他行业	4.41%	3.48%	5.33%
生产合计	10.49%	13.02%	29.19%

## 2. 能源使用价格

生产中间使用的能源平均价格从 1997 年的 915(单位:元/吨标煤,下同)上升到 2002 年的 1528,以至 2007 年的 3234,可见能源价格在两个阶段特别是第二阶段上涨迅猛。居民消费能源价格同比相对便宜,3 年分别是 380,958,1332,但是上涨的趋势和产业雷同。同时出口价格(3 年分别为 679,507,1204)同比小于进口价格(3 年分别为 883,1050,2128)。第一阶段非金属矿采选业、金属制品业、仪器仪表文化办公用机械、建筑业的能源中间使用价格有所下降,其他产业则均为上升,上升幅度超过 1 倍的产业是煤炭采选业、石油和天然气开采业、纺织业、石油加工及炼焦业、机械工业、煤气的生产和供应业、交通运输、仓储及邮电通信业,其中煤炭采选业的幅度最大(2002 年是 1997 年的 2.63 倍)。第二阶段除了交通运输、仓储及邮电通信业有所下降外,其他产业均为上升,包括高耗能产业在内的 13 个产业上涨幅度大于 1 倍,其中石油和天然气开采业的幅度最大(2007 年是 2002 年的 5.36 倍)。3 个年度产业间能源使用价格都十分悬殊,可以推测这样的价格形成会对不同产业

的发展起到程度不同的推动或抑制作用。具体数据见表 2。

表 2 能源使用价格(1997-2002-2007) 单位:元/吨标煤

项目	1997 年	2002 年	2007 年	项目	1997 年	2002 年	2007 年
农.林.牧.渔业	688	1049	1070	电气机械及器材制造业	1645	2026	2938
煤炭采选业	344	904	2024	电子及通信设备制造业	979	1883	2769
石油和天然气开采业	285	603	3235	仪器仪表文化办公用机械	1532	1255	2542
金属矿采选业	1553	3106	6245	其他制造业、废品废料	511	601	1754
非金属矿采选业	2762	1642	4501	电力蒸汽热水生产供应业	1107	1655	8803
食品制造及烟草加工业	503	634	1524	煤气的生产和供应业	1535	3287	11611
纺织业	416	884	1281	自来水的生产和供应业	1433	1967	3101
服装皮革羽绒及其他纤维	690	1197	2660	建筑业	5344	4416	5353
木材加工及家具制造业	1058	3541	3791	交通运输.仓储及邮电通信业	934	1973	3250
造纸印刷及文教用品制造业	723	839	1299	批发和零售贸易餐饮业	1295	2194	1909
石油加工及炼焦业	2611	5270	11190	其他行业	1445	1977	3224
化学工业	690	1219	2810	生产平均	915	1528	3234
非金属矿物制品业	818	698	1691	农村居民消费	322	466	731
金属冶炼及压延加工业	429	716	1216	城镇居民消费	427	1278	1692
金属制品业	2113	2057	3805	居民消费合计	380	958	1332
机械工业	1052	2121	3724	出口	679	507	1204
交通运输设备制造业	740	1195	2427	进口	883	1050	2128
				总产出	831	1504	3094

### 3. 能源强度和产业结构

2002 年全部生产能源强度 1.15(单位:吨标煤/万元,下同)比 1997 年的 0.85 有显著下降,农.林.牧.渔业、非金属矿采选业、服装皮革羽绒及其他纤维制品制造业、金属制品业、仪器仪表文化办公用机械、建筑业这些低能源强度的产业能源强度有所上升之外,其他产业的能源强度都为下降,特别是石油加工及炼焦业、化学工业、金属冶炼及压延加工业、电力蒸汽热水生产供应业和



煤气的生产和供应业等高耗能产业能源强度下降明显。观察这两个时期产业结构的变化发现这些能源强度上升的产业其产业结构比重有不同水平的下降,石油加工及炼焦业、化学工业、非金属矿物制品业这几个高耗能产业比重有不同程度的下降。2007 年的全部生产能源强度 0.90 比 2002 年有所上升,虽然只有煤炭采选业、木材加工及家具制造业、造纸印刷及文教用品制造业、电子及通信设备制造业、交通运输、仓储及邮电通信业、批发和零售贸易餐饮业的能源强度上升外,其他产业能源强度下降;高耗能产业的结构比重除了化学产业比重有所下降外,石油加工及炼焦业、非金属矿物制品业、金属冶炼及压延加工业、电力蒸汽热水生产供应业、煤气的生产和供应业均有上升;能源强度较低的第一产业和第三产业的产业结构比重下降。产业结构和能源强度的计算结果如表 3 所示。

表 3 能源强度和产业结构 (1997–2002–2007)

	产业结构			能源强度 (吨标煤/万元)		
	1997 年	2002 年	2007 年	1997 年	2002 年	2007 年
农、林、牧、渔业	19.47%	13.65%	10.77%	0.30	0.31	0.29
煤炭采选业	1.51%	1.87%	1.66%	3.62	1.56	1.92
石油和天然气开采业	1.59%	1.90%	2.14%	2.10	1.52	0.65
金属矿采选业	0.56%	0.51%	0.81%	1.38	1.05	0.99
非金属矿采选业	1.05%	0.61%	0.57%	0.52	0.88	0.71
食品制造及烟草加工业	5.05%	3.69%	3.83%	0.72	0.62	0.48
纺织业	3.45%	1.83%	1.85%	0.84	1.07	1.26
服装皮革羽绒及其他纤维制品制造业	2.51%	1.34%	1.52%	0.16	0.27	0.26
木材加工及家具制造业	0.83%	0.88%	0.98%	0.57	0.31	0.37
造纸印刷及文教用品制造业	1.84%	1.95%	1.34%	1.13	0.86	1.09
石油加工及炼焦业	0.90%	0.86%	1.41%	7.56	5.65	3.51
化学工业	5.40%	4.77%	4.73%	3.35	2.53	2.61
非金属矿物制品业	3.68%	1.57%	2.35%	3.16	4.40	3.25
金属冶炼及压延加工业	2.09%	3.08%	4.48%	9.66	4.98	4.90
金属制品业	1.54%	1.17%	1.39%	0.64	0.82	0.77
机械工业	3.81%	2.99%	3.43%	0.61	0.46	0.44
交通运输设备制造业	1.92%	2.08%	2.41%	0.75	0.50	0.37
电气机械及器材制造业	1.71%	1.41%	1.74%	0.36	0.33	0.33
电子及通信设备制造业	1.71%	2.24%	2.56%	0.27	0.23	0.29
仪器仪表文化办公用机械	0.36%	0.36%	0.39%	0.22	0.31	0.25
其他制造业、废品废料	1.68%	1.16%	1.91%	0.74	0.71	0.26
电力蒸汽热水生产供应业	2.23%	3.25%	3.31%	4.26	2.30	2.10
煤气的生产和供应业	0.05%	0.06%	0.08%	8.28	5.58	2.78

自来水的生产和供应业	0.25%	0.23%	0.21%	2.08	1.49	1.46
建筑业	6.60%	5.41%	5.46%	0.17	0.30	0.28
交通运输、仓储及邮电通信业	5.18%	8.30%	7.89%	1.37	0.85	0.98
批发和零售贸易餐饮业	8.50%	9.99%	8.61%	0.27	0.22	0.26
其他行业	14.52%	22.84%	22.17%	0.31	0.18	0.17
生产合计	100.00%	100.00%	100.00%	1.15	0.85	0.90

### 三、全部生产能源制约系数的因素分析

#### (一) LMDI 方法的因素分解模型

根据混合能源投入产出模型的各个平衡等式，全部生产能源制约系数的表达式可以进行如下转换：

$$Z_e = \sum_{j=1}^n x_{ej}/gdp = \sum_{j=1}^n p_{ej} * e_j/gdp = \sum_{j=1}^n p_{ej} * I_j * gdp_j/gdp \quad (1)$$

于是，可以得到以下的国民生产能源制约系数的因素分解模型。这个模型正好和引言中的能源制约系数的影响因素的分析相一致，也就是意味着能源制约程度的变化综合决定于国民生产的产业结构、产业能源强度、产业的能源消费价格这三个因素的变化。

$$Z_e = \sum_{j=1}^n p_{ej} * I_j * S_j \quad (2)$$

为了分离这三个因素对能源制约程度变化的贡献，本文采用 LMDI 方法进行分解。LMDI 加法和乘法分解的形式如下：

$$\Delta Z_e = Z_e^T - Z_e^0 = \Delta Z_{Pe} + \Delta Z_{Ie} + \Delta Z_{Se} \quad (3)$$

$$DZ_e = Z_e^T / Z_e^0 = DZ_{Pe} * DZ_{Ie} * DZ_{Se} \quad (4)$$

其中： $\Delta Z_{Pe} = \sum_j \Delta Z_{Pe,j}$ ,  $\Delta Z_{Ie} = \sum_j \Delta Z_{Ie,j}$ ,  $\Delta Z_{Se} = \sum_j \Delta Z_{Se,j}$ ，分别是加法形式全部生产能源需求价格、能源强度、产业结构变化引起全部生产能源制约系数的变化，而  $j$  产业能源需求价格、能源强度、产业结构变化引起的全部生产能源制约系数变化的加法形式分别是：

$$\Delta Z_{Pe,j} = L(Z_{e,j}^T, Z_{e,j}^0) \ln(p_{e,j}^T / p_{e,j}^0) \quad (5)$$

$$\Delta Z_{Ie,j} = L(Z_{e,j}^T, Z_{e,j}^0) \ln(I_j^T / I_j^0) \quad (6)$$

$$\Delta Z_{Se,j} = L(Z_{e,j}^T, Z_{e,j}^0) \ln(S_j^T / S_j^0) \quad (7)$$

$DZ_{Pe} = \text{EXP}(\sum_j \Delta Z_{Pe,j})$ ,  $DZ_{Ie} = \text{EXP}(\sum_j \Delta Z_{Ie,j})$ ,  $DZ_{Se} = \text{EXP}(\sum_j \Delta Z_{Se,j})$  分别是乘法形式全部生产能源需求价格、能源强度、产业结构变化引起全部生产能源制约系数的变化，而  $j$  产业能源需求价格、能源强度、产业结构变化引起的全部生



产能源制约系数变化的乘法形式分别是：

$$DZ_{Pe,j} = \text{EXP}(L(Z_{e,j}^T, Z_{e,j}^0) / L(Z_e^T, Z_e^0) * \ln(p_{e,j}^T / p_{e,j}^0)) \quad (8)$$

$$DZ_{I,j} = \text{EXP}(L(Z_{e,j}^T, Z_{e,j}^0) / L(Z_e^T, Z_e^0) * \ln(I_j^T / I_j^0)) \quad (9)$$

$$DZ_{S,j} = \text{EXP}(L(Z_{e,j}^T, Z_{e,j}^0) / L(Z_e^T, Z_e^0) * \ln(S_j^T / S_j^0)) \quad (10)$$

## (二) 分解结果

对 2002 年相比于 1997 年以及 2007 年相比于 2002 年的全部生产的能源制约系数的变化分别进行加法形式和乘法形式的分解，得到各种产业的能源消费价格、产业结构、产业能源强度的变化贡献份额，如表所示。加法形式的分解结果（如表 4）显示：全部生产能源制约系数 2002 年比 1997 年增加了 2.60%，其中因为价格上涨使制约系数增加了 5.6%，能源强度的下降则使之减少了 3.24%，产业结构的变化又增加了 0.24%；乘法形式的分解结果（如表 5）显示：2002 年的全部生产能源制约程度是 1997 年的 1.24 倍，其中三个分解因素的贡献分别是 158.13%、76.92% 和 102.07%。这些对比项目在 2007 年对 2002 年的情形则是：16.17%、15.69%、2.54%、3.02%（加法形式），224.17%、218.88%、88.09%、116.27%（乘法形式）。

2002 年相比 1997 年，石油加工及炼焦业、交通运输、仓储及邮电通信业是促使全部生产能源制约程度增加最多的两个产业，加法形式结果分别是 0.77%、0.73%，乘法形式结果分别是 106.83%、106.47%，影响这个结果最大的因素是价格上涨；由于使用价格以及结构比重的下降盖过了能源强度的提高，非金属矿物制品业促使了全部生产能源制约系数数值下降了 0.47%（或乘法形式的 96.08%），另有七个产业起到了降低全部生产能源制约系数的作用。2007 年相比 2002 年，只有两个产业农林牧渔业和批发和零售贸易餐饮业起到了降低全部生产能源制约系数的作用，幅度也较小，其余产业均促使了全部生产能源制约系数的上升，贡献最多的产业是电力蒸汽热水生产供应业、石油加工及炼焦业和化学工业，加法形式的数值分别是 4.87%、2.99%、2.00%，乘法形式的数值分别是 127.54%、116.07%、110.49%。

表 4 加法形式能源制约系数 LMDI 分解

产业	1997-2002 年				2002-2007 年			
	价格因素	能效因素	结构因素	综合	价格因素	能效因素	结构因素	综合
农、林、牧、渔业	0.18%	0.02%	-0.15%	0.04%	0.01%	-0.03%	-0.09%	-0.11%
煤炭采选业	0.22%	-0.19%	0.05%	0.08%	0.34%	0.09%	-0.05%	0.38%
石油和天然气开采业	0.10%	-0.04%	0.02%	0.08%	0.49%	-0.25%	0.03%	0.27%
金属矿采选业	0.10%	-0.04%	-0.01%	0.05%	0.21%	-0.02%	0.14%	0.33%
非金属矿采选业	-0.06%	0.06%	-0.06%	-0.06%	0.13%	-0.03%	-0.01%	0.09%

能源对中国产业经济制约的程度和因素分解

食品制造及烟草加工业	0.04%	-0.02%	-0.05%	-0.04%	0.18%	-0.05%	0.01%	0.13%
纺织业	0.11%	0.04%	-0.09%	0.05%	0.09%	0.04%	0.00%	0.13%
服装皮革羽绒及其他纤维	0.02%	0.02%	-0.02%	0.02%	0.06%	0.00%	0.01%	0.06%
木材加工及家具制造业	0.09%	-0.04%	0.00%	0.05%	0.01%	0.02%	0.01%	0.04%
造纸印刷及文教用品制造业	0.02%	-0.04%	0.01%	-0.01%	0.07%	0.04%	-0.06%	0.05%
石油加工及炼焦业	1.51%	-0.63%	-0.11%	0.77%	2.91%	-1.83%	1.91%	2.99%
化学工业	0.77%	-0.38%	-0.17%	0.23%	1.95%	0.07%	-0.02%	2.00%
非金属矿物制品业	-0.11%	0.23%	-0.59%	-0.47%	0.73%	-0.25%	0.34%	0.81%
金属冶炼及压延加工业	0.50%	-0.65%	0.38%	0.23%	0.94%	-0.03%	0.67%	1.57%
金属制品业	-0.01%	0.05%	-0.06%	-0.01%	0.18%	-0.02%	0.05%	0.21%
机械工业	0.42%	-0.24%	-0.06%	0.12%	0.23%	-0.01%	0.06%	0.27%
交通运输设备制造业	0.05%	-0.05%	0.01%	0.02%	0.12%	-0.05%	0.03%	0.09%
电气机械及器材制造业	0.02%	-0.01%	-0.02%	-0.01%	0.05%	0.00%	0.03%	0.08%
电子及通信设备制造业	0.04%	-0.01%	0.02%	0.05%	0.06%	0.04%	0.02%	0.11%
仪器仪表文化办公用机械	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	0.01%
其他制造业、废品废料	0.01%	0.00%	-0.02%	-0.01%	0.07%	-0.07%	0.03%	0.04%
电力蒸汽热水生产供应业	0.46%	-0.70%	0.43%	0.19%	5.11%	-0.29%	0.06%	4.87%
煤气的生产和供应业	0.06%	-0.03%	0.02%	0.05%	0.23%	-0.12%	0.06%	0.16%
自来水的生产和供应业	0.02%	-0.02%	-0.01%	-0.01%	0.04%	0.00%	-0.01%	0.03%
建筑业	-0.12%	0.37%	-0.13%	0.12%	0.15%	-0.05%	0.01%	0.10%
交通运输、仓储及邮电通信业	0.74%	-0.47%	0.47%	0.73%	0.95%	0.27%	-0.10%	1.12%
批发和零售贸易餐饮业	0.20%	-0.07%	0.06%	0.20%	-0.06%	0.07%	-0.07%	-0.06%
其他行业	0.22%	-0.39%	0.32%	0.15%	0.48%	-0.06%	-0.03%	0.39%
生产合计	5.60%	-3.24%	0.24%	2.60%	15.69%	-2.54%	3.02%	16.17%

表 5 乘法形式能源制约系数 LMDI 分解

产业	1997-2002 年				2002-2007 年			
	价格因素	能效因素	结构因素	综合	价格因素	能效因素	结构因素	综合
农、林、牧、渔业	101.52%	100.13%	98.74%	100.37%	100.04%	99.87%	99.55%	99.46%
煤炭采选业	101.86%	98.40%	100.41%	100.64%	101.73%	100.45%	99.75%	101.93%
石油和天然气开采业	100.84%	99.63%	100.20%	100.67%	102.46%	98.77%	100.17%	101.37%
金属矿采选业	100.85%	99.67%	99.90%	100.41%	101.07%	99.91%	100.70%	101.68%

能源对中国产业经济制约的程度和因素分解

非金属矿采选业	99.48%	100.53%	99.45%	99.47%	100.65%	99.86%	99.96%	100.47%
食品制造及烟草加工业	100.32%	99.80%	99.56%	99.69%	100.90%	99.73%	100.04%	100.67%
纺织业	100.94%	100.30%	99.21%	100.45%	100.43%	100.19%	100.01%	100.63%
服装皮革羽绒及其他纤维	100.17%	100.16%	99.81%	100.13%	100.28%	99.98%	100.04%	100.31%
木材加工及家具制造业	100.73%	99.63%	100.04%	100.40%	100.04%	100.11%	100.06%	100.21%
造纸印刷及文教用品制造业	100.18%	99.66%	100.07%	99.92%	100.36%	100.19%	99.69%	100.24%
石油加工及炼焦业	113.74%	94.80%	99.08%	106.83%	115.61%	91.25%	110.03%	116.07%
化学工业	106.81%	96.82%	98.57%	101.95%	110.21%	100.34%	99.92%	110.49%
非金属矿物制品业	99.07%	101.98%	95.10%	96.08%	103.69%	98.76%	101.69%	104.14%
金属冶炼及压延加工业	104.37%	94.62%	103.27%	101.99%	104.79%	99.85%	103.38%	108.17%
金属制品业	99.95%	100.42%	99.52%	99.89%	100.89%	99.91%	100.25%	101.05%
机械工业	101.60%	99.36%	99.45%	100.41%	101.16%	99.93%	100.28%	101.37%
交通运输设备制造业	100.47%	99.61%	100.08%	100.15%	100.59%	99.75%	100.13%	100.47%
电气机械及器材制造业	100.17%	99.94%	99.84%	99.95%	100.24%	100.00%	100.13%	100.38%
电子及通信设备制造业	100.38%	99.90%	100.15%	100.44%	100.28%	100.19%	100.10%	100.56%
仪器仪表文化办公用机械	99.98%	100.04%	100.00%	100.01%	100.07%	99.98%	100.01%	100.06%
其他制造业、废品废料	100.08%	99.98%	99.82%	99.88%	100.36%	99.67%	100.17%	100.19%
电力蒸汽热水生产供应业	104.00%	94.18%	103.75%	101.62%	129.03%	98.57%	100.28%	127.54%
煤气的生产和供应业	100.55%	99.72%	100.16%	100.43%	101.13%	99.38%	100.28%	100.79%
自来水的生产和供应业	100.19%	99.80%	99.95%	99.94%	100.18%	99.99%	99.95%	100.13%
建筑业	98.94%	103.23%	98.90%	101.02%	100.73%	99.73%	100.03%	100.49%
交通运输、仓储及邮电通信业	106.50%	96.08%	104.05%	106.47%	104.86%	101.35%	99.52%	105.77%
批发和零售贸易餐饮业	101.74%	99.44%	100.53%	101.70%	99.68%	100.35%	99.66%	99.69%
其他行业	101.93%	96.69%	102.81%	101.32%	102.41%	99.69%	99.86%	101.95%
生产合计	158.13%	76.92%	102.07%	124.16%	218.88%	88.09%	116.27%	224.17%

## 四、结论和建议

### (一) 结论

#### 1. 行业能源强度的变化:

相比工业行业以及建筑业(下文称为第一产业),农林牧渔业(下文称为第二产业)和交通运输仓储及邮电通信业、批发和零售贸易餐饮业以及其他行业(下文称为第三产业)的能源强度较低。除了少数产业的能源强度有所涨落之外,大部分产业能源强度在研究期间的两个阶段(第一阶段 1997—2002,第二阶段 2002—2007)均呈现下降趋势,特别是高耗能产业的能源强度得到抑制。这说明了中国节能减排的努力在产业层面得到了较好的成效。即使没有得出能源价格和能源强度之间确切的关系,但是可以发现两个阶段能源强度上升的产业中多数是能源价格低于平均生产使用价格的产业。

#### 2. 产业结构变化对能源强度的影响:

研究期间产业结构高耗能特征印证了中国经济发展特定阶段能源需求刚性的论断。由于所研究期间处于中国工业化的进程中,第一产业的产业结构一直趋于下降,其缩少的份额为第二、三产业所替代。第一阶段的第三产业份额有较大幅度的上升,第二产业的份额却下降了 7 个百分点多,特别是高耗能产业的比重下降了近一个百分点。但是在第二阶段,第三产业的份额为第二产业特别是高耗能产业所侵蚀,高耗能产业的比重比 2002 年增加了近 3 个百分点,第二产业的比重增加了 5 个百分点以上。第二阶段全部生产的能源强度的上升正是由于产业结构的高耗能化。

#### 3. 能源价格变化对能源强度的影响:

按照本文方法计算的综合能源价格在研究期间两个阶段都有明显的上涨,这和现有信息披露的此时期各种能源产品价格的走势是基本一致的。和能源进口依赖的增强相对应,进口能源的价格大于出口能源价格,这样以货币衡量的进口依赖度比之实物标准量衡量的依赖度还大。由于国内的能源价格管制和补贴政策,不同产业间的能源价格相差很大。各种产业使用能源价格以及能源强度的高低共同决定了产业能源制约系数的大小。由于各个产业能源强度下降的幅度一般都显著小于能源价格上升的幅度,所以能源价格上涨能够推动产业能源制约系数上升。由于第二阶段能源价格比之第一阶段有更加迅猛的增长,从而促使了第二阶段能源制约程度上升幅度明显大于第一阶段。

#### 4. 能源制约系数的影响因素:

虽然能源使用价格、产业结构、产业能源强度是影响全部生产能源制约程度变化的 3 个因素,但是研究期间能源使用价格上涨无疑是促使能源制约程度上升的最重要因素。上涨的产业中间使用能源价格不仅推动了各自产业能源制约系数的上涨,而且一起推动了全部生产能源制约系数的上涨,体现在第

二阶段的变化上更为明显。产业能源强度的下降反而使能源制约程度有所下降,但是研究期间的产业结构高耗能特征却是越来越明显了,产业结构对于能源制约系数提升的比例和幅度都加大了。

## (二)建议

1. 中国经济的决策者对节能减排的关注点要从能效的单纯层面转移到能源对经济制约的综合层面上来。不仅要关注产业的节能,更要注意结构的调整,更加重要的是要注重能源价格问题的研究。当前,中国对于能源价格的重视不足,突出表现在没有及时、有效、全面的跟踪能源价格的统计体系。建立这样的一套统计体系,充分研究能源价格的发展规律和特点,寻找有效的平抑能源价格的策略,从而降低能源价格上涨引起的能源制约,是当务之急。

2. 应该全面开展能源价格和价格政策研究。节能能够减少能源的耗费,从而在没有有效替代能源的条件下,保障充足的持续的支撑经济发展的能源供应。由于节能能够减少能源耗竭的速度,降低能源资源的稀缺性,从而稳定了能源价格。但是,能源价格的决定因素不限于节能这么简单,维持稳定的经济可接受的能源价格是一个国家能源供应体系综合竞争力的体现。中国应该加强能源供应体系的竞争力,不仅要在能源供应产业内进行节能减排,更要在能源开发、能源建设、能源生产、能源需求管理、国际能源价格影响上提高竞争能力。此外,应该培育更加合理的能源价格形成机制,促进能源资源合理配置,促进产业结构调整。

3. 转变经济发展方式,根本上减少经济对能源的依赖。中国应该在可持续发展和科技立国的国策下面,寻找更少资源、能源依赖的新型工业化和城市化发展的路径,这样产业结构的高耗能特征可以被削弱。同时,中国的能效还有巨大的提升空间,应该对节能减排工作长抓不懈,不断细致和深入。转变经济发展方式可以在经济总体层次上降低能源强度,从而减少能源的制约,能源价格则能不因稀缺而升高。

4. 提倡能源价格公平。正如结论中所看到的,中国不同行业所需求的能源价格并不相同,要防止价格扭曲或能源补贴政策对于一些产业高耗能的鼓励,特别是不能对于非重点发展产业给予不公平的能源价格优惠。促进公平的能源价格,能够以市场机制引导长效的节能减排,避免行政干预带来的节能效果的大起大落。

### 注释:

① 根据 2009 年中国统计年鉴中 2-3 不变价国内生产总值表推算以 2007 年价格计算的 1997 年、2002 年、2007 年的调整系数分别是 1.400、1.293、1,对 3 年原表数值(基于当年生产者价格)分别乘以各自系数得到一致可比的以 2007 年价格为基础的 3 年投入产出表。

由于 1997 年以后投入产出表的行业分类已经没有包括设备修理业,所以将 1997 年设备修理业中间使用和投入的数据分配给通用、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 5 个行业,横、列的分配分别按照上述产业的中间使用和中间投入的数值比例。

② 2002 年、2007 年的其他制造业、废品废料归并为一个部门,以与 1997 年的分类相一致;1997 年的货物运输及仓储业、邮电业、旅客运输业以及 2002 年、2007 年的交通运输及仓储业、邮政业、信息传输、计算机服务和软件业归并为交通运输、仓储及邮电通信业;1997 年的商业、饮食业以及 2002 年、2007 年的批发和零售贸易业、住宿和餐饮业归并为批发和零售贸易餐饮业;3 年里的第三产业的其他行业归并至其他产业。

③ 将能源平衡表中的库存增加、进口量与我轮、机在外国加油量加和、出口量与外轮、机在我国加油量加和、一次能源生产量记作投入产出表第二象限能源产品的资本形成总额的存货增加、进口、出口和总产出栏目(实物标准量)。

#### 参考文献:

- [1] 董承章.投入产出分析[M].北京:财政经济出版社,2000.
- [2] 林伯强,牟敦国.能源价格对宏观经济的影响:基于可计算一般均衡(CGE)的分析[J].经济研究,2008,(11).
- [3] 林伯强,蒋竺均.中国二氧化碳的环境库兹涅茨曲线预测及影响因素分析[J].管理世界,2009,(4).
- [4] 刘起运,陈璋,苏汝劫.投入产出分析[M].北京:中国人民大学出版社,2006.
- [5] 齐舒畅.我国投入产出表的编制和应用情况简介[J].中国统计,2003,(5).
- [6] Ang Beng Wah. Multilevel Decomposition of Industrial Energy Consumption. Energy Economics, 1995,(17):39-51.
- [7] Blair Peter. Multi-objective Regional Energy Planning[M]. Boston, MA: Martinus Nijhoff, 1979.
- [8] Blair Peter. Hierarchies and Priorities in Regional Energy Planning[J]. Regional Science and Urban Economics, 1980,(10):387-405.
- [9] Bullard Clark, Robert Herendeen. Energy Impact of Consumption Decisions[J]. Proceedings of the IEEE, 1975,(63):484-493.
- [10] Bullard Clark, Robert Herendeen. The Energy Costs of Goods and Services [J]. Energy Policy, 1975,(1):268-277.
- [11] Strout Alan. Technological Change and U.S. Energy Consumption[D/OL]. University of Chicago, 2003-05-23, [http://www.stats.gov.cn/tjdt/gmjhs/t20030527\\_80228.htm](http://www.stats.gov.cn/tjdt/gmjhs/t20030527_80228.htm).
- [12] Jacobsen Henrik K. Energy Demand, Structural Change and Trade: A Decomposition Analysis of the Danish Manufacturing Industry[J]. Economic Systems Research, 2000,(12):319-338.
- [13] Kagawa Shigemi, Hajime Inamura. A Structural Decomposition of Energy Consumption Based on a Hybrid Rectangular Input-Output Framework: Japan's Case[J]. Economic Systems Research, 2001,(13):339-363.
- [14] Kagawa Shigemi, Hajime Inamura. A Spatial Structural Decomposition Analysis of Chinese and Japanese Energy Demand: 1985-1990[J]. Economic Systems Research, 2004,(16):279-299.
- [15] Lin Xiannuan, Karen Polenske. Input-Output Anatomy of China's Energy Use Changes in the 1980s[J]. Economic Systems Research, 1995,(7):67-84.
- [16] Mukhopadhyay Kakali, Debesh Chakraborty. India's Energy Consumption Changes during 1973/74 to 1991/92[J]. Economic Systems Research, 1999,(11):423-437.

[17] Park H C, Heo E. The direct and indirect house hold energy requirements in the Republic of Korea from 1980 to 2000—an input - output analysis[J]. Energy Policy, 2008,35(5):2839-2851.

[18] Wiling Harry C, Wouter Biesiot, Henri C Moll. Analyzing Potentials for Reducing the Energy Requirement of Households in the Netherlands [J]. Economic Systems Research, 1999,(11): 233-244.

## Extent and Factor Analysis of Energy Constraint on China's Industry Economy

WU Kai-Yao

**Abstract:** A quantitative indicator of energy constraint is proposed, named energy restricting factor in this paper. In the framework of input-output analysis, a 1997-2002-2007 hybrid energy input-output extended tables was elaborated to calculate energy restricting factors, energy prices, energy intensity and the proportion of industrial structure for industrials; Based on LMDI decomposition model, changes of energy restricting factor of overall production is analysis by three factors (energy prices, energy intensity and industry structure). We found that energy prices are the most important reason affecting changes of energy restricting factor of overall production. So we can put forward specified policy recommendations.

**Key words:** energy constraint; LMDI; energy prices; energy intensity; mixed IO extended table

(责任编辑: 予 娴)