

The Contribution of Structure and the Contribution of Efficiency of Energy Exhaustion Intensity

Yijun Yuan, Lili Guo², Na Yu³

¹Department of Economy, Dalian University of Technology, Dalian, China

²Department of Economy, Dalian University of Technology, Dalian, China

³Department of Economy, Dalian University of Technology, Dalian, China

Email: yjyuan@dlut.edu.cn, guolili49@163.com, sunjia911@126.com

Abstract: By the analysis on energy exhaustion in Liaoning province, it can be seen that, industrial energy efficiency plays an positive role in reducing energy exhaustion intensity, structural adjustment plays a negative role in reducing energy exhaustion intensity. But when the technology reaches certain level and the industrial energy efficiency gets the limit, the reasonable adjustment of industrial structure to save energy and reduce energy exhaustion becomes the main way. Therefore, research on optimization of industrial structure in Liaoning province based on energy exhaustion is the most fundamental way to save energy. At last the impact of energy exhaustion intensity factors are analyzed.

Keywords: energy exhaustion intensity; the contribution of structure; the contribution of efficiency

辽宁省能源消耗强度变化的结构贡献和效率贡献分析

原毅军¹, 郭丽丽², 于娜³

¹大连理工大学经济学院, 大连, 中国, 116023

²大连理工大学经济学院, 大连, 中国, 116023

³大连理工大学经济学院, 大连, 中国, 116023

Email: yjyuan@dlut.edu.cn, guolili49@163.com, sunjia911@126.com

摘 要: 辽宁省能源消耗强度在 1990~2007 年呈现下降趋势, 由能源消耗强度分解模型求解可知, 这是由产业结构调整 and 能源使用效率变化共同作用的, 结构调整对降低能源消耗强度有阻碍作用, 能源使用效率的提高对降低能源消耗强度有促进作用。通过对能源消耗强度因素分析可知, 科技进步、能源价格和能源消费结构是影响能源使用效率的主要因素; 工业能源消耗强度是影响辽宁省能源消耗强度的主要因素, 因此要实现降低能源消耗目标, 通过产业组织优化, 进行工业内部结构进行调整, 尤其是工业内部高耗能行业的调整成为目前急需解决的问题。

关键词: 能源消耗强度; 结构贡献; 效率贡献

1 引言

近二十年, 辽宁能源消耗强度整体呈现下降趋势, 但是能源消耗强度变化则呈现出较大的波动性。

能源消耗强度是衡量宏观能源效率的重要指标, 通常被量化为单位生产总值的能源消耗总量。剔除价格因素对能源消耗强度的影响, 以 1990 年为基年, 辽宁能源消耗强度为 6.75 吨标准煤/万元, 2007 年降为 2.88 吨标准煤/万元, 降幅率达到 57.5%, 如图 1 所示。由图不难看出, 能源消耗强度变化则没有明显的趋势, 波动性

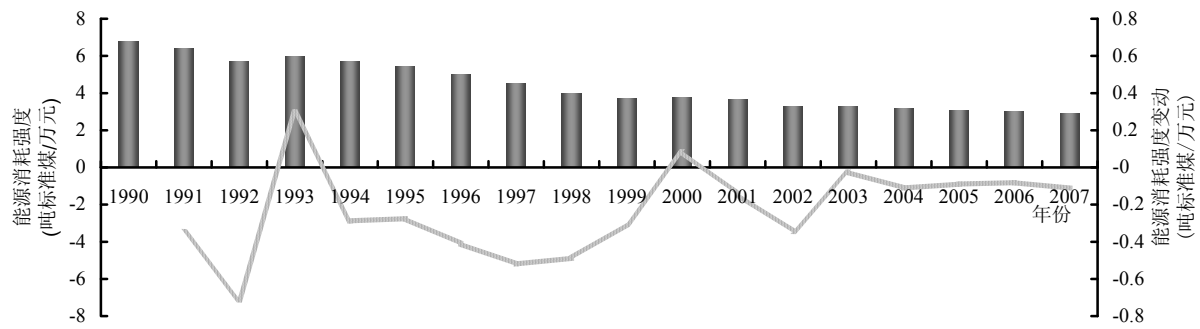
较大, 尤其是 1993 年和 2000 年, 能源消耗强度变化甚至出现了正值, 分别达到了 0.30 和 0.08 吨标准煤/万元。

如何解释辽宁省近二十年能源消耗强度变化的波动现象? 本文运用 Laspeyres 指数及其分解模型, 对辽宁省能源消耗强度变化率进行分解, 从结构和效率两方面解释波动现象, 并进一步分析产业能源消耗强度差异, 进而为辽宁省“十二五”能源政策制定及产业结构优化提供参考。

2 能源消耗强度分解模型

能源消耗强度 $e = E / Y$, 将 E 和 Y 分别按产业进

资助信息: 辽宁省社科基金项目。



注：能源消耗强度=能源消费量/实际 GDP（以 1990 年为基年），能源消耗强度变动=本年的能源消耗强度-上年的能源消耗强度。

Figure 1. 1990~2007 Energy Exhaustion Intensity

图 1. 1990 年~2007 年辽宁省能源消耗强度变动

行分解，即

$$E = \sum E_i, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

$$Y = \sum Y_i, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

将 e 进行分解，得

$$e = \frac{E}{Y} = \frac{\sum E_i}{\sum Y_i} = \frac{\sum e_i Y_i}{\sum Y_i} = \sum e_i y_i, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

式中， e_i 表示第 i 产业的能源消耗强度； y_i 表示第 i 产业产值占生产总值的比例。

由 $e = \sum e_i y_i$ 可以看出，宏观能源消耗强度取决于两方面：一是产业能源消耗强度，反映产业的能源使用效率；二是产业结构，用各产业产值占国民经济生产总值的比重来表示。因此，宏观能源消耗强度波动的分析可以从产业能源消耗强度和产业结构变化角度分析。

令 e^n 表示第 n 年的能源消耗强度， e^0 表示基年的能源消耗强度，则有：

$$e^n = \sum e_i^n y_i^n, \quad e^0 = \sum e_i^0 y_i^0$$

为了分析结构调整和效率变化对能源消耗强度的贡献份额，将 e^n 进行分解：

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

由此，能源消耗强度的变化可以分解为：

$$\begin{aligned} \Delta e &= e^n - e^0 \\ &= \sum e_i^n y_i^n - \sum e_i^0 y_i^0 \\ &= \sum e_i^0 (y_i^n - y_i^0) + \sum (e_i^n - e_i^0) y_i^n \end{aligned}$$

式中， $e_i^0 (y_i^n - y_i^0)$ 表示由第 i 产业产值在生产总值

中所占比重变化导致的能源消耗强度的变化量，即单个产业调整对能源消耗强度的影响， $\sum e_i^0 (y_i^n - y_i^0)$ 表示由整体产业结构变化导致能源消耗强度的变化量，则第 n 年能源消耗强度变化中的结构贡献为：

$$e_s^n = \frac{\sum e_i^0 (y_i^n - y_i^0)}{\sum e_i^n y_i^n - \sum e_i^0 y_i^0} \quad (1)$$

$(e_i^n - e_i^0) y_i^n$ 表示由于第 i 产业能源使用效率变化而导致的能源消耗强度的变化量， $\sum (e_i^n - e_i^0) y_i^n$ 表示由于产业能源使用效率变化而导致能源消耗强度的变化量，则第 n 年能源消耗强度变化中的效率贡献为：

$$e_e^n = \frac{\sum (e_i^n - e_i^0) y_i^n}{\sum e_i^n y_i^n - \sum e_i^0 y_i^0} \quad (2)$$

为计算第 n 年能源消耗强度变化中的结构贡献和效率贡献，令 $n-1$ 年为基年，则第 n 年能源消耗强度变化中的结构贡献为：

$$\hat{e}_s^n = \frac{\sum e_i^{n-1} (y_i^n - y_i^{n-1})}{\sum e_i^n y_i^n - \sum e_i^{n-1} y_i^{n-1}} \quad (3)$$

第 n 年能源消耗强度变化中的效率贡献为：

$$\hat{e}_e^n = \frac{\sum (e_i^n - e_i^{n-1}) y_i^n}{\sum e_i^n y_i^n - \sum e_i^{n-1} y_i^{n-1}} \quad (4)$$

式(1)和式(2)分别表示基年起能源消耗强度变化总量中，产业结构调整 and 能源使用效率变化的贡献份额。式(3)和式(4)则分别表示结构调整和效率变化在第 n 年能源消耗强度变化幅度中所占的比重，当结构贡献和效率贡献为正值时，说明其推动力与能源消耗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消耗

强度的变化方向是相反的。

3 辽宁省能源消耗强度分解

3.1 数据处理

分析产业能源消耗强度变化，首要工作是要确定产业分类并收集相应的统计数据。根据数据的可获得范围，本文将辽宁省的产业分为农业、工业、建筑业、交通业、商业五大产业，分别采用《辽宁统计年鉴》第一产业、工业、建筑业、“交通运输、仓储及邮电运输业”、“批

发和零售贸易餐饮业”数据表示，其中生产总值以 1978 年不变价格表示，能源消耗量以万吨标准煤为计量单位，能源消耗强度以吨标准煤/万元为计量单位。由于数据统计有限，样本选用 1990 年~2007 年 18 年的数据，其中 2002 年《辽宁统计年鉴》缺失，采用平滑法求得 2001 年各产业产值和能源消耗数据。五大产业 1990 年~2007 年的能源消耗强度如图 2 所示。

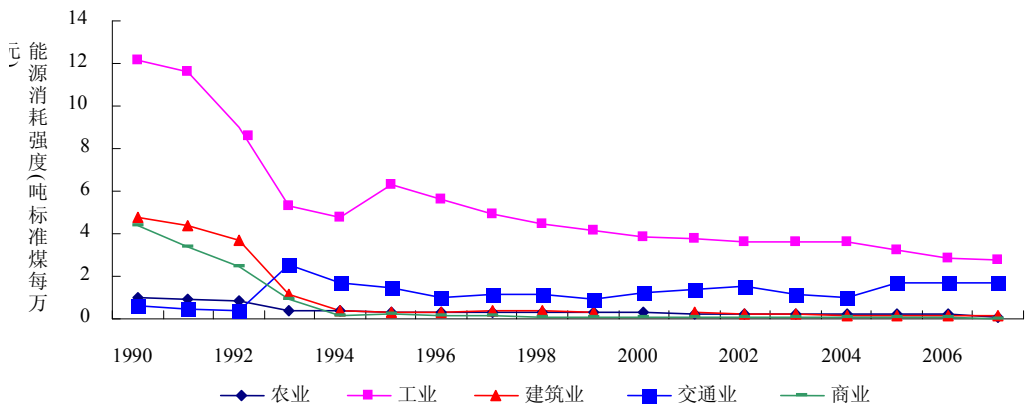


Fig 2. The trends of five industries and the overall energy exhaustion intensity in Liaoning province
图 2. 辽宁省五大产业能源消耗强度变动趋势 (吨标准煤/万元)

3.2 整体经济能源消耗强度分解结果

依据 Laspeyres 分解模型，将 1990~2007 年辽宁省

能源消耗强度变动分解为结构贡献和效率贡献两部分，分解结果如图 3 和表 1 所示。

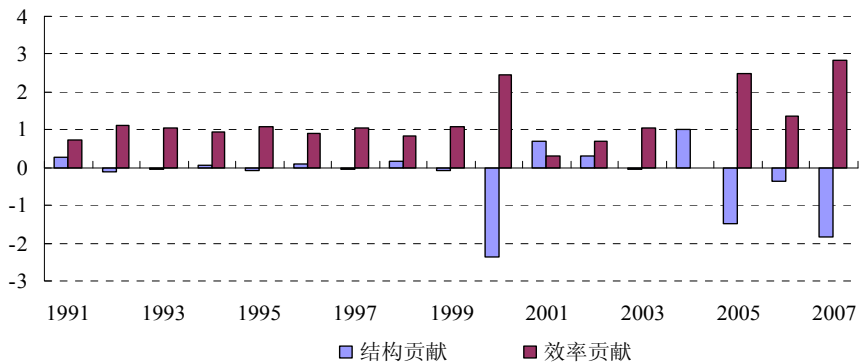


Fig. 3 The contribution of structure and the contribution of efficiency of energy exhaustion intensity in Liaoning province
图 3 辽宁省能源消耗强度变化中的结构贡献和效率贡献

在 2000 年、2005 年和 2007 年间，能源使用效率提升对降低能源消耗强度的贡献较大，平均为 2.5941，而结构调整对降低能源消耗强度的阻碍较大，平均为 -1.8491，说明这些年份经济结构调整不大合理，产业能源使用效率的提高抵消了经济结构的不合理变动。在其

他年份，能源使用效率提升对降低能源消耗强度的平均贡献为 0.8251，结构调整对降低能源消耗强度的平均贡献为 0.1331。因此，要实现降低能源消耗目标，继续提高产业效率和优化产业结构是必要的。

Tab.1 The contribution of structure and the contribution of efficiency of energy exhaustion intensity in Liaoning province

表 1 辽宁省能源消耗强度变化中的结构贡献和效率贡献

年份	结构贡献	效率贡献
1991	0.2769	0.7231
1992	-0.1166	1.1166
1993	-0.0542	0.4151
1994	-0.0115	1.0543
1995	0.0697	0.9303
1996	0.0963	0.9137
1997	-0.0319	1.0319
1998	0.1605	0.8395
1999	-0.0709	1.0709
2000	-2.3618	2.4618
2001	0.6792	0.3208
2002	0.2974	0.7026
2003	-0.0593	1.0593
2004	1.0046	-0.0046
2005	-1.4905	2.4905
2006	-0.3779	1.3779
2007	-1.8299	2.8299

从表 1 中可以看出, 1990~2007 年期间, 能源消耗强度下降的诸因素中结构贡献累计-3.8904, 效率贡献累计 19.99。但结构调整对降低能源消耗强度起着阻碍作用, 能源使用效率提升对降低能源消耗强度起着推动作用。

3.3 各产业能源消耗强度分解结果

通过以上分析可知, 1990 年~2007 年辽宁省能源消

耗强度变化主要是产业结构调整和产业能源使用效率变化共同作用的结果。按照前述效率贡献和结构贡献的定义, 在第 n 年能源消耗变动量中第 i 产业的效率贡献和结构贡献的计算公式如下:

$$\hat{e}_{is} = \frac{e_i^{n-1}(y_i^n - y_i^{n-1})}{e_i^n y_i^n - e_i^{n-1} y_i^{n-1}} \quad (5)$$

$$\hat{e}_{ie} = \frac{(e_i^n - e_i^{n-1})y_i^n}{e_i^n y_i^n - e_i^{n-1} y_i^{n-1}} \quad (6)$$

其中, $i = 1, 2, \dots, 5$; $n = 1, 2, \dots, N$ 。

各产业结构贡献和效率贡献的具体计算结果见表 2。

在整个样本期内, 产业结构贡献出现很大波动。在 2000 年工业贡献占到整个结构贡献份额的比重较高为 36.05%, 其它年份都在 12% 以内。商业贡献占整个结构贡献份额的比重较大, 其中 1991 年、1999 年和 2001 年最为明显, 都在 80% 以上。其次是交通业, 1991~1993 年间交通业贡献占结构贡献份额的比重都在 10% 以内, 伴随着交通工具的普及, 交通业贡献在整个结构贡献份额中的比重越来越大, 除 2002 年占的比重较小约为 6.21% 之外, 2002~2007 年交通业贡献占据的比重平均值为 24.49%。建筑业贡献在 1991~2001 年占到的结构贡献份额较小, 都在 10% 以内; 在 2002~2007 年期间比重较高, 占到 36.73% 左右。农业贡献在结构贡献份额中占的比重也较小, 维持在 8% 左右, 如图 4 所示。

Tab. 2 The decomposition of energy exhaustion intensity of five industries from 1990 to 2007
表 2 1990-2007 年辽宁省各产业能源消耗强度增量的分解 (单位: 吨标准煤/万元)

年份	结 构 贡 献					效 率 贡 献				
	农业	工业	建筑业	交通业	商业	农业	工业	建筑业	交通业	商业
1991	0.46	0.44	0.28	-0.08	-1.55	0.54	0.56	0.72	1.08	2.55
1992	0.51	-0.11	-0.31	0.23	-0.49	0.49	1.11	1.31	0.77	1.49
1993	0.03	-0.05	-0.12	-0.04	-0.06	0.97	1.05	1.12	1.04	1.06
1994	-0.01	0.13	-0.04	-0.09	0.01	1.01	0.87	1.04	1.09	0.99
1995	-0.52	-0.07	0.35	0.16	0.24	1.52	1.07	0.65	0.84	0.76
1996	1.03	0.09	0.91	0.09	-0.77	-0.03	0.91	0.09	0.91	1.77
1997	1.39	-0.02	-0.07	0.41	-0.34	-0.39	1.02	1.07	0.59	1.34
1998	-0.26	0.18	-0.01	-1.73	-0.03	1.26	0.82	1.01	2.73	1.03
1999	1.89	-0.06	-0.02	-0.57	1.78	-0.89	1.06	1.02	1.57	-0.78
2000	0.99	-4.78	0.04	-0.01	0.64	0.01	5.78	0.96	1.01	0.36
2001	-0.05	0.66	-0.24	0.31	-1.24	1.06	0.34	1.24	0.69	2.24
2002	0.00	0.28	-0.42	-0.06	-0.24	0.99	0.72	1.42	1.06	1.24
2003	0.48	0.50	-2.53	-0.34	0.53	0.53	0.50	3.53	1.34	0.47
2004	-1.04	1.55	-1.78	-1.48	-0.13	2.03	-0.55	2.78	2.48	1.13

2005	-0.05	-0.82	1.05	-0.11	0.09	1.05	1.82	-0.05	1.11	0.91
2006	1.00	-0.50	-0.52	1.96	0.37	0.00	1.50	1.52	-0.96	0.63
2007	0.04	15.83	0.04	0.41	0.14	0.96	-14.83	0.96	0.59	0.86

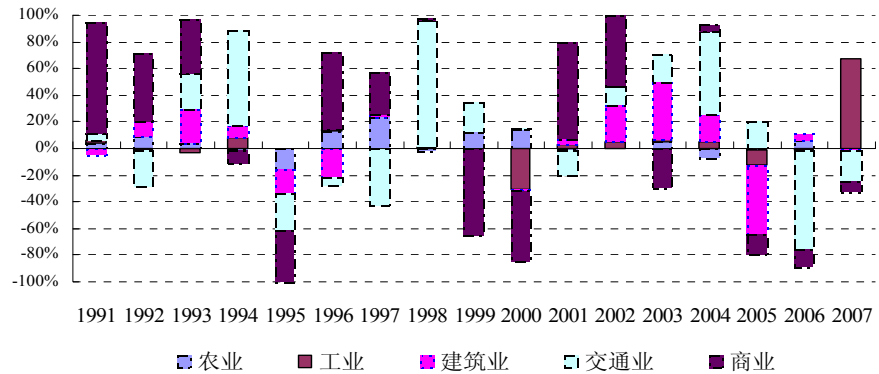


Fig. 4 The contribution of structure comparison of five industries in Liaoning province

图 4 辽宁省五大产业结构贡献比较

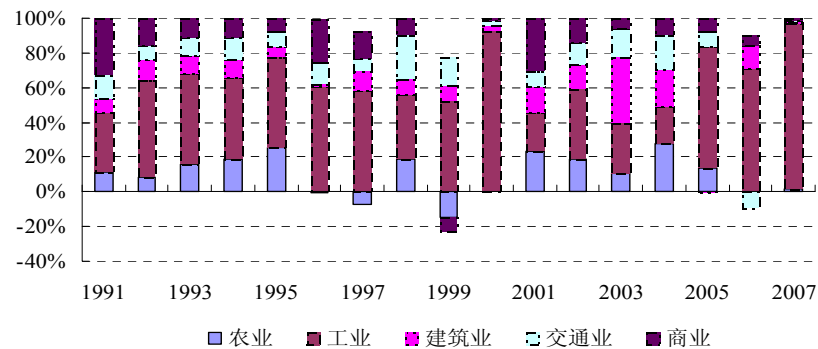


Fig. 5 The contribution of efficiency comparison of five industries in Liaoning province

图 5 辽宁省五大产业效率贡献比较

在整个样本期,除了 1999 年产业效率贡献出现较大波动外,其余年份都比较稳定。在 2000 年和 2007 年工业效率贡献所占比重较大,都在 80%以上,其余年份工业效率贡献所占比重较稳定,平均值为 4.3%。在 1991 年和 2001 年商业效率贡献份额比重较大,平均值为 13.27%,其余年份商业效率贡献份额比重的平均值为 4.89%。在 1998 年和 2004 年交通业效率贡献所占比重较大,分别为 15.22%和 13.82%,其余年份交通业效率所占比重平均值为 4.73%。在 2003 年和 2004 年建筑业效率贡献所占比重较高,分别为 17.33%和 13.66%,其余年份建筑业效率贡献的平均比重为 4.6%。在 1995 年和 2004 年农业效率贡献比重较高,分别为 13.69%和 18.32%,其余年份农业效率贡献比重的平均值为 4.53%,

如图 5 所示。

4 辽宁省能源消耗强度分解结果分析

辽宁省能源消耗强度下降是各产业能源使用效率和结构调整共同作用的,各产业能源使用效率的提升降低了能源消耗强度,结构调整提高了能源消耗强度。接下来本文从工业能源消耗强度和能源使用效率两方面探讨其成因。

4.1 工业能耗强度因素

工业部门能耗强度下降是引起辽宁省整体经济能耗强度下降的主要原因,而工业内部高耗能部门结构和效率的调整是引起整个工业能耗变化的直接原因。本文从 39 个工业部门中选出 6 个高耗能产业:煤炭开采和洗选

业、石油加工炼焦及核燃料加工业、化学原料及化学制品制造业、非金属矿物制品业、黑色金属冶炼及压延加

工业和电力工业, 根据 1995-2007 年统计数据, 分析高能耗产业的能源消耗强度变化情况, 见图 6 所示。

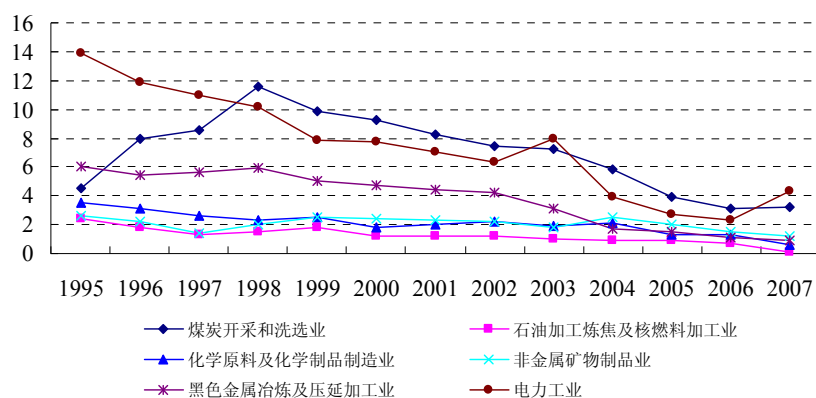


Fig. 6 The trends of energy exhaustion intensity of high energy exhaustion industries
图 6 辽宁省高能耗产业能耗强度变化趋势 (吨标准煤/万元)

在样本期, 煤炭开采和洗选业、电力工业和黑色金属冶炼及压延加工业能耗强度下降幅度较大, 而化学工业、非金属矿物制品业和石油加工炼焦及核燃料加工业下降幅度则较小。进一步对这 6 部门进行能源消耗强度分解, 结构贡献和效率贡献的分解结果如表 3。

Tab. 3 The contribution of structure and the contribution of efficiency of energy exhaustion intensity of the industry in Liaoning province

表 3 辽宁省工业部门能源消耗强度变化中的结构贡献和效率贡献

年份	结构贡献	效率贡献
1996	0.1772	0.8228
1997	0.3752	0.6248
1998	1.4586	-0.4586
1999	-0.4107	1.4107
2000	-1.3007	2.3007
2001	-2.5889	3.5889
2002	-0.1459	1.1459
2003	-3.0423	3.1423
2004	1.0237	-0.9237
2005	-0.3761	1.3761
2006	-0.9761	1.9761
2007	-2.7531	2.8531

从表 3 中可以看出, 1996-2007 年期间, 6 部门能源消耗强度下降的诸因素中结构贡献累计 -8.5591, 效率贡献累计 17.8591。结构调整仍对能源消耗强度起着阻碍作用, 效率变化对能源消耗强度起着促进作用。因此要实现降低能源消耗目标, 通过产业组织优化, 进行工业内部结构进行调整, 尤其是工业内部高耗能

行业的调整成为目前急需解决的问题。

4.2 产业能源效率因素

影响产业能源效率变化的因素主要有三方面: 一是技术进步, 二是能源价格, 三是能源消费结构。

4.2.1 技术进步因素

随着技术的不断发展, 企业的机器设备工作效率得到提升, 降低了单位产品的能耗量, 此外, 企业充分利用新技术也会大幅度地提升能源使用效率。以石化行业为例, 专家测算技术进步对节能贡献达到 40%~60%。因此, 要提高产业能源使用效率, 依靠技术进步、增强自主创新能力和必要手段之一。

增加企业的科技开发经费投入, 有助于企业开发新技术。2007 年辽宁省大中型工业企业科技经费筹集额是 182 亿元, 是 2000 年科研经费筹集额的 4.04 倍, 在中国所有省份中处于中等以上水平, 辽宁省比较重视科研经费的投入, 这也是辽宁省产业能源效率较高的原因之一。

4.2.2 能源价格因素

能源价格的上涨拉高了能源成本, 导致产品成本的上升, 此时企业会增加节能意识, 选择提高能源使用效率的方式来减少能源消耗, 从而弥补产品成本的提高带来的损失。同时, 企业为应对能源价格的提升, 会加快淘汰落后的生产工艺及设备, 通过加强管理和节能技术创新降低能源消耗, 增加企业竞争力。因此, 能源价格的上涨在一定程度上提升了产业能源使用效率。

4.2.3 能源消费结构因素

在辽宁省能源消费结构中,煤炭一直占据主导地位,大约占能源消耗总量的 70%左右,受到开采技术、煤炭质量等多种因素的限制,辽宁省煤炭利用效率较低。随着中国制定多元化的能源结构发展战略,能源消费结构正在逐步优化,石油、天然气在一次能源消费总量中的比例不断增加,相对来讲煤炭消费所占份额逐渐减少,这种趋势一定程度上促进了工业行业能源使用效率的提高。

从以上分析来看,产业结构变动和能源使用效率都是影响能源消耗强度的重要原因。对于降低能源消耗强度来说,能源使用效率起的作用较大,继续推进技术升级是降低能耗强度的必要途径。但这不否定结构调整带来的影响,当各产业技术达到一定水平后,能源效率上升空间会逐渐缩小,合理调整产业结构将成为缓解能源矛盾的主要途径。

5 结论

辽宁省能源消耗强度在 1990~2007 年呈现下降趋势,由能源消耗强度分解模型求解可知,这是由产业结

构调整和能源使用效率变化共同作用的,结构调整对降低能源消耗强度有阻碍作用,能源使用效率的提高对降低能源消耗强度有促进作用。通过对能源消耗强度因素分析可知,科技进步、能源价格和能源消费结构是影响能源使用效率的主要因素;工业能源消耗强度是影响辽宁省能源消耗强度的主要因素,因此要实现降低能源消耗目标,通过产业组织优化,进行工业内部结构进行调整,尤其是工业内部高耗能行业的调整成为目前急需解决的问题。

References (参考文献)

- [1] WANG Hai-peng, TIAN Peng, A Study of Power Consumption Intensity Based on Structure Share, and Efficiency Share[J], Systems Engineering-Theory Methodology Application, 2005, 14(6), P564-567.
- [2] HAN Zhi-yong, WEI Yi-ming, FAN Ying, Research on change features of Chinese energy intensity and economic structure[J], Application of Statistics and Management, 2004, 23(1):1-6.
- [3] WU Qiao-sheng, CHENG Jin-hua, Change in Energy Consumption Intensity and the Main Factors during the Process of China's Industrialization ——An Empirical Analysis based on the Decomposition Model[J], Journal of Finance and Economics, 2006, 32(6), P75-84.