

张瑞/著

中国能源效率 与其影响因素研究

Research on Chinese Energy Efficiency
and Its Influencing Factors

 经济日报出版社

中国能源效率 与其影响因素研究

张 瑞 著

 经济日报出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

中国能源效率与其影响因素研究 / 张瑞著. —北京: 经济日报出版社, 2011. 4

ISBN 978 - 7 - 80257 - 313 - 0

I. ①中… II. ①张… III. ①能源效率 - 研究 - 中国
IV. ①F206

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 057963 号

中国能源效率与其影响因素研究

作 者	张 瑞
责任编辑	雷 伟 席建海 孔 岳
责任校对	孔 岳
出版发行	经济日报出版社
社 址	北京市宣武区白纸坊东街 2 号(邮政编码:100054)
电 话	010 - 63567690 63567691(编辑部) 63567683(发行部)
网 址	www. edpbook. com. cn
E - mail	jjrb58@ sina. com
经 销	全国新华书店
印 刷	北京市北方华天彩色印刷有限公司
开 本	880 × 1230mm 32 开
印 张	7.2
字 数	200 千字
版 次	2011 年 4 月第一版
印 次	2011 年 4 月第一次印刷
书 号	ISBN 978 - 7 - 80257 - 313 - 0
定 价	30.00 元

版权所有 盗印必究 印装有误 负责调换



前 言

改革开放以来,中国能源效率有了显著的提高,但与国际先进水平相比,我国仍是能源效率较低的国家。特别是2003年以来,我国能源强度不断上升,综合能源效率下降,大量的能源消耗不仅对经济增长形成了制约,而且对环境造成了严重的污染。提高能源效率是解决能源短缺、增强经济竞争力的重要手段,是保护环境、实施可持续发展战略的有力措施,是新型工业化道路的必然要求。我国在“十一五”规划中也提出了在“十一五”时期能源强度比“十五”期末降低20%左右,显著提高能源效率的战略目标。因此,研究能源效率及其影响因素具有十分重要的现实意义。

从目前看,学术界对能源效率及其影响因素进行全面、系统的研究比较少,而且已有文献大多以定性研究为主,缺乏定量研究,不能够满足理论与现实的需求。鉴于此,本书作者经过认真的调研,并在有关专家的指导和建议下着手这部著作的撰写,以期为实现中国能源和经济的可持续发展提供科学的指导思想和决策参考。

本书借鉴能源科学、经济学、管理学、计量经济学等有关理论与方法,以MATLAB、EVIEWS等作为计算工具,在分析了能源消费与经济增长关系的基础上,定量研究了技术进步、产业结



构、能源消费结构与能源效率之间的关系，弥补了此方面定量研究的空白。本书还从区域能源效率差异的角度出发，分析了工业化进程对区域能源效率差异的影响，为缩小区域能源效率差异提出了相关对策。主要研究内容及结论如下：

(1) 应用单整、协整以及 Granger 因果关系检验的方法，建立协整与误差修正模型，对中国能源消费总量、主要类型能源（煤炭、石油、天然气以及水电）消费量与经济增长之间的关系进行实证分析。分析结论认为：中国能源消费与经济增长之间存在着长期的均衡关系，也存在相互因果关系。这一结论的含义是：一方面，经济持续稳定增长必须要有持续的能源供应作为保障，对能源供应可能出现的波动和短缺必须保持高度警惕并作好应对的准备；另一方面，我国在制定保护环境的能源政策时，必须充分考虑可能对能源消费产生的影响，以避免间接地阻碍我国经济增长。

煤炭消费量与经济增长之间也存在协整关系与双向因果关系，这说明大量的煤炭消耗促进了中国经济的增长，同时经济的高速增长也导致了大量的煤炭需求。在我国煤炭消费占到总能源消费量 70% 以上的能源消费结构下，煤炭消费、能源消费总量与经济增长具有相同的变化关系，这也是必然的。

(2) 能源效率的改变是能源与产出之间动态变化的结果。技术对能源与产出的改变有着重要的影响，因此，技术对能源效率提高的贡献是技术促进了产出最大化，且使能源消费最小化，即技术使每新增加的单位产出所需求的能源量减少。以企业最优的投资规则与最优的机器设备报废规则为切入点的分析，说明了技术进步是提高能源效率的必要条件，技术水平约束着能源效率的



变化。技术进步节能率的测算表明：改革开放以来，技术进步对我国能源效率的提高起到了极大的促进作用。基于技术进步节能率与能源价格之间的关系模型，根据“十一五”期末能源效率提高 20% 的目标，估算出在当前技术进步节能率下，能源价格总水平年均上涨率至少为 4.71%。

(3) 产业结构变动直接决定能源消费量。三次产业中，第二产业变化对能源消费总量的影响较大，第一、第三产业变化对能源消费总量的影响较小。各产业比重与能源效率的动态回归模型的建立，表明了在中国产业结构变动过程中，第一、第三产业结构变动提高了能源效率，第二产业结构变动降低了能源效率。能源强度变化的全分解模型，计算出了产业能效变动因素、产业结构变动因素以及生活用能变动因素对能源强度变动的影响份额。结果表明，过去 20 多年，我国能源效率提高的决定因素是产业能效的提高，而不是产业结构的调整，这样的结论虽然否定了在国内很有影响的结构调整决定能源强度的说法，但并不是指产业结构调整不能决定能源强度。例如，“十五”期间，能源效率的下降不仅归因于产业能效的下降，还归因于产业结构变动的方向。三次产业能效变动与结构变动对能源强度变动的影响分析说明，能源强度的变化动因主要归结为第二产业能效与结构的变动。其中，工业部门结构变动对能源效率的影响最为明显，尤其是制造业、高能耗行业。以提高能源效率为导向的产业结构调整就是在保证能源需求量不变或者小幅度增长的前提下，调整优化产业结构促进经济快速增长。

(4) 虽然我国石油、天然气、水电消费所占的比例有所上升，但长期以来以煤为主的能源消费结构一直没有改变。通过与



世界一些国家对比,发现我国能源消费结构中,石油、天然气所占比例均低于世界平均水平和主要能源消费国水平。通过能源效率与煤炭、石油、天然气、水电消费比重的协整分析,发现除天然气、水电消费比重外,煤炭、石油消费比重都与能源效率存在着长期的协整关系。煤炭消费比重与能源效率存在着反向关系,煤炭消费比重越大,能源效率越低;石油消费比重与能源效率存在着正向关系,石油消费比重越大,能源效率越高。此结论为优化我国能源消费结构提供了基本思路。

(5) 区域能源效率差异分析肯定了改革开放以来我国经济增长的质量。各地区工业化水平的差距体现了其技术进步、产业结构优化程度之间的差距,后者直接决定了能源效率的高低,因此区域工业化水平的差距是导致区域能源效率差距的一个重要原因。Panel data 协整模型估计的结果表明东、中、西部能源效率差距形成的一个重要原因是工业化水平对能源强度的影响不同。东部地区工业化水平对能源效率的影响最为明显;中部次之;西部最小。

经济增长差距与能源效率差距的收敛性模型表明通过缩小与发达地区经济增长的差距可以提高本地区的能源效率,但经济差距越大,通过缩小经济差距来缩小能源效率差距就越困难,因此要缩小西部地区与发达地区能源效率的差距,仅仅通过经济总量的追赶是不可行的,还应该注意经济增长的质量,采取节约资源集约型的增长方式。

本书共分为7章,第1章主要介绍了能源效率及其影响因素研究的目的与意义,总结了国内外研究能源效率影响因素的相关文献;第2章讨论了能源消费与经济增长之间的关系,为实现国



民经济增长与能源消费之间的良性循环和结构协调提供决策依据；第3章分析了技术进步对能源效率的影响机理，给出技术进步节能率的测算方法，提出提高能源效率的能源技术政策建议；第4章分析了产业结构变动对能源效率的影响，提出以提高能效为导向的产业结构调整方法；第5章分析了能源消费结构对能源效率的影响，提出以提高能效为导向的能源消费结构优化基本思路与具体措施；第6章分析了中国工业化进程中区域能源效率差异，提出解决缩小地区能源效率差距的方法；第7章给出主要结论，对研究中存在的问题以及以后进一步工作内容提出建议。

在本书撰写过程中，得到了中国矿业大学（北京）管理学院副院长、博士生导师丁日佳教授的精心指导，得到了中央高校基本科研业务费专项资金资助，一些学术界和实业界的同行及朋友也为本研究提供了大量的实证资料，使我的工作建立在坚实的实证研究基础之上，在此表示衷心的感谢。

由于能源效率及其影响因素研究还处于初期阶段，加之作者学术水平有限，书中不足和疏漏之处在所难免，恳请读者批评指正。

张 瑞

2011年4月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 引言	1
1.1.1 中国能源消费状况	1
1.1.2 相关概念	7
1.2 研究的目的与意义	11
1.2.1 中国能源效率状况	11
1.2.2 中国提高能源效率的意义	15
1.2.3 影响能源效率的主要因素	17
1.3 国内外研究综述	18
1.3.1 国内研究综述	18
1.3.2 国外研究综述	21
1.4 研究内容、方法及技术路线	23
1.4.1 研究内容	23
1.4.2 研究方法	24
1.4.3 技术路线	25
第 2 章 中国能源消费与经济增长的关系	26
2.1 能源与经济增长的关系	26



2.1.1	经济增长对能源的需求	26
2.1.2	能源在经济增长中的作用	28
2.2	中国能源消费与经济增长的协整与因果关系分析	29
2.2.1	协整与因果关系	29
2.2.2	能源消费与经济增长关系的实证分析	31
2.3	中国能源消费与经济增长评价	38
2.3.1	能源消费弹性系数	38
2.3.2	能源消费弹性系数的比较	40
2.3.3	能源消费弹性系数与能源强度的关系	43
2.4	本章小节	44
 第3章 技术进步对能源效率影响的实证分析		46
3.1	技术进步与能源效率的关系	46
3.1.1	技术进步与能源消费的历史回顾	46
3.1.2	技术进步解决能源短缺的途径	48
3.1.3	技术进步影响能源效率的机理	50
3.2	技术进步提高能源效率的实证分析	56
3.2.1	节能量与节能率	56
3.2.2	技术进步节能率测定的理论研究	59
3.2.3	技术进步节能率测定的经验分析	61
3.3	技术进步与能源价格及能源 R&D 投入的关系	66
3.3.1	技术进步与能源价格	66
3.3.2	技术进步与能源 R&D 的投入	73
3.4	主要能耗部门节能技术措施分析	76



3.4.1 工业部门	76
3.4.2 运输部门	77
3.4.3 电力部门	78
3.4.4 家庭部门	79
3.5 中国能源技术政策	81
3.5.1 美国与日本的能源技术政策	81
3.5.2 改革开放前后我国的能源技术政策	82
3.5.3 我国能源技术政策建议	85
3.6 本章小节	87
第4章 产业结构变动对能源效率影响的实证分析	89
4.1 产业结构变动与能源效率	89
4.1.1 产业结构变动与经济增长的关系	89
4.1.2 产业结构变动对能源消费的影响	91
4.1.3 产业结构变动与能源效率关系的回归分析	93
4.2 中国能源强度变动的全分解模型	96
4.2.1 能源强度变动分解的意义及方法	96
4.2.2 能源强度变动全分解模型的建立	98
4.2.3 基于全分解模型的能源强度变动因素分析	100
4.2.4 产业结构变动节能量的计算公式	105
4.3 工业部门结构变动对能源效率的影响	106
4.3.1 工业在能源消费中的地位	106
4.3.2 高能耗行业的变动分析	108
4.3.3 高能耗行业对总能源强度的影响分析	110



4.3.4 制造业产出相对规模变动对工业能源效率的影响	111
4.4 以提高能效为导向的产业结构调整	113
4.4.1 加强农业基础地位, 积极发展第三产业	114
4.4.2 优化第二产业内部结构	115
4.5 本章小节	118
第5章 能源消费结构对能源效率影响的实证分析	120
5.1 中国及世界能源消费结构	120
5.1.1 中国能源消费结构	120
5.1.2 世界能源消费结构	121
5.2 中国能源效率与能源消费结构的协整分析	124
5.2.1 能源效率与能源消费结构的变动趋势	124
5.2.2 中国能源效率与能源消费结构的协整模型	125
5.2.3 基于协整模型的能源消费结构优化的基本思路	131
5.3 中国能源消费结构优化的具体措施	132
5.3.1 发展洁净煤技术, 提高煤炭利用效率	132
5.3.2 加大油气开发力度, 替代煤炭发挥作用	134
5.3.3 开发可再生能源, 降低化石能源比重	135
5.4 本章小节	139
第6章 中国工业化进程中区域能源效率差异实证研究	141
6.1 区域能源效率的差异分析	141
6.1.1 我国能源消费的区域分布概况	141
6.1.2 基于熵的省际能源效率差异分析	142

6.1.3	Panel data 模型的类型及识别	147
6.1.4	区域能源消费弹性系数差异	152
6.2	工业化对区域能源效率差异的影响	155
6.2.1	工业化进程中的产业结构变动	155
6.2.2	面板数据的单位根检验	156
6.2.3	工业化对区域能源效率影响的实证分析	159
6.3	区域经济增长的差异与能源效率	166
6.3.1	区域经济增长的差异	166
6.3.2	区域经济增长差异的变动与能源效率	167
6.4	本章小节	170
第 7 章	结论与展望	172
7.1	结论	172
7.2	创新点	176
7.3	存在的问题与进一步工作建议	177
附 表		178
参考文献		202



第1章 绪论

1.1 引言

1.1.1 中国能源消费状况

1. 能源消费总量变化

从能源总量来看,中国是世界第一大能源生产国与第二大能源消费国,能源消费主要靠国内供应,能源自给率在90%以上^[1]。2009年,中国一次能源消费总量为306647万吨标准煤,比2008年增长5.22%。其中煤炭消费量215879万吨标准煤,原油、天然气折合标准煤为54890万吨、11959万吨。

从1953~2009年,除个别年份外(1961~1963年、1967年、1981年),总体上一次能源消费总量是逐年增长的(如图1-1所示)。一次能源消费总量从1953年的5411万吨标准煤增加到2009年的306647万吨标准煤,56年间的年均增长率为7.48%,年均增加量为5379万吨标准煤。

2. 以煤为主的能源消费结构

中国一次能源消费构成中,以煤炭为主的格局一直未曾改变

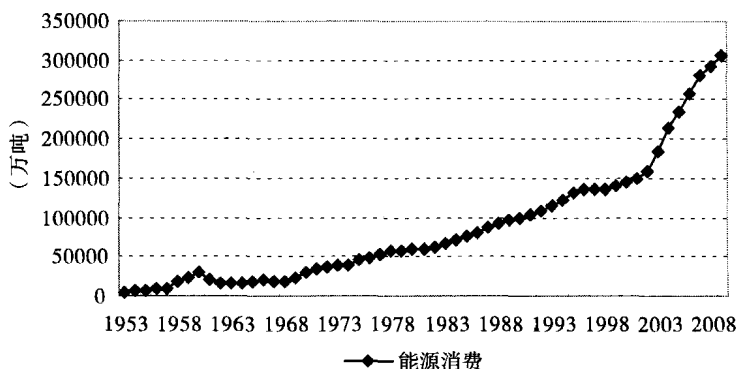


图 1-1 一次能源消费量变化图 (1953 ~ 2009 年)

Fig. 1-1 The change diagram of primary energy consumption (1953 ~ 2009)

(见表 1-1)。在 20 世纪 50 年代煤炭占能源消费的比重为 90% 以上, 60 年代为 80% 以上, 70 年代、80 年代、90 年代为 70% 以上, 2000 ~ 2004 年降为 70% 以下, 2005 年以后又达到 70% 以上。可见, 煤炭在能源消费中始终处于主体地位; 虽然石油、天然气、水电在一次能源消费总量中所占比重逐年提高, 由 1990 年的 23.8% 上升为 2009 年的 29.6%, 但增幅并不大。

表 1-1 能源消费总量及其消费结构

Table 1-1 The total energy consumption and energy consumed structure

年份	能源 (万吨)	原煤 (%)	原油 (%)	天然气 (%)	水电 (%)
1953	5411	94.33	3.81	0.02	1.84
1978	57144	70.7	22.7	3.2	3.4
1980	60275	72.2	20.7	3.1	4.0
1985	76682	75.8	17.1	2.2	4.9
1990	98703	76.2	16.6	2.1	5.1
1991	103783	76.1	17.1	2.0	4.8
1992	109170	75.7	17.5	1.9	4.9
1993	115993	74.7	18.2	1.9	5.2



续表

年份	能源 (万吨)	原煤 (%)	原油 (%)	天然气 (%)	水电 (%)
1994	122737	75.0	17.4	1.9	5.7
1995	131176	74.6	17.5	1.8	6.1
1996	135192	73.5	18.7	1.8	6.0
1997	135909	71.4	20.4	1.8	6.4
1998	136184	70.9	20.8	1.8	6.5
1999	140569	70.6	21.5	2.0	5.9
2000	145531	69.2	22.2	2.2	6.4
2001	150406	68.3	21.8	2.4	7.5
2002	159431	68.0	22.3	2.4	7.3
2003	183792	69.8	21.2	2.5	6.5
2004	213456	69.5	21.3	2.5	6.7
2005	235997	70.8	19.8	2.6	6.8
2006	258676	71.1	19.3	2.9	6.7
2007	280508	71.1	18.8	3.3	6.8
2008	291448	70.3	18.3	3.7	7.7
2009	306647	70.4	17.9	3.9	7.8

数据来源：中国统计年鉴2010。

3. 工业部门能源消耗量大

我国1985~2008年间，能源消费按部门划分的构成大致为：工业占66%~74%，民用占10%~18%，交通运输占4%~8%，农业占2%~6%，商业占1%~3%，建筑业占1%~2%，其他第三产业占3%~5%（如图1-2所示），工业和交通运输业属高耗能产业，随着我国工业化的迅速发展，能源消费量将不断增加。2008年中国能源消费总量为291448万吨标准煤，工业部门的消费量为209302万吨标准煤，占71.8%，可见工业部门的能源消耗占到很大的份额。工业部门的用煤大户是电力、冶金、化



工、建材等行业。火力发电用煤量大致在 7 亿 ~ 8 亿吨标准煤左右, 占煤炭总消费量的 35% ~ 40%。工业的迅速发展是国民经济发展和社会进步的重要标志, 工业化进程中需要消费大量的能源也是普遍规律。我国发展工业的起步较晚, 工业化进程中较长时期以重工业为主, 工业生产设备的更新改造速度慢和工业经济增长中的科技含量较低, 致使单位产品的能耗较高。

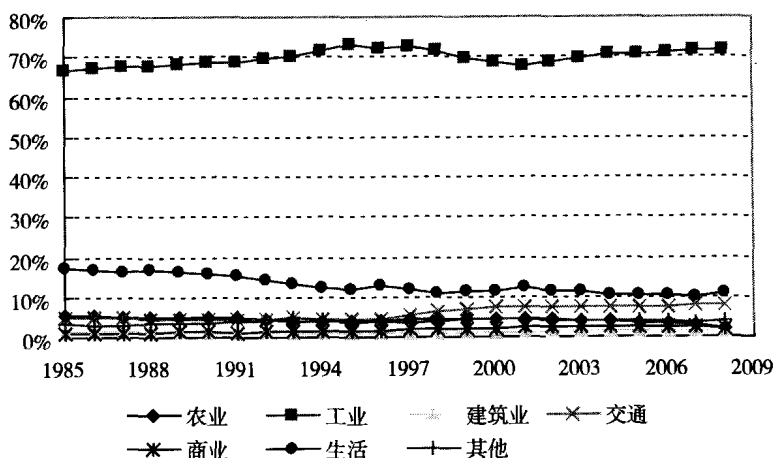


图 1-2 各部门能源消费所占总量的百分比 (1985 ~ 2008 年)

Fig. 1-2 The percentage of each department energy consumption (1985 ~ 2008)

4. 人均能源消费状况

随着能源消费总量的增长, 中国人均能源消费水平逐年提高。2008 年中国人均能源消费量为 2194 千克标准煤, 是 1952 年的 25 倍。中国居民生活用能在能源消费总量中的比例呈下降态势, 但人均居民生活用能有所增加, 1980 年人均居民生活用能为 97.7 千克标准煤, 2008 年人均居民生活用能 240.8 千克标准煤,