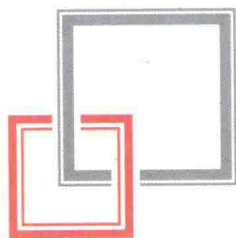


北京市市属高等学校高层次人才引进与培养
计划项目 (CIT&TCD20130331) 资助



中国能源消费结构问题的 统计研究

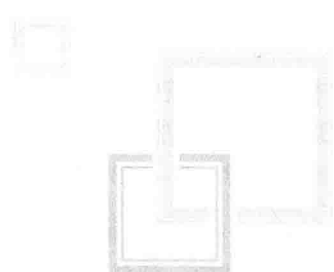


ZHONGGUO NENGYUAN
XIAOFEI JIEGOU WENTI DE
TONGJI YANJIU

马立平 刘 硕 李 杨 ◎ 著



首都经济贸易大学出版社
Capital University of Economics and Business Press



中国能源消费结构问题的 统计研究



ZHONGGUO NENGYUAN
XIAOFEI JIEGOU WENTI DE
TONGJI YANJIU

马立平 刘 硕 李 杨 ◎ 著

 首都经济贸易大学出版社
Capital University of Economics and Business Press

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

中国能源消费结构问题的统计研究/马立平,刘硕,李杨著.
—北京:首都经济贸易大学出版社,2016.7

ISBN 978-7-5638-2452-6

I. ①中… II. ①马… ②刘… ③李… III. ①能源消
费—消费结构—经济统计—研究—中国 IV. ①F426.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 306671 号

中国能源消费结构问题的统计研究

马立平 刘硕 李杨 著

出版发行 首都经济贸易大学出版社

地 址 北京市朝阳区红庙(邮编 100026)

电 话 (010)65976483 65065761 65071505(传真)

网 址 <http://www.sjmcb.com>

E-mail publish@cueb.edu.cn

经 销 全国新华书店

照 排 首都经济贸易大学出版社激光照排服务部

印 刷 北京九州迅驰传媒文化有限公司

开 本 710 毫米×1000 毫米 1/16

字 数 242 千字

印 张 14

版 次 2016 年 7 月第 1 版 2016 年 7 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5638-2452-6/F·1384

定 价 35.00 元

图书印装若有质量问题,本社负责调换

版权所有 侵权必究

目 录

第一部分 经济增长与能源的生产与消费

第一章 绪论	3
第一节 研究背景	3
第二节 能源消费问题的研究现状与综述	4
第二章 中国能源生产与消费规模的统计描述	13
第一节 能源生产总量的统计描述	13
第二节 能源消费总量的统计描述	18
第三节 能源生产与消费平衡状况的统计描述	26
第四节 能源储存状况的统计描述	29
第三章 中国经济发展与能源生产协调性的统计分析	31
第一节 中国经济增长与能源消费的协整分析	31
第二节 中国经济增长的能源消费强度的统计分析	34
第三节 能源消费对经济增长的作用分析	41

第二部分 产业发展与能源消费结构

第四章 中国能源消费结构的统计描述性分析	51
第一节 按能源分类的结构特征分析	51
第二节 能源消费的产业与行业结构特征分析	55
第三节 一次能源的消费水平分析	57
第四节 能源消费的地区特征分析	68
第五节 能源消费结构的国际比较分析	81
第五章 产业结构与能源消费总量分析	88
第一节 基于产业结构的能源消费变化分析	88
第二节 产业结构变动对能源消费的影响——基于因素分解	90
第三节 产业结构对中国能源消费的影响分析	110
第六章 产业结构与能源消费结构分析	118
第一节 产业结构与煤炭消费的统计分析	118
第二节 产业结构与石油消费的统计分析	127

第三节 产业结构与天然气消费的统计分析	134
第四节 产业结构与电力消费的统计分析	143

第三部分 中国能源的消费预测及节流空间分析

第七章 能源需求影响因素分析	153
第一节 能源需求的长期影响因素分析	153
第二节 能源需求的短期影响因素分析	156
第八章 基于现实的预测模型的建立与分析	159
第一节 方法的选择与数据来源	159
第二节 时间数列预测模型 (ARIMA) 的建立与预测	160
第三节 经济增长的能源消费预测	165
第四节 对中国未来能源需求状况的预测	171
第九章 情景模型的建立与节能空间的测算	176
第一节 理想模型的思路分析	176
第二节 模型的建立与结果	176
第三节 节能空间的分析与测算	179

第四部分 研究结论与建议

第十章 关于经济增长与能源消费的结论与建议	183
第一节 创新与结论	183
第二节 主要建议	188
附录: 统计分析方法	195
参考文献	204

表 目 录

表 2.1	2011 年世界主要国家及地区的能源供给量比较	14
表 2.2	1953—2013 年中国能源生产总量及构成	14
表 2.3	“五年计划（规划）”期间中国各种能源生产、GDP 年均增长率（%）	16
表 2.4	1953—2013 年中国能源消费总量及增长率	19
表 2.5	2013 年世界及主要国家煤炭能源量与消费结构	21
表 2.6	1995—2012 年中国分行业能源消费结构（%）	22
表 2.7	2001—2013 年中国 GDP 的支出构成	24
表 2.8	中国高耗能产品产量增长情况	25
表 2.9	中东西部能源消费结构比较（%）	26
表 2.10	1990—2012 年我国能源对外依存度	28
表 3.1	变量平稳性检验结果	32
表 3.2	残差单位根检验	33
表 3.3	1970—2013 年中国的能源消费弹性系数	35
表 3.4	1978—2013 年中国三次产业结构（%）	40
表 3.5	变量平稳性检验结果	45
表 3.6	变量协整性检验结果	46
表 3.7	方程的回归结果	46
表 3.8	残差平稳性检验结果	47
表 4.1	中国能源消费结构发展概况	51
表 4.2	1981—2013 年中国各种能源消费、GDP 年均增长率（%）	54
表 4.3	2012 年主要产业及高耗能行业油品消耗状况（万吨）	62
表 4.4	工业部门主要行业天然气消费量（亿立方米）	64
表 4.5	工业部门主要行业电力消费量（亿千瓦时）	66
表 4.6	1980—2007 年中国电力消费结构（以电力消费总量为 100）	67
表 4.7	1973—2012 年 OECD 国家各部门电力消费比重（%）	68
表 4.8	各地区能源消费总量统计资料	68
表 4.9	能源消费量与地区生产总值相关系数计算表	73

表 4.10	能源消费状况单因素方差分析结果	74
表 4.11	聚类信息	75
表 4.12	两步聚类分析的类中心	76
表 4.13	1950—1980 年主要发达经济体能源消费结构的变动	82
表 4.14	21 世纪主要发达经济体能源消费结构的变动	85
表 4.15	各国能源消费结构 (%)	87
表 5.1	1980—2013 年各产业能源消耗强度 (吨标煤/万元)	89
表 5.2	1981—2013 年能源消费总量变动的因素分解	93
表 5.3	1986—2012 年煤炭消费量的因素分解	97
表 5.4	1986—2012 年石油消费量的因素分解	100
表 5.5	1986—2012 年天然气消费量的因素分解	102
表 5.6	1986—2012 年电力消费量的因素分解	104
表 5.7	工业各行业的部门划分	107
表 5.8	2006—2012 年工业能源消费总量的因素分解	108
表 5.9	2005—2012 年工业内部各部门产值比重变化 (%)	109
表 5.10	2012 年工业能源消费总量的因素分解	109
表 5.11	变量平稳性检验结果	113
表 5.12	变量协整检验结果	114
表 5.13	VAR (3) 模型回归结果	114
表 5.14	方差分解结果	117
表 6.1	变量平稳性检验结果	119
表 6.2	残差序列 em_1 的平稳性检验结果	120
表 6.3	残差序列 em_2 的平稳性检验结果	120
表 6.4	残差序列 em_3 的平稳性检验结果	120
表 6.5	EM 和 G1 的格兰杰因果关系检验结果	123
表 6.6	EM 和 G2 的格兰杰因果关系检验结果	124
表 6.7	EM 和 G3 的格兰杰因果关系检验结果	124
表 6.8	变量平稳性检验结果	127
表 6.9	残差序列 ey_1 的平稳性检验结果	128
表 6.10	残差序列 ey_2 的平稳性检验结果	128
表 6.11	残差序列 ey_3 的平稳性检验结果	128
表 6.12	EY 和 G1 的格兰杰因果关系检验结果	131
表 6.13	EY 和 G2 的格兰杰因果关系检验结果	131

表 6.14	EY 和 $G3$ 的格兰杰因果关系检验结果	132
表 6.15	变量平稳性检验结果	135
表 6.16	残差序列 eq_1 的平稳性检验结果	136
表 6.17	残差序列 eq_2 的平稳性检验结果	136
表 6.18	残差序列 eq_3 的平稳性检验结果	136
表 6.19	EQ 和 $G1$ 的格兰杰因果关系检验结果	139
表 6.20	EQ 和 $G2$ 的格兰杰因果关系检验结果	140
表 6.21	EQ 和 $G3$ 的格兰杰因果关系检验结果	140
表 6.22	变量平稳性检验结果	143
表 6.23	残差序列 ed_1 的平稳性检验结果	144
表 6.24	残差序列 ed_2 的平稳性检验结果	144
表 6.25	残差序列 ed_3 的平稳性检验结果	144
表 6.26	ED 和 $G1$ 的格兰杰因果关系检验结果	147
表 6.27	ED 和 $G2$ 的格兰杰因果关系检验结果	147
表 6.28	ED 和 $G3$ 的格兰杰因果关系检验结果	148
表 8.1	中国能源消费总量 EC 差分序列 ADF 单位根结果	162
表 8.2	四种模型的拟合估计结果比较	163
表 8.3	2008—2015 年 EC 的 ARIMA 模型预测表	165
表 8.4	EC 和 GDP 序列单位根检验结果	168
表 8.5	GDP 和 EC 的格兰杰因果关系检验结果	170
表 8.6	VAR 模型滞后期选择标准表	173
表 8.7	未来全国水平经济增长率预测 (%)	174
表 8.8	2014—2020 年中国能源消费总量预测结果	174
表 9.1	理想情况下预测中国的能源消费结果	179
表 9.2	节能空间测算结果	180

图 目 录

图 2.1	2004—2011 年世界主要国家及地区的能源产量年均增长率 比较	13
图 2.2	1953—2013 年中国能源生产总量及增长率	14
图 2.3	2013 年主要国家一次能源消费量占全球份额	18
图 2.4	1953—2013 年中国能源消费总量变化趋势	20
图 2.5	2013 年世界及主要国家人均能源供应量 (吨标准煤/人)	21
图 2.6	2013 年世界及主要国家一次能源消费结构	22
图 2.7	2011 年分行业终端能源消费结构国际比较	23
图 2.8	2005—2012 年高耗能工业行业耗能及增加值占比	24
图 2.9	1978—2013 年中国能源生产与消费平衡状况	27
图 3.1	1970—2013 年中国经济增长与能源消费增长波动	36
图 4.1	能源消费结构时间序列图	53 ~ 54
图 4.2	1980—2013 年各产业及生活耗能比重变动	56
图 4.3	1980 年与 2013 年各产业及生活耗能比重	56
图 4.4	1980—2012 年煤炭消费量及其增长率变化图	57
图 4.5	2013 年主要煤炭消费国的消费比重	58
图 4.6	1980—2012 年煤炭消费的产业构成	59
图 4.7	2012 年工业内部煤炭消费的主要行业构成	59
图 4.8	1985—2012 年石油消费量及其增长率变化图	60
图 4.9	1985—2012 年石油消费的产业构成	61
图 4.10	1980—2012 年天然气消费量及增长率	63
图 4.11	1980—2012 年天然气消费的产业构成	63
图 4.12	1980—2012 年电力消费量及增长率	65
图 4.13	1980—2012 年电力消费的产业构成	66
图 4.14	2012 年各省市能源消费总量	70
图 4.15	与 2005 年相比 2012 年各省市区能源消费增长速度	71
图 4.16	2012 年各省市区单位 GDP 能耗水平	71
图 4.17	2012 年各省市区地区生产总值能耗较 2011 年下降幅度	72

图 4.18	2012 年各省区市地区生产总值与能源消费散点图与线性拟合图	73
图 4.19	各组所占样本比重饼图	75
图 4.20	各类能源消费增长率均值及 95% 置信区间	76
图 4.21	单位地区生产总值能耗增长率均值及 95% 置信区间	77
图 4.22	工业产值增长率均值及 95% 置信区间	77
图 4.23	第一类分类变量重要程度图	78
图 4.24	第二类分类变量重要程度图	78
图 4.25	第六类分类变量重要程度图	79
图 4.26	第三类分类变量重要程度图	79
图 4.27	第四类分类变量重要程度图	80
图 4.28	第五类分类变量重要程度图	80
图 4.29	1950—1980 年主要发达经济体能源消费结构的变化图	84
图 5.1	1980—2013 年各产业能源消耗强度变动趋势	90
图 5.2	1980—2013 年各产业对能源消费总量结构因素的贡献份额	96
图 5.3	1986—2012 年各产业对煤炭消费结构因素的贡献份额	99
图 5.4	1986—2012 年各产业对石油消费结构因素的贡献份额	101
图 5.5	1986—2012 年各产业对天然气消费结构因素的贡献份额	104
图 5.6	1980—2012 年各产业对电力消费结构因素的贡献份额	106
图 5.7	工业内部各行业对工业能源消费结构因素的贡献份额	110
图 5.8	各产业对能源消费总量的冲击	115
图 6.1	第一产业产值与煤炭消费量冲击响应	125
图 6.2	第二产业产值与煤炭消费量冲击响应	125
图 6.3	第三产业产值与煤炭消费量冲击响应	126
图 6.4	第一产业产值与石油消费量冲击响应	132
图 6.5	第二产业产值与石油消费量冲击响应	133
图 6.6	第三产业产值对石油消费量冲击响应	134
图 6.7	第一产业产值与天然气消费量响应	141
图 6.8	第二产业产值与天然气消费量响应	142
图 6.9	第三产业产值与天然气消费量响应	142
图 6.10	第一产业产值与电力消费量冲击响应	149
图 6.11	第二产业产值与电力消费量冲击响应	149
图 6.12	第三产业产值与电力消费量冲击响应	150

图 8.1	EC 二阶差分序列的自相关和偏相关图	163
图 8.2	模型拟合残差图	164
图 8.3	中国能源消耗的 ARIMA 模型拟合预测图	165
图 8.4	1953—2013 年 EC 与实际 GDP 曲线	168
图 8.5	1953—2013 年 GDP 和 EC 协整方程拟合及残差	169
图 8.6	VAR 模型平稳性检验图	172
图 8.7	VAR 模型拟合残差图	174

第一部分

经济增长与能源的生产与消费

第一章 绪论

第一节 研究背景

能源是人类生存、经济发展、社会进步不可缺少的重要基础资源，也是关系到国家经济命脉和国家安全的重要战略物资。在当今世界经济趋于全球化的进程中，由于各国能源问题带来的经济发展与环境保护、可持续发展的矛盾比较突出，能源问题已成为各国经济、社会可持续发展中最为重要的问题之一。中国是世界上最大的发展中国家，也是能源生产和消费大国，其中能源生产量居世界第一位；基本能源消费占世界消费量的 1/10，仅次于美国，居世界第二位。因此，目前能源问题不仅成为中国国民经济和社会发展中的热点和难点问题，也是学术界十分关注并致力研究的一个热点问题。

人类社会进入工业社会以后，人们对于能源的关注，各国对能源的争夺，以及学界和政界关于如何充分利用好能源，怎样开发新能源的探讨从来就没有停止过。早期，国内外学者多采用能源消费弹性系数刻画能源与经济增长的数量关系，但当能源消费年平均增长率和国民生产总值年平均增长率的比值出现为零或负值时，能源消费弹性系数就失去了实际意义。自 20 世纪 70 年代以来，学术界对能源消费与经济增长的关系进行了大量的实证研究，进入 90 年代中后期开始采用计量经济学和统计学的新技术分析能源消费与经济增长的因果关系。但国民经济作为一个综合经济结构所具有的复杂内部关系，以及能源需求影响因素的多样性使得其在实践应用中具有很大的局限性。

深入研究能源需求与经济发展的关系，确保国民经济的可持续发展对中国实现全面建设小康社会的发展目标具有十分重要的意义。但这一领域内的研究还很不深入，大部分研究只是定量考察了能源消费的某一部分或经济发展中的某一个因素对能源需求的影响，没有从整体上考察中国能源需求与经济发展的关系，也没有深入探讨中国经济结构变化对能源需求结构的影响。

自改革开放以来,中国^①能源消费量迅速增长,作为世界第二大能源消费国,在不断推进的工业化和城市化进程中,能源问题也越发突出。因此,正确认识中国能源消费状况与能源消费结构,实现能源、经济和社会的协调发展,是开放的中国必须面对和解决的重要课题。同时,深入研究能源消费与经济增长特别是产业结构的关系,确保国民经济的可持续发展对中国实现全面建设小康社会的发展目标具有十分重要的意义。

本书从实证的角度对中国能源消费与经济增长、产业结构间的关系进行定量分析,研究其间的数量关系。将能源消费与经济增长、产业结构的关系数量化,有助于我们客观判断所处的经济发展阶段,合理分析该阶段的能源消费特征,并由此制定相应的能源政策,以把握和控制能源消费状况。

第二节 能源消费问题的研究现状与综述

一、关于能源消费与经济增长关系的研究综述

能源消费与经济增长关系的理论研究主要是根据经济增长理论建立模型,考察能源约束与经济的可持续增长。这一问题的研究始于“石油危机”的出现,自然资源作为一种要素被纳入主流增长模型中。在技术外生的假定下,达斯古普塔等(Dasgupta 与 Heal, 1974)拓展了拉姆齐(Ramsey)模型,在生产函数中包括了自然资源 and 人造资本,并假设人造资本和可耗竭自然资源之间存在不变的替代弹性,结论是在最优的增长路径上最终消费将减少。克里斯坦森等(Christensen, 1974)从柯布一道格拉斯生产函数演化得出能源需求的超越对数模型,首次将能源作为生产要素引入柯布一道格拉斯生产函数中,从而对能源需求进行分析。哈德森等(Hudson, 1974; Berndt, Wood, 1975; Jørgensen, Fraumeni, 1981)对此模型不同程度地进行了研究,结果发现存在一定缺陷,而且他们通过研究对其进行了不同程度的补充和修正。此后,随着内生增长理论的迅速发展并成为经济增长理论的新热点,经济学家开始尝试将自然资源纳入内生经济增长模型进行考察。代表性的研究有:基于佩泽尹(Pezzey, 1989)对

① 书中除特别指明,中国的数据均为中国内地数据,不含中国香港、澳门和台湾地区的数据。

PV 最优方法的考察,巴比尔等(Barbier, 1990)从极大化贴现效用角度分析了一种自然资源不能被人造资本自由替代的增长模型;罗默(Romer, 1996)则建立了一个基于资本、劳动、技术、自然资源和土地的经济增长模型,并利用 C-D 函数给出自然资源约束下的均衡增长率;休(Schou, 1996)和斯马尔德斯(Smulders, 1995)分别将不可再生资源 and 基于熵流的环境纳入内生经济增长模型进行研究;加利等(Ghali, El-Sakka, 2004)基于生产函数框架研究了加拿大产出与劳动投入、资本投入、能源消耗间的关系,结果表明诸变量间存在协整关系,同时能源消耗与劳动投入间有较强替代关系。

自 20 世纪 70 年代以来,学术界对能源消费与经济增长的因果关系进行了大量的实证研究,在这一领域做出开拓性工作的是克阿夫特等(J. Kraft 和 A. Kraft, 1978),他们发现:美国在 1947—1974 年,仅存在 GNP 到能源消费的单向因果关系。此结果意味着实行能源保护政策不会影响 GNP 的增长。玉等(Yu, Choi, 1985)使用美国、英国、波兰、韩国和菲律宾的数据发现:GNP 和能源消费不存在因果关系的国家有美国、英国和波兰,存在 GNP 到能源消费方向因果关系的国家是韩国,而存在能源消费到 GNP 因果关系的国家是菲律宾。玉等(Yu, Jin, 1992)使用 EG 两步法利用美国 1974—1990 年的季度数据,检验了能源消费和收入是否存在长期均衡关系。检验结果表明:变量之间不存在长期均衡关系。斯坦姆(Stem, 1993)使用 4 变量(GDP、劳动力、资本和能源)向量自回归(VAR)模型,对美国 1947—1990 年的年度数据进行标准的因果关系检验。他得到了经济增长对总能源消费的单向因果关系,之后又根据燃料组成结构的变动,为能源的投入施加重权,得到了一个最终能源消费指数,得到了调整后的能源消费对 GDP 的因果关系。

近年来,许多学者将协整方法应用于此领域。班德森等(Bentzen, Engsted, 1994)对丹麦 GDP 和能源需求进行了协整检验,建立了误差修正模型,并由此对丹麦能源需求弹性变化做了分析。斯坦姆(Stem, 2000)使用单方程静态协整分析和多元动态协整分析法推广了他 1993 年的因果关系分析。他发现:能源在解释 GDP 中具有显著效果,并且 GDP、资本、劳动力和能源之间存在协整关系。此结果与玉等(Yu, Jin, 1992)的关于美国的双变量分析的结果相反。该结果为他以前的结论提供了进一步的实证支持。约翰(John, 2000)应用协整和误差修正模型技术,估计了印度、印度尼西亚、泰国和菲律宾的能源消费和经济增长之间的关系。

结果表明：印度和印度尼西亚存在能源消费到 GDP 的短期单向因果关系；泰国和菲律宾存在双向因果关系。并且，泰国和菲律宾的能源、GDP 和能源价格互为因果。该研究表明，除印度和印度尼西亚外，其他国家的证据不支持能源和经济增长互为因果的观点。昌等（Chang, Fang, Wen, 2001）利用协整、VAR 和 VECM，对台湾的能源消费、就业和产出进行分析，得到了就业和能源消费的双向因果关系，以及能源消费对产出的单向因果关系，并利用脉冲响应函数和方差分解验证了这一结论。

中国学术界对能源消费与经济增长关系问题的分析研究中，比较有代表性的成果有：

赵丽霞、魏巍贤（1998）将能源引入柯布—道格拉斯生产函数，建立了向量自回归模型（VAR），探讨了能源与中国经济增长的关联。林伯强（2001）借鉴陈等（Chan, Lee, 1997）建立的关于中国煤炭消费的协整和误差修正模型，使用中国能源消费量、国内生产总值、能源价格（以货币单位表示的能源销售量除以总热量）和结构变量（以重工业在 GDP 中所占的份额表示），建立了中国能源需求的协整误差校正模型，其实证分析表明上述变量间存在长期均衡关系，并且中国能源需求的收入弹性较低，而价格弹性较高。史丹从长期趋势和短期波动的角度探讨了能源消费和经济增长的关系，将中国能源消费减缓的原因归结为能源利用效率的提高，同时认为对外开放、产业结构调整、经济体制改革是影响中国能源利用效率的重要因素。韩智勇等（2004）则在上文基础上，将能源利用效率的改进划分为结构份额和效率份额，定量分析了技术进步和结构调整对能源效率改进的贡献度，其结论表明，工业部门能源强度的下降是中国能源利用效率提高的主要原因，而经济结构对能源效率的作用存在不同方向的影响。张明慧、李永峰（2004）从定量方面分析了能源与经济增长的关系，通过格兰杰因果关系检验论证了能源发展与经济增长的相互影响关系。师博（2007）采用向量误差修正模型结合结构突变分析，实证检验基于生产函数的能源消费与中国经济增长的关系，结果显示，“大跃进”的终结与大庆油田的量产，引发产业结构与能源结构的变迁，导致 1961 年能源消费出现结构突变。这使得 1952—2005 年能源消费与中国经济增长之间不存在长期均衡关系，但 1962—2005 年二者间具有协整关系。在短期能源消费内生于经济增长，长期经济增长是能源消费变动的诱因。需要指出的是如果忽略产业结构的影响，会低估能源消费在经济增长中的作用。马超群（2004）采用协整和误差修正模型对中国 1954—2003 年的 GDP 和能源消费