



中国制造业能源效率 与回弹效应研究

艾明晔/著

Research on China's Manufacturing Sectors
Energy Efficiency and Rebound Effect



科学出版社

国家自然科学基金项目 (71303066)

中国制造业能源效率 与回弹效应研究

**Research on China's Manufacturing Sectors
Energy Efficiency and Rebound Effect**

艾明晔 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书以中国制造业为研究对象,首先测算了制造业各行业在2000~2014年的全要素能源效率,并将制造业按要素密集度划分成技术密集型、劳动密集型和资本密集型三种类别,对比分析了三种要素密集型行业及制造业整体能源效率的特点。其次选取技术进步、资本深化程度、能源价格、企业规模、能源消费结构、对外开放六种因素,分析各因素对不同类型行业能源效率的影响。在证实回弹效应存在并分离回弹效应影响的情形下,进一步研究了技术进步对制造业及不同要素密集型行业能源效率的影响。最后提出了相关的政策建议。

本书可供能源经济与管理领域、产业经济领域和产业政策领域的学者参阅。

图书在版编目(CIP)数据

中国制造业能源效率与回弹效应研究=Research on China's Manufacturing Sectors Energy Efficiency and Rebound Effect/艾明晔著.—北京:科学出版社,2019

ISBN 978-7-03-057598-2

I. ①中… II. ①艾… III. ①制造业—能源效率—研究—中国 IV. ①F426.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第105508号

责任编辑:刘翠娜 崔元春/责任校对:王萌萌

责任印制:吴兆东/封面设计:无极书装

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京中石油彩色印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2019年4月第一版 开本:720×1000 1/16

2019年4月第一次印刷 印张:7 1/2

字数:200 000

定价:98.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

作者简介

艾明晔，女，1975年1月出生。管理学博士(后)，哈尔滨工程大学经济管理学院副教授、硕士生导师，中国优选法统筹法与经济数学研究会能源经济与管理研究分会理事、黑龙江省管理学学会理事、黑龙江省经济学会常务理事、黑龙江省危机科学与技术研究会理事、中国系统工程学会能源资源系统工程分会会员、教育部学位论文评审专家、国家自然科学基金委员会同行评议专家。研究方向：中国制造业产业创新、绿色低碳发展的产业政策、高端装备制造业的清洁低碳技术管理。作为项目负责人，主持国家自然科学基金青年基金项目1项、教育部博士点基金新教师项目1项、中国博士后科学基金项目1项、黑龙江省自然科学基金面上项目1项和黑龙江省博士后落户基金项目1项；参与国家自然科学基金项目、国家社会科学基金项目和教育部人文社科项目等国家级和省部级科研项目10余项。已结题教育部博士点基金新教师项目1项、中国博士后科学基金项目1项。获省部级科学技术奖励一等奖1项、二等奖1项、三等奖1项。教学成果亦显著，获得2011年度和2012年度哈尔滨工程大学本科优秀主讲教师三等奖，2014年度研究生教学优秀授课教师二等奖及2017年度和2013年度本科毕业论文优秀指导教师称号。在《中国管理科学》和《科学学与科学技术管理》等具有影响力的重要学术期刊和国际会议论文集上发表学术论文20余篇。

前 言

能源问题一直是中国发展的焦点问题。目前中国能源消耗严重,环境污染等问题日益突出,而提高能源效率是解决这些问题最直接有效的途径。在中国经济转型的关键时期,提高能源效率成为实现经济发展可持续化的关键。制造业作为中国经济发展的支柱产业,具有高能耗的特点,而且其能源效率处于较低水平。因此,以制造业为研究对象,对其能源效率进行研究,可以对提高中国整体的能源效率水平产生重要影响。

本书分析中国节能政策在国家层面、工业层面、制造业层面和高耗能产业层面的应用,可以看出,中国节能政策大多是通过提高能源效率来实现能源节约。但是,进一步分析中国能源消费现状可以发现无论是在国家层面、工业层面、制造业层面还是在高耗能产业层面,提高能源效率对能源消费总量并没有显著的抑制作用。能源效率与能源消费总量这对矛盾主要来源于经济增长过快、产业结构重型化和能源回弹效应。其中,回弹效应是非常重要的因素之一,也是中国在节能政策制定中忽略的重要因素。

本书以制造业为研究对象,建立 SFA 模型,对制造业细分行业在 2000~2014 年的全要素能源效率进行了测算,并将制造业按要素密集度划分成技术密集型、劳动密集型和资本密集型三种类别,对比分析了三种要素密集型行业及制造业整体能源效率的特点。在此基础上,选取技术进步、资本深化程度、能源价格、企业规模、能源消费结构、对外开放六种因素,建立面板数据的个体固定效应模型,并分析各因素对不同类型行业能源效率的影响。

技术进步可能会引起能源回弹效应,进而弱化其对能源效率的影响。本书分析了技术创新、产业结构、能源价格和能源供给等因素对回弹效应的影响作用机制。在此基础上,应用超越对数成本函数构建要素成本份额方程,并运用动态最小二乘法对模型进行修正,在考虑能源价格非对称性的情形下测算了能源回弹效应。在证实回弹效应存在并分离回弹效应影响的情形下,进一步研究了技术进步对制造业及不同要素密集型行业能源效率的影响。

本书通过对制造业能源效率进行测算,发现其各细分行业的能源效率具有较大差异,而且多数行业表现出较低的能源效率。制造业整体能源效率仅为 0.574,仍有较大的提升空间。从要素密集型分类行业来看,其能源效率最

高的是技术密集型行业，最低的则是资本密集型行业。虽然对于劳动密集型行业来说，其能源效率不是很高，但其增长速度相对最快。通过能源效率影响因素的分析可以发现，能源价格和资本深化程度与能源效率呈正相关；煤炭消费比重和对外开放与能源效率呈负相关；企业规模对制造业整体及资本密集型行业表现出显著的正向作用，却对劳动密集型行业表现出负向作用。最初模型结果显示，技术进步对制造业整体的能源效率影响不显著，甚至对技术密集型行业的能源效率起到抑制作用，而分离出回弹效应的影响后，却发现技术进步对各行业的能源效率均具有显著的正向作用。最后根据研究结果，为提高制造业的能源效率提供了一些相应的政策建议。

本书得到了国家自然科学基金青年科学基金项目(71303066)、国家社会科学基金(17BGL204)和中央高校基本科研业务费计划项目(HEUCFP201834、HEUCFW170904、HEUCFW170908、HEUCF170903)的资助。感谢作者主持的国家自然科学基金青年科学基金项目(71303066)课题组成员，尤其是作者的硕士研究生陈昊和李呈祥，他们为本书的撰写付出了辛勤的工作！

中国制造业的绿色制造与低碳发展问题是一个复杂的边缘性科学研究问题，无论是理论研究还是实践中战略目标的实现都需要漫长的一段路。尽管作者力求完善，但由于作者的学识和学术水平有限，书中难免存在不足之处，望读者批评指正。本书的出版，得到了科学出版社的大力支持，在此深表感谢！

艾明晔

2018年12月15日于哈尔滨

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 研究背景、目的及意义	1
1.1.1 研究背景	1
1.1.2 研究目的	2
1.1.3 研究意义	2
1.2 国内外研究现状	3
1.2.1 能源效率测算	3
1.2.2 能源效率影响因素	5
1.2.3 回弹效应测算	7
1.2.4 回弹效应形成原因	11
1.2.5 节能政策研究	12
1.2.6 研究现状评述	12
1.3 研究内容和方法	13
1.3.1 研究内容	13
1.3.2 研究方法	14
1.4 研究特色	15
第 2 章 中国节能政策及能源消费现状分析	17
2.1 中国节能政策分析	17
2.1.1 国家层面	18
2.1.2 工业层面	22
2.1.3 制造业层面	24
2.1.4 高耗能产业层面	25
2.2 能源消费现状分析	26
2.2.1 国家层面	26
2.2.2 工业层面	27
2.2.3 制造业层面	28
2.2.4 高耗能产业层面	30
2.3 节能政策与能源消费激增的矛盾分析	31

2.3.1	经济增长速度快	32
2.3.2	产业结构重型化	32
2.3.3	回弹效应	33
2.4	本章小结	33
第3章	中国制造业能源效率相关理论	35
3.1	相关概念界定	35
3.1.1	制造业	35
3.1.2	能源生产率	36
3.1.3	能源效率	37
3.2	能源效率影响因素选取	39
3.3	能源效率影响因素分析	41
3.3.1	能源消费结构	41
3.3.2	技术进步	41
3.3.3	能源价格	42
3.3.4	对外开放	43
3.3.5	企业规模	43
3.3.6	资本深化程度	44
3.4	本章小结	46
第4章	中国制造业能源效率测度	47
4.1	全要素能源效率测算方法比选	47
4.2	基于 SFA 能源效率测算模型	48
4.3	数据来源与处理	49
4.3.1	数据来源	49
4.3.2	数据处理	50
4.3.3	描述性统计分析	51
4.4	能源效率测算结果分析	51
4.4.1	模型及系数检验	51
4.4.2	制造业细分行业能源效率结果分析	52
4.4.3	不同要素密集型制造业能源效率分析	53
4.5	本章小结	55
第5章	技术进步对能源效率的影响——回弹效应形成机制	56
5.1	回弹效应概念	56
5.1.1	概念界定	56

5.1.2	回弹效应值分类	58
5.2	回弹效应来源分类	59
5.2.1	直接回弹效应	59
5.2.2	间接回弹效应	62
5.2.3	整体经济回弹效应	62
5.3	回弹效应影响因素	63
5.3.1	技术创新	63
5.3.2	产业结构	65
5.3.3	能源价格	66
5.3.4	能源供给	67
5.4	回弹效应形成机制	68
5.5	本章小结	71
第 6 章	制造业回弹效应模型建立与测算	72
6.1	模型选择	72
6.2	模型构建	72
6.2.1	translog 成本函数	72
6.2.2	非对称价格响应模型	74
6.2.3	基于弹性理论的回弹效应测算	75
6.3	要素价格数据来源与处理	76
6.3.1	能源价格	76
6.3.2	劳动力价格	76
6.3.3	资本的投入价格	76
6.3.4	要素投入份额	76
6.4	模型估计结果	77
6.5	回弹效应产生的原因分析	78
6.5.1	资本设备更新慢	78
6.5.2	产业结构重型化	79
6.5.3	能源价格非市场化	80
6.5.4	能源供给瓶颈	81
6.6	本章小结	82
第 7 章	中国制造业能源效率影响因素实证分析	83
7.1	能源效率影响因素模型	83
7.2	数据处理	84

7.3 回归结果分析	84
7.3.1 能源消费结构	85
7.3.2 技术进步	85
7.3.3 能源价格	86
7.3.4 对外开放	86
7.3.5 企业规模	87
7.3.6 资本深化程度	87
7.4 稳健性检验	88
7.5 引入回弹效应情形下的结果分析	89
7.6 本章小结	90
第8章 相关政策建议	91
8.1 宏观层面对策	91
8.1.1 调整能源供给结构	91
8.1.2 深化能源价格改革	94
8.2 产业层面对策	96
8.2.1 推进产业结构调整	96
8.2.2 制定产业及能源政策	98
8.2.3 加强资本深化	98
8.3 企业层面对策	99
8.3.1 加大研发投入	99
8.3.2 防止对外开放陷阱	101
8.3.3 避免企业规模盲目扩大	101
8.4 本章小结	102
参考文献	103

第1章 绪 论

1.1 研究背景、目的及意义

1.1.1 研究背景

目前,中国经济发展正从高速增长向中高速增长过渡,但仍保持着较高的能源消费状态。与此同时能源的过度消费带来了越发严重的环境问题,严重影响了人们的生活质量。目前,中国经济仍然延续着高能耗、高污染的粗放型发展模式。能源效率较低、能源浪费严重、环境质量不断恶化等问题严重影响了中国的经济发展速度和质量,也影响了中国在应对气候变化和碳减排方面的国际话语权。能源效率问题已经成为制约中国发展的关键点,是中国经济发展道路上亟须解决的重要问题之一。

提高能源效率可以有效地降低能源消费,可是近年来随着能源效率的提高,能源消费总量却迅猛增长。“十一五”期间中国设定的目标为单位国内生产总值(GDP)能耗下降20%,虽然实际上只完成了19.06%,但是这也说明了中国的能源效率正在不断提高。然而,同一时期中国的能源消费总量累计增长了32.11%,这说明在能源效率提高的同时能源消费总量也在快速增长。从图1.1 2000~2014年中国的能源消费量趋势图中可以发现,在2000~2014年,

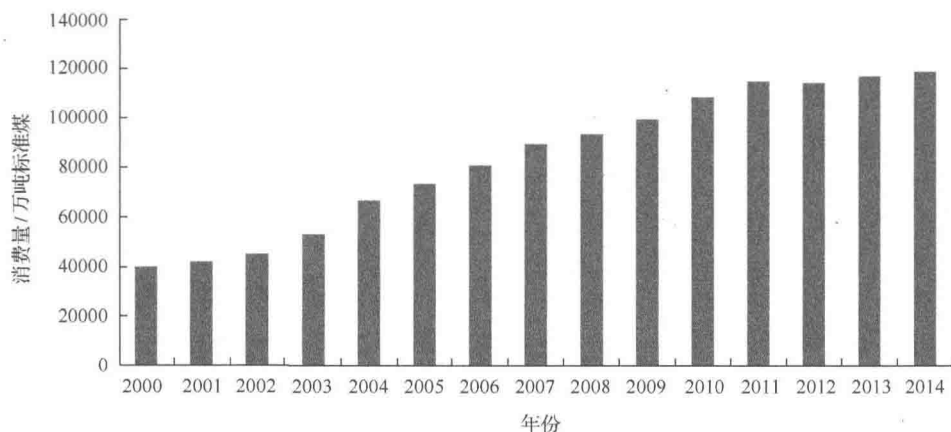


图 1.1 2000~2014 年中国的能源消费量趋势图

中国的能源消费量总体上逐年增加(2012 年出现下降)。对此我们产生了疑问:能源效率的提高真的能对降低能源消费起到决定性的作用吗?

能源效率和能源消费的关系让人感到意外而又在情理之中。实际上,能源效率的提高需要考虑回弹效应,因为能源效率的提高会导致能源价格和相关服务的实际价格下降,并且至少部分抵消了由于能源效率提高而节省下来的能源。在产出一定的情况下,能源效率的提高导致相对于其他可替代能源的要素投入而言,能源价格相对下降,这会进一步导致生产者使用能源去替代其他要素投入,从而增加能源要素的投入。因此,提高能源效率的政策工具并不会像事先预测得那么有效。

工业是最大的能源消费部门,工业所消费的能源约占全世界能源消费总量的 40%。制造业作为一国工业和国民经济发展的基石,是国民经济发展的主要推动力,在国民经济中占有举足轻重的地位。在中国经济高速发展的大环境下,约 1/3 的国内生产总值是由制造业创造的,而且制造业为中国 8000 万以上的人口提供了就业岗位,解决了庞大的就业问题。但与此同时,中国制造业具有高耗能的特点,据统计制造业在 2014 年消耗了 24.5 亿吨标准煤,而当年中国的能源消费总量为 42.6 亿吨标准煤,换句话说,制造业的能源消费量占中国能源消费总量的 57.5%。因此,要改变这种情况,就必须要从以高能耗为支撑、以环境污染为代价的“先发展后治理”的发展方式中解脱出来,加强技术创新,促使经济发展由资源驱动向技术驱动逐渐转变,提高能源效率,增强人们的节能意识,提倡经济的绿色发展。

1.1.2 研究目的

本节以中国制造业为研究对象,对不同要素密集型制造业的能源效率进行研究,分析各因素对能源效率的作用关系。此外,在分析技术进步这一因素时,要考虑技术进步可能会引起能源回弹效应,从而影响其对能源效率的促进作用,使得在实证分析时误判其对能源效率的影响。因此,本书分析能源回弹效应的形成机制,通过测算制造业能源回弹效应,并将其作为一重要影响因素引入能源效率影响因素模型中,使得其与技术因素形成分离,从而在此情形下进一步分析技术进步对能源效率的影响。另外,在实证研究的基础上,从理论上提出改善能源效率、实现节能减排的政策和建议。

1.1.3 研究意义

理论上,现有研究在分析能源效率的影响因素时,直观分析普遍认为技

术因素对能源效率理应具有促进作用,但实证研究得出的结论却参差不齐,其显示技术因素对能源效率的作用分别表现出了促进、不明显、抑制三种不同的情形,特别是技术进步抑制能源效率提高的结论与理论分析具有较大差异。因此本书以制造业及其细分行业等具体行业为研究对象,运用随机前沿模型对能源效率进行了测算,而且在选择生产函数时选择了包容性更强的超越对数(translog)函数形式,从而使得测算结果更为精确。另外,在能源效率影响因素分析时引入了能源回弹效应。理论上技术进步可以促进能源效率提高,但是随着技术进步,经济系统会对能源产生更大的需求,即产生了回弹效应,该效应的存在对技术进步产生的积极影响起到了消融作用。通过引入回弹效应可以进一步分析技术进步对能源效率的影响,同时也对技术进步抑制能源效率这一反常现象给出了解释。在测算能源回弹效应的过程中,本书采用超越对数成本份额函数测度回弹效应,尤其是更加贴近现实情况地测算当能源价格发生非对称性变化产生的回弹效应,即能源价格下降时产生的回弹效应。并进一步探讨技术创新、产业结构、能源价格和能源供给充足程度对回弹效应的影响。

现实中,中国正处于工业化、城市化快速发展的重要战略阶段,能源消费量日益增长,能源供需矛盾日益加剧,能源依赖势必会成为制约中国经济发展的瓶颈,而制造业又是中国国民经济发展的支柱产业。在此背景下,提高制造业不同行业的能源效率、控制能源消费,建立资源节约型、环境友好型社会被放在工业化、现代化发展战略的突出位置。能源回弹效应的大小决定了能源效率提高究竟能在多大程度上降低能源消费,也直接关系到能源政策的作用效果。因此,本书通过研究制造业各行业的能源效率,分析各因素对制造业能源效率的影响,研究制造业不同行业的能源回弹效应及其如何影响能源效率,有助于政府对各行业制定差异化的能源效率政策,积极发挥各影响因素对能源效率的作用,实现节能减排的战略目标。

1.2 国内外研究现状

1.2.1 能源效率测算

目前,众多学者主要从单要素能源效率和全要素能源效率两个角度出发对能源效率进行测算和研究。单要素能源效率仅考虑了能源单一投入要素,在实证分析中常用能源强度来衡量能源效率。Alcántara 和 Duarte 对欧盟国家之间的能源强度进行了研究,认为产业内的需求效益和直接能源强度效应造

成了其之间的差异^[1]。Mielnik 和 Goldemberg 以 20 个发展中国家为研究对象,通过相关数据分析发现国外直接投资 (FDI) 技术溢出效应对降低能源强度起着重要作用^[2]。刘畅等通过对中国单要素能源效率的研究发现,较之经济增长速度,能源强度增长更快^[3],李世祥的研究发现制造业中多数非能源行业也呈现此特点^[4],杨中东发现这一特点主要是中国经济快速扩张的经济周期所致^[5]。

能源强度作为评价单要素能源效率的主要指标,仅是以能源消费量与 GDP 之比来衡量。虽然能源强度具有直观、计算简单的特点,但是在实际的生产过程中,经济产出受到不同生产要素组合投入共同作用的影响,而能源强度只是分析了能源这一种生产要素因素,并未考虑其他要素。因此这种单要素能源效率衡量方法无法综合反映其他投入生产要素的投入可能对能源表现要素产生的替代效应,往往会使真实的能源效率值形成偏离。张唯实认为单要素能源效率以能源消费与 GDP 之间呈线性关系为前提假设,能源强度的降低反向影响了 GDP 的增长,而且其可能夸大了能源在经济发展中的作用程度^[6]。而全要素能源效率综合分析了多种生产要素对产出指标的影响,而且可以进一步分析不同要素间的替代关系,弥补了单要素能源效率指标的不足,因而得到现今学者的广泛应用。

现有文献有关全要素能源效率的研究大多是通过建立数据包络分析 (DEA) 模型或随机前沿分析 (SFA) 模型进行相应估计,对能源效率的分析重点集中在区域和行业两个层面。就区域层面而言, Hu 和 Wang 运用 DEA 模型分析了中国能源效率所表现出的区域特征,发现中国中部地区能源效率值最低,而东部地区最高^[7],孟祥兰和雷茜的研究也得到了类似的结论^[8],而魏楚和沈满洪同样运用 DEA 方法对能源效率进行研究,却发现东北地区的能源效率最高^[9]。续竞秦和杨永恒通过构建特定形式的能源距离函数,采用 SFA 方法对中国各省份的能源效率进行了研究,发现中国的能源效率整体仍处于较低水平,而且其数值表现从东向西呈递减趋势的区域特征^[10]。王雄等运用 SFA 方法对中部六省的能源效率进行了研究,发现除江西外,其他五省的能源效率均在不断提高^[11]。就行业层面而言,王秋彬以中国工业为研究对象,通过建立 DEA 模型对其能源效率进行了分析,发现煤炭采选业的能源效率最低^[12]。而孙广生等采用同样的方法却得出这两个行业表现出较高能源效率的结论^[13]。安岗等运用 SFA 方法对不同要素密集型行业进行研究,发现资源密集型行业的能源效率相对于其他类型行业处于较低水平^[14]。陈关聚同样运用 SFA 方法,以中国制造业为研究对象,发现在 2003~2010 年,中国制造业各行业间的能源效率具有很大的差异,而且制造业的整体能源效率表现出先增加后停滞的状态^[15]。

1.2.2 能源效率影响因素

1. 能源消费结构

Murtishaw 和 Schipper 通过对 1988~1998 年美国的能源效率进行研究,认为能源消费结构在改善美国的能源效率中起到了重要作用^[16]。Fisher-Vanden 等的研究将中国的能源强度下降的原因归结为煤炭消费比重的下降^[17]。Sinton 和 Fridley 认为由于煤炭的利用效率较低,在能源消费总量中占有较大的比重不利于能源效率的改善^[18]。就国内学者研究而言,姚小剑等通过对中国的能源效率影响因素的分析,认为优化能源消费结构可以达到提高能源效率的效果^[19]。曾胜和靳景玉通过分析能源结构和能源效率的关系,认为提高能源效率可以通过降低煤炭消费来实现^[20]。姜磊和季民河的分析结果也显示煤炭消费比重与能源效率之间表现出负向影响,较高的煤炭消费对能源效率起到了很大的抑制作用^[21],但是这个结论并没有得到共识,其他学者如谭忠富和张金良得出了不同结论^[22]。

2. 技术进步

Fisher-Vanden 等研究了中国能源密集型行业的能源效率,最终发现研发经费每增加 1 个百分点,能源强度减少大约 17 个百分点^[17]。祝树金和许可瑞琳运用工具变量和广义矩估计(IV-GMM)方法测算了中国工业的能源效率值,并研究了其影响因素,也得出研发投入的增加有利于改善中国工业整体的能源效率^[23]。陈晓毅通过构建自回归分布滞后(ARDL)模型对能源效率进行了分析,发现技术进步不仅长期内能够对能源效率产生有利的影响,而且短期内能显著提高能源效率^[24]。李廉水和周勇对中国工业进行研究,认为技术进步与能源效率具有显著的正向关系,并且这种作用关系随时间变化而逐渐变强^[25]。王群伟等利用 ARDL 方法,首次从动态视角探讨技术进步与能源效率的联系,得出该因素对能源效率的提高可以产生促进作用^[26]。但孙广生等却得到与王群伟等的观点相反的结论,他们认为技术进步对能源效率表现出了抑制作用^[13]。王群伟和周德群解释了这一反常现象,认为技术进步引起了回弹效应,该效应的存在使得技术进步对能源效率的提高不再明显,甚至呈现抑制作用^[27]。随后罗会军等考虑了外部空间因素的影响,分析了能源效率的演化特点,并利用索罗余量法(SRA)对回弹效应进行了测算,发现回弹效应是技术进步阻碍能源效率增长的主要原因^[28]。另外,范如国和罗明通过

构建空间计量模型和不变替代弹性(CES)生产函数对各省份的能源回弹效应进行了估计,进一步分析了回弹效应作用下,技术进步对能源效率的作用关系,结果表明该效应的存在使得技术进步抑制了能源效率的提升,而在分离回弹效应影响的情形下,技术进步则显著地促进了能源效率的增长^[29]。

3. 能源价格

Newell 等认为技术因素固然对能源效率有显著作用,但其在一定程度上受能源价格的影响^[30]。Miketa 和 Mulder 的研究也发现提高能源价格可以促进节能技术的进步,而且可以促进其他生产要素对能源进行替代,进而对能源效率的提高产生有利影响^[31]。Cornillie 和 Fankhauser 以一些经济转型国家为研究对象,利用有关的统计数据进行研究,也得出了能源价格可以对能源效率产生很大影响的结论,而且能源效率较高的国家往往集中在能源价格市场化相对较早的区域^[32]。王俊杰等对不同国家的能源效率进行了分析,结果表明足够高的能源价格才会显著影响能源效率,而且这一影响对发展中国家更为明显^[33]。孔婷等对中国能源效率进行了研究,发现能源价格的上升明显有利于改善能源效率^[34],但袁晓玲等认为这种作用关系比较弱^[35]。而黄山松和谭清美通过对不同要素密集型行业进行研究,却发现能源价格的提高抑制了能源效率的提高^[36]。

4. 对外开放

Popp 认为对外开放可以促进技术进步,加快高效设备的投入使用,同时也能促使能源优化配置^[37]。Myers 等也认为对外开放使得市场竞争更为激烈,企业为了在竞争中获胜必须要提高能源效率,从而提高一个国家整体的能源效率^[38]。史丹的研究成果也表明对外开放确实与能源效率表现出了正相关的关系^[39]。武盈盈和李燕以构造 Tobit 模型为基础,分析了能源效率的影响因素,结果表明对外开放对山东省工业部门产生了积极作用^[40]。李未无利用计量分析模型分析了中国工业在 1999~2005 年对外开放对能源效率的影响关系,结果显示对外开放对能源效率表现出了显著的改善作用^[41]。但是董利却发现对外开放对能源效率提升作用不显著,甚至产生了负向影响^[42]。刘文君等基于 DEA 模型测算了湖南省的能源效率,进而通过构建计量模型研究了其影响因素对其的作用关系,也发现对外开放对能源效率的增长产生不利影响^[43]。曲晨瑶等在考虑环境约束的情形下,分析了各影响因素对制造业能源效率的影响,也发现对外开放对能源效率表现出负面影响^[44]。

5. 企业规模

企业规模也是众多学者考虑到的影响因素。王姗姗和屈小娥采用 DEA 模型测算了中国制造业的能源效率,并对其影响因素做了进一步研究,发现企业规模的扩大对能源效率具有明显的促进效果^[45],黄山松和谭清美对制造业进行了研究,也得到了同样的结论^[36]。徐胜和李晓璐采用同样的研究方法,对中国 30 个省份的工业能源效率特征进行了研究,发现企业规模对能源效率的改善具有明显有利的影响^[46]。但涂正革和肖耿认为企业规模的扩大会伴随着企业内部结构的复杂化,从而造成资源浪费,对冲掉一部分规模效应对能源效率的正向作用,降低了企业规模对能源效率的影响程度,甚至对能源效率表现出抑制作用^[47]。马爱文以中国工业为研究对象,认为企业规模对能源效率的作用不显著^[48],而王霄和屈小娥更是得出该因素抑制了能源效率提高的结论^[49]。杨莉莉等运用 translog 生产函数形式的随机前沿模型测算了长江三角洲地区工业的能源效率,并通过构建面板数据的固定效应模型分析了其影响因素,结果表明企业规模的扩大抑制了能源效率的增长^[50]。

6. 资本深化

郑超愚认为在中国这一特殊发展特征的大背景下,资本深化将会促进能源效率的提高^[51]。杨文举也认为资本深化可以促使对能源进行替代,同时也能促进技术创新,改善能源效率^[52]。但赵领娣和张乐乐认为适度的资本深化可以促进技术进步,进而有利于能源效率的改善,但过度的资本深化则会阻碍能源效率的提高^[53]。魏楚和沈满洪通过构建变截距的固定效应模型分析了能源效率的影响因素,也认为随着资本深化,本应与之相配的人力资本未能及时得到发展,从而制约了能源效率的提高^[9]。张志辉通过构建 DEA 模型,对中国区域能源效率进行了研究,结果也表明资本深化对能源效率表现出显著的负向影响^[54]。

1.2.3 回弹效应测算

回弹效应最初由杰文斯在 1865 年提出,但众多学者直到近期才对这一问题进行了研究,尤其是 2017 年以来,该问题成为能源经济学界的一个关注热点。大量研究成果证明了回弹效应的存在,而且发展中国家的能源回弹效应远高于发达国家,能源回弹效应的存在甚至使得能源效率提高所节约的能源消费部分全部被抵消。

在国外已有的文献中,众多学者已经在微观的消费者能源服务的直接回