

区域经济重点学科系列丛书

QuYu JingJi ZhongDian XueKe XiLie CongShu

中国钢铁业能源 效率研究

◆ 史红亮 陈凯 / 著

ZhongGuo GangTieYe NengYuan
XiaoLv YanJiu



经济科学出版社
Economic Science Press

区域经济重点学科系列丛书

中国钢铁业能源效率研究

史红亮 陈 凯 著

经济科学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

中国钢铁业能源效率研究/史红亮, 陈凯著. —北京:
经济科学出版社, 2011. 9

(区域经济重点学科系列丛书)

ISBN 978 - 7 - 5141 - 0857 - 6

I. ①中… II. ①史…②陈… III. ①钢铁工业 - 能源效率 - 研究 - 中国 IV. ①F426. 31

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 137844 号

责任编辑: 段 钢

责任校对: 康晓川 杨 海

版式设计: 代小卫

技术编辑: 邱 天

中国钢铁业能源效率研究

史红亮 陈 凯 著

经济科学出版社出版、发行 新华书店经销

社址: 北京市海淀区阜成路甲 28 号 邮编: 100142

总编辑部电话: 88191217 发行部电话: 88191540

网址: [www. esp. com. cn](http://www.esp.com.cn)

电子邮件: [esp@ esp. com. cn](mailto:esp@esp.com.cn)

固安华明印刷厂印装

710 × 1000 16 开 12. 25 印张 260000 字

2011 年 9 月第 1 版 2011 年 9 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5141 - 0857 - 6 定价: 32. 00 元

(图书出现印装问题, 本社负责调换)

(版权所有 翻印必究)

区域经济重点学科系列丛书

QuYu JingJi ZhongDian XueKe CongShu

主编：陈 凯

编委：（以姓氏笔画为序）

王艳霞 史红亮 田静毅 刘玉川

初钊鹏 张丽峰 张晓飞 李 刚

庞卫宏 郑 畅 贾卫萍

区域经济重点学科系列丛书简介

改革开放以来，我国打开了对外封闭的大门，大踏步地走向与世界经济、社会、文化融合之路，逐步树立了文明大国的良好形象。随着经济快速发展及对外贸易、文化交往和学术交流的不断深入，我国城乡、各区域，以及国际一体化逐步提高。同时，城乡和各区域间差异也在逐渐增加，各种国际贸易摩擦、异域文化思想冲突和不同学术观点争辩的现象日益增多。如何正确把握当今世界各种成分、多元文化和不同学术流派相互竞争、互相汲取融合的境遇，缩小城乡和区域间差异，促进其一体化进程，成为我们亟待解决的问题。为此区域经济系列丛书精心设计，从三方面努力完成这一重大课题。

一、区域经济理论融合创新

区域经济理论创新不是寻找一种新理论取代旧理论，而是以一种包容性更大的理论方法体系将旧理论方法兼容升级。陈凯撰写的《中国区域经济理论》和《城乡资源整合论》将现有区域经济管理科学放在包容性更大的新理论体系中，该理论体系将中国传统经济管理理论、马克思主义管理理论和现代西方经济管理理论融会贯通。在新创立的区域经济管理科学原理中，正确地显示经济社会协调发展规律，准确地衡量所有的要素、结构和发展模式的性质与数量差异及其变动原因，适时地将原理体现在实际操作方式上。采取旧理论系统梳理——新理论体系创立——原理实证条理化研究方案。以《易传》的理论方法为框架，融合各种原理和方法。宏观经济分析从模式到结构再到要素，微观经济分析从要素到结构再到模式。研究定位以道统阴阳平衡机制为主线，演绎和实证相结合，在现代经济学基础上，推导演化区域生产、消费、贸易、分配、货币、财政、金融、投资、股票、证券、期货、保险、价格、利率、汇率、税率、企业治理、制度与政策等均衡法则。

二、区域经济实证研究

任何理论都是在人类经济社会发展推动下自身矛盾思变创新中产生和形成的。区域经济理论发展的前提是区域经济实践。区域经济实证分析既是区域经济

理论发展的基础,也是区域经济发展的指导。

“珠三角”、“长三角”和“京津冀”区域是中国最具发展潜力的都市圈,但“京津冀”区域经济发展绩效和理论研究明显落后,而且京津两大核心城市与周边地区在发展上相互脱节,彼此间的空间联系松散,一体化更显不足。刘玉川的《京津冀区域经济一体化研究》填补了“京津冀”区域经济一体化研究的某些缺憾。

我国是钢铁生产和消费大国,1978~2008年间我国粗钢产量年均增长率9.7%。中国钢铁产量的迅速增长伴随着极高的能源消耗。2005~2008年,钢铁业能源消费量分别为3.69、4.24、4.78、5.15亿吨标煤,分别占据当年工业能源消费量的24.6%、25.8%、25.1%、26.1%。研究钢铁行业能源效率问题对我国整体能源效率的提高具有现实意义。史红亮和陈凯的《中国钢铁业能源效率研究》是对能效研究领域的深化和补充。通过各种软件包(如Eviews, Deap和Frontier等)的使用,各种具体分解模型、超越对数生产函数模型和向量误差修正模型的应用及检验,得出了一些有意义的结论。

区域品牌的深入研究对我国地区老字号品牌的复兴和地区经济产业集群化发展有重要的现实意义。现有的国内外区域品牌研究主要从国家、城市、区域和产业集群四个层次展开。研究的内容主要集中于区域品牌结构、区域品牌模型、区域品牌管理战略和沟通策略。张晓飞的《区域品牌营销管理——基于中华老字号品牌的研究》将区域品牌的研究角度转向目标市场和消费者,结合中国现状,重点关注中华老字号品牌的产业化复兴和老字号品牌的网络传播机制,特别聚焦于老字号区域品牌的网络传播以及老字号品牌的保护与开发。把中华老字号品牌面临的现实问题与网络传播理论密切结合,在研究中综合利用数据挖掘、网络实验和问卷调查等方法,得出能解决“老”问题的“新”理论。

在此丛书系列中,每本书都进行了不同程度的实证分析,可圈可点,相信读者看后会有耳目一新之感。

三、区域经济发展新动向

低碳经济是区域经济发展新方向。区域低碳经济研究是系列丛书的重点内容。

2009年我国政府承诺减少碳排放目标,到2020年单位GDP二氧化碳排放量比2005年减少40%~45%,考虑到我国目前的经济发展水平,减排应是在保证经济增长前提下的减排,而不是绝对量的减少,因此,这个目标的实现依赖于经济增长和碳排放两个方面,而在具体执行过程中,各个地区、各个产业是具体的载体,碳生产率把经济增长和碳排放很好地结合在一起,加强对碳生产率的研究,

对于我国 2020 年碳排放目标的实现与分解,对于各地区经济增长方式的根本转变、产业结构的优化升级以及“两型”社会的构建具有重要的现实意义。张丽峰的《碳生产率的测度与实证研究》以经济增长理论、资源与环境经济学、能源经济学、计量经济学和区域经济学的学科理论为基础,从单要素和全要素两个方面,从理论上运用统计指标方法、参数和非参数方法对碳生产率进行了测度,从区域和产业方面进行了实证分析和比较,最后提出了减排对策。该书的研究思路、方法和结论不仅为具体的决策部门(国家发改委等)提供了决策的思路、方法和依据,同时也为其他类似问题的研究提供了借鉴和参考。

李刚的《区域低碳经济评价理论、方法及应用》,一是对区域低碳经济进行了分析,并在此基础上构建了区域低碳经济评价指标体系;二是就低碳经济评价方法进行了研究,构建了基于 Gi 主观赋权的低碳经济综合评价模型、基于熵权法的客观赋权的低碳经济综合评价模型、基于循环修正思路的低碳综合评价模型;三是根据上述模型以秦皇岛市为例进行低碳经济的实证研究,并根据评价结果给出相应的政策和建议。

陈凯的《能源环境政策理论基础》从区域整体角度研究了低碳经济发展问题。指出能源与环境是区域经济可持续发展和社会安全和谐的前提。能源与环境政策则是其正常运行的基本保证。该书系统地介绍了能源环境安全与可持续和谐发展的条件及运行操作要领。详细分解了能源环境政策理论基础中的替代和外部性内在化等基本原理、模型和评价指标体系。

区域经济重点学科系列丛书传承发展中国传统学术,吸收消化马克思主义区域经济理论和现代西方区域经济理论,在融会贯通三大理论体系的基础上,注重区域经济实证研究,突出区域经济发展新方向,建立中国大国区域经济理论。虽然距完整的中国大国区域经济理论体系相差甚远,但我们已经起步,纵有千难万险,我们披荆斩棘,在所不辞。恳请广大读者对丛书多提宝贵意见,我们会虚心接受并不断修改完善。

区域经济重点学科系列丛书主编

陳凱

2011. 8. 15

前 言

能源同劳动力、资本一样，已经成为当今世界经济发展的重要基础性战略资源。随着全球经济的发展，能源对经济可持续发展的约束日益明显，这一现象使得世界各国对能源领域，尤其是能源经济学的发展倍加关注。在能源与环境约束不断强化的背景下，提高能源效率，促进能源、环境与经济社会的协调发展，已经成为人们关注的热点问题。“十一五”规划提出单位 GDP 能耗下降 20%，主要污染物排放量减少 10% 的总体目标。对能源利用效率的系统研究和科学评价对于我国的持续发展具有重要的理论意义。

我国是钢铁生产和消费大国，1978 ~ 2008 年间我国粗钢产量年均增长率 9.7%。中国钢铁产量的迅速增长伴随着极高的能源消耗。2005 ~ 2008 年 4 年间，钢铁业能源消费量分别为 3.69 亿、4.24 亿、4.78 亿、5.15 亿吨标煤，分别占据当年工业能源消费量的 24.6%、25.8%、25.1%、26.1%。研究钢铁行业能源效率问题，对我国整体能源效率的提高具有重要意义。

目前相关能源效率的研究文献，在研究层面上集中在国家或者工业层面，缺乏对单个具体行业能源效率的系统研究。在能源效率衡量指标选取上多采用单因素能源效率指标，忽略了能源与资本、劳动力各种投入要素间的相互替代作用对能源效率的影响。对能源内部各种能源投入要素的产出弹性、替代弹性对能源效率影响的研究稀少。已有的全要素生产率（TFP）对能源效率影响的研究中，研究方法以索洛余值法为主，缺乏从纯技术效率和规模效率的视角做进一步的分解，且缺少动态的比较；对技术进步引起的能源回弹效应对能源效率的影响研究也特别少。

本书以研究我国钢铁行业能源效率为核心，在分省市、分经济区的地域基础上，系统分析了钢铁行业近几十年来能源效率的变化趋势，钢铁行业全要素能源效率与全要素生产率的内在关系，研究了技术因素、资本与非资本可替代性、能源消费品种的可替代性、产业和产品结构因素、能源价格因素、产权因素、出口结构因素对钢铁行业能源效率的影响。

能源效率影响因素的研究成果颇为丰富，但对同一产业从系统的视角进行深入研究的较少，本书是对能效研究领域的深化和补充。通过各种软件包（如 EvIEWS，Deap 和 Frontier 等）的使用，各种具体分解模型、超越对数生产函数模

型和向量误差修正模型的应用及检验，得出了一些有意义的结论。

预期我国钢铁产业在 2020 年达到产能峰值，产能为 9 亿吨钢铁；只要保持钢铁能耗年均下降幅度在 4.59% 的水平上，就可以实现钢铁行业能源消费总量的零增长，将钢铁行业能耗总量保持在 2008 年的水平上；钢铁行业的全要素能源效率与区域经济的发展水平呈现“U 型”关系。我国钢铁行业能源效率的提高主要是由技术进步推动的，当技术进步促进能源效率提升时，就会受到技术效率相对下降对能源效率的抑制。我国钢铁行业可以通过促进资本对能源投入的有效替代，实现我国钢铁行业全要素能源效率的提高；也可以通过能源内部石油、天然气、电力对煤炭的替代，实现其行业全要素能源效率的提高；相对于效率份额，我国各经济区钢铁行业结构份额调整，对能源消耗强度的影响较小。在 2000~2008 年区间，钢铁行业平均回弹效应高达 121.29%。钢铁行业消费的 3 大能源品种中，煤炭和电力是互补品；煤炭和电力相对于石油是替代品。在长期均衡关系中，技术进步对我国钢铁行业能源效率贡献最大，其次为产业集中度和产权结构，对外贸易因素对钢铁行业能源效率贡献较小。

本书在写作的过程中，我们反复斟酌，投注了很大的心力，参阅了国内外大量的相关文献，借此，向文献的作者表示衷心的感谢。同时由于作者水平有限，本书错误和遗漏难免，敬请各位领域内的专家、学者和读者批评指正！

作者

2011 年 5 月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 研究钢铁行业能源效率的意义	1
第二节 国内外研究现状综述	3
第三节 本书研究目标、研究内容	21
第四节 拟解决的关键性问题和本书路线	26
第二章 钢铁行业概况	27
第一节 钢铁行业产能变动	27
第二节 钢铁行业产品结构变动	30
第三节 钢铁行业固定资产投资和生产装备变动	33
第四节 钢铁行业技术进步情况	36
第五节 钢铁行业规模结构和产权结构变动	41
第六节 钢铁行业能源消费现状和结构	45
第三章 钢铁行业经济增长、能源效率与能源消费 总量关系研究	53
第一节 计量模型及数据说明	53
第二节 钢铁行业能源消费分解分析	56
第三节 本章结论	60
第四节 本章小结	62
第四章 钢铁行业能源效率分析	63
第一节 计量模型及数据说明	63
第二节 模型估计结果	67
第三节 结论	72
第四节 本章小结	73

第五章 钢铁业全要素生产率与能源效率	74
第一节 钢铁行业全要素生产率分解	75
第二节 钢铁行业能源效率与全要素生产率的关系	85
第三节 钢铁行业能源消费回弹效应	87
第四节 本章小结	94
第六章 钢铁行业要素替代分析	96
第一节 钢铁行业能源—资本—劳动的替代弹性分析	96
第二节 钢铁行业能源内部的替代弹性分析	101
第三节 本章小结	106
第七章 钢铁行业结构调整对能效的影响	108
第一节 计量模型及数据说明	108
第二节 我国钢铁行业能源消耗强度的分解分析	111
第三节 结论	116
第四节 本章小结	118
第八章 能源价格对钢铁行业能效的影响	119
第一节 计量模型与数据说明	119
第二节 模型长期均衡关系分析	122
第三节 价格调整对能耗强度冲击的模拟分析	125
第四节 3 大能源消费品种价格调整关联度的模拟分析	127
第五节 结论	129
第九章 行业产权、规模、出口结构对钢铁能效的影响	131
第一节 钢铁行业全要素能源效率计量模型	131
第二节 模型长期均衡关系分析	134
第三节 变量的脉冲响应函数分析	137
第四节 相关结论	140
第十章 提高钢铁行业能源效率的对策	144
第一节 促进技术进步在不同产区的扩散	145
第二节 调整能源相对价格和用能对象	147
第三节 钢铁产业结构调整	149

第四节 行业节能管理和产权调整	153
第十一章 主要结论和研究展望	158
第一节 主要研究结论	158
第二节 研究展望	160
附录	162
参考文献	173
后记	181

第一章

绪 论

第一节 研究钢铁行业能源效率的意义

钢铁产业是我国社会经济的重要基础性产业，是国家经济实力和综合国力的重要标志。我国目前是世界钢铁消费和生产大国，粗钢总产量持续 13 年位居世界第一。2000 年以来，我国钢铁产业发展迅速，粗钢产量年均增长率 21.1%。2008 年，粗钢产量为 5 亿吨，占全球粗钢产量的 38%，国内粗钢表观消费量 4.53 亿吨，直接出口折合粗钢 6000 万吨，占世界钢铁贸易总量的 15%。2008 年，钢铁企业完成工业总产值 44728 亿元，占全国工业总产值的 8.8%，实现利润 1573 亿元，占工业企业利润总额的 5.15%，直接从事钢铁生产的就业人数达 313.5 万，钢铁企业单位数为 8012 个。我国钢铁产量的迅速增长伴随着极高的能源消耗。2005~2008 年，钢铁业能源消费量分别为 3.69 亿、4.24 亿、4.78 亿、5.15 亿吨标煤，分别占据当年工业能源消费量的 24.6%、25.8%、25.1%、26.1%；占据当年我国能源消费量的 16.4%、17.2%、17.9%、15.7%。党的十六大提出，2010 年国民经济要比 2000 年翻一番，2020 年达到全面小康社会，国民经济比 2010 年再翻一番，2030 年基本实现工业化，经济达到中等发达国家水平。我国目前还处于工业化的中期，国内市场对钢铁的需求，还会在今后若干年呈现持续的增长态势，如果把实现工业化定为钢材消费达到饱和的条件，我国钢材生产将在 2030 年左右达到峰值。2008 年，我国粗钢总产量相当于世界前十大产钢国的总产量之和！我国粗钢当年总产量为美国和日本的 5 倍！

钢铁产业链长，上下游产业关联度广，在国家经济增长中往往是支柱性产业。同时，钢铁也是一个高污染、高耗能的产业，是我国最具有节能减排潜力的行业之一。我国钢铁行业发展的一些深层次矛盾和体制问题，没有从根本上得到解决，主要是：行业产能集中度仍然偏低，技术和管理体制自主创新能力不强，

产能生产力布局不合理,总产能过剩、落后产能仍然存在,矛盾比较突出;产业固定资产投资反弹的倾向仍然存在,高耗能、高污染的低端产品对资源环境的影响日益加剧。钢铁冶炼及延压加工业仍然是标准的“高能耗、高污染”产业。研究中国钢铁业的能源效率问题对中国节能降耗有重要意义。

目前我国的钢铁产量仍处于成长期,钢铁产量仍呈增长的趋势。钢铁行业这么大的能源消费量以及钢铁产量继续增长的发展趋势将对中国能源使用总量和中国总体能源效率产生重大影响。钢铁产业长期粗放发展、低端重复性建设积累的矛盾日益显现:一是我国钢铁产业技术创新能力不强,先进冶压生产技术、高附加值钢铁产品研究开发和产品应用,还是主要依靠对国外先进产钢国家的引进和模仿,一些高档关键品种钢材成品仍需从国外大量进口,钢铁产品消费结构位于中低档水平。二是我国钢铁产业布局不合理,我国大量钢铁企业分布在内陆地区的大中型城市,受到能源供应等因素的严重制约。三是产业集中度低,2008年,钢产量超过500万吨的钢铁企业粗钢产量占全国粗钢产量的比重为58.85%,所占比重大明显偏低。党的十七大报告指出:要加快转变经济发展方式,推动产业结构优化升级。效率提高是转变经济增长方式的中心环节。转变增长方式的本质是更加高效地配置各种生产要素,以尽可能少的投入实现尽可能多的产出。2009年出台的钢铁产业调整和振兴规划中的六大规划目标之一,就是钢铁行业节能减排工作要取得长足成效:我国重点大中型钢铁企业吨钢综合能耗不超过620千克标煤,吨粗钢新水耗量低于5吨,吨钢二氧化碳排放量低于1.8千克,吨钢烟粉尘排放量每吨低于1.0千克,生产流程产生的二次能源可回收能源基本实现100%回收,冶金残渣100%实现回收利用,污染气体和排放水实现排放浓度和排放总量双达标。

2008年,国内钢材价格综合指数为130.4点,比2007年同期下跌21.6%。钢材需求最大的下游行业首先是建筑业,其中房地产业及房屋建设占钢材需求的50%,其次是机械行业,占钢材需求的15%,汽车、造船、家电、石油、铁路、集装箱等行业合计占13%左右。这些行业都出现不同程度的减速迹象。需求的减弱再也无法支撑高钢价,目前钢材价格跌速远超过成本下降的速度,并快速逼近成本。

在能源资源约束强化和低成本竞争优势弱化的情况下,钢铁行业只有将增长建立在能源效率改进的基础上,其经济发展才是有后劲、可持续的。

综合上述,钢价下跌和成本高位锁定挤压钢企利润空间,钢铁企业受高成本和钢材价格下滑的双重挤压,利润大幅下降,同时《成品油价税费改革方案》的出台、钢铁产业调整和振兴规划的实施和中国“十一五”节能降耗计划的实现都要求耗能比例很高的钢铁行业提高能源效率,那么中国钢铁行业发展的极值点

在哪里？应该保持一个什么样的增长模式和速度？每一个增长情景模式对应的能耗强度和消费总量，将对我国能源消费和能源效率的变化产生什么样的影响？中国钢铁行业能源效率的影响因素有哪些？每一个影响因素对钢铁业能源效率的影响弹性如何？钢铁行业全要素生产率与其能源效率有什么关联？钢铁行业由于技术进步引致的能源消费反弹效应到底有多大？钢铁行业用能价格的变动将对钢铁行业能源效率产生什么样的影响？钢铁行业消费的不同能源品种之间，高效率、高清洁的2次电能对煤炭品种的替代弹性有多高？钢铁行业能源资本的替代弹性有多大？中国钢铁业的集中度和钢铁业能源效率的高低存在什么样的关系？本书将对这些问题做出回答，这对于我国钢铁产业政策制定，寻求钢铁行业能源效率调控路径具有重要的理论和现实意义。同时，对年能源消耗量占据中国年能源消费量比例达17%左右的钢铁业的能源效率做系统的研究，也可以为有色金属冶炼业、石油冶炼业等耗能较高行业的能源效率研究提供方法借鉴。

第二节 国内外研究现状综述

在现有文献中，能源效率提高的因素识别与度量一直是众多学者关注的重点，大量能效研究的文献主要集中在产业结构调整、技术进步、能源价格三个方面。学者们把能源效率的提高主要归结为三类因素：一是能源从低生产率的产业流向高生产率的产业，即产业结构的调整，又称结构效率；二是通过技术进步提高能源利用效率；三是能源价格对能源效率的影响。除了主流的产业结构调整和技术进步如何影响能源效率的研究文献外，目前有些学者又将产权结构、对外贸易、FDI投资、能源替代因素补充进来，在区域或国家工业层面上研究这些因素对能源效率的影响。本书文献综述从7个方面展开：（1）能源效率的界定；（2）能源效率相关计量方法模型；（3）能源效率与经济增长关系；（4）技术对能源效率的影响；（5）结构因素对能源效率的影响；（6）能源价格对能源效率的影响；（7）要素替代对能源效率的影响。

一、能源效率衡量指标

佩特森（Patterson，1996）指出，能源效率这个概念的定义较为宽泛化，在计量方法上可用多种数量指标进行测算分析，从能源效率定义的一般意义上来说，能源效率是指在经济生产领域通过使用更少的能源投入，生产出同样数量的服务或者有用的经济产出，这其中的一个关键问题是如何精确地定义能源投入和

经济系统的有用产出。

能源效率概念界定了能源的效率测度空间，一般认为，能源效率分为经济能源效率和物理能源效率两类。把能源作为原材料，经过加工转换生产出另一种形式的能源，这种能源投入与能源产出之比叫做物理能源效率。物理能源效率指标通常用热效率来表示。联合国欧洲经济委员会的定义是：在使用能源（开采、加工转换、储运和终端利用）的活动中所得到的起作用的能源量与实际消耗的能源量之比。开采效率用从一定能源储量中开采出来的产量的热值与储量的热值之比来衡量。加工转换效率，是起作用的能源的产量与加工转换时投入的能源量之比。储运效率是用输送分配和储存过程中的损失来衡量的（一般不包括自身消耗的能源）。终端利用效率，即终端用户得到的有用能与过程开始时输入的能源量之比。能源系统的总效率是开采效率、加工转换效率、储运效率和终端利用效率的乘积。通常所说的“物理能源效率”是指后三个环节的总效率，其中加工转换率和储运效率属于中间环节效率，中间环节效率与终端利用效率的乘积称为“物理能源效率”。

经济能源效率指的是把能源作为燃料和动力时，能源投入与最终生产成果之比；经济能源效率指标是根据投入能源的市场价值与产出的市场价值来进行测量的。它有国家、地区、行业之分。经济能源效率和物理能源效率的区别在于：前者考察的是能源投入与整个经济系统的产出之比。而后者考察的是能源投入与能源生产系统的产出之比。

从目前对能源效率计算所用指标来看，能源效率的计算又分为单要素能源效率和全要素能源效率：单要素能源效率只把能源要素与产出作比较，而全要素能源效率则考虑各种投入要素的共同作用（王庆一，2003；史丹，2006）。

常见的单要素能源效率计算公式为：国民能源投入价值/国民产出，它是美国国会经济委员会（1981）提出的，他们认为该指标与“能源 - GDP”指标相比，更能准确反映能源经济生产效率，并且还可以提供能源价格信息，从而反映出对能源的供需变化。该指标主要可以用能源消耗强度和能源生产率两种常用指标表示，能源消耗强度指标是指增加单位 GDP 的能源需求，指的是一个国家或地区、部门或行业单位产值一定时间内消耗的能源量，通常以吨（或公斤）油当量（或煤当量）/美元（或元）表示。能源生产率是指单位国内生产总值与单位能源消费量的比值，通常以美元（或元）/吨油当量（或煤当量）来表示。在计算上能源消耗强度与能源生产率刚好互为倒数。

全要素能源效率在计算能源效率时通常采用全（多）要素的计量方法，即考虑所有投入要素（能源、资本、劳动力）与产出之间的关系。可以采用参数法和非参数法来测度全要素能源效率，参数法有随机前沿法（Stochastic Frontier）和

确定前沿法 (Deterministic Frontier), 通常用随机前沿法 (SFA) 来测度能源效率; 非参数法主要有数据包络法 (DEA), 这时测度出来的能源效率称为全要素能源效率。

(一) 传统单要素能源效率研究文献综述

传统的能源效率的研究都是在单要素能源效率基础上进行。单要素能源效率是用能源消费与国内生产总值的比值衡量能源效率, 也就是通常所说的能源强度 (史丹, 2006)。单要素能源效率计算有一个隐含的假定, 即产出是由能源作为唯一的投入要素所创造的。

目前学术界分析能源效率变动的成因与之对应的能源效率的概念都为单要素能源效率。卡姆巴拉 (Kambara, 1992) 对我国 1980 ~ 1990 年能源效率的分析; 黄 (Huang, 1993)、辛顿和李维 (Sinton & Levine, 1994)、加尔巴乔 (Garbaccio, 1999)、张 (Zhang, 2003) 分别研究 1980 ~ 1987 年、1980 ~ 1990 年、1987 ~ 1992 年、1990 ~ 1997 年各时间区间我国能源效率的变化情况; F. 理查德 (F. Richard)、加尔巴乔 (1999) 对我国煤炭、石油、电力的单品种能源产品效率的研究, 都是在单要素能源效率的基础上进行的。在国内, 韩智勇、魏一鸣和范英 (2004) 对我国 1998 ~ 2000 年工业能耗强度的变动分析; 吴巧生和成金华 (2006)、齐志新和陈文颖 (2006) 对我国工业部分能耗强度的研究; 也都是建立在单要素能源效率分析的基础上, 然后用回归模型或者指数分解方法, 对能源效率的影响因素做出相应的分析。

有些学者又将能源消费结构、产权结构、能源价格、国外直接投资因素补充进来, 在区域或国家工业层面上研究这些因素对能源效率的影响, 而与之对应的能源效率的概念仍然为单要素能源效率。张瑞等 (2007) 分析了煤炭、石油、天然气消费比重与能源效率协整关系; 韩等 (Hang, 2007) 分析了中国在 1985 ~ 2004 年间能源价格变化对总能源效率和煤、石油、电力这三类能源利用效率的影响; 范 (Fan, 2007) 研究了 1992 年之后以市场为导向的经济改革对能源效率改进的影响; 刘畅等 (2008) 分析了能源价格、工业结构、产业结构、能源消费结构、科技开发投入水平对能源效率的影响; 沈能 (2010) 对能源效率同政府干预、产业结构、产权结构、能源消费结构关系的研究; 所有研究也都是建立在单要素能源效率的基础之上。

单要素能源效率 (能耗强度) 只是衡量了能源投入与产出之间的一个比例关系, 其作为测度能源效率的指标存在很大的限制 (黄, 2006)。其能源效率测度单位会随着所选取的具体变量的单位而发生变化, 度量单位可能是实物量指标, 也可能是货币计量指标, 单要素能源效率指标的最大弊端表现在: 它没有考虑到