

基于低碳经济发展的 中国能源效率研究

范丹 著

JIYU DITANJINGJI FAZHAN DE
ZHONGGUONENGYUAN XIAOLV YANJIU

中国社会科学出版社

基于低碳经济发展的 中国能源效率研究

范丹 著



JYU DITANJINGJI FAZHAN DE
ZHONGGUONENGYUAN XIAOLV YANJIU

中国社会科学出版社

图书在版编目(CIP)数据

基于低碳经济发展的中国能源效率研究 / 范丹著. —北京: 中国社会科学出版社, 2014. 3

ISBN 978 - 7 - 5161 - 3999 - 8

I. ①基… II. ①范… III. ①能源效率—研究—中国
IV. ①F206

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 040088 号

出 版 人 赵剑英
责任编辑 周晓慧
责任校对 林福国
责任印制 李 建

出 版 中国社会科学出版社
社 址 北京鼓楼西大街甲 158 号 (邮编 100720)
网 址 <http://www.csspw.cn>
中文域名: 中国社科网 010 - 64070619
发 行 部 010 - 84083685
门 市 部 010 - 84029450
经 销 新华书店及其他书店

印 刷 北京市大兴区新魏印刷厂
装 订 廊坊市广阳区广增装订厂
版 次 2014 年 3 月第 1 版
印 次 2014 年 3 月第 1 次印刷

开 本 710 × 1000 1/16
印 张 13
插 页 2
字 数 215 千字
定 价 39.00 元

凡购买中国社会科学出版社图书, 如有质量问题请与本社联系调换
电话: 010 - 64009791
版权所有 侵权必究

本书由国家自然科学基金面上项目“基于结构突变和截面相关的省际碳排放面板协整检验方法”（批准号：71171035）、第一批“辽宁省特聘教授”、辽宁省“学科提升计划”工程和教育部人文社会科学青年项目“碳排放约束下我国省域能源效率、节能减排潜力及路径研究”（批准号：13YJC790023）资助

序

能源效率的研究是经济社会发展的核心问题之一，也是具有综合性的复杂系统问题。近年来，中国能源约束趋紧、环境污染日趋严重，传统上以不断消耗能源和制造二氧化碳为代价的生产模式难以为继。十八大报告又一次明确提出，推动能效水平提高，控制能源消费总量，加强节能降耗，支持节能低碳产业和新能源、可再生能源发展，形成节约资源和保护环境的空间格局、产业结构，从源头上扭转生态环境恶化趋势，并同国际社会一道积极应对全球气候变化。而改善能源效率对碳减排的作用毋庸置疑，已经成为减排的第一大来源。因此，基于低碳经济发展下的中国能源效率的测度，节能减排潜力的考察及节能减排路径的选择是中华民族可持续发展的重大课题。

目前，中央政府将中国各地区节能减排工作作为“重中之重”。而中国幅员辽阔，各地区经济发展及能源利用效率水平空间差异较大，那么产生差异的原因到底是什么？能否缩小地区的间能效差距？相应的节能减排潜力是否一致？“一刀切”的节能减排目标是否合理？中国区域能源效率与二氧化碳排放是否存在空间相关性或溢出效应？工业行业能源效率是否能得到改善？能源技术进步对中国各产业碳减排的贡献比例是多少？怎样在“保增长”的主基调下实现节能减排目标以及如何协调二者之间的关系等问题亟待解决。范丹博士的《基于低碳经济发展的中国能源效率研究》一书对上述一系列问题进行了系统的实证研究。在全球“节能、循环、低碳”的时代背景下，该书的主要价值体现在以下方面：

首先，基于空间动态面板数据，建立了中国能源利用效率影响因素的空间计量模型，并将二氧化碳排放的重要影响因素——能源强度、空间相关性引入二氧化碳排放的库兹涅茨曲线当中，实证分析了能源利用效率和区域经济发展之间的空间依赖性和集群特征，中国二氧化碳排放的库兹涅

茨曲线的存在性、空间溢出效应及经济拐点出现的位置。考察这些关键影响因素对能源效率提升的作用机制和变动趋势,以及能源效率对经济增长和二氧化碳排放的影响路径、程度,促进各地区、行业能源效率的提升与协调发展,对建设“节能环保社会”具有重要的指导意义。

其次,将二氧化碳排放纳入全要素能源效率的评价体系当中,实证考察省域、行业间能源效率的差距,为各地区、各行业个性化提升效率改进方式提供参考。在此基础上,对各地区、各行业的过度能源投入和二氧化碳排放情况作出动态分析,这有助于各地区、各行业有针对性地调整能源环境政策。因此,对碳排放约束下的省域、行业的能源效率测度将为各地区、各行业的节能减排工作提供量化考核标准,并确定其相应的节能减排潜力,因地制宜地制定相关宏观经济政策提供理论依据。

再次,针对不同的工业行业之间存在着发展水平、能源绩效和碳排放水平等差异,本研究重点从理论和实证两个方面考察了基于低碳经济增长的工业行业全要素能源效率及其分解变量,与不考虑碳排放约束下的传统能源效率及生产率进行了对比分析,并系统、全面地探讨了工业行业全要素能源效率及生产率的影响因素,为依据不同行业的发展特点制定节能减排和经济发展政策提供理论支持。采用四阶段 DEA 方法与 Bootstrapped DEA 方法,控制外生环境变量与随机冲击对工业企业能源效率的可能影响,为准确测度中国省域工业企业的全要素能源效率提供科学的理论模型。

最后,基于生产函数法与指数分解法,构建中国产业能源消费碳排放的 LMDI-PDA 因素分解理论模型,并从抑制中国碳排放增长的关键因素出发,以全新的模型和角度考察了潜在能源强度、能源绩效以及能源技术进步对我国碳减排的贡献比例。在选择低碳经济发展的道路中,对碳排放的关键影响因素进行科学的提取,并根据关键影响因素制定相关政策及有效措施,这对提高中国产业能源效率、降低二氧化碳排放具有一定的现实意义。

范丹博士多年来一直从事计量经济学、资源与环境经济学的研究工作。在攻读管理科学与工程专业博士学位期间,已掌握了本学科及相关学科领域坚实宽广的理论基础和系统的专业知识,善于运用数理模型和计量方法分析区域经济学、资源与环境经济学等问题,具有良好的前期研究基础和丰富的研究资料积累。

作为范丹的博士生导师，我认为将“基于低碳经济发展的中国能源效率研究”作为专著的选题，具有一定的时代意义和应用价值。该专著的主要创新体现在：首先，以经济增长理论、生产理论、能源经济学、环境经济学相关理论为基础，从国家、区域、省际、产业、行业等多层面、系统地考察了中国能源效率问题；其次，将能源投入、经济产出与碳排放三部分进行整合，并将传统能源效率研究框架进一步扩展，动态地考察低碳经济下中国节能减排潜力；最后，提出基于这种分析框架下的中国能源经济可持续发展的实现机制及其实现路径，进一步丰富能源经济学、区域经济学等相关理论。

该专著以研究、解决现实问题为出发点，在实际可得数据的基础上建立相应经济模型，尝试综合运用计量经济分析、数理经济分析和实证检验等分析方法，系统地、全面地对低碳视角下的中国能源效率进行科学地评价。专著研究内容设计合理，论述清晰，结构严谨，写作规范，实证研究方法丰富且运用恰当，所得结论具有科学性和可靠性，具有自己的独到见解和创新性，充分体现了作者具有扎实的理论基础并掌握了计量经济学等相关专业知识。该专著的出版可以为能源经济学与环境经济学研究者提供一定的借鉴和参考，并为国家能源部门与地方政府制定相关能源政策、节能减排工作提供决策参考。但由于作者的学术水平有限和时间的限制，本专著对该问题的研究不可能完美无缺，必定有不足和需要完善之处。仅希望该专著能引起对这一领域有研究兴趣的学者的关注和思考，从而进一步深入研究，为中国早日实现绿色经济转型与可持续发展增光添彩。

王维国

2013年11月

变量名称表

缩写变量	变量名称	英文名称
TFE	传统全要素能源效率	Total Factor Energy Efficiency
ETFE	碳排放约束下全要素能源效率	Ecological Total Factor Energy Efficiency
M	Malmquist 生产率指数	Malmquist Productivity Index
L	Luenberger 生产率指标	Luenberger Productivity Index
ML	Malmquist-Luenberger 生产率指数	Malmquist- Luenberger Productivity Index
TECH	技术进步变化	Technology Progress Change
EFFCH	效率变化	Efficiency Change
PTEFFCH	纯技术效率变化	Pure Technical Efficiency Change
SECH	规模效率变化	Scale Efficiency Change
TSCH	技术规模变化	Technical Scale Change
YIR	经济产出增长率	The Rate of Economic Growth
TFPIR	全要素生产率增长效应	Total Factor Productivity Growth Effect
FEIR	要素增长效应	Factor Growth Effects
EFFIR	技术效率增长效应	Growth Effects of Technical Efficiency
TEIR	技术进步增长效应	Growth Effects of Technology
RI	环境规制指数	Environmental Regulation Index
OL	环境规制成本	Environmental Regulation Cost
SPE	节能潜力	Saving Potential of Energy
APP	减排潜力	Abatement Potential of Pollution
IE _x	投入无效率	The Inefficiency of Input
IE _y	期望产出无效率	Inefficiency of Desirable Output
IE _b	非期望产出无效率	Inefficiency of Undesirable Output

前 言

能源节约和碳减排已经是人类社会可持续发展的重大课题。目前，面对能源资源约束日趋紧张、环境污染严重、生态系统退化的现实背景，以不断消耗能源和排放二氧化碳为代价的传统发展模式已经难以持续。从全球范围看，节能、循环、低碳正成为新的发展方式，“绿色工业革命”已经悄然兴起。此外，国际能源署 IEA（2010）指出，改善能源效率对碳减排的潜力要超过电力部门的脱碳潜力，成为减排的第一大来源。作为快速发展中的中国，推动能源效率水平的提高，加强节能降耗，支持节能低碳产业发展，形成节约能源和保护环境的空间格局，是从源头上扭转生态环境恶化趋势和实现中国绿色经济可持续发展的重要且有效途径。

本书通过将能源效率的各种理论和方法进行整合，将二氧化碳排放纳入能源效率的评价体系中，以经济增长理论、生产理论、能源经济学、环境经济学相关理论为基础，分别从宏观层面和中观层面考察了碳排放约束下中国能源效率问题，从而整合了能源投入、经济产出与环境污染三部分。全书以研究、解决现实问题为出发点，在实际可得数据的基础上建立相应经济模型，尝试综合运用计量经济分析、数理经济分析和实证检验等分析方法，系统、全面地对低碳视角下的中国能源效率进行科学评价。本书的主要内容和结论如下：

1. 基于空间动态面板数据，建立了中国能源效率影响因素及二氧化碳排放的 EKC 扩展曲线的空间计量模型。实证结果可知：中国各邻近省域能源效率之间存在着显著的空间相关特征，有着显著的集聚效应和相似性；相对于经济距离，地理距离对地区经济活动的空间相关性影响更大；经济增长、技术进步与对外开放度对能源强度的回归系数为负，而能源价格、产业结构与能源强度具有显著的正相关性；中国人均二氧化碳排放与经济增长之间基本满足 EKC 假定的倒 U 形曲线关系；中国人均二氧化碳

排放的环境库兹涅茨曲线受相邻地域与地域间经济发展的双重影响；人均二氧化碳排放的经济拐点为 101276 元。结合中国经济实际发展水平，中国目前正处于二氧化碳排放的库兹涅茨曲线的左端。

2. 运用非径向、非角度的 SBM 模型测度了碳排放约束下中国省域全要素能源效率及节能减排潜力。与考虑碳排放测算的全要素能源效率相比，不考虑碳排放约束的各省份全要素能源效率被高估。省际全要素能源效率的评价表明，在考察期内上海、广东一直处于最优生产前沿上；从区域全要素能源效率的差异分析来看，中国全要素能源效率的区域格局由东向西递减，并呈现收敛趋势。由聚类结果可知，处于高效区的省份全部为东部沿海省份，中效区的省份大多是中部省市及东北老工业基地，而西部区域的各省份多数处于低效区；通过节能减排评价模型的测算分析可知，按照区域进行比较，西部区域的节能减排潜力最高，其次为中部和东北部，东部的节能减排潜力最低。

3. 基于序列 DEA 的方向性距离函数、环境规制强度指数、Malmquist-Luenberger 指数，测度了环境规制下中国省域全要素能源效率与生产率的动态变化、分解变量及环境规制成本。主要结论如下：绿色生产率大于传统生产率，绿色生产率呈现 W 形波动趋势，主要的转折点出现在 2005 年与 2009 年；从区域差异来看，绿色生产率东部区域最高，其次为东北部、中部，西部最低，各区域的全要素生产率存在趋同的趋势。“创新者”地区集中在北京、上海、广东、海南四个省市；考虑碳排放约束后，中国的产业结构得到了优化调整，呈现出规模效率的提升；从经济增长的分解效应来看，全国的经济增长驱动力量主要来自投入要素的增长效应，全要素生产率的平均贡献比例仅为 5%。其中东部区域正处在由“外延型”向“内涵型”的绿色经济增长模式过渡时期，而东北、中、西部区域经济增长模式仍以“粗放型”为主；环境规制强度与全要素生产率有显著的正相关性，这支持了波特假说的存在。

4. 基于四阶段 DEA 和 Bootstrapped DEA 方法，在控制了外生环境变量和随机冲击的影响下，对中国省域规模以上工业企业的全要素能源效率进行了实证分析。主要结论如下：初始 DEA 模型、四阶段 DEA 模型以及 Bootstrapped DEA 模型计算得到的效率得分存在显著差异；Tobit 回归模型显示：各地区工业企业的技术研发投入是全要素能源率提高的有利因素，且对能源和碳排放减少的贡献比例最大，环境保护支出对全要素能源效率

影响微弱, 国有化程度的下降是全要素能源效率提高的有利因素; 剔除环境变量影响后, 全国工业企业的平均纯技术效率得到了改善, 而平均综合技术效率、规模效率均出现下降。规模报酬递减省份均调整为规模报酬递增状态; 运用 Bootstrapped DEA 对四阶段 DEA 得到的效率得分进行偏误修正后, 所有地区工业企业的全要素能源效率得分均有所下降。

5. 基于 SBM 方向距离函数和 Luenberger 生产率指标测度了碳排放约束下中国工业 36 个行业的全要素能源效率及其分解变量。主要结论为: 碳排放约束下的工业行业能源技术效率高于传统能源技术效率。考虑碳排放约束后, 制造业的能源技术效率最高, 其次为电力、煤气及水生产供应业, 采掘业最低; 工业行业的最优生产前沿面发生了不断的外移, 绿色技术边界越来越偏离规模报酬不变技术; 核密度分析可知: 累积全要素能源效率分布的波峰逐渐向右偏移且高度明显下降, 这说明在考察期内, 多数工业行业由于生产率的提高而使得全要素能源效率得到了不同程度的改善; 影响因素分析结果显示: 工业行业在一定程度上存在能源使用的规模经济; 能源结构对全行业的能源效率及生产率具有显著的抑制作用; 资本深化对工业行业能源效率的影响为正, 而对绿色生产率具有显著的负面影响; 马歇尔外部性与工业行业的能源效率及生产率存在 U 形关系; 本研究框架不支持“污染天堂假说”。

6. 将 DEA 中基于能源投入的 Shephard 距离函数引入到 LMDI 分解模型中, 建立了六大产业能源消费的碳排放七因素分解模型 (即 LMDI-PDA 分解模型), 并从抑制中国碳排放增长的关键因素出发, 考察了潜在能源强度, 能源绩效以及能源技术进步对中国碳排放下降的作用大小。研究结果显示: 产业结构效应、经济产出效应、人口规模效应、能源绩效效应对碳排放的增加具有一定的拉动作用, 其中经济产出效应的累积贡献率最大, 为 135%; 产业结构效应、人口规模效应、能源绩效效应对碳排放累积贡献率分别为 10.74%、9.39%、0.65%。潜在能源强度效应对碳排放下降的累积贡献率最大, 为 54.6%, 说明产业能源强度的调整空间较大, 且抑制效应逐年增强; 能源结构效应、能源技术进步效应对我国碳减排的累积贡献率分别为 0.2% 和 1%, 贡献微弱, 亟待提高。从产业层面研究发现, 农林牧渔业、建筑业、批发零售和住宿餐饮业及其他行业的低碳发展较好, 工业、交通运输仓储和邮政业低碳发展不佳, 工业始终是中国碳排放的主要来源。

目前,中国正处于由“外延型”向“内涵型”经济增长方式的转变时期。在经济持续增长的同时伴随着能源消耗、碳排放总量的增加是无法避免的。基于定量分析结果,本书提出如下政策建议:(1)提高全要素生产率对经济增长的贡献率,改变以能源和资本要素投入为支撑的经济增长方式,向主要依靠技术进步、低碳经济所带动的发展方式转变。(2)发展现代产业结构体系,加快能源消费结构的调整。重视高能耗产业的内部结构升级,提高战略性新兴产业、低碳产业比重和国际竞争实力。(3)推动能源利用的技术创新。促进各区域的纯技术效率的提高,推进生产前沿面的不断外移。(4)推进中、西部区域的“追赶效应”,逐步缩小全要素能源效率的区域差异。(5)因地制宜地制定碳排放规制政策或激励手段,加强碳排放市场的监管,扩大碳排放交易的试点城市。

目 录

变量名称表	(1)
前言	(1)
第1章 中国能源与低碳发展的内外形势和研究现状	(1)
第1节 国内外节能减排的现实背景	(1)
第2节 中国能源效率的研究意义	(7)
一 理论意义	(7)
二 实践应用意义	(8)
第3节 能源效率理论与研究现状	(10)
一 能源效率的内涵与测算方法	(10)
二 基于单要素生产率框架的中国能源强度变动机理研究	(12)
三 基于全要素生产率框架的全要素能源效率研究	(14)
四 现有文献研究的不足	(21)
第4节 研究内容、研究方法与技术路线	(22)
一 研究内容与研究方法	(22)
二 技术路线	(25)
第5节 本书主要创新点	(26)
第2章 中国能源效率及 CO ₂ 排放的 EKC 扩展曲线的空间 计量分析	(27)
第1节 能源强度及 EKC 曲线的研究现状	(27)
第2节 空间计量模型	(30)
一 空间滞后模型与空间误差模型	(30)

二 空间权重矩阵的设定	(31)
第3节 中国能源效率的空间面板数据模型分析	(32)
一 能源效率的空间计量模型的设定与检验	(32)
二 能源效率模型的估计与分析	(37)
第4节 中国 CO ₂ 排放的 EKC 扩展模型的空间计量分析	(40)
一 空间计量模型的设定与空间检验	(40)
二 二氧化碳排放的 EKC 扩展模型的估计与分析	(43)
第5节 本章小结	(46)
第3章 中国区域全要素能源效率及节能减排潜力分析	(49)
第1节 全要素能源效率研究现状	(49)
第2节 研究方法	(50)
一 环境技术集	(50)
二 非期望产出的 SBM 模型	(51)
三 节能减排模型	(53)
第3节 投入产出指标的评价体系	(54)
一 投入指标的界定与测算	(54)
二 产出指标的来源与测算	(55)
第4节 中国省域节能减排潜力分析	(57)
一 省际全要素能源效率评价与比较	(57)
二 区域全要素能源效率的差异及收敛性分析	(60)
三 全要素能源效率的聚类分析	(62)
第5节 中国省域节能减排潜力分析	(63)
一 省域节能潜力评价	(63)
二 省域减排潜力评价	(65)
第6节 本章小结	(66)
第4章 环境规制下的中国省域全要素能源效率研究	(68)
第1节 包含能源和环境污染的全要素生产率研究现状	(68)
第2节 研究方法	(69)
一 方向性距离函数	(69)
二 环境规制下的能源效率模型及环境规制成本	(71)

三 序列 DEA	(72)
四 全要素生产率指数	(73)
五 基于方向距离函数的经济增长分解模型	(76)
第 3 节 数据来源与测算	(77)
第 4 节 环境规制下的能源技术效率及环境规制成本分析	(78)
第 5 节 全要素生产率变动差异及其分解变量	(81)
一 中国省域的全要素生产率及其分解	(81)
二 全要素生产率与分解的时空演变	(84)
三 最佳“创新者”地区分析	(86)
四 区域全要素生产率收敛性分析	(87)
第 6 节 全要素生产率与“波特假说”的再检验	(88)
第 7 节 全要素生产率与经济增长的动力分析	(91)
第 8 节 本章小结	(93)
 第 5 章 考虑外生环境变量的中国省域工业全要素能源 效率研究	(97)
第 1 节 考虑外生环境变量的能源效率研究现状	(97)
第 2 节 研究方法	(98)
一 四阶段 DEA 模型	(98)
二 Bootstrapped DEA 方法	(100)
第 3 节 投入产出指标、环境变量的选取及数据来源	(101)
第 4 节 中国省域工业全要素能源效率分析	(103)
一 第一阶段传统 DEA 实证分析	(103)
二 外生环境变量的 Tobit 回归分析	(105)
三 投入调整后的 DEA 实证分析	(107)
四 Bootstrapped 修正后 DEA 实证分析	(110)
第 5 节 本章小结	(112)
 第 6 章 中国工业行业全要素能源效率研究	(114)
第 1 节 中国工业行业能源效率研究现状	(114)
第 2 节 研究方法	(116)
一 SBM 方向距离函数	(116)

二 Luenberger 生产率指标	(117)
第 3 节 数据处理与测算	(118)
一 投入产出数据的选择与来源	(118)
二 投入产出数据的统计分析	(119)
第 4 节 碳排放约束下的工业行业全要素能源效率	(121)
一 工业行业传统无效率与环境无效率及其分解	(121)
二 碳排放约束下能源效率与传统能源效率的比较分析	(123)
第 5 节 传统生产率与绿色生产率比较分析	(127)
一 工业行业传统生产率与绿色生产率及其分解	(127)
二 工业行业绿色生产率及其分解变量的动态分析	(128)
三 工业行业能源效率的核密度分析	(130)
第 6 节 工业行业的能源效率与生产率的影响因素分析	(132)
第 7 节 本章小结	(136)
 第 7 章 中国产业能源消费碳排放变化的因素分解研究	(138)
第 1 节 碳排放的因素分解研究现状	(138)
第 2 节 研究方法	(140)
一 基于能源投入的 Shephard 距离函数	(140)
二 分解模型恒等式	(142)
三 LMDI-PDA 分解模型	(144)
第 3 节 产业能源消费碳排放分解的实证分析	(145)
一 数据来源与处理	(145)
二 LMDI-PDA 分解结果的总体分析	(146)
三 LMDI-PDA 分解的各影响因素分析	(147)
第 4 节 本章小结	(154)
 第 8 章 基于低碳经济的中国能源效率研究结论与未来展望	(156)
第 1 节 本研究的主要结论	(156)
一 单要素能源效率空间计量分析	(156)
二 区域全要素能源效率分析	(157)
三 环境规制下的省域全要素生产率分析	(158)
四 考虑外生环境变量的省域工业能源效率分析	(159)

五 工业行业全要素能源效率与生产率分析	(160)
六 产业能源消费碳排放的因素分解研究	(161)
第2节 能源效率研究的政策启示	(162)
第3节 本研究的局限性	(164)
第4节 基于低碳经济发展的中国能源效率展望	(165)
参考文献	(167)
致谢	(186)