



资源与能源
现实问题研究丛书

中国区域工业 能源效率时空效应

Spatial and temporal effects of regional
industrial energy efficiency in China

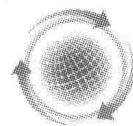
张清华 著



经济管理出版社
ECONOMY & MANAGEMENT PUBLISHING HOUSE

本成果受以下基金项目资助：

- 国家自然科学基金（71173141）应对气候变化的煤炭资源低碳化利用理论与政策研究
- 教育部人文社科基金（15YJC630187）房地产市场风险的生成、测度与控制研究：基于资源型与非资源型城市的比较（2015.08—2018.12）



资源与能源
现实问题研究丛书

中国区域工业 能源效率时空效应

Spatial and temporal effects of regional
industrial energy efficiency in China

张清华 著



经济管理出版社
ECONOMY & MANAGEMENT PUBLISHING HOUSE

图书在版编目 (CIP) 数据

中国区域工业能源效率时空效应/张清华著. —北京: 经济管理出版社, 2016. 9
ISBN 978 - 7 - 5096 - 4586 - 4

I. ①中… II. ①张… III. ①地方工业—能源工业—能源效率—研究—中国 IV. ①F426. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 212524 号

组稿编辑: 王光艳
责任编辑: 许 兵
责任印制: 黄章平
责任校对: 超 凡

出版发行: 经济管理出版社

(北京市海淀区北蜂窝 8 号中雅大厦 A 座 11 层 100038)

网 址: www.E-mp.com.cn

电 话: (010) 51915602

印 刷: 北京九州迅驰传媒文化有限公司

经 销: 新华书店

开 本: 720mm × 1000mm/16

印 张: 10.5

字 数: 131 千字

版 次: 2017 年 3 月第 1 版 2017 年 3 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978 - 7 - 5096 - 4586 - 4

定 价: 58.00 元

· 版权所有 翻印必究 ·

凡购本社图书, 如有印装错误, 由本社读者服务部负责调换。

联系地址: 北京阜外月坛北小街 2 号

电话: (010) 68022974 邮编: 100836

前 言

我生在能源的故乡——山西，我生于斯，长于斯，成长于斯，我热爱这一片热土，也自然热心于能源经济与管理问题的研究，最早接触能源问题是在读硕士期间，我的硕士论文为“绿色供应链综合绩效评价研究”。本书是在我博士论文的基础上修改完善而成的，也是对能源问题的再研究。在我读博士期间，召开了具有划时代意义的十八届三中全会，三中全会《决定》关于能源领域改革的论述分为两个层面，一是在总体改革论述层面，提出“使市场在资源配置中起决定性作用”为指导思想、“积极发展混合所有制经济”来调整经济运行、“推动国有企业完善现代企业制度”作为制度保证等，涵盖了对能源领域改革的指导；二是直接对能源领域改革的意见，比如，“自然垄断行业，根据不同行业特点实行网运分开、放开竞争性业务，推进公共资源配置市场化”成为改革热点，“推进水、石油、天然气、电力、交通、电信等领域价格改革，放开竞争性环节价格”，意味着市场参与度的提高和“健全能源、水、土地节约集约使用制度”等管理方式的改革，如一缕春风，搅乱了人们传统的能源观念，也预示着新能源革命的到来。



伴随工业化与城市化的不断推进,中国的能源消费呈现出急剧攀升的态势,国际油价高企与能源供需矛盾交织使能源约束的“瓶颈”效应越发凸显,与此同时,由能源消耗带来的环境污染问题更是触目惊心。在这一背景下,能源效率的提升问题已成为中国破解能源困局的战略选择。与国际工业化强国相比,中国工业能耗比较高,其能源效率具有很大的提升空间。在国内,由于各地工业化进程所处阶段不同,能源利用水平呈现较大的差异性。深入了解、比较分析各区域能源效率水平,并挖掘影响能源效率的关键因素,对于深入推进中国能源经济转型、进而促进新常态下的经济和区域的可持续发展具有重大的理论和现实意义。

本书基于中国 30 个省(直辖市、自治区) 1997~2012 年的面板数据,运用包含非期望产出的超效率 SBM-DEA 模型对中国区域工业全要素能源效率和节能减排进行了测算和评价,并从空间上利用收敛性分析模型、空间面板数据模型研究了工业全要素能源效率区域差异的收敛性以及主要影响因素,从时间上利用方差分解、脉冲响应函数研究了影响因素对能源效率的贡献率和冲击效应。主要贡献如下:

第一,构建了基于场景理论的全要素能源效率理论框架,将二氧化碳当作非期望产出纳入该框架,并运用超效率 SBM-DEA 模型对中国区域工业全要素能源效率进行测度和节能减排分析评价。

本书对原有全要素能源效率框架进行拓展,构建了基于场景理论的全要素能源效率理论分析框架。认为全要素能源效率框架不应该只局限于考虑区域自身能源的投入和产出问题,还应该考虑到区域间各种纷繁复杂因素对本区域能源效率的影响,更应该强调其生态环保的文化价值观。因此,本书将二氧化碳当作非期望产出纳入



全要素能源效率框架，并运用超效率 SBM - DEA 模型对中国区域工业全要素能源效率和节能减排潜力进行测度和比较分析。结果表明，不考虑二氧化碳排放的各省的全要素能源效率存在着过高估计的现象；东部沿海区域、东北老工业基地、中部、西部考虑二氧化碳排放的全要素能源效率依次递减；西部、中部、东部、东北老工业基地的节能潜力依次递减；西部、中部、东北老工业基地、东部的减排潜力依次递减。

第二，通过构建区域工业全要素能源效率的收敛模型，分析了中国及中国四大经济区域工业全要素能源效率的空间差异性。

通过构建中国区域工业全要素能源效率的 σ 收敛、绝对 β 收敛、条件 β 收敛、俱乐部收敛四种收敛模型，进一步分析了全国及中国东部沿海、东北老工业基地、中部、西部四大经济区域全要素能源效率的空间差异性。结果表明，从全国来看，四大经济区域的工业能源效率差异不会随时间的推移而趋于下降，其差异会持续存在；东部沿海区域内部各省份的工业能源效率趋于各自的稳态水平，它们之间的差异会持续存在，随着时间的推移有逐步缩小的态势；西部区域内部各省份的工业能源效率也趋于各自的稳态水平，其差异也会持续存在，但随着时间的推移不会缩小；中部区域内部特征相似的省份其工业能源效率会趋于共同的稳态水平，而内部特征不同的省份其稳态水平会有所差异，且这种差异会一直存在并无法缩小。东北老工业基地内部各省份的工业能源效率有逐步缩小的态势，但最终还是趋于各自的稳态水平。

第三，构建了中国区域工业全要素能源效率影响因素体系，通过包含地区固定效应的区域工业能源效率空间滞后面板数据模型，分析了影响因素与能源效率的关系。



在国内现有的研究基础上,增加了产业结构调整、城市化率、贸易进口额、贸易出口额四个指标,构建了中国区域工业全要素能源效率影响因素体系,利用 30 个省的面板数据建立了包含地区固定效应的区域工业能源效率空间滞后面板数据模型,从空间上分析了影响因素与能源效率的关系。结果表明,区域工业能源效率存在显著的空间正相关关系,中国对于不同地区经济发展政策的倾斜性导致了中国区域工业能源效率基准水平在地理空间上呈现东高西低的态势,能源价格、产业结构、外商直接投资、贸易出口额对能源效率具有负向影响,产业结构调整、人均 GDP、贸易进口额对能源效率具有正向影响,城市化率、能源消费结构、技术进步对能源效率的影响不显著。

第四,通过构建影响因素与工业全要素能源效率的面板 VAR 模型,分析了影响因素对工业全要素能源效率的贡献率和冲击效应。

本书构建了 10 个影响因素与能源效率的面板 VAR 模型,运用方差分解法和脉冲响应函数,进一步从时间上分析了影响因素对区域工业全要素能源效率变动的贡献率以及影响因素变动对区域工业全要素能源效率的冲击效应。结果表明,产业结构调整、能源价格、人均工业产值、技术进步、产业结构、贸易进口额、贸易出口额、城市化率、能源消费结构、外商直接投资对区域工业全要素能源效率变动的贡献率依次递减;能源价格对工业全要素能源效率产生先正后负的冲击效应,能源消费结构对工业全要素能源效率产生先负后正的冲击效应,人均工业产值对工业全要素能源效率产生正负反复震荡的冲击效应,外商直接投资、城市化率、产业结构、技术进步、产业结构调整、贸易进口额、贸易出口额对工业全要素能源效率始终产生负向冲击效应。

本书构建了基于场景理论的全要素能源效率理论框架,从自然



属性的能源效率问题上升到意识形态的宏观意义的能源效率问题。运用超效率 SBM - DEA 模型、收敛性分析、空间面板数据模型、脉冲效应函数等方法,通过对中国 30 个省的实证研究分析了中国区域工业全要素能源效率的时空效应,使现有的能源效率问题研究更具系统性和完善性。研究成果对政府制定提高能源效率的政策提供了可供借鉴的理论与方法支持。

本书的写作得到了众多老师和朋友的热情关心和帮助,在此表示真挚的感谢。首先诚挚地感谢我的博士研究生导师郭淑芬教授,我的博士论文自始至终都是在老师的悉心指导下进行的,每每与老师交流都能够顿悟,豁然开朗,柳暗花明;我要以最诚挚的心意感谢技术经济及管理专业的导师组组长、著名学者张所地教授,感谢他的教导,为我在科学研究工作中树立了对学问永远不满意的理念,为我指明了科学研究的明灯;感谢管理科学的研究团队,在我博士论文的写作期间为我提供了强大的技术支持和精神支柱,他们是苗敬毅教授、严建渊教授、王拉娣教授、赵华平博士、胡琳娜博士、任晓松博士等;感谢管理科学与工程学院的老师,他们是原山西财经大学副校长赵国浩教授、管理科学与工程学院原院长孙国强教授、副院长冯珍教授、阎俊爱博士、闫绪娴博士、吉迎东博士等,办公室的毛洪斌和郝志鹏老师等。特别感谢陕西建筑科技大学校长刘晓君教授,作为答辩组组长,她系统地审阅了我的博士论文,在给予很高评价的同时也提出了很多精辟的建议,这对提高本书的质量起了很大作用。在我毕业之后,她荣升校长一职,她不仅是一位好老师,也是一名优秀的高校管理者。

我要感谢山西财经大学副校长杨俊青教授带领下的全体科研工作队伍,以及山西财经大学学科办的支持,本书的出版得到“山西



省重点学科建设经费资助”，同时，科研处、学科办以及财务处的工作人员也为我做了许多服务性工作，感谢他们。

在此，我要郑重地感谢我的硕士研究生导师，现任职于山西财经大学华商学院的院长黄志建教授，是他第一次把我领进技术经济及管理这一新兴学科，他不但具有丰富的理论知识，而且具备了更多的实践经验，他把全部的知识和经验无私地传授给了我，同时在我读博期间，他又给我提供了一个管理平台，让我从事管理的实践工作，让我去体会和领略管理的真谛，从中去追寻经济学的内在规律性，在论文的写作过程中帮我理清思路，寻找突破，耐心地、不厌其烦地和我探讨研究课题。在我的心目中他更像是我的人生导师，教给我如何做人做事，对社会有了更多的认知，使我日趋成熟，我永远感激他。

最后，谨以此书献给我挚爱的双亲和我的家人，他们在背后默默无闻支持是我前进的动力，为了能够潜心研究，他们不让任何人打扰我，曾经两年没有和他们一起过春节，每每想起年过六旬的双亲，心中甚感愧疚，在此，祝愿他们身体健康，心情愉快！

在此也感谢经济管理出版社的王光艳编辑以及她的同事们，她们认真敬业的工作态度，令我肃然起敬。感谢她们的辛勤工作，本书才得以顺利出版。但是由于作者水平有限，书中不足之处在所难免，望读者不吝赐教。随着我国社会经济发展与能源技术进步，人们对各类能源问题的考察视野已从分析拓广到了综合，而能源管理方法的科学化、现代化对促进社会发展和技术进步也有着积极的意义。

张清华

写于山西财经大学

2016年10月20日

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 研究背景	1
1.1.1 推进能源领域的“四个革命”要求中国提高 能源利用效率	2
1.1.2 中国能源转型战略促进能源效率的提高	2
1.1.3 环境污染压力倒逼能源效率的提高	3
1.2 研究意义	6
1.3 国内外研究现状	7
1.3.1 能源效率的定义和测算	8
1.3.2 能源效率的影响因素	15
1.4 本书研究内容	19
1.5 技术路线和研究方法	21
1.5.1 技术路线	21
1.5.2 研究方法	21
1.6 本书创新点	23



第2章 中国区域工业能源效率的相关理论基础	25
2.1 相关理论基础	25
2.1.1 经济增长理论	25
2.1.2 全要素生产率理论	31
2.1.3 经济收敛理论	32
2.1.4 环境经济学理论	33
2.1.5 空间经济学理论	34
2.2 基于场景理论的全要素能源效率理论分析框架	37
2.2.1 场景理论的基本思想	37
2.2.2 中国工业全要素能源效率场景理论的构建	39
2.2.3 中国工业全要素能源效率场景理论的 学术价值	41
2.3 本章小结	42
第3章 中国区域工业全要素能源效率的测度与评价	43
3.1 能源效率测度模型	44
3.1.1 环境技术集	44
3.1.2 SBM - DEA 模型	46
3.2 中国区域工业全要素能源效率的测度	50
3.2.1 投入产出指标说明及数据处理	50
3.2.2 区域工业全要素能源效率的测度结果	53
3.3 中国区域工业全要素能源效率的评价	60
3.3.1 两种测度结果的对比分析	60
3.3.2 两种测度结果的聚类分析	62

3.4	中国区域工业节能减排潜力分析	64
3.4.1	节能减排模型	64
3.4.2	区域工业节能潜力评价	65
3.4.3	区域工业减排潜力评价	69
3.5	本章小结	72
第4章	中国工业全要素能源效率空间差异收敛性分析	75
4.1	收敛性分析方法	76
4.1.1	σ 收敛	76
4.1.2	绝对 β 收敛	76
4.1.3	条件 β 收敛	77
4.1.4	俱乐部收敛	78
4.2	工业能源效率收敛模型构建	78
4.2.1	中国区域工业全要素能源效率 σ 收敛模型	79
4.2.2	中国区域工业全要素能源效率绝对 β 收敛 模型	79
4.2.3	中国区域工业全要素能源效率条件 β 收敛 模型	80
4.2.4	中国区域工业全要素能源效率俱乐部收敛 模型	81
4.3	区域差异收敛性分析	81
4.3.1	工业全要素能源效率的 σ 收敛分析	82
4.3.2	工业全要素能源效率的绝对 β 收敛分析	84
4.3.3	工业全要素能源效率的条件 β 收敛分析	85
4.3.4	工业全要素能源效率的俱乐部收敛分析	86



4.4	本章小结	86
第5章 中国区域工业全要素能源效率空间效应分析		89
5.1	中国区域工业全要素能源效率影响因素体系的构建 ...	90
5.1.1	区域工业全要素能源效率影响因素指标的 选择	90
5.1.2	影响因素指标的数据来源与说明	94
5.2	中国区域工业全要素能源效率影响因素空间计量 模型的建立	95
5.2.1	区域工业全要素能源效率的空间相关性 检验	95
5.2.2	空间计量模型的选择	99
5.3	中国区域工业全要素能源效率的空间差异及影响 因素分析	102
5.3.1	区域工业能源效率存在着显著的空间 正相关关系	103
5.3.2	中国区域工业能源效率基准水平在地理 空间上呈现“东高西低”态势	103
5.3.3	能源价格、产业结构、外商直接投资、 贸易出口额对能源效率具有显著的负影响	105
5.3.4	产业结构调整、人均 GDP、贸易进口额对 能源效率具有显著的正影响	106
5.3.5	城市化率、能源消费结构、技术进步对能源 效率的影响不显著	107
5.4	本章小结	108

第 6 章 中国区域工业全要素能源效率时间效应分析	109
6.1 中国区域工业全要素能源效率面板 VAR 模型构建	109
6.2 区域工业全要素能源效率变动的因素贡献率分析	110
6.2.1 能源价格对区域工业全要素能源效率冲击效应 贡献率分析	112
6.2.2 产业结构对区域工业全要素能源效率冲击效应 贡献率分析	112
6.2.3 能源消费结构对区域工业全要素能源效率冲击 效应贡献率分析	113
6.2.4 人均工业产值对区域工业全要素能源效率冲击 效应贡献率分析	113
6.2.5 产业结构调整对区域工业全要素能源效率冲击 效应贡献率分析	114
6.2.6 外商直接投资对区域工业全要素能源效率冲击 效应贡献率分析	114
6.2.7 城市化率对区域工业全要素能源效率冲击效应 贡献率分析	114
6.2.8 技术进步对区域工业全要素能源效率冲击效应 贡献率分析	115
6.2.9 贸易进口额对区域工业全要素能源效率冲击 效应贡献率分析	115
6.2.10 贸易出口额对区域工业全要素能源效率冲击 效应贡献率分析	116



6.3	影响因素变动对区域工业全要素能源效率的冲击 效应分析	116
6.4	本章小结	127
第7章	结论与展望	129
7.1	主要结论	129
7.1.1	构建了基于场景理论的全要素能源效率 理论框架	129
7.1.2	基于超效率 SBM - DEA 模型的中国工业全要素 能源效率评价	130
7.1.3	基于收敛分析模型的工业全要素能源效率 区域差异分析	131
7.1.4	基于空间面板数据模型的工业全要素能源 效率影响因素分析	131
7.1.5	运用面板 VAR 模型分析影响因素变动对区域 工业能源效率的冲击效应	132
7.2	政策和建议	133
7.2.1	深化能源市场改革, 合理构建公平的能源 价格体系	133
7.2.2	不断加强区域之间的合作交流, 适度采取 因地制宜政策	134
7.2.3	深入加强技术研发与专利申报, 加快专利 成果转化应用	135
7.2.4	加快实现产业结构的转移升级, 减少资源 环境压力	135

7.2.5	大力引进外资和先进的技术，提高企业准入门槛.....	136
7.2.6	实施区域差异化的能源效率政策，坚持“先易后难”的原则	136
7.2.7	有效布局财政的区域分布，实现要素的自由流动.....	137
7.2.8	调整能源消费结构，实施清洁能源发展战略和可再生能源替代战略.....	137
7.3	展望	138
参考文献		141

第 1 章

绪 论

1.1 研究背景

能源和环境是人类生存和发展的基础，自工业革命以来，能源的大规模开发利用创造了辉煌的物质文明，同时也带来了世界性的环境问题。目前，中国环境承载能力已接近极限，经济社会发展正经受着能源供给不足、能源效率低下和生态环境恶化等问题的严重困扰，粗放发展方式下的能源环境已无法保证发展的可持续性。能源效率问题已经是绕不开必须解决的迫切问题。

从中国的宏观政策形势来看，通过调整能源战略，促使提高能源转化效率问题，主要集中在以下几个方面：