

中国区域环境效率研究

效率评估与实证分析

郭文 赵天燕◎著

 中国财富出版社
CHINA FORTUNE PRESS

中国区域环境效率研究

效率评估与实证分析

郭文 赵天燕◎著

中国财富出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

中国区域环境效率研究: 效率评估与实证分析 / 郭文, 赵天燕著. —北京: 中国财富出版社, 2017. 11

ISBN 978 - 7 - 5047 - 3650 - 5

I. ①中… II. ①郭… ②赵… III. ①区域环境 - 研究 - 中国 IV. ①X321.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 281592 号

策划编辑 寇俊玲

责任编辑 戴海林 杨白雪

责任印制 尚立业

责任校对 杨小静

责任发行 王新业

出版发行 中国财富出版社

社 址 北京市丰台区南四环西路 188 号 5 区 20 楼 邮政编码 100070

电 话 010 - 52227588 转 2048/2028 (发行部) 010 - 52227588 转 321 (总编室)
010 - 68589540 (读者服务部) 010 - 52227588 转 305 (质检部)

网 址 <http://www.cfpress.com.cn>

经 销 新华书店

印 刷 北京九州迅驰传媒文化有限公司

书 号 ISBN 978 - 7 - 5047 - 3650 - 5/X · 0020

开 本 710mm × 1000mm 1/16 版 次 2018 年 12 月第 1 版

印 张 14 印 次 2018 年 12 月第 1 次印刷

字 数 251 千字 定 价 48.00 元

版权所有 · 侵权必究 · 印装差错 · 负责调换

作者简介

郭文 1987年生，江西新余人。南京航空航天大学管理学博士，2017年获南京航空航天大学“优秀博士学位论文”荣誉。现为南京财经大学会计学院讲师，入选南京财经大学优秀青年人才培养计划。

主要研究方向为资产评估、环境评估。曾主持国家留学基金委公派研究生项目、全国统计科学研究重点项目、江苏省高校哲学社会科学基金各1项；参与国家级、省部级课题10多项；作为第一作者在《Sustainability》《中国人口·资源与环境》等国内外重要期刊公开发表学术论文14篇，其中：SCI/SSCI检索2篇，EI检索3篇，CSSCI检索8篇，CSCD检索1篇。

内容简介

本书主要内容围绕以下三个方面阐述。第一，分析能源消费与 CO_2 、 SO_2 排放量之间的不可分离特性，并将其引入省际环境效率评估的模型中，提出基于不可分离非期望 SBM 模型，准确地评估我国省际环境效率及其演化趋势。第二，提出环境规制总量目标和环境规制区域目标两种环境规制政策，环境规制区域目标进一步细分为等比例分配、松弛比例分配和经济比例分配三种模式，进而测算四种环境规制目标影响我国区域环境效率评估值的阈值和灵敏性。第三，总结影响区域环境效率变化的诸多因素，运用空间计量模型，从实证检验的视角剖析我国省际环境效率变化的主要影响因素及其影响程度和方向。

序 言

郭文是我指导的第一个硕博连读的博士研究生，他的勤奋和才干给我留下了很深的印象，也是我最得意的学生之一。赵天燕是我带的博士生，同时也是首都经济贸易大学会计学院的一名教师，她在繁重的教学工作之余，还能参与完成本著的研究工作，我感到由衷的欣慰。此次受邀为他们即将出版的专著写序，我欣然同意。回顾郭文在校期间的学习和科研时光，他用四年的时间在国内外重要期刊发表了10余篇学术论文，超额完成硕博连读阶段的全部任务，以优异的成绩提前毕业，他的学位论文还被评为2017年度南京航空航天大学“优秀博士学位论文”。期间还获得国家留学基金委资助，赴加拿大滑铁卢大学系统工程系学习1年，是我们研究团队中在读博士生学习的榜样。

郭文一直以来致力于环境效率评估方面的科学研究，他在SSCI（《社会科学引文索引》）、SCI（《科学引文索引》）和EI（《工程索引》）期刊上发表的研究成果也被越来越多的国内外著名学者引用，得到了业内专家的认同。本著是郭文和赵天燕近年来研究成果的结晶，凝结着作者无数的艰辛耕耘，通读全文让我感到了郭文的学术水平进步之大。同时，本著从环境规制和空间经济学的双重视角探讨环境效率评估问题颇具创新性，这表明他们已经站在该研究领域的前沿。

2017年是我国环境研究领域不平凡的一年，在2017年10月18日，中国共产党“第十九次代表大会”胜利召开，习近平总书记在“十九大”报告中把“绿色发展”、人与自然“和谐共生”等经济可持续发展理念确立为重大的战略方针。环境研究领域将会产生一场革命，环境效率评估和优化将成为我国经济与管理领域重要的研究课题。郭文和赵天燕关于中国区域环境效率评估与实证分析的研究成果完全符合“十九大”报告的基本思想和要求，这也是本著学术意义和实践价值的重要体现，相信本著的出版必将在很大程度上推进环境效率评估与优化的理论和实证研究。

本著总共分为八章，第1章绪论，主要分析研究思路的框架以及国内外

研究现状,包括:研究背景和意义、研究目标与内容、研究方法与技术路线以及文献综述。第2章环境效率相关概念界定与SBM评估方法简介,主要对环境效率、环境规制等概念进行界定,并在此基础上研究SBM模型与超效率SBM模型、加性SBM模型以及非期望SBM模型与网络SBM模型的基本原理和构建思路,并进一步介绍了动态环境效率评估方法——SBM - Malmquist生产率指数。第3章基于非期望SBM模型的区域环境效率评估,对比了非期望产出(环境污染物)四种不同处理方法对环境效率评估结果的影响。第4章基于不可分离变量的区域环境效率评估研究,主要研究了基于不可分离变量的非期望SBM(NS - USBM)模型、区域环境效率动态评估方法——SBM - ML指数模型在区域环境效率评估及其分解分析中的应用。第5章基于系统最大有效面集的区域环境效率评估研究,主要研究了基于最大有效面集的不可分离非期望SBM(MFS - USBM)模型在区域环境效率评估中的应用。第6章环境规制视角下区域环境效率评估与分析,主要研究了环境规制总量目标、环境规制区域目标以及两种环境规制目标分配方式对区域环境效率评估值的影响及其灵敏性。第7章空间经济学视角下区域环境效率研究,主要研究了区域环境效率的空间收敛性以及基于空间计量分析的区域环境效率影响因素分析。第8章结论、建议与展望,归纳了全文的基本观点和主要创新点,并对进一步的研究方向进行了展望。本著层次清楚、结构合理、观点明确、论证充分,是一本深入浅出的学术著作。

当前,环境问题已经成为影响人们生活质量的重大问题,郭文和赵天燕的这本《中国区域环境效率研究——效率评估与实证分析》是他们多年研究成果的结晶,书中也提出了颇具创新性的学术观点,能为有志于从事本领域研究的专家学者提供有效的参考与借鉴。对于这本即将出版的新著,我不想做更多的评价,本著的优与劣留待广大读者去评判。郭文和赵天燕在学术研究上已经成熟,并逐步成为环境效率研究领域的先行者,作为他们的导师,我感到十分的高兴和欣慰。在这本新著即将出版之际,我首先预祝本著作发行成功,更希望作者在今后的研究中收获更多的重要研究成果,在工作中取得更大的成就。

南京航空航天大学金融发展研究所所长,博士生导师,教授

2017年11月于南京

目 录

1 绪 论	1
1.1 选题背景与研究意义	1
1.2 研究目标与内容结构	7
1.3 研究方法与技术路线	9
1.4 国内外研究现状	12
2 环境效率相关概念界定与 SBM 评估方法简介	34
2.1 环境效率、环境规制的界定	34
2.2 SBM 模型与超效率 SBM 模型	37
2.3 加性 SBM 模型	40
2.4 非期望 SBM 模型与网络 SBM 模型	41
2.5 动态效率评估: SBM - Malmquist 生产率指数	51
2.6 本章小结	52
3 基于非期望 SBM 模型的区域环境效率评估	54
3.1 基本研究思路	54
3.2 非期望 SBM 模型及其分析	55
3.3 区域环境效率动态评估模型	63
3.4 全国整体环境效率评估模型及其分析	65
3.5 区域环境效率评估: 基于非期望 SBM 模型	71
3.6 本章小结	88
4 基于不可分离变量的区域环境效率评估研究	90
4.1 基本研究思路	90

4.2	基于不可分离变量的非期望 SBM (NS - USBM) 模型	91
4.3	区域环境效率评估及其分解测算分析	96
4.4	本章小结	106
5	基于系统最大有效面集的区域环境效率评估研究	108
5.1	基础研究思路	108
5.2	基于最大有效面集的不可分离非期望 SBM (MFS - USBM) 模型	109
5.3	区域环境效率评估研究	114
5.4	本章小结	118
6	环境规制视角下区域环境效率评估与分析	119
6.1	基础研究思路	119
6.2	基于环境规制总量目标的不可分离变量非期望 SBM 模型	120
6.3	基于环境规制区域目标的不可分离变量非期望 SBM 模型	126
6.4	两种环境规制目标影响区域环境效率的灵敏度与对比分析	131
6.5	本章小结	139
7	空间经济学视角下区域环境效率研究	140
7.1	基础研究思路	140
7.2	区域环境效率的空间收敛性分析	141
7.3	“环境—管理”双重视角下区域环境效率的评估与解构—— 基于四阶段非期望 SBM 模型	147
7.4	区域环境效率的影响因素实证分析——基于空间计量模型	158
7.5	本章小结	168
8	结论、建议与展望	169
8.1	结论与建议	169
8.2	创新与展望	175
	参考文献	179
	附 录	200

1 绪论

1.1 选题背景与研究意义

1.1.1 选题背景

作为经济发展的“源”动力，能源是世界经济可持续发展所依赖的重要资源。自进入 21 世纪以来，由于世界经济发展进程的进一步加速，对于能源，特别是化石能源的消费正在飞速增加。图 1-1 报告了 1991—2012 年世界主要能源的消费情况，由图 1-1 可知：2001—2012 年，三大化石能源（石油、天然气、煤炭）是较为主要的能源，历年来三大化石能源的消费量占世界能源消费总量的比例均在 80% 以上，且保持稳步上升趋势。其中煤炭消费量的增长趋势最为明显，年均增长率达到 3.55%。对于核能的利用呈现倒 U 型变化趋势，1991—2005 年保持波动上升趋势，而 2006—2012 年则迅速回落。而对于水电和风能两种新型能源，1991—2003 年的利用量较为稳定，2004 年后则进入了快速增长期。鉴于世界经济的长期增长趋势以及产业结构的稳定性，可以预见未来很长一段时期内，三大化石能源仍将是世界经济发展的主要能源和动力。

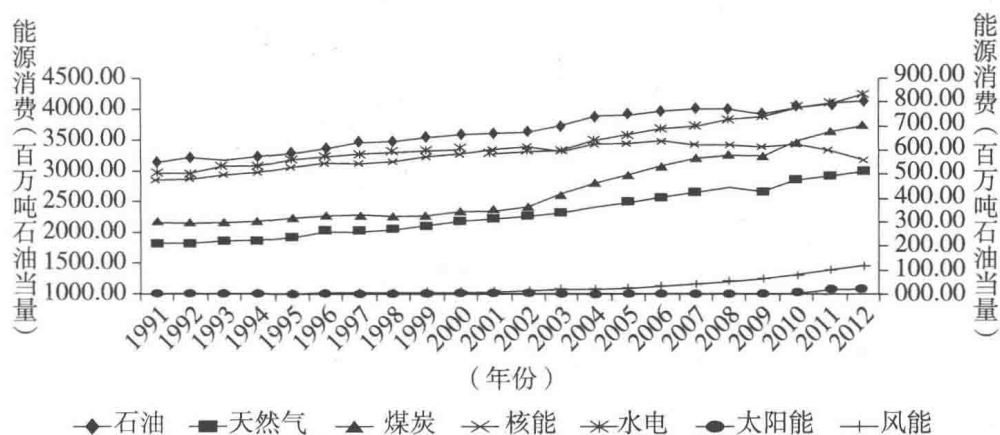


图 1-1 1991—2012 年世界主要能源消费量

资料来源：2013 年《BP 世界能源统计年鉴》资料。

近年来,我国社会经济的高速发展也带动了能源消费的快速增长,特别是占主要地位的化石能源的消费增长迅速。图1-2报告了2000—2012年我国整体能源以及几类主要能源的终端消费情况,该时期内,我国整体能源消费由13.20亿吨标准煤增长至34.46亿吨,年增长率达到13.42%;煤炭是我国能源消费的最主要来源,其他几种化石能源(包括焦炭、石油等)也是我国能源消费的主要来源;从变化趋势来看,煤炭消费量在2000—2006年增长速度较快,而2007—2012年其增长速度变缓;天然气的变化趋势与之刚好相反,自2007年后,我国天然气消费量增长速度加快;石油消费量的增长趋势较为稳定;焦炭消费量除在2005—2007年有巨大变动外,也呈现出稳定增长态势。此外,电力消费从2000年的12534.70亿千瓦时增长到46866.50亿千瓦时,年增长率为3.01%。由此可见,2000—2012年我国主要能源消费结构的变动主要来自煤炭和天然气消费的变动,以及发电所耗能源结构的变动。

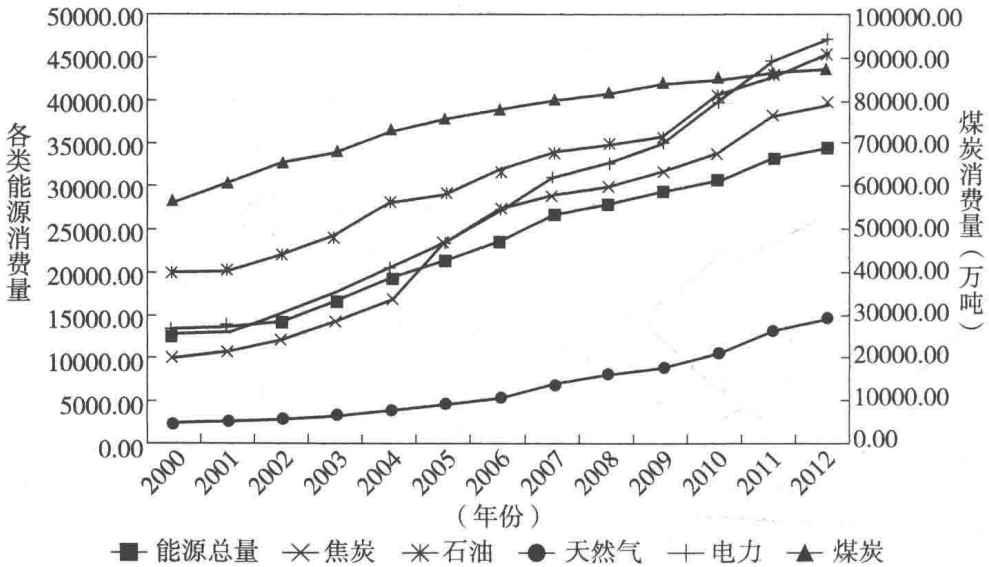


图1-2 2000—2012年我国整体以及几类主要能源的消费量

资料来源:2001—2013年《中国能源统计年鉴》资料,其中:能源总量的单位为十万吨标准煤,煤炭、焦炭、石油的单位为万吨,天然气的单位为千万立方米,电力的单位为亿千瓦时。

正是由于能源,特别是化石能源消费量的迅速增加,加上粗放式的发展方式,能源消费带来了大量的环境问题。郭文等(2013)的研究表明,化石能源的燃烧是 CO_2 、 SO_2 和工业烟尘等气体污染物排放的主要来源。图1-3报告了2000—2012年我国能源消费总量以及 SO_2 等环境污染物排放的变化趋势。根据图1-3我们发现,在该时间段内,我国工业废气排放总量由

1381.45 百亿立方米增加到 6355.19 百亿立方米，年均增长率达到 30.00%；CO₂ 和 SO₂ 的年排放量则分别由 2600.20 百万吨和 1995.10 万吨增加到 6899.99 百万吨和 2117.60 万吨；2010 年工业烟尘排放量较之 2000 年减少了 350.10 万吨。CO₂、SO₂ 等气体污染物的排放量变化趋势与我国能源消费量的变化趋势基本吻合，这验证了郭文等（2013）的结论。

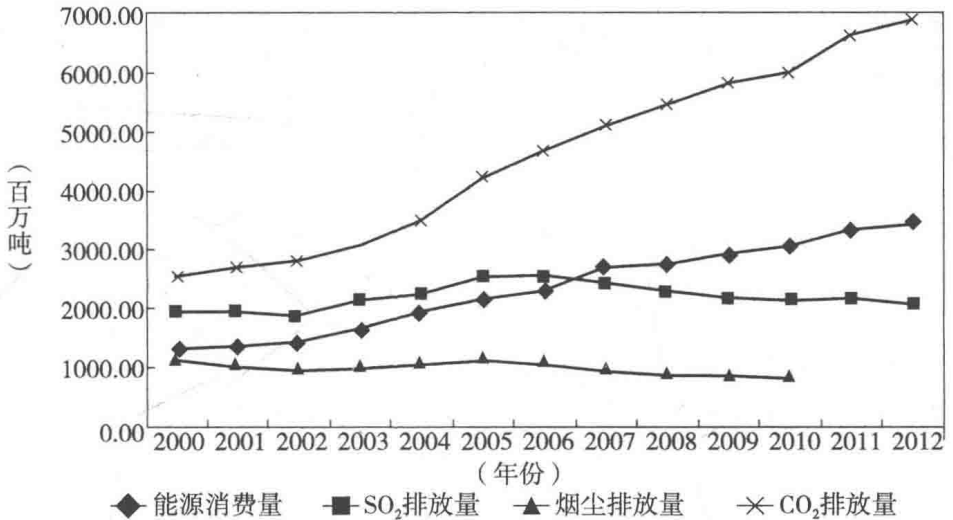


图 1-3 2000—2012 年我国 SO₂ 等气体污染物排放量变化趋势

资料来源：SO₂、工业烟尘的数据来自 2001—2013 年《中国环境统计年鉴》资料；CO₂ 的数据来自“孙作人，周德群，周鹏，白俊红．结构变动与二氧化碳排放库兹涅茨曲线特征研究——基于分位数回归与指数分解相结合的方法 [J]．数理统计与管理，2015（1）：1—17.”；其中，能源消费总量的单位为百万吨标准煤，SO₂、烟尘排放量的单位为万吨，CO₂ 排放量的单位为百万吨。

图 1-3 在我国整体层面体现了能源消费与环境污染之间的相关关系，这一关系同样在省份层面有所体现。图 1-4 报告了我国 30 个省、直辖市、自治区（因《中国能源统计年鉴》中缺乏中国港澳台地区和西藏自治区的相关能源数据，故而不列入本书的研究范围，在此进行统一说明），2003—2012 年年均 GDP 总量、能源消费总量以及几类气体环境污染物排放量。由图 1-4 可知，该段时期内，各省、直辖市、自治区 CO₂、SO₂ 排放量与其能源消费量具有相似的变化趋势，河北省、山东省、江苏省、广东省等能源消费量较大的省，其 CO₂、SO₂ 排放量也较大；反之，宁夏回族自治区等能源消费量较小的省、直辖市、自治区，其 CO₂、SO₂ 排放量也较小；并且，各省、直辖市、自治区能源消费量与其各自 GDP 的示意图也呈现相似的形状，表明各省、直辖市、自治区经济发展水平也与其能源消费量正相关。

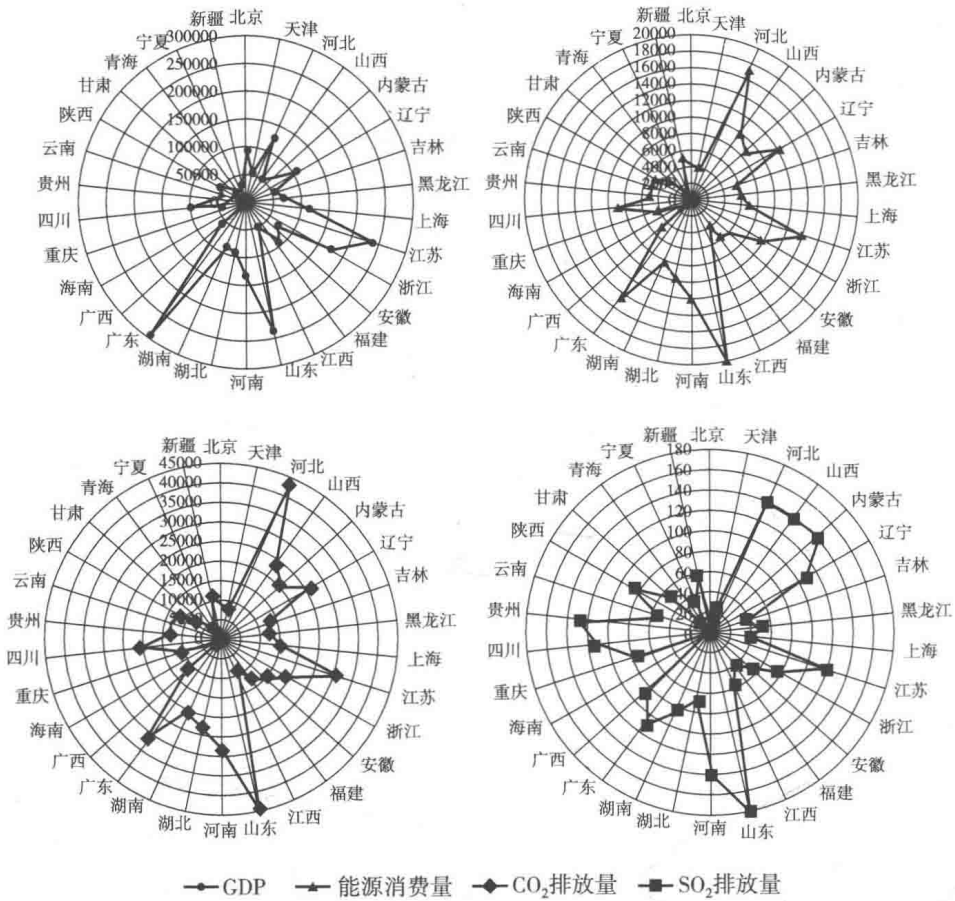


图 1-4 2003—2012 年我国其中 30 个省、直辖市、自治区的年均 GDP、能源消费、CO₂ 和 SO₂ 等污染物排放情况

资料来源：各省、直辖市、自治区年均 GDP、能源消费量、SO₂ 排放量数据来自 2004—2013 年《中国统计年鉴》资料；CO₂ 的数据来自“孙作人，周德群，周鹏，白俊红：结构变动与二氧化碳排放库兹涅茨曲线特征研究——基于分位数回归与指数分解相结合的方法 [J]．数理统计与管理，2015（1）：1—17。”。

自 20 世纪 90 年代后，随着我国经济发展水平的快速提高，各类环境污染问题相继爆发，人们逐渐开始重视经济发展的环境外部性，注重探索经济发展与环境保护的可持续道路。由此，环境规制的概念应运而生，我国环境规制政策主要包含两种机制。其一是政府强制机制，该机制采取政府出台环境法规进行环境规制。例如，2002 年制定的《城镇污水处理厂污染物排放标准》，该法规强制制定城镇排放污水中化学需氧量（COD）等各类污染物成分的控制上限，从而达到环境污染物规制作用；2008 年制定的《制浆造纸工业

水污染物排放标准》以污染物排放浓度限值替代吨产品排放指标作为新的环境污染物排放限额规定等。表 1-1 列出了各省政府出台的相应的环境规制方面的法规，这都是政府强制机制的典型代表。其二是市场调节机制，典型代表便是排放税、排放许可证制度等。王敏等（2012）、宋国君等（2013）研究表明，排放税、排放许可证制度增加了企业生产过程中的环境污染物排放成本，具有改善生产技术、降低污染物排放的作用。

表 1-1 环境规制相应法规

年份	法规名称
2002（制定）	《中华人民共和国环境影响评价法》
2002（制定）	《城镇污水处理厂污染物排放标准》
2002（制定）	《燃煤二氧化硫排放污染防治技术政策》
2007（修订）	《中华人民共和国节约能源法》
2008（修订）	《中华人民共和国大气污染防治法》
2008（制定）	《中华人民共和国循环经济促进法》
2008（制定）	《清洁生产标准制定技术导则》
2008（制定）	《制浆造纸工业水污染物排放标准》

环境污染问题已经成为世界各国经济发展的重要制约因素，这一研究领域也产生了较多的研究成果，然而其结论却不尽相同。因此，从不同视角研究环境污染与经济协调问题仍是学术界的焦点课题。而“经济—能源—环境”是相互影响的复杂生产系统，经济发展离不开能源资源的消耗，能源消费同时又带来环境外部性。因此，以“经济—能源—环境”生产系统为基础，就环境生产效率、环境规制目标、区域环境效率差异与相互影响等问题进行研究，对进一步实现我国经济可持续发展具有重要作用。

1.1.2 研究意义

1.1.2.1 理论意义

对区域环境效率的相关研究，有助于深化环境效率评估理论研究，丰富区域环境效率评估理论的内容，完善区域环境效率评估方法和理论体系。从现有的区域环境效率理论研究来看，区域环境效率作为环境经济学、统计学、运筹学等学科交叉研究的重要内容受到国内外学术界的重视，形成了一套成

熟的研究方法和理论体系。在评估方法方面,现有研究大多采用以 DEA (Data Envelope Analyse, 数据包络分析) 方法为基础的非参数前沿方法,最初应用的模型为 BBC 模型,而后通过对模型形式的改进、变量指标的引入等方式对评估方法进行不断拓展和创新,逐渐形成了一套基于 DEA 评估方法的区域环境效率评估方法体系。然而,随着区域环境污染状况的变化,环境效率评估研究面临着一些新的问题,区域环境效率评估方法仍需在该领域的研究中不断拓展。另外,在环境规制方面,现有研究大多采用定性分析方法,合理的环境规制定量分析方法需要在该领域的研究中探索和提出。在研究理论方面,现有的大多数研究文献都结合环境经济学、运筹学、统计学等理论来分析区域环境效率,然而,随着空间经济理论的兴起和完善,有部分学者开始在环境效率研究理论中引入空间经济学理论,特别是区域环境效率的差异分析和相互影响分析方面,但由于空间经济理论的研究还属于探索阶段,在区域环境效率分析中的应用也还需不断地完善。因此,通过区域环境效率相关问题的研究,对于拓展区域环境效率评估方法、丰富环境规制定量分析方法以及结合空间经济理论来完善现有研究理论具有重要意义。

1.1.2.2 实践意义

我国社会经济自改革开放以来,历经多年的高速发展,目前正面临着能源与环境的双重约束,本书旨在“经济—能源—环境”系统框架下研究区域环境效率的相互关系和变化趋势,其中方法的拓展以及理论的完善并非区域环境效率研究的最终目的,其最终目标在于通过分析区域环境效率间的相互影响及其环境无效率的主要来源,配合有效的环境规制政策措施,进而为双重约束下实现区域环境与经济的可持续发展提供政策建议。因此,区域环境效率研究具有重要的实践意义。其一,在宏观整体上,区域环境效率评估有助于发现区域环境无效率的主要来源,从而有针对性地制定合理的环境规制方向和总量目标。其二,在各省、直辖市、自治区层面,区域环境效率的差异分析、区域环境效率的空间异质与依赖分析结果,有利于环境规制定量目标的区域分配,从而推动环境规制政策的有效实施。其三,环境规制总量目标和区域目标对区域环境效率的影响及其灵敏性分析,有助于定量分析环境规制目标制定和实施后对于区域环境效率的影响程度,从而为下一阶段区域环境规制目标的制定提供数据参考。其四,区域环境效率的影响因素分析有利于提炼其主要影响因素,针对其中可改进的方面进一步地为提升区域环境效率提供方向。总之,客观公平、科学合理地对我国区域环境效率做出评估,

测算环境规制总量目标和区域目标对于区域环境效率影响的灵敏度,充分分析区域环境效率的主要影响因素及其影响程度,对于协调我国经济增长、能源消费和环境保护之间的关系具有重要作用,也具有重要的现实意义。

1.2 研究目标与内容结构

1.2.1 研究目标

环境效率是指在“经济—能源—环境”复杂生产系统中,在既定资本、人力、能源资源等投入以及经济产出水平下,环境污染物的减排潜力。因此,环境效率评估有助于政府环境保护政策措施的制定和实施。基于此,本书的研究目标在于:第一,从变量的不可分离特性以及无效决策单元参考集的两个方面拓展现有的非期望 SBM 模型,以求更为准确地评估区域环境效率,从变量松弛量的视角探寻区域环境无效率的主要来源及其最优改进路径。第二,通过量化环境规制政策,比较环境规制总量目标和环境规制区域目标两种环境规制策略对区域环境效率的影响及其灵敏性,为政府环境规制政策的选择提供定量分析方法。第三,结合空间收敛模型分析我国区域环境效率的差异及其发展趋势,以及应用四阶段非期望 SBM 模型从“管理—环境”的双重视角探索外部生产环境对区域环境效率的影响,再利用空间计量模型探讨区域环境效率的空间演化路径。通过以上三方面的讨论和分析,本书试图为我国区域环境的改善,以及经济的可持续发展提供可分析的手段和可参考的建议。

1.2.2 内容结构

为实现既定研究目标,应构建起区域环境效率评估与解构、环境规制目标影响环境效率灵敏度测验及区域环境效率的空间演化路径分析的创新理论和方法框架。在借鉴国内外相关研究前沿的基础上,本书的结构安排如下。

第 1 章绪论,首先阐述了本书研究的背景和意义,以此为基础提出本书关注的主要问题。并在此基础上提出了本书的研究目标、内容框架、研究方法和技术路线。然后分别从环境效率评估及其分解方法研究、区域环境效率差异及其空间演化特征分析、环境规制对区域环境效率的影响及其定量研究、基于产业和行业层面的环境效率及其演变分析以及区域环境效率影响因素的实证分析五个层面详细介绍了该研究领域的研究现状,并总结出有文献的不足,以及未来研究的趋势。

第2章环境效率相关概念界定与SBM评估方法简介,综合国内外相关理论成果,对本书的研究对象,即环境效率、环境规制等概念的内涵进行重新界定。然后着重介绍了目前该领域研究中普遍出现的重要方法,为本书后续内容中对模型的拓展奠定基础。

第3章基于非期望SBM模型的区域环境效率评估,化石能源的消费使得经济系统等产生了 CO_2 、 SO_2 等非期望产出,针对上述经济生产系统的外部性问题,现有文献分别提出了投入化处理法、非线性函数变换法、现行函数变换法、直接建模法等多种非期望产出的处理方法。本章对比了上述处理方法对应的非期望SBM模型的差异,并将这些模型应用于2003—2012年中国省际环境效率评估的实证分析中,从理论和实证的双重视角对比上述几种非期望SBM模型的优劣势,进而选择本书的基础模型。

第4章基于不可分离变量的区域环境效率评估研究,针对区域经济生产系统的实际生产过程以及环境污染物的主要来源,根据能源消费对 CO_2 、 SO_2 排放量的决定性作用,总结出两者之间的不可分离特性,构建了一个基于不可分离变量的非期望SBM模型,结合Malmquist生产率指数和Luenberger生产率指标构建了一个区域环境效率动态评估模型。再结合我国30个省、直辖市、自治区的实际生产数据对比分析了上述拓展模型与传统非期望SBM模型对区域环境效率评估结果的区别,从实践的角度阐释了本书模型的优势。

第5章基于系统最大有效面集的区域环境效率评估研究,针对传统SBM方法中均以生产系统的SBM有效顶点为参考集的局限,本章重点分析了SBM方法中系统有效面集以及最大有效面集的确定方法,进一步拓展出了本书基于最大有效面集的不可分离非期望SBM模型。通过利用各省、直辖市、自治区2012年的实际生产数据对比分析该模型与前文模型的评估结果发现,该模型体现了SBM无效决策单元的最优改进路径,为区域环境效率的改进提供了最优的方向。

第6章环境规制视角下区域环境效率评估与分析,克服以往文献中大多用定性分析手段来探索环境规制政策和措施影响区域环境效率的局限,本书通过环境规制总量目标、环境规制区域目标以及两者同时设定的方式将环境规制政策措施定量化。然后通过添加约束的方法将量化的环境规制指标引入模型,从而构建了一系列基于环境规制目标的不可分离非期望SBM模型,最终为分析区域环境规制政策和措施对环境效率影响的灵敏性分析奠定基础。

第7章空间经济学视角下区域环境效率研究,通过空间收敛模型分析区域环境效率间的差异以及未来发展趋势;采用“管理—环境”双重视角下的