

# 中国碳交易经济效率 及其试点市场效率评价

常凯 著



科学出版社

# 中国碳交易经济效率 及其试点市场效率评价

常 凯 著

科学出版社

北 京

## 内 容 简 介

我国拟开展全国性碳交易市场,碳交易经济效率及其试点市场效率评价研究将弥补国内相关研究的短板和空白。本书是以我国碳交易经济效率和试点市场效率作为研究对象,采用规范的理论论证、模型构建、实证分析等计量经济和统计分析方法,论证碳交易市场政策设计,比较公平与效率视角下单指标与多维指标跨区域碳配额分配的经济绩效与福利差异性,分析补贴政策与碳交易政策的经济效应,优化市场势力下碳交易均衡,实证分析试点碳价格动态性和机制转换行为等。

本书适合于能源与减排相关的政府部门、碳交易平台、投资机构、企业、市场交易者、风险管理者、科研院所研究人员及其行业协会专家等相关人员阅读和参考用书使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

中国碳交易经济效率及其试点市场效率评价/常凯著. —北京:科学出版社, 2019.11

ISBN 978-7-03-058818-0

I. ①中… II. ①常… III. ①二氧化碳-排污交易-经济效率-研究-中国 IV. ①X511

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 211663 号

责任编辑:陈会迎/责任校对:贾娜娜

责任印制:张 伟/封面设计:正典设计

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>

北京建宏印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2019 年 11 月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2019 年 11 月第一次印刷 印张:14 1/2

字数:280 000

定价:116.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

# 序

2015年12月在法国召开的气候变化大会通过了《巴黎气候协议》。2016年4月在100多个国家见证下，中国在纽约联合国总部签署了《巴黎气候协议》，承诺将积极做好国内温室气体的减排工作，加强应对气候变化的国际合作。中国加入《巴黎气候协议》展现出全球气候治理大国的坚定决心与责任担当，也是中国为打造人类命运共同体做出的积极贡献。

《巴黎气候协议》提出，把全球平均气温较工业化前水平升高控制在 $2^{\circ}\text{C}$ 之内，尽快实现温室气体排放达到峰值，21世纪下半叶实现温室气体净零排放。中国政府的碳减排约束目标是：单位国内生产总值(gross domestic product, GDP)碳排放量(简称碳强度)到2020年实现相当于2005年碳强度40%~45%的减排目标，二氧化碳排放量要在2030年左右达到峰值，到2030年碳强度要比2005年碳强度下降60%~65%，非化石能源占一次能源消费比重达到20%左右，森林蓄积量比2005年增加45亿立方米。2020~2030年中国减排目标是以碳强度目标形式设定的，减排配额总量与减排目标直接挂钩，既要降低碳强度，又要为经济增长保留适当空间。

在实施高强度碳减排的背景下，碳排放权逐渐成为一种稀缺资源或重要生产要素，碳减排成本也会通过生成过程、产业链和经济贸易系统等对经济发展产生深远影响。因此，提高碳减排的经济效率与绩效已经成为世界性重要课题，也是中国发展绿色经济所必须研究的前沿课题。

从国外经验看，欧盟、美国、澳大利亚、新西兰、韩国等国家或地区主要采用市场化政策机制推进碳减排的实践，并且取得了良好效果。借鉴国际经验，特别是考虑基本国情，2014年后中国在北京、天津、上海、深圳和重庆五个城市以及湖北省和广东省相继开展区域性碳交易试点，而且这些试点省市的碳交易市场已经全部启动线上交易。根据国家发展和改革委员会(以下简称国家发改委)的统计数据，试点省市从东部沿海地区到中部地区，覆盖土地面积48万平方千米，人口总数2.62亿人，地区生产总值合计15.5万亿元，能源消费8.87亿吨标准煤；试点省市的碳交易市场共纳入排放企业和单位1900多家，分配的碳配额总量合计约12亿吨。可以认为，区域性碳交易试点的选择具有较强代表性，而且随着碳交易规模扩大、碳排放权货币化和碳交易市场效率提高，碳排放权将成为流动性较高的金融资产，碳交易市场也将成为重要的新兴金融市场。

浙江财经大学金融学院常凯副教授长期致力于碳金融市场、能源经济与环境政策以及工业经济领域的理论与应用研究，而且研究成果丰硕，在同行中具有较大影响。《中国碳交易经济效率及其试点市场效率评价》是他梳理前期研究成果，且有新突破的又一部力作。在这部著作中，作者借鉴国内外相关文献和理论，通过进一步思考，提出了自己的理论分析框架。同时，作者没有泛泛而谈碳减排的重要意义与减排机制，而是聚焦中国碳减排的实践，深入研究公平与效率视角下跨区域碳配额分配规则、碳减排目标制定、碳交易经济绩效、能源补贴与碳交易经济效应、能源产业链的市场力量与市场均衡，以及区域性试点碳交易市场的价格动态和交易机制转换等核心内容，从而弥补了国内相关研究的短板和空白。还值得指出，作者在做深入理论分析的同时，构建计量经济和数理统计模型，选取大量样本数据，对中国碳交易的重要实践及其效果进行了实证检验，这不仅提高了该书的学术价值，而且使作者的研究成果更具有应用价值。

我积极推荐《中国碳交易经济效率及其试点市场效率评价》一书，相信该书出版将对中国碳交易，特别是碳交易市场建设与完善产生较大的正面效应。我也希望常凯副教授能够继续前行，在碳交易及其相关领域取得更多更好的研究成果。

裴 平

2019年2月于南京大学商学院

# 前 言

2014年11月中美发布的《中美气候变化联合声明》就控制温室气体达成一致意见，中国计划于2017年开展全国性碳交易市场。中共十八届五中全会和“十三五”规划(2016~2020年)中明确地提出，建立健全用能权、用水权、排污权和初始碳排放权分配制度，有效控制电力、钢铁、建材、化工等重点行业碳排放。中共十八届三中全会提出，市场在我国资源配置中起决定性作用，通过碳交易市场机制优化减排资源配置作用是这一要求的重要体现。

我国区域差异化发展战略证实我国在经济发展水平、资源禀赋、碳排放量、能源消费空间分布等方面存在发展不均衡性。建立以市场机制为基础的碳交易体系是我国实现降低长期减排目标的一种经济有效的政策工具。中国开展全国性碳交易市场，需要结合中国国情和区域经济发展的特殊性，采用正确有效的方法去辨别碳交易经济效率及其试点市场效率。

中国区域间经济发展不平衡，行业间低碳发展水平呈现较大的差距，减排机会和减排可选方案有显著的差异性，不同主体间减排成本呈现显著的差异性，这些特点为我国碳交易市场提供了巨大的市场交易潜力和成本降低潜力。在减排配额总量确定的条件下，明确碳排放权的归属，确定各省份<sup>①</sup>利益主体赋予稀缺资源的初始分配将会产生显著的社会财富分配效应。在碳交易机制下，初始减排配额实际上赋予了各省份参与碳交易系统的初始减排资源禀赋，直接影响到不同利益主体减排资源的再分配结果和社会公正问题，同时也影响各省份等利益主体的经济效益和社会福利。

为了应对全球气候变化，2013~2014年，我国在北京、天津、上海、深圳和重庆五个城市及湖北省和广东省相继开展区域性碳交易试点。根据七个区域碳交易市场规模，自发起时间开始算起，截至2017年3月13日，七个区域碳交易市场累积交易量为9883.10万吨，累积交易金额为22.49亿元。从碳排放权累积交易量看，广东碳交易市场累积交易量为3306.40万吨，其余累积碳交易量逐步降低，依次为湖北、深圳、上海、北京、天津碳交易市场，重庆碳交易市场累积交易量是最低的，仅为0.74万吨。从碳配额累积交易金额看，湖北碳交易市场累积交易金额为7.26亿元，是所有区域试点碳交易市场规模最高的，其余累积碳交易金额逐步降低，依次为深圳、广东、北京、上海、天津碳交易市场，重庆碳交易市

<sup>①</sup> 本书省份指省级行政单位，包括自治区、直辖市。

场规模是最低的,累积交易金额为0.10亿元。事实上,各个碳交易市场各具特色,都在不同的维度上进行有益的市场探索,积累宝贵的实践经验,包括行业覆盖、市场准入门槛、初始碳配额核定方法、市场规模、价格稳定机制等方面。

但是,碳交易市场是一个以制度设计为基础的市场,其制度设计与市场要素将对整个社会经济系统和减排效率产生深远的影响。各省份减排配额总量的合理设定是全国碳交易市场的核心要素之一,如果减排配额总量设置过低,很可能对中国经济的中长期可持续发展形成制约;如果减排配额总量设置过高,碳交易机制的建立将不会起到优化减排资源配置作用,更有可能遏制经济增长和造成社会减排成本的浪费。

中国碳交易市场的研究需要充分考虑区域发展战略、产业结构、能源结构和市场结构等相关的特有的问题。作者针对国际学术前沿的探索和对试点碳交易市场实践的思考,开展大量的研究,逐步形成了本书的主要内容。本书具体结构安排如下:第1章,提出本书的研究问题、研究目的和意义,对国内外相关文献研究现状进行分析与评述,对本书的研究内容、研究方法和技术路线等进行概括总结;第2章,介绍碳交易相关概念和理论,剖析我国碳交易试点的机制设计及其进展情况;第3章,实证分析碳排放量、GDP、碳强度呈现环境库兹涅茨曲线(environment Kuznets curve, EKC)效应,剖析碳强度和碳排放的区域异质性;第4章,实证分析单指标与多维指标配额分配方式下各省份初始减排配额分配及其承担的减排目标,从公平与效率视角挖掘最佳的省际减排配额分配方案;第5章,构造碳交易经济绩效评价模型,实证分析在减排能力、减排责任、减排潜力和能源效率四个单指标和多维指标的熵值法下省际初始减排配额分配对各省份的经济绩效及财富分配效应的影响;第6章,定性分析可再生能源补贴与碳交易政策的经济效应,定性分析垂直垄断能源产业链中投资与价格补贴政策组合优化;第7章,从理论上分析免费分配、拍卖分配和混合模式三种配额分配机制的经济效应,运用古诺垄断-边缘企业模型分析市场势力和初始碳配额分配对碳交易市场均衡价格的经济效应;第8章,综合阐述我国区域试点碳交易市场的制度设计及其差异性;第9章,实证分析我国区域试点碳交易市场的碳价格动态性、机制转换行为。

本书采用规范的理论论证、模型构建、实证分析等计量经济和数理统计方法研究中国碳交易经济效率及其试点市场效率的实际问题,试图探索一些重要的理论和现实问题,希望能够对碳交易理论和市场实践有所贡献,更希望能和国内外同行朋友共同努力在探索中国气候变化与市场交易机制等方面做出更大的贡献。

本书研究工作获得了国家自然科学基金面上项目(No.71673236)、浙江省新型重点专业智库“中国政府监管与公共政策研究院”、中国博士后科学基

金项目(No. 2016M590432)、浙江省政府管制与公共政策研究中心、“浙江省2011协同创新中心”城市公用事业政府监管协同创新中心，以及浙江财经大学金融学院、中国金融研究院和地方财政金融协同创新中心的支持，在此表示衷心的感谢！

限于作者知识范围和学术水平，书中难免存在不足之处，敬请读者批评指正。

常 凯

2019年7月于浙江

# 目 录

第 1 章 绪论 .....	1
1.1 研究背景及问题提出 .....	1
1.2 研究目的和意义 .....	2
1.3 国内外研究现状 .....	3
1.4 研究方法与技术路线 .....	10
1.5 研究内容 .....	11
第 2 章 我国试点碳交易的市场机制设计 .....	14
2.1 碳交易机制的相关理论 .....	14
2.2 试点碳交易的关键机制设计 .....	17
2.3 我国区域试点碳交易市场主要进展 .....	24
第 3 章 减排目标分析与区域碳排放绩效差异性 .....	29
3.1 能耗强度、碳强度及其减排目标分析 .....	29
3.2 我国碳排放量分析 .....	38
3.3 八大综合经济区碳排放分析 .....	40
3.4 本章小结与政策建议 .....	44
第 4 章 基于公平与效率角度省际初始碳配额分配 .....	46
4.1 研究方法 with 模型构建 .....	47
4.2 公平与效率视角下省际减排目标分配 .....	52
4.3 省际初始减排配额分配与讨论 .....	58
4.4 本章小结 .....	82
第 5 章 不同碳配额分配模式下碳交易经济绩效评价 .....	85
5.1 碳交易经济绩效评价模型 .....	85
5.2 碳交易的经济绩效评价 .....	88
5.3 公平与效率讨论 .....	97
5.4 熵值法下省际经济福利变化 .....	98
5.5 区域间碳交易机制下区域经济福利估算 .....	103
5.6 本章小结 .....	108

第6章 能源产业链的管制政策优化 .....	112
6.1 可再生能源补贴政策的经济效应 .....	112
6.2 可再生能源发展管制政策优化 .....	121
6.3 在垂直垄断能源产业链中碳税与减排补贴混合政策优化 .....	127
6.4 在垂直垄断可再生能源产业链中投资与价格补贴政策优化 .....	134
6.5 本章小结 .....	138
第7章 市场势力、初始碳配额与碳交易市场均衡 .....	143
7.1 碳配额分配的模式和比较 .....	143
7.2 初始碳配额分配及其经济效应 .....	147
7.3 以碳排放率为基础市场势力与碳交易市场均衡 .....	152
7.4 市场势力下初始碳配额与碳交易市场均衡 .....	156
7.5 本章小结与政策建议 .....	162
第8章 我国试点碳交易市场的政策设计差异性 .....	164
8.1 国家层面试点碳交易市场政策法规实施情况 .....	164
8.2 区域层面试点碳交易市场政策法规实施情况 .....	165
8.3 试点碳交易市场下碳配额分配与市场交易规则比较 .....	175
8.4 本章小结 .....	183
第9章 碳交易市场试点下碳价格的动态性及其机制转换行为 .....	185
9.1 试点碳交易市场日交易量和日交易价值比较 .....	186
9.2 试点碳价格实证方法 .....	190
9.3 碳价格动态性和机制转换的实证分析 .....	193
9.4 本章小结 .....	201
参考文献 .....	203

# 第1章 绪 论

## 1.1 研究背景及问题提出

碳交易的经济绩效与减排效率成为备受政府和学者关注的两个研究热点。碳交易的经济绩效主要关注与碳交易成本有关的总减排成本、减排成本与成本节约程度等内容；减排效率主要关注与碳交易减排效果有关的要素效率、技术效率、产出效率和市场效率等内容。现有研究文献认为，碳交易市场能够增强碳配额市场流通，是降低全国总减排成本和各省份减排成本的重要途径，并且发挥了显著的成本节约效应(Zhou et al., 2013; 崔连标等, 2013; Cui et al., 2014)。现阶段我国提高能源使用效率、减排技术效率和技术进步是提升减排效率的关键要素(张伟等, 2013)。

为了应对全球气候变化, 2013~2014年, 我国在北京、天津、上海、重庆和深圳五个城市及湖北省和广东省相继开展区域性碳交易试点。2014年11月中美发布的《中美气候变化联合声明》就控制温室气体达成一致意见, 中国计划于2017年开展全国性碳交易市场。中共十八届五中全会和“十三五”规划(2016~2020年)中明确地提出, 建立健全用能权、用水权、排污权和初始碳排放权分配制度, 有效控制电力、钢铁、建材、化工等重点行业碳排放。由此预见, 碳交易机制未来将在我国减排实践中扮演重要的角色。

在碳交易机制下, 初始减排配额实际上赋予了各省份参与碳交易系统的初始减排资源禀赋, 直接影响到不同利益主体减排资源的再分配结果和社会公正问题, 同时也影响各省份利益主体的经济效益和社会福利。Zhou等(2013)比较分析以GDP、能源消耗、碳排放量、人口和碳强度为基础的碳配额分配对总减排成本和各省份减排成本的经济影响; 崔连标等(2013)、Cui等(2014)分析以GDP为基础的碳配额分配对“十二五”期间和“十三五”期间的各省份成本节约程度; 令狐大智和叶飞(2015)提出以历史碳排放量为基础的碳配额分配机制; 李钢和廖建辉(2015)提出以量化碳资本为基础设计全球新的碳排放权分配方案。各省份在产业结构、能源消费模式、历史碳排放、碳强度等方面存在显著的差异性, 以单指标为基础碳配额分配难以体现减排资源配置的公平性, 政府决策者如何从公平与效率视角权衡实施各省份的碳配额分配方案?

## 1.2 研究目的和意义

### 1.2.1 研究目的

碳配额分配方案是全国性碳交易系统设计中重要的制度安排,不同的碳配额分配机制决定了全国总减排成本和成本节约程度,同时也直接影响区域宏观经济和减排效率。不同省份在经济发展水平、资源禀赋、碳排放量、能源消费空间分布等方面拥有很大的异质性,如何公平有效地设计各省份碳配额分配方案及调整免费与拍卖分配组合策略,有效降低全国总减排成本,推进区域经济发展和减排效率协调发展是亟须研究的课题。通过研究实现以下两个目标。

(1)从公平与效率角度,通过减排能力、减排责任、减排潜力和能耗强度四个指标维度,实证分析单指标和多维指标集中的碳配额分配方式对全国总减排成本、总产出效率、各省份成本节约和经济福利变化,以优化和选择各省份最佳的碳配额分配方案,为政府决策者设计各省份碳配额分配方案提供科学的实验证据。

(2)运用向量误差修正模型(vector error correction model, VECM)、广义自回归条件异方差(generalized autoregressive conditional heteroskedasticity, GARCH)模型、MRS<sup>①</sup>-GARCH 模型实证分析我国区域试点碳交易市场的价格动态性、非对称性和机制转换行为。

### 1.2.2 研究意义

#### 1. 理论意义

(1)本书研究成果对碳配额分配规则研究形成有益的补充。国外文献对单指标分配(Lai, 2008; Lennox and Nieuwkoop, 2010; Pan et al., 2014)、多维指标集中分配(Yi et al., 2011; Yu et al., 2012; Zhang et al., 2014a)的碳配额分配对区域经济和环境影响进行了深入研究,国内文献主要研究单指标碳配额分配方案及其经济影响(Zhou et al., 2013; 崔连标等, 2013; Cui et al., 2014; 令狐大智和叶飞, 2015),本书研究成果对多维指标分配模式下区域减排成本、成本节约及其经济福利等内容形成有益的补充。

(2)深化碳交易经济效率及试点市场效率的研究视角。综合考虑经济发展水平、资源禀赋、碳排放量、能源消费空间分布呈现显著的区域不均衡性和复杂性,运用减排能力、减排责任、减排潜力和能耗强度四个关键因素,从公平与

① MRS: Markov regime switching, 马尔可夫机制转换。

效率视角,运用多维指标熵值法和碳交易经济绩效评价模型,仿真分析不同碳配额分配方式对八大综合经济区及30个省份(不包括西藏、香港、澳门、台湾,下同)的碳配额分配和财富分配效应。一个公平、有效率的碳配额分配方式不仅需要缩小不同指标的省际差异性和相互作用,政府决策者还要权衡不同省份和综合经济区利益集团的政治可接受力、经济发展需求、减排潜力和产业再配置效应等因素。从社会公平性分析,多维指标熵值法分配方式能充分权衡减排能力、减排责任、减排潜力和能耗强度四个关键要素,缩小每个指标的省际差异和相互作用效果,因此,多维指标分配方式显得更为公平些。本书运用VECM、GARCH模型、MRS-GARCH模型等方法实证研究碳价格的动态性、非对称性和机制转换行为。

## 2. 应用价值

有助于政府决策者为各省份制定、实施碳配额分配规则和机制调整策略提供可靠的经验证据,提高碳交易市场的有效性。建立全国碳交易市场是中国经济体制和生态文明体制改革的重点任务。国家发改委正加快全国碳交易市场建设进度,扎实推进碳交易顶层设计和基础制度建设,初步确定全国碳交易市场覆盖的行业范围和企业边界。本书研究成果有助于政府决策部门为碳交易政策工具的选取、政策执行时点和执行力度的甄别、各区域碳配额分配的针对性和政策执行效果的判定等提供坚实的微观基础和可靠的经验证据,从而提高碳交易市场的有效性。

由于我国区域试点碳交易市场是一个新兴的金融市场,不同区域市场制定不同的行业覆盖范围、市场准入、市场规则和区域经济发展环境。我国试点阶段内碳价格的动态性和机制转换行为统计结果,有助于政府决策者和市场参与者强化风险管理战略,优化多种能源环境政策的协同利益和合作。从短期看,我国碳价格动态性的区域差异、碳价格波动率非对称性及其机制转换行为可帮助生产者、风险管理者和贸易者增加市场套利机会,支持与碳排放有关的投资决策及其减排战略;从长远看,这些统计成果有助于政府决策者构建区域碳交易市场定价联动机制和碳定价基本驱动因素,平衡区域间碳价格和提升多种减排政策的协同效益。

# 1.3 国内外研究现状

## 1.3.1 碳配额分配的研究现状

构建跨省份碳交易所面临的最有挑战性和争议的问题在于确定经济有效

的碳配额分配模式和初始碳配额。一个公平有效的碳交易系统需要关注不同国家或地区的异质性,初始碳配额分配应该尽量缩小单个指标的异质性以及消除多个指标的相互作用(Rose and Tietenberg, 1993)。Grimm 和 Ilieva(2013)认为不同的初始碳配额和减排目标直接影响到不同区域的经济产出和碳排放绩效。祖父制法是基于历史的碳排放量进行免费配额分配,过量的初始碳配额容易造成碳价格波动和市场扭曲(Bohringer and Lange, 2005; Lai, 2008)。随着经济增长和社会产出逐步增加,越富裕的国家或地区越应该承担较重的减排负担,以人均 GDP 指标确定初始碳配额,但发达国家认为没有考虑“区别对待的减排责任”(Rose, 2008; Lennox and Nieuwkoop, 2010)。在工业化进程中,随着累积碳排放量增加,释放大量碳排放量的国家需要承担较大的减排责任,以累积碳排放量为指标确定初始碳配额,但欠发达国家认为没有考虑减排的共同责任(Pan et al., 2014)。Wei 和 Rose(2009)建议以能源消耗量、能源生产量、人口和经济产出等指标设计初始能源配额,设计区域性能源配额交易系统。Zhou 等(2013)选择碳排放量、能耗强度、GDP、人口和人均 GDP 作为初始碳配额分配指标,实证结果显示以人口和 GDP 为基础的初始碳配额分配可以有效地降低总减排成本并达到成本节约效果。Yi 等(2011)、Yu 等(2012)以 GDP、碳排放量和碳强度指标为基础,假设三个指标固定的权重,确定不同区域的初始碳配额。Zhang 等(2013)选择人均 GDP、累积碳排放量和工业碳强度作为减排能力、责任和潜力指标,运用熵值法确认我国八大综合经济区的初始碳配额分配方案。李钢和廖建辉(2015)建议根据物质资本蓄积量和碳排放系数测算碳资本存量;提出以量化碳资本存量为基础设计全球新的初始碳配额分配方案。令狐大智和叶飞(2015)提出按照历史碳排放量对企业进行碳配额分配,激励企业改进低碳技术。不同碳配额分配方法和标准对跨省碳配额交易产生重要的经济影响,人均 GDP、累积碳排放量、工业碳强度及能耗强度均是影响省级碳配额分配的重要指标。

从效率角度看,多维指标集中分配与单指标分配具有类似的经济效率,但由于不同区域在经济发展水平、资源禀赋、碳排放量、能源消费空间分布等方面具有较大的异质性,多维指标集中分配比单指标分配显得更公平些。本书将从经济发展水平、累积碳排放量、碳强度和能源效率等多维指标对我国各省份进行集中减排配额和减排目标分配,优化省级碳配额和减排目标分配方案。

### 1.3.2 碳价格动态性与机制转换行为的研究现状

能源价格、经济活动、超预期的温度变化和市场事件是推动碳价格变化的重要因素(Alberola et al., 2008; Rickel et al., 2014; Chevallier, 2011a)。欧盟碳交易体系下,在试验和京都阶段内碳现货价格呈现较大的市场动态性和波动性(Benz

and Truck, 2009; Chen et al., 2013)。政策目标、动态技术成本与市场规则之间相互作用表明在碳交易市场环境下碳价格具有较高的市场风险(Blyth et al., 2009)。后京都阶段内, 跨国气候协议的年度披露事件和全球减排的不确定性是导致欧盟碳价格波动的不稳定因素(Chevallier, 2011b)。总量与交易、排放费用、更新配额分配、混合分配制度、价格上限、配额储贷政策和可再生能源发展规划对欧盟碳价格和交易数量有显著的市场影响(Rosendahl, 2008; Higgins, 2013; Bergh et al., 2013)。石油、煤炭、天然气和电力价格变动是解释欧盟碳价格的短期市场动态性的因素(Hammoudeh et al., 2014)。欧洲的经济增长和水电供应是解释京都阶段欧盟碳价格波动的因素(Rickel et al., 2014)。欧盟碳排放量年度披露事件直接影响碳价格的异常收益、交易量增加和较大的跨阶段碳价格波动(Hitzemann et al., 2015)。欧洲议会关于碳排放控制决案和市场关注程度的信息披露会影响碳价格的市场波动(Deeney et al., 2016)。长期记忆的结构破坏会影响碳价格市场冲击的持续性(Gilalana et al., 2016)。在欧盟电力零售市场中, 高收入消费者对个体碳交易机制下碳价格变化比低收入消费者表现更为敏感, 而碳价格变动对消费者造成短期电力消费低于长期电力消费(Fan et al., 2015)。

检验欧盟碳期货价格动态性、市场价格发现功能及碳现货与期货市场联动性等问题是近年热点话题。欧盟碳交易体系跨阶段内储贷禁令对碳期货定价及跨阶段碳期货与期权套期保值有重要的影响(Daskalakis et al., 2009)。碳现货和期货收益率有显著的非对称和市场异质性行为(Chevallier, 2011c)。欧盟碳期货市场呈现强劲的价格聚集效应, 这是市场低效率的迹象(Palao and Pardo, 2012)。天然气和石油价格, 以及煤气燃料转换是碳期货价格变化的主要市场驱动力(Boersen and Scholtens, 2014)。投资时间、投机者收益预期及不同投资者对碳交易市场认知差异是解释欧盟碳期货价格变化的诱因(Zhu et al., 2015)。后京都阶段内, 欧盟碳期货价格的市场混沌特征是由李雅普诺夫(Lyapunov)指数、相关系数和柯尔莫哥洛夫(Kolmogorov)熵值确定(Fan et al., 2015)的。碳交易预期的市场持续性可以解释欧盟碳期货价格的自相关性和条件方差(Ibrahim and Kalaitzoglou, 2016)。欧盟碳期货市场呈现出长期的市场发现功能, 现货和期货市场具有较强的动态相关性(Rittler, 2012)。试验和京都阶段内, 欧盟碳现货和期货价格具有市场联动性(Homburg and Magner, 2009; Arouri et al., 2012; Gorenflo, 2013; Zeitlberger and Brauneis, 2016)。欧盟碳期货和期权具有价格发现功能, 且低交易成本比高交易成本具有更高的价格发现功能(Schultz and Swieringa, 2014)。碳期权交易降低碳现货价格波动, 碳期货市场为投资者应对不确定的碳现货价格提供了对冲工具(Li et al., 2016a)。欧盟碳配额(European Union allowance, EUA)和核证减排量(certified emission

reduction, CER) 价格具有较强的相关性, 且能源价格上涨对 EUA 价格的影响比对 CER 价格的影响表现更敏感些 (Kanamura, 2016)。

### 1.3.3 市场势力与碳交易市场均衡的研究现状

作为衡量不完全竞争性的一个重要概念, 市场势力 (market power) 是指市场的一个或一群参与者影响产品价格、数量和性质的市场支配能力 (Shepherd, 1972), 将价格制定在竞争水平 (边际成本) 之上的能力 (Carlton et al., 2000)。市场势力导致市场上出现价格扭曲、生产无效率、经济寻租再分配等经济现象, 其中, 资源禀赋、市场条件、机构设置、政府管制和市场结构 (产权与企业规模) 等因素直接影响到企业市场势力。Hahn (1984) 将市场势力引入到可转让产权市场, 研究发现在垄断竞争市场中市场势力可以影响企业的经济行为和产权市场效率。部分学者对欧盟碳交易市场进行大量实证研究, 结果显示市场势力对实现欧盟碳减排计划造成一定的负面影响, 寡头垄断企业通过控制碳配额市场的稀缺性和转嫁相应减排成本, 对未来区域碳交易市场和跨国碳交易市场发展造成较大的影响 (Christoph and Andreas, 2003; Muller et al., 2002)。具有市场势力的企业对碳交易市场有两个方面影响: 一是企业对碳排放供求量具有市场支配力, 通过限制碳排放交易量影响碳交易市场供求关系和碳排放价格, 降低了减排市场配置效率; 二是市场势力推动碳交易的收益再分配和增强初始碳配额分配的政治阻力, 寡头垄断企业向边缘企业转嫁部分减排成本和碳配额量, 降低其他边缘企业的社会福利, 降低了市场公平性。在寡头垄断市场中, 多个寡头垄断企业具有较强的市场支配能力, 可以选择持有更多的碳配额影响碳交易市场供求总量和碳价格, 具有较强的碳价格操纵能力, 通过控制碳排放量实现降低自身的减排成本, 增加其他边缘企业的减排成本 (Westkog, 1996; Godby, 2000; Christoph and Andreas, 2003)。

初始碳配额分配成为影响碳价格、环境质量水平、遵守环境法规和减排成本的重要因素, 具有市场势力的企业可以从政府那里获得较高的初始碳配额, 降低了发生违规和欺骗碳配额的可能性 (Egteren and Weber, 1996; Maeda, 2003)。初始碳配额过度分配导致企业以较低的减排成本实现减排目标, 诱使较低的碳价格, 寡头垄断企业可以利用市场支配能力控制碳价格和配额交易量, 提高获得充分的初始碳配额的能力, 增强向竞争性边缘企业转嫁部分减排成本 (Klepper and Peterson, 2005; Hintermann, 2011)。当初始碳配额作为一个内生性变量, 初始碳配额直接影响到寡头垄断企业和竞争性边缘企业的减排行为决策, 所有参与企业需要综合考虑减排成本和执行成本 (Egteren and Weber, 1996, Chavez and Stranlund, 2003)。当市场势力作为一个内生性变量, 在多个寡头垄断市场中, 市场势力直接影响到所有市场参与企业的碳配额供需求量, 参与企业根据其他企业

碳配额供应量调整相应的碳配额供应量，寡头垄断企业与边缘企业对初始碳配额分配和碳配额净销售量的市场支配能力呈现一定的差异性，对碳交易市场供求及碳价格的影响程度有较大的差异性 (Malueg et al., 2009; Lange, 2012)。

在双向拍卖机制下，买方可以获得卖方碳配额交易量、边际减排成本等信息，碳配额买方根据掌握的边际减排成本等信息确定相应的碳配额价格，在公开拍卖市场中碳交易卖方可以有效掌握竞争性碳价格、碳配额量等公开信息，公开拍卖可以抑制企业对碳交易市场的支配能力。与免费分配机制相比，双向拍卖可以提高碳交易市场效率 (Godby, 2002; Muller et al., 2002; Cason et al., 2003; Liski and Montero, 2006; Sturm, 2008)。在双向拍卖碳交易市场中，若碳配额买方是具有市场势力的寡头垄断企业，一方面，企业可以掌握竞争性边缘企业的边际减排成本和碳配额量，此信息增强寡头垄断企业对碳交易市场的支配能力；另一方面，所有市场参与者的边际减排成本、碳配额量等信息是对称的，这些信息促使边缘企业相互串通起来共同抑制碳交易市场的冲击，具有市场势力的企业虽然利用碳交易市场支配能力降低碳价格，但对碳交易市场的支配能力减弱，只能通过调整碳拍卖价格来调整减排成本和提高企业经济收益 (Sturm, 2008)。综合上述，领导型企业对碳交易市场产生强烈的关注，通过操纵碳交易市场稀缺性、碳价格及更多的初始碳配额，向竞争性边缘企业转嫁相应的减排成本和转移社会福利。

### 1.3.4 碳价格作用机理的研究现状

由于不同区域的经济发展阶段、产业结构、技术进步、能源消费结构、资源禀赋不同，自愿减排行动需要付出的经济代价存在较大的差异性。Amir 等 (2008)、Baker 等 (2008) 检验发现减排目标、技术进步和能源价格直接影响边际减排成本；Kuik 等 (2009) 检验发现减排目标、碳配额分配和能源结构影响到边际减排成本；Mukherjee 和 Chatterjee (2006) 发现资源使用效率、市场出清价格和技术进步显著地影响污染物排放影子价格；Liao 等 (2009)、Rodseth (2013) 发现碳影子价格直接受碳交易市场均衡状况影响，碳影子价格与企业减排成本结构、碳交易、减排目标和市场供需状况有紧密的联系；Alberola 等 (2008) 认为碳配额分配、能源价格、产业布局、气候变化等是形成碳价格的关键变量，能源结构、碳排放源空间分布及减排计划直接关系到碳价格变化。减排目标、碳配额分配、技术进步、能源消费结构和排放源空间分布等因素是驱动碳价格变化的关键动力。

边际减排成本和碳价格可以推进能源消费结构转变、提高能耗强度和提升碳排放大幅度消减。Veld 和 Planting (2005)、Lund (2007) 检验发现碳价格能够显著地推进产业结构升级和提高减排效果；Fischer (2003) 验证发现碳价格驱动企业应用减排技术以实现减排目标，这可以增加碳交易政策的外部溢出效应；Choi 等