

经管学术

低碳供应链 运营协调与优化

夏良杰◎著

DITAN
GONGYINGLIAN
YUNYING XIETIAO
YU YOUHUA



中国工信出版集团



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

本书的出版得到了国家自然科学基金项目（71072155, 71502123）和天津财经大学“优秀青年学者培育计划”（YQ1504）的资助。

低碳供应链运营协调与优化

夏良杰 著

人民邮电出版社
北 京

图书在版编目(CIP)数据

低碳供应链运营协调与优化 / 夏良杰著. -- 北京 :
人民邮电出版社, 2016.9
ISBN 978-7-115-43970-3

I. ①低… II. ①夏… III. ①供应链管理—节能—研究 IV. ①F252.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第262221号

内 容 提 要

消费者的低碳环保意识逐步增强, 产品的碳足迹将影响企业形象和市场需求, 这使得企业需要站在整个供应链的角度考虑碳减排问题, 寻求上下游企业的联合减排方案。

本书研究了碳交易和碳税两种规制下的供应链协调以及优化问题, 内容涉及低碳问题产生的实践和理论背景、低碳经济的内涵、碳税和碳交易的内涵、碳足迹的内涵及测量、碳排放权约束下的企业和供应链运营、两种规制的实践现状、两种规制下的政府与双寡头企业减排博弈、两种规制下的制造商—供应商联合减排博弈、两种规制下的制造商—零售商“减排—促销”博弈等。

全书既有理论分析, 又有模型构建和算法提示, 对低碳政策制定者、企业管理者和低碳措施的具体设计者都有直接的帮助。

◆ 著 夏良杰

责任编辑 许文瑛

责任印制 焦志炜

◆ 人民邮电出版社出版发行

北京市丰台区成寿寺路11号

邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

北京九州迅驰传媒文化有限公司印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 15

2016年9月第1版

字数: 300千字

2016年9月北京第1次印刷

定 价: 49.00 元

读者服务热线: (010) 81055656 印装质量热线: (010) 81055316

反盗版热线: (010) 81055315

广告经营许可证: 京东工商广字第8052号

序 言

人类活动产生的大量温室气体使得全球气温升高，并由此导致一系列气候灾难，包括海平面上升、冰川融化和极端天气频现等。美国国家航空航天局及美国国家海洋和大气局发布的数据显示，2016年上半年的气温达历史最高，地表温度和北冰洋海冰面积两项观测气候变化的主要指标分别打破了多项纪录。相比20世纪，2016年6月全球平均温度上升了1.62华氏度（约合0.9摄氏度）。

为了控制全球气候变暖的趋势，国际社会共同付出了巨大的努力。其标志性事件是全球100多个国家及地区于1992年6月共同签署了《联合国气候变化框架公约》（简称UNFCCC）。该公约确立了各缔约方“共同但有区别的责任”——世界各地对气候变化均负有责任，规定其附件一所列缔约方（共38个，主要是发达国家及地区）应积极减排；考虑到发展中国家及地区的经济发展权利，对非附件一缔约方不予强制减排。为了确保公约能够有效地实施，各缔约方又于1997年签署了《〈联合国气候变化框架公约〉京都议定书》，进一步量化了发达国家及地区在第一承诺期（2008—2012年）内的减排指标。此后，各缔约方每年都举行谈判，终于在2015年12月12日的巴黎气候变化大会上一致同意通过《巴黎协定》。《巴黎协定》指出，应把全球平均气温较工业化前的升温水平控制在2摄氏度之内，并为把升温水平控制在1.5摄氏度之内而努力；同时，全球将尽快实现温室气体排放达到顶峰，21世纪下半叶实现温室气体净零排放。

无论国际社会就升温控制达成何种目标、制定何种规制，要实现温室气体减排，就必须以各国经济和产业发展现状为基础；同时，这些目标和规制又直接影响到各国经济和产业的发展。为了有效实施《联合国气候变化框架公约》，《京都议定书》中提出了“联合履约”“碳交易”和“CDM”三种基本机制。这三种机制直接影响到缔约方经济发展政策的制定，从而影响到各国企业的运营。实际上，各国围绕碳减排问题进行了各种有益的探索，并提出和实施了多种碳规制，主要包括碳交易、碳税、强制减排和碳中和四种。这四种碳规制均使得碳排放权成为了企业新的生产要素，直接影响到企业的成本及运营决策。

与此同时，消费者的低碳意识日益提高，他们越来越重视产品的低碳环保性能。例如，51%的美国消费者愿意为环保型产品支付更高的价格，67%的美国消费者将产品的环保性能作为其重要的购买依据。2005年，只有31%的欧洲消费者愿意为环境友好型产品支付更高的价格；到了2008年，这一比例上升到75%。这意味着产品的环境属性直接影

响消费者对产品的价值判断,影响消费者的效用和购买决策。受以上诸因素的影响,越来越多的企业将产品减排作为企业运营的重要内容,并日益重视产品的低碳属性和企业的环保形象。

能源是经济发展和现代化的基础与动力。国际社会的减排努力必将影响能源的生产和消费。当前正在全球蓬勃开展的科技革命和产业革命也将伴随着能源革命。企业在采购、产能、库存、运输和定价等传统运营工作之外,新增了减排相关决策等运营工作。单一企业减排对产品碳足迹的降低作用并不显著,只有供应链上下游企业协同才能以最低的成本最大程度地降低产品碳足迹。

供应链上下游企业在资源禀赋、技术能力以及管理能力上的差异也为其协同减排提供了可能。与此同时,还出现了一批围绕企业减排提供技术和服务的新型“低碳服务供应商”,它们为企业减排提供了新的选择,也为企业探索新的商业模式提供了机会。

现有的低碳供应链研究几乎都是基于“经济人”假设进行的,这一假设认为决策者是完全理性的、自私自利的。然而,来自心理学、行为经济学和实验经济学的大量研究早已证明,“经济人”假设在很多时候并不成立。这些研究有些是基于实验室试验,有些则是基于现场试验,且涉及不同地区、不同种族和不同文化的研究对象。实际上,人们并非完全理性,而是具有社会偏好的。人们在决策中既关注自身收益,又关注合作者和竞争者的收益。

基于以上背景,本书主要运用博弈论相关理论和方法,对低碳环境下的供应链运营问题进行了研究,并得到了一些具有启发性的研究成果,具体如下。

第一,本书研究了碳交易和碳税规制下政府和企业之间的“规制—减排—产量”三阶段博弈。在考虑产品低碳属性影响市场需求的条件下,分别在碳交易和碳税规制下建立政府和企业之间的三阶段博弈,研究政府规制、企业减排和企业产量决策优化,以及相关参数对相关主体的决策和绩效的影响。

第二,本书研究了碳交易和碳税规制下制造商和供应商的联合减排问题。供应链协同是供应链运营领域的重要问题。在低碳规制下,解决供应链协同问题必然要解决协同减排这一新问题。上下游企业在考虑各自初始排放量、排放权和减排效率时相互协调,在实现产品碳足迹降低的同时达到供应链系统绩效的帕累托改善是低碳供应链研究的重要问题。本书基于转移支付契约较好地解决了上述问题。进一步,本书还基于转移支付契约设计了新的契约,在满足激励相容和参与约束条件时使上下游企业在分散决策时也能获得集中决策的效果。

第三,本书从供应链结构的角度,研究了供应链中制造环节存在横向竞争时的供应链协同减排问题以及制造商和零售商之间的协同减排问题。当制造环节存在横向竞争时,不

同制造商在减排投资上也会存在竞争,减排竞争将直接影响产品的市场需求。因此,制造商和零售商之间可以就减排和针对产品低碳属性的促销活动开展合作。

第四,考虑决策者具有社会偏好这一基本现实,本书研究了碳交易规制下的供应链博弈与协调问题。具有社会偏好的决策者依据效用最大化进行决策,其效用包括自身收益产生的效用和对方收益对自己产生的效用两部分。具有社会偏好的决策者必然与“经济人”决策者做出不同的决策,并对供应链协调产生影响。因此,本书还就考虑决策者社会偏好时的供应链协调契约设计展开了研究。

本书的主要内容来自于赵道致教授主持的国家自然科学基金项目“基于供应链低碳化的企业行为与运营优化决策研究”和我主持的国家自然科学基金青年科学基金“碳交易、互惠偏好与供应链减排博弈研究”的部分研究成果,它包括了我近年来在《系统工程》《管理学报》《经济经纬》以及 *Sustainability*、*Discrete Dynamics in Nature and Society* 等国内外杂志及会议公开发表的相关论文,也是对我博士期间及后续研究工作的总结。

感谢天津财经大学商学院院长彭正银教授对我在学术研究上的支持与帮助,感谢温孝卿教授、李晓龙教授、刘玉斌教授、徐志伟副教授、李雪松副教授、张建宇副教授、秦娟娟副教授、韩敬稳副教授、张初兵副教授、纪方博士、周永军博士、黄芳博士、于霞博士等在本书写作过程中给予的指导与建议。研究生郭婷婷在本书写作过程中帮助收集整理了部分资料,在此一并感谢!

本书的写作和出版得到了导师赵道致教授的细心指导和大力支持,在此表示深深的谢意!

此外,在本书的写作过程中,我参考了不少资料,且已尽可能详细地标明资料来源。在此对这些专家学者们表示深深的谢意。

本书的出版得到了国家自然科学基金项目(71072155, 71502123)和天津财经大学“优秀青年学者培育计划”(YQ1504)的资助。

最后需要指出的是,由于本人水平有限,书中难免存在不足,敬请专家和同行批评指正。

夏良杰

天津财经大学商学院

2016年6月

目 录

第一章 绪论	1
1.1 研究背景、问题提出和研究目的	1
1.1.1 研究背景	1
1.1.2 问题提出和研究目的	2
1.2 全书内容概述	4
第二章 文献综述	7
2.1 低碳经济的内涵	7
2.2 关于碳税和碳交易的研究	8
2.2.1 关于碳排放权分配的研究	9
2.2.2 关于碳交易的研究	11
2.2.3 关于碳税的研究	13
2.3 产品碳足迹内涵与测量	14
2.4 考虑碳排放约束的企业和供应链运营研究	16
2.4.1 考虑碳排放约束的企业行为方面的研究	16
2.4.2 碳排放约束下的供应链运营管理研究	18
2.5 低碳时代消费者行为方面的研究	20
2.6 绿色供应链相关的研究	21
2.7 研究评述	21
第三章 研究方法和理论基础	25
3.1 博弈论概述	25
3.1.1 博弈的概念和要素	25
3.1.2 博弈的表述	27
3.1.3 博弈的结构与分类	29
3.2 委托—代理理论概述	33

3.2.1 委托—代理关系的概念和冲突	33
3.2.2 委托—代理理论：信息不对称和委托—代理模型	34
3.2.3 委托—代理理论的模型构建与分析框架	38
3.3 社会偏好理论概述	42
3.3.1 囚徒困境和最后通牒博弈：“自利”假设与现实的矛盾	42
3.3.2 几种典型的社会偏好	46
3.3.3 考虑参与人社会偏好的效用函数	50
第四章 碳减排规制的实践现状	55
4.1 欧盟的碳交易体系与碳减排现状	55
4.1.1 欧盟应对气候变化的立场和政策	55
4.1.2 欧盟面临的气候变化问题	56
4.1.3 欧盟气候变化政策的主要内容	57
4.1.4 欧盟碳交易体系及减排现状	57
4.1.5 欧盟碳交易体系和碳减排现状及评价	58
4.2 美国碳交易体系及现状	60
4.2.1 芝加哥气候交易所	60
4.2.2 区域温室气体行动	60
4.2.3 西部气候倡议和加州的总量控制与交易体系	61
4.2.4 美国碳交易和碳减排现状及评价	61
4.3 我国碳交易的发展历程与现状	63
4.3.1 我国排污权交易的发展历程	63
4.3.2 我国碳交易实践现状	66
4.4 本章小结	71
第五章 碳税规制下的政府与双寡头企业减排博弈	73
5.1 引言	73
5.2 模型描述	75
5.3 模型分析	76
5.3.1 第三阶段：最优产量决策	76
5.3.2 第二阶段：企业决定减排量	77
5.3.3 第一阶段：政府决定碳税	79

5.4 数值分析	80
5.5 结论	85
第六章 碳交易机制下的政府及双寡头企业减排博弈	87
6.1 引言	87
6.2 模型描述	88
6.3 模型分析	90
6.3.1 第三阶段：产量竞争	90
6.3.2 第二阶段：企业选择减排量	91
6.3.3 第一阶段：政府选择单位产量免费碳配额	92
6.4 企业进行研发合作与研发竞争的比较	94
6.4.1 总减排量、总产量和总排放量的比较	94
6.4.2 总利润和社会福利的比较	95
6.5 本章小结	99
第七章 碳税规制下基于转移支付契约的制造商—供应商联合减排	101
7.1 引言	101
7.2 模型描述	102
7.3 模型分析	104
7.3.1 制造商和供应商独立减排的博弈分析	104
7.3.2 制造商和供应商联合减排的博弈分析	105
7.4 数值分析	107
7.5 本章小结	114
第八章 碳交易规制下基于转移支付契约的供应商与制造商联合减排	117
8.1 引言	117
8.2 问题描述与模型构建	118
8.3 模型分析	121
8.3.1 制造商和供应商独立减排的博弈均衡分析	121
8.3.2 制造商和供应商联合减排的博弈均衡分析	121
8.4 数值分析	124

8.5 本章小结	133
第九章 碳交易规制下基于自执行转移支付契约的供应商与制造商减排博弈与协调	135
9.1 引言	135
9.2 问题描述与模型构建	136
9.3 模型分析	138
9.3.1 斯坦伯格博弈均衡分析	138
9.3.2 完全信息静态博弈均衡分析	139
9.3.3 集中决策	140
9.4 供应链协调自执行转移支付契约设计	140
9.5 数值分析	142
9.6 本章小结	146
第十章 碳交易规制下考虑消费者低碳意识的制造商—零售商减排—促销博弈	149
10.1 引言	149
10.2 问题情景与模型建立	151
10.3 模型分析	153
10.3.1 斯坦伯格均衡分析	153
10.3.2 纳什均衡分析	154
10.3.3 集中决策分析	155
10.4 基于转移支付契约的供应链协调	157
10.5 数值分析	159
10.6 本章小结	162
第十一章 碳交易规制下考虑制造商竞争的供应链网络联合减排	165
11.1 引言	165
11.2 问题描述及符号说明	166
11.2.1 问题描述	166
11.2.2 基本假设	167
11.3 模型的建立与分析	168

11.3.1 制造商单独减排时的供应链各参与方的利润	168
11.3.2 联合减排模式下供应链各参与方的决策过程	171
11.4 算例分析	174
11.5 本章小结	179
第十二章 碳交易规制下考虑社会偏好的供应链博弈与协调	181
12.1 引言	181
12.2 模型描述与构建	182
12.2.1 模型说明	182
12.2.2 函数构建	184
12.3 模型求解	185
12.3.1 供应链集中决策时的最优决策	185
12.3.2 分散决策时的供应链博弈均衡分析	185
12.4 制造商与零售商决策结果分析	190
12.4.1 制造商有无社会偏好时的最优减排量分析	190
12.4.2 零售商有无社会偏好时最优低碳推广水平比较	190
12.5 灵敏度分析	191
12.5.1 社会偏好对制造商的最优单位产品减排量的影响分析	191
12.5.2 零售商增值服务水平分析	192
12.6 旁支付自执行契约下的供应链协调	193
12.7 数值分析	195
12.7.1 消费者低碳意识的影响分析	195
12.7.2 社会偏好的影响分析	197
12.7.3 旁支付契约的影响分析	199
12.8 本章小结	200
第十三章 结论与展望	203
13.1 研究工作总结	203
13.2 研究展望	205
参考文献	207

第一章 绪论

1.1 研究背景、问题提出和研究目的

1.1.1 研究背景

二氧化碳等温室气体排放量的增加正给人类生活和自然界带来巨大的灾难。根据联合国政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 2007 年的评估报告, 如果全球平均温度比 1980—1999 年升高 $1.5^{\circ}\text{C} \sim 2.5^{\circ}\text{C}$, 将使被评估动植物物种灭绝的风险增加 20% ~ 30%; 如果全球平均温度升高超过约 3.5°C , 全球将出现大量物种灭绝 (占被评估物种的 40% ~ 70%)^[1]。《中国应对气候变化国家方案》(2007 年发布) 显示, 中国近百年的气候发生了明显变化: 年平均气温升高了 $0.5^{\circ}\text{C} \sim 0.8^{\circ}\text{C}$, 主要极端天气与气候事件的频率和强度出现了明显变化, 沿海海平面年平均上升速率为 2.5 毫米, 山地冰川快速退缩。目前, 各国政府、企业界和学者已经形成共识——温室气体是造成全球变暖和极端气候频现的罪魁祸首。

为了减缓及减少温室气体排放带来的灾难性气候变化, 全球 100 多个国家及地区于 1992 年 6 月共同签署了《联合国气候变化框架公约》(简称 UNFCCC)^[2] (该公约于 1994 年 3 月生效), 公约确立了各缔约方“共同但有区别的责任”。世界各地对气候变化均负有责任, 规定发达国家及地区应积极减排; 考虑到发展中国家及地区的经济发展权利, 不予强制减排。为了确保公约能够有效地实施, 各缔约方又于 1997 年签署了《〈联合国气候变化框架公约〉京都议定书》(Kyoto Protocol)^[3], 量化了部分国家的减排任务。

实际上, “十一五”期间, 我国政府就确定了单位 GDP 能耗下降 20% 左右的目标; “十一五”末, 我国完成了单位 GDP 能耗下降 19.1% 的目标, 节能能源达到 6.3 亿吨的标准, 能源消费弹性系数也由“十五”期间的 1.04 下降到 0.59^[4]。第 15 次联合国气候变化大会于 2009 年 12 月在哥本哈根召开, 本次会议商讨了《京都议定书》一期承诺到期后的后续方案。我国政府在这次会议上承诺: 到 2020 年, 我国单位 GDP 二氧化碳排放将比 2005 年下降 40% ~ 45%^[5]。2012 年, 我国制定的《节能减排“十二五”规划》提出: 到 2015 年, 全国万元国内生产总值能耗下降到 0.869 吨标准煤 (按 2005 年价格计算), 比 2010 年的 1.034 吨标准煤下降 16% (比 2005 年的 1.276 吨标准煤下降 32%)。“十二

五”期间，我国实现节约能源 6.7 亿吨标准煤。这标志着我国正式进入了碳排放总量控制的年代。

《京都议定书》不仅将温室气体减排指标量化，明确了第一阶段的减排量；还针对不同国家的减排责任分别规范了“联合履约”（Joint Implementation，缩写为 JI）、“清洁发展机制”（Clean Development Mechanism，缩写为 CDM）和“排放权交易”（Emissions Trade，缩写为 ET）三种碳交易机制。“联合履约”适用于发达国家（或地区）之间的减排合作；“清洁发展机制”适用于发达国家（或地区）与发展中国家（或地区）之间的减排合作，由发达国家（或地区）向发展中国家（或地区）提供减排资金，促进发展中国家（或地区）减排，相应的减排量为提供资金的发达国家（或地区）所有；排放权交易授予国家（或地区）和企业一定数量的合法碳排放权，允许对排放权进行交易。《京都议定书》提出的三种碳交易机制奠定了低碳经济碳排放权交易市场的交易模式和规则形成的基础。

“碳交易”的概念，是指在一个特定管辖区域内，允许获得碳排放配额的排放主体将其剩余的指标拿到市场上买卖，确保区域实际排放量不超过限定排放总量的一种减排措施。2011 年 11 月，国家发改委下发了《关于开展碳排放权交易试点工作的通知》，提出由北京、天津、上海、重庆、湖北、广东和深圳 7 省市开展碳排放权交易试点工作，并取得不错的效果。截至 2015 年 3 月 31 日，7 个碳排放权交易试点省市累计成交量约 2000 万吨，累计成交金额近 13 亿元^[6]。

碳税是另一种在国际上普遍采用的碳规制。所谓碳税，就是针对企业在产品（有形产品或无形产品）生产过程中排放的温室气体征收的一种环境税。征收碳税的目的同样是减少碳排放。无论是对企业征税还是对消费者征税，都将对企业的生产和销售产生直接的影响。

1.1.2 问题提出和研究目的

由于碳排放约束和碳排放权交易的存在，企业的输入和输出系统在原来“二维交易”（购入原材料，销售产品和服务）的基础上增加了碳排放权的交易，构成了“三维交易”模式（如图 1.1 所示）。

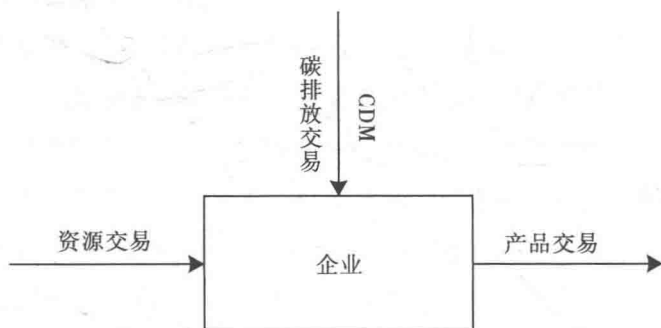


图 1.1 低碳经济下的“三维交易”模式

三维交易模式改变了企业的生产成本构成和盈利模式，也必将改变企业的经营行为。在三种碳交易机制及三维交易模式下，许多企业正通过碳交易优化其运营策略，以获取低碳经济环境下的竞争优势。国际碳排放贸易协会主席佛里斯特^[7]表示，碳排放权交易通过市场手段促进企业减排，同时也可能给企业带来赚钱的机会。例如，欧洲的许多电厂在碳排放权交易机制实施之前以煤为燃料，企业不愿意改用天然气等成本高但碳排放量低的清洁能源；碳交易制度建立之后，这些电厂改用清洁能源，且通过出售碳排放配额冲抵煤改气的成本。在我国，江苏卡特新能源有限公司 2010 年卖出 2 年的二氧化碳核证减排量约 35.2 万吨，收获 281.67 万欧元；浙江慈溪长江风电公司也于 2010 年 5 月收获了首笔 60 万欧元的“碳交易”收益；^[8]2011 年 9 月，湖北金利源（集团）纺织服装有限公司和武汉必达机电有限公司购买了武汉凯迪控股投资有限公司的 2 万吨碳排放指标，成为国内各自领域内首个碳中和企业。^[9]

在《京都议定书》提出之前，人类社会为了解决污染排放问题设计了很多解决方案，其主要措施是征税和创造市场。^[10]如美国联邦环保局（EPA）在 20 世纪 70 年代和 90 年代分别推出了“排污权交易计划”和“酸雨计划”，以减少快速工业化造成的环境污染。这两个计划的核心是将“排放削减信用”（Emission Reduction Credits，缩写为 ERCs）作为排污权交易的商品，通过发行可交易的二氧化硫排放许可证以限制其排放总量。这两个计划最终融入到了后来的《清洁空气法》中，其实施后取得了明显的减排效果。“排污权交易计划”和“酸雨计划”的本质是将企业产生的外部污染成本内部化，而解决外部性问题主要基于以下两个基础理论体系：其一是以庇古为代表的外部性理论；其二是以科斯为代表的产权理论，^[11]通过明确产权的归属，创造排放权市场，相关利益主体可以通过交易的方式解决外部性问题，实现对排污的有效控制。

低碳经济中的碳排放权与早期的排污权不同。碳排放权具有无差异性和无地域性的特

点，全世界任何一个国家的任何一家企业生产任何产品所产生的碳排放都是一样的，这使得碳排放权的交易范围较之排污权更广，更具有流动性和普遍性。碳排放权能够在全球范围内实行优化配置，这使得在供应链上优化配置碳排放权成为可能。

同样，碳税也起源于庇古的“外部性”理论。依据该理论，要降低碳排放就应减小排放的边际私人净产值与边际社会净产值的差异，就需要使碳排放的成本内部化。政府可以依据碳排放造成的污染危害向排放者征税，以税收形式弥补私人成本和社会成本之间的差距，从而将碳排放的成本计入产品价格。在碳税政策下，企业同样可以根据自身的减排效率选择排放量的大小。由此可见，征收碳税与碳交易尽管在制度上存在差异，但二者同属市场化制度，即都通过影响企业生产的边际成本实现减排目的。因此，征收碳税也将直接影响企业的运营决策。

随着低碳经济逐步深入发展和消费者低碳意识的形成，产品和服务的低碳程度成了客户价值的组成部分。产品碳排放量的高低直接影响消费者的价值和效用，从而影响产品的市场需求。目前，已有一些通过经济工具（如奖励和折扣），或者教育和劝说（如信息宣传）来影响人们行为的项目取得成功。同时，为了帮助消费者识别产品的碳足迹，越来越多的企业开始使用碳标签传递产品的碳足迹信息，增加碳足迹的透明度。而碳足迹包括从产品制造中的原材料使用到产成品处理全过程的碳排放量。任何一家企业单独进行减排优化都难以取得理想效果，这就使得在供应链上进行碳排放权的优化配置成为必要。从最终产品碳足迹的视角，或从供应链整体考虑减排效果，已经成为学术界和企业界的共识。^[12]

综上所述，低碳环境下的供应链协调优化研究具有重要的理论和实践意义。本书将研究碳税和碳交易机制下政府与企业之间的碳减排博弈，为政府制定碳排放权分配政策和企业制定碳减排策略提供依据；研究供应链上下游企业之间的减排博弈，并通过契约设计实现供应链利润的帕累托优化；将消费者低碳意识融入到供应链减排研究中，探究消费者低碳意识对企业决策和供应链绩效的影响；基于不同企业间的碳减排边际成本差异，研究供应链上下游企业的联合减排，以实现供应链减排的整体优化。

1.2 全书内容概述

本书共分十三章，每章的具体内容如下。

第一章，绪论。本章首先阐述低碳问题产生的实践和理论背景，指出国际国内的相关条约和規制给企业供应链运营带来的深刻影响，分析现有理论在解决该问题方面存在的不足。在此基础上，提出本书要研究的主要问题以及研究目的和意义。本章还对本书的创

新点、研究方法和研究框架作了说明。

第二章,文献综述。本章从低碳经济的内涵、碳税和碳交易相关研究、碳足迹的内涵与测量、碳排放权约束下的企业和供应链运营、低碳环境下的消费者行为和绿色供应链共六个方面介绍已有研究文献,为后续章节的研究奠定理论基础。

第三章,研究方法和理论基础。本章对本书写作中应用的方法和理论基础进行了简单介绍,包括博弈论、委托—代理理论和社会偏好理论。

第四章,碳减排规制的实践现状。本章介绍世界主要经济体的碳减排规制及其实施现状。

第五章,碳税规制下考虑消费者低碳意识的政府与双寡头企业减排博弈。本章将在碳税规制下构建政府和企业间的“碳税税率—减排研发—产量”三阶段博弈模型,研究政府应如何制定碳税税率从而实现社会福利的最大化,企业应如何制定减排和产量决策以实现自身利润最大化,并分析相关参数对政府及企业决策的影响。

第六章,碳交易机制下的政府及双寡头企业减排合作与竞争博弈。本章首先在考虑碳排放权约束和碳交易的情况下,建立政府和企业间的“碳排放权—减排研发—产量”三阶段博弈模型,进而分析各阶段各利益主体的最优策略。本章研究暂不考虑产品碳足迹对产品需求的影响。政府的目标并不仅仅是降低碳排放,而是要使包括环境污染、消费者剩余和生产者剩余在内的社会福利最优。企业的目标则是在政府碳排放权的限制下选择与对手进行减排研发合作还是竞争并制定自己的产量和减排决策。本章还分析了不同参数对减排量、碳排放量、产量、企业利润和社会福利的影响。

第七章,碳税规制下基于转移支付契约的制造商—供应商联合减排。本章以一个供应商和一个制造商组成的两级供应链为对象,研究在政府征收碳税和产品碳足迹影响市场需求的情况下的企业减排决策,分析供应商和制造商基于转移支付契约的联合减排问题,最后通过数值分析探索不同参数对供应商和制造商减排量及利润的影响。

第八章,碳交易规制下基于转移支付契约的供应商与制造商联合减排。本章在考虑碳排放权约束和碳交易机制的基础上,将碳足迹对产品市场需求的影响纳入市场需求函数。主要考虑到供应链上不同企业在碳减排边际成本上的差异,试图通过转移支付进行供应链上下游的联合减排,实现供应链减排优化和各利润主体利润的改善。

第九章,碳交易规制下基于自执行转移支付契约的供应商与制造商减排博弈与协调。在考虑碳排放权约束、碳交易机制和碳足迹对产品市场需求影响的基础上,研究供应链上制造商和供应商在完全信息静态博弈和斯坦伯格博弈时的最优决策;并从满足参与约束和激励相容约束两个条件出发,设计一种自执行转移支付契约以实现供应链利润的帕累托改

善，同时实现供应链总利润最优化和利润增量分配公平合理，并对相关利益主体的最优决策值及利润最优值进行敏感性分析。

第十章，碳交易规制下考虑消费者低碳意识的制造商—零售商减排—促销博弈。本章将研究对象由“供应商—制造商”转变为“制造商—零售商”。供应商和制造商均是碳减排约束对象且是碳减排主体，零售商相对而言则不是碳排放权约束对象和碳减排主体。首先，本章不仅考虑碳排放权约束和碳交易机制，以及产品碳足迹对市场需求的影响，还将考虑消费者低碳意识对产品需求的影响，从而建立一个受产品减排量和促销影响的非线性市场需求函数。其次，本章还研究了力量不对等的制造商和零售商在不同博弈过程中的最优决策，并基于参与约束和激励相容约束设计转移支付契约以实现供应链利润的最优化和利润增量分配的公平合理化。最后，本章通过数值分析讨论消费者低碳意识等变量对企业决策、企业利润、消费者效用和供应链利润的影响。

第十一章，碳交易规制下考虑制造商竞争的供应链网络联合减排。本章在考虑制造商之间相互竞争的情况下，以一个零售商和两个相互竞争的制造商组成的供应链为研究对象，分别研究制造商独自减排及与零售商联合减排两种情形下，制造商和零售商的减排与低碳推广决策，以及这两种情形下制造商和零售商的最优利润。

第十二章，碳交易规制下考虑社会偏好的供应链博弈与协调。本章将企业决策者的社会偏好引入供应链上下游博弈研究，在碳交易规制下研究制造商和零售商之间的减排与促销博弈。本章分析了社会偏好对企业决策和绩效的影响，并设计契约以协调供应链、实现供应链系统效率最大化。

第十三章，结论与展望。本章对前面六章的研究工作进行总结，概括说明本书的研究内容及主要研究结论，并指出本书的不足之处和今后的研究方向。