

低碳化供应链 运营管理及实证研究

李 媛 著

地 质 出 版 社

国家自然科学基金项目

石家庄经济学院博士科研基金项目(编号:BQ201314) 资助出版

河北省高校重点学科建设项目

低碳化供应链 运营管理及实证研究

李 媛 著

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 提 要

环境、能源和气候等方面的危机所导向的低碳经济发展必将影响到各国的制造业格局和供应链运营模式。本书以中国制造业供应链为研究对象,探讨产品供应链低碳化环境中上下游企业行为间的相互作用和决策、协调及优化等管理问题,并将企业置身于政府规制和市场力量的影响下,研究企业及供应链运行的内在机理和规律。低碳时代消费者与企业的价值观发生转变并呈现多元化,供应链网络结构、决策相关因素和信息结构以及合作动因都将变得更加复杂。因此,结合基于组织经济学的理性分析方法和基于行为运营管理的行为分析方法,研究低碳化供应链中企业的运营行为、决策机理以及供应链合作激励机制设计等问题,发现供应链低碳化过程中存在非理性行为的类型和特征,进而推理和归纳得到低碳化环境下供应链协调与优化设计的一般原则和规范。

本书不仅可以作为高校物流与供应链管理相关专业的教学参考书,也可供供应链技术人员及管理者参考。

图书在版编目(CIP)数据

低碳化供应链运营管理及实证研究 / 李媛著. —北京:地质出版社, 2015.6
ISBN 978-7-116-09290-7

I. ①低… II. ①李… III. ①供应链管理-节能-研究 IV. ①F252

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 123388 号

Ditanhua Gongyinglian Yuning Guanli ji Shizheng Yanjiu

责任编辑: 李 莉

责任校对: 张 冬

出版发行: 地质出版社

社址邮编: 北京市海淀区学院路 31 号, 100083

咨询电话: (010) 66554528 (邮购部); 66554629 (编辑室)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

传 真: (010) 66554629

印 刷: 北京地大天成印务有限公司

开 本: 787 mm × 1092 mm 1/16

印 张: 8

字 数: 200 千字

版 次: 2015 年 6 月北京第 1 版

印 次: 2015 年 6 月北京第 1 次印刷

定 价: 35.00 元

书 号: ISBN 978-7-116-09290-7

(如对本书有建议或意见, 敬请致电本社; 如本书有印装问题, 本社负责调换)

前言

近年来,各国政府、企业和学者已经形成共识,温室效应是全球气候变化以及极端气候出现日趋频繁的主要原因,而人类在经济活动中产生的碳排放是导致温室效应的主要根源。

为了缓解气候变化的进程,实现经济、社会和环境和谐与可持续发展,人类开始寻求减少温室气体排放的技术和策略。1992年6月,全球150多个国家签署了《联合国气候变化框架公约》(United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC),并于1994年3月生效。为了确保公约能够有效地实施,公约的缔约方又于1997年在公约的基础上通过了《京都议定书》(Kyoto Protocol, KP)。上述两个标志着低碳经济到来的里程碑式的文件,形成了企业在经营活动中减排的压力,也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。

《京都议定书》对不同国家的减排责任制定了三个协调机制:“联合履约机制”(Joint Implementation, JI)、“清洁发展机制”(Clean Development Mechanism, CDM)和“国际排放贸易机制”(International Emissions Trade, IET),帮助各个缔约国以灵活的方式完成减排目标。在这三种交易机制框架下,许多企业正在利用该机制通过碳交易优化其运营策略,获取低碳经济环境下的竞争优势。

2009年12月,在哥本哈根召开的第15次联合国气候变化大会,有超过85个国家的元首或政府首脑、192个国家的环境部长出席。此次会议商讨了《京都议定书》一期承诺到期后的后续方案。中国政府在这次会议上承诺:到2020年中国单位GDP CO₂排放将比2005年下降40%~45%。随着这一碳排放总量控制指标的制订,我国正式进入了碳排放总量控制的时代。

低碳时代的碳排放约束将改变企业的生产成本构成和盈利模式,进而,也必将改变企业的经营行为。

低碳时代围绕碳排放权交易市场的新规制的出现,使得供应链中企业的输入输出发生了变化,从原来的购入原材料交易、销售成品和服务交易的二维交易模式变化为在原来的输入输出系统中增加了碳排放权交易的三维交易模式。在这种三维交易模式中,碳排放权不仅成为企业经营活动的重要投入要素,会改变企业的成本结构,同时也可以改变企业的盈利模式。这就为供应链结构设计、运营协调与合作的优化提出了新的问题。

企业实践告诉我们,在低碳经济中,碳排放权可以像资源一样成为企业生产产品和服务的投入并为企业带来利益。在低碳经济系统中,碳排放权会为不同的企业创造不同的边际价值,不同企业的减排边际成本也不相同。显然,当低碳经济系统中碳排放权资源的边际效益和成本存在差异时,该资源的优化配置就会产生更高的效率和创造更多的财富。

现代经济系统使市场经济体系中的任何一个企业都与其上下游企业共生于某个供应

链系统中。由多个经济主体构成的供应链为其中的企业提供了在供应链框架下配置碳排放权和减排资源,从而实现供应链低碳化运营优化的空间。

在低碳经济到来之前,人类为了解决污染排放问题已经设计了相关的解决方案,并在实践中得到了较好的验证。传统方法在解决企业污染排放问题时,通常是将其产生的外部污染成本内部化,主要采取征税和创造市场两种方式。解决外部性问题有两个基础理论体系:一个是以 Arthur C. Pigou (庇古) 为代表的外部性理论;另一个是以 Ronald H. Coase (科斯) 为代表的产权理论,通过明确产权的归属,创造排放权市场,相关利益主体可以用交易的方式来解决外部性问题,实现排污的有效控制。根据上述理论,美国联邦环保局(EPA)于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”,旨在减少由于工业化快速发展而带来的环境污染,计划的核心是将“排放削减信用”(Emission Reduction Credits, ERCs)作为排污权交易的“商品”和发行可交易的SO₂排放许可证以限制其排放总量。这两个计划已经融入1970年拟定并实施后又经修订的《清洁空气法》中。该法案的实施得到了明显的减排效果,也为《京都议定书》设计碳交易机制提供了成功的经验。

然而,在低碳经济中,与早期的排污权不同,碳排放权具有无差异性和无地域性(在全球供应链中,不同的经营主体尽管所在地域和国家不同,生产的产品也不同,但是产生的碳排放是相同的),因而,其交易范围比传统排污权更广泛和普遍,也更具流动性。碳排放权的上述特性,使得其在供应链上优化配置成为可能。

在低碳时代,随着消费者低碳意识的形成,产品和服务的低碳程度将会形成客户价值的组成部分。为了有助于消费者识别产品的碳足迹,碳标签已经成为一种有效的碳足迹信息传递载体,增加了碳足迹的透明度。碳足迹也将促使企业不仅关注其自身生产环节的减排,还要考虑产品的全寿命周期的减排。因此,企业在其供应链设计和运营优化时要考虑供应链整体的碳减排效率。

如前所述,低碳经济中的生产性资源增加了碳排放权,消费者价值中增加了对商品和服务减排程度的度量维度,这就使得经济系统中增加了新的提供创造低碳相关价值的经营主体,如能源管理公司、碳资产管理公司、清洁能源科技供应商、专业经纪商和碳交易服务提供商等新型经济主体。这些新型经济主体的出现必然会对传统的供应链结构产生影响。

低碳时代的到来,已经在改变企业的生存环境、竞争规则、成本构成、盈利模式和运营方式等。在低碳经济环境中,全球的企业在供应链运营中都面临着诸多由于碳减排而引发的与以往完全不同的新问题。由于我国在全球经济中的制造大国和资源消耗大国地位,使我国的企业面临的碳减排挑战更大,相关问题更多,理论创新的机会也就越多。

因此,探索企业低碳化的供应链结构设计和协调运营优化的理论和方法具有重要的运营与供应链管理理论创新意义和重要的指导企业提高供应链整体碳减排效率以参与低碳时代全球化竞争的实践意义。

本书的框架结构共分为两篇,第1篇为理论研究部分,包括了第1章至第5章,分别介绍了导论、低碳化供应链管理、国内外研究现状、政府规制及低碳化供应链风险。第2篇为实证研究部分,包括了第6章至第10章,分别为基于供应链低碳化的政府及企

业行为博弈研究、考虑环境效用的低碳化供应链运营研究、考虑公平偏好的供应链两部定价契约协调、考虑公平偏好的低碳化供应链契约协调及考虑收益共享寄售契约下碳减排的供应链绩效等问题研究。

本书的顺利撰写和出版得到了国家自然科学基金和河北省重点学科的大力支持和资助，也得到了相关领域有关专家、天津大学管理与经济学部、石家庄经济学院管理科学与工程学院领导和师生们的大力支持和斧正，在此表示衷心的感谢和敬意。

当然，对于低碳化供应链管理这一新兴领域的研究，我们还可以走得更远。由于低碳化供应链在全球乃至中国的复杂性和动态性，我们还未能涵盖一切低碳化供应链管理的相关内容，即使是我们已涵盖的内容也在发生快速地发展与改变。因此，当这一重要、新颖、复杂和变化迅速的市场不断演进时，我们将持续追踪它的发展足迹。我们非常期待更多的思想、智慧和观点集中于低碳化供应链管理领域。因为，我们深信低碳化供应链必将成为全球企业创造价值的最重要的源泉之一，中国也必将因为该领域的迅速发展掀起一场空前绝后的低碳革命。

目 录

前言

第1篇 理论部分

第1章 导论	3
1.1 低碳之路历史沿革	3
1.2 问题的提出	4
1.3 研究内容	5
1.4 研究思路和方法	6
1.5 本书的特点和创新之处	7
1.6 小结	9
第2章 低碳化供应链管理	10
2.1 供应链的概念	10
2.2 绿色供应链的发展	12
2.3 低碳化供应链概念的提出	13
2.4 低碳化供应链的研究框架及方法	16
2.5 小结	18
第3章 国内外研究现状	19
3.1 引言	19
3.2 产品碳足迹及碳排放权交易研究	20
3.3 供应链管理及契约协调研究	25
3.4 行为运营管理	30
3.5 小结	31
第4章 政府规制	32
4.1 外部性理论	32
4.2 碳交易的实践基础	36
4.3 小结	37

第 5 章 低碳化供应链风险	38
5.1 供应链风险的概念	38
5.2 供应链运作参考模型	39
5.3 低碳化供应链风险的识别与控制	40
5.4 小结	42

第 2 篇 实证研究

第 6 章 基于供应链低碳化的政府及企业行为博弈	45
6.1 引言	45
6.2 问题描述与模型建立	46
6.3 模型求解	48
6.4 模型应用	50
6.5 小结	52
6.6 附件: 数值分析 MATLAB 软件程序	53
第 7 章 考虑环境效用的低碳化供应链运营研究	55
7.1 引言	55
7.2 问题描述	55
7.3 模型建立	56
7.4 数值分析	59
7.5 小结	67
7.6 附件: 数值分析 MATLAB 软件程序	67
第 8 章 考虑公平偏好的低碳化供应链两部定价契约协调	73
8.1 引言	73
8.2 问题描述与符号说明	74
8.3 模型建立	75
8.4 小结	83
第 9 章 考虑公平偏好的低碳化供应链契约协调	84
9.1 引言	84
9.2 基本假设和符号说明	84
9.3 考虑公平的低碳化供应链协调	85
9.4 算例分析	89
9.5 小结	91

9.6 附件：数值分析 MATLAB 软件程序 92

第 10 章 收益共享寄售契约下考虑碳减排的供应链绩效..... 94

10.1 引言 94

10.2 文献综述 95

10.3 模型假设及说明 96

10.4 模型构建 97

10.5 算例分析..... 100

10.6 小结..... 103

结束语..... 104

参考文献..... 106

第 1 篇 理论部分

第1章 导 论

1.1 低碳之路历史沿革

近20年来,人类社会经济得到突飞猛进的发展,但是极端天气频发、自然灾害增加和海平面上升等现象给人类生存造成了巨大伤害,因此人们对气候变化问题给予了前所未有的关注。

为了减缓全球气候变暖的速度和降低温室气体 (Greenhouse Gas, GHS) 排放,众多科研机构和学者进行了广泛的学术研究,努力推进国际气候合作。1988年世界气象组织 (World Meteorological Organization, WMO) 和联合国环境规划署 (United Nations Environment Programme, UNEP) 联合建立了联合国政府间气候变化专门委员会 (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)。该委员会自成立至今共发表了四次评估报告,其在2007年发表的《第四次评估报告》中指出 CO_2 主要来源于化石燃料的燃烧,是引起全球气候变暖的根本原因^[1]。

1990年,第一份IPCC报告指出,全球已经变暖,而且未来很可能继续变暖。

1992年6月联合国在巴西召开联合国环境与发展大会,会议通过了《联合国气候变化框架公约》(United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC),该公约首次提出了应对气候变化问题的基本框架,指出采取一切可行措施限制温室气体排放并促进国际技术转移及合作。截至目前,已有196个国家成为该公约的缔约方、一个国家为观察员。

1995年,IPCC第二份报告指出,人类活动因素造成全球变暖,并预言21世纪变暖程度还会加剧。南极冰层融化和极地气温升高的情况引起了公众的关注。

1997年在日本东京举行的第3次缔约方大会上,149个国家和地区代表通过了《京都议定书》(Kyoto Protocol, KP),该文件将温室气体排放定量化,因此具有重要的实践指导意义。其最主要的贡献是确立了三个实现减排的灵活机制,分别为:“联合履约”(Joint Implementation, JI)、“国际排放贸易”(International Emission Trading, IET)和“清洁发展机制”(Clean Development Mechanism, CDM)。在上述三个机制下,各国政府纷纷成立了碳排放权交易市场,对碳排放权进行交易。在低碳经济中,碳排放权成为一种资源,可以进行交易并创造价值。本研究正是在这种新的资源模式下进行的。

2001年,IPCC公布的第三份报告指出,很有可能出现自上一个冰川时代以来不曾有过的全球变暖。除美国外,多数国家同意采取有效机制实现《京都议定书》设定的目标。

2007年联合国气候变化大会通过了“巴厘路线图(Bali Roadmap, BR)”的规定,这是应对全球气候变化的新的里程碑,会议启动了加强《公约》和《京都议定书》全面实施的谈判过程,致力于在2009年年底完成《京都议定书》第一承诺期2012年到期后全球应对气候变化新安排的谈判并签署有关协议。

2009 年在哥本哈根召开的缔约方第十五次会议诞生了《哥本哈根议定书》，这是继《京都议定书》后的具有划时代意义的全球气候协议书，其主要内容是就各国 CO₂ 排放量问题签署协议，根据各国国内生产总值（Gross Domestic Product, GDP）高低减少 CO₂ 排放量。《哥本哈根议定书》的目的是商讨《京都议定书》第一期承诺到期后的后续方案，就未来应对气候变化的全球行动签署新的议定书。在这次会议中，我国政府承诺到 2020 年单位 GDP CO₂ 排放比 2005 年下降 40% ~ 45%。

2010 年 4 月，180 多个国家的代表们在德国波恩进行了新一轮的联合国气候谈判。除了确定 2010 年的国际气候谈判议程，即在 11 月墨西哥坎昆峰会之前，联合国还需要举行两轮气候谈判外，波恩会谈的中心被引到谈判的“双轨制”问题上，即未来的谈判是继续坚持《联合国气候变化框架公约》和《京都议定书》“双轨制”还是合并为“一轨”。

2010 年 11 月联合国气候变化框架公约第 16 次缔约方大会在墨西哥坎昆召开。在未来国际气候制度构建方面，提出设立每年进行全球气候变化问题公投，倡议设立国际气候法庭，监督《联合国气候变化框架公约》的执行情况。

2011 年中国政府发布《“十二五”控制温室气体排放工作方案》，将“十二五”碳强度下降目标分解落实到各省（区、市）。

2014 北京 APEC 会议期间，中国国家主席习近平与美国总统奥巴马共同发布了《中美气候变化联合声明》，这是习近平主席和奥巴马总统首次就减排承诺达成协议，成为全球减排的里程碑。奥巴马总统宣布美国计划于 2025 年实现在 2005 年基础上减排 26% ~ 28% 的全经济范围减排目标；习近平主席宣布中国计划在 2030 年左右达到 CO₂ 排放峰值，并计划到 2030 年非化石能源占一次能源消费比重提高到 20% 左右。

2014 年 12 月在南美第三大国家秘鲁首都利马召开了为期两周的联合国大会。此次大会将力争就碳排放量达成一个全球性协议，继而于 2015 年在巴黎正式签署，并将于 2020 年正式生效。该会议是将于 2015 年在法国召开的世界环境会议之前的最后一次大会，2015 年巴黎气候大会届时 196 个国家将汇聚巴黎，在《联合国气候变化框架公约》的基本框架下，探讨应对气候变化的举措。联合国大会拟规定将被海水淹没国家可获赔偿。中国政府代表表示，2016 ~ 2020 年中国将把每年的 CO₂ 排放量控制在 $100 \times 10^8 \text{t}$ 以下。

1.2 问题的提出

环境、能源和气候等方面的危机所导向的低碳经济发展必将影响到各国的制造业格局和供应链运营模式。为了应对全球气候变化问题及实现减排承诺，我国政府拟采取一系列措施对制造企业进行碳排放规制。其中可以采用的规制政策包括：征收碳税和总量限制交易（Cap - and - Trade, CAP）。不仅要在生产、流通的环节中减少 CO₂ 排放，同时在消费过程中也要进行减排，这就需提高消费者的环保意识。因此，本书将充分考虑在政府的政策规制背景下，企业的行为决策及低碳化供应链的特征及发展趋势。

生产制造环节是 CO₂ 排放的主要来源，因此面对政府的规制，制造商不得不采取措施进行减排（如减排研发、生产净化、采用低碳原材料、与环保组织合作等）。在碳排放总量限制的约束下，传统的原材料采购到产成品输出的二维交易模式转变为加入碳排放权交易的三维交易模式，企业的成本函数和盈利模式均发生改变，从而使得企业的运营行为发生改变。

在低碳经济下，由于价值观的多元化及供应链运营绩效影响因素的复杂性，决策主体

(如制造商和零售商)在进行决策时可能会产生一些非完全理性因素,如对公平的考虑。因此,本书将行为运营管理融合到低碳化供应链管理中,进一步研究供应链契约协调的相关问题。

因此,探索低碳化供应链中政府与企业的行为博弈及协调运营优化的理论和方法具有重要的运营管理与供应链管理理论创新意义,并具有重要的指导企业提高供应链整体碳减排效率、参与低碳时代全球化竞争的实践意义。

1.3 研究内容

伴随着低碳经济的快速发展,环境问题渗透到各个领域,特别是供应链管理当中。在总结前人有关政府规制对企业行为的影响与供应链协调的研究成果基础上,本书对低碳化供应链开展了更为深入的研究,针对以往传统供应链协调的模型融合了总量限制交易模式及行为运营管理的相关知识,丰富了供应链契约协调的理论内容,使模型更加接近现实,以弥补理论与实践的差距,增强了供应链模型的实际应用。本书的主要内容如下。

1.3.1 三维交易模式下的运营战略研究

当碳排放权作为一种资源加入到供应链中,传统的由资源交易和产品交易构成的二维交易模式转变为包括碳排放权交易的三维交易模式。碳排放权的加入改变了企业的利润函数,企业需要在三维交易模式下进行权衡,做出最优的运营策略。结合传统的资源和产品二维交易模式下的生产运营决策,研究其演化为包含碳排放权交易在内的三维交易模式下企业的生产运营问题;企业传统二维生产交易模式和低碳化三维交易模式特点的比较;三维交易模式运作的内在规律研究;考虑碳排放交易的企业运营战略与能源运作机制之间关系研究。

1.3.2 政府和企业的行为博弈研究

政府制定了相应的法律法规来激励企业向低碳化方向发展,实质上是将碳排放的外部成本内部化,因此交易成本发生改变,从而企业会重新进行运营决策。那么,政府和企业行为之间的行为博弈将成为一个崭新的研究方向。拟研究面对政府规制,供应链作为一个整体的应对机制及企业进行低碳化生产的驱动因素。

1.3.3 低碳环境下供应链企业行为运营、决策机理与合作机制设计研究

低碳经济的市场将形成低碳文化和低碳价值观,进而形成低碳消费理念。低碳时代消费者与企业的价值观发生转变并呈现多元化,供应链网络结构、决策相关因素和信息结构以及合作动因都将变得更加复杂。由于企业和客户低碳价值观的多元化和对可持续运营战略的不同理解以及由此导致供应链上下游企业的运营决策偏好和市场预期的不同,加之低碳供应链运营绩效影响因素和决策过程的复杂性,使得供应链协调运营决策优化变得十分复杂。这将会在供应链低碳化运营决策中产生诸多“非理性”因素,如:企业对减排的认知存在偏差、对减排成本带来的风险具有不同的态度、信息的不对称导致的减排信息不能有效流通以及对减排成本和低碳产品利润的分配可能存在公平性的心理偏好等。

行为运营管理(Behavioral Operation Management, BOM)是近年来十分活跃且能有效地解决运营决策复杂性问题的理论与方法体系。为此,将结合基于组织经济学的理性分析方法

和基于行为运营管理的行为分析方法研究低碳供应链中企业的运营行为、决策机理,以及供应链合作激励机制设计等问题,发现供应链低碳化过程中存在的非理性行为的类型和特征,进而推理和归纳得到低碳环境下供应链协调与优化设计的一般原则和规范,探索科学的供应链低碳化的激励机制、利润分配机制和协调优化策略必将给供应链的低碳化带来深远影响。

1.3.4 考虑公平偏好的低碳化供应链两部定价契约协调

基于决策主体的公平偏好,研究两部定价契约在供应链协调问题中的特性。在由上游一个制造商和一个下游零售商组成的两级供应链中,假设具有公平偏好的制造商向零售商提供两部定价契约,分别讨论零售商是否具有公平偏好时的情况,通过模型求解得到实现供应链协调的契约参数和利润分配方案。对比传统供应链的两部定价契约协调状况,最终得到低碳环境下的协调特征。

1.3.5 低碳化供应链的协调及契约设计

在供应链低碳化过程中,对供应链网络成员企业间相互作用进行研究,充分考虑上下游企业低碳化行为的相互影响。重点研究面对政府规制,供应链整体应对动力机制和产品全生命周期中供应链的协调和契约设计,各成员分散决策下供应链低碳化全局最优和利益分享机制。在运营环境发生变化的情况下,研究了不同契约模式下的供应链协调问题。在低碳经济发展的形势下,企业不仅要追求自身利润最大化,同时还要规避风险,最小化企业的风险和对环境的副作用。

1.3.6 低碳化供应链绩效研究

供应链结构是指供应链网络中要素之间的相互关系,分为空间结构 and 经济结构。供应链上的节点(不同类型的经营单元)和运输路径共同组成了供应链的空间结构;供应链节点上经营单元的经济属性及其之间的各种经济关系共同组成了供应链的经济结构。在了解碳足迹和碳排放成本在供应链上分布的基础上,进一步可以研究供应链绩效度量体系和结构优化。

1.4 研究思路和方法

1.4.1 研究思路

本书将从实证方法入手,对我国高碳排放制造企业进行细致的调研,获得企业运营的相关数据。通过对国际及国内研究进展的密切关注,使得本书具有较高的起点。搜集大量有关资料文献,在充分掌握大量第一手资料的基础上,对材料进行深入的归纳、总结、比较和扬弃,继承我国传统做法中的积极部分,借鉴发达国家经验中的有效内容,并在此基础上进行研究创新。

本书的主体部分是在多学科支撑的基础上完成的,如数学、运营管理、行为运营、经济学等多个学科分支,并采用了非理性预期、Stackelberg 博弈、契约理论的相关知识进行系统分析。

最后,对书中全部内容进行总结,力求言简意赅地表明研究的主要结论,以使对企业低

碳化生产运营及供应链协调具有实践指导意义。另外，在书的结尾处针对该领域研究的不足提出未来的研究方向。

1.4.2 研究方法

本书的研究是在目前国内外已有的与供应链低碳化相关的文献基础上，将理论和实践紧密结合，应用供应链管理、运营管理和新制度经济学的最新研究成果，应对当前产业正在转向对环境的高度关注、努力实现低碳化发展趋势的趋势，在考虑政府规制和市场力量基础上，研究在供应链低碳化过程中企业行为的特点和决策优化，并开发一系列工具和低碳化相关的度量体系。采用方法如下：

(1) 坚持规范研究与实证研究相结合，以实证研究作为规范研究的基础，用规范研究的成果指导实证研究。

(2) 多学科相结合，运用经济学、博弈论、新制度经济学和运筹学等学科的技术和方法解决供应链低碳化环境下企业行为决策对政府低碳化导向规制的敏感性分析与博弈模型研究，并开发研究基于低碳经济模式下消费者价值判断体系，设计出产品的低碳度等评价工具。

(3) 定性分析与定量分析相结合，采用定性分析供应链低碳化内在运行机制，采用数理分析方法定量分析和设计低碳化运营模式下供应链上下游成员间的协调与优化问题。

1.5 本书的特点和创新之处

1.5.1 本书的特点

(1) 选题的前沿性和新颖性。本书研究的基于供应链低碳化的企业行为选择和决策优化问题，这是在全球范围面临严重的气候问题、环境问题和能源危机下国内外工业界和学术界关注的热点话题，也是在当前物流与供应链管理理论发展中遇到的没法解释的新难点。

(2) 理论与方法的先进性。本研究针对供应链低碳化背景下的企业行为和决策优化问题，在消费者群体价值判断体系与企业低碳化行为之间的映射研究和三维交易作用下企业生产运营决策优化研究上，从决策工具开发和运营模式创新两个视角深入探讨，并把文献分析、企业调研和扎根理论等多种研究手段相结合，从供应链管理和产业组织理论两个不同的学科领域实现交叉研究。理论模型，定量工具和方法研究方面，将统计分析、比较分析和运筹学定量建模技术融合，寻求合理的激励机制设计以便很好地协调供应链，使得整个供应链层面的碳排放最优化；最后利用案例研究和决策工具开发等多种方法研究供应链低碳化成熟度量度体系。

(3) 突出应用性。本书研究的供应链结构模型来源于当前产业遇到的实际问题，该选题是世界范围内的多国政府和工业界都非常关注的、也是亟待解决的问题。本研究成果对于政府决策和企业运营都有着非常重要的参考价值。

1.5.2 本书的创新点

(1) 低碳化供应链及三维交易运营模式的机理研究。将环境问题融合到供应链管理中，

给出了低碳化供应链的概念，并与传统的供应链、绿色供应链等进行比较，寻找出其异同点，突出低碳化供应链研究的重要性及必要性。在低碳经济下，随着各国碳交易市场的日渐兴起，改变了制造企业的交易模式，从而改变了企业的运营和盈利模式。企业在原有的原材料采购到产成品输出的交易模式中加入了碳排放权交易，前者称为“二维交易模式”，后者称为“三维交易模式”，下文将采用简称不再赘述。研究低碳经济下消费者群体价值判断体系与企业低碳化行为之间的映射关系。

(2) 建立了基于碳税的政府与企业行为博弈模型。提出政府规制在低碳化导向的时候，应该考虑其产生的效果和效率，并研究企业对政府规制的敏感性。尽管已有研究存在关于政府规制对于加强企业对环境关注的阐述，但是均没有从本研究点去考虑双方的动态相互作用。

(3) 考虑环境效用的低碳化供应链协调研究。供应链低碳化过程中，决策主体受外部因素制约逐渐提高了环保意识，积极承担社会责任，在考虑货币收益的同时注重生产导致的温室气体对外部环境造成的影响，将环境效用作为自身总效用的一部分。通过建模分析得到，当制造商具有环境偏好而零售商为利润最大化者时，制造商的利润有所降低，但是制造商和零售商的效用总和增加并获得帕累托改进，说明制造商愿意以较少的利润损失获得较大的环境效用改善，从而传统的批发价格契约亦可使得供应链得到协调。这一发现很好地解释了在实际供应链运营管理中制造商通常采用批发价格契约进行交易的现象。考虑环境偏好时，效用函数更接近现实，弥补了理论研究与实践运营的差距。

(4) 建立了考虑公平偏好时的低碳化供应链两部定价契约协调机制。制造商面对来自政府规制和消费者对低碳环保产品需求的压力日益加剧，因此制造商不得不采取减排措施降低 CO_2 排放，积极承担社会责任，保持长期的市场竞争力。在该背景下，制造商由于进行减排投资付出了大量的研发成本，因此其更加注重分配公平。在已有研究的基础上，在新型的交易模式下，研究了具有分配公平偏好的制造商向零售商提供两部定价契约的低碳化供应链协调问题。

传统的供应链管理通常认为两部定价契约可以实现供应链协调，但是本研究却发现在某些情况下该契约无法协调供应链，主要原因是决策主体公平厌恶的存在。因此，决策主体的行为偏好会对供应链协调产生重要影响。

(5) 提出了考虑公平偏好的低碳化供应链契约协调机理。对需求随机的单周期两级供应链进行研究，讨论了批发价格契约、收益共享契约和回购契约在契约的接受方具有公平偏好时的供应链协调问题。与已有研究不同，考虑分配公平后批发价格契约在特定的条件下可以协调供应链，收益共享契约及回购契约等价性不变仍然可以实现供应链协调，但供应链总效用随着公平偏好的增加而降低。该结论可以作为制造商契约选择的理论指导依据。

(6) 探讨了收益共享寄售契约下考虑碳减排的供应链绩效问题。在研究了低碳化供应链的交易机制、政企博弈、考虑行为运营的低碳化供应链契约协调等内容之后，进一步研究了供应链绩效问题。以收益共享的寄售契约为例，企业在碳排放规制作用下，采取了减排研发策略来应对政府总量限制交易的制约。研究表明在低碳环境下，需求具有减排敏感性，收益共享的寄售契约无法使供应链获得协调。供应链的分散决策对减排产生了抑制作用，随着减排敏感性增强，供应链渠道绩效降低。