

# 考虑消费者低碳偏好的 供应链运作策略研究

陈 山 著

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

面对日益严峻的生态环境问题和日益增强的消费者环保意识，如何有效降低碳排放成为政府、企业和科研机构等关注的重点。面临深刻的外部社会压力与内在经济动机，企业不仅需要选择恰当的绿色产品研发、生产、销售等运作策略，还需要与上下游供应链共建共识、推行合理的市场营销策略，由此构成了低碳供应链管理的重要关注点：综合经济、环境和社会原则，研究低碳供应链运作优化策略，实现可持续发展。因此，在消费者低碳偏好和政府低碳政策共同影响下，研究低碳供应链的决策问题具有重要的理论意义和实际应用价值。

本书在借鉴国内外相关研究和实践经验的基础上，采用理论分析、数值仿真等研究方法，从消费者低碳偏好及其动态变化的视角研究了低碳供应链的决策问题。首先，把消费者产品低碳偏好纳入消费者产品需求中，分别研究了绿色制造商处于不同市场权利结构下的双寡头低碳供应链决策模型；其次，针对线上与线下渠道间的碳排放差异，研究了考虑消费者渠道低碳偏好和渠道偏好的双渠道低碳供应链决策模型；再次，针对消费者对产品低碳属性的动态感知和低碳产品商誉的动态变化，基于微分博弈理论研究了不同广告投入模式下双渠道低碳供应链决策模型；最后，考虑到政府低碳政策对供应链运营机制的影响，基于微分博弈理论研究了考虑政府低碳政策影响的双渠道低碳供应链决策模型。主要包括以下内容：

第一，针对消费者产品低碳偏好和绿色制造商市场权利对由绿色制造商、传统制造商和一个共同零售商组成的低碳供应链决策的影响，在制造商—零售商 Stackelberg 博弈框架下，研究了绿色制造商与传统制造

商市场权利均势、绿色制造商领先以及传统制造商领先等三种子博弈模型下低碳供应链的均衡决策问题，并借助数值模拟仿真，研究了产品价格竞争和低碳竞争对绿色供应链运营策略与供应链利润的影响。研究表明：①在三种不同子博弈模式中，产品低碳水平、制造商边际利润、低碳供应链总利润均随消费者低碳偏好系数的增加而增加，随低碳生产成本系数的增加而减少；而传统制造商边际利润、总利润与消费者低碳偏好系数、低碳生产成本系数的关系恰好相反。②在双寡头低碳供应链中，绿色竞争优势的效用优于先发优势：当传统制造商作为追随者时，传统制造商的利润最高，成为追随者对传统制造商总是有利的；绿色制造商成为领导者不一定是有利的，只有当消费者低碳偏好高于阈值或绿色生产成本低于阈值，绿色制造商作为领导者时利润才最高。

第二，针对线上与线下渠道的碳排放差异，引入渠道可持续水平的概念，考虑消费者低碳和渠道双重偏好，构建了双渠道低碳供应链决策模型，研究了集中决策与分散决策模式下供应链的均衡策略问题。研究表明：①在分散式模式中，当消费者渠道偏好一定时，线上渠道环境可持续水平优于线下零售渠道环境可持续水平。②随着渠道环境可持续水平交叉影响系数增加，双渠道低碳供应链的“双重边际效应”减弱；而随着消费者零售渠道偏好增加，双渠道低碳供应链的“双重边际效应”增强。

第三，针对消费者对产品低碳属性的动态感知，构建了消费者对产品的低碳感知变化过程的微分方程，考虑低碳广告和消费者低碳感知对产品低碳商誉的影响，在动态框架下分别研究了集中式、竞争型广告策

略和支持型广告策略等模式下双渠道供应链的动态决策问题。研究结果表明：①集中式决策模式的最优产品低碳水平、最优线上与线下广告投入水平均高于分散式决策模式，而产品销售价格依赖于参数取值，与集中式或分散式决策模式无关。②分散式决策模式下，采用竞争型广告策略时，双渠道供应链的产品最优销售价格、最优低碳水平和最优线上广告投入水平与采用支持型广告策略时的双渠道供应链的均衡策略一致。③一定条件下，支持型广告策略将使双渠道供应链得到 Pareto 改进，此时最优线下广告投入水平优于竞争型广告策略。

第四，针对政府低碳补贴政策的影响，考虑制造商减排努力和低碳广告对产品低碳商誉的影响，在动态框架下分别研究了无政府规制、存在政府规制但无协调契约、存在政府规制并采用广告成本分担契约等三种模式下双渠道低碳供应链的动态决策问题。研究结果表明：①政府低碳规制会促使制造商提高减排努力水平，进而提高产品商誉，但不影响零售商的广告投入策略。②存在政府低碳规制时，零售商的利润必将增加，而当政府低碳奖惩系数较小时，制造商的利润也将增加。③存在政府低碳规制时，一定条件下，广告成本分担契约将使得制造商与零售商的利润都增加，双渠道低碳供应链得到 Pareto 改进。

本书的出版由重庆工商大学智能制造服务国际科技合作基地平台建设费（621815001）、重庆市社会科学规划项目（2020BS47）、国家重点研发计划专项经费（2019YFB1706101）、重庆工商大学高层次人才科研启动项目（2155008）、重庆工商大学重点平台开放项目（KFJJ2019058）等项目经费资助。



1	绪 论 .....	001
	1.1 研究背景、意义与目的 .....	001
	1.2 国内外研究现状分析 .....	008
	1.3 研究内容与创新点 .....	016
	1.4 内容结构 .....	019
2	考虑消费者产品低碳偏好的供应链决策研究 .....	021
	2.1 引 言 .....	022
	2.2 模型描述、符号与假设 .....	023
	2.3 模型构建与分析 .....	025
	2.4 算例分析 .....	037
	2.5 本章小结 .....	044
3	考虑消费者渠道低碳偏好的供应链决策研究 .....	046
	3.1 引 言 .....	047
	3.2 模型描述、符号与假设 .....	049
	3.3 模型构建与分析 .....	051
	3.4 算例分析 .....	057

4	<ul style="list-style-type: none"> <li>3.5 本章小结 .....061</li> <li>考虑消费者产品低碳感知的供应链动态决策研究 .....062</li> <li>4.1 引 言 .....063</li> <li>4.2 模式描述、符号与假设 .....064</li> <li>4.3 模型构建与分析 .....068</li> <li>4.4 算例分析 .....080</li> <li>4.5 本章小结 .....085</li> </ul>
5	<ul style="list-style-type: none"> <li>考虑消费者产品低碳感知和政府低碳奖惩机制的 供应链动态决策研究 .....086</li> <li>5.1 引 言 .....087</li> <li>5.2 模型描述、符号与假设 .....089</li> <li>5.3 模型构建与分析 .....092</li> <li>5.4 算例分析 .....109</li> <li>5.5 本章小结 .....118</li> </ul>
6	<ul style="list-style-type: none"> <li>结论与展望 .....119</li> <li>6.1 研究结论 .....120</li> <li>6.2 研究展望 .....121</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>参考文献 .....123</li> </ul>



# 1

## 绪 论



### 1.1 研究背景、意义与目的

#### 1.1.1 研究背景

目前,全球经济正经历着长周期的快速发展,与之相伴的是能源的迅猛消耗,化石能源、生物能源等常规能源的使用造成的全球环境问题及其引起的严峻连锁反应不断地引起社会公众的强烈关注<sup>[1-4]</sup>。其中,气候变暖已成为影响全球生态环境的关键问题。联合国政府间气候变化专门委员会(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)的系列评估报告均认为全球气候变暖的主因是人类活动所排放的温室气体浓度增加<sup>[5-9]</sup>。减少碳排放、控制全球温度变化已成为世界各国的重要共识,从《京都议定书》到《巴黎协定》,各国政府和国际组织纷纷推行一系列低碳政策,

在保持经济发展与减缓全球气候变暖间寻求平衡。《京都议定书》确定了“联合履约”“国际排放贸易”和“清洁发展机制”三种碳减排机制，首次提出低碳经济理念，将温室气体减排指标量化，并针对不同国家的减排责任分别规范了碳交易机制<sup>①</sup>。《巴黎协定》延续了《京都议定书》应对气候变化的努力，要求发达国家率先减排并开展绝对量化减排、为发展中国家提供资金支持，承诺将 21 世纪全球平均气温上升幅度控制在 2℃ 以内<sup>②</sup>。

作为世界上最大的发展中国家和最大的碳排放国，我国所面临的经济发展与环境问题间的矛盾尤为突出。“绿水青山就是金山银山”，我国一直积极致力于节能减排和发展低碳经济。亚太经合组织（APEC）领导人非正式会议期间发表的《中美气候变化联合声明》（2014 年 11 月 12 日）中，我国首次提出在 2030 年左右二氧化碳排放达到峰值且将努力早日达峰<sup>③</sup>。为推动低碳经济发展，我国先后从国家层面制定出台了《中国应对气候变化国家方案》、《节能减排“十二五”规划》（国发〔2012〕40 号）、《“十三五”控制温室气体排放工作方案》等一系列政策文件，明确了中长期各阶段减排目标和路线。自 2000 年以来，碳排放绝大部分源于工业能源消耗，其中制造业能源消耗占其 80% 以上并逐年上升<sup>[10]</sup>。制造业作为我国主要的碳排放行业，其减排效果很大程度上影响了我国总体碳减排目标的实现进程，制造业绿色转型刻不容缓<sup>[11]</sup>。“中国制造 2025”将节能减排作为核心支撑点，以“创新驱动、质量为先、绿色发展、结构优化、人才为本”为基本方针，以全面推行绿色制造为主要任务，要求加快制造业绿色改造升级、推进资源高效循环利用，积极构建绿色制造体系<sup>④</sup>。

汽车产业作为高端制造业的典型代表，是“中国制造 2025”布局重点，同时也是绿色转型升级重点对象。据测算，2014 年汽车碳排放量占全国碳排放总量的 10% 左右。而在北京、上海等重点城市，汽车尾气更是城市空气污染源的主要成因。相较于传统汽车，综合燃料生命周期、动力系统生命周期、相关部件生命周期和整车生命周期，新能源汽车具有明显的节能减排优势<sup>[12-15]</sup>。新能源汽车作为我国汽车产业转型升级和

① [https://en.wikipedia.org/wiki/Kyoto\\_Protocol](https://en.wikipedia.org/wiki/Kyoto_Protocol).

② [https://en.wikipedia.org/wiki/Paris\\_Agreement](https://en.wikipedia.org/wiki/Paris_Agreement).

③ [http://www.gov.cn/xinwen/2014-11/13/content\\_2777663.htm](http://www.gov.cn/xinwen/2014-11/13/content_2777663.htm).

④ <http://www.miiit.gov.cn/n973401/n1234620/n1234622/c4409653/content.html>.

实现弯道超车的战略性新兴产业，已成为低碳经济下汽车产业未来发展的重要方向<sup>[16-18]</sup>。为推动新能源汽车发展，我国于2010年把新能源汽车产业的培育上升到国家战略，先后出台了《节能与新能源汽车产业发展规划（2012—2020）》《关于加快推进新能源汽车在交通行业推广应用的实施意见》等一系列政策，引导汽车企业加大技术创新研发投入，并通过购置税减免、购买（营运）补贴、优先上牌等优惠政策引导消费者购买新能源汽车。研究表明，新能源汽车等战略性新兴产业发展政策虽然在宏观层面是有效的，但总体宏观产业效果较为微弱<sup>[19-21]</sup>。然而，目前我国新能源汽车仍是政策市场，政府补贴成为消费者购买新能源汽车最主要的动机，政策导向远大于市场导向。政府自上而下的政策刺激新能源产业爆发式增长，但也带来了产业过度依赖政府政策、产能过剩等风险<sup>[22-24]</sup>。因而，我国的新能源汽车补贴政策逐步退坡，到2020年完全取消新能源汽车补贴，转而补贴充电桩等基础设施服务商和配套服务商，并对汽车企业实施双积分制倒逼其加大新能源汽车核心技术研发与生产投入力度。制造业低碳化升级转型不能过度依赖政府政策推动，还需要吸引更多的供应商、服务商、消费者和风险投资等利益相关者深度参与<sup>[22]</sup>。这意味着制造业绿色转型升级不能仅依赖于政府推动、单个企业或仅着眼于单一生产环节，而要调动供应链上下游各主体的积极性，以降低供应链总碳排放为重要目标，协同优化供应链运作机制。因此，在政府低碳政策、供应链协同等外部影响下，研究供应链企业应如何调整其运作策略，以使企业的低碳投入与经济、环境和社会综合产出达到平衡具有重要意义。

全球化和劳动分工背景下，产品生产过程分散地遍布各地，供应商、核心制造商、零售商和消费者等利益相关者通过信息流、物流与资金流前向或后向整合彼此交织融合，构成复杂的供应链网络<sup>[25-29]</sup>。企业或经济体曾长期将利润与盈利能力视为其取得长久成功的唯一要素<sup>[30]</sup>。但随着对人类的未来福祉关注日益强烈，三重底线（Triple bottom line: Economic, Environmental, Social, TBL）、3P原则（People, Profit, Planet）等理念深刻影响企业运营管理，可持续性嵌入到企业经营管理目标，推动了企业可持续运营管理<sup>[31-33]</sup>。除了经济动机，实现企业社会责任也成为企业运营管理的重要驱动力。为了展示企业的社会责任履行情况，许多企业除常规披露年度财务报告外，还独立发布详尽的环境与社会报告<sup>[34]</sup>。

自国际综合报告委员会 (International Integrated Reporting Council, IIRC) 制定了价值总览报告标准框架以来,越来越多的企业开始整合年度报告、社会和环境报告,发布价值总览报告,如丹麦 Novozymes、巴西 Natura、美国联合技术公司等<sup>[35-36]</sup>。面对内在发展动机与外在社会压力,供应链终端企业开始密切关注供应链的环境绩效,实施绿色供应链管理。绿色供应链管理最早由密歇根大学制造协会于一项“环境负责制造”的研究中提出,是一种在整个供应链中考虑环境影响和资源效率的现代管理模式<sup>[37]</sup>。绿色供应链管理,又称可持续供应链管理,基于可持续思想和供应链管理技术,将环境与社会绩效集成到供应链管理目标中,涉及供应商、制造商、零售商、服务商和消费者等不同主体,以环境影响最小和资源效率最高为目标,协同优化计划、采购、制造、交付和回收等全过程。产品的增值过程往往伴随着环境与社会负外部性,中间产品在供应链的流动导致下游制造企业的部分碳排放转移至上游供应商。由于供应链核心企业负责供应链运营、设计产品或服务,并与客户达成直接协议,核心企业通常要为整个供应链的环境与社会绩效负责,肩负着引导供应链低碳转型的重任<sup>[38]</sup>。2005年,沃尔玛发现其供应链碳排放量90%源于上游供应商,自加入“碳披露计划”后要求供应商披露碳排放量,监管供应商的碳排放情况。2017年,沃尔玛宣布“10亿吨减排项目”,拟于2030年前与供应商合力将其在沃尔玛全球供应链中产生的碳排放减少10亿吨<sup>①</sup>。

随着重大环境问题频发和经济水平的稳步提高,消费者环保意识逐渐增强。除了价格驱动,消费者在购买产品时还越来越注重产品的环保特性,这表现为消费者绿色偏好。当产品环保特性对消费者购买决策的影响越大时,消费者绿色偏好越强烈;反之,则消费者绿色偏好越微弱。绿色消费是指消费者被环保观念驱使而做出的意在降低不良环境影响的消费行为,受消费者自身环保意识和绿色认知等因素的影响<sup>[39-41]</sup>。Carbon Trust 于2011年开展的一项调查研究表明,当有碳标签和无碳标签的产品拥有同等质量时,47%的消费者更愿意选择有碳标签的产品;即使产品价格更高时,仍有20%的人会选择有碳标签的产品<sup>②</sup>。欧盟委员会2014年发布的一项研究报告显示,75%的受访者表示愿意为环保产品支付更

① [http://shipin.gmw.cn/2017-05/02/content\\_24361715.htm](http://shipin.gmw.cn/2017-05/02/content_24361715.htm).

② <https://www.carbontrust.com/news/2011/07/consumer-demand-for-lower-carbon-lifestyles-is-putting-pressure-on-business/>.

高价格,而2011年这一比例是72%<sup>[42]</sup>。这表明愿意接受更高价格的环保产品的消费者人群比重在增加。GfK于2015年开展的一项消费者调查研究发现,我国消费者已跻身全球最具环保意识行列,70%的消费者会为不环保行为感到内疚,80%的消费者认为品牌和企业需要对环境负责,但调查研究并未发现证据表明消费者愿意为环保产品支付更多的费用<sup>①</sup>。尽管消费者环保意识不一定能转化为绿色消费<sup>[43]</sup>,但环保意识的差异仍反映了我国消费者与欧盟消费者之间的消费习惯差异,这一定程度上是由于我国消费者的务实态度,更多的还是归因于我国与欧盟等发达国家之间的经济发展阶段差异。但正如改革开放四十余年以来我国经济由“量变”到“质变”经历飞跃发展一样,相信在改革开放成果沉淀下,我国消费者将进一步觉醒环保意识,并转化为绿色消费。这将会营造更加绿色低碳的市场环境,自下而上地促使制造企业投入绿色产品创新与生产。

为了引导消费者进行低碳消费,政府和企业通过“碳标签”来帮助消费者更好地识别产品环保特性。ISO颁布的ISO14021、ISO14024、ISO14025分别规定了三类环境标志:I型环境标志、II型自我环境声明和III型环境产品声明<sup>②</sup>。我国已将其转化为国家标准,并面向普通消费者推行中国环境标志I型和II型。其中,中国环境标志I型是官方标准,是进入环境标志产品政府采购清单的基本条件;中国环境标志II型是企业通过自我环境声明并由第三方进行验证的生态标签。为加强节能管理、推动节能技术进步、提高能源效率,我国于2005年开始推行能效标识,并于2016年推行修订的《新版能源效率标识管理办法》,对显示器、电冰箱等产品强制实施五级能源效率标识。不同类型的环境标志有其法定的认证机构与认证流程,导致其权威性存在差异,也意味着消费者不会完全认同环境标志所反映的产品环保属性,而是会通过自己的经验知识加以修正<sup>[185]</sup>。特别地,对于由企业自身声明并由第三方机构进行验证的中国环境标志II型而言,由于企业商誉参差不齐,消费者对它的认可度较低且波动性较大。

企业的绿色营销策略通常会通过干预消费者对产品绿色属性认知的动态反馈特性来推广产品和扩大市场规模。大量实践案例表明,绿色广告等营销策略能有效地引导消费者进行绿色消费、促进绿色产品的推广

① <https://www.prnasia.com/story/120220-1.shtml>.

② [http://kjs.mee.gov.cn/zghjbz/xgzshh/200611/t20061106\\_95534.shtml](http://kjs.mee.gov.cn/zghjbz/xgzshh/200611/t20061106_95534.shtml).

与销售。许多企业在研发低碳产品时，也会加大绿色营销力度，通过线上与线下的各种渠道，努力向消费者宣传新产品的创新性与环境友好性。南孚的“聚能环”电池、美的和格力推出的变频空调、比亚迪和长安汽车推出的新能源汽车等新产品的绿色广告都强调其核心技术、节能减排、便利性等特点。快时尚品牌 H&M 和 ZARA 纷纷推出可持续系列产品并将低碳作为营销重点。面对错综复杂的市场环境与瞬息万变的信息环境，消费者对绿色产品反复进行解读（认知）与反馈（情绪、行为）<sup>[44]</sup>。受参照群体、信息传播、认知调节等影响，消费者对产品环保特性的感知并非一成不变而是动态变化的。

在低碳经济环境下，政府低碳政策、供应链企业低碳运作与消费者低碳参与缺一不可。自上而下的政府低碳政策、消费者自下而上的低碳需求，以及供应链企业内在的经济动机促进了经济、环境与社会效益综合协调的可持续发展（见图 1.1）。消费者低碳意识将促进消费者实施低碳消费行为，而这除依靠消费者自身的低碳意识觉醒之外，还依赖于政府低碳宣传、企业低碳广告等外部措施来引导消费者动态调整其低碳意识。其中，企业的低碳广告等低碳运作策略成了凝聚政府、供应链企业与消费者之间低碳共识的重要内容，以促成企业乐于低碳投入、消费者愿意低碳消费的良好环境。因此，在低碳背景下研究消费者静态和动态低碳偏好对低碳供应链运作优化策略的影响具有理论意义与实践价值。在上述背景下，鉴于消费者环保意识提升、消费者低碳偏好以及政府低碳政策对企业运作管理的重要影响，本书以低碳供应链企业为决策主体，

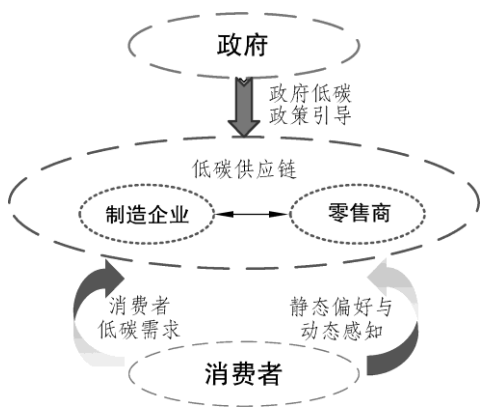


图 1.1 低碳经济下政府、供应链与消费者间的关系

采用数学建模、数值分析等研究方法，深入探讨消费者低碳偏好、政府低碳规制对供应链企业生产运作优化策略的影响，为低碳供应链运营决策提供理论依据和参考。

### 1.1.2 研究意义

针对现实中消费者低碳偏好及其动态变化、政府低碳政策对供应链外部市场环境的影响，本书深入研究了消费者低碳偏好及其动态变化、政府低碳政策等因素对低碳供应链最优运作决策的影响。本书的理论意义与实践价值体现在如下两方面：

在理论研究方面，本书丰富和扩展了已有的低碳供应链管理理论的内容。本书针对多种消费者低碳偏好类型，基于博弈理论构建了低碳供应链运营决策模型，探讨了消费者不同低碳偏好类型、不同渠道结构、不同博弈模式下低碳供应链的最优运作策略，拓展了低碳供应链的研究领域与方法，分析了消费者不同类型的低碳偏好对低碳供应链最优决策的影响；同时基于微分博弈理论分别分析了消费者低碳感知动态变化以及存在政府低碳规制时低碳供应链的动态合作减排问题，为企业提高低碳供应链管理水平和政府制定相关低碳政策提供了理论依据。

在实践应用方面，随着消费者环境意识的提升，越来越多的消费者开始关注产品的环保属性、销售渠道碳足迹特征，消费者不同类型的低碳偏好使得其在购买决策过程中不仅考虑价格因素，还会考虑产品生产与销售过程对环境的影响。受绿色广告、认知—反馈机制等因素影响，消费者的低碳偏好会随时间动态变化。在低碳经济背景下，低碳产品会赋予企业绿色竞争优势，但低碳投入也会增加企业成本。因此，本书将研究消费者低碳偏好及其动态变化对低碳供应链最优运作决策的影响，探讨更符合现实意义的企业决策方法，凝聚具有实践指导意义的管理启示。

### 1.1.3 研究目的

在低碳经济和电子商务背景下，低碳供应链管理的重要性与日俱增。

针对政府低碳政策影响下以制造企业和零售商为核心的供应链运作策略问题,本书研究了供应链在考虑消费者低碳偏好影响时如何通过动态调整其定价、低碳生产、低碳广告等运作策略来实现低碳投入与经济、环境和社会效益的综合最优。本书结合供应链理论、博弈理论,将消费者低碳偏好、渠道偏好等行为特征纳入低碳供应链决策模型中,综合考虑了供应链权利结构、低碳广告效应等市场运作行为以及政府低碳政策影响,研究了不同场景下考虑消费者低碳偏好及其动态感知的低碳供应链均衡运作策略,既为企业的供应链运作管理提供了相关管理启示,也对低碳供应链管理领域进行了补充和拓展。

## 1.2 国内外研究现状分析

### 1.2.1 低碳供应链相关概念研究

#### 1) 碳足迹研究

控制和减少工业生产碳排放,首先需要量化产品在供应链或生命周期各阶段的碳排放。学者们常用碳足迹(Carbon Footprints)来衡量由具体生产活动直接或间接产生的,或在产品生命周期中累积的CO<sub>2</sub>排放总量<sup>[45-47]</sup>。刘广海等构建了冷链物流碳足迹计算模型,并实证分析了香蕉冷链物流中生产、采收处理、预冷及冷藏运输、贮藏、配送和销售等环节的碳足迹,发现冷藏运输环节的碳足迹比重最大<sup>[48]</sup>。许茹楠等采用生命周期评价法分析了果蔬冷链各阶段的碳足迹,发现冷藏运输阶段的碳足迹比重最大<sup>[49]</sup>。杨传明构建了复杂产品全生命周期碳足迹三维分析模型,针对随机供应链网络碳足迹数据质量问题提出了一种优化控制方法<sup>[50]</sup>。上述文献主要关注于产品生命周期碳足迹的核算模型与方法,并且在界定碳足迹研究边界时排除了消费者购买产品的交通碳足迹,只针对产品生产、使用和最终处理过程中直接和间接产生的碳足迹。基于全生命周期的产品碳足迹可用来比较不同类型产品之间的低碳属性差异,但对同质产品而言是无差别的。因此,可以认为在销售阶段前,同质产品的碳足迹是相同的。

由于产品只有通过交易活动才能产生价值,从广义上讲,作为供应链的重要参与者,消费者购买活动的碳足迹也应作为产品全生命周期碳



足迹核算的重要参考。目前,线上与线下购物渠道多样,消费者可通过网上购物、商场、超市等渠道购买不同地域的商品。部分学者通过实证研究发现不同购物方式下消费者的交通碳足迹存在差异。Sivaraman 等从全生命周期视角比较研究了 DVD 租赁网络中电子租赁与实体店租赁的碳排放,发现电子租赁渠道的能源消耗与 CO<sub>2</sub> 排放显著低于实体店租赁渠道<sup>[51]</sup>。Edwards 等从“最后一公里”视角分别研究了消费者通过网络与实体店零售渠道采购书籍、衣物等小型商品时的碳排放差异,发现“最后一公里”配送中单位商品的碳排放要小于个人实体店购物<sup>[52]</sup>。在其综述文献中,Edwards 等细分了不同类型产品供应链的线上渠道与零售渠道的分岔节点,将“最后一公里”视角扩展至从分岔节点开始的供应链末端环节<sup>[53]</sup>。van Loon 等以英国快消品市场为对象比较分析了以打包出厂为分叉点的电商渠道与线下零售渠道的碳排放差异,通过购物量、交通运输方式、交通里程和购物频次等变量刻画消费者购物行为,发现线上渠道碳排放更少,具有更好的环境可持续性<sup>[54]</sup>。上述文献通过实证研究发现,相对传统零售渠道而言,线上零售渠道碳排放和能耗更少。由此可见,从供应链视角将碳足迹细分为产品碳足迹与渠道碳足迹,有助于更好地研究供应链碳足迹问题。特别地,本书将基于全生命周期并用于表征同质产品碳排放属性的碳足迹称为产品碳足迹,如图 1.2 所示,将纳入消费者购物活动碳排放的销售渠道碳排放量称为渠道碳足迹,如图 1.3 所示。

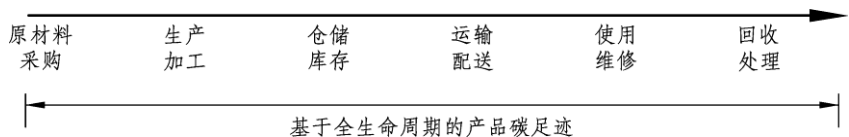


图 1.2 基于全生命周期的产品碳足迹

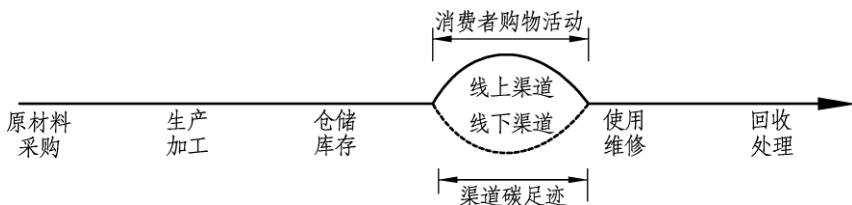


图 1.3 渠道碳足迹

在供应链运作优化领域，许多学者研究了碳足迹视角下的供应链运作优化问题。Benjaafar 等基于经济生产批量模型，研究了四种碳政策下考虑碳足迹影响的供应链运作优化问题，研究发现通过运作优化可以在显著减少碳排放的同时不显著增加成本，通过供应链协同机制可以有效降低减排成本<sup>[55]</sup>。Kannan 等基于混合整数线性规划研究了以碳足迹最小为目标的逆向物流网络设计模型<sup>[56]</sup>。Tao 等基于带碳足迹约束的多周期动态规划模型研究了供应链最优库存控制策略与协调问题<sup>[57]</sup>。程永宏和熊中楷研究了碳标签制度下两级供应链中产品碳足迹与定价决策问题，研究发现碳标签制度下产品最优碳足迹与消费者环境意识和初始碳足迹有关<sup>[58]</sup>。在供应链运作优化相关文献中，产品碳足迹通常等同于绿色度（Greenness）<sup>[59-62]</sup>、低碳水平（Level of Low-carbon）<sup>[63-65]</sup>、碳排放水平（Carbon Emission Level）<sup>[66-69]</sup>、碳减排水平（Level of Carbon Emissions Reduction）<sup>[70, 71]</sup>等概念，常被用于表征产品的碳排放属性。上述文献主要关注于产品碳足迹对绿色供应链运作优化策略的影响，但鲜有文献关注和研究渠道碳足迹视角下的绿色供应链运作优化问题。

## 2) 绿色广告研究

尽管消费者环保意识不断提升，但其不一定会转化为绿色消费行为，这表现为绿色消费态度一行为差距<sup>[72-73]</sup>。陈凯和彭茜针对引起绿色消费态度一行为差距的参照群体影响、产品、个人能力、习惯及情境等影响因素，构建了干预策略模型，认为优化产品绿色信息传播渠道能实现有效干预<sup>[43]</sup>。广告投放会显著影响消费者的消费行为，进一步地，绿色广告通过传播绿色产品或服务的绿色特征信息来积极影响消费者的绿色消费行为，进而使消费者对绿色产品或服务产生良好的品牌价值感<sup>[74-76]</sup>。Banerjee 等概括了绿色广告的三条标准：①明确或含蓄地表明产品或服务与生物物理环境之间的关系；②倡导一种绿色生活方式；③展现公司承担环境保护社会责任的形象<sup>[77]</sup>。随着绿色广告数量的激增，“刷绿”“漂绿”广告问题导致消费者对绿色广告认可度下降<sup>[78-80]</sup>。毛振福等认为，消费者漂绿感知可以调节绿色广告诉求与自我建构对绿色购买意愿的交互作用，并指出企业应提高绿色信息的真实性与产品的匹配度，避免漂绿行为影响绿色广告效果<sup>[81]</sup>。当不考虑绿色广告的漂绿行为时，相关研

究表明绿色广告的有效性还与消费者绿色消费倾向有关。Chang 研究了绿色广告对具有矛盾态度的消费者的影响,这类矛盾消费者对绿色产品持正反两面态度,既认为绿色产品能减少环境影响并且能从绿色购物中获得愉悦感,又担心绿色产品质量较差、价格更高等问题,研究结果表明绿色广告会加重这类消费者的不适感,进而强化他们对绿色产品的抵触<sup>[72]</sup>。众多文献进一步地聚焦于绿色消费者,研究了绿色广告对具有绿色偏好的消费者的有效性。Nyborg 等指出广告投入能有效促进绿色消费者购买绿色产品<sup>[82]</sup>。孙瑾和苗盼基于消费者解释水平理论研究了消费者认知对绿色广告有效性的影响,研究发现当消费者具有高解释水平倾向,即较高的环保意识时,绿色广告有效性高于非绿色广告<sup>[83]</sup>。Li 等基于准实验框架研究了绿色制造企业的广告处理效应,发现当广告费用在一定范围内时广告费用的增加能有效提高绿色产品销量<sup>[84]</sup>。上述研究结论表明,绿色广告投入能有效提高具有绿色偏好的消费者的购买意愿。由于绿色广告效应的维系需要企业持续投入与动态调整,面对绿色消费者如何有效制定绿色广告等营销策略已成为绿色制造企业重要的决策内容。

### 3) 政府低碳政策研究

在低碳经济下,补贴、碳税、碳交易等政府低碳政策对低碳供应链运作决策有深刻影响。许多学者研究了不同低碳政策对供应链运作优化的影响。在低碳补贴方面,李友东和赵道致研究了 Nash、Stackelberg 两种博弈模式下政府低碳补贴对供应链低碳化投入策略的影响<sup>[85]</sup>。Huang 等研究了政府补贴对燃油车和新能源汽车供应链的影响,研究发现更大补贴力度不会引起更多的减排量,并且补助充电桩等服务设施能得到更好的减排效果<sup>[86]</sup>。Chen 和 Hao 研究了碳税政策下两竞争企业的定价与生产策略,分析了企业生产效率与碳税对减排效果的影响<sup>[87]</sup>。在碳税方面,Meng 等研究了碳税对企业自制或外购决策的影响<sup>[88]</sup>。聂佳佳等进一步针对制造商行为研究了碳税政策下风险规避型制造商的生产策略问题<sup>[89]</sup>。在碳交易方面,Dong 等研究了碳限额交易下制造商可持续投资与零售商的订货策略问题<sup>[90]</sup>。刘名武等研究了碳交易政策和消费者低碳偏好下实现供应链共赢的低碳技术特征条件<sup>[91]</sup>。部分学者还比较研究了碳税与碳交易政策对供应链运作优化的影响差异。Xu 等分别研究了碳交易与碳税政策下制造商的多产品联合生产定价问题,研究发现碳排放限额与碳税分别是两种政策下影响制造商决策的关键变量,并指出碳税政策下的社会

福利不少于碳交易政策<sup>[92]</sup>。

低碳补贴可能加重政府财政负担，而碳税或碳排放限额会加重企业负担。因此，许多学者研究了低碳补贴与碳税、碳交易等低碳政策共同作用下的供应链优化问题。有学者研究了碳税和低碳补贴政策下的低碳供应链运作优化问题。曹细玉和张杰芳研究了碳税和碳减排补贴下供应链的最优碳减排量和最优订货量，研究发现最优碳减排量、订货量和期望利润与碳减排补贴比例成正比<sup>[93]</sup>。Yi 和 Li 研究了政府碳税与节能补贴对制造商与零售商运作策略的影响<sup>[94]</sup>。部分学者研究了碳交易与低碳补贴下的供应链运作优化问题。Cao 等研究了碳交易和低碳补贴双重碳政策下供应链最优生产与减排问题<sup>[95]</sup>。

某种程度上，低碳补贴是一种正向激励方法，可以认为是特殊的奖励机制；碳税可以认为是特殊的惩罚机制；而碳限额等碳交易政策较为中性。基于惩罚和奖励的激励机制也是政府常用的干涉机制，常被用于促进企业提高废旧产品回收率或减少碳排放<sup>[96-98]</sup>。王文宾等广泛研究了奖惩机制对逆向供应链运作机制的影响，包括奖惩机制设计<sup>[99]</sup>、不同奖惩对象的效果对比<sup>[100]</sup>、不同供应链结构下奖惩效果差异分析<sup>[101]</sup><sup>[102]</sup>等，发现提高奖惩系数能减少负外部性、提升社会福利<sup>[103]</sup>。鉴于政府奖惩机制能有效减少企业排放和环境污染，部分学者将政府奖惩机制引入低碳供应链优化运作领域。Zu 等研究发现当以制造商为对象实施低碳奖惩时，制造商的减排量将增加<sup>[98]</sup>。陈婉婷等研究了无奖惩机制和三种奖惩机制对绿色供应链均衡策略的影响，研究发现政府节能奖惩机制不仅能提高产品节能水平，还可以提高全社会福利水平，并且当政府综合考虑企业利润、消费者福利和环境效益时，奖惩机制效果最佳<sup>[104]</sup>。

### 1.2.2 考虑消费者低碳偏好的供应链决策问题研究

#### 1) 消费者低碳偏好

近年来，绿色、节能、循环再生产等概念被纳入消费观念之中，绿色消费成为消费新趋势<sup>[105]</sup>。具体而言，在低碳经济背景下，低碳消费行为是指消费者在日常消费过程中自觉实行低能耗、低污染、低排放的消费行为模式。为营造更好的绿色消费环境，由国际组织及各国政府推动的自上而下的绿色发展政策，强调资源利用的效率提高和技术创新，主

张通过技术方案和市场途径实现绿色消费；由企业界与民间团体发起的自下而上的绿色消费方案，则强调自给自足地促进经济增长，呼吁生产与消费环保产品、寻求解决消费的公平公正<sup>[106-108]</sup>。尽管如此，消费者绿色态度一行为差异仍难以消弭，低碳产品价格较高、产品低碳程度难以判别等导致消费者购买低碳产品意愿较低<sup>[109]</sup>。为此，许多学者研究了消费者绿色行为的影响因素，相关研究表明披露产品的碳足迹信息能够有效促进消费者低碳购买行为。Brunner等在瑞典查尔姆斯理工大学的学生会餐厅通过现场实验研究了碳标签的效用，研究结果表明，当食物被贴上碳标签后，低碳排放的食物销量增加了 11.5%，而高碳排放的食物销量减少了 3.6%<sup>[110]</sup>。Vanclay等在澳大利亚东巴利纳某超市研究了碳标签对消费者购物行为的影响，研究发现当产品的碳足迹与价格不一致时（如低碳足迹的产品，其价格较高），低碳足迹产品在三个月内的销量增加 4%，高碳足迹产品销量减少 6%；而当产品的碳足迹与价格一致时（如低碳足迹的产品，其价格较低），低碳足迹产品销量增加了 20%<sup>[111]</sup>。当低碳信息以恰当的方式传达给消费者时，消费者将调整购物习惯并选择低碳足迹产品。消费者在经济上不总是理性的，容易受消费信息可获得性的驱动<sup>[112]</sup>。低碳偏好不仅改变消费者低碳购买行为，也促使消费者愿意为低碳产品付出额外溢价<sup>[113]</sup>。部分学者对具体零售业展开调查研究，发现消费者为低碳环保类产品的溢价范围基本在 5%~25%之间<sup>[114-116]</sup>。尽管生产低碳产品需要更多的创新与生产投入（如增加智力投入、引入新技术、购买新设备等），但消费者低碳偏好所增加的低碳产品溢价，可能弥补企业的低碳投入成本。积极响应消费者的低碳需求，既能为企业带来绿色竞争优势，也可为企业带来更多的经济利益，这将深刻影响供应链的运作机制。因此，面对消费者日益增长的低碳产品需求，在供应链环境下讨论消费者的低碳偏好具有重要的现实意义。

## 2) 考虑消费者低碳偏好的供应链决策问题相关研究

低碳经济背景下，消费者环保意识不断提升，考虑消费者低碳偏好的低碳供应链运作优化问题已成为可持续运营管理领域的研究热点。Liu等研究了消费者环保意识、替代品竞争和零售商竞争等因素对供应链决策的影响，研究发现消费者环保意识加强会促进零售商与绿色制造商的利润增加<sup>[117]</sup>。Li等研究了消费者具有低碳偏好时双渠道供应链决策模型，分析了线上与线下价格在一致策略与非一致策略下的供应链均衡策

略，发现绿色生产成本过高时，制造商不应开设线上渠道<sup>[118]</sup>。Zhang 等研究了消费者环保意识对由一个制造商和一个零售商组成的供应链的订货量与供应链协调的影响<sup>[119]</sup>。熊中楷等针对由一个制造商、两个零售商与两个制造商、一个零售商组成的两种供应链，研究了制造商领导的 Stackelberg 博弈模型下碳税和消费者环保意识对供应链均衡策略的影响，研究发现为降低产品碳排放量，政府应对绿色型制造商提高碳税，而对污染型制造商降低碳税<sup>[120]</sup>。刘新民等根据消费者绿色偏好差异，将消费者分为经济性、中性和绿色消费者，研究了消费者异质低碳偏好对供应链决策的影响<sup>[121]</sup>。以上文献基于不同视角研究了消费者产品碳足迹偏好影响下的低碳供应链决策问题，为企业提供了许多积极有效的管理启示。然而，鲜有文献关注于竞争环境下低碳供应链中绿色竞争优势与先发优势间的相关性问题，即不同供应链市场权利结构下绿色制造商的市场地位对其运营决策的影响。与此同时，鲜有文献讨论消费者渠道碳足迹（低碳）偏好对供应链企业运作优化的影响。基于上述关于碳足迹的相关文献研究，本书将消费者低碳偏好细分为消费者产品碳足迹偏好和消费者渠道碳足迹偏好，以此为基础，分别研究了消费者产品低碳偏好和市场权利结构对供应链决策的影响，并研究了消费者具有渠道碳足迹偏好对供应链决策的影响。

上述文献大多将消费者低碳偏好刻画到低碳产品的线性需求函数，认为消费者低碳偏好通过需求函数间接地影响供应链决策。这源于消费者能对产品低碳属性（碳足迹）形成准确而稳定认知的假设。以此为基础，部分文献在研究消费者低碳偏好对供应链决策的影响时放松了该假设，强调低碳信息传递对消费者认知的影响，并认为实际影响产品需求的是消费者所感知到的产品低碳属性，而非产品所宣传或标志的低碳属性<sup>[122]</sup>。本书称之为消费者低碳感知，以区分消费者静态低碳偏好。在研究考虑消费者低碳感知的文献中，一种观点认为，消费者是有限理性的，其接受处理绿色信息时存在感知偏差<sup>[123]</sup>。关志民等基于信号干扰模型刻画了消费者接受处理产品低碳属性的过程，构建了考虑消费者感知偏差的绿色消费效用函数，研究了消费者对产品低碳属性的感知偏差对供应链运作策略的影响，发现考虑消费者感知偏差会使制造商加强低碳研发投入<sup>[124]</sup>。他们进一步针对由消费者低碳偏好异质性引发产品需求不确定性的情形，基于条件风险值（CVaR）研究了制造商与零售商在不同风险态

度时供应链的决策问题<sup>[122]</sup>。另一种观点认为,绿色广告等绿色营销手段能引导消费者认知—反馈心理机制调整其对产品低碳属性的感知<sup>[44]</sup>。Zhou 和 Ye 认为制造商减排努力会提升低碳产品商誉,继而影响产品市场需求,基于微分博弈理论研究了双渠道供应链的动态联合减排策略和供应链协调问题<sup>[125]</sup>。叶同等认为产品低碳水平、低碳广告投入以及产品竞争会影响产品商誉,以此刻画了低碳产品商誉变化过程的微分方程,并基于微分博弈理论研究了由绿色制造商、传统制造商和零售商组成的供应链的动态联合减排问题<sup>[126]</sup>。上述两种观点均认为消费者低碳感知的假设更贴近现实场景,研究消费者低碳感知下的低碳供应链决策问题能为企业决策提供更有实践价值的管理启示,但考虑消费者低碳感知的供应链决策问题的研究还处于起步阶段。因此,本书以静态框架下的相关研究为基础,进一步深入研究了广告策略、政府低碳奖惩机制等因素下考虑消费者低碳感知的双渠道低碳供应链动态决策问题。

### 1.2.3 国内外研究现状总结

从上述国内外研究现状可以发现,国内外学者从不同视角对消费者低碳偏好影响下的低碳供应链运作策略进行了理论研究与方法探索,具有重要的理论意义与实践价值。但已有的研究仍存在一定的局限性,主要表现在以下三个方面:

(1) 针对竞争环境下消费者低碳偏好对供应链运作决策的影响,国内外部分学者从生产与定价、库存策略、协调机制等视角研究了考虑消费者低碳偏好的供应链运作模型与决策方法,但鲜有文献关注于竞争环境下制造商之间的市场权利结构对低碳供应链运作策略的影响,并缺乏对双寡头低碳供应链中绿色竞争优势以及先发优势的对比研究。

(2) 电子商务环境下,学者们广泛研究了双渠道供应链运作机制,特别地,许多学者从双渠道供应链渠道结构选择、低碳产品生产与定价、渠道协调契约等视角进一步研究了低碳环境下消费者低碳偏好行为对双渠道供应链运作策略的影响。然而,销售渠道作为双渠道供应链运作的重要载体,现有文献忽视了销售渠道的碳足迹特征对低碳供应链运作的影响。部分文献基于实证研究方法分析和验证了线上与线下渠道直接的碳足迹差异,但鲜有文献将这一特征用于指导供应链运作建模研究。

(3) 针对消费者低碳偏好行为的影响,供应链运作管理领域的现有

文献主要基于静态框架研究了消费者低碳偏好影响下的供应链运作问题，而部分文献关注于消费者低碳偏好具有重要的动态特征，并基于信号干扰模型和微分博弈理论深入研究了消费者动态低碳感知影响下的低碳供应链运作问题。其中，微分博弈理论具有更好的适用性，因而多基于微分博弈理论展开研究。而在动态框架下，鲜有文献关注于双渠道低碳供应链中线上与线下渠道广告动态合作问题，以及政府低碳规制政策下的双渠道低碳供应链动态联合减排问题。

### 1.3 研究内容与创新点

#### 1.3.1 研究内容

本书从现实背景与相关文献研究出发，将消费者低碳偏好和低碳感知嵌入到低碳供应链运作优化的理论研究框架中，分别从消费者低碳偏好和低碳感知视角下研究了不同场景下的低碳供应链的运作优化问题。本书的研究内容分为如下六章：

第 1 章为绪论。首先介绍了本书的研究背景、研究意义与目的，分别从碳足迹、绿色广告、政府低碳政策、消费者低碳偏好和考虑消费者低碳偏好的低碳供应链决策等方面对国内外相关研究进行综述与分析，然后阐述了本书的主要研究内容与创新点，最后论述了本书研究思路。

第 2 章研究了考虑消费者产品低碳偏好的低碳供应链决策问题。本章综合考虑了消费者低碳产品偏好对产品市场需求的影响，以及双寡头低碳供应链中制造商市场权利结构对低碳供应链决策的影响，在制造商—零售商 Stackelberg 博弈框架下，进一步研究了绿色制造商与传统制造商均势、绿色制造商领先以及传统制造商领先等三种子博弈模式下的低碳供应链决策问题，通过对双寡头低碳供应链建模分析，得出了三种博弈模式下制造商的均衡策略，并借助数值模拟仿真，进一步研究了产品价格竞争和低碳竞争对低碳供应链运营策略与供应链利润的影响。

第 3 章研究了考虑消费者渠道低碳偏好的双渠道低碳供应链决策问题。基于第 2 章的低碳背景，本章进一步研究了电商环境下双渠道低碳供应链的销售渠道策略问题。针对电商环境下线下零售渠道与线上直销渠道共存的双渠道供应链，考虑了线上与线下渠道的碳排放差异，假设



消费者具有渠道环境可持续水平偏好，通过对双渠道低碳供应链进行建模，研究了线上与线下渠道环境可持续水平对双渠道低碳供应链均衡策略的影响，并借助数值仿真方法，进一步分析了相关均衡结果。

第 4 章研究了考虑消费者低碳感知的双渠道低碳供应链动态决策问题。本章假设消费者对产品低碳属性的认知是动态变化的，基于静态框架下的产品碳足迹特征与双渠道供应链结构，针对消费者对产品低碳属性的动态感知和低碳产品商誉的动态变化，在动态框架下研究了不同广告投入模式下双渠道低碳供应链中低碳产品生产策略与广告投放策略。以一个绿色制造商与零售商组成的双渠道低碳供应链为研究对象，基于微分博弈分别比较分析了集中式决策、采用竞争型广告策略的分散式决策与采用支持型广告策略的分散式决策等模型下双渠道低碳供应链的最优均衡决策和最优利润。

第 5 章研究了考虑消费者低碳感知和政府低碳奖惩机制的双渠道低碳供应链动态决策问题。在第 4 章的研究假设和基本模型上，本章进一步考虑了政府低碳奖惩机制对双渠道低碳供应链均衡决策的影响。针对由一个绿色制造商与一个零售商组成的双渠道低碳供应链，综合考虑线下广告效应、制造商减排努力、产品商誉等因素对市场的影响，以及政府低碳奖惩机制政策对制造商与零售商联合减排策略的影响，基于微分博弈研究了制造商生产低碳产品与零售商投入低碳广告时的动态联合减排策略。先后讨论了无政府规制、存在政府规制但无协调契约，以及存在政府规制并采用协调契约等三种模式下双渠道低碳供应链的均衡策略，比较分析了三种模式下的均衡策略和最优利润，并对均衡策略和最优利润的稳态值与瞬态值进行了数值模拟仿真。

第 6 章为结论与展望。总结了本书研究内容和主要结论，并提出今后的研究方向。

### 1.3.2 创新点

本书将消费者低碳偏好和低碳感知嵌入到低碳供应链运作优化的理论研究框架，研究了消费者低碳偏好和低碳感知下的低碳供应链决策优化问题。本书研究的创新点主要体现在以下方面：

- (1) 考虑消费者产品低碳偏好和市场权利结构的双寡头低碳供应链

决策模型。低碳经济背景下，许多企业竞相研发、生产低碳产品，但不论大型制造商或中小型企业都有成功或失败的案例，而少有文献研究绿色制造商与传统制造商之间的竞争结构对低碳产品市场绩效的影响，由此本书研究了制造商市场权利结构对双寡头低碳供应链决策的影响，并探讨了低碳供应链中先发优势与绿色竞争优势的相关性。本研究考虑了消费者产品低碳偏好对低碳产品市场需求的影响，以及双寡头供应链中制造商市场权利结构对制造商生产营运策略的影响，研究了绿色制造商与传统制造商市场地位均势、绿色制造商领先以及传统制造商领先等三种博弈模式，分析了三种模式下双寡头低碳供应链的均衡策略。

(2) 考虑消费者渠道低碳偏好的双渠道低碳供应链决策模型。线上与线下双渠道结构是电子商务环境下被广泛采用的供应链结构，双渠道低碳供应链也是可持续供应链管理持续关注的热点。现有研究多关注于产品属性、消费者行为、广告策略、市场环境等因素，而部分文献基于实证研究发现消费者购物活动的差异导致线上与线下渠道间存在较明显的碳排放差异。本书将消费者购物活动的碳排放纳入销售渠道碳足迹核算中，并将其界定为渠道碳足迹，以区分产品碳足迹。本研究针对线上与线下渠道的碳足迹差异，借鉴相关文献研究，建立了考虑消费者渠道低碳偏好的双渠道低碳供应链决策模型，分析了关键参数对线上与线下渠道的最优可持续水平等均衡策略的影响。

(3) 考虑消费者低碳感知的双渠道低碳供应链动态决策模型。放松了消费者对产品低碳属性形成准确而稳定认知的假设，并根据相关研究和现实背景，假设消费者对产品低碳属性的认知是动态变化的。国内外学者对低碳背景下双渠道供应链的运营机制进行了广泛而深入的研究，但少有研究考虑制造商与零售商的线上线下广告合作策略。特别地，尚无文献关注于动态环境下竞争型与支持型广告策略对双渠道低碳供应链均衡策略的影响。本书从动态视角综合考虑了消费者低碳感知、广告效应与商誉等因素，研究了竞争型与支持型广告策略下的双渠道低碳供应链均衡策略，为低碳环境下双渠道低碳供应链管理提供理论依据和科学参考。

(4) 考虑消费者低碳感知和政府低碳奖惩机制的双渠道低碳供应链动态决策模型。政府低碳政策是低碳市场发展的重要引领力量，许多文献研究了考虑政府因素的低碳供应链决策模型，但鲜有文献关注于动态

框架下考虑政府低碳奖惩机制的双渠道低碳供应链联合减排问题。本书综合考虑了线下广告效应、制造商减排努力、产品商誉等因素对市场需求的影响，以及政府低碳规制政策对制造商与零售商联合减排策略的影响，基于微分博弈理论研究了制造商生产低碳产品与零售商投入低碳广告时的动态联合减排策略。

## 1.4 内容结构

### 1) 研究框架与技术路线

针对本书的主要研究内容,本书的研究框架与技术路线如图 1.4 所示。

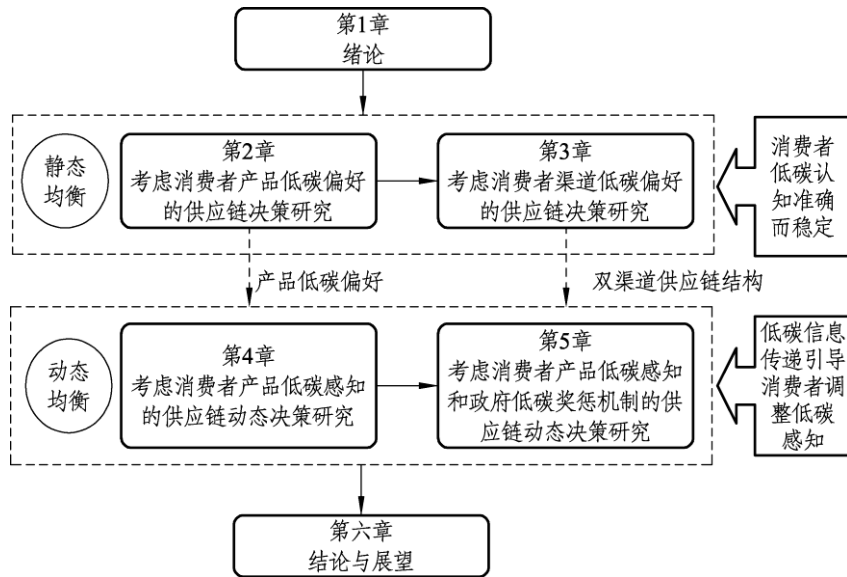


图 1.4 研究框架与技术路线

### 2) 研究内容关联性说明

基于低碳供应链运作优化决策问题，本书以碳足迹为切入点，针对碳足迹核算方法，以是否考虑消费者购买活动的碳排放为依据，将碳足迹分为产品碳足迹和渠道碳足迹。进一步地，针对消费者对产品低碳偏好的形成过程，本书根据消费者对产品低碳属性认知是否具有时变性为依据将其分为消费者静态低碳偏好和消费者动态低碳感知。本书以此为

基础展开相关研究。

首先，本书在消费者静态低碳偏好视角下，从产品碳足迹和渠道碳足迹两方面研究了低碳供应链运作优化问题：考虑消费者产品碳足迹偏好的影响，第 2 章研究了考虑消费者产品碳足迹偏好和制造商市场权利结构的双寡头低碳供应链运作优化问题；考虑消费者渠道碳足迹偏好的影响，第 3 章研究了考虑消费者渠道碳足迹偏好的双渠道低碳供应链运作优化问题。

其次，在考虑参照群体、信息传递、认知调节等影响下，消费者对产品碳足迹感知是动态变化的。因此，以静态框架下产品碳足迹和双渠道供应链结构等内容为基础，第 4 章、第 5 章进一步地在动态框架下分别研究了考虑消费者动态低碳感知的双渠道低碳供应链运作优化问题：考虑线上与线下低碳广告投入的影响，第 4 章基于微分博弈理论研究了考虑消费者产品低碳感知的双渠道低碳供应链运作优化问题；进一步地，考虑政府低碳奖惩机制的影响，第 5 章基于微分博弈理论研究了考虑消费者产品低碳感知和政府低碳奖惩机制的双渠道低碳供应链运作优化问题。



## 考虑消费者低碳偏好的供应链运作策略研究