

ZAIZHIZAO GONGYINGLIAN
YUNZUO ZHONG DE
ZHIFU YIYUAN YU
SHEHUI ZEREN

再制造供应链 运作中的支付意愿与 社会责任

舒彤 陈收 汪寿阳 肖雨晴 龙小凤 著



湖南大学出版社
HUNAN UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书以再制造供应链为研究对象,综合考虑回收品质量、消费者支付意愿差异、企业社会责任、碳约束等因素,在不同的问题背景下分析再制造供应链中制造商、回收商、零售商以及政府的最优决策。在阐述相关问题的研究背景及意义的前提下,研究了回收品质量差异下的再制造供应链定价决策,分析了消费者异质购买意愿下的再制造供应链策略,提出了企业社会责任下的再制造供应链生产决策与协调机制,并研究了消费者支付差异下企业社会责任的再制造供应链决策及碳排放约束企业社会责任异质下的再制造供应链决策问题。

图书在版编目 (CIP) 数据

再制造供应链运作中的支付意愿与社会责任/舒彤等著. —长沙: 湖南大学出版社, 2021. 11

ISBN 978-7-5667-2334-5

I. ①再… II. ①舒… III. ①制造业—供应链管理—研究
IV. ①F407.405

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2021) 第 226459 号

再制造供应链运作中的支付意愿与社会责任

ZAIZHIZAO GONGYINGLIAN YUNZUO ZHONG DE ZHIFU YIYUAN YU SHEHUI ZEREN

著 者: 舒 彤 陈 收 汪寿阳 肖雨晴 龙小凤

责任编辑: 湛鹏飞

印 装: 长沙市宏发印刷有限公司

开 本: 710 mm×1000 mm 1/16 印 张: 9 字 数: 172 千字

版 次: 2021 年 11 月第 1 版 印 次: 2021 年 11 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5667-2334-5

定 价: 38.00 元

出 版 人: 李文邦

出版发行: 湖南大学出版社

社 址: 湖南·长沙·岳麓山 邮 编: 410082

电 话: 0731-88822559(营销部), 88821691(编辑室), 88821006(出版部)

传 真: 0731-88822264(总编室)

网 址: <http://www.hnupress.com>

电子邮箱: presschenpf@163.com

版权所有, 盗版必究

图书凡有印装差错, 请与营销部联系

前 言

再制造供应链是从产品价值链的末端出发,以最大化产品生命周期和降低资源消耗为目标,兼顾经济、社会、环境等多方利益,符合循环经济理论。再制造供应链的研究与消费者支付意愿差异、企业社会责任是分不开的。在时代需要和政府的号召下,当前再制造供应链的推广和实施已经如火如荼,学术界对再制造供应链的研究也有了诸多的研究结论和成果。

本书以再制造供应链为研究对象,综合考虑回收品质量、消费者支付意愿差异、企业社会责任、碳约束等因素,在不同的问题背景下分析再制造供应链中制造商、回收商、零售商以及政府的最优决策。

第1章阐述消费者支付意愿差异和企业承担社会责任下再制造供应链生产决策问题的研究背景及意义等;第2章在消费者支付意愿差异的背景下,考虑回收产品存在回收质量差异的再制造供应链生产决策问题;第3章考虑消费者的异质性,研究一阶段、两阶段再制造供应链的最优回收和再制造生产决策;第4章将企业社会责任内生化和外生化,研究专利许可下再制造供应链决策问题,并通过收益共享契约协调供应链;第5章以消费者支付差异为基础,研究制造商和零售商组成的企业社会责任再制造供应链生产与决策问题;第6章研究碳排放约束与企业社会责任强度对回收再制造决策的影响,并引入社会福利最大化模型进行对比分析;第7章对全书进行系统性总结,并提出未来可行的研究方向。

在本书完成之际,这里要对为本书付出辛勤劳动的所有人员表示感谢。在本书的撰写过程中,湖南大学工商管理学院陈收教授以及中国科学院数学与系统科学研究院、中国科学院大学经济与管理学院、湖南大学工商管理学院的汪寿阳教授对本书的理论框架、思路和内容进行了细致的审阅与指导,帮助笔者更好地完成本书主要内容的撰写工作。感谢湖南财政经济学院工商管理学院的龙小凤老师、湖南工程学院管理学院的肖雨晴老师以及团队学生葛佳丽、徐敏珍、代丽丽、刘纤、徐佳佳对本书第2章至第6章的重要贡献。最后,还要感谢团队学生曾华宝、曾福平、杨懿、谢文琪、杜修贤、程冲、周承检在书籍

撰写、修改、校对等过程中的辛勤劳动！在本书的撰写过程中，参考了大量国内外同研究领域专家学者的研究成果，在此向这些专家学者表示衷心的感谢！

本书的出版得到了国家自然科学基金（编号：71771080，71521061，71988101）的资助，在此表示感谢！

由于水平有限，书中难免存在不足之处，恳请各位读者批评指正。

舒 彤

2021年2月

目 次

第 1 章 绪 论	1
1.1 本书的背景与意义	1
1.2 国内外研究现状	4
1.3 本书的内容与体系结构	15
1.4 本书的理论基础及模型方法	17
1.5 本书的创新点	22
第 2 章 回收品质差异下再制造供应链定价决策研究	24
2.1 问题的提出	24
2.2 回收价格随回收质量改变的再制造决策模型	24
2.3 回收价格面向回收质量差异的再制造决策模型	40
2.4 结 论	54
第 3 章 消费者异质购买意愿下再制造供应链策略分析	56
3.1 问题的提出	56
3.2 一阶段再制造决策分析	56
3.3 两阶段再制造模式决策分析	65
3.4 结 论	70
第 4 章 企业社会责任下再制造供应链的生产决策与协调机制	72
4.1 问题的提出	72
4.2 CSR 下再制造供应链决策和协调模型	72
4.3 结 论	84

第 5 章 消费者支付差异下企业社会责任的再制造供应链决策	85
5.1 问题的提出	85
5.2 消费者支付差异下 CSR 再制造供应链模型	85
5.3 算例分析	94
5.4 收益共享契约	98
5.5 结 论	99
第 6 章 碳排放约束企业社会责任异质下的再制造供应链决策	100
6.1 问题的提出	100
6.2 模型建立	100
6.3 数值算例	115
6.4 结 论	124
第 7 章 总 结	126
7.1 总 结	126
7.2 研究展望	127
参考文献	129

第1章 绪 论

1.1 本书的背景与意义

1.1.1 本书的背景

随着各行业的不断细化和融合,企业间单一的竞争活动开始向产业链间的竞争转变。由原材料供应商、产品生产商、中间产品和最终产品分销商、零售商以及最终产品消费者组成的网络结构,被学术界和企业界称为供应链。与主流观点一致,关于供应链所开展的研究可分为物流、信息流、资金流三大类。与物流相关的活动出现较早,从供应链采购并出售原材料开始,供应链的一系列流程就已经展开,然后生产、销售,此时生产者为了实现价值,将商品的使用价值让渡给了消费者,这样就形成了一个相对完善的供应链网络。

随着人民生活水平的不断提高,人们对各种大型耐用品的需求不断增加。这些耐用品当中,有些更新换代的速度奇快,有些则有较长的使用周期,但是最终每个耐用品都会到达报废阶段,而报废后产生的垃圾如果不及时进行处理,则会给环境带来巨大的压力。此外,有些报废产品当中的部分零部件是可以反复利用的。为了缓解有限的资源与无节制的资源消耗的矛盾,缓解环境压力,再制造应运而生。1999年6月,徐滨士院士在西安召开的“先进制造技术”国际会议上首次提出了“再制造”的概念。再制造在学术上被定义为对废旧产品进行拆解,然后将其拆解后的零部件进行维修更新,再重新应用于新产品生产的过程。再制造能够运用高科技将报废产品的部分零部件进行专业化修复或升级改造,使得产品在报废阶段后重新回到生产销售阶段,从而使得产品所在的供应链成为再制造供应链。再制造是环保生产方式的代名词,因为它不仅可以减少废旧物的处理,而且与生产新产品相比可以减少自然资源的消耗。再制造产业不仅能有效应对资源有限、环境污染、“三期叠加”矛盾,更能顺应消费者“常换常新”的消费需求,最大化企业效益,实现环境保护与经济的双赢。再制造产品相

比于新产品,有生产成本低、人力投入少、价格优势明显、节约资源消耗等优势。因此,无论从政府角度还是企业角度、从环境利益还是经济利益来看,关注和发展再制造都是势在必行的。

放眼全球,进入 21 世纪,保护地球环境、发展构建循环经济和构建可持续性社会已经成为世界各国共同关心的话题。欧美、日本等发达地区,已通过政府立法、财政补贴或借助金融工具等方式推广和发展再制造行业。美国再制造产品的销售额在 2009—2011 短短两年时间内,增长了近 57 亿元。中国政府于 2010 年启动一个试点项目,挑选出没有再制造经历的制造企业,由政府提供资金来帮助他们发展再制造技术并建立逆向物流网络。2013 年 8 月,国家发改委等部门联合印发《再制造“以旧换再”试点实施方案》,将再制造试点企业生产的部分量大而广、质量性能可靠、节能效果明显的再制造产品纳入财政补贴范围。2015 年 5 月 5 日,中国政府推出了《关于加快推进生态文明建设的意见》,明确指出从根本上缓解经济发展和资源环境之间的矛盾,必须构建科技含量高、资源消耗低、环境污染少的产业结构。加快推动再制造生产方式的时代已经到来,这给企业生产运营和供应链管理提出了新挑战。2017 年 10 月 18 日,习近平同志在十九大报告中指出,坚持人与自然和谐共生,必须树立和践行“绿水青山就是金山银山”的理念,坚持节约资源和保护环境的基本国策,坚定走生产发展、生活富裕、生态良好的文明发展道路,建设美丽中国,为人民创造良好的生产、生活环境,为全球生态安全做出贡献。因此,在时代需要和政府的号召下,当前再制造供应链的推广和实施已经如火如荼,在学术界对再制造供应链的研究也有了诸多的研究结论和成果。

同时,随着消费者购买能力的增强,消费者对不同质量、不同品牌的产品都有了自己的认知,因此对其也会存在不同的主观评价。换句话说,消费者不再是只对价格敏感的消费者,而是会根据产品的品牌和质量等因素进行综合评价后购买的消费者。因此,在市场上,产品的价格、不同品牌的产品、新产品和再制造产品之间的差异都会导致消费者对产品的支付意愿不同。有国内学者也提出,消费者因消费习惯和认知水平差异的存在而对新产品和再制造产品的需求和偏好不同。由于消费者对新产品和再制造产品认知水平、接受程度等方面的不同,因此对两种产品的支付意愿是存在一定差异的。这种差异将给再制造供应链带来巨大的影响,尤其表现在消费者对再制造产品和新产品的选择上,进而影响再制造供应链企业的生产、销售、回收、定价等多方面决策。

另外,企业社会责任也是再制造供应链管理中非常重要的因素之一。企业社会责任是一种内在动力。它是指企业不仅为股东创造利润,而且强调对环境、消费者和社会的贡献。对企业社会责任敏感的消费者可以从产品(如再制造产

品)的环境属性中获得效用,这是供应链中环境可持续性的重要市场驱动力。根据已有的研究成果显示,有70%的消费者愿意为具有“负责任”属性的产品支付更高的价格。大多数消费者倾向于购买对社会负责和对环境友好的产品。企业的回收和再利用过程是提高企业社会责任水平的一种方法,现在越来越多的企业意识到承担企业社会责任的重要性。2008年的一项研究指出,全球250家大型企业中有80%在当年发布了企业社会责任报告,苹果和耐克等大型企业中有80%履行了企业社会责任。为了追求企业利润最大化,许多企业必须承担企业社会责任。因此,企业可以通过实施再制造,实现对废旧产品的回收再利用,这会极大提高企业社会责任水平,进而增加消费者对再制造产品的需求,最终企业因此获得更多收益。

1.1.2 本书的意义

本书以再制造供应链为研究对象,从消费者角度和企业角度发现问题,分别研究在消费者支付意愿差异和企业承担社会责任下,再制造供应链的最优决策问题。本书在充分借鉴以往关于再制造供应链及相关领域研究成果的基础上,结合消费者支付意愿差异因素和企业社会责任因素,探索再制造供应链运作中,消费者支付意愿和企业社会责任对再制造供应链的影响,以及在这些复杂的情况交织下,再制造供应链成员应如何做出最优决策。本书的研究具有重要的理论意义和广泛的实践意义。

本书同大部分研究一样,利用博弈论的相关知识对再制造活动进行了研究,丰富了博弈论以及再制造决策研究的研究体系。此外,本书相比于其他著作和文献,综合考虑了在消费者支付意愿差异和企业承担社会责任的背景下,再制造供应链的运作决策问题,这极大地完善了再制造供应链的相关研究,为后续研究扩展思路并提供了基础和铺垫。

本书能够对再制造供应链上的成员运作决策提供指导。运用本书的研究成果,再制造供应链中的企业不仅能有效应对资源危机、环境污染、“三期叠加”矛盾,更能顺应消费者多样化需求,积极承担对环境和社会的责任,最大化企业效益,实现经济发展和环境保护的双赢。再制造供应链管理 and 优化问题已经成为企业界、学术界和政府关注的热点问题。随着时代的发展,如何在消费者存在支付意愿差异的情况下实现再制造供应链整体最优,再制造供应链成员如何在承担企业社会责任的背景下做出最优决策等一系列新问题,都是迫切需要考虑和解决的问题。本书正是从以上问题入手,进行思考、建模和求解。本书的研究成果将着力解决以上问题,并为再制造供应链企业决策提供理论指导和依据。

1.2 国内外研究现状

目前,再制造供应链相关文献愈加丰富,许多学者从再制造供应链的不同视角进行研究,如生产计划和库存管理、逆向网络设计、渠道管理、产品价格、产品质量、风险态度、社会环境等等,但从支付意愿和社会责任角度研究再制造供应链的研究很少。本书从再制造供应链中的支付意愿和社会责任问题出发,旨在通过理论建模和实证分析,演绎构建再制造供应链决策与优化多目标模型群。本节总结与本书研究内容相关的文献如下。

1.2.1 再制造供应链定价、回收与协调

1.2.1.1 再制造供应链中的定价策略

在不同渠道策略下的再制造供应链定价与协调决策方面:Xie 和 Chen (2014)在双渠道供应链系统处于稳定状态时,计算了最优价格、销售量和回收率^[1]。Xie 等(2017)研究了双渠道再制造供应链的定价决策与契约协调,得出了最优的线上与线下价格、批发价格和广告投入^[2]。Saha 等(2016)研究了在双渠道再制造供应链中采用奖励驱动政策以获取专门用于再制造的旧产品,考虑了由制造商、第三方回收者和零售商组成的供应链结构的最优定价决策^[3]。Giri 等(2017)研究了双渠道再制造供应链中制造商通过传统零售渠道和互联网渠道将产品销售给消费者,并从五个不同的角度分析了供应链的定价和收益决策^[4]。Gan 等(2017)分析了分散销售渠道下由制造商、零售商和回收方三者组成的再制造供应链特点,针对短生命周期产品,确定零售商、回收方和制造商的最优价格决策^[5]。

在竞争与合作下的再制造供应链定价与回收策略方面:Jena 和 Sarmah (2014)研究了由两个相互竞争的制造商组成的再制造供应链,针对非合作系统、渠道合作系统和全球合作系统三种不同的情况制定了数学模型并做出最优决策,结果表明全球合作系统是最优的^[6]。Wu 等(2018)研究了由一个制造商和两个竞争零售商组成的再制造供应链在再制造成本中断时的生产和协调决策,制造商在面对大规模的中断时才会调整生产决策,且收益共享契约可以有效地协调再制造供应链^[7]。Xiong 等(2016)分析了分散式再制造供应链中制造商与供应商竞争性再制造的绩效,发现当单位再制造成本高的时候,制造商和消费者

倾向于制造商再制造^[8]。Zheng 等(2017)研究了正向渠道竞争和权力结构对由制造商、零售商和回收方组成的双渠道再制造供应链的影响,在不同的渠道权力结构下探索集中与分散模式的定价决策^[9]。Wang 等(2018)研究了具有竞争性回收市场和产品市场的再制造供应链,发现制造商总是选择回收和再制造废旧产品,而回收渠道则依赖于回收的单位成本和外包的补偿^[10]。

1.2.1.2 回收方法和回收品质、价格对再制造供应链的影响

(1)对于再制造供应链的回收方法问题。Guide 等(2003)提出了通过经济回扣来解决回收问题^[11]。Savaskan 等(2004)研究了协调再制造供应链的回收渠道,讨论了回收废旧产品的四种选择:集中回收、制造商回收、零售商回收和第三方回收^[12],被认为是回收渠道的经典论文。本书研究的是制造商主导的回收。Huang 和 Song 等(2013)探讨了在正向供应链中制造商通过零售商销售产品,逆向供应链中零售商和第三方竞争回收废旧产品的双回收渠道的再制造供应链的最优策略^[13]。通过对比分析,得出的结果可为废旧产品回收模式的选择提供参考。Yi 等(2016)证实了双回收渠道可以使再制造商获得更多的旧产品回收和利润,逆向物流成本系数决定了零售商和第三方之间回收贡献的最优分配^[14]。Georgiadis(2013)提出了回收行业战略容量规划的系统动力学模型。这个模型捕捉现实世界回收网络中明显的实物库存和流动,包括控制这些流动的反馈机制^[15]。Modak 等(2018)分析了在二级再制造供应链中的定价决策过程中回收效果和产品质量水平的影响,其中需求对价格和产品的质量水平都很敏感。他们发现,第三方参与旧产品回收活动总是不利的^[16]。Su 等(2019)建立了两阶段再制造供应链博弈模型。从环保投入对整个供应链的影响来看,制造商选择第三方回收再制造供应链模式时,不同的选择会对整个供应链的效益产生影响^[17]。Xu 等(2018)比较了集中式和分散式两种情况下的决策和利润,即在纳什均衡框架下,通过提供收益和成本共享契约来实现供应链协调,并得到可以通过共享系数来提高供应链绩效^[18]。

(2)回收品质差异的再制造供应链决策。相比于传统制造系统来说,再制造系统会更具复杂性,这是因为再制造具有回收时间、回收质量、回收数量等不确定性的因素,在进行供应链决策时会更加困难。目前,国内外已经有很多学者开始进行再制造不确定性因素的研究,其中回收产品质量不确定是再制造供应链的研究热点。Rahman 和 Subramanian(2012)分析了再制造供应链的影响因素,发现废旧产品的回收质量起着至关重要的作用,回收质量过低的废旧产品会让企业付出很大的成本^[19]。由于废旧产品质量的不确定性导致产品处理程度不同,因而再制造成本也不同,目前已有许多研究探讨其如何影响再制造成本、

回收成本以及回收率。Galbreth 和 Blackburn(2009)考虑了回收品质量差异,并假设再制造成本与回收质量有关,并建立它们之间的函数关系,通过模型求解得到了可进行再制造的废旧产品质量程度的最小值^[20]。Aken 等(2009)考虑了回收成本与废旧产品的回收质量有关,探究了政府补贴对回收商进行废旧产品回收的影响^[21]。陈丽华和王波(2010)探究了回收率依赖回收品质量情形下的制造/再制造混合系统,构建了新产品与再制造产品质量无差异的 EOQ 模型,得到了不允许缺货的条件^[22]。刘慧慧等(2013)探讨了对于不同回收质量的废旧产品的再制造应考虑再制造过程成本差异,并构建了双渠道竞争模型,研究政府补贴与回收品质量限制对再制造产业发展的影响^[23]。Guo 和 Ya(2015)专门探究了回收品质量对再制造供应链各成员决策的影响,并假设回收率,回收成本以及再制造成本是最低质量水平的函数^[24]。Aydin 等(2018)提出了回收价格和再制造成本都是高度依赖于回收产品的质量,并将消费者偏好纳入新产品和再制造产品的需求估算,最终得到了多周期最优回收数量和再制造决策^[25]。Taleizadeh 等(2019)考虑到废旧产品质量的不确定性对回收价格和再制造过程成本的影响,利用模态区间算法对再制造企业的动态定价和回收策略进行了分析^[26]。

除了定性分析回收质量不确定性的影响,研究者开始尝试对废旧产品的质量进行定量描述,并对废旧产品的质量分布进行调查与讨论。冯珍等(2010)采用模糊综合评价法描述了废旧产品的质量特性,且利用专家评价提高质量特性的准确度^[27]。Robotis 等(2012)假设再制造成本受回收品质量的影响,且取决于可再制造部分所占的比例,构建了供应链博弈模型,得到了最优的再制造决策^[28]。谢家平等(2012)设定降级率以表征回收产品的质量破坏程度,并探究了降级率以及消费者需求敏感性对再制造决策的影响^[29]。高雅和郭建全(2014)认为,回收率、回收成本以及再制造过程成本都是和废旧产品质量相关的,并在回收质量服从指数分布下确立了各函数关系,研究发现,以低回收成本得到质量较差的废旧产品会获得更多利润^[30]。Rahanian 和 Mashhadi(2017)提供了影响产品的内部因素,如组件的未来可重用性、产品标识数据和产品健康状况,从而为每个产品单元导出一个可重用性索引的一种质量分级和分类的方法^[31]。

基于回收质量的差异,很多国内外研究者还探索如何在废旧产品质量不确定的影响下制定最优生产决策。Hula 和 Aybek(2009)研究了回收质量的不确定性对再制造系统决策的影响,发现采用质量分级时的不同再制造成本决策可以明显降低生产成本^[32]。Deniz 和 Ferguson(2010)基于回收质量具有不确定性,并结合实际假设其会对生产计划产生影响,在此前提下构建模型,求解出最优的回收率、最低质量水平和库存规模决策^[33]。Tenter 和 Flapper(2011)考虑

了确定性需求和不确定性需求两种情形下的有限个质量分级的最优回收数量和定价策略^[34]。杨爱峰等(2014)研究了包含回收中心、排序中心的再制造系统在回收质量不确定情况下的最优采购数量以及最优排序策略^[35]。Atalay 和 Souza (2015)按照质量等级将回收产品分类,研究了废旧产品的质量对制造商选择生产的新产品质量决策的影响^[36]。Radhi 和 Zhang(2016)假设再制造商用多个可进行再制造设施以满足不同的消费者及市场需求时,发现再制造生产网络的配置会受到回收品质的影响^[37]。周雄伟等(2017)考虑了回收渠道和回收品质水平两个因素,分别构建了制造商进行回收、零售商进行回收和第三方进行回收的决策模型,研究发现,回收渠道的选择取决于产品进行再制造时的成本的节约程度^[38]。Jeihoonian 等(2017)在回收质量不确定的情况下设计了再制造供应链网络,构建了两阶段的以耐用消费品为例的随机混合整数规划模型^[39]。Zhou 等(2018)认为,处于寿命末期的产品质量具有很大的差异,会导致再制造产品成本和再制造进行过程中碳排放量不同,构建了考虑质量不确定的再制造模型并得到了最优采购决策^[40]。

(3)回收品回收价格制定的再制造供应链决策。由于再制造以废旧产品为原材料,因此其生产成本远远低于新产品,现在有很多企业开始关注再制造领域,为了争夺废旧产品,回收商通常采取回收补贴的方式,即以一定的价格向用户回购废旧产品。对于回收价格的制定,再制造供应链成员需综合回收成本与回收数量。因此,再制造供应链的回收价格成了区别于传统供应链需要特殊考虑的因素。

回收价格的制定是许多研究者需要考虑的,因为回收价格过高,会导致回收成本偏高,但回收价格过低,在存在回收竞争的市场中不能获得足够数量的废旧产品,即回收价格会影响回收成本与回收率。

回收价格会对回收率/回收数量产生影响。樊松和张敏洪(2008)假设回收率与回收价格线性相关,且回收产品属于同一个质量等级,研究了制造商回收、零售商回收以及第三方回收时的回收价格制定^[41]。李响和李勇建(2012)在随机需求环境下构建了再制造供应链的利润模型,并假设废旧产品的回收数量是回收价格的函数,得到了回购契约、订购数量契约以及价格折扣契约下的最优销售价格与回收价格^[42]。Yan(2012)考虑了不同回收率和回收价格的两阶段博弈模型,并在分散决策和集中决策下求解最优回购价格,发现了制造商回收时集中决策的回收价格低于分散决策^[43]。孙嘉轶等(2013)基于制造商回收、零售商回收的不同回收渠道,设定废旧产品回收数量为上一阶段新产品销售数量与回收价格的相关函数,研究了供应链各成员应如何做出最优决策^[44]。Meng 等(2017)探究了回收质量对回收决策的影响,构建了基于质量的以提高回收率为

目标之一的多目标模型^[45]。

回收价格同时还会影响回收成本。Wei 和 Zhao(2011)考虑了回收制造比率,运用模糊理论和博弈论研究再制造决策,得到了供应链成员零售商和制造商的最优零售及批发价格,并在回收成本中考虑回收价格,得到了最优回收价格^[46]。蹇明和陈志刚(2014)考虑一个由再制造商以及两个存在回收价格竞价的第三方外包回收商组成的二级再制造供应链,得出了最优回收价格决策^[47]。He(2015)考虑在需求与供应都不确定的随机环境中构建再制造供应链模型,求解协调的再制造最优定价以及最优回收价格^[48]。

以上研究中回收价格都是统一制定的,但在实际中,由于用户回收的废旧产品购置时间及耗损程度不同,用户也希望得到与质量匹配的回收价格。因此,很多研究者开始研究回收质量与回收价格之间的关系,以便对于具有质量差异的回收产品给以不同的回购价格。Guide 等(2003)指出了废旧产品质量不确定性对回收价制定和进行再制造的利润都会产生影响,并构建了最优决策模型,结果发现,调节废旧产品的回收质量可以提高供应链的整体效益^[49]。Saadany 和 Jaber(2010)提出了回收价格与废旧产品的回收质量有关,探究了回收成本可变的再制造决策^[50]。Cai 等(2014)基于混合制造/再制造系统,通过随机动态规划模型,研究了回收产品不同质量水平下的最优回收价格与回收数量^[51]。Bhattacharya 和 Kaur(2015)把回收品按质量归为不同的等级水平,且给予回收用户不同的回收补贴,再将这些回收品划分到各个再利用阶段,并把再制造供应链利润的最大化作为目标,求解出最优的价格决策以及不同再利用阶段下的回收率^[52]。

如何构建回收价格与回收质量的函数关系也是许多研究者努力研究的方向。顾巧论等(2006)采用三角模糊数,以处理因废旧产品质量差异而造成的回收补贴不确定性,构建了包含制造商以及零售商的逆向供应链模型,并求得了回收价格的波动范围^[53]。Pokharel 和 Liang(2012)基于回收产品质量的不同,对回收产品制定质量等级,并假设第三方作为回收商,对不同等级的废旧产品制定不同的回收价格策略以及回收量,构建了用于评估回收价格和再制造数量决策的解析模型^[54]。Liu 等(2016)继续考虑回收质量的不确定性,且基于回收价格是回收质量的函数,构建了双渠道竞争的再制造供应链模型,研究了政府补贴和废旧产品质量差异对再制造市场的影响^[55]。Huang 等(2018)基于废旧产品质量的不确定性会影响回购价格和再制造成本,利用模态区间算法对再制造企业的动态定价和回收策略进行了分析^[56]。

现在越来越多关于回收质量差异及其带来的影响的再制造研究,但大多是考虑其对一个因素,例如回收成本、再制造成本或是回收率的影响,但在实际中,

它们之间是有关联的,回收品质的差异会导致回收价格、再制造过程成本的不同,而回收价格的变化会导致回收率的变化,从而导致回收成本的变化。本书中不仅考虑了回收产品品质的差异性,还考虑了回收质量差异对回收价格、再制造过程成本的影响,并进一步探讨了受回收质量影响的回收价格对回收率的影响。

1.2.1.3 考虑专利许可、碳排放与再制造供应链协调

(1)考虑专利许可的再制造供应链。考虑专利许可的再制造供应链,是再制造供应链中有多个再制造项目时的一种策略。Cruz 使用多准则决策方法研究了企业社会责任对供应链管理的影响^[57]。Zhao 等研究了具有网络效应的最优专利许可契约,并通过建立 Stackelberg 模型研究了对福利的影响^[58]。Huang 和 Wang 研究了专利授权下产品回收和混合再制造的再制造供应链模型,并讨论了再制造能力对供应链成员和环境可持续性的影响^[59]。Hong 等使用两种许可模式研究了再制造供应链中的数量和集体决策:固定费用和单位使用费^[60]。Sun 等讨论了在三种不同决策结构下对双方而言最优的博弈策略:两种竞争模式(有或没有再制造专利许可的竞争)和合作模式^[61]。Huang 和 Wang 研究了具有技术许可的再制造供应链^[62]。Jin 等考虑了两个时期的博弈模型,设计了最优的专利许可契约和生产外包策略,并分析了企业社会责任的价值^[63]。

(2)考虑碳排放约束的再制造供应链。随着全球气候变化问题愈加严峻,学者们开始将自然环境纳入战略和运营层面的考量,关注企业在低碳下的经营决策,研究碳排放政策在供应链管理中的作用。在生产定价和减排策略方面,Hamami 等(2015)在碳排放约束下开发了一个多层次的生产-库存模型,比较了单个碳排放上限和全球排放上限对总排放量的影响^[64]。Cheng 等(2016)建立了混合整数非线性规划模型来分析碳排放法规对传统库存路径问题(IRP)的影响,他们发现,有时较小的碳限额会产生更多碳排放^[65]。Qi 等(2017)研究,碳排放总量限制下企业最优定价决策,其中供应链由一个供应商和两个相互竞争的零售商组成^[66]。Yang 等(2018)考虑了总量管制和消费者偏好对制造商渠道选择策略的影响,而随着消费者网上购物的兴起,政府可制定更加严格的碳排放政策^[67]。在成员协作和渠道协调方面,Yang 等(2014)比较了四种低碳政策(基本模型、碳排放模型、碳排放交易模型和碳税模型),证明碳排放交易政策是促进供应链减少碳排放的有效机制^[68]。Ding 等(2016)提出了一个具有环境约束和碳排放上限的协同供应链决策框架,发现供应链成员之间的合作能显著提高环境绩效^[69]。Xu 等(2016)研究了 MTO 供应链的生产、定价和协调问题,制造商可以通过使用绿色技术来减少单位产品的碳排放,他们指出,批发价格和成本分摊契约都可以协调供应链^[70]。Ji 等(2017)将消费者的低碳偏好引入具有碳排

放约束的双渠道供应链中,研究了制造商和零售商之间的低碳合作对渠道的影响^[71]。Zhou等(2018)研究了实施碳税政策是否会改变供应链成员的定价决策和社会福利,发现政府以最优税率制定的碳税法能有效地改善社会福利^[72]。

相比于传统制造业,再制造更有利于节约资源,减少碳排放量(Peters等,2016;Turki等,2018)。因此,近几年学者开始注重碳排在再制造供应链中的研究^[73-74]。Chang等(2015)通过研究两期规划范围内企业生产和再制造决策发现,只有在可替代需求市场中碳限额和交易机制才能诱导企业选择低碳再制造技术^[75]。Miao等(2016)研究了碳排放法规下的以旧换新问题,结果发现,引入碳排放法规可以促进再制造产品的销售,同时降低新产品的需求^[76]。Bazan等(2017)研究了不同协调机制下的再制造供应链模型中能源和碳排放对供应链模型的影响^[77]。Wang等(2017)研究了在碳排放约束和资金约束下企业最优生产决策问题,结果表明,资本约束可以鼓励制造商在更高的质量水平上进行再制造,并显著降低碳排放^[78]。Chai等(2018)探讨了在碳限额与交易机制下,一个同时参与生产和再制造的垄断制造商在单一时期实现盈利的可能性,结果表明,碳排放总量控制和碳交易对普通市场和绿色市场的再制造都具有重要意义^[79]。Wang等(2018)在新产品和再制造产品有差别的情况下,研究了碳排放税对制造和再制造的最优生产决策的影响,发现政府可以通过选择合理的碳排放税来刺激制造商同时投资碳减排技术和再制造^[80]。在产品差异下,Turki等(2018)进一步考虑了随机机器故障和两种产品不同的随机需求,发现碳排放上限较低或碳交易价格较高能促使生产者回收和再制造,减少企业碳排放^[81]。Kundu等(2018)假定再制造产品质量较差,建立了企业在两个不同市场上销售新产品和再制造产品时不同碳调节机制下的决策模型,证明了再制造是降低碳排放的有效策略^[82]。而Haddad-Sisakht等(2018)考虑需求和碳税税率的不确定性,设计了一个三阶段混合随机模型,发现调整运输方式容量可以替代建造额外设施来应对碳税的不确定性^[83]。Zhou等(2018)在碳排放约束下考虑了再制造供应链中的质量不确定性,结果表明,考虑质量不确定性对碳排放的影响可以有效提高企业的利润,降低企业的碳排放总量^[84]。我们可以发现,与碳排放有关的再制造供应链文献愈加丰富,有的学者开始考虑需求、税率及质量的不确定性,有的学者则开始结合资金约束或消费者偏好进行研究,但是尚未有人将企业社会责任引入模型,考察企业社会责任对碳排放的影响。因此,本书中的研究是独特且创新的。

(3)再制造供应链协调机制。对于再制造供应链协调机制方面的研究,Panda等^[85]解决了渠道冲突,并通过纳什议价契约在渠道成员之间分配了剩余利润。Zhang和Ren^[86]研究了再制造供应链协调策略,用于专利产品的再制造。

Seyedhosseini 等^[87]提出了由两部关税契约为所有供应链成员提供双赢的局面。Hosseini-Motlagh^[88]考虑了不同的需求条件,研究了企业社会责任的再制造供应链协调。Li 和 Gong^[89]建立了一个再制造供应链模型,并设计了一个成本分摊契约来实现供应链的协调。

1.2.2 再制造供应链中的消费者支付意愿

1.2.2.1 消费者支付意愿描述及其差异产生原因

产生消费者支付意愿(willing to pay, WTP)差异的原因,国内外研究者做了许多研究,总结起来可以归纳为:消费者的认知水平、消费倾向、质量感知以及消费者类别。

Cheng 等(2016)提到,消费者因为认知水平和消费倾向的不同,对于再制造品的接受程度是有区别的^[90]。Daniel 等(2010)提出,对于消费者来说,始终感觉再制造品的价值低于新产品,因而支付意愿也低于新产品^[91]。我国《循环经济促进法》强调,公司必须在再制造品标注“再制造”字样,不能有欺瞒行为。消费者在选择购买时保有知情权,这将直接影响对再制造品有偏见的消费者的购买行为。Abbey 和 Blackburn(2015)采用实验法验证了市场上存在绿色消费者,这类消费群体对再制造这种绿色产品会更加地偏爱^[92]。Hazen 等(2012)使用实证分析方法解释了影响支付意愿的因素中除了质量感知,还有消费者的模糊容忍度^[93]。Agrawal 等(2015)同样基于支付意愿差异,采用实证法证明了再制造产品的存在会影响消费者对新产品的感知价值,并且如果阻止第三方的竞争,再制造的利润可能会减少^[94]。

基于消费者对再制造品与新产品的支付意愿差异,许多关于如何描述支付意愿的研究应运而生,并探讨新产品与再制造产品的生产量之间的关系。Debo 等(2005)假设在市场容量为 1 的情况下研究支付意愿,对于新产品,得到的分布函数为 $F(\theta) = 1 - (1 - \theta)^k$,分析特别在 $k = 1$ 时,支付意愿就服从特殊的分布,为 0 到 1 的均匀分布^[95]。Ferguson 和 Tokay(2006)在假设消费者支付意愿存在差异且对再制造产品的偏好不高于新产品的前提下,假设对再制造品的偏好系数为 β ,针对新产品,其支付意愿沿用 Debo 的假设,即是 0 到 1 之间均匀分布的特殊情况,得到新产品与再制造品的定价策略^[96]。Ferrer 和 Swaminathan(2006)研究了两阶段和多阶段两种情况下的产品最优生产数量,得出了在售价相同的条件下,消费者更偏好于原始制造商进行再制造这一结论^[97]。2010 年,上述两位研究者对其之前的消费者支付意愿存在差异的假设进行了扩展,将原