



厦门大学南强丛书

XIAMENDAXUE NANQIANG CONGSHU

【第五辑】

# 生态供应链管理方略

计国君 / 著



厦门大学出版社

XIAMEN UNIVERSITY PRESS

国家一级出版社  
全国百佳图书出版单位



厦门大学南强丛书

XIAMENDAXUE NANQIANG CONGSHU

【第五辑】

# 生态供应链管理方略

计国君 / 著



厦门大学出版社  
XIAMEN UNIVERSITY PRESS

国家一级出版社  
全国百佳图书出版单位

## 《南强丛书》(第五辑)编委会

主任委员:朱崇实

副主任委员:孙世刚 李建发 张 颖

委员:(以姓氏笔画为序)

|     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 万惠霖 | 庄宗明 | 朱崇实 | 朱福惠 | 孙世刚 |
| 李建发 | 李清彪 | 张 颖 | 陈支平 | 陈振明 |
| 陈辉煌 | 陈福郎 | 洪华生 | 胡培兆 | 翁君奕 |
| 韩家淮 | 蒋东明 |     |     |     |

# 总序

厦门大学由著名华侨领袖陈嘉庚先生于 1921 年创办,有着厚重的文化底蕴和光荣的传统,是中国近代教育史上第一所由华侨出资创办的高等学府。陈嘉庚先生所处的年代,是中国社会最贫穷、最落后、饱受外侮和欺凌的年代。陈嘉庚先生非常想改变这种状况,他明确提出:中国要变化,关键要提高国人素质。要提高国人素质,关键是要办好教育。基于教育救国的理念,陈嘉庚先生毅然个人倾资创办厦门大学,并明确提出要把厦大建成“南方之强”。陈嘉庚先生以此作为厦大的奋斗目标,蕴涵着他对厦门大学的殷切期望,代表着厦门大学师生的志向。

在厦门大学建校 70 周年之际,厦门大学出版社出版了首辑《南强丛书》,共 15 部学术专著,影响极佳,广受赞誉,为校庆 70 周年献上了一份厚礼。此后,逢五逢十校庆,《南强丛书》又相继出版数辑,使得《南强丛书》成为厦大的一个学术品牌。值此建校 90 周年之际,再遴选一批优秀之作出版,是全校师生员工的一个愿望。入选这批厦门大学《南强丛书》的著作多为本校优势学科、特色学科的前沿研究成果。作者中有资深教授,有全国重点学科的学术带头人,有新近在学界崭露头角的新秀,他们都在各自的学术领域中受到瞩目。这批学术著作的出版,为厦门大学 90 周年校庆增添了喜悦和光彩。

至此,本《丛书》已出版了五辑。可以说,每一辑都从一个侧面反映了厦大奋斗的足迹和努力的成果,丛书的每一部著作都是厦大发

展与进步的一个见证,都是厦大人探索未知、追求真理、为民谋利、为国争光精神的一种体现。我想这样的一种精神一定会一辑又一辑地往下传。

大学出版社对大学的教学科研可以起到推动作用,可以促进它所在大学的整个学术水平的提升。在 90 年前,厦门大学就把“研究高深学术,养成专门人才,阐扬世界文化”作为自己的三大任务。厦门大学出版社作为厦门大学的有机组成部分,它的目标与大学的发展目标是相一致的。学校一直把出版社作为教学科研的一个重要的支撑条件,在努力提高它的水平和影响力的过程中,真正使出版社成为厦门大学的一个窗口。厦门大学《南强丛书》的出版汇聚了著作者及厦门大学出版社所有同仁的心血与汗水,为厦门大学的建设与发展作出了一份特有的贡献,我要借此机会表示我由衷的感谢。我期望厦门大学《南强丛书》不仅在国内学术界产生反响,更希望其影响被及海外,在世界各地都能看到它的身影。这是我,也是全校师生的共同心愿。

厦 门 大 学 校 长    朱 崇 实  
《南强丛书》编委会主任

2011 年 2 月 26 日

# 前言

21 世纪全球经济一体化、生态化两大导向,相互促进,相辅相成,引发了大规模、有意识的生态化研究及企业层次上实施清洁生产研究,世界各国政府都把向生态产业转型及升级作为国家战略。虽然在工业中清洁生产在理论和实践上得到一定的发展,并取得一定效果,但企业的可持续发展还受到上下游相关企业的影响,单个企业的环境努力作用有限,无法达到整体优化。单个企业的环境治理成本高且效果有限,在近十年中,很多学者关注以产品为纽带建立起的供应链企业间环境治理,在传统的供应链中融入“绿色”或“环保意识”理念,即绿色供应链。虽然绿色供应链管理注重废旧产品和包装物的再生利用,但绿色供应链依存成本高的特点必然对链上的企业,尤其是核心企业的经济实力有一定的要求,从而限制了中小型企业对绿色供应链管理模式的采用,且对废弃物和能源再利用的考虑相对不足,闭环程度较低。在工业生态学中,主要研究以副产品、废弃物、次级能量等为连接媒介,模仿自然生态系统的物质循环利用关系而建立起的供应链环境治理,如生态工业链、生态产业链等互补型企业组成的工业共生网络,这些互补型企业组成的工业共生网络形成一种各种资源循环流动的闭环系统,最大限度地减少废物排放,但企业之间依赖性强,网络形成受地理位置限制,市场应变能力、风险抵抗能力和可操作性较低,而且对回收品的利用不足。这些催生了生态供应链的产生与管理。

生态供应链是一种全新的管理理念,强调用整体的、系统的观点来看待问题,是对原有供应链的整体优化,它以供应链管理技术为基础,涉及供应商、制造商、分销商、零售商、物流商等企业和最终用户等构成的网络,同时站在整个社会的角度,关注从原材料采购、产品制造、分销、运输、仓储、消费

到回收处理的整个供应链管理过程,使得整个供应链对外界环境产生的不良影响降至最小,资源利用效率最高,并使整个供应链的经济效益和社会效益最优化。

本书以基于环境意识供应链管理相关的决策方法贯穿全书,整合了作者及其博、硕士生研究生近三年来的研究成果,集成了其中在国内外刊物上发表的相关论文30多篇及数百篇近几年来的相关文献,将经过锤炼后的思想最终集成了本书的体系结构;其中有些内容属于探索性的还未见文献论述。同时,整合了2006年度福建省高等学校新世纪优秀人才计划项目的主要成果、2008年国家青年科学基金项目“基于企业社会责任的绿色供应链实证分析与运作研究”(70802052)以及2009年国家自然科学基金资助项目“基于复杂产品供应链的不连续创新能级研究”(70971111)的部分成果。

本书从环境意识供应链涉及的关键活动出发,主要包括四章内容。第1章探讨了基于再造的不确定需求下产品回收模式,关注于再造闭环供应链及其回收模式、不确定需求下无价差时再造回收模式、不确定需求下有价差时再造回收模式、再造产品定价策略、WEEE回收条例有效实施问题、回收条例约束下的再制造供应链决策等。第2章针对集群供应链实际,探讨了驱动集群供应链高效运作的四个驱动因素;对不同类型的集群式供应链具体的组织模式进行了研究;利用量子物理学理论论证了集群供应链实际上是一个具“波粒二象性”的组织;利用博弈论得到集群供应链分工制度也会随着交易成本和利益的变化而不断地集成,集群供应链中的纵向关系实际上是供应链或企业根据经济环境的变化对分工制度安排进一步集成的过程;引入了热力学第二定律的相关内涵,分析得出集群供应链系统具有热力学系统的耗散结构特征,利用熵增方法来综合评价集群供应链系统绩效等。第3章着力于生态供应链管理的基本内涵,针对生态供应链合作关系,探讨了生态供应链的供求关系构建、工业共生关系构建、渠道合作关系构建等。第4章主要探讨面向产品创新的生态供应链,主要包括生态供应链管理相关理论、生态供应链的形成机理、生态供应链组建的稳定性、面向产品创新生态供应链的合作与协调关系、基于再制造的生态供应链网络均衡等。本书以翔实的案例为依托,以环境意识供应链管理理论为导向,针对我国国情,提出了一些切实的管理策略,通过建模与仿真分析得到了一系列有价值的新理论新方法。

对本书有贡献的学者包括张茹秀、黄位旺、杨光勇、谢昕等,在此表示诚挚的谢意。生命的长河中,我一直信奉:做人与求学同行,寻真与求知同进,治学与慎思同存。无论是助我者、正我者、嘲我者,他们实际都教给我很多的生命哲学。即便有这么多人支持与帮助,惜哉本人才疏学浅,很难对书中可能出现的不足之处找出借口,这些错误均是我个人的责任。愿望所有阅读本书的同仁们批评指正。值此一并致谢!

计国君

2010年5月写于厦门大学

# 目 录

## 总 序 前 言

|                             |            |
|-----------------------------|------------|
| <b>第 1 章 基于再造的回收模式与定价策略</b> | <b>1</b>   |
| 1.1 WEEE 回收条例有效实施的问题        | 1          |
| 1.2 回收条例下的再造供应链决策           | 15         |
| 1.3 不确定需求下有价差时的再造回收模式       | 26         |
| 1.4 基于再造产品的销售定价策略           | 42         |
| 1.5 基于生态效益的闭环供应链回收模式        | 63         |
| 公开问题                        | 73         |
| 参考文献                        | 74         |
| <b>第 2 章 集群供应链管理的策略</b>     | <b>80</b>  |
| 2.1 集群供应链的内涵                | 81         |
| 2.2 集群供应链的驱动因素              | 86         |
| 2.3 集群供应链的组织模式              | 95         |
| 2.4 集群供应链的纵向关系及分工制度安排       | 109        |
| 2.5 热力学第二定律下的集群供应链系统        | 113        |
| 2.6 案例分析——水泥业生态集群供应链        | 129        |
| 2.7 基于集群供应链的产品创新能级跃迁        | 140        |
| 公开问题                        | 156        |
| 参考文献                        | 157        |
| <b>第 3 章 生态供应链合作关系构建</b>    | <b>166</b> |
| 3.1 生态供应链的概念                | 166        |
| 3.2 生态供应链的供求合作关系            | 180        |
| 3.3 生态供应链的工业共生关系            | 186        |
| 3.4 生态供应链的逆向渠道合作关系          | 193        |
| 3.5 生态供应链运作的稳定性             | 206        |
| 公开问题                        | 225        |
| 参考文献                        | 226        |

|                             |            |
|-----------------------------|------------|
| <b>第4章 面向产品创新的生态供应链协调机制</b> | <b>235</b> |
| 4.1 产品创新的相关研究现状             | <b>236</b> |
| 4.2 面向产品创新的生态供应链纵向协调        | <b>248</b> |
| 4.3 面向产品创新的生态供应链横向协调        | <b>288</b> |
| 公开问题                        | <b>320</b> |
| 参考文献                        | <b>321</b> |

# 第1章 基于再造的回收模式与定价策略

大量淘汰的废旧产品是造成资源浪费和环境污染加剧的重要原因,企业是否执行再造甚至成为贸易全球化下的瓶颈问题,人们开始关注废旧产品的回收和再利用问题。在此背景下,再造作为一种环保节约型的生产理念和制造方式受到了许多国家的重视,成为世界各国实现可持续发展最有效的途径之一。

本章以回收与再利用为主线,探讨了诸如 WEEE 回收条例的有效实施问题、回收条例下的再造供应链决策、再造闭环供应链及其回收模式、不确定需求下无价差时再造回收模式、不确定需求下有价差时再造回收模式、再造产品定价策略、基于生态效益的闭环供应链回收模式等内容。



## 1.1 WEEE 回收条例有效实施的问题

### 1.1.1 回收条例现状

毋庸置疑,我国已进入家电报废高峰期,不仅废旧家电的数量巨大,且其种类也在增加和变化。据有关部门测算,2006 年我国主要电器电子产品的社会保有量,电视机约为 4.9 亿台、电冰箱约为 2.2 亿台、洗衣机约为 2.6 亿台、空调器约为 1.5 亿台、计算机约为 8 000 万台,合计 12 亿台;当年这 5 种产品的实际废弃量,电视机约为 460 万台,电冰箱约为 210 万台,洗衣机约为 250 万台,空调器约为 140 万台,计算机约为 200 万台,合计高达 1 260

万台(张磊,2009)。数量如此庞大的电子废弃物,一方面含有大量的有毒有害物质,如不进行正规的回收处理则会造成严重的环境污染;另一方面又具有很高的再生利用经济价值,如含有大量的塑料和贵金属,若进行合理的回收处理,循环利用原料,可有效减少对自然资源的需求。

近年来,消费者和政府一直在迫使厂商降低其产品对环境的影响(Thierry 等,1995)。为规范回收处理行为,促进资源循环利用和保护环境,我国在2009年2月25日公布了《废弃电器电子产品回收处理管理条例》(以下简称条例),并将于2011年1月1日起施行。该条例立足于我国国情,并借鉴国外“生产者延伸责任制”(Extended Producer Responsibility, EPR)的做法,其目的是:(1)激励制造商进行环保设计(Design for Environment, DE),如提高产品的可回收和重复使用性;(2)促使制造商回收处理电子废弃物,减少电子废弃物对环境的影响(Savage, 2006; Walls, 2006; Mayers 等, 2005)。然而制造商并非产品环境责任的唯一承担者,EPR及回收条例的有效实施必须以政府、处理商、供应商、消费者等各方的共同参与和诚信合作为前提(吴怡、诸大建,2008),该指令从根本上表明了一种趋势——经济与环境须协调发展(赵晓敏等,2004),是促进经济—社会—环境可持续发展的重要举措(石磊等,2008)。为此,系统分析电子废弃物回收处理模式存在的问题与不足,综合考虑环保因素,借鉴发达国家EPR制度实施方面的经验,从系统的角度分析回收条例所涉及的利益相关主体的经济行为,结合我国经济发展的阶段性特点,为回收产品的分类、回收网络体系的建设、政府对处理行为的社会化监管与激励提供理论依据,具有重要的理论和现实意义。

目前,我国电子废弃物的回收逆向物流确实存在不少问题,国家缺乏立法和经济管制及相应的支持性经济政策,处理技术落后、宣传不够、认识不足等(孙秋菊,2006),且电子回收处理的业务大部分都由非正式部门处理,既浪费资源也污染环境且存在职业安全等问题,与此同时,因无足够的电子废弃物回收,导致“等米待炊”的正式处理企业<sup>①</sup>处于亏损状态,必须制定和实施有效的电子废弃物立法来规范WEEE处理行业(Yang 等,2008; He 等,2006)。已有文献对回收条例所涉及的相关利益主体的研究,或从消费者的角度,通过调查问卷方式对消费者参与废旧家电回收行为的影响因素进行了实证研究,揭示了用户参与废旧家电回收行为意向的形成机制(蓝

① 正式处理商指依法取得废弃电器电子产品处理资格并且处理技术环保的处理商。

英、朱庆华,2009);或从制造商的角度,王兆华和尹建华(2008)运用 Logistic 回归模型,系统地揭示了家电企业的回收行为特征,认为回收制度及法规、消费者要求回收的意愿、管理者的环境意识、回收的经济效益对生产者回收行为具正向的显著影响;或从生产者责任组织(Producer Responsibility Organizations, PROs)的视角,Mayers(2007)以欧洲 SONY 电脑娱乐(PROs)为案例进行研究,阐述了欧盟 WEEE 条例下的 PROs 的作用和功能;或站在处理商的角度,根据废旧电脑逆向物流的流程建立成本—效益模型,经实证分析得出在无法律支持的前提下其效益甚微,应尽快促进循环经济立法及其实施(李健、张吉辉,2008);或站在政府的立场,用委托—代理理论来讨论政府的循环经济战略与企业的逆向物流运营间的决策机制和契约关系,为环境部门在制定环境补贴政策和决策环境监督水平提供依据(张保银等,2006)。与上述文献不同的是,本节将诸要素纳入一个框架体系来研究,从而获得对相关利益主体的整体认识。

田军和冯耕中(2005)从定性的角度分析了我国在电子废弃物回收与处理管理方面存在的问题与不足,从系统的角度提出了加强电子废弃物管理的对策体系,提出了在法律法规制度建设、社会回收网络体系建设、社会化监管和产业发展激励等方面的政策措施与管理机制。在数量模型已有研究方面,从制造商的决策出发,建立定量模型探讨三种逆向物流运作模式(零售商回收、第三方回收、制造商回收)及其最优决策的基本性质(Savaskan 等,2004;魏洁、李军,2005)。王文宾和达庆利(2007)在考虑消费者及全社会利益的前提下,根据 Stackelberg 博弈思想,给出并比较了制造商主导的逆向供应链 3 种情况(制造商不参与渠道、制造商参与渠道和集中式决策)下的制造商与零售商的利润分配问题。上述文献仅是单阶段的博弈。Toyasaki 等(2008)基于制造行业和处理行业特点,运用两阶段博弈模型(正向制造商、逆向处理商)分析委托处理的两种回收模式(单独回收和集体回收)对利益相关者的不同影响,且认为 PROs 对电子回收系统来说至关重要,但忽略了制造商自行处理的场景。与前几篇文献不同的是,Atasu 等(2009)把环境成本纳入三阶段(社会计划者、制造商和消费者)序贯决策博弈模型,并通过制定合理的再利用率 and 回收率,实现最大的总福利;但缺乏对回收、处理模式的比较分析。

基于以上剖析,本节从现行回收条例出发,采用两阶段(正向制造商、逆向处理商)序贯决策博弈模型分析三种不同的回收处理模式(集体回收委托

处理、单独回收委托处理及制造商自行回收处理)对不同相关利益主体的经济行为影响,综合环境成本,以全体福利最大化为原则,研究回收目标的设定、回收产品目录的分类、回收网络体系的建设、处理行为的监管与激励等问题。

### 1.1.2 均衡分析及决策

近几年,我国指定四家企业进行回收处理试点,分别是:青岛新天地环保有限公司、杭州大地环保有限公司、北京华星环保技术开发有限公司、天津和昌铜业有限公司。从试点效果可见:(1)初步探索了一条适合国情的废弃回收处理产业化之路,为中国废弃回收处理产业制定相关标准提供了支持(张磊,2009);(2)形成类似 PROs 的管理组织;(3)建立国内 WEEE 回收网络和体系(Yang 等,2008)。如图 1.1 清晰地描述了回收条例的元素和流程。

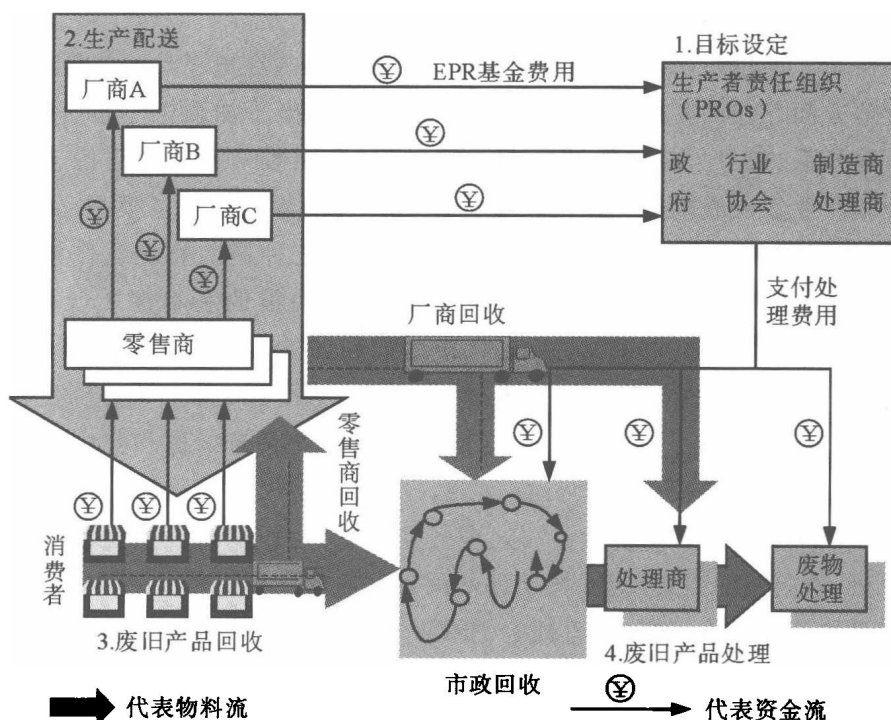


图 1.1 回收条例元素和流程分析

资料来源: C. Kieren Mayers. Strategic, Financial, and Design Implications of Extended Producer Responsibility in Europe: A Producer Case Study[J]. Journal of Industrial Ecology, 2007, 11(3): 113~131.

生产者责任组织(PROs)<sup>①</sup>:PROs是非营利性质的组织,政府主导,由生产商或行业协会以及处理商等联合组成,监督生产商履行废旧家电回收的责任和义务。该组织对EPR原则成功实施起了非常关键的作用,特别是对中小企业来说,通过参加该组织可大大降低履行职责的难度和成本。且该组织在制造商、处理商、零售商、市政当局等其他利益群体间起到了良好的联系纽带作用(张晓华、刘滨,2005;Mayers,2007);具体负责向制造商征收回收处理费用,设定回收处理标准(回收目录分类),制定有效的产品环保设计激励制度,加强消费者的对废弃物处理环保教育等。

假设PROs制定回收率水平( $c$ )、再利用率( $r$ )以及对制造商自行处理每单位给予补贴为( $d$ ),其中 $0 \leq c, r \leq 1, d \geq 0$ 。

消费者:作为重要的利益相关主体对WEEE的回收条例的有效实施具直接的影响。消费者不仅有关心环保,且也承担因制造商调整与WEEE回收相关的成本时导致的更高的原产品价格的风险。为便于分析,假设消费者面临的反需求函数为: $p = 1 - q$ ,其中 $q$ 为产品的总消费量,反需求函数假设为线性: $p = a - bq$ (Guide等,2003;Savaskan等,2004)。反映消费者剩余:

$$\Pi_c = \frac{1}{2}(1-p)q \quad (1.1)$$

制造商:其责任主要有两方面:一是“绿色”生产。《条例》规定,生产者生产的电器电子产品应符合国家有关电器电子产品污染控制的规定,采用有利于资源综合利用和无害化处理的设计方案,使用无毒无害或低毒低害以及便于回收利用的材料。电器电子产品上或产品说明书中应按照规定提供有关有毒有害物质含量、回收处理提示性说明等信息。二是自行或委托回收处理废弃电器电子产品。制造商可通过两种方式来完成其WEEE管理责任,即单独回收责任和集体回收责任。单独回收责任是指制造商自行建立回收系统或网络,只负责回收自己生产的废旧产品;集体回收责任则是针对某一行业所有制造商的产品,制造商通过缴纳回收处理费用,由专门机构统一组织(PROs)回收处理。

假设在市场上有两家完全相同的制造商,两者在进行Cournot博弈来获取各自市场份额(见图1.2)。 $p = 1 - \sum_{i=1}^2 q_i$  ( $i = 1, 2$ ),  $q_i$ 为制造商 $i$ 的产品销售量。制作商面临的生产决策除市场结构外,还须考虑回收条例的约

① 这里认为中国资源综合利用协会废弃电子电器工作委员会类似于PROs的组织。

束,制造商须对自己生产的废旧产品负责回收,可选择单独回收或集体回收责任,然后再决定是自行处理还是委托有资质的处理企业处理。假设制造商的生产成本为 $\mu$ , $t$ 为制造商负责回收处理 WEEE 的费用,且 $1-\mu-tc>0$ 。当制造商自行处理时,可得每单位的处理补贴( $drc$ )。

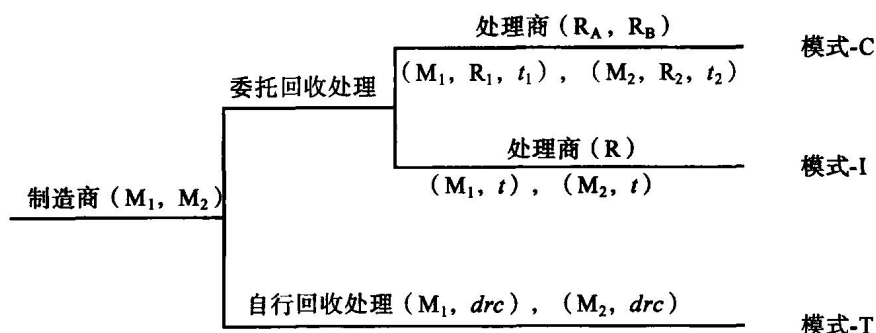


图 1.2 回收条例与两阶段序贯决策博弈

处理商:如图 1.2 所示,在委托回收处理模式时,处理行业存在两种市场结构,即单独回收的 Cournot 竞争和集体回收的垄断竞争,处理商间也进行博弈来确定处理价格。处理商的处理成本( $\eta$ )包括废旧产品的拆卸成本、再生成本、填埋成本、报废产品的收集与运输费用等支出。收集成本是指废弃产品从消费者到处理商(包括零售商回收、市政回收、制造商回收)所需的收集、运输等作业的各种费用支出(谢家平、陈荣秋,2003)。

为便于分析,本节不考虑回收处理的规模经济。假设回收处理可获得单位收益为( $br$ )。假设处理商向制造商收取单位处理费用为 $t$ 。为维持处理商存在,须确保处理商的利润 $t+br-\eta\geq 0$ 。令 $\rho=\eta-br$ 表示回收处理的净成本,一般 $\rho\geq 0$ ,这点可从试点项目的成本收益得到说明(见表 1.1)。

表 1.1 试点项目正式回收处理成本、收益一览表

| 回收产品目录 | 处理成本①<br>回收成本 | 运输成本 | 处理后<br>价值② | 净处理成本③<br>(③=①-②) |
|--------|---------------|------|------------|-------------------|
| 电视机    | 156           | 14.5 | 20         | 150.5             |
| 电冰箱    | 165           | 38.7 | 172        | 31.7              |
| 空调     | 308           | 30.8 | 100        | 238.8             |
| 洗衣机    | 115           | 19.3 | 40         | 94.3              |
| 电脑     | 150           | 47.3 | 200        | -2.7              |

资料来源:Jianxin Yang, Bin Lu, Cheng Xu. WEEE flow and mitigating measures in China[J]. Waste Management, 2008, 28:1589~1597.

决策顺序为:首先,PROs 制定回收率( $c$ )、再利用率( $r$ )以及处理补贴( $d$ );其次,考虑回收、处理成本之后,制造商确定其产品销量和价格;再次,每个处理商决定向制造商收取处理费用额;最后,消费者购买产品。

这里做进一步假设:

- (1)制造商前向一体化零售商;
- (2)处理商和回收商合并为处理商,即处理商包括回收和处理 WEEE;
- (2)社会剩余(福利)具有线性可加性,即

社会福利( $W$ )=制造商的利润+处理商的利润+消费者剩余

在回收条例的约束下,就目前国内外已有的 WEEE 回收处理模式来看主要有两大类,一类是委托外包回收处理模式,这其中又可分为独立回收处理模式和集体回收处理模式;另外一类制造商内部化回收处理活动,即自行回收处理(也即承担独立回收责任)。如图 1.2 所示,一方面,制造商在新产品消费市场上竞争;另一方面,处理商在废旧产品市场上设定竞争性的回收处理费用。

### 1. 委托回收处理

在该模式下,假设处理商为 Stackelberg 领导者,制造商为追随者。具体为:

第一阶段,每个处理商对回收的废旧产品确定处理费用水平,即处理商在考虑制造商对处理基金费用的反应,进行非合作博弈;

第二阶段,每制造商设定消费市场的产品销售价格,即考虑 PROs 设定的回收处理费用(集体回收处理模式,模式 C)和与签约处理商设定的处理费用(单独回收处理模式,模式 I)。

#### (1)集体回收处理

PROs 代表签约生产商履行废旧家电回收的责任和义务,按制造商的产品市场份额来收取回收处理基金,然后制造商就不用关心回收问题。PROs 通常按产品的类别而形成,以便集中精力实现其回收业务最大的效率和确定回收再利用的材料和产品市场。如比利时、荷兰、瑞典等国家采用该模式。此时,制造商和处理商的利润函数分别为:

$$\Pi_i^C(q_i) = q_i (p - u - t^C) \quad i = 1, 2 \quad (1.2)$$

$$\Pi_R^C(t^C) = (t^C + br - \eta)c(\sum q_i) \quad (1.3)$$

反向推导两阶段博弈,首先考虑第二阶段 Cournot 博弈,在给定  $t^C$  时,对制造商  $M_2$  的产量  $q_2$ ,制造商  $M_1$  从式(1.1)确定其产量  $q_1^C(q_2^C)$ ,具体反应