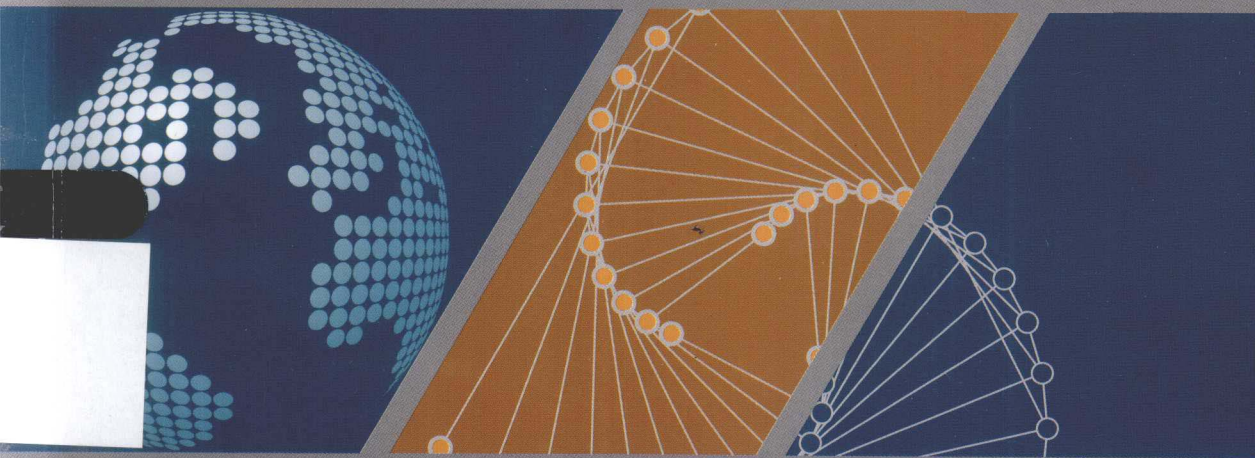


第三方回收再制造 闭环供应链风险管理 及其智能决策支持系统研究



史成东 © 著



经济科学出版社
Economic Science Press

C14016933

教育部人文社会科学研究规划基金项目 (12YJAZH114、13YJA7

山东省社会科学规划研究项目 (11CGLZ07、12CGLZ10)

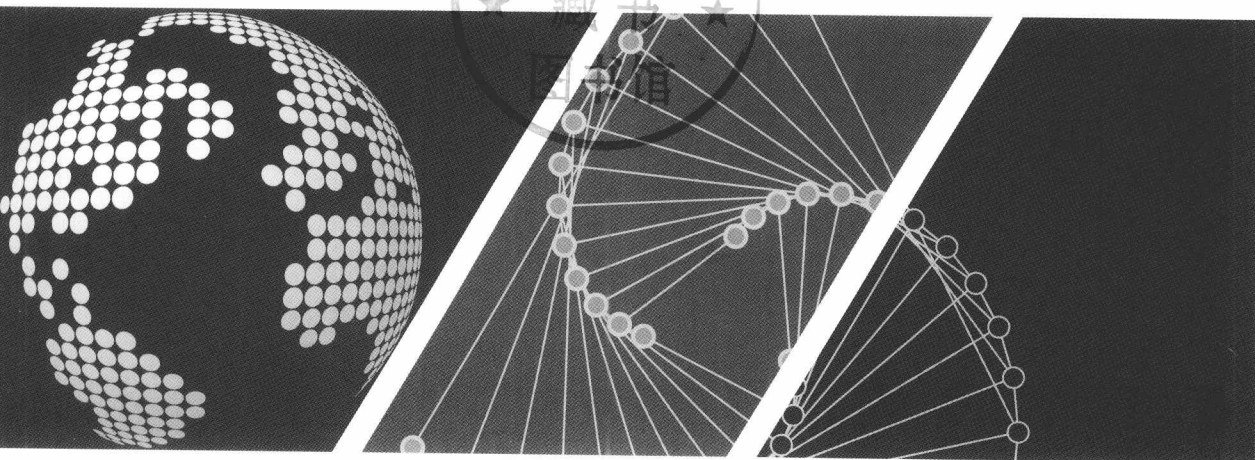
山东省自然科学基金项目 (ZR2013GM001)

X7
39

第三方回收再制造 闭环供应链风险管理 及其智能决策支持系统研究



史成东◎著



经济科学出版社
Economic Science Press



北航

C1703772

X7/39

图书在版编目 (CIP) 数据

第三方回收再制造闭环供应链风险管理及其智能决策
支持系统研究 / 史成东著. —北京: 经济科学出版社,
2013. 12

ISBN 978 - 7 - 5141 - 3891 - 7

I. ①第… II. ①史… III. ①废物综合利用 - 供应链
管理 - 风险管理 - 研究②废物综合利用 - 智能决策 - 决策
支持系统 - 研究 IV. ①X7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 245428 号

责任编辑: 段 钢

责任校对: 杨 海

责任印制: 邱 天

第三方回收再制造闭环供应链风险管理及其智能决策支持系统研究

史成东 著

经济科学出版社出版、发行 新华书店经销

社址: 北京市海淀区阜成路甲 28 号 邮编: 100142

总编部电话: 010 - 88191217 发行部电话: 010 - 88191522

网址: [www. esp. com. cn](http://www.esp.com.cn)

电子邮件: [esp@ esp. com. cn](mailto:esp@esp.com.cn)

天猫网店: 经济科学出版社旗舰店

网址: [http: //jjkxcbs. tmall. com](http://jjkxcbs.tmall.com)

北京万友印刷有限公司印装

710 × 1000 16 开 13.5 印张 280000 字

2013 年 12 月第 1 版 2013 年 12 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5141 - 3891 - 7 定价: 42.00 元

(图书出现印装问题, 本社负责调换。电话: 010 - 88191502)

(版权所有 翻印必究)

序

闭环供应链 (Closed Loop Supply Chains, CLSC) 是一个完整的供应链循环体系, 囊括了产品回收与生命周期支持的逆向物流。闭环供应链的有效运作, 可以减少剩余废弃物及污染物排放量, 对推动可持续发展有着重要的意义。因此, 闭环供应链的研究不仅具有重要的理论价值, 而且具有重要的实践价值。

本书作者以确定性市场和不确定市场为主线, 综合研究了第三方竞争和销售商风险特性对第三方回收再制造闭环供应链风险管理系统的影响; 利用新型智能技术, 构建了供应链决策支持系统, 分析研究了供应商的优化选择、业务外包额度的优化配置、供应链绩效的评价和供应链稳定性的有效控制问题。研究视角独特, 研究思路开阔, 研究成果丰富。

本书是作者对近几年研究成果的精心加工, 祝贺本书作者所取得的成绩, 并希望本书的出版能对科研人员、政府有关部门、大专院校的学生及实际工作者有所借鉴和参考。

天津大学管理与经济学部副主任

博士生导师 马寿丰

2013 年 9 月 26 日

前 言

随着人们对环境保护及可持续发展认识的逐步深入，制造企业越来越重视废旧产品的回收再造。这种行为不仅仅是由于企业迫于相关环保政策的压力。相反，更多的是由于企业发现利用回收回来的产品在为企业赢得绿色环保声誉的同时，还可以降低生产成本，提高企业利润。然而，由于闭环供应链成员是不同的利益主体，决策是分散的，而且在合作过程中往往具有不同的目标。因此，和传统的开环供应链相似，闭环供应链中也普遍存在着双重边际加价效应，导致整条供应链运作绩效降低，整体利润下降，处于失调状态。

本书以博弈论、效用理论、机会约束理论、BP神经网络、多目标规划、粗糙集、数据包络分析、状态观测器理论为工具，采用以定量分析为主、定性分析为辅的研究方法，以确定性市场需求（市场需求是产品销售价的线性函数）和不确定性市场（风险市场）需求（市场需求是随机分布函数）为主线，从闭环供应链参与主体的风险规避特性和闭环供应链中第三方（Third-party, 3P）回收商之间的竞争特性的角度出发，深入研究了第三方回收企业之间的古诺竞争对第三方回收再制造闭环供应链的影响、销售商的风险规避特性（分别使用 Loss-averse 效用函数和 Downside-risk 机会约束模型测度）对第三方回收再制造闭环供应链的作用、第三方回收再制造闭环供应链的契约协调以及利用 BP神经网络、粗糙集等智能优化的方法，建立供应链智能决策支持系统，对供应链参与主体选择、业务额度分配、供应链绩效评价、供应链系统稳定性控制等进行分析。通过研究，一方面对各种情况下闭环供应链参与主体的决策行为进

行解释、对运行规律进行归纳；另一方面对如何协调闭环供应链以及如何为闭环供应链的智能决策提供支持，对提升闭环供应链整体竞争优势提供指导，因此具有一定的理论和现实意义。

本书是在我的博士论文《考虑政府补贴的第三方回收再制造闭环供应链契约协调研究》和有关纵向研究课题基础上，经过修改加工完成的。

全书分为 11 章。第 1 章是绪论。介绍了研究背景、研究对象和问题，分析了国内外研究现状，阐述了研究内容及拟解决的关键问题、研究方法与研究框架等。第 2 章是第三方回收再制造闭环供应链及其契约协调分析。分析了闭环供应链类型及渠道，介绍了第三方回收再制造闭环供应链的概念和内涵，分析了第三方回收再制造闭环供应链的主要特征、失调原因、协调目标，阐述了供应链契约理论及其在第三方回收再制造闭环供应链协调中的应用。第 3 章是确定性市场需求下单一第三方回收再制造闭环供应链契约协调研究。利用博弈理论，构建了单一第三方回收再制造闭环供应链 Stackelberg 非合作博弈（分散决策）模型和集中决策模型，分析了非合作博弈和合作博弈状态下产品的定价策略和供应链参与各方的博弈规律；通过以集中决策（合作博弈）模型为基准（标杆），使用收益费用共享契约，建立了单一第三方回收再制造闭环供应链协调模型，使得分散决策下的制造商、销售商和第三方的利润、消费者的效用都能达到集中决策的水平，实现了闭环供应链的完美协调和优化。最后使用数值运算和 MATLAB 仿真的手段，对理论分析结果进行了仿真验证。第 4 章是确定性市场需求下双第三方回收再制造闭环供应链契约协调研究。在单一第三方回收再制造闭环供应链模型的基础上，假定废旧产品市场上有两家寡头垄断第三方回收企业，它们之间没有合谋和勾结，双方信息共享，构建了古诺竞争环境下（Cournot）双第三方回收再制造闭环供应链模型，分析了古诺竞争下供应链成员的运作规律；然后以古诺竞争环境下双第三方回收再制造闭环供应链集中决策模型为标杆，建立契约协调模型，实现了

闭环供应链的完美协调；最后通过数值分析和 MATLAB 仿真，分析研究了收益共享契约的取值范围等。第 5 章是不确定性市场需求下单一第三方回收再制造闭环供应链契约协调研究。针对市场处于不确定性情景下，闭环供应链参与主体的固有特性（风险特性）有可能发挥作用的特点，使用效用理论和机会约束理论，分别构建了不确定性市场需求下（市场需求是随机分布函数）Loss-averse 效用函数测度的（使用 Loss-averse 效用函数测度销售商的风险规避特性）单一第三方回收再制造闭环供应链集中决策（合作博弈）和分散决策（非合作博弈）模型及不确定性市场需求下（市场需求是随机分布函数）Downside-risk 下行风险约束条件测度的（使用 Downside-risk 下行风险约束条件测度销售商的风险规避特性）单一第三方回收再制造闭环供应链集中决策（合作博弈）和分散决策（非合作博弈）模型，分别研究了两类决策模型中，制造商、销售商和第三方的博弈规律；并以集中决策模型为标杆，通过分别设计收益费用共享契约和风险共享与费用共享组合契约，实现了风险型（考虑供应链的风险特性）单一第三方回收再制造闭环供应链的完美协调；并通过数值仿真研究和灵敏度分析，对本章的定理和结论进行了验证；最后对 Loss-averse 和 Downside-risk 两种测度供应链风险的模式进行了对比分析。

第 6 章是不确定性市场需求下双第三方回收再制造闭环供应链契约协调研究。在古诺竞争分析和风险型单一第三方回收再制造闭环供应链研究的基础上，构建了不确定性市场需求（市场需求是随机分布函数）下古诺竞争情景的双第三方回收再制造闭环供应链（分别使用 Loss-averse 效用函数和 Downside-risk 机会约束模型测度销售商的风险规避特性）模型，分析了古诺竞争情景下第三方回收再制造闭环供应链的运作规律，设计了 Loss-averse 测度和 Downside-risk 测度的双第三方回收再制造闭环供应链实现完美协调的契约。第 7 章是基于 BP 神经网络和数据包络分析（DEA）的供应商选择研究。首先介绍了供应商（以上市物流供应商为范例）评价指标体

系的建立、指标数据的标准化、BP神经网络的构造、BP神经网络的智能运算等；然后介绍了交叉数据包络分析（DEA的改进形式）构造模型；最后利用在上海和深圳证券交易所上市的物流供应商的样本数据，使用BP神经网络和交叉DEA相结合的评价选择模型，对物流供应商进行了智能化选择。第8章是基于多目标规划的业务外包额度的分配研究。首先使用主客观组合赋权法（模糊群决策的主观赋权法和熵值的客观赋权法）确定了评价指标的权重和供应链合作伙伴的重要程度；然后将合作伙伴的重要度系数和利润率引入决策目标中，建立了一个多目标线性规划模型；最后通过仿真算例和关系成本系数的灵敏度分析，智能化地选择出合适的合作伙伴，确定出业务量的分配额度。第9章是基于粗糙集和BP神经网络的供应链绩效评价研究。首先介绍了粗糙集的基本原理及粗糙集和BP神经网络结合的供应链绩效评价框架结构；然后介绍了利用粗糙集对评价指标进行约简（降维）的基本思路和方法；最后通过实例进行了研究，并与未进行指标约简的情况进行了对照分析，验证方法的可行性和有效性。第10章是基于状态观测器理论的供应链系统稳定性控制研究。介绍了供应链系统利用状态观测器进行状态反馈的理论基础，设计了状态反馈镇定系统，仿真算例分析了供应链系统稳定性的有效控制问题。第11章是研究结论与展望。总结研究所取得的成果，指出研究中存在的不足，并提出下一步深入研究的方向。

本书的出版得到了“教育部人文社会科学研究规划基金项目（12YJAZH114、13YJAZH12）”、“山东省社会科学规划研究项目（11CGLZ07、12CGLZ10）”“山东省自然科学基金项目（ZR2013GM001）”的资助。希望本书的出版能为相关部门行政决策、学术探讨、方法实施提供参考，并为闭环供应链的运作提供借鉴。

我的导师西安理工大学陈菊红教授，以及党兴华教授、扈文秀教授、苏菊宁博士、杨益华博士、刘海军博士、高文军博士、郭福利博士、张雅琪博士、董会忠博士、段志鹏硕士、张俊硕士、盛小丽硕士等，山东理工大学王学真副校长、社会科学处吴宗杰处长、

科学技术处巴连良副处长，山东理工大学商学院李平院长、段福兴书记、崔会保副院长、綦振法副院长、高峰副院长、闫秀霞院长助理、高越院长助理，山东理工大学 MBA 教育中心高厚礼主任、程钧谟副主任，商学院和 MBA 教育中心的各位同仁，山东理工大学电气与工程学院的边敦新博士、谭培红副教授，以及经济科学出版社的吕萍总编、段钢编辑和其他各位老师，对本书的完成给予了极大的帮助和支持，在此一并表示诚挚感谢。

本书的写作参考了国内外大量的论著、期刊、研究报告、硕博论文等文献资料，采用文中标注和书后参考文献的方式列出，在此对这些文献的作者表示感谢。由于本人的水平有限，谬误和不妥之处敬请学术界同仁和读者给予批评指正。

史成东

2013 年 9 月于山东

目 录

第1章 绪论	1
1.1 研究背景	1
1.1.1 现实背景	1
1.1.2 理论背景	5
1.2 研究对象和问题	7
1.2.1 研究对象	7
1.2.2 研究问题	7
1.3 研究目的与意义	9
1.3.1 研究目的	9
1.3.2 研究意义	10
1.4 国内外研究现状分析	12
1.4.1 确定性市场需求下再制造闭环供应链的研究现状	12
1.4.2 不确定性市场需求下再制造闭环供应链的研究现状	14
1.4.3 考虑政策影响的再制造闭环供应链的研究现状	18
1.4.4 基于混合智能技术构建决策支持系统的研究现状	19
1.4.5 文献评述与启示	20
1.5 研究内容及拟解决关键问题	21
1.5.1 研究的主要内容	21
1.5.2 拟解决关键问题	24
1.6 研究方法与研究框架	25
1.6.1 研究方法	25
1.6.2 研究框架与技术路线	26
1.7 本章小结	27

第2章 第三方回收再制造闭环供应链及其契约协调分析	28
2.1 闭环供应链类型及渠道分析	28
2.1.1 闭环供应链的类型	28
2.1.2 闭环供应链的关键活动	30
2.1.3 闭环供应链的回收渠道	32
2.2 第三方回收再制造闭环供应链的概念和内涵	34
2.3 第三方回收再制造闭环供应链的主要特征分析	35
2.4 第三方回收再制造闭环供应链失调原因分析	37
2.4.1 个体理性	37
2.4.2 不确定性	38
2.4.3 信息不对称性	40
2.5 第三方回收再制造闭环供应链协调目标分析	41
2.6 供应链契约理论及其在第三方回收再制造闭环供应链协调中的应用分析	42
2.6.1 供应链契约的基本理论	42
2.6.2 供应链的契约类型及契约选择分析	45
2.6.3 供应链契约在第三方回收再制造闭环供应链协调中的应用分析	51
2.7 本章小结	51
第3章 确定性市场需求下单一第三方回收再制造闭环供应链契约协调研究	53
3.1 确定性市场需求下单一第三方回收再制造闭环供应链模型	53
3.1.1 确定性市场需求下第三方回收的再制造闭环供应链基本结构	53
3.1.2 符号说明	54
3.1.3 第三方回收再制造闭环供应链的 Stackelberg 均衡	55
3.2 模型基本假设	56
3.3 单一第三方回收再制造闭环供应链分散决策模型	58
3.4 单一第三方回收再制造闭环供应链集中决策模型	59

3.5	单一第三方回收再制造闭环供应链协调性分析·····	60
3.6	单一第三方回收再制造闭环供应链契约协调模型·····	60
3.7	数值算例·····	62
3.8	MATLAB 仿真·····	63
3.9	本章小结·····	64
第4章	确定性市场需求下双第三方回收再制造闭环供应链契约 协调研究 ·····	65
4.1	第三方回收商的古诺竞争模型·····	65
4.2	双第三方回收再制造闭环供应链模型的基本假设·····	66
4.3	古诺竞争环境下双第三方回收再制造闭环供应链非合作 博弈模型·····	67
4.4	古诺竞争环境下双第三方回收再制造闭环供应链合作 博弈模型·····	69
4.5	古诺竞争环境下双第三方回收再制造闭环供应链收益共享 契约协调模型·····	70
4.6	数值仿真分析·····	72
4.7	模型结果分析·····	74
4.8	本章小结·····	75
第5章	不确定性市场需求下单一第三方回收再制造闭环供应链 契约协调研究 ·····	76
5.1	不确定性市场需求下单一第三方回收再制造闭环供应链模型 ·····	77
5.1.1	不确定性市场需求下第三方回收的再制造闭环 供应链基本结构·····	77
5.1.2	符号说明·····	78
5.2	Loss-averse 测度的单一第三方回收再制造闭环供应链分析 ·····	79
5.2.1	期望效用函数简介·····	79
5.2.2	模型基本假设·····	80
5.2.3	集中决策模型·····	82

5.2.4	分散决策模型	82
5.2.5	Loss-averse 测度的单一第三方回收再制造闭环供应链 收益费用共享契约协调	84
5.2.6	数值仿真研究	88
5.2.7	灵敏度分析	90
5.2.8	本节小结	92
5.3	Downside-risk 测度的单一第三方回收再制造闭环供应链分析	92
5.3.1	Downside-risk 简介	93
5.3.2	模型的建立	93
5.3.3	下行风险对第三方回收再制造闭环供应链的影响	94
5.3.4	下行风险对收益费用共享契约控制下的第三方回收 再制造闭环供应链的影响	96
5.3.5	Downside-risk 测度下的第三方回收再制造闭环供应链的 契约协调研究	99
5.3.6	数值仿真分析	102
5.3.7	灵敏度分析	103
5.3.8	本节小结	106
5.4	Loss-averse 和 Downside-risk 测度风险规避特性时的比较分析	106
5.5	本章小结	107

第6章 不确定性市场需求下双第三方回收再制造闭环供应链

	契约协调研究	108
6.1	古诺竞争下 Loss-averse 和 Downside-risk 测度的双第三方回收 再制造闭环供应链分散决策模型	109
6.2	古诺竞争下双第三方回收再制造闭环供应链集中决策模型	111
6.3	古诺竞争情景下双第三方回收再制造闭环供应链的契约 协调研究	113
6.3.1	古诺竞争情景下 Loss-averse 测度的双第三方回收 再制造闭环供应链的收益费用共享契约协调	113

6.3.2 古诺竞争情景下 Downside-risk 测度的双第三方回收再 制造闭环供应链的风险共享与费用共享组合契约协调	115
6.4 数值仿真研究和灵敏度分析	116
6.4.1 数值仿真研究	116
6.4.2 灵敏度分析	121
6.5 本章小结	122
 第7章 基于 BP 神经网络和数据包络分析 (DEA) 的供应商选择研究	124
7.1 问题的提出	124
7.2 基于 BP 神经网络和 DEA 的供应商选择模型	125
7.2.1 评价指标体系的建立	125
7.2.2 指标数据的标准化	126
7.2.3 构造 BP 神经网络	126
7.2.4 BP 神经网络的计算	127
7.2.5 评价指标价值标准的确定	130
7.2.6 C^2R -DEA 交叉评价模型	130
7.2.7 C^2R -DEA 交叉评价模型的算法	131
7.2.8 物流供应商的选择	132
7.3 实证研究	132
7.3.1 指标确定及数据来源	132
7.3.2 确定交叉评价值	132
7.3.3 构造 BP 神经网络和设计 BP 算法	133
7.3.4 物流供应商的选择	134
7.4 本章小结	135
 第8章 基于多目标规划的业务外包额度的分配研究	136
8.1 问题的提出	136
8.2 基于精益思想的物流联盟伙伴选择指标体系的建立	137
8.3 评价指标权重及合作伙伴重要度系数的确定	138
8.3.1 评价指标的无量纲化处理	138

8.3.2	模糊群决策的主观赋权法	139
8.3.3	熵值法的客观赋权法	140
8.3.4	主客观组合赋权法——“加法”集成法	141
8.3.5	合作伙伴重要度系数的计算	142
8.4	物流联盟重要合作伙伴选择的多目标决策模型	143
8.5	数值仿真分析	144
8.6	本章小结	147
第9章	基于粗糙集和BP神经网络的供应链绩效评价研究	148
9.1	问题的提出	148
9.2	基于粗糙集和BP神经网络的供应链绩效评价模型的建立	149
9.2.1	粗糙集的基本原理	149
9.2.2	基于粗糙集和BP神经网络的供应链绩效评价模型的 框架结构	150
9.3	基于粗糙集和BP神经网络的供应链绩效评价模型的 计算及分析	151
9.3.1	指标数据离散化	151
9.3.2	制定绩效决策表和构造分辨矩阵	151
9.3.3	评价指标的约简(降维)	152
9.3.4	供应链绩效评价	153
9.4	实例研究	153
9.4.1	指标数据的离散化	153
9.4.2	制定绩效决策表和构造分辨矩阵	153
9.4.3	评价指标的约简	154
9.4.4	构造BP神经网络和设计BP算法	154
9.4.5	供应链绩效评价	156
9.5	本章小结	156
第10章	基于状态观测器理论的供应链系统稳定性控制研究	157
10.1	问题的提出	157

10.2 构造观测器状态反馈的理论基础	158
10.2.1 利用观测器实现状态反馈的可行性	158
10.2.2 状态观测器的设计原则	159
10.2.3 闭环系统的等价性	160
10.2.4 分离原理	161
10.3 仿真算例分析	162
10.4 本章小结	164
 第 11 章 研究结论与展望	 165
11.1 研究结论	165
11.2 主要创新点	166
11.3 研究不足与未来展望	167
 英文人名对照表	 169
 附 录	 172
附录 1: 3.3 节的公式推导过程	172
附录 2: 3.4 节的公式推导过程	175
附录 3: 3.6 节的公式推导过程	176
 参考文献	 179

第 1 章

绪 论

1.1 研究背景

1.1.1 现实背景

1. 资源环境问题带来的挑战和生产者延伸责任制度及回收再制造带来的利润促进了闭环供应链的发展

在 20 世纪的 100 年中人类创造的物质财富超过了以往 5000 年历史的总和,但由于大量生产、流通和消费,造成了地球资源的极端消耗和环境的严重污染。这种现象在我国更为严重。例如,2006 年,我国 GDP 占全球 GDP 的 5.5%,但能源消耗量占 15%,钢材消耗量占 30%,水泥耗量占 54%^[1]。另外,随着经济的高速发展,越来越多的废旧产品随意处置,使我们的大气、水环境和土壤遭到了极大的破坏^[2]。资源的枯竭和生态环境的恶化已经成为制约我国可持续发展的瓶颈和最大障碍。

随着经济和社会的发展,人们对物质消费的要求也越来越高。产品更新换代的速度越来越快,被丢弃、淘汰的物品日益增多。在美国,工业设施和家庭产生的城市固体垃圾平均每人每天约为 1.8 千克。欧盟电子废弃物更是每年达到 600 万~800 万吨,且每 5 年以 16%~28% 的速度增长,是城市垃圾增长速度的 3~5 倍。从中国国内情况看,自 2003 年以后,我国电子垃圾的数量约以每年 5%~10% 的速度增长。

与电子产品相比,机电产品具有更长的使用寿命,更新换代速度较慢。由于机电产品的使用历史更长,各种类型的机电产品(如各种车辆、船舶、军事装备等)实际拥有量巨大,每年因各种原因导致设备停产、报废或被淘汰,