



# 再制造业产业化发展研究 ——以机床再制造业为例

曹俊 著



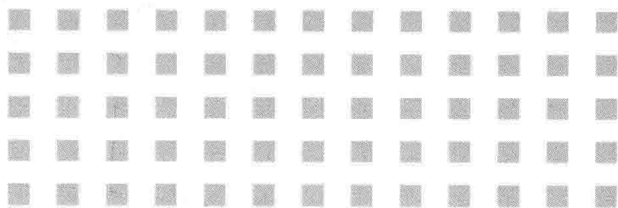
WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

国家社会科学基金项目“循环经济中再制造业产业化发展对策研究”(11CGL004)成果

# 再制造业产业化发展研究 ——以机床再制造业为例

曹俊 著



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

再制造业产业化发展研究:以机床再制造业为例/曹俊著. —武汉:武汉大学出版社,2016.3

ISBN 978-7-307-17490-0

I. 再… II. 曹… III. 机床—制造业—工业发展—研究—中国  
IV. F426.42

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 006689 号

责任编辑:胡 艳

责任校对:李孟潇

版式设计:韩闻锦

---

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件: cbs22@whu.edu.cn 网址: www.wdp.com.cn)

印刷:虎彩印艺股份有限公司

开本:720×1000 1/16 印张:14.25 字数:201千字 插页:1

版次:2016年3月第1版 2016年3月第1次印刷

ISBN 978-7-307-17490-0 定价:30.00元

---

版权所有,不得翻印;凡购我社的图书,如有质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

# 前 言

1999年,中国工程院院士徐滨士正式提出“再制造”的概念。同时,随着我国经济社会发展的需要,加快发展再制造产业,上升为国家战略。2010年5月,国家发展和改革委员会、工业和信息化部、国家税务总局等11部门联合下发了《关于推进再制造产业发展的意见》。2013年5月24日,中共中央总书记习近平强调,要大力节约集约利用资源,推动资源利用方式根本转变,大力发展循环经济<sup>①</sup>。2014年12月,国家发展改革委副主任解振华指出,发展循环经济,科技创新是支撑,链接技术是关键。<sup>②</sup>在机械装备中,废旧机床资源循环再使用的效率最高。因此,本书以机床再制造产业为例,研究如何通过回收模式和协调机制创新、再制造件的定价机制创新,降低废旧制造装备回收数量的不确定性,提高再制造装备的市场交易量,促进装备再制造业产业化发展。

本书针对旧装备回收环节研究现状、消费者感知质量及认可度研究现状、再制造商的声誉研究现状、有关再制造产品定价问题、行业规范和支持等问题进行了综述;对再制造的相关基础定义进行了解说;根据实地调研的情况,对我国机床再制造的基本情况进行了说明,并辅以华中自控、重庆二机、武汉重机、浙西机床的再制造实践情况;通过统计全球主要国家和地区的机床产量,全球主要的机床进口国家和地区,全球主要的机床消费市场,全球主要的机

---

① 习近平:坚持节约资源和保护环境基本国策 努力走向社会主义生态文明新时代. [http://news.xinhuanet.com/politics/2013-05/24/c\\_115901657.htm](http://news.xinhuanet.com/politics/2013-05/24/c_115901657.htm)

② 解振华:发展循环经济 促进绿色转型. [http://www.ce.cn/xwzx/gnsz/gdxw/201412/03/t20141203\\_4030989.shtml](http://www.ce.cn/xwzx/gnsz/gdxw/201412/03/t20141203_4030989.shtml).

床出口国家和地区等，了解国内机床的市场需求和再制造机床的发展空间，并为后续进行国内相关企业的调研积累行业数量 and 知识。

通过实证分析与数理模型研究推理，本书指出：（1）影响再制造机床交易的稳定性，从高到低依次是特性及认可度因素、需求因素、支持因素、售后因素。总体上，企业都认为特性及认可度最影响再制造机床交易的稳定性。（2）当消费者等待时间为零时，回购再制造模式下的技术转移比例高于委托再制造模式下的技术转移比例。当消费者等待时间不为零时，再制造技术许可费和消费者等待成本对两种模式下技术转移比例的影响比较明显。通过数值仿真，探讨了两种模式下，消费者等待时间对技术转移比例、制造商的利润、再制造商的利润、再制造价格的影响机理。（3）在双渠道模式下，技术转移比例的上升将促进再制造市场的发展。单一渠道模式下的技术转移比例的上升将带来再制造市场截然不同的发展倾向。垂直一体化的模式下，单位产品的售后服务利润对售后服务体系的构建和再制造市场的影响非常明显。为促进再制造市场的协调发展，政府应该针对不同售后服务模式构建有差别的调控措施。（4）在原始设备制造商只从事实物再制造时，由于再制造价格过高，导致实际的再制造需求为零。原始设备制造商从事技术开发与转让时，比较分析两种转移收费模式对再制造价格、技术转移比例、再制造市场需求和总的需求的影响。（5）对回购再制造模式和委托再制造模式中两类企业的供应链流程、供应链响应能力分析，以及战略定位进行了分析，然后从利益的驱动力、发展的需求、优势互补等方面，构建了“经销—售后服务—再制造服务”三位一体的服务架构与立体技术转让和服务联盟，从而促进中小型机床再制造企业的发展。（6）在借鉴国外推进机床再制造产业发展的做法与经验和前述研究的基础上，提升再制造装备产业化发展的政策建议。针对行业协会的发展问题、人才培养问题、再制造价值链的构建和规范、差异化财税政策的制定等方面，提出了具体的政策建议。

本书在国家社科基金项目“循环经济中再制造业产业化发展对策研究”（项目编号 11CGL004）资助下完成，得到了项目组成员刘莉莎、肖泽民、刘炯艳、吕奇光、肖秀松、衡容的大力帮助，在此

深表谢意！在调研过程中，还得到了北京装甲兵工程学院装备再制造技术国防科技重点实验室徐滨士院士、中国机电装备维修与改造协会吴义苗秘书长、机床再制造联盟孙巧玲秘书长，以及重庆杰信联众机械有限公司、江苏江淮动力股份有限公司、重庆第二机床有限责任公司、武汉华中自控技术发展有限公司、武汉重型机床集团有限公司再制造公司、重庆市浙西机床有限公司等同仁的大力支持；在研究过程中，得到了 Chair Professor Xiong Yu (Northumbria University, UK)，西南大学罗军博士、李丹等众多学者的帮助；在著书成稿阶段，得到了武汉大学出版社及相关编辑的大力支持与帮助，在此一并感谢！

作 者

2015 年 9 月

# 目 录

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 第1章 绪论 .....                | 1  |
| 1.1 研究背景及研究意义 .....         | 1  |
| 1.1.1 研究背景 .....            | 1  |
| 1.1.2 研究意义 .....            | 2  |
| 1.2 国内外研究现状综述 .....         | 3  |
| 1.2.1 旧装备回收环节研究现状 .....     | 3  |
| 1.2.2 消费者感知质量及认可度研究现状 ..... | 6  |
| 1.2.3 再制造商的声誉研究现状 .....     | 8  |
| 1.2.4 有关再制造产品定价问题 .....     | 9  |
| 1.2.5 行业规范和支持 .....         | 11 |
| 1.2.6 文献述评 .....            | 13 |
| 1.3 研究目的和研究内容 .....         | 14 |
| 1.3.1 研究目的 .....            | 14 |
| 1.3.2 研究内容 .....            | 14 |
| 1.4 研究方法与逻辑结构 .....         | 15 |
| 1.4.1 研究方法 .....            | 15 |
| 1.4.2 逻辑结构 .....            | 16 |
| 第2章 我国机床再制造业发展现状 .....      | 17 |
| 2.1 基础定义 .....              | 17 |
| 2.1.1 相关定义 .....            | 17 |
| 2.1.2 其他相关概念 .....          | 18 |
| 2.1.3 再制造 .....             | 19 |
| 2.1.4 机床再制造 .....           | 20 |

|                          |           |
|--------------------------|-----------|
| 2.2 我国机床再制造业发展基本情况       | 22        |
| 2.2.1 机床再制造产业发展现状        | 22        |
| 2.2.2 机床再制造产业物流管理现状      | 22        |
| 2.2.3 行业协会推进机床再制造产业的发展   | 23        |
| 2.2.4 政策促进机床再制造业的发展      | 25        |
| 2.3 再制造企业类型              | 27        |
| 2.3.1 主要再制造企业类型          | 27        |
| 2.3.2 主要业务类型             | 29        |
| 2.4 存在的问题                | 31        |
| <b>第3章 国内机床再制造实践</b>     | <b>34</b> |
| 3.1 重庆第二机床有限责任公司         | 34        |
| 3.1.1 企业基本情况             | 34        |
| 3.1.2 旧机床回收环节            | 35        |
| 3.1.3 旧机床传统改造或再制造环节      | 35        |
| 3.1.4 旧机床的传统改造或再制造后的服务   | 36        |
| 3.1.5 再制造技术的开发、应用及发展     | 36        |
| 3.2 武汉华中自控技术发展有限公司的实践    | 37        |
| 3.2.1 旧机床的回收             | 37        |
| 3.2.2 旧机床的传统改造或再制造       | 38        |
| 3.2.3 旧机床的传统改造或再制造后的服务   | 38        |
| 3.2.4 再制造技术的开发、应用及发展     | 39        |
| 3.3 武汉重型机床集团有限公司再制造公司的实践 | 39        |
| 3.3.1 旧机床的回收             | 40        |
| 3.3.2 旧机床的传统改造或再制造       | 40        |
| 3.3.3 旧机床的传统改造或再制造后的服务   | 41        |
| 3.3.4 再制造技术的开发、应用及发展     | 41        |
| 3.4 重庆市浙西机床有限公司          | 42        |
| 3.4.1 回收环节               | 42        |
| 3.4.2 传统改造或再制造环节         | 43        |
| 3.4.3 旧机床的传统改造后的服务       | 43        |



|                            |    |
|----------------------------|----|
| 3.5 河北文昌某机床改造企业 .....      | 44 |
| 3.5.1 回收环节 .....           | 44 |
| 3.5.2 传统改造或再制造环节 .....     | 45 |
| 3.5.3 旧机床的传统改造后的服务 .....   | 45 |
| 3.6 重庆刚熊机械公司 .....         | 45 |
| 3.6.1 旧机床的购买 .....         | 46 |
| 3.6.2 旧机床的处理 .....         | 46 |
| 3.7 重庆旭升车辆配件有限公司 .....     | 46 |
| 3.7.1 旧机床的购买 .....         | 47 |
| 3.7.2 旧机床的处理 .....         | 47 |
| 3.8 本章小结 .....             | 47 |
| 3.8.1 回收环节 .....           | 47 |
| 3.8.2 传统改造或再制造环节 .....     | 48 |
| 3.8.3 售后服务 .....           | 48 |
| 3.8.4 再制造技术的开发、应用及发展 ..... | 48 |
| 3.8.5 再制造机床的用户 .....       | 49 |
| <br>第4章 国外再制造业发展 .....     | 50 |
| 4.1 全球主要国家和地区机床的产销量 .....  | 50 |
| 4.2 主要国家再制造业发展情况 .....     | 53 |
| 4.2.1 美国 .....             | 53 |
| 4.2.2 英国 .....             | 56 |
| 4.2.3 日本 .....             | 59 |
| 4.2.4 新加坡 .....            | 59 |
| 4.3 国外主要的再制造业务网络 .....     | 60 |
| 4.4 国外有关再制造的法律 .....       | 62 |
| 4.4.1 法律对商业模式的影响 .....     | 62 |
| 4.4.2 再制造相关法律 .....        | 63 |
| 4.5 国外的再制造认证体系建设 .....     | 64 |
| 4.6 再制造发展的障碍 .....         | 66 |

|                                        |           |
|----------------------------------------|-----------|
| 4.7 本章小结                               | 69        |
| <b>第5章 再制造机床交易稳定性差的关键因素分析</b>          | <b>70</b> |
| 5.1 模型假设                               | 70        |
| 5.2 再制造机床交易稳定性差的关键因素分析                 | 72        |
| 5.2.1 问卷试测                             | 72        |
| 5.2.2 样本的选取                            | 73        |
| 5.2.3 研究工具                             | 74        |
| 5.2.4 数据处理                             | 74        |
| 5.3 题项的筛选与分析                           | 74        |
| 5.3.1 项目分析                             | 74        |
| 5.3.2 探索性因素分析                          | 75        |
| 5.3.3 信度检验                             | 77        |
| 5.3.4 效度检验                             | 78        |
| 5.4 研究结果与分析                            | 81        |
| 5.4.1 再制造机床交易稳定性的影响因素的总体特征             | 81        |
| 5.4.2 不同性质的企业在再制造机床交易稳定性<br>影响因素上的差异分析 | 83        |
| 5.5 售后服务的困境                            | 85        |
| 5.6 管理上的困境                             | 85        |
| 5.7 本章小结                               | 86        |
| <b>第6章 经销商从事再制造时的再制造技术转移策略研究</b>       | <b>87</b> |
| 6.1 问题说明及假设条件                          | 89        |
| 6.1.1 问题说明                             | 89        |
| 6.1.2 参数假设                             | 90        |
| 6.2 三阶段的动态博弈模型                         | 91        |
| 6.2.1 经销商的最优反应                         | 93        |
| 6.2.2 OEM 的最优反应                        | 95        |
| 6.2.3 经销商的最优决策                         | 98        |
| 6.3 管理启示                               | 98        |

|            |                                      |            |
|------------|--------------------------------------|------------|
| 6.4        | 数值分析 .....                           | 99         |
| 6.5        | 本章小结 .....                           | 101        |
| <b>第7章</b> | <b>再制造模式与再制造技术转移的影响机理分析 .....</b>    | <b>102</b> |
| 7.1        | 问题描述和条件假设 .....                      | 103        |
| 7.2        | 动态博弈模型 .....                         | 104        |
| 7.2.1      | 消费者的效用 .....                         | 104        |
| 7.2.2      | 回购再制造模式 .....                        | 105        |
| 7.2.3      | 委托再制造模式 .....                        | 107        |
| 7.2.4      | 两种再制造模式的比较分析 .....                   | 109        |
| 7.3        | 算例分析 .....                           | 113        |
| 7.4        | 本章小结 .....                           | 116        |
| <b>第8章</b> | <b>再制造售后服务合作模式与技术转移的影响机理分析 .....</b> | <b>117</b> |
| 8.1        | 模型假设 .....                           | 119        |
| 8.2        | 制造商与再制造商的合作模式分析 .....                | 120        |
| 8.2.1      | 售后服务双渠道模式 .....                      | 120        |
| 8.2.2      | 售后服务单一渠道模式 .....                     | 123        |
| 8.2.3      | 垂直一体化的售后服务模式 .....                   | 125        |
| 8.3        | 管理启示 .....                           | 127        |
| 8.4        | 算例分析 .....                           | 128        |
| 8.5        | 本章小结 .....                           | 130        |
| <b>第9章</b> | <b>基于动态博弈的闭环供应链再制造技术转移策略研究 .....</b> | <b>132</b> |
| 9.1        | 问题描述与模型假设 .....                      | 134        |
| 9.1.1      | 问题描述 .....                           | 134        |
| 9.1.2      | 模型假设 .....                           | 134        |
| 9.2        | 不考虑政府政策和消费者认知的动态博弈模型 .....           | 135        |
| 9.2.1      | 消费者的效用 .....                         | 135        |

|                                                        |     |
|--------------------------------------------------------|-----|
| 9.2.2 再制造商的利润函数 .....                                  | 136 |
| 9.2.3 制造商的利润函数 .....                                   | 137 |
| 9.3 政府政策和消费者技术进步识别对技术转移<br>比例影响 .....                  | 145 |
| 9.3.1 数学模型 .....                                       | 145 |
| 9.3.2 算例分析 .....                                       | 147 |
| 9.4 本章小结 .....                                         | 149 |
| <br>第 10 章 规模不经济性对再制造技术开发和转移的影响 .....                  | 151 |
| 10.1 模型假设 .....                                        | 153 |
| 10.2 原始设备制造商从事废旧零部件的再制造 .....                          | 153 |
| 10.2.1 从事再制造, 不开发再制造技术 .....                           | 154 |
| 10.2.2 从事再制造, 开发再制造技术 .....                            | 155 |
| 10.3 原始设备制造商只从事技术开发和转让 .....                           | 156 |
| 10.3.1 按照技术转移比例收费 (BT model) .....                     | 156 |
| 10.3.2 按照生产量收技术许可费 (BQ model) .....                    | 158 |
| 10.4 比较分析 .....                                        | 159 |
| 10.5 算例分析 .....                                        | 161 |
| 10.5.1 规模不经济性对双方的利润、技术开发<br>和转移比例、再制造市场需求的影响 .....     | 161 |
| 10.5.2 BT 模式下的许可费对双方的利润、技术开发<br>和转移比例、再制造市场需求的影响 ..... | 163 |
| 10.5.3 再制造成本对双方的利润、技术开发和<br>转移比例、再制造市场需求的影响 .....      | 165 |
| 10.6 本章小结 .....                                        | 167 |
| <br>第 11 章 机床再制造产业化技术转移实现路径分析 .....                    | 168 |
| 11.1 两种模式的供应链流程分析 .....                                | 170 |
| 11.1.1 回购再制造模式 .....                                   | 170 |
| 11.1.2 委托再制造模式 .....                                   | 172 |
| 11.2 供应链的响应能力分析 .....                                  | 173 |

|                               |            |
|-------------------------------|------------|
| 11.2.1 回购再制造模式                | 173        |
| 11.2.2 委托再制造模式                | 174        |
| 11.3 两种模式的战略分析                | 175        |
| 11.4 技术转移的实现路径分析              | 176        |
| 11.4.1 构建三位一体的服务架构            | 176        |
| 11.4.2 构建立体技术转让和服务立体联盟        | 177        |
| 11.5 政策建议                     | 178        |
| 11.6 本章小结                     | 179        |
| <b>第12章 提升再制造装备产业化发展的政策建议</b> | <b>180</b> |
| 12.1 国外推进机床再制造产业发展的做法与经验      | 180        |
| 12.2 提升再制造装备产业化发展的政策建议        | 182        |
| 12.2.1 大力扶持行业协会的发展,实现行业自律     | 182        |
| 12.2.2 消费者认知的提高               | 184        |
| 12.2.3 重视人才培养,提高创新研发能力        | 186        |
| 12.2.4 再制造价值链的构建和规范           | 187        |
| 12.2.5 财税政策支持                 | 189        |
| <b>第13章 结论与展望</b>             | <b>192</b> |
| 13.1 研究结论                     | 192        |
| 13.2 研究展望                     | 193        |
| 附录:调查问卷                       | 194        |
| 参考文献                          | 196        |
| 后记                            | 213        |

# 第 1 章 绪 论

## 1.1 研究背景及研究意义

### 1.1.1 研究背景

1999 年,中国工程院院士徐滨士正式提出“再制造”的概念,并且将“表面修复和性能提升法”作为再制造的主要技术方法,把先进的无损检测理论与技术、表面工程理论与技术和熔覆成形理论与技术引入再制造,为我国再制造产业的发展奠定了一定的基础。同时,随着我国经济社会发展的需要,加快发展再制造产业上升为国家战略,从宏观层面确定了再制造产业的地位与作用,直接推动了再制造产业的兴起与发展。2010 年 5 月,国家发展和改革委员会、工业和信息化部、国家税务总局等 11 个部门联合下发了《关于推进再制造产业发展的意见》。

2013 年 5 月 24 日,中共中央总书记习近平在大力推进生态文明建设的政治局第六次集体学习中强调,要大力节约集约利用资源,推动资源利用方式根本转变,大力发展循环经济。把资源消耗、环境损害、生态效益等体现生态文明建设状况的指标纳入经济社会发展评价体系,使之成为推进生态文明建设的重要导向和约束<sup>①</sup>。2014 年 12 月 3 日,国家发展改革委副主任解振华在《经济日报》发表署名文章总结 10 年来我国在推动循环经济发展方面的

---

<sup>①</sup> 习近平:坚持节约资源和保护环境基本国策 努力走向社会主义生态文明新时代, [http://news.xinhuanet.com/politics/2013-05/24/c\\_115901657.htm](http://news.xinhuanet.com/politics/2013-05/24/c_115901657.htm).

成功经验和有效做法时指出,要实现循环经济动态稳定和长效发展,必须在充分发挥市场决定性作用的前提下,建立促进循环经济发展的激励政策;并以装甲兵工程学院研发的再制造技术为例,说明发展循环经济,科技创新是支撑,链接技术是关键<sup>①</sup>。

徐滨士院士指出,改革开放以来,我国仅进口的设备就达到万亿元,这些设备将陆续进入报废期,如果能够通过再制造工程修复,将是一个巨大的市场。但是,仍存在两大关键因素制约着我国再制造业的发展,一是回收体系的建立。例如,机床设备作为主要的制造装备,自身所具有的体积大、重量大、运输困难、价值高等特点,与传统的物流问题及其他产品的物流相比,具有特殊性。二是市场对再制造件的认可程度。现在再制造产品质量还没有被消费者认为和新件一样,国内消费者还是一个对价格敏感度相对更高的群体,存在更多的策略性购买行为<sup>②</sup>。

在机械装备中,废旧机床资源循环再使用的效率最高,如底座、床身、立柱、工作台等铸件均可再利用,资源循环利用率按重量计算可到85%以上。2011年,机床行业的铸件消耗量达到350万吨,占当年全国铸件总产量的8.43%。因此,机床铸件消费量较大,同时循环再利用的比重较高,我国现有机床的保有量约800万台,已经连续7年居机床消费世界第一,每年接近24万台机床进入淘汰。因此,本书以机床再制造产业为例,以点带面,研究如何通过回收模式和协调机制创新、再制造件的定价机制创新,来降低废旧制造装备回收数量的不确定性,提高再制造装备的市场交易量,促进装备再制造业产业化发展。

### 1.1.2 研究意义

(1)将契约理论与装备再制造业的实践相结合,揭示回收渠道

---

① 解振华:发展循环经济 促进绿色转型, [http://www.ce.cn/xwzx/gnsz/gdxw/201412/03/t20141203\\_4030989.shtml](http://www.ce.cn/xwzx/gnsz/gdxw/201412/03/t20141203_4030989.shtml).

② 徐滨士:我国再制造业潜力巨大, [http://www.bmgc.org/pages/news\\_detail.asp?id=1039](http://www.bmgc.org/pages/news_detail.asp?id=1039).

和回收量不稳定、交易稳定性差的深层原因,具有较强的理论和现实意义。

(2)考虑消费者的策略性购买行为和再制造产业化发展的财政税收优惠政策,将经济学、管理学和心理学的研究方法相结合,构建再制造装备交易的分析框架,拓宽研究的视野。

(3)提出推动装备再制造业发展的宏观政策思路 and 措施建议,为相关部门和机构提供决策支持。

## 1.2 国内外研究现状综述

### 1.2.1 旧装备回收环节研究现状

#### 1. 回收渠道模式、回收价格、回收质量和数量

国内外研究者通过分析企业运作实践认识到,由于旧产品返回数量和质量的不确定性,旧产品的逆向物流变得非常复杂。R. Guide Jr 等指出,再制造的利润不仅依赖于返回的旧产品数量和质量,还依赖于市场对再制造产品的需求;而返回的旧产品数量和质量又受到与质量有关的变动回收价格和销售价格的影响。基于上述实际情况,孙国华等通过考虑制造商的悲观程度,得到了不同悲观程度的制造商的最优决策,最后对不同悲观程度的制造商的决策进行了比较。Serrato 等通过产品生命周期的长度(影响期望返回数量的变动)和每个时期返回的比例,建立了逆向物流网络的特征。Savaskan 等研究了分散式供应链中制造商自己回收、提供激励促使零售商回收、外包给第三方回收等模式,研究发现回收者离消费者越近,回收努力越有效。Savaskan 等分析了逆向物流的最优渠道结构问题,在一定的假设条件下得出零售商负责逆向物流职能的渠道结构优于制造商负责逆向物流的渠道结构,甚至更优于将逆向物流职能外包给第三方物流提供商的渠道结构。Druehl 等研究了废旧商品的延迟返回对逆向渠道的影响。

学者对各种回收模式的研究比较深入。Ray 等研究了一种特殊的废旧产品回收模式——以旧换新模式,即废旧产品折价抵扣新产



品的价格。他给出了三种价格模式：(1)价格一致；(2)与使用年限无关的价格差异；(3)与使用年限有关的差异性价格。后续研究主要基于这三种模式进行拓展，并通过机制设计实现供应链的协调。Savaskan 和 Van Wassenhove 研究了直接收集和非直接(零售商收集)两种情形下，通过回购合同提供一个柔性的批发价格，使得利润不同的零售商之间存在价格差异。肖迪和黄培清运用委托代理理论，分别对制造商能获得回收市场真实信息和无法获得真实信息两种情况，设计了第三方的线性合同，并基于报童模型给出了制造商的最优生产决策。汪翼通过设计基于回收品的价格折扣与回收补偿相结合的合作机制，促使供应链协调。关启亮等比较了制造商不回收废旧产品、没有政府奖惩时回收废旧产品和考虑政府约束时回收废旧产品三种情形下的最优策略。孙浩和达庆利在研究不同权力结构下的废旧产品回收再制造问题，通过二步定价契约和回馈与惩罚契约对分散决策下的逆向供应链实现了协调。陈小满设计了一种售前回收协议模型，并对比分析了该模型和一般回收模型之间的差别，确定了该模型的优势和适用情况。

## 2. 回收质量和数量控制

Guide Jr. 和 Wassenhove 研究了回购中的基本问题，并通过数理模型讨论了回收价格等问题。参考文献[7]根据耐用性和使用年限的分布，研究了可再制造产品的最优定价和交易策略。Bakal 和 Akcali 进一步研究了可恢复率对再制造产品的定价问题。假设可获取的旧产品数量及市场对再制造部分的需求量都是具价格敏感性的，Karakayali 等讨论最优的回收价格、再制造件的销售价格和协调分散式供应链的策略。曹俊和熊中楷探讨了闭环供应链中制造商对销售商回收的可再制造部分数量和质量实施检查与监督的策略。Kaya 研究了回收数量是确定、增长和依赖于回收价格的最优核心零部件回收价格策略。Kleber 等研究了回购和再制造战略对零部件供应链的利润影响。

## 3. 回收数量和质量对库存的影响

参考文献[15]指出需求和供给之间的不匹配会导致回收量的过剩或短缺，使得库存管理变得非常复杂，旧件的回收时间、回收