

ZHI

资



YUAN

源

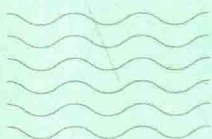
HUI

吴 鹏 著

SHOU



收



ZAI

LI

YONG

再

利

用

经济的发展和水平的提高需要消耗大量资源，并且会对环境带来一定的负面影响。另外，资源总含量和环境容量是有限的，不能无限制地利用。

理 论
与
实 践



重庆大学出版社

一
出

一
入

一
出

一
入

一
入

一
再

一
利

一
用

一、出、入、再、利、用
二、出、入、再、利、用
三、出、入、再、利、用
四、出、入、再、利、用
五、出、入、再、利、用

一、出、入、再、利、用
二、出、入、再、利、用
三、出、入、再、利、用
四、出、入、再、利、用
五、出、入、再、利、用

一、出、入、再、利、用



吴 鹏 著

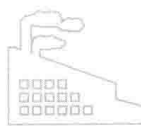
资 源 回 收 再 利 用



理 论 与 实 践

ZHIYUAN HUI SHOU

ZAI LI YONG



重庆大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

资源回收再利用:理论与实践/吴鹏著.-- 重庆:
重庆大学出版社,2018.3
ISBN 978-7-5689-0926-6

I.①资… II.①吴… III.①资源回收—教材②资源
利用—教材 IV.①F205②F062.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 304078 号

资源回收再利用:理论与实践

吴 鹏 著

策划编辑:李佳熙

责任编辑:姜 凤 版式设计:尹 恒

责任校对:邹 忌 责任印制:张 策

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:易树平

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路 21 号

邮编:401331

电话:(023) 88617190 88617185(中小学)

传真:(023) 88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(营销中心)

全国新华书店经销

重庆市正前方彩色印刷有限公司印刷

*

开本:890mm×1240mm 1/32 印张:11 字数:209 千

2018 年 3 月第 1 版 2018 年 3 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5689-0926-6 定价:38.00 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

前 言

经济的发展和水平的提高需要消耗大量资源,因此会对环境带来一定的负面影响,而且资源总量和环境容量是有限的,不能无限制地利用.为了缓解这些矛盾,资源回收再利用成为研究可持续发展的一个重要方向.通过技术与管理的结合,提升资源回收再利用水平,能够产生良好的经济效益、社会效益和环境效益,具有重要的意义.我国政府对推进资源回收再利用工作高度重视,国家发改委、环保部、科技部、财政部等多个政府部门多次颁布政策导向和规章制度,例如,2010年起开展的“城市矿产”回收利用试点,2017年开展的“循环发展引领行动”等,极大地促进了我国资源回收再利用的发展.

目前,提升资源回收再利用效率仍然面临较多的管理挑战.尤其是回收再制造行业,虽然资源再利用较为直接,速度快且利用率高,但实施过程中面临着成本结构复杂、回收与产出具有数量和质量的不确定性、回收和销售生产协调难度大等困难,使得传统的运营管理优化以及供应链管理等理论难以直接应用,有待根据资源回收再利用过程的特点进一步扩展细化.

针对资源回收再利用过程中面临的管理挑战,本书对以下几

个研究问题建立模型展开分析,即在短期和较长期内,回收再制造对企业的成本、利润、生产决策优化有何影响?如何优化回收再制造生产决策?如何更加有效地回收旧产品?以旧换新价格怎样与其他经营决策相协调?回收不确定性给供应链的效率带来了怎样的影响?如何协调回收再制造供应链?研究过程中运用了随机优化、动态规划、博弈论、产业组织理论等相关理论及工具,取得了较为丰富的成果,得出一系列具有管理意义的启示。

通过优化理论模型,研究得出了多种可能情景下回收再制造最优生产决策的解析表达式或策略结构,对最优生产决策的特征进行了比较静态分析,设计出在计算上方便快捷的优化算法,并讨论了企业利润、销量的变化规律,在此基础上,对以旧换新回收的定价进行了优化,得出以旧换新能够增加销量和利润的条件。除此之外,研究视角还扩展到供应链上下游的协作关系,分析了回收和需求不确定性对供应链效率的影响,比较了几种常见的供应链契约在回收再制造供应链中的表现,并提出能够更好地协调回收再制造供应链的新契约。研究成果对企业根据不同的外部环境及内部状态更加精细地优化回收、生产以及相关的销售决策提供了理论工具,为鼓励企业和供应链更加高效地展开资源回收再利用工作提供了政策参考。针对资源回收再利用过程中出现的具体、繁杂的实际问题,研究了针对四川农村地区的垃圾回收利用和快递行业包装材料的回收利用这两个问题并展开多次实地调研,取得了第一手资料并进行分析总结,提出了更加丰富的政策建议。

本书可供有兴趣从事资源回收再利用研究工作的读者使用,同时也可供资源回收再利用相关行业的管理人员以及政策制订部门的工作人员参考使用。

研究工作得到了国家自然科学基金(71340007,71401117),以及教育部留学回国人员科研启动基金(第48批)、四川大学双一流建设专项经费的支持。研究工作的开展离不开辛勤培养我的老师们传授的研究方法与规范,离不开多位学者提出的意见、建议和帮助,离不开调研过程中政府、厂家和家庭多位人员的配合;本书的出版离不开重庆大学出版社的大力支持,离不开我的学生们辛勤的校读和格式处理工作。在此表示衷心的感谢。

由于水平和资料有限,且研究仍然处于相对较为初步的阶段,本书难免存在纰漏与瑕疵,恳请各位专家、师长、同行和广大读者批评指正。

著者

2017年8月

目 录

第 1 章	资源回收再利用背景、现状与发展	1
1.1	资源回收再利用的综合效益	2
1.2	资源回收再利用的前景与挑战	6
1.3	相关研究进展	10
1.3.1	确定性产出下生产/库存研究	12
1.3.2	随机产出下生产/库存问题研究	16
1.3.3	多生产决策联合优化研究	24
1.3.4	回收再制造供应链协调研究	28
1.3.5	研究进展小结	32
1.4	研究问题和章节安排	36

理论篇

第 2 章	考虑回收再制造的单周期生产决策优化模型	47
2.1	问题的提出	47
2.2	回收数量已知的单周期生产优化模型	50
2.2.1	理论背景	50
2.2.2	模型描述	52
2.2.3	结论分析	56

2.3 回收数量未知的单周期生产优化模型	60
2.3.1 模型基本设定	60
2.3.2 部件替代情形下的最优生产决策	62
2.3.3 部件互补情形下的最优生产决策	64
2.3.4 模型综合与扩展	68
2.4 小结及研究扩展方向	70
第3章 考虑回收再制造的多周期生产策略优化模型	73
3.1 回收数量确定的多周期生产策略优化模型	75
3.1.1 问题背景和基本假设	75
3.1.2 建模与优化	77
3.1.3 最优策略的管理意义分析	89
3.1.4 考虑不同生产提前期的模型扩展	97
3.1.5 小结	108
3.2 回收存在不确定性的多周期生产策略优化模型	110
3.2.1 问题背景	111
3.2.2 回收总量不确定时的生产策略优化	113
3.2.3 回收合格率不确定下的生产策略优化	145
3.2.4 两类回收不确定问题比较分析	162
3.2.5 小结	163
第4章 考虑以旧换新的定价策略优化模型	165
4.1 问题的提出	166
4.2 垄断企业以旧换新定价策略优化模型	169
4.2.1 模型符号与假设	169
4.2.2 以旧换新决策优化	171

4.2.3 单一定价决策优化	177
4.2.4 以旧换新与单一定价策略比较分析	182
4.3 双寡头企业以旧换新定价策略博弈模型	188
4.3.1 模型符号与假设	189
4.3.2 模型分析	191
4.3.3 数值实验与讨论	199
4.4 小结与研究扩展方向	202
第 5 章 回收再制造供应链协调研究	205
5.1 回收存在不确定性的供应链协调研究	206
5.1.1 集权管理供应链中的回收决策优化	208
5.1.2 分散决策供应链中的批发契约分析	209
5.1.3 供应链协调契约分析	212
5.2 回收与需求均不确定的供应链协调研究	216
5.2.1 集权管理供应链中的最优决策	216
5.2.2 分散决策时批发契约的双边际效应	220
5.2.3 传统回购契约的不足	223
5.2.4 考虑回购与成本分担的供应链协调契约	225
5.3 小结与研究扩展方向	229

实践篇

第 6 章 农村生活垃圾回收处理模式调查研究	233
6.1 引言	234
6.1.1 研究背景及意义	234
6.1.2 研究思路及方法	235

6.1.3 相关概念及分类界定	235
6.1.4 垃圾处理模式对比	237
6.2 农村生活垃圾处理现状调查	239
6.2.1 调研基本情况	239
6.2.2 农村生活垃圾的处理现状及问题	241
6.3 问卷诊断与统计分析	244
6.3.1 村民调研结果	245
6.3.2 政府调研结果	251
6.4 农村垃圾回收处理模式转型对策	257
6.5 农村垃圾分类回收处理效益分析	259
6.5.1 环境效益分析	260
6.5.2 经济效益分析	264
6.5.3 社会效益分析	266
第7章 快递包装材料回收再利用调查研究	268
7.1 引言	269
7.1.1 研究背景及意义	269
7.1.2 研究思路及方法	272
7.1.3 相关概念简介	273
7.2 快递包装处理现状调查	276
7.2.1 调研基本情况	276
7.2.2 快递包装处理现状及问题	279
7.3 快递包装回收问题的原因探析	282
7.3.1 基于消费者视角的快递包装回收关键影响因素分析	282
7.3.2 快递包装回收难的经营环境原因探讨	290
7.4 引入第三方回收商的快递包装回收系统	294

7.4.1	前提条件	294
7.4.2	运行机制	295
7.4.3	保障措施	301
7.5	快递包装回收系统效益分析	305
7.5.1	环境效益分析	305
7.5.2	经济效益分析	309
7.5.3	社会效益分析	311
第 8 章	总结与工作展望	313
8.1	主要工作	313
8.2	主要创新点	318
8.3	进一步深入研究的方向	320
参考文献		323

近年来,随着能源、环境、资源等问题日益成为社会关注、聚焦的热点,废弃物回收和资源循环利用成为社会的呼声和未来的发展方向.做一个形象的比喻:传统的生产制造好比经济的动脉,回收和再利用好比经济的静脉,只有动脉和静脉协同工作,才能保证经济体健康持续地发展.社会对资源回收和循环利用的需要也促进了相关研究的发展,形成了逆向物流(Dekker 等,2004)、闭环供应链(Guide 等,2003;Guide 和 Van Wassenhove,2009)、循环经济(冯之俊,2004)、绿色供应链(Srivastava,2007;Zhu 等,2005)等一系列相互关联的研究领域.

资源回收和循环利用分为两种不同的形式:一种形式是废弃物中原材料和能量的利用,包括熔化回收利用金属、塑料等原材料,通过焚烧垃圾利用其能量,或通过技术研发利用某一行业的

废弃物作为另一行业的生产原料(如利用煤渣生产水泥)等形式,另一种形式更为直接,将回收产品中可利用的部件进行翻新,再制造为新产品.再制造是指通过回收、拆解、修复和技术改造等手段使废旧产品达到原型产品性能的加工过程(徐滨士等,2007).再制造延长了产品和部件的使用寿命,节约了能源和原材料,是实现可持续发展的重要手段,也是制造业发展的新趋势之一.

资源回收和循环利用涉及较多生产流程、回收流程、客户交互流程,复杂度高,对企业的运作产生较大影响.早期的资源回收再利用以工程实现为目标,更大程度上是工程技术创新的问题.随着资源回收利用的快速发展,企业规模不断扩大,运作流程不断细化,分工协作更加深入,越来越多的管理问题不断涌现.因此,对资源回收再利用的管理研究具有重大的理论意义与实践意义,本书将以此为研究对象进行全面深入的分析探讨,对运营管理相关的理论进行扩展,对政府与企业的实践进行总结.

★ 1.1 资源回收再利用的综合效益

资源回收再利用能够在经济、环境、能源、就业等方面带来巨大的效益.资源回收利用能够减少原始矿藏的开采以及新产品制造过程中造成的环境污染.据美国环境保护局估计,如果美国汽车回收业的成果能被充分利用,大气污染水平将比目前降低85%,水污染处理量将比目前减少76%.回收再制造能够显著减少

能源消耗.Lund(1996)的研究报告显示,再制造交流发电机的能耗为常规制造新品能耗的14%,再制造起动机的能耗仅仅是制造新品的7%.并且,资源回收再利用相关产业往往具有劳动密集的特征.例如,与生产相同产品的制造部门比较,再制造通常需要3~5倍的劳动力.根据Lund的研究报告,1996年美国再制造业的直接雇员达50万人,2005年安排就业达100万人.资源回收再利用产业的发展对于劳动力充裕的发展中国家具有很大的价值.

资源回收再利用具备多方面显著的社会效益,成为政府大力提倡和鼓励的对象.然而,资源回收再利用产业的发展仅仅靠政策的鼓励仍然远远不够,只有切切实实的经济效益才能够带动资源回收再利用大规模铺开发展.早期的资源回收再利用由于技术、物流、资金、回收来源等诸多因素的限制,成本往往显著高于普通的生产方式,经济效益并不明显,产业主要依靠政府补贴和企业责任感来维持,因而规模较小,发展缓慢.近年来,随着相关生产技术的发展与突破,相应物流成本的降低,融资环境的宽松以及市场上可供回收的产品基数的不断扩大,对废旧产品进行回收利用变得越来越容易,也更加有利可图.在相当一部分行业中,回收再制造相对常规制造已经具有成本低、速度快等较多优势,能够带来可观的经济效益.以发动机再制造为例,大量主要的加工工序可以通过重复利用旧部件而省略,取而代之的是成本较低、速度较快的拆解和清洗工序,从而大大降低生产成本,提高生产速度(表1.1和表1.2).

表 1.1 旧机再制造的基本成本对比(单位:元/台)

类 别	设备费	材料费	能源费	新加 配件费	人工费	管理费
再制造发动机	400	300	300	10 000	1 600	400
新发动机	1 000	18 000	1 500	12 000	3 000	2 000

数据来源:徐滨士等(2007)。

表 1.2 制造与旧机再制造的生产时间对比(单位:天/台)

类 别	生产周期	拆解时间	清洗时间	加工时间	装配时间
再制造发动机	7	0.5	1	4	15
新发动机	15	0	0.5	14	0.5

数据来源:徐滨士等(2007)。

在经济效益的推动之下,资源回收再利用的发展速度大大加快。目前,从总体规模、行业组织以及企业实践等各个角度来看,资源回收再利用供应链已逐步发展壮大,走向成熟,创造出巨大的经济价值。

宏观统计数据显示,资源回收再利用已经具有相当大的规模。根据 Lund(1996)的统计,早在 1996 年,美国再制造产业涉及的 8 个工业领域中,专业再制造公司超过 73 000 个,生产 46 种主要再制造产品,年销售额超过 530 亿美元,接近当年美国钢铁行业的销售额 560 亿美元的规模。其中汽车再制造是最大的再制造领域,年销售额为 365 亿美元,占全部再制造产业的 68%。全球范

国内,再制造的年工业总产值估计至少在 1 000 亿美元以上 (Rolf,2003)。

在行业层面,资源回收再利用也逐步走向成熟.目前已经形成包括汽车零件再制造协会 (APRA)、北美发动机再制造协会 (PERA) 等在内的多个行业协会,协调和指导回收再制造供应链的构建和发展;形成了“爱回收”等旧产品回收再利用平台,方便回收企业和消费者寻找合适的交易机会,降低回收过程中的交易成本,一定程度上缓解资源回收再利用过程中的信息不对称问题。

在企业层面,多家知名公司实施了资源回收再利用,取得了良好的实践效果.施乐公司作为再制造企业的先驱,从 20 世纪 80 年代后期就开始发展再制造系统,至今已经建立起完善的再制造程序,通过对复印机电子元件、激光排版装置、机械部件、喂料筒的翻新和再加工,重新利用了复印机中 60% 以上的部件.对于无法实施再制造的零部件,也尽可能采取资源化策略,回收利用其中的原材料,剩下很少的一部分进入废弃填埋物流.通过这种方式,施乐公司在不到 5 年的时间里节约了近两亿美元 (Davis, 1996).柯达公司回收了约 60% 的一次性相机 (Geyer 等,2007).苹果公司、索尼公司等知名企业也推出了以旧换新计划,在扩大新产品销售的同时回收利用消费者手中的旧产品.类似的例子举不胜举。