

doi: 10.3969/j.issn.1674-4993.2018.02.004

# 基于系统动力学的闭环供应链再制造品 质量控制研究综述\*

□ 冯 昱, 张玉春

(兰州理工大学 经济管理学院, 甘肃 兰州 730050)

**【摘要】**回收质量的差异性、设备性能的稳定性、工艺技术的不确定性等诸多因素,使得闭环供应链环境下再制造品质量控制问题更为复杂。文中以闭环供应链再制造品质量控制为视角,在国内外学者对闭环供应链质量控制所做研究基础上,归纳、分析闭环供应链再制造品质量控制研究现状。对于可能存在的局限性以及有待拓展之处,提出闭环供应链再制造品质量控制的下一步研究方向。

**【关键词】**闭环供应链;再制造品;质量控制

**【中图分类号】** F274

**【文献标识码】** A

**【文章编号】** 1674-4993(2018)02-0012-03

## Review on Quality Control of Remanufacturing in Closed Loop Supply Chain Based on System Dynamics

□ FENG Yu, ZHANG Yu-chun

(School of Economic and Management, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China)

**【Abstract】** The quality of recycle products, the stability of equipment performance, the uncertainty of process technology and many other factors make the quality control of remanufactured products more complex in the closed-loop supply chain. From the perspective of quality control of closed-loop supply chain, this paper summarizes and analyzes the research status of quality control of remanufactured products in closed-loop supply chain based on the research done by domestic and foreign scholars. For the possible limitations and needs to be expanded, the next research direction of quality control of remanufacturing in closed loop supply chain is put forward.

**【Key words】** closed-loop supply chain; remanufactured product; quality control

### 1 引言

面对急剧增加的废弃产品带来的严峻环境和资源问题,回收再制造作为一种废旧产品处理的高级形式,受到社会各界的关注。闭环供应链系统中,产品的质量应由闭环供应链系统内各个成员共同保证。由于再制造过程比一般制造过程更复杂,决定了再制造品的质量是由多过程、多因素等复杂关系综合作用的结果,每个环节和因素都会影响再制造产品的质量。因此,本文结合再制造运作流程,针对闭环供应链中回收、再制造环节产品质量控制进行综述。

### 2 闭环供应链回收品质量控制研究

#### 2.1 回收品质量控制国外相关研究

废旧产品的回收作为再制造活动的重要环节,是影响再制造商利润的关键因素之一,许多学者对回收活动做了相关研究,主要集中在以下几个方面:

①回收策略。Qiao等<sup>[1]</sup>提出了三种回收废旧产品的方式,通过博弈模型得出,制造商倾向于自行回收而不愿第三方回收,第三方回收商不仅回收产品且对废旧产品进行再处理以加强闭环供应链的合作。Wei等<sup>[2]</sup>研究了模糊环境下闭环供应链三种不同回收模式的选择。文中认为由于需求、制造成本和回收费用是模糊的,因此,采用了模糊变量来描绘以上三者的决策模型,并运用博弈理论确定三种封闭式回收模式的最优决策解。

②回收品质量。Rubio等<sup>[3]</sup>认为由于再制造系统回收产品的质量、数量以及回收时间具有不确定性,故闭环供应链系统比传统的供应链系统更为复杂。Guo等<sup>[4]</sup>考虑了回收产品质量与回收率、回收价格、再制造成本之间的相关关系,假设回收质量水平服从均匀分布,通过算例优化回收政策,得出最佳回收和生产策略模型。Zeballos等<sup>[5]</sup>同时考虑了回收数量

**【收稿日期】** 2017-11-26

\* 基金项目: 2015年度甘肃省高等学校科研项目(2015A-033); 2015年度甘肃省社科规划项目(YB036)

**【作者简介】** 冯昱(1994—),女,陕西榆林人,兰州理工大学经济管理学院,硕士,研究方向:物流与供应链管理。

张玉春(1970—),男,甘肃靖远人,兰州理工大学经济管理学院,教授,博士,研究方向:物流与供应链管理。

不确定性和回收质量不确定性,认为考虑两者的不确定性对再制造闭环供应链的规划和设计是很必要的,且利用葡萄牙玻璃公司进行的实证分析验证。

## 2.2 回收品质量控制国内相关研究

①废旧产品回收策略。孙晓晨等<sup>[6]</sup>为了能够从用户手中回收合适数量的废旧产品,建立了一种新的随机库存控制模型,在反馈控制规则下,得到了利润最大时的废旧产品回收数量。聂佳佳等<sup>[7]</sup>在考虑产品质量情况下,分别构建了制造商负责回收的闭环供应链模型和零售商负责回收的闭环供应链模型,着重研究了再制造产品质量对闭环供应链回收渠道的影响。研究发现,零售商负责回收下产品价格较高,回收质量较好,制造商的利润也随着质量的提高而增加。黄宗盛等<sup>[8]</sup>构建了制造商回收的闭环供应链微分对策模型,求解得出当回收系数不太低时,系统存在稳态均衡,此时回收率随着时间推移而增大,制造商的回收投入随时间推移而增大。

②回收品质量。熊中楷等<sup>[9]</sup>采用三阶段的动态博弈模型,研究二阶分散式闭环供应链中,占主导地位的制造商如何制定质量处罚比例和质量抽检比例,从而对销售商回收的废旧产品数量和质量实施引导和控制。黄志强等<sup>[10]</sup>在回收产品的质量水平和价格水平对闭环供应链系统成本有影响下,通过构建最优成本模型,得出了制造/再制造闭环供应链系统下的最优质量水平和价格,并对模型的有效性进行了验证。曹华林等<sup>[11]</sup>基于博弈论和委托代理理论,研究了单一销售商和单一再制造商构成的二级闭环供应链产品质量控制研究。

## 3 闭环供应链再制品质量控制研究

再制造质量水平选择中,质量太低可能导致再制造产品没有销路,无法与新产品进行市场竞争;质量过高将会带来闭环供应链各节点企业生产成本大幅上升。因此,再制造产品的质量水平选择将会对其市场需求和闭环供应链企业的利润产生巨大的影响。

### 3.1 再制品质量选择国外相关研究

Kim等<sup>[12]</sup>对闭环供应链再制造质量控制做了相关研究,认为回收产品质量的不确定性会对再制造系统的绩效和质量产生很大的影响,因此,建立了考虑回收产品质量的再制造质量控制模型,对再制造产品的质量进行了控制。Maogen等<sup>[13]</sup>首先分析了再制造质量形成的因素,其次对每个因素进行了不确定性测度分析,并基于BP神经网络对再制造质量进行控制。Hazen等<sup>[14]</sup>提出基于产品寿命、特征、性能和可服务性四个方面帮助制造商制定最适合的再制造质量标准。Cai等<sup>[15]</sup>开发了一种质量依赖的多目标优化模型,考虑决策者偏好下,确定最优的再制造质量水平以最大程度的平衡经济、环境、社会效益。

### 3.2 再制品质量选择国内相关研究

①再制造产品质量水平构成要素。姚巨坤等<sup>[16]</sup>定性分析了废旧产品再制造质量控制,认为再制造质量主要受生产设备、技术、环境、人员以及再制造生产目的等的影响。兰姣<sup>[17]</sup>建立了包括再制造产品的收运、设计开发、再制造加工、

销售和售后服务五个环节的质量评价指标体系和质量评价模型,并以发动机再制造为例进行实证研究。钟诚<sup>[18]</sup>从再制造产品生产的流程出发,以回收、设计、制造、检测、销售和售后服务六个环节为基础分析影响再制造产品形成过程的因素。

②再制品质量。曹俊<sup>[19]</sup>首先研究了闭环供应链中单个寡头制造商向市场引入再制造件时的价格和质量水平决策。研究表明,给定不可再制造质量水平时存在最优的质量水平使得制造商利润最大;其次,研究了新件制造商和再制造商同时存在情况下,再制品如何进行价格和质量的竞争,从而实现各自利润的最大化。结论显示,随着再制造件成本上升,再制造商利润呈现先下降后上升状态,因此,应提高再制造件的质量水平以提高再制品的竞争力。陈章跃等<sup>[20]</sup>综合考虑了市场竞争及消费者偏好因素,构建了由制造商、再制造商和一组策略性顾客组成的闭环供应链模型,利用动态博弈模型分析了当再制造商负责回收并进行再制造时顾客策略行为和再制品质量水平对闭环供应链利润的影响。

## 4 基于系统动力学的闭环供应链再制品质量控制研究

在当前有关闭环供应链及质量选择研究中,大都采用博弈论等方法,运用系统动力学研究再制品质量选择的文献较少,主要有以下几篇:

蒋福展<sup>[21]</sup>通过构建再制造企业再制造过程的系统动力学模型,分析企业再制造能力与再制品市场需求的关系。刘万兆<sup>[22]</sup>利用闭环供应链理论构建了猪肉闭环供应链理论框架,对猪肉产业链各节点质量控制状况进行分析并总结出各节点影响质量控制的要素;其次,构建系统动力学模型从整体和主要环节对猪肉质量进行控制,并进行仿真分析。张玉春等<sup>[23]</sup>通过构建再制造优先的质量控制系统动力学模型,研究二级闭环供应链系统下制造商和销售商的最优质量投资决策,并采用收益共享契约进行优化。

综合分析上述文献,众学者在闭环供应链再制造质量决策方面做出了卓有成效的研究,但对再制品质量影响因素的深入分析以及质量水平变动对闭环供应链产生的动态行为影响研究较少,且未考虑现实中生产延迟、物质延迟、信息延迟等情形。因此,当前研究如何向闭环供应链整个运作流程内质量控制转变,从而提供较系统的质量控制方法及工具值得深入研究。

## 5 结论

闭环供应链质量管理是供应链管理领域研究重点,已有文献只对其中部分问题进行探讨,存在以下几方面的局限性,可在后续加以完善和跟进研究:

①目前研究对象为三级闭环供应链,销售商负责回收。但现实中,存在着制造商负责回收、第三方回收商负责回收的情况,同时也存在多个制造商、多个销售商竞争情况。因此,竞争环境下的闭环供应链再制品质量控制是下一步的研究方向。

②当前研究闭环供应链质量控制问题,大多采用博弈论方法来实现。今后,可使用动态规划、复杂网络分析等可行的研究方法,拓展闭环供应链质量控制的研究。

## [参考文献]

- [1] Qiaolun G ,Jianhua J ,Tiegang G. Pricing decisions for reverse supply chains [J]. *kybernetes* 2011 40(5/6): 831 – 841.
- [2] Wei J ,Zhao J. Reverse channel decisions for a fuzzy closed – loop supply chain [J]. *Applied Mathematical Modelling* , 2013 37(3): 1502 – 1513.
- [3] Rubio S ,Chamorro A ,Miranda F J. Characteristics of the research on reverse logistics [J]. *International journal of production research* 2008 46(4): 1099 – 1120.
- [4] Guo J ,Ya G. Optimal strategies for manufacturing/ remanufacturing system with the consideration of recycled products [J]. *Computers & Industrial Engineering* 2015 89: 226 – 234.
- [5] Zeballos L J ,Gomes M I ,Barbosa – Pova A P ,et al. Addressing the uncertain quality and quantity of returns in closed – loop supply chains [J]. *Computers & Chemical Engineering* 2012 47: 237 – 247.
- [6] 孙晓晨, 陈秋双, 李响, 等. 再制造系统废旧产品回收的最优控制策略 [J]. *计算机集成制造系统* 2007 13(9): 34 – 40.
- [7] 聂佳佳, 邓东方. 再制造产品质量对闭环供应链回收渠道的影响 [J]. *工业工程与管理* 2014 19(1): 1 – 7.
- [8] 黄宗盛, 王罕, 代云珍. 零售商竞争下基于微分对策的制造商回收控制策略 [J]. *系统工程* 2015 33(8): 24 – 32.
- [9] 熊中楷, 曹俊, 刘克俊. 基于动态博弈的闭环供应链回收质量控制研究 [J]. *中国管理科学* 2007 15(4): 42 – 50.
- [10] 黄志强, 郭健全, 顾宝炎. 考虑回收品质量与价格水平的闭环系统最优运作策略 [J]. *工业工程与管理* 2014 (04): 36 – 41.
- [11] 曹华林, 秦琼, 景熠. 非对称信息下再制造产品质量控制决策研究 [J]. *工业技术经济* 2016(12): 19 – 27.
- [12] Youngseok Kim, etc. A Methodology for Modeling a Quality Embedded Remanufacturing System [J]. *IFIP – The International Federation for Information Processing Volume* 246 2007 pp 281 – 288.
- [13] Ge M ,Liu C ,Liu M. The online quality control methods for the assembling of remanufactured engines' cylinder block and cover under uncertainty [J]. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 2014 74(1 – 4): 225 – 233.
- [14] Hazen B T ,Boone C A ,Wang Y ,et al. Perceived Quality of Remanufactured Products: Construct and Measure Development [J]. *Journal of Cleaner Production* 2016 40(2): 33 – 40.
- [15] Cai X ,Lai M ,Li X ,et al. Optimal acquisition and production policy in a hybrid manufacturing/remanufacturing system with core acquisition at different quality levels [J]. *European Journal of Operational Research* 2014 233(2).
- [16] 姚巨坤, 杨俊娥, 朱胜. 废旧产品再制造质量控制研究 [J]. *中国表面工程* 2006(3): 20 – 25.
- [17] 兰姣. 基于质量链管理的再制造产品质量评价 [D]. 天津: 天津理工大学. 2012.
- [18] 钟诚. 再制造产品质量问题研究 [D]. 西安: 西安工程大学. 2015.
- [19] 曹俊. 闭环供应链中再制造件的质量水平选择和价格决策 [D]. 重庆: 重庆大学. 2008.
- [20] 陈章跃, 王勇, 刘华明. 考虑顾客策略行为和产品质量的闭环供应链决策模型 [J]. *中国管理科学* 2016 24(3): 109 – 116.
- [21] 蒋福展. 回收再制造企业再制造过程的系统动力学建模研究 [D]. 长沙: 湖南大学. 2015.
- [22] 刘万兆. 基于封闭供应链的猪肉质量安全控制研究 [D]. 沈阳: 沈阳农业大学. 2013.06.
- [23] 张玉春, 周金华. 再制造优先闭环供应链质量控制与优化系统动力学模型及仿真 [J]. *工业工程与管理* 2016 , 21(2): 92 – 99.

(上接第 6 页)

东风, 相信农产品冷链物流作为一个新的经营模式一定具有非常大的潜力, 是未来农产品销售和物流行业的新星。

## [参考文献]

- [1] Montanari R. Cold chain tracking: a managerial perspective [J]. *Trends in Food Science & Technology* 2008 19(8): 425 – 431.
- [2] 苏国贤, 李富忠. 中国蔬菜冷链物流的现状、问题与建议 [J]. *中国流通经济* 2012 26(1): 39 – 42.
- [3] 张建军, 杨艳玲. 我国农产品冷链物流发展现状及发展趋势研究 [J]. *物流科技* 2013 36(2): 102 – 105.
- [4] 任宏达. 我国生鲜农产品冷链物流的现状与发展前景 [J]. *物流工程与管理* 2015 37(2): 1 – 2.
- [5] 刘芳, 庞海枫. 河北省生鲜农产品冷链物流发展现状及对策 [J]. *经营管理者* 2016(19).