**面向随机需求的绿色再制造综合生产计划[[1]](#footnote-1)**

xxx，xxx，xxx，xxx

（华东理工大学 商学院，上海 200237）

**【摘要】**考虑生产能力、外包、库存以及回收产品采购等要素，依据市场需求确定再制造产品在不同计划期下的生产计划安排，是绿色再制造综合生产计划的核心。优化再制造综合生产计划能够降低绿色再制造过程不确定性和提高绿色再制造生产的收益。构建了考虑随……。

**关键词：**再制造；综合生产计划；外包；生产订货点；服务水平

**中图分类号：**F 205；F 224.3 **文献标志码：**A

**Aggregate Planning for Green Remanufacturing under Stochastic Demand**

xxx，xxx，xxx，xxx

（School of Business，East China University of Science and Technology，Shanghai 200237，China）

**【Abstract】**The key of aggregate remanufacturing planning is to arrange the production in different horizons based on market demand with considering of productivity, outsourcing, procurement, inventory factors. Optimization of remanufacturing planning is helpful to reduce its uncertainty and improve its benefits. This decision model of aggregate remanufacturing planning was formulated that maximize firm’s benefits with uncertain market demand and its algorithm with computer was also approached. Meanwhile, analysis of its algorithm was taken without resource constraints and the production point of remanufacturing inventories was also derived……。

**Key words:** remanufacturing；aggregate production planning；outsourcing；reproduction-point； service Level

随着资源环境问题的日益突出，绿色再制造正引起学术界和工业界的广泛关注。Kodak和HP等公司早在上世纪就开始了绿色再制造的实践。在美国，至少有超过350 000人分布于73 000个公司从事再制造的生产[1]。在我国，济南复强、上海大众瑞贝德等公司也已开展了汽车零部件的绿色再制造。

然而，我国绿色再制造并没有大规模展开，其原因固然有多方面，但不可否认，再制造的生产运作具有相当难度[2-3]，而再制造生产运作的核心和难点问题是绿色再制造的生产计划。按计划的层次性，生产计划分为综合生产计划、主生产计划、物料需求计划以及车间作……。

为了研究的便利性，……。尽管Vaidyanathan等[8]基于数学规划方法研究了再制造的综合计划，但其研究主要考虑的是供给和需求确定情况下的再制造综合生产计划问题。近2年，Chen等[9]和魏祥等[10]也假定在市场需求不变的情况下，研究了生产计划问题。总体看，上述研究假定的确定性环境与再制造实际环境有较大差距，再制造在回收质量、数量、回收时间以及市场需求等方面都存在显著不确定性。

随着再制造研究的深入，……。文献[13-15]中研究了消费者需求、回收数量、再制造成本以及比率不确定情况下的制造/再制造系统生产计划模型。文献[16-18]中也研究了回收和需求不确定条件下的最优生产决策。他们的研究集中于单个企业环境下，如何利用有限的制造资源制定最优的生产决策，包括最优生产处理方式、生产计划以及回收物料需求等。但是，他们的研究主要集中于考虑新品制造和回收再制造由同一厂商完成，没有考虑采用外包策略下的再制造生产策略，也没有涉及再制造的综合生产计划问题。事实上，为了应对供应的波动，使生产计划能够平稳执行，现实中，许多制造商倾向于选择第三方来管理废旧产品回收[19]。Chu等[20]、范体军等[21]研究结果表明，实行外包策略将会降低企业总的生产或订购成本，更重要的是增强了绿色再制造的生产柔性，缓解其产品市场需求不确定性和供给不确定带来的运作难题。

一些学者们也从业务外包视角研究了绿色再制造相关问题。Pietro等[22]的研究表明，制造商更加注重第三方逆向物流提供商的环保特质，并且只有当第三方回收商更加专业和注重环保时才会将业务外包。Lu等[23]认为，当制造商需要在新的地址进行再制造时，他们倾向于利用现有的生产设施或找第三方逆向物流服务商来减少承诺成本，而且两者合作也是减少再制造成本的方式之一。梁玲等[24]对比了汽车旧件的自主回收模式、外包回收模式以及联合回收模式，提出了促进汽车旧件回收数量与效率的策略建议。上述学者的研究主要考虑的是外包策略在绿色再制造中的应用可行性和策略，并未进一步讨论外包策略应用于绿色再制造生产计划的问题。

为此，本文考虑……，并以此为基础构建了考虑外包的再制造随机综合生产计划模型，并提出了模型的求解方法。最后，以算例论证该模型的有效性。

**1 问题描述**

假设以制造商为核心的再制造产品生产系统，如图1所示[11]，系统中涉及到再制造厂商和外包商。从再制造的运作流程看，再制造产品将每个计划期的回收产品进行检测，对于无法再生、再用的一部分产品进行报废，而将剩下的回收产品进行清洗、拆卸并放入回收组件的库存中，而回收组件也将进行再制造，由于制造商本身的制造能力是有限的而且市场的产品需求也是随机的，故存在一定的缺货量，即……。

|  |
| --- |
| 废旧产品丢弃  新产品制造  满足新产品  需求  回收的产品  检测  分类  回收组件的库存  （清洗、拆卸）  废旧产品再制造  加工完成  产成品库存  **外包商**    **图1 可拆卸再制造产品的再制造运作流程**[11] |

为此，研究问题假定再制造产品需求随机并服从正态分布，且每一计划期的市场需求相对均匀。再制造的综合生产计划目标是确定适当的生产订货点库存量、再制造生产系统服务水平，以及各计划期的再制造产量与外包量，进而实现企业期望收益的最大化。

**2 再制造随机综合生产计划模型**

**2.1 模型假设**

为便于模型的建立，作如下假设：

（1） 假设再制造厂商不参与产品的回收过程，即废旧产品可以从外部采购（如大型的回收站），并且回收产品的可提供量远远大于每个计划期的再制造生产需求。

（2） 回收产品在回收库存中进行拆卸，虽然拆卸成为零部件，但是为了求解的方便，计划期的库存成本计算仍以产成品为单位而非零部件，即为产品级的库存控制策略而非零部件级的库存控制策略。……。

**2.2 符号说明及参数**

本文建模设计参数：

——回收产品的种类，

——零部件的种类，

——计划期间的集合，

——回收产品的再制造生产周期

……。

**2.3 模型构建**

……

s.t．

，  (2)

，  (3)

……

**3 模型求解**

考虑在每一计划期内再制造产品需求是相对均匀的，因此，基于生产周期的产品需求，而，即。这样式（13）可以等价于

 （18）

由于，而且第期第种产品的再制造的生产量与该期该废旧产品回收量相等，故

 （19）

第期第种产品的缺货量为

 （20）

……

**4 算例分析**

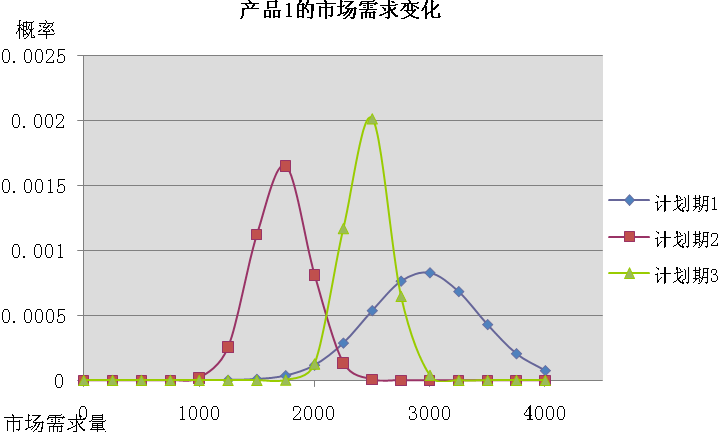
某公司考虑2种产品的回收再制造计划，构建随机综合再制造生产计划优化模型。该公司年度生产计划分3期。已知产品种类，天，天，天，万元，万元，万元；……。其他数据如表1～10所示。

**表1 产品需求参数（****）**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |
|  | （2949，4792） | （1713，2392） | （2456，1932） |
|  | （11463，9122） | （18918，19762） | （6832，6302） |

……

产品1、2在3个计划期的市场需求变化图如图5、6所示。初步的再制造生产计划在第1期需要资源1的数量是36 915个，超出可用资源的总量，所以需要对初步计划进行调整。最终的优化结果如表14～17所示，预期利润为117 300.18万元，而3个计划期的利润分别为39 782.017万元、55 324.971万元、22 193.192万元。



**图5 产品1在不同计划期的市场需求概率分布**

结合图表与数据，可以得出：

（1） 随着单位回收成本变动因子与单位采购成本变动因子的降低，使得进行废旧产品再制造在满足市场新产品需求的同时，企业进行再制造会更加有利可图。

（2） 由于市场的需求分布是随机的，并且企业的自身资源是极其有限的，但是通过将缺货量进行外包，即进行基于外包的再制造生产提升了企业自身的生产柔性，降低了缺货成本。

……。

**5 结 语**

通过业务外包策略，再制造生产企业可以增强生产柔性，缓解其绿色再制造产品供给的不确定性。同时，绿色再制造产品的市场需求又存在很大的随机性。而再制造综合生产计划又是再制造生产运作的核心和难点问题之一。基于此思路，本文综合运用线性规划和随机数学理论，构建了面向随机需求的绿色再制造随机综合生产计划模型，通过模型提出了相应的算法，决策计划期再制造外包量、生产订货点水平、再制造生产量和废旧产品回收量等。

……。

**参考文献著录格式**

**参考文献** 只选主要的引入，近5年的文献量应占50%。参考文献采用顺序编码制，按文中出现的先后顺序编号（内部资料、私人通信、报纸、待发表的文献一律不引用）。文献作者3名以内全部列出，4名以上则列前3名，后加“等”或“et al”；中外文作者姓名书写时，姓前名后，名用缩写，不加缩写点

**（1）专著：作者．书名[M]（第1版不著录）．出版地：出版者，出版年.起止页码．**

[1] 卢浩泉，施安辉.生物学手册[M]．济南：山东科学技术出版社，1991.46-49．

[2] Timoshenko S P, Gere J M． Theory of elastic stability[M]． 2nd ed． Tokyo： McGraw-Hill International, 1963．

**（2）期刊：作者．题名[J]．刊名，年，卷（期）：起止页码．**

[3]王野平，马培荪．形状记忆合金微驱动器[J]．微米纳米科学与技术，1997,3（1）：1-5．

[4] Liu K, Lewis F L． Adaptive tuning of fuzzy logic identifier for unknown nonlinear systems[J]．Adaptive Control and Signal Processing, 1994,8（3）：573-586．

**（3）论文集：作者．题名[C]．论文集名．出版地：出版者，出版年．起止页码．**

[5]钟文发．非线性规划在可燃毒物配置中的应用[C]//赵玮．中国运筹学会第五届大会论文集，西安：西安电子科技大学出版社，1996：468-471．

[6] Gordo J M, Guesdes Soares C．Approximate load shortening curves for stiffened plates under uniaxial compression[C]// Faulkner D，Cowling M J，Incecik A，*et al*. Integrity of Offshore Structures-5，Arly：EMAS, 1993．189-211．

**（4）学位论文：作者．题名[D]．保存地点：保存单位，年份．**

[7]翟长连．混合动态系统的稳定性及控制[D]．上海：上海交通大学自动化系，1999．

[8] Cairns R B． Infrared spectroscopic studies on solid oxygen[D]．Berkeley：University of Califonia，1965．

**（5）专利文献：专利申请者．题名[P]．专利国别：专利号．出版日期．**

[9]姜锡洲．一种温热外敷药制备方法[P]．中国专利：CN881056073．1989-07-26．

**（6）标准：标准编号，标准名称[S]**

[10] GB/T16159-1996，汉语拼音正词法基本规则[S]．

**（7）文献：标题[EB/OL]**

[10]太平洋汽车. 上海私车牌照拍卖的历史回顾[EB/OL].

<http://www.pcauto.com.cn/qcbj/sh/cxpl/0311/24855_1.html>, 2005.

1. **收稿日期：2015-04-16 修订日期：2015-09-16**

   **基金项目**：国家自然科学基金资助项目（xxxxxxxx）；国家科技支撑计划资助项目（xxxxxxxx）

   **作者简介**：xxx（1976-），男，博士，副教授。研究方向为供应链、运营管理。E-mail：xxx@ecust.edu.cn [↑](#footnote-ref-1)