



国家自然科学基金项目
管理科学与工程系列

再制造系统生产计划与调度 模型构建与算法设计 ——基于综合集成优化视角

陈伟达 刘碧玉 著



科学出版社

国家自然科学基金项目管理科学与工程系列

再制造系统生产计划与调度 模型构建与算法设计 ——基于综合集成优化视角

陈伟达 刘碧玉 著

国家自然科学基金项目（70971022/71271054/71571042/71501046）等项目 资助出版

科学出版社
北京

内 容 简 介

本书是专门研究再制造生产计划和调度问题的著作,其内容主要源自作者及研究生们多年研究的积累,在前人已有的研究成果的基础上,将理论分析和实际问题相结合,从离散型再制造系统(以废旧机电类产品为典型代表)到混合流程型再制造系统(以废钢铁为典型代表)进行了较为系统的研究,形成了一个比较完整的体系,丰富了生产计划和调度领域理论的研究成果,可以为再制造企业制定生产决策提供理论指导,为实现节能减排和可持续发展提供理论支持。

本书可供工业工程、管理科学与工程、物流工程、系统工程、控制理论与控制工程和环境科学等相关领域的教学、科研与生产管理人员阅读,也可作为相关专业研究生的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

再制造系统生产计划与调度模型构建与算法设计:基于综合集成优化视角 / 陈伟达,刘碧玉著. --北京:科学出版社,2015

ISBN 978-7-03-045910-7

I. ①再… II. ①陈… ②刘… III. ①再造工业—生产计划—模型构建②制造业—生产计划—算法设计③制造业—生产调度—模型构造④制造业—生产调度—算法设计 IV. ①F407.406.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第237398号

责任编辑:魏如萍 / 责任校对:马显杰
责任印制:霍兵 / 封面设计:蓝正设计

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新科印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016年1月第一版 开本:720×1000 1/16

2016年1月第一次印刷 印张:17 1/4

字数:347 000

定价:86.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

作者简介

陈伟达,男,1965年8月出生,浙江海宁人,管理学博士,东南大学经济管理学院管理科学与工程系教授、博士生导师。国际生产与运作管理学会(Production and Operations Management Society, POMS)会员, *International Journal of Production Research*、*Journal of Cleaner Production*、《管理科学学报》等国内外期刊审稿人。先后主持国家自然科学基金项目3项、江浙沪两省一市社会科学基金项目1项、江苏省软科学研究计划项目2项、江苏高校哲学社会科学研究重大项目1项、南京市软科学研究计划招标项目1项、其他各类项目多项;并在国内外权威期刊 *International Journal of Production Research*、《管理科学学报》、《中国管理科学》、《系统工程学报》、《管理工程学报》和《科研管理》等发表论文60余篇,出版专著1部。其主要研究方向为生产调度和软计算方法、供应链和物流管理。

序 言

进入 21 世纪以来,环境问题和资源问题日益凸显,企业责任规制不断加强。德国、美国和欧盟其他国家都已经出台了相应的法律法规。这些法律法规的共同特点是将生产商的责任延伸至产品的全生命周期,要求其对寿命终结的产品进行回收、拆卸、再利用、再循环,从而实现资源的循环利用和保护环境的目的。生产商在对废旧产品进行回收、再制造的过程中也获得了巨大收益。例如,施乐(Xerox)公司通过回收和重复使用墨盒等零部件,使制造成本降低 40%~65%;柯达(Kodak)公司也将废旧相机回收再制造,进而获取了额外的利润。

在我国,随着经济的持续快速发展,人民生活水平的日益提高,产品更新换代频率的加快,产品年报废数量急剧增加。如果这些废旧产品不能及时有效地资源化,在造成大量资源浪费的同时,也成为“社会公害”之一,严重威胁人们的生存环境。由于再制造具有巨大的经济效益和环境效益,所以成为实现可持续发展的有效途径。2005 年 10 月,国家发展和改革委员会(以下简称国家发改委)等部门联合发文,确定将再制造工程列为开展循环经济试点工作的重点领域;2008 年,14 家发动机、轮胎、机床再制造企业被列为重点扶持再制造试点单位,目前已经进入标准化发展阶段;2015 年 1 月 20 日,广州市花都全球自动变速箱有限公司、潍柴动力(潍坊)再制造有限公司、东风康明斯发动机有限公司、大众一汽发动机(大连)有限公司等 10 家再制造发动机、变速箱车企被列为再制造产品“以旧换再”推广试点企业;此外,国家发改委会同相关部委正在推进再制造产业示范基地建设,国务院在循环经济发展战略及近期行动计划中也提出要规划集中建设 5~10 个零部件再制造产业示范基地。随着我国再制造业的蓬勃发展,以及再制造系统存在的诸多不确定性,再制造生产计划与调度问题成为企业亟待解决的重要课题。因此,针对该课题展开研究具有重要的理论和现实意义。

本书在借鉴前人研究成果的基础上,将再制造生产计划和调度优化问题作为具体研究对象,全书分为三篇,按照理论基础—离散型再制造系统生产计划与调度—混合流程型再制造系统生产计划与调度的思路进行写作。本书最显著的特点在于根据实际存在的、具有典型性代表的两大类废旧产品,即离散型再制造系统的废旧机电类产品和混合流程型再制造系统的废钢铁两类废旧产品再制造系统的差异对再制造系统生产计划与调度综合集成优化问题展开研究。

第一篇:理论基础篇。首先针对再制造系统内涵、再制造系统特征及再制造系统中存在的不确定因素展开分析;其次分别对离散型(以废旧机电类产品为例)和混合流程型(以废钢铁为例)再制造生产计划与调度国内外研究现状进行

综述；鉴于再制造系统生产调度的复杂性，在本篇对一般制造系统车间作业生产调度进行阐述，以期为再制造系统生产调度优化问题的研究奠定基础。

第二篇：离散型再制造系统生产计划与调度综合集成优化。以废旧机电类产品为研究对象，按照离散型再制造系统正向物流的顺序和由简及繁的原则，首先研究废旧产品拆卸子系统批量计划与拆卸序列优化问题，其次研究面向整个再制造系统的生产计划提前期和批量生产计划综合优化问题，最后研究作业层面的批量生产调度优化问题，以实现拆卸子系统、零部件再制造子系统和装配子系统三者之间的有效衔接，达到整个系统协调、降低生产成本、提高总效益的目的。

第三篇：混合流程型再制造系统生产计划与调度。以废钢铁再制造为例，结合混合流程工业再制造系统的特点及碳排放依赖型废钢铁回收再制造的实际情况，首先研究废钢铁再制造和减排投资的联合决策，其次研究废钢铁再制造系统钢坯热轧批量生产计划，最后在此基础上基于节能和碳减排的目标分别研究废钢铁再制造单目标 and 多目标生产调度问题。

本书是专门研究再制造生产计划和调度问题的著作，其内容主要源自作者及研究生们多年研究的积累。在本书的撰写过程中，博士研究生魏莉、王永健、张燕华、杨焱等，硕士研究生王敬敬、刘亚利、崔少东、程震霞和钱强飞等参与了文字、图表编辑及资料收集工作，在此表示感谢！本书涉及的科研成果是在国家自然科学基金“废旧机电类产品再制造系统生产计划和调度综合集成优化方法研究”（No. 70971022）、“碳排放许可与交易下废钢铁再制造生产计划与调度综合集成优化研究”（No. 71271054）、“低碳环境下集成财务运作的制造/再制造生产决策优化研究”（No. 71571042）和“考虑碳排放政策的废旧产品回收再制造决策与减排策略研究”（No. 71501046）等项目资助下取得的，在此表示衷心的感谢！

陈伟达 刘碧玉

2015年10月

目 录

第一篇 理论基础篇

第 1 章 再制造系统特征及其不确定因素分析	3
1.1 再制造概述	3
1.2 再制造系统特征	9
1.3 再制造系统不确定因素	10
1.4 降低不确定性因素对再制造系统影响的方法	12
1.5 本章小结	14
第 2 章 再制造系统生产计划与调度国内外研究现状	15
2.1 离散型再制造系统生产计划与调度研究现状	15
2.2 混合流程型再制造系统生产计划与调度研究现状	21
2.3 再制造生产计划与调度研究方法	30
2.4 本章小结	34
第 3 章 一般制造系统车间作业生产调度	35
3.1 车间多机调度	35
3.2 工艺路线可变车间调度	42
3.3 协同生产调度	53
3.4 本章小结	67

第二篇 离散型再制造系统生产计划与调度

第 4 章 面向拆卸的批量计划与拆卸序列优化	71
4.1 拆卸批量计划	71
4.2 拆卸序列规划	93
4.3 本章小结	110
第 5 章 面向再制造系统整体的提前期与批量生产计划综合优化	112
5.1 提前期优化	112

5.2	生产批量计划综合优化	123
5.3	模糊环境下生产计划优化	128
5.4	本章小结	135
第6章	面向再制造系统整体的生产调度	136
6.1	再制造系统缓冲设置	136
6.2	再制造系统批量调度	143
6.3	本章小结	171

第三篇 混合流程型再制造系统生产计划与调度

第7章	废钢铁再制造和减排投资的联合决策	175
7.1	问题描述及符号说明	175
7.2	优化模型及分析	177
7.3	算例分析	180
7.4	本章小结	186
第8章	废钢铁再制造系统钢坯热轧批量生产计划	187
8.1	热轧工艺及计划编制	187
8.2	基于节能减排的废钢铁再制造批量生产计划优化问题描述	189
8.3	钢坯热轧批量计划优化模型构建	191
8.4	模型求解及算例验证	193
8.5	本章小结	197
第9章	废钢铁再制造单目标生产调度	198
9.1	废钢铁炼钢-连铸生产过程及国内外研究现状	198
9.2	碳排放量最小化的单目标生产调度	201
9.3	碳排放约束下等待时间受限的废钢铁再制造单目标生产调度	207
9.4	本章小结	228
第10章	废钢铁再制造多目标生产调度	229
10.1	Makespan 和碳足迹双目标优化	229
10.2	碳排放、延期惩罚和设备利用率多目标优化	240
10.3	本章小结	249
参考文献		251

第一篇 理论基础篇

篇首语

再制造是循环经济“再利用”的高级形式。加快发展再制造产业是建设资源节约型、环境友好型社会的客观要求。与制造新品相比，再制造可以节能 60%、节材 70%、节约成本 50%，几乎不产生固体废物，大气污染物排放量降低 80% 以上。再制造有利于形成“资源—产品—废旧产品—再制造产品”的循环经济模式，可以实现充分利用资源、保护生态环境的目的。2005 年，国务院在《关于加快发展循环经济的若干意见》中明确提出支持发展再制造。同年，经国务院批准，国家第一批循环经济试点将再制造作为重点领域。2008 年，《中华人民共和国循环经济促进法》将再制造纳入法律范畴进行规范。相对于一般制造系统而言，再制造系统面临更多的不确定性，这给制订再制造生产计划与调度方案带来了挑战。本篇首先针对再制造系统内涵、再制造系统特征及再制造系统中存在的不确定因素展开分析，其次分别对离散型（以废旧机电类产品为例）和混合流程型（以废钢铁为例）再制造系统生产计划与调度国内外研究现状进行综述；鉴于再制造系统生产调度的复杂性，本篇对一般制造系统车间作业生产调度进行阐述，以期对再制造系统生产调度研究奠定基础。

第 1 章

再制造系统特征及其不确定因素分析

相对于一般制造系统，再制造系统的显著特征存在诸多不确定性因素。本章首先分析废旧机电类产品再制造内涵、再制造系统特征及运作流程；其次按照从再制造产品的源头到再制品的终端需求的顺序全过程分析再制造系统的不确定性因素；最后针对这些不确定性因素，讨论其对废旧机电类产品再制造生产计划的影响，进而为后续对不确定性的处理奠定基础。

1.1 再制造概述

1.1.1 再制造内涵

再制造是实现循环经济“减量化、再利用、资源化”的重要途径，是废旧机电产品再生利用、延长使用寿命的高级形式，其能够显著地节约成本、节能、节材（徐滨士等，2007）。国内外已经有很多学者对再制造进行了研究，但是，目前对于再制造的概念尚没有形成统一的界定。

1. 国外对再制造的定义

1984 年，美国再制造研究先驱 Lund 将再制造定义为：“再制造是将耗损的耐用产品恢复到既能用又经济，经过拆卸分解、清洗检查、整修加工、重新装配、调整测试的全生产过程。”在工厂中，通过一系列工业过程，将已报废的产品进行拆卸，不能使用的零部件通过再制造技术修复，使修复处理后的零部件的性能和寿命期望值达到或高于原零部件的性能与寿命（Lund，1983）。

Guide(2000)将再制造定义为：“将一个旧产品恢复到‘新’状态，具有和原产品一样的使用性能和寿命的过程。”

德国再制造工程中心的 Steinhilper(2006) 将再制造定义为：“将废旧产品制

造成‘如新品性能一样好’的再循环过程。”

Griffiths(2009)将再制造定义为：“将使用过的产品至少恢复至原有性能，并确保其性能不低于新制造产品”(return a used product to at least its original performance with a warranty that is equivalent or better than that of the newly manufactured product)。

2. 国内对再制造的定义

我国再制造工程研究界的权威专家，中国工程院徐滨士(2010)认为，再制造是以机电产品的全寿命周期设计和管理为指导，以废旧机电产品实现性能跨越式提升为目标，以优质、高效、节能、节材、环保为准则，以先进技术和产业化生产为手段，对废旧机电产品进行修复和改造的一系列技术措施或工程活动的总称。简言之，再制造是对废旧产品高技术修复、改造的产业化。产品再制造的方式主要是再制造恢复(应用表面工程等手段将产品恢复或超过原技术性能状态和再制造升级)。其是指对过时的产品进行技术改造、更新提高产品的性能。再制造的主要特征是再制造产品的质量和性能达到或超过新产品，成本却仅为新产品的50%左右，其可以节能60%左右、节材70%以上，其意义对保护资源与环境的贡献显著(姚巨坤和时小军，2007)。

中国国家标准计划项目《再制造术语》(项目编号：20091292-T-469)对废旧产品进行专业化修复或升级改造，使其质量特性达到或优于原有新产品水平的制造过程(注：其中质量特性包括产品功能、技术性能、绿色性、安全性、经济性等)(徐滨士等，2009)。

北京大学陈海威(2007)在《再制造产业：概念、问题与发展对策》一文中认为，“再制造是以产品全寿命周期理论为指导，以报废设备及其零部件的循环使用和反复利用为目的，以报废产品为毛坯，采用先进再制造成形技术(包括高新表面工程技术、数控化改造技术、快速成形技术及其他加工技术)，使报废设备及其零部件恢复尺寸、形状和性能，形成再制造产品的一系列技术措施或工程活动的总称”。

再制造研究专家甘茂治和周红(2001)在《绿色再制造工程及应用发展中的若干问题》一文中认为：狭义地说，再制造是指产品报废后对其重新加工形成可用产品的过程，这种可用产品包括加工处理后的原材料，也包括不破坏基本成型，经过再加工后性能良好的零部件。开展再制造研究的目的是改变设备报废后处理方式的比重，使后者尽量增多，前者尽量减少，充分回收利用报废产品中的附加值。广义地说，再制造是指产品设计、制造并投入使用后，为使其保持、恢复可用状态或加以重新利用，所采取的一系列技术措施或工程活动，包括对产品的修复、改装、改进或改型与回收利用。

陈翔宇和梁工谦(2006)认为，在再制造过程中，回收品被拆卸，有用零件被

清洗、翻新、入库,对旧零件、再制造件,甚至新零件进行组装而形成新产品,组装后的新产品在性能和期望使用寿命上等同于甚至超过采用传统制造模式生产的新产品。再制造不是简单的维修,而是在性能失效分析、寿命评估等基础上对损坏或将报废的零部件进行再制造工程设计,采用一系列先进制造技术使再制造产品的质量达到或超过新产品。

鉴于这些定义对再制造涉及的基本要素、技术标准及实施过程提供的有益参考,本书拟采用的再制造定义为,再制造是一种对废旧残次产品和零部件实施高技术修复和改造的活动,它针对的是损坏或将报废的零部件,在性能失效分析、寿命评估等分析的基础上,进行再制造工程设计,采用一系列相关的先进制造技术,使再制造产品的质量和性能达到或超过新产品的一系列生产活动。

再制造不同于修理,也不同于再循环,修理只是将产品恢复到可以继续使用的状态;再循环只是简单地把不能再使用的产品通过处理后作为原材料再利用;而再制造具有以下特性。

(1)再制造是一个物理过程,如用旧了的发动机,经过一番修复、改造后,最后装成的仍然是一台发动机,而不会变成别的产品。由此看来,再制造不同于废旧物资的回收利用。

(2)再制造具有化学过程的特征。虽然旧的发动机经过再制造后仍然是发动机,但是它的原材料或构件已经脱胎换骨,而且再制造的产品不是“二手货”,而是一种全新的产品,所以再制造不等于一般的原材料循环利用。

(3)再制造的本质是修复,但它不是简单的维修。再制造的核心是采用制造业的模式进行维修,其是一种高科技含量的修复技术,而且是一种产业化的修复,因此,再制造是维修发展的高级阶段,是对传统维修概念的一种提升和改写。

(4)全寿命周期这个概念就是由再制造生发的。通常我们说产品寿命周期,是指产品的制造、使用和报废处理三个阶段,再制造产业诞生后,产品的寿命周期就不仅仅要考虑上述三个阶段,而且在产品设计时就应该充分考虑产品维护及采用包括再制造在内的先进技术对报废产品进行修复和再造,从而使产品性能和价值得以延续。换言之,在全寿命周期概念中,应该报废的产品其寿命并未终结,经过再制造,它可以再度使用,因而产品的全寿命周期链条就拉长为产品的制造、使用、报废、再制造、再使用、再报废。

(5)再制造不但能延长产品的使用寿命,提高产品的技术性能和附加值,还可以为产品的设计、改造和维修提供信息,最终以最低的成本、最少的能源资源消耗完成产品的全寿命周期。国内外的实践表明,再制造产品的性能和质量均能达到甚至超过原产品,而成本只有新产品的50%左右、节能达到60%以上、节材70%以上。业内人士认为,最大限度地挖掘制造业产品的潜在价值,让能源

资源接近“零浪费”，这就是发展再制造产业的最大意义。

1.1.2 再制造的发展及演化过程

再制造是循环经济的重要实现形式，据了解，全球再制造每年节约的能源相当于 75 000 辆汽车“终生”所消耗的油料，或者相当于 8 家中等规模核电站的年总发电量（一口，2006）。

国外再制造主要在欧美地区开展。20 世纪 70 年代末，美国麻省理工学院开始进行再制造产业发展的研究工作。80 年代，世界银行资助 Lund(1984)完成了《再制造：美国的经验及对发展中国家的启示》的总结报告，推动了再制造产业的蓬勃发展，美国是再制造发展和研究最具有代表性的国家。1984 年，美国技术评论开始提倡旧品翻新或再生，并称之为“再制造”，由此开始了再制造理论研究的先河。美国汽车工程师协会率先对汽车及其零部件再制造进行研究，并出版了《汽车再制造》杂志。美国波士顿大学制造工程学教授 Lund(1996)经过对美国再制造产业的深入研究，撰写了研究报告《再制造工业：潜在的巨人》，该报告从概念描述、再制造策略、再制造环境分析、产品失效分析、寿命评估、回收与拆卸方法、再制造设计与方法、质量控制管理、成本分析、综合评价、再制造软件工具开发、再制造对美国的贡献等方面，详细阐述了再制造理论及其在美国的发展状况，该报告引起了国际再制造学术界的轰动。在 Lund 教授之后，再制造在欧美等发达国家受到普遍重视。美国建立了全国性和行业性的研究中心，并且在大学讲授再制造方面的课程，再制造的理论研究、应用研究的广度和深度不断加强，至今仍在不断发展中（杜子学和严傲，2008）。

国外在再制造实践发展方面，美国、欧洲、日本等国家和地区的政府高度重视再制造产业，再制造技术水平领先、产业规模巨大，已经成为独具特色的新兴产业。美国再制造产业有三个典型的特点：政府积极推动再制造发展、再制造产业规模巨大、再制造应用领域广泛。目前，再制造工程已深入美国各个领域，包括汽车、冰箱、电脑、压缩机、电子仪器、机械制造、办公用具、轮胎、墨盒、工业阀门、战争武器等行业，其应用领域极其广泛（李建国和张绣棉，2006）。

欧洲也在积极推动再制造产业的发展，建立了相关的扶持法规，并具体制定了再制造行业的再制造目标。例如，2000 年 2 月，欧盟委员会规定：未来所有欧盟的汽车用户，将享受免费旧车回收。从 2002 年起，废旧汽车的可再生利用率将达到 85%，到 2015 年达到 95%。此外，欧盟还在德国建立了欧洲再制造技术中心（徐滨士等，2001）。

欧洲主要工业化国家的一些大企业都相继开展了再制造产业。著名的大众、宝马、梅赛德斯汽车企业均建立了汽车拆卸试验中心，预计到 2015 年，95%的废旧汽车零部件都可以得到回收利用。德国的大众汽车公司仅再制造原装回收发

动机这一项,就达到748万台,相当于节省钢材33.7万吨(王文博,2010)。

日本的再制造产业主要集中在汽车再制造、电子机械再制造领域。日本拥有世界上1/10的汽车,每年都有500万辆以上被报废。在政府对再制造产业的支持和企业对再制造产业的大力投入下,实际上,许多汽车通过再制造恢复了原有功能,实现了再循环,延长了汽车的使用寿命。富士施乐公司在全国建立了50个废弃旧复印机回收点,废旧复印机的零部件循环利用率达到50%以上,拥有废旧零部件的复印机产量达到总产量的25%,而且通过再制造生产的复印机的质量丝毫不受影响(储伟俊和刘斌,2001)。

我国的再制造产业具有鲜明的自身特色,其是在维修工程、表面工程基础上发展起来的,主要基于表面工程、纳米表面工程和自动化表面工程技术,不仅能准确恢复尺寸,而且还能显著提升性能,已经达到国际先进水平,形成了具有中国特色的再制造技术路径。

我国再制造的发展历程可以分为三个阶段:①再制造萌生阶段;②学术研究和科研论证阶段;③全国人民代表大会颁布法律、政府全力推进阶段(徐滨士,2011)。

(1)再制造萌生阶段。该阶段从20世纪90年代初至1998年,其主要标志是90年代初中国重汽集团济南复强动力有限公司(中英合资)、上海大众汽车有限公司的动力再制造分厂(中德合资)等,分别在重型卡车发动机、轿车发动机等领域开展再制造。

(2)学术研究和科研论证阶段。该阶段从1999年至2006年,共有两个主要标志:一个是工程院院士徐滨士在国内首次提出再制造概念并在国际学术会议上发表再制造论文。1999年6月,徐滨士在国内首次提出了“再制造”的概念;2000年3月,徐滨士发表了题为《面向21世纪的再制造工程》的会议论文,这是我国学者在国际维修学术会议上首次发表“再制造”论文。另一个是我国再制造技术实验室设立和对再制造基础理论、关键技术进行立项研究。2001年5月,中国人民解放军总装备部(以下简称总装备部)批准立项建设我国首家再制造领域的国家级重点实验室——装备再制造技术国防科技重点实验室,于2003年6月正式投入使用。2002年9月及2007年9月,国家自然科学基金委员会先后批准了两项关于再制造基础理论与关键技术研究的重点项目。2003年8月起,国家中长期科学和技术发展规划论证研究把“机械装备的自修复与再制造”列为19项关键技术之一。2003年12月,中国工程院咨询报告《废旧机电产品资源化》完成,其明确指出:废旧机电产品资源化的基本途径是再利用、再制造和再循环。2004年,再制造被我国政府确定为发展循环经济的战略之一。2006年12月,中国工程院咨询报告《建设节约型社会战略研究》中把机电产品再制造列为建设节约型社会的17项重点工程之一。

(3)全国人民代表大会颁布法律、政府全力推进阶段。该阶段从2007年至今,共有两大主要标志:一是2009年1月,《中华人民共和国循环经济促进法》正式生效,为推进再制造产业发展提供了法律依据。另一个是2009年11月,我国启动了包括8大领域35家企业在内的再制造产品试点工作。2006年,曾培炎就发展我国汽车零件再制造产业做出批示:同意以汽车零部件为再制造产业试点。2008年3月,国家出台了《汽车零部件再制造试点管理办法》,确定了14家企业开展汽车零部件再制造试点工作。其中包括中国第一汽车集团公司、武汉东风鸿泰控股集团有限公司、上海大众联合发展有限公司、济南复强动力有限公司、奇瑞汽车有限公司等整车制造企业和潍柴动力(潍坊)再制造有限公司、广西玉柴机器股份有限公司等发动机制造企业。2009年12月,温家宝亲自批示:“再制造产业非常重要。它不仅关系循环经济的发展,而且关系扩大内需(如家电,汽车以旧换新)和环境保护。”2010年2月20日,国家发改委和国家工商行政管理总局确定启用汽车零部件再制造产品标志,目的在于加强再制造产品的监管力度,进一步推进汽车零部件再制造产业的健康发展。

2010年3月,工业和信息化部在《2010年工业节能与综合利用工作要点》文件中明确提出,抓好机电产品再制造试点。工作的要求包括:①组织召开机电产品再制造试点工作交流和实施方案编制培训会,指导第一批35家试点单位认真完成试点实施方案的编制工作,指导推进有关地区加强再制造产业发展。②组织有关咨询机构对35家试点单位试点实施方案实施审查和批复,会同有关地区工业主管部门积极推进试点实施方案组织实施,积极推动试点工作开展。③实施再制造示范工程技术改造专项,引导试点单位加大技术改造力度,尽快形成批量化产品再制造能力和产业规模。④研究支持再制造产业发展的有关政策措施。

2010年5月,我国颁布《关于推进再制造产业发展的意见》,明确把再制造产业作为国家新的经济增长点加以培育。

2010年10月,我国颁布《国务院关于加强培育和发展战略性新兴产业的决定》,明确提出要提高资源综合利用水平和再制造产业化水平。

2011年9月14日,国家发改委下发《关于深化再制造试点工作的通知》,将扩大再制造产品的种类和范围,继续组织开展再制造试点,并加大扶持力度。

2012年3月,国家批准家具以旧换新再制造试点,其目的在于刺激内需、鼓励消费。全国人民代表大会颁布法律和政府全力推进再制造产业的发展,为再制造的发展注入了强大动力。我国再制造的发展呈现良好的发展势头。

2013年7月,国家发改委、财政部等部委联合印发《关于印发再制造产品“以旧换再”试点实施方案的通知》,将对再制造产品进行补贴,加大推广力度。

1.2 再制造系统特征

由于再制造系统自身的特殊性,不同于一般制造系统的生产方式,陈翔宇和梁工谦(2006)对再制造的主要特征总结如下。

(1)制造对象不同。再制造通常主要是以回收产品、废旧零部件或毛坯为对象,通过采取各种不同的技术与措施对这些废旧产品进行修复。

(2)产品流程不同。一般来说,再制造由拆卸、再加工和重新装配三大工序组成,或如图 1-1 所示,其包括产品完全拆卸和分解、分解后的零部件清洗、零部件详细检测和分类、零部件修复和更换、产品再装配、最终测试六道分解工序组成。

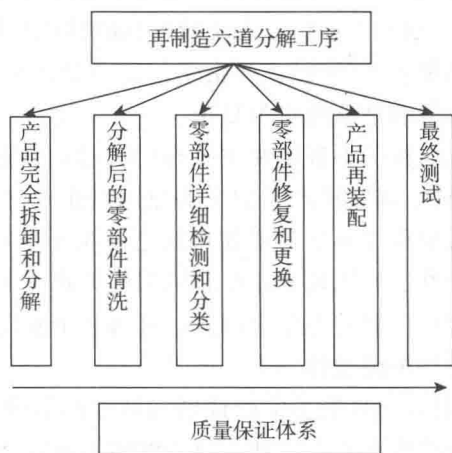


图 1-1 再制造六道分解工序示意图

(3)物流管理不同。再制造的对象为回收的废旧产品,从这个角度来说,再制造物流过程属于逆向物流过程,由于在再制造过程中,有时也需要从外部采购新的零部件,因而也包含了正向物流,又因为再制造过程的随机性,其物流管理相比于一般制造过程更具复杂性。

(4)生产技术不同。相对于一般制造系统,再制造对象通常是那些在尺寸、性能等方面存在不同程度损耗的废旧零部件,因此需要借助于“加法技术”“恢复技术”“强度技术”“表层防护技术”等一系列区别于一般制造技术的再制造技术,才能将这些废旧零部件恢复到正常的技术标准。

(5)质量控制不同。由于再制造产品和零部件的特殊性、废旧产品的多生命周期性及再制造过程中较大的随机性等,使在再制造过程中,并不能仅仅依赖于传统的质量控制和质量改进方法。