

ZAIZHIZAO SHENGCHAN JIHUA
YU DIAODU YOUHUA



再制造生产计划 与调度优化

温海骏 著



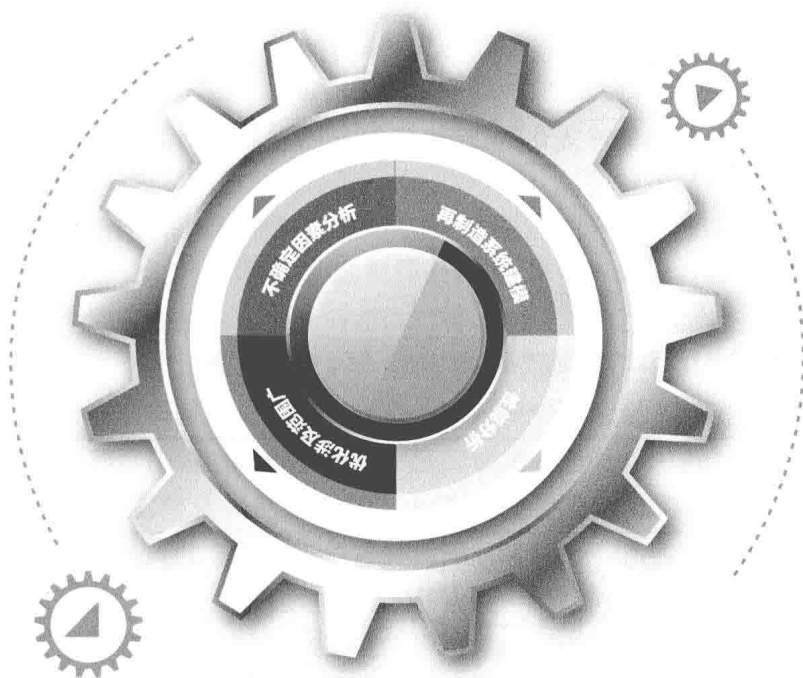
化学工业出版社

ZAIZHIZAO SHENGCHAN JIHUA
YU DIAODU YOUHUA



再制造生产计划 与调度优化

温海骏 著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书针对再制造生产管理的核心内容“再制造生产计划与调度”展开研究,以期为再制造实现产业化、规模化提供理论支持。主要内容包括:再制造工程技术及生产管理模式、不确定因素的分析与描述、不确定条件下再制造生产计划问题研究、不确定条件下再制造加工车间调度问题研究、计划与调度集成优化研究、系统开发与实现。

本书可以为机械工程、工业工程、管理工程等相关学科的教师、学生和从事相关研究的科技人员在学习和生产实践中提供参考。

图书在版编目(CIP)数据

再制造生产计划与调度优化/温海骏著. —北京:
化学工业出版社, 2016. 8
ISBN 978-7-122-27414-4

I. ①再… II. ①温… III. ①再生资源企业-生产
计划-信息资源-资源共享-研究 IV. ①F253

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 141283 号

责任编辑: 贾娜

装帧设计: 史利平

责任校对: 宋玮

出版发行: 化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 装: 北京科印技术咨询服务公司海淀数码印刷分部

710mm×1000mm 1/16 印张10 字数179千字

2016年9月北京第1版第1次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686)

售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 69.00 元

版权所有 违者必究

前言

FOREWORD

目前,在全球能源日益紧张、自然环境持续恶化的情况下,再制造已成为促进节能减排、发展循环经济的有效途径和必然选择。而再制造产业规模的扩大与生产决策、管理方法的矛盾也日益凸显。本书针对再制造生产管理的核心内容“再制造生产计划与调度”展开研究,以期为再制造实现产业化、规模化提供理论支持。

本书总结了再制造生产过程中对其运营管理造成扰动的不确定因素,建立了基于 FGERT 方法的废旧工件不确定性再制造工艺路线模型,针对加工时间为三角模糊随机变量的再加工过程,建立了梅森拓扑方程和等价模糊传递函数,进而得到各工艺路线分支概率和期望作业时间,并应用于发动机曲轴的再制造工艺路线分析。本书主要内容如下。

① 引入了可信性理论和两阶段模糊规划理论,建立了两阶段模糊再制造生产计划模型,将模型中的可再加工零件数量、外购零件数量以及零件的加工成本等不确定参数视为具有已知可能性分布的模糊向量,然后在决策过程中,在获得模糊参数的实现值之后对生产计划产生的偏差进行调整和补偿,讨论了补偿函数逼近法,设计了基于逼近方法的粒子群算法用于模型的求解,分别通过多品种产品和单品种产品的再制造生产实例对模型及算法进行验证。

② 考虑到废旧工件失效程度不同,引起加工路线和加工工时可变性的特点,选取影响再制造调度方案的质量评价指标,采用基于信息熵的粗糙集离散化算法进行属性约简,应用 TOPSIS 法建立了等级评价矩阵,实现了废旧工件的质量分类,以减少不确定因素对生产调度的影响;进而采用符合再制造工件特性的双重模糊变量描述再制造加工车间工况的双重不确定性,建立了基于双重模糊机会约束规划的再制造加工车间生产调度模型,并提出了包含双重模糊模拟、神经网络和遗传算法的混合智能算法。仿真实例表明:在质量分类基础上,建立双重模糊机会约束规划模型可以有效地解决不确定环境下的再制造生产调度问题。

③ 将调度作为详细的约束条件,构建了包括再加工费用、生产调整费用、加

班费用以及库存费用在内的总生产成本为目标函数的生产计划与调度集成优化模型；针对再制造生产中存在的多重不确定现象，采用模糊随机变量对再加工时间进行描述，将集成优化模型转化为预先给定置信水平下的模糊随机机会约束规划模型；然后，提出了一种基于模糊随机模拟的混合优化算法，利用 BP 神经网络逼近不确定集成优化模型，并嵌入至采用三层编码体系的遗传算法中求解集成优化模型，并通过仿真实例验证了该集成模型和求解方法的有效性和实用性。

④ 在上述理论研究的基础上，分析了再制造企业的基本业务流程，设计了适于不确定环境的再制造生产计划与调度集成原型系统。通过系统测试和实际应用，表明本书的研究成果能够辅助再制造企业协调生产车间的活动，验证了不确定环境下再制造生产计划与调度集成优化理论和方法的正确性和可行性。

本书的研究成果得到了国家重点基础研究发展计划“机械装备再制造的基础科学问题”（2011CB013406）、山西省青年科技研究基金(2013021021-2)的资助，在此表示衷心感谢。

再制造生产计划与调度优化是一个综合性的交叉学科，其中不确定因素分析、再制造系统建模、性能分析和优化涉及范围广，技术难度大，限于作者水平，书中难免存在不妥之处，敬请读者批评指正。

著者

目录

CONTENTS

第 1 章 绪论 1

- 1.1 再制造基本概念及其研究内容 1
 - 1.1.1 再制造工程内涵 1
 - 1.1.2 再制造工程的学科体系 4
 - 1.1.3 研究背景 7
 - 1.1.4 研究意义 11
- 1.2 研究现状及存在的主要问题 11
 - 1.2.1 再制造产业及发展现状 11
 - 1.2.2 再制造生产计划及调度研究现状 12
 - 1.2.3 求解方法概述 16
 - 1.2.4 存在问题 18
- 1.3 本书主要内容 19

第 2 章 再制造工程技术及生产管理模式 23

- 2.1 再制造工程技术概述 23
 - 2.1.1 废旧零件损伤 23
 - 2.1.2 零件的检验与分类 25
 - 2.1.3 再制造修复技术概述 26
- 2.2 再制造生产管理 27
 - 2.2.1 再制造生产模式 27
 - 2.2.2 再制造资源计划技术 RMPR (Remanufacturing Resource Planning) 31
 - 2.2.3 机电产品再制造的 RMRP 解决方案 35

第 3 章 再制造生产中不确定因素描述与分析

39

- 3.1 再制造生产不确定性因素 39
 - 3.1.1 再制造生产系统包含的不确定性因素 39
 - 3.1.2 再制造系统不确定性因素处理方法 42
- 3.2 不确定性因素数学描述 44
 - 3.2.1 不确定变量 44
 - 3.2.2 不确定规划 48
- 3.3 基于 FGERT 网络的工艺路线与工艺时间不确定性研究 50
 - 3.3.1 FGERT 网络模型 51
 - 3.3.2 基于 FGERT 网络的再制造工艺路线及作业时间问题
研究 53

第 4 章 不确定环境下再制造生产计划问题研究

60

- 4.1 再制造生产计划影响因素 60
- 4.2 两阶段模糊规划 62
 - 4.2.1 两阶段模糊规划 62
 - 4.2.2 补偿函数逼近方法 64
- 4.3 单品种两阶段模糊生产计划模型 66
 - 4.3.1 问题描述 66
 - 4.3.2 模型构建 68
 - 4.3.3 模型求解 70
- 4.4 多品种两阶段模糊生产计划模型 72
 - 4.4.1 问题描述 72
 - 4.4.2 模型求解 75
- 4.5 实例仿真与分析 79

第 5 章 不确定环境下再制造加工车间调度问题研究

88

- 5.1 再制造毛坯质量评价 88
 - 5.1.1 曲轴分类评价指标 89
 - 5.1.2 检测指标属性约简 90

5.1.3	TOPSIS 求解步骤	91
5.2	再制造加工及其生产调度模型	94
5.2.1	再制造检验及加工流程	94
5.2.2	问题描述及数学模型	97
5.3	模型求解	100
5.3.1	双重模糊模拟	100
5.3.2	神经网络的函数逼近	100
5.3.3	利用遗传算法优化再制造加工调度问题	101
5.4	实例仿真与分析	102
5.4.1	权重累积评价	103
5.4.2	TOPSIS 评价模型检验	105
5.4.3	调度模型仿真	107

第 6 章 不确定环境下再制造生产计划与调度集成优化研究 112

6.1	再加工作业车间生产计划与调度集成模型	112
6.1.1	问题描述	112
6.1.2	数学模型	113
6.2	模糊随机机会约束规划	117
6.3	集成优化算法设计	118
6.3.1	模糊随机模拟	118
6.3.2	多层前向神经网络函数逼近	119
6.3.3	遗传算法应用求解	120
6.4	实例仿真与分析	124
6.4.1	应用实例及实验参数	124
6.4.2	实验结果分析	126

第 7 章 再制造生产计划与调度系统开发与实现 132

7.1	再制造生产计划与调度集成信息框架模型	132
7.2	系统实现	134
7.2.1	系统开发环境	134
7.2.2	系统功能模块实现	135
7.3	原型系统运行实例	141

第 8 章 结论及建议 145

- 8.1 本书主要工作 145
- 8.2 尚需解决的问题 146

参考文献 148

环境、资源、人口是当今人类面临的三大主要问题，特别是进入 21 世纪以来，三者协调发展的矛盾也更加突出。随着工业化程度的不断提升，传统再制造给人们带来巨大财富和文明的同时，也造成了严重的负面效应。生态环境遭到了前所未有的破坏，环境污染和生态破坏已成为当前社会的主要危机，成为制约经济发展、威胁人类健康的主要因素之一。有效解决经济发展与资源短缺、环境破坏之间矛盾的重要途径就是发展循环经济，包括积极实施再制造工程，大力发展再制造产业，实现废旧机电产品的资源化，使其得到最有效的利用，实现经济的可持续发展。

1.1 再制造基本概念及其研究内容

1.1.1 再制造工程内涵

(1) 定义

再制造是一门新兴学科，目前尚缺少科学统一的权威定义。一般而言，再制造是一种对废旧产品实施高技术修复和改造的产业，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，使再制造产品质量达到或超过新品。

美国波士顿大学再制造专家 William Hauser 与 Robert T. Lund 在其 2008 年的美国再制造行业管理观察报告《再制造——经营方式和策略》中将再制造定义为：通过一系列工业过程，将已报废的产品拆卸，不能使用的零部件通过再制造技术修复，使得修复处理后的零部件的性能与寿命期望值达到或高于原零部件的性能与寿命。

德国再制造工程中心 Rolf Steinhilper 则将再制造定义为：再制造是将废旧

产品制造成“如新品性能一样好”的再循环过程再制造是恢复不能正常运转的、废弃的或旧产品到和新品一样的状态的过程。

英国标准《Design for manufacture, assembly, disassembly and end-of-life processing (MADE) . Part 2: Terms and definitions》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。

国内再制造的倡导者徐滨士认为：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。

具体而言，再制造工程包括以下两个主要部分：

① 再制造加工。主要针对达到物理寿命和经济寿命而报废的产品，在失效分析和寿命评估的基础上，把具有剩余寿命的废旧零部件作为再制造毛坯，采用表面工程等先进技术进行加工，使其性能恢复，甚至超过新品。

② 过时产品的性能升级。主要针对已达到技术寿命的产品，或是不符合可持续发展要求的产品，通过技术改造、更新，特别是通过使用新材料、新技术、新工艺等，改善产品的技术性能，延长产品的使用寿命，减少环境污染。性能过时的机电产品往往只是某几项关键指标落后，并非所有的零部件都不能再使用，采用新技术镶嵌的方式进行局部改造，就可以使原产品的性能跟上时代的要求。

（2）再制造产业属性

① 再制造是低碳环保绿色产业。再制造产品所需的资源与能源远低于新产品生产所需的资源与能源。据美国 Argonne 国家实验室统计：新制造一台汽车所需能耗是再制造的 6 倍，再制造一台照相机的能源需求不到新制造照相机的 2/3。另据研究表明，在全球范围内，每年通过再制造活动可以节约 400 万亿 BTU 热量，相当于 1600 万桶原油及 5 亿美元的能源成本，可节省原材料约 1400 万吨。可见，再制造产业是低碳绿色产业。

废旧机电产品再制造可以减少原始矿藏开采、提炼以及新产品制造过程中造成的环境污染，能够极大的节约能源，减少温室气体排放。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，对大气污染程度将比目前降低 85%，水污染处理量将比目前减少 76%。

② 再制造是新兴的现代生产性服务业。再制造产业是为保持工业生产过程的连续性、促进工业技术进步、产业升级和提高生产效率提供保障服务的服务行业。它是与制造业直接相关的配套服务业，是从制造业内部生产服务部门而独立发展起来的新兴产业。

③ 再制造是高技术劳动密集产业。再制造技术优于原始制造技术，对废旧

产品进行再制造时需要吸纳最新的科技成果,才能使它的整体性能跟上时代的要求。同时,它更依赖于大量的劳动力的投入。与同类制造业比,再制造产业的就业人数是其2~3倍。因此对于提高就业率,拉动经济增长具有重要的意义。

④ 再制造是高附加值产业。再制造产业的高附加值主要缘于两个方面。一是废旧产品本身蕴含有高附加值。以汽车发动机为例,原材料的价值只占15%,而附加值却高达85%。二是废旧产品各部件的使用寿命不相等。再制造具有高附加值的根本原因是产品中各部件的使用寿命不相等,这就为再制造产业产生高附加值提供了物质基础。在一部机器中通常支撑件的使用寿命较长,如箱体、支架、轴承座等,而运转件的使用寿命短。在运转件中,承担扭矩传递的主体部分使用寿命长,而摩擦表面使用寿命短。与腐蚀介质直接接触的表面使用寿命短,不与腐蚀介质接触的表面使用寿命长。这种各零部件的不等寿命性和零件各工作表面的不等寿命性,往往造成由于机器中部分零件以及零件上局部表面的失效而使整个机器不能使用。再制造的着眼点是对没有损坏的零部件继续使用,对有局部操作的零件采用先进的表面工程技术等手段,通过再制造加工继续使用,而且延长使用寿命。这样就挖掘出了废旧机电产品中蕴含的附加值,起到节省资金、能源、材料,保护环境的效果。

(3) 再制造与维修及再循环的区别

维修是指在使用阶段为了保持其良好技术状况及正常运行而采用的技术措施,常具有随机性、原位性、应急性。维修的对象是有大故障的产品,多以换件为主,辅以单个或小批量的零部件修复。其检测设备比较先进,而加工设备和技术一般相对落后,而且难以形成批量生产。维修后的产品多数在质量、性能上难以达到新品水平。而再制造不同于维修,再制造是将大量同类的报废产品回收后,按零部件的类型进行收集和检测,以有剩余寿命的报废零部件作为再制造毛坯,利用高新技术对其进行批量化修复、性能升级,所获得的再制造产品在技术性能上和质量上都能达到甚至超过新品的水平。此外,再制造是规模化的生产模式,它有利于实现自动化和产品的在线质量监控,有利于降低成本,降低资源和能源消耗,减少环境污染,能以最小的投入获得最大的经济效益。

机电产品再制造的工艺流程与大修有相似之处,但是两者也有明显的不同。第一,再制造是规模化、批量化生产,不同于一些作坊式的大修;第二,再制造必须采用先进技术和现代生产管理,包括现代表面工程技术、先进的加工技术、先进的检测技术,这是大修难以全面做到的;第三,再制造不仅是恢复原机的性能,还兼有对原机进行的技术改造,而大修一般不包含技术改造的内容;第四,最主要的不同点是再制造后的产品性能要达到新品或超过新品,这是前三条不同

点的必然结果，或者说是设置前三点的出发点和归宿点。而大修后的产品在性能和质量上达不到新品的要求，更无法超过新品。

再制造也不同于再循环，再循环的基本技术途径是回炉。回炉时，原先制造时注入零件中的能源价值和劳动价值等附加值全面丢失，所获得的产品只能作为原材料使用，而且在回炉及以后的成形加工中又要消耗能源。

对废旧机电产品的再利用，再制造和再循环统称为废旧机电产品资源化。而再利用、再制造是废旧机电产品资源化的最佳形式和首选途径。

1.1.2 再制造工程的学科体系

随着科学技术的进步和机电产品的发展，全寿命周期管理及其费用分析已受到世界各国的高度重视。全寿命周期管理不仅要考虑产品的认证、设计和制造，而且还要考虑产品的使用、维修直到退出现役的废品处理。再制造工程是以全寿命周期理论为基础，以产品“后半生”中报废或改造等环节为主要研究对象，以如何开发和应用高新技术修复和提升产品性能为研究内容的一门学科，目的是保障产品后半生的高性能、低投入，为产品后半生注入新的活力。再制造工程学科是在维修工程、表面工程等学科交叉，综合的基础上建立和发展的新兴学科。按照新兴学科的建设和发展规律，再制造工程以其特定的研究对象、坚实的理论基础、独立的研究内容、具有特色的研究方法与关键技术、国家级重点实验室的建立及其广阔的应用前景和潜在的巨大效益，构成了相对完整的学科体系，体现了先进生产力的发展要求，这也是再制造工程形成新兴学科的重要标志。再制造工程的学科体系框架如图 1.1 所示。

(1) 再制造工程的研究对象

再制造工程的研究对象为废旧机电产品。从产品全寿命周期图（图 1.2）可以看出，再制造是在产品报废后，对报废的产品按照规定的标准、性能指标，通过先进技术手段进行系统加工的过程。再制造过程不但能提高产品的使用寿命，而且可以影响、反馈到产品的设计环节，最终达到全寿命周期费用最小，保证产生最高的效益。

再制造与传统制造的重要区别在于毛坯的对象不同。再制造的毛坯是已经加工成型并经过服役的零部件，要恢复甚至提高这种毛坯的使用性能，有很大的难度和特殊的约束条件。再制造也是一个对旧机型升级改造的过程。以旧机型为基础，不断吸纳先进技术、先进部件，可以使旧产品的某些重要性能大幅度提升，具有投入少见效快的特点，同时又为下一代产品的研制积累了经验。

(2) 再制造工程的理论基础及其研究内容

废旧机电产品的再制造工程是通过多学科综合、交叉和复合并系统化后正在

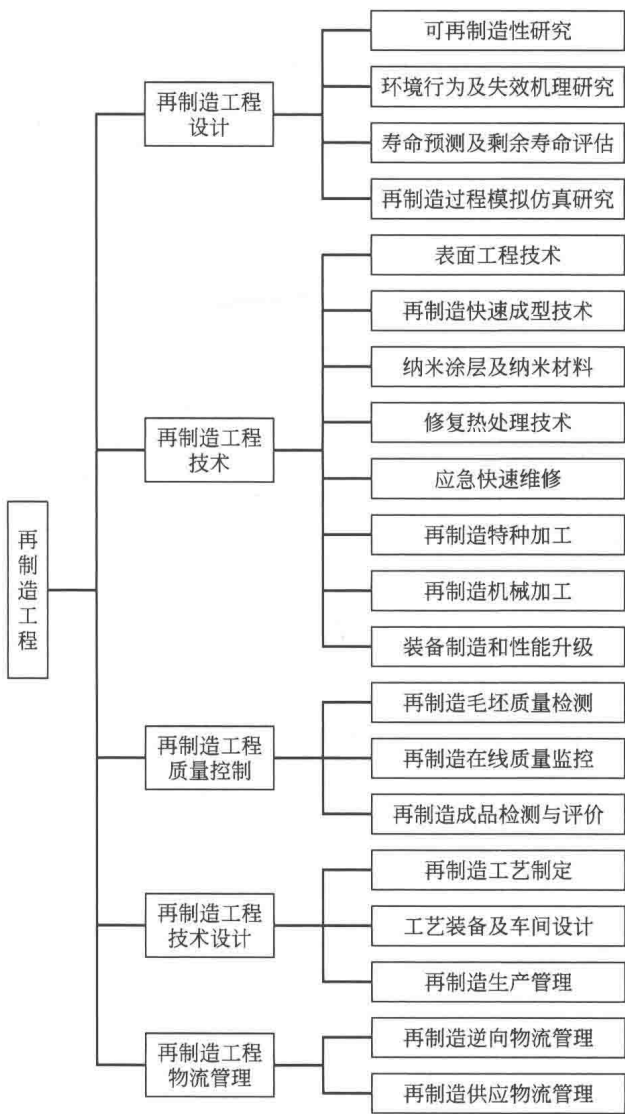


图 1.1 再制造工程学科体系框架

形成中的一门新兴学科。它包含的内容十分广泛，涉及机械工程、材料科学与工程、信息科学与工程和环境科学与工程等多种学科的知识 and 研究成果。再制造工程融会上述学科的基础理论，结合再制造工程实际，逐步形成了废旧产品的失效分析理论、剩余寿命预测和评估理论，再制造产品的全寿命周期评价基础，以及再制造过程的模拟与仿真基础等。此外，还要通过对废旧产品恢复性能时的技术、经济和环境三要素综合分析，完成对废旧产品或其典型零部件的再制造性评估。

(3) 再制造工程的关键技术

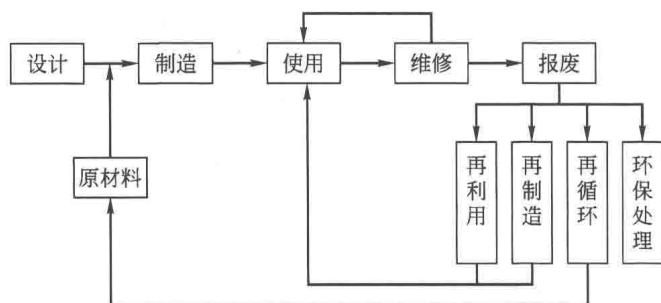


图 1.2 产品全寿命周期图

废旧产品的再制造工程是通过各种高新技术来实现的。在这些再制造技术中，有很多是吸取最新科学技术成果的关键技术，如先进表面技术、微纳米技术涂层及微纳米减摩自修复材料和技术、修复热处理技术，再制造毛坯快速成型技术，以及过时产品的性能升级技术等。

再制造工程的关键技术所包含的种类十分广泛，其中主要技术是先进表面技术和复合表面技术，主要用来修复和强化废旧零件的失效表面。由于废旧零部件的磨损和腐蚀等失效主要发生在表面，因而各种各样的表面涂敷技术应用得最多。微纳米涂层及微纳米减摩自修复技术是以微纳米材料为基础，通过特定涂敷工艺对表面进行高性能强化和改性，或应用摩擦化学等理论在摩擦损伤表面原位形成自修复膜层这种技术可以解决许多再制造中的难题，并使性能大大提高。修复热处理是一种通过恢复内部组织结构来恢复零部件整体性能的特定工艺。再制造毛坯快速成型技术是根据零件几何信息，采用积分堆积原理和激光同轴扫描等方法进行金属的熔融堆积。过时产品的性能升级技术不仅包括通过再制造使产品强化、延寿的各种方法，而且包括产品的改装设计，特别是引进高新技术或嵌入先进的部（组）件使产品性能获得升级的各种方法。除上述这些有特色的技术外，一般的机械加工和特种加工技术也经常使用。

（4）再制造工程的质量控制、技术设计与物流管理

在再制造工程的质量控制中，毛坯的质量检测主要是检测废旧零部件的内部和外部操作，从技术和经济方面分析决定其再制造的可行性及经济性。为确保再制造产品的质量，要建立起全面的质量管理体系，特别是要严格进行再制造过程的在线质量控制和再制造成品的检测。再制造工程的质量控制是使再制造产品性能等同于或优于新品的重要保证。

再制造工程的技术设计包括再制造工艺过程设计，工艺装备、设施和车间设计，再制造技术经济分析，再制造组织管理等多方面内容。其中，再制造的工艺过程设计是关键，需要根据废旧零件的运行环境状况，提出技术要求，选择合适

的工艺手段和材料,编制合理的再制造工艺,提出再制造产品的质量检测标准等。再制造工程的技术设计是一种恢复或提高零件二次服役性能的技术设计。

再制造产品的物流管理可以简单概括为再制造对象的逆向(回收)物流管理和再制造产品的供应物流管理两方面。合理的物流管理能够提高再制造产品生产效率、降低成本、提高经济效益。再制造产品的物流管理也是控制“假冒伪劣”产品冒充再制造产品的重要手段。因此,再制造对象逆向物流管理不规范是当前制约再制造产业发展的“瓶颈”之一。

1.1.3 研究背景

(1) 资源、环境与经济发展的矛盾

自20世纪70年代以来,中国经济经过40年的迅猛发展,2010年正式超越日本,成为全球第二大经济体。与此同时,作为中国经济的支柱——中国制造业也取得了举世瞩目的成就,中国已成为名副其实的“制造大国”,有220多种工业品产量位居世界第一,制造业净出口居世界第一位,制造业增加值在世界占比达到20.8%。然而经济发展的背后却出现了资源、能源消耗加剧、环境污染日趋严重的情况,资源环境与经济发展的矛盾也日益突出,因此资源和环境构成了中国今后长期发展无法回避的制约条件,并且伴随着中国工业化进程的加快,能源资源消耗仍将继续保持刚性增长。

中国资源、能源的储备并不丰富,铁矿石、铝土矿、铜、石油、天然气等重要的自然资源人均占有量仅为全球平均水平的16.8%、11.2%、16.1%、7%、7%。2013年中国GDP占到全球总量的13.1%,但却消耗了全世界能源的24.1%,水泥、钢材、铜等资源的消耗量分别达到了53%、47%、44%。能源利用效率仅为30%,比发达国家低20%,单位GDP能耗是世界平均水平的2.6倍,是发达国家的4倍。目前,中国企业的技术装备水平很多仍处于发达国家在20世纪六七十年代的水平,工业企业设备近20%老化,超期服役率达40%,资源消耗高,有效利用程度低。粗放的经济增长模式直接导致了环境污染严重,仅以大气为例,据环保部2013年发布的空气质量报告表明,全国重点监测的74个城市中仅有3个城市不存在超标现象,空气质量合格天数比例仅为59.5%,雾霾天气频频发生,且日趋严重。

随着工业化进程的加快和物质生活水平的提高,人们对机电产品的需求急剧增加的同时,产品更新换代的频率也大大加快,报废周期短,报废品数量庞大,资源与环境不堪重负。据统计,2010年,电视、冰箱、空调、洗衣机等家电产量已逾5亿台,每年的理论报废量超过5000万台,报废量年均增长达到20%。而由于受到政策、经济、技术、管理等因素的制约,报废产品中的部分零件作为

冶炼材料回炉，而绝大多数被直接废弃或只经过简单的焚烧、填埋处理，不仅浪费了大量的资源，也造成了环境污染。而作为一个装备制造业大国，中国的机床、采矿设备、汽车、船舶、高速铁路、工程机械等行业都得到了长足发展，保有量迅速增加。如 2011 年中国机床工具行业完成工业产值近 6607.5 亿元，其中金属加工机床产值达 281.9 亿美元，机床市场的保有量巨大，役龄超过 10 年的老旧机床总量可能超过 200 万台。据统计，截至 2014 年年底，我国机动车保有量已达 2.64 亿辆，其中汽车 1.54 亿辆，近年来，我国汽车工业保持年均 10% 以上的发展速度，年销量超过 2000 万辆，成为世界汽车产销量第一大国，到 2016 年国内民用汽车保有量将达到 2 亿辆。巨大的保有量带来的结果是大量淘汰车辆的产生，保守估计每年的报废数量都在 500 万辆以上，仅在 2014 年，国务院总计下达黄标车及老旧车淘汰任务就达到 600 万辆。

基于以上的数据可以看出，一方面是可用自然资源日益枯竭的情况下大规模工业生产带来的资源消耗量的不断增加，另一方面却又有大量的资源被废弃或仅经过简单的材料回收处理，从而造成严重的资源浪费和环境污染。如何在保持中国经济持续增长的前提下，提高能源和资源的利用率，减小污染物排放，引导经济发展由“高投入、高消耗、高污染、高产出”方式向“低投入、低消耗、低污染、有效产出”的集约模式转化，无疑是亟待解决的艰难问题。

(2) 再制造是循环经济的重要实现形式

不同于“资源—产品—污染排放”的传统工业生产方式，循环经济以资源的有效利用和环境保护为首要目标，表现为“资源—产品—再生资源”的持续循环增长模式，在提高资源利用效率的同时保护了生态环境，符合 3R 原则，即减量化 (Reduce)、再利用 (Reuse)、再循环 (Recycle) 的物质闭环流动方式，从根本上改变了“高开采、低利用、大量废弃”的传统经济增长模式。比起简单的材料回收利用，再制造是实现循环经济，促进社会可持续发展的重要途径，是废旧机电产品再生利用、延长使用寿命的高级形式，能够显著节约成本、节能、降耗和减少环境污染。具体而言，它是以全寿命周期理论为指导，以废旧工件实现性能、质量提升为目标，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旧件进行修复和改造。再制造的重要特征是再制造产品的质量和性能要达到或超过新品，成本仅是新品的 50% 左右，节能 60% 左右，节材 70% 以上，其工艺流程如图 1.3 所示。

废旧机电产品再制造可以减少原始矿藏开采、提炼以及新产品制造过程中造成的环境污染，能够极大的节约能源，减少温室气体排放。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，对大气污染程度将比目前降低 85%，水污染处理量将比目前减少 76%。