



“十二五”国家重点图书出版规划项目
21世纪先进制造技术丛书

再制造工程管理

· 梁秀兵 刘渤海 史佩京 郑汉东 李恩重 编著 ·



科学出版社

“十二五”国家重点图书出版规划项目
21世纪先进制造技术丛书

再制造工程管理

梁秀兵 刘渤海 史佩京 郑汉东 李恩重 编著

北 京

内 容 简 介

再制造是绿色制造的重要组成部分,再制造产业是国家发展循环经济和低碳经济的支撑产业之一。本书从指导机电产品再制造行业工程管理实践的根本目的出发,首先介绍了再制造工程管理的基本理论知识,然后从战略管理、生产管理、质量管理、认证管理、物流管理、风险管理、评价体系等角度介绍了再制造工程管理相关知识,最后结合我国再制造产业发展实际,整理归纳了再制造的具体工程实践。

本书可供从事机电产品再制造或相关行业的工程技术人员及管理人员阅读,也可供高等院校及科研院所开展再制造研究或教学的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

再制造工程管理 / 梁秀兵等编著. —北京:科学出版社,2019.6
 (“十二五”国家重点图书出版规划项目:21世纪先进制造技术丛书)
 ISBN 978-7-03-060162-9
 I. ①再… II. ①梁… III. ①制造业-工程管理 IV. ①F407.4
 中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 290947 号

责任编辑:张艳芬 / 责任校对:郭瑞芝
 责任印制:师艳茹 / 封面设计:蓝 正

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>

北京画中画印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2019年6月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2019年6月第一次印刷 印张:15

字数:282 000

定价:120.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《21 世纪先进制造技术丛书》编委会

主 编 熊有伦(华中科技大学)

编 委 (按姓氏笔画排序)

丁 汉(华中科技大学)

王 煜(香港中文大学)

王田苗(北京航空航天大学)

王立鼎(大连理工大学)

王国彪(国家自然科学基金委员会)

王越超(中国科学院理化技术研究所)

冯 刚(香港城市大学)

冯培恩(浙江大学)

任露泉(吉林大学)

刘洪海(朴次茅斯大学)

江平宇(西安交通大学)

孙立宁(哈尔滨工业大学)

李泽湘(香港科技大学)

李涤尘(西安交通大学)

李涵雄(香港城市大学/中南大学)

宋玉泉(吉林大学)

张玉茹(北京航空航天大学)

张宪民(华南理工大学)

周仲荣(西南交通大学)

赵淳生(南京航空航天大学)

查建中(北京交通大学)

柳百成(清华大学)

钟志华(同济大学)

顾佩华(汕头大学)

徐滨士(陆军装甲兵学院)

黄 田(天津大学)

黄 真(燕山大学)

黄 强(北京理工大学)

管晓宏(西安交通大学)

雒建斌(清华大学)

谭 民(中国科学院自动化研究所)

谭建荣(浙江大学)

熊蔡华(华中科技大学)

翟婉明(西南交通大学)

《21 世纪先进制造技术丛书》序

21 世纪，先进制造技术呈现出精微化、数字化、信息化、智能化和网络化的显著特点，同时也代表了技术科学综合交叉融合的发展趋势。高技术领域如光电子、纳电子、机器视觉、控制理论、生物医学、航空航天等学科的发展，为先进制造技术提供了更多更好的新理论、新方法和新技术，出现了微纳制造、生物制造和电子制造等先进制造新领域。随着制造学科与信息科学、生命科学、材料科学、管理科学、纳米科技的交叉融合，产生了仿生机械学、纳米摩擦学、制造信息学、制造管理学等新兴交叉科学。21 世纪地球资源和环境面临空前的严峻挑战，要求制造技术比以往任何时候都更重视环境保护、节能减排、循环制造和可持续发展，激发了产品的安全性和绿色度、产品的可拆卸性和再利用、机电装备的再制造等基础研究的开展。

《21 世纪先进制造技术丛书》旨在展示先进制造领域的最新研究成果，促进多学科多领域的交叉融合，推动国际间的学术交流与合作，提升制造学科的学术水平。我们相信，有广大先进制造领域的专家、学者的积极参与和大力支持，以及编委们的共同努力，本丛书将为发展制造科学，推广先进制造技术，增强企业创新能力做出应有的贡献。

先进机器人和先进制造技术一样是多学科交叉融合的产物，在制造业中的应用范围很广，从喷漆、焊接到装配、抛光和修理，成为重要的先进制造装备。机器人操作是将机器人本体及其作业任务整合为一体的学科，已成为智能机器人和智能制造研究的焦点之一，并在机械装配、多指抓取、协调操作和工件夹持等方面取得显著进展，因此，本系列丛书也包含先进机器人的有关著作。

最后，我们衷心地感谢所有关心本丛书并为丛书出版尽力的专家们，感谢科学出版社及有关学术机构的大力支持和资助，感谢广大读者对丛书的厚爱。

熊有伦

华中科技大学
2008年4月

前 言

再制造是实现循环经济“减量化、再利用、资源化”的重要途径,再制造产业是一个资源利用潜力巨大、环境保护作用突出、符合可持续发展要求的新兴产业。自2009年1月1日起施行的《中华人民共和国循环经济促进法》对再制造进行了原则规定,该法的第四十条指出:“国家支持企业开展机动车零部件、工程机械、机床等产品的再制造和轮胎翻新”,奠定了包括再制造在内的循环经济发展的法律基础。

我国作为装备生产及使用大国,设备资产规模巨大,汽车、工程机械、机床等社会保有量快速增长。其中,大量装备将被淘汰和报废,新增的到寿装备还在大量增加。再制造作为资源再利用的重要手段,具有广阔的发展前景。我国的再制造产业发展历程较短,自徐滨士院士在我国提出再制造理念至今,仅有二十年左右的发展历史。虽然受到政府部门及相关行业的认可及支持,大部分有条件开展再制造产业的企业的热情也较高,但受多方面因素的影响,再制造产业发展受到制约。对于处于产业发展初期的再制造,管理因素至关重要,良好的、有针对性的管理措施能够确保再制造产业规范发展。

针对我国再制造工程管理的研究已经开展,并取得了一定的成果,但相对来说比较分散,不成体系。为了促进再制造工程管理形成体系,利于再制造产业和再制造企业的应用,作者在相关研究的基础上撰写了本书。本书结合工程管理的逻辑框架,基于当前再制造产业工程管理实际,以及再制造工程管理相关理论、方法及应用进行探讨,既包含经典管理理念,又结合当前再制造产业发展的热点及应用的实践,力求保证本书的系统性、逻辑性以及理论性、实践性。

全书共9章。第1章介绍再制造工程管理的概念和基础理论,从循环经济战略、再制造产业政策、再制造智能化和军民融合角度介绍再制造工程管理的发展环境,最后给出再制造工程管理的主要内容。第2章从战略分析、战略选择、战略实施及控制的战略管理流程角度介绍我国再制造产业及企业在战略管理过程中会遇到的一些问题,并介绍可能使用的理念及方法。第3章包括再制造生产计划和再制造生产调度两方面内容,首先分析再制造生产计划的特点及影响因素,在此基础上介绍再制造生产计划制定的方法思路;其次,对再制造生产调度进行特点描述;再次,结合当前研究现状对再制造生产调度的策略和方法进行介绍;最后,加入再制造生产线建设的理解。第4章在对再制造质量管理的特殊性进行分析的基础上,提出再制造质量管理的思路。考虑再制造的特殊性,在ISO9000系列标准的框架基础上,运用过程方法建立包括管理过程、核心过程和支持过程的再制造质量管理体系。第5章提出适用于再制造的二方审核和三方认证的认证操作模式,以及认证过程中采用产品认证和体系认证相结合的模式。分析再制造产品、再制造企业资质及再制造企业管理体系的认证,提出再制造认证的基础工作以及认证的控

制要求。第6章首先分析再制造逆向物流体系的概念及特点,提出再制造逆向物流体系的模式;然后从再制造回收模式分析的角度介绍再制造采购管理及库存控制手段;最后构建再制造闭环供应链模型。第7章首先结合再制造生产流程对其中的风险点进行识别,进而识别再制造生产过程中的风险,然后通过多种建模及评价方法对再制造生产过程中的风险因素权重分配进行介绍。第8章提出面向全生命周期的再制造评价指标体系,建立废旧产品再制造评价模型,提出再制造经济、环境、社会效益评价方法。第9章结合我国再制造产业发展实践,选取汽车零部件、航空发动机、重载车辆发动机、机床、复印机等典型再制造产品作为案例进行分析,最后对我国建设再制造产业示范园区的意义和发展现状进行总结。

本书是在中国工程院徐滨士院士和杨善林院士指导下完成的,撰写人员包括:中国人民解放军军事科学院国防科技创新研究院梁秀兵、胡振峰、陈永雄、王浩旭、罗晓亮、涂龙、胡海韵;合肥工业大学管理学院刘渤海、郑汉东、李凯、张海咪、张嶝、郭节琴、李君霞;中国人民解放军陆军装甲兵学院史佩京、李恩重、蔡志海、杜晓坤、乔玉林、张志彬、柳建、刘军。

在撰写本书过程中查阅并参考了大量书籍、论文、标准等资料,每章均列出了主要参考文献,在此对相关作者表示衷心的感谢。

再制造产业依然处于不断发展过程中,相关的理念及成果也在不断涌现,加之作者水平有限,书中难免存在不足之处,敬请读者批评指正。

目 录

《21 世纪先进制造技术丛书》序

前言

第 1 章 再制造工程管理概论	1
1.1 再制造工程管理的基本概念	1
1.1.1 工程与工程管理	1
1.1.2 再制造	2
1.1.3 再制造工程管理	5
1.2 再制造工程管理的基础理论	8
1.2.1 产品全生命周期理论	9
1.2.2 系统工程理论	9
1.2.3 工程管理理论	11
1.3 再制造工程管理的发展环境	12
1.3.1 再制造与循环经济	12
1.3.2 再制造与军民融合	14
1.3.3 再制造与《中国制造 2025》	17
1.3.4 高端智能再制造	19
1.3.5 再制造产业政策	21
1.4 再制造工程管理的主要内容	23
参考文献	26
第 2 章 再制造战略管理	27
2.1 引言	27
2.2 企业使命和宗旨	28
2.3 战略目标	29
2.4 战略分析	30
2.5 战略选择	42
2.6 战略实施	44
参考文献	45
第 3 章 再制造生产管理	46
3.1 再制造生产计划的特点	46

3.1.1	生产计划概述	46
3.1.2	再制造生产计划的影响因素	48
3.1.3	再制造生产计划体系	50
3.2	再制造生产计划的制订	53
3.2.1	综合生产计划的制订	53
3.2.2	主生产计划的制订	58
3.2.3	物料需求计划的制订	59
3.3	再制造生产调度模型与方法	59
3.3.1	再制造不确定因素研究	60
3.3.2	再制造生产调度描述	62
3.3.3	调度集成优化问题	64
3.3.4	生产调度策略和方法	65
3.3.5	再制造调度软件和优化调度支持系统设计	66
3.4	再制造生产线建设	66
3.4.1	再制造工艺技术	67
3.4.2	再制造生产线平衡	68
3.4.3	再制造车间布局	68
3.4.4	再制造工艺分析与设计	70
	参考文献	71
第4章	再制造质量管理	74
4.1	再制造质量管理的特点	74
4.2	再制造质量管理的特殊性及要求	75
4.3	再制造质量管理方法	80
4.3.1	再制造质量控制内容	80
4.3.2	再制造质量控制方法	83
4.4	再制造质量管理体系	86
4.4.1	管理过程	88
4.4.2	核心过程	89
4.4.3	支持过程	91
	参考文献	93
第5章	再制造认证管理	95
5.1	再制造认证的必要性	95
5.2	再制造的认证模式	97
5.3	再制造认证工作的形式及措施	100

5.3.1 再制造产品的认证	100
5.3.2 再制造企业资质的认证	102
5.3.3 再制造企业管理体系的认证	102
5.4 再制造产品认证的审查及过程控制	104
5.5 再制造全过程的环境控制方法及评价	106
5.6 再制造认证风险	109
5.6.1 再制造认证模式风险分析	109
5.6.2 再制造产品认证风险	112
参考文献	114
第6章 再制造物流管理	116
6.1 再制造逆向物流体系	116
6.1.1 再制造逆向物流的内涵	116
6.1.2 再制造逆向物流的关键环节	118
6.1.3 再制造逆向物流的特点	119
6.1.4 再制造逆向物流体系的模式	121
6.2 再制造资源获取与采购管理	123
6.2.1 一般情形下的采购原则	123
6.2.2 再制造资源的回收模式	125
6.2.3 再制造资源回收中心选址的原则	127
6.2.4 再制造产品的库存管理	127
6.3 再制造供应链模型	129
6.3.1 闭环供应链	129
6.3.2 再制造闭环供应链	130
参考文献	133
第7章 再制造风险管理	134
7.1 再制造风险管理的概念	134
7.2 再制造生产过程的风险识别	135
7.3 再制造生产过程的风险评估方法	143
7.4 再制造生产过程的风险控制	152
参考文献	153
第8章 再制造评价体系	156
8.1 概述	156
8.2 再制造评价体系的构成	157
8.2.1 再制造评价体系建立的原则	157

8.2.2	再制造评价体系的设计	158
8.2.3	再制造评价体系中指标选取方法	159
8.2.4	再制造评价体系指标权重的确定	160
8.2.5	机械产品再制造性评价	165
8.2.6	再制造企业评价	169
8.2.7	再制造产品评价	172
8.3	再制造经济效益评价	175
8.3.1	再制造产品全寿命周期费用分析	175
8.3.2	基于全寿命周期的再制造成本管理流程	181
8.3.3	基于全寿命周期的再制造时机选择	183
8.4	再制造环境效益评价	184
8.4.1	生命周期评价方法	184
8.4.2	生命周期评价技术框架	185
8.4.3	再制造环境影响类型	187
8.4.4	再制造环境性评价指标体系	188
8.4.5	再制造环境性评价方法	190
8.5	再制造社会效益评价	192
8.5.1	生命周期社会性评价的定义和目标	192
8.5.2	生命周期社会性评价要素的确定	192
8.5.3	生命周期社会性评价方法的建立	194
	参考文献	197
第9章	再制造工程实践	200
9.1	汽车发动机再制造	200
9.1.1	汽车发动机再制造过程	200
9.1.2	汽车发动机再制造的效益分析	202
9.2	航空发动机再制造	205
9.2.1	航空发动机再制造概述	205
9.2.2	航空发动机再制造过程	205
9.3	重载车辆发动机再制造	207
9.3.1	重载车辆发动机再制造技术方案	207
9.3.2	重载车辆发动机再制造的效益分析	211
9.4	机床再制造	212
9.4.1	机床再制造过程	213
9.4.2	机床再制造的效益分析	215

9.5 复印机再制造	216
9.5.1 复印机再制造过程	216
9.5.2 复印机再制造的效益分析	218
9.6 再制造示范园区(基地)	218
9.6.1 发展再制造示范园区(基地)的意义	218
9.6.2 再制造示范园区(基地)的发展实践	220
参考文献	223

第 1 章 再制造工程管理概论

过去的 100 年,人类创造的物质财富超过了以往 5000 年的历史总和,但也极大消耗了地球的资源。制造业是所有产业中最大的资源使用者,也是最大的环境污染源。据统计,全世界制造业每年产生 55t 无害废弃物和 7 亿 t 有害废弃物,占全球污染物总量的 70% 以上。人类快速发展的巨大需求与地球有限的承载能力、能源资源和生态环境约束间的矛盾日益尖锐,严重威胁全球的可持续发展^[1]。

生态环境、能源资源对经济的约束促使人们探寻新的经济增长模式——循环经济。循环经济与可持续发展一脉相承,始于人类对环境污染的关注,源于对人与自然关系的思考。循环经济就是一种遵循生态规律和经济规律,以提高资源能源利用效率和改善生态环境为核心,以“减量化、再制造、再利用、再循环”为原则,以资源的高效利用和循环利用为手段,使生态环境、经济与社会协调、可持续发展的经济增长方式。

再制造是循环经济的高级形式,再制造的实践形式表现为对旧的、重要的产品或零部件进行回收,经过检测,对有修复价值的零部件进行再生修复,形成与原来的新零部件具有同等功能,甚至具有更高功能的新零部件,实现了产品零部件功能再生循环利用。这一层次的循环经济,不仅节省了制造新零部件的原材料,还节省了制造新零部件的复杂过程和能源消耗,大幅降低了制造成本,因而具有较高的资源效率、生产效率、能源效率、经济效益和环境效率^[2]。加快发展再制造工程是建设资源节约型、环境友好型社会的客观要求。

1.1 再制造工程管理的基本概念

再制造工程管理是再制造与工程管理的有机结合,是工程管理在再制造领域的具体应用,具有自身的特征与特色。

1.1.1 工程与工程管理

工程是应用科学知识使自然资源最佳地转化为人类使用的专门技术,一项项工程活动的开展构成了社会前进的步伐。工程塑造了人类文明,改变了人类社会的面貌,深刻地影响人类社会活动的各个方面,人类文明的存在和发展离不开工程。可以说,工程是人类文明诞生的摇篮,是人类文明存在的庇护伞,是人类文明

发展的推进剂。

工程管理是对工程活动进行的决策、计划、组织、指挥、协调与控制。通过对工程进行科学的管理,能够较好地协调工程所需的人力、物力和财力等资源,实现资源的优化配置,从而能够更好地实现预期的目标。工程管理一方面要处理好人与自然的关系,合理组织生产力,发挥科学技术的作用;另一方面也受生产关系、社会制度和传统文化的影响和制约,需要处理好人与人之间的关系。高效的工程管理必须坚持以科学方法论为指导,充分运用现代工程管理方法和技术,结合具体工程实际,开展卓有成效的工作。

1.1.2 再制造

1. 再制造的含义

从生产过程角度来看,再制造是对报废产品进行修复后再利用的过程。中华人民共和国国家标准《再制造 术语》(GB/T 28619—2012)指出再制造的含义是:对再制造毛坯进行专业化修复或升级改造,使其质量特性不低于原型新品水平的过程(注:其中质量特性包括产品功能、技术性能、绿色性、经济性等)。中华人民共和国国家标准《机械产品再制造 通用技术要求》(GB/T 28618—2012)指出再制造流程如图 1.1 所示。

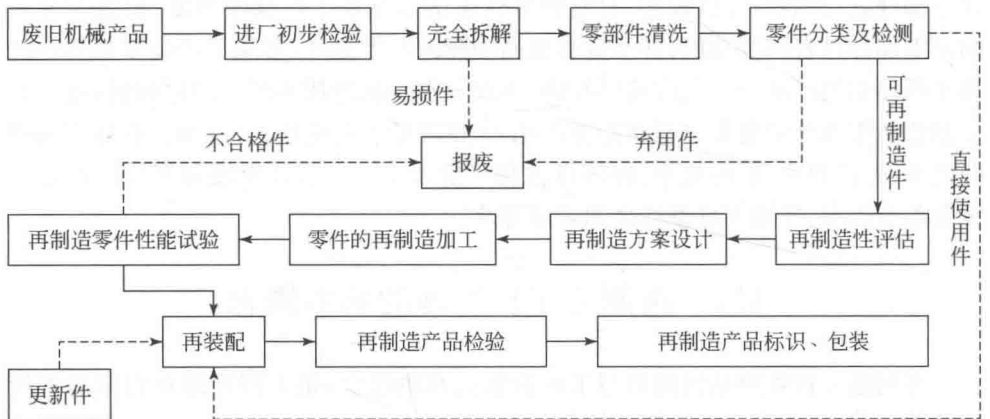


图 1.1 再制造流程

在产品达到寿命后,一部分零部件可以直接再利用;一部分零部件通过再制造加工或技术改造可以继续使用;还有一部分零部件受当前技术条件的限制无法再制造,或者进行再制造的经济性很差,则通过熔炼等方法变成原材料重新使用;最后一部分是既不能再利用、再制造,也不能进行再循环的零部件,只能进行环保处理。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。废

旧机电产品资源化的目标是使再利用、再制造的部分尽量增多,使再循环的部分尽量减少,尽量避免产生需要环保处理的部分。

2. 再制造与制造和维修的区别

再制造与制造的区别主要表现在四个方面。

一是加工对象不同。制造是针对统一批量化的经过铸锻焊的毛坯材料或零件进行加工,而再制造使用的是经过长期服役而报废的各种成形零件。

二是毛坯的初始状态不同。制造的毛坯或零件初始状况相对均质、单一、清洁,而再制造的毛坯大多存在由磨损、腐蚀导致的表面失效,由疲劳导致的残余应力和内部裂纹,由震动冲击导致的零件变形,由复杂工况导致的零件污垢去除困难等问题。

三是质量控制手段不同。制造产品的零件寿命评估和质量控制已趋于成熟,而再制造产品的毛坯损伤、失效情况复杂多样,残余应力、内部裂纹和疲劳层的存在导致寿命评估与服役周期复杂难测,再制造后的零件质量控制相对困难。

四是加工工艺不同。产品制造过程中尺寸和性能易于操控,适合规模化生产;再制造是在保持废旧零部件材质和形状基本不变的前提下,采用高技术恢复原产品的尺寸标准,达到或超过原产品的性能指标,实现原产品的功能升级,同时采用规范化、规模化的加工手段,因此加工工艺更为复杂。

再制造与制造新品相比,可节能 60%,节材 70%,节约成本 50%,几乎不产生固体废物,可使大气污染物排放量降低 80%以上。

再制造与维修的区别在于,维修是在产品的使用阶段为了保持其良好的技术状况及正常运行而采取的技术措施,常具有随机性、原位性、应急性。维修多以换件为主,辅以单个或小批量的零部件修复。再制造是将大量相似的废旧产品回收拆解后,按零部件的类型进行收集和检测,将有再制造价值的废旧产品作为再制造毛坯,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达到甚至超过新品。

再制造的本质是修复,但它不是简单的维修。再制造的内核是采用制造业的方式进行维修,是一种高科技含量的修复技术,而且是一种产业化的修复,因而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。

3. 再制造产品种类

从产品的角度来看,再制造是一类质优价廉的绿色产品。美国是再制造产品种类最多的国家,涉及汽车及其零部件、工程机械、工业机电装备、办公设备、电子电器产品等 113 个工业产品分类。

截至 2017 年 6 月,我国共发布了 6 批《再制造产品目录》,产品涉及工程机械

零部件、矿产机械零部件、汽车零部件、内燃机、办公设备等 12 个细分领域,产品类型达到 126 种。

4. 再制造技术

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,有很多是及时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、再制造毛坯快速成形技术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。废旧零部件的磨损和腐蚀等失效主要发生在表面,因此各种各样的表面涂覆技术应用最多。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,通过特定涂覆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的技术,可以解决许多再制造中的难题,并使其性能大幅度提升。修复热处理通过恢复内部组织结构来恢复零部件整体性能。再制造毛坯快速成形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零部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之外,通用的机械加工和特种加工技术也经常使用。

5. 再制造运作模式

再制造企业运作模式主要包括以下 4 种:原始设备制造商(original equipment manufacturer, OEM)再制造模式、独立再制造商模式、为 OEM 服务的承包再制造商模式及联合再制造商模式。

OEM 再制造模式是目前主流的再制造企业运作模式,OEM 通过经销商和特约维修站来回收废旧产品,交由 OEM 进行再制造加工后,通过售后服务网络进行销售。该模式下,OEM 直接从事零部件再制造工作,再制造件的质量规范由原零部件生产企业制定,与更新件相同,原零部件生产企业承担保修责任。目前,国内的典型再制造企业多运用该模式,如广西玉柴机器集团有限公司、潍柴控股集团有限公司、上汽大众汽车有限公司等,该运作模式主要有以下优点:

(1) 便于制造商对产品全生命周期进行管理,产品在设计时就会考虑其报废后的回收再制造,开展可再制造性设计。

(2) 充分发挥生产企业的技术和质量保证能力,保证再制造产品的质量一致性,避免再制造产品与新品的知识产权纠纷,保护企业品牌,进行市场共享并能树立企业良好形象。