

绿色再制造工程

LUSE ZAIZHIZAO GONGCHENG

基础及其应用

JICHU JIQI YINGYONG

● 张安峰 编著

■ 中国环境科学出版社 ■

绿色再制造工程基础及其应用

张安峰 编著

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目(CIP)数据

绿色再制造工程基础及其应用 / 张安峰编著. —北京:
中国环境科学出版社, 2005.5

ISBN 7-80209-071-7

I. 绿… II. 张… III. ①机械制造②金属表面处理
③金属表面保护 IV. TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 015615 号

责任编辑: 刘大澍

出版发行 中国环境科学出版社
(100062 北京崇文区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.cn>
电子信箱: zongbianshi@cesp.cn
电话: 010-67112735 传真: 010-67112735

印 刷 北京市联华印刷厂
经 销 各地新华书店
版 次 2005 年 5 月第一版 2005 年 5 月第一次印刷
印 数 1—3 000
开 本 787×1092 1/16
印 张 12.5
字 数 280 千字
定 价 30.00 元

【版权所有, 请勿翻印、转载, 违者必究】

如有缺页、破损、倒装等质量问题, 请寄回出版社更换

《绿色再制造工程基础及其应用》编写人员

编 著 张安峰

编写人员 张安峰 张 旭 姚繁荣 张军虎

前 言

20 世纪全球经济高速发展。与此同时,对自然资源的肆意开发和对环境的无偿利用,造成全球的生态破坏、资源浪费、环境污染等重大问题。其中机电产品制造业是最大的资源使用者,也是最大的环境污染源之一。据统计,造成全球环境污染的 70% 以上的排放物来自制造业,每年约产生 55 亿吨无害废物和 7 亿吨有害废物。整个人类的生存环境面临日益增长的机电产品废弃物的压力,以及资源日益缺乏的问题。1996 年全球有 2 400 万辆汽车报废,2000 年全球就有 2 000 万台计算机被淘汰。欧盟每年有近 1 000 万辆汽车要报废,2004 年仅美国就有 3 亿多台电脑被废弃。我国 2000 年达到报废标准的汽车已达 210 万辆。2005 年我国进入家电报废高峰期,每年将淘汰 1 500 万台废旧家电。这些大量报废的产品如得不到合理处置,不仅造成资源浪费,而且会形成新的环境污染。面对处理大量失效、报废的工业产品,再制造工程应运而生。

1992 年联合国环境与发展大会以后,我国政府率先组织制定了《中国 21 世纪议程——中国 21 世纪人口、环境与发展白皮书》,作为指导我国国民经济和社会发展的纲领性文件,开始了我国可持续发展的进程。为了全面推动可持续发展战略的实施,明确 21 世纪初我国实施可持续发展战略的目标、基本原则、重点领域及保障措施,保证我国国民经济和社会发展第三步战略目标的顺利实现,在总结以往成就和经验的基础上,根据新的形势和可持续发展的新要求,特制定《中国 21 世纪初可持续发展行动纲要》。经过 10 年的努力,我国实施可持续发展取得了举世瞩目的成就。胡锦涛总书记 2003 年 3 月 9 日在中央人口资源环境座谈会上讲:“我们讲发展是党执政兴国的第一要务,绝不是只要求搞好经济发展,而是要在经济发展的基础上促进社会主义物质文明、政治文明和精神文明的协调发展,是实现社会全面进步和人的全面发展,是实现经济和社会的可持续发展。要加快转变经济增长方式,将循环经济的发展理念贯穿到区域经济发展、城乡建设和产品生产中,使资源得到最有效的利用。最大限度地减少废弃物排放,逐步使生态步入良性循环。”我国最突出的国情就是人口多,人均资源拥有量很少,最经不起资源的浪费;由于人口多又派生出另一个最显著的国情,就是人均生存空间非常有限,因此也就最经不起垃圾对空间的争夺和占领;生态基础十分脆弱是我国又一个基本国情,环境危机深重,所以更是承受不住大量垃圾的污染和破坏。从以上任何角度看,解决垃圾危害的问题都是非常紧迫、不容延宕的。因此,实施具有可持续发展理念的绿色再制造工程,势在必行,并具有广阔的发展前景。

再制造的研究对象是废旧产品,是按照新产品制造标准,对废旧产品进行高科技和产业化的再生产。这一过程不仅能提升产品寿命,而且可以反馈影响产品设计,促进产品优化,最终达到产品的全周期费用最低化。再制造贯穿了绿色制造理念,同时融合了高新技术。绿色再制造工程是通过多学科复合并系统化后形成的新兴学科。它涉

及到机械工程、材料科学与工程、信息科学与工程、环境科学与工程等多学科知识。基础理论包括废旧产品失效分析理论、剩余寿命预测和评估理论、再制造产品的全寿命周期评价以及再制造过程的模拟与仿真基础等。关键技术包括先进表面技术、微纳米涂层及微纳米减摩自修复技术、修复热处理技术、应急快速维修技术、再制造毛坯快速成型技术及过时产品性能升级技术等。

进入 21 世纪,以优质、高效、安全、可靠、节能、节材为目标的先进制造技术得到了飞速的发展,以设备、产品零部件维修和再制造为主的研究越来越多,作为先进制造技术的主要分支,符合可持续发展战略要求的再制造工程得到了越来越多的重视和发展。目前国外许多大学正在进行再制造技术的研究和教学,再制造部件公司也十分迅速地发展。无疑绿色再制造技术将成为 21 世纪重点发展的学科和新的经济增长点。但是目前我国对再制造的基础研究和应用技术研究起步较晚。为满足我国国民经济发展的迫切需要,在大专院校的相关专业中开设再制造方面的课程,培养再制造方面的研究生,对企业的相关工程技术人员进行再制造专业的培训等,以推动我国再制造工程的健康发展,积极引导建立一批专业化再制造企业。这样对我国经济的持续发展、人才的培养、经济效益的获取等方面都具有十分深远的战略意义。

考虑到《绿色再制造工程基础及其应用》一书的系统性和完整性,在本书的撰写过程中,除了运用编者的科研成果和多年的知识积累外,还参考或引用了国内外一些企业和诸多专家学者大量珍贵的研究成果、文献资料和图表数据(均列在参考文献中)。在此向所有被参考或引用资料的作者表示万分感谢。尤其徐滨士院士及其同事,对我国的再制造工程作出了卓越的贡献,发表了许多有价值的学术论文,书中引用了许多他们在期刊上发表的论文,在此向徐滨士院士及其同事表示衷心的感谢。另外在本书的编写过程中,还得到了天津大学机械工程学院张文钺教授、西南交通大学材料科学与工程学院王元良教授、武汉理工大学材料科学与工程学院杜学铭副教授和许多专家学者的大力支持和帮助,中国环境科学出版社刘大澂编辑给予了大力帮助和花费了大量心血,在此特向他们致以真诚的感谢和崇高的敬意。

鉴于作者水平、收集的资料有限,加之绿色再制造工程是一个新学科,还有不少问题需要进一步研究和探讨,因此,书中难免有错误和疏漏之处,敬请各位读者批评指正。

编 者

2005 年 1 月 20 日

内容简介

本书试图提供给读者一个提纲要领的框架,使读者能较快地抓住绿色再制造工程的基本概念、内涵及其组成,绿色再制造工程的关键技术,并列举了一些研究与应用实例。目的是加速培养我国再制造工程方面的专门人才,以推动我国绿色再制造工程事业的蓬勃发展。

本书的主要内容分为三篇:上篇 绿色再制造工程的基础理论,主要包括:绿色再制造工程的背景、概念、组成及意义;绿色再制造工程在国内外的研究与发展现状;绿色再制造工程的设计基础及其方法。中篇 绿色再制造工程的技术基础,主要包括:绿色再制造工程的若干关键技术;绿色再制造工程的主要技术基础等。下篇 绿色再制造工程的实际应用,主要包括:汽车和拖拉机再制造工程的应用;废旧机电产品资源化再制造工程的应用;装备和普通机床绿色再制造工程及其发展前景;油田储罐和化工设备再制造工程的研究与应用;绞吸挖泥船绞刀片再制造技术及其应用研究等。

本书可作为高等院校机械工程、材料科学与工程、信息科学与工程、环境科学与工程、能源与动力工程等专业的研究生、本科生和专科生“绿色再制造工程基础及其应用”课程的教材,也可作为相关专业的师生和有关工程技术人员的参考用书。

目 录

上篇 绿色再制造工程的理论基础

第一章 绪 论	3
第一节 提出绿色再制造工程的时代背景	3
第二节 绿色再制造工程在国外的研究与发展现状	6
第三节 绿色再制造工程在国内的研究与发展现状	9
第四节 绿色再制造工程的应用前景	10
第五节 绿色再制造工程发展中的几个问题	11
第二章 绿色再制造工程的内涵与组成	13
第一节 绿色再制造工程的内涵	13
第二节 绿色再制造工程的组成	16
第三节 绿色再制造工程的重要意义	18
本章小结	20
第三章 绿色再制造工程的设计基础及其方法	21
第一节 再制造设计的概念与内涵	21
第二节 新产品的再制造设计	22
第三节 废旧产品的再制造特性评价	23
第四节 产品寿命预测	26
第五节 失效零件再制造加工模型的建立	26
第六节 基于资源最优化回收的绿色再制造工程	27
本章小结	30

中 篇 绿色再制造工程的技术基础

第四章 绿色再制造工程的若干关键技术	33
第一节 绿色再制造工程的若干关键技术	33
第二节 现代装备智能自修复技术	35
第三节 纳米铜粉润滑油的自修复原理	40
第四节 纳米复合自修复添加剂的制备及其应用	42
本章小结	45

第五章 表面工程是绿色再制造工程的主要技术基础	46
第一节 表面工程	47
第二节 热喷涂技术	54
第三节 电刷镀技术	59
第四节 堆焊技术	80
第五节 高能束技术	91
本章小结	96

第六章 先进材料加工与制造技术是绿色再制造工程的重要技术基础	97
第一节 知识经济时代的主要技术基础	97
第二节 新材料的开发与应用	98
第三节 材料加工和制造技术的新发展	103
本章小结	108

下 篇 绿色再制造工程的实际应用

第七章 汽车和拖拉机再制造工程的应用	111
第一节 基于可持续发展的汽车再制造工程	111
第二节 汽车发动机再制造工程的发展及其关键技术	113
第三节 汽车结构及零件的绿色再制造工程	120
第四节 履带拖拉机再制造工程的应用研究	129
本章小结	134

第八章 废旧机电产品资源化再制造工程的应用	136
第一节 废旧机电产品带来的问题	136
第二节 废旧机电产品资源化的内涵和重要意义	137
第三节 废旧机电产品资源化的基本途径和发展前景	138
第四节 国内外废旧机电产品资源化的发展	140
第五节 推动废旧机电产品资源化的措施	141
本章小结	142

第九章 装备和普通机床再制造工程及其发展前景	143
第一节 装备再制造工程及其发展前景	143
第二节 机床数控化再制造技术	148
本章小结	156

第十章 储油罐与化工设备再制造工程的应用	157
第一节 储油罐再制造工程的应用	157
第二节 化工设备的再制造技术	160
本章小结	164

第十一章	绞吸挖泥船绞刀片再制造技术的应用	165
第一节	如何解决绞刀片耐磨性与焊接性的矛盾	165
第二节	绞刀片再制造设计与再制造工艺	165
第三节	再制造绞刀片的工程应用	168
第四节	挖掘机发动机曲轴再制造工程的应用	169
本章小结		170
第十二章	镍基涂层冲刷与腐蚀的交互作用 及其电化学行为	171
第一节	镍基金属粉末喷涂工艺与实验方法	172
第二节	镍基涂层在液/固两相流中冲刷腐蚀交互作用	174
第三节	镍基涂层的冲刷腐蚀特性及其电化学行为	179
第四节	金属热喷涂技术在水轮机上的应用	180
本章小结		185
参考文献		187

上篇

绿色再制造工程的理论基础

第一章

绪 论

第一节 提出绿色再制造工程的时代背景

环境、资源、人口是当今人类社会面临的三大主要问题。20 世纪人类所创造的财富是历史上任何时期都无法相比的,然而对生态环境和自然资源所造成的破坏也是最为严重的。工业生产为世界经济的发展和人类生活质量的提高做出了巨大的贡献,但它给人类带来财富和文明的同时,也带来了负效应。以高投入、高消耗来求得增长,造成的结果是物耗大、浪费大、污染也大。地球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 20 世纪的主要危机,成为制约世界经济发展、威胁人民健康的主要因素之一。保持生态平衡、实现可持续发展,已成为全人类共同关心的目标。世界各国都在制定自己的发展战略,环境保护战略开始了一个新的转折。资源利用合理化、废物产生少量化、对环境无污染或少污染的方向发展成为世界共识,全球范围内掀起了一股可持续发展的“绿色浪潮”。

胡锦涛总书记 2003 年 3 月 9 日在中央人口资源环境座谈会上讲:“我们讲发展是党执政兴国的第一要务,绝不是只要求搞好经济发展。而是要在经济发展的基础上促进社会主义物质文明、政治文明和精神文明的协调发展,是实现社会全面进步和人的全面发展,是实现经济和社会的可持续发展。要加快转变经济增长方式,将循环经济的发展理念贯穿到区域经济发展、城乡建设和产品生产中,使资源得到最有效的利用。最大限度地减少废弃物排放,逐步使生态步入良性循环。”

1992 年联合国环境与发展大会后,我国政府率先组织制定了《中国 21 世纪议程——中国 21 世纪人口、环境与发展白皮书》,作为指导我国国民经济和社会发展的纲领性文件,开始了我国可持续发展的进程。为了全面推动可持续发展战略的实施,明确 21 世纪初我国实施可持续发展战略的目标、基本原则、重点领域及保障措施,保证我国国民经济和社会发展第三步战略目标的顺利实现,在总结以往成就和经验的基础上,根据新的形势和可持续发展的新要求,特制定了《中国 21 世纪初可持续发展行动纲要》。

经过 10 年的努力,我国实施可持续发展取得了举世瞩目的成就。国民经济持续、快速、

健康发展,综合国力明显增强,国内生产总值已超过 10 万亿元,成为发展中国家中吸引国外直接投资最多的国家和世界第六大贸易国,人民物质生活水平和生活质量有了较大幅度的提高,经济增长模式正在由粗放型向集约型转变,经济结构逐步优化。人口增长过快的势头得到遏制,科技教育事业取得积极进展,国家用于生态建设、环境治理的投入明显增加,能源消费结构逐步优化,重点江河水域的水污染综合治理得到加强,大气污染防治有所突破,资源综合利用水平明显提高,全民可持续发展的环境保护意识有了明显提高。

但是,我国在实施可持续发展战略方面仍面临着诸多矛盾和问题。制约我国可持续发展的突出矛盾主要是:经济快速增长与资源大量消耗、生态破坏之间的矛盾,经济发展水平的提高与社会发展相对滞后之间的矛盾,区域之间经济社会发展不平衡的矛盾,人口众多与资源相对短缺的矛盾等。亟待解决的主要问题有:人口综合素质不高,人口老龄化加快,社会保障体系不健全,城乡就业压力大,经济结构不尽合理,市场经济运行机制不完善,能源结构中清洁能源比重仍然很低,基础设施建设滞后,国民经济信息化程度依然很低,自然资源开发利用中的浪费现象突出,环境污染仍较严重,生态环境恶化的趋势没有得到有效控制,资源管理和环境保护立法与实施还存在不足。

我国最突出的国情就是人口多,人均资源拥有量少,最经受不起资源的浪费;我国还有一个最基本的国情,那就是生态基础十分脆弱,环境危机深重,所以更是承受不住大量垃圾的污染和破坏。从以上任何角度看,解决垃圾为害的问题都是非常紧迫、不容延宕的。因此,具有可持续发展的绿色再制造工程势在必行。

制造业是国民经济的支柱产业,它不仅是消耗资源的大户,也是环境污染的主要源头。据统计,我国从 1952 年到 1987 年间国民经济计划增长 8.9 倍,而能源消耗增长 14.9 倍,有色金属消耗增长 23 倍,铁矿石消耗增长 24 倍,到 2020 年绝大多数矿产资源将出现缺口。据美国能源部报告预测,全球能源消耗未来 20 年将增加六成;在对环境的影响方面,造成全球环境污染排放物的 70%以上来自制造业,它们每年产生约 55 亿吨无害废物和 7 亿吨有害废物。报废产品的数量则更是惊人,例如,1996 年全球有 2 400 万辆汽车报废;欧盟每年有近 1 000 万辆汽车要报废;2000 年全球有 2 000 万台计算机被淘汰;2004 年仅美国就有 3.15 亿台计算机被废弃。我国 2000 年达到报废标准的汽车已达 210 万辆。2005 年以后,我国进入家电报废高峰期,每年将淘汰 1 500 万台废旧家电。这些大量报废的产品如得不到合理处置,不仅会造成资源浪费,而且容易形成新的环境污染。

调查表明,制造业中机电产品是最大的环境污染源。整个人类的生存环境面临日益增长的产品废弃物的压力,以及资源日益缺乏的问题。为了缓解资源短缺与资源浪费的矛盾,减少大量的失效、报废产品对环境的危害,最大限度地利用废旧产品中的零部件,绿色再制造工程在国际上逐渐形成,并成为发展最快的一种新型研究领域和新兴产业。

如何最有效地利用资源和最低限度地产生废弃物,已成为解决环境和资源问题的治本之道。新世纪,一个全新的制造领域(产业)——绿色再制造工程(简称再制造工程)应运而生并迅速发展。它是解决资源浪费、环境污染和废旧设备翻新改造的最佳方法和有效途径,是符合国家可持续发展战略的一项绿色系统工程。绿色再制造工程运用先进表面技术、复合表面技术等多种高新技术、产业化生产方式、严格的产品质量管理和市场管理模式,使废旧产品得以高质量地再生和利用。再制造工程技术属绿色先进制造技术,是对先进制造技术的补充和发展。报废产品的绿色再制造是其产品全寿命周期管理

的延伸和创新，它能成倍地延长产品的使用寿命，能充分利用废旧产品中可利用的价值，又是可带来新的经济增长点的新兴产业。

在新世纪开始之际，人们都在关心未来人类将生活在怎样的环境中，社会是否能持续发展或以怎样的速度持续发展。在这样的形势下，作为“解决资源浪费、环境污染的最佳方法和途径，符合国家可持续发展的战略”的绿色再制造工程发展起来。狭义地说，绿色再制造是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。开展绿色再制造研究的目的是改变设备报废后处理方式的比例，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，绿色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，包括对产品进行如下的技术处理：

- (1) 修复：通过测试、拆修、换件、局部加工等，恢复产品的规定状态或完成规定功能的能力。
- (2) 改装：通过局部修改产品设计或连接、局部制造等，使产品适合于不同的使用环境或条件。
- (3) 改进或改型：通过局部修改和制造，特别是引进新技术等，使产品使用与技术性能得到提高，适应使用或技术发展的需要，延长使用寿命。
- (4) 回收利用：通过对废旧产品进行测试、分类、拆卸、加工等，使产品或其零部件、原材料得到再利用。

绿色再制造的对象，即绿色再制造中所指的“产品”或“资产”是广义的，它可以是设备、系统、设施，也可以是其零部件、原材料；它既可以是硬件，也可以是软件。

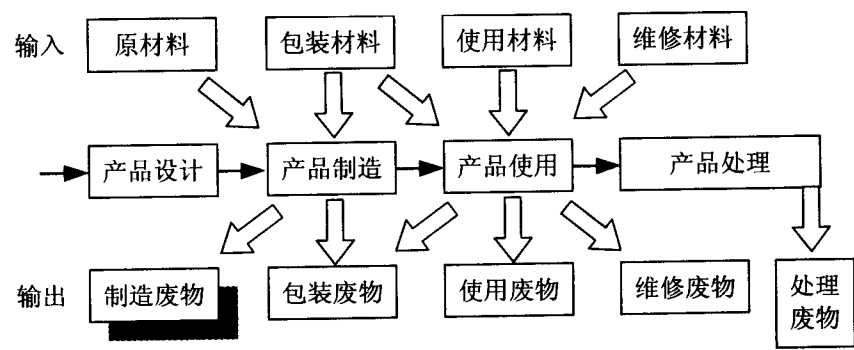


图 1-1 传统的产品生命周期材料输入与输出流框图

再制造在产品寿命（生命）周期中的地位或作用，可以通过产品的传统寿命周期与理想寿命周期中材料输入和输出流的示意图对比得出。图 1-1 表示在传统的产品寿命周期中，产品设计、制造、使用、处理各个环节中都会产生“废物”。而在图 1-2 理想的产品寿命周期中，每个环节所产生的“废物”都被重新制造转变成可用的材料或产品。图 1-2 中的半圆弧箭头表示重新制造即再制造过程。显然，再制造将大大减少废物的产生和对环境造成的污染，减少资源的消耗，有利于社会的可持续发展。所以，从本质上讲，再

制造过程本身应是无污染、对健康无伤害、节省资源的，即是绿色的；从再制造的作用和效果上说，再制造工程也是绿色的。研究与发展再制造工程，对于保护生态环境，贯彻可持续发展策略具有深远的意义。

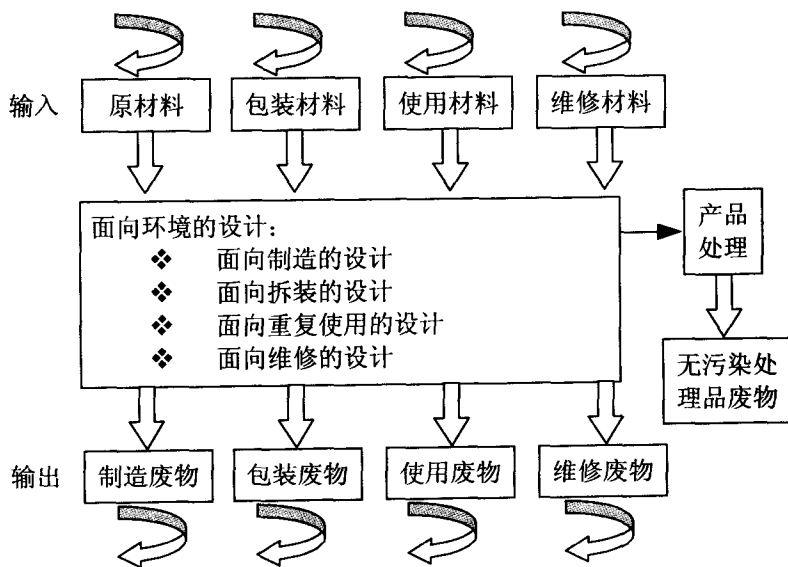


图 1-2 理想的产品寿命周期材料的输入与输出流框图

第二节 绿色再制造工程在国外的研究与发展现状

1984 年美国《技术评论》就开始提倡旧品翻新或再生，并称之为“再制造”。日本也已经提出“再生工厂技术的概念”，俄罗斯学者班内赫院士在 1992 年向国际热处理联合会（IFHT）提出了设立“修复热处理技术委员会”的想法。可见绿色再制造的重要性早已引起了人们的重视。汽车零部件的再制造是研究最早的领域，并已经形成了规模相当大的产业。美国汽车工程师协会（SAE）多次举办以“全寿命周期管理”和“再制造”为主题的学术会议；并对一些具体零部件（如启动器线圈、转子、离合器、发动机转向器、水泵、变速箱等）的再制造制定了标准。美国汽车发动机产品再制造协会（PERA）每月都出版关于再制造产品市场、销售、生产和管理的快报，并主办《汽车再制造杂志》。其中 Lucas 和 Jasper 是专门从事再制造最大的两家公司。

1996 年在美国 Argonne 国家实验室的资助下，波士顿大学制造工程学教授 T. L. Robert 领导的一个研究小组，对美国的再制造业进行了深入的调查，撰写了研究报告《再制造业：潜在的巨人》。他们建立了一个有 9 903 个再制造公司的数据库，并随机抽选调查了其中的 1 003 个，获得了大量的有关年销售额、雇员人数、再制造产品种类等信息，其范围涉及到汽车、压缩机、电子仪器、机械制造、办公设备、轮胎、墨盒、阀门等 8 个工业领域，见表 1-1。

表 1-1 美国再制造公司调查情况

工业领域	产品种类	公司总数	销售总额 (百万美元)	雇员人数
汽车	转向器、发动机、水泵、离合器	50 538	36 546	337 571
压缩机	A/C 压缩机、冰箱压缩机	155	249	2 878
电子仪器	转换装置、电动机、开关装置	13 231	4 633	47 280
机械制造	各种工业领域的机械和设备	120	434	3 155
办公用具	办公桌、文件夹	720	1 633	12 148
轮胎	卡车和轿车	1 390	4 308	27 907
墨盒	激光墨盒、喷墨盒	6 501	2 475	31 872
阀门	控制阀门、减压阀门	410	589	4 577
其它	各种类型零部件	250	2 009	14 372
	总计	73 315	52 906	481 760

在这些数据的基础上,研究小组对整个美国再制造业的规模进行了评价:美国专业化再制造公司数量超过 7.3 万个,直接雇员 48 万人,生产 46 种主要再制造产品,每年的销售额超过 530 亿美元,其中汽车零部件再制造达 360 亿美元,在动力车供货市场中 70%~90% 是再制造产品,再制造业已经成为美国经济中的支柱产业之一。美国还制定了详细的再制造中长期规划:2005 年时,雇佣员工 100 万人,年销售额 1 000 亿美元,75% 的再制造公司通过 ISO 认证;到 2010 年时,保证 100% 再制造产品性能达到或超过原产品;到 2020 年时,再制造业基本实现零浪费,并确保产品的质量和和服务。在美国所有再制造行业中,汽车再制造业是最大的。至 2001 年,汽车再制造公司总数达 50 538 个,年销售总额 365 亿美元,总雇员 337 571 人。再制造零部件包括内燃式发动机、传动装置、离合器、转向器、启动机、化油器、闸瓦、水泵、空调压缩机、刮水器马达、油泵、刹车动作筒、动力控制泵和缓冲器等。再制造产品都严格地按照再制造工艺和苛刻的检验和试验标准进行,保证了质量等同或优于新品。

此外,美国的许多大学正在进行再制造技术研究和教学。美国罗切斯特理工学院有一个专门从事再制造工程研究的全国再制造和资源恢复中心;田纳西大学无污染产品和技术研究中心将进行汽车行业的再制造技术研究;北卡罗来纳大学凯南—弗拉格勒商学院进行逆向后勤学的教学。逆向后勤学是把产品收回,然后对其进行再制造。许多学校在工业设计课程中讲授再制造技术,要求在工业产品设计中考虑设备部件的再制造性,认为在设计产品时只考虑一次性使用是不合理的。有报道,福特汽车公司正在建立一个旧部件交流中心,从环保出发,充分利用回收再制造的部件,一年将实现 10 亿美元的营业额。1993 年美国福特、通用、克莱斯勒等大汽车公司结成回收联盟,在密西根建立汽车拆卸中心,专门研究开发汽车零部件的拆卸、再制造和再循环利用。

2000 年日本提出了“循环型社会”的构想,最终目标是实现全面资源节约和环境保护。内容主要包括 3 个方面:资源的再利用、废旧产品或零部件的再使用、减少垃圾的产生。德国《商报》1999 年 1 月文章《未来 10 年的科技》中认为 2006—2007 年全球将普及节能汽车,这种汽车材料和部件的 90% 均可以重新使用。2000 年 2 月初,欧盟委员