

汽车发动机再制造效益分析及对循环经济贡献研究*

徐滨士¹, 刘世参¹, 史佩京¹, 邢 忠², 谢建军²

(1. 装备再制造技术国防科技重点实验室, 北京 100072; 2. 济南复强动力有限公司, 济南 250002)

摘 要:再制造工程是以机电产品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、节材和环保为准则,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,是废旧机电产品资源化的高级形式和首选途径,是贯彻科学发展观,走新型工业化道路,构建循环经济发展模式和实现可持续发展战略的重要途径之一。在对 3 000 台斯太尔汽车发动机再制造过程的剖析和对我国报废汽车的数量、质量调研的基础上测算:如果再制造工程能在废旧汽车发动机上全面实施,2020 年前的 15 年内,年均可回收附加值 1 424~2 236 亿元,年均可节电 60~94 亿度,年均可减少 CO₂ 排放 667~969 万吨,说明发展再制造工程对丰富我国循环经济的内涵,促进国民经济快速、持续发展具有重大而深远的意义。

关键词:再制造工程;表面工程;循环经济;效益分析

中图分类号:TH17;F4

文献标识码:A

文章编号:1007-9289(2005)01-0001-07

Study on the Contribution of Engine Remanufacturing to the Recycle Economy

XU Bin-shi¹, LIU Shi-can¹, SHI Pei-jing¹, XING Zhong², XIE Jian-jun²

(1 National Key Lab for Remanufacturing, Beijing 100072; 2 Jinan Fuqiang Power Co, LTD, Jinan 250002)

Abstract: Remanufacturing is a general terminology of high-tech maintenance of waste electromechanical products and an optimum approach to save the resource of electromechanical products. It is one of the important ways to carry out the scientific development, construct new industries, and achieve the sustainable development of economy. It can be predicted that the tremendous benefits will be gained before the year of 2020. Remanufacturing possesses a profound meaning in enriching the recycle economy concept and accelerating the development of national economy.

Key words: remanufacturing; surface engineering; recycle economy; benefit analysis

0 引 言

进入 21 世纪,保护地球环境、构建循环经济和保持社会可持续发展已成为世界各国共同关心的话题。目前大力提倡的循环经济模式是追求更大经济效益、更少资源消耗、更低环境污染和更多劳动就业的一种先进经济模式^[1]。再制造工程能使机电产品不断得到技术改造,减低全寿命周期的后半生费用,达到了延长产品寿命、节能节材、降低污染和创造更多的利润,是实现循环经济发展模式的重要技术途径。

1 传统经济模式下废旧机电产品带来的问题

20 世纪全球经济高速发展,新型机电产品极大地丰富了人们的物质文化生活。与此同时,废旧机电产品的数量正逐年以惊人的速度增长,由此造成的生态破坏、环境污染和资源浪费等问题正日益突出。资料显示,近几年全世界制造业每年约产生 55 亿吨无害废物和 7 亿吨有害废物,占全球污染物总量的 70% 以上,并且每年至少有 2 600 万辆汽车报废。我国 2000 年达到报废标准的汽车就有 210 万辆,2003 年我国已进入家用电器报废的高峰期,每年报废的彩电、冰箱等家用电器 2 800 万台,其中报废的电脑 500 万台^[2]。同时,在全面建设小康社会的进程中,自然资源的短缺和能源的不足已成为社会发展的一个重要制约因素。根据目前探明的储量,全球的铜和锌矿分别只能维持 22 年和 24 年即

收稿日期:2005-01-07;修回日期:2005-01-11

基金项目:国家自然科学基金重点项目(50235030);2000 年和 2002 年中国工程院咨询项目(12/2000,12/2002);国家发改委论证项目(2004 环资 4-01-01)

作者简介:徐滨士(1931-),男(汉),哈尔滨市人,教授,院士,博导。

无矿可采。水资源的大量污染与浪费严重和以石油为代表的能源短缺都将制约经济持续发展并危及国家安全^[3]。

根据上述情况,可以将传统经济增长模式的特点概括为:大量生产、大量消费、大量污染、大量废弃。

2 循环经济模式下废旧机电产品资源化的基本途径

根据目前的资源现状,要从 20 世纪单纯追求规模、效益的经济模式向建设“4R”的循环经济的方向转变。循环经济倡导的是一种与地球和谐的经济模式,它是指以资源的高效利用和循环利用为核心、以“减量化(Reduce)、再利用(Reuse)、再制造(Remufacture)和再循环(Recycle)”为原则,以低消耗、低排放、高效率为基本特征的社会生产和再生产活动。循环经济的实质是以尽可能少的资源消耗、尽可能小的环境代价实现最大的发展效益^[4]。2004 年 12 月召开的中央经济工作会议强调:节约能源、资源是优化结构的重要目标。必须坚决扭转高消耗、高污染、低产出的状况,全面转变经济增长方式。要坚持开发与节约并重,把节约放在首位,大力发展循环经济,逐步构建节约型的产业结构和消费结构,走出一条具有中国特色的节约型发展道路^[5]。

由于废旧机电产品具有提供资源和污染环境的两重性,用之为宝,弃之为害。因此,解决经济发展与资源短缺这一矛盾的一个重要途径就是积极推进废旧机电产品资源化,大力发展废旧机电产品资源化产业,把废旧机电产品作为相对于自然资源的第二资源、作为“都市矿山”予以开发,从废旧机电产品中挖掘原材料和能源,实现“资源-产品-再生资源”的良性循环,构建循环经济的发展模式。

废旧机电产品经分解鉴定后可分为 4 类零部件。第 1 类为可再利用零部件,由于机电产品的零部件不可能达到等寿命设计,因此当产品报废时总有一部分零部件性能完好,这部分零部件经过检测合格后应直接利用,既可以作为备件使用,也可以进入产品再制造生产线生成再制造产品;第 2 类为可再制造零部件,通过吸纳包括先进表面工程技术在内的各种新技术、新工艺,实施再制造加工或升

级改造生成性能等同或者高于原产品的再制造产品;第 3 类是目前无法修复或经济上不合算可通过再循环变成原材料的零部件,金属制品再循环的基本技术途径是回炉。回炉时,原先注入零件制造时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。第 4 类是指那些目前无法通过再利用、再制造和再循环程序回收其资源,只能通过填埋等措施进行安全处理。

综上所述,废旧机电产品资源化的基本途径可分为再利用、再制造、再循环 3 部分,其中再利用和再制造是废旧机电产品资源化的最佳形式和首选途径,虽然再循环也有资源、环境效益,但它是当前技术水平达不到或经济上不合算条件下不得已举措。

废旧机电产品资源化的目标是通过采用先进技术和严格管理,使再利用、再制造的部分最大化,使再循环的部分最小化,使需要安全处理的部分趋零化,最大限度的提取废旧机电产品中蕴含的财富。废旧机电产品资源化在机电产品全寿命周期中的位置如图 1 所示^[2]。

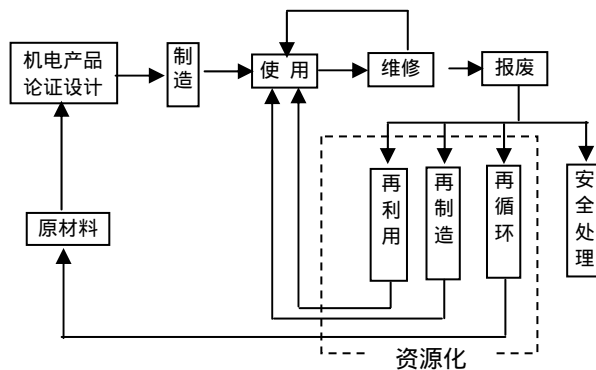


图 1 资源化在产品全寿命周期中的位置

Fig.1 The position of resourcing in the whole life period of products

3 再制造工程的内涵

我国历来也十分重视修旧利废。进入 21 世纪后,人口、资源、环境协调发展的任务更加突出,因而对再制造的需求更加迫切,对再制造工程的认识更加深化,再制造工程的内涵也进一步拓展,并形成了具有中国特色的再制造工程。

3.1 再制造工程的定义

再制造工程是以机电产品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^[6,7]。

具有中国特色的再制造重要特征是:再制造产品的质量和性能达到甚至超过新品,成本只为新品的 50%,节能 60%,节材 70%,对环境的不良影响与制造新品相比显著降低^[8]。

其中再制造的对象是广义的。它既可以是设备、系统、设施,也可以是其零部件;既包括硬件,也包括软件。

3.2 可再制造产品中蕴含有高附加值

一部机器、一个零件制造时的成本,由原材料成本、制造活动劳动力成本、能源消耗成本和设备工具损耗成本构成。其中,后 3 项成本称为相对于原材料成本的成品附加值。以汽车发动机为例,原材料的价值只占 15%,而成品附加值却高达 85%(见图 2)。

发动机原始制造和再制造过程中的能源消耗、劳动力消耗和材料消耗的对比见图 3。图中说明再制造过程中由于充分利用了废旧产品中的附加值,因而能源消耗只是新品制造中的 50%,劳动力消耗只是新品制造中的 67%,原材料消耗只是新品制造

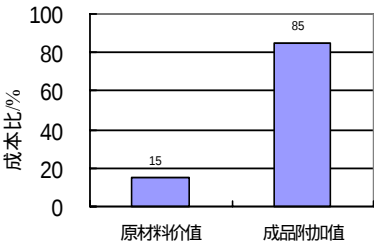


图 2 发动机成本分析

Fig.2 Cost analysis to engines

中的 11.1%~20%。

表 1 是对我国废旧斯太尔发动机进行再制造的典型实例剖析。可以看出,若年再制造 1 万台斯太尔发动机,则可以回收附加值 3.23 亿元,提供就业 500 人,并可节电 0.145 亿度,上缴税金 0.29 亿元,减少 CO₂ 排放 11.3~15.3 kt。由此可见,对废旧发动机进行再制造可以创造可观的经济效益、环境效益和社会效益,体现了循环经济的重要特征。

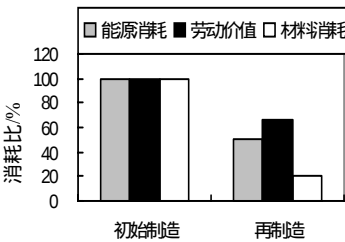


图 3 发动机制造与再制造消耗对比

Fig.3 Comparison of consumption between manufacturing and remanufacturing

表 1 年再制造 1 万台 615-67 型斯太尔发动机的综合效益分析

Table 1 Comprhensive benefit analysis of remanufacturing for 10,000 engines per year

	消费者节约投入/亿元	回收附加值/亿元	直接再用金属/万吨	提供就业/人	税金/亿元	节电度/万度	减少CO ₂ 排放/kt
再制造	2.9	3.23	0.765 (其中钢铁 0.575, 铝 0.15, 其它 0.04)	500	0.29	1 450	11.3 ~ 15.3

3.3 再制造技术优于原始制造

一部机电产品制造出来以后,经过若干年后才达到报废,而这期间科学技术迅速发展,新材料、新技术、新工艺不断涌现,对废旧机电产品进行再制造时可以吸纳最新的研究成果,既可以提高易损零件、易损表面的使用寿命,又可以对老产品进行技术改造,使它的整体性能跟上时代的要求。

再制造技术优于原始制造技术的典型例子是

先进表面工程技术在再制造产品上的应用。机械产品的故障往往是个别零件失效造成的,而零件失效往往是由于局部表面造成的,腐蚀从零件表面开始,摩擦磨损在零件表面发生,疲劳裂纹由零件表面向里延伸。如果应用表面工程技术将机械产品中那些易损零件的易损表面的失效期延长,则产品的整体性能就可以得到提高。现在表面工程技术发展非常迅速,已在传统的单一表面工程技术基础发展

了复合表面工程技术,进而又发展到以微纳米材料、纳米技术与传统表面工程技术相结合的纳米表面工程技术阶段,纳米表面工程中的纳米电刷镀、纳米等离子喷涂、纳米减摩自修复添加剂、纳米固体润滑膜、纳米粘涂技术等已进入到实用化阶段,纳米表面工程技术在再制造产品中的应用使零件表面的耐磨性、耐蚀性、抗高温氧化性、减摩性、抗疲劳损伤性等力学性能大幅度提高,这些技术已成为再制造中的关键技术之一。

再制造的特性决定了再制造生产中能敏锐地不断吸纳最先进的表面工程技术,使得再制造产品的性能不断提升以赢得用户的信赖,使得再制造产品的成本不断下降以增强市场竞争力,使得再制造过程中节能、节材、保护环境的作用更加突出以对国家可持续发展作出更大贡献。而对于机电产品的原始制造而言,即使仍然在进行生产,也很少吸纳新材料、新技术、新工艺等方面的成果,因为调整工艺流程,更换工装设备是一件很不容易的事情。制造商只是把新的科技成果引入到下一代的产品中,不轻易改动老产品的制造技术和工艺。

这种原始制造与再制造的技术差别,成为再制造产品的性能可以达到甚至超过新品的主要原因。

3.4 再制造与维修和再循环的区别

再制造不同于维修,维修是在产品的使用阶段为了保持其良好技术状况及正常的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。其设备和技术一般相对落后,而且形不成批量生产。维修后的产品多数在质量、性能上难以达到新品水平。

而再制造是将大量同类报废的机电产品回收至工厂拆卸后,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、性能升级改造,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经济效益。

再制造不同于再循环,再循环是对废旧金属、

电子元器件、废纸、玻璃、废塑料等通过回炉或萃取、溶解、裂解等手段使其成为原态材料或合成为新形态材料,而且回炉等处理要消耗较多的能源,对环境有较大的影响。再制造是以废旧成型零部件为毛坯,通过高新技术加工获得高品质、高附加值的产品,消耗的能源少,最大限度地找回了废旧零部件中蕴含的附加值,其成本要远远低于新品。

4 国外学者对再制造的效益分析

1996年,美国波士顿大学制造工程教授罗伯特在Argonne国家实验室的资助下,领导了一个研究小组对美国的再制造业进行了深入调查,撰写了研究报告《再制造业:潜在的巨人》^[9]。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,获得了大量信息,如年销售额、雇员人数、再制造产品种类等,调查范围涉及到汽车、压缩机、电器、机械制造、办公设备、轮胎、墨盒、阀门等八个工业领域。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估。结论表明,再制造业在美国经济中已占有重要地位。1996年美国专业再制造公司超过73 000家,直接雇佣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。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,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售后服务。图4为美国1996年再制造业与钢铁业销售额与雇员数的比较,再制造业的销售额与钢铁业相当,但雇员数却高于钢铁业一倍,充分展示了再制造业拉动国民经济,提高就业率的巨大作用^[10]。

2001年美国R.W.Beck公司对美国的再循环产业进行了研究,涵盖了26个工业类别,并按工作性质的不同分为废旧产品的回收、再循环产品加工、再循环材料用于制造业及再利用和再制造4类,其研究结果如表2所示^[11]。R.W.Beck公司称:“表中统计的再利用与再制造产业雇员数是按最小计算法统计的,因此其数据只为1996年Robert教授统计数据的1/3”。由表可知,美国再循环产业的就业人数约为再利用与再制造业的6.63倍,年产值

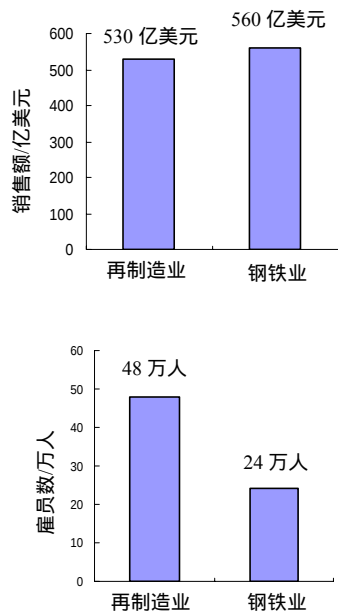


图 4 美国再制造业与钢铁工业的产值及就业比较
Fig.4 Comparison of production value and employed persons in remanufacturing and steel industries of America

为再利用与再制造业的 16.7 倍。根据文中对资源化
的界定，将表中“再循环产品用于制造”排除在资
源化范畴之外，则美国资源化产业的就业人数约为
再利用与再制造业的 2.14 倍，年产值为再利用与再
制造业的 4 倍。

美国协会组织 OPI (OEM Product-Services
Institute)2003 年的研究结果表明^[12]，美国每年的再
制造业（包括商业资本、国防工业、汽车部件）年
产值为 400 亿美元，刚好占美国 GDP 的 0.4 %，或
者新产品制造业产值的 5 %。

文献还报导，每年全世界仅再制造业节省的材料
就达 1 400 万吨^[10]，节省的能量相当于 8 个平均规模核
电站的年发电量，或者相当于节省 1 600 万桶原油^[9]。

5 我国废旧汽车再制造效益预测

废旧汽车发动机再制造是再制造工程中最典
型的实例，也是效益最为显著的再制造项目。对我
国废旧汽车发动机再制造效益进行分析预测，可以
充分说明再制造工程对发展循环经济的贡献。

表 2 美国再循环产业信息统计(26 个工业类别)

Fig.2 The information statistics of the recycling industries in USA (26 industrial areas)

数据类型	工业部门				总 数
	废旧产品回收	再循环产品加工	再循环产品用于制造	再利用与再制造	
公司数量/个	9 247	12 051	8 047	26 716	56 061
雇员数/人	32 010	160 865	759 746	169 183	1 121 804
每年支付薪金/ (× 1000 \$)	956 875	3 826 360	29 181 749	2 747 498	36 712 482
估计年产值/ (× 1000 \$)	1 974 516	41 753 902	178 390 423	14 182 531	236 301 374

发动机再制造的毛坯是废旧发动机，用循环经
济的术语讲，它就是再制造的资源。发动机再制造
的资源一是来自报废的汽车、工程机械、农业机械、
船只等，二是来自将被逐步取代的现有发动机大
修。

5.1 从报废汽车中开发再制造发动机的数量

我国的现行政策是报废汽车的发动机一律回
炉，从构建循环经济角度出发，应与时俱进地对这
一规定进行修改，应鼓励和支持报废汽车中的发动
机用于再制造。

据统计 2003 年我国汽车保有量为 2 300 万辆，

商务部预计今年的年汽车总产量将超过 500 万辆。
预计到 2020 年汽车保有量将比 2003 年增长 6 倍，
汽车保有量将达到 1.4 亿辆左右。

报废汽车中的发动机不是 100 %可用于再制
造，尤其是早期生产的汽车品牌杂多、质量不高、
可再制造率低。随着循环经济理念深入人心，产品
在设计时就已考虑到报废后的循环利用问题，再制
造率会有大幅度提高。报废汽车中可用于再制造的
发动机数量见表 3。

5.2 取代汽车发动机“大修”的再制造发动机数量
再制造发动机质量远远优于当前的“大修”发

动机，再制造过程中的资源消耗远远低于当前的“大修”发动机。根据国外的经验和我国构建循环经济的要求，以再制造发动机逐步取代“大修”发动机是未来的必然发展趋势。根据当前发动机“大修”的数量可预测再制造发动机的数量见表 4。

5.3 汽车发动机再制造对循环经济贡献的预测

如果充分利用上述资源，以再制造的大小发动机平均每台市场价 1 万元、每万台再制造发动

机安排 500 人就业、每吨成型的金属可减少从采矿至粗炼消耗 1800 kWh 的电量、减少排放 2 吨 CO₂ 气体，则可计算出发动机再制造对循环经济的贡献，具体见表 5。由表 5 可以看出，2020 年前的 15 年内年均可回收附加值 1 424 ~ 2 236 亿元，年均节电 60 ~ 94 亿度，年均减少 CO₂ 排放 667 ~ 1 047 万吨，年均解决就业 52 ~ 82 万人，由此可见，汽车发动机再制造可显著的提高经济、环保和社会效益。

表 3 2020 年前年均报废汽车发动机的可再制造数预测

Fig.3 Prediction of the waste engines remanufacturing per year before 2020

年均报废汽车预测/万辆 (每年按 10 % 递增)	2005~2010 年 250 ~ 400	2010~2015 年 500 ~ 800	2015~2020 年 900 ~ 1 400
年均再制造发动机/万台	可再制造率 30 % 75 ~ 120	可再制造率 50 % 250 ~ 400	可再制造率 80 % 720 ~ 1 120

表 4 2020 年前年均再制造发动机在我国的维修市场发展情况预测

Fig.4 Prediction of the remanufacturing engines market before 2020

年均发动机大修量/万台	2005~2010 年 500 ~ 800	2010~2015 年 1 000 ~ 1 600	2015~2020 年 1 800 ~ 2 800
年均发动机再制造量/万台	取代大修达到 30 % 150 ~ 240	取代大修达到 50 % 500 ~ 800	取代大修达到 80 % 1 440 ~ 2 240

表 5 汽车发动机再制造的综合效益

Fig.5 Comprehensive benefit of the remanufacturing engines

贡献项目	2005~2010 年	2010~2015 年	2015~2020 年
年均可再制造发动机/万台	225 ~ 360	750 ~ 1 200	2 160 ~ 3 360
销售额 (亿元) / 年均	225 ~ 360	750 ~ 1 200	2 160 ~ 3 360
解决就业 (万人) / 年均	11.25 ~ 18	37.5 ~ 60	108 ~ 168
节电 (亿度) / 年均	13 ~ 21	43 ~ 69	124 ~ 193
回收附加值 (亿元) / 年均	307 ~ 490	1 021 ~ 1 636	2 945 ~ 4 582
减少 CO ₂ 排放 (万吨) / 年均	144 ~ 230	479 ~ 766	1 379 ~ 2 146

6 我国再制造工程的发展展望

(1) 我国再制造工程的发展前景广阔

在我国发展再制造工程已有良好的基础。国家从构建循环经济出发，把废旧机电产品再制造列为重要内容之一，并着手开展示范试点工作；“再制造设计基础与方法”、“再制造基础理论与关键技术”分别被列为国家自然科学基金面上项目和重点项目；装备再制造技术国防科技重点实验室已经建

立，并取得了一批主要研究成果，成为我国再制造工程的研发基地；越来越多的人对再制造的内涵及重要意义已有认识。这些有利条件预示着再制造工程在我国将有大的发展。

(2) 深入研究开发再制造工程的关键技术，确保再制造产品质量

发展再制造工程首先要对再制造工程的有关基础理论、关键技术等进行系统的研究和开发；对

产品的再制造性的设计、标准及产品质量控制等方面进行研究,并及时进行成果转化。再制造企业要确保再制造产品的质量,即必须坚持严格的标准使所有再制造产品的性能等同或优于新品。应不断提高服务水平,任何环节的失误都会影响到企业甚至再制造产业的健康发展。

(3) 建立专业化再制造企业

国家将在重点抓好再制造示范企业的基础上,积极引导建立一批专业化再制造企业群,或将一些有条件的修理企业优化组合、改造升级为再制造企业,使其采用高新技术和产业化方式生产再制造产品。装备制造企业应积极参加和支持自己产品的再制造,并在配件供应、销售和服务等方面提供方便。

(4) 制定与再制造相关的政策、法律、法规

政府有关部门将制定一套能够促进再制造工程发展的相关政策、法律和法规。如对一些报废量大的产品,如汽车、家用电器、电脑等,逐步建立由企业负责回收的制度;允许再制造产品经标记后在市场出售;建立由国家有关部门监督的再制造企业质量认证体系;对科技含量高的再制造企业给予贷款和税收方面的优惠。

(5) 加强宣传,提高公众认识

广大用户对再制造的理解与支持是推动再制造业发展的重要因素。政府、企业及有关部门通过加强宣传,积极引导,向公众解释再制造的内涵和作用,消除公众对再制造的不正确认识。

7 结 论

大力发展绿色再制造工程符合我国走可持续发展道路的国情,符合国家倡导的“循环经济”的方针,它对促进国民经济发展、保护环境、解决再就业、提升我国机电产品的国际竞争力具有重要意义。绿色再制造工程目前虽有待进一步成熟,但它是一项朝阳产业,也是一个潜在的巨人,它对提高产品性能和质量、降低材料消耗以及节约能源、保护环境有重要意义。推动我国再制造产业发展的关键是建立相应的法律体系,规范再制造企业行为和市场运作。

参考文献:

[1] 季昆森. 循环经济原理与应用 [M]. 安徽科学技术

出版社, 2004.

- [2] 徐滨士, 刘世参, 李仁涵, 等. 废旧机电产品资源化的基本途径及发展前沿研究 [J]. 中国表面工程, 2004, 17(2):1-6.
- [3] 王安建, 王高尚. 矿产资源与国家经济发展 [M]. 地震出版社, 2002:60-61.
- [4] 徐匡迪. 工程师—从物质财富的创造者到可持续发展的实践者 [N]. 上海科技报, 2004.
- [5] 中央经济工作会议强调用科学发展观统领经济社会发展全局 [N]. 科技日报, 2004, 12, 06.
- [6] Xu Binshi, Zhang Zhenxue. Surface Engineering and Remanufacturing Technology [C]. International Conference on Advanced Manufacturing Technology'99, Xi'an. New York Press, 1999: 1129-1132.
- [7] 徐滨士, 朱胜, 马世宁, 等. 装备再制造工程学科的建设和发展 [J]. 中国表面工程, 2003, 16(3):1-6.
- [8] 再制造, 让报废装备起死回生 [N]. 经济日报, 2004-9-13.
- [9] Robot T.Lund. The Remanufacturing Industry-Hidden Giant [R]. Research Report, Manufacturing Engineering Department, Boston University. 1996.
- [10] Steinhilper, R. Remanufacturing: The Ultimate Form of Recycling [M]. Fraunhofer IRB Verlag. 1998: 100.
- [11] Beck B W. Inc. U S Recycling Economic Information Study [C]. Executive Summary. July, 2001: ES-2.
- [12] Ron Giuntini, Kevin Gaudette. Remanufacturing The Next Great Opportunity for Improving U.S Productivity. [EB/OL] www.oemservices.org. 2003: 2-3.

作者地址: 北京丰台区杜家坎 21 号 100072

Tel: (010) 66717145 E-mail: xubinshi@vip.sina.com

•学术动态•

第 11 届全国焊接学术会议于 5 月在上海举行

中国机械工程学会焊接分会定于 2005 年 5 月 27 ~ 28 日在上海举办第 11 届全国焊接学术会议。会议主题是: 21 世纪焊接新技术与新战略。徐滨士院士将应邀作“绿色再制造中的表面工程”大会主题报告, 堆焊及表面工程专业委员会将把“堆焊与表面工程在维修和再制造中的应用”作为年会研讨内容之一。

(焊接学会堆焊与表面工程专业委员会)