

我国再制造产业及其发展战略

徐滨士¹, 李恩重¹, 郑汉东^{1,2}, 桑凡¹, 史佩京¹

(1. 装甲兵工程学院装备再制造技术国防科技重点实验室, 北京 100072; 2. 合肥工业大学管理学院, 合肥 230009)

摘要: 再制造是制造业产业链的延伸, 属于先进制造和绿色制造的范畴, 《中国制造 2025》提出要“大力发展再制造产业, 实施高端再制造、智能再制造、在役再制造”。当前, 我国再制造试点企业数量和再制造产品种类不断增加, 再制造政策法规、基础理论、关键技术、行业标准得到不断创新完善。未来, 再制造工程将向“绿色、优质、高效、智能、服务”五大方向发展, 重点突破若干再制造核心关键技术, 完善多个支撑体系, 形成一批再制造领军产业。

关键词: 绿色制造; 再制造; 发展战略

中图分类号: T-1 **文献标识码:** A

The Remanufacturing Industry and Its Development Strategy in China

Xu Binshi¹, Li Enzhong¹, Zheng Handong^{1,2}, Sang Fan¹, Shi Peijing¹

(1. National Key Laboratory for Remanufacturing, Academy of Armored Force Engineering, Beijing 100072, China;

2. School of Management, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

Abstract: The remanufacturing industry is an extension of the industrial chain in the manufacturing industry and plays an important role in advanced manufacturing and green manufacturing. The Made in China 2025 strategy proposes that China will “develop the remanufacturing industry vigorously, implement high-end remanufacturing, intelligent remanufacturing, and in-service remanufacturing.” The remanufacturing industry in China is developing rapidly at present and remanufacturing pilot enterprises and the number of types of remanufactured products is growing exponentially. Meanwhile, remanufacturing policies and regulations, basic theories, key technologies, and industrial standards are continuously being innovated and completed. The future development of the remanufacturing engineering in China is heading in a green, high-quality, high-efficiency, intelligent, and service-oriented direction, and will focus on breaking through several key remanufacturing technologies, improving multiple supporting systems, and building many leading industries.

Keywords: green manufacturing; remanufacturing; development strategy

一、前言

中国共产党第十八次全国代表大会报告把“生态文明建设”放在突出位置, 强调“发展循环经济,

提高资源回收利用效率, 构建绿色制造体系, 走生态文明的发展道路”。《中国制造 2025》提出坚持绿色发展, 推行绿色制造是制造业转型升级的关键举措 [1]。再制造是面向全生命周期绿色制造的发展

收稿日期: 2017-04-20; 修回日期: 2017-05-11

通讯作者: 徐滨士, 装甲兵工程学院, 教授, 中国工程院, 院士, 研究方向为再制造工程; E-mail: xubinshi@vip.sina.com

资助项目: 中国工程院咨询项目“我国再制造产业发展战略研究”(2014-XY-02)

本刊网址: www.enginsci.cn

和延伸,是实现循环经济发展和资源高效利用的重要方式。以机电产品为主的再制造产业符合“科技含量高、经济效益好、资源消耗低、环境污染少”的新型工业化特点,发展再制造产业有利于形成新的经济增长点,将成为“中国制造”升级转型的重要突破[2,3]。

再制造由于其显著的经济、社会和环境效益,得到政府和企业的高度关注。李克强总理曾提出“要有序推进废旧物资和机电产品的再利用、再制造,抓好再制造的质量控制、完善再制造的回收物流体系”[4]。《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》和《“十三五”节能环保产业发展规划》分别将再制造列入国家战略性新兴产业和节能环保产业。在新的政策背景下,再制造产业将迎来重大的发展机遇。

二、我国绿色再制造产业发展现状

近年来,我国再制造试点企业和再制造产业示范基地数量逐步增加,再制造产品认定和“以旧换再”工作不断深化[5]。2012年,我国提出实施再制造产业化示范工程,通过建立再制造工程(技术)研究中心、再制造产业集聚区以及重大示范项目,带动再制造产业规模化发展。国家发展与改革委员会、中华人民共和国工业和信息化部通过开展再制造企业试点,为再制造产品认定、市场准入要求、质量控制要求、技术标准制定、流通监管以及逆向物流体系建设等积累了经验。

2011—2016年,工业和信息化部委托第三方认定机构对申请企业的产品进行认定,共发布了6批《再制造产品目录》。目录涵盖工程机械、电动机、办公设备、石油机械、机床、矿山机械、内燃机、轨道车辆、汽车零部件等10大类137种产品。截至2016年底,我国再制造试点企业已有140家、湖南浏阳等5个再制造产业集聚区和上海临港等3个产业示范基地。在140家再制造试点企业中,华东地区有62家,占试点企业的44%;华中地区有25家,占18%;华北、东北和华南地区分别有15家、14家和10家;西南和西北地区较少。其中,国有企业和民营企业所占比重最大,均占试点企业的40%,其次为中外合资企业、外商独资企业等。

三、发展绿色再制造产业面临的机遇和挑战

(一) 机遇

1. 巨大的需求为再制造产业发展提供了强劲的动力

改革开放以来,我国经济社会快速发展,工业化水平不断提升,工业机械装备也迎来了快速发展阶段。特别是进入21世纪以来,传统的工业装备飞速发展,保有量巨大,大型舰艇、飞机、盾构机等高附加值装备数量快速增加。与此同时,大量机械装备和电子设备进入报废高峰期。仅以汽车、机床为例,每年报废的汽车、机床数量均在百万台以上,废旧产品的高效回收利用日益重要;高附加值装备性能渐显落后,亟待升级改造。针对废旧机电产品所采取传统的回收—熔炼—铸造—制造加工的回收利用方式,一方面不能最大限度地利用其使用价值;另一方面还会形成巨大的资源和能源浪费,造成严重的环境污染,成为亟待解决的重要问题。再制造以废旧机电产品为加工对象,巨量的废旧机电产品为再制造提供了充足的“原料”,也对再制造产业规模提出了更高的要求,巨大的再制造需求成为我国再制造产业发展的强劲动力。

2. 大力的政策支持为再制造产业发展提供了坚强的保障

政策支持是产业发展的重要保障。为应对日益严峻的资源与环境问题,中国政府将再制造产业作为优先发展领域,通过制定相关政策、法规大力推动再制造产业发展。2009年1月实施的《中华人民共和国循环经济促进法》明确表明国家支持企业开展再制造生产,推动再制造产业发展纳入了法制化轨道。在实施层面,国家相关部委在财政、税收、市场等方面给予政策倾斜,旨在通过对国内优质再制造企业的重点支持,带动我国再制造业整体发展。其中,国家发展与改革委员会牵头组织了“以旧换再”工作,一方面推动再制造产品的生产、销售活动;另一方面促进消费者对再制造产品的认可度。在政府部门的主导下,国内再制造政策法规不断完善,为再制造的快速发展提供了坚强的保障。

3. 不断深化的国家重大战略为再制造产业发展提供了广阔的空间

党的十八大以来,我国经济发展步入重要转型期,国家相继推出了“丝绸之路经济带”“21世纪

海上丝绸之路”等重大国家战略。建设“丝绸之路经济带”“21世纪海上丝绸之路”是我国在全球政治、经济、贸易不断变化的形势下，提出的重要战略构想，旨在加强中国与南亚、东盟、西亚、北非等地区的经济贸易联系，增强我国的战略安全。“一带一路”战略的实施，将大大推动我国与此相关的西南地区、东南沿海地区的基础建设水平，包括铁路、公路、石油、海运、通信设施等在内的众多机电产品将迎来爆发式发展，这为我国大力发展在役再制造、高端再制造、智能再制造提供了广阔的发展空间。

4. 日新月异的高新技术突破为再制造产业发展提供了重要的支撑

进入新世纪以来，计算机技术的飞速发展催生了“互联网+”、大数据、云计算等一大批高新技术，也加快了人工智能、纳米科技、增材制造（3D打印）等高新技术的突破发展。互联网技术为加强再制造系统规划、完善再制造逆向物流系统提供了基础，有望解决废旧机电产品回收逆向物流技术难题。大数据、云计算技术为再制造产品健康监测与寿命评估提供了便利的工具，推动了再制造产品健康监测与寿命评估向精细化的突破。人工智能、纳米科技及3D打印增材制造等技术则进一步提高了再制造产业的生产效率、保障了再制造产品的质量。系列高新技术的兴起为完善再制造产业链条、丰富再制造生产手段、提高再制造产品质量提供了重要支撑。

（二）挑战

1. 我国再制造产业整体规模和发展环境落后

与发达国家相比，我国再制造产业处于发展的初期阶段，目前产业规模不足千亿元，大型再制造企业数量较少，企业再制造技术自主研发能力和生产能力薄弱，远不能满足目前国内再制造的巨大需求。欧美等发达国家再制造产业已经形成了完善的制造体系和市场环境，产业规模大。以美国为例，其国内再制造产业规模达数千亿美元以上，一些世界知名的大型制造企业都设置了再制造生产线，大型再制造企业数量多。此外，美国再制造企业技术研发投入多，已经具备了与其国内再制造需求相匹配的再制造研发与生产能力。

2. 再制造配套政策法规和产业链条不够完善

一是各地方缺乏再制造产业发展的统筹考虑，

相关部门在制定产业结构发展规划时，没有考虑制造业可持续发展对再制造的需求，各地发展再制造的进度和方向不同，地方政府与企业间的发展规划不衔接，造成了一些矛盾和冲突；二是缺乏市场准入机制和评价机制，不合格的翻修产品冒充合格的再制造产品进入售后服务市场，不仅影响了正规再制造产品的销售，也使真正的再制造企业没有市场竞争优势，导致市场混乱；三是再制造标准不够健全，由于相关标准和规范缺乏，导致大部分企业在旧件检测、再制造毛坯修复等关键环节没有建立相应的质量控制体系，再制造产品质量缺乏科学保障 [6]。

3. 技术发展难以满足再制造产品的多元化需求

再制造是对废旧机电产品进行尺寸恢复与性能提升，而机电产品种类多，其零部件服役条件多种多样，损伤形式各异，对再制造技术有很高的要求。近年来我国再制造技术尤其是自动化、智能化再制造技术取得了长足进步，但是，我国再制造技术研究以政府投入经费、科研机构重点研发为主体，企业自主研发的积极性不高，投入少，能力弱，缺乏有效针对客户需求的技术研发成果，导致企业难以满足市场对再制造产品的多元化需求。

4. 社会各界尤其是用户对再制造产品认可度不高

在社会层面，一方面再制造作为新的理念还没有被消费者及社会所广泛认同，不少国内消费者目前还难以接受和使用再制造产品，有些人甚至还把再制造产品与“二手货”混为一谈，这与目前缺少对再制造的正面宣传和长期形成的消费观念有很大关系；另一方面，由于市场培育程度不够，再制造产品销售渠道尚未完全建立，影响了相关企业投入再制造的积极性 [6]。

在企业层面，一是再制造试点企业对再制造认识不统一、不深入，对再制造、制造和维修的概念及关系不明确，有些企业直接按制造模式进行再制造，有些企业简单地将维修模式移植到再制造，认为扩大规模就是再制造，导致在指导实践生产过程中定位和目标不准确；二是不能有效处理好新品生产和再制造旧品的关系，没有立足国情分析旧件条件、销售渠道等因素，简单照搬国外技术，没有认识到需要立足于成熟技术而发展有中国特色的再制造；三是部分企业缺乏再制造专业技术人员、设备和再制造市场培育等基础条件，导致短时间内无法步入正轨 [6]。

四、绿色再制造产业发展趋势

近年来，再制造产业快速发展，再制造关键技术研发取得了重要突破，逐步形成以寿命评估技术、复合表面工程技术、纳米表面技术和自动化表面技术为核心的再制造关键技术群。未来15年，在政策支持与市场发展的双重推动下，再制造产业将主要向“绿色、优质、高效、智能、服务”五大方向发展 [6]。

（一）绿色

再制造以废旧机电产品的零部件为生产毛坯，在损伤的零件表面制备较薄的耐磨、耐蚀、抗疲劳表面涂层，对能源和资源的需求以及产生的环境影响较少，具有巨大的资源与环境效益。与新品制造相比，再制造回收拆解和清洗过程会产生废液、废气、废渣等废弃物，应严格按照国家发布的环保标准进行绿色生产。

（二）优质

未来的再制造技术将更多地体现出优质的特点，包括先进的再制造设计技术、再制造毛坯寿命评估技术、复合表面工程技术和智能化再制造技术等，优质技术群将得以大规模研发和应用。同时，再制造产品和服务也将更加优质、可靠。再制造产业发展要实现面向全流程，从技术、产品、服务多个维度实现优质发展。

（三）高效

再制造的高效主要体现在再制造技术的高效化和再制造产业服务的高效率两方面。在拆解技术方面，自动化的深度拆解装备将显著提高再制造拆解效率；在清洗方面，基于超声、激光、紫外、高速喷射等技术的清洗装备可显著提高再制造毛坯的清洗效率；在成形过程方面，基于计算机控制和机器人操作的柔性再制造设备，能够快速根据再制造毛坯的损伤类型和特点生成再制造修复方案，实现再制造成形高效生产 [7,8]。此外，随着信息技术、通讯技术的快速发展，再制造产业服务也变得更加高效。在物联网、云计算、大数据的环境下，再制造可以为客户提供快速高效的产品解决方案，降低客户的时间成本，大大提高产品的再制造率，实现产品效益最大化。

（四）智能

智能再制造是以产品全寿命周期设计和管理为指导，将物联网、大数据等新一代信息技术与再制造回收、生产、销售、管理、服务等各个环节融合，通过人技结合、人机交互等集成方式，开展分析、策划、控制、决策等。在关键再制造环节以智能化再制造技术为核心，以网通互联为支撑，可有效提升产品质量、降低生产能耗、提升再制造效率，对推动再制造产业升级具有重要意义。

（五）服务

发达国家机械制造企业早已从生产型制造转向为服务型制造，在重视产品设计与制造技术开发的同时，更加重视制造服务所需支撑技术的开发。先进的服务模式带来了比产品生产销售更高的利润。未来，我国装备制造业也将由生产型制造转变为服务型制造。服务型制造技术将会成为机械工程技术的重要组成部分，为产品“后半生”服务的机械工程技术将会引起人们更大的关注，并投入更多的人力和资金，一批新的机械工程技术将应运而生，并促使机械工业新业态的出现。

五、绿色再制造产业发展战略

（一）近期发展战略

进一步推广再制造技术与装备的应用，提升企业再制造技术能力，鼓励产学研一体，在再制造企业继续推广应用一批核心再制造技术和装备。加快再制造成套设备的研发与应用，鼓励有能力的企业探索建设专业再制造产品自动化生产线。支持成立专业化旧件回收、清洗、零部件再制造、零部件检测、再制造产品销售企业。鼓励第三方物流企业和专业检测机构开展再制造相关业务，充分发挥专业化企业优势，探索以旧换再、融资租赁、以租代购等旧件回收模式，建立稳定的旧件回收逆向物流体系，拓展再制造产品销售渠道 [9]。对精密和复杂整机设备，通过协议外包的形式开展关键零部件再制造和实现再制造关键过程，发展产业链协同制造、降低再制造企业成本。

（二）中期发展战略

建立完善的再制造标准体系和产品认定制

度 [10]。以再制造共性基础标准、产品再制造设计标准、再制造零部件质量标准、再制造技术工艺标准为基础,明确产品再制造关键零部件,建立完善的再制造产品评价标准,统一再制造产品标识的使用要求,以再制造标准为基础建立再制造产品认证制度。对于变速箱、复印机、医疗设备等技术难度大,依赖进口的产品,鼓励原制造企业在国内开展再制造或通过原厂授权的模式开展再制造,探索原制造商、大修厂、再制造厂的企业联盟模式。在航空、轨道交通、海洋工程设备等高端装备领域实施再制造,针对航空发动机、燃气轮机、盾构机、重型矿用载重车等大型成套设备及关键零部件,扶持一批骨干企业开展再制造。鼓励相关合作单位研究智能化、信息化手段在再制造领域的应用。

(三) 远期发展战略

探索生物工程技术、模拟和仿真技术、3D 打印技术在再制造领域的应用。鼓励企业应用仿真技术、性能评估技术、在线状态监测与故障诊断技术进行再制造。鼓励企业采用智能控制系统、实时通信技术、系统协同技术对再制造生产进行管理 [11]。充分发挥互联网在逆向物流回收体系中的平台作用,对工艺复杂的再制造产品,建立再制造公共信息服务和交易平台以及再制造产品信息追溯系统。支持互联网企业参与再制造产品的回收、物流、定价以及销售电子商务系统的建设,支持行业协会和重点企业探索建立基于互联网信息共享与业务协同的创新商业模式和销售模式。力争实现再制造率达到 80%,发展出多家世界级再制造企业和产业园区,形成产业集聚效应。

六、结语

我国探索形成了“以高新技术为支撑,以恢复尺寸、提升性能的表面工程技术为依托,产学研相结合,既循环又经济”的自主创新的再制造产业模式 [4,12]。再制造由于其显著的经济、环境和社会效益被列为国家战略性新兴产业和节能环保产业,得到了政府和企业的关注,未来必将实现跨越式发展。

参考文献

- [1] 《中国制造》编写组. 中国制造2025 [M]. 北京: 人民出版社, 2015.
Made in China Writing Group. Made in China 2025 [M]. Beijing: People's Publishing House, 2015.
- [2] 徐滨士. 装备再制造工程 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2013.
Xu B S. Equipment remanufacturing engineering [M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2013.
- [3] 徐滨士. 再制造与循环经济 [M]. 北京: 科学出版社, 2007.
Xu B S. Remanufacturing and circular economy [M]. Beijing: China Science Publishing & Media Ltd (CSPM), 2007.
- [4] 徐滨士. 绿色再制造工程的发展现状和未来展望 [J]. 中国工程科学, 2011, 13(1): 4-10.
Xu B S. Development status and prospect of green remanufacturing engineering [J]. Strategic Study of CAE, 2011, 13(1): 4-10.
- [5] 徐滨士. 中国再制造工程及其进展 [J]. 中国表面工程, 2010, 23(2): 1-6.
Xu B S. Remanufacture engineering and its development in China [J]. China Surface Engineering, 2010, 23(2): 1-6.
- [6] 徐滨士, 朱胜, 史佩京. 绿色再制造技术的创新发展 [J]. 焊接技术, 2016, 45(5): 11-14.
Xu B S, Zhu S, Shi P J. Innovation and development of green remanufacturing technology [J]. Welding Technology, 2016, 45(5): 11-14.
- [7] 徐滨士, 董世运, 史佩京. 中国特色的再制造零件质量保证技术体系现状及展望 [J]. 机械工程学报, 2013, 49(20): 84-90.
Xu B S, Dong S Y, Shi P J. States and prospects of China characterised quality guarantee technology system for remanufactured parts [J]. Journal of Mechanical Engineering, 2013, 49(20): 84-90.
- [8] 徐滨士, 董世运, 朱胜, 等. 再制造成形技术发展及展望 [J]. 机械工程学报, 2012, 48(15): 96-104.
Xu B S, Dong S Y, Zhu S, et al. Prospects and developing of remanufacture forming technology [J]. Journal of Mechanical Engineering, 2012, 48(15): 96-104.
- [9] 杨铁生. 推动中国再制造产业健康有序发展 [J]. 中国表面工程, 2014, 27(6): 1-3.
Yang T S. Promote the healthy and orderly development of remanufacturing industry in China [J]. China Surface Engineering, 2014, 27(6): 1-3.
- [10] Xu B S, Zheng D, et al. Engineering management problems of remanufacturing industry [J]. Frontiers of Engineering Management, 2015, 2(1): 13-18.
- [11] 李恩重, 史佩京, 徐滨士, 等. 我国再制造政策法规分析与思考 [J]. 机械工程学报, 2015, 51(19): 117-123.
Li E Z, Shi P J, Xu B S, et al. Analysis of policies and regulations of China remanufacturing [J]. Journal of Mechanical Engineering, 2015, 51(19): 117-123.
- [12] 徐滨士, 梁秀兵, 史佩京, 等. 我国再制造工程及其产业发展 [J]. 表面工程与再制造, 2015 (2): 6-10.
Xu B S, Liang X B, Shi P J, et al. Remanufacturing engineering and its industrial development in China [J]. Surface Engineering & Remanufacturing, 2015 (2): 6-10.