

再制造

——再循环的最佳形式

[德] 罗尔夫·施泰因希尔佩 (Rolf Steinhilper) 著
朱 胜 姚巨坤 邓流溪 译



国防工业出版社

National Defense Industry Press

本书由中国再制造技术国家重点实验室赞助出版

再制造——再循环的最佳形式

[德] 罗尔夫·施泰因希尔佩 (Rolf Steinhilper) 著

朱 胜 姚巨坤 邓流溪 译



· 北京 ·

著作权合同登记 图字：军-2006-008 号

图书在版编目 (CIP) 数据

再制造——再循环的最佳形式 / (德) 罗尔夫·施泰因希
尔佩著; 朱胜, 姚巨坤, 邓流溪译. —北京: 国防工业出
版社, 2006.3

书名原文: Remanufacturing: the Ultimate Form of
Recycling

ISBN 7-118-04339-7

I. 再... II. ①施... ②朱... ③姚... ④邓...
III. 制造业—再生资源—资源利用 IV. T

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 009841 号

Remanufacturing

The Ultimate Form of Recycling

Rolf Steinhilper

©1998 All right reserved with Fraunhofer IRB Verlag.

本书中文简体版由德国 Fraunhofer IRB Verlag 授予中国国防工业出版社
独家出版发行。版权所有, 侵权必究。

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787 × 1092 1/32 印张 3³/₄ 字数 107 千字

2006 年 3 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 28.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010)68428422

发行邮购: (010)68414474

发行传真: (010)68411535

发行业务: (010)68472764

目 录

再制造：未来的重构	7
什么是再制造	7
产品退役：多次使用	12
工业界的责任	15
传统的再循环过程	16
清洗技术	21
费用分析	25
制造、修理和再制造：和睦的近邻	29
修理与再制造	29
维修和再循环	30
密切关系	33
再制造毛坯（Core）的供应	35
再制造五步骤：有效的技能和新技术	44
拆解	46
清洗	50
检测与分类	54
再制造加工	57
再装配	61
再制造成本	63
实践中的汽车业再制造：欢迎参观	65
发动机	67
启动机和交流发电机	69

离合器	71
电子控制元件	73
其他行业的再制造：潜在的绿色巨人	77
机电工具和工业机器人	77
自动售货机	79
复印机	81
电子产品和零件	82
办公家具	86
潜在的巨人	89
再制造从业人员：劳动力市场上的亮点	90
面向再制造的产品设计：额外利润的 秘密	94
经济和生态的协调发展	94
自始至终：质量和安全第一	99
再制造的成功因素：决策的好帮手	103
再制造节能节材：新星的诞生	108
再制造的新视野：未来的展望	114
鸣谢	117
再制造的相关信息	119

前言

《再制造——再循环的最佳形式》的撰写受到了许多人的鼓励和支持,如果没有他们热情的帮助和批评指导,我也不可能完成本书的出版。

在这里,我首先要感谢父亲 Ulrich Steinhilper 给予我的支持。当我还只是一个6岁孩子的时候,父亲就开始教我怎样骑自行车,而且还告诉我如何对自行车的零部件进行“再循环”利用。在父亲的指导下,我学会了如何修补自行车的轮胎,这是我第一次“再循环”利用的实践活动。从此之后,我不断地学习扩展自己的专业知识和技能。大学期间,通过自己不断地学习实践,我学会了汽车维修。也就是从那时开始,我不断地接触到了各种各样的再制造产品,如汽车的闸皮、离合器以及交流发电机等。

大学毕业后,我直接参加了工作,这里我要特别对 Hans-Jürgen Warnecke 先生表示感谢,他是 Fraunhofer 应用研究所主任。在20年前,他就富有远见的支持我在再制造领域开展研究,并提供了大量的帮助。

这本书的出版也得到了国际再制造领域多名专家的大力支持,这里我要特别对美国波士顿大学 Robert T. Lund 教授表示诚挚的感谢,也感谢 William C. Gager 先生为本书作序。正是他们帮我打开了我与全球再制造专家联系的大门,这本书也因而得以翻译成7种世界文字。

对此书中文的出版,我要首先感谢徐滨士院士、朱胜教授的大力支持。本书由中国再制造技术国家重点实验室研究人员朱胜、姚巨坤和我的学生邓流溪负责翻译,对他们的翻译工作和为本书联系出版所作的努力,我表示深深的感谢。

最后,我还要感谢这本书的所有读者,感谢他们能够有兴趣从事再制造理论及技术的研究工作,从而推动再制造在全球领域的发展。

Rolf Steinhilper

拜罗伊特大学 德国, 2005 年



序 言



进入21世纪,中国做出了“发展循环经济、建设节约型社会”的重大战略决策,核心为节约资源和能源。



贯彻落实循环经济的“4R”战略是建立资源节约型社会目标的有效手段,而“4R”中的再制造能够赋予废旧资源更高的附加值,作用最为显著。

再制造是废旧产品高技术修复的产业化,既是一种节约资源的先进制造,又是一种保护环境的绿色制造,已经受到中国政府的高度重视及全社会的普遍关注,同时已有越来越多的中国企业将目光瞄准了再制造市场。一个蓬勃发展的再制造产业体系正在中国悄然崛起!

中 国 工 程 院 院 士
中国再制造技术国家重点实验室 主任

徐滨士



再制造是一个将废旧产品恢复到如新品一样性能的过程。它能够节约能源和自然资源、填埋空间,还能通过减少材料重熔而减少了再循环过程中造成的空气污染。再制造行业已经开展了60多年,创造了几十万个工作岗位,上缴了大量的利税。



政府决策者和科学家们如今对全球变暖的影响和可持续发展表现出更大的兴趣和关注,我们也都清楚在我们的星球上自然资源数量有限。因此我们的资源利用越接近“零浪费”,就有越多的子孙后代能够享用与我们今天同样多的资源财富。可持续发展正呼唤我们进入更高效益的产品再制造时代。

汽车零件再制造协会 会长
国际再制造工业委员会 主席

William C. Gager

再制造：未来的重构

什么是再制造

再制造是将废旧产品制造成“如新品一样好”的再制造产品的再循环过程。

再制造(Remanufacturing)在英文中有多种名词表示方法，如 Rebuild-ing、Refurbishing、Reconditioning、Overhauling，这些都是常用的再制造术语。然而，在越来越多的关于再制造的学术文献中，Remanufacturing已逐渐成为一个国际标准的再制造学术名词，用这个单词来描述将废旧的但还可再用的产品恢复到如新品一样状态的工艺过程。

再制造的标准名词

图1 再制造是再循环的最佳形式，已受到许多组织关注



再制造在许多方面都具有重要的价值。在

再制造的特点及作用

对现代产品生命周期的研究中,再制造活动吸引了无数的眼球,它能够给不同参与者带来各自所需要的利益,从而激发他们的兴趣和广泛参与。

再制造具有多种重要特点,这使得它在多个领域都产生了重要影响:

对一个具有环保意识的公民来说,他参与并对再制造产生兴趣主要是因为他们把再制造作为一个“与自然和平共处”的主要原则,可以保证我们社会的可持续发展。

新的商业机遇

商业界的战略家们已经认识到,再制造为制造业提供了一个全新的商业机遇。例如在制造业的售后服务市场,再制造能够保证在最低的费用投入下,给予消费者或客户一个满意的解决方案。

变消耗为利润

废品管理者也对再制造的发展应用产生了浓厚的兴趣,因为再制造能够奇迹般的将他们的消耗支出变为利润。对废旧产品进行再制造可以避免产品的环保处理,实现产品循环,创造新的利润收入,并减轻废品环保处理的经济负担。

新的挑战

产品的制造工程师们已经明确了再制造的五个步骤,包括拆解、清洗、废旧零件检测更新、再装配及最后的整机检测。工程师们经常将这几个步骤作为他们所熟悉掌握的技术的扩展,但这些步骤中也常常伴随着一些新的挑战,尤其是在废旧产品再制造的第一步拆解过程中,都有大量的技术问题需要研究,这对现有的技术提出了新的挑战。

但几乎所有的维修工程专家都会指出，无论对于工人还是客户的满意程度来说，再制造都是实施维护和修理任务的最有效方式。

无论是联邦、州或者地方性的政治家和政府官员，都已经认识到了发展经济和创造新的就业机会的重要性，都充分认识到了再制造业在他们社区经济和就业发展中独一无二的重要地位。

经济学家已经将再制造企业作为工业界一个潜在的并即将胜出的重要成员，都认为再制造企业不论是在现在还是在今后，对于工业的存在都将发挥重要作用。

具有环境意识的工业专家们已经深刻地认识到再制造是绿色技术链中的关键环节，并且在新的“从摇篮到坟墓”的产品生产和再循环中成功地发挥了它的作用。

对于消费者来说，再制造不仅仅是一种最环保的生产方式，而且也是最经济的生产方式，再制造产品的质量一般都能够达到新产品的水平，而价格却为新品的一半，具有质优价廉的特点。因此消费者能够在自己支付得起的价格范围内，获得达到当前技术水平的产品。所以，再制造对提高人们的生活水平也具有重要意义。

一些成功人士及风险评估员都认为再制造只是重复利用产品第一次制造中所用技术的生产方式，但实际上产品的制造技术只能够制造出产品的一次使用寿命，而再制造却能够实现产品的

创造就业机会

再制造是绿色技术链的关键环节

质优价廉的再制造产品

多寿命使用，是能够实现产品“从诞生到再生”这一闭环循环的有效方式。

可持续性

科学家们也坦言，相对任何其他再循环形式的节能和节材效率来讲，再制造都是最经济、最有效的节约资源方式。

也有少数更具理想浪漫主义的支持者们，不仅将再制造作为产品“再生”的一个准则，而且还将再制造看作是一种新思想观念的诞生，也就是认为再制造将可以给予地球和人类一个可持续发展的未来。

工业实践利益

从一定程度上来说，正是社会上不同的人所持有的这些关于再制造的不同观点，组成了本书12章的主要内容。更重要的是再制造在实践中是最佳的再循环过程，为工业和社会的发展带来了巨大的利益和增长潜力。

因此，在今天的社会生活中，我们总是能够看到许多给人留下深刻印象的再制造应用实例，而这些实例都可以充分地证明再制造是再循环的最佳形式。

工业发展的好伙伴

再制造拥有相对独立的发展根基，其发展历史也较为悠久。早在工业时代初期，伴随着蒸汽发动机、铁路、发电机和电气设备、机加设备等的诞生，再制造活动就开始逐步兴起。如今，再制造已发展成为汽车部门——几十年来经济和工业发展的支柱产业——的一个重要伙伴，而且在今后的发展中再制造也必将继续加强其在汽车

工业领域的重要作用。

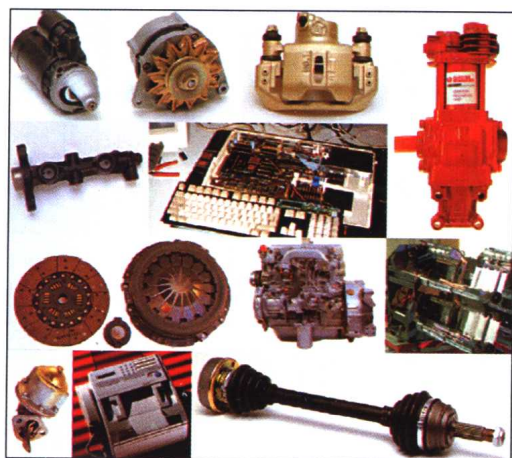


图2 传统和未来可再制造的产品

面向未来，再制造也必将紧跟最新技术和产品的发展。即使是在迅猛发展的、技术更新换代十分频繁的电子产业（如计算机、通信和多媒体产品）中，再制造也将能够不断地提供新的发展机会和动力。

未来产品的再制造

虽然再制造能取得数量和质量上的显著效益，令人惊讶的是，关于再制造的积极报道却少得可怜，这使得消费者和专业人士对再制造的发展还不能清楚地了解，也使得再制造对工业和社会中一些决策的影响非常有限。然而，就在最近，人们已经逐渐开始认识到再制造的巨大潜力，并将再制造作为一个非常好的方式，通过它来综合处理技术和环境的问题，从而使得技术和环境既能够服务于新的市场需求，也能够承担起我们社会对环境对未来应有的责任。

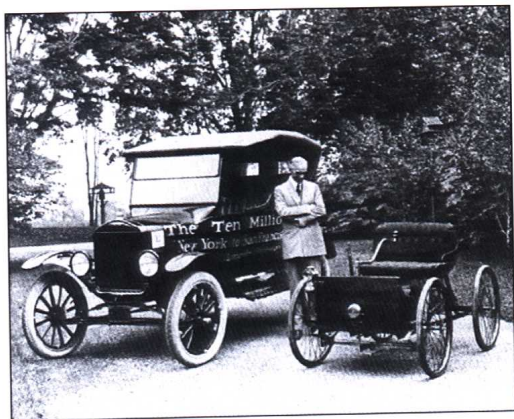
被认识到或即将被认识到

产品退役：多次使用

始料未及的产量增长

自 19 世纪，机械师 Daimler 和 Benz 制造的第一辆引擎汽车问世以来，工业生产力取得了引人注目的发展，尤其是在汽车工业部门。1908 年，亨利·福特第一台 T 型汽车成功问世。在接下来的 16 年期间，亨利制造出了首批的 1000 万辆这种类型的汽车，占领了当时世界汽车市场的半壁江山。但那时没有人能想到这 1000 万辆仅相当于当前全世界十周的汽车生产量，而且今天的汽车提供的功能和类型都要远多于那个时代的 Tin Lizzy。

图3 亨利·福特与他的第 1000 万辆 T 型汽车



产品退役

根据以往经验来看，预测投放市场的产品数量往往是很困难的，但人们通常能够轻松地、较为准确地预测从市场退役的产品数量，因为汽车平均经过 10 年~12 年后就会退役。

目前美国有1.7亿辆汽车，欧洲有1.5亿辆，整个亚洲也有差不多同样数量的汽车。这是怎样的一个数量呢？这里，我们可以设想一下，10年后当这些汽车全部退役报废时，如果将它们首尾相连，那么它们的长度要远远超过地球赤道线的长度。

如果用1.5亿辆汽车排成一队，大约可以环绕地球10圈。当然我们还可以用另一个带有浪漫主义色彩的比喻来更形象地描述这个长度，假若我们将1.5亿辆汽车一直排下去，那么它的长度完全可以从地球到达月球。

报废汽车可以抵达月球吗？



图4 到达月球的
1.5亿辆报废汽车

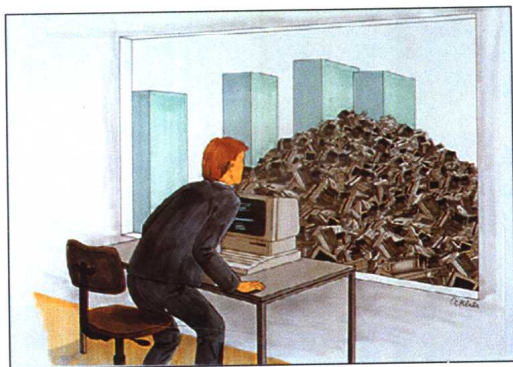
电子产品赶超汽车生产

工业技术的迅速变革和创新也大大加速了电子部门的发展。当第一个半导体还在硅谷进行实验时,没有人会预料到,个人电脑业在仅仅数十年之内就能在数量上达到并超过汽车生产(现在每年制造出的电脑有6000万台,汽车为5000万辆)。在计算机业高度发展的今天,连汽车也要装配几个计算机,以能够方便地控制电子发动机,使汽车能够更安全、更舒适地操作使用。

电子垃圾的新挑战

然而,我们已经注意到,目前退役的废旧电子产品数量及规模已经达到了非常惊人的程度。当然我们不必像报废汽车那样将它们排列起来以显示它们的惊人数量,但将它们堆积在一起的时候,很快就会成为一座规模可怕的高山。目前每一个大城市,每年都有几十万台电脑和电视机报废,它们中的电子产品和显示器,和其他老化的电子产品混在一起,如电话机、传真机、打印机,等等。如果这些废旧产品被堆积在一起,就连摩天大楼也会显得如同玩具一样渺小。

图5 大城市每年办公电子产品报废量图示



然而,不幸的是“多次使用”这个口号到目前为止并没有得到足够的重视,而是仅仅作为一部电影的名称变得流行而已。高技术产品大多仍然只是得到一次使用,但是这种情况现在正在改变——从制造到市场的传统单向模式系统必将被产品循环使用系统模式所取代。

从单向到循环模式

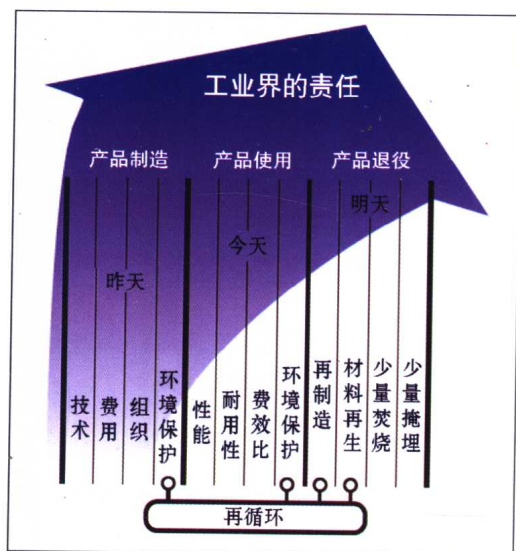
工业界的责任

欧洲和亚洲都正在制定相关法律,以确定工业生产者在产品全生命周期中所应承担的责任,这其中包括废旧产品的回收和循环利用,也都要求由原产品制造商来负责,这就是制造商负责制。

承担这些责任需要付出极大的努力。例如,

最初的经验

图6 当前产品全生命周期的制造商负责制



在产品的包装上不仅仅生产者要花大力气构建全新的产品包装品收集和循环利用网络,同时这对所有这一过程的参与者来说都意味着一份不小的工作量。

明智的决策

在高技术产品的生产制造部门,对于这些需要担负的责任,我们不只是需要关注如何用肩膀及肢体等体力方式来完成这些劳动,更重要的是要懂得如何用头脑和智力来制定产品责任的总体纲领,包括产品制造、使用、退役及循环利用等方面的内容。

传统的再循环过程

从现有技术利用到技术创新

当制造商开始研究合适的产品循环利用过程来负责废旧产品的回收时,他们首先会采用现有的工艺技术来解决这个问题。这种情况与早期汽车制造商的处理方法相类似。在100年以前,早期汽车制造商掌握了当时的制造技术(图6所示责任链中左下边的第一环)。因为当时已经存在成熟的四轮马车制造技术,于是在最初的几年中,许多生产出来的汽车就像是电动的四轮马车。但经验表明,这类汽车的规模化生产是以高昂的成本为代价的。于是,非常有必要研究开发新型汽车,汽车制造商也正是按照这种思路,研究设计出了新型的汽车,取得了巨大效益。

传统废品处理技术不再够用

100年后的今天,在对报废的汽车、电器、计算机或其他高技术产品进行循环再利用时,仅仅运用现有的废品处理技术显然也是不够的。