



“十二五”地方工科院校汽车工程专业实用型系列规划教材

汽车产品 全生命周期工程

周大森 许莹◎编著



北京工业大学出版社

“十二五”地方工科院校汽车工程专业实用型系列规划教材

汽车产品全生命周期工程

周大森 许 莹 编著

北京工业大学出版社

内 容 简 介

本书介绍了汽车产品全生命周期工程的理论及在循环经济中汽车产品全生命周期利用技术实现的原理。专门针对废旧汽车产品的回收、拆解、再制造零部件检测和再制造工程的实施方法,以及废旧汽车材料的回收利用方法,结合国外技术和我国的国情作了具体介绍。对我国废旧汽车产品再利用的理论及技术发展具有实用价值。

本书可作为高校汽车工程和环境工程专业教材,也可供从事汽车产品回收利用的人员、汽车维修人员及相关管理人员学习和参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽车产品全生命周期工程/周大森,许莹编著. —北京:
北京工业大学出版社, 2010. 3

ISBN 978-7-5639-2250-5

I. ①汽… II. ①周… ②许… III. ①汽车-工业产品
IV. ①F407.471

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 027108 号

“十二五”地方工科院校汽车工程专业实用型系列规划教材

汽车产品全生命周期工程

周大森 许 莹 编著

*

北京工业大学出版社出版发行

邮编: 100124 电话: (010)67391106

各地新华书店经销

徐水宏远印刷有限公司印刷

*

2010 年 3 月第 1 版 2010 年 3 月第 1 次印刷

787 mm×1 092 mm 16 开 13 印张 320 千字

ISBN 978-7-5639-2250-5

定价: 21.00 元

序

我国是一个资源、能源短缺的国家，目前又处于经济高速发展的时代，对资源、能源的需求提出了更高的要求。汽车产品的回收再利用正是基于当代的实际情况，结合可持续发展的战略要求应运而生的。

随着我国汽车产业的快速发展，2009年产量超过1 300万辆，汽车保有量也在迅猛地增长。发展新型废旧汽车回收再利用示范工程能延长汽车的使用寿命，节约能源，形成节约型生产的良性循环，因此可以说汽车的保有量增长将推动汽车全生命周期的利用。

目前，我国汽车回收再利用状况与发达国家存在较大差距，基本上是以原材料回收为主的回收方式，这种方式并不是真正意义上的回收与利用。组成汽车的零部件主要是钢铁、橡胶、石油化工产品、有色金属及电子电器产品。随着计算机和微处理器在汽车上的广泛应用，以往废旧汽车回收采用的切割、砸碎、分拣的粗放型工艺已不适用，应有一套现代化的高技术清洗、科学检测拆解、零部件再制造与精品材料回收相结合的工艺来保证。

《汽车产品全生命周期工程》一书，以汽车产品的回收利用为着眼点，涵盖了目前汽车生命周期利用领域的最新进展，汇集了该领域大量国外先进的经验以及有价值的资料，为我国循环经济在汽车领域的具体实施提出了方法。同时，该书结合我国汽车行业现有的产业结构，介绍了适合我国国情的汽车回收利用的技术，对实施汽车产品回收利用过程中需要解决的问题作出了回答。书中理论阐述清楚，叙述简洁，提供了较丰富的实用技术知识，对我国汽车零部件再制造、再利用的理论及技术发展具有实用价值，将会推动汽车全生命周期的利用。

何光远

前 言

《汽车产品全生命周期工程》以循环经济作为汽车全生命周期利用研究的理论依据，借鉴国际先进理念和技术，结合我国国情和国家政策介绍了废旧汽车产品的回收、拆解工艺，再制造零部件检测和再制造工程的实施方法，以及废旧汽车材料的回收利用方法。全书共分6章，第1章介绍了汽车全生命周期工程技术的理论基础，第2~6章阐述了汽车全生命周期利用的技术实现，包括报废汽车的回收、拆解、检测、再制造以及废旧汽车材料的回收利用方法的介绍。考虑到读者应学习到基本理论和实际应用知识，本书在编写过程中广泛取材，参考了国内外资料，结合我们的教学和实践经验介绍了废旧汽车产品的回收、拆解、再制造零部件检测和再制造工程的实施方法，以及废旧汽车材料的回收利用方法，以供高校汽车工程和环境工程专业师生和从事汽车产品回收利用技术人员及管理人员学习和参考。

本书力求结合我国国情，理论与实践结合。由北京工业大学许莹编写第1、2、5章；周大森编写第3、4、6章，并对全书统稿。本书编写过程中得到北京汽车行业协会、北京现代汽车有限公司、北京三兴汽车厂等单位及中国汽车工业协会晏一平先生的大力支持，在此表示感谢。由于编者水平有限，书中难免有不妥之处，敬请读者给予批评、指正。

目 录

前言	1
第 1 章 循环经济与汽车生命周期	1
1.1 循环经济概述	1
1.1.1 循环经济的定义及内涵	1
1.1.2 循环经济的特征及原则	3
1.1.3 发展循环经济的意义	5
1.1.4 国内外循环经济发展情况	6
1.2 汽车产品全生命周期简介	8
1.2.1 产品全生命周期理论	8
1.2.2 产品多生命周期理论	10
1.2.3 汽车全生命周期工程	10
1.3 绿色设计简介	12
1.3.1 绿色设计的内涵	12
1.3.2 绿色设计的关键技术	12
1.3.3 绿色设计的步骤与方法	14
1.4 汽车产品回收利用现状与前景	15
1.4.1 国内汽车产品回收利用现状	15
1.4.2 国外汽车产品回收利用现状	16
1.4.3 汽车产品回收利用发展前景	18
第 2 章 废旧汽车的回收	20
2.1 废旧汽车评估	20
2.1.1 废旧汽车评估的内容	20
2.1.2 废旧汽车评估方法	22
2.2 汽车可回收利用性分析	26
2.2.1 汽车产品回收方式	26
2.2.2 产品可回收性设计要求	28
2.3 废旧汽车回收运作	31
2.3.1 废旧汽车回收运作简介	31
2.3.2 国外废旧汽车回收运作现状	32
2.3.3 国内废旧汽车回收运作现状	38
2.4 汽车回收物流系统	40
2.4.1 逆向物流系统	40

2.4.2 汽车回收逆向物流	41
第3章 废旧汽车的拆解	46
3.1 废旧汽车可拆解回收分析	46
3.1.1 拆解回收的基本概念	46
3.1.2 汽车产品拆解回收模型的建立	46
3.1.3 汽车产品可拆解性评价	48
3.2 整车拆解	49
3.2.1 拆解工艺组织	49
3.2.2 拆解的预处理工艺	50
3.2.3 拆解处理	57
3.2.4 清洗拆解下的总成和部件	65
3.3 汽车可利用总成的深度拆解	71
3.3.1 发动机的拆解	71
3.3.2 变速器的拆解	74
3.3.3 转向系的拆解	82
3.3.4 发电机的拆解	84
3.3.5 起动机拆解	86
3.4 汽车拆解流程管理模块介绍	88
3.4.1 报废汽车回收管理系统主体流程	88
3.4.2 零件信息管理模块	88
3.4.3 统计输出模块	88
第4章 废旧汽车再制造零部件的检测	92
4.1 零件检测概述	92
4.1.1 零件的检测分类	92
4.1.2 零件检测分类的要求	92
4.2 零件检测的内容	92
4.3 典型零部件的检测	94
4.3.1 螺纹连接件的检测	94
4.3.2 传动轴的检测	94
4.3.3 轴承的检测	95
4.4 发动机再制造零部件的检测	97
4.4.1 发动机缸体零件的检测	97
4.4.2 发动机运动件的检测	98
4.5 底盘各总成主要零部件的检测	101
4.5.1 离合器的检测	101
4.5.2 变速器的检测	103
4.5.3 驱动轴的检测	113
4.5.4 转向器的检测	113
4.5.5 制动器的检测	115

4.6 起动机检测	116
4.6.1 电枢的检测	116
4.6.2 炭刷与炭刷弹簧的检测	118
4.6.3 磁场线圈的检测	118
4.6.4 小齿轮及单向离合器的检测	119
4.6.5 电磁开关的检测	119
4.6.6 检测电枢轴与衬套的磨损情况	120
4.7 发电机再制造零件的检测	120
4.7.1 转子绕组的检测	120
4.7.2 交流发电机电刷的检测	121
4.7.3 电刷架和电刷弹簧的检测	121
4.7.4 端盖和带轮的检测	121
4.7.5 交流发电机的轴承的检测	121
4.8 汽车电子产品再制造零件的检测	121
4.8.1 汽车电子产品的分类	122
4.8.2 传感器主要静态性能指标计算方法	123
4.8.3 典型汽车电控系统传感器静态工作特性	125
4.8.4 汽车电控系统的 ECU	129
第5章 汽车产品的再制造	131
5.1 再制造工程的内涵	131
5.1.1 再制造工程的定义	131
5.1.2 再制造与维修和再循环的区别	132
5.1.3 再制造工程的学科体系框架	133
5.2 再制造工程设计基础	134
5.2.1 失效产品再制造性评价	134
5.2.2 汽车零部件的失效	135
5.2.3 寿命预测及剩余寿命评估	144
5.2.4 再制造过程的模拟与仿真研究	146
5.3 再制造工程关键加工技术	147
5.3.1 传统加工技术	147
5.3.2 现代高新加工技术	155
5.4 再制造产品的装配	163
5.4.1 装配方法	163
5.4.2 总成磨合	165
5.4.3 总成检验	168
5.5 再制造工程质量控制	168
5.5.1 再制造毛坯的质量检验	168
5.5.2 再制造产品的检测与评价	168
5.5.3 再制造产品的可靠性分析	169

5.6 再制造工程技术设计	171
5.6.1 再制造工艺与技术装备	171
5.6.2 再制造技术经济	174
5.6.3 再制造组织管理	175
5.6.4 再制造物流	175
5.7 再制造工程中的生产者延伸责任制	176
5.7.1 生产者延伸责任制概述	176
5.7.2 生产者延伸责任制的实践	177
5.7.3 生产者延伸责任制在再制造工程中的意义	178
第6章 废旧汽车材料回收利用	180
6.1 汽车废旧工作液的回收利用	180
6.1.1 汽车废旧润滑油的回收利用	180
6.1.2 汽车冷却液的回收利用	181
6.2 废旧轮胎的回收利用	181
6.2.1 轮胎翻新	181
6.2.2 轮胎作为橡胶材料的回收利用	182
6.2.3 生产胶粉	183
6.3 废旧汽车玻璃的回收利用	184
6.3.1 废旧汽车玻璃回收利用方式	184
6.3.2 废旧汽车玻璃用于建筑材料和复合材料的方式	185
6.4 废旧汽车塑料的回收利用	185
6.4.1 塑料在汽车上的使用	185
6.4.2 废旧汽车塑料产品的回收利用	186
6.5 废旧汽车金属的回收利用	187
6.5.1 废旧汽车钢铁的回收	187
6.5.2 废旧汽车铝合金的回收利用	188
6.5.3 废旧汽车铜和铅的回收	191
6.5.4 废旧汽车排气催化器中的贵金属的回收	191
参考文献	194

第1章 循环经济与汽车生命周期

1.1 循环经济概述

随着社会经济的迅速发展和人民生活水平的不断提高,汽车作为重要的陆路交通工具,在社会生活中扮演越来越重要的角色。在我国,汽车作为生活消费品已经进入家庭,汽车的拥有量正在逐年增长。据国务院发展研究中心的统计,2003年,中国汽车保有量达2 420万辆,到2005年达3 250万~3 500万辆,2010年预计将达5 000万~5 500万辆。国内汽车工业正在迅速发展,2009年国内各类汽车产销量均突破1 350万辆,中国已成为世界最大的汽车消费国和最大的汽车生产国。2008年国内各类汽车产量达800万辆,粗略计算大约消耗2 400万t的原材料,包括生铁约80万t,钢材约1 920万t,有色金属约1 087万t,塑料约164万t。

汽车生产量的增加,会对有限的自然环境造成巨大的压力,汽车运行中会排出大量的污染尾气,汽车尾气排放是现代城市的最大污染源之一。据测定,在汽车尾气排放的污染物总量中,80%以上来自在用的旧汽车。此外,废旧汽车报废处理不当,也会造成环境和交通安全等一系列社会问题。报废汽车的露天丢弃堆放,也是一个既浪费材料,又影响环境和占用土地的社会难题,在发达国家已经成为社会公害。因此,废旧汽车的回收、利用和处置,已经在发达国家引起高度重视。

因此,有必要对废旧汽车进行合理的利用,对其全生命周期进行合理安排,结合循环经济的相关理论对其进行指导。

1.1.1 循环经济的定义及内涵

1.1.1.1 循环经济的定义

目前,循环经济理论研究正处于发展之中,还没有十分严格的关于循环经济的定义。一般而言,循环经济一词是对物质循环流动型经济的简称,是一种新的经济形态和经济发展模式。

这里,一般的循环是指生态学意义上的循环,而不是经济学意义上的循环。生态学的循环,主要从生态系统的角度考察,强调经济活动中的物质循环和代谢。经济学意义上的循环,从时间上看,体现在周期变化上;从空间上看,具有地区互动的要求。

作为一种规范性描述,《中华人民共和国循环经济促进法》中给出的循环经济定义为:在生产、流通和消费过程中进行的减量化、再利用、资源化活动的总称。

具体来讲,循环经济的含义是:以资源循环为主要特征,以环境友好的方式利用资源,将保护环境和发展经济有机地结合起来,把人类生产活动纳入自然循环过程中,所有的原料

和能源都在不断循环的经济过程中得到合理和高效利用,从而把经济活动对自然环境的影响控制在尽可能小的程度。环境友好是以资源节约和高效利用为前提,以“减量化、再利用、再循环”为原则,以循环经济为表现形式和实现途径的社会目标。节约和环境友好两者相辅相成:一主面,只有节约资源,将传统的单向流动线性经济转变为循环经济模式,才能将经济活动对环境的影响降到最低;另一方面,只有环境友好,发展才不至于受到环境的制约,环境才能成为经济增长的要素,才能实现生产发展、生活富裕、生态良好的全面小康社会目标,实现人与自然的和谐。传统生产力的定义是征服自然、改造自然,这是一种粗放型的、人与自然的非友好的经济发展模式。循环经济则要求在生产中尽可能减轻地球环境载荷,维护自然生态平衡。由此可见,循环经济不仅是一种全新的经济发展模式,也是一场物质变换的革命。

1.1.1.2 循环经济的内涵

循环经济倡导的是一种与地球资源和自然环境相协调、互为依存的社会经济发展模式,它要求把经济活动建立在物质财富的丰度、经济数量的增长、文化水平的提高、产业结构的优化、人口的规模等社会环境指标与生物多样性、土地承载力、环境质量、可供使用的资源数量等自然环境指标综合分析、合理规划的基础上,实现协调发展作为追求人类社会进步的极致,即要求把经济活动组织成一个“资源—产品—再生资源”的反馈式非线性经济,所有的物质和能源在这个不断进行的经济循环过程中得到最大限度的、合理的和持久的利用,从而使经济活动对自然资源的破坏和环境的污染等不利影响降到尽可能低的程度。因而,循环经济和传统经济的根本区别在于循环经济要求在各生产系统内部及不同生产部门之间以互联的方式进行物质和能量的交换与传递,实现最大限度地利用进入系统的物质和能量,从而获得低开采、低排放、高利用的“两低一高”理想结果;而传统经济系统的各部门间,其各项经济活动是一些相互不发生关系的线性物质流的叠加,其能量的利用是低效且单向的,这不仅导致了进入和流出这些系统的有效物质和能量远远大于系统内部相互交流的物质和能量流,而且导致了进入系统的有效物质和能量远远高于通过生产系统而获得的有益的物质和能量,未参与相互交流、在生产系统中未得到充分利用的物质和能量则成为“废物”,而大大提高环境的熵值,造成经济活动的“高开采、低利用、高排放”的低效特征。

具体来讲,循环经济的理论内涵要求做到以下几点。

1. 要符合生态效率

把经济效益、社会效益和环境效益统一起来,充分使物质循环利用,做到物尽其用,这是循环经济发展的战略目标之一。循环经济的前提和本质是清洁生产,这一点的理论基础是生态效率。生态效率追求物质和能源利用效率的最大化和废物产量的最小化,正是体现了循环经济在经济社会生活的本质要求。

2. 提高环境资源的配置效率

循环经济的根本之源就是保护日益稀缺的环境资源,提高环境资源的配置效率。它依据自然生态的有机循环原理,一方面,通过将不同的工业企业、不同类别的产业之间形成类似于自然生态链的产业生态链,从而达到充分利用资源,减少废物产生,物质循环利用,消除环境破坏,提高经济发展规模和质量的目的;另一方面,通过两个或两个以上的生产体系或环节之间的耦合,使物质和能量多级利用、高效产出并持续利用。

3. 要求产业发展的集群化和生态化

大量企业的集群使集群内的经济要素和资源的配置效率得以提高,达到效益的极大化。由于产业的集群,容易在集群区域内形成特殊的资源优势与产业优势和多类别产业结构。这样才有可能形成核心的资源与核心的产业,成为生态工业产业链中的主导,以此为基础,将其他类别的产业与之连接,组成生态工业网络系统。

但是,从内涵上讲,不能简单地把循环经济等同于再生利用,再生利用尚缺乏做到完全的循环利用的技术,循环本质上是一种递减式循环,而且通常需要消耗能源,况且许多产品和材料是无法进行再生利用的。因此,真正的循环经济应该力求减少进入生产和消费过程的物质量,从源头节约资源,减少污染物的排放,提高产品和服务的利用效率。

1.1.2 循环经济的特征及原则

1.1.2.1 循环经济的主要特征

1. 循环经济的开放性特征

我们通常把循环经济称之为物质闭环流动型经济,它体现的是一种闭合的理念,但实际上,循环经济的闭合是不完全的,即使存在完全的闭合也是从微观角度或小范围角度而言的,循环经济具有开放性。

自然环境系统是人类活动参与其中的复合体系,是人与自然的统一整体。系统中能量流动和物质循环的途径与环节是多重的、不断发展变化的,具有开放性。

环境系统是一个动态、开放的系统,任何一种要素与外界进行物质交换和能量流动的变化,都会带来环境系统的变化,影响着整个系统的稳定性。

2. 循环经济的发展特征

循环经济倡导的是一种与环境和谐的经济发展模式,它要求所有的物质和能源要能在这个不断进行的经济循环中得到合理和持久的利用,以把经济活动对自然环境的影响降低到尽可能小的程度。首先,在生产和生活的全过程中讲求资源的节约和有效利用,以减少资源的投入,实现废物的减量化。其次,对生产和消费产生的废物进行综合利用,体现回收再使用和循环利用的原则,达到废物的资源化。再次,对不能循环再生的废物进行无害化处理,使其不给环境带来污染。

3. 循环经济的技术特征

循环经济的技术主题要求在传统工业经济的线性技术范式基础上,增加反馈机制。在微观层次上,要求企业纵向延长生产链条,从生产产品延伸到废旧产品回收处理和再生的横向技术体系处理。在宏观层次上要求整个社会技术体系实现网络化,使资源实现跨产业循环利用,综合对废物进行产业化无害处理。循环经济的技术体系是以提高资源利用效率为基础,以资源的再生、循环利用和无害处理为手段,以经济社会可持续发展为目标,推进生态环境保护。这实质上是在技术范式革命的基础上实现人与自然的和谐,建立一种新的经济发展模式。

4. 循环经济与市场经济的同一性

市场经济是以市场作为实现资源配置的基础性手段,以市场机制来启动和调节经济的运行方式。在市场经济条件下,一切经济活动都是直接或间接地处于市场关系之中,所有的劳动产品和生产要素都通过市场加以配置。生产者生产的目的是实现利润最大化。生产什

么、生产多少、如何生产,由供求力量以及由此决定的价格机制进行调节。市场机制是推动生产要素流动和促进资源优化配置的基本运行机制。

循环经济和市场经济都追求资源的高效利用和优化配置,从根本上说,二者都符合经济发展规律,是经济发展观念和模式的不同反映,存在同一性。

1.1.2.2 循环经济的原则

循环经济是建立在不同层次、不同生产过程的“减量化、再使用、资源化”(3R, reducing, reusing, recycling)的行动原则基础上的。其中每一原则对循环经济的成功实施均是必不可少的。减量化原则属于输入端控制方法,其基本目的是减少进入生产和消费过程的物质和能量流,以节省对资源的利用;再使用原则属于过程控制方法,目的是延长产品和服务的时间强度;资源化原则属于输出端控制方法,通过把废物再次加工变成资源加以利用而达到减少最终处理量,即常言的废品回收利用和废物综合利用。

1. 减量化原则

减量化的含义是在生产过程中通过管理技术的改进,减少进入生产和消费过程的物质和能量流,因而也称之为减物质化。换言之,减量化原则要求在经济增长的过程中为使这种增长具有持续的和与环境相容的特性,人们必须学会在生产源头的输入端就充分考虑节省资源,提高单位生产产品对资源的利用率,预防废物的产生,而不是把眼光放在产生废物后的治理上。

对生产过程而言,企业可通过技术改造,采用先进的生产工艺,或实施清洁生产,减少单位产品生产的原料使用量和污染物的排放量。如制造轻型汽车代替重型汽车,既可节省资源,又可节省能源,同时又满足消费者的使用要求;采用替代动力源代替石油作为汽车的燃料,则可减少甚至消除有害尾气的排放量,更可降低尾气的治理费用和控制或缓解全球性温室效应;改革产品的包装、淘汰一次性物品不仅可节省对资源的浪费,同时也可削减废弃物的排放量;等等。对消费过程而言,要求人们改变消费至上的生活方式,由过度消费向适度消费和“绿色消费”转变,从追求环境不友好的物质“品牌”向追求崇尚环境友好的物质和精神“质量”的生活方式转化。这种生活和消费方式并非“吝啬”,亦非“苦行僧”,正如被誉为“21世纪的新生活导师”的美国著名律师丽莎·茵·普兰特在《简单生活》中指出的那样,这种生活或消费方式“不是人人都必须像梭罗一样带上一把斧子走进森林,或是只有通过修炼瑜伽,才能获得平静安恬的感觉。关键是人们对待生活的方式是否抵制媒体、商业向我们大力促销的‘财富中心论’……”在消费领域实现减量化的途径很多,如引导和鼓励人们选购包装物较少的物品、购买耐用的可循环使用的物品,这些“绿色消费”都有利于减少垃圾产生,有利于资源和能源的节省。但目前的状况正如《只有一个地球》中指出的那样,“各种类型的现代人们……就像蜗牛爬过后留下黏液一样,他们的活动也留下了固体废物的大量遗迹”。统计数据表明,美国1920年每天户均排出1.2 kg的固体废弃物,1970年为2.4 kg,1980年则上升到3.6 kg,如果加上工矿企业的废弃物,则已接近22.6 kg。可见改变消费方式以实现减量化对于循环经济的实施具有不可估量的作用。

2. 再利用原则

再利用原则要求在生产或消费活动中尽可能地多次以及多种方式地使用各种物品,避免物品过早成为垃圾。对生产过程而言,生产企业可使用标准件进行设计和加工,这样可使设备或装置中的元器件、零部件等非常容易和便捷地升级换代,而无须更换整个产品。如某些

欧洲汽车制造商正在把轿车设计成可装卸式, 以使其零件易于拆卸和再使用, 利于延长使用寿命。对消费而言, 应通过相应的途径鼓励人们在将某一物品作为废物扔掉之前, 先驻足思考一番, 该物品是否能维修再使用, 或是否可返回市场体系供别人使用, 或捐献给他人使用。发达国家一些消费者常喜欢从各种“跳蚤市场”等带有慈善性质的市场购买二手货或虽有损坏但不影响使用的物品, 以通过再利用来节约能源和材料。

3. 资源化原则

资源化原则要求尽可能地通过对“废物”的再加工处理(再生), 使其作为资源, 制成使用资源、能源较少的新产品而再次进入市场或生产过程, 以减少垃圾的产生。如对固体废物可通过分选、粉碎等使其变成生产中的原料, 从而缓解垃圾填埋或焚烧的压力; 对于排出的废水可通过经济合理处理, 去除污染物, 达到一定要求再用于生产(如工厂绿化、道路冲洗等), 以实现中水回用, 节省水资源, 减少对受纳水体的污染。

资源化的途径有两种。一是原级资源化, 这是最理想的资源化方式, 即将消费者遗弃的废弃物资源化, 形成与原来相同的新产品。如利用废纸生产再生纸, 利用废钢铁生产钢铁等。这种资源化途径由于其生产过程所涉及的原料及生产工艺物耗和能耗均较低而具有良好的环境、经济效益。二是次级资源化, 这是一种将废弃物用来生产与其性质不同的其他产品原料的资源化途径。如将制糖厂所产生的蔗渣作为造纸厂的生产原料, 将糖蜜作为酒厂的生产原料等。在此资源化过程中, 由于事实上已形成了生产原料的生态化, 因而其物质在不同领域的流动过程中只有资源而不存在废物的概念, 不仅可实现资源充分共享的目的, 同时可实现变环境污染负效益为节省资源、较少污染的正效益之“双赢”效果。

一般原级资源化在形成产品过程中可减少20%~90%的原生材料使用量, 而次级资源化则可减少25%。此外, 与资源化过程相适应, 必须鼓励消费者购买一定比例的用再生资源生产的产品, 以使循环经济的整个过程实现“封闭的循环”, 使工业生产和生活消费过程走向世界生态化。

1.1.3 发展循环经济的意义

1. 有利于保护日益恶化的生态环境

伴随着经济的飞速增长, 工业化和城市化似乎成为我们这个时代的象征。然而, 资源逐渐耗竭, 河水变臭变黑, 空气不再清新, 噪声不绝于耳, 这一切, 就是我们破坏生态环境的代价。即便是在人类认识到环境保护的重要性以后, 我们因破坏环境而付出的代价也是相当惨重的。因此, 发展符合可持续发展观的循环经济, 是现实而又必然的选择。

2. 有利于全面建设小康社会战略目标的实现

改革开放以来, 我国在经济建设上取得了瞩目的成就, 我国的环境问题也越来越突出, 所以, 发展循环经济, 走新型生态工业化道路刻不容缓。

全面建设小康社会, 就必须实现“可持续发展能力不断增强, 生态环境得到改善, 资源利用效率显著提高, 促进人与自然的和谐, 推动整个社会走上生产发展、生活富裕、生态良好的文明发展道路”这样一个可持续发展目标。由此可见, 全面建设小康社会, 就要把生态文明、物质文明、精神文明及政治文明摆在同等重要的地位。

3. 有利于提高区域竞争力

我国人口多, 人均资源少, 生态脆弱, 环境承载力差, 只有发展循环经济, 形成闭合的

生态产业系统,使得资源生生不息,才可以达到永续利用的目的。同时,资源的循环利用,可以显著降低产品的成本,提高产品的市场竞争力。而且区域生态环境的改善,创造了良好的投资环境,能够吸引更多的投资以促进区域经济的发展,经济的发展提升了区域地位,又能吸引投资,从而形成一个良性的循环。

1.1.4 国内外循环经济发展情况

1.1.4.1 循环经济在国外的发展状况

循环经济的实施要求人们从生产到消费各个环节改变思想观念,要求社会从物质层面、体制层面、价值层面实行全方位的变革,以提供法律支撑、经济奖励、税收优惠和相应的社会中介组织,并需要公众的积极参与。目前,在日本、德国和美国等发达国家,循环经济正在成为一股潮流和趋势。

日本是循环经济立法最为完善的国家。为了加快循环型生态社会的建立,日本在1993年颁布《环境基本法》的基础上,近年来又先后修改了《废物处理法》、《资源有效利用促进法》,出台了《容器包装回收利用法》、《家用电器回收利用法》、《绿色消费法》、《建筑材料循环利用法》和《食品循环利用法》。1996年颁布实施了《循环经济与废物管理法》,该法规定,对于废物,首先是尽可能避免产生,然后是尽可能循环使用,最终对无法循环使用的废物如何处置。2000年6月2日正式颁布了《循环型社会形成推进基本法》,并于2001年1月生效。该法明确提出了循环型社会基本规划是国家一切规划的基础,明确了产生废物企业的生产责任和回收义务,并从法律上规定了废物处理的优先顺序,即废物的发生抑制、再使用、循环再利用、热回收、安全处置。1998年7月的产业构造会议确定:2010年一般废物最终处理量的设定目标值是1996年的一半,即3100万t。1999年6月5日世界环境日,日本政府提出了面向21世纪的“环境立国”新战略,表示要将21世纪定位为“环境世纪”,要在日本建立起“最适量生产、最适量消费、最小量废弃”的经济模式,以在经济增长的同时切实提高人类生存的环境质量。

在发展循环经济方面,德国是走在世界前列的。德国的《废弃物处理法》最早是在1972年制定的,但当时强调废弃物排放后的末端处理。1986年修正后将其改称为《废弃物限制处理法》,发展方向从“怎样处理废弃物”的观点提高到了“怎样避免废弃物的产生”。1991年,德国首次按照资源到产品再到资源的循环经济思路制定了《包装条例》,要求德国生产商和零售商首先要减少使用包装,其次要对用过的商品包装回收利用。1996年又颁布了《循环经济和废物管理法》,规定为废物管理的首选手段是避免产生,然后才是循环使用和最终处置,并且确立了产生废物最小化、污染者承担治理义务与官民合作三原则。德国宝马汽车制造商生产的汽车,从设计阶段就贯彻“循环经济”理念,从零部件的可拆性、互换性和装配性考虑,使报废了的汽车,70%的零件还可以返用。近年,还提出要达到90%以上零件可以返用的新目标。

在德国的影响下,欧盟和北美国家相继制定旨在鼓励二手副产品回收、绿色包装等的法律,同时规定了包装废弃物的回收、复用或再生的具体目标。荷兰提出废弃物循环使用率应达到60%;奥地利的法规要求对80%的回收包装材料必须进行再循环处理或利用;丹麦要求所有废弃物要有50%进行再循环处理;法国的法令提出应有85%的包装废弃物得到循环使用。为了推动包装废弃物的回收再生和重复使用,欧洲设计了一组包装回收象征性标记、

可以回收再生的包装标记、使用再生材料超过 50% 的包装标记以及绿色标记等。

美国 1976 年就制定了《固体废弃物处置法》，后又经过多次修改。美国加州于 1989 年通过了《综合废弃物管理法令》，要求在 2000 年以前，实现 50% 废弃物可通过能源削减和再循环的方式进行处理，未达到要求的城市将被处以每天 1 万美元的行政罚款。美国 7 个以上的州规定新闻纸的 40%~50% 必须使用由废纸制成的再生材料。在威斯康星州，塑料容器必须使用 10%~25% 的再生材料。加州规定玻璃容器必须使用 5%~65% 的再生材料，塑料垃圾袋必须使用 30% 再生材料。再如，摩托罗拉公司以前曾用 CFC 清洗剂来清洗焊接后的印刷线路板，当清洗剂因为危害臭氧层而被查禁后，摩托罗拉公司开始探索使用新的替代物，但是后来证明，重新设计整个焊接系统，就不需要清洗过程或者根本不需要清洗物质。生产地毯的 Interface 公司，运用循环经济理念指导生产和运营，生产双层地毯，表层可多次清洗和更换，底层可以长期使用；废弃的表层还可以再利用，生产出新的表层地毯，减少了原料消耗和废弃物。据报道，美国利用废旧材料的再制造工业企业已达 73 000 家，1996 年的总收入已经达 530 亿美元，大大超过了家用电器、家具、农场和园艺设备等耐用消费品制造业的收入。施乐公司再制造产生的收益已高达 7 亿美元，它期望仅仅通过再制造新的、完全可再使用的或再循环的复印机生产线就可以再节省 10 亿美元的成本。

1.1.4.2 循环经济在我国的发展状况

我们国家是一个工业起步晚，具有节俭观念的国家，早在 20 世纪 50 年代就开始重视废弃物品的综合利用。我国对循环经济的研究起步较晚。20 世纪 90 年代，我国的环境保护专家们把循环经济作为一个专业概念在同行之间进行讨论。目前，尽管循环经济在学术界已受到较为广泛的关注，但还没有引起有关部门和企业界的广泛关注和重视，既没有与之相关的法律法规，更没有进行应用实施的具体推动措施。因此，无论从循环经济研究的理论还是实践来看，我国与西方国家都存在比较大的差距。

我国从 20 世纪 80 年代开始从固体废弃物的末端治理思想出发，通过回收利用达到节约资源、治理污染的目的。进入 90 年代则开始提出了源头治理的思想，从 1993 年在上海召开的第二次全国污染治理防治会议开始，以循环经济理论为指导的清洁生产得到发展，我国在 2002 年 10 月份正式颁布了《中华人民共和国清洁生产促进法》，在全国范围内推行清洁生产，加快循环经济的发展。同时，建设了一系列“循环经济示范省”和“循环经济示范市”。

目前，上海在循环经济的研究方面走在前列。这是由于上海是一个资源奇缺、环境容量有限的大都市，在 21 世纪又面临着继续较大幅度推进经济增长、提高人民生活水平的艰巨任务。因此，发展循环经济是上海经济社会可持续发展的必然选择。在上海市发展计划委员会策划下，上海已经着手对上海发展循环经济进行研究，编制循环经济规划，建立了发展上海循环经济的框架。提出到 2020 年，上海有利于循环经济发展的社会支撑系统要全面确立并能够正常运行，从体制上、技术上和观念上为发展循环经济提供良好的整体氛围和机制，促使经济社会发展纳入资源使用集约化、生态环境无害化的轨道，为建设资源循环型国际经济中心城市奠定基础。

1.2 汽车产品全生命周期简介

1.2.1 产品全生命周期理论

产品全生命周期是指产品从原材料采掘、原材料生产、设计、制造、包装、储运、使用与维修,直至回收处理的全过程。

产品全生命周期管理是指从产品系统的原料获取、论证设计、生产制造、储藏运输、产品运行(使用)、维修到回收处理,以使用需求为牵引,进行全过程、全方位的统筹规划和科学管理。在原料获取阶段考虑原材料的采掘、生产及其对资源环境的影响;在论证设计阶段,统筹考虑产品的服役性能、环境属性、可靠性、维修性、保障性、再制造性、回收利用,以及费用、进度等诸多方面要求,进行科学决策;在生产制造阶段实施全面、严格的质量控制;在使用、维修阶段,在正确使用产品的同时,充分发挥维修系统的作用,把握产品故障的规律特征,不断改进和提高维修保障系统的效能,保障产品以最小的耗费获得最大的效能与寿命;在回收处理阶段,使退役报废产品得到最大限度的再利用、再制造,对环境负面影响最小。这种对产品全生命周期各阶段的全过程、全方位的控制管理,实现了传统产品管理的“前伸”与“后延”,保证了产品服役性能的形成与发挥,满足了对产品生命周期费用经济性与环境友好性要求,是发展循环经济和建设节约型社会的重要方面,是实现可持续发展的必然要求。

1.2.1.1 产品全生命周期设计

产品全生命周期设计(life cycle engineering design, LCED)是一种在产品的设计阶段考虑产品整个生命周期内价值的设计方法。产品全生命周期可分为5个阶段:原材料清洁化制备阶段、产品清洁化设计与制造阶段、产品清洁化流通阶段、产品清洁化使用阶段、产品回收处理和再利用阶段。在产品全生命周期过程中,系统不断从外界吸收能源和资源,向外界排放各种废物。LCED就是利用并行设计的思想,综合考虑产品寿命周期中的技术、环境以及经济等因素的影响,使所设计的产品对社会的贡献最大,对制造商、用户以及环境的负面影响最小。LCED的原则如下。

1. 技术先进性原则

技术先进性是产品全生命周期工程设计的前提。它主要包括:

- (1) 产品的设计和生产技术先进可靠;
- (2) 产品的功能应方便实用、无冗余。

2. 环境协调性原则

环境协调性主要包括节能、降耗、环保和劳保四方面内容,设计时应遵守下列原则。

(1) 资源最佳利用原则。产品全生命周期中,废气、废水、废渣等排放物的排量趋于零,即“零排放”;资源的回收利用和投入比率趋于1。

(2) 能源消耗最少原则。产品全生命周期消耗的能源最少,即输出与输入能源的比值最大。

(3) “零污染”原则。产品全生命周期中产生的环境污染趋于零。

(4) “零损害”原则。产品全生命周期中对劳动者的损害趋于零。