

城 市 矿 业 研 究 丛 书

总主编 左铁镛 聂祚仁

# 报废汽车与循环经济

周全法 贝绍轶 著



科学出版社

城市矿业研究丛书

# 报废汽车与循环经济

周全法 贝绍轶 著

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书从资源循环利用和循环经济出发,详细介绍报废汽车拆解、零部件修复和再制造等知识,包括汽车产品生命周期与循环经济、汽车零部件失效机理、报废汽车回收拆解与资源再生、报废汽车再生利用管理、报废汽车拆解与破碎工艺、报废汽车发动机拆解与零部件检验、报废汽车底盘拆解工艺、报废汽车电气系统拆解工艺、报废汽车零部件修复与再制造共9章。全书内容条理清晰、文字规范、语言流畅、图文并茂,具有较强的应用性和实用性。

本书既可供从事报废汽车拆解及资源回收利用的相关研究人员与工程技术人员参考,也可作为高等院校汽车服务工程、车辆工程等相关专业的教材。

### 图书在版编目(CIP)数据

报废汽车与循环经济 / 周全法, 贝绍轶著. —北京: 科学出版社, 2017. 3

(城市矿业研究丛书)

ISBN 978-7-03-052115-6

I. ①报… II. ①周… ②贝… III. ①汽车-废物回收 IV. ①X734.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 050404 号

责任编辑: 李 敏 杨逢渤 / 责任校对: 张凤琴

责任印制: 张 倩 / 封面设计: 李姗姗

**科学出版社** 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

**文林印务有限公司** 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2017 年 3 月第 一 版 开本: 720×1000 1/16

2017 年 3 月第一次印刷 印张: 19 1/4

字数: 400 000

**定价: 136.00 元**

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

# 《城市矿业研究丛书》编委会

总 主 编 左铁镛 聂祚仁

执行总主编 吴玉锋

编委会成员 (按姓氏笔画排序)

马立民 王吉位 王 湛 贝绍轶 刘 晓 刘 强

许开华 李会泉 张深根 陈 莎 周全法 赵家荣

翁 端 郭 福 席晓丽 唐爱军 常 涛 崔素萍

程会强 温宗国 戴铁军

# 总 序

## 一、城市矿产的内涵及发展历程

城市矿产是对废弃资源循环利用规模化发展的一种形象比喻，是指工业化和城镇化过程中产生和蕴藏于废旧机电设备、电线电缆、通信工具、汽车、家电、电子产品、金属和塑料包装物以及废料中可循环利用的钢铁、有色金属、贵金属、塑料、橡胶等资源。随着全球工业化和城市化的快速发展，大量矿产资源通过开采、生产和制造变为供人们消费的各种产品，源源不断地从“山里”流通到“城里”。随着这些产品不断消费、更新换代和淘汰报废，大量废弃资源必然不断在“城里”产生，城市便成为一座逐渐积聚的“矿山”。城市矿产开发利用将生产、流通、消费、废弃、回收、再利用与再循环等产品全生命周期或多生命周期链接贯通，有助于形成从“摇篮”到“摇篮”的完整物质循环链条，日益成为我国缓解资源环境约束与垃圾围城问题的重要举措。2010年，国家发展和改革委员会、财政部联合下发的《关于开展城市矿产示范基地建设的通知》中提出要探索形成适合我国国情的城市矿产资源化利用管理模式和政策机制。2011年，“十二五”规划纲要中提出要构建50个城市矿产示范基地以推动循环型生产方式、健全资源循环利用回收体系。这些政策的出台和不断深入，标志着我国城市矿产开发利用进入了一个全新的发展阶段。

实际上，废弃资源循环利用的理念由来已久，可以追溯到人类发展的早期。例如，我国早在夏朝之前就出现了利用铜废料熔炼的先例，后续各类战争结束后铁质及铜质武器的重熔、混熔和修补成了资源循环的主要领域，新中国成立后对废钢铁等金属的利用也体现了资源循环的理念。上述实践是在一定时期内对个别领域的废旧产品进行循环利用。然而，以废弃资源为主要原料，发展成为规模化城市矿业的历史并不长，其走向实践始于人类对资源环境问题的关注，源于对人与自然关系的思考。

纵观人类工业文明发展进程，经济高速发展所带来的环境污染以及自然资源短缺甚至耗竭等问题成为城市矿产开发利用的两条主要脉络。一方面，随着环境污染和垃圾围城等问题的不断显现，人类逐渐意识到工业高度发达在带来物质财富极大满足的同时，也会对自然生态环境造成严重的负面影响，直接关系到人类最基本的生存问题。《寂静的春天》《只有一个地球》《增长的极限》等震惊世界的研究报告，唤起了人们的生态环境意识。环境保护运动逐渐兴起，成为人类拯救自然也是人类拯救自身的一场伟大革命，世界各国共同为人类文明的延续出谋划策，为转变“大量生产、大量消费、大量废弃”的线性经济发展模式提供了思想保障。另一方面，自然资源是一切物质财富的基础，离开了自然资源，人类文明就失去了存在的条件。然而，人类发展对自然资源需求的无限性与自然资源本身存量的有限性，必然会成为一对矛盾制约人类永续发展的进程，工业文明对资源的加速利用催生了上述矛盾，人类不能再重复地走一条由“摇篮”到“坟墓”的资源不归路。综合上述环境与资源的双重问题，可持续发展理念应运而生。循环经济作为其重要抓手，使人类看到了通过走一条生态经济发展之路，实现人类永续发展的可能。由此，减量化、再利用与再循环的“3R”原则成为全世界应对资源环境问题的共性手段。

城市矿产开发利用是助力循环经济的有效途径，它抓住了 21 世纪唯一增长的资源类型——垃圾，利用了物质不灭性原理，实现了垃圾变废为宝、化害为利的根本性变革，完成了资源由“摇篮”到“摇篮”的可持续发展之路。尤其是发达国家工业化时期较长，各种城市矿产的社会蓄积量大，随着它们陆续完成生命周期都将进入回收再利用环节，年报废量迅速增长并逐渐趋于稳定，为城市矿产开发利用提供了充足的原料供应，并为其能够形成较大的产业规模提供了发展契机。1961 年，美国著名城市规划学家简·雅各布斯提出除了从有限的自然资源中提取资源外，还可以从城市垃圾中开采原材料的设想；1971 年，美国学者斯潘德洛夫提出了“在城市开矿”的口号，各种金属回收新工艺、新设备开始相继问世；20 世纪 80 年代，以日本东北大学选矿精炼研究所南条道夫教授为首的一批学者阐明城市矿产开发利用就是要从废旧电子电器、机电设备等产品 and 废料中回收金属。自此，城市矿产开发利用逐渐由理念走向了实践。

## 二、城市矿产开发利用的战略意义

我国改革开放以来，近 40 年的经济快速增长所积累下的垃圾资源为城市矿业的发展提供了可能，而资源供需缺口以及垃圾围城引发的环境问题则倒逼我国政府更加长远深刻地思考传统线性经济的弊端，推行循环经济的发展模式。城市矿产开发利用顺应了我国资源环境发展的需求，具有重大战略意义和现实价值。

### 1. 开发利用城市矿产是缓解资源约束的有效途径

目前我国正处于工业化和城市化加速发展阶段，对大宗矿产资源需求逐渐增加的趋势具有必然性，国内自然资源供给不足，导致重要自然资源对外依存度不断提高。我国原生资源蓄积量快速增加并趋于饱和，这使得废弃物资源开发利用的潜力逐渐增大。此外，城市矿产虽是原生矿产资源生产的产品报废后的产物，但相较于原生矿产，其品位反而有了飞跃式提升。例如，每开发 1t 废弃手机可提炼黄金 250g，而用原生矿产提炼，则至少需要 50t 矿石。由此，开发利用城市矿产要比从原生矿产中提取有价元素更具优势，不仅可以替代或弥补原生矿产资源的不足，还可以进一步提高矿产资源的利用效率。

### 2. 开发利用城市矿产是解决环境污染的重要措施

城市矿产中已载有原生矿产开采过程中的能耗、物耗和设备损耗等，其开发利用避免了原生矿产开发对地表植被破坏最为严重且高能耗、高污染的采矿环节，取而代之的是废弃物回收及运输等低能耗、低污染的过程。从资源开发利用的全生命周期视角来看，不仅可以有效降低原生矿石开发及尾矿堆存引发的环境污染问题，还对节能减排具有重要促进作用。据统计，仅 2013 年我国综合利用废钢铁、废有色金属等城市矿产资源，与使用原生资源相比，就可节约 2.5 亿 tce，减少废水排放 170 亿 t、二氧化碳排放 6 亿 t、固体废弃物排放 50 亿 t；废旧

纺织品综合利用则相当于节约原油 380 万 t，节约耕地 340 万亩<sup>①</sup>，潜在的环境效益十分显著。

### 3. 开发利用城市矿产是培育新兴产业的战略选择

2010 年国务院颁布了《关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》，将节能环保等七大领域列为我国未来发展战略性新兴产业的重点，其中城市矿业是其核心内容之一。相比原生矿业，城市矿业的链条更长，涉及多级回收、分拣加工、拆解破碎、再生利用等环节，需要产业链条上各项技术装备的协同发展，有利于与新兴的生产性服务、服务性生产等相互融合，并贯穿产品全生命周期过程。从而，有效推动了生态设计、物联网、城市矿产大数据以及智慧循环等技术系统的构建。其结果将倒逼技术、方法、工具等诸多方面的创新行为，带动上下游和关联产业的创新发展，从而形成新的经济增长点，培育战略性新兴产业。

### 4. 开发利用城市矿产是科技驱动发展的必然要求

传统科研活动大多以提高资源利用效率和增强材料性能为目标，研究范畴往往仅包含从原生矿产到产品的“正向”过程。然而，针对以废弃资源为源头的“逆向”科研投入相对较少，导致我国城市矿业仍处于国际资源大循环产业链的低端，再生利用规模与水平不高，再生产品附加值低。为促进我国城市矿业的建设和有序发展，实施“逆向”科技创新驱动发展战略，加强“逆向”科研的投入力度，成为转变城市矿业的发展方式，提高发展效益和水平的必然要求。资源循环利用的新思路、新技术、新工艺和新装备的不断涌现，既可带动整个节能环保产业的升级发展，也可激发正向科研的自主创新能力，从而促进全产业链条资源利用效率的提升。

### 5. 开发利用城市矿产是扩展就业机会的重要渠道

城市矿产拆解过程的精细化水平直接关系到后续再生利用过程的难易程度以

---

<sup>①</sup> 1 亩 ≈ 666.7 m<sup>2</sup>。



及最终再生产品的品位和价值。即使在技术先进的发达国家，拆解和分类的工作一般也由熟练工人手工完成，具有劳动密集型产业的特征。据统计，目前我国城市矿业已为超过 1500 万人提供了就业岗位，有效缓解了我国公众的就业压力。与此同时，为推动城市矿业逐渐向高质量和高水平方向发展，面向该行业的科技需求，适时培养高素质创新人才队伍至关重要。国内已有相当一批高校和科研院所成立了以资源循环利用为主题的专业研究机构，从事这一新兴领域的人才培养工作，形成了多层次、交叉性、复合型创新人才培养体系，拓展了城市矿业的人才需求层次，实现了人才就业与产业技术提升的双赢耦合发展。

## 6. 开发利用城市矿产是建设生态文明的重要载体

生态文明是人类为保护和建设美好生态环境而取得的物质成果、精神成果和制度成果的总和；绿色发展则是将生态文明建设融入经济、政治、文化、社会建设各方面和全过程的一种全新发展举措。城市矿产开发利用兼具资源节约、环境保护与垃圾减量的作用，是将循环经济减量化、再利用、再循环原则应用至实践的重要手段。由此产生的城市矿业正与生态设计和可持续消费等绿色理念相互融合，为我国实现经济持续发展与生态环境保护的双赢绿色发展之路指引了方向。此外，城市矿业的快速发展倒逼我国加快生态文明制度建设的进程，促进如城市矿产统计方法研究、新型适用性评价指标择取等软科学的发展，从而可更加准确地挖掘城市矿产开发利用各环节的优化潜力，为城市矿业结构及布局调整提供科学的评判标准，有利于促进生态文明制度优化与城市矿业升级发展协调发展。

## 三、城市矿业的总体发展趋势

城市矿产开发利用的资源、环境和社会效益得到了企业与政府双重主体的关注，2012 年城市矿产作为节能环保产业的核心内容被列为我国战略性新兴产业。然而，城市矿产来源于企业和公众生产生活的报废产品，其分布较为分散，而且多元化消费需求使得城市矿产的种类十分繁杂。与其他新兴产业不同，城市矿业发展需要以有效的废弃物分类渠道和庞大的回收网络体系作为重要前提，且需要将全社会各利益相关者紧密联系才能实现其开发利用的目标。由此可见，城市矿业的发展仅依靠市场作用通过企业自身推动难以为继，需要政府发挥主导作用，

根据各利益相关者的责任予以有效部署。

面对如此宽领域、长链条、多主体的新兴产业，处理好政府与市场的关系至关重要，如何按照党的十八届三中全会的要求“使市场在资源配置中起决定性作用和更好发挥政府作用”，充分发挥该产业的资源环境效益引起了国家的广泛关注。为此，党中央从加强法律法规顶层设计与基金制度引导两方面入手，为城市矿业争取了更大的发展空间。2010~2015年，《循环经济发展战略及近期行动计划》《再生资源回收体系建设中长期规划（2015—2020）》《废弃电器电子产品处理基金征收使用管理办法》等数十部法规政策的频繁颁布，体现了国家对城市矿产开发利用的关注，通过政府强制力逐渐取缔微型低效、污染浪费的非法拆解作坊，有效地促进了该产业的有序发展。

根据上述法律法规指示，国家各部委也加强了对城市矿业的部署。截至2014年，国家发展和改革委员会确定投入建设第一批国家资源综合利用“双百工程”，首批确定了24个示范基地和26家骨干企业，启动了循环经济示范城市（县）创建工作，首批确定19个市和21个县作为国家循环经济示范城市（县），并会同财政部确定了49个国家“城市矿产”示范基地；商务部开展了再生资源回收体系建设试点工作，分三批确定90个城市试点，并会同财政部利用中央财政服务业发展专项资金支持再生资源回收体系建设，已支持试点新建和改扩建51550个回收网点、341个分拣中心、63个集散市场、123个再生资源回收加工利用基地建设；工业和信息化部开展了12个工业固体废物综合利用基地建设试点，会同安全生产监督管理局组织开展尾矿综合利用示范工程。在上述各部委的联合推动之下，目前我国城市矿业的发展水平日渐增强，集聚程度不断提高，仅2014年我国废钢铁回收量就达15230万t、再生铜295万t、再生铝565万t、再生铅160万t、再生锌133万t。习近平总书记在视察城市矿产龙头企业格林美公司时说，变废为宝、循环利用是朝阳产业。垃圾是放错位置的资源，把垃圾资源化，化腐朽为神奇，是一门艺术，你们要再接再厉。

国家在宏观层面系统布局城市矿产回收利用网络体系为促进我国城市矿业的初期建设提供了必要条件，而如何实现该产业的高值化、精细化、绿色化升级则是其后续长远发展的关键所在，这点得到了国家科技领域的广泛关注。2006年，《国家中长期科学技术发展规划纲要（2006—2020年）》明确将“综合治污和废弃物循环利用”作为优先主题；2009年，我国成立了资源循环利用产业技术创新战略联盟，先后组织政府、企业和专家参与，为主要再生资源领域制定了“十

“十二五”发展路线图，推动了我国城市矿业技术创新和进步；2012年，科学技术部牵头发布了国家《废物资源化科技工程“十二五”专项规划》，全面分析了我国“十二五”时期废物资源化科技需求和发展目标，部署了其重点任务；2014年，国家发展和改革委员会同科学技术部等六部委联合下发了《重要资源循环利用工程（技术推广及装备产业化）实施方案》，要求到2017年，基本形成适应资源循环利用产业发展的技术研发、推广和装备产业化能力，掌握一批具有主导地位的关键核心技术，初步形成主要资源循环利用装备的成套化生产能力。

在此引导下，科学技术部启动了一系列国家863及科技支撑计划项目，促进该领域高新技术的研发和装备的产业化运行，如启动《废旧稀土及贵重金属产品再生利用技术及示范》国家863项目研究。该项目国拨资金4992万元，总投资近1.6亿元，开展废旧稀土及稀贵金属产品再生利用关键技术及装备研发，重点突破废旧稀土永磁材料、稀土发光材料等回收利用关键技术及装备。教育部则批准北京工业大学等数所高校建设“资源循环科学与工程”战略性新兴产业专业和“资源环境与循环经济”等交叉学科，逐步构建“学士—硕士—博士”多层次交叉性、复合型创新人才培养体系。

放眼全球，发达国家开发利用城市矿山的理念已趋于成熟，涵盖了废旧钢铁及有色金属材料、废旧高分子材料、废旧电子电气设备、报废汽车、包装废弃物、建筑废弃物等诸多领域，且在实践层面也取得了颇丰的成绩。例如，日本通过循环型社会建设和城市矿产开发，其多种稀贵金属储量已列全球首位，由一个世界公认的原生资源贫国成为一个二次资源的富国，在21世纪初，其国内黄金和银的可回收量已跃居世界首位。总结发达国家城市矿业取得如此成绩的经验：民众参与是促进城市矿业的重要依托，发达国家大多数公众已自发形成了环境意识，对于任何减少或回收废弃物的措施均积极配合，逐渐成为推动城市矿业发展的中坚力量；法律法规体系是引导城市矿山的先决条件，许多发达国家已处于循环经济的法制化、社会化应用阶段，通过法律规范推动循环经济的发展 and 循环型社会的建设；政策标准是保障城市矿业的重要条件，发达国家十分注重政策措施的操作性，通过制定相关的行业准入标准，坚决遏制不达标企业进入城市矿业；市场机制是激发城市矿山的内生动力，充分利用市场在资源配置中的决定性地位，通过基金或财税等市场激励政策促进城市矿业形成完备的回收利用网络体系；创新科技是提升城市矿业的核心支撑，通过技术创新促进城市矿产开发利用向高值化、精细化、绿色化方向发展。

由此可见，我国城市矿业的发展虽然已取得了长足的进展，但与国外发达国家相比，仍存在较大差距。例如，公众的生态观念和循环意识仍然薄弱，致使一部分城市矿产以未分类的形式进行填埋或焚烧处理，丧失了其循环利用的价值；法规政策具体细化程度明显不足，缺乏系统性、配套性和可操作性的回收利用细则与各级利益相关者的责任划分，致使执行过程中各级管理部门难以形成政策合力；资源回收利用网络体系建设尚不完善，原城乡供销社系统遗留的回收渠道、回收企业布局的回收站点、小商贩走街串户等多类型、多层次回收方式长期并存，致使正规拆解企业原料成本偏高、原料供应严重匮乏；产业发展规模以及发展质量仍然不足，企业整体资源循环利用效率较低，导致了严重的二次浪费与二次污染，部分再生资源纯度不足，仅能作为次级产品利用，经济效益大打折扣；产业科技水平及研发实力仍需加强，多数城市矿产综合利用企业尚缺乏拥有自主知识产权的核心技术与装备，致使低消耗、低排放、高科技含量、高附加值、高端领域应用的再生产品开发严重不足；统计评价以及标准监管体系仍需健全，缺乏集分类、收运、拆解、处置为一体的整套城市矿业生产技术规范，致使技术装备的通用性不强，无法适应标准化发展的要求。

上述问题的解决是一个复杂系统工程，需要通过各领域的协同科技创新予以支撑。与提高产品性能和生产效率为目标的“正向”科技创新相比，以开发利用城市矿产为主导的“逆向”科技创新属于新兴领域，仍有较大研究空间。第一，城市矿业发展所需的技术装备和管理模式虽与“正向”科研有着千丝万缕的联系，部分工艺和经验也可以借鉴使用，但大部分城市矿产开发利用的“逆向”共性技术绝非简单改变传统技术工艺和管理模式的流程顺序就可以实现，它甚至需要整个科研领域思维模式与研究方式的根本性变革。第二，技术装备归根到底仍是原料与产品的转化器，只有与原料相适配才能充分发挥技术装备的优势以提高生产效率。由于发达国家与发展中国家在城市矿产来源渠道及分类程度方面存在巨大的差异，我国引进发达国家的技术装备仍需耗费大量资金进行改造以适应我国国情。因此，针对城市矿产开发利用的关键共性技术进行产学研用的联合攻关，研发具有一定柔性、适用性较强、资源利用效率显著的技术、装备、工艺和管理模式成为壮大我国城市矿业的有力抓手。第三，与传统产业需求的单学科创新不同，城市矿业发展涉及多个学科的交叉领域，面向该产业的多维发展需求，亟须从哲学、生态学、经济学、管理学等相关学科知识交叉融合方面寻求城市矿业创新发展的动力源泉。

为了满足国家综合开发利用城市矿产的发展需求，亟须全面理清国内外重点领域支撑城市矿业发展的技术现状，根据多学科交叉的特点准确规划我国城市矿业的发展目标、发展模式及发展路径。为此，“十二五”期间由李恒德院士和师昌绪院士参与指导，由左铁镛院士全面负责主持了中国工程院重大咨询项目“我国城市矿山综合开发应用战略研究”，着眼于废旧有色金属材料、废旧高分子材料、废旧电子电气设备、报废汽车、包装废弃物、建筑废弃物六类典型的城市矿产资源，从其中的关键共性技术入手分析我国城市矿产综合开发应用的总体发展战略，并多次组织行业专家等相关成果进行系统论证，充分吸收各方意见。现将研究成果整理成系列丛书供各方参阅。丛书的作者均是长期从事城市矿产研究的科研人员和行业专家，既有技术研发和管理模式创新的实力和背景，又有产业化实践的经验，能从理论与实践两个层面较好地阐明我国各类城市矿产开发利用的关键技术装备现状及其存在问题。相信他们的辛勤成果可以为我国城市矿业的发展提供一些经验借鉴和技术探索，最终为构建有中国特色的城市矿产开发利用的理论和支撑体系做出贡献！

丛书不足之处，敬请批评指正。

左铁镛 聂祚仁

2016年3月

# 前 言

近十年来，我国汽车产业得到了飞速发展，社会汽车保有量快速增加。截至2015年年底，全国机动车保有量达2.79亿辆，其中汽车达1.72亿辆，机动车驾驶员达3.27亿人。废旧汽车报废量也随之大幅增加，中国汽车报废高峰即将来临，2016年废旧汽车理论报废量将突破700万辆，2019年将超过1300万辆，并保持高速增长态势。汽车凝聚了人类的大量劳动成果和资源，报废汽车中90%以上的材料均可再生利用，相当部分的零部件还可以再制造和再利用。大力推广报废汽车的资源循环技术对于节约资源、保护环境和生态文明建设具有重要意义。

为进一步促进我国报废汽车资源循环产业的发展，规范报废汽车拆解回收技术和工艺，提高汽车零部件及材料的回收利用率和保护环境。江苏理工学院依托江苏省报废汽车绿色拆解与再制造工程技术研究中心，承担了全国报废汽车拆解回收专业知识和技能培训工作，从资源再生利用与循环经济角度出发，以汽车寿命周期为主线，系统传授汽车零部件失效机理与汽车再生资源利用、汽车拆解与破碎工艺、报废汽车发动机拆解与零部件检验、报废汽车底盘拆解工艺、报废汽车电气系统拆解工艺以及报废汽车零部件修复与再制造等知识。本书融合了作者及其研究团队近十年在科学研究和实际生产中的研究成果及宝贵经验，充分反映了国内外报废汽车拆解与再制造技术研发的最新成果，具有科学性、规范性和可操作性的特点。

参加本书撰写的人员还有：江苏理工学院李国庆（第2章、第3章）、杭卫星（第5章）、蒋科军（第4章，第8章）、王群山（第6章、第7章）、韩冰源（第1章、第9章）。

因作者水平有限，书中难免有疏漏之处，恳请广大读者批评、指正。

作 者  
2016年7月

# 目 录

第 1 章 汽车产品全生命周期与循环经济 .....	1
1.1 汽车产品生命周期 .....	1
1.2 循环经济概述 .....	7
第 2 章 汽车零件失效机理 .....	19
2.1 汽车零件失效概述 .....	19
2.2 汽车零件的磨损失效 .....	23
2.3 汽车零件的变形失效 .....	29
2.4 汽车零件腐蚀失效 .....	30
2.5 汽车零件的疲劳断裂失效 .....	33
2.6 汽车零部件失效的综合分析 .....	37
第 3 章 报废汽车回收拆解与资源再生 .....	42
3.1 报废汽车回收与拆解 .....	42
3.2 报废汽车回收资源与资源再生 .....	63
第 4 章 报废汽车再生利用管理 .....	68
4.1 报废汽车资源价值分析 .....	68
4.2 报废汽车再制造模式与技术体系 .....	70
4.3 报废汽车再生利用管理体制 .....	78
4.4 汽车绿色设计 .....	93
第 5 章 报废汽车拆解与破碎工艺 .....	102
5.1 报废汽车拆解 .....	102
5.2 报废汽车破碎与材料分离 .....	107
第 6 章 报废汽车发动机拆解与零部件检验 .....	115
6.1 报废汽车发动机拆解工艺 .....	115
6.2 报废发动机主要零部件检验 .....	133
第 7 章 报废汽车底盘拆解工艺 .....	150
7.1 汽车传动系统拆解工艺 .....	150
7.2 汽车转向系统拆解工艺 .....	175

7.3	汽车制动系统拆解工艺 .....	180
7.4	车桥拆解工艺 .....	186
<b>第8章</b>	<b>报废汽车电气系统拆解工艺 .....</b>	<b>191</b>
8.1	报废汽车充电系统拆解与检测 .....	191
8.2	报废汽车起动系统拆解与检测 .....	201
8.3	报废汽车照明系统与信号系统拆解与检测 .....	210
8.4	报废汽车仪表及辅助电器拆解 .....	216
8.5	报废汽车空调系统拆解 .....	222
8.6	报废汽车安全气囊系统拆解 .....	234
<b>第9章</b>	<b>报废汽车零部件修复与再制造 .....</b>	<b>239</b>
9.1	报废汽车零部件修复方法 .....	239
9.2	表面技术 .....	259
9.3	报废汽车零部件修复工艺选择 .....	279
9.4	报废汽车零部件增材制造 .....	282
9.5	报废汽车资源化与再制造 .....	284
<b>参考文献</b>	<b>.....</b>	<b>289</b>



# 第1章 汽车产品全生命周期与循环经济

## 1.1 汽车产品生命周期

### 1.1.1 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，保障产品以最少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的要求，是发展循环经济和建设节约型社会的重要方面，也是实现可持续发展的必然要求。

#### 1.1.1.1 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（周大森，2010）。产品全生命周期可分为5个阶段，即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。