



再/生/资/源/科/学/与/工/程/技/术/丛/书

# 再生资源 工艺和设备

刘明华 主编

ZAISHENG ZIYUAN  
GONGYI  
HE SHEBEI



化学工业出版社

再生资源科学与工程丛书

# 再生资源工艺和设备

刘明华 主编



化学工业出版社

·北京·

本书对再生资源工艺和设备相关知识做了较全面的介绍。全书共3章,第1章绪论,主要介绍了资源、再生资源的含义、特征、分类及现状,再生资源产业的特点以及相关产业,我国再生资源产业的现状与发展;第2章固体废弃物再生资源技术及设备,主要介绍了固体废弃物再生资源化的情况,详细介绍了固体废弃物预处理方法及设备,然后再介绍其利用途径及设施;第3章再生资源利用工艺及案例,主要介绍了废旧高分子材料、废纸、废电池、剩余污泥、电子废弃物、尾矿、冶炼废渣、粉煤灰、脱硫石膏等的来源、性质、分类、资源化利用技术途径以及发展趋势,并结合工程案例给予说明。

本书可供再生资源科学与工程等领域的工程技术人员、科研人员和管理人员参考,也可供高等学校相关专业的师生参阅。

### 图书在版编目(CIP)数据

再生资源工艺和设备/刘明华主编. —北京:化学工业出版社,2013.5  
(再生资源科学与工程技术丛书)  
ISBN 978-7-122-16736-1

I. ①再… II. ①刘… III. ①废物处理-工艺学  
②废物综合利用-工艺学③废物处理-设备④废物综合利用-设备 IV. ①X7

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第053013号

---

责任编辑:刘兴春  
责任校对:宋 玮

装帧设计:史利平

---

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)  
印 装:三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张13¼ 字数311千字 2013年9月北京第1版第1次印刷

---

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

---

定 价: 45.00 元

版权所有 违者必究

# 前言

## Preface

随着人类对资源的大量消耗和资源的枯竭，资源的可持续利用和发展成为全世界关注的问题，资源再生成为科学研究的重要课题和方向。2010年10月18日，国务院下发《关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》，再生资源进入国家战略性新兴产业之列。国家政策的大力支持必将对我国再生资源产业产生深远影响，并带来革命性的变化。经过十几年的发展，我国再生资源回收利用技术取得了一定的进步，但从总体上来看仍然处于较低的水平，大量企业仍采用以手工为主的家庭作坊式生产；落后技术不仅效率低下，造成资源浪费，同时还会造成严重的二次污染。大力提高再生资源回收和处理技术水平，是再生资源发展的必然趋势，而再生资源工艺和设备相关知识的介绍则显得尤为重要。然而，目前我国再生资源回收利用行业仍处于一个较低的发展水平，另一方面，再生资源科学与技术又是一个年轻的专业，高级专业人才的培养严重缺乏，深入、完整、系统地介绍再生资源工艺和设备的书籍尚不多见，进而严重影响到专业的发展，故相关图书的出版迫在眉睫。

为了促进再生资源工艺和设备的推广和应用，推动我国再生资源产业的持续发展，我们通过查阅历年来的相关研究成果并综合编者在再生资源领域的研究心得，编写了《再生资源工艺和设备》一书，希望本书的出版能够给相关技术人员在从事再生资源回收利用工作时提供一定的指导作用，给科研、生产、教育等领域的人员提供帮助。

本书为《再生资源科学与工程》丛书中的一分册。全书共3章，第1章绪论，主要介绍了资源、再生资源的含义、特征、分类及现状，再生资源产业的特点以及相关产业，我国再生资源产业的现状与发展；第2章固体废弃物再生资源技术及设备，主要介绍了固体废弃物再生资源化的情况，详细介绍了固体废弃物预处理方法及设备，然后再介绍其利用途径及设施；第3章再生资源利用工艺及案例，主要介绍了废旧高分子材料、废纸、废电池、剩余污泥、电子废弃物、尾矿、冶炼废渣、粉煤灰、脱硫石膏等的来源、性质、分类、资源化利用技术途径以及发展趋势，并结合工程案例给予说明。

本书由刘明华主编，郭杰、罗鑫、方圣琼等参与部分内容的编写；全书最后由刘明华统稿。

由于编者的专业水平和知识范围有限，虽已尽努力，但疏漏和不足之处仍在所难免，恳请广大读者和同仁不吝指正。

编者

2013年3月

<b>第 1 章</b>	<b>绪论</b> .....	<b>1</b>
1.1	资源概述 .....	1
1.1.1	资源的含义与本质 .....	1
1.1.2	资源的分类 .....	2
1.2	再生资源 .....	3
1.2.1	再生资源的含义 .....	3
1.2.2	再生资源的特征 .....	4
1.2.3	再生资源回收利用的意义 .....	5
1.2.4	我国再生资源的现状 .....	7
1.3	再生资源产业 .....	8
1.3.1	再生资源产业的含义及内容 .....	8
1.3.2	再生资源产业的特点 .....	10
1.3.3	再生资源产业与相关产业 .....	11
1.4	我国再生资源产业的现状与发展 .....	14
1.4.1	我国再生资源产业的现状 .....	14
1.4.2	国外再生资源回收利用状况 .....	15
1.4.3	再生资源产业发展中的不足及存在的问题 .....	16
1.4.4	发展建议(措施) .....	18
	参考文献 .....	20
<b>第 2 章</b>	<b>固体废弃物再生资源技术及设备</b> .....	<b>22</b>
2.1	固体废弃物再生资源概述 .....	22
2.1.1	固体废弃物的概念 .....	22
2.1.2	固体废弃物的来源与分类 .....	22
2.1.3	固体废物处理与资源化基本方法 .....	24
2.1.4	固体废弃物再生资源 .....	25
2.2	预处理方法及设备 .....	25
2.2.1	压实 .....	25

2.2.2	破碎	34
2.2.3	分选	48
2.2.4	脱水	77
2.2.5	干燥	84
2.3	利用途径及设施	89
2.3.1	材料回收	89
2.3.2	能源化	93
2.3.3	堆肥化	107
2.3.4	建材化	118
2.3.5	饲料化	122
2.4	固体废弃物再生资源行业现状及发展方向	125
2.4.1	概述	125
2.4.2	我国再生资源产业发展重点任务	126
	参考文献	127

### **第3章 再生资源利用工艺及案例** 129

3.1	废旧高分子材料	129
3.1.1	废旧塑料	129
3.1.2	废旧橡胶	136
3.2	废纸	139
3.2.1	概述	139
3.2.2	废纸再生利用途径	139
3.2.3	废纸的再生工序	139
3.2.4	案例	141
3.3	废电池	142
3.3.1	概述	142
3.3.2	废电池的回收	143
3.3.3	废电池的综合利用技术	144
3.4	剩余污泥	146
3.4.1	概述	146
3.4.2	污泥资源化利用	147
3.4.3	案例	150
3.5	电子废弃物	150
3.5.1	电子废弃物的分类与回收	151
3.5.2	电子废弃物特性	151
3.5.3	电子废弃物资源化处理和利用	151
3.6	尾矿	155
3.6.1	概述	155



3.6.2	尾矿的资源化利用 .....	156
3.6.3	案例 .....	158
<b>3.7</b>	<b>冶炼废渣 .....</b>	<b>160</b>
3.7.1	概述 .....	160
3.7.2	冶炼废渣的资源化利用 .....	160
<b>3.8</b>	<b>粉煤灰 .....</b>	<b>169</b>
3.8.1	粉煤灰的来源和性质 .....	170
3.8.2	粉煤灰的分类 .....	173
3.8.3	粉煤灰的质量评定 .....	173
3.8.4	粉煤灰的利用途径 .....	174
3.8.5	粉煤灰利用技术的发展方向 .....	184
<b>3.9</b>	<b>脱硫石膏资源化利用 .....</b>	<b>186</b>
3.9.1	脱硫石膏的种类、来源与应用 .....	186
3.9.2	脱硫石膏的性能 .....	188
3.9.3	脱硫石膏的提纯工艺 .....	190
3.9.4	脱硫石膏的改性 .....	192
3.9.5	脱硫石膏资源化处理与利用 .....	196
3.9.6	案例 .....	200
3.9.7	脱硫石膏品质提高的意义以及应用前景和建议 .....	202
	<b>参考文献 .....</b>	<b>203</b>

# 第 1 章

## 绪 论

### 1.1 资源概述

#### 1.1.1 资源的含义与本质

资源是一个宽泛的概念，人们从不同的角度对其做出了不同的解释。联合国环境规划署（UNEP）关于资源的定义是：一定时间地点条件下，能够产生经济价值以提高人类当前和将来福利的自然环境因素和其他要素。马克思在《资本论》中说：“劳动和土地，是财富两个原始的形成要素。”恩格斯的定义是：“其实，劳动和自然界在一起它才是一切财富的源泉，自然界为劳动提供材料，劳动把材料转变为财富。”（《马克思恩格斯选集》第四卷，第 373 页，1995 年 6 月第 2 版。）马克思、恩格斯的定义，既指出了自然资源的客观存在，又把入（包括劳动力和技术）的因素视为财富的另一不可或缺的来源。可见，资源的来源及组成，不仅是自然资源，而且还包括人类劳动的社会、经济、技术等因素，还包括人力、人才、智力（信息、知识）等资源。据此，所谓资源指的是一切可被人类开发和利用的物质、能量和信息的总称，它广泛地存在于自然界和人类社会，是一种自然存在物或能够给人类带来财富的财富。或者说，资源就是指自然界和人类社会一种可以用以创造物质财富和精神财富的具有一定量的积累的客观存在形态，如土地资源、矿产资源、森林资源、海洋资源、石油资源、人力资源、信息资源等。资源是一切可被人类开发和利用的客观存在。因此，从广义上理解，资源概念泛指一切资源，即一切可以开发为人类社会生产和生活所需的各种物质的、社会的、经济的要素，包括各种物质资源（各种自然资源及其转化物料）、人力资源（劳动力、智力等人才资源）、经济资源、信息资源和科技文化资源等。这些资源都是人类社会经济生活发展所必不可少的基本生产要素和生活要素。

从狭义上理解，资源概念仅指物质资源，即一切能够直接可开发为人类社会所需要的用其作为生产资料和生活资料来源的、各种天然的和经过人工加工改造的自然物质要素，以及人们在自然资源使用过程中对产生的剩余物和弃置物通过加工重新使其恢复使用价值的物质资料。本书中所论述的资源是指狭义概念定义的物质资源。

物质资源是人类社会赖以生存和发展的基础，是人类生产和生活的源泉，调节着人与自然界物质和能量的交换循环，维系着自然生态系统的平衡。因而物质资源在相当程度上决定



着人口的分布转移、社会生产力的布局调整和产业结构的组合变化，制约着经济与社会的进步。随着我国经济的迅速增长，各类自然资源赋存面临着巨量消耗需求和生态环境保护压力的双重约束。这就要求我们对资源树立新的认识和观念，采用新的技术和方式，进行资源的有效开发与循环利用。

### 1.1.2 资源的分类

从物质资源作为经济社会发展的基础以及资源形成过程中人类劳动的介入程度这一视角出发，我们认为可以将资源分成自然资源、人工物质资源和废弃物资源即可再生资源三大类，如图 1-1 所示。利用这种方式划分资源体系，能够清晰地反映资源利用方式、产出水平的差异，是客观科学地配置资源的理论前提。

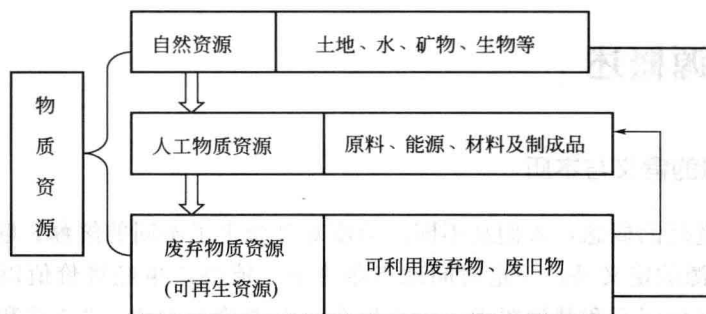


图 1-1 物质资源分类

#### (1) 自然资源

自然资源包括土地资源、气候资源、水资源、生物资源、矿产资源及海洋资源等。

#### (2) 人工物质资源

人工物质资源是指人类在生产过程中开发利用自然资源而形成的物质资料和制成品。初步分析，可以把此类资源分成四大部分，即原料、能源、材料和制成品。人工物质资源来源于自然资源，是人们所利用的自然资源的阶段产品，是社会生产和生活所必需的物质资源。

#### (3) 废弃物质资源

废弃物质资源又称再生资源，包括可利用废弃物和废旧物资，其具有再生性。所谓废弃物质资源再生，从狭义上讲，是指对那些不符合出厂规格的废品及破旧的或失去原有使用价值而被弃置不用的物料等，经过回收加工改制，使其恢复原有物质性能和使用价值功能，再生利用作生产新产品的物质资源的资源增殖过程。从广义上讲，除上述范围外，还包括在矿物、生物资源开发利用和原材料、能源消耗利用过程产生的废弃物中，对其有用物质的回收加工利用的资源化。无论从狭义或者广义上讲，实现废弃物质资源再生的目的，在于充分发挥物质资源的多种功能，物尽其用，为人类发展提供更加充裕的物质来源。

废弃物资源之所以具有这种再生性，是因为其在物质结构上具有多元素多成分性，以及由此分别形成的多种不同组合，构成了其在社会用途上具有多种功能。废弃物资源可以通过加工、改制、更新后进行再利用。随着社会生产的发展，科学技术的进步，人

们采用不断加强的综合利用手段,对废弃物资源利用的可行性认识更加深入,利用行为日益广泛,并作为资源的重要部分用于生产与生活,取得了可观的经济效益、环境效益和社会效益。

## 1.2 再生资源

### 1.2.1 再生资源的含义

再生资源是指生产、流通、消费等过程中产生的不再具有原有使用价值而被丢弃,或只能以该物品的残值适当计价处置,但可以通过一定的加工途径使其经济合理或接近经济合理地获得使用价值的各种物料的总和。再生资源也并非什么新鲜概念,早在20世纪60年代,周恩来总理发出了“抓紧废物利用这一环节,实行收购废品,变无用为有用”的号召,并亲自组织建立了16万个遍及全国的废品回收点。1989年6月,著名科学家钱学森教授在对原物资部科教司关于再生资源《发展纲要》批语中明确指出:“这一领域的命名,我意仍宜用‘再生资源’”。并指出:“社会主义要比资本主义更看到未来,更注重子孙后代的幸福,一定要使资源永续!”1996年,国务院批转原国家经贸委等部门《关于进一步开展资源综合利用意见的通知》,扩展了资源综合利用的内涵,明确将社会生产和消费过程中产生的各种废旧物资进行回收和再生利用活动,划入资源综合利用的组成部分。自此,再生资源回收利用政策与资源综合利用政策联系在一起。2006年,国家发展和改革委员会发布《“十一五”资源综合利用指导意见》,强调了发展再生资源的重要性,将构建再生资源回收体系、建设和提高再生资源产业整体水平作为资源综合利用重点发展领域。2007年由商务部、发改委等六部委联合发布,专门针对再生资源回收体系管理的《再生资源回收管理办法》,对再生资源有了最新界定。

从“废弃物”、“垃圾”到“再生资源”,这绝不仅仅是几个概念的简单转换,这是人们观念的一次更新。精明的犹太人早就说过,再好的铁矿也不如废钢。世上有多少新,就有多少旧,当我们从地下、海底、山区找矿产越来越难时,当我们从国外寻求并不稳定的能源储备时,其实我们应将视角更多的集中于我们身边的“再生资源”。再生资源才是一个“金矿”,它所蕴藏的财富只能随着人们的认识程度而加强。

我们在理解再生资源的定义时还需要区分再生资源和废弃物这两个概念。从范围上讲,再生资源是包括在废弃物里面的。由于日益发展的再生资源利用技术正在使许多原来不能被回收利用的废弃物得到新的利用,从长远角度看,人类最终达到对所有废弃物都可以达到二次利用的程度,那时的废弃物都将成为再生资源。从目前来讲,这两个概念还存在着两个方面的区别:一是再生资源的概念改变了人们对废弃物的观念,表示人们已经开始重视对废弃物的二次利用;二是再生资源更多的是一个学术概念,什么是再生资源什么不是再生资源并没有严格的标准。

由于再生资源不是以自然矿物构成组分的相对稳定的物质,而是来源于不同领域,物理形态各异、成分千差万别,还会受到不同程度污染,因此作为一种特殊的工业原料,再生资源的分类复杂,种类繁多。按照《再生资源回收管理办法》,再生资源分为废旧金属、报废

电子产品、报废机电设备及其零部件、废造纸原料（如废纸、废棉等）、废轻化工原料（如橡胶、塑料、农药包装物、动物杂骨、毛发等）、废玻璃等。在中国再生资源交易市场上，主要按金属、纸类、塑料、可乐瓶、易拉罐、玻璃和杂货（包括木头、编织袋和织物）分为七大类，每一类再生资源有更为具体的分类。

在国际贸易方面，中国海关总署公布的废料分类目录和报关办法中对进口废物也有一套分类标准。目前国际上比较通用的废料分类标准是美国废料回收工业协会每年修订和发布的《ISRI 废料规格手册》，尽管《ISRI 废料规格手册》不是标准，但已经被大多数国家在废料回收、加工、利用进出口贸易中采用，一些国家国内废物分类标准也部分采用《ISRI 废料规格手册》中的分类方法。例如，中国《铜及铜合金废料、废件分类和技术条件》等废杂有色金属分类标准在修订时就将《ISRI 废料规格手册》作为重要参考标准。《ISRI 废料规格手册》涵盖了对废旧非有色金属、有色金属、玻璃、纸、塑料、电子和轮胎废料规格的详细指南，其突出优点是根据废料的性质进行分类，因为各类废料的形状可能不一，但成分相近，这样既有利于回收和贸易，也有利于废料的利用，可操作性很强。

虽然不同时期不同政策文件对再生资源的表达方式有所差异，但其基本内涵都是一致的，即再生资源是指来源于社会生产和生活消费过程的各种废弃物，经过回收、加工和利用等环节，可以重新获得使用价值的物质。此外，对符合国家环保控制标准的进口可用作原料的固体废物也是中国再生资源的一个重要来源。需要注意的是，再生资源与再生资源产品的概念有区别。例如再生铜、再生铝、再生塑料等概念是指废旧铜、铝和塑料经过回收、分拣、熔炼/拉丝造粒等环节加工而成的中间再生资源产品，为制造企业深加工，得到再生资源的制成品提供原料，如图 1-2 所示。

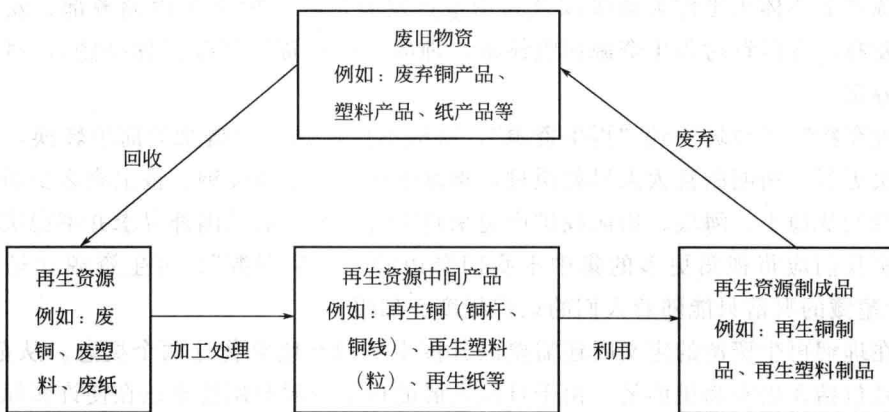


图 1-2 再生资源相关概念关系

### 1.2.2 再生资源的特征

再生资源是一类特殊的物质资源，具有以下方面的特征。

(1) 再生资源是一种有污染或潜在污染的特殊资源

再生资源是失去了已有效用的废弃物，这些废弃物在没有回收利用之前，直接占用着土地和空间，往往容易通过水、空气和土壤等介质造成对环境的污染。由于环境对废弃物的自

净能力很弱，所以这种污染一经形成，其效果影响就会相当持久。

### (2) 再生资源是一种品种繁多的资源

就自然资源而言，我们谈及某种资源的时候，一般仅是指这类资源本身，如水资源、矿产资源、国土资源等。虽然某些自然资源如矿产资源仍可再分出几个品种来，但不会跨出矿产这个种类。再生资源则由于各工业部门加工生产和生活消费物质的不同，废弃物资源的种类繁多，物理形态、化学性质千差万别，基本上包括了所有物质种类，如废塑料、废纸、废钢铁、废旧纤维、废旧橡胶、废旧家用电器、废旧玻璃、废旧有色金属等。

### (3) 再生资源具有某种性质的使用价值

再生资源虽然就其实质而言是一种废弃物，但这里的废弃物并不“废”，只不过是失去了原有的使用价值，但从其他角度仍然可以开发利用的物质资源，这种开发利用既可以对自然资源形成替代，也可以防止环境污染，维护生态平衡。

### (4) 再生资源具有量大且集中的特点

这种量大包含两个方面的含义，一方面是指某种废弃物产生量和堆存量；另一方面，其使用应具有规模化程度，可以得到大量应用。如果某种废弃物数量很少或极度分散，对其所需的费用反而大于其自身的价值，这类废弃物就不能形成“资源”形态为人们所利用，它就不是再生资源。

## 1.2.3 再生资源回收利用的意义

再生资源是一种被重新发现的资源，具有一定的经济效益、社会效益、环境效益，因此有必要进行回收利用。所谓再生资源回收应该是指由专业的资源回收机构对消费者使用后的产品组织进行的收集、运输和储存活动。而再生资源利用主要是指对超过保质期、款式过时的产品通过法定途径进行有效回收并循环利用的过程。作为当前新的经济增长点和世界潮流，再生资源回收利用揭示了当今可持续发展的新趋势，强调环境保护本质上与经济活动是一个协调统一体，指出人类经济活动应遵从客观自然生态规律，阐述了环境与经济的相互关系及其深刻内涵，已被国际上认可为实现可持续发展的根本途径。利用循环再生资源是人类社会工业技术进步的结果，也是保证自然资源的合理开发利用，保持资源循环利用的必要手段和发展循环经济的内在要求。党的十六届三中全会提出“坚持以人为本，树立全面、协调、可持续的发展观，促进经济社会和人的全面发展”；强调“按照统筹城乡发展、统筹区域发展、统筹经济社会发展、统筹人与自然和谐发展、统筹国内发展和对外开放的要求”，推进改革和发展。在召开的中央人口资源环境工作座谈会上，胡锦涛同志曾经指出：“积极发展循环经济，实现自然生态系统和社会经济的良性循环”。温家宝同志明确指出：“要研究制定鼓励废物回收和资源再生利用的政策法规；建立城乡废旧物资和再生资源回收利用系统，提高资源循环利用率和无害化处理率”。中央领导的讲话为再生资源回收行业的发展指明了方向，我们务必要坚决贯彻落实，要从全面贯彻“三个代表”重要思想、树立科学的发展观、保障人民生活质量和生存环境的高度，充分认识到做好再生资源回收工作的紧迫性和深远意义。我们可以从以下几个方面来认识再生资源回收利用的重要作用。

### (1) 再生资源回收利用是缓解我国资源匮乏的有效途径

我国虽然资源总量居世界第三，但人均占有资源十分匮乏，仅为世界平均水平的一半。

资源短缺已成为我国经济可持续发展的瓶颈。由于国内资源不能满足经济发展需要,近几年,我国每年还要花近百亿美元进口 2000 多万吨再生资源用以再生、利用。改革开放以来,我国的经济实力、综合国力和国际地位显著提高,但我国经济的粗放型增长方式没有从根本上改变。一方面,我国单位资源的产出效率仍然较低,如 2003 年我国 GDP 约占世界的 4%,但重要资源消耗占世界的比重却很高,石油为 7.4%、原煤为 31%、钢铁为 27%、氧化铝为 25%、水泥为 40%。另一方面,再生资源的回收利用率较低。目前,我国矿产再生资源回收率为 30%,比国外先进水平低 20%。此外,我国每年还有大量的废旧家电和电子产品、废有色金属、废纸、废塑料、废玻璃等,没有实现再生资源有效回收和循环利用。

在当今全球化的背景下,世界各国为了实现本国经济的可持续发展,都实施了资源全球化战略,全球资源争夺非常激烈,原油等资源性产品价格持续上涨。化解资源环境与经济快速增长的尖锐矛盾,已成为当前我国必须面对的重大挑战。

#### (2) 再生资源回收利用是发展循环经济、建立资源节约型社会的必然选择

循环经济是当今国际社会实现可持续发展的一种新的经济发展模式,是指把传统的依赖资源消耗线性增长的经济,转变为依靠生态资源循环来发展的经济,它强调的是资源利用的减量化、产品的再使用、废弃物的再循环原则,表现形式为“资源—产品—再生资源”。再生资源回收工作是循环经济中一个必不可少的环节,通过使产品完成其使用功能后重新变成可以利用的资源,充分发挥自然资源的内在价值,强调资源的再使用和再循环,延长产品的使用期,提高重复使用率,使产品完成其使用功能后重新变成可以利用的资源,充分发挥自然资源的内在价值,提高各类紧缺资源的利用效率。提高回收企业的营销水平,增加再生资源回收量,有助于提高我国再生资源的利用率,促进再生资源回收产业化发展。

#### (3) 再生资源回收利用是减轻环境污染的有效措施

我国目前环境污染严重,生态破坏加剧的趋势尚未得到有效控制。截至 2006 年,统计数据显示我国固体废弃物堆存量已达 70 多亿吨,占用土地 5 亿平方米。从卫星上看,我国大中城市被成千上万个垃圾填埋场包围,对土壤、地下水、大气造成的现实和潜在污染相当严重。积极推进再生资源回收,可以变废为宝、化害为利、有效减少废弃物的排放。据测算,固体废弃物综合利用率每提高 1 个百分点,每年就可减少约 1000 万吨废弃物的排放。推进再生资源回收利用,不仅可以提高废弃物的回收率,而且将显著降低城市环境负荷,有效地改善城市环境质量,加快环境友好型社会的建设。

#### (4) 再生资源回收是节约利用资源的有效手段

利用再生资源进行生产,不仅可以节约自然资源,防止废弃物泛滥,而且具有比利用原生资源生产消耗低、污染物排放少的特点。据测算,回收 1t 废钢铁,可炼钢 0.8t,节约铁矿石 2~3t,节约焦炭 1t;回收 1t 废铜,可炼电解铜 0.85t,节约矿石 1500t、电能 260 千瓦时;回收利用 1t 废纸,可造纸 0.8t,节约木材 3m<sup>3</sup>、电能 600 千瓦时、煤 1.2t、水 100m<sup>3</sup>。如果全国 1400 万吨废纸都可回收利用,就能生产 1120 万吨好纸,少砍 2.38 亿棵大树,节省 4200 万立方米的垃圾填埋场空间。据统计,仅“九五”期间,我国累计回收利用废钢铁 1.6 亿吨、废纸 4000 多万吨、相当于节约铁矿石 3.2 亿吨、标准煤 6400 万吨、木材 1.2 亿立方米、电能 240 万千瓦时、水 240 亿立方米。因此,加快建设现代再生资源回收体系,将有效地提高再生资源的利用率,降低企业生产成本,提高经济效益,促进资源节约型社会的发展。



(5) 再生资源回收利用是保障国家经济安全的有效举措

我国虽然地大物博,但人均资源十分匮乏,主要45种资源的人均占有量不足世界平均水平的一半,石油、天然气、铜和铝等重要矿产资源的人均储量仅相当于世界人均水平的8.3%、4.1%、25.5%和9.7%。资源供给不足已成为经济社会可持续发展的重要制约因素。一方面,由于国内资源的保障程度不断下降,我国经济发展对国际市场和外部环境的依赖性越来越大,一些重要矿产资源对外依存度已达到50%以上,如目前我国铁矿石、氧化铝的约50%、铜资源的约60%、原油的30%以上依靠进口,增大了国民经济和社会发展的风险。另一方面,我国每年约有500万吨的废钢铁、20多万吨废有色金属、1400万吨的废纸及大量的废塑料、废玻璃、废旧电器等废弃物没有被回收处理,资源严重流失。面对全球日益紧张的资源形势和由此导致的贸易摩擦频发,提高再生资源回收利用率,有助于缓解对国外资源的过分依赖,维护国家的经济安全。再生资源的回收利用,缓解了环境污染,保护了生态环境,减少了导致地球大气变化的温室气体的产生,发展了循环经济,缓解了资源紧张;同时,再生资源回收行业又是一个劳动力密集型行业,可以大量吸纳城乡富余劳动力。大力发展再生资源回收利用是实现人与自然、经济与社会和谐发展的重要途径,是经济可持续发展的重要物质保障。

#### 1.2.4 我国再生资源的现状

中国城市经济迅速发展,居民的生活水平日益提高,居民的生活方式发生变化,导致城市生活垃圾产量急剧增加,城市生活垃圾成分发生了较大变化。城市生活垃圾的成分变化使得垃圾问题更为复杂化,加大了垃圾管理工作难度及处置的复杂性。如广州市每年生活垃圾约 $110 \times 10^4$ t;天津因烧煤多,垃圾量更大,仅市内六个区每年生活垃圾就约 $140 \times 10^4$ t,单把这些垃圾从城市每个角落收集、运输就要消耗大量的人力、物力、财力。如天津约有1.2万名清洁工人,600多辆5t型垃圾运输车,每年运输费约2500万元。垃圾大多数采用露天堆放和填埋处置,需占用大量宝贵土地。固体废物产生越多,累积的堆放量越大,填埋处置的比例越高,所需的面积也越大。如此一来,势必使可耕地面积短缺的矛盾加剧。

我国工业固体废物累积堆放量侵占土地已由1991年的 $30000\text{km}^2$ 增加到1995年的 $56000\text{km}^2$ ,其中有近 $4000\text{km}^2$ 耕地。这对人均耕地少的我国,不能不说是一种令人担忧的行为。我国许多城市利用四郊设置的垃圾堆放场,也侵占了大量农田。据1985年航空遥感技术调查,广州市近郊地面堆放的各类固体废物,占地 $165.8\text{km}^2$ 。其中,仅垃圾堆就有 $69.04\text{km}^2$ 。这种垃圾任意侵占农田的现象在我国相当普遍,而且正规的垃圾填埋处理不仅占地面积大,而且对地形、地质有特殊要求。要求建设回收沼气,防止有毒污水渗入地层中的设施往往耗资巨大常需要上亿元。这不仅需要资金、土地,而且从长远角度看,随着城市化不断发展其所承受的负担会越来越重。

事实上真正的垃圾是不存在的。我们生活中每一种“废弃物”只要能被有效地回收利用,其都是一种资源。废弃的各种塑料可以回收重聚,还可以炼成石油。北京、武汉已设厂回收的废旧塑料变成煤油和无铅汽油;鸡、鱼、猪等肉骨头其中不但含有丰富钙质、粗蛋白、粗脂肪,多种氨基酸及维生素,还含有普遍肉类所缺乏的磷蛋白酸酯,可以延缓人体细胞老化的胶质、软骨素等。日本早已动手把它们加工成“肉糊”,制成精美的高级滋补品和



儿童食品；而果皮、菜根烂叶子和剩菜、剩饭可运往郊区或农村作为肥料和饲料。

而我国对废弃物的回收利用率只相当于世界先进水平的  $1/4 \sim 1/3$ ，大量再生资源尚未得到回收利用，流失严重，造成污染。据统计，我国每年有数百万吨废钢铁、六百多万吨废纸、二百万吨玻璃未予回收利用，每年因再生资源流失造成的经济损失达 250 亿～300 亿元。

因此，将再生资源合理的开发利用，不仅能很好地缓解环境压力，还能使我国少得可怜的人均资源得到永续利用，为我国的经济的发展提供更加充实的物质基础。

## 1.3 再生资源产业

### 1.3.1 再生资源产业的含义及内容

再生资源产业，是指以再生资源为原料的生产企业、以再生资源加工利用技术为对象的研究开发机构，从事再生资源回收经营的流通企业以及相关的信息服务企业等集合为一体的相对独立的产业系统，也可以被称为“再生资源行业”。通过建立废物和废旧资源的回收、综合利用、资源的再生处理体系，从根本上解决废物和废旧资源在全社会的循环利用问题。再生资源产业相当庞大而且分散。目前中国还没有对再生资源产业权威的界定，但占主导地位的观点认为，再生资源产业是指对社会生产和生活消费过程中产生的各种废弃物资进行回收和再加工利用的产业。原全国人大常委会副委员长蒋正华在首届中国再生资源论坛上指出，再生资源产业是指那些从事再生资源流通、加工利用、科技开发、信息服务和设备制造、环境保护等经济活动的集合。郭辉鸿认为，再生资源产业指集流通、生产、科研、环境保护于一体，集经济效益、社会效益、环保效益为一体的具有先进水平的新型产业。

一般来说，再生资源产业主要由从事再生资源回收、加工和再利用三大核心活动组成，如图 1-3 所示。

再生资源回收活动的主要内容是将分散在社会生产和生活中的各种废弃物进行收运和贸易流通，其中还包括简单拆解、清理、分类，以及适当的分割、粉碎、打包、压块等初加工。此外，仍具有原产品基本使用价值的旧货流通也是再生资源回收活动的一项内容。

再生资源加工活动主要内容是将回收的各类再生资源，如废旧铜、铝和塑料经过分拣、熔炼、拉丝造粒等环节加工而成再生资源中间产品，为制造企业深加工，得到再生资源的制成品提供原料。此外，各类拆解业，如报废汽车、船舶、报废电子产品、机电设备，以及进口废五金电器、废电线电缆和废电机等的拆解，也是再生资源加工活动的一部分。

再生资源利用活动的主要内容是以各种再生资源中间产品为生产原料进行深加工，制造出全新使用价值的物品，涉及冶金、化工、机械、纺织等工业生产领域。根据再生资源原料用量占企业全部生产原料的比例，可以划分为以再生资源为主要原料的专业再生资源利用企业，以及以再生资源为部分原料的一般企业，后者也是再生资源加工利用活动的参与者，例如废钢铁通常是钢铁冶炼厂回炉炼钢的重要原料。

围绕再生资源产业三项核心活动，再根据再生资源的属性，并结合我国目前的实际情况，认为再生资源产业应主要包括以下经济组织与个人。

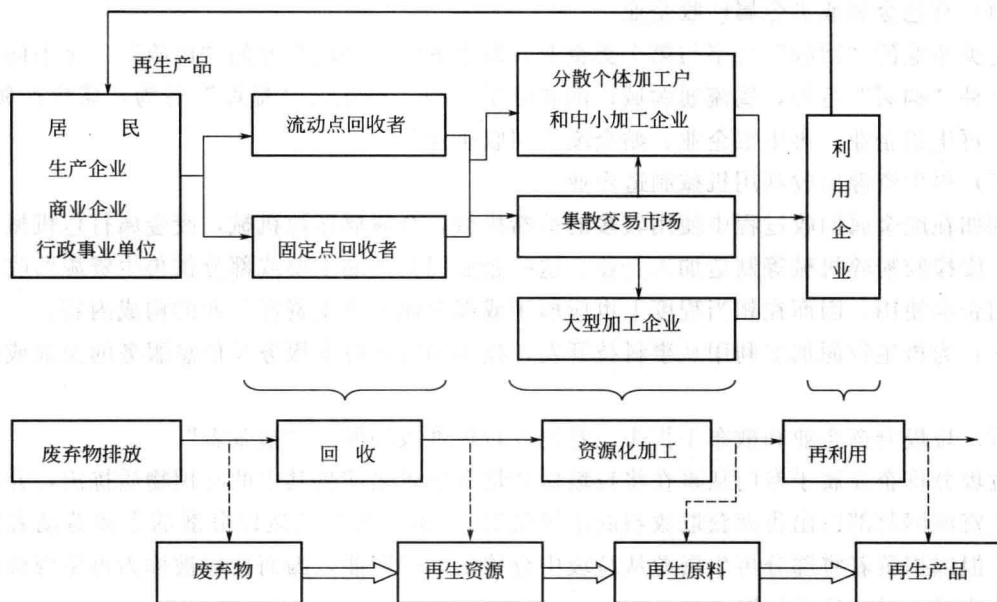


图 1-3 我国再生资源产业链结构示意图

### (1) 废置物品回收企业

废置物品回收企业主要是由面向各企事业单位和居民进行废金属、废橡胶、废塑料、废纸等生产性废置物和生活性废置物回收的企业组成。这些企业将具有一定经济利用价值的生产性废置物和生活性废置物收购以后，进行适当的分拣和整理（例如适当清除杂物、压紧、打包等），即送往有关加工企业（例如钢铁厂、有色金属冶炼厂、造纸厂、塑料制品厂等）进行加工利用。因此，废置物品回收企业在社会再生过程中承担的职能属于流通职能。

当然，也有少量回收企业从事一些回收物的（初级）加工，例如将部分废塑料粉碎，加工成易于被塑料制品企业加工利用的颗粒状原材料等。这类情况，基本属于流通性企业向生产性企业的部分业务延伸。

### (2) 以各类再生资源为主要原料或加工对象的加工制造企业

例如以废纸为主要原料的部分造纸厂，以废塑料及其初级加工品为主要原料的塑料制品厂，以废轮胎或其他类型的废橡胶为加工利用对象的制造加工企业，以及其他一些以再生资源为原料生产制造各类有用物品的企业。

### (3) 各类拆解企业，例如拆车企业，拆船企业

这类企业主要通过提供将报废车、船的各部位按所使用材料的不同，拆解成易于再次利用的几何尺寸与形状（例如将金属材料拆解成易于回炉冶炼的尺寸与形状）或将某些尚有利用价值的零部件拆解下来以便提供再次利用等劳务活动，赚取购进报废车、船与出售拆解所获各类材料及零部件之间的差价而获取收益。随着国民经济发展水平的提高和对外经济技术合作的加深，近年来我国的拆车业，拆船业（其中有相当部分为拆解进口废旧船）日益成为再生资源产业中的一个重要的行业领域。除了拆车、拆船企业以外，废旧电器的拆解企业也在国内有所形成。部分企业不仅从事拆解，而且根据拆解下来的各种器材和材料进行产品开发与加工，因而是一种在再生资源利用过程中处于较高层次的企业类型。

#### (4) 有色金属或贵金属回收企业

这类企业的“回收”二字与第1类企业，即废旧物品回收企业的“回收”二字不同，后者是一种“购买”行为，属流通领域；前者则是一种“提炼”、“提取”行为，属生产领域，例如，再生铅企业、再生铝企业、贴金废件回收企业等。

#### (5) 再生资源回收利用机械制造企业

例如在废金属回收过程中使用较多的剪断机械，金属屑压块机械，废金属打包机械，废塑料、废橡胶粉碎机械等制造加工企业。这些企业因其产品主要或部分供再生资源回收、加工利用企业使用，因而在相当程度上也应属于或部分属于再生资源产业的构成内容。

(6) 为再生资源加工利用从事科技开发，技术和管理咨询服务及信息服务的企业或市场组织。

#### (7) 垃圾分拣企业和散布于街头、巷尾或垃圾堆放场所的“拾荒者”

垃圾分拣企业属于专门从事在将垃圾做焚烧等处置之前将其中的有用物质拣出，并通过向再生资源回收部门出售而获取收益的市场组织。“拾荒者”虽然以分散的个体劳动者形态存在，但因担负着将部分再生资源从垃圾中分拣出来的职能，因而也应被称为再生资源产业的一个成员（或“准成员”）。

需要说明的是，虽然那些部分利用废钢铁、废有色金属和废纸的企业也参与了再生资源的加工利用，但是，这种加工利用毕竟只占其生产活动的一小部分，所以我们没有将其算入再生资源产业之中。

### 1.3.2 再生资源产业的特点

再生资源产业具有明显的特点，如具有准公共物品属性，属于劳动密集型和技术密集型产业，产业规模相对有限等。

#### (1) 准公共物品属性

生态环境作为人类生存栖息之地，在享用上具有不可分割性和非竞争性，以及受益的非排他性，具有明显的公共物品属性。随着环境状况的恶化，良好的生态环境变成一种相对稀缺的资源，出现“拥挤现象”，其竞争性逐渐增强，呈现出准公共物品的特征。

理论上，再生资源产业通过资源再生产活动，力图把被人类的生产、消费活动破坏了生态平衡重新恢复过来，所以，再生资源产业具有典型的准公共物品特性。正是因为再生资源产业的准公共物品属性，其竞争性使得通过市场机制，企业可以获得一部分像私人物品一样的收益，使市场介入成为必然。同时再生资源的回收利用活动给产业外的行为主体带来环境效益和社会效益，产生了正外部效应，使市场失灵。所以，再生资源产业要以市场为基础，但产业的非排他性、外部性、公益性特征又决定了再生资源产业的发展必须有政府的调控与干预。现实中，目前只是把进入垃圾清运渠道的垃圾处置产业作为自然垄断性的公共物品，由过去的大包大揽逐步采取了政府调控与市场化运作相结合的方式，而对再生资源回收利用活动的准公共物品的性质认识不清，把废旧物资的回收利用当作私人物品的交易，回收废旧物资不仅不收费，反而还要向废物的拥有者付费，完全按照市场化运作，政府未加以干预和管理，导致产业在运行过程中产生了很多问题。

#### (2) 劳动密集型和技术密集型