

资源循环利用

刘维平 主编



化学工业出版社

资源循环利用

刘维平 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

全书重点介绍了金属材料、无机非金属材料、高分子材料、固体废物及水资源的循环利用技术。金属材料循环利用着重介绍了有色金属和钢铁材料的循环利用方法。无机非金属材料循环利用主要讲述了当前无机非金属材料在生产使用过程中所面临的生态环境问题和无机非金属材料再生循环利用技术。高分子材料循环利用重点介绍了高分子材料的物理、化学和能量循环利用技术。固体废物循环利用介绍了钢铁工业、化工、冶金等工业固体废物资源化处理 and 循环利用的技术及废旧电池中有价金属的回收利用方法和工艺。水资源循环利用着重对污水、雨水、海水及苦咸水循环利用的现状、存在的问题、需求潜力、循环利用技术进行了详细的阐述。

本书可供从事资源循环利用工作的研究人员、管理人员及技术人员参考,也可供大中学校环境资源等相关专业的教师和学生阅读。

图书在版编目(CIP)数据

资源循环利用/刘维平主编. —北京:化学工业出版社, 2009.4
ISBN 978-7-122-04884-4

I. 资… II. 刘… III. 自然资源-资源利用
IV. F062.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 025457 号

责任编辑:满悦芝
责任校对:陈 静

文字编辑:刘莉珺
装帧设计:杨 北

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:大厂聚鑫印刷有限责任公司
787mm×1092mm 1/16 印张 16½ 字数 403 千字 2009 年 4 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:36.00 元

版权所有 违者必究

主 编 刘维平

副 主 编 高 永 蒋 莉

参加编写人员（以姓氏笔画为序）

孔 峰 刘维平 李雪飞 陈 娴

周全法 高 永 蒋 莉

主 审 周全法

前 言

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。在相当程度上，资源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，各类自然资源面临着巨大消耗和生态环境保护的双重约束，这就要求我们对资源树立新的认识和观念，采用新技术和新方法进行资源的有效开发与循环利用。

作为一个新的学科概念和新兴交叉领域，资源循环利用已在世界范围内得到发展。近年来，国内许多高校先后开设了有关资源循环利用的专业课程。通过该课程的学习，使学生掌握资源循环利用的基本概念和知识；掌握金属材料、无机非金属材料、高分子材料、固体废物和水资源的循环利用技术；掌握各种资源循环利用的技术、方法和设备。在引导认识资源循环利用与人类生存环境关系的基础上，介绍近年来资源循环利用的基本内涵、主要研究内容及方法，是培养面向 21 世纪的新型环保专业人才所必不可少的基本教学内容。

全书重点介绍了金属材料、无机非金属材料、高分子材料、固体废物及水资源的循环利用技术。金属材料循环利用着重介绍了有色金属和钢铁材料的循环利用方法。介绍了铜、铝、锌等有色金属回收预处理工艺和循环利用方法，叙述了从各种贵金属二次资源中回收金、银、铂等贵金属的工艺方法。无机非金属材料循环利用主要讲述了当前无机非金属材料在生产使用过程中所面临的生态环境问题和无机非金属材料再生循环利用技术，介绍了传统无机非金属材料中用量大、使用广泛的玻璃、非金属建筑材料的回收利用。高分子材料循环利用重点介绍了高分子材料的物理、化学和能量循环利用技术，介绍了高分子材料二次资源的来源及其引起的环境问题和塑料、橡胶、合成纤维的循环利用方式。固体废物循环利用介绍了钢铁工业、化工、冶金等工业固体废物资源化处理和循环利用的技术及废旧干电池、镍镉电池、混合电池、铅酸蓄电池中有价金属的回收利用方法和工艺。水资源循环利用着重对污水、雨水、海水及苦咸水循环利用的现状、存在的问题、需求潜力、循环利用技术进行了详细的阐述，对水资源可持续利用的对策、面临的问题、原则以及条件等问题进行了论述。

本书由刘维平教授主编，蒋莉、高永任副主编。全书由周全法教授主审。参加编写的人员有：刘维平（第 1 章、第 2 章），李雪飞（第 3 章），周全法（第 4 章），孔峰（第 5 章），陈娴（第 6 章），蒋莉（第 7 章、第 8 章），高永（第 9 章）。

由于资源循环利用技术处于发展阶段，加之编者学识所限，书中难免有疏漏和不足之处，敬请读者批评指正。

编者
2009 年 1 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 资源及其基本特征	1
1.1.1 资源的概念	1
1.1.2 资源的基本特征	1
1.2 再生资源与资源循环利用	4
1.3 国内外资源循环利用概况	7
1.3.1 国内资源循环利用	7
1.3.2 国外资源循环利用	9
1.4 循环经济与资源循环利用	11
1.4.1 循环经济内涵	11
1.4.2 循环经济的核心是资源循环利用	13
第 2 章 资源、材料与环境	14
2.1 材料在国民经济中的地位和作用	14
2.2 材料生产和使用带来的资源和环境问题	15
2.2.1 资源问题	15
2.2.2 环境问题	16
2.3 资源、环境和材料的关系	18
2.4 材料概述	20
2.4.1 材料发展史	20
2.4.2 金属材料	23
2.4.3 无机非金属材料	26
2.4.4 高分子材料	28
第 3 章 金属材料循环利用	30
3.1 概述	30
3.2 金属材料循环利用预处理	32
3.2.1 预处理工艺流程	32
3.2.2 预处理方法	32
3.2.3 预处理设备	33
3.2.4 预处理实例	35
3.3 铜资源循环利用	38
3.3.1 概况	38
3.3.2 铜循环利用的冶炼工艺	38
3.3.3 铜循环利用的生产实践	40
3.4 铝资源循环利用	43
3.4.1 概况	43
3.4.2 铝循环利用的生产技术	45

3.4.3 铝循环利用生产实践	46
3.5 锌资源循环利用	48
3.5.1 锌循环利用概况	48
3.5.2 二次锌原料及处理技术	50
3.5.3 锌循环利用生产实践	51
3.6 钢铁材料循环利用	53
第4章 贵金属材料循环利用	56
4.1 金的循环利用	56
4.1.1 从含金废液中回收金	56
4.1.2 从含金固体废料中回收金	59
4.1.3 从镀金废料中回收金	61
4.2 银的循环利用	63
4.2.1 从含银废液中回收银	63
4.2.2 从银电镀废液中回收银	66
4.2.3 从含银废乳剂中回收银	66
4.2.4 从感光胶片、相纸回收银	67
4.2.5 从镀银件、银镜片中回收银	68
4.2.6 从含银的废合金中回收银	69
4.3 铂的循环利用	69
4.3.1 从含铂废液中回收铂	69
4.3.2 从银金电解废液中回收铂、钯	70
4.3.3 含铂废催化剂中回收铂	71
4.3.4 从含铂废合金中回收铂	71
4.3.5 从镀铂、涂铂的废料中回收铂	71
4.3.6 含铂铈的耐火砖中回收铂铈	72
第5章 无机非金属材料循环利用	75
5.1 无机非金属材料的环境负荷	75
5.1.1 无机非金属材料面临的生态环境问题	75
5.1.2 无机非金属材料再生循环利用技术	76
5.2 玻璃的循环利用	78
5.2.1 玻璃的分类与特性	78
5.2.2 国内外玻璃循环利用状况	79
5.2.3 废玻璃的用途	82
5.2.4 废玻璃的分类回收方法	82
5.3 建筑材料的循环利用	83
5.3.1 建筑材料的分类	83
5.3.2 建筑材料性质	84
5.3.3 国内建筑材料生产状况	86
5.3.4 废建筑材料循环利用的国内外技术现状	89
5.3.5 建筑材料的用途与循环利用方法	91
第6章 高分子材料循环利用	94
6.1 高分子材料概述	94

6.1.1	废旧高分子材料的来源	94
6.1.2	高分子材料的环境问题	95
6.1.3	高分子材料的处理处置方式	96
6.1.4	高分子材料循环利用概况和发展趋势	98
6.2	废旧高分子材料的预处理	100
6.2.1	废旧高分子材料的收集	100
6.2.2	高分子材料的标识和识别	100
6.2.3	废旧高分子材料的分离	101
6.2.4	废旧高分子材料的粉碎	104
6.2.5	废旧高分子材料的清洗和干燥	104
6.2.6	废旧高分子材料预处理实例	105
6.3	废旧高分子材料的循环利用技术	105
6.3.1	高分子材料的物理循环	106
6.3.2	高分子材料的化学循环	112
6.3.3	高分子材料的能量循环	120
6.4	废旧高分子材料的循环利用实例	123
6.4.1	塑料的循环利用	123
6.4.2	橡胶的循环利用	136
6.4.3	合成纤维的循环利用	141
第7章	工业固体废物循环利用	143
7.1	钢铁工业固体废物循环利用	143
7.1.1	高炉渣	143
7.1.2	钢渣	147
7.1.3	铬渣	151
7.2	赤泥循环利用	157
7.3	尾矿循环利用	159
7.3.1	尾矿的定义、分类与成分	159
7.3.2	尾矿的污染现状与综合治理利用	162
7.4	重有色金属冶炼渣循环利用	165
7.5	化学工业固体废物循环利用	167
7.5.1	电石渣	167
7.5.2	磷石膏	168
7.5.3	废催化剂	170
7.6	粉煤灰循环利用	172
7.6.1	回收有用物质	174
7.6.2	在建筑工程中的应用	175
7.6.3	在建材制品中的应用	176
7.6.4	在其他行业中的应用	179
7.7	煤矸石循环利用	182
7.7.1	发电和造气	182
7.7.2	在建筑工程中的应用	183
7.7.3	在建材工业中的应用	186

7.7.4	黄铁矿的回收	188
7.7.5	从中提取稀有金属	189
7.7.6	制备化工产品	189
第8章	废电池循环利用	193
8.1	废旧干电池的循环利用	193
8.2	废旧镍镉电池的循环利用	195
8.3	混合电池的循环利用	198
8.4	铅酸蓄电池的循环利用	199
第9章	水资源循环利用	202
9.1	概述	202
9.1.1	水资源的基本含义及特点	202
9.1.2	水资源危机及解决途径	205
9.1.3	水资源的循环利用及其意义	208
9.2	污水循环利用	208
9.2.1	污水循环利用概述	209
9.2.2	城市污水循环利用存在的主要问题	212
9.2.3	城市污水循环利用的途径	212
9.2.4	污水循环利用技术	213
9.2.5	污水循环利用的工艺选择	217
9.2.6	污水循环利用对策	219
9.3	雨水循环利用	221
9.3.1	城市雨水循环利用的潜力与对策	221
9.3.2	城市雨水的利用状况与发展方向	221
9.3.3	雨水的资源化与评价	224
9.3.4	城市雨水利用方式	228
9.3.5	雨水循环利用的问题与对策建议	229
9.4	海水和苦咸水的利用	231
9.4.1	水资源制约沿海城市发展	231
9.4.2	国内外海水和苦咸水的利用状况	232
9.4.3	海水的直接利用	233
9.4.4	海水和苦咸水的淡化及综合利用	238
9.5	水资源可持续利用	241
9.5.1	水资源可持续利用对策	241
9.5.2	水资源持续利用面临的问题	245
9.5.3	水资源可持续利用的原则	246
9.5.4	水资源持续利用的条件	248
参考文献		251

第 1 章 绪 论

1.1 资源及其基本特征

1.1.1 资源的概念

资源是人类生存与发展的物质基础。对资源这一概念的认识，人们从不同的角度，对其作出了不同的解释。联合国环境规划署关于资源的定义是：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。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合成的自然物质要素，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。在资源循环利用中涉及的资源概念指物质资源的循环利用。

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，调节人和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 and 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，各类自然资源面临着巨大消耗和生态环境保护的双重约束，这就要求我们对资源树立新的认识和观念，采用新技术和新方法进行资源的有效开发与循环利用。

1.1.2 资源的基本特征

物质资源是具有自然属性和社会属性的物质综合体。资源的自然属性是资源在自然界物质运动漫长过程中产生和形成的，具有自身的自然发展规律。各种物质资源的元素结构及化学组合不同，所存在的地域环境和运动规律也不同，从而形成了不同的性质、特点和功能。多样性的物质资源相互渗透和相互依存，按照各自的特殊运动形式和规律进行物质和能量的交换、循环和转化，从而发挥着资源的不同功能和用途。资源的社会属性是资源在人类社会经济发展过程中形成和出现的，有其自身的经济发展规律。人类在发展社会经济、从事物质再生产的过程中，依靠科学技术的进步，逐步加深对资源内在规律本质的认识和掌握，探索资源的性能、特点、运动形式、功能用途及其所依存的地域环境条件，进行开发利用，调整资源利用的产业结构，并不断探索扩展资源的新领域、新品种和新功能，扩大资源开发利用的规模、广度、深度和强度，更多更好地将其转化成满足社会需要的物资产品。

(1) 物质资源的自然属性

① 资源在物质结构上具有多元性 资源的物理实体表现为物质形态。尽管它们以各种不同的形态存在于生物圈、土壤岩石圈、水圈和大气圈，但就其物质本质来讲，都是由碳、氢、氮、氧、硫、磷等元素，或与其他金属、非金属元素相互作用和组合形成的。人类社会同资源或者说同自然物质要素进行物质和能量的交换循环，实质上就是合理有效地利用资源的物质元素或由其多种物质元素相互作用和组合所构成的特殊使用价值功能，这样，资源在物质结构上的多元素和多成分性就决定了资源使用价值的多功能性。

② 物质资源在物理性质上具有共同性 不同类别的物质资源虽然都是由不同的物质元素以不同的组合形式构成的，但从其物理性质上讲，都具有某些等同的基本属性，如：具有物理实体的物质引力，这一性质决定了资源物理实体具有相应的吸引力；具有物质所具有的永恒惯性，这表现为资源物理实体反抗外界对其静止状态或运动状态的任何改变，从而保持其静止状态或运动状态的惯性；具有气体、液体、固体三种物质形态，不同物质形态的资源所具有的性质和功能不同，但都能在一定条件下引起相互转化。

③ 物质资源在赋存形式上具有共生和伴生性 这集中表现为矿物资源。矿物的共生是指由于成因上的共同性，在同一成矿阶段中出现不同种类矿物的现象。矿物的伴生是指不同成因或不同成矿阶段的矿物仅在空间上共同存在的现象。矿物是在漫长岁月的地质作用下形成的产物，由于地质作用，在自然界中单一成分的矿物是极少的，绝大多数的矿物都是两种或者多种矿物元素的共生、伴生的地质综合体。

④ 物质资源在相互联系上具有渗透结合性 各种自然资源既相互独立，又相互依存或者渗透结合在一起，构成相互制约平衡的自然物质资源体系和自然生态系统。在这个物质资源体系和生态系统中，土地是其自然物质基础，是各种自然资源的物质载体；农作物生长发育的耕地，草原中的草地，森林中的林地，水和矿物资源赖以贮存的水域地和矿藏地——矿山、煤田、油田、气田，以及海洋中的海底地、大陆架和滩涂等，都是承载各种自然资源的土地资源的主要构成部分。水、土资源必须良好配置结合，并分布在温、湿度适宜的气候资源中，才能形成良好的功能而适宜农作物和其他生物资源的生长发育。水贮存在地表上和地下，与土地密切不可分，并受着气候的影响和制约。天上水、地表水、地下水和海洋水构成水的大循环系统，调节气候、滋润土壤、维系生物生长发育。水还构成人和生物的肌体成分，是水生生物的栖息生存空间，是地球生命的源泉。由于各种自然资源存在着这种综合整体性，因而人们对任何自然资源的不合理开发利用，都会给该自然资源物质及其相关的自然资源和自然生态系统带来不良影响，甚至引起严重后果。

自然资源与其转化物原材料、能源、废弃物和废旧物资也是互相联系制约、相互影响作用的。资源的利用率高，转化成的有用物质资料就多，废弃物的产生和排放量就少。废弃物和废旧物资回收再生利用好，资源的物质功能和能量功能就发挥得充分，资源、能源的综合利用率就高，浪费就少，就可以减少原生自然资源的消耗量。

⑤ 资源在实际用途上具有多功能性 由于资源具有上述各种基本特征，因而对各有关资源都可以根据其物质构成、性质、特点、赋存形式、相互关系、功能及其物质能量关系等特征，从不同角度，以不同方式进行科学合理的开发利用，充分发挥其多种物质功能和能量功能用途，以满足社会经济生活多方面的需要。同时，各种资源的物质和能量功能，都可在一定条件下转换新的功能用途。对资源的合理开发利用，实质上就是全面充分合理利用资源的多种物资和能量功能，减少其物质和能量功能价值的浪费和流失，促使其更多地转化生成

产成品和动力，以供社会多种消费需要。

⑥ 部分自然资源在生存机能上具有可更新性 其中具有生命机能的生物资源，可通过人们的科学合理性的培育、保护，促使其在原有基础上再生增殖，扩大资源来源的规模、速度和数量；无生命机能的水、土资源，在使用后可通过人们的整治、改良、复垦和保护等措施，提高其功能价值，为社会生产和生活提供更加良好的可循环利用的水土资源。但对这些可更新资源，如果对其利用超过其可更新能力，破坏其生存循环规律，就会使其逐步退化成无更新能力的资源，甚至引起枯竭。因此，在开发利用可更新资源时，必须遵循自然生态规律，在保护自然生态平衡和更新能力的条件下，采取科学合理的保护性开发利用措施。

⑦ 部分自然资源在储存量上的有限性 我们只有一个地球，而地球的面积和体积及其物质构成的元素是有限的，因而决定了赋存在地球上的资源储存量有限。赋存在地球上的不可更新的矿物是由于地质作用，经过若干地质年代演变而形成，人类开发一点就少一点，在短时间内不可能再生。即使是可更新的生物资源，也因受着地球表面层上土壤面积及其功能的有限性及生物资源自然生命运动和自然生态环境条件的制约，其更新的规模、速度和数量也是有限的；如果开发超过了自然更新的极限能力，便会引起资源衰退和枯竭。

（2）物质资源的社会属性

① 物质资源界定的相对性 从资源的社会属性上讲，它是人类社会经济技术发展过程中的产物。要使自然界中的自然物质因素能够成为资源而成为劳动对象和劳动资料，进入社会物质生产过程，从而转化成为社会成品，要受着一定时间、空间内科学技术经济条件和社会生产力发展水平的制约。对特定的自然物质因素，能否将其作为资源进行开发利用，要看技术上是否可行，在经济上是否合理，其内涵界定并非一成不变。如某些自然资源在过去不能被开发利用，但随着科学技术的不断进步，生产技术手段的不断改进，到现在则已被开发成为重要的资源，并被利用转化成为重要的社会产品。如长期埋藏在地下的铀元素，今天已被开发成为发展核工业的核燃料。有人提出，如果能够进一步提高现有开发利用全国铜矿资源科学技术水平，将开采铜矿的品位由现在的 0.4% 降低到 0.2%，则全世界的铜矿储量将可增加 25 倍，就可以扩大铜矿资源规模而多采若干年。从战略总体上讲，地球上的一切自然物质因素，都是可以开发利用的资源或者待开发利用的潜在资源，是人类社会赖以生存发展的总资源。但从具体资源的开发利用战术上讲，在一定的时间范围内和经济技术条件及社会生产力发展水平下，要将某些自然物质因素确定为资源进行有效的开发利用，还要受着诸多主客观条件的制约，还有一个相对发展的过程。从这个意义上讲，资源应是个相对的概念。可以预见，在当代高新技术飞速发展和社会生产力水平迅速提高的推动下，一些新的更加重要的资源将会被探索开发出来，以适应当今世界社会经济高速发展的需要。

② 资源供需的矛盾性 由于资源的有限性，决定了通过开发利用资源可提供社会生产和生活所需物质资料的有限性。在当代，一方面由于人口的迅速增长，社会经济的高速发展，社会生产力和人民生活消费水平的大幅度提高，促使人类社会对资源提供其所需物质资料需求量的日益剧增，从而强化了对资源开发利用的规模、强度、深度和广度，导致了某些资源的日益退化、减少甚至枯竭。另一方面对资源的不合理开发利用，导致大量有用的宝贵资源未被充分合理利用而转化成为废弃物和废旧物资，造成资源的巨大浪费和流失，导致资源的供需矛盾十分尖锐突出，集中表现为当今世界范围内的资源短缺与危机。正是由于资源的这种供需矛盾，促使人们必须加强高科技开发，广辟资源的新来源、新品种和新功能，并十分注意节约、保护和综合合理利用资源，从而促进社会经济的进一步发展。

③ 资源的市场交换品属性 这里主要针对自然资源而言。在人们开发利用自然和改造自然的过程中，资源是一种可以在市场经济条件下进行有偿配置转让的物质产品，亦即是一种可以用特殊方式进行交换的商品。因此，资源也具有一般商品所具有的使用价值和价值的双重属性。

自然资源具有使用价值属性。资源是一种有用的物质体，是可以用来提供人类社会所需的物质资料。资源的这种有用性，集中表现为资源的使用价值，即资源所具有的物质功能和能量功能的效用，这是资源的自然本质的反映。资源在人们开发利用之前，具有潜在使用价值；当人们对其开发利用时，就具有了现实使用价值。由于各种资源的自然属性（包括物理的、化学的、生物的）不同，其功能也不同。一种资源的性能特征是多方面的，其功能也是多样的。探讨资源性质的多方面性和功能的多样性，人们可以根据生产和生活中的不同需要，合理开发利用资源，充分发挥资源的多种功能和用途。对资源多方面效能的出现和发挥，是人类社会在开发利用资源的长期实践中，不断积累的结果。使用价值构成资源财富的物质内容，成为其进行有偿配置转让交换的物质基础和承担者。

自然资源具有价值属性。其价值存在的前提是由资源对于人类生产与生活的效用性和稀缺性决定的；其价值实现的内涵与方式是由人们在开发利用资源过程中人类劳动所决定的。由于资源是物质财富的实际载体，资源的价值也呈现出潜在的价值和现实价值的基本特征。资源的价格是价值的货币表现，受资源供求关系的影响，价格总是围绕其价值上下波动的。正确认识资源的价值属性，无论从实践上还是从理论上都有着重大的意义。

1.2 再生资源与资源循环利用

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，可以将资源分成自然资源、人工物质资源和再生资源三大类。这种分类方法，从一定程度上反映出资源概念体系的发展历程，即由生产力低下时期的资源只包括基本上无人类劳动介入的自然资源，到引入有较多人类劳动介入的人工物质资源的概念体系，现在又将再生资源纳入资源概念体系范畴，这一历程是生产力发展、科技社会进步的直接结果。随着科技的发展，现在的概念体系还将不断被扩充。

自然资源的范围十分广泛，种类繁多，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。按自然资源在自然界中的赋存形态，可以分为固体资源、液体资源和气体资源；按资源的赋存条件及其特征，可以分为地下资源和地表资源；按自然资源的赋存特点及其是否具有可更新性，可以分为可更新资源（如动物、植物、水、海洋等）、不可更新资源（如矿产资源）、恒定资源（如阳光、空气等）。

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品，包括能源、原材料及制成品等。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性产品，是社会生产和生活所必需的物质资源。

对于再生资源的定义，学术界有很多讨论和解释。主要分为两类：有的学者主张狭义说，认为再生资源是指矿产开采中遗弃的共生伴生矿种和等外矿，生产中各个环节生产的废弃物，以及消费过程中排泄的各种废物和垃圾等的统称。再生资源是生产和生活消费中排泄的各种形态的金属和非金属废料，如在制造产品过程中剩下的对本生产过程不再有用的材料等。一部分学者主张广义说，认为再生资源是指在社会的生产、流通、消费等过程中，产生

的不再具有原使用价值，并以各种形态积存，但可以通过某些回收加工途径使其重新获得使用价值的各种废弃物，包括各种废料如废钢铁、废有色金属、废塑料、废橡胶、工业废渣等。有说凡属生产、生活中排泄下来的废弃物质、均为再生资源；有说二次资源、三次资源…… N 次资源统称为再生资源。长期以来，国外学术界对再生资源的概念进行了不少研究，有的国家已上升为法律进行规范。比如，日本颁布的《再生资源利用促进法》对其的定义是：再生资源是指伴随着一次被利用或者未被利用而被废弃的可收集物品，及在产品的制造、加工、修理、销售或者能量的供给、土木建筑等产生的副产品中，可作为原料利用或者有可能利用的物料。从再生资源利用的实践来看，把狭义和广义两者分立、分别规制不够科学，容易造成概念不清和实施上的困难。将两种定义综合起来，再生资源是指：人们在自然资源开采加工和使用过程中，将产生的剩余物和弃置物进行回收加工后能够恢复其使用价值的物质资料。

在经济建设的实践中，我国的一系列现行法规和行政政策性文件都对再生资源废弃物的综合利用和处理作了专门性规定，对其采取了不同的利用和处理政策措施。1985年，国务院颁布了《关于开展资源综合利用若干问题暂行规定》，成为我国新时期资源及再生资源利用事业的纲领性文件。1987年国家经委、商业部等联合下发的《关于进一步开发利用再生资源若干问题的通知》指出：再生资源是指生产和消费过程中产生的可以利用的各种废旧物资，主要包括企业事业单位产生的金属和非金属边角废料，报废的各种设备和运输工具，城乡居民及企业事业单位等出售的各种废品和旧物等。1991年《国务院关于加强再生资源回收利用管理工作的通知》中关于再生资源的概念是这样描述的：再生资源，这里主要是指社会生产和消费过程中产生的可以利用的各种废旧物资，其中包括企事业单位生产和建设中产生的金属和非金属边角废料、废液，报废的各种设备和运输工具，城乡居民和企事业单位出售的各种废品和旧物。该文件还指出，再生资源的回收利用是资源综合利用的重要组成部分，是坚持勤俭建国、厉行节约、合理利用资源、减少环境污染和提高经济效益的重要措施。

再生资源之所以具有可开发再次利用的性质，是因为资源在物质结构上具有多元素多成分性，以及这种多元素多成分的不同组合，构成了各种物质体的不同性能和社会用途上具有多种物质和能量功能。由于人们开发利用物质资源功能的广度、深度和有效程度，始终受着以科学技术进步状况和生产经营管理水平为主要标志的社会生产力发展水平的制约，因而人们在开发利用物质资源进行生产过程中，不可能一下就能深入揭示物质资源的本质规律，及对其采取充分合理开发利用的最佳手段和方法，也就不可能一下就能深入穷尽其可开发利用的多种物质和能量功能。在生产和消费过程中，在开发利用的各个环节，必然会有大量未被完全合理利用而存在着剩余使用价值功能的物质资源，以废弃物和废旧物资的形式弃置在环境中。由于物质资源在自然界中储存量的有限性和社会经济发展对物质资源需求量的无限性，这就形成了物质资源与社会经济发展之间的供需矛盾，这种供需矛盾也将随着人口的增多，社会经济的进一步发展而日益尖锐起来。然而物质资源所具有的物质和能量是不灭的，且是可以转换的，因而通过对废弃物资源进行加工改造，是可以促使其更新再生进行再利用的。随着科学技术的进步，生产劳动手段的改善和生产经营管理水平的提高，以及社会生产力的发展，人们采用循环利用的合理手段，进行废弃物质资源的再生，开发利用废弃物质资源中未穷尽的物质和能量功能的可行性，也日益增强而成为现实，并深入广泛的开展起来。由此可以看出：物质资源所具有的物质结构多元素多成分性及其物质和能量的多功能性，以

及物质和能量的不灭性和可转换性，是废弃物质资源可以再生，并可对其进行开发利用的内在物质根据；物质资源与社会经济发展之间的供需矛盾，以及为解决这种矛盾而需要采取综合、合理利用措施，而对其进行开发利用，则是其外在的社会动力。

马克思在《资本论》一书中“资本主义生产的总过程”分析里提出了“生产上的排泄物的利用”问题，认为这是“关于生产条件的节约”的“第二个大问题”。就是要把“生产排泄物（即生产上的所谓废料）在同一个产业部门或另一个产业部门再转化为新的生产要素，这种所谓排泄物，就是通过这个过程再回到生产与消费（生产的消费与个人的消费）的循环中去。”并指出：“这种废料因生产规模极大而数量也极大。因此，可以成为商业对象，再当作新的生产要素。这种废料仅因为是共同生产的废料，所以也在生产过程上取得了这样的重要性，依然是交换价值的担负物。这种废料，还会使原料的费用降低，这一不变资本的费用减少，会相应的提高利用率。”在这里深刻地揭示了生产废料利用的实质及其在社会物质再生产过程中的重要地位和价值。

20 世纪 70 年代，美国研究资源短缺与合理利用理论的著名学者 K. E. 鲍尔丁于 1966 年发表了《未来飞船地球之经济学》，阐述了“宇宙飞船理论”。这是一种理论假设，即把世界比作飞船，在其中生活着的人类，以保持良好的生态环境和资源合理利用为前提，把自然资源加工转化成商品，商品经消费利用后变成废品，废品经过加工处理成为下一轮生产的资源，如此循环不已，永续利用，实现资源永不枯竭，环境不受污染，经济持续发展。这从一个侧面反映了人同自然资源进行物质和能量交换循环的运动过程。这种资源——商品——废品——废品资源化再生利用的资源运行模式，可以说是物质资源在社会物质再生产过程中的—种良性循环方式，反映了资源循环利用的合理性和必要性。

资源循环利用这一综合性概念是指：在社会的生产、流通、消费中产生的不再具有原使用价值并以各种形态赋存的废弃物料，通过人们回收加工行为使其获得使用价值的再利用过程。资源循环利用有如下特征：

① 客观性 也可称为内在规律性，是指资源循环利用的出现是人类社会经济发展进程中所必然出现的一种社会生产和再生产方式，是不依人们的意志为转移的社会经济发展的客观现象，是人类社会发展到一定程度之后面对有限的资源与环境承载力所做出的必然选择。

② 科技性 资源循环利用的出现和发展是以先进的科学技术作为依托的。只有通过不断的技术进步，才能实现更大范围和更高效率的资源循环利用，同时不断拓展可供人类使用的资源范围，从源和流两个方面解决人类所面临的资源短缺和生态环境保护问题。

③ 系统性 资源循环利用是一个涉及到社会再生产领域各个环节的系统性、整体性的经济运作方式。在不同的社会再生产环节上，它有不同的表现形式，但不能因此将其割裂开来看待，只有通过整个社会再生产体系层面的系统性协调，才能真正实现资源的高效循环利用。

④ 统一性 包括两个层面的含义。第一层含义是指通过资源循环利用的社会再生产方式，既可以解决人类目前所面临的资源、环境两大危机，又能实现人类社会经济的可持续发展，因此资源循环利用与人类社会经济发展和生态环境保护是统一的；第二层含义是指资源循环利用无论是在社会再生产的宏观层面还是在产业和企业的中微观层面，物质生产与产品流通实现形式都体现于资源的循环利用。

⑤ 能动性 资源循环利用是人类对自身面临的资源和环境危机的理性反思的产物，是人类对客观世界认识的进一步深化。资源循环利用理论与行动的—目的是达到节约资源、减废

治污、治理和保护环境，进而从整体上推进经济持续发展与社会全面进步。这种循环的推动力是科学技术的进步。在资源循环利用过程中，环境保护与治理是一直伴随着的行动和措施，以实现生态环境与资源得到保护的目，最后达到人与自然的和谐。循环利用指“资源——产品——废弃物——再生资源”的反馈式循环过程，可以更有效地利用资源和保护环境，以尽可能小的资源消耗和环境成本，获得尽可能大的经济效益和社会效益，从而使经济系统与自然生态系统的物质循环过程相互和谐，促进资源永续利用。

资源循环利用包括三个要素：“减量化”即在生产和服务过程中，尽可能地减少资源消耗和废弃物的产生，核心是提高资源利用效率；“再利用”是指产品多次使用或修复、翻新或再制造后继续使用，尽可能地延长产品的使用周期，防止产品过早地成为垃圾；“资源化”是指废弃物最大限度地转化为资源，变废为宝、化害为利，既可减少自然资源的消耗，又可减少污染物的排放。从目前情况看，资源化的途径主要有两种，一种是再生利用，如废铝变成再生铝，废纸变成再生纸；另一种是将废弃物作为原料，如电厂粉煤灰用于生产建材产品、筑路和建筑工程，城市生活垃圾用于发电等。

资源循环利用的价值意义：

① 对资源的多种物质和能量功能的不断深入发掘和全面充分合理利用，以求达到物尽其用的目的。资源的循环利用具有节约、保护资源，开拓、扩展资源来源，增值资源功能价值的多种意义。

② 从社会物质再生产全过程看，资源循环利用力求把资源的多种物质和能量全面充分地转化成多种社会综合产品。资源循环利用具有扩大再生产、提高资源综合利用价值和增强经济价值的意义。现在，国家提出了要建立资源节约型的国民经济体系，就是要在尽可能少的投入的基础上，获得最多的经济效益，创造最多的社会物质财富。大力开展资源的循环利用，全面充分和经济、合理的开发利用资源，是建立资源节约型国民经济体系的一条有效途径。

③ 从资源的多功能性和再生性出发，多方位、多层次、多环节的全面充分合理利用资源的多种物质和能量功能，大力开展资源循环利用，可以合理开发利用自然资源，维护自然生态平衡。

1.3 国内外资源循环利用概况

1.3.1 国内资源循环利用

20 世纪 90 年代以来，我国资源循环利用工作不论在广度、深度还是在力度上都不断得到加强和提高。资源循环利用技术不断增强，利用效率不断提高，管理体系不断完善。主要体现在以下几方面：

(1) 资源循环利用具有一定规模，取得显著的经济和社会效益，技术水平进一步提高

改革开放以来，在国家一系列鼓励再生资源回收利用优惠政策的支持下，我国废旧物资回收行业得到较快发展，再生资源回收加工体系初步形成。据不完全统计，2000 年我国再生资源回收量已突破 5000 万吨，年回收总值 450 亿元；废旧物资回收企业主要品种年加工预处理量达 2000 多万吨，废旧车船和机械设备拆解能力近千万吨，有色金属和贵金属回收、加工能力和加工质量大大提高。目前，一个遍布全国、网络纵横的再生资源回收加工体系已

初步形成。

“九五”期间，我国累计回收利用废钢铁 1.6 亿吨，废有色金属 600 多万吨，废塑料 1000 多万吨，废纸 4000 多万吨。据测算，每利用 1t 废钢铁，可炼钢 850kg，相对于用铁矿石炼钢可节约成品铁矿石 2t，节约 0.4t 标准煤；每利用 1t 废纸可生产纸浆 800kg，相对于木浆造纸可节约木材 3m³，节约标准煤 1.2t，节电 600kW，节水 100m³。“九五”时期，仅回收利用的废钢铁和废纸两项，相当于节约成品铁矿石 3.2 亿吨，节约标准煤 6400 万吨，节约木材 1.2 亿立方米，节电 240 万千瓦，节水 40 亿立方米。

近年来，我国废旧物资回收企业基本摒弃了“收进来，卖出去”的传统经营模式，采取了清洗、除油、去污、干燥、拆解、剪切、打包、破碎、分选、除杂等加工预处理手段，加工生产各类再生原料，并逐步向产业化方向发展。生态工业园区是发展资源循环利用的主要载体，国家核心企业，包头国家生态工业示范园区和石河子国家生态工业示范园区的经验值得推广；主导产业型园区有上海化学工业区和太仓港再生资源进口加工区；综合型园区的示范区有天津开发区、大连开发区和苏州高新区。

（2）资源循环利用的管理体系逐步健全

国务院有关部门负责再生资源循环开发利用管理，并设立归口管理的职能司局，有专人负责，并对各省、自治区、直辖市对应厅（局）进行业务指导和服务。各省、自治区、直辖市有关厅（局）负责所辖企业、事业单位的废弃物资源综合开发利用管理工作，并有专人负责。企业是资源循环利用开发的主体，为加强管理，我国大中型企业成立有再生资源循环利用的归口管理部门，负责本企业资源循环利用的管理工作，如制定规划、计划、填写统计报表，研究开发利用技术，建设资源综合利用工程，以及其他日常的管理工作。资源循环利用协会（学会）是为政府和企业开展资源循环利用提供服务的中介组织。目前，有全国性的资源循环利用协会，也有地方和行业性的资源循环利用协会。

（3）资源循环利用的基本模式已初步建立

资源的循环利用，应当贯穿于资源开发、资源投入、资源回收的各个方面，必须从源头开发、生产加工、消费后回收利用等途径进行规划调控，做到合理开发利用资源、实施清洁生产、改变传统消费方式，多渠道综合提高资源利用效率，保障资源循环利用链的紧密衔接，实现资源的永续利用。

良好的管理是利用好资源的基础，也是保护好资源的前提，保护就是为了使资源在相当长的时期内为国民经济提供富有保证的物质来源。中国的资源开发伴随着国民经济的建设过程走过很大的弯路，资源破坏和资源浪费给当前的经济发展造成了很大的压力，特别是矿产资源的破坏和浪费、土地生产力的下降、荒漠化、草场退化以及水土流失，将威胁国民经济的持续发展。要在资源全球化的基础上实施全球配置，从全球资源配置的高度研究资源战略问题。改变封闭的、自给自足的孤立市场为开放的、利用国内、国际两种资源和国内国际两个市场。由于地球表层物质分布的不均衡性、多样性和复杂性，造成世界各国资源状况的极大差异。到目前为止，世界还没有一个国家能够完全依靠本国资源来发展经济。实践证明，在全球经济一体化的今天，只有建立开放的、充分利用国内外两种资源的资源供给体系，实施两种资源、两个市场的全球资源战略，才能真正保证我国建设与发展所需要的资源供应。

实施清洁生产，提高资源利用率。清洁生产中完全体现着资源的循环利用原则，是一种使资源利用合理化、经济效益最大化、对人类和环境危害最小化的生产方式。这种生产方式能够提高通过资源的综合利用、短缺资源的代用、二次能源的利用，以及各种节能、降耗措