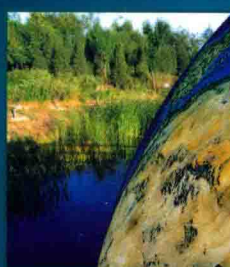


普通高等教育“十三五”规划教材

资源循环概论

刘维平 主编



化学工业出版社

普通高等教育“十三五”规划教材

资源循环概论

刘维平 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

全书阐述了资源循环利用基本内涵及其发展、主要研究内容和方法；论述了资源循环利用与材料工业、生态环境和城市矿产的相互关系；阐述了资源循环利用相关的法律规制与保障制度；以材料分类为主线，论述了金属材料、无机非金属材料和高分子材料的循环利用技术、方法和原理；并阐述了固体废物及水资源的循环利用途径及方法。

本书可作为高等学校环境工程专业、资源循环科学与工程专业、材料工程专业、冶金工程专业的教学用书，同时可供资源循环利用相关领域的科技人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

资源循环概论/刘维平主编. —北京：化学工业出版社，
2017.1

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-122-28587-4

I. ①资… II. ①刘… III. ①资源利用-循环使用-
高等学校-教材 IV. ①X37

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 287009 号

责任编辑：满悦芝
责任校对：边涛

文字编辑：荣世芳
装帧设计：刘亚婷

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）

印刷：北京市振南印刷有限责任公司

装订：北京国马装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 13 $\frac{3}{4}$ 字数 331 千字 2017 年 2 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：32.00 元

版权所有 违者必究

《资源循环概论》编写人员

主 编 刘维平

副主 编 高 永 蒋 莉

主 审 周全法

编写人员 (以姓氏笔画为序)

孔 峰 刘维平 陈 娴 李雪飞

周全法 赵美珍 高 永 蒋 莉

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。在相当大的程度上，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，影响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矛盾，这就要求我们对资源树立新的认识，采用新技术和新方法进行资源的有效开发与循环利用。近年来，资源循环利用作为一门新的交叉学科和一种战略性新型产业，已在世界范围内得到迅速发展。

本书重点阐述了资源循环利用的基础知识；论述了金属材料、无机非金属材料、高分子材料、固体废物及水资源循环利用的技术和方法；论述了资源循环利用相关的法律规制与保障制度。在引导认识资源循环利用与人类生存环境关系的基础上，阐述了资源循环利用的基本内涵及其发展、主要研究内容和方法，论述了资源循环利用与材料工业、生态环境和城市矿产的相互关系。在金属材料循环利用中，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。资源循环利用法律规制与保障介绍了资源循环利用的相关立法、我国资源循环利用法律法规及法律保障制度。

本书由刘维平教授主编。参加编写人员分工如下：刘维平（第1章、第2章、3.1节、3.9节、4.1节、5.1节），李雪飞（3.2~3.5节），周全法（3.6~3.8节），孔峰（4.2节、4.3节），陈娴（5.2~5.7节），蒋莉（第6章），高永（第7章），赵美珍（第8章）。全书由刘维平负责统稿和定稿。

本书在撰写过程中参考了大量资料和许多专家学者的研究成果，限于篇幅，在参考文献中没有全部逐一列出，在此，对本书编写过程中参考和引用资料的专家学者表示衷心的感谢！

由于资源循环利用技术仍然处于发展阶段，加之编者学识所限，书中难免有错误和不足之处，敬请读者批评指正！

编者

2017年1月

目 录

第1章 资源与资源循环	1
1.1 资源与再生资源	1
1.1.1 资源特点与属性	1
1.1.2 再生资源	4
1.2 资源循环利用概念及特征	6
1.2.1 资源循环利用概念内涵	6
1.2.2 资源循环利用特征	7
1.3 资源循环利用系统模型及价值意义	8
1.3.1 资源循环利用系统模型	8
1.3.2 资源循环利用价值意义	9
1.4 资源循环利用与循环经济	11
1.4.1 循环经济核心内涵	11
1.4.2 循环经济主要特征	12
1.5 城市矿产与资源循环利用	13
1.5.1 城市矿产概念	13
1.5.2 城市矿产环境效益	14
1.5.3 城市矿产发展战略	15
第2章 材料生命周期与资源循环利用	17
2.1 材料发展简史及其地位和作用	17
2.1.1 材料发展简史	17
2.1.2 材料的地位和作用	20
2.2 材料生产和使用带来的资源和环境问题	21
2.2.1 资源问题	21
2.2.2 环境问题	22
2.3 材料生命周期与环境协调性	23
2.3.1 材料生命周期与资源和环境的关系	23
2.3.2 材料的环境协调性	25
2.4 材料生命周期评价与生态设计	26
2.4.1 材料生命周期评价概念及技术框架	26
2.4.2 材料生态设计理论框架	28
第3章 金属材料循环利用	30
3.1 金属材料概述	30
3.1.1 有色金属	30

3.1.2	黑色金属	32
3.1.3	金属材料循环利用概况	33
3.2	金属材料循环利用预处理	34
3.2.1	预处理工艺流程	34
3.2.2	预处理方法	34
3.2.3	预处理设备	36
3.3	铜循环利用	37
3.3.1	再生铜预处理	37
3.3.2	铜循环利用方法	40
3.4	铝循环利用	42
3.5	锌循环利用	44
3.6	金循环利用	46
3.6.1	含金废液中回收金	46
3.6.2	含金固体废料中回收金	49
3.6.3	镀金废料中回收金	51
3.7	银循环利用	52
3.7.1	银电镀废液中回收银	52
3.7.2	含银废乳剂中回收银	52
3.7.3	镀银件及银镜片中回收银	53
3.7.4	含银废合金中回收银	53
3.8	铂循环利用	54
3.8.1	含铂废液中回收铂	54
3.8.2	银金电解废液中回收铂和钯	55
3.8.3	含铂废催化剂中回收铂	55
3.8.4	含铂废合金中回收铂	56
3.8.5	镀铂及涂铂的废料中回收铂	56
3.8.6	含铂、铑的耐火砖中回收铂、铑	56
3.9	钢铁材料循环利用	58
3.9.1	废钢铁来源及分类	59
3.9.2	废钢铁加工	60
3.9.3	废钢铁循环利用途径	61

第4章 无机非金属材料循环利用 62

4.1	无机非金属材料概述	62
4.1.1	无机非金属材料简介	62
4.1.2	无机非金属材料面临的生态环境问题	64
4.1.3	无机非金属材料循环利用技术	64
4.2	玻璃循环利用	66
4.2.1	玻璃的分类与特性	66
4.2.2	废玻璃的用途与回收方法	67
4.3	建筑材料循环利用	69

4.3.1	建筑材料的分类与性质	69
4.3.2	建筑材料的生产与循环利用概况	71
4.3.3	建筑材料的循环利用方法	74
第5章 高分子材料循环利用		77
5.1	高分子材料概述	77
5.2	废旧高分子材料处理处置	78
5.2.1	废旧高分子材料来源	78
5.2.2	废旧高分子材料造成的环境问题	79
5.2.3	废旧高分子材料处理处置方式	80
5.3	废旧高分子材料预处理	81
5.3.1	收集	81
5.3.2	标识和识别	82
5.3.3	分离	83
5.3.4	粉碎	85
5.3.5	清洗和干燥	86
5.4	废旧高分子材料循环利用理论基础	86
5.4.1	物理循环	86
5.4.2	化学循环	89
5.4.3	能量循环	94
5.5	塑料循环利用	97
5.5.1	废塑料的直接循环利用	98
5.5.2	废塑料的改性利用	100
5.5.3	废塑料热解转化利用	102
5.5.4	废塑料的化学分解利用	105
5.5.5	废旧塑料的热能利用	106
5.5.6	废旧塑料的其他处理方式	107
5.6	橡胶的循环利用	108
5.6.1	直接利用	109
5.6.2	间接利用	109
5.7	合成纤维循环利用	113
第6章 固体废物循环利用		115
6.1	冶金废渣循环利用	115
6.1.1	高炉渣	115
6.1.2	钢渣	119
6.1.3	有色金属渣	121
6.1.4	赤泥	123
6.2	化工废物循环利用	125
6.2.1	电石渣	125
6.2.2	磷石膏	126

6.2.3 废催化剂	128
6.2.4 铬渣	130
6.3 煤系废弃物循环利用	136
6.3.1 粉煤灰循环利用	136
6.3.2 煤矸石循环利用	144
6.4 尾矿循环利用	153
6.4.1 尾矿组成及环境污染	153
6.4.2 尾矿循环利用技术	155
6.5 废电池循环利用	158
6.5.1 干电池循环利用	159
6.5.2 镍镉电池循环利用	161
6.5.3 混合电池循环利用	163
6.5.4 蓄电池循环利用	165

第7章 水资源循环利用 168

7.1 概述	168
7.1.1 水资源的含义及特点	168
7.1.2 水资源循环利用问题与对策	172
7.1.3 水资源可持续利用原则	175
7.2 污水循环利用	177
7.2.1 污水循环利用问题与对策	177
7.2.2 污水循环利用途径与技术	178
7.3 雨水循环利用	183
7.3.1 雨水循环利用问题与对策	183
7.3.2 雨水资源化评价与利用方法	185
7.4 海水与苦咸水循环利用	189
7.4.1 海水直接利用	189
7.4.2 海水与苦咸水淡化	192

第8章 资源循环利用法律规制与保障 194

8.1 资源循环利用法律规制的必要性	194
8.1.1 资源、环境、技术与法律	194
8.1.2 可持续发展理念与要求	195
8.2 资源循环利用的相关立法	196
8.2.1 国外资源循环利用立法	196
8.2.2 我国资源循环利用立法	198
8.3 我国资源循环利用法律法规及主要内容	199
8.3.1 基本法的规定	199
8.3.2 单行法的规定	199
8.3.3 行政法规、规章的规定	201
8.4 资源循环利用的法律保障制度	202

8.4.1	规划制度	202
8.4.2	市场准入制度	202
8.4.3	生产者责任延伸制度	203
8.4.4	产业政策引导制度	203
8.4.5	再生资源回收利用体系制度	204
8.4.6	激励奖励和资金支持制度	204
参考文献		206

第 1 章 资源与资源循环

1.1 资源与再生资源

1.1.1 资源特点与属性

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矛盾，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。

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的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,与土地密不可分,并受着气候的影响和制约。天上水、地表水、地下水 and 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机体成分,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 and 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得好,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为新的功能用途。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质和能量功能,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

化成生产成品和动力,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,从而转化成为社会产品,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。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给其所需物质资料的需求量日益剧增,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新技术开发,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。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的人类劳动所决定的。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。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。

1.1.2 再生资源

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。

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在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的过程中,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,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,并深入广泛地开展起来。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、合理的措施对其进行开发利用,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,所以也在生产过程中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,会相应地提高利用率。”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一种良性循环方式，反映了资源循环利用的合理性和必要性。

1.2 资源循环利用概念及特征

1.2.1 资源循环利用概念内涵

资源循环利用的出现，是经济社会发展到一定阶段的产物。随着科学技术的进步，人类对资源环境认知的不断深入，生产劳动手段的改善，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的循环利用，开发利用废弃物中物质和能量功能的可行性变为现实。从资源循环利用的阶段来看：20世纪50年代，主要是开展废旧物资回收利用；60年代，开始注重共生、伴生矿综合开发利用；70年代，开展工业生产过程中“三废”的综合利用；80年代，确立资源综合利用的经济技术政策；90年代，提出循环经济和资源循环利用的概念；2000年以来，相继提出再制造、“城市矿产”理念，并开展再制造试点、“城市矿产”基地建设和餐厨废物资源化利用。

资源循环利用可理解为：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，通过人们的回收加工行为使其获得使用价值的再利用过程。国内外学者对资源循环利用的认识并不统一，概念的内涵与外延并不一致。日本《推进循环型社会形成基本法》中将资源循环利用定义为，资源循环利用是指再利用、再生利用以及热回收，其中再利用指循环资源（废弃物中有用的物品等）作为产品直接使用（包括经过修理后进行使用）以及循环资源的全部或一部分作为零部件或其他产品的一部分进行使用；再生利用是指将循环资源的全部或一部分作为原材料进行利用；热回收是指对全部或部分循环资源通过利用其可供燃烧或有可能燃烧的物质获取能量。我国《循环经济促进法》中虽然没有关于资源循环利用的直接论述，但对资源循环利用涉及的再利用和资源化等相关领域进行了法律界定。该法认为，再利用是指将废物直接作为产品或者经修复、翻新、再制造后继续作为产品使用，或者将废物的全部或者部分作为其他产品的零部件予以使用；资源化是指将废物直接作为原料进行利用或者对废物进行再生利用。

综上所述，资源循环利用是指对开采、生产加工、流通和消费等环节产生的各类有用废物进行再利用（再使用和再制造）、再生利用的过程。其中，再使用是指将废物的全部或部分作为产品直接使用（包括经过简单维修后进行使用），这类物品通常称为二手产品或旧货；再制造是指对再制造毛坯进行专业化修复或升级改造，使其质量特性不低于原型新品水平的过程；再生利用是指将废物的全部或部分作为原材料进行利用，主要涉及产业废物和再生资源，具体包括对矿产开采加工过程中产生的尾矿的再生利用，对生产过程中产生的废渣、废水（液）、废气等进行回收和再生利用，对汽车零部件、工程机械、农业机械、矿用机械、冶金机械、石油机械、信息产品及设备等机电产品进行再制造，对社会生产和消费过

程中产生的各种再生资源（废橡胶、废塑料、废金属、废旧电器电子等）进行回收再使用或再生利用。表 1-1 中给出了废物回收、废物循环利用、再利用和再生利用等几个术语的包含关系。可以看出，循环利用包括再利用和再生利用两部分，不包括能量回收。

表 1-1 不同术语之间的包含关系

废物处理			
废物回收利用			废物处置
废物循环利用		能量回收	
废旧产品或零部件的再利用	材料回收(再生利用)		

在实际使用过程中，资源循环利用与资源综合利用两术语之间往往导致混淆，两者的区别体现在以下五个方面：①资源综合利用的前提假设是不存在废物，一切皆为资源，而资源循环利用的前提假设是废物存在，并将其作为对象；②资源综合利用以提高资源利用效率为目标，而资源循环利用以提高资源循环利用率为目标；③资源综合利用的衡量指标通常为资源产出率，而资源循环利用的衡量指标为资源循环利用率；④资源综合利用为过程性（同步性）利用，而资源循环利用为结果性（废物已经产出）利用；⑤资源综合利用具有资源利用的相对确定性，一般在事前会进行生产工艺和资源综合利用的设计，而资源循环利用由于一些废物产生的时间、地点、规模、流向带有不确定性，使得其利用过程带有不确定性。现实中，受生产力水平、技术先进性、消费者偏好变化的影响，废物是存在的。因此，对于废物的利用问题，使用循环利用更为合适。

1.2.2 资源循环利用特征

资源循环利用具有如下特征。

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节约资源、减废治