

普通高等教育“十三五”规划教材

生物质材料 与能源加工技术

主 编 任学勇

副主编 张 扬 贺 亮



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

普通高等教育“十三五”规划教材

生物质材料 与能源加工技术

主 编 任学勇

副主编 张 扬 贺 亮



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

· 北京 ·

内 容 提 要

《生物质材料与能源加工技术》分为三个知识模块，包括原料特性、材料制品以及能源转化。在原料特性篇中，首先从人类所面临环境与资源问题谈起，引出生物质材料与能源，重点介绍生物质原料的资源特性、组成与性质。在材料制品篇中，先介绍生物质基复合材料的加工技术，然后依次介绍纤维素、木质素、淀粉、蛋白质和甲壳素等典型生物质基材料的特点、加工技术与应用。在能源转化篇中，按照转化技术原理，依次介绍生物质物理、化学、热化学和生物转化原理、工艺技术、典型装备和产品应用。

本书可以作为高等学校相关专业高年级本科生与研究生的教材，也可供生物质产业领域科研人员、工程技术人员、管理人员参考使用。

图书在版编目（C I P）数据

生物质材料与能源加工技术 / 任学勇主编. — 北京：
中国水利水电出版社，2016.12
普通高等教育“十三五”规划教材
ISBN 978-7-5170-5046-9

I. ①生… II. ①任… III. ①生物材料—高等学校—
教材②生物能源—高等学校—教材 IV. ①Q81②TK6

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第316423号

书 名	普通高等教育“十三五”规划教材 生物质材料与能源加工技术 SHENGWUZHI CAILIAO YU NENGYUAN JIAGONG JISHU
作 者	主编 任学勇 副主编 张扬 贺亮
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京瑞斯通印务发展有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 18.75印张 600千字
版 次	2016年12月第1版 2016年12月第1次印刷
定 价	49.00元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

生物质资源具有原料可再生、利用过程清洁低碳、产品可作为石化基替代品等特点,在资源短缺和生态环境不断恶化的今天已经成为社会广泛关注的热点和世界各国竞相发展的重点。材料和能源是生物质资源利用和产业发展的应用方向和重要领域。近年来,许多国家纷纷制订生物质材料和能源领域的发展规划,开发生物质产业的企业和加工项目如雨后春笋般快速发展,与之相应的生物质加工学科、专业和课程教育等在高等院校中也应运而生。

本书是将生物质加工领域内材料和能源的知识内容凝练在一起的有益尝试。全书分为三个知识模块,依次为原料特性、材料制品和能源转化。在原料特性篇中,首先从人类生存和发展所必需的环境、资源与材料谈起,并引出发展生物质材料与能源的重要性,之后重点介绍生物质原料的资源特性、组成与性质等。在材料制品篇中,先介绍生物质基复合材料的加工技术,然后按照原料特性和来源分别介绍纤维素、木质素、淀粉、蛋白质和甲壳素等天然高分子类生物质基材料的特点、加工技术与应用。在能源转化篇中,按照转化技术原理,依次介绍生物质物理、化学、热化学和生物转化原理、工艺技术、典型设备和产品应用。

本书较为系统地介绍了生物质材料与能源加工领域的基础知识、材料制品技术、能源转化技术以及应用技术等,力求实现生物质材料与能源学科知识的系统化、集成化、先进化和实用化,可以作为高等学校相关专业高年级本科生与研究生等的教材,也可供生物质加工领域科研人员、工程技术人员、管理人员参考使用。

本书由北京林业大学任学勇担任主编,北京林业大学张扬和浙江省林业科学研究院贺亮担任副主编。全书共分为三篇,共13章,其中第1章1.1节由任学勇、张扬、贺亮和刘毅共同编写,其余由任学勇独立编写并完成全文统稿。常建民、张扬、贺亮参与了书稿框架的讨论和部分内容资料的收集整理工作。

本书立题新颖、重点突出、深入浅出,对生物质材料与能源加工的理论、设备、工艺、技术、产品和应用等进行了完整、系统和深入的阐述,希望可以为从事和关心生物质产业的同仁提供有益的参考和帮助。

在本书的编撰过程中，参考和引用了国内外大量珍贵的文献资料，在此向这些文献作者表示深深的谢意。生物质材料与能源加工技术属于新兴交叉学科，内容涉及面广，信息量大，限于作者水平，书中难免存在不妥或疏漏之处，诚请有关专家和读者批评指正，以便在后续版本中加以改进完善。

编者

2016年9月

目 录

前言

第一篇 原料特性篇

1 绪论	3
1.1 资源、环境与材料	3
1.2 可再生资源	10
1.3 生物质材料与能源	11
1.4 生物质加工项目评价	12
2 生物质原料资源特性	18
2.1 生物质原料分类	18
2.2 林木生物质	20
2.3 竹类生物质	34
2.4 藤类生物质	38
2.5 农业秸秆类生物质	42
3 生物质原料组成与性质	57
3.1 化学组成	57
3.2 元素组成	67
3.3 工业分析组成	69
3.4 物理性质	75
3.5 热化学性质	77

第二篇 材料制品篇

4 生物质基复合材料	85
4.1 生物质复合材料概述	85
4.2 生物质聚合物复合材料	85
4.3 生物质金属复合材料	99
4.4 生物质无机质复合材料	103
5 纤维素基生物质材料	111
5.1 再生纤维素材料	111
5.2 纳米纤维素材料	113
5.3 纤维素复合材料	117

5.4	功能纤维素材料	120
6	木质素基生物质材料	124
6.1	木质素磺酸盐的性质与利用	124
6.2	碱木质素和硫酸盐木质素的性质与利用	129
6.3	工业木质素基高分子材料	131
7	淀粉基生物质材料	140
7.1	淀粉概述	140
7.2	淀粉的结构与性质	140
7.3	淀粉的变性加工技术	148
7.4	淀粉基材料加工技术	156
8	蛋白质基生物质材料	161
8.1	大豆蛋白质的来源和提取	161
8.2	大豆蛋白质的结构与性质	164
8.3	大豆蛋白质材料加工技术	169
8.4	动物丝蛋白质与应用技术	175
9	甲壳素基生物质材料	179
9.1	甲壳素/壳聚糖概述	179
9.2	甲壳素/壳聚糖的来源和提取	180
9.3	甲壳素/壳聚糖的化学结构和基本性质	182
9.4	甲壳素/壳聚糖材料加工技术	192
9.5	甲壳素/壳聚糖材料的应用	197

第三篇 能源转化篇

10	生物质物理转化能源	205
10.1	生物质致密成型技术概述	205
10.2	生物质致密成型原理与影响因素	206
10.3	生物质致密成型工艺技术	208
10.4	生物质致密成型设备	211
10.5	生物质致密成型燃料特性	214
11	生物质化学转化能源	218
11.1	生物柴油化学法制备技术	218
11.2	生物质溶剂液化技术	224
12	生物质热化学转化能源	235
12.1	生物质热解气化技术	235
12.2	生物质热裂解液化技术	243

13 生物质生物转化能源..... 259

13.1 生物质生物转化制沼气技术 259

13.2 生物质生物转化制燃料乙醇技术 265

13.3 生物质生物转化制氢气技术 278

参考文献 288

第一篇 原料特性篇

1 绪 论

1.1 资源、环境与材料

过去半个世纪以来,人类在最大限度地获得各种资源的同时,也以前所未有的速度和范围改变了全球的生态环境,一些生态系统所遭受的破坏已经无法逆转,牺牲环境发展生产的恶果正在越来越清晰地表现出来。《千年生态环境评估报告》指出,过去40年中人类对河流湖泊水资源的开采翻了一倍,1/4的海洋鱼类遭遇过度捕捞,约90%的大型海洋食肉动物消失,25%的哺乳类动物、12%的鸟类和1/3以上的两栖类动物面临灭绝的厄运。20世纪的最后几十年,世界煤炭资源损失了20%,另外20%的煤炭资源正在退化。也是在同一时期,滥伐森林使热带雨林锐减,35%的世界森林资源消失并导致干旱发生。20世纪以来,在传统资源观的影响下,竭泽而渔式的发展造成了严重的环境污染和资源浪费,因此而造成的环境危机必将制约人类社会的和谐发展,导致人类的生存危机。保护生态环境,落实科学发展观是21世纪的必然选择。

1.1.1 21世纪人类面临三大问题

20世纪70年代开始,人类进入了一个科学技术快速发展的阶段,微电子技术、生物工程技术和空间技术、新型技术、新能源、航天工业、海洋开发等新兴技术出现与发展,使人类实现了DNA的人工合成和“克隆”羊,登上了月球、火星,实现了遨游太空。然而人类在获得快速发展的同时,也对我们赖以生存的地球造成严重破坏,特别是进入21世纪,人类将面临3个威胁生存的问题:自然环境遭到严重污染,生态破坏加剧;人类赖以生存和延续发展的自然资源即将枯竭;人口恶性膨胀,已达到或接近地球承受极限(人口问题在本书中不作叙述)。

自然资源是在一定经济和技术条件下,自然界可以被人类利用的物质和能量,人类可以直接从自然界获得并用于生产和生活。自然资源可分为有限资源和无限资源两大类。无限资源取之不尽,如空气、风、太阳能等;有限资源又可分为可再生的资源和非再生资源。可再生资源在合理使用的前提下,可以实现持续生产和再生,如生物体、水等,例如,鱼只要不过量捕捞,大鱼可以生出小鱼,河湖海洋中的鱼类会一代一代繁殖下去;非再生资源是不能运用自然力增加蕴藏量的自然资源,不具备自我繁殖能力。由于不能自我繁殖,非再生资源的初始禀赋是固定的,用一点少一点。某一时点的任何使用,都会减少以后时点可供使用的资源,如煤、铁等矿藏是非可再生资源的典型。非再生资源又称可耗竭资源。非再生资源可分为可回收的非再生资源 and 不可回收的非再生资源。前者主要指金属等资源,后者主要指石油、煤、天然气等能源资源。

自然资源是人类社会生存和发展的基本条件,是社会文明发展的基础,人类发展的



历史就是对资源开发利用以满足自身生产和生活需要的过程。一个国家经济发展在很大程度上取决于资源拥有量、组合及开发利用水平。特别是在经济技术发展水平不高,主要以劳动密集型和资源密集型为主的地区,资源状况对国民经济和社会发展的影响更为突出。

随着人类社会的发展与进步,特别是近 200 年来,人类经历了四次技术革命。人类对自然资源的开发利用达到了前所未有的水平,在创造巨大社会财富的同时,由于对自然资源无限索取,自然资源动态平衡遭到严重破坏,从而造成全球性的资源危机,特别是有限非再生资源迅速消耗,使得整个地球众多资源面临短缺或枯竭,如淡水资源日益缺乏、森林资源严重破坏、生物物种濒临灭绝、各类矿物资源日渐枯竭,特别是能源资源枯竭不但严重影响现代经济发展,也将给未来造成难以持续发展的局面,我们留给子孙后代的将是一个资源贫化和枯竭的家园。

由于人类活动或自然原因,环境条件发生了不利于人类的变化,以至影响人类的生产和生活,给人类带来伤害,这就是环境问题。广义的环境问题包括人为原因引起的环境问题和自然原因引起的环境问题两类。狭义的环境问题即第二环境问题,则指人为原因引起的环境问题,包括自然环境的破坏和污染。我们通常所说的环境问题主要是指自然环境污染。对人类生产、活动而言,环境一般有三个作用:首先,环境是各种生物生存的基础,同时也为人类从事生产、生活提供物质基础;其次,环境对人类生产、活动产生的进入环境中的废弃物进行消纳、稀释及转化,保证人类生产、生活过程的延续发展;第三,环境为人类的生产和生活提供舒适性的精神享受。一般情况下,经济越发达,对环境舒适性的要求越高。环境污染问题古已有之,随着生产力的发展,各历史阶段的环境问题有所不同。

人类环境问题,在不同的历史发展阶段、不同的国家和地区有不同的情况。其过程大体可以分为四个发展阶段:①早期人类社会。早期人类社会处于原始的捕猎阶段,人类对环境的依赖性很大,而改造环境的能力却很差。由于生产力水平低下,人口密度小,人类向环境索取的物质和向环境排放的废弃物都不会超过环境承受能力。因此,人类活动对环境的干预十分有限,不可能出现以后发生的各种环境问题。当时的环境问题,最多是因为乱采、乱捕破坏人类聚居的局部地区的生物资源而引起生活资料缺乏甚至饥荒,或者因为用火不慎而烧毁大片森林和草地,迫使人们迁移以谋生存。②以农业为主的奴隶社会和封建社会。这时,生产力得到发展,人口密度增加。人类对环境的干预和改造能力也随之增强。农业和畜牧业是生物性生产,一方面在很大程度上依赖自然条件,另一方面又会对自然环境造成破坏。农业生产活动向环境排放的废弃物不多,而且生产和生活排放的废物可以纳入物质生产的小循环,环境污染并不突出。只是在人口集中的城市,各种手工业作坊和居民抛弃的生活垃圾过多,曾出现环境污染,但同工业化生产和大规模城市化带来的环境污染相比要轻微多了。③产业革命以后到 20 世纪 50 年代。产业革命把人类社会带进了工业化的新时代。一方面,大幅度提高了社会生产力,增强了人类利用和改造环境的能力;另一方面,资源的消耗、废弃物的排放也大量增加,从而大规模地改变了环境的组成和结构,带来了种种环境问题。首先是出现了大规模环境污染,其次是自然环境的破坏。④20 世纪 60 年代以后。目前,大气污染范围越来越大,出现了全球性的并直接影响整个



生物圈的某些机制和平衡的三大问题，即酸雨、二氧化碳的“温室效应”和臭氧层的破坏。全球气候恶化、生物多样性锐减，有毒化学品的污染及越境转移，土壤加速退化，水资源枯竭，森林面积缩小，自然环境和资源越来越难以承受高速工业化、人口剧增和城市化的巨大压力。

环境污染是指被人们利用的物质或者能量直接或间接地进入环境，造成对自然的有害影响，以至于危及人类健康、危害生命资源和生态系统，以及损害或者妨害舒适性和环境的其他功能或特性的现象。

所谓环境污染与其他公害是指由于人类生产、生活等活动产生的已知或未知的某些物质进入环境，导致环境的物理、化学和生物等特性发生改变，从而引起环境质量下降、自然生态改变、生物物种减少或灭绝以及危害人体健康、影响环境的有效利用和破坏环境的现象。环境污染的实质是人类生产、活动所索取资源的速度超过了资源本身的再生速度以及向环境排放废弃物的数量超过了环境本身的自净能力。

由于资源过度消耗、人口激增以及环境污染等影响，目前，人类面临十大环境问题：①全球气候变暖，二氧化碳、甲烷等温室气体阻止地球表面热量散发，气候变暖引起两级冰川融化，导致海平面上升，使沿海地区受淹。②臭氧层破坏，臭氧层能吸收太阳紫外线，人类工业和生活活动中排放的臭氧层损耗物质会破坏臭氧层，导致人类皮肤癌和白内障的发病率升高。③生物多样性减少，主要原因是过度捕捞、工业污染等。生物多样性的减少将逐渐瓦解人类生存的基础。④酸雨蔓延，大量二氧化硫和氮氧化物等排入大气，在降雨时溶解在水中，即形成酸雨。酸雨具有腐蚀性，会损害农作物，导致湖泊酸化，鱼类死亡。⑤森林锐减，人类的过度采伐，加上森林火灾使得森林面积锐减。森林减少导致水土流失、洪灾频繁等恶果。⑥土地荒漠化，过度放牧、采矿、修路等人类活动使草地退化。目前全球荒漠化土地面积几乎相当于俄罗斯、加拿大、美国和中国国土面积的总和。⑦资源短缺，其中最严重的是水资源、耕地资源和矿产资源短缺，工业城市建设工程在不断占用耕地，这使人类面临耕地不足的困境。⑧水环境污染严重，工业污水使得原本清澈的水体变黑发臭，细菌滋生。在我国，七大水系的水源只有不到 30% 能满足饮用水水源的水质标准。⑨大气污染，悬浮颗粒被人体吸入，容易引起呼吸道疾病。二级空气标准适合人类生活，但我国目前只有 1/3 的城市一年中绝大多数天数空气能达到二级标准。⑩固体废物成灾，固体废物包括城市垃圾和工业固体废物。垃圾中含有有毒物质，任意堆放会污染周围空气、水体甚至地下水。

总之，人类的活动和生产既依赖环境的支持，又对环境产生不利的影响。随着经济的高速发展，环境污染已成为不容忽视的问题。环境问题正变得复杂化、多层次和全球化，使得人类不得不对以往的发展模式进行反思和总结，努力寻找新的发展模式，在提高经济效益、改善人类生活的同时保护资源，维持全球范围的生态系统平衡，实现社会、经济的可持续发展。

1.1.2 我国的环境、资源状况

从瑞士达沃斯世界经济论坛上传来了一个值得警觉的消息，在正式对外发布的评估世界各国（地区）环境质量的“环境可持续指数”（ESI）显示，全球 144 个国家和地



区中，中国位列第 133 位。全球共同面对着资源短缺和环境污染问题，中国的问题更加突出，我们已经成为世界第一大煤炭消耗国、世界第一大铁矿石消耗国、世界第一大橡胶进口国、世界第二大石油消耗国，2003 年全世界有 50% 以上的水泥消耗在中国，中国成了一个大工地，中国实际上是资源高消耗型的增长方式，我们的矛盾比其他国家都突出。

1.1.2.1 环境状况

国家环保局指出，目前，中国各种污染物排放量已经大大超过了环境的承载能力。如果按照现在的发展方式继续发展，中国的资源就难以为继，环境将不堪重负。

根据科学研究，同等单位 GDP 的增长，我国一些主要的污染指标，比如二氧化硫、氮氧化物等排放强度是发达国家的 8~9 倍。中国环境问题已经到了非解决不可的时候。2004 年中国国家环保总局披露的一组数据显示：我国的化学耗氧量（主要是水污染物）、二氧化硫、消耗臭氧层物质排放量居世界第一，二氧化碳（温室气体）排放量居世界第二。我国单位产值的排污量是世界平均水平的十几倍，我国每万美元产值消耗矿产资源是日本的 7.1 倍、美国的 5.7 倍、印度的 2.8 倍。我国 1/3 的国土被酸雨侵蚀，七大江河水系中劣五类水质（即丧失水功能，不可农业用、不可工业用，更不可作饮用水源，专业术语称为“劣五类”）占到了 41%，沿海赤潮的年发生次数比 20 年前增加了 3 倍，1/4 的人口饮用不合格的水，1/3 的城市人口呼吸着严重污染的空气，城市垃圾无害化处理不足 20%，工业危险废物处置率仅为 32%，全球污染最严重的 10 个城市中，中国占 5 个。环境污染和生态破坏造成了巨大的经济损失，据世界银行测算，中国空气和水污染造成的损失占当年 GDP 的 8%；中科院测算，环境污染使我国发展成本比世界平均水平高 7%，环境污染和生态破坏造成的损失占 GDP 的 15%；环保总局的生态状况调查表明，仅西部 9 省区生态破坏造成的直接经济损失就占当地 GDP 的 13%。

环境对人民的身体健康也造成了明显的危害，2004 年，我国患病的人数已增至 50 亿人次，因健康造成的经济损失高达 8000 亿元，相当于当年 GDP 的 7%。据联合国开发计划署 2002 年报告称，中国每年空气污染导致 1500 万人患支气管病。

我国的生态破坏和环境污染问题主要可归纳为以下六个方面：①沙漠化趋势严重，据研究，我国沙漠化土地每年以 1560km^2 的速度发展。②水资源开采过量，浪费惊人，污染严重，中国是严重缺水的大国，人均径流量为 2600m^3 ，仅为世界人均水平的 31.1%。③大范围的水土流失，加速生态环境失衡。水土流失是我国生态环境最突出的问题之一，自 20 世纪 90 年代来，全国水土流失总面积已达 160.3万 km^2 ，增长了近 38%，占国土总面积的 16.7%。④自然灾害频率加快，受灾面积不断扩大，我国大部分地区受季风影响，是“灾害之国”。⑤森林面积日趋缩小，草原面积大量退化，我国森林覆盖率人均占有量居世界后列，属于“森林贫穷大国”，我国森林覆盖率远低于世界平均水平。⑥大气污染严重，废渣排放过多。大气污染与工业增长呈明显的相关性。

生态破坏造成巨大的经济损失，生态指标恶化已经明显地影响了经济指标和经济趋势，不利于生产力的发展，不利于人民生活水平的提高，不利于全国推进小康建设进程，不利于构建和谐社会。据中国环境科学研究院的一项研究表明，我国每年因生态破坏造成的经济损失就高达 500 亿元，其中农业资源破坏损失为 363 亿元，森林破坏为 115 亿元。



生态破坏使全国物质财富总量特别是国民经济核算中尚未计算或难于计算的耕地、水资源、森林、草场、各类矿产资源等物质财富蒙受巨大的损失。

1.1.2.2 资源状况

《2003 年中国国土资源公报》显示, 2003 年年初全国有查明资源储量的矿产共 158 种, 其中, 能源矿产 10 种, 金属矿产 54 种, 非金属矿产 91 种, 其他水气矿产 3 种。原油、煤等能源矿产, 铁等黑色金属矿产保有的查明资源储量不同程度下降。

尽管我国矿产资源种类及储量比较丰富, 但据 2004 年数据显示, 近年来中国矿产资源紧缺矛盾日益突出, 石油、煤炭、铜、铁、锰、铬储量持续下降, 缺口及短缺进一步加大。2003 年矿产品进口量大幅度增加, 其中原油进口 9112 万 t, 铁矿石进口 14813 万 t, 锰矿石进口 286 万 t, 铬铁矿进口 178 万 t, 铜矿石进口 267 万 t, 钾肥进口 657 万 t。

近年来, 我国资源人均占有量低, 消耗过度, 某些矿产储量严重不足。据 2005 年有关资料显示, 我国一些重要资源的人均占有量大大低于世界平均水平。人均耕地、水资源、矿产资源不足, 仅分别为世界平均水平的 40%、25%、58%, 石油为 11%, 天然气为 4.5%, 铜为 18%, 铝为 7.3%。资源短缺成为制约经济增长的首要因素。与此同时, 资源消耗过度。2004 年消耗了世界钢铁的 27%、水泥的 40% 和煤炭的 31%, 但 GDP 只占世界的 4%, 资源利用率不高, 目前我国单位资源的产出水平相当于美国的 1/10、日本的 1/20、德国的 1/6。全社会从业人员的劳动生产率, 只相当于美国的 1/46、日本的 1/41、法国的 1/34、德国的 1/32。

部分矿产储量严重不足, 如石油、天然气、铁、锰、铜、镍、金、银、硼等需要长期进口补缺。铬、钴、铂族元素, 钾盐、金刚石等主要依赖进口。

另外, 从统计数据可以看出, 我国在能源资源问题上存在三大矛盾: 污染环境的煤炭资源消费量过大与优质的石油天然气资源少和供应不足的矛盾; 能源生产总量大与能源利用效率低之间的矛盾; 人口数量大和人均用能少之间的矛盾。

因此, 需要我国的生态环境及资源状况是令人担忧的。过去 50 多年, 我国经济在向工业国转变过程中得到迅速发展, 对自然资源的开发利用能力不断提高, 然而, 随着科学技术的发展, 对自然环境的破坏程度和对资源消耗程度也达到空前规模。

目前, 我国水、土地、能源、矿产等资源的开发利用潜力已接近极限, 资源环境问题日趋严重, 对国际资源市场的依存度越来越高, 我国全面小康社会的建设将面临能源结构性匮乏、矿产资源短缺、水危机、耕地与粮食风险及环境质量进一步恶化等诸多挑战, 我国的地理环境将承受更大的压力。

在全球经济一体化背景下, 解决我国当前的资源环境与经济发展问题必须使其纳入全球体系。我国未来的发展将更依赖于国际资源与产品市场, 我国的环境与发展问题也不只是中国的问题, 需要把它看成是全球问题的一个重要组成部分。

因此, 需要落实科学发展观, 采取行之有效的措施, 把可持续发展放到促进国民经济持续、健康、快速发展的重要地位。中国作为发展中国家, 人口多, 人均资源少, 生态环境脆弱, 发展水平低。在创造经济增长奇迹的同时, 努力改善生态环境状况, 寻求环境与社会、经济、人口相协调的发展道路, 具有重要的战略意义和现实意义。



1.1.3 材料与环境污染

自人类诞生以来,人类祖先为了抵御猛兽袭击和猎取食物,为了生存与发展,开始从周围环境中不断获取各种生活资料和生产资料。而材料的发现、发明和使用是人类活动的保证,从最原始的石器、青铜器、铁器到当今世界涉及范围广泛的各种高性能材料,如电子、信息、航天、生物、能源、环境等。追溯人类文明的历史,材料是人类文明的里程碑,是人类赖以生存和得以发展的重要物质基础。正是材料的使用、发现和发明,才使人类在与自然界的斗争中,走出混沌蒙昧的时代,发展到科学技术高度发达的今天。

人类社会的进步,总是离不开材料的。材料是社会发展的基础和先导,是社会文明的重要标志,是现代高科技的重要支柱之一。从人类社会科技发展史看,相关新材料的发明与应用往往是重大技术突破与创新的起点。新材料的研制、开发与应用不仅成为高技术发展的推动力,而且也是衡量一个国家科学技术水平高低的标志。20世纪50年代出现的镍基高温合金,将材料使用温度由原来的 700°C 提高到 900°C ,从而导致了超音速飞机的问世;光导纤维材料的出现,使人类传递信息的数量和质量获得大幅度提升,与铜制材料相比,传递频带宽为4万兆赫的信息,材料质量减轻了3万多倍,价格便宜近2000倍;硅单晶生长技术和晶片加工技术的进步,使计算机的运算速度由第一台计算机每秒5000次提高到目前已超过每秒5万亿次,整整提高了10万亿倍。在某种意义上,人类的文明进程在某种程度上是由材料所决定的,当人类文明进展面临瓶颈时,新材料的发明就带动了文明的又一次突破。

然而,材料在提取、制备、生产、使用及废弃过程中,往往消耗大量的资源和能源,造成能源短缺,资源过度消耗甚至枯竭,并排放大量的污染物,造成环境污染和破坏,如全球温室效应,臭氧层破坏,光、电磁、噪声及放射性污染等。这种对自然环境的污染与破坏在18世纪后期第一次技术革命开始后进入飞快加速并难以弥补的地步。20世纪的世界十大公害事件从一个侧面反映了自然环境被污染与破坏的严重性,同时也对人类本身造成伤害。

随着社会经济的快速发展和人类生活水平的提高,对材料及其产品的需求日益增长,对新材料的发展和应用提出更高、更迫切的要求。如何既能很好地使用材料、能源,又不会给环境带来伤害,这就需要研究环境、材料、社会之间的关系,充分利用环境材料,使人类社会实现可持续发展的目的。

1.1.4 解决资源枯竭与环境污染的途径

在资源枯竭、环境严重污染与破坏的今天,世界各国都将可持续发展作为21世纪的发展战略。可持续发展是指既可满足当代人的需要又不损害后代人需求的发展,就是说,经济建设与人口、资源和环境要协调发展,既能达到发展经济的目的,又能保护人类赖以生存的自然资源和环境,使人类能够连续不断地发展。传统意义上的材料和能源的不合理开发和利用,直接导致了资源短缺和环境恶化,因此,材料与可持续发展之间的问题已引起世界各国的高度重视。

实施可持续发展的主要措施就是发展循环经济。循环经济是20世纪90年代后期在工



业化国家逐渐兴起的概念与实践，它是相对于传统的“自然资源—产品—废物排放”单向流动的线性经济模式而言的，代表了新的发展方向和发展趋势。它要求运用生态学规律来引导人们的经济活动，就是把清洁生产和废弃物的综合利用融为一体的经济，其含义可理解为，在物质的循环利用基础之上，按照自然生态系统中物质循环共生的原理来设计经济体系，通过废弃物交换和使用将不同企业联系在一起，形成“自然资源—产品—再生资源”的物质循环过程，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，从而使生产和消费过程中投入的自然资源最少，将人类活动对环境的排放或危害降低到最低程度，即实现低投入、高效率 and 低排放的经济发展。因此，循环经济可以看作是对物质闭环流动型经济的简称，它以物质、能量梯次使用为特征，在环境方面表现为低排放，甚至零排放。

更理想、更广义的循环经济不但包括“自然资源—产品—再生资源”的物质循环过程，还应实现“自然资源—产品—无公害废弃物—资源重组—自然资源”的物质自然循环过程，达到减量化、再资源化、无害化的生态平衡，如图 1-1 所示。其中，上循环解决材料制备过程中资源短缺与匮乏问题，大循环解决材料使用废弃后的环境污染与破坏问题，达到生态平衡。

我国人口众多，资源相对贫乏，生态环境脆弱，经济增长方式尚未从根本上转变，仍然没有摆脱传统的高投入、高消耗、高排放、高污染、不协调、难循环、低效率的发展模式，在经济高速增长的同时，资源和能源的短缺、生态环境恶化等问题日益突出。为了减轻经济增长对资源供给

的压力，必须倡导循环经济模式，使资源得到充分有效利用，最大限度地减少废弃物排放，实现经济社会可持续发展。大力发展循环经济，推行清洁生产，可将经济社会活动对自然资源的需求和生态环境的影响降低到最低程度，从根本上解决经济发展与环境保护之间的矛盾。

目前，我国资源产出率低，资源利用效率低，资源综合利用水平低，再生资源回收和循环利用率低，已经成为企业降低生产成本、提高经济效益和竞争力的重要障碍。大力发展循环经济，提高资源的使用效率，增强国际竞争力，势在必行。只有发展循环经济，才能走出一条科技含量高、经济效益好、资源消耗低、环境污染少、人力资源优势得以充分发挥的新型工业化道路。

材料的循环再利用不仅可以解决部分资源匮乏与短缺，而且能减少对环境污染，是发展循环经济的重要手段。循环再利用将传统的生产模式改变为“自然资源—产品—废弃物—回收再生—再生资源”，在这个循环过程中废弃物被收集后，重新处理回收再生及再

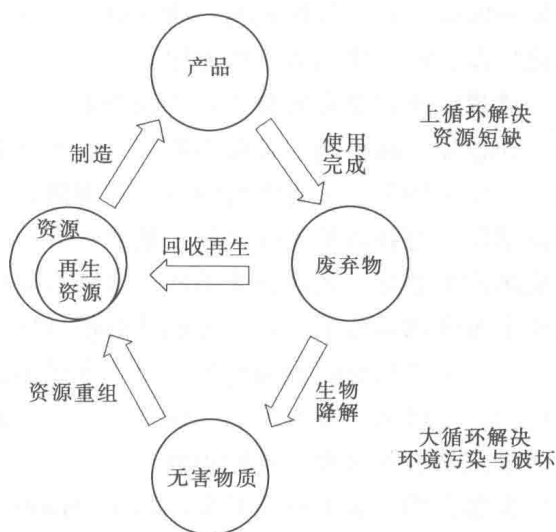


图 1-1 解决资源枯竭与环境污染问题的两个循环