



普通高等教育“十三五”规划教材

PUTONG GAODENG JIAOYU “13·5” GUIHUA JIAOCAI

环境材料学

主 编 黄占斌

副主编 马 妍 贾建丽 竹 涛

侯 嫔 于 妍 孙志明



冶金工业出版社

www.cnmp.com.cn



普通高等教育“十三五”规划教材

环境材料学

主 编 黄占斌

副主编 马 妍 贾建丽 竹 涛

侯 嫔 于 妍 孙志明

北 京

冶金工业出版社

2017

内 容 提 要

本书共分两部分。第1~8章为环境材料的理论和原理部分：在对环境材料科学概述的基础上，主要介绍了环境材料与资源、能源和环境的相互关系，环境材料的生命周期评价，环境材料的生态设计，环境材料的环境友好加工与清洁生产，以及环境材料在土壤污染、大气污染、水污染治理中的应用。第9~13章为环境材料在环境治理中的应用部分：主要结合矿业特点，对腐植酸、炭基材料、可降解塑料和高分子保水材料，以及矿物材料等环境材料的特性及其在环境治理中的应用进行了介绍和分析，对矿业院校和相关研究具有较强的理论性和指导性。

本书可作为环境科学、环境工程和材料学等相关专业的教学用书，也可供有关科研人员和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

环境材料学/黄占斌主编. —北京:冶金工业出版社,
2017. 11

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5024-7655-7

I. ①环… II. ①黄… III. ①环境科学—材料科学—
高等学校—教材 IV. ①TB39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 257933 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷 39 号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp.com.cn 电子信箱 yjcbbs@cnmp.com.cn

责任编辑 常国平 美术编辑 吕欣童 版式设计 孙跃红

责任校对 郭惠兰 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-7655-7

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;三河市双峰印刷装订有限公司印刷

2017 年 11 月第 1 版, 2017 年 11 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 16.25 印张; 394 千字; 246 页

40.00 元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp.com.cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街 46 号(100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgycbs.tmall.com

(本书如有印装质量问题,本社营销中心负责退换)

序 言

材料支撑着人类社会的发展,为人类带来了便利和好处,但在材料生产、加工、使用和再生的过程中,也给环境带来沉重压力。20世纪90年代环境材料概念诞生,并逐渐形成一门学科——环境材料学,这是以材料学和环境学为主的多学科综合和交叉的新领域。

环境材料要求材料要具有最大的使用功能以及最小的环境负荷,它强调材料不仅要具有更多的功能性,还要有环境友好性、无二次污染,同时要物美价廉、具有较好的经济型。我国是一个资源、能源消耗大国,同时也是一个环境问题与生态问题十分严重的国家。发展环境材料及其学科是促进循环经济、贯彻和落实科学发展观的客观要求。我国高科技发展计划中,环境材料已经成为其中一个重要的主题。

本书主编黄占斌教授是国内从事植物生理生态、环境材料在水肥增效和土壤改良与污染治理中应用研究的知名专家,多项科研成果获国家和省部级以上奖励。同时,他也是国内较早认识“环境材料”重要性的科研学者和应用推动者之一。黄教授的编写团队成员均为环境科学与工程领域优秀的中青年学者,在水处理、土壤修复和大气污染治理等方面取得了一系列创新性成果。

教材是传授知识和技术的主要工具,也是学校教学和科研水平的重要反映,因此教材选用的优劣将直接影响到教学质量的高低。黄占斌教授主编的这本《环境材料学》是一部系统阐述环境材料学科理论最新进展,并突出矿区环境治理应用特色的教材,特别对用于水土保持、土壤污染修复、盐碱地改良、大气污染控制、水处理和低阶煤利用等方面的环境材料的研发及应用进行了介绍,反映出作者较好的理论工作成就和丰富的实践经验。

该书在编者和出版社共同努力下,经过多次审稿和修订,整体达到较高的质量水平。这是一本具创新性、内容丰富、特色明显的教材,同时也是环境科学与工程领域具有重要价值的参考用书。

中国工程院院士 彭苏萍

2017年10月

前 言

材料是国民经济和社会发展的基础和先导，与能源、信息并称为现代高科技的三大支柱。环境材料是指具有最大使用功能和最低环境负荷的材料。环境材料对资源、能源消耗少，对生态环境污染小，废弃后循环再生利用率高，也称为“绿色材料”或者“生态材料”。随着环境问题的不断增加和可持续发展思想的普及，国际材料界对环境材料越来越关注。随着我国社会经济的快速发展，对环境材料展开了积极的研究，开发了一些性能优良、工艺简单、成本低廉、无二次污染的环境材料，并应用于水、大气、土壤及固体废弃物等环境污染问题的治理，这是从整个地球环境、社会发展、人类生存出发，对材料产业和环境工程领域结合和发展做出的选择。在环境治理研究和应用实践中，如何将资源、能源和环境相统一，实现社会和经济的可持续发展，是推动环境材料学产生的重要原因。

环境材料学是一门研究材料的生产与开发同环境之间相互适应和相互协调的学科，也是材料学与环境工程相结合的交叉学科，其研究目的是寻找在加工、制造、使用和再生过程中具有最大使用功能和最低环境负担的人类所需的材料，以满足人类生存与发展需要。研究内容涉及原材料开采、分离与制备、生产与制造、运输与贮存、使用与维护、废弃与再生的全过程。学习该课程是为了培养具有环境意识的科研工作者和管理人才，在今后进行材料的生产、使用时，能够首先从人类的长远利益出发，从构建资源节约型和环境友好型社会的角度来发展新材料和解决目前材料使用方面出现的问题。由于环境材料在社会生产活动中承担着越来越重要的角色，学习并掌握环境材料学的基本知识，对于环境科学与工程专业的学生是十分有必要的。国内外很多高等院校已将“环境材料学”（或称“环境工程材料学”“生态环境材料学”）课程设置为环境科学与工程专业的是一门十分重要的基础课。

国内外有关环境材料及环境材料学的图书较多，各具时代特点和不同专业特点，本书在此基础上，强调环境材料研究的最新基础理论，突出矿物材料及

其矿区环境治理等实践,并结合多年教学和研究进展进行编写。本书共13章,可分为两个部分。第一部分为环境材料的理论和原理部分,共5章,主要介绍了环境材料与资源、能源和环境的相互关系,生命周期评价,生态设计与加工及清洁生产等;第二部分为环境材料在污染治理方面的应用与研究部分,共8章,主要结合废弃矿物再生利用及其矿区环境治理,对重金属污染治理、盐碱地改良和废水处理等方面的环境材料研究与应用,以及活性炭、腐植酸和分子保水材料等环境材料的研究与应用分别进行了介绍。在编写中,注重每章节内容的关联与层次,由浅入深,循序渐进,文字表达力求简洁无误,图文并茂。每章节作者在保证基本理论系统性和完整性的同时,也充分考虑到国内外相关领域的新材料、新理论、新技术和新成果,突出实用性,力求反映新时代下环境材料学科的发展趋势。因此,本书既加强了环境材料学方面的内容,使学生更好地掌握基础知识,也注重环境材料学理论与工程应用的结合,引入了大量的实际案例。同时,每章节所附思考题可更好地启发学生,拓宽学生视野,提高学生分析问题和解决问题的能力。本书可作为环境科学与工程和材料学等专业的教学用书,也可作为有关学科工作者的科研参考用书。

为加强学生对环境材料这门新兴学科的理解,培养学生的实践能力、创新能力和自学能力,在教学过程中授课教师可根据新的教学计划或结合自己的科研经历酌情对本书内容进行增加或删减。

全书共13章,编撰分工为:黄占斌编写第1章和第11章,竹涛编写第2章和第7章,贾建丽编写第3章和第6章,于妍编写第4章和第9章,马妍编写第5章和第12章,侯嫔编写第8章和第10章,孙志明编写第13章。全书由黄占斌和马妍统稿。编写过程中,研究生史妍君、张博伦等同学对稿件整理等做了大量工作,在此一并表示感谢。

本书编写和出版得到国家自然科学基金(41571303)和中央高校基本科研业务专项资金(2010YH04,2016QH02)的部分资助,还得到中国工程院彭苏萍院士的热情作序,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平所限,书中不足之处,敬请广大读者批评与指正。

编者

2017年8月

目 录

1 绪论	1
1.1 环境材料概述及其学科发展	1
1.1.1 环境材料的概念	1
1.1.2 环境材料学的形成	2
1.1.3 环境材料学形成是实现可持续发展的必然要求	3
1.2 环境材料学主要内容	3
1.3 环境材料学的学习方法	4
1.3.1 环境材料学课程的特点	4
1.3.2 学习方法	4
1.4 环境材料应用与矿物环境材料	5
1.4.1 矿物环境材料	5
1.4.2 矿物材料特性	6
1.4.3 非金属矿物材料的种类及制备	6
1.4.4 非金属矿物环境材料的应用	10
1.4.5 金属矿物材料的应用	13
1.5 环境材料学的发展趋势	13
1.6 环境材料对可持续发展的影响和作用	14
思考题	14
参考文献	14
2 环境材料与资源、能源和环境的相互影响	16
2.1 材料在国民经济中的地位与发展	16
2.2 资源使用与环境影响	17
2.2.1 我国资源种类与分布	17
2.2.2 环境材料的使用对水资源的影响	18
2.2.3 环境材料对土壤资源的影响	19
2.2.4 环境材料对矿产资源的影响	20
2.3 能源使用与环境影响	20
2.3.1 我国能源种类与分布	20
2.3.2 我国能源使用与环境	25
2.3.3 材料与能源、环境的相互关系	27
2.4 材料的环境负荷	27

2.4.1 材料生产中的资源消耗	27
2.4.2 材料生产中的污染物排放	28
思考题	30
参考文献	31
3 环境材料的生命周期评价	32
3.1 材料的环境负荷与环境指标	32
3.1.1 材料的环境负荷评价	32
3.1.2 材料的环境指标	33
3.2 环境材料的生命周期评价与标准 (LCA)	34
3.2.1 环境材料的环境协调性指标	34
3.2.2 经济性指标	35
3.2.3 功能性指标	36
3.3 环境材料生命周期评价 (LCA) 的框架与过程	36
3.3.1 目的和调查范围设定	36
3.3.2 清单分析	36
3.3.3 环境影响评价	37
3.3.4 结果解释	37
3.4 环境材料的生命周期评价的应用	39
思考题	42
参考文献	42
4 环境材料的生态设计	44
4.1 环境材料与可持续发展	44
4.1.1 可持续发展观点的提出及其内涵	44
4.1.2 材料产业的可持续发展	45
4.1.3 产品设计的理念变化	46
4.2 环境材料的生态设计理论	47
4.2.1 生态设计的基本概念和内涵	47
4.2.2 生态设计的原则和思路	51
4.2.3 生态设计的主要内容	52
4.3 环境材料的生态设计技术与方法	54
4.3.1 系统设计	54
4.3.2 模块化设计	55
4.3.3 长寿命化设计	58
4.3.4 再生设计	60
4.3.5 仿生设计	61
思考题	61
参考文献	61

5 环境材料的环境友好加工与清洁生产	63
5.1 环境材料的环境友好加工技术	63
5.1.1 避害技术	63
5.1.2 污染控制技术	65
5.1.3 再循环利用技术	66
5.1.4 补救修复技术	68
5.1.5 生态工业技术	68
5.2 环境材料的清洁生产工艺	70
5.2.1 清洁生产的基本概念	70
5.2.2 清洁生产的理论基础	71
5.2.3 清洁生产的主要内容	72
5.2.4 实现清洁生产的途径	72
5.2.5 清洁生产技术的实践	73
5.2.6 清洁生产发展过程中存在的问题	76
思考题	77
参考文献	77
6 土壤污染治理环境材料	79
6.1 土壤污染及其主要污染物类型	79
6.1.1 土壤污染的概念	79
6.1.2 土壤污染的特点	79
6.1.3 土壤污染的危害及其引发的环境效应	80
6.1.4 土壤中的主要污染物类型	81
6.2 土壤污染治理途径	82
6.2.1 土壤重金属污染治理技术	82
6.2.2 土壤有机物污染治理技术	90
6.3 土壤污染治理环境材料	95
6.3.1 土壤污染治理的无机材料	95
6.3.2 土壤污染治理有机材料	97
6.3.3 土壤污染治理生物材料	98
6.3.4 土壤污染治理新型(综合)材料	102
6.3.5 土壤治理环境材料应用	103
思考题	107
参考文献	108
7 大气污染治理环境材料	111
7.1 大气污染主要类型及危害	111
7.1.1 大气污染的主要类型	111

7.1.2 大气污染的危害	112
7.2 大气污染治理的技术途径	117
7.2.1 颗粒物控制技术	117
7.2.2 硫氧化物控制技术	120
7.2.3 氮氧化物控制技术	123
7.3 大气污染治理的环境材料	126
7.3.1 吸附材料	127
7.3.2 过滤材料	130
7.3.3 催化材料	133
思考题	138
参考文献	138
8 水污染治理环境材料	141
8.1 水污染与环境材料	141
8.1.1 水污染来源与分类	141
8.1.2 水污染治理中常用的环境材料	142
8.2 水污染治理中的吸附材料	142
8.2.1 活性炭	142
8.2.2 沸石	143
8.2.3 硅藻土	144
8.3 水污染治理中的膜材料	145
8.3.1 膜的简介	145
8.3.2 微滤膜	147
8.3.3 超滤膜	148
8.3.4 纳滤膜	150
8.3.5 反渗透膜	151
8.4 水污染治理中的离子交换树脂	151
8.4.1 阳离子交换树脂	152
8.4.2 阴离子交换树脂	153
8.5 水污染治理的微生物固定化材料	154
8.6 水污染治理的其他材料	156
8.6.1 腐植酸	156
8.6.2 煤矸石	157
思考题	157
参考文献	157
9 腐植酸在环境治理中的应用	160
9.1 腐植酸的来源及其种类	161
9.1.1 腐植酸的来源	161

9.1.2 腐植酸的提取	164
9.1.3 腐植酸的命名	165
9.2 腐植酸在改良土壤中的应用	165
9.2.1 腐植酸在改良土壤中的应用	165
9.2.2 腐植酸在农业和生产中的应用	169
9.3 腐植酸在污染处理中的应用	172
9.3.1 腐植酸在土壤污染治理中的应用	172
9.3.2 腐植酸在污水治理中的应用	173
9.3.3 腐植酸在废气净化及其他污染治理方面的应用	174
思考题	176
参考文献	176
10 炭材料在环境污染治理中的应用	178
10.1 概 述	178
10.1.1 炭材料的分类与特性	178
10.1.2 炭材料的制备与改性	183
10.2 炭材料在土壤改良和污染治理中的应用	190
10.2.1 土壤中的主要污染物	190
10.2.2 传统炭材料在土壤污染治理中的应用	191
10.2.3 新型炭材料在土壤污染治理中的应用	191
10.3 炭材料在水污染治理中的应用	194
10.3.1 水体中的主要污染物	194
10.3.2 传统炭材料在水污染治理中的应用	194
10.3.3 新型炭材料在水污染治理中的应用	196
10.4 炭材料在大气污染治理中的应用	200
10.4.1 大气中的主要污染物	200
10.4.2 传统炭材料在大气污染治理中的应用	201
10.4.3 新型炭材料在大气污染治理中的应用	203
思考题	206
参考文献	206
11 高分子保水材料在环境治理中的应用	208
11.1 高分子保水材料研发与应用进展	208
11.2 高分子保水材料合成技术途径	208
11.3 高分子保水材料作用原理及其在水肥保持中的应用	209
11.3.1 高分子保水材料的作用原理	209
11.3.2 高分子保水材料在土壤水肥保持中的应用	211
11.4 高分子保水材料在污染治理中的应用	212
11.4.1 土壤重金属污染及其危害	212

11.4.2 高分子保水剂与土壤重金属污染治理	213
11.5 高分子保水材料发展趋势	214
思考题	214
参考文献	214
12 降解塑料材料在环境治理中的应用	217
12.1 降解塑料开发的重要性	217
12.2 降解塑料分类与特性	218
12.2.1 降解塑料的用途	218
12.2.2 降解塑料的分类	219
12.2.3 降解塑料的特性	222
12.2.4 降解塑料的降解机理	222
12.3 降解塑料在环境治理中的应用	225
12.3.1 降解塑料在防风固沙领域的应用——可降解沙障	225
12.3.2 降解塑料在水土保持领域的应用——可降解地膜	226
12.4 降解塑料的发展前景	227
12.4.1 降解塑料市场概况	228
12.4.2 降解塑料发展方向	228
思考题	230
参考文献	230
13 矿物材料在环境治理中的应用	232
13.1 环境矿物材料的分类和特点	232
13.1.1 环境矿物材料的分类	232
13.1.2 环境矿物材料的特点	232
13.2 天然矿物对污染物的基本净化原理	233
13.3 天然环境矿物材料研究进展	235
13.4 环境矿物材料的应用	236
13.4.1 环境矿物材料在废水处理中的应用	236
13.4.2 环境矿物材料在大气处理中的应用	241
13.4.3 环境矿物材料在土壤处理中的应用	242
13.5 环境矿物材料的发展前景	243
思考题	244
参考文献	244

1.1 环境材料概述及其学科发展

人口膨胀、资源短缺、环境恶化是当今社会可持续发展面临的重大问题。材料是人类赖以生活和生产的物质基础,新材料的研发和应用是人类文明进步的重要标志之一。随着科学技术发展,高性能、高质量和低成本的新材料不断出现。但是,由于对材料质量和性能的过度片面追求,伴随着材料的加工、制备、生产制造、使用和废弃过程,资源、能源产生大量消耗,大量的废气、废水和废渣的排放加重,这是造成能源短缺、资源过度消耗和枯竭及环境污染的重要原因之一。联合国《2003 年中国人类发展报告》指出,环境问题造成的损失占中国 GDP 的 3.5%~8%。可见,环境污染和生态平衡破坏已严重制约我国经济的发展,这其中与材料有关的环境污染占到了一半以上。因此,材料产业只有走与资源、能源和环境相协调的道路才是可持续发展的。在这样的背景下,如何将资源、能源和环境问题统一,寻求材料的可持续发展途径,正是环境材料学产生的重要原因。

环境材料学是材料科学与环境科学交叉的一门新兴学科。该学科主要致力于研究保持资源平衡、能量平衡和环境平衡,实现社会和经济的可持续发展,将环境性能研究融入新材料开发,完善材料环境协调性评价的理论体系,开发各种环境相容性新材料及绿色产品,研究降低材料环境负荷的新工艺、新技术和新方法等。

1.1.1 环境材料的概念

目前,环境材料和产品还没有一个确切定义。20 世纪 90 年代初,日本学者山本良一等提出新研究领域“环境材料”(environmental conscious materials,简称 Eco-materials),认为环境材料是赋予传统结构材料、功能材料以特别优异的环境协调性的材料,或指直接具有净化环境、修复等功能的材料。国内学者认为,环境材料是具有良好性能或功能并与环境协调的材料。从产业技术应用要求角度出发,环境协调性材料及产品在满足性能要求的前提下,还应当具有三个特征:(1) 产品或材料在生产过程中消耗资源最少;(2) 产生的副产物不污染环境并尽可能全部资源化;(3) 产品或材料本身在废弃后仍可循环再生利用或与环境协调。因此,环境材料是考虑了资源和环境问题后研制出的一大类材料的总称。那些具有净化环境、修复环境功能的材料,自然是环境材料的重要组成部分。事实上,对目前使用的任何一种材料,只要从资源和环境角度出发加以改造,使之完全具备或基本具备上述三个基本特征,则可称为“环境材料”。而要开发使用新材料,从开始就要进行材料环境影响评价,包括材料整个寿命周期的每一阶段(生产、使用、再循环直至最后处理)所造成的环境负担。环境协调性材料及产品的最佳研究模式应当是通过具体的系统工程过程进行产品及材料设计,从而避免破坏生态环境和不可再生循环使用的产品

的出现或使其数量降到极限。

经过研究,一些学者认为环境材料是赋予传统结构材料、功能材料以优异的环境协调性的材料;或者指直接具有净化和修复环境等功能材料,即环境材料是具有系统功能的一大类新型材料的总称。还有一些专家认为,环境材料是指同时具有优良使用性能和最佳环境协调性的一大类材料。

综合目前研究进展,环境材料的概念可概括为:环境材料是指在加工、制造、使用和再生过程中具有最低环境负荷、最大使用功能的人类所需材料,既包括经改造后的现有传统材料也包括新开发的环境材料。

环境材料的三个主要特点:

(1) 功能性:是指为人类开拓更广阔的活动范围和环境,材料本身所具有的最优异的性能,也称为材料的先进性。如水泥的最优异的功能为强度,而它在使用过程中往往还表现出其他功能,如抗渗性、抗硫酸盐侵蚀性等。所以,材料的功能性并不是单一的,材料的功能性越多,其适应范围和价值就会越大。

(2) 环境协调性(优先争取的目标):是指材料在生产、加工、使用和再生等环节中,使人类的活动范围同外部环境协调,不会产生二次污染,或可再生利用,减轻环境的负担,使枯竭性资源完全循环利用。这是环境材料区别于传统材料概念的关键之一。

(3) 舒适性:可理解为经济性(性价比),这有利于环境材料的评判,符合现实情况。使活动范围中的人类生活环境更繁荣、舒适,人们乐于接受和使用。

环境材料的功能性、环境协调性和舒适性,在不同范围和条件下有不同理解,在实践中需要灵活地判断与把握,它只是一个定性的标准。因此认为环境材料的特征可以具体改为功能性、经济性和环境协调性等,这有利于环境材料的评判,也符合现实情况。

1.1.2 环境材料学的形成

刘江龙、丁培道、左铁镛^[1]等提出环境材料意识材料学概念,认为环境意识材料学是一门研究材料的生产、开发同环境之间相互适应和相互协调的科学,它的研究目的是寻找在加工、制造、使用和再生过程中具有最低环境负担的人类所需材料,以满足人类生存和发展的需要。

1994年重庆大学在研究和开发环境材料的基础上提出了环境材料学的概念,指出在材料传统的四大要素——成分、结构、性能和工艺基础上,应加上材料的环境指标或环境负荷。他们认为,材料科学与工程是关于材料成分、结构、工艺和性能与用途,以及它们与环境的协调性之间的有关知识的开发和应用的科学。由此定义派生出一门新的材料科学分支——环境材料学。环境材料学是一门正在发展和形成的新生学科,它是研究材料的生产与开发、使用与废弃同环境之间的协调性的科学。它的目的是寻找在加工、制造、使用和再生过程中具有相对最低的环境负荷的材料,以满足人类文明社会的持续发展需要。这门新学科的最重要特征在于从环保的角度重新考虑和评价过去的材料科学与工程学,并指导新材料的研究和开发及传统材料的改造和相关加工和制备技术。

环境材料学不仅有其独特的研究对象,还具有明确的研究方法。它的理论基础由三部分组成:一部分来自材料科学,一部分来自环境科学,还有一部分是其独有的。目前来看,环境材料学框架主要包括基础研究、应用研究和评价研究三部分。其中关于环境材料

的评价方法研究至关重要, 在环境材料研究领域里, 目前趋向于将寿命全程评价方法作为一种度量材料环境负荷大小的方法。寿命全程评价方法即 Life Cycle Assessment, 简称 LCA 图。所谓材料的寿命全程是指材料从来自自然资源, 经过加工成为材料, 供人类使用后又回到自然这样一个封闭的流动过程。环境材料概念一经提出, 人们自然考虑到 LCA 用于环境材料的评估和表征。自 1994 年在日本召开的国际环境平衡会议以来, 派生出的材料生态环境评估 MICA-Material LCA 已被国际材料学会认可。

1.1.3 环境材料学形成是实现可持续发展的必然要求

可持续发展包括经济、社会的人类发展, 还包括生态环境的自然发展。这两个方面互相依存、相辅相成, 任何一方的非持续发展都将导致另一方的非持续发展。

材料是构成社会的物质基础之一, 而环境材料对社会发展的重要性更是不言而喻。因此, 环境材料必须具有可持续发展性, 才能保证人类的可持续发展。实现可持续发展与开展环境材料的研究、应用是统一的, 它们有着共同的目标, 即改善人类的生存状况, 使之利于全人类现在和未来的发展。

可持续发展有两个关键内容: 一是人类发展, 二是自然发展。这实际上是一个问题的两个方面。首先, 人类依赖自然满足其发展的需求; 其次, 自然环境满足人类发展的需求能力有一定限度, 如该限度被突破, 自然发展将被破坏, 必将影响自然界支持当代和后代人生存的能力。国内一些学者^[2, 3]对可持续发展的基本思想和内涵作过理论上的探讨, 其理论框架可归纳为以下方面:

(1) 可持续发展不否定社会经济发展, 但强调自然界本身也具有发展权, 只有在尊重自然的前提下考虑人类的发展, 维护“人-自然”系统的整体利益, 才能真正导致人类社会自身的永续发展。

(2) 可持续发展以提高人类生活质量为目标, 同社会进步相适应。单纯追求产值和人均实际收入的经济增长不能体现发展的内涵。不能使与经济发展相适应的社会发展目标得以实现, 因此也不能使人的实际生活质量得以提高, 就不能承认其为发展。

(3) 可持续发展以自然资产为基础, 强调人类发展必须考虑自然成本。应当把经济活动中资源、环境的投入和服务计入生产成本和产品价格之中, 否则人类单方面征服自然所获得的经济利润会掩盖自然资源环境上的巨大成本和不可低估的亏损。

1.2 环境材料学主要内容

环境材料学是一门研究材料的生产与开发同环境之间相互适应和相互协调的科学。它的研究目的是寻找在加工、制造、使用和再生过程中具有最低环境负担的人类所需材料, 以满足人类生存与发展的需要。

环境材料学的核心在于研究材料的功能性、环境协调性、经济性的内在关系, 这三者的关系构成材料三角形^[4]。环境材料学追求的就是如何实现材料三角形的平衡, 即力求在材料高的性能价格比与高的性能环境负荷比之间取得平衡。

从资源利用和环境保护的角度研究材料的成分、结构、工艺、性能和用途与其环境负担之间的关系, 是环境材料学的主要内涵。因而环境材料学区别于通常意义下材料科学与与

环境工程的显著特征是,注重材料开发的可持续性和环境协调性。应该指出,环境材料学并不是材料科学与工程的一个分支,而是材料科学与工程内涵的交叉与升华。其研究对象、内容及方法理所当然应当包含以往材料科学与工程的全部,此外还有其独特的研究内容和方法。文献[1]对环境材料学进行系统的思考,并将其研究内容及方法概括为:(1)环境材料学的基础理论,即材料的开发、应用、再生过程与生态环境间相互作用和相互制约的关系的理论研究。(2)环境材料学应用研究,即具有最低环境负担的材料工程技术。它包括 Eco-materials 和 ECP 的设计、生产、加工和制造技术等。(3)环境材料学的评价系统,即生态环境与材料相互作用的程度和生态环境对材料的开发、应用、再生过程及其结果的负担程度的评价方式和评价标准。其核心是寿命周期评估(life-cycle assessment, LCA)。

据此,环境材料学的研究内容应当分三个层次:

(1) 基础研究。这是环境材料的理论研究,主要是研究材料的开发、应用、再生过程与生态环境间相互作用和相互制约的关系;环境材料生命周期评价;环境材料生态设计方法;环境材料加工与清洁生产等。

(2) 应用研究。研究具有最低环境负担的材料工程学和替代技术的基础。

(3) 评价系统。研究生态环境与材料相互作用的程度和生态环境对材料的开发、应用、再生过程及其结果的负担程度的评价方式和评价标准。

1.3 环境材料学的学习方法

1.3.1 环境材料学课程的特点

环境材料学是跨材料学和环境工程学两大领域的一门新兴的交叉学科,包括物理、化学、生物、医药等学科的综合知识,涉及农业、生物和几乎所有主要工业,如钢铁、非金属、石油化工、矿产和建筑等。课程的性质和任务是将环境意识引入材料科学与工程,赋予传统结构材料、功能材料以特别优异的环境协调性,倡导材料工作者在环境意识指导下,或开发新型材料,或改进、改造传统材料。

因此,在内容安排上突出材料科学的基础理论,更加强调材料与环境的协调性,同时尽量结合我国目前材料生产、环境问题与环境治理及材料科学的研究状况,帮助学生掌握材料与环境关系、材料的环境性能评价和环境性能数据库、材料的生态设计、降低材料环境负担性的工艺和技术、开发与环境相容的新材料和绿色产品、发展环境降解新材料以及治理环境的高效工程材料等知识。

由于课程涉及知识面广,传统教学方式在 30 学时教学计划中,各知识点难以深入展开,而采用自学讨论方式,学生可充分利用课余时间,以教材为基础,在教师指导下广泛检索文献资料,组织讨论讲稿,充分调动学生自学的主观能动性。

1.3.2 学习方法

(1) 改变观念,认识应用。环境材料学是环境工程学和材料学交叉的学科,可以作为环境工程专业的专业基础课。掌握材料学的基本原理,结合环境工程的应用,包括废

水、废固、废气和综合治理中的应用途径和商业发展前景,提高学生对治理环境中材料的功能性、环境友好型和经济性等特点的认识,将会提升环境工程的质量和工程健康发展,了解这些会增强学生学习本课程的积极性。

(2) 扩展相关学科知识。环境材料学的学习中,环境工程专业学生对与材料学相关的有机化学、高分子化学等课程掌握程度不深,在有限课堂教学中,学生知识结构和体系需要补充,这就要求学生扩展知识,补充学习材料学等相关知识,扩展知识面。

(3) 正确学习和教学方法。环境材料学讲授主要为课堂讲授,根据学校和实习条件,结合环境工程专业课程的学习,可以与专业实践教学环节相结合,如大气污染治理材料中涉及多种过滤及吸附用纤维材料的类型、特点、功效等,这些内容要求学生对大气污染的产生机理、过程、治理方法等有深入的学习和理解,这样可以结合大气污染治理课程,为学生设立一些实践参观和讨论,增加学生学习理解深度。此外,课堂教学中,结合实践设立专题讨论和引导学生梳理教学重点,加强理论原理和实际技术结合,结合实践应用实例,也是激发学生自觉学习的重要手段。

1.4 环境材料应用与矿物环境材料

环境材料的应用涉及日常生活、生产的各个方面,以及工业、农业、环保、建筑、医药等各个领域。在矿业生产和应用领域中,矿业生产及其废弃物的再生利用,特别是矿物材料在农业和环境污染治理中等方面的应用,是矿业院校学生必须掌握和了解的特有知识,也是环境材料应用的重要方面。

1.4.1 矿物环境材料

天然矿物是与环境协调性最佳的环境材料。矿物材料是以天然矿物(主要是非金属矿物,也包括金属矿物)和岩石为主要原料,以矿产资源的有效利用为目的,直接或经过加工合成后获得的制品。它是由矿物及其改性产物组成的与生态环境具有良好协调性或直接具有防治污染和修复环境功能的一类矿物材料^[5]。

非金属矿物种类繁多、储量丰富、价格低廉,用作环保材料具有投资少、处理效果好、二次污染小及可以重复使用等优点。因此,包括我国在内的世界上许多国家对非金属矿物环保材料的研究与开发都非常重视。我国非金属矿资源丰富,已探明储量的93种(按亚矿种计160种)非金属矿产资源中,大部分都已开采利用。其中石膏、石灰石、菱镁矿、膨润土和重晶石等矿种的储量居世界首位;滑石、萤石、硅灰石、石棉和芒硝等居第二位;石墨、珍珠岩、沸石、硼矿居第三位;高岭土、铝土矿、天青石等储量居世界前列。进入21世纪后,随着我国战略性新兴产业的发展,“节能、环保、减排”“太阳能、动力电池”新能源材料等的市场需求和传统应用行业的产业升级,为非金属矿产业结构调整和新产品的开发利用带来机遇。“十二五”时期,非金属矿工业大力发展非金属矿物材料产业,调整产业与产品结构,提高资源利用率,进行由原料工业向材料工业发展方式的转变。非金属矿物材料已经成为无机非金属新材料的重要组成部分,成为“新能源、环保”等高新技术产业发展的重要支撑材料^[6]。

天然矿物之所以能够处理环境污染,绝不仅仅是矿物所表现出的简单的吸附作用。非