

研究生教学用书

专业 课 系 列

环境材料

Ecomaterials

钱晓良 刘石明 编著

BOOKS FOR GRADUATE STUDENTS

华中科技大学出版社

研究生教学用书
专业课系列

环境材料

钱晓良 刘石明 编著

华中科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

环境材料/钱晓良 刘石明 编著
武汉:华中科技大学出版社,2006年10月
ISBN 7-5609-3689-X

I. 环…

I. ①钱… ②刘…

Ⅲ. 环境科学:材料科学

Ⅳ. TB39

环境材料

钱晓良 刘石明 编著

责任编辑:刘 飞

封面设计:刘 卉

责任校对:吴 晗

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:华中科技大学惠友文印中心

印 刷:武汉市新华印刷有限责任公司

开本:787×960 1/16

印张:17

字数:298 000

版次:2006年10月第1版

印次:2006年10月第1次印刷

定价:27.80元

ISBN 7-5609-3689-X/TB·85

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 提 要

环境材料是在 20 世纪 90 年代,为了保持社会可持续发展而提出的一种新的重要的材料研究学科,主要研究人类发展和生存所必需的材料及其工程技术与生态环境间的关系。

本书由两部分组成。第一部分(第 1~5 章)为基础篇,主要阐述了环境材料的概念,材料环境负荷的生命周期评价方法、材料的生态设计理论、传统材料环境化改造和废弃物资源化等技术。第二部分(第 6~8 章)为典型材料篇,介绍了天然环境材料、仿生合成类环境材料和环境工程材料等重要的典型环境材料。

本书可作为高等学校环境科学与环境工程等专业的研究生教学用书,也可作为材料科学与工程等专业本科生的参考教材,同时可供材料学、化学等专业的科研、教学人员参考。

Abstract

Ecomaterials represents a new area in advanced materials research, which was proposed in early 90th in Japan for the coming sustainable society.

In this book, ecomaterials is discussed in two parts. The first part is about the theoretic research, including the methodology of life cycle assessment, the ecodesign, the traditional materials environmentalize treatment and the waste residue resourcelize treatment. The second part is about typical ecomaterials. In this part, the nature ecomaterials, biomimetic syntheses ecomaterials and environmental engineering material are presented.

The book can serve as textbook for graduate students in environmental science and environmental engineering. It can also be consulted by researchers in materials and chemistry.

前 言

随着社会的进步,人类在短短的几百年里创造了巨额的物质财富,与此同时,也造成了巨大的资源浪费和全球环境污染。材料作为现代社会经济发展的物质基础和先导,对人类文明的发展起着极其重要的作用,同时也是造成目前环境问题的主要原因之一。传统的材料研究、开发与生产往往过多追求材料优良的使用性能,而对材料的生产、使用以及废弃过程中造成的资源浪费和环境污染重视不够,从而导致我们不得不面对环境污染和资源枯竭的严峻现实。为了从源头有效并彻底地解决这些难题,实现人类社会的可持续发展,材料科学家们在深刻考虑之后提出了环境材料这一概念。

所谓环境材料,最初是由日本的山本良一教授提出的,它包含以下三个指标:①先进性,即环境材料首先应该具有优良的使用性能,能为人类开拓更为广阔的活动范围和环境;②环境协调性,环境材料应能减轻地球环境的负担或者实现枯竭性资源的完全循环利用;③舒适性,即人们乐于接受和使用。其中,环境协调性显然是环境材料最优先的目标。经过十几年的发展演变,环境材料的概念发生了一定的变化,但环境协调性却始终是其最重要的内容。

到目前为止,环境材料的研究无论从理论上还是实践上都取得了长足进步,为了满足环境材料教学与科研的需要,编者总结国内外同行的优秀成果,撰写了本书。全书总共八章,分为环境材料基础理论、典型环境材料与技术和环境工程材料三大部分。第一部分包括第1~3章,系统介绍了环境材料的产生背景、材料的环境影响评价指标、开展环境材料设计的基本理论与方法等。第二部分包括第4~7章,讨论了传统材料的环境化、废弃物资源化的技术与方法以及一些相关材料;介绍了天然环境材料、人工合成的典型环境材料,并展望了其研究与发展的最新动向。第三部分即本书的第8章,介绍了环境工程材料在控制、解决现有环境污染问题中所起到的作用,所用到的材料和所使用的方法等。

由于环境材料是一门新兴学科,正处在不断发展的阶段,加之编者水平有限,书中难免有不当之处,敬请读者批评指正。

编著者

2005年8月

写在“研究生教学用书”出版 15 周年前夕

“接天莲叶无穷碧，映日荷花别样红。”今天，我国的教育正处在一个大发展的崭新时期，而高等教育即将跨入“大众化”的阶段，蓬蓬勃勃，生机无限。在高等教育中，研究生教育的发展尤为迅速。在盛夏已临，面对池塘中亭亭玉立的荷花，风来舞举的莲叶，我深深感到，我国研究生教育就似夏季映日的红莲，别样多姿。

党的十六大报告以空前的力度强调了“科教兴国”的发展战略，强调了教育的重大作用，强调了教育的基础性全局性先导性，强调了在社会主义建设中教育的优先发展的战略地位。从报告中，我们可以清楚看到，对高等教育而言，不仅赋予了重大的历史任务，而且更明确提出了要培养一大批拔尖创新人才。不言而喻，培养一大批拔尖创新人才的历史任务主要落在研究生教育肩上。“百年大计，教育为本；国家兴亡，人才为基。”国家之间的激烈竞争，在今天，归根结底，最关键的就是高级专门人才，特别是拔尖创新人才的竞争。由此观之，研究生教育的任务可谓重矣！重如泰山！

前事不忘，后事之师。历史经验已一而再、再而三地证明：一个国家的富强，一个民族的繁荣，最根本的是要依靠自己，要以“自力更生”为主。《国际歌》讲得十分深刻，世界上从来就没有什么救世主，只有靠自己救自己。寄希望于别人，期美好于外力，只能是一种幼稚的幻想。内因是发展的决定性的因素。当然，我们决不应该也决不可能采取“闭关锁国”，自我封闭，固步自封的方式来谋求发展，重犯历史错误。外因始终是发展的必要条件。正因为如此，我们清醒看到了，“自助者人助”，只有“自信、自尊、自主、自强”，只有独立自主，自强不息，走以“自力更生”为主的发展道路，才有可能在向世界开放中，争取到更多的朋友，争取到更多的支持，充分利用好外部的各种有利条件，来扎扎实实地而又尽可能快地发展自己。这一切的关键就在于，我们要有数量与质量足够的高级专门人才，特别是拔尖创新人才。何况，在科技高速发展与高度发达，而知识经济已初见端倪的今天，更加如此。人才，高级专门人才，

拔尖创新人才,是我们一切事业发展的基础。基础不牢,地动山摇;基础坚牢,大厦凌霄;基础不固,木凋树枯;基础深固,硕茂葱绿!

“工欲善其事,必先利其器。”自古凡事皆然,教育也不例外。教学用书是“传道授业解惑”培育人才的基本条件之一。“巧妇难为无米之炊”。特别是在今天,学科的交叉及其发展越来越多及越快,人才的知识基础及其要求越来越广及越高,因此,我一贯赞成与支持出版“研究生教学用书”,供研究生自己主动地选用。早在 1990 年,本套用书中的第一本即《机械工程测试·信息·信号分析》出版时,我就为此书写了个“代序”,其中提出:一个研究生应该博览群书,博采百家,思路开阔,有所创见。但这不等于他在一切方面均能如此,有所不为才能有所为。如果一个研究生的主要兴趣与工作不在某一特定方面,他也可选择一本有关这一特定方面的书作为了解与学习这方面知识的参考;如果一个研究生的主要兴趣与工作在这一特定方面,他更应选择一本有关的书作为主要的学习用书,寻觅主要学习线索,并缘此展开,博览群书。这就是我赞成要为研究生编写系列的“研究生教学用书”的原因。今天,我仍然如此来看。

还应提及一点,在教育界有人讲,要教学生“做中学”,这有道理;但须补充一句,“学中做”。既要在实践中学习,又要在实践中实践,学习与实践紧密结合,方为全面;重要的是,结合的关键在于引导学生思考,学生积极主动思考。当然,学生的层次不同,结合的方式与程度就应不同,思考的深度也应不同。对研究生特别是对博士研究生,就必须是而且也应该是“研中学,学中研”,在研究这一实践中,开动脑筋,努力学习,在学习这一过程中,开动脑筋,努力研究;甚至可以讲,研与学通过思考就是一回事了。正因为如此,“研究生教学用书”就大有英雄用武之地,供学习之用,供研究之用,供思考之用。

在此,还应进一步讲明一点。作为一个研究生,来读“研究生教学用书”中的某书或其他有关的书,有的书要精读,有的书可泛读。记住了书上的知识,明白了书上的知识,当然重要;如果能照着用,当然更重要。因为知识是基础。有知识不一定有力量,没有知识就一定没有力量,千万千万不要轻视知识。对研究生特别是博士研究生而言,最为重要的还不是知识本身这个形而下,而是以知识作为基础,努力通过某种实践,同时深入独立思考而体悟到的形而上,即《老子》所讲的不可道的“常道”,即思维能力的提高,即精神境界的升华。《周易·系辞》讲了:“形而上谓

之道,形而下谓之器。”我们的研究生要有器,要有具体的知识,要读书,这是基础;但更要有“道”,更要一般,要体悟出的形而上。《庄子·天道》讲得多么好:“书不过语。语之所贵者意也,意有所随。意之所随者,不可以言传也。”这个“意”,就是孔子所讲的“一以贯之”的“一”,就是“道”,就是形而上。它比语、比书,重要多了。要能体悟出形而上,一定要有足够数量的知识作为必不可缺的基础,一定要在读书去获得知识时,整体地读,重点地读,反复地读;整体地想,重点地想,反复地想。如同韩愈在《进学解》中所讲的那样,能“提其要”,“钩其玄”,以达到南宋张孝祥所讲的“悠然心会,妙处难与君说”的体悟,化知识为己之素质,为“活水源头”。这样,就可驾驭知识,发展知识,创新知识,而不是为知识所驾驭,为知识所奴役,成为计算机的存储装置。

这套“研究生教学用书”从第一本于1990年问世以来,到明年,就经历了不平凡的15个春秋。从研究生教育开始以来,我校历届领导都十分关心研究生教育,高度重视研究生教学用书建设,亲自抓研究生教学用书建设;饮水思源,实难忘怀!“逝者如斯夫,不舍昼夜。”截至今天,“研究生教学用书”的出版已成了规模,蓬勃发展。目前已出版了用书69种,有的书发行了数万册,有22种分别获得了国家级、省部级教材奖、图书奖,有数种已为教育部列入向全国推荐的研究生教材,有20种一印再印,久销不衰。采用此书的一些兄弟院校教师纷纷来信,称赞此书为研究生培养与学科建设做出了贡献。我们深深感激这些鼓励,“衷心藏之,何日忘之?!”没有读者与专家的关爱,就没有我们“研究生教学用书”的发展。

唐代大文豪李白讲得十分正确:“人非尧舜,谁能尽善?”我始终认为,金无足赤,物无足纯,人无完人,文无完文,书无完书。“完”全了,就没有发展了,也就“完”蛋了。江泽民同志在党的十六大报告中讲得多么深刻:“实践没有止境,创新也没有止境。”他又指出,坚持“三个代表”重要思想的关键是与时俱进。这套“研究生教学用书”更不会例外。这套书如何?某本书如何?这样的或那样的错误、不妥、疏忽或不足,必然会有。但是,我们又必须积极、及时、认真而不断地加以改进,与时俱进,奋发前进。我们衷心希望与真挚感谢读者与专家不吝指教,及时批评。当局者迷,兼听则明;“嚶其鸣矣,求其友声。”这就是我们肺腑之言。当然,在这里,还应该深深感谢“研究生教学用书”的作者、审阅者、组织者(华

中科技大学研究生院的有关领导和工作人员)与出版者(华中科技大学出版社的编辑、校对及其全体同志);深深感谢对“研究生教学用书”的一切关心者与支持者,没有他们,就决不会有今天的“研究生教学用书”。

我们真挚祝愿,在我们举国上下,万众一心,在“三个代表”重要思想的指引下,努力全面建设小康社会,加速推进社会主义现代化,为实现中华民族伟大复兴,“芙蓉国里尽朝晖”这一壮丽事业中,让我们共同努力,为培养数以千万计高级专门人才、特别是一大批拔尖创新人才,完成历史赋予研究生教育的重大任务而做出应有的贡献。

谨为之序。

中国科学院院士

华中科技大学学术委员会主任

杨叔子

2003 年 7 月于喻园

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 环境材料与环境材料学	(3)
1.2 环境材料的研究内容	(6)
1.3 环境材料研究中必须注意的问题	(12)
思考题	(12)
第 2 章 材料的环境负荷及其评价	(13)
2.1 常见的环境负荷指标	(14)
2.2 LCA 的概念、特征与应用	(17)
2.3 LCA 总体框架	(23)
2.4 目的与范围定义	(25)
2.5 清单分析	(29)
2.6 环境影响评估	(38)
2.7 生命周期解释	(51)
2.8 环境协调性评价的意义及其局限性	(54)
2.9 LCA 数据库与评价软件	(59)
思考题	(61)
第 3 章 材料的生态设计	(62)
3.1 生态设计概述	(62)
3.2 生态设计原则与战略	(68)
3.3 生态设计方法	(73)
思考题	(98)
第 4 章 传统材料环境协调化	(99)
4.1 原子经济性与清洁生产	(99)
4.2 原材料与辅助介质的环境化	(105)
4.3 工艺过程环境化	(111)
4.4 绿色替代产品的开发	(118)
思考题	(126)
第 5 章 废弃物的资源化	(127)
5.1 固体废弃物处理的基本原则	(127)
5.2 固体废弃物资源化的方法和途径	(134)
5.3 无机非金属废弃物的资源化	(141)

5.4 有机质废弃物的资源化	(153)
5.5 废水的资源化	(158)
思考题	(159)
第6章 天然环境材料	(160)
6.1 天然环境材料的分类	(160)
6.2 天然环境材料的特点	(161)
6.3 木材及其改性	(163)
6.4 纤维素(cellulose)及其衍生物	(170)
6.5 淀粉(farina)及其衍生物	(182)
6.6 甲壳素(chitin)与壳聚糖(chitosan)	(191)
6.7 蛋白质	(197)
思考题	(199)
第7章 仿生合成类环境材料	(200)
7.1 仿生合成环境材料的主要研究内容	(200)
7.2 仿生合成类环境降解材料	(201)
7.3 生物活性陶瓷材料	(233)
7.4 仿生复合材料	(238)
7.5 仿生智能材料	(240)
思考题	(242)
第8章 环境工程材料	(243)
8.1 吸收、吸附材料	(243)
8.2 催化转化材料	(249)
8.3 沉淀分离材料	(251)
8.4 稀释中和材料	(253)
8.5 其他污染控制材料	(254)
思考题	(256)
参考文献	(257)

第 1 章 绪 论

进入 20 世纪以来,随着科学技术的迅猛发展和人类干预大自然的能力和规模的空前增长,社会生产力获得了极大提高,经济规模得到了迅速扩张,经济总量更是持续成倍增长,创造了前所未有的物质财富,大大推进了人类文明的进程;但同时也给人类赖以生存、发展的自然资源、生态环境施加了巨大的压力。在遭受着生态破坏和环境污染双重创伤的“地球村”上,许多不利的全球变化现象正在产生或呈加速蔓延之势。譬如资源匮乏、生态破坏、环境污染、气候变暖、臭氧层耗竭、生物多样性锐减等。在这一系列严峻的挑战面前,人们必须重新审视传统的价值和发展观念,确立环境应有的价值和资源地位,寻求和建立有益于人类和环境发展的模式。“可持续发展”——即在不危及后代满足其需要的前提下,满足当代人的发展需要,这种战略思想已成为一种经济、社会、环境协调发展和维护国家利益的重要思想逐渐被接受。

人类对环境与发展关系的认识可以概括为四个阶段:发展仅被认为是物质财富的积累或经济增长的过程,尚未认识到环境的地位;发展被理解为在经济增长的同时,应有效地控制工业生产对环境的污染;发展被认为是人类与自然环境相协调的过程,开始强调社会和政治因素在发展中的作用;逐渐认识到必须转变对环境有害的生产和消费模式,从而形成可持续发展的观念。

回顾一下历史,在人类社会的发展史上,工具与材料的使用及其变革,对于人类文明的进程起着极其巨大的作用。材料是国民经济和社会发展的先导,是文明进步的重要标志。材料的改进和变革曾使社会生产力发生质的变化,曾是经济规模和经济总量迅猛增长的源泉,是推进人类文明进程的一种原动力。然而,从整个生态环境体系来看,人类的活动与材料技术的发展息息相关,人类对环境所造成的创伤也与材料的使用息息相关。那么在人类发展模式的转变过程中,材料制造、材料革新及材料科学是否应有所改变呢?

常言道,科学技术是一把双刃剑,一方面它是人类物质文明进步的基石,另一方面也可能带来潜在的环境危害。就材料方面而言,这样的例子更是比比皆是。一些传统材料领域中的技术在人类经济增长中起着举足轻重的作用,如冶炼、化工、水泥、造纸技术等,但同时也确实伴随着大量的污染问题。其中,经媒体报道已成为广大人民所了解的典型例子有:废弃的难降解塑料形成的白色污染;制冷剂氟利昂被认为是臭氧层破坏的元凶等。因材料的制造、使用和废弃而影响环境质量的大致有以下几方面。

(1) 材料制造行业通常是地球资源的消耗大户,对资源的过度消耗和浪费,使得地球上的能源资源已接近枯竭的边缘,原料资源已大幅度耗损,水资源和土地资源正遭受严重的危害。

(2) 固体废弃物中有毒有害成分的污染,如铝、镉、铬、铜、铍、氟、镍、氯、铊、有毒有机物等。目前已知能致癌、致畸、致突变的物质约有 500 余种,已测定具急性作用的有近 1 000 种。

(3) 气体废弃物对大气的污染,其中以 CO_2 为主的温室气体、以 SO_2 为主的酸性气体、破坏臭氧层的气体及大气颗粒物对大气的危害最大。温室气体的超量排放使全球变暖,并正在带来非常严重的后果,如冰川消退、海平面上升、荒漠化,还给生态系统、农业生产带来严重影响;酸性气体的大量排放所引起的酸雨,碳粒、铅等重金属微粒、矿尘、石棉等大气颗粒物的腐蚀、致病等作用也正在威胁着我们的正常生活。

(4) 液体废弃物对水体的污染,几乎所有的材料生产企业都会排放各种各样的废液,分别含有危害程度不同的形形色色的污染物。比较典型的如炼焦废水、冶炼废水、造纸废水、废电解液等。在材料的使用过程中以及废弃后,也都会造成有害物质进入天然水体从而导致污染。

(5) 核辐射污染除核工业的核材料外,也有一些材料会含有放射性元素而造成放射性污染,如某些天然大理石、作为添加剂的稀土原料等。

(6) 物理污染,主要有噪声、各种电磁辐射等,这在材料的制造、加工、使用、运输等过程中是经常会发生的。物理污染常常对人类的身心健康有极大的影响。

此外,还必须注意到的是人口快速的生长,人口的增长促使了传统材料的生产,更加剧了环境的恶化,目前人口的增长速度已超过了环境的合理承受能力,形成了人口与环境之间的严重失调。

因此,发展与环境相容、与环境协调、对环境友好的新材料是材料科学工作者义不容辞的历史责任。20 世纪 90 年代初,日本东京大学生产技术研究所山本良一教授将具有这些功能的材料通称为环境材料。显然,环境材料的出现,并不仅仅是材料本身发展的历史要求。从整个地球环境、社会发展、人类生存出发,反思材料的制造及其使用对环境的影响,可以看到,环境材料的发展也是自然界对人类行为反作用的结果,其关系如图 1.1 所示。从伦理的角度来看,环境材料是环境伦理在材料科学领域的具体体现。十多年来,环境材料这一思想已得到全世界大多数材料科学和环境科学工作者的认同,环境材料学作为材料科学和环境科学的一门交叉学科,其相关研究工作正在全世界范围内如火如荼地展开。

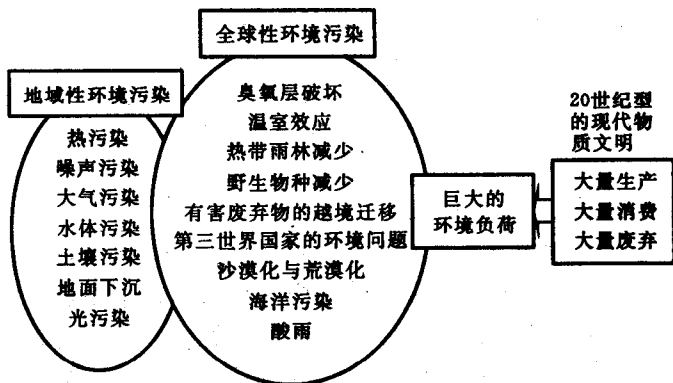


图 1.1 人类生产活动对地球环境的影响

1.1 环境材料与环境材料学

1.1.1 环境材料的定义

环境材料又称为环境意识材料,英文名称为 *ecomaterials*,是由 *environmentally conscious materials* 或 *ecological materials* 缩写而成的。按英文字面意思可直译为具有环境意识的材料、生态学材料或生态环境材料。依据山本良一的观点,环境材料应该具备以下三个特点。

(1) 先进性(frontier)。即环境材料首先应该具有优良的使用性能,能为人类开拓更为广阔的活动范围和环境。

(2) 环境协调性。环境协调性表现在两个方面,即环境材料应该具有低的环境负荷和具有高的可再生循环性能。实际上,任何一种材料在其开发、生产、使用的过程中都会产生一定的环境负荷,环境材料一样具有环境负荷,不过其追求的是尽可能低的环境负荷。另一方面,作为一种资源,应当能够充分的循环再生。从某种意义上来说,高的再生循环率就是低环境负荷的一种表现。

(3) 舒适性(amenity)。即使活动范围中的人类生活环境更加繁荣、舒适。

迄今为止的传统结构材料主要追求的是材料的使用性能,忽视了其他两种特性,尤其是环境协调性。而环境材料所追求的不仅仅是优异的使用性能,而且在材料的制造、使用、废弃直到再生的整个生命周期中,必须具有与生态环境的协调共存性。除此之外还要求材料具有舒适性,即综合具备上述三种特性的材料才是环境材料。

到目前为止,关于环境材料尚没有一个为广大学者共同接受的定义。最初,一些专家认为环境材料是指那些具有先进的使用性能,其材料和技术本身要有较好的环境协调性,还要具备为人们乐于接受的舒适性的一类具有系统功能的新材料。

经过一段时间的发展,一些学者认为,环境材料实质上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,或者指那些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的使用性能和最佳环境协调性的一大类材料。概言之,环境材料是指对资源和能源消耗最少,对生态环境影响最小,再生循环利用率最高或可降解使用的新材料。

但是,许多材料学者都认为这些定义尚不完整。1998年,由国家科学技术部、国家863高技术新材料领域专家委员会、国家自然科学基金委员会等单位联合组织在北京召开了一次中国生态环境材料研究战略研讨会。会上就环境材料的称谓、定义进行了详细的讨论,最后各位专家建议将环境材料、环境友好型材料、环境兼容性材料等统一称为“生态环境材料”,简称“环境材料”,并给出了一个有关环境材料的基本定义,即生态环境材料是指同时具有满意的使用性能和优良的环境协调性,或者能够改善环境的材料。所谓“环境协调性”是指资源和能源消耗少,环境污染小和循环再利用率高。部分专家认为,这个定义也不是很完整,还有待进一步发展和完善。例如,环境材料还应该考虑经济成本上的可接受性,亦即除使用性能、环境性能外,还应加入经济性能方属完整。

与环境材料相关的另外一个概念是所谓“环境意识型产品(environmentally conscious products,简称ECP)”。环境意识型产品是指在整个生命周期中对环境带来的负荷小、枯竭性资源再生循环利用率高、易于拆卸和分解的产品。一般认为环境意识型产品在设计上有以下一些要素,如净化环境、防止污染、有害物的替代、自然能源的利用、无公害生产、可再次使用、废物量的减少、再资源化、耐久性、可堆肥化、可分解、可再生循环、产品的易拆卸性、节省能源、省资源、节水等。

除环境材料外,国内一些学者还提出了一个“环境材料学”的概念。认为环境材料学是一门研究材料的生产与开发和环境之间相互适应和相互协调的学科。其目的是寻找在加工、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。其特征不在于从环境的角度重新考虑和评价过去的材料科学及其工程学,并指导未来的材料科学及其工程学的发展。环境材料学的核心思想是在材料的四大传统性能基础上,加上材料的环境性能,强调材料与环境的协调性。可见,环境材料学的目的是明确的,其发展将促进环境材料的进一步发展。但是,作为一门学科,环境材料学在其基础理论、研究内容、研究对象和研究方法等许多方面还有待进一步完善。

1.1.2 环境材料的分类

由于环境材料学还是一门新兴学科,对环境材料的分类目前还没有统一的标准。不同的研究工作者往往从不同角度或者根据自己所掌握的有关材料方面的知识,将环境材料划分为不同的类型。

在 20 世纪 90 年代初,环境材料的概念刚提出的时候,由于环境材料的研究内容并不明确,所以分类也不明确。例如,在 1993 年 8 月的东京研讨会上,研究论文只是根据与会者论文的类型而分为循环再生和生命周期评估;再生和废弃物;二氧化碳、二氧化硫、氟氯烃;汽车用材料;生物工程用材料;新材料;以持续发展为前提的未来材料技术等。经过多年的研究实践和广大学者的讨论,1999 年原田幸明提出了生态材料的三种类型(后来称为广义的环境材料)。第一类为对生态环境改善有贡献的材料,也就是直接处理型材料,即对环境保护和净化环境有直接效果的环境工程材料,包括环境催化净化材料、环境替代材料等;第二类为系统单元型材料,即节省能源或新能源系统使用材料;第三类为低环境负载型材料,即一般所指的狭义的环境材料,如图 1.2 所示。

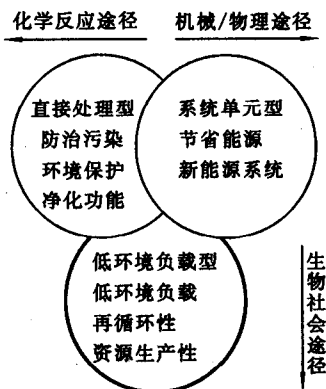


图 1.2 环境材料的三种类型

然而,原田幸明提出的广义的环境材料虽然概括了现阶段环境材料的全部内容,但由于分类过于笼统,不利于对环境材料的具体研究,所以本书结合国内外相关研究成果,将环境材料划分为环境相容材料(包括天然材料、仿生合成材料、低环境负荷材料等)、环境降解材料(生物降解材料和生物陶瓷材料)和环境工程材料(环境净化材料、环境替代材料和环境修复材料),具体分类见表 1.1 所列。

表 1.1 环境材料的分类

环境材料	分 类	典型产品
环境相容材料	天然材料	木材、石材、竹材、天然高分子材料(纤维素、淀粉等)
	仿生合成材料	结构仿生材料、功能仿生材料等
	低环境负荷材料	绿色包装材料(可食性包装材料等)
		生态建筑材料(生态水泥等)
		传统材料的环境化等
环境降解材料	生物降解材料	光降解塑料、生物降解塑料、光生物降解塑料
	生物陶瓷材料	羟基磷灰石等
环境工程材料	环境净化材料	吸收吸附材料、催化转化材料、沉淀中和材料等
	环境替代材料	无磷洗衣粉、氟利昂替代物等
	环境修复材料	防止土壤沙化的固沙植被材料等

1.1.3 环境材料是材料科学发展的必然产物

环境材料是材料科学中继天然材料、金属材料、合成材料、复合材料、智能材料之后的又一发展。在人类历史上,有许多时代都是以材料的发展来命名的,如远古时期的石器时代,以及随后的青铜器时代和铁器时代,到现代的高分子时代,都是由于材料科学和技术的发展推动了历史车轮的前进。就材料科学和技术本身的发展来看,它们也是随着历史发展的需要而诞生的。显然,与能源材料和信息材料的发展类似,环境材料也是适应时代的要求、社会的需要而产生和发展起来的。

由于 20 世纪 70 年代的能源危机,在材料学科中诞生了一个新的分支——能源材料。所谓“能源材料”是指用于产生能源或改变能源状态的各种材料。迄今为止,随着能源材料的发展,它已包括能直接或间接产生能源或与此相关的材料,如热电材料、核电材料、推进器材料、太阳能电池材料、储氢材料、炸药、火药、煤、石油以及其他可燃烧的介质等。关于信息材料也是如此,所谓“信息材料”是指应用在信息技术方面的新材料,如半导体材料、光学介质材料、光电子材料、发光材料、感光材料、电容和电阻材料、信息陶瓷材料以及微电子辅助材料等。显然,当谈到能源材料或信息材料时,我们很难用一种具体的材料来表征其整个内涵。

随着自然资源的过度开发和消耗及全球性的环境污染和生态破坏,人类认识到保护环境和有效利用资源、实现社会和经济可持续发展的重要性和迫切性。对材料科学工作者来说,有效地利用有限的资源,减少材料对环境的负担性是一项义不容辞的责任。因此说,环境材料是材料科学发展的必然产物。

1.2 环境材料的研究内容

环境材料的研究内容,基本上可以分为理论研究和应用研究两个方面。就我国目前材料生产和环境状况来看,关于环境材料的研究可以分三步走,如表 1.2 所示。首先是治表,将积累下来的污染问题,利用材料科学与技术进行末端治理,恢复环境对污染物的容纳能力和消化吸收功能,这一点对我国目前的环境现状尤其重要。例如,我国因造纸污水排放造成的污染,已给某些地区的居民饮用水带来困难,开发治理造纸污水的新材料及产品,给材料科学工作者提出了新的任务。机动

表 1.2 环境材料的研究目标和内容

阶 段	目 标	主 要 内 容
治表	末端治理	开展环境工程材料研究,治理现在的污染,改善生态环境
治本	初始端治理	实行清洁生产,进行生态设计,预防污染,减少污染的发生量
回归	环境协调	所有过程和产品与环境相容