

高等学校“十一五”规划教材

环境材料概论

冯奇 马放 冯玉杰 等编



化学工业出版社

高等学校“十一五”规划教材

环境材料概论

冯奇 马放 冯玉杰 等编



化学工业出版社

· 北京 ·

环境材料是未来新材料的一个重要方面已毋庸置疑,更是人类保护生存环境、实现材料工业可持续发展的有效途径。开发既有良好的使用性能,又具有较高的资源利用率,且对生态环境无副作用的新材料及其制品将是现实的一种迫切需要。

本书共分 11 章,主要介绍了材料产业与生态环境的关系、材料科学的基本知识、材料的环境协调性评价、材料的生态设计与理论、材料的环境友好加工及制备、环境治理功能材料与技术等,另外,还介绍了环境生物材料、金属类环境材料、无机非金属类环境材料、高分子环境材料以及复合材料的生态环境化的研究现状和发展趋势。

本书可作为环境、材料、生态及相关专业的大学生和研究生的教材或教学参考书,也可以作为建筑、化工、化学、生物、机械、汽车、土木和水利等专业工程技术人员的培训、自学教材或参考书;还可供相关专业科研、工程技术人员参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

环境材料概论/冯奇,马放,冯玉杰等编. —北京:
化学工业出版社, 2007. 7
高等学校“十一五”规划教材
ISBN 978-7-122-00626-4

I. 环… II. ①冯…②马…③冯… III. 环境科学:
材料科学-高等学校-教材 IV. TB39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 084805 号

责任编辑: 满悦芝

文字编辑: 荣世芳

责任校对: 顾淑云

装帧设计: 尹琳琳

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: 北京市彩桥印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 14 $\frac{3}{4}$ 字数 363 千字 2007 年 7 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: 25.00 元

版权所有 违者必究

前言

人类经济和社会的发展常常以扩大开发自然资源和无偿利用环境作为发展模式,这一方面创造了空前巨大的物质财富和前所未有的社会文明,另一方面也造成了全球性自然环境的破坏。资源与能源是制造材料和推动材料发展的两大支柱。同时,材料的生产和使用过程也会带来众多的环境问题。因而,传统材料的生态化和开发新型生态材料以缓解日益恶化的环境问题,即材料与环境如何协调发展的问题日益受到人们的重视,出现了“环境材料(eco-material)”的概念和环境材料学这一新兴的交叉学科,要求材料在满足使用性能要求的同时具有良好的全寿命过程的环境协调性,赋予材料及材料产业以环境协调功能。环境材料是未来新材料的重要方面之一。开发既有良好的使用性能,又具有较高的资源利用率,且对生态环境无副作用的新材料及其制品是未来的迫切需要。环境材料学的研究将促进环境材料的进一步发展,能够更有效地利用有限的资源和能源,尽可能地减少环境负荷,实现材料产业和人类社会的可持续发展。

本书从材料和环境的关系着手,介绍了材料在国民经济发展中的作用,材料对资源、能源的消耗和对环境的影响,阐述了材料的环境协调化和再生循环的意义。本书尤其倡导环境材料意识,倡导人们在充分考虑环境问题的基础上,从追求物质丰富、生活舒适逐步过渡到与环境的协调共存,能够用环境材料的视角观察、思考问题,使全民参与到保护环境的行为中,这将有利于保护环境,促进人类社会的可持续发展。如果本书在这方面有所作用,这将是作者十分欣慰的事情。

本书还介绍了虽然环境材料在加工、制造、使用和再生过程中,具有最低环境负荷、最大使用功能的特点而日益成为当今人类所需的材料,但是目前尚需进一步建立和完善环境材料的基础理论、评价体系,进一步加强材料的长寿命设计和材料的再生循环利用,以提高资源利用效率;指出环境材料技术能够有效地利用有限的资源和能源,尽可能地减少环境负荷,是实现材料产业和人类社会可持续发展的理论和技术基础;并阐明在生态环境材料未来的研究开发中,应当注意的几方面问题。

本书的目的还在于系统全面地介绍各类环境材料,如环境生物材料、金属类环境材料、无机非金属类环境材料、高分子环境材料以及复合材料的生态环境化等,使读者较系统地了解材料在开发、应用、制备、加工、再生等过程中对环境造成了哪些影响,达到自觉地研究开发环境材料和积极主动地使用环境材料,从而保护环境的目的。某些环境材料其环境功能的体现离不开技术与工程的支持,需要一定的技术作为基础,所以,本书的一些章节结合该种材料的特点,介绍了一些与材料相关的技术与工程特点。

本书可作为环境、材料、生态及相关专业的大学生和研究生的教材或教学参考书,也可以作为建筑、化工、化学、生物、机械、汽车、土木和水利等专业工程技术人员的培训、自学教材或参考书,还可供相关专业科研、工程技术人员参考阅读。

本书在撰写过程中,得到了城市水质保障与资源可持续利用国家重点实验室和黑龙江环

境生物技术重点实验室的大力支持，对此深表谢意。全书共分 11 章，第 1 章由马放和冯奇编写，第 3 章由冯玉杰和孙清芳编写，第 4 章由冯奇和姚杰编写，第 5 章由冯玉杰和武晓威编写，第 6 章由冯玉杰和王健、刘延坤编写，第 7 章由马放、邱珊和王晨编写，第 8 章由冯奇和沃原编写，第 10 章由冯奇和杨基先编写，第 2 章、第 9 章和第 11 章由冯奇编写，书中部分图表由邱珊、沃原、寇相全、李昕、于明瑞绘制，全书由马放和冯奇统稿。

环境材料是 20 世纪 90 年代新兴的一门学科，尚没有建立健全的体系，所以部分内容仍不成熟，目前处于探索阶段，再加上作者学识有限，不妥之处，欢迎广大读者批评指正。

作 者

2007 年 6 月

目 录

第 1 章 绪论	1	2.4.1 材料的合成与加工	37
1.1 环境材料的涵义	1	2.4.2 基于液相-固相转变的材料制备	37
1.1.1 环境材料的提出	1	2.4.3 基于固相-固相转变的材料制备	39
1.1.2 环境材料的涵义	2	2.4.4 基于气相-固相转变的材料制备	40
1.2 环境材料的研究背景	2	思考题	41
1.2.1 材料的地位	2	参考文献	41
1.2.2 环境对材料的作用	3	第 3 章 材料的环境协调性评价	42
1.2.3 材料对环境的影响	4	3.1 LCA 方法的起源与进展研究	42
1.2.4 环境材料与环境保护	8	3.1.1 LCA 的起源与发展	42
1.3 环境材料学的研究内容与任务	9	3.1.2 LCA 的定义	43
1.3.1 环境材料学的定义	9	3.1.3 LCA 在国外的研究进展	44
1.3.2 环境材料学的研究内容和研究 方法	9	3.1.4 LCA 在国内的研究进展	46
1.3.3 环境材料学的任务	10	3.2 材料的环境协调性评价 方法	47
1.4 环境材料学的发展概况	10	3.2.1 常见的环境指标及其表达方法	47
思考题	11	3.2.2 环境材料与材料生命周期评价	49
参考文献	12	3.2.3 材料的环境协调性评价的特点	49
第 2 章 材料科学基本知识	13	3.3 材料的环境协调性评价过程	50
2.1 材料的分类和组成	14	3.3.1 确定目标范围	50
2.1.1 材料的分类	14	3.3.2 清查分析	51
2.1.2 材料的要素	15	3.3.3 环境影响评价	52
2.1.3 材料的组成	16	3.3.4 评价结果解释	53
2.2 材料的结构	22	思考题	54
2.2.1 晶体	22	参考文献	54
2.2.2 非晶体、准晶与液晶	27	第 4 章 材料的生态设计与理论	55
2.2.3 材料的表面与界面	29	4.1 生态设计	55
2.3 材料的性能	31	4.1.1 可持续发展原理	55
2.3.1 力学性能	32	4.1.2 材料设计	57
2.3.2 热学性能	33	4.1.3 生态设计	58
2.3.3 电学性能	35	4.1.4 产品和材料的生态设计	60
2.3.4 光性能	35	4.2 材料流理论和材料生产的资源效率	63
2.3.5 磁性能	36	4.2.1 材料流理论	63
2.4 材料制备基础	37	4.2.2 材料生产的资源效率	65

4.2.3 资源的综合利用	66	第7章 环境生物材料	127
4.3 材料生态设计的基本原则和战略	68	7.1 环境生物材料简介	127
4.3.1 生态设计的基本原则	68	7.2 生物填料的分类及特点	129
4.3.2 生态设计的战略	69	7.2.1 定型固定式填料	129
4.4 生态设计的方法	70	7.2.2 悬挂式填料	130
4.4.1 LCA	70	7.2.3 悬浮式填料	131
4.4.2 检查清单法与矩阵法	74	7.3 生物滤料概述	132
4.4.3 MIPS 最小化法	75	7.4 水处理生物材料选择的基本原则	134
4.4.4 回顾法与宏观法	77	7.4.1 足够的机械强度	134
4.5 生态设计发展的4阶段模型	79	7.4.2 优越的物理性状	135
思考题	80	7.4.3 优良的稳定性	135
参考文献	80	7.4.4 良好的表面带电特性及 亲疏水性	135
第5章 材料的环境友好加工及制备	82	7.4.5 无毒性或抑制性	136
5.1 材料的环境友好加工及制备工艺	82	7.5 水处理生物材料	136
5.1.1 再循环利用技术	82	7.5.1 生物活性炭	136
5.1.2 避害技术	85	7.5.2 生物陶粒	140
5.1.3 控制技术	86	7.5.3 新型生物填料——菌丝球	142
5.1.4 补救修补技术	88	7.6 生物絮凝剂	147
5.2 清洁生产工艺和技术	90	7.6.1 生物絮凝剂的起源及发展趋势	147
5.2.1 清洁生产的概念和理论基础	90	7.6.2 生物絮凝剂的特点和分类	148
5.2.2 清洁生产的内容	94	7.6.3 生物絮凝剂的絮凝机理	150
5.2.3 实现清洁生产的主要途径	96	7.6.4 生物絮凝剂的生产过程	150
5.2.4 清洁生产的评价	99	思考题	151
思考题	103	参考文献	151
参考文献	103	第8章 金属类环境材料	153
第6章 环境治理功能材料与技术	104	8.1 金属材料与生态环境	153
6.1 环境净化材料	104	8.1.1 金属与资源	153
6.1.1 大气污染治理材料与技术	104	8.1.2 金属与能源	159
6.1.2 水体污染治理材料与技术	107	8.1.3 金属与生态环境破坏	159
6.1.3 其他污染控制材料与技术	113	8.2 金属材料的生态环境化	162
6.2 环境修复材料与技术	114	8.2.1 添加无毒无害元素	162
6.2.1 固体废物的处理与资源化	114	8.2.2 合金元素的选择	164
6.2.2 重金属污染的防治	116	8.2.3 新钢种的开发	165
6.2.3 固沙材料及沙漠治理技术	118	8.3 再生金属资源利用	165
6.3 环境替代材料	120	8.3.1 废钢	166
6.3.1 氯氟烃化合物替代材料	120	8.3.2 再生铝	168
6.3.2 无磷洗涤剂的开发	121	8.3.3 再生铜	169
6.3.3 石棉替代材料	123	8.3.4 再生铅	172
思考题	125	8.3.5 再生锌	173
参考文献	125	思考题	174

参考文献	174	10.4 可降解高分子材料	202
第9章 无机非金属类环境材料	175	10.4.1 光降解高分子材料	203
9.1 无机非金属材料的分类及特点	175	10.4.2 生物降解高分子材料	204
9.1.1 分类	175	10.4.3 光-生物双降解高分子材料	207
9.1.2 特点	176	10.4.4 可降解高分子材料的应用与发展 前景	208
9.2 无机非金属材料的生态环境化	176	10.5 长寿命高分子材料	209
9.2.1 传统无机非金属材料面临的生态 环境问题	176	10.5.1 建筑用高分子材料	209
9.2.2 无机非金属材料的生态环境化	178	10.5.2 农用高分子材料	211
9.3 生态建材	181	思考题	211
9.3.1 建材与环境	181	参考文献	212
9.3.2 生态水泥和生态混凝土	183	第11章 复合材料的生态环境化	213
9.3.3 净化和修复装饰装修材料	187	11.1 复合材料及其分类和品种	213
9.4 新型陶瓷	190	11.1.1 复合材料的发展与特点	213
9.4.1 陶瓷与环境	190	11.1.2 复合材料的分类和品种	214
9.4.2 新型陶瓷生态材料	190	11.2 复合材料与环境	215
思考题	193	11.2.1 复合材料对资源、能源和 环境的贡献	215
参考文献	193	11.2.2 复合材料对环境的影响和当前 存在的问题	216
第10章 高分子环境材料	194	11.2.3 复合材料与环境协调的措施	217
10.1 高分子材料的环境问题	194	11.3 复合材料的生态设计	217
10.1.1 生产过程带来的环境问题	194	11.4 复合材料的循环再生	218
10.1.2 使用过程带来的环境问题	195	11.4.1 复合材料的回收	218
10.1.3 废弃后带来的环境问题	195	11.4.2 复合材料的再生	221
10.2 高分子材料的环境协调化技术	195	11.5 具有环境意识的复合材料	222
10.2.1 源治理是实现高分子材料与环境 协调发展的根本	195	11.5.1 可降解复合材料	222
10.2.2 高分子环境材料的发展方向	197	11.5.2 废物复合材料	223
10.3 废旧高分子材料的再生循环技术	198	11.5.3 液晶聚合物复合材料	223
10.3.1 废旧高分子材料的组成及分类	198	11.5.4 分子智能型复合材料	223
10.3.2 废旧高分子材料的回收再循环 技术	199	11.5.5 梯度功能材料	224
10.3.3 无回收再利用价值的废旧高分子 材料的处置技术	201	思考题	225
		参考文献	225

第1章 绪 论

材料作为社会经济发展的物质基础和先导,对推动人类文明的进程起着极其重要的作用。同时,材料与环境之间相互作用,材料的性能在很大程度上取决于环境的影响,在材料的生产过程和使用过程中对环境又会造成难以弥补的损害。因而,环境材料学的研究和环境材料的开发,对环境保护和社会的可持续发展具有举足轻重的作用。本章主要包括环境材料和环境材料学的概念、内容、研究现状及发展趋势,环境材料的研究背景,材料与环境之间的相互作用关系等相关知识。

1.1 环境材料的涵义

1.1.1 环境材料的提出

伴随新世纪的到来,人类既希望获得大量高性能或高功能的各种材料,又迫切要求有一个良好的生存环境,以提高人类的生存质量,并促进社会的可持续发展。但是,材料的大规模生产意味着在一定程度上损害生态环境,因而,现实要求人类必须从环境保护的角度出发,重新评价过去开发材料、使用材料和研究材料的活动。人们开始更新发展思路,探索和开发既具有良好使用性能或功能,又对资源和能源消耗较低,并且与环境相协调的材料及其制品。因而,材料与环境如何协调发展的问题日益受到人们的重视,便出现了“环境材料(ecomaterial)”的概念和环境材料学这一新的交叉学科,它要求材料在满足使用性能要求的同时,还具有良好的全寿命过程的环境协调性,即赋予材料及材料产业以环境协调功能。

环境材料的概念是在1990年10月的一次关于服务于人类生活、行为的材料与环境关系的讨论会上,由日本材料科学家和工程师——东京大学以山本良一教授为首的研究小组最先提出,环境材料的概念及其英文名称ecomaterial,是由environmental conscious material或ecological material缩写而成,按英文含义可理解为环境意识材料或生态材料。他认为环境材料是对环境友好的材料,它不给环境带来太多的负面作用,并认为21世纪的材料应具有综合性能,即人类活动领域的可扩展性(expandability of human's frontier)、环境调和性(coexistability with ecosphere)、舒适性(optimizability for amenities)。其可扩展性延伸到宏观的宇宙、深海、微观的纳米空间、超洁净空间等。同时,美国和欧洲学者也提出绿色材料(green materials)、生态友好材料(eco-friendly materials),生态工艺、生态产品、生态标记(ecoprocessing、ecoproducts、ecomark),有益于健康环境材料和工艺(environmentally benign materials and processes)等概念。近年来“eco-friendly”已成为既简洁明了、符合西方人表达习惯、令人感觉亲切,又体现当今社会重视生态、重视环保的流行用语;ecomaterial一词的出现,也展示出材料领域适应社会可持续发展的时代潮流,为世界所接受,目前已在世界范围内得到普及。

1.1.2 环境材料的涵义

有关环境材料的范围和定义,国际上目前还没有形成统一的说法。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,其材料和技术本身具有较好的环境协调性,同时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,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。但是,许多科学工作者都认为这些定义尚不够完整。1998年,在北京召开的中国生态环境材料研究战略研究会上,专家们建议将环境材料、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”,并给出基本定义:生态环境材料是指同时具有满意的使用性能

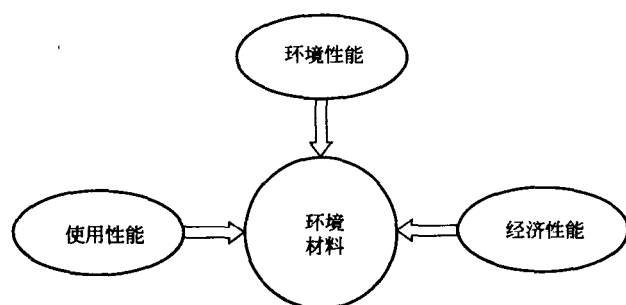


图 1.1 环境材料的基本性能示意图

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,这个定义仍然有待于进一步发展和完善。

如图 1.1 所示,材料只有赋予其环境性能、使用性能和经济性能,才可以称之为环境材料,即环境材料是指那些具有满意的使用性能

和可接受的经济性能,并在其制备、使用及废弃过程中对资源和能源消耗最少、对环境影响最小且再生利用率最高的一类材料。

1993 年以来,每两年举行一次的生态环境材料国际会议(The International Conferences on Ecomaterial)已经召开过数次,按照有关的研究报道和生态环境材料的要求,环境材料应具有如下特征:节约能源,节约资源,可重复利用,可循环再生,结构可靠性,化学稳定性,生物安全性,有毒、有害材料的替代,舒适性,清洁、治理环境功能。环境材料的合成与加工工艺(也称作绿色工艺),应具有如下特征:节约能源、节约资源、降低污染、净化环境。

1.2 环境材料的研究背景

1.2.1 材料的地位

材料作为社会经济发展的物质基础和先导,对推动人类文明的进程起着极其重要的作用。支撑人类生存大厦的主要有材料科学技术、生物科学技术、能源科学技术、信息科学技术等,这些技术支持着上到航天技术、下到海洋技术等诸多技术,而这些技术无一不是以材料为物质基础的,因此可以说,材料是人类物质文明的基础和支柱。

材料既是一个独立的领域,又与几乎所有其他新兴产业相关。从世界发展史看,重大的技术革新往往起始于材料的革新。没有先进的材料,就没有先进的科学技术和现代化的工

业。例如，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℃ 提高到 900℃，从而导致了超声速飞机的问世；高温陶瓷的发明促进了表面温度高达 1000℃ 的航天飞机的发展。反过来，近代新技术的发展，如原子能、计算机、集成电路、航天工业等又促进了新材料的研制。

材料的概念最早出现在石器时代，那时以天然的石、木、皮的材料做器件，后来陆续出现了陶器，随着冶炼技术的发展，人们又进入了铜器时代，当进入铁器时代时，对技术的要求更高，因为氧与铁的结合比氧与铜的结合强得多，还原铁更为困难。到了近代，相继出现了半导体材料、能源材料、高分子材料、精陶瓷材料、塑料、生物材料、复合材料以及纳米材料等。目前已涌现出各种各样的高新材料，如新型轻质、高比强、高比模结构材料，超高温和低温材料，先进复合材料，以及各种具有特异功能的材料。

自 1992 年联合国环境与发展大会发表《21 世纪议程》以来，世界各国都将实现可持续发展作为发展战略，并且付诸于科技发展中。材料是资源的重要组成部分，如果得不到合理开发和利用，会直接导致资源短缺和环境恶化，因而材料与可持续发展的问题已经引起世界各国学术界的高度重视。现在，在材料发展和新材料的开发中，人们应越来越重视材料的生产和使用对环境造成的影响，努力开发环境友好材料，提高全社会资源和环境效率，实现循环经济。我国在“十一五”期间将围绕信息、生物、航空航天、重大装备、新能源等产业发展的需求，重点发展特种功能材料、高性能结构材料、纳米材料、复合材料、环保节能材料等产业群，建立和完善新材料创新体系。

因此，社会的发展与进步，都与材料的发展密不可分。可以这样讲，人类的文明进程在某种程度上是由材料所决定的。从社会历史发展的角度看，材料是社会文明进步的标志。

1.2.2 环境对材料的作用

材料的性能在很大程度上决定于环境的影响，环境包括“社会环境”和“自然环境”。其中人所组成的社会因素的总体称为社会环境。自然因素的总体称为自然环境，目前认为是以大气、水、土壤、地形、地质、矿产等一次要素为基础，以植物、动物、微生物等作为二次要素的系统的总体。

社会环境是推动材料科学发展的动力，正确的材料生产、加工和使用，体现了人们的认识过程。由表 1.1 可见我国社会认识材料判据的演变过程。以钢为例，1958 年“大跃进”时，只要求钢的产量翻一番，只有数量要求，并无质量及其他要求，结果把不是钢的东西也当作钢。这个教训使我们认识到材料必须要有一个“质量”或“性能”的判据。十一届三中全会以后，人们发现仅这一个判据不够，还要考虑“效益”即“经济”判据。1996 年我国宣布实施“可持续发展”战略后，在社会上，才广泛地认识到“资源、能源、环境保护”三个战略性判据。

表 1.1 我国社会认识材料判据的演变

时 间	判据数	判 据	时 间	判据数	判 据
20 世纪 50 年代	0	只考虑数量	1978 年后	2	性能、经济
20 世纪 60 年代	1	性能	1996 年后	3	性能、经济、资源、能源、环保

自然环境是材料生产的基础，而以落后的技术、大量消耗资源和污染环境为前提的材料生产和加工，最终必然会导致资源的枯竭，使材料的生产难以持续发展。

自然生态资源包括可再生资源、不可再生资源和可循环再生资源。材料与自然生态资源的关系如图 1.2 所示。其中，不可再生资源，如煤、石油、天然气、金属矿石、稀有元素等，它们不是取之不尽、用之不竭的，现在正面临着前所未有的危机。因此，发展循环经济，促进资源的循环再生利用，无论对企业还是于国于民，都大有好处。可以将废物转化为商品产生经济效益；减少环境污染，节约成本；提高资源效率，降低能源消耗。“能源发展‘十一五’规划”提出，到 2010 年，中国一次能源消费总量控制目标为 27 亿吨标准煤左右，年均增长 4%。根据这一规划，到 2010 年，中国煤炭、石油、天然气、核电、水电、其他可再生能源分别占一次能源消费总量的 66.1%、20.5%、5.3%、0.9%、6.8% 和 0.4%。与 2005 年比，煤炭、石油比重有所下降，天然气、核电、水电和其他可再生能源比重略升。

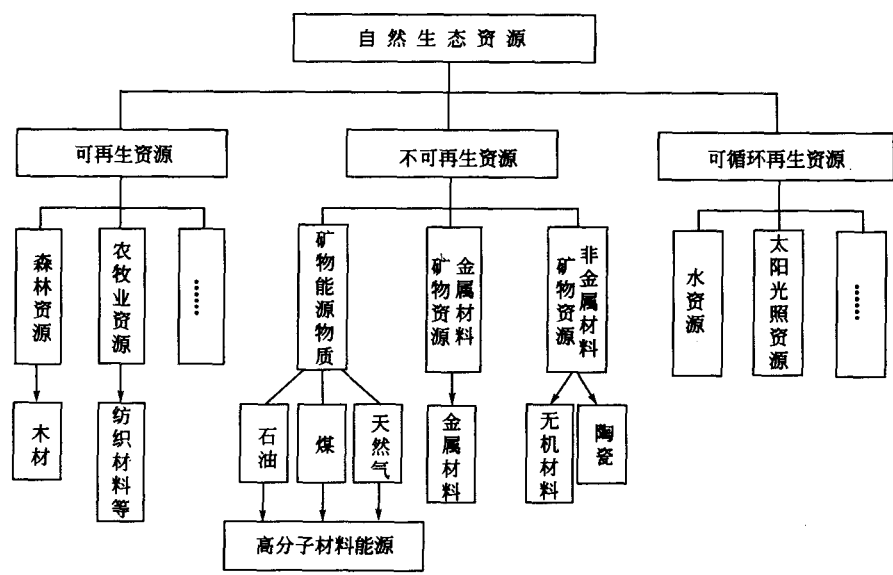


图 1.2 自然生态资源与材料的关系

1.2.3 材料对环境的影响

1.2.3.1 当代环境问题

环境问题是指出全球环境或区域环境中出现的不利于人类生存和发展的各种现象。从广义上理解，环境问题就是由自然力或者人力引起生态平衡破坏，最后直接或间接影响人类的生存和发展的一切客观存在的问题。而狭义上理解的环境问题只是由于人类的生产和生活活动，使自然生态系统失去平衡，反过来影响人类生存和发展的一切问题。

环境问题在人类诞生的同时就产生了，它贯穿于人类发展的整个阶段。不过在不同历史阶段，由于生产方式和生产力水平的差异，环境问题的类型、影响范围和程度也不尽一致。依据环境问题产生的先后和轻重程度，环境问题的发生与发展可大致分为三个阶段：自人类出现直至工业革命为止，是早期环境问题阶段；从工业革命到 1984 年发现南极臭氧空洞为止，是近代环境问题阶段；从 1984 年英国科学家发现、1985 年美国科学家证实南极上空出现的“臭氧洞”开始，引起第二次世界环境问题高潮至今，为当代环境问题阶段。

第一类环境问题：又称原生环境问题，是指由于自然界本身的变化所造成的环境破坏。

主要指火山爆发、地震、洪涝、干旱、滑坡、风暴、海啸等自然灾害，因环境中元素自然分布不均引起的地方病，以及自然界中放射物质引起的放射病等。至今，人们对于这类环境问题的抵御能力还很弱。对这类环境问题，人类可以采取减少它的消极影响和破坏力，但却难以阻止它。

第二类环境问题：又称次生环境问题，是指由于人类的生产和生活活动引起生态破坏和环境污染，反过来又危及人类自身的生存和发展的现象。

第三类环境问题：是指社会环境本身存在的问题，主要是人口发展、城市化及经济发展带来的社会结构和社会生活问题。如人口无计划地增长带来住房、交通拥挤、燃料和物质供应不足、战乱等问题等。这类环境问题既属于工程技术领域，又属于社会科学领域。

目前，人们所说的环境问题一般是指次生环境问题。次生环境问题即人为因素造成的环境污染和自然资源与生态环境的破坏。环境污染是指人类活动的副产品和废物进入物理环境后，对生态系统产生的一系列扰乱和侵害，特别是当由此引起的环境质量的恶化反过来又影响人类自己的生活质量时。环境污染不仅包括物质造成的直接污染，如工业“三废”和生活“三废”，也包括由物质的物理性质和运动性质引起的污染，如热污染、噪声污染、电磁污染和放射性污染。由环境污染还会衍生出许多环境效应，例如二氧化硫造成的大气污染，除了使大气环境质量下降，还会造成酸雨。生态破坏是指人类活动直接作用于自然生态系统，造成生态系统的生产能力显著减少和结构显著改变，从而引起的环境问题，如过度放牧引起草原退化，滥采滥捕使珍稀物种灭绝和生态系统生产力下降，植被破坏引起水土流失等。

目前人类面临的十大环境问题有：大气污染，水体污染，森林滥伐和植被减少、土壤侵蚀，荒漠化和沙漠的扩展，垃圾泛滥，生物灭绝加剧，粮食、能源和其他资源短缺，酸雨污染，地球增温，臭氧层破坏。

随着人类物质文明和社会文明的飞速发展，环境问题也随之发生了相应的变化。21世纪的环境问题逐渐呈现以下新的特点。

(1) **环境问题全球化** 人类长期以来不加限制地向环境排放污染物，致使环境质量发生全球性恶化，对资源掠夺式的利用导致一系列的全世界范围的灾难。环境问题已从点源性、局部性发展成全球性问题。如一些国际河流的上游国家造成的污染可能危及下游国家；一些国家大气污染造成的酸雨可能降在邻国甚至飘洋过海殃及彼岸国家（如美国的降在加拿大、西欧的降在北欧）；臭氧层被破坏使皮肤癌患者增多、农作物大幅度减产；全球气候变暖，雨量增多，加速极地冰川的融化、海平面上升等。环境问题的全球化，决定了环境问题的解决需要全球协调一致的行动。

(2) **环境问题政治化** 当代的环境问题已不再是单纯的技术性问题，往往具有重要的政治影响。世界各国经常就环境义务的承担、污染转嫁等问题展开政治斗争，一场发展中国家反对发达国家污染侵略的“南北对话”正在进行。发展中国家的环境学者认为：自然环境资源属于各国国家主权不可分割的一部分，世界现存的污染由发达国家一手造成，应由这些国家承担治理责任，发展中国家不应牺牲自己的资源和利益来治理环境。而发达国家的环境学者则提出：人类只有一个地球，依靠一国的国内法律制度将无济于有效保护环境，应建立由少数发达国家组建的国际环境局负责地球环境保护和自然资源管理。1992年6月，联合国在巴西里约热内卢召开的“环境与发展大会”通过《21世纪议程》，把实现“可持续发展”作为人类共同追求的美好目标。

(3) **环境问题综合化** 工业革命以前，生态环境问题主要是农业垦殖造成的森林退化、

土地盐碱化、草原退化等原生型环境问题；工业革命后，人类依靠科学技术极大地推动了生产力的发展。同时出现了大气污染、水污染、垃圾污染等次生性环境问题，随着人类社会的发展，原有的环境问题尚未彻底解决而新的环境问题又在不断产生且日趋严重（如地球变暖、臭氧层破坏、酸雨、危险废物转移等）。这样就形成人类社会出现以来各种环境问题的累加，使当代环境问题综合化。

环境问题所体现的新特点、新趋势应当引起人们的重视，进行深入的研究和探讨，以便把握其发展的动态，从而预测其发展趋势，正确地指导社会实践，避免环境问题的进一步恶化。

1. 2. 3. 2 材料对资源、能源的消耗和对环境的污染

材料产业支撑着人类社会的发展，为人类带来了便利和好处，但在材料的生产、处理、循环、消耗、使用、回收和废弃的过程中也带来了沉重的环境负担，需要消耗大量的资源和能源，同时排放的大量废气、废水和废渣也会造成环境污染与生态破坏，威胁人类的生存和健康。如图 1.3 所示，每生产 1t 钢材需要多种原材料和消耗大量能源，同时产出大量副产品和环境污染物。

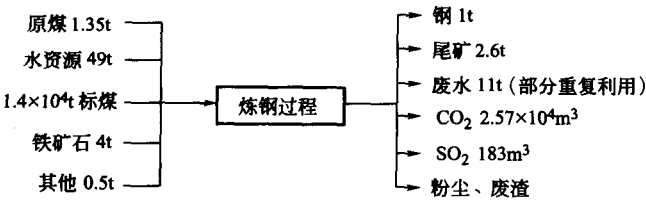


图 1.3 冶炼 1t 钢材的输入和输出参数

在材料的生产和使用过程中，资源消耗一般可分为直接消耗和间接消耗两类。直接消耗是指将材料用于材料的生产和使用。间接消耗是指在材料的运输、储藏、包装、管理、流通、人工、环境迁移等环节造成的资源消耗。如材料的运输需要运输工具；储藏需要占地、建造仓库；产品包装以及流通等所需的其他各种辅助设施等。

我国是一个材料生产和消耗大国，由于资金、技术、管理等原因造成资源的不合理开发和利用，使资源、能源、环保等结构性矛盾更加突出，每单位 GDP 的资源 and 能源消耗是发达国家的 10 倍左右，资源利用过于低下，现在矿产资源储量保障程度低，资源短缺问题越来越突出。

据《中国矿业报》报道，至 2005 年，已开发利用的铜矿资源占全国总探明资源储量的 67.1%；铅占全国总探明储量的 68.2%；锌占全国总探明储量的 71.5%；铝资源数量不多，且质量不好；镍、钨、锡、锑等资源由于过度开采，长时间找矿勘查没有大的突破，后备资源十分有限。同时，我国不少有色金属矿山关闭加快，开采品位下降。全国县级以上国有金属矿山总共 900 余座，有 2/3 进入开采中晚期。在 9 大有色金属资源基地中，接近枯竭的矿山占 56%，有保障的仅占 19.5%。据发改委提供的情况显示，目前中国石油、天然气人均资源量仅为世界平均水平的 7.7% 和 7.1%。随着国民经济的平稳较快发展，城乡居民消费结构升级，能源消费将继续保持增长趋势，资源约束矛盾更加突出。目前，中国石油对外依存度已超过 40%。

材料的加工和生产过程消耗资源和能源，因而排放大量的废气、废水和固体废物，如表

1.2 所示。材料工业产生的大量的废物，如果得不到合理的处理和排放，势必造成大气污染、水体污染、噪声污染、土壤污染以及占用大量土地。由表 1.2 中数据可知，我国从 1994~2000 年，以当年工业废物排放总量为基础，材料工业排放的废水量降低 5%，然而废气和固体废物排放量分别增加 2%。

表 1.2 1994 年和 2000 年我国主要原材料工业环境废物排放统计

类 别	工业废水/万吨		工业废气/亿立方米(标准)		固体废物产生量/万吨	
	1994 年	2000 年	1994 年	2000 年	1994 年	2000 年
采矿、加工	140448	127952	3287	3541	26377	39203
化学纤维工业	52040	53134	2219	2750	256	329
橡胶制品业	15389	8124	567	476	102	77
塑料制品业	6659	2994	205	193	38	27
非金属矿物制造业	61010	42422	14067	27336	1078	1504
水泥制造业	27045	24115	10186	22850	285	815
黑色金属冶炼	304645	220528	15141	21343	10812	12072
有色金属冶炼	50742	32871	4524	8533	2124	2949
金属制品业	9795	11817	305	425	69	69
合计	667773	523957	50501	87447	41141	57045
占工业排放总量比率	31.0%	25.73%	44.5%	46.76%	66.7%	68.9%

在材料使用过程中，也会对环境造成难以弥补的损害。典型的如人类在使用冷冻剂、消毒剂和灭火剂等化学制品时，向大气排放出大量的氟氯烃气体和哈龙（包括 5 种氟氯烃类物质和 3 种卤代烃物质），致使臭氧变成氧，从而使其丧失吸收紫外线的能力；农业上无控制地使用化肥而产生的大量氧化物，各种燃料燃烧产生的大量氧化物，也是破坏臭氧层的物质；氮氧化物等气体也可以充当破坏臭氧层的催化剂。

如今的信息时代，还存在一个令人担忧的问题——电子类功能材料的问题。电子信息产品的大量使用，对电子信息材料的需求飞速增长，更新换代急速加快，废弃量剧增，电磁污染日趋严重，各种“无形杀手”随着高速发展的电子信息步入了人们的日常生活环境当中。电子材料中，无论是无机类的电子陶瓷、电子玻璃、金属材料，还是有机或复合的电子材料，含有的铅、磷、氟、砷、镉、钴、钍等数量巨大，大多是经过高温熔融、烧结进入材料中，极难分离，回收再利用异常困难，而且大多集中在城市周围，废弃后造成极大的环境隐患。“电子垃圾”中多达 700 多种有害物质，其回收和循环利用问题已经引起各国的关注。

另外，方便人们生活的塑料包装引起的“白色污染”也成为一悬而未决的难题；由于混凝土再生利用率低下造成大量堆积在城市周围，占地、无法消纳并污染土壤和地下水等，在材料使用过程中产生的类似的环境污染问题已成为世界性难题。

1.2.3.3 材料对人体的影响

化学工业的迅速发展，为人类提供了许多用途广泛的化工制品，但是化工产品的制造和使用过程也对人体产生危害。调查发现，合成聚氯乙烯塑料的单体氯乙烯能诱发人体血管疾病；合成橡胶的添加剂如 1-萘胺，有致膀胱癌的作用；某些化妆品中含有的二乙醇亚硝胺，是一种致肝癌的物质；不少日用化学品的使用也可导致皮肤或黏膜接触性的病变；常用的亚

硝酸盐防腐剂虽然能够抑制一些腐败细菌的生长,但是亚硝酸盐能和环境中的二级胺和三级胺作用生成亚硝胺化合物,这是一类较强的致癌物;用于涂料、黏结剂、干洗剂、印刷用稀料、有机合成等的有机溶剂,易于挥发,显示出对人体的毒害作用,常表现为急性中毒、全身麻醉、刺激黏膜、溶蚀皮肤等。

除此之外,室内污染物对人体健康的影响颇为严重、复杂。居室常见的有害物质多达数千种,其中室内建筑、装饰装修材料散发的有害物中危害较大的有甲醛、氨、苯系物、氡及总挥发性有机物等,可以造成人体的嗅觉刺激、致病、致畸、慢性中毒等。

1.2.4 环境材料与环境保护

环境保护是指运用现代环境科学理论和方法、技术,采取行政的、法律的、经济的、科学技术的等多方面措施,合理开发利用自然资源,防止和治理环境污染和破坏,综合整治环境,保护人体健康,促进社会经济与环境协调持续发展。环境保护工作包括两方面内容:一是合理开发利用自然资源,防止环境污染和破坏;二是对已经产生的环境污染与破坏,进行综合治理或恢复工作。环境保护是现代生活中人类面临的最大问题,是具有长期性的问题,因为环境的好坏直接影响当代和子孙后代的健康,制约经济发展和人民物质文化生活的提高。

我国“六五”期间,环保投资大约为150亿元,占国民生产总值的0.5%;在“七五”期间为550亿元;“八五”期间为800多亿元,占国民生产总值的0.73%;“九五”期间环保投资总额达到3460亿元;“十五”期间全国环境保护投资共需7000亿元,约占同期国民生产总值的1.3%。而在发达国家,远在1979年,法国的环保费用就占国民生产总值的1.1%,日本占1.3%,德国和美国占1.8%。从经济的启动期和环境污染后的治理期来算,我们与发达国家的差距足有20多年。

发达国家的环保产业起于20世纪70年代,由于环境状况的恶化、人们环境意识的提高以及政府对环境管制的严格化,环保产业获得了高速的发展。经过数十年的努力,环境状况明显改善,环保产业进入技术成熟期,成为国民经济的支柱产业之一。而在我国,20世纪80年代以前的环保产业基本处于没有市场引导,也无政策扶持的“自为”阶段,这期间主要以“三废”治理为重点;“环保产业”最早于1988年由国务委员宋健首次提出,我国于1990年发布了《关于积极发展环境保护产业的若干规定》,为我国环保产业的发展奠定了政策基础;1992年召开的全国第一次环保产业会议,明确了我国环保产业发展的指导思想与基本方向,促进了我国环保产业的发展;在2006年第六次全国环境保护大会上,温家宝总理指出了“十一五”时期环境保护的主要目标:到2010年,在保持国民经济平稳较快增长的同时,使重点地区和城市的环境质量得到改善,生态环境恶化趋势基本遏制,单位国民生产总值能源消耗比“十五”期末降低20%左右;主要污染物排放总量减少10%;森林覆盖率由18.2%提高到20%。

目前,材料、能源、生物工程等方面的新技术正源源不断地被引进环保产业,加快了我国环保产业发展的速度。其中,材料素有产业的“粮食”之称,众所周知,材料的制造和使用是人类社会发展的基石,处于优先发展的地位,是人们日常生产、生活不可缺少的重要物质基础。作为生态环境材料,对保护环境、减少污染、增进人民健康、提高生活质量方面有着重要意义,对新技术产业的形成与发展、对国民经济的可持续发展起着举足轻重的作用,也是解决新世纪环境问题和促进环境保护的关键所在。

因而,环境材料的研究引起了各国政府的普遍重视,各个国家的高科技发展规划中,环境材料都是一个重要的主题。其中,环境材料的研究包括生态建材、固沙植被材料、生物医药材料、环境协调性工艺等。开发环境相容性的新材料及其制品,并对现有材料进行环境协调性改进,是环境材料研究的主要内容。

综上所述,只有将环境材料的研究深入到工业的各个领域,才能有效利用资源和能源,减少环境负荷,才能实现材料产业可持续发展和促进环境保护。

1.3 环境材料学的研究内容与任务

1.3.1 环境材料学的定义

从目前的研究和发展来看,仅有环境材料的概念是不够的。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。环境材料学的核心思想是在材料的四大要素(即成分、结构、工艺和性能)的基础上,加上材料的环境指标或环境负荷,强调了材料的环境协调性。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。

1.3.2 环境材料学的研究内容和研究方法

有关环境材料学的研究内容,国外学者认为主要包括材料的环境负担性评价技术及环境性能数据库、资源保护及再循环利用技术、与生态系统协调的材料与加工技术等。就我国目前状况来看,环境材料学的主要研究内容和方法如下。

(1) 材料的经济、技术、生态环境协调研究 材料工业的可持续发展要求三者达到综合平衡,经济效益和市场需求是发展的动力和目标,技术进步是解决改善材料对生态环境影响的有效途径和方法,生态环境是对所达到目标的一种约束。

(2) 材料的生命周期评价 能否将环境保护意识真正成功地引入材料科学与工程中,其关键在于环境负荷的具体化、指标化、量化,进而评价环境材料及材料在其寿命全程中的环境问题。生命周期评价 LCA (life cycle assessment) 就是基于材料在寿命全程中的各阶段的环境污染指标、能耗和资源消耗而进行分类统计和分析的一种方法,此方法也被称为从摇篮到坟墓的评价方法。目前,生命周期评价方法是评价材料的环境问题的一种主要方法。德国、日本、美国已采用 LCA 方法研究了包装材料、建筑材料和其他材料。

(3) 材料的生态设计 生态设计的宗旨是把生态环境意识贯穿或渗透于产品和生产工艺的设计之中。生态设计有着丰富的内涵和外延,对现代材料工业生产制造过程有着普遍适用的意义。材料在设计阶段对其整个生命周期进行综合考虑,即减少原料使用量,尽可能使用可再生原料和再生原料,生产和使用过程能耗低,使用后易于回收、再利用,使用安全、寿命长。

(4) 材料的清洁生产技术 又称为零排放与零废弃加工技术 (zero emission and zero waste processing),基本出发点是通过材料制备加工过程的综合分析,采取有效技术,从技术及经济成本的可行性两方面考虑,尽可能减少乃至最终避免在材料制备加工中废物和污染物向生态环境中的排放,实现材料制备加工技术洁净化。清洁生产既是一种概念,也是一种工业生产组织和管理的思路。研究、开发清洁生产工艺和技术,实行清洁生产管理方式,大力推行清洁产品,已成为世界各国工业界、环保界、经济界、科学界的共识和关注的