

环境治理 功能材料

主 编 廖润华
副主编 梁华银 鲁 莽
徐玉欣

普通高等院校环境科学与工程类系列规划教材

环境治理功能材料

主 编 廖润华

副主编 梁华银 鲁 莽 徐玉欣

中国建材工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

环境治理功能材料/廖润华主编. —北京: 中国
建材工业出版社, 2017. 4

普通高等院校环境科学与工程类系列规划教材

ISBN 978-7-5160-1814-9

I. ①环… II. ①廖… III. ①污染治理-功能材料
IV. ①X506

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第053738号

内 容 简 介

本书系统总结了国内外学者在环境治理功能材料领域的研究方向、研究成果以及工程应用。全书介绍了包括水污染、大气污染、固体废弃物污染、噪声污染、热污染、光污染、电磁波辐射以及重金属污染等方面的防治材料。

本书适合广大材料科学与工程、环境工程及相关专业的科研人员、工程技术人员、高等院校师生阅读和参考。

环境治理功能材料

主 编 廖润华

副主编 梁华银 鲁 莽 徐玉欣

出版发行: 中国建材工业出版社

地 址: 北京市海淀区三里河路1号

邮 编: 100044

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 北京雁林吉兆印刷有限公司

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 18

字 数: 440千字

版 次: 2017年4月第1版

印 次: 2017年4月第1次

定 价: 49.80元

本社网址: www.jcbs.com 本社微信公众号: [zgjcgyCBS](https://www.weixin.com/qzjcgycbs)

本书如出现印装质量问题, 由我社网络直销部负责调换。联系电话: (010) 88386906

前 言

环境污染物的降解与环境治理技术在很大程度上都要依赖于各种材料的性能研究与应用，而各种材料在环境治理方面得到充分、有效的利用是目前环境科学与工程专业研究的热点问题之一，特别是用于环境治理的功能材料，目前正越来越引起广泛关注。环境治理功能材料所涵盖的范围很广，包括大气污染、水体污染、噪声控制、电磁波防护、土地沙漠化以及重金属污染等方面的防治材料。

近年来，对于环境治理功能材料的研发，经过广大科研工作者的不懈努力，取得了丰硕成果。许多环境污染治理和控制方面的著作都涉及这方面的内容，发表的有关环境治理功能材料的学术文献也越来越多，但迄今为止尚没有一本能较为全面、系统、深入地反映国内外环境治理功能材料方面研究成果的参考书，这不能不说是个遗憾。

为了更好地研究和开发环境治理功能材料，系统总结国内外同行在这一领域的研究方向、研究成果以及工程应用，本书在深入浅出地介绍环境治理功能材料相关基础知识的前提下，力求全面、系统地反映国内外最新研究成果，以便适合广大材料科学与工程、环境工程及相关专业的科研人员、工程技术人员、高等院校师生阅读和参考。

本书的整体写作思路和具体编写方法由景德镇陶瓷大学廖润华副教授提出和拟定，经成岳教授、夏光华教授共同参与讨论后最终确定。全书的编写工作主要由廖润华副教授完成，梁华银老师编写了第4章，徐玉欣老师参与编写了第5章，鲁莽副教授编写了第8章，全书的审稿工作由廖润华副教授统一完成。

由于时间仓促，作者水平有限，书中难免存在缺憾之处，敬请广大读者批评指正，以便使之日臻完善。

编 者

2017年2月

目 录

第 1 章 绪论	1
<hr style="border-top: 1px dashed black;"/>	
1.1 引言	1
1.2 生态环境与材料产业	2
1.2.1 生态环境基础和环境工程	3
1.2.2 材料中主要元素的环境和资源特征	4
1.3 环境污染控制工程材料的研究内容	7
1.3.1 环境污染控制材料的新技术新工艺概述	8
1.3.2 水污染控制材料	8
1.4 环境污染控制材料的发展趋势	11
思考题	12
参考文献	13
第 2 章 材料的环境协调性评价	14
<hr style="border-top: 1px dashed black;"/>	
2.1 LCA 方法的起源与发展	14
2.1.1 概述	14
2.1.2 LCA 在国外的研究进展	15
2.1.3 LCA 在国内的研究进展	16
2.2 LCA 的概念和方法学框架	17
2.2.1 LCA 的基本概念	17
2.2.2 LCA 的方法学框架	18
2.3 LCA 目的与范围的确定	19
2.3.1 研究目的	19
2.3.2 研究范围	19
2.4 生命周期清单分析	20
2.5 生命周期影响评价	21
2.5.1 LCIA 概述	22

2.5.2	必备要素	23
2.5.3	可选要素	24
2.6	生命周期解释	26
2.6.1	生命周期解释概述	26
2.6.2	重大环境问题的辨识	27
2.6.3	评价	27
2.6.4	结论与建议	28
2.6.5	报告	28
2.7	LCA 数据库与 LCA 评估软件	29
2.7.1	LCA 数据库	29
2.7.2	LCA 评估软件	30
2.8	材料生命周期评价方法	31
2.8.1	环境材料与材料生命周期评价	31
2.8.2	材料生命周期评价研究的重要性	32
2.8.3	材料生命周期评价的特点	32
2.9	LCA 方法的主要问题与发展前景	33
2.9.1	LCA 方法的局限性与困难	33
2.9.2	LCA 方法的用途及其发展前景	34
	思考题	36
	参考文献	36

第3章 水污染控制工程材料与应用 38

3.1	水污染控制工程及其常用方法	38
3.1.1	物理处理	38
3.1.2	化学处理	39
3.1.3	生物处理	40
3.2	污水物理处理材料	41
3.2.1	过滤分离材料	41
3.2.2	吸附分离材料	44
3.2.3	沉淀分离材料	51
3.3	污水化学处理材料	52
3.3.1	催化剂	52
3.3.2	氧化还原材料	55
3.3.3	中和材料	56
3.3.4	其他化学材料	57
3.4	污水生物处理材料	58

3.4.1 微生物反应设备	58
3.4.2 微生物固定载体	59
3.4.3 生物膜	60
3.4.4 其他生物材料	62
思考题	66
参考文献	66

第4章 大气污染控制工程材料与应用 67

4.1 大气污染物及其分类	67
4.1.1 气溶胶粒子	67
4.1.2 气态污染物	68
4.2 气态污染物治理材料	68
4.2.1 脱硫技术与材料	69
4.2.2 脱氮技术与材料	71
4.2.3 汽车尾气净化材料	75
4.2.4 脱臭材料	77
思考题	84
参考文献	85

第5章 固体废物治理与综合利用 87

5.1 工业固体废物的综合利用	87
5.1.1 冶金及电力工业废渣的处理与利用	87
5.1.2 化学工业废渣的处理与利用	98
5.2 矿业固体废物的综合利用	101
5.2.1 矿业固体废物的种类与性质	102
5.2.2 矿业固体废物的综合利用技术	102
5.3 城市污泥的综合利用	105
5.3.1 污泥的分类与性质	105
5.3.2 污泥的处理及综合利用	106
5.4 废旧电池的资源化利用	110
5.4.1 危害	110
5.4.2 废电池的污染和处理	111
5.4.3 废旧电池的回收与二次利用的方法	111
思考题	112
参考文献	112

第6章 噪声污染控制工程材料及其应用 113

6.1 多孔吸声材料	113
6.1.1 吸声材料的吸声性能及影响因素	113
6.1.2 有机纤维吸声材料	117
6.1.3 无机纤维吸声材料	120
6.1.4 泡沫吸声材料	126
6.2 隔声材料	134
6.2.1 隔声材料的隔声性能评价	134
6.2.2 复合隔声材料	136
6.3 阻尼降噪材料	142
6.3.1 阻尼材料的作用机理	142
6.3.2 阻尼材料的种类	144
思考题	151
参考文献	151

第7章 热污染及其控制 152

7.1 热污染概述	152
7.1.1 热污染定义	152
7.1.2 常见热污染分类	152
7.1.3 热污染的产生	152
7.2 关于水体热污染	153
7.2.1 水体热污染概念	153
7.2.2 水体热污染主要来源	153
7.2.3 关于水体热污染的危害	153
7.3 有关水体热污染的规范标准	154
7.3.1 水体热污染区域的划分	154
7.3.2 各国水体热污染的标准制定情况	154
7.3.3 我国电厂对水体热污染的影响	154
7.4 水体热污染的防治	155
7.4.1 根据水体热容量和技术经济条件制定热排放标准	155
7.4.2 针对电厂造成的水体热污染的防治	156
7.4.3 提高对热污染的认识	156
7.5 城市热污染成因分析	157
7.5.1 温室效应	157
7.5.2 下垫面的改变	157

7.5.3 人为释热	157
7.6 城市热污染治理的生态学途径和方法	158
7.6.1 运用生态学原理改善城市热环境	158
7.6.2 科学规划并加大城市绿色工程建设	159
思考题	159
参考文献	160

第8章 光污染防治材料与应用

8.1 概述	161
8.1.1 光环境	161
8.1.2 光源及其类型	161
8.1.3 光污染	162
8.2 光学基础	164
8.2.1 光的基本物理量	164
8.2.2 电光源的基本技术参数	165
8.3 光环境评价与质量标准	165
8.3.1 天然光环境的评价	165
8.3.2 人工光环境的评价	167
8.4 光污染防治材料与应用实例	169
8.4.1 可见光污染防治材料	169
8.4.2 红外线、紫外线污染防治材料	170
8.4.3 光污染防治材料应用实例	172
思考题	172
参考文献	173

第9章 电磁波防护材料

9.1 电磁波辐射对人体健康的危害及其机制	174
9.1.1 电磁波辐射对人体健康的危害	174
9.1.2 电磁辐射伤害人体的机理	175
9.2 电磁波屏蔽材料	175
9.2.1 电磁辐射的屏蔽机理	176
9.2.2 复合型高分子导电涂料	177
9.2.3 表面覆层型屏蔽材料	185
9.2.4 纤维类复合材料	192
9.2.5 泡沫金属类屏蔽材料	195
9.3 电磁波吸收材料	202

9.3.1	吸波材料的吸波机理	202
9.3.2	铁氧体吸波材料	203
9.3.3	金属微粉吸波材料	210
9.3.4	陶瓷吸波材料	214
9.3.5	纳米吸波材料	222
	思考题	236
	参考文献	236

第10章 环境修复材料

10.1	环境修复用微生物	239
10.1.1	微生物在自然界物质循环中的作用	239
10.1.2	污染环境的微生物修复	241
10.2	环境修复用植物	245
10.2.1	植物修复环境的机理	246
10.2.2	环境污染的植物修复	250
10.3	环境修复用非金属矿物	260
10.3.1	非金属矿物修复环境的机理	260
10.3.2	修复环境用非金属矿物的类型及应用	265
10.4	土壤改良和沙漠化控制材料	267
10.4.1	土壤改良剂	267
10.4.2	控制沙漠化材料	273
	思考题	275
	参考文献	275

第1章 绪 论

1.1 引 言

人类在创造社会文明的同时，也在不断破坏人类赖以生存的环境空间，人口膨胀、资源短缺、环境恶化成了当今社会经济发展面临的三大问题。资源枯竭、环境恶化正对人类社会生存和社会经济稳定发展造成严重威胁。在现代文明社会，人类既期望获得大量高性能或高功能的各种材料，又迫切要求一个良好的生存环境，以提高人类的生存质量，并使文明社会可持续发展。从资源、能源和环境的角度出发，材料的提取、制备、生产、使用、再生和废弃的过程，实际上是个资源消耗和能源消耗及环境污染的过程。材料一方面推动着人类社会的物质文明，而另一方面人类又大量消耗资源和能源，并在生产、使用和废弃过程中排放大量的污染物，污染环境和恶化人类赖以生存的空间，显然材料及其产品生产是导致能源短缺、资源消耗乃至枯竭和环境污染的主要原因之一。这促使各国材料研究者从头审视材料的环境负担性，研究材料与环境的相互作用，定量评价材料生命周期对环境的影响，研究开发环境协调性的新型材料。20世纪90年代初，在材料科学与环境科学之间诞生了一门交叉学科——环境材料学。1990~1999年，日本学者山本良一针对复杂的全球性资源环境问题提出了“环境调和型材料”的概念，通常简称为环境材料，并指出环境材料是指那些具有较低环境负荷和较大再生率的材料。他认为，环境材料是一个指导性的原则，目的是防止对环境的损坏，在人类活动中对自然资源的保护和保证材料有较好的性能等。他也承认环境材料本身不是一个确定的概念，而是一个动态和发展的概念。我国学者提出，环境材料可以定义为同时具有满意的使用性能和优良的环境协调性，或者是能够改善环境的材料，即指那些具有良好使用性能或功能，并对资源和能源消耗少，对生态与环境污染小，有利于人类健康，再生利用率高或可降解循环利用，在制备、使用、废弃直至再生循环利用的整个过程中，都与环境协调共存的一大类材料。环境材料并不是一种完全独立的材料种类，也不全是高新技术材料，有许多传统材料本身就具有环境材料特征或可以发展成环境材料。事实上现存的任何一种材料，一旦引入环境意识加以改造，使之与环境有良好的协调性，就应列为“环境材料”。另外从发展观点看，环境材料是可持续发展的，可持续发展概念应贯穿于材料的开发、使用和废弃的全过程。显然，环境材料应该具备三个特性：一是在今后开发新材料时，必须考虑到其优异的使用性能，这是与传统材料相一致的地方，称之为材料的先进性；二是在材料的生产环节中资源和能源的消耗少，工艺流程中有害排放少，废弃后易于再生循环，即材料在制备、流通、使用和废弃的全过程中必须保持与地球生态环境的协调性；三是材料的感官性质，要求对材料的感受舒服，用户乐于采用，这是材料的一种新性能，称之为舒适性。可见，环境材料的研究具有两重性：一方面，环境材料是一大类具体的物质材料，其研

究与开发有助于减轻材料对环境的不良影响；另一方面，环境材料涉及材料的环境负荷评价体系与方法，其研究与应用有助于人们客观地评价材料，为发展新材料和改造传统材料提供新的思路。总之，环境材料的研究目的在于研究材料与环境的相互作用，强调材料与环境的相容性、协调性。

环境材料是一类能改善生态条件、治理环境污染、净化和修复环境的材料。它在传统材料的基础上加上一种环境协调性，如可降解性、环境相容性。倡导绿色材料技术的环境材料学，提出了材料产业界可持续发展的基本方向，同时它希望将许多传统材料的组合体系所具备的综合性能集中体现在一种材料上。在这个意义上，环境材料就成为一种具有系统功能的知识集约型材料，其最大的创新之处就是使复杂的材料系统简单化。

针对越来越严重的污染问题，开发门类齐全的环境污染控制工程材料，对环境进行修复、净化或替代处理，逐渐改善地球的生态环境，使之可持续发展，也是环境材料的一个重要方面。环境污染控制工程材料一般指防止或治理环境污染过程中所用的材料。废水中各种重金属离子吸附材料的开发，是水治理的一个重要组成部分。采用某种天然黏土吸收重金属、多环芳烃、碳氢化合物和苯酚，可用于石油化工厂的污水净化。大气污染治理的典型材料为 TiO_2 系列的光催化材料。从资源状况和利用效率来看，废物回收利用对缓解资源匮乏的压力有着重要的作用。近年来，综合利用工业固体废物（如钢渣、废铁、废玻璃、废塑料、橡胶、纸等）一直是研究的重点。废弃塑料等严重污染环境，白色垃圾问题是一直困扰着城市的环境问题，因此，塑料的回收对环境保护来说，具有很重要的意义。目前塑料的回收方法很多，如气化、水解等。固体废物的回收也是研究的重点。固体废物数量大，废弃物处理占用大量土地资源。在欧洲，建筑拆迁的固体废物每年就有 2.21 亿 ~ 3.35 亿吨；在中国，2015 年，246 个大、中城市一般工业固体废物产生量达 19.1 亿吨，其中，综合利用量 11.8 亿吨，处置量 4.4 亿吨，贮存量 3.4 亿吨，倾倒丢弃量 17.0 万吨；一般工业固体废物综合利用量占利用处置总量的 60.2%，处置量和贮存量分别占比 22.5% 和 17.3%。将建材工业和废物利用结合起来将是一个很好的解决途径，如在水泥混凝土中加入粉煤灰、矿渣和硅灰；利用炉渣、粉煤灰和铁矿石为主要材料制作新型墙体材料。最大限度地利用废材，达到最小环境危害。综上所述，环境材料的研究已经深入到工业的各个领域。环境材料在资源和能源的有效利用、减少环境负荷上具有很大优势，是实现材料产业可持续发展的重要发展方向。

1.2 生态环境与材料产业

什么是生态环境？在环境科学中，生态环境指的是以人类为主体的外部世界，主要是地球表面与人类发生相互作用的自然要素及其总体。它是人类生存发展的基础，也是人类开发利用的对象。中心事物与环境是既相互对立，又相互依存、相互制约、相互作用和相互转化的，在它们之间存在着对立统一的相互关系。

材料是国民经济和社会发展的基础和先导，与能源、信息并列为现代高科技的三大支柱。随着世界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。对于我国这样一个人口大国，材料产业历来都被列入国民经济的基础性、关键性的支柱产业之

一,受到国家政府的重视,得到了大力的发展。

中国的材料产业,包括钢铁、有色金属、化工、建材等主要行业,自新中国成立以来得到迅速发展,成为支持国民经济发展和国防现代化的基础产业,也成为发展高新技术的支柱和关键。从资源和环境的角度分析,在材料的采矿、提取、制备、生产加工、运输、使用和废弃的过程中,一方面推动着社会经济发展和人类文明进步,另一方面又消耗着大量的资源和能源,并排放出大量的废气、废水和废渣,污染着人类生存的环境。

我国是个材料生产和消费大国,由于资金、技术、管理等原因造成资源不合理的开发和利用,使资源利用效率低下、浪费严重,同时造成工业废气、废水和固体废物的排放量急剧增加,加速了环境恶化和生态失衡。因此,面对非再生资源 and 能源枯竭的威胁以及日益严重的环境污染,应当积极探索既保证材料性能、数量需求,又节约资源、能量并和环境协调的材料生产技术,制定材料可持续发展战略,开发资源和能源消耗少、使用性能好、可再生循环、对环境污染少的新材料、新工艺和新产品。

生态环境材料就是在人类认识到生态环境保护的重要战略意义和世界各国纷纷走可持续发展道路的背景下提出来的,是国内外材料科学与工程研究发展的必然趋势。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,即指那些具有良好使用性能或功能、并对资源和能源消耗少、对生态与环境污染小,有利于人类健康、再生利用率高或可降解循环利用,在制备、使用、废弃直至再生循环利用的整个过程中,都与环境协调共存的一大类材料。主要包括:①直接面临的与环境问题相关的材料技术,如生物可降解材料技术,CO₂气体的固化技术,SO_x、NO_x催化转化技术,废物的再资源化技术,环境污染修复技术,材料制备加工中的洁净技术以及节省资源、节省能源的技术;②开发能使经济可持续发展的环境协调性材料,如仿生材料,环境保护材料,氟利昂、石棉等有害物质的替代材料,绿色新材料,生态建材等。

今后生态环境材料研究热点和发展方向包括再生聚合物(塑料)的设计,材料环境协调性评价的理论体系,降低材料环境负荷的新工艺、新技术和新方法等。新概念从理论上反思和总结了人类在社会发展过程中所开发的材料的合理性和科学性,将地球生态环境引入了材料科学。环境材料学将材料的开采、制备、加工、使用和再生过程与生态环境问题统一于一体,力求两者相互协调、相互促进。未来的生态环境材料因为具有可循环再生性的特点,所以废弃材料的有效、合理利用也将成为材料发展的热门。而且,材料结构功能一体化将会成为环境材料发展的一个方向。

1.2.1 生态环境基础和环境工程

国际材料界在审视材料发展与资源和环境关系时发现过去的材料科学与工程是以追求最大限度发挥材料的性能和功能为出发点,而对资源、环境问题没有足够重视,这反映在1979年美国材料科学与工程调查委员会给“材料科学与工程”所下的定义:“材料科学与工程是关于材料成分、结构、工艺及其性能与用途之间的有关知识的开发和应用的科学。”这一传统的材料四要素体系没有充分考虑材料的环境协调性问题,或者说环境协调性在当时还没那么尖锐突出。

在近40年后的今天,我们认为在理解上述定义的内涵时应予以拓宽乃至修订补充,应该更明确地要求材料科学与工程工作者认识到:

①在尽可能满足用户对材料性能要求的同时,必须考虑尽可能节约资源和能源,尽可

能减少对环境的污染，要改变片面追求性能的观点；

② 在研究、设计、制备材料以及使用、废弃材料产品时，一定要把材料及其产品整个寿命周期中，对环境的协调性作为重要评价指标，改变只管设计生产，而不顾使用和废弃后资源再生利用及环境污染的观点；

③ “材料科学与工程”的定义拓宽将涉及多学科的交叉，不仅是理工科交叉，而且具有更宽的知识基础和更强的实践性，不仅讲科学技术效益、经济效益，还要讲社会效益，把材料科学技术工业的具体发展目标和全球、各国可持续发展的大目标结合起来。

生态环境材料不仅是一个具体的材料研究与开发的问题，也是一个材料科学与工程领域的问题，它的研究与开发涉及自然科学与社会科学问题，涉及多学科知识基础问题，涉及一代又一代材料工作者的资源、环境观念和意识的教育与培养问题等。因此，要求对这一新概念、新领域开展深入的基础研究，使其成为指导生态环境材料研究开发及发展相关技术的基础。

开展对材料、产品及其生产、制备、使用直到被废弃整个寿命周期或某个环节的环境负荷评估研究，是改造乃至淘汰该材料、产品或生产工艺的基础性工作，是世界各国研究的热点。但是，国际上关于环境协调性（LCA）的方法及应用尚有许多局限性，关于 LCA 的数字物理方法，关于材料的环境负荷的表征及其量化指标，关于 LCA 的评价范围及生态循环的编目分析，关于材料生产和使用过程的环境影响评价、环境改善等还有许多基础性研究工作要做。加强生态环境材料的基础性研究，对开发新的生态环境材料具有重要的指导意义。通过对 LCA 评价方法的学习和示范性研究，为制定材料的环境负荷评估标准提供了基本数据和范例。研究材料的环境负荷评价标准，推动 ISO 14000 标准化进程，也是中国材料科学工作者努力的目标。国家“863”计划中已经立项研究，建立金属材料、无机非金属材料、高分子材料中典型材料的环境负荷的基础数据库，并开发相应的软件。

要弄清现有具体材料的主要生产工艺和流程的环境负荷问题，以典型材料的生产工艺流程和使用、废弃及再生过程为评估研究示范体系，通过分析材料生产中环境影响的特点，得出环境份额和流动结构。要将传统的材料和产品设计方法与 LCA 方法结合，从环境协调性的角度对材料和产品进行设计（及环境协调性设计），并结合 LCA 思想，从实际生产过程出发，提出切实可行的生产工艺的改进措施和建议。要对量大面广的传统材料产业的生产等过程进行环境协调性改造，从根本上提高资源、能源利用率，减少和消除污染以实现零排放工程和绿色工程，这是材料产业环境协调性发展的治本之道。要针对整个（或局部）工艺流程进行技术改造，降低材料生产过程的资源和能源消耗，减少废物污染排放。另一方面要积极开发治理污染的材料和技术。对已经产生的污染，采取避害技术和治害补救技术（如汽车尾气净化技术和装置），虽是治标之道，却是非常必要的。将进入环境的有害物质转换为无害物质或减轻其危害程度，改善由于人工或自然原因而失衡的生态系统，其中包括通过改变人们的生活方式以减少对环境的破坏及产品替代或重新设计生产工艺流程等。

1.2.2 材料中主要元素的环境和资源特征

根据环境材料的性质和应用领域的不同可以把环境材料的应用性研究分为三大类：① 环保功能材料设计。设计意图为解决日益严峻的环境问题，包括大气、水以及固体废物处理材料等。② 减少材料的环境负荷。这类材料具有较高的资源利用效率以及对生态环境负荷较小的特点，如各种天然材料、清洁能源、绿色建材以及绿色包装材料等，同时采用新

工艺以降低加工和使用过程中的环境负荷。③材料的再生和循环利用。这是降低材料的环境负荷同时提高资源利用效率的重要手段，其重点是研究各种先进的再生、再循环利用工艺及系统。

1) 纯天然材料 纯天然材料包括木材、竹材、石材、稻壳、棉秆麦秸等。

(1) 木材主要由纤维素、半纤维素和木质素组成。木材具有优异的环境性能，在树木的生长、木材的加工和使用过程中对环境具有非常友好的特性。木材是有机体，在生长过程中，大量的碳以固体形态储存在其内部，对生态环境而言，起着调节温度的作用。从成分上看，木材具有生物降解性，经加工使用后，其废弃物可通过自然生物过程进行降解，对环境无不良影响。另外，废旧木材还可以作为二次资源，进行再循环利用。最后，废弃的木材还可以进行焚烧处理，获取能量，且无固体废物遗留。木材与高分子树脂复合，经高温或表面激光处理，在表面形成一层薄的碳纤维结构，可明显提高木材的使用性能及装饰性能，特别是树节处的力学性能。木材经树脂浸渍后，放入炉中进行高温真空处理、烧结处理，表面形成炭化木纤维及炭化酚醛树脂的各种结构，制成木材陶瓷，可用作汽车摩擦垫及其他耐磨部件。

(2) 我国竹子种类繁多，资源丰富。天然竹材是典型的长纤维增强复合材料。主要用于制浆、各种竹质人造板、竹编制品、竹凉席等。

(3) 石材由于其纯天然成分、资源丰富、对人体及生物体无毒无害，而且来源方便、成本低廉，是一类环境优异的材料，常用于建筑和装饰材料。

(4) 稻壳可加工为木糖醇，生产出高纯 SiO_2 、活性炭，残余物焚烧后可获得热能，无固体废物遗留，还可生产环保型一次性餐盒。

(5) 农作物秸秆分两大类：粮食作物秸秆（麦秸、稻秸、玉米秸秆和高粱秸秆等）和经济作物秸秆（棉秆、麻秆、蓖麻秆、芦苇秆、豆秸和油菜秆等）。我国每年产生的秸秆总量约7亿吨，其中60%为麦/稻秸秆。对麦/稻秸秆的细胞结构和化学组成的分析发现，麦/稻秸秆与木材的组分相似，只是各组分所占比例有所差异，表明农作物秸秆具备用作人造板原料的条件。已成功开发出麦秸刨花板、稻草MDF、麦秸纤维板、草/木复合MDF、软质秸秆板、轻质复合墙体材料、秸秆炭、秸秆/塑料复合材料等多种秸秆产品。目前农作物秸秆材料已在家具制造、建筑装修和包装等行业找到了用武之地。最近，中科院过程所采用肥料与纸浆联产的清洁生产技术工艺，用造纸黑液肥料化的制浆工艺对棉秆进行蒸煮，用含有大量植物养分的造纸黑液制备腐殖酸滴灌液体肥料，利用新疆棉区丰富的棉秆资源和大规模滴灌的优势，在生产纸浆的同时，生产滴灌液体肥料，彻底消除了造纸过程的黑液污染，实现棉秆资源的清洁高值化利用，构建了棉秆资源的循环经济利用模式。该项技术为新疆丰富的棉秆资源清洁高值化利用提供一种新模式，解决了肥料和造纸两大行业的重大经济、环境和社会问题。

2) 生态建筑材料 是指有利于保护生态环境、提高居住质量、性能优异、多功能的建筑材料，是一类对人体、周边环境无害的健康型、环保型、安全型的建筑材料，是相对于传统建筑材料而言的一类新型建筑材料，是生态环境材料在建筑材料领域的延伸。从广义上讲，生态建筑材料不是一种单独的建材产品，而是对建材“健康、环保、安全”等属性的一种要求，对原料、生产、施工、使用及废弃物处理等环节贯彻环保意识并实施环保技术，保证社会经济的可持续发展。目前主要研究与开发的生态建筑材料有：利废环保型生态建材，如利用电厂固体废物生产高性能新型墙体材料等；节能型生态建材，如光电化学电池玻

璃窗、太阳能贮热住宅等；保健型生态建材，如远红外陶瓷可活化空气和水；抗菌材料，如采用光催化剂的抗菌面砖和卫生陶瓷等。生态建筑材料有如下基本特点：①有优异的使用性能。②生产时少用或不用天然资源，大量使用废弃物作为再生资源；在资源与能源的使用方面，有效利用天然资源，尽量减少能耗，尽量使用废弃物作为再生资源或能源。③采用清洁的生产技术，保持清洁的原料、清洁的工艺和清洁的产品。④使用过程中对人体健康及环境有益无害，并且功能复合化。⑤废弃之后作为再生资源或能源加以利用，或能做净化处理。

3) 环境降解材料 一般指可被环境自然吸收、消化、分解，从而不产生固体废物的一类材料。一些天然成分的材料（如木材、竹材）以及一些天然纤维加工的纸制品，一些天然提取物（如甲壳素、玉米蛋白等）是自然的环境降解材料。人工合成的环境降解材料，一类是仿生材料的生物降解磷酸盐陶瓷材料，另一类是生物降解塑料。

生物降解塑料是土壤中微生物能分解的塑料，借助于细菌或其水解酵素将材料分解为二氧化碳、水、蜂巢状多孔材质和盐类，使之成为自然界中碳素循环的一个组成部分的一类高分子材料。严格地说，生物降解塑料是在特定的环境条件下，其化学结构发生显著变化并造成某些性能下降的塑料。生物降解塑料包括天然树脂和合成树脂。天然的可降解塑料是由可再生资源（例如淀粉）以及由可再生资源天然或者人工合成制得的一种可降解高分子材料；不可再生合成可降解塑料是以石油化工产品为基础制得的。运用生物化工技术，国内外生产生物降解塑料的技术已经趋向成熟，推出了多种完全生物降解的塑料产品，主要包括淀粉类以及聚酯类。芳香族聚酯虽然有很好的材料性能，但是很难被微生物降解；对于脂肪族聚酯来说，其通常是由二醇和二羟基通过缩聚反应而成，可以在土壤和水中完全被生物降解，但是提高其物理机械性能和降低成本成为当务之急。

天然多糖类（如淀粉、甲壳素、纤维素和木质素）由于其化学结构的稳定性和可加工性而在生物降解材料中占有重要的地位。由淀粉为主要成分的降解材料，包括淀粉添加（填充）型、改进淀粉型、热塑性淀粉型以及热塑性淀粉填充型等生物降解塑料。由于淀粉分子含有大量羟基，分子间及分子内氢键作用很强，从而导致其分解温度低于熔融温度。因热塑性差，较难通过传统塑料机械来进行热塑性成型加工，因此要制得淀粉基完全生物降解材料，必须使天然淀粉具有较好的热塑性，改变其分子内部结构，使淀粉分子变构且无序化，破坏分子内氢键，使结晶的双螺旋构象变成无规构象，使大分子呈无序状线团结构，从而降低淀粉的玻璃化温度和熔融温度，由不可塑性转变为可塑性，便于加工。由于普通淀粉的大量羟基基团可以吸附水，从而引起淀粉聚合物的过早降解。如果采用酯基团或者是醚基团取代了这些羟基基团，则会使这种聚合物的防水侵蚀能力大大提高。通过特殊的化学处理方法可以将淀粉聚合物进行交联以提高其耐热、耐酸和耐剪切特性。通过这些化学处理后，改性淀粉聚合物同时兼具可降解性能和一般商用热塑性塑料的功能。

聚乳酸（PLA）最早由美国著名高分子化学家 Carothers 发现。聚乳酸也称为聚丙交酯，聚乳酸纤维以地球上不断再生的玉米等为原料（国内也称玉米纤维），原料来源充分而且可以再生。聚乳酸在常温下性能稳定，但在温度高于 55℃ 的弱碱性或富氧条件下在微生物的作用下会自动降解。使用后它会被自然界中微生物完全降解，最终生成二氧化碳和水，而且不像传统的石油基塑料会增加二氧化碳的释放，聚乳酸在分解过程中产生的二氧化碳，可再次被使用成为植物进行光合作用所需的碳原子。聚乳酸的热稳定性好，适用于吹塑、吸塑、挤出纺丝、注塑和发泡等多种加工方法，可加工成薄膜、包装袋、包装盒、一次性快餐盒、饮料用瓶以及医用材料，使得其在服装、包装、玩具和医疗卫生等领域拥有广泛的应用

前景。

聚羟基烷酸酯 (PHAs) 是一种脂肪族聚酯, 于 1962 年由 J·N·Baptist 发现, 生物聚酯 (PHAs) 是由微生物或者植物生产的新型高分子材料, 可以通过植物糖 (如葡萄糖) 经细菌发酵得到。生物聚酯 (PHAs) 分子结构多样性强, 因此其性能也具有很强的可变性和操作性, 通过基因工程技术开发各种超强微生物合成平台, 目前已发现的聚合物组成单体超过 150 种, 各种单体的不同结构将为生物聚酯材料带来许多功能以及应用, 并且新的单体被不断地发现出来。由微生物合成的 PHAs 有一些特殊的性能, 包括生物可降解性、生物相容性、压电性和光学活性等。另外, 根据单体结构或含量的不同, PHAs 的性能可从坚硬到柔软到弹性变化。PHAs 的生物相容性和生物降解性使其可以作为体内植入材料, 包括组织工程材料和药物控制释放载体等。这种特性也可用于农业上包裹肥料或农药的载体, 使被包裹的物质在 PHAs 降解的过程中缓慢释放出来, 从而保持长期的肥效或药效, 同时减少用药量, 延长作用时间, 保护耕地的长期可种植性。PHAs 在外科领域的典型应用是做生物材料, 如手术试纸、绷带及手术用手套的润滑粉; 也可做与血液相容的膜制品; 还可用做血管移植植物或脉管待替代物以及骨裂固定盘等。

4) 金属类生态环境材料 从环境材料的角度出发, 材料强化强调在保持金属材料性能指标基本不变的前提下, 尽量采用地球储量丰富或对生态环境影响小的元素或物质作为强化组元, 同时, 尽量降低金属材料中强化元素的含量或减少合金元素的种类; 另一方面, 尽量采用同类元素或物质作为复合强化的第二相, 即在设计材料的强化性能时, 不仅考虑材料的使用性能, 而且要充分考虑材料对环境的影响。如 F-M 双相钢, 是一种极有前途的发展方向。双相钢的合金成分相对比较简单, 易于再生利用。这种 F-M 双相钢是通过工艺控制使铁素体与马氏体两种不同的组织交替共存, 从而改善材料的性能, 使传统材料得以优化。与普通低合金高强度钢相比, 在相同等级抗拉强度水平下, 铁素体-马氏体双相钢具有屈强比低、加工硬化能力强、冷变形性能好、无屈服点等特点。

从环境的角度讲, 要求人们在材料设计时, 除了考虑材料的成分、性能、工艺外, 还应当充分考虑材料的再循环, 也就是在设计材料时必须从材料资源 (资源容量) —材料成分—工艺—结构和性能—循环使用—生态平衡 (环境容量) 等诸环节进行综合考虑。

从环境材料的角度出发, 目前金属材料的生态化改造主要强调在保持金属材料的加工性能和使用性能基本不变或有所提高的前提下, 尽量使金属材料加工过程消耗较低的资源 and 能源, 排放较少的三废, 并且在废弃之后易于分解、回收与再生。

1.3 环境污染控制工程材料的研究内容

材料产业为人类带来了便利和好处, 但同时在材料的生产、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。这促使各国材料研究者从头审视材料的环境负担性, 研究材料与环境的相互作用, 定量评价材料生命周期对环境的影响, 研究开发环境协调性的新型材料。这就产生了一门新兴学科——环境材料。环境材料的研究引起了各国政府的普遍重视, 在国家的高科技发展计划中, 环境材料都是一个重要的主题。环境污染控制工程材料从控制对象来分主要包括: 水污染控制工程材料、大气污染控制工程材料、噪声污