

环境材料学



翁 端 编著

清华大学出版社

(京)新登字 158 号

内 容 简 介

本书是作者多年在清华大学从事环境材料研究和教学的总结。全书共分 11 章:主要介绍材料对环境的影响因素、评价材料环境负担性的生命周期评价方法、材料的环境性能数据库、材料的生态设计理论、环境友好加工原理和清洁生产方法等。另外,还介绍了纯天然材料、仿生物材料、绿色包装材料、生态建材、环境降解材料,以及为治理环境污染所用到的环境工程材料等与生态环境有关的材料的研究现状和发展趋势。

本书可供从事材料、环境、建筑、化工、化学、生物、机械、汽车、土木和水利等专业的工程技术人员和大专院校的师生作为参考书。

书 名: 环境材料学

作 者: 翁 端 编著

出 版 者: 清华大学出版社(北京清华大学学研大厦, 邮编 100084)

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

印 刷 者: 北京市清华园胶印厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 787×960 1/16 印张: 15.25 字数: 290 千字

版 次: 2001 年 10 月第 1 版 2001 年 10 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-04852-5/ TB·37

印 数: 0001~4000

定 价: 19.00 元



在整个 20 世纪,科学技术的进步促进了社会经济的快速发展,使全球范围的工业化、城市化进程加快。材料作为社会经济发展的物质基础和先导,对推动人类文明和发展起着极其重要的作用。但是,传统的材料研究、开发与生产往往过多地追求材料的良好使用性能,而对材料的生产、使用和废弃过程中消耗大量的资源和能源及造成严重的环境污染,危害人类生存的严峻事实重视不够。在这种背景下,材料科学工作者从资源和环境的角度重新认识材料在社会发展中的作用和意义,以及材料在生产和使用过程中给环境带来的问题,提出了环境材料的概念。

解决资源和能源短缺及地球环境污染问题,提高人类生存质量,实现社会和经济的可持续发展是全人类所面临的重大课题。无节制地使用资源和能源来大规模地生产材料和使用材料,是造成地球生态恶化和环境污染的主要原因之一。“环境材料”主要研究在材料加工和使用过程中如何减少对环境的破坏;建立定量的评价材料环境负担性的生命周期评价方法;将环境负荷作为一个考核材料的新指标,用于指导开发具有环境意识的绿色材料和产品;把生态平衡、环境保护、工业生态学、可持续发展等学科知识融入材料科学与工程,保护自然,造福人类。

我国是世界上人口最多的国家,也是材料生产和使用的大国,研究环境材料,提高资源效率,减少环境污染,是材料科学工作者义不容辞的责任。本书作为一本环境材料方面的教材,其出版将对环境材料的研究和发展起到一种促进作用;也是对环境材料这门学科的一种丰富。

左铁镛

中国科学技术协会副主席
中国工程院院士
北京工业大学校长

2001 年 6 月

目 录

环 境 材 料 学



第 1 章	绪论	1
1.1	环境材料的起源和定义	1
1.2	研究环境材料的意义	4
1.3	环境材料的研究内容	5
1.4	环境材料的研究现状及发展趋势	9
	思考题	13
	参考文献	13
第 2 章	材料与环境	14
2.1	材料在国民经济中的作用	14
2.2	材料与资源和环境的关系	16
2.3	材料加工和使用过程中的资源和能源消耗	18
2.4	气、液、固态污染物的排放	23
2.5	其他的环境影响	29
	思考题	34
	参考文献	34
第 3 章	材料的环境影响评价	36
3.1	常见的环境指标及其表达方法	36
3.2	材料的环境影响评价方法与标准	39
3.3	LCA 的技术框架及评价过程	43
3.4	常用的 LCA 评价模型	48
3.5	LCA 应用举例	51
3.6	LCA 的局限性	56

3 7	材料的环境性能数据库	59
	思考题	61
	参考文献	62
第 4 章	材料的生态设计	64
4 1	材料产业的可持续发展	64
4 2	工业生态学	68
4 3	材料流分析	72
4 4	材料生产的资源效率	79
4 5	材料的生态设计	84
	思考题	88
	参考文献	89
第 5 章	材料的环境友好加工及制备	91
5 1	降低材料环境负担性的技术	91
5 2	清洁生产技术	101
	思考题	107
	参考文献	108
第 6 章	纯天然材料	109
6 1	木材的开发和利用	109
6 2	石材的开发和利用	116
6 3	其他天然材料的开发和利用	117
	思考题	125
	参考文献	126
第 7 章	仿生物材料	128
7 1	仿生物材料的环境性能	128
7 2	生物材料的成分、结构和性能	130
7 3	仿生物材料的制备与应用	134
	思考题	139
	参考文献	139

第 8 章 绿色包装材料 141

8 1 概述 141

8 2 包装材料的环境影响及其评价 144

8 3 绿色包装材料的设计和加工技术 148

8 4 绿色包装材料的开发和应用 153

思考题 159

参考文献 159

第 9 章 生态建材 161

9 1 建材与环境 161

9 2 生态水泥和混凝土 169

9 3 建筑装饰材料 172

9 4 环境功能玻璃 179

9 5 建筑卫生陶瓷 181

9 6 辅助建材和建材化学品 182

9 7 固体废弃物在建筑中的应用 183

思考题 188

参考文献 189

第 10 章 环境降解材料 191

10 1 概述 191

10 2 材料的环境降解机理 195

10 3 生物降解材料的开发及应用 199

思考题 205

参考文献 206

第 11 章 环境工程材料 207

11 1 环境净化材料 207

11 2 环境修复材料 224

11 3 环境替代材料 227

结语 233

思考题 233

参考文献 234

后记 236



绪 论

本章主要介绍环境材料的起源,给出环境材料的定义,阐述研究环境材料的意义,讲述环境材料的研究内容及环境材料的未来发展趋势。

研究环境材料的目的是发挥材料科学的优势,将先进的材料科学与技术用于治理环境污染,改善生态环境。

1.1 环境材料的起源和定义

1. 环境材料的起源

在材料的提取、制备、生产、使用及废弃的过程中,常消耗大量的资源和能源,并排放大量的污染物,造成环境污染,影响人类健康。20世纪90年代初,世界各国的材料科学工作者开始重视材料的环境性能,从理论上研究评价材料对环境影响的定量方法和手段,从应用上开发对环境友好的新材料及其制品。经过几年的发展,在环境和材料两大学科之间开创了一门新兴学科——环境材料(ecomaterial)。其特征首先是节约能源和资源;其次,是减少环境污染,避免温室效应和臭氧层破坏;第三是资源容易回收和循环再利用。环境材料的出现是人类认识客观世界的飞跃与升华,标志着材料科学的发展进入了一个新的历史时期。

最初,环境材料在欧美称为环境友好型材料,或称为环境兼容性材料。而在亚洲,主要是日本和中国,称之为绿色材料、生态材料、环境材料、环境相容性材料、环境协调型材料或环境调和型材料等。表 1-1 是关于环境材料的各种语言表达。从英语、德语、法语的意思看,环境材料的含义主要还是指材料及其制品要对环境污

染小或对环境友好等。由表 1-1 可见,汉语和日语有关环境材料的称谓比较相近。1995 年,在西安举行的第二届国际环境材料大会上,与会的国际材料界各方专家经讨论,一致同意将环境友好型材料的各种表达统一为“环境材料”的汉语称谓。这就是汉语“环境材料”名称的正式来源。所以,目前在国内,许多学术文章亦将环境材料叫作生态环境材料或生态材料。

表 1-1 关于环境材料的各种语言表达

语 种	表 达
汉语	环境材料
	生态材料
	绿色材料
	生态环境材料
	环境友好型材料
	环境协调性材料
	环境兼容性材料
	环境相容性材料
日语	环境材料
	环境 和型材料
	环境 调性材料
英语	ecologically beneficial material
	environmentally friendly material
	ecomaterial
德语	oekologische vorteile material
	umweltfreundliche werkstoff
法语	des materiaux favourable a l'Environment

应该指出的是,英语词汇 ecomaterial 是由日本东京大学的山本良一教授及其研究小组于 1993 年率先提出的,其构成是由英语的 material(材料)加上 ecology(生态学)的词头前缀(eco-)复合而成的。

2 . 环境材料的定义

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

能的材料,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”,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。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。

如图 1-1 所示,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较少,对环境影响较小且再生利用率较高的一类材料。在我国现阶段的环境状况下,通常将治理污染所用到的一些环境工程材料也归纳到环境材料的范畴中。随着对环境材料的不断研究和发展,关于环境材料的定义将会不断完善。

图 1-1 环境材料的基本性能示意图

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科学。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。其特征是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 2 研究环境材料的意义

1 . 材料科学发展的必然阶段

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,也是随着历史发展的需要而诞生的。表 1-2 给出了 20 世纪以来某些新材料的发展阶段。显然,与能源材料和信息材料的发展类似,环境材料也是应时代的要求、社会的需要而产生和发展起来的。

表 1-2 某些新材料的发展阶段

年 代	60 年代	70 年代	80 年代	90 年代
材料	半导体材料	能源材料	信息材料	环境材料

由于 70 年代的能源危机,在材料学科中诞生了一门新兴学科——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,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,当我们谈到能源材料或信息材料时,很难用一种具体的材料来表征其整个涵义。

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,使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,环境材料的出现是材料科学发展的必然阶段,也是材料科学的进步。

同能源材料和信息材料类似,环境材料是指那些在制备和使用过程中能与环境相容和协调,或在废弃后可被环境降解,或对环境有一定净化和修复功能等一类材料的总称。环境材料是一大类与改善生态条件、降低环境污染有关的新材料。很难用某一种具体的特征材料来表征其内涵。

2 . 自然界对人类行为反作用的结果

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。

20 世纪以来,地球上发生了三种影响深远的变化:一是社会生产力的极大提高和经济规模的空前扩大,经济总量大幅度增长,创造了前所未有的物质财富,大大推进了人类文明的进程;二是人口的爆炸性增长使 20 世纪世界人口翻了两番,由 20 世纪初的 14 亿达到了 90 年代初的 57 亿,并且以每年约 8 000 万以上的速度继续增长;三是由于自然资源的过度开发与消耗,以及各种生产废物和污染物的大量排放,导致全球性的资源短缺、环境污染和生态破坏。因此,人口膨胀、资源短缺、环境恶化是当今社会持续发展面临的三大问题。这些问题的不断积累,加剧了人类与自然的矛盾,对社会经济的持续发展和人类自身的生存构成了新的威胁。

面对这种严峻的形势,人类不得不认真回顾自己的发展历程,重新审视自己的社会经济行为,探索新的发展战略。从资源和环境角度分析,材料的提取、制备、生产、使用和废弃过程是一个资源消耗和环境污染的过程,也就是说,一方面材料推动着人类社会的物质文明,而另一方面又消耗大量的资源和能源,并给环境带来严重的污染和破坏。

因此,有限资源的过度开发,使资源受到枯竭的威胁,并带给环境日益严重的污染,对材料开发和应用提出了新的历史要求。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。在这个意义上,环境材料的产生是自然界对人类行为反作用的结果。

1 3 环境材料的研究内容

关于环境材料的研究内容,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。就我国目前材料生产和环境状况来看,环境材料的研究内容应包括材料的环境性能评价和环境性能数据库;降低材料环境负担性的工艺和技术,如资源的有效利用和废物再循环利用等;开发环境相容性新材料和绿色产品;发展环境降解新材料及治理环境污染的高效环境工程材料等方面。

从现阶段来看,关于环境材料的研究可以分三步走,如表 1-3 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。机动车尾气排放给大、中城市造成的大气污染,向人们提出了开发治理汽车尾气的技术和产品的要求。而治理汽车尾气污染的核心技术就是开发满足使用要求的汽车尾气催化材料。处理冶金、化工行业大量排放的废渣,其实是将废料变成原料,生产新的原材料产品,使废物被再循环利用,提高资源效率。

表 1-3 “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	治理现在的污染,改善生态环境
治本	初始端治理	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

第二步是治本。将材料科学与技术用于环境保护,即在清除积累的环境污染问题的同时,开展初始端治理,在设计阶段即考虑减少生产过程对环境的影响,如通过提高资源利用效率,减少废物排放,改革生产工艺,实行清洁生产技术,从源头控制污染物的产生和排放,可以有效地改善生态环境,减少污染。

环境材料发展的最高境界,是所制备的材料和产品能够与环境尽量相容和协调,使人类社会真正回归大自然。届时,大量的材料及产品都具有环境协调性、环境兼容性、环境降解性等环境性能,实现材料产业的可持续发展。

1 . 环境材料的理论研究

关于环境材料的理论研究主要有环境材料的定义、范畴和内涵,健全环境材料学科;建立材料环境负荷的量化指标,收集材料的环境影响数据,为建立材料的环境性能数据库提供框架和支持。另外,开展材料在加工、使用和废弃过程中的环境影响评价理论和评价方法的研究,为建立环境材料的生态化设计理论及方法,为环境友好型材料加工制备工艺和生产过程提供决策依据和原则。再有,研究材料科学与技术的可持续发展理论,健全材料科学与技术的资源保护及再资源化理论。再循环利用技术和清洁生产技术等也是环境材料理论研究的内容。环境材料理论研究的主要内容见表 1-4。

在进行材料的环境影响评价之前,首先要确定用何种指标来衡量材料的环境负担性。已提出的表达方法有能源消耗、资源消耗、环境影响因子、环境指数、环境负荷单位、单位服务的物质投入等。关于材料环境负担性的评价技术,除对废气、

表 1-4 环境材料理论研究的主要内容

类 别	内 容
材料的环境性能评价	LCA 方法学、环境性能数据库
材料的可持续发展理论	资源效率、物质流分析、工业生态学
材料的生态设计	生态设计理论、非物质化理论
材料的生态加工	清洁生产、再循环利用、降解、废物处理

废液以及固态废弃物等单一影响用单因子评价方法外,用生命周期评估技术(LCA, life cycle assessment)评价材料的环境负担性已基本上为科学工作者所接受。LCA 是指用数学物理方法结合实验分析对某一过程、产品或事件的资源、能源消耗,废物排放,环境吸收和消化能力等环境影响进行评价,定量确定该过程、产品或事件的环境合理性及环境负荷量的大小。目前,关于 LCA 主要集中在针对具体的工艺过程、产品或事件进行应用评价技术研究,以及如何确定被评价对象的边界范围。

环境材料理论研究的第二个重要方面就是材料技术的可持续发展理论研究。其研究目的是以自然资源为基础,与环境承载能力相协调;保持资源平衡、能量平衡和环境平衡;实现社会、经济 and 环境的协调发展。材料可持续发展的研究目标是建立材料开发、应用、再生过程与生态环境之间相互作用和相互制约的理论;揭示人类对材料的需求活动引起的生态环境变化规律,揭示生态环境变化对人类生存所需材料的质量和数量的影响规律。其主要内容包括资源的有效利用和二次资源化技术、再循环使用技术、物质流理论和清洁生产理论。特别是二次资源化技术研究是节约资源、提高资源利用效率和废弃物的再循环利用率的一项有效措施。与此相应的是,减少物质的搬运量。降低材料链赤字也是提高资源效率,实现材料科学与技术可持续发展的一条积极途径。目前,实现材料科学与技术可持续发展的技术主要有资源保护和再资源化技术,废物再利用和再循环技术,避害技术,控制技术,补救修复技术,清洁生产技术,环境教育和管理等。

在环境科学中,近年来对用初始端预防技术来代替末端治理措施一直比较重视。强调产品和工艺的设计对提高资源和能源的利用效率,减少污染物排放的重要性是环境材料理论研究的又一方面。将环境平衡、资源平衡和能源平衡原理用于环境材料的设计,使产品从一开始就与环境相容,避免了后处理的工序,这显然既追求了环境效益,又追求了经济效益和社会效益。

由于“环境材料”刚出现几年,目前一些科学工作者对这一新兴学科的理解还不一致。无论国内还是国外,在环境材料的研究方面,还有许多问题有待解答,如

环境材料的概念、定义、范畴,基础和应用研究内容,发展方向,材料环境性能的具体量化指标等。研究这些基本问题,有助于环境材料的发展和完善。

2 . 环境材料的应用研究

目前许多关于环境材料的应用研究,大多在保证该材料具有满意的使用性能条件下,尽量降低其在加工和使用过程中对环境的负担性,或节约资源,降低能耗。换句话说,主要集中在开发环境协调性的新材料和材料的环境友好型加工工艺方面。如各种绿色材料及其制品的开发,现有材料的环境友好型改造,在生产工艺设计上采取清洁生产技术,即保持清洁的原料、清洁的工艺和清洁的产品,从而在材料的制备过程中尽量减少对环境的污染。

表 1-5 环境材料应用研究的主要内容

类 别	主 要 内 容
环境协调性材料	天然材料、仿生物材料、绿色包装材料、生态建材
环境降解材料	可降解塑料、生物降解性无机材料
环境工程材料	环境净化材料、环境修复材料、环境替代材料

在环境材料的应用研究中,强调材料与环境的相容性、协调性是主要的研究目的之一。开发环境相容性的新材料及其制品,并对现有的材料进行环境协调性改性,是环境材料应用研究的主要内容。到目前为止,在纯天然材料、仿生物材料、绿色包装材料、生态建材等方面的开发和应用都有较大的进展。

对环境降解材料的研究,包括生物降解塑料和可降解无机磷酸盐陶瓷材料等也是环境材料应用研究的一个方面。目前的研究重点主要是光-生物共降解材料的开发,以及规模化工业生产的工艺等。

针对积累下来的污染问题,开发门类齐全的环境工程材料,对环境进行修复、净化或替代等处理,逐渐改善地球的生态环境,使之朝可持续发展的方向前进,也是环境材料应用研究的一个重要方面。关于环境工程材料,一般指在防止、治理环境污染过程中所用到的一些材料。常见的环境净化材料如过滤、分离、杀菌、消毒材料等,环境修复材料如治理大气污染的吸附、吸收和催化转化材料,治理水污染的沉淀、中和、氧化还原材料,以及减少有害固态废弃物污染的固体隔离材料等。防止土壤沙漠化的固沙植被材料也属于环境修复材料。在环境替代材料中,目前的研究重点是替代氟里昂的致冷剂材料,以及工业和民用的无磷化学品材料等。另外,用竹、木等天然材料替代那些环境负荷较大的结构材料,事实上也属于环境替代材料的一类。

环境材料作为跨材料和环境两大领域的一门新兴交叉学科,在保持资源平衡、

能量平衡和环境平衡,实现社会和经济的可持续发展,将环境性能融入 21 世纪所有的新材料开发,完善材料环境负担性评价的理论体系,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担性的新工艺、新技术和新方法等方面将成为 21 世纪材料科学与技术发展的一个主导方向。

1 4 环境材料的研究现状及发展趋势

经过几年的发展,“环境材料”已基本形成为一门新兴的交叉学科,包括了物理、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、非铁金属、石油化工、煤和建筑等。

自 1993 年至 2000 年,专门以环境材料为主题的国际会议已召开过四届。有关环境材料的研究已引起全球各领域的普遍重视,各国政府都相应制定了环境材料的发展计划。例如,在大的研究计划中把环境材料作为一个重要的主题,制定相应的环境材料科学研究计划;制定相关的政策法规,鼓励发展和推广使用环境友好型材料和产品;加强环境材料的科学普及教育,尤其是提高公众的环境意识和资源回收再利用观念;在大学开设环境材料课程,培养从事环境材料研究和开发的相关人才等。

1998 年,在中国环境材料发展战略研讨会上,国内的环境材料专家考虑了我国材料发展趋势和环境污染现状,经过多次讨论,提出我国环境材料领域应优先开展的几方面工作,主要包括:

- (1) 建立材料的环境协调性评价(LCA)方法及数据库;
- (2) 材料的生态设计(eco-design)理论和方法;
- (3) 材料循环过程中性能演变及其控制;
- (4) 有害元素或稀缺元素的替代研究;
- (5) 天然可再生资源的深加工利用;
- (6) 废旧高分子材料的循环与再利用;
- (7) 环境净化与治理的新型材料。

1 . 环境材料的基础理论研究

目前,环境材料的基础理论研究主要着重于材料的环境影响评价方法和材料产业的可持续发展理论,环境材料的理论体系的完善。

随着人类对生态系统和环境保护认识的逐渐深入,材料的环境性能将成为 21 世纪新材料的一个基本性能。我们只有一个地球!必须提高材料生产过程中的资源效率,减少环境污染,实现材料的可持续发展。

过去的材料研究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。如传统的材料科学与工程定义只强调材料的成分、结构、工艺和它们的性能与用途之间的关系,没有考虑到材料的环境性能。

在全球资源短缺和环境污染严重的今天,作为材料科学工作者,应注意材料对环境的影响程度。开发新材料时,在尽可能追求材料高性能的同时,应尽可能节约资源和能源,减少环境污染。改变片面追求性能的观念,改变只管设计生产,不顾使用和废弃后资源再生利用及环境污染的观念。不仅讲经济效益,还要讲社会效益、环境效益,把材料的环境性能融入 21 世纪所有新材料的设计和生产中去。

2. 开展材料的环境影响评价及建立材料环境性能数据库

针对各国的资源现状、经济发展水平等具体情况,开展材料的环境影响评价以及有关环境材料的基础理论研究,对发展和完善环境材料学具有原创性的意义。

材料的环境影响评价需要建立相应的评价方法和指标体系。采用 LCA 方法评价材料的环境影响已经得到各方面的广泛认同。在 LCA 的理论研究中,关于材料的环境性能指标及其表达方式,包括建立较为完善的环境影响数学物理模型,以及材料的环境性能数据库等方面的研究是目前专家学者正在努力的方向。

为有效推行 LCA 方法在材料的环境影响评价中的应用,必须建立 LCA 的数据结构和相应的评价软件。不同材料具有不同流程,同一材料也有不同生产工艺,其环境影响性各不相同。通用的材料环境性能数据库必须包含不同材料、不同工艺、不同性能及不同的环境影响。如何制定合理的 LCA 数据库框架,编制数据库软件也是一个研究热点。

3. 发展环境友好型的材料设计和制备工艺

首先是现有材料生产工艺的环境协调性技术改进,减少材料生产中的污染,特别是传统材料生产,因其具有量大面广、能耗高、污染大的特点。对其关键性生产工艺流程进行技术改进,能显著改善对环境的影响。例如,在钢铁生产中,轧钢流程能耗大,而采用薄板坯连铸工艺,可以将钢坯厚度由大于 150mm 降至 50~80mm,减少轧制的能量消耗;在汽车工业中,采用粉末冶金的方法生产阀门、手柄等部件,省去了机械加工和热处理流程,也显著降低了能耗。

处理和回收废弃材料,在材料设计的过程中即考虑材料的回收问题,使材料具有很好的环境相容性。最大限度延长材料的使用寿命,是节省资源的有效途径。

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有着重要的作用。近年来,综合利用工业固体废弃物,如钢渣、废铁、废玻璃、废塑料、橡胶、纸等,一直

是环境材料研究的重点。

关于农产品废物的高附加值利用研究也具有很大的价值。每年全世界农产品产量超过 500 亿 t, 其中约 10% 没有被充分利用。合理利用这些农产品废料, 不仅显著降低环境污染, 而且可建立以农产品为原料的绿色工业。

4. 开发具有优良环境协调性的新型环境材料

开发环境友好型的新材料及绿色材料制品, 是环境材料研究的主要内容。到目前为止, 环境材料的应用已涉及各个材料领域。一方面是对现有的材料进行环境协调性改进, 如建筑材料、生物医用材料、金属材料、无机非金属材料、环境友好型高分子材料、聚合物陶瓷等等, 减少这些传统材料对环境的影响; 另一方面是在新材料的开发过程中, 注意新材料与环境的相容性, 如对天然材料进行深加工和充分利用, 开发可降解的高分子塑料, 对废弃物进行资源再生和回收利用等, 在研究和应用上都有很大的发展。

从生态观点看, 天然材料加工的能耗低, 可再生循环利用, 易于处理。对天然材料进行高附加值开发, 所得材料具有先进的环境协调性能并具有优良的使用性能。天然材料包括天然纤维材料如木质素、纤维素、甲壳素等。

开发超高性能、超长寿命的材料, 可以有效地降低材料的环境负荷与寿命的比值, 从总体来看, 也是降低材料环境负担性的有效途径。例如, 开发超高强低合金钢, 通过调整成分和热处理工艺即可得到性能在较大范围内明显改善的钢种, 能大幅度提高钢的寿命和性能, 相应地降低其环境负担性。研究超高性能和超长寿命的水泥也是生态建材的一个重要发展方向。

研究可生物降解的塑料, 从根本上解决白色垃圾污染的问题, 仍然是环境材料面临的一个重大课题。脂肪族高聚物、聚酯高分子材料都具有较好的生物可降解性。采用淀粉与高分子共混的高分子材料也被大量研究。此外, 结合一些河湖等水资源丰富地区的地理特点, 开发水降解材料也是环境材料今后研究的一个新领域。

5. 研究开发环境净化和环境修复材料

面对日益严重的环境污染, 作为材料科学工作者, 有义务为改善生态条件, 治理环境污染作出应有的贡献。针对积累下来的污染问题, 开发门类齐全的环境工程材料, 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。目前, 环境净化材料、环境修复材料和环境替代材料是环境工程材料的研究热点。

常见的环境净化材料有大气污染控制材料、水污染控制材料以及其他污染控