

教育部高职高专规划教材

环境与建筑功能材料

蒋庆华 杨永利 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书内容包括环境材料评价方法与标准、绿色建筑材料、建筑防火材料、建筑防水材料、建筑保温隔热材料、建筑声学材料、建筑光学材料、建筑加固修复材料与复合材料、纳米材料等,较为详细地介绍了材料的特点、基本生产方法以及材料的应用技术、适用范围等。为了使读者加深理解,每章后均附有复习思考题。

本书可供高等职业院校材料、建筑及土木工程、装饰等多个专业作为教材使用。还可作为材料生产、建筑施工和建筑装饰企业的岗位培训教材以及有关人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

环境与建筑功能材料/蒋庆华,杨永利主编. —北京:
化学工业出版社, 2006. 9

教育部高职高专规划教材

ISBN 7-5025-9498-1

I. 环… II. ①蒋…②杨… III. 建筑材料: 功能材料-高等学校: 技术学院-教材 IV. TU5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 117967 号

教育部高职高专规划教材

环境与建筑功能材料

蒋庆华 杨永利 主编

责任编辑: 程树珍 王文峡

文字编辑: 汲永臻

责任校对: 郑捷

封面设计: 潘峰

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010)64982530

(010)64918013

购书传真: (010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

化学工业出版社印刷厂印装

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 15 $\frac{3}{4}$ 字数 398 千字

2007 年 1 月第 1 版 2007 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-9498-1

定 价: 29.50 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换

前 言

为适应高等职业技术教育的教学和人才培养的要求，进一步落实 21 世纪高等职业教育课程改革的教材建设规划，为此编写了这本教材，在编写过程中，尽可能突出目前正在使用的以及近期能推广的新材料、新技术等。

本书由蒋庆华、杨永利任主编，田文富、陈鸣任副主编。

全书共分十章。其中内蒙古化工职业学院杨永利编写第 6 章、第 8 章；黑龙江建筑职业技术学院田文富编写第 5 章、第 3 章的第 4 节；贵州省建筑材料工业学校陈鸣编写第 9 章；浙江工业大学职业技术学院陈永忠编写第 3 章的第 2 节、第 3 节；安徽职业技术学院李德明编写第 2 章、第 7 章、第 3 章的第 5 节；安徽职业技术学院蒋庆华编写第 1 章、第 4 章、第 10 章、第 3 章第 1 节，并负责全书的统稿工作。

全书由浙江工业大学职业技术学院顾申良主审，在审稿过程中顾申良老师提出了许多宝贵的意见，在此表示衷心的感谢。

由于编写时间仓促及限于编者水平，书中定有不当或不妥之处，敬请专家、同仁和广大读者批评指正。

编 者

2006 年 6 月

目 录

1 绪论	1
1.1 建筑功能材料的分类	1
1.1.1 建筑保温隔热材料	1
1.1.2 建筑防水材料	2
1.1.3 建筑声学材料	2
1.1.4 建筑防火材料	2
1.1.5 建筑光学材料	2
1.1.6 建筑加固修复材料	2
1.1.7 功能混凝土	3
1.2 环境材料	3
1.2.1 环境材料的特征	4
1.2.2 环境材料的分类	4
复习思考题	5
2 环境材料评价方法与标准	6
2.1 材料对生态环境的影响	6
2.1.1 材料生产和使用对环境的影响	6
2.1.2 面临的环境和资源问题	7
2.1.3 材料中的化学元素对环境和人体的影响	8
2.2 环境材料的判据	8
2.2.1 一般性原则	8
2.2.2 常见的环境指标及其表达方法	9
2.3 生命周期评价方法	11
2.3.1 概念	11
2.3.2 LCA 的评价方法	11
2.4 其他评价法	15
2.4.1 经济性指标化	15
2.4.2 环境材料的研究方法评估	16
2.5 LCA 评价方法与实例	16
2.5.1 LCA 评价方法——输入输出法简介	16
2.5.2 LCA 评价的实例	17
2.5.3 环境材料性能数据库的建立	18
2.6 LCA 评价方法的局限性	19
2.6.1 评价时的局限性	19
2.6.2 LCA 理论上的困难	20
复习思考题	20

3 绿色建筑材料	21
3.1 概述	21
3.1.1 建材对环境的污染	21
3.1.2 环境对建材的破坏作用	23
3.1.3 绿色建材的特点	23
3.2 绿色涂料	24
3.2.1 普通建筑涂料	24
3.2.2 绿色涂料的意义	26
3.2.3 绿色建筑涂料的类型	28
3.3 新型生态建筑材料	38
3.3.1 新型墙体材料	38
3.3.2 生态水泥	57
3.3.3 生态混凝土	58
3.3.4 生态玻璃	59
3.4 干粉砂浆	62
3.4.1 概述	62
3.4.2 干粉砂浆的原料	65
3.4.3 干粉砂浆的生产工艺	69
3.4.4 干粉砂浆的质量检验	70
3.5 再生循环利用技术	74
3.5.1 无机非金属材料再生循环利用	74
3.5.2 高分子材料的再生循环利用	76
复习思考题	78
4 建筑防火材料	79
4.1 概述	79
4.1.1 建筑材料的防火性能	79
4.1.2 建筑材料燃烧性能及检测分级	80
4.1.3 建筑防火材料及其防火机理	81
4.2 建筑防火板材	83
4.2.1 纤维增强硅酸钙板	84
4.2.2 石膏板材	84
4.2.3 泰柏墙板	86
4.2.4 纤维增强水泥平板	86
4.2.5 滞燃型胶合板	87
4.2.6 难燃铝塑建筑装饰板	88
4.2.7 防火吸音板	88
4.3 建筑防火涂料	89
4.3.1 建筑防火涂料的组成及分类	89
4.3.2 建筑防火涂料的防火原理	90
4.3.3 饰面型防火涂料	92

4.3.4	钢结构防火涂料·····	93
4.4	建筑阻燃材料·····	98
4.4.1	阻燃墙纸·····	98
4.4.2	阻燃织物·····	99
4.4.3	阻燃剂及堵料·····	100
	复习思考题·····	104
5	建筑防水材料·····	106
5.1	概述·····	106
5.2	防水卷材·····	107
5.2.1	非改性沥青油毡·····	107
5.2.2	改性沥青油毡·····	107
5.2.3	合成高分子防水卷材·····	111
5.2.4	防水卷材的防水施工·····	115
5.3	防水涂料·····	117
5.3.1	概述·····	117
5.3.2	沥青类防水涂料·····	117
5.3.3	沥青类防水涂料·····	118
5.3.4	聚氨酯防水涂料·····	119
5.3.5	硅橡胶防水涂料·····	119
5.3.6	丙烯酸酯类防水涂料·····	120
5.4	建筑密封材料·····	121
5.4.1	建筑密封材料的种类及性能·····	121
5.4.2	建筑防水沥青嵌缝油膏·····	121
5.4.3	聚氯乙烯建筑防水接缝材料·····	122
5.4.4	硅酮建筑密封胶·····	123
5.4.5	聚硫建筑密封胶·····	124
5.4.6	聚氨酯建筑密封胶·····	124
5.4.7	丙烯酸酯建筑密封胶·····	125
5.4.8	止水带·····	126
5.5	混凝土防水剂·····	129
5.5.1	防水混凝土的种类、特点及适用范围·····	129
5.5.2	常用的防水剂·····	129
	复习思考题·····	135
6	建筑保温隔热材料·····	136
6.1	概述·····	136
6.1.1	建筑节能的重大意义·····	136
6.1.2	国内外建筑保温隔热材料的发展现状·····	137
6.1.3	中国保温材料的发展方向和对策·····	138
6.2	建筑保温隔热材料的基本特征·····	139
6.2.1	保温隔热材料的作用机理·····	139

6.2.2	建筑保温隔热材料的基本特征	140
6.2.3	影响保温隔热材料性能的主要因素	140
6.3	常用保温隔热材料	141
6.3.1	保温材料的分类	141
6.3.2	无机保温隔热材料	142
6.3.3	有机保温隔热材料	146
6.4	建筑保温隔热材料选用原则	148
6.4.1	保温材料的一般选用原则	148
6.4.2	保温隔热材料的技术经济选择方法	149
6.4.3	建筑保温隔热材料的应用类型及基本要求	149
	复习思考题	153
7	建筑声学材料	154
7.1	概述	154
7.1.1	建筑声学的发展	154
7.1.2	声学材料与建筑声学	154
7.1.3	厅堂设计的声学要求	155
7.2	声学的基本知识	155
7.2.1	声音的产生与传播	155
7.2.2	声音的计量	156
7.2.3	声音的频谱与声源的指向性	159
7.3	建筑声学材料(结构)的基本特性	161
7.3.1	吸声材料和吸声结构	161
7.3.2	隔声和构体的隔声特性	162
7.3.3	反射和反射体	163
7.4	吸声材料	164
7.4.1	吸声材料(结构)的分类	164
7.4.2	多孔吸声材料	164
7.4.3	共振吸声结构	165
7.4.4	其他强吸声结构	168
7.5	隔声材料	168
7.5.1	空气声隔绝	168
7.5.2	固体声(撞击声)隔绝	170
7.6	声学材料(结构)的选用原则和施工应用	170
7.6.1	声学材料(结构)的选用原则	170
7.6.2	施工应用实例	170
	复习思考题	171
8	建筑光学材料	172
8.1	概述	172
8.1.1	玻璃的分类和组成	172
8.1.2	玻璃的制造	174

8.2 玻璃的基本性质	175
8.2.1 玻璃的性质	176
8.2.2 玻璃的储存与运输	180
8.3 建筑玻璃的品种及特征	180
8.3.1 平板玻璃	181
8.3.2 安全玻璃	182
8.3.3 功能玻璃	185
8.3.4 饰面玻璃	189
8.3.5 玻璃砖	193
8.3.6 有机玻璃	193
8.4 玻璃的光学装饰效果及设计手法	194
8.4.1 玻璃的光学装饰效果	194
8.4.2 玻璃装饰的设计手法	194
8.4.3 玻璃幕墙装饰	196
复习思考题	199
9 建筑加固修复材料与复合材料	200
9.1 概述	200
9.1.1 加固方法	200
9.1.2 加固技术	201
9.1.3 复合材料的应用	202
9.2 聚合物修补材料	203
9.2.1 聚合物水泥修补材料	203
9.2.2 聚合物砂浆修补材料	205
9.3 纤维复合修补材料	207
9.3.1 钢纤维混凝土	207
9.3.2 合成纤维修补材料	208
9.4 化学灌浆补强修复材料	211
9.4.1 环氧树脂化学灌浆材料	211
9.4.2 甲基丙烯酸酯类化学灌浆材料	212
9.5 加固修复用胶黏剂	214
9.5.1 胶黏剂的组成	215
9.5.2 胶黏剂的品种	216
9.5.3 胶黏剂的配方	216
9.5.4 选用原则	217
9.6 复合材料	218
9.6.1 复合材料的原料	218
9.6.2 聚合物基复合材料的生产	219
9.6.3 金属基复合材料的生产	221
9.6.4 无机非金属材料基复合材料的生产	223
复习思考题	223

10 纳米材料	224
10.1 概述	224
10.1.1 纳米材料的科学概念	224
10.1.2 纳米材料的分类	224
10.1.3 纳米材料的特性	225
10.1.4 纳米科技的发展状况	226
10.2 纳米材料的合成与制备简介	227
10.2.1 纳米材料制备技术分类	227
10.2.2 纳米粉体制备方法	228
10.3 纳米材料的应用	230
10.3.1 在环境领域中的应用	231
10.3.2 纳米材料在建筑材料中的应用	233
复习思考题	235
参考文献	236

1 绪 论

1.1 建筑功能材料的分类

建筑向来就有凝固的音乐艺术之雅称，建筑是时代的写照，是社会经济、科技、文化的综合反映。而任何建筑物则都是用各种材料建成的，建成建筑物的这些材料总称为建筑材料，它是一切建筑工程的物质基础。建筑材料根据在建筑上的用途，大体分为三大类：建筑结构材料、墙体材料和建筑功能材料。建筑结构材料主要指构成建筑物受力构件和结构所用的材料，如梁、板、柱、基础、框架和其他受力构件所用材料，对这类材料的主要技术性能要求是力学性能和耐久性；墙体材料主要是指用于建筑物内、外及分隔墙体所用的材料，有力学性能要求的为承重墙材，起围护作用并满足部分建筑功能要求的为非承重墙材；建筑功能材料则主要是指担负某些建筑功能的、非承重用的材料，它们赋予建筑物防水、防火、保温、隔热、采光、隔声、装饰等功能，决定着建筑物的使用功能和建筑品质。

随着社会的不断进步和人类生活水平的提高，建筑的种类与样式也越来越丰富，功能也越来越多样化。除了满足最基本的防御和提供生产、生活空间功能外，人们对建筑的功能要求还包括舒适性、健康性、便利性、耐久性、私密性及美观性等诸多方面。因此，现代建筑对构建其主体的建筑材料提出了更高的要求。各种建筑功能材料的发展和应用，大大改善了建筑物的使用功能，使其更适合于人们的生活和工作要求。目前，中国已经执行了推广节能建筑的时间表。到 2010 年，全国新建建筑争取 1/3 以上能达到绿色建筑和节能建筑标准，全国城镇建筑的总能耗要实现节能 50%。到 2020 年，使全社会建筑的总能耗能够达到节能 65% 的总目标。这就为建筑功能材料提供了广阔的发展空间。

建筑功能材料种类繁多，功能各异。通常按材料在建筑物或构筑物中的功能进行分类，见表 1-1。

表 1-1 建筑功能材料分类

分 类	品 种	
建筑保温隔热材料	无机保温隔热材料、有机保温隔热材料	
建筑防水材料	防水卷材、防水涂料、刚性防水材料	
建筑防火涂料	防火板材、防火涂料、阻燃材料	
建筑声学材料	吸声材料	多孔吸声材料、共振式吸声结构材料、特殊吸声结构材料
	隔声材料	密实板、多孔板、减振板
建筑光学材料	平板玻璃、饰面玻璃、安全玻璃、功能玻璃、玻璃砖、有机玻璃	
功能混凝土	防水混凝土、耐酸混凝土、耐碱混凝土、耐油混凝土、耐热混凝土、防爆混凝土、导电混凝土、防辐射混凝土、装饰混凝土	
建筑加固修复材料	聚合物复合修补材料、纤维复合修补材料、化学灌浆补强修复材料、加固修复用胶黏剂	

1.1.1 建筑保温隔热材料

建筑保温隔热是节约能源、提高建筑物居住和使用功能的一个重要方面。建筑能耗在人类整个能源消耗中一般占 30%~40%，所以建筑节能意义重大。在建筑中合理地采用保温

隔热材料，能提高建筑物的保温隔热效能，更好地满足使用要求，保证人们正常的生产、工作和生活。在采暖建筑、空调建筑以及冷藏库、热工设备等处，采用必要的绝热材料能减少热损失，节约能源，降低生产成本。节能建筑的推广执行，为建筑保温隔热材料的发展提供了有力的保障。

1.1.2 建筑防水材料

防水是建筑物的一项基本使用功能，防水材料是实现这一功能的物质基础，是建筑物及构筑物免受雨水、地下水及其他水分的侵蚀、渗透的重要功能材料，其质量的优劣直接影响到人们的居住环境、卫生条件以及建筑物的使用寿命。建筑物中需要进行防水处理的部位主要有屋面、墙面、地面（特别是浴室、卫生间地面）和地下室等处。

防水材料通常指的是由防水卷材、防水涂料和密封材料等构成的柔性防水材料。

1.1.3 建筑声学材料

建筑声学材料是一种能在较大程度上吸收由空气传递的声波能量或阻隔声波传播的功能材料，一般分为吸声材料和隔声材料。在音乐厅、影剧院、大会堂、播音室等内部的墙面、顶棚、地面等部位使用，可保持良好的音响效果。环境声学问题在现代居住条件方面逐渐被重视，多功能的新型建筑声学材料在现代建筑物中得到了广泛的应用。

1.1.4 建筑防火材料

建筑火灾是火造成的灾害，会危及人们的生命和财产安全。我国经济建设的发展和城市化进程的加快，现代建筑物趋向高层化、大型化，居住形式趋向密集化，加上各种电器的安装使用，各种建筑装饰材料、塑料制品、纺织用品、木器家具、用具、炊具等大量引入建筑中，给现代建筑带来了巨大的火灾隐患。高层建筑由于高度大，层数多，人员集中，功能复杂，设备繁多，装修量大，各种竖井林立，所承受的风力大、雷击次数多，与一般低层、多层建筑相比更加重了防火的难度，火灾发生时的危害程度也更加严重。

因此，现代建筑特别是高层建筑，防火问题更应特别重视。在不断完善建筑防火规范的同时，还要不断开发和使用新型的建筑防火材料。

1.1.5 建筑光学材料

建筑玻璃及大型玻璃幕墙等新型建筑光学材料的发展和应用大大提高了建筑物的采光功能和光学装饰效果，不仅美观，而且节能舒适、安全可靠。过去玻璃在建筑上主要作采光和装饰材料，随着现代建筑技术的不断发展，玻璃制品已从单纯的窗用采光材料发展成为控制光线、调节热量、节约能源、降低噪声及减轻结构自重、美化建筑环境、提高建筑艺术功能的多功能建筑光学材料。

1.1.6 建筑加固修复材料

建筑物因年久老化、维修不好或没有维修、使用不合理（比如建筑物用途变更、超载使用，使用条件或环境恶化以及人为破坏等）、自然灾害及偶然事故（如地震、风灾、火灾、水灾等），都会影响建筑物的正常使用。此外，建筑物在施工阶段，可能由于管理不善，或施工技术水平达不到要求，或人为不按施工规范操作等原因造成隐患，从而在

工程竣工后建筑物不能满足原设计功能要求。为恢复或部分恢复其原有功能或一定的功能，就需要及时进行维修或加固。因此建筑加固修复材料对建筑物使用功能的维护就具有积极的意义。

1.1.7 功能混凝土

功能混凝土是在传统的混凝土中加入功能组分，使之具有特定的功能，是当代用量最大的人造建筑材料，是集结构与功能一体化的新型建筑材料。随着建筑业和混凝土科学技术的不断发展，功能混凝土的品种将会日益增多，并应用于各种特殊的建筑领域。关于功能混凝土的内容，其他课程中会有详细的介绍，本书不作介绍。

综上所述，建筑功能材料的应用，对改善建筑物的各种功能、延长建筑物的使用寿命、满足现代人们对居住环境的多方面要求，具有重要意义。目前，建筑功能材料品种繁多且新型材料较多，但大部分常用建筑功能材料均由专门的机构制定并发布了相应技术标准，对其质量规格验收方法和应用技术规程等做了详尽而明确的规定。在中国技术标准分为四级：国家标准（GB）、部级标准、地方标准（DB）和企业标准（QB）。

1.2 环境材料

材料的发展给人类带来了物质财富，推动了人类文明的进步，但同时在材料的开发和生产过程中消耗了大量资源和能源，并给环境带来了污染，严重威胁着人类生存的自然环境。随着人类社会的发展和科技的空前进步，产生了人口膨胀、能源危机、资源枯竭、粮食短缺、环境恶化、生态失衡等六大基本问题，人类的生存与延续受到了严峻的挑战。这种严重的环境危机和生态危机在全世界范围内引起了广泛重视。20 世纪 80 年代就提出了“可持续发展的生态战略”，可持续发展是指既可满足当代人的需要又不损害后代人需求的发展，就是说，经济与人口、资源和环境要协调发展，既能达到发展经济的目的，又能保护人类赖以生存的自然资源和环境，使人类能够连续不断地发展，以达到社会、经济、环境效益的统一。

20 世纪 90 年代初出现了“环境材料”（ecomaterial）的概念，要求材料在满足使用性能的同时还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。所谓环境材料，是指那些环境负荷减至最低、再生率增至最大的材料。它与传统材料明显不同，它是赋予传统结构材料、功能材料以特别优异的环境协调材料，或者说是那些直接具有净化环境、修复环境等功能的材料。也可以概括为在加工、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。

环境材料的概念是一个不确定的、动态的和发展的概念，当所有的材料都“环境材料化”了的时候，环境材料这个术语也就完成了它的使命。目前关于环境功能材料的概念也有不同的表达方式，如生态材料、绿色材料、生态环境材料、环境友好材料、环境协调性材料、环境兼容性材料和环境相容性材料。

还应注意的是，环境材料并不全是高新技术的材料，有许多传统材料本身就具有环境材料的特征或可以发展成环境材料，甚至有些垃圾废弃物经加工都可以制成环境材料。另外，环境材料也不像其他材料，例如铁、铜等材料一样，其发展是一代一代的。环境材料并不是一代新材料。环境意识应贯穿于人类社会的进步与发展的全过程中，应贯穿于人类开发、使用、制造、再生材料的整个过程中，环境材料本身应代表着可持续发展的特性与思想。

1.2.1 环境材料的特征

从材料本身性质来看，环境材料的主要特征应该是：

- i. 无毒无害、减少污染，包括避免温室效应和臭氧层破坏等；
- ii. 全寿命过程对资源和能源消耗小；
- iii. 可再生循环利用、容易回收；
- iv. 材料的高使用效率等。

1.2.2 环境材料的分类

环境材料是继人类历史上从天然材料、金属材料、合成材料、复合材料、智能材料之后的又一新概念材料。目前，环境材料还是一门刚刚兴起的学科，不同研究者从不同的角度可以有不同的划分。

根据环境材料的功能可分为低（能源、资源）消耗材料、净化材料、吸波材料、（光、生物）可降解材料、生物及医疗功能材料、传感材料、抗辐射材料、相容性材料、吸附催化材料等。

根据材料的用途可分为工业生态材料、农业生态材料、林业生态材料、渔业生态材料、能源生态材料、抗辐射材料、相容性材料、生物材料及医用材料等。

目前，环境材料主要有以下几方面。

（1）绿色能源材料

绿色能源材料是指洁净的能源、热能源等，它包括直接或间接产生能源或改变能源状态的各种材料，如热电材料、核电材料、太阳能电池材料、储氢材料以及利用风能、水能及地热、垃圾发电的各种介质材料等。

（2）信息材料

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、电容电阻材料、信息陶瓷材料以及电子辅助材料等。

（3）绿色建筑材料

绿色建筑材料是指采用清洁生产技术，不用或少用天然资源和能源，大量使用工农业或城市固态废弃物生产的无毒害、无污染、无放射性，达到使用周期后可回收利用，有利于环境保护和人体健康的建筑材料。绿色建材代表了 21 世纪建筑材料的发展方向，是符合世界发展趋势和人类要求的建筑材料，必然在未来的建材行业中占主导地位，成为今后建筑材料发展的必然趋势。近年来，国内外正应用现代高科技，如纳米技术、薄膜技术、梯度复合技术、溶胶技术、凝胶技术等来研制生产具有杀菌、防霉、除臭、自洁、调温、调光等特性并促进人体健康的系列功能绿色建材，如纳米涂覆材料、森林功能材料、高效净化材料、高效保温隔热材料、轻质高强承重材料、智能材料等，向多功能、智能型、功能结构一体化方向发展。

（4）自然材料

自然材料主要指由自然态产生出的一些材料，如天然岩石、矿物、天然木材、各种生物质等。

（5）净化材料

净化材料能分离、分解或吸收废气、废液的材料称为净化材料。

■ 本章小结

随着社会的不断进步和人们生活水平的逐步提高，因而对建筑材料的性能要求也越来越

高，同时建筑材料的生产和使用也要避免对环境造成污染。通过本章的学习，要求能够掌握建筑功能材料和环境材料的概念，了解其特征和分类。

■ 复习思考题

1. 用自己的理解给出环境材料和建筑功能材料的定义。
2. 你认为哪些材料属于环境材料？从你身边找出环境材料的例子。
3. 结合自己的体会，分析环境材料和建筑功能材料的未来发展趋势。

2 环境材料评价方法与标准

■ 本章提要

本章内容主要包括：环境材料的五个判据，即质量判据、经济判据、资源判据、能源判据和环境判据；常见环境指标及其表达方法，并介绍了环境材料的评价方法。本章重点为环境材料的五个判据、LCA 法材料环境影响评价的过程和评价方法的局限性；了解环境材料的其他评价方法。本章的难点为运用 LCA 评价方法评价材料的环境效应。

在人们认识到环保问题之前，使用材料只是追求材料的使用性能，即“砖块是用来砌墙的，油漆是用来喷门的”。在那个时代人们只注意到了材料有利人们生活领域的方面，而没有注意到材料对环境产生的污染及对自己的伤害方面，同时也忽视了材料的环境协调性。现在，人类社会已经认识到了环保问题，尤其是建筑材料环保问题。人们在使用建筑材料时，除了追求卓越的使用性能外，也逐步考虑材料在制造、使用、废弃及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。

评价一种材料是否为环境材料，首先必须确定其评价标准。从环境材料的定义看，制定评价标准实际上是对材料的环境协调性、经济性、功能性等主要的几个方面进行标准指标的量化。

2.1 材料对生态环境的影响

材料是人类赖以生存和得以发展的重要物质基础，是人类文明的里程碑。材料的发现、发明和使用，帮助人类在与自然界的斗争中走出了混沌蒙昧的时代，进入到了科技发达的今天。因此，可以说人类的文明史就是材料的发展史，按照不同的特征材料把人类历史时期划分成了几个阶段，如石器时代、青铜器时代、铁器时代、高分子时代等。到目前为止，全世界已经研究出来的材料总数已经超过 100 万种。然而传统的材料研究、开发、生产和使用都仅追求材料的使用价值，而材料对环境的影响和污染问题却没有得到相应的重视。随着人们环境意识的提高，人们开始逐步注意材料对生态环境的影响。

2.1.1 材料生产和使用对环境的影响

图 2-1 是一般工业产品的链式生产流程图。从其流程来看，对任何一个有形的产品，其生产过程都是一个原料的投入和产品的产出过程，一般称其为链式生产过程。由于原料不可能全部进入产品中去，就必然会产生副产品和废弃物，给环境带来影响。

就材料的生产而言，从资源和环境的角度分析，在从原材料到产品的过程中，需要耗费



大量的资源和能源，同时排放出大量的废气、废水和废渣，污染环境，造成严重的环境危害，如全球变暖、臭氧层空洞、水体的富营养化等。统计表明，从能源、资源消耗和造成环境污染的根源分析，材料及其制品是造成能源短缺、资源过度消耗乃至枯

图 2-1 一般工业产品的链式生产流程图

竭的主要原因之一。在大量消耗有限矿产资源的同时，材料的生产和使用也给人类赖以生存的生态环境带来了严重的问题。表 2-1 是 20 世纪全球 10 大环境公害事件的统计结果。从表中可以看出，在 10 大公害事件里面，直接与材料生产有关的环境污染事件占 4 件，如马斯河谷烟雾事件、美国多诺拉镇的烟雾事件、日本熊本县的水俣病事件以及日本的富士县骨痛病事件，都是由于炼钢、炼锌、有色金属加工或金属表面处理等材料加工过程造成的。

表 2-1 20 世纪 10 大环境公害事件

年 份	地 点	事 件	死 亡 人 数	原 因
1930	马斯河谷	烟雾	60	炼钢、炼锌排放 SO ₂ 气体
1948	多诺拉镇	烟雾	17	炼钢、炼锌排放 SO ₂ 气体
1952	伦敦	烟雾	4000	工业排放的 SO ₂ 气体
1955	洛杉矶	光化学烟雾	400	汽车尾气
1956	熊本县	水俣病	60	含汞废水
1961	四日市	哮喘病	6736	工业排放的 SO ₂ 气体
1968	日本	米糠油		
1972	富士县	骨痛病	207	含镉废水
1984	印度	农药泄露	600	有机物
1986	前苏联	核泄露		核污染

2.1.2 面临的环境和资源问题

在材料的生产、使用和废弃过程中，大量的污染物质进入了人类生存的环境，对生态环境造成了巨大的破坏作用。20 世纪初期的资源环境问题主要是局部地区的污染和废弃物等问题，进入 20 世纪末期的时候，环境问题已经覆盖全球了，气候变暖、土地沙漠化、臭氧层破坏、食物短缺等生态问题已经日益突显出来。据估计，到 2050 年，地球上的人口将达到 100 亿左右，许多矿物资源将面临资源枯竭问题。到 2070 年，石油与天然气资源将面临枯竭。到 2100 年，地球上的人口将超过地球的承载能力。同时也出现水面上涨、大气候变暖等（图 2-2）。

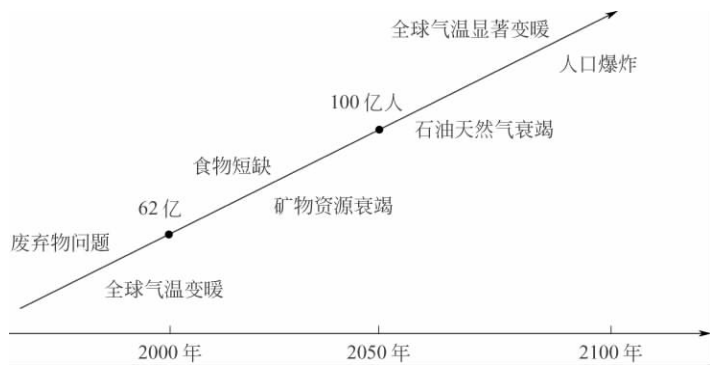


图 2-2 人类面临的资源环境问题示意

尽管中国是一个资源丰富的国家，是一个材料生产大国，但是由于资金、技术、管理等方面的影响，在材料生产过程中资源利用效率低下，工业产生的三废的排放量急剧增加，加速了中国环境的恶化和生态失衡。

图 2-3 是中国 1994 年对 9 种主要原材料工业的能耗和废物排放占总的工业的能耗和废物排放百分比示意图。统计表明，以当年工业能耗和废物排放总量为基础，这 9 种主要原材料工业包括采矿加工、黑色金属冶炼、有色金属冶炼、金属制造、水泥制造、建筑材料和非

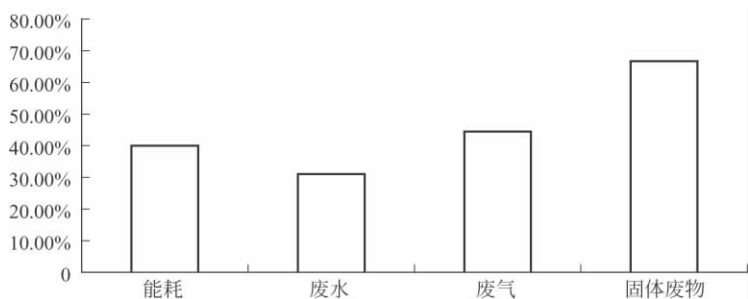


图 2-3 1994 年中国 9 种主要材料产业能耗和废物排放占工业总能耗和废物排放百分比

金属矿物制品、化学纤维、橡胶制品、塑料制品等，其能耗约占工业总能量的 40%，工业废气、废渣和废水分别约占总量的 44.5%、66.7% 和 31%。由此可以充分说明材料生产和加工是造成中国资源和能源过度消耗、环境严重污染的重要原因之一。

2.1.3 材料中的化学元素对环境和人体的影响

过去的材料使用，只是单纯地应用材料的使用属性来为人类服务，解决人类生产、生活上的问题。而现在，通过研究和调查发现，材料也是一柄双刃剑，除了对人类的发展做出卓越的贡献以外，也无情地摧残了人们的生存环境，给人们的生态环境造成了无法估计的损失，其中材料中的化学元素对环境和人体的影响是主要的。

在使用的电池中，含汞电池是非常普遍的，电池用完废弃后，汞也就跟随着进入了环境。汞及其化学物都是有毒的，无机盐中以氯化汞毒性最大，有机汞中以甲基汞和乙基汞毒性最强。电池中的汞进入环境后， Γ 地表径流进入到水体里面，部分汞会与其他无机离子反应，形成沉积物，沉淀到水体底部，而剩余的汞可经过食物链作用在水生生物体内成百万的富集起来，尤其是在鱼、虾、贝类中富集。人类食用了含汞的食物以后引起“水俣病”，该病的消化道症状不明显，主要为神经系统症状，重者可有刺痛异样感，动作失调、语言障碍、耳聋、视力模糊以至神经系统紊乱，死亡率高达 40%。

在金属矿的开采和冶炼过程中，在化学工业涤纶、塑料、涂料和试剂制造中，都会有镉元素进入到生产废水中， Γ 废水的排放而进入到环境中去。镉的毒性非常强，在环境中不容易分解和自然消化，而易于在环境中富集。废水中的镉被土壤吸收后，形成土壤污染，土壤中的镉又容易被植物吸收，致使食物中镉含量增加，人食用了这种食物后，镉也就进入了人体，分布在人体的全身器官，主要存在在肝、肾、胰和甲状腺中，对人体产生伤害。

2.2 环境材料的判据

2.2.1 一般性原则

现在社会上材料多种多样，判断某一材料是否属于环境材料的范畴，需要对材料的环境协调性、经济性、功能性等方面进行分析，从而得到某种材料是否是环境材料的结论。粗略地讲，第 1 章中提到的环境材料的定义便是一种判断，定义中的条件就是判据。具体地讲，根据不同要求可以把判断依据细化为 5 个方面，即质量判据、经济判据、资源判据、能源判据、环境判据。前两个判据是对所有材料均要求的判据，属于材料的共性判据。而后三个判据是针对环境材料所特别强调的判据，它们也可通称为环境性判据。在此可以看出，环境材