

高等学校教材



# 化学建材

## 概论

杨学稳 主编 田永淑 副主编



化学工业出版社

全书共分8章,包括5个部分:化学建材基础(高分子材料基本概念、化学建材及其涵盖的范畴、基本性质、基础材料、化学毒性与环境协调性等);建筑塑料制品(装修装饰材料、保温隔热与吸声隔声材料、土工合成材料);建筑涂料与施工;建筑胶黏剂、密封及防水卷材;聚合物混凝土和化学灌浆加固材料。书中本着材料组成及材料性质→产品种类→加工方法→物理性能→工程应用→环境保护全新的思路,介绍化学建材方面的专业性基础知识,并适当引入当前该学科或技术领域的新成果、新技术、新理念及国内外发展状况。

本书适于建筑类高校的各类本科专业《化学建材》特色课程用,也可作为综合类高等院校化学化工类、高分子类专业本科教材及从事化学建材生产的技术人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

化学建材概论/杨学稳主编.  
社,2010.11  
高等学校教材  
ISBN 978-7-122-09450-6

I. 化… II. 杨… III. 建筑化工材料-高等学校-教材 IV. TU53

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第173823号

---

责任编辑:杨菁  
责任校对:徐贞珍

文字编辑:徐雪华  
装帧设计:杨北

---

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)

印刷:北京云浩印刷有限责任公司

装订:三河市前程装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张13 $\frac{3}{4}$  字数354千字 2011年1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:27.00元

版权所有 违者必究

# 前 言

随着城市建设和建筑业的发展,各类新型建筑材料不断涌现,化学类建筑材料已成为国民经济的支柱产业。尤其是在低碳经济和环保理念下,所倡导的绿色建筑要求是,在建筑的寿命周期内,最大限度地节约资源(节地、节能、节水、节材)、保护环境和减少污染,为人们提供健康、适用和高效的使用空间,与自然和谐共存的建筑。针对各建筑类高校及部分综合类高校增开的化学建材特色课程编写《化学建材概论》教材,在编写过程中,汲取了以往《化学建材》教材的优点。

《化学建材概论》特色是,在化学建材与环境协调发展的环保理念下,遵循化学类建筑材料内在科学规律和要素,按照基本组成及材料性质→加工方法→材料性能特点→工程应用实例的递进关系来阐述有关化学建材的基本知识。

第1章绪论,内容包括化学建材及涵盖的范畴、基本性质、基础材料与助剂简介、化学毒性与环境协调性。第2章建筑塑料,介绍常用树脂与助剂、成型加工方法、管材与管件、塑料门窗及型材、装饰制品、增强塑料及外挂膜材料等。第3章建筑涂料,阐述建筑涂料基本构成与功能、生产设备与工艺,装饰性涂料和防水、防火、防腐等功能性建筑涂料,以及施工技术、工程实例、涂料化学毒性和发展趋势等内容。第4章介绍了建筑常用的胶黏剂和密封胶。第5章建筑防水卷材,涵盖了沥青及其改性防水卷材、高分子防水卷材等内容。第6章建筑保温隔热与吸声隔声材料,介绍了保温隔热材料热工参数、几种聚合物泡沫保温板及吸声隔声材料。第7章介绍了聚合物混凝土及其化学灌浆加固材料。第8章为土工合成材料及应用实例等内容。

天津城市建设学院材料科学与工程系杨学稳负责第1章、第3章第1~5节及参考文献执笔;廖晓兰负责第2章执笔;田中华负责第4章、第5章执笔;天津城市建设学院能源与机械工程系姚天国负责第3章中第6~9节和第6章、第7章和第8章执笔,并对全书进行文字及规范性校对;河北理工大学田永淑负责第3章中第10~11节及附录。全书由杨学稳教授主编,田永淑教授副主编。

在教材编写过程中,参考了大量的相关专著、文献和生产厂家的实用资料,对此作者深表感谢。限于篇幅,书后仅列主要的中文参考资料。

该书的初稿得到了天津大学许鑫华教授、天津商业大学黄震教授、中海油天津化工研究院设计院冯孝秋高级工程师、天津建筑材料科学研究所武梦笔高级工程师、天津城市建设学院杨久俊、费学宁、张宝莲教授,以及魏冬青副教授审阅和指导,并得到了化学工业出版社的大力支持和帮助,在此作者深表衷心的感谢!

鉴于编者水平有限,书中难免有疏漏之处,敬请广大读者予以指正。

编 者  
2010年6月

# 目 录

<b>第 1 章 绪论</b> .....	1
1.1 有机高分子材料基本概念 .....	1
1.1.1 高分子化合物 .....	1
1.1.2 高分子材料 .....	1
1.1.3 命名 .....	1
1.2 化学建材基础 .....	2
1.3 基本性质简介 .....	3
1.3.1 力学性质 .....	3
1.3.2 蠕变性质 .....	3
1.3.3 燃烧特性 .....	4
1.3.4 老化性质 .....	4
1.4 基础材料简介 .....	5
1.4.1 树脂 .....	5
1.4.2 塑料 .....	5
1.4.3 橡胶 .....	6
1.4.4 纤维 .....	6
1.5 助剂简介 .....	6
1.5.1 有机溶剂 .....	6
1.5.2 表面活性剂 .....	6
1.5.3 增塑剂 .....	7
1.5.4 增强剂 .....	7
1.5.5 填充剂 .....	7
1.5.6 偶联剂 .....	7
1.5.7 增韧剂 .....	8
1.5.8 阻燃剂 .....	8
1.5.9 发泡剂 .....	8
1.5.10 抗静电剂 .....	8
1.6 化学毒性与环境协调性 .....	8
1.6.1 化学毒性 .....	9
1.6.2 化学毒性对环境的影响 .....	9
1.6.3 化学建材与环境协调措施 .....	10
1.6.4 化学建材应用中应注意的问题 .....	11
1.7 绿色材料与绿色建材概念 .....	12
<b>第 2 章 建筑塑料</b> .....	13
2.1 概论 .....	13
2.1.1 建筑塑料的特点 .....	13
2.1.2 塑料在建筑上的应用 .....	14
2.1.3 建筑塑料的发展现状与前景 .....	15
2.2 塑料常用的树脂 .....	15
2.2.1 聚氯乙烯 .....	15
2.2.2 聚乙烯 .....	16
2.2.3 聚丙烯 .....	17
2.2.4 聚苯乙烯 .....	18
2.2.5 聚甲基丙烯酸甲酯 .....	19
2.2.6 酚醛树脂 .....	19
2.2.7 不饱和聚酯树脂 .....	20
2.2.8 环氧树脂 .....	20
2.2.9 聚氨酯树脂 .....	20
2.3 塑料常用助剂 .....	20
2.3.1 增塑剂 .....	20
2.3.2 稳定剂 .....	22
2.3.3 加工助剂 .....	22
2.3.4 冲击改性剂 .....	23
2.3.5 偶联剂 .....	23
2.3.6 润滑剂 .....	24
2.3.7 填充剂 (填料) .....	25
2.3.8 着色剂 (色料) .....	25
2.4 建筑塑料的成型加工方法 .....	25
2.4.1 挤出成型 .....	26
2.4.2 注射成型 .....	26
2.4.3 压延成型 .....	27
2.4.4 吹塑成型 .....	27
2.4.5 压制成型及其他成型方法 .....	28
2.5 塑料管材与管件 .....	28
2.5.1 概述 .....	28
2.5.2 建筑管材的应用 .....	29
2.5.3 硬质聚氯乙烯 (PVC-U) 管 .....	29
2.5.4 PVC 塑料波纹管 .....	30
2.5.5 氯化聚氯乙烯 (CPVC) 管 .....	31
2.5.6 聚氯乙烯芯层发泡复 合管 (PSP) .....	31
2.5.7 聚乙烯 (PE) 管 .....	31
2.5.8 交联聚乙烯 (PE-X) 管 .....	32
2.5.9 聚丙烯 (PP-R) 管 .....	33
2.5.10 铝塑复合 (PAP) 管 .....	34
2.5.11 丙烯腈-丁二烯-苯乙烯	

共聚物 (ABS) 管 .....	35	2.7.2 塑料涂布地面 .....	46
2.5.12 聚丁烯 (PB) 管 .....	35	2.7.3 塑料地毯 .....	46
2.5.13 塑料管件 .....	35	2.7.4 塑料墙纸和墙布 .....	47
2.5.14 塑料管的连接技术 .....	35	2.7.5 塑料装饰板材 .....	52
2.5.15 塑料管性能 .....	37	2.7.6 人造大理石 .....	54
2.6 塑料门窗及型材 .....	38	2.8 玻璃纤维增强塑料 .....	56
2.6.1 概述 .....	38	2.8.1 概述 .....	56
2.6.2 型材 .....	38	2.8.2 主要原材料 .....	57
2.6.3 PVC 门窗异型材的生产 .....	40	2.8.3 性能特点 .....	57
2.6.4 PVC 塑料窗 .....	40	2.8.4 成型方法 .....	58
2.6.5 PVC 塑料门 .....	42	2.9 外挂膜材料与应用简介 .....	59
2.6.6 塑料门窗安装工程的质量验收 .....	43	2.9.1 ETFE 膜材料性能 .....	59
2.7 塑料装饰制品 .....	44	2.9.2 ETFE 膜材料应用 .....	60
2.7.1 塑料地板 .....	44		
<b>第 3 章 建筑涂料</b> .....	<b>61</b>		
3.1 概述 .....	61	3.7.7 耐玷污建筑涂料 .....	110
3.1.1 功能 .....	61	3.7.8 氟碳建筑涂料 .....	111
3.1.2 分类 .....	62	3.7.9 负离子健康环保型内墙涂料 .....	112
3.1.3 基本组成 .....	62	3.7.10 自洁性建筑涂料 .....	113
3.2 主要成膜物质 .....	63	3.8 建筑涂料性能测试 .....	113
3.2.1 常用树脂类基料 .....	63	3.8.1 产品检验规则 .....	113
3.2.2 常用乳液类基料 .....	65	3.8.2 涂料性能检测项目 .....	114
3.2.3 成膜机理 .....	66	3.8.3 施工性能检测项目 .....	115
3.3 次要成膜物质 .....	67	3.8.4 涂膜性能检测项目 .....	116
3.3.1 颜色与颜料 .....	67	3.9 建筑涂料施工 .....	118
3.3.2 颜料的品种 .....	69	3.9.1 品种的选用原则 .....	118
3.4 辅助成膜物质 .....	70	3.9.2 基层材料特性 .....	119
3.4.1 溶剂作用与分类 .....	70	3.9.3 基层处理工序 .....	120
3.4.2 建筑涂料常用溶剂 .....	71	3.9.4 施工工序 .....	120
3.4.3 建筑涂料常用助剂 .....	72	3.9.5 常用的施涂方法及其工具 .....	122
3.5 生产工艺 .....	75	3.9.6 施工环境条件要求 .....	126
3.5.1 主要生产设备 .....	75	3.9.7 涂饰工程中常见问题及其	
3.5.2 一般生产工艺 .....	76	解决方法 .....	126
3.6 建筑装饰性涂料 .....	79	3.9.8 涂饰工程要求与质量检验 .....	127
3.6.1 内墙装饰涂料 .....	79	3.9.9 钢结构建筑常用涂料与涂装 .....	130
3.6.2 外墙装饰涂料 .....	83	3.9.10 混凝土表面常用涂料与涂装 .....	131
3.6.3 水性墙面腻子 .....	89	3.10 建筑涂料的化学毒性 .....	135
3.6.4 地面装饰涂料 .....	91	3.10.1 常见的有毒物质及危害 .....	135
3.7 建筑功能性涂料 .....	94	3.10.2 化学毒性污染源控制 .....	138
3.7.1 建筑防水涂料 .....	94	3.10.3 建筑涂料危害的防治对策 .....	140
3.7.2 建筑防火涂料 .....	98	3.11 建筑涂料的发展趋势 .....	140
3.7.3 建筑防腐涂料 .....	103	3.11.1 发展“绿色涂料” .....	141
3.7.4 建筑保温节能涂料 .....	109	3.11.2 发展功能复合型涂料 .....	141
3.7.5 防虫建筑涂料 .....	109	3.11.3 发展高性能高档涂料 .....	141
3.7.6 防霉建筑涂料 .....	109	3.11.4 发展低碳低排放生产工艺 .....	141

<b>第 4 章 建筑胶黏剂及密封胶</b> .....	142		
4.1 胶黏剂概述 .....	142	4.2.2 常用建筑橡胶类胶黏剂 .....	149
4.1.1 发展趋势 .....	142	4.3 建筑密封胶概述 .....	153
4.1.2 分类和组成 .....	143	4.3.1 定义与功用 .....	153
4.1.3 制备一般工艺 .....	144	4.3.2 分类及表示方法 .....	154
4.2 常用建筑胶黏剂 .....	144	4.3.3 在建筑中的应用 .....	155
4.2.1 常用建筑树脂类胶黏剂 .....	144	4.3.4 建筑常用密封胶 .....	155
<b>第 5 章 建筑防水卷材</b> .....	158		
5.1 分类 .....	158	5.4.1 分类 .....	164
5.2 沥青防水卷材 .....	158	5.4.2 原材料 .....	164
5.2.1 分类 .....	158	5.4.3 三元乙丙橡胶防水卷材 .....	165
5.2.2 石油沥青防水卷材 .....	159	5.4.4 氯丁橡胶防水卷材 .....	166
5.2.3 沥青防水卷材生产工艺 .....	159	5.4.5 氯化聚乙烯防水卷材 .....	167
5.3 聚合物改性沥青防水卷材 .....	160	5.4.6 聚氯乙烯防水卷材 .....	167
5.3.1 分类 .....	160	5.4.7 高密度聚乙烯卷材 .....	167
5.3.2 常用品种 .....	160	5.4.8 合成高分子卷材生产工艺 .....	167
5.3.3 改性沥青防水卷材生产工艺 .....	163	5.4.9 防水卷材的施工 .....	168
5.4 合成高分子防水卷材 .....	164		
<b>第 6 章 建筑保温隔热与吸声隔声材料</b> .....	169		
6.1 保温隔热材料 .....	169	6.4.1 研究进展 .....	182
6.1.1 保温隔热性能热工参数 .....	169	6.4.2 生产方法 .....	182
6.1.2 影响材料热导率的因素 .....	171	6.4.3 酚醛泡沫塑料性能 .....	183
6.1.3 影响材料导温系数的因素 .....	172	6.4.4 酚醛泡沫塑料应用 .....	184
6.1.4 有机保温材料燃烧性及 防火途径 .....	172	6.4.5 市场应用前景 .....	185
6.1.5 常用保温隔热材料 .....	173	6.5 墙体保温装饰板 .....	185
6.2 聚苯乙烯泡沫保温板 .....	176	6.5.1 国内保温装饰板类型简介 .....	186
6.2.1 聚苯乙烯保温板性能 .....	176	6.5.2 保温装饰板的安装方式 .....	187
6.2.2 聚苯乙烯保温板应用 .....	176	6.5.3 当前的主要问题 .....	187
6.3 硬泡聚氨酯保温板 .....	179	6.6 吸声隔声材料 .....	188
6.3.1 硬泡聚氨酯性能 .....	179	6.6.1 材料的吸声 .....	188
6.3.2 硬泡聚氨酯复合板基本构造 .....	180	6.6.2 吸声材料 .....	188
6.3.3 聚氨酯复合板薄抹灰系统 基本构造 .....	181	6.6.3 常用吸声材料应用中注意 的问题 .....	190
6.4 酚醛泡沫保温材料 .....	181	6.6.4 隔声材料 .....	190
<b>第 7 章 聚合物混凝土与化学灌浆加固材料</b> .....	192		
7.1 混凝土及其耐久性 .....	192	7.2.3 聚合物胶结混凝土 .....	195
7.1.1 普通混凝土 .....	192	7.3 化学灌浆加固材料 .....	195
7.1.2 混凝土的化学腐蚀性 .....	192	7.3.1 灌浆材料的要求与分类 .....	196
7.1.3 混凝土的耐久性 .....	192	7.3.2 常见灌浆材料品种 .....	196
7.2 聚合物混凝土 .....	193	7.3.3 化学灌浆应用实例 .....	198
7.2.1 聚合物浸渍混凝土 .....	193	7.3.4 环境问题与防治途径 .....	198
7.2.2 聚合物改性混凝土 .....	194		
<b>第 8 章 土工合成材料简介</b> .....	200		
8.1 土工合成材料定义和种类 .....	200	8.1.1 定义和含义 .....	200

8.1.2	种类和分类	200	8.2.7	土工泡沫聚苯乙烯板(块)	205
8.1.3	基本用料	201	8.2.8	土工合成材料膨润土垫	205
8.2	主要产品	201	8.2.9	土工管袋	206
8.2.1	土工织物	201	8.3	土工合成材料工程作用	206
8.2.2	土工膜与复合土工膜	202	8.4	土工合成材料的应用实例——青藏	
8.2.3	土工格栅	203		铁路	207
8.2.4	土工网	203	8.4.1	青藏铁路路基概况	207
8.2.5	土工模袋	204	8.4.2	土工合成材料应用情况	207
8.2.6	土工格室	204	8.4.3	应用效果评价	207
<b>附录 部分聚合物英文名称缩写一览表</b>		209			
<b>参考文献</b>		210			

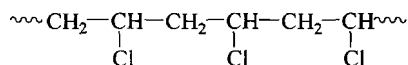
# 第 1 章 绪 论

## 1.1 有机高分子材料基本概念

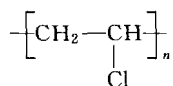
高分子材料（有机材料）包括天然高分子材料（如木材、皮革、棉花、胶、丝等）和人工合成高分子材料（如塑料、合成橡胶、合成纤维及其他）。由于高分子材料质轻、耐腐蚀、绝缘性好、易于加工，原料丰富而发展速度很快。各种性能优良的高分子材料广泛地应用于建筑与建工领域。

### 1.1.1 高分子化合物

高分子化合物除天然高分子外，众多的是由人工合成而取得的。一般是由低分子量物质（单体），通过聚合反应转为含有许多基本结构重复单元的长链分子，称为高分子化合物，简称大分子或聚合物。由于重复单元很多，增减几个结构单元对聚合物的性能无显著影响，此类聚合物又称高聚物；如果结构单元的数目较少，增减几个对聚合物的性能有明显影响，此类物质为低聚物。所以聚合物是高、低聚物的总称。低分子和高分子之间并无严格的界线，相对分子质量（以下简称分子量）在 10000 以上者常称作高分子化合物。一个大分子往往由许多相同的简单结构单元通过共价键重复连接而成，例如，聚氯乙烯大分子是由氯乙烯结构单元重复连接而成。



为方便起见，可缩写成聚氯乙烯结构表示式。



### 1.1.2 高分子材料

高分子材料是以聚合物为基本组分的材料。虽然有许多高分子材料仅由聚合物构成，但大多数高分子材料，除基本组分（聚合物）之外，为获得具有各种实用性能或改善其成型加工性能，一般还要加有各种添加剂，例如增塑剂、填料、颜料、稳定剂、润滑剂等。所以，严格地讲，高分子化合物与高分子材料的含义是不同的。但是，在工业上并未将两者严格区分。

### 1.1.3 命名

高分子化合物和高分子材料有三组独立的名称，即化学名称、保护商品名称（或专利商标名称）、习惯名称。化学名称是根据大分子链的化学结构而确定的，名称严谨但很繁琐，目前仅见于学术文献中使用。以下介绍常见的命名方法。

(1) 按来源和制备方法命名



以单体（或假想单体）名称为基础，前面冠以“聚”字而成为聚合物名称，如聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯等；聚合产物名称通常是在原料名称后附以“树脂”二字来命名，如甘油（丙三醇）和邻苯二甲酸酐聚合产物称醇酸树脂，尿素和甲醛或者苯酚和甲醛的聚合产物分别称为脲醛树脂和酚醛树脂，等等。

#### (2) 按聚合物结构特征命名

以该类材料中所有品种所共有的特征化学单元为基础的命名，例如主链含有环氧基的称为环氧树脂，含有酰胺基的则称聚酰胺树脂，含有氨基甲酸酯键称为聚氨酯树脂，等等。

#### (3) 聚合物为弹性体命名

常从共聚单体中各取一字，后附“橡胶”二字命名，如丁（二烯）苯（乙烯）橡胶、乙（烯）丙（烯）橡胶、丁（二烯）（丙烯）腈橡胶等。

#### (4) 商品名称

由材料制造商命名，突出所指的是商品或品种，称为商品名称，或专利商标名称。这样的材料很少是纯聚合物，常常是指某个基本聚合物和添加物的配方。还有一些商品名称是按商号章程设计的。我国把合成纤维商品加后缀“纶”字，锦纶（尼龙-6）、腈纶（聚丙烯腈）、氯纶（聚氯乙烯）及丙纶（聚丙烯）等。

#### (5) 习惯名称

习惯名称是沿用已久的习惯叫法，因其简单而普遍采用。如：聚酰胺类习惯名称为尼龙，尼龙-6 又称锦纶，聚对苯二甲酸乙二醇酯为涤纶，等等。

#### (6) 缩写符号名称

以聚合物英文名称的缩写符号表示。缩写应采用印刷体，大写，不加标点。例如，聚氯乙烯（polyvinyl chloride）缩写为 PVC。常见聚合物缩写符号名称见附录。

## 1.2 化学建材基础

化学建材通常是指以有机高分子材料及其复合材料为原料生产的用于建筑工程的材料。具有密度小、重量轻、比强度高、生产和使用能耗低、耐腐蚀性好、装饰性强，安装、使用及施工方便，易于机械化生产，减少运输成本和节能保温等诸多优点。

从 20 世纪 50 年代开始，石油化工工业发达国家的高分子工业已向建筑行业渗透。我国是近三十年才发展新型建筑材料（称之为“化学建材”或“有机建材”）。高分子材料及制品在建筑上的广泛应用，推动建筑业的革新与发展，改善建筑功能，保护环境，满足建筑节能设计与建设的需要。化学建材已成为国民经济的支柱产业。

化学建材主要品种有塑料管材及管件、塑料门窗、建筑涂料、建筑防水及密封材料、建筑胶黏剂、建筑保温隔热与吸声材料、聚合物改性化学注浆与修补加固材料、聚合物混凝土以及土工合成材料等。其中的塑料管材与管件、塑料门窗等多以聚氯乙烯树脂为主要组分，添加其他助剂加工而成。胶黏剂一般是以聚合物为基本组分的多组分体系。除黏料（聚合物）外，根据配方及不同的用途还需要添加增塑剂、增韧剂、固化剂、填料、稳定剂、偶联剂及溶剂等助剂。它是一种靠黏附性能把各种材料紧密地结合在一起的物质，广泛地应用于建筑物的装饰装修中。涂料也是多组分体系，由成膜物质（也称黏料，或者基料）、颜料、催干剂、增塑剂、润湿剂、悬浮剂等组成，在剪切力的作用下可以进行涂装。

# 1.3 基本性质简介

## 1.3.1 力学性质

力学性能是指材料受外力作用时的形变行为及其抗破坏的性能。通常用应力来衡量使材料发生形变的外加力的大小。评价材料力学性能指标有弹性模量、断裂伸长、弯曲强度、剪切强度、抗张强度、冲击强度及硬度等。

### (1) 弹性模量

模量材料刚度的表征。在拉伸过程中是单位应变所需应力的大小称为弹性模量，即应力的增加与伸长率的增加成正比 ( $\sigma = E\epsilon$ )，曲线斜率为弹性模量（又称拉伸模量、杨氏模量）简称为模量。模量的倒数为柔量，是材料容易变形程度的一种表征。

### (2) 强度

在较大外力的持续作用或强大外力的短期作用下，材料将发生大形变直至宏观破坏或断裂，对这种破坏或断裂的抵抗能力称为强度。拉伸强度（或抗张强度）是在规定的温度、湿度和加载速率下，标准试样上沿轴向施加拉伸力直到试样被拉断为止，断裂前试样所承受的最大载荷（ $F$ ）与试样截面积（ $S$ ）之比。同样，若向试样施加单向压缩载荷则可测得压缩强度。抗弯强度亦称挠曲强度，在规定的条件下对标准试样施加静弯曲力矩，取直到试样折断为止的最大载荷（ $P$ ）。

抗冲击强度（亦简称抗冲强度或冲击强度）是衡量材料韧性的一种强度指标。通常定义为试样受冲击载荷而破裂时单位面积所吸收的能量。冲击强度的测试方法很多，如摆锤法、落重法、高速拉伸法等。不同的方法给出不同的冲击强度数值。

### (3) 硬度

是衡量材料表面抵抗机械压力的一种指标。其大小与材料的抗张强度和弹性模量有关，所以有时用硬度作为抗张强度和弹性模量的一种近似的估计。硬度分为布氏、洛氏和邵氏三种。

## 1.3.2 蠕变性质

蠕变是指在一定的温度和较小的恒定应力作用下，材料的应变随着时间的增加而增大的现象。当外力作用在交联聚合物上时蠕变示意图如图 1.1 所示。

普弹形变瞬时发生 ( $\epsilon_1 = \frac{\sigma_0}{E_1}$ )，高弹形变缓慢发展 [ $\epsilon_2 = \frac{\sigma_0}{E_2}(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$ ]，外力除去后，经过弹性恢复还保留着随时间增加而逐渐恢复的滞后形变 ( $\epsilon_3 = \frac{\sigma_0}{\eta}t$ )，蠕变曲线方程如式 (1.1) 所示。

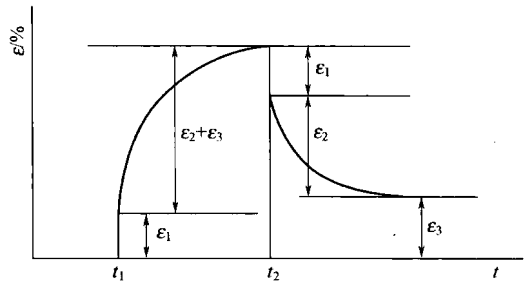


图 1.1 交联聚合物蠕变曲线示意图

$$\epsilon(t) = \frac{\sigma_0}{E_1} + \frac{\sigma_0}{E_2}(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) + \frac{\sigma_0}{\eta}t \quad (1.1)$$

由于高分子材料具有蠕变性，所以不能作建筑结构材料用。

### 1.3.3 燃烧特性

大多数聚合物都是可以燃烧的，尤其是目前大量生产和使用的聚乙烯、聚丙烯、有机玻璃、环氧树脂、丁苯橡胶、丁腈橡胶、乙丙橡胶等都是很容易燃烧的材料。因此了解聚合物的燃烧过程和阻燃方法在化学建材应用中是十分重要的。

燃烧是一种发光发热的剧烈氧化作用的化学现象，即燃烧通常是指在较高温度下物质与空气中的氧气剧烈反应并发出热和光的现象。它必须同时满足三个条件才能发生，即可燃物质、助燃剂（如空气、氧气、氧化剂等）和火源（如火焰或高温作用）。要阻止燃烧进行，必须将三要素中的任何一个要素隔绝开来。聚合物的燃烧过程包括加热、热解、氧化和着火等步骤，如图 1.2 所示。

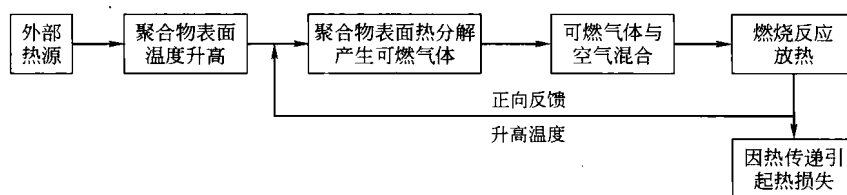


图 1.2 聚合物燃烧过程

在加热阶段，聚合物受热而变软、熔融并进而发生分解，产生可燃性气体和不燃性气体。当产生的可燃性气体与空气混合达到可燃浓度范围时即发生着火。不同的聚合物，燃烧的传播速度也不同。衡量材料燃烧的难易程度用氧指数表示。氧指数是指在规定的条件下，试样在氧气和氮气的混合气流中维持稳定燃烧所需要的最低氧气的浓度，用混合气流中氧所占的体积百分数表示。氧指数是表征物质可燃性的物理参数（又称限氧指数：Limited Oxygen Index，简称 LOI 或 OI 值）。由于空气中氧的浓度是 21%，所以 OI 值低于 0.21 的材料很容易在空气中点燃和燃烧，称易燃材料；OI 值大于 0.27 被认为是难燃物质，OI 值在 0.22~0.27 之间属自熄材料。由于氧指数试验是定量的，故用氧指数的大小可以准确地比较材料的阻燃性。某些聚合物的氧指数如表 1.1 所示。

表 1.1 几种聚合物的氧指数  $\left(\frac{nO_2}{nO_2 + mN_2} \times 100\%\right)$

聚合物	氧指数	聚合物	氧指数
聚甲基丙烯酸甲(PMMA)	17.3	软质聚氯乙烯(PVC)	23.0~40.0
聚乙烯(PE)	17.4~17.5	氯丁橡胶(CR)	26.3
聚丙烯(PP)	17.4	聚酰胺(PA)	26.7
聚苯乙烯(PS)	18.1	聚碳酸酯(PC)	26.0~28.0
环氧树脂(EP)	19.8	硅橡胶(SR)	26.0~39.0
氯化聚乙烯(CPE)	21.1	聚氯乙烯(PVC)	45.0~49.0
聚乙烯醇(PVA)	22.5	聚四氟乙烯(PTFE)	795.0

### 1.3.4 老化性质

聚合物及其制品在使用或贮存过程中，由于光、热、氧、潮湿、应力、化学侵蚀等环境因素的影响，其强度、弹性、硬度、颜色等性能逐渐变坏的现象称为老化。这种情况与金属的腐蚀是相似的，分为光氧化、热氧化、化学侵蚀和生物侵蚀。

#### (1) 光氧化

聚合物在光的照射下，分子链的断裂取决于光的波长与聚合物的键能。各种键的离解能为 167~586kJ/mol，紫外线能量为 250~580kJ/mol。在可见光范围内，聚合物一般不被离解，呈激发状态。因此，在氧存在下聚合物易于发生光氧化过程，例如，聚烯烃（RH），被激发了的 C—H 键容易与氧作用。为延缓或防止聚合物的光氧化过程，需加入光稳定剂，比如邻羟基二苯甲酮衍生物、水杨酸酯类等；光屏蔽剂，如炭黑；能量转移剂，如镍或钴的络合物。

#### (2) 热氧化

聚合物热氧（老）化是热和氧综合作用的结果。热，加速了聚合物的氧化，而氧化物的分解导致了主链断裂的自动氧化过程。氧化过程是首先形成氢过氧化物，再进一步分解而产生活性中心（自由基）。一旦形成自由基之后，即开始链式的氧化反应。

#### (3) 化学侵蚀

由于受到化学物质的作用，聚合物分子链产生化学变化致使性能变劣的现象称为化学侵蚀，如聚酯、聚酰胺的水解等。光或热氧化也可视为化学侵蚀。在考虑高分子材料的老化以及环境影响同时，要充分估计聚合物可能发生的化学变化。但是，合成聚合物材料一般具有极好的耐蚀性。

#### (4) 生物侵蚀

某些高分子材料，由于质地柔软易受蛀虫的侵蚀，如软质聚氯乙烯制品因含有大量增塑剂会遭受微生物的侵蚀，某些来源于动物、植物的天然高分子材料，如酪蛋白纤维素以及含有天然油的涂料醇酸树脂等，亦会受细菌和霉菌的侵蚀。在化学建材品种生产中常常加入防霉菌助剂。

## 1.4 基础材料简介

### 1.4.1 树脂

合成树脂是由人工合成的一类高分子聚合物。通常是指受热后软化或熔融范围，软化时在外力作用下有流动倾向，常温下是固态、半固态，有时也可以是液态的有机聚合物，分为热塑性树脂和热固性树脂两大类。热塑性树脂具有受热软化、冷却硬化的性能，而且不起化学反应，无论加热和冷却重复进行多少次，均能保持这种性能。热固性树脂加热后产生化学变化，逐渐硬化成型，再受热也不软化，也不能溶解。合成树脂最重要的应用是制造塑料，也是制造合成纤维、涂料、胶黏剂、其他方面应用的基础原料。

### 1.4.2 塑料

现代建筑的规模和复杂性要求建筑施工向轻量化、预制化发展。塑料具有质轻、高强、耐腐蚀、耐水、韧性好、隔声、隔热、电绝缘性、色泽鲜艳、容易加工、装饰性好、制造能耗低等优良性能。某些塑料品种适应了这一发展趋势，使建筑施工的速度加快，同时又是很好的建筑装饰装修材料。

塑料是以树脂（合成或天然高分子）为主要成分，添加一定量的助剂，在一定条件下塑化成型，最终能定型的高分子材料。根据树脂的性质不同塑料也分为热塑性和热固性两种。热塑性塑料在一定的条件下，具有流动性、可塑性并能（反复）加工成型。其工艺可采用挤出、压延、注射、压制、吹塑等。化学建材中用量最大的热塑性塑料的品种主要有聚氯乙烯

(PVC)、聚乙烯 (PE)、聚丙烯 (PP) 及聚苯乙烯 (PS) 等; 热固性塑料制品一经成型不能反复加工, 但是该制品的耐热性、强度、刚度较好。化学建材中用量最大的热固性塑料品种主要有环氧树脂 (EP)、酚醛树脂 (PF)、脲醛树脂 (UF)、三聚氰胺甲醛树脂 (MF)、聚氨酯树脂 (PUR) 及不饱和聚酯树脂 (UP) 等。

### 1.4.3 橡胶

橡胶是一种交联高分子, 即在高分子链之间通过化学键的连接而成为三维空间网状的大分子结构。在室温下硫化橡胶具有高弹性, 即在外力作用下能产生很大的变形, 外力去除形变又迅速恢复原状。用于建筑领域的橡胶品种主要有丁基橡胶 (BR)、氯丁橡胶 (CR)、三元乙丙橡胶 (EPDM)、氯化聚乙烯橡胶 (CPE)、氯磺化聚乙烯橡胶 (CSMR)、硅橡胶 (SR) 以及再生橡胶等, 主要用于防水卷材及建筑胶黏剂、密封材料及涂料的基料。

### 1.4.4 纤维

纤维是指长度比其直径大很多倍, 并具有一定柔韧性的纤细物质。典型的纺织纤维是直径为几微米至几十微米, 而长度超过 25mm, 长度大于直径 1000 倍以上, 具有一定强度的线条或丝状的高分子材料。在化学建材中常用的纤维有两类, 一类是有机高分子纤维, 如涤纶 (聚酯 PET)、尼龙 (聚酰胺 PA)、丙纶 (聚丙烯 PP)、维纶 (聚乙烯醇 PVA)、腈纶 (聚丙烯腈 PAN)、氯纶 (聚氯乙烯 PVC) 等; 另一类是无机纤维, 如玻璃纤维、碳纤维。各类合成纤维用作制造土工织物, 其中的聚酯纤维、玻璃纤维主要以纤维、布、无纺布、毡的形式, 还可以作防水材料的胎体。

## 1.5 助剂简介

化学建材生产中, 助剂既是生产原料又是材料的改性物质。在多数材料的合成、生产和加工过程中, 除基料外, 还要添加各种辅助化学品或其他组分, 用以保证材料的合成和改善加工工艺及产品的某些性能。其中大部分助剂是在加工过程中添加的, 因此, 常被称为“添加剂”、“外加剂”或者“配合剂”, 总称为“加工助剂”; 而在材料合成过程中加入的溶剂、催化剂、表面活性剂、增塑剂等辅助原料, 则常称为合成助剂, 二者统称为助剂。本章仅对部分助剂作介绍。

### 1.5.1 有机溶剂

建筑涂料、胶黏剂、防水材料等在生产和应用过程中, 多数需要使用溶剂。其主要作用是溶解、分散和稀释。广义地讲, 溶剂是指在均匀的混合物中一种过量存在的组分。狭义地说, 在化学组成上不发生任何变化并能溶解其他物质 (一般指固体) 的液体, 或者与固体发生化学反应并将固体溶解的液体。除水之外的溶剂称为非水溶剂或有机溶剂, 有机溶剂一般都是低分子有机化合物, 个别的也有高分子化合物。常用的溶剂有甲苯、二甲苯、丁醇、丁酮、乙酸乙酯等。溶剂挥发是大气污染的主要根源, 溶剂的安全性、对人体的毒性是化学建材工作者在选择溶剂时要充分考虑的。

### 1.5.2 表面活性剂

人们把能使溶剂 (或水) 的表面张力降低的特性称之为表面活性, 把加入很少量就能显

著降低溶剂（一般为水）的表面张力或液-液界面张力，改变体系界面状态的物质称之为表面活性剂，这是一类具有特定结构的有机化合物。从能否降低表面张力的观点出发，表面活性剂具有润湿、渗透、乳化、扩散、增溶、起泡、消泡、助磨、洗涤以及抗静电、杀菌等作用。主要类别有阴离子型表面活性剂、阳离子型表面活性剂、两性表面活性剂、非离子型表面活性剂。在化学建材中使用的聚合物，在合成、生产及应用等许多场合均需要表面活性物质。

### 1.5.3 增塑剂

化学建材生产中，为了改进某些聚合物的柔软性能，或者为了加工成型需要，常常在聚合物中加入高沸点、低挥发性并能与聚合物混溶的小分子液体物质称之为增塑剂，所起的作用称之为增塑。例如，邻苯二甲酸二丁酯（DBP）和邻苯二甲酸二辛酯（DOP）是聚氯乙烯常用的增塑剂。塑料中加入增塑剂后，不但降低了流动温度，有利于加工成型，也降低了玻璃化温度和脆化温度，使制品能在较低的温度下使用。此外，被增塑聚合物的柔软性、冲击强度、断裂伸长率等都得到提高。但是拉伸强度和介电性能却下降了。

### 1.5.4 增强剂

尽管聚合物有许多优异的性能，然而就力学性能和刚性而言，与金属材料相比要低得多，因此限制了它的使用。如果在聚合物基体中加入第二种物质，则形成“复合材料”。通过复合来显著提高材料力学强度的作用被称为“增强”，能够提高聚合物基体力学强度的物质称为增强剂或活性填料。目前用得最多的是粉状增强剂，如炭黑、木粉、氧化锌、碳酸镁、轻质二氧化硅等；在纤维类增强材料中，早期使用的是各种天然纤维，如棉、麻、丝及其织物等，随后，发展了玻璃纤维。近年来，随着尖端科学技术的发展又开发了许多特种纤维，如碳纤维、石墨纤维、硼纤维、超细金属纤维、碳酸钙纤维、陶瓷纤维和芳酰胺纤维等。

### 1.5.5 填充剂

填充剂又称填料、增量剂、稀释剂等，加入填充剂的主要目的是改善材料的成型加工性、提高力学性能、降低成本，有些改性的填充剂也有增强剂的作用。随着增强剂的廉价化和填充剂的增强化发展，二者之间的界限变得越来越模糊了。所以，发展后的填充剂的概念，将是增量、增强和改性等功能的一体化。常用品种有碳酸钙、滑石粉、陶土、硅藻土、石棉粉、云母粉、炭黑粉、白炭黑、粉煤灰及纸、棉布、玻璃布、玻璃毡、玻璃纤维等。此外，金属氧化物及金属粉也可以用作塑料、橡胶的填充剂。

### 1.5.6 偶联剂

偶联剂又称为表面化学处理剂，是一种改善无机材料和有机材料界面结合的化合物，它能够通过界面作用，将增强剂、填料（无机类材料）等与基体（聚合物）较好地结合起来的物质。聚合物中加入的各种填料，如果它们与基体界面没有足够的结合能力，会严重降低制品力学性能，甚至很难进行加工。因此，必须合理添加偶联剂。

偶联剂是一类具有两种不同性质官能团的物质，其中的一部分官能团可与有机分子反应，另一部分官能团则与无机物表面的吸附水反应，形成牢固的黏合。在复合材料中偶联剂的作用在于它既能与增强材料表面的某些基团反应，又能与基体树脂反应。即在增强材料与树脂基体之间形成一个界面层，靠界面层传递应力，从而增加了增强材料与

树脂之间黏合强度，提高了复合材料的综合性能。常用品种有硅烷类偶联剂、有机酸氯化铬络合物偶联剂、钛酸酯类偶联剂及锆类偶联剂，以及镁类偶联剂和锡类偶联剂等（见第2章第3节）。

### 1.5.7 增韧剂

在室温（或低温）下，有些高分子材料抗冲击强度比较低，使得应用受到限制。为了改善材料的脆性而加入的橡胶类物质，能明显地提高其抗冲击强度，这类物质称为增韧剂，或抗冲击剂。常用品种有乙丙橡胶（EPR）、聚丁二烯（BR）、丁基橡胶（NR）、丁苯橡胶（SBR）、甲基丙烯酸甲酯-丁二烯-苯乙烯共聚物（MBS）、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物（ABS）、氯化聚乙烯（CPE）等。

### 1.5.8 阻燃剂

能够降低材料的引燃（起燃）程度和火焰传播速率的物质，称为阻燃剂。阻燃剂通过阻隔氧、降低温度等途径达到阻燃的目的。常用的无机阻燃剂主要品种有三氧化二锑、氢氧化铝、硼酸锌、偏硼酸钡等，有机阻燃剂主要品种有四溴乙烷、十溴二苯醚、六溴苯、氯化石蜡烃、四溴双酚A、四氯邻苯二甲酸酐及四溴邻苯二甲酸酐等。

### 1.5.9 发泡剂

能使材料形成微孔的物质，称为发泡剂。发泡剂分为两大类，一类是通过挥发或升华而致泡的物理发泡剂，另一类是通过化学反应逸出气体而致泡的化学发泡剂。典型的物理发泡剂戊烷和庚烷，常用作聚苯乙烯（PS）泡沫塑料生产；二氯甲烷是一种不燃，但有毒的发泡剂，用于软聚氯乙烯（PVC）、聚氨酯（PUR）发泡；而三氯氟甲烷、三氯三氟乙烷主要用作软或硬聚氨酯（PUR）或聚氯乙烯（PVC）的发泡，并且非燃，无毒。典型化学发泡剂有偶氮二甲酰胺（AC发泡剂）、偶氮二异丁腈（ABN或AIBN）、碳酸氢铵及碳酸氢钠等，二氧化碳发泡是一种绿色环保技术。

### 1.5.10 抗静电剂

大多数高分子材料具有优良的绝缘性，因而得到广泛应用。但是高绝缘性材料因摩擦等原因会产生静电。当静电荷量达到一定程度，能产生吸附、触电和放电燃烧等危害。抗静电剂是一种能降低制品表面电阻和体积电阻，适度增加导电性，增加表面平滑性，降低摩擦系数的物质，又称静电防止剂，或静电消除剂。大多数表面活性剂均可用作抗静电剂，其作用是使聚集的电荷能尽快泄露和控制电荷的产生。其中的抗静电剂TM对腈纶、涤纶、锦纶等合成纤维有良好的除静电作用；抗静电剂SN对涤纶、维纶、氯纶、聚乙烯和聚氯乙烯有良好的除静电作用。

## 1.6 化学毒性与环境协调性

化学建材在建筑装修、装饰、既有建筑物加固修复、建筑节能、建筑功能化、建筑舒适化，特别是在当前低碳经济理念下，在绿色建筑中所起的作用是其他材料所不能取代的。同时，某些化学建材在生产、施工和应用中也存在的环境污染问题，应该高度重视。

### 1.6.1 化学毒性

化学毒性是指某些化学建材品种在生产和使用或施工过程中散发出一定量挥发性有机化合物，主要有芳香烃、直链烃、醛、醇、酯等，这些挥发性有机化合物（volatile organic compound，简称 VOC），制品中含有的毒性有机物质，即使经过若干年后仍有少量残留气体缓慢释放，对人体健康仍然会造成危害。不同有机物的毒性有所差别，有的有机物对人体的神经系统、血液系统、肾脏有所损害，还有些有机物，比如苯系物还是致癌物。

随着社会的进步和人类对健康认识水平的提高，人类逐渐意识到溶剂的排放对生态环境、社会和人类自身都可以构成直接的危害和破坏。化学家们发现除了水以外，几乎所有的溶剂都能发生光化学反应。因此，常用的一些溶剂，如甲苯、二甲苯、丁酮、醋酸酯等都在限制之列，乙醇也不例外。总之，应该尽量减少这些溶剂的用量。尤其是对人体健康有严重威胁的溶剂，以及那些和人体接触或吸入后可导致疾病的溶剂，也在限制之列。苯和甲醇便是有毒溶剂的典型。乙二醇的醚类曾是一类水性涂料常用的溶剂，在 20 世纪 70 年代，它作为无毒溶剂而被大量的使用，但在 20 世纪 80 年代初发现乙二醇醚是一类剧毒的溶剂，因此被严格禁止使用。

短间接接触含焦油产品放出的烟和蒸气会导致鼻、眼、喉不适，头痛恶心也有可能。要避免含焦油产品溅在皮肤上，特别是在阳光下；长期接触高浓度焦油蒸气还会导致内部器官损害。还有致癌、损害遗传和生殖的可能性。焦油环氧是防腐蚀涂料的典型产品，然而在一些国家，如挪威却已限制了它的使用，许多产品不得不进行改良或淘汰，我国的煤焦油型聚氨酯涂料也禁止使用。重金属，如铅、镉、铬、汞等是常见的有毒污染物，它们随着在使用过程中的脱落和溶解而飘浮在空气中，被人体吸入沉积在体内造成危害，如铬被视为致癌的金属之一。因而，应将重金属对室内空气的影响及对人体的危害降到最低限度。在欧美等国对于颜料中的铅、铬等重金属原料的使用也受到了严格限制，如对胶黏剂进行改良，增加其防锈防腐蚀能力，用无毒颜料取代有毒颜料等。游离甲醛被国际癌症中心列入为人类可疑致癌物质。因此，应将其对室内空气的影响及对人体的危害降低到最低限度。

### 1.6.2 化学毒性对环境的影响

化学毒性对环境危害的影响引起各国的高度重视。化学建材生产中不可避免会使用的有害物质，主要表现在溶剂和重金属方面，建筑涂料尤为突出。

#### (1) 空气

溶剂对环境有着不利的影晌。溶剂和其他挥发性有机物（VOC）会促使 NO<sub>2</sub> 和 O<sub>3</sub> 在地面产生臭气。地面的臭气对人体有刺激作用，影响上呼吸道，引起咳嗽。太高浓度的臭气会严重损害森林和植被。建筑涂料的 VOC 在国内外已经有了明确的法规限制，而且也得到了很好的执行。但是对于应用范围很广的溶剂型涂料来说，由于技术方面的原因，还没有完全地得到解决。然而，在欧美等国，那些高溶剂含量的涂料已经逐步地退出市场，取而代之的是高固体分涂料。

#### (2) 水源

主要指建筑涂料对水的污染主要是防污漆和维修涂装时所产生的旧涂料。涂料对于海洋环境的影响已经引起了非常多的重视。2003 年起，所有的新造船不得使用含锡防污漆，2008 年，所有的船舶上将不能存在有含锡防污漆。油漆制造商们已经研制出了新型的不含锡防污漆，并且取得非常好的防污效果。

#### (3) 废弃物



很多年来，废弃的化学建材要么就地掩埋，或者随同其他废弃物一同被倒进大海，有时甚至随地丢弃。造成海洋、海床和人类生存环境的污染。在欧美等国，所有的涂料都已经分级为有害的废弃物，不能随地丢弃，必须由专门的特殊工厂进行处理。有关部门要求废弃物主保证有害物不向外部环境流失，否则就要负相应的法律责任。

虽然各国对化学建材安全性有充分的重视，但还是不可避免地有许多有毒建筑涂料大量流入消费市场，人们的生命质量受到严重威胁。有毒建筑涂料对健康的危害已成为当前广大群众关注的社会焦点问题，必须加紧研究有效的控制和预防对策、制定有关法律法规，尽早实行法制化管理。

#### (4) 中毒现象

根据接触的化学物质的种类、理化特性、接触浓度、接触时间和个体差异，主要分为闪电型中毒（高浓度、大剂量）、急性中毒（大量、数分钟~数小时）、亚急性（较高浓度、1个月以内）、慢性中毒（长期低剂量、1个月以上~数年）、迟发性中毒（脱离接触几年后）等。中毒表现为多系统、多脏器的损害，如表 1.2 所示。

表 1.2 系统、多脏器的损害中毒现象

系统或脏器名称	中毒及损害症状
中枢(周围)神经系统	头晕、头痛、意识不清、昏迷、四肢麻木、痉挛、瘫痪等
呼吸道	咳嗽、气短、呼吸困难、支气管哮喘、肺炎等
胃肠道	恶心、呕吐、腹痛、腹泻等
肝脏	中毒性肝损伤、肝坏死等
心血管	血压升高或下降，心动过速或过缓、心律失常、房颤或室颤、心脏猝死等
血液系统	血中铅、砷、汞、锰等含量增加，血液白细胞计数减少，巨幼粒细胞增加、再生障碍性贫血、急性粒细胞性白血病等
泌尿系统	尿蛋白含量增加、血尿、急性肾小球肾炎等
皮肤黏膜	接触性刺激性皮炎、过敏性皮炎、变态反应性皮肤病损害等
生殖/发育系统	男性患者精子数减少，精子活动度和存活率下降，精子畸形，睾丸和附睾细胞变性、坏死；女性患者月经过多或减少、痛经、性功能下降；对后代也有影响，如胎吸收、胎儿畸形、发育迟缓等

对居室装饰涂料抽样调查分析，约 20% 的建筑涂料中含有不同程度的致癌物、生殖/发育毒物、致突变物和致敏物质；这不仅会影响直接接触者的生命质量，而且还会影响下一代，甚至下几代出生人口的生命质量。

### 1.6.3 化学建材与环境协调措施

#### (1) 采取绿色溶剂

采用对人无害、对大气层无破坏作用的绿色溶剂，是制造环保型化学建材的一种途径，而无溶剂化是最可行的办法。然而首先要解决低黏度活性稀释剂，施工黏度与施涂设备匹配是优选指标。

#### (2) 加强化学建材生产的监督检测

化学建材生产使用的原料、助剂的安全性与人体健康休戚相关，其中有毒产品对人体健康的危害具有广泛性、潜隐性，已引起全社会普遍、强烈的关注。把化学建材，尤其是建筑涂料、建筑胶黏剂密封剂的安全健康质量监督监测工作纳入到法制化轨道，关系到国计民生的可持续发展，也关系到人口生命质量和国民经济发展、民族利益。因此，加强化学建材法