



化字建材 生产及应用

张书香 隋同波 王惠忠 编著 ●



化学工业出版社

材料科学与工程出版中心

化学建材生产及应用

张书香 隋同波 王惠忠 编著

化学工业出版社

材料科学与工程出版中心

·北京·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

化学建材生产及应用/张书香, 隋同波, 王惠忠编著.
北京: 化学工业出版社, 2002.9
ISBN 7-5025-4048-2

I. 化… II. ①张…②隋…③王… III. 建筑化工
材料-基本知识 IV. TU53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 066508 号

化学建材生产及应用

张书香 隋同波 王惠忠 编著
责任编辑: 王苏平 田 桦
责任校对: 郑 捷
封面设计: 蒋艳君

*

化学工业出版社 出版发行
材料科学与工程出版中心
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)
发行电话: (010) 64982530
<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销
北京市燕山印刷厂印刷
三河市前程装订厂装订
开本 850 毫米×1168 毫米 1/32 印张 19 字数 520 千字
2002 年 9 月第 1 版 2002 年 9 月北京第 1 次印刷
ISBN 7-5025-4048-2/TQ·1595
定 价: 40.00 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

化学建材大多数属聚合物基的新型建筑材料，目前主要包括建筑用塑料、防水材料、涂料、胶粘剂、外加剂（助剂）、保温吸声材料及各种新型复合材料等，我国把这类新型建筑材料统称为化学建材，并誉为继钢材、木材、水泥之后的第四大类建筑材料。

建筑有“人类文明史册”之称，建筑和建筑材料反映了一个时代的文明、艺术和科学技术水平。目前化学建材已成为赋予建筑物以时代特色的重要物质基础。

济南大学（原山东建材学院）和中国建筑材料科学研究院为化学建材发展做了大量工作。早在 1984 年，原山东建材学院就大力开展化学建材研究和教学工作，根据我国建筑业和建材行业的需要，1986 年创办了以化学建材为特色的高分子材料专业。中国建筑材料科学研究院早在 20 世纪 60~70 年代就开展了建筑涂料、特种涂料、防水材料、混凝土外加剂和有机聚合物改性水泥基材料等基础和应用研究，为我国化学建材的发展发挥了重要作用。

随着我国建筑业的发展，人们对化学建材知识的要求更加迫切。十多年来化学建材在广度和深度上都有显著的提高，化学建材成为现代建筑不可缺少的新型材料，同时许多功能性材料备受建筑业和建材行业的重视，成为化学建材发展的重要方向之一。作者曾于 1994 年为有关杂志编写过二十多万字的功能性化学建材专辑，发表后很受读者的欢迎。根据我国建筑、建材等行业的需要，为了有利于相关读者进行化学建材的生产与应用，作者在上述工作的基础上，总结了近十年来化学建材的新成果，编写了《化学建材生产与应用》一书。

《化学建材生产与应用》是按化学建材基础、助剂和材料三篇编写的。第一篇主要介绍了聚合物的结构与性能特点、合成方法及

其合成工艺的有关知识，为能从化学建材结构层次上了解和掌握材料性能打下基础；第二篇对化学建材常用的助剂和传统建材助剂（或外加剂）的组分、结构、应用原理等作了全面介绍，从而为有关助剂的开发应用和化学建材的产品改性提供了重要技术和参考；第三篇分为建筑塑料、防水材料、涂料、建筑胶粘剂、建筑保温吸声材料五部分，对其发展现状、组分性能与工艺进行了介绍，为这类材料的生产与应用提供了技术与信息。

本书的编写注意加强了理论与生产应用紧密结合，在理论深度和广度上注意到不同层次的需要，既有普及又有提高，适于多种文化层次的人员阅读。本书既可供从事化学建材、建筑、化工等产业的有关人员参考，也可作为有关高等学校相关专业的教学参考书或试用教材。

参加编写的有张书香、隋同波和王惠忠。作者对该书编写过程中给予指导的专家和化学工业出版社的有关同志表示感谢！

2002.6

目 录

第一篇 化学建材基础

第一章 高分子化合物	1
第一节 高分子化合物基本概念	1
一、高分子化合物的基本特征	1
二、高分子化合物的基本结构层次	4
三、高分子化合物的结构形态	4
四、高分子化合物的命名和分类	5
第二节 高分子化合物合成方法	7
一、连锁聚合反应	7
二、逐步聚合反应	20
第三节 高分子化合物改性的途径	26
一、共聚改性	26
二、聚合物的化学反应改性	32
三、聚合物的共混改性	37
四、聚合物助剂改性	41
第二章 聚合物生产工艺	42
第一节 聚合物生产工艺设计的有关知识	42
一、设计的基本阶段	42
二、生产工艺流程的设计	43
三、物料衡算	45
四、热量衡算	47
五、聚合物生产的有关设备	48
第二节 不饱和聚酯树脂 (UP) 的生产工艺	51
一、简介	51
二、不饱和聚酯树脂合成与固化的基本原理	54
三、不饱和聚酯树脂的生产工艺	67

第二篇 建材助剂

第三章 化学建材常用助剂	83
第一节 有机溶剂	83
一、常用溶剂的种类	83
二、溶剂的选择	86
三、溶剂化作用	90
第二节 表面活性剂	92
一、表面活性剂的主要性能和用途	92
二、表面活性剂的种类	102
第三节 增塑剂	116
一、增塑剂及其作用原理	116
二、增塑剂的化学结构对其性能的影响	117
三、增塑剂的性能要求	118
四、常用增塑剂	121
第四节 改善机械性能助剂	126
一、增强剂	127
二、偶联剂	128
三、填充剂	134
四、增韧剂	138
第五节 其他助剂	140
一、阻燃剂	140
二、着色助剂	145
三、塑料加工的有关助剂	155
第四章 传统建材助剂	167
第一节 水泥生产中的助剂	167
一、水泥组分与性能	167
二、水泥调凝剂	174
三、其他助剂	180
第二节 石膏及其制品外加剂	191
一、概述	191
二、石膏制品外加剂	195
三、外加剂在石膏制品中的应用举例	197

第三节 菱镁制品外加剂	200
一、概述	200
二、菱镁制品外加剂	201
三、菱镁制品外加剂应用实例	204
第四节 陶瓷泥浆外加剂	210
一、泥浆稳定的基本原理	210
二、陶瓷泥浆外加剂	211
三、陶瓷泥浆外加剂应用举例	217
第五节 耐火材料外加剂	218
一、坯料混炼用结合剂	219
二、泥浆（浇铸成型）解胶剂	227
三、轻质耐火材料的泡沫剂与稳定剂	227
四、解胶（减水）剂与超细粉在耐火材料中的应用	228
第六节 水泥混凝土外加剂	230
一、水泥混凝土外加剂概论	230
二、混凝土减水剂	235
三、混凝土早强剂	251
四、混凝土引气剂和引气减水剂	256
五、混凝土膨胀剂、防水剂和防锈剂	259
六、混凝土防冻剂、泵送剂、脱模剂和养护剂	266
七、高性能混凝土外加剂	271
八、混凝土外加剂应用技术	283
九、混凝土碱集料反应与外加剂的含碱量	289
十、聚合物混凝土	295

第三篇 化学建材

第五章 建筑塑料	305
第一节 建筑塑料概论	305
一、建筑塑料的基本知识	305
二、常用树脂及配方设计	308
第二节 建筑塑料制品	320
一、塑料门窗	320
二、塑料管材	326

三、塑料地面材料	330
四、墙面装饰塑料	335
五、塑料板材	340
六、玻璃纤维增强塑料	346
第六章 建筑防水材料	356
第一节 建筑防水材料概论	356
一、国内外防水材料的发展概况	356
二、建筑防水体系及柔性防水材料	357
三、沥青材料	359
四、改性沥青防水材料	364
第二节 建筑防水卷材、油膏及涂料	365
一、防水卷材	365
二、建筑防水油膏	369
三、防水涂料	371
第三节 建筑密封材料	378
一、硅酮密封材料	378
二、聚硫橡胶密封材料	380
三、丁基橡胶密封材料	382
四、高聚物灌浆材料	382
第七章 建筑涂料	390
第一节 建筑涂料概论	390
一、建筑涂料国内外发展情况	390
二、涂料生产的基本知识	392
第二节 常用涂料	407
一、外墙涂料	407
二、内墙涂料	418
三、地面涂料	422
第三节 功能性涂料	425
一、防火、耐热、烧蚀涂料	425
二、保温吸声涂料	434
三、道路标识涂料	436
四、导电涂料	442
五、仿瓷涂料	445

六、防腐涂料	450
七、塑料用涂料	458
八、多彩涂料	465
九、其他功能性涂料	468
第八章 建筑胶粘剂	474
第一节 建筑胶粘剂概论	474
一、胶粘剂的组分与分类	474
二、胶粘剂生产的一般过程与设备	475
三、胶粘剂在建筑工业中的应用	475
四、聚合物混凝土类胶粘剂在建筑中的应用	476
第二节 常用胶粘剂	479
一、聚乙烯醇及其缩醛胶	479
二、聚醋酸乙烯酯胶粘剂	486
三、氨基树脂胶粘剂	489
四、酚醛树脂 (PF) 胶粘剂	495
五、环氧树脂胶粘剂	504
六、橡胶胶粘剂	513
七、热熔胶粘剂	519
八、压敏胶粘剂	523
第三节 材料的胶接	533
一、材料胶接的基本原理	533
二、粘结中的酸碱作用	534
三、材料的胶接	537
第九章 建筑保温隔热与吸声材料	543
第一节 概论	543
一、建筑节能	543
二、我国建筑能耗情况	544
三、噪声	545
第二节 保温隔热材料	546
一、材料的保温隔热性能	546
二、材料导热系数和导温系数的影响因素	549
三、常用保温隔热材料	552
第三节 吸声材料	560

一、材料的吸声	560
二、吸声材料的分类	561
三、吸声材料的应用及常用吸声材料	562
第四节 聚氨酯泡沫保温吸声材料	564
一、泡沫塑料制造的基本原理	564
二、泡沫形成的基本方法、组分及其应用	567
三、聚氨酯泡沫塑料的助剂	569
四、聚氨酯软泡制品的生产	570
五、硬质聚氨酯泡沫塑料	571
附录	584
附录1 正交表及其应用	584
附录2 有关材料的名称缩写	592
主要参考文献	594

第一篇 化学建材基础

第一章 高分子化合物

高分子化合物是化学建材的重要原料，本节在基本有机化合物的基础上，从高分子化学与物理的角度上介绍高分子化合物的有关概念、合成方法和改性途径，这是化学建材生产和应用的重要化学基础。

第一节 高分子化合物基本概念

一、高分子化合物的基本特征

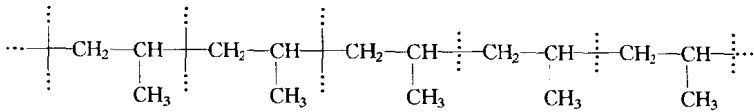
高分子化合物一般是指相对分子质量在 10^4 、分子长度在 10^2nm 以上的化合物，但这种数量级仅是一个大体范围，并不存在一个严格的界限。典型的高分子化合物的相对分子质量为 $10^4 \sim 10^6$ 或 10^6 以上，构成分子的原子数可达 $10^3 \sim 10^5$ 或 10^5 以上。

化合物相对分子质量的这种量变，引起了这类物质性能的变化，特别是机械性能的显著提高，为构成高分子材料奠定了物质上的基础。

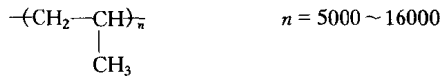
高分子化合物相对分子质量的概念，与一般低分子化合物有所不同。低分子化合物相对分子质量有一个固定值，通常对高分子化合物单分子的相对分子质量研究，实际意义不大，这是因为高分子化合物一般都是由不同相对分子质量的同系物构成的，是混合物状态，不易分离，所以高分子化合物的相对分子质量一般是指它的平均相对分子质量。

高分子化合物是由若干重复单元构成的，其均聚物的重复单元称为单体单元，其数量称为聚合度，可用 DP 或 n 表示。

例如，聚丙烯（PP）



可简写为



重复单元（单体单元） $M_0 = 44$

聚丙烯的相对分子质量 $M = M_0 \times 5000 \sim M_0 \times 16000 = 2.2 \times 10^5 \sim 7.04 \times 10^5$

由以上可看出，聚合物相对分子质量不是均一的，这种不均一性称为相对分子质量的多分散性，同样也是聚合度的分散性。

平均相对分子质量可采用不同统计方法取得，常用的有数均相对分子质量和重均相对分子质量。

数均相对分子质量 \bar{M}_n ，是按照分子数分布函数 $N(M)$ 的统计平均相对分子质量，它等于每种分子的相对分子质量乘以其分子分数之和。

$$\bar{M}_n = \frac{\sum N_i M_i}{\sum N_i} = \frac{\sum n_i M_i}{\sum n_i} = \frac{\sum W_i}{\sum (W_i / M_i)}$$

式中， n_i 、 N_i 和 W_i 分别代表相对分子质量为 M_i 分子的数目、分子分数和质量。

重均相对分子质量 \bar{M}_w ，是按照质量分布函数 $W(M)$ 的统计平均相对分子质量，它等于每种相对分子质量乘其质量分数之和。

$$\bar{M}_w = \frac{\sum W_i M_i}{\sum W_i} = \frac{\sum n_i M_i^2}{\sum n_i / M_i}$$

式中， n_i 、 W_i 和 M_i 分别代表相对分子质量为 M_i 分子的数目和质量分数。

若聚合物中有两种相对分子质量的高分子，其相对分子质量分别为 10000 和 100000，以等摩尔混合，则

$$\bar{M}_n = \frac{\sum n_i M_i}{\sum n_i} = \frac{1 \times 10^4 + 1 \times 10^5}{1 + 1} = 55000$$

$$\bar{M}_w = \frac{\sum n_i M_i^2}{\sum n_i M_i} = \frac{1 \times (10^4)^2 + 1 \times (10^5)^2}{1 \times 10^4 + 1 \times 10^5} = 91800$$

$$\frac{\bar{M}_w}{\bar{M}_n} = \frac{91800}{55000} = 1.67$$

这种聚合物中，相对分子质量较低的聚合物，其摩尔数占 50%，质量只占 9.1%，但 \bar{M}_w 很接近高相对分子质量的 10^5 ，说明低相对分子质量级对 \bar{M}_n 影响很大，而高相对分子质量级对 \bar{M}_w 影响较大。

若 1% 和 99% 质量百分比相混，则

$$\bar{M}_n = \frac{\sum W_i}{\sum (W_i/M_i)} = \frac{0.01 + 0.99}{0.01/10^4 + 0.99/10^5} = 91700$$

$$\bar{M}_w = \frac{\sum W_i M_i}{\sum W_i} = \frac{0.01 \times 10000 + 0.99 \times 100000}{0.01 + 0.99} = 99100$$

$$\frac{\bar{M}_w}{\bar{M}_n} = \frac{99100}{91700} = 1.08$$

说明低相对分子质量占的比例少，平均相对分子质量接近 10^5 ，相对分子质量分布窄。

对于相对分子质量均一的聚合物， $\bar{M}_w = \bar{M}_n$ ，相对分子质量不均一的聚合物， $\bar{M}_w > \bar{M}_n$ ，所以 \bar{M}_w/\bar{M}_n 的值大小反映了相对分子质量分布的宽窄程度，一般聚合物的 \bar{M}_w/\bar{M}_n 值在 1.5~2.5 或 20~50 范围内。

聚合物的相对分子质量除用 \bar{M}_w 和 \bar{M}_n 外，还有 Z 均相对分子质量 (\bar{M}_z) 和粘均相对分子质量 (\bar{M}_v)。实际生产中采用 \bar{M}_v 的较多，对于不均一的聚合物，一般 $\bar{M}_w > \bar{M}_n$ ， \bar{M}_v 介于 \bar{M}_n 和 \bar{M}_w 之间，接近于 \bar{M}_w 。

由以上可知，高分子化合物的相对分子质量大，一般用平均相

对分子质量表示，平均相对分子质量的统计方法不同，其值也不同，相对分子质量分布的宽窄用 $\overline{M}_w/\overline{M}_n$ 表示，称分散性指数或分散度 (HI)。

二、高分子化合物的基本结构层次

由基本有机化合物的结构与性质知识知道，化合物的结构决定性能，对高分子化合物来讲，同样也遵循此原则。

在学习低分子化合物的结构时，主要涉及分子内结构，即分子内的构造（顺序）、构型（排布）和构象。而高分子化合物除上述内容外，还有分子间结构这个层次，称聚集状态结构，对应用来讲，这个层次的结构更为重要。

通常把高分子化合物的结构分为三个层次见图 1-1：

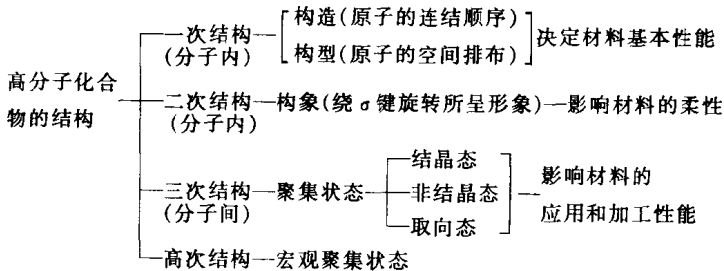


图 1-1 高分子化合物的结构分类

三、高分子化合物的结构形态

高分子化合物由于结构层次复杂，在分子间次价力作用下，可粗略的将高分子化合物的结构形态分为三种类型（见图 1-2）。



图 1-2 高分子化合物的结构形态

线型或支链型聚合物，加热可使其融化，能溶于适当的溶剂，此称热塑性聚合物。交联型由于分子链间交联，形成网状结构或体

型结构，成为一个整体，无单个大分子存在，交联程度低的（交联点少），受热时可以软化，但不能熔融，加适当溶剂可使其溶胀，但不溶解；交联程度高的，既不软化，也不能溶胀。

四、高分子化合物的命名和分类

(一) 命名

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。合成高分子化合物一般是由低相对分子质量物质（单体），通过聚合反应，转为含有许多重复单元的大分子，因此，高分子化合物又称聚合物、大分子。一般当重复单元很多，增减几个结构单元对聚合物的性能无显著影响，此类聚合物称高聚物；如果结构单元数目较少，增减几个对聚合物性能有明显影响，称此类聚合物为低聚物。所以，聚合物是高、低聚物之总称。

聚合物的命名常用的有如下几种方法。

(1) 按来源和制备方法命名 以单体名称为基础，前面冠以“聚”字。例如，乙烯聚合的产物称聚乙烯，氯乙烯聚合的产物称聚氯乙烯；苯酚和甲醛，尿素和甲醛，其聚合的产物名称是在原料名称后附以“树脂”，故称酚醛树脂、脲醛树脂。

(2) 按聚合物结构特征命名 如主链中含有酯基的聚合物称聚酯，含有酰氨基的称聚酰胺。

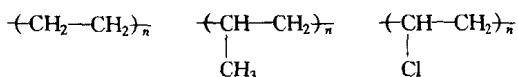
(3) 商品名称 如我国把合成纤维商品加以后缀“纶”字。锦纶（尼龙-6），维尼纶（聚乙烯醇缩甲醛），腈纶（聚丙烯腈），丙纶（聚丙烯），氯纶（聚氯乙烯）等。

(4) 聚合物为弹性体，则后面附以“橡胶”二字。如丁苯橡胶、丁腈橡胶、乙丙橡胶等。

(5) 缩写符号名 以聚合物的英文名称的缩写符号表示。例如，聚氯乙烯（Polyvinyl Chloride）为 PVC，不饱和聚酯为 UP（Unsaturated Polyester）。

上述五种方法的命名，已为人们习惯，而又乐意接受，所以得到了普遍的应用，但在科学上并不严格，有时也会引起一些混乱。为此，国际纯化学和应用化学联合会（IUPAC）曾提出了以结构

为基础的系统命名法，如下列聚合物



俗名分别为聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯，缩写名分别为 PE、PP、PVC，按系统命名法命名则为聚次乙基、聚（1-甲基乙烯）、聚（1-氯代乙烯）。

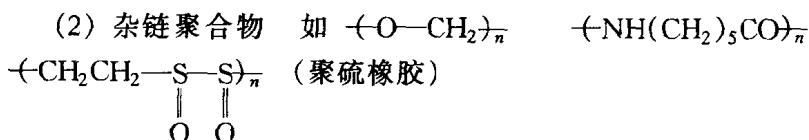
按结构命名，虽然名称比较严谨，但较烦琐，所以目前应用不普遍。

（二）分类

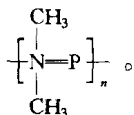
高分子化合物从不同角度可有不同的分类，主要有两种分类方法。

1. 按聚合物主链结构分类

（1）碳链聚合物 如 PE、PP、PS 等。



（3）元素有机聚合物 它们也属杂链聚合物，其大分子主链上没有碳原子，主要有 Si、B、Al 及 O、N、S 等，如：

$$\left[\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{Si-O} \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array} \right]_n$$


2. 按性能与用途分类

根据材料的性能和用途，可分为橡胶、塑料和纤维三大类。这三大合成材料在性能上最大的区别是它们的弹性模量：橡胶 $10^5 \sim 10^6 \text{N/m}^2$ ，纤维 $10^9 \sim 10^{10} \text{N/m}^2$ ，塑料 $10^7 \sim 10^9 \text{N/m}^2$ ，在用途上橡胶主要用作弹性材料，纤维主要用作纤维制品，而塑料的用途就十分广泛了。但这三类材料有时也很难严格划分，因此，这种分类方法也是较模糊的。