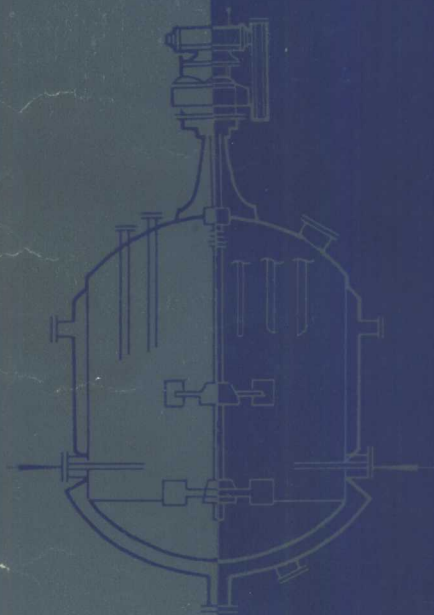


化学知识丛书 6

高分子 合成材料

钟玉昆 编著



科学出版社

高分子合成材料

钟玉昆 编著

科学出版社

内 容 简 介

高分子合成材料是一种新型化学材料，它与人民生活、工农业生产、尖端科学和国防建设都有着密切的关系。本书通俗地介绍了高分子合成材料的基础知识、几种重要合成材料和有关的生产设备、测试鉴别与环境保护，书末并附有查阅文献资料的方法。可供广大知识青年、从事高分子材料合成生产的有关技术人员和科研人员、以及企业的管理干部阅读和参考。

高 分 子 合 成 材 料

钟玉昆 编 著

责任编辑 林娜

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街137号

中 国 科 学 院 印 刷 厂 印 刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1982年6月第 一 版 开本：787×1092 1/32

1982年6月第一次印刷 印张：8%

印数：5,800 字数：188,000

统一书号：13031·4902

本社书号：2579·13—4

定价：1.05 元

序 言

高分子合成材料是一种新型化学材料，它与人民生活、工农业生产、医疗卫生、尖端科学和国防建设都有密切的关系。它的出现，使人类结束了只能依赖和应用天然材料的历史，使人类的生产和科学技术发生了革命性的飞跃。

由于高分子合成材料具有天然材料所没有的优越性能，原料来源丰富，造价低廉，以及生产不受自然条件限制，因而发展极为迅速，它几乎成为所有领域技术进步的标志。无论在征服宇宙空间、工农业生产、国防建设、科学研究、医疗卫生，以及提供人类的衣、食、住、行等方面，都发挥着极大作用，取得了巨大的成就。由于它的出现和发展，使电器工业得到迅速地飞跃发展；促进了电子计算机、遥控技术、电子、激光等一系列新兴工业的兴起；使机械工业出现了新型材料，延长了使用寿命；使建筑物面目一新，坚固耐久，美观舒适；使粮食、蔬菜以及农、渔业大幅度增产；使医疗上有了人工器官，突破了许多难题；由于有了耐高温、高强度和高稳定增强塑料和耐蚀材料等高分子合成材料，人类才有可能制造宇宙飞船、人造卫星、洲际导弹等，为征服宇宙太空开拓了美好的前景。使用合成材料制造的生活日用品和文化体育用品，则更是丰富多采。

如果说，在过去的一百多年中，黑色金属的产量标志着一个国家的工业和科学技术发展的水平。那么，由于高分子合成材料的出现和发展，使黑色金属（钢铁）逐渐丧失了它的这种主宰地位，高分子合成材料已成为衡量一个国家现代化

程度的标志之一。据估计，到本世纪八十年代中期，高分子合成材料在结构材料中将占据首要地位，超过以钢铁为首的金属材料。据估计，1985年高分子合成材料将占54%以上，而金属材料下降为38%，到2000年，合成材料与金属材料的比例，将为四比一。

高分子合成材料的发展，将不断地促进许多工业发生重大的变革。比如在体育用品工业上，合成材料正在取代传统的木材、金属、皮革和天然纤维。世界等级的滑雪选手改用塑料滑雪板，每小时将比使用传统滑雪板快15英里；射箭能手用玻璃纤维弓射出的箭，比用最好木材制成的弓射程远得多。一种厚度只有1½英寸的塑料板，却能顶住威力最强的手枪子弹在15英尺处的连续射击。这种最新的防弹塑胶板，将是保管珍贵物品的最佳保安用品。随着高分子合成材料的发展，使未来的“超级市场”，均可建筑在一个透明的圆罩内，人们进入商店就象在露天一样。甚至将来整个城市也可以被一个巨大的塑料天篷笼罩，气候自动调节，城内四季如春，没有风雪、暴雨、酷暑和严寒。

随着对聚合物的结构和性能的了解，在高分子合成上可根据人们所需要的性能通过事先设计来合成。例如，随着对有机化合物和有机金属链及络合物的理解加深，轻质的有机聚合物合成材料将逐步出现。目前已经合成了以芳烃与杂环单体的、强度极好的合成纤维，与钢一样坚硬，但其重量仅为钢的15—20%。这对于飞机和宇宙飞行器的通讯将会产生重大的变革。随着合成材料的发展，将能使用适当嵌段、键型和基团组成的准确分子网络物制出具有理想电性能的电路，因而会出现比针头还要小的大分子计算机。在不久的将来，可用聚乙烯、聚丙烯制成一种薄而牢的合成纸，用它制造的超缩微胶片，印像可以缩小十万倍，一本一千多页的百科全书可

以缩微在一张4—5厘米的底片上。一个用肉眼分辨不清的微点就能放大成一页，用投影读微机阅读十分方便。宇航员与飞机驾驶员用的航空图与驾驶须知有五万页之多，可以缩微在一个手提式的电视机里。一个藏书几百万册的图书馆，可缩小为占地面积仅十几平方米。

由于“快速聚合”技术在实验室试验成功，在未来的日子里，人类的衣服，不必经过成纤、纺纱、织布、缝制等过程，而出现神话式的直接由原料喷成衣服的一步成衣法。在衣着性能方面，不仅会出现更加美观漂亮、穿着舒适、耐用的衣料，而且还会增进人体的健康。比如各种一尘不染、免洗免烫、永远清洁的服饰；还能生产自动调节温度、一年四季穿着都舒适、晴雨两用、能光敏变色的服装，还会出现能活血、消肿、杀菌、止血等衣料，以至能探测、缓解、抑制肿瘤的合成纤维衣料，以及可以防火、防原子辐射、耐高温的合成纤维。在未来的日子里，将用合成橡胶制造出完整的人造心脏和人造肾脏，以及应用高分子合成材料制造出多种人造器官，从骨骼、牙齿、韧带到皮肤，甚至人造肌肉、肺、子宫等等。人造皮肤一旦获得成功，人类烧伤愈合的速度将加快，痛苦的真皮移植将被淘汰。随着对功能高分子的研究发展，一旦仿酶活性的生物高聚物获得成功，人类最终将能够合成出具有理想的人体和精神功能特征的“人”来。展望高分子合成的进程是令人神往的，最初只是希望从天然物质中得到启发，合成高分子化合物，进而力争在性能上超过天然物质。如今，已开拓了新的天地，高分子化学工作者们已可以充分运用人类的智慧和想象力，开创一个崭新的“合成”世界。

在我国，高分子合成材料工业只有很短的历史，但发展是迅速的，从无到有，从小到大。目前全国各省市已普遍开

展高分子合成材料的科学研究活动，建立了不少高分子合成工业。可是应该看到，目前我国的高分子合成材料，无论在产量、质量和品种都远远不能满足需要。为了使我国早日实现四个现代化，就必须迅速进一步发展高分子合成材料工业和科研事业。

高分子合成材料虽然已广泛地进入到人类的生产和生活的各个领域，但是由于它的发展十分迅速，所以人们对它还不象对天然材料那样熟悉。为了进一步普及高分子合成材料的科学技术知识，笔者把自己多年来在各种刊物上所发表的 and 各类高分子合成材料基础科学讲座，加以整理、补充，编写成这本科技普及读物。“苔花如米小，也学牡丹开”。希望这本册子，在向科学技术现代化进军中，在普及科学知识方面，能给读者提供点滴有益的知识。

本书初稿写成后，承华南工学院王孟钟教授、中山大学李曼孚教授和广州化工研究所邓乃钊高级工程师给予认真审阅。并承广东省化学纤维研究所等塑料、化学纤维、橡胶科研和生产单位有关同志的审阅，在此表示深切的感谢。由于作者水平有限，经验不足，一定有不妥和错误之处，敬请读者给予批评指正。

编著者

1981年7月于广州

目 录

序言	iii
第一章 什么是高分子合成材料	1
一 从天然材料到合成材料	1
二 高分子合成材料	2
三 高分子化合物的基本性质	6
四 神通广大的高分子合成材料	9
第二章 几种重要的高分子合成材料	15
一 塑料	15
二 合成纤维	29
三 合成橡胶	43
四 涂料和胶粘剂	49
第三章 高分子合成材料是怎样制成的	57
一 丰富而廉价的原料	57
二 高分子合成材料的制取	61
三 合成纤维的制造工艺	66
四 合成橡胶的制造工艺	70
五 塑料的制造工艺	73
第四章 有关高分子合成材料的常识	75
一 高分子合成材料常用的代号	75
二 几种合成材料的鉴别方法	79
三 合成材料的老化与防老化	88
四 有机化合物的命名	95
第五章 高分子合成材料的生产设备	105
一 高分子合成材料主要的生产流程	105
二 单体的生产与设备	106

三	聚合的工艺要求与生产设备	112
四	高聚物的成型加工设备	121
五	通风、保温设备与管道	153
第六章	高分子合成材料性能的测试	160
一	物理机械性能的测试	161
二	热性能的测试	168
三	物理表征性能的测试	173
四	电性能的测试	180
五	耐老化性能的测试	182
第七章	环境保护	186
一	消除“三废”污染的途径	186
二	治理“三废”污染的措施	189
三	常见的污染物质简介	220
第八章	查阅文献资料的方法	232
一	识别文献资料与检索工具	232
二	文献资料的查阅检索	244
三	检索查阅文献实例	248

第一章 什么是高分子合成材料

一 从天然材料到合成材料

人类在和自然界斗争的漫长岁月里，通过生产实践和科学实验，终于在自然界里逐步得到了自由，在利用自然和改造自然的过程中，不断获得了更多的生产资料和生活资料。到十九世纪末，人们在自然界中得到的资料不断增多，其中有的是从自然界直接索取的，如石头、棉、麻、丝、木材、毛等；有的是经过焙烧、冶炼、提取加工制造出来的，如钢铁、水泥等。然而，这些材料的取得，都受着资源、自然条件、产量等的限制。例如天然橡胶，只能生长在热带、亚热带地区；而棉花却生长在较寒冷的温带，它们都是生长周期长，产量有限。又如金属矿产，要经过勘探、开采、冶炼加工，才能制成各种材料，而且投资大，产地受到限制。

随着人类对物质需求的增加，要求生产不断发展，这就出现了一个很大的矛盾：从大自然直接提供的天然材料无论在数量、质量、性能、用途等方面，都不能满足需要。这样，人们就必须设法从其他方面来制取，于是就导致了人工合成材料的诞生。

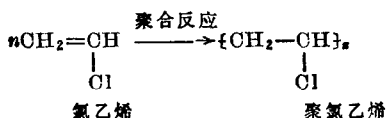
开始时，人们从蜘蛛织网、桑蚕吐丝得到启示。蚕能吐丝，并不是它的肚子里有丝，而是有一种粘稠的液体。这种液体从蚕嘴流出，很快就在空气中凝结起来，变成一根根闪闪发光的银丝。人们设想：能不能用人工制成某种粘液，再把它从小孔里挤出来而制成丝呢？经过反复试验，终于在

1891年首次制成了人造化学纤维。到1935年，研究制成了合成纤维尼龙66，并投入工业生产。从十九世纪末开始，人们又尝试用人工合成的方法来制取橡胶。到本世纪二十年代后，相继出现了丁苯、氯丁、丁基和丁腈等橡胶。本世纪六十年代后，人们不但能够用人工合成的方法，制造出与天然产品相匹敌的材料，而且能够按照人们的需要，制造出自然界没有的、具有特殊性能的合成材料——高分子合成材料。高分子合成材料的诞生和迅速发展，使人类在用材方面，开始摆脱自然的束缚，逐渐从自然王国飞向自由王国。

二 高分子合成材料

什么叫高分子合成材料呢？因为它们的内部分子结构都是分子量很高的高分子化合物，分子量一般高达50至60万。一般低分子化合物的分子所含的原子数，是几个、几十个、几百个，很少有几千个以上的；而高分子化合物的分子所含的原子数，却很少是在几千以下的，大都是几万、几十万、几百万，甚至趋向无穷大。所以，高分子合成材料是分子量特别大的合成化合物，而且它们又大都是由小分子以一定方式重复连接起来的。为了进一步了解高分子化合物的化学结构，需要从单体和高聚物谈起。

高分子合成材料以及一切高分子化合物，都是由单体聚合而成的。例如，聚氯乙烯就是由氯乙烯聚合而成



我们把彼此能够相互连接起来而形成高分子化合物的低分子化合物（如氯乙烯）称为单体；而将所得到的高分子化

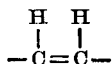
合物（如聚氯乙烯）称为高聚物；高聚物中的基本单位如 $[-CH_2-CH-]$ 称为链节； n 称为聚合度。整个高分子链就



相当于由 n 个链节按一定方式重复连接起来，成为一条又细又长的链条。或者说，高聚物好比由很多小环（或圆珠）组成的“锁链”或“珠串”。高分子合成材料大多数是以碳—碳结合为分子主链，即分子的主干由众多的碳原子相互排列成长长的碳链，两旁配以氢、氯、氟或其它分子集团，或配以另一较短的支链，使分子成枝叉状态。分子链与分子链之间，还依赖分子间作用力连接。这种高聚物的内部结构，决定着它的性能。

组成高聚物的单体可分为四种类型：

1. 单官能基单体，大多数是烯烃单体。例如乙烯和丙烯都含有一个双键（带有两个以下的氢原子）

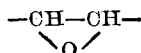


这种类型的烃称为烯烃，它是一类比较重要的单体，在具有塑料或橡胶性能的高聚物中是常见的。普通的烯烃单体有：乙烯（ $CH_2=CH_2$ ）、丙烯（ $CH_2=CH-CH_3$ ）、氯乙烯（ $CH_2=CHCl$ ）、苯乙烯（ $CH_2=CH-C_6H_5$ ）等。

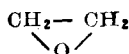
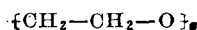
2. 双烯烃单体。一个烃含有两个以上的双键，或含有一个叁键（炔键） $-C\equiv C-$ ，其中又以 $-C=C-C=C-$ 型单体更为重要，这种双键与单键交替排列的链型称作共轭双烯烃单体，它们是合成橡胶的重要组分；此类单体如丁二烯

$CH_2=CH-CH=CH_2$ ，等。
 $(CH_2=CH-CH=CH_2)$ 、异戊二烯 $(CH_2=C(CH_3)-CH=CH_2)$

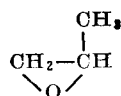
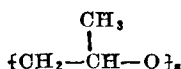
3. 有环单体。此类单体在塑料和橡胶方面最为常见，例如有着环状结构的氧化烯类



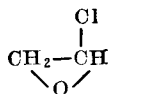
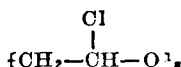
它可以开环，形成如下的聚合物链节：



环氧乙烷单体

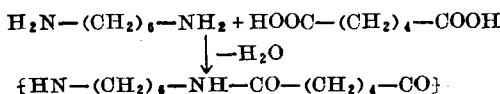


环氧丙烷单体



环氧氯丙烷单体

4. 缩合型单体。是一类自身不能发生聚合反应，但可以与其它物质进行“缩合”而形成高聚物的重要单体。在这种缩合反应的过程中，单体会脱掉水或其他某种分子而连接起来。如尼龙66就是具有聚加成和缩合聚合两种反应的单体。



由单体组成的高聚物可分为两种类型：

1. 均聚物。均聚物中只含有一种单体链节。若干个链节按一定方式重复连接起来，象一根又细又长的链条一样，这些高分子链柔顺、蜷曲，彼此纠缠、钩绕在一起。由一根根分子链组成的均聚物，称为线型均聚物和支型均聚物；有的高聚物分子链之间还会通过化学键而形成体型均聚物（或网型均聚物）。

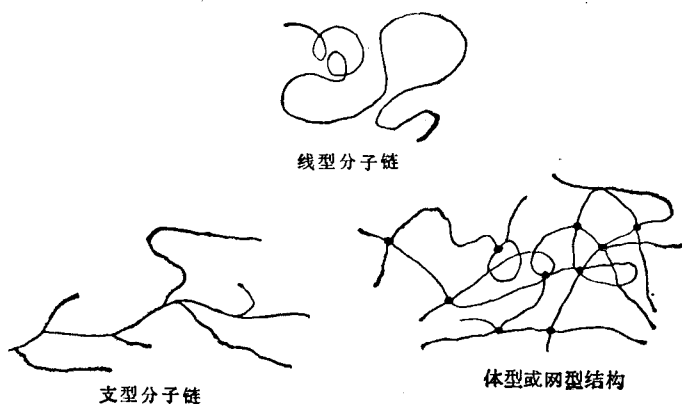


图1-1 均聚物结构示意图

2. 共聚物。共聚物是由两种以上不同的单体链节聚合而成的。由于各种单体的成分不同，共聚后的高分子排列形式也就多种多样，但一般可归纳为：无规型、交替型、嵌段型和接枝型。例如将 M_1 和 M_2 两种不同结构的单体（分别以黑圈和白圈表示）共聚成高分子，可用图 1-2 表示其几种结构类型。

无规型是 M_1 、 M_2 两种不同单体在高分子长链中呈无规则排列；

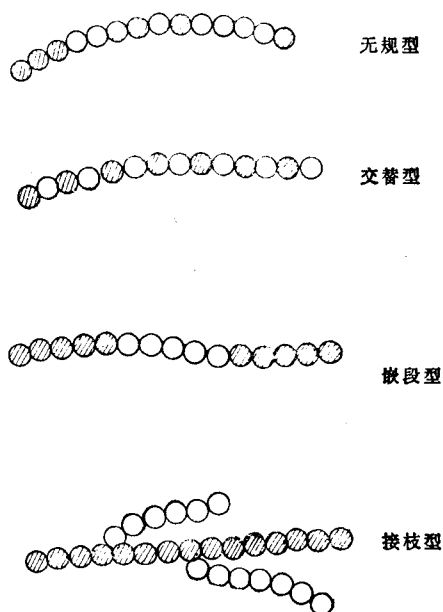


图1-2 共聚物结构示意图

交替型是 M_1 、 M_2 单体呈有规则的交替排列在高分子的长链中；嵌段型中的 M_1 聚合片段和 M_2 聚合片段彼此交替连接；接枝型中的 M_1 单体连结成主链，又接连了不少 M_2 单体组成的支链。除了上述二元高分子共聚物外，还有三元以上的共聚物。

高分子共聚物是改良高分子化合物性质的重要方法，它可以改善原有高分子化合物的性能，创造出种类繁多、丰富多彩的新材料。但是，高分子化合物的共聚是很复杂的，并不是所有能单独聚合的低分子化合物都可以相互共聚。即使是能成为共聚物的，有时也必须在第三者参加下才能实现。

三 高分子化合物的基本性质

高分子化合物具有与低分子化合物截然不同的性质，这是由高分子化合物的化学结构所决定的。高分子化合物的化学结构有以下几个特征：

1. 高分子化合物是由许多结构相同的小单位（链节）重复组成的长链化合物。例如一个天然橡胶分子 $(C_5H_8)_n$ ，里面含有几万个原子，这许多原子都是按一定的规则排列的，它们首先是排成许多相同的小单位 (C_5H_8) ，这许多小单位再连接成为一条长链： $\cdots(C_5H_8)-(C_5H_8)-(C_5H_8)\cdots$ 。

2. 高分子化合物是分子量一般都在几万以上、甚至到几十万、以至百万的分子“巨人”。

3. 构成高分子化合物的每个分子不完全是一样大的。一般所谓高分子化合物的分子量，只是一个平均数字，即平均分子量。而且，一个高分子化合物可以用外力把它拉断或

者切开，变成两个分子，而它的一般性质却不改变。与此相反，低分子化合物的每个分子都是一样大的，而且这种分子不能用一般的机械方法把它拆开(即分解)，如果进行分解，那么也就改变了它原来的性质，而成为另外的物质了。

4. 具有长链。一个聚异丁烯(合成橡胶)分子，平均直径为5埃(埃为长度单位： $1\text{埃}=10^{-8}\text{毫米}$)，而其平均长度约为25微米($1\text{微米}=10^{-3}\text{毫米}$)，即长度约为直径的五万倍。按这样的比例，假如其直径为1毫米，则其长度约为50米。

高分子化合物化学结构的这些特征，使高分子化合物具有如下的基本性质：

(1) 质轻。高分子合成材料都比金属轻，一般比重在1—2之间，纯塑料中最轻的是聚丙烯，其比重为0.91，比纸还轻。有些泡沫塑料的比重甚至可达0.01，即比水轻100倍。由于比重小，所以同样耗用1吨材料，可以比金属制得更多的制品。

(2) 高比强度。由于一个高分子化合物中有几万个甚至百万个原子，而且分子的长度超过直径几万倍，是细长的，分子与分子之间的接触点很多，相互之间的作用力就很大；同时，高分子化合物的分子链是蜷曲的，互相纠缠在一起，这样，高分子化合物就具有高比强度的特性。而低分子化合物几乎没有强度，比如糖、盐就是这样(金属具有特殊结构，不是低分子)，因为一般低分子化合物的形状近似球形，接触点少，分子间相互的作用力就小。

有些高分子合成材料的比强度是很高的。工程塑料的比强度比钢铁和其它金属都高，例如玻璃钢的强度，比合金钢高1.7倍，比铝高1.5倍，比钛钢高1倍，而其重量却比金属轻。这种特性，对于要求全面减轻本体重量的车、船、飞

机、火箭、导弹、人造卫星等，有重要的意义。卫星和火箭都要求用轻而强度高的塑料制造，这样，既可用较小的火箭运载更多的卫星级仪器和设备，又可使火箭的发射重量大大减轻。

(3) 弹性。由于高分子化合物的分子链是蜷曲的、纠缠在一起的，当用力去拉它的时候，这种蜷曲的分子可以被拉得长一些，但去掉拉力之后，又恢复到原来蜷曲的形状。因此，不管是线型或体型的高分子化合物，都有一定的弹性。

(4) 可塑性。由于高分子化合物是由许多很长很长的分子链构成的，当链的某一部分受热时，其他部分则受热不多，甚至还没有受热。因此，高分子化合物受热后，不是立刻就变成液体，而是先经过一个软化过程，即具有可塑性。

(5) 难结晶。由于高分子化合物的分子很大，分子链蜷曲，所以不容易排列成为整齐的形式，也就是不容易结晶。虽然也有不少线型高分子化合物具有部分结晶，但它们是在分子链的链节之间，有一些可以排列得很整齐的地方，这些地方就形成结晶状态。如果分子链和分子链之间含有某些基团〔在化学上称为“基”，如甲基(CH_3)、羟基(OH)、氨基(NH_2)等〕，它们彼此发生了较强的吸引力，这种部分结晶状态就可以固定下来。利用这种性质，可以把高分子化合物拉成细而坚牢的纤维，这就是成纤高分子化合物。

(6) 耐磨性。由于高分子化合物具有较高的分子量，因此耐磨性和抗撕裂强度都比较好。尼龙、聚四氟乙烯不仅耐磨，自润滑比金属和天然材料都强。超高分子量聚乙烯的耐磨性比尼龙强3—4倍，合成橡胶要比天然橡胶耐磨，而合成纤维又比天然纤维耐磨。

(7) 绝缘。由于高分子化合物分子中的化合键是共价