

塑料模塑成型技术

国营长岭机器厂 编

0.66

新 时 代 出 版 社

塑料模塑成型技术

国营长岭机器厂 编

新时代出版社

内 容 简 介

本书从塑料生产实际出发,重点介绍塑料模塑成型技术。

全书共分六章。第一章介绍塑料基础知识;第二章介绍聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、聚氯乙烯、ABS、聚碳酸酯、聚甲醛、PBTP、聚砒、尼龙、酚醛塑料等十五种材料的制备、性能、改性及用途,其重点是这些材料模塑成型工艺特点;第三章介绍模塑成型用设备及工艺装置的结构、作用及其原理;第四章介绍注射模塑成型工艺原理、工艺过程及工艺规范的控制对制件质量的影响,塑料着色剂及其着色工艺;第五章、第六章扼要地叙述了模塑件结构工艺性、制件检验以及生产过程中工业卫生和安全技术知识。

本书可供从事塑料模塑成型加工的青年工人、管理干部阅读,也可作为塑料工人技术培训教材或中等专业学校有关专业学生的参考书。

塑料模塑成型技术

国营长岭机器厂 编

新时代出版社出版 新华书店北京发行所发行

国防工业出版社印刷厂印刷

850×1168毫米 32开本 7.5印张 189千字

1984年5月第1版 1984年5月北京第1次印刷

印数:00001—16500册

统一书号:15241·36 定价:0.96元

前 言

塑料的成型加工方法很多，模塑成型是其主要的加工技术。模塑成型是指在一定条件（如温度、压力、时间）下，借助于工艺装置使塑料加工成制品或制件的过程。也是赋予材料使用性能的过程。在成型加工中，热塑性塑料将发生物理变化，热固性塑料将发生化学变化。为确保制件高质量、高效率的生产，操作者应具有熟练的成型加工技术，熟悉成型加工所用的设备、工艺装置的结构组成和作用，以及高分子材料的知识。

本书专为塑成型加工的工人（尤其是青年工人）的学习而编写。所用专业术语取自国家标准 GB2035-80，力图使新从事模塑生产的工人对成型技术有一个比较系统的专业基础知识，力求结合实际、通俗易懂。由于编者水平有限，编写时间匆忙，书中难免有不少缺点和错误，请广大读者批评指正。

本书由车国金编写，在编写过程中，高级工程师顾静刚及国营长岭机器厂、上海无线电三十厂的同志提出了宝贵的修改和补充意见，在此致以谢意。

目 录

第一章 塑料基础知识	1
第一节 物质组成的化学基础知识	1
第二节 高分子化合物及其结构特点	11
第三节 高聚物的原料及合成	18
第四节 高聚物的分类和命名	25
第五节 塑料在国民经济中的地位	25
第二章 塑料模塑成型用材料	27
第一节 塑料的分类与技术性指标	27
第二节 热塑性塑料特性	30
第三节 热塑性塑料品种	43
第四节 热固性塑料特性	105
第五节 热固性塑料的品种	110
第三章 塑料成型用设备及模具	118
第一节 液压传动的基本知识	118
第二节 注射成型机	131
第三节 液压机	150
第四节 其它机械	151
第五节 模具	153
第四章 塑料模塑成型工艺	167
第一节 热塑性塑料的注射成型工艺	167
第二节 热塑性塑料着色工艺	179
第三节 影响热塑性塑料制件质量的因素	195
第四节 废料回收处理	197
第五节 热固性塑料的成型加工	198
第六节 热固性塑料的成型工艺过程	201
第七节 影响热固性塑料制件质量的因素	206
第八节 其它成型加工方法	207
第五章 塑料制件结构与检验	218

第一节 塑料制件结构	218
第二节 塑料制件的检验内容	223
第六章 塑料的安全技术	227
第一节 塑料对人体的危害	227
第二节 安全保护	228
附录 部分塑料及树脂缩写代号	233

第一章 塑料基础知识

第一节 物质组成的化学基础知识

自然界中的一切都是由一些最简单的物质（如碳、氢、氧、氮、铁等）构成，这些最简单的物质叫做元素。例如，氢和氧都是元素，而水则不是元素。因为水是由氢和氧两种元素构成的。

迄今为止，人们已经发现了一百多种元素。通常，把这些元素分成金属和非金属两大类。为了研究和国际上交往的方便，化学上把各种元素作了统一的规定，都用它的拉丁文名字的第一个字母大写来表示。例如，碳元素用C表示，氢元素用H表示，氧元素用O表示。如果两种不同元素，其拉丁文名字的第一个字母相同，为了区别起见，就用拉丁文名字中的前两个字母来表示另一个元素，并且规定第一个字母大写，第二个字母用小写。例如，钙元素用Ca表示，铁元素用Fe表示。这些元素符号称为化学元素符号，它的含义在国际上是通用的。

在我国，元素的名称用一个汉字来表示。读音以谐声为主，会意次之。在金属元素中，除汞（水银）在常温下是液体外，其余的都是固体。金属固体元素的汉字表示都带有“金”偏旁。例如，用钠的汉字表示Na，用锌的汉字表示Zn，用铅的汉字表示Pb等。在非金属元素中，常温为气体元素的汉字表示都带有“气”字头；液体元素的汉字表示都带有“氵”偏旁；固体元素的汉字表示都带有“石”偏旁。例如，用氧表示O，用氮表示N，用溴表示Br，用硫表示S，用碳表示C等。

科学实验证明，物质是由分子组成的，而分子又是由原子所组成的。原子是由带正电荷的原子核和围绕着原子核旋转的带负电荷的电子所组成。原子核又由更小的微粒子组成。

所谓分子，是指能够独立存在并保持原物质化学性质的最小

微粒。原子则是物质参加化学反应的基本微粒，一般不保持原物质的性质。人们把用原子—分子组成物质的理论，称为原子—分子论。这个理论的要点是：

1. 物质是由分子构成的；
2. 分子是由更小的微粒——原子构成，原子一般不保持原物质的性质；
3. 分子、原子都处于永恒的运动状态中。

一、物质的变化

物质并不是永远不变的。自然界里的一切物质无时无刻不在变化着。物质的许多性质正是通过物质的变化才表现出来的。这种变化，有时进行得非常缓慢，甚至不容易被人们所察觉；有时进行得十分激烈。例如，塑料的老化，短时间内似乎没发生变化，但是经过一定时间后，明显地观察到塑料性能下降了。又如塑料在加工过程中的分解、变色；燃烧时发生的火焰，这些变化是非常明显的，能立刻观察到。

如果物质只是外形或状态发生变化，而组成该物质的分子没有发生质变，这样的变化，叫做物理变化。例如，固体的塑料加热熔化，变成熔融状态，这仅是状态的变化，仍然是塑料，这就是一种物理变化。如果物质在变化过程中，其分子的性质有了改变，这样的变化称做化学变化。例如塑料的燃烧，燃烧后留下了黑色的碳，也就是说，塑料分子已被破坏。这是一种化学变化。从原子—分子论来讲，物质的各种变化都是由于原子、分子运动的结果。尽管物理变化和化学变化是两类不同的变化，但在许多情况下，它们又常在一起发生。例如，塑料燃烧时，塑料的受热熔化是物理变化，而它燃烧变成二氧化碳等气体和碳（两种新的分子），又是化学变化。一般说来，物质发生物理变化时，不一定有化学变化，而发生化学变化时，一定伴随有物理变化发生。

二、分子量及分子式

原子、分子虽然很微小，但它们却是客观存在的。它们都有自己的质量。这个质量分别称为原子量及分子量。例如一个碳原

所以一种元素的化合价就是指与它的一个原子相互化合(或置换)的氢原子数目。例如, 1 个氧原子能和 2 个氢原子化合生成水分子 (H_2O), 因此, 在水分子里氧原子的化合价是 2 价; 1 个碳原子能和 4 个氢原子化合生成甲烷分子 (CH_4), 因此, 在甲烷分子里, 碳原子的化合价是 4 价。在由二种元素组成的化合物里, 一种元素的化合价的总数(化合价 $\times$ 原子数)一定等于另一种元素的化合价的总数。这个关系称为化合价规则。根据这个规则, 可以从两种元素组成的化合物分子式中, 已知一种元素化合价求出另一种元素化合价; 从元素的化合价写出两种元素的化合物分子式。例如, NaCl 是氯化钠(即食盐)的分子式, 当我们知道 Na 是一价元素时, 从这个分子式中可以知道 Cl 也是一价元素。又如, 已知 C (碳) 是四价元素, O (氧) 是二价元素, 那么, 就可以写出二氧化碳的分子式是 CO_2 。

可以把化合价用来衡量元素(原子)起化学变化能力的标准。这就可以比喻成: 一个氢原子有一只“手”抓其他原子; 一个氧原子有二只“手”抓其他原子; 一个氮原子有三只“手”抓其他原子(见图 1-1)。总之, 各种元素有和它的化合价相等数目的“手”, 彼此与另外的元素相连。

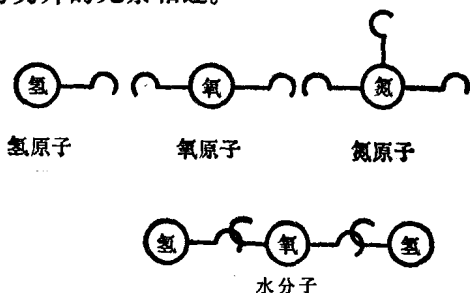
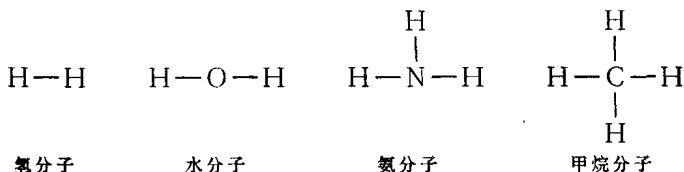


图1-1 化合价比喻图示

某些元素的化合价并不是固定的只有一个, 有可能是两个或两个以上, 这种元素称为变价元素。例如, 铁有二价和三价之分。对于变价元素, 其化合价比较小的化合物, 通常加“亚”字来区别。例如, FeS (硫化亚铁) 中的铁元素是二价, Fe_2O_3 (三氧化

二铁) 中的铁元素是三价。

原子间互相连接的化合价(或结合力), 称化学键, 简称为价键, 用直线表示。例如, 氢分子有一个价键, 水分子有二个价键, 氨分子有三个价键, 甲烷分子有四个价键。



根据原子结构学说知道, 原子是由带正电的原子核和带负电的电子组成。电子在原子核周围各个能量不同的电子层中运动, 通常化学键的生成只与最外层的电子(价电子)有关。惰性元素原子中, 电子的构型是最稳定的。其他元素的原子, 都有达到这种构型的趋势, 因此它们可以互相结合成化学键。惰性元素最外层电子的数目是 8 (如氩) 或 2 (氦), 在一般情况下, 原子互相结合生成键时, 其外层电子数应达到 8 或 2。

化学键从微观来看, 是表示分子或原子团[●]中, 或原子在形成原子团时, 各原子间因电子配合关系而产生的相互结合。在键形成时所放出的能量, 或键断裂时所吸收的能量, 称之为键能, 它一般约为几个电子伏特。化学键通常可以分为共价键和离子键两种基本类型。

共价键一般是指两个原子结合时, 通过形成共有电子对(通常由每个原子供给一个电子)而产生的化学键。在大多数的有机化合物、高分子化合物分子中, 原子就是以共价键相结合的。如果电子对不是平均共有而偏属于某一原子时, 即成为极性键。极性键因其电子对偏属的程度不同而具有不同程度的极性。该极性在高聚物的宏观反映, 就是介电性能的降低。

离子键又称电价键。在构成分子时, 若一个原子获得电子形

● 原子团是指不同原子相互结合而构成的原子基团, 又称取代基或官能团。由一个氢原子和一个氧原子组合而成的原子团—OH 称做羟基(羟读qiǎng“枪”)。

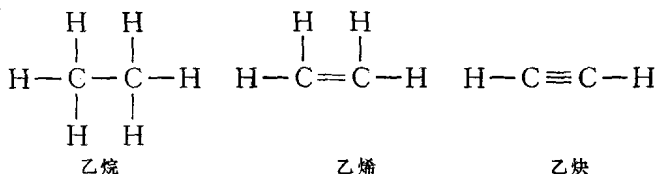
成负离子，另一个原子失去电子而形成正离子，这两个带相反电荷的离子通过静电吸引力而结合成分子，这种化学键称为离子键。无机化合物的构成就是通过离子键结合的，例如陶瓷、食盐等。

在表 1-1 中列出了组成塑料的元素共价键数。

表1-1 组成塑料的元素共价键数

元素名称	元素符号	共价键数	原子量
氢	H	1	1
碳	C	4	12
氮	N	3	14
氧	O	2	16
氟	F	1	19
硅	Si	4	28
硫	S	2	32
氯	Cl	1	35.5

原子间共用一对电子的共价键，称单键。单键可以存在于同种原子间，也可以存在于不同种原子间。如乙烷分子 (C_2H_6)，碳原子和碳原子间由一个价键连接起来的是单键；乙烯分子 (C_2H_4) 由两个价键连接起来的是双键；乙炔分子 (C_2H_2) 由三个价键连接起来的是叁键。其结构式分别表示如下：



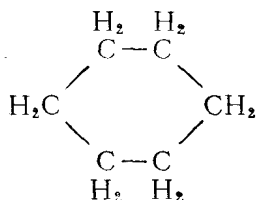
四、有机化合物及其命名

人们平常吃的、穿的和用的，如粮食、肉类、油脂、木材、棉布等，它们有个共同的特点，就是受热到一定程度或燃烧后能变焦成碳，这种现象称做炭化。这些物质里都含有碳元素。人们把含碳的化合物称做有机化合物（简称有机物）；把不含碳的化合物称做无机化合物（简称无机物）。一般有机物的组成元素除碳以外，还有氢、氧和氮；在某些有机物中还含有硫、磷或一些金

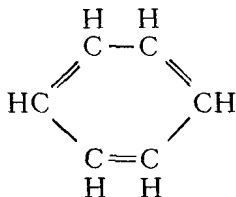
属元素；有些碳的简单化合物从性质上又通常作为无机化合物，如 CO_2 等。

有机物大量存在于自然界中。最简单的有机物仅由碳和氢两种元素组成，称做烃。烃读 tīng(听)，又称碳氢化合物。当在烃类化合物中，碳原子间只有单键相连时，称做饱和烃，即指分子中碳已被氢所饱和。例如，甲烷 (CH_4)、乙烷 (C_2H_6)。分子中碳原子间有双键或叁键时的有机化合物，称为不饱和烃，如乙烯 (C_2H_4)、乙炔 (C_2H_2)。

烃类的分子结构大都成链状，故又称为链烃。除此以外，还有环状结构的烃叫环烃，这些碳原子间，如果是单键结合的环状结构，称做环烷烃。例如，环己烷的分子式为 C_6H_{12} ，其结构式为



当分子中碳原子间有以双键相结合而构成的环烃时，称为芳香烃。这类烃中早期发现的一些化合物因具有芳香气味而得名。例如，苯的分子式为 C_6H_6 ，其结构式为



苯环是由六个碳原子和六个氢原子组成的正六角形的环，有三个双键存在，结构式可以简单地用  表示，所以芳香烃一般又指含有苯环的化合物。

烃的命名是以分子所含碳原子的个数的多少，用甲、乙、丙、

丁……来表示。如， CH_4 为甲烷， C_2H_6 为乙烷， C_3H_8 为丙烷。

烃类分子中去掉一个或几个氢原子后的剩余部分，叫做烃基，通常用 R 表示。烃基的价数决定于去掉氢原子的个数，去掉一个氢原子的就是一价烃基。烃基的命名以相应的烃作为根据。例如，甲烷分子里少掉一个氢原子，留下部分为 $(-\text{CH}_3)$ 称甲基，简称甲基。烃及烃基列于表 1-2 中。

表 1-2 烃及烃基(R)

烃的名称	烃基名称	烃的名称	烃基名称
甲烷(CH_4)	甲基($-\text{CH}_3$)	丁烷(C_4H_{10})	丁基($-\text{C}_4\text{H}_9$)
乙烷(C_2H_6)	乙基($-\text{C}_2\text{H}_5$)	苯(C_6H_6)	苯基($-\text{C}_6\text{H}_5$)
丙烷(C_3H_8)	丙基($-\text{C}_3\text{H}_7$)	乙烯(C_2H_4)	乙烯基($-\text{C}_2\text{H}_3$)
丁烷(C_4H_{10})	丁基($-\text{C}_4\text{H}_9$)	乙炔(C_2H_2)	乙炔基($-\text{C}_2\text{H}$)

烃分子中的一个或几个氢原子，被其他原子或原子团取代后，所生成的有机化合物叫做烃的衍生物。例如，醇、醛、酚、羧酸、卤代烃等，都属于烃的衍生物。这些衍生物和烃一样，都是构成塑料及其它高分子化合物的基本原料。

烃分子中一个或几个氢原子被卤素原子（氟、氯、溴、碘）取代（或置换）而成的化合物叫做卤代烃或卤烃。它们的命名一般叫做卤某烃，例如，氯代甲烷（ CH_3Cl ）简称氯甲烷。

羟基（除芳香羟基）和羟基连接而成的有机物称做醇（醇读 chún “纯”）。醇原来意思是浓厚的酒，酒中有酒精（乙醇），借为类名。根据醇分子中所含羟基的类目可分为一元醇、二元醇、三元醇等。二元醇以上的醇，又称为多元醇，例如丙三醇（ $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$ ，俗称甘油）。

芳香羟基与羟基连接而成的化合物称做酚（酚读 fén “分”）。例如， $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ 为苯酚， $\text{C}_6\text{H}_4\text{OH}-\text{CH}_3$ 为甲酚，都是制造酚醛塑料的原料。

由一个碳原子和一个氧原子组合而成的原子团 ($>\text{C}=\text{O}$) 称做羰基（羰读 táng “汤”）。

一个羰基和一个氢原子组成的原子团 ($-\text{C} \begin{smallmatrix} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{H} \end{smallmatrix}$) 或 ($-\text{CHO}$) 称做醛基。一个醛基和一个烃基 (或氢原子) 连接而成的化合物, 称做醛 (醛读 quán “全”)。醛原来意思是酒变味, 酒由于氧化而发生变化, 使乙醇氧化生成乙醛, 借做类名。例如, HCHO 为甲醛, CH_3CHO 为乙醛。甲醛不仅是制造酚醛塑料的原料, 也是制造聚甲醛塑料的基本原料。

一个羰基 ($>\text{C}=\text{O}$) 和两个烃基连接而成的化合物, 称做酮 (酮读 tóng “同”)。酮原来的意思是酒变酸, 酒由于氧化而变酸, 有些醇氧化而成酮, 借做类名。两个烃基相同的称做简单酮; 两个烃基不同的称做混合酮。例如, CH_3COCH_3 为丙酮, $\text{CH}_3\text{COC}_2\text{H}_5$ 为甲乙酮, 是溶解塑料的一种常用有机溶剂。

一个羰基 ($>\text{C}=\text{O}$) 和一个羟基 ($-\text{OH}$) 共同组成的原子团 ($-\text{COOH}$), 称做羧基 (羧读 suo “梭”)。一个羟基 (或氢原子) 和一个羧基连接而成的化合物, 称做羧酸或有机酸。根据羧酸分子中所含羧基的数目, 可分为一元酸、二元酸、三元酸等。二元酸以上的羧酸又称多元酸, 例如, HCOOH 为甲酸, CH_3COOH 为乙酸 (俗称醋酸), $\text{HOOC}\cdot\text{COOH}$ 为乙二酸。

羧酸分子中的羧基 ($-\text{COOH}$) 去掉羟基 ($-\text{OH}$) 而成的原子团 ($\text{R}-\overset{\textstyle |}{\text{C}}=\text{O}$), 称做酰基 (酰读 xiān “先”)。酰基的名词从羧酸而来。例如, $\text{CH}_3\text{C} \begin{smallmatrix} \nearrow \text{O} \\ \searrow \end{smallmatrix}$ 叫做乙酰基。

酰基和氨基 ($-\text{NH}_2$) 连接而成的化合物叫做酰胺 (胺读 ān “安”)。例如, CH_3CONH_2 为乙酰胺, NH_2CONH_2 为尿素。尿素是氨基塑料的基本原料。

酰基和羟基 ($-\text{OH}$) 连接的化合物叫做酯 (酯读 zhī “旨”)。实际上, 酯是羧酸的羧基 ($-\text{COOH}$) 和醇的羟基 ($-\text{OH}$) 作

用失去水分子而成的化合物。其对应的酸和醇称做某酸某酯。例如，乙酸 (CH_3COOH) 和乙醇 ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) 相互反应，失去水分子而成为乙酸乙酯 ($\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$)。

氨分子 (NH_3) 中去掉一个氢原子而成的原子团 ($-\text{NH}_2$) 是氨基。烃基和氨基连接而成的化合物称做胺。例如， CH_3NH_2 为甲胺， $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$ 为苯胺。

由一个碳原子和一个氮原子组合而成的原子团称做氰基 (氰读 qín “情”)。烃基和氰基连接而成的化合物称做腈 (腈也读 qín)。例如， CH_2CHCN 为丙烯腈。丙烯腈是构成 ABS 塑料的重要基本原料。

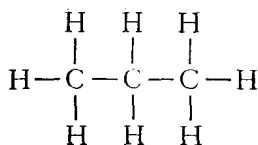
五、有机化合物的结构理论

自然界中有机化合物有上百万种之多，它们的化学组成都是以碳原子的化合价为四价的。碳原子能彼此结合成长短不一的碳链，碳原子之间彼此共有一对电子，形成牢固的共价键，使碳链可以结合得很长。例如，在七十烷里，就有七十个碳原子结合成的长链。碳原子数不同，组成物质的状态不同，物质的性质也不完全相同，所以，在自然界中有机物也就非常繁多。但无论怎样，它们都是可以用化学结构理论学说来解释的。其主要内容如下：

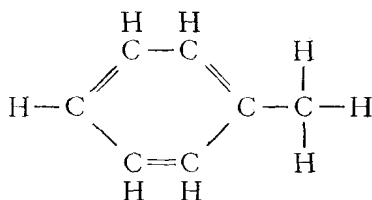
1. 任何物质分子里的原子，都不是简单的堆积，而是按着一定顺序的化学结合。原子相互结合构成分子的方式称做物质的化学结构。例如，甲烷分子式为 CH_4 ，其中的四个氢都只能分别与碳原子相互结合，并不存在氢原子之间的彼此键合。

2. 分子里原子和原子间，各依它们的化合价相互结合，彼此满足，没有剩余的化合价存在。

3. 一种分子只可能有一种化学结构。物质的性质不但决定于它的分子组成，而且决定于它的化学结构。也就是说，一种物质只能用一个既反映结构，又在一定程度上反映性质的固定式子来表示。例如，丙烷和甲苯的结构式只能是：



丙烷分子结构式



甲苯分子结构式

它们既反映了丙烷和甲苯的分子中碳原子连接的形式，又表明了它们的组成。有时人们把它们分别写成 $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ 和 $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_3$ ，这种式子称做结构简单式子， $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$ 又是甲苯的分子式，“—”表示碳原子间的价键，有时为了简便也可以略去。

4. 在一个分子里，原子之间是相互影响的。例如，氨(NH_3)和甲烷(CH_4)中的氢原子与不同种类的原子结合时，其性质是不一样的。这主要是因为和氢相连接的原子不同，以及需要氢原子的个数不同。

这一化学结构理论，是分析塑料性质和特点的依据。

第二节 高分子化合物及其结构特点

分子是由原子组成。当组成分子的原子数增加到一定数值时，分子量的量变将引起物质性质的变化，低分子的化合物将成为高分子化合物。无论天然高分子化合物（天然橡胶、木材、棉、毛皮等）或人工合成的高分子化合物，都是由许许多多的原子彼此以共价键相结合起来的物质。这些物质的分子量都大到使其物理力学性能方面足以显著地区别于低分子化合物。一般典型的高分子化合物分子量在 10^4 以上，塑料的分子量可以到十几万，橡胶的分子量可以到几百万。这种分子量极大的物质，其分子间吸引力也很大，相互纠缠在一起，使它具有低分子化合物所不具有的强度；熔融时高的粘度；在溶剂中能表现出溶胀特性；在一定条件下能表现出相当大的弹性形变——高的弹性等。这些特性主要取决于组成高分子化合物的原子或基团的本性、数量(分子量)、空间排列以及分子形态等。表 1-3 列出了某些高分子化合物和低