

西安交通大学



材料科学与工程学院

第七章 高分子材料

HIGH POLYMER MATERIALS



第一节 概 述

高分子材料 — 以相对分子量大于5000的高分子化合物为主要组成的材料

有机高分子材料 — 以 C、H 元素为主的有机化合物组成的材料

一、高分子材料的合成

1. 高分子链的组成

1) 高分子链 —一种或几种简单的低分子化合物通过共价键重复连接而成的链

如，聚乙烯： $\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—}$

2) 单体 —构成高分子链的低分子化合物

如，聚乙烯的单体—乙烯： $\text{CH}_2=\text{CH}_2$

3) 链节 —高分子链中的重复结构单元

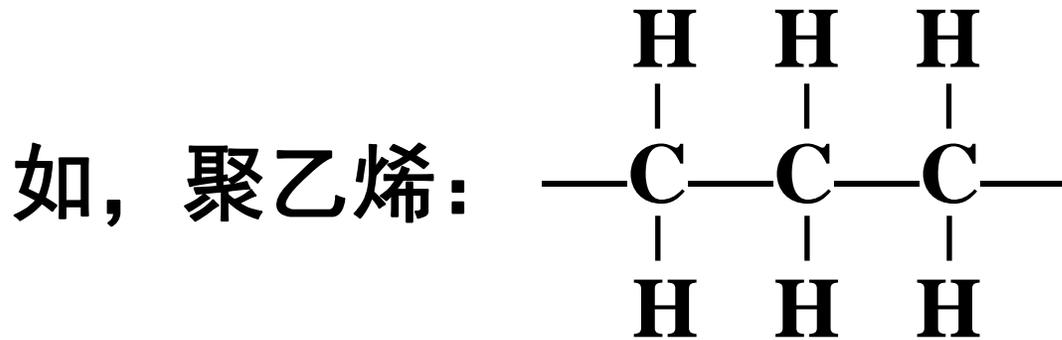
如，聚乙烯的链节： $\text{[CH}_2\text{—CH}_2\text{]}$

4) 聚合度 —高分子链中链节的重复次数

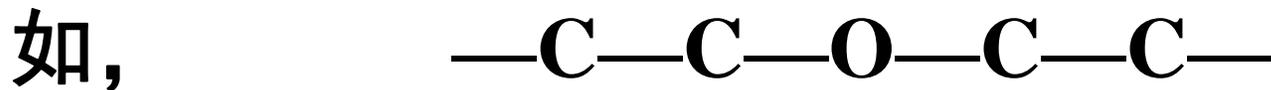
如，聚乙烯： $\text{[CH}_2\text{—CH}_2\text{]}_n$

5) 高分子链的分类

(1) 碳链高分子—主链全部由 C 原子以共价键连接而成的高分子链



(2) 杂链高分子—主链中除 C 原子外，还有其他原子的高分子链



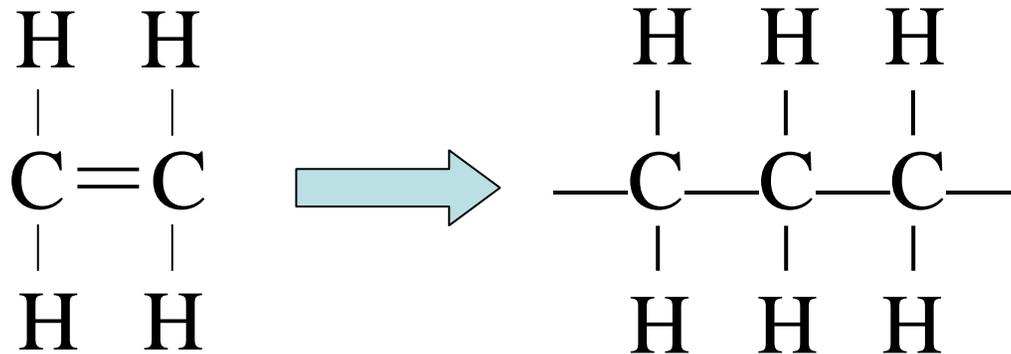
(3) 元素链高分子—主链中无 C 原子的高分子链



2. 聚合反应的类型

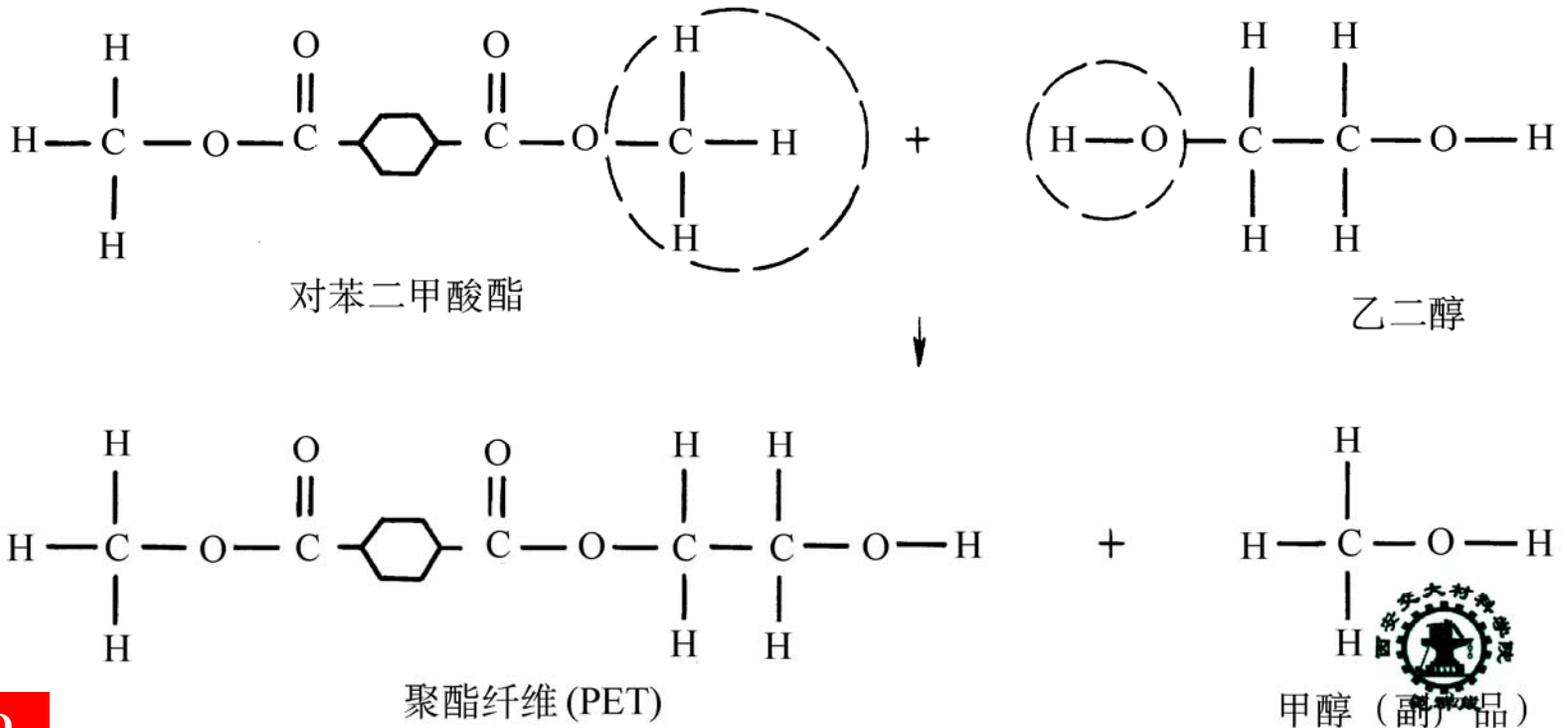
1) 加聚反应 — 由一种或多种单体相互加成而连接成聚合物的反应，生成加聚物

如，乙烯 → 聚乙烯：



2) 缩聚反应 —由一种或多种单体相互混合而连接成聚合物，同时析出某种低分子物质的反应，生成缩聚物和副产品

如，对苯二甲酸酯 + 乙二醇 → 聚脂纤维 + 甲醇



THE END

二、高分子链的结构

1. 高分子材料的结合键

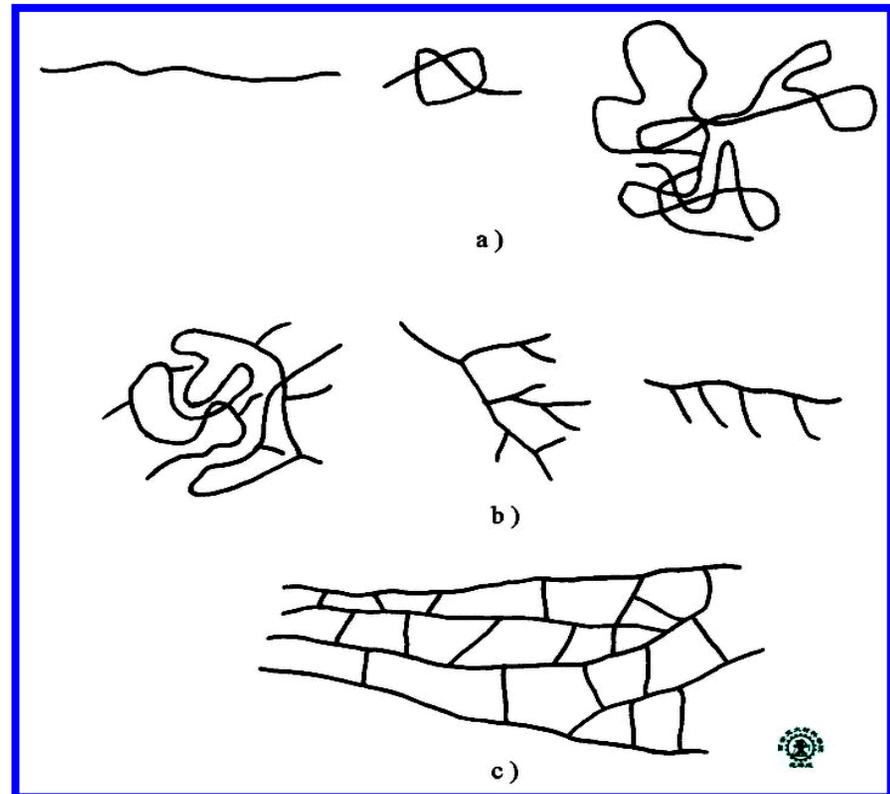
高分子链中为共价键

高分子链与链之间为范德瓦尔斯和氢键

2. 高分子链的形态

线型 { 线形
支化形

体型 (网型或交联型)

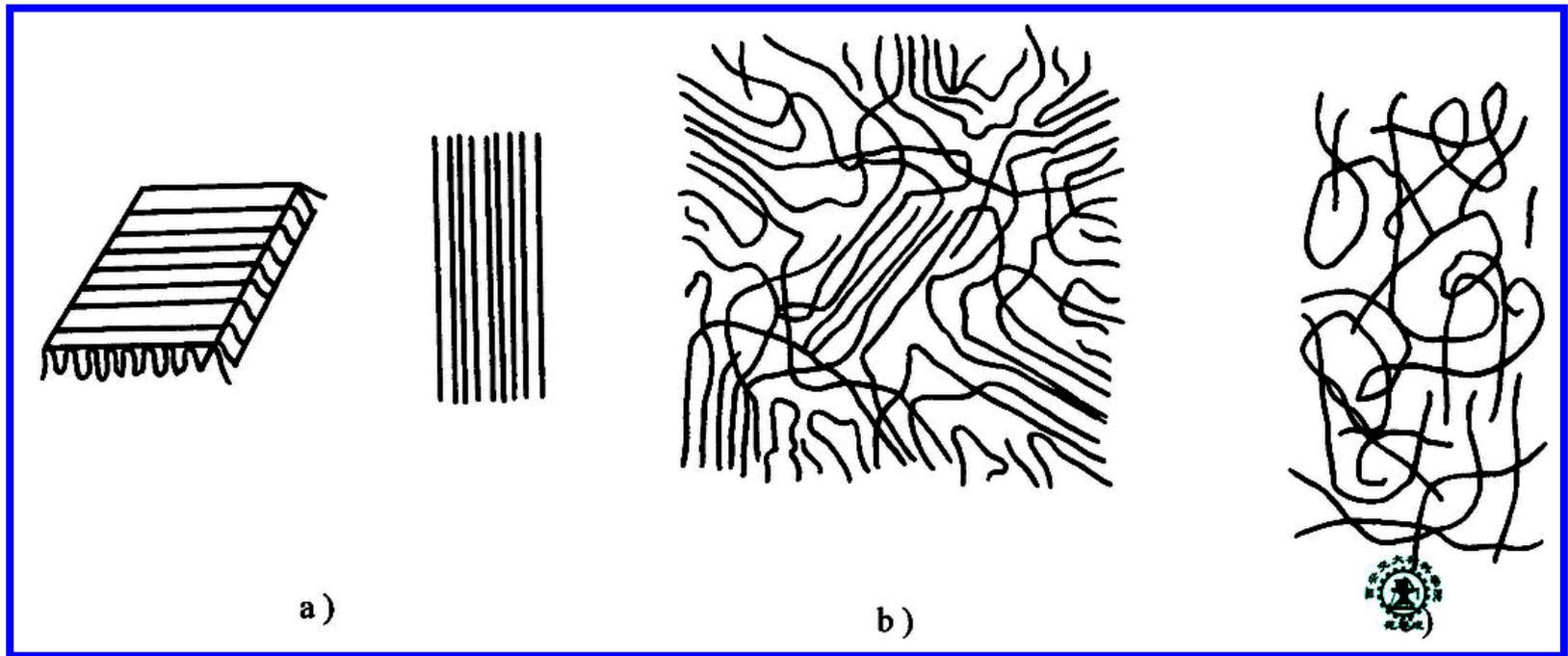


三、高聚物的聚集态

晶态：高的密度、熔点、强度、刚度、耐热性等

非晶态：好的弹性、韧性、伸长率等

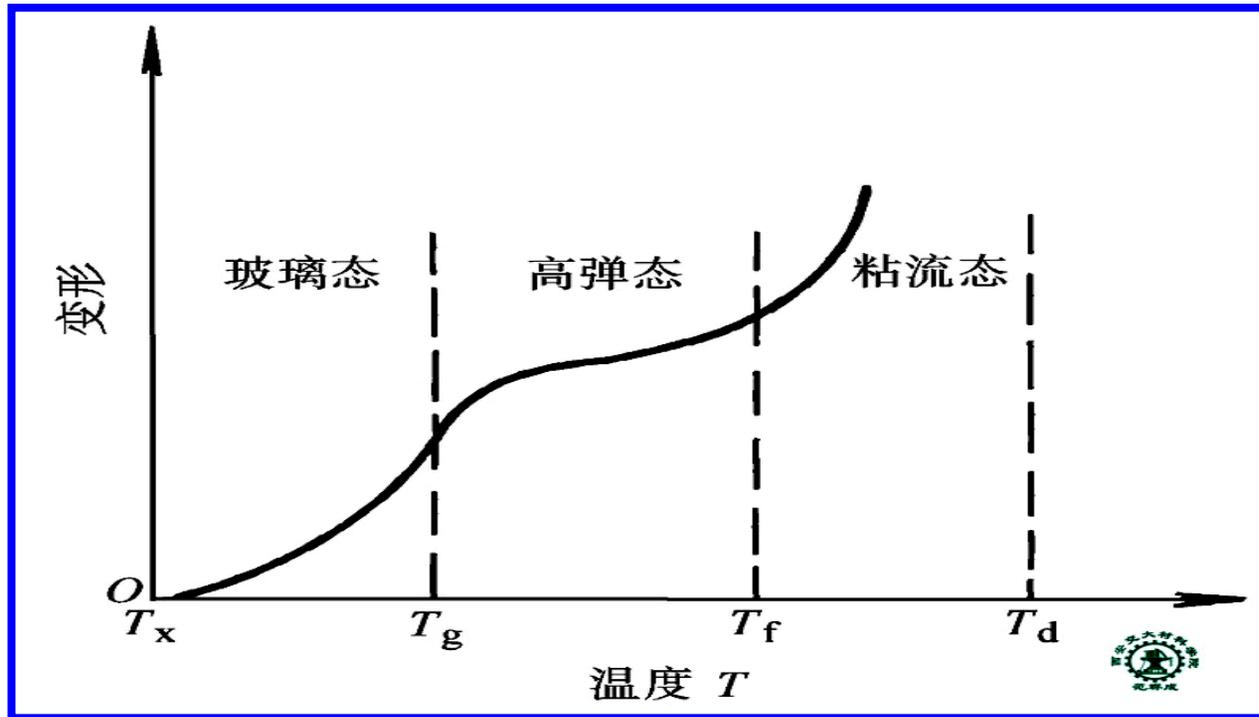
通常为部分晶态或非晶态



高聚物三种聚集态结构示意图 a)晶态 b)部分晶态 c)非晶态

四、线型非晶态高聚物的三种物理状态

玻璃态，高弹态，粘流态



线型非晶态高聚物的变形—温度曲线示意图

塑料 — 室温下处于玻璃态的高分子材料

橡胶 — 室温下处于高弹态的高分子材料

第二节 高分子材料的性能特点

一、高分子材料的力学性能特点

1. 低强度和较高比强度

$$\sigma_b \approx 100MPa$$

强度较低的原因：
分子链排列不规则
含有杂质
内部有空穴
内部有微裂纹

比强度较高的原因：比重小

THE END

2. 高弹性和低弹性模量

原因：卷曲状的分子链

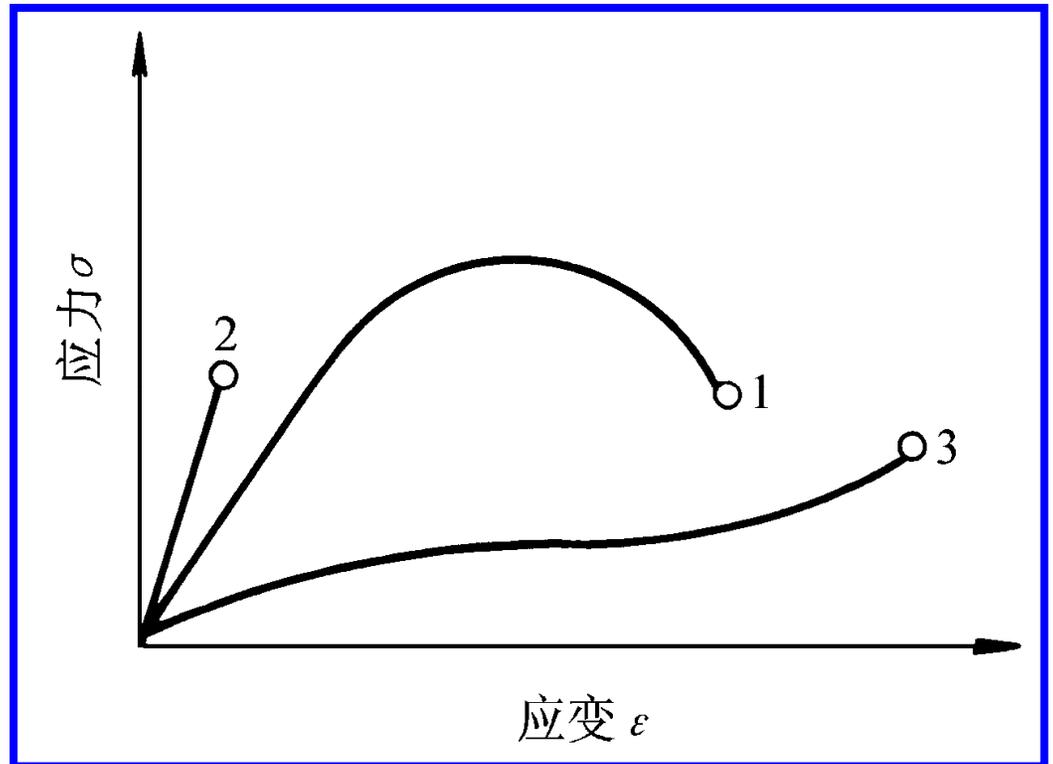
橡胶的弹性好，但模量较低，高弹态度
塑料的弹性较差，但模量较高，玻璃态

三类材料的应力—
应变曲线

1 — 纯金属

2 — 脆性材料

3 — 高弹性材料



3. 粘弹性

—— 在外力作用下，高弹性变形和粘性流动同时发生，且变形量随时间不断增大

粘弹性导致 { 蠕变
应力松弛
内耗

4. 高耐磨性

小摩擦系数，如尼龙

大摩擦系数，如橡胶

二、高分子材料的物化性能特点

1. 高绝缘性

由于是共价键结合，无自由电子、离子

2. 低导热性

由于无自由电子，大分子也不易振动

3. 低耐热性

受热时，分子链易发生运动，软化

4. 高热膨胀性

是金属的 3~10 倍，因为分子间结合力弱

5. 高化学稳定性

由于是共价键结合
塑料王—聚四氟乙烯，耐氢氟酸腐蚀

6. 易老化

{ 裂解，变软、粘
脆化

防老化措施

{ 改变结构
表面处理

{ 镀金属
喷涂料

第三节 常用高分子材料

一、常用工程塑料及其成形加工

1. 塑料的组成及分类

1) 塑料的组成

基料 — 树脂

添加剂 { 固化剂
增塑剂, 增加韧性
填充剂, 改善性能, 节约基料
着色剂
...

THE END

2) 塑料的分类

按树脂的热性质 { 热塑性塑料
热固性塑料

按应用范围 { 通用塑料
工程塑料

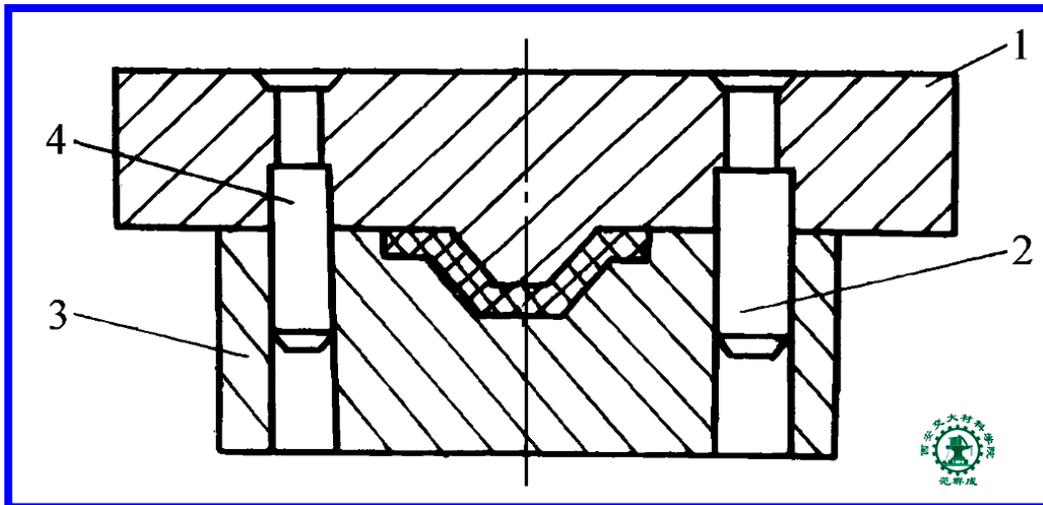
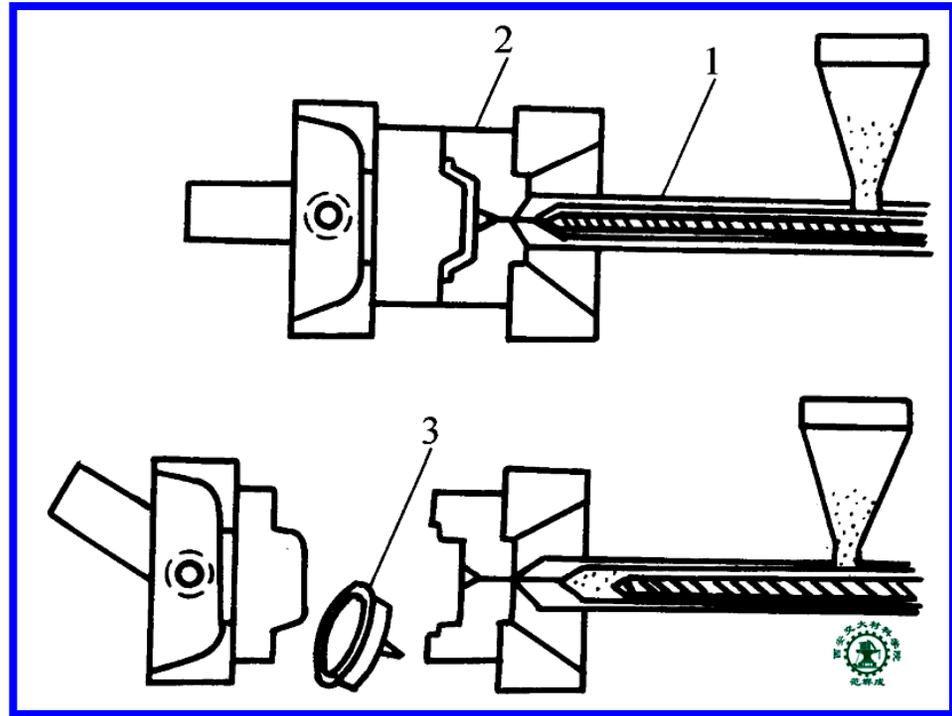
2. 常用塑料的成形与加工方法

1) 几种常用成形方法

- 注射成型法
- 模压成型法
- 浇铸成型法
- 挤压成型法
- ...

注射成形示意图

- 1—注射机
- 2—模具
- 3—制品



模压成形示意图

- 1—上模
- 2、4—导柱
- 3—下模

THE END

2) 塑料的加工

- 机械切削加工：与切削金属方法类似
- 连接 {
 - 机械连接
 - 热熔粘接（焊接）
 - 溶剂粘接
 - 胶粘剂粘接
- 表面处理 {
 - 涂覆
 - 浸渍
 - 镀金属

3. 常用热塑性工程塑料

热塑性（热熔性）塑料 — 加热时软化并熔融，冷却后硬化成形，并可如此多次反复的塑料

1) 聚酰胺（尼龙，锦纶）

- **优点：较高强度和韧性，小摩擦系数**
- **缺点：吸水性大，影响尺寸稳定**
- **应用：耐磨零件，如齿轮、涡轮、轴承、密封圈、衬套等**

2) 聚甲基丙烯酸甲脂（有机玻璃）

- 优点：高透明度，高强度和韧性
- 缺点：低硬度，低耐磨性，低耐热性，易溶于有机溶剂
- 应用：有一定透明度和强度要求的零、构件，窗玻璃，汽车风挡玻璃，飞机座舱盖等

3) 聚四氟乙烯（F-4, 塑料王）

- 优点：优异的耐腐蚀、耐老化及电绝缘性能，小摩擦系数，耐热（250℃）耐寒（-195℃）
- 缺点：低强度、硬度
- 应用：小负荷的耐腐蚀零构件

4. 常用热固性工程塑料

热固性塑料 — 加热时经化学反应固化后，既不溶于任何溶剂，再加热也不会熔融直至分解的塑料

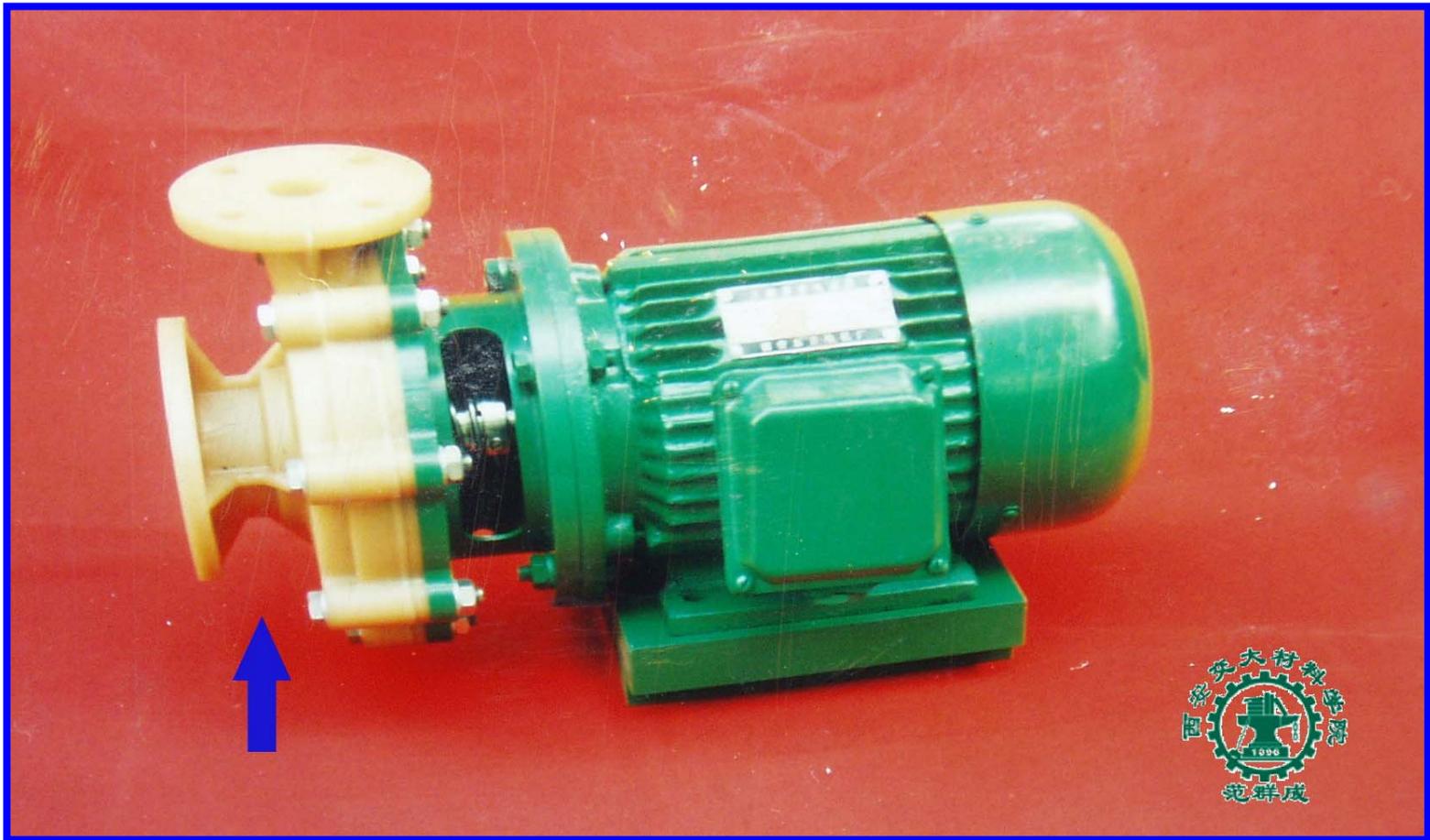
1) 酚醛塑料

- **优点：**良好的绝缘性、耐热性，较高强度、硬度和刚度
- **缺点：**性脆易碎，易变色
- **应用：**电器开关、插座、插头、外壳等，绝缘零件，小负荷的机器零件

2) 环氧塑料

- 优点：高的比强度、耐热性，耐蚀性、绝缘性
- 缺点：价格高
- 应用：塑料模具、精密量具、绝缘器件等

在污水泵上的应用



在化工机械上的应用



在纺织机械上的应用

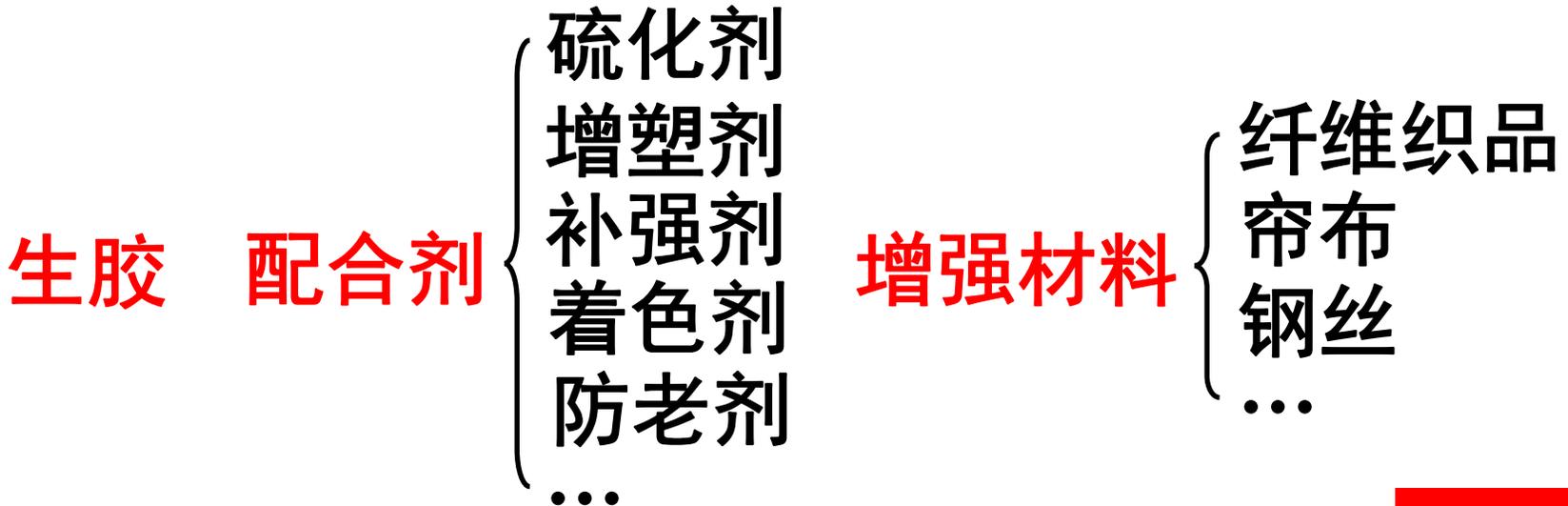


二、常用橡胶材料

线型分子链经硫化处理后，产生少量的交联。碳—硫共价结合犹如一根根小弹簧，使橡胶具有高弹性和低弹性模量

1. 橡胶的组成、成型及分类

1) 橡胶的组成



2) 橡胶制品生产过程

生胶塑炼 → 胶料混炼 → 压延 → 压出 → 硫化

3) 橡胶的分类

按原料来源	{ 天然橡胶 合成橡胶
按应用范围	{ 通用橡胶 特种橡胶

2. 天然橡胶

- 缺点：耐油和耐溶剂性能差，耐臭氧老化较差，不耐高温
- 应用：制造轮胎、胶带、胶管、胶鞋等

3. 通用合成橡胶

1) 顺丁橡胶

- 优点：弹性、耐磨性、耐热性、耐寒性优于天然橡胶
- 缺点：强度较低，加工性差，抗撕性差
- 应用：主要制作轮胎

2) 氯丁橡胶（“万能橡胶”）

- 优点：耐油、耐溶剂、耐氧化、耐老化、耐酸、耐热、耐燃烧
- 缺点：耐寒性差，密度大
- 应用：主要制作（底下矿井用）耐燃橡胶制品

4. 特种合成橡胶

1) 丁腈橡胶

- 特点：耐油性好
- 应用：主要制作耐油制品，如汽车油刹车皮碗、胶管等

2) 氟橡胶

- 特点：耐蚀、耐热性好，价格贵
- 应用：主要制作高级密封件

3) 硅橡胶

- 特点：耐热、耐寒、抗老化、绝缘性好，价格贵
- 应用：主要制作高级密封件，耐高温的电线、电缆包皮



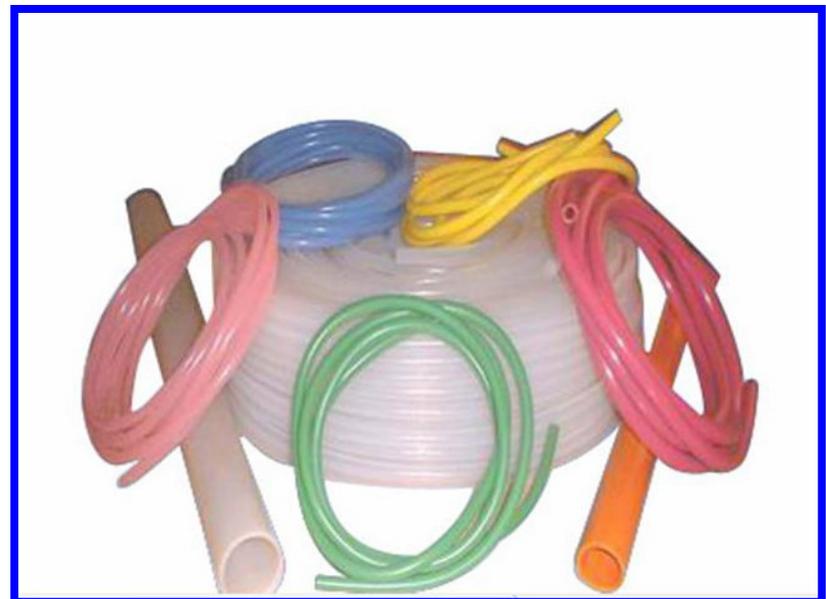


表 7-2 橡胶的种类、性能和用途

性能	通用橡胶						特种橡胶				
	天然橡胶 NR	丁苯橡胶 SBR	顺丁橡胶 BR	丁基橡胶 HR	氯丁橡胶 CR	乙丙橡胶 EPDM	聚氨酯 UR	丁腈橡胶 NBR	氟橡胶 FPM	硅橡胶	聚硫橡胶
抗拉强度/MPa	25~30	15~20	18~25	17~21	25~27	10~25	20~35	15~30	20~22	4~10	9~15
伸长率	650%~ 900%	500%~ 800%	450%~ 800%	650%~ 80%	800~ 1000%	400%~ 800%	300%~ 800%	300%~ 800%	100%~ 500%	50%~ 500%	100%~ 700%
抗撕性	好	中	中	中	好	好	中	中	中	差	差
使用温度上限/℃	<100	80~120	120	120~ 170	120~ 150	150	80	120~ 170	300	100~ 300	80~ 130
耐磨性	中	好	好	中	中	中	好	中	中	差	差
回弹性	好	中	好	中	中	中	中	中	中	差	差
耐油性	—	—	—	中	好	—	好	好	好	—	好
耐碱性	—	—	—	好	好	—	差	—	好	—	好好
耐老化	—	—	—	好	—	好	—	—	好	—	好好
成本	—	高	—	—	高	—	—	—	高	高	
使用性能	高强绝缘 防震	耐磨	耐磨耐寒	耐酸碱气 密防震绝 缘	耐酸耐碱 耐燃	耐水 绝缘	高强耐磨	耐油耐 水气密	耐油耐酸 碱耐热真 空	耐热 绝缘	耐油 耐酸 碱
工业应用举例	通用物 品、轮胎	通用制 品、胶布、 胶板、轮 胎	轮胎、耐 寒运输带	内胎、水 胎、化工 衬里、防 震品	管道胶带	汽车配 件、散热 管、电绝 缘件	实心胎胶 辊、耐磨 件	耐油垫 圈、油管	化工衬里、 高级密封 件、高真空 胶件	耐高低 温零 件、绝 缘件	丁腈改 性用