

包装材料学

(北京印刷学院包装工程专业)



BIGC北印

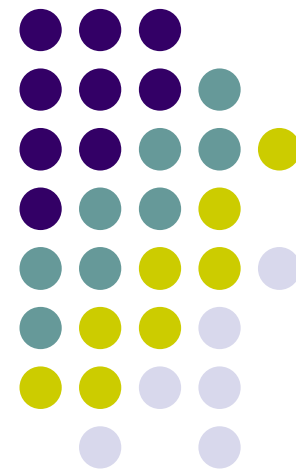
第二篇 塑料包装材料

第一章 塑料包装材料概述

第二章 树脂的结构与性能

第三章 塑料包装材料的主要品种及性能

第四章 塑料在包装中的应用



第一章 塑料包装材料概论



BIGC北印



一、塑料的组成

树脂和添加剂

(1) 树脂：主要成分，占重量**40~100%**。决定塑料的物理、化学性能，具有成型性能。





BIGC北印



第一章 塑料包装材料概述

一、塑料的组成

树脂和添加剂

(2) 添加剂：次要成分，作用大。

种类：

填料，增塑剂，稳定剂，着色剂，润滑剂，
发泡剂，.....





BIGC北印



二、塑料的分类

1. 按热性能分类:

(1) 热塑性: 树脂加助剂受热而逐渐变软，从而熔融流动，借助压力可以塑造成一定形状的模塑物。这种加热熔融，冷却固化过程可反复进行





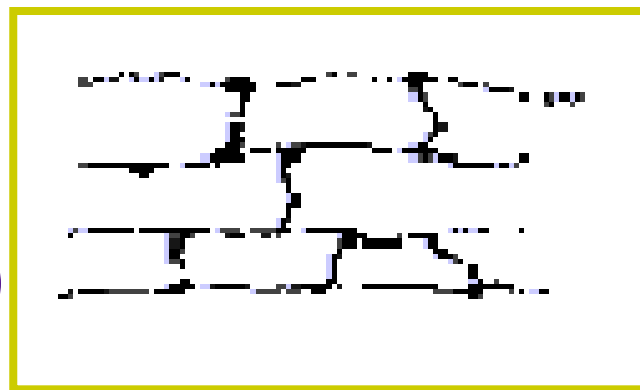
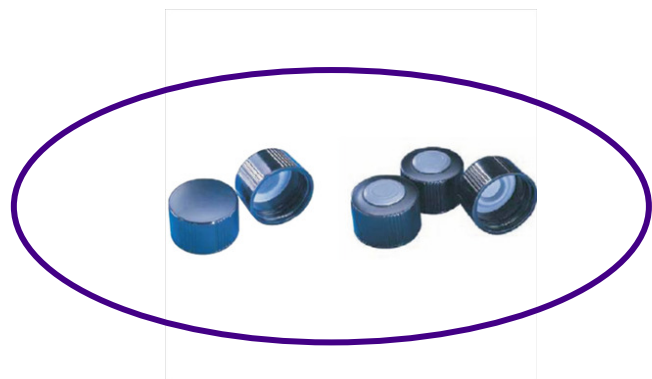
BIGC北印



二、塑料的分类

1. 按热性能分类:

(2) **热固性**: 树脂加助剂在一定温度下变成粘流状态, 经过一定时间后冷却固化, 分子链逐渐由线型结构变成交联的**网状结构**。具有不溶不熔的特征, 这种塑料加热熔融冷却固化只能进行一次, 具有**不可逆性**。





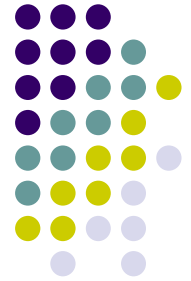
二、塑料的分类

2. 按用途分类

- (1) **通用塑料**：产量大，用途广、价格相对较低的塑料制品。
- (2) **工程塑料**：是一些分子链刚性较大、分子间力较强的结晶型聚合物，常用于钢铁、有色金属的代用材料，制造机械零件及工程结构件如PC、PA、ABS等。



BIGC北印



三、塑料的命名

1. 通用名

热塑性：按单体名称命名，在单体名称前加“聚”。

热固性：原料名称后加“树脂”。

2. 商品名：聚酰胺（尼龙）

3. 按英文缩写命名

- PE, PP, PVC, PVDC, EVOH



BIGC北印



聚合物及塑料的英文缩写和名称

缩写	英文名称	中文名称	习惯名称	商品名或别名
ABS	Acrylonitrile-butadienestyrene	丙烯晴—丁二烯—苯乙烯 共聚物	ABS 树脂	Abson
CA	Cellulose acetate	醋酸纤维素	醋酸酯	acetate
CAB	Cellulose acetate butyrate	醋酸丁酸纤维素	丁酸酯	butyrate
CAP	Cellulose acetate propionate	醋酸丙酸纤维素		
CF	Cresol-formaldehyde	甲酚甲醛树脂		
CMC	Carboxymethyl cellulose	羧甲基纤维素		
CN	Cellulose nitrate	硝酸纤维素	赛璐珞	
CP	Cellulose propionate	丙酸纤维素		celluloid



BIGC北印



聚合物及塑料的英文缩写和名称

缩写	英文名称	中文名称	习惯名称	商品名或别名
CS	Casein	酪素		
EC	Ethyl cellulose	乙基纤维素		
EP	Epoxy(resin)	环氧树脂		
EVA	Ethylene-vinyl acetate	乙烯-醋酸乙烯共聚物		
EVAl	Ethylene vinyl alcohol	乙烯-乙醇共聚物	乙烯-乙醇醇	EVOH
MF	Melamine-formaldehyde	三聚氰胺-甲醛树脂	密胺树脂	
PA	Polyamide	聚酰胺	尼龙、锦纶	Nylon
PAN	Polyacrylonitrile	聚丙烯腈	腈纶	
PAS	Polyacrylsulphone	聚芳砜	聚芳砜	
PC	Polycarbonate	聚碳酸酯		



BIGC北印



聚合物及塑料的英文缩写和名称

缩写	英文名称	中文名称	习惯名称	商品名或别名
PCTFE	Polychlor-trifluoroethylene	聚三氟氯乙烯		
PDAP	Poly(diallyl phthalate)	聚邻苯二甲酸二烯丙酯		
PE	Polyethylene	聚乙烯		
PES	Polyethersulfone	聚醚砜		
PETP	Poly(ethylene terephthalate)	聚对苯二甲酸乙二醇酯	涤纶、聚酯	PET
PF	Phenol-formaldehyde	酚醛树脂	酚醛塑料、电木	
PIB	Polyisobutylene	聚异丁烯		
PMM	Poly(methyl methacrylate)	聚甲基丙烯酸甲酯	聚甲基丙烯酸甲酯	PMMA, Acrylic
PMMA	Poly(methyl methacrylate)	聚甲基丙烯酸甲酯	丙烯酸衍生物	
PMP	Poly(methyl pentene)	聚甲基戊烯		

聚合物及塑料的英文缩写和名称



BIGC北印



缩写	英文名称	中文名称	习惯名称	商品名或别名
PO	Polyolefin	聚烯烃		
POM	Polyoxymethylene	聚氧化甲烯（聚甲醛）	聚甲醛、聚缩醛	
PP	Polypropylene	聚丙烯	聚丙烯	
PS	Polystyrene	聚苯乙烯		
PSAN	Polystyrene acrylonitrile	聚苯乙烯-丙烯腈		
PSU	Polysulphone	聚砜	聚砜	
PTFE	Polytetrafluoroethylene	聚四氟乙烯	泰氟隆	Teflon
PU	Polyurethane	聚氨酯（聚氨基甲酸酯）	聚氨酯	PU,UR
PVAC	Poly(vinyl acetate)	聚醋酸乙烯（酯）	聚醋酸乙烯	PVAc
PVAL	Poly(vinyl alcohol)	聚乙烯醇	聚乙烯醇	PVA



BIGC北印



聚合物及塑料的英文缩写和名称

缩写	英文名称	中文名称	习惯名称	商品名或别名
PVB	Poly(vinyl butyral)	聚乙烯缩丁醛		
PVC	Poly(vinyl chloride)	聚氯乙烯		
PVCA	Poly(vinyl chloride acetate)	聚氯乙烯—醋酸乙烯(酯)		
PVDC	Poly(vinylidene chloride)	聚偏二氯乙烯	萨冉树脂	Saran,PVDC
PVF	Poly(vinyl fluoride)	聚氟乙烯	聚氟乙烯	PFE
PVFM	Poly(vinyl formal)	聚乙烯醇缩甲醛	聚乙烯醇缩甲醛	PVFO
SAN	Styrene-acrylonitrile	苯乙烯—丙烯腈共聚物	丙烯腈苯乙烯共聚物	AS
SB	Styrene-butadiene	苯乙烯—丁二烯共聚物		
SI	Silicone	有机硅树脂		
UF	Urea-formaldehyde	脲甲醛树脂	脲醛树脂	Urea resin
UP	Unsaturated polyester	不饱和聚酯		
UR	urethane	氨基甲酸酯(聚氨酯)		

聚合物及塑料的英文缩写和名称



BIGC北印



缩写	英文名称	中文名称	习惯名称	商品名或别名
PVB	Poly(vinyl butyral)	聚乙烯缩丁醛		
PVC	Poly(vinyl chloride)	聚氯乙烯		
PVCA	Poly(vinyl chloride acetate)	聚氯乙烯—醋酸乙烯（酯）		
PVDC	Poly(vinylidene chloride)	聚偏二氯乙烯	萨冉树脂	Saran,PVDC
PVF	Poly(vinyl fluoride)	聚氟乙烯	聚氟乙烯	PFE
PVFM	Poly(vinyl formal)	聚乙烯醇缩甲醛	聚乙烯醇缩甲醛	PVFO
SAN	Styrene-acrylonitrile	苯乙烯—丙烯腈共聚物	丙烯腈苯乙烯共聚物	AS
SB	Styrene-butadiene	苯乙烯—丁二烯共聚物		
SI	Silicone	有机硅树脂		
UF	Urea-formaldehyde	脲甲醛树脂	脲醛树脂	Urea resin
UP	Unsaturated polyester	不饱和聚酯	聚酯	polyester
UR	urethane	氨基甲酸酯（聚氨酯）		



BIGC北印



四、塑料产品的制造

- 3个步骤:
- 低分子化合物 \longrightarrow 基本树脂
- 树脂与添加剂混合 \longrightarrow 塑料
- 塑料 加工 \longrightarrow 包装制品



BIGC北印



树脂的合成

1. 加聚反应

(1) 单体：含双键的烯类化合物。

(2) 通式：

(3) 均聚和共聚：

均聚：一种单体。

共聚：两种（或两种以上）单体。



BIGC



树脂的合成

2. 缩聚反应

(1) 单体：含有两个（以上）官能团。

(2) 缩聚反应类型：

按生成物结构：线型和体型缩聚反应。



BIGC北印



五、塑料包装材料的特点

- 物理力学性能
- 化学稳定性
- 成型加工性能
- 质轻
- 光学性能
- —— 阻隔性，耐热性，卫生安全性，价格，静电，污染
- —— 功能性，环保型

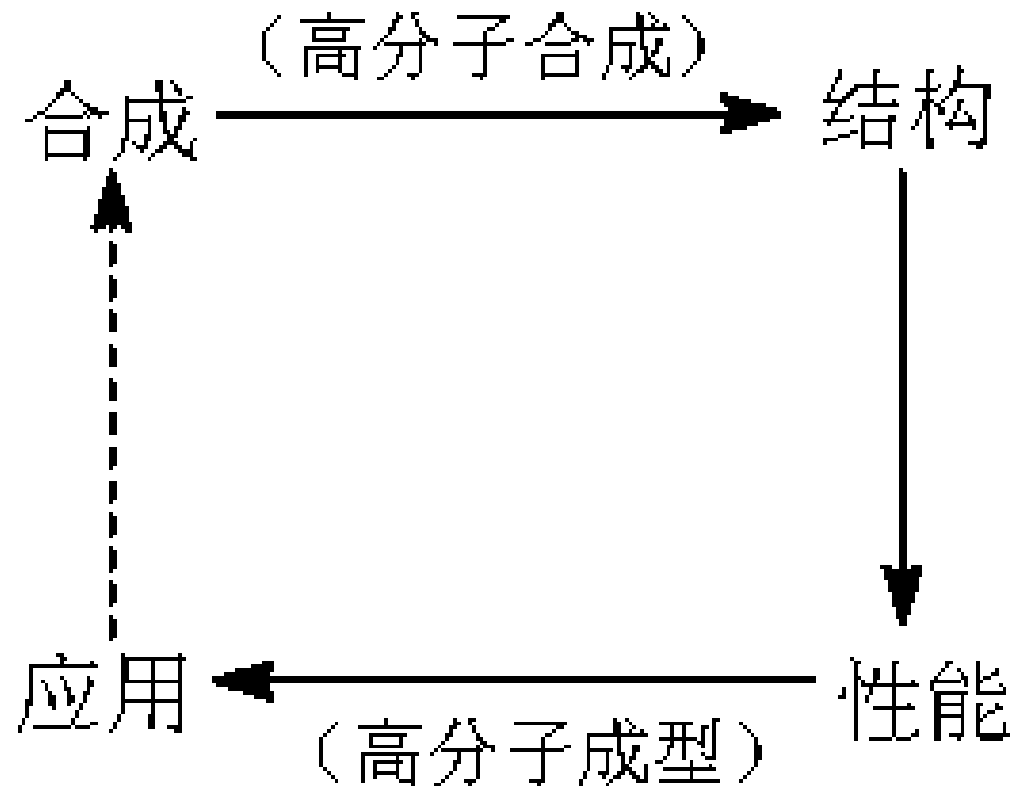


BIGC北印



塑料包装材料的学习思路

- 一条主线：
- 结构 \longleftrightarrow 性能 \longleftrightarrow 包装应用



第二章 树脂的结构与性能



§ 2.1 树脂的结构与性能

树脂结构分为**3个层次**：

近程结构——与基本结构单元有关的结构。

远程结构——高分子链的尺寸与形态。

高分子的凝聚态结构

——高聚物中高分子链的排列和堆积结构。



BIGC北印



一、近程结构

1.化学组成:

组成分子链的**元素**种类，主链是否含**芳、杂环**，是否有**侧基**。

2.侧基与端基:

侧基— **体积、极性**

端基— **热稳定性**。



BIGC北印



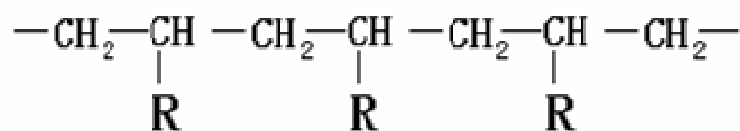
一、近程结构

3. 结构单元的键接方式:

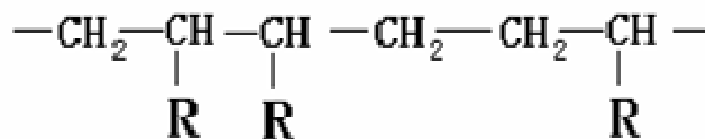
高分子链中结构单元的连接方式。

(加聚) 单体结构不对称

两种方式: 头-头 (尾-尾) 和头-尾



头 - 尾



头 - 头



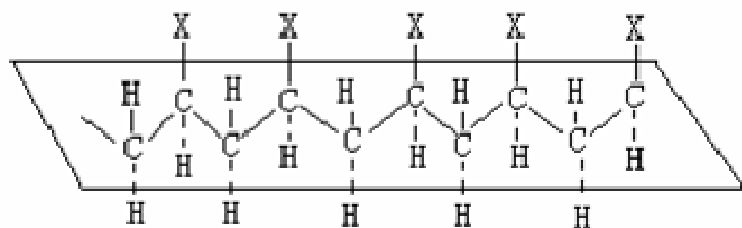
BIGC北印



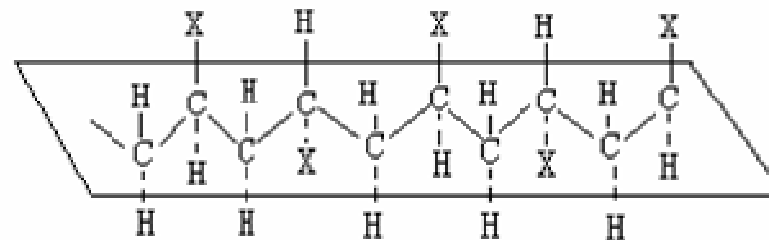
一、近程结构

4.构型：指某一原子的取代基在空间的排列。

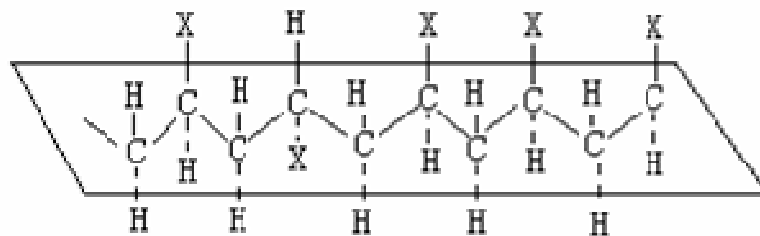
立体构型：**全同立构、间同立构、无规立构。**



全同立构



间同立构



无规立构



BIGC北印



二、远程结构

1. 高分子链的几何形状



(a) 线形结构



分子卷曲状



(b) 支化结构



(c) 网状结构 (交联)



BIGC北印



二、远程结构

2.高聚物的分子量及其分布：分子链的长短

(1) 分子量大

(2) 分子量具有多分散性（不均一性）



BIGC北印



常用的统计平均分子量

(1) 数均分子量:以分子 N_i 数量为统计单元

$$\overline{M}_n = \frac{W}{\sum N_i} = \frac{\sum N_i M_i}{\sum N_i} = \frac{\sum W_i}{\sum (W_i/M_i)} = \sum N_i M_i$$



BIGC北印



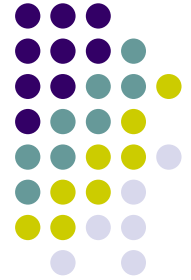
常用的统计平均分子量

2.重均分子量：以分子的质量 W_i 作为统计单元。

$$\overline{M}_w = \frac{\sum W_i M_i}{\sum W_i} = \frac{\sum N_i M_i^2}{\sum N_i M_i} = \sum W_i M_i$$



BIGC北印



分子量分布 ——多分散程度

表征：多分散系数d

$$d = \overline{M}_w / \overline{M}_n$$

d值越大，分子量分布越宽。



思考题 1

- 分子量分布对成型加工有何意义？
- 分子量分布宽对成型加工有利，但大小不同的分子收缩应力不同，易出现开裂现象。
分子量分布窄，且分子量小，材料的强度不够。
分子量分布较窄，且分子量大，对材料强度有帮助，此材料经久耐用，但在加工时温度难以掌握。

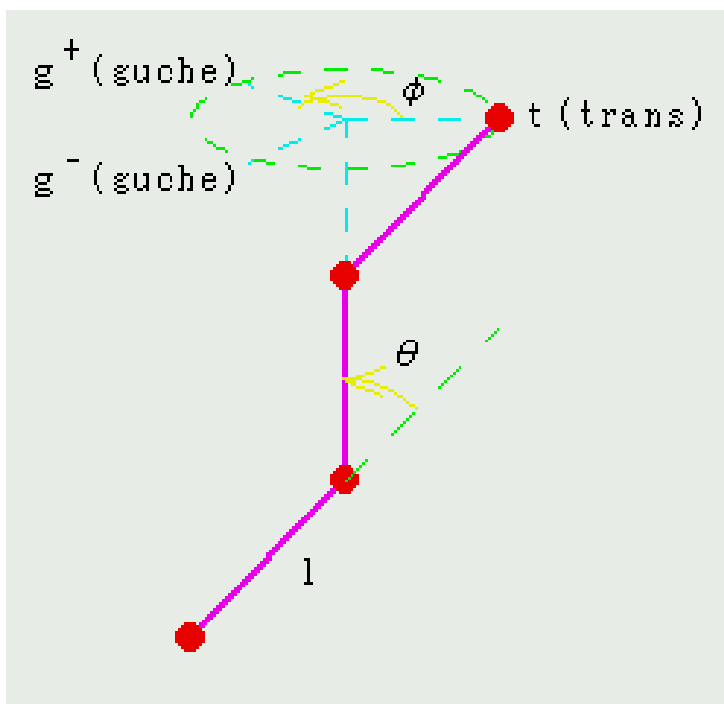


BIGC北印



3. 高分子链的内旋转和构象

- 构象：同一构型的化合物，由于**单键内旋转**使分子中的**原子或原子基团**在空间中出现不同排列形式，一种空间排布形式叫做一种构象。



构象及符号的定义



BIGC北印



3. 高分子链的内旋转和构象

- **链段**：构象变化是由分子链中单键内旋转引起的，但由于内旋转的发生需要克服内旋转位垒，并不是所有的单键都能克服位垒发生旋转，在某种条件和某一时刻只有部分单键能发生旋转，两个可旋转单键之间的一段链，称为链段。



BIGC北印



4. 高分子链的柔顺性及影响因素

高分子链的柔顺性——

高分子链能够通过内旋转作用改变其构象的性能。



高分子链柔顺性影响因素

1. 内因

(1) 主链结构

- **—C—C—**，无极性，柔顺性较好。
- **杂链结构（C—O，Si—O，C—N）**，则分子链的柔顺性更好。
- **具有非共轭双键结构的分子链（聚丁二烯）**，柔顺性最好。



1. 内因

(2) 侧基

① 侧基的极性越大，柔顺性变差。

- 基团极性： $-\text{CN} > \text{Cl} > \text{CH}_3$
- 柔顺性排列： $\text{PAN} < \text{PVC} < \text{PP}$

② 取代基沿分子链排布的距离增加，则柔韧性较好；

- $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CH}_3)- > -\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CH}_3)-$



BIGC北印



1. 内因

(2) 侧基

③ 取代基的体积增大，柔韧性下降；

- 基团体积： $-\text{C}_6\text{H}_5 > -\text{CH}_3 > -\text{H}$

柔顺性排列： $\text{PS} < \text{PP} < \text{PE}$

④ 取代基在主链上的对称性：对称性好时，柔顺性增加；

- $\text{PP} < \text{PIB}$



BIGC北印



1. 内因

(3) 支化和交联

- 支链长，柔性降低。交联度增加，柔顺性减低。

(4) 高分子链长

(5) 分子间作用力

分子间作用力越大，聚合物分子链的柔顺性越小。

(6) 结晶



BIGC北印



2. 外因

- (1) **温度**：越高，分子热运动能量越大，柔顺性越大；
- (2) **溶剂**：浓度越高，柔顺性越大；
- (3) **外力**：若**外力作用方向**与链段运动方向一致时，柔顺性加大，若外力作用方向限制链段运动（旋转）时，柔顺性降低。



BIGC北印



三、高分子的凝聚态结构

- —— 高分子链之间的排列和堆砌结构
- —— 非晶态，晶态，取向态等。



BIGC北印



3.1 高聚物分子间的作用力

1. 范德华力

- 分子与分子在接近时所显示的相互作用力。
包括：（1）取向力（2）诱导力（3）色散力

2. 氢键

极性很强的共价键**X-H**上的氢原子与另外一个键上电负性很大，原子半径很小的原子**Y**之间形成的较强的相互作用力。表示为 **X-H...Y**



BIGC北印



3.1 高聚物分子间的作用力

- 高聚物的分子间作用力按照分子间作用单元进行**加和**。
- 分子间作用力随**分子量**的增加而增大。
- 分子间作用的总能量可以**超过主价键的键能**。



BIGC北印



3.2 内聚能和内聚能密度

- 1. 内聚能：**使1mol的液体蒸发或固体升华，使原来聚集在一起的分子分开到彼此不再相互作用的距离时所需要的总能量。
- 2. 内聚能密度：**单位体积凝聚体汽化时所需要的能量（ J/cm^3 ）。单位体积的内聚能。



BIGC北印



BIGC北印

线性聚合物的内聚能密度

聚合物	重复单元	内聚能密度(J/cm ³)
聚乙烯	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	260.4
聚异丁烯	$-\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3)_2-$	273.0
聚异戊二烯	$-\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CHCH}_2-$	281.4
聚苯乙烯	$-\text{CHCH}(\text{C}_6\text{H}_5)-$	310.8
聚甲基丙烯酸甲酯	$-\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3)(\text{COOCH}_3)-$	348.6
聚乙酸乙烯酯	$-\text{CH}_2\text{CH}(\text{OCOCH}_3)-$	369.6
聚氯乙烯	$-\text{CH}_2\text{CHCl}-$	382.2
聚对苯二甲酸乙酯	$-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OCOC}_6\text{H}_4\text{COO}-$	478.8
尼龙 66	$-\text{NH}(\text{CH}_2)_6\text{NHCO}(\text{CH}_2)_4\text{CO}-$	777.0
聚丙烯腈	$-\text{CH}_2\text{CHCN}-$	995.4



BIGC北印



线性聚合物的内聚能密度

- 内聚能密度**CED**与**分子极性**有很大关系，极性越大，内聚能密度越高。

- **$CED < 290 \text{ J/cm}^3$** ，非极性高聚物。
- **CED 在 **$290 \sim 420 \text{ J/cm}^3$** 之间，为塑料。**
- **$CED > 420 \text{ J/cm}^3$** ，纤维材料。



BIGC北印



3.3 结晶性聚合物

1. 高聚物结晶能力与结构的关系

- ① 高分子链的规整程度：链的对称性，空间立构规整性，支化和交联
- ② 分子链的柔性
- ③ 分子间作用力：降低链柔性，但有利于结晶结构的稳定



BIGC北印



2. 高聚物结晶能力与外部条件的关系

- ① 取向
- ② 结晶温度
- ③ 冷却速度
- ④ 溶剂

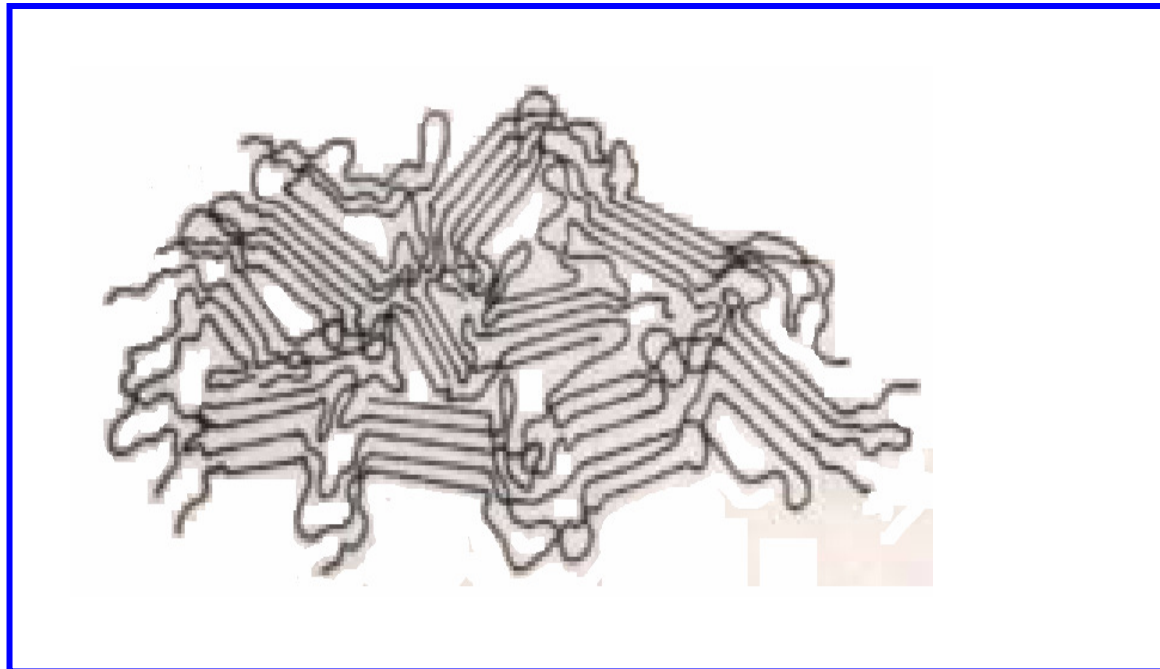


BIGC北印



3. 聚合物晶体结构模型

- 缨状微束模型



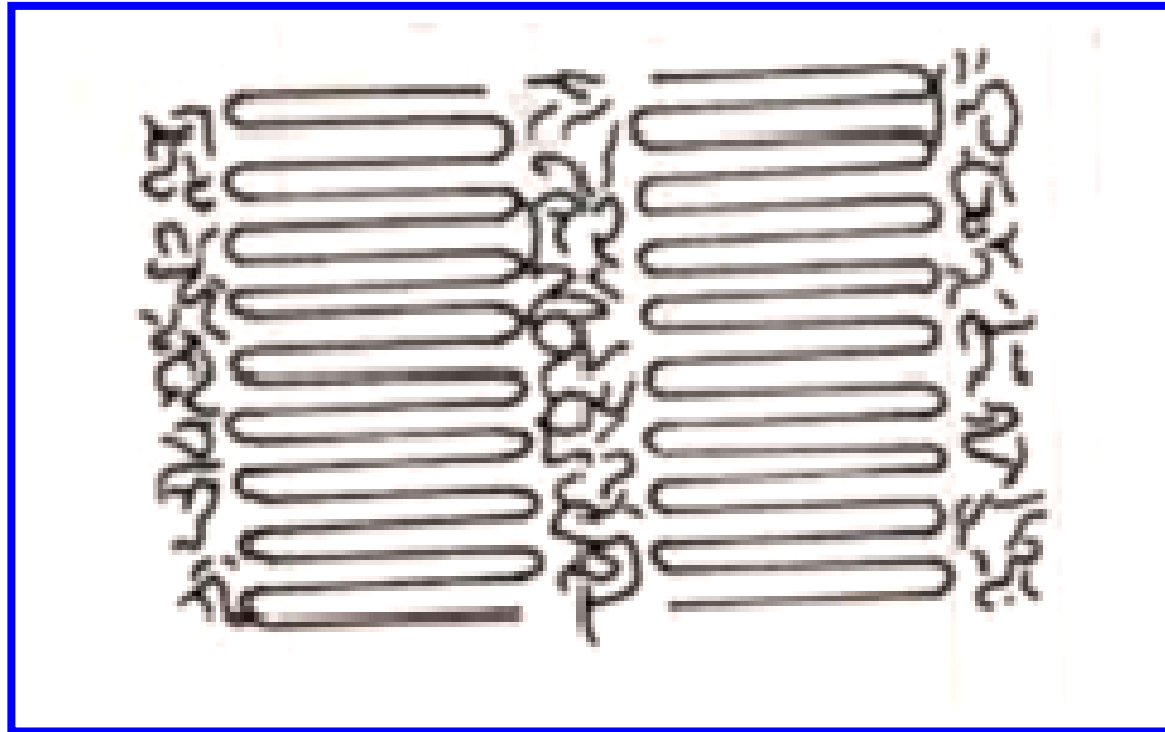


BIGC北印



3. 聚合物晶体结构模型

- 折叠链模型



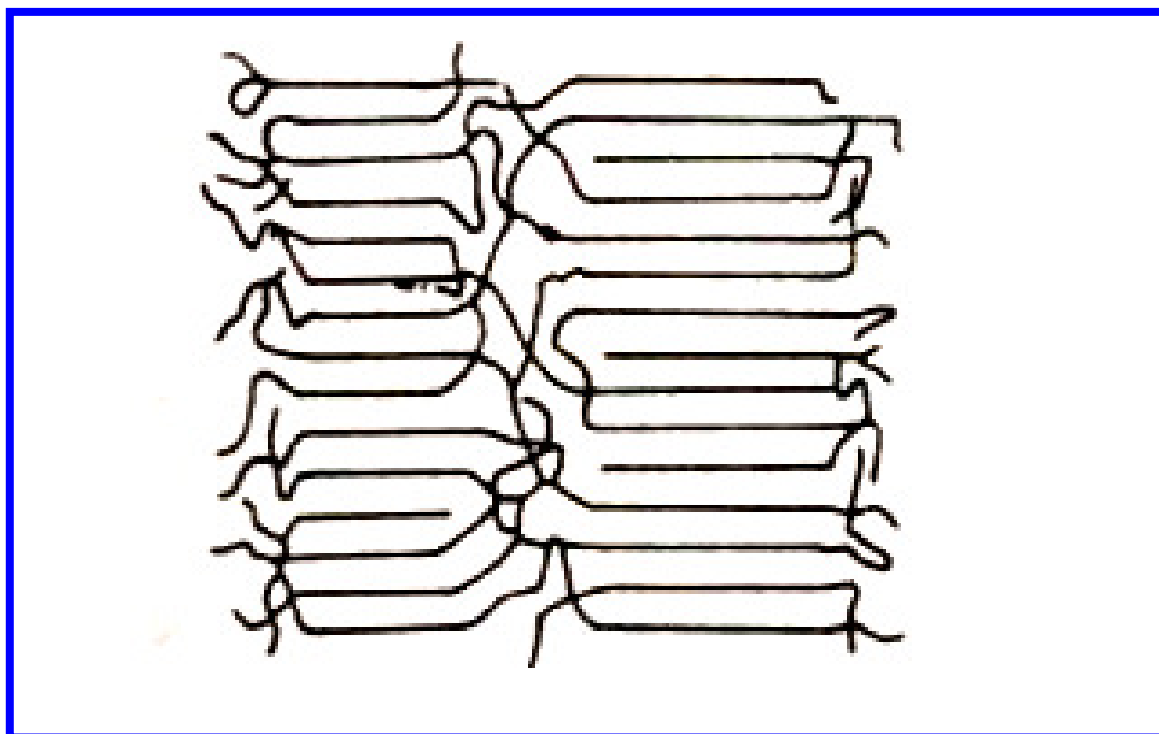
3. 聚合物晶体结构模型



BIGC北印



- 插线板模型





BIGC北印



4. 聚合物结晶的特点

- (1) 聚合物结晶是不完全的：**结晶度**
- (2) **熔程**：结晶聚合物没有确定的熔点，而是在一定的温度范围内熔化，这个温度范围叫熔程。
- (3) **拉伸或取向**有利于增加结晶度，提高熔点。



BIGC北印



4. 聚合物结晶的特点

- (1) 聚合物结晶是不完全的：**结晶度**
- (2) **熔程**：结晶聚合物没有确定的熔点，而是在一定的温度范围内熔化，这个温度范围叫熔程。
- (3) **拉伸或取向**有利于增加结晶度，提高熔点。



BIGC北印



5. 结晶对材料性能的影响

- **力学性能**：抗张强度提高，冲击强度下降
- **光学性能**：不透明
- **热性能**：使用温度从**T_g**提高到**T_m**.
- **耐溶剂性、渗透性**：排列紧密



BIGC北印



3.4 非结晶性聚合物

- 结构上基本是无定形的，但可能存在某个分子链由于折叠而造成的小晶区。



BIGC北印



3.5 聚合物力学状态的热转变

1. 线性非晶态高聚物的力学状态

—— 包装材料在热成形、热充填、热封口及热处理时所表现出来的一种状态。

等速升温，恒定作用力，一定作用时间

—— 形变与温度关系。

线性非晶态聚合物在恒定应力下的形变-温度曲线



BIGC北印

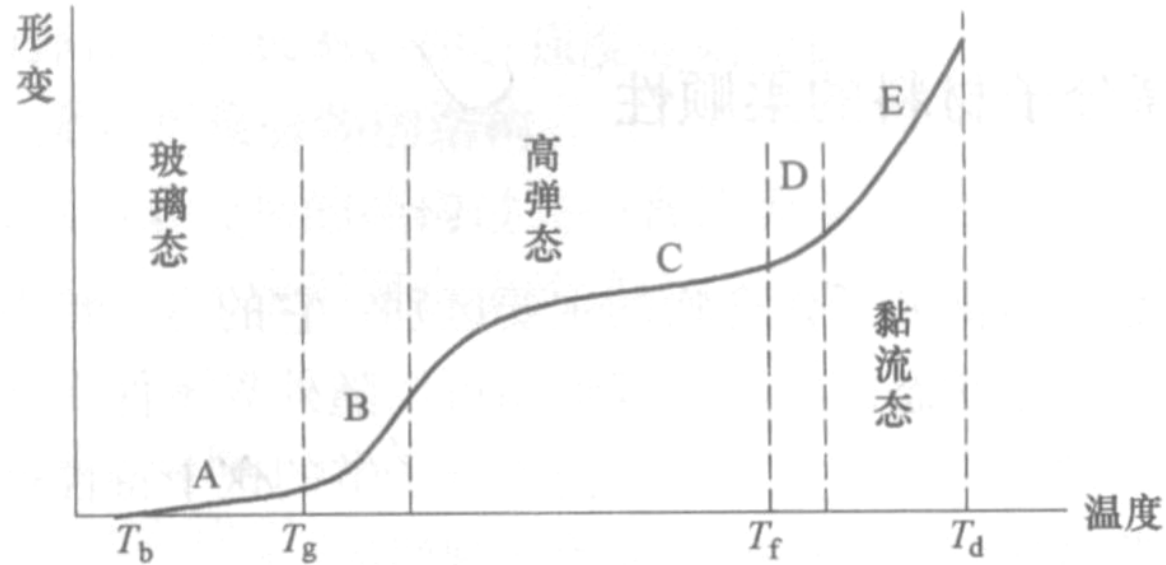


图 2-1-5 线型无定形高聚物在恒定应力下的温度-形变曲线

A—玻璃态 B—过渡区 C—高弹态 D—过渡区 E—黏流态

T_b —脆化温度 T_g —玻璃化温度 T_f —黏流温度 T_d —分解温度

T_b —脆化温度, T_g —玻璃化温度, T_f —粘流温度, T_d —分解温度



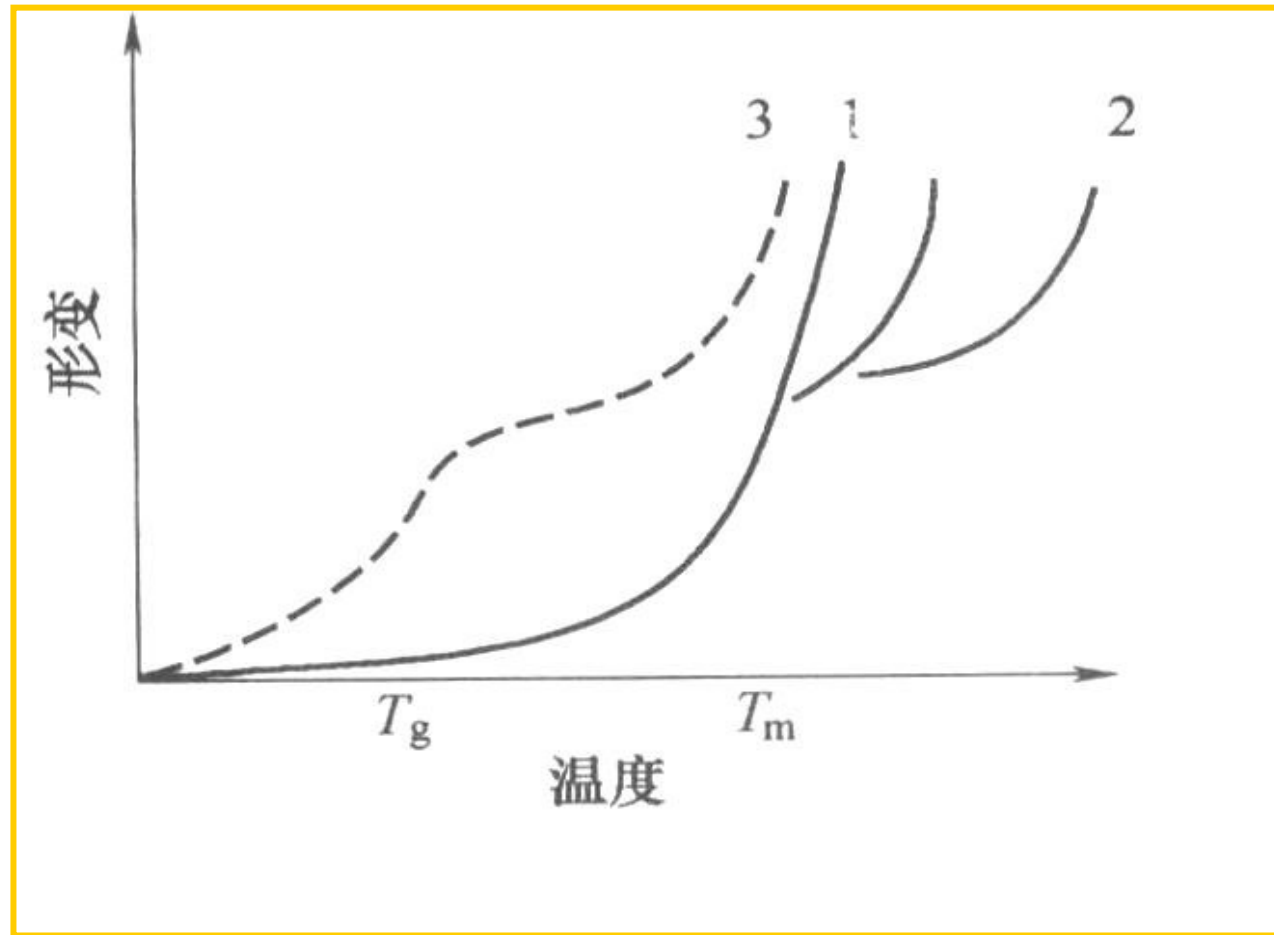
BIGC北印



高聚物的力学状态

- **A: 玻璃态:** 分子链几乎无运动，聚合物类似玻璃，通常为脆性的。
- **B: 玻璃化转变区:** 整个大分子链还无法运动，但链段开始发生运动，模量下降3~4个数量级。
- **C: 高弹态:** 链段运动激化，但分子链间无滑移。受力后能产生可以回复的大形变，称之为高弹态聚合物表现出橡胶行为。
- **D: 粘流转变区:** 分子链重心开始出现相对位移。模量再次急速下降。聚合物既呈现橡胶弹性，又呈现流动性。
- **E: 粘流态:** 大分子链受外力作用时发生位移，且无法回复。行为与小分子液体类似。

结晶性聚合物的形变-温度曲线



BIGC北印

1. 一般分子量的结晶性聚合物

2. 超高分子量的结晶性聚合物



BIGC北印



聚合物的T_g -表格1

聚合物	T _g (°C)	聚合物	T _g (°C)
聚乙烯	-68, (-120)	聚甲基丙烯酸甲酯 (全同)	45(55)
聚丙烯 (全同)	-10	聚甲基丙烯酸乙酯	65
聚丙烯 (无规)	-20	聚甲基丙烯酸正丙酯	35
聚异丁烯	-70 (-73)	聚甲基丙烯酸正丁酯	21
聚异戊二烯 (顺式)	-73	聚甲基丙烯酸正己酯	-5
聚异戊二烯 (反式)	-60 (-58)	聚甲基丙烯酸正辛酯	-20
聚 1, 4-顺丁二烯	-108 (-95)	聚氟乙烯	40(-20)
聚 1, 4-反丁二烯	-83 (-18)	聚氯乙烯	87(81)
聚 1, 2-丁二烯 (全同)	-4	聚偏二氟乙烯	-40(-46)
聚 1-丁烯	-25	聚偏二氯乙烯	-19(-17)



BIGC北印



聚合物的T_g -表格2

聚合物	T _g (°C)	聚合物	T _g (°C)
聚 1-戊烯	-40	聚 1, 2-二氯乙烯	145
聚 1-己烯	-50	聚氯丁二烯	50
聚 1-辛烯	-65	聚三氟氯乙烯	45
聚 1-十二烯	-25	聚四氟乙烯	120
聚 4-甲基-1-戊烯	29	聚全氟丙烯	11
聚甲醛	-83 (-50)	聚丙烯腈 (间同)	104(130)
聚氧化乙烯	-66 (-53)	聚甲基丙烯酸睛	120
聚甲基乙烯醚	-13 (-20)	聚乙酸乙烯酯	28
聚乙基乙烯基醚	-25 (-42)	聚乙烯吡啶	208(150)
聚正丁基乙烯基醚	-52 (-55)	聚乙烯醇	85

聚合物的T_g –表格3



聚合物	T _g (°C)	聚合物	T _g (°C)
聚异丁基乙基醚	-27 (-18)	聚乙烯基甲醛	105
聚乙烯基叔丁基醚	88	聚乙烯基丁醛	49(59)
聚二甲基硅氧烷	-123	三醋酸纤维素	105
聚苯乙烯 (无规)	100 (105)	乙基纤维素	43
聚苯乙烯 (全同)	100	三硝酸纤维素	53
聚 α-甲基苯乙烯	192 (180)	聚碳酸酯	150
聚邻甲基苯乙烯	119 (125)	聚己二酸乙二酯	-70
聚间甲基苯乙烯	72 (82)	聚辛二酸丁二酯	-57
聚对甲基苯乙烯	110 (126)	聚对苯二甲酸乙二酯	69
聚对苯基苯乙烯	138 (145)	聚对苯二甲酸丁二酯	40



BIGC北印



聚合物的T_g –表格4

聚合物	T _g (°C)	聚合物	T _g (°C)
聚对氯苯乙烯	128	尼龙 6	50(40)
聚 2, 5-二氯苯乙烯	130 (115)	尼龙 10	42
聚 α-乙烯基萘	162	尼龙 11	43(45)
聚丙烯酸甲酯	3 (6)	尼龙 12	42
聚丙烯酸乙酯	-24	尼龙 66	50(57)
聚丙烯酸丁酯	-56	尼龙 610	40(44)
聚丙烯酸	106 (97)	聚苯醚	220(210)
聚丙烯酸锌	>300	聚氯醚	10
聚甲基丙烯酸甲酯 (无规)	105		
聚甲基丙烯酸甲酯 (间同)	115(105)		



BIGC北印



高聚物的力学状态

粘流温度 T_f : 高聚物在外力作用下发生粘性流动的温度点，整个分子链能够互相移动。

熔点 T_m : 结晶性聚合物晶体完全熔化时的温度点。

脆化温度 T_x : 高聚物材料的分子链柔性完全消失，在外力作用下发生脆性破坏时的温度点。

热分解温度 T_d



BIGC北印

3.6 聚合物的耐温性能与结构的关系

1. 聚合物的耐热性：

—— 塑料抵抗热引起变形、软化、尺寸改变、强度下降、老化和分解的温度。

聚合物的耐热性包含两方面：

- ① 热稳定性—耐热降解、热氧化性能；
- ② 热变形性—受热时外观尺寸的改变。



BIGC北印



1. 聚合物的耐热性

- **热变形温度：** 指在**受负荷**下，材料失去其物理机械性能而发生**永久变形**的温度。**表征方法：** 马丁耐热温度，热变形温度，维卡软化温度；
- **影响因素：**
 - ① **结构因素：** 链刚性增加、结晶、交联均可提高材料的热形变温度；
 - ② **增塑剂：** 加入增塑剂，材料的热形变温度降低；
 - ③ **填料：** 纤维增强使材料热形变温度增加；



BIGC北印



1. 聚合物的耐热性

热稳定性:

- 反映高分子链化学结构在高温度下的稳定性，及降解或交联对固态聚合物力学性能的影响。
- 以 T_d 或 $T_{1/2}$ 表示高聚物热稳定性高低:

$T_{1/2}$ ——半分解温度，是指高聚物真空中加热30min质量损失一半时所需要的温度。 $T_{1/2}$ 增大，热稳定性增加



BIGC北印



1. 聚合物的耐热性

热稳定性:

影响因素:

- ① 键长愈短，**键能**愈大，热稳定性愈好；
- ② 主链或侧基含有**苯环或梯形结构**时，热稳定性提高。



BIGC北印



2. 聚合物的耐寒性

脆化温度：

材料因低温引起脆化，而使冲击强度减小的温度
(T_x 或 T_b)。



BIGC北印



3.7 高聚物的取向态结构

—— 高聚物的**结构单元**在外力作用下沿外力作用方向**有序排列**所形成的结构。

取向的单元：基团、链段、分子链、晶粒、晶片或变形的球晶。

方法：高聚物熔体或溶液的流动，固体高聚物的拉伸或挤压。