

专·论·与·综·述

等规聚苯乙烯结构与性能研究进展

许光学 卢泽俭 林尚安

(中山大学高分子所, 广州, 510275)

摘要 本文综述了等规聚苯乙烯的结构与性能的研究。着重讨论等规聚苯乙烯的差向立体异构化、结晶行为、凝胶特性及其机械力学性能与结构的关系,同时还讨论了等规聚苯乙烯的加工与应用前景。

关键词 等规聚苯乙烯, 聚合物凝胶, 结晶聚合物, 有规立构聚合物, 苯乙烯

高聚物立体异构是影响聚合物性能主要的微观结构。聚合物的立体化学往往对聚合物构象平衡、稀溶液和熔融态的物理特性、聚合物结晶行为、晶体结构类型和结晶度以及固态物性都有较大影响,甚至还决定聚合物材料的不同工业应用^[1]。等规聚苯乙烯(*i*PS)是重要的具有立体规整结构的聚合物,立体结构的特殊性赋予其独特的物理性能。*i*PS 具有高熔融温度($\sim 240^\circ\text{C}$)、较高热变形温度($\sim 170^\circ\text{C}$)和抗张强度、耐腐蚀、高模量和优异电绝缘性能,有广泛的应用前景。

自从1955年 Ziegler 和 Natta^[2]报道 *i*PS 合成以来, *i*PS 的合成研究已取得较大进展。聚合方法包括阳离子、阴离子和配位聚合,笔者对 *i*PS 合成研究已作了详细综述^[3]。本文着重讨论 *i*PS 的结构与性能研究进展。

1 *i*PS 差向立体异构化(Epimerization)

1979年, Shepherd^[4]首先报道了 *i*PS 的差向立体异构化现象。*i*PS 在特丁醇钾(*t*-BuOK)和六甲基磷酰胺(HMPA)溶液中加热发生差向立体异构化使有规的等规链结构随反应时间增长而向无规链转变,内消旋 $P(m)$ 从 1.0(等规)变化到 -0.45(无规)。图1和图2是不同异构化反应时间 *i*PS 异构体的典型¹³C NMR 谱图。从谱图可见 *i*PS 异构化反应时间在

15.5 h 就基本转变成无规聚苯乙烯。在 *i*PS 差向立体异构化过程中, Monte Carlo 用模拟差向异构化反应进而确定其异构体立体序列分布^[4,5]。Harwood^[6]最近用¹H 和¹³C NMR 研究了 *i*PS 差向异构体的分子结构、立体序列分布和等规度。

*i*PS 发生差向异构化后, 由于其链微观结

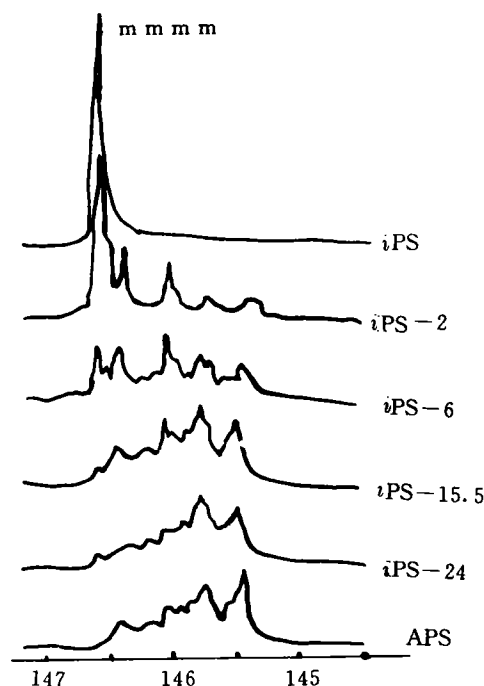


图1 差向立体异构化的 *i*PS 的芳环 C-1 ¹³C NMR 图

(“*i*PS-”后的数字为反应时间,按小时计)

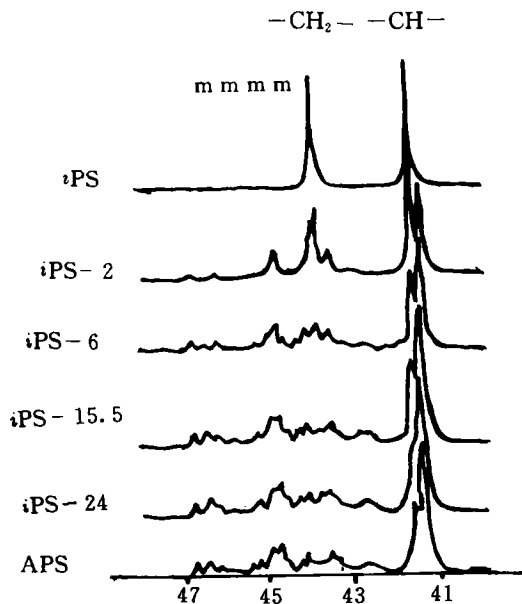
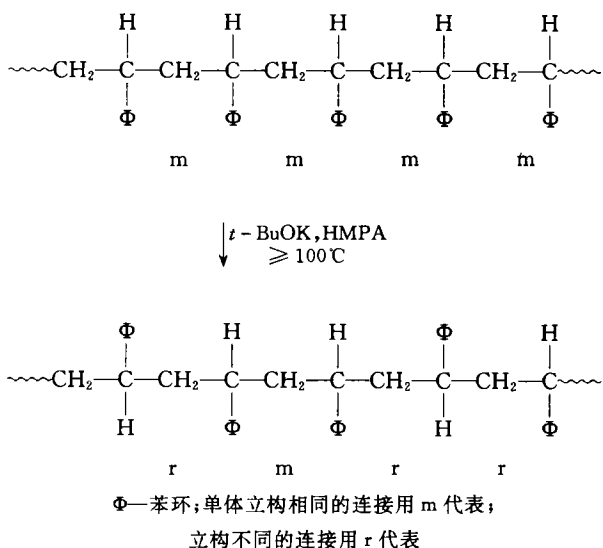


图2 差向异构化的*i*PS的亚甲基和次甲基¹³C NMR图

构、序列分布和等规度发生变化,因而导致材料的性能随之而变化,如溶液特性^[7]、光学行为^[8,9]、凝胶性能^[10]以及热行为^[11]等。*i*PS差向异构化程度对聚合物的玻璃化转变温度 T_g 、熔点 T_m 和结晶度的影响如表1所示^[12]。



Sarazin^[8]研究还发现,*i*PS溶液的荧光行为也随着其差向异构化而发生变化(如图3所示)。不过就*i*PS差向异构化机理、异构体物理

化学行为及其结构与性能相互关系还有待进一步探讨。

表1 *i*PS差向立体异构化对其 T_g 、 T_m 和结晶度的影响*

样品	异构化反应时间, h	内消旋 $P_{(m)}$	$T_g, ^\circ\text{C}$	$T_m, ^\circ\text{C}$	结晶度 %
1(等规)	0	1.00	94	220 (221)	37 (77)
2	0.75	0.95	94	197 (199)	3(55)
3	1.0	0.93	94	— (188)	0(41)
4	1.5	0.87	94	— (193)	0(14)
5	2.0	0.80	97	— (187)	0(3)
6	6.0	0.57	98	—	—
7	15.5	0.44	100	—	—
8(无规)	0	0.46	103	—	—
9(无规)	15.0	0.46	103	—	—

* 测试升温速率为 $10^\circ\text{C}/\text{min}$;表中括号内值为退火处理后所测值。

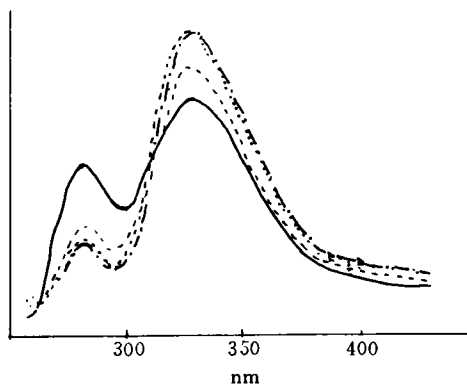


图3 不同聚苯乙烯材料的荧光光谱
——为aPS;----为*i*PS-1;
.....为*i*PS-6;-·-·-为*i*PS
(*i*PS-1和*i*PS-6分别表示*i*PS
差向异构反应1h、6h)

2 *i*PS 结晶性能

*i*PS 具有优良的可结晶性,在合适条件下

可得到较高结晶度。*i*PS 的结晶方法有溶液-过冷结晶^[13]、溶剂诱导(本体)结晶^[14]、熔融-淬火结晶^[15]、应力^[16]和剪切^[17]以及张力^[18]诱发结晶、凝胶化结晶(Gelation-Crystallization)^[19]。*i*PS 晶体的结构形态有单晶、球晶和纤维树枝状晶^[13~19]。

稀溶液中培养的 *i*PS 单晶由一个或许多晶片组成,晶片厚度约 $9.5 \times 10^{-5} \text{ nm}$ ^[20]。Masaki^[13]用透射电镜(TEM)直接观察 *i*PS 单晶点阵图象发现,晶体包括六角形单晶和无规堆积的片晶,它们都具有六角形对称性,其晶片厚度接近 $1 \times 10^{-4} \text{ nm}$,与文献^[20]结果接近。Guenet^[21]用小角中子散射(SNS)研究了溶液中培养的 *i*PS 晶体的链轨迹(chain trajectory)行为。结果表明,在较低过冷(low undercooling)条件下获得的 *i*PS 晶体的链轨迹类似于薄片(thin sheet),可用类片状模型描述(图4-a),*i*PS 链沿(110)晶面方向进行邻位或近邻位规则折叠。Guenet 近期的研究进一步证实了这一结论^[22]。不过溶液中培养出 *i*PS 晶体的链轨迹行为与结晶温度和分子量有关^[22]。在低过冷条件下获得的 *i*PS 晶体的链轨迹行为与聚乙烯(PE)晶体的链轨迹类似^[23]。结晶温度、过冷条件和分子量因素往往会影响晶体的链轨迹偏离规则折叠的类片状模型结构。为了更好地反映溶液中培养的 *i*PS 晶体的链轨迹行为,Guenet^[22]提出了描述晶体中链轨迹的5种模型(图4-a~e),不过实际上的链轨迹是这些模型的综合。

*i*PS 晶体或单晶晶片厚度与过冷条件有关。在低过冷条件下,晶体生长符合 Lauritzen-Hoffman 成核理论^[24],其晶片厚度 L 只与结晶温度(T_c)有关,其关系式为:

$$L = \delta l + A_0 / \Delta T \quad (1)$$

式中 δl ——特性厚度;

A_0 ——常数;

ΔT ——过冷温度。

但是在高过冷条件下(high supercooling),晶体生长不服从其成核理论^[25],晶片厚度不仅与

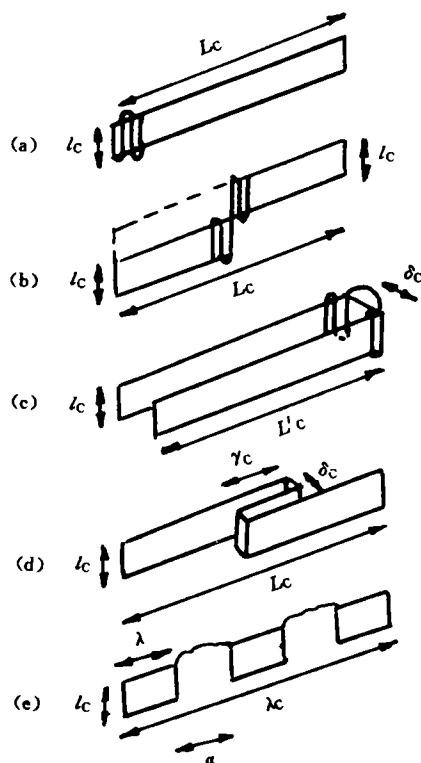


图4 溶液中生长的晶体的链结晶轨迹模型^[25]

a—类片状模型(sheet-like model); b—类铰链状模型(hinge-like model); c—超折叠模型(superfolded model); d—类Z状模型(Z-like model); e—稀释模型(dilution model)

结晶温度有关,而且与分子量也有关^[26],关系式为:

$$L = \delta l + A \exp(-B/T_c) \quad (2)$$

式中, $A = 2.7 \times 10^{-2} \text{ nm}$; $B = 3200 \text{ K}$; δl 与结晶温度和分子量有关; T_c 为结晶温度。最近的研究表明,晶片厚度还与 *i*PS 溶液浓度有关,随着浓度的增加,特性厚度增大^[27]。而且晶片厚度与溶液的溶剂类型也有关系^[27]。在不良溶剂中 $L \leq 10^{-4} \text{ nm}$;而在良溶剂中, $L = 1.55 \times 10^{-4} \sim 1.85 \times 10^{-4} \text{ nm}$ 。

*i*PS 经溶剂冷却或淬火形成的晶体常为球晶^[15]。球晶的生长速率与 *i*PS 分子量和成核剂有关^[28]。有些成核剂促进球晶生长,而有一些往往抑制或降低球晶的生长速率(如 SiO_2),这要取决于成核剂与 *i*PS 晶核之间相互界面作用

情况。不少学者已经用 TEM 直接观察研究了 *i*PS 球晶形态、球晶生长、球晶中晶片形态和排列^[15]。Guenet^[29] 还用小角中子散射仪研究了 *i*PS 球晶的链轨迹行为。

构象分析表明, *i*PS 具有 3 重螺旋链和伸展链两种构象(图 5 所示), 分别称为 α 结构和 β 结构^[30]。对 *i*PS 的 α 和 β 结构结晶行为的研究表明^[31], 通常结晶条件下结晶的 *i*PS 大多具有 α 结构。 β 结构不能在低于 *i*PS 的 T_m 温度下从本体中获得, 必须要有其他媒介(如溶剂)提供结晶所需的分子间相互作用力才能结晶。Atkins^[32] 通过凝胶途径可使 *i*PS 结晶成 β 结构。不过 Sundararajan^[14] 用溶剂诱导结晶法(SINC)能使 *i*PS 从本体中结晶出 α 和 β 结构。SINC 法比凝胶法优越在于前者能使 *i*PS 在室温下从本体中结晶成 β 结构。在 SINC 中, α 和 β 结构与溶剂的选择类型和在溶剂蒸气中放置条件(如温度)有关^[32]。形态研究表明^[32], *i*PS 的 α 和 β 结构结晶形态均为球晶, 但是后者的球晶比前者大, 往往 α 结构所得的小球晶象插针似附晶生长在 β 结构大球晶上, β 结构作为 α 结

构结晶的成核场所。这一结论也得到 X 光和 TEM 观察证实^[19]。

用 SINC 法来结晶 *i*PS, 其结晶形态与溶剂类型、结晶温度和结晶时间有关, 往往改变结晶条件可以观察到环状球晶、单股或双股螺旋球晶形态^[32]。*i*PS 的 β 结构结晶熔点和晶体密度比 α 结构的值要低, 这与 β 结构所得晶体的晶胞点阵中存在 8~16 个溶剂分子有关^[31, 33]。值得注意的是, α 和 β 结构可在一定条件下相互转化。熔体中以 α 结构为主, 适当溶剂存在下既有 α 结构又有 β 结构, 而凝胶中主要为 β 结构。

*i*PS 结晶速率相当缓慢, 往往给成核、加工带来困难, 因此寻求提高 *i*PS 结晶速率的研究一直都很活跃。目前报道提高结晶速率的途径有成核剂诱导结晶^[34]和凝胶化结晶(Gelation - Crystallization)^[19]。成核剂分为均相和非均相两类^[28]。文献报道的有效成核剂有胸腺嘧啶、蜜胺、己二酰二胺、(4-羟-6,7-二甲基)蝶啶和 2-羟基苯并咪唑。成核剂可使结晶速率从 1.13 J/(g·h), 提高到 22.2 J/(g·h), 而且结晶完成时间大大缩短, 从 35h 缩短到 45~50min。成核剂除提高 *i*PS 结晶速率外, 还具有提高 *i*PS 纤维的极限拉伸强度和断裂伸长率特性^[35]。成核剂与增塑剂(如硬脂酸丁酯)共同使用可协同增加结晶度^[35]。必须指出, 非均相成核剂促进 *i*PS 结晶的能力直接与成核剂/*i*PS 间相互界面作用有关, 一般是与成核剂/*i*PS 间相互界面能大小成正比^[28]。协同提高 *i*PS 结晶速率和结晶度的研究有待进一步深入, 它直接对 *i*PS 材料加工和应用起重要作用。

3 *i*PS 凝胶特性(*i*PS Gels)

Challa 等人^[36]观察到 *i*PS 溶液急冷至某一温度会出现凝胶现象。*i*PS 溶液形成凝胶的温度通常低于溶剂的 θ 温度, 而且 *i*PS 凝胶具有新型“晶体”结构^[37]。这种晶体结构与从溶液和本体中结晶所观察的 3 重螺旋晶体结构不同, 它是一种具有伸展链构象的 12 重螺旋晶体结构(简称“凝胶结构”)^[30, 32]。红外光谱、X 射线衍

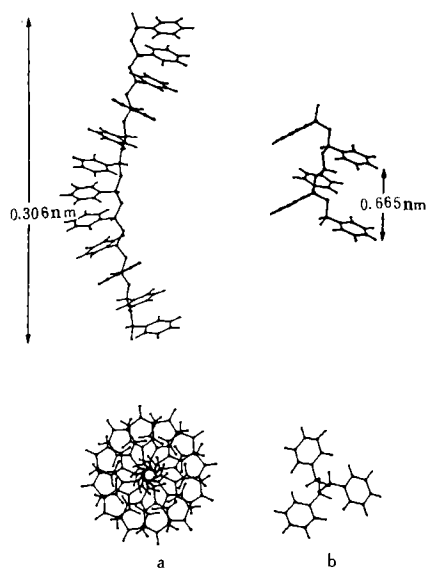


图 5 *i*PS 伸展链(a)和 3 重螺旋链(b)构象投影图^[30]

a 构象为—ttt—; b 构象为—tgtg—

射、DSC 和中子散射研究 *i*PS 凝胶分子结构、构象和链轨迹证实了“凝胶结构”的存在。凝胶的结构和链构象受溶剂类型和性质^[30]及 *i*PS 溶液浓度^[39]因素影响。研究还表明^[10], 凝胶的形成和结构与等规度和冷却速率有关。*i*PS 等规度高于 58% 方可形成 *i*PS 凝胶, 等规度在 38%~58% 之间往往不会出现凝胶现象, 不过低于 30% 又出现无规聚苯乙烯型凝胶 (*a*PS 凝胶)。*a*PS 凝胶的出现是由于间规序列或分子间相互缔合所致。Guenet 根据 DSC 研究认为^[40], *i*PS 凝胶由溶剂化 *i*PS 晶体或 *i*PS-溶剂络合物组成。但最近的 NMR 研究结果排除存在溶剂化晶体结构或 *i*PS-溶剂络合物的可能性^[41]。

*i*PS 凝胶是热可逆物理网络凝胶, 慢慢加热会引起“凝胶结构”向 3 重螺旋结晶结构转变, 在转变过程中伴随透明度降低^[42]。3 重螺旋结构通过适当热处理又转变为“凝胶结构”。不过“凝胶结构”与 3 重螺旋晶体结构之间相互转变不是简单的相转变, 而是熔融-结晶转变过程。

对 *i*PS 凝胶的形态研究表明^[42], *i*PS 凝胶由许多直径为 $10^{-4} \sim 2 \times 10^{-4}$ nm、长度为 0.3~0.5 μm 的纤维(或丝状)结构组成的网络体。它不具有典型凝胶的缨状微束结构而是伸长链的“凝胶结构”。Guenet^[43]研究 *i*PS 凝胶的应力松弛行为和压缩模量与浓度的依赖性也表明, *i*PS 凝胶与典型溶胀橡胶和缨状微束结构模型的凝胶的行为不同, 进一步证实了 *i*PS 凝胶的伸长链“凝胶结构”。

*i*PS 凝胶形成机理的研究也是较活跃的领域。Wellingshoff^[37]认为, *i*PS 凝胶形成是由于 *i*PS 在结晶之前体系发生相分离所致。这结论与 Feke 的研究一致^[44]。根据相分离类型, 人们提出了不同的 *i*PS 凝胶形成机理: 缨状微束结晶机理 (fringed micellar crystallization)^[45]、液-液相分离机理 (Liquid-Liquid phase separation)^[37] 和稳态热力学相机理 (Stable thermodynamic phase for gel)^[46]。Aubert 对 *i*PS 凝胶形成相图和形态的研究肯定以上机理

的存在, 不过实际的 *i*PS 凝胶形成是这 3 种机理综合的结果^[47]。

4 *i*PS 的其他性能

*i*PS 溶液与 *a*PS 一样, 在紫外光作用下分子吸收能量形成激态分子 (excimer), 激态分子释放能量回到基态产生荧光^[48]。*i*PS 激态分子发射 (excimer emission) 的量子产率和 *i*PS 激态分子形成速率要比 *a*PS 高得多。这主要是由于等规度和链结构的立体效应有助于激态分子形成。*i*PS 基态构象与激态分子激发态构象能量差值 (ΔE) 和激态分子形成活化能比 *a*PS 的值要低的事实也证实以上结论。等规度、定向规整性和结晶度对激态分子的形成^[49]和荧光特性^[48]都有影响, 苯乙烯聚合物材料的荧光得率大小如下:

$a\text{PS} < \text{定向取向 } a\text{PS} < \text{无定形 } i\text{PS} < \text{结晶 } i\text{PS}$

*i*PS 的流变性能和形变行为的研究表明, *i*PS 主要发生塑性形变^[50]。Monerie^[51]用 FTIR 研究 *i*PS 屈服点处构象变化证实了 Robertson 和塑性形变理论。*i*PS 膜界面剪切强度是接触压力和温度的函数, 不过溶剂种类和热历史对界面剪切强度的影响超过分子结构所引起的作用^[52]。对界面强度的测定和影响因素的研究有助于估算薄膜材料的力学性能、探索聚合物与溶剂相互作用关系和监测膜材料形态细微变化。由于 *i*PS 结晶速率慢、晶体结构简单 (六角形单胞)、 T_g 高易保持室温下获得的形变等优点, 它常作为形变研究模型材料来探索形变形成机理和形变对材料结构的影响。

*i*PS 具有耐热、耐溶剂、良好机械强度和尺寸稳定性及优良电绝缘性能。主要性能见表 2。

Asanuma 专利报道^[53]用溶液浇铸-拉伸加工工艺获得 *i*PS 薄膜具有良好柔曲性、高拉伸强度 (12MPa) 和高的热变形温度 ($>150^\circ\text{C}$)。Ito^[54]采用挤压成型工艺制得尺寸稳定和耐油性性能优良的电绝缘板材或薄膜, 击穿电压为 $360\text{V}/\mu\text{m}$, 与聚四氟乙烯接近。最近, Pedersen^[55]对 *i*PS/*s*PS 共混物熔融纺丝获得的

纤维耐溶剂和热变形,其拉伸强度为73.8kPa,伸长率为1.7%,模量达8.96MPa。Beck^[56]报道*i*PS/*s*PS 复合物可加工成一种耐温半透性微孔膜,可作为超过滤、微量过滤、复合气体或液体

分离膜。膜孔率31.4%,泡点压力485kPa,孔径平均大小12nm,氮通量为 $3.13 \times 10^5 \text{cm}^3 (\text{STP})/(\text{cm}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa})$,水通量为 $587.2 \text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。

表2 *i*PS 与 *a*PS 和 ABS 性能比较

材料	拉伸强度 $\times 10^4 \text{Pa}$	伸长率, %	缺口冲击 强度, N. m/m	最高使用 温度, $^{\circ}\text{C}$	长期使用 温度, $^{\circ}\text{C}$	击穿电压 $\text{V}/\mu\text{m}$	洛氏硬度
<i>a</i> PS	240~600	2~3	19.6	55~80	—	240	70~80
<i>i</i> PS	329~1200	0.9~3	14.7~19.6	170~210	130~150	360	~130
ABS	225~646	10~40	53.9~651.2	115	—	300	90~115

必须指出,*i*PS 材料抗冲强度低、伸长率小、性脆和难结晶等缺点妨碍其加工和应用。近年来,笔者通过共混或共聚^[57]途径改性*i*PS 的力学性能可望得到有用的工程材料方面取得的意义结果。另外,近年来开发的间规聚苯乙烯(*s*PS)比*i*PS 和 *a*PS 有更好的物理机械力学性能,更高的热变形温度,可作广泛用途的工程和功能材料,笔者将另文讨论。

5 参考文献

- 林尚安,于同隐,杨士林,焦书科. 配位聚合. 上海:上海科技出版社,1985
- Natta G. J. Polymer Sci, 1955, 16 (1): 143~147
- 许光学,卢泽俭,林尚安. 高分子通报,已采用,待发表
- Shepherd L, Chen T V, Harwood H J. Polym. Bull (Berlin), 1979, 1(6): 445~450
- Chen T K, Harwood H J. Makromol, Chem, Rapid Commun, 1983, 4(7): 463~468
- Harwood H J, Chen T K, DasGupta A, Kinstle J F, Santee E R, Sheperd L, Lin F T. Polym. Prepr, 1985, 26(1): 39~40
- Ali S M, Shelden P H, Bangladesh J. Sci. Ind, Res, 1977, 12(2): 227~231
- Sarazin D, Gan J, Francois J, Polym, Bull, 1988, 19(3): 311~317
- Fourche G. Acad. Sci., Ser. C, 1976, 274(6): 559~566
- Francois J, Gan J, Sarazin D, Guenet J M. Polymer, 1988, 29(5): 898~903
- Tsai J S, Santee R E, Harwood H J. Polym. Prepr, 1990, 31(2): 472~473
- DasGupta A, Harwood H J. Polym. Prepr, 1984, 25(1): 168~169
- Masak T, Roy S K. Polymer, 1984, 25(11): 1573~1576
- Tyrer J N, Bluhm L T, Sundararajan P R. Macromolecules, 17(10): 2296~2299
- Vaughan A S, Bassett D C. Polymer, 1988, 29(8): 1397~1401
- Yeh G S Y, Lambert S L. J. Appl. Phys, 1971, 42(12): 4614~4621
- Appelt B, Porter R S. J. Polym Sci, 1981, 26(9): 2841~2851
- Tiller W A, Schultz J M. J. Polym. Sci, Polym. Phys. Ed., 1984, 22(2): 143~161
- Atkins E D T, Hill M J, Keller A. Colloid & Polymer Sci, 1984, 262(1): 22~45
- Blais P, John Manley R St. J. Polym, Sci, Part A-2, 1966, 4(6): 1022~1024
- Guenet J M. Macromolecules, 1980, 13(2): 387~391
- Guenet J M, Sadler D M, Spells S J. Polymer, 1990, 31(2): 195~201
- Spells S J, Sadler M. Polymer, 1984, 25(6): 739~748
- Hoffman D J. Treatise on solid state chemistry (Ed, Hannary B N), New York: Academic Pr, Vol. 3, 1976
- Jones D H, Latham A J, Keller A. J. Polym. Sci, Polym. Phys. Ed., 1973, 11(9): 1759~1767
- Toda M H. Polymer, 1986, 27(10): 1505~1508
- Allegra G, Ganazzoli F and Giunchi G. Makromol. Chem, 1980, 191(5): 1013~1020
- Kennedy M A, Turturro G, Brown G R. J. Polym. Sci, Polym. Phys. Ed., 1983, 21(8): 1403~1413

- 29 Guenet J M , Picot C. *Macromolecules*,1983,16(2):205~210
- 30 Sundararajan P R , Tyrer N J,Bluhm T. *Macromolecules* , 1982,15(2):286~290
- 31 Sundararajan P R , Tyrer N J. *Polym. Bull. (Berlin)* , 1982,6(7):359~366
- 32 Atkins E D T,Isaac D H, Keller A. J. *Polym. Sci, Polym. Phys,Ed. ,1980,18(1):71~82*
- 33 Tyrer N J ,Sundararajan P R. *Macromolecules* ,1985,18 (3):511~518
- 34 Beck H N. J. *Appl. Polym. Sci*,1975,19(9):2601~2608
- 35 Beck H N. *Nucleation of isotactic PS. US. 3886131. 1975*
- 36 Lamstra P J , Challa G. J. *Polym. Sci,Polym. Phys. Ed. , 1975,13(9):1809~1817*
- 37 Wellinghoff S,Shaw J ,Baer E. *Macromolecules* ,1979,12 (5):932~939
- 38 Guenet J M. *Macromolecules* ,1987,20(11):2874~2878
- 39 Guenet J M , Mckenna G B. *Macromolecules* ,1988,21 (6):1752~1756
- 40 Guenet J M. *Macromolecules* ,1986,19(7):1961~1968
- 41 Perez E, VanderHart D L , Mckenna G B, *Macromolecules* ,1988,21(8):2418~2432
- 42 Guenet J M, Wittmann J C , Lotz B. *Macromolecules* , 1985,18(3):420~427
- 43 Guenet J M, Mckenna G B. J. *Polym. Sci,Part B:Polym. Phys*,1986,24(11):2499~2508
- 44 Feke T G, Prins W. *Macromolecules* ,1974,7(4):527~535
- 45 Guenet J M. *Phys. Rev. Lett*,1987,58(8):1532~1540
- 46 Girolamo M, Keller A, Miyasaka K , Overdergh N. J. *Polym. Sci,Polym. Phys. Ed. ,1976,14(1):39~61*
- 47 Audert J H. *Macromolecules* ,1988,21(12):3468~3473
- 48 Semarak N S, Frank W C. *Advances in Polymer Science* , 1983,54(1):33~41
- 49 Sarazin D, Gan J , Francois J. *Polym. Bull. (Berlin)* , 1988,19(3):311~317
- 50 Anderson J K, Cohen R E , Argon A S. *Polym. Prepr* , 1988,29(2):165~166
- 51 Xu Z, Jasse B , Monnerie L. J. *Polym. Sci ,Part B: Polym. Phys. ,1989,27(2):355~368*
- 52 Brisoe B J , Smith A C. J. *Macromol. Sci,Phys*,1983,B 22(1):53~68
- 53 Asanuma T ,Takeda J. JP. 62134243. 1987
- 54 Ito T,Tsunashims K , Yabe K . JP. 6261202. 1987
- 55 Pedersen D R, Pierini P E ,Beck H N . EP. 351707. 1990
- 56 Beck H N ,Mahoney R D. *Manufacture of microporous membrane from isotactic PS/syndiotactic PS blends. US. 4927535. 1990*
- 57 卢泽俭,陆 耘,林尚安. *高分子学报*,1988,4:268~273

On the Structure and Properties of Isotactic Polystyrene

Xu guangxue,Lu Zejian , Lin Shangan

(*Institute of Polymer Science, Zhongshan Universituy,Guangzhou 510275*)

Summary The papers with 57 refs. (to Oct,1991) reviews the studies of structure and properties of isotactic PS. Our emphasis will be on discussing the relationship between epimerization,crystallization, gelation or gel,mechanic & physical properties of isotactic PS and its structure,as well as processing and application of isotactic PS.

Key words Isotactic polystyrene,Polymer gels,Crystalline polymer,Stereoregular polymer, Styrene