

聚醚型聚氨酯脲的氢键研究*

罗宁 王得宁 应圣康

(华东理工大学材料科学研究所, 上海, 200237)

提要 简要评述了近年来有关聚醚型聚氨酯脲氢键研究进展。红外光谱中聚醚型聚氨酯脲的羰基谱带、特别是脲羰基谱带受化学组成、硬段的结构和制样条件等的影响, 而呈现复杂的多重谱带特征, 对于这些谱带目前已经作了较系统的归属。但是在有关脲氢键的基本结构、脲氢键的结构状态与硬段结晶的关系以及脲氢键的定量分析等方面仍有待进行深入的工作。

关键词 聚醚型聚氨酯脲, 氢键, 结构, 结晶

聚醚型聚氨酯脲(PEUU)是以聚醚为软段、分子链上同时存在氨酯键和脲键的一类多嵌段共聚物材料。PEUU与聚醚型聚氨酯的区别是在PEUU的合成过程中使用了二元胺而不是二元醇作为扩链剂, 由于二元胺的使用, 就使得PEUU的分子主链上同时存在强极性的氨酯键和脲键。在氨酯键和脲键中均含有给质子的NH基和受质子的羰基C=O, 以及受质子的醚键, 这些基团之间可以形成氢键, 因此氢键化是PEUU最显著的结构特征之一。

研究氢键的手段有NMR^[1]、X-ray衍射^[2,3]、和红外光谱法^[4~15]等, 其中红外光谱是最常用的手段。氢键的形成改变了官能团的键力常数、在红外谱图中羰基伸缩振动谱带的反映为谱带位置移向低频、吸收谱带的强度和峰形也有所变化^[16]。用红外光谱研究聚氨酯的氢键已有相当多的文献报道, 人们对于氨酯氢键的氢键红外谱带归属、氨酯氢键的结构、氨酯氢键的平衡解离等基本特性的认识也比较深入^[17]。相比之下, 对聚氨酯脲的氢键、特别是脲键形成的氢键特征的研究则十分有限, 近年来, 我们以红外光谱为主要手段, 较系统地研究了PEUU体系的氢键化问题, 得到了一些新结果^[18~24]。本文将对近年来国内外有关PEUU氢键化红外谱带归属、脲氢键的结构、PEUU的硬段结晶和脲氢键的温度特性等问题作一简

要评述。

1 PEUU 红外光谱的基本特征

典型的PEUU的红外光谱示于图1。其红外吸收的基本谱带列于表1。PEUU红外光谱的NH区($3600\text{cm}^{-1} \sim 3000\text{cm}^{-1}$)中存在泛频谱带、顺反异构谱带^[17,25](表1中 3191cm^{-1})等, 光谱特征十分复杂; 图1中 1110cm^{-1} 处的醚键吸收通常表现为一个强烈的特征吸收谱带, 但在反应注射成型PEUU体系中有时也表现为双峰, 此双峰与氢键的关系尚不确定^[17]。 1540cm^{-1} 和 1240cm^{-1} 的酰胺Ⅱ和Ⅲ谱带由于N—H和C—H两种基团振动频率重叠的缘故, 研究得较少。PEUU中的结构中同时存在



罗宁 36岁, 工学博士, 教授。

1982年7月毕业于厦门大学化学系, 获学士学位。1987年在成都科技大学获工学硕士学位。1993年毕业于华东理工大学高分子材料系, 获工学博士学位。曾从事聚合物动态硫化共混、聚氨

酯反应注射成型研究。现承担国家自然科学基金等项目, 研究内容包括聚氨酯材料的精细结构表征与新材料开发、“活性”自由基聚合技术与共聚物分子设计等, 在国内外核心学术期刊发表研究论文40余篇, 其中多篇被SCI和EI收录。

* 国家自然科学基金资助研究课题。

氨基羰基和脲羰基, 尽管聚氨酯中氨基羰基的多重谱带现象已有文献报道^[4,5], 但是 PEUU 的红外谱图中通常只能观察到 1730cm⁻¹附近的游离氨基羰基和 1710cm⁻¹附近的氢键化氨基羰基。而脲羰基的红外谱带则表现得比较复杂, 如图 1 所示。本文着重讨论脲羰基的红外谱带, 有关的文献结果总结在表 2~表 4 中。

有关脲氢键文献中研究最多的是以脂肪胺扩链的 PEUU 体系, 最常用的脂肪族二胺扩链剂是 ED(见表 2)。在脂肪族二胺扩链的 PEUU 固体材料中通常观察不到 1695cm⁻¹处的游离脲羰基^[7,8,10~12]。1685cm⁻¹处的谱带仅见于 Yamamoto^[10]的报道。但是这个谱带是用分峰技

表 1 PEUU 红外光谱的特征峰		
频率/cm ⁻¹	归 属	
3480	ν N-H), 游离 NH	
3280	ν N-H), 氢键化 NH	
3191	CIS-Trans 异构体, 氢键化的 NH	
2980	ν C-H), -CH ₃ -, 碳氢伸缩振动	
1730	游离氨基羰基	
1710	氢键化氨基羰基	
1700~1610	脲 C=O, 脲羰基区	
1540	δ N-H) + ν C-N), 酰胺Ⅱ谱带	
1240	δ NH) + ν C-N), 酰胺Ⅲ谱带	
1110	C-O-C 非对称伸缩振动	

表 2 脂肪二胺扩链的 PEUU 脲羰基的红外谱带

谱带/cm ⁻¹	归 属	样品特征
1695	游离	在 DMSO 或 NMP 溶液中 ^[6,9,14]
1685	?	薄膜样品 ^[10] (分峰识别)
1665~1658	1 游离(1665)	薄膜样品 ^[10]
	2 氢键化(1660, 1658)	PTMG/2, 4-TDI/ED(摩尔比≤1 : 4 : 3) ^[7] PPO/MDI/BDA, NMP 浇铸薄膜 ^[14]
1649~1640	氢键化	PPO/MDI/ED ^[14] , PTMG/MDI/ED, W _h =25% ^[6,8,13] PTMG/MDI/ED 或 PDA, 薄膜 ^[8,10,12] , PPO/MDI/ED ^[12,14] , Ph-Me-PhNCO/BDA 二脲化合物, 结晶体 ^[9]
1638~1627	氢键化	

PTMG-聚四氢呋喃聚醚二元醇; PPO-聚环氧丙烷聚醚; BDA-1, 4-丁二胺; ED-乙二胺; PDA-丙二胺; NMP-N-甲基吡咯烷酮; TDI-甲苯二异氰酸酯; MDI-二苯基甲烷二异氰酸酯; W_h-硬段含量。

表 3 DETDA 为扩链剂的硬段模型化合物中脲羰基的谱带归属

峰位/cm ⁻¹	归 属	样品特征
1698	UT 羰基与脲 NH 的氢键	UA2000/UT2000 的液体混合物 ^[18]
1694, 1691	游离脲羰基(free)	UA2000, 液体 ^[18] , MDI-DETDa 聚脲, (分峰识别) ^[27]
1679	短程有序的脲羰基	MDI-DETDa, (分峰识别) ^[27]
	Disorder(I)	
1666, 1662	Disorder(Ⅱ)	UA2000, 液体 ^[18] , DETDA/MDI/PhNCO, 微晶体 ^[19]
1657, 1652	Disorder(Ⅲ)	MDI/MDA 聚脲 ^[11] , MDI-DETDa 聚脲, (分峰识别) ^[27]
1643	长程有序脲羰基(order)	DETDa/MDI 微晶体 ^[19,20,27]

UA2000-聚环氧丙烷二胺(2000 分子量) 与异氰酸苯酯(PhNCO) 的反应产物;
UT2000-聚环氧丙烷二醇(2000 分子量) 与异氰酸苯酯的反应产物。

表 4 DETDA 扩链 PEUU 中脲羰基的红外谱带归属

峰位/ cm^{-1}	归 属	样品特征
1691	游离脲羰基(free)	PEUU 薄膜,(分峰), $W_h \leq 45.8\%$, 低温热处理 ^[20]
1678	短程有序的脲羰基 I (Disorder I)	PEUU 薄膜, $W_h = 18.8\% \sim 91.0\%$, 低温热处理 ^[20]
1666	短程有序的脲羰基 II (Disorder II)	薄膜, $W_h = 18.8\% \sim 91.0\%$, 低温热处理 ^[20,24] ; RIM PEUU, 未经热处理, $W_h = 51\% \sim 60\%$ ^[23]
1659, 1651	短程有序的脲羰基 III (Disorder III)	薄膜,(分峰识别), $W_h \geq 54.9\%$, 低温热处理 ^[20] ; PTMG/MDI/MDA, $W_h = 44\%$ ^[11]
1646~1641	长程有序的脲羰基 I (Order I)	RIM PEUU, 未经热处理; $W_h = 51\% \sim 60\%$ ^[23] ; PTMG/MDI/芳香 二胺 ^[11] , PPO/MDI/DETDA($W_h = 30\%$), 热处理后增强 ^[21]
1638~1632	长程有序的脲羰基 II (Order II)	PPO/MDI/DETDA; 对 $W_h = 30\%$ 样品, 高温热处理后增强 ^[24] ; 对 $W_h = 18.8\% \sim 91.0\%$ 样品, 低温热处理后分峰识别 ^[20] 。 PTMG/MDI/PDA, $W_h = 26\%$ (for PTMG 2000), $W_h = 36\%$ (for PTMG 1000) ^[11]

PEUU 的化学组成: 环氧乙烷封端的环氧丙烷聚醚二元醇(2000 分子量)、4,4'-二苯基甲烷二异氰酸酯(MDI)、DETDA。

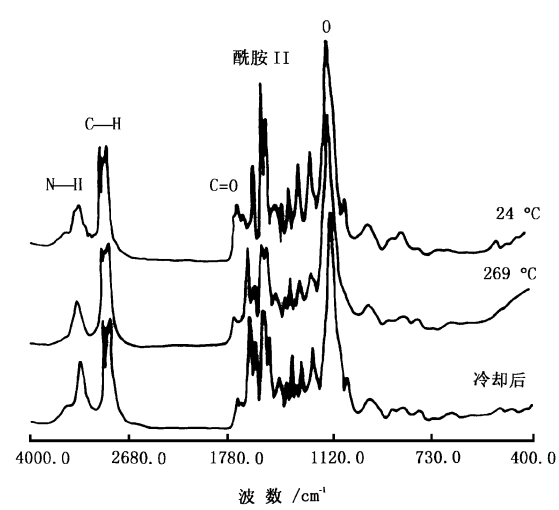


图 1 PEUU 典型的红外光谱图

术识别的,其归属尚很难确定^[10]。通常认为位于 $1658\text{cm}^{-1} \sim 1666\text{cm}^{-1}$ 的谱带是氢键化的脲羰基谱带。Yamamoto^[10]最近指出 1665cm^{-1} 谱带为游离脲羰基谱带,但没有给出明确的解释,稍后作者会指出对此谱带的不同归属。 1640cm^{-1} 或 1636cm^{-1} 也是两个常见的氢键化脲羰基谱带。 1627cm^{-1} 是文献中报道的频率最低的脲羰基谱带,这是对一个结晶的二脲硬段模型化合物观察的结果^[19]。

作者的研究集中在以 3,5-二乙基甲苯二胺(DETDA)为扩链剂的芳胺扩链 PEUU 体系(见表 3~4)。在这个 PEUU 体系中,游离脲羰基谱带通常必须用分峰技术进行识别(表 3,4 中的 1691cm^{-1} 谱带)。但通过设计一种中间为 2000 分子量的环氧丙烷聚醚、两端为苯基脲键端基的液体聚脲模型化合物(UA 2000),在其红外谱图中可以相当清楚地观察到 1694cm^{-1} 和 1666cm^{-1} 两个谱带, 1694cm^{-1} 谱带为游离脲羰基谱带,由于 UA 2000 样品为液体化合物,脲氢键可以存在但不会达到长程有序的程度,所以作者认为 1666cm^{-1} 为氢键化的、短程有序的脲羰基谱带^[16]。在形成微晶的硬段模型化合物中通常可以观察到 1643cm^{-1} 谱带,反映了脲氢键在微晶中的长程有序排列。在游离脲羰基(1691cm^{-1})和有序脲羰基(1643cm^{-1})之间,随样品的特征不同还存在 1679cm^{-1} 、 1666cm^{-1} (1662cm^{-1}) 和 1657cm^{-1} (1652cm^{-1}) 这两组谱带,它们的间隔约 10cm^{-1} ,可能反映了脲氢键不同的有序状况。值得说明的是,作者运用差谱技术识别了氨酯羰基与脲 NH 之间的氢键化谱带(1698cm^{-1}),可以直接反映氨酯键与脲键之间的氢键相互作用。不过这个谱带在固体

PEUU 样品中通常观察不到,我们尚不清楚这个现象反映出的问题本质。

表 3 和表 4 说明,脲羰基区的谱带特征与 PEUU 的化学组成和制样条件有关。在硬段含量不高的情况下,硬段组成分散的微区,此时 1666cm^{-1} 和 1643cm^{-1} 是 PEUU 中最常见的两个谱带。但是在高硬段含量的 PEUU 或硬段模型化合物中硬段组成了连续相,此时观察到的是在约 1678cm^{-1} 和约 1569cm^{-1} 处的两个谱带^[20]。在经过充分热处理已经形成微晶的硬段模型化合物中 1643cm^{-1} 是最显著的谱带,对应于微晶体中脲氢键的长程有序结构^[19]。但是在 PEUU 中除 1643cm^{-1} 以外常常还可以观察到 1638cm^{-1} 谱带,而且发现这些谱带的强度在热处理以后明显提高^[21,24]。

2 脲氢键的结构

Nissen 等人曾经提出过一个脲氢键的结构模型(图 2),用以解释以一系列受阻芳胺为扩链剂的 PEUU 弹性体的氢键行为^[25]。在这个结构模型中每一个脲羰基仅与一个 NH 形成氢键。这样在体系中脲键的 NH 应该有一半处于游离状态。但事实上通常在红外光谱观察到

的游离 NH 的比例并不高,所以这个模型未见被人们采用。

用红外二色技术曾揭示在 PEUU 的硬段片晶结构中脲氢键的生长方向是与分子链轴垂直的^[3]。Ishihara^[3]和 Born^[9]在用 X-ray 研究含脲化合物的结晶行为时都明确地采用了一个平面状的脲氢键结构模型(平面双分叉结构模型)(图 3b)。

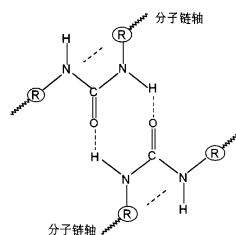


图 2 聚氨酯脲氢键的 Nissen 模型

这个结构模型的优点在于一个脲羰基可以同时与另一个脲键上的两个 N-H 形成氢键,用此可以解释通常在红外光谱中观察到的实验现象,而且明确得到了脲氢键的长度(D_H) ($4.63^{[9]}$, 或 $4.72^{[7]}$) 比氨酯氢键长度 ($5.10^{[9]}$) 短的结论,这样,脲氢键的强度较氨酯氢键高的性质也自然得到解释。

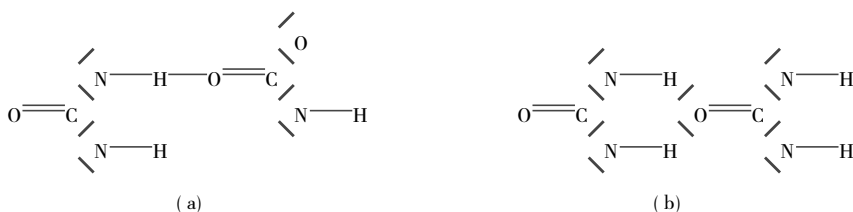


图 3 氨酯氢键的线性结构(a)和脲氢键的平面状双分叉结构(b)

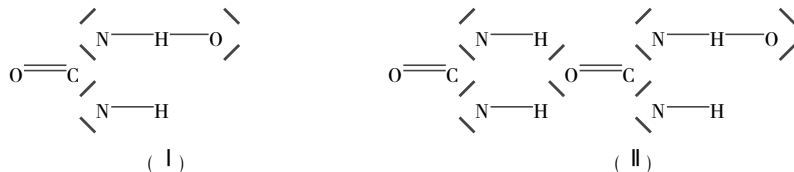


图 4 脲氢键的游离(I)和 disorder 结构(II)

平面双分叉为六元环状的结构,是热力学上最稳定的构象,在与分子链轴垂直的方向上脲氢键以这种结构延伸生长可以形成长程有序

的链状氢键结构。基于这些考虑,在作者的研究工作中曾明确地采用了这个平面双分叉结构模型解释红外光谱中脲羰基的多重谱带现象,如

在液体模型化合物中(UA²⁰⁰⁰) 中观察到的 1694 cm^{-1} 和 1666 cm^{-1} 谱带可以分别归属如下(I)、(II) 结构(图 4), 而微晶体中观察到的 1643 cm^{-1} 谱带可以认为是若干个(II) 结构在分子轴垂直方向上不断发展的结果。但是目前在脲羰基的谱区中(1700 cm^{-1} ~ 1610 cm^{-1}) 已经可以观察到多达 4~5 重的谱带, 所以如何应用这些模型还必须作更进一步深入的考虑。

3 硬段结晶和脲氢键的温度依赖性

在理解脲氢键的温度依赖性之前, 首先应了解对聚氨酯氢键的研究结果。对于由 MDI 与 1, 4-丁二醇形成的硬段, 随着硬段单元的长度

由 1 增加到 5, 硬段结晶的熔点由 133 $^{\circ}\text{C}$ 逐步提高到 237 $^{\circ}\text{C}$ ^[28], 而氨酯之间的氢键在结晶温度以下、110 $^{\circ}\text{C}$ 时就大量解离^[29]。把一个具有单分散硬段单元长度的聚氨酯样品首先加热到 110 $^{\circ}\text{C}$ 使氨酯氢键大部分解离, 然后在液氮温度淬火, 固定这种相混合的形态, 再逐步升高温度, 则可以在 - 40 $^{\circ}\text{C}$ ~ + 75 $^{\circ}\text{C}$ 范围内观察到氢键化氨酯羰基的浓度明显增加, 继续升温则又观察到氢键化氨酯羰基浓度的显然降低。这个实验结果表明:(1) 氨酯氢键的破坏可以在硬段结晶熔点以下发生;(2) 氨酯氢键的生成与解离具有热力学上“可逆”的性质。

表 5 聚脲硬段的结晶结构和熔点

硬段结构特征		$T_m/^{\circ}\text{C}$
MDI/MDA ^[3]	单斜晶胞: $a=0.472\text{nm}$, $b=1.133\text{nm}$, c (纤维轴)=1.164 nm , $\alpha=116.5^{\circ}$; d : 1.25(测定), 1.33(计算); 晶面间距为 0.422 nm 的(100)晶面对应于通过脲键氢键形成的平面	370
MDI/1,4-BDA ^[9]	三斜晶系: $a=0.46297\text{nm}$, $b=0.58259\text{nm}$, $c=2.5286\text{nm}$, $\alpha=9.0721^{\circ}$, $\beta=91.580^{\circ}$ $\gamma=102.90^{\circ}$; 晶胞体积: 0.6644 nm^3	254, $\Delta H=169.7(\text{J/g})$
MDI/ED ^[8]		~290
MDI/PDA ^[6]		271
PhNCO/DETDA ^[20]		308
PhNCO/DETDA/MDI/DETDA/PhNCO ^[20]		346

一些 PEUU 的硬段具有结晶能力。文献中报道的聚脲硬段模型化合物的晶胞参数和熔点列于表 5。可见, 脂肪胺扩链的硬段的熔点比芳香二胺扩链的要低得多。由于后者熔点较高, 所以芳胺扩链聚脲的硬段结构在熔点以上附近往往迅速分解。赵根锁等人^[3]曾指出, 由 PTMG/MDI/ED 制备的 PEUU 中的脲氢键在 145 $^{\circ}\text{C}$ 开始解离, 此时 1640 cm^{-1} 谱带的浓度迅速下降。Ishihara 等人^[3]指出, 由 PTMG/MDI/二胺制备的 PEUU 中, 1640 cm^{-1} 谱带在样品加热到 100 $^{\circ}\text{C}$ 后明显增加, 而到 150 $^{\circ}\text{C}$ 时又开始下降, 说明在加热过程中脲氢键在 100 $^{\circ}\text{C}$ 时首先开始

生成、然后在 150 $^{\circ}\text{C}$ 时开始解离。Miller 等人^[26]对化学结构类似的 PEUU 研究发现在 100 $^{\circ}\text{C}$ 下长时间热处理使解离脲羰基的浓度减少, 说明在 100 $^{\circ}\text{C}$ 下热处理有助于脲键之间形成氢键。作者对 PPO/MDI/DETDA 型 PEUU 的研究表明, 脲氢键在 130 $^{\circ}\text{C}$ ~ 220 $^{\circ}\text{C}$ 之间迅速生成, 红外谱图中可以观察到游离脲羰基(1691 cm^{-1}) 和短程有序脲羰基(1666 cm^{-1}) 浓度的显著下降和长程有序脲羰基(1643 cm^{-1}) 浓度的显著增加^[24], 但由于此时温度远低于硬段结晶熔点, 所以观察不到脲氢键的解离。如果把脲氢键的研究结果与对氨酯氢键的研究相对

照,可以认为在通常的热处理(后熟化)条件下(约 120℃)可以使脲氢键向长程有序的方向发展。有迹象表明,制样手段对 PEUU 的氢键状态有较大影响^[14,23,27],反映在 DSC 曲线上,制样方法的变化可以影响 120℃~180℃范围内吸热或放热的性质^[23,27]。但是由于芳胺扩链 PEUU 的熔点太高、硬段熔融与分解的温度十分接近,所以在 DETDA 扩链的 PEUU 中观察不到脲氢键的可逆解离。

4 结束语

PEUU 的红外谱图中存在脲羰基的多重谱带现象,表明在 PEUU 中的脲氢键具有若干种强度不同的状态。热处理、制样方法和化学组成都可以影响脲氢键的状态。阐明这些现象的本质有助于人们获得有关脲键的氢键序列结构等方面的信息、深层次理解 PEUU 的结构特征。用平面状双分叉的脲氢键结构模型可以较好地解释脲氢键的多重谱带现象。但想要全面地认识脲氢键的性质还需要进一步积累实验数据。另外,脲氢键的研究目前尚处于定性的阶段,想要进行定量的分析还需要进行进一步深入的工作。

5 参考文献

- 1 Lu X J, Wang Y S, Wu X W. *Polymer*, 1993, 34(1): 56~60
- 2 Bonart R, Morbitzer L, Muller E H. *J Macromol Sci Phys*, 1974, B9(3): 447~461
- 3 Ishihara H, Kimura I, Yoshihara N. *J Macromol Sci Phys*, 1983-84, B22(5&6): 713~733
- 4 Harthcock M A. *Polymer*, 1989, 30: 1234~1242
- 5 Strikovskiy A G, Zharkov V V. *Polymer*, 1993, 34(16): 3397~3402
- 6 Ishihara H, Kimura I, Saito K, Ono H. *J Macromol Sci Phys*, 1974, B10(4): 591~618
- 7 Sung C S P, Smith T W, Sung N H. *Macromolecules*, 1980, 13: 117~121
- 8 Wang C B, Cooper S L. *Macromolecules*, 1983, 16: 775~780
- 9 Born L, Hespe H. *Coll Polym Sci*, 1985, 263: 335~341
- 10 Yamamoto T, Shibayama M, Nomura S. *Polymer J*, 1989, 21(11): 895~903
- 11 Lee H K, Ko S W. *J Appl Polym Sci*, 1993, 50: 1269~1280
- 12 Bummer P M, Knutson K. *Macromolecules*, 1990, 23: 4357~4362
- 13 赵根锁,张国宝,刘清. *光谱学与光谱分析*, 1987, 7(6): 14~20
- 14 陈竹生, Yang W P, Macosko C W. *高分子材料科学与工程*, 1993, (3): 58~61
- 15 Xiu Y Y, Zhang Z P, Wang D N, Ying S K. *Polymer*, 1992, 33(6): 1335~1338
- 16 Pimental G C, McClellan A L. *The Hydromgne Bond*, Freeman and Company, San Francisco and Ondon, 1960
- 17 罗宁,王得宁,应圣康. *合成橡胶工业*, 1995, 18(4): 200~203
- 18 Luo N, Wang D N, Ying S K. *Polymer*, 1966, 37(14): 3045~3047
- 19 罗宁,王得宁,应圣康. *高等学校化学学报*, 1995, 16(6): 986~988
- 20 Luo N, Wang D N, Ying S K. *Polymer*, 1996, 37(16): 3577~3583
- 21 罗宁. 聚氨酯脲的反应注射成型-聚合反应动力学及其对 RIM 聚氨酯脲结构性能的影响:[学位论文]. 上海:华东理工大学, 1993
- 22 罗宁,王得宁,应圣康等. *高等学校化学学报*, 1994, 15(7): 1076~1080
- 23 罗宁,潘肇琦,王得宁,应圣康. *功能高分子材料*. 徐僊主编,第1卷第2分册,北京:化学工业出版社, 1995, 185~190
- 24 罗宁,王得宁,应圣康. *高分子学报*, 1996, (4): 423~428
- 25 Nissen D, Markovs R A. *J Elastomers and Plastics*, 1983, 15: 96~112
- 26 Miller C E, Edelman P, Ratner B D, Eichinger B E. *Appl Spectroscopy*, 1990, 44(4): 581~586
- 27 罗宁,王得宁,应圣康. *合成橡胶工业*, 1997, (1): 111~114
- 28 Qin Zh Y, Macosko C W, Wellinghoff S T. *Macromolecules*, 1985, 18: 553~557
- 29 Lee H S, Wang Y K, Hsu S L. *Macromolecules*, 1978, 20: 2089~2095

Hydrogen Bonding of Polyether Poly(urethane urea) s

Luo Ning, Wang Dening, Ying Shengkang

(East China University of Science and Technology, Shanghai 200237)

Summary The research progress about hydrogen bonding of polyether poly(urethane urea) s was reviewed in this paper with 29 references. Changes of multiple infrared absorbencies were shown in the absorption zone of the urea carbonyl group from 1698cm^{-1} to 1627cm^{-1} , according to chemical composition, the morphological feature of hard segment and preparation condition of poly(urethane urea) samples. The multi-bands have been assigned qualitatively. Some detailed topics, such as the basic structure of urea hydrogen bonds, relation of the hydrogen bonding state with crystalline of hard segment, as well as the quantitative analysis of urea hydrogen bonding, should be studied further.

Key words Polyether Poly(urethane urea) , Hydrogen bond, Structure, Crystalline

1999 年全国高分子学术论文报告会将在上海召开

受中国化学会委托, 1999 年全国高分子学术论文报告会将由上海交通大学承办。会议将于 1999 年 5 月 9 日~5 月 14 日在上海市上海交通大学徐汇校区召开, 热烈欢迎从事高分子科学与工程领域的科技及教育工作者参加。

大会主题: 面向二十一世纪的中国高分子科学

分会主题: 聚合反应及新型聚合物的合成、性能与表征; 高分子化学反应与反应加工; 高分子凝聚态的变化与物性关系; 晶态、非晶态及液晶态高分子; 功能高分子及新技术研究; 生物医用高分子及天然高分子; 高分子分离材料(离子交换、吸附分离、分离膜) ; 高分子复合与共混; 高分子材料成型新理论、新方法、新技术; 高分子材料绿色工程; 高分子学科发展与人才培养。

现向全国高分子科学与工程领域的科技工作者征集学术论文。参加会议的论文将分为大会特邀报告、分会特邀报告、分会主题报告和墙报展讲四类, 审定录用论文将编成 1999 年全国高分子学术论文报告会论文集。论文格式详见第二轮通知。

注册费: 一般注册费 800 元, 学生注册费 400 元, 论文发表费 400 元

重要日期: 递交报名表: 1998 年 7 月 5 日前; 第二轮通知: 1998 年 9 月 30 日; 论文摘要及版面费截止日期: 1999 年 2 月 10 日; 第三轮通知 1999 年 3 月 31 日

报名表请寄: 上海市上海交通大学化学化工学院高分子学术论文报告会筹备组

邮编: 200240 联系人: 刘念才 印 杰

Tel: 021-64633297 Fax: 021-64633297 Email: ncliu@mail-sjtu.edu.cn