

专·论·与·综·述

芳杂环高分子

卢凤才

(中国科学院化学研究所, 北京, 100080)

提要 本文简要介绍芳杂环高分子进展及其在高科技工业中的应用概况。

关键词 芳杂环高分子, 刚性链, 耐热高分子

50年代末、60年代初由于宇航、航空、电子、机械、化学工业的需要, 耐热高分子得以迅速发展, 其中芳杂环高分子应运而生, 它们具有优良的耐热性、绝缘性、力学性能、耐辐射性及耐化学介质性, 不仅用作结构材料, 近期还用作功能材料^[1~5]。

在芳杂环高分子中, 聚酰亚胺是许多国家研究、开发应用得最多的一类品种, 其他如聚苯并咪唑、聚苯并噁唑、聚苯并噻唑、聚苯基喹啉、聚苯基-1,2,4-三嗪和聚苯并咪唑吡咯酮等都各具特色, 引起了人们很大的兴趣, 不论是合成方法、性能探讨, 还是应用开发都不断在研究和推广应用。下面将分别简要介绍这些高分子的进展。

1 聚酰亚胺(Polyimides, PI)

PI是分子主链中含有酰亚胺环结构的芳杂环高分子^[6~10], 它们之所以如此迅速发展, 首先是由于国家发展航天事业而给予的大力支持。PI这种高分子本身的特性也起了决定性的作用: (1) 优良的综合性能, 可在-200~260℃之间长期使用; (2) 可以加工成各种制品; (3) 合成方便, 成本低; (4) 合成路线及合成方法多, 如环化缩聚、自由基或离子型聚合、Diels-Alder聚合、亲核取代聚合等, 这就便于分子设计和进行化学改性。

按照合成及加工成型方法, 可将PI分为3种类型。

1.1 缩合型聚酰亚胺(Condensation PI)

最有代表性的PI是由均苯四甲酸二酐与

4,4'-二氨基二苯醚缩聚, 得到中间预聚物——聚酰胺酸, 再通过化学方法(乙酸酐和吡啶)或加热环化缩聚而形成(见下式), 后面的一步反应通常称之为酰亚胺化(Imidation)。在Du Pont公司的商品中, 有薄膜为Kapton(性能见表1)、棒材为Vespel、绝缘漆为Pyro-ML、用

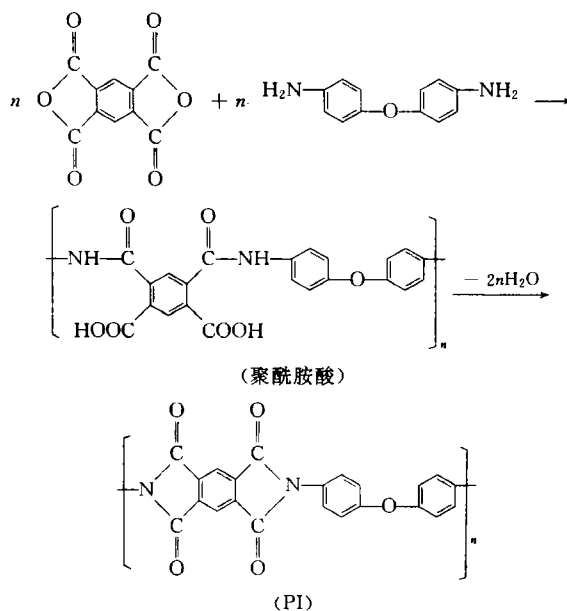


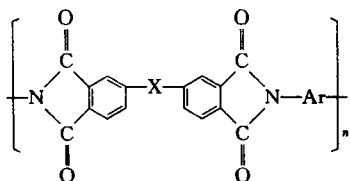
表1 Kapton-H薄膜的性能

性 能	测试温度/℃				
	-195	23	200	300	450
极限拉伸强度/MPa	241	172	117	96.5	41.4
3%时的屈服点/MPa		69	41		
拉伸模量/GPa	3.5	3.0	1.86		
极限伸长率/%	2	70	90	110	110
密度/g·cm ⁻³		1.42			

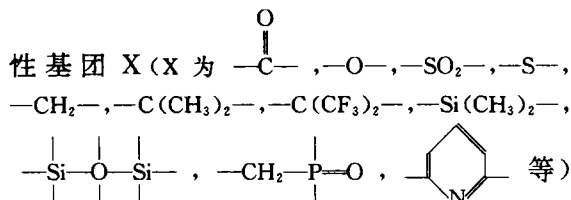
玻璃纤维增强的层压板为 Pyralin 等各种形态的品种。缩合型 PI, 由于在环化缩聚过程中有挥发物(如水和溶剂)逸出, 会给胶接件带来结构缺陷, 通常在固化时加压以除去气泡, 可见缩合型 PI 不宜用于大面积的胶接。为了克服这些缺点, 20 年来开发了许多热塑性 PI。

1.2 热塑性聚酰亚胺(Thermoplastic PI)

这类 PI(结构示意图如下)可溶, 是以聚酰亚

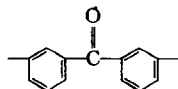


胺形式按热塑性塑料加工方式加工成型。将柔



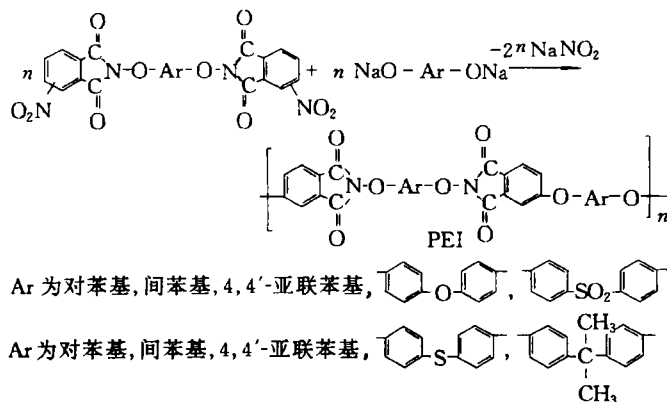
引入 PI 主链中, 切断了主链的共轭体系, 从而

降低了刚性; 引入侧基(苯基、烷基等), 破坏了主链的对称性, T_g 降低、柔性增加、溶解性提高及工艺性改善。例如 X 为 $-\text{C}(=\text{O})-$ 、Ar 为



的 PI 为 LARC-TPI, 已开发应用, 用以层压 PI 薄膜、层压 PI 薄膜与导电金属箔的胶接; 还用作石墨复合材料机翼板的大面积胶接, LARC-TPI 胶接 Ti/Ti 合金的室温剪切强度为 36.5 MPa, 在 232℃ 老化 3000 h 后的剪切强度为 20.7 MPa。当 X 为 $-\text{C}(\text{CF}_3)_2-$, Ar 为芳基或由芳族四酸二酐与六氟芳族二胺作用, 制备的一系列热塑性 PI, 在普通溶剂中有良好的溶解性, 具有长期热氧化稳定性, NR-150 系列就属于这一类, 业已有商品。

一种新型的聚醚酰亚胺(PEI)-Ultem^[4,11] 是通过芳族硝基、氯或氟基与双酚钠进行取代反应制得的(反应示意图如下)。这种合成方法和

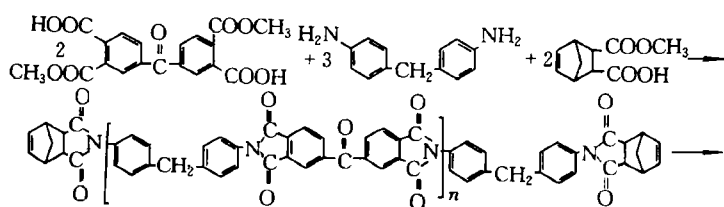


一般缩聚方法不同, 不会出现易水解的聚酰胺酸, 改善了工艺性。自 1982 年推向市场以来, 引起了人们普遍关注。上海合成树脂研究所已成功地研制这种树脂^[11]。Ultem 有较好的性能(见表 2)和优良的加工性, 在微波设备、电气电子、汽车工业、航天及运输工业中均有应用。纺成的纤维可做防护服; 可制备消毒盘、重复使用

的注射针管, 于 130℃ 蒸煮 4000 次, 树脂仍是透明的。

1.3 加成型聚酰亚胺(Addition PI)

60 年代末开发了一条制备 5-降冰片烯-2,3-二羧酸酐(NA 酸酐)封端的短链芳族 PI 途径:



交联型 PI(P13N)

表 2 Ultem 树脂的性能

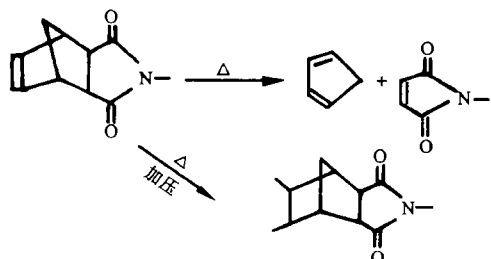
相对密度	1.27
拉伸强度/MPa	105
伸长率/%	60
弯曲模量/GPa	3.3
Gardner 冲击/Nm	36
$T_g/^\circ\text{C}$	217
极限氧指数/%	47
吸水率/%	0.25

这种预聚体最后加热通过双键加成反应得到第一个 NA 封端、气孔小、高度交联的高聚物——P13N,其齐聚物的 M_n 约 1300,N 表示 NA 封端。这种 NA 酸酐封端的加成型 PI 存在两个缺点:(1) 高聚物中的 NA 都不是脂肪族基团,降低了所得高聚物的长期热稳定性;(2) 为避免在固化过程中,NA 部分发生 Diels - Alder 的逆反应,固化过程必须在加压下完成,否则,端基会分解成两个组分(如下式),其中一个为挥发

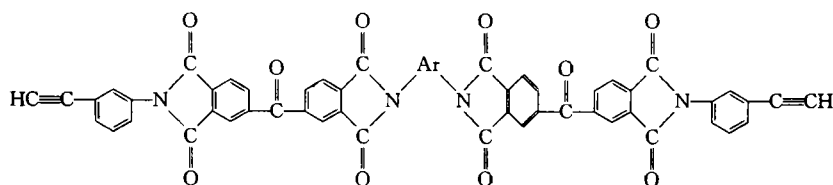
性的环戊二烯,这对于制备无孔器件或用作胶粘剂是有害的。PMR - 15 和 LARC - 160 是采用新技术制得的,PMR 表示单体反应物原位聚合, $M_n \sim 1500$,两者都是工艺性优良的耐热高分子。以 3,3'-二氨基二苯甲烷作为单体之一合成的 PMR - 15,胶接 Ti/Ti 合金的剪切强度为 19.3MPa,若用 4,4'-二氨基二苯甲烷为单体,则只有 4.14MPa。由此可见,单体的选择也应予以重视。PMR - 15 已用来取代金属制备发动机喷嘴、空气歧管、发动机定子和防冰翼板、风扇叶片等,在航空、航天事业中得到广泛应用。

乙炔基封端的酰亚胺预聚体首次报道于 1974 年,这些材料首先由芳族四酸二酐和芳族二胺在极性溶剂中生成酸酐封端的酰亚胺预聚体,再与含乙炔基芳族胺作用,然后加热或用乙酸酐化学方法环化脱水,得到乙炔基封端的酰亚胺预聚体(ATI),如 HR - 600 和 Thermid - 600。用石墨纤维增强的 Thermid - 6000 层压板在 316℃老化 500 h 后,在 316℃时仍维持很高的弯曲强度(1.04GPa)和剪切强度(41.4 MPa)。Thermid - 600 的溶解性差,在较高温度下其凝胶时间短,难以用溶液或熔融法加工。将

$-\text{C}(=\text{O})-$ 基换成 $-\text{C}(\text{CF}_3)_2-$ 基,可制得 Ther -



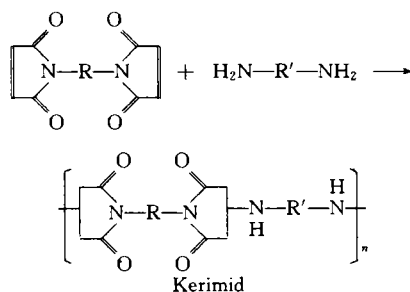
NA封端酰亚胺固化反应产物



Ar 为 炔基封端酰亚胺(ATI)

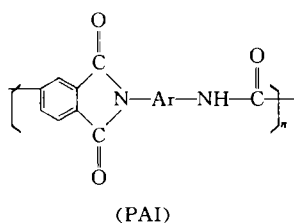
mid FA-7001, 热塑性得以提高, 易溶于普通溶剂中, 容易加工。

双马来酰亚胺(BMI)^[3,5,12,13]是由马来酸酐与二胺反应合成:



BMI 的双键具有很高的亲电子性, 在较低温度下易与含胺基、酰胺基、羧基、羟基等多种化合物进行亲核加成反应, 例如 BMI 可与亲核试剂芳族二胺按照异裂开键发生氢离子移位加成聚合反应生成高聚物。湖北化学研究所在合成 BMI 中将通用的 Ni 盐催化剂改为 Mg 盐, 产量高、价格低、毒性小。值得注意的是, 成都科技大学利用我国来源丰富的桐油改性 BMI, 再加上其他组分, 这一途径很有前途。双马来酰亚胺具有耐热、阻燃、低毒性特性, 用于制作飞机地板、隔离墙; 有显著的耐湿-热性、尺寸稳定性高、热膨胀系数低, 宜于制造多层结构线路板; 其树脂用作复合材料树脂基体、绝缘漆、涂料等。

由于 PI 具有优越的综合性能, 可以和有机氟、有机硅、环氧树脂、酚醛树脂、聚苯硫醚、聚醚醚酮、聚酰胺共混, 也可以共聚制备含有这些基团



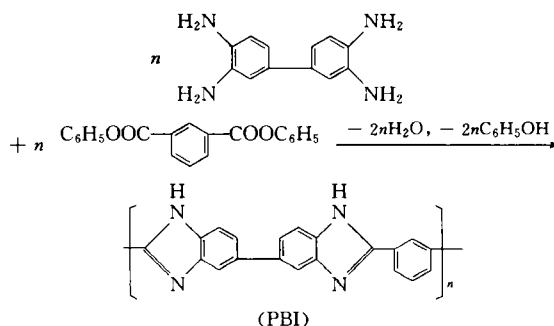
的共聚物。其中聚酰胺-酰亚胺 PAI 最引人注目, 它是由偏苯三酸酐(或偏苯三酰氯)和芳族二胺反应制得。Torlon 树脂是属于这类树脂之一。共热扭曲温度为 274℃, 弯曲模量达 4.5

GPa^[3], 抗冲击强度良好, 耐湿-热、耐辐照、耐化学介质、绝缘性优良。可代替金属制造齿轮、接插件等。由于树脂易溶解、易模压且易加工, 是一类应用广泛的高聚物。

至今, PI 已成为较常见的商业化耐热高分子之一, 报道它们的专利、文章以及商品化产品之多居杂环高分子之最, 而且从未中断报道。

2 聚苯并咪唑(Polybenzimidazoles, PBI)^[14,15]

PBI 是分子主链中含有苯并咪唑环的芳杂环高分子。合成 PBI 的方法有溶液缩聚和熔融固态缩聚。由芳族四胺和芳族二羧酸(或其衍生物), 或和芳族二醛缩聚制备:



这一 PBI 是典型代表, 也是第一个工业化商品。PBI 可制成层压板、反渗透膜, 纺织成纤维, 用作胶粘剂。PBI 纤维在 350~370℃ 断裂伸长保持不变, 在真空或惰性环境中 350℃、300 h 后无明显老化(Nomex 和 Kevlar 则分别失重 57% 和 86%), 耐高温水解优良。PBI 纤维的吸湿性和人体穿着舒适感与棉花相似, 又有良好的纺织性, 可以单独纺织或与其他纤维混纺。这种纤维可制作消防服、宇航员升空与着陆的救生服、宇航员在太空走动时和宇宙飞船连接的操纵绳, 也可用以生产超薄纸, 其重量只有 3.5 g/m²。PBI 另一突出特点是其单丝在 1100℃ 炭化成碳纤维, 用于高级复合材料, 继而在 2800~3000℃ 石墨化, 制成高强度、高模量的石墨化纤维, 这一操作比纤维素或丙烯腈纤维石墨化优越, 缩短了裂解前预氧化的时间。PBI 作为反渗透膜从海水中脱盐, 与醋酸纤维素相比较,

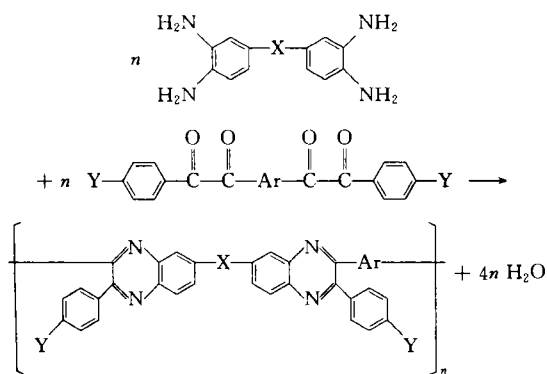
21℃时两者的通量相似,但90℃时PBI膜的通量为 $1019 \text{ L} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$,而醋酸纤维素的通量为零。1983年美国Celanese公司开始生产PBI纤维,生产规模年产450 t以上,随后联邦德国Hochst公司也有产品。

3 聚苯并噁唑(Polybenzoxazoles, PBO)和聚苯并噻唑(Polybenzothiazoles, PBT)^[16]

PBO和PBT是由3,3'-二羟基联苯胺、3,3'-硫醇基联苯胺分别和芳族二羧酸(或其衍生物)缩聚制备,经干、湿法纺织成的纤维,具有优越的耐热性及化学稳定性,高强度、高模量,适用于高科技工业中。

4 聚苯基喹噁啉(Polyphenylquinoxalines, PPQ)

PPQ是分子主链中含有二氮萘环的芳杂环高分子,由芳族四胺和芳族四酮在甲苯酚中缩聚制备^[4,17](反应如下式)。其预聚物溶液可



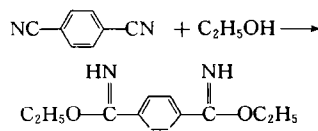
X为—O—、—CO—等;Y为H、卤素等

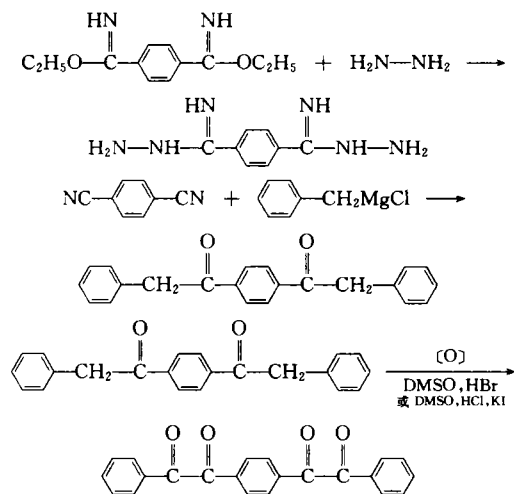
以长期贮存于室温中,可制成膜、层压制品、用作胶粘剂和涂料。PPQ不仅耐热性优良,而且耐高温高压水性能突出^[18,20],在250℃高温水中60 h,其膜仍有韧性,在同样条件下,玻璃表面变毛、陶瓷表面粉化、硅苯双链高分子被破坏、以耐热著称的PI完全分解,可见高温高压水的条件是十分苛刻的,由此揭示了耐热高分子不一定耐高温水解、高温水解不同于空气热

裂解的本质差别。芳杂环高分子的合成一般与单体的合成有关。作者以价廉的对苯二甲腈为起始原料,经格氏反应,再用新的氧化体系——DMSO(二甲基亚砜)和HBr或DMSO、HCl和微量KI,成功地将苄基氧化成苯羰基,合成了1,4-双(苯乙二酮)苯。这一新的合成路线,产物的纯度好、产量高、成本低^[18],已在工厂批量生产,较之文献^[17]用对苯二甲酸为起始原料,经傅氏反应,再用剧毒价昂的SeO₂为氧化剂的合成路线要优越得多。作者合成出一系列含氯苯侧基、主链含苯并咪唑环的PPQ^[19],研究了双(α-次甲基羰基)化合物的氧化反应^[21],制备的PPQ-Pt、PPQ-Rh的高分子络合物具有高效催化活性^[22]。通过电化学氧化方法使PPQ转变成具有半导体性质的材料,其室温电导率为 10^{-6} S/cm ,电导率提高了11个数量级^[23]。PPQ膜与H₂SO₄溶液掺杂,制得的膜电导率为 10^{-2} S/cm ^[24]。由PPQ研制的超滤膜,在沸水中历时100 h分离性能没有变化,而市售的聚砜超滤膜30 h后已破裂,不能使用^[25]。利用PPQ涂制的漆包线组装成潜水电机,在北京地区露天水池中运转5600 h,情况良好;研制的超级恒温水槽,在35℃水中运行了5年,控温1/1000℃;PPQ耐热防水应变片、高温高压水电容液面计等在我国均已研制成功,这些工作均未见文献报道。

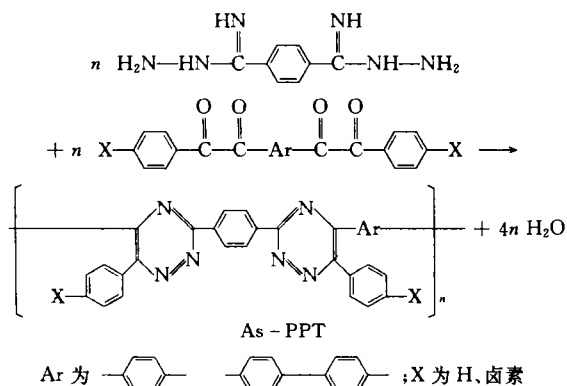
5 聚苯基-不对称三嗪(Polyphenyl-as-triazines, As-PPT)

由二腈腈和芳族四酮缩聚,可合成分子主链中含1,2,4-三嗪环的As-PPT。文献报道由2,6-吡啶二腈腈、多氟烷基二腈腈或乙二腈腈分别与芳族四酮合成了几种As-PPT^[26]。作者从对苯二甲腈出发,既合成对苯二腈腈,又合成1,4-双(苯乙二酮)苯:





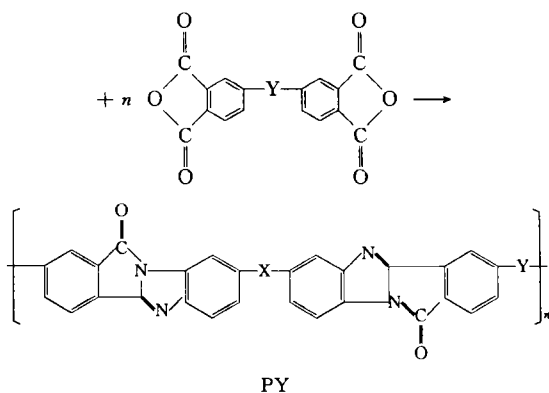
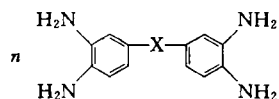
将这两种单体在甲苯酚中缩聚,经热处理,制得 As-PPT^[27];



这些主链含芳基、侧基为卤代苯基的 As-PPT,其耐热氧化稳定性比文献报道的主链含吡啶基、氟烷基的 As-PPT 要高得多,且在 200℃ 水中 100 h 后仍有很好的绝缘性,在 40% NaOH 溶液中沸腾 24 h,绝缘电阻也未发生变化^[27~30]。

6 聚吡咯(Polypyrrolones, PY)

PY 是由芳族四胺和芳族四酸二酐缩聚而成,有梯型和阶梯型结构,60 年代中文献报道 PY 的耐辐射性高达 10⁸Gy^[31,32],比 PI 约高 1 个数量级,比 PBI 约高 2 个数量级,因此引起了人们的注目。作者鉴于这类高聚物的主链至



少含有四稠环、七稠环甚至多稠环的结构,较 PI 更具刚性,有优良的耐热性,由此发现了:(1)耐烧蚀性,其线烧蚀速率和质量烧蚀速率都低于酚醛、磷腈高聚物、苯撑有机硅高聚物等的耐烧蚀性^[33];(2)PY 均质膜对 H₂、He 有优异的选择分离性,继而对一系列的 PY 膜进行了结构与气体分离性能关系的研究^[34~36];(3)通过高温热处理的方法,制得电导率高达 700 S/cm 的导体^[37],这些工作将继续深入研究。

近些年来,人们研究芳杂环高分子的重点几乎已不再是合成新的耐热性更高的高分子,而是致力于合成方法和工艺操作的改进、降低成本以及发现新性能等研究。例如以微波手段快速缩聚合成 PI^[38],以取代的均苯四甲酸二酐为单体之一合成刚性棒状可溶的 PI^[39],一步法合成含氟基团可溶的 PI^[40],随后在 PBI、PPQ、PY 等芳杂环高分子中都引入了六氟丙烷基以改进它们的韧性和溶解性,而又不至于影响耐热性;从链结构分析,杂环高分子比铸型尼龙刚性大、韧性好、耐热性高,分别以少量(0.005%~5.0%)的 PBI、PPQ,继而以其模型化合物和类似模型化合物改性铸型尼龙,使制品的颜色、形态及性能发生很大变化^[41~43]。

总之,随着高技术的不断发展,芳杂环高分子的应用将越来越广泛,不仅是高科技工业必不可少的高分子材料,而且最近某些发达国家已开始用 PI 作装修房屋的材料。

7 参考文献

- 1 Cassidy P E. Thermally Stable Polymers, Synthesis and

- Properties. New York; Marcel Dekker, 1980
- 2 Critchley J P, Knight G J, Wright W W. Heat Resistant Polymers (Technological Useful Materials). New York and London; Plenum Press, 1983. Chapter 5, 185~322
- 3 Clagett D C. Encycl Polym Sci Eng. New York; John Wiley and Sons Inc, 1986. Vol. 6, 94~131
- 4 Hergenrother P M. *ibid.* 1987, Vol. 7, 639~665
- 5 卢凤才, 杨桂生. 耐高温胶粘剂. 北京: 科学出版社, 1993. 1~181, 261~292
- 6 Adrova N A, Bessonov M I, Lauis, L A and Rudakov A P. Polyimide—A New Class of Thermostable Polymers. Stamford Conn; Technomic Publishing Co, 1970
- 7 Bessonov M I. Polyimides—Class of Thermally Stable Polymers. Leningrad, USSR; Nauka, Lenings Otd, 1983
- 8 Mittal K L. Polyimides, Synthesis, Characterization and Applications. New York; Plenum Press, 1984. Vols 1 and 2
- 9 Bessonov M I, Koton M M, Kudryavtsev V V and Laius L A. Polyimides (Thermally Stable Polymers). New York and London; Consultants Bureau, 1987. 1~318
- 10 Wilson D, Stenzerger H D and Hergenrother P M. Polyimides. Glasgow and London; Ed Blackie and Son Ltd, 1990
- 11 杨品黄, 沈传仁等. 工程塑料应用, 1985(1): 32~36
- 12 Stenzenberger H D. Appl Polym Sym, 1977, 31: 91~104
- 13 刘润山, 王利亚. 化学试剂, 1983, 5(4): 237~239
- 14 Bhuiyan A L, Droscher M, Graessley W W. Advances in Polymer Science. Berlin, Heidelberg, New York: Springer—Verlag, 1982, 47: 1~42
- 15 Buckley A, Stuetz D E and Serad G A. Encycl Polym Sci Eng, 1988, 11, 572~601
- 16 Wolfe J F. *Ibid.* 1988, 11, 601~635
- 17 Hergenrother P M. J Macromol Sci,—Revs Macromol Chem, 1971, C6(1): 1~28
- 18 卢凤才, 睦秀楣, 王百庚等. 高分子通讯, 1980(3): 146~151
- 19 Bai Luna, Xing Lanmin, Lu Fengcai. Ch J Polym Sci, 1987, 4(4): 336~340
- 20 Lu Fengcai, Liang Desheng, Lai Zhugen, et al. Science Sinica (series B), 1985, 29(4): 345~352
- 21 邢兰敏, 卢凤才. 有机化学, 1983(6): 447~450
- 22 卢凤才, 王玉兰, 王殿勋等. 高分子通讯, 1985(2): 154~156
- 23 Zhang Chi, Lai Zhugen and Lu Fengcai. Polymer, 1991, 32(17): 3075~3079
- 24 Zhou Wenle, Wan Meixiang and Lu Fengcai. Polymer, 1994, 35(14): 2977~2979
- 25 邢兰敏, 白路娜, 卢凤才. 高分子学报, 1992(4): 478~483.
- 26 Hengenrother P M. J Macromol Sci,—Revs Macromol Chem, 1975, C13(2): 189~218; 1980, C19(1): 1~34
- 27 卢凤才, 邢兰敏, 王玉兰等. 高分子通讯, 1980(4): 193~197
- 28 Lu Fengcai, Xing Lanmin, Wang Yulan. ACS Symposium Series (Cyclopolymerization and Polymers with Chain—ring Structure), 1982, 195: 297~309
- 29 Xing Lanmin, Bai Luna and Lu Fengcai. Polym Commun, 1985(2): 150~156
- 30 张金彪, 白路娜, 邢兰敏等. 高分子学报, 1990(5): 564~568
- 31 Bell V L and Jewell R A. J Polym Sci, 1967, A—1, 5(12): 3043~3060
- 32 Reucroft P J, et al. J Appl Polym Sci, 1970, 14(5): 1361~1372
- 33 卢凤才, 廖增琨, 薛瑞兰. 宇航材料工艺, 1984(2): 15~18
- 34 Gao Xuesong, Tan Zhoushi and Lu Fengcai. J Membr, Sci, 1994, 88: 37~45
- 35 Zhou Wenle, Gao Xuesong and Lu Fengcai. J Appl Polym Sci, 1994, 51(5): 855~859
- 36 Gao Xuesong and Lu Fengcai. Polymer, 1995, 36(5): 1035~1038
- 37 万梅香, 朴明俊, 卢凤才. 中国青年学者有机固体学术讨论会论文集. 北京: 1994. 179~180
- 38 Yoshio Imai. Polym Prepr, 1995, 36(1): 711~712
- 39 Harris F W. *ibid.* 1995, 36(1): 707~708
- 40 Hovt A E and Huang S. Polym Prepr, 1994, 35(1): 343~344
- 41 Yang Guisheng and Lu Fengcai. Ch J Polym Sci, 1990, 8(1): 79~86
- 42 Yang Guisheng and Lu Fengcai. *ibid.* 1990, 8(1): 87~92
- 43 杨桂生, 卢凤才. 高分子学报, 1991, (6): 653~661

(下转第 33 页)

6 参考文献

- 1 Flory P J. J Am Chem Soc, 1965, 86: 1833
- 2 Simha R, Somcynsky T. Macromolecules, 1969, 2: 342~350
- 3 Chongli Zhong, Wenchuan Wang, Huanzhang Lu. Fluid Phase Equilibria, 1993, 86: 137~146
- 4 仲崇立, 汪文川, 卢焕章. 高校化学工程学报, 1993, 7: 289~295
- 5 仲崇立, 韩方煜. 高校化学工程学报, 1994, 3:
- 6 Chongli Zhong, Wenchuan Wang, Huanzhang Lu. Macromolecules, 1994, 27: 660
- 7 仲崇立, 叶庆国. 高分子通报, 1994, (4): 208
- 8 Sanchez I C, Lacombe R H. J Phys Chem, 1976, 80: 2352
- 9 Yi Y X, Zoller P. J Polym Sci, Part B: Polym Phys, 1993, 31: 779
- 10 Prigogine I. The Molecular Theory of Solutions. New York: North-holland Amsterdam and Interscience, 1957
- 11 Marquardt D W. J Soc Indust Appl Math, 1963, 11: 131

A Comparison of the Molecular Parameters for Six Cell Theory Equations of State for Polymer Liquids

Zhong Chongli, Ye Qingguo, Wang Lingmei, Chen Xiaoning

(Res. Center for Comp. and Chem. Eng., Qingdao Inst. of Chem. Techol. 266042)

Summary Molecular parameters and their variation regularity with the chain structure for six equations of state, namely Cell, Flory, SS, SHT, SHTF and OCM were compared using Zoller's PVT data for some serial samples of PBD and PI in this work. As a result, some useful conclusions were obtained which are helpful for the understanding of the EOSs.

Key words Cell theory, Equation of State, Molecular parameters, Polymer

(上接第 7 页)

Aromatic Heterocyclic Polymers

Lu Fengcai

(Institute of Chemistry, Academia Sinica, Beijing 100080)

Summary In the past forty years, rapid development of high technology, particularly in aerospace, electronic, mechanical and chemical industries, and subsequently in separation process industries, puts new demands on heat-resistant polymers. Aromatic heterocyclic polymers, which have the ability to withstand high temperature are thermally stable polymers. This paper briefly reviews several important aromatic heterocyclic polymers, namely polyimides, polybenzimidzoles, polybenzoxazoles, polythiodiazoles, polyphenylquinoxalines, polyphenyl-1,2,4-triazines and polyprrolones. Either all or one of them can meet the needs for the above mentioned high technology. It is believed that the research work and applications of these polymers can be continually developed in the future.

Key words Aromatic heterocyclic polymers, Rigid chain, Heat resistant polymers