

含4-苯基二氮杂萘酮结构共聚芳酯的合成及性能*

刘 程^{1,2,3} 褚春波¹ 王锦艳^{1,2,3} 张守海^{1,2,3} 蹇锡高^{1,2,3**}

(¹ 大连理工大学高分子材料研究所 ² 辽宁省高分子科学与工程重点实验室 ³ 辽宁省高性能树脂工程技术研究中心 大连 116012)

摘 要 以4-[4-(4-羧基苯氧基)苯基]-2-(4-羧基苯基)二氮杂萘-1-酮(DHPZ-DA)、4,4'-二羧基二苯醚(DAPE)和2,2'-二(4-羟基苯基)丙烷(PBA)为原料,采用溶液缩聚法,合成了一系列聚芳酯,其数均分子量在 $1.2 \times 10^4 \sim 1.7 \times 10^4$ 之间.通过FTIR和¹H-NMR对聚芳酯结构进行了表征.该系列聚芳酯具有无定形结构,可以溶解于吡啶(Py)、N-甲基吡咯烷酮(NMP)、四氢呋喃(THF)、氯仿和N,N-二甲基甲酰胺(DMF)等极性非质子有机溶剂.该系列聚芳酯的玻璃化转变温度(T_g)随着4-苯基二氮杂萘酮含量增加而升高,最高可达229℃,在N₂中10%热失重温度为462~490℃,最大热失重速率温度为480~517℃.该系列聚芳酯可以通过溶液浇铸成膜,聚合物膜具有良好的透明性和韧性,其拉伸强度为61~80 MPa,杨氏模量为0.93~1.38 GPa,断裂伸长率为13%~18%.

关键词 4-苯基二氮杂萘酮,聚芳酯,溶解性,耐热性

聚芳酯是一类高性能高分子材料,具有优异的耐热性、阻燃性、机械强度、耐紫外辐射和抗蠕变等性能特点,已经作为结构材料、电子材料和纤维材料等在航空航天、电子和通讯等高新技术领域发挥着重要作用^[1-3].然而,已商品化的热致液晶聚芳酯(Vectra-950)虽然具有较高的 T_g (260℃),由于刚性强,并且对称性高,导致溶解性较差,难以溶于普通的有机溶剂,使其应用受限;而U聚合物(双酚A与对苯二甲酸和间苯二甲酸的共聚物)虽然可溶解于部分有机溶剂,但是 T_g (190℃)相对较低,限制其在高温领域的应用^[4,5].因此,研究既有优异的热稳定性和又有良好溶解性的聚芳酯是极具挑战的课题,研究表明,引入柔性的醚键或较大的侧基虽能改善聚合物的溶解性,但是也降低其耐热等级.蹇锡高等^[6-12]将扭曲、非共平面的4-苯基二氮杂萘酮结构引入到聚合物主链中,改善了聚合物的溶解性同时赋予其优异的耐热性,因此,本文以含4-苯基二氮杂萘酮结构的二酸单体(DHPZ-DA),与4,4'-二羧基二苯醚(DAPE)和2,2'-二(4-羟基苯基)丙烷(PBA)进行共聚反应,从而获得含有4-苯基二氮杂萘酮结构聚芳酯,对其结构进行表征,并研究了其主要性能.

1 实验部分

1.1 实验原料

4-[4-(4-羧基苯氧基)苯基]-2-(4-羧基苯基)二氮杂萘-1-酮(DHPZ-DA),自制^[13];4,4'-二羧基二苯醚(DAPE),经四氢呋喃回流后使用;2,2'-二(4-羟基苯基)丙烷(PBA),经甲苯重结晶后使用;N,N-二甲基甲酰胺(DMF),分析纯,经CaH₂回流后减压蒸馏;吡啶(Py)经KOH回流后常压蒸馏;苯磺酰氯(TsCl)为分析纯,直接使用. DHPZ-DA、DAPE、PBA在聚合前均在烘箱中100℃、真空条件下处理10 h.

1.2 聚芳酯的合成及精制

以DHPZ-DA、DAPE和PBA为原料进行Higashi磺酰化法缩聚,通过调节单体的配比,获得系列不同4-苯基二氮杂萘酮结构含量的聚芳酯,命名为PPAR-*n*,*n*代表DHPZ-DA在二酸单体中的摩尔百分含量.以PPAR-0为例介绍聚芳酯的合成方法.在配有机械搅拌、恒压滴液漏斗和氮气进出口的100 mL三口烧瓶中依次加入16 mmol TsCl、5 mL吡啶和2.6 mmol DMF,在N₂保护下室温反应30 min,将含有1.2912 g(5 mmol)DAPE的吡啶溶液加入到上述反应物中,室温反应30 min,然后升温至120℃反应10 min后,将含

* 2010-02-02 收稿,2010-03-24 修稿;辽宁省高性能树脂工程技术研究中心专项基金资助项目; ** 通讯联系人, E-mail: jian4616@dl.cn
doi:10.3724/SP.J.1105.2011.10039

有 1.1415 g (5 mmol) PBA 的吡啶溶液滴加到上述反应液中,滴加完后再反应 4 h,停止反应,将聚合物溶液倒入 300 mL 乙醇中,得到棕色条状或絮状聚合物. 收率为 99.7%.

聚合物的精制过程是待聚合物烘干后,将其溶于氯仿,过滤后沉降在乙醇中得浅棕色絮状聚合物,过滤,真空干燥得精制的聚合物. 收率为 98.1%.

1.3 性能测试

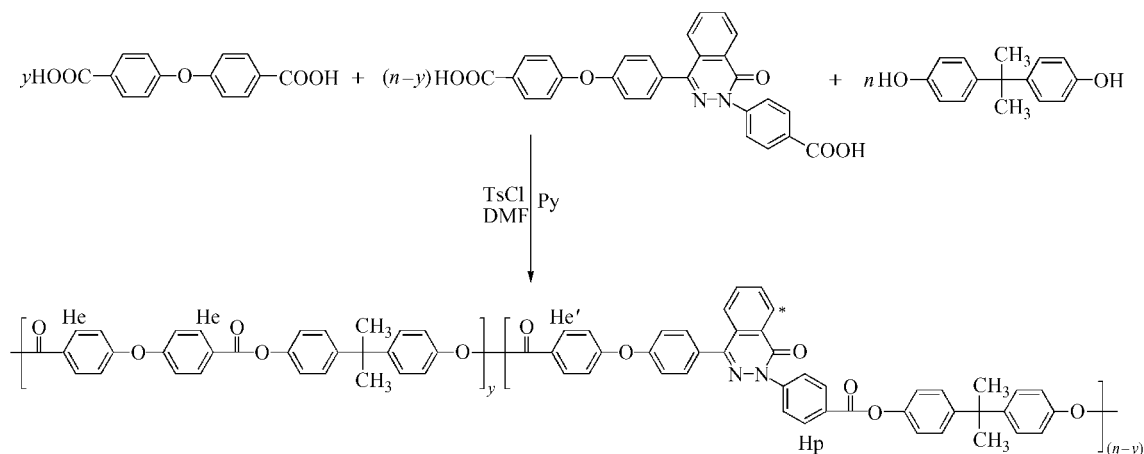
在 HP1090 型凝胶色谱仪 (GPC) 上测试聚合物的分子量,以氯仿为流动相,采用紫外光检测器 (254 nm); 在 NICOLET-20DXB 型红外光谱仪上采用氯仿涂膜法测定聚合物的红外谱图; 在 VARIAN TNOVA 400 型核磁共振仪上进行 ^1H -NMR 测试,以 CDCl_3 为溶剂; 在 NETZSCH DSC 204 型示差扫描量热仪 (DSC) 上进行玻璃化转变温度的测定,在氮气气氛下,升温速率为 10 K/min,测试范围 50 ~ 300℃; 在 Mettler TGA/SDTA 851 热失重分析仪 (TGA) 上分别进行热失重和微分热失重分析,在氮气气氛下,升温速率为 20 K/min,测试范围 100 ~ 800℃; 采用 Shimadzu XRD-6000 广角 X 射线衍射仪 (WAXD) 研究聚合物的结晶性能,以 $\text{CuK}\alpha$ 辐射源,测试速度 4 (°)/min,扫描范围 5° ~ 60°; 聚合物薄膜样品的制备: 将聚合物溶解于 NMP,配成浓度为 0.15 g/mL 的铺膜

溶液,将聚合物溶液浇铸在干净的平面玻璃板上,平铺后,在 60℃ 下烘干,再在 100℃ 真空干燥 24 h,得到厚度约为 30 ~ 40 μm 的薄膜; 在 Instron 5567 型电子拉力机上测试力学性能,聚合物薄膜样品的长度为 4.5 ~ 5.0 cm,宽为 0.4 cm,测试载荷为 100 N,拉伸速度 2 mm/min; 聚合物的溶解性能测试是将大约 0.02 g 的聚合物完全浸泡在 1 mL 的待测溶剂中,在室温下测试其溶解性.

2 结果与讨论

2.1 聚芳酯的合成

Higashi 等以吡啶作溶剂,以 $\text{TsCl}/\text{Py}/\text{DMF}$ 为缩合剂,二酸与双酚直接进行缩合反应^[4-18]. Higashi 磺酰化法聚合机理目前认为,苯磺酰氯、 N,N -二甲基甲酰胺和吡啶作为缩合剂使用,即在聚合过程中可与二羧酸形成一种配位的中间体,所生成的中间体存在一个更易离去的基团,因而活化羧基,易于得到高分子量的聚酯. 但是该体系对于刚性较强的二酸不适用,因为这些二酸经过活化后,即使升温至 120℃ 也不溶解于吡啶中,导致聚合反应不能有效地进行. 而含有 4-苯基二氮杂萘酮结构的二酸具有不对称的扭曲、非共平面的结构特点,可以溶解于吡啶,4,4'-二羧基二苯醚经过活化后在 120℃ 也能溶于吡啶中,适用于该体系. PPAR 聚合反应见示意图 1.



Scheme 1 Synthesis of polyarylates PPAR

聚合物分子量及分子量分布见表 1, 聚合物数均分子量在 $1.2 \times 10^4 \sim 1.7 \times 10^4$ 之间, 表明 DHPZ-DA 和 DAPE 两种二酸单体均具有较高的聚合反应活性; 分子量分布指数为 1.93 ~ 2.91, 并且随着聚合单体中 DHPZ-DA 含量的增加而变

宽, 这可能是由于 DHPZ-DA 为非对称性单体, 两个羧基的反应活性存在差异, 从而导致分子量分布变宽.

2.2 聚芳酯的结构

通过 FTIR 和 ^1H -NMR 对所合成聚芳酯的结

Table 1 Molecular weight of PPARs and analysis of $^1\text{H-NMR}$

Polymer	DHPZ-DA content ^a (mol%)	DHPZ-DA content from $^1\text{H-NMR}$ ^b (mol%)	$M_n \times 10^{-4}$ ^c	$M_w \times 10^{-4}$ ^c	M_w/M_n ^c	Yield (%)
PPAR-0	0	0	1.7	3.3	1.93	98.1
PPAR-20	20	21.7	1.5	3.1	1.99	98.3
PPAR-40	40	41.0	1.2	2.2	2.51	98.5
PPAR-60	60	61.8	1.2	3.2	2.61	98.3
PPAR-80	80	79.5	1.4	3.6	2.63	99.0
PPAR-100	100	100	1.6	4.6	2.91	98.7

^a Feed molar ratio of DHPZ-DA relative to the total diacids; ^b Calculated DHPZ-DA content by $^1\text{H-NMR}$ data; ^c M_n , M_w and M_w/M_n values were determined by GPC in CHCl_3 with PS as a standard

构进行谱学表征. 在聚芳酯的红外光谱图(图1)中,聚芳酯的均聚物和共聚物在 3100 cm^{-1} 以上没有出现羟基的特征吸收峰,也未出现羧基的吸收峰,表明单体中的羟基和羧基已经反应完全. 聚芳酯的均聚物和共聚物均在 2963 cm^{-1} 出现甲基中 C-H 伸缩振动峰,在 3059 cm^{-1} 出现苯环上 C-H 伸缩振动峰,在 1734 cm^{-1} 出现明显的酯基中 C=O 的特征吸收峰, 1593 和 1502 cm^{-1} 处为苯环中 C=C 的伸缩振动峰, 1259 、 1246 和 1206 cm^{-1} 是 C-O-C 键伸缩振动峰;同时,随着 4-苯基二氮杂萘酮结构含量的增加,聚合物在 1673 cm^{-1} 处的吸收峰的强度也逐渐增大,这应归属于二氮杂萘酮结构中酮羰基 (C=O) 的伸缩振动峰,并且聚合物在 1240 cm^{-1} 处的醚键伸缩振动峰的强度也发生变化,这是由于聚合物的分子主链中存在三种化学环境的芳醚键 (C-O-C). 红外谱图表明二酸和双酚单体在 TsCl/Py/DMF 聚合体系中有较高的反应活性,所合成聚合物中 4-苯基二氮杂萘酮结构含量变化规律与设计一致.

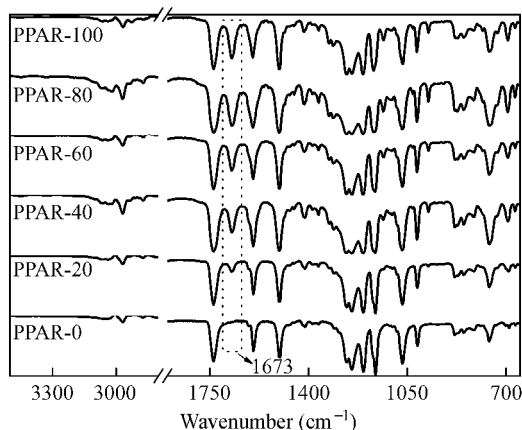


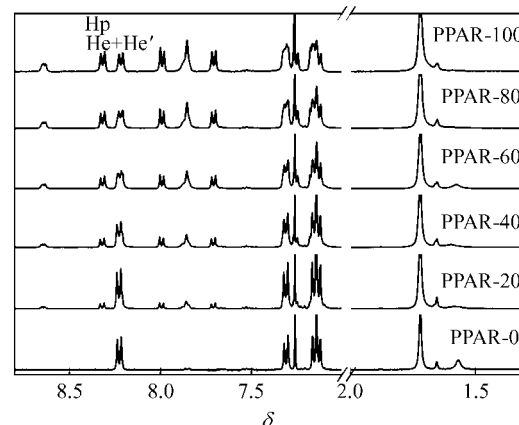
Fig. 1 FTIR spectra of PPARs

在聚合物的 $^1\text{H-NMR}$ 谱图(图2)上, $\delta = 8.65 \sim 7.12$ 的氢归属于苯环上氢质子的化学位移, $\delta = 1.72$ 处的氢为聚合物中甲基 H 的化学位移. 其

中, $\delta = 8.65$ 处的氢为 4-苯基二氮杂萘酮结构中 H^* 的特征化学位移,并且随着 4-苯基二氮杂萘酮结构含量的减少,其峰面积也逐渐减小; $\delta = 8.33$ 、 8.00 、 7.85 和 7.69 处峰的积分面积也随着 4-苯基二氮杂萘酮结构含量的减少降低. 由 PPAR-0 的 $^1\text{H-NMR}$ 可知,处于低场的化学位移 ($\delta = 8.21$) 为与酯基相邻苯环上 He , DHPZ-DA 二酸含有与 DAPE 有相同的 4-氧基苯甲酸结构,所以 He' 的化学位移与 He 重合,均出现在 $\delta = 8.21$ 处,这可以在 PPAR100 的 $^1\text{H-NMR}$ 谱得到证明,而另一侧酯基相邻苯环上的 H_p 同时也受到相邻二氮杂萘酮基团的影响,导致向更低场位移,因此可以确定 $\delta = 8.33$ 为 H_p 处 H 的化学位移,且其积分面积应与 He' 相等. 利用 $^1\text{H-NMR}$ 中 H 峰面积之比算出聚合物分子链中 DHPZ-DA 单体的含量,如方程式(1)所示.

$$(\text{DHPZ-DA})\% = \frac{L_{\text{H}_p}/2}{L_{\text{H}_p}/2 + (L_{(\text{He}+\text{He}')} - L_{\text{H}_p})/4} \times 100\% \quad (1)$$

其中, L_{H_p} 为 H_p 的峰面积, $L_{(\text{He}+\text{He}')}$ 为 $\delta = 8.21$ 处 H 的峰面积,包括 He 和 He' 的峰面积之和,而 He' 合 H_p 的峰面积相等,均对应 2 个氢质子,因此,

Fig. 2 $^1\text{H-NMR}$ spectra of PPARs

($L_{(\text{He} + \text{He}')} - L_{\text{HP}}$) 即为 L_{He} . 计算结果列于表 1, 实际结果和理论结果基本符合. 核磁氢谱结果表明聚合物中 4-苯基二氮杂萘酮结构含量与设计结构相符.

综上所述, 红外光谱和核磁氢谱的结果表明所合成含 4-苯基二氮杂萘酮结构聚芳酯的结构与设计相一致.

2.3 聚合物热性能

通过示差扫描量热仪(DSC)和热失重分析仪(TGA)研究了含 4-苯基二氮杂萘酮结构系列聚芳酯的热性能, 其热性能数据见表 2. DSC 曲线如图 3 所示, 所合成的聚芳酯没有出现熔融峰, 表明该类聚合物为无定形结构; 所有聚合物均只有一个 T_g , 范围为 154 ~ 229 °C, 并且随着分子主链中 4-苯基二氮杂萘酮结构含量的增加, T_g 呈逐渐增大的趋势, 这是由于 4-苯基二氮杂萘酮为全芳杂环结构, 而芳杂环结构的引入有利于提高聚合物的 T_g . 因此, 可以通过调整该类聚芳酯的主链结构, 达到调节聚合物 T_g 的目的.

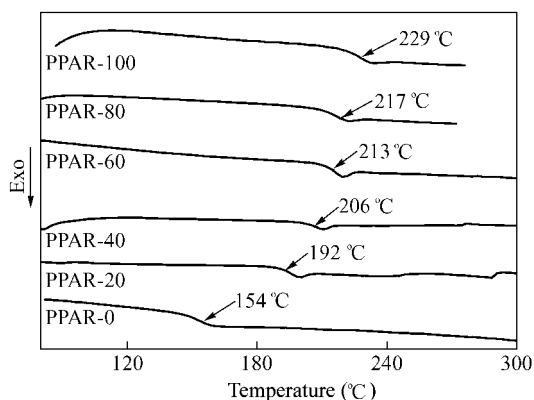


Fig. 3 DSC traces of PPARs

聚合物热失重数据如表 2 所示, 含 4-苯基二氮杂萘酮结构聚芳酯在 N_2 中 1% 热失重温度均在 400 °C 以上, 10% 失重温度在 462 ~ 490 °C 之间, 最大热失重速率温度在 484 ~ 517 °C 之间; 失重温度区间大约为 370 ~ 640 °C, 对应的 DTG 曲线只有一个突变峰出现, TGA 和 DTG 曲线以 PPAR-20 为例, 见图 4; 800 °C 时在 N_2 中的残炭率为 32% ~ 48%, 其中 PPAR-80 和 PPAR-100 的残留率比较高, 这是由于聚合物链中 4-苯基二氮杂萘酮结构含量较多, 而芳杂环结构的存在有利于提高聚合物的热稳定性.

上述分析结果表明, 所合成的含 4-苯基二氮杂萘酮结构聚芳酯具有优异的耐热稳定性.

Table 2 Thermal properties of PPARs

Polymer	T_g (°C)	T_1 (°C) ^a	T_{10} (°C) ^b	T_{max} (°C) ^c	C_y (%) ^d
PPAR-0	154	407	490	517	32
PPAR-20	192	421	467	488	35
PPAR-40	206	429	469	486	41
PPAR-60	213	403	462	480	43
PPAR-80	217	413	467	482	45
PPAR-100	229	416	468	483	48

^aTemperature for 1% weight loss tested by TGA in nitrogen, 20 K/min; ^bTemperature for 10% weight loss tested by TGA in nitrogen, 20 K/min; ^cTemperature for the maximum tested by DTG in nitrogen, 20 K/min; ^dCalculated as the percentage of solid residue after heating from 100 °C to 800 °C in nitrogen, 20 K/min

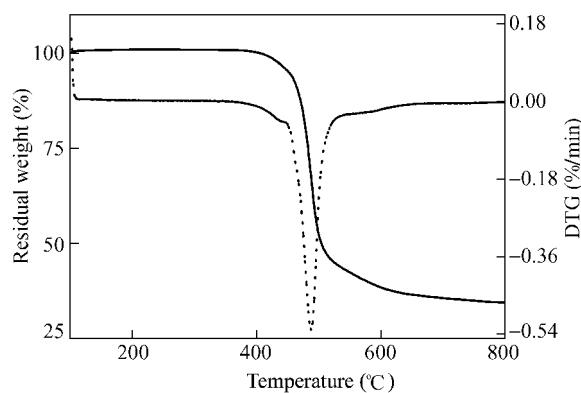


Fig. 4 TGA and DTG curves of PPAR-20 under nitrogen, 20 K/min

2.4 聚芳酯的溶解性能

通过 WAXD 研究了聚合物的结晶性, 该类聚芳酯的 WAXD 曲线均呈现一个宽的弥散峰, 表明聚合物为无定形结构, 这与 DSC 测试结果是一致的.

定性地研究了新型聚芳酯的溶解性能, 结果如表 3 所示. 含 4-苯基二氮杂萘酮结构聚芳酯具有良好的溶解性, 可溶解于多种极性非质子有机溶剂, 如 NMP、*N,N*-二甲基乙酰胺 (DMAc)、 CHCl_3 、Py 和 THF 等, 但不溶于二甲基亚砜 (DMSO) 和乙醇. 其良好的溶解性应归因于在聚芳酯的分子主链中引入了柔性的醚键和扭曲、非共平面的 4-苯基二氮杂萘酮结构, 增加了分子链的柔顺性, 同时也增大了分子链间距离, 有利于有机小分子进入到分子链间, 从而改善聚合物的溶解性. 良好的溶解性使得该类聚芳酯在膜、复合材料、涂料和绝缘漆等领域具有广泛的应用前景.

Table 3 Solubility of PPARs^a

Polymer	NMP	CH ₃ Cl	DMAc	THF	Ethanol	DMSO	Py
PPAR-0	+	+	+	+	—	—	+
PPAR-20	+	+	+	+	—	—	+
PPAR-40	+	+	+	+	—	—	+
PPAR-60	+	+	+	+	—	—	+
PPAR-80	+	+	+	+	—	—	+
PPAR-100	+	+	+	+	—	—	+

^a + Soluble in room temperature (25℃); — Insoluble in room temperature (25℃)

2.5 聚芳酯的力学性能

将所合成的聚芳酯铺制成薄膜,并对其力学性能进行测试,结果见表 4。这类聚芳酯具有较好的力学性能,其拉伸强度为 61 ~ 80 MPa,断裂伸长率为 14% ~ 18%,拉伸模量为 0.93 ~ 1.38 GPa,表明该系列聚芳酯具有优良的力学性能。

3 结论

以 4-[4-(4-羧基苯氧基)苯基]-2-(4-羧基苯

Table 4 The mechanical properties of PPARs

Polymer	Elongation at break (%)	Tensile strength (MPa)	Tensile modulus (GPa)
PPAR-0	15	61	0.93
PPAR-20	16	68	1.07
PPAR-40	15	80	1.30
PPAR-60	18	72	1.17
PPAR-80	17	78	1.22
PPAR-100	13	72	1.38

基)二氮杂萘-1-酮(DHPZ-DA)、4,4'-二羧基二苯醚和 2,2'-二(4-羟基苯基)丙烷为原料,进行 Higashi 磺酰化法缩聚,合成了一系列新型含 4-羧基二氮杂萘酮结构聚芳酯树脂,聚合物的数均分子量为 $1.2 \times 10^4 \sim 1.7 \times 10^4$,分子量分布为 1.93 ~ 2.91。该类聚芳酯具有优异的耐热性能、良好的溶解性和力学性能,并且通过调整两种二酸单体的摩尔配比,可以调节聚芳酯的 T_g ,从而获得了制备 T_g 可调的含 4-羧基二氮杂萘酮结构聚芳酯。其优异的综合性能使该类聚芳酯有望在膜、复合材料、涂料和绝缘漆等领域得到广泛的应用。

REFERENCES

- Xiao Changfa(肖长发). China Synthetic Fiber Industry(合成纤维工业),1992,15(3):39~44
- Su Jiaqi(苏家齐). China New Chemical Materials(化工新型材料),1994,10:20~23
- Harris J E,Matzner M,Robeson LM. US patent,4879354. 1989-11-07
- Economy J,Storm R S,Matkovich V I,Cottis S G,Nowak B E. J Polym Sci,Part A:Polym Chem Ed,1976,14:2207~2224
- Prevorek D C. Polymer Liquid Crystals. New York:Academic Press,1982. 329
- Gao Yurong(高玉荣),Liu Cheng(刘程),Zhang Shouhai(张守海),Wang Jinyan(王锦艳),Dong Liming(董黎明),Jian Xigao(蹇锡高). Chinese Journal of Materials Research(材料研究学报),2006,20(5):513~517
- Liu Cheng(刘程),Liu Pengtao(刘鹏涛),Wang Mingjing(王明晶),Liang Qizhen(梁启振),Wang Guoqing(王国庆),Jian Xigao(蹇锡高). Acta Polymerica Sinica(高分子学报),2005,(4):574~578
- Jian Xigao(蹇锡高),Zhu Xiuling(朱秀玲),Chen Lianzhou(陈连周). Journal of Dalian University of Technology(大连理工大学学报),1999,39(5):629~634
- Jian Xigao(蹇锡高),Chen Ping(陈平),Liao Gongxiong(廖功雄),Zhu Xiuling(朱秀玲),Zhang Shouhai(张守海),Wang Jinyan(王锦艳). Acta Polymerica Sinica(高分子学报),2003,(4):469~475
- Wang Mingjing(王明晶),Liu Cheng(刘程),Liu Zhiyong(刘志勇),Dong Liming(董黎明),Jian Xigao(蹇锡高). Acta Polymerica Sinica(高分子学报),2007,(9):833~837
- Pan Haiyan(潘海燕),Liang Yongfang(梁勇芳),Li Jianfeng(李建丰),Zhu Xiuling(朱秀玲),Jian Xigao(蹇锡高),Xuan Genhai(宣根海). Acta Polymerica Sinica(高分子学报),2007,(8):742~745
- Zhang Shouhai(张守海),Zhou Juan(周娟),Xing Dongbo(邢东博),Jian Xigao(蹇锡高). Acta Polymerica Sinica(高分子学报),2010,(3):274~279
- Wang Ruiling(王瑞玲),Jian Xigao(蹇锡高),Zhu Xiuling(朱秀玲),Zhang Shouhai(张守海). Acta Polymerica Sinica(高分子学报),2002,(2):163~166
- Higashi F,Akiyama N,Takahashi I,Koyama T. J Polym Sci,Polym Chem Ed,1984,22:1653~1660
- Higashi F,Ong C H,Okada Y. J Polym Sci,Part A:Polym Chem,1999,37:3625~3631
- Higashi F,Yamada Y,Hoshio A. J Polym Sci,Polym Chem Ed,1984,22:2181~2187

17 Higashi F, Ozawa M, Chang T C. J Polym Sci, Polym Chem Ed, 1985, 23:1361 ~ 1367

18 Higashi F, Takakura T, Sumi Y. J Polym Sci, Part A: Polym Chem, 2004, 42:2321 ~ 2328

SYNTHESIS AND PROPERTIES OF POLYARYLATES CONTAINING 4-PHENYLPHTHALAZINONE MOIETY

LIU Cheng^{1,2,3}, CHU Chunbo¹, WANG Jinyan^{1,2,3}, ZHANG Shouhai^{1,2,3}, JIAN Xigao^{1,2,3}

(¹ Institute of Polymer Science and Materials, Dalian University of Technology,

² Liaoning Province Key Laboratory of Polymer Science and Engineering,

³ Liaoning Province Engineering Center of High Performance Resins, Dalian 116012)

Abstract A series of poly(4-phenylphthalazinone arylate)s (PPARs) were prepared from 4-[4-(4-carboxyphenoxy) phenyl]-2-(4-carboxyphenyl) phthalazin-1-one (DHPZ-DA) and 4,4'-dicarboxydiphenyl ether (DAPE) with 4,4'-isopropylidenediphenol by solution polycondensation in pyridine at 120°C. These polyarylates have number-average molecular weights of $1.2 \times 10^4 \sim 1.7 \times 10^4$ and relatively narrow molecular weight distribution in the range of 1.93 ~ 2.91. The structures of the obtained polyarylates were confirmed by FTIR and ¹H-NMR. These polyarylates showed high glass transition temperatures (T_g), which can be 229°C. The 1% weight loss temperatures of the polyarylates, measured by thermogravimetric analysis, were above 400°C in nitrogen. The 10% weight loss temperatures of the polymers were in the range of 462 ~ 490°C in nitrogen, the weight loss peak temperature were in the range of 480 ~ 517°C in nitrogen. These polyarylates are amorphous, and most of them exhibited excellent solubility in a variety of polar aprotic solvents such as pyridine (Py), N-methyl-2-pyrrolidinone (NMP), tetrahydrofuran (THF), chloroform and N, N-dimethylformamide (DMF). The polyarylates can form transparent, strong and flexible films with tensile strength in the range of 61 ~ 80 MPa, Young's moduli in the range of 0.93 ~ 1.38 GPa, and elongation at break in the range of 13% ~ 18%.

Keywords 4-Phenylphthalazinone, Polyarylates, Solubility, Thermal stability