

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2017.10.003

间苯二甲酸改性聚醚酯弹性体的合成与表征

郑威, 兰建武, 古隆, 石坤, 李果, 黄俊成

(四川大学轻纺与食品学院, 成都 610065)

摘要: 用间苯二甲酸(IPA)作为改性剂, 对以对苯二甲酸二甲酯(DMT), 1,4-丁二醇(BDO), 聚四氢呋喃醚(PTMG)和抗氧化剂1010为原料以及钛酸丁酯为催化剂合成的软硬段为7:3的聚醚酯弹性体进行改性, 以提高其纤维的低温回弹性能。通过改变IPA与DMT的物质的量比(1:5~1:15), 成功地合成了一系列的IPA改性聚醚酯弹性体(PBITG-1~PBITG-5), 并对其结构、热性能、力学性能和纤维回弹性能进行了测试和表征。通过对IPA改性聚醚酯弹性体的傅立叶变换红外光谱和核磁谱图分析可知, 成功地合成了IPA改性聚醚酯弹性体。从差示扫描量热测试结果分析得知, 随着IPA含量的降低, 所合成的IPA改性聚醚酯弹性体的熔点逐渐增加。热重分析结果表明, 不同IPA含量的聚醚酯弹性体都具有良好的热稳定性能, 起始分解温度都高于365℃。通过单纤强力仪测试表明, 同一拉伸倍数下, 随着IPA含量的减少, 聚醚酯弹性体纤维的断裂强度和断裂伸长率都有所增加。低温回弹性能测试结果表明, IPA的加入的确能提高聚醚酯弹性体纤维的低温回弹性能, 其中, PBITG-1纤维拉伸1倍时对应的低温回弹率最大, 为97.92%。

关键词: 聚醚酯; 弹性体; 间苯二甲酸; 改性; 低温回弹性能

中图分类号: TQ323.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2017)10-0013-06

Synthesis and Characterization of Poly(ether-ester) Elastomers Modified with Isophthalic Acid

Zheng Wei, Lan Jianwu, Gu Long, Shi Kun, Li Guo, Huang Juncheng

(College of Light Industry & Food Engineering, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

Abstract: The poly(ether-ester) elastomers (PBITG-1~PBITG-5) with soft segment to hard segment 7:3 were synthesized from dimethyl terephthalate (DMT), 1,4-butanediol(BDO), polytetrahydrofuran ether (PTMG) and antioxidant 1010, and were modified with isophthalic acid (IPA) by changing the amount of substance ratio of IPA and DMT (1:5~1:15). The structure, thermal and mechanical properties of the elastomer polymers were characterized in detail by FTIR, ¹H-NMR, DSC, TG and single fiber strength tester. The structures of the elastomer polymers with different IPA content were confirmed by FTIR and ¹H-NMR. The melting point of the elastomer polymers gradually increase with IPA content decreasing. The initial decomposition temperature of the elastomer polymers are all over 365℃, which indicated all polymers have excellent thermal stability properties. Under the same draw ratio, the breaking strength and elongation at break of the elastomer polymers increase with IPA monomer decreasing. The resilience at low temperature of elastomer polymers could be improved by IPA, and the maximum resilience rate reaches 97.92% when the draw ratio of PBITG-1 fiber is 1.

Keywords: poly(ether-ester); elastomer; isophthalic acid; modify; resilience

聚醚酯弹性体是一种嵌段共聚物, 它的硬段一般包括芳香族或脂肪族聚酯, 而软段一般由聚醚构成^[1-3]。它的硬段作为结晶相, 为聚合物提供物理交联点, 从而赋予材料良好的力学性能与弹性模量; 它的软段因其本身具有很高的弹性, 从而提供材料的弹性性能。当温度很高时, 硬段相对软段相的限制消失, 材料可以在高温下加热塑化成型; 而当温度降低后这种限制又会恢复, 因而表现出硫化橡胶的性能特征^[4-5]。聚醚酯弹性体与苯乙烯相比, 因其物理力学性能可以通过软硬段之间的比例进行调

节, 所以在力学强度、耐寒以及使用温度等方面具有很大的优势, 而且它还具有良好的电绝缘性能, 被广泛地应用于家电、体育用品等方面, 为人们的生活带来了很大的便利^[6]。然而, 以聚醚为软段的弹性体都存在一个共同的问题, 那就是在低温条件下, 聚醚软段容易发生结晶, 从而导致弹性性能下降。根据文献资料可知^[7-8], 添加空间位阻大的二元酸有利于降低所合成弹性体的结晶度, 降低软段在低温条件

联系人: 兰建武, 教授, 主要从事聚醚酯弹性体的开发与研究

收稿日期: 2017-07-20

下的弹性回复性能。

因此,笔者选择空间位阻大的间苯二甲酸(IPA)作为改性剂,改变IPA与对苯二甲酸二甲酯(DMT)的物质的量比,成功地合成了IPA与DMT物质的量比分别为1:5,1:7.5,1:10,1:12.5和1:15的聚醚酯弹性体,分别记为PBITG-1, PBITG-2, PBITG-3, PBITG-4和PBITG-5,并对其结构、热性能和力学性能进行了测试和表征。

1 实验部分

1.1 主要原材料

DMT:化学纯,国药集团化学试剂有限公司;

IPA,1,4-丁二醇(BDO)、聚四氢呋喃醚(PTMG)、钛酸丁酯和间甲酚:分析纯,成都科龙化工试剂厂;

抗氧剂:1010,化学纯,天津晨光化工有限公司;

三氯甲烷:分析纯,成都长联化工试剂有限公司。

1.2 主要仪器与设备

全反射傅立叶变换红外光谱(FTIR)仪:Nicolet560型,美国Nicolet公司;

核磁共振(NMR)仪:Bruker AV II-400 MHz型,瑞士Bruker公司;

差示扫描量热(DSC)仪:DSC-60A型,日本Shimadzu公司;

热失重(TG)分析仪:DTG-60型,日本Shimadzu公司;

纤维电子强力仪:YG001A型,太仓纺织仪器厂;

小型单孔熔融纺丝机、纤维拉伸仪:自制;

乌氏黏度计:口径1 mm,上海精密科学仪器有限公司。

1.3 IPA改性聚醚酯弹性体的合成

将计算好物质的量的IPA,DMT,BDO,PTMG及抗氧剂1010(占样品总质量的0.1%)和钛酸丁酯(占样品总质量的0.1%)加入到带有搅拌设备的三口烧瓶中,在搅拌情况下,将N₂通入三口烧瓶中5 min,排尽三口烧瓶中的空气后撤除,然后插上温度计,逐渐升温至190℃并保持1 h,随后继续升温至230℃并保持1 h,待反应液变成半透明或者透明状时,再将温度升高至240~250℃,开始进行减压聚合反应,预缩聚阶段缓慢减压直至60 Pa,共经历1~2 h,然后保持60 Pa高真空进行终缩聚反应,直

到聚合物熔体出现很明显的爬杆现象,此时将聚合物熔体立刻倒入冷水中,得到IPA改性聚醚酯弹性体,真空干燥、切粒。详细制备IPA改性聚醚酯弹性体投料参数列于表1。

表1 IPA改性聚醚酯弹性体的投料参数

聚合物 编号	DMT与IPA的 物质的量比	DMT/ g	IPA/ g	BDO/ g	PTMG/ g
PBITG-1	5:1	22.98	3.93	19.25	46.01
PBITG-2	7.5:1	22.98	2.62	19.25	46.01
PBITG-3	10:1	22.98	1.97	19.25	46.01
PBITG-4	12.5:1	22.98	1.57	19.25	46.01
PBITG-5	15:1	22.98	1.31	19.25	46.01

1.4 IPA改性聚醚酯弹性体薄膜样品的制备

将合成的聚合物进行真空干燥后,用25 mL容量瓶以三氯甲烷为溶剂将样品配成浓度为0.1 g/mL的溶液,倒入实验室自制的带有方形格的玻璃板上,待溶剂自然蒸发后即可得到IPA改性聚醚酯弹性体薄膜样品。

1.5 IPA改性聚醚酯弹性体纤维的制备

用自制的单孔熔融纺丝机进行熔融纺丝,纺丝温度为200~220℃,然后对初生纤维在70℃下用自制的拉伸仪进行热拉伸,拉伸倍数为1,2,3和4倍,并于相同温度70℃下热定型2 min,得到后拉伸热处理的IPA改性聚醚酯弹性体纤维。

1.6 性能测试及表征

特性黏度测试:在(30±0.1)℃的恒温水浴中,用直径为1 mm的乌氏黏度计进行空白样与浓度为0.5 g/dL的由间甲酚配制的IPA改性聚醚酯弹性体溶液的特性黏度测试。

FTIR测试:用制备好的PA改性聚醚酯弹性体薄膜样品,在测量范围为4000~650 cm⁻¹的FTIR仪上进行测试,光谱的分辨率是2 cm⁻¹。

¹H-NMR测试:以氘代氯仿(CDCl₃)为溶剂,四甲基硅烷(TMS)为内标,在频率为400 MHz的NMR仪上进行测试。

DSC测试:称取5~8 mg真空干燥后的样品,在流速50 mL/min的N₂保护下,以10℃/min的升温速率,从40℃升温到250℃,记录升温DSC曲线。

TG测试:称取5~10 mg真空干燥后的样品,在流速50 mL/min的N₂保护下,以10℃/min的升温速率,从50℃升温到600℃,记录数据。

纤维力学性能测试:将上述后拉伸热处理得到的纤维在单纤强力仪上进行纤维的断裂强度和断裂伸长率的测试,拉伸速度为20 mm/min,夹持距离

为 5 mm,每个样品测 5 次,取平均值。

纤维低温回复性能测试:测量上述不同比例、不同拉伸倍数的热处理后的纤维的原始长度,记为 L_0 ,然后在低温 8℃ 下进行拉伸,拉伸至所要求的长度,记为 L_1 ,并在 8℃ 下保持 L_1 长度 2 min,然后将纤维的拉伸头返回至起始的位置,在起始位置停留 2 min 后,测出纤维回复后的长度 L ,再根据以下公式进行计算得到纤维在低温条件下的回弹率:

$$\text{回弹率}(\%) = [(L_1 - L) / (L_1 - L_0)] \times 100\%$$

2 结果与讨论

2.1 IPA 改性聚醚酯弹性体的特性黏度分析

制备的 IPA 改性聚醚酯弹性体的特性黏度及外观列于表 2。从表 2 可知,IPA 改性聚醚酯弹性体的特性黏度都较高,表明合成的聚醚酯弹性体的黏均分子量较高。

表 2 IPA 改性聚醚酯弹性体的特性黏度及外观

聚合物编号	特性黏度 / (dL · g ⁻¹)	外观
PBITG-1	2.04	半透明
PBITG-2	2.27	半透明
PBITG-3	2.18	半透明
PBITG-4	3.46	半透明
PBITG-5	1.91	半透明

2.2 IPA 改性聚醚酯弹性体的 FTIR 分析

IPA 改性聚醚酯弹性体的 FTIR 谱图如图 1 所示。

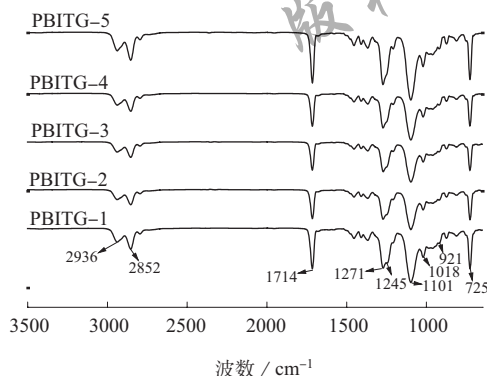


图 1 IPA 改性聚醚酯弹性体的 FTIR 谱图

从图 1 可看出:在 2936, 2852 cm⁻¹ 处是碳氢键的振动伸缩吸收峰;在 1714 cm⁻¹ 处的强峰是 C=O 的伸缩振动吸收峰^[9];在 1271 cm⁻¹ 与 1245 cm⁻¹ 处的强峰是酯基与聚醚中的 C—O—C 的振动吸收特征峰,表明酯化反应的存在^[10];在 1101, 1018 cm⁻¹ 以及 921 cm⁻¹ 处的强峰表示聚合物中存在间位与对位取代的苯环存在^[11];在 725 cm⁻¹ 处是苯环的特征吸收峰^[12];从以上分析可知,IPA 已经成功地被引入到聚醚酯弹性体上。

2.3 IPA 改性聚醚酯弹性体的 ¹H-NMR 分析

IPA 改性聚醚酯弹性体的 ¹H-NMR 谱图如图 2 所示。

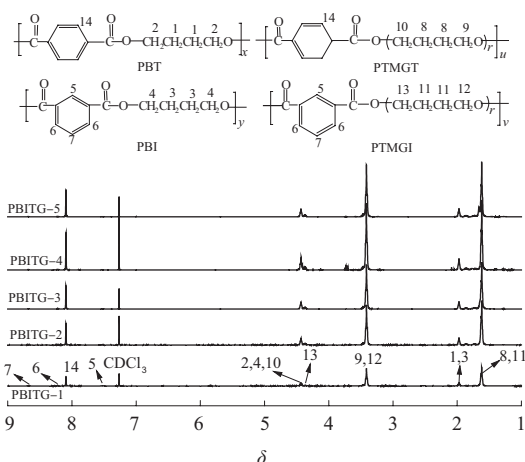


图 2 IPA 改性聚醚酯弹性体的 ¹H-NMR 谱图

从图 2 可知,在 $\delta=1.97, 4.42$ 与 8.08 分别对应的是 PBT 中 1, 2 与 14 处的氢谱特征峰;在 $\delta=1.97, 4.42, 7.52, 8.22$ 与 8.67 分别对应的是 PBI 中 3, 4, 5, 6 与 7 处的氢谱特征峰;在 $\delta=1.62, 3.40, 4.42$ 与 8.08 分别对应的是 PTMGT 中 8, 9, 10 与 14 处的氢谱特征峰;在 $\delta=1.62, 3.4, 4.37, 7.52, 8.22$ 与 8.67 分别对应的是 PTMGI 中 11, 12, 13, 5, 6 与 7 处的氢谱特征峰^[13]。根据文献[14]中的公式,可分析计算得到 IPA 改性聚醚酯弹性体中对苯二甲酸丁二酯(PT)与间苯二甲酸丁二酯(PI)硬段部分分布情况的数值,结果列于表 3。

表 3 IPA 改性聚醚酯弹性体的分布

聚合物编号	理论 DMT : IPA 的物质比	$X_{PT} / \%$	$X_{PI} / \%$	实测 DMT : IPA 的物质比
PBITG-1	5 : 1	83.3	16.7	4.99 : 1
PBITG-2	7.5 : 1	88.5	11.5	7.70 : 1
PBITG-3	10 : 1	90.9	9.1	9.99 : 1
PBITG-4	12.5 : 1	92.6	7.4	12.51 : 1
PBITG-5	15 : 1	93.5	6.5	14.38 : 1

注: X_{PT} 和 X_{PI} 分别表示弹性体聚合物中 PT 和 PI 在硬链段中所占的百分比。

由表 3 可知,所合成的弹性体聚合物中 DMT : IPA 的物质比与所设计的比例相近。因此,结合弹性体聚合物的 ¹H-NMR 和 FTIR 分析,充分说明了这一系列比例的 IPA 改性聚醚酯弹性体已经成功合成。

2.4 IPA 改性聚醚酯弹性体的 DSC 分析

IPA 改性聚醚酯弹性体的 DSC 曲线如图 3 所示。

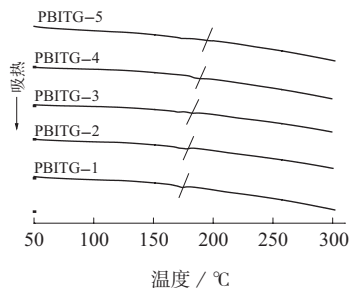


图3 IPA 改性聚醚酯弹性体的 DSC 曲线

从图3可得 PBITG-1, PBITG-2, PBITG-3, PBITG-4, PBITG-5 的熔点分别为 174, 178, 185, 187, 196℃。由上述数据可知,随着 IPA 含量的降低,所合成的弹性体聚合物的熔点逐渐增加。这是因为 IPA 能够降低 PBT 序列的结构规整性,从而降低弹性体聚合物的结晶度,相应地就会降低弹性体聚合物的熔点^[10]。

2.5 IPA 改性聚醚酯弹性体的 TG 分析

IPA 改性聚醚酯弹性体的 TG 曲线如图4所示,其相对应的 TG 数据列于表4。

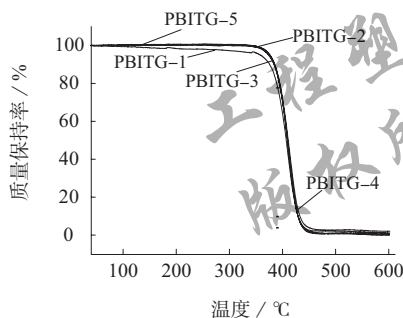


图4 IPA 改性聚醚酯弹性体的 TG 曲线

表4 IPA 改性聚醚酯弹性体的 TG 数据

聚合物编号	T_5 / °C	T_{20} / °C	T_{50} / °C	500℃残留率 / %
PBITG-1	365.9	390.5	407.8	0.96
PBITG-2	373.0	393.3	408.7	1.01
PBITG-3	372.9	394.0	409.3	2.68
PBITG-4	374.6	393.9	409.3	2.06
PBITG-5	374.3	394.3	410.0	0.69

注: T_5 , T_{20} , T_{50} 分别表示在热失重为 5%, 20% 以及 50% 时所对应的热分解温度。

从图4和表4可看出,当 IPA 改性聚醚酯弹性体质量保持率为 95%, 80% 或 50% 时, IPA 的含量对其所对应的分解温度的影响很小,最大的分解温度差值小于 10℃,而且 IPA 含量最高的 PBITG-1 的起始分解温度也高达 365.9℃。另外, IPA 改性聚醚酯弹性体在 500℃ 时的质量保持率也都相近,其中, PBITG-5 的最小,为 0.69%, PBITG-3 的最大,为 2.68%。以上数据表明,所合成的不同含量的

IPA 改性聚醚酯弹性体都具有良好的热稳定性。原因可能是由于 IPA 本身是芳香族二元酸,其分子内所含苯环具有良好的热稳定性。

2.6 IPA 改性聚醚酯弹性体的力学性能分析

IPA 改性聚醚酯弹性体的断裂强度与断裂伸长率与拉伸倍数的关系曲线图分别如图5和图6所示。

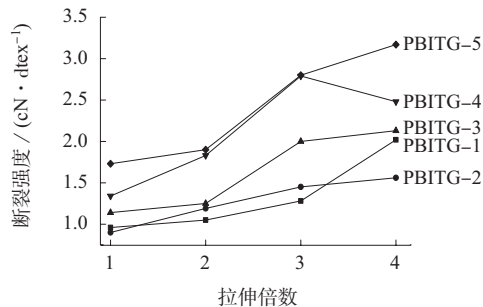


图5 IPA 改性聚醚酯弹性体断裂强度与拉伸倍数的关系曲线

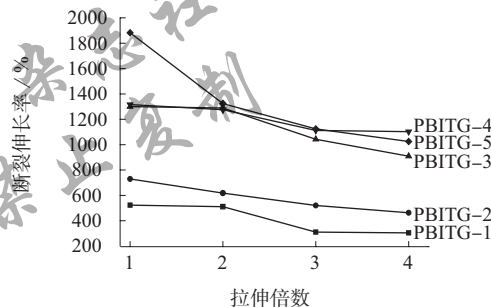


图6 IPA 改性聚醚酯弹性体断裂伸长率与拉伸倍数的关系曲线

从图5和图6可知,随着拉伸倍数的增加,不同 IPA 含量的同一改性弹性体的断裂强度都增大,相反,断裂伸长率随着拉伸倍数的增加而减小^[15]。相同拉伸热定型倍数时,随着 IPA 含量的减少,断裂强度和断裂伸长率基本都有所增加,例如,在拉伸倍数为 4 倍时,断裂强度从 PBITG-1 的 2.01 cN/dtex 增加到 PBITG-5 的 3.17 cN/dtex,而在拉伸倍数为 1 倍时,断裂伸长率从 PBITG-1 的 523.1% 增加到 PBITG-5 的 1882.5%。这是因为 IPA 含量大时,弹性体纤维的刚性增加,因此导致断裂强度增加,而断裂伸长率减少。

2.7 IPA 改性聚醚酯弹性体的低温回弹性能分析

IPA 改性聚醚酯弹性体的低温回弹率与拉伸倍数的详细数据列于表5。

表5 IPA 改性弹性体的回弹率数据

拉伸倍数	PBITG-1	PBITG-2	PBITG-3	PBITG-4	PBITG-5
1	97.92	95.00	94.00	95.00	93.38
2	88.13	82.50	86.50	87.50	83.75
3	83.33	83.00	81.67	83.27	81.88
4	75.00	75.42	74.06	76.75	75.88

从表 5 数据可以看出,随着拉伸倍数的增大,所合成的不同 IPA 含量的弹性体的低温回弹性能逐渐下降。这是因为在低温环境下弹性体聚合物沿着外力拉伸的方向发生取向,取向诱导硬段的结晶度增加,并且在低温条件下,分子链运动困难,从而使得弹性体的回弹性能下降^[16]。在同一较低拉伸倍数(1 倍)的拉伸处理下,PBITG-1 的低温回弹率最大,为 97.92%,PBITG-5 的低温回弹率最低,为 93.38%,表明 IPA 的加入的确能够提高聚醚酯弹性体纤维的低温回弹性能。这是因为 IPA 的空间位阻大,减少了弹性体中的软段聚醚在低温条件下的结晶,从而增加了弹性体在低温条件下的回复性能,使得所合成的弹性体聚合物表现出更好的低温回弹性能。在同一较高拉伸倍数(4 倍)的拉伸处理下,所有比例的 IPA 改性聚醚酯弹性体的低温回弹率的数值在 74.06%~75.88% 之间,相差很小,IPA 的含量对其影响较小,此时由拉伸外力产生的纤维高取向对纤维低温回弹率的大小起决定性作用。因此,具有较好的低温回弹性能的 IPA 改性聚醚酯弹性体纤维的制备不仅与 IPA 的加入量有关,而且还与纤维的热定型拉伸倍数密切相关。

3 结论

(1) FTIR 和 ¹H-NMR 测试表明,成功地合成了 IPA 改性聚醚酯弹性体,并且其设计加料比例与实际情况很相近。

(2) DSC 测试结果表明,随着 IPA 含量的增加,所合成 IPA 改性聚醚酯弹性体的熔点逐渐减低,PBITG-1 的熔点最低,为 174℃。

(3) TG 测试结果表明,IPA 改性聚醚酯弹性体都具有良好的热稳定性,起始热分解温度都高于 365℃。

(4) 力学性能测试结果表明,随着 IPA 含量的增加,样品 PBITG-1~PBITG-5 在拉伸 4 倍时,断裂强度从 2.01 cN/dtex 增加到 3.17 cN/dtex;在拉伸 1 倍时,断裂伸长率从 523.1% 增加至最大 1882.5%。

(5) 低温回弹性能测试结果表明,IPA 的确能够提高聚醚酯弹性体的低温回复性能。在拉伸 1 倍时,IPA 含量最高的样品 PBITG-1 的低温回弹率最大,为 97.92%。

参考文献

[1] 宋杰,史军,陈颖.PBT-PTMG 嵌段共聚酯的研究[J].聚酯工业,

2008,21(5),10-13.

Song Jie, Shi Jun, Chen Ying. Study on PBT-PTMG block copolymer[J]. Polyester Industry, 2008, 21(5):10-13.

[2] 余庆彦,田洪池,韩吉彬,等.热塑性弹性体的研究与产业化进展[J].中国材料进展,2012,31(2):24-32.

She Qingyan, Tian Hongchi, Han Jibin, et al. Study of thermoplastic elastomer and its industrialization[J]. Materials China, 2012, 31(2):24-32.

[3] 吴佩华.聚醚酯热塑性弹性体的发展概况[J].化工科技市场,2010,33(8):37-39.

Wu Peihua. Developing status of the thermoplastic polyether ester elastomer[J]. Chemical Technology Market, 2010, 33(8):37-39.

[4] 商婷.热塑性聚醚酯弹性体合成、性能及应用研究[D].武汉:武汉理工大学,2008.

Shang Ting. Study on synthesis, property and application of thermoplastic elastomer[D]. Wuhan:Wuhan University of Technology, 2008.

[5] 张爱丽,罗东,林农,等.热塑性聚醚酯弹性体结晶行为的研究进展[J].合成纤维工业,2010,33(1):35-38.

Zhang Aili, Luo Dong, Lin Nong, et al. Research progress in polyether ester thermoplastic elastomer[J]. China Synthetic Fiber Industry, 2010, 33(1):35-38.

[6] 葛锦,马岸桢,赵燕.热塑性聚醚酯弹性体的研究进展与应用[J].石油化工应用,2015,35(8):5-8.

Ge Jin, Ma Anzhen, Zhao Yan. Development and application of thermoplastic polyester elastomer[J]. Petrochemical Industry Application, 2015, 35(8):5-8.

[7] Li Xin, Liu Ruitao, Zhong Leilan, et al. Antielectrostatic poly(ether ester)block copolymer of poly(ethylene terephthalate-co-isophthalate)-poly(ethylene glycol)[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2003, 89, 1696-1701.

[8] 于世海,兰建武,刘彩兵,等.PBT/(PEG+IPA)多嵌段共聚醚酯弹性纤维的制备及性能[J].四川大学学报,2005,37(2):71-75.

Yu Shihai, Lan Jianwu, Liu Caibing, et al. Preparation of PBT/(PEG+IPA) multiblock copolyetherester elastic fibers[J]. Journal of Sichuan University, 2005, 37(2):71-75.

[9] Zhang Guoliang, Ke Yangchuan, Song Youzhi, et al. Preparing copolyester-titanium dioxide nanocomposites with low melting point via in situ hydrolysis, catalysis and esterification process[J]. High Performance polymers, 2016, 28(4):445-452.

[10] 张爱丽,罗东,林农,等.低熔点 PET-PTMG 共聚醚酯的合成与表征[J].合成纤维工业,2010,33(3):26-28.

Zhang Aili, Luo Dong, Lin Nong, et al. Synthesis and characterization of low-melting point PET-PTMG copolyether ester[J]. China Synthetic Fiber Industry, 2010, 33(3):26-28.

[11] 钱志勇.PBT/(PEG+IPA)多嵌段共聚醚酯弹性纤维的制备,结构与性能[D].成都:四川大学,2000.

- Qian Zhiyong. The synthesis, structure and properties of PBT / (PEG+IPA) block copolyether-ester elastic fiber[D]. Chengdu:Sichuan University, 2000.
- [12] Zhang Xinli. Synthesis and characterization of hyperbranched polyesters based on isophthalic acid and trimethylolpropane[J]. Journal of Macromolecular Science, Part A:Pure and Applied Chemistry, 2011, 48:128-134.
- [13] Li Yong, Liu Liang, Gu Yuxin, et al. Improve surface leveling of powder coating with semi-crystalline polyester resin[J]. Progress in Organic Coatings, 2016, 99:191-196.
- [14] 韩翎,祝桂香,张伟,等.可生物降解的聚(对苯二甲酸丙二醇-co-己二酸丙二醇)共聚酯的合成与表征[J].石油化工, 2009, 38(4):394-399.
- Han Ling, Zhu Guixiang, Zhang Wei, et al. Synthesis and characterization of biodegradable poly(propylene terephthalate-co-propylene adipate)copolyester[J]. Petrochemical Technology, 2009, 38(4):394-399.
- [15] 黄勇,周涛,张爱民.脂肪族聚酯热塑性弹性体的合成与性能[J].高分子材料科学与工程, 2014, 30(2):105-109.
- Huang Yong, Zhou Tao, Zhang Aimin. Synthesis and properties of biodegradable aliphatic poly(ether-ester)s thermoplastic elastomers[J]. Polymer Materials Science & Engineering, 2014, 30(2):105-109.
- [16] 闫婷伟.聚醚酯纤维的加工工艺与结构性能的关系[D].上海:东华大学, 2016.
- Yan Tingwei. Relationship between structure, properties and processing technology of copolyester-ether fiber[D]. Shanghai:Donghua University, 2016.

投稿须知

1 稿件内容

稿件应注重科学性、实用性及时效性,要求技术新颖,论点明确,论据可靠,数据准确,文字通顺、简练。稿件内容必须真实,避免抄袭,请作者文责自负。引用他人成果时,请按《著作权法》有关规定说明出处。内容应未曾发表过或被其他出版物刊载过,且无一稿多投。

2 稿件要求

凡属于重大科技获奖的论文和重点项目资助的论文,请在来稿第一页注明名称及批准号,本刊将优先刊登。

(1) 题目、作者署名及单位。题目力求简明、醒目,反映出文章的主题,一般不超过20个汉字。作者姓名在题目下按序排列,不同工作单位的作者,应在姓名右上角加注阿拉伯数字序号。作者单位须写全称并注明省份、城市和邮政编码。联系人信息(包括姓名,学历或职称,主要研究方向)注在第一页下方。

(2) 摘要及关键词。论文需要同时提供中文和英文摘要,摘要以提供论文的内容梗概为目的,不加评论和补充解释,应简明、确切地论述研究目的、原理和结论,具有相对独立性。中文和英文摘要均要求采用报道性摘要类型。具体要求:中英文摘要均为一段式,内容比较具体,一般需要列举关键数据。中英文摘要内容基本一致,中文摘要以200~300字为宜,英文摘要可略详。关键词要求3~8个。

(3) 正文。正文各部分都应简洁明了。层次标题一律用阿拉伯数字连续编号,尽量减少层次;不同层次的数字之间用小圆点相隔,末位数字不加标点符号。如“1”,“1.1”等。文中量、单位及符号的使用应符合国际标准和国家标准。

(4) 图表。图表要设计合理,简单自明。每一幅图都应有图序和简短确切的图名,横纵坐标均要注明物理量及其单位,线条图要用矢量格式的图,或将*.opg, *.dwg, *.eps等格式的图打包压缩随投稿一起上传。表格请使用三线表,每一表格都应有表序和简短确切的表题。图表标题一律用中文表达。

(5) 参考文献。以作者亲自阅读过的主要原始文献为限,不可引用非公开出版或发表的文献,不能引用其他文章中引用的但未经核对原文的文献,要注意引用最新的文献。参考文献要有一定的数量,研究性论文至少10篇。参考文献的著录按文章中引用的顺序依次排列,中文参考文献要有对照英文部分(英文部分不编号)。无论中外文的作者,一律采用姓前名后的形式著录;作者不超过3人时可全部著录,超过3人时,只著录前3位,其后加“等”或“et al”。综述类论文的参考文献著录项目适当简化,可参见本刊相关栏目文章样式。作者对所引文献的准确性和完整性负责。

3 投稿方式

请作者登陆“工程塑料网”(http://www.epa1973.com),进入杂志社之页,点击“网上投稿”后投稿。来稿请注明详细地址、电话、邮箱等信息,便于通知联系。一般一个月左右可以查询稿件审理意见,超过3个月未收到修改意见或回复的可自行处理。

4 注意事项

为适应我国信息化建设需要,扩大学术交流渠道,本刊已编入国内外著名数据库。稿件一经录用,将同时被数据库收录,作者著作权使用费与本刊稿酬一次性给付。如作者不同意收录,请在投稿时声明,否则将视为同意。