

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2016.11.001

半芳香族耐高温尼龙 PA12T 的合成、表征与性能^{*}

曹民^{1,2}, 黄木军², 张传辉¹

(1. 金发科技股份有限公司, 广州 510663; 2. 珠海万通特种工程塑料有限公司, 广东珠海 519050)

摘要: 利用 1,12-十二烷二胺和对苯二甲酸为聚合单体,以去离子水为溶剂,通过预聚合加固相增黏的工艺合成了半芳香族耐高温尼龙聚对苯二甲酰十二烷二胺 (PA12T)。分析了影响聚合反应的主要因素,从而确定最优的工艺条件。采用傅立叶变换红外光谱,核磁共振 ¹H 谱、¹³C 谱、¹H-¹³C 的异核单量子相关谱对所合成的 PA12T 进行了结构表征,并研究了 PA12T 的熔点和结晶温度、热失重行为、毛细管流动性和力学性能。结果表明,合成的 PA12T 具有良好的耐热性能和力学性能,合成方法为 PA12T 的工业化生产提供了参考。

关键词: 半芳香族耐高温尼龙; PA12T; 合成; 耐热性能; 力学性能

中图分类号: O633.22+3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2016)11-0001-06

Synthesis, Characterization and Properties of Semi-aromatic Heat-resistant Nylon PA12T

Cao Min^{1,2}, Huang Mujun², Zhang Chuanhui¹

(1. Kingfa Science and Technology Co. Ltd., Guangzhou 510663, China;

2. Zhuhai Vanteque Specialty Engineering Plastics Co. Ltd., Zhuhai 519050, China)

Abstract: Semi-aromatic heat-resistant nylon PA12T was synthesized by prepolymerization and solid state polymerization processes using 1,12-dodecanediamine and terephthalic acid as monomers and deionized water as solvent. The optimal process conditions were determined by analyzing main factors affecting polymerization. The structure of synthesized PA12T was characterized by Fourier transform infrared spectroscopy, ¹H-NMR, ¹³C-NMR and ¹H-¹³C heteronuclear single quantum correlation spectroscopy. The melting point, crystallization temperature, thermal gravimetric behavior, capillary fluidity and mechanical properties of PA12T were studied. The results show that the synthesized PA12T has good heat resistance and mechanical properties, and the synthesized method provides reference for industrialization of PA12T.

Keywords: semi-aromatic heat-resistant nylon; PA12T; synthesis; heat resistance; mechanical property

随着现代科学技术的飞速发展,机械工业、汽车行业和电子电器行业等对尼龙材料的力学性能和耐热性能有更高的需求。尤其是表面贴装技术的广泛运用,促进了高温尼龙产品研究的长足发展^[1]。由于其巨大的商业价值,该领域主要以专利文献居多。对于耐高温尼龙的进展,已经有很多综述性论文^[2-10]及书籍^[11-14]介绍。

长碳链半芳香族高温尼龙由于具有高温高刚性、耐冲击性、耐摩擦性、耐化学药品性、耐吸水性和尺寸稳定性等优异的性能而备受青睐^[15]。作为长碳链半芳香族高温尼龙,聚对苯二甲酰十二烷二胺 (PA12T) 和聚对苯二甲酰壬二胺 (PA9T)^[3,16]、聚对苯二甲酰癸二胺 (PA10T)^[1]一样,具有很好的综合性能。而且从分子结构可以看出,碳链越长,酰胺键(亲水基团)的浓度就越小,PA12T 的吸水率将会比不同比例的 6T/66 共聚物要低。

李召朋等^[17]研究了采用乙醇为溶剂的粉末状 PA12T 的合成。然而以易燃危险品乙醇作为溶剂,很难在工业化放大生产中进行推广。笔者以水作为溶剂,采用预聚合加固相增黏的工艺合成 PA12T,并对其进行表征和性能研究。

1 实验部分

1.1 原料和试剂

1,12-十二烷二胺:工业级,百灵威科技有限公司;

对苯二甲酸:精制,纯度 99.99%,扬子石化-巴斯夫有限责任公司;

^{*} 国家科技支撑计划项目 (2013BAE02B01),广州市珠江科技新星项目 (2016130)

联系人:张传辉,博士,高级工程师,主要从事耐高温聚酰胺的合成研究

收稿日期:2016-08-26

苯甲酸:分析纯,广州化学试剂厂;

次亚磷酸钠:分析纯,天津市大茂化学试剂厂;

氘代三氟乙酸(CF_3COOD):百灵威科技有限公司。

1.2 仪器及设备

不锈钢高压反应釜:GSH-20型,威海化工机械有限公司;

全自动电位滴定仪:AT-710型,日本京都电子工业株式会社;

自动黏度仪:IVS300型,杭州中望科技有限公司;

全自动色差计:SC-80C型,北京康光光学仪器有限公司;

傅立叶变换红外光谱(FTIR)仪:TENSOR27型,德国Bruker公司;

超导脉冲傅立叶变换核磁共振波谱仪:AVANCE III 500型,德国Bruker公司;

差示扫描量热(DSC)仪:NETZSCH-DSC 200 F3型,德国Netzsch公司;

热重(TG)分析仪:NETZSCH-TG 209 F3型,德国Netzsch公司;

毛细管流变仪:Dynisco-LCR7000型,晴思贸易上海有限公司;

电子万能试验机:UTM4104型,UTM6103型,深圳三思纵横科技股份有限公司;

冲击试验机:BPI-5.5STAC型,美国Zwick/Roell公司。

1.3 聚合物的合成

(1) 预聚合。

在配有机械搅拌的高压反应釜中投入聚合反应单体1,12-十二烷二胺、对苯二甲酸、封端剂苯甲酸、催化剂次亚磷酸钠和去离子水。抽真空并用 N_2 置换三次。搅拌转速初始设为0,开始加热,升至预定温度后缓慢搅拌并恒温2 h,让预聚合反应充分进行。恒温结束后开始缓慢排水至预定排水量后关闭排水阀,反应结束。降至室温出料。

(2) 固相增黏。

将预聚物投入真空转鼓中,转鼓转速定为10 r/min,真空度定为30 Pa,开始加热,温度升至265℃时取样测试黏度,根据黏度结果判定终点。

1.4 测试与表征

利用全自动电位滴定仪,根据金发科技企业标准KFB211B.26,测试预聚物、聚合物的端氨

基(50 mL苯酚加3 mL无水甲醇,加热回流溶解50 mg样品)和端羧基(50 mL邻甲酚溶解、加0.4 mL甲醛溶液,加热回流溶解50 mg样品),测试结果以每吨聚合物所含 $-\text{NH}_2$ 或者 $-\text{COOH}$ 的摩尔数来表示,单位mol/t。

利用自动黏度仪,根据金发科技企业标准KFB211B.26,测试聚合物的相对黏度,用98%的浓硫酸溶解,浓度为0.25 g/25 mL。

利用全自动色差计,根据珠海万通特塑企业标准SEP201A.21/A,测试聚合物注塑色板的黑白亮度值L和黄蓝色品指数b,对聚合物的颜色进行表征。

利用FTIR仪,根据GB/T 6040-2002标准,表征聚合物的酰胺键等主要基团,KBr压片。

利用核磁共振波谱仪,根据JY/T 007-1996,分别测出聚合物的 ^1H 谱、 ^{13}C 谱、 $^1\text{H}-^{13}\text{C}$ 的异核单量子相关谱(HSQC),以 CF_3COOD 为溶剂、TMS内标。

利用DSC仪,根据GB/T 19466-2004标准,测试聚合物的熔点和结晶温度,测试温度范围30~350℃,升温速率20℃/min。

利用TG分析仪,根据ISO 11358-1:2014标准,表征聚合物的热失重行为,测试温度范围30~750℃,升温速率20℃/min。

利用毛细管流变仪,根据ISO 11443:2005标准,测定聚合物的流动性。

利用UTM4104型电子万能试验机,根据ISO 527-2:2012标准,测定拉伸强度和断裂伸长率,测试条件为23℃和10 mm/min。

利用UTM6103型电子万能试验机,根据ISO 178:2010标准,测定弯曲强度、弯曲弹性模量和挠度,测试条件为23℃和2 mm/min。

利用冲击试验机,根据ISO 180/1A:2000标准,测定缺口冲击强度,测试条件为23℃,缺口类型是A型。

2 结果与讨论

2.1 聚合反应的影响因素

(1) 预聚温度。

温度对预聚反应的影响是很显著的。表1列出预聚物端基含量随预聚温度变化的数据。较高的反应温度,有利于加快预聚的反应速率,因而预聚物的端基含量较低。但是温度过高会导致少量预聚物分解,影响预聚物以及最终聚合物的颜色性能。实验选取245℃为最优的预聚温度。

表 1 不同预聚温度下预聚物端基的含量

预聚温度 / ℃	压力 / MPa	端氨基含量 / (mol · t ⁻¹)	端羧基含量 / (mol · t ⁻¹)
235	3.06	1 906	1 892
240	3.34	1 787	1 771
245	3.65	1 640	1 614
250	3.97	1 562	1 538
255	4.32	1 429	1 405

(2) 封端剂量。

封端剂苯甲酸的用量,对分子量的调节也就是最终聚合物的相对黏度有很大的影响。图 1 显示了相对黏度随着封端剂与对苯二甲酸摩尔量之比 (BA/PTA) 的变化规律。由图 1 可看出,随着 BA/PTA 比例的增大,相对黏度减小。该比值在 0.07 处可以获得黏度为 2.38 左右的聚合物,此黏度下聚合物仍具有较好的流动性和加工性。综合考虑封端效果,选择 0.07 为最佳的封端剂比例。

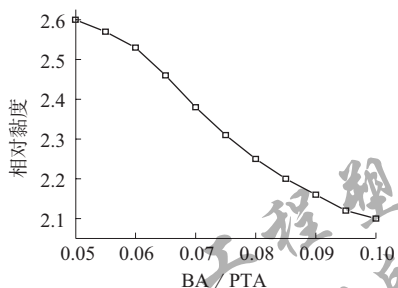


图 1 不同封端剂量时聚合物的相对黏度

(3) 排水量。

在预聚阶段后期,排水量对最终聚合物颜色的影响如表 2 所示。其中,排水比例为排水量与所有投料总量之比,固相增黏阶段的工艺参数和操作条件完全相同。 L 值表示树脂的亮暗程度, L 值越大,树脂越亮。 b 值表示数值的黄蓝程度, b 值越高,树脂越黄。从表 2 可以看出,排水比例越大,颜色就越差;排水比例小,颜色固然会好,但反应不充分、预聚物端基仍然很高,不得不增大后续转鼓增黏的负荷。综合考虑,选择的最佳排水比例为 25%。

表 2 不同排水量时聚合物的颜色

排水比例 / %	L	b
15	86.45	-0.42
20	84.96	-0.83
25	83.05	-1.21
30	79.73	1.35
35	77.94	3.28

2.2 结构表征与性能分析

(1) 红外光谱。

图 2 为所合成的 PA12T 的 FTIR 谱图。波

数 $3\,310\text{ cm}^{-1}$ 附近是 —NH 伸缩振动的吸收峰, $3\,075\text{ cm}^{-1}$ 附近是 —NH 和 —CN 伸缩振动的组合倍频, $2\,925\text{ cm}^{-1}$ 和 $2\,855\text{ cm}^{-1}$ 附近是 $\text{—CH}_2\text{—}$ 对称和不对称伸缩振动的吸收峰。 $1\,632\text{ cm}^{-1}$ 附近的酰胺特征吸收带 I, $1\,546\text{ cm}^{-1}$ 附近的酰胺特征吸收带 II, $1\,320\text{ cm}^{-1}$ 附近的酰胺特征吸收带 III,共同证明了所合成的聚合物有酰胺键的存在。 862 cm^{-1} 处附近是苯环上 —CH 弯曲振动的吸收峰, 724 cm^{-1} 和 650 cm^{-1} 附近是苯环弯曲振动的吸收峰。

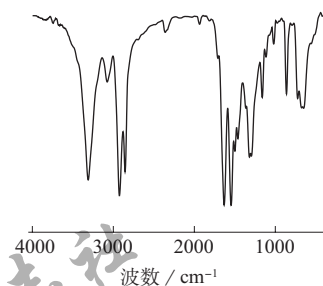
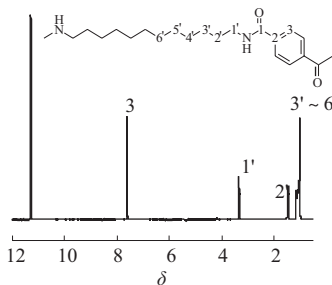


图 2 PA12T 的 FTIR 谱图

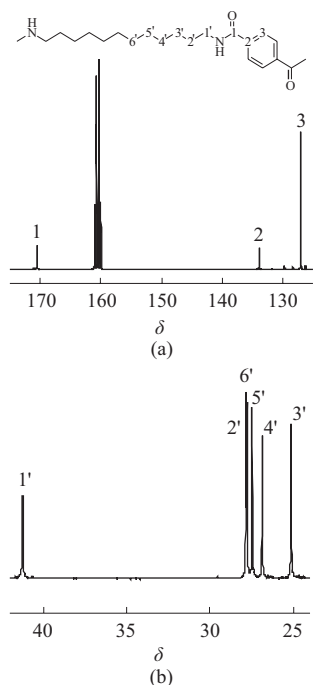
(2) 核磁共振谱图。

图 3 为 PA12T 的 $^1\text{H-NMR}$ 谱图,相应分析结果见表 3。从图 3 和表 3 可知,PA12T 分子结构中含有化学环境不同的四种质子 ($3'\sim 6'$ 的峰出现重叠)。每一种质子都可以找到对应峰的化学位移 (δ_{H}) 的归属,而且峰的积分面积之比和质子数理论值之比基本吻合,初步证明了所合成的聚合物就是 PA12T。

图 3 PA12T 的 $^1\text{H-NMR}$ 谱图表 3 PA12T 的 $^1\text{H-NMR}$ 谱图分析

峰代号	δ_{H}	峰面积	质子数 理论值	H 在结构式中的位置
3	7.62	1.00	4	苯环上的 H
1'	3.34	1.04	4	N 的 α 碳原子上的 H
2'	1.47	1.10	4	N 的 β 碳原子上的 H
3'~6'	1.15 ~ 1.03	4.27	16	N 后第 3 ~ 10 个碳上的 H

图 4 为 PA12T 的 $^{13}\text{C-NMR}$ 谱,其中图 4a 和图 4b 分别清晰地给出了聚合物中对苯二甲酸结构单元和十二烷二胺结构单元上不同化学环境的碳原子的峰的归属。



a—苯二甲酸结构单元上碳原子的峰的归属;

b—十二烷二胺结构单元上碳原子的峰的归属

图4 PA12T的¹³C-NMR谱图

图5为PA12T的HSQC谱图。从图中可看出,聚合物分子链上的H和C的关联情况与在氢谱、碳谱上的归属结果完全一致。

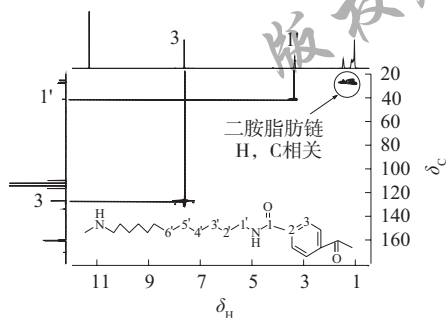


图5 PA12T的HSQC谱图

红外与核磁分析结果表明,利用预聚合加固相增黏工艺所合成的聚合物就是PA12T。

(3) 热行为。

利用DSC仪测定了PA12T的二次熔融曲线和结晶曲线,同时还跟自制的PA10T和PA6T/66(6T和66的共聚物,比例为6T/66=54/46)进行了对比,结果见图6和图7,熔点和结晶温度等具体数值列于表4。可以看出,PA12T的熔点低于PA10T和PA6T/66,不需要太高的加工温度。至于PA10T出现熔融双峰,可以用结构重组理论^[18]来解释:低温熔融峰对应二次升温前的退火条件下形成的不完善

结晶,而高温熔融峰对应不完善的结晶在二次升温时的进一步完善。

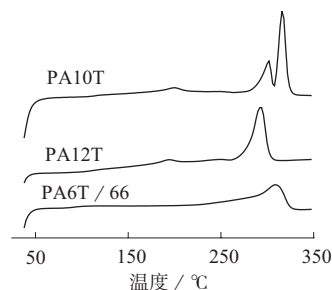


图6 PA12T, PA10T和PA6T/66的DSC二次熔融曲线

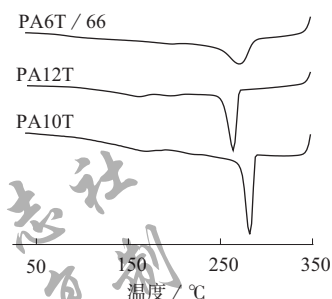


图7 PA12T, PA10T和PA6T/66的DSC结晶曲线

表4 PA12T、PA10T和PA6T/66的DSC测试结果 °C

聚合物	熔点	结晶温度	结晶峰宽
PA6T/66	309.2	270.9	28.3
PA10T	316.3	281.8	10.4
PA12T	293	263.8	12.3

图8为PA12T的TG曲线及其一次微分(DTG)曲线,对比PA10T和PA6T/66的相关曲线,表5示出初始分解温度和残炭率等数值。PA12T的初始分解温度为418.7℃,比PA10T和6T/66具有更高的热稳定性。

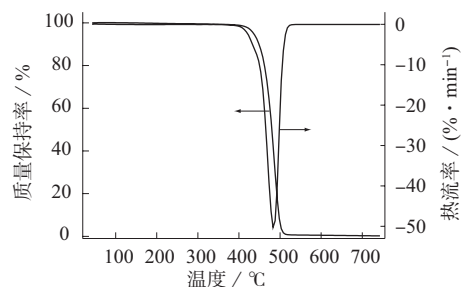


图8 PA12T的TG和DTG曲线

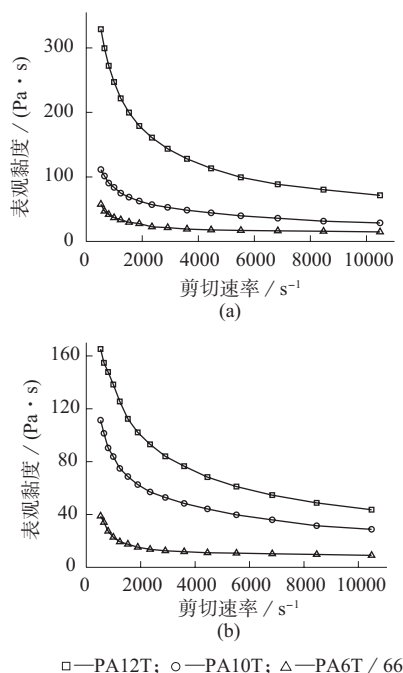
表5 PA12T、PA10T和PA6T/66的TG分析结果

材料	初始分解温度/°C	拐点温度/°C	残炭率/%
PA6T/66	388.8	467.8	2.65
PA10T	402.0	488.5	0.5
PA12T	418.7	488.9	0.21

(4) 流动性。

图9是PA12T, PA10T和6T/66的表观黏度

随剪切速率的变化规律曲线。从图中可以看出,和 PA10T 与 6T/66 相比,在相同的剪切速率下,PA12T 的黏度最大,流动性一般。



a—测试温度比熔点高 20℃; b—测试温度均为 335℃

图 9 PA12T, PA10T 和 6T/66 的表观黏度随剪切速率的变化曲线

(5) 力学性能。

PA12T 的力学性能如表 6 所示。该性能属于耐高温聚酰胺的正常性能数值,可用于一般工程塑料应用领域。

表 6 PA12T 的力学性能对比

项目	数值
拉伸强度 / MPa	65
断裂伸长率 / %	7
弯曲强度 / MPa	86
弯曲弹性模量 / MPa	1944
挠度 / mm	10
缺口冲击强度 / (kJ · m ⁻²)	7.6

3 结论

以对苯二甲酸和 1,12-十二烷二胺为原料、以水作为溶剂,采用预聚合加固相增黏的工艺合成了 PA12T,针对预聚物端基、聚合物黏度与聚合物颜色,确定最佳的工艺条件如下:预聚温度 245℃,封端剂苯甲酸用量为对苯二甲酸摩尔量的 0.07,排水比例为 25%。红外及核磁分析确认了合成产物为 PA12T。PA12T 具有良好的热稳定性,熔点为 293℃,结晶温度为 263.8℃,初始分解温度为 418.7℃,与 PA10T 和 PA6T/66 相当。PA12T 还具有较好的力学性能,可用于一般工程塑料应用领域。

合成的 PA12T 具有产品性能良好、工艺稳定且操作简便等特点,适合工业化批量生产,满足市场日益增长的需求。

参考文献

- [1] Klaus-Jürgen Steffner. High-temperature polyamides: Lead-free Soldering[J]. Kunststoffe Plast Europe, 2005(9):1-4.
- [2] 柏村次史. 新規耐熱性ポリアミド「PA9T」[J]. 合成樹脂, 1998, 44(10):15-21.
Kashiwamura Tsugifumi. New heat-resistance polyamide "PA9T"[J]. The Plastics, 1998, 44(10):15-21.
- [3] 赵育. 新型耐热聚酰胺 PA9T[J]. 四川化工与腐蚀控制, 1999(5):16-22.
Zhao Yu. New heat-resistant polyamide PA9T[J]. Sichuan Chemical Industry and Corrosion Control, 1999(5):16-22.
- [4] 马建民, 宋诗文, 郭健. 新型耐热尼龙[J]. 现代塑料加工应用, 2003, 15(2):41-44.
Ma Jianmin, Song Shiwen, Guo Jian. New heat-resistant nylon[J]. Modern Plastics Processing and Applications, 2003, 15(2):41-44.
- [5] 李小伟, 种国双. 耐高温尼龙的研究进展[J]. 化工新型材料, 2009, 37(8):38-40.
Li Xiaowei, Zhong Guoshuang. Advances in research of heat resistant nylon[J]. New Chemical Materials, 2009, 37(8):38-40.
- [6] 易庆锋, 张勇, 陈健, 等. 耐高温聚酰胺研究进展[J]. 工程塑料应用, 2009, 37(11):80-82.
Yi Qingfeng, Zhang Yong, Chen Jian, et al. Advances in heat-resisting polyamide[J]. Engineering Plastics Application, 2009, 37(11):80-82.
- [7] 张红荣, 魏运方. 高性能半芳香族尼龙工程塑料的性能及应用进展[J]. 精细化工中间体, 2002, 32(6):1-4.
Zhang Hongrong, Wei Yunfang. Advances in properties and applications of high performance semi-aromatic nylon engineering plastic[J]. Fine Chemical Intermediates, 2002, 32(6):1-4.
- [8] 张传辉, 麦堪成, 曹民, 等. 高温尼龙研究进展[J]. 工程塑料应用, 2012, 40(11):95-100.
Zhang Chuanhui, Mai Kancheng, Cao Min, et al. Research progress in heat-resistant nylon[J]. Engineering Plastics Application, 2012, 40(11):95-100.
- [9] 王佩刚, 顾雪萍, 冯连芳. 半芳香尼龙合成工艺研究进展[J]. 合成技术及应用, 2006, 21(4):29-33.
Wang Peigang, Gu Xueping, Feng Lianfang. Progress in the synthesis technique of semi-aromatic polyamides[J]. Synthetic Technology and Application, 2006, 21(4):29-33.
- [10] 王萍丽, 任中来, 邹光继, 等. 半芳香族聚酰胺的发展与应用研究[J]. 化工新型材料, 2016(6):233-234, 239.
Wang Pingli, Ren Zhonglai, Zou Guangji, et al. Research progress and application in semi-aromatic polyamide[J]. New Chemical Materials, 2016(6):233-234, 239.
- [11] Kohan M I. Nylon Plastics Handbook[M]. New York: Hanser Publishers, 1995.
- [12] 彭治汉, 施祖培. 塑料工业手册: 聚酰胺[M]. 北京: 化学工业出版社, 2001.

- Peng Zhihan, Shi Zupei. Plastics industry handbook: Polyamide [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2001.
- [13] Fink J K. '12-poly(phthalamide)s', in high performance polymers[M]. Norwich, NY: William Andrew Publishing, 2008:391-422.
- [14] Kimmish D J. '3 Semi-aromatic polyamides(polyphthalamides)', in practical guide to high performance engineering plastics [M]. Shropshire: iSmithers, 2011:47-56.
- [15] Wang Wenzhi, Wang Xianwen, Li Ruixue, et al. Environment-friendly synthesis of long chain semiaromatic polyamides with high heat resistance[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2009, 114(4): 2036-2042.
- [16] 冯美平, 吴雷. 耐热性聚酰胺新品种 PA9T[J]. 工程塑料应用, 2002, 30(2): 58-60.
- Feng Meiping, Wu Lei. A new heat-resisting polyamide PA9T[J]. Engineering Plastics Application, 2002, 30(2): 58-60.
- [17] 李召朋, 付鹏, 张俊岭, 等. 粉末状半芳香尼龙 PA12T 的合成[J]. 高分子通报, 2010(2): 92-96.
- Li Zhaopeng, Fu Peng, Zhang Junling, et al. Synthesis of powderous semi-aromatic nylon PA12T[J]. Chinese Polymer Bulletin, 2010(2): 92-96.
- [18] 曹民, 章明秋, 黄险波, 等. 聚对苯二甲酰癸二胺的合成与表征[J]. 石油化工, 2008, 37(7): 714-717.
- Cao Min, Zhang Mingqiu, Huang Xianbo, et al. Synthesis and characterization of poly(decamethylene terephthalamide)[J]. Petrochemical Technology, 2008, 37(7): 714-717.

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 16 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。