

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2019.11.002

4,4'-二氯二苯砒改性酚醛泡沫的制备及其耐热性能

葛铁军^{1,2}, 胡晓岐^{1,2}, 王东奇^{1,2}

(1. 沈阳化工大学塑料工程研究中心, 沈阳 110142; 2. 辽宁省高分子工程技术研究中心, 沈阳 110142)

摘要: 采用改性剂 4,4'-二氯二苯砒对酚醛树脂进行结构改性, 加入对甲苯磺酸、正戊烷等其它助剂后制备改性酚醛泡沫。通过傅立叶变换红外光谱及核磁共振氢谱对改性酚醛树脂结构进行表征, 结果表明, 改性剂中特殊的苯砒基团已成功被引入到酚醛树脂结构中。对改性酚醛泡沫的质量损失率、尺寸稳定性、热失重、极限氧指数等进行测试, 结果表明, 在老化温度为 70℃ 条件下, 改性剂用量为苯酚用量的 6% 时, 改性酚醛泡沫在老化 24 h 后的质量损失率低至 4.3%, 老化 120 h 后的尺寸变化率均低于普通酚醛泡沫, 且改性酚醛泡沫宽度尺寸变化率最低, 为 3.9%。改性酚醛泡沫失重 5% 时的温度高达 233.25℃。除此之外, 改性后的酚醛泡沫的极限氧指数也有所提高。相比于普通酚醛泡沫, 改性酚醛泡沫表现出更优异的耐热性。

关键词: 4,4'-二氯二苯砒; 酚醛泡沫; 耐热; 结构改性

中图分类号: TQ328.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2019)11-0007-06

Preparation and Heat resistance of 4,4'-dichlorodiphenyl sulfone Modified Phenolic Foams

Ge Tiejun^{1,2}, Hu Xiaoqi^{1,2}, Wang Dongqi^{1,2}

(1. Plastic Engineering Research Center, Shenyang University of Chemical Technology, Shenyang 110142, China;

2. Liaoning Polymer Engineering Technology Research Center, Shenyang 110142, China)

Abstract : The phenolic resin was structurally modified with a modifier 4,4'-dichlorodiphenyl sulfone, and the modified phenolic foams were prepared by adding *p*-toluenesulfonic acid, *n*-pentane and other auxiliary agents. The modified phenolic resin structure was characterized via Fourier transform infrared spectroscopy and nuclear magnetic resonance spectroscopy. The results show that the special phenyl sulfone group in the modifier was successfully introduced into the phenolic resin structure. The mass loss rate, dimensional stability, thermal weight loss and limiting oxygen index of the modified phenolic foam were tested. The results show that the mass loss rate of the modified phenolic foam is as low as 4.3% after aging for 24 h when the amount of modifier is 6% of phenol at the aging temperature of 70 °C. The dimensional change rate after aging for 120 h is lower than that of ordinary phenolic foam, and the modified phenolic foam has a minimum width dimensional change rate of 3.9%. The temperature at the weight loss of 5% of the modified phenolic foam is as high as 233.25 °C, in addition that the foam limit oxygen index has also increased. The modified phenolic foam exhibits superior heat resistance compared to ordinary phenolic foam.

Keywords : 4,4'-dichlorodiphenyl sulfone ; phenolic foam ; heat resistance ; structural modification

酚醛泡沫是以酚醛塑料为基体、内部充满无数气泡的微孔材料, 是一种气体分散于固体酚醛塑料中形成的一种高分子材料^[1-2]。酚醛泡沫为热固性酚醛泡沫塑料中的一种, 具有难燃、自熄、质轻、隔热、遇火焰无滴落等优点^[3-4]。除此之外, 酚醛泡沫原料易得, 价格低廉, 工艺简便, 因此酚醛泡沫广泛

地应用在建筑业、交通运输、石油化工、食品冷藏等行业^[5]。为了进一步扩大酚醛泡沫的应用范围, 相关研究学者针对酚醛泡沫的脆性大、粉化度高等缺点进行改性^[6-8]。缪长礼等^[9]采用聚酰胺对酚醛泡沫进行改性, 结果表明, 聚酰胺可提高酚醛泡沫的弯曲强度, 改善酚醛泡沫的韧性; Hu Xiangming 等^[10]

基金项目: 辽宁省科技厅重点研发计划项目 (2017304004)

通讯作者: 葛铁军, 教授, 博士生导师, 主要从事高分子材料加工与改性研究 E-mail: getiejun@163.com

收稿日期: 2019-09-17

引用格式: 葛铁军, 胡晓岐, 王东奇. 4,4'-二氯二苯砒改性酚醛泡沫的制备及其耐热性能 [J]. 工程塑料应用, 2019, 47(11): 7-12.

Ge Tiejun, Hu Xiaoqi, Wang Dongqi. Preparation and heat resistance of 4,4'-dichlorodiphenyl sulfone modified phenolic foams[J]. Engineering Plastics Application, 2019, 47(11): 7-12.

将不同分子量及不同份数的聚乙二醇添加到苯酚-尿素-甲醛泡沫中,结果表明,聚乙二醇显著提高了泡沫的韧性和冲击强度,但是对泡沫的热稳定性有不利的影 响。由此可以看出,在改善酚醛泡沫韧性的同时,酚醛泡沫热稳定性的进一步提高也不可忽略。为改善酚醛泡沫的缺点,可从酚醛泡沫发泡基体即酚醛树脂作为切入点,对酚醛树脂进行改性,从而改善酚醛泡沫的性能。笔者所在课题组选用多种改性剂,例如间十五烷基酚^[11]、乙酸乙酯封端聚醚^[12]、对苯二甲醇^[13]、对苯二甲基二甲醚^[14]等,对酚醛树脂在结构上进行改性,由改性后的酚醛树脂为基体制成的改性酚醛泡沫具有脆性低、热稳定性高等优点。4,4'-二氯二苯砜为具有高热稳定性的聚砜的合成原料之一^[15-16],笔者选择4,4'-二氯二苯砜作为改性剂,对酚醛树脂进行结构改性,将改性剂中特殊的苯砜基团引入到酚醛树脂中,从而制备出高耐热的改性酚醛泡沫。

1 实验部分

1.1 主要原料

苯酚、多聚甲醛、氢氧化钠、正戊烷、对甲苯磺酸:分析纯,天津市大茂化学试剂厂;

4,4'-二氯二苯砜:分析纯,上海麦克林生物化学科技有限公司;

吐温-80:化学纯,国药集团化学试剂有限公司。

1.2 主要仪器与设备

热磁力搅拌器和恒温油浴锅:DK-S22型,天津市顺诺仪器科技有限公司;

分析天平:AR2140型,美国新泽西州松溪奥豪斯公司;

傅立叶变换红外光谱(FTIR)仪:XP-201型,德国布鲁克光谱仪器有限公司;

核磁共振波谱(NMR)仪:AVANCE III 500MHz,瑞士Bruker公司;

热重(TG)分析仪:TG209F1型,德国NETZSCH公司;

真空干燥箱:DZF-1B型,北京市永光明医疗仪器厂;

氧指数测定仪:GT-L01型,台湾高铁科技股份有限公司。

1.3 普通酚醛树脂及改性酚醛树脂的制备

(1) 普通酚醛树脂的制备。

在装有转子、回流冷凝管、温度计的三口烧瓶

中加入一定质量比的苯酚溶液及氢氧化钠,将装置放入油浴锅搅拌后升温至60℃,分批次加入多聚甲醛持续搅拌反应1 h,升温至90℃达到合适黏度时降温出料。普通酚醛树脂的成分如下:催化剂氢氧化钠的用量为苯酚用量的1%,苯酚与多聚甲醛的物质的量之比为1:1.5。

(2) 改性酚醛树脂的制备。

在装有转子、回流冷凝管、温度计的三口烧瓶中加入一定质量比的苯酚溶液及氢氧化钠,将装置放入油浴锅中搅拌、升温,随后加入改性剂4,4'-二氯二苯砜,升温到180℃持续加热1.5~2 h,降温到60℃,加入多聚甲醛,反应1 h后升温至90℃,达到合适黏度时降温出料。改性酚醛树脂的成分如下:改性剂用量为苯酚用量的2%~10%,催化剂氢氧化钠的用量为苯酚用量的1%,苯酚与多聚甲醛的物质的量之比为1:1.5。

1.4 改性酚醛泡沫的制备

将上述普通酚醛树脂及改性酚醛树脂分别作为发泡基体进行发泡,取一定质量 的发泡树脂于模具中,依次加入表面活性剂、发泡剂,均匀搅拌后加入固化剂,待固化剂均匀分散后放入70℃的真空干燥箱固化成型,10 min后取出、冷却并切割成一定形状,即得到普通酚醛泡沫及改性酚醛泡沫。发泡用量配方如下:表面活性剂选用吐温-80,用量为改性酚醛树脂的4%,发泡剂选用正戊烷,用量为改性酚醛树脂的4%~8%,固化剂选用对甲苯磺酸,用量为改性酚醛树脂的18%。

1.5 性能测试与表征

FTIR测试:将样品均匀涂抹在溴化钾薄片上,用FTIR仪进行测试。

核磁共振碳谱(¹³C NMR)测试:采用NMR仪表征改性酚醛树脂结构。将6~8 mg改性酚醛树脂样品溶于溶剂氘代二甲基亚砜(DMSO)中,内部主要标准物质为四甲基硅烷(TMS),¹³C NMR的工作频率为125.77 MHz。

固含量、游离甲醛、凝胶时间均按照GB/T 14074-2006进行测试。

质量损失率:将改性酚醛泡沫样品称重(m_1),放入70℃真空干燥箱热老化24 h后再次称重(m_2),按照式(1)计算改性酚醛泡沫样品 的质量损失率(w):

$$w = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100\% \quad (1)$$

尺寸稳定性按照 GB/T 8811-2008 进行测试,老化条件为 70℃,老化时间为 120 h,将改性酚醛泡沫切成 100 mm×100 mm×25 mm 大小的样块,并在三个不同的位置测量长度和宽度,以及五个不同点的厚度,分别计算长度、宽度、厚度的平均值,再计算其尺寸变化率。

TG 分析:将改性酚醛泡沫切割成坩埚体积的三分之二大小,测试条件为:氮气氛围,温度范围为 40~800℃,升温速率为 20℃/min。

极限氧指数按照 GB/T 2406-2009 测试。

2 结果与讨论

2.1 改性酚醛树脂表征

(1) FTIR 分析。

改性酚醛树脂及普通酚醛树脂的 FTIR 谱图如图 1 所示。

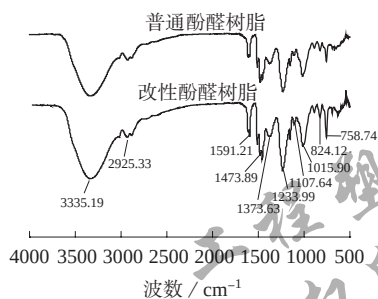


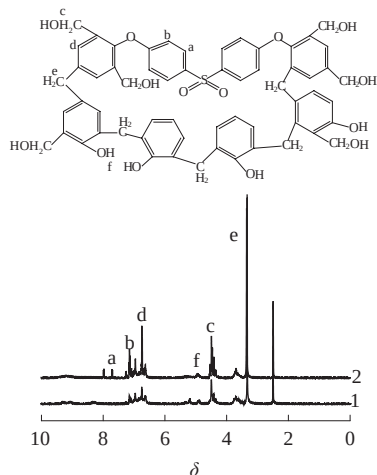
图 1 改性酚醛树脂及普通酚醛树脂的 FTIR 谱图

从图 1 可以看出,在 3335.19 cm⁻¹ 处为 O—H 的振动峰,2925.33 cm⁻¹ 处为亚甲基 C—H 的伸缩振动峰,1591.21 cm⁻¹ 处为苯环中 C=C 的伸缩振动峰,1473.89 cm⁻¹ 与 1373.63 cm⁻¹ 处分别为亚甲基弯曲振动峰和变角振动峰,1233.99 cm⁻¹ 处为 O—H 的变角振动峰及 C—O 的伸缩振动峰,824.12 cm⁻¹ 处为苯环对位取代吸收峰,1015.90 cm⁻¹ 处为羟甲基中 C—O 的伸缩振动峰,1107.64 cm⁻¹ 及 758.74 cm⁻¹ 为砒基的吸收带。说明改性剂 4,4'-二氯二苯砒已经被引入酚醛树脂分子结构中。

(2) ¹³C NMR 分析。

改性酚醛树脂及普通酚醛树脂的 ¹³C NMR 谱图如图 2 所示。

从图 2 可以看出,化学位移 δ=2.5 处为溶剂 DMSO 的 H 质子位移, a 处 δ=7.86 及 b 处 δ=7.09 分别对应为引入 4,4'-二氯二苯砒的苯环上 H 质子位移, c 处 δ=4.79 对应为羟甲基中质子氢的位移, d 处 δ=6.75 为苯酚中苯环对位活泼氢的质子位移, e 处 δ=3.81 为连接苯环的亚甲基中氢质子位移, f 处



1—普通酚醛树脂; 2—改性酚醛树脂;

图 2 改性酚醛树脂及普通酚醛树脂的 ¹³C NMR 谱图

δ=5.0 对应为酚羟基中质子氢的位移。从 ¹³C NMR 谱图可以看出,4,4'-二氯二苯砒已经成功被引入酚醛树脂结构中,这与 FTIR 分析结果一致。

(3) 改性酚醛树脂的基本性能。

改性酚醛树脂的基本性能列于表 1。

表 1 改性酚醛树脂的基本性能

4,4'-二氯二 苯砒用量 / %	固含 量 / %	凝胶时 间 / s	游离甲醛 含量 / %
0	87.47	231	0.23
2	88.32	217	0.20
4	88.91	210	0.18
6	89.58	204	0.16
8	89.37	195	0.16
10	88.64	198	0.19

从表 1 可以看出,随着改性剂 4,4'-二氯二苯砒的加入,改性酚醛树脂的游离醛含量及凝胶时间逐渐减小,固含量逐渐增大。这是由于改性剂的引入使小分子含量下降所致,游离醛含量最小可达 0.16%;在改性剂加入过多的情况下,树脂体系中的游离醛含量因改性剂无法完全反应而有小幅度提高的趋势。改性剂引入到酚醛树脂结构中提高了树脂体系的分子量,树脂的黏度上升,导致树脂的凝胶时间逐渐减小。在固含量测试过程中,改性酚醛树脂可受热挥发的小分子含量减少,且酚醛树脂中引入苯砒基团形成的新型空间网络结构稳定,不易分解,所以改性酚醛树脂的固含量呈现上升的趋势,在改性剂用量为 6% 时达到最大值,为 89.58%。

2.2 改性酚醛泡沫性能

(1) 质量损失率。

不同改性剂 4,4'-二氯二苯砒用量的改性酚醛泡沫在 70℃烘箱老化 24 h 后的质量损失率如图 3 所示。

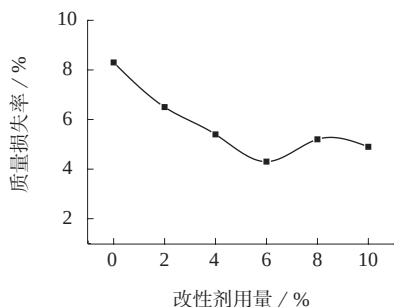


图3 不同改性剂4,4'-二氯二苯砜用量的改性酚醛泡沫的质量损失率

在热老化作用下,酚醛泡沫中的游离小分子逐渐挥发,且受热条件会对泡沫内部结构产生一定程度的破坏,从而导致泡沫的质量逐渐降低。从图3可以看出,随着改性剂用量的增加,改性酚醛泡沫的质量损失率呈现先下降后上升再下降的趋势,在改性剂用量为6%时达到最小值,为4.3%。这是由于改性剂4,4'-二氯二苯砜的引入,使得改性酚醛泡沫中的小分子成分,例如游离醛的含量下降,致使在热老化条件下,改性酚醛泡沫的质量损失率相比于普通酚醛泡沫会有所降低。除此之外,改性剂中存在热稳定性极高的苯环,可进一步增加改性酚醛树脂中苯环含量,提高树脂结构稳定性,且改性剂中砜基上的氧原子对称,极性较小,硫原子处于被氧化状态^[17],可为聚合物提供优良的抗老化能力。综上所述,改性剂4,4'-二氯二苯砜的引入可降低改性酚醛泡沫在热老化条件下的质量损失率。

(2) 尺寸稳定性。

4,4'-二氯二苯砜改性酚醛泡沫及普通酚醛泡沫在70℃老化120 h后的尺寸变化率如图4所示,其中改性剂用量为苯酚的6%。

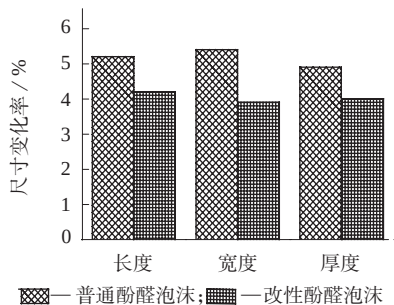


图4 改性酚醛泡沫及普通酚醛泡沫的尺寸变化率

在热老化的条件下,酚醛泡沫的体积逐渐收缩,长度、宽度、厚度方向的尺寸逐渐减小。从图4可以看出,在热老化条件相同的情况下,改性酚醛泡沫的长度、宽度、厚度尺寸变化率均小于未改性的普通酚醛泡沫,改性酚醛泡沫的宽度尺寸变化率最低,为3.9%,而普通酚醛泡沫的尺寸变化率高达5.4%。

这是由于改性后的酚醛树脂结构中不仅存在大量热稳定性极高的苯环,且改性剂中砜基与相邻苯环组成的高度共轭的二苯砜结构形成了十分稳固的结构体系,从而在聚合物受热的情况下主链不易断裂,热稳定性极高,所以在热老化条件下改性后的酚醛泡沫的尺寸变化率小于未改性的普通酚醛泡沫。

(3) TG 分析。

4,4'-二氯二苯砜改性酚醛泡沫及普通酚醛泡沫的TG分析曲线如图5所示,相应的分析数据列于表2,其中改性酚醛泡沫的改性剂用量为苯酚的6%。

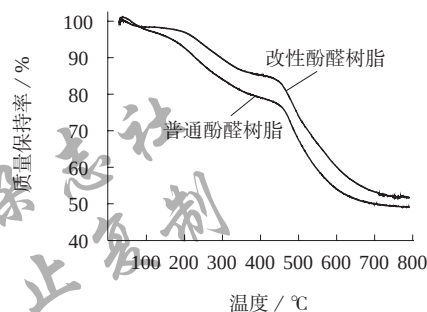


图5 改性酚醛泡沫及普通酚醛泡沫的TG分析曲线

表2 改性酚醛泡沫及普通酚醛泡沫的TG分析数据

材料	失重5%时的温度 / °C	热分解峰值温度 / °C	800℃时的残炭率 / %
普通酚醛泡沫	161.76	475.34	49.06
改性酚醛泡沫	233.25	496.39	51.81

从图5可以看出,酚醛泡沫热失重过程可划分为3个阶段,首先在热失重的初期为泡沫中小分子的挥发过程,改性剂的加入会降低游离醛等小分子的含量,结合表2数据可知,改性酚醛泡沫在失重5%时的温度相比于未改性的普通酚醛泡沫提高了71.49℃;在300~600℃期间为酚醛泡沫热失重中期,为迅速失重阶段,从表2数据可知,改性酚醛泡沫的热分解峰值温度高于普通酚醛泡沫,说明改性剂4,4'-二氯二苯砜的引入能有效地提高分子结构的热稳定性,改善酚醛泡沫热性能;在热失重末期,酚醛泡沫TG曲线逐渐平缓,由于改性酚醛泡沫的苯环含量高于普通酚醛泡沫,所以改性酚醛泡沫相比于普通酚醛泡沫在800℃时的残炭率有小幅提高。综上所述,4,4'-二氯二苯砜可提高改性酚醛泡沫的热稳定性,改性酚醛泡沫表现出优异的耐热性能。

(4) 极限氧指数。

不同改性剂4,4'-二氯二苯砜含量的改性酚醛泡沫的极限氧指数曲线如图6所示。

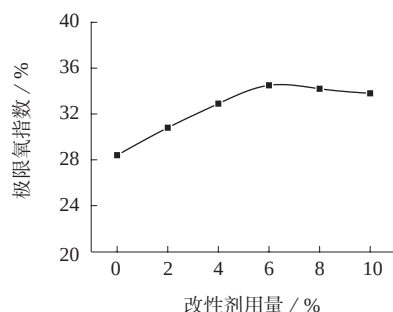


图6 不同改性剂含量的改性酚醛泡沫的极限氧指数曲线

从图6可以看出,相比于未改性的普通酚醛泡沫,改性酚醛泡沫的极限氧指数有所提高,且在改性剂用量为苯酚用量的6%时,改性酚醛泡沫的极限氧指数达到最大值,为34.5%。改性剂4,4'-二氯二苯砒引入的降低了酚醛树脂中易燃的游离甲醛含量,除此之外,4,4'-二氯二苯砒的引入为改性酚醛树脂结构中提供了更多的热稳定性极高的苯环,且由于苯砒的特殊共轭结构,致使改性酚醛树脂结构稳定,泡孔不易破裂,氧气流通受阻,极限氧指数提高。综上,引入4,4'-二氯二苯砒可提高改性酚醛泡沫的极限氧指数。

3 结论

(1) 通过FTIR及 ^{13}C NMR分析证明成功合成了4,4'-二氯二苯砒改性酚醛树脂。

(2) 4,4'-二氯二苯砒的引入可降低酚醛树脂的游离醛及凝胶时间,并将树脂的固含量提高到89.58%。

(3) 4,4'-二氯二苯砒改性酚醛泡沫在70℃热老化条件下,老化24 h后的质量损失率及老化120 h后的尺寸变化率均低于普通酚醛泡沫,表现出良好的耐热性。

(4) TG分析结果表明,4,4'-二氯二苯砒改性酚醛泡沫失重5%的温度高达233.25℃,热分解峰值温度高达496.39℃,均高于普通酚醛泡沫,说明改性剂的加入可提高改性酚醛泡沫的热稳定性。

(5) 加入改性剂4,4'-二氯二苯砒可提高改性酚醛泡沫的极限氧指数,在改性剂用量为苯酚用量的6%时,改性酚醛泡沫极限氧指数达到最大值,为34.5%。

参考文献

[1] 黄发荣,万里强. 酚醛树脂及其应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2011:118-123.
Huang Farong, Wan Liqiang, et al. Phenolic resin and its application[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2011:118-123.

[2] 熊伟. 酚醛树脂的增韧及其泡沫性能[D]. 西安: 陕西科技大学, 2014.
Xiong Wei. Toughening and foaming properties of phenolic resin[D]. Xi'an: Shaanxi University of Science and Technology, 2014.

[3] 李刚,李成吾,左继成,等. 腰果酚改性酚醛泡沫树脂的研究[J]. 辽宁化工, 2018, 47(12):1 198-1 200.
Li Gang, Li Chengwu, Zuo Jicheng, et al. Study on modification of phenolic resin foam with cardanol[J]. Liaoning Chemical Industry, 2018, 47(12):1 198-1 200.

[4] 谷亚新,张栋,戚丁文,等. 发泡剂种类和用量对酚醛泡沫性能的影响[J]. 塑料工业, 2014, 42(5):94-98.
Gu Yaxin, Zhang Dong, Qi Dingwen et al. Effects of type and amount of foaming agent on properties of phenolic foam[J]. China Plastics Industry, 2014, 42(5):94-98.

[5] 王志才,匡松连,缪长礼,等. 酚醛泡沫的高温制备工艺[J]. 工程塑料应用, 2011, 39(11):33-36.
Wang Zhicai, Kuang Songlian, Miao Changli, et al. Research on preparation of phenolic foam by high temperature foaming[J]. Engineering Plastics Application, 2011, 39(11):33-36.

[6] 邵鸿飞,冀克俭,刘元俊,等. 酚醛泡沫塑料研究进展及其应用[J]. 工程塑料应用, 2015, 43(1):129-132.
Shao Hongfei, Ji Kejian, Liu Yuanjun, et al. Research progress of phenolic foam plastics and its application[J]. Engineering Plastics Application, 2015, 43(1):129-132.

[7] 吴忠泉,刘凯. 酚醛泡沫塑料改性研究进展[J]. 工程塑料应用, 2014, 42(09):120-124.
Wu Zhongquan, Liu Kai. Research progress in modification of phenolic foam[J]. Engineering Plastics Application, 2014, 42(9):120-124.

[8] 杨彦峰,何继敏. 酚醛树脂的增韧方法及增韧机理分析[J]. 塑料科技, 2013, 41(5):108-113.
Yang Yanfeng, He Jimin. Analysis on toughening methods and mechanism of phenolic resins[J]. Plastics Science and Technology, 2013, 41(5):108-113.

[9] 缪长礼,匡松连,张宗强,等. 聚酰胺改性酚醛树脂及泡沫性能[J]. 宇航材料工艺, 2012, 42(2):61-63.
Miao Changli, Kuang Songlian, Zhang Zongqiang, et al. Polyamide modified phenolic resin and phenolic foam properties[J]. Aerospace Materials & Technology, 2012, 42(2):61-63.

[10] Hu Xiangming, Cheng Weimin, Li Chao, et al. Effects of surfactants on the mechanical properties, microstructure, and flame resistance of phenol-urea-formaldehyde foam[J]. Polymer Bulletin, 2016, 73(1):1-20.

[11] Ge Tiejun, Tang Kaihong, Yu Yang, et al. Preparation and properties of the 3-pentadecyl-phenol in situ modified foamable phenolic

- resin[J]. Polymers, 2018, 10(10):doi:10.3390 / polym10101124.
- [12] Ge Tiejun, Tang Kaihong, Tang Xiaojun. Preparation and properties of acetoacetic ester-terminated polyether pre-synthesis modified phenolic foam[J]. Materials, 2019, 12(3):doi:10.3390 / ma12030334.
- [13] Ge Tiejun, Hu xiaoqi, Tang Kaihong, et al. The preparation and properties of terephthalyl-alcohol-modified phenolic foam with high heat aging resistance[J]. Polymers, 2019, 11(8):doi:10.3390 / polym11081267.
- [14] 葛铁军,唐恺鸿,王东奇,等. 芳烷基醚改性可发性酚醛树脂的制备及性能[J]. 塑料科技, 2018, 46(12):84-89.
- Ge Tiejun, Tang Kaihong, Wang Dongqi, et al. Preparation and properties of aralkyl ether modified foamable phenolic resin[J]. Plastics Science and Technology, 2018, 46(12):84-89.
- [15] 张银钟,胡孝勇,陈耀. 聚砜及其老化性能研究进展[J]. 化工新型材料, 2010, 38(9):72-74, 91.
- Zhang Yinzong, Hu Xiaoyong, Chen Yao. Research of polysulfone and aging[J]. New Chemical Materials, 2010, 38(9):72-74, 91.
- [16] 胡任之. 聚砜树脂的发展动态[J]. 上海化工, 2013, 38(4):22-26.
- Hu Renzhi. Development trend of polysulfone Resin[J]. Shanghai Chemical Industry, 2013, 38(4):22-26.
- [17] 董瑞玲,齐晔华,张亚娟,等. 聚砜改性无污水酚醛树脂的研究[J]. 西北工业大学报, 2002, 20(2):193-197.
- Dong Ruiling, Qi Shuhua, Zhang Yajuan, et al. On waste-water-free production of phenolic resin modified with polysulfone[J]. Journal of Northwestern Polytechnical University, 2002, 20(2):193-197.

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,纵横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。