

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2014.04.003

阻燃聚酯 / 纳米 SiO_2 复合材料的制备及阻燃性能*

杨保平, 陈碧碧, 崔锦峰, 周应萍, 包雪梅, 魏小赞, 郭军红

(兰州理工大学石油化工学院, 兰州 730050)

摘要: 采用直接酯化法, 使用反应型含磷单体合成阻燃聚酯, 在酯化产物中加入改性纳米 SiO_2 制备阻燃聚酯 / 纳米 SiO_2 复合材料, 使用热重 (TG) 分析、扫描电子显微镜 (SEM)、极限氧指数 (LOI) 测试、X 射线能谱 (EDS) 分析等对复合材料进行分析和研究。LOI 测试结果显示, 随着磷含量的增加, LOI 逐渐上升; 当纳米 SiO_2 质量分数大于 1.8% 时, LOI 降低。TG 分析结果表明, 磷元素的加入促进质量保持率的提高, 硅元素的加入提高炭层性能和提高质量保持率。SEM 显示, 燃烧后的复合材料形成多孔且致密的炭层, 抑制热量的传输和扩散。EDS 元素分析显示, 燃烧后磷、硅元素均匀分布在炭层中, 增强炭层性能, 从而提高材料的阻燃性能。

关键词: 阻燃; 聚酯; 复合材料; 性能

中图分类号: TQ323.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2014)04-0009-06

Preparation and Flammability Property of Flame Retardant Polyester / SiO_2 Nanocomposite

Yang Baoping, Chen Bibi, Cui Jinfeng, Zhou Yingping, Bao Xuemei, Wei Xiaoyun, Guo Junhong

(Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China)

Abstract : The prepared retardant polyester was prepared by using reactive phosphorous monomer through the direct esterification method, and SiO_2 was added into the esterification products to prepare flame retardant polyester / SiO_2 nanocomposites. The composites were investigated by TG, SEM, EDS and limiting oxygen index(LOI) measurement. The results show that the LOI increases with the increase of phosphorus content; LOI reduces when the mass fraction of SiO_2 is greater than 1.8%. The TG result indicates that the phosphorylation of polyester significantly enhances quality retention, and that the silicon of the composite improve the carbon layer performance and increases the quality retention. The SEM result shows that the composites form lacunaris and compact charred layers after combustion, which inhibit the transmission of heat. EDS element analysis confirms that phosphorous and silicon elements evenly distribute in the charred layers, which enhances carbon layer performance and improves flame retardant properties of the composite during combustion.

Keywords : flame retardant; polyester; composite; performance

用于聚酯阻燃改性的阻燃剂主要是卤系和磷系化合物。但是含氯、溴的阻燃材料在燃烧时易放出具有刺激性和腐蚀性的卤化氢气体, 因此卤素阻燃剂的应用逐渐受到了限制。磷系化合物由于其自身的环保性和高效的阻燃性成为主要的阻燃剂^[1-3]。其中, 9,10-二氢-9-氧杂-10-磷杂菲-10-氧化物 (DOPO) 因其优异的特性而受到世界各地科技人员的广泛关注^[4-5]。B.Schartel 等合成了含 DOPO 的阻燃剂 (HAP-DOPO) 并用于环氧树脂中, 发现改性后的环氧树脂具有较高的成炭能力和较低的热释放速率^[6]。近来, Qian Lijun 等发表了关于 DOPO 系列的阻燃剂改性树脂的阻燃性能研究的文章^[7-11]。

高分子纳米复合材料兼有纳米粒子的小尺寸效应、表面效应、粒子的协同效应和高分子材料本身柔软、稳定、易加工等特点, 因而具有其它材料不具

备的特别性质。纳米 SiO_2 粒子在聚合物中, 能够增强聚合物热稳定性能, 可阻隔材料热量传递, 使挥发性降解产物的逸出得到阻止或者延缓, 纳米粒子可将降解产物俘获形成热稳定性较好的残留物和焦炭。同时采用协同阻燃作用可将磷与硅按一定配比制备阻燃复合材料^[12]。

笔者首先合成 9,10-二氢-9-氧杂-10-磷杂菲-10-氧化物-顺酐 (DOPOMA)^[13], 并以此为合成原料来直接酯化聚合成含磷本征阻燃聚酯, 以改善聚酯的阻燃性能, 然后在体系中加入改性后的纳米

* 甘肃省自然科学基金计划项目 (1112RJZA019)

联系人: 郭军红, 高级工程师, 主要从事高分子化工及表面成膜材料相关教学和科研工作

收稿日期: 2014-01-12

SiO₂ 粒子制备阻燃纳米复合材料。

1 实验部分

1.1 主要原材料

顺丁烯二酸酐:分析纯,天津市凯信化学工业有限公司;

苯酐:分析纯,上海中秦化学试剂有限公司;

DOPO,1,2-丙二醇:莱阳市双双化工有限公司;

苯乙烯、乙二醇、二甲苯、一缩二乙二醇:分析纯,天津市巴斯夫化工有限公司;

对甲苯磺酸:分析纯,天津市化学试剂六厂三分厂;

过氧化甲乙酮、环烷酸钴、对苯二酚:分析纯,国药集团化学试剂有限公司;

纳米 SiO₂:分析纯,苏州乐邦化工有限公司。

1.2 仪器及设备

傅立叶变换红外光谱 (FTIR) 仪:8300PCS 型,日本岛津制作所;

热重 (TG) 分析仪: TG/DTA-6300 型, Perkin-Elmer 公司;

极限氧指数 (LOI) 仪: HC-2 型,南京江宁县分析仪器厂;

扫描电子显微镜 (SEM): JSM-6701F 型,日本电子光学公司;

X 射线能谱 (EDS) 仪: JSM-5600LV 型,日本电子光学公司。

1.3 DOPOMA 的合成

在装有搅拌器、温度计、回流冷凝管的三口烧瓶中,加入 100 g 四氢呋喃和 100 g 甲苯混合溶液,162 g DOPO 和 77 g 顺丁烯二酸酐,搅拌加热。当温度为 84℃ 时开始回流,稳定反应 9 h 后颜色逐渐变为绿色,反应 24 h 后溶液颜色呈墨绿色,停止反应并冷却至室温,向溶液中加入适量的二甲苯搅拌,溶液出现分层,上层为淡黄色澄清液体,下层为墨绿色粘稠液体。经过分液得下层粘稠液体,二甲苯洗涤多次后放置 120℃ 烘箱中干燥 48 h,取出冷却至室温为固体,研磨得淡黄色粉末结晶。

1.4 阻燃聚酯 / SiO₂ 纳米复合材料的制备

本实验合成的聚酯为醇过量 20%,乙二醇、丙二醇、二乙二醇的物质的量之比为 1:3.8:1.4,改变体系中的苯酐、DOPOMA 的含量来合成不同磷含量 (1% 或 2%) 的阻燃聚酯。将 23.7% 顺酐、苯酐 (21.9% 或 12.9%)、DOPOMA (12.5% 或 23.7%)、

乙二醇、丙二醇、二乙二醇、5% 二甲苯、2% 对甲苯磺酸依次加入装有机机械搅拌、分水器、温度计、电热套的三口烧瓶中,加热至固体完全溶解后搅拌,升温至 150℃,每隔 1 h 取一次样测定其酸值,当酸值变化幅度减小时,继续升温至 (186±2)℃ 反应,反应后期降温到 150℃ 补加计量好的二元醇,然后升温到 (186±2)℃ 反应 2~3 h 后,加入硅烷偶联剂改性的纳米 SiO₂,缓慢升温至 (186±2)℃ 反应 2~3 h。反应结束后抽真空,蒸出溶剂,添加质量分数为 0.02% 阻聚剂均匀搅拌,待树脂冷却到 80℃ 以下时一次性加入 15% 苯乙烯,均匀搅拌至温度降为室温后出料,避光保存。

在烧杯中按计量称取上述复合聚酯,依次添加 1% 过氧化甲乙酮、0.15% 环烷酸钴、0.08 mL 硅油 (消泡剂),机械搅拌均匀混合,然后将混合物倒入聚四氟乙烯模具中在 80℃ 下固化 1~2 h,得到用于测定 LOI 的试样。

1.5 性能测试

FTIR 分析:采用 KBr 压片,温度为室温,在 4000~500 cm⁻¹ 范围内摄谱;

TG 分析:以 10℃/min 的升温速率从室温加热到 800℃,载气速率 50 mL/min (氮气);

LOI 测试:根据 GB 10707-1989 对阻燃试样进行 LOI 的测定;

SEM 分析:利用 SEM 对试样的断面以及微观形貌进行观察并拍照,试样测试前表面喷金 2~3 次;

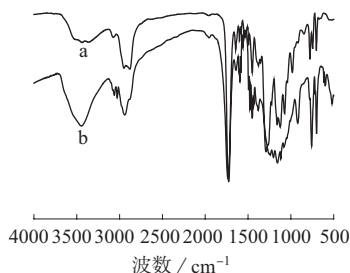
EDS 分析:利用 EDS 仪,对阻燃试样燃烧后磷、硅元素进行元素分析。

2 结果与讨论

2.1 FTIR 分析

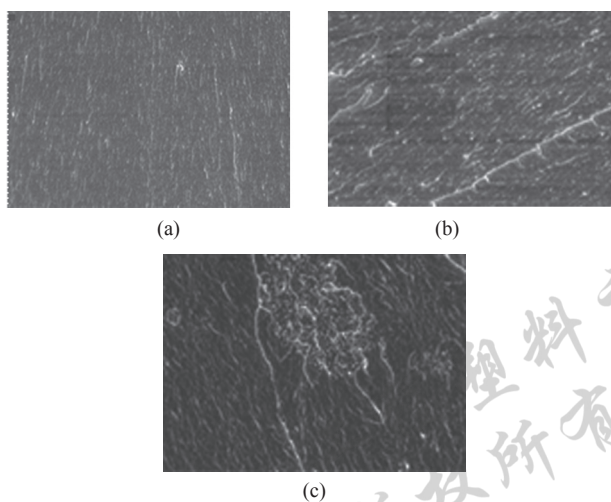
图 1 为普通聚酯与阻燃聚酯 / 纳米 SiO₂ 复合材料的 FTIR 谱图。

由图 1 看出,两者主要特征谱带出现重叠,说明在酯类结构中各个基团的运动具有相似性。在图 1a 的普通聚酯的特征谱带中,1720.3,1279.2 cm⁻¹ 及 1120.6 cm⁻¹ 处分别为 C=O 键伸缩振动与 C—O 键伸缩振动吸收峰,含阻燃聚酯出现了位移,迁移至 1736 cm⁻¹。图 1b 中 1353~1007 cm⁻¹ 处出现的宽而中强峰,表明存在 P=O 基团,且 P—O—C 基团的特征峰出现在 1200 cm⁻¹ 处,使得吸收峰变宽^[14],1153 cm⁻¹ 处吸收峰为阻燃聚酯 / 纳米 SiO₂ 复合材料中 Si—O—Si 键的伸缩振动峰^[15]。

a—普通聚酯; b—阻燃聚酯/纳米 SiO₂图1 聚酯与阻燃聚酯/纳米 SiO₂ 复合材料的 FTIR 谱图

2.2 纳米 SiO₂ 在聚酯复合材料中的分散情况

不同纳米 SiO₂ 含量的阻燃聚酯/纳米 SiO₂ 复合材料的断面 SEM 照片如图 2 所示。

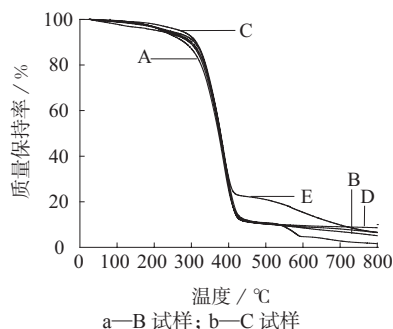
SiO₂ 质量分数: a—1%; b—1.8%; c—3.5%图2 不同纳米 SiO₂ 含量的阻燃聚酯/纳米 SiO₂ 复合材料断面的 SEM 照片

从图 2 可以看出,在纳米 SiO₂ 质量分数为 1% 以下时,纳米 SiO₂ 在复合聚酯基体中能够均匀分散,团聚体很少,但是随着纳米 SiO₂ 的含量的提高,复合聚酯基体中纳米 SiO₂ 的团聚体增多。这是因为纳米 SiO₂ 表面由于物理吸附或化学链接,含有大量活性硅羟基,使得纳米 SiO₂ 表面呈现亲水疏油的特性,表面能高,易于团聚,所以纳米 SiO₂ 在聚酯中的浓度增大后,在分散结束后静置或转移分散液期间、酯化或聚合期间纳米 SiO₂ 更容易团聚在一起。

2.3 TG 分析

图 3 为阻燃聚酯及阻燃聚酯/纳米 SiO₂ 复合材料的 TG 曲线。将质量损失率为 5% 时的温度 ($T_{d,5\%}$) 作为起始分解温度。并且从 TG 曲线中可知质量损失 75% 时的温度 ($T_{d,75\%}$) 以及 700℃ 时的质量保持率,数据列于表 1。

由表 1 可知,在氮气条件下,阻燃聚酯/纳米 SiO₂ 复合材料的 $T_{d,5\%}$ 随着磷含量的增加先上升后

图3 阻燃聚酯/纳米 SiO₂ 复合材料的 TG 曲线表1 聚酯/SiO₂ 复合材料的 TG 数据

试样编号	磷质量分数/%	SiO ₂ 质量分数/%	$T_{d,5\%}/^{\circ}\text{C}$	$T_{d,75\%}/^{\circ}\text{C}$	700℃质量保持率/%
A	0	0	223	400.2	2.81
B	1	0	240	402.2	6.9
C	1	1.8	272	402.8	8.07
D	1	3.5	231	405.3	9.03
E	2	1.8	212	410.5	9.85

下降。其主要原因为:在一定的磷含量范围内,随着磷含量的增加,含磷极性基团使得分子之间的相互作用力增加,从而 $T_{d,5\%}$ 呈现上升趋势。当 P 含量继续增加时,由于磷杂菲基团具有很大的分子体积,空间位阻很大,使得体系的交联密度以及结晶度降低, $T_{d,5\%}$ 呈现下降趋势^[16-17]。阻燃聚酯/纳米 SiO₂ 复合材料的 $T_{d,5\%}$ 随着 SiO₂ 含量的增加先上升后下降。原因是少量的纳米 SiO₂ 在基体中分散较好,纳米 SiO₂ 对复合聚酯分子链的吸附作用使其在基体中形成许多的物理交联点,导致复合材料的 $T_{d,5\%}$ 升高。纳米 SiO₂ 含量继续增加时,体系中生成较低分子物质,从而使得复合材料的 $T_{d,5\%}$ 降低。

从表 1 可以看出,在 700℃ 阻燃聚酯比纯聚酯的残炭率更高,即阻燃复合材料可以形成一定数量的残炭率,并且残炭率随着磷含量的增加而增加,在聚酯结构的主链侧基上引入磷元素有助于炭的生成,可以提高复合材料的阻燃性能。并且,纳米 SiO₂ 粒子的加入也能提高残炭率,这是因为在基体燃烧时,硅元素迁移至材料表面(由于硅的低表面能)形成硅保护层,而硅具有抗氧化性能和较高的热稳定性,抑制焦炭热氧化降解反应,阻止或者抑制低温状态下生成的焦炭质量的损失,焦炭生成量也呈现提高的趋势^[18-19]。对于一种较好的阻燃材料,形成一定数量的残炭是有益的。炭层覆盖在被燃物表面,可以阻碍氧气向反应区扩散,从而抑制火焰向基质继续传播,达到阻燃的作用。

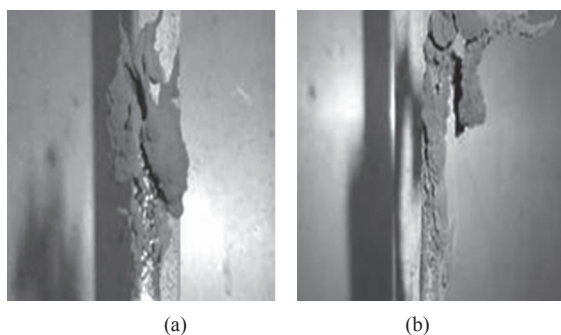
2.4 LOI 测试

阻燃聚酯、阻燃聚酯/纳米 SiO₂ 复合材料的

LOI 测试结果见表 2,测试后的试样形貌如图 4 所示。

表 2 阻燃聚酯/纳米 SiO₂ 复合材料的阻燃性能

试样编号	LOI/%	有无熔滴
A	24.1	无
B	26.3	无
C	26.8	无
D	25.9	无
E	27.3	无



a—B 试样; b—C 试样

图 4 阻燃聚酯/纳米 SiO₂ 复合材料的 LOI 测试后试样形貌

由表 2 可以看出,随着磷含量的增加,阻燃聚酯、阻燃聚酯/纳米 SiO₂ 复合材料的 LOI 均提高。当磷含量达到 2%,纳米 SiO₂ 质量分数为 1.8% 时,其 LOI 达到 27.3%。说明磷元素可以很大地提高聚酯的阻燃性能。

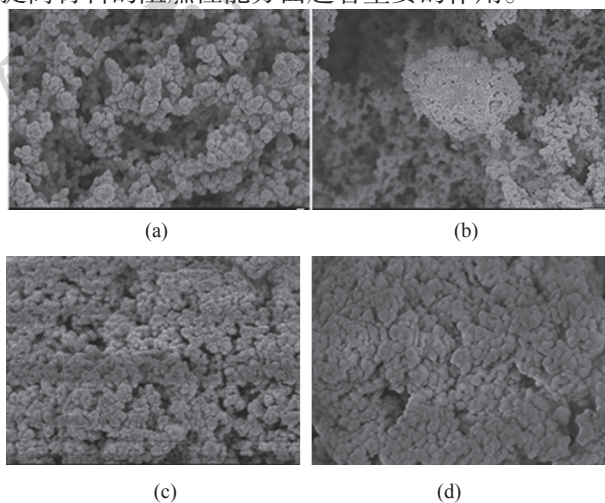
由表 2 还可以看出,当磷质量分数为 1% 时,加入的纳米 SiO₂ 质量分数在 3.5% 时,复合材料的 LOI 出现降低的现象。这主要是因为随着纳米 SiO₂ 含量的增加,纳米粒子在复合材料中容易团聚,形成纳米粒子聚集体,复合材料中聚酯基体受热熔融后的热熔体沿着纳米粒子聚集体流向火源或高温场并燃烧,并产生大量热量,产生热量又促进复合材料受热分解燃烧,形成恶性循环,导致灯芯效应^[20];同时加入纳米 SiO₂ 后,复合材料的导热系数增加有利于外部热量向内部传输,使得聚酯基体受热熔融成熔体液滴并向下流淌引燃试样下部(如图 4b),导致复合材料的 LOI 降低。

2.5 SEM 分析

阻燃聚酯、阻燃聚酯/纳米 SiO₂ 复合材料炭化形貌的 SEM 照片如图 5 所示,其 600℃ 的残炭率见表 3。

从表 3 可知,随着磷含量、纳米 SiO₂ 含量的增加而增加,且趋势变化和 TG 分析结果一致。图 5a 是不含纳米 SiO₂ 的阻燃聚酯炭化形貌,其呈现多孔且连续紧凑的炭层。而图 5b、图 5c 和图 5d 是不同

倍数下的阻燃聚酯/纳米 SiO₂ 复合材料炭化形貌,其呈现致密连续的炭层。结果表明,磷含量和纳米 SiO₂ 可以增强复合材料在燃烧时的成炭性能。含磷阻燃聚酯在燃烧时生成磷酸、焦磷酸类物质,这些物质可以促进羟基化合物的脱水,生成降解气体,使得阻燃聚酯炭化形貌呈现多孔且连续紧凑。燃烧时多孔且连续的炭层形成了保护层,阻碍热量的传输和扩散,降低了热量释放速率,减弱了可燃性气体的产生从而保护了内层材料^[21-22]。而在阻燃聚酯/纳米 SiO₂ 复合材料中,纳米 SiO₂ 可以减缓材料表面焦炭的热氧化降解反应,并且纳米 SiO₂ 在炭层中形成网状结构,这些网状结构在炭层因纳米粒子强度可提高炭化物的强度和厚度,纳米粒子增强炭化层阻止了热量向内层传输和气体的排出,从而减缓了内层复合材料的热氧化降解。综上所述,炭层在提高材料的阻燃性能方面起着重要的作用。



a—B 试样 (放大 30 000 倍); b, c, d—C 试样 (分别放大 10 000, 30 000, 50 000 倍)

图 5 阻燃聚酯/纳米 SiO₂ 复合材料炭化形貌 SEM 照片

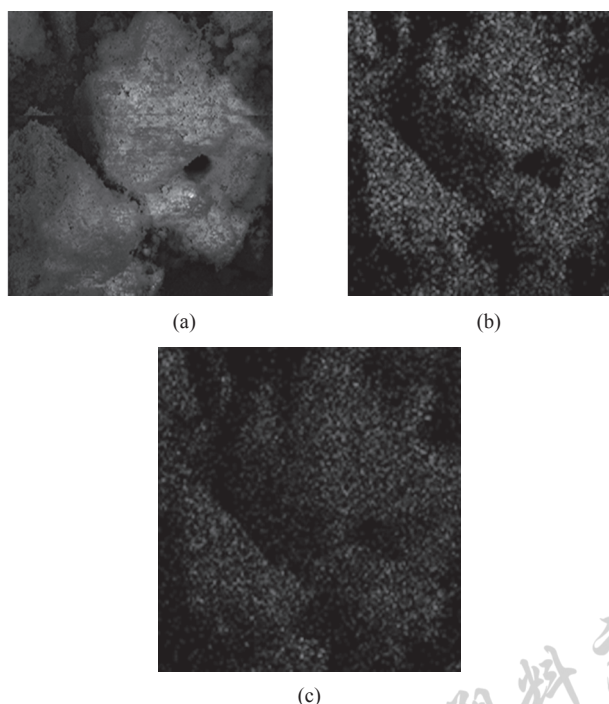
表 3 阻燃聚酯/纳米 SiO₂ 复合材料的残炭率

试样编号	600℃ 残炭率/%
A	0.29
B	2.18
C	3.97
D	5.88
E	7.23

2.6 EDS 元素分析

燃烧后炭层中磷、硅元素的分布情况如图 6 所示。从图 6 可以看出,磷、硅元素均匀分布在炭层中。从结果中可以推测出,阻燃聚酯/纳米 SiO₂ 复合材料热分解时产生含磷物质,这种热分解产物作为酸源可催化炭层的生成。并且图 6 中呈现的连续均匀

的炭孔隙,有利于含磷自由基在炭层中运动。因此,均匀的炭孔隙以及磷元素的均匀分布都有利于复合材料的阻燃性能的提高。



a—P 质量分数为 1%, SiO₂ 质量分数为 1% 复合材料 LOI 测试后的形貌 SEM 照片; b—磷元素分布; c—硅元素分布

图 6 燃烧后磷、硅元素在炭层中的分布

3 结论

(1) 聚酯/纳米 SiO₂ 复合材料 LOI 随着 P 含量的增加而逐渐上升;当纳米 SiO₂ 质量分数在 1.8% 以上时, LOI 降低。

(2) 从 TG 分析得知,磷元素的加入能促进残炭的生成和增加残炭率;硅元素的加入可以提高炭层的性能和增加残炭率。

(3) 复合材料在燃烧时生成了致密连续的炭层,燃烧后磷、硅元素均匀的分布在炭层中,因此,磷、硅元素的加入增加了残炭率并增强了炭层的性能,从而提高了复合材料的阻燃性能。

参考文献

- [1] Yu Dan, Kleemeier M, Wu Guangmei, et al. Phosphorous and silicon containing low-melting organic-inorganic glasses improve flame retardancy of epoxy / clay composites[J]. *Macromolecular Materials and Engineering*, 2011, 296:952–964.
- [2] Wu Guangmei, Scharrel B, Yu Dan, et al. Synergistic fire retardancy in layered-silicate nanocomposite combined with low-melting phenylsiloxane glass[J]. *Journal of Fire Sciences*, 2012, 30(1):69–87.
- [3] Pospiech D, Häußler L, Korwitz A, et al. The miscibility of poly(butylene terephthalate) (PBT) with phosphorus polyester flame

retardants[J]. *High Performance Polymer*, 2012, 24:64–73.

- [4] Liao Shuhang, Liu Polan, Hsiao Min-chien, et al. One step reduction and functionalization of graphene oxide with phosphorus-based compound to produce flame retardant epoxy nanocomposite[J]. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 2012, 51(12):4 573–4 581.
- [5] Zhong Hanfang, Wei Ping, Jiang Pingkai, et al. Thermal degradation behaviors and flame retardancy of PC / ABS with novel silicon-containing flame retardant[J]. *Fire Mater*, 2007, 31:411–423.
- [6] Scharrel B, Braun U, Balabanovich A, et al. Pyrolysis and fire behaviour of epoxy systems containing a novel 9,10-dihydro-9-oxa-10-phosphaphenanthrene-10-oxide-(DOPO)-based diamino hardener[J]. *European Polymer Journal*, 2008, 44:704–715.
- [7] Qian Lijun, Ye Longjian, Xu Guozhi, et al. The non-halogen flame retardant epoxy resin based on a novel compound with phosphaphenanthrene and cyclotriphosphazene double functional groups[J]. *Polymer Degradation Stability*, 2011, 96:1 118–1 124.
- [8] Scharrel B, Balabanovich A I, Braun U, et al. Pyrolysis of epoxy resins and fire behaviour of epoxy resin composites flame retarded with 9,10-dihydro-9-oxa-10-phosphaphenanthrene-10-oxide additives[J]. *Journal Applied Polymer Science*, 2007, 104:2 260–2 269.
- [9] Brehme S, Scharrel B, Goebbels J, et al. Phosphorus polyester versus aluminium phosphinate in poly(butylene terephthalate) (PBT): Flame retardancy performance and mechanisms[J]. *Polymer Degradation Stability*, 2011, 96:875–884.
- [10] Perret B, Scharrel B, Stöß K, et al. A new halogen-free flame-retardant based on 9,10-dihydro-9-oxa-10-phosphaphenanthrene-10-oxide for epoxy resins and their carbon fiber composites for the automotive and aviation industries[J]. *Macromolecular Materials and Engineering*, 2011, 296:14–30.
- [11] Perret B, Scharrel B, Stöß K, et al. Novel DOPO-based flame-retardants in high-performance carbon fibre epoxy composites for aviation[J]. *European Polymer Journal*, 2011, 47:1 081–1 089.
- [12] Liu Yingling, Wu Chuanshao, Chiu Yieshun, et al. Preparation, thermal properties, and flame retardance of epoxy-silica hybrid resins[J]. *J Polym Sci, Part A: Polym. Chem.*, 2003, 41(15):2 354–2 367.
- [13] 王昱, 罗炎. 阻燃型 DOPO-马来酸酐改性的环氧树脂研究[J]. *绝缘材料*, 2010, 43(3):20–28.
- [14] 纪全, 张静, 王孝龙, 等. 阻燃聚酯/蒙脱土纳米复合材料的制备及燃烧性能[J]. *高分子材料科学与工程*, 2008, 24(6):148–151.
- Ji Quan, Zhang Jing, Wang Xiaolong, et al. Preparation and flammability property of flame retardant polyester / MMT nanocomposite[J]. *Polymer Materials Science and Engineering*, 2010, 43(3):20–28.

- [15] 张超灿,李志虎. 酯化改性纳米 SiO_2 及其在聚酯漆中应用[J]. 武汉理工大学学报, 2007, 29(5):13-16.
- Zhang Chaocan, Li Zhihu. Preparation of hydrophobic nanosilica and the application in polyester paint[J]. Journal of Wuhan University of Technology, 2007, 29(5):13-16.
- [16] Wang Xin, Song Lei. A effective flame retardant for epoxy resins based on poly(DOPO substituted dihydroxyl phenyl pentaerythritoldiphosphonate)[J]. Materials Chemistry and Physics, 2011, 125:536-541.
- [17] 焦剑,雷渭媛. 高聚物结构、性能与测试[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003: 547-548.
- Jiao Jian, Lei Weiyuan. Structure performance and testing of high polymer[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2003:547-548.
- [18] Wu Chuanshao, Liu Yingling, Chiu Yieshun. Epoxy resins possessing flame retardant elements from silicon incorporated epoxy compounds cured with phosphorous or nitrogen containing curing agents[J]. Polymer, 2002, 43:4 277-4 284.
- [19] Mercado L A, Galia M, Reina J A. Silicon-containing flame retardant epoxy resins: Synthesis, characterization and properties[J]. Polymer Degradation and Stability, 2006, 91:2 588-2 594.
- [20] Yang Feng, Nelson G L. PMMA / Silica nanocomposite studies synthesis and properties[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2004, 91:3 844-3 850.
- [21] Ravichandran S. A renewable waste material for the synthesis of a novel non-halogenated flame retardant polymer[J]. Journal of Cleaner Production, 2011, 19:454-458.
- [22] Wang Xin, Hu Yuan. Synthesis and characterization of a DOPO-substituted organophosphorus oligomer and its application in flame retardant epoxy resins[J]. Progress in Organic Coatings, 2011, 71:72-82.

CHINAPLAS 2014 国际橡塑展 ——助力推动可持续发展

很多企业已意识到只有通过资源管理、回收和节能才能建设一个可持续发展的未来。塑料制品具有耐用、质轻和可塑性高等优点,对推动全球可持续发展有着无可取代的地位。因此,塑料已被广泛应用于各行业,从而达到节能减排的目的,如轻量化的车辆能减少汽油的消耗和二氧化碳排放量;创新的塑料包装不但令食品在运送途中得到保护,亦同时能保持食物新鲜和延长食用期;高科技绝缘塑料降低建筑物的能源消耗等。在全球天然资源越趋紧绌的前提下,能源和资源效益已成为塑料和橡胶业业界人士保持企业竞争力的出路。采用绿色技术和环保的生产过程,是缔造人类更好未来的方法!

“CHINAPLAS 2014 国际橡塑展”(第二十八届中国国际塑料橡胶工业展览会)将于 2014 年 4 月 23~26 日在我国上海新国际博览中心盛大举行。

作为亚洲第一、全球第二的塑料橡胶工业展览会,“CHINAPLAS 2014 国际橡塑展”一直肩负着推动橡塑行业可持续发展的重要使命。就此,大会今年将以“绿塑创新·构建永恒”为主题,并举办两项名为“未来都市”和“绿色论坛”的同期活动。

“未来都市”为一座圆形的户外建筑物,矗立于博览中心的中央广场,将向观众展示可持续发展的重要蓝本,一个全方位的持续发展模型涵盖产品生命周期的各个领域及要素,并分别从 4 方面演绎:原材料多样化、高效节能机械、塑料橡胶应用和循环再造。在轻松的气氛下,观众可通过展品展示及互动游戏等形式,亲身发掘业内环保的新信息和趋势。

“绿色论坛”是另一个不容错过的重头活动,将于展会的第二及第三天举行(4 月 24~25 日),由雅式展览服务有限公司、欧洲塑料信息(PIE)和日本绿色成型技术交流协会(AGMS)联合主办。为响应大会的主题,这个具前瞻性的

论坛,将分别以“塑料回收的创新解决方案”和“绿色成型—成本减半、利润翻倍”分别作为 24 和 25 日的主题。演讲题目将涵盖绿色成型、塑料回收,以及各种以解决废弃塑料产品带来盈利为目的的方案等。论坛将提供一个云集国际知名品牌和各行业翘楚的国际交流平台,通过技术和案例的介绍,分享专家及企业对实现可持续发展的见解和经验。

这次会议预计将吸引塑料和橡胶行业的专家和企业决策者,包括制造商、加工生产商、终端用户、科研机构、机械与原料供应商、媒体等前来参与,获取环保技术的最新发展,以及涉猎到生产过程、废品管理,及再生资源运用等方面的创新技术和实践方向。有关同期活动详情,欢迎浏览展会网页 www.ChinaplasOnline.com/Event。

“CHINAPLAS 2014 国际橡塑展”展出面积将逾 22 万 m^2 ,云集来自 39 个国家及地区 2 900 多家展商,以及 14 个国家及地区展团联手展示多元化的化工原材料与 3 200 多台橡塑机械设备。展会的观众入场收费为人民币 30 元(一天票)及人民币 50 元(四天票)。

网上观众预先登记现已开通,上网登记可免费进场参观,2 月 17 日前成功登记可预先获寄参观证及获赠会刊换领券一张,欢迎浏览 www.ChinaplasOnline.com 或 www.中国橡塑展.com。(雅氏)

分析师预测未来 5 年全球 PP 复合年增长 6.3%

日前,咨询公司分析师在市场统计报告中预测,未来 5 年全球聚丙烯(PP)市值复合年增长率为 6.3%,至 2019 年将达 1 240 亿美元。报告指出,一方面 PP 产品的终端市场如包装、汽车等行业将成为拉动 PP 市场需求的主要动力。人们生活方式的改变和可支配收入的增加等因素也将进一步拉动对 PP 的需求,如亚洲新兴国家饮食习惯的改变及激烈的消费品竞争等。尽管未来几年 PP 市场的前景可期,但日趋严重的环境问题以及变幻莫测的原材料价格也将制约 PP 行业的健康发展。(中聚网)