

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2013.01.021

# 阻燃剂 2-丙酸钠苯基次膦酸钠的制备及其在 PET 中的应用\*

王良<sup>1</sup>, 李娜<sup>1</sup>, 夏寅<sup>1</sup>, 毛纵文<sup>1</sup>, 薛飞<sup>2</sup>, 管涌<sup>1</sup>

(1. 华东理工大学材料科学与工程学院, 上海市先进聚合物材料重点实验室, 上海 200237; 2. 阳科农业发展有限公司, 江苏宿迁 223835)

**摘要:**以磷系阻燃剂 2-羧乙基苯基次膦酸(CEPP)和氢氧化钠(NaOH)为原料,合成 2-丙酸钠苯基次膦酸钠(CEPP-Na),并与聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)共混制得阻燃聚酯。通过傅立叶变换红外光谱和能谱表征了产物结构,采用极限氧指数(LOI)测试、热重分析、扫描电子显微镜观察等方法对产物的燃烧性能、热性能、相容性、成炭形貌等进行研究。结果表明,合成的 CEPP-Na 与 PET 基体相容性良好,且避免了直接使用 CEPP 带来的降解问题。当 CEPP-Na 的质量分数为 15% 时,阻燃聚酯的 LOI 为 28.5%,且 UL-94 达到 V-0 级。

**关键词:**磷系阻燃剂;聚对苯二甲酸乙二醇酯;极限氧指数;炭层

中图分类号: TQ323.41

文献标识码: A

文章编号: 1001-3539(2013)01-0086-05

## Preparation of Flame Retardant 2-Sodium Propionate Phenyl Sodium Hypophosphite and Its Application In PET

Wang Liang<sup>1</sup>, Li Na<sup>1</sup>, Xia Yin<sup>1</sup>, Mao Zongwen<sup>1</sup>, Xue Fei<sup>2</sup>, Guan Yong<sup>1</sup>

(1. Shanghai Key Laboratory of Advanced Polymeric Materials, School of Materials Science and Engineering, East China University of Science and Technology, Shanghai 200237; 2. Yangke Agricultural Development Co. Ltd., Suqian 223835, China)

**Abstract:** A novel flame retardant 2-sodium propionate phenyl sodium hypophosphite(CEPP-Na) was synthesized by phosphorus-containing flame retardant 2-carboxyethyl (phenyl phosphinic)acid(CEPP) and sodium hydroxide (NaOH). It was used as the flame retardant for poly (ethylene terephthalate)(PET). The structure of CEPP-Na was confirmed by FT-IR and EDS. The flame retardance, thermal behavior, compatibility and the morphology of char layer for PET / CEPP-Na system were investigated by limited oxygen index(LOI), UL-94 test, thermo gravimetric analysis and scanning electron microscope (SEM) observation. The results show that the prepared CEPP-Na has well compatibility with PET matrix, and eliminates the degradation of PET during blending. When the dosage of CEPP-Na is 15%, the LOI of modified PET can be increased to 28.5%. The material can address the grade of UL-94 V-0.

**Keywords:** phosphorus-containing flame retardant; PET; LOI; carbon layer

聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)是一种性能优良的材料,广泛用于合成纤维、塑料包装及其它日用塑料制品领域。美国顾问公司 Nexant 发布的报告显示,2010 年全球 PET 瓶级树脂的需求量为 1 620 万 t,未来 10 年需求还将以 6% 的年均速度增长。然而, PET 属于易燃材料,其极限氧指数(LOI)为 21.7%,极大地限制了它的应用,因此提高阻燃性能是 PET 材料研究开发的重要方向之一。用于 PET 的阻燃剂多种多样,如硼衍生物、金属氧化物、接枝共聚物、纳米粒子、卤系、磷系化合物等<sup>[1-7]</sup>,其中主要的是卤系和磷系阻燃剂。卤系阻燃剂阻燃效果优异,添加量少,与基体树脂相容性好,能够保持基料制品的物化性能,但在燃烧时产生有毒和腐蚀性气体,对环境

造成严重危害,目前有些欧洲国家已经禁用某些卤系阻燃剂,因此无卤阻燃剂的研究得到了广泛重视。

聚酯中使用的磷系阻燃剂以 2-羧乙基苯基次膦酸(CEPP)为代表,其含磷量高达 14.5%,阻燃效果优异,具有良好的热氧稳定性和耐水解性,主要作为结构型阻燃剂。刘海明等<sup>[8]</sup>用 CEPP,对苯二甲酸,乙二醇合成含磷共聚酯,磷含量为 0.6% 时阻燃聚酯的 LOI 为 29.4%,磷含量为 1.8% 时 LOI 高达 35.8%,并且燃烧时无卤、低毒。然而共聚型阻燃聚

\* 上海市重点学科和重点实验室资助项目(B502,08DZ2230500)

联系人: 管涌,副教授,主要从事聚合物材料的合成、功能化和反应性加工

收稿日期: 2012-11-02

酯制备工艺较复杂,不易大规模生产。若将 CEPP 作为添加型阻燃剂与 PET 直接共混,其中的羧基和磷酸基中的活泼氢会导致 PET 在加工过程中酯键断裂降解,严重影响 PET 的力学性能。为了解决这一问题,笔者选用氢氧化钠(NaOH)和 CEPP 反应,以除去其中的活泼氢,制得 2-丙酸钠苯基次膦酸钠(CEPP-Na),并与 PET 共混制得阻燃聚酯。通过傅立叶红外光谱(FTIR)、能谱等测试手段对产物结构进行表征,并采用 LOI 测试、热重分析(TGA)、扫描电子显微镜(SEM)观察等手段对产物燃烧性能、热性能、相容性、成炭形貌等进行分析。

## 1 实验部分

### 1.1 主要原材料

PET:瓶片级,BG80,特性黏度 0.80 dL/g,中国石化仪征化纤股份有限公司;

CEPP:工业品,德州常兴化工新材料研制有限公司;

NaOH:化学纯,上海凌峰化学试剂有限公司。

### 1.2 仪器及设备

密炼机:SU-70-1 型,常州苏研科技有限公司;

电动压片机:BL-6170-C-20T-220×220 型,东莞市宝轮精密检测仪器有限公司;

试样锯:XJS 型,承德精密机有限公司;

实验室 pH 计:FE20 型,梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司;

FTIR 仪:5700 型,美国 Nicolet 公司;

能谱仪:Falcon 型,美国 Edax 公司;

氧指数测试仪:HC-2 型,南京江宁县分析仪器厂;

水平垂直燃烧测定仪:CZF-3 型,南京江宁县分析仪器厂;

TGA 仪:STA 409PC/PG 型,德国耐驰公司;

SEM:JSM-6360 型,日本电子公司。

### 1.3 试样制备

将 CEPP 和 NaOH 按物质的量之比为 1/2 制备 CEPP-Na。首先将 NaOH 配制成水溶液,在搅拌下逐步加入 CEPP,反应 5 h。然后通过减压蒸馏,粉碎,干燥,得到白色粉末固体(CEPP-Na),产率为 99.5%。

将不同配比的 PET, CEPP-Na 和其它助剂充分干燥后,用密炼机在 270℃,80 r/min 条件下熔融共混 6 min。然后把熔融共混物用电动压片机在 270℃下热压,制得 3 mm 厚的样板,用于下一步的

测试和表征。

### 1.4 性能测试

FTIR 测试:KBr 压片,分辨率为 4 cm<sup>-1</sup>,扫描次数为 32 次。

能谱分析:分辨率优于 132 eV,可测元素范围 Be-4-U92。

溶解度和 pH 值测定:将 CEPP 和 CEPP-Na 分别配制成饱和水溶液,采用平衡法测定溶解度<sup>[9]</sup>,pH 计测定 pH 值。

阻燃性能测试:LOI 按 GB/T 2406-1993 测试,样品尺寸为 125 mm×6.5 mm×3 mm;垂直燃烧测试(UL-94)按 GB/T 2408-1996 标准,样品尺寸为 125 mm×13 mm×3 mm。

TGA:测量范围为室温至 600℃,N<sub>2</sub> 氛围,气流速度 20 mL/min,升温速率 10℃/min。

特性黏度测试:按 GB/T 14190-1993 标准,在 25℃配制苯酚-四氯乙烷(质量比为 50/50)溶剂,将切片放入溶剂配制质量浓度为 0.005 g/mL 的溶液,用乌氏黏度计测定。

SEM 测试:分别测试 PET/CEPP-Na 体系的相容性和炭层形貌,其中炭层形貌测试的制样方法为将样品用铝箔纸盒包裹,放入马弗炉中,450℃下放置 30 min 得到炭层。

## 2 结果与讨论

### 2.1 阻燃剂 CEPP-Na 的表征

#### (1) 红外光谱及分析。

CEPP 含有一POOH 和—COOH 两个反应官能团,均可与 NaOH 反应。分别对 CEPP, CEPP-Na 进行红外分析,结果如图 1 所示。

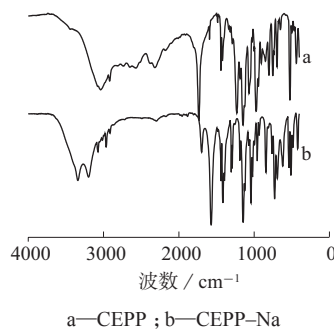


图 1 CEPP 和 CEPP-Na 的 FTIR 谱图

由图 1 可看出,在 CEPP 的谱图中,3038.3 cm<sup>-1</sup> 处为—COOH 中 O—H 伸缩振动峰  $\nu_{O-H}$ ,1734.6 cm<sup>-1</sup> 处为 C=O 伸缩振动峰  $\nu_{C=O}$ ,2320.1 cm<sup>-1</sup> 处为—POOH 中 O—H 伸的缩振动峰  $\nu_{O-H}$ ;在 CEPP-Na 的谱图中,—POOH 和—COOH

中的  $\nu_{\text{O-H}}$  均消失,  $1570.7\text{ cm}^{-1}$  和  $1415.6\text{ cm}^{-1}$  分别为  $-\text{CO}_2^-$  的反对称和对称伸缩振动峰  $\nu_{\text{as}}$  和  $\nu_{\text{s}}$ 。FTIR 谱图证明, CEPP 和 NaOH 发生了化学反应, 成功合成了 CEPP-Na。

## (2) 能谱结果及分析。

为了进一步说明 CEPP-Na 的结构, 对 CEPP-Na 进行能谱表征, 结果见表 1。从表 1 可以看出 CEPP-Na 中各元素的实测值与理论值基本相符。结合红外光谱的分析结果, 表明 CEPP-Na 通过 CEPP 和 NaOH 的反应顺利制得。

表 1 EDS 测试结果

| 元素 | 实测值   | 理论值   | % |
|----|-------|-------|---|
| C  | 42.60 | 41.86 |   |
| O  | 23.93 | 24.81 |   |
| Na | 16.64 | 17.83 |   |
| P  | 11.34 | 12.02 |   |

## (3) 溶解度和 pH 值结果及分析。

25℃下, CEPP 和 CEPP-Na 在水中的溶解度和相应的 pH 值见表 2。

表 2 CEPP 和 CEPP-Na 的相关参数

| 材料      | 溶解度 / $[\text{g} \cdot (100\text{ g H}_2\text{O})^{-1}]$ | pH 值 |
|---------|----------------------------------------------------------|------|
| CEPP    | 3.23                                                     | 1.65 |
| CEPP-Na | 59.97                                                    | 6.77 |

在 25℃时, CEPP 在水中的溶解度是  $3.23\text{ g}/100\text{ g H}_2\text{O}$ , 为可溶物质; CEPP-Na 在水中的溶解度是  $59.97\text{ g}/100\text{ g H}_2\text{O}$ , 溶解能力极大提高, 为易溶物质。CEPP 饱和水溶液的 pH 值为 1.65, 呈现较强酸性, 这是因为 CEPP 中含有一  $\text{POOH}$  和一  $\text{COOH}$  两个酸性基团; CEPP-Na 饱和水溶液的 pH 值为 6.77, 接近于中性, 这是因为一  $\text{POOH}$  和一  $\text{COOH}$  与 NaOH 反应后几乎被完全消耗掉, 并且 CEPP-Na 水溶液可能溶解部分  $\text{CO}_2$ , 导致其 pH 值呈现极弱酸性。

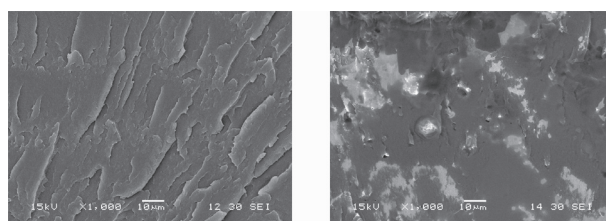
CEPP 是一种有机酸, 熔点为  $151 \sim 161^\circ\text{C}$ , PET 的加工温度为  $260 \sim 280^\circ\text{C}$ , 两者直接共混后, CEPP 熔融成油状液体, 无法均匀分散, 并且 CEPP 中一  $\text{POOH}$  和一  $\text{COOH}$  两个酸性基团促进 PET 酯键水解, 导致聚合物严重降解<sup>[10]</sup>。然而 CEPP-Na 是一种中性有机盐, 熔点为  $170.5^\circ\text{C}$ , 能够与 PET 良好共混, 有效减少大分子的降解。

## 2.2 CEPP-Na 对 PET 性能的影响

### (1) 阻燃体系的相容性。

材料之间的相容性是决定共混物形态结构、力学性能和加工性能的关键因素<sup>[11]</sup>。图 2 为 PET 和

PET/CEPP-Na(85/15) 的断面 SEM 照片。



(a) (b)  
a—PET ; b—PET/CEPP-Na

图 2 PET 和 PET/CEPP-Na 断面的 SEM 照片

从图 2 可以看出, PET 断面呈现一相, PET/CEPP-Na 断面中并无非常明显的两相分离界面, 仅存在极少量平均直径为  $2.1\text{ }\mu\text{m}$  左右的孔洞, 表明 CEPP-Na 较为均匀地分散到 PET 体系中。CEPP-Na 与 PET 的良好分散和相容, 有利于充分发挥 CEPP-Na 的阻燃效用。

### (2) 特性黏度。

特性黏度是衡量聚酯切片质量的一个重要指标, 特性黏度的大小反映 PET 相对分子质量的大小。在制造阻燃 PET 时, PET 与阻燃剂在高温下熔融共混, 易发生降解, 其降解主要是由于酯键的断裂引起的<sup>[12]</sup>。

利用乌氏黏度计分别测定 PET 原料, 以及经过熔融密炼的 PET 和 PET/CEPP-Na(85/15) 的特性黏度。PET 原料的特性黏度为  $0.79\text{ dL/g}$ , 密炼后的特性黏度为  $0.70\text{ dL/g}$ ; PET/CEPP-Na 的特性黏度为  $0.65\text{ dL/g}$ 。可见密炼后, 纯 PET 的特性黏度相对于 PET 原料下降  $0.09\text{ dL/g}$ , PET/CEPP-Na 的特性黏度下降  $0.14\text{ dL/g}$ , 较纯 PET 的下降幅度略大, 但并不会对材料的加工和性能造成明显的不利影响。可见, 通过 CEPP 与 NaOH 的反应, 可有效避免 CEPP 中活泼氢对 PET 的降解反应。

### (3) 阻燃体系的 LOI 及阻燃等级。

不同 CEPP-Na 含量时, 样品的 LOI 和 UL-94 测试结果见表 3。

表 3 LOI 和 UL-94 测试结果

| CEPP-Na 质量分数 / % | LOI / % | UL-94 |
|------------------|---------|-------|
| 0                | 21.7    | NR    |
| 5                | 24.0    | NR    |
| 10               | 26.2    | V-1   |
| 15               | 28.5    | V-0   |

由表 3 可知, 纯 PET 的 LOI 较低, 为  $21.7\%$ , 并且燃烧时产生黑烟。随着 CEPP-Na 含量的增加, LOI 值随之提高, 并且阻燃等级逐渐增加, 当

CEPP-Na 质量分数为 15% 时,阻燃聚酯的 LOI 达到 28.5%, UL-94 达到 V-0 级。这是因为 PET/CEPP-Na 在燃烧时,磷系阻燃剂分解生成磷酸,磷酸脱水生成偏磷酸,偏磷酸聚合成聚偏磷酸(呈黏稠状液态膜)覆盖于基材表面;磷酸、聚偏磷酸是强酸,使基材脱水成炭;这种液态膜和固态炭阻止自由基的逸出,起到隔绝空气的效果;此外 CEPP-Na 热解形成  $\text{PO}\cdot$ , 与火焰区域中的  $\text{H}\cdot$  和  $\cdot\text{OH}$  结合,起到抑制火焰的作用。因此 CEPP-Na 既能抑制可燃性气体的形成,又能抑制气相燃烧,气固两相均有阻燃作用<sup>[13]</sup>。

(4) 热性能。

为研究 CEPP-Na 对 PET 热性能的影响,分别对纯 PET 和 PET/CEPP-Na(85/15) 样品进行 TGA 测试,结果如图 3 所示。

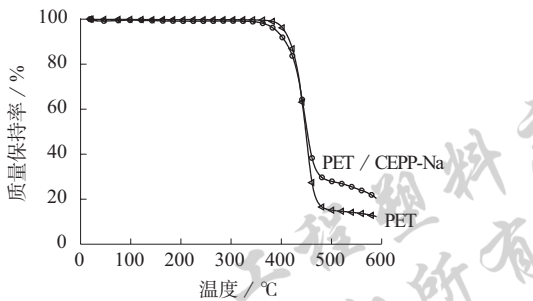


图 3 PET 和 PET/CEPP-Na 的 TGA 曲线

表 4 列出了 PET 和 PET/CEPP-Na(85/15) 在  $\text{N}_2$  氛围下的 TGA 数据,其中,  $T_{\text{initial}}$  表示初始分解温度,  $T_{\text{max}}$  表示最大分解温度,  $\Delta R$  表示 600℃ 下理论计算残炭率与实验残炭率的差值。

表 4 样品的 TGA 数据

| 材料          | $T_{\text{initial}} / ^\circ\text{C}$ | $T_{\text{max}} / ^\circ\text{C}$ | 600℃实验<br>残炭率/% | 600℃理论<br>残炭率/% | $\Delta R / \%$ |
|-------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| PET         | 423.7                                 | 447.8                             | 12.28           | 12.28           | 0               |
| PET/CEPP-Na | 416.7                                 | 445.7                             | 18.33           | 16.96           | 1.37            |

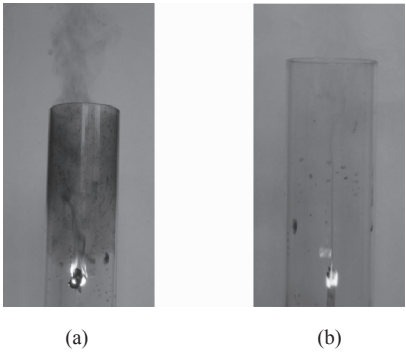
从表 4 可以看出,纯 PET 的  $T_{\text{initial}}$  为 423.7℃,  $T_{\text{max}}$  为 447.8℃; PET/CEPP-Na 的  $T_{\text{initial}}$  为 416.7℃,  $T_{\text{max}}$  为 445.7℃。PET/CEPP-Na 的  $T_{\text{initial}}$  和  $T_{\text{max}}$  均较纯 PET 降低,说明 CEPP-Na 的加入使 PET 的热稳定性有所下降。

在 600℃ 时, PET/CEPP-Na 的残炭率为 18.33%, 比纯 PET 明显提高;  $\Delta R$  为 1.37%, 这是由于在燃烧时 CEPP-Na 催化 PET 的成炭引起的。

(5) 释烟情况。

图 4 为溴系和磷系阻燃聚酯的释烟图片。由图 4 可看出,溴系阻燃聚酯在燃烧时产生大量的烟,而

PET/CEPP-Na 仅产生极少量烟,相比于溴系阻燃聚酯更加安全环保。

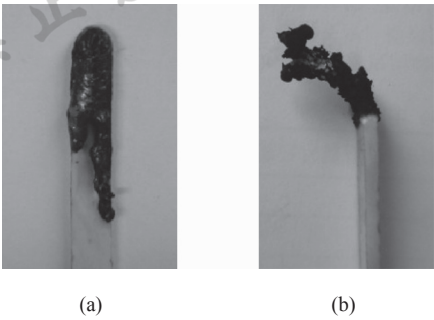


a—PET/(溴化环氧树脂+三氧化二锑); b—PET/CEPP-Na

图 4 溴系和磷系阻燃聚酯的释烟图片

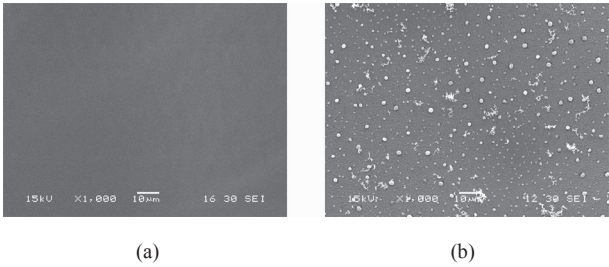
(6) 炭层形貌。

研究表明,聚合物燃烧时生成的炭层,一方面减少挥发物的产生,另一方面使聚合物同火焰隔绝,显著改善材料的阻燃性<sup>[14]</sup>。因此对 PET 和 PET/CEPP-Na(85/15) 热分解产生的炭层形貌进行观察,结果如图 5 和图 6 所示。



a—PET; b—PET/CEPP-Na

图 5 PET 和 PET/CEPP-Na LOI 测试后的成炭图片



a—PET; b—PET/CEPP-Na

图 6 PET 和 PET/CEPP-Na 炭层的 SEM 照片

从图 5 可以看出,纯 PET 燃烧熔融滴落严重,几乎没有炭层生成; PET/CEPP-Na 燃烧形成大量坚硬的炭层,有效抑制 PET 的燃烧,提高其阻燃性能,这是因为 CEPP-Na 在 PET 燃烧时催化其成炭。

从图 6 可以看出,纯 PET 样品几乎没有炭层生成; 添加 CEPP-Na 的阻燃聚酯样品表面有大量炭

颗粒,这些颗粒是形成的炭聚集体<sup>[15]</sup>,平均尺寸为1.1  $\mu\text{m}$ ,并且分布均匀,覆盖程度较好,提高了聚酯的阻燃性能。

### 3 结论

(1)通过CEPP和NaOH反应,成功制得磷系阻燃剂CEPP-Na,并且有效避免CEPP中的活泼氢在共混加工时引起PET降解,SEM结果表明CEPP-Na与PET具有良好的相容性;

(2)CEPP-Na的加入显著改善了PET的阻燃性能,LOI随CEPP-Na添加量的增加而增大,当CEPP-Na质量分数为15%时,阻燃聚酯的LOI达到28.5%,UL-94达到V-0级;

(3)阻燃聚酯的特性黏度和热重分析结果表明,CEPP-Na的加入使PET的特性黏度和热稳定性有所下降。对阻燃聚酯热分解的炭层形貌分析表明,CEPP-Na的加入促进PET燃烧时成炭。

### 参考文献:

- [1] Morgan A B, Jurs J L, Tour J M. Synthesis, flame-retardancy testing, and preliminary mechanism studies of nonhalogenated aromatic boronic acids: A new class of condensed-phase polymer flame-retardant additives for acrylonitrile-butadiene-styrene and polycarbonate[J]. *J Appl Polym Sci*, 2000, 76(8): 1 257-1 268.
- [2] Yeh J T, Hsieh S H, Cheng Y C. Combustion and smoke emission properties of poly (ethylene terephthalate) filled with phosphorous and metallic oxides[J]. *Polym Degrad Stab*, 1998, 61(3): 399-407.
- [3] Wang Junsheng, Zhao Haibo, Wang Yuzhong, et al. Novel flame-retardant and antidripping branched polyesters prepared via phosphorus-containing ionic monomer as end-capping agent[J]. *Ind Eng Chem Res*, 2010, 49 (9): 4 190-4 196.
- [4] Wang Deyi, Liu Xueqi, Wang Yuzhong, et al. Preparation and characterisation of a novel fire retardant PET /  $\alpha$ -zirconium phosphate nanocomposite[J]. *Polym Degrad Stab*, 2009, 94(4): 544-549.
- [5] 刘学习,雷长明,程振民,等. 阻燃增强 PET 工程塑料的研制 [J]. *工程塑料应用*, 2007, 35(4): 4-6.  
Liu Xuexi, Lei Changming, Cheng Zhenmin, et al. Development of flame retardant PET engineering plastics[J]. *Engineering Plastics Application*, 2007, 35(4): 4-6.
- [6] Yang S C, Kim. Flame retardant polyesters. I. Phosphorous flame retardants[J]. *J Appl Polym Sci*, 2007, 106(5): 2 870-2 874.
- [7] 周向阳,贾德民,严志云. 聚酯纤维阻燃技术研究进展 [J]. *合成材料老化与应用*, 2011, 40(1): 37-41.  
Zhou Xiangyang, Jia Demin, Yan Zhiyun. Progress in flame retardant technology for polyester fibers[J]. *Synthetic Materials Aging and Application*, 2011, 40(1): 37-41.
- [8] 刘海明,王锐,徐禧,等. 新型阻燃剂-2-羧乙基苯基次膦酸及其阻燃共聚酯的制备、表征及热性能研究 [J]. *材料工程*, 2009(S2): 420-426.  
Liu Haiming, Wang Rui, Xu Xi, et al. Synthesis, characterization and thermal properties of a novel phosphorus-containing copolyesters based on 2-carboxyethyl(phenylphosphinic) acid[J]. *Materials Engineering*, 2009(S2): 420-426.
- [9] 胡程耀,黄培. 固体溶解度测定方法的近期研究进展 [J]. *药物分析杂志*, 2010, 30(4): 761-766.  
Hu Chengyao, Huang Pei. Recent research and development on determination of solid solubility[J]. *Chin J Pharm Anal*, 2010, 30(4): 761-766.
- [10] 江海红,周亨近,张晖. PET 的燃烧及阻燃机理研究 [C]. 中国建筑学会现代建筑防火技术研讨会论文集, 1998: 98-108.  
Jiang Haihong, Zhou Hengjin, Zhang Hui. Study on combustion and flame retardant mechanism of PET[C]. *The modern architecture of the Architectural Society of China Fire Prevention Technology Symposium*, 1998: 98-108.
- [11] 刘伯元. 聚合物之间的相容性 [J]. *塑料技术*, 2000, 20(3): 35-37.  
Liu Boyuan. The compatibility between the polymers[J]. *Plastics Technology*, 2000, 20(3): 35-37.
- [12] Chang P, Charles A W. A mechanism for flame retardation of PET[J]. *J Appl Polym Sci*, 1989, 38: 2 245-2 252.
- [13] Bednas M E, May D. Combustion and pyrolysis of poly (ethylene terephthalate)[J]. *J Appl Polym Sci*, 1981, 26: 277-289.
- [14] 王永强. 阻燃材料及应用技术 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2004: 21-34.  
Wang Yongqiang. Flame-retardant materials and application technology[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2004: 21-34.
- [15] 魏雪梅,朱志国,刘培培,等. 阻燃聚酯的研制及其结构和性能 [J]. *纺织学报*, 2008, 29(8): 1-5.  
Wei Xuemei, Zhu Zhiguo, Liu Peipei, et al. Studies on preparation of flame-retardant ploy(ethylene terephthalate) and its structures and properties[J]. *Journal of Textile Research*, 2008, 29(8): 1-5.

### 伊士曼建上海化工研发中心

美国伊士曼公司决定投资 9 000 万元建立上海伊士曼化工研发中心。

该中心位于上海市浦东新区张江高科技园区,租赁亚芯电子科技(上海)有限公司一栋 9F 研发楼,总建筑面积约

13 187  $\text{m}^2$ 。中心将主要从事热熔胶用增粘树脂的应用试验,共聚酯产品加工中的技术支持和试验,伊士曼工厂生产的产品在涂料配方中的应用测试和实验,伊士曼原料在注塑件、夹层玻璃的作用以及研究石油裂解副产物合成氯化树脂的过程。项目预计 2014 年上半年投产。(慧聪塑料网)