

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2013.11.018

矿用 PE-LD 阻燃性及其阻燃评价方法之间的相关性研究<sup>\*</sup>颜龙<sup>1</sup>, 张军<sup>2</sup>, 徐志胜<sup>1</sup>

(1. 中南大学防灾科学与技术研究所, 长沙 410075; 2. 青岛科技大学橡塑材料与工程重点实验室, 山东青岛 266042)

**摘要:** 利用极限氧指数 (LOI)、垂直燃烧实验、锥形量热仪和酒精喷灯燃烧实验研究了几种阻燃剂在矿用低密度聚乙烯 (PE-LD) 中的阻燃及协效作用, 并对酒精喷灯实验结果与其它测试结果之间的相关性进行了分析。结果表明, 单种阻燃剂在相同添加量下, 五溴甲苯阻燃 PE-LD 的 LOI 最高, 并能通过酒精喷灯燃烧实验。溴氯和溴磷两种阻燃剂配合使用时, 具有明显的协效作用, 其中当溴氯和溴磷在质量比分别为 1:1 和 5:2 时, 协同阻燃效果最好。阻燃 PE-LD 的酒精喷灯燃烧等级与材料的 UL94 等级、LOI 之间有良好的斯皮尔曼相关性, 而与峰值热释放速率、总释热没有明显相关性。

**关键词:** 低密度聚乙烯; 协效作用; 极限氧指数; 酒精喷灯燃烧实验; 锥形量热仪

**中图分类号:** TQ325.1+2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2013)11-0078-06

### The Flame Retardancy and Correlations between Alcohol Blow Lamp Test and other Three Fire Tests of PE-LD Used in Mine

Yan Long<sup>1</sup>, Zhang Jun<sup>2</sup>, Xu Zhisheng<sup>1</sup>

(1. Institute of Disaster Prevention Science and Safety Technology, Central South University, Changsha 410075, China; 2. Key Laboratory of Rubber-Plastics, Ministry of Education, Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266042, China)

**Abstract:** The flame retarding and synergistic effects of several flame retardants in low density polyethylene(PE-LD) used in mine were analyzed by limited oxygen index(LOI), UL 94, alcohol blow lamp test and cone calorimeter. The correlations between the alcohol blow lamp test and other three fire tests were analyzed. The experimental results show that PE-LD is retarded by pentabromotoluene(PBT) acquired the highest LOI and pass alcohol blow lamp test. The obvious synergistic effects between brominated flame retardant(BFR) and chlorinate paraffin(CP), and between BFR and Red phosphorus (RP) are found. When the mass ratio of BFR to CP is 1:1 and the mass ratio of BFR to RP is 5:2, the synergistic effects are the best. Moreover, it is found that there are clearly spearman correlations between alcohol blow lamp test and other fire tests including LOI and UL 94 test. However, no relationships between alcohol blow lamp test and some cone calorimeter measurements(peak heat release rate and total heat release) are found.

**Keywords:** low density polyethylene; synergistic effect; limited oxygen index; alcohol blow lamp test; cone calorimeter

低密度聚乙烯 (PE-LD) 具有较好的力学强度、优良的电绝缘和耐化学药品性, 在矿井中被广泛制成管材和电绝缘材料以替代钢材和橡胶。由于 PE-LD 及其制品极易燃烧, 极限氧指数 (LOI) 只有 18% 左右, 而且材料着火后不易熄灭, 影响了 PE-LD 在矿井中的应用, 因此需要对其进行阻燃处理<sup>[1]</sup>。虽然无卤阻燃剂具有低烟、低毒等优点, 但阻燃效率不高而无法满足矿用 PE-LD 的阻燃和力学要求, 而卤素阻燃剂具有阻燃效率高、加工性能优良、价格低廉等优点, 广泛用于矿用 PE-LD 阻燃中<sup>[2]</sup>。卤素与其它阻燃剂协效阻燃 PE 也是降低成本、提高阻燃效率的有效途径之一, PE 中常见的协效阻燃体系有卤锑协效、溴氯协效及卤磷协效等, 但

对于满足矿用 PE-LD 阻燃性能的协效体系的研究报道还较少<sup>[3-5]</sup>。阻燃 PE-LD 的最终目的是在应用中提高阻燃性能, 因此需要结合标准测试方法对其阻燃性能进行评价。在众多的实验方法中, LOI 实验、垂直燃烧实验和锥形量热仪被广泛用于评价聚合物的火灾危害和阻燃性能<sup>[1]</sup>, 而酒精喷灯燃烧实验则应用于矿井这一特定场所中聚合物阻燃性能的判定<sup>[6]</sup>。由于阻燃性能表示方法不同, 有时不同

<sup>\*</sup> 山东省自然科学基金项目 (ZR2012EMQ008); 青岛市科技计划基础研究项目 [12-1-4-3-(26)-jch]; 湖南省科技厅重点资助项目 (2013SK2004)

联系人: 颜龙, 在读博士研究生, 从事高分子阻燃材料研究工作

收稿日期: 2013-08-12

实验方法所得到结果之间的相关性很差,甚至相互矛盾<sup>[7-8]</sup>。目前 W.Edward 等研究表明,LOI 与 UL 94 等级和锥形量热仪的部分参数之间存在一定的关联性,但是彼此相关性比较小,而聚合物的 UL 94 等级与锥形量热仪实验结果尤其是零辐射功率热释放速率(HRR)有较好的相关性<sup>[9-13]</sup>。但对于酒精喷灯实验与 LOI、UL 94 及锥形量热仪参数之间相关性研究还较少,因此分析酒精喷灯实验与其它阻燃评价方法测试结果的相关性对理论研究和工业生产都有重要意义<sup>[7,14]</sup>。笔者用 LOI, UL 94,锥形量热仪及酒精喷灯燃烧实验来分析几种阻燃剂在矿用 PE-LD 中的阻燃和协效作用,并考察酒精喷灯燃烧实验与其它阻燃测试实验结果之间的相关性。

1 实验部分

1.1 原材料

PE-LD:煤矿专用料,泰安现代塑料有限公司;  
六溴环十二烷(HBCD)、五溴甲苯(PBT)、氯化石蜡(CP)、四溴双酚 A(TBBP-A):青岛海化阻燃材料有限公司;  
八溴醚(TBAB)、三氧化二锑( $Sb_2O_3$ )、十溴二苯醚(DBDPO):济南晨旭化工有限公司;  
红磷(RP):新乡市冠华化工有限公司;  
氢氧化镁(MH)、氢氧化铝(ATH):天津广成化学试剂有限公司。

1.2 仪器及设备

密炼机:ZG-107 型,东莞正工机电设备科技有限公司;  
25 t 平板硫化机:SU-70B 型,常州苏研科技有限公司;  
LOI 仪:HC-2 型,江宁县分析仪器厂;  
水平垂直燃烧测定仪:CZF-3 型,江宁县分析仪器厂;  
酒精喷灯燃烧试验装置:CMK-1 型,北京斯达恒通科技有限公司;

锥形量热仪:2000 标准型,英国 FTT 公司。

1.3 试样制备

按照实验所拟定的配方,将阻燃剂与 PE-LD 按照一定的比例加入密炼机中在 140℃下密炼 20 min,使其混合均匀,然后用 25 t 平板硫化机在 140℃下热压 10 min,冷压 5 min,制得 100 mm×100 mm×4 mm 的试样。

1.4 性能测试

HRR,总释放热(THR)等按 ISO 5660-1993 测

试,采用锥形量热仪,热辐射强度为 50 kW/m<sup>2</sup>,试样尺寸 100 mm×100 mm×4 mm;

LOI 按 GB/T 2406-2009 测试,采用方法 A,试样尺寸 100 mm×10 mm×4 mm;

垂直燃烧实验按照 GB 2408-2008 进行,试样尺寸 100 mm×13 mm×4 mm;

酒精喷灯燃烧 MT113-1995 测试,试样尺寸 100 mm×6.5 mm×4 mm。

2 结果与讨论

2.1 几种常用阻燃剂阻燃 PE-LD 分析

几种常用的阻燃剂阻燃 PE-LD 的 LOI、垂直燃烧实验和酒精喷灯实验结果见表 1。

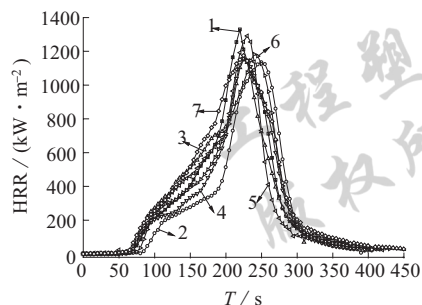
表 1 不同阻燃剂用量对 PE-LD 的 LOI、UL 94 及酒精喷灯实验结果的影响

| 阻燃剂    | 阻燃剂质量分数/% | LOI/% | UL94 等级 | 酒精喷灯等级 |
|--------|-----------|-------|---------|--------|
| TBAB   | 0         | 18.3  | HB      | 不合格    |
|        | 7         | 20.4  | HB      | 不合格    |
|        | 14        | 21.9  | HB      | 不合格    |
|        | 20        | 22.4  | HB      | 不合格    |
| DBDPO  | 7         | 21.1  | HB      | 不合格    |
|        | 14        | 22.1  | HB      | 不合格    |
|        | 20        | 22.6  | HB      | 不合格    |
| HBCD   | 7         | 21.6  | HB      | 不合格    |
|        | 14        | 22.5  | HB      | 不合格    |
|        | 20        | 24    | V-2     | 合格     |
| TBBP-A | 7         | 21.5  | HB      | 不合格    |
|        | 14        | 22.4  | HB      | 不合格    |
|        | 20        | 23.8  | HB      | 不合格    |
| PBT    | 7         | 22    | HB      | 不合格    |
|        | 14        | 22.6  | HB      | 不合格    |
|        | 20        | 24.2  | V-2     | 合格     |
| CP     | 7         | 21.4  | HB      | 不合格    |
|        | 14        | 22.3  | HB      | 不合格    |
|        | 20        | 23.5  | HB      | 合格     |
| MH     | 7         | 18.5  | HB      | 不合格    |
|        | 14        | 18.9  | HB      | 不合格    |
|        | 20        | 19.2  | HB      | 合格     |
| ATH    | 7         | 18.7  | HB      | 不合格    |
|        | 14        | 19.2  | HB      | 不合格    |
|        | 20        | 19.7  | HB      | 合格     |

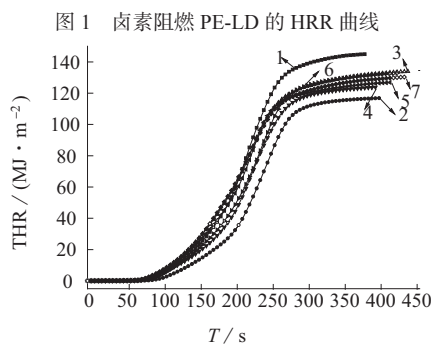
表 1 中的卤素阻燃体系均为卤素阻燃剂与  $Sb_2O_3$  的复合体系,其中卤素阻燃剂与  $Sb_2O_3$  的质量比为 3:1(下同)。由表 1 的 LOI 可看出,阻燃 PE-LD 的 LOI 随着阻燃剂添加量的增加而增加,几种阻燃剂的阻燃效果:PBT>HBCD>TBBP-A>CP>DBDPO>TBAB>ATH>MH。由垂直燃烧实验和酒精喷灯实验结果看出,几种常用阻燃剂对 PE-LD 的 UL 94 等级和酒精喷灯等级提高不明显,其中质量分数为 20% 的 PBT 和 HBCD 阻

燃 PE-LD 才能达到 UL 94 V-2 级和通过酒精喷灯燃烧实验。由表 1 还可以看出,阻燃 PE-LD 的 LOI 和 UL 94 等级越高,越容易通过酒精喷灯燃烧实验。

几种阻燃剂阻燃 PE-LD 的峰值 HRR 曲线见图 1, THR 曲线见图 2 (阻燃剂质量分数均为 14%)。由图 1、图 2 可以看出,试样点燃后,PE-LD 的峰值 HRR 急剧上升在 220 s 处达到峰值  $1396 \text{ kW/m}^2$ ,之后快速下降,其 THR 为  $145 \text{ MJ/m}^2$ 。添加阻燃剂后,峰值 HRR 曲线形状与 PE-LD 相似,但点燃时间延长、峰值 HRR 降低,其中质量分数为 14% 的 PBT, TBAB, HBDCD, DBDPO, TBBP-A, CP 阻燃 PE-LD 的峰值 HRR 分别为 1135, 1134, 1156, 1291, 1183, 1175  $\text{kJ/m}^2$ , THR 分别为 117, 132, 124, 127, 133, 130  $\text{MJ/m}^2$ , 由此可以看出, PE-LD 添加 TBAB 后的峰值 HRR 最小,添加 PBT 后的 THR 最小,这与材料在 LOI, UL 94 及酒精喷灯实验中的阻燃等级存在一定差异,因此需要进一步分析不同测试方式结果的相关性。总之,单种阻燃剂的加入能提高 PE-LD 的阻燃性能,但效果不明显。



1—PE-LD; 2—14% PBT; 3—14% TBAB; 4—14% HBDCD;  
5—14% DBDPO; 6—14% TBBP-A; 7—14% CP



1—PE-LD; 2—14% PBT; 3—14% TBAB; 4—14% HBDCD;  
5—14% DBDPO; 6—14% TBBP-A; 7—14% CP

图 2 卤素阻燃 PE-LD 的 THR 曲线

## 2.2 溴氯协效阻燃 PE-LD 分析

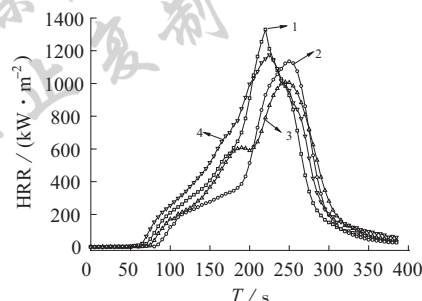
单独的卤素阻燃 PE-LD 的阻燃效果不明显,选取溴系阻燃剂中的 PBT, TBBP-A, DBDPO 与 CP 协效阻燃 PE-LD。质量分数为 14% 的溴系阻燃剂

与 CP 协效阻燃 PE-LD 的阻燃测试结果见表 2。由表 2 可看出,溴氯协效阻燃 PE-LD 能提高材料的阻燃性能,其协效效果为  $\text{PBT} > \text{TBBP-A} > \text{DBDPO}$ , 当溴氯质量比 1:1 时, PBT, TBBP-A 与 CP 协效阻燃还能通过酒精喷灯燃烧实验,并明显提高材料的 LOI 与 UL 94 等级,协效作用最佳。

表 2 质量分数为 14% 的溴系阻燃剂与 CP 协效阻燃

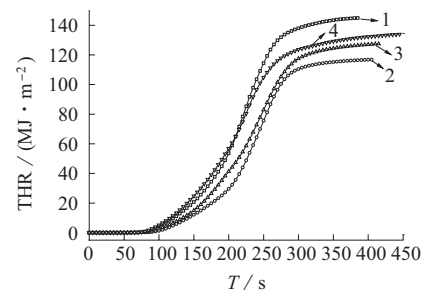
| PE-LD 的阻燃测试结果 |       |       |          |        |
|---------------|-------|-------|----------|--------|
| 组分            | 组分质量比 | LOI/% | UL 94 等级 | 酒精喷灯等级 |
| PBT:CP        | 1:1   | 25    | V-2      | 合格     |
|               | 2:1   | 24.3  | V-2      | 不合格    |
|               | 1:2   | 23.8  | HB       | 合格     |
| TBBP-A:CP     | 1:1   | 24.8  | V-2      | 合格     |
|               | 2:1   | 24.2  | V-2      | 不合格    |
|               | 1:2   | 22.7  | HB       | 合格     |
| DBDPO:CP      | 1:1   | 22.6  | V-2      | 不合格    |
|               | 2:1   | 22.2  | V-2      | 不合格    |
|               | 1:2   | 22.4  | HB       | 合格     |

PBT 与 CP 协效阻燃 PE-LD 的 HRR 曲线见图 3, THR 曲线见图 4。



1—PE-LD; 2—14% PBT; 3—14% PBT/CP=1:1; 4—14% CP

图 3 溴氯协效阻燃 PE-LD 的 HRR 曲线



1—PE-LD; 2—14% PBT; 3—14% PBT/CP=1:1; 4—14% CP

图 4 溴氯协效阻燃 PE-LD 的 THR 曲线

由图 3, 图 4 可以看出, 相对于 PE-LD, PBT 和 CP 协效阻燃 PE-LD 的 HRR 曲线变平缓, HRR 下降, 其中 PBT 阻燃 PE-LD 的 HRR 曲线上还存在一个较平缓的区域, 表明 PBT 在燃烧过程中能起到一定阻隔作用。14% PBT, 14% PBT/CP(1:1), 14% CP 阻燃 PE-LD 的峰值 HRR 分别为 1135, 1009, 1175  $\text{kJ/m}^2$ , THR 分别为 117, 127, 130  $\text{MJ/m}^2$ 。由此可以看出, PBT 与 CP 协效阻燃的 HRR 与 THR 明

显低于 PBT 与 CP 单独阻燃 PE-LD 的,表现出明显的协效作用。这可能是由于 CP 熔点低,分解温度不高,在基材燃烧初期就开始发挥阻燃作用,有效地减缓了燃料的裂解燃烧,而 PBT 熔点较高,并具有一定的阻隔作用,二者并用能很好地发挥它们的作用,达到协同阻燃的目的。

2.3 溴磷协效阻燃 PE-LD 分析

溴素阻燃剂与 RP 协效阻燃 PE-LD 的 LOI、UL94 和酒精喷灯燃烧实验结果见表 3。由表 3 可以看出,溴磷协效能明显提高 PE-LD 的阻燃性能,其中协效效果: PBT > TBBP-A > DBDPO; 当溴磷质量比为 5 : 2 时,能明显地提高材料的 LOI, UL 94 等级和酒精喷灯燃烧等级,协效作用最佳。

表 3 质量分数为 14% 的卤系阻燃剂与红磷协效阻燃 PE-LD 的阻燃测试结果

| 组分          | 组分质量比 | LOI / % | UL 94 等级 | 酒精喷灯等级 |
|-------------|-------|---------|----------|--------|
| PBT : RP    | 5 : 2 | 26.5    | V-0      | 合格     |
|             | 9 : 5 | 25.1    | V-0      | 合格     |
|             | 4 : 3 | 24.8    | V-0      | 合格     |
| TBBP-A : RP | 5 : 2 | 25.7    | V-0      | 合格     |
|             | 9 : 5 | 24.5    | V-0      | 合格     |
|             | 4 : 3 | 24.3    | V-0      | 合格     |
| DBDPO : RP  | 5 : 2 | 25.2    | V-0      | 合格     |
|             | 9 : 5 | 24.1    | V-2      | 合格     |
|             | 4 : 3 | 23.5    | V-2      | 不合格    |
| 14%RP       |       | 22.7    | V-0      | 合格     |

PBT 与 RP 协效阻燃 PE-LD 的 HRR 曲线见图 5, THR 曲线见图 6。

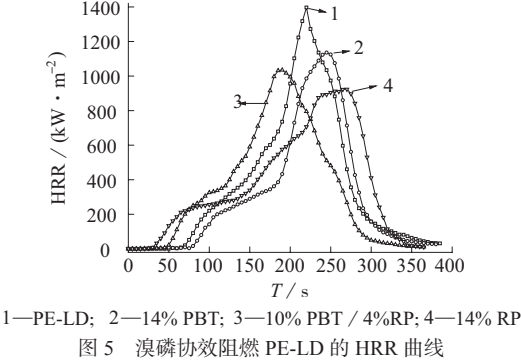


图 5 溴磷协效阻燃 PE-LD 的 HRR 曲线

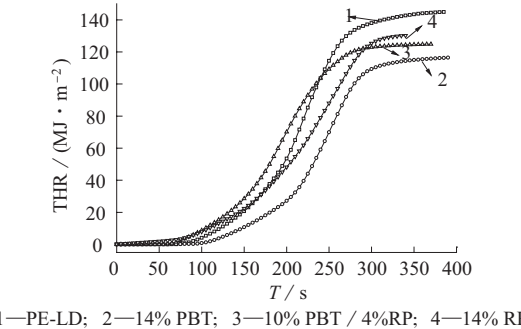


图 6 溴磷协效阻燃 PE-LD 的 THR 曲线

由图 5,图 6 可看出,相对 PE-LD,阻燃 PE-LD 的 HRR 变平缓,峰值 HRR 及 THR 明显下降;同时, RP 使复合材料的点燃时间提前, PBT 使复合材料的点燃时间延缓,两者协效阻燃的点燃时间介于两者之间,这可能是由于 RP 的热传导系数比 PE-LD 大,使得材料的耐点燃性变差<sup>[1]</sup>。14%PBT, 10%PBT / 4%RP, 14%RP 阻燃 PE-LD 的峰值 HRR 分别为 1 135, 1 035, 924 kW / m<sup>2</sup>, THR 分别为 117, 124, 130 MJ / m<sup>2</sup>。综合以上可以看出,溴磷协效对降低复合材料的峰值 HRR 和 THR 效果不明显,但是对于提高材料的 LOI, UL 94 及酒精喷灯燃烧等级效果明显,因此需要进一步分析不同测试方法结果的相关性以提高评价结果的可靠性。

2.4 酒精喷灯燃烧实验与其它实验结果的相关性

表 1 ~ 表 3 中阻燃 PE-LD 的 LOI, UL 94 等级及酒精喷灯燃烧等级的相关性见图 7。由图 7 可以看出, UL94 实验中达到 V-0 级的 PE-LD 均能通过酒精喷灯燃烧实验; HB 级材料均无法通过酒精喷灯燃烧实验。同时还可以看出,阻燃 PE-LD 的 LOI 与酒精喷灯燃烧等级只有粗略的经验关系,即 LOI 越大,材料越容易通过酒精喷灯燃烧实验。图 1 ~ 图 6 中阻燃 PE-LD 的峰值 HRR, THR 与酒精喷灯燃烧等级的相关性见图 8。

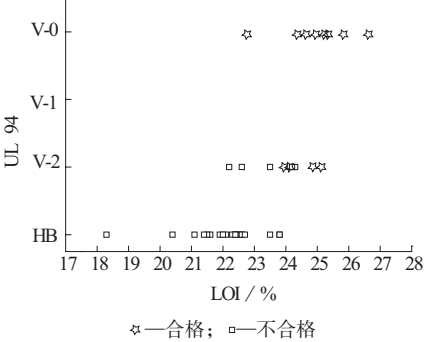


图 7 阻燃 PE-LD 在 LOI, UL 94 及酒精喷灯燃烧实验下结果的相关性

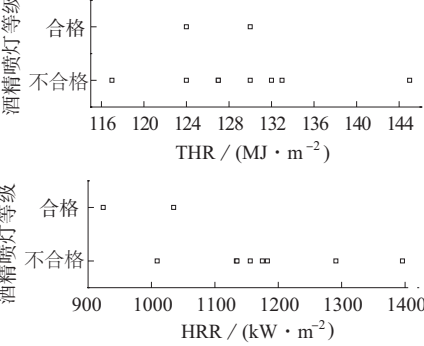


图 8 酒精喷灯燃烧实验与锥形量热仪实验结果相关性

由图 8 可以看出,阻燃 PE-LD 的酒精喷灯燃烧

等级与峰值 HRR, THR 没有明显的相关性,只存在粗略的经验关系,即峰值 HRR, THR 越低,材料越容易通过酒精喷灯燃烧实验。

利用斯皮尔曼相关模型 (Spearman) 来评价酒精喷灯燃烧等级与其它实验结果之间的相关性,其中表 4 中的相关系数用于表征两变量的等级相关性,  $P$  值由假设检验得出用以表征数据的显著程度 (当  $P$  值小于 0.05, 则数据的显著性较好)。由表 4 可以看出,材料的酒精喷灯燃烧等级与 UL 94 等级、LOI 具有较好的等级相关性,而与峰值 HRR, THR 相关性不明显,这与图 7、图 8 所得的结论一致。综上所述可以看出,酒精喷灯燃烧实验与 UL 94 实验之间相关性较好,可以结合材料的 UL 94 等级来判定材料的酒精喷灯燃烧等级,这可能是由于两者传热模式和燃烧模式相似,实验中喷灯从下端点燃样条,火焰由下往上顺风传播,4 个表面同时受到火焰的辐射和对流热作用,使得整个材料表面短时间内剧烈燃烧,均属于表面扩展燃烧模式。但是二者的判定标准、点火方式及火焰条件的不同使得实验结果存在一定的差异,其中酒精喷灯燃烧实验中材料的熔体流动性越好,越容易提高材料的酒精喷灯燃烧等级,相反,熔体流动易引燃脱脂棉而导致材料的 UL 94 等级下降。同时, LOI 与酒精喷灯燃烧实验中熔体流动都能带走大量的热,其中滴落速度越快,越容易导致材料无法维持燃烧而熄灭,因而有助于通过酒精喷灯燃烧实验以及提高材料的 LOI,从而使得 LOI 与酒精喷灯燃烧实验也存在一定的相关性,但是在两种实验下的火焰传播方式及传热模式的不同,使得 LOI 与酒精喷灯燃烧等级只存在粗略的经验关系。酒精喷灯燃烧等级与锥形量热仪实验结果之间没有明显的相关性,这可能与聚合物的滴落和两种实验对应的燃烧状态有关,其中锥形量热仪实验是在外界辐射热流的持续作用下的深度裂解模式,而酒精喷灯燃烧实验属于表面扩展燃烧模式,同时,锥形量热仪实验的试样通常是水平放置的,于是消除了物理因素如滴落对聚合物燃烧过程的影响。

表 4 酒精喷灯燃烧等级与其它测试结果的斯皮尔曼相关模型

| 项 目   | LOI    | UL 94 等级 | 峰值 HRR  | THR     |
|-------|--------|----------|---------|---------|
| 相关系数  | 0.8591 | 0.9959   | -0.7152 | -0.6454 |
| $P$ 值 | 0.0001 | 0.0000   | 0.0002  | 0.0004  |

### 3 结论

(1) 阻燃剂的加入能不同程度地提高 PE-LD 的阻燃性能; 单种阻燃剂在相同添加量下, PBT 阻燃

PE-LD 的 LOI 最高,但仍需在高添加量下才能通过酒精喷灯燃烧试验。

(2) 溴氯及溴磷协效阻燃 PE-LD 明显降低了材料的 THR, HRR 以及提高材料的 LOI, UL 94 等级及酒精喷灯燃烧等级,协同阻燃效果明显; 当溴氯和溴磷质量比分别为 1 : 1 和 5 : 2 时,协同阻燃效果最好。

(3) 阻燃 PE-LD 的酒精喷灯燃烧等级与材料的 UL 94 等级、LOI 之间有较好的斯皮尔曼相关性,而与峰值 HRR, THR 没有明显相关性。其中, UL 94 达到 V-0 级材料均能通过酒精喷灯燃烧实验, V-2 级材料在 LOI > 24% 时,才能通过酒精喷灯燃烧实验,而 HB 级材料均无法通过酒精喷灯燃烧实验。

### 参考文献

- [1] 张军, 纪奎江, 夏延致. 聚合物燃烧与阻燃技术 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.  
Zhang Jun, Ji Kuijiang, Xia Yanzi. Polymer combustion and fire-retardant technology [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2005.
- [2] 朱新军, 吴卫东, 张胜. 聚乙烯阻燃研究进展 [J]. 中国塑料, 2008, 22(5): 1-7.  
Zhu Xinjun, Wu Weidong, Zhang Sheng. Development progress in flame retardant polyethylene [J]. China Plastics, 2008, 22(5): 1-7.
- [3] Laoutid F, Bonnaud L, Alexandre M, et al. New prospects in flame retardant polymer materials: from fundamentals to nanocomposites [J]. Materials Science and Engineering, 2009, 36(3): 101-124.
- [4] 颜龙, 王勇, 卜爱华, 等. 几种阻燃剂对格栅用 HDPE 的阻燃及协效作用研究 [J]. 上海塑料, 2012(4): 15-20.  
Yan Long, Wang Yong, Bu Aihua, et al. The flame retarding and synergistic effects of several flame retardants in HDPE used for grid [J]. Shanghai Plastics, 2012(4): 15-20.
- [5] 刘罡. 阻燃抗静电聚乙烯塑料的研究 [J]. 塑料工业, 2011, 39(4): 116-119.  
Liu Gang. Study on flame retardant and antistatic properties of polyethylene plastic [J]. China Plastics Industry, 2011, 39(4): 116-119.
- [6] 中华人民共和国煤炭工业部. MT113-1995. 煤矿井下用聚合物制品阻燃抗静电性通用试验方法和判定规则 [S]. 北京: 煤炭工业出版社, 1995.  
Ministry of coal Industry of the People's Republic of China. MT113-1995. Common test methods and criteria for fire resistance and antistatic property of polymer products for underground coal mine applications [S]. Beijing: Coal Industry Press, 1995.
- [7] 王勇, 张军. UL94 与聚合物三种燃烧实验的相关性 [J]. 高分子材料科学与工程, 2012, 28(6): 169-171.  
Wang Yong, Zhang Jun. Correlations between the UL 94 test and other three fire tests for polymeric materials [J]. Polymer Materials

- Science and Engineering, 2012, 28(6):169–171.
- [8] Morgan A B. Flame retarded polymer layered silicate nanocomposites: a review of commercial and open literature systems [J]. Polymer for Advanced Technologies, 2006, 17(4):206–217.
- [9] Weil E D, Hirschler M M, Patel N G, et al. Oxygen index: correlations to other fire tests[J]. Fire and Materials, 1992, 16:159–167.
- [10] Morgan A B, Bundy M. Cone calorimeter analysis of UL-94 V-rated plastics[J]. Fire and Materials, 2007, 31(4):257–283.
- [11] Schartel B, Hull T R. Development of fire-retarded materials- interpretation of cone calorimeter data[J]. Fire Materials, 2007, 31(5):327–354.
- [12] Hong Sanghyun, Yang Jaeho, Sunghee A, et al. Flame retardancy performance of various UL94 classified materials exposed to external ignition sources[J]. Fire and Materials, 2004(1):25–31.
- [13] Cogen J M, Lin T S, Lyon R E. Correlations between pyrolysis combustion flow calorimetry and conventional flammability tests with halogen-free flame retardant polyolefin compounds[J]. Fire and Materials, 2009, 33(1):33–50.
- [14] 王正洲, 范维澄, 瞿宝钧. 聚合物材料阻燃性能试验方法相关性研究进展 [J]. 合成橡胶工业, 2001, 24(3):178–181.
- Wang Zhengzhou, Fan Weicheng, Qu Baojun. Study on correlation between measurements of flame retardancy of polymer materials[J]. China Synthetic Rubber Industry, 2001, 24(3):178–181.

### 日精 ASB 携注拉式吹塑机亮相 2013 德国 K 展

在为期近一周的德国杜塞尔多夫 2013K 展上,全球知名吹塑机生产商日精 ASB 机械株式会社为广大客户带来了其注拉式吹塑机。

此次 K 展,日精 ASB 机械株式会社将参展机器分为 3 种不同的形式。在单步骤机器中,在一台有 4 个工作站的机器上采用树脂直接生产出成品容器。在双步骤成型中用到两台不同的机器,适用于热灌装容器:一台机器负责生产预成型件,另一台对预成型件再加热并吹塑成容器。

在机器如云的 2013K 展上,日精 1.5 步吹塑机脱颖而出,成为展会的一大亮点。据悉,该机器采用了 PF 系列 1.5 步技术,集单步骤机器和双步骤成型机的优点于一身。在生产预成型件后,该机随即对其进行冷却,然后加热并放入“冷却型坯”中进行吹塑。PF 系列机器在预成型注射站中带有有一个紧凑型注射夹紧系统。吹塑站所用的吹塑腔较少,从而在使用普通预成型件模塑各种形状的瓶时减少了模具投资成本。

此外,日精 ASB 还展出了 PF24-8B 1.5 步机器。该机带有一个 24 腔模具,是公司迄今为止产出最高的机器。据悉,该机器每小时可模塑 9000 个瓶颈直径为 26 mm,容积为 500 mL 的塑料瓶。(Plastics News)

### 松原 SONGXTEND 系列 K 展亮相 并正式投放市场

10 月 16~23 日,全球第二大聚合物添加剂生产商和供应商松原产业集团在德国杜塞尔多夫 2013K 展会上推出了 SONGXTEND 系列产品,并正式投放市场。

SONGXTEND 创新型稳定剂能够有效地解决在聚烯烃加工、转换及终端使用生命周期中遇到的多项关键性问题。SONGXTEND 系列能有效地改善车辆内部结雾和异味滋生等关键问题。

其中, SONGXTEND 1101 和 SONGXTEND 1102 通用型稳定剂解决方案能够帮助聚丙烯生产商与加工商在高温操作工况中保持聚合物原有性能。同时, SONGXTEND 稳定剂还有助于在苛刻加工场合中避免出现降解和变色现象。因此,从反应釜到挤出机——高温与高剪切经常发生的工艺

阶段中,聚合物的稳定性能够得到充分保证。在产品转换和终端应用中,稳定剂解决方案依然可以发挥其特有作用。正因如此,吹塑机和转炉可以保持高效加工速度与高温操作环境。

此外, SONGXTEND 2121, SONGXTEND 2122 和 SONGXTEND 2123 是面向汽车行业设计的稳定剂解决方案,主要解决车辆内部结雾与异味滋生问题。SONGXTEND 稳定剂有助于降低挥发性有机化合物(VOC)的排放量并通过消除或减少车辆内部不良气味等途径改善整车的感官效果。(CPRJ)

### 锦湖日丽耐热 ABS 树脂成功应用于汽车备胎罩

近年来,汽车工业对丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料(ABS)的需求量迅速增加,ABS 成为在汽车上用量最多的塑料品种之一。然而,由于 ABS 本身的性能缺陷,无法满足主要内外饰件上的应用要求。为此,日前,上海锦湖日丽塑料有限公司成功研发出超高流动耐热 ABS 树脂。

ABS 树脂本身存在的耐热温度和冲击性能较低的局限,一般通过添加 N-苯基马来酰亚胺共聚物等单一组分或其混合物来提高 ABS 的性能。但生产出来的制品依旧存在应力开裂、应力发白、产品发脆等缺陷,无法满足汽车主要部件如仪表板、仪表罩、手套箱、后视镜、备胎罩等内外饰件上的应用要求。

上海锦湖日丽塑料有限公司超高流动耐热 ABS 树脂 ABSH2938HF,其维卡软化温度为 105℃,流动性可以根据客户的要求自由设计,最高可以做到熔体流动速率(220℃, 10 kg)为 50 g/10 min,成功地解决了因残留内应力导致的应力开裂等问题,且具有非常好的喷漆效果。

与其它耐热 ABS 相比,上海锦湖日丽塑料有限公司开发的超高流动耐热 ABS 树脂 ABSH2938HF 具有良好的流动性、加工性,满足各种大尺寸制件的加工要求、耐热性能好、韧性高、VOC 低等优点。

该材料主要应用领域为有耐热要求的尺寸较大的汽车内外饰件,尤其适用于后加工有喷漆要求的外饰件如备胎罩等,目前已经成功应用于福特、奇瑞的备胎罩上。

(工程塑料网)