

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2019.09.006

无卤阻燃聚苯乙烯泡沫保温板

王恩洪¹, 李迎春², 张淼²

(1. 上海天原集团胜德塑料有限公司, 上海 200241; 2. 中北大学材料科学与工程学院, 太原 030051)

摘要:以可发性聚苯乙烯(EPS)为基材,以酚醛树脂(PF)为胶粘剂,可膨胀石墨(EG)与聚磷酸铵(APP)为阻燃剂,采用包覆法,制备了兼具无卤阻燃性能好和力学性能优的 EPS 外墙保温材料。探究了制备 EPS 泡沫保温板的工艺,并优化了制备方法,制得 EPS/PF, EPS/EG 和 EPS/PF/EG/APP 复合材料,并研究了 EG/APP 对 EPS 保温板阻燃及力学性能的影响,探究了 PF, EG, APP 三者协同阻燃 EPS 复合材料时相互之间的阻燃机理。研究表明,使用 PF 作胶粘剂制得的 EPS 泡沫保温板压缩强度明显提高,极限氧指数(LOI)值达到 28.0%;阻燃剂 EG 的加入,使得 EPS 板的阻燃性能、粘接性能及力学性能进一步提高,当 EG 为 4 质量份时,LOI 值达到了 29.5%;当 APP 含量为 8 份时,体系的粘接性能和压缩强度最好, EPS/PF/EG/APP 复合材料的 LOI 值最高,达到了 33.0%。

关键词:可发性聚苯乙烯;酚醛树脂;可膨胀石墨;聚磷酸铵;包覆阻燃

中图分类号: TB322 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2019)09-0028-07

Halogen-Free Flame Retardant Polystyrene Foam Insulation Board

Wang Enhong¹, Li Yingchun², Zhang Miao²

(1. Shanghai Tianyuan Group Shengde Plastics Co., Ltd., Shanghai 200241, China; 2. School of Materials Science and Engineering, North University of China, Taiyuan 030051, China)

Abstract : The polystyrene foam (EPS) was used as a base material, expandable graphite (EG) and ammonium polyphosphate (APP) were used as the flame retardant, and phenolic resin (PF) was used as the coating solvent. By coating method, a polystyrene exterior wall insulation material with halogen-free environmental protection, good flame retardant performance and excellent mechanical properties was prepared. The experiment optimized the preparation methods and explored the technological conditions of the laboratory. The flame retardant mechanism of PF, EG and APP in synergy with flame-retardant EPS composites was explored. The results show that the compressive strength of polystyrene foam insulation board made by using phenolic resin as adhesive is obviously improved, and the LOI value reaches 28.0%. The addition of EG flame retardant further improve the flame retardant properties, bonding properties and mechanical properties of the polystyrene board. When the content of expandable graphite is 4 phr, the LOI value reaches 29.5%. When the content of APP is 8 phr, the mechanical properties of the system are the best. The LOI value of EPS / PF / EG / APP material is the highest, reaching 33.0%.

Keywords : expandable polystyrene ; phenol resin ; expandable graphite ; ammonium polyphosphate ; coated with flame retardant

随着我国人民生活水平的提高,近年来对建筑材料阻燃性能的要求逐渐提高,建筑保温材料的阻燃性能对于建筑的火灾预防尤其是高楼的火灾预防起着重要作用。2009 年的央视大楼火灾就是由于使用了不合格的保温板造成了巨大的损失。《民用

建筑外墙保温材料防火技术规程》的实施,加快促进了民用建筑外墙保温材料阻燃性能的提高^[1-2]。现今较为成熟的阻燃聚苯乙烯泡沫保温板的成型方法是在聚合的过程中将阻燃剂加入苯乙烯中经发泡后模压成型。该方法由于阻燃剂与苯乙烯单体之间

通讯作者:李迎春,博士,教授,主要从事塑料的功能化和高性能化研究 E-mail: liyingchun@126.com

收稿日期:2019-06-11

引用格式:王恩洪,李迎春,张淼. 无卤阻燃聚苯乙烯泡沫保温板[J]. 工程塑料应用,2019,47(9): 28-34.

Wang Enhong, Li Yingchun, Zhang Miao. Halogen-free flame retardant polystyrene foam insulation board[J]. Engineering Plastics Application, 2019, 47(9): 28-34.

相容性等原因而受限于卤素阻燃剂^[3-4]。同时,根据我国《建筑节能与绿色建筑发展“十三五”规划》要求,使用新型环保的阻燃剂对聚苯乙烯泡沫保温板进行阻燃对其实施具有重大意义^[5]。

可膨胀石墨(EG)为石墨插层聚合物的一种,由于较低的价格、较高的阻燃效率,并且低烟、无毒,因而应用广泛^[6-8]。EG受热膨胀,在材料表面形成“蠕虫状”石墨炭层,具有极佳的抗氧化性和耐高温性,发挥隔热、隔氧等作用。EG膨胀后,粘附性变差,在燃烧后的聚合物基体上很难形成稳定的炭层,表面炭化层易于从基材上脱落,会产生“飞灰”现象,因而膨胀后炭层的隔热性能降低,阻燃效率下降。由于EG与聚磷酸铵(APP)之间较好的协同作用,常被用来复配阻燃,可有效提升阻燃效果^[9-13]。

笔者利用包覆法制备了阻燃可发性聚苯乙烯(EPS)复合材料。研究表明,EG的加入能显著提高复合材料的残炭率,提高阻燃性能和压缩强度,在一定程度上减少可膨胀石墨的“飞灰”现象;当EG和APP共同阻燃EPS材料时,复合材料的阻燃效率大大提高,极限氧指数(LOI)值可达到33.0%;热稳定性也随之提高,生成了更加坚实的炭层,残炭率更高。

1 实验部分

1.1 主要原材料

EPS:发泡倍率80倍,江阴宇朔化工新材料有限公司;

EG:0.180 mm,石家庄利尚矿产品加工有限公司;

APP:山东东虎化工科技有限公司;

酚醛树脂(PF):黏度3500 CP/25℃,济南大晖化工科技有限公司;

固化剂:酸值491 mg KOH/g,广州市德晟化工有限公司。

1.2 主要仪器及设备

电动搅拌器:GZ-120WS型,上海轩澄仪器有限公司;

液压机:SL-45型,上海第一橡胶机械厂;

鼓风干燥箱:101-2ABE型,上海坤天实验室仪器有限公司;

多功能电热锅:1500 W,浙江苏泊尔股份有限公司;

微机控制电子万能实验机:WE-300B型,济南

力领试验机有限公司;

LOI测试仪:HC-2型,江苏正瑞泰邦电子科技有限公司;

水平垂直燃烧分析仪:JF-3型,无锡杰博仪器科技有限公司;

扫描电子显微镜(SEM):S-530型,日本日立公司;

傅里叶变换红外光谱(FTIR)仪:ReactIR 702L型,梅特勒-托利多国际贸易(上海)有限公司;

热重(TG)分析仪:TGA2型,梅特勒-托利多国际贸易(上海)有限公司。

1.3 试样制备

将EPS颗粒放在水蒸气中约5~8 min预发泡;将预发泡后的EPS在50℃鼓风干燥烘箱中烘干2 h,于室温下放置4 h以上熟化备用;将质量分数90%的PF与适量阻燃剂混合,采用电动搅拌机高速搅拌3~5 min制备阻燃包覆液;将EPS泡沫颗粒与制备的包覆液混合,高速搅拌5 min,然后加入交联剂20质量份,搅拌2 min,取出备用;将制备的材料,通过液压机压制成型,上、下模板温度分别为100~105℃,压力为7 MPa,时间为5 min;将EPS泡沫板使用裁刀裁成标准试样,进行测试及表征。实验配方如表1所示。

表1 实验配方

试样编号	份			
	PF	EG	APP	EPS
1 [#]	0	0	0	100
2 [#]	90	0	0	100
3 [#]	90	2	0	100
4 [#]	90	4	0	100
5 [#]	90	6	0	100
6 [#]	90	8	0	100
7 [#]	90	10	0	100
8 [#]	90	4	2	100
9 [#]	90	4	4	100
10 [#]	90	4	6	100
11 [#]	90	4	8	100
12 [#]	90	4	10	100
13 [#]	90	4	12	100
14 [#]	90	0	8	100

1.4 测试与表征

拉伸性能按照GB/T 9641-1988测试,拉伸速率为5 mm/min,每组测试至少5个试样后,取平均值;

压缩性能按照GB/T 8813-2008测试,试样尺寸为50 mm×50 mm×10 mm的片材,活动板以5 mm/min的速度对试样进行压缩,相对形变量为10%;

LOI 按照 GB/T 2406-2008 测试,试样尺寸为 125 mm × 10 mm × 10 mm ;

垂直燃烧性能按照 GB/T 2408-2008 测试,试样尺寸为 130 mm × 13 mm × 2 mm ;

TG 测试:称取 3~5 mg 的样品,气氛为空气气氛,升温速率 10℃/min,温度范围 50~800℃;

SEM 测试:取泡沫燃烧后的残炭试样观察,SEM 的放大倍数为 2000 倍;

FTIR 测试:燃烧残炭粉末通过 KBr 压片,扫描波数为 400~4000 cm⁻¹。

2 结果与讨论

实验中 EPS 为 100 质量份,PF 为 90 质量份,固化剂为 20 质量份时,制得的 EPS/PF 复合材料的力学性能和阻燃性能都最好;纯 EPS/PF 的压缩强度为 0.064 MPa,当 EG 为 4 质量份时,复合材料的压缩强度为 0.075 MPa,达到最大值,相比于纯 EPS/PF 提高了 17%^[14]。因此,选取 EG 为 4 质量份时的 EG/APP 阻燃剂,制备了具有阻燃功能的 EPS/PF/EG/APP 复合材料。

2.1 阻燃性能

表 2 列出了添加不同质量份的阻燃剂对复合材料燃烧性能的影响。可以观察到,纯 EPS 的 LOI 值仅为 18.1%,在燃烧时可观察到熔融滴落现象;当 EPS 被 90 质量份的 PF 包覆后,复合材料的 LOI 值达到 28.0%,达到 UL 94 V-1 级别,燃烧时未产生熔融低落的现象。该实验现象表明,通过 PF 包覆的方法有效隔绝了在燃烧的过程中氧气进入基体,从而达到了良好的阻燃效果。

表 2 复合材料的阻燃性能

编号	LOI/%	UL 94
1 [#]	18.1	
2 [#]	28.0	V-1
3 [#]	29.1	V-0
4 [#]	29.5	V-0
5 [#]	29.7	V-0
6 [#]	29.9	V-0
7 [#]	30.1	V-0
8 [#]	29.7	V-0
9 [#]	29.9	V-0
10 [#]	30.3	V-0
11 [#]	33.0	V-0
12 [#]	31.0	V-0
13 [#]	31.0	V-0
14 [#]	29.0	V-1

复合材料的阻燃性能在 EG 加入后得到显著提高,当仅添加 2 质量份的 EG 时,其 UL 94 已达到 V-0 级别。复合材料的阻燃性能随着 EG 含量的增

加而提高,当添加 4 质量份的 EG 时,复合材料的 LOI 为 29.5%;当添加 8 质量份的 APP 时,复合材料的 LOI 为 29.9%。当添加 4 质量份的 EG、8 质量份的 APP 时,EPS/PF/EG/APP 复合材料的 LOI 达到了 33.0%,EG 和 APP 的协同阻燃效果达到最佳。在此配比下,复合材料燃烧时 EG 的膨胀速率与 APP 的熔融速率的协同效果最佳,对复合材料进行了有效阻燃。

2.2 力学性能

图 1 为 4 份 EG,不同含量 APP 的 EPS/PF/EG/APP 复合材料力学性能。从图中观察到,当添加 8 份 APP 时,复合材料的拉伸强度和压缩强度达到最大值分别为 0.31 MPa 和 0.109 MPa,分别比 EPS/PF 复合材料提高了 47% 和 56%。这是由于 EG 显示出的刚性填充作用可以提高复合材料的压缩强度,能够改善 APP 在高温下熔融后使复合材料软化的问题。

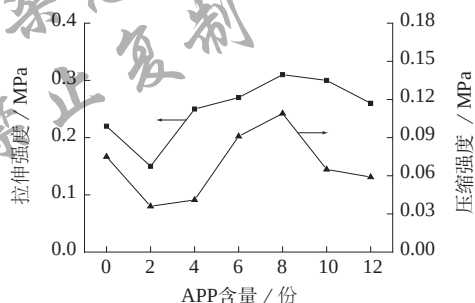
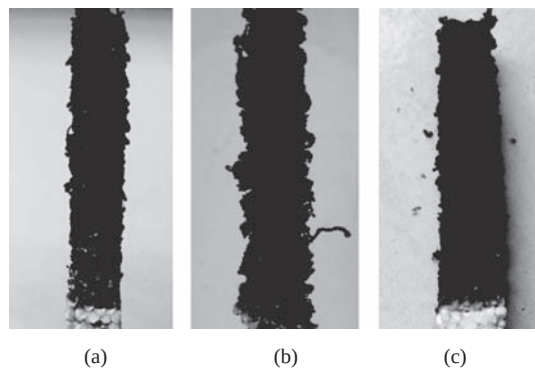


图 1 EPS/PF/EG/APP 复合材料的力学性能

图 2 是添加不同阻燃剂的复合材料 LOI 测试后的照片。



a—2[#] 试样; b—7[#] 试样; c—11[#] 试样

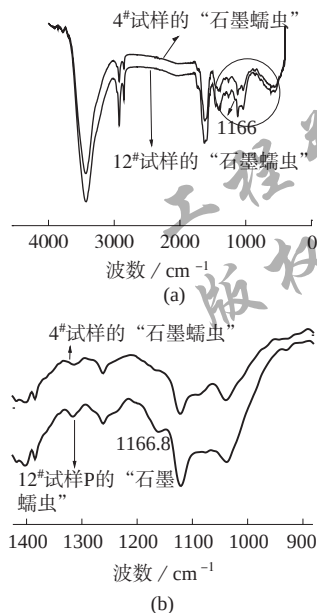
图 2 添加不同阻燃剂的复合材料 LOI 测试后的 SEM 照片

从图中观察到,由于 PF 的保护作用,燃烧后的 EPS/PF 复合材料仍保持原来的形状。由图 2b 观察到,加入 EG 的燃烧试样的基体没有被破坏,由于 EG 在燃烧时受热膨胀,试样表面会迅速生成蠕虫状的炭层结构,这种结构在氧气与基体之间建立隔

层,从而使基体与氧气隔绝,复合材料的阻燃性能得到提高。由于EG在受热后呈现较为疏松的炭层,试样在燃烧的过程中伴有“飞灰”现象。由图2c可观察到,在EG和APP的协同作用下,复合材料燃烧后试样表面有密实的炭层生成,该炭层由于呈现“蠕虫”状结构,也被称为“石墨蠕虫”。高温使得APP呈现熔融状态,对EG起到一定的粘接作用,有效地降低了EG的“飞灰”现象。

2.3 FTIR

图3为EPS/PF/EG(4[#]试样)“石墨蠕虫”与EPS/PF/EG/APP试样(12[#]试样)的“石墨蠕虫”的FTIR谱图。对比EG与EG/APP的“石墨蠕虫”的FTIR谱图发现,后者在 1166 cm^{-1} 处出现了APP中P—O键的伸缩振动的特征吸收峰;在加入APP前后,试样的FTIR谱图中没有其它新的特征吸收峰出现。这表明,EG/APP试样在燃烧过程中,阻燃剂EG与APP之间没有发生化学反应。

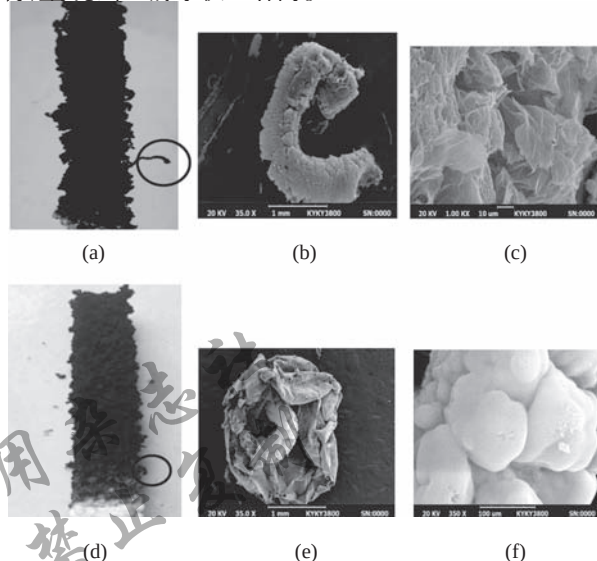


a—4[#]试样、12[#]试样的FTIR; b—a图圆圈的放大图

图3 4[#]试样与12[#]试样的“石墨蠕虫”FTIR谱图

图4为EPS/PF/EG与EPS/PF/EG/APP试样燃烧后得到的“石墨蠕虫”SEM照片。EPS/PF/EG复合材料燃烧产生的“石墨蠕虫”的成分为EG/PF;EPS/PF/EG/APP材料燃烧产生的“石墨蠕虫”的成分为EG/APP/PF。在放大的EPS/PF/EG与EPS/PF/EG/APP试样燃烧后产生的“石墨蠕虫”结构照片中观察到,与普通石墨受热膨胀后产生的“石墨蠕虫”的结构相同,EPS/PF/EG试样在燃烧后产生的“石墨蠕虫”也呈现出鳞片

状结构;而EPS/PF/EG/APP试样在燃烧后生成的“石墨蠕虫”则呈现出“绒球状”结构。造成该现象的原因可能是在燃烧的过程中,试样中EG,APP与PF之间有化学反应发生,并且APP在燃烧的过程中受热而呈现出熔融状态,从而粘附在EG表面,EG受热迅速膨胀时表面受到来自熔融态APP的影响,呈现出“绒球状”结构。



a—燃烧后的7[#]试样;b—a图圆圈内的“蠕虫结构”放大35倍;

c—a图圆圈内的“蠕虫结构”放大1000倍;

d—燃烧后的11[#]试样;e—d图圆圈内的“蠕虫结构”放大35倍;

f—d图圆圈内的“蠕虫结构”放大350倍

图4 7[#]试样与11[#]试样的“石墨蠕虫”的SEM照片

图5为7[#]试样与11[#]试样的“石墨蠕虫”FTIR谱图。图中 2923 cm^{-1} 为脂肪族—CH₂—的不对称伸缩振动峰, 2854 cm^{-1} 为脂肪族—CH₂—的对称伸缩振动峰, 3430 cm^{-1} 处和 1257 cm^{-1} 处分别为酚羟基伸缩振动峰和面内弯曲振动峰, 1123 cm^{-1} 处为SO₄²⁻的特征吸收峰。

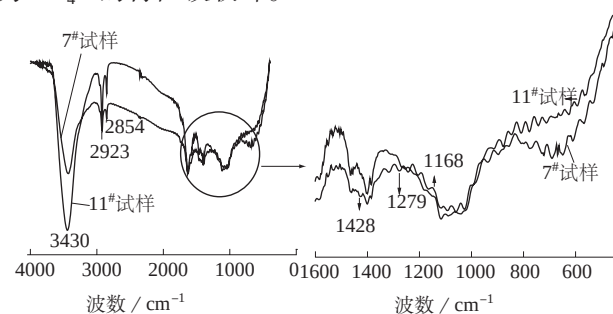


图5 7[#]试样与11[#]试样的“石墨蠕虫”FTIR图

比较EPS/PF/EG/APP与EPS/PF/EG复合材料的FTIR谱图发现,燃烧后EPS/PF/EG/APP复合材料在 1279 cm^{-1} 和 1428 cm^{-1} 处出现了

P=O 振动和 C—O—P—O—C 结构中的 C—O 振动的特征吸收峰。通过图 3 已证实 EG 与 APP 之间没有发生化学反应,因此证明新的特征吸收峰的形成是由于 APP 与 PF 发生了化学反应引起的。相关学者研究发现,在裂解的过程中 PF 中的酚羟基会产生剥离现象,生成羟基自由基^[15],相关反应方程式如图 6 和图 7 所示。

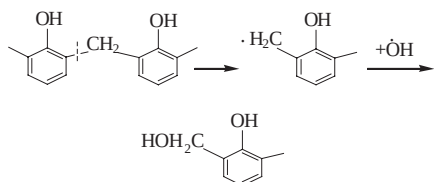


图 6 PF 在 300 ~ 500℃ 的裂解方程式

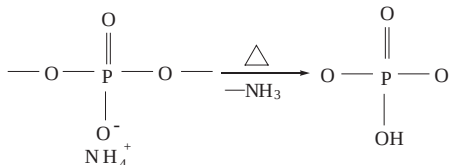


图 7 APP 在 250 ~ 500℃ 时的热分解方程式

因此,根据上述反应方程式可以推断出 EPS/PF/EG/APP 复合材料燃烧的过程中,APP 与 PF 的裂解产物之间发生了醇解反应^[6],方程式如图 8 所示。

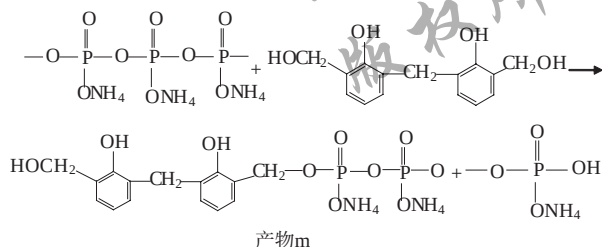
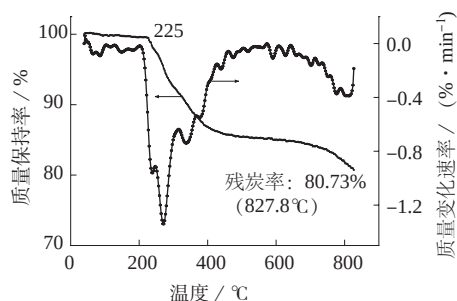


图 8 APP 与 PF 树脂裂解物的醇解方程式

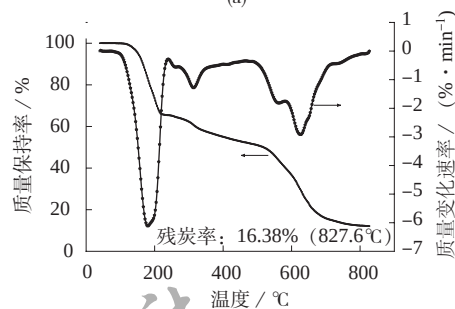
2.4 TG

图 9 为 EG, APP, EPS/PF/EG 以及 EPS/PF/EG/APP 的 TG 和 DTG 图。详细数据见表 3。从图 9a 观察到,在 220℃ 时 EG 开始迅速分解,这是由于 EG 层间化合物受热后快速分解并产生大量气体,这些气体的生成使得 EG 迅速膨胀,形成“石墨蠕虫”结构,并在 270℃ 时达到最大热失重效率;当温度超过 450℃ 时,热分解速率逐渐趋于平缓,此时主要是 EG 分解后残余的炭在高温下的热氧分解。在温度为 828℃ 时,EG 的残余量为 80.7%。

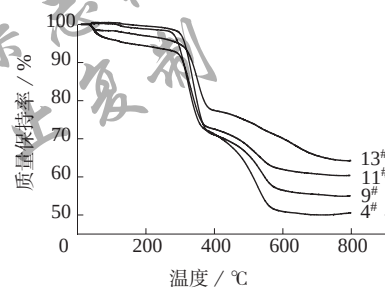
由图 9b 的 APP 的 TG 曲线可以观察到,APP 随着温度的逐渐升高,分 3 个阶段降解:第一阶段为室温 ~ 200℃ 范围内,APP 受热分解释放出 NH₃



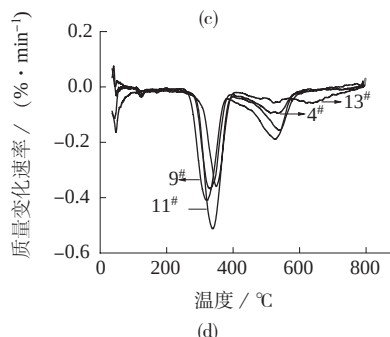
(a)



(b)



(c)



(d)

a—EG 的 TG 和 DTG 图; b—APP 的 TG 和 DTG 图;
c—EPS/PF/EG, EPS/PF/EG/APP 复合材料的 TG 图;
d—EPS/PF/EG, EPS/PF/EG/APP 复合材料的 DTG 图

图 9 EG, APP, EPS/PF/EG 以及 EPS/PF/EG/APP 的 TG 和 DTG 图

和 H₂O 等;第二阶段为 200 ~ 500℃ 范围内,APP 降解生成了聚磷酸,聚磷酸在高温的作用下,会进一步交联生成偏磷酸、焦磷酸和 P₂O₅ 等;第三阶段为 500 ~ 700℃ 范围内,APP 的降解过程中会有偏磷酸和 P₂O₅ 的挥发。在温度为 800℃ 时,APP 的残余量为 16.4%。

图 9c 显示了不同添加量的 APP 对 EPS/PF/

EG/APP 复合材料的热稳定性能的影响。由于 PF 受热产生的小分子挥发物,图 9c 中的曲线在室温至 300℃范围内都有平缓而微弱的质量损失,该过程同时伴随有少量 PS 基体的热分解。在 300~570℃范围内, EPS/PF/EG 复合材料与 EPS/PF/EG/APP 复合材料的降解主要为剩余 EPS 基体、PF 进一步氧化燃烧、EG 残余炭的热氧降解等, APP 会降解生成聚磷酸,聚磷酸交联后生成偏磷酸、焦磷酸以及 P_2O_5 等交联产物。在此温度范围内, PF, EG 与 APP 三者相互作用, PF 与 APP 之间有化学反应发生, APP 在高温下呈现出熔融态,熔融态的 APP 可作为胶粘剂将 EG 与 PF 的炭化产物粘在一起,生成的偏磷酸、焦磷酸以及 P_2O_5 等会促进材料炭化反应的发生,使得材料的残炭率提升。因此,随着 APP 的含量的增加, EPS/PF/EG 与 EPF/EG/APP 的残炭率逐渐增加。

表 3 复合材料的 TG 数据

项目	试样			
	4 [#]	9 [#]	11 [#]	13 [#]
初始分解温度 (T_1) / °C	256	280	280	295
第一阶段最大失重温度 (T_m) / °C	320	340	334	350
第二阶段最大失重温度 (T_m) / °C	525	541	540	539
800℃时的残炭率 / %	50	55	60	65

由图 9d 观察到,在 PF 的保护下, EG 的分解温度升高,相比于纯 EG 的分解温度提升了约 50℃,在 270℃左右时开始分解。该体系中随着 APP 的加入, EPS/PF/EG/APP 复合材料的初始分解温度与 EPS/PF/EG 复合材料相比向高温方向移动,且各个阶段热失重速率小幅降低。因此,可以推断出 APP 有效地提高该复合材料的热稳定性,并且能够促进该复合材料在降解过程中的成炭效应。

3 结论

通过 PF 树脂包覆、添加 EG 和 APP 对 EPS 泡沫保温板的阻燃性能进行改善。PF 包覆处理后制得 EPS/PF 保温板的阻燃性能得到了有效的提高,其 LOI 由 18.1% 提升至 28.0%,改善了 EPS 在燃烧时受热熔融、熔滴等现象。同时,复合材料的力学性能也大幅提高,其中压缩强度提高了 17%。当添加 EG 后,保温板的阻燃性得到进一步提高,当 EPS, PF, 固化剂, EG 分别为 100 份、90 份、20 份、4 份时, EPS/PF/EG 复合材料的力学性能最好, LOI 达到

了 29.5%。

当 EG 添加量为 4 份, APP 添加量为 8 份时, EG/APP 复配阻燃剂制成的 EPS/PF/EG/APP 复合材料的 LOI 值达到了 33.0%,该复合材料的热稳定性进一步提高,生成了更加密实的炭层,残炭率更高;其拉伸强度和压缩强度最大分别为 0.31 MPa 和 0.109 MPa;且实验中发现, EPS/PF/EG/APP 复合材料燃烧时,产生的“石墨蠕虫”呈现出“绒球状”。通过 FTIR 检测了 EG 与 EG/APP 的“石墨蠕虫”,证明 EG 与 APP 之间不存在化学反应;通过对比 EPS/PF/EG 与 EPS/PF/EG/APP 的“石墨蠕虫”发现,在 1428 cm^{-1} 处生成了 C—O—P—O—C 结构中的 C—O 的特征吸收峰,表明 APP 与 PF 在裂解过程中产生的羟基自由基发生了醇解反应。

参考文献

- [1] 杨森,邓小波,刘建志,等. 外墙外保温用模塑聚苯乙烯泡沫塑料熔融滴落物燃烧特性分析[J]. 化工新型材料, 2014, 42(10):89-91. Yang Sen, Deng Xiaobo, Liu Jianzhi, et al. Molten droplets combustion characteristics of insulation expanded polystyrene used on external wall[J]. New Chemical Materials, 2014, 42(10):89-91.
- [2] 中华人民共和国建设部. 夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2003. Ministry of Construction of People's Republic. Energy-saving design standards for residential buildings in hot summer and warm winter areas[M]. Beijing: China Building Industry Press, 2003.
- [3] Lu H, Wilkie C. Study on intumescent flame retarded polystyrene composites with improved flame retardancy[J]. Polymer Degradation and Stability, 2010, 95(12):2388-2395.
- [4] 张永胜,祖立武,兰天宇,等. 阻燃可发性聚苯乙烯研究进展[J]. 广东化工, 2014, 41(9):87-88. Zhang Yongsheng, Zu Liwu, Lan Tianyu, et al. The research progress of flame retardant polystyrene[J]. Guangdong Chemical Industry, 2014, 41(9):87-88.
- [5] 刘秀枝. 建筑节能与绿色建筑发展“十三五”规划[J]. 建筑监督检测与造价, 2017, 10(1):1-9. Liu Xiuzhi. Building energy conservation and green building development “13th Five-Year Plan” [J]. Supervision Test and Cost of Construction, 2017, 10(1):1-9.
- [6] Xu Dongmei, Liu Xiu, Feng Jie, et al. Preparation of boron-coated expandable graphite and its application in flame retardant rigid polyurethane foam[J]. Chemical Research in Chinese Universities, 2015, 31(2):315-320.
- [7] Mochane M J, Luyt A S. The effect of expanded graphite on the flammability and thermal conductivity properties of phase change material based on PP/wax blends[J]. Polymer Bulletin, 2015,

- 72(9):1-21.
- [8] Zheng Zaihang, Liu Yan, Zhang Long, et al. Synergistic effect of expandable graphite and intumescent flame retardants on the flame retardancy and thermal stability of polypropylene[J]. Journal of Materials Science, 2016, 51(12):1-15.
- [9] Zheng Jianqiang, Li Bin, Guo Chuigen, et al. Flame-retardant properties of acrylonitrile-butadiene-styrene / wood flour composites filled with expandable graphite and ammonium polyphosphate[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2014, 131(10):376-418.
- [10] Zhu Hongfang, Zhu Qiliang, Li Juan, et al. Synergistic effect between expandable graphite and ammonium polyphosphate on flame retarded polylactide[J]. Polymer Degradation & Stability, 2011, 96(2):183-189.
- [11] Tang Mengqi, Qi Fei, Chen Man, et al. Synergistic effects of ammonium polyphosphate and red phosphorus with expandable graphite on flammability and thermal properties of HDPE / EVA blends[J]. Polymers for Advanced Technologies, 2015, 27(1):52-60.
- [12] 岳杰, 李云涛, 赵春霞, 等. 不同粒径可膨胀石墨协同聚磷酸铵对环氧树脂燃烧性能的影响 [J]. 高分子材料科学与工程, 2013, 29(10):85-88.
- Yue Jie, Li Yuntao, Zhao Chunxia, et al. Synergistic effect of different size expandable graphite with ammonium polyphosphate on the flame retardant of Epoxy[J]. Polymer Materials Science & Engineering, 2013, 29(10):85-88.
- [13] 许冬梅, 郝建薇, 刘国胜, 等. 膨胀阻燃硬质聚氨酯泡沫塑料热降解及燃烧产烟研究 [J]. 高分子学报, 2013(7):832-840.
- Xu Dongmei, Hao Jianwei, Liu Guosheng, et al. Thermal degradation and smoke production during combustion for intumescent flame retardant rigid polyurethane foams[J]. Journal of Polymer Science, 2013(7):832-840.
- [14] 张森, 李迎春, 孔宇飞, 等. EG 对热固性阻燃聚苯乙烯泡沫保温板的性能研究 [J]. 工程塑料应用, 2017, 45(6):42-45.
- Zhang Miao, Li Yingchun, Kong Yufei, et al. Performances of thermosetting polystyrene foam thermal insulation board retardant by EG[J]. Engineering Plastics Application, 2017, 45(6):42-45.
- [15] Jiang Haiyun, Wang Jigang, Wu Shenqing, et al. The pyrolysis mechanism of phenol formaldehyde resin[J]. Polymer Degradation and Stability, 2012, 97(8):1527-1533.
- [16] Camino G, Costa L, Trossarelli L. Study of the mechanism of intumescence in fire retardant polymers: Part I-thermal degradation of ammonium polyphosphate-pentaerythritol mixtures[J]. Polymer Degradation and Stability, 1984, 6(4):243-252.

巴斯夫光稳定剂延长水上太阳能漂浮系统使用寿命

上海旗华水上工程建设股份有限公司(上海旗华)正使用巴斯夫生产的光稳定剂 Chimassorb® 和 Tinuvin®, 用于生产布署水上浮动太阳能电池板的高密度聚乙烯工程设备。

水上浮动太阳能电池板通常被布署在称为“浮体”的精密安装设备上。高密度聚乙烯被广泛用于制造浮体。浮体密度低于水,且可被回收再利用,主要被用于在湖泊、水库和海湾等水体表面支撑太阳能电池板。在吹塑成型的过程中,还添加紫外线吸收剂以防止聚合物降解和褪色。此外,吹塑级产品还应含有光稳定剂,使其成为户外应用的理想选择。

巴斯夫光稳定剂产品系列包括紫外线吸收剂和受阻胺光稳定剂,前者主要保护聚合物免受紫外线照射而发生降解反应;后者则通过清除光氧化过程中形成的自由基而起作用。此外,巴斯夫的光稳定剂提高了产品的高耐化学腐蚀性。通过期高效的连续生产提高了生产效率。

巴斯夫亚太区特性化学品业务部高级副总裁欧达富表示,同时使用 Tinuvin 系列紫外线吸收剂与 Chimassorb 系列受阻胺光稳定剂能产生协同效应,满足漂浮电站浮体使用年限的设计标准。通过与上海旗华在水上太阳能漂浮系统项目的合作,他们不仅帮助客户拓展了业务,还通过提高能源利用率,为节约自然资源作出了贡献。

上海旗华水上工程建设股份有限公司董事长孔飞表示,他们通过和巴斯夫的合作,共同开发出更高质量的产品。通过使用巴斯夫塑料添加剂产品组合,他们有信心为用户提供长达 25 年的品质保证,还将有助于我们把业务拓展至海外市场。

上海旗华已承建了多个水上漂浮光伏电站项目,其中包括我国淮南和淮北采煤沉陷区 55 MW 的大型水上漂浮光伏电站项目,中国江苏盐城 30 MW 的大型水上漂浮光伏电站项目,以及越南 200 MW 的大型水上漂浮光伏电站项目。

根据世界银行的报告,安装使用水上漂浮太阳能电池板为提升光伏发电量创造了新的机会,尤其对于那些人口密度高、土地资源紧张的国家最适合。由于漂浮系统需要浮体、系泊设备和更具弹性的电气元件,因而造价比陆地系统贵 18%,但能避免砍伐森林,征用农田。同时,水也可以帮助冷却太阳能电池板,效率因此提升 10%。

相对而言,水上浮动太阳能电池板更易安装和拆卸。另外,由于其部分覆盖于水面,能减少水分蒸发,从而节约更多水来获取更多能量供人类使用。

据世界银行估算,目前全球安装的浮动太阳能发电容量超过 1.1 kW,而我国占了绝对大数。(环球聚氨酯网)