

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2013.04.003

IFR 阻燃 EVAC 燃烧性能的研究^{*}

高雷,祝岩婷,王志伟,陈冬梅,李荣勋

(青岛科技大学高性能聚合物及成型技术教育部工程中心,山东青岛 266042)

摘要:采用不同质量配比的聚磷酸铵(APP)、季戊四醇(PER)、三聚氰胺(MEL)制备磷氮膨胀型阻燃剂(IFR)体系,用以阻燃乙烯-乙酸乙烯酯共聚物(EVAC),探讨了三种组分分配比对 EVAC 阻燃性能和力学性能的影响。用拉伸性能评价 IFR 与 EVAC 相容性对力学性能的影响。利用锥形量热仪(CONE)评价 IFR 用量对 EVAC 阻燃性能和燃烧火灾性能参数的影响及阻燃机理。结果表明,PER 与 EVAC 的相容性优于 APP 与 EVAC 的相容性;在 IFR 体系添加量为 30 份,APP:PER=4:1 时氧指数最高,达到 28.5%,材料的垂直燃烧测试可达 UL-94 V-0 级,水平燃烧测试达到 HB 级;CONE 测试表明当阻燃剂 IFR 添加量为 30% 时,EVAC 的火灾性能指数提高,生烟速率下降。

关键词:EVAC;膨胀型阻燃剂;锥形量热仪;燃烧性能;火灾性能指数

中图分类号:TQ325.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-3539(2013)04-0013-05

Research of Combustion Performance of IFR Flame Retardant EVAC

Gao Lei, Zhu Yanting, Wang Zhiwei, Chen Dongmei, Li Rongxun

(Engineering Research Center of High Performance Polymer and Molding Technology,

Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266042, China)

Abstract: Phosphorus and nitrogen intumescent flame retardant (IFR) was prepared by adding different ratio of quality of ammonium polyphosphate (APP), pentaerythritol (PER), melamine (MEL) which was used for flame retardant EVAC. The effect of component ratio on the flame retardant properties and mechanical properties of EVAC was tested. Tensile performance was used to evaluate mechanical properties of EVAC / IFR. The cone calorimeter (CONE) was used to evaluate the effect of IFR amount on the EVAC flame retardant properties and combustion fire performance parameters and flame retardant mechanism. The results show that the compatibility of PER and EVAC is better than APP and EVAC. While IFR content is 30%, APP:PER=4:1, the highest oxyphen index of the composites reach 28.5. The vertical combustion test of material can reach UL94 V-0 level, the level combustion test reach HB level. CONE test show that when IFR content is 30%, fire performance index of EVAC increase and smoke generation rate decrease.

Keywords: EVAC; expansion type flame retardant; cone calorimeter; combustion performance; fire performance index

乙烯-乙酸乙烯酯共聚物(EVAC)以其优良的物理与化学性能被广泛应用于电线电缆、建筑、家电等领域。但由于其易燃,极限氧指数只有 18%,故在很多应用场合需要对其进行阻燃处理。近年来,由于环保的原因,含卤阻燃剂的应用受到了限制,因此,对无卤环保阻燃材料需求越来越大。磷氮膨胀型阻燃剂(IFR)具有低毒和低烟的特点,用于阻燃材料符合绿色环保的发展趋势,已成为当前膨胀型阻燃剂研究的热点。但目前对 IFR 和协同阻燃 EVAC 的研究几乎未见报道。

IFR 是以氮、磷、碳为主要成分的复合阻燃剂,其体系自身具有协同作用。IFR 一般由聚磷酸铵(APP)、季戊四醇(PER)和三聚氰胺(MEL)三部分

构成。三者配比直接决定了 IFR 体系对 EVAC 的阻燃效果。笔者利用氧指数仪、拉伸试验机、锥形量热仪(CONE)探讨了 APP、PER 和 MEL 在 EVAC 中配比及此配比下 IFR 阻燃 EVAC 的燃烧性能^[1-2]。

1 实验部分

1.1 原材料

EVAC: EV1005, 泰国 TPIPL 公司;

APP: S-1500, 青岛海大化工有限公司;

PER: 115-77-5, 天津市巴斯夫化工有限公司;

MEL: H-882, 山东海化金星化工有限公司。

^{*} 山东省自然科学基金资助项目(ZR2012EEL18)

联系人: 李荣勋, 教授, 主要从事高分子阻燃材料的研究

收稿日期: 2013-02-02

1.2 仪器及设备

双辊开炼机:SK-160B 型,上海橡胶机械厂;

模板硫化机:XLB-D 400×400 型,浙江湖州东方机械有限公司;

氧指数仪:XYC-75 型,承德市金建检测仪器有限公司;

垂直、水平燃烧试验机:SH5311 型,广州信禾电子设备有限公司;

拉伸试验机:PHRT-TCS-2000 型,高铁检测仪器有限公司;

CONE:标准型,英国 FTT 公司。

1.3 试样制备

将 EVAC 和 IFR 阻燃剂在电子天平上准确称量,将 IFR 按照配比搅拌混合,在双辊塑炼机上将 EVAC 塑化后,将混合均匀的阻燃剂加入到已经熔融的 EVAC 中,混炼充分,辊温为 130℃,薄通后下片。然后将混炼好的样品在 160℃,10 MPa 下用平板硫化机模压制得 2 mm 厚的试片,用于氧指数试验,100 mm×100 mm×4 mm 试片用于 CONE 试验。

1.4 性能测试

极限氧指数 (LOI):按照 GB/T 2406-2009 测试;垂直燃烧:按照 UL-94 测试,试样尺寸为 120 mm×10 mm×4 mm;拉伸性能:按照 GB/T 1401-2006 测试;CONE 测试:按照 ISO 5660 测试,试样尺寸为 100 mm×100 mm×4 mm。

2 结果与讨论

2.1 APP/PER/MEL 阻燃体系的质量配比

实验采用 IFR 阻燃 EVAC 树脂, EVAC 的总量为 100 份,阻燃剂 IFR 的总添加量为 30 份,分别采用不同质量配比的 APP, PER 以及 MEL,利用水平和垂直燃烧试验机及氧指数仪测试其燃烧性能,测试结果如表 1 所示。

表 1 IFR 阻燃 EVAC 的燃烧性能

试样编号	质量配比			水平 阻燃性	垂直 阻燃性	LOI/%
	APP	PER	MEL			
纯 EVAC	0	0	0	不够级	V-2	18
A-1	1	1		不够级	V-1	25
A-2	2	1		HB-2	V-1	26.5
A-3	3	1		HB-2	V-1	27
A-4	4	1		HB-1	V-0	28.5
A-5	5	1		HB-2	V-2	27
B-1	1	1	1	不够级	V-2	27
B-2	2	1	1	不够级	V-2	27.5
B-3	3	1	1	不够级	V-2	26

由表 1 可见,通过添加 IFR 阻燃 EVAC,试样的

氧指数得到大幅度提高,部分样条的垂直燃烧级别也可达到 UL-94 V-1 级。表中试样 A-1~A-5 表现的是 APP 与 PER 不同配比对 EVAC 阻燃性能的影响。在 IFR 添加量相同的情况下,随着 APP 质量比的增加,阻燃材料的氧指数表现出先升后降的趋势。其中当 APP:PER=4:1 时氧指数最高,达到 28.5%,此时材料的垂直燃烧测试可达 UL-94 V-0 级,水平燃烧测试达到 HB-1 级,当 APP 的质量比例继续增加时,材料的氧指数和垂直水平燃烧性能反而有所下降,说明当 APP 与 PER 的质量比为 4:1 时材料具有最好的阻燃性能。由表中试样 B-1~B-3 的比较可得, MEL 的加入并未使 EVAC 材料的阻燃性能得到提高,反而使其氧指数有所下降,样条的水平、垂直测试也未能达到级别,出现这种现象的原因可能是在燃烧过程中, EVAC 自身分解生成的气体已经起到气源的作用,加入 MEL 后过多的气源反而不利于炭层的形成。

2.2 IFR 对 EVAC 力学性能的影响

表 2 是阻燃剂 IFR 的添加总量为 30 份时,在不同 APP 和 PER 配比下, EVAC 阻燃材料的拉伸力最大值、拉伸强度和断裂伸长率数据。

表 2 IFR 阻燃 EVAC 的力学性能

试样编号	拉伸力最大值 /N	拉伸强度 /MPa	断裂伸长率 /%
纯 EVAC	121.01	16.09	712.07
A-1	77.86	10.39	697.46
A-2	76.89	9.57	677.93
A-3	78.39	9.40	600.51
A-4	66.69	6.43	555.04

由表 2 可见, IFR 阻燃 EVAC 材料的拉伸力最大值、拉伸强度和断裂伸长率相对于纯 EVAC 都有所下降。在 IFR 添加量相同时,与纯 EVAC 相比,随着 APP 与 PER 的质量比增加,拉伸强度和断裂伸长率不断下降,说明 PER 与 EVAC 的相容性优于 APP 与 EVAC 的相容性,改善 PER 与 EVAC 的相容性可以更好地减小阻燃剂对 EVAC 力学性能的影响。

2.3 IFR 阻燃 EVAC 的热释放速率分析

当 IFR 中 APP:PER=4:1 时,分别制备 IFR 添加量为 20 份和 30 份时的两种阻燃 EVAC 材料,使用 CONE 评价 IFR 用量对 EVAC 阻燃性能的影响,所得阻燃体系的热释放速率 (HRR) 曲线图和数据分别如图 1 和表 3 所示。其中 TTI 为引燃时间, PHRR 为峰值热释放速率, T_{PHRR} 为热释放速率峰值的时间, MHRR 为平均热释放速率, FPI 为火灾

性能指数。HRR 是指材料燃烧时单位时间内释放的热量,是衡量材料综合火灾性能和潜在火灾危害性的一个重要参数。

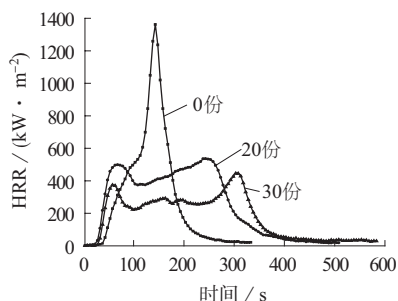


图1 不同 IFR 用量时 EVAC/IFR 阻燃体系的 HRR 曲线

表3 IFR 阻燃 EVAC 的 CONE 数据

IFR 用量 / 份	TTI / s	PHRR / (kW · m ⁻²)	T _{PHRR} / s	MHRR / (kW · m ⁻²)	FPI / (s · m ² · kW ⁻¹)
0	38	1361.9	140	541.3	0.027 91
20	26	537.0	240	380.5	0.048 42
30	29	446.5	300	256.3	0.064 96

从图1和表3可知,与纯EVAC相比,IFR用量为20份和30份时阻燃材料的PHRR分别下降了60.56%和67.21%。研究结果表明^[3],CONE测试中前180s的MHRR与大型试验的室内火灾初期的HRR数据有很好的相关性,可以用来衡量材料的火灾危害性,因此选择前180s的HRR计算平均值MHRR。从图1和表3可以看出,纯EVAC在140s时就已达到峰值;阻燃EVAC在180s前主要是稳定燃烧段,180s后由于阻燃剂用量不足出现峰值,HRR再次升高,但维持时间较短,为残余燃烧,可以采用MHRR评价EVAC/IFR阻燃体系火灾危害性的不同,反映材料的燃烧特性。从表3中的MHRR数据同样可以发现IFR用量对EVAC热释放速率的影响,纯EVAC的MHRR为541.3 kW/m²,IFR用量为20份时阻燃试样的MHRR为380.5 kW/m²,与纯EVAC相比降低了29.7%,IFR为30份时阻燃试样的MHRR为256.3 kW/m²,与纯EVAC相比降低了52.7%。从MHRR的下降来看,IFR添加量提高10份,阻燃效果提高1.8倍,大幅降低了EVAC燃烧造成的火灾危害性。

从TTI来看,在EVAC中加入阻燃剂后,TTI反而减小,这是因为当纯EVAC试样点燃时,整个EVAC试样的热传导是各向同性,热量传递导致整个试样达到分解温度需要的热量和时间更多,而且分解产生的可燃性气体浓度较高,使氧气浓度下降,试样点燃困难,因此点燃需要更多时间;添加IFR阻燃剂后,随着锥形加热套的热辐射,阻燃EVAC

表面开始成炭,热量传递成为各向异性,热量主要集中在阻燃EVAC表面,使气体分解速率加快,所以TTI降低。

单独讨论TTI意义不大,但是FPI和TTI相关,FPI为TTI和PHRR的比值。FPI越大,引燃时间越长,消防逃生的时间就越长,它是设计消防逃生时间的重要依据。如表3所示,纯EVAC的FPI为0.027 91 s · m² / kW,IFR用量为20份时阻燃试样的FPI为0.048 42 s · m² / kW,是纯EVAC的1.7倍,IFR用量为30份时阻燃体系的FPI为0.064 96 s · m² / kW,是纯EVAC的2.3倍。从FPI的升高来看,IFR添加量提高10份,阻燃效果提高1.3倍,引燃时间更长,有利于延长消防逃生的时间,从而提高了EVAC的火灾安全性。

2.4 IFR 阻燃 EVAC 生烟速率的分析

图2是纯EVAC、IFR用量分别为20份和30份时阻燃材料的生烟速率(PSR)曲线。表4是IFR阻燃EVAC的CONE测试数据。其中PMLR为峰值质量损失速率,MMLR为平均质量损失速率,T_{PMLR}为质量损失速率峰值的时间,CR为残炭量,PSPR为峰值生烟速率,MSPR为平均生烟速率。

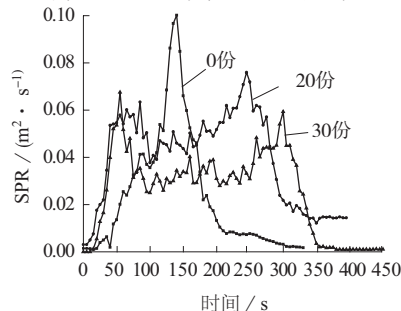


图2 不同 IFR 用量时 EVAC/IFR 阻燃体系的 PSR 曲线

表4 IFR 阻燃 EVAC 树脂的 CONE 数据

IFR 用量 / 份	PMLR / s ⁻¹	MMLR / s ⁻¹	T _{PMLR} / s ⁻¹	CR / %	PSPR / (m ² · s ⁻¹)	MSPR / (m ² · s ⁻¹)
0	0.312	0.158	110	2.3	0.1002	0.0447
20	0.217	0.085	25	5.4	0.0760	0.0411
30	0.112	0.078	70	9.4	0.0676	0.0352

结合图2和表4可以发现,纯EVAC的PSPR为0.1002 m² / s,生烟速率最高;IFR添加量为20份时阻燃材料的PSPR为0.076 0 m² / s,与纯EVAC相比降低了24.2%,具有较好的抑烟效果,发生火灾时能够较好地降低生烟危害;IFR添加量为30份时阻燃材料的PSPR为0.067 6 m² / s,与EVAC相比降低了32.5%,与IFR添加量为20份时相比,PSPR也有所降低,抑烟效果更好,可以大大降低发生火灾时的生烟危害。

MSPR 可以用于评价材料在潜在火灾中发生生烟危害的程度^[4],从表4可见,纯EVAC试样MSPR为 $0.0447 \text{ m}^2/\text{s}$,平均生烟速率最高,可以用纯EVAC的MSPR定义为EVAC树脂燃烧时的最高生烟危害;IFR添加量为20份时的MSPR为 $0.0411 \text{ m}^2/\text{s}$,火灾生烟危害降低较少,不具有较好的抑烟效果,发生火灾时的生烟危害降低不大;IFR添加量为30份时阻燃材料的MSPR为 $0.0352 \text{ m}^2/\text{s}$,火灾生烟危害降低21.0%,具有较好的抑烟效果,发生火灾时能有效降低生烟危害,从PSPR和MSPR来看,IFR能够起到降低火灾生烟危害的作用,且添加量为30份时抑烟效果更好。

2.5 IFR 阻燃 EVAC 热失重分析

图3和图4分别是氮气气氛下,不同升温速率时EVAC/IFR(用量为30份)的积分热失重(TG)和微分热失重(DTG)曲线。

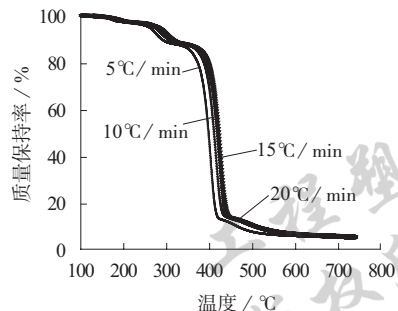


图3 EVAC/IFR在不同升温速率时的TG曲线

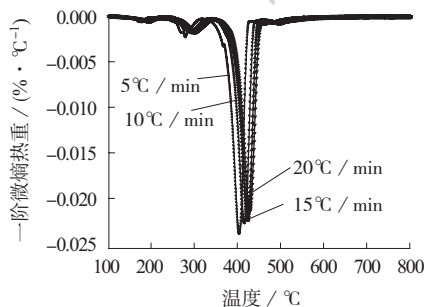


图4 EVAC/IFR在不同升温速率时的DTG曲线

从图3和图4可看出, EVAC/IFR的分解过程有三个失重阶段,第一个失重阶段在220℃左右,主要是IFR反应放出气体,如 NH_3 、 H_2O 等;第二个失重阶段在300℃左右,主要是EVAC中乙酸乙酯的分解,第三个失重阶段在400~500℃之间,主要为乙酸乙酯分解形成的热稳定性较高的多烯的分解,第二和第三失重阶段其实都是EVAC热分解造成。

由曲线得到的数据如表5所示。其中, $T_{5\%}$ 为失重5%时的温度,为避免升温速率改变引起基线漂移的影响,一般以 $T_{5\%}$ 作为起始的失重温度; T_{PK1}

和 T_{PK2} 分别为EVAC第一和第二失重峰的峰值热失重温度; D_{PK1} 和 D_{PK2} 分别为与之对应的第一和第二失热失重峰的峰值失重速率。

表5 N_2 气氛下的TG和DTG测试数据

升温速率/ $^{\circ}\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$	$T_{5\%}/^{\circ}\text{C}$	$T_{PK1}/^{\circ}\text{C}$	$T_{PK2}/^{\circ}\text{C}$	$D_{PK1}/$ $(\% \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1})$	$D_{PK2}/$ $(\% \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1})$
5	255.9	277.6	403.1	-0.00233	-0.0239
10	268.1	290.2	414.4	-0.00186	-0.0228
15	274.4	295.7	421.8	-0.00182	-0.0224
20	279.8	299.2	426.6	-0.0177	-0.0214

结合表5数据可知:(1) $T_{5\%}$ 随着升温速率的增加而提高,由255.9℃提高到279.8℃,温差为23.9℃;(2) T_{PK} 同样随着升温速率的增加而提高,由403.1℃提高到426.6℃,温差为23.5℃;(3)与 T_{PK} 对应的 D_{PK} 随着升温速率的增加而降低,从-0.0239%/℃降低到-0.0214%/℃;(4)500℃时TG和DTG曲线显示几乎没有失重的改变,可以认为EVAC分解完全,剩余微小质量是由TG本身误差引起。

通过以上分析可以看出:(1)升温速率对EVAC失重的起始区间和峰值急剧分解区间产生的影响是不同的, T_{PK} 同样随着升温速率的增加而提高,是由于EVAC的分解反应需要时间,升温速率增加引起“热滞后”作用;(2)最大失重速率对应的残留量随着升温速率的增加而增加,说明升温速率越高,有利于IFR快速反应生成隔热炭层,发挥炭层的隔热隔氧作用,抑制EVAC基材的分解,这也是随着升温速率增大, D_{PK} 反而有所下降的原因,因此在阻燃EVAC时能够降低传热速率,起到良好的抑制EVAC分解的作用,促进成炭;(3)500℃后TG和DTG曲线显示几乎没有失重率的改变,维持在10%左右,可以认为失重反应完全,最终的残余为IFR反应形成的炭层。

3 结论

(1)采用相同阻燃剂,且总添加量30份的情况下,当APP:PER=4:1时氧指数最高,达到28.5%;此时材料的垂直燃烧测试可达UL-94 V-0级,水平燃烧测试达到HB级。

(2)IFR的加入使EVAC材料的拉伸力最大值、拉伸强度和断裂伸长率等力学性能有所下降,PER与EVAC的相容性优于APP与EVAC的相容性,改善PER与EVAC的相容性可以更好地减小阻燃剂对EVAC力学性能的影响。

(3)IFR的加入能够有效降低EVAC的HRR和SPR,与IFR添加量为20份时相比,IFR添加量为

30 份时阻燃材料的火灾性能指数提高,生烟危害降低,表现低烟和高效的阻燃特点。

(4) 氮气气氛下的热失重分析表明,升温速率越高,IFR 起始分解温度越高,越利于 IFR 快速反应生成隔热炭层,促进成炭,IFR 的阻燃效果越好。

参考文献

- [1] 舒中俊,徐晓楠,李响. 聚合物材料火灾燃烧性能评价: 锥形量热仪试验方法 [M]. 北京: 化学工业出版社,2007.
- Shu Zhongjun, Xu Xiaonan, Li Xiang. Fire combustion performance evaluation of polymer materials: Test method of cone calorimeter [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2007.

- [2] 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,2005:417.
- Zhang Jun, Ji Kuijiang, Xia Yanzhi. Burning phenomenon of polymer and fire-retardance technologies [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2005:417.
- [3] Babrauskas V. Ten years of heat release research with the cone calorimeter. Hasemi Y. Heat release and fire hazard [PHR] [C]. Tsukuba: Buildinphr Research Institute, 1993:7-11.
- [4] Camino P H R, Costa L, Trossarelli L. Study of the mechanism of intumescence in fire retardant polymers: Part—mechanism of action in polypropylene-ammonium polyphosphate-pentaerythritol mixture [J]. Polymer Degradation and Stability, 1984, 7:25-31.

中国塑机瞄准全球大力开拓韩国市场

现在很多企业的发展不再是只关注本国的发展,很多的企业在自身实力增强的同时,开始瞄准国外市场,准备在更大的舞台之上展现自己的实力。

中国的塑料机械行业正在大力开拓亚洲最大的市场之一——韩国市场。在近日在首尔举行的韩国国际塑料橡胶展上,中国参展企业规模空前,且多家企业说,在当地市场的销售额快速增长。

有些业内人士质疑,中国企业在韩国扩张是否是因为中国国内经济增长放慢,希望寻找一个替代市场。但中国企业表示,主要是一些韩国制品生产商看中了中国产品的低价优势,同时这些中国企业也希望扎根于韩国市场,这一市场每年的成型机销量约为 3 600 台。这一数字与美国市场大致相当,但美国的人口是韩国的六倍之多。

同时,中国塑机企业表示,希望能够扩大对韩国综合经营巨头全球供应链中的工厂的销售额。

大同机械销售有限公司的海外区域销售经理王军表示:“我们知道这一市场很大。不仅是本地市场,还包括韩国企业在其他国家的工厂。”除海天以外,其他中国企业在韩国的扩张脚步才刚刚开始,很难说是否会成功

例如,广东伊之密精密机械有限公司在 2012 年将其生产的机器通过认证达到了韩国的安全标准,并签下了一家本地代理商。该公司的全球业务发展部的区域销售经理陈小结说:“韩国客户的要求较高,包括对质量、对机器性能和安全性。”伊之密副总经理张涛表示,伊之密认为这一市场是可以打开的,因为韩国企业正在寻求更具成本效益的机械,而且中国产机械的质量也在不断提高。

海天韩国有限公司的总裁 Lainus Lee 表示,该公司于 2004 年首次在韩国售出了中国产设备。过去十年里,韩国企业正在改变对中国设备的看法。

Lee 说:“许多韩国客户都在转变观念。在过去,‘中国制造’意味着质量低下。而现在,发生了一些转变。”另一家韩国的大型塑机生产商 LSCable Ltd. 公司表示,他们已经注意到了有越来越多的中国对手进入市场。

其他韩国企业则表示,他们认为中国企业并不构成太大的威胁,他们说中国企业可能会瞄准较低端的成型领域,比如家居用品。

当然,正在积极开拓韩国市场的不只是中国公司。奥地利的恩格尔控股有限公司也在此次展会上为其韩国工厂的产能翻番项目举行了奠基仪式,扩能投资额达 800 万欧元。

多家参加展会的大型中国塑机企业,包括广州博创机械有限公司在内,都表示,力争在数年内把年销量提高到 100 台以上。博创称其 2012 年在韩国售出了 40 台机器,预计今年将增长 50%。

海天称其 2013 年前两个月在韩国售出了 77 台机器,力争今年全年的机器销量达到 200~240 台。(中聚网)

回收农用地膜的必要性和措施

目前社会倡导食品安全、绿色安全等口号,但现阶段还有待改进和开拓。据了解,很多食品安全事故的源头是由于土地被污染,特别是农田污染比较严重,其中有一方面是农田膜带来的污染,为此多方建议:

(1) 各级政府把废旧农膜回收利用作为推进节能减排、发展循环经济、促进生态文明建设的重要内容,制定出台本地相关配套扶持政策,鼓励企业和农民加强废旧农膜回收利用,推进农村环境污染治理工作。

(2) 加强技术规范和市场监管。建议国家有关部门制定安全技术规范,强制使用无毒添加剂,最大限度减少重金属污染;各级农业、工商、质检等部门要加大监管和查处力度。与此同时,积极推广“一膜两年用”技术和适时揭膜技术,并结合农艺措施,优化耕作制度,推广有利于回收的覆膜方式。

(3) 对已污染的农田采取人工和机械回收相结合的措施,加大塑料废旧地膜回收力度。组织人力用耙子回收农田中的废旧地膜,是一项有效的回收措施。同时,在翻地、整地、播种前用地膜回收机械回收废旧地膜,可收到更好的效果。建议研发推广实用有效的农地残膜回收机,实现机械化大规模回收农地残膜。

(4) 研究开发新材料,积极使用农膜替代品。

(5) 推广全生物降解农地膜代替塑料农膜。(慧聪网)