

聚合物助剂科技及信息通览

橡胶、塑料、纤维

阻燃技术分册(四)

化工部化学助剂科技情报中心站

一、国外阻燃剂市场的现状与趋势

(一) 西欧阻燃剂市场的现状和预测

a. 市场现状

西欧阻燃剂市场在塑料领域中处于占优势的地位。阻燃聚苯乙烯、聚酯、聚氯乙烯以及聚氨酯等可用于建筑、交通运输、电线电缆和包装等工业。

在1988年以前，西欧阻燃剂市场由于新的防火法规制订较少，使得阻燃塑料的消耗甚少，因此该市场一直处于停滞不前的状态。1985年西欧阻燃剂的消费量9~10万吨，到1992年将增加到10~11万吨。在今后的五年内将以2%~4%的年增长速度增加。

阻燃剂在硬质及软质聚氨酯泡沫方面的用途是使消耗量大大增加的一个原因，阻燃剂消耗量的提高要逐渐取决于，而且必须取决于建筑市场供应厂家所制定的建筑标准。

阻燃ABS、环氧化物、聚烯烃和工程塑料的进一步发展主要取决于本身的合格标准，因为这些树脂在电子设备及家用电器中的用途十分广泛。然而，增长的速度是因不同聚合物种类而异的。据预测，环氧化物和聚烯烃市场如果在电气方面没有什么新的技术突破的话，那就不会期待有什么显著的进展。

政府所制定的安全规定是阻燃剂领域取得进展的主要推动力量。从积极的方面来看，这些规定对阻燃剂的需求会产生一定的影响；但从消极的方面来看，燃烧材料新技术的开发标准和规定则变得更加严格了。

尽管从环境保护的角度出发，人们对有机溴类阻燃剂有种种耽心，并有取代某些溴类化合物的趋势，但是西欧的塑料生产厂家仍然依靠限制使用向前迈了一大步。

b. 多溴二苯醚在西德已停用

西德塑料公司已主动停止使用多溴二苯醚阻燃剂，据说这种阻燃剂在一定条件下能产生二噁呋类和呋喃类有害物质。几种溴系阻燃剂

如四溴双酚 A、四溴苯二甲酸和四溴苯二甲酸酐是反应性阻燃剂，但是这类阻燃剂通常以添加剂的形式加在最终产品中。

据说大多数有机溴化物有优异的阻燃性能，塑料工业是这类产品的最大市场，但是这类阻燃剂的价格较高，因此用量受到限制，有时加入氧化铋一类的增效剂，但不必降低溴化化合物的含量。

引起争论的多溴二苯醚类阻燃剂几乎可用于各种塑料产品。十溴二苯醚主要用于高冲击强度聚苯乙烯和聚对苯二甲酸丁二醇酯；八溴二苯醚主要用于 ABS 树脂。

四溴双酚 A 的用量大于任何一种有机溴阻燃剂，在层压材料和某些工程塑料特别是聚碳酸酯类工程塑料中的用量更大。另外，专用树脂制造厂家也使用这种阻燃剂。道化学公司在生产溴化环氧树脂时使用这种阻燃剂。这种阻燃剂还是生产二溴丙二烷类化合物的中间体，二溴丙二烷类化合物是生产聚丙烯管子用的最重要的阻燃剂。

四溴邻苯二甲酸是生产阻燃型聚酯纤维用的反应性化合物。据说在西欧各家生产这类纤维的公司中赫司特公司掌握了最先进的生产技术，西德公司使用某些专用化合物生产这类纤维。

在塑料加工过程中遇到的一个问题是，有些加工工艺要求高温，但是几种溴化合物在高温下不稳定，不过溴代乙烯可用于生产阻燃型聚丙烯腈纤维，聚丙烯腈纤维在 200~300℃ 以下熔融拉丝。

比利时索尔维公司使用自产的 3-氯-1,2-环氧丙烷和从其它公司购买的溴，生产溴化多元醇，产品以 Ixol 的商品名称销售于市，在生产建筑材料聚氨酯泡沫塑料的过程中用作反应性阻燃剂。近来有人以保护环境为理由提出取代某些有机溴化合物，但是到目前为止还没有研制出相应的代用品。

c. 无机阻燃剂、抑烟剂继续增长

无卤阻燃剂的兴旺主要取决于下面几个因素，即成本、法规以及开发聚合物中使用的化合物不会对聚合物的物理性能产生副作用的新产品。到 1990 年，无卤阻燃剂有可能达到 46%。从现在起到 1990 年，无卤阻燃化合物可望以 3%/年的速度上涨。

二、水合氧化铝	54 页
1、制法	54 页
2、阻燃机理	54 页
3、品种及性能	55 页
4、应用	55 页
5、国外新技术及新成果	56 页
6、国内现状	56 页
7、技术开发建议方向	58 页
三、氢氧化镁	59 页
1、制法	59 页
2、阻燃机理	59 页
3、品种及性能	60 页
4、应用	61 页
5、技术开发建议方向	63 页
四、硼酸锌	64 页
五、铝系阻燃剂	66 页
六、赤磷	67 页
第五部分 我国阻燃剂科研、生产及应用新成果 (30项) ..	68 页
第六部分 各国有关阻燃剂的制备、应用及性能的	
专利文摘 146篇 (1987~)	81 页
一、溴系阻燃剂的制备 (11篇)	81 页
二、溴系阻燃剂的应用 (34篇)	85 页
三、磷系阻燃剂的制备 (14篇)	99 页
四、磷系阻燃剂的应用 (18篇)	104 页
五、无机铝类阻燃剂的应用 (32篇)	111 页
六、无机锑类阻燃剂的应用 (28篇) ..	122 页
七、无机镁类阻燃剂的应用 (29篇)	134 页

第一部分 国外阻燃剂工业的现状

一、美国的现状

美国是世界上使用阻燃剂最早，也是生产和消费阻燃剂最多的国家。到1978年止，美国已有专门生产阻燃剂的工厂40多个，品种和产量逐年上升。美国阻燃剂是以添加型为主，占全部阻燃剂的85%以上，其中三水合氧化铝约占45%左右。有机类阻燃剂中磷系占首位，达13~14%；其次是氮系，达7~8%；第三位是溴系，达7~8%，但有上升趋势。反应型阻燃剂只占13~15%。1986年美国塑料用阻燃剂的消费量列于表1。

据预测，在今后几年内，阻燃剂年增长率将达4%。阻燃剂用量最大的是 $\text{Al}(\text{OH})_3$ ，预测年增长率将达5%。

美国阻燃剂的消费主要是塑料行业，其次是合成材料、橡胶、涂料、纸张、木材等领域。如，美国1981年共生产阻燃剂近20万吨，用于塑料的量高达16万吨之多，占产量的80%。其中聚氯乙烯、不饱和聚酯是阻燃剂用量最多的两大类树脂，又占塑料用阻燃剂耗量的50%以上。

美国在阻燃剂应用领域中以地毯类的用量最大，高达11~12万吨，而衣料用量的增长速度最快，在35%以上。其次是电器、电子、室内家具、建筑材料等。

二、日本的现状

日本阻燃剂的发展落后于美国，生产起步较晚，但发展速度相当快。1984年日本阻燃剂总消费量达9万吨，各类阻燃剂的消费量和构成比见表2。

剂的前景取决于许多因素，如生产成本、国家标准和国家标准、立法规定以及是否对被保护的材料的机械性能有不良影响。据赫司特公司说，到1990年，大约有46%的阻燃剂可能是不含卤素的产品。在1983~1990年间，这类化合物的年增长率3%，其中多磷酸化合物的增长率可能高达13.1%。

为了减轻阻燃剂的有害作用，阻燃剂行业的各家大公司大都在集中力量研制高性能无机阻燃剂，同时这些公司也在研制危害小和不影响最终产品物理性能的有机阻燃剂。虽然这方面的技术发明对于日益萧条的阻燃剂市场将起推动作用，但是最大的推动力可能还是来自更加严格的安全防火立法。

最近开发的新产品主要是在高性能热固性配方中作为阻燃剂使用。这些产品主要分为三大类：胶态五氧化二锑、聚合型溴化添加剂、混合型/涂敷型三水合铝。要想获得性能良好的产品，其方法之一是通过能够生成抑制燃烧的特殊气体添加剂来获得。

目前广泛采用的化学反应是一种锑化合物特别是氧化锑与一种在低温（从150℃）下会产生分解的氯或溴化合物发生反应，使之释放出挥发性酸性气体（氯化氢或溴化氢）。这种与氧化锑的反应会生成别的挥发性化合物，如氯化锑、溴化锑、氢氧化锑或氧溴化锑。

西欧阻燃化学品在各种树脂中的消耗及其预测（千吨）

	1985	1992
聚苯乙烯	4.0~ 4.5	4.0~ 4.5
A B S	1.0~ 1.5	1.2~ 1.8
聚 酯	7.5~ 8.0	8.5~ 9.0
环氧化物	3.5~ 4.0	4.0~ 4.5
聚烯烃	10.0~ 12.0	11.0~ 13.0
P V C	25.0~ 27.0	27.0~ 29.0
聚氨酯	12.0~ 13.5	13.5~ 15.0
工程塑料	1.5~ 1.8	1.7~ 2.0
纸和纺织品	9.0~ 10.0	10.0~ 11.0
橡胶和弹性体	5.0~ 6.0	6.0~ 7.0

其 它	11.5 ~ 11.7	12.6 ~ 12.7
总 计	90.0 ~ 100.0	100.0 ~ 110.0

资料来源：国际斯坦福研究所

e. 西欧目前阻燃剂更注重消烟的效果

目前阻燃剂以及含有阻燃剂体系的新产品的研究趋势仍然是朝着无尘、易于分散、自由流动的方向发展的。为了符合环境要求，改善工业卫生，人们在塑料加工中越来越多地使用应用方便的配合料和母料。

不要期望在不远的将来会对易燃材料和最终制品的阻燃法规会有什么根本的变化。新的、更加严格的环境保护措施及法规很有可能将导致人们更加关注火灾的第二现象，即烟的散射、毒性，以及火灾后气体的腐蚀性。目前，塑料正在经历严格的检查。

在欧洲经济共同体的许多国家，特别是法国和英国，人们的注意力逐渐转到了解决建筑材料的消烟问题。在联邦德国，地板复盖材料的烟散射决不能超过有关试验标准。目前人们也正在统观考虑扩大建筑材料的消烟实验。

研究如何消烟在航空中的意义更加重要。目前在联邦德国标准中，对大型客机的烟密度实验有具体的规定。相信在不远的将来，欧洲也会制定有关的标准。此外，美国联邦航空管理局（FAA）在给民用飞机发放许可证时，也在考虑烟散射问题。

上面提及的阻燃剂中某些分解产品的毒性问题有可能使联邦德国制定有关法律，欧洲经济共同体也将讨论这个问题。

目前还应深入讨论电子技术产品燃烧后所释放出的烟的腐蚀性问题。当前国内国外都在寻求各种各样的实验方法。研究的目的在于仅批准那些极少产生腐蚀性气体的材料和制件的生产付之实施。

(二) 1987年美国塑料阻燃剂现状与趋势

a. 总 的 情 况

美国是世界上使用阻燃剂最早，也是生产和消费阻燃剂最多的国家。到1978年止，美国已有专门生产阻燃剂的工厂40多个，品种和产量逐年上升。1970年为54种，到1976年已增加到100种以上。经过更新换代，目前作为商品出售的仍有94种。添加型阻燃剂用量占90%以上。美国阻燃剂主要用于聚氨基酯、聚苯乙烯、聚烯烃、不饱和聚酯、环氧树脂等热塑性和热固性树脂。1986年美国塑料用阻燃剂的消耗量见下页表：

从1984年到1986年，美国阻燃剂销售量以2.5%的增长率上升，略低于同期国民经济生产生产总值的增长速度。

据预测，在今后几年内，阻燃剂市场将急剧增长，年增长率将达到4%。阻燃剂用量最大的是 $Al(OH)_3$ ，预测年增长率将达到5%。1986年， $Al(OH)_3$ 在阻燃剂总销售量中占49%，到1991年，预计将达到51.2%。1986年，美国阻燃剂总销售量为20.8~21.8万吨，到1991年将增加到26.5万吨。销售额将由1986年的3.36亿美元增加到1991年的3.91亿美元。

分析家提醒人们注意今后几年内在阻燃抑烟方面的立法活动，以法律形式建立的各种规范和标准将有助于阻燃剂市场的发展。

美国研制新型阻燃剂(FR)的重点，是力图燃烧时烟雾发生量低、毒性低、并赋予制品较好机械性能的FR。据报导，聚合物中复合有溴化高聚物时，可改进复合材料强度。在非卤素FR方面，采用表面处理技术，超细化的含结晶水无机物。

加工厂和用户对FR最关心的，莫过于FR在燃烧时的发烟量和逸出的有毒物质；并乐于采用发烟量低、毒性低的产品。因此，非卤素型FR已越来越多的用于制造阻燃性材料；在大多数加工厂中，非卤素FR¹⁶为先选用的材料。为了达到燃烧时发烟量低、毒性低的目的，美国莫拜化学制品公司，在制造ABS-PC复合塑料时，配方中已不采用 Sb_2O_3 。

表 4、西欧阻燃剂消费量及其预测（千吨）

名 称	1985年	1992年
P V C	26.0	28.0
聚氨酯	12.7	14.2
聚烯烃类	11.0	12.0
纸和纺织品	9.5	10.5
聚酯类	7.8	8.8
橡胶和弹性体	5.5	6.5
聚苯乙烯	4.2	4.7
环氧树脂	3.8	4.3
工程塑料	1.6	1.8
A B S	1.3	1.5
其 它	11.6	12.7
合 计	95.0	105.0

西欧阻燃剂在塑料领域中处于占优势的地位，阻燃聚苯乙烯、聚酯、聚氯乙烯以及聚氨酯等主要用于建筑、交通运输、电线电缆和包装等工业。

并减少含卤型FR添加量。

目前，美国纽约州正准备对塑料建筑材料的毒性作出专门规定。建筑材料包括管、地板覆盖材、嵌板、板壁材和塑料地毯。现在该州要求州内塑料建筑材料生产厂家，必须将产品先交匹兹堡大学初步检测，测试内容包括发烟量和毒性成份等系列数据；并向州有关部门呈交。

b. 美国阻燃剂的开发，历来与 西欧各国的开发动向有关

因为西德化学工业界，当前正使用溴化二苯基戊、辛和癸酯在悬浮液中自行络合，制造低卤素含量的FR；从而使FR制造业朝向含卤素低和不含卤素的方向迈进了一步，并促进了FR制造业的发展。燃烧时，这类溴化芳酯可能产生二恶呋和苯并呋喃类物质。因而，西德有关生产公司若欲大量推广这类FR，必需等待研究人员在两年之后，彻底完成对这类阻燃剂在明火燃烧条件下的产物鉴定。所以西德在FR方面的动向，美国亦有同步反应。麻州某通用塑料集团于1986年末宣布对四种 Valox型含聚溴化二苯基酯的 PBT树脂停止生产。原因是该集团为向全球供应合乎规范的优质产品，保持商业信誉，适应潮流趋向。然而，据美国溴化物型FR供应者透露：到目前为止，一般来说含卤型FR不太受欢迎。用户们正观望等待阻燃化学联合会（FRCA）溴化物阻燃剂小组研究处理。研究目标旨在分析含有溴化阻燃剂的复合材料，在明火燃烧条件下的各种表现。美国的这一行动，使西德工业界，修正了仅仅单纯对溴化阻燃剂进行燃烧产物分析，而采用对复合材料燃烧分析的方法。

关键是禁用溴化阻燃剂与寻求代用品，受经济法则支配。选用代用品有多种方案可供参用，但价格均比溴化FR高。

为得到复合材料燃烧时发生危害的综合性的正确评价，诸如鉴定各种因素对材料的可燃性、燃烧蔓延速度、热分解情况、烟雾和有毒气体逸出量的影响等；FRCA、SPZ 和类似有关工业团体，均设有公众接待室，广泛征求反应。麻州美国防火研究中心正着手对材料易燃性鉴定的通用验收方法，进行专题性研究。该专题成果将对易燃鉴定分

获得最佳的物理性能。

应该指出的是，当该阻燃剂用于PBT和PET时，要使用铋酸钠作为协同剂，而不要使用氧化铋，因为氧化铋的酸性会引起加工温度下热塑性树脂的降解。

Ferro 公司开发的 Pyro-chek 60 PB为该公司溴化聚苯乙烯阻燃剂系列又增添了一个品种。这是一种含溴60%的化合物，熔点 254℃，比其含溴68%的对应物降低21℃，因而可改进尼龙6/6和PBT树脂的熔流性。该产品具有优异的抗喷霜性，可单独使用，也可与其它阻燃剂并用。

Pennwalt公司最近开发的Pyronil 45是一种以溴为基础的液体阻燃剂，可广泛用于热塑性工程塑料。该产品能改善制品的性能，在软质PVC配方中可代替磷酸酯增塑剂，并可作为流动促进剂提高各种树脂的模塑性能，也可作为增塑剂使用，且无副作用。

Great lakes 公司的最新产品 BE-62是一种含溴64%的双醚苯氧，主要用于ABS，售价低于2.00美元/磅。它具有良好的热稳定性、优异的抗紫外光性和低喷霜等特点。该公司的另一个新产品称为 DE-60 F，这是一种戊二溴联苯醚和芳烃磷酸酯的共混物，可用于聚醚衬垫、家俱和汽车等。该产品的抗焦烧性能优异，能达到加利福尼亚公报 117焊燃标准。

Ameribrom 公司开发了一系列溴系阻燃剂。FR-1025 [(聚五溴苄基)丙烯酸酯] 具有高分子量、抗萃取性，适用于尼龙、热塑性聚酯，具有均衡而良好的抗冲击强度和热变形温度的性能；FR-1208 (八溴二苯基氧化物)，用于ABS、HIPS、LDPE、PP，具有较高的抗冲击值；FR-1026 (六溴环十二烷)，主要用于发泡PS；FR-1205 (五溴二苯基氧化物)，适用于软质聚氨酯泡沫，挥发性低、耐焦烧性良好，而且不影响胺催化剂和颜料的效果，不增加脆性。

现将国外开发的新型溴系阻燃剂列于表5。

表 5、国外最近开发的溴系阻燃剂

商品名	结构、性质	用途	厂商	备注
Thermoguard 系列	溴与环氧聚合物		M & T	无渗出
FSB-100	含溴56%的高分子白色粉末	P P 膜	PPG	对紫外安定
FSB-113	含溴64%的微白色粉末	热塑性聚酯、尼龙、P E、工程塑料	PPG	冲击强度降低较少
FSB-114	含溴73%	A B S、其它热塑性树脂	PPG	冲击强度降低较少
PO-64	聚二溴苯醚	尼龙、P B T、P E T	GLC	物性降低较少
FF-680	双三溴苯氧基乙烷	A B S、聚氨酯弹性体、涂料	GLC	紫外安定 UL94-V0
Saytex RB-75	二溴新戊基乙二醇		Ethyl	紫外安定
Saytex 111	八溴二苯醚 溴含量70%	A B S	Ethyl	3phrSb ₂ O ₃ 、 1phr1/8 UL94-V0
FR-2000	溴化季戊四醇、蔗糖聚醚和多元醇	聚氨酯硬泡	Dow Chem.	按ASTM-84 的II类物质 燃速<25, 烟<275
XYREXRFR	苯二甲酸酯二芳基四溴	苯乙烯共聚物	FMC	物理、电性能良好

续表 5

商品名	结构、性质	用途	厂商	备注
Pyro-chek 68 PB	溴含量68%, 熔点 320°C	PBT、PET、尼 龙、ABS	Ferro	
Pyro-chek 77 B	溴含量77%, 熔点 320°C	聚烯烃、P S	Ferro	
Sytex BT-93 77 B	溴含量50.6%, 熔点 230°C	热塑性树脂	Saytech	
FG-7500	溴含量50.6%, 熔点 208~228°C	H I P S、 A B S、P B T	帝人化成	
FR-1025	溴含量70.5%, 熔点 205~215°C	P B T、尼龙 玻璃钢	Ameri Brom	

二、广谱阻燃剂—溴化聚苯乙烯

〔编者按〕美国Ferro公司的 N. A. Burditt在1987年10月18~21日加利福尼亚Monterey召开的F R C A秋季会议上发表了题为《广谱阻燃剂—溴化聚苯乙烯》的论文。该文对Pyro-chek 68 PB这种溴化聚苯乙烯阻燃剂的结构、毒性、加工以及在尼龙、P B T、P E T等工程塑料中的用途进行了阐述。编者将该文呈给读者，供参考。

溴化聚苯乙烯是芳香溴中独一无二的廉价资源。它的耐高温性能使其十分适宜在尼龙、热塑性树脂、聚烯烃以及苯乙烯等高温树脂中作为阻燃剂使用。

Pyro-chek 68 PB 是一中溴化聚苯乙烯，从化学结构上讲，正如

图 1 所示，它在每个芳环的 2,4,5 位置上含有 2.8 个溴原子；苯乙烯单元数一般为 500，因此，重均分子量大约为 173,000。溴化聚苯乙烯的数均分子量约 79,000，导致多分散度 (M_w/M_n) 为 2.2。

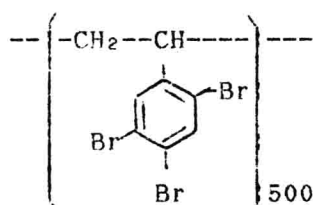


图 1、Pyro-chek 68 PB 的化学结构

该化合物是通过一种能产生少量的、可控量的氯 (1%) 的溴氯化反应过程而制得的。经热解重量分析法 (TGA) 测试得知，该种材料的挥发性极低，一般值为 0.07%。它的玻璃化温度为 195°C。表 1 概述了一些主要的物理性能。

表 1、Pyro-chek 68 PB 的物理性能

Mn	79,000
Mw	173,000
Mw/Mn	2.2
Tg	195°C
溴含量, %	66.3
氯含量, %	1.0
挥发物, %	0.07

Pyro-chek 68 PB 的毒性极低。一些试验已经证明了这一点，正如表 2 所列出的那样。不论在任何情况下，其结果都证明，该物质在加工和应用时都无明显的危害。可能是由于这种材料本身所具有的聚合性和惰性使其能够大大地控制在人体内的新陈代谢和积聚。

迄今为止，在测定有毒气体是否存在的燃烧试验中，还未有携带出原料或合成产品的现象，但是氯化二恶烷或呋喃的产生未必是由于分子中缺少氧的缘故。

这种阻燃剂目前以三种形态出售：一种是标准粉状，平均粒径为 $20\mu\text{m}$ ；一种是自由流动的紧密型，在化学上与粉状形态等同；第三种是用于低温树脂的精细研磨形态，平均粒径为 $10\mu\text{m}$ 。标准型阻燃剂在熔融温度低的聚合物中不会熔融，它的平均粒径较大，能够获得最佳的物理性能。

表 2、Pyro-chek 68 PB 的毒性

.....	
急性毒性（经口，大白鼠）	L D 50 > 15,380 mg/kg
对眼睛的刺激性实验（白兔）	刺激极微（5.7/110.0）
急性毒性（经皮，白兔）	3038 mg/kg
急性毒性（尘埃吸入，白兔）	L D 50 > 1.92 mg/1升空气
沙门氏菌/细菌诱变性的微粒体测定	无明显效果
.....	

溴化聚苯乙烯阻燃剂的加工

~~~~~

用溴化聚苯乙烯和协同剂制备阻燃性聚合物的方法是多种多样的。

对于尼龙和聚酯等高温聚合物最好采用挤出加工方法。在使用单螺杆挤出的同时，也可使用双螺杆挤出机，采用相对旋转和正旋转；对于玻璃纤维填充的配合料来说，应该通过加料管F方的入口添加玻璃纤维，这样就可把玻璃纤维的断裂减至最小，把物理性能增至最佳。

Pyro-chek 68 PB 和尼龙6/6等树脂的混合物，就如同其它非相容性聚合物/聚合物共混物一样。它所具有的较高的熔融加工温度足以完全熔化添加剂，从而使之形成一种聚合物/聚合物共混体。熔融混合的温度范围是  $260\sim 324^{\circ}\text{C}$ 。

对苯乙烯和聚烯烃这样的低温聚合物树脂来说，熔融不完全，甚至不能熔融。在这种情况下，就要使用填料，因为填料的粒径和分散

质量在很大程度上决定了它的物理性能。虽然挤出机对于改善分散性十分有效，但使用班伯里（Banbury）密炼机效果更佳。

众所周知，班伯里密炼机是分散性比较好的标准机械，使用这种机器往往获得最佳性能。这种机器对于合成ABS和HIPS等苯乙烯类尤其有效。这是因为在Pyro-chek 68 PB 这种粒径较小的体系中，需要把粒径降至最小，把性能提至最高。

注射成型所要求的温度略高于通常直链树脂或玻璃纤维填充树脂的温度，这是由于溴化聚苯乙烯是一种能够阻滞流动的粘性物质。然而，这种阻滞效应如果太大，就会导致产生阻燃剂挂膜问题。

#### 溴化聚苯乙烯阻燃剂的应用

~~~~~

Pyro-chek 68 PB 主要用于尼龙和热塑性聚酯。它自身所具有的热稳定性可保证这些树脂在正常加工温度下的加工安全。另外，在所有做过试验的树脂中，都未发现起霜现象。

尼龙

~~~~~

Pyro-chek 68 PB 在含有氧化锑协同剂的尼龙6/6典型配方中的物理性能和阻燃数据在表3中示出。实际的添加量可随合成的方式以及合成中其它添加剂（如着色剂）的存在而变化。

#### PBT、PET

~~~~~

该阻燃剂还可成功地用于PBT、PET。它在尼龙所具有的热稳定性和不起霜性同样见之于热塑性聚酯。

但是，应该引起注意的是：要使用锑酸钠作为协同剂，而不要使用氧化锑，因为氧化锑的酸性会在加工温度下引起热塑性聚酯的降解。

表 3、Pyro-chek 68 PB 在尼龙 6/6 中的应用

	1	2	3
尼龙 6/6	100	72	46
Pyro-chek 68 PB		21	18
氧化锑		7	6
玻璃纤维			30
抗张强度, psi	11,400	12,100	22,300
伸长率, %	39	7	7
挠曲强度, psi	16,400	17,000	39,360
挠曲模量, psi	430,000	450,000	1,470,000
艾佐德切口冲击强度, in-lb/in	1.0	0.6	1.6
Gardner 冲击强度, in-lb	80	20	
热变形温度 (HDT) (264psi)	82	85	247
UL 94, 1/16in	V-2	V-0	V-0
UL 94, 1/32in	失败	V-0	V-0
极限氧指数 (LDI), %	26.5	34.0	34.8

聚苯乙烯

~~~~~

多少年来,人们一直选择十溴二苯醚、八溴二苯醚或六溴二苯氧基乙烷作为苯乙烯的阻燃剂。这些廉价溴能赋予塑料以良好的性能。但由于这些物质在燃烧期间往往会释放出有毒气体,所以一直在对它们的替代物进行探索。

溴化聚苯乙烯在替代物中首当其冲。它价廉和优于十溴二苯醚的光稳定性无疑是一种优势,尽管它在 ABS 和 HIPS 中的艾佐德冲击强度略逊于其它阻燃剂。

由试验得知,Pyro-chek 68 PB 不溶于 HIPS,但却可作为填充剂。表 4 示出其物理性能。用抗冲击改性剂来改善艾佐德冲击强度