



国际溴工业理事会

www.bsef.org

**新一代溴化阻燃剂：
丁苯溴化共聚物**

新型聚苯乙烯泡沫用溴系聚合型阻燃剂

已经开发出一种创新的溴化聚合型阻燃剂¹作为六溴环十二烷的替代品，在聚苯乙烯泡沫，如发泡聚苯乙烯（EPS）和挤塑聚苯乙烯（XPS）中提供有效的阻燃性能。

这些泡沫通常用于楼宇和建筑，确保居家住宅、办公室和公共建筑节能、舒适，同时满足消防安全要求。

丁二烯-苯乙烯共聚物

新型溴化聚合型阻燃剂基于丁二烯和苯乙烯的共聚物，在聚丁二烯部分的1,2和1,4异构体单元上溴化得到溴化聚丁二烯。

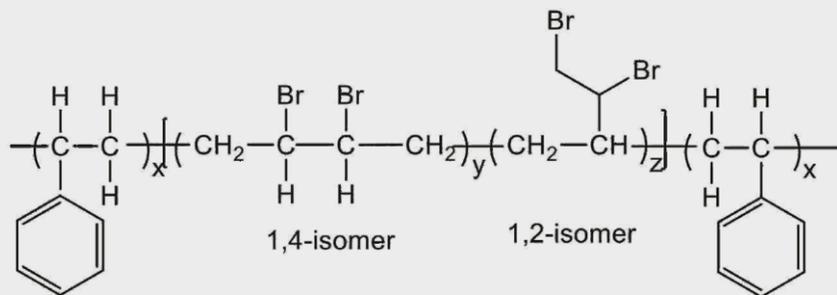
这种阻燃剂具有优于六溴环十二烷的环境特性—稳定、具有高分子量。它也被归类为无害聚合物和低关注聚合物（PLC），具有官

- ✓ 降低起火可能性
- ✓ 延缓火焰蔓延
- ✓ 减少热释放
- ✓ 节约阻燃剂用量

保温泡沫用
溴系阻燃剂的
主要优点

方认可的环境、健康和安全特性(见图1)。

一般来说，聚合型阻燃剂本质上是可持续性的物质。高分子量使它们不太可能穿透生命组织的细胞膜。因此，它们不具备生物累积性，也不会食物链中产生生物累积。



¹ 丁二烯-苯乙烯-溴化共聚物 CAS RN: 119578-93-8

六溴环十二烷及替代品的危害概述

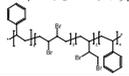
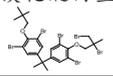
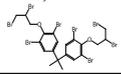
下表转自美国环保署2014报告²：

该表包含每种化学品的危害信息；风险评估会考虑危害和暴露。报告中讨论了生命周期结束过程或降解和燃烧副产物的变化，但没有在危害概况中直接论述。在解释表中信息时，必须考虑下面列出的注意事项。
 VL=极低危险度，L=低危险度，M=中度危险度，H=高危险度，VH=极高危险度——用彩色表示的端点（VL、L、M、H和VH）根据经验数据进行分配；用黑色斜体表示的端点（VL、L、M、H和VH）根据预测模型和/或专业判断的值进行分配。

d如果超过5%的颗粒由于灰尘形成运作而处于可呼吸范围内，则该危险程度将指定为中等，因为有肺过载的潜在危害。

S 根据类似于结构相似的化合物的实验数据。

Y 水生毒性：环境署/环境设计的标准在很大程度上取决于水层暴露，这可能不适用于难溶性物质，例如许多划分为沉积物和颗粒的阻燃剂。

| 化学品 完整化学名称和相关商品名称 参见第4.8节危害概况 | 化学物质 登记号 CASRN | 人类健康效应 | | | | | | | | | | | 水生毒性 | | 环境影响 | | |
|---|--------------------------|----------------|----------------|------------------|----------------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------|------------------|--------|--------|-------------|-----------------------|----|
| | | 急性 毒性 | 致 癌性 | 遗 传 毒 性 | 生 殖 | 发 育 | 神 经 病 学 | 重 复 剂 量 | 皮 肤 敏 化 | 呼 吸 系 统 | 敏 化 剂 | 眼 睛 刺 激 | 急 性 | 慢 性 | 持 久 性 | 生 物 累 积 性 | |
| 六溴环十二烷 (HBCD)  | 25637-99-4; 3194-55-6 | L | M | L | M | H | M | M | L | | | VL | VL | VH | VH | H | VH |
| 丁二烯-苯乙烯-溴化共聚物 ^Y  | 1195978-93-8 | L | L | L | L | L | L | L ^d | L | | | M | L | L | L | VH | L |
| 四溴双酚A双溴醚衍生物 ^Y  | 97416-84-7 | L ^S | M ^S | M ^S | M ^S | M ^S | L | M ^S | L ^S | | | L | L | L | L | H | H |
| 四溴双酚A双(2,3-二溴丙基)醚 ^Y  | 21850-44-2 | L | M | M | M | M | L | M | L | | | L | L | L | L | VH | H |

² 美国环保署2014，六溴环十二烷替代阻燃剂；美国环保署最终报告，2014年6月12日
http://www.epa.gov/sites/production/files/2014-06/documents/hbcd_report.pdf



“聚合型阻燃剂（例如丁二烯-苯乙烯-溴化共聚物）证明，化工行业能够持续发展并不断创新以应对社会问题，同时确保聚合物的阻燃性。作为保护生命财产消防安全战略的一部分，这十分重要，它能使阻燃材料继续发挥重要和有价值的作用”

摘自美国环保署——六溴环十二烷替代阻燃剂（美国环保署最终报告，2014年6月12日）

随着六溴环十二烷在全球逐步淘汰，保温泡沫制造商已经掌握了更具可持续性的替代阻燃剂。

发展六溴环十二烷替代物

为响应欧盟将六溴环十二烷列入持久性、生物累积性和毒性物质，业界开始寻找可行的技术替代品。这种替代方案不仅要满足阻燃要求，还需要具有环境优越性和可持续性。这种创新技术的标准如图1所示。经过密集的研究和开发，业界将新型溴化聚合型阻燃剂投入市场。

图1：六溴环十二烷替代品新型聚苯乙烯泡沫用阻燃剂的标准

对于使用六溴环十二烷的聚苯乙烯泡沫的应用，将几个概念元素结合来满足现有的消防安全和使用要求，包括已改善的环境与健康的毒性概况，以符合监管准则。



环境、健康和安全

- ✓ 低毒性，非PBT



阻燃性能

- ✓ 在全球范围内满足泡沫的可燃性要求（如EU, JP, NA, CN, KR）



适用于不同工艺

- ✓ 多孔聚苯乙烯的热稳定性
- ✓ 聚苯乙烯的聚合稳定性



有效泡沫性能

- ✓ 保持泡沫的物理性能（EPS和XPS）
- ✓ 对产品结构没有负面影响



经济可行

- ✓ 成本可接受，可商业化

丁二烯-苯乙烯-溴化共聚物本质上更具可持续性

2014年，美国环保署审查了六溴环十二烷的新聚合物替代品的环境和危害情况，并得出结论。

“对丁二烯-苯乙烯-溴化共聚物的危害性研究表明，这种化学物质预计比六溴环十二烷更安全。由于其分子量大，缺乏低分子量（MW）组分，以及无反应性官能团，因此，**该共聚物对人体健康和生态毒性的危害程度被测量或被预测为低³。**”

³ 美国环保署2014。六溴环十二烷替代阻燃剂。美国环保署环境最终报告，2014年6月12日
http://www.epa.gov/sites/production/files/2014-06/documents/hbcd_report.pdf

从健康和环境的角度来看，对哺乳动物没有危害也不是PBT物质

健康

- ✓ 非遗传毒性
- ✓ 非急性毒性
- ✓ 非慢性毒性
- ✓ 非发展毒性

对哺乳动物
没有危害

环境

- ✓ 性状持久
- ✓ 非生物累积，大分子不易穿透细胞膜
- ✓ 无毒性，低于生态毒性的关注水平

非PBT——持久性、生物蓄积性和毒性物质



关于溴

溴的元素符号是Br，属于元素周期表中卤族。溴是一种红棕色液体，溴在自然界中不以单质存在，而是存在于无机化合物中（又称溴化物），以及天然有机溴化物中。土壤、盐、空气和海水中都有它们的身影。

关于国际溴工业理事会

国际溴工业理事会（BSEF），代表全球大多数溴生产商的利益。自1997年以来，我们一直致力于让基于溴的解决方案为社会和经济服务。

通过对研发的投入，BSEF会员单位创造出先进的溴科技，以满足社会需求。

我们的会员单位

BSEF引领溴及溴产品领域的开发，服务人类多领域需求。基于溴的解决方案与许多重大科技进步密不可分。

BSEF的会员单位包括雅保、以色列化工、朗盛和东曹株式会社。



如需更多信息，
请联系我们。

国际溴工业理事会

地址：比利时布鲁塞尔

BSEF aisbl

Av. E. Van Nieuwenhuysse 4
1160 Brussels - Belgium

电话：+32 2 792 7550



敬请关注“阻燃剂与阻燃材料”

关注我们

 @bromineinfo

 @BSEF



国际溴工业理事会