

纳米复合材料的阻燃性能

纳米复合材料是最近十几年出现的一种新材料，其中使用经过有机改性蒙脱土生产的纳米复合材料已开始大规模的应用，随着研究与应用的深入，人们对该材料的性能有了进一步的了解。

纳米复合材料是在聚合物中添加 1-5% 左右经过有机改性的蒙脱土，通过聚合反应或熔融混合生产出的复合材料。它在保持材料原有加工性、密度的条件下，能够全面提高聚合物的性能，包括机械性能、热学性能



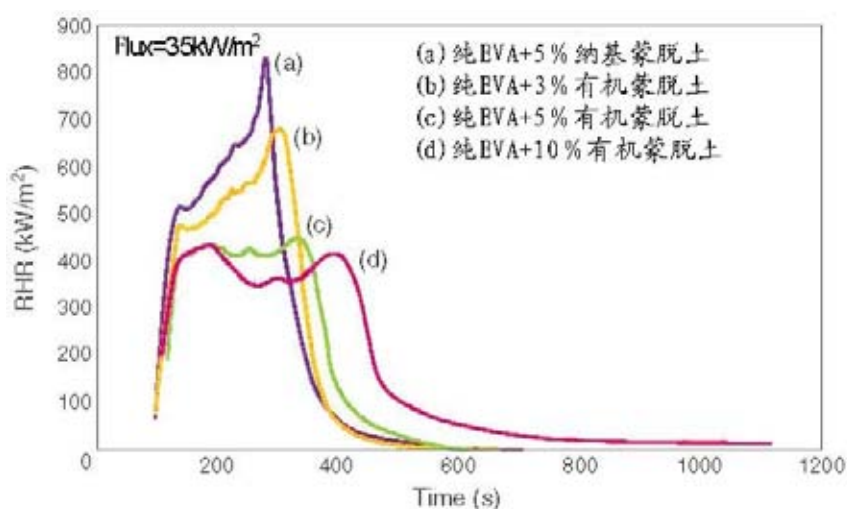
以及阻隔性能等，与此同时材料的阻燃性能也有较大幅度的提高。



纳米复合材料(没有添加阻燃剂的情况下)在燃烧时具有以下明显特征：难点燃，火焰小、燃烧慢、无熔滴、烟雾少。上图显示的是在燃烧相同时间熄灭后，纯聚丙烯与添加了不同量蒙脱土的聚丙烯纳米复合材料的效果对比。左图是燃烧效果对比图，图左侧是纯 EVA、右侧是添加了 3.5% 有机蒙脱土的 EVA 纳米复合材料，可以明显看出，经过一分钟的燃烧后，纯 EVA 的燃烧消耗量要远远多于纳米复合材料，同时出现严重的溶滴现象，反观 EVA 纳米复合材料则具有明显的阻燃效果。

进一步的研究表明，纳米复合材料在燃烧过程中具有非常好的成炭性。通过观察，普通树脂和纳米复合材料在加热、点燃前都会形成很薄的炭层，在燃烧过程中，普通树脂的炭层很快会破碎，纳米复合材料的炭层在燃烧过程不仅没有破碎，反而得到进一步的加强。具有多层硅酸盐结构的炭层在燃烧过程中快速得到加强，一纳米厚的硅酸盐薄片形成排列整齐的层状结构。纳米复合材料在燃烧过程中形成的炭层结构具有阻隔作用和增强作用，能够在聚合物表面形成非常好的隔绝作用，它能有效减少聚合物挥发性物质的产生、减少可燃物质的数量，也就抑制了聚合物的热裂解和燃烧。由于纳米复合材料在燃烧初期就能够快速生成具有一定强度的炭层，这对于提高材料的阻燃性能更加有效。

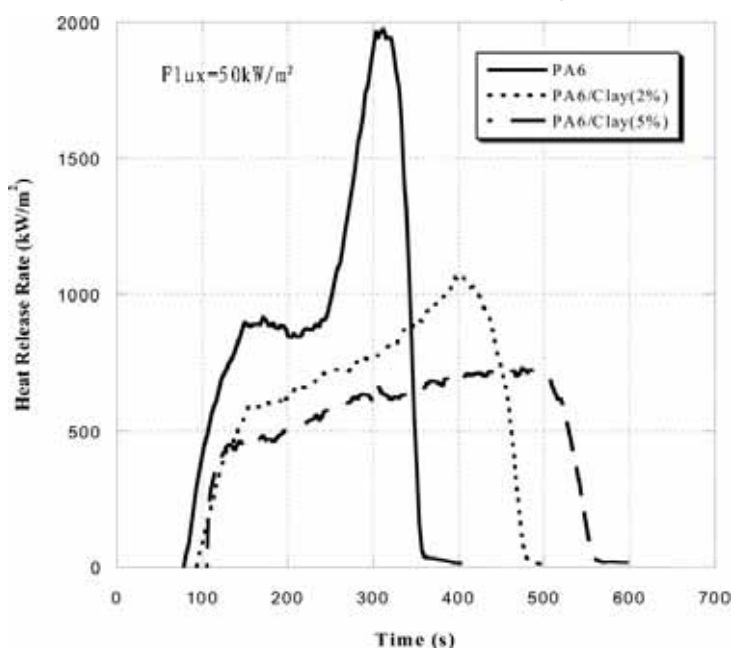
热释放率是衡量阻燃材料性能一个重要的指标。有机蒙脱土的加入，能有效降低聚合物的热释放率。研究表明，加入 3-5% 有机蒙脱土的 EVA 纳米复合材料能够有效降低热释放峰值。如右图显示，加入 5% 蒙



纯EVA与添加不同蒙脱土的EVA热释放速率比较

脱土的 EVA 纳米复合材料的最高热释放率下降了 47% ,同样的情况也发生在尼龙 6 和聚丙烯纳

米复合材料上。由此可以看出，热释放率的下降不是个别现象，加入了有机蒙脱土的纳米复合材料都具有相同的现象。研究也表明，达到一定添加量后，纳米复合材料的热释放率并不是随着蒙脱土添加量的提高而降低，这进一步说明纳米复合材料的热释放率不是由于蒙脱土本身具有阻燃能力，而是由于蒙脱土与聚合物经过加工产生了特殊的结构(插层和剥离)，随着蒙脱土添加量的增加，这个结构并不会进一步增强，所以热释放率也就不会继续下降，这也说明蒙脱土并不是一种阻燃剂。

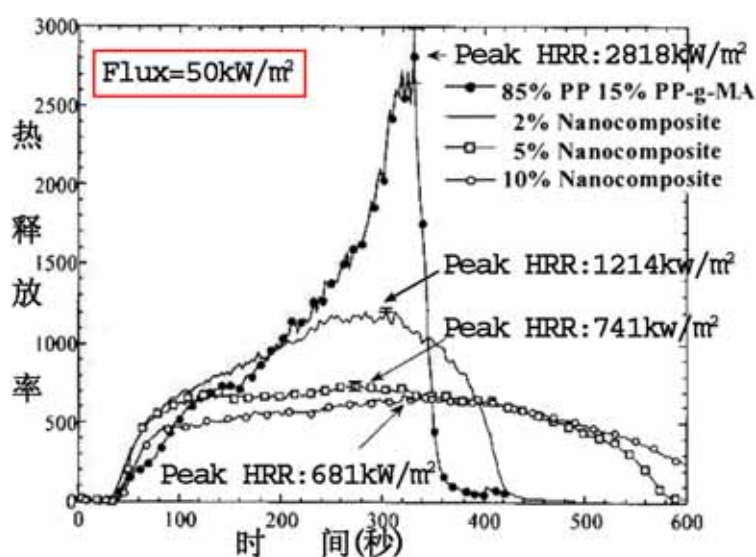


单纯纳米复合材料的阻燃性达不到 UL V-0 级标准，但是它与传统阻燃剂一起使用时会表现出很强的协同作用。在减少传统阻燃剂含量的条件下，纳米复合材料的阻燃性能可达到 V-0 级的标准。使用纳米添加剂，可减少常规阻燃剂的使用量，这在很大程度上改善聚合物的力学性能，通常也能降低生产成本。另外纳米复合物与常规阻燃剂的协同作用，使得生产出的阻燃材料具有较低的密度，提高了阻燃材料的加工性能。

通过普通阻燃材料与添加了有机蒙脱土的阻燃材料进行对比，我们可以进一步了解蒙脱土在阻燃材料中的作用。下面将含 65%ATH 和 35%EVA (VA 含量为 28%) 的阻燃材料与含 60%ATH、35%EVA 和 5%有机蒙脱土的阻燃材料，在空气中、热流量为 50kW/m² 情况下，用热重分析仪对上述两个阻燃材料进行对比分析，得了以下结论。

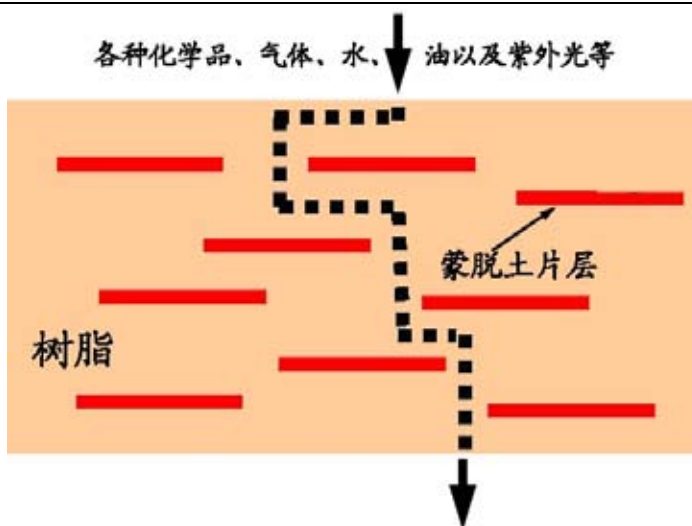
加入了蒙脱土的阻燃材料在燃烧过程中形成的炭层非常坚硬，只有很小的裂缝，没有加蒙脱土阻燃材料的炭层比较松散，且裂缝较多。ATH/EVA/蒙脱土材料的热释放率峰值为 100 kW/m²，而 ATH/EVA 材料为 200 kW/m²，若 ATH/EVA 材料要达到 100 kW/m² 的热释放率峰值，则 ATH 的添加量要达到 78%；若同样达到 200 kW/m² 的热释放率峰值，加入 5%蒙脱土的 ATH/EVA 材料中 ATH 的含量可以降到 45%。

最新的研究表明，有机蒙脱土还能够有效降低阻燃剂在聚合物中的迁移，这是由于蒙脱土中的片层结构在起作用，它增加了阻燃剂在聚合物中迁移路径的复杂程度，减缓阻燃添加剂的迁移速度，如下图所示。正是由于蒙脱土的片层结构，它也提高了材料的耐油、耐化学性能，同时，材料的抗紫外



线、耐高温性能也会提高。

有机蒙脱土用于阻燃时，它与阻燃剂(无机或有机)之间具有非常好的协同作用，在材料达到相同的阻燃级别时，加入蒙脱土能够降低传统阻燃剂的添加量、提高阻燃材料的力学和加工性能。使用有机蒙脱土材料，能够简化阻燃材料的生产配方，提高阻燃材料的性能。



在传统材料中加入有机蒙脱土同样具有纳米复合材料燃烧时的特点：火焰小、燃烧慢、无熔滴、烟雾少、抗迁移、成炭性好，通过简单的配比就可以达到相应的阻燃级别。经过多年的研究与发展，加入有机蒙脱土的阻燃材料已在国内外得到了广泛的应用，是一个经过理论及实践验证非常有效的产品，很多公司都推出了各自的产品，这包括在阻燃、汽车塑料、阻隔等方面的应用，其中，蒙脱土在阻燃材料中的应用是目前应用最多。

美国 Nanocor 公司生产的有机蒙脱土 I.44P，可广泛用于聚烯烃和各种弹性体中，加入 I.44P 可提高材料的力学性能、热学性能、阻隔性能和阻燃性能。在使用 I.44P 生产阻燃材料时，可以以粉体的形式加入到普通聚合物中，也可以先将粉体 I.44P 与聚合物，如 PE、EAV 或 PP 混合、造粒后，再与其它材料混合、加工。

纳米复合材料是聚合物与蒙脱土在分子层面上的结合，在保持材料密度不变的情况下大幅、全面提高材料的各种性能，这是传统添加剂无法做到的，因此加工过程不是有机蒙脱土 I.44P 在聚合物中简单的分散过程，它是在一定的条件下(低熔点和高温熔融指数的马来酸酐相容剂在低平衡温度下进行混炼，维持高剪切粘度和提供一合理的扭力)，将聚合物插入到蒙脱土的层与层之间，扩大蒙脱土的层间距，实现蒙脱土片层的剥离，这样才能够达到较好的效果。具体可参考本公司网站上的相关内容。

一般来说，1%的有机蒙脱土 I.44P 大约可以替代 2%的十溴二苯醚；1%的 I.44P 可替代 3%的氢氧化物。

配方组成：					
EVA (wt%)	40	45	42	50	47
Mg(OH) ₂ (wt%)	60	55	55	50	50
NanomerI.44P (wt%)	0	0	3	0	3
UL-94 测试结果	V-0	失败	V-0	失败	V-0

总之，加入有机蒙脱土的阻燃材料具有以下优点：减少传统阻燃剂的含量、降低溶体的流淌性、减少阻燃剂的表面迁移，材料具有更低的密度、易加工，能够改善材料的韧性及强度，并降低了有毒元素的含量。

对于有兴趣的用户，我们可以提供 I.44P 样品(注意样品在使用前应在 80 度条件干燥 12 小时或在真空状态下干燥 5 个小时，原包装不需要干燥)。在有机蒙脱土的加工、应用方面，我们可以为用户提供完善的技术咨询服务，同时用户还可以得到 Nanocor 公司专家的具体技术指导。

AMCOL 国际公司的全资子公司 Nanocor 公司与 Gitto Global 公司宣布拓展其共同研发计划，旨在应用纳米技术开发出一系列阻燃性聚烯烃塑料材料。该项目为期是两年，目的在于将纳米级的粘土分散到普通的塑料中，例如聚烯烃和 EVA，从而形成纳米复合材料，可以明显地降低常规阻燃剂的使用量。其结果是降低塑料的比重并提高其强度，同时具有超强的阻燃性。

Nanocor 的总裁 Peter Maul 先生指出：“Gitto Global 公司已将一些纳米塑料复合物商业化，因为这些材料较常规阻燃材料具有很大的优势，包括很好的拉伸性，整体重量的降低，从可回收及卤素含量的角度来讲更具有环保意义。随着我们之间的进一步密切合作，我们期望能够看到更广泛多样的纳米聚烯烃产品及纳米技术应用到更多的领域”。

Gitto Global 公司材料发展部门的总监 Brian C. Matachun 强调：“过去几年中在 Nanocor 的帮助下，我们逐渐达到了纳米粘土在阻燃技术应用的前沿。由于利用了独特的生产工艺及添加剂技术，我们所生产的阻燃聚烯烃已远远地超过了目前市场产品的普遍水平”。

纳米复合材料包括阻燃混合物是一种新型的材料，其利用纳米粘土的层状结构可与普通阻燃剂之间产生的“协同效应”。这种技术适用于多种塑料，其中聚烯烃极为重要，因为它具有多种用途，被广泛使用在汽车、电子、建筑及其他工业中。

Nanocor 的母公司，Amcol 国际公司是世界上开采、加工及应用膨润土的最主要公司之一。其产品广泛应用于环境保护、金属铸造、塑料加工以及生活日用品等领域。Amcol 国际公司上市于纽约股票交易市场（ACO）。公司网址为：www.amcol.com