

塑料用无机阻燃剂及其处理技术研究现状

李 峙 王树伦

张清辉 李锦文

(南京军事代表局驻济南地区军事代表室, 济南 250031) (中国兵器工业集团第五三研究所, 济南 250031)

摘要 从性能特点、阻燃机理、应用研究等方面综述了当前在塑料中广泛应用的主要无机阻燃剂氢氧化铝、氢氧化镁、无机磷系及新型阻燃协效剂的生产及研究现状;介绍了目前无机阻燃剂的超细化、表面改性和复配等三种主要处理技术,并展望了塑料用无机阻燃剂的未来发展趋势。

关键词 无机阻燃剂 研究现状 超细化 表面改性 复配

阻燃剂是一种用来降低材料可燃性、阻止材料被引燃以及在火灾中能抑制材料燃烧和火焰传播的一种物质,它是高分子材料加工的重要助剂之一。随着世界范围内阻燃防灾呼声的日益高涨及阻燃法规的日趋完善,直接促进了阻燃剂的研究开发和生产应用,尤其在塑料中得到了广泛应用。据粗略估计,目前全球 65% ~70% 的阻燃剂用于阻燃塑料, 20% 用于阻燃橡胶, 5% 用于阻燃纺织品, 3% 用于阻燃涂料, 2% 用于阻燃纸张及木材^[1]。无机阻燃剂具有热稳定性好、不挥发、不析出、不产生腐蚀性和有毒性气体等特点,且价格便宜,可利用的资源丰富,近年来得到了飞速的发展。由于无机阻燃剂主要以填料形式使用,在塑料中的添加量较大,从而会不同程度地影响塑料制品的加工性能和力学性能。因此对传统的无机阻燃剂进行加工处理研究已成为目前比较热门的研究课题之一。

1 无机阻燃剂

1.1 氢氧化铝

氢氧化铝又称水合氧化铝 ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), 简称 ATH, 分为结晶型和无定型两种, 作为阻燃剂使用的大多数为 $\alpha\text{-Al}(\text{OH})_3$ 。目前 ATH 产量在所有的阻燃剂中稳居首位, 全球领先的大型 ATH 厂商依次为 Alcoa、Huber、Alcan、Albemarle 等公司, 这几家公司年销售额约占 ATH 市场总份额的 55% 以上。我国的主要生产厂家有山东铝厂、郑州铝厂、贵州铝厂等企业。国内外已推出不少 ATH 品种, 仅美国就有超过 100 种, 如 Solem 公司的 Modal 系列、Climax 公司的 Hydrax 系列及 Albemarle 公司的 Martinal 系列。

ATH 兼具填充、阻燃、抑烟多重功能, 其受热分解是一个强吸热反应过程, 可降低燃烧时的温度, 反应生成的水蒸气可稀释可燃气体的浓度, 且分解产物 Al_2O_3 有较高的活性, 能吸附烟尘颗粒, 也可附在材料表面形成保护层。此外还有资源丰富、价格便宜、无毒、不挥发、不产生二次污染、不产生腐蚀性气体、发烟量少、耐腐蚀性好等优点, 应用于塑料不仅可提高材料的耐紫外线性、介电性能及耐电弧性等特性, 而且可改善材料成型收缩的可控性等。但由于其分解温度较低 (在 200°C 下就开始分解), 因此用作阻燃剂通常只适合应用在加工温度较低的材料中^[2]。

陶宏君^[3]研究了 ATH 在软质聚氯乙烯 (PVC) 体系中的

抑烟效果, 认为 ATH 具有一定的抑烟效果且比碳酸钙要好, 但比氢氧化镁 [$\text{Mg}(\text{OH})_2$] 要差。周卫平等^[4]在研究 ATH 用作阻燃剂结合水的主要消烟机理时发现, 由于水蒸汽与微碳粒的反应, 使该反应基本处于反应动力学控制, 因此结合水的消烟能力并不随着结合水含量的增加而提高。戚亚光等^[5]研究了 ATH 在聚烯烃阻燃材料中的应用, 认为 ATH 作用于聚烯烃材料不挥发、不渗出; 可使制品具有耐电弧性和抗磁的优异性能; 在压延机辊筒上具有自洁作用可防止粘附, 成型加工性能好; 分解所生成的 Al_2O_3 能阻滴、促进炭化, 阻燃效果好。史翎等^[6]发现, 在日本向聚烯烃中添加 50% 的 ATH 主要用于食品包装材料; 添加 60% ATH 的阻燃聚烯烃可用作建筑材料及船舶、车辆等内部装饰材料。

1.2 $\text{Mg}(\text{OH})_2$

$\text{Mg}(\text{OH})_2$ 是目前发展最快的无机阻燃剂之一, 有合成产物和天然矿物两种。目前国外有近 10 个国家的 20 余家企业生产 20 多个品种, 总年产能约 17 万 t。我国目前 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 阻燃剂的年产能约为 1.3 万 t, 主要生产厂家有山东胶州古河镁盐厂、上海振泰化工厂、河北武邑县阻燃剂厂、江苏南化集团连云港碱厂、山东海化集团、温州钾肥厂等。在生产 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 过程中主要有两大难题需要解决: 一是过滤性能, $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 沉淀颗粒细小、粘性强, 给洗涤和分离操作带来极大的困难; 二是形貌控制, 制备普通 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 沉淀比较容易, 但要控制 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 粒子的形貌为六方片状或纤维状则需要特殊的技术。

$\text{Mg}(\text{OH})_2$ 具有阻燃、消烟、阻滴、填充、安全等特点, 其阻燃机理与 ATH 相似。 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 是一种环保型绿色阻燃剂, 也是目前最有发展前途的环境友好型无机阻燃剂, 成为近几年各国研究的热点。与 ATH 相比, $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 具有更好的热稳定性、更高的促进基材成炭和显著提高氧指数的能力, 分解温度高达 $340 \sim 490^\circ\text{C}$, 能满足许多塑料的混炼和加工成型^[7], 并可使塑料材料承受更高的加工温度, 有利于加快挤出速度, 缩短模塑周期^[8]; 其粒径细, 对设备磨损小, 有利于延长加工设备的使用寿命^[9]; 同时制备过程中无有害物质排放, 主要原料可利用制盐母液或其制品 (光卤石), 实现

了制盐母液的综合利用,带动了海洋资源的综合利用,解决了晒盐苦卤的零排放问题,使其污染问题得以彻底解决,有利于环保。总之, $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 具有相当强的竞争力,可以在很多场合替代 $\text{ATH}^{[10]}$ 。当然 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 作为阻燃剂也存在一些缺点,如与 ATH 一样,在高分子材料中的分散性和加工流动性较差,随着 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 用量的增加,制品的力学性能会急剧下降;与聚合物的线膨胀系数不同,在加工成型时,其热胀冷缩会导致两相界面处易形成微细裂纹;长时间放置在潮湿的空气中会发生反应生成 MgCO_3 从而使制品起霜,发生白斑或失去光泽;其耐酸性差,在酸中会急速溶解,也易受乳酸影响而使制品表面留下指纹^[6]。

吴永刚等^[11]的研究表明, $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 在聚丙烯(PP)中具有较好的抑烟效果,含 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 的 PP 试样的发烟开始时间明显延迟,其最大发烟量及 4 min 后的发烟量要比用卤化物和 Sb_2O_3 阻燃的 PP 试样低得多。因此得出在适当添加量下 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 是 PP 的高效消烟填料的结论。

王丽秋等^[12]开发出了纤维水镁石,呈纤维状,具有颜色洁白、易劈分、出绒率高等优点。李青山等^[13]采用白色纤维束水镁石矿料经特殊加工工艺,制得纤维级 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 。这种纤维级 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 与普通针状 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 相比,具有较大的长径比、与树脂较好的相容性及阻燃效果,一定程度地解决了水镁石达到阻燃份额时高分子材料力学性能降低的矛盾,作为一种新型的无卤阻燃剂具有很好的应用前景。

1.3 无机磷

无机磷系阻燃剂主要包括红磷、磷酸盐和聚磷酸铵(APP)。红磷是一种性能优良的阻燃剂,具有高效、抑烟、低毒的阻燃效果,但是在实际应用中易吸潮、氧化,并放出剧毒气体,粉尘易爆炸,而且呈深红色,因此使其使用受到很大限制。为了解决上述弊端,对红磷进行表面处理是红磷作为阻燃剂研究的最主要方向。其中微胶囊化红磷是表面处理最有效的手法^[14],美国、德国、日本、瑞士、英国等国家均有多种微胶囊化红磷产品推向国际市场,如 Albright & Wilson 公司的 AMGARD CRP 和 AMGARD CPC 系列,用于各种合成材料的阻燃。我国也做了大量的研究工作,如湘潭大学、深圳益通生物化工公司、成都有机硅研究所、天津阻燃技术研究所、杭州化工研究所等单位均有相关产品推出^[15]。将微胶囊化红磷阻燃剂应用于 PP,可使 PP 材料的氧指数达到 29.5%,燃烧等级达到 UL94 V-0 级,可用来制造矿用阻燃 PP 打包带及由其编织的网顶(假顶)、矿井用阻燃 PP 套管,阻燃的纤维增强不饱和聚酯可制作导风筒及容器、游艇、板材等^[16-17]。

以长链 APP 为基础的阻燃剂产品 P-N 阻燃元素含量高,热稳定性好,近乎中性,能与其它物质配合,阻燃性能持久,因而发展非常迅速,多用作膨胀型阻燃剂的主要组分。

1.4 其它无机阻燃剂

其它无机阻燃剂包括阻燃增效剂、阻燃抑烟剂及一些用量较少的阻燃剂等,主要有铈系化合物、硼酸盐、钼系化合

物、层状硅酸盐、氧化锌、碳酸钙、碳酸镁、铝酸钙($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)、碱式碳酸钠铝[$\text{NaAl}(\text{OH})_2\text{CO}_3$]、碱式碳酸镁、铜化合物、铁系化合物、草酸铝、硫化锌、锡系化合物(锡酸锌和羟基锡酸锌)等。

铈系阻燃剂主要是 Sb_2O_3 ,单独使用时几乎没有阻燃作用,但与卤系阻燃剂并用则可以大幅提高卤系阻燃剂的效能,减少卤系阻燃剂的用量,有利于降低成本和提高材料的力学性能。市场上开发的商品有:Laurel 公司开发的无尘、易分散的 ATO 母粒 Fireshild DFP,美国 Anzon 公司的阻燃母粒 Envirostrand 和 Fyrebloc,英国 ICI 公司的液态 ATO 母粒 LVT3010,美国 ML 公司的 ONCAR23A 和 75RA,Claremont 公司的 CI-A1756 和 CLA 1700,Harshaw 公司的 HFR131,Arachem 公司的 AFR100, Polycom Huntsman 公司的 Nyacol ADP 480 等^[18]。

硼酸盐阻燃剂主要是指硼酸锌,用于替代铈系阻燃剂,具有热稳定性好、粒度细、无毒、低水溶性、分散性好等优点,具有较高的脱水温度,在 250℃ 以上仍能保留结晶水^[19]。

钼系化合物是迄今为止人们发现的最好抑烟剂,通常使用的是三氧化钼和钼酸铵。美国开发出系列不含铵的钼酸盐抑烟剂,能耐 200℃ 以上的加工温度。国外研究将钼化合物与锌化合物混合用于 PVC 制品中,专家认为钼-锌组合体系能使 PVC 在电线电缆阻燃包裹层的应用与含氟聚合物竞争,特别是要求低烟领域。目前我国对钼类化合物用作阻燃剂的研究尚处于起步阶段^[20]。

近年来聚合物/层状硅酸盐纳米复合材料作为新型阻燃材料已成为研究的热点之一。与纯聚合物材料相比,聚合物/层状硅酸盐纳米杂化材料的阻隔性能、力学性能、热氧稳定性及阻燃性能等都显著提高,当层状硅酸盐在高分子材料中处于剥离状态时,少量的层状硅酸盐使材料的最大热释放速率及质量损失速率大为降低。J. W. Gilman 等^[21]系统地研究了 PA6、聚苯乙烯(PS)和 PP/粘土纳米插层杂化材料的阻燃性能。结果表明,与纯聚合物相比,质量分数仅为 2% 的蒙脱土(MMT)可使其材料的最大热释放速率分别降低 63%、48% 和 70%,但其烟密度有所增加。通过透射电子显微镜对其炭层分析表明,层状硅酸盐在炭层中形成纳米级的层状阻隔层,可有效阻隔可燃性低分子物和热在火焰燃烧区域与本体材料之间对流传递。M. Zanetti 等^[22-23]对(乙烯/乙酸乙烯酯)共聚物(E/VAC)/MMT 纳米复合材料进行了深入系统的研究,认为这种纳米杂化材料在燃烧时处于表面的纳米片状硅酸盐集聚在基材的表面,可大大阻隔热、氧及可燃性低分子物的对流,因而其热释放速率及质量损失速率大为降低。由于此类材料中层状硅酸盐的添加量通常都较小(质量分数小于 5%),难以有效地阻止燃烧,氧指数相对于纯聚合物没有明显提高,甚至某些体系(如 PP、PS 等)的引燃时间比纯聚合物提前,且平均燃烧热略有增加。另外,层状硅酸盐属天然产物,在组成上较为混杂,难以实现最终产品的纯度和质量控制。所有这些因素导致层状硅酸盐材

料迄今仍未能成为独立使用的阻燃剂,而是作为一种协效剂与其它阻燃剂复配使用^[24-25]。

2 无机阻燃剂的处理技术

2.1 超细化

超细化无机填料对聚合物基复合材料具有增强作用已为人们所共识,对于无机粉体状阻燃剂同样如此。粉体状阻燃剂经过超细化后,粒径变小,比表面积增大,表面能增加,从而使粒子表面的反应活性增强,这不仅有利于粒子在高分子基体材料中的分散,而且能提高阻燃剂与高分子材料间的界面结合力,因此不仅会使阻燃剂充分发挥其阻燃作用,而且会改善基体材料的成型加工性能和制品的力学性能。目前比较成功的应用实例是纳米化 ATH。由于纳米 ATH 的表面活性大大增强,抵消了因其与树脂的极性不同所带来的材料力学性能下降的影响,并起到了刚性粒子的增强作用。Wang Zhenyu 等^[26-27]研究表明,纳米级 ATH 具有纯度高、粒度超级细化、阻燃性能好等优点,具有很好的发展潜力。林修勇^[28]在研究 ATH 对硫化硅橡胶力学性能的影响时发现,ATH 的粒度越细,对硫化硅橡胶力学性能的影响就越小。洪旭东等^[29]利用自制的超细化 ATH 阻燃(乙炔/丙烯)共聚物(俗称乙丙橡胶),不仅可以使材料的氧指数达到 38% 以上,而且材料的力学性能也有所提高。

2.2 表面改性技术

表面改性技术是提高无机阻燃剂应用性能的关键技术之一。通过各种表面改性剂与无机阻燃剂颗粒表面的化学反应和表面包覆处理来改变无机阻燃剂颗粒的表面状态,可以提高其表面活性,使其表面产生新的物理、化学功能,从而改善无机阻燃剂与聚合物基体之间的亲和力,有利于阻燃剂在基体中的分散,提高材料的加工性能和力学性能。表面改性剂主要有表面活性剂[如高级脂肪酸(盐)、磷酸酯(盐)]、偶联剂(硅烷类、钛酸酯类、铝酸酯类)等。

倪忠斌等^[30]利用磷酸酯和多磷酸酯对 $Mg(OH)_2$ 进行了表面改性。结果表明, $Mg(OH)_2$ 表面改性后,其吸水性、吸油值呈下降趋势,分散性、热分解得到提高,从而可提高材料的阻燃性能。将改性的 $Mg(OH)_2$ 与聚乙烯共混改性时, $Mg(OH)_2$ 粉体的分散性变好,因此材料的拉伸强度明显提高。

刘丽君等^[31]对纳米 ATH 进行了表面改性研究。结果表明,钛酸酯类改性的纳米 ATH 的比表面积增大,吸油值降低,分散性变好,用于 PP 能明显改善材料的熔融现象,有较好的阻燃效果,当添加 30 份以上时可以有效地起阻燃消烟作用,且材料的力学性能有所提高。

Zhang Yong 等^[32]用偶联剂如硅烷、钛酸酯等改性 $Mg(OH)_2$ 和 ATH,将其以 14 倍高密度聚乙烯(HDPE)的比例掺入 HDPE 中进行混炼,制得阻燃级 HDPE。经检测发现,HDPE 材料的拉伸强度有所改善,而材料的断裂伸长率无明显变化。P. R. Hornsby 等^[33]的研究表明,分别用经硅烷偶联剂和钛酸酯偶联剂表面处理的 $Mg(OH)_2$ 填充改性 PP,

其弯曲弹性模量分别比未改性时提高了 100% 和 70%。

刘玲等^[34]研究了偶联剂种类及用量与线性低密度聚乙烯(LLDPE)/ $Mg(OH)_2$ 复合材料力学性能的关系;同时考察了处理与未处理的 $Mg(OH)_2$ 对复合材料力学性能及阻燃性能的影响。结果表明,经表面处理的 $Mg(OH)_2$ 填充到 LLDPE 中,其复合材料的分散性、力学性能、流动性均优于未处理的 LLDPE/ $Mg(OH)_2$ 复合体系,且偶联剂对 $Mg(OH)_2$ 的表面改性处理主要改善了材料的力学性能,对阻燃性能的影响不大。

2.3 复配技术

阻燃剂的复配技术主要是指利用阻燃剂之间的协同阻燃效应将两种或两种以上的阻燃剂进行复合、混配。在实际应用中,单一的阻燃剂尤其是无机阻燃剂往往无法同时满足材料阻燃性能及其它性能的要求,因而常常是把两种或两种以上阻燃剂复配在一起,制成复合阻燃剂使用,使它们相互增效、取长补短,从而达到降低阻燃剂的用量、提高材料阻燃性能、加工性能和力学性能的目的。

郭锡坤等^[35]在对高抗冲聚苯乙烯(HIPS)的阻燃研究中发现, $Mg(OH)_2$ 和 ATH 的混合使用对 HIPS 的阻燃效果比单独使用 ATH 时好,并认为这可能是由于 ATH 和 $Mg(OH)_2$ 的脱水吸热峰分别位于 HIPS 中 PS 相分解放热峰的两侧,可以在更宽的温度范围内抑制 HIPS 的升温及其 PS 相分解的缘故。郭锡坤等^[36]对 ATH、 $Mg(OH)_2$ 、红磷的三元复配体系的研究结果表明,ATH、 $Mg(OH)_2$ 与红磷三者存在着良好的协同阻燃效应, $Mg(OH)_2$ 与红磷不但能使 ATH 阻燃体系在较宽的温度范围内起作用,而且使 ATH 的用量减少,体系的阻燃性能提高,力学性能较好。

F. Carpentier 等^[37-38]研究了 $Mg(OH)_2$ /硼酸锌复合阻燃剂,通过差示扫描量热法、核磁共振和热重分析等手段分析表明,硼酸锌因含有结晶水而受热分解,吸收热量并稀释氧浓度,因而它可以减缓聚合物的降解速度,同时在聚合物基材表面形成熔融的玻璃质硼酸盐隔离层,以阻挡热量和氧气进入聚合物内部而中断燃烧。

中国矿业大学与福建省泰宁陶瓷化工有限公司^[39]合作开发了一种兼具高效阻燃、绝缘及填充补强 3 种功能的无机复合超细活性阻燃填料,其阻燃性能、力学性能、电绝缘性能等主要性能指标均优于国外同类无机阻燃填料产品,可应用于 PVC、E/VAC 等电缆料中。

3 结语

当前国外发达国家正在投入大量的人力、资金竞相进行无机阻燃剂的研究开发,使无机阻燃剂正逐步向环保化、低毒化、高效化、多功能化等方向发展。因此我国也应加大投入力度,大力发展无机阻燃剂,尤其是 $Mg(OH)_2$ 阻燃剂,提高其产量和质量;其次要研究开发新型、高效、专用表面改性剂,以提高阻燃剂表面改性处理技术。另外,要加强无机阻燃剂超细化和无机阻燃剂间的复配技术的研究,重视无机阻燃剂在各种塑料中的应用研究,使我国在这一领域的技术水

平尽快赶超世界先进水平。

参考文献

[1] 胡志鹏,等.精细化工原料及中间体,2004(2):18-21.

[2] 孔庆宝.纤维复合材料,2003(1):48-52.

[3] 陶宏君.塑料通讯,1996(2):22-23,32.

[4] 周卫平,等.中国塑料,1999,13(3):47-50.

[5] 戚亚光,等.现代塑料加工应用,1994,6(4):17-19.

[6] 史翎,等.塑料,2002,31(3):11-15.

[7] 李少康.无机盐工业,2003,35(3):11-12,19.

[8] Ashley R J, et al. Plast Rubb Process Appl,1991(15):19-21.

[9] Larcey P A, et al. Fire Material,1995(19):283-284.

[10] 邹燕.化工技术经济,2000,20(6):16-19.

[11] 吴永刚,等.塑料科技,2000(6):20-23.

[12] 王丽秋,等.功能高分子学报,1998,11(3):351-354.

[13] 李青山,等.化工进展,1996(6):63-64.

[14] 董炎明,等.塑料开发,1991(2):38-42.

[15] 徐淑英.塑料助剂,1998(1):9-12.

[16] 陈根荣.中国塑料,1991,5(2):11-17.

[17] 熊联明.中国塑料,2002,16(1):12-14.

[18] 程志凌,等.齐鲁石油化工,2002,30(1):56-58.

[19] 刘述平.矿产综合利用,2003(6):36-38.

[20] 梁诚.塑料科技,2003(6):55-57,61.

[21] Gilman J W. Applied Clay Science,1999,15:31-49.

[22] Zanetti M, et al. Polymer,2001,42:3408-4501.

[23] Zanneti M, et al. Chem Mater,2002,14:881-887.

[24] Bourbigot S, et al. J Chem Soc Faraday Trans,1996,92(18):

3435-3444.

[25] Tang Yong, et al. Polym Int,2003,52:1396-1400.

[26] Wang Zhenyu, et al. Progress in Organic Coatings,2005,53(1):29-37.

[27] Jiao Chunmei, et al. Journal of Fire Sciences,2006,24(1):47-64.

[28] 林修勇.特种橡胶制品,2002,23(2):14-17.

[29] 洪旭东,等.合成材料老化与应用,1997(4):1-4.

[30] 倪忠斌,等.江南大学学报:自然科学版,2003,2(4):399-401.

[31] 刘丽君,等.中国塑料,2004,18(2):74-77.

[32] Zhang Yong, et al. Polymers and Polymer Composites,2000,8(7):471-476.

[33] Hornsby P R, et al. Journal of Materials Science,1995(30):5347-5355.

[34] 刘玲,等.兰化科技,1996,14(4):221-224.

[35] 郭锡坤,等.塑料科技,1994(1):6-9.

[36] 郭锡坤,等.中国塑料,1993,7(4):47-50.

[37] Carpentier F, et al. Action of zinc borate in ethylene vinyl acetate copolymer-magnesium hydroxide fire retarded systems[C] // Iterflame'99 8th international fire science & engineering conference. Scotland: Edinburgh Conference Centre,1999(2):1235-1240.

[38] Carpentier F, et al. Polymer Degradation and Stability,2000,69(1):83-92.

[39] 四季春,等.中国塑料,2005,19(1):83-85.

RESEARCH STATUS OF INORGANIC RETARDANTS FOR PLASTICS AND TREATMENT TECHNOLOGY

Li Zhi, Wang Shulun

Zhang Qinghui, Li Jinwen

(Nanjing Military Representative Office in Jinan, Jinan 250031, China) (CNGC Institute 53, Jinan 250031, China)

ABSTRACT The production and research situation of main inorganic retardants widely used in plastics such as Al(OH)₃, Mg(OH)₂, inorganic phosphorus and novel flame retardant synergist were reviewed from performance characteristics, flame retardant mechanism and applied research. The three treatment technologies (ultra-fining, surface modification, compounding method) were introduced and the development trend was expected.

KEYWORDS inorganic retardant, research status, ultra-fining, surface modification, compounding

欢迎查询有关广告

对于在我刊刊登的所有广告,如读者需要查询更详细的资料或了解情况,请填写《读者查询广告资料服务卡》后寄回或来函。本杂志社将为您提供或转请有关单位提供资料,以满足您的要求。如需购买任何广告单位的材料、设备、仪器及配件等产品,我社将帮助您联系,以保证产品质量,争取优惠价格。欢迎各单位在我刊刊登广告。刊登办法函索即寄。

《工程塑料应用》读者查询广告资料服务卡

No. _____

读者姓名 _____ 单位 _____

通讯地址 _____ 电话 _____ 邮政编码 _____

欲获得《工程塑料应用》 _____ 年第 _____ 期第 _____ 页 _____

广告中有关 _____ 的详细资料。

如空位不够,请另附纸。填好后请寄回。

山东省济南市 108 信箱杂志社

邮政编码: 250031