

材料分析实验室需要一台多联用气相色谱质谱联用仪

原创 飞飞 赛默飞色谱与质谱中国

关注我们，更多干货和惊喜好礼



姚超

在材料科学快速发展的背景下，有机聚合物材料已广泛应用于日常生活与高科技领域，但其复杂的组成和结构给分析检测带来了诸多挑战。传统分析手段难以全面解析其成分，而热裂解-气相色谱质谱联用技术（Py-GC/MS）、热重-红外-气相色谱质谱联用仪（TGA-FTIR-GC/MS）的出现，为这一领域提供了革命性的解决方案。

一、有机聚合物分析的技术突破与传统方法局限

有机聚合物材料通常由高分子量聚合物基体和各类添加剂组成，这些大分子具有不挥发、难溶解的特性，无法直接通过常规气相色谱质谱（GC/MS）分析。热裂解技术的核心价值正在于此——通过高温将高分子聚合物裂解为可挥发的小分子片段，再经 GC/MS 分离和检测，从而实现对材料成分的全面解析。其应用方向广泛，包括材料成分鉴定（如塑料、橡胶类型鉴别）、添加剂分析（如增塑剂、阻燃剂、抗氧化剂检测）、质量控制、失效分析及环境监测（如微塑料检测）等。在热裂解技术应用前，分析有机聚合物中的添加剂主要依赖液固萃取或索氏提取等前处理方法。这些方法需使用大量有机溶剂长时间萃取，配合复杂的浓缩、净化及衍生化处理，最终通过液体进样分析。但此类方法存在明显局限：流程繁琐耗时（单个样品前处理需 6 小时以上）、溶剂消耗大（不符合绿色化学理念）、回收率不稳定（受基质影响大）、信息不全面（仅能分析可提取部分）。

二、热裂解气相色谱质谱仪联用的优势、原理与技术对比



图 1 热裂解-气相色谱质谱联用仪

01

Py-GCMS 的突破性优势

相比传统方法，Py-GCMS 展现出显著优势：

- **样品前处理简化：**无需有机溶剂萃取，可直接分析固体样品，样品量仅需 $<1\text{mg}$ ，针对珍贵样品更加友好；
- **分析效率提升：**从取样到出结果仅需 30 分钟（不同分析目的略有不同），自动化程度高，支持批量分析，自动进样器可实现高通量筛查；
- **信息获取全面：**可同时分析聚合物基体和添加剂，通过特征裂解产物鉴定聚合物种类，且能高灵敏度检测痕量添加剂；
- **绿色环保：**基本不使用有机溶剂，减少化学废物，符合实验室可持续发展理念。

以 RoHS 检测为例，传统索氏萃取需 6 小时以上，而 Py-GCMS 仅需

15 分钟即可完成邻苯二甲酸酯等限制物质筛查，效率提升 20 倍以上。

02

Py-GCMS 的原理与流程

热裂解工作原理基于高分子材料在特定温度下的特征裂解行为：不同聚合物具有特定裂解机制，产生独特的裂解产物“指纹”。例如，聚乙烯（PE）裂解产生烷烃、烯烃特征峰，聚苯乙烯（PS）主要裂解为苯乙烯单体及其二聚体，聚氯乙烯（PVC）裂解释放 HCl 并生成芳香族化合物。

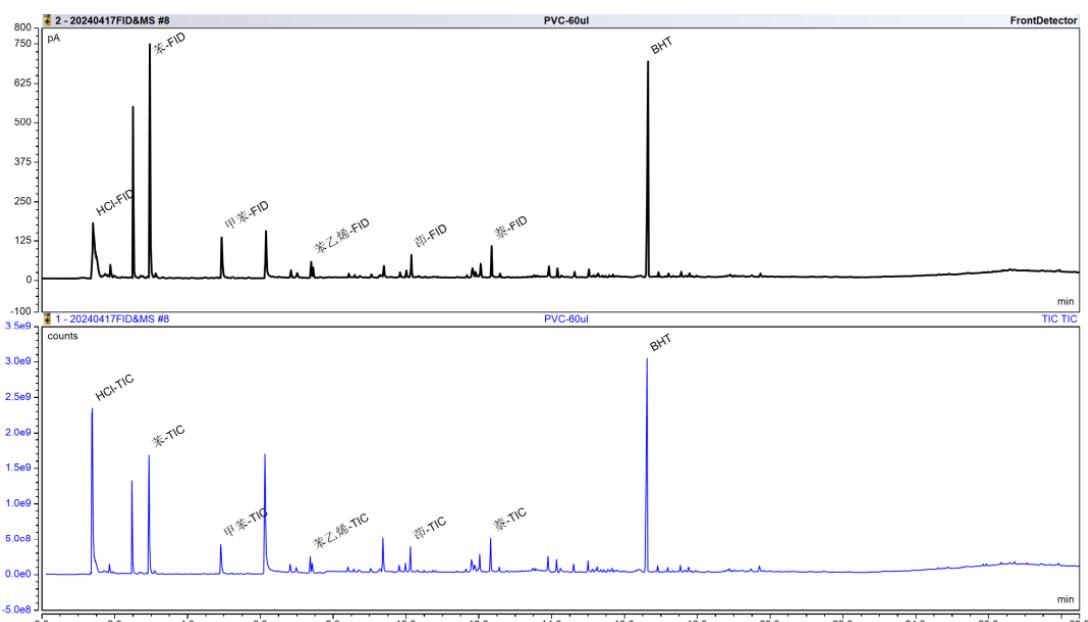


图 2 Py-GC-FID/MS 分析 PVC 样品

(点击查看大图)

标准分析流程包括：样品制备（剪取 0.1-0.5mg 样品）、热裂解（惰性气氛中快速加热至 300-800°C）、色谱分离（毛细管柱分离裂解产物）、质谱检测（EI 源电离，全扫描或 SIM 模式）、数据分析（通过特征产物鉴定组成）。该技术具有高特异性（独特“裂解指纹”）、高灵敏度（可检测 ppm 级添加剂）、多组分同步分析（一次进样获取基体和添加剂信息）及数据库支持（谱库辅助定性）等优势。赛默飞世尔科技 ISQ™ 7610 GC-MS 系统与 Frontier Lab EGA/PY-3030D 热裂解仪的结合，为分析提供了可靠平台。

三、多维联用技术：热重-红外-气相色谱质谱联用（TGA-FTIR-GCMS）的强大功能



图 3 TGA -GCMS-FTIR 联用（串联分离模式）



图 4 TGA -GCMS-FTIR 联用（并联模式）

将热重分析（TGA）、红外光谱（FTIR）与气相色谱质谱（GCMS）联用，可实现对有机聚合物材料的多维度表征：

- **联用特点：**TGA 精确测量质量随温度变化以确定分解温度；FTIR 实时监测逸出气体的官能团信息；GCMS 对特定温度段逸出气体进行高灵敏度定性和定量。
- **典型应用：**材料热稳定性评估（关联失重与分解产物）、复杂组分解析（红外与质谱信息互补）、同分异构体区分（结合保留时间、质谱图和红外谱图）、分解机理研究（追踪不同温度下的产物演变）。
- **技术优势：**赛默飞 FTIR 独特的 Mercury TGA、Mercury GC 软件自动数据分析功能可自动分析全时段数据；ISQ7610 GCMS 的 VPI 真空锁定技术可实现免停机免卸真空维护离子源及更换色谱柱，特别适合聚合物分析高污染以及频繁使用不同极性色谱柱的需求。

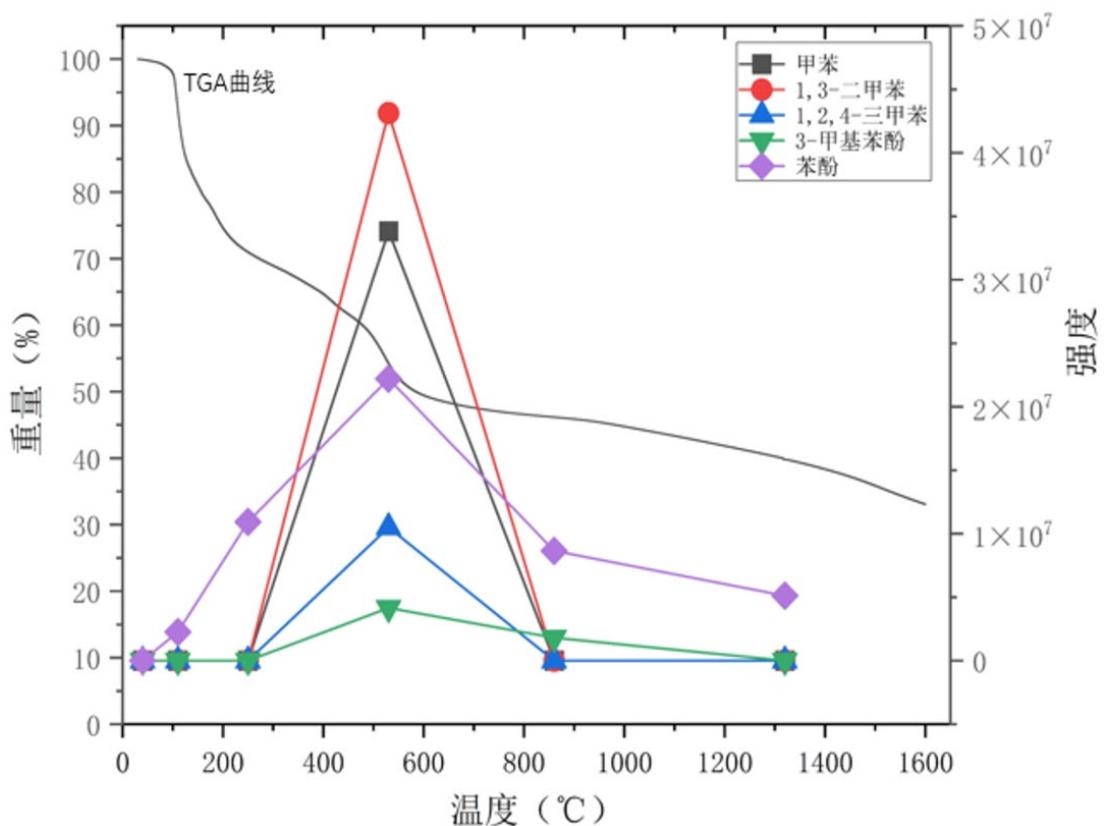


图 5 典型酚醛树脂 TGA 曲线图及逸出化合物浓度随温度变化趋势（点击查看大图）

四、多联机解决方案：聚合物分析的核心利器

随着材料科学的发展和环保法规的严格化，有机聚合物材料的精准分析已成为研发、质控和合规的关键。而以热裂解-GCMS 及热重-红外-GCMS 联用 为基础的多联机解决方案（凭借其全面、高效、可靠、前瞻的独特优势，正成为现代材料分析实验室的核心配置。

赛默飞世尔科技提供完整的多联机解决方案，包括 ISQ™ 7610 GC-MS /Exploris GC 系统、Frontier Lab 热裂解仪、iS50 FTIR 及 Chromeleon 数据处理系统，为有机聚合物材料分析提供从样品到答案的全流程支持。在聚合物分析领域，没有单一技术能“放之四海而皆准”，但热裂解-气相色谱质谱联用技术 (Py-GCMS)、热重-红外-气相色谱质谱联用仪 (TGA-FTIR-GCMS) 技术无疑提供了不可替代的强大工具。无论是新型高分子材料研发、RoHS 等法规合规检测，还是生产过程中的质量问题解决，这些

解决方案都能提供关键数据支持。选择一套性能优异的联机系统，将成为实验室提升分析能力、应对未来挑战的战略选择。

如需合作转载本文，请文末留言。



长按图片识别二维码

热线电话

800 810 5118

400 650 5118