

# 应用 GPC/SEC 技术 分析工程聚合物

## 应用文集

### 作者

Greg Saunders, Ben MacCreath  
安捷伦科技有限公司



**应用 GPC/SEC 技术分析聚合物**

引言.....3

**安捷伦的 GPC/SEC 技术**

GPC/SEC 色谱柱.....4

GPC/SEC 标准品.....4

GPC/SEC 仪器.....4

**GPC/SEC 分析侵蚀性溶剂中的聚合物**

侵蚀性溶剂.....5

GPC 分析聚醚醚酮 (PEEK).....5

GPC 分析 HFIP 中的聚对苯二甲酸丁二醇酯 (PBT) 树脂.....6

在替代溶剂邻氯苯酚中分析聚对苯二甲酸乙二醇酯.....7

**GPC/SEC 在高温下分析聚合物**

聚烯烃分析的色谱柱选择.....8

PL-GPC 220 系统上聚丙烯样品的高温 GPC 分析——重复性研究.....9

利用 Cirrus GPC 多检测器软件分析聚乙烯的支化度.....10

聚苯硫醚的分析.....11

**同类产品**.....13**安捷伦的其他 GPC/SEC 资源**.....14

# 应用 GPC/SEC 技术分析聚合物

## 引言

越来越多的塑料制品在建筑和机械行业中用作结构和机械材料。这些聚合物良好的性能，例如机械强度、耐用性、以及耐化学性和耐物理降解性，再加上相对较便宜的价格，使其在许多关键领域的使用上超过木材和金属等许多传统材料。随着具有新性能的新型聚合物材料的研发和生产，这种使用塑料制品日趋增加的倾向将变得更加明显。了解聚合物的性能是在特定应用中设计具有合适性能特征的新材料的关键所在。因此，这些材料的分析成为工程聚合物开发和制造的关键步骤。

凝胶渗透色谱（GPC，也叫体积排阻色谱，SEC）是众所周知的评价聚合物分子量分布的技术。聚合物的分子量分布影响了聚合物的许多物理性能。一般来说，增加分子量将提高聚合物的性能特征；而增加分子量分布（多分散性）将降低聚合物的性能，却增加了加工的方便性。

工程聚合物尤为难分析。它们一般坚硬且难以溶解，常常需要侵蚀性溶剂和高温。对于这类高温应用，使用高性能的一体化 GPC 系统（例如 PL-GPC 220 一体化 GPC/SEC 系统）是十分必要的。PL-GPC 220 具有市场上最高的温度范围。以下应用列举了多种类型的工程聚合物的分析，并举例说明了所需的条件和设备。

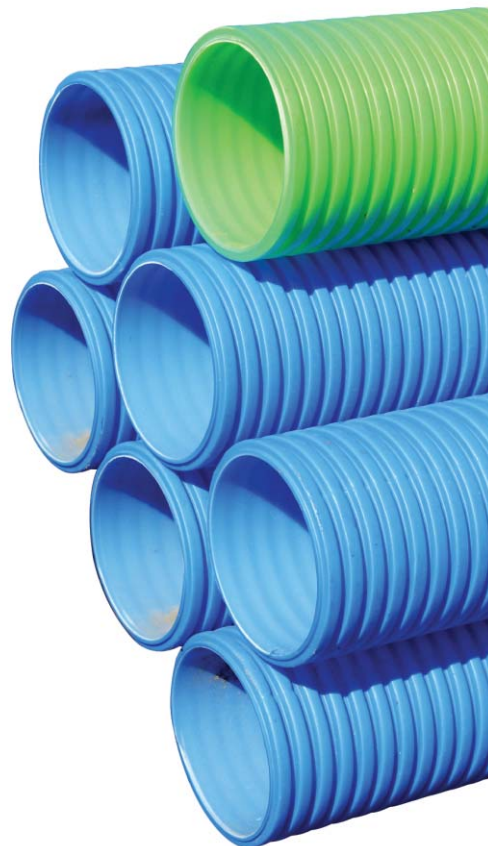


表 1. 分子量分布对工程聚合物性能的影响

	强度	韧度	脆度	熔体黏度	耐化学性	溶解度
分子量增加	+	+	+	+	+	-
分布减小	+	+	-	+	+	+

## 安捷伦的 GPC/SEC 技术

安捷伦为用户制造了最广泛的 GPC 色谱柱、标准品、仪器和软件，完全适合工程聚合物的分析。

### GPC/SEC 色谱柱

安捷伦的 GPC 色谱柱是市场上最耐用和最可靠的，完全适合于黏性溶剂和高温下使用（高温下使用时色谱柱的寿命是必须考虑的因素）。这些种类丰富的色谱柱，包括专为分析工程聚合物（一般是高分子量和高黏度）而制造的色谱柱，以及包括多种专用色谱柱，例如安捷伦 PLgel Olexis 色谱柱为分析特定材料而设计。由于涵盖了各种粒径和孔径，因此可以选择安捷伦的色谱柱来满足受测材料的分子量范围，从而确保 GPC/SEC 实验的数据质量最高。



安捷伦汇集了各种 GPC/SEC 色谱柱规格

### GPC/SEC 标准品

窄分散性聚合物标准品，其分子量经过准确表征，用作 GPC 分析工程聚合物时的校准标准品。聚苯乙烯标准品是诸多有机溶剂的首选标准品，既可以用于常规 GPC 色谱柱校准，也可以用于光散射和黏度检测器校准。



安捷伦的 EasiVial 校准试剂盒

### GPC/SEC 仪器

作为安捷伦色谱柱技术的补充，市场上使用最广泛的一体化 GPC/SEC 仪器，涵盖了现有最宽的温度范围（从室温到 220 °C）。

安捷伦的 PL-GPC 220 一体化 GPC/SEC 系统在整个运行范围内针对任何 GPC/SEC 应用都具有无可匹敌的重现性。安捷伦 PL-GPC 220 是一套功能极为强大的系统，能对几乎所有聚合物、溶剂和温度（30 到 220 °C）的组合进行分析。

PL-GPC 220 可以运行所有类型的 GPC/SEC 实验，并且能够用于分析全范围的工程材料，包括那些需要在极高温下分析的材料。仪器中可以安装多检测器选件，例如光散射和黏度计，以及提供专属的软件，可以详尽地分析工程聚合物的性能。安捷伦系列的色谱柱和仪器在分析工程聚合物时具有明显的优势。



PL-GPC 220 一体化 GPC/SEC 系统

如需了解安捷伦 GPC/SEC 产品的更多信息，请访问 [www.agilent.com/chem/gpcsec:cn](http://www.agilent.com/chem/gpcsec:cn)

# GPC/SEC 分析侵蚀性溶剂中的聚合物

## 侵蚀性溶剂

许多聚合物，特别是工程应用中的聚合物，仅在少数溶剂中有有限的溶解度。这是由于高分子量和/或高结晶度造成聚合物具有高强度和高韧性。分子量增加则需要解开分子链的缠绕才能溶解这些材料，而结晶度增加则需要断开材料内任何可能存在的链与链间的键。

PL-GPC 220 一体化 GPC/SEC 系统的设计旨在允许使用最具侵蚀性的溶剂。以下应用举例说明了需要使用侵蚀性溶剂才能溶解、或在分析过程中使用侵蚀性溶剂为洗脱液的一系列工程聚合物的分析。

## GPC 分析聚醚醚酮 (PEEK)

### 应用领域：液相色谱中的高性能部件、管线

聚醚醚酮 (PEEK) 在 1977 年由 ICI 开发出来，是新一代工程热塑性塑料中第一款具有耐化学腐蚀、高机械强度和高温稳定性的材料。这种材料的性能在温度高达 315 °C 时仍保持性能不变。对于许多应用，例如制造引擎上的活塞、电缆的绝缘材料和高性能飞行器部件，这种价格是合理的，因为没有其他塑料能够提供类似的性能。PEEK 的工业性能使其 GPC 分析十分困难。PEEK 具有出色的耐化学性，并且不受许多有机和无机化学品的影响，仅溶解在强或浓的无水氧化剂中。以前的 PEEK 分析方法使用高温的三氯代苯和苯酚混合液。

对于此分析，PEEK 样品在少量 120 °C 二氯乙酸中溶解两个小时。溶解后，样品经氯仿稀释至所需的浓度 (0.2% (w/v))，经过滤去除未溶解的物质，然后进样到 GPC 系统中。

PEEK 样品的洗脱曲线为一个较宽的聚合物峰，分子量为 70000 g/mol，多分散度为 2.2。最后面的大系统峰是由于制备样品时使用了过量二氯乙酸造成的。

#### 分析条件

样品：聚醚醚酮 (PEEK)  
色谱柱：2 x Agilent PLgel 10 μm MIXED-B,  
300 x 7.5 mm (部件号 PL1110-6100)  
洗脱液：80% 氯仿  
20% 二氯乙酸  
流速：1.0 mL/min  
进样量：200 μL  
检测器：PL-GPC 220

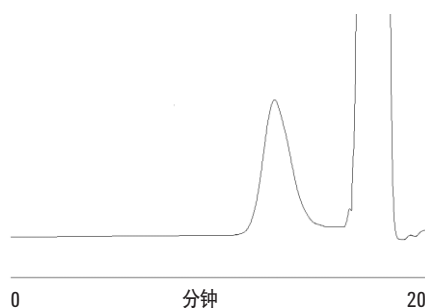


图 1. PEEK 样品的色谱图

## GPC 分析 HFIP 中的聚对苯二甲酸丁二醇酯 (PBT) 树脂

### 应用领域：机械加工部件

聚对苯二甲酸丁二醇酯 (PBT) 树脂在韧度和抗损伤性能方面具有很大优势，广泛用于各个领域。然而，生产模制品过程中的机械和热应力可能导致降解，削弱了其物理性能。树脂的分子量分布是衡量降解开始和评估最终产品机械强度的关键指标。PBT 能溶于 1,1,1,3,3,3-六氟异丙醇 (HFIP) 中，后者是一种极性溶剂，适用于溶解聚酰胺和聚酯等极性聚合物。分析在 HFIP 中进行，溶剂中加入 20 mM 三氟醋酸钠以防止聚合。采用两根为 HFIP 应用特别设计的安捷伦 PL HFIPgel 柱，在 40 °C 条件下进行分析。使用安捷伦 PL-GPC 220 一体化色谱仪，配合示差折光检测器和黏度检测器进行分析。GPC 系统配备了对分子量灵敏的黏度计，可以使用通用校准方法根据流体动力学体积计算分子量。这种方法计算的分子量，不依赖于生成色谱柱校准曲线的标准品。安捷伦聚甲基丙烯酸甲酯 (PMMA) 标准品用于生成通用标准曲线。

表 2 显示了 GPC/黏度检测器测定的样品铸模前后的平均分子量和特性黏度。显然，分子量分布显示铸模后材料有所降解，并且稳健性不如原始材料。

表 2. PBT 树脂样品的平均分子量和特性黏度

	Mn/g mol <sup>-1</sup>	Mw/g mol <sup>-1</sup>	特性黏度/g <sup>-1</sup>
原树脂	24400	48600	0.535
模制品	11200	24000	0.306

### 分析条件

样品：PBT 树脂  
 色谱柱：2 x PL HFIPgel,  
 300 x 7.5 mm (部件号 PL1114-6900HFIP)  
 洗脱液：HFIP + 20 mM NaTFA  
 流速：1.0 mL/min  
 进样量：200 μL  
 温度：40 °C  
 检测器：PL-GPC 220, 黏度计

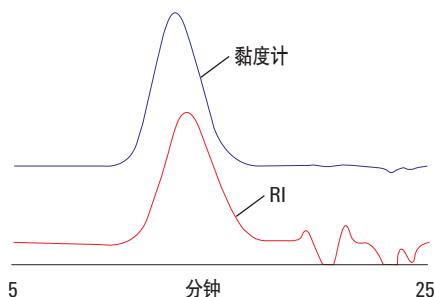


图 2. 铸型前原 PBT 树脂的双检测器叠加色谱图

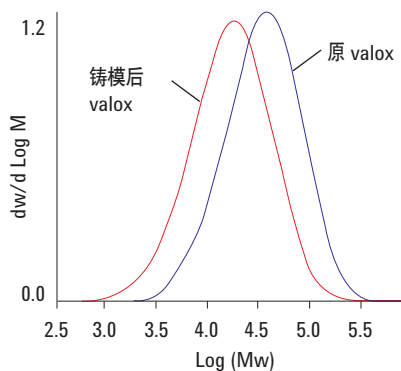


图 3. 两个样品的分子量分布

## 在替代溶剂邻氯苯酚中分析聚对苯二甲酸乙二醇酯

除 HFIP 外，PET 可以在替代溶剂——邻氯苯酚中分析。这种黏性溶剂是一种有害物质，需要高温分析条件。

样品在加热至 110°C 并恒温 30 分钟下才能溶解。聚合物在室温下将呈溶液状态，但是洗脱液的高黏度意味着必须使用高温 GPC。本应用分析和比较了三种不同特性黏度的 PET 样品，结果显示材料的差别很小。

### 分析条件

样品： PET 树脂  
色谱柱： 2 x PLgel 10  $\mu$ m MIXED-B,  
300 x 7.5 mm (部件号 PL1110-6100)  
洗脱液： 邻氯苯酚  
流速： 1.0 mL/min  
温度： 100 °C  
检测器： PL-GPC 220

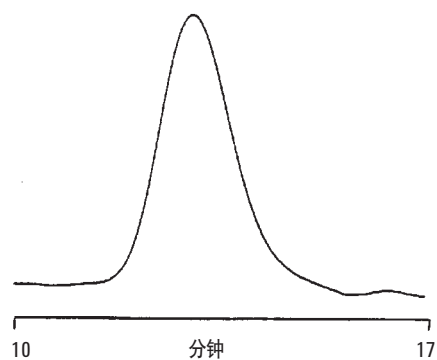


图 4. PET 样品的色谱图

峰识别  
1. IV=0.72  
2. IV=0.75  
3. IV=0.84

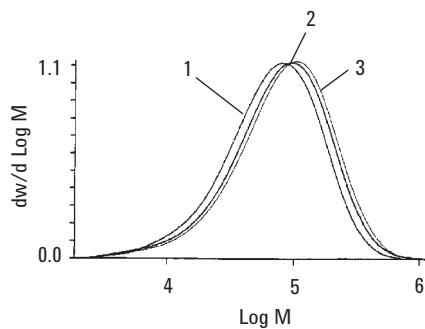


图 5. PET 样品的分子量分布

# GPC/SEC 在高温下分析聚合物

## 高温分析

有些结晶度高的聚合物（例如聚乙烯）仅在高温下才能有限的溶解度。这是由于聚合物规则的晶体结构需要高温才能断开，而且降温后，聚合物将重新结晶，并从溶液中沉淀出来。对于这些应用，整个分析过程都需要保持高温才能保证实验过程中样品保持溶液状态。PL-GPC 220 一体化 GPC/SEC 系统能够从进样点开始，包括色谱柱、检测池，到洗脱出色谱柱维持恒温的温度高达 200 °C。以下应用举例说明了采用 PL-GPC 220 在高温下分析结晶聚合物。

## 聚烯烃分析的色谱柱选择

聚烯烃包括从低分子量烃蜡到超高分子量的硬质塑料。聚烯烃类的分子量分布直接与其物理性能有关，例如硬度、熔体黏度和结晶度。GPC/SEC 是公认的全面表征聚烯烃类分子量分布的首选技术。

分析聚烯烃时色谱柱的选择取决于样品的分子量范围。低分子量样品分析时可以使用高柱效、相对小孔径的色谱柱。较高分子量的材料则需要宽孔径分布、大颗粒的填料以减小剪切效应。

图 6 到 8 显示了 PL-GPC 220 分析四种差别非常大的聚烯烃样品的典型数据结果。

### 分析条件

样品：直链烃  
色谱柱：2 × Agilent PLgel 3 μm 100Å,  
300 × 7.5 mm (部件号 PL1110-6320)  
洗脱液：TCB  
流速：0.8 mL/min  
进样量：20 μL  
温度：145 °C  
检测器：PL-GPC 220

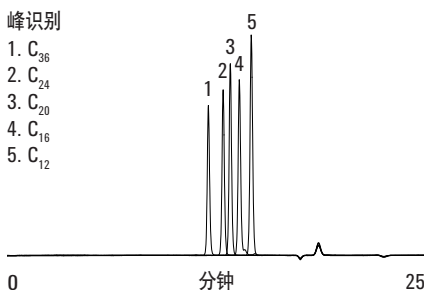


图 6. 一组低分子量直链烃在两支 PLgel 3 μm 100Å 色谱柱上的分离结果

### 分析条件

样品：烃蜡  
色谱柱：2 × Agilent PLgel 5 μm MIXED-D,  
300 × 7.5 mm (部件号 PL1110-6504)  
洗脱液：TCB  
流速：1.0 mL/min  
进样量：100 μL  
温度：160 °C  
检测器：PL-GPC 220

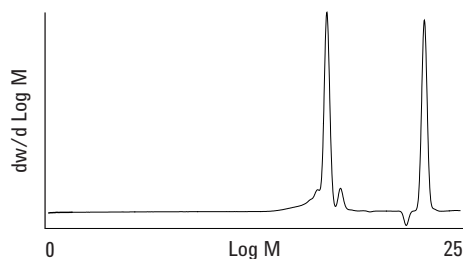


图 7. 相对较低分子量的烃蜡在两支 PLgel 5 μm MIXED-D 色谱柱上的分离色谱图



#### 分析条件

样品: 聚乙烯  
色谱柱: 3 x PLgel Olexis, 300 x 7.5 mm  
(部件号 PL1110-6400)  
洗脱液: TCB  
流速: 1.0 mL/min  
进样量: 200  $\mu$ L  
温度: 160  $^{\circ}$ C  
检测器: PL-GPC 220

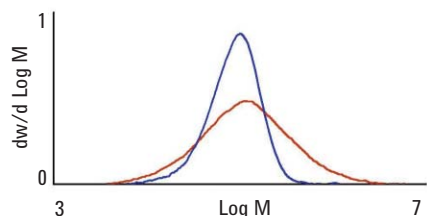


图 8. 中等多分散度和高多分散度聚乙烯样品分子量分布的叠加图

高分子量材料需要使用大孔径的 PLgel Olexis 色谱柱分析以减小剪切降解, 该 13  $\mu$ m 粒径填料色谱柱能分离的分子量高达 100000000 g/mol。这些应用揭示了聚烯烃类样品的多样性, 并显示出分析此类样品时 PLgel 系列色谱柱的灵活性。

## PL-GPC 220 系统上聚丙烯样品的高温 GPC 分析 —— 重复性研究

### 应用领域: 塑料管、塑料瓶和塑料容器

PL-GPC 220 一体化 GPC/SEC 系统完全适合于分析聚丙烯。利用安捷伦 PL-SP 260VS 样品制备系统制备浓度为 1.5 mg/mL 的聚丙烯 (PP) 商品样品, 溶解温度为 160  $^{\circ}$ C, 溶解时间为两个小时。6 份母料溶液分装在 PL-GPC 220 自动进样器样品瓶中, 并放置在传送轮盘上, 该轮盘的热区温度为 160  $^{\circ}$ C, 暖区温度为 80  $^{\circ}$ C。

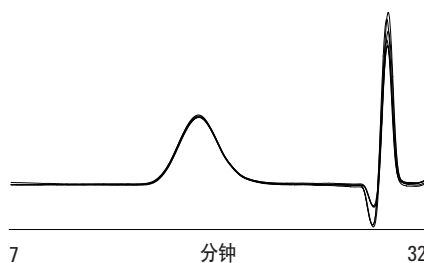


图 9. 聚丙烯样品连续六次进样的原始叠加色谱图

该色谱数据根据聚丙烯标准品校准曲线, 利用马克-霍温克 (Mark-Houwink) 参数计算聚丙烯的等效平均分子量, 结果如表 3 所示。

聚苯乙烯溶于 TCB<sup>1</sup>  $K=12.1 \times 10^{-5}$   $a=0.707$

聚丙烯溶于 TCB<sup>2</sup>  $K=19.0 \times 10^{-5}$   $a=0.725$

表 3. 聚丙烯六次进样计算的分子量和 % 变化率

进样次数	Mp	Mn	Mw
1	127132	65086	185795
2	131893	65089	185236
3	128673	66802	186202
4	132062	67417	188048
5	131625	69320	188679
6	130227	69677	186188
平均值	130202	67232	186691
标准偏差	1693	1815	1239
% 变化率	0.13	2.70	0.66

结果显示使用 PLgel 10  $\mu$ m MIXED-B 色谱柱的 PL-GPC 220 系统的数据重复性极佳。

#### 分析条件

样品: 聚丙烯  
色谱柱: 3 x PLgel Olexis, 300 x 7.5 mm  
(部件号 PL1110-6400)  
洗脱液: TCB + 0.0125% BHT  
流速: 1.0 mL/min  
进样量: 200  $\mu$ L  
温度: 160  $^{\circ}$ C  
检测器: PL-GPC 220

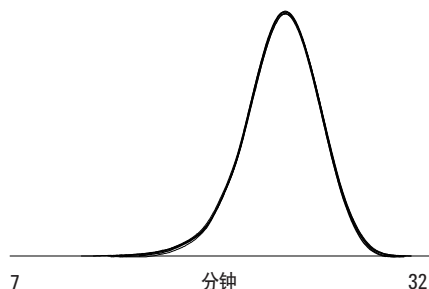


图 10. 聚丙烯样品连续六次进样计算的分子量分布叠加图

#### 参考文献

- <sup>1</sup> H. Col and D. K. Giddings, *J. Polym. Sci.*, (A2) **8** (1970) 89
- <sup>2</sup> T.G. Scholte et al, *J. Appl. Polym. Sci.*, **29** (1984) 3763

## 利用 Cirrus GPC 多检测器软件分析聚乙烯的支化度

### 应用领域: 塑料袋和塑料容器

聚烯烃内存在长链支化(长度超过 6 个碳)时将显著影响材料的物理性能, 例如熔体黏度和机械强度。聚烯烃内支链的分布由聚合机理决定。因而在特定应用中, 我们重点关注分子量和支化率分布明确及表征清楚的材料生产。

此处, 我们举例说明了带 GPC/黏度计的 PL-GPC 220 系统上三种聚乙烯样品的分析。其中两种样品的合成机理强化了分支, 而第三种样品为标准的线性参比材料 NBS 1475。该分析采用三支 PLgel Olexis 色谱柱, 分析温度为 160  $^{\circ}$ C, 流动相为含 0.015% 丁基甲苯 (BHT) 稳定剂的三氯代苯 (TCB)。

该应用采用了示差折光和黏度检测器, 数据由 Cirrus GPC 多检测器软件采用通用校准方法分析。聚苯乙烯标准品用于生成通用校准曲线, 未支化的样品用作确定支化度的线性模型。

图 11 显示了三种样品的分子量分布。黑色曲线为未支化样品。尽管有部分重叠, 三种样品的分子量还是具有显著差别。

图 12 显示了三种样品的马克-霍温克图。最上面的样品是未支化的材料。其他两种样品在任何特定的分子量范围内均具有较低的特性黏度, 而未支化的聚合物则表明这两种样品中存在支链。这可以用支化率  $g$  表示, 其定义如下(其中  $\epsilon$  为常数):

$$g = \left[ \frac{\text{特性黏度 (支化)}}{\text{特性黏度 (直链)}} \right]^{1/\epsilon}$$

#### 分析条件

样品: 聚乙烯类  
色谱柱: 3 x PLgel Olexis, 300 x 7.5 mm  
(部件号 PL1110-6400)  
洗脱液: TCB + 0.015% BHT  
流速: 1.0 mL/min  
进样量: 200  $\mu$ L  
温度: 160  $^{\circ}$ C  
检测器: PL-GPC 220 + 黏度计

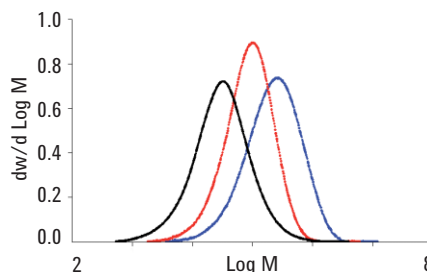


图 11. 三种聚乙烯样品的分子量分布曲线——黑色曲线为未支化样品

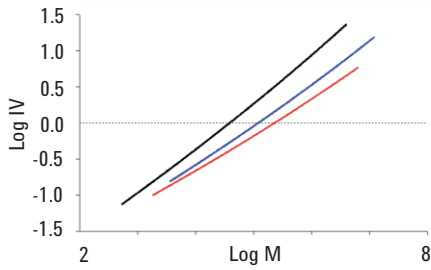


图 12. 三种聚乙烯样品的马克-霍温克图

未支化的样品用作线性模型，因此给  $g$  一个单位值（由于高分子量数据分散，此处不包括）。其他两种样品均显示出  $g$  随着分子量降低，这就表明随着分子量的增加，支化数目增加。基于这些计算出来的  $g$  值，可以得到每一千碳原子中的支化数量或支链数量。这通过将数据拟合到模型实现。Cirrus GPC 多检测器软件提供了可以应用到此方法的一系列支化度模型。此示例中使用了计算平均支化数的模型，并假定聚合物支化是随机分布的。图 13 和 14 分别为样品支化率  $g$  和支化数作为分子量的函数的曲线图。

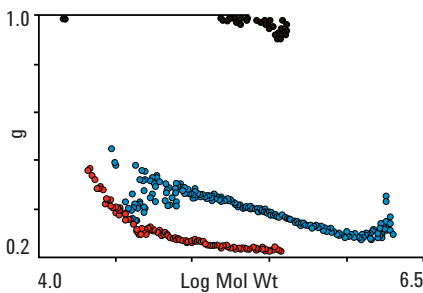


图 13. 三种聚乙烯样品的支化率  $g$  作为分子量的函数的曲线图——黑色曲线为未支化样品

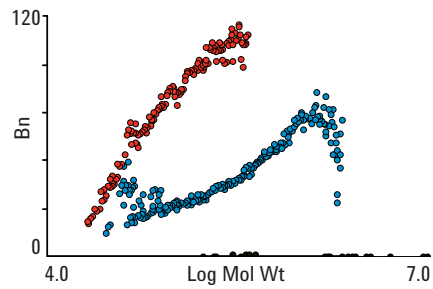


图 14. 三种聚乙烯样品的支化数作为分子量的函数的曲线图——黑色曲线为未支化样品

结果显示，两种支化样品的分子量分布趋势与支化分布趋势不一致。支化数最高的样品比第二个样品的分子量要低。显然，同时获得样品分子量和支化率分布信息将使我们深入地了解两种材料的可加工性。

## 聚苯硫醚的分析

### 应用领域：高性能膜、毡制品和绝缘体

聚苯硫醚(PPS)是一种工程聚合物，带有由芳香环和硫原子依次连接而成的刚性骨架。由于其具有高耐化学性和耐热侵蚀，因而即使在高温下也非常坚硬，常用作结构材料。PPS 具有多种用途，包括燃煤锅炉的过滤织物、造纸中的毡布、电绝缘材料以及制造专用膜。PPS 是天然绝缘的，但添加掺杂物后能使其变成半导体材料。

PPS 用 GPC 分析极为困难。这种材料的高耐化学性和抗热性使其仅溶于某些专用溶剂，例如约 200 °C 时的邻氯代萘。PL-GPC 220 能够在这种温度条件下运行，并且 PLgel 色谱柱可以用于 PPS 的分析。

#### 分析条件

色谱柱: 3 x PLgel 10 μm MIXED-B,  
300 x 7.5 mm (部件号 PL1110-6100)  
洗脱液: 邻氯代萘  
流速: 1.0 mL/min  
温度: 210 °C  
检测器: PL-GPC 220

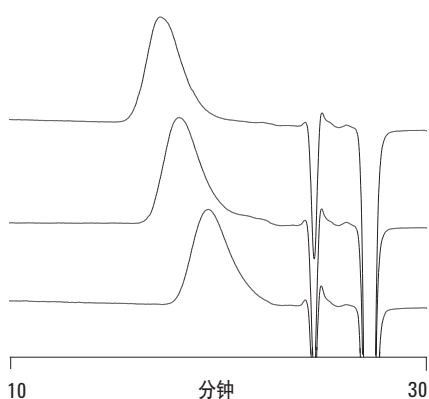


图 15. 三种聚苯硫醚样品的叠加色谱图

## 订购信息

本应用文集使用了以下产品。您如需 GPC/SEC 部件号的完整列表，请访问 [www.agilent.com/chem/store/cn](http://www.agilent.com/chem/store/cn)

色谱柱	
说明	部件号
Agilent PLgel 3 μm 100Å, 300 x 7.5 mm	PL1110-6320
Agilent PLgel 5 μm MIXED-D, 300 x 7.5 mm	PL1110-6504
Agilent PLgel 5 μm MIXED-C, 300 x 7.5 mm	PL1110-6500
Agilent PLgel 10 μm MIXED-B, 300 x 7.5 mm	PL1110-6100
Agilent PLgel 20 μm MIXED-A, 300 x 7.5 mm	PL1110-6200
Agilent PLgel 20 μm MIXED-A LS, 300 x 7.5 mm	PL1110-6200LS*
Agilent PLgel Olexis, 300 x 7.5 mm	PL1110-6400
Agilent PL HFIPgel, 300 x 7.5 mm	PL1114-6900HFIP

标准品	
说明	部件号
安捷伦 PS-H EasiVial 2 mL 预称量聚苯乙烯校准试剂盒	PL2010-0201
安捷伦 PS-M EasiVial 2 mL 预称量聚苯乙烯校准试剂盒	PL2010-0301
安捷伦 PS-L EasiVial 2 mL 预称量聚苯乙烯校准试剂盒	PL2010-0401
安捷伦 EasiCal PS-1 预称量聚苯乙烯校准试剂盒	PL2010-0501
安捷伦 EasiCal PS-2 预称量聚苯乙烯校准试剂盒	PL2010-0601
安捷伦 PM EasiVial 2 mL 预称量聚甲基丙烯酸甲酯校准试剂盒	PL2020-0201
安捷伦 PM EasiVial 4 mL 预称量聚甲基丙烯酸甲酯校准试剂盒	PL2020-0200

仪器	
说明	部件号
Agilent PL-GPC 220 一体化 GPC/SEC 系统	PL0820-0000
安捷伦 PL-BV 400HT 在线一体化黏度计	PL0810-3050
安捷伦 PL-HTLS 15/90 光散射检测器	PL0640-1200
安捷伦 PL-SP 260VS 样品制备系统**	

软件	
说明	部件号
安捷伦 Cirrus GPC 软件	PL0570-2000
安捷伦 Cirrus GPC 多检测器软件	PL0570-2020

\* 光散射应用时干扰小

\*\* 请联系您当地的安捷伦客户中心以了解不同的选项信息

## 同类产品

工程塑料这个词包含的范围非常广泛，尽管凝胶渗透色谱是这些材料分析的最重要的技术，但仍然可以利用其他分析技术。安捷伦生产的各种分子光谱仪器和 X-射线晶体学仪器可用于研究这些材料。这些高级仪器揭示了这些材料的特征和组成，有助于更好地理解材料性能以及这些越来越有价值产品的适用性。

### 紫外-可见-近红外光谱

安捷伦 Cary 系列紫外-可见-近红外分光光度计在过去的 60 年里一直是卓越表现和高性能的代名词。Cary 系列分光光度计产品是希望拓宽分光光度计测量界限的研究人员的参考标准。对于常规实验室而言，可靠性和易用性对聚合物质量控制至关重要，而 Cary 系列产品同样精通于此。



安捷伦 600-IR 系列为信息丰富的检测提供了最高灵敏度和详细的结构与组成信息

### 荧光光谱

安捷伦 Cary Eclipse 荧光分光光度计以极具吸引力的超值价格为您提供您所期望的最高性能。这款仪器配置闪烁式氙灯、即插即识别的电子系统和功能丰富的直观软件，将继续书写安捷伦和 Cary 的传奇。

### 傅里叶变换红外光谱

安捷伦的 FTIR 光谱仪和显微镜能够提供从极小样品区域上提取特定化学信息的功能，从而使得聚合物成分分析简单易行。安捷伦独有的、充分利用 FTIR 衰减全反射 (ATR) 成像技术的 Specac Imaging Golden Gate 钻石 ATR 附件，在保持 Golden Gate 稳健性和易用性的同时，能够得到最高质量的无失真、无像差、具有预设长宽比的图片。

### 拉曼光谱

拉曼光谱提供了制造工程聚合物的化学品的定性和定量信息。拉曼与 IR 光谱互为补充，特别适合于研究晶体聚合物。安捷伦的 Synergy FT-Raman 模块是市场上最紧凑的 FT-Raman 附件，保持了研究型光谱学家所需要的多功能性。

### X-射线晶体学

X-射线晶体学成功地应用于 20 世纪 60 年代早期的 DNA 聚合物结构解密。假如是现在，Rosalind Franklin 可能会使用安捷伦的 Xcalibur E 这一专家级衍射仪用于现代化学品晶体学实验室，它是用于单波长、小分子晶体学研究的最受欢迎系统。

## 安捷伦的其他 GPC/SEC 资源

安捷伦已经出版了有关生物可降解聚合物、聚烯烃分析、合成橡胶和低分子量树脂的应用文集。此外，我们也提供有关 GPC/SEC 各个方面的全面而详实的系列文献，包括应用报告、产品说明和技术概述。

出版物	出版号
生物可降解聚合物	5990-6920CHCN
聚烯烃分析	5990-6971CHCN
合成橡胶	5990-6866CHCN
低分子量树脂	5990-6845CHCN
GPC/SEC 技术简介	5990-6969CHCN
GPC/SEC 参考指南海报	5990-6882CHCN
色谱柱选购指南	5990-6868CHCN

如您需在资料库中查找我们的所有出版物，请访问  
[www.agilent.com/chem/library:cn](http://www.agilent.com/chem/library:cn)

# 说明

安捷伦 GPC/SEC 产品  
[www.agilent.com/chem/gpcsec:cn](http://www.agilent.com/chem/gpcsec:cn)

在线购买  
[www.agilent.com/chem/store](http://www.agilent.com/chem/store)

查找当地的安捷伦客户中心  
[www.agilent.com/chem/contactus:cn](http://www.agilent.com/chem/contactus:cn)

**安捷伦客户服务中心：**  
免费专线：800-820-3278  
400-820-3278（手机用户）

**联系我们：**  
[customer-cn@agilent.com](mailto:customer-cn@agilent.com)

**安捷伦科技化学分析消耗品服务热线：**  
800-820-3278 转 4

本文中信息如有变更，恕不另行通知。

© 安捷伦科技（中国）有限公司，2011  
2011年2月7日中国印刷  
5990-6970CHCN



**Agilent Technologies**