

生物可降解聚合物的 GPC/SEC 分析

应用文集

作者

Greg Saunders, Ben MacCreadh
安捷伦科技公司



目录

生物可降解聚合物的研究	3
合成聚合物	
聚乳酸羟基乙酸	4
聚己内酰胺	5
聚乙烯醇	6
聚乙二醇	7
天然聚合物	
天然橡胶	8
聚丙烯酸	9
壳聚糖	12
纤维素聚合物	13
羧甲基纤维素	13
羟乙基纤维素	14
甲基纤维素	15
醋酸纤维素	16
果胶类	17
生物可降解聚合物的更多安捷伦解决方案	19

生物可降解聚合物的研究

生物降解是指环境因素，如日光、温度变化或微生物作用而导致的物质降解。在聚合物科学和工程学中，设计能够发生生物降解的聚合物越来越重要，这主要基于两个原因：在体内能自然降解为无害产物的聚合物可以用于生物装置和药物输送系统，而在环境中能够降解的聚合物比传统的塑料更为“绿色”。

生物可降解性对于药物输送装置或体内临时结构（如缝线）所用材料来说非常关键。对于这些应用，机体自然降解这些材料的能力作为应用的一部分或应用后续过程的一部分，非常重要，从而使聚合物的去除成为自然发生降解的简单过程。医学科学的发展已为这类应用研究了许多物质。

垃圾填埋危机已经使生产无污染的聚合物包装和工程材料变得前所未有的重要。这些材料不但要具备其应用性能，也要能随着时间的流逝在环境中降解，这确实是个难题。

对这些材料来说，降解速率及其在自然环境中的寿命和性能，都与材料中聚合物链的长度相关，降解将使聚合物链断裂，缩短其长度。

凝胶渗透色谱（GPC，也称尺寸排阻色谱，SEC），作为众所周知的测定聚合物分子量分布的技术，是研究生物可降解材料的关键技术，它可用于预测材料降解速率，以及了解样品中是否存在已降解的聚合物链。

本应用手册介绍了对多种合成和天然生物可降解聚合物进行 GPC 分析的实例。

安捷伦科技公司生产范围最广泛的 GPC/SEC 色谱柱、标准品和仪器，是生物可降解聚合物分析的理想选择。

安捷伦的色谱柱稳定性最佳，可适用于有机和水相洗脱液、混合溶剂和高极性有机洗脱液，满足了生物可降解材料的多样性分析需求。安捷伦色谱柱有广泛的粒度和孔径可供选择，可与所研究材料的分子量相匹配，确保 GPC/SEC 实验获得最高质量的数据。

安捷伦 GPC/SEC 柱是市场上最耐用、最可靠的色谱柱，非常适用于对重现性分析要求极高的应用，如质量控制环境下的分析。

鉴于许多生物可降解材料需要在人体内使用，因此确保材料质量至关重要。

安捷伦还生产各种窄分散度标准品，其分子量分布得到极好表征，可用作生物可降解聚合物 GPC/SEC 分析的校正标准品。

除了非凡的色谱柱技术，安捷伦还提供市场上最全面的一体式 GPC/SEC

仪器，覆盖从室温直至 220 °C 的温度范围。

使用这些仪器可以开展任何形式的 GPC/SEC 实验，分析所有种类的生物可降解材料。仪器可选配多种检测器，如光散射检测器和粘度计，并提供可监测材料生物可降解性能的专用分析软件。

安捷伦全面的色谱柱和仪器产品无疑是您生物可降解聚合物分析的最佳选择。



窄分散度聚合物校正剂

合成聚合物

聚乳酸羟基乙酸

应用领域：药物输送

聚乳酸羟基乙酸共聚物在制药行业中具有广泛的应用。由于聚合物的分子量分布可以影响终产品的性质，所以开发和质量控制过程都需要对其进行分子量分布监测。

该共聚物极性很强，但可以溶于几种凝胶渗透色谱 (GPC) 溶剂，比如四氢呋喃 (THF) 和氯仿。

低沸点溶剂（如氯仿）容易受脱气效应影响，在使用示差折光检测时可能会使色谱图出现噪音和基线漂移。然而，安捷伦 380-ELSD 和安捷伦 385-ELSD（冷却的）蒸发光散射检测器却总能提供稳定的无漂移基线。而且，由于其蒸发原理，它可以避免色谱图中目标峰附近出现系统峰这一示差折光检测器的常见问题。安捷伦的 380-ELSD 和 385-ELSD 还能提供比示差折光检测更高的灵敏度。

聚乳酸羟基乙酸共聚物的分子量相对较低。

Agilent PLgel 5 μm MIXED-D 色谱柱柱效高 (>50000 塔板数/米)，分子量分离范围宽（高达 400000 道尔顿，相对于聚苯乙烯），是这类分析的首选色谱柱。

图 1 显示了聚乳酸羟基乙酸样品的典型原始数据色谱图。

色谱柱： 2 x PLgel 5 μm MIXED-D, 300 \times 7.5 mm (部件号 PL1110-6504)

洗脱液： 氯仿

流速： 1.0 mL/min

检测器： 安捷伦 ELSD

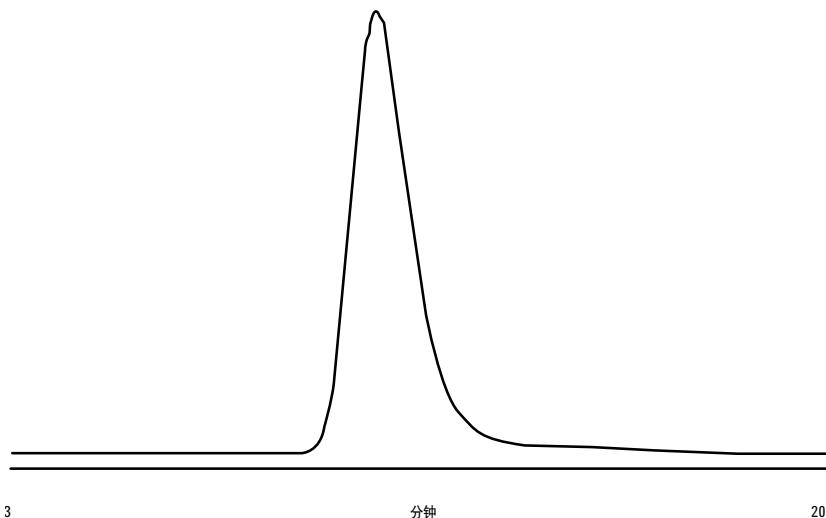


图 1. 聚乳酸羟基乙酸原始数据色谱图显示了典型的高斯分布峰形

聚己内酰胺

应用领域：药物输送

传统的药物输送系统，如口服避孕药，有很大的缺陷——活性成分的释放极不稳定，一般在摄入时呈现高剂量，随药物代谢其浓度稳步降低。这样的释放曲线效率太低。理想情况应该是，进入体内的活性化合物剂量在治疗期间都保持恒定。通过体外药物受控释放得到稳定的药物释放曲线是制剂研究的主要目标。聚己内酰胺是一种常见的生物可降解聚合物，在人机内可通过酯键的酶促断裂而发生降解。将活性药物包埋在聚己内酰胺基质内引入机体时，药物将随着聚合物基质的降解实现稳定释放。通过适当的包埋比例可以调节药物的释放速度。

控制生物可降解聚合物降解速度的关键参数是起始材料的分子量。平均分子量越高，生物降解速度越慢。采用凝胶渗透色谱（GPC）测定生物可降解聚合物的分子量分布，是研究聚合物控释药物的关键内容。下面的色谱图显示了用两根安捷伦 PLgel 5 μm MIXED-C 色谱柱分析 THF 中的聚己内酰胺的结果。聚合物洗脱峰为一宽峰，平均分子量为 80000 g/mol，多分散度为 2.5。

样品：	聚己内酰胺
色谱柱：	2 x PLgel 5 μm MIXED-C, 300 x 7.5 mm (部件号 PL1110-6500)
洗脱液：	THF (stabilized)
流速：	1.0 mL/min
进样体积：	200 μL
检测器：	RI

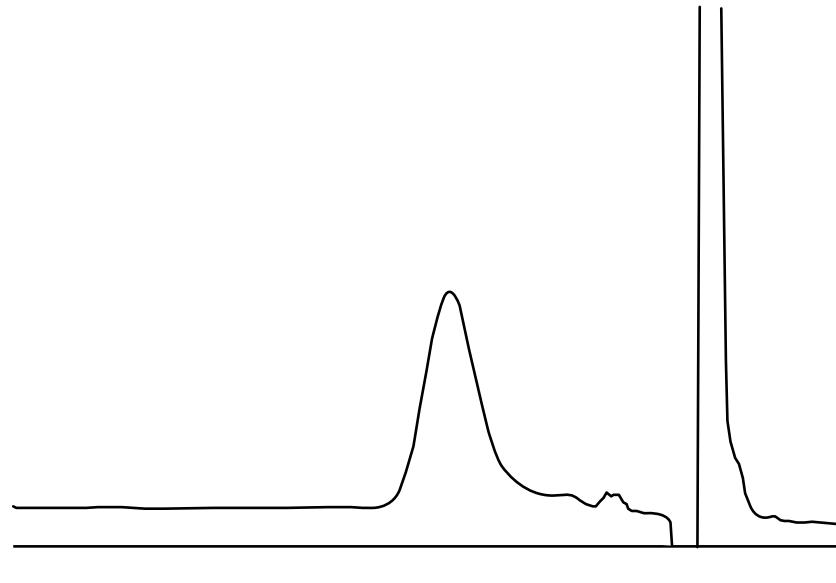


图 2. 含低分子量组分的聚己内酰胺样品的典型原始数据色谱图，有一个大的系统峰

聚乙烯醇

应用领域：粘合剂、表面活性剂、表面性质

全部或部分水解级的聚乙烯醇通常是根据其在溶液中的粘度而加以确定的。可以用水相 SEC 对这类聚合物的分子量分布进行表征。将水解度相同的三个样品的分子量分布进行重叠比较，这一简便的方法可以提供用于质量控制的材料指纹谱，与单一的粘度测量相比，能为生产控制和最终使用性能评价提供更多信息。

校正剂：普鲁蓝多糖
色谱柱：2 x Agilent PL aquagel-OH 40 8 μm , 300 x 7.5 mm (部件号 PL1149-6840)
洗脱液：0.25M NaNO_3 , 0.01M NaH_2PO_4 , pH 7
流速：1.0 mL/min
检测器：RI

表 1. 聚合物 GPC 结果和性能指标的相关性

样品	粘度 (mPa.s)	Mn	Mw
A	4.0	9771	29470
B	10.0	23339	80174
C	20.0	31210	102309

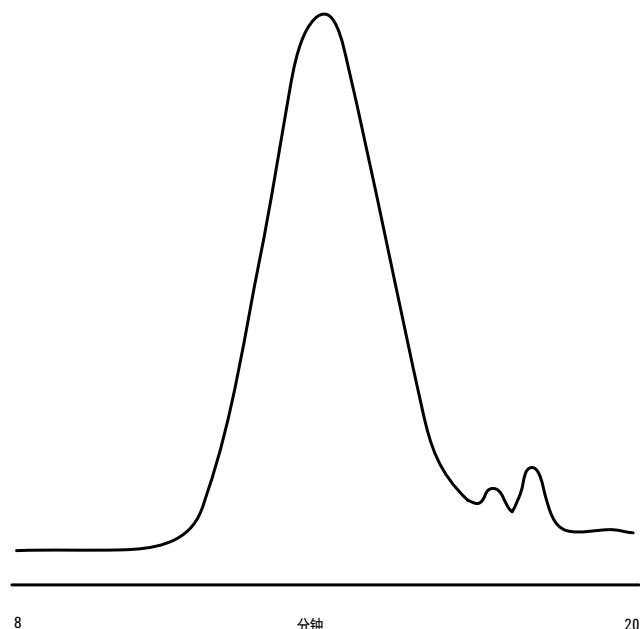


图 3. 原始数据色谱图 (样品 A) 显示低分子量组分与聚合物峰共存

聚乙二醇 (PEG)

应用领域：赋形剂、分散剂、防冻剂

聚乙二醇的惰性、水溶性、生物可降解性使其具有广泛的应用领域，从药物赋形剂、蛋白结合剂，到化妆品和防冻溶液。经活性聚合工艺生产，PEG 呈窄分子量分布，其物理性质可通过分子量控制。

Agilent PL aquagel-OH 30 8 μm 高效柱适用于相对低分子量的分离，低排阻限、高孔隙容量和高柱效 (>35000 塔板数/米) 使其具有最大分离度。

下面是一系列 PEG 样品的分离。

色谱柱: 2 x PL aquagel-OH 30 8 μm , 300 x 7.5 mm
(部件号 PL1120-6830)
洗脱液: 水
流速: 1.0 mL/min
检测器: RI

色谱柱: 2 x PL aquagel-OH 30 8 μm , 300 x 7.5 mm
(部件号 PL1120-6830)
洗脱液: 水
流速: 1.0 mL/min
检测器: RI

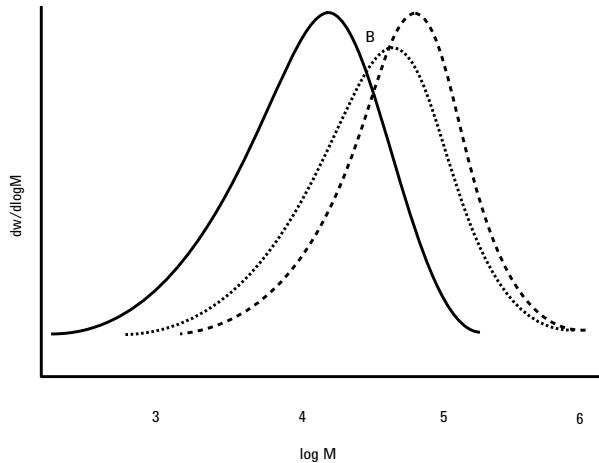


图 4. 三种具有完全不同物理性质的聚乙二醇的分子量分布实例

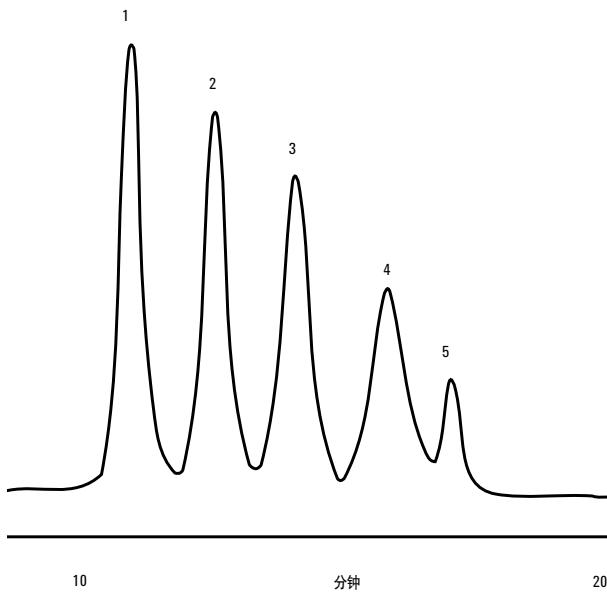


图 5. 五种校正用 PEG 样品得到了完全分离

天然聚合物

天然橡胶

应用领域：工程材料

作为一种产自树汁中的生物可降解聚合物，天然橡胶是在工业和日用产品中广泛使用的弹性高分子化合物。其在细菌作用下能够缓慢降解。

由于该聚合物中含有大量部分交联的“胶”，所以要制备 GPC 用的天然橡胶样品溶液往往非常困难。将一定量的洗脱液加到称量好的样品中，让其过夜膨胀并溶解，然后在进行 GPC 分析前滤除凝胶物质（ $0.5 \mu\text{m}$ 滤膜）。

在这种情况下，聚合物的实际浓度可能明显低于原配制浓度，这取决于样品中的凝胶含量，因此，检测器（通常为 RI）响应可能会相当差。ELSD 的灵敏度比 RI 高得多，可给这类应用提供更高的响应。另外，RI 常出现基线漂移，在实际峰响应很小时是个非常严重的问题。

而 ELSD 的基线总是非常平稳，再加上响应的提高，使其在 GPC 计算时能得到更可靠的基线和峰认定。

RI 的另一个问题是总渗透附近的系统峰非常敏感，在用洗脱液配制样品时常出现系统峰。这些系统峰可能会对天然橡胶样品中常见的低分子量成分造成干扰。使用 ELSD 可使这种情况得到很大改善，蒸发可消除系统峰，将未受干扰的样品峰留在添加物区域中。

色谱柱：3 x Agilent PLgel 10 μm
MIXED-B, 300 x 7.5 mm
(部件号 PL1110-6100)
洗脱液：甲苯
流速：1.0 mL/min
检测器：380-LC ELSD (雾化温度=60 °C,
蒸发温度=100 °C, 载气=1.6 SLM)

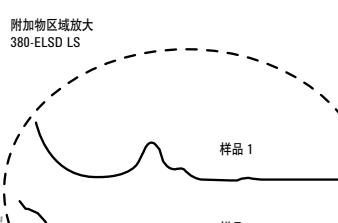
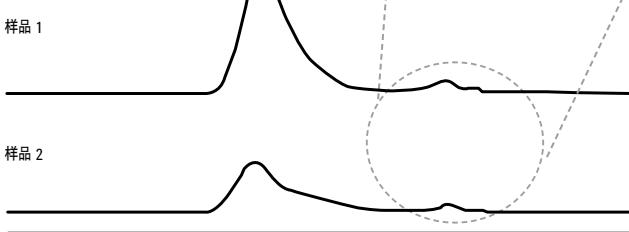


图 7. 消除系统峰，显露真正的样品峰

采用蒸发光散射检测分析天然橡胶



采用示差折光检测分析天然橡胶

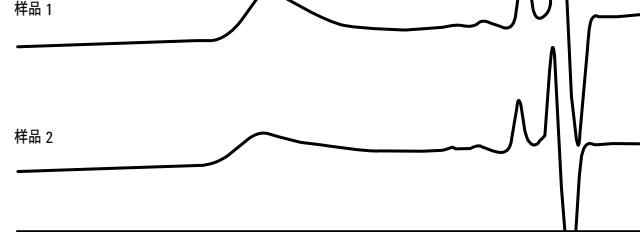


图 6. RI 检测的样品 1 和 2 (右) 受基线漂移和系统峰影响，而用安捷伦 ELSD 分析样品时 (左)，ELSD 更高的灵敏度确保了更大的样品响应，更好的色谱分离，从而提高了结果的可信度

聚丙烯酸

应用领域：胶黏剂、水处理

聚丙烯酸是有许多工业用途的生物可降解水溶性聚合物，包括作为强吸水剂（如用于一次性尿布中）、在水处理中作为金属离子清除剂，以及在镀膜前处理金属表面等。

这种材料的分子量分布（MWD）是一个的重要参数，因为它对该聚合物的最终使用性质有很大影响。水相 SEC 是测定聚丙烯酸 MWD 的理想分析工具。由于聚丙烯酸是高分子电解质，必须谨慎选择 SEC 条件。在下面的 SEC 分析中，使用了高电解质含量的缓冲流动相，以最大限度地减少非排阻效应。

选择 Agilent PL aquagel-OH MIXED-H 柱以在宽分子量范围内提供良好的分离度。用安捷伦聚氧化乙烯（PEO）EasiVial 标准品对色谱柱进行校正，见图 8。

色谱柱： 2 x PL aquagel-OH MIXED-H 8 μm , 300 x 7.5 mm

(部件号 PL1149-6800)

洗脱液： 0.2M NaNO_3 + 0.01M NaH_2PO_4 , 将 pH 调至 7

流速： 1.0 mL/min

进样体积： 200 μL

样品浓度： PEO 标准品：0.1-0.5 mg/mL

聚丙烯酸：约 0.2% w/v

检测器： RI

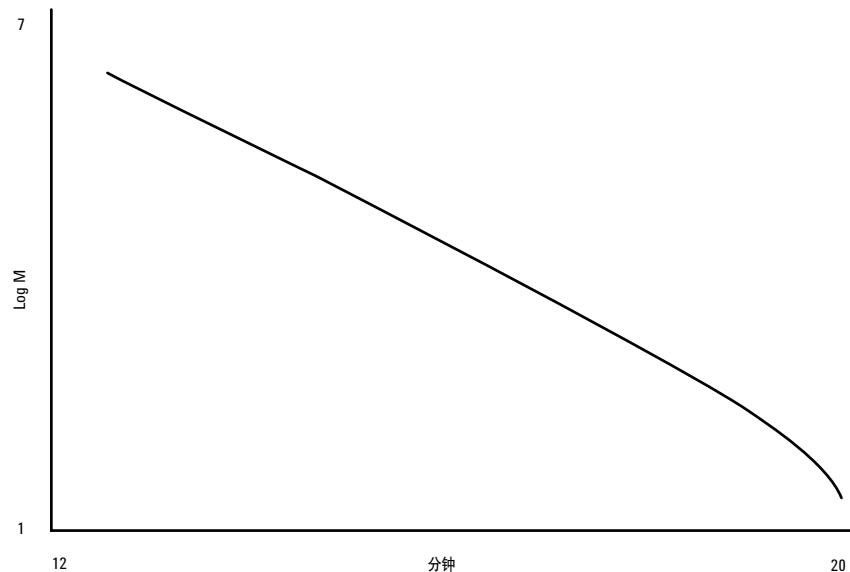


图 8. 用 PEO EasiVial 标准品进行 PL aquagel-OH MIXED-H 8 μm 色谱柱校正，显示保留时间与分子量对数之间的关联

EasiVial 标准品

EasiVial 标准品为绘制水相 SEC 柱宽分子量范围（通常为 100 到 1200000 g/mol）的校正曲线提供了快速而方便的工具。每瓶含四种高表征、窄分散度标准品的混合物。生产过程中严格控制了各个标准品的量，使其可以提供 SEC 粘度检测所需要的精确浓度。

各 PEO EasiVial 的示差折光色谱图见图 9。

对三种聚丙烯酸样品（A、B 和 C）进行了色谱分离，并比较了其分子量分布，见图 10。

样品 A 的分子量分布明显高于样品 B 和 C，而后两者相近。因此，可以预测样品 A 与其他两个样品的流变性能明显不同。对样品的进
表 2. 三个聚丙烯酸样品平均分子量的比较

样品	Mn (g/mol)	Mw (g/mol)	PD
A	33450	89430	2.67
B	7990	14930	1.87
C	7880	13490	1.71

一步观察发现，样品 A 明显比 B 和 C 更粘，而后两者相似。另外，还发现样品 A 的 MWD 为双模态，提示该样品可能是一种以上组分的混合物。总之，我们鉴别出了聚丙烯酸的分子量分布差异，并通过对样品粘度进行视觉观察证实了这些差异。

色谱柱： 2 x PL aquagel-OH MIXED-H 8 μm , 300 \times 7.5 mm (部件号 PL1149-6800)
洗脱液： 0.2M NaNO₃ + 0.01M NaH₂PO₄, 调节 pH 至 7
流速： 1.0 mL/min
进样体积： 200 μL
样品浓度： PEO 标准品：0.1-0.5 mg/mL
聚丙烯酸：约 0.2% w/v
检测器： RI

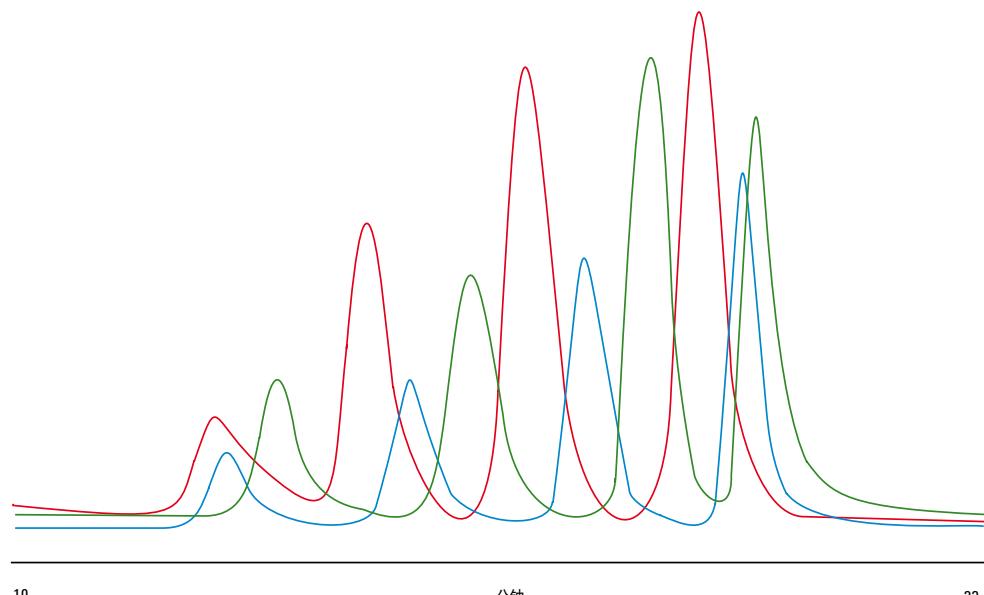


图 9. 用于校正的 PEO EasiVial 标准品色谱图示例

色谱柱: 2 x PL aquagel-OH MIXED-H 8 μm , 300 x 7.5 mm (部件号 PL1149-6800)
洗脱液: 0.2M NaNO_3 + 0.01M NaH_2PO_4 , 调节 pH 至 7
流速: 1.0 mL/min
进样体积: 200 μL
样品浓度: PEO 标准品: 0.1-0.5 mg/mL
聚丙烯酸: 约 0.2% w/v
检测器: RI

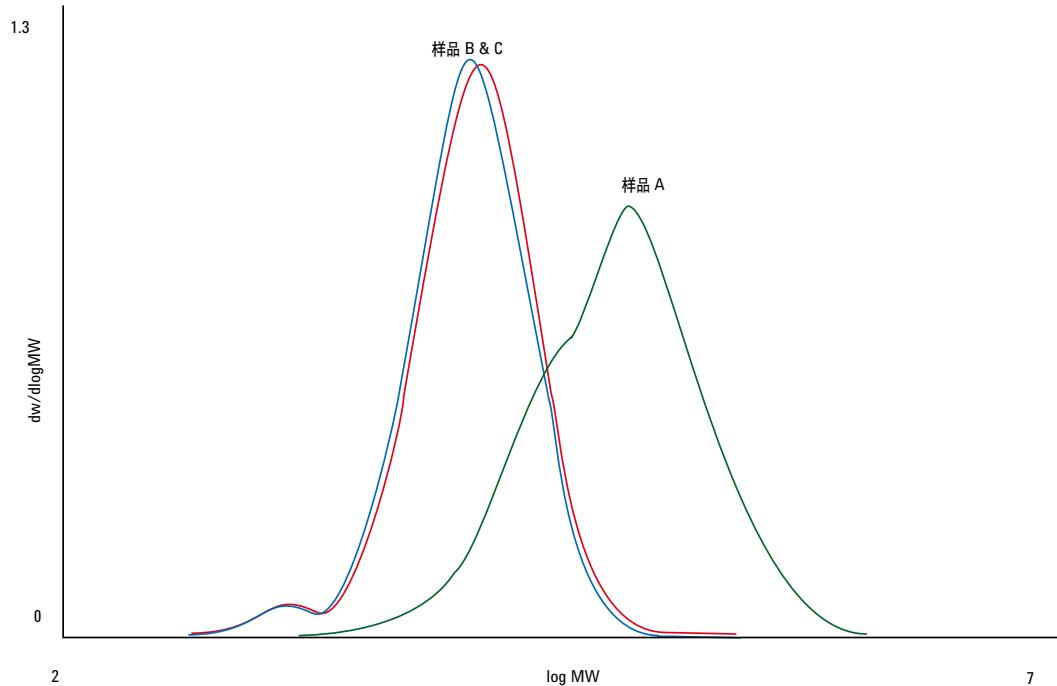


图 10. 三种聚丙烯酸样品的分子量分布显示样品 A 与其他两种 (B 和 C) 之间存在明显差异

壳聚糖

应用领域：药物输送、造纸

壳聚糖是天然多糖，由几丁质碱性 N-脱乙酰生成，被认为是继纤维素后的第二大生物材料。壳聚糖一词并不是指特定的化合物，而仅代表各种比例的含几丁质和壳聚糖单体乙酰化单元的共聚物系列。

壳聚糖在酸性溶液中的阳离子性质与其他多糖不同，后者通常是中性或带负电荷的，这使人们对壳聚糖产生了极大兴趣。壳聚糖的应用领域包括生物医学（如创伤愈合、烧伤治疗，以及作为止血剂）、造纸、纺织品表面材料、摄影产品、粘合剂、重金属螯合剂和垃圾处理等。

通过 GPC/SEC 测定 MW 和 MWD 可用于产品的质量控制。不同的分子量适用于不同的应用领域。

用一套 $2 \times PL\ aquagel-OH\ MIXED\ 8\ \mu m$ 色谱柱对三个级别的壳聚糖进行了分析。这些色谱柱可提供宽分子量范围（相对于 PEO/PEG 高达 10000000）的分离。

由于样品具有阳离子性质，用强酸进行样品制备，放置过夜助溶。在低 pH 的 0.5M 硝酸钠中进行分析。

三个壳聚糖样品的原始数据色谱图和平均分子量（Mw）见下图。

用窄分布的普鲁蓝多糖标准品进行系统校正，得到的校正曲线见下图。

色谱柱: $2 \times PL\ aquagel-OH\ MIXED-H\ 8\ \mu m, 300 \times 7.5\ mm$
(部件号 PL1149-6800)
洗脱液: $0.5M\ NaNO_3, 0.01M\ NaH_2PO_4, pH\ 2$
流速: $1.0\ mL/min$
检测器: RI

色谱柱: $2 \times PL\ aquagel-OH\ MIXED-H\ 8\ \mu m, 300 \times 7.5\ mm$
(部件号 PL1149-6800)
洗脱液: $0.5M\ NaNO_3, 0.01M\ NaH_2PO_4, pH\ 2$
流速: $1.0\ mL/min$
检测器: RI

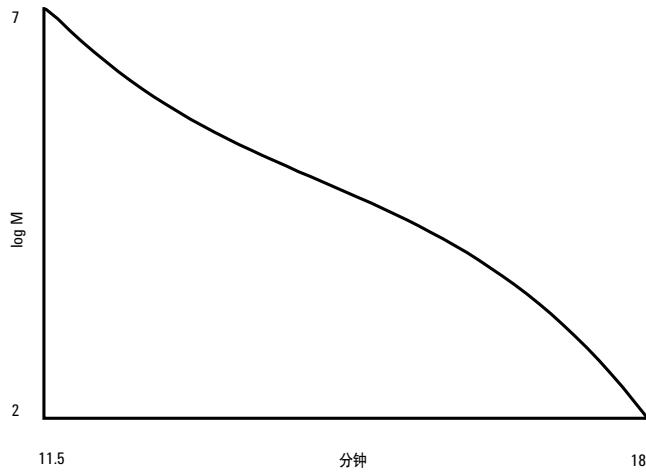
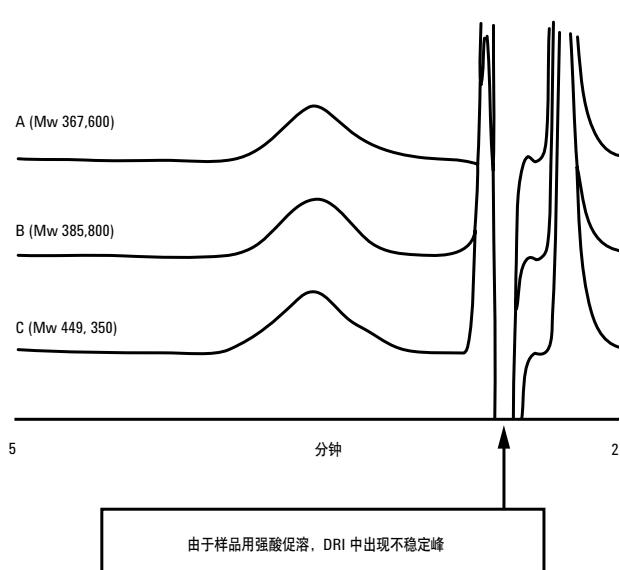


图 12. SEC 校正曲线显示 $PL\ aquagel-OH\ MIXED-H\ 8\ \mu m$ 色谱柱组合的分离范围

图 11. 三种壳聚糖样品的原始数据色谱图显示因溶解条件而造成的不稳定峰形

纤维素聚合物

应用领域: 增稠剂和粘度调节剂

纤维素是植物中最丰富的成分，可用于制造各种有用的生物可降解材料。

羧甲基纤维素 (CMC) 是一种纤维素衍生物，纤维素吡喃葡萄糖单体上的部分羟基被改性为羧甲基团。CMC 在食品工业中用作增稠剂，其 E 代码为 E466，在冰激凌中用于稳定乳状物。它还是牙膏和水性涂料等许多非食品产品的组成成分。羟乙基纤维素是部分羟基被取代为乙基链，在化妆品、洗涤液和其他日用品中被用作胶化剂和增稠剂。

羧甲基纤维素

校正剂:	普鲁蓝多糖
色谱柱:	2 x Agilent PL aquagel-OH 60 8 μm , 300 x 7.5 mm (部件号 PL1149-6860) 1 x PL aquagel-OH 40 8 μm , 300 x 7.5 mm (部件号 PL1149-6840)
洗脱液:	0.5M Na_2SO_4
流速:	1.0 mL/min
检测器:	RI

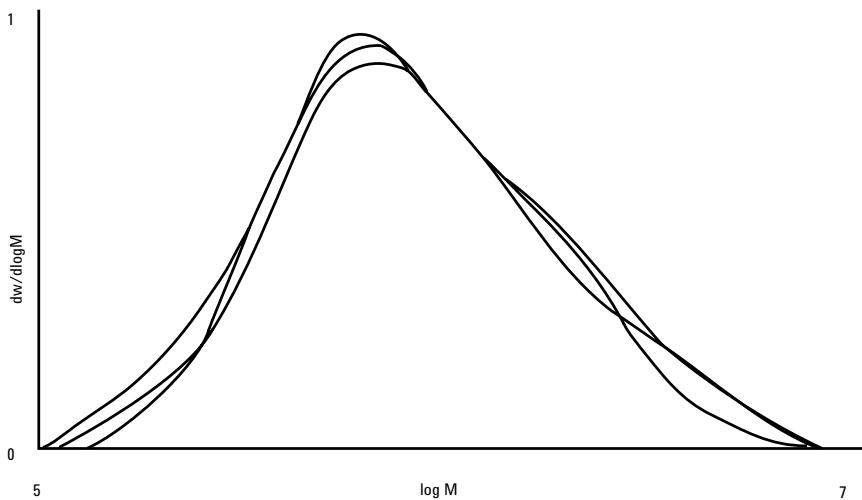


图 13. 三种羧甲基纤维素样品的分子量分布示例，样品间略有不同

羟乙基纤维素

两种测量方法之间的相关性良好，说明确保样品质量时 GPC 是替代粘度测定的可行技术。

表 3. 羟乙基纤维素粘度数据和 GPC 结果的相关性

	A	B	C
粘度范围 (cps)	75-112	250-324	1500-2500
Mn	60300	413000	914000
Mw	179000	849000	2016000
Mz	39000	1552000	3422000

校正剂：普鲁蓝多糖
色谱柱：2 x PL aquagel-OH 60 8 μm , 300 x 7.5 mm (部件号 PL1149-6860)
1 x PL aquagel-OH 40 8 μm , 300 x 7.5 mm (部件号 PL1149-6840)
洗脱液：0.05M NaH_2PO_4 , 0.25M NaCl, pH 7
流速：1.0 mL/min
检测器：RI

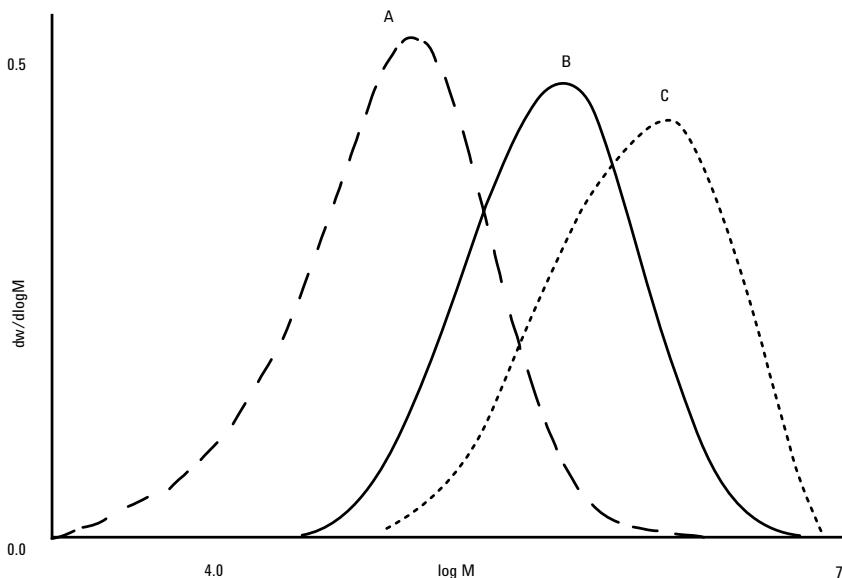


图 14. 性质极为不同的 A、B、C 三个样品的分子量分布

甲基纤维素

应用领域：乳化剂、治疗便秘

表 4. 甲基纤维素粘度数据与 GPC 结果的相关性

	A	B
粘度范围 (cps)	85-115	4000-6000
Mn	131000	484000
Mw	369000	1023000
Mz	691000	1884000

粘度数据和平均分子量之间呈良好的相关性。

校正剂：普鲁蓝多糖
色谱柱：2 x PL aquagel-OH 60 8 μm , 300 x 7.5 mm (部件号 PL1149-6860)
洗脱液：1 x PL aquagel-OH 40 8 μm , 300 x 7.5 mm (部件号 PL1149-6840)
洗脱液：0.05M NaH_2PO_4 , 0.25M NaCl , pH 7
流速：1.0 mL/min
检测器：RI

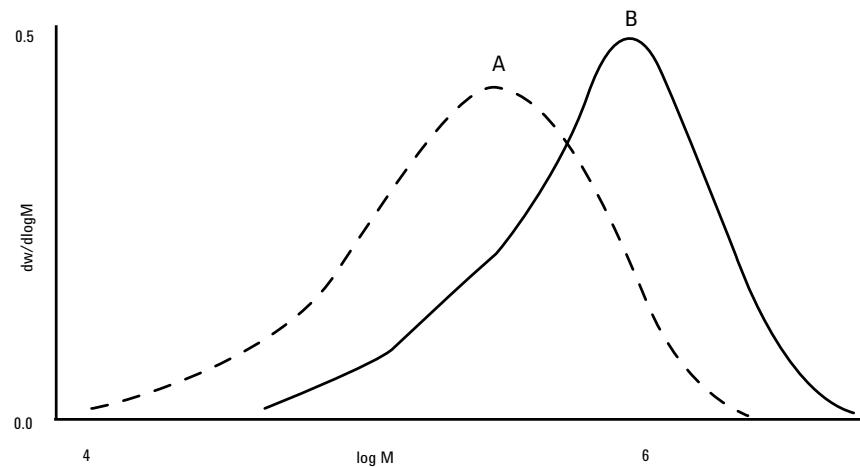


图 15. 性质极为不同的两个甲基纤维素样品的分子量分布

醋酸纤维素分析

应用领域：摄影胶片基、胶黏剂、合成纤维

醋酸纤维素广泛用于摄影和包装行业，只溶于少数的几种溶剂。这里，通过加入二甲基乙酰胺后对样品溶液进行轻微加热并搅拌，实现了样品溶解。洗脱液中加入氯化锂，以对抗多电解质效应。

色谱柱: 3 x PLgel 10 μm MIXED-B, 300 \times 7.5 mm (部件号 PL1110-6100)

洗脱液: DMAc+0.5% LiCl

流速: 1.0 mL/min

上样: 0.2% w/v, 100 μL

温度: 60 °C

检测器: GPC (RI)

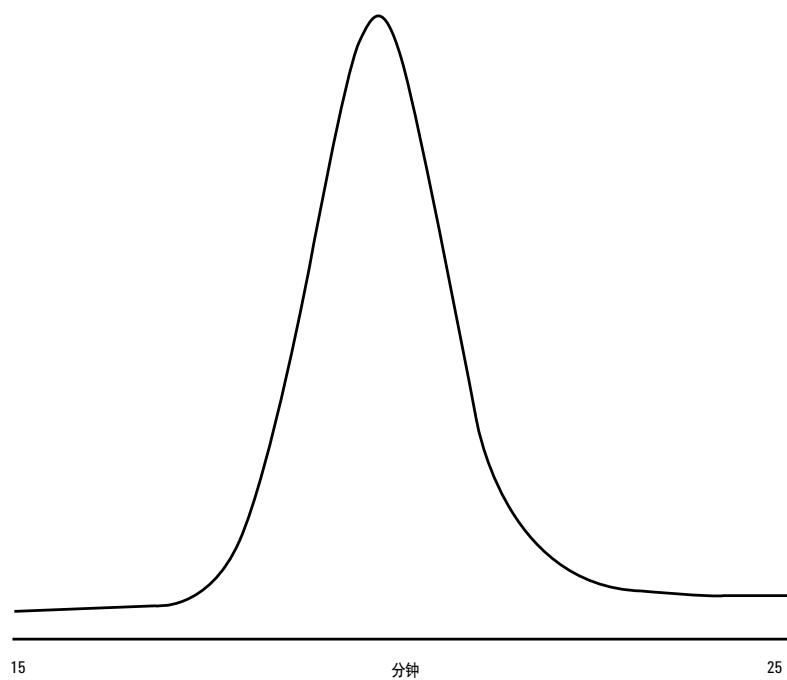


图 16. 醋酸纤维素样品分析的色谱图显示典型的聚合物峰形

果胶类

应用领域：食品胶凝剂

果胶是在天然水果（如苹果、李子、葡萄和酸莓）中发现的一类多糖树胶。果胶的结构非常复杂，包含“平滑”和“毛刺”区。平滑区为线性部分甲基化的聚(D-半乳糖醛)酸，毛刺区为交替的L-鼠李糖和D-半乳糖醛酸残基，含多达20个残基的L-阿拉伯糖和D-半乳糖支链。果胶的这种异质性使其在溶液中呈复杂结构。

果胶的应用与羧酸基氢键交联的形成有关，用作胶凝剂、增稠剂和水胶等。三重检测尺寸排阻色谱法使用浓度检测器、粘度检测器和光散射检测器，从而不必依赖色谱柱校正即可对聚合物的分子量分布和分子结构进行评估。这在分析无结构相似标准品可用的复杂物质时可能非常重要。

在本应用中，采用Agilent PL-GPC 50一体式GPC系统，配备示差折光检测器，Agilent PL-BV 400四毛细管桥粘度计和Agilent PL-LS 15/90双角度光散射检测器（采集15°和90°散射光），在30°C下分析了一个果胶样品。使用两根PL aquagel-OH MIXED 8 μm柱，用200 μL进样定量管，以0.2M NaNO₃、0.01M NaH₂PO₄缓冲液（调节pH至7）作为洗脱液进行分析。样品用洗脱液准确配制为2 mg/mL，进样前用0.45 μm一次性滤膜过滤。为了进行光散射计算，样品使用平均dn/dc值。

图17显示了果胶样品三种检测器的重叠色谱图。示差折光和光散射检测器得到的色谱图清晰地呈现出结构异质性材料应有的多模态。

色谱柱：2 x PL aquagel-OH MIXED 8 μm, 300 x 7.5 mm (部件号 PL1149-6800)

洗脱液：0.2M NaNO₃ + 0.01M NaH₂PO₄, 调节pH至7

流速：1.0 mL/min

进样体积：200 μL

检测器：PL-GPC 50, RI, PL-BV 400, PL-LS 15/90

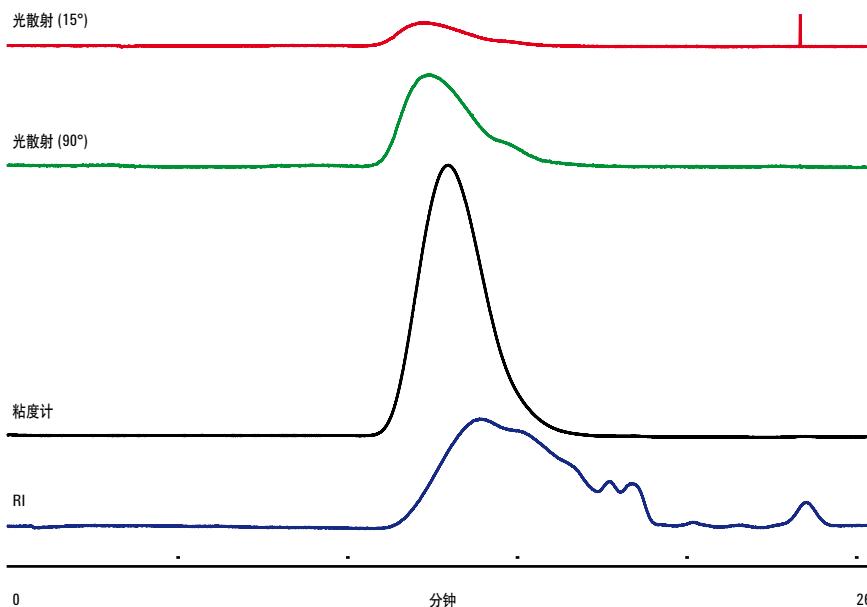


图17. 果胶样品多检测器重叠色谱图显示了不同检测器的不同响应

通过粘度和光散射数据，得到了果胶的 Mark-Houwink 曲线（ \log 特征粘度对 $\log M$ 作图）和构象（ \log 旋转半径对 $\log M$ 作图）曲线，在图 19 中重叠显示。

在某种程度上，Mark-Houwink 和构象曲线在整个分子量分布范围内呈现弯曲，提示由于“平滑”和“毛刺”区相对量的变化，使分子密度随着分子量发生变化。本应用介绍了如何应用新的 PL-GPC 50 通过多检测器 GPC 对结构复杂但商业上重要的材料进行分析。

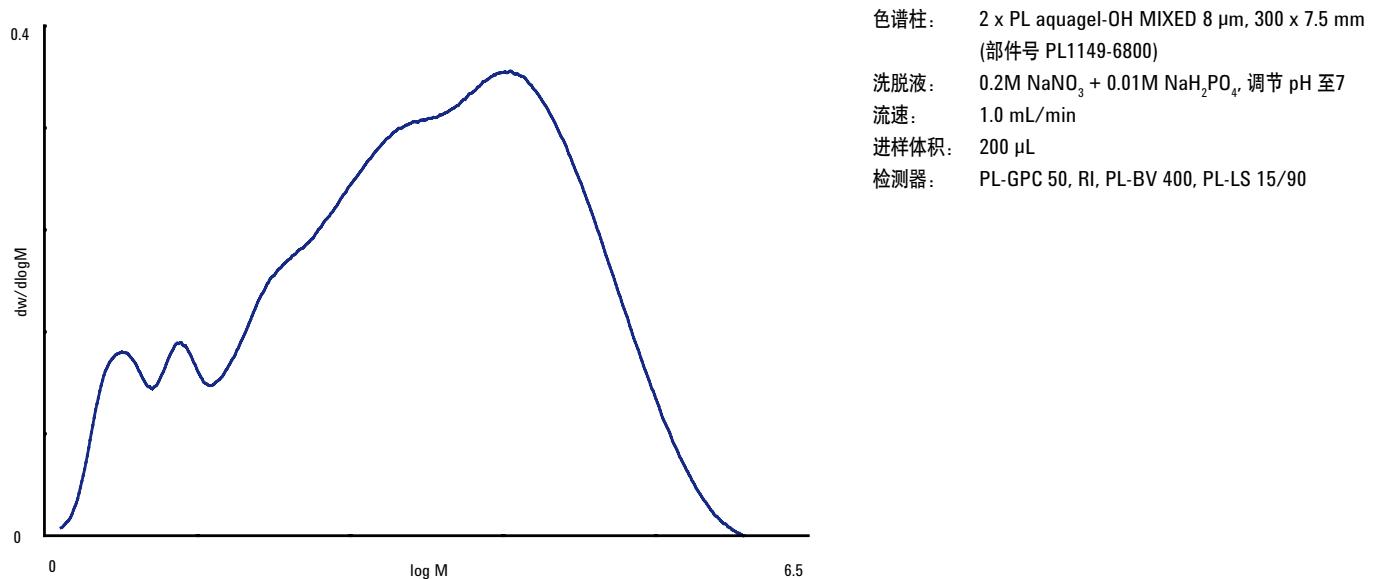


图 18. 计算的果胶分子量分布呈复杂形状

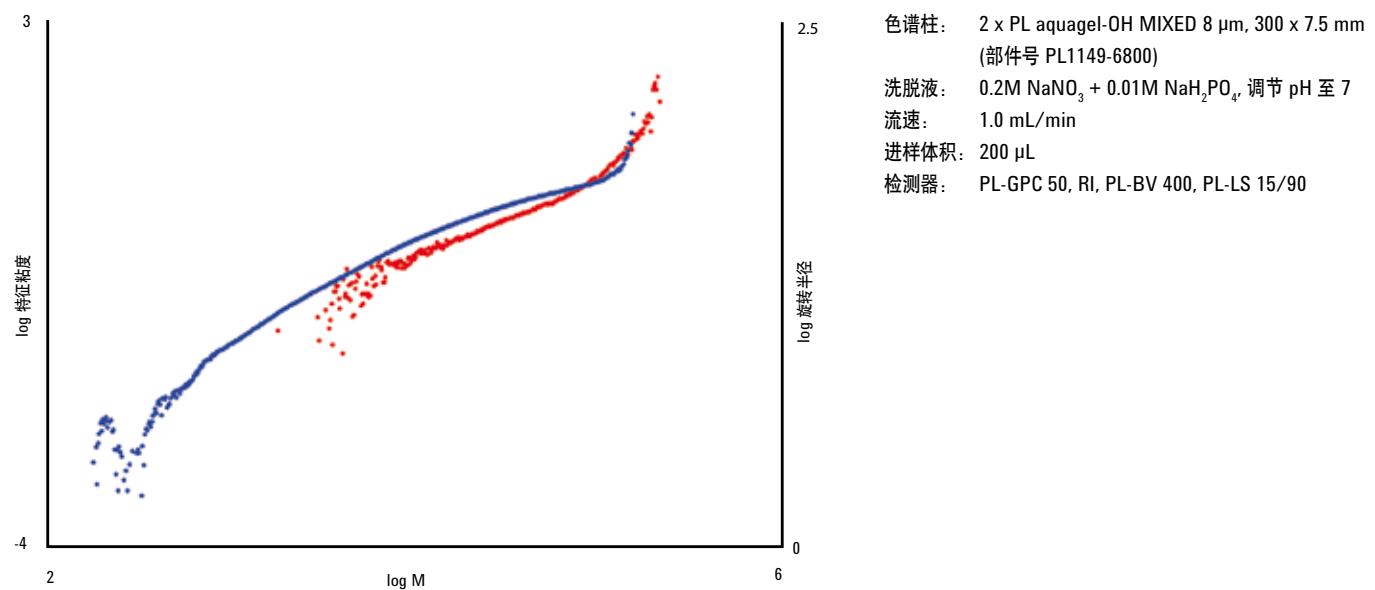


图 19. Mark-Houwink 和构象数据显示两种物质间存在结构差异

生物可降解聚合物的更多安捷伦解决方案

UV-Vis-NIR 光谱

安捷伦 Cary 分光光度计系列对于想扩展分光光度计测量能力的研究者来说，可作为检测标准，也同样适用于可靠性和使用简便性极为重要的常规实验室。

荧光光谱

Cary Eclipse 荧光分光光度计以超低价格提供了您所期待的 Cary 系列仪器的高性能。

FTIR 光谱

采用安捷伦 FTIR 分光光度计和显微镜可轻松完成聚合物组成分析，能从极小样品区域提取特征化学信息。

拉曼光谱

拉曼光谱可提供组成生物可降解聚合物的化学成分的定性和定量信息。

X-射线晶体学

X 射线晶体学早在 20 世纪 50 年代即被用于破解 DNA 聚合蛋白的结构。在那个年代，假使 Rosalind Franklin 能够使用安捷伦 SuperNova 系统——最高质量和最可靠的衍射仪，历史将会怎样改写？

核磁共振

安捷伦 NMR 系统以集成化方式工作，提供了实施大量不同实验的无可比拟的灵活性。

溶出释放速率测试

安捷伦的系列溶出仪广泛用于制药行业中各种支架、膏药、胶囊和膜的测定。



安捷伦 Cary 600 FTIR 系列在实际环境条件下提供了最好的分析性能

安捷伦的 SuperNova 是现代晶体学研究和领先的分析服务实验室的理想衍射仪

[了解如何提高您的生物可降解聚合物分析水平](#)

安捷伦 GPC/SEC 产品：

www.agilent.com/chem/gpcsec:cn

查找当地的安捷伦客户中心：

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

在线询价：

www.agilent.com/chem/quote:cn



www.agilent.com/chem/cn

本文中的信息、说明和指标如有变更，恕不另行通知。

© 安捷伦科技（中国）有限公司, 2010

2010 年 10 月 15 日, 中国印刷

5990-6920CHCN



Agilent Technologies