

流变仪
动态力学分析仪

MCR 702
MultiDrive™

CTD

600



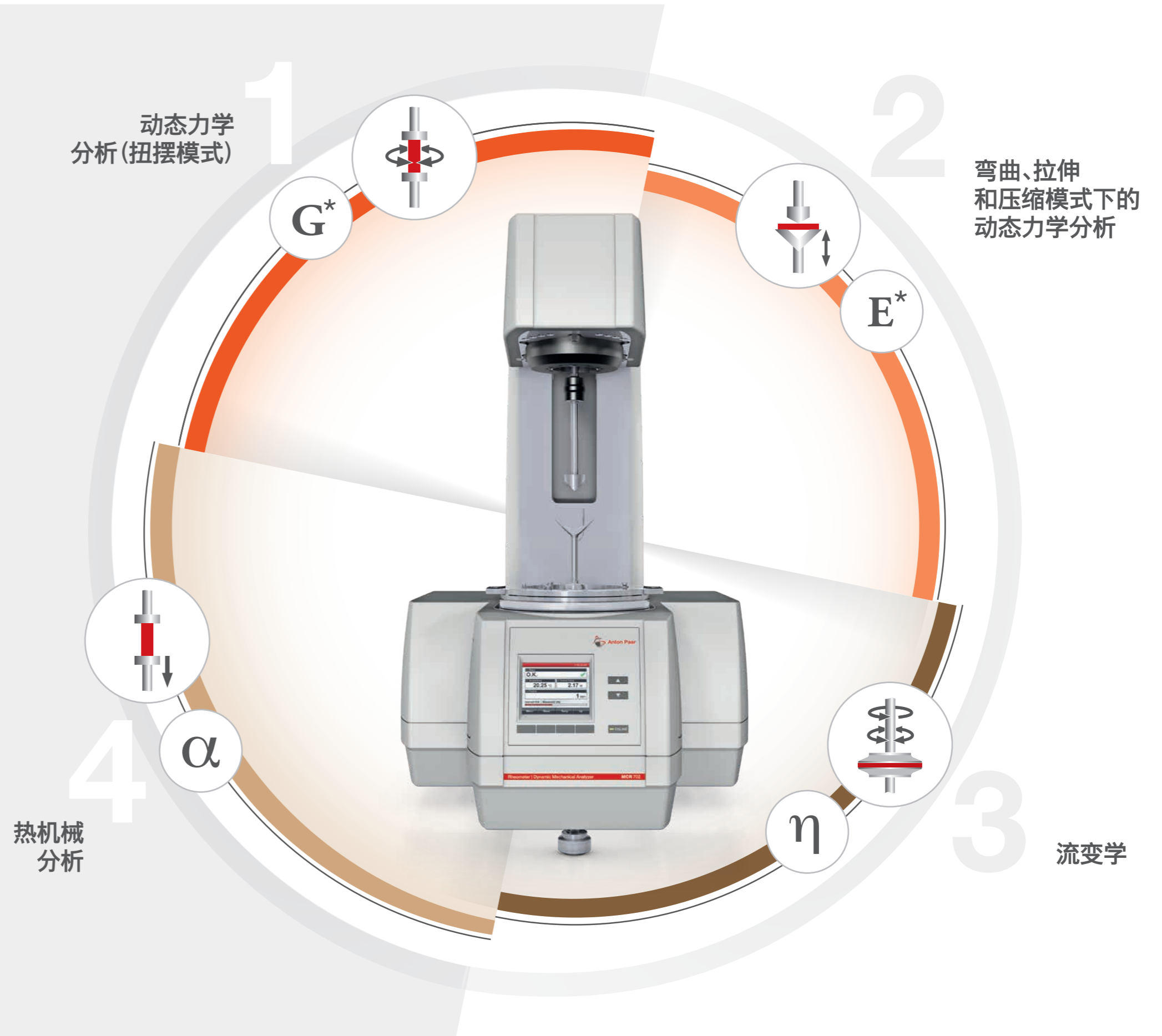
DMA 以及更多

功能最丰富的动态力学特性分析平台

MCR 702 Multi μ D™ 是市场上一个用途多样且功能强大的平台,适用于对液体、软固体和固体样品进行动态力学分析 (DMA)。该设备采用全新的线性马达和 MCR 流变仪中著名的 EC 马达技术。利用这款一流的线性马达,您可以使用一个仪器在拉伸、弯曲和压缩模式下进行 DMA 以及热机械分析 (TMA)。

此外,凭借安东帕已获认可的 MCR 流变仪系列产品中著名的同步 EC 马达技术,您可以进行扭摆方向的测量。这样,扭摆模式下的 DMA 以及所有流变测量均可实现最高精度。

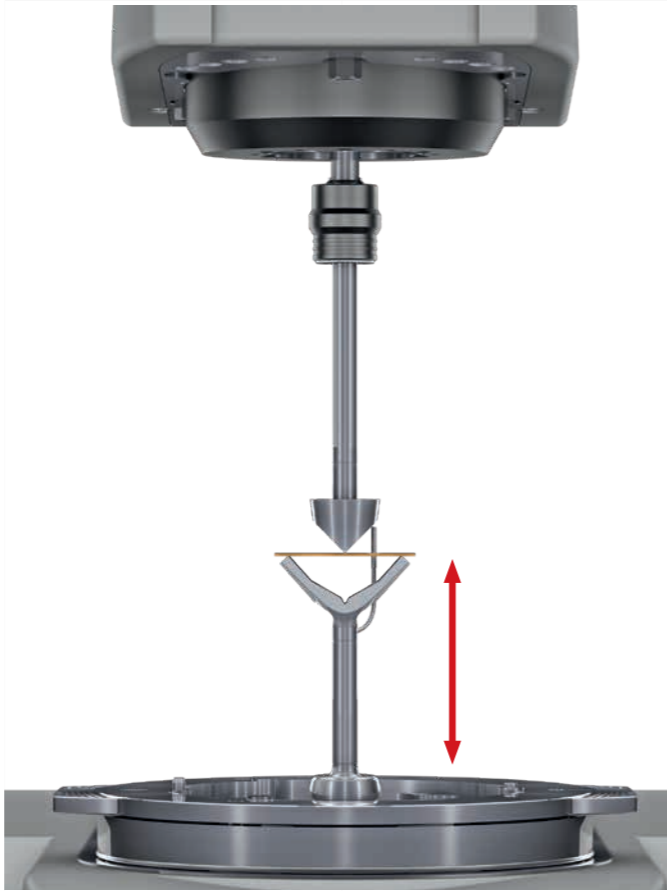
这个无与伦比的四合一功能配合多功能软件 RheoCompass™ 为动态力学材料特性分析开创了全新的可能性。





多种测量模式

通过上部同步 EC 马达与下部动磁线性驱动组合, MCR 702 Multi μ D™ 是全球首款适用于扭摆和线性方向动态力学测量、热机械分析以及基于空气轴承流变仪的多种流变测量模式的设备。安东帕产品为工业应用和科学研究提供了充分灵活性。利用 MCR 702 Multi μ D™, 您可以用选择的方法分析从固态到液态的各种材料的特性并获得最可靠的结果。

选择最符合要求的测试模式

线性驱动	旋转驱动
线性驱动的作用	
	
<p>在该模式下, 旋转驱动置于一个固定位置, 而线性驱动则用于控制力或位移。配合测量系统(如三点弯曲测量系统、单悬臂、双悬臂、拉伸模式下的 DMA 夹具或压缩模式下的 DMA 夹具)使用时, 该模式适用于进行尽可能精确的'传统'动态力学分析。此外, 您还可以在该模式下执行蠕变和恢复测试、恒定应力或应变测量以及热机械分析。</p>	

线性驱动	旋转驱动
旋转驱动的作用	
	
<p>在该模式下, 线性驱动被置于一个固定位置, 而旋转驱动则用于控制剪切应变或剪切应力。与可用夹具联合使用时, 如固体圆形和矩形夹具(SCF, SRF)以及平行板或锥板夹具, 该选项可为进行动态力学分析(拉伸模式)和流变测量开创新的可能性。</p>	

旋转驱动
单驱动测试模式

<p>在该模式下, 去除了线性驱动, 测量设备用作传统的旋转流变仪。去除了线性马达单元的设备可以装配任何测量系统、控温系统和/或安东帕 MCR 系列现有的专用附件, 以便对您的样品进行标准和复杂的流变分析。除了线性驱动, 可在下面安装第二个旋转驱动, 以利用流变仪的所有测量模式进行高级流变测量。</p>

关键功能

在 DMA 和流变测量中实现最高灵活性的先进理念

在一个测量设备中整合线性驱动和旋转驱动不仅可实现线性 and 扭摆方向的真正动态力学分析,而且还可以进行流变测量,以获得最符合您材料应用要求的特定类型的特性分析信息。

独特的马达设计—空气轴承技术

由于其独特设计,线性 and 旋转驱动的空气轴承都可为动态力学分析和各种流变测量提供极高的灵敏度,与高品质 MCR 流变仪系列一样。

精确的力测量和较大的位移范围

由于动磁马达采用优化设计并选用高级材料,线性驱动具有最低的磁滞性。这样就可以在最大 40 牛顿的力范围内进行高精度测量,以便在 9.4毫米位移范围内以最高精度表征软硬材料,这正是用于拉伸测试的优势所在。

以最高分辨率测定位移

测量设备中采用线性光学编码器来测定位移。这种光学技术可在亚纳米范围内以高分辨率进行稳定的应变测量。

优化的测量系统,确保结果的高度可再现性

这种创新型设计—通过计算流体动力学 (CFD) 进行了优化—可确保样品内部的温度梯度可以忽略不计,从而实现可靠的高精度结果。每个测量系统都包括一个集成的温度传感器,置于靠近被夹样品的位置,以便测量样品的实际温度,并在整个温度范围内实现最高可再现性。

所有附件均可轻松安装,并自动配置

更换测量系统时,使用经过验证的 QuickConnect 连接器,操作更加简便,因为无需使用螺纹,也无需进行任何额外的调准程序。Toolmaster™ 是一款非接触全自动工具识别和配置系统,用于识别所有可用于 MCR 702 MultiDrive™ 的测量系统。这样就可以节省更换测量系统和附件的时间,并防止出错,同时无需在软件中手动输入当前使用的配置或复杂的测量系统数据。

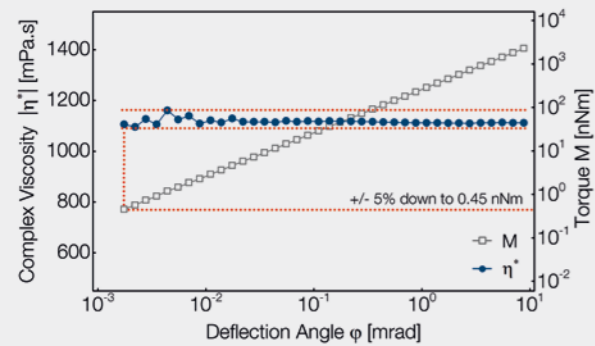


独特的马达技术— 实现最高精度的关键

旋转驱动

基于同步 EC 马达

- 转子配备永磁体材料 ①
- 线圈会在定子中产生磁极
- 线圈中输入电流的旋转运动使转子产生无摩擦的同步运动
- 由轴向②和径向③空气轴承固定,既可在 DMA 模式下对高刚度样品进行特性分析,也可以进行低扭矩流变测量。



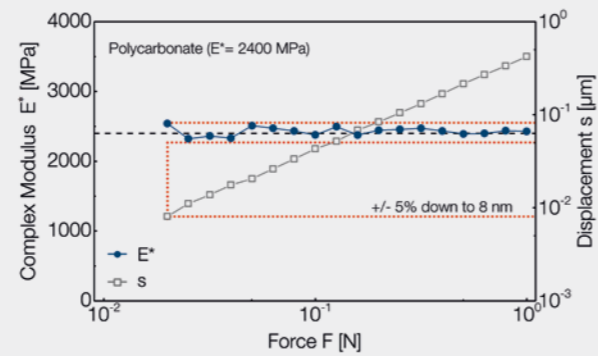
测量方面的优势

- 定子电流与扭矩之间的线性关系可实现低至 0.5 纳牛顿米的扭矩精确测量, (参见上图)
- 高热稳定性, 马达中无热量产生和温度引起的信号漂移, 永久扭矩高达 230 毫牛顿米
- 瞬时产生的磁场可快速控制扭矩

线性驱动

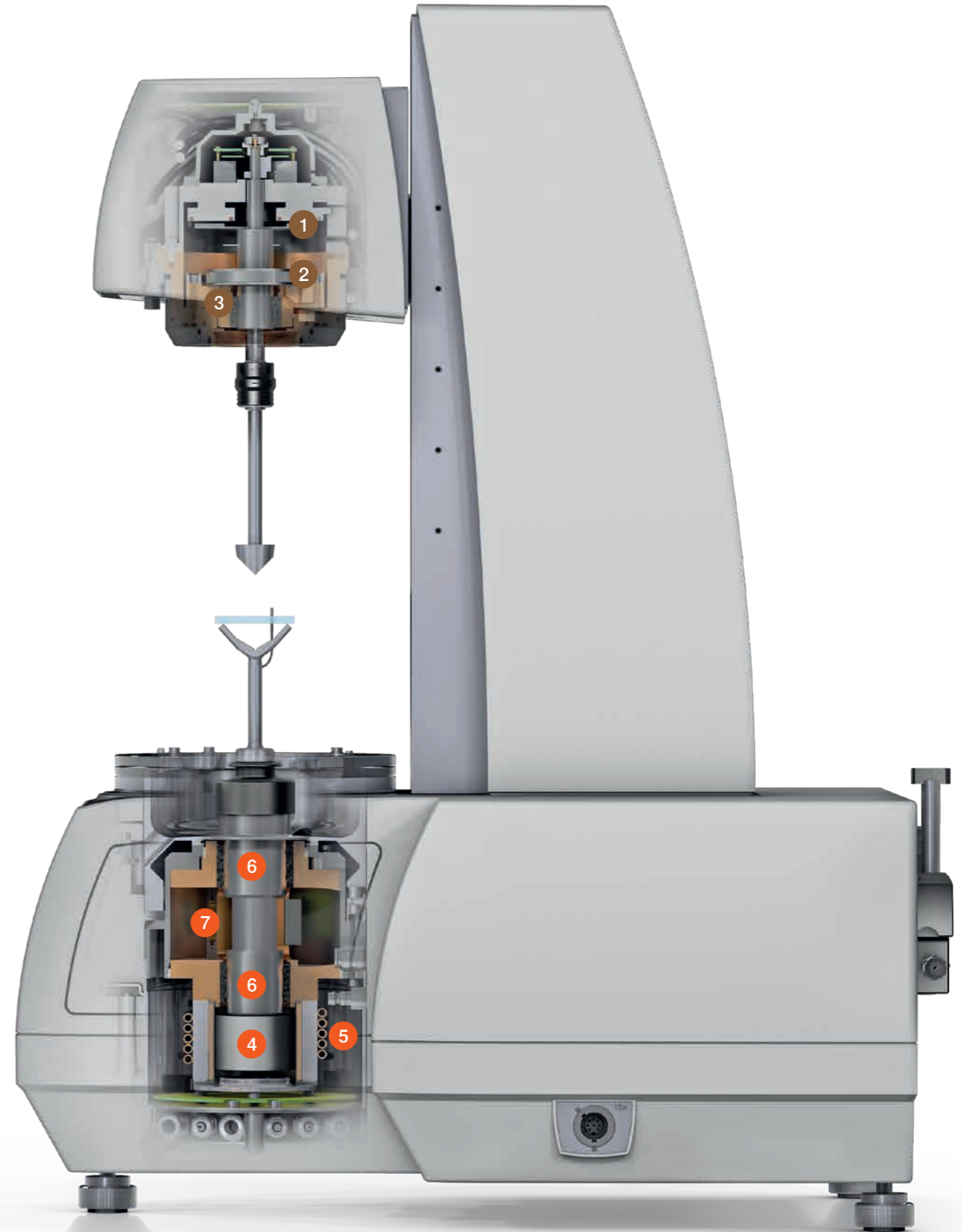
基于动磁马达

- 装有永磁体的轻型传动轴④
- 定子线圈⑤会产生一个磁场, 并影响传动轴的轴向运动
- 由于独特的磁场技术, 只需最低电流即可实现位移, 且可使用光学编码器测量位移。
- 由径向⑥和扭转⑦空气轴承固定, 既可在拉伸、弯曲和压缩模式下进行 DMA 低力度测量, 也可在拉伸模式下对高刚度材料进行 DMA 分析



测量方面的优势

- 磁场技术可确保力的测量具有出色的信噪比(低至 0.5 毫牛顿)
- 马达设计可实现出色的热管理, 即使在载荷较高(高达 40 牛顿)以及测量时间较长的情况下也可消除温度引起的信号漂移。
- 光学编码器结合最精确的线性驱动可提供出色的位移范围(从 9.4 毫米至 10 纳米)(参见上图)



测量系统



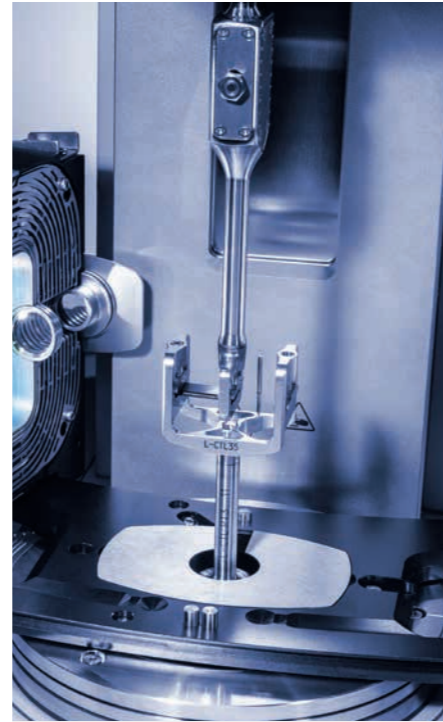
三点弯曲系统

样品的两端放在两个可移动样品架上,静态轴则位于样品的中点处。由于无需其他的样品夹具,因约束而导致的测量错误可降至最低。测量系统适用于表征刚性材料,例如复合材料和热塑性材料在 T_g 温度下的表征、金属和陶瓷的表征



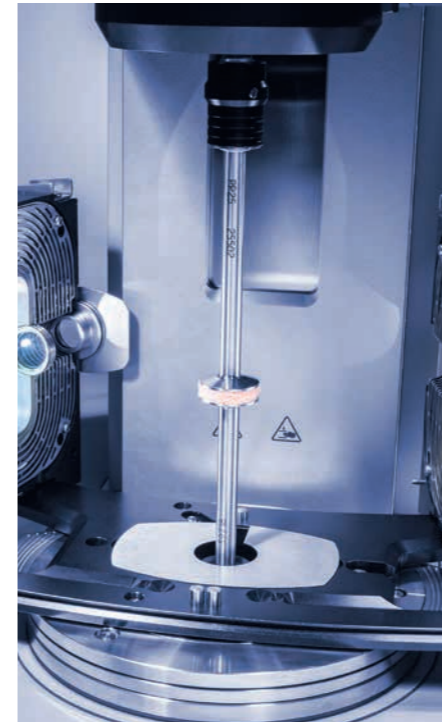
双臂梁

在这个测量系统中,样品两端固定在两个夹具上,样品中点处有一个中心夹具。由于采用了夹具,测量系统也适合测量可能会下垂的低刚度材料。



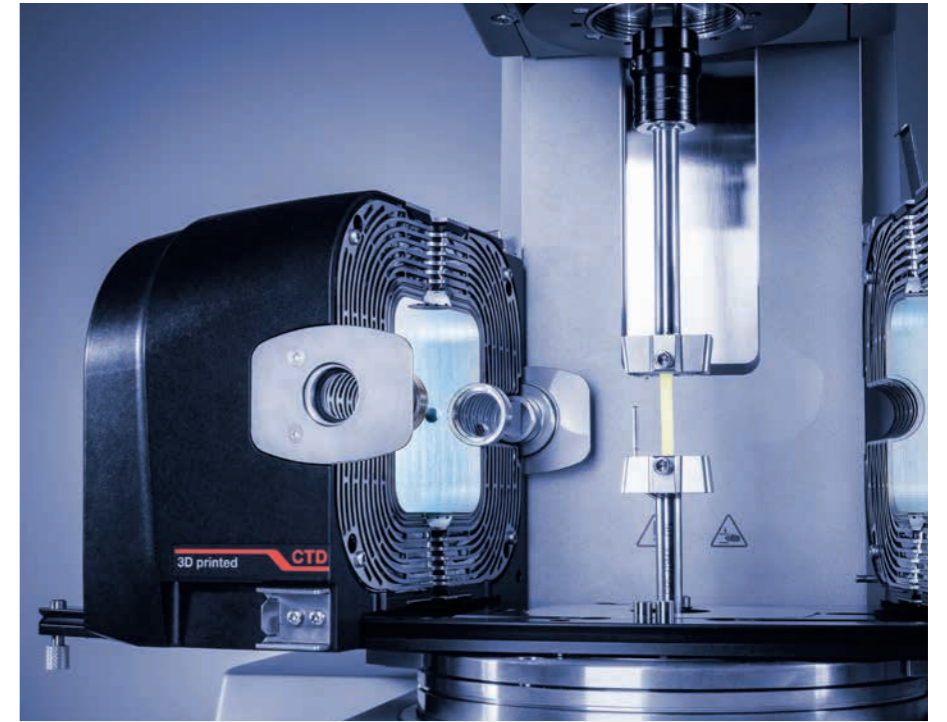
单悬臂

样品固定在中心夹具与一个端部夹具测量系统中。该系统可用于测量长度较短的样品。与双悬臂类似的是,有效的样品长度使您能够表征可能下垂的材料。例如,热塑性材料和弹性体。



压缩系统

针对压缩模式下的 DMA,可使用传统的平行板测量系统。样品置于上下测量系统之间,且受单轴载荷的影响。变形模式对于泡沫、弹性体和其他软固体(如食品和凝胶)的特性分析尤为有用。



矩形固体夹具(拉伸和扭摆模式)

在该测量系统中,样品垂直放置,固定在上部和下部夹具上,并呈现单轴变形趋势。该测量系统的特殊设计可确保不同厚度的样品均可以与测量系统的轴准确对齐来进行测量。用这种方法,薄膜、纤维以及细实心棒的测量结果均可再现。除了动态力学分析,该测量系统还适合测量实心棒材的热膨胀。

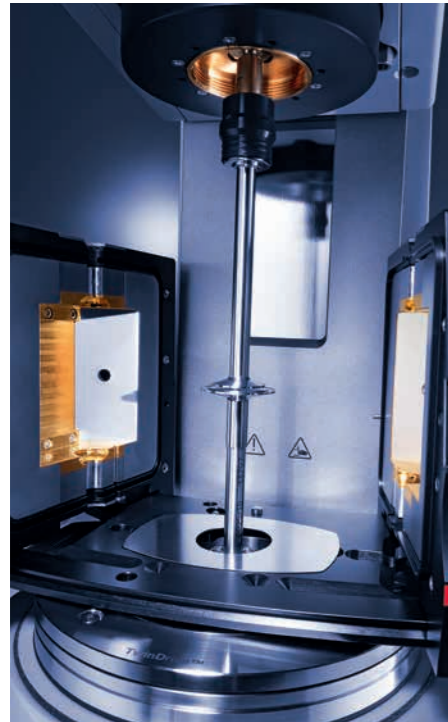
将该测量系统与旋转马达结合使用可实现扭摆模式下的动态力学分析,与使用线性驱动在拉伸模式下的 DMA 互补。因此,首次能够在同一个实验中同时测量样品的杨氏模量和剪切模量,而无需更换样品、测量系统或任何其他附件。用这种方法可测定全部的材料特性,而无需将数据从拉伸模式下的 DMA 转换成扭摆模式下的 DMA,反之亦然。

您将获得的优势

- 集成式温度传感器可实现最高可再现性的样品温度检测
- CFD 优化设计可确保样品内部温度梯度保持最低
- 坚固耐用的测量系统可确保刚度样品的特性分析无任何合规性问题
- QuickConnect 功能可快速更换测量系统而不必使用螺纹连接
- Toolmaster™ 功能支持自动识别工具和配置,而无需在软件中进行任何手动设置
- 自动的零间隙/零角度调准确保测量系统的可再现性定位

适用于温度和湿度的附件

安东帕提供各种专为满足 DMA 和流变学特定要求的对流控温系统 (CTD)。温控设备涵盖的温度范围为 -160°C 至 600°C,且可与空气或惰性气体一起使用。所有系统均可轻松更换,并可确保在整个温度范围中实现精确的温度控制。



CTD 180 HR

基于 Peltier 控温的对流辐射温度控制

- 温度范围:-20 °C 至 180 °C
- 提供湿度控制选项
- 适合无任何额外冷却选项(如机械制冷或液氮)的冷却



CTD 600 MDR

基于对流辐射的最先进的温度控制

- 温度范围:-160 °C 至 600 °C
- 创新型 3D 金属打印生产技术:在炉内产生独特的均匀温度分布

冷却选项

- 基于液氮的低温选项
- 可选的机械制冷附件,利用液体循环器而不是液氮进行制冷



基于液氮的低温选项

液氮蒸发单元主动控制液氮蒸发以及连续将氮气输入 CTD 600 MDR 中。液氮蒸发单元可自动切换液态或气态的氮气或空气。这可保证在整个温度范围内进行精确稳定的温度控制,并有助于减少液氮的消耗。



湿度控制选项

湿度控制选项可选择连接至 CTD 180 HR,支持使用适用于 DMA 和流变学的测量系统进行测试。CTD 180 HR 的湿度选项包括一个湿度发生器,用于在温度装置中根据实际温度设置相对湿度,最高可达 95%。

您将获得的优势

- 通过系统内部均匀的气体流动进行温度控制,从而实现高精度
- 采用低气体流速,以最大程度减小因空气涡流或吹干样品而对测量造成的不利影响
- 采用低气体流速,以最大程度减小因空气涡流或干燥样品而对测量造成的不利影响

MCR 702 MultiDrive™ – 适用于所有 MCR 附件

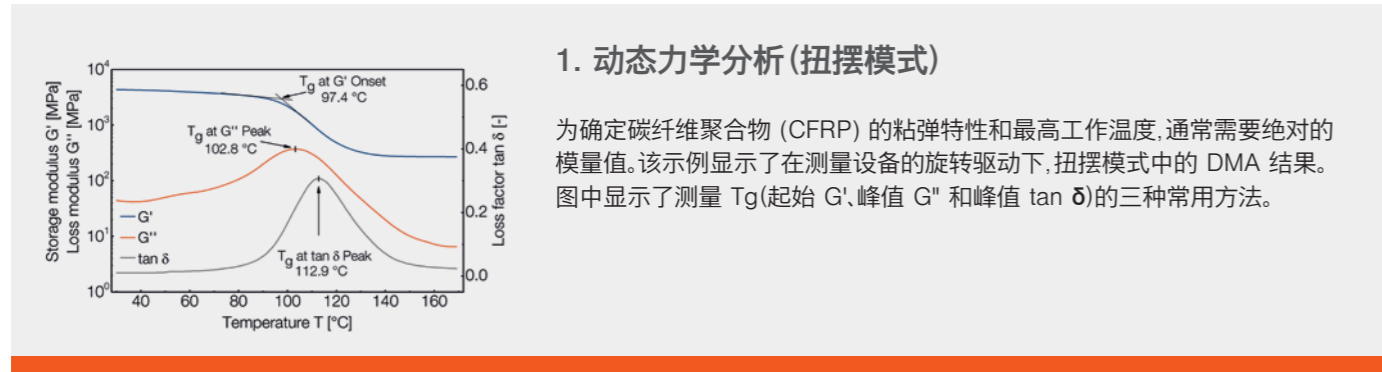
通过去除线性驱动,MCR 702 MultiDrive™ 可用作 CMT(马达与传感器一体式)流变仪。通过选择控制剪切速率或剪切应力,可

以得到无数种单马达流变仪的应用功能。MCR 702 MultiDrive™ 在单驱动配置下可以与任何温度控制附件配套使用,并且可以与任何特殊的功能附件配套—极其丰富的可选项。如欲获取完整概述,请访问安东帕网站:

MCR 702 Multi μ D™ 功能最丰富的动态力学特性分析平台

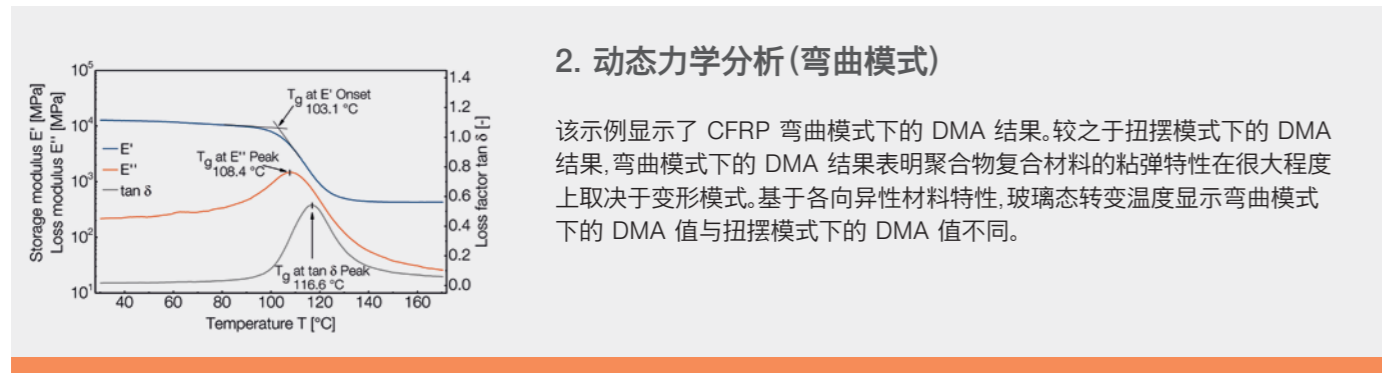
MCR 702 Multi μ D™ 的规格

利用其四合一功能, MCR 702 Multi μ D™ 可为动态力学特性分析提供最全面的测量模式。例如, 以下四种测量描述了聚合物行业中的关键应用, 可表征和优化典型复合材料。利用 MCR 702 Multi μ D™, 可通过单一设备以卓越的品质完成所有这些测量任务。



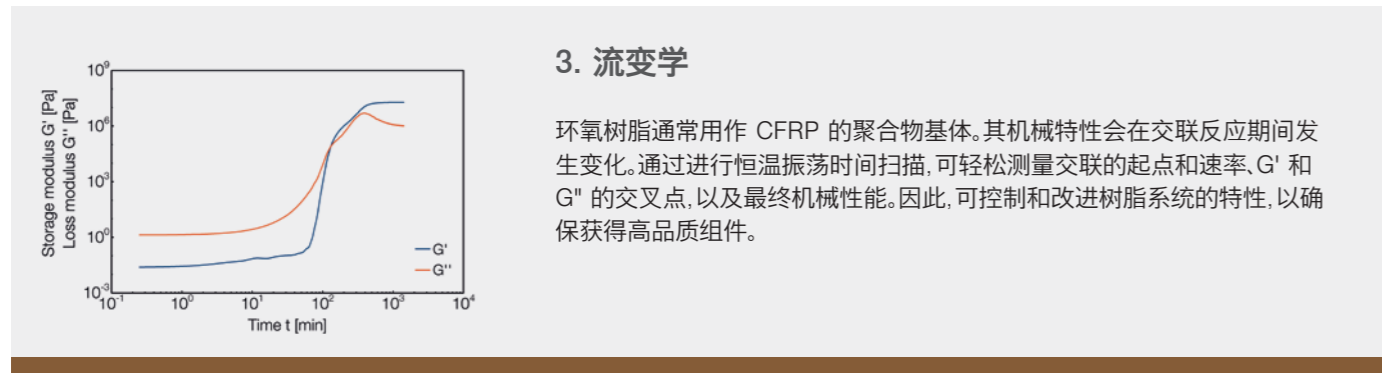
1. 动态力学分析 (扭摆模式)

为确定碳纤维聚合物 (CFRP) 的粘弹特性和最高工作温度, 通常需要绝对的模量值。该示例显示了在测量设备的旋转驱动下, 扭摆模式中的 DMA 结果。图中显示了测量 Tg (起始 G', 峰值 G'' 和峰值 tan δ) 的三种常用方法。



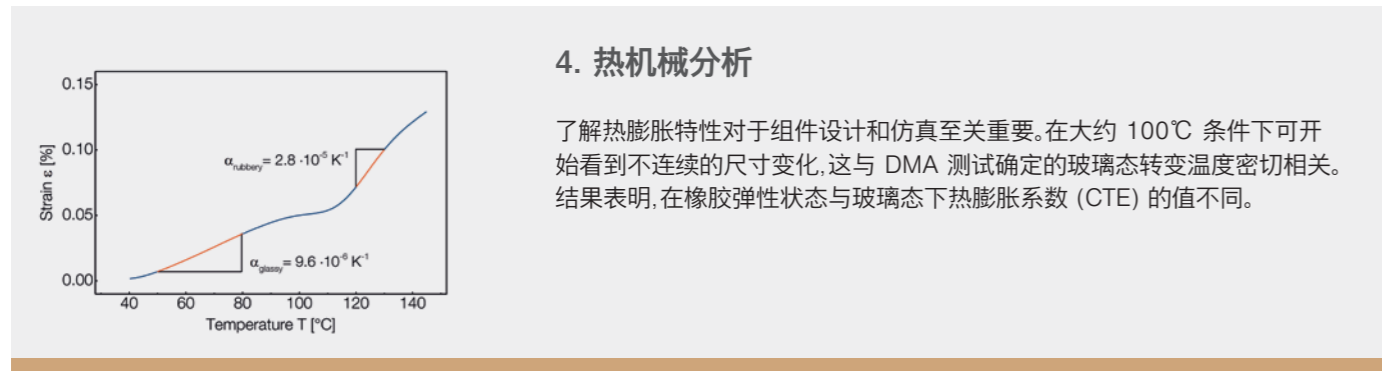
2. 动态力学分析 (弯曲模式)

该示例显示了 CFRP 弯曲模式下的 DMA 结果。较之于扭摆模式下的 DMA 结果, 弯曲模式下的 DMA 结果表明聚合物复合材料的粘弹特性在很大程度上取决于变形模式。基于各向异性材料特性, 玻璃态转变温度显示弯曲模式下的 DMA 值与扭摆模式下的 DMA 值不同。



3. 流变学

环氧树脂通常用作 CFRP 的聚合物基体。其机械特性会在交联反应期间发生变化。通过进行恒温振荡时间扫描, 可轻松测量交联的起点和速率, G' 和 G'' 的交叉点, 以及最终机械性能。因此, 可控制和改进树脂系统的特性, 以确保获得高品质组件。



4. 热机械分析

了解热膨胀特性对于组件设计和仿真至关重要。在大约 100°C 条件下可开始看到不连续的尺寸变化, 这与 DMA 测试确定的玻璃态转变温度密切相关。结果表明, 在橡胶弹性状态与玻璃态下热膨胀系数 (CTE) 的值不同。

	单位	技术参数
拉伸、弯曲和压缩模式下 DMA 的线性驱动		
最大载荷	N	40
最小载荷	N	0.0005
最大位移	μ m	9400 ⁽¹⁾
最小位移	μ m	0.01
最大频率	Hz	100
最小频率	Hz	0.001
最高温度	°C	600 ⁽²⁾
最低温度	°C	-160 ⁽³⁾
最大加热速率	K/min	35 ⁽²⁾
最大冷却速率	K/min	30 ⁽³⁾

	单位	技术参数
拉伸和流变模式下 DMA 的旋转驱动		
最大扭矩	mNm	230
旋转模式最小扭矩	nNm	1
振荡模式最小扭矩	nNm	0.5
偏转角设定值	μ rad	0.05 至 ∞
最小角速度 ⁽⁴⁾	rad/s	10 ⁻⁹
最大角速度	rad/s	314
最小角频率 ⁽⁵⁾	rad/s	10 ⁻⁷ ⁽⁶⁾
最大角频率	rad/s	628
法向力范围	N	0.005 到 50
最大温度范围	°C	-160 到 +1000

有关仅使用旋转驱动的 MCR 702 Multi μ D™ 的一般特性、测量系统、附件和规格的更多信息, 请参阅 MCR 系列和 MCR 702 Multi μ D™ 手册

MCR 702 Multi μ D™	
拉伸、弯曲和压缩模式下进行 DMA 分析	✓
扭摆模式下进行 DMA 分析	✓
流变学	✓
热机械分析	✓
Toolmaster™, 测量夹具	✓
Toolmaster™, 控温附件	✓
测量夹具的无螺纹快速连接器	✓
T-Ready™	✓
低温选项	○
湿度控制选项	○

✓ 包括在内 | ○ 可选

- 1) 振荡过程中最大位移 \pm 4500 μ m。
- 2) 与 CTD 600 MDR 结合使用。标准测量系统的使用温度高达 350 °C。用于测试的测量系统根据需求使用温度高达 600 °C。
- 3) 与 CTD 600 MDR 件和低温选结合使用。
- 4) 取决于测量点持续和取样时间, 实际上任何值都可以实现。
- 5) 将频率设置在 10⁻⁴ rad/s 以下没有实际意义, 因为测量一个点持续时间为 1 天以上
- 6) 理论值 (每个循环的持续时间 = 2 年)

