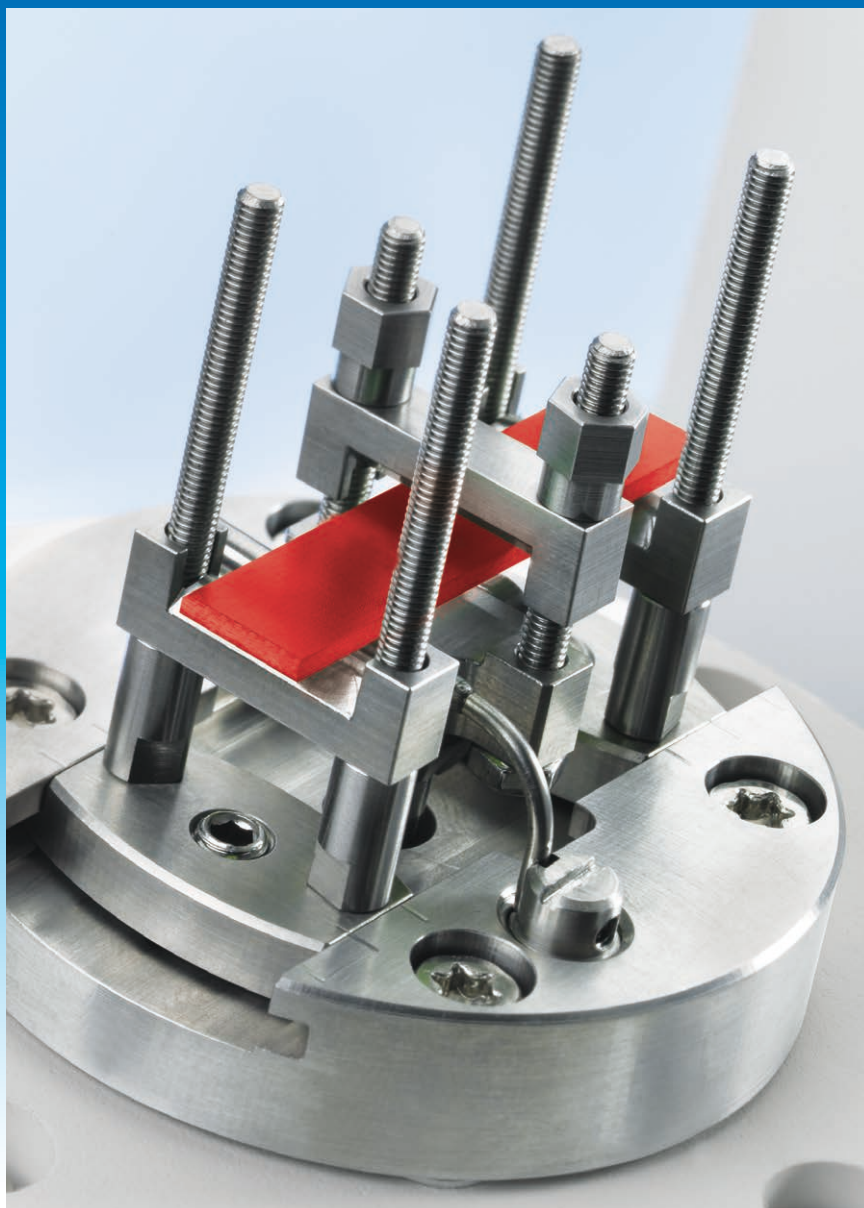


热分析超越系列



DMA 1

STAR® 系统

创新科技

全能模块

瑞士品质



动态热机械分析仪DMA 1 综合性材料表征系统

METTLER TOLEDO

多用途DMA

材料分析的理想解决方案

动态热机械分析(DMA)是一种测试材料机械性能和粘弹性能的重要技术,可用于热塑性树脂、热固性树脂、弹性体、陶瓷和金属等材料的研究。在DMA中,可以使用不同的形变模式使样品经受周期性变化的应力,从而可以得到力的振幅、位移的振幅以及相位差这三个物理量与温度、时间及频率之间的函数关系。

梅特勒-托利多DMA 1的特征与优点:

- 测试头位置灵活—可以在所有形变模式下进行测试,甚至在液体中或不同相对湿度条件下进行测试
- 操作方便—可快速更换形变模式
- TMA测试模式—可测试膨胀系数、蠕变效应和松弛时间
- 湿度附件—可用于吸附和解吸附测试
- 大触摸屏人性化设计—便于样品夹持以及监控测试过程
- 宽广的温度范围—从-190°C到600°C
- 高效经济的冷却系统—节省测试时间,液氮消耗量少





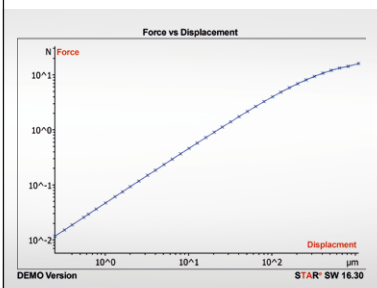
测试头可旋转是DMA 1非常独特的操作方式。这使得测试不但可以在所有标准形变模式下进行, 甚至可以在液体或者特定相对湿度条件下进行。

► www.mt.com/ta-dma

快速获得实验结果 得益于多项创新成果

测试头可以被放在方便的位置，便于装配夹具和夹持样品。而且它也可以被放在夹持的位置，用于特殊形变模式的测试。

准确的位移测试



LVDT(线性可变差动变压器)是DMA 1的关键部件。LVDT测量士1mm范围内长度的变化，分辨率为2nm。

钛合金样品夹具



样品夹具对于获得准确的测试结果是非常重要的。DMA 1夹具由合金制成，具有如下优点：

- 由于夹具质量轻，系统的共振频率偏向高频
- 夹具非常耐腐蚀，因为钛与空气接触后形成了惰性的氧化层。这尤其适合于液体中的测试。
- 夹具可以被快速加热和冷却，因为钛的热传导性好于绝大多数其它适合的材料。

触摸屏



触摸屏便于观察，甚至从远处也清晰可见。它有两个重要的功能：

- 在装配夹具和夹持样品时能够显示当前的弹簧位移。这可以保护测试系统，确保没有零件损坏。
- 监控正弦函数。这非常有用，尤其在测试开始的时候。通过观察正弦函数，可以判断样品是否被正确地装载在夹具上。



方便的样品夹具

DMA 1测试头的方向由仪器自动检测。虽然测试头的位置是不同的，但是系统不需要重新校准。

完美的细节 注重细节

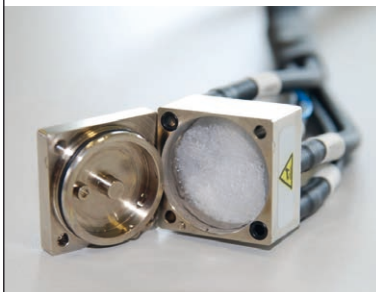
DMA 1出色的多功能性允许其实际应用时能够以多样化的测量配置进行。无论是传统的DMA分析、使用静态力进行的实验，在液体中进行的测量，还是在指定相对湿度下，**DMA 1**都可以快速和轻松地完成实验方法设置。

液体池



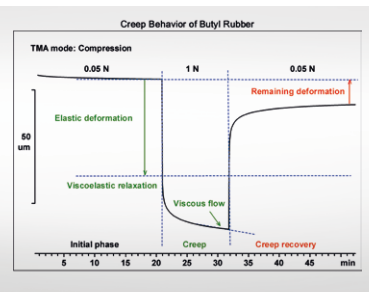
液体池选件包括专门的浸入池，以及外部温度控制部件组成。可在 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度下操作液体池。

DMA吸附



湿度选件由一个专用湿度调节箱、一台循环升温器和一台湿度发生器构成。可以在任何形变模式下以理想状态进行测量。安装湿度箱后不需要专门重新进行校正。

TMA模式



DMA 1可以进行TMA测试(使用静态力)。样品支架和样品夹具的安装方式与进行DMA测试时完全相同。一些典型的TMA测试包括:

- 蠕变/恢复测试
- 应力-应变图
- 形变-松弛图
- 热膨胀系数(CTE)



您可以使用液体池选件，采用所有标准形变模式，在液体中进行DMA或TMA实验。整个样品架和样品均浸没在液体中。

► www.mt.com/ta-moisture

卓越的制冷能力 节省宝贵的测试时间

DMA 1的制冷能力令人印象深刻。它能够在10分钟之内将样品从室温冷却至-190℃，并且仅仅消耗超少量的液氮。这既节省时间又节省金钱，因为不需要经常向液氮罐中填充液氮。如果从室温开始进行实验，DMA 1可以不使用冷却附件。

1升液氮罐



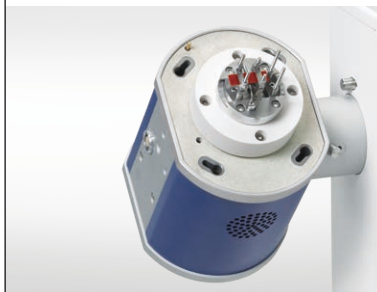
不到1升的液氮即可以完成三次室温至-100℃的冷却循环。

35升液氮罐



这种大容量液氮罐可在低温下进行多次测量。它也是在0℃以下进行等温测量的出色选择。

风扇冷却



如果在室温下开始测量，则无需冷却附件即可操作DMA，从而大幅简化了设置。



多种配件

配件盒中包含所有样品夹具以及用于装配样品夹具的工具，以及温度传感器。

校准工具盒包含所有温度校准的物质，这是获得准确可靠测试结果的一个关键因素。

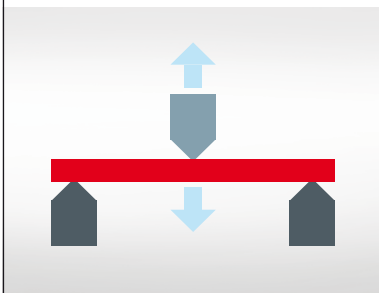
形变模式	最大有效样品长度 (mm)	最大有效样品宽度 (mm)	测试头标准头位置 (非液体测试)
单悬臂	17.5	13	水平
双悬臂	35	13	水平
3 点弯曲	45	13	垂直 (朝上)
拉伸	20	13	水平

形变模式	最大样品直径 (mm)	最大样品厚度 (mm)	测试头标准头位置 (非液体测试)
剪切	10	12	水平
压缩	10	16	垂直 (朝上)

样品支架

简易、新颖且节省时间

3 点弯曲模式

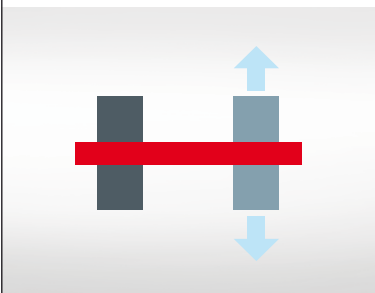


这种模式用于准确测试非常刚硬的样品，例如复合材料或热固性树脂，尤其适合于玻璃化转变温度以下的测试。3点弯曲模式在TMA测试中也非常重要。

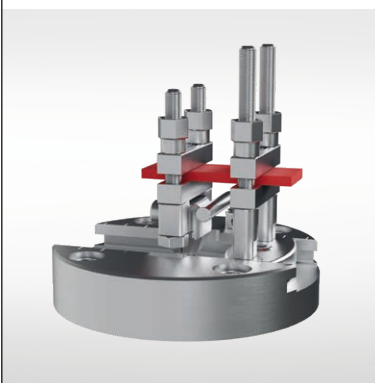


在三点弯曲模式下，样品的末端置于两个刀刃上，并通过中间探头上的移动刀刃将振荡力施加于样品中间。

单悬臂

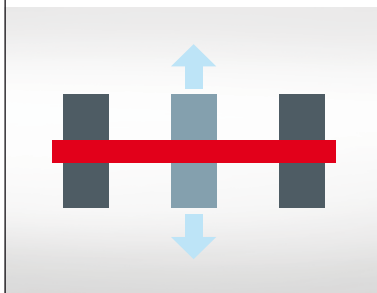


这种模式非常适合于条形高刚度材料(金属或聚合物)。单悬臂模式是玻璃化转变温度以下的理想测试方法，而且是测试粉末材料损耗因子的推荐模式。



单悬臂模式与双悬臂模式非常相似，不同之处在于样品只有一端被固定住，而另一端则在测试过程中振荡。

双悬臂模式

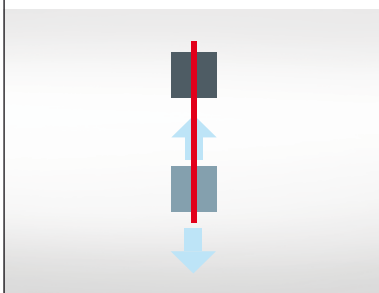


这种模式适合于低刚度的软材料，特别是比较薄的样品，例如膜材料。

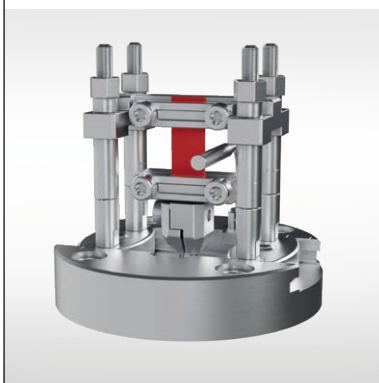


在双悬臂模式下，样品两端被固定住，样品的中部夹在提供振荡力的施力探头上。

拉伸

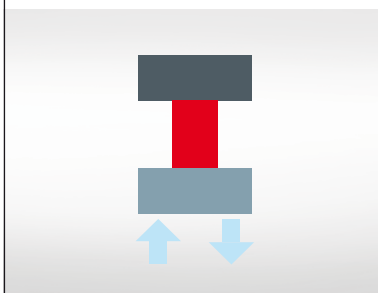


它是薄膜或纤维的常规形变模式。它对于TMA测试也非常重要。



在拉伸模式下，样品的一端被固定，另一端被施加振荡力。必须对样品施加预应力，以防止样品在振动中弯曲。

压缩

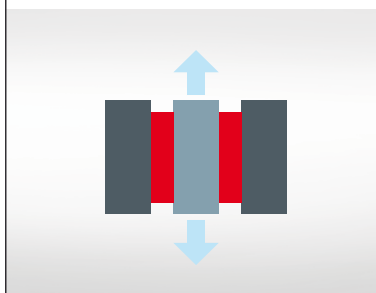


压缩模式用于测试泡沫、凝胶、食品以及静态(TMA)测试。

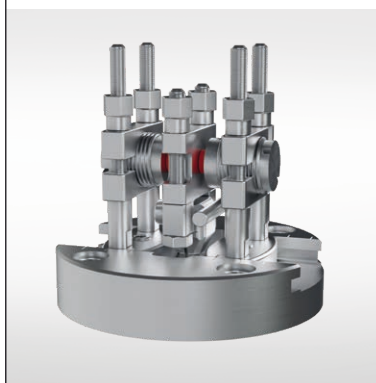


在压缩模式下，样品夹在固定部件和提供振荡力的活动部件之间。样品被静态压缩，然后被施加交变负载。必须对样品施加预应力，以防止样品夹具在测试过程中未接触样品。

剪切



剪切模式适合于测试软样品，例如弹性体，压敏胶，以及研究固化反应。



在剪切模式下，两个相同的样品对称夹在外边两个固定部件和一个中间活动部件之间。剪切夹具能够保证均一的温度分布。

DMA理论

力、位移与相角

模量是由施加力的振幅 F^0 、测量的位移振幅 L^0 以及力和位移之间相位差通过计算得到。

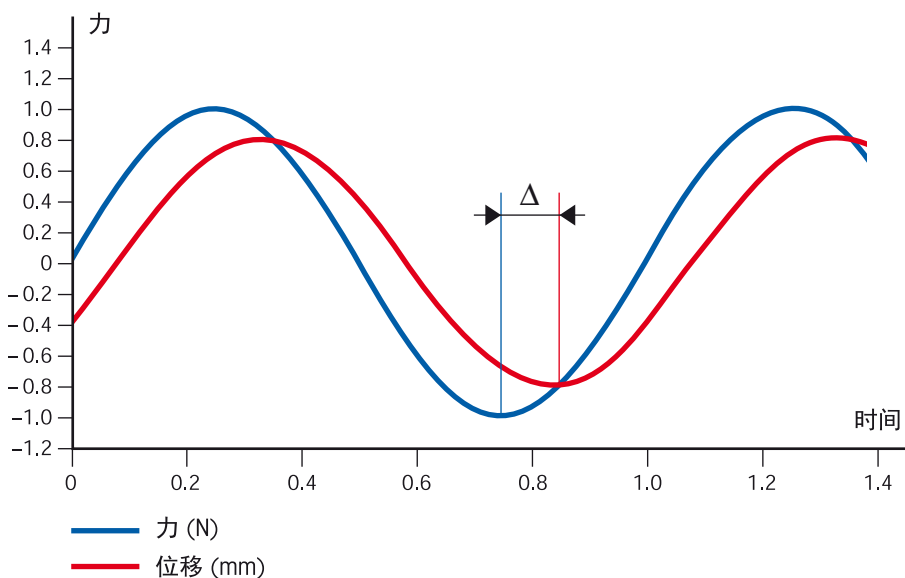
模量的类型包括：

- 复合模量 M^* , (拉伸模式:弹性模量 E^* , 剪切模式:剪切模量 G^*)
- 储能模量 M' , (与储存的弹性能量和可恢复能量成正比)
- 损耗模量 M'' , (与转变成热能以及不可恢复的能量损失成正比)

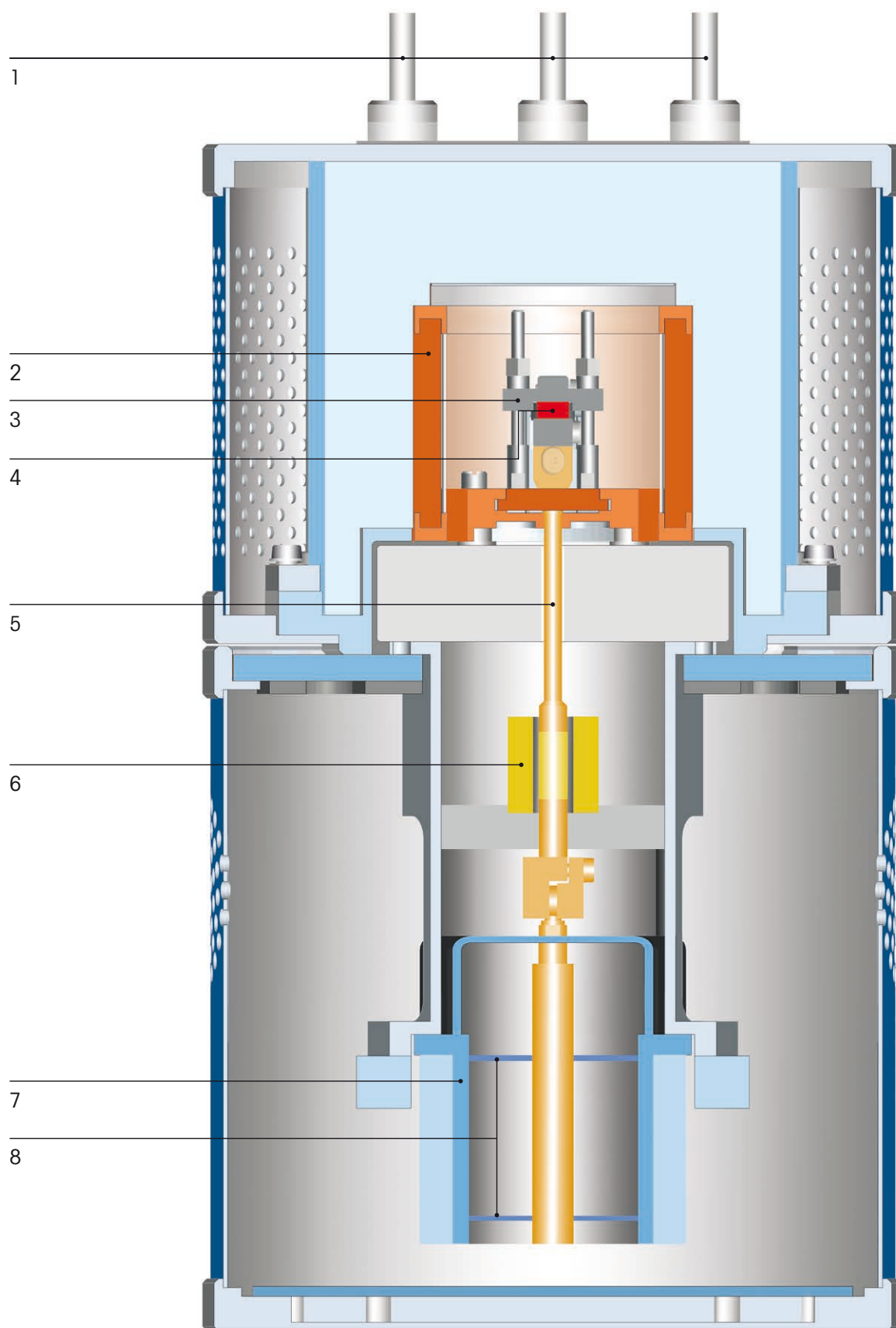
然后模量值可以用来计算损耗因子($\tan \delta$)，它是损耗模量 M'' 和储能模量 M' 的比值。完全弹性材料的损耗因子为0，而完全粘性材料的损耗因子为无穷大($\delta = 90^\circ$)。DMA通过测得的刚度 S (N/m)和几何因子 g 计算模量刚度。 S 是实际测定的数值。

$$M' = |M^*| \cos \delta \quad M'' = |M^*| \sin \delta \quad \tan \delta = M'' / M'$$

$$|M^*| = S \cdot g = F^0 / L^0 \cdot g; \quad \text{刚度 } S = F^0 / L^0$$



频率(f)为1 Hz时的力与位移。可使用等式 $\delta = 2 \pi f \Delta$
 可以从时间滞后 Δ 中计算出相位差 δ 。



- 按键**
- | | |
|------------|-----------------|
| 1. 液氮进口/出口 | 5. 驱动杆 |
| 2. 加热丝 | 6. LVDT位移传感器 |
| 3. 样品夹具 | 7. 驱动马达 |
| 4. 样品 | 8. 驱动杆引导装置 (弹簧) |

广泛的应用范围 适用于不同种类的材料

DMA 1是进行材料动态力学分析和性能表征的理想仪器。甚至可以在液体中测试样品或者在特定的相对湿度下进行测试。它能帮助您完成许多应用实验并且为质量控制以及工业/科学研究提供宝贵信息。

在实际使用过程中, 材料会经受许多不同大小的力, 这其中最重要的因素为应力强度的时间依赖性、温度以及施加应力的环境。动态热力学分析可用于解答稳定性、实际应用范围、生产过程、质量控制以及材料失效和缺陷等方面的问题。

使用DMA 1可以表征的热效应与性能

- 粘弹性行为
- 松弛行为
- 玻璃化转变
- 机械模量
- 阻尼行为
- 软化
- 粘流行为
- 结晶与熔融
- 凝胶化
- 相转变
- 共混物组分
- 固化与聚合反应
- 材料缺陷
- 填料效应

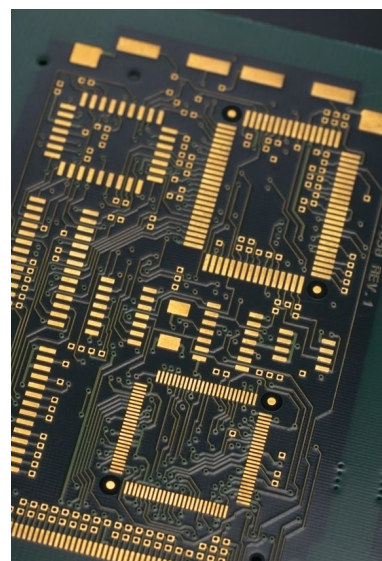
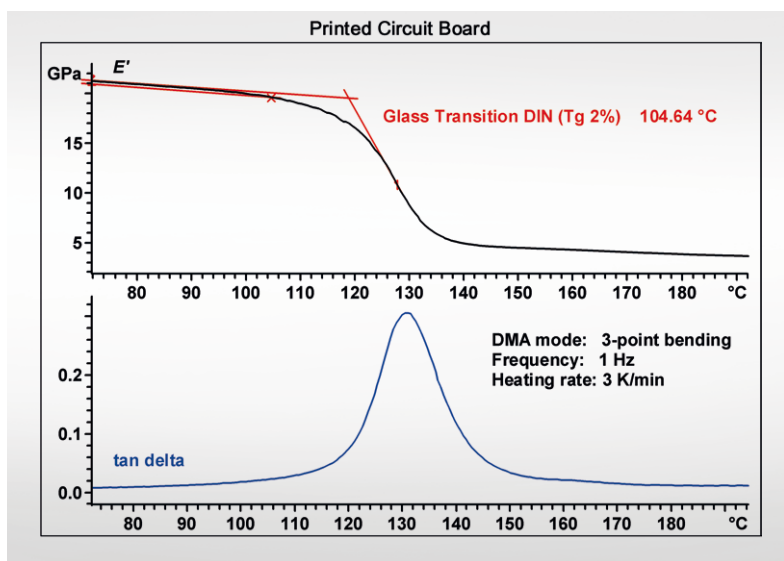




DMA最常分析的材料有热塑性聚合物, 热固性树脂、弹性体和粘合剂等, 还有金属、复合材料、涂料、油漆、薄膜、纤维、建筑材料、药物以及食品等。

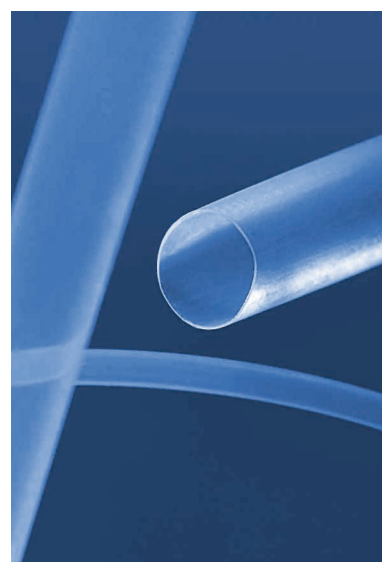
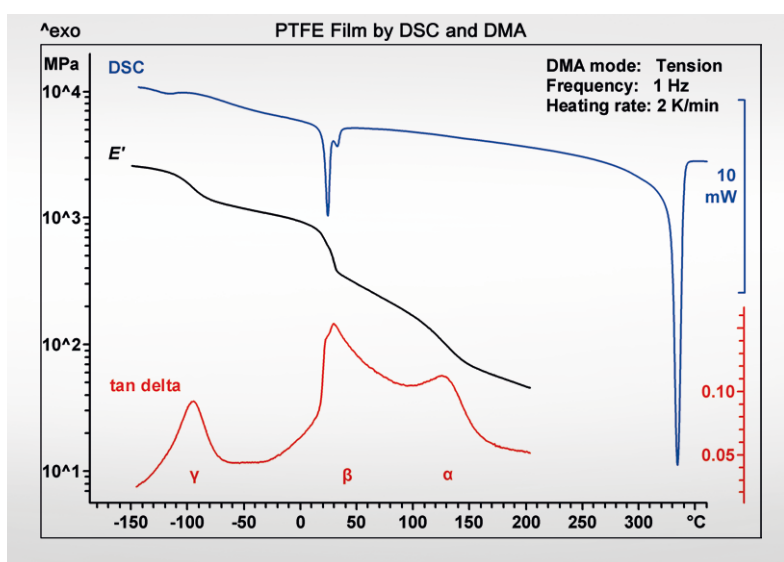
► www.mt.com/ta-applications

复合材料



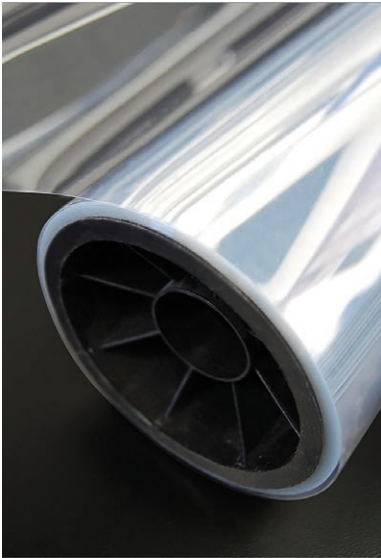
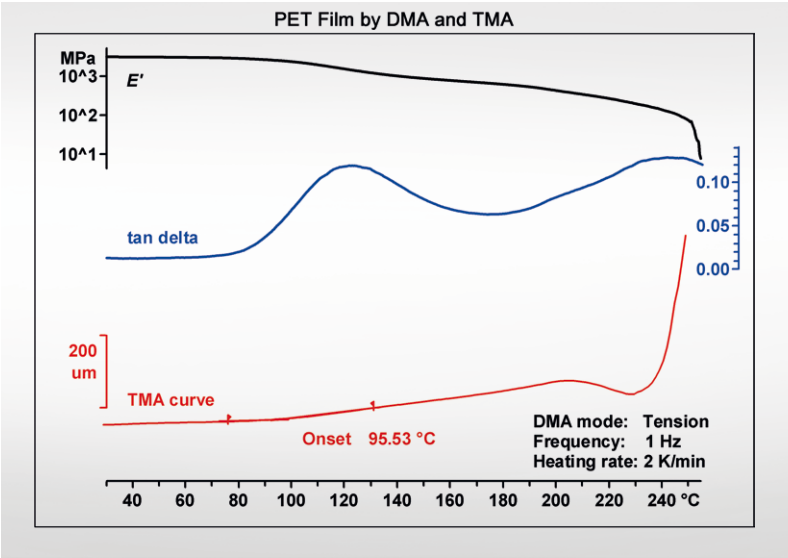
复合材料是由聚合物基体材料以及增强填料结合而成，在其使用温度范围内具有超高的储能模量。通常使用三点弯曲模式测试复合材料的模量。上面的黑色曲线显示了印刷电路板的储能模量。在温度为70°C和频率为1Hz的条件下测得的储能模量值为21.1GPa。这条曲线还显示了样品在经历玻璃化转变时的软化过程，储能模量降至5GPa以下。储能模量的台阶对应于损耗因子 ($\tan \delta$)。

PTFE的相转变



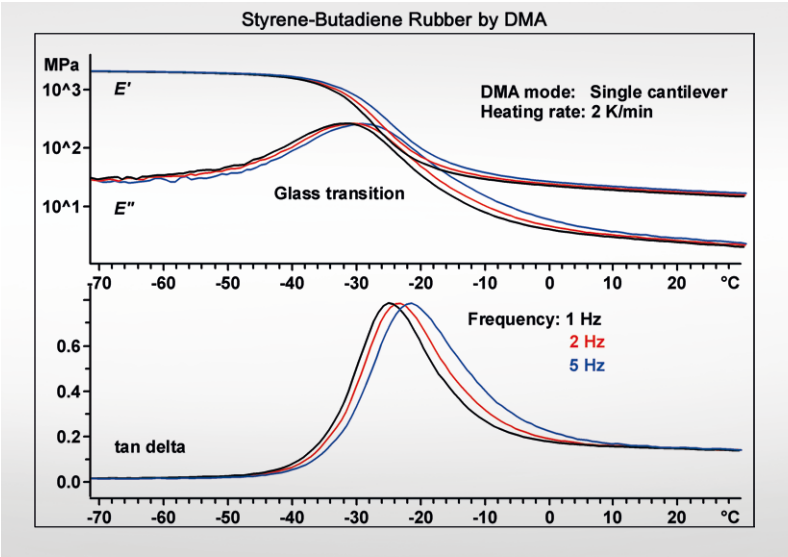
PTFE的DSC曲线显示了在大约-100 °C和+30 °C时的相变以及在330°C的熔融峰。使用DMA的拉伸模式也可以测试PTFE的相转变。使用这两种热分析技术测得的相转变温度非常吻合。除此之外，在DMA曲线上还可以观察到DSC无法检测到的130°C的玻璃化转变。

用DMA和TMA模式检测PET薄膜



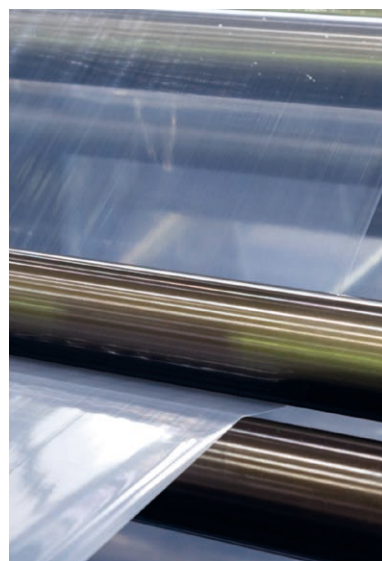
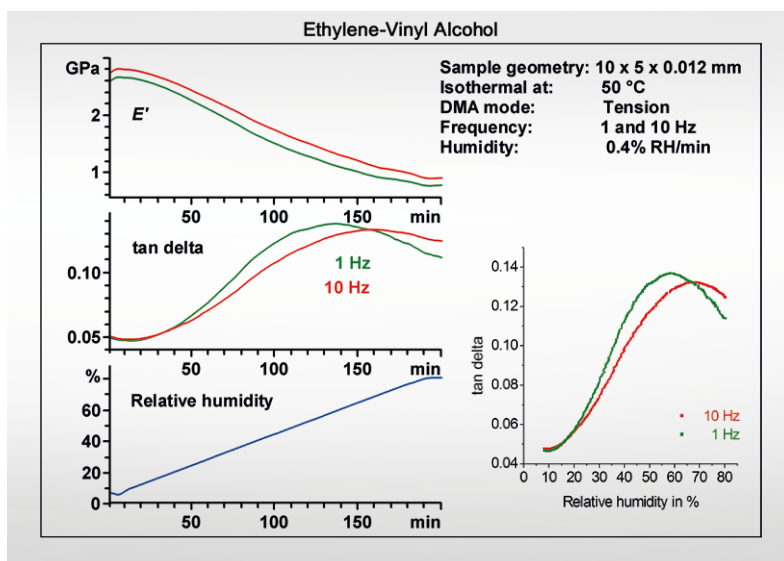
这张图显示了使用拉伸模式在1Hz频率下测得的PET薄膜的DMA曲线。这种曲线常用于进行产品质量控制。由于结晶，从80°C到150°C的玻璃化转变范围内，PET薄膜储能模量只降低了大约1个数量级。当PET薄膜在230°C开始熔融时，模量进一步降低。在 $\tan \delta$ 曲线上显示出一个玻璃化转变松弛峰。下方的曲线是用TMA模式测试的，显示了薄膜的长度变化。曲线的斜率在玻璃化转变起始温度处(95°C)发生变化。PET薄膜在210°C到230°C之间发生收缩。

丁苯橡胶



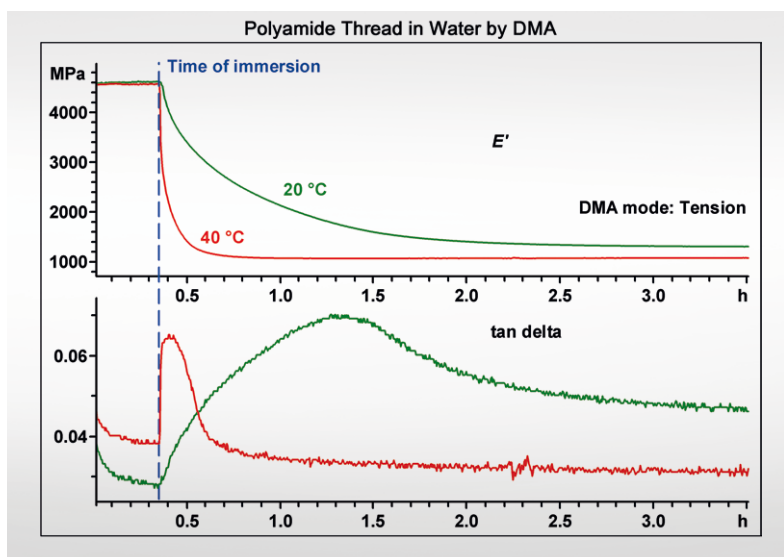
丁苯橡胶(SBR)常用于制造汽车轮胎和垫圈。使用单悬臂模式在1Hz、2Hz和5Hz的频率下对丁苯橡胶样品进行测试。可以看出玻璃化转变发生在大约-20°C并且可以确定该材料的最低使用温度。 $\tan \delta$ 曲线也清楚的显示了玻璃化转变的频率依赖性。随着测试频率的提高，玻璃化转变温度变高，在玻璃化转变器件，储能模量下降了两个数量级。

相对湿度的影响



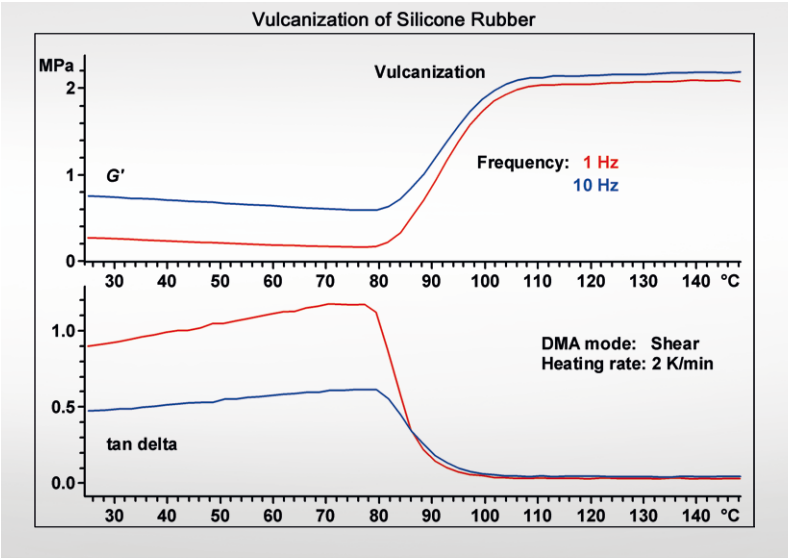
由于乙烯-乙烯醇 (EVOH) 共聚物对氧气和水蒸气具有优良的阻隔性能, 因此常被用于食品的包装薄膜。由于EVOH是吸湿性的, 吸收的水分会起到增塑剂的作用, 因此薄膜的阻隔性能会受到含水量的影响。在50℃进行的等温DMA测试显示, 由于相对湿度增加导致储能模量降低。 $\tan \delta$ 曲线上的峰是由于相对湿度的增加导致玻璃化转变温度降低。由于玻璃化转变温度是具有频率依赖性的, 在较低频率下测得的峰出现在较低的相对湿度下。

水中的尼龙线



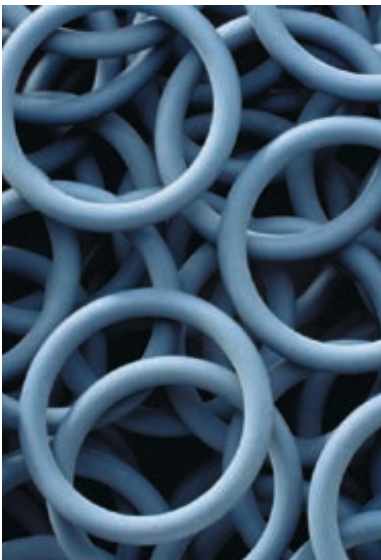
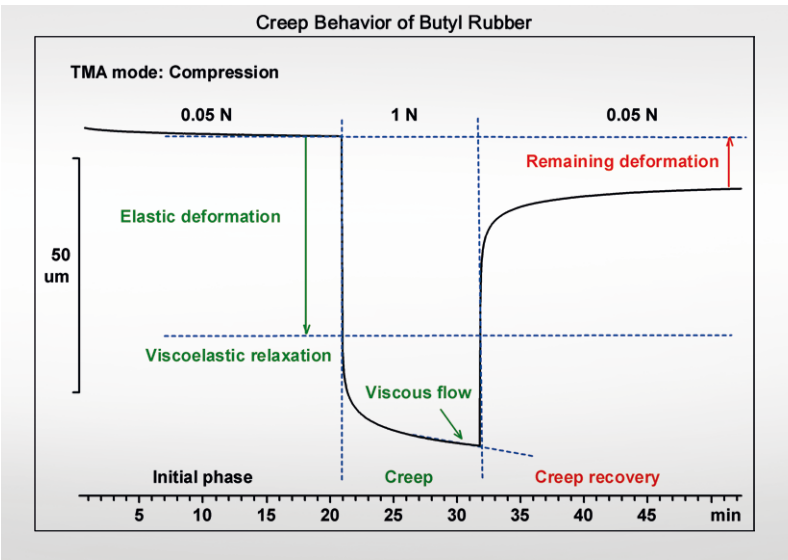
当和液体接触时, 许多材料的力学性能都会发生显著的变化。一些聚合物在某些液体中会变得硬脆, 而有些溶液则起到增塑剂的作用。DMA 1可以测试当样品完全浸没在液体中时的机械行为。这张图显示了尼龙绳在温度分别为20℃和40℃时的行为。由于吸水导致玻璃化转变温度降低。模量曲线显示尼龙绳在40℃的软化过程发生的比在20℃更快。

硅胶



硫化过程将粘流态的液体转化为具有较低模量的橡胶态弹性体。在DMA曲线上能够清楚地体现出这种材料性能的改变。这张图显示了使用剪切模式在1 Hz和10 Hz的频率下测得的硅橡胶的储能模量曲线与 $\tan \delta$ 曲线。硫化过程发生在80 °C 到90 °C之间。曲线显示了, 硫化过程中储能模量提高, 而 $\tan \delta$ 出现了明显的降低。硫化后的材料弹性比硫化之前更强。

蠕变行为

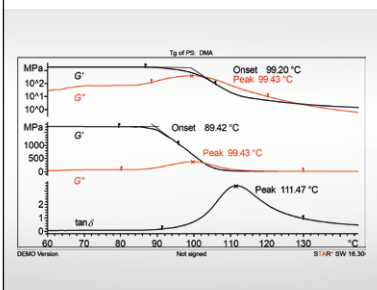


一个弹性体的形变后恢复性能对其是否用作密封材料是至关重要。测量的样品为丁基橡胶 (IIR)。最初施加0.05 N力。然后将其突然增加到1 N。由此产生的形变由三个部分组成：瞬间弹性变形、与时间相关的粘弹性松弛以及粘性流动。将施加的力移除之后仍残留的形变就是由于粘性流动造成的永久形变。像这种弹性体就只能在有限的情况下作为密封圈和垫圈使用。

简单、直观的操作 保证安全且提高效率

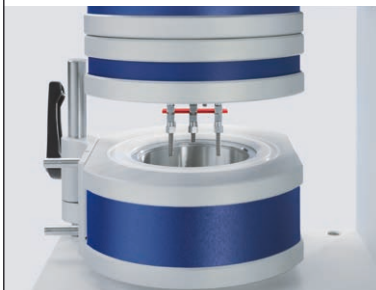
STAR[®] 软件经过扩展，包含了新的功能，可帮助您针对特定实验准备DMA 1仪器开发进阶分析方法并执行灵活的结果评估。复杂的测量程序可在数分钟内完成设置，大量的可用工具允许准确、高效地评估曲线。

玻璃化转变 (T_g)



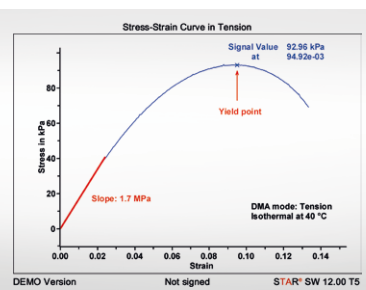
玻璃化转变(T_g)是聚合物材料的一个非常重要的特性。可使用DSC、TMA与DMA对其测定与计算。如果测量方法全部相同，则在不同实验室测量的同一样品的 T_g 值偏差不应超过2 K。

液体池



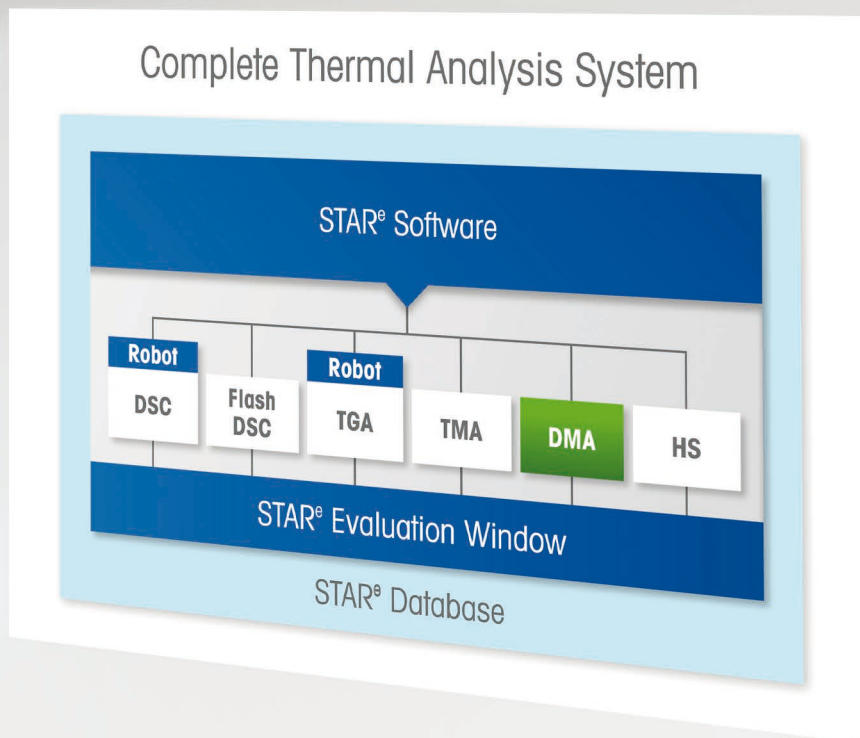
液体池附件可以使样品在液体中完成DMA和TMA实验，而且所有的标准形变模式都可以使用液体池附件。测试过程中整个夹具和样品都浸入液体。液体池附件由一种特殊的浸入池和外部温度控制部件组成，外部温度控制部件包含循环升温浴和冷却器。样品操作温度从-20°C-200°C。

应力-应变



通过对材料施加缓慢增加的力(即准静态条件)获得应力-应变图。持续测量施加的力与样品变化。应力-应变图是测量拉伸应力(在样品单位面积上施加的力)和由此产生的应变绘制而成。

Complete Thermal Analysis System



完整的热分析系统由六种基本的互补测量技术组成，每种技术都能带来快速而准确的结果。额外的信息还可以通过几种联用技术获得。

► www.mt.com/ta-software

专业的服务与支持 提供值得您信赖的结果

梅特勒托利多的服务产品组合旨在确保热分析仪器具备持续运行的高性能和可靠性。经过瑞士培训，我们世界各地的团队将为您带来高水平售后支持：专业技术和应用技巧，同时还会用我们丰富的经验针对您的需求优化服务。

大型概览和应用操作视频库



通过我们的视频库以及600多种应用提高生产效率。

视频

► www.mt.com/ta-videos

手册

► www.mt.com/ta-handbooks

应用

► www.mt.com/ta-applications

综合培训课程



我们提供有效的课堂培训课程。

► www.mt.com/ta-training

如果您想自学，可以购买《教程工具包》，其中包括23个精心挑选的应用示例及其相应的测试物质。

► www.mt.com/ta-tutorial

注册参加在线培训课程

► www.mt.com/ta-etaining

每年出版两次的应用杂志



每年在热分析方面都会产生大量科研成果和研究发现。我们的UserCom杂志上会发表来自不同应用领域和行业的有趣案例。

► www.mt.com/ta-usercoms

热分析电子快讯

注册接收每季度提供的关于热分析前沿新闻，其中包括应用、直播、课程以及指导视频。

► www.mt.com/ta-knowledge



我们提供涉及40多种不同主题的在线研讨会(直播)。我们提供两个方便的时间段, 因此参加我们每月一次的直播会变得非常容易。在专家讲解之后, 您将有机会与专家或其他与会者讨论您感兴趣的任何话题。

► www.mt.com/ta-webinars

DMA 1技术参数

温度	
温度范围	-190 °C到600 °C
温度分辨率	0.1 K
温度准确度	0.75 K
升温速率	0.1 K/min到20 K/min
降温速率	0.1 K/min到30 K/min

力值	
力值范围	±0.001 N到±10 N
力值分辨率	0.25 mN
力值灵敏度	1 mN

位移	
位移范围	±1mm
位移分辨率	2 nm
位移灵敏度	30 nm

刚度	
刚度范围	50 N/m到10 ⁵ N/m
刚度精度	0.50 %

Tan d	
Tan d范围	0.0001到50
Tan d分辨率	0.00001
Tan d灵敏度	0.0001

频率	
频率范围	0.001 Hz到300 Hz
频率分辨率	0.0001 Hz
频率准确度	0.001 Hz
频率模式	• 对数和线性扫描 • 多频率(序列)

最大样品长度	
样品长度	55 mm

液体池附件	
温度范围	-20 °C至200 °C

湿度附件	
温度范围	5 °C至85 °C
湿度范围	5 % RH到95 % RH

符合	
IEC/EN61010-1:2001, IEC/EN61010-2-010:2003	
CAN/CSA-C22.2 No. 61010-1-04 & -2-010	
UL Std. No. 61010-1 (2 nd Edition)	
IEC61326-1:2005 / EN61326-1:2006 (class B)	
IEC61326-1:2005 / EN61326-1:2006 (Industrial Environment)	
FCC, Part 15, class A	
AS/NZS CISPR 22, AS/NZS 61000.4.3	
Conformity Mark: CE	

www.mt.com/ta

访问网站, 了解更多信息

梅特勒 托利多
METTLER TOLEDO

地址: 上海市桂平路589号
邮编: 200233
传真: 021-64853351
地址: 江苏省常州市新北区太湖西路111号
邮编: 213125
传真: 0519-86641991
E-mail: ad@mt.com

梅特勒托利多始终致力于其产品功能的改进工作。
基于该原因, 产品的技术规格亦会受到更改。
如遇上述情况, 恕不另行通知。
30813240B Printed in P.R. China 2023/11

