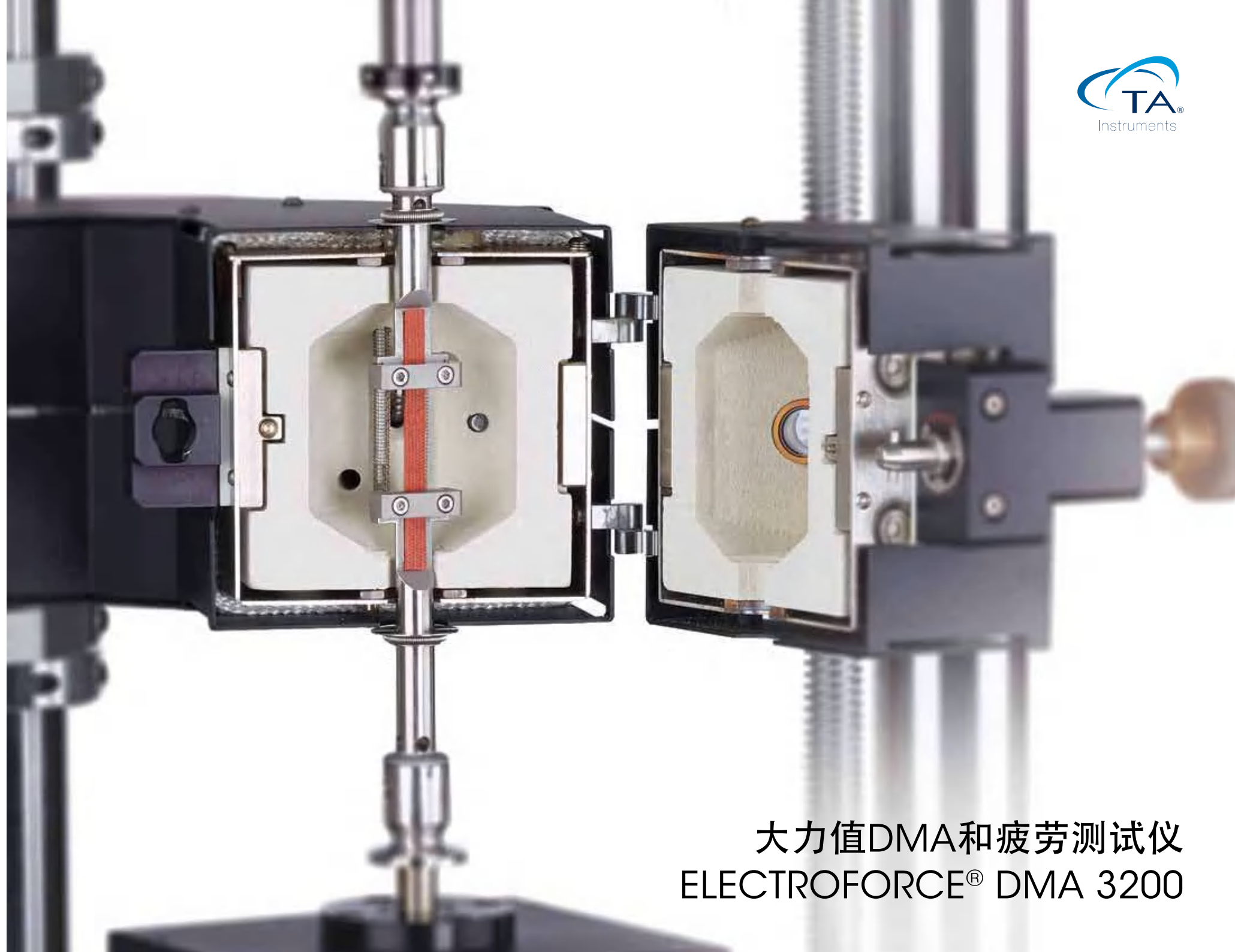
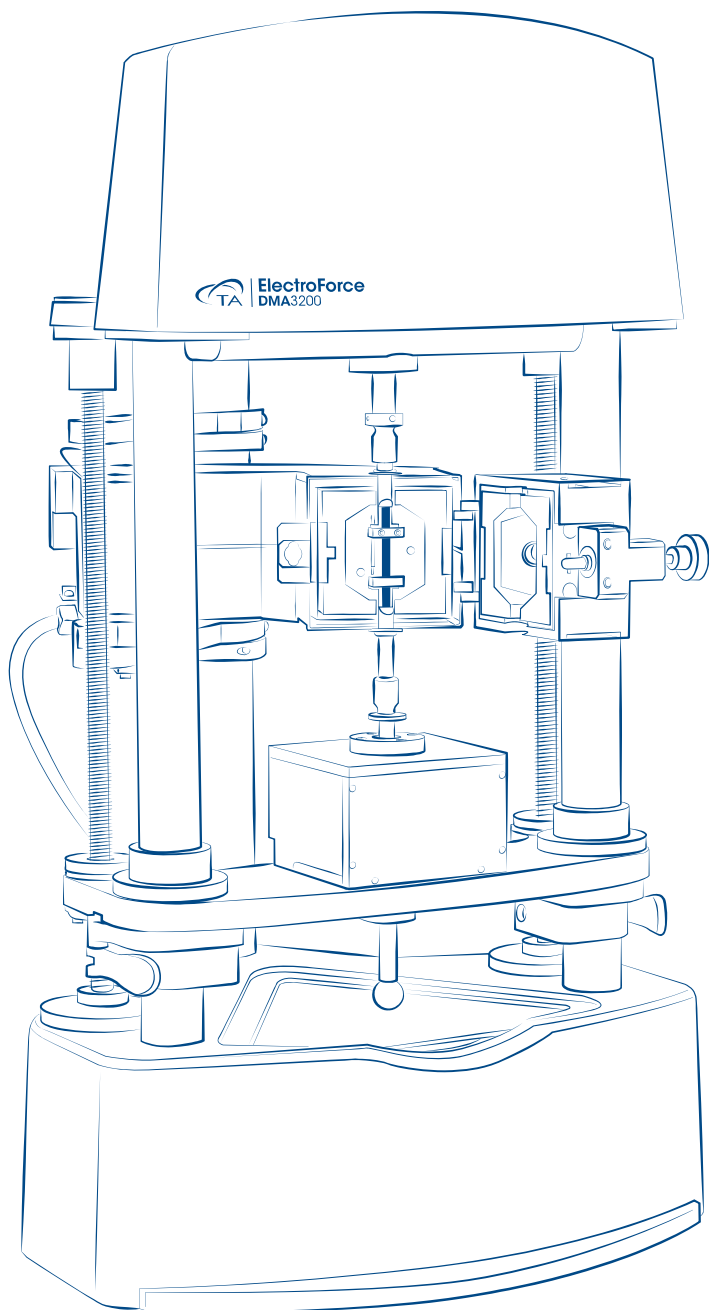




大力值DMA和疲劳测试仪
ELECTROFORCE[®] DMA 3200



在各种各样的应用环境条件下，材料在日常使用会遇到一系列机械载荷和变形（应力和应变）。因此，对于航空航天，医疗器械，沥青，汽车，电子，生物材料，弹性体，复合材料，食品等几乎所有行业的大多数应用而言，机械性能通常被认为是材料的所有物理和化学性质中最重要的。

人们对高质量高性能产品的需求日益增加，因此了解这些材料复杂的动态粘弹性对确保其可靠性、可加工性和最终使用性能至关重要。动态机械分析仪DMA和疲劳测试系统是科学家和研究人员理解这种复杂的固体和软固体材料机械行为的两个重要手段。DMA用来表征材料的结构性能。疲劳分析表征重复载荷下的强度，从而获得产品的耐用性和可靠性。

TA Instruments很荣幸地推出ElectroForce DMA3200：一款功能强大的高性能仪器，在单一设备上同时提供卓越**大力值DMA测试**和**疲劳测试功能**。这是TA将专利的线性马达技术与世界领先的DMA功能的结合，生产出的多功能的动态机械分析仪，以满足最苛刻的应用需求。

大力值DMA & 疲劳测试仪 | DMA 3200

TA仪器将通过数十年验证的尖端疲劳测试技术和世界领先的动态机械分析技术结合在一起，推出一个独特的高度通用的测试平台DMA 3200。获得专利的无摩擦Electroforce®马达技术，卓越的机械设计，高效的环境控制以及多种多样的夹具选项为最广泛的应用提供了卓越的精度。



功能力学测试的极限

单台仪器完成

行业领先的DMA功能和

疲劳测试能力



特点和优点：

- 专利的线性马达和高分辨率位移传感器可在宽广的力，位移和频率范围内实现无与伦比的控制，得到优异的数据精度
- 极度耐用的无摩擦马达，以及独有的十年质保作为后盾，使维护和操作无后顾之忧
- 具有500 N的最大力值，使得DMA和疲劳测试中实可以现更高的加载水平，从而能够在实际条件下测试更大的样品甚至整个部件，
- 强制对流炉（FCO）在-150° C至600° C范围内提供准确的温度控制和高度灵活的控温方式
- 大样品炉（LSO），温度范围为-150° C至315° C，具有较大的炉腔适应大型样品或部件的测试
- 空气冷却器系统（ACS）是一个独特的气体冷却实现室温以下的低温控制附件，它的特点是无需液氮，安全和经济。
- 多种夹具选择适用于各种样品尺寸和几何形状，增加了测试的多功能性
- 仪器高刚度框架设计和空气轴承确保高刚度样品测试的准确性
- 彩色指示灯提供清晰明了的仪器和测试状态指示
- WinTest® 和 TRIOS软件包提供功能强大且易于使用的仪器控制和数据分析，为实验设计提供最大的灵活性

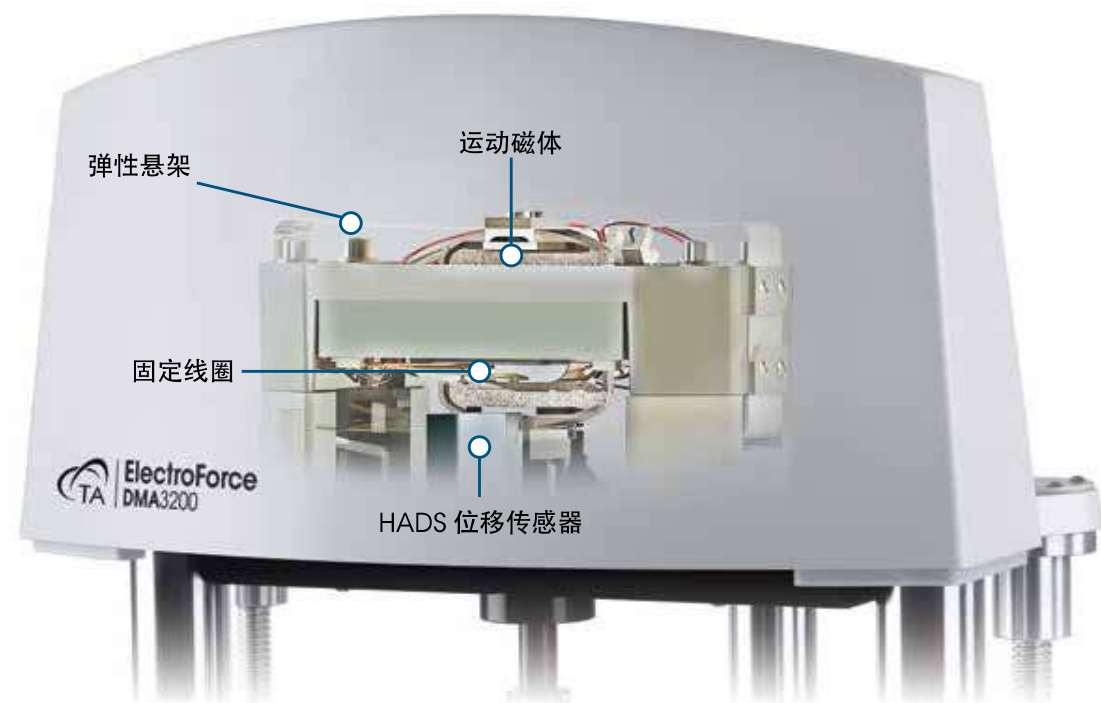
DMA 3200 | 技术

ElectroForce® 线性马达

DMA 3200采用专利的ElectroForce线性马达技术，使仪器可以提供无与伦比的性能和数据准确性。这种独特的马达技术将稀土强力永磁体与无摩擦弯曲悬架结合起来，可以在各种频率和幅度上实现最精确的力和位移控制。DMA 3200马达提供高达500 N的力输出和1微米至13毫米的可控位移。测试可以在静态和动态模式下进行。

此外，无摩擦运动磁体设计消除了其他马达设计中存在的失效缺陷，如线缆疲劳和轴承退化失效等。这确保了最持久和可靠的性能，通过数十年ElectroForce 疲劳测试仪器的免维护使用已经被证明超过数十亿次循环无需维护。是业内唯一对马达提供十年保的仪器。

这种高效，安静，无需润滑的马达技术使得DMA 3200胜任任何环境下工作：从实验室到生产车间，从洁净室到办公室。



高分辨光学位移传感器

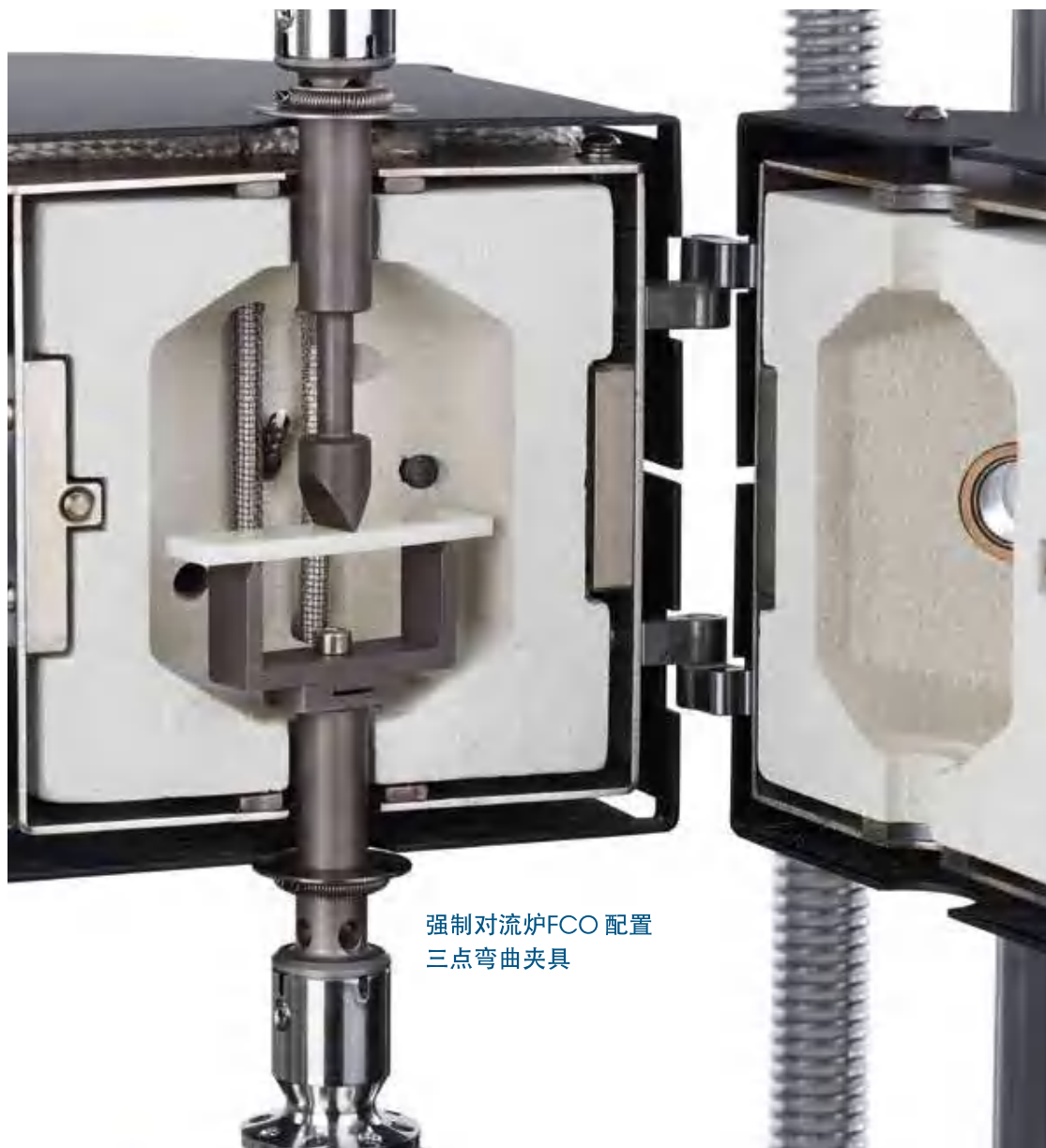
DMA 3200采用高精度位移传感器HADS，可以对DMA和疲劳测试所需的大小变形进行最精确的控制和测量。HADS是一款超高性能的光学传感器，高速下测量仍然具有纳米级分辨率，无摩擦和低噪声的特点。传感器置于靠近样品端的加载轴的位置，以进一步减小柔量或热膨胀误差。

可更换力传感器

为了测试范围的灵活性，在刚性框架的基座上装配可更换的高刚度和高带宽的力传感器。仪器标配500 N传感器，可选配22 N力传感器，以改善软样品测试的低载荷数据。

高机械刚度设

在力学性能测试中，仪器结构的高刚度（如框架，连接部件和样品夹具）对测量精度至关重要。仪器及其部件的变形实际上会被计入样品变形，所以最大限度地减少仪器及其部件变形也就是提高了试样变形的精度。DMA3200的超高刚度设计确保了卓越的数据准确性。三立柱框架设计，最大程度地提高了轴向刚度，通过全新设计的上下空气轴承应用进一步提高了轴向刚度。与传统的滚动轴承或滑动轴承所带来的测量噪声和摩擦相比，空气轴承完美的展现了ElectroForce®线性马达的无摩擦属性的高性能。



强制对流炉FCO 配置
三点弯曲夹具

DMA 3200可以配置两种环境炉，提供满足各种测试要求的灵活性。两者都提供多种夹具，并且与TA的空气冷却系统（ACS）兼容，具有独特的气体冷却功能，可在不使用液氮的情况下进行低温环境测试。

强制对流炉, FCO

FCO是用于材料测试的首选的控温炉，具有优异的温度响应以及温度均匀性和稳定性。FCO炉最高升温速率可达 $60^{\circ}\text{C} / \text{min}$ 。FCO炉通过双加热枪将气体加热到预设温度然后吹入炉腔内，从而实现 -150°C 至 600°C 的温度范围极其出色的温度稳定性和均匀性。FCO配有观察窗并以长寿命LED灯明便于操作者观察样品状态。对于低温控制可选用液氮冷却系统实现最低温度控制达 -150°C ，或者选配不含空气冷却系统（ACS），最低温度可冷却至 -100°C 。

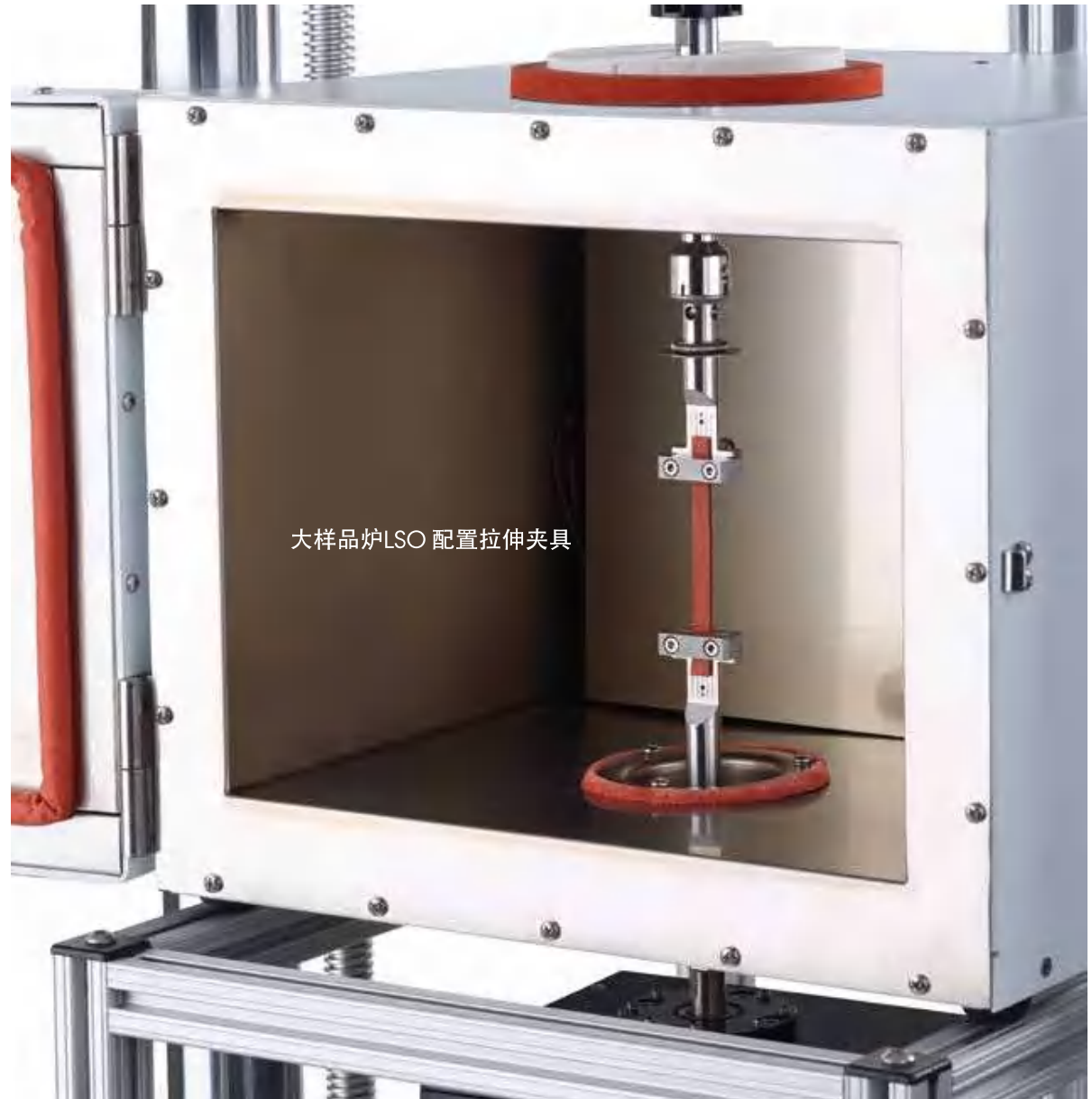
大样品炉, LSO

LSO提供宽敞的炉腔以方便大的样品或制件的测试。LSO气流通过两个加热器进入炉腔来优化温度的均匀性，其温度范围为 -150°C 到 315°C 。LSO配置了 $140\text{ mm} \times 190\text{ mm}$ 的大型观察窗和方便可开启的炉门。LSO由于空间更大，非常适合用于一些特殊的应用以及定制夹具解决方案。

*高于 500°C 的测试需要高温样品夹具

空气冷却器系统, ACS

空气冷却器系统提供独特的气体冷却方式, 可在不使用液氮的情况下进行低温环境下的测试。ACS-2和ACS-3两种型号的冷却机组采用多级级联压缩机设计, 能够利用压缩空气 (7 bar, 200 l/min) 作为冷却介质。ACS-2和ACS-3在FCO中可分别达到 -55°C 和 -100°C 的温度。对于LSO, ACS-2和ACS-3分别可实现 -15°C 和 -50°C 。ACS可减少甚至完全消除液氮的使用从而减低相关风险, 并获得令人难以置信的投资回报



夹具系统 | 技术

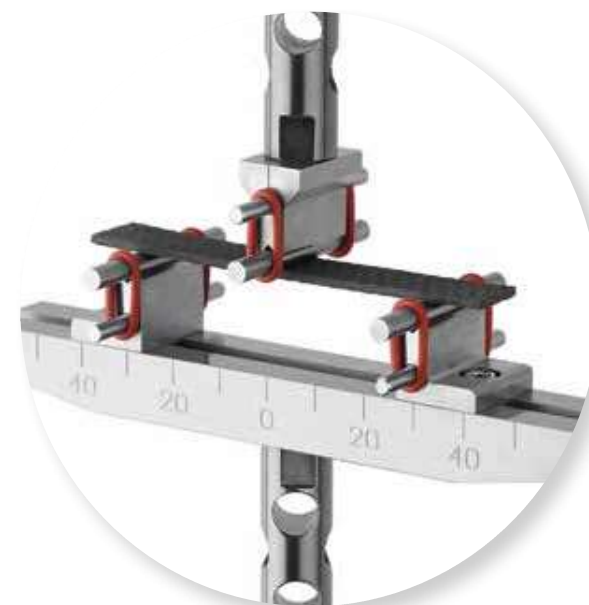
DMA 3200具有丰富的样品夹具系统，提供多种变形模式。可用于FCO的标准夹具系统包括拉伸，压缩，三点弯曲，单双悬臂梁弯曲和三明治剪切。标准FCO夹具由17-4不锈钢制成，最高温度可达500° C，500至600° C的测试可选耐高温夹具。LSO夹具系统由钛材制成，可以容纳更大的样品，并且可以使用拉伸，压缩和三点弯曲模式。所有FCO夹具都可以在LSO内使用。



FCO

三点弯曲

在这种模式下，样品在两端和中间的三点接触点周围变形。它被认为是一种“纯粹”的变形模式，样品由支点是开放的，所以消除了夹持效应。适用于测试刚硬的棒状材料（如复合材料，陶瓷，玻璃和结晶聚合物以及金属）的实心条。



LSO



FCO

拉伸

在这种模式下，样品顶部和底部被夹持，并处于拉伸状态。拉伸夹具是用于薄膜，条，棒和单根纤维和纤维束的拉伸测试。



LSO



FCO

压缩

在这种模式下，样品被放置在上下圆盘之间，并在不同压缩条件下变形。压缩可用于测试许多低至中等模量的材料，包括泡沫，弹性体，凝胶和其他软固体。



LSO



双悬臂梁

悬臂模式也称为“夹紧”或“支撑”弯曲模式，因为支撑点和变形点对样品进行机械夹持。在双悬臂测试中，夹具两端和中间部分均夹持于样品之上，而单悬臂测试中该夹具只使用一端和中间夹持样品。悬臂梁测试夹具是热塑性塑料和弹性体以及其他高阻尼材料的通用测试的理想选择，也是测量基材上涂层转变的理想选择。



剪切三明治

在剪切三明治中，两个相同尺寸的试样以“三明治”的方式被“夹持在”3块平行板支架。所施加的变形平行于样品厚度，并且所产生的变形是纯剪切。测试的典型样品包括聚合物熔体，泡沫，弹性体，凝胶，糊剂和其他软固体或高粘度液体。

夹具规格	FCO* * 夹具样品尺寸	LSO 夹具样品尺寸
拉伸	最大 35 mm 长, 12.5 mm 宽, 和 1.5 mm 厚	最大 100 mm 长, 12.7 mm 宽, 和 8 mm 厚
压缩	提供8, 15, 和 25 mm 直径压盘;; 最大样品厚度15 mm	最大达 50mm 直径, 和 100 mm 厚 (高)
三点弯曲	跨度 10, 25, 和 40 mm 高达 12.8 mm 宽和 5 mm 厚	可调整跨度 10 到 100 mm. 最大 13 mm 宽和 10 mm 厚
单双悬臂梁弯曲	最大 38 mm 长, 12.5 mm 宽, 和 1.5 mm 厚	N/A
三明治剪切	样品厚度 0.5, 1.0 和 1.5 mm; 剪切面 15 mm 方形.	N/A

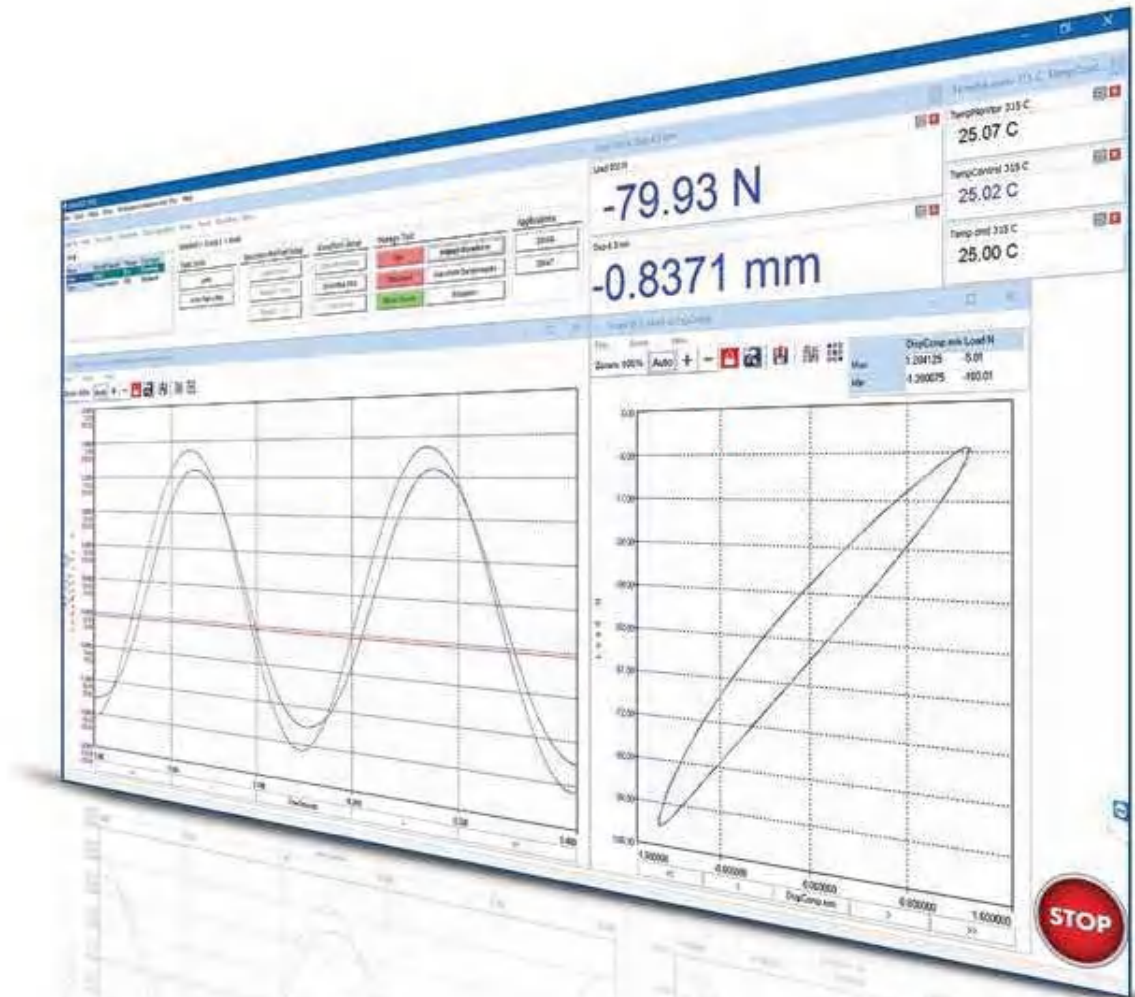
* 注意: 所有FCO夹具都与DMA3200 LSO环境炉兼容, 含适配器。

控制与分析软件 | 技术

DMA 3200由WinTest® 和TRIOS两个强大的软件提供支持。这两个软件具有先进的算法，丰富的数据可视化处理和多样化的分析工具，可以快速灵活地执行测试和展示实验结果。

WinTest 高级控制软件

WinTest是DMA 3200仪器控制和数据采集软件。它为疲劳和DMA实验设计的灵活性提供了一个非常直观的操作界面。DMA实验方法包括温度斜坡，温度扫描，应变扫描和频率扫描。同时可以轻易对疲劳和静态失效测试各种波形，包括正弦波，三角波，方波或斜坡。此外，可以组合波形，也可以导入实际工况的波形。独特的TuneIQ（马达全范围PID调谐）和受控停机帮助用户更好利用ElectroForce马达的高加速度和强大动态性能



TRIOS数据分析软件

TA Instruments的TRIOS软件完美兼容WinTest的DMA数据，为实验者提供丰富的分析工具和DMA数据的展示。包括各种绘图工具，如多轴绘图，智能默认和用户可定制的图形设置，拖放叠加和用户定义变量等。完整的DMA分析模型和功能包括时间 - 温度叠加，峰值分析，起始点分析，峰积分以及连续和离散的弛豫谱。该软件可以在任何计算机上离线安装，以便与同事轻松共享数据。



DMA 3200 | 应用

动态机械分析, DMA

DMA是以正弦变形，应力或应变应用施加于试样上来测量粘弹性响应的技术。在实验过程中，变形的频率和振幅可以保持恒定或变化（扫描）。材料对变形响应可以作为温度，频率或时间的函数来监测。DMA用于表征粘弹性材料的各种力学性能，如复数模量 E^* ，储能和损耗模量（ E' ， E'' ），阻尼（ $\tan\delta$ ），检测分子运动，以及得到结构 - 性能关系。

DMA可测量材料性质和典型应用如下：

材料特性：

- 弹性模量 (E)
- 刚性模量 (G)
- 复合模量 (E^*, G^*)
- 储存和损耗模量 (E' ， E'' ， G' ， G'')
- 阻尼特性 ($\tan\delta$)
- 复合刚度 (K^*)
- 储存和损耗刚度 (K' ， K'')

典型应用：

- 玻璃化转变温度
- 二次转变
- 软化和熔融温度
- 时间-温度叠加
- 线性粘弹区
- Payne 效应
- Mullins 效应
- 分子量/交联度
- 固化研究
- 传递率
- 迟滞性
- 物理或化学老化
- 取向影响
- 添加剂的影响
- 冲击强度



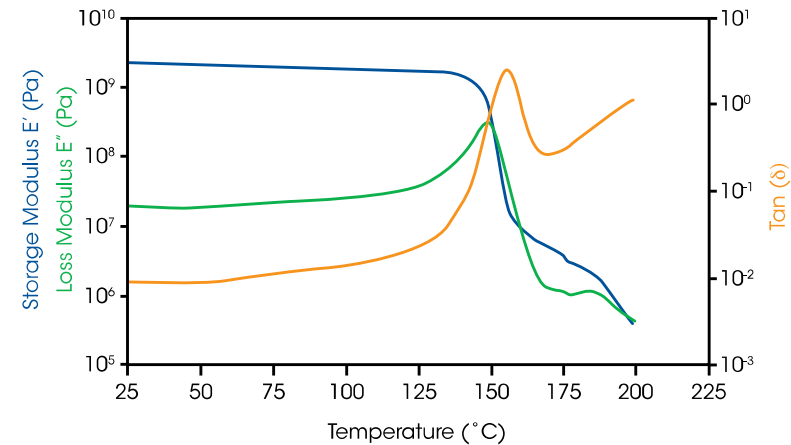
大力值动态机械分析, DMA

DMA 3200的大力值扩展了实验负载范围, 可以测试更大的样品或实际组件。大力值DMA应用实例见右图。

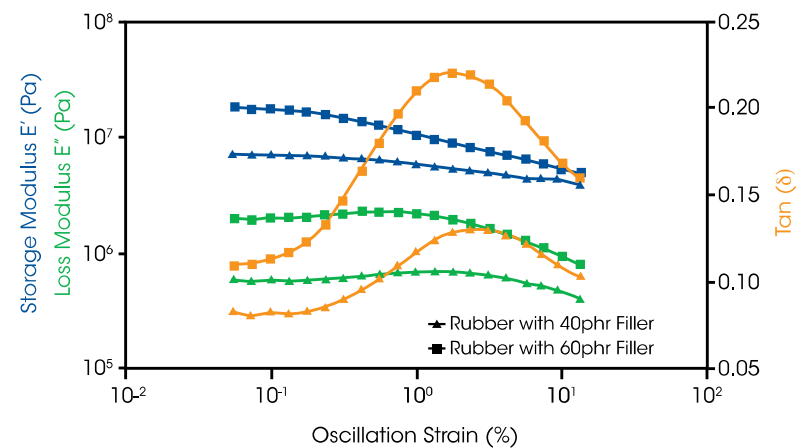
上图为聚碳酸酯棒的温度扫描测试, 升温速率为 $3^{\circ}\text{C} / \text{min}$, 应变为0.4%。样品的尺寸为1.6毫米厚, 12.8毫米宽, 19毫米长。这些结果以不同方式展示了DMA 3200的功能。首先, DMA 3200的高强度, 高刚性设计使其能够在拉伸模式下测试玻璃化转变温度 T_g 以下的聚合物样品。而传统的小力值DMA仪器将受到力和刚度的限制, 需要采用弯曲夹具获得这样的结果。其次, 无摩擦的设计使得DMA3200在小力值下仍然具有极高的灵敏度, 这对于表征玻璃化转变区域高达3个数量级以上的模量变化是非常必要的。

下图显示了两个圆柱形橡胶样品的应变扫描, 使用压缩夹具在 30°C 的温度和10Hz的频率下进行测试。样品尺寸是直径10毫米, 厚度20毫米。这两种橡胶样品具有不同的填料含量, 具体地为40phr和60phr, 其中phr是代表每百份橡胶中填料的份数。如图可见, 填料越多制品的模量也越大, 同时其模量具有更高的应变依赖性。在这个测试中, 最大应变为20% (相当于5mm) 的力正在接近60N。这些结果突出了DMA 3200的大力值和优异的位移控制。

聚碳酸酯扫温试验-拉伸模式



橡胶应变扫描-压缩模式



DMA 3200 | 应用

疲劳和准静态力学测试

大多数材料，部件和设备在使用过程中会经受循环往复的负荷条件，这种负荷会导致材料的疲劳。而疲劳可能会导致材料行为发生巨大变化，从而影响整体性能，也可能导致彻底和灾难性的失效。机械疲劳测试可以帮助您了解材料，部件或设备受到振荡力或应力时的失效情况。这些内在的材料特性可用来确保产品的可靠性和使用寿命。

简单负荷测试，即拉伸测试，也是评估强度和变形响应的有效方法。这种测试中，通过在简单加载直到破坏来测试材料性能。

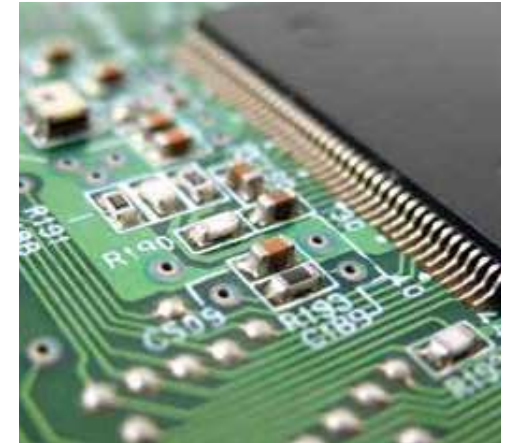
DMA 3200可以测量各种材料，组件或设备特性，支持多种类型的动态或静态强度研究。

测量示例：

- 弹性模量 (E)
- 刚度 (K)
- 屈服强度
- 抗拉强度
- 拉伸伸长率
- 疲劳强度

强度研究示例：

- 加速疲劳测试
- SN 曲线确定
- 机械老化
- 蠕变和恢复
- 应力松弛
- 张力测试



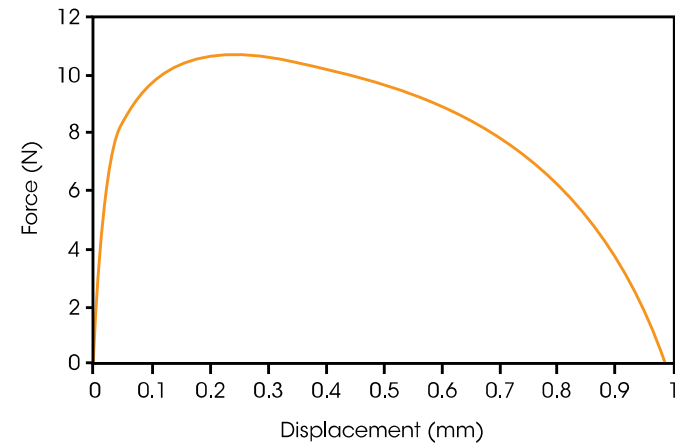
启用疲劳和准静态测试

DMA 3200以高度的灵活性，强大的功能和耐用性使其能够进行其他各种测试。它的宽阔的速度和力量范围，因此可用于疲劳和准静态测试。这些功能的实例见右图

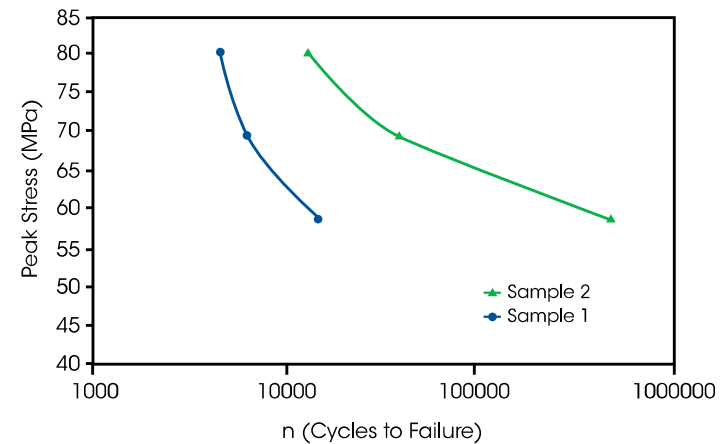
上图表显示了一小段焊料上的简单拉伸断裂试验。位移控制在每分钟1微米，温度恒定在25℃。样品的尺寸是直径0.5毫米，2毫米长。这个测试要求在很长的时间内缓慢和精确地控制位移，在这个例子中测试时间为14个小时。在该测试结果曲线中起始区域表现为典型的线性区域，而中部和右侧显示了非常长的延性破坏。这个测试演示了ElectroForce线性马达的灵活性。尽管它具有非常高的动态能力，同时也可以用于精确和慢速的测试。

下图显示了热塑性弹性体的疲劳研究结果。该曲线通常被称为强度与周期数的“S-N曲线”。这是一个表征材料或制件在周期载荷作用下其寿命与载荷水平函数关系的常规方法。如图所示，随着应力减小，样品失效周期增加。该测试展示了DMA 3200由于其高加速度和耐久性属性使其非常适用于高周期疲劳测试。

焊料的拉伸破坏试验



两种热塑性弹性体的疲劳试验



DMA 3200 | 规格参数

仪器规格	DMA	疲劳和静态测试
最大力值	500 N	450 N
最小力值		
500 N 传感器	0.2 N	5.0 N
22 N 传感器选项	0.025 N	0.22 N
力值精度		
500 N 传感器	0.006 N	0.015N
22 N 传感器选项	0.00026 N	0.00067 N
动态位移范围	±0.0005 to ± 6.5 mm	±0.002 to ± 6.5 mm
位移分辨率	1 Nanometer	1 Nanometer
最大加速度	80 G	80 G
最大位移在 50 Hz	± 6.5 mm	± 6.5 mm
最大位移在 100 Hz	± 1.0 mm	± 1.0 mm
测量模量范围	10 ³ 至 3x10 ¹² Pa	无
测试模量精度	± 1%	无
Tan δ 灵敏度	0.0001	无
Tan δ 分辨率	0.000015	无
频率范围	0.01 to 100 Hz	0.00001 to 300 Hz

环境炉规格参数	FCO	LSO
最高温度	600 °C*	315 °C
加热速度	0.1 to 60 °C/min	0.5 to 10 °C/min
冷却速度	0.1 to 60 °C/min	0.5 to 10 °C/min
恒温稳定性	± 0.1 °C	± 2 °C
内部尺寸	70 mm High x 60 mm Dia	191 mm x 200 mm x 200 mm

* 注意：标准样品夹具可用于最高温度500° C。对于600° C的测试需要可选的样品夹具。



AMERICAS

New Castle, DE USA
Lindon, UT USA
Wakefield, MA USA
Eden Prairie, MN USA
Chicago, IL USA
Irvine, CA USA
Montreal, Canada
Toronto, Canada
Mexico City, Mexico
São Paulo, Brazil

EUROPE

Hüllhorst, Germany
Bochum, Germany
Eschborn, Germany
Wetzlar, Germany
Elstree, United Kingdom
Brussels, Belgium
Etten-Leur, Netherlands
Paris, France
Barcelona, Spain
Milano, Italy
Warsaw, Poland
Prague, Czech Republic
Sollentuna, Sweden
Copenhagen, Denmark

ASIA & AUSTRALIA

Shanghai, China
Beijing, China
Tokyo, Japan
Seoul, South Korea
Taipei, Taiwan
Guangzhou, China
Petaling Jaya, Malaysia
Singapore
Bangalore, India
Sydney, Australia



tainstruments.com