

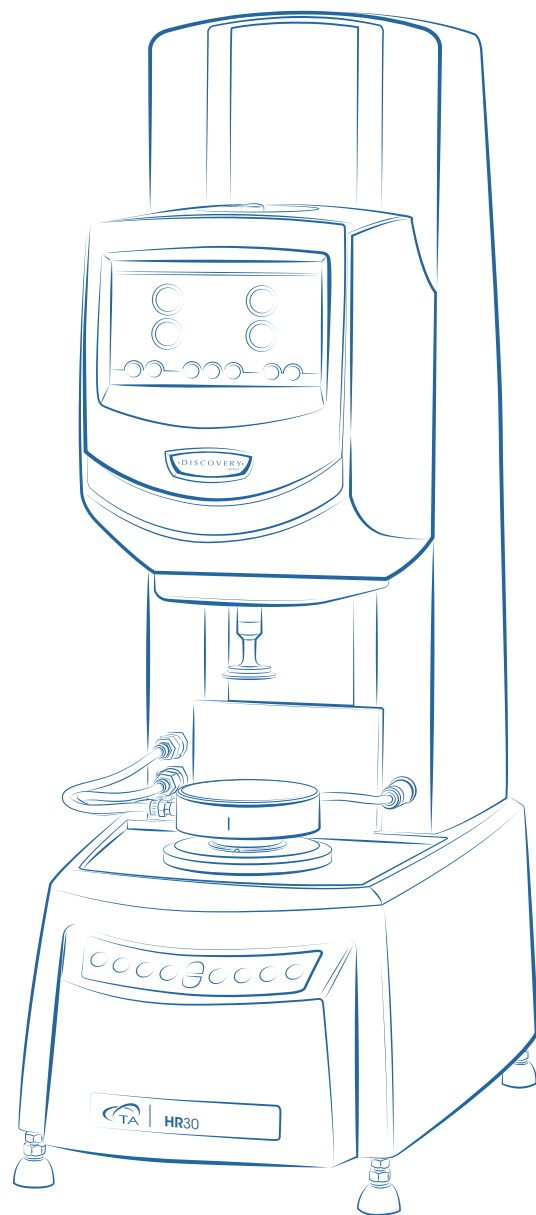
Waters™



DISCOVERY混合型流变仪



**探索具有**  
**高灵敏度**  
**简单易用**  
**功能多样**的流变仪  
**可满足**  
**严苛**的应用需求



# HR 30/20/10 | DISCOVERY混合型流变仪

TA仪器诚邀您体验Discovery混合型流变仪HR 10、HR 20和HR 30的全新创新技术。Discovery混合型流变仪旨在帮助科学家在更为复杂多样的测量条件下获取更加优质的流变数据，且不需要用户接受大量的培训。

核心测量技术的提升使得**测量更为灵敏、精确**。可测量更低黏度的液体和更弱的软固体结构，而同时消耗更少的样品。出色的动态性能可实现准确度更高的 $G'$ 和 $G''$ 测量，从而提升用户信心，以便快速做出决定。

考虑周全的硬件和软件设计为整套系统提供了**简便的用户交互体验**。测量模块更为简洁直观，无需大量培训即可轻松上手。

Discovery混合型流变仪**具有多种功能强大、使用方便的环境系统**，允许用户重现各种苛刻的环境条件进行测量且可以将测量扩展到传统剪切流变仪之外。

融合尖端工程技术，细节处精益求精，打造极致用户体验，Discovery流变仪技术全面升级。从性价比更高的流变仪到技术更领先的流变仪，总有一款Discovery混合型流变仪产品能够满足您的需求，为您带来超乎想象的优异表现。

# DISCOVERY混合型流变仪

## 面向实验室的功能强大、 功能多样的流变仪



# 探索 卓越的测量 灵敏度和准确度

## 扭矩灵敏度有了大幅度革新

这使得即使样品量很小也可以量测较小的应力，特色的低扭矩灵敏度，针对体积更小的样品，可以测量更低的黏度和更弱的分子间结构。

Discovery全系列混合型流变仪均配备TA仪器获得美国专利的**磁悬浮止推轴承**，与传统全空气轴承相比，可将减少70%的系统摩擦。且消除了测量系统中的压缩气流影响后，从而可保证低扭矩测量更加准确可靠。

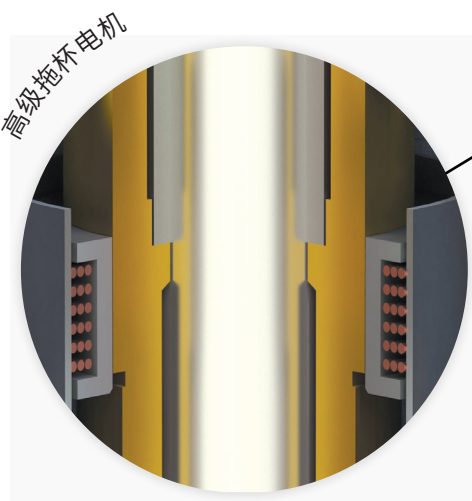
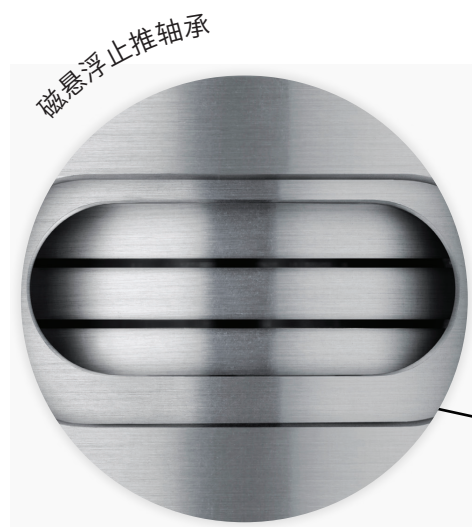
磁悬浮止推轴承优异的灵敏度与全新改良的**高级拖杯电机**完美结合。使得扭矩精度大幅提高，即使低扭矩测量也表现优异。

## 根据需要灵活控制：高级应变和应力控制

无论是控应变还是控应力，或者二者都有，Discovery混合型流变仪都能应对自如。先进的高速电子器件搭配响应迅速的高级拖杯电机，可保证在各类变形下都能提供快速的瞬态响应和准确控制。直接应变振荡，在振荡测量的每个节点都能提供实时应变控制。

迅速响应的应变控制可确保快速采集数据，从而快速表征材料的热变化、化学变化或结构变化。高度准确的变形控制（应力或应变）还可以确保良好数据质量，在评估非常大的振幅下呈现非线性响应的材料时尤为明显。

(美国专利号 7,137,290; 7,017,393; 6,798,099)



双读头光学位移传感器



## 提供更可靠的 $G'$ 和 $G''$ 测量结果

储能和损耗模量、 $G'$  和  $G''$  是所有流变仪可以测量的两大最具意义的结果。

与传统的单读头光学位移传感器相比，Discovery 混合型流变仪采用双读头光学位移传感器可将相位角精度提高 70%。由此， $G'$ 、 $G''$  和  $\tan \delta$  的测量都将更加准确。这一优势在极具挑战性的实验条件下表现得尤为突出，例如面对低应力、小应变条件或仅呈现微量阻尼或弹性的复杂样品。双读头光学位移传感器还可将位移分辨率提高 5 倍，可以在较低的应变下实现精确的测量。

高级拖杯电机的革新式优化，使得动态测量更加准确。与直流电机相比，新款电机重量更轻并且半径更小，系统惯量能够降低多达 80%，极大地减少了对振荡数据的校正，在高测量频率下更具优势。优化后的电机可支持更加广泛的精确测量频率、材料类型和实验设计。

# 精确可靠地测量 刚性材料

Discovery混合型流变仪具有高灵敏度，可以测量极为柔软的材料，同时构造坚固，足以应对极其坚硬的材料和严苛的要求。

坚固的**铸铝框架**和耐用的**线性球滑轨**提供比其他设计高出超过60%的轴向和扭转刚度，支持0.02 μm的间隙位置分辨率。

两条**高刚度径向轴承**使系统在承受样品或操作员施加的侧向载荷时保持稳定状态，而**双读头光学位移传感**进一步消除了对高刚度样品进行长时间测试造成的位移测量漂移。

即使在极端条件下运行，**高级拖杯电机**也能提供稳定的控制和测量。主动和被动热管理系统可实时量测并控制系统温度，在任意测试条件下都可以实现精确测量。

凭借上述众多创新技术，即使在极端的实验条件下也能提供准确、灵敏的测量结果。

## 全面推进流变测量

### 真实位置传感器

DHR配有获得专利的真实位置传感器(TPS)，可保证真正的间隙准确度。TPS线性位置传感器具有高分辨率，可以**实时测量和补偿热膨胀造成的影响**。与同类竞争设备不同，TPS能够消除因热膨胀造成的误差，无需使用特殊的大惯量铁芯夹具和环境系统。

TPS 适用于所有Smart Swap™夹具和Smart Swap™环境系统。

(美国专利号 #10,161,843)

### 法向力再平衡传感器 (FRT)

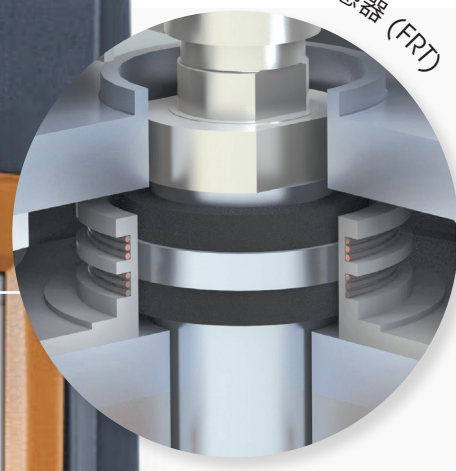
力平衡传感器是Discovery混合型流变仪用于法向力测量的核心技术。这种主动式零柔量传感器可以准确测量法向力和轴向力，而不产生轴向漂移。电容式或应变规传感器等竞争产品依靠传感器自身的物理移动感测作用力，从而会导致出现轴向漂移测量误差。FRT通过驱动线性伺服电机，在任何时间和任何情况下都能保持零漂移，从而实现精确的法向力测量。FRT还可以与磁悬浮止推轴承配合使用，发挥**轴向DMA性能**。

(美国专利号6,798,099)

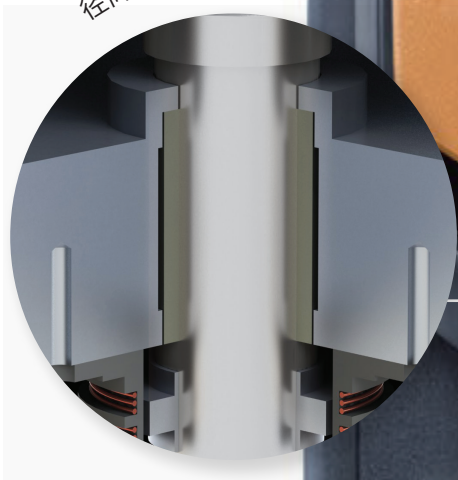


坚固的  
铸铝框架

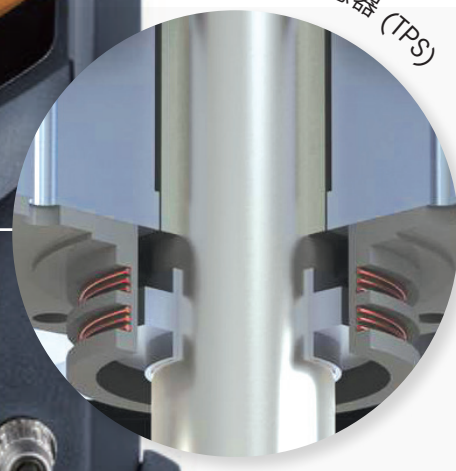
法向力平衡传感器 (FRT)



径向轴承



真实位置传感器 (TPS)



# 探索真正满足需求的流变仪

全新Discovery混合型流变仪将成为您实验室中强有力的隐形助手，可以助您大幅缩短从发现问题到收获真知灼见的时间。

## 轻松自如地装载样品

Discovery混合型流变仪基于用户设计，可让每位操作员更加轻松迅速地装载样品并提高测量精度。

借助间隙定位系统，日常交互速度是其他流变仪的**3倍**，间隙分辨率高达0.02  $\mu\text{m}$ 。**操作便捷的触摸板**将常用的操作放置于便利的位置，可触控实现自动减小间隙、测量位置和轴承锁等人性化功能。

全新的**One-Touch-Away™** APP式触摸屏进一步优化了仪器功能，主要功能触手可及，易用性显著提高。

全新的**集成式360°样品台照明系统**可提高测试样品外观状态的可视性，从而赢得更多用户的青睐。样品的装载和修剪将因此更加轻松自如且具有更高重现性，从而提升数据的准确度和精确度。

全新的Discovery混合型流变仪多功能性强大，足以应对全方位的挑战。无论面对何种需求，均可从容应对。Discovery混合型流变仪采用**多种性能强大、简单易用的环境系统和附件**，能够为用户重现苛刻的环境条件，支持进行同步测量，并且能将其功能拓展到传统剪切流变仪之外。

## Smart Swap™ 夹具

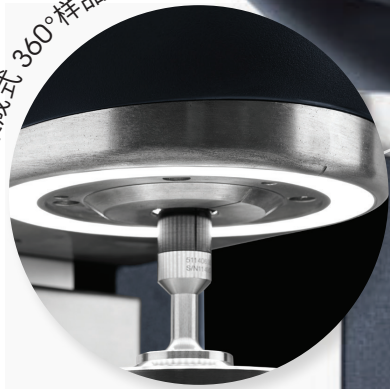
全新的Smart Swap 2™ 夹具系统具有全新的光学信息存储和传输功能，提供比芯片系统更强大的存储性能和耐用性。连接夹具后，将自动检测完整的夹具信息，然后自动正确地配置。

## Smart Swap™ 温控系统及附件

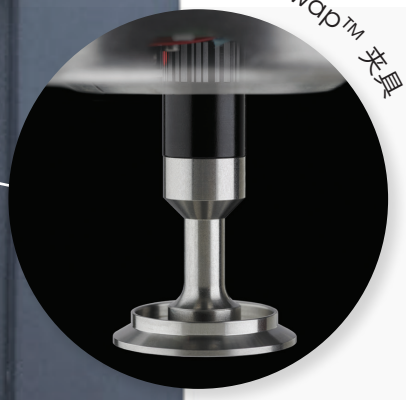
只有TA仪器通过Smart Swap™ 温控选件和附件实现了便利性和多功能性。Smart Swap™ 选件可安装到仪器独有的磁性基座上，与机械系统相比，安装更加简便、快捷。安装完成后，仪器会自动检测并配置系统以便其自动运行。



集成式 360° 样品台照明



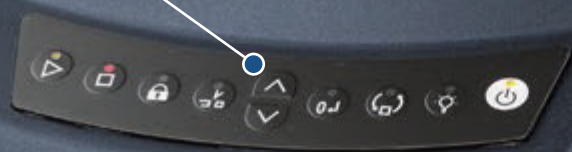
Smart Swap™ 夹具



Smart Swap 温控系统及附件



操作便捷的触摸板



TA HR30



## DHR | 动态热机械分析 (DMA)

凭借TA仪器四十多年来在旋转流变和线性DMA测量领域积累的专业积累，Discovery混合型流变仪的DMA模式将固体和软固体材料测试提高到了一个新的维度。现在，DHR不仅可以实现灵敏、准确的旋转剪切测量，还可提供准确的**线性动态热机械分析 (DMA) 数据**。受控的轴向振荡允许直接测量拉伸、弯曲和压缩条件下的 $E'$ 、 $E''$ 和 $\tan \delta$ ，完美补充了包括扭转固体在内的剪切测量。全新DMA模式非常适合确定材料的转化温度并可在仪器的完整温度范围内实现可靠测量。

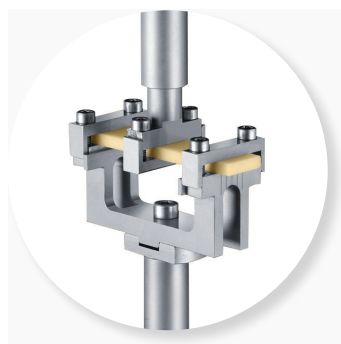
轴向DMA功能以DHR的主动力平衡传感器 (FRT) 和获得美国专利的磁性轴承技术为支撑，这些技术可在轴向实现振幅受控的振荡变形。无需安装任何外部组件，就能够快速、轻松地获取优质数据！而对于采用空气轴承和被动法向力测量的其他同类仪器，除非进行昂贵的改造，否则根本无法执行这种测量。

**所有HR 30流变仪  
均具备这项DMA功能，  
所有HR 20流变仪  
也可扩展此功能。**

3 点弯曲



臂梁弯曲



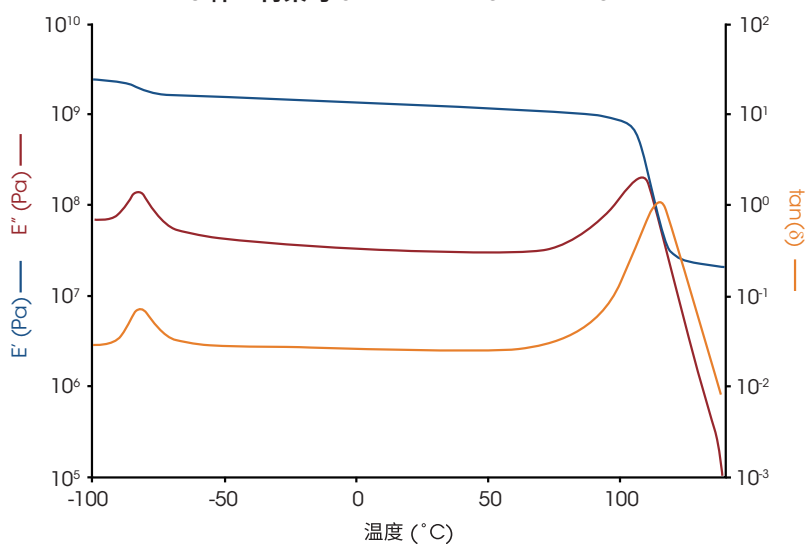
拉伸



压缩

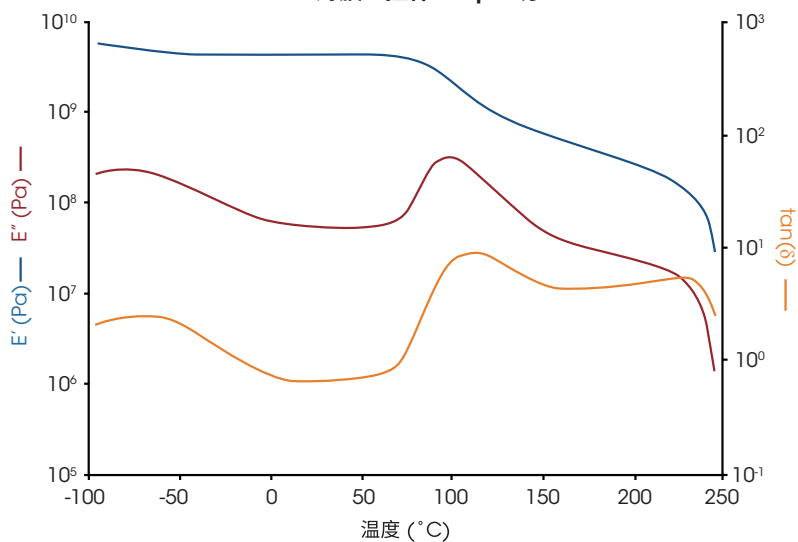


ABS 棒 - 臂梁弯 3 mm x 12.75 mm x 25 mm



左图显示了在单臂弯变形下，丙烯腈-丁二烯-苯乙烯 (ABS) 样品在-100°C到140°C的变温过程中的DMA模式性能。两项主要的转变非常明显，分别对应于丁二烯(-82°C)和苯乙烯(115°C)成分的玻璃化转变，这表明两种嵌段不相容。

PET 薄膜 - 拉伸 50 μm 厚



对拉伸进行轴向DMA测试要求轴向力始终高于振荡力，以保证样品在整个测试过程中始终处于拉直状态。左图中突出显示了这一特性。在-100°C到250°C的温度范围内，使用拉伸夹具对50 μm厚的PET薄膜进行测试，图中所示为变温测试结果。可以观察到三项主要转变：温度为-80°C时发生β玻璃化转变、温度约为111°C时发生α玻璃化转变以及在236°C时发生熔融转变。结果显示了一种半晶态结构，其可发生两种无定形态弛豫，可以看出，DHR在整个测试过程中完美地实现了力追踪。



TA HR30 Idle 0.00 N 44999.97 μm 22.88 °C

PROCEDURE



UTILITIES

SIGNALS



SYSTEM INFO



DISCOVERY series

TA HR30 Idle 0.00 N  
Rotation  
Set Velo  
Velocity -0.00 rad/s  
Torque 0.00 μN.m  
0.1 rad/s  
Lock  
1 rad/s



## One Touch Away™

### 革命性的流变仪性能触手可及

Discovery 混合型流变仪采用全新的 One-Touch-Away™ APP 式触摸屏，主要仪器功能触手可及，显著提高了易用性。

- 设计符合人体工学，可轻松查看和操作
- 功能丰富，可简化操作并提升用户体验

### APP 式触摸屏具备以下功能：

- 开始/停止实验
- 设定温度
- 设定间隙
- 控制旋转以进行样品装载
- 显示程序和样品详情
- 显示实时信号
- 测试及仪器状态
- 显示用户提示

APP 式触摸屏、功能强大的新型 TRIOS 软件以及快速稳健的校准例程无缝协作，可显著改善实验室工作流程并提高生产率。

TA仪器先进的软件包采用尖端技术进行仪器控制、数据采集以及热分析和流变分析等数据分析。您可以通过直观的用户界面进行简单高效的实验编程操作，并在处理实验与查看分析数据之间轻松转换。

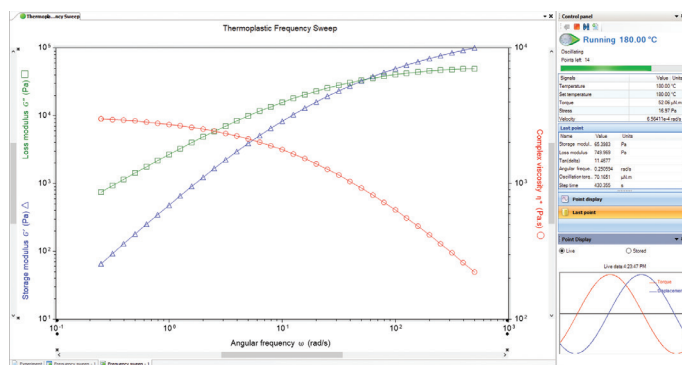


## TRIOS功能：

- 通过一台PC和软件包控制多台仪器
- 叠图并比较各种技术（包括DSC、TGA、DMA、SDT、TMA和流变仪）的结果
- 无限制的许可证和终身免费软件升级
- 一键重复分析，可提高生产率
- 自动生成自定义报告，包括：实验细节、数据图表和分析结果
- 可轻松将数据导出为纯文本、CSV、XML、Excel®、Word®、PowerPoint® 和图像格式
- 可选配附带电子签名的TRIOS Guardian，用于审计跟踪和保证数据完整性，包括美国FDA 21 CFR 11 合规性

## 完整的数据记录

高级数据采集系统自动保存所有相关信号、有效校准和系统设置。**每个数据点的波形**可能显示为Lissajous图，并直观地表示应力和应变之间的关系。这些全面的信息对方法开发、程序部署和数据验证非常重要。



## TRIOS软件为所有用户打造良好的用户体验

Discovery混合型流变仪的TRIOS软件提供了两个功能强大的用户界面，为用户提供采集相关数据所需的信息。

**TRIOS Express**界面帮助用户轻松高效地完成最常用的测量。简单的表格和合理的默认设置可简化实验设计和执行过程。

**TRIOS Unlimited**界面助用户全面掌控实验。一组功能强大的详细实验控件和数据采集选项有助于实现实验构想并采集所需数据。



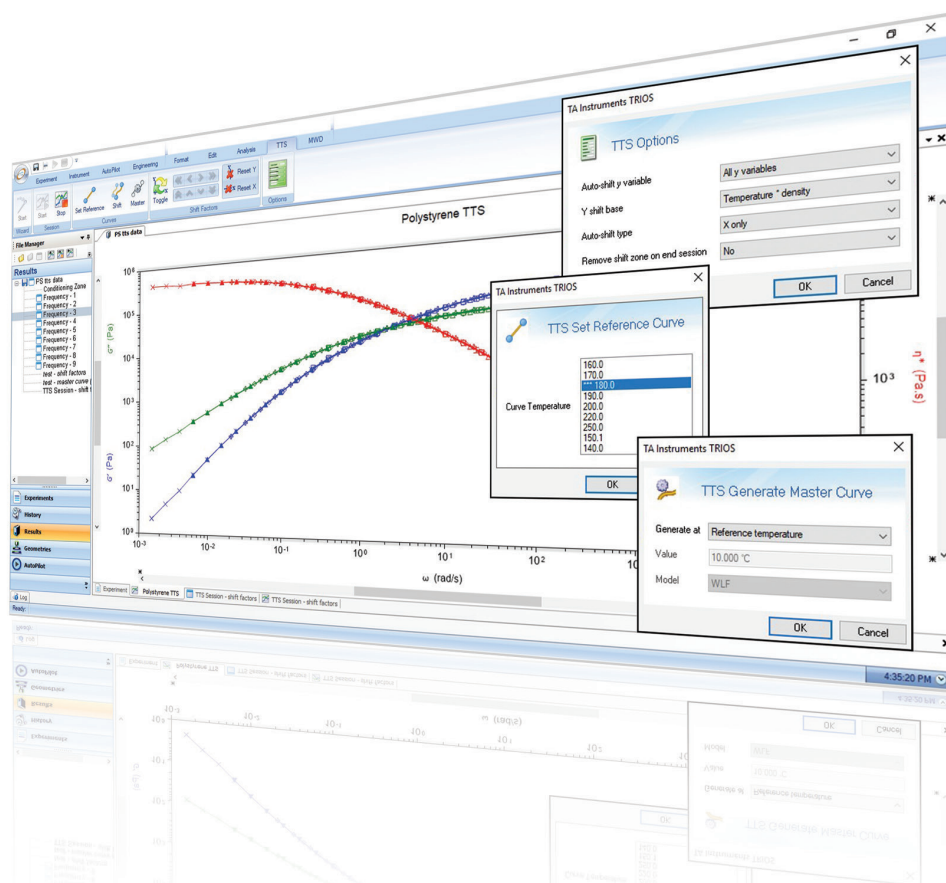
# 功能全面的控制 和分析软件!

## 全面的数据分析功能

即使在实验过程中，也可以使用全套相关工具进行实时数据分析。TRIOS中无缝集成了一套强大且全面的功能，可针对材料特性得出有价值的结论。

### 标准分析内容

- 起偏点和结偏点分析
- 信号最大值和最小值
- 信号变化
- 模量交叉点
- 特定X或Y点处的曲线值
- 1阶和2阶导数
- 曲线下方的面积
- 峰高
- 峰值积分和运行积分
- 数学拟合：直线、多项式或指数
- 统计函数



### 高级分析功能

- 超过10种流量模型，包括基于最适合实验数据的自动模型选择
- 针对自动曲线平移和主曲线生成进行时间温度叠加 (TTS)分析
- 活化能计算
- WLF系数计算
- 在温度斜坡和频率扫描之间转换
- Cole-Cole、Van Gorp-Palmen 和 Lissajous 图
- 内置模型：离散和连续的弛豫或延迟谱、Oldroyd 和 Spriggs 模型
- 通过Kelvin、Maxwell或Jeffreys模型进行蠕变分析
- 黏弹性转换可在振荡频率、应力松弛、应力增长、蠕变、松弛谱、推迟谱和记忆函数之间相互转换。
- 对用户定义的变量和模型进行高级自定义分析
- Cox-Merz:  $\eta^*(\omega) \rightarrow \eta(\dot{\gamma})$
- 流体惯量校正
- Rabinowicz校正
- 直接蠕变 - 振荡转换
- 离散傅立叶变换 (DFT)
- 窗口相关性

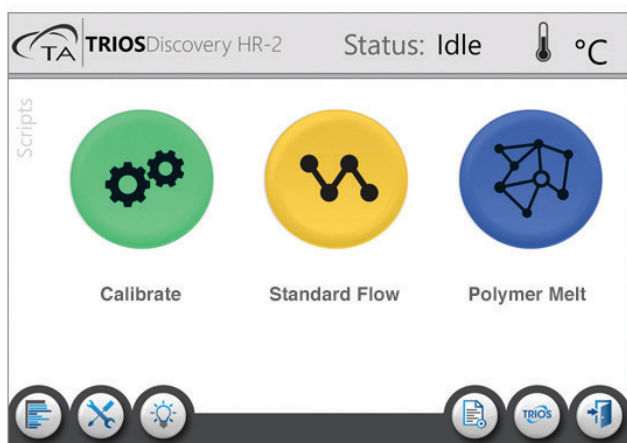
体验新一代软件功能，利用高级功能AutoPilot使功能强大的TRIOS软件实现完全自动化，释放Discovery混合型流变仪的全部潜能。AutoPilot让用户轻松快速地创建自动化例程：从测试方法到数据分析和报告生成均涵盖在内。这些例程将帮助本土乃至全球实验室企业对实验室操作和决策进行简化和标准化。从质量控制到研发，各种类型的实验室环境将提升生产率、提高数据精度并节约培训时间。



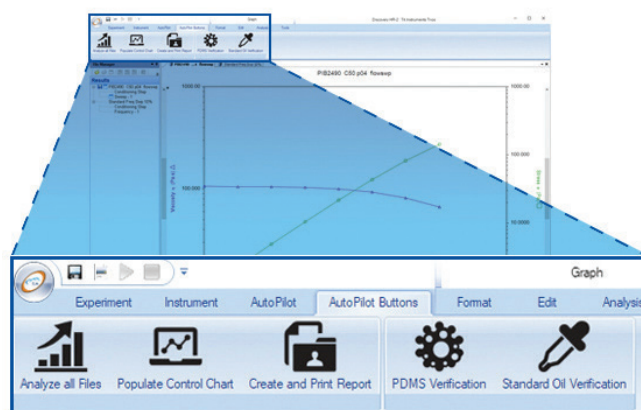
## 简洁的界面

AutoPilot采用定制化TRIOS功能区 and 简洁明了的One-Touch用户界面。在可配置的One-Touch布局方案中集中部署各种标准操作程序（SOP），有效节约操作时间。使用自定义TRIOS功能区按钮，快速执行常规任务。只需单击一下，操作员即可安全可靠地重复执行复杂程序。

- One-Touch界面支持轻松组织并执行脚本
- 使用自定义功能区按钮重复执行常规任务，提高效率和生产率
- 个性化的按钮设置，便于识别脚本功能



One-Touch Icon View



Custom TRIOS Ribbon



## 向导操作

AutoPilot可引导Discovery混合型流变仪执行相关操作。内置音频和视频播放功能以及交互式提示，指导用户使用正确的操作技术。

- 消息框的设计简约明快，可显示基本的文本反馈
- 提示操作员输入实验参数
- 通过播放视频演示正确的样品装载、调整和清洗技术
- 在脚本执行期间，通过播放声音提供相关指示
- 计时器直观提示当前步骤的剩余时间

## 性能优异

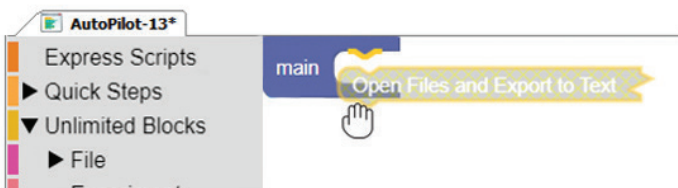
AutoPilot自动执行所有强大的TRIOS功能（如数据分析和报告生成）以及校准、温度和间隙命令等仪器操作。通过100多种可编程操作，用户可以完成以下工作：

- 监控实时信号值，检测加载错误或动态更改测试参数
- 加载现有数据集，执行处理和趋势分析
- 创建叠加图、生成报告以及填充控制图
- 自动制定数据处理决策

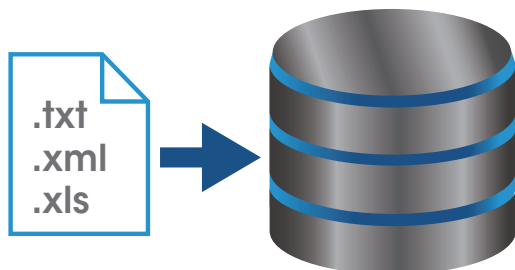
## 直观编程

AutoPilot脚本使用Google的可视化编程界面，以模块化的形式编译而成。拖放各种模块即可轻松创建脚本。使用随附的示例脚本可以立即执行复杂的任务，使用“快速步骤”和“快捷脚本”可以创建自定义任务；预先配置的例程有助于加快复杂程序的开发。

- 使用彩色编码的拼图编程
- 几乎不需要培训
- 借助随附的示例以及内置的“快速步骤”和“快捷脚本”，帮助用户循序渐进地提升实验能力



## LIMS/笔记本



## LIMS 兼容性

AutoPilot采用一种无缝机制，可以集成到所有LIMS系统中。此外，还支持以编程方式导出原始数据，以供第三方使用。支持的开箱即用格式包括文本、xml和xls。

# DHR | 温控系统

所有DHR温控系统和附件均以优异的性能和易用性为目的进行设计。TA仪器的DHR通过Smart Swap™ 夹具、温控系统和附件实现了便利性和多功能性。Smart Swap™ 技术能够**快速简便地交换附件**，流变仪在附件安装后会自动检测和配置。



## 帕尔帖板

帕尔帖板是我们最畅销的温控系统。该系统具有标准、阶梯式和一次性型号，可用于各种材料应用。温度范围为-40 °C 至 200 °C，可控加热速率高达20 °C/min。帕尔帖板附件具备防挥发、隔热盖、吹扫盖和浸泡功能。它是一款**性能高、功能全、具有优秀附件的帕尔帖板温控系统**。

## 帕尔帖同心圆筒

DHR专利的帕尔帖同心圆筒具有 Smart Swap™ 和帕尔帖加热技术带来的便利性，同时可使用多种外杯和转子夹具。同心圆筒夹具常用于测试低黏度液体、分散体系或任何可倒入杯中的液体。帕尔帖技术使用方便，可在-20 °C至150 °C 范围内提供稳定可靠、响应迅速的温度控制。

(专利号 6,588,254)

## 电加热同心圆筒

全新电加热同心圆筒（EHC）系统可将同心圆筒的测量温度扩展到300 °C。高效电热器和优化的热传导可确保高精度的均匀温度控制。EHC兼容各种同心圆筒附件，包括常用的压力单元。

# 全球功能全面完善的 流变测量平台



## 电加热板 (EHP)

EHP温控系统可实现锥板和平行板夹具的主动加热和冷却，最高温度可达400°C。还可选配气体冷却附件，将最低温度扩展为-70°C。EHP非常适合高通量聚合物样品测试。采用获得美国专利的主动温度控制 (ATC) 技术，电加热板是唯一一款能够直接控制上下板温度的EHP系统。电加热板具有标准和一次性系统，适用于聚合物熔体和热固性材料测试。可选配摄像头查看器。



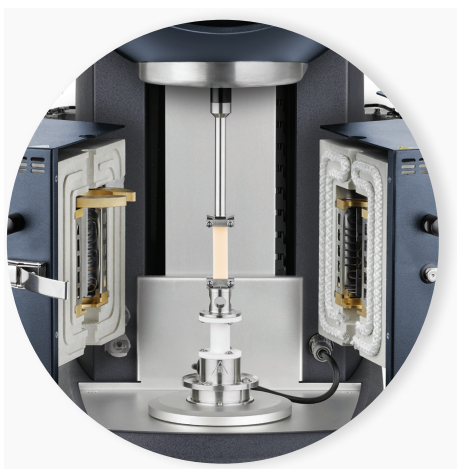
## 双极帕尔贴平板

双极帕尔贴平板是帕尔贴板技术创新者的另一项创新。此温控系统设计独特，采用了堆叠式帕尔贴元件结构。此设计的优势在于其具有独特的低温性能，可提供-45°C至200°C的连续温度范围，且只需使用水作为循环介质。对于需要将温度控制在室温以下的应用，双级帕尔贴堪称理想之选。



## 上加热板 (UHP)

UHP是一款温控选件，旨在配合帕尔贴板使用，以便最大限度地消除垂直温度梯度。UHP与所有帕尔贴板型号兼容，可提供上板温度控制和吹扫气体环境。UHP的最高温度为150°C，并可使用液体或气体冷却选件扩展温度下限。UHP是唯一一款采用获得美国专利的**主动温度控制技术，可直接测量和控制上板温度**的非接触式温控系统。



## 环境控制炉 (ETC)

ETC是一种采用可控对流辐射加热技术的 Smart Swap™ 高温加热炉。温度范围为 -160 °C 至 600 °C，加热速率最高 60 °C/min，可提供快速响应和温度稳定性。ETC多用于聚合物领域，可配合平行板、锥板、一次性板、扭摆夹具和**用于固体的轴向DMA夹具**进行测量。在整个温度范围内，均可选配图片拍摄装置和摄像头查看器。

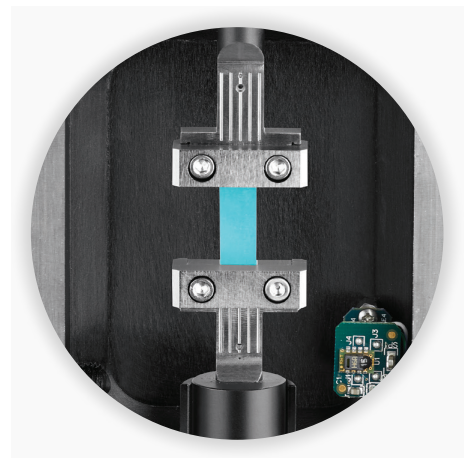
## 空气冷却系统 (ACS-2 和 ACS-3)

新型空气冷却系统是独特的气流冷却系统，无需使用液氮即可实现环境控制炉的温度控制。ACS-2 和 ACS-3 两种型号采用多级级联压缩机设计，可支持 ETC 在温度分别低至 -50 °C 和 -85 °C 时运行。空气冷却系统利用压缩空气作为冷却介质，可帮助**实验室不消耗液氮或少耗液氮，消除冻伤隐患**并带来可观的投资回报。



## 相对湿度附件

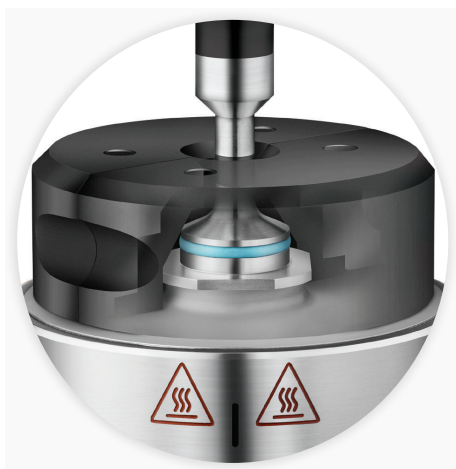
相对湿度附件是全新的环境系统，可精确控制样品温度和相对湿度。附件采用经过专门设计并针对流变测量进行优化的湿度和温度控制腔，可在各种工作条件下提供稳定可靠的温度和湿度控制。兼容多种测试夹具，包括专门设计用于研究真正与湿度相关流变特性的夹具。





## 防溶剂挥发/蒸发系统

防溶剂挥发盖和防溶剂挥发夹具一起形成了热稳定隔汽层，基本上消除了流变实验过程中的溶剂挥发，同时改善了温度均匀性。



## 隔热罩

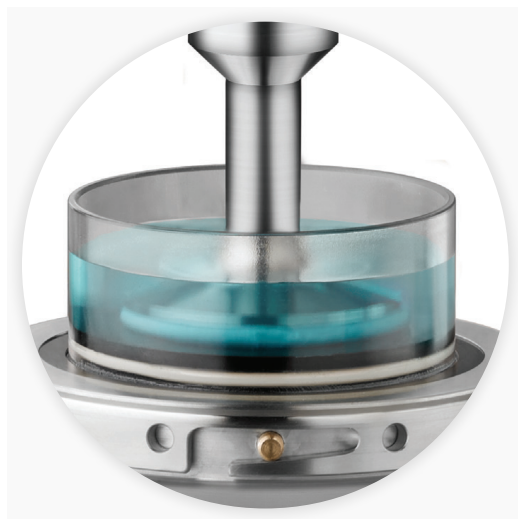
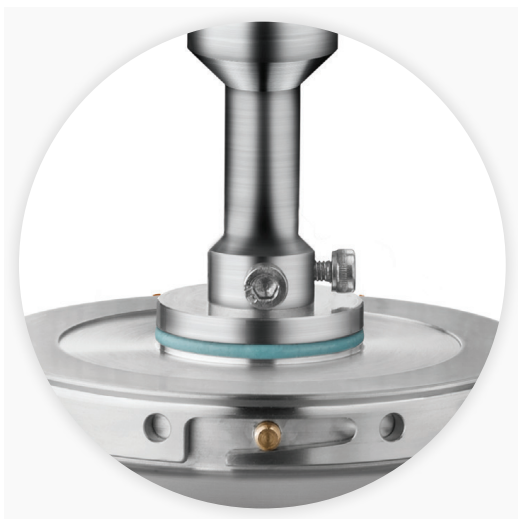
隔热盖是用由隔热外层包裹阳极氧化铝核制成的。铝核将热传导到上部夹具，为整个样品提供均一的温度。隔热防溶剂挥发装置还额外带来防止蒸发的优势。



## 吹扫气体罩

吹扫空气盖是一个两件式硬阳极氧化铝盖，具有直径4 mm的吹扫管路。此盖适用于干燥氮气吹扫样品区域以防样品在低于室温的条件下发生冷凝，或用加湿空气吹扫以防样品干燥。





## 高级帕尔帖板

高级帕尔帖板在单个帕尔帖板温度系统中引入高度的灵活性且不丧失卓越的温度性能，可满足众多应用的要求。独特的快速更换板 (Quick Change Plate) 系统能够轻松安装不同材料和表面光洁度不同的下板、测试固化材料的一次性板和在流体环境中表征材料的浸泡杯等。



## 光学板附件 (OPA)

OPA是开放式光学系统，可在流变实验中使样品结构实现基本可视化，从而深入了解材料在流动下的重要性。配备硼硅酸盐玻璃板的开放平台可提供透明光路，便于直接观察样品。这有助于了解各种材料特性，特别是悬浮液和乳液。



## 模块化显微镜附件 (MMA)

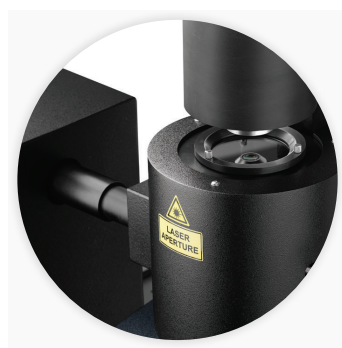
MMA可在同步流变测量过程中提供完整的流体可视化。高分辨率摄像系统能以高达每秒90帧的速率采集图像，并可与业界标准显微镜物镜联用，放大倍数高达100倍。通过采用蓝光LED照明，并结合正交偏振或二色分离器，该系统可进行选择照明和荧光显微镜观察。



## 小角度光散射 (SALS)

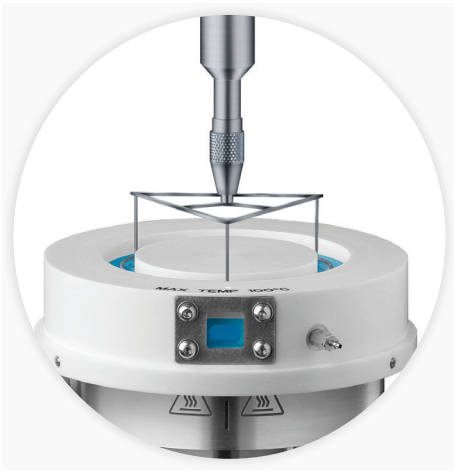
SALS选件可以提供同步流变和结构信息，例如颗粒尺寸、形状、方向和空间分布。该附件具备专利Peltier板温度控制功能，散射角( $\theta$ )范围为 $6^\circ$ 至 $26.8^\circ$ ，散射矢量范围( $q$ )为 $1.38 \mu\text{m}^{-1}$ 至 $6.11 \mu\text{m}^{-1}$ 。长度范围为 $1.0 \mu\text{m}$ 至大约 $4.6 \mu\text{m}$ 。

(美国专利号7,500,385)



## 流变-拉曼附件

新型流变-拉曼附件支持在流变实验过程中同时收集拉曼光谱学数据。拉曼光谱学技术可以提供有关分子结构和化学键的关键信息，并能阐明纯物质与混合物的分子间相互作用。TA仪器的流变-拉曼附件可与赛默飞世尔科技的iXR拉曼光谱仪™集成，形成一套通过1类激光认证的交钥匙安全系统。



## 界面流变学：双壁环和双壁Du Noüy环

这两种专利技术支持通过专用几何结构来表征界面流变，以测量二维液-气和液-液界面的黏度和黏弹性。双壁环 (DWR) 和双壁 Du Noüy 环 (DDR) 中界面明确且基相可忽略不计，使其成为了界面流变学高灵敏度测量的首选工具。在TA仪器界面流变学系统中，样品盛放在Delrin®槽中，测量夹具由铂-铱合金制成。选择这些材料是因为它们具有化学惰性且易于清洁。用户可选择不同的界面流变学选件，从而极为灵活地选择适合应用的夹具。

(美国专利号 7,926,326)

## 界面交换单元

全新界面交换单元扩展了TA仪器界面流变学领域的专利产品，使用该单元可在流变测量过程中直接控制下层液体层（亚相）的成分。此独特功能可以表征改后亚相成分的界面响应，为量化pH值、盐或药物浓度变化的影响，或者引入新的蛋白质、表面活性剂或其他活性成分提供了可能性。



## ETC 夹具附件套件

该套件配备标准夹具，经过配置后可用于测试热塑性材料和橡胶、热固和其他固化系统、压敏粘合剂和沥青结合料等。此外，我们还为温度系统提供了多种不同直径和锥角的不锈钢夹具以及多种一次性夹具。



## ETC 扭转夹具套件

扭转夹具套件为在流变仪上测试剪切变形下的实心矩形或圆柱形样品提供了一种简便方法。这种类型的扭转测试可用于研究转化温度以及评估多组分聚合物样品的共混相容性。



## SER3 通用测试平台

SER3 是一款通用测试平台，可用于执行拉伸流变学测量和多种物理材料特性测量，例如对小型固体样品进行拉伸、剥离、撕裂和摩擦测量。



## 介电分析

介电分析是一项强大技术，用于测量电容和电导等电气特性。该技术可用于表征 PVC、PVDF、PMMA 和 PVA 等极性材料、相分离系统以及环氧树脂和氨基甲酸酯体系等材料的固化动力学监测。介电分析可在高达 2MHz 的频率下进行测量，远远超出了传统的力学分析极限。

球三板



三球板



四球



环下板



## 摩擦-流变学附件

新型摩擦-流变学附件可用于测量干燥或润滑条件下两种固体表面间的摩擦系数。其独特的自对齐设计在任何条件下均能保证固体与固体之间均匀接触且轴向力分布均匀。**系列模块化标准和新型夹具**使您可以自由选择不同的接触面轮廓并直接模拟最终使用条件。



## 压力单元

压力单元是一种可选配的密封容器，用于研究压力对流变性质的影响以及在大气压下容易挥发的材料。支持的最大压力为138 bar (2,000 psi)，最高温度为300 °C。



## 高灵敏度压力单元 (HSPC)

在流体温度接近或高于其沸点或者处于加压环境下对流体进行全面的黏弹性表征时，HSPC提供的扭矩灵敏度比传统机械密封压力容器高出100倍。当压力高达5 bar时，在温度高达150 °C的水溶液体系中，可以测量低黏度流体并准确测量G'和G''。



## 淀粉糊化池 (SPC)

SPC是一种功能强大且精确的工具，用于淀粉产品糊化过程和最终特性的流变学表征，还可用于对其他多种不稳定材料的基本表征。



### 建筑材料测量池

建筑材料测量池是一种经过特殊设计的同心圆筒杯和转子，耐磨、耐用，可用于测试大颗粒材料，例如混凝土浆和混合物等。浆型转子、开缝笼和大直径杯可确保样品充分混合，同时避免样品在杯和转子表面滑动。



### 浸泡扭摆池

浸泡扭摆池可用于夹持矩形样品，并能够在将样品浸入温控流体中进行表征。由膨胀或塑化造成的力学特性变化可在振荡试验中得到分析。



## 电流变

支持以直流和交流模式在高达4000 V的电压下表征电流变流体。配备平行板和同心圆筒夹具，最高温度为200 °C。可灵活编程各种电压曲线，例如阶变、斜坡、正弦波和三角波函数以及带直流偏置函数等。



## 磁流变 (MR)

新型MR附件能在可控场的影响下，对磁流变流体进行完整表征。由于施加的场强可高达1T并且样品温度范围为-10 °C到170 °C，因此MR附件是各种MR流体和磁流体研究的理想选择。



## 固化池

新型固化池附件可用于颜料、涂料以及浆料的干燥、保留和固化动力学表征。在真空和温控条件下，通过粘在带孔底板上的纸质基板去除样品中的溶剂。在固化过程中，通过轴向力受控的振荡时间扫描测试，同步检测样品的流变学变化。



## 通用容器支架

通用容器支架是一款Smart Swap™ 选件，可固定外径最大为80 mm的任何容器，以便通过转子表征材料。这样就可快速、方便地评估材料，例如涂料和亮光漆、乳液、意大利面酱等，而不会在上样时产生较大剪切作用。该支架同样适合固定烧杯或夹套烧杯。





## 紫外线固化附件

我们为紫外线固化材料的流变学表征准备了两种Smart Swap™附件，分别适用于HR 10、HR 20和HR 30。其中一种附件采用了光导管和反射镜组件，可从外部高压汞光源中分离出紫外线。另一种附件则采用独立的发光二极管（LED）阵列，主峰波长为365 nm和455 nm。两种系统均兼容可选配的一次性板，最高可控制150 °C的温度。



# DHR | 用于沥青粘合剂测试的 FastTrack 系统

## 干式沥青和沥青浸泡系统

TA仪器的沥青系统符合甚至超过SHRP、ASTM 和 AASHTO 等规范要求，配有8 mm和25 mm平行板和样品模具。干式沥青系统将出色的上加热板与独特的分段式下帕尔帖板相结合。可以灵活选配冷却选项，包括Peltier、Vortex和水循环器冷却。沥青浸泡单元采用传统温度控制方案，通过将样品完全浸没在循环水中进行温度控制。

## 用于沥青粘合剂测试的FastTrack软件

FastTrack是一款专用软件包，适用于按照ASTM和AASHTO标准对DHR混合型流变仪上的沥青粘合剂进行测试和分级。为了便于操作，FastTrack采用了一系列人性化设计，包括直观易用的图形化界面以及与沥青样品流变测试相关的全套测试。基于从头开始的设计理念，借助直观的界面通过一系列与上下文相关的指令和视频，以可视化方式指导操作员完成整个测试程序。醒目直观的视觉提示使仪器的当前状态一目了然。

FastTrack提供了灵活的配置，可以根据具体的测试需求进行全面优化。其中包括原装粘合剂、轧制薄膜炉(RTFO)和压力老化容器(PAV) 剩余样品测试、多级重复蠕变(MSCR) 和大振幅扫描(LAS)。此外，自动温度校准和Cannon标准验证测试有助于轻松执行这些测试，完成日常的校准和审计任务。

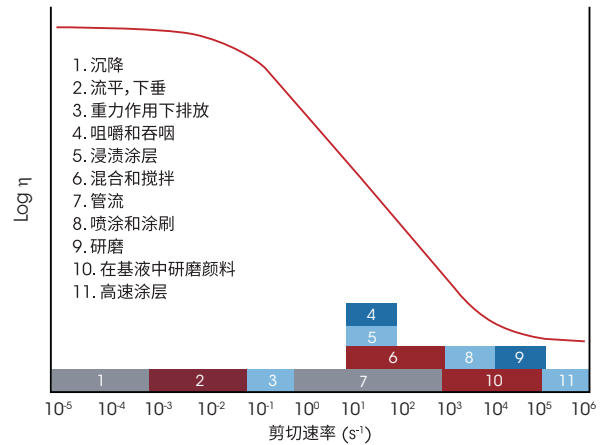


DISCOVERY  
series

511405  
S/N11405

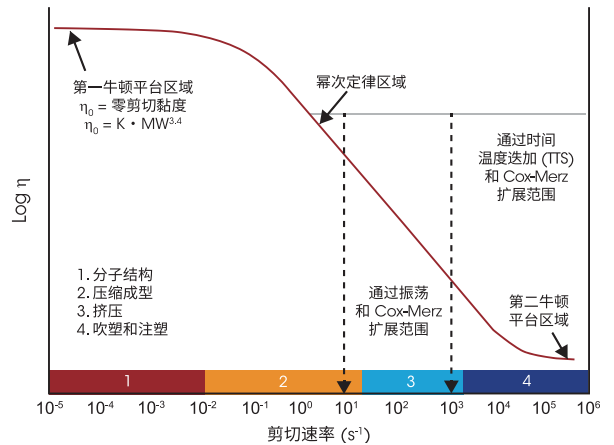
## 溶液和分散物的流动曲线

Discovery混合型流变仪生成的流动曲线是应力或应变速率的函数。流动曲线通常是基于分段式流动特性生成的，其中每个数据点反映了由测量系统自动确定的稳态测量。生成的数据与处理和产品性能相关，提供有关屈服应力、黏度、剪切变稀、剪切增稠或触变性的信息。简单的技术（如旋转黏度计）只能测量整个流动曲线的一个点或很小部分。Discovery混合型流变仪的操作范围非常广泛，能够对材料的流动行为进行完整表征。



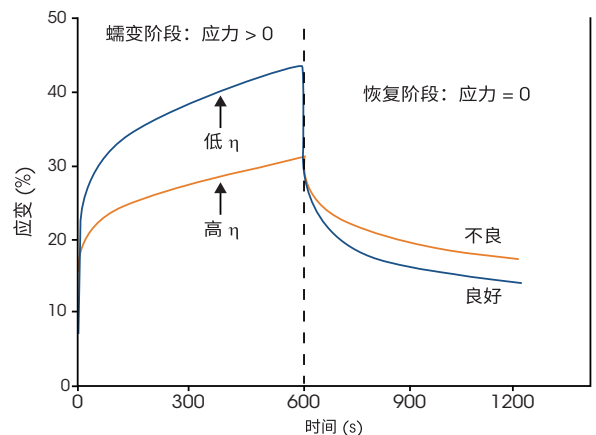
## 聚合物的流动曲线

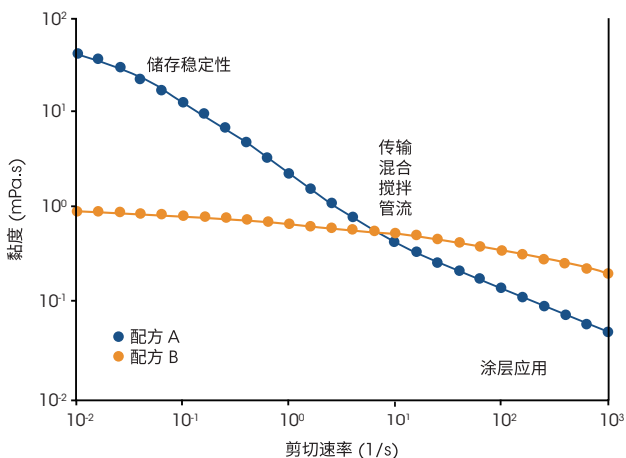
聚合物的分子量极大地影响了它的零剪切黏度，同时其分子量分布和支化度影响了它的剪切速率依赖性。这些差别在剪切速率较低时最为明显，使用熔体流动指数或毛细管设备是不可能的。除了有关流动行为的基本信息外，功能强大的TROS软件还可以使用此数据基于测得的零剪切黏度确定分子量。Cox-Merz和TTS可以将此数据与振荡测量得到的数据相结合，从而将数据扩展到更高的剪切速率。



## 蠕变和回复

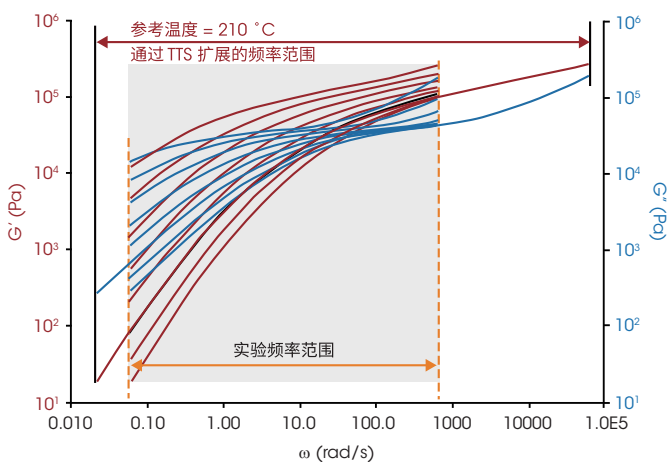
如右图所示，在涂料样品上进行的蠕变和回复实验数据显示表现有“好”有“坏”。这种测试模式是在长时间处于载荷状态下测量黏弹性、了解和预测材料性能的强大工具。相关示例包括在复杂流体中的沉降稳定性以及聚合物熔体中的零剪切黏度( $\eta_0$ )和平衡可复柔量( $J_e^0$ )。蠕变方式在确定 $\eta_0$ 和极低的弹性时尤为准确和灵敏；这种方式最适合Discovery混合型流变仪优异的应力控制和低惯量特征。此外，也可以执行类似的实验（如应力弛豫），在其中施加阶跃应变，并将测量应力作为时间的函数。该实验提供了应力松弛模量  $G(t)$ 。





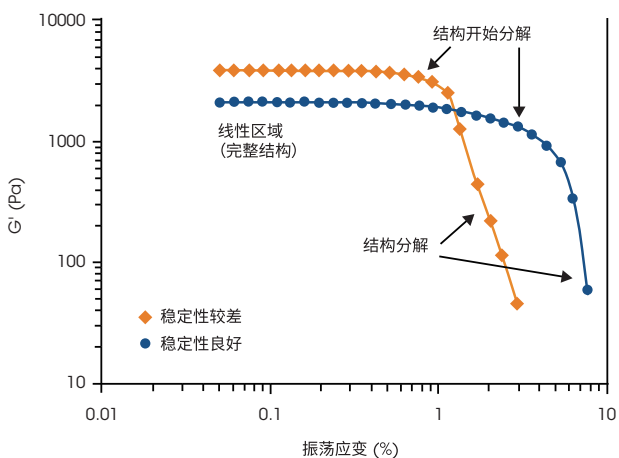
## 流动曲线预测胶粘涂层配方的适用性

剪切变稀是一项重要的特性，在涂层应用中尤为如此。为了防止分散相在储存过程中发生沉降，需要在低剪切速率下提高黏度来提供稳定性。在高速率下降低黏度可促进混合和搅拌并有利于通过管道进行输送。最重要的是，需要在较高速率下降低黏度来实现快速涂层和较低的薄膜厚度。右侧所述的两种配方均提供了相当的中等速率黏度，但配方A在储存稳定性和涂层性能方面均表现出更加理想的黏性行为。



## 黏弹性主曲线

相邻的图片显示了线性均聚物的黏弹性指纹，以及 $G'$ 和 $G''$ 随频率的变化情况。由于频率是时间的倒数，该曲线显示了依赖于时间的机械响应，短时间（高频率）表现为类固体行为而长时间（低频率）表现为类流体行为。 $G'$ 和 $G''$ 曲线的幅度及形状取决于分子结构。频率扫描通常在0.1至100弧度/秒的有限范围内进行。时间温度迭加(TTS)通常会结合在几个温度下进行的测量来扩展频率范围。

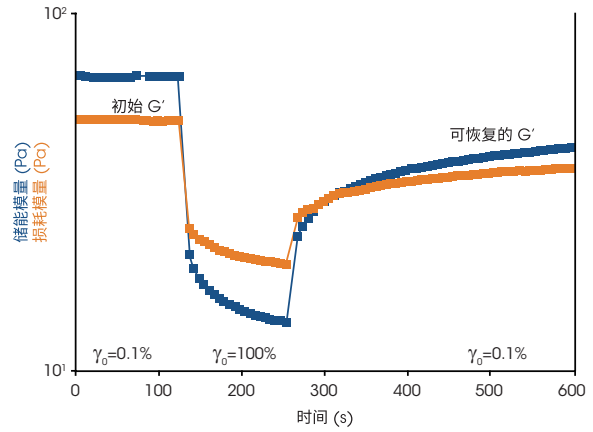


## 应变扫描预测分散物稳定性

附图包含振荡应变扫描的结果，这些结果用于确定线性黏弹性区域(LVR)和研究分散稳定性。在LVR中，材料对应力或应变(弹性)的响应是线性的，同时结构保持不变。模量随应变迅速下降表明材料结构遭到破坏。一旦结构遭到破坏， $G'$ 便取决于施加的应变。线性区域较大的材料通常具有更高的抗相分离性或抗相凝聚性。

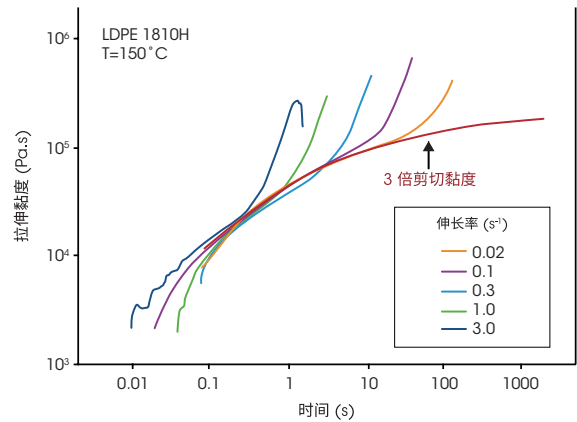
## 黏弹性结构的变化

分散物的弹性结构有助于保持形状或分散颗粒的稳定性。如同在建筑涂层或涂料中一样，我们通常希望这种结构在大型形变的作用下易于分解，以便于传输或扩散。形变停止后，静止结构应恢复得足够快，从而稳定分散物并防止滴落，同时必须足够慢，以允许印刷条纹发生松弛或平滑。对 $G'$ 和 $G''$ 进行基于时间的测量允许将此过程量化，同时确保量化过程在时间曲线的目标窗口中发生。



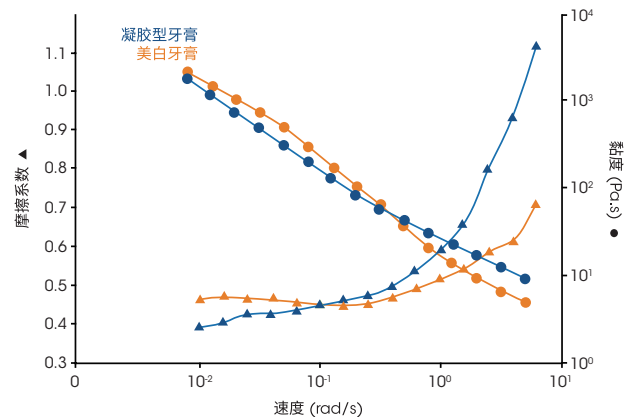
## 拉伸黏度测量

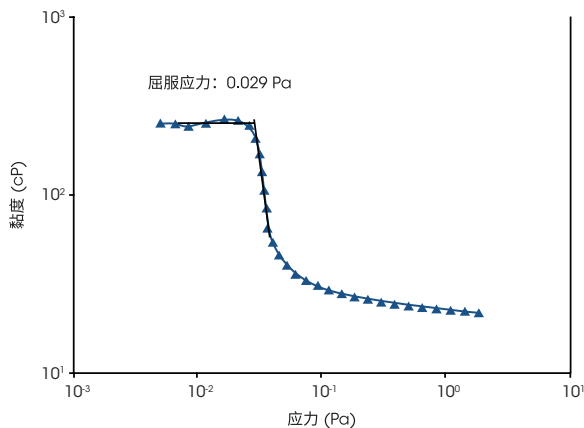
Discovery混合型流变仪与EVA（拉伸黏度附件）或SER3（Sentmanat拉伸流变仪）配对使用时，还可以对聚合物熔体进行拉伸黏度测量。图中显示了在150 °C的条件下，标准LDPE 1810H在0.02至3 s<sup>-1</sup>的拉伸速率范围内的拉伸黏度测量情况。这些测量结果与相应低剪切速率黏度的三倍值进行比较，后者与不同拉伸速率下拉伸稠化开始前的零速率拉伸黏度相吻合。除了拉伸黏度外，这些设备还可用于固体拉伸测试、撕裂测试、剥离测试以及高速率断裂测试，为剪切流变仪提供自然补充，获取更具价值的材料信息。



## 摩擦系数测量

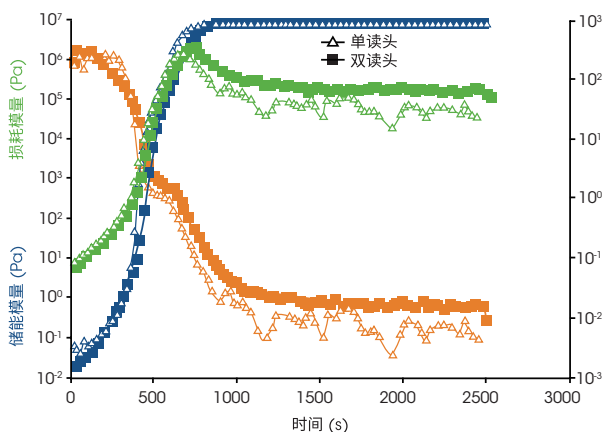
附图显示了市面上两种牙膏的摩擦系数曲线。美白牙膏中含有粗糙的颗粒，在低速下会产生较高的摩擦，但凝胶型牙膏的摩擦曲线表明，随着速度的提升，摩擦力也迅速地增大。对比两种牙膏的流动曲线就能看出这种行为的原因—尽管两种材料都发生剪切变稀，但美白牙膏的黏度下降速率却比凝胶型牙膏快得多。这种差异增加了高转速下的流体动力学阻力和摩擦力。除了剪切流变外，摩擦系数测量是Discovery混合型流变仪可以执行的许多补充测量之一。





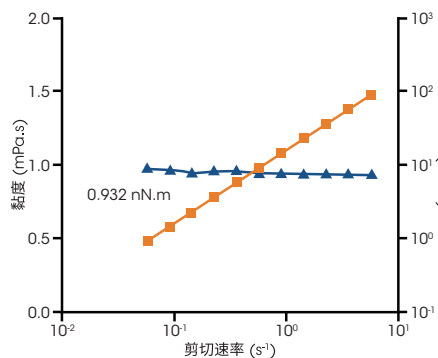
## 悬浮液中微弱屈服应力的测定

复杂的流体通常利用工程设定的屈服应力来支持悬浮相，防止其沉降或凝聚，或者防止液体在静止时扩散。必须对此应力进行优化，使其足够大以防止沉降，同时也要足够小，以便宏观流可以顺畅启动。左侧的示例数据展示了悬浮分散相的饮料的行为。屈服应力和后屈服黏度必须足够低，方便饮用者倾倒并且提供饮用者满意的感官认知。HR 30拥有极高的测量灵敏度，可以轻松测量出这种极低的屈服应力 (0.03Pa)，同时在屈服之前提供足够的数来明确建立屈服前的平台区域。



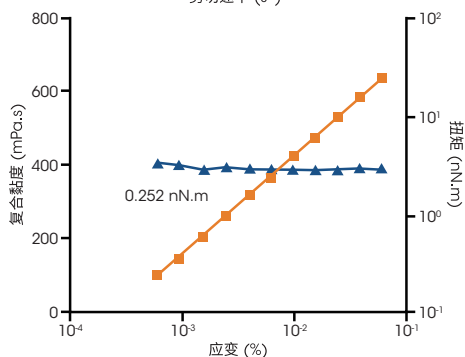
## 固化过程中的 G' 和 G'' 经双读头光学位移传感器得到改善

当热固性树脂在固化过程中移动时，其流变特性可能发生巨大变化。这种材料在开始阶段属于低黏度液体，然后在很短的时间内转化为高刚度固体。因此，流变仪必须通过一个实验装置在整个材料特性范围内进行准确测量。双读头光学编码器改进了相位角 $\delta$ ，进而提高了在所有测量条件下测量G'和G''的准确性。左侧的示例数据中明确证实了这一点。采用传统单读头的流变仪难以准确测量固化前的G'或固化后的G''。然而，采用双读头光学位移传感器的HR 30在固化前后均可生成优质数据。



## 先进技术带来出色的灵敏度

优异的扭矩精度和灵敏度支持测量更低的黏度、微弱的分子间作用力以及体积更小的样品。借助低摩擦磁悬浮止推轴承和高精度高级拖杯电机，Discovery混合型流变仪在流动和振荡条件下均可实现优异的测量灵敏度，科学家在减少材料消耗的同时，能够更加深入地了解材料特性。有关这种性能的一项简单演示是测量牛顿流体油。这些材料在所有剪切速率、振幅或频率条件下均呈现恒定的黏度。简单的测量表明，HR 30在流动和振荡测试条件下可分别实现不低于1 nN.m和0.3 nN.m的灵敏度。



## 技术参数

技术参数	HR 30	HR 20	HR 10
轴承类型, 止推	磁性	磁性	磁性
轴承类型, 径向	多孔碳	多孔碳	多孔碳
电机设计	拖杯	拖杯	拖杯
最小振荡扭矩 (nN.m)	0.3	1	5
最小稳态剪切扭矩 (nN.m)	1	3	5
最大扭矩 (mN.m)	200	200	200
扭矩分辨率 (nN.m)	0.05	0.1	0.1
最低频率 (Hz)	1.0E-7	1.0E-7	1.0E-7
最高频率 (Hz)	100	100	100
最小角速度 <sup>[1]</sup> (rad/s)	0	0	0
最大角速度 (rad/s)	300	300	300
位移传感器	光学编码器	光学编码器	光学编码器
双读头光学编码器	标配	标配	不适用
位移分辨率 (nrad)	2	2	10
应变切换时间 <sup>[2]</sup> (ms)	15	15	15
速率切换时间 <sup>[2]</sup> (ms)	5	5	5
法向/轴向力传感器	FRT	FRT	FRT
最大法向力 (N)	50	50	50
法向力灵敏度 (N)	0.005	0.005	0.01
法向力分辨率 (mN)	0.5	0.5	1

## DMA 模式

技术参数	
电机控制	力再平衡传感器
最小振荡力	3 mN
最大轴向力	50 N
最小振荡位移	0.01 $\mu\text{m}$
最大振荡位移	100 $\mu\text{m}$
轴向频率范围	$6 \times 10^{-5}$ rad/s 至 100 rad/s (10 <sup>-5</sup> Hz 至 16 Hz)

[1] 受控应力模式下为零。受控速率模式取决于测量点持续时间和采样时间。

[2] 达到设定值 99% 时的结果。



## 仪器特性

特性	HR 30	HR 20	HR 10
双读头光学编码器	●	●	—
DMA模式	●	○	—
真实位置传感器 (TPS)	●	●	●
受控应力 (稳态、瞬态、振荡)	●	●	●
受控应变 (稳态、瞬态、迭代振荡)	●	●	●
直接应变 (振荡)	●	●	○
快速数据采集	●	●	—
使用FRT的法向力测量	●	●	●
轴向和追踪测试	●	●	○
One-Touch-Away™ 显示屏	●	●	●
集成样品照明	●	●	●
FastTrack	●	●	●
AutoPilot	○	○	○

● 包含在内    ○ 可选配    — 不可用



# 业界领先的**销售和支持**



## 美洲

美国 特拉华州 纽卡斯尔  
美国 犹他州 林登  
美国 明尼苏达州 伊甸草原  
美国 伊利诺伊州 芝加哥  
美国 加利福尼亚州 科斯塔梅萨  
加拿大 蒙特利尔  
加拿大 多伦多  
墨西哥 墨西哥城  
巴西 圣保罗

## 欧洲

德国 胡尔霍斯特  
德国 埃施博恩  
英国 埃尔斯特里  
比利时 布鲁塞尔  
荷兰 埃滕-卢尔  
法国 巴黎  
西班牙 巴塞罗那  
意大利 米兰  
波兰 华沙  
捷克共和国 布拉格  
瑞典 索尔纳  
丹麦 哥本哈根

## 亚洲及澳大利亚

中国 上海  
中国 北京  
日本 东京  
韩国 首尔  
中国台湾 台北  
中国 广州  
马来西亚 八打灵再也  
新加坡  
印度 班加罗尔  
澳大利亚 悉尼





扫描二维码关注  
TA仪器微信公众号

© 2024 TA Instruments. 版本号: 202401  
TA仪器保留所有版权和解释权。若有修改, 恕不另行通知。

### 沃特世-TA仪器

上海市浦东新区东育路255弄5号前滩世贸中心一期B座23楼01单元

咨询热线: 800 (400) 820 2676转6号线

联络邮箱: [TA\\_China@waters.com](mailto:TA_China@waters.com) (主机附件询价及市场活动)

[TACHina\\_Application@waters.com](mailto:TACHina_Application@waters.com) (应用技术支持)

[TACHina\\_Service@waters.com](mailto:TACHina_Service@waters.com) (售后服务及配件询价)

[TACHinaOrder\\_Logistics@waters.com](mailto:TACHinaOrder_Logistics@waters.com) (订单查询及耗材询价)

官方网址: [www.tainstruments.com.cn](http://www.tainstruments.com.cn)