

Waters™



Discovery TGA热重分析仪系列

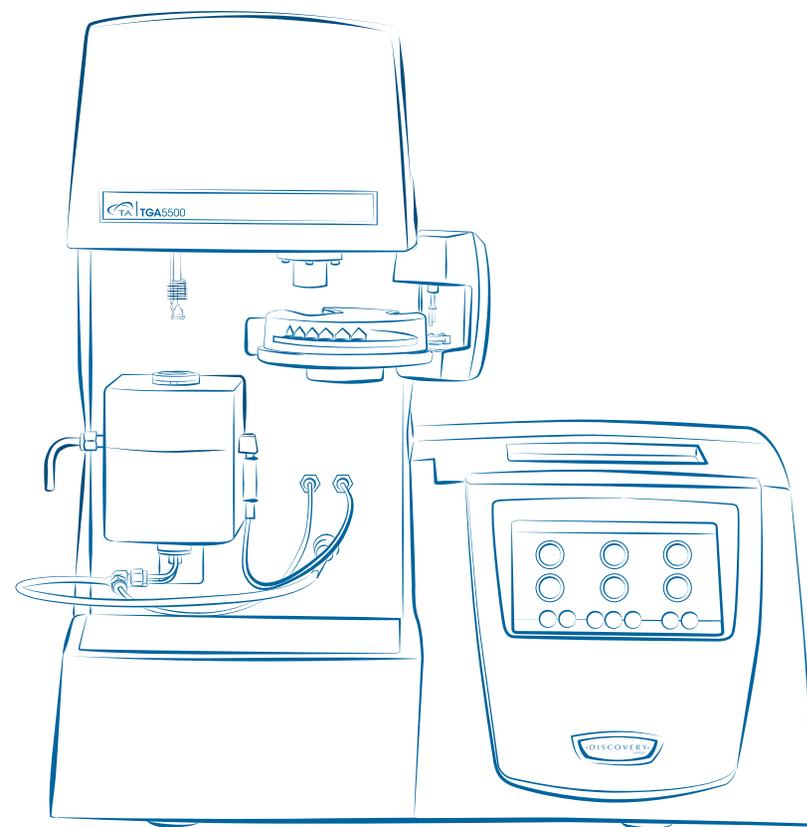


# 高性能 TGA 系统具有

高准确度

高灵敏度

高可靠性



# DISCOVERY TGA | 热重分析仪

TA仪器诚邀您体验业内领跑的热重分析仪系列，包含Discovery TGA 55、TGA 550和TGA 5500。融合尖端工程技术，在细节处精益求精，TGA技术全面升级，打造全新用户体验。从兼顾性能与成本效益的高性价比TGA到技术更领先的TGA，总有一款Discovery TGA产品能够满足您的需求，带来超乎想象的优异表现。

## TGA 55 高性能 TGA



对于需要坚固耐用、可靠且颇具成本效益的TGA，同时不希望性能有所降低的用户，TGA 55是其不二之选。TGA 55采用TA专有的Tru-Mass™天平作为测量的核心，使之具有出色的灵敏度、准确度和易用性，成为需要高质量结果的学术或工业实验室进行基础研究的理想仪器。

## TGA 550 性能优异，具备高级选项和配置灵活性



TGA 550在提供业内优异性能的同时，还便于用户灵活地添加各种高级功能，如Hi-Res™ TGA、MTGA™、DTA信号以及新型25位自动进样器。卓越的性能、灵活性和易用性使得该TGA成为研究实验室和多用户实验室的理想选择，无论是需要进行多种TGA实验，还是期望日后拓展分析工作，均能满足您的需求。

# TGA 5500

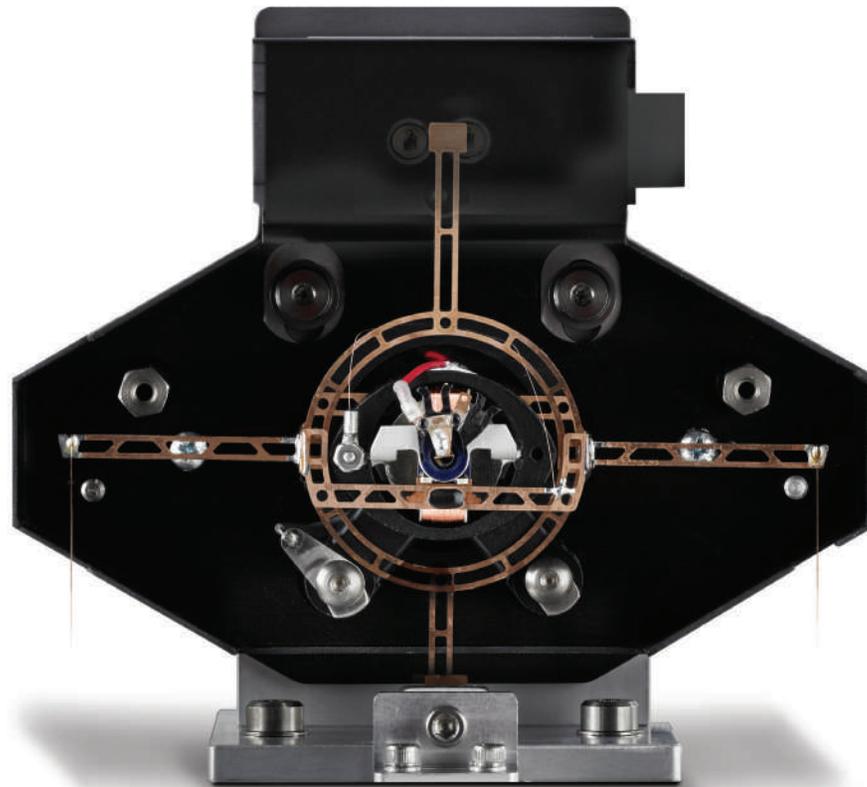
## 每个选件都具有超高性能，可满足严苛应用的要求

TGA 5500专为需要在一个系统中获得最优性能和多种功能的研究人员而设计。TGA 5500可更大限度实现温度控制和降低信号漂移，其漂移小于同类竞争TGA，甚至小于使用后后期数据处理的竞争产品。TA获得专利的红外加热炉可以提供更快速的加热和冷却速率。全新的25位自动进样器将生产率提升到极佳水平，同时还具有样品盘打孔装置，可在测试前必须控制样品环境时对材料进行自动排序。



\* 美国专利号 7,416,328 和 7,566,167

拥有无可比拟的  
灵敏度和  
准确的热天平



每台新型**Discovery TGA**的核心都是专有的**Tru-Mass™** 天平。**Tru-Mass™** 天平系统采用热隔离设计，在各种实验室环境中都具有高灵敏度，可提供更高分辨率，能够分离棘手**TGA**样品的各种成分，并且具有超低漂移（**Tru-Mass™**），可实现更高称量精度。**Discovery TGA**拥有卓越的性能，无需进行竞争产品所必需的基线扣除及其他测试后处理。因此，创新型**TGA**在重量漂移和灵敏度方面展现出无与伦比的性能。

### 天平特性和优点：

- 超低漂移的天平设计，实现更微小重量变化的准确检测
- 大容量 (1g) **Tru-Mass™** 天平，具有自动设定量程功能，能达到更高灵敏度而不受样品大小影响
- 自由悬挂样品，省去上载式设计中常见的散热器，样品周围能够达到更有效的传热和气流
- 具有低漂移和高灵敏度的隔热天平，可提供更准确的实时数据

专有的**Tru-Mass™** 天平可提供纯粹的实时重量数据。

低漂移  
大容量  
超准确的数据

# 大范围 的加热 和冷却速率

每一部系统中的每款加热炉均经TA仪器专门设计和制造，可实现高性能TGA测量。从经济实惠的高性能线绕式加热炉和EGA加热炉到具有业界领先加热速率的专利红外加热炉\*，总有一款TGA加热炉能够满足您的需求。

\* 美国专利号7,416,328和7,566,167



红外加热炉

**TGA 5500是目前唯一采用获得专利的红外加热技术的系统。**

- 室温至1200 °C
- 线性受控加热速率为0.1至500 °C/min
- 冲击加热速率>1500 °C/min，可达到最高效率
- 更快的冷却速度，提高样品测试量
- 小体积、真空密闭并且内衬石英，具有加热出口选项，可实现最佳的逸出气体分析结果
- 加热炉采用石英内衬，易于清洁
- 集成电磁铁，可使用居里点标样进行自动验证和校准



线绕式 (Pt/Rh) 加热炉

适用于TGA 55和TGA 550的标准加热炉。

- 室温至1000 °C
- 线性受控加热速率为0.1至100 °C/min
- 冲击加热速率>600 °C/min
- 轻质加热炉可实现快速冷却，从而在运行间实现快速而高效的周转



EGA 加热炉

适用于TGA 55和TGA 550的逸出气体分析 (EGA) 加热炉 (选配)。

- 室温至1000 °C
- 线性受控加热速率为0.1至50 °C/min
- 小体积、真空密闭并且内衬石英，可提供出色的逸出气体分析结果
- 加热炉采用石英内衬，易于清洁

所有TA仪器加热炉均坚固耐用，  
稳健可靠，更有业内  
**独一无二的5年质保**为产品保驾护航

# 卓越的样品 -气氛作用

所有Discovery TGA型号设计具备强大的气氛控制功能，能够满足最为严苛的应用要求。无论是保持惰性气氛，切换至氧化性吹扫气体或保持高真空状态，Discovery TGA始终是值得信赖的产品。

### 气氛控制的特点和优点：

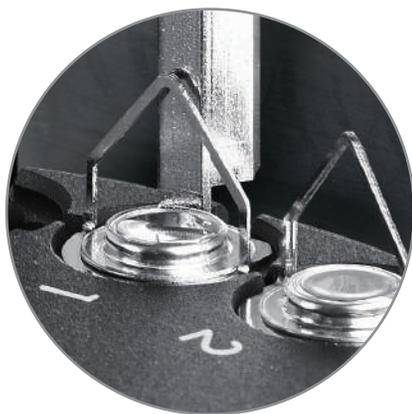
- 创新的气体输送歧管（GDM）设计，消除了管路与硬件连接处潜在的泄漏，确保连续、可重复的气体环境
- 集成式软件控制的气体切换功能，提供实验所需的动态或反应性气氛
- 选配混合气体输送模块，具有二元气体在线混合功能和先进的气氛控制功能，气体浓度比可以保持恒定、逐渐递增或匀速上升
- 水平气体吹扫可实现最佳的样品-气氛作用
- 真空密闭，确保惰性无氧气氛
- 密封样品盘选件，可在实验开始前保持样品的气氛



Discovery TGA采用25位自动进样器系统，是迄今为止开发的最坚固耐用、稳健可靠的系统。

**自动进样器的特点和优点：**

- 兼容所有类型和尺寸的样品盘，可更大限度实现灵活性
- 密封样品盘\*和样品盘打孔选件，可有效隔离空气敏感或挥发性样品
- 可执行计划中无人值守的校准和验证，为科学家节省宝贵的研究时间
- 全新TRIOS软件，简化了大量、多样化样品测试的队列管理与运行工作
- 软件中的设计视图和运行队列支持快速、高效的自动进样程序设置



<sup>1</sup> 仅限TGA 5500

\* 美国专利号6,840,668

## 灵活的设计 提升生产率



技术 | “APP” 式触摸屏



TA TGA5500 Status: Idle  
23.90 °C  
Signals Chart

SYSTEM INFO

SIGNALS

SETTINGS

UTILITIES

AUTOSAMPLER

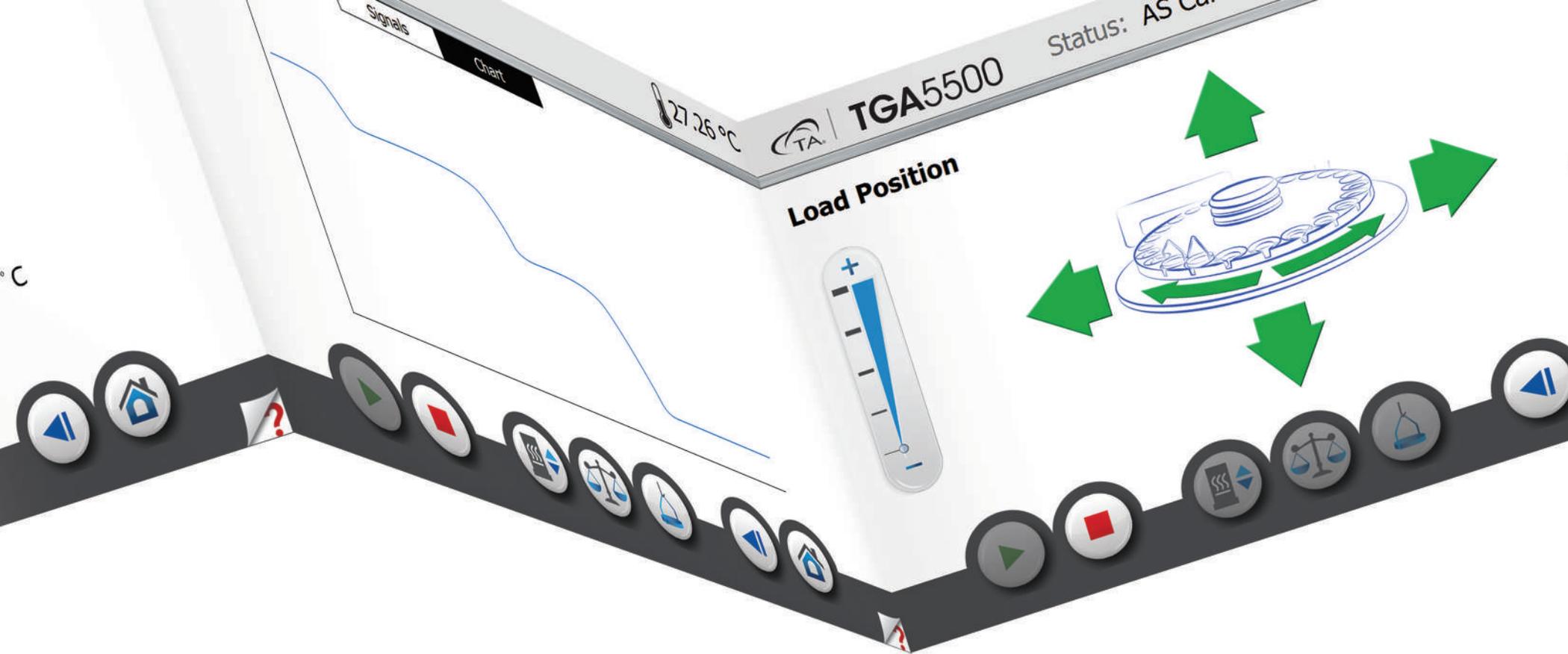
METHOD

Sample Gas Flow Rate  
Purge Flow Rate

Weight  
Weight %  
Temperature

25 ml/min  
10 ml/min  
5.26 mg  
100 %  
27.32

DISCOVERY  
SERVICES



# One Touch Away™

## 自动进样器的特点和优点:

- 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。  
触摸屏具备以下功能：

- |              |                 |
|--------------|-----------------|
| • 开始/停止运行    | • 显示测试与仪器状态     |
| • 实时信号       | • 实时图谱          |
| • 当前运行实验方法查看 | • 高级分段方法        |
| • 自动进样器校正    | • 样品盘的装载/卸载以及归零 |
| • 系统信息       |                 |

APP式触摸屏、功能强大全新TRIOS软件与能实现自动校准和验证程序的稳健可靠的自动进样器无缝协作，显著改善实验室工作流程和生产率。

**获取优质数据从未如此简单!**

# 技术 | TRIOS软件

了解功能强大的TRIOS软件，可借助一个软件包实现对热分析和流变的仪器控制、数据分析及报告功能，提供卓越的用户体验。诸如多个校准集、实时测试方法编辑以及实验室间数据和测试方法共享等各项新功能，可提供无与伦比的灵活性，而一键分析和自定义报告功能可将工作效率提升到全新水平。



## TRIOS功能：

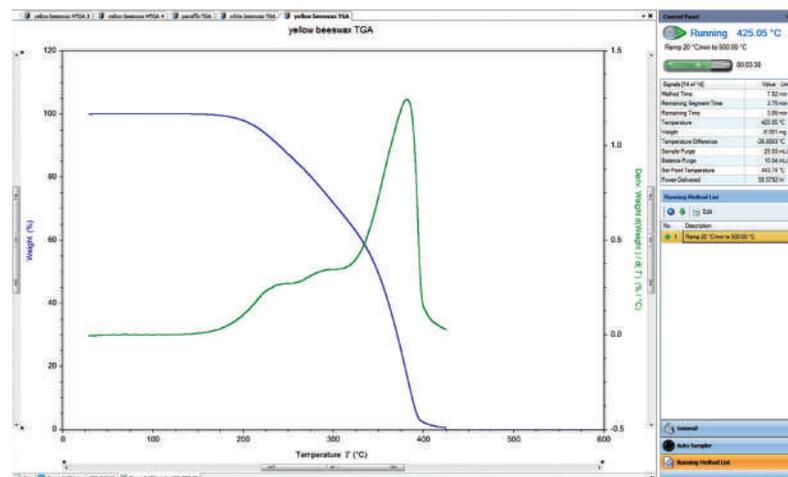
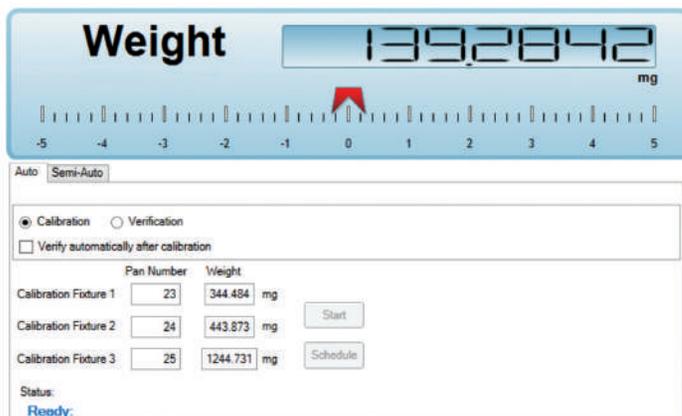
- 通过一台PC和软件包控制多台仪器
- 叠加并比较各种技术（包括 DSC、TGA、DMA、SDT 和流变仪）的结果
- 一键重复分析，可提高生产率
- 自动生成自定义报告，包括：实验细节、数据图表和分析结果
- 可轻松将数据导出为纯文本、CSV、XML、Excel®、Word®、PowerPoint® 和图像格式
- 可选TRIOS Guardian具有电子签名，用于审计跟踪和保证数据完整性

## 易用性

借助TRIOS软件，整个热重分析仪系列的校准和操作变得简单方便。用户可以在不同的实验条件（例如，不同的加热速率或气体选择）下轻松生成多个校准数据集，并在各个数据集之间无缝切换以匹配样品测试所采用的实验条件。用户可以轻松获得实时信号和运行实验的进度，此外该软件还增加了即时修改运行方法的功能。TRIOS软件的灵活性业内无可比肩。

## 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。这些全面的信息对方开发、程序部署和数据验证非常重要。



# 功能全面的控制 和分析软件!

## 完整的数据分析功能

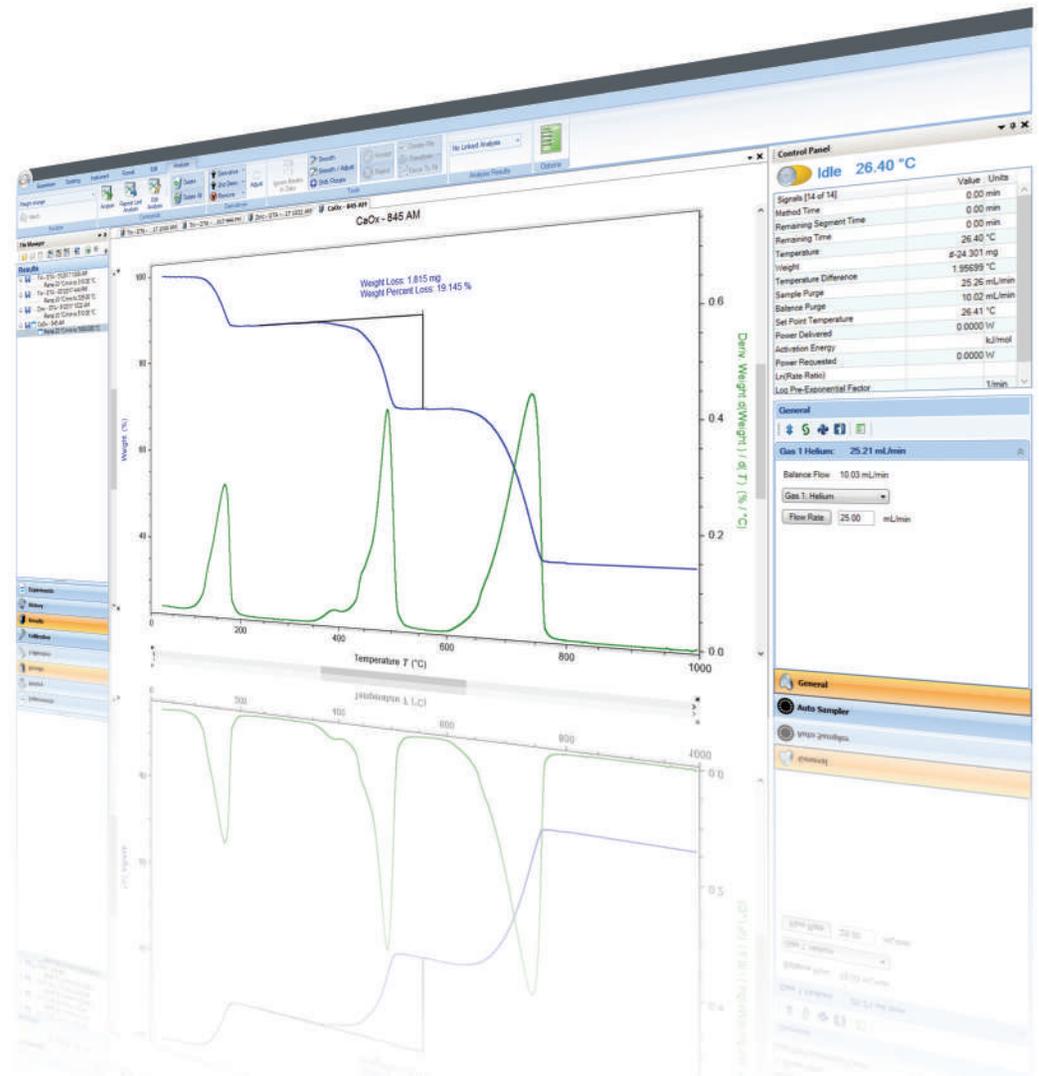
即使在实验过程中，也可以使用全套相关工具进行实时数据分析。TRIOS中无缝集成了一套强大且全面的功能，可针对材料特性得出有价值的结论。

### 所有标准TGA分析：

- 重量变化（绝对值和百分比）
- 残渣含量
- 1阶和2阶导数
- 在指定时间或温度下的重量
- 在指定时间或温度下的重量损失
- 峰高和峰面积
- 峰值处的温度
- 起始和结束分析
- 阶段转化分析
- 使用TRIOS轻松导入和导出TGA数据

### 高级分析功能：

- 使用调制TGA测定活化能
- 从恒定或动态加热速率和恒定反应速率实验获得的分解动力学
- 吸热和放热事件（如熔化、结晶、硫化反应和分解）的DTA信号
- 对用户定义的变量和模型进行高级自定义分析



# 技术 | Hi-Res™ TGA

Hi-Res™ TGA(TA仪器独家提供)功能可根据样品分解速率控制加热速率。Discovery TGA 5500和550具备快速响应加热炉，可实现精确的温度控制，并且十分灵敏的热天平能快速检测细微重量变化，这些设计是获得所需测量结果的理想之选。

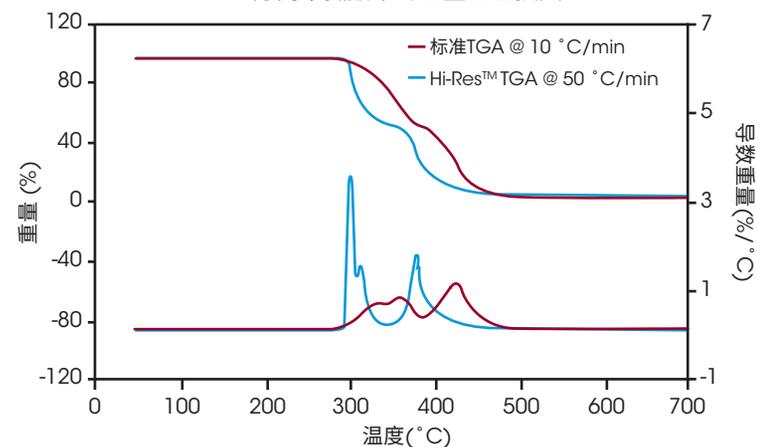
## Hi-Res™ TGA具有以下优点：

- 分离大面积重叠重量损失
- 通过改善分辨率提升生产率。
- 凭借出色的分辨率，可在较宽温度范围内快速获得实验结果
- 方法设置简单

## DTA信号

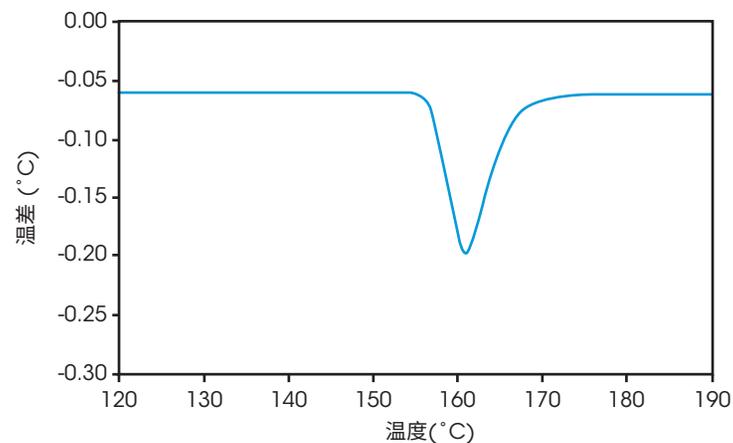
DTA信号是TGA中发生的吸热和放热反应的定性测量方法。该信号也可用于使用熔点标样进行温度校准。

分离聚氨酯中的重叠重量损失

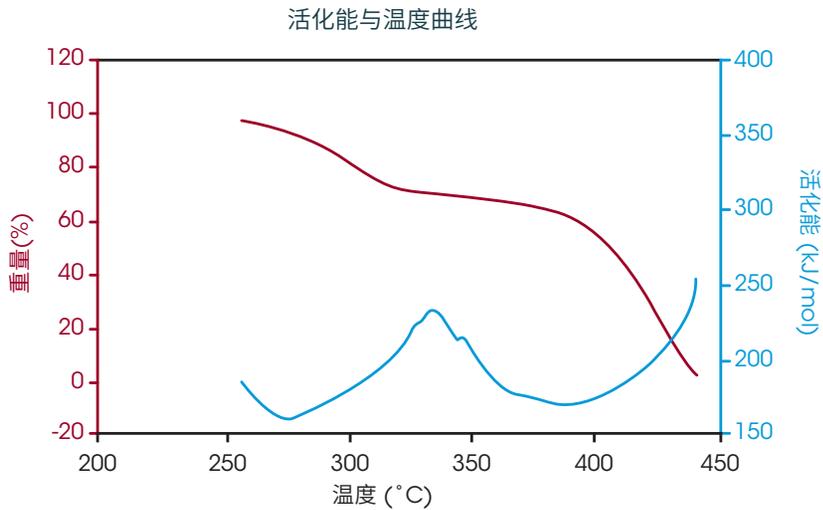


上图显示了采用标准和Hi-Res™ TGA对聚氨酯材料进行分离的结果。高分辨技术提供的卓越分辨率在TGA重量损失和一阶导数 (DTG) 信号中均十分明显。DTG信号尤其适用于定义各个重量损失段的开始和结束，以及指示提供样品“指纹”的微弱现象。

铟



# 深入了解 材料的 更多信息



获得专利的MTGA™ 是TA仪器的又一项创新技术，为材料分解研究提供诸多优势。MTGA™ 的开发源于Hi-Res™ TGA和MDSC™使用的专有加热器控制技术，可生成无模型动力学数据。活化能可作为时间、温度和转化率的函数在测试期间进行连续计算和研究。

#### MTGA™ 具备以下优点：

- 提升动力学研究生产率
- 生成无模型动力学数据
- 可与Hi-Res™ TGA紧密结合，有效分离重叠的重量损失
- 直接测量活化能

上图显示的是单次分析中温度对60%乙烯醋酸乙烯酯（EVA）分解的影响的动力学研究MTGA™图。该图定量显示了EVA分解曲线和作为温度的函数的活化能的变化。数据支持双步分解机制。MTGA™也可以监测作为转化率的函数的活化能，从而推断出相关机制。

# 技术 | 逸出气体分析

逸出气体分析针对TGA实验中的逸出气体产物进行定量分析。上述产物通常是分解产物，但也可能源于脱附、蒸发或化学反应。通常通过将质谱仪（MS）或傅里叶变换红外光谱仪（FTIR）与TGA加热炉出口相连进行逸出气体分析。通过加热输送管道，逸出气流输送至MS或FTIR仪器，同时执行实时成分分析。TA仪器提供了具有加热毛细管接口的300 amu台式四极杆质谱仪以及Discovery TGA模块专用的TGA接口套件。多家FTIR供应商均提供适配的气体池和接口。

Discovery TGA是进行逸出气体分析研究的理想平台。样品上方施加水平吹扫气流且与出口相距较近，可有效缩减炉体内的死体积，进而降低产物稀释度并优化EGA灵敏度。加热EGA适配器设计用于直接连接MS或FTIR输送管道，确保通过加热炉壁持续加热逸出气流，大大减少逸出气体冷凝并提高EGA灵敏度。

TA仪器的TRIOS软件支持导入MS（趋势分析）和FTIR数据（Gram-Schmidt和Chemigram重建），允许在温度和/或时间公共轴中同时显示TGA和EGA数据。

## EGA的特点和优点：

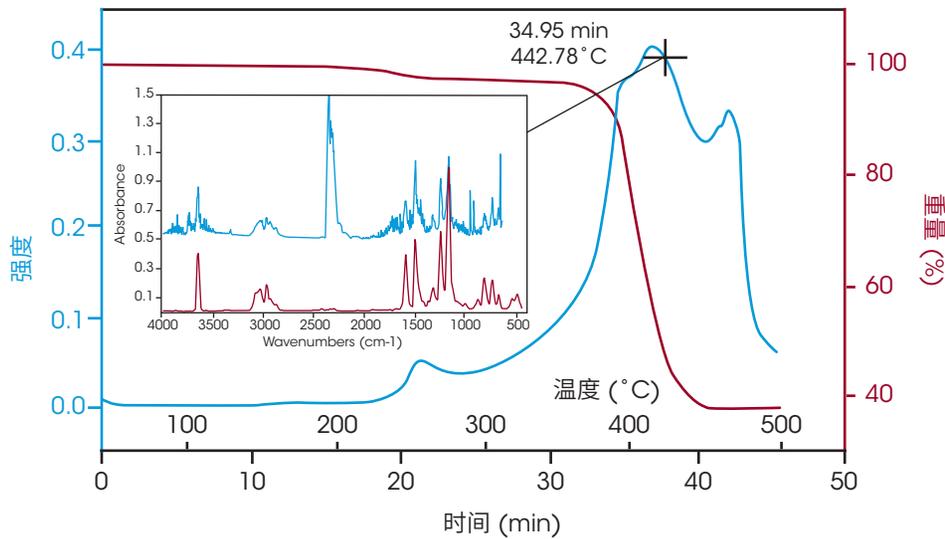
- 精准鉴别分解产物
- 在TGA扫描过程中为分析反应提供详细信息
- 在实验前和实验中精确控制加热炉内的气体环境

## 适用于EGA分析的Discovery TGA设计特点和优点：

- 样品上方流经水平吹扫气流，能够有效提升灵敏度
- 小体积加热炉，通过消除死体积降低稀释度
- 加热EGA适配器可消除冷点和冷凝
- 功能强大的TRIOS软件，支持导入MS或FTIR数据，提升数据解析水平

### TGA-FTIR: 酚醛树脂分解

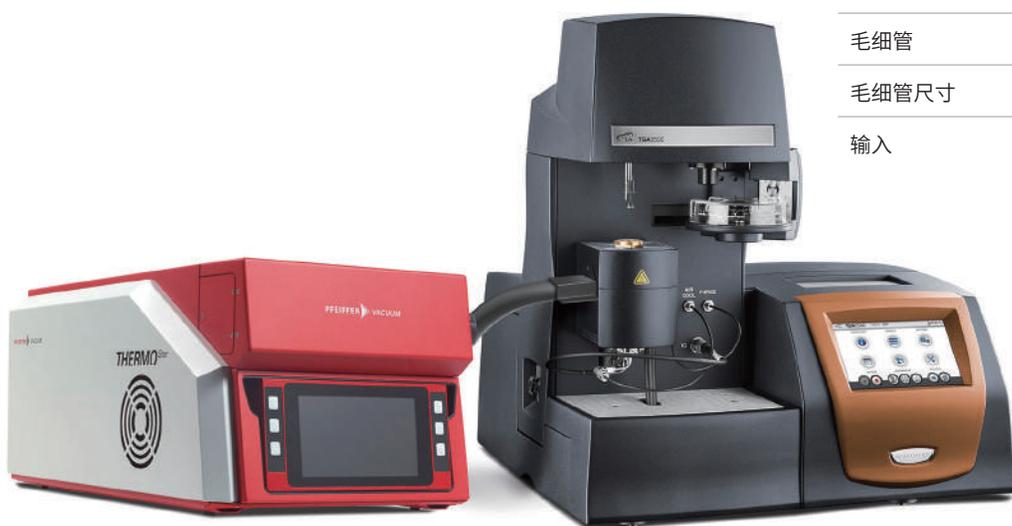
此图包含酚醛树脂粘合剂热分解的TGA-FTIR结果。将时间分辨 FTIR 光谱的Gram-Schmidt重建与作为时间和温度的函数的重量损失信号进行比较。插图包含逸出气体成分在34.95分钟处（接近最大分解速率点）的FTIR光谱。对应于该温度的FTIR光谱表明逸出气体产物的主要成分为酚类，作为对照的双酚A光谱也包含在其中。此种程度的化学特异性可用于比较相似产品以及进行质量控制和指纹分析。



## 技术 | Discovery质谱仪 (DMS)

Discovery MS是一款台式四极杆质谱仪，专为逸出气体分析进行了设计和优化。采用符合行业标准的技术，专为高效输送和快速检测TGA加热炉中的逸出气体进行配置。通过先进的四级杆检测系统可实现高达十亿分之几 (ppb) 的灵敏度。该系统由封闭式离子源、三重质量过滤器和双重检测器系统（法拉第杯和二次电子倍增管）组成。选用该分析仪的配置可优化灵敏度和长期稳定性性能。

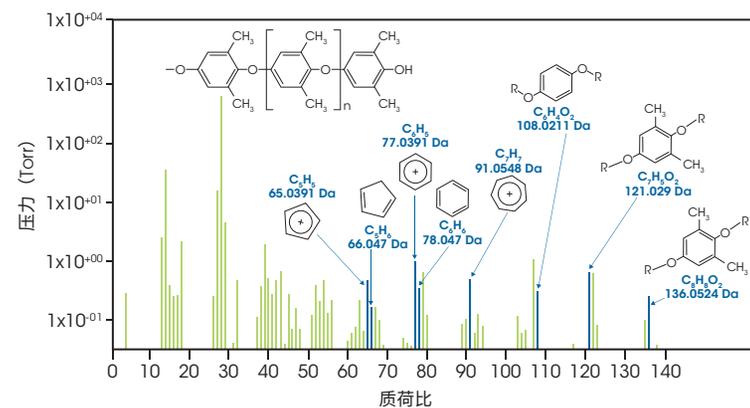
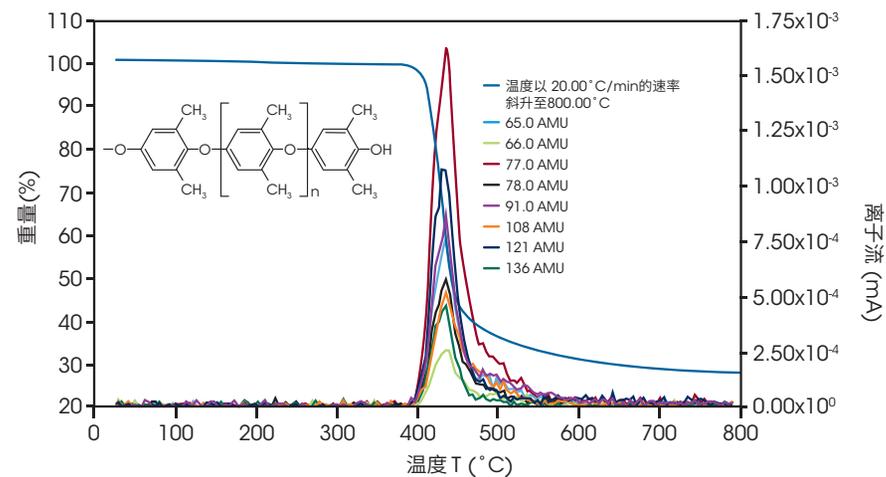
通过由配方驱动的用户友好型软件界面，可以控制实验参数并分析质谱数据。可通过TGA软件直接触发数据采集，将产生的MS数据与相应TGA结果相结合，直接进行叠加和比较。



参数	性能
质量范围	1-300 amu
质量分辨率	> 0.5 amu
灵敏度	< 100 ppb (取决于气体)
电离源	电子电离
检测器系统	双重 (法拉第杯和二次电子倍增管)
样品压力	1 atm (标称)
数据采集模式	条形图和峰阶跃
扫描速度	
条形图模式	> 500 amu/s
峰阶跃模式	> 500 通道/s
输送管道温度	200 °C
输送管道	2.0 米, 形状灵活多变
灯丝	两根, 可由客户更换
毛细管	不锈钢, 可更换
毛细管尺寸	内径 = 0.15 mm
输入	数据采集由TGA触发器控制

## 工程塑料的分解

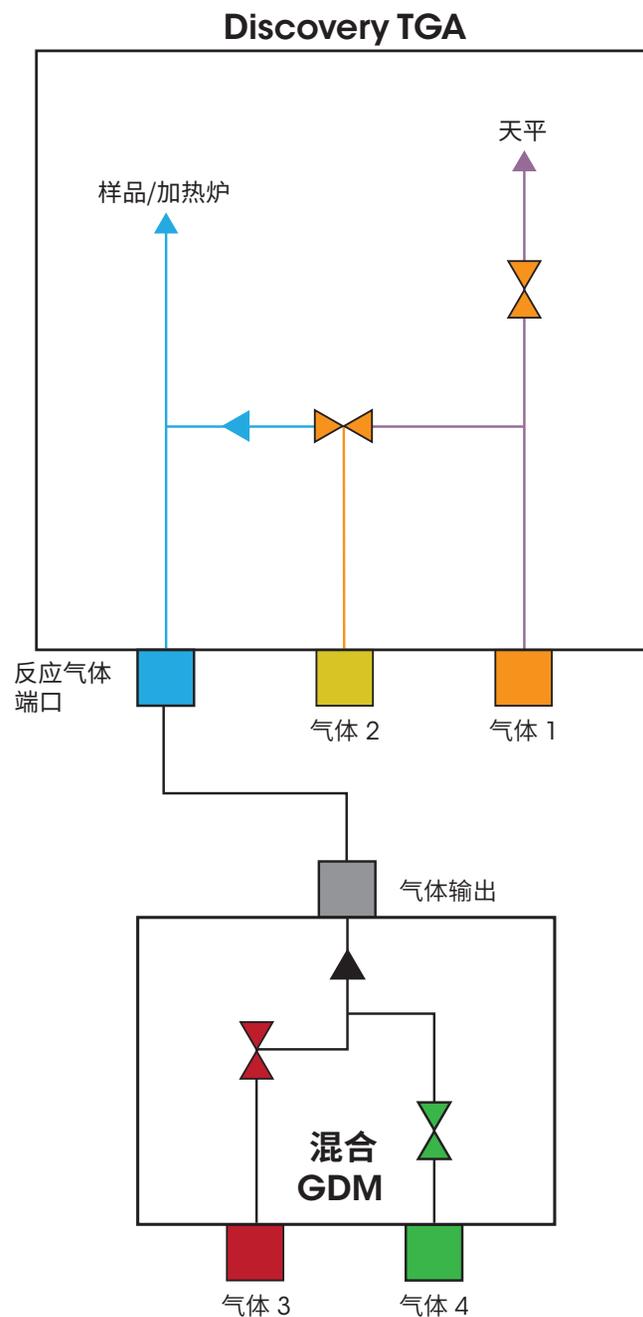
聚苯醚（PPO）是一种具有理想规范的高性能工程热塑性塑料，耐热性和尺寸稳定性均十分出色。PPO的玻璃化转变温度高达215 °C，因此其加工温度需要很高，并且会导致生产工艺繁琐且成本高昂。在许多情况下，聚苯乙烯（HIPS）等其他聚合物会与PPO混合，既有助于加工，又能改善单独使用PPO的延展性。在本示例中，纯PPO通过在惰性氮气环境中加热而被分解，并通过连接的MS收集逸出气体。TGA-MS联用技术可以用于检测和鉴定所产生的分解产物。数据显示为离子流和温度相关重量损失的叠加。TGA显示单一重量损失阶段；然而，质谱数据表明在65至136amu的质荷比范围内检测到多种分解产物，即是重复单元的分子离子。此外，还显示了基于聚醚结构的可能分解产物。



# 技术 | 混合气体输送模块

## 混合气体输送模块

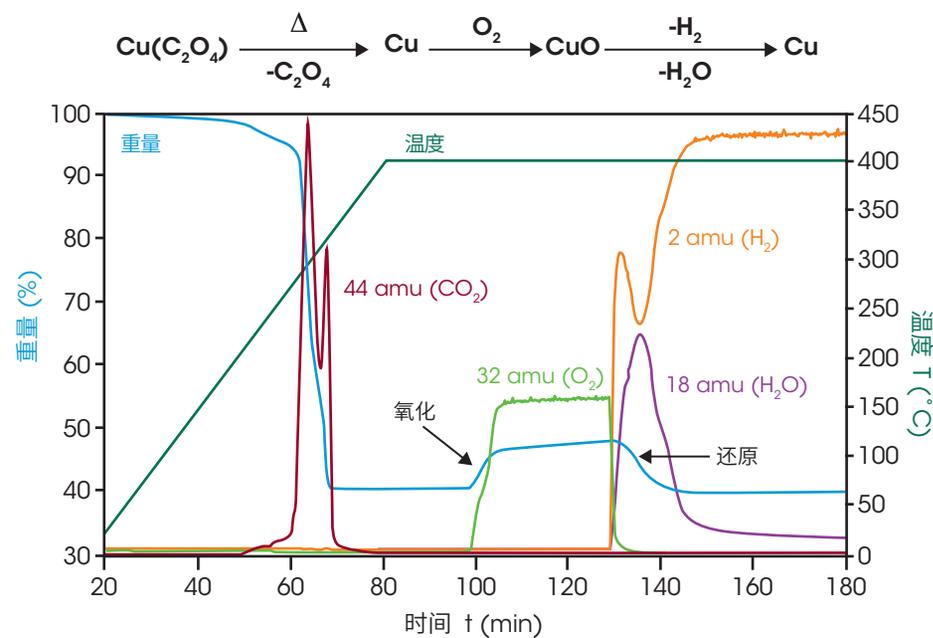
混合气体输送模块 (Blending GDM) 可在Discovery TGA 5500 、TGA 550中灵活处理气体。Blending GDM是带有两个气体入口端口的外部附件，连接到TGA或SDT上的反应气体端口后，用户便可以控制四种气体。这款软件控制的附件支持在四个气体端口之间自动切换并混合二元气体混合物。这种新增的混合功能支持在气体浓度比率固定、逐渐递增或以受控速率匀速上升的气体环境中进行TGA实验。Blending GDM兼容氮气、氩气、氦气、空气、氧气、二氧化碳、一氧化碳和混合气体，可用于研究在受控气体环境中，气体在材料上的吸附能力、氧化还原反应以及材料的热稳定性。



气体端口	支持的气体	混合选项
1 仪器，也用作天平吹扫	氮气、氦气、氩气	3 或 4
2 仪器	氮气、氧气、空气、氦气、氩气	3 或 4
3 Blending GDM	氮气、氧气、空气、氦气、氩气、混合气体、一氧化碳、二氧化碳	1、2 或 4
4 Blending GDM	氮气、氧气、空气、氦气、氩气、混合气体、一氧化碳、二氧化碳	1、2 或 3

### 草酸铜的氧化还原反应

草酸铜 ( $\text{CuC}_2\text{O}_4$ ) 是一种盐，在惰性气体环境中加热时会分解为铜元素。它通常用于测量TGA气体环境的惰性，由于铜具有高比表面积，容易在高温下氧化。在本示例中，使用Blending GDM、Discovery MS和Discovery TGA完成氧化还原反应实验。草酸盐在初始温度升高期间发生分解后，将氧气引入TGA样品室中，从而形成氧化铜 (II)。随后，通过引入少量氢气实现氧化铜的还原。混合气体被安全地用作TGA中的氢气源。



# 技术 | 手套箱

## 手套箱内使用Discovery TGA适配套件

一些高性能材料与环境空气中的氧气或湿度会瞬间发生反应，从而改变其性能和/或由于不受控制的放热反应而导致安全风险；而有的材料如锂离子电池组件、药品、半导体生产中使用的化学品和催化剂等需要惰性保护气氛处理。适配套件允许在手套箱的惰性环境中无缝安装Discovery TGA系列仪器。

在惰性保护环境中对大气敏感材料进行热重分析从来没有像当前应用这么简便。坚固的设计和先进的技术确保TGA性能不受影响，确保具有与手套箱外操作时相同的准确度和精确度。

Discovery TGA仪器可以在N<sub>2</sub>或Ar净化手套箱中工作，满足所有行业的需求。



### 特点和优点:

- TA仪器Discovery TGA即使在手套箱操作也可提供可靠的大气敏感样品的材料数据
- 在手套箱中安装Discovery TGA无需改造仪器且仍可保持分析数据的准确性
- 对N<sub>2</sub>敏感的电池材料可以在被氩气（Ar）净化过、没有污染的手套箱中进行实验分析
- 通过采用标准ISO-KF40连接的安装套件，实现即插即用安装且与大多数手套箱品牌兼容

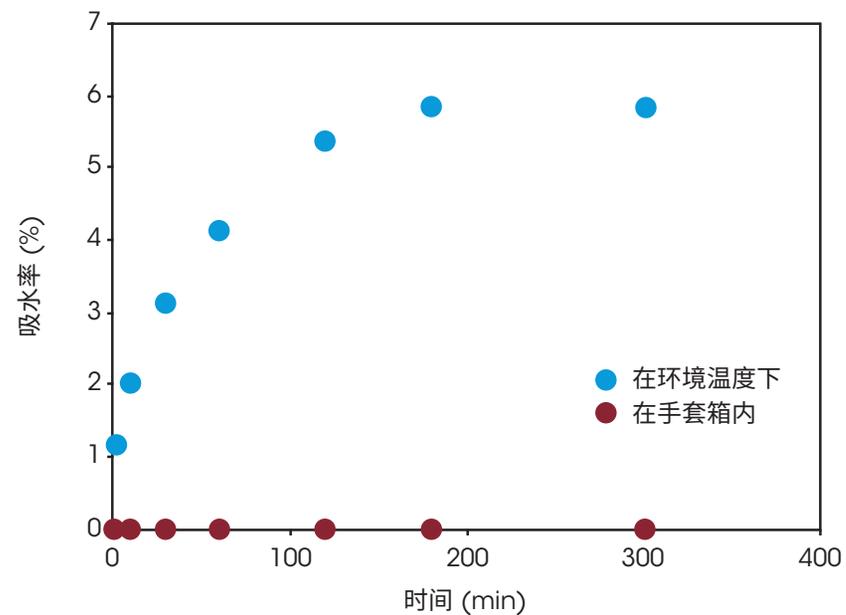
# 大气敏感 材料分析

## 通过可靠惰性样品处理得出准确的热分析结果

通过对高吸湿性干燥剂材料进行测试，证明了手套箱中惰性条件对气氛敏感材料热分析的效率。这种材料能迅速吸收大气中的湿度，加热后释放出来。对该材料进行了两次相同的热重分析试验。一个测试系列是在正常实验室条件下用TGA进行的，第二个测试系列是在手套箱中进行。

初始干燥后，干燥剂样品暴露在不同的时间TGA运行的环境-环境空气或手套箱，然后记录样品在曝光后加热后的重量损失。

这种材料暴露在手套箱外进行测试时，总是表现吸水特点。在手套箱中进行的相同测试显示质量没有该那边。这证明了手套箱有助于保护惰性和干燥分析空气敏感样品材料，如吸湿材料暴露在手套箱中就不再吸取水汽。该测试的详细信息请参见应用说明TA471。

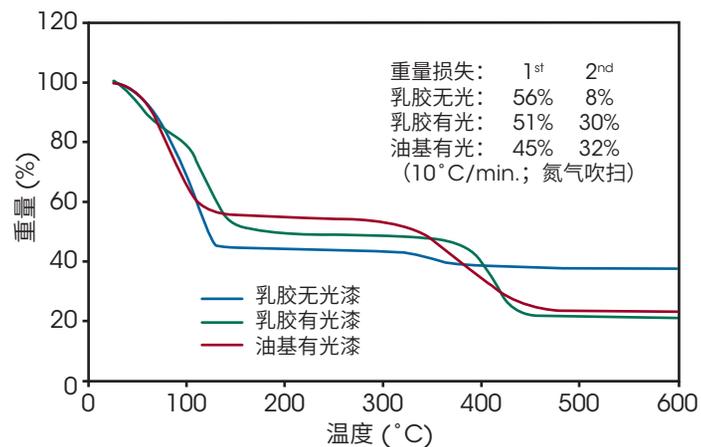


在实验室环境条件下和手套箱内收集的数据叠加，绘制出吸湿百分比与暴露时间的关系图。

# 热重分析仪 | 应用

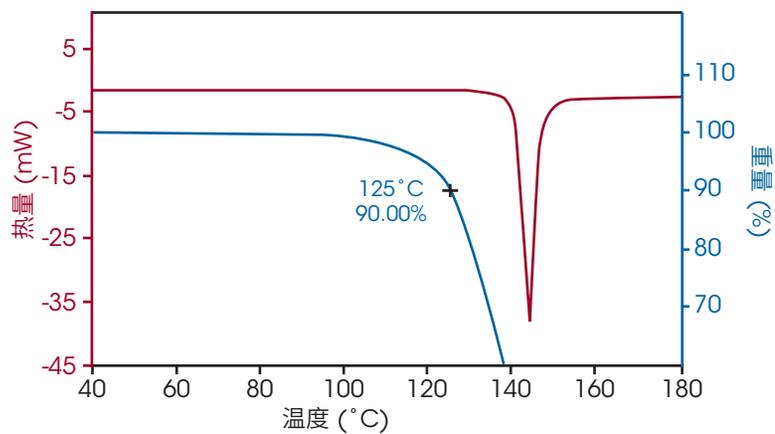
## 组分分析

TGA用于通过测量每种成分在温度、时间和气体环境受控的条件下挥发或分解时的重量变化来测定样品组分。此图显示了三种涂料样品中主体聚合物的类型、用量和分解机理的定量差异。更加详细地检查低于150 °C时的曲线图可以得到每种油漆中使用的载体溶剂（水性或油性）的用量和可能特性的更多相关信息。



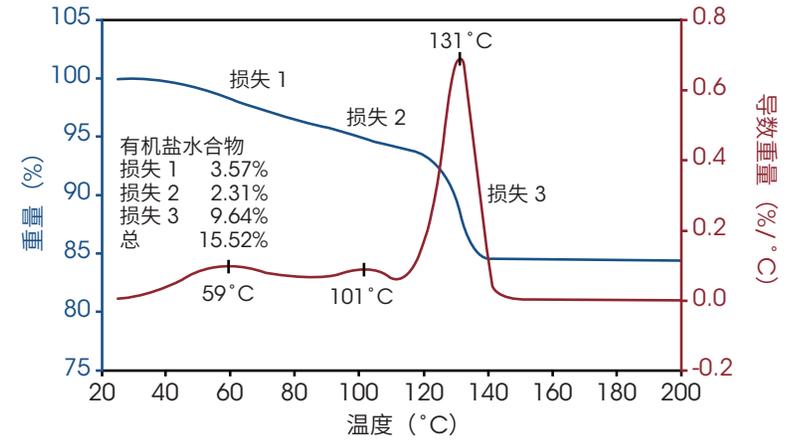
## 热效应的验证

TGA与其他热分析技术（如DSC）结合使用会更有效发挥作用，而且通常对于理解热效应的真实性质也至关重要。在图示数据中，药物材料经历了高于125 °C的吸热转化，以前这一过程被认为是熔融。TGA分析显示，低于125 °C时重量损失相当明显，这表明吸热实际上是分解反应。多种速率下的DSC分析揭示了这种转化的速率依赖性，从而证实吸热为分解反应。



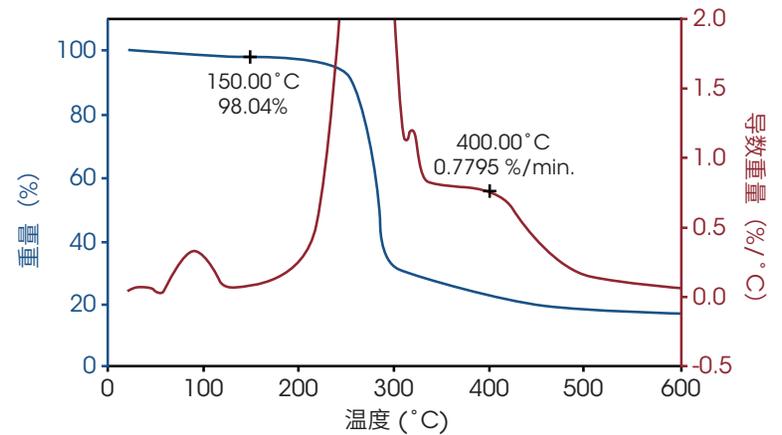
## 挥发物分析

采用TGA测定吸附、结合或隔离的水分和有机挥发物是进行产品性能和环境验收分析的重要方法。在氮气气体环境中对有机盐水合物的分析显示，结合水含量为9.6%，两个较低温度时的重量损失分别为3.6%和2.3%。这些损失可能是由于吸附在盐表面或通过弱吸力保持在盐表面的水分挥发引起的。



## 药物材料的含水量和热稳定性

TGA是用于测定药物化合物的绝对和相对热稳定性以及含水量的有用技术。在本示例中，通过TGA以10 °C/min的加热速率分析活性药物成分 (API)。数据显示，在150 °C以下的重量损失较小 (约为2%)，这是吸附水挥发的典型现象。该材料在高达200 °C时相对稳定，此后大幅的多步失重为热分解反应。



# 根据需求选择 最合适的 TGA

仪器特性	TGA 55	TGA 550	TGA 5500
轻质红外加热炉	—	—	●
高分辨TGA (High-Res™TGA)	—	○	●
调制TGA (MTGA™)	—	○	●
自动步阶TGA	●	●	●
DTA信号	—	○	●
自动装载	●	●	—
25位自动进样器	—	○	●
密封盘打孔装置	—	○	●
彩色APP式触摸屏	●	●	●
长寿命绕线式 (Pt/Rh) 加热炉	●	●	—
EGA加热炉	○	○	●
双气路气体输送歧管	●	●	●
集成电磁铁	—	—	●
温度校准居里点 (ASTM E1582)	●	●	●
温度校准熔点标样	—	○	●
混合气体输送模块	—	○	○
EGA加热炉适配器	—	—	○
TGA/MS联用	○	○	○
TGA/FTIR联用	○	○	○
TGA/GC联用	○	○	○

● 标配      ○ 选配      — 不可用

仪器参数	TGA 55	TGA 550	TGA 5500
温度范围	室温至 1000 °C	室温至 1000 °C	室温至 1,200 °C
温度准确度	±1°C	±1°C	±1°C
温度精确度	±0.1°C	±0.1°C	±0.1°C
升温速率 (线性)	0.1至100 °C/min	0.1至100 °C/min	0.1至500 °C/min
升温速率 (冲击)	>600°C/min	>600°C/min	>1600°C/min
炉冷体却 (强制空冷/氮气)	1000°C to 50°C in <12 min	1000°C to 50°C in <12 min	1200°C to 35°C in <10 min
最大样品量	1000 mg	1000 mg	1000 mg
动态称重范围	1000 mg	1000 mg	1000 mg
称重精确度	±0.01 %	±0.01 %	±0.01 %
分辨率	0.1 µg	0.1 µg	<0.1 µg
重量基线漂移 <sup>[1]</sup> (室温至1000 °C)	<25 µg	<25 µg	<10 µg
真空度	50 µTorr (EGA 炉)	50 µTorr (EGA 炉)	50 µTorr

[1] 无基线扣除

所有TA仪器加热炉均享受业内独家**5年质保**

## 样品盘技术参数

材质	尺寸	温度范围	说明
铂金	50 µL 100 µL	温度至1000 °C	耐用、性能优异、可重复使用的样品盘
陶瓷	100 µL 250 µL	温度至1200 °C	样品盘可重复使用，适用于温度更高的环境
铝	80 µL	温度至600 °C	一次性使用，可在实验前密封以免样品挥发



# 用于在极端条件下 进行测量的高压 TGA系统

高压

高温

耐腐蚀



# DISCOVERY HP-TGA | 高压TGA

TA仪器诚邀您体验两种新型高压热重 (HP-TGA) 仪器, Discovery HP-TGA 75和HP-TGA 750。磁悬浮天平 (MSB) 技术领域的全球领导者凭借20余年的丰富经验, 开发出一款设计巧妙、操作简便且拥有前所未有性能的顶部装载微量天平。此外, Discovery HP-TGA率先采用便利的台式设计, 具有板载气体定量给料和混合系统, 温度控制可达到1100°C, 并且配有One-Touch-Away™功能和TA功能强大的TRIOS软件。获得优质高压数据从未如此简单!

## 特点和优点:

- 获得专利的\*顶部装载磁悬浮天平可实现密封环境, 能在高压 (高达80 bar) 和高温 (高达1100 °C) 下的反应气体环境中进行热重测试
- 无与伦比的0.1 µg天平分辨率可以通过快速反应动力学为小型样品或材料提供更准确的测量结果
- 顶部装载天平设计可确保在高温高压下具有卓越的重量稳定性, 并且方便取放样品以便于装载/卸载
- 集成的气体定量给料和压力控件消除了对独立系统的需求, 且外形紧凑
- 高度准确的天平温度控制, 可优化基线稳定性
- 与炉内反应气体接触的非多孔隔离材料消除了可能保留的气体 (“记忆”效应) 并且能够快速达到真空环境
- 居里点校准, 消除反应气体类型和压力对测温的影响
- 高压TGA采用紧凑型台式设计, 更大限度减少占用宝贵的实验室空间, 并且可安装在通风橱中, 便于在处理有毒气体时轻松管理通风
- 即使在高压下, 加热和冷却速率也很高 (~200K/min\*\*), 可减少潜在的意外副反应, 并提高样品吞吐量
- 内部容积小, 支持快速更换气体和快速加压, 减少气体消耗, 并且由于使用少量压缩气体, 可确保安全的操作条件

\*欧洲专利号: 1958323, 美国专利号: 2009/0.160,279 AI, 德国专利号: DE 10 2015 116 767.0

\*\* 温度 ≥ 300 °C 时, 冷却速率约为 250 K/min

全球首款  
台式高压TGA  
采用获得专利的  
顶部装载磁  
悬浮天平



技术 | 顶部装载磁悬浮天平

TA HP-TGA750

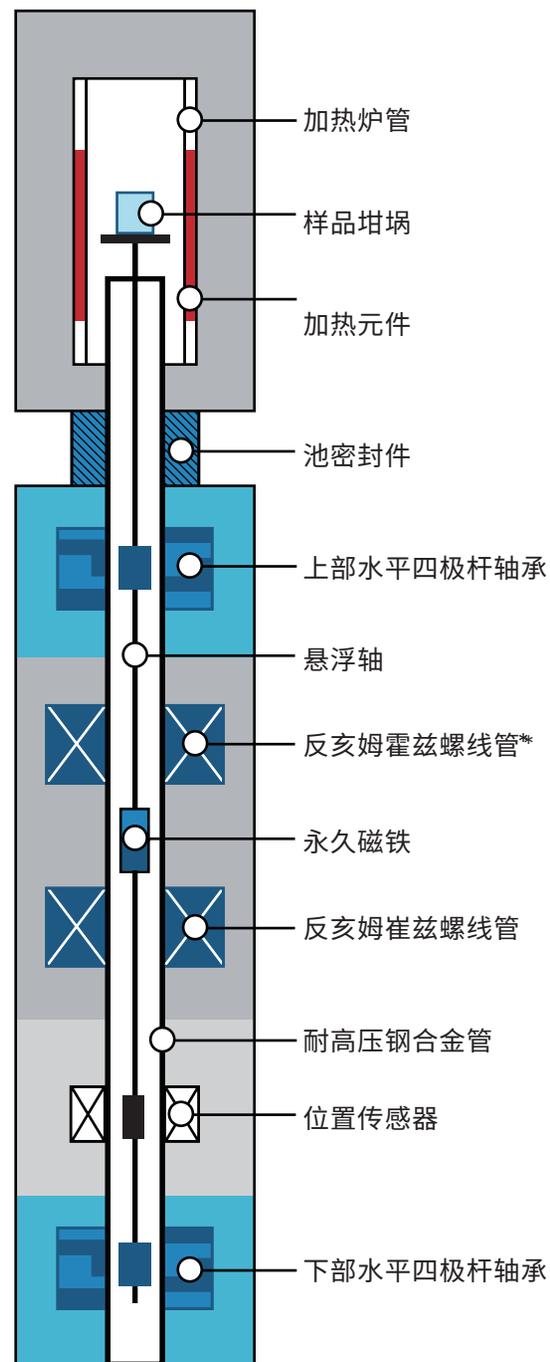
非接触式电磁铁  
重量测量领域的  
最新创新成果

每台Discovery HP-TGA的核心均为新型顶部装载磁悬浮（MagLev）天平。结合多项获得专利\*的技术，打造出能够在高温高压下运行的高灵敏度紧凑型天平。

### 工作原理

在磁悬浮天平中，小直径耐高压钢合金管装有悬浮轴和坩埚装置。双重反亥姆霍兹线圈阵列、LVDT电子传感器线圈和四极磁铁组件位于管的外部。反亥姆霍兹线圈产生非常均匀的电磁场，用于悬浮安装在悬浮轴上的永久磁铁。轴顶部的平台支撑样品坩埚。借助位于轴顶部和底部的获得专利的2D磁铁四极轴承环，将悬浮轴置于管内水平居中位置。通过位于磁铁下方的轴上的反亥姆霍兹线圈与具有亚微米分辨率的LVDT位置传感器之间的控制反馈回路，永久磁铁的垂直位置保持恒定。为了保持磁铁的恒定位置，输送到线圈的电流与轴、磁铁和坩埚的重量成正比。此重量通过天平皮重功能设置为零。当样品加入坩埚时，保持天平位置所需的电流现在与样品重量成正比。

在这种结构中，小容量管内包含的元器件完全密封并与外界隔绝。电磁线圈和其他敏感零件位于管的外部，并在正常大气条件下工作，可通过耐压管产生电磁悬浮力。只有小容量管内的样品坩埚和其他组件需要加压，并且可接触各种气体或气体混合物。将天平电子元件与反应气体环境完全分离，可以使用有毒、腐蚀性和爆炸性反应气体环境，在真空到高压范围内进行TGA测量。



\* 螺线管 = 线圈缠绕成笔直的空心螺旋线。

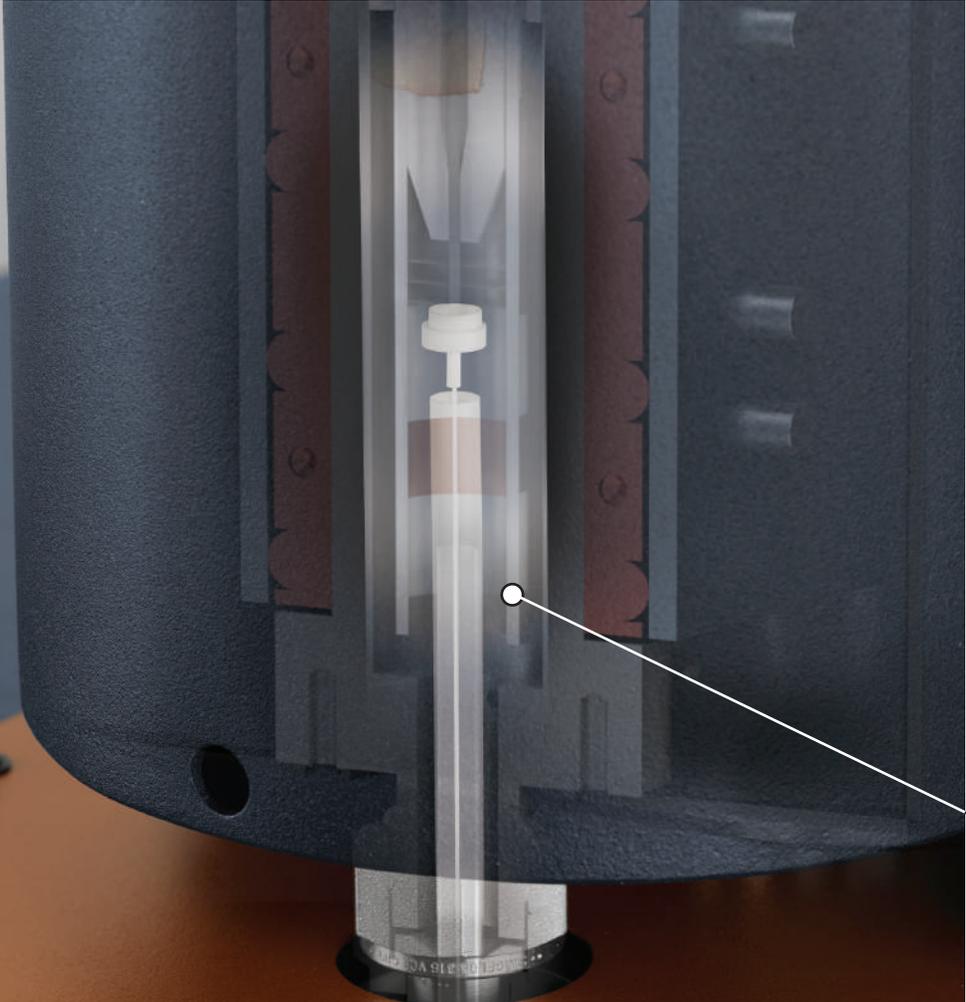
\* 欧洲专利号：1958323，美国专利号：2009/0,160,279 AI，德国专利号：DE 10 2015 116 767.0

## 技术 | 高压加热炉和集成气体定量给料系统

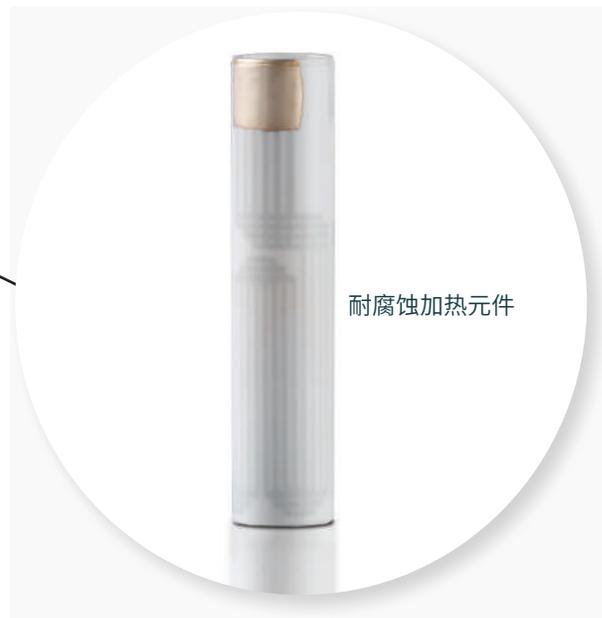
创新的高压反应炉可在所有压力和气流条件下实现更准确、迅速响应的温度控制。

Discovery HP-TGA加热炉的核心是坚固的耐腐蚀陶瓷管，内嵌铂加热元件，可在高达1100 °C\*下进行温度控制。通过与样品直接相邻的加热管内的热电偶测量样品温度。紧凑型轻质设计响应速度快，加热/冷却速率可高达250 °C/min。陶瓷加热管包含在压力容器内，可以在80 bar下表征样品。测试可以在腐蚀性反应气体环境中进行，并且由于没有多孔材料与气体环境接触，反应气体的更换干净、快速，且没有任何记忆效应。Discovery HP-TGA是目前唯一能够在任何压力和任何反应气体下进行居里点温度校准的高压TGA。HP-TGA温度校准从未如此简单。

\* 采用N<sub>2</sub> 和其他具有类似导热性的反应气体获得最高温度



高级反应炉  
设计，可实现  
更卓越的温度  
和压力控制



## 带压力控制的集成式气体和蒸汽定量供料与混合系统

在高压TGA中，气体分配和压力控制的可靠性和准确性对数据质量至关重要。所有Discovery HP-TGA型号仪器都配备了带压力控制的集成式气体定量供料和混合系统，可满足更广泛的应用需求。压力控制范围从200mbar到80bar，还可以完全抽空至极限真空。所有Discovery HP-TGA仪器还包括一个与惰性气体相连的质量欠控制器，用于平衡吹扫。

**Discovery HP-TGA 75**配有一个反应气体质量控制器和三个气体接口。可从连接的三种气体中选择一种反应气体。在测量过程中，可通过软件控制切换反应气体。

**Discovery HP-TGA 750**配有三个反应气体接口和三个独立的反应气体质量控制器，因此反应气体可以是纯气体，也可以是最多三种气体的混合气体。

**Discovery HP-TGA 7500**还配备了高压蒸汽发生器。由精确的HPLC泵控制液态水进入蒸发器，在蒸发器中产生蒸汽。蒸汽与来自反应气体质量控制器的反应气体或混合气体混合。防冷凝加热装置可在高压下使用高浓度蒸汽进行测量，而不会产生不必要的冷凝。



## 在带有集成式气体和蒸汽分配系统 以及压力控制器的可控过程大气压下 进行TGA分析

# 技术 | “APP” 式触摸屏





## 强大的HP-TGA性能触手可及

HP-TGA 75和750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。

### 触摸屏的特点和优点：

- 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/停止运行
- 测试与仪器状态
- 实时信号
- 实时绘图
- 当前运行实验方法查看
- 高级分段方法
- 居里点温度校准
- 装载/卸载样品
- 系统信息

凭借ONE-TOUCH-AWAY，获取优质高压数据从未如此简单！

One  
Touch  
Away™

# 技术 | TRIOS 软件

了解功能强大的TRIOS软件，可借助一套组合套装实现仪器控制、数据分析以及热分析与流变分析报告功能，提供卓越的用户体验。诸如多个校准集、实时测试方法编辑以及实验室间数据和测试方法共享等各项新功能，可提供无与伦比的灵活性，而一键分析和自定义报告功能可将工作效率提升到全新水平。



## TRIOS功能：

- 通过一台PC和软件包控制多台仪器
- 叠加并比较各种技术（包括 DSC、TGA、DMA、SDT 和流变学）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

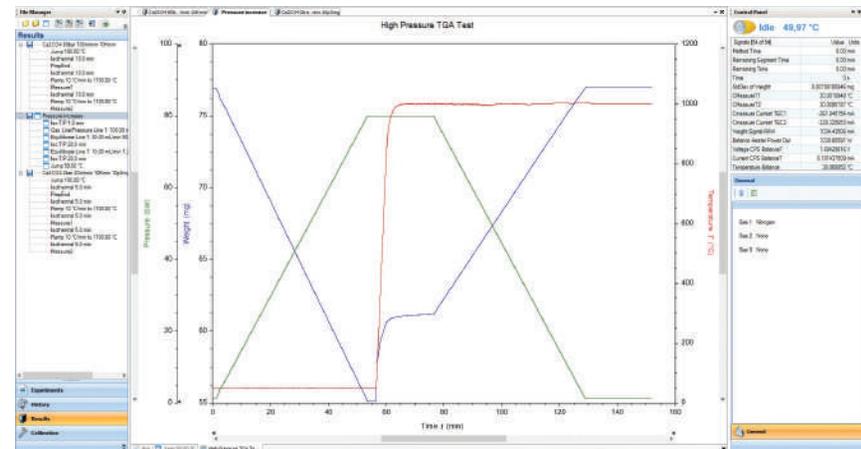
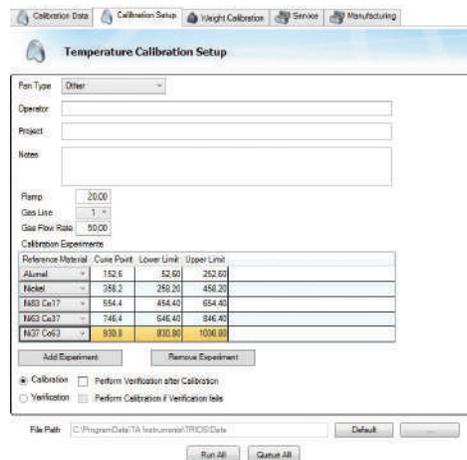
- 自动生成自定义报告，包括：实验细节、数据图表和分析结果
- 可轻松将数据导出为纯文本、CSV、XML、Excel®、Word®、PowerPoint® 和图像格式
- 可选TRIOS Guardian具有电子签名，用于审计跟踪和保证数据完整性

## 易用性

借助TRIOS软件，整个热重分析仪系列的校准和操作变得简单方便。用户可以在不同的实验条件（例如，不同的压力或气体选择）下轻松生成居里点温度校准数据集，这些数据集可以自动应用以匹配样品测试所用的实验条件。用户可以轻松获得实时信号和运行实验的进度，此外该软件还增加了即时修改运行方法的功能。TRIOS软件的灵活性业内无可比肩。

## 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。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。



# 功能更全面的控制 和分析软件!

## 完整的数据分析功能

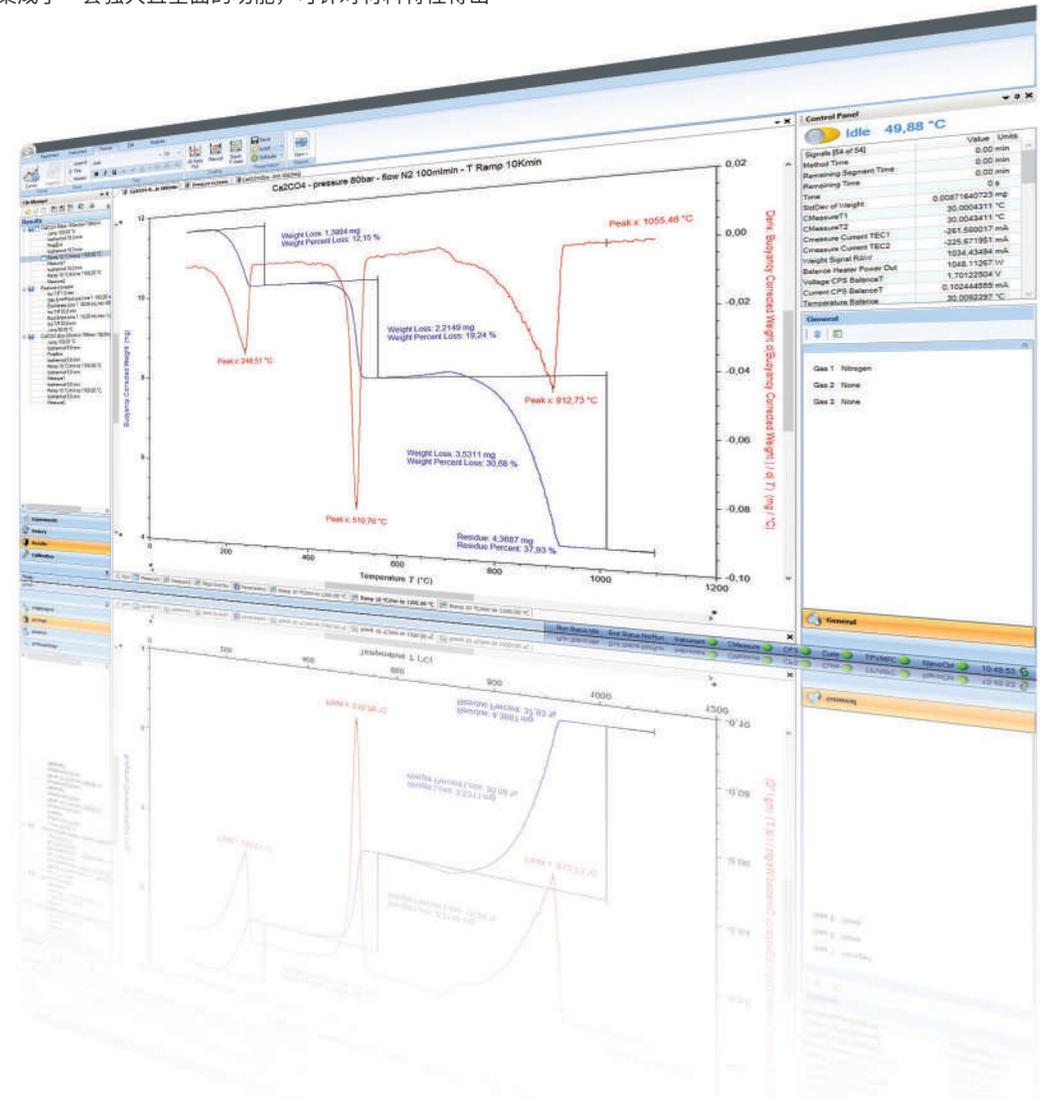
即使在实验过程中，也可以使用全套相关工具进行实时数据分析。TRIOS 中无缝集成了一套强大且全面的功能，可针对材料特性得出有价值的结论。

## 所有标准TGA分析:

- 重量变化 (绝对值和百分比)
- 残渣含量
- 1阶和2阶导数
- 在指定时间或温度下的重量
- 在指定时间或温度下的重量损失
- 峰高和峰面积
- 峰值处的温度
- 起始和结束分析
- 阶段转化分析
- 使用TRIOS轻松导入和导出TGA数据

## 高级分析功能:

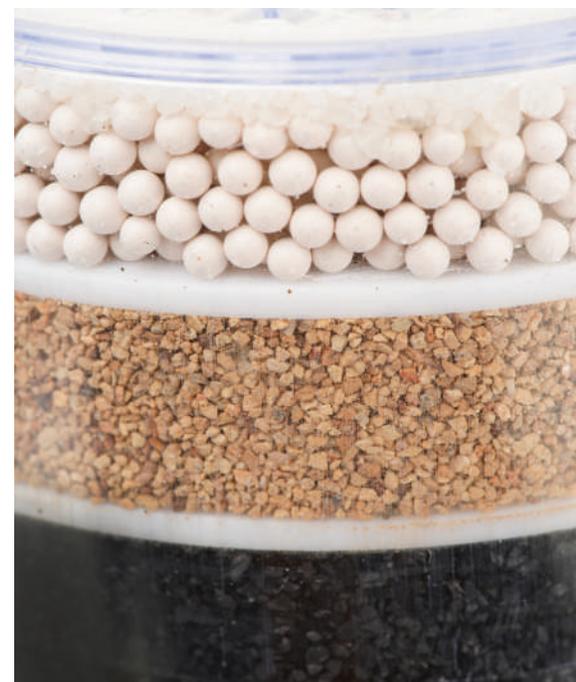
- 分解动力学
- 对用户定义的变量和模型进行高级自定义分析



# DISCOVERY HP-TGA

## 特别适合于棘手的 热重应用

- 高温腐蚀
- 煤炭和生物质气化
- CO<sub>2</sub> 和 CH<sub>4</sub> 吸气材料
- 热解过程
- 催化剂材料 (TPx、硫化、焦化)
- CVD 涂层工艺
- 分解和降解反应

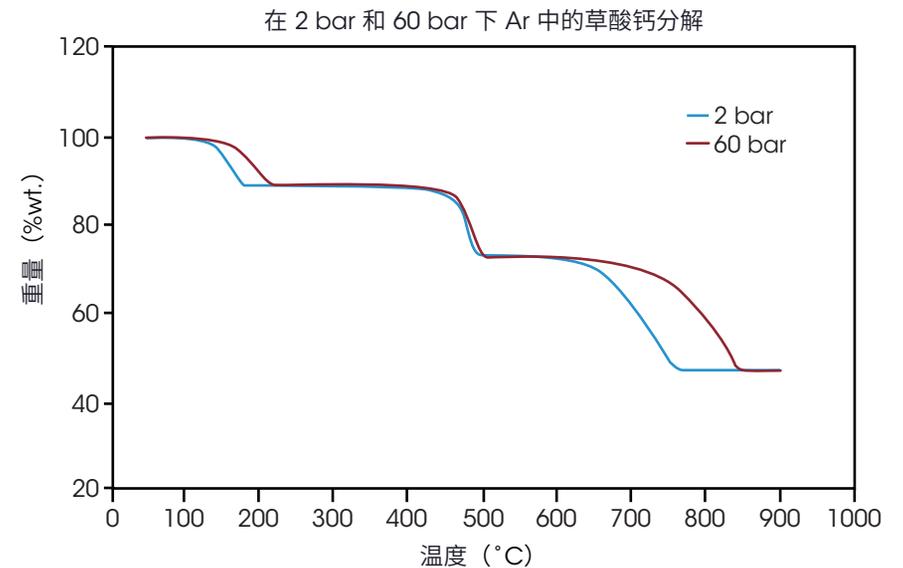


## 草酸钙在不同条件下的重量损失

草酸钙是一种广泛使用的材料，其重量损失特性为大家所熟知和理解。它经历三个离散的分解事件，每个分解事件都呈现出明显的阶跃式重量变化。与每次分解相关的重量变化的开始受样品质量、加热速率和压力的影响。重量变化的幅度（总起始重量的百分比）不应随这些变量而改变。

在标准热重测量（TGA）中，可以在可变质量和加热速率下研究分解的开始。但是，使用TA仪器的高压TGA（HP-TGA）时，可以根据所有三个变量（质量、加热速率和压力）的函数进行测量。

在右图中，比较了在2 bar和60 bar压力下在Ar中的两次草酸钙分解测量。尽管三个阶段的分解温度都在高压下上升到较高的温度，但在每个分解阶段中的重量变化是相同的。这说明了分解的动力学性质。不同的压力、加热速率或初始样品质量会影响材料分解的温度。

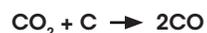


# 应用 | 气化和热解

## 热解和气化

煤炭、生物质、废料和其他有机材料气化后可用作能源或替代原料。这类过程可以通过Discovery - HP-TGA在应用相关条件下进行测量。气化过程的第一步是原材料的热解，其中，在惰性气体环境（例如，N<sub>2</sub>或Ar）中加热有机材料时，蒸发挥发性成分（水、烃、焦油）并产生焦炭。在第二个反应步骤中将这种富含碳的焦炭气化时需要气化剂。

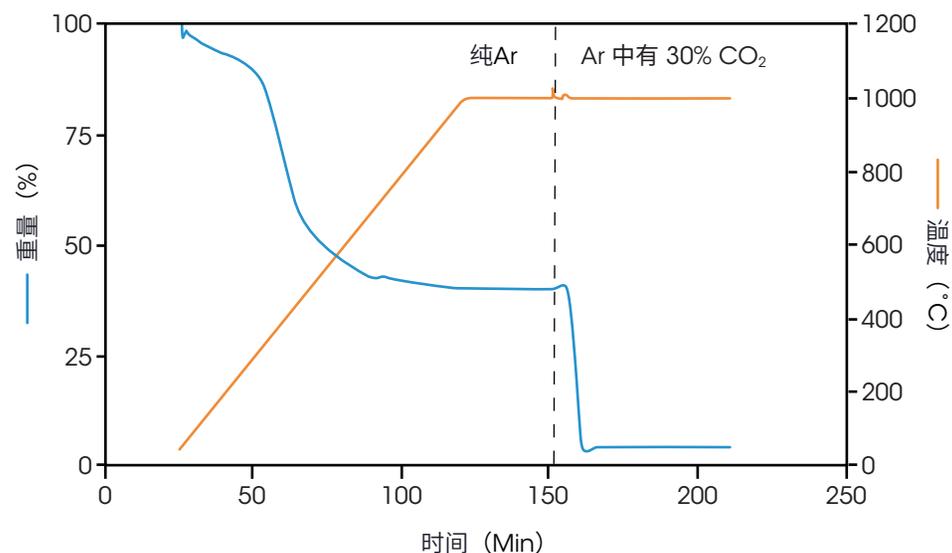
气化剂二氧化碳和碳焦根据以下主要反应产生一氧化碳气体：



其他气体可能是进一步或不完全转化和副反应的产物。

由于过程反应动力学取决于反应条件和原材料，因此产生的气体的成分和压力将有所不同。Discovery HP-TGA仪器可以优化给定原材料的操作条件。此外，这些仪器可以配备质谱仪以进行逸出气体分析。

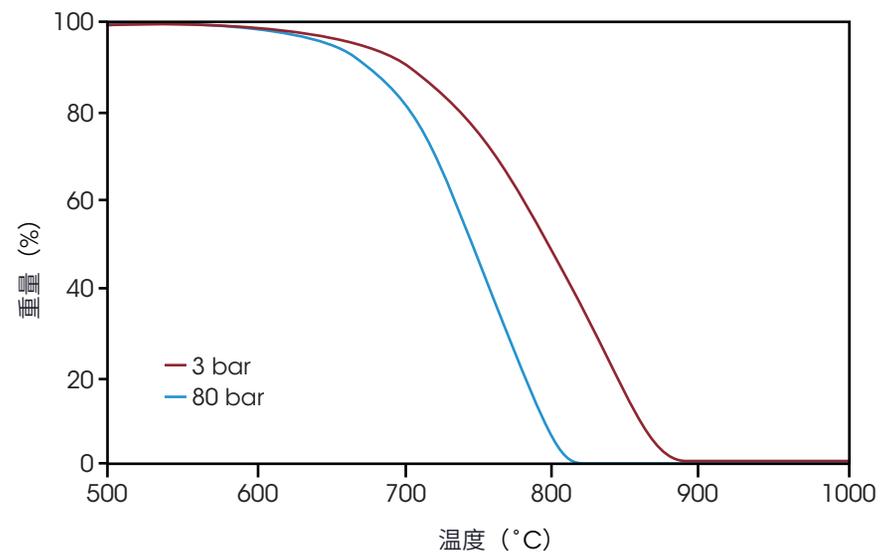
在右图中，显示了使用Discovery HP-TGA在30 bar下测量的褐煤的热解和气化过程。在以10 °C/min的加热速率加热至1000 °C期间，将Ar作为反应气体定量给料。所产生的大约60%的重量损失是褐煤的炭化和热解引起的。当达到恒重时，将30% CO<sub>2</sub>混合到Ar中以开始气化过程。气化导致另外35%的重量损失。



## 石墨氧化

固体或液体燃料的燃烧是一种氧化过程。氧化温度和反应动力学取决于反应气体的压力和含氧量。使用Discovery HP-TGA可以研究压力和氧浓度对氧化的影响。在本示例中，石墨分别在3 bar和80 bar下在空气中氧化。左图中的数据表明，与较低压力下的实验相比，在80 bar的较高压力下，反应可以在更低的温度下完成。以较低的能量输入完成反应的能力可以在生产过程中节省大量成本。一些相关应用包括加压流化床发电厂设计和地下煤炭气化。

不同压力下石墨在空气中的氧化

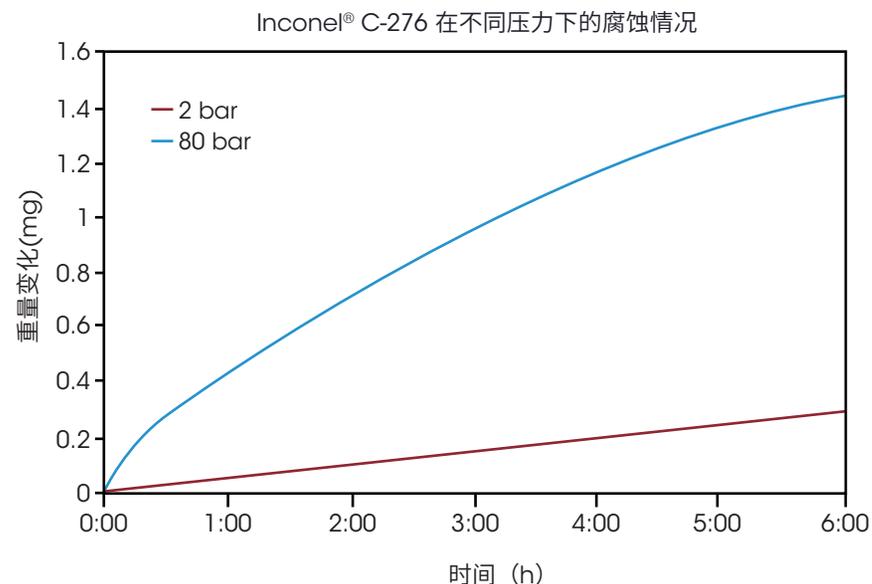


**探索**  
**压力**如何改变  
**反应动力学**

# 探索材料 压力依赖性 的更多相关信息

## 高温腐蚀

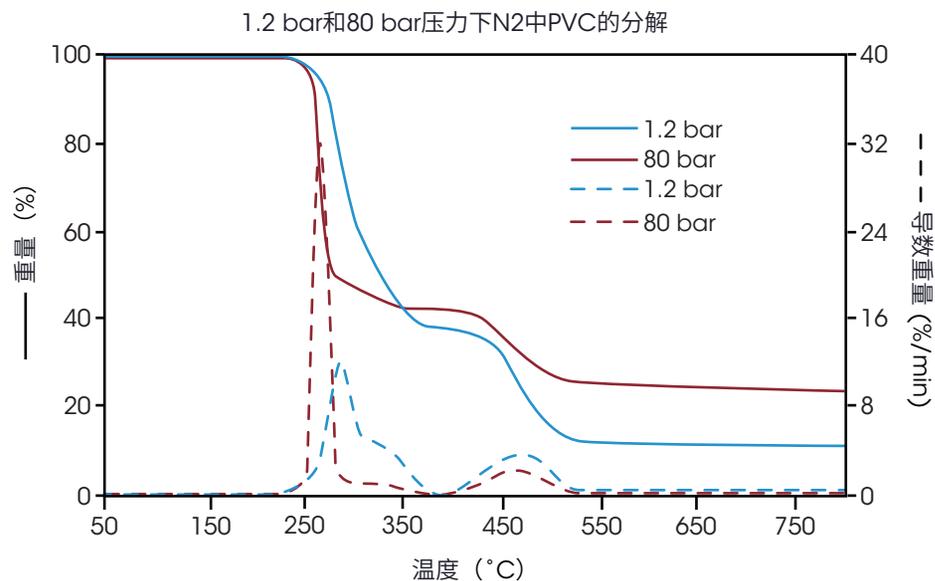
了解材料的耐腐蚀性对于改善技术工艺和提高效率至关重要。例如，燃气轮机或蒸汽轮机和喷气发动机的效率与其最高运行温度直接相关。最高温度受所用材料的高温腐蚀性质限制。金属或其他材料因腐蚀引起的质量变化通常非常小。另外，高温腐蚀通常也是一个缓慢的过程。Discovery HP-TGA非常适合于这种测量，因为其卓越的高分辨率和准确度可以在相对较短的时间内测量样品质量的微小变化。下图比较了Inconel®\* C-276合金在1000 °C时，在3 bar和80 bar下于空气中的质量增加情况。观察到的重量增加是由合金表面的氧化引起的。此处3bar时总质量变化约为287 μg，在80 bar时约为1444 μg。不出所料，腐蚀性气体环境的压力对腐蚀的动力学和总量有影响。



\* INCONEL® 是Huntington Alloys Corporation (美国西弗吉尼亚州 25705 亨廷顿市) 的商标

## PVC分解

聚合物材料的热分解是常规热重测试。新型Discovery HP-TGA能够更深入地了解压力对分解温度和动力学的影响。这些信息对于规定生产或应用期间不应超过的操作限制至关重要。可以使用实际压力和感兴趣的反应气体在实际条件下测试聚合物材料。在下图中，比较了PVC-P在1.2和80 bar压力下在氮气中的分解。分解是一个多阶段过程。通常，HCL、脂肪族和芳族烃是分解产物。在较高的压力下，与环境压力下的测量相比，第一阶段分解的动力学要快得多。以下分解阶段比低压下分离得更清晰。分解温度不会因压力增高而显著改变。然而，在80 bar下，分解后剩余约23%的残渣重量，而在环境压力下，只有10%的PVC不分解。



## 高压TGA | 仪器技术参数

产品线	产品型号	最大样品温度	最大压力	称重分辨率	质量范围/样品质量	反应气体环境
Discovery HP-TGA	75	1100 °C	80 bar	0.1 µg	500 mg / 500 mg	纯净气体 (三选一)
	750	1100 °C	80 bar	0.1 µg	500 mg / 500 mg	纯净气体和气体混合物 (三种气体)
	7500	1100 °C	80 bar	0.1 µg	500 mg / 500 mg	纯净气体和混合气体和蒸汽混合 (三种气体和一种蒸汽)

\*最大压力取决于温度



高压 TGA  
前所未有的实验方法



## 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: 202404  
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 (主机附件询价及市场活动)

TACHina\_Application@waters.com (应用技术支持)

TACHina\_Service@waters.com (售后服务及配件询价)

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)