

Waters™ | TA™
Instruments

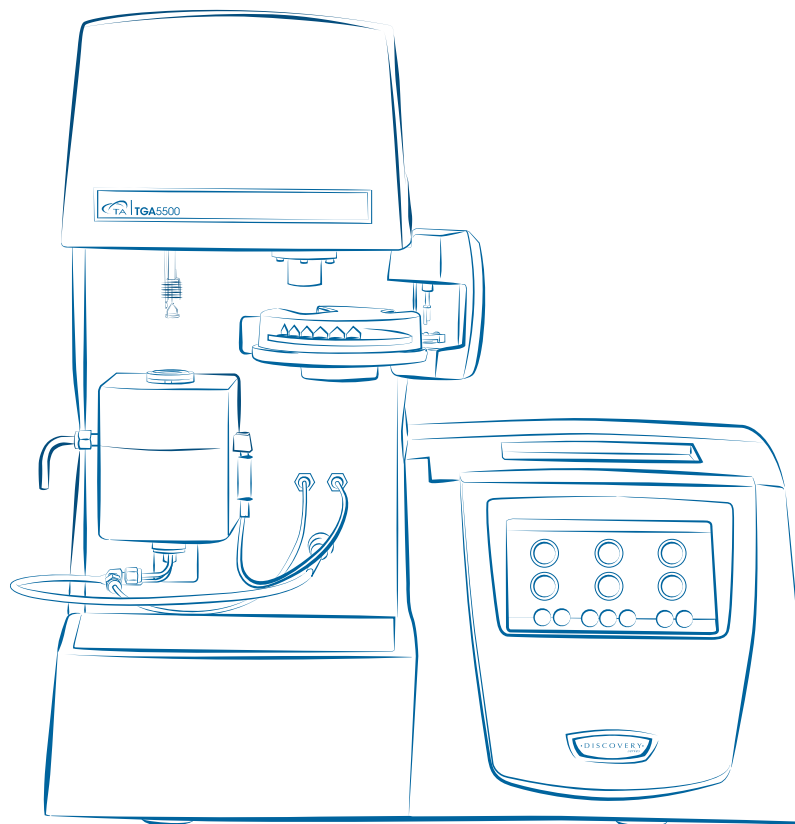
TA | TGA5500

直观的用户界面，提供仪器控制、数据采集及结果分析



热重分析仪

**高性能热重
分析仪系统
为您带来
无与伦比的准确度
极高的灵敏度
出众的可靠性**



DISCOVERY™ TGA | 热重分析

Waters TA Instruments™ 诚邀您体验全球顶尖的热重分析仪系列产品:Discovery TGA 55、TGA 550 以及 TGA 5500。探索先进的工程技术和对细节的关注,这提升了 TGA 技术的各个方面并使用户体验达到新的水平。从具备行业领先性能且极具成本效益与灵活性的型号,到功能最为先进的型号,总有一款 Discovery 热重分析仪能够满足您的需求,并超越您的期待。

TGA 55 高性能热重分析仪



TGA 55 专为那些希望拥有坚固耐用、可靠且经济高效的热重分析仪,同时又不愿在性能上做出妥协的用户而设计。该仪器采用 **Waters TA Instruments** 专有的 **Tru-Mass™** 天平作为测量核心,其性能将超越竞品的研究级型号。可选配的 **25** 位自动进样器,兼具灵敏度、精确度与操作便捷性,使这款热重分析仪成为学术界或工业界实验室中追求高质量基础研究成果的理想仪器。

TGA 550 兼具卓越性能、先进功能与配置灵活性



TGA 550 不仅性能优于同类顶级系统,而且还提供业界领先的高级功能,如 **Hi-Res™ TGA** 和 **MTGA™**。可选配的 **25** 位自动进样器,加之其卓越的性能、灵活性及易用性,使这款热重分析仪成为研究与多用户实验室的理想之选,尤其适用于当前需开展多样化 **TGA** 实验且未来预期拓展分析工作的应用场景。

TGA 5500

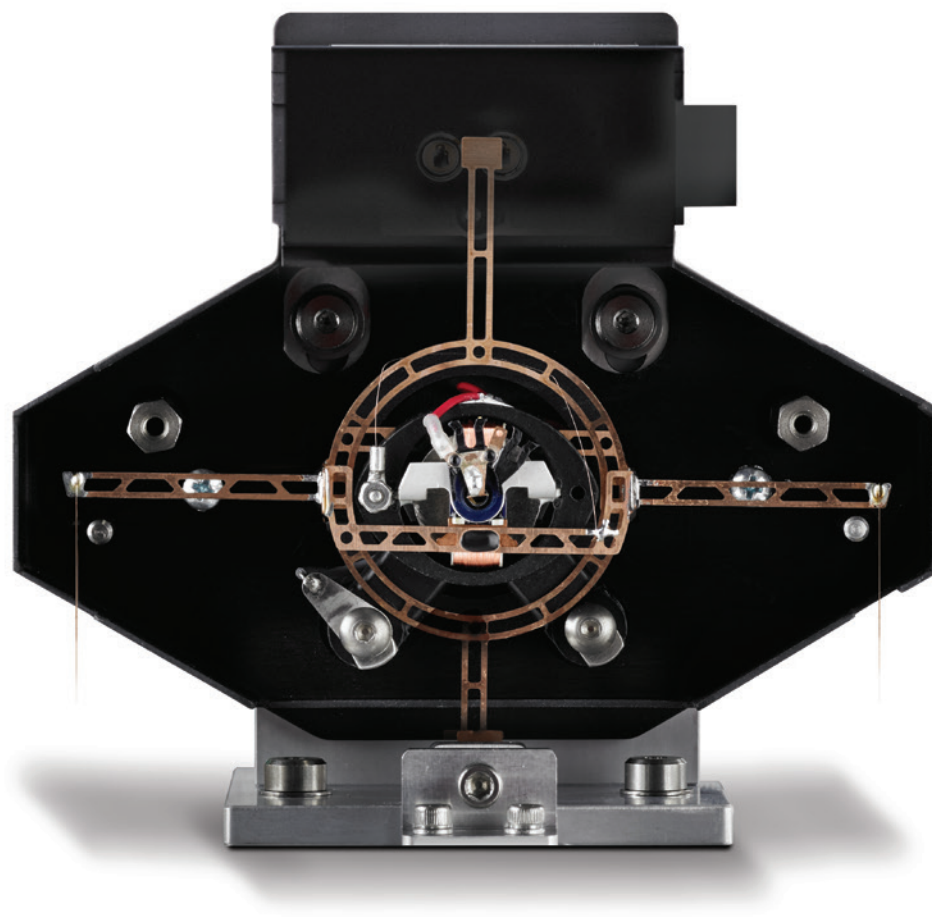
具备满足最严苛应用需求的终极性能与完备选项

The TGA 5500 专为追求极致性能与完备功能于一体的研究人员而设计。TGA 5500 旨在最大程度优化温度控制并将信号漂移降至最低，其漂移量低于任何竞品 TGA，即便是那些在测试后对数据进行处理竞品也不例外。Waters TA Instruments 获得专利的 IR 炉* 提供了业界最快的升温与降温速率。可靠的 25 位自动进样器将工作效率提升至最高水平，同时还配备了样品盘打孔机构，可针对那些在测试前必须预先控制样品环境的材料，实现进样的自动化序列操作。



* 美国专利号: 7,416,328 和 7,566,167

没有任何厂商能够打造出
比这款产品更敏感、
更精确的热天平



每台 Discovery TGA 的核心均为专有的 Tru-Mass™ 天平。Tru-Mass 天平系统采用热隔离设计,可在各类实验室环境中保持高灵敏度,具备最高的热分辨能力,可分离最具挑战性的 TGA 样品组分,并且具有超低漂移 (Tru-Mass) 特性以确保重量准确性。与竞品设计不同,Discovery 热重分析仪无需进行基线扣除及其他测试后数据处理即可提供最佳性能。其成果便是一款在重量漂移与灵敏度方面具有无可匹敌性能的创新热重分析仪。

天平特点与优势:

- 超低漂移天平设计确保能够精准检测到最细微的重量变化
- 高容量 (1g) Tru-Mass 天平,确保无论样品大小如何,均能获得最佳灵敏度
- TGA 550 与 TGA 5500 配备的自动切换双量程 Tru-Mass 天平提供无与伦比的 8ng 高称重分辨率
- 悬挂式样品设计消除了顶部加载设计中普遍存在的散热问题,确保样品周围实现最高效的热传递与气流流通
- 热隔离式天平具备低漂移与高灵敏度的特性,能够提供最精确的实时数据

专有的 Tru-Mass™ 天平提供真实可靠的实时重量数据。

低漂移 高容量 最精确的数据

最宽的 升温 与降温速率范围

每一台系统上的每一个炉体均由 Waters TA Instruments 专门为高性能 TGA 测量设计与制造。从经济高效的绕线式炉与逸出气体分析炉, 到具有行业领先升温速率的专利 IR 炉*, 总有一款 TGA 炉体能够满足您的需求。

* 美国专利号: 7,416,328 和 7,566,167



IR 炉

TGA 5500 是唯一提供专利红外加热技术的系统。

- 环境温度至 1200°C
- 线性可控升温速率为 0.01 至 500°C/分钟
- 冲击式升温速率 >1600°C/分钟, 效率最高
- 冷却速度最快, 可提高样品通量
- 体积小巧、真空密闭且内衬石英, 并可选配加热出口, 以获得最佳的逸出气体分析结果
- 石英内衬使炉体易于清洁
- 集成式电磁体, 可利用居里点标准物质进行自动化验证与校准



绕线式（铂/铑）炉

适用于 TGA 55 和 TGA 550 的标准熔炉

- 环境温度至 1000°C
- 线性可控升温速率为 0.01 至 150°C/分钟
- 冲击式升温速率 >600°C/分钟
- 低质量炉体可实现快速降温, 从而确保运行间隔期间实现快速高效的周转



EGA 熔炉

用于 TGA 55 和 TGA 550 的可选逸出气体分析 (EGA) 炉

- 环境温度至 1000°C
- 线性可控升温速率为 0.01 至 50°C/分钟
- 体积小巧、真空密闭且内衬石英, 可获得出色的逸出气体分析结果
- 石英内衬使炉体易于清洁

Waters TA Instruments™
制造的每一款炉体均坚固耐用且可靠, 并享有行业内
独一无二的五年质保服务

最佳 样品与气氛 相互作用

所有 Discovery TGA 型号均配备卓越的气氛控制设计, 以满足最为严苛的应用需求。无论是维持惰性气氛、切换至氧化性吹扫, 还是维持高真空环境, Discovery TGA 都能胜任。

气氛控制特点与优势:

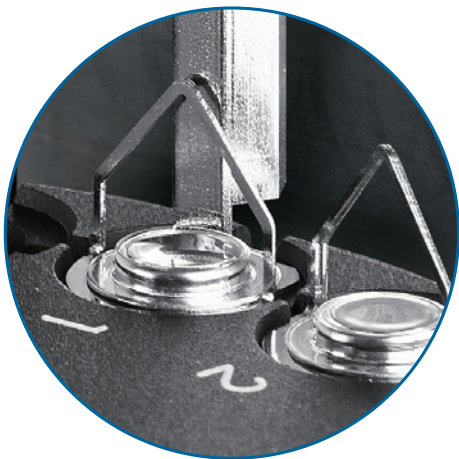
- 创新型气体输送歧管 (GDM) 设计消除了管路与硬件连接处的潜在泄漏点, 确保气氛最为一致且具有最佳重复性
- 集成的软件控制气体切换功能, 适用于需要动态或反应性气氛的实验
- 可选配的混合气体输送模块具备二元气体在线混合功能, 并支持先进的气氛控制, 可使气体浓度比保持恒定、递增或梯度变化
- 水平方向气体吹扫, 实现样品与气氛间的最佳相互作用
- 真空密闭设计, 确保实现惰性、无氧的气氛环境
- 密封样品盘选项, 可在实验开始前维持样品周围的气氛环境不变



Discovery™ TGA 配备有 25 位自动进样器, 旨在打造迄今为止最为坚固可靠的系统。

自动进样器的特点与优势:

- 与所有类型 and 尺寸的样品盘兼容, 具有极高的灵活性
- 密封样品盘和样品盘冲孔选项可有效隔离空气敏感性或挥发性样品
- TGA Smart-Seal™ 样品盘* 可在密闭且吹扫过的炉体内自主开启, 确保对空气或湿度敏感型样品的处理与分析实现 100% 惰性环境
- 无人值守的校准与验证日程安排, 为科研人员节省更多研究时间
- 全新的 TRIOS™ 软件使得管理和运行规模庞大且多样化的样品队列前所未有的简单。设计视图和运行队列可实现快速高效的自动进样器编程。

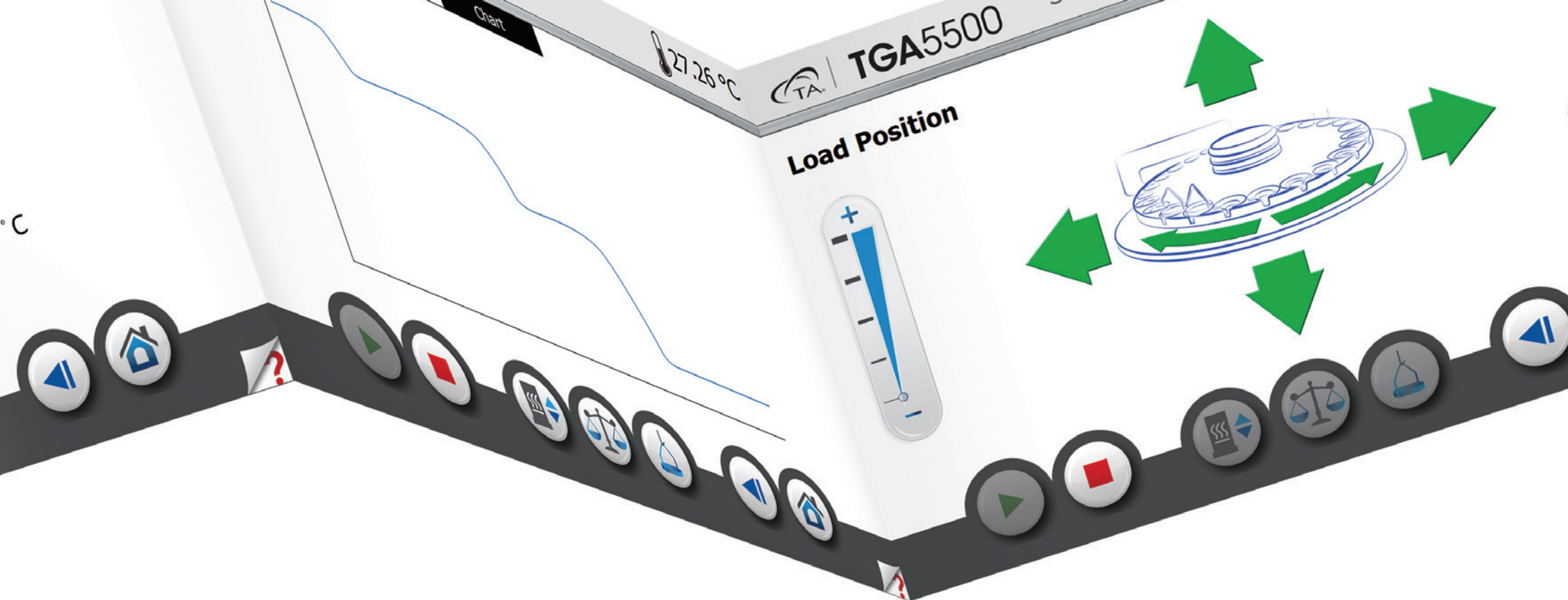


* 已获专利

灵活的设计 旨在提升工作效率







触摸屏特点与优势:

- 符合人体工程学的设计, 便于查看和操作
- 功能丰富, 简化操作并提升用户体验。触摸屏包含以下功能:
 - 启动/停止运行
 - 实时信号
 - 查看当前使用的方法
 - 自动进样器校准
 - 系统信息
 - 测试与仪器状态
 - 实时绘图
 - 方法步骤跳转
 - 样品盘装载/卸载与去皮

应用程序式触摸屏、功能强大的全新 **TRIOS** 软件, 以及配备自动化校准与验证程序的坚固可靠的自动进样器, 三者无缝协同工作, 显著改善了实验室工作流程与工作效率。

获取优质数据从未如此简单!

技术 | TRIOS 软件

探索功能强大的 TRIOS™ 软件, 它将仪器控制、数据分析与报告功能整合于一体, 为热分析与流变学应用带来卓越的用户体验。诸如多重校准数据集、实时测试方法编辑以及实验室间数据与测试方法共享等新功能赋予了用户无与伦比的灵活性, 而一键分析与自定义报告功能则将工作效率提升至全新高度。

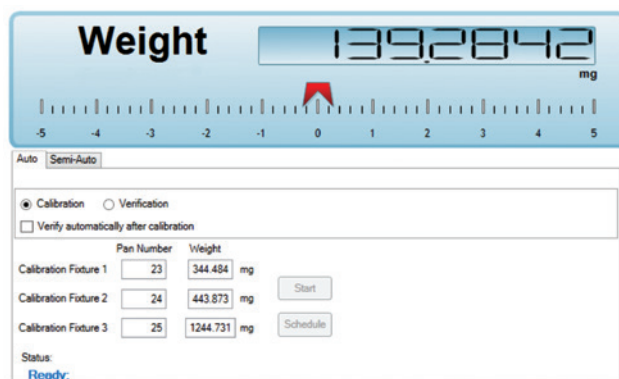


TRIOS 功能特点:

- 通过一台电脑和一套软件即可控制多台仪器
- 可叠加并比较来自不同技术 (包括 DSC、TGA、DMA、SDT 和流变仪) 的测试结果
- 一键重复分析, 提升工作效率
- 自动生成定制化报告, 内容涵盖: 实验细节、数据图谱与表格及分析结果
- 便捷的数据导出功能, 支持纯文本、CSV、XML、Excel®、Word®、PowerPoint® 及图像等多种格式
- 可选配 TRIOS Guardian 功能™, 具备电子签名能力, 确保审计追踪与数据完整性

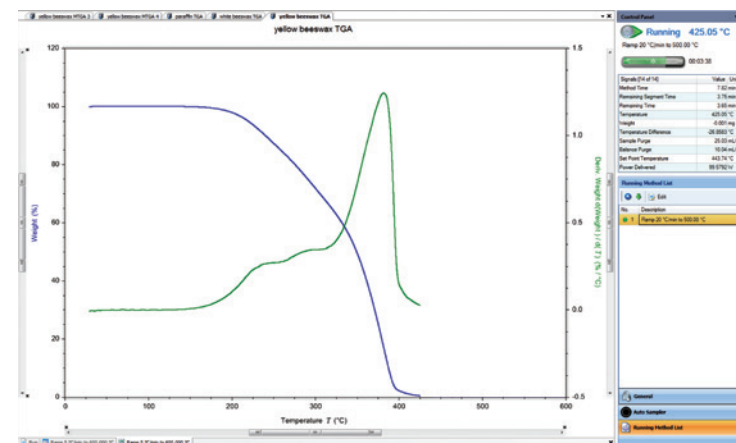
易于使用

TRIOS 软件使整个热重分析仪系列的校准与操作变得简单。用户可以轻松地不同实验条件 (例如不同的升温速率或气体选择) 下生成多重校准数据集, 并在样品测试时无缝切换, 以匹配相应的实验条件。实时信号及运行中实验的进度一目了然, 同时还具备在运行过程中动态修改方法的能力。TRIOS 软件赋予用户的灵活程度, 业内无人能及。



完整的数据记录

先进的数据采集系统会自动保存所有相关信号、当前生效的校准参数及系统设置。这套全面的信息对于方法开发、流程部署及数据验证而言极具价值。



功能最为全面的控制与分析软件

全面的数据分析能力

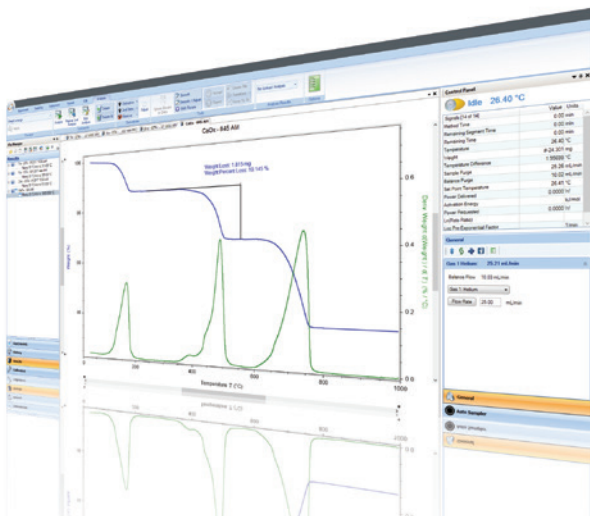
一整套可用于实时数据分析的相关工具,即便在实验运行期间亦可进行操作。借助无缝集成于 TRIOS 软件中强大且多样化的功能集,您可深入洞察材料的行为,获取具有实际指导意义的信息。

所有标准 TGA 分析:

- 重量变化(绝对值和百分比)
- 残留物含量
- 一阶导数和二阶导数
- 指定时间或温度下的重量
- 指定时间或温度下的失重量
- 峰高和面积
- 峰值温度
- 起始点与终止点分析
- 阶梯状转变分析
- 使用 TRIOS 轻松导入和导出 TGA 数据

高级分析功能:

- 使用 Modulated TGA™ 确定活化能
- 通过恒温或动态升温速率以及恒定反应速率实验获取分解动力学数据
- 用于分析吸热与放热热事件的 DTA 信号,例如熔融、结晶、固化反应和分解
- 使用用户自定义变量与模型进行高级自定义分析



TRIOS™ 软件 JSON 导出功能

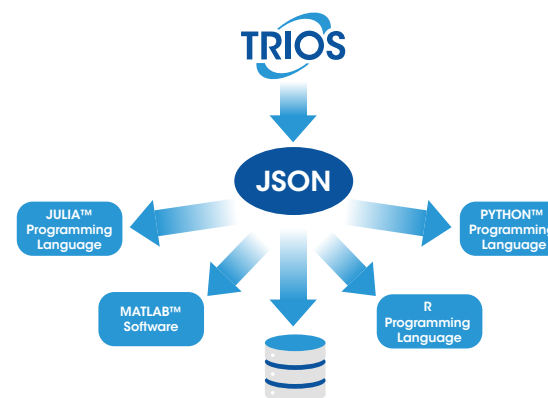
以开放标准提供强大且兼顾人机可读性的数据

利用 Waters TA Instruments™ TRIOS 软件专为革新数据管理与利用方式而设计的 JSON 导出功能,充分释放热重分析仪 (TGA) 数据的潜能。这一强大的新功能可将 TRIOS 软件数据与数据科学工具、自动化工作流程以及实验室系统(如 LIMS)无缝集成,使数据处理变得前所未有的高效与便捷。

主要特点:

- 无缝集成:将您的 TRIOS 软件数据转换为开放标准的 JSON 格式,JSON 导出可通过以下方式实现:
 - 每次保存时自动导出(需在选项中启用)
 - 通过手动导出对话框
 - 作为“发送至 LIMS”功能的一部分
 - 通过“批处理”对话框或命令行
 - 在 TRIOS AutoPilot 中
- 数据一致性:我们公开提供的 JSON 架构有助于确保一致的数据结构,让您只需编写一次代码,即可近乎普遍地适用于绝大多数数据文件。
- Python 库:使用我们开源的 Python 库——Waters TA Instruments 数据套件(可在 github.com/TA-Instruments/tadatakit 获得),以简化您的数据读取工作,或通过我们的代码示例学习如何充分利用数据的强大效能。

借助 TRIOS JSON 导出功能,您不仅仅是在收集数据,更是在释放数据的全部潜力。体验简化的工作流程、可靠的结果,以及基于社群驱动的热重分析仪 (TGA) 分析方法。



TA Instruments、TA 和 TRIOS 是 Waters Technologies Corporation 的商标。JULIA 是 JuliaHub, Inc. 的商标。MATLAB 是 MathWorks, Inc. 的商标。PYTHON 是 Python Software Foundation 的商标。

在 Hi-Res TGA 中,升温速率由样品的分解速率来控制。Discovery TGA 5500 与 550 的设计堪称此类测量的理想之选,它们配备了能够实现精确温度控制的快速响应炉,以及旨在快速检测细微重量变化的灵敏热天平。

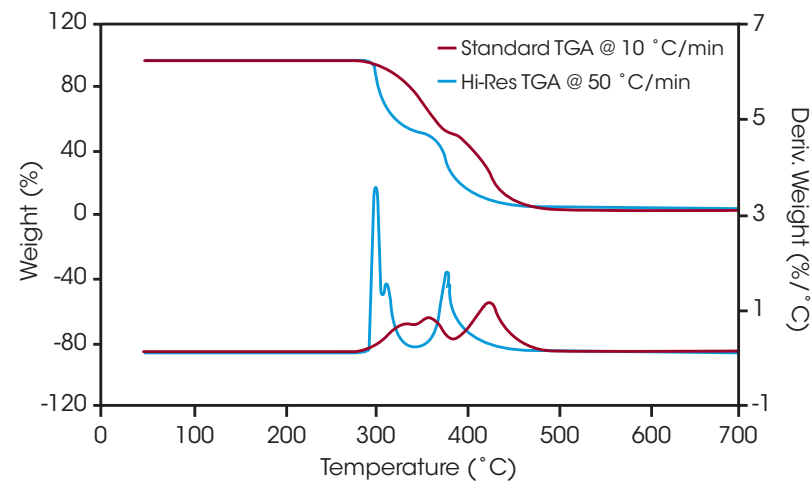
Hi-Res TGA 的优点包括:

- 可分离宽范围且相互重叠的失重过程
- 分辨率更好,生产率更高
- 在较宽温度范围内快速检测,具有出色的分辨率
- 方法设置简单

DTA 信号

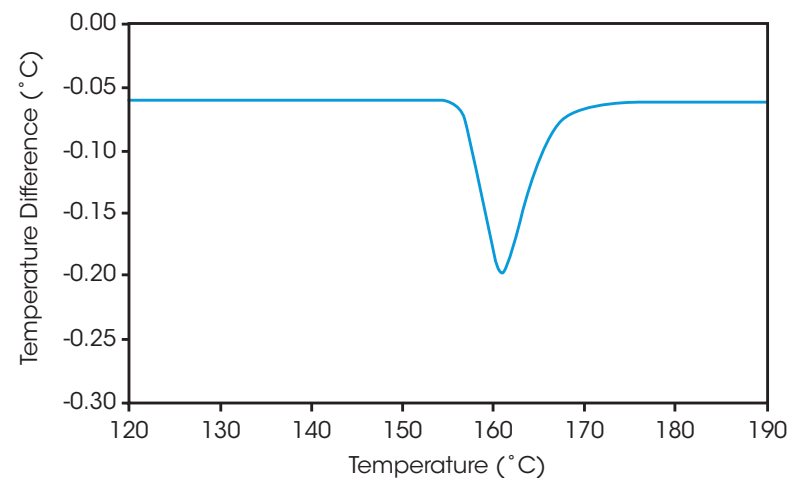
DTA 信号是对 TGA 中发生的吸热和放热反应的定性测量。该信号还可用于通过熔点标准进行温度校准。

聚氨酯中重叠失重过程的分离



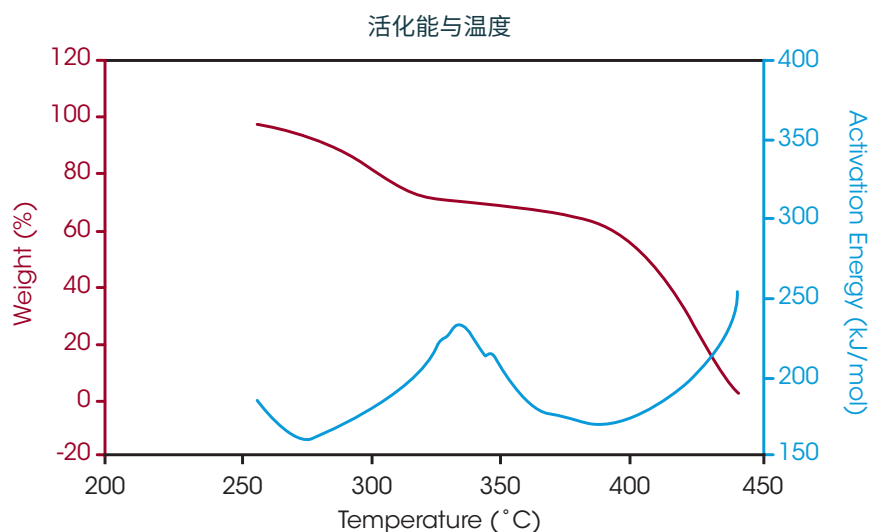
上图显示了聚氨酯材料通过标准和 Hi-Res TGA 得到的 Hi-Res TGA 结果。从 TGA 失重和一阶导数 (DTG) 信号中可以明显看出,Hi-Res 技术提供了更高的分辨率。后一信号尤其有助于确定单个失重段的起始和结束时间,以及显示提供样品 "指纹" 的微妙事件。

铟



更深入地探索您的材料

调制热重分析 (Modulated Thermogravimetric Analysis™, MTGA) 是 Waters TA Instruments 的另一项创新技术, 为材料分解研究带来了诸多优势。该技术基于 Hi-Res™ TGA 和 MDSC™ 所使用的专有加热器控制技术开发而成, 可生成不依赖模型的动力学数据。活化能可在测试过程中连续计算, 并作为时间、温度及转化率的函数进行研究。



MTGA 的优势包括:

- 提高动力学研究效率
- 无模型动力学数据
- 可与 Hi-Res 结合使用, 以更好地分离重叠的重量损失
- 直接测定活化能

左图展示了 MTGA 图谱, 该图谱源自一项动力学研究, 旨在通过单次分析探究温度对 60% 乙烯-醋酸乙烯酯 (EVA) 共聚物分解过程的影响。该图谱定量显示了 EVA 的分解曲线以及活化能随温度变化的情况。该数据证实该分解过程遵循两步反应机理。MTGA 还能监测活化能随转化率的变化, 这可推断出所涉及的分解机理。

技术 | 逸出气体分析

逸出气体分析涉及对 TGA 实验中逸出气体产物的定性研究。这些产物通常是分解的结果,但也可能是解吸、蒸发或化学反应的产物。逸出气体分析通常通过将质谱仪 (MS)、傅里叶变换红外光谱仪 (FTIR) 或气相色谱仪 (GC) 连接到 TGA 熔炉出口端来进行。逸出的气体流经加热传输管线被输送至 MS、FTIR 或 GC 仪器,并实时完成成分分析。Waters TA Instruments 提供一款 300 amu 台式四极杆质谱仪,配备加热毛细管接口,以及适用于 Discovery TGA 的 TGA 模块专用接口套件。Waters TA Instruments 另提供一款主动式流量与压力控制的接口模块,用于将气体样品输送至各类 FTIR 和/或 GC 仪器。

Discovery TGA 是开展逸出气体分析研究的理想平台。样品上方的水平吹扫流和通往出口端口的短路径消除了炉内的死体积,从而减少了产品稀释并优化了 EGA 灵敏度。加热型 EGA 适配器设计用于直接连接 MS、FTIR 或 GC 的传输管线,确保逸出气体流在穿过炉壁的整个过程中持续受热,从而显著减少逸出气体冷凝,提高 EGA 灵敏度。

Waters TA Instruments TRIOS 软件支持导入 MS (趋势分析) 和 FTIR 数据 (Gram-Schmidt 和 Chemigram 重建),TGA 和 EGA 数据可以在温度和/或时间的共同轴上显示。

EGA 特点与优点:

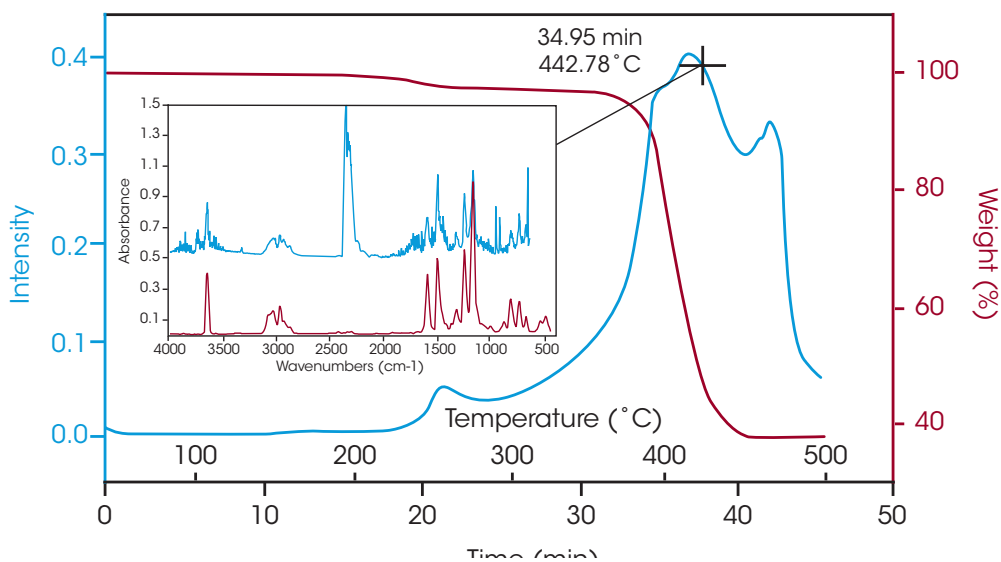
- 分解产物的鉴定
- 为解释 TGA 扫描过程中的反应提供额外信息
- 实验前及实验期间对炉体气氛的精确控制

Discovery TGA 用于逸出气体分析的设计特性与优势:

- 流经样品上方的水平吹扫气流,确保最佳灵敏度
- 低容积炉体设计,通过消除死体积来减少气体稀释
- 加热型 EGA 适配器,消除冷点与冷凝现象
- 功能强大的 TRIOS 软件,支持导入 MS、FTIR 或 GC 数据,以改善数据解读

TGA-FTIR: 酚醛树脂分解

此图展示了酚醛树脂粘合剂热分解过程的 TGA-FTIR 联用分析结果。将时间分辨 FTIR 光谱的 Gram-Schmidt 重建图谱与失重信号随时间及温度变化的情况进行了对比。插图包含分解反应第 34.95 分钟时的逸出气体成分 FTIR 光谱，该时间点接近最大分解速率点。与该温度对应的 FTIR 光谱表明，逸出气体产物主要由酚类物质组成，其中包括双酚 A，图中附有其对比光谱以供参照。这种水平的化学特异性在同类产品对比、质量控制及指纹图谱分析中具有重要价值。

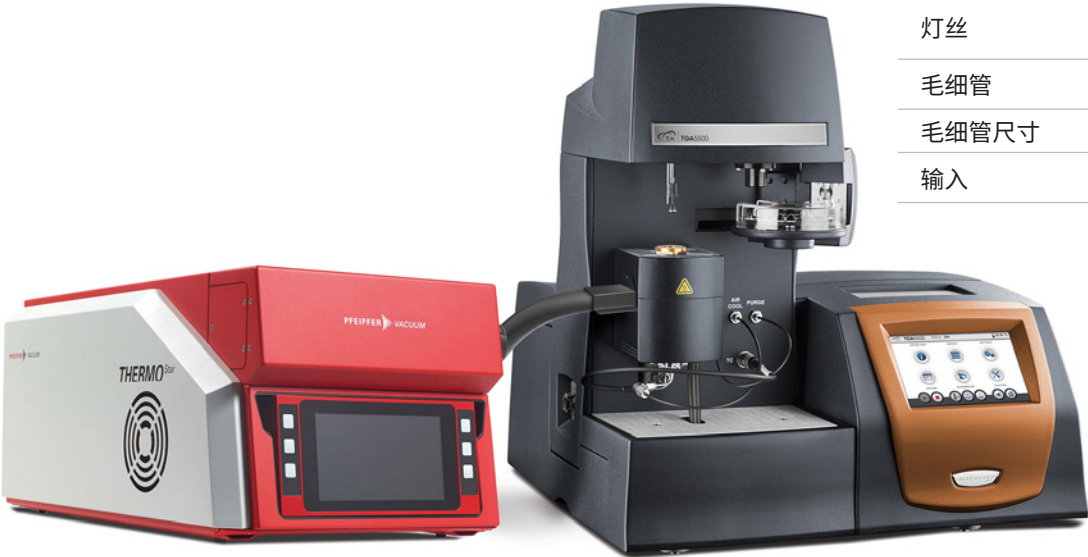


技术 | PFEIFFER MS

Pfeiffer MS 是一款台式四极杆质谱仪，专为逸出气体分析而设计和优化。该仪器采用行业标准技术配置，可对 TGA 炉体中的废气进行高效传输和快速检测。最先进的四极杆检测系统可确保十亿分之一 (ppb) 灵敏度，包括一个封闭的离子源、一个单一的质量过滤器和一个双 (法拉第和二次电子倍增器) 检测器系统。选择此分析仪配置是为了优化灵敏度和长期稳定性能。

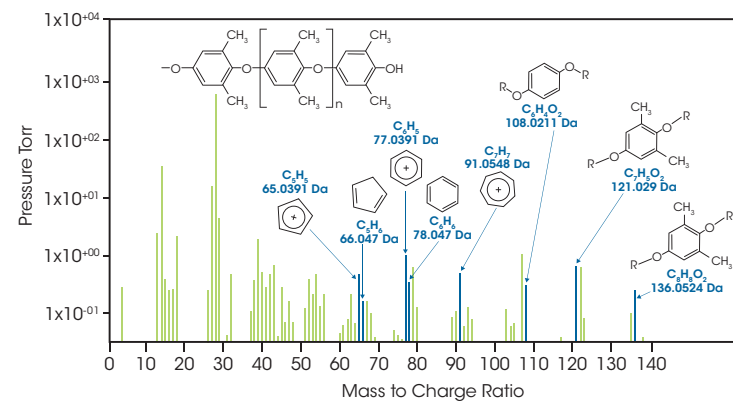
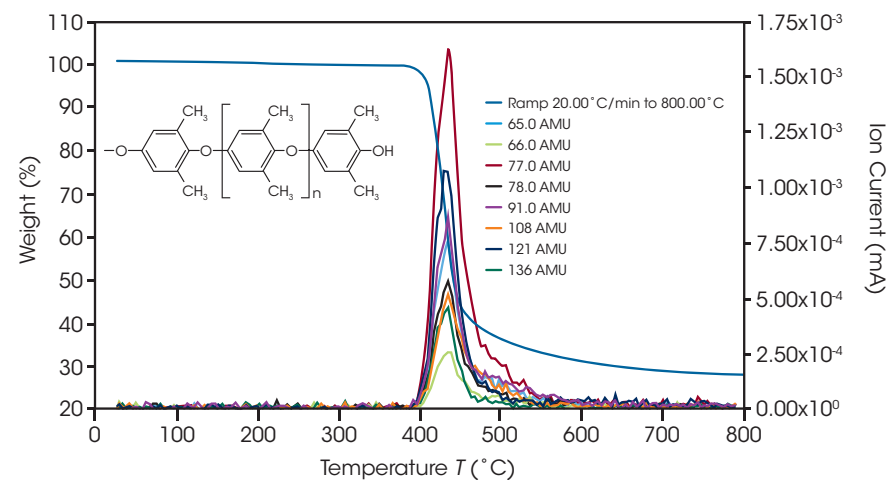
实验参数的控制和质谱数据的分析通过用户友好型配方驱动的软件界面实现。数据采集可以直接从 TGA 软件触发，生成的 MS 数据可与相应的 TGA 结果相结合，进行直接叠加和比较。

参数	性能
质量范围	1-300 ^o mu
质量分辨率	>0.5 ^o mu
灵敏度	< 100 ppb (取决于气体)
电离源	电子电离
探测器系统	双 (法拉第和第二电子倍增器)
样品压力	1 ^o tm (标称)
条形图和多离子检测	条形图和跳峰
扫描速度	
条形图模式	>500 ^o mu/s
多离子检测	>500 通道/秒
传输线温度	200°C
传输线	1.0 米, 灵活
灯丝	双, 客户可更改
毛细管	石英, 可变换
毛细管尺寸	I.D. = 0.15 mm
输入	由 TGA 触发器控制的数据收集



工程塑料的分解

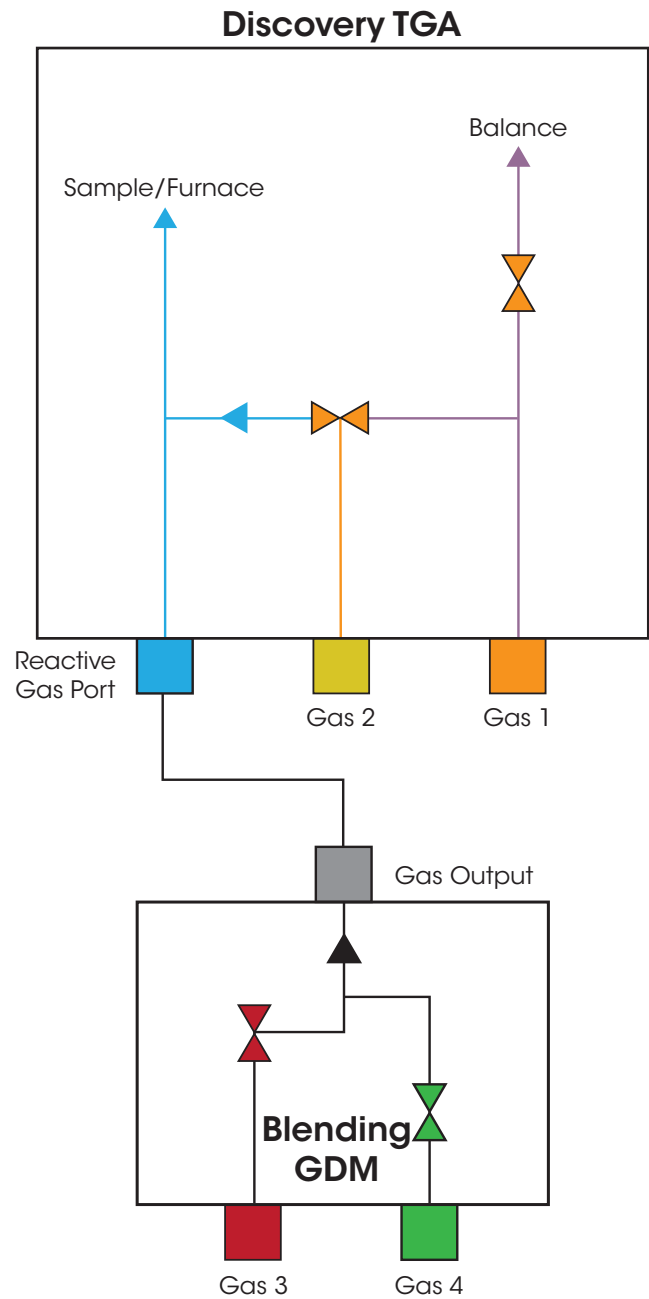
聚苯醚 (PPO) 是一种高性能工程热塑性塑料, 因其优异的耐热性与尺寸稳定性规格而备受青睐。由于 PPO 的玻璃化转变温度高达 215°C , 其加工温度需要很高, 这会导致制造过程繁琐且成本高昂。在许多情况下, 会将其他聚合物 (如高抗冲聚苯乙烯 HIPS) 与 PPO 共混, 以改善加工性能并提高其相较于纯 PPO 的延展性。在本示例中, 纯 PPO 在惰性氮气气氛中被加热分解, 逸出的气体由连接的 MS 进行采集。TGA-MS 联用技术能够检测并识别产生的分解产物。数据以离子流强度和失重量相对于温度变化的叠加图谱形式呈现。TGA 图谱显示出一个单一的失重台阶; 然而, 质谱数据则显示检测到了多种分解产物实体, 其质荷比范围在 65 至 136 amu 之间, 136 amu 恰好对应于重复单元的分子离子峰。基于该聚醚的结构, 图中还给出了所推测的可能分解产物。



技术 | 混合气体输送模块

混合气体输送模块

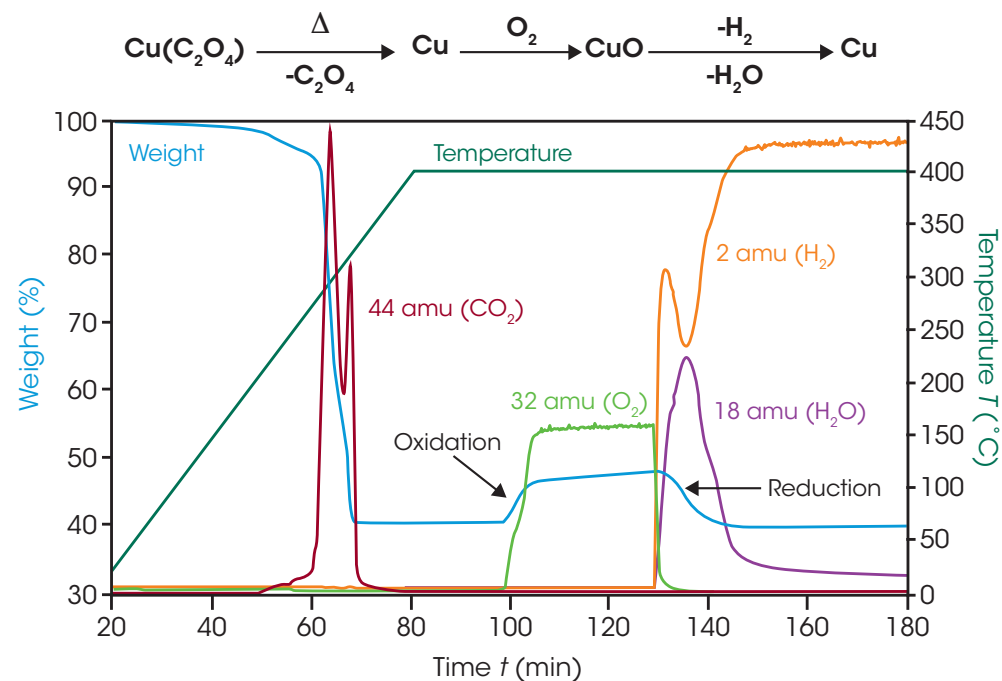
混合气体输送模块 (Blending GDM) 为 Discovery TGA 5500 和 TGA 550 提供了气体处理的灵活性。混合气体输送模块是一款外部附件，配有两个气体入口，当其连接至 TGA 上的反应气端口时，用户总共可对四种气体进行控制。该软件控制的附件支持在四个气体端口之间自动切换，并可实现二元气体混合物的混合。新增的混合功能使得 TGA 实验能够在气体浓度比可保持恒定、步进式递增或以受控速率梯度变化的气氛环境中进行。混合气体输送模块兼容氮气、氩气、氦气、空气、氧气、二氧化碳及合成气，可用于研究材料对气体的吸附作用、氧化还原反应以及材料在受控气氛中的热稳定性。



气体端口	支持的气体	混合选项
1 仪器, 也用作天平吹扫气	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 混合气体输送模块	氮气、氧气、空气、氦气、氩气、合成气、二氧化碳	1、2 或 4
4 混合气体输送模块	氮气、氧气、空气、氦气、氩气、合成气、二氧化碳	1、2 或者 3

草酸铜的氧化还原反应

草酸铜 (CuC_2O_4) 是一种盐类物质, 在惰性气氛中受热时会分解为单质铜。由于铜具有高比表面积且在高温下极易被氧化, 因此该反应常被用来衡量 TGA 气氛的惰性程度。在本示例中, 利用混合气体输送模块、Pfeiffer MS 与 Discovery TGA 完成了一项氧化还原反应实验。在初始升温阶段草酸盐分解之后, 向 TGA 样品室中引入氧气, 导致生成了氧化铜 (II)。随后, 通过引入少量氢气实现了氧化铜的还原。在 TGA 中安全地使用了合成气作为氢气来源。



技术 | 空气敏感性材料的 TGA

对于空气敏感性样品, 需要在不接触空气的情况下对其进行处理和分析

先进材料通常会与空气中的湿气或氧气发生反应。与空气接触会导致材料发生不良变化或剧烈反应。

对空气敏感性样品进行 TGA 测量时, 传统上使用密封盘。样品可以在保护气氛下制备, 并用盖子密封在样品盘中。在即将将样品盘装入 TGA 前刺穿盖子, 以最大限度缩短样品暴露在空气中的时间。Discovery TGA 可通过样品盘冲孔选项操作密封样品盘 (请参阅第 11 页)。

对于新型高性能材料, 例如电池材料、药物、催化剂和高性能聚合物, 即使在打开样品盘并将其装入 TGA 炉期间与空气的短暂接触也会影响数据质量或对用户造成风险。

Waters TA Instruments 为完全惰性处理和分析提供了两种不同的解决方案。以下几页中的解决方案为每种空气高度敏感性样品的应用提供了最佳解决方案。

用于在手套箱内无缝安装 Discovery TGA 的适配器套件

适配器套件可实现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空气敏感性材料进行热重分析从未如此简单。稳健的设计和最先进的技术确保 TGA 的性能不受影响, 可提供与在手套箱外操作时相同的准确度和精度。

Discovery TGA 仪器可以在 N₂或氩气吹扫的手套箱中运行, 以满足所有行业的需求。

特点与优势:

- Waters TA Instruments Discovery TGA 的手套箱操作可为空气敏感性样品提供可靠的材料数据。
- 在手套箱中安装 Discovery TGA 时无需修改仪器, 可保持分析数据的准确性。
- 可在氩气 (Ar) 吹扫的手套箱中分析对氮气敏感的电池材料, 以保证样品不会受到污染。
- 通过采用标准化 ISO-KF40 连接的有效设计的安装套件, 以即插即用的安装方式, 与大多数手套箱品牌和类型兼容。



TGA Smart-Seal™ 样品盘

Waters TA Instruments 的创新型 TGA Smart-Seal 样品盘是一种有效且用户友好的解决方案,可用于在标准热重分析仪中分析对大气高度敏感样品材料,而无需将 TGA 仪器安装在手套箱中。

气密样品盘可在将样品装入 Discovery TGA 仪器的整个过程中保持受控环境,从而确保样品的惰性处理。一旦温度达到 55°C, TGA Smart-Seal 样品盘就会在封闭的 TGA 炉内自动打开。

与在手套箱中安装 TGA 相比, TGA Smart-Seal 样品盘可在简化操作并降低成本的同时提供毫不逊色的 TGA 数据质量。



特点与优势:

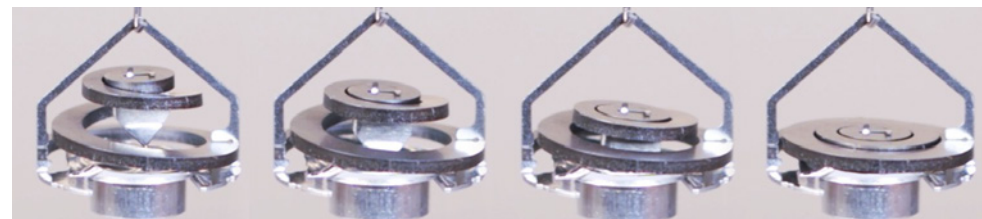
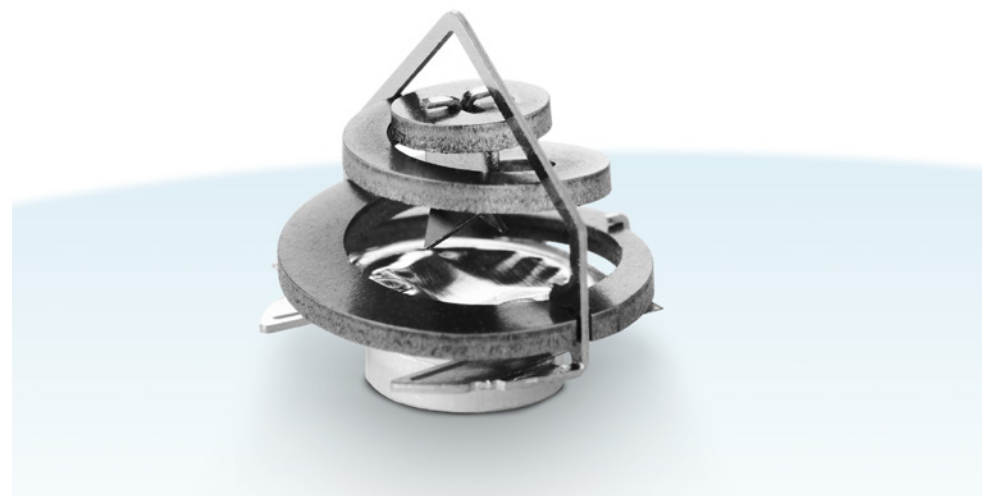
- 通过气密样品盘密封加强样品保护。
- 在封闭的 TGA 炉内自动开启温度激活样品盘。
- 样品封装和处理简单易用,可与标准 TGA 测试相媲美。
- 与手套箱安装 TGA 相比,可极大节省成本和空间并实现成本效益。
- 逸出气体分析 – EGA 使用标准连接,无需手套箱安装 TGA 时通常使用的复杂气体采样装置,进而可轻松分析分解气体。

专有的形状记忆合金技术

TGA Smart-Seal 样品盘由一个金属样品盘、一个金属箔盖和带有温度激活切割器的提环组件组成,可用于对空气敏感性样品进行 TGA 分析。

在保护性气氛下将样品装入样品盘。然后用金属箔盖密封样品盘。该密封有助于确保将样品转移到在正常环境条件下安装的 TGA 时免受大气的影响。

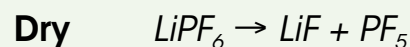
将密封的 TGA Smart-Seal 样品盘从自动采样器装入 TGA 后,关闭炉子并进行吹扫。然后开始 TGA 的加热程序。TGA Smart-Seal 样品盘的创新之处在于其自主的温度激活开启机制。在提环组件中,形状记忆合金在 55°C 左右激活切割器,从而打开样品盘上的箔片。这样,在封闭和吹扫的 TGA 炉中,无需用户交互,样品盘密封就会自动打开, TGA 分析也可照常进行。



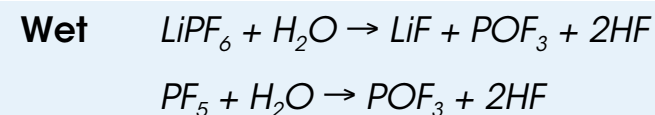
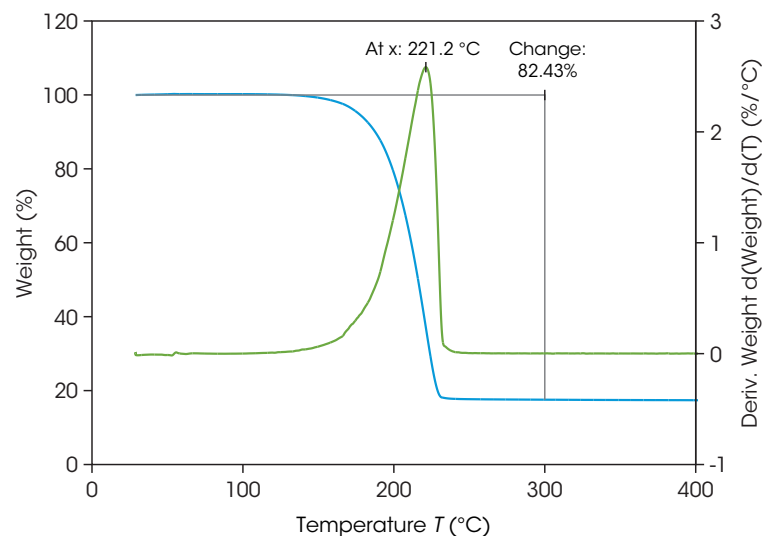
空气 敏感性材料的分析

使用 TGA Smart-Seal™ 样品盘通过安装在手套箱中的 TGA 对 LiPF_6 的热分解进行了研究

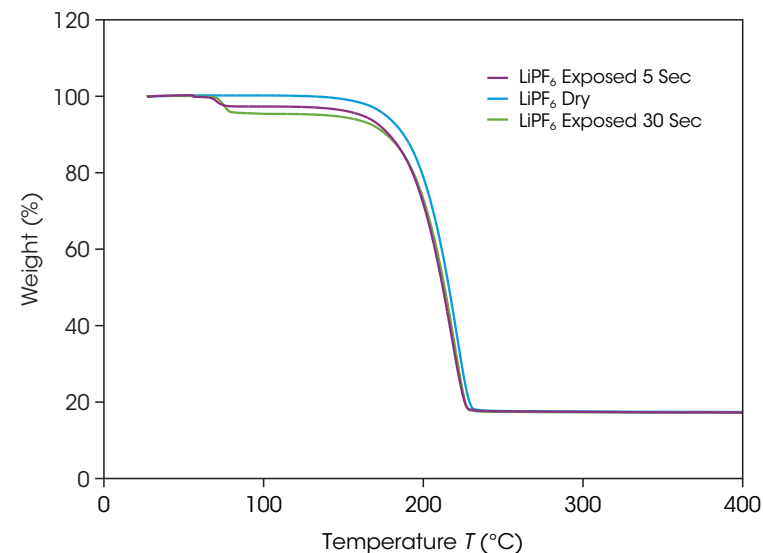
六氟磷酸锂 (LiPF_6) 具有极高的吸湿性, 是锂离子电池中常用的电解质盐。在干燥条件下, 它会一步分解为氟化锂 (LiF) 和五氟化磷 (PF_5)。在潮湿条件下, 它会沿着下面显示的两条独立分解路径生成氟化氢 (HF) 和磷酰氟 (POF_3)。



左图中的数据显示的是, 使用手套箱安装套件将 Discovery TGA 安装在手套箱中测量的干燥条件下 LiPF_6 的热分解情况。这一结果与已发表的数据一致, 即分解发生于单个失重步骤中, 分解率约为 82.4%。



在右图中, 将干燥 LiPF_6 的热分解与两次暴露实验的数据进行了比较, 在两次实验中, 材料在 TGA 运行前分别暴露在环境空气中约 5 秒和 30 秒。短时间暴露在空气中会导致第二次失重。5 秒和 30 秒暴露的额外失重分别为 2.3% 和 4.3%, 表明失重随暴露时间的增加而增加。



右图显示了在正常环境条件下安装的 Discovery TGA 中测量的 LiPF_6 热分解过程。样品被密封在手套箱内的 TGA Smart-Seal 样品盘中, 然后转移到环境 TGA 中进行分析。

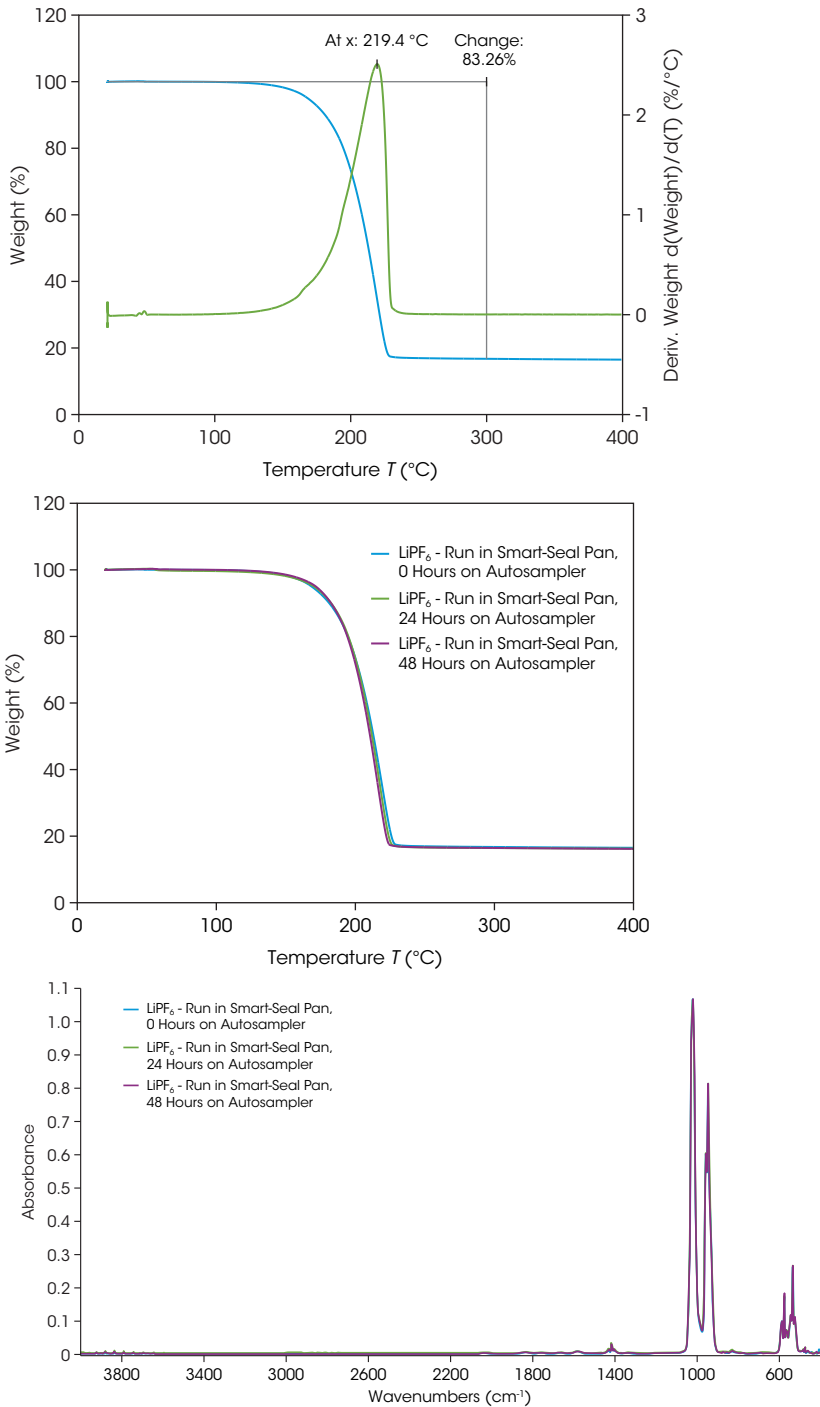
同样, LiPF_6 在单一失重事件中分解, 分解率为 83.3%。未检测到表明存在湿度污染的第二次失重事件。约 55°C 时导数中的小特征是由于打开炉中的 TGA Smart-Seal 样品盘所致。

右图比较了使用 Smart-Seal 样品盘在环境 TGA 中测量的 LiPF_6 分解情况。一个样品在密封样品盘后立即运行, 另一个样品在自动进样器托盘上密封 24 和 48 小时后运行。所有样品在转移到 TGA 自动进样器之前均在手套箱中以相同的方式制备。

未检测到样品出现第二次失重的任何迹象。数据证明, TGA Smart-Seal 样品盘的密封性极佳, 可至少在 48 小时内保护 LiPF_6 材料。

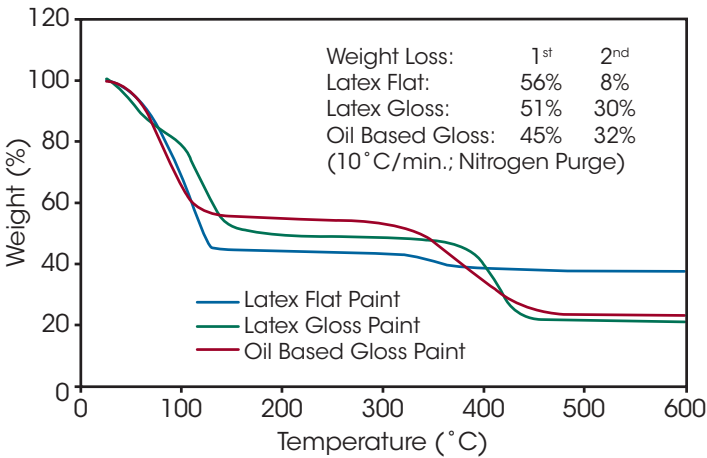
收集了 LiPF_6 分解产生的逸出气体的原位 FTIR 数据。与手套箱安装相比, 使用 TGA Smart-Seal 样品盘进行环境 TGA 的一个明显优势, 是更易于与外部气体分析仪连接。

右图是以上显示的在自动进样器中停留不同时间样品的 TGA 数据红外光谱峰值的重叠图。这三种情况下均为 PF_5 光谱, 这是分解干燥 LiPF_6 时的预期光谱。



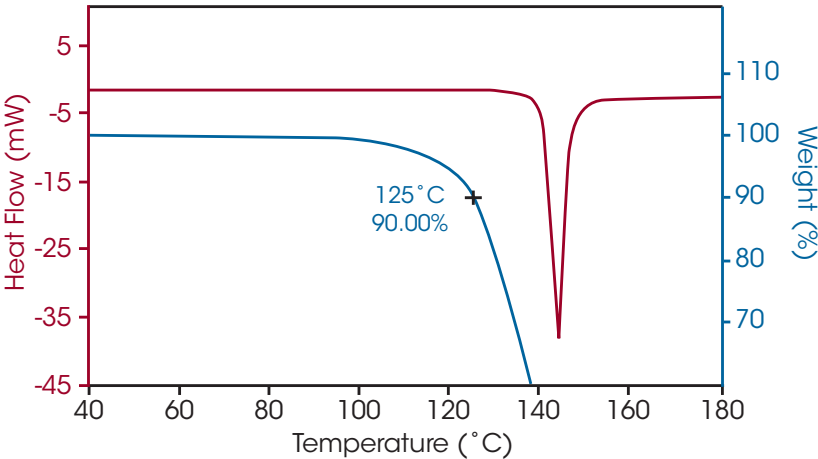
成分分析

TGA 通过在温度、时间及气氛的受控条件下测量各组分挥发或分解时的重量,用于确定样品组成。此图展示了三种涂料样品中主要聚合物在类型、含量及分解机理方面的定量差异。对 150°C 以下曲线轮廓进行更细致的考察,可进一步揭示每种涂料中所用载体溶剂(水性或油性)的含量及其可能性质的信息。



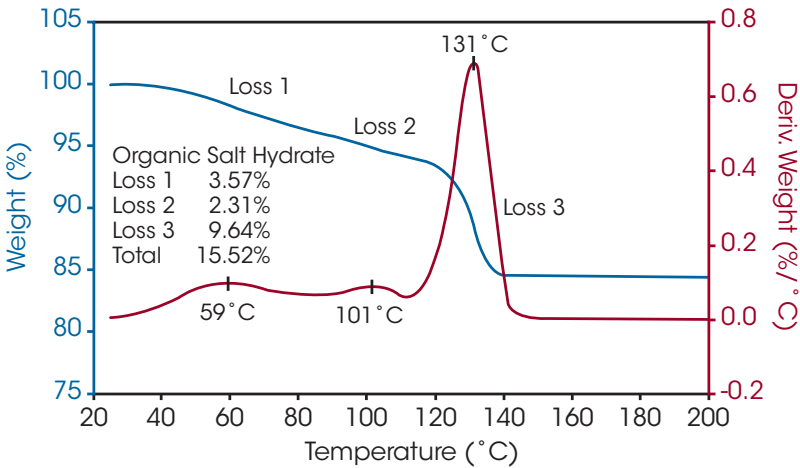
热事件的验证

TGA 在与 DSC 等其他热分析技术联用时极具价值,对于理解热事件的真实本质往往至关重要。在此数据中,一种药物材料在 125°C 以上经历了一个吸热转变,此前该转变一直被认为是熔融过程。TGA 分析表明,在 125°C 以下即出现了显著的失重,这表明该吸热转变实为分解。在多种速率下进行的 DSC 分析揭示了该转变的速率依赖性,从而证实了分解的发生。



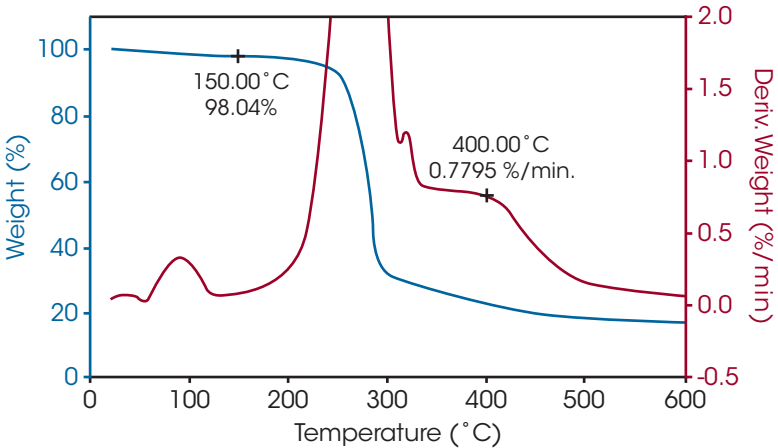
挥发物分析

通过 TGA 测定吸附水、结合水或包藏水以及有机挥发物的含量，是关乎产品性能与环境合规性的重要分析项目。在氮气气氛中对一种有机盐合物进行的分析显示，其结合水含量为 9.6%，且在较低温度下还出现了两个失重台阶，分别为 3.6% 和 2.3%。这些失重很可能归因于盐表面吸附的水分，或是通过弱吸引力附着于盐表面的水分。



药物材料的水分含量和热稳定性

TGA 是测定药物化合物绝对与相对热稳定性以及水分含量的一种有效技术手段。在本示例中，以一种活性药物成分为对象进行 TGA 分析，升温速率为 10°C/分钟。数据显示在 150°C 以下出现了微小(约 2%)的失重，此为吸附水的典型特征。该材料在高达 200°C 时仍保持相对稳定，此后出现的大幅度、多台阶失重则表明发生了热分解。



选择最适合您需求的 TGA

仪器特性	TGA 55	TGA 550	TGA 5500
双量程 Tru-Mass 天平	—	●	●
低质量 IR 炉	—	—	●
Hi-Res TGA™	—	●	●
调制 TGA™	—	●	●
自动步阶 TGA	●	●	●
DTA 信号	●	●	●
自动加载器	●	●	—
25 位自动进样器	○	○	●
密封样品盘冲孔器	—	○	●
彩色应用程序式触摸屏	●	●	●
长寿命绕线式 (铂/铑) 炉体	●	●	—
支持 EGA 熔炉	○	○	●
双路进气气体输送歧管	●	●	●
集成式电磁体	—	—	●
居里点温度校准 (ASTM E1582)	●	●	●
熔点标准物质温度校准	●	●	●
混合气体输送模块	—	○	○
加热型 EGA 熔炉适配器	—	—	○
TGA/MS 联用操作	○	○	○
TGA/FTIR 联用操作	○	○	○
TGA/GC 联用操作	○	○	○

● 标配 ○ 选配 — 不可用

仪器与样品盘规格

仪器规格	TGA 55	TGA 550	TGA 5500
温度范围	环境温度至 1000 °C	环境温度至 1000 °C	环境温度至 1200 °C
温度准确度	±1 °C	±1 °C	±1 °C
温度精密性	±0.1 °C	±0.1 °C	±0.1 °C
升温速率 (线性)	0.01 至 150 °C/分钟	0.01 至 150 °C/分钟	0.01 至 500 °C/分钟
峰值升温速率 (冲击式)	>600 °C/分钟	>600 °C/分钟	>1600 °C/分钟
炉体降温 (强制空气/氮气)	1000 °C 至 50 °C, 用时 <12 分钟	1000 °C 至 50 °C, 用时 <12 分钟	1200 °C 至 35 °C, 用时 <10 分钟
真空	50 µ Torr (EGA 熔炉)	50 µ Torr (EGA 熔炉)	50 µ Torr
样品称重容量	1000 mg	1000 mg	1000 mg
动态称重范围	1000 mg	1000 mg	1000 mg
称重精密性	±0.01%	±0.01%	±0.01%
天平类型	单量程微量天平	双量程微量天平	双量程微量天平
低动态称重范围	不适用	100 mg	100 mg
高动态称重范围	1000 mg	1000 mg	1000 mg
低称重范围分辨率	不适用	8 ng (0.008 µg)	8 ng (0.008 µg)
高称重范围分辨率	60 ng (0.06 µg)	60 ng (0.06 µg)	60 ng (0.06 µg)
重量基线漂移 ^[1] (环境温度至 1000 °C)	<25 µg	<25 µg	<10 µg

^[1] 未扣除基线 所有 Waters TA Instruments 熔炉均享有行业内独一无二的**五年质保服务**

样品盘规格

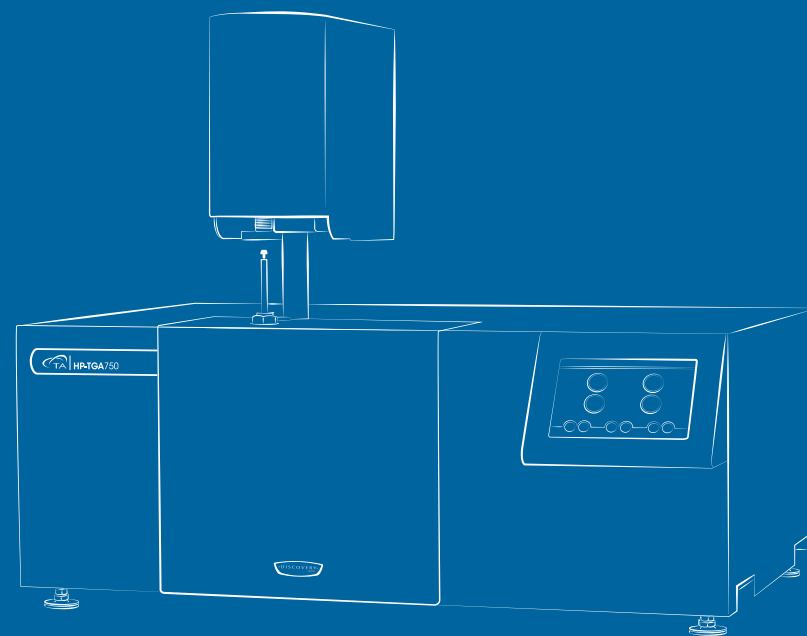
材料	尺寸	温度范围	注释
铂盘	50 µL / 100 µL	环境温度至 1000 °C	坚固、高性能、可重复使用的样品盘
高温铂盘	100 µL	环境温度至 1000 °C	坚固耐用、高性能、可重复使用的高温样品盘
陶瓷	100 µL / 250 µL	环境温度至 1200 °C	可重复使用的样品盘, 适用于更高的温度
铝盘	80 µL	环境温度至 600 °C	一次性使用, 实验前可密封以防止挥发
铜盘	80 µL	环境温度至 1000 °C	一次性使用, 实验前可密封以防止挥发
Smart-Seal 铝盘	35 µL	环境温度至 600 °C	一次性使用, 可密封, 自动开启 在 TGA 熔炉内保持 55 °C 恒温控制

适用于极端条件下测量的 高压热重分析仪系统

高压

高温

耐腐蚀



DISCOVERY™ HP-TGA | 高压热重分析仪

Waters TA Instruments 公司诚邀您体验两款全新的高压热重分析仪: Discovery HP-TGA 75、HP-TGA 750 以及 HP-TGA 7500。这款设计精巧、操作便捷的顶部装载式微量天平, 源自在磁悬浮天平技术领域拥有超过二十年经验的全球领导者, 具备前所未有的卓越性能。此外, Discovery HP-TGA 系列是首批采用便捷台式设计的仪器, 并配备了一体化气体剂量供给与混合系统、高达 1100°C 的温度控制功能、One-Touch-Away™ 便捷操作功能以及 Waters TA Instruments 功能强大的 TRIOS 软件。获得出色的高压数据从未如此简单!

特点与优势:

- 获得专利的* 顶部装载式磁悬浮天平可在高压 (高达 80 bar) 与高温 (高达 1100°C) 条件下, 为反应性气氛中的热重测试提供密封环境
- 无与伦比的 0.1 µg 天平分辨率, 为微小样品或具有快速反应动力学的材料提供最为精确的测量结果
- 顶部装载式天平设计确保在高温高压条件下具备卓越的重量稳定性, 并方便样品取放, 实现轻松装载与卸载
- 一体化气体剂量供给与压力控制功能, 无需额外配置独立系统, 设备占地面积紧凑
- 高精度天平温度控制, 优化基线稳定性
- 炉体内与反应气接触的无孔隔离材料, 消除了气体残留 (“记忆”效应) 的可能性, 并可快速达到真空状态
- 居里点校准消除了反应气体类型和压力对温度测量的影响
- 紧凑型设计将高压 TGA 置于实验台面之上, 最大限度减少对宝贵实验室空间的占用, 并使其能够安装于通风橱内, 从而在处理有毒气体时便于通风管理
- 即使在高压条件下, 依然具备高升温与降温速率 (约 200 K/分钟**), 降低了发生副反应的可能性, 并提高了样品处理通量
- 炉体内部容积小, 可实现快速气体置换与迅速加压, 减少气体消耗, 且因压缩气体存量少而确保了安全的操作条件

* 欧洲专利:1958323, 美国专利:2009/0,160,279 A1, 德国专利:DE 10 2015 116 767.0

** 当温度 $T \geq 300^\circ\text{C}$ 时, 降温速率可达到约 200 K/分钟

全球首款 台式高压 TGA，
配备获得专利的 顶部装载式 磁悬浮天平



技术 | 顶部装载式磁悬浮天平

TA | HP-TGA750

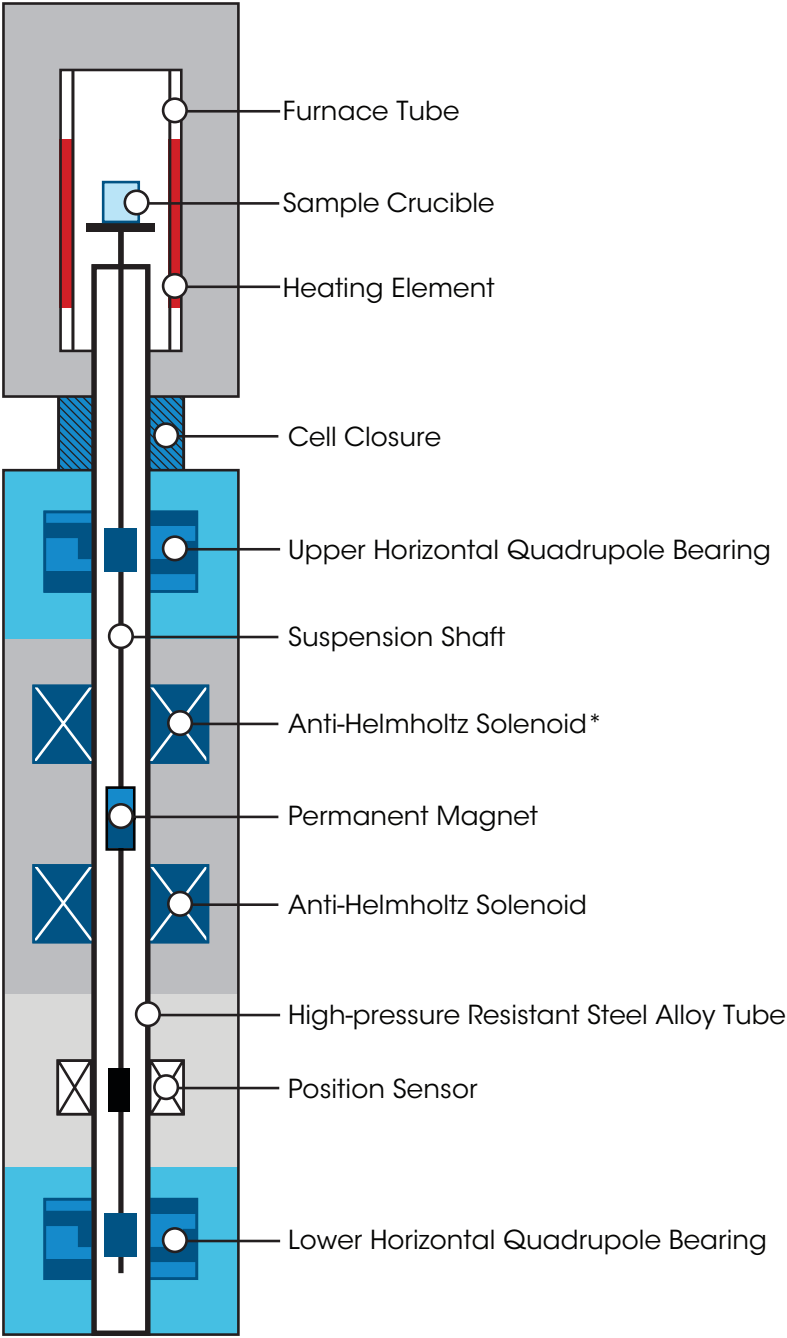
非接触式电磁称重技术的最新创新成果

每台 Discovery HP-TGA 的核心均采用了全新的顶部装载式磁悬浮 (MagLev) 天平。多项已获专利的* 技术融合一体, 打造出这款能够在高压高温条件下运行的高灵敏度、紧凑型天平。

工作原理

在磁悬浮天平内部, 一根小直径、耐高压合金钢管将悬挂轴与坩埚组件封装于其中。双反亥姆霍兹线圈阵列、LVDT 电子传感器线圈以及四极磁体组件均位于管体外部。反亥姆霍兹线圈产生极其均匀的电磁场, 使悬挂轴上附着的永磁体悬浮起来。悬挂轴顶部的平台用于放置样品坩埚。悬挂轴通过位于其顶部和底部的专利二维磁体四极支承环, 在管内保持水平居中。永磁体的垂直位置通过反亥姆霍兹线圈与位于磁体下方悬挂轴上的亚微米级分辨率 LVDT 位置传感器之间的控制反馈回路保持恒定。为维持磁体位置恒定而输送至线圈的电流, 与悬挂轴、磁体及坩埚的总重量成正比。通过天平去皮操作, 将该重量归零。当样品加入坩埚后, 维持天平平衡位置所需的电流便与样品重量成正比。

在此配置下, 小容积管体内所包含的部件与外部完全隔绝。电磁线圈及其他敏感部件位于管体外部, 在常规大气条件下运行, 通过耐压管体产生电磁悬浮力。仅有样品坩埚及小容积管体内的其他部件需要承受压力, 并可暴露于多种气体或混合气体之中。这种天平电子部件与反应气氛的彻底隔离, 使得 TGA 测量能够在真空至高压条件下, 使用有毒、腐蚀性及爆炸性反应气氛进行。



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

* 螺线管 = 以直空心螺旋方式缠绕的线圈。

技术 | 高压炉与一体化气体剂量供给系统

一款创新的高压反应炉,可在所有压力与气体流量条件下,实现最为精确且响应迅速的温度控制。

Discovery HP-TGA 熔炉的核心是一根坚固、耐腐蚀的陶瓷管,其内部嵌有铂加热元件,可实现高达 1100°C 的温度控制*。样品温度由加热管内紧邻样品位置的热电偶进行测量。该炉体设计紧凑、质量低,响应性极高,升温与降温速率可达 $200^{\circ}\text{C}/\text{分钟}$ 。陶瓷加热管位于压力容器内,可在高达 80 bar 的压力下对样品进行表征分析。测试可在腐蚀性反应气氛中进行,并且由于无多孔材料与气氛接触,反应气体的更换过程洁净、迅速,且无任何记忆效应。Discovery HP-TGA 是唯一一款能够在任何压力及任何反应气体条件下进行居里点温度校准的高压热重分析仪。HP-TGA 温度校准从未如此简单。

* 在使用氮气及其他具有相似热导率的反应气体时

可达到的最高温度

先进的反应炉设计,实现最佳温度
与压力控制

耐腐蚀加热元件

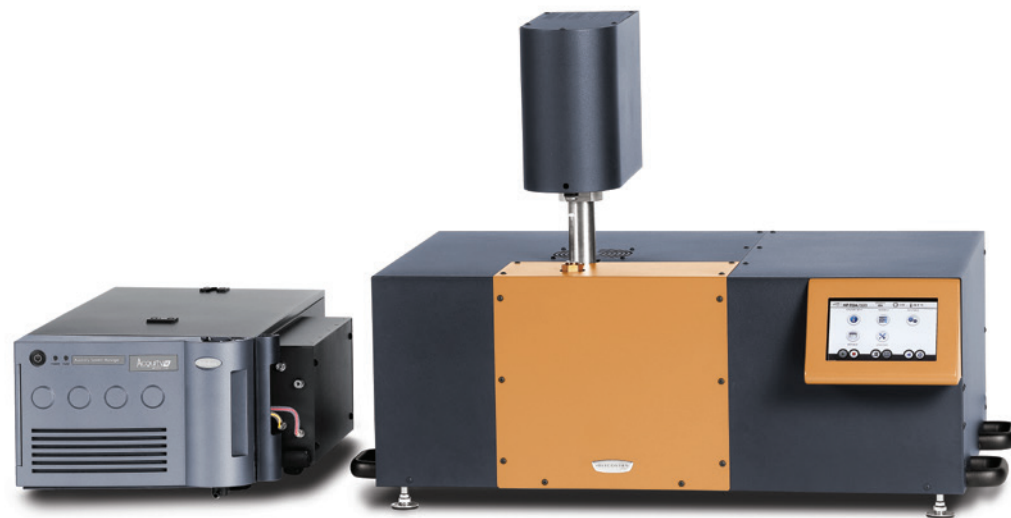
一体化气体与蒸汽剂量供给及混合系统, 配备压力控制功能

在高压 TGA 中, 气体流量与压力控制的可靠性和准确性对于数据质量至关重要。所有 Discovery HP-TGA 型号均配备带压力控制功能的一体化气体剂量供给与混合系统, 可灵活应对最为广泛的应用需求。压力可在 200 mbar 至 80 bar 范围内进行控制, 并且能够完全抽真空至极限真空状态。所有 Discovery HP-TGA 仪器均包含一台连接至惰性气体的质量流量控制器, 用于天平吹扫。

Discovery HP-TGA 75 配备一台反应气质量流量控制器及三个气体接口。可从所连接的三种气体中选择一种作为反应气。在测量过程中, 可通过软件控制切换反应气。

Discovery HP-TGA 750 配备三个反应气接口及三台独立的反应气质量流量控制器, 这使得反应气既可以是单一纯气体, 也可以是多达三种气体的混合物。

Discovery HP-TGA 7500 在此基础上额外配备了一台高压蒸汽发生器。一台精确的高效液相色谱 (HPLC) 泵控制液态水流入蒸发器, 并在其中生成蒸汽。蒸汽与来自反应气质量流量控制器的反应气或混合气体进行混合。防冷凝加热功能确保在高浓度蒸汽与高压条件下进行测量时, 不会发生非预期的冷凝现象。



在**受控工艺气氛**条件下进行 TGA 分析,
配备**一体化气****气体与蒸汽剂量供给系统**
以及**压力控制器**





强大的 HP-TGA 性能, 尽在指尖掌控

HP-TGA 配备了全新的 One-Touch-Away™ 应用程序式触摸屏, 将关键仪器特性置于您的指尖, 极大地提升了易用性。

触摸屏特点与优势:

- 符合人体工程学的设计, 便于查看和操作
- 功能丰富, 简化操作并提升用户体验。应用程序式触摸屏包含以下功能:
 - 启动/停止运行
 - 实时绘图
 - 居里点温度校准
 - 测试与仪器状态
 - 查看当前使用的方法
 - 样品装载与卸载
 - 实时信号
 - 方法步骤跳转
 - 系统信息

凭借 **ONE-TOUCH-AWAY** 功能, 获取优质高压实验数据从未如此简单!

TRIOS 软件功能强大, 仪器控制、数据分析以及热分析和流变报告组合套件可提供卓越的用户体验。诸如多重校准数据集、实时测试方法编辑以及实验室间数据与测试方法共享等新功能赋予了用户无与伦比的灵活性, 而一键分析与自定义报告功能则将工作效率提升至全新高度。



TRIOS 功能特点:

- 通过一台电脑和一套软件即可控制多台仪器
- 可叠加并比较来自不同技术 (包括 DSC、TGA、DMA、SDT 和流变仪) 的测试结果
- 一键重复分析, 提升工作效率
- 自动生成定制化报告, 内容涵盖: 实验细节、数据图谱与表格及分析结果

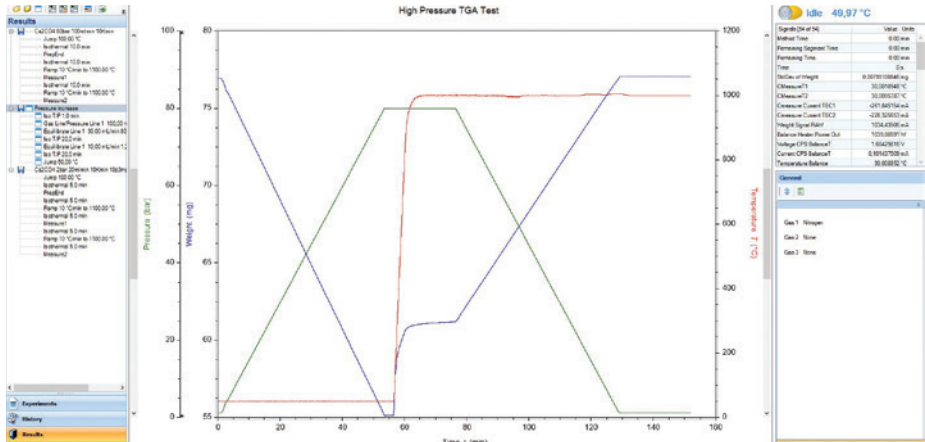
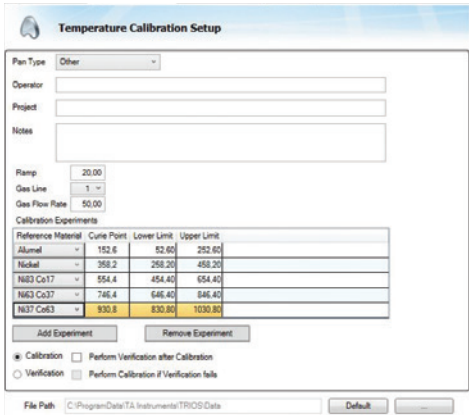
易于使用

TRIOS 软件使整个热重分析仪系列的校准与操作变得简单。用户可轻松在不同实验条件 (例如不同压力或气体选择) 下生成居里点温度校准数据集, 这些数据集将被自动应用, 以匹配样品测试时所采用的实验条件。实时信号及运行中实验的进度一目了然, 同时还具备在运行过程中动态修改方法的能力。TRIOS 软件赋予用户的灵活程度, 业内无人能及。

- 可便捷的导出功能, 支持纯文本、CSV、XML、Excel®、Word®、PowerPoint® 及图像等多种格式
- 可选配 TRIOS Guardian 功能, 具备电子签名能力, 确保审计追踪与数据完整性

完整的数据记录

先进的数据采集系统会自动保存所有相关信号、当前生效的校准参数及系统设置。这套全面的信息对于方法开发、流程部署及数据验证而言极具价值。



功能最为全面的控制与分析软件

全面的数据分析能力

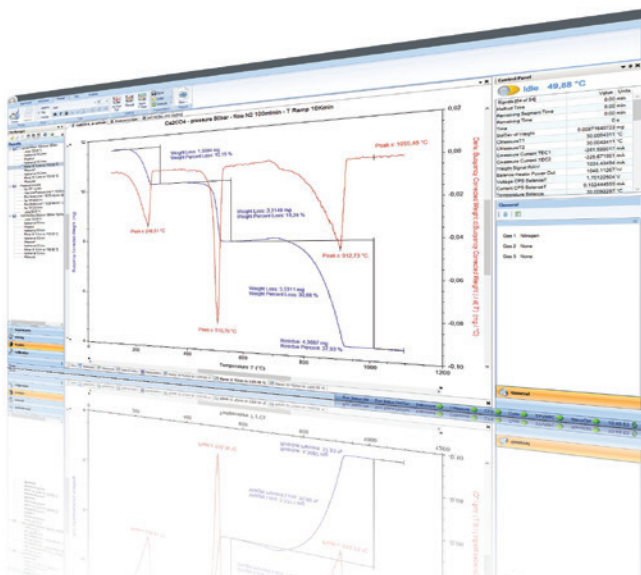
一整套可用于实时数据分析的相关工具,即便在实验运行期间亦可进行操作。借助无缝集成于 TRIOS 软件中强大且多样化的功能集,您可深入洞察材料的行为,获取具有实际指导意义的信息。

所有标准 TGA 分析:

- 重量变化 (绝对值和百分比)
- 残留物含量
- 一阶导数和二阶导数
- 指定时间或温度下的重量
- 指定时间或温度下的失重量
- 峰高和面积
- 峰值温度
- 起始点与终止点分析
- 阶梯状转变分析
- 借助 TRIOS 轻松导入和导出 TGA 数据

高级分析功能:

- 分解动力学
- 使用用户自定义变量与模型进行高级自定义分析



TRIOS™ 软件 JSON 导出功能

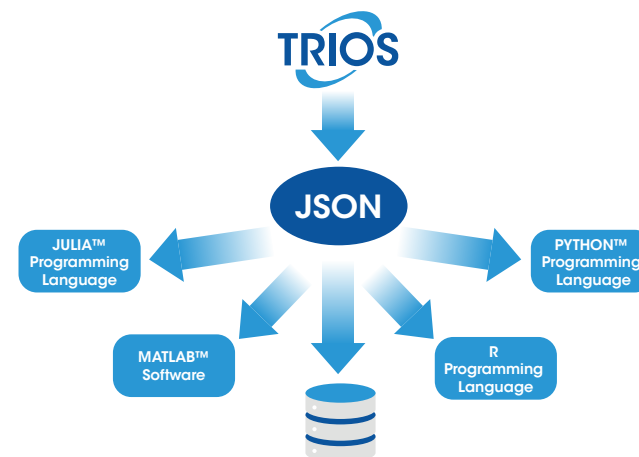
以开放标准提供强大且兼顾人机可读性的数据

利用 Waters TA Instruments TRIOS 软件专为革新数据管理与利用方式而设计的 JSON 导出功能,充分释放热重分析仪 (TGA) 数据的潜能。这一强大的新功能可将 TRIOS 软件数据与数据科学工具、自动化工作流程以及实验室系统 (如 LIMS) 无缝集成,使数据处理变得前所未有的高效与便捷。

主要特点:

- 无缝集成:将您的 TRIOS 软件数据转换为开放标准的 JSON 格式,JSON 导出可通过以下方式实现:
 - 每次保存时自动导出 (需在选项中启用)
 - 通过手动导出对话框
 - 作为“发送至 LIMS”功能的一部分
 - 通过“批处理”对话框或命令行
 - 在 TRIOS AutoPilot 中
- 数据一致性:我们公开提供的 JSON 架构有助于确保一致的数据结构,让您只需编写一次代码,即可近乎普遍地适用于绝大多数数据文件。
- Python 库:使用我们开源的 Python 库——Waters TA Instruments 数据套件 (可在 github.com/Waters-TA-Instruments/tadatakit 获得),以简化您的数据读取工作,或通过我们的代码示例学习如何充分利用数据的强大效能。

借助 TRIOS JSON 导出功能,您不仅仅是在收集数据,更是在释放数据的全部潜力。体验简化的工作流程、可靠的结果,以及基于社群驱动的热重分析仪 (TGA) 分析方法。



DISCOVERY HP-TGA 独具优势， 可从容应对富有挑战性的 热重分析应用场景



- 高温腐蚀
- 煤与生物质气化
- CO_2 和 CH_4 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

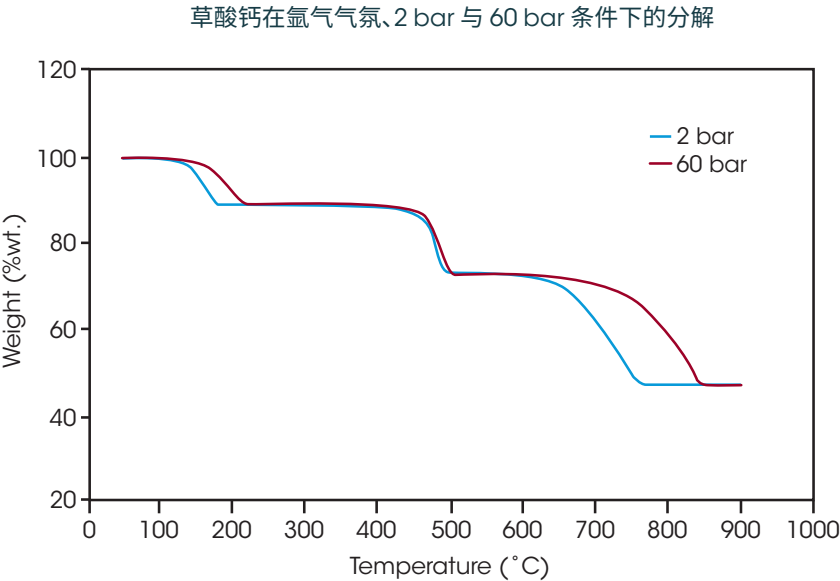


草酸钙在不同条件下的失重行为

草酸钙是一种经过广泛表征的材料, 其失重行为已为人们所熟知并充分理解。它会经历三个独立的分解过程, 每个过程均伴随一次显著的重量台阶变化。与每次分解相关的失重起始温度会受到样品质量、升温速率及压力的影响。各阶段失重的幅度(以初始总重量的百分比表示)不应随这些变量而改变。

在常规热重测量 (TGA) 中, 可研究不同样品质量与升温速率对分解起始温度的影响。然而, 借助 Waters TA Instruments 的高压热重分析仪 (HP-TGA), 测量可涵盖全部三个变量(质量、升温速率及压力)的函数关系。

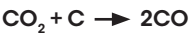
在右侧图谱中, 对比了在氩气气氛、2 bar 与 60 bar 压力条件下进行的两次草酸钙分解测量结果。尽管三个失重台阶的分解温度在高压下均向更高温度偏移, 但各分解台阶的失重量却完全相同。这一现象揭示了分解过程的动力学本质。改变压力、升温速率或初始样品质量, 均会影响材料发生分解的温度。



热解与气化

煤、生物质、回收聚合物废料及其他有机材料可通过气化方式进行能源利用或用作替代原料。在 [Discovery HP-TGA](#) 中,可在与应用相关的条件下对这些过程进行测量。气化过程的第一步是原料的热解,即在惰性气氛(例如氮气或氩气)中加热有机材料时,挥发性组分(水、碳氢化合物、焦油)蒸发逸出,同时生成焦炭。将这种富含碳的焦炭进行气化作为第二步反应,则需要气化剂。

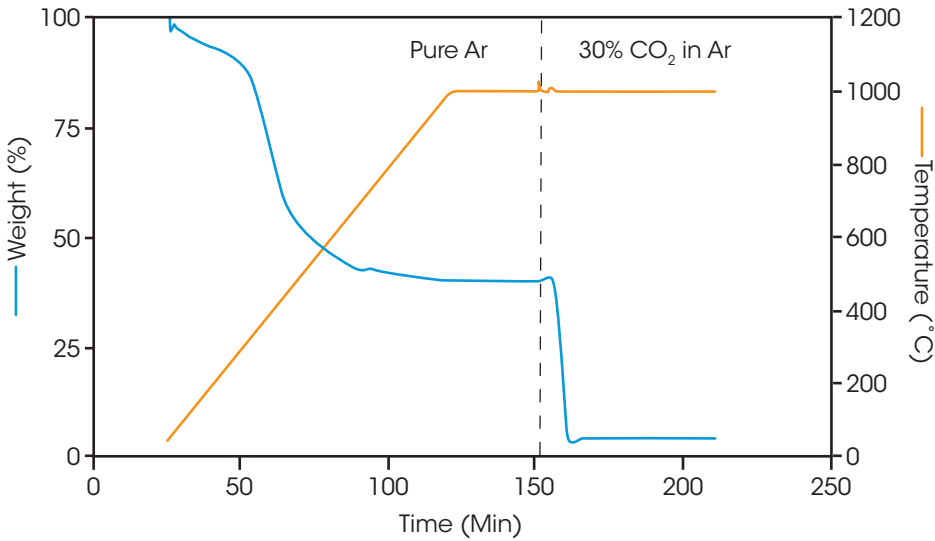
气化剂二氧化碳与碳焦依据以下主反应生成一氧化碳气体:



其他气体可能是进一步转化或未完全转化以及副反应的产物。

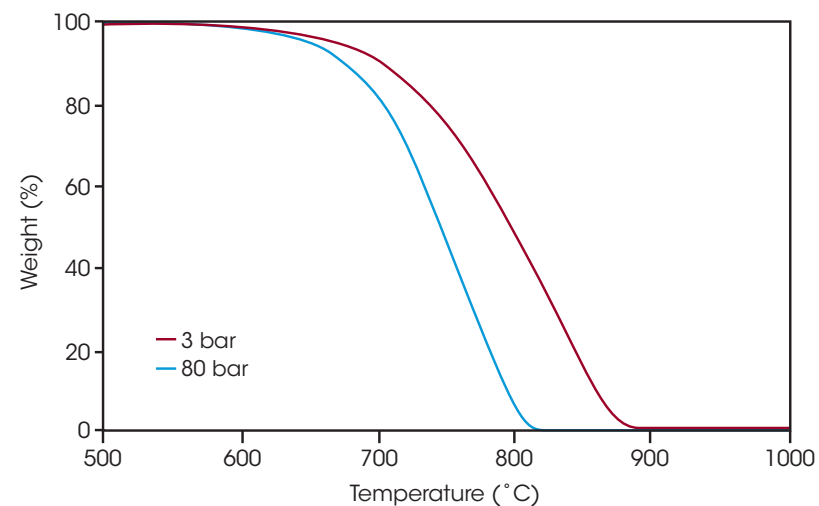
由于过程反应动力学取决于反应条件与原料特性,因此所生成气体的组成与压力会有所变化。[Discovery HP-TGA](#) 仪器可针对给定原料优化操作条件。此外,该仪器还可配备质谱仪以进行逸出气体分析。

右图展示了使用 [Discovery HP-TGA](#) 在 30 bar 压力下测得的褐煤热解与气化过程。在以 10°C/分钟的升温速率加热至 1000°C 的过程中,通入氩气作为反应气。由此产生约 60% 的失重,归因于褐煤的炭化与热解。当重量达到恒定后,向氩气中混入 30% 的二氧化碳以启动气化过程。气化过程导致进一步失重 35%。



石墨氧化

固体或液体燃料的燃烧是一个氧化过程。氧化温度与反应动力学取决于压力以及反应气中的氧气含量。借助 [Discovery HP-TGA](#), 可研究压力与氧气浓度对氧化过程的影响。在本示例中, 石墨分别在 [3 bar](#) 和 [80 bar](#) 的空气气氛中进行了氧化。右图的数据表明, 在 [80 bar](#) 的较高压力下, 与较低压力下的实验相比, 反应在低得多的温度下即已完成。以较低的能耗完成反应的能力, 可在制造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以及煤炭地下气化。

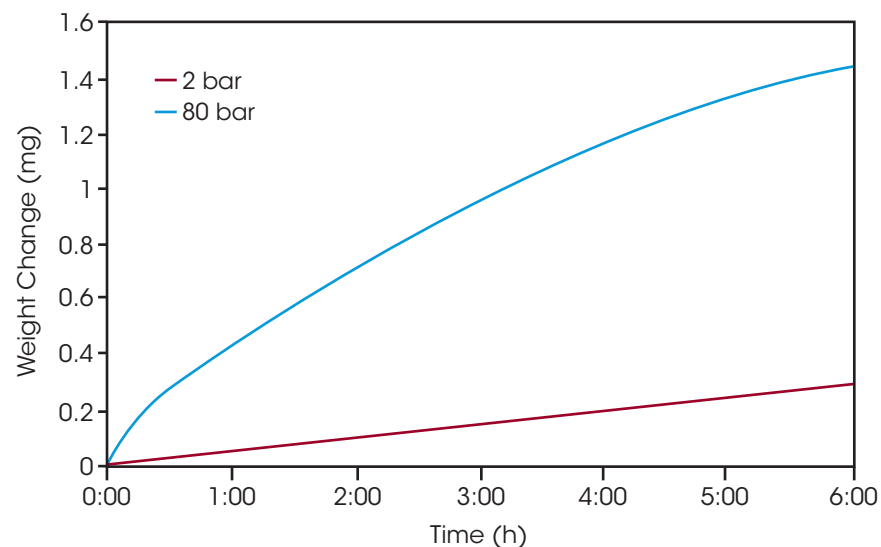


探索压力如何改变反应动力学

更深入地探索 材料 对压力的依赖性

高温腐蚀

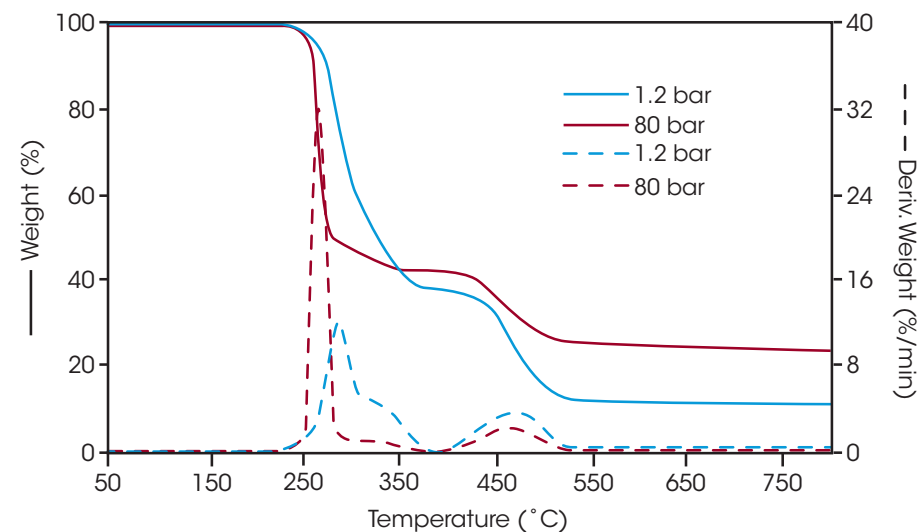
了解材料的耐腐蚀性能对于改进技术过程与提高效率至关重要。例如，燃气轮机或蒸汽轮机以及喷气发动机的效率与其最高运行温度直接相关。而最高温度则受限于所用材料的高温腐蚀性能。由腐蚀引起的金属或其他材料的质量变化通常非常微小。此外，即使是高温腐蚀，通常也是一个缓慢的过程。[Discovery HP-TGA](#) 非常适合进行此类测量，因其卓越的超高分辨率与准确度能够在相对较短的时间内测量出样品质量的微小变化。右图对比了 [Inconel®* C-276](#) 合金在 [1000 °C](#) 空气气氛中，于 [3 bar](#) 和 [80 bar](#) 压力下的质量增加情况。观察到的质量增加是由合金表面氧化引起的。此处，在 [3 bar](#) 压力下总质量变化约为 [287 μg](#)，而在 [80 bar](#) 压力下则为 [1444 μg](#)。正如预期，腐蚀性气氛的压力对腐蚀动力学以及腐蚀程度均存在影响。



* INCONEL® 是 Huntington Alloys Corporation 的商标，地址：Huntington, WV 25705, United States of America

PVC 分解

聚合物材料的热分解是一项常规热重测试。全新的 **Discovery HP-TGA** 增加了一个新的分析维度，即能够了解压力对分解温度及动力学的影响。这些信息对于界定制造或应用过程中不应超越的操作极限至关重要。聚合物材料可在实际应用条件下，使用真实的压力和目标反应气体进行测试。右图对比了 **PVC-P** 在氮气气氛、**1.2 bar** 与 **80 bar** 压力下的分解过程。该分解是一个多阶段过程。典型的分解产物包括氯化氢 (**HCL**)、脂肪烃及芳香烃。在较高压力下，第一步分解的动力学相比于常压下的测量要快得多。后续的分解步骤相比低压下也分离得更为清晰。分解温度并未因较高压力而发生显著变化。然而，在 **80 bar** 压力下，分解完成后残留物约占 **23%** 重量，而在常压下仅有 **10%** 的 **PVC** 未发生分解。



高压 TGA | 仪器规格

产品系列	型号	最高样品温度	最大压力	称重分辨率	称重范围/样品质量	反应气氛
Discovery HP-TGA	75	1100°C	80 bar	0.1 µg	500 mg / 500 mg	纯气体 (从 3 种气体中选择并切换其中 1 种)
	750	1100°C	80 bar	0.1 µg	500 mg / 500 mg	纯气体及混合气体 (3 种气体混合)
	7500	1100°C	80 bar	0.1 µg	500 mg / 500 mg	纯气体、混合气体以及气体与蒸汽混合物 (3 种气体与 1 路蒸汽)

*最大压力与温度相关

高压 TGA, 前所未有的实验探索

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
美国马萨诸塞州米尔福德
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

德国许尔霍斯特
德国埃施伯恩
英国哈福希尔
英国威姆斯洛
爱尔兰韦克斯福德
比利时安特卫普
荷兰埃滕-勒尔
法国巴黎
西班牙巴塞罗那
西班牙马德里
意大利米兰
捷克共和国布拉格
瑞典索尔纳
丹麦哥本哈根

亚洲和澳大利亚

中国上海
中国北京
日本东京
韩国首尔
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



TA Instruments、Discovery、Tru-Mass、Modulated TGA、Hi-Res TGA、Smart-Seal 和 TRIOS 是 Waters Technologies Corporation 的商标。所有其他商标均为其各自所有者的财产。

©2026 Waters Corporation. 版权所有。
2026 年 4 月 TA00003zhCN-A4 修订版 E

Waters TA Instruments

159 Lukens Drive
New Castle, DE 19720 U.S.A.
电话: 1 302 427 4000
传真: 1 302 427 4041
www.tainstruments.com

Waters Corporation

34 Maple Street
Milford, MA 01757 U.S.A.
电话: 1 508 478 2000
传真: 1 508 872 1990
www.waters.com