



赛默飞哈克流变仪



涂料油墨行业

# 流变性能解决方案

**Thermo**  
SCIENTIFIC

# 前言

流变学是针对物体的流动和变形所展开的研究科目。对于油漆、涂料及油墨来说，流变性能对其研发、生产及应用具有重要的指导意义。例如，油漆具备良好的剪切变稀性能可以使得涂刷更方便；涂料具有一定的屈服应力则可以保证其在涂刷之后不会产生流挂现象；弹性和粘性的特性则会极大的影响涂料滚刷和喷塑的工艺；墨水具有良好的触变性则可以使中性笔发挥出最佳的书写性能；无溶剂粉末涂料通过 UV 紫外线照射可实现快速、节能的交联方法等等。哈克旋转流变仪\粘度计配合各种附件可以提供给客户最完备的涂料油墨行业流变性能解决方案。

## 目录

### 解决方案

通过研究流变性能进行涂料油墨的研发	1
对涂料油墨产品进行产品质量控制	3

### 哈克流变仪\粘度计产品介绍

流变仪	4
粘度计	5
适用于涂料油墨行业的应用附件	5

### 附录

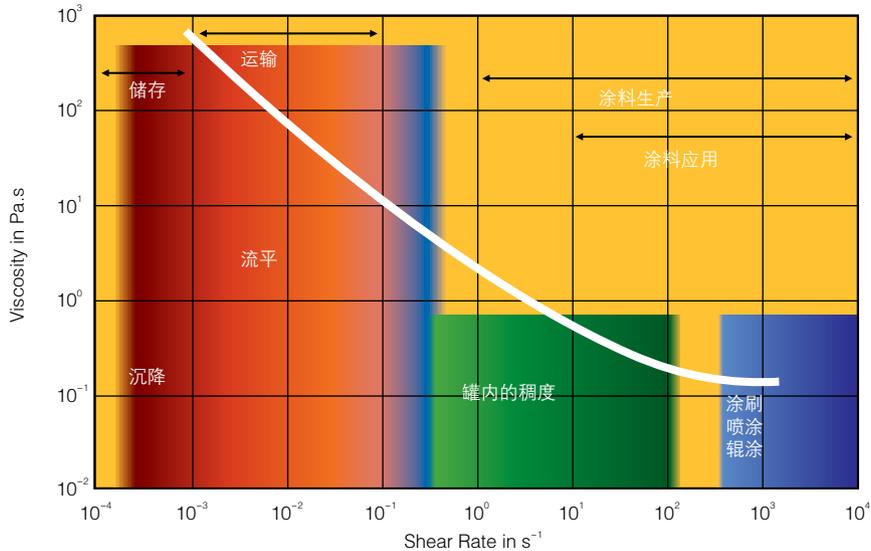
6

# 解决方案

## 通过研究流变性能进行涂料油墨的研发

### • 流动（粘度）曲线

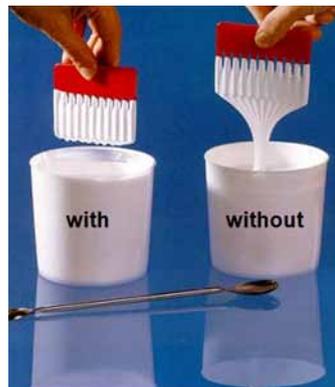
通过哈克旋转流变仪\粘度计，可以方便快捷的测定样品的流动（粘度）曲线，以表征剪切速率对样品粘度的影响，帮助客户分析样品在不同应用工艺下的流变性能。如下图所示，样品在低剪切速率下具备高粘度可以保证其在储存和运输过程中不发生沉降，在高剪切速率下具备良好的剪切变稀性能则可以更容易的涂刷。



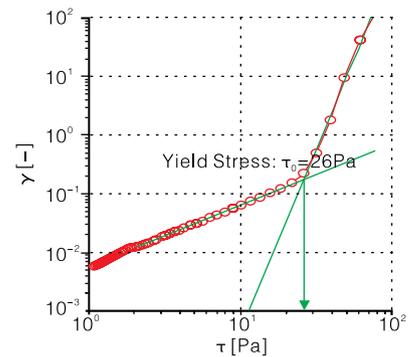
剪切速率对样品粘度的影响

### • 屈服应力

屈服应力对于涂料油墨具有十分重要的应用意义。如左图所示，没有屈服应力的涂料非常容易产生流挂现象，在实际应用中的表现就是墙面涂刷后容易产生厚度不均的情况，而具有屈服应力的样品则可以有效地防止流挂现象的发生。对于中性笔芯中的油墨来讲，屈服应力太大不易书写，太小则会导致漏墨。通过哈克旋转流变仪可以使用控制应力的模式来准确的测量样品的屈服应力，结果如右图所示。



有\无屈服应力样品的区别

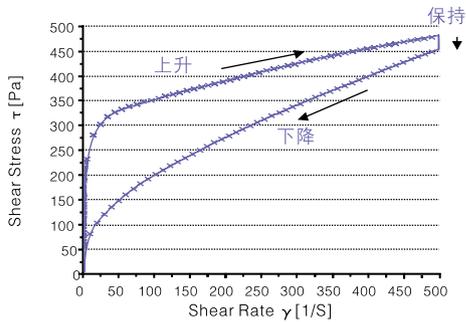


屈服应力测量方法（控制应力）

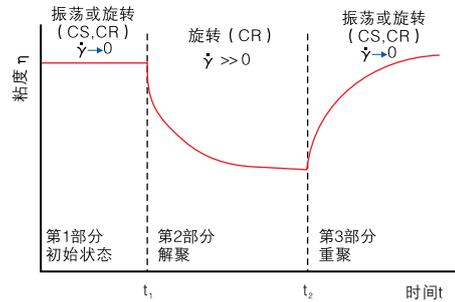
# 解决方案

## • 触变性

触变性是表征样品由于剪切作用造成粘度降低的自行恢复能力。通过测量触变性，我们可以了解样品的流平性、实际应用和加工情况。例如，用户总是希望油漆的涂刷非常流畅，涂刷完毕后又希望其快速恢复，避免漆膜松垮。通过哈克旋转流变仪既可以通过测量油漆触变环的面积来表征其触变性的大小，又可以通过小幅振荡 - 高速剪切 - 小幅振荡的模式来测量其恢复时间（或一定时间后的恢复程度），如下图所示。



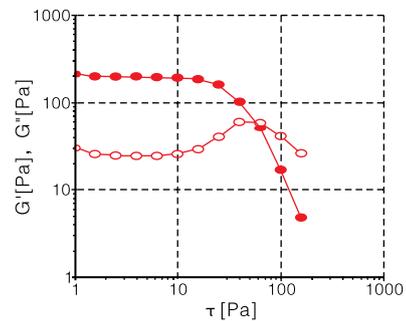
触变环测量方法及曲线



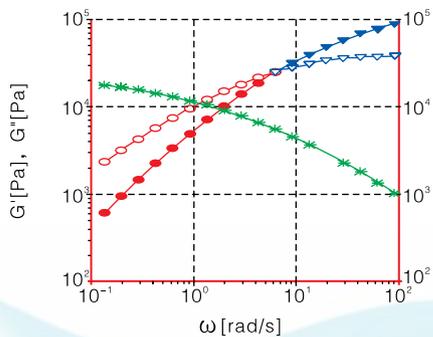
小幅振荡 - 剪切 - 小幅振荡方法表征样品的触变性

## • 粘弹性

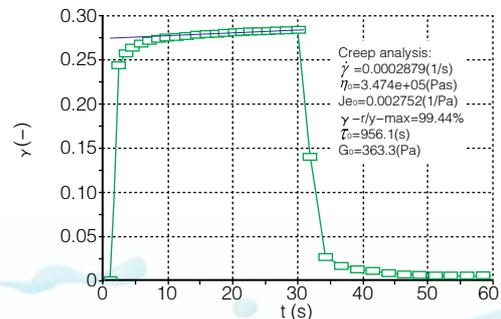
粘弹性是流体的粘性及弹性的综合性质。对于涂料油墨来讲，其弹性模量  $G'$  和粘性模量  $G''$  的大小或者转变规律则会对其的配方研究和应用性能产生非常大的影响。哈克旋转流变仪可以通过应力扫描、频率扫描、温度扫描或者时间扫描或者蠕变 - 恢复等模式来方便、准确的测量样品的粘弹性。如图所示，应力扫描模式可以确定样品的线性粘弹区，频率扫描模式可以表征样品粘弹性模量的大小，蠕变 - 恢复模式则可以给出样品的零剪切粘度、屈服应力、粘性\弹性的比率等重要信息。



样品的应力扫描曲线



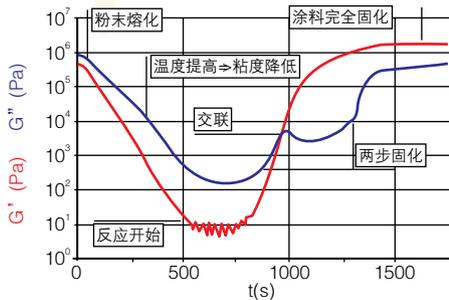
样品的频率扫描曲线



样品的蠕变恢复曲线

## • 固化性能

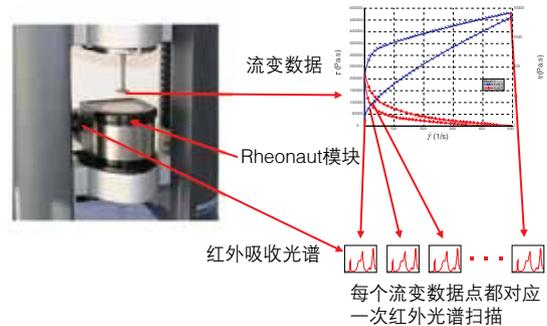
哈克流变仪配备 UV 紫外光源或者辐射对流炉 CTC 可以帮助客户方便的研究样品的固化过程，采用 Rheonaut 红外 – 流变联用模块还可以帮助客户在分子层面上分析样品固化过程中发生的化学变化。



样品的固化过程曲线



辐射对流炉 CTC



红外 – 流变联用测试模块

## New! 哈克 Rheonaut 红外流变同步联用测试单元



直观  
真实  
集成化

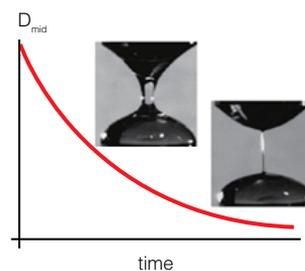
哈克 Rheonaut 红外流变同步联用测试单元将哈克 MARS 流变仪与 Thermo Scientific Nicolet FTIR 红外光谱仪有机地结合在一起。Rheonaut 技术中采用了衰减总反射 (ATR) 的测量原理，所得光谱结果与样品厚度无关。在流变仪测量过程中固定的下平台，装入了一个对红外透明的晶体。根据应用的不同，可以提供不同的晶体和温控结构，Peltier 半导体温控单元 (0–100°C) 或电加热温控单元 (室温–300°C)。可以选配几组偏振片，完成对入射红外光在平行和垂直轴上的手动或自动控制起偏功能。

优势和特点：

- 在小应变振荡 (SAOS), 大应变振荡模式 (LAOS) 或剪切模式下同步获得样品红外光谱和流变特性，在分子级结构变化分析和解释流变性能；
- 制备的样品和外在测试条件完全相同，试验时间大大缩短
- HAAKE MARS 专利集成技术
- 内建 ATR (衰减总反射) 技术的单反射晶体 (金刚石) 和 DTGS 检测器
- 广泛应用于聚合物、化工、食品、药品、涂料、化妆品等多个领域。

## • 样品拉伸行为的测量

流体的拉伸性能对油漆、涂料及油墨工业有着重要的研究价值，例如涂敷流动、特殊印刷工艺、压缩流动等。同剪切流动相比，许多样品的拉伸流动会显示不同的反应，哈克 CaBER 1 拉伸流变仪可以帮助客户分析流体细丝的细化和断裂，用于检测悬浮液、乳状液、粘合剂等样品且操作简便。CaBER 1 既可以用于分析测试，也可以用于质量控制。



CaBER1 拉伸流变仪

## 对涂料油墨产品进行产品质量控制

### • 基础介质的测试、产品质量控制

哈克粘度计可以为用户提供多种用以基础测试及质量控制的产品，包括落球式粘度计、快捷便携式布氏粘度计及真正控制速率的高级旋转粘度计。

# 哈克流变仪 \ 粘度计产品介绍

## 流变仪

### • MARS—模块化流变仪工作站

2009年8月最新上市的哈克第三代MARS流变仪，得益于哈克MARS流变仪创新的H型机架结构双柱设计，马达控制技术和高精度的加工水平，不需要苛刻的条件，在常规的实验室条件下就可以实现纳牛米级的超低扭矩。创新的超薄测量转子设计，更低的惯量和更均匀的温度控制。MARS是当今市场上模块化程度最高的纳牛米级流变仪，提供针对聚合物、化工、涂料油墨和化妆品等领域的整体解决方案。MARS流变仪整合Thermo Fisher Scientific优势，拥有业界最好的流变联用技术，全自动的显微可视流变单元和红外流变联用单元。



### • HAAKE RS6000—研发级流变仪

哈克在2007年末推出的最新产品，移植了诸多MARS的尖端技术，使RS6000成为了技术最先进的旋转流变仪之一。RS6000采用了第四代矢量技术控制马达，可以轻松完成控制应力（CS）模式、控制速率（CR）模式和控制应变（CD）模式的流变实验。最新的数字信号处理技术数据采集速度为2.5毫秒，最大50N的法向应力传感器可以有效准确的测量产品的弹性行为。另可选配高温高压系统，沥青系统，UV固化系统，满足特殊研究领域的需求。

### • HAAKE RS1—高级流变仪

RS1具备高级流变仪所必须的空气轴承驱动马达，可以完成控制应力（CS）模式、控制速率（CR）模式和控制应变（CD）模式的流变实验。不管是在日常的流变测试，还是严格的质量控制，RS1都是一款合适的流变仪。它可以配置液体控温系统，半导体控温系统和电加热控温系统，加上哈克RheoWin强大的软件功能，完全满足对绝大多数样品流变性能测试的要求。独有Snapshot技术和RheoWizard专家测量系统，可以迅速得到未知样品的信息和选择合适的测量系统。



## 旋转粘度计

	标准	粘度	粘度范围	温度范围
	<b>VT 1 plus &amp; 2 plus</b> ISO 2555	VT1plus: 低粘度 VT2plus: 中等粘度	1plus: 1.5~330 mPa.s 2plus: 0.3~4000 dPa.s	
	特色	电池电源、手持、数字式显示		
	<b>VT C,D,E</b> ISO 2555	L: 从低粘度至中等粘度 R: 从中等粘度到高粘度	L: 1~6*10 <sup>6</sup> mPa.s R: 5~6*10 <sup>7</sup> mPa.s	
	特色	拆装方便, 启动测量便捷; 数字式扭矩校准装置, 具有全程跟踪标准; 在同类产品中, 其测量性能最稳定, 并享有两年保修期。 VT D 型和 VT E 还具有双向 RS232 接口, 用于测量及数据评估 RhecWin 软件 (选件), 并有用于测试样品温度的 Pt100 温度传感器。		
	<b>VT550</b> ISO 2555, ISO 3219, DIN 53018, DIN 53019	从低粘度至高粘度	2~10 <sup>7</sup> mPa.s	-50~250°C
	特色	VT550 精确、快速、方便地测量粘度、液体和半固体物质的流动行为。所有结果, 均可以在液晶屏上数字显示。甚至一些其他要求也可以完成, 如自动定性非牛顿流体的流动行为, 用控制形变模式 (CD) 定义屈服应力等。		
	<b>RV1</b> ISO 2555, ISO 3219, DIN 53018, DIN 53019	从低粘度至高粘度	0.1~10 <sup>8</sup> mPa.s	-20~350°C
	特色	RV1 采用真正控制速率 (CR) 电机和无摩擦扭矩测量系统使测量精确、可靠。它可以配备 RX1 系列所有控温系统和全部转子系统。自动升降系统可以调零点和间隙和热间隙调节, 在同类的仪器中是独一无二的。		
	<b>落球式粘度计</b> DIN 53015, ISO 12058	从低粘度至高粘度	0.5~100000 mPa.s	-20~120°C
	特色	标准方法 可测量气体粘度		

## 适用于涂料油墨行业的应用附件

- 样品罩: 包括防溶剂挥发 U 型封环, 可防止样品变干燥
- 双锥测量转子: 可测量低粘度油漆, 没有任何边缘效应
- 平行板\环形测量转子: 用于测量粉末涂料
- 可抛弃型平板\平板转子: 不必再花时间进行清洁
- 使用具有较小测量间隙 (最大 25 μm) 的专用同轴圆筒或较小锥形角度的测量转子, 以超高剪切速率进行测量
- UV 测量单元: 用于标准和定制应用, 如 UV 辅助热固化
- 拉伸流变仪: 用于测量拉伸特性, 如在喷涂或涂刷期间
- 红外流变联用单元: 可用于检测样品如粉末涂料的固化过程

# 附录

## 赛默飞世尔科技涂料油墨行业解决方案

	便携性	数显	牛顿流体	非牛顿流体	相对粘度	绝对粘度	可控转速	可控速率	可控温度	软件控制	平锥板	同心圆筒	屈服应力	触变性	粘弹性测试	紫外附件	高速采集数据	红外流变联用	显微流变单元	扩展性
MARS		*	*	*		*	*	**	*	*	*	*	*	**	**	*	*	**	**	**
RS6000			*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	**	**					
RS1			*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	**	*					
RV1			*	*		*	*	*	*	*	*		*	*						
VT550	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*						
VT E		*	*	*	*		*			*										
VT D		*	*	*	*		*			*										
VT C		*	*	*	*		*													
VT 1 2+	*	*	*	*	*															
落球			*		*				*											
CaBER1			*	*	*			*	*	*										

## 流变仪技术指标

	单位	MARS III <sup>新</sup>	RS6000	RS1
<b>主机性能</b>				
最小扭矩	μN.m	0.003	0.005*	0.1
最大扭矩	mN.m	200	200	100
扭矩分辨率	nN.m	0.1	0.5	5
角位移分辨率	μrad	0.012	0.012	0.012
马达惯量	μNms <sup>2</sup>	10	10	11
最小转速	rpm	1.0E-08	1.0E-07	1.0E-03
最大转速	rpm	1500	1500	1200
	rpm	4500(可选)	4500(可选)	-
最小振荡频率	Hz	1.0E-06	1.0E-05	1.0E-04
最大振荡频率	Hz	100	100	100
法向力范围 **	N	0.01-50	0.01-50	-
法向力分辨率	N	0.001	0.001	-
<b>控温范围 ***</b>				
半导体 (Peltier) 控温系统	°C	-60~200	-60~200	-40~180
电加热控温系统	°C	30~300	30~300	-20~200
液体循环器控温系统	°C	-40~180	-40~180	-20~200
辐射对流炉 (CTC)	°C	-150~600	-	-
<b>功能附件</b>				
星形转子, 防打滑系统		•	•	•
SHRP 沥青测试系统		•	•	•
固体三点弯曲夹具		•	•	
紫外线 UV 系统		•	•	
高温高压密闭系统 (可选哈氏合金耐腐蚀系统)		•	•	
摩擦性能测试		•	•	
固体扭转系统		•		
熔体拉伸 SER		•		
可视流变 RheoScope		•		
红外光谱 - 流变同步单元 Rheonaut		•		

\* 旋转和振荡模式最低扭矩是在哈克 MSC 及神经网络技术下实现的;

\*\* 法向力可测量上下两个方向

\*\*\* 控温系统最低温度取决于所用冷却介质或液体循环器温度

## 夹具、控温单元

- 多种尺寸、多种材质及不同表面类型的测量转子



- 具备不同温度范围的控温单元

Peltier 控制板	-60-200°C	液体控温同轴圆筒	-40-180°C
电加热上罩	-40-400°C	电加热控温同轴圆筒	最高 300°C
液体控温板	-40-200°C	辐射对流炉	-150-600°C

- 物理量

$\dot{\gamma}$ .....	剪切速率	$s^{-1}$	$t$ .....	时间	$s$
$\tau$ .....	剪切应力	$Pa$	$G'$ .....	弹性模量	$Pa$
$\eta$ .....	粘度	$Pa \cdot s$	$G''$ .....	粘性模量	$Pa$
$T$ .....	温度	$^{\circ}C$	$\gamma$ .....	应变	无量纲



## 关于赛默飞世尔科技

赛默飞世尔科技（纽约证交所代码：TMO）是科学服务领域的世界领导者。我们的使命是帮助客户使世界更健康、更清洁、更安全。公司年销售额120亿美元，员工约39000人。主要客户类型包括：医药和生物技术公司、医院和临床诊断实验室、大学、科研院所和政府机构，以及环境与过程控制行业。借助于Thermo Scientific、Fisher Scientific和Unity™ Lab Services三个首要品牌，我们将创新技术、便捷采购方案和实验室运营管理的整体解决方案相结合，为客户、股东和员工创造价值。我们的产品和服务帮助客户解决在分析领域所遇到的复杂问题与挑战，促进医疗诊断发展、提高实验室生产力。

欲了解更多信息，请浏览公司网站：[www.thermofisher.com](http://www.thermofisher.com)

## 赛默飞世尔科技中国

赛默飞世尔科技进入中国发展已有30余年，在中国的总部设于上海，并在北京、广州、香港、成都、沈阳等地设立了分公司，员工人数超过1900名，服务于第一线的专业人员超过1000名。我们的产品主要包括分析仪器、实验室设备、试剂、耗材和软件等，提供实验室综合解决方案，为各行各业的客户服务。为了满足中国市场的需求，目前国内已有6家工厂运营，苏州在建的大规模工厂2012年也将投产。我们在北京和上海共设立了5个应用开发中心，将世界级的前沿技术和产品带给国内客户，并提供应用开发与培训等多项服务；位于上海的中国技术中心结合国内市场需求和国外先进技术，研发适合中国的技术和产品；遍布全国的维修服务网点和特别成立的维修服务中心，旨在提高售后服务的质量和效率。我们致力于帮助客户使世界更健康、更清洁、更安全。

欲了解更多信息，请浏览公司网站：[www.thermofisher.cn](http://www.thermofisher.cn)

关于流变学方面更多信息，请访问[www.thermo.com/mc](http://www.thermo.com/mc)

### 赛默飞世尔科技(中国)有限公司

上海(中国总部)  
上海浦东新金桥路27号6号楼

广州  
广州东风中路410-412号  
时代地产中心2405-2406, 3001-3004

沈阳  
沈阳市沈河区惠工街10号  
卓越大厦3109室

西安  
西安市高新区科技路38号  
林凯国际大厦1006-08单元

北京  
北京市安定门东大街28号  
雍和大厦西楼7层

成都  
成都市武侯区临江西路1号  
锦江国际大厦1406

香港  
香港新界沙田, 沙田乡事会路138号  
新城市中央广场第一座九楼911-915室

免费服务热线: 800 810 5118      400 650 5118 (支持手机用户)

**Thermo**  
SCIENTIFIC