



中国人民大学化学与生命资源学院
SCHOOL OF CHEMISTRY AND LIFE RESOURCES, RENMIN UNIVERSITY OF CHINA

理化分析测试中心
INSTRUMENTAL ANALYSIS CENTER (IAC)

流变仪 MCR 302 操作指南

制作团队：徐北航, 涂凯旋, 侯潇洋

指导老师：贺泳霖, 袁斌

中国人民大学化学与生命资源学院

一、仪器基本信息



1. 仪器型号：MCR 302 流变仪
2. 生产厂家：安东帕（上海）商贸有限公司
3. 核心功能：MCR 302 流变仪是奥地利安东帕公司生产的模块化智能型高级旋转流变仪，其核心功能在于采用先进的无刷直流同步马达（EC 马达）和高精度空气轴承技术，确保了极高的扭矩分辨率和快速的响应能力，同时发热量小，热稳定性优异，尤其适合长时间测试和高粘度样品。它支持应力控制与应变控制两种模式，能进行旋转测试（测量粘度、剪切速率）、振荡测试（测量储能模量 G' 、损耗模量 G'' 、损耗因子 $\tan\delta$ ）、蠕变/恢复测试、应力松弛测试以及法向应力测量等多种流变学测试。凭借其模块化设计，MCR302 可扩展连接高温高压系统、界面流变测量模块（IRS）（用于液-气或液-液界面膜研究）、可视显微流变系统、紫外（UV）固化附件等 20 多种功能附件，极大地扩展了其在聚合物、食品、化妆品、石油、胶体及生物材料等领域的应用范围。
4. 关键参数：法向力范围 $\pm 0.005\text{ N}$ 至 $\pm 50\text{ N}$

5. 放置位置：理工楼 109 实验室

6. 责任人：贺泳霖 18911521825

二、操作前准备

2.1 人员要求

- 操作人员需完成 MCR302 流变仪专项培训并通过考核，持“仪器操作资格证”预约使用。

2.2 仪器检查

- 外观检查：确认仪器外壳无破损、接口无松动，电源线、数据线连接牢固；
- 液体循环浴检查：确认循环液是否低于换热管，若不足，请及时联系责任人；
- 空气压缩机检查：下部三个接口，左侧接口为储气罐内冷凝水排放阀门，需定期打开排水（视使用频率和空气湿度而定，1-7 天一次）。

三、标准操作流程

3.1 开机

3.1.1 空气压缩机开启

打开绿色电源按钮，将用气接口转到左边，待储气罐压力升到 7 bar 左右，再将用气接口掰直接通。观察使用压力为 5 bar 左右即可。



3.1.2 水浴循环器打开

打开白色电源按钮，长按红色按钮，确认外循环正常。测试温度在-20 °C到 200 °C时 设定为 25 °C；测试温度在-40 °C时 设定为-15 °C。



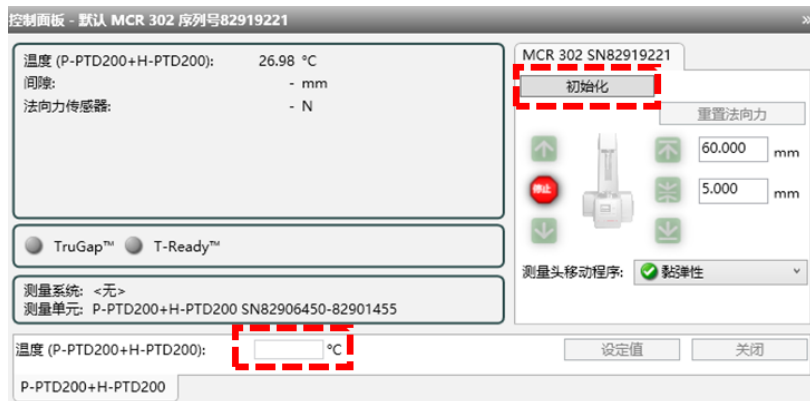
3.1.3 电脑、仪器连接

打开电脑，打开主机电源（仪器左侧），开启软件，自检结束，确认主机处于 OK 状态。



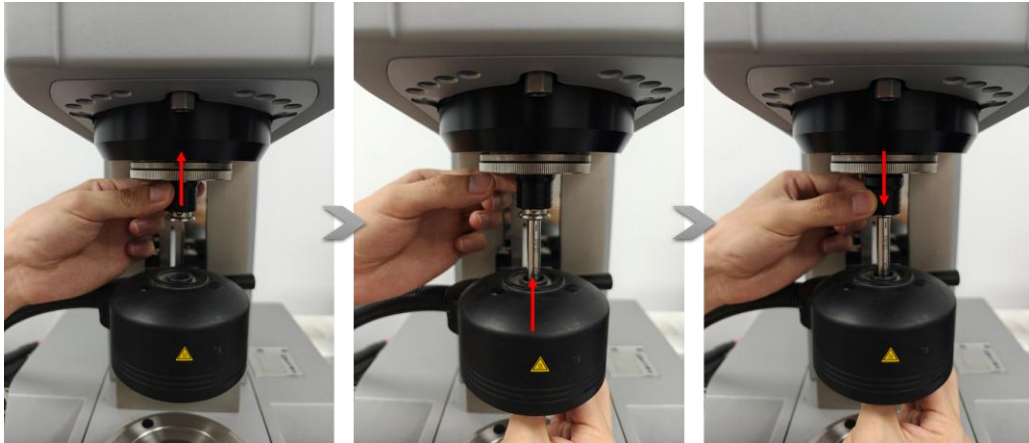
3.1.4 初始化

打开软件控制面板，初始化（此时马达上不装测量转子），设置初始温度。



3.1.5 转子安装

安装合适的转子，选择取决于你的样品性质和实验要求（如粘度范围、剪切速率）。安装前，确保转子、测量头接口以及样品台彻底清洁、干燥，无任何残留样品、灰尘或油污。检查转子表面是否有划痕或损伤，任何瑕疵都可能影响测量结果。向上推动转子套管，将转子和仪器的线对准，轻轻地将转子套上连接杆，顺势拉下套管。可通过声音判断转子是否正确安装。



设置“Set Zero Gap”（设置零间隙），重置法向力。



3.2 马达调整、惯量校正（此步骤非必须）

3.2.1 需要进行马达调整的情况

第一种情况：当达到软件中设置的提醒天数后，如果没有进行新的马达调整，在进行测量时软件会给出提示，出现这个提示后需要进行新的马达调整。

第二种情况：当需要测试的样品黏度很小，预计测量的扭矩值会小于 $10 \mu\text{Nm}$ 时，最好在测量之前进行一次新的马达调整。

第三种情况：购买了新的转子，或使用一个很长时间没有使用的转子时，需要做马达调整，并且需要注意，马达调整的数据是每个转子（型号、序列号）为单位保存的，因此每个转子的马达调整数据是各自独立的。

第四种情况：测试数据和以前的数据不相符时，验证仪器是否正常。这个时候首先要确定仪器处于最好的工作状态——空气检查，然后用标准物质去确定，仪器测试是否准确——标准油检查或 PSTD 检查。

3.2.2 硬件准备和条件

(1) 开机后，首先预热 1 小时，1 小时后再进行马达调整和惯量校正。

(2) 针对本仪器平板系统，进行马达调整和惯量校正时，间隙设为 1 mm，平行板一般设“测量位置”为 1 mm，锥板的“测试位置”位置不能设置，所以需用“上升位置”或“等待位置”把间隙设为 1 mm。

3.2.3 手动调整

在“测试设备”功能区，点击“开始服务功能”可以直接进行惯量校正（调整测量系统惯量）、马达调整（调整马达）操作。



3.3 测量方法

稳态剪切，即旋转测量，主要是研究流体材料的流动特性，例如黏度、流体类型、屈服应力、触变性、黏温特性等等。适用的研

研究对象从低黏度液体到粘稠流体，低黏度流体如果汁、牛奶、打印油墨等，高粘度流体如涂料、粘合剂、沥青等等。流动性是与材料使用性能直接相关的性能，对生产工艺、材料配方设计、质量控制的指导意义重大。

动态剪切，即振荡测量，主要是研究流体、胶体、固体材料的变形特性，大多数情况下是通过小振幅振荡研究材料自身结构的黏弹特性，以及材料结构与应力、应变、温度、频率等外界条件的相关性；在一些特殊研究中，需要大应变、非线性测量，获取大应变下的应力应变原始波形数据，进而分析在大应变周期内的样品行为特性。黏弹性与材料的微观结构，如分子量、分子构型、组分间相互作用力、组分表面物理化学性质等直接相关，可通过振荡测量来间接描述材料结构的强弱、结构的变化等信息。

蠕变和应力松弛主要关注的是材料结构在微小的长期应力或应变作用下，其形变和内应力的瞬时响应和变化。在微观上反映了材料结构的强弱，以及在长期应力或应变作用下分子间或组分间相互作用力的大小、相对运动的快慢和幅度；在宏观上反应材料的使用性能。

起始流动是对样品施加一个步进剪切，与稳态剪切不同的是，起始流动关注的是起始的短时间内应力和黏度的变化，要求取点速度很快，例如 10 ms/点，例如模拟输送泵在启动瞬间流体压力的变化。

DMA、界面流变、摩擦学、粉体流变、Tack 测试等模式的作用和目的都比较明确，不再一一说明。

有些研究需要做预实验确定参数，比如在振荡测试中，需要**首先进行振幅扫描确定线性黏弹区范围**，为频率扫描、时间扫描、温

度扫描等实验确定合适的应力和应变。在蠕变和应力松弛测试中，也需要通过预实验确定合适的应力和应变值。

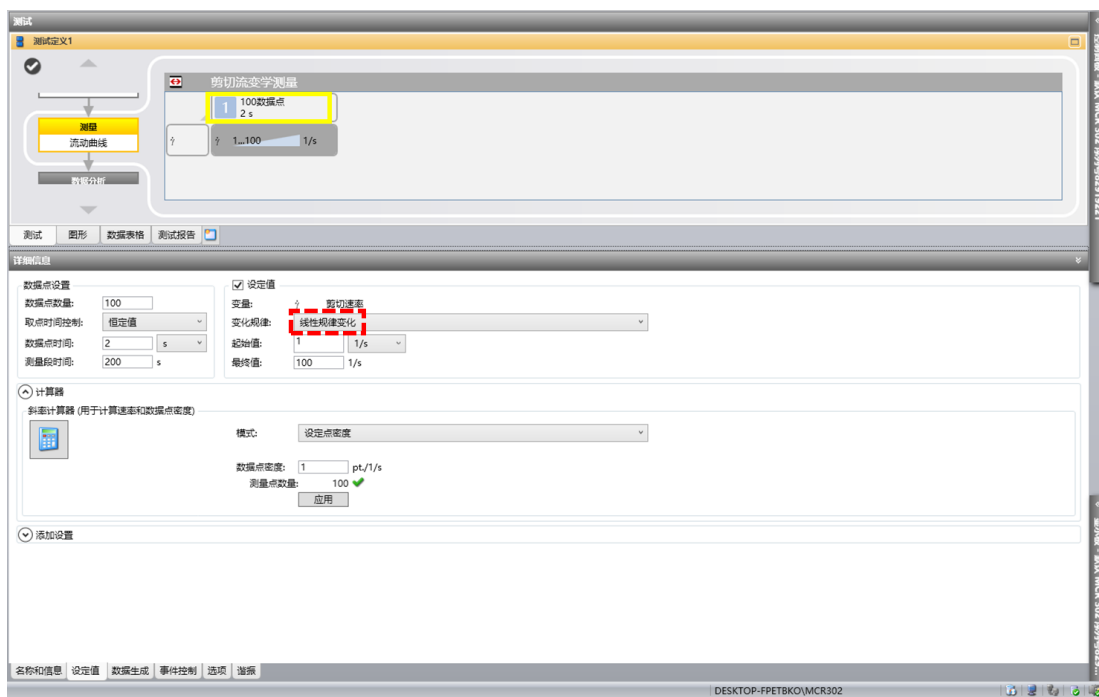
总之，流变仪的功能和模式比较多，测试者需要考虑相对比较复杂的条件因素和目的，通常需要预实验来优化硬件和参数等测试条件。

3.4 旋转测试的参数设置

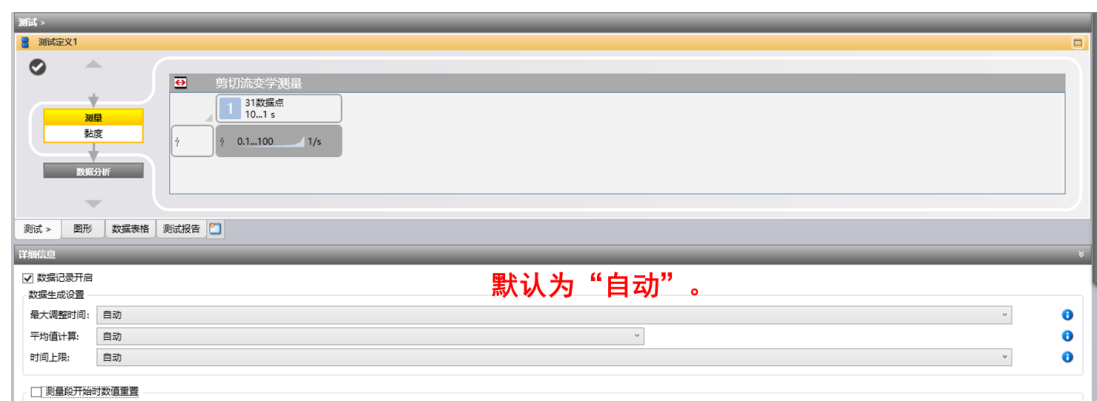
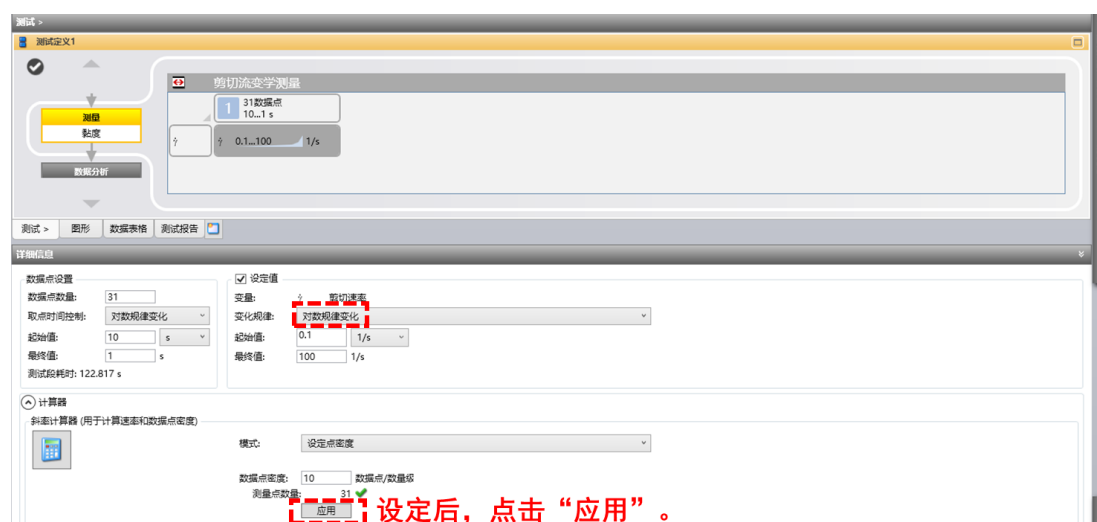
3.4.1 通用设置：

根据实际情况确定坐标类型：

(1) 线性坐标：当设置的剪切速率范围在 1-2 个数量级时，可以使用线性坐标系和线性规律变化的数据点设置。剪切速率一般是由低到高逐渐变化（也可以由高到低），观察样品的黏度、剪切应力随剪切速率变化的规律。如下图中的模板 2，剪切速率由 1 s^{-1} 升高到 100 s^{-1} ，变化规律为线性规律变化，测量点为 100 个（可以根据情况自己调整）。取点时间控制设为“恒定值”，每个点 2 s，此测量段总时间 200 s。一般来讲，线性取点的剪切速率不宜低于 1 s^{-1} 。



(2) 对数坐标：当设置的剪切速率范围超过 2 个数量级时，推荐使用对数变化的剪切速率设置，相应的坐标设置为双对数坐标。以上图中的模板 1 为例，控制剪切速率在 1 s^{-1} 到 100 s^{-1} 范围内，按照对数规律逐渐改变剪切速率，可以由低到高，也可以由高到低，观察样品的黏度、剪切应力随剪切速率变化的规律。数据点数量建议每个数量级 5-10 个点，如样品变化较剧烈，可适当增加点数。取点时间采用对数规律变化，低剪切对应的取点时间不短于剪切速率的倒数，如剪切速率为 0.1 s^{-1} ，则取点时间为 10 s 或以上，如剪切速率为 0.01 s^{-1} ，则取点时间为 100 s 或以上；高剪切对应时间可以为 1 s 或更短。



3.4.2 时间扫描

设置条件：恒定剪切速率，例如 0.1 S^{-1} 、 1 S^{-1} 、 10 S^{-1} 、 100 S^{-1} ，当有行业或应用标准要求时，参照标准设定剪切速率。

时间扫描有三种可能的测试结果：（1）黏度恒定不变：表明样品稳定，没有物理性能变化，测试结果与单点黏度测试相同；（2）黏度降低：表明样品有物理性能改变，如降解、吸水、化学反应等；（3）黏度增加：表明样品有物理性能改变，如凝胶化反应、干燥、老化、发酵、蒸发等。

程序设置：恒定剪切速率：测量样品在某一个恒定剪切速率下的黏度、剪切应力随时间的变化，如以下模板中，剪切速率= 10 s^{-1} ，取点时间为“恒定值”，每 6 s 取一个点（旋转模式的取点时间可以很灵活，最快可低至 1 ms，最长不受限制），温度根据应用设定为恒定值，测量点=20 个（可根据应用情况灵活设定）。

对于样品有结构变化或相变的时间扫描测试，应优先选择振荡测试，因为振荡测试可以获得更多有用的信息。



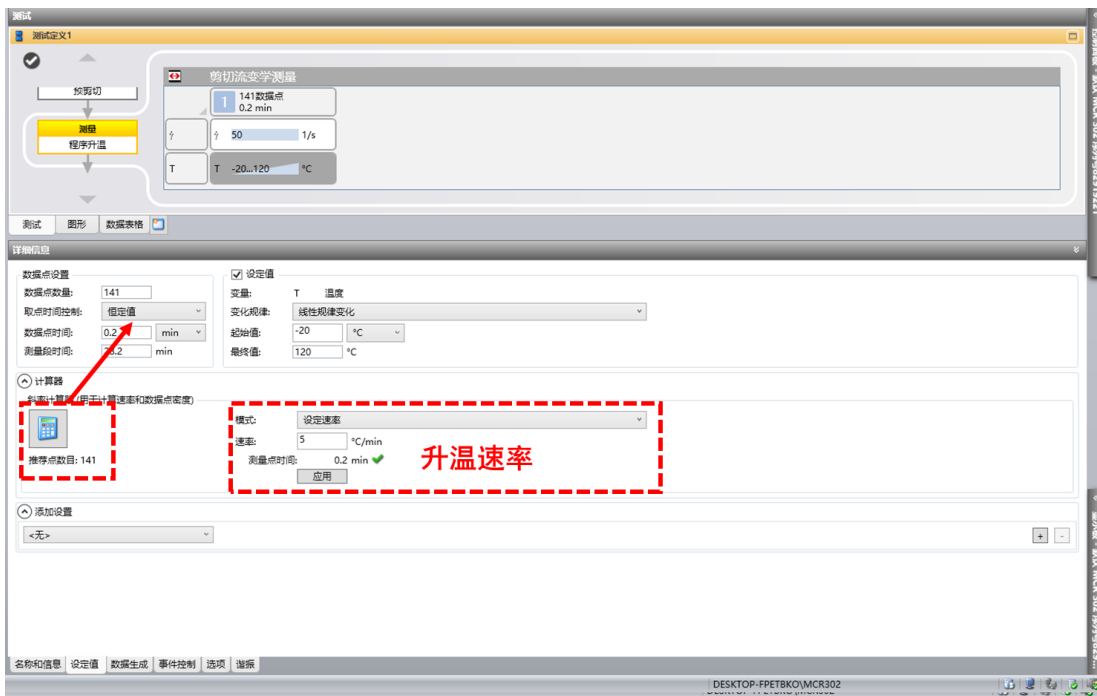


3.4.3 温度扫描

温度扫描有两种可能的测试结果：（1）黏度随温度升高而降低：如样品无交联、挥发干燥等过程，一般黏度随温度升高而降低；可以进行升温测试，也可以进行降温测试（如从流体到胶体的凝固过程）；（2）黏度随温度升高而增加：在某一温度范围内，表明样品有物理性能改变，如凝胶化反应、干燥等。

设置条件：恒定剪切速率，例如 0.1 S^{-1} 、 1 S^{-1} 、 10 S^{-1} 、 100 S^{-1} ，当有行业或应用标准要求时，参照标准设定剪切速率；温度程序（如按程序升温或降温）根据需求设定，如下图中的温度范围为：-20-120 $^{\circ}\text{C}$ ，升温速率 $5 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 。升降温速度一般在 $0.5\text{-}5 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ，样品量比较多时，升降温速度就要慢一些，以降低样品温度的滞后程度。通常锥板和平板测量系统的升降温速度为 $2\text{-}3 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 。

温度扫描常用设置：（1）温度变化为“线性规律变化”，设定温度起始值（如 $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ）和最终值（如 $100 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ）；（2）设定取点时间控制为“恒定值”，由于 $20\text{-}100 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 的温差为 $80 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ，如果想每度一个数据点，则总共 81 个点，如果每 $2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 一个数据点，则总共需 41 个点，手动输入数据点数量为 41；（3）设定升温速度，如 $2 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ，点击“应用”按钮，软件会自动计算每个点的取点时间（1 min）和测量段的总时间（41 min）；（4）曲线坐标一般设为半对数坐标，X 轴为温度，设为线性坐标，Y 轴为 G'/G'' ，设为对数坐标。

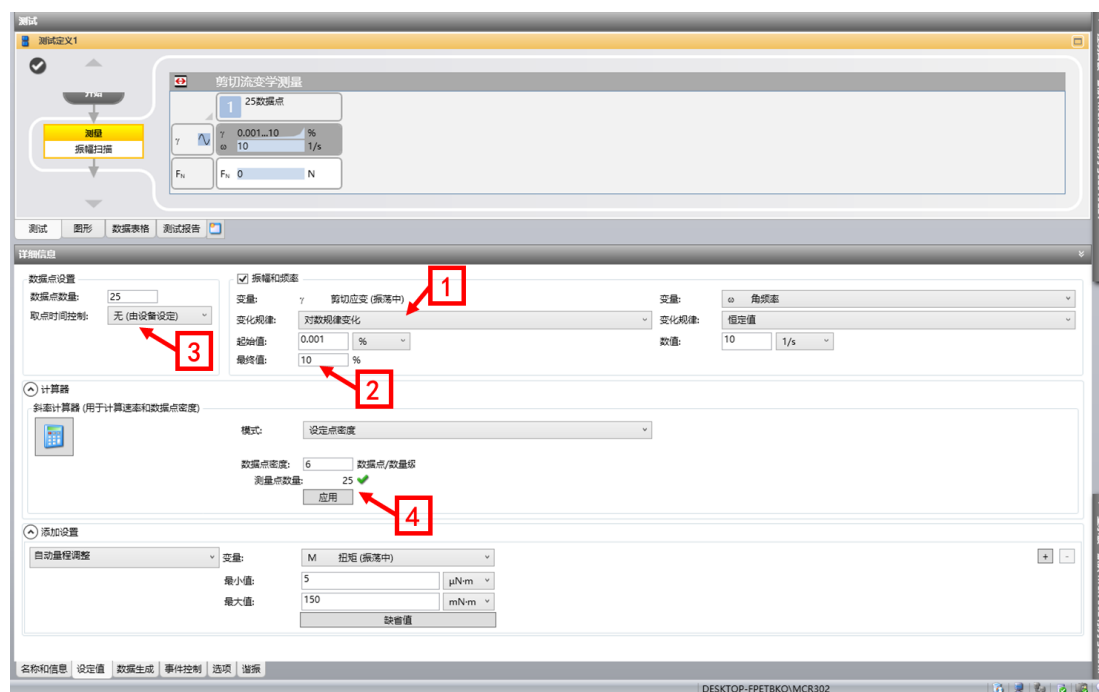


3.5 振荡测试的参数设置

3.5.1 振幅扫描

振幅扫描是黏弹性测试中基本的测试方法，振幅可以是应变的振幅也可以是应力的振幅，但推荐使用应变的振幅，振幅以一定规律由小到大逐渐变化，频率一般使用 10 rad/s 或者 1 Hz，此测试可以表征出样品黏弹性的基本特性。

典型的振幅扫描测量条件：（1）选择应变变化规律为“对数规律变化”（下图中 1），角频率为恒定值，如 10 rad/s；（2）如下图中 2，设定应变起始值（0.01%）和最终值（100%），此范围可根据样品的情况调整；（3）如下图中 3，设定取点时间控制为“无（由设备设定）”；（4）如下图中 4，设定应变点密度，方式为每个数量级的点数，一般每个数量级在 5-10 个点，数据点越多所需的时间越长；如下图中每个数量级 6 个点，总共 25 个点；（5）曲线坐标一般设为对数坐标，X 轴为应变（或应力），设为对数坐标，Y 轴为 G'/G'' ，设为对数坐标。



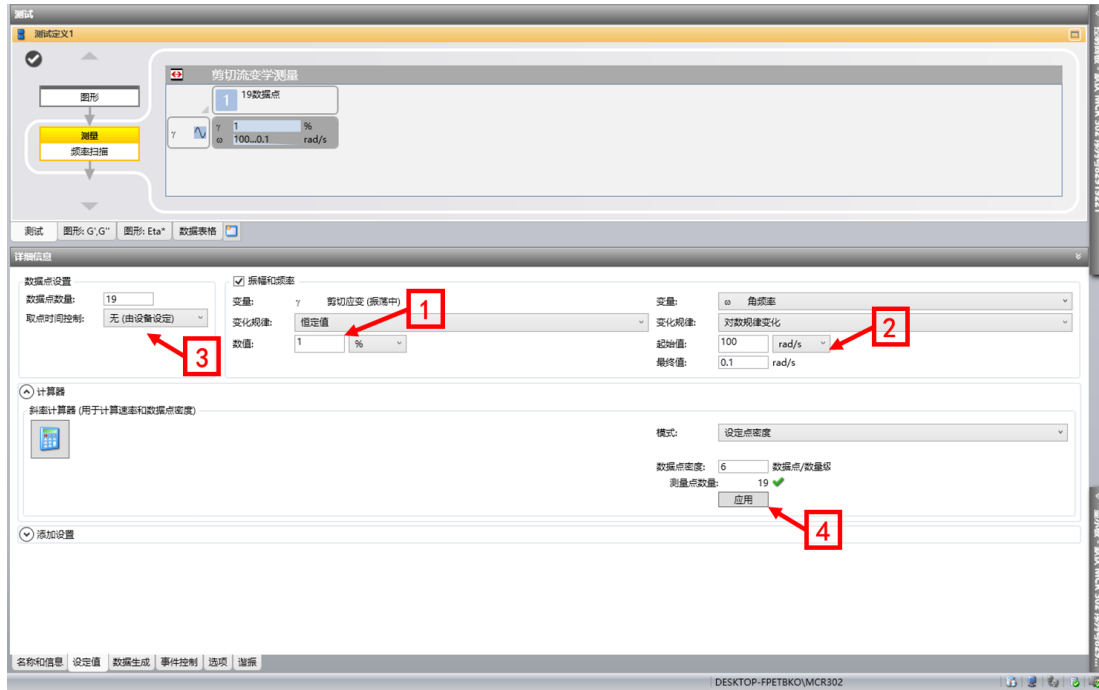
3.5.2 频率扫描

频率扫描得到的是样品性质与时间尺度的关系，高频率代表的是样品在受到短时间尺度（正弦波的振荡周期短）应变或应力时的响应状态；低频率代表的是样品在受到长时间尺度（正弦波的振荡周期短）应变或应力时的响应状态。对于非交联的聚合物材料，通常会有高频时 $G' > G''$ ，即在很短的受力作用时间内，样品不会产生

流动，表现为胶体（固体）的状态；低频时 $G' < G''$ ，即在较长的受力作用时间内，样品会产生流动，表现为流体的状态。

频率扫描测试（线性规律变化 Lin 或对数规律变化 Log）：以角频率（rad/s）或频率（Hz）为变量，一般频率是由高到低或低到高阶梯式变化（如下图右，常用范围如 100 rad/s-0.1 rad/s），应变恒定（在线性区内），测量结果为频率（x 轴）与模量 G' 、 G'' （y 轴）的关系曲线，频率的变化规律推荐使用对数变化。

典型的频率扫描测量条件：（1）如下图中 1，选择应变值为“恒定值”，此值要在线性区内选择；（2）如下图中 2，频率变化为“对数规律变化”，典型范围为 100 rad/s（起始值）到 0.1 rad/s（最终值），此范围可根据需要调整，流变仪本身能够实现的最高角频率为 628 rad/s，最低角频率为 10^{-6} rad/s。但在实际测试中，频率过高会出现样品和仪器的惯量影响，导致数据无效，黏度越高的样品，有效的频率可以越高；最低频率取决于实际可实现的测试时间，频率越低所需时间越长，通常低于 0.01 rad/s 的角频率在实际测试中就很少使用了；（3）频率变化可以由高到底，也可以由低到高；如样品有容易挥发、降解、氧化等不稳定特性，则最好由高到底进行频率扫描，原因是高频数据可以很快得到；（4）如上图中 3，设定取点时间控制为“无（由设备设定）”，意思是由仪器自动判断何时取点；（5）如上图中 4，设定频率点密度，方式为每个数量级的点数，一般每个数量级在 5-10 个点，数据点越多所需的时间越长；如下图中每个数量级 6 个点，总共 25 个点；（6）曲线坐标一般设为对数坐标，X 轴为角频率（或频率），设为对数坐标，Y 轴为 G'/G'' ，设为对数坐标。



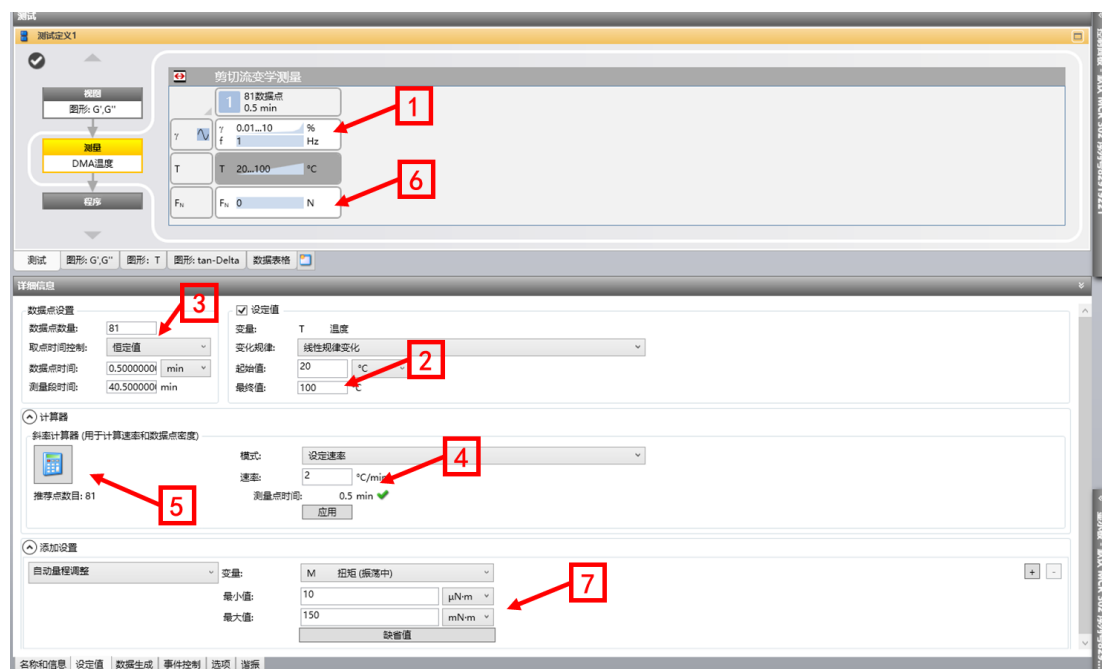
3.5.3 温度扫描

温度是影响材料流变学性能的首要因素，因此研究温度对材料性能的影响非常重要。按照材料性能和研究目的的不同，大致有以下几种情况。（1）在研究温度范围内没有相变和化学反应，只研究温度对样品机械性能、热力学性能的影响；（2）在研究温度范围内只有物理相变，没有化学反应，如熔融、凝固、结晶等过程；（3）在研究温度范围内不仅有物理相变，也有化学反应发生，如固化、化学凝胶、氧化分解等。

升降温速度一般在 $0.5-5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ，样品量比较多时，升降温速度就要慢一些，以降低样品温度的滞后程度。通常锥板和平板测量系统的升降温速度为 $2-3\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 。

温度扫描常用设置：（1）如下图中 1，选择振荡应变和频率都为“恒定值”，应变值要在线性区内选择（一般可以选择振幅扫描中线性黏弹区最大应变的 10%，并尽量用 0.01%、0.1%、0.5%、1% 等整数）频率值一般为 10 rad/s 或 1 Hz ；（2）如下图中 2，温度

变化为“线性规律变化”，设定温度起始值（如 20 °C）和最终值（如 100 °C）；（3）如下图中 3，设定取点时间控制为“恒定值”，由于 20-100 °C的温差为 80 °C，如果想每度一个数据点，则总共 81 个点，如果每 2 °C一个数据点，则总共需 41 个点，手动输入数据点数量为 41；（4）如下图中 4，设定升温速度，如 2 °C/min，点击“应用”按钮，软件会自动计算每个点的取点时间（1 min）和测量段的总时间（41 min）；（5）曲线坐标一般设为半对数坐标，X 轴为温度，设为线性坐标，Y 轴为 G'/G'' ，设为对数坐标。



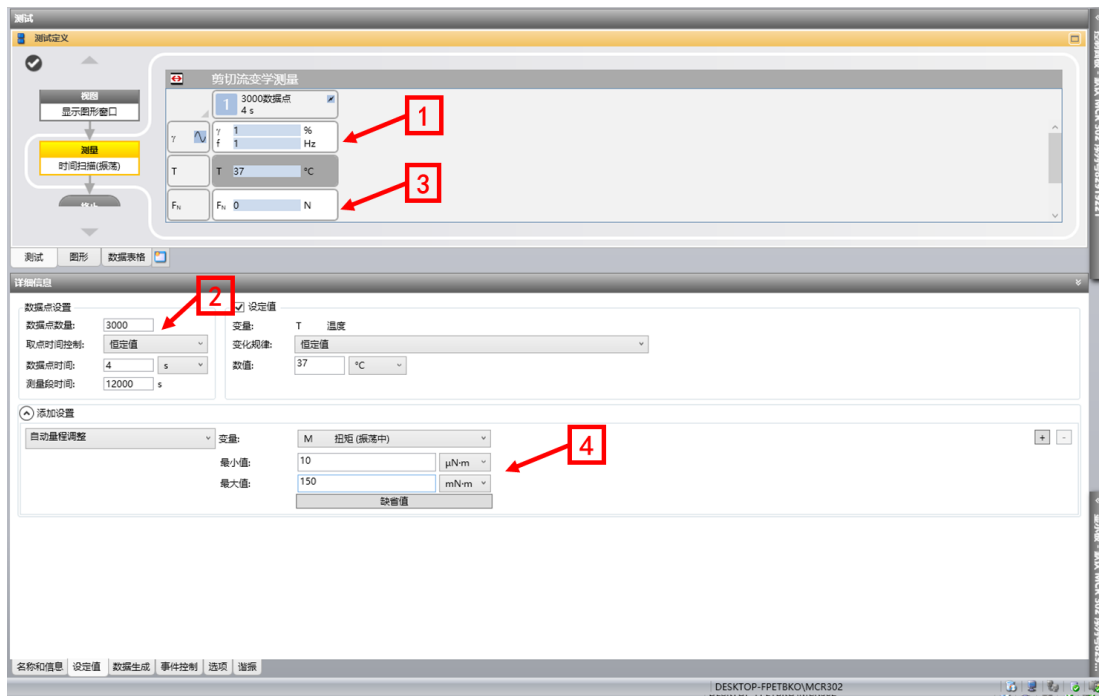
特殊设置：（1）如上图中 6，对于样品在测试过程中出现明显收缩或膨胀的情况，尤其是用平板测量时，可以将法向力 F_N 设置为 0 N，保证在变温过程中，转子能够时刻贴紧样品，进行有效测试；（2）如使用平行板测试固体样品，或进行低温测试时样品模量非常高时，可以同时施加一个正向的法向力，常用 1 N-10 N；（3）此外，RheoCompass 软件还提供了“自动量程调整”的功能（如上图中 7），该功能会随着变温过程中，样品软化后，自动增加测试应变的大小，

保证数据平滑稳定，一般设置最小值为 $10\ \mu\text{Nm}$ ，最大值 $150\ \text{mNm}$ ；该功能非常适用于在测试过程中样品的模量变化范围非常大的情况。

3.5.4 时间扫描

时间扫描采用的振荡条件一般是相对固定的（特殊情况除外），研究的目的是关注样品自身发生的物理化学性质的改变。如用于研究凝胶形成或者材料交联固化过程，分析该过程的溶胶-凝胶点，完全固化平衡时间等参数；再例如研究材料的氧化、降解、挥发凝固、吸水等过程中，材料对应的流变学现象上的宏观表现。

时间扫描常用设置：（1）如下图中 1，选择振荡应变和频率，以及温度都为“恒定值”，应变值要在线性区内选择（一般可以选择振幅扫描中线性黏弹区最大应变的十分之一，并尽量用 0.01%、0.1%、0.5%、1%等整数值）频率值一般为 $10\ \text{rad/s}$ 或 $1\ \text{Hz}$ ，温度可以按照实际固化温度选择；（2）如下图中 2，设定取点时间控制为“恒定值”，当设置的频率为 $1\ \text{Hz}$ 时，建议单点取点时间 $>10\ \text{s}$ ，防止无效采点；（3）对于一些快速固化反应，比如紫外固化，可以把测试频率增加为 $10\ \text{Hz}$ ，取点时间可以达到 $10\ \text{ms}$ 级别，采点数尽量多，保证凝胶化模量能够达到平衡；（4）曲线坐标一般设为半对数坐标，X 轴为时间，设为线性坐标，Y 轴为 G'/G'' ，设为对数坐标。



特殊设置：（1）如上图中 3，对于样品在测试过程中出现明显收缩或膨胀的情况，尤其是用平板测量时，可以将法向力 FN 设置为 0 N，保证在变温过程中，转子能够时刻贴紧样品，进行有效测试；

（2）如使用平行板测试固体样品，或进行低温测试时样品模量非常高时，可以同时施加一个正向的法向力，常用 1 N-10 N；（3）此外，RheoCompass 软件还提供了“自动量程调整”的功能（如上图中 4），该功能会随着变温过程中，样品软化后，自动增加测试应变的大小，保证数据平滑稳定，一般设置最小值为 10 μNm ，最大值 150 mNm ；该功能非常适用于在测试过程中样品的模量变化范围非常大的情况。

3.6 上样测试

抬起测量头，加样，下降测量头到测量位置（刮边），开始测试（提前设置好测试程序）。

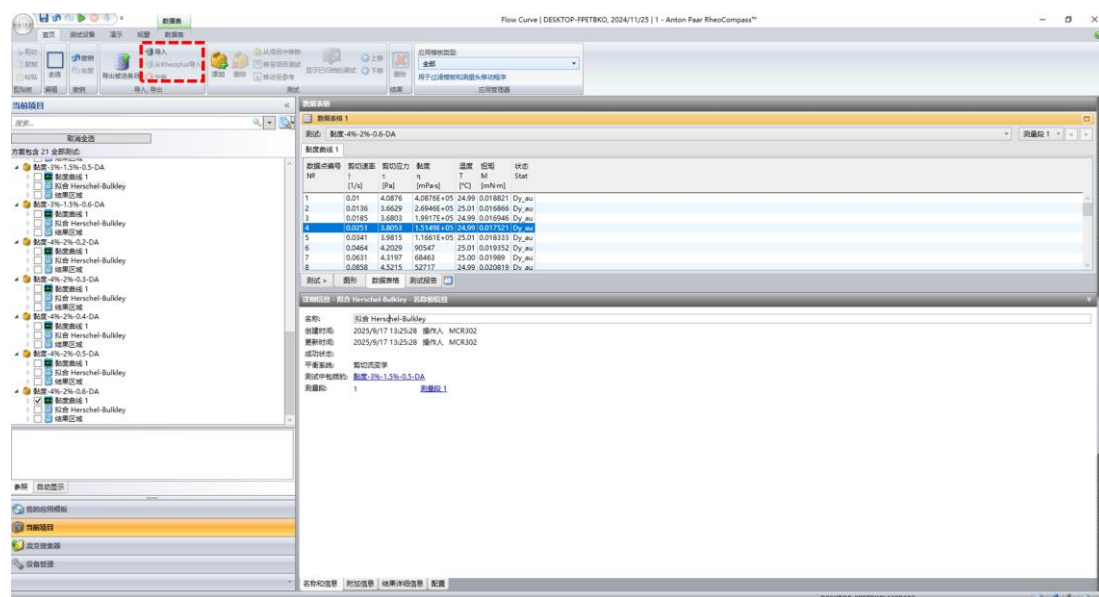
3.7 数据管理

3.7.1 每个项目的数据管理

当从模板建立新的测试项目时，会自动要求修改并保存项目名称，在名称中输入有规律性的内容，比如实验人、实验日期、样品序号等关键词，以便在后期需要时方便的检索。描述中可以输入本实验的详细信息，比如样品的特点、实验的注意事项、测量仪器的配置要求等等。已有的测量项目也可以通过“另存为”菜单修改这些信息。

3.7.2 测量项目的整体导入与导出

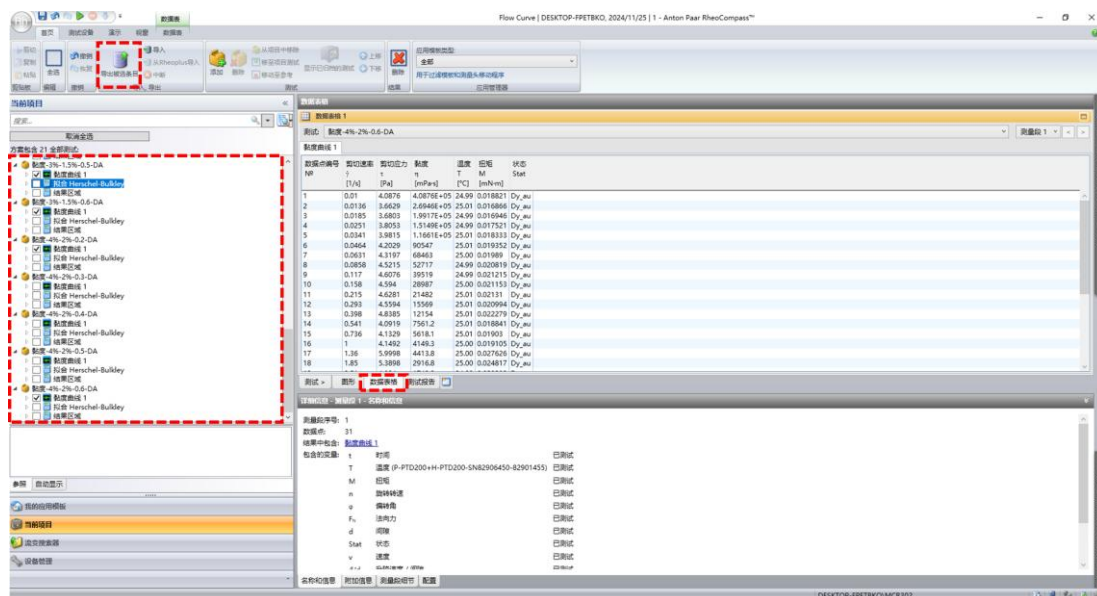
导入 Rhprj 数据：最好在“流变搜索器”界面下，使用首页 Ribbon 功能区的“导入”按钮，可以导入扩展名为 Rhprj 格式的 RheoCompass 数据文件；也可以导入由 RheoPlus 软件测量的*.orx 数据文件。



导出 Rhprj 数据：首先确保“当前项目”界面下没有打开任何项目，如果有打开的项目，点击左侧的按钮关闭当前项目。然后，在流变搜索器下，选择要导出的项目，在“首页”Ribbon 功能区点击“导出”按钮，选择保存路径，保存扩展名为 Rhprj 的数据文件，此文件中包含所有的数据和测试条件，为优选。

3.7.3 数据表格的导出

首先，必须在已打开的当前项目内，显示窗口切换到“数据表格”，并在所需导出的数据列前面划勾，可以一次导出一个数据列，也可以多项同时划勾，将多项数据列导出到同一个文件中。



然后，在“首页”Ribbon 功能区点击“导出”按钮，选择保存路径，保存扩展名为 csv 的数据文件；亦可导出为 xml 或 txt 格式。

3.8 关机

确认测量头处于最高位置，拆下测量转子，清理测量样品。转子和流变仪基底使用完必须用乙醇等擦拭干净，千万不能有样品或者溶剂残留，然后将转子放回转子盒中。关闭流变仪主机电源，关闭软件和电脑、水浴循环器、空气压缩机。登记好使用人，使用时间和样品种类。

四、数据处理

流变仪测试方案较多，不同的测试模式有不同的数据可视化方式，具体可参考上述标准操作流程中的详细介绍。

五、常见故障处理

1.仪器无法开机：可能是电源插头未插好、电源线损坏或电源开关故障。另外，仪器内部的电源模块出现故障，如保险丝熔断、电容损坏等，也会导致无法开机。

2.传感器故障：传感器是流变仪的核心部件之一，用于测量扭矩、应力、应变等参数。如果传感器出现故障，可能会导致测量结果不准确或无法测量。常见的传感器故障包括传感器损坏、传感器连接线松动或损坏等。

3.电机故障：电机用于驱动流变仪的转子或夹具进行旋转或振荡运动。如果电机出现故障，可能会导致转子或夹具无法转动或运动不稳定。电机故障的原因可能是电机绕组短路、电机驱动器故障或电机轴承磨损等。

4.温度控制故障：安东帕 MCR 302 流变仪通常配备有温度控制系统，用于控制样品的温度。如果温度控制系统出现故障，可能会导致样品温度不稳定或无法达到设定的温度。温度控制故障的原因可能是温度传感器故障、加热或制冷元件故障或温度控制器故障等。

5.软件故障：流变仪的操作软件可能会出现故障，如软件崩溃、无法正常启动或与仪器连接不稳定等。软件故障可能是由于软件版本不兼容、计算机系统故障或软件安装错误等原因引起的。

6.测量结果异常：测量结果异常可能是由于多种原因引起的，如样品制备不当、转子或夹具选择不当、测量参数设置不合理、仪器校准不准确或仪器故障等。如果测量结果异常，需要仔细检查以上因素，逐一排除故障。

7.通讯故障：如果流变仪需要与计算机或其他设备进行通讯，可能会出现通讯故障，如无法建立连接、数据传输错误或通讯中断

等。通讯故障可能是由于通讯接口损坏、通讯线缆连接不良、通讯协议设置不正确或设备驱动程序问题等原因引起的。

六、注意事项

1. 转轴连接的气浮装置非常精密，未通气压前不可安装转子以及对转轴进行任何触碰。

2. 用干布或微湿的布来测试仪器。也可以使用温和的洗涤剂进行擦拭。不要使仪器表面出现划痕。

3. 使用时，在每次测量之前和测量期间，应检查液体循环器是否能正常工作，以及液体能否循环流动。如果流量指示器无法正常工作，请检查软管是否变脏或阻塞，并检查循环器是否有故障。

4. 定期检查 MCR 的软管连接，确保没有弯折或阻塞。

5. 定期检查气源是否清洁、干燥、无油污，且压缩气源装置符合所有必要的要求。使 MCR 连接器保持清洁。请不要使连接器沾上油污。

6. 使用棉签和酒精来擦拭连接器内表面，擦拭时请注意不要损坏连接器中央的转发器。

7. 如果连接器的套管有阻塞，可以尝试在套管和连接器间滴入酒精。请勿使用其他溶剂，这有可能损坏某些型号连接器里的 NBRO 型圈。上下移动套管直至无阻塞。

8. 请务必轻拿轻放测量系统。即使是微小的损坏都可能造成严重的测量错误。当您从样品中卸下测量系统或从测量系统中擦掉样品时，请不要过度用力。

9. 流变仪的配套工具在使用后放回原处，不可据为己有，影响他人使用。

10.如实记录仪器使用的操作者、时间和详细实验情况，发现不正常的情况及时向责任人汇报，严禁隐瞒真相或擅自处理。

11.实验结束后，请带走个人物品和实验用品，将工作台收拾干净，保持室内整洁。

七、维护与保养

1.空气压力调节：压缩空气供给空气轴承马达，是设备开机及正常工作的重要保障，压力及质量必须保证稳定，空气过滤器滤芯必须定期更换。压缩空气会在储气罐内产生冷凝水，需定期打开排水（视使用频率和空气湿度而定，1-7天一次）。

2.空气检查和标准油检查：空气检查和标准油检查是验证仪器正常工作的重要指标；通过空气检查验证流变仪空载、低扭矩极限状态下的准确度；通过标准油检查验证流变仪不同剪切速率下的准确度。

3.连接器清洁：连接器是测量头连接测量系统的组成部分，如果上下运动费力，影响操作感受，需要使用酒精清理且只能使用酒精清理。

4.测试完成后先松开连接器：树脂固化或粘度极大的样品在测试完成后建议先松开连接器，再升起测量头，以免造成不必要的损耗，影响测量头相对于温度附件的平行度，进而造成结果误差大。

5.测量系统平行性及同心度检查：测量系统的平行性及同心度极大影响测量准确度，目测无法准确判断偏差，安东帕有专用工具及标准偏差可以帮您判断测量系统状态是否正常。