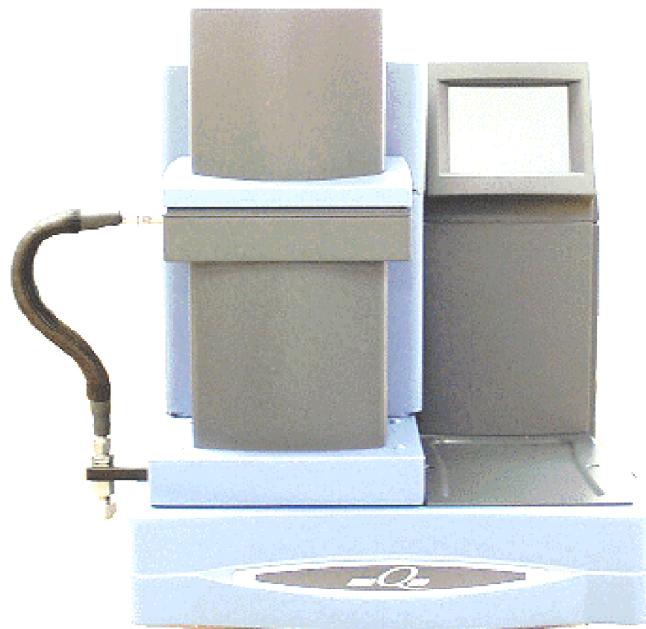


# DMA

## 动态机械分析仪



**Q Series™**  
入门指南

修订版 A  
2004 年 1 月发布



©2002 -2004, TA Instruments—Waters LLC 版权所有  
109 Lukens Drive  
New Castle, DE 19720

### 声明

我们确信，本手册以及用于支持本仪器的软件的相关联机帮助中所包含的材料足以满足本仪器的使用要求。如果本仪器或这些过程用于此处所述之外的用途，则必须经 TA Instruments 确认它们的适用性。否则，TA Instruments 不对任何结果进行担保，并不承担任何责任或义务。TA Instruments 仍保留修订本文档且在不事先声明的情况下进行更改的权利。

TA Instruments 享有本文档所涉及的专利权、专利应用权、商标、版权或其它知识产权。除非 TA Instrument 的书面许可协议中明确规定，否则本文档不提供任何有关这些专利、商标、版权或其它知识产权的许可。

TA Instruments Operating Software 以及 Module、Data Analysis 和 Utility Software 及其相关的手册和联机帮助是 TA Instruments 的资产，其版权归 TA Instruments 所有。我们授予购买者在其购买的模块和控制器上使用这些软件程序的许可。未经 TA Instruments 事先书面同意，购买者不得复制这些程序。每套经过许可的程序仍为 TA Instruments 的独有资产，购买者不享有除上述权利和许可之外的任何权利和许可。

# 重要信息：TA Instruments 手册附录

请单击以下链接，访问有关本《入门指南》的重要补充信息：

- [TA Instruments 商标](#)
- [TA Instruments 专利](#)
- [其他商标](#)
- [TA Instruments 最终用户许可协议](#)
- [TA Instruments 办事处](#)

# 目录

重要信息: TA Instruments 手册附录 .....	3
目录 .....	4
注意、告诫和警告 .....	7
条例符合 .....	8
安全标准 .....	8
电磁兼容性标准 .....	8
安全 .....	9
仪器符号 .....	9
电气安全 .....	10
处理液态氮 .....	10
热安全 .....	11
空气压力警告 .....	12
DMA 浸液夹具警告 .....	12
提举仪器 .....	12
样品分解 .....	13
<b>第 1 章: DMA 简介 .....</b>	<b>15</b>
概述 .....	15
DMA 系统组件 .....	15
DMA 仪器 .....	16
DMA 触摸屏 .....	17
主功能键 .....	17
DMA 控制菜单键 .....	18
显示菜单键 .....	20
选件和附件 .....	21
夹具 .....	21
气体制冷附件 (GCA) .....	21
空气压缩机附件 (ACA) .....	22
空气过滤器调节器装置 .....	23
仪器规格 .....	24
DMA 仪器特性 .....	24
温度控制规格 .....	25
实验规格 .....	25
ACA 规格 .....	25
<b>第 2 章: 安装 DMA .....</b>	<b>27</b>
拆除包装/重新包装 DMA .....	27
安装仪器 .....	27
检查系统 .....	27
选择地点 .....	28
连接电缆和线路 .....	29

端口 .....	29
空气轴承气体和空气过滤器调节器连接 .....	31
连接制冷气管道 .....	33
空气冷却出口连接 .....	34
以太网开关设置 .....	35
将仪器连接到开关 .....	35
将控制器连接到开关 .....	35
将控制器连接到 LAN .....	36
电压配置装置 .....	37
电源开关 .....	38
电源线 .....	38
 启动 DMA .....	39
 关闭 DMA .....	39
 安装单/双悬臂夹具 .....	40
 拆除单/双悬臂夹具 .....	41
 <b>第 3 章：使用、维护和诊断 .....</b>	<b>43</b>
 使用 DMA .....	43
开始使用之前 .....	43
 校准 DMA .....	44
位置校准 .....	44
电子校准 .....	44
力校准（平衡和重量） .....	44
动态校准 .....	44
夹具校准 .....	44
 运行 DMA 实验 .....	45
基本实验步骤 .....	45
 选取夹具设置 .....	46
单/双悬臂夹具 .....	47
 对齐热电偶 .....	48
 选择操作模式 .....	49
 准备和装置样品 .....	50
单/双悬臂夹具样品准备 .....	50
单/双悬臂夹具操作范围 .....	51
操作范围图的用处 .....	52
单/双悬臂夹具样品装置 .....	53
装置刚性样品 .....	53
在玻璃纤维丝编织物上装置弱材料，包括树脂或其他材料 .....	54
测量样品长度 .....	55
使用伸缩量具 .....	55
 执行实验 .....	56
开始实验 .....	57
停止实验 .....	57
取出样品 .....	57

维护仪器 .....	58
清洁触摸屏 .....	58
更换保险丝 .....	59
更换 DMA 保险丝 .....	59
备用部件 .....	60
索引 .....	63

# 注意、告诫和警告

本手册使用“注意”、“告诫”和“警告”强调重要和关键的使用说明。

“注意”突出有关设备或过程的重要信息。



“告诫”强调必须正确地遵循某个过程，否则会损坏设备或导致数据丢失。



“警告”指出必须正确遵循某个过程，否则会危害到操作者或周围环境。

# 条例符合

## 安全标准

### 加拿大:

CAN/CSA-22.2 第 1010.1-92 号安全要求，适用于测量、控制和实验用的电气设备，第一部分：一般要求 + 修正案。

CAN/CSA-22.2 第 1010.2.010-94 号特定要求（适用于材料加热实验设备）+ 修正案。

欧洲经济区: （遵照 1973 年 2 月 19 日颁布的理事会条例 73/23/EEC，该条例协调各成员国有关电子设备在某些电压范围内使用的法律，使之趋于一致。）

EN61010-1: 1993 年对测量、控制和实验用的电气设备的安全要求，第一部分：一般要求 + 修正案。

EN61010-2-010: 1994 年对用于加热材料的实验设备的特定要求 + 修正案。

### 美国:

UL3101-1 实验用电气设备的安全要求；第一部分：一般要求。

IEC 1010-2-010: 1992 年对用于加热材料的实验设备的特定要求 + 修正案。

## 电磁兼容性标准

### 澳大利亚和新西兰:

AZ/NZS 2064:1997 年用于测量工业、科研和医学 (ISM) 射频设备电子干扰特性的限制条件和方法。

### 加拿大:

1998 年 3 月 7 日颁布的 ICES-001 第 3 版，设备引起干扰标准，适用于：工业、科研和医学射频生成器。

欧洲经济区: （依照欧共体理事会 1989 年 5 月 3 日关于协调各成员国电磁兼容性的法律趋于一致的指令 89/336/EEC。）

EN61326-1: 1997 年对测量、控制和实验用的电气设备的电磁兼容性要求，第一部分：一般要求 + 修正案。辐射：满足 A 类要求（表 3）。抗扰度：符合不连续操作的性能标准 B，最低要求（表 1）。

### 美国:

联邦通信委员会 (FCC) CFR Title 47 电信第 I 章第 15 部分的射频设备（关于射频发射的 FCC 规则）。

# 安全



**告诫：**建议本仪器的操作员，如果以本手册中未指定的方式使用设备，则该设备所提供保护措施的效果可能会有所削弱。

## 仪器符号

以下标签显示在 DMA 仪器上，用于提供保护：

符号	说明
	表示表面温度可能很高。注意不要触摸此区域，不要使易熔或易燃的材料接近此高温表面。
	此符号显示在后维修面板上，表示在执行维护或维修工作之前，必须拔掉仪器的电源插头；系统中带有高达 120/240 伏的电压。
	若未经过有关电气程序的培训，除非是本手册中专门指定的操作，否则不要拆卸仪器柜盖。内部零件的维护和维修只能由 TA Instruments 或其他合格的服务人员进行。
	仪器提供有两套 DMA 浸液夹具，当材料在室温 (~23°C) 到 80°C 时浸入流体时，可用该夹具评估材料的粘弹性。这些夹具（压缩夹具套件 PN 985067.901 和薄膜/纤维夹具套件 PN 985068.901）主要用于在水溶液或缓冲液中的聚合物的等温评估。
	<b>警告：</b> 不应将易燃或易挥发的流体用作浸液流体。
	<b>警告：</b> 要求在仪器控制软件中进行正确的夹具选择（例如，浸液薄膜/纤维和浸液压缩），以确保温度不会超过上限 80°C。

请在处理仪器的那些部件时注意警告标签并采取必要的预防措施。为了您自身安全起见，必须遵守《DMA 入门指南》所包含的告诫、警告。

# 电气安全

在执行维护或维修操作之前，必须拔掉仪器的电源插头；系统中带有高达 120/240 伏的电压。



**警告：本仪器中存在高压。内部零件的维护和维修只能由 TA Instruments 或其他合格的服务人员进行。**



**警告：在潮湿的环境中运输或存储之后，该设备可能无法达到安全标准所列的部分安全要求。有关在设备使用之前进行干燥的方法，请参考第 35 页上的“告诫”。**

# 处理液态氮

DMA 使用液态氮作为气体制冷附件 (GCA) 中的制冷气体源。由于液态氮的温度极低 [-195°C (-319°F)]，因而它容易烧伤皮肤。使用液态氮时，请采用以下预防措施：



**警告：液态氮在室温下会快速沸腾。在使用液态氮的地方，务必保持通风良好，避免空气中缺氧。**

1. 戴上防护眼镜或面罩，戴上足够大的手套以便可以轻松脱掉，并系上橡胶围裙。为了额外保护，请穿上高统、结实的靴子，并将裤腿留在靴统的外面。
2. 慢速传送液体，以免对仪器引起热冲击。使用符合要求的低温容器。确保封闭容器具有排气孔以便减压。
3. 液态氮暴露在空气中时，其纯度会降低。如果容器中的液体已经暴露于空气中很长时间，则在将其用于氧含量高会造成危险的环境之前，请先分析剩余的液体。



**警告：**  
**可能导致窒息**

液态氮能够迅速地导致窒息而无任何警告。

请在具有充分通风条件的环境中存储和使用。

不要在狭窄空间内为气体制冷附件（GCA）容器排气。

请勿进入可能存在氮气的狭窄空间中，除非该区域通风良好。

以上警告适用于使用液态氮的场合。在使用液态氮的场合中，有时会采用缺氧传感器。

## 热安全

实验期间，炉子、样品和夹具的温度会非常高或非常低，不能触摸。



**警告：触摸夹具前，必须让夹具恢复至室温。取出高温的样品或重新扭样品时，请采取正确的预防措施。**



**警告：请勿用手移动炉子，不要将手置于炉子内部的上方。这样做可能会由于高温导致烧伤。**

## 空气压力警告



**警告：**来自室内空气供应或由空气压缩机附件（ACA）供应的用于操作仪器的压缩空气，其压力相当高。如果处理不当，这个相当高的压力会对人员和设备造成危险。

- 如果安装的 DMA 没有附带 ACA，通向空气过滤器调节器的管道必须具备处理气源压力的足够压力等级。前往空气过滤器调节器的气体压力必须不得超过 1000 kPa gauge (150 psig)。
- 如果安装的 DMA 附带有 ACA，必须用由 TA Instruments 随附件提供的管道连接至空气过滤器调节器。ACA 具备一个泄压阀，用于将 ACA 供应压力限制在最大 500 kPa gauge (70 psig)。

必须用由 DMA 供应的管道将仪器连接至空气过滤器调节器。将空气过滤器调节器上的压力设置为 410 到 450 kPa gauge (60 到 65 psig)。

## DMA 浸液夹具警告

仪器提供有两套 DMA 浸液夹具，当材料在温度至多为  $80^{\circ}\text{C}$  时浸入流体时，可用该夹具评估材料的粘弹性能。这些夹具主要用于在水溶液和缓冲液中的聚合物的等温评估。



**警告：**不应当将易燃或易挥发的流体用作浸液体。



**警告：**要求在仪器控制软件中进行正确的夹具选择（即，浸液薄膜/纤维和浸液压缩），以确保温度不会超过上限  $80^{\circ}\text{C}$ 。

## 提举仪器

DMA 是一台很重的仪器。为了避免人身伤害（特别是背部的伤害），请按照下面的建议执行操作：



**警告：**即使将仪器移动很短的距离，也要在移动之前关闭炉子。请两个人一起提举和/或搬运本仪器。本仪器太重，一个人无法安全搬运。

## 样品分解

DMA 可将样品加热至 600°C。多数材料在加热过程中会分解，有可能产生有害的副产物。



**警告：如果使用的样品会放出有害气体，请将仪器放到排气装置附近，以排出这些气体。**

不应将样品加热超过其分解温度，以防产生有害物质或污染 DMA。

建议在 DMA 上运行样品之前，在热重分析仪 (TGA) 或类似的仪器中加热样品材料，测得分解温度以确定潜在问题。



# 第 1 章

## DMA 简介

### 概述

TA Instruments Q800 动态机械分析仪 (DMA) 是一种用于测试多种不同材料的力学性能的热分析仪器。它是 TA Instruments 研发的第 3 代 DMA 产品，并在硬件和软件中运用了一流的完美技术。若要进行测量，请将试样固定在几个夹具中的一个上。所有这些夹具都使用了“有限元分析”来进行设计以使其质量和柔量降至最小。基本上是通过在试样上强加变形以评估该材料的内在和外在的力学性能。

DMA 仪器与控制器以及相关软件共同作用组成了一个热分析系统。

控制器是一台计算机，用于执行以下功能：

- 在您和分析仪器之间提供一个界面
- 使您可以设置实验并输入参数
- 存储实验数据
- 运行数据分析程序。



注意：本手册未提及的有关 DMA 的技术参考信息、操作理论以及其他信息，请参见与仪器控制软件相关的联机帮助。

### DMA 系统组件

一个多功能 DMA 系统的主要部分有：DMA 机柜（其中包含有系统电子元件）、DMA 装置、用于分析和控制仪器的计算机控制器以及选配的气体冷却附件 (GCA)。以下组件构成了 DMA 装置：

- 机械部分外壳中包括空气轴承、光学编码器、驱动电动机和相关联的电子元件。
- 夹具装置（称为“夹具”）是可互换的，用于各种变形模式的机械测量，可容纳多种样品形状和材料。适用于 DMA 的几种不同类型夹具列表，请参看第 27 页。
- 炉子装置中包括夹具装置，并提供温度控制。炉子温度由控制热电偶进行监视。
- CHROMEL®\*/ALUMEL®\* 样品和参考热电偶可感应样品和加热器的温度，并将读数传递至仪器。可以改变样品和参考热电偶的位置以适应不同的夹具装置。

- DMA 机柜中含有电子元件、阀门等
- 触摸屏允许从仪器控制并监视某些 DMA 功能。

## DMA 仪器

Q800 动态机械分析仪是一台精密仪器，可测量粘弹性性能，例如硬和软固体材料的模量和阻尼。样品固定在夹具中，夹具的一部分固定，另一部分可移动并连接至驱动电动机。因而，电动机可直接影响样品的变形。

驱动电动机用于向移动的驱动块传递力或应力。本质上，电动机是非接触的，即固定的电动机装置与活动的驱动块之间没有物理接触。光学编码器可测量移动的驱动块产生的位移。为得到平滑、无噪音且持续传递的力，通过空气轴承将移动块悬挂起来。

DMA 仪器包括所有必要的用于执行实验并存储结果的电子元件和软件。机柜中有一个闪存盘，可用于在电源中断时保存对系统操作至关重要的参数。触摸屏提高了使用的便捷性，并可显示设置、校准和实验期间有价值的信息。它控制诸如设置、启动、停止或拒绝实验之类的功能。

DMA 由 TA Instruments 研发，具备以下功能：

- 可以  $20^{\circ}\text{C}/\text{分钟}$  的加热速率在  $-145^{\circ}\text{C}$  至  $600^{\circ}\text{C}$  的温度范围内运行。
- 根据七个实验变量的变化结果确定样品属性的变化：温度、时间、频率、应力、力、位移和应变。
- 使用的样品可以是固体、薄膜、纤维、凝胶或粘性液体。
- 使用可互换的夹具可测量多种性能，包括：模量、阻尼、蠕变、应力松弛、玻璃化转变和软化点。

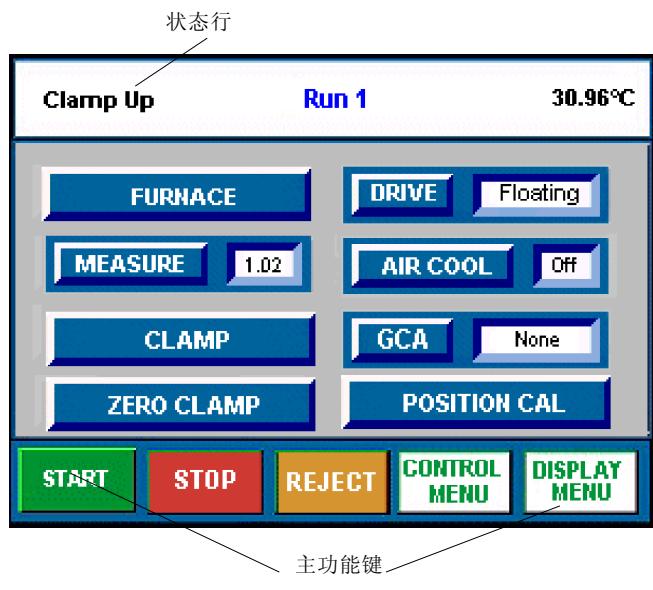
# DMA 触摸屏

DMA Q800 仪器具有用于本地操作员控制的触摸屏，即内置集成显示器和小键盘。屏幕上显示的功能因所使用的菜单而异。本节简要说明触摸屏显示器上所显示的键的功能。

显示器顶端的状态行（参见右图）显示当前的仪器状态、当前的运行编号和温度。

在屏幕的底部是五个键，用于主要的仪器功能。不管所选的菜单如何，这些键总是可用的。关于主功能键的说明，请参见下一节。

注意：实验信息和仪器常数是通过控制器键盘输入的，而不是仪器触摸屏。



## 主功能键

这些键位于触摸屏底部，用于执行仪器的基本功能以及访问两个主要屏幕。有关详细信息，请参见下表。

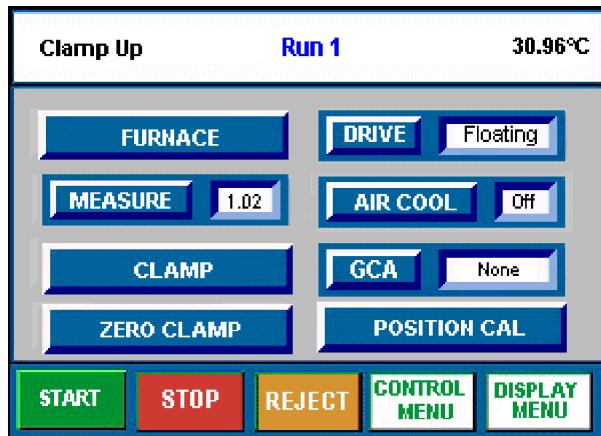
键名称	说明
<b>START</b>	开始实验。这与仪器控制软件上的“启动”功能相同。
<b>STOP</b>	如果实验正在进行，此键可以正常终止方法，好像它已经运行完毕；即，方法结束条件生效，并保存已产生的数据。这与仪器控制软件上的“停止”功能相同。 如果实验未运行（仪器处于待机状态或方法结束状态），Stop 键将停止所有活动（空气冷却、所有机械运动等）。
<b>REJECT</b>	如果实验正在运行，REJECT 键将结束该方法。方法结束条件生效，就如同方法已经运行完毕。可是，生成的数据会被丢弃。这与仪器控制软件上的“拒绝”功能相同。

(本表待续)

键名称	说明
<b>CONTROL MENU</b>	显示“控制菜单”触摸屏键。它们用于控制某些仪器操作。
<b>DISPLAY MENU</b>	访问“显示菜单”屏幕，该屏幕用于选择所需的显示选项。

## DMA 控制菜单键

通过按下触摸屏底部的 Control Menu 键来访问“控制菜单”。屏幕将会显示右图中的键。下表提供了每个键的功能的简要说明。

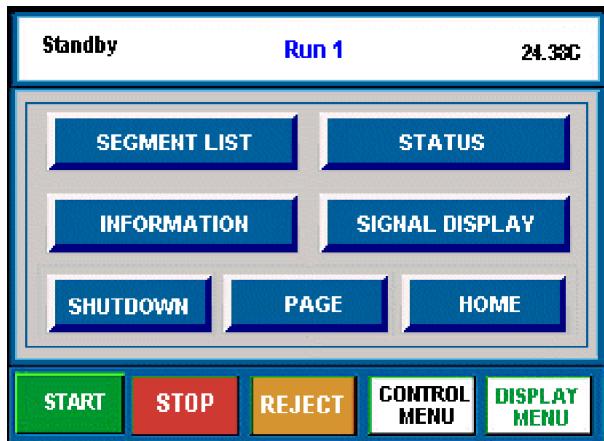


键名称	说明
<b>FURNACE</b>	在打开炉子和关闭炉子之间进行切换，取决于按下该键时炉子的状态。按一次该键停止炉子移动。按两次该键，炉子停止移动并开始反向移动。
<b>MEASURE</b> 1.02	某一方法正在运行时，可用该键打开炉子并调节样品箝位。尽管加热器和 GCA 会在炉子打开时停止，但是方法仍然继续运行。
<b>CLAMP</b>	该键用于在样品测量和激活之间进行切换。安装的夹具用于测量样品长度（拉伸和刺穿夹具）时，屏幕会在使用选定的初始力（或默认值 0.05 N）测量样品长度或厚度（在适当的地方）并启动电动机驱动期间显示 Active。该键闲置时，屏幕会显示样品测量。
<b>START</b> <b>STOP</b> <b>REJECT</b>	通过应用初始力，可用该键升高或降低活动夹具。如果选择的是零初始力，那么将使用 0.05 N。
<b>DRIVE</b> <b>AIR COOL</b> <b>GCA</b> <b>POSITION CAL</b>	每次按下该键，就会改变夹具的移动方向。按下 STOP 或 DRIVE 键可以停止夹具移动。（该功能仅适用于那些可升高和降低的夹具。）
<b>CONTROL MENU</b> <b>DISPLAY MENU</b>	(本表待续)

键名称	说明
	对拉伸、压缩和刺穿夹具进行夹具归零校准。
	在浮动和锁定之间进行切换，可用于释放或锁定活动夹具。浮动，释放夹具，打开空气轴承气体并应用零力。锁定，关闭空气轴承气体并锁定夹具在当前位置处。
	打开或关闭空气冷却功能。这与仪器控制软件上的“空气冷却”功能相同。 (该功能在使用 GCA 时不可用)
	没有实验运行时，自动从储罐向 GCA 填充液态氮。该键也显示 GCA 状态或液态氮的液位。（“None”表示 GCA 没有连接至 DMA。）
	移动或关闭过 DMA 时，使用位置校准功能来校准它。或至少每月进行一次校准。该校准的目的为，在光学编码器读取时校准驱动轴（和滑块）的绝对位置。按下该键后，按照屏幕所显示的说明进行操作。

## 显示菜单键

通过按下触摸屏底部的 DISPLAY MENU 键来访问“显示菜单”。屏幕将会显示右图中的菜单。下表提供了每个键的功能的简要说明。



键名称	说明
SEGMENT LIST	访问当前正使用的实验过程并突出显示活动分段。
STATUS	显示三个主信号，指示当前的实验状态。
INFORMATION	显示仪器信息，如软件版本、选项和 IP (Internet Protocol) 地址。
SIGNAL DISPLAY	显示直接来自仪器的实时信号。一次最多可显示六个信号。通过仪器控制软件可自定义所显示的信号。
SHUTDOWN	在关闭电源之前，请确保已经正确地关闭了仪器。
PAGE	使连接至仪器的控制器发出蜂鸣声。
HOME	返回到打开窗口。

# 选件和附件

TA Instruments 提供了数种 DMA 使用的选配夹具和附件。以下是对它们的简要说明。详细信息，请参阅联机文档。

## 夹具

DMA 可使用数种不同类型的夹具。这些夹具可分为拉伸或非拉伸夹具。拉伸夹具要求任何时间样品上都要有正力（预加力）。

拉伸夹具是：

- 3 点弯曲
- 薄膜拉伸
- 纤维拉伸
- 压缩
- 刺穿
- 浸液压缩
- 浸液薄膜/纤维

非拉伸夹具是：

- 单悬臂梁
- 双悬臂梁
- 剪切夹层。

多数夹具具有两个基本部件，活动夹具和固定夹具（有时也称平台）。

DMA Q800 中带有单/双悬臂梁夹具。安装和拆除该夹具的相关指导，请参看第 2 章。

## 气体制冷附件 (GCA)

GCA（参见右图）用于执行低温 DMA 实验。GCA 利用存储在储罐中的液态氮来提供冷却。GCA 采用独特设计，可从低压 [最大 170 kPa gauge(25 psig)] 存储容罐自动填充，该存储容罐可放置在 GCA 1.8 米（6 英尺）之内。还可以通过断开 GCA 与仪器的连接，将 GCA 移动到存储源，来对 GCA 进行手工填充。更多的信息，请参见《GCA 入门指南》或联机帮助。



## 空气压缩机附件 (ACA)

空气压缩机附件 (ACA) 是一台装配紧凑的设备并直接连接至空气过滤器调节器。在没有可用的压缩空气源时，它可向空气过滤器调节器提供压缩空气，以向 DMA 空气轴承供应气体。

(该气体也可用作炉子净化气体。)

必须有可靠预防措施，以防止湿气进入并损坏 DMA 轴承。安装 DMA 使用的 ACA 时，请按照以下指南进行：

- 不要将 ACA 和 DMA 放在同一实验台或桌面上。源自 ACA 的振动会影响 DMA 的性能。
- 定位 ACA，在排气扇周围留出大约 12 至 15 cm (5 至 6 英寸) 的区域，以使空气循环通畅。
- 将四个橡胶质角平稳地置于实验台上。不要将 ACA 放置在台边，以防掉落。
- 将 DMA 仪器上的 TA 附件插座的电源线连接至上页所示图中的接口。
- 将 ACA 附带的空气管道按入上页所示图中的接口中以进行连接。然后连接管道的另一端至空气过滤器调节器。



**告诫：**在 ACA 上的出口和空气过滤器调节器入口之间使用 ACA 附带的管道时，应保留其完整长度 (3 m [10 英尺])。这将有助于冷凝任何湿气并提高空气过滤器调节器的效率。



**告诫：**不要试图打开 ACA，里面没有用户可维修的部件。有关维修时，请联系 TA Instruments。

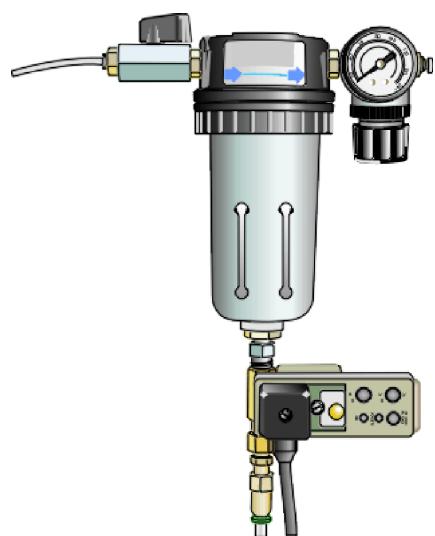
更多有关 ACA 的信息和安装说明，请参见第 2 章和 DMA 联机帮助。

## 空气过滤器调节器装置

仪器使用空气过滤器调节器装置（如右图所示）以帮助从供应至空气轴承的空气中去除油、水和微粒。

供应空气过滤器调节器的空气源来自中心实验室供应或 TA Instruments 空气压缩机附件 (ACA)。

有关安装空气过滤器的信息，请参见第 2 章，更多详细信息请参见联机帮助。



# 仪器规格

以下几页列表包含了适用于 DMA 的技术规格。

## DMA 仪器特性

尺寸	深度: 56 cm (22 in.) 宽度: 46 cm (18 in.) 高度: 炉子打开 71 cm (28 in.) 炉子关闭 56 cm (22 in.)
重量 重量 (带变压器)	39.5 kg (87 lbs) 47.7 kg (105 lbs)
电源	标准 120 Vac, 47–63 Hz, 1.44 kVA 如果配置了降压变压器, 为 230 Vac, 47–63 Hz, 1.44 kVA。
附件插座	电源: 标准 120 Vac, 47–63 Hz, 1000 kVA 兼容附件: ACA、GCA、空气过滤器调节器
运行环境 条件	温度: 15–30 °C 相对湿度: 5–80 % (非冷凝) 安装类别 II 污染指数 2 最大海拔: 2000 m (6560 ft)
温度范围	(-145 至 600°C)
样品长度	最大 50 mm (2 in.)
样品宽度	最大 15 mm (0.6 in)
样品厚度	至多 5 至 10 mm (取决于夹具)
位移范围	25 mm (1.0 in.)
载荷	0.001 至 18 N
气氛	用惰性气体或空气*控制流动

\*注意: 强烈建议在温度超过 400°C 时将氮气用作空气轴承气体。

## 温度控制规格

温度范围	-145 至 600°C*
程序可控的加热速率	0.1 至 20°C/min
冷却速率	0.1 至 10°C/min
温度再现性	+/-2°C
等温稳定性	+/-0.1°C, 50°C 以上 +/-1.0°C, 50°C 以下

## 实验规格

模量范围	1 kPa 至 3 TPa
模量精确度	+/- 1%
频率范围	0.01 至 200 Hz
最大力	18 N
最小预加力	0.001 N
正切值范围	0.0001 至 10
正切值分辨率	0.00001
正切值灵敏度	0.0001
动态变形	+/- 0.5 至 10,000 μm
应变分辨率	1 纳米

## ACA 规格

ACA 尺寸	深度: 38 cm (15 in.) 宽度: 38 cm (15 in.) 高度: 23 cm (9 in.)
重量 (大约)	10 kg (22 lbs)
电源输入	120 Vac 50/60 Hz
电源输出	仅供空气过滤器调节器使用 120 Vac 50/60 Hz
保险丝	2 amps Slo-Blo (M)



# 第 2 章

## 安装 DMA

### 拆除包装/重新包装 DMA

仪器拆除包装和重新包装所需的说明在产品运输箱以及与仪器控制软件相关的联机文档中作为独立的拆除包装说明存在。您可能需要保留所有随附仪器的运输硬件、夹板和运输箱，以备重新包装并运输仪器。



**警告：拆开包装时请找个帮手。不要试图单独完成。**



**告诫：**拆除运输材料时，请按照拆除包装说明小心进行。必须确保已经正确拧松位于四个覆盖 Phillips 螺丝衣套下面的四个千斤顶螺丝，否则仪器将无法按预期正常工作。详细信息，请参见仪器中封装的指示表第 3 页，PN 985012.000，“拆除 Q Series DMA 仪器的包装”。

### 安装仪器

在运输之前，DMA 仪器已经过电气和机械检查，因此，如果正确安装，即可对其进行操作。本手册中仅给出有限的说明，请参阅联机文档以获得其他信息。安装操作包含以下过程：

- 检查系统，看是否存在运输损坏以及是否缺少部件
- 将 DMA 连接到 TA Instruments 控制器
- 连接电缆和气体管道
- 如果需要，安装 230 Vac 变压器。

建议您让 TA Instruments 服务代表安装 DMA。您收到仪器后，可以打电话预约安装。



**告诫：**为避免出错，在开始安装之前，请完整地阅读本章内容。

### 检查系统

当您收到 DMA 后，请仔细查看仪器和其运输储罐，看是否存在运输损伤的迹象，并对照封装的运输清单检查收到的部件。

- 如果仪器受损，请立即通知承运人和 TA Instruments。
- 如果仪器完好但缺少部件，请与 TA Instruments 联系。

## 选择地点

鉴于实验的灵敏性，按照以下指导为仪器选择放置地点至关重要。DMA 应该：

- 在     ... 可以控制温度的区域。  
      ... 清洁的、无振动的环境中。  
      ... 仪器周围具有足够的工作和通风空间。
- 在     ... 稳固的工作表面。

注意：将 DMA 置于稳固、无振动的工作表面上，对于仪器性能至关重要。

- 靠近    ... 电源插座（120 Vac, 50 或 60 Hz, 15 amps，或者如果配有降压变压器，可为 230 Vac, 50 或 60 Hz, 10 amps）。  
      ... 您的 TA Instruments 热分析控制器。  
      ... 压缩实验空气源和净化空气供应系统，并配有适当的调节器。



**告诫：空气源必须洁净、干燥且无油，以确保 DMA 的正确操作。**

远离

- ... 多灰尘的环境。  
... 日光直接照射的区域。  
... 直接风吹（风扇、室内通风管道）。  
... 通风不良的区域。  
... 杂乱的振动或机械振动。



**告诫：如果仪器曾放在潮湿的环境中，则需要对仪器进行干燥处理。潮气会导致漏电量超过可用标准中的规定，在该设备中使用某些可能要吸收潮气的陶瓷材料，可将潮气吸收干净。重要的是，为了安全操作，要确保仪器接地与设备接地充分连接。**

**运行以下方法干燥 DMA：**

- 1 以 10°C/min 的速度加热到 400° C**
- 2 保持恒温 30 分钟。**

## 连接电缆和线路

若要连接电缆和气体管道，则需要接入 DMA 仪器的后面板。所有指导性的说明都是假设您面对仪器的背面。

注意：将电源线连接至插座之前，连接好所有的电缆。拧紧所有计算机电缆上的翼形螺丝钉。



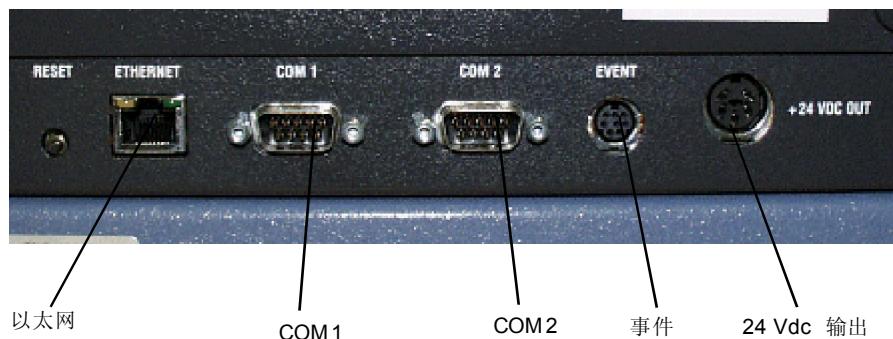
**告诫：**无论何时插入或拔下电源线时，都请握住插头而不是电线。



**警告：**要保护好电源和通信电缆通道。不要将电缆横放在过道上，以免被绊倒。

### 端口

DMA 有九个端口，这些端口位于仪器背面。下表给出了每个端口的功能说明。连接电缆和线路时，请参考此列表。

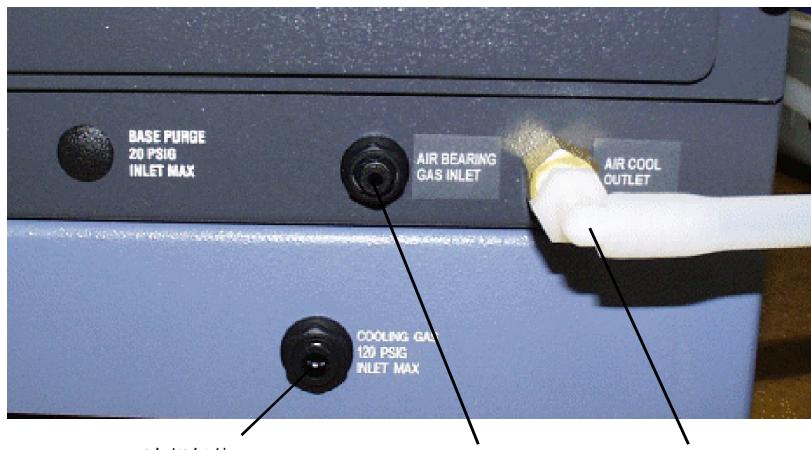


TMA 背面左部的五个端口

端口	功能
以太网	提供通信功能。
Com 1	诊断端口（仅供厂家使用）
Com 2	附件端口 用于 GCA 通信
事件	具有以下功能：通用继电器接触闭合，或通用输入 4 – 24 Vdc 用于外部同步。 本端口不用于标准操作。
24 Vdc 输出	本端口没被 DMA 使用。

(本表待续)

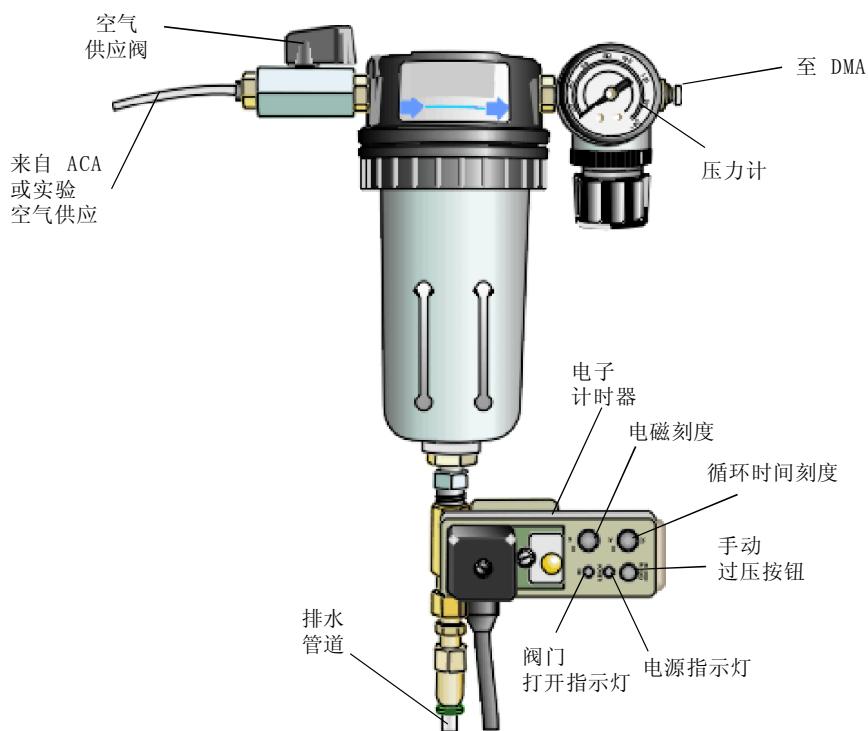
端口	功能
基净化	未使用
冷却气体	向炉子提供空气以进行制冷（830 kPa gauge [120 psig] 最大压力）。
空气轴承气体 气体入口	空气轴承的气体输入端口。要求洁净、干燥的空气或惰性气体气源（410 至 450 kPa gauge [60 to 65 psig]）。
空气冷却出口	没有使用 GCA 时，向炉子提供冷却空气。



DMA 背面右部的端口

## 空气轴承气体和空气过滤器调节器连接

DMA 空气轴承系统要求一个 410 至 450 kPa gauge (60 至 65 psig) 的空气或惰性气体气源（例如，氮气）来。供应空气过滤器调节器的空气源来自中心实验室供应或 TA Instruments 空气压缩机附件 (ACA)。更多有关 ACA (是一台无油压缩机) 的信息，请参见第 1 章。仪器使用空气过滤器调节器（如下图所示）来为空气轴承提供洁净、干燥并且无油的气体。空气过滤器帮助从空气供应源中去除任何油、水以及微粒。



**告诫：空气源必须洁净、干燥且无油，以防止空气轴承损坏并确保仪器的正确操作。**

该气体也可用作炉子净化气体。如果需要惰性气氛，则必须为空气轴承使用惰性气体。空气轴承大约每分钟使用 2 升气体。净化气流流过仪器并进入样品。

**注意：**强烈建议在温度超过 400°C 时将氮气用作空气轴承气体。

若要将空气过滤器调节器连接至仪器，请参考上图并按照以下说明进行操作。

1. 确定 DMA 要使用的空气源。过滤器需要的配件取决于要使用的如下所示的空气源：

**ACA 空气源：**空气过滤器调节器已经在调节器的左边阀门中预装配了 Parker 快速连接配件。该配件供 ACA 附带的管道使用，因此无须拆除它。

**实验空气源：**首先需要拆除调节器左边阀门中的 Parker 快速连接配件。然后安装附件套件中的 Swagelok® 配件。

2. 将空气供应阀门置于 OFF 位置处。

- 连接适当的管道（取决于您的空气源）至空气过滤器调节器左边，如下所示：

**ACA 空气源：**将来自 ACA 1/8-英寸管道按入 Parker 配件中（参见右图）。将管道插入配件直到其再也插不动为止。

**实验空气源：**将 1/4-英寸空气供应管道连接至空气过滤器调节器上的 Swagelok® 配件。

- 将细小的 1/8-英寸管道的一端按入空气过滤器调节器配件。将管道插入配件直到其再也插不动为止。连接 ACA 至空气过滤器调节器时，必须使 ACA 附带的十英尺长的管道保持完整。**不要切断管道使其变短**，但是，可以将其盘绕以节省空间。



空气压缩机附件



**告诫：**在 ACA 上的出口和空气过滤器调节器入口之间使用 ACA 附带的管道时，应保留其完整长度（3 m [10 英尺]）。这将有助于冷凝空气中的任何湿气并提高空气过滤器调节器的效率。



**警告：**将爆炸性或腐蚀性气体用作 空气轴承气体非常危险，会损坏 DMA 仪器。请仅使用空气或惰性气体（例如氮气）作为空气轴承气体。

- 找到位于 DMA 仪器右后方的空气轴承气体入口（参见右图）。
- 将连接至空气过滤器调节器的细 1/8-英寸管道另一端按入 Legris 配件，该配件位于 DMA 的右后方。将管道插入配件直到其再也插不动为止。
- 将电子计时器插入空气压缩机附件 (ACA) 的 120 Vac 附件电源插座（如果有的话）。若没有配备 ACA，请将电子计时器插入 DMA 背面的其中一个附件插座中。请参见下图。



连接至制冷软管      连接至空气过滤器调节器



- 设置电子计时器的刻度，使得在排泄循环之间自动排泄循环会按希望时间进行，以及循环期间电磁阀按希望时间保持打开状态。

**注意：**建议设置为，循环时间刻度设在 20 至 30 分钟之间，电磁刻度设为大约一秒。

9. 请确保过滤器出口压力设在 410 至 450 kPa gauge (60 至 65 psig) 之间。
10. 将空气过滤器调节器上的空气供应阀打开至 ON 位置处。DMA 内的电磁阀控制流向空气轴承的气流。
11. 如果使用连接至空气过滤器调节器的空气压缩机附件：
  - a. 请在打开 ACA 之前检查调节器上的压力计。

如果空气过滤器调节器上的压力计的读数超过了 70 kPa gauge (10 psig)，请按电子计时器上的手动过压按钮来释放压力。

如果试图在压力超过 70 kPa gauge (10 psig) 的情况下打开 ACA，ACA 将产生过大电流并可能使其保险丝过载。

- b. 执行完步骤 11a 后，请将 ACA 上的电源线插入 DMA 背面的其中一个附件插座中。

空气过滤器调节器的正确安装和维护，对 DMA 空气轴承的性能和使用寿命至关重要。（有关维护空气过滤器调节器的信息，请参见联机帮助。）高效的系统可确保压力损失最小并去除污染物，例如水、油、灰尘、铁锈及其它外界物质。对于供应至空气过滤器调节器的空气，TA Instruments 建议使用以下最低标准：

- 油和液态水 = < 2 mg /m<sup>3</sup>
- 水汽露点为 690 kPa gauge (100 psig) = 0°C (32°F)

注意：如果使用干燥机，最好将其安装在空气过滤器之后。

## 连接制冷气管道

空气制冷用于将 DMA 炉子冷却至室温，并仅在空气制冷附件 (GCA) 没有连接至 DMA 时加热浸液夹具流体。（有关 GCA 更进一步的信息，请参见 GCA 入门指南或联机帮助。）

按照以下过程安装用于空气制冷的制冷气管道：

1. 找到制冷气体 配件，即位于 DMA 机柜右侧、标有最大 830 kPa gauge (120 psig) 警告标签的 1/4-英寸 Legris 配件（参见右图）。
2. 请确保压缩空气源干燥、并已过滤，气源压力已调节在 170 和 830 kPa gauge (25 和 120 psig) 之间。
3. 将压缩空气管道连接至制冷气配件。

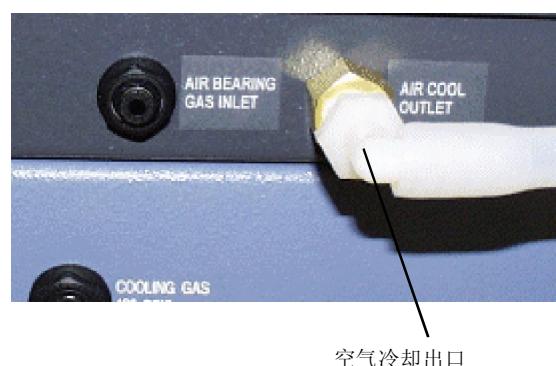


## 空气冷却出口连接

如果使用空气冷却功能来冷却 DMA 和/或加热浸液夹具流体，请按照以下说明进行必要的空气冷却出口连接。

1. 按照以下说明连接制冷软管附件（如右图所示）：

- a. 注意图中所示的制冷软管的形状。开始安装软管前，先抬起软管，靠近仪器并与之并排对接，使软管的长度与配件之间的距离近似，按照图示弯曲软管。软管将保持弯曲形状。（本步骤的目的在于消除仪器框架上的任何应力，该应力由弯曲已安装的软管引起。）
- b. 使用扳手将软管连接至支架底部的配件和仪器内部的配件。
3. 按照上图所示，将倒钩配件连接至制冷软管附件入口。
4. 找到空气冷却出口配件，该配件位于空气轴承气体入口旁边，如右图所示。
5. 将 3/8-英寸 ID 管道从空气冷却出口连接至制冷软管附件入口上的倒钩配件（步骤 5 安装上的）。如果气体制冷附件 (GCA) 已连接至 DMA，则必须在连接管道之前拆除 GCA 供给软管（请参见 GCA 入门指南或联机帮助）。

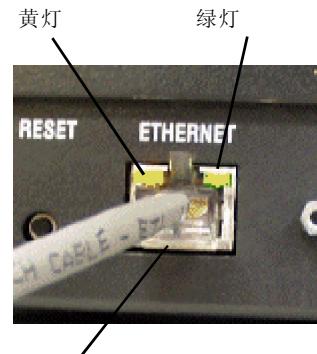


## 以太网开关设置

为了将仪器连接到网络，需要进行必要的电缆连接，如下所述。将仪器和控制器连接到一个以太网开关。另外，此处还包含有关将控制器连接到 LAN 的说明。

### 将仪器连接到开关

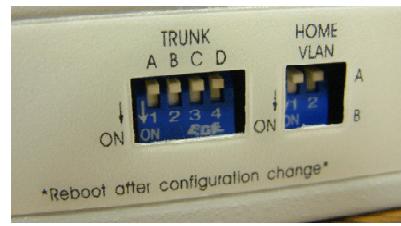
1. 找到位于仪器背面左部的以太网端口（如右图所示）。
2. 将以太网电缆的一端连接到仪器的以太网端口。
3. 将以太网电缆的另一端连接到以太网开关上的其中一个网络端口（如下图所示）。



以太网连接

### 以太网开关

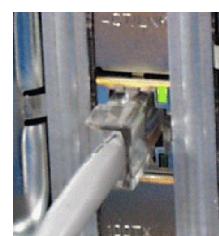
4. 检查背面板上的配置开关。它们必须设为关闭（或靠上的位置），以便控制器与仪器进行通信。
5. 检查仪器后面的以太网端口。如果在仪器和开关之间已正确地建立起通信，则端口上会显示常亮的绿灯和闪烁的黄灯。
6. 按照下一节中的指导将控制器连接到以太网开关。



配置开关

### 将控制器连接到开关

1. 找到计算机后面的以太网端口。
2. 将以太网电缆的一端插入计算机的以太网端口（如右图所示）。
3. 将电缆的另一端连接到开关的其中一个网络端口。
4. 检查计算机后面的以太网端口。如果在计算机和开关之间已正确地建立起通信，则端口上会显示常亮的绿灯和闪烁的黄灯。
5. 按照下一节中的指导将控制器连接到 LAN 以获得网络功能。

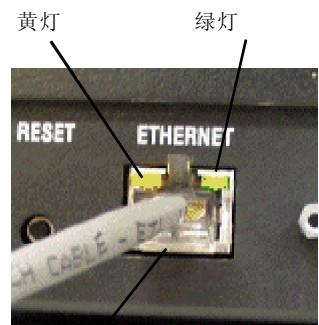


计算机  
以太网端口

## 将控制器连接到 LAN

在将控制器连接到 LAN 之前，需要在计算机中安装好网卡。

1. 找到计算机后面的第二个以太网端口。
2. 将以太网电缆的一端插入计算机的以太网端口。
3. 将另一端插入 LAN。
4. 检查计算机后面的以太网端口。如果在计算机和 LAN 之间已正确地建立起通信，则端口上会显示常亮的绿灯和闪烁的黄灯。



以太网连接

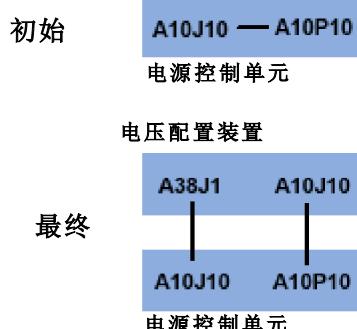
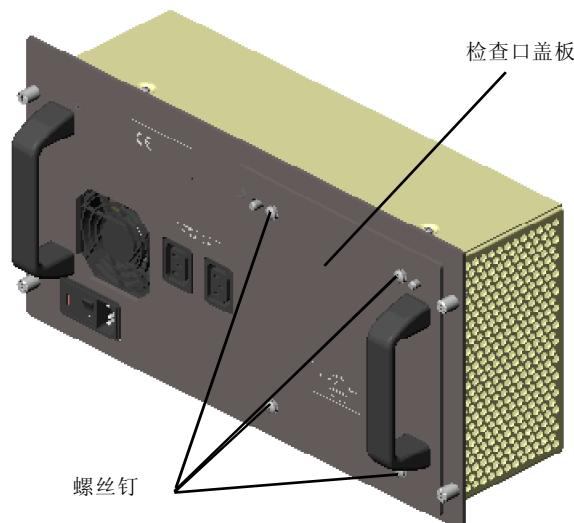
## 电压配置装置

如果您使用的电压是 230 Vac 而非 120 Vac，则需要一个电压配置装置。按照以下这些步骤将变压器安装到电源控制单元 (PCU) 中：

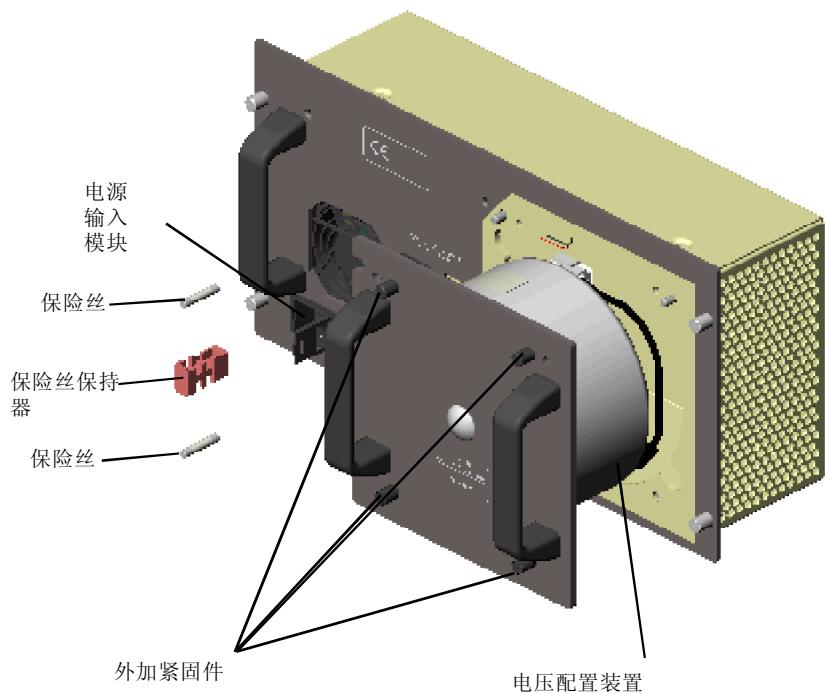


**警告：如 标签所示，本仪器内存在高电压。在执行这些步骤之前，确保拔下仪器的电源。请参见第 10 页的“警告”。**

1. 从运输箱中取出组件，并检查是否所有组件均已齐备。
2. 卸下位于仪器后面的检查口盖板（拆下用于紧固它的四个螺丝钉）。请参见右图。
3. 从 PCU 内的 A10P10 上断开 A10J10 接头。现在将电压配置装置上的 A10J10 接头连接到 PCU 内部的 A10P10。然后将 PCU 内的 A10J10 连接到抗电涌子装置的 A38J1。请参见下图中的说明。



4. 将该子装置安装到 PCU 并拧紧那四个外加紧固件以将其固定好。
5. 从电源输入模块中拆下保险丝保持器，并用套件中的 6.3 amp 保险丝替换 10 amp 保险丝。丢弃 10 amp 保险丝。请参见右图。



## 电源开关

电源开关位于仪器的背面。它是电源输入模块的一部分，该装置中还包含电源线接头和保险丝。电源开关用于打开和关闭仪器。

## 电源线

注意：带有〈HAR〉标记（协调的）的电源电缆符合欧洲经济区国内安装标准。

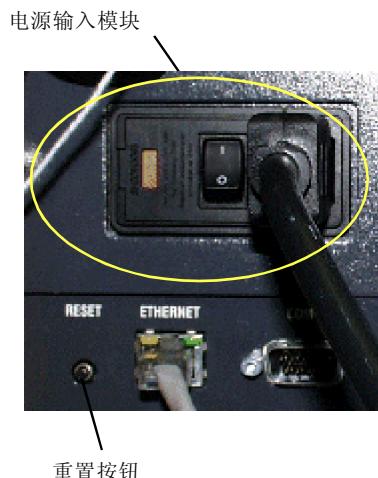
按照以下说明安装电源线：

1. 确保 DMA POWER 开关处在“关闭”(0) 位置。
2. 将电源线插入 DMA 电源输入模块中。



**告诫：在将 DMA 电源线插入墙上的插座之前，确保仪器与线路电压兼容。检查装置背面的标签以检验电压。**

3. 将电源线插入墙上的插座上。



## 启动 DMA

1. 检查 DMA 和控制器之间的所有连接。确保每个组件都插入到正确的接头中。

2. 将仪器电源开关设置到“打开”(1)位置。

正确开启电源后，TA Instruments 标志将显示在触摸屏上，这表示仪器已经准备就绪。

**注意：**在执行实验之前，请让 DMA 至少预热 30 分钟。

## 关闭 DMA

决定关闭仪器之前，请考虑以下方面：

- 热分析系统的所有组件均设计为可长时间通电。
- 如果将由开关引起的电源波动降到最低，则 DMA 和控制器的电子元件的性能便更可靠。

鉴于这些原因，不赞成频繁地打开和关闭系统及其组件。因此，当您在仪器上完成实验并想将热分析系统用于其他任务时，建议您让仪器保持打开状态。

决定关闭或重置仪器时，请按照以下步骤进行：

1. 按下触摸屏上的 DRIVE 键或 STOP 键以锁定驱动。

2. 等待十秒，以允许系统有足够的时间保留位置校准。

3. 按照以下步骤关闭仪器：

为确保正常地关闭仪器，建议您从“仪器控制”菜单中选择**控制/关闭仪器**或者按“显示菜单”触摸屏上的 SHUTDOWN 键。屏幕将显示一条确认消息。选择 OK (触摸屏) 或“关机”(仪器控制) 以继续。与仪器的所有通信都将停止，同时仪器将数据保存到闪存中。当此过程完成后，仪器将发出一条消息，指示可以安全地关闭仪器电源或重置仪器。

4. 将电源开关设置到“关闭”(0)位置。

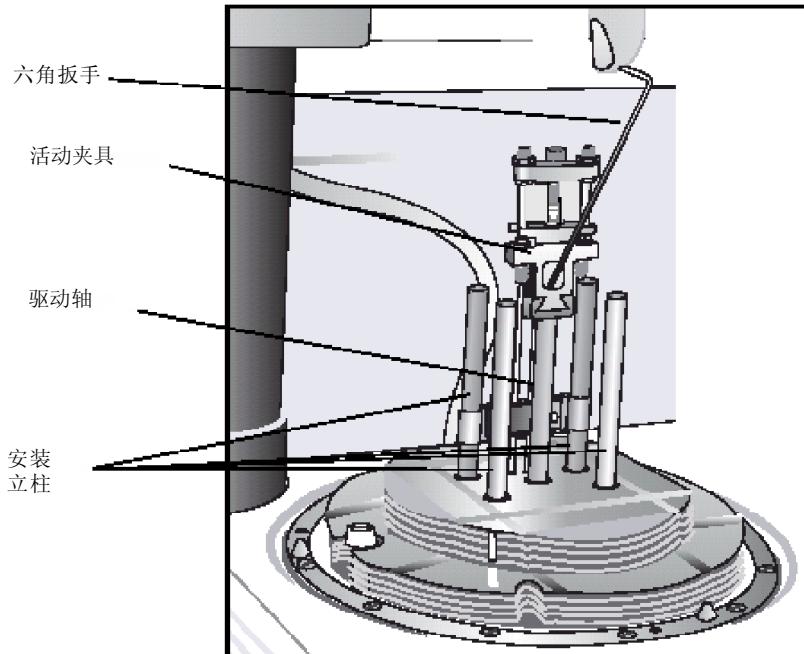
# 安装单/双悬臂夹具

第一次使用 DMA 时，需要安装夹具。以下过程详细说明了单/双悬臂夹具的安装和拆除，该夹具为在 DMA 上使用的标准夹具。之后，如果要求不同的样品几何测头，可以根据实验安装适当的探头。

单/双悬臂夹具用于分析范围从弱至中等的刚性样品。使用悬臂夹具可将样品牢固地夹住。

要在 DMA 上安装单/双悬臂夹具，请按照以下步骤进行（请参看下页图示来辨别部件）：

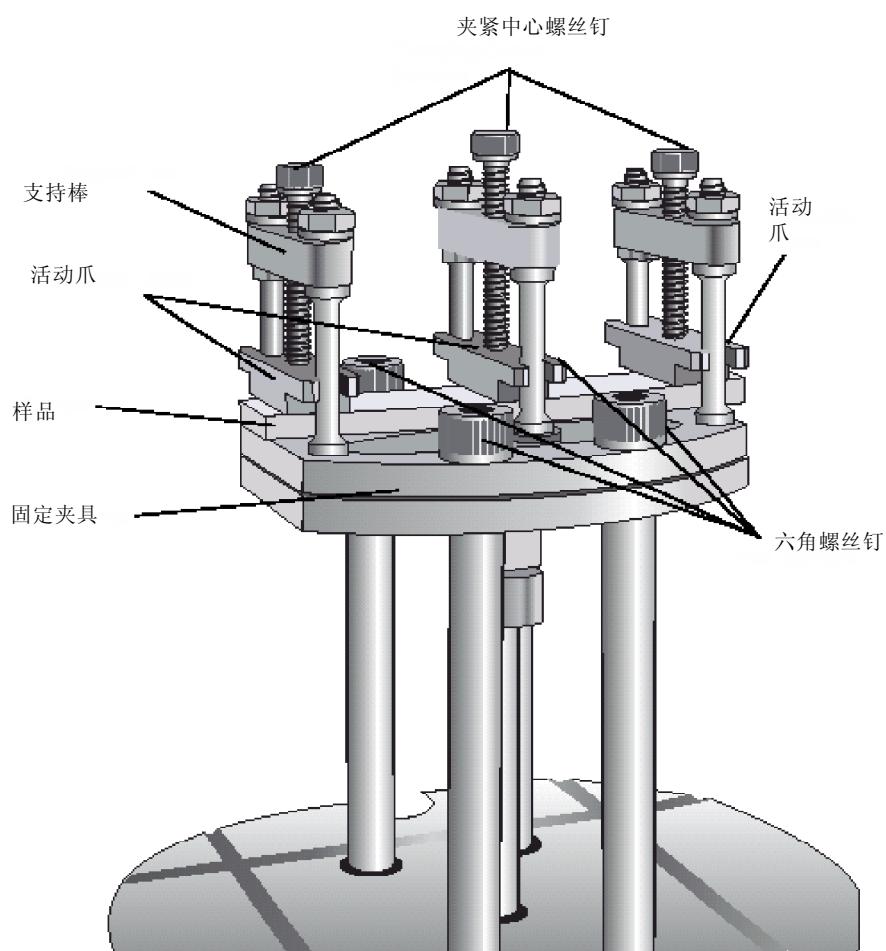
1. 将活动夹具的榫滑入驱动轴的榫支架。将榫与支架边缘对齐。
2. 如下图所示，将 1/16 六角扳手从一角插入，以拧紧活动夹具中心的固定螺丝钉。（或使用截短的六角扳手，以使扳手适合活动夹具的开口。）不要将固定螺丝钉拧得过紧。
3. 小心降低固定夹具并越过活动夹具。（可能需要重新定位热电偶。如果需要，请参见第 3 章说明。）
4. 将固定夹具与安装立柱对接并拧紧四个六角螺丝钉，如右图所示。
5. 请确保已对齐活动夹具，这样固定夹具之间就可互相平行且距离相等。可能需要再次拧松固定螺丝钉以调节活动夹具的位置。如果拧松了固定螺丝钉，请确保将其重新拧紧。
6. 请确保已在控制器上选择了正确的夹具类型和模式。
7. 校准夹具的夹具质量和夹具柔量（请参见联机帮助）。
8. 定位热电偶，使其靠近（而不碰到）样品。



# 拆除单/双悬臂夹具

以下过程用于拆除夹具。

1. 按下 DRIVE 键，将夹具锁定在合适位置。
2. 拧松（而不是拆除）将固定夹具固定在安装立柱上的四个六角螺丝钉。
3. 将固定夹具提起并离开四根支撑。
4. 拧松活动夹具上的固定螺丝钉，然后将活动夹具滑出椎支架以拆除该夹具。





# 第 3 章

## 使用、维护和诊断

### 使用 DMA

所有的 DMA 实验都具有以下概要。某些情况下，并非要执行所有这些步骤。这些步骤中的绝大多数都是使用仪器控制软件执行的。执行这些操作所需的说明可以从仪器控制程序的联机帮助中找到。因此，此处并未详细叙述所有的这些说明。

- 校准仪器
- 选择并准备样品
- 创建或选取试验过程，并通过 TA 仪器控制软件输入样品以及仪器信息
- 加载已准备好的样品并关闭炉子
- 开始实验。

要获得精确的实验结果，请认真按照步骤执行。

### 在开始使用之前

在设置实验之前，确保已经正确安装了 DMA 和控制器。确保您已经：

- 连接 DMA 与计算机之间所有必要的电缆
- 连接所有的气体管道（空气轴承和空气冷却）
- 打开装置电源
- 连接任何需要的附件
- 将仪器连接至控制器
- 熟悉控制器操作
- 校准 DMA（如果必要）。

# 校准 DMA

要获得准确的实验结果，您应该在初次安装 DMA 时校准它。为了获得最好的效果，还应定期重复校准。以下列出了每种校准方式的简要说明。有关执行校准的详细说明，请通过访问仪器控制软件，参考联机文档。

## 位置校准

该校准用于在光学编码器读取时校准驱动轴（和滑块）的绝对位置。必须在校准丢失、仪器搬动过时进行位置校准，或至少每月进行一次位置校准。

## 电子校准

该过程可在整个仪器频率范围内对仪器的电子元件和驱动电动机进行校准。它可自动去除空气以锁定滑块（驱动轴）并在电动机上应用静态力（预加力）作为校准参考。然后，仪器会使用一系列的频率来执行校准。DMA 搬动后必须执行电子元件校准，或至少每月执行一次电子校准。

## 力校准（平衡和重量）

力校准用于调节夹具施加在样品上的力，在实验持续期间仪器会对该力进行记录。力校准中有两个步骤，**平衡（步骤 1）** 和 **重量（步骤 2）** 校准。DMA 搬动后必须执行力校准，或至少每月执行一次力校准。

## 动态校准

动态校准用于测量已知刚度和损耗的几种样品，以表征仪器动态性能的特性。自以下情况中，必须执行动态校准：

- DMA 搬动后
- GCA 或空气冷却的供给软管拆除或安装后  
或
- 至少每月执行一次该校准。

注意：根据使用样品的柔量大小，动态校准完成可能需要一到两小时。

## 夹具校准

该过程可校准已安装的 DMA 样品夹具的特性。第一次安装夹具或更换夹具时，请执行该校准。根据安装的夹具，夹具校准至多包括三个步骤（质量、归零和柔量）。

# 运行 DMA 实验

所有 DMA 实验都将具有以下概要。某些情况下，并非要执行所有这些步骤。要了解本手册未涉及的内容，请参见仪器控制软件联机帮助。

## 基本实验步骤

1. 选取、安装和校准夹具以适合样品的形状和模量范围。
2. 定位热电偶，使其靠近样品。
3. 选择需要的操作（DMA 多频、DMA 多重应变、DMA 控制力等）来执行希望的实验类型。
4. 如同由模式和夹具类型确定一样，创建适用于操作模式的过程，其中包括力、频率、加热速率等。（适当时还包括频率或振幅列表。）提供了可在实验中使用的预编译实验模板。
5. 将准备好的样品装置到 DMA 上。然后在继续实验之前，按下 MEASURE 以启动电动机，预览需要的测量，并确定可接受的条件。
6. 关闭炉子并开始实验。

联机帮助中对这些步骤进行了详细说明。

# 选取夹具设置

多数样品的形状和模量决定了实验中要使用的夹具。对于某些类型的样品，选取夹具设置显而易见（例如，薄膜）。可是，对于其他样品，就可能有数种夹具设置可选（例如，填充的热塑性塑料棒）。此时对宽广温度范围上的单个样品的测量来讲，可能会有多套必要条件。下表所列为常用材料类型的夹具。

一旦选取了适当的夹具设置，则必须预编译 DMA 以反映夹具选择，这样仪器便可完全控制实验并报告正确的样品模量。从仪器控制软件中选择夹具类型。有关详细信息，请参阅联机帮助。

本章提供了有关单/双悬臂夹具的信息，该夹具是 DMA 附带的标准夹具设置。如果选择选配夹具，有关使用方法，请参考联机帮助。

夹具	样品类型	举例
3 点弯曲	刚性，低阻尼	金属、陶瓷，高填充的热硬化聚合物、高填充结晶体、热塑性聚合物
悬臂（单/双）	从弱至中等刚性	热硬化树脂、橡胶体、非晶体或轻微填充的热塑性材料
剪切	在玻璃转变之上的不被支撑的粘性液体至橡胶体	未固化的树脂、 b-staged 材料、轮胎橡胶
压缩 (标准和 浸液)	凝胶和弱橡胶体	个人护理产品、牙膏、水凝胶
薄膜拉伸 (标准和 浸液)	薄薄膜和纤维	各种类型薄膜
纤维拉伸 (标准和 浸液)	单条/成捆的纤维	各种类型纤维
刺穿	任何材料	用于 DMA 刺穿、玻璃转变或熔化分析（不用于定量 DMA 实验）的各种样品

## 单/双悬臂夹具

单/双悬臂夹具可用于刚性相对较弱和中等之间的材料。样品的范围，可从被支撑的热硬化性树脂一直到橡胶体、非晶体或轻微填充的热塑性材料。测试橡胶体和固化支撑树脂时，双悬臂夹具是不错的选择。单悬臂夹具始终用于通过玻璃化转变测量非晶体聚合体和橡胶体的性质，和高热膨胀材料。

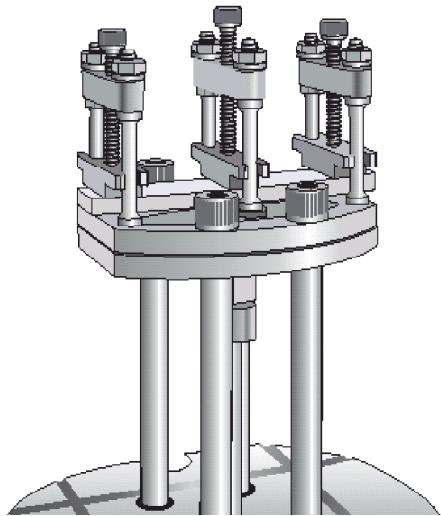
### 样品大小

长度： 单： 4、10 和 17.5 mm  
双： 8、20 和 35 mm

宽度： 至多 15 mm

厚度： 至多 5 mm（为获得最佳结果，至多可达到 1.75 mm）。

注意： 使用单/双悬臂夹具时，为了获得最佳结果，长度比厚度的比率应当大于或等于 10。



# 对齐热电偶

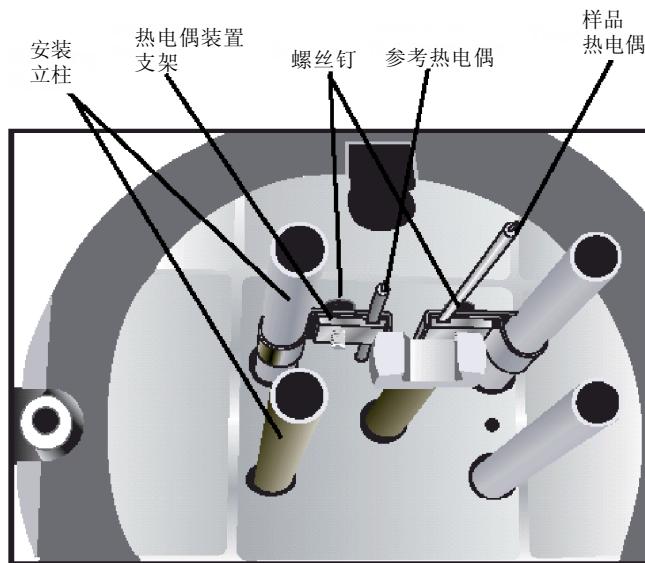
DMA 炉腔内使用了两个热电偶。除浸液压缩和浸液薄膜/纤维外，右边的热电偶为其他所有夹具提供样品温度读数。这两种浸液夹具使用左边伸出的热电偶来测量流体和样品的温度。

使用任何非浸液夹具时，在将右边（样品）的热电偶加载在夹具上时，都应当使其靠近（而不是碰到）样品。左边（参考）的热电偶不需要靠近样品，也可在必要时重新定位以不碰到样品和夹具。

使用浸液夹具时，应当弯曲左边（样品）的热电偶，将尖端浸没在流体中并靠近（而不是碰倒）容器底部。请确保热电偶不会阻碍滑块的自由移动。右边（参考）的热电偶不需要靠近样品，也可在必要时重新定位以不碰到样品、夹具和容器。

如果热电偶弯曲或方向偏离，或安装了新的夹具，则有必要定期将一个或两个热电偶重新对齐。按照以下步骤进行操作，需要时可以参考下图：

1. 拧松热电偶安装支架（如右图所示）上的螺丝钉。
2. 根据需要，将热电偶朝上或朝下移动，或弯曲需要的角度。
3. 重新拧紧支架上的螺丝钉。
4. 如果需要，调节热电偶尖端的角度，使其靠近（而不是碰倒）样品。也许需要弯曲热电偶使其更靠近样品。弯曲热电偶时，请小心操作以防将其折断。不要尖锐弯曲，应当逐渐弯曲。



从上往下看（拆除夹具后）

# 选择操作模式

有多种操作模式可供 DMA 选用。下表列出的每种模式均反映了可执行的不同级别实验。开始实验之前，需要使用仪器控制软件选择一个实验模式。

模式	实验
DMA 多频 应力/应变	<ul style="list-style-type: none"><li>• 储能和损耗 模量, <math>\tan \delta</math>的时间、温度和频率依存性</li><li>• 类似材料的比较（模量、转变温度）</li><li>• 热固化固化特性</li><li>• 使用 TTS 在荷载之下的长期预测</li></ul>
DMA 多重应变	<ul style="list-style-type: none"><li>• 线性粘弹性区域 (LVR) 的评估</li><li>• 橡胶体中的“胀破效果”</li></ul>
DMA 多重应力	<ul style="list-style-type: none"><li>• 应力疲劳</li><li>• 应力依存的 LVR</li></ul>
DMA 蠕变	<ul style="list-style-type: none"><li>• 蠕变柔量 <math>J(t)</math></li><li>• 重力（荷载）下的材料下陷（拉长）</li></ul>
DMA 应力松弛	<ul style="list-style-type: none"><li>• 应力松弛模量 <math>E(t)</math></li><li>• 垫圈密封和力的紧密性</li><li>• 经时配件</li></ul>
DMA 控制力	<ul style="list-style-type: none"><li>• 薄膜和纤维的应力/应变曲线</li><li>• 线性粘弹性区域 (LVR) 的评估</li><li>• 玻璃化转变</li><li>• 软化点</li><li>• 静态模量</li><li>• 热膨胀（初步）</li></ul>
DMA 恒应变	<ul style="list-style-type: none"><li>• 薄膜中加工取向效果</li><li>• 收缩力</li></ul>
DMA 应变速率	<ul style="list-style-type: none"><li>• 杨氏模量</li><li>• 屈服点</li></ul>

# 准备和装置样品

为获得精确以及可重复的模量值，样品准备是极其重要的因素之一。每种类型的夹具对样品准备均要求有特定的方法。

标准单/双悬臂夹具的准备过程如下所列。

## 单/双悬臂夹具样品准备

理论上，夹具使用的样品应当是经过铸型、车床加工的或矩形形状。

- **厚度：**长度比厚度的最小比率应当是 10 到 1 之间。矩形的厚度应当是双悬臂夹具跨度的 1/10 到 1/32。最大厚度为 5 mm。

**注意：**样品具有均匀的厚度至关重要，这样可精确测得厚度。样品厚度的立方用于模量计算，因此，如果厚度出现 3% 的错误，将导致计算模量时出现 10% 的错误。

- **宽度：**矩形的宽度应当是 5 到 15 mm。样品的宽度和厚度尺寸应当保持均衡，差值保持在 0.02 mm 内。
- **长度：**切割样品，使其比双悬臂支撑之间的距离长 5 mm，如此样品可横放在支撑上而不会碰到炉子。对于双悬臂夹具来讲，这个长度大约是 55 到 60 mm，对于单悬臂夹具来讲大约是 30 mm。



**告诫：请确保样品不会碰到炉子或加热元件。**

---

其他例如圆柱、管状的样品形状，也可用于双悬臂夹具，但是，会有所降低，导致模量测量中的不确定性有所增加。

**注意：**必须选取样品大小，这样可使样品刚度位于仪器的限制内（ $10^2$  到  $10^7$  N/m）。如果样品本身适合夹具，并不意味着样品具有精确测量的足够高或低的刚度。

## 单/双悬臂夹具的操作模式

以下两个等式可有助于确定使用的样品夹具和选取的样品大小。这些等式也有助于确定是否可测量特定大小的样品的性质，或是否必须调整样品大小。

以下几页为样品夹具的随可能的样品大小范围而变的模量范围。以下等式中，可能的样品大小被作为几何测头因子 (GF) 来计算。模量范围基于 DMA 可操作的刚度范围 (10<sup>2</sup> 至 10<sup>7</sup> N/m)。

### 几何测头因子等式

单悬臂梁: 
$$GF = \frac{1}{F} \left[ \frac{L^3}{12I} + 2S(1+\nu) \frac{L}{A} \right]$$

双悬臂梁: 
$$GF = \frac{1}{F} \left[ \frac{L^3}{24I} + S(1+\nu) \frac{L}{2A} \right]$$

其中:

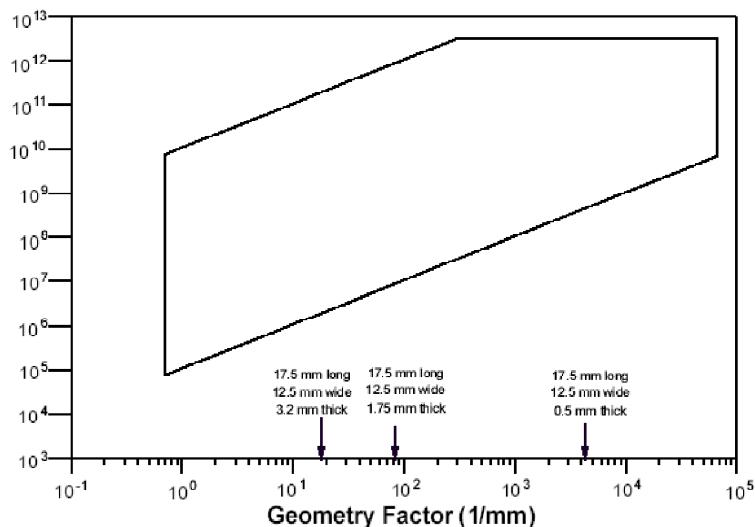
L	=	一侧的样品长度 (mm)
A	=	样品横截面积 (mm <sup>2</sup> )
I	=	对于矩形样品来讲，几何测头力矩 (mm <sup>4</sup> ) = 1/12 T <sup>3</sup> W
T	=	样品厚度 (mm)
W	=	样品宽度 (mm)
F	=	夹紧因子 (额定为 0.9)
S	=	剪切因子 (额定为 1.5)
n	=	泊松比 (额定为 0.44)

注意: 参考联机帮助中的“夹紧因子”以确定夹紧因子 F 的值。

联机帮助中对这些等式进行了详细说明。

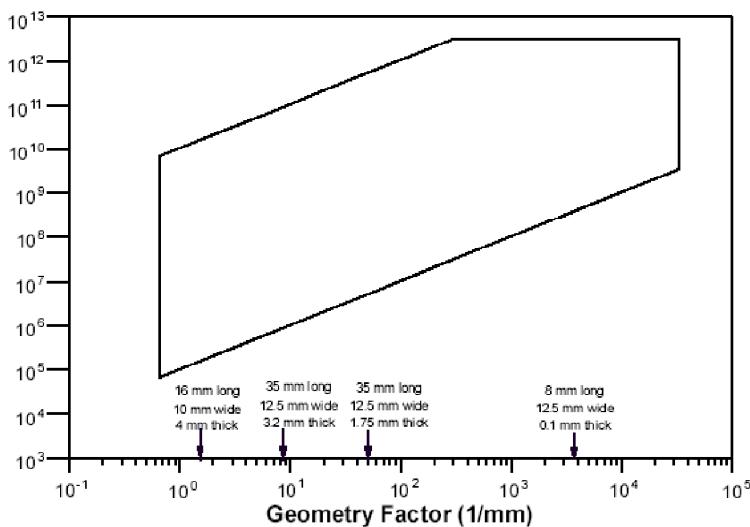
后面的两个图图示了一些典型样品几何形状。

Modulus (Pa)



单悬臂夹具的操作范围

Modulus (Pa)



双悬臂夹具的操作范围

## 操作范围图的用处

之前的图可有助于确定给定材料的正确样品形状，或确定是否可测量特定大小的样品。要为指定材料确定正确的样品大小，需要知道将要测试的材料的大概性能（模量）。例如，给定材料也许在室温下具有大约  $3 \times 10^9$  Pa 的模量，在  $T_g$  以上时会变至  $10^7$  Pa。

从上一页的图中可以看出，在室温下多数几何测头因子可适用于材料，但是仅限定的几何测头范围（ $10^0$  到  $10^2$   $1/\text{mm}$ ）可适用于玻璃转变之上的样品。

这些图的第二个用处是确定是否可用特定大小的样品。例如，一个宽 12.5 mm 厚 3.2 mm 的样品用于标准（35 mm）悬臂夹具。上图显示了单悬臂（17.5 mm）和双悬臂（35 mm）的几何测头因子。如果材料在室温下具有相对较低的模量（例如， $10^6 \text{ Pa}$ ），那么双悬臂夹具可轻松适用于该样品，但是，该样品会处在单悬臂夹具操作范围的较低边缘。如果需要室温以上的精确的信息，那么双悬臂夹具为首选，或使用较小（10 mm 或 4 mm）的单悬臂夹具。

## 单/双悬臂夹具样品装置

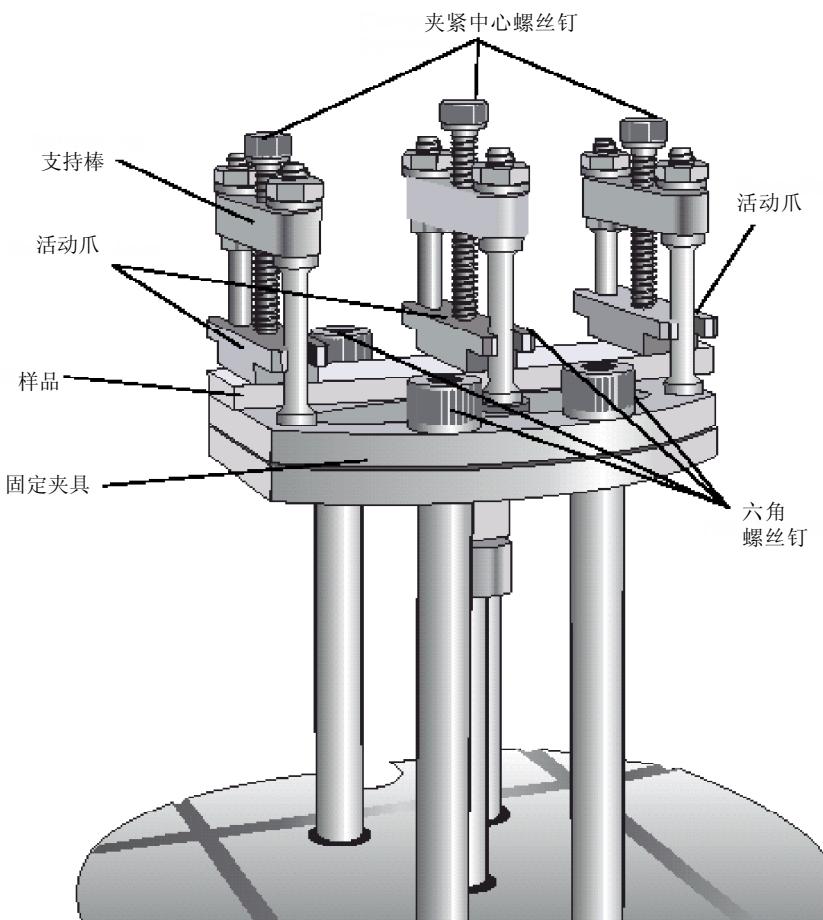
本节提供了两个过程，一个用于装置刚性材料，另一个用于装置弱材料。请参考本节适用于您使用的样品类型的信息。

### 装置刚性材料

要在单或双悬臂夹具上装置刚性材料，请按照以下步骤进行：

1. 拧松三个夹紧中心螺丝钉（单悬臂夹具为两个），如右图所示。
2. 按下 **DRIVE** 键以释放（浮动）活动夹具。
3. 按顺序将每个活动爪提起，将样品从夹具面之间的一侧滑入。

**注意：**如果材料的热膨胀非常大，使用单悬臂夹具（而不是双悬臂夹具）来获得更精确的结果。使用单悬臂操作的后边固定夹具将样品靠近热电偶。



带样品的双悬臂夹具

4. 用手指拧紧固定夹具上的夹紧螺丝钉。
5. 用手指拧紧活动夹具上的夹紧螺丝钉。
6. 再次按下 **DRIVE** 键，将夹具锁定在合适位置。
7. 使用扭矩扳手尽量拧紧每个夹紧螺丝钉，以将样品变形降至最低。建议的夹紧扭矩，高模量 ( $E' > 5 \text{ GPa}$ ) 材料为  $1.1 \text{ N}\cdot\text{m}$  ( $10 \text{ in-lb}$ )，热塑性样品 ( $E' \sim 1 \text{ GPa}$ ) 为  $0.6$  到  $0.9 \text{ N}\cdot\text{m}$  ( $5$  到  $8 \text{ in-lb}$ )，并用手指拧紧  $T_g$  以上的多数橡胶体。
8. 调节热电偶位置，使其位于样品侧以下约  $1 \text{ mm}$ ，并距样品侧约  $1 \text{ mm}$ 。



**告诫：请确保样品不会碰到炉子或加热元件。**

## 装置弱材料，包括树脂或其他玻璃纤维丝编织物上的材料

如果使用单或双悬臂夹具来分析玻璃丝纤维编织物上的树脂或一些其他样品，建议使用  $8\text{-mm}$  双悬臂夹具。请按照以下步骤将样品装置到夹具上：

1. 执行上一节中的步骤 1 至 6 来使用刚性样品（例如钢柔量样品）。
2. 拧松夹紧中心螺丝钉并拆除刚性样品。
3. 按顺序将每个活动爪提起，将纸夹或其他小东西从爪之间滑入以支撑夹具面打开。建议在每个夹具面上放置铝薄片，以防止爪关闭时树脂粘在其上。
4. 准备带树脂的编织物样品，将树脂在编织物上稀薄均匀地平铺开。
5. 小心地将准备好的编织物从夹具一侧滑入。
6. 拿走夹具面之间的纸夹或其他支撑物。
7. 用手指拧紧夹紧中心螺丝钉。使用六角扳手将螺丝钉再旋转  $1/4$  圈以将其紧固。
8. 调节热电偶位置，使其位于样品侧以下约  $1 \text{ mm}$ ，并距样品侧约  $1 \text{ mm}$ 。

## 测量样品长度

要获得精确的模量值，精确测量样品的尺寸至关重要。

- 使用双悬臂夹具时，可用两个固定夹具之间的长度减去活动夹具的厚度来确定样品长度。这种测量是确定的（例如，35 mm）并可直接使用而不需要验证。
- 使用单悬臂夹具时，可由固定和活动夹具之间的长度来确定样品的长度。可是，由于驱动轴的柔顺性，在样品固定在夹具中后，实际的样品长度可能与默认值稍有不同。要精确测量样品长度，可使用附件盒中提供的伸缩量具。下一节提供了使用伸缩量具的说明。

## 使用伸缩量具

要在单悬臂夹具上使用伸缩量具精确测量样品长度，请按照以下步骤进行操作：

1. 按照本章中所述准备并装置样品。
2. 将有凸边的旋钮逆时针旋转大约四分之一圈以拧松量具的顶端。  
参见图示。
3. 从夹具之间的侧面插入量具，使其正好位于样品之上。
4. 轻轻地旋转量具，使装有弹簧的量具顶端正好与夹具爪垂直并位于样品中间。请确保手柄垂直。
5. 顺时针旋转突起的旋钮来设置量具，以锁定顶端在合适的位置。
6. 向一旁旋转量具，并将其从夹具中拿掉。
7. 用游标卡尺测量量具长度，该长度等于实际的样品长度。 输入仪器参数时，将这个值用作样品长度。



# 执行实验

一旦设置了正确的仪器实验参数，并将样品装置到 DMA 后，就可以准备运行实验了。

使用单或双悬臂夹具运行实验时，请按照下一节的说明进行操作。请注意以下关于单/双悬臂夹具实验的条件：

- 如果材料的热膨胀非常大（例如热塑性塑料和刚性橡胶体），使用单悬臂夹具（而不是双悬臂夹具）来获得更精确的结果。
- 在低温下运行橡胶体样品时，也许需要在最低温度时拧紧夹具。要这样做，请按照以下建议方法进行操作：
  - 安装和校准需要的夹具。
  - 编制需要的试验方法，包括作为第一个分段的平衡分段。

**注意：** 使用“试验前参数”窗口中的“方法平衡后再次进行测量”选项，来为样品温度在较低温度设置处平衡后样品中的尺寸改变进行调节。该选项仅可用于薄膜/纤维拉伸、压缩和刺穿夹具。

- 加载需要的样品。
- 拧紧夹具，并按下触摸屏上的 FURNACE 以关闭炉子。
- 从菜单选择 **控制/转至温度**，并输入需要的低启动温度。单击**设置**按钮。这将使样品转至启动温度，而无须应用可能使其扭曲的力。

**注意：** 需要的温度必须位于 -180 到 20°C 之间。

- 观察样品温度，并等待直至样品达到输入的温度为止。
- 按下触摸屏上的 FURNACE 来打开炉子。GCA 将自动停止并切换至排气状态，炉子加热器在炉子打开时会关闭。
- 再次快速并小心地拧紧夹具。



**告诫：** 如果需要处理样品或夹具，请使用适当的工具和安全预防措施。因为可能会由于足够的高温或低温而导致伤害。

---

- 按下触摸屏上的 FURNACE 以关闭炉子。

- 选择 START 开始编制的实验。

## 开始实验

开始实验之前，请确保 DMA 和控制器已连接、样品已加载、炉子已关闭并且通过仪器控制软件已输入所有必要信息。

注意：一旦开始实验，最好使用计算机的键盘进行操作。DMA 对运动非常敏感，可能拾取到由于触摸仪器触摸屏上的键而引起的振动。

## 停止实验

如果出于某些原因需要停止实验，通过仪器控制软件选择**停止**或按下触摸屏上的 STOP 键，就可在任意点处停止实验。

使用“拒绝”功能也可停止实验。但是，“拒绝”功能会丢弃所有实验数据，而停止功能可以存储实验停止点之前收集的任何数据。

## 取出样品

实验运行完成后，按照以下说明从单/双悬臂夹具中取掉样品：

1. 试图取出样品前，请等待其回复至室温。
2. 按下 FURNACE 键升高炉子。
3. 再次按下 DRIVE 或 STOP 键，将活动夹具锁定在合适位置。
4. 拧松将样品固定在了活动爪之间的三个夹紧中心螺丝钉，取出样品。如果有任何样品残留物粘在了夹具上，请用剃须刀片或类似的工具将其清除。

# 维护仪器

主要的维护操作如本节所说，这是客户的责任。进一步的维护应该由 TA Instruments 代表或其他合格的服务人员执行。要获得更进一步的信息，请查询随仪器控制软件一起安装的联机文档。



**警告：由于本仪器中的电压很高，未经培训的员工绝对不要尝试检查或修理任何电路。**

## 清洁触摸屏

可以根据意愿随时清洁 DMA 触摸屏。应该使用家用液体玻璃清洁剂和软布来清洁触摸屏。用玻璃清洁剂蘸湿软布（而不是触摸屏），然后擦拭触摸屏及其周围表面。



**警告：不要使用烈性化学制品、腐蚀性的清洁剂、钢丝棉或任何粗制材料来清洁触摸屏，因为您可能会划伤其表面并降低其功能。**

# 更换保险丝



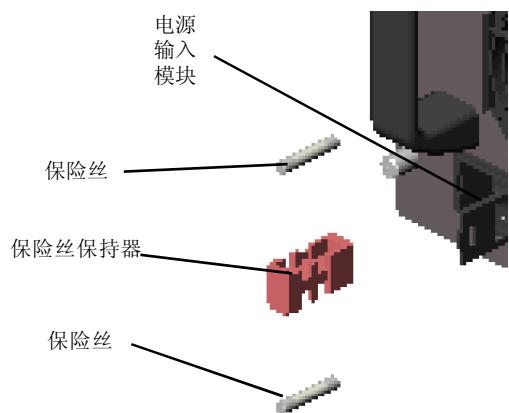
**警告：**在检查或更换保险丝之前，切记要拔下仪器的电源插头。

## 更换 DMA 保险丝

DMA 包含内部保险丝，您不能自己更换该保险丝。如果任何内部保险丝烧断了，可能会有危险存在。请致电 TA Instruments 服务代表。

您仅能自己更换位于仪器后部的电源输入模块中的保险丝。要检查或更换这些保险丝：

1. 关闭仪器并拔掉电源线。
2. 在电源输入模块门的边缘插入小螺丝刀，将它撬开。
3. 在保险丝保持器的边缘插入螺丝刀，将它从仪器中拉出来。
4. 卸下旧保险丝，并更换新保险丝，必须使用与仪器后面板标示的类型和额定参数一样的保险丝。
5. 将保险丝保持器放回原处并将门关上。



# 备用部件

DMA 的备用部件由 TA Instruments 提供。订购部件时, 请参见下表。

部件编号	说明
985011.901	DMA 附件套件, 其中包括:
280037.000	工具扭矩扳手驱动
982161.902	样品, ABS (丙烯腈/丁二烯/苯乙烯共聚物) 6 cm (2.35 英寸) (5)
982161.903	样品, ABS (丙烯腈/丁二烯/苯乙烯共聚物) 3.5 cm (1.4 英寸) (5)
982165.902	样品, 聚碳酸酯 6 cm (2.35 英寸) (5)
982165.903	样品, 聚碳酸酯 3.5 cm (1.4 英寸) (5)
984308.001	样品, 0.005 英寸校准
984308.002	样品, 0.010 英寸校准
984308.003	样品, 0.020 英寸校准
984308.004	样品, 0.030 英寸校准
984308.005	样品, 0.030 英寸 x .75 校准
982166.003	样品, 125 柔量, 6 cm (2.35 英寸) 长
982166.004	样品, 125 柔量, 3.5 cm (1.4 英寸) 长
205221.002	保险丝, 10 Amp, 250 V
900902.901	钢样品, 温度校准
900907.901	锌, 样品, 温度校准
983169.001	数字游标卡尺 B&S
270339.002	100 g 砝码
259508.000	黄铜镊子
270962.002	伸缩量具 (用于 17 mm 单悬臂夹具)
205221.001	保险丝 (6.3 A, 250 V)
251470.025	以太网网线 [7.7m (25 英尺), 屏蔽线 ]
253827.000	电源线 120 V
985199.901	控制热电偶 (88.9 mm 长)
985199.902	样品热电偶 (127 mm 长)
980228.902	玻璃支撑布 (0.205 mm 厚, 32.92 m 长)
984309.901	PET 薄膜样品 3.5 cm (1.5 英寸) 长 (10)
984310.901	钢丝样品 3.5 cm (1.5 英寸) 长 (10)
984313.901	PET 绳样品 36" 长
982165.904	聚碳酸酯样品 (0.794 mm 厚, 35.56 mm 长, pkg of 5)
984309.901	聚乙烯对苯二甲酸酯 (PET) 薄膜 (pkg of 10 片, 38.1 mm 长)
984313.901	PET 纤维 (914.4 mm 长)
984054.001	驱动轴
984003.901	DMA 炉子
984370.901	炉子入口套圈/弹簧套件
983164.001	校准样品薄薄膜夹具

(本表待续)

部件编号	说明
280257.001	工具, 扳手六角 3/32 L 球式驱动器
280039.000	六角扳手 7/64 0.25 bit
984347.001	六角扳手 1/16 L
270962.001	伸缩量具 (用于 10 mm 单悬臂夹具)
270962.002	伸缩量具 (用于 17 mm 单悬臂夹具)
270976.002	带自动排泄的过滤器/调节器
270975.001	过滤器元件
984350.901	空气压缩机附件
991400.902	气体制冷附件 (GCA) – 自动储罐填充
984048.901	8 mm 单/双悬臂夹具套件
984047.901	20 mm 单/双悬臂夹具套件
984015.901	35 mm 单/双悬臂夹具套件
984026.901	三点弯曲夹具套件 (长度 5、10 和 15 mm )
984014.901	三点弯曲夹具套件 (长度 20、10 和 50 mm )
984018.901	平行板压缩夹具套件 (包括 15 和 40 mm 板)
984022.901	刺穿套件
984016.901	薄膜/纤维拉伸夹具套件
984023.901	指定纤维拉伸夹具套件
984017.901	剪切切换夹具套件
985067.901	浸液压缩夹具套件
985068.901	浸液薄膜/纤维夹具套件



# 索引

## A

安全

- 使用浸液夹具 9, 12
- 提举 12
- 安全标准 8
- 安装 27
  - 电压配置装置 37
  - 空气过滤器调节器 31
  - 空气冷却连接 34

## B

保险丝 59

- 在 DMA 上更换 59
- 备用部件 61
- 编织物
  - 玻璃纤维丝 54
  - 玻璃纤维丝编织物 54
- 部件 61

## C

操作范围

- 单悬臂夹具 53
- 双悬臂夹具 53
- 用法图 53
- 操作模式 49
- 拆除包装 27
- 程序安排的加热速率 25
- 尺寸 25
- 触摸屏
  - 控制菜单 19
  - 清洁 59
  - 显示菜单 21
  - 主功能键 17
- 存储容罐 21

## D

DMA

- 部件 61
- 操作模式
- 选择 49

更换保险丝 59

提举 12

校准 44

单 / 双悬臂夹具

安装 40

拆除 41

取出样品 57

样品准备 50

运行实验 56

单悬臂夹具

伸缩量具 55

等温稳定性 25

电磁兼容性标准 8

电缆

连接 29

以太网 35

电压配置装置

安装 37

电源开关 39

电源输入模块 39

电源线

安装 39

动态变形 25

端口 29

Com 1 29

Com 2 29

事件 29

以太网 29

制冷气体 31

## F

阀门

空气供应 (空气过滤器调节器) 33

电磁 33

非拉伸 21

## G

关闭

仪器 39

规格 25

动态机械分析仪 (DMA) 25

空气压缩机附件 (ACA) 25

## J

机柜 16  
几何测头因子等式 51  
计算机  
    连接到 LAN 37  
    连接到以太网集线器 35  
夹具 21  
    单 / 双悬臂  
        安装 40  
        操作模式 51  
        拆除 41  
        说明 47  
        样品类型 47  
        样品装置 53  
        样品准备 50  
非拉伸 21  
固定 21  
活动 21  
浸液夹具安全 9, 12  
拉伸 21  
扭矩 54  
选取 47  
校准 44  
    电子元件 44  
    动态 44  
    砝码 44  
    夹具 44  
    力 44  
    天平 44  
    位置 44  
    仪器 44  
浸液流体 9  
浸液液体 12

## K

开始  
    实验 57  
空气过滤器调节器 23  
    出口压力 33  
    电子计时器 33  
    空气源的最小要求 33  
允许的压力 12

空气压力警告 12  
空气压缩机附件 (ACA) 12, 23  
    安装指南 23  
    说明 23  
    位置 23  
    泄压阀 12  
空气源 31  
空气制冷附件 (GCA) 33  
空气制冷管道  
    安装 33  
空气轴承 31  
空气轴承气体 33  
    连接 31  
控制器  
    描述 15

## L

LAN 37  
拉伸 21  
冷却速率 25  
连接  
    电缆 29  
    气体管道 29  
流体  
    浸液夹具用 9

## M

模量范围 25  
模量精确度 25

## N

扭矩 54

## P

配件  
    制冷气体 33  
频率范围 25

## Q

启动  
    仪器 39  
气氛 25

气体管道  
连接 29  
清洁  
触摸屏 59

## R

热安全 11  
热电偶  
定位 40  
热膨胀 56

## S

伸缩量具 55  
测量 55  
实验  
过程 45  
基本步骤 43  
拒绝 57  
开始 57  
停止 57  
执行 56  
实验步骤 45  
事件端口 29  
双悬臂夹具  
测量样品长度 55  
伸缩量具 55  
榫 40

## T

条例符合 8  
停止  
仪器 39  
停止实验 57

## W

网络 35  
维护 59  
位移范围 25  
温度范围 25  
温度再现性 25  
污染 13

## X

显示菜单 21  
泄压阀 12

## Y

压力  
    空气过滤器调节器 33  
    空气压力警告 12  
样品  
    残留物 57  
样品  
    测量长度 55  
    分解 13  
    刚性 53  
    取出 57  
    橡胶体 56  
装置 50, 53  
    刚性材料 53  
    树脂 54  
准备 50  
样品长度 25  
样品厚度 25  
样品宽度 25  
液态氮 11  
    安全 11  
液体  
    浸液夹具用 12  
仪器  
    安装 27  
    备用部件 61  
    端口 29  
    关闭 39  
    技术规格 25  
    检查 27  
    接地 29  
    连接到以太网集线器 35  
    提举 12  
    维护 59  
    重新包装 27  
以太网电缆  
    将计算机连接到 LAN 37

以太网端口 29  
以太网集线器  
    连接到控制器 35  
    连接到仪器 35  
应变分辨率 25  
有害产物 13  
运行实验 45

## Z

制冷气体端口 31  
制冷气体配件 33  
制冷软管  
    安装 34  
重量 25  
重新包装 27  
主功能键 17  
状态行 17  
最大力 25  
最小预加力 25

