

VDMS-2000 高低温介电温谱测量系统

User Manual



前言

本手册使用下列文件编制标准

注



“注”中包含有重要信息

小心



“小心”出现在操作说明之前。如违反这些事项，可能导致设备损坏或数据丢失。

警告



“警告”用以警示特殊的步骤或操作惯例，如违反该警告，可能导致严重伤害或死亡。

安全符号

下面列出了仪器上或手册中使用的安全符号的一般定义:

	维护手册符号：在需要用户参考仪器手册时，试用此符号表明。
	交流直流
	接通（电源）
	切断（电源）
	按钮开关到位
	按钮开关复位
	机壳终端
	与仪器机壳的连接，包括所有外露的金属结构
	待用

警告	这个警告标志表示危险。它提醒用户如果不正确执行或不遵守某个程序、操作规程或条件，将会导致人员伤害或死亡。
注意	这个注意标志表示危险。它提醒用户如果不正确执行或遵守某个程序、操作规程或条件，将会导致仪器部分或全部损坏。
注	这个注解标志表示重要信息。它提醒用户需要理解的必要程序原则或条件。

设备操作要求



设备不能与危险气体一起使用。使用设备前，请确保待测系统已清除所有危险气体。当检测含有危险气体的系统时，请将设备的排气装置连接至具有净化功能或防毒气泄漏的排气装置。接触危险气体可能导致严重伤害或死亡。



设备不允许将夹具暴露在空气中启动软件测量，这样会使高温炉全功率升温导致高温炉损坏，请在操作过程中注意。



只有按正常使用条件操作才能保证此设备的性能和操作安全。设备外壳正面、背面和侧面的通风槽旁至少应留4英寸的间隙。操作员应有足够的空间来安全地执行测试。

电源和静电敏感器件



取决于订购的设备配置，首次启动设备之前，请检验设备的配置是否符合当地的干线电源电压要求



请使用电涌保护功能来增加测量装置对下列现象所导致的单向瞬变的抵抗能力：

- ☐ 电网切换（即电容器组、电感负载和电动马达等的切换）
- ☐ 电网故障
- ☐ 间接雷击



测量系统的许多元件都是静电敏感器件。维护测量系统，特别是维护静电敏感器件时请配备接地装置。

注意事项

手册中包含的信息可随时更改，恕不另行通知。本手册包含受版权保护的专有信息，保留所有权利。未经佰力博科技事先书面同意，不得对本手册的任何部分进行影印、复制或译为其他语言。©版权归佰力博科技公司所有。

认证

佰力博科技证明，此产品在出厂发运时符合发布的技术规格。佰力博科技进一步证明其校准测量可溯源至中国计量院，达到了该研究院的校准设备或其他国际标准化组织成员国的校准设备允许的范围。

保修

自产品装运之日起，佰力博科技将就其产品材料和工艺缺陷，为客户提供为期十二个(12)月的保修服务。在保修期内，佰力博科技将有权单方决定维修或更换已证明有缺陷的产品。为了保证维护或修理质量，请务必将此产品返回到佰力博科技指定的服务机构。正常使用中的消耗品不属于保修之列。佰力博科技承担的所有保修性零部件的更换或修理，仅限于佰力博科技认定为由于（或可追溯至）原材料或工艺缺陷而导致的设备故障。如出现对设备的滥用、意外损害、改装、误用或疏忽使用，则本保修所涵盖的所有销售商责任即告终止。对于保修期内已修理或已更换的零部件，仅在该零部件原保修期的剩余期限内继续保修。保修期满后，客户应按时价支付之后维修所需的零部件款、人工费和运输费，客户必须合理保养产品以避免损害。

更换和调整

当保修情形发生时，客户必须立即提出保修要求且必须在有效保修期内向佰力博科技或其授权代表提交保修资料。保修资料中应包括产品序列号、装运日期及对保修情形的详尽描述。在退回产品以供维修和/或调整之前，客户必须首先获得佰力博科技或其授权代表所提供的产品退回方式及退回地点的书面授权函。

任何退回检测的产品应按销售商指明为可接受的方式运输，且客户预付运费。如果未及时提出保修要求，或对改装项目提出保修要求，或未按佰力博科技可接受的运输方式退回保修产品，则销售商有权拒绝保修。

当为了检测和检查或任何其它原因而退回产品时，客户应对错误包装或搬运而造成的损害以及运输过程中的产品遗失负责，任何情况下，佰力博科技全权负责产品故障原因和性质的认定，且此认定为最终裁定。如果佰力博科技发现其产品被无故退回且仍可正常使用，将会通知客户并将该产品退回客户，而运费及产品的检测和检查费用需由客户承担。

保修范围之外的项目

正常保修范围之外的项目包括：铂电极、K型热电偶，以及明显的客户滥用或误用造成设备故障等，这些项目应视为保修范围之外的项目。

示例操作

为了便于用户操作，本操作手册制定一套完整的示例操作教程，该示例将帮助用户理解佰力博科技开发的设备仪器，佰力博将不对由示例程序或其使用引起的任何专利、商标、版权或其它所有权的侵权行为负责。佰力博科技不保证示例程序没有对第三方的这些权利造成侵权。但是，佰力博科技不会故意侵权或提供侵犯第三方专利、商标、版权或其它所有权的软件。

佰力博服务

- 提供1年免费维修，终身维护服务；
- 提供出厂检验报告，提供日常预防性维护服务；
- 提供相关技术支持及服务；
- NIST可追溯性校准泄漏检测和验证服务；
- 免费培训服务；
- 软件免费升级服务。

联系佰力博

客服部E-mail：sales@partulab.com

技术部E-mail：tech@partulab.com

服务热线：400-600-9734

欢迎访问我们的网站：www.partulab.com

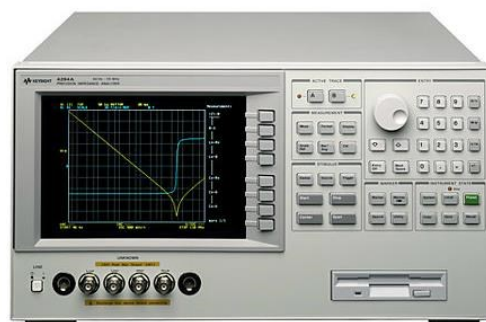
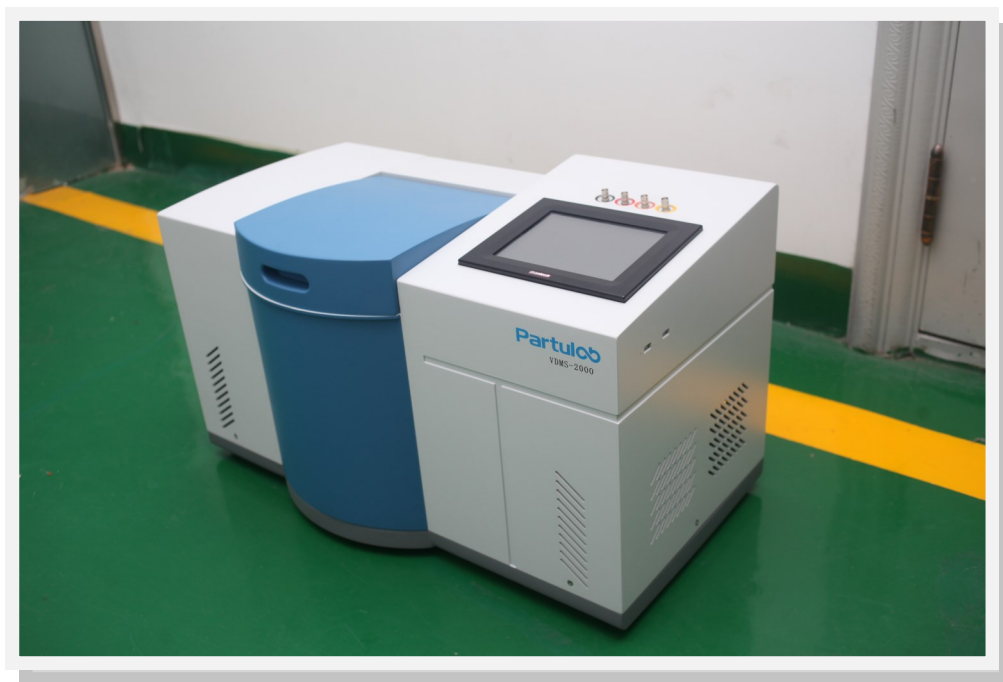
目 录

第一章 入门.....	08
第二章 简介.....	14
第三章 安 装.....	23
第四章 测量操作示例.....	29
第五章 维护及保养.....	55
第六章 常见问题.....	58
第七章 实验报告.....	62

1 入门

本章介绍如何安装和连接设备仪器。

第一步： 开启电源，将仪器与阻抗相连



测量导线连线顺序：按对应颜色连接

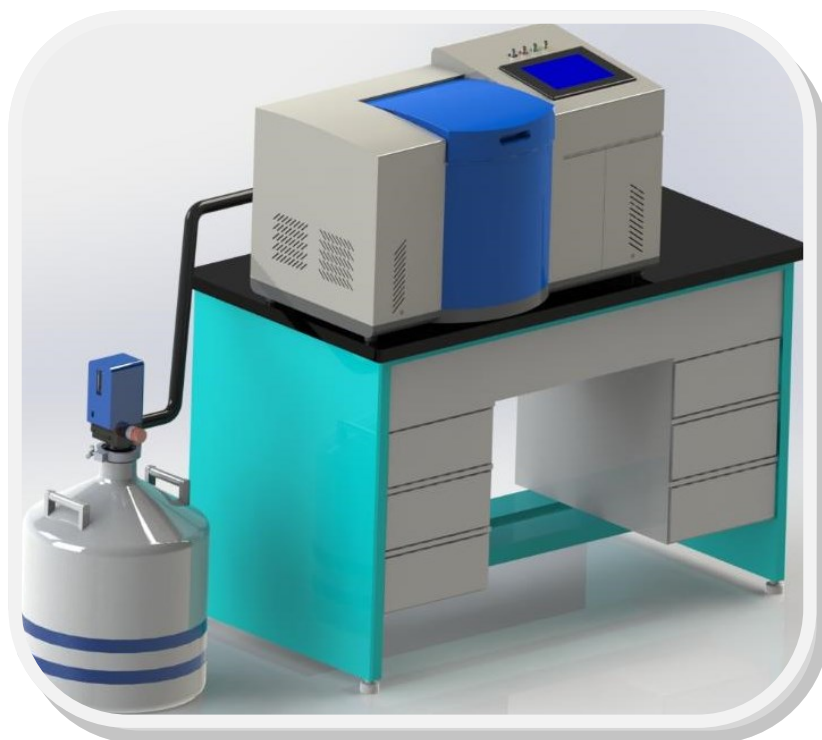
测量系统连接顺序：从右至左-黄绿红黑

WK6500连接顺序：从右至左-黄绿红黑

Agilent4294A连接顺序：从左至右-黄绿红黑

测量导线连接好后，将网线连接好即可。

第二步： 仪器与低温液氮泵连接

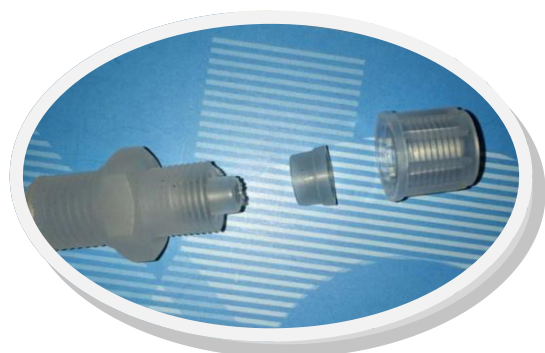


连接高低温介电温谱测量系统和液氮泵，创造低温测量条件

左边是液氮输出口，右边是液氮输入口，先将液氮泵接头连好。

第三步： 连接液氮泵

- 1、如图，液氮泵接头，接头共三段，连好后将最外面的螺帽拧下来；

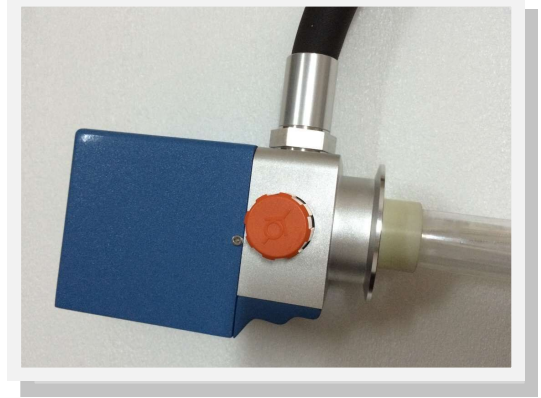


- 2、液氮输出管与液氮泵输出装置连接，再把连接好的液氮输出装置放入液氮罐中，另一端与高低温介电测量系统的液氮输入口连接即可；

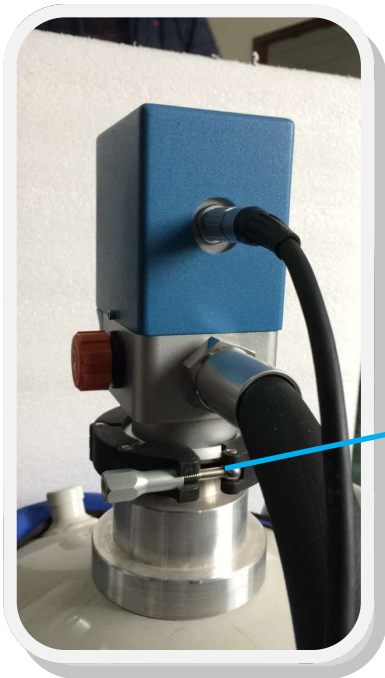


液氮泵输出装置

3、将液氮输出管套上保温棉，然后穿过套管，与液氮输出装置连接，再拧紧套管与套管接头。



4、将一个密封圈套在液氮输出装置上，然后将液氮输出装置放入液氮罐，将密封圈摆正，保证不会有液氮漏出即可，然后用卡箍将液氮输出装置和液氮罐紧密连接，将橘色旋钮拧紧即可。



5、另一边将液氮泵接头的螺帽拧开，套在液氮输入管上，再把液氮输入管与液氮接头紧密连接；



6、液氮输出口的液氮罐采用同样的方法连接，然后再连接液氮泵和高低温介电测量系统的连接线即可软件操作低温制冷。



低温制冷后，温度变化较慢，可用手在液氮输出管的出口感受是否已经开始低温制冷。

2 简介

本章介绍设备仪器基本参数和技术规格，并描述前面板、后面板和屏幕显示的名称与功能。

VDMS 系列-高低温介电温谱测量系统的全新体验

全球领先的材料表征和测量公司 **PARTULAB** 很荣幸地为您推出新一代**VDMS系列**高低温介电温谱测量系统。

VDMS系列建立在我们九年来生产经过测试并且倍受信任的HDMS系列产品的经验上，为科学介电温谱测量设计了新的基础，VDMS系列堪称最佳变温介电温谱测量系统。



领先

PARTULAB提供的不仅仅是一个变温平台，而是采用集成化设计，将软件、测量、变温环境融为一体，展现给用户一个综合性能最优的介电温谱测量系统。

精准

通过大量科学试验比对和全国20个课题组实际证明，数据精确，值得信赖；

稳定

即使在要求最苛刻的环境中也能保证产品的可靠性和稳定性；

简单

只需要简单连接系统与阻抗分析仪或LCR表测量导线，开机按照触摸屏程序提示操作，操作直观、使用方便。

PARTULAB VDMS-2000高低温介电温谱测量系统

产品概述

VDMS-2000高低温介电温谱测量系统是专业从事材料介电性能、热释电、温度弛豫、弛豫研究的理想测试工具，可以用于分析宽频、高低温条件下被测样品的阻抗 Z ，电抗 X ，导纳 Y 、电导 G 、电纳 B 、电感 L 、介电损耗 D 、品质因数 Q 等物理量，同时还可以分析被测样品随温度、频率、时间、偏压变化的曲线。通过软件将这些变化曲线的频率谱、温度谱、偏压谱、时间谱等集成一体并进行分析测量并可以直接得出样品的介电温谱、COLE-COLE图、阻抗谱、机电耦合系数 K_p 。VDMS系列介电测量系统将是业内公认功能最强、可靠性最高的评估材料介电性能仪器。



性能特性

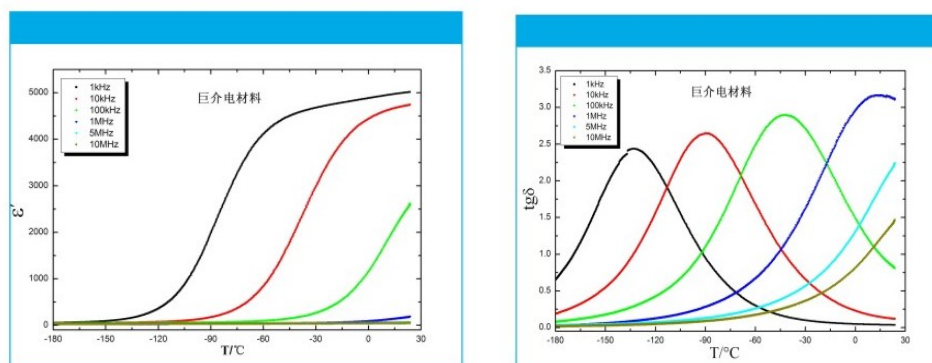
- 测量温度：-130°C--400°C；
- 控温精度：±1°C，测温精度：±0.1°C；
- 升温斜率：1-5°C/min（可控）；降温斜率：1-5°C/min（可控）；
- 测量频率：20Hz---20MHz，测量精度：0.05%；
- 样品：直径小于15mm，厚度小于3mm；
- 可与WK6500阻抗分析仪无缝连接，
- 也可与Agilent 4294A、E4990A、E4980A兼容；
- 自重式电极夹具系统，测量精度最高，线路补偿最完美，压电陶瓷首选；
- 软件免费升级；
- 符合标准：ASTMD150和 D2149-97，同时也符合GB/T1409-2006测量电气绝缘材料在工频、音频、高频下介电常数和介电损耗的推荐方法。

PARTULAB VDMS-2000高低温介电温谱测量系统

测量功能

PARTULAB数十位工程师和用户抽丝剥茧，调整、推翻、解决让VDMS-2000有了全新定义，革新时代、体感未来，VDMS-2000变温介电测量有了一个全新的开始。

VDMS-2000变温介电测量不仅仅测量样品的介电常数和介电损耗随温度、时间、频率变化的曲线，还可以测量阻抗谱随温度、时间、频率变化的曲线，同时还得出COLE-COLE图，还可以测量压电材料的机电耦合系数。



测量功能及应用

1、介电常数和介电损耗

VDMS-2000通过测量C和D值，软件自动计算出介电常数和介电损耗随温度、时间、偏压、频率变化的曲线，还可以直接得出介电常数实部和虚部的比值曲线。

2、阻抗谱及Cole-Cole图

VDMS-2000通过测量Z和 Φ ，软件自动计算出复阻抗随温度、时间、偏压、频率变化的曲线，还可以直接得出复阻抗实部和虚部比值曲线的Cole-Cole图。

3、机电耦合系数Kp

VDMS-2000通过测量Z和C，软件自动计算出机电耦合系数随温度、时间、偏压、频率变化的曲线，还可以直接得出机械品质因数 Q_m 。

PARTULAB VDMS-2000高低温介电温谱测量系统

产品特点

1、集成化设计、使用简单、操作方便、可靠

VDMS-2000采用一体化集成设计，只需要简单连接系统与阻抗分析仪或LCR表测量导线，开机按照触摸屏程序提示操作，操作直观、使用方便。

2、加热制冷一体化控温平台

VDMS-2000采用自主设计的加热和制冷一体化控温平台，该平台可以实现加热和制冷输出控制。目前最低温度可以控制在-130℃，最高温度可以达到400℃。

3、在真空环境下测量样品

VDMS-2000内置进口隔膜式真空泵，通过软件进行全自动工艺操作。为了确保平台对外界的热量和冷量损失达到更低，抽真空是最好的解决方案，同时真空可以降低因湿度对样品测量的影响，真空度100Pa~1Atm。

4、自重式电极夹具系统，压电陶瓷首选

依据平行板电容器原理，VDMS-2000的电极系统采用自重方式固定样品，我们通过实验证明采用自重方式固定样品，将大大改善样品上的导电银浆粘在电极上的现象。采用自重方式固定样品对于压电陶瓷的测量更加准确。



5、20位专家亲自指导，最完善的介电分析软件

最新的介电测量分析软件是采用Labview语言平台开发的，由20位从事介电研究的专家亲自指导，历经5年的软件升级，该软件目前是国内最完善的介电分析软件。



6、内置1MHz阻抗测量，测量精度高、稳定性好

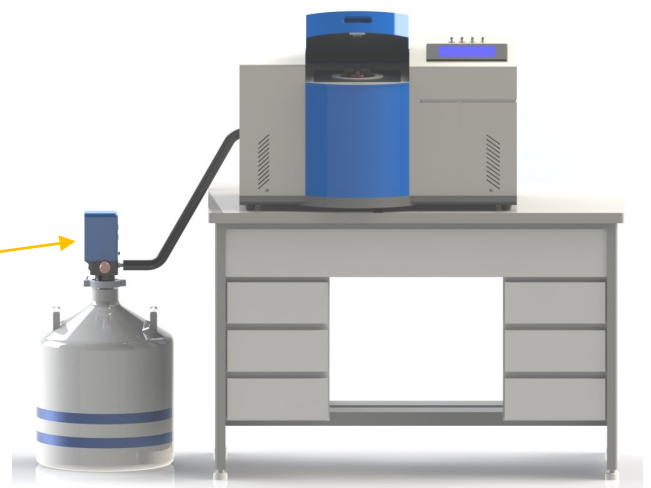
VDMS-2000可以选择内置1MHz阻抗测量仪器，同时也可以选配英国WK公司的6500系列阻抗分析仪和LCR，提供7种机型供选择，测量频率从20Hz-120MHz，精度0.05%，提供 $\pm 40V$ 偏压。性价比更高，选择性更强，满足科研不同需求。系统已与Agilent4294、E4990A、E4980A完美兼容，在高温条件下，自主设计的电极系统稳定测量的频率范围：100Hz-20MHz。

7、全自动液氮补给，国内首创

配置自主研发的低温液氮传输系统，可以自动补给低温平台需要的制冷量。液氮补给的多少取决于低温平台温控PID控制，整个系统采用加热和制冷双PID输出控制。一次注入液氮可以达到35L，可以完成5-6次实验，是目前国内介电测量损耗液氮最少的科研仪器。

8、自主研发低温液氮注入系统

PARTULAB开发的低温液氮冷却注入系统是依靠LN₂作为冷却介质，采用加热杜瓦里的液氮气化使杜瓦内的压力增加而将液氮注入制冷平台，使平台降温，最低温度可达77K。



PARTULAB VDMS-2000高低温介电温谱测量系统

技术规格

系统参数		显示及存储	
温度范围：	-130°C-400°C	显示控制：	8.4寸彩色触摸屏
控温精度：	±1°C	数据接口：	4个USB2.0接口
测量精度：	±0.1°C	通讯接口：	LAN网口通讯
控温方式：	连续升温 and 分段升温	数据存储：	数据自动转换成EXCEL格式
升温斜率：	1-5°C /min (可控)		或BMP图片格式
降温斜率：	1-5°C /min (可控)	制冷方式：	液氮PID控制输出制冷
控温方式：	PID精确控温		
测量参数		物理性能	
频率范围：	20Hz-10MHz	供 电：	220V± 10% , 50Hz
测量精度：	0.05%	工作环境：	0°C - 55°C
样品规格：	直径：≤15mm;厚度：≤3mm	存储条件：	- 40°C-70°C
测量原理：	平行板电容器原理	尺 寸：	800mmX469mmX457mm
测量方式	2线-4线测量方式	重 量：	30 kg
电极材料：	铂金	保修期：	1 年
电极绝缘材料:	高温绝缘材料		
符合标准：	ASTMD150和 D2149-97		

型号	6500B/6500P	4294A/E4990A	E4980A
生产厂商	英国WK	美国Agilent	美国Agilent
测量频率	20Hz-120MHz	40Hz-110MHz/120MHz	20Hz-2MHz
测量参数	R, Z, G, Y, L, C, D, Q	R, Z, G, Y, L, C, D, Q	R, Z, G, Y, L, C, D, Q
基本精度	0.05%	0.08%	0.05%
测量速度	快速、中速、慢速	快速、中速、慢速	快速、中速、慢速
测量模式	LCR表模式和曲线扫描	曲线扫描	LCR表模式
AC电平	0V到 1V rms	5mV到 1V rms	0 Vrms 到2.0 Vrms
直流偏压	0到±40V/100mA	0到±40V/100mA	0-10V
扫描点数	1600点	800点	1600点
通讯接口	LAN网口、GPIB接口	LAN网口、GPIB接口	LAN网口、GPIB接口

机架安装和外形尺寸

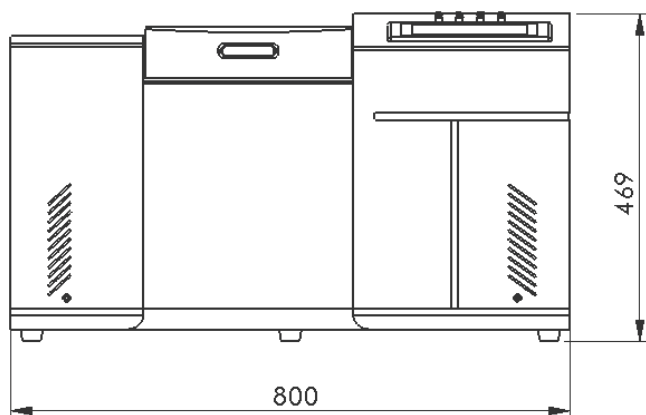


图-1 前面板

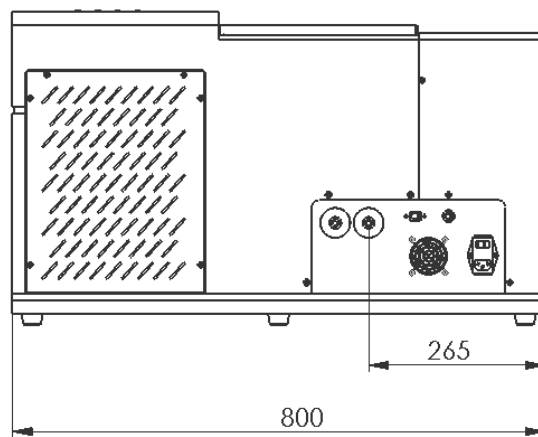


图-2后面板

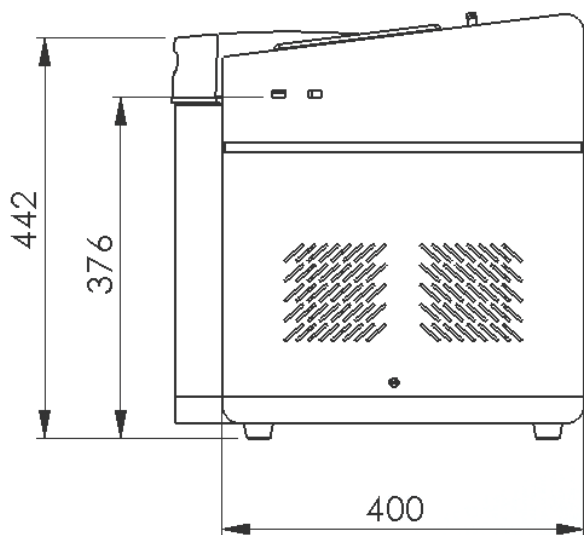


图-3 左侧面板

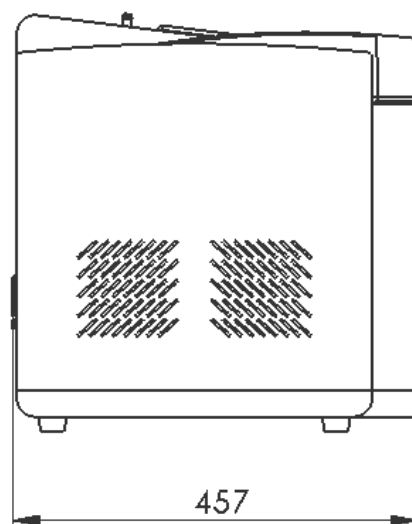


图-4 右侧面板

PARTULAB VDMS-2000高低温介电温谱测量系统

订购信息

高低温介电温谱测量系统	Part Number
VDMS-2000 高低温介电温谱测量系统 -130°C ~ 400°C	VDMS2HL-130
VDMS-2000 高低温介电温谱测量系统 -160°C ~ 500°C	VDMS2HL-160
NOTE: 标准配置含主机、圆片电极夹具、测量分析软件、标准样品工具箱、低温液氮泵、电源线、测量导线、测试报告、操作说明书。	
01 选件	
/A 阻抗分析仪 6500B (20Hz-5MHz) with $\pm 40V$ DC BISC	01A
/B 阻抗分析仪 6500B (20Hz-10MHz) with $\pm 40V$ DC BISC	01B
/C 阻抗分析仪 6500B (20Hz-20MHz) with $\pm 40V$ DC BISC	01C
/D HF LCR 6500P (20Hz-5MHz) with $\pm 40V$ DC BISC	01D
/E HF LCR 6500P (20Hz-10MHz) with $\pm 40V$ DC BISC	01E
/F HF LCR E4980A (20Hz-2MHz) with $\pm 40V$ DC BISC	01F
02 附件	
夹具替换件	EXVDMS001
炉膛替换件	EXVDMS002
温度控制板替换件	EXPLWKB
高温传感器替换件	EXPLK-1000
低温加热板替换件	EXDWJRB

如欲观看更多应用指南和产品演示，请访问佰力博官网：

<http://www.partulab.com>

3 安 装

本章介绍设备仪器系统软件操作说明。

第一步：安装环境要求

1、软件环境

①、安装Windows XP系统；

注：查看操作系统：

点击屏幕左下角“开始”按钮；

右键点击“计算机”项；

选择“属性” 点击查看当前系统是否为windows XP系统。

②、Microsoft.NET Framework 4.0（安装GPIB卡驱动时提示需要的运行环境）

注：可进入微软官方网站进行下载：

<http://www.microsoft.com/zh-cn/download/details.aspx?id=17718>；

③、安装GPIB卡驱动程序；

注：可向佰力博客服索取下载链接和密码。

④、安装Microsoft office 2010（测量数据导出Excel格式支持）；

⑤、安装触摸屏软件；

注：可向佰力博客服索取下载链接和密码。

2、硬件环境

①、剩余磁盘空间：1GB以上；

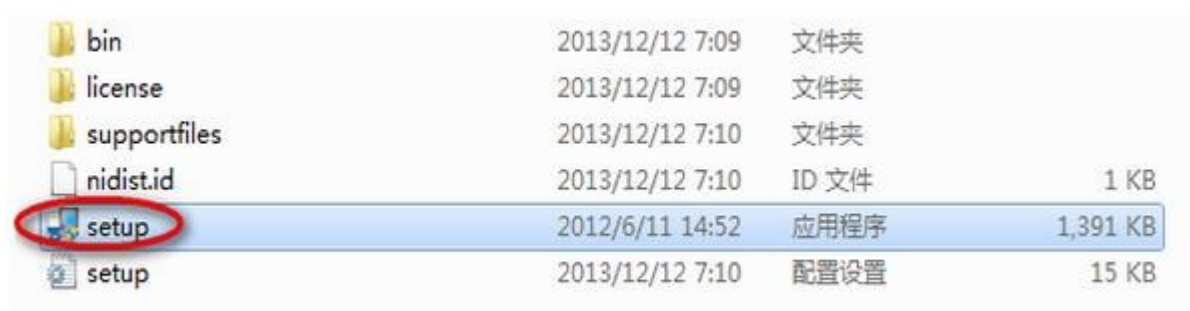
②、CPU：2.0Ghz以上；

③、内存：2GB以上；

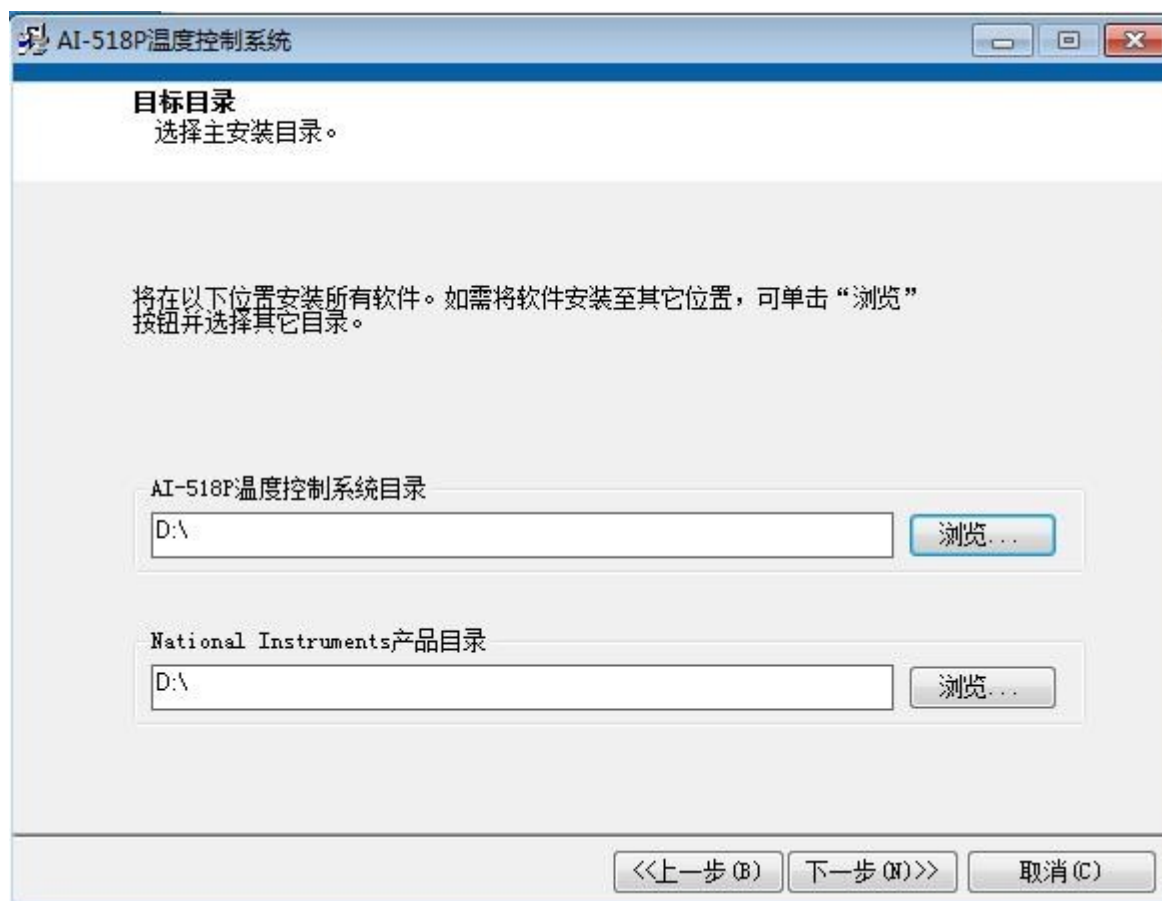
第二步：安装步骤

安装测量系统之前，需要先安装温度控制系统

打开温度控制系统安装包所在文件夹，鼠标左键双击“setup”安装程序，如下图所示：



在安装目录界面，点击“浏览”按钮，可更改程序安装的路径，这里建议您将程序安装在非系统所在分区。如下图所示，我们将主程序安装在D盘目录下，National Instruments程序保持默认路径安装即可。选择安装路径后，点击“下一步”按钮。



在开始安装界面下，会显示当前安装程序即将添加的文件信息。直接点击“下一步”按钮开始进入程序安装界面。

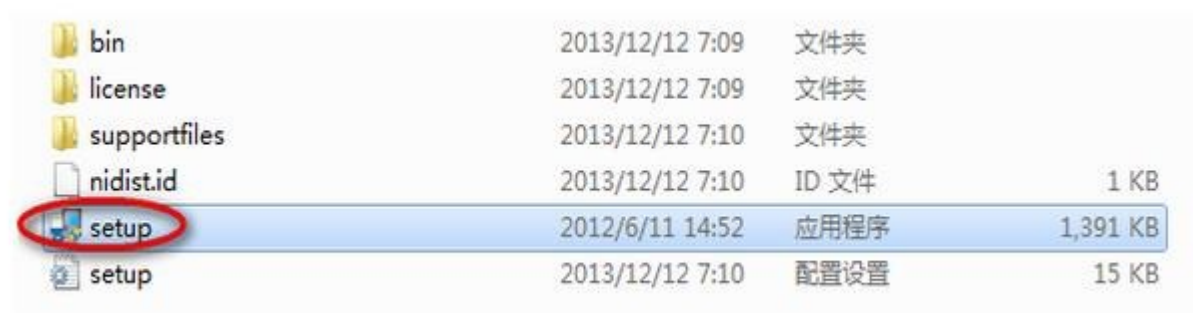


安装完成后。电脑桌面会出现“温度控制系统”的快捷方式，然后开始安装高低温介电温谱测量系统。

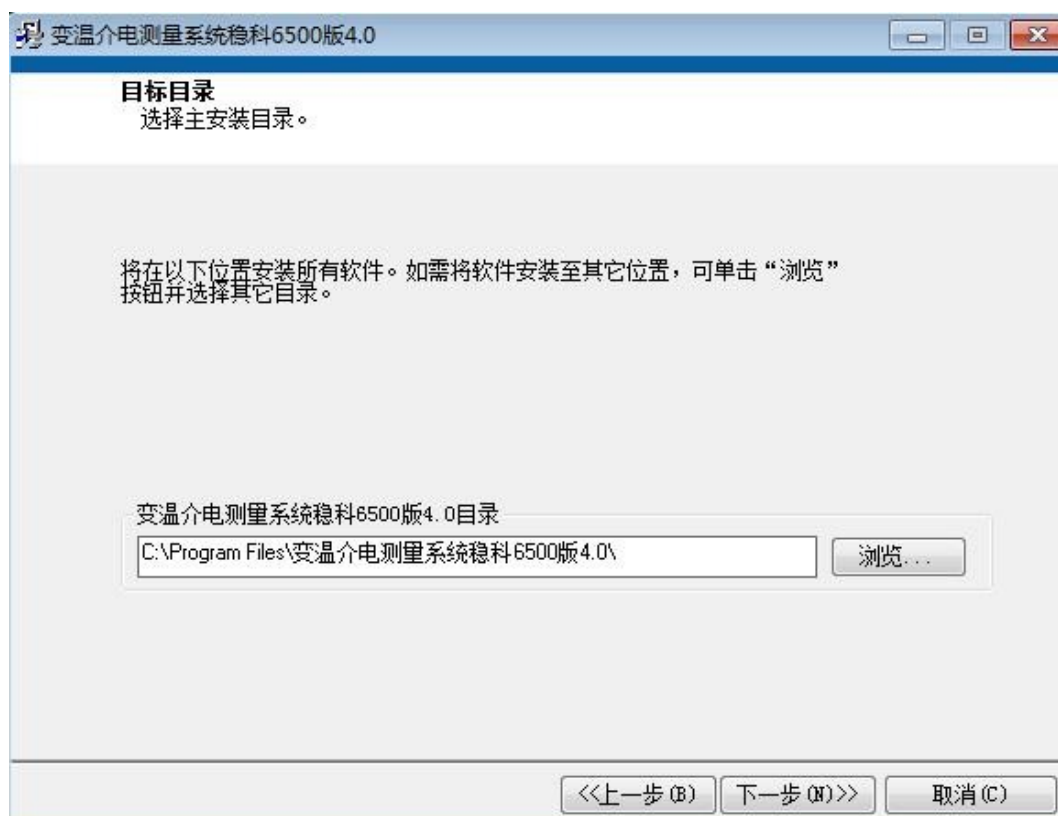


高低温介电温谱测量系统安装：

软件安装步骤非常简单，一路点击“下一步”按钮即可快速完成安装。打开安装包所在文件夹，鼠标左键双击“setup”安装程序，如下图所示：



在安装目录界面，点击“浏览”按钮，可更改程序安装的路径，这里建议您将程序安装在非系统所在分区。如下图所示，我们将主程序安装在D盘目录下，点击“下一步”按钮。



在开始安装界面下，会显示当前安装程序即将添加的文件信息。直接点击“下一步”按钮开始进入程序安装界面。



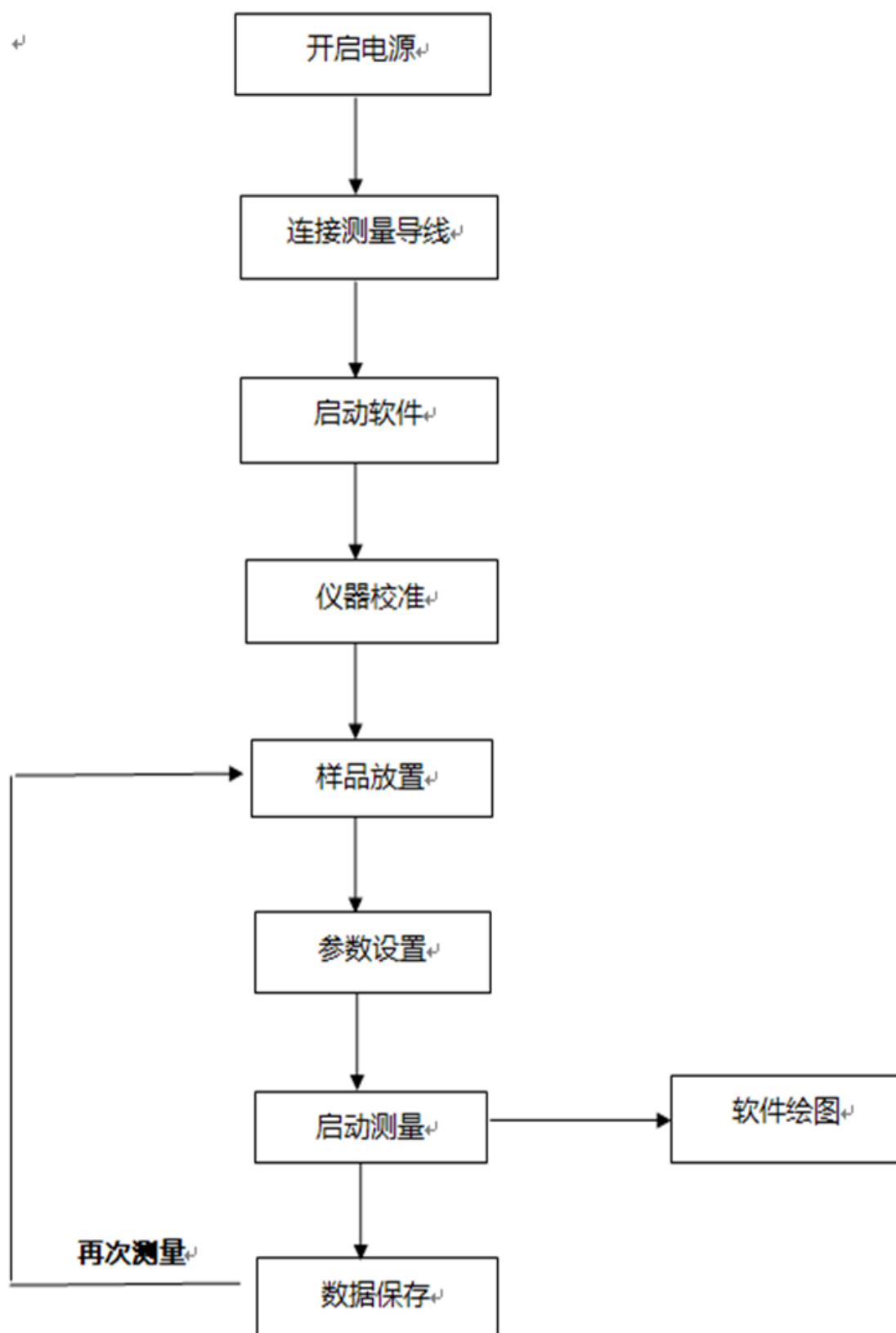
安装完成后。用户可在电脑桌面点击“变温介电温谱测量系统”的快捷方式，开始使用变温介电温谱测量系统。



4 测量操作示例

本章介绍设备仪器测量系统的各部分技术参数以及快速测量步骤。

快速测量流程图



快速测量范例

测量之前，请确认测试样品和样品上导电材料最高承受温度，一般导电银浆最高耐温不超过500°C，即使高温导电银浆也不超过800°C导电银浆在高温下会挥发或软化，软化后容易和系统夹具电极粘在一起。

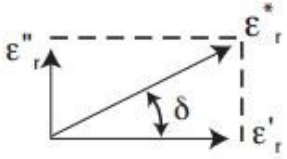
本仪器明确规定，样品粘电极属于用户使用不当，主要原因是样品电极材料耐不了相应的温度，由此造成设备损坏不在保修范围之内。万一电极上粘上样品情况，用户可以用2000号的砂纸打磨抛光夹具电极，使其光亮导电即可。如果用户在打磨过程中用力不当造成夹具电极损坏需要维修，我们将收取维修基本费用。

1、介电常数测试

1.1.介电常数的定义

介电常数描述的是材料与电场之间的相互作用。图1显示了介电常数的主要计算公式。介电常数(K) 等于复数相对介电常数(ϵ_r^*)，或复数介电常数(ϵ^*) 与真空介电常数(ϵ_0) 的比值。复数相对介电常数的实部 (ϵ_r') 表示外部电场有多少电能储存到材料中；对于绝大多数固体和液体来说， $\epsilon_r' > 1$ 。复数相对介电常数的虚部(ϵ_r'') 称为损耗系数，表示材料中储存的电能有多少消耗或损失到外电场中。 ϵ_r'' 始终 >0 ，且通常远远小于 ϵ_r' 。损耗系数同时包括介电材料损耗和电导率的效应。

如果用简单的矢量图 (图 1) 表示复数介电常数，那么实部和虚部的相位将会相差 90° 。其矢量和与实轴(ϵ_r') 形成夹角 δ 。通常使用这个角度的正切值 $\tan\delta$ 或损耗角正切来表示材料的相对“损耗”。术语“介电常数”在技术文献中又称为“介电常数”。在本文中，术语“介电常数 (permittivity)”将用来指介电常数(dielectric constant) 和复数相对介电常数。

$$K^* = \epsilon_r^* = \frac{\epsilon^*}{\epsilon_0} = \epsilon_r' - j \epsilon_r'' = \left(\frac{\epsilon_r'}{\epsilon_0} \right) - j \left(\frac{\epsilon_r''}{\epsilon_0} \right)$$

$$\tan \delta = \frac{\epsilon_r'' \text{ 虚部}}{\epsilon_r' \text{ 实部}}$$
$$\tan \delta = D \text{ (损耗系数)}$$

$K^* =$ 介电常数

$\epsilon_r^* =$ 复数相对介电常数

$\epsilon_0 =$ 自由空间介电常数 $\left(\frac{1}{36\pi} \times 10^{-9} [\text{F/m}] \right)$

图 1. 相对复数介电常数 (ϵ_r^*) 的定义。

1.2. 使用平行板法测量介电常数

测量介电常数时，通常采用平行板法。图2显示了平行板法的概图。

平行板法在ASTMD150标准中又称为三端子法，其原理是通过在两个电极之间插入一个材料或液体薄片组成一个电容器，(注:在本文以下部分中，被测材料无论是固体还是液体均用MUT表示。)然后测量其电容，根据测量结果计算介电常数。在实际测试装置中，两个电极配备在夹持介电材料的测试夹具上。高低温介电测量系统将测量电容(C)和耗散(D)的矢量分量，然后由软件计算出介电常数和损耗角正切。

图3显示了实际测量中的电场流动。当简单地测量两个电极之间的介电材料时，在电极边缘会产生杂散电容或边缘电容，从而使得测得的介电材料电容值比实际值大。边缘电容会导致电流流经介电材料和边缘电容器，从而产生测量误差。

使用保护电极，可以消除边缘电容所导致的测量误差。保护电极会吸收边缘的电场，所以在电极之间测得的电容只是由流经介电材料的电流形成，这样便可以获得准确的测量结果。当结合使用主电极和保护电极时，主电极称为被保护电极(guarded electrode)。

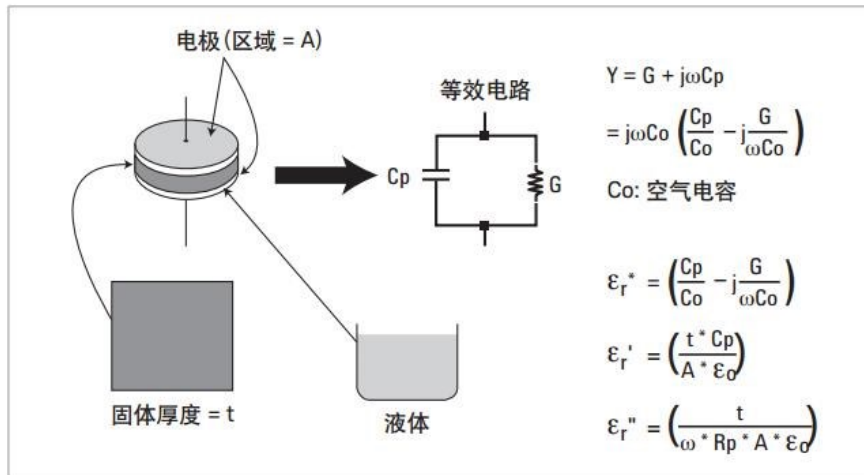


图 2. 平行板法

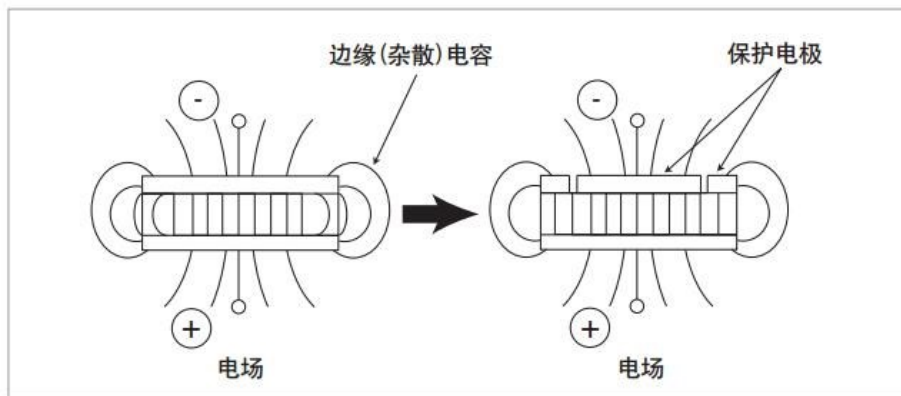


图 3. 保护电极的效应

接触电极法:

这种方法通过测量与MUT直接接触的电极的电容来推导出介电常数(图4)。介电常数和损耗角正切通过以下公式 计算:

C_p : MUT 的等效平行电容[F]

D: 耗散系数 (测量值)

t_m : MUT 的平均厚度[m]

A: 被保护电极的表面积[m²]

d: 被保护电极的直径[m]

ϵ_0 : 自由空间的介电常数= 8.854×10^{-12} [F/m]

公式 :

$$\epsilon_r = \frac{t_m \times C_p}{A \times \epsilon_0} = \frac{t_m \times C_p}{\pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 \times \epsilon_0}$$

$\tan \delta = D$

接触电极法不需要制备任何材料，而且测量操作非常简单，因此得到最广泛的使用。不过在用这种方法进行测量时，如果没有考虑到空气间隙及其影响，那么可能会产生严重的测量误差。

当电极直接接触MUT时，MUT与电极之间会形成一个空气间隙。无论MUT两面组成得多么平坦和平行，都不可避免会产生空气间隙。

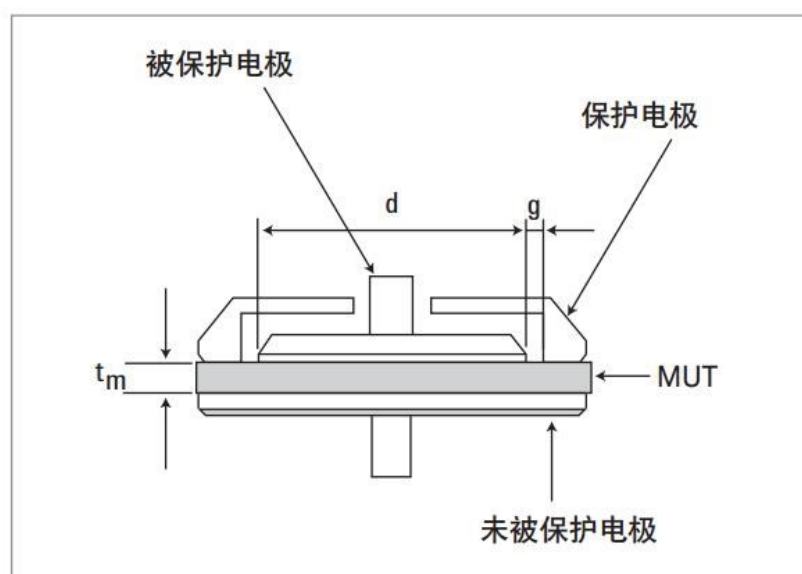


图 4. 接触电极法

这个空气间隙会导致测量结果出现误差，因为测量的电容实际上是介电材料与空气间隙串联结构的电容。空气间隙的厚度与测量误差之间的关系可以用图5所示的公式来表示。通过用薄膜电极接触介电材料的表面，可以减小空气间隙的影响。

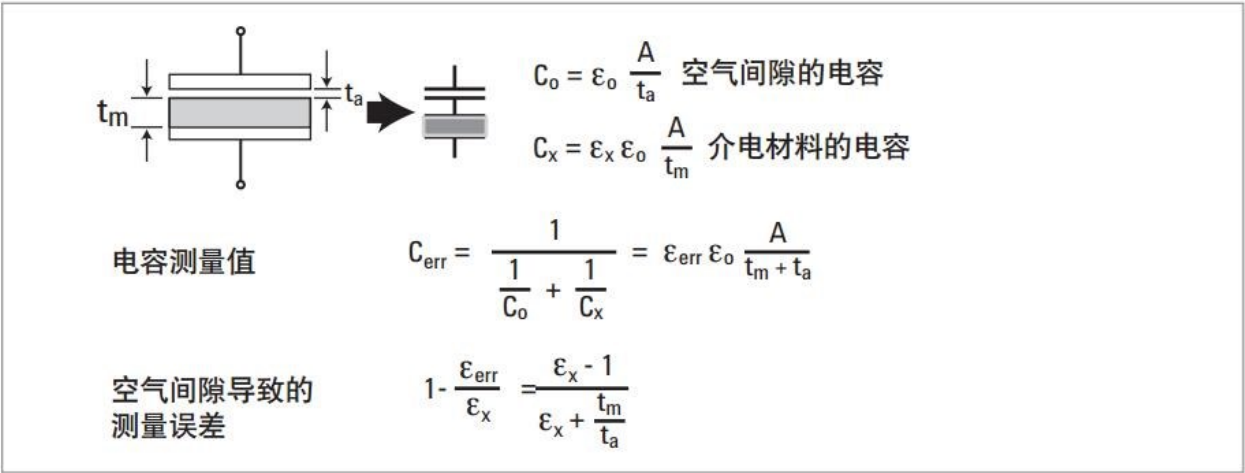


图 5. 空气间隙的影响

测量误差由MUT的相对介电常数 (ϵ_r')、MUT的厚度 (t_m) 和空气间隙的厚度 (t_a) 决定的。表2计算出了测量误差结果实例。请注意，厚度较薄的材料和高 κ 值材料的影响大很多。虽然需要进行额外的材料制备 (制作薄膜电极)，但可以实现最准确的测量。

表 2. 空气间隙导致的测量误差						
ta/tm	2	5	10	20	50	100
0.001	0.1%	0.4%	1%	2%	5%	9%
0.005	0.5%	2%	4%	9%	20%	33%
0.01	1%	4%	8%	16%	33%	50%
0.05	5%	16%	30%	48%	70%	83%
0.1	8%	27%	45%	63%	82%	90%

非接触电极法

这种方法从概念上来说融合了接触电极法的优势，并避免了其缺点。它不需要薄膜电极，但仍可解决空气间隙效应。根据在有MUT和没有MUT时获得的两个电容测量结果推导出介电常数(图6)。

理论上，电极间隙(tg) 应比MUT的厚度(tm)略微小一点。换句话说，空气间隙(tg-tm) 应远远小于MUT的厚度(tm)。要想正确执行测量，必须满足这些要求。最少要进行两次电容测量，以便使用测量结果计算介电常数。参见公式。

Cs1: 未插入MUT时的电容[F]

Cs2: 插入MUT时的电容[F]

D1: 未插入MUT时的耗散系数

D2: 插入MUT时的耗散系数

tg：被保护/保护电极与未被保护电极之间的间隙[m]

tm: MUT的平均厚度[m]

公式:

$$\epsilon_r' = \frac{1}{1 - \left(1 - \frac{C_{s1}}{C_{s2}}\right) \times \frac{t_g}{t_m}}$$
$$\tan \delta = D_2 + \epsilon_r' \times (D_2 - D_1) \times \left(\frac{t_g}{t_m} - 1\right) \text{ (when } \tan \delta \ll 1)$$

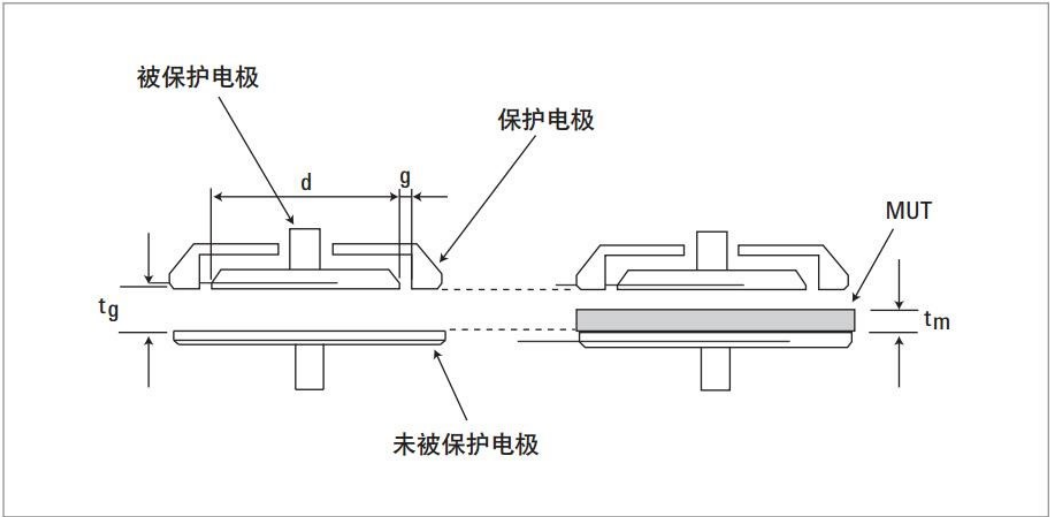


图 6. 非接触电极法

表 3. 平行板测量法的比较			
方法	接触电极 (不使用薄膜电极)	非接触电极	接触电极 (使用薄膜电极)
精度	低	中	高
适用的 MUT	具有平滑表面的固体材料	具有平滑表面的固体材料	薄膜电极必须应用到表面
操作	1 次测量	2 次测量	1 次测量

2、导磁率测试

2.1. 导磁率的定义

导磁率描述了材料与磁场的相互作用。它等于电感B与磁场H的比值。复数相对导磁率 (μ_r^*) 由表示电能储存项的实部(μ_r') 和表示能量耗散项的虚部(μ_r'') 组成。如图26所示，它也是相对自由空间导磁率(μ_0) 的复数导磁率(μ^*)。

磁性材料的无效导磁率使用损耗角正切 $\tan\delta$ 表示。 $\tan\delta$ 等于(μ_r'')与(μ_r') 的比值。术语“复数相对导磁率”在技术资料中通常简称“导磁率”。在本文中，术语“导磁率”将用来指复数相对导磁率。

2.2. 电感测量法

磁性材料的相对导磁率通常又称为有效导磁率，它可通过含有闭合环路（例如环形磁芯）的磁芯电感器的自感推导得出。通过在磁芯上缠绕导线，再测量导线两端的电感，便可以非常方便地测量出有效导磁率。这种测量通常使用阻抗测量仪器来完成。根据电感测量结果，可以用下式推导出有效导磁率：

$$\mu_e' = \frac{\ell L_{eff}}{\mu_0 N^2 A}$$

$$\mu_e'' = \frac{\ell (R_{eff} - R_w)}{\mu_0 N^2 \omega A}$$

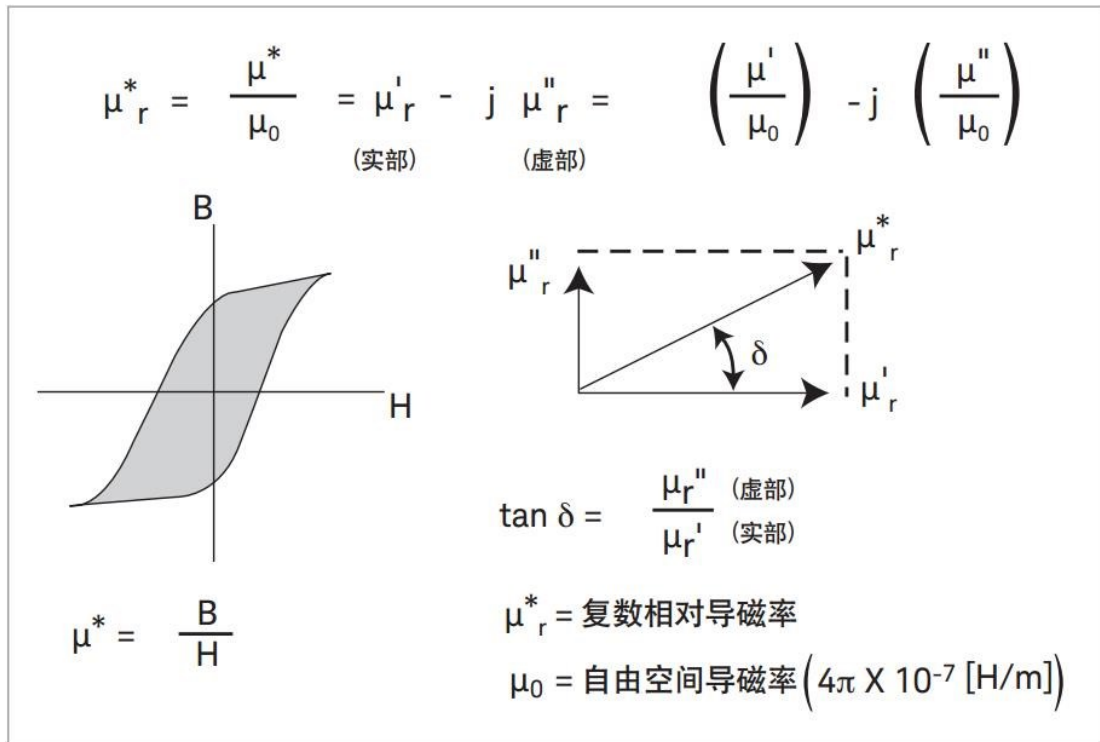


图 24. 复数导磁率 (μ^*) 的定义

R_{eff} : 磁芯损耗 (包括线路电阻) 的等效电阻

L_{eff} : 环形线圈的电感

R_w : 线路电阻

L_w : 空心线圈的电感

N : 匝数

ρ : 磁芯的平均磁路长度[m]

A : 环形磁芯的横截面积[m²]

ω : $2\pi f$ (频率)

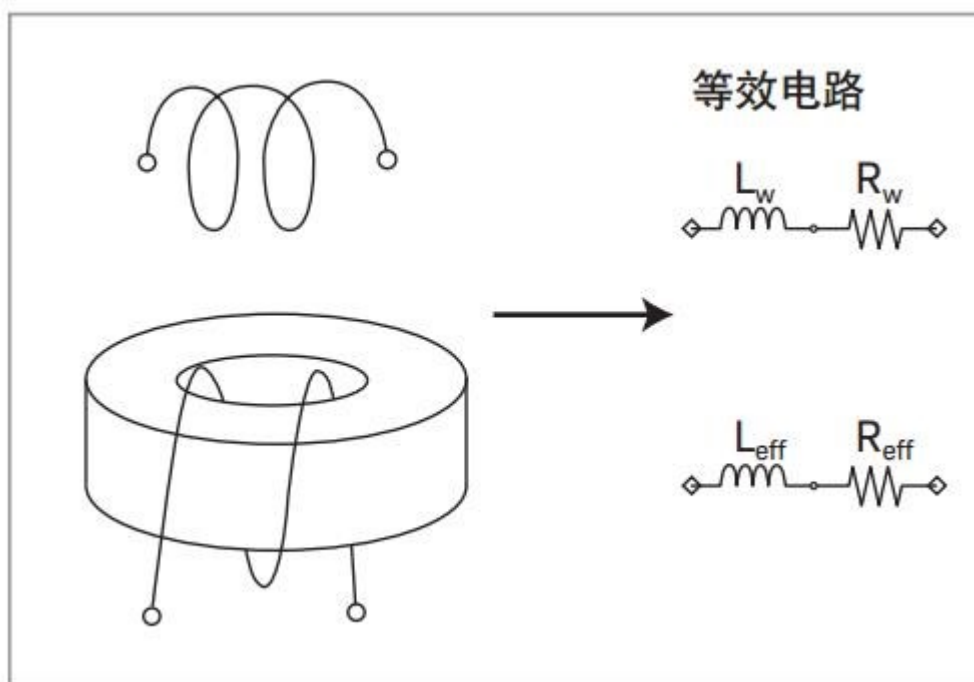


图 25. 除了有效导磁率的方法

取决于应用的磁场和测量在磁滞曲线上的位置，导磁率可以用度数 (例如初始值或最大值) 分类。初始导磁率是制造商最常用的参数，因为与磁场有关的大部分工业应用都使用低功率电平。

本文主要介绍有效导磁率和初始导磁率，它们可以用电感测量法推导得出。

高低温介电测量系统

测量介电常数和损耗的设置：

参数一(C),参数二(D)，得到介电常数(ϵ')，介电损耗(ϵ'')，介电常数和损耗的比值(ϵ''/ϵ')

介电常数计算公式：

$$\epsilon_r = \frac{C \cdot d}{\epsilon_0 \cdot S} = \frac{C \cdot d}{\epsilon_0 \cdot \pi \cdot r^2}$$
$$\epsilon_r = \frac{C \cdot d}{\epsilon_0 \cdot S} = \frac{C \cdot d \cdot 4 \cdot 10^{11}}{8.854 \times 3.14 \times 9}$$
$$\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \text{ (F/m)}$$

$\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}$ (F/m)

ϵ_r 为样品的相对介电系数

C 为样品的电容(F)

S 为样品的面积(m²)

d 为样品的厚度(nm)

r为电极半径 (mm)

ϵ_0 为真空介电系数(8.854×10^{-12} F/m)。

$= 1000000000000 \cdot (C \cdot 4 \cdot 400) / (8.854 \cdot 3.14 \cdot 9)$

测量阻抗谱的设置：

参数一(Z),参数二(θ)，得到 z' ，得到 z''

磁导率的设置：

参数一(L)，参数二(φ)，得到 μ' ，得到 μ'' 。

第一步：开启软件准备测试



打开软件系统后，将进入系统功能界面，有八个功能选项，依次是“温度谱”、“频率谱”、“偏置谱”、“时间谱”、“仪器校准”、“硬件选择”、“恢复出厂”、“退出”。

第二步：仪器校准



由于原厂仪器给的校准命令不是完全开发的代码，目前我们只能做到开路校准和短路校准，鉴于目前情况，我们采用手动校准方式，后期会等待原厂完全开放的代码，我们将免费升级，目前带来不便请谅解！

手动校准模式：稳科6500

手动操作模式是在阻抗分析仪上操作，请开机，直接操作界面；

每次重新校准前，请“clear”之前的数据。关机后，没有断开阻抗分析仪和高低温介电测量系统的连接，再次开机测试前则不需要再次校准。

第1步：选择Model

第2步：Model --Calibrate

第3步：点开路校准（Open Circuit）

开路校准前仪器会提示，将夹具上下电极开路(将电极用绝缘体隔开)，再点确认。

仪器将进行开路校准，在校准过程中如果夹具短路，仪器将提示阻抗太低，表示上下电极没有断开，否则将通过弹回开始界面。如果不是电极的问题，请检测测量导线的连接。

第4步：点短路校准（Short Circuit）

短路校准前仪器会提示，将夹具上下电极直接接触短路，再点确认。

仪器将进行短路校准，在校准过程中如果夹具开路，仪器将提示阻抗太高，表示上下电极没有接触，否则将通过弹回开始界面。开路校准和短路校准完成后点击保存。

（还是校准失败，用酒精擦拭电极，消除电极不干净的问题；如果不是电极的问题，请重新连接测量导线。）

第5步：高频校准（HF Comp）

在高频校准前，客户需要备100Ω，100PF，10PF，三个校准件。

根据提示，放100Ω的电阻到电极，点击确认，再根据提示放100PF电容，点击确认，测试完成后点击保存。提示错误时，用酒精擦拭校准件，重新校准。

依据仪表菜单提示，分别向夹具中放标准件。系统校准通过后，界面手动保存后可回到开始界面。高频校准完成后点击保存。

第 6 步：电容扫频

阻抗分析仪：Term1 选择 C ； Term2 选择 D

点击Trigger查看电容数据是否正常；

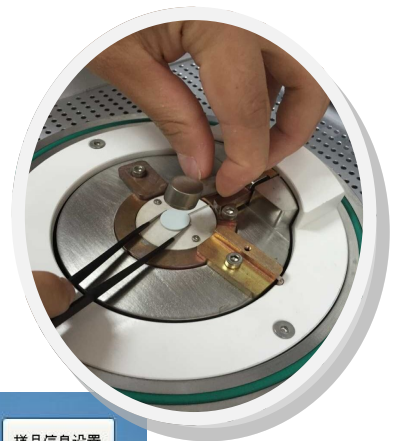
介电软件：进入频率谱，点击“开始”，开始扫频，扫频完成后保存即可。

第7步：开始放样扫频

电容扫频完成后，将电容取出，将样品放入夹具正中，打开频率谱，点击“开始”

开始样品扫频，数据平滑，扫频完成后覆盖保存即可。然后盖上夹具盖，准备

开始测量数据。



手动校准模式：Agilent4294A

手动操作模式是在阻抗分析仪上操作，点击cal（红框）；

第1步：选择ADAPTER（蓝框）--根据实际情况选择适配-点击return返回。

第2步：选择FIXTURE COMPEN（蓝框）--进行开路（OPEN）、短路（SHORT）、负载（LOAD）校准。

注意：

LOAD校准前需要点击DEFINE VALUE把校准值改成和标准元器件相同。

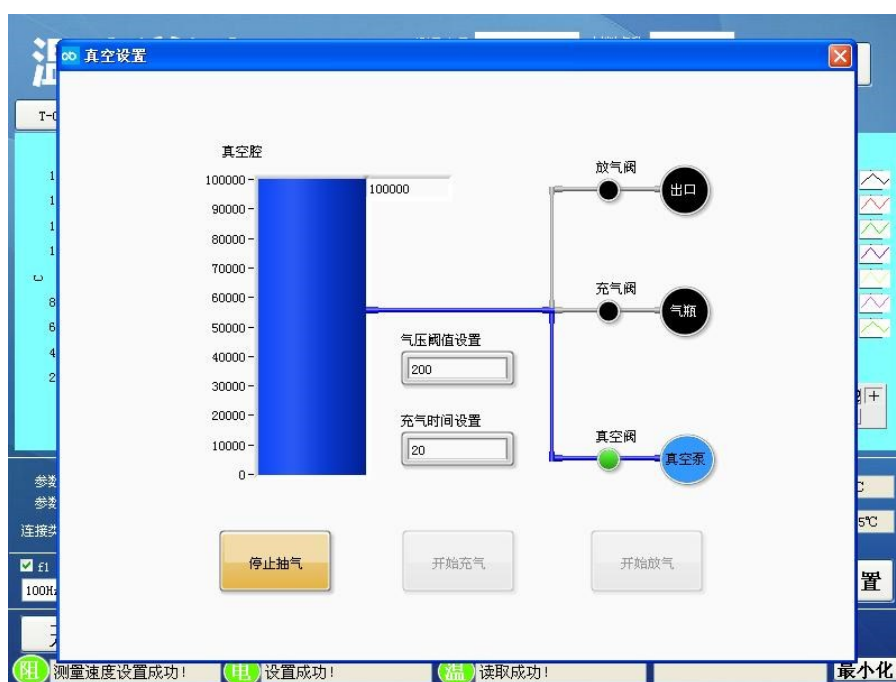
例如：仪器默认的标准电阻值为 50Ω ，而自己只有 100Ω 标准电阻，需先点击
DEFINE VALUE--LOAD--改成 100Ω ，然后点击return返回，在电极两端接入
 100Ω 电阻后，再点击LOAD进行负载校准。

第三步：参数设置

真空设置：

真空环境测量样品，需要进行“真空设置”。

可自主设置“气压阈值设置”和“充气时间设置”，设置完成后即可选择“开始抽气”，实现真空测量环境，真空状态时夹具盖是无法打开的，测试完成后选择“开始放气”，然后打开夹具盖，取出样品。（一般情况下，“气压阈值设置”和“充气时间设置”选择默认设置即可。）



抽气声响起，“真空腔”由蓝色变为灰色，抽气完成后会自动停止。可多次“开始抽气”。

低温制冷：

低温环境测量样品，需要进行“低温制冷”。

液氮泵和高低温介电测量系统连接完成后。

选择“低温制冷”，即可开始制冷，可在液氮输出口感受气流的排出。

在“控温传感器温度”（即当前温度）查看温度变化，达到所需温度值时点击“停止制冷”即可。



样品信息设置：

真空和低温实现后，即可开始测试样品，首先设置样品信息

填写测量人员（默认登录用户名）、测量日期（自动）、样品名称（默认sample）、样品编号（默认1），保存目录（默认为上次设置的目录）；勾选自动保存（默认勾选，试验完成时，默认保存实验数据。）

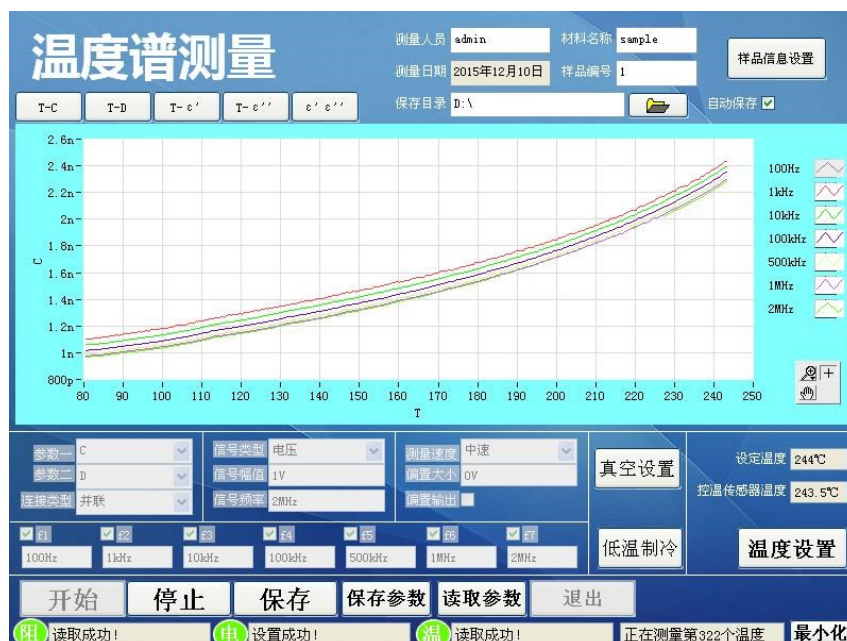
点击“样品信息设置”，设置样品的厚度和直径。

The image shows a software window titled "样品参数设置" (Sample Parameter Setting). It has two tabs: "介电样品参数" (Dielectric Sample Parameters) and "磁导率样品参数" (Permeability Sample Parameters). The "介电样品参数" tab is active. Inside the dialog, there are two input fields: "样品厚度" (Sample Thickness) with a value of "1mm" and "样品直径" (Sample Diameter) with a value of "10mm". At the bottom center, there is a "确定" (Confirm) button.

真空设置、低温制冷、样品信息设置三项为共通项设置。
设置完成后可选择相应的温度谱、频率谱等功能开始测试数据。

第四步：测量功能选择及参数设置

1、温度谱测量功能



测量恒定频率条件下，样品随温度变化的曲线；可获得 T - C 、 T - D 、 T - ϵ' 、 T - ϵ'' 、 ϵ' 、 ϵ'' 的曲线。

根据自己的测试需求设置“参数一”、“参数二”。

例如：测量 C 值和 D 值，得到介电常数和介电损耗曲线，得出介电常数实部和虚部的比值曲线。

测量 Z 和 Φ ，得到复阻抗曲线，得出复阻抗实部和虚部比值曲线的Cole-Cole图。

测量 Z 和 C ，得到机电耦合系数曲线，得出机械品质因数 Q_m 。

“连接类型”：并联或串联可选；振荡器信号类型（默认电压）、信号幅值（默认500mV）、信号频率（默认1kHz）、测量速度（默认中速）、直流偏置大小（默认0V）、直流偏置输出（默认不输出）

测量频率：默认7个频率全选，可根据测试需求更改各个频率值。

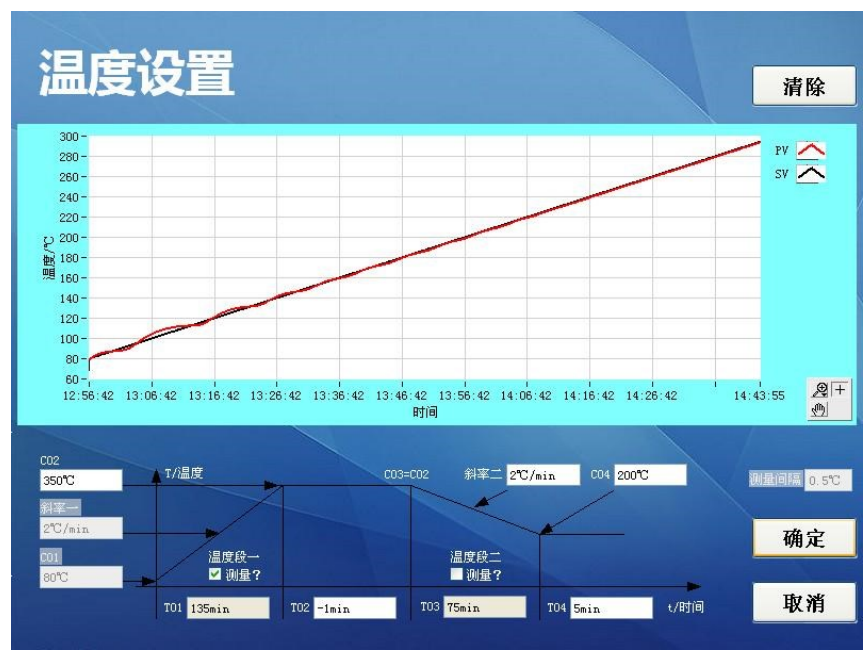
一般情况下，只需要重新设置“参数一”“参数二”“测量频率”，其他保持默认设置即可。

测量的曲线，点击图标， 可选择隐藏。

温度设置：

实现升温测量或先升温再降温测量；

①、单击“温度设置”，弹出窗口如下



温度段一：升温测量；温度段二：降温测量。

根据测试需求设置各段温度值及调温时间。

②、设置测量间隔（每间隔多少°C测量一个点）；

勾选“温度段一测量”，C01：起始温度；斜率一：升温斜率，即每分钟升温度数；C02：升温终点温度；T01：自动计算升温完成所需时间；T02：到达升温终点温度后，保持恒定温度继续测量的时间设置。

勾选“温度段二测量”，斜率二：降温斜率，即每分钟降温度数；C04：降温终点温度；T03：自动计算降温完成所需时间；T04：到达降温终点温度后，保持恒定温度继续测量的时间设置。（不勾选，则测量时由C01升温至C02测量后结束测量；勾选则测量时由C01升温至C02测量后，稳定T02时间，继续降温测量至C04温度）。

样品和温度设置完成后即可开始测量数据。

测量完成后（甚至在测量过程中）单击“保存”，即生成报告文档。

【注意】：

- A、更改工作目录后，下次登录该用户时，工作目录将初始化为最后更改的目录；报告自动命名保存在工作目录下；同样名称的报告将覆盖上一次的报告；自动命名保存的规则为：工作目录\“用户名”\“测量日期”\“样品名称”+“样品编号”+“测量方式”+“测量曲线类型”.xls。
- B、启动软件后会自动初始化阻抗分析仪。
- C、测量过程中未禁用的控件可以更改值。
- D、单击“开始”后，仪器会等到高温炉达到“起始温度”后才开始测量。

第四步：测量功能选择及参数设置

2、频率谱测量功能



测量恒定温度条件下，样品随频率变化的曲线；可获得 f - C 、 f - D 、 f - ϵ' 、 f - ϵ'' 、 ϵ' 、 ϵ'' 的曲线。

根据自己的测试需求设置“参数一”、“参数二”。

“连接类型”：并联或串联可选；振荡器信号类型（默认电压）、信号幅值（默认500mV）、信号频率（默认1kHz）、测量速度（默认中速）、直流偏置大小（默认0V）、直流偏置输出（默认不输出）如无其他测试需求，以上选项设置保持默认设置即可。

扫描模式：对数或线性可选；扫描点数：100点、1000点，根据测量需求设置；

测量频率：起始频率可以是100Hz,终止频率可以是1MHz；请根据实际测试需求设置。

温度设置：

设置所需测试的恒定温度，

单击“温度设置”

选择并设置所需的温度；

测量顺序：根据测试需求，选择升温测量或降温测量；

调温速度：1-5°C/min可设；

偏差范围：理想值为1.5°C；设置的值太小，可能导致没有测量数据；

其他保持默认设置即可。

第四步：测量功能选择及参数设置

3、温度谱测量功能

测量样品参数随偏置电压变化的曲线，可获得 $U-C$ 、 $U-D$ 、 $U-\varepsilon'$ 、 $U-\varepsilon''$ 、 $\varepsilon' \varepsilon''$ 的曲线。



根据自己的测试需求设置“参数一”、“参数二”。

“连接类型”：并联或串联可选；振荡器信号类型（默认电压）、信号幅值（默认500mV）、信号频率（默认1kHz）、测量速度（默认中速）、直流偏置大小（默认0V）、直流偏置输出（默认输出）

“扫描模式”：线性和对数可选，扫描点数（默认100），起始偏压可以是-40V,终止偏压可以是+40V；请根据实际测试需求设置；可勾选“反向测量”。

第四步：测量功能选择及参数设置

4、时间谱测量功能

测量恒定频率和温度条件下，样品随时间变化的曲线；可获得 $t-C$ 、 $t-D$ 、 $t-\epsilon'$ 、 $t-\epsilon''$ 、 ϵ' 、 ϵ'' 的曲线。



根据自己的测试需求设置“参数一”、“参数二”。

“连接类型”：并联或串联可选；振荡器信号类型（默认电压）、信号幅值（默认500mV）、信号频率（默认1kHz）、测量速度（默认中速）、直流偏置大小（默认0V）、直流偏置输出（默认不输出）

测量频率：默认7个频率全选，可根据测试需求更改各个频率值。

一般情况下，只需要重新设置“参数一”“参数二”“测量频率”，其他保持默认设置即可。

硬件选择与接口设置

在测量软件初始界面单击“硬件选择与接口设置”按钮，弹出设置界面，设置相关参数即可。

硬件选择与接口设置出厂已经设置完成，保持默认是设置即可。



The image shows a software window titled "硬件选择与接口设置" (Hardware Selection and Interface Settings). The window has a blue header and a white body. It contains several configuration sections:

- Controller Response Delay (ms):** A numeric input field set to 1000, with a "控制器操作" (Controller Operation) button next to it.
- Control Board Selection:** A dropdown menu showing "新板" (New Board).
- Controller Communication Interface:** A dropdown menu showing "COM2".
- Operation:** A dropdown menu showing "获得真空度" (Obtain Vacuum Degree).
- Impedance Instrument Selection:** A dropdown menu showing "WK6500".
- Impedance Instrument Communication Interface:** A dropdown menu showing "TCP/IP0::192.168.10.36::2000::SOCKET".
- Temperature Control Instrument Selection:** A dropdown menu showing "518P".
- Temperature Control Instrument Communication Interface:** A dropdown menu showing "COM1".
- Buttons:** A "保存并返回主页" (Save and Return to Home) button with a home icon is located at the bottom right.

恢复出厂

在测量软件初始界面单击“恢复出厂”按钮。

单击“确定”，即可将温控仪各项默认参数值输入温控仪。

备注：请不要轻易修改出厂参数。

退出系统

在测量软件初始界面单击“退出”按钮。退出系统。

5 维护及保养

本章描述了使用设备仪器时应采取的预防措施，以及如何对设。

定期检查是否工作正常

通电检查

将总电源打开，检查系统各个设备是否工作正常。

清洁仪器预防措施：

- 1、始终保持连接器的清洁。
- 2、不要用手触摸连接器的接触表面。
- 3、不能将已损坏或有刮痕的连接器插入测试端口。
- 4、任何情况下均禁止使用研磨剂。
- 5、清洁未知终端和直流源端口以外的部件。
- 6、用干的或带有少量酒精的软布轻轻擦拭部件。

警告



- 1、为了保护用户免受电击伤害，清洁仪器之前务必要拔下插座的电源电缆。
- 2、请勿清洁仪器的内部元件。
- 3、污斑或者是对连接器的其它损害都会显著影响测量的精度。

适用于要求维修、替换、常规校准等的预防措施

运送仪器时的预防措施

如果有必要将仪器运送到佰力博科技的服务中心，请遵守以下指示。

待运送的设备

若要求在服务中心维修仪器或对仪器进行常规校准，用户只需将不带任何安装选件的主机运送到服务中心。除非特殊说明，一般没有必要运送其附件。

包装

运送仪器时，使用普通包装和减振器，或具有相同效果的抗静电包装材料。

运送地址

有关距离最近的佰力博科技服务中心的地址请直接在本手册最后的客户联系部查找。本仪器的校准周期为一年。佰力博科技建议用户请求服务中心对仪器进行每年一次的常规校准。

6 常见问题

本章全面介绍了设备仪器常见故障以及故障排除指南，方便用户及时快速解决问题。如果下面的内容没有涉及到，请及时联系佰力博科技的售后服务工程师。

设备故障

故障现象	故障原因	解决方法
1 显示屏故障	电源线未接入	● 检查电源线路
	NO	
	电源开关未开	● 请打开电源开关
	NO	
	保险丝烧坏	● 请检查保险丝是否烧坏，如果烧坏请更换10A以下保险丝。
2 风扇故障	NO	
	触摸屏故障	● 请联系厂家售后服务人员
	电源线未接入	● 检查电源线路
	NO	
	电源开关未开	● 请打开电源开关
	NO	
	保险丝烧坏	● 请检查保险丝是否烧坏，如果烧坏请更换10A以下保险丝。
	NO	
	风扇故障	● 请联系厂家售后服务人员

故障现象	故障原因	解决方法
3 仪器校准通不过	4端子BNC测量导线线路故障 NO 4端子BNC测量导线与仪器接线错误 NO 阻抗未通讯 NO 夹具导线故障 NO 上下电极粘有粘合剂 NO 仪器坏了	4端子BNC测量导线是否连通，用万用表检测每个线的两头BNC是否连接导通。 请按照颜色顺序连接阻抗分析仪或LCR表和测量系统，具体接法参照测量系统与阻抗分析仪连接介绍 - 如图1所示检测软件阻抗所示灯是否亮起（如没亮请检查网口线是否插好） - 用万用表打四个BNC中1、2是否与上电极通。3、4是否与下电极通（如图2所示） - 闭合夹具用万用表打四个BNC全通（如果不通用2000号砂纸轻轻磨去粘合剂） - 联系厂家售后服务人员



图1

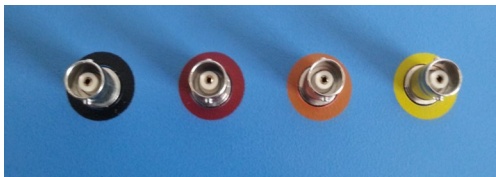


图2

故障现象

故障原因

解决方法

4 炉膛不升温

电源线未接入

- 检查电源线路



图3

温控未通讯

- 如图3所示检测软件温控所示灯是否亮起（如没亮请检查R232串口是否接好）

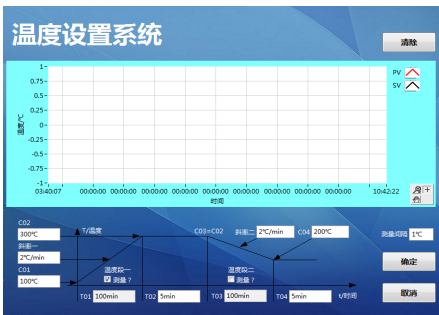


图4

升温设置不正确

- 如图4所示在这个界面正确设置升温数据

炉膛电阻丝损坏

- 用万用表测量电阻丝的电阻（20Ω和50Ω为我们常用电阻如没有电阻请联系厂家售后服务人员）

线路损坏

- 请联系厂家售后服务人员

7 实验报告

本章记录了设备仪器出厂前所做的实验报告。

VDMS-2000高低温介电温谱测量系统

标准样品检测实验报告

一、实验目的

- 1、仪器出厂检测 ；
- 2、仪器调试、验收检测 ；

二、样品条件

样品1：钛酸钡（ BaTiO_3 非纯）样品，居里温度为 110°C 左右，

样品厚度：0.0003mm，样品直径：0.0128mm

样品2：压电陶瓷（ PbSnN-5 非纯）样品，居里温度为 350°C 左右，

样品厚度：0.0003mm，样品直径：0.0128mm

三、测试条件

测量温度： -150°C - 500°C （依据样品居里温度），测量频率：2MHz，升温斜率： $2^\circ\text{C}/\text{min}$

四、实验步骤

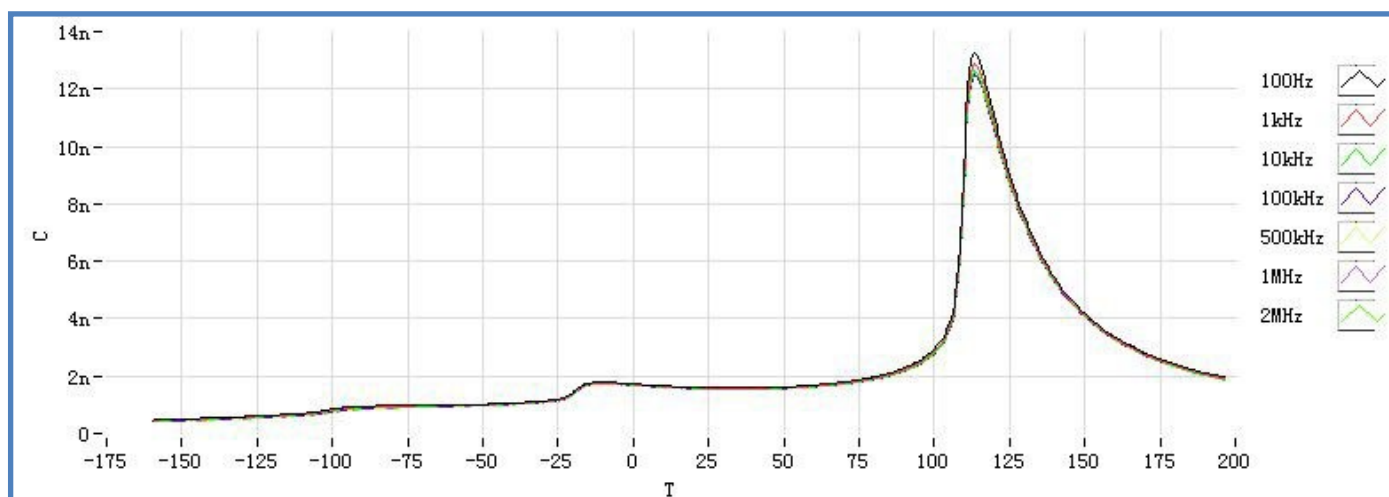
- 1、夹具校准
- 2、将样品置于炉膛夹具中，启动软件；
- 3、设置测试条件：测量速度-中速，偏压开关-关

测量频率-100Hz, 1kHz, 10kHz, 100kHz, 500kHz, 1MHz, 2MHz

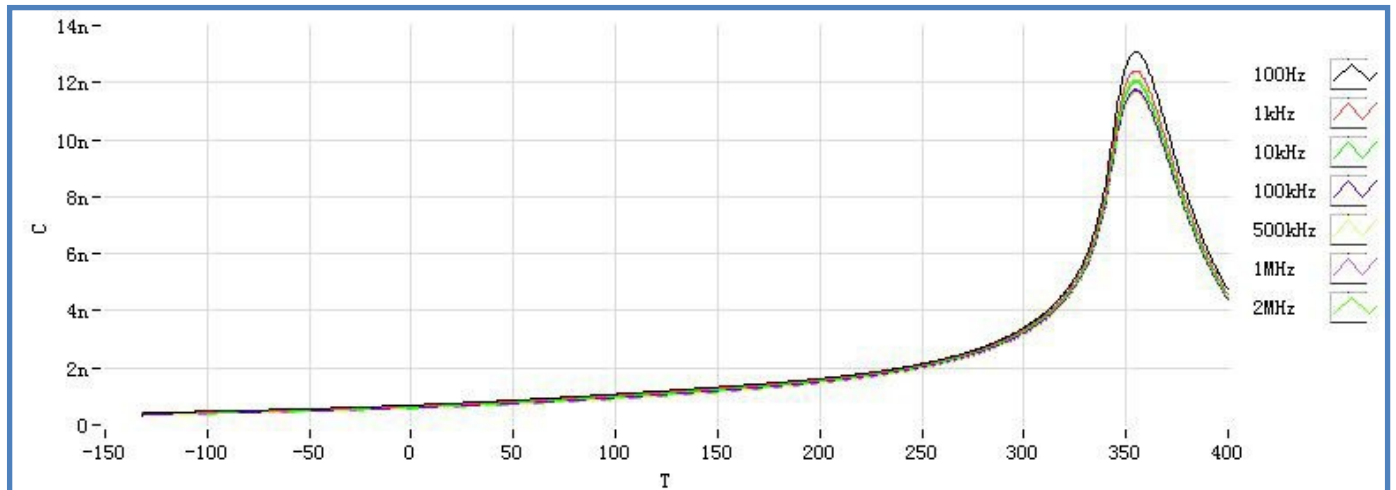
- 4、开始测量，获得出厂标准曲线，同时查看标准温度。

五、实验结果

如图： 样品1：钛酸钡（ BaTiO_3 非纯）样品，居里温度为 110°C 左右，



如图： 样品2：压电陶瓷（PSnN-5非纯）样品，居里温度为350℃左右



六、测量结果分析

- 1、样品居里温度是110℃（350℃），测试误差±5℃，符合公司出厂标准
- 2、即使是标准样品也无法保证在制作过程中完全一样，若有测试偏差，将以实际测量温度为准。

欢迎订阅免费的



佰力博电子期刊

<http://www.partulab.com/Spread/dzqkdyq.html>

根据您的选择, 即时呈送产品和应用软件新闻。

佰力博

优势服务

优势服务旨在确保设备在整个生命周期内保持最佳状态, 为您的成功奠定基础。我们不断投资开发新的工具和流程, 努力提高校准和维修效率, 降低拥有成本, 以便您保持卓越的竞争力。您还可以使用网上服务更有效地管理设备和服务。通过共享测量与服务方面的专业经验, 我们能够帮助您设计创新产品。

www.partulab.com

如欲获得佰力博科技的产品、应用和服务信息, 请与佰力博公司联系。如欲获得完整的产品列表, 请访问:

<http://www.partulab.com/product/>

请通过 Internet、电话、传真得到测试和测量帮助。

热线电话: 400-600-9734

佰力博科技(武汉)有限公司

总部:

地址: 湖北省武汉市光谷大道光谷总部国际5-708

电话: 027-86697559

传真: 027-87055053

销售: sales-pl@partulab.com

技术: tech@partulab.com

网址: <http://www.partulab.com>

生产工厂:

地址: 武汉市庙山经济开发区庙山三路

电话: 027-86697559

传真: 027-87055053

邮编: 430000

佰力博科技渠道合作伙伴

www.partulab.com

黄金搭档: 佰力博科技的专业测量技术和丰富产品

与渠道合作伙伴的便捷供货渠道完美结合。

Partulab 佰力博®