# 采购需求

多场耦合原位微纳米力学可视化测试系统包括：附件1.超高分辨场发射扫描电子显微镜、附件2.原位高温拉伸和原位高温压缩台、附件3.电镜原位纳米力学测试仪、附件4.原位力热电多场耦合杆。

**采购需求（含技术参数，物资明细等)**

**一、采购标的需实现的功能**

设备能够对各种类型的材料样品表面微观结构进行超高分辨率成像观察，获取样品表面微观结构形貌信息、成分衬度信息，结合原位高温拉伸台除可获得相关条件下材料的硬度、模量、断裂韧性等性能外；其借助扫描电镜的电子背散射衍射给出的高分辨率晶粒和取向图，观测材料在进行拉伸、压缩、弯曲和高温疲劳等力学性能测试发生的表面动态变化，如滑移带产生、断裂起始等；可以在整个测试过程中极其精确地对变形过程成像，同时准确得到定量的载荷和位移的数据，将材料的力学数据（载荷-位移曲线）与相应晶粒的变化原位观察相关联并进行解释，极大地拓展材料原位显微结构与实际服役力学性能关系的表征能力和深度，并可以在低电压下条件无需镀膜直接高分辨观察样品。

**二、采购标的需执行的标准**

无

**三、采购标的需满足的技术规格与要求**

**3 超高分辨场发射扫描电子显微镜**

3.1图像分辨率：

\*3.1.1高真空二次电子像： ≤0.7nm @15kV，≤1.2nm @1kV（非样品台减速模式）。

3.2电子光学系统：

3.2.1发射源：肖特基热场发射电子枪；

3.2.2加速电压范围（非着陆电压）：20V～30kV，10V步进连续可调；

3.2.3探针电流范围：3pA～20nA；

\*3.2.4放大倍数：范围≥1x～2,000,000x（宝丽来胶片模式）,根据加速电压和工作距离的改变，放大倍数自动校准，低倍率与高倍率无需模式更换；电子光路具备超大视野范围成像模式，该模式下最大电子束成像视野范围≥130mm（最大工作距离条件下），且在该模式下可实现大尺寸样品和多样品可视化自动导航功能；

3.2.5图像控制：可自动对加速电压和工作距离进行补偿，具有动态聚焦，聚焦补偿功能；

3.2.6工作距离范围：0.1～50mm；

3.2.7物镜光阑：不少于6孔可变光阑，光阑具备自动坐标记忆功能，可通过软件自动控制光阑孔径更换，无需手动调节，为电动调节；

3.2.8扫描速度：各种扫描速度不少于17种，驻留时间从25ns到1.64ms；

3.2.9扫描方式：全屏、快捷方式、选区、定点方式、线扫描、面扫描、线轮廓、扫描旋转、倾斜校正。

3.3样品室及样品台：

\*3.3.1样品室

结构：圆柱形、厚壁、整体结构样品室，抽屉式推拉仓门；

内部尺寸：360mm（直径）×270mm（高）；

3.3.2样品台类型：5轴优中心马达驱动样品台；

\*3.3.3样品台马达移动范围：不小于130mm（X方向），130mm（Y方向），50mm（Z方向），-4～70°（倾斜），360°（旋转）；

3.3.4样品台XY重复精度：样品台不倾斜条件下X/Y轴移动重复精度≤3um；

3.3.5样品台最大承载重量：0.5kg；

3.3.6最大样品尺寸：最大样品直径179mm（XY平面内可全部观察到）；

3.3.7样品座：配置具备导航功能的多孔样品座；

3.3.8样品台控制：鼠标、操纵杆；

3.3.9样品台具有接触报警与自停功能；

3.3.10附件接口≥12个；

3.3.11能谱分析工作距离小于9.0mm 取出角为35°，能谱仪最佳分析工作距离条件下，最大电子束位移量≥60µm。

3.4探测器：

3.4.1配置样样品室内高真空侧位二次电子探测器；

3.4.2配置镜筒内正光轴环形二次电子探测器；

3.4.3配置样品室内可抽拉式环形六分割背散射电子探测器；

\*3.4.4配置镜筒内二次电子探测器上方安装的能量过滤高分辨背散射电子探测器，该探测器需具备能量筛网功能，可选择接收不同能量范围的背散射电子，能量筛网可调能量范围不小于0-1500eV；

3.4.5配置样品室内软件集成自动控制红外CCD相机，可实时观察样品仓内样品台、探测器以及样品等移动和位置关系；

\*3.4.6电子束在某一特定区域扫描时，能够同时开启上述探测器中任意两个探测器同时成像，可同时获得二次电子像及背散射像以及二者的混合图像；

3.4.7配置探测器多通道成像功能，可同时开启的探测器成像通道数量≥4。

3.5图像显示与处理与软件功能：

\*3.5.1图像存储分辨率（最大）：32768×24576像素,16位；

3.5.2图像显示分辨率：1920x1200像素；

3.5.3图像采集：像素平均、帧平均、帧积分、行平均、行积分、漂移校正帧平均、漂移校正帧积分；

3.5.4显示器：24″高对比度彩色平板显示器；

3.5.5显示方式：全屏显示、分屏显示、灰度直方图、轮廓方式、伪彩色；

3.5.6图像注释与数据区：提供标准数据区和定制数据区，可在图片上显示各种电镜参数和字符；

3.5.7状态菜单：显示各种工作参数,可在成像后对图像的亮度，对比度，伽玛值实现更改；

3.5.8测量功能：可对图像中的形貌进行点间距、角度、直径等测量；

3.5.9图像输出输入功能：

3.5.9.1图像可存储到操作系统支持的存储介质或输出到打印机；

3.5.9.2图像存储格式：TIF、BMP、JPG；

3.5.10具有多种自动控制软件功能（可选）：自动电子枪启动，电子枪自动对中，自动偏压调整，自动镜筒参数控制，磁滞校正，自动聚焦，聚焦补偿，动态聚焦，旋转补偿，自动消像散，图像混合，扫描旋转，倾斜补偿，漂移校正，图像降噪处理，图像翻转，图像居中功能，样品台坐标存储和找回，高级测量软件，双通道显示功能（可同时显示二次电子与背散射电子图像），高级图像导航；

3.5.11具备能谱仪RS232智能通讯接口，能谱仪软件可自动获取主机系统图像主要技术参数。

3.6真空系统：

3.6.1抽真空系统：

涡轮分子泵：260 立升/秒；

旋转泵：10 立方米/小时，超净无油泵；

离子泵；

3.6.2样品室极限真空度：优于2×10-4Pa；

3.6.3抽真空时间：≤5分钟；

3.6.4真空系统控制：全自动。

3.7工作站配置

3.7.1中央处理器：Intel i7-7700 处理器；

3.7.2内存；16GB DDR4，无ECC；

3.7.3操作系统：Microsoft® Windows® 10LTSC；

3.7.4SEM系统：扫描控制、图像存储、图像处理、探测器控制；

3.7.5外部交换接口；USB 2.0/3.0；

3.7.6网络架构：10/100/1000 Base TX on board；

3.7.7硬盘：最小1T SATA 硬盘， 7200转/分，光驱：DVD+/- R/RW。

3.8其他配件

3.8.1配置静音闭路冷却水系统，用于冷却镜筒或其它部件；

3.8.2配置无油空气压缩机；

3.8.3配置不间断稳压电源。

3.9能谱仪和电子背散射衍射仪技术指标要求

\*3.9.1能谱探测器：采用Si3N4新型SDD探测器窗口，采用低噪音的CMOS前置放大器内置的高速 SDD芯片，晶体有效活区面积≥70mm2；

\*3.9.2脉冲谱仪处理板集成在探测器内，无需独立的谱仪箱，能谱仪硬件除了探测器和计算机无需其他部件；

3.9.3分析元素范围：Be4~Am95；

3.9.4能量分辨率(Mn-Ka)：优于127eV, 严格依照ISO15632国际标准测量；

3.9.5优异的低能端分辨率：Al Lα to Al Kα 峰比率1:1；

3.9.6最大输入计数率≥160万CPS，最大输出计数率≥70万CPS；

3.9.7在0~200kcps范围内的分辨率稳定性：>90%；

3.9.8能量分辨率和死时间实时显示；

3.9.9智能定量分析：针对具体应用，有不同的定量方法供选择：

3.9.9.1 eZAF定量方法，增强基体校正，适合平整的表面，样品倾斜范围扩展到70度，从而支持EBSD分析条件下的定量分析；

3.9.9.2 PaBaZAF定量方法，考虑了样品表面斜度对定量结果的影响，适合粗糙样品或颗粒样品的定量分析；

3.9.10 EDS分析软件：包括基本能谱分析、数据管理和报告、智能定量分析、线扫描采集、多点分析、谱图工具、计数率面分布图、净定量面分布、图像自动增强、谱图自动处理、多用户登入、漂移矫正、动态元素面分布图、重叠峰剥离及背底扣除真实元素面分布、智能在线相分布、高级线扫描、定量面分布、高级报告；

\*3.9.11 EBSD相机：采用光学透镜耦合的CMOS相机技术，扫描和指标化速度6700点/秒；像素分辨率640×480；在最高采集速度时，像素分辨率不小于120×120；

3.9.12取向测量精度：优于0.1度；

3.9.13采用三条带组指标化算法，不依赖单一条带的清晰度；并具有置信度CI因子评价系统，判断衡量相对于所有解的可能中该取向的置信度；

3.9.14数据库系统

3.9.14.1配有AMCS和ICSD数据库；

3.9.14.2专用数据库：由电子衍射得到的EBSD专用数据库：>480个相结构；

3.9.14.3数据库扩展：支持所有主要的第三方数据库，并可人工创建数据库；

3.9.15指标化能力：能够对所有7个晶系的晶体材料进行自动标定化；

3.9.16配置25分割背散射图像系统PRIAS，可以利用荧光屏同时接收 25个角度的BSE图像；

3.9.17配置粗糙花样再标定系统（NAPA系统），利用相邻点再次标定系统，完成对每幅花样的快速优化计算，提高原始标定成功率；

3.9.18 EBSD扫描方式：有四方和六方步进两种方式可供选择；

3.9.19 EBSD分析软件：所有EBSD分析功能全部集成在一个软件平台，界面布局可调，报告可以编辑并自定义模板。软件包括各种面分布（Map）、分布图表（Chart）、绘图(Plot)等；取向差/应变（KAM、GOS、GAM、LOS图）、能采用可见变色表征不同取向差角、CSL等；能采用不同模型和参数进行取向/晶界的织构计算，并可进行交互分析和表征；计算材料的弹性刚量(Elastic Stiffness)、泰勒(Taylor)因子、施密特（Schmid）因子、和位错密度GND等；能采用不同参数或参数的组合来选择数据并分区；ODF、电子束漂移校正和相分析关键词自动搜索等；

3.9.20背底处理：具有静态、动态、减法、除法等多种背底处理方法，可随意组合并实时显示处理结果；

3.9.21配置TKD样品台1个；

3.9.22配置EBSD后处理加密狗3个；

3.9.23技术支持：在中国具有专门的技术支持人员和应用培训中心，每年定期免费举办能谱及EBSD高级应用培训班。

**3.10****原位高温拉伸和原位高温压缩****台技术指标要求**

3.10.1设备可在扫描电镜下进行原位高温拉伸和原位高温压缩测试试验；

\*3.10.2最大载荷：≥5千牛；

3.10.3动态力分辨率：≤1牛；

3.10.4拉伸速度范围：0.1µm/s至20µm/s；

3.10.5拉伸位移量：≥45mm；

3.10.6位移分辨率：≤100nm；

3.10.7试样加热：≥800℃；

3.10.8加热温度稳定性：≤1℃；

3.10.9拉伸同时，试样可倾斜70度，与EBSD联用分析试样在高温加载情况下的组织结构变化；

3.10.10配备500N传感器及夹具；

3.10.11载荷大小可设置为随时间变化，可进行轴向单调加载和拉压循环加载。可与控制软件联用，实时采集载荷、形变及温度数据，并可对载荷、形变、应力、应变、温度等其中的任意三项数据作图。可通过马达转速、拉力或位移的变化率来控制拉伸速度；可自动探测样品发生断裂的时间节点；可设置疲劳实验的循环次数并自动控制疲劳试验过程；疲劳试验时可设置动态的上下极限以进行动态疲劳试验；可定义不同的节点，以在节点观察试样的详细状态，比如：应力、应变、图像等。所有原始数据可导出为txt文件和xml文件。

电镜原位纳米力学测试仪包括扫描和透射原位纳米力学测试仪两种。

**3.11****扫描电镜原位纳米力学测试仪****技术指标要求**

3.11.1采用一个三板电容传感器实现静电驱动施加载荷和电容式位移感应；

3.11.2高精度传感器：

3.11.2.1最大载荷≤10mN；

3.11.2.2载荷背景噪音：<400 nN；

3.11.2.3最大压痕深度：≥5μm；

3.11.2.3位移噪音背景: <1nm；

3.11.3大量程传感器

3.11.3.1最大施加纵向载荷: ≥500mN；

3.11.3.2载荷背景噪音：<5μN；

3.11.3.3最大压痕深度≥150μm；

3.11.3.4纵向位移背景噪音：<1nm；

3.11.4拓展量程传感器

\*3.11.4.1最大施加纵向载荷: ≥3500mN；

3.11.4.2载荷背景噪音：<10μN；

3.11.4.3最大压痕深度≥150μm；

3.11.4.4纵向位移背景噪音：<1nm；

3.11.5样品台

3.11.5.1通过内置的压电陶瓷控制样品的精确定位；

3.11.5.2 XYZ方向可移动范围：≥12mm\*26mm\*29mm；

\*3.11.5.3 X/Y/Z 附带编码器，定位精度：≤1nm；

3.11.6样品旋转 & 倾斜平台（R&T stage）

\*3.11.6.1除过XYZ三轴运动外，还可以实现样品的旋转和倾斜，可以与EBSD、EDS、FIB、TKD实现无缝链接。

3.11.6.2倾斜范围: 180°；倾斜精度: <0.33°；旋转范围: 180°；旋转精度: <0.12；

3.11.7原位纳米划痕测试

3.11.7.1最大横向移动距离：>30μm；

3.11.7.2横向力噪声背景：<3μN；

3.11.8原位定量拉伸模块参数 (PTP)

3.11.8.1采用压转拉的附件可以实现原位定量拉伸功能；

3.11.8.2同步获得纳米线拉伸过程中结构变化的视频和定量应力-应变曲线；

3.11.9原位纳米摩擦测试

3.11.9.1电容式横向力传感器，同时测试纵向和横向力；

3.11.9.2最大横向力：>30 mN；

3.11.10 SPM 原位扫描成像

3.11.10.1长范围的压电陶瓷横向驱动平台；

3.11.10.2描范围 >20um x >20um；

3.11.11数据采集和控制系统参数

3.11.11.1数据采集率:闭环载荷和位移控制数据采集≥39,000Hz；

3.11.11.2设备应能够提供闭环载荷和位移控制, 控制频率≥78,000Hz；

3.11.12测试软件参数

3.11.12.1具备连续的载荷、位移数据随时间变化的实时数据的功能；

3.11.12.2具备集成SEM 视频实时捕获功能；

3.11.12.3具备主动阻尼震动功能，用以减少真空环境中探针移动过程中的颤动现象，从而保证了图像和视频采集的高分辨率；

3.11.14耗材与标准样品

3.11.14.1玻氏压头≥8个，立方角压头≥5个，平头压头≥12个，圆锥压头≥12个；

3.11.14.2标准样品台≥30个，拉转压样品台≥30个；

3.11.15质保期：现场验收合格、双方负责人签字确认，作为质保期的起点，质保期至少为1年。

**3.12透射电镜原位纳米力学测试仪技术指标要求**

3.12.1透射电镜里的原位力学表征系统能同时提供定量的载荷和位移的数据和同步观察材料的变形；

\*3.12.2执行纳米压痕试验时，仪器应采用一个传感器实现静电驱动施加载荷和电容式位移感应；

3.12.2.1最大纵向载荷:1mN；

3.12.2.2纵向载荷分辨率:<3nN；

3.12.2.3纵向噪音背景:<200nN；

3.12.2.4最大压痕深度:1μm；

3.12.2.5纵向位移分辨率:<0.02nm；

\*3.12.2.6位移噪音背景:<1nm。

3.12.3样品自动移动控制：

3.12.3.1通过内置的压电陶瓷控制样品的定位；

3.12.3.2 X-Y可移动范围:50μm；

3.12.3.3 X-Y灵敏度: 2nm；

3.12.3.4 Z可移动范围: 3μm；

3.12.3.5 Z灵敏度: 0.1nm。

3.12.4样品手动控制移动：

3.12.4.1 X-Y可移动范围: 750μm；

3.12.4.2 Z可移动范围: 5000μm；

3.12.5原位定量拉伸模块 (PTP)

3.12.5.1采用压转拉的附件可以实现原位定量拉伸功能；

3.12.5.2同步获得纳米线拉伸过程中结构变化的视频和定量应力-应变曲线。

3.12.6测试软件：

3.12.6.1具备连续的载荷、位移数据随时间变化的实时数据的功能；

3.12.6.2具备集成透射电镜 视频实时捕获功能；

3.12.6.3具备主动阻尼震动功能，用以减少真空环境中探针移动过程中的颤动现象，从而保证了图像和视频采集的高分辨率；

3.12.6.4具备载荷控制功能，以适用于材料的蠕变特性研究；

3.12.6.5具备位移控制功能，以适用于材料的应力松弛的研究；

3.12.7数据采集和控制系统：

3.12.7.1数据采集率: 闭环载荷和位移控制数据采集≥39kHz；

3.12.7.2设备应能够提供闭环载荷和位移控制, 控制频率≥78kHz；

3.12.7.3可以与扫描电镜原位纳米力学测试系统及独立纳米力学测试系统兼容并共享控制器；

3.12.8耗材与标准样品：

3.12.8.1玻氏压头≥2个，立方角压头≥1个，平头压头≥1个；

3.12.8.2窄平头硅楔形样品台≥200个，宽平头硅楔形样品台≥200个，大块样品台≥20个，楔形样品台≥20个；

3.12.8.3质保期：现场验收合格、双方负责人签字确认，作为质保期的起点，质保期至少为1年。

**3.13****原位力热电多场耦合杆技术指标要求**

3.13.1温度加载方式：MEMS芯片加热；

\*3.13.2最高温度加载：≥ 1200 ℃；

3.13.3温度加载及测量：4电极法（2电极输入，2电极实时测量反馈）；

3.13.4温控模式：自动、手动；

3.13.5控温稳定性：＜±1 ℃；

3.13.6力驱动方式：集成MEMS力驱动载台；

3.13.7力加载模式：拉伸/压缩；

\*3.13.8力加载方向：面内单轴加载；

3.13.9力控制模式：自动/手动；

3.13.10最大驱动力：＞2mN；

3.13.11最大驱动行程：≥ 2μm；

3.13.12驱动精度：＜500 pm；

3.13.13电学加载及测量方式：4电极（2电极输入，2电极实时测量反馈）；

3.13.14电压范围：0-200V；

3.13.15电流范围：0-1A；

3.13.16电流精度：pA级；

3.13.17最大电场：100kV/cm；

3.13.18电学加载模式：直流/交流/恒压/恒流/斜坡/脉冲；

3.13.19倾转控制：应力场加载条件下全过程自由正交双轴倾转；

3.13.20α轴倾转角度：± 25°（力加载条件下±20°）；

\*3.13.21β轴倾转角度：± 20°\*（力加载条件下±10°）；

3.13.22倾转步长：＜0.1°；

3.13.23空间分辨率：＜ 0.1 nm\*；

3.13.24 Mini-lab兼容性：MT/ME/TE/M/E/T（力热、力电、热电、力、热、电）。

注：本章中“\*”号指标为重要技术参数,必须满足指标，如不满足“\*”号指标，其投标将被拒绝。

**四、采购表的数量及项目交付要求**

采购标的数量为1套。采购项目交货日期为项目签订后9个月内，交付地点为科学园科创大厦J区3楼。

为达到上述技术指标，投标产品应配置必要的硬、软件。投标产品不低于以下配置：

4.1高分辨场发射扫描电子显微镜1套

4.2高真空样品室内二次电子探测器1套

4.3镜筒内二次电子探测器1套

4.4样品室内可抽拉式背散射电子探测器（物理分割区域≥6）1套

4.5镜筒内能量过滤高分辨背散射电子探测器1套

4.6样品室内彩色CCD相机1套

4.7样品电流监测器1套

4.8摇杆控制器及多功能旋钮操作控制面板1套

4.9原装空气压缩机和冷却循环水系统各1套

4.10不间断稳压电源1套，整机运行续航时间不低于1小时

4.11进口能谱仪1套

4.12进口电子背散射衍射仪1套

4.13进口原位高温拉伸和原位高温压缩台1套

4.14进口扫描电镜原位纳米力学测试仪1套

4.15进口透射电镜原位纳米力学测试仪1套

4.16原位力热电多场耦合杆1套

**五、采购标的需满足的服务要求**

5.1交货日期：合同签订后9个月内。

5.2技术资料：厂商提供的所有计算机软件都须是正版软件，其软件必须有原始安装盘，且购买方合法拥有。所有计算机软件须提供操作、安装、维护手册。

5.3安装调试与验收：供货商在接到用户安装通知后，须在2周内安排有经验的工程师到现场安装仪器，直至安装、调试验收完毕；安装、调试过程中，安装工程师有义务对用户讲解仪器的操作及注意事项，对用户提出的问题安装工程师须认真给予正确完整的讲解和回答。

5.4培训：机器安装后，对使用人员要由厂商提供不少于3个工作日的操作培训；设备质保期内，仪器厂商需再提供至少1次高阶应用培训，培训时间不少于3天，培训地点为客户现场。

5.5质保期：现场验收合格、双方负责人签字确认，作为质保期的起点，质保期至少为1年。

5.6故障响应：卖方在中国设有零备件库、办事处和维修站，保证长期、优惠、及时提供零备件和优质、优惠的维修服务，在硬件允许的情况下，提供软件终生升级。电话维修响应时间不超过24小时，需到用户现场提供服务时，服务响应时间不超过2个工作日。

**六、采购标的的验收标准**

按照采购需求中技术规格与要求进行验收

**售后及其他服务要求**

1质保期：现场验收合格、双方负责人签字确认，作为质保期的起点，质保期至少为1年。

2在设备质量保证期内，乙方对设备及工装出现的各类故障应及时免费提供维修服务，对非甲方原因造成的各类零部件损坏应及时免费更换，被更换零部件的质量保证期从更换日期起计算12个月（整机质保期不变）。

3故障响应：卖方在中国设有零备件库、办事处和维修站，保证长期、优惠、及时提供零备件和优质、优惠的维修服务，在硬件允许的情况下，提供软件终生升级。电话维修响应时间不超过24小时，需到用户现场提供服务时，服务响应时间不超过2个工作日。

4质保期满后也应提供优惠良好的售后服务。