

一、采购清单

产品名称	数量	备注
微纳米力学测试系统	1 套	已通过财政核准，允许采购进口设备

二、参数要求

（一）主要技术参数

（注：所有技术参数均须满足要求，★技术参数必须提供佐证材料（包括但不限于产品彩页、厂家盖章出具的技术白皮书、官网截图等），不满足或未提供佐证材料视为负偏离，按无效文件处理。）

（二）技术参数

测试平台单元

- 1、开放式龙门测试框架，整体框架刚度 $\geq 10^7 \text{N/m}$ ；
- ★2、样品水平放置，加载测试系统垂直向下（非侧向加载）施加可控制的压力作用于试样；
- ★3、样品台可以在 XYZ 三方向全自动软件控制移动。其中，X 方向移动范围 $\geq 210\text{mm}$ 、Y 方向移动范围 $\geq 70\text{mm}$ ，Z 方向移动范围 $\geq 30\text{mm}$ ；
- ★4、测试单元：包含纳米压入单元、微米压痕测试单元、微米划痕测试单元、样品制备/综合观测单元等，所有测试单元同时集成在测试平台上，无须通过手动拆装测试单元即可实现不同测试功能的切换；
- 5、集成仪器工作状态指示灯（工作、非工作、报错）；
- 6、配有隔音、隔气流，外界屏蔽罩；
- 7、配有集成式一体式减震系统；

纳米压入单元

- ★8、纳米压入最大力值范围：400mN~600mN；
- ★9、载荷分辨率 $\leq 20\text{nN}$ ；
- 10、最大压入深度 $\geq 200 \mu\text{m}$ ；
- ★11、深度分辨率 $\leq 0.01\text{nm}$ ；
- 12、系统热漂移 $\leq 0.05\text{nm/sec}$ （白天测试，以熔融硅为测试样品，在 10mN 下保载 3 个小时以上，进行测量，从保载开始到结束时间内位移深度的变化值除以保载时间计算热漂移）；
- ★13、具有实时硬件扣除热漂移效应；
- ★14、可实现动态 DMA 模式，动态力学测试、连续刚度测试；
- 15、DMA 模式动态加载最大频率 $\geq 40 \text{Hz}$ ；
- 16、能够在 10 分钟内完成一个恒应变速率控制下的纳米压痕测试，单次压入实验能获得沿深度方向 ≥ 20000 个硬度和模量数据点；
- 17、能够进行恒应变速率加载过程中硬度、弹性模量和接触刚度的实时测试，实时处理和实时显示；
- ★18、可实现快速点阵 Mapping 模式每小时可测试 ≥ 600 个纳米压入点，且可以输出每个纳米压入测试点的完整原始曲线数据；
- 19、可编程自动化测试程序，实现样品高通量测试；
- 20、可对快速点阵模式测量的区域进行基于可实现力学性能（硬度、模量、刚度）的 Mapping 成像，并出具云图，显示出不同组成相的分布，单张成像范围不小于 $1000 \mu\text{m} \times 1000 \mu\text{m}$ ；

微米压痕测试单元

- ★21、最大压入载荷 $\geq 10\text{N}$;
- 22、载荷分辨率 $\leq 6\ \mu\text{N}$;
- ★23、最大压入深度 $\geq 1000\ \mu\text{m}$;
- 24、深度分辨率 $\leq 0.03\text{nm}$;
- 25、具备模量、硬度、断裂韧性、疲劳等分析能力;
- 26、支持压痕功测定, 包含 W_{el} (弹性功), W_{plast} (塑性功), W_{tot} (总功);
- 27、符合 ISO 14577、ASTM E2546 等标准;
- 28、支持最大载荷为 30N 的传统维氏硬度测试, 通过测量四棱锥针尖的压入面积, 获取样品表面的 HV 硬度值;
- 29、支持最大载荷为 30N 的马氏硬度测试, 获取马氏硬度结果;

微米划痕测试单元

- ★30、最大划痕载荷 $\geq 30\text{N}$;
- 31、载荷分辨率 $\leq 0.05\text{mN}$;
- ★32、最大划痕深度 $\geq 1000\ \mu\text{m}$;
- 33、划痕深度分辨率 $\leq 0.05\text{nm}$;
- 34、最大划痕长度 $\geq 120\text{mm}$;
- 35、最大载荷加载速度 $\geq 300\text{N/min}$;
- 36、划痕速度: $0.1\sim 600\ \text{mm/min}$;
- ★37、支持主动有源力反馈测试能力, 力和位移基于全闭环模式加载;
- ★38、支持前扫描、后扫描模式, 具备采集样品表面轮廓结构及弹性恢复数据的能力;
- ★39、支持全景成像模式, 可做到多焦点聚焦, 自动变景深成像, 图像必须同划痕坐标一致;
- 40、支持对表面弧状样品的测试能力, 可进行圆弧状方向划痕测试;
- 41、配有成像分析软件: 具有长度标尺, 可以测试或显示光学图像中任意两点坐标, 水平距离、垂直距离、直线距离; 具有三点定圆功能, 维氏硬度测试软件;
- 42、鼠标移动至任意划痕位置时, 可以显示并读取该点对应的加载力、穿透深度、划痕坐标和原位图像等信息;
- ★43、可以在压痕、划痕测试过程中实时原位同步检测声发射信号, 从而判断微裂纹的萌生、扩展及其他断裂行为;
- 44、中央频率: $\geq 150\ \text{KHz}$;
- 45、动态频率: $\geq 60\ \text{dB}$;
- ★46、支持双向往复摩擦磨损模式;
- ★47、最大法向载荷 $\geq 30\text{N}$;
- 48、法向载荷分辨率 $\leq 0.05\text{mN}$;
- 49、最大摩擦范围 $\geq 200\text{mm}\times 70\text{mm}$;
- 50、最大载荷加载速度 $\geq 300\text{N/min}$;

样品制备/综合观测系统

- ★51、二维形貌观测包括侧视和俯视相机;
- ★52、连续放大倍数: $20\times\sim 10000\times$, 可以实现从 $14\text{mm}\times 14\text{mm}$ 视场连续缩放到 $21\ \mu\text{m}\times 21\ \mu\text{m}$ 视场;
- 53、侧视照明面积: $\geq 35\text{mm}\times 15\text{mm}$;
- 54、自动识别焦平面并停止;

55、自动识别对角线长度；

56、侧视角度： ≥ 30 度；

57、CMOS 像素： ≥ 500 万；

★58、配备样品制备设备，用于样品制备，包括机械式研磨抛光单元与形貌测试单元；

59、研磨抛光单元加工主轴转速 300rpm 以上，连续可调；研磨抛光工具与样品角度可调，配备多功能样品夹具，以实现不同尺寸样品的加工，配备抛光液，粒径 0.5~1 微米，可实现抛光区域粗糙度纳米级水平；

★60、配备深度探测附件，可实时测量压痕、划痕、摩擦过程中的穿透深度等信息；

测试分析软件系统

61、具有压痕分析软件，划痕分析软件；

★62、具有赫兹应力建模软件，用于更好的测试参数选择；

63、统计功能，计算和显示单个试样/多个试样不同位置的测试数据的最大值，最小值，中值，平均值和误差；

64、统计曲线，显示测量结果的 X-Y 曲线，箱形图；

65、导出功能，试验数据可以导出 excel，文本等格式，试验条件可以导出文本格式；

66、具有报告模板功能，可以自动生成报告，设计不同的报告模板自动生成不同报告格式；

67、数据分析具有二次开发功能，通过开发平台可以实现数据云分布等功能；

（三）配置要求

1、表面力学测试平台一台

2、压痕测试单元一套

3、划痕测试单元一套

4、光学显微镜一套

5、静音空压机一台

6、环境隔离罩一台

7、数据处理器一台

（四）其他要求

1. 调试：供应商负责对货物（设备）进行安装调试，并使其投入正常运行。

2. 人员培训：供应商须对采购人人员进行必要的业务及服务培训，培训设 ≥ 2 天， ≥ 5 人次参与，使其达到正确掌握设备使用要求。