

不满足带“\*”或“★”要求，投标将被拒绝

投标文件必须响应“投标人的投标产品（设备）齐全，符合招标文件要求”等全部实质性要求和条款，并对采购人提出的完整采购需求整体响应，否则应当认定为无效投标文件，认定该投标人不具备中标资格。

除本文件明确要求的定制产品之外，采购人不接受投标人定制或二次开发的投标产品（设备）。

### ★一、功能要求

多功能成像联用分析模块（共聚焦拉曼光谱仪）具有高度整体性，主要部件（开放式显微镜、光谱仪、CCD 探测器等）均集成在同一主机内，能够具备完整的拉曼光谱测量功能，需要达到全光谱响应和高分辨率功能，可以协同原子力显微镜、电镜等设备联合使用，具有较强的联动性与可持续发展性，能够为金属冶炼企业气体管网安全事故物证材料提供化学组成、晶体结构、微观形貌等光学-光谱学联合无损鉴定分析，为冶金行业安全事故高温机理分析提供技术支撑。

便携式拉曼光谱检测分析模块（便携式拉曼光谱仪）需满足现场测试的需求，具有质量轻，体积小，且容易携带等特点，嵌入式系统完成界面交互和上层操作，便于在金属冶炼企业气体管网安全事故现场检测采集残留物证的化学组成与结构。

电化学扫描显微分析模块（高分辨原子力显微镜）能够准确地观测金属冶炼企业气体管网安全事故物证材料样品表面微区（纳米及亚微米尺度）三维形貌，同时可对样品表面物理化学特性进行研究，能测试多种材料表面纳米力学特性、电学特性、表面电势、磁场力、静电力、摩擦力、压电等性质，能够分析得到材料腐蚀过程的原位电化学信息等。

电化学腐蚀分析模块（多通道电化学工作站）具备模拟不同环境下电化学腐蚀过程的能力，通过控制电位和电流密度，测定材料在不同腐蚀介质中的腐蚀行为，如溶解速率等，能够准确地分析材料的原位电化学行为，获取材料腐蚀失效机理。

单通道电化学工作站能够配合开展煤气管道及典型附属设施的腐蚀模拟实

验，实现不同工况参数和材料的腐蚀研究和检测，为煤气管网典型腐蚀数据获取及腐蚀机理研究提供支撑。

★二、设备组成

序号	设备名称	设备构成	数量	是否核心产品	所属模块	最高限价（万元）
1	共聚焦拉曼光谱仪	<p><b>光谱仪</b> 主机一套，且包含不少于 300gr/mm、600gr/mm、1800gr/mm 三块光栅；</p> <p><b>探测器</b>，至少包含 CCD 探测器、ICCD 探测器；</p> <p><b>开放式显微镜</b>，包含长焦可见平场物镜和紫外物镜；</p> <p><b>激光器</b>，325nm、532nm、785nm 连续激光器和 532nm/355nm 脉冲激光器；</p> <p><b>XYZ 高精自动平台</b>，至少包含大面积超快速成像功能、3D 快速成像技术等；</p> <p><b>软件与自动化系统</b>，至少包含自动定期仪器状态校准、自动拉曼信号强度校正与波长校准功能、专业拉曼光谱采集和处理软件包、数据库软件等；</p> <p><b>附件</b>：1500℃ 原位显微热台、与原子力显微镜联用功能、与电镜定位联用功能、真空系统、固定式数据处理终端、隔振光学平台、UPS 不间断电源、实验桌椅 2 套、气瓶及气瓶柜等</p>	1 套	是	多功能成像联用分析模块	432.87
2	便携式拉曼光谱仪	便携式拉曼光谱仪，由（785±0.5）nm 激光器、光栅、系统光路、CCD 电路系统、内置锂电池等集成于一体，提供便携式数据处理终端一台	1 套	否	便携式拉曼光谱检测分析模块	26.59

3	高分辨原子力显微镜	<p><b>原子力显微镜主机：</b>扫描系统、样品台、控制系统等；</p> <p><b>功能系统：</b>至少包含轻敲模式、相位成像、表面电势测量模式、纳米力学功能、扫描电化学显微镜及其电化学测试系统（电流范围<math>\geq 1\text{nA} \sim 2\text{A}</math>，交流阻抗频率范围<math>\geq 10\text{uHz} \sim 32\text{MHz}</math>）以及液下环境测试功能等；</p> <p><b>软件系统：</b>在线扫描软件和离线图像处理分析软件；</p> <p><b>光学系统：</b>辅助光学显微镜；</p> <p><b>附件及备品备件：</b>减震系统、固定式数据分析处理终端、探针包、设备专用操作和维修工具箱</p>	1套	是	电化学扫描显微分析模块	235.57
4	多通道电化学工作站	多通道电化学工作站，要求提供至少9个测试通道，配置固定式和便携式数据处理终端各1台，每个通道均需配置电极引线，配置5口电解池及电极若干	1套	否	电化学腐蚀分析模块	51.62
5	单通道电化学工作站	单通道电化学工作站，每台电化学工作站均配置1台便携式数据处理终端、电极引线及屏蔽器，配置5口腐蚀测试电解池及电极若干	3套	否	高温高压腐蚀测试模块	/

### 三、技术要求

序号	设备名称	技术要求	采购数量
1	共聚焦拉曼光谱仪	<p><b>一、光谱仪</b></p> <p>★1. 光谱范围<math>\geq 200 \sim 2200\text{nm}</math>，一个谱仪覆盖紫外到近红外全光谱检测。（此项需提供加盖制造厂商或投标人公章的《产品彩页/产品样本》作为证明材料，具体要求详见表后 6.1）</p> <p>△2. 采用低杂散光光谱仪，焦长<math>\geq 750\text{mm}</math>。（此项需提供加盖制造厂商或投标人公章的《产品彩页/产品样本》作为证明材料，具体要求详见表后 6.1）</p>	1套

		<p>○3. 为保证仪器适用于紫外-可见-近红外的拉曼光谱测试，要求内置<math>\geq 2</math>个共焦光路，软件控制自动切换双共焦光路。</p> <p>△4. 采用机械针孔共焦技术（三维空间滤波），非狭缝和光纤共焦。针孔尺寸连续可调，调节范围 <math>10 \sim 1000 \mu\text{m}</math>，步进 <math>1 \mu\text{m}</math>。（此项需提供加盖制造厂商或投标人公章的《产品彩页/产品样本》作为证明材料，具体要求详见表后 6.1）</p> <p>#5. 空间分辨率：<math>\leq 0.5 \mu\text{m}</math>（XY），<math>\leq 1.5 \mu\text{m}</math>（Z）。</p> <p>○6. 软件控制自动切换配置的所有激发波长，包括激光光路，共焦耦合光路和拉曼光路，切换激发波长后无需更换透镜等光学元件。</p> <p>#7. 支持自动全波长校准，自动拉曼峰位校正，自动拉曼强度校正，自动荧光背景校正，自动曝光，自动批处理等。</p> <p>△8. 光谱数据采集模式：数量<math>\geq</math>四种，包括单窗口信号采集（同时谱），多窗口连续信号采集（宽光谱快速无缝接谱），多窗口断续信号采集（高低阈值一次采集）和连续扫描信号采集（大范围平滑光谱）。（此项需提供《测试证明材料》，包含加盖制造厂商或投标人公章的纸质版材料和可播放的测试过程录制文件，具体要求详见表后 6.3）</p> <p>△9. 光谱分辨率：<math>\leq 0.7 \text{cm}^{-1}</math>（585 nm 氙灯线半高宽），<math>\leq 0.4 \text{cm}^{-1}</math>（837nm 氙灯线半高宽）。（测试条件：采用<math>\leq 1800</math>刻线光栅，<math>\geq 30 \mu\text{m}</math>狭缝或针孔，一次性连续测量紫外-可见-近红外全光谱范围）（此项需提供加盖制造厂商或投标人公章的《产品彩页/产品样本》作为证明材料，具体要求详见表后 6.1）</p> <p>○10. 灵敏度：硅三阶峰的信噪比<math>\geq 25:1</math>，并能观察</p>	
--	--	--	--

	<p>到四阶峰。（测试条件：测量 Si（111）三阶峰，采用 532nm 激发，积分时间<math>\leq 100\text{s}</math>，重复<math>\leq 3</math> 次，光谱分辨率<math>\leq 1\text{ cm}^{-1}</math>）。（此项需提供加盖制造厂商或投标人公章的《产品彩页/产品样本》作为证明材料，具体要求详见表后 6.1）</p> <p>○11. 光谱重复性：<math>\leq \pm 0.02\text{cm}^{-1}</math>。（测试条件：测量 Si <math>520\text{cm}^{-1}</math> 拉曼峰，采用 532nm 激发，10 次以上连续测量，峰位变化<math>\leq \pm 0.02\text{cm}^{-1}</math>。）（此项需提供加盖制造厂商或投标人公章的《产品彩页/产品样本》作为证明材料，具体要求详见表后 6.1）</p> <p>△12. 光栅：尺寸<math>\geq 76\text{mm} \times 76\text{mm}</math>，配置 300gr/mm，600gr/mm，1800gr/mm 三块光栅。（此项需提供表后 6.1 《产品彩页/产品样本》以及光栅尺寸照片作为证明材料，并加盖制造厂商或投标人公章）</p> <p>#13. 支持光谱仪平场校正，焦平面<math>\geq 30\text{mm}</math>。</p> <p>○14. 具有非球面反射镜，消象散色差，软件控制自动切换激发波长。</p> <p><b>二、探测器</b></p> <p>#1. CCD 探测器：像素<math>\geq 1024 \times 256</math>，TE 制冷<math>\leq -70^\circ\text{C}</math>，无近红外干涉条纹效应，光谱响应范围<math>\geq 200\text{nm} \sim 1050\text{nm}</math>，读出噪音<math>\leq 4\text{e-}@50\text{kHz}</math>。</p> <p>★2. ICCD 探测器：像素<math>\geq 1024 \times 255</math>，最小光学门宽：<math>&lt; 5\text{ns}</math>，光谱响应范围<math>\geq 280 \sim 760\text{nm}</math>，最低制冷温度：<math>\leq -30^\circ\text{C}@</math>风冷，读出噪音<math>\leq 5\text{e-}@50\text{kHz}</math>。（此项需提供加盖制造厂商或投标人公章的《产品彩页/产品样本》作为证明材料，具体要求详见表后 6.1）</p> <p><b>三、开放式显微镜</b></p> <p>△1. 采用开放式设计，提供大尺寸空间<math>\geq 50\text{mm}</math> 用于原位样品池拉曼光谱测试。显微镜与主机直接耦合，无</p>	
--	---	--

	<p>延长管。（此项需提供加盖制造厂商或投标人公章的《产品彩页/产品样本》作为证明材料，具体要求详见表后 6.1）</p> <p>#2. 通过调节物镜高低聚焦样品，无需调节样品台，保证原位实验样品的稳定性。</p> <p>#3. 配置彩色摄像机<math>\geq 2560 \times 1920</math> 像素，并配置顶部及侧面摄像头，同时观察样品和所有激发波长的激光光斑，精确定位激光激发样品点；白光照明，软件控制自动切换白光照明和拉曼测量。</p> <p>#4. 可见平场消色差物镜：5X，10X，100X，50X 长焦；紫外物镜：15X，40X。</p> <p><b>四、激光器</b></p> <p>△1. 325nm 气体激光器，功率<math>\geq 25\text{mW}</math>。低波数<math>\leq 150\text{cm}^{-1}</math>。（此项需提供加盖制造厂商或投标人公章的《产品彩页/产品样本》作为证明材料，具体要求详见表后 6.1）</p> <p>○2. 532nm 固体激光器，功率<math>\geq 90\text{mW}</math>，低波数<math>\leq 50\text{cm}^{-1}</math>。（此项需提供加盖制造厂商或投标人公章的《产品彩页/产品样本》作为证明材料，具体要求详见表后 6.1）</p> <p>○3. 785nm 固体激光器，功率<math>\geq 90\text{mW}</math>，低波数<math>\leq 50\text{cm}^{-1}</math>。（此项需提供加盖制造厂商或投标人公章的《产品彩页/产品样本》作为证明材料，具体要求详见表后 6.1）</p> <p>○4. 脉冲激光器：波长 355nm 和 532nm，功率<math>\geq 1.5\text{W}@355\text{nm} (10\text{kHz}) / 1\text{W}@532\text{nm} (10\text{kHz})</math>，频率 1kHz~50kHz，脉冲宽度<math>\leq 25 \pm 10\text{ns}</math>，光束质量 <math>532\text{nm}@M^2 \leq 1.5 / 355\text{nm}@M^2 \leq 1.5</math>，光斑直径<math>\leq 1\text{mm}</math>，光斑圆度<math>\geq 90\%</math>，稳定性：355nm<math>\leq 2\% @ 6\text{h} / 532\text{nm} \leq</math></p>	
--	---	--

	<p>3% @6h，制冷方式：水冷，并配置水冷机。</p> <p>○5.不同激发波长采用独立（按波长独立优化）的自由空间激光入射光路。</p> <p>△6.软件控制自动切换激发波长（包括紫外波长），无需手动更换调节光谱仪内光学元件，切换后无需重新调整仪器光路。（此项需提供加盖制造厂商或投标人公章的《产品彩页/产品样本》作为证明材料，具体要求详见表后 6.1）</p> <p>#7. 每个激发波长均配置干涉滤光片和两个瑞利滤光片，滤除等离子线和瑞利散射。</p> <p>△8. 软件控制自动切换 Edge 滤光片，软件控制自动调节 Edge 滤光片角度，以保证低波数效果。（此项需提供加盖制造厂商或投标人公章的《产品彩页/产品样本》作为证明材料，具体要求详见表后 6.1）</p> <p><b>五、XYZ 高精密自动平台</b></p> <p>#1. XY 扫描范围：<math>X \geq 75\text{mm}</math>，<math>Y \geq 50\text{mm}</math>，<math>Z \geq 20\text{mm}</math>；</p> <p>#2. XYZ 最小步进<math>\leq 10\text{nm}</math>；采用闭环控制，精度<math>\leq 50\text{nm}</math>；自动定位测量点和进行光谱成像，自动拉曼信号聚焦。</p> <p>○3. 附带大面积超快速成像功能，软件控制，自动选择普通模式和超快速成像模式，无需更换光学元件和调整仪器。超快速成像速率<math>\leq 10\text{ms/光谱}</math>。</p> <p>#4. 具备 3D 快速成像技术，立体地收集并显示材料内部的拉曼数据，完整的显示样品的 3D 立体拉曼图像；针对表面表面不平、弯曲或粗糙的样品，测试拉曼传递样品化学结构信息的同时得到样品的形貌信息，可实时记录样品的不平整、弯曲及粗糙程度，弯曲表面或动态样品的拉曼成像可以三维形式呈现。</p> <p><b>六、软件与自动化系统</b></p>	
--	---	--

		<p>#1. 自动准直激光到样品的激发光路、样品至探测器的拉曼信号传递光路；自动定期仪器状态校准、并自动调节准直光路，保证仪器最佳性能状态，厂家工程师可通过互联网实现远程自动调整及优化。</p> <p>#2. 自动拉曼信号强度校正功能：软件自动校准拉曼光强度，消除不同波长信号的响应差异；自动波长校准功能：自动实现全光谱自动校准，光谱峰位准确。拉曼信号采集模式与白光照明模式自动切换。</p> <p>#3. 专业拉曼光谱采集和处理软件包：包括仪器控制，数据采集、计算和处理及曲线拟合等各项功能。数据采集：包括单点光谱采集；自动多点光谱采集，多维度 mapping 成像：1D（线，时间，温度，压力等）；2D（XY 表面，XZ/YZ 切片等）；3D（XYZ 立体），超快速成像等。数据处理：包括实时荧光校正，降噪，去背景，平滑等。数据分析：峰位拟合，CLS 峰位拟合，成像分析等。</p> <p>#4. 光谱软件权限控制：可建立多用户权限，如管理员，专家，实验员等，保证后台操作不被轻易篡改。可自定义输出报告模板，自动输出实验报告。</p> <p>#5. 数据库软件：包括常用拉曼数据库。具有光谱搜索模块，建库模块用于创建自定义数据库。官能团模块用于指认官能团。光谱软件和数据库软件一键化关联。</p> <p><b>七、附件</b></p> <p>1. 高温原位显微热台</p> <p>★（1）温度范围：从室温到 1500℃可程序变温，温度精度和稳定性<math>\leq \pm 1^{\circ}\text{C}</math>，最大加热速率<math>\geq 200^{\circ}\text{C}/\text{min}</math>；（此项需提供加盖制造厂商或投标人公章的《产品彩页/产品样本》作为证明材料，具体要求详见</p>	
--	--	---	--



		<p>表后 6.1)</p> <p># (2) 气密样品腔室, 尺寸 <math>\Phi 7 \times 6 \text{mm}</math>, 可充入保护性气体, 光孔直径 <math>\geq 1.7 \text{mm}</math>; 冷却水接口, 带水箱, 热台尺寸能与显微镜载物台匹配放置; 物镜最小工作距离 <math>\geq 6 \text{mm}</math>; 配置水循环泵及其配件用于热台台体冷却, 配置热台连接线、密封圈、窗片、窗片更换工具、水/气阀、7mm 蓝宝石垫片、陶瓷辐射挡板等。</p> <p>2. 与原子力显微镜联用功能</p> <p>○ (1) 与本项目所采购原子力显微镜可以耦合联用为一套系统, 不联用时显微拉曼与原子力显微镜可作为独立的两台仪器同时使用, 互不影响; 包含所需耦合部件, 光学部件等, 包含拉曼激光引出和信号收集模块等。</p> <p>★ (2) 可以实现同样品在同一区域内同时或连续获得 AFM 图和拉曼光谱; (此项需提供加盖制造厂商或投标人公章的《产品彩页/产品样本》作为证明材料, 具体要求详见表后 6.1)</p> <p>○3. 与电镜定位联用功能</p> <p>用于显微拉曼光谱仪与扫描电子显微镜联用, 利用标记物在不同平台的光学成像, 通过软件识别标记物的坐标, 建立标记物与待测样品的坐标位置关系, 从而精确定位待测样品的位置, 实现不同表征仪器间同一样品同一区域的成像, 定位时间 <math>\leq 5 \text{s}</math>, 定位精度 <math>\leq 500 \text{nm/mm}</math>。</p> <p>○4. 真空系统: 304 不锈钢箱体尺寸 (长 <math>\times</math> 宽 <math>\times</math> 高) <math>\geq 2400 \times 750 \times 900 \text{mm}</math>, 透明钢化安全玻璃倾斜视窗厚度 <math>\geq 8 \text{mm}</math>, 采用实芯 O 型密封圈 (真空密封方式) 法兰视窗结构, 可双工位操作并配相应丁基橡胶手套, 配有大过渡舱 <math>\geq \Phi 360 \times 600 \text{mm}</math> 和小过渡舱 <math>\geq \Phi</math></p>	
--	--	---	--

		<p>150*300mm（直径*长），可实现自动抽补气；包含净化系统，净化材料可再生，且具备再生过程自动控制、自动除水除氧功能，<math>H_2O &lt; 1\text{ppm}</math>，<math>O_2 &lt; 1\text{ppm}</math>，泄漏率<math>\leq 0.001\text{vol\%/h}</math>；气体控制阀采用不锈钢集成阀座，真空泵配装油雾过滤器和气镇，可手动或通过 PLC 启动，真空度<math>\geq 2 \times 10^{-3}\text{mbar}</math>，抽速<math>\geq 12\text{m}^3/\text{h}</math>，可对过渡舱抽真空；水分析仪测量范围<math>\geq 0 \sim 500\text{ppm}</math>，采用五氧化二磷传感器，水探头可通过清洗再生程序重复使用，氧分析仪测量范围<math>\geq 0 \sim 1000\text{ppm}</math>，采用二氧化锆传感器，箱内放置有机溶剂吸附器，尺寸（直径*高）<math>\geq \phi 136*256\text{mm}</math>，填充活性炭<math>\geq 2\text{kg}</math>。</p> <p>#5. 提供隔振光学平台一套，尺寸<math>\geq 3\text{m} \times 1.5\text{m} \times 0.8\text{m}</math>；提供<math>\geq 3000\text{VA}</math> UPS 不间断电源一套；提供固定式数据处理终端 1 台用于拉曼测试系统，参考性能要求：不小于 27 寸液晶显示器 1 个，固态硬盘不低于 256G、机械硬盘不低于 2T，内存 16G 及以上、CPU 核数不低于 12 核，主频不低于 2.1GHz，（睿频或超频不低于 4.9GHz）；提供固定式数据分析处理终端 1 台用于高温测试温控系统，参考性能要求：不小于 27 寸液晶显示器 1 个，固态硬盘不低于 512G、机械硬盘不低于 2T，内存 16G 及以上、CPU 核数不低于 20 核，主频不低于 5.4GHz，（睿频或超频不低于 5.4GHz）；提供 Ar 气瓶 2 个（<math>\geq 40\text{L}</math>），实验桌椅 2 套（实验桌参考尺寸 1200*750*800mm），工具柜 1 组（参考尺寸 900*500*1800mm），防爆气瓶柜 1 组（参考尺寸 900*500*1800mm），整体风格需按照采购方要求统一。</p>	
2	便携式拉曼光谱仪	<p>★1. 激光波长：<math>785 \pm 0.5\text{nm}</math>，光谱范围<math>\geq 200 \sim 3200\text{cm}^{-1}</math>，光谱分辨率<math>\leq 8\text{cm}^{-1}</math>。（此项需提供加盖制造厂商或</p>	1 套

		<p>投标人公章的《产品彩页/产品样本》作为证明材料，具体要求详见表后 6.1)</p> <p>○2. 激光功率<math>\geq 0\sim 350\text{mW}</math> 连续可调；采用深制冷 CCD 探测器，制冷温度<math>\leq 0^{\circ}\text{C}</math>，可测得单晶硅二阶峰（硅二阶峰信噪比<math>&gt; 50: 1</math>）。</p> <p>#3. 仪器具有常量化合物检测能力，可对常量化合物进行检测，具备物理检测按键；提供仪器软件标准实验操作流程、操作视频指导；仪器操作软件具备多种算法，进行单项检测、盲样筛查等计算；检测项目和检材可通过搜索方式进入；检测数据自动比对，无需人工分析；仪器在联网状态下，可调用最新云端数据库和云端算法，对本地数据库进行在线升级。</p> <p>#4. 提供防水防尘、防震抗摔、抗冲击、耐腐蚀安全箱，仪器体积<math>\leq 35\times 30\times 20\text{cm}</math>，重量<math>\leq 6\text{kg}</math>；内置锂电池容量<math>\geq 6800\text{mAh}</math>，续航时间<math>\geq 4</math> 小时；提供便携式数据处理终端 1 台，参考性能要求：显示屏不小于 13 寸，固态硬盘不低于 512G、内存 16G 及以上、CPU 核数不低于 12 核，主频不低于 3.8GHz（睿频或超频不低于 3.8GHz）；配置光纤探头、液体检测池、固体测量可调支架各 1 个。</p>	
3	高分辨原子力显微镜	<p><b>一、扫描系统：</b></p> <p>#1. XYZ 三轴闭环扫描器：XY 方向扫描范围<math>\geq 90\ \mu\text{m}</math>；Z 方向扫描范围<math>\geq 10\ \mu\text{m}</math>。</p> <p>○2. 扫描器 Z 方向闭环噪声水平：<math>\leq 0.035\text{nm}</math>（RMS）；XY 方向闭环噪声水平：<math>\leq 0.15\text{nm}</math>（RMS）。（此项需提供加盖制造厂商或投标人公章的《产品彩页/产品样本》作为证明材料，具体要求详见表后 6.1)</p> <p>★3. 要求具备 XYZ 三轴均为探针扫描的扫描器，扫描过程中样品为完全静止状态，可以实现大样品及液下</p>	1 套

	<p>测试的安全和稳定。（此项需提供加盖制造厂商或投标人公章的《产品彩页/产品样本》作为证明材料，具体要求详见表后 6.1）</p> <p>○4. 进针方式：智能自动进针方式，马达加压电陶瓷自动探测的智能进针模式。</p> <p>#5. 闭环扫描器重复定位精度<math>\leq 10\text{nm}</math>，样品台移动精度<math>\leq 3\text{ }\mu\text{m}</math>，XY 方向重复定位精度<math>\leq 3\text{ }\mu\text{m}</math>。</p> <p>#6. 快速扫描模式：最高极限扫描速度<math>\geq 90\text{Hz}</math>。（测试条件：在云母片上扫描范围为 <math>2\text{ }\mu\text{m} \times 2\text{ }\mu\text{m}</math>）</p> <p><b>二、样品台：</b></p> <p>○1. 样品台尺寸<math>\geq 200\text{mm}</math>，可放置最大样品高度<math>\geq 15\text{mm}</math>。</p> <p>#2. 样品台具有 360 度旋转功能，定位精度<math>\leq 2\text{ }\mu\text{m}</math>，可真空吸附样品。</p> <p>#3. 可实现软件编程控制自动移动功能，可实现全自动多点扫描及多样品扫描测试。</p> <p><b>三、控制系统</b></p> <p>○1. 控制器内置不少于三个锁相放大器，控制器反馈相应时间<math>\leq 2\text{ }\mu\text{s}</math>，采集速率<math>\geq 50\text{MHz}</math>。</p> <p>#2. 标定探针的共振频率，最高频率<math>\geq 2\text{MHz}</math>。</p> <p>△3. 每条扫描线可获得最大数据点数<math>\geq 16000</math>。（此项需提供加盖制造厂商或投标人公章的《产品彩页/产品样本》作为证明材料，具体要求详见表后 6.1）</p> <p>○4. 至少有 8 通道同时成像，可同时获得<math>\geq 5000 \times 5000</math> 数据点。</p> <p>○5. 系统可实现抬高模式的控制，可以实现样品表面磁学、电学特征的特征测试。</p> <p>△6. 仪器热漂移水平：在非软件补偿情况下<math>\leq 0.2\text{nm/min}</math>。（此项需提供加盖制造厂商或投标人公</p>	
--	--	--

		<p>章的《产品彩页/产品样本》作为证明材料，具体要求详见表后 6.1)</p> <p><b>四、功能系统</b></p> <p>★1. 至少包含轻敲模式、接触模式、非接触模式、相位成像、横向力模式、磁场力显微镜、静电力显微镜、表面电势测量、智能成像模式、抬起模式、力曲线与力阵列、快速力曲线阵列、压电响应成像模式、高次谐波成像等基本测量模式。（此项需提供加盖制造厂商或投标人公章的《产品彩页/产品样本》作为证明材料，具体要求详见表后 6.1)</p> <p>△2. 提供智能扫描模式：可精确控制针尖与样品之间的相互作用力<math>\leq 20\text{pN}</math>，振幅<math>\leq 300\text{nm}</math>，且 <math>\text{pN}</math> 级力作反馈进行表面成像，力曲线频率可达 <math>2000\text{Hz}</math>。使用时只需选择扫描范围，系统就能够在扫描过程自动调节“接触力”，“电路增益”，“扫描速度”和“扫描器的量程范围”。（此项需提供《测试证明材料》，包含加盖制造厂商或投标人公章的纸质版材料和可播放的测试过程录制文件，具体要求详见表后 6.3)</p> <p>#3. 提供压电力显微镜模式：具备形貌、面内和面外压电力信号同时实时扫描成像功能，不需要在单条线扫描两次。可以加载最高电压可达到正负 <math>10\text{V}</math>。</p> <p>△4. 提供定量纳米力学测试功能：力曲线频率可达 <math>2000\text{Hz}</math>，可以对纳米力学性能（包括弹性模量、黏附力、变形量和能量耗散）进行定量成像，同时获得高分辨率样品形貌图像。模量测试范围<math>\geq 1\text{MPa}-70\text{GPa}</math>。</p> <p>（此项需提供加盖制造厂商或投标人公章的《产品彩页/产品样本》作为证明材料，具体要求详见表后 6.1)</p> <p>△5. 提供高分辨高带宽间歇性接触样品电流量测功</p>	
--	--	---	--

		<p>能，可以在一次扫描中同时得到材料表面的三维形貌、力学信息和电学信息。可实现软的疏松样品及纳米线样品成像和导电测试，并同步力学量测。电流测量范围<math>\geq 100\text{fA} \sim 500\text{nA}</math>，噪音水平<math>\leq 100\text{fA}</math>，带宽<math>\geq 15\text{kHz}</math>。（此项需提供加盖制造厂商或投标人公章的《产品彩页/产品样本》作为证明材料，具体要求详见表后 6.1）</p> <p>★6. 提供高分辨表面电势显微镜模式，包含振幅调制和频率调制开尔文探针检测方式，可测量高达 100V 的电势差，可以在一次扫描中同时得到材料表面的三维形貌、力学信息和表面电势信息。（此项需提供加盖制造厂商或投标人公章的《产品彩页/产品样本》作为证明材料，具体要求详见表后 6.1）</p> <p>#7. 提供液下环境测试功能，能够在液下环境实现智能扫描模式，无需寻找探针共振峰，设备自动优化<math>\geq 3</math> 个扫描参数，获得形貌以及杨氏模量、黏附力、样品形变量等纳米力学数据。（此项需提供加盖制造厂商或投标人公章的《产品彩页/产品样本》作为证明材料，具体要求详见表后 6.1）</p> <p>△8. 提供原子力扫描电化学显微镜模式及电化学测试系统与功能配件：可通过针尖尖端导电实现液下电化学测量，电化学性能空间分辨率可达<math>&lt;100\text{nm}</math>，能够同时得到液下样品的三维形貌、力学、电学、电化学信息。包含电化学测试系统及功能配件：电化学测试系统最大输出电压<math>\geq \pm 30\text{V}</math>，最大施加电压<math>\geq \pm 14.5\text{V}</math>，最小电位分辨<math>\leq 1\mu\text{V}</math>，电流测量范围<math>\geq 1\text{nA} \sim 2\text{A}</math>，最小电流分辨<math>\leq 1\text{pA}</math>，交流阻抗测试频率范围<math>\geq 10\mu\text{Hz} \sim 32\text{MHz}</math>（测试精度：幅值<math>\leq 0.1\%</math>，相位<math>\leq 0.1</math> 度），频率分辨率<math>\leq</math>百万分之 0.015，直流偏置电压</p>	
--	--	--	--

	<p>≥40V，交流幅值≥0~3V；功能配件至少包含电化学成像两个模式的液态探针架、电化学液体池、专用电化学样品台（带 60℃加热功能）以及加热控制器等实现该功能所需配件。（此项需提供加盖制造厂商或投标人公章的《产品彩页/产品样本》作为证明材料，具体要求详见表后 6.1）</p> <p>△9. 液下电学测量模式，包含液下导电原子力显微镜、液下开尔文探针显微镜等功能。（此项需提供加盖制造厂商或投标人公章的《产品彩页/产品样本》作为证明材料，具体要求详见表后 6.1）</p> <p>★10. 具备可以与共聚焦拉曼光谱仪进行联用实现同样品同区域成像的能力，并免费配合甲方进行联用调试。（此项需提供加盖制造厂商或投标人公章的《产品彩页/产品样本》作为证明材料，具体要求详见表后 6.1）</p> <p><b>#五、软件系统</b></p> <p>1. 在线扫描软件：通过该软件实现不同 AFM 功能流程化的实验过程，如轻敲模式、智能模式、导电原子力显微镜等等。同时实时呈现不同的样品数据信息（高度形貌，phase，模量等），并将图像文件保存至本地。离线图像处理软件：完成 AFM 成像后，软件会保存图像文件，在文件中记录了原始数据以及所有的相关参数，可以将 AFM 原始数据导出进行专门化的分析和处理，例如将*.spm 文件中的 AFM 数据导出在 Excel 中制作表格以对某些部分进行统计分析，或将数据导出利用专业作图软件进行定制化的图像绘制。</p> <p>2. 软件与固定式数据分析处理终端系统兼容性好，可高速采集并处理大量数据，软件安装不受数量限制且终身免费升级至最新版本。</p>	
--	---	--

		<p><b>#六、光学系统</b></p> <p>提供辅助光学显微镜，彩色 CCD 像素<math>\geq 500</math> 万，具备缩放功能，单视野最大范围<math>\geq 1.4 \times 1\text{mm}</math>，光学分辨率<math>\leq 2\mu\text{m}</math>，软件可直接存储光学图像。</p> <p><b>七、附件</b></p> <p>#1. 提供专用落地一体式隔音减震系统 1 套，声波消除能力<math>\geq 40\text{dB}</math>，尺寸<math>\geq 900\text{mm} \times 800\text{mm} \times 1600\text{mm}</math>；提供固定式数据分析处理终端 1 台，参考性能要求：不小于 30 寸液晶显示器 1 个，固态硬盘不低于 1T、内存 32G 及以上、CPU 核数不低于 20 核，主频不低于 2.1GHz，（睿频或超频不低于 5.4GHz），主机中配置数据采集卡接收 AFM 控制器传输的数据。</p> <p>#2. 探针包：包含不少于 2 个探针支架，10 根锐化探针，90 根轻敲模式探针，20 根智能扫描模式探针，20 根液体环境扫描探针，60 根导电模式探针，30 根纳米力学探针，50 根接触模式探针；其他附件：设备专用操作和维修工具箱 1 套（包含镊子、校准光栅等）。</p>	
4	多通道电化学工作站	<p><b>一、多通道电化学工作站主机</b></p> <p>★1. 配置不少于 9 个测试通道，通道间完全独立浮地，任意两个通道都可以组成双恒电位仪，可连接环盘电极进行氧化还原反应测试；提供辅助分压测试，可同时进行阴阳极电位和交流阻抗测试，可以连接 pH 计，离子选择电极，石英晶体分析仪等外部设备的联用。（此项需提供加盖制造厂商或投标人公章的《产品彩页/产品样本》作为证明材料，具体要求详见表后 6.1）</p> <p>△2. 每一个通道相当于一台电化学综合测试系统，可以同时进行相同的电化学实验也可以同时进行不同的电化学实验，每个通道都包含 EIS 交流阻抗功能。（此项需提供《测试证明材料》，包含加盖制造厂商</p>	1 套



	<p>或投标人公章的纸质版材料和可播放的测试过程录制文件，具体要求详见表后 6.3)</p> <p>#3. 非扩展模式电流量程<math>\geq 4\text{nA} \sim 2\text{A}</math>，最小电流分辨率<math>\leq 1/32000</math>（选定量程）。</p> <p>★4. 非扩展模式最大输出电压（槽压）<math>\geq \pm 30\text{V}</math>，非扩展模式最大施加电压<math>\geq \pm 30\text{V}</math>。（此项需提供加盖制造厂商或投标人公章的《产品彩页/产品样本》作为证明材料，具体要求详见表后 6.1)</p> <p>△5. 最小施加电位分辨率<math>\leq 0.3\text{uV}</math>。（此项需提供加盖制造厂商或投标人公章的《产品彩页/产品样本》作为证明材料，具体要求详见表后 6.1)</p> <p>#6. 至少包含线性扫描和阶梯波两种电位扫描方式；最大电压扫速<math>\geq 25\text{kV/s}</math>。</p> <p>#7. 施加电压精度<math>\leq \pm 0.025\%</math>，测量电压精度<math>\leq \pm 0.025\%</math>。</p> <p>#8. 最大采样速率<math>\geq 1\text{M}</math> 点/秒。</p> <p>○9. 电化学交流阻抗测试频率范围<math>\geq 10\text{uHz} - 7\text{MHz}</math>。（不少于 2 个测试通道）（此项需提供加盖制造厂商或投标人公章的《产品彩页/产品样本》作为证明材料，具体要求详见表后 6.1)</p> <p>#10. 非扩展模式最高输入阻抗<math>\geq 10^{13} \Omega // 5\text{pF}</math>，差分静电计带宽<math>\geq 10\text{MHz}</math>。</p> <p><b>#二、软件</b></p> <p>软件包含实现多种交直流电化学测试方法的实验：包括开路电位；线性扫描；循环伏安（单次）循环伏安（多次）；阶梯线性扫描；阶梯循环伏安（单次）；阶梯循环伏安（多次）；计时电流法；计时电位法；计时电量法；电位脉冲法；电流脉冲法；方波伏安法；电化学噪声；电偶腐蚀；循环极化；线性极化；塔菲尔、<math>R_p</math> 拟合分析；恒电位、动电位扫描；恒电流、动电流扫描；动态 IR 补偿；阻抗测试及分析；控制电位的电化学阻抗；控制电流的电化学阻抗；Mott-Shottky, Multi-Vertex CV 多峰值循环伏安；恒电流充放电；恒功率放电；恒电阻放电，恒功率充放电；恒电阻充放电；GITT 恒电流间歇滴定，PITT 恒电位间歇滴定。</p> <p><b>#三、附件</b></p>	
--	--	--

		<p>1、配置固定式和便携式数据处理终端各 1 台，分别用于常规测试及原位电化学-谱学测试，参考性能要求：固定式不小于 27 寸液晶显示器 1 个，固态硬盘不低于 512G、机械硬盘不低于 2T，内存 16G 及以上、CPU 核数不低于 20 核，主频不低于 5.4GHz，（睿频或超频不低于 5.4GHz）；便携式显示屏不小于 16 寸，固态硬盘不低于 1T、内存 64G 及以上、CPU 核数不低于 24 核，睿频或超频不低于 5.8GHz。</p> <p>2.提供正版 Zview 等效电路解析软件，提供模拟电化学池不少于 2 套，电极引线不少于 9 套，电极夹 40 个，5 个五口电化学测试电解池（容积<math>\geq 500\text{mL}</math>），6 个石墨电极，10 个铂电极（<math>\geq 10 \times 10 \times 0.1\text{mm}</math>），5 个饱和甘汞电极，5 个盐桥。</p>	
5	单通道电化学工作站	<p><b>一、主机性能</b></p> <p>#1. 小信号上升时间<math>&lt; 1\mu\text{s}</math>；最小时基<math>\leq 10\mu\text{s}</math></p> <p>#2. 电流测量量程<math>\geq 100\text{pA} \sim 1\text{A}</math>（<math>\geq 11</math> 档）</p> <p>★3. 具备浮地功能，最小电流分辨率<math>\leq 3.3\text{fA}</math>，最小电压分辨率<math>\leq 1\mu\text{V}</math>。（此项需提供加盖制造厂商或投标人公章的《产品彩页/产品样本》作为证明材料，具体要求详见表后 6.1）</p> <p>#4. 槽压<math>\geq \pm 22\text{V}</math>；扫描电压范围<math>\geq \pm 10\text{V}</math></p> <p>★5. 电位精度<math>\leq \pm 1\text{mV}</math>（或读数<math>\pm 0.3\%</math>），电流精度<math>\leq \pm 5\text{pA}</math>（或读数<math>\pm 0.3\%</math>）。（此项需提供加盖制造厂商或投标人公章的《产品彩页/产品样本》作为证明材料，具体要求详见表后 6.1）</p> <p>○6. 交流阻抗频率范围<math>\geq 10\mu\text{Hz} \sim 2\text{MHz}</math>。（此项需提供加盖制造厂商或投标人公章的《产品彩页/产品样本》作为证明材料，具体要求详见表后 6.1）</p> <p>#7. 最大交流振幅<math>\geq 1\text{V}_{\text{rms}}</math>，最小交流振幅<math>\leq 50\mu\text{V}_{\text{rms}}</math>；输入阻抗<math>&gt; 1000\text{G}\Omega</math>。</p> <p><b>#二、软件</b></p> <p>1. 每台电化学工作站均配置一体化软件，包括脉冲伏安、交流阻抗、直流腐蚀、脉冲伏安、临界点蚀、电化学噪音、频率调制、电化学信号分析、电化学能源软件包等不同化学分析方法，软件终身免费升级。</p> <p>2. 软件开放源代码，便于进行二次开发。</p>	3 套

		<p><b>#三、附件</b></p> <p>1. 每台电化工作站均配置 1 台便携式数据处理终端，参考性能要求：液晶显示屏不小于 13 寸，固态硬盘不低于 1T、内存 32G 及以上、CPU 核数不低于 14 核，主频不低于 4.5GHz,（睿频或超频不低于 4.5GHz）。</p> <p>2. 备品耗材：不少于 3 套电极引线、3 套模拟电化池及屏蔽器，5 个 5 口腐蚀测试电解池（容积不小于 500ml），配套 6 个石墨电极，6 个铂电极（<math>\geq 10 \times 10 \times 0.1\text{mm}</math>），10 个饱和甘汞参比电极，10 个盐桥。</p>	
--	--	--	--

#### 6、证明材料的形式要求：

6.1 《产品彩页/产品样本》只接受加盖制造厂商或投标人公章的原版原件，不接受各类复印件，仅提供复印件的视为无效证明材料。《产品彩页/产品样本》中的各类图、表以及印刷电路板图等都应清晰易读。《产品彩页/产品样本》不能人为进行额外的修改、注释，否则视同无效证明材料。

6.2 《软件功能证明材料/数据库内基础数据条数》必须为可供评标现场查证的可播放文件。即：投标人提供的软件功能证明需提前全屏录制好软件打开的全部过程，并依次点按说明每个软件功能的存在和正常使用，每演示一个功能视为符合条件。

6.3 《测试证明材料》中的数据和图应清晰易读，并加盖制造厂商或投标人公章。此外，还需提供可供评标现场查证的可播放文件。即：投标人提供的测试证明需提前全屏录制好测试过程，包括测试环境、测试条件说明及测试软件显示界面的全部过程。（需以 U 盘方式提供.mp4 格式视频，需单独密封与投标文件一起递交，投标人在递交前应做好测试，如因 U 盘损坏、视频文件格式不对、视频文件损坏等问题造成无法播放，投标人自行承担相关损失。）

#### 四、服务要求

1、安装场地勘查：中标供应商应在仪器安装 2 个月前到用户现场进行场地检测，

基于现状条件，设备所需的现场配套条件改造及费用（包括但不限于水、电、气等），由中标供应商负责直至设备能够正常安装使用。

2、**安装调试：**仪器到达采购人现场后，在接到采购人通知后 2 周内，中标供应商的技术人员到现场免费进行安装调试。

3、**技术培训：**设备原厂商的专职技术人员为采购人免费提供设备的相关培训，不低于 1 周（5 个工作日），参加培训人数不限，培训直到掌握为止。

4、**质保服务：**所有质保服务应由设备原厂商提供，质保期为自验收合格之日起算，如果质保期内零部件出现质量问题，质保期应从质量问题修复后顺延；质保期内，设备维修所产生的一切费用都由中标供应商提供；质保期内，设备原厂商的专职技术人员在收到采购人的维修服务要求 24 小时内做出回应，如不能解决，在 48 小时内到达客户现场进行维修。其中，多功能成像联用分析模块（共聚焦拉曼光谱仪）与电化学扫描显微分析模块（高分辨原子力显微镜）质保期要求至少 1 年，便携式拉曼光谱检测分析模块（便携式拉曼光谱仪）、电化学腐蚀分析模块（多通道电化学工作站）及单通道电化学工作站质保期要求至少 2 年。

5、**电力供给：**设备安放实验室目前现有的电气条件是三相五线制 380VAC（ $\pm 10\%$ ），50Hz（ $\pm 1\text{Hz}$ ）；220VAC（ $\pm 10\%$ ），50Hz（ $\pm 1\text{Hz}$ ），功率 25 kW。采购人提供指定实验室固定位置的配电箱，中标供应商设备报价包含配电箱到设备、控制系统等的电缆、数据线以及规范走线所用的线槽线架等，且电源线采用优质铜导线，投标人投标时需提电缆、数据线等的详细设计方案及依据，相关信息如导线厂商、批号、出厂合格证、详细技术参数等不限于上述信息列入设备整体验收。

6、中标供应商定期向采购人提供仪器及应用方面最新信息，免费提供软件升级。

7、在货物未送达交货地点之前，中标供应商每季度需向采购人提供盖章书面仪器进度情况说明。

8、中标供应商需在北京科技大学昌平创新园区内，提供共聚焦拉曼光谱仪与原子力显微镜各 1 次免费移机服务。

9、中标供应商需在 4 年之内免费提供一次上门配合验收服务。

10、设备需提供满足采购人拟构建的多源异构数据集成系统规范要求的数据接口，实现测试参数、测试结果等数据的记录、导出与存储，数据采用文件

（如：.txt、.xls、.csv、.DAT、.XML、.raw,文档等）或标准数据库等格式，并支持采用数据文件离线拷贝的形式集中存储在多源异构数据集成系统中。

## 五、其他要求

1、交货时间：合同签订后 10 个月内

2、交货地点：北京科技大学昌平创新园区指定地点

3、采购数量：见前附清单

4、包装运输要求：提供的全部货物，均应采用本行业通用的方式进行包装，且该包装应符合国家《公路大件运输安全通行评价技术规范》JTG/T2213-2023 等有关包装的法律、法规的规定。包装应适应于远距离运输、防潮、防震、防锈和防粗暴装卸，确保货物安全无损，运抵现场。由于包装不善所引起的货物锈蚀、损坏和损失均由中标供应商承担。

5、付款方式：

**国内产品：**签订合同后，中标供应商按采购人可以接受的形式向采购人提交合同总金额 10%的履约保证金；履约保证金到账后，采购人支付供货合同总金额 70%的货款；设备全部到货后，采购人支付供货合同总金额 20%的货款；项目验收合格后，采购人支付供货合同总金额 10%的货款；质保满 1 年无质量问题，且通过共聚焦拉曼光谱仪与高分辨原子力显微镜联用功能测试验收，履约保证金退还给中标供应商。

**进口产品：**采购人指定的外贸代理机构将货款的 90%向外商开具不可撤销信用证，外商凭发货单据承兑；货物验收合格后，货款的 10%凭买方签字并加盖学校资产管理处公章的验收报告电汇给外商。

## 六、验收要求

验收工作由北京科技大学金属冶炼重大事故防控技术支撑基地（以下简称金属冶炼基地）组织，中标供应商应全程配合并按金属冶炼基地文件要求进行设备的验收流程，设备应达到或高于中标供应商投标文件中承诺的指标。此外还需完成以下验收测试和提供以下材料：

### 1、验收测试：

1.1 对多功能成像联用分析模块（共聚焦拉曼光谱仪），按照采购人的指定测试条件对灵敏度、光谱重复性、光谱分辨率等关键参数和设备整体功能进行测试验收。

1.2 对便携式拉曼光谱检测分析模块（便携式拉曼光谱仪），按照采购人的指定测试条件对光谱分辨率、光谱范围等关键参数和设备整体功能进行测试验收。

1.3 对电化学扫描显微分析模块（高分辨原子力显微镜），按照采购人的指定测试条件对扫描范围、扫描噪声水平、重复定位精度等关键参数和设备整体功能进行测试验收。

1.4 对电化学腐蚀分析模块（多通道电化学工作站）及单通道电化学工作站，按照采购人的指定测试条件对槽压、电流量程、最小电流分辨率、交流阻抗频率范围等关键参数和设备整体功能进行测试验收。

1.5 对共聚焦拉曼光谱仪与高分辨原子力显微镜联用功能进行测试验收：按照金属冶炼基地测试大纲，由中标供应商承担所需费用成本，由金属冶炼基地确定测试环境等条件，对标准硅样品进行联用可视化测试，通过安装在同一光学平台上的拉曼与原子力耦合显微系统，可测量得到该硅样品同区域内的 AFM 图像和拉曼信号。

## **2、材料：**

3.1 必须提供完整的试验测试报告和技术资料（纸质版两套，电子版一套）：包括但不限于出厂检验报告、操作使用说明书、维护说明书、质保书、产品合格证、备品备件清单、装箱单等；

3.2 当货物来源于中华人民共和国境外时，产品必须附有原产地证明、合法进货渠道证明、包装材质证明（木箱需高温熏蒸证明）、海关完税证明或免税相关材料，此外，有关技术资料中须附有全文翻译的中文文本。

## **七、知识产权**

本项目实施过程产生的知识产权全部归采购人所有，中标供应商不得在未经采购人书面许可前提下申请或公开与本项目相关的专利、软件著作权以及发表相关论文。