

采购需求

球差校正透射电子显微镜

（一）仪器主机功能要求：

***球差校正透射电子显微镜主机功能：**具备双球差校正器（聚光镜球差和物镜球差），具备洛伦兹模式，具备 HAADF 探测器和分割式 STEM 探测器，实现原子级分辨率，具备三维重构功能，具备能量过滤系统和电子能量损失谱价态分析及原位分析功能，具备能量色散谱元素分析功能，具备电子全息功能，具备 4D-STEM 探测器成像功能，具备相机原位成像和低剂量成像功能，具备旋进电子衍射功能，具备自动晶带轴倾转功能。下述配置未列出项需能保证实现上述功能。

（二）仪器技术指标要求：

1.1 电子枪及镜筒

*1.1.1 电子枪类型：高亮冷场发射电子枪。

#1.1.2 要求电子束亮度 $\geq 1 \times 10^8$ A/m²/sr/V*。

1.1.3 要求束斑漂移： ≤ 0.5 nm/min。

#1.1.4 要求能量分辨率： ≤ 0.3 eV。

1.2 分辨率

*1.2.1 要求 STEM 分辨率 300kV 优于 51pm；200kV 优于 60pm；80kV 优于 96pm。

1.2.2 要求 TEM 信息分辨率优于 70pm@300kV。

1.3 工作电压

1.3.1 工作电压：80 - 300kV，工作电压全程范围内通过软件可自由切换，调节。

1.3.2 要求提供双球差校正器和电镜主机系统在 80kV，200kV，300kV 加速电压下的合轴。

1.4 球差校正器

#1.4.1 要求配备聚光镜像差校正器（用于提高 HR-STEM 分辨率），校正至 A5 阶。

1.4.2 须包含聚光镜球差校正器控制软件。

1.4.3 须配置 STEM 高分辨自动优化软件，可自动修正残余像差。

1.4.4 要求配备物镜像差校正器（用于提高 HR-TEM 分辨率）。

1.4.5 须包含物镜球差校正器控制软件。

1.5 透镜系统

*1.5.1 要求物镜极靴间距： $\geq 5\text{ mm}$ ，满足三维重构杆、双倾杆以及各种原位杆的大转动角度的需求。

#1.5.2 要求配置旋进电子衍射功能。

1.5.3 要求配置洛仑兹透镜，安装在物镜极靴下方，实现样品磁结构分析。

1.5.4 洛仑兹模式下，须配备球差校正洛仑兹光路，放大倍率 60-70000 倍，信息分辨率 $\leq 1\text{nm} @ 300\text{kV}$ 。

*1.5.5 须配置洛伦兹模式下 80kV、200kV、300kV 电压下的合轴。

1.5.6 须配置差分相位四象限成像系统，探头的每个象限均可实现独立收集信号并成像，可以实现固有磁场和电场的测量。

1.6 光阑系统

#1.6.1 要求物镜光阑孔数目： ≥ 8 个。

1.6.2 配备全自动光阑系统，包括全自动化聚光镜光阑，及选区光阑和物镜光阑，带位置记忆功能。

#1.6.3 要求聚光镜光阑配置低电压光阑，具有加热自清洁功能，防止光阑污染；配置 $20\text{ }\mu\text{m}$ 小孔聚光镜光阑。

1.6.4 要求配备全自动挡针。

1.7 扫描透射系统

*1.7.1 要求配置高角环形暗场(HAADF)探测器，16 分割 STEM 探测器系统，实现 BF, ABF, DF, ADF, DPC 和 iDPC 成像轻/重元素成像。

#1.7.2 要求至少可同时采集 4 幅来自不同角度的电子信号，包括明场 (BF)/环形明场 (ABF)，环形暗场 (ADF)，高角环形暗场 (HAADF) 图像。

1.7.3 要求在不改变光路的情况下，快速实现调节电子束剂量。

1.7.4 要求 STEM 图像最大尺寸： $4\text{k} \times 4\text{k pixels}$ 。

1.7.5 须包含 80kV，200kV，300kV 下 STEM 成像合轴。

1.8 电子全息系统

#1.8.1 要求配备电子全息专用光阑和双棱镜，实现样品磁结构分析，双棱镜可 180° 旋转，直径小于 $1.5\text{ }\mu\text{m}$ 。偏压可调整范围不窄于 $\pm 1000\text{ V}$ 。

1.8.2 电子全息图像要求 HRTEM 模式下条纹间距优于 0.1 nm 且衬度不低于 20%；洛伦兹模式下条纹间距优于 4 nm，且衬度不低于 10%。

1.9 4D STEM 成像系统

#1.9.1 要求配备一体化 4D STEM 专用像素化阵列式直接电子探测器。

1.9.2 要求单个像素尺寸 $\geq 150 \times 150 \mu\text{m}^2$ 。

1.9.3 要求动态范围： $\geq 10^6:1$ 。

1.9.4 须包含 80kV、200kV、300kV 电压下的合轴。

1.10 样品台

1.10.1 要求增强型全自动压电陶瓷样品台，可存储和复位五维 (x, y, z, α , β) 坐标。

1.10.2 要求插入双倾样品杆时的最大倾斜角度满足： $\pm 29^\circ(\alpha) / \pm 29^\circ(\beta)$ 。

1.10.3 要求插入三维重构样品杆时的最大倾斜角度： $\pm 70^\circ(\alpha)$ 。

#1.10.4 要求样品移动范围：X/Y： $\pm 1 \text{ mm}$ ；Z： $\pm 0.375 \text{ mm}$ 。

1.10.5 要求样品漂移速率 $\leq 0.5 \text{ nm/min}$ 。

1.10.6 压电陶瓷样品台须具有图像漂移校准功能。

1.11 样品杆

1.11.1 要求配备单倾样品杆一根。

1.11.2 要求配备高稳定性超大视野低背景双倾样品杆一根。

1.11.3 三维重构单倾样品杆一根。

1.12 能谱仪

#1.12.1 要求配置全自动电制冷能谱仪系统，对称式无窗设计，集成在电镜极靴内。

1.12.2 要求能谱探测器有效面积 $\geq 120 \text{ mm}^2$ 。

1.12.3 要求能量分辨率优于 136 eV (Mn K α)，元素分析范围: B5-U92。

1.12.4 最大输出计数率须 $\geq 800 \text{ kcps}$ 。

1.12.5 要求能进行快速原子级尺寸的点、线、面的定性和定量分析，实现原子尺度面分布。

1.12.6 要求在同一用户界面下和 STEM 配合，进行有漂移校正的线扫描和面扫描定性/定量分析。二者同时、连续采集数据，实时显示，并可进行实验后分析。

#1.12.7 要求能自动完成能谱三维重构数据采集。

1.13 能量过滤器电子能量损失谱仪

*1.13.1 要求配备最新一代能量过滤分析系统，功能包括能量过滤透射电镜成像和电子能量损失谱(EELS)分析。通过能量过滤，提高成像质量，尤其是厚试样和断层成像的图像质量，实现材料的价态分析、电子结构、元素组成及其面分布等。

*1.13.2 要求能量过滤器主机标配：(1)高速 $2k \times 2k \times 18 \mu m$ CMOS 探测器，(2)BF/DF 探测器，(3) 100 ns 级高速静电快门，(4) 双 EELS 探测系统，(5) 实时零损峰(ZLP)校正，(6) 实时 STEM EELS 面分布，(7) 连续 EFTEM 等，(8) 原位 EELS 图像和谱采集功能。

1.13.3 要求采谱速度须不小于 8000 谱/秒。

1.13.4 要求配置电子能量损失谱离线数据处理软件 1 套。

1.13.5 要求电镜通讯与电子能量损失谱仪通讯信号相互授权。

1.13.6 要求包含 STEMpack 和 Digiscan 功能。

2.1 三维重构系统

*2.1.1 要求三维重构功能包括 TEM，STEM 和 EDS 的三维重构数据采集和数据处理（含计算机工作站）。

#2.1.2 要求三维重构最大图像漂移：X/Y 方向 $\leq 2 \mu m$ (+/- 70° 内倾转)。

2.1.3 要求三维重构最大欠焦量变化： $\leq 4 \mu m$ (+/- 70° 内倾转)。

2.1.4 要求样品杆 3 次以上重复进入时，X/Y 重复性： $\leq 400 \text{ nm}$ 。

2.1.5 要求三维重构软件包括数据采集、对中及重构、三维重构可视化处理三大模块。

2.1.6 要求配置 TEM、STEM 和 EDS 三维重构数据处理软件，可安装于同局域网多台计算机工作站。

2.2 图像记录装置

2.2.1 须配置 TEM 一体化高速高动态数字相机，具备动态模式下的短时间曝光和长时间曝光的快速切换，须支持动态傅立叶变换。

2.2.2 要求配置 TEM 一体化快速底装 CMOS 相机，使用电压 80-300 kV。

#2.2.3 须能实现原位 TEM、STEM、EELS 和 EDS 采集功能。

2.2.4 要求像素： $4,096 \times 4,096$ 像素，单个像素尺寸 $\geq 14 \times 14 \mu m^2$ 。

2.2.5 要求读取速度：40 fps @ $4k \times 4k$ ，300 fps @ 512×512 ；。

2.2.6 要求可实时拍摄并具备不间断录像功能。

2.3 电镜操作和仪器控制

2.3.1 要求全数字化电镜控制系统，所有操作由电镜控制器直接控制，在用户图形界面上完成电镜的操作控制。

2.3.2 须含两台仪器操作工作站，配备不小于 24 英寸液晶显示器。

#2.3.3 须提供最新可兼容该电镜系统的软件，实现快速操作，包括光学模式设置、探测器选择以及数据采集和分析等，能同时快速获取多达 4 个 STEM 信号，使用智能扫描技术，获得高质量的 STEM 图像。

2.3.4 须具备方便且快速进行样品移动、光束移动、放大倍数、模式切换、聚焦、合轴操作等常用功能。

2.3.5 须将数据、软件各模块便捷地在两台液晶显示器之间显示。

2.3.6 要求每套电镜状态参数相互独立，使用过程中能迅速切换调用。可设置任意多个用户，每个用户之间的参数设置相对独立，同时还可以相互调用。

2.4 数据离线处理工作站不低于以下配置

2.4.1 配置 Microsoft Windows 操作系统。

2.4.2 5218R CPU。

2.4.3 内存：256G。

2.4.4 1T（SSD）+ 8 TB（4×2 TB）硬盘容量。

2.4.5 不低于 24 英寸 4K 液晶显示器。

2.5 场地改造和装修

2.5.1 要求包含全方位场地改造，包括承重、震动、磁场和噪音、空调新风、强弱电及独立地线、室内装饰墙面、地面、吊顶、门、消防、温湿度、氧气及其他监测装置、实验台、动力间钢架和电子宣传墙等。保证达到整机验收指标，并出具详细的场地改造方案。

2.5.2 要求高质量装修材质和装修标准。

2.5.3 要求装修囊括仪器到所后的吊装，吊装过程中的仪器保险，运输过程中的拆门和墙体复原等。

(三) 仪器配置要求

1. 双球差电镜 ×1
2. 循环水系统、高压箱、压缩机 各×1
3. 能谱仪（套） ×1
4. 能量过滤系统和能量损失谱系统 各×1
5. 电子全息系统 ×1
6. 洛伦兹系统 ×1
7. 旋进电子衍射系统 ×1
8. HAADF 探测器系统 ×1
9. 分割式 STEM 探测器系统 ×1
10. 4D STEM 成像系统 ×1
11. 三维重构系统 ×1
12. 相机成像系统 ×1
13. 单倾样品杆 ×1
14. 双倾样品杆 ×1
15. 三维重构样品杆 ×1
16. 电镜控制工作站，三维重构工作站，相机工作站，EELS 工作站 各×1
17. 离线数据处理工作站 ×1
18. 自由透镜控制软件 ×1
19. 自动晶带轴倾转功能 ×1
20. 备用电子全息丝 ×1
21. UPS 不间断电源×2
22. 样品杆储存泵 ×1

(四) 技术服务和培训

1. 设备安装、调试和培训

1.1 卖方应在合同生效后的两个月内，对可能的安装场地进行免费噪声、震动及磁场等情况测试，并提出详细的安装场地要求和安装环境改造方案。卖方提供主动消除减震等必要设备，并改善安装环境。

1.2 仪器到达用户所在地后，厂家负责设备的免费安装、调试，直至通过验收。

1.3 卖方免费提供现场培训，内容包括仪器的基本原理、操作应用及仪器的维护保养知识，直到用户能正常使用和维护仪器。

1.4 卖方长期提供技术支持，不少于 10 年的备件供应支持。

1.5 卖方免费提供仪器说明书。

2. 质保期

2.1 提供电镜整机（含底插相机和电子能量过滤系统，不含独立的附件）1 年免费质保，质保期自验收签字日起计算。

2.2 质保期外提供配件和耗材不高于 92 折的优惠。

2.3 卖方在 1 年质保到期后，另提供 30h 售后免费人工上门维修服务（不限期）。

（五） 订货数量：1 套

（六） 交货日期：合同签订后 18 个月。

（七） 交货地点：北京市朝阳区北土城西路 19 号中国科学院地质与地球物理研究所地 2 楼地下三层 B301。