

配置 序号	配置名称	详细技术参数要求
	一、场发射低温断层扫描表征系统部分	
1	设备用途	本系统主要用于各种材料的快速高分辨成像和化学分析，系统由电子光学系统、高压系统、真空系统等部分组成，对材料进行断层扫描成像。
2	电镜主机	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 场发射透射电镜主机单元及控制单元（软硬件）；</li> <li>2. 电镜支持系统：环境罩、冷阱杜瓦瓶、高压系统、稳压电源、循环冷却水、压缩机、不间断电源（UPS）及透射电镜正常工作所必须的其外围附属设备等；</li> <li>3. 耗材以及易损件：样品杆，备用电子枪灯丝等；</li> <li>4. 远程操作系统与荧光屏监控相机及相关附件和软件；</li> <li>5. 主机工作站；图像快速存取用高性能工作站；计算机控制系统，控制软件（软硬件），液晶显示器，等等。</li> </ol>
3	加速电压	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 加速电压：20kV-200kV；</li> <li>2. 加速电压全程范围内切换通过软件完成；</li> <li>3. 加速电压稳定度：<math>\leq 1\text{ppm}/10\text{min}</math>；</li> </ol>
4	电子枪	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 场发射电子枪；</li> <li>2. 电子枪亮度：<math>\geq 8 \times 10^8 \text{ A/cm}^2 \text{ srad}</math>；</li> <li>3. 电子枪束斑漂移：<math>\leq 1 \text{ nm/min}</math>；</li> <li>4. 束斑电流：<math>\geq 1.2\text{nA}</math>@束斑尺寸：1nm。</li> </ol>
5	分辨率	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. #TEM 信息分辨率：<math>\leq 0.2 \text{ nm @200kV}</math>；</li> <li>2. TEM 点分辨率：<math>\leq 0.3 \text{ nm @200kV}</math>；</li> <li>3. #STEM 分辨率：<math>\leq 0.2 \text{ nm @200kV}</math>。</li> </ol>
6	放大倍数	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. TEM 放大倍率范围：50x - 600,000x 或范围更大；</li> <li>2. STEM 放大倍数范围：350x - 2,000,000x 或范围更大；</li> <li>3. 配置放大倍率校准软件。</li> </ol>

7	STEM 系统	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 包含 HAADF、DF、BF 等功能，可同时采集 HAADF、DF 和 BF 图像，同时可获得轻重元素高分辨率成像；</li> <li>2. TEM 和 STEM 模式可以快速切换，可以与 EDS 以及主相机同时获取数据。</li> </ol>
8	聚光镜系统	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 至少两级聚光镜系统，可实现细探针模式、探针模式、平行模式和低倍率模式，可随意切换各种模式且温度保持恒定，不会产生温度引起的偏移；</li> <li>2. 全自动光阑系统，带有光阑位置记忆功能。</li> </ol>
9	物镜系统	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 球差系数：<math>\leq 2.7\text{mm}</math>；色差系数：<math>\leq 2.7\text{mm}</math>；最小聚焦步长：<math>\leq 3\text{nm}</math>；</li> <li>2. 物镜极靴间距：<math>\geq 10\text{mm}</math>，保证三维重构样品杆、双倾样品杆以及各种原位样品杆的最大转动角度。</li> </ol>
10	样品台	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 五轴计算机控制样品台，可存储和复位 5 维（x、y、z、<math>\alpha</math>、<math>\beta</math>）坐标；</li> <li>2. 样品移动范围：<math>x, y \geq 2\text{mm}</math>，<math>z \geq \pm 0.35\text{mm}</math>；</li> <li>3. 样品台最大倾斜角度：<math>\geq \pm 70^\circ</math>；</li> <li>4. 样品倾转范围：<math>\alpha</math> 角 <math>\geq \pm 35^\circ</math>，<math>\beta</math> 角（双倾样品杆）<math>\geq \pm 30^\circ</math>；</li> <li>5. 样品台漂移（使用标准样品杆）：<math>\leq 1\text{nm/min}</math>；</li> <li>6. 压电陶瓷增强部分三轴马达驱动（X/Y/Z）。</li> </ol>
11	常规样品杆	<p>#包含单倾样品杆、低背底双倾样品杆、三维重构样品杆各 1 根，并提供至少 10 套样品杆夹头和盖片。</p>
12	主相机成像系统	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 4k×4k CMOS 相机；</li> <li>2. 像素尺寸 <math>\geq 14\mu\text{m} \times 14\mu\text{m}</math>；</li> <li>3. 动态读写速度：<math>\geq 40\text{fps}</math> @4k × 4k；160 fps @1k × 1k；300 fps @512 × 512；</li> <li>4. #具有全像素原位数据采集功能和高信噪比；</li> <li>5. #配备电子束敏感材料全自动低剂量成像系统；</li> <li>6. 光纤耦合，可对电子衍射和高分辨成像进行实时数字化采集，并具有图像处理功能；</li> </ol>

		7. 包含所需控制软件和图像处理软件。
13	真空系统	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 镜筒真空度：<math>\leq 2 \times 10^{-5}</math> Pa（冷阱）；</li> <li>2. 电子枪真空度：<math>\leq 5 \times 10^{-6}</math> Pa；</li> <li>3. 真空系统为完全无油系统，包含机械泵，分子泵和离子泵等；</li> <li>4. 更换样品时，无需退灯丝电流和高压。</li> </ol>
14	能谱系统	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 电制冷可伸缩式高分辨能谱仪探测器；</li> <li>2. #探测器晶体面积：<math>\geq 100</math> mm<sup>2</sup>；</li> <li>3. 能量分辨率：<math>\leq 129</math> eV；</li> <li>4. 提供所需控制单元、数据采集和定量分析软件；</li> <li>5. 能谱系统可自动读取和控制电镜参数，如放大倍数、相机长度等。</li> </ol>
15	电子断层扫描系统	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 提供：高倾转三维重构样品杆和数据采集软件包、数据对中及重构、可视化处理软件包；可自动倾转，并且可同时自动校准聚焦和电子束状态；</li> <li>2. 插入重构样品杆时<math>\alpha</math>角最大倾斜角度：<math>\geq \pm 70^\circ</math>；</li> <li>3. 最大图像漂移：X和Y方向<math>\leq 2\mu\text{m}</math>（<math>\alpha</math>角<math>\pm 70^\circ</math>内倾转）；</li> <li>4. 最大欠焦量变化：<math>\leq 4\mu\text{m}</math>（<math>\alpha</math>角<math>\pm 70^\circ</math>内倾转）；</li> <li>5. 重复性：X/Y<math>\leq 0.4\mu\text{m}</math>（<math>\alpha</math>角<math>\pm 70^\circ</math>内倾转）；</li> <li>6. 可实现TEM、STEM三维重构；</li> <li>7. 能对样品杆进行初始化校准，并将所有坐标参数存储下来。</li> </ol>
16	选区光阑	全自动，最小10 $\mu\text{m}$ 。
17	物镜光阑	全自动，最小10 $\mu\text{m}$ 。
18	电镜操作系统	1. 配备高性能工作站，基于Windows 10的64位的100%数字化计算机控制系统，最低配置：CPU/Intel Core i7 3.4GHz，内存/16GB（2 $\times$ DDR3-1600），硬盘2 $\times$ 1TB；含至少两台24英寸液晶显示器，屏幕分辨率1920 $\times$ 1080像素；操作系统及应用软件在用户图形界面上完成电镜的操作控制；

		<ol style="list-style-type: none"> <li>2. 可保存多套且彼此独立的电镜状态参数，且可迅速切换；</li> <li>3. 具有漂移校准功能。</li> </ol>
19	自动化功能	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 具有自动聚焦、TEM 自动合轴、全自动挡针等自动化功能；</li> <li>2. 全自动光阑系统，至少包括全自动化一级、二级聚光镜光阑，及选区光阑和物镜光阑，具有位置记忆功能。</li> </ol>
20	冷冻舱室及冷冻传输系统	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 冷冻舱室系统： <ol style="list-style-type: none"> <li>1.1. 样品台插入，冷冻模式真空度：<math>\leq 3 \times 10^{-5}</math> Pa；</li> <li>1.2. 常温模式真空度：<math>\leq 4 \times 10^{-5}</math> Pa；</li> <li>1.3. 结冰率：<math>\leq 5\%</math> / 24 h；</li> </ol> </li> <li>2. 冷冻传输系统：低温断层扫描型样品杆及冷冻样品杆存储库； <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1. 漂移率：<math>\leq 1.5</math> nm/min；</li> <li>2.2. 冷冻条件下的成像分辨率：<math>\leq 0.23</math>nm；</li> <li>2.3. 具有单倾冷冻传输功能，倾转角度<math>\geq 70</math>度；</li> <li>2.4. 可观察区域：直径<math>\geq 4</math>mm；</li> <li>2.5. 样品杆尖端材质：钨/铜；</li> <li>2.6. 冷冻方法：液氮冷冻；</li> <li>2.7. 杜瓦罐容量：<math>\geq 200</math>mL；</li> <li>2.8. 达到最低温度时间：<math>\leq 40</math>分钟；</li> <li>2.9. 操作温度：<math>\leq -145</math>°C；</li> <li>2.10. 在<math>-145</math>°C以下维持时间：<math>\geq 9</math>小时；</li> <li>2.11. 配备温度控制器，并能够为样品杆进行加热。</li> </ol> </li> </ol>
21	其他配套软件可拓展功能	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 支持多种自动化成像应用，例如对玻璃态化的溶液中、细胞器或细胞的断层扫描和单颗粒分析(SPA)；</li> <li>2. 支持单轴和双轴转动样品杆，以及用于常温应用的大视场断层扫描样品杆。</li> </ol>
22	样品制备系统	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 制样舱温度：控制精度<math>\leq \pm 0.05</math>°C；</li> <li>2. 制样舱湿度：湿度可达并维持 100%相对湿度，控制精度<math>\leq \pm 1\%</math></li> <li>3. 应用时间和等待时间：由软件控制，可在用户界面设置；</li> <li>4. 吸干补偿及排液时间由软件控制，可由用户定义；</li> </ol>

		5. 至少配有专用镊子 1 把，4L 乙烷罐一套，载网一套，4 孔载网盒一套。
23	冷却循环水泵	1. 满足电镜长时间使用要求，原装配套； 2. AC 380V(±10%) 50Hz 三相；低噪音，振动小； 3. 配备原装温度监测保护系统； 4. 安装检修无需拆动管道路系统；轴封采用硬质合金材质耐磨密封，延长机械密封寿命。
24	空气压缩机	满足电镜使用要求，原装配套。
25	UPS 稳压电源	满足电镜使用要求，至少能保证提供 1 小时电量。
26	扩展和通信接口	满足将来主机进行升级的必要扩展和通信接口。
27	设备房间环境解决方案	1. 满足电镜稳定运行的必要环境设备和条件，包含主机房间，设备间和控制室，房间装修，制冷系统，噪音控制系统等确保电镜稳定性的环境和设备； 2. 根据房间大小选择合适功率的制冷设备，确保 24 小时内温度变化不超过 0.8℃，湿度小于 50%，所有设备要确保对操作人员健康无害； 3. 房间装修采用绿色环保材料； 4. #对场地进行被动式磁屏蔽改装，使其满足电镜正常使用要求。
28	设备转运入设备室	设备到货后，主机零部件如需吊装入设备室，需提供吊装运输服务。
29	备用电子枪灯丝	提供备用电子枪灯丝至少 1 套，备用灯丝由厂家保存，在用户需要时厂家提供更换服务(该费用包含在总价中)。
配置 序号	配置名称	详细技术参数要求
	二、样品预筛查系统部分	

30	设备用途	用于对多种类材料进行快速、精确的形貌观察和微区结构的表征。选择特定设计的极靴和样品台，进行低温断层扫描成像样品的预筛查。
31	主机	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 提供主机控制器，120KV 高压系统，真空系统，低温断层扫描系统，低温样品杆保存系统，延时电源 UPS 系统，压缩机、冷却循环水系统及其它附属配套设备；</li> <li>2. 图像快速存取用高性能工作站，计算机控制软件，液晶显示器等；</li> <li>3. 配套耗材及易损件等。</li> </ol>
32	分辨率	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. #线分辨率：<math>\leq 0.21\text{nm}@120\text{kV}</math>；</li> <li>2. 点分辨率：<math>\leq 0.4\text{nm}@120\text{kV}</math>；</li> <li>3. 放大倍数：30-600,000 倍或范围更大。</li> </ol>
33	电子枪	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 电子枪类型：LaB<sub>6</sub> 灯丝；</li> <li>2. 高亮电子枪，总电子束束流：<math>\geq 100 \mu\text{A}</math>；</li> <li>3. 加速电压：20 kV-120 kV，升压和加速电压全程范围内切换仅需通过软件控制快速完成；</li> <li>4. 束斑漂移：<math>\leq 2 \text{ nm/min}</math>。</li> </ol>
34	自动化功能	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 具有多种自动功能，包含自动合轴和全自动挡针等功能；</li> <li>2. 全自动光阑系统，具有位置记忆功能，包括全自动化聚光镜光阑和物镜光阑。</li> </ol>
35	样品台	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 五轴计算机控制样品台，观察点位置可以标记存储并返回；</li> <li>2. 样品台最大倾斜角度：<math>\geq \pm 70^\circ</math>；</li> <li>3. 样品移动范围：X,Y <math>\geq 2 \text{ mm}</math>；Z <math>\geq 0.6 \text{ mm}</math>；</li> <li>4. 样品漂移速率：<math>\leq 1\text{nm/min}</math>；</li> <li>5. 样品倾转范围：<math>\alpha</math> 角 <math>\geq \pm 35^\circ</math>，<math>\beta</math> 角(双倾样品杆)<math>\geq \pm 30^\circ</math>。</li> </ol>
36	样品杆	包含标准单倾、双倾样品杆各一根，并提供至少 10 套样品杆夹头和盖片。

37	主相机成像系统	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 高分辨 CMOS 相机像素：4,096×4,096 像素，像素大小：<math>\geq 14\mu\text{m}\times 14\mu\text{m}</math>；</li> <li>2. #配备电子束敏感材料全自动低剂量成像系统；</li> <li>3. 相机由主机电脑直接控制。</li> </ol>
38	真空系统	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 无油真空系统，配有机械泵、分子泵和离子泵；</li> <li>2. 真空度：电子枪真空度<math>\leq 2\times 10^{-5}</math> Pa；样品区真空度<math>\leq 3\times 10^{-5}</math> Pa。</li> </ol>
39	电镜操作和控制系统	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 基于 Windows 10 的 64 位的 100%数字化计算机控制系统，最低配置：CPU/Intel Core i7 3.4GHz，内存/16GB (2×DDR3-1600)，硬盘 2×1TB；含至少两台 24 英寸液晶显示器，屏幕分辨率 1920×1080 像素；操作系统及应用软件在用户图形界面上完成电镜的操作控制；</li> <li>2. 可以根据需要设置一套或多套设备状态参数，每套状态参数相互独立，可在使用过程中迅速切换调用。</li> </ol>
40	电子断层扫描系统	包括：高倾转三维重构样品杆、图像采集、重构软件，可自动倾转，并且同时自动校准聚焦和电子束状态。
41	冷冻舱系统	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 样品台插入，冷冻模式真空度：<math>\leq 2\times 10^{-5}</math> Pa；</li> <li>2. 常温模式真空度：<math>\leq 3.5\times 10^{-5}</math> Pa</li> <li>3. 结冰率：<math>\leq 5\%/ 24\text{ h}</math></li> </ol>
42	样品制备系统	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 制样舱温度：控制精度<math>\leq \pm 0.05^{\circ}\text{C}</math>；</li> <li>2. 制样舱湿度：湿度可达并维持 100%相对湿度，控制精度<math>\leq \pm 1\%</math></li> <li>3. 应用时间和等待时间：由软件控制，可在用户界面设置；</li> <li>4. 吸干补偿及排液时间由软件控制，可由用户定义；</li> <li>5. 至少配有专用镊子 1 把，4L 乙烷罐一套，载网一套，4 孔载网盒一套。</li> </ol>
43	UPS 稳压电源	满足电镜使用要求，至少能保证提供 1 小时电量。
44	冷却循环水泵	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 满足电镜长时间使用要求，原装配套；</li> <li>2. 安装检修无需拆动管道路系统；轴封采用硬质合金材质耐磨密封，延长机械密封寿命。</li> </ol>

45	空气压缩机	满足使用要求，原装配套。
46	备用灯丝	提供备用 LaB <sub>6</sub> 灯丝 3 套和钨灯丝 30 只。
47	设备转运入 设备室	设备到货后，主机零部件如需吊装入设备室，需提供吊装运输服务。