

具体技术规格

一、货物的主要用途及功能

透射电子显微镜分析平台包括 1 台透射电子显微镜（TEM）和 1 台双球差校正透射电子显微镜（ACTEM）。

TEM 利用电子枪发射出的高速且聚集的电子束照射非常薄的样品，利用穿过样品的电子流经电磁透镜多级放大后形成材料内部的图像，从而表征材料的晶体结构、化学成分和缺陷形态等。目前，TEM 已成为研究材料微观结构的重要表征手段之一，可实现皮米级微观形貌观察、能谱及选区电子衍射等表征。其原子级分辨率能够直接揭示金属的微观结构特征，如晶界形态、位错分布、纳米析出相以及辐照损伤引起的晶格畸变等。其通过选区电子衍射可精准解析金属的晶体取向和相组成，结合能谱分析可定位元素偏析或杂质分布，为合金设计提供关键依据。球差校正透射电子显微镜凭借其原子级分辨率和综合分析能力，在包层材料的微观表征中具有十分重要且不可替代的作用，尤其是在极端辐照环境下的缺陷、相变和界面演化研究中。ACTEM 设备具备原子级分辨率成像，可以用于直接观察包层材料中的晶格缺陷（如位错、层错）、辐照诱导的原子空位团簇或空洞等。包层材料在经过聚变堆服役环境中的粒子流辐照后，会产生辐照损伤缺陷，在这种情况下，只有通过 ACTEM 才能解析粒子辐照后材料中的晶格畸变、非晶化区域或辐照硬化机制，揭示缺陷（位错环、层错四面体）的分布与相互作用，从而评估材料在聚变堆服役环境下的性能表现。

二、工作条件

参数	需求
温度	20°C~25°C
相对湿度	40~60%

三、主要技术指标

1 球差校正透射电子显微镜

1.1 分辨率

- ★1.1.1 TEM 信息分辨率：70 pm @300 kV；
- ★1.1.2 STEM 分辨率：50 pm @300 kV，60 pm@200 kV，96 pm@60 kV。

1.2 加速电压

- ★1.2.1 加速电压：在 30 kV-300 kV 范围内可自由切换，仅需通过软件完成自由调节；

1.3 电子枪及镜筒

▲1.3.1 电子枪类型：超稳定超高亮度场发射电子枪，亮度 $\geq 2.5 \times 10^9$ A/cm²/sr (300 kV)；

1.4 球差校正系统

★1.4.1 配备聚光镜像差校正器（用于提高 HR-STEM 分辨率），全电压范围可以校正至 5 阶像差；

★1.4.2 配备物镜像差矫正器（用于提高 HR-TEM 分辨率）；

▲1.4.3 提供聚光镜球差自动校正软件，使用标准样品，点击鼠标，自动完成球差校正；

1.5 透镜与成像检测系统

▲1.5.1 物镜极靴间距： ≥ 4.0 mm（满足三维重构杆、双倾杆以及各种原位杆的大转动角度）；

▲1.5.2 具备会聚束电子衍射功能，最大取出半角 ≥ 210 mrad；在不改变样品的空间高度时，会聚角可通过三聚光镜系统非常方便的进行大角度的调整；

▲1.5.3 配置 TEM 一体化高速高动态 CMOS 相机，快速寻找观察兴趣区。CMOS 相机像素分辨率不低于 4,096 * 4,096，单像素尺寸： $\geq 14 \times 14$ μm^2 ；

1.6 能谱仪检测系统

★1.6.1 配备 EDS 探头： ≥ 4 个对称式能谱探头，能实现任意倾转角度的能谱采集，无窗设计，集成在电镜极靴内；

★1.6.2 探测器面积 ≥ 120 mm²，峰背比 $\geq 4000:1$ ；计数率最高可达 800 kcps；能量分辨率：输出计数率 10 kcps 条件下，Mn-K α 谱线能量分辨率 ≤ 136 eV；输出计数率 100 kcps 条件下，Mn-K α 谱线能量分辨率 ≤ 140 eV；

1.7 扫描透射系统

★1.7.1 配备同轴高角环形暗场 (HAADF) 探头和先进的 16 分割 STEM 探头，可同时至少采集四幅来自不同角度的电子信号，明场 (BF)，环形明场 (ABF)，环形暗场 (ADF) 和高角环形暗场 (HAADF) 的图像；

★1.7.2 配备实时积分相位差衬度成像功能，可以在同一张 STEM 图像下实现轻重元素同时成像，配备实时漂移校正成像功能来降低样品漂移的影响，保证在 STEM 模式获得高衬度高分辨率图像；

1.8 样品台系统

▲1.8.1 五轴增强型全自动压电陶瓷样品台，可存储和复位三维 (x, y, z, α , β) 坐标；

▲1.8.2 样品台的最大倾斜角度： $\pm 70^\circ(\alpha)$ ，插入低背景高视野双倾样品杆时的最大倾斜

角度： $\pm 30^\circ (\alpha) / \pm 29^\circ (\beta)$;

1.9 高真空系统

▲1.9.1 真空构成：由机械泵、涡轮分子泵和离子泵等无油系统构成；

▲1.9.2 大容量液氮冷阱：添加一次可使用至少 72 小时；

1.10 自动功能

★1.10.1 配备自动晶带轴校正功能，可以自动快速准确地将样品倾转至分析所用的晶带轴，并且在 β 角倾转时可以实现共轴心，样品位移小；

2 透射电子显微镜

2.1 电子枪

★2.1.1 电子枪类型：超稳定、高亮度肖特基场发射电子枪，电子枪亮度： $\geq 1.5 \times 10^9$ A/cm²/sr @ 200 kV；

2.2 加速电压

★2.2.1 加速电压在 40-200 kV 范围内可自由切换，仅需通过软件完成，可自由调节；

2.3 透镜系统

▲2.3.1 物镜采用恒功率透镜设计，消除在不同模式切换以及放大倍数调整时产生的热效应，保证成像与分析的超高稳定性；

▲2.3.2 物镜极靴间距： ≥ 5 mm，保证双倾样品杆，三维重构样品杆以及各种原位样品杆的最大兼容性和最大转动角度；

2.4 TEM 模式

★2.4.1 线分辨率： ≤ 0.10 nm (200 kV)；

★2.4.2 信息分辨率： ≤ 0.12 nm (200 kV)；

2.5 STEM 模式

★2.5.1 分辨率： ≤ 0.16 nm (200 kV)；

★2.5.2 配置同轴高角环形暗场 (HAADF) 探头和先进 16 分割 STEM 探头（包括 8 分割明场 (BF) 和 8 分割环形暗场 (ADF) 探头），可同时采集至少四幅来自不同角度的电子信号，如明场 (BF)，环形明场 (ABF)，环形暗场 (ADF) 和高角环形暗场 (HAADF) 的图像；

★2.5.3 配备实时积分相位差衬度成像功能，可以在同一张 STEM 图像下实现轻重元素同时成像；此外还支持在极低束流下对电子束敏感材料进行低损伤高衬度成像；

2.6 衍射模式

▲2.6.1 衍射模式相机长度范围：14 mm-5700 mm，保证选区衍射和高阶衍射成像并能通

过相机拍照；

2.7 样品台

▲2.7.1 五轴中心高精度自动样品台，观察点位置可以标记存储并返回；

▲2.7.2 最大倾斜角度： $\pm 80^\circ(\alpha)$ ，使用高视野低背底双倾样品杆，样品倾斜角度不小于 α ： $\pm 35^\circ$ ， β ： $\pm 29^\circ$ ；

2.8 真空系统

▲2.8.1 真空系统构成：完全无油真空系统，由机械泵、涡轮分子泵和离子泵等构成；

▲2.8.2 真空度：电子枪真空度： $\leq 5.0 \times 10^{-6}$ Pa，镜筒真空度： $\leq 2.0 \times 10^{-5}$ Pa（冷阱）；

2.9 超级能谱

★2.9.1 ≥ 4 个对称式能谱探头，无窗设计，集成在电镜极靴内；

★2.9.2 能量分辨率： ≤ 136 eV (Mn-K α)，在输出计数率 10 kcps 内保持不变；

▲2.9.3 采集软件具有全自动漂移校正功能；

2.10 CMOS 相机

★2.10.1 像素：感应尺寸：4096*4096 像素，像素大小： $\geq 14 \times 14 \mu\text{m}^2$ ；

▲2.10.2 安装位置：同轴，底插式，可伸缩；

2.11 自动功能

★2.11.1 配备自动合轴软件，可以自动进行日常的合轴调试；

★2.11.2 配备自动晶带轴校正功能，可以自动快速准确地将样品倾转至分析所用的晶带轴。

四、主要配置（投标文件中需提供详细的产品配置清单，如缺项漏项则视为不响应）

（1）双球差校正透射电子显微镜

1. 球差电镜主机 1 套
2. 场发射电子枪（配单色器）1 个
3. 球差校正器：包括聚光镜像差校正器和物镜像差校正器 各 1 套
4. 十六分割扫描透射探测器 1 套
5. 高分辨率相机 1 套
6. EDS 能谱系统 1 套
7. 自动晶带轴校正软件包 1 套
8. 空压机 1 台

9. 冷却循环系统 1 台
10. UPS 不间断电源 1 台
11. 透射电镜灯丝 1 根
12. 备用光阑 1 套
13. 液氮罐 1 个
14. 真空干燥箱 1 台
15. 离线软件包 5 个
16. 耗材包 1 套
17. 单倾样品杆 1 根
18. 低背景双倾样品杆 1 根
19. 高可见度低背景双倾样品杆 1 根

(2) 透射电子显微镜

1. 电镜主机 1 套
2. 场发射电子枪 1 个
3. 十六分割扫描透射探测器 1 套
4. 高分辨率相机 1 套
5. EDS 能谱系统 1 套
6. 自动晶带轴校正软件包 1 套
7. 空压机 1 台
8. 冷却循环系统 1 台
9. UPS 不间断电源 1 台
10. 透射电镜灯丝 1 根
11. 备用光阑 1 套
12. 液氮罐 1 个
13. 真空干燥箱 1 台
14. 离线软件包 5 个
15. 耗材包 1 套
16. 单倾样品杆 1 根
17. 高可见度低背景双倾样品杆 1 根

五、验收标准及验收程序

验收标准：

基本满足上述技术指标要求。

验收程序：

设备验收分为到货开箱验收和安装调试验收。全部通过后，方可视为最终验收合格。

注意：

1. 所有验收活动均需依据本合同的技术附件、甲乙双方确认的图纸及《验收测试大纲》进行。

2. 在任何验收阶段发现的问题、缺陷或与技术要求不符之处，乙方（卖方）必须无条件整改，直至满足要求。整改所产生的所有费用由乙方（卖方）承担。

（二）商务要求

1. 技术服务要求及质保要求

1. 供货期：合同签订后 15 个月内完成交货，到货后 1 个月内完成安装、调试、验收等工作。

2. 质保期：整机质保 1 年（如投标人延长质保期，则按延长后的期限计），质保期从验收合格后当日起计算。

3. 售后服务：乙方（卖方）终身提供免费的应用咨询及技术帮助。如仪器设备出现问题，卖方要在 24 小时内响应，提供电话指导、远程诊断、故障排除等服务，并保证能在 48 小时内上门维修。

2. 订货数量：1 套

3. 交货日期和交货地点：

交货日期：合同签订后 15 个月内完成交货并验收。

交货地点：采购人指定地点

4. 付款方式：

国产货物：

（1）预付款：合同签订后支付合同总价的 50%；

（2）预验收款：中标人完成产品生产后，应书面通知招标人进行出厂前预验收，

预验收合格后中标人应出具预验收报告，并将设备交付至招标人指定地点，招标人支付合同总价的 10%；

（3）最终验收款：到货 1 个月内完成安装、调试，经最终验收合格后，出具最终验收合格报告，招标人支付合同总额的 40%；

注：如中标人无招标人认可接受的正当理由而未按期完成最终验收，则每延期 2 周交付，则扣除合同总额的 5%，从应付合同款项里扣除，直至扣完为止。如逾期一个月交付，合同自动终止，同时中标人需退还招标人所有已支付款项并承担因延期交付给甲方造成的所有直接经济损失。因中标人未能按进度履约而未支付的款项，招标人不再予以支付，所有因此而产生的责任和损失由中标人自行承担。

进口货物：

- （1）协议生效后采购人支付合同总价的 100%给外贸代理服务公司；
- （2）外贸代理服务公司收到款项后 1 个月内出具合同总价的 100%不可撤销信用证；
- （3）供应商提供符合信用证要求的发货单据后支付合同总价的 90%；
- （4）供应商提交经招标人签字确认的验收合格报告后支付合同总价的 10%。

注：

（1）外贸代理服务公司出具信用证后需一周内提供原件（或副本或复印件）至招标人处存档。外贸代理服务公司应对本项目资金单独管理，专款专用，不得挪作他用。

（2）如本项目最终中标的为境外进口货物，招标人将合同款项直接支付至双方约定的外贸代理服务公司账户，由外贸代理服务公司负责购汇并开证。招标人将款项足额支付至外贸代理服务公司账户后，即视为已完成付款义务。

（3）在合同履行过程中涉及到的信用证修改（含改证、展期、重开等情形）所产生的全部费用由中标人（供应商）承担，由外贸代理服务公司与中标人（供应商）自行结算。

（三）其他

- 1、投标人需根据招标人要求制定进度生产计划。
- 2、根据招标文件要求，提供完备的制造及检测计划。
- 3、投标人应针对本项目提供关于售后服务管理和保障措施、故障响应时间等内容的售后服务方案。
- 4、投标人应针对本项目提供关于培训内容、时间计划安排等的培训方案。

5、投标人承诺已充分理解球差校正 TEM、常规 TEM 对微振动、低频磁场、温湿度、接地、配电的严苛环境要求；投标报价已包含两台电镜对应的独立隔振基础、磁屏蔽系统、实验室装修、恒温恒湿、专用接地配电、第三方检测、方案设计等全部配套工程费用；承诺配套工程方案通过电镜原厂场地评审，完工后指标满足设备装机验收标准，因配套环境不达标造成设备无法验收的，由投标人承担全部整改及赔偿责任。