

采购需求

一. 总体说明

1. 本章所提出的技术要求是对本次招标货物及伴随服务的基本要求，并未涉及所有技术细节，也未充分引述有关标准、规范的全部条款。投标人应保证其提供的货物及伴随服务除了满足本技术要求外，还应符合中国国家、行业、地方或设备制造商所在国的有关强制性标准、规范。当上述标准、规范的有关规定之间存在差异时，应以要求高的为准。

2. 本章中提及的工艺、材料、设备的标准及品牌或型号（如有）仅起说明作用，并没有强制性。投标人在投标中可以用替代工艺、材料、设备的标准及品牌或型号，但这种替代须实质上满足、等同或优于本章技术要求，同时须提供相关证明材料，否则可能被评标委员会认定为负偏离。

3. 除非有特别说明，本章中所列的具体参数或参数范围，均理解为采购人可接受的最低要求。

4. “3. 技术要求”的“表 1 技术要求总表”中标记“★”的技术指标为实质性要求，不接受负偏离，如有负偏离视为无效投标；标记“▲”的技术参数及未标记技术指标根据评标办法要求进行评审。

5. “3. 技术要求”中未在“表 1 技术要求总表”中列出的其他要求，可以在工艺设计（或类似设计过程中）优化调整，调整内容须经采购人同意。合同价格及履行期限不因优化调整而变动。

6. 中标的核心产品的数量、单价、规格等将予以公布。

二. 技术规格要求

1. 项目简介

中国科学技术大学国家同步辐射实验室的合肥先进光源（Hefei Advanced Light Facility - HALF）装置的定位是一台国际先进的基于衍射极限储存环的低能区第四代同步辐射光源。储存环能量 2.2 GeV，束流水平自然发射度约 $86 \text{ pm}\cdot\text{rad}$ ，具有国际同类装置领先水平。

高通量原位工况中能谱学线站（BL08）关键建设目标之一是在 0.77 - 10 keV 的能区实现高分辨共振 X 射线发射谱学（Resonant X-ray Emission Spectroscopy, RXES）。为实现该目标，需要购置光谱仪运动机构。

2. 需求明细

产品名称	组件名称	单位	数量	备注
光谱仪运动机构（1套）	单轴晶体组长轴运动机构	组	1	/
	四轴晶体调节机构	组	5	/
	两轴探测器调节机构	组	1	/
	四轴样品台调节机构	组	1	/
	控制器、机柜及其他附件	组	1	/

3. 技术要求

3.1 技术参数需求总表

表1 技术参数需求总表

	运动轴	光栅尺分辨率	行程	整步分辨率	重复定位精度	直线度/垂直度	负载
运动轴技术指标	晶体组长轴平移 Z_{long} 轴	有, $\leq 0.1 \mu\text{m}$	$\geq 300 \text{ mm}$	$\leq 0.5 \mu\text{m}$	$\leq \pm 0.5 \mu\text{m}$	$\leq 0.1 \text{ mm}/300 \text{ mm}$	$\geq 160 \text{ kg}$
	晶体调节 X_{crystal}	有, $\leq 0.1 \mu\text{m}$	$\geq 70 \text{ mm}$	$\leq 1 \mu\text{m}$	$\leq \pm 0.2 \mu\text{m}$	$\leq 2 \mu\text{m}/70 \text{ mm}$	/
	晶体调节 Z_{crystal}	/	$\geq 20 \text{ mm}$	$\leq 0.5 \mu\text{m}$	$\leq \pm 0.05 \mu\text{m}$	$\leq 6 \mu\text{m}/20 \text{ mm}$	/
	晶体旋转 θ_{rotation}	/	$\geq 15^\circ$	$\leq 0.001^\circ$	$\leq \pm 0.0001^\circ$	/	/
	晶体倾转 θ_{tilt}	/	$\geq 10^\circ$	$\leq 0.002^\circ$	$\leq \pm 0.0001^\circ$	/	/
	探测器调节 X_{detector}	/	$\geq 200 \text{ mm}$	$\leq 10 \mu\text{m}$	$\leq \pm 0.1 \mu\text{m}$	$\leq 5 \mu\text{m}/200 \text{ mm}$	/
	探测器调节 Z_{detector}	/	$\geq 300 \text{ mm}$	$\leq 10 \mu\text{m}$	$\leq \pm 0.1 \mu\text{m}$	$\leq 5 \mu\text{m}/300 \text{ mm}$	/
	样品台调节 X_{sample}	/	$\geq 100 \text{ mm}$	$\blacktriangle \leq 10 \mu\text{m}$	$\blacktriangle \leq \pm 0.06 \mu\text{m}$	$\star \leq 3 \mu\text{m}/100 \text{ mm}$	/
	样品台调节 Y_{sample}	/	$\geq 100 \text{ mm}$	$\blacktriangle \leq 10 \mu\text{m}$	$\blacktriangle \leq \pm 0.06 \mu\text{m}$	$\star \leq 3 \mu\text{m}/100 \text{ mm}$	/
	样品台调节 Z_{sample}	/	$\geq 50 \text{ mm}$	$\star \leq 0.5 \mu\text{m}$	$\blacktriangle \leq \pm 0.05 \mu\text{m}$	$\star \leq 5 \mu\text{m}/50 \text{ mm}$	/
	样品台调节 θ_{sample}	/	$\geq 280^\circ$	$\blacktriangle \leq 0.005^\circ$	$\blacktriangle \leq \pm 0.0005^\circ$	/	/
其他技术指标	五个晶体水平平移台的径向轴y的同心度				$\star \leq 0.10 \text{ mm}$		

3.2 高分辨共振 X 射线发射谱光谱仪运动机构的介绍

该光谱仪运动机构（Johann 型）将配置于原位 X 射线吸收/发射实验站以实现高分辨共振 X 射线发射谱学实验，其光学原理如图 1 所示。以一束能量略高于元素吸收边能量的单色 X 射线光束照射样品，在其 4π 立体角内激发出待测元素的荧光，通过处于样品一侧的多套球面晶体接收反射符合布拉格定律、具有特定能量的荧光，并将这些荧光衍射汇聚到探测器上。其中，样品、球面晶体和探测器同时处于一个罗兰圆上，而且此罗兰圆的直径恰好等于球面

晶体的曲率半径。采用垂直于水平面、在样品和探测器处同时形成交叉点的多个交叠罗兰圆结构，以及多个并排的同样的分析晶体的高分辨谱仪可以在获得高能量分辨率同时增加荧光信号的接收立体角，有效提高实验计数率。

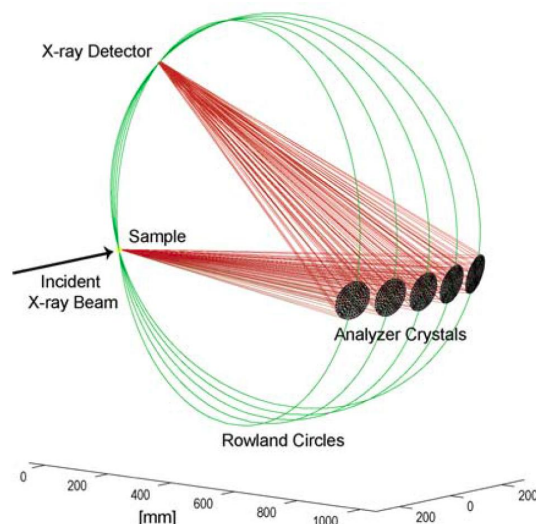


图1 Johann 型高分辨共振 X 射线发射谱实验原理示意图

使用多个相同的分析晶体来增加收集到的 X 射线通量。

光谱仪运动机构的底座采用分立式设计，即探测器调节机构底座和样品台则安装在的 800mm 高的支撑光学平台之上，而位于支撑光学平台侧边的晶体桌与地面接触。地面到光斑中心的高度为 1453.7mm，从支撑光学平台到进出光口的高度为 653.7mm。于是，分析晶体中心离地面的高度至少在 1453mm 以上，而探测器离支撑平台的高度达 654 mm 以上，300 mm 的长轴平移台也需要一个底座。

3.3 详细设计要求

3.3.1 单轴晶体采谱运动机构

高能分辨发射谱仪采用的是平动式采集模式：如图 2 所示。样品、分析晶体和探测器位于罗兰圆之上，当分析晶体的空间位置变换之后，探测器电机沿着竖直方向移动两倍的距离。此时，样品、分析晶体和探测器位于一个新的罗兰圆之上。相对转动式采集模式而言，当分析晶体的竖直方向的运动一致，可以采取将所有电机放置在同一竖直电机上运动即可，大大简化了采集过程中所需电机的数目，减少了误差的影响。

主要技术指标定义如下：

整步分辨率：步进电机工作在整步驱动模式下，每输入一个电脉冲信号时，电机输出轴所转过的最小机械角度对应的丝杠直线位移。

重复定位精度：对朝相同方向的任意 1 点(作为基准的测量点)进行定位，测量该位置。对测量点进行 7 次测量，求得最大差值。在规定的位置进行该操作，在求得的最大值的 1/2

前面加上±符号，将该值作为重复定位精度。

直线度：从基准位置起朝一个方向依次进行定位，测量各处垂直方向、水平方向的偏移量与基准位置之差，连接测量值的起点和终点得一条直线，将相距该直线的偏移的最大差作为直线度。

五个晶体调节轴 X_{crystal} 的同心度：五个晶体调节轴 X_{crystal} 需严格相交于圆心一点，此圆心位于垂直于地面的样品和探测器的轴线上，每一个晶体水平平移台径向轴偏离圆心的距离不能超过 0.10 mm。

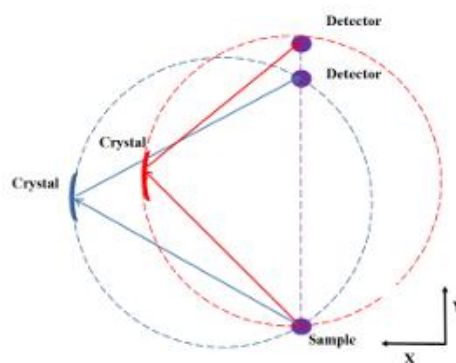


图 2 平动式采集模式原理图

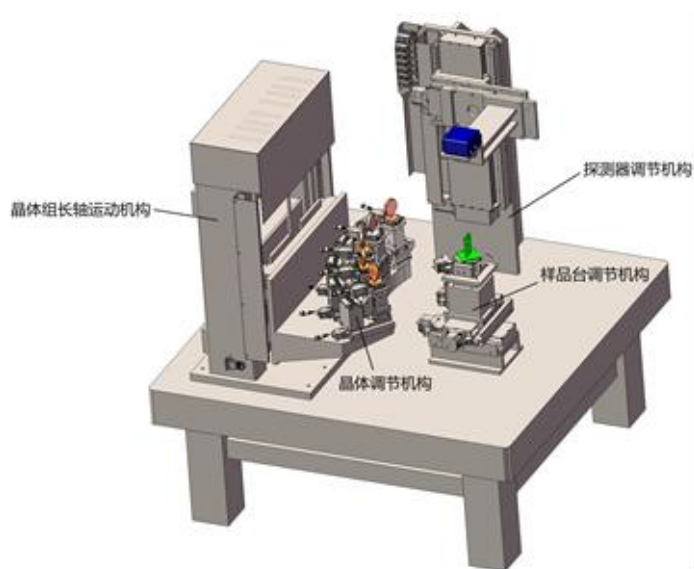


图 3 光谱仪运动机构示意图（本次采购不含光学平台）

对于晶体仅使用水平和垂直的线性运动来实现布拉格能量选择。为此，需要晶体水平位移平台和一个晶体组长轴运动机构来驱使晶体组进行水平位移和长程垂直线性运动，晶体组长轴运动机构主要技术参数如表 2 所示。

表2 单轴晶体组长轴运动机构的技术参数

运动轴	光栅尺分辨率	行程	整步分辨率	重复定位精度	直线度/垂直度	负载
晶体组长轴 平移 Z_{long} 轴	有, $\leq 0.1 \mu m$	$\geq 300 mm$	$\leq 0.5 \mu m$	$\leq \pm 0.5 \mu m$	$\leq 0.1 mm/300 mm$	$\geq 160 kg$

3.3.2 四轴晶体调节机构（5套）

如图 4 所示，晶体调节机构能够驱使分析晶体水平平移，垂直平移，以及围绕垂直轴旋转和在垂直平面内倾转，其主要技术参数如表 3 所示。

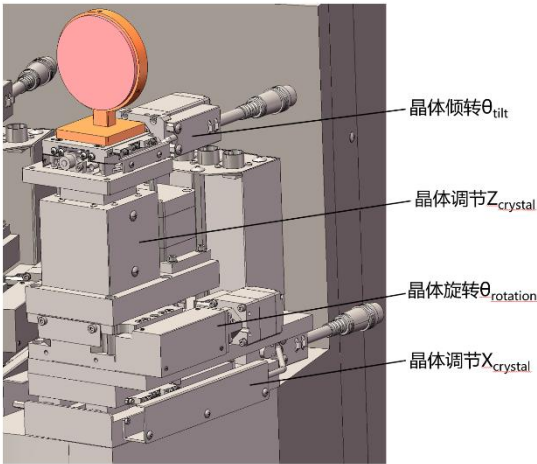


图 4 四轴晶体调节机构示意图

表3 四轴晶体调节机构的技术参数

运动轴	光栅尺分辨率	行程	整步分辨率	重复定位精度	直线度/垂直度
晶体调节 $X_{crystal}$	有, $\leq 0.1 \mu m$	$\geq 70 mm$	$\leq 1 \mu m$	$\leq \pm 0.2 \mu m$	$\leq 2 \mu m/70 mm$
晶体调节 $Z_{crystal}$	/	$\geq 20 mm$	$\leq 0.5 \mu m$	$\leq \pm 0.05 \mu m$	$\leq 6 \mu m/20 mm$
晶体旋转 $\theta_{rotation}$	/	$\geq 15^\circ$	$\leq 0.001^\circ$	$\leq \pm 0.0001^\circ$	/
晶体倾转 θ_{tilt}	/	$\geq 10^\circ$	$\leq 0.002^\circ$	$\leq \pm 0.0001^\circ$	/

如图 5 所示，五个晶体调节轴 $X_{crystal}$ 的同心度还需满足表 4 要求。

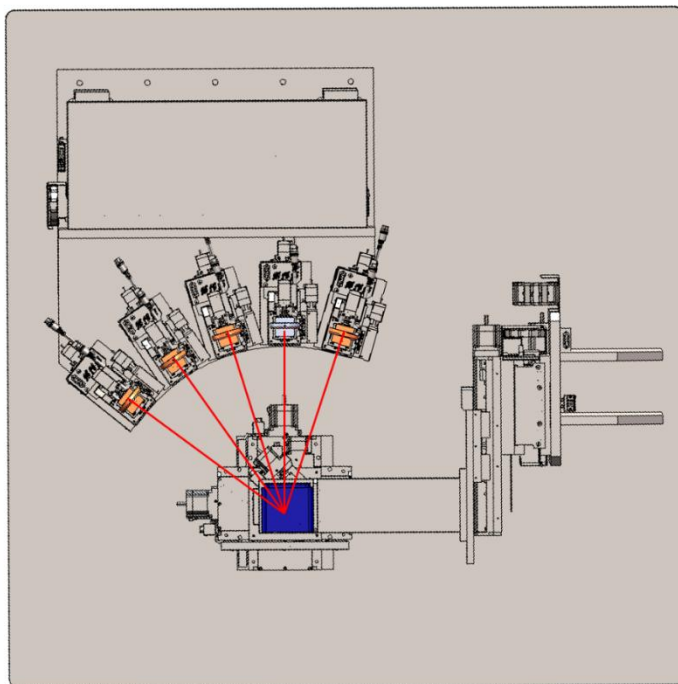


图 5 五个晶体调节轴 X_{crystal} 的同心度示意图

五个晶体调节轴 X_{crystal} 需严格相交于圆心一点(此圆心位于垂直于地面的样品和探测器的轴线上)。每一个晶体水平平移台径向轴偏离圆心的距离不能超过 0.10 mm。

表4 五个晶体水平平移台的径向轴y的同心度要求

五个晶体水平平移台的径向轴 y 的同心度	$\leq 0.10 \text{ mm}$
----------------------	------------------------

3.3.3 两轴探测器调节机构

如图 6 所示，两轴探测器调节机构为探测器提供二维平移运动，其主要技术参数如表 5 所示。

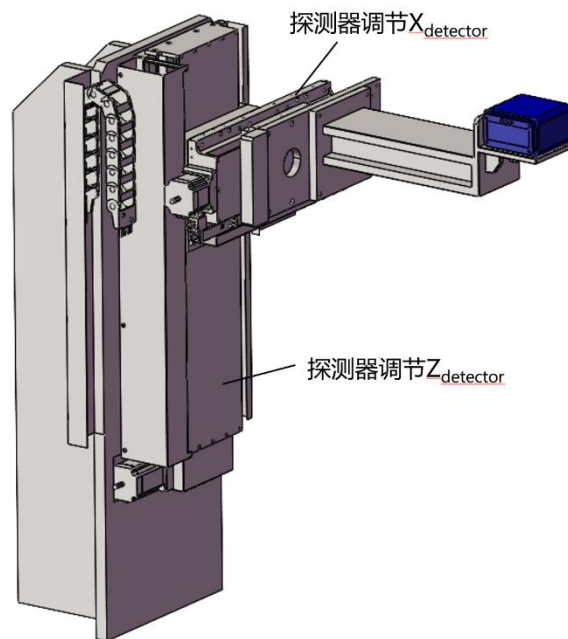


图 6 两轴探测器调节机构示意图

表5 探测器调节机构的技术参数

运动轴	行程	整步分辨率	重复定位精度	直线度和垂直度
探测器调节 X_{detector}	$\geq 200 \text{ mm}$	$\leq 10 \text{ } \mu\text{m}$	$\leq \pm 0.1 \text{ } \mu\text{m}$	$\leq 5 \text{ } \mu\text{m}/200 \text{ mm}$
探测器调节 Z_{detector}	$\geq 300 \text{ mm}$	$\leq 10 \text{ } \mu\text{m}$	$\leq \pm 0.1 \text{ } \mu\text{m}$	$\leq 5 \text{ } \mu\text{m}/300 \text{ mm}$

3.3.4 四轴样品台调节机构

如图 7 所示，四轴样品台调节机构为样品台提供三维平移运动及旋转运动，其主要技术参数如表 6 所示。

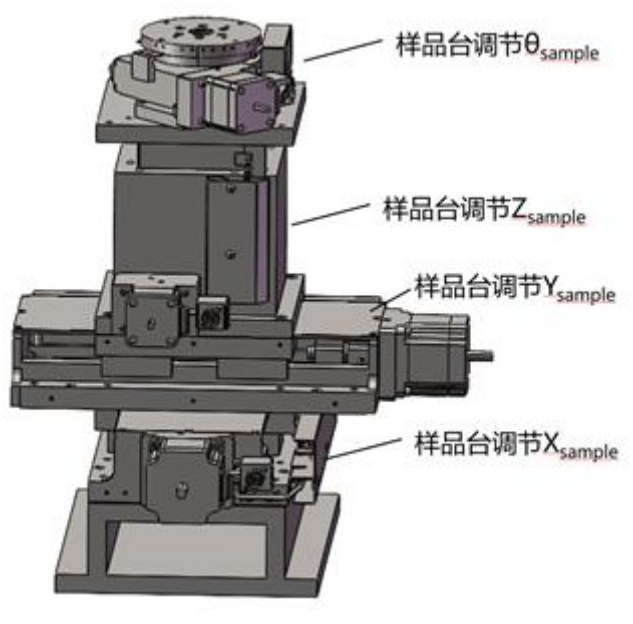


图 7 四轴样品台调节机构示意图

表6 样品台调节机构的技术参数

运动轴	行程	整步分辨率	重复定位精度	直线度/垂直度
样品台调节 X_{sample}	$\geq 100 \text{ mm}$	$\leq 10 \text{ } \mu\text{m}$	$\leq \pm 0.06 \text{ } \mu\text{m}$	$\leq 3 \text{ } \mu\text{m}/100 \text{ mm}$
样品台调节 Y_{sample}	$\geq 100 \text{ mm}$	$\leq 10 \text{ } \mu\text{m}$	$\leq \pm 0.06 \text{ } \mu\text{m}$	$\leq 3 \text{ } \mu\text{m}/100 \text{ mm}$
样品台调节 Z_{sample}	$\geq 50 \text{ mm}$	$\leq 0.5 \text{ } \mu\text{m}$	$\leq \pm 0.05 \text{ } \mu\text{m}$	$\leq 5 \text{ } \mu\text{m}/50 \text{ mm}$
样品台调节 θ_{sample}	$\geq 280^\circ$	$\leq 0.005^\circ$	$\leq 0.0005^\circ$	/

3.3.5 控制系统

HALF 选择 EPICS 作为 HALF 光束线的分布式控制系统。电机控制系统必须基于这个标准，并与 HALF 的其他设施无缝集成。

(1) Motors 电机

驱动电机必须是 2 相步进电机或 5 相步进电机，2 相步进电机的额定驱动电流大小必须介于 0.2A 到 5.0A 之间，5 相步进电机的驱动电流必须介于 0.3A 到 1.35A 之间。关于拟定电机的每个驱动轴的资料应提交 HALF 批准。

(2) Encoders 编码器

电机轴若配置有位置编码器，编码器系统必须输出差分正交编码 TTL 电平信号。HALF 控制系统只为编码器提供 5V 电源。

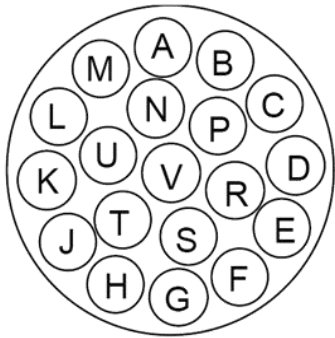
(3) Limit switches 限位开关

每个电机轴应包含至少两个限位开关，限位开关应选用机械开关，采用常闭接法。HALF 控制系统只为限位开关提供 24V 电源。

(4) Connectors 接头

各电机轴的驱动信号和限位信号必须共用一个输出插座，各编码器必须单独配备输出插座。步进电机和限位开关的输出插座必须是 19 针母头插座，接口定义如表 x，接头如图 5 所示。

表7 19针母头插座针脚定义

Connector	Pin	Signal (2 phase)	Signal (5 phase)	Description
	3 (R)	Phase A	Phase 1	Motor Power
	4 (S)	NC	Phase 2	
	10 (C)	Phase A-	Phase 3	
	12 (E)	Phase B	Phase 4	
	13 (F)	NC	Phase 5	
	14 (G)	Phase B-	NC	
	1 (V)	+5V	+5V	Aux Power Supply &

7 (N)	GND(COM)	GND(COM)	travel Limits
6 (U)	Home	Home	
19 (M)	+Limit	+Limit	
18 (L)	-Limit	-Limit	
9 (B)	Shield	Shield	



图5 19针母头插座

(5) Cable 线缆

所有的线缆必须符合 LSOHFR 标准(低烟，无卤，防火)，遵守 IEC 60754-1 规范和 IEC 60332 规范。线缆的氧指数必须高于 28，外包层的酸性气体排放量应低于 4%。禁用聚氯乙烯化合物。线缆尺寸和颜色须满足 HALF 和新版 IEE 条例的要求。运动部位的线缆须高度柔软，以减小对机械性能的影响，并有适当的机械保护措施。电缆的命名遵循 HALF 相关规则。所有线缆必须对地屏蔽。所有电缆须在两端用扎带做出标记，以便于识别。所有可见电缆芯须易于识别，以与其相关的多对电缆联系起来。

(6) Electronic wiring 电气接线

编码器信号采用独立 feedthrough 引出，以防电磁干扰。复杂设备上要求配备专用的电气转接箱，将电机线与限位信号线集中由电气转接箱引出，也推荐将编码器以外的其它信号线从法兰接入电气转接箱统一引出。

真空法兰的引出线到电气转接箱的接线和接插件要牢固可靠。

(7) Electrical Standards and EMC 电气标准和 EMC

为 HALF 购买或制造的设备，都必须遵守安全标准、EMC 和中国的一般产品安全规范。

(8) Electrical drawings 电气图

按 HALF 的要求，交给 HALF 的电气图格式为二维 AutoCAD 图形或 PDF。

供应商须提供充分的维护资料，涉及每个电子元件可能出现的故障问题。包括：

1)系统框图和装配总图。

2)子装配图，包括元件的布局和电学图表。

3) 安装、校准和配置指南

4)所有元器件（电机、编码器、限位开关、接插件和针脚、温度传感器等）的详细清单，包括型号、序列号、生成厂方、联系方式。

5) The detail lists for all electronic components.备品清单。

（9）其他

对于供应商采用的其它传感器和运动执行器，需提供整套系统硬件，包括所有传感器和运动执行器、电缆和控制器，供应商必须提供相应的基于 EPICS 的软件，配套软件应基于 EPICS 7 并提供 IOC 和 OPI,IOC 必须包含对时和时间同步功能,PV 命名的规则要遵守 HALF 的命名规范。

4. 出厂测试要求

供应商提供测试大纲，并根据采购人认可的测试大纲按照各部件的关键技术指标以及系统集成后的关键技术指标进行测试，包括准备所需的测试设备和测量工具。

5. 其他事项

如供应商原因导致交付进度延期，采购人驻厂费用由供应商承担，包括但不限于交通、食宿等费用。

6. 项目交付进度及其他

交付时间：合同签订之日起 1 个月内完成工艺设计并通过评审；合同签订之日起 8 个月内完成交货、安装、调试并满足验收要求。

交付地点：安徽省合肥市中国科学技术大学合肥先进光源园区。

交付方式：供应商承担所有设备的运输、安装，配合采购人完成验收，并承担相应费用。

7. 验收

7.1 验收流程

7.1.1 出厂测试

(1) 产品在出厂前，供应商需按照采购人认可的测试大纲进行严格检验，包括完成机械尺寸、功能测试及性能指标测试等并提供完备的测试报告。设备在供应商处完成调试达到测试指标后，供应商组织出厂测试，采购人参加并签字确认结果。

(2) 出厂测试合格后，供应商负责将设备运至交货地点，设备运输和保险由供应商负责。

7.1.2 安装及验收

(1) 装配工作由供应商自行完成后整体发货，同时供应商配合采购人完成 HALF 现场测试验收。

(2) 系统或部件如有质量问题需要返厂维修，供应商负责承担一切费用，并在采购人规定的时间内完成维修，不得耽误采购人设备设施的正常运行。

(3) 驻场联合调试。供应商应在验收合格之日起一年内，根据采购人需要配合采购人进行驻场联合调试。

8. 设备保修及售后服务

8.1 培训

免费现场技术培训。供应商需对 HALF 相关人员进行足够的培训，以确保高能量分辨发射谱仪机构的正常运转。

8.2 保修条款

供应商应保证所供货物是严格按照双方认可的工艺生产的，并完全符合合同规定的质量、规格和性能的要求。供应商应保证在正确安装、正常使用的条件下，在其使用寿命期内应具有达到设计要求的性能。在质量保修期内，供应商对由于制造、工艺或材料的缺陷而产生的故障负责。

本合同标的保修期不少于 24 个月，起始时间以全部设备验收合格之日起开始计算。在保修期内，非采购人人为原因引起的设备故障，供应商负责免费维修和免费更换零部件。供应商应于接到采购人维修通知后 24 小时内(法定假期除外)进行响应，需要抵达现场进行维修的，供应商应在 72 小时内抵达现场，并应在合理的时间内完成维修。

9. 质量控制

9.1 质量过程检查及验收要求

(1) 合同执行过程中，供应商按采购人要求提供质量月报，采购人将根据实际需要对供应商的履约情况进行若干次阶段性检查以及出厂测试和验收，供应商有义务提供必要的配合和服务，包括必要的检查设备和检查条件。

(2) 系统（设备）工艺设计阶段：设计方案需经采购人组织评审通过后方可进行后续工作。

(3) 生产加工阶段：供应商需要按照质量管理体系的要求，对生产的各个环节进行严格控制；关键零部件检测以及特殊过程需要保留过程记录，必要时采购人可以要求现场参与检测或监督见证，供应商也可以要求采购人现场见证；涉及过程不合格和偏差或设计变更，需及时通知采购人做最终处理判定，审核批准方可开展下阶段相关工作，并保留记录；合同签

订后，乙方每月填写项目执行情况反馈表并反馈至甲方直至交货为止。

(4) 出厂测试阶段：供应商完成全部生产任务后通知采购方安排出厂测试，以合同指标为依据，按采购人审核批准后的出厂测试大纲进行测试，出厂测试合格并且供应商提供全套技术资料或手册后方可发货。

(5) 现场测试验收阶段：货到采购人现场后，供应商须按合同要求完成后续工作，确保在采购人现场测试合格，现场测试合格后供应商配合完成竣工技术资料。

9.2 质量监测有效性要求

(1) 为保证质量过程监测、测量结果的可靠性和有效性，生产、检查、测试过程使用的监测、测量设备应确认完好，并通过有资质单位的检定，使用日期应在检定有效期范围内。

(2) 没有第三方检定或校准机构的特殊或自制监测、测量设备，中标供应商应具有自我校准方案、校准计划及自我校准记录，确保使用的设备是完好并在自校准有效周期内。

9.3 质量记录要求

(1) 供应商应妥善保管好合同实施过程中的各类技术资料、文件和记录，对于生产、检测、测试的相关文件和记录要及时编/填写，归档，整理以备检查和追溯，记录应完整，可靠；

(2) 供应商单独采购的原材料、配套件（经采购人允许）应按照图纸规定参数采购并符合合同中的相关规定。特殊原材料应做好标识，并妥善保管好质保书或检测报告原件转交给采购方，确保采购质量可追溯。

10. 档案文件要求

供应商负责收集整理合同形成和实施过程中产生的各种载体和形式的文件材料，并严格按照采购人要求提供归档材料。归档材料应为原件，履行签字盖章手续，形成日期完备，且文字材料、图纸等与实物、实况相一致，其质量应符合《建设项目档案管理规范》（DA/T 28—2018）、《中国科学院重大科技基础设施档案管理实施细则》、《中国科学院电子文件归档与电子档案管理办法（试行）》、《技术制图复制图的折叠方法》（GB/T10609.3-2009）、《合肥先进光源重大科技基础设施项目档案管理实施细则》及《合肥先进光源国家重大科技基础设施项目工艺设备图纸归档须知》等制度规范要求和方法，确保档案完整、准确、系统。

- (1) 提供工艺设计报告及报告评审文件（评审会议通知、会议日程、签到表、会议报告、评审意见、根据意见修改前、后的两版设计报告等）、工艺设计图样等；
- (2) 外协、外购设备和材料清单及相关合格证、检测报告、使用说明书等，对需要检测的关键部件进行检测并出具出厂和现场测试验收报告，关键部件工艺规程、工艺过程检测记录、工艺说明书等，如实施过程中有变更材料则提供相关记录；
- (3) 自测大纲、自测报告，出厂测试申请、出厂测试大纲、出厂测试报告；

- (4) 检测过程中使用的测量设备（仪器）的有效检定证书、校准证明；
- (5) 装箱单，系统（设备）零部件明细表，使用说明书、安装手册、操作手册、维护手册等；
- (6) 提供纸质和电子版定型/竣工图册（总图、全套零部件加工图和目录），纸质总图需采购人会签；
- (7) 提供工艺设计技术总结报告；
- (8) 提供安装大纲、安装过程记录、安装图，调试计划、调试记录，安装调试技术总结；
- (9) 提供培训内容、培训签到表；
- (10) 其它相关检测报告；
- (11) 重要阶段和关键环节形成的照片（JPG 格式）和视频（MP4 格式），如重要会议，设备制造加工过程关键节点，设备关键部件、样机、关键设备等实物各角度，安装调试、验收等原片（包括全景、近景、特写等），其主题突出、声音、影像清晰；照片和视频的命名需注明具体信息（包括时间、地点、事件及摄制者，如有重要人物请标注清楚）。