

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 本章“3. 基本技术要求”中标记“#”的技术指标按评标办法进行评审，其余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 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。

合肥先进光源加速器部分由储存环和注入器组成，注入器为储存环提供电子束流，储存环实现电子束流的高品质存储并在磁场作用下产生同步辐射光。储存环电子能量为 2.2 GeV，束流水平自然发射度约 86 pm·rad，具有国际同类装置领先水平。

合肥先进光源储存环的束流发射度极低，需要使用高梯度的六极磁铁来校正色品，因此带来很强的非线性效应，造成动力学孔径和动量孔径的减小。八极磁铁通过控制随振幅变化的频移和二阶色品可以明显增大动力学孔径和动量孔径，同时八极磁铁也可以提供抑制束流不稳定性的朗道阻尼。八极磁铁是储存环中的主要类型磁铁，在储存环物理设计中起着关键作用。合肥先进光源储存环中，每周期有 2 块八极磁铁，全环有 40 块八极磁铁在线工作。

本次招标涉及 HALF 储存环八极磁铁，主要包括 42 台八极磁铁，同一种类型，磁铁有效长度 0.10 m，最高磁场梯度 125000 T/m³。除了核心的铁芯和线圈外，每台八极磁铁还包括磁铁底座、准直顶板、每路水出水处布置温控开关、温控接线座、总进出水卡套接头、总进出

电排、吊环螺钉、电排绝缘罩等。靶标座和靶标座磁钢由采购人提供，由中标供应商负责焊接、安装。另外交付一套测试旋转线圈和两套备用磁铁线圈。

本招标项目的供应商根据采购人提供的储存环八极磁铁的结构形式与相关参数要求,进行工艺设计、元器件和原材料采购、检验、加工制造、组装、出厂测试、包装、运输、保险、现场组装调试、协助复测验收、保修及售后服务等。供应商需按期保质完成工艺设计与测试大纲的编制与评审、首件加工制造与测试评审、批量加工制造、出厂测试、现场集成安装并配合复测验收。设备交货地点为安徽省合肥市中国科学技术大学合肥先进光源园区，并将在合肥先进光源园区内完成集成安装与复测验收。

2. 需求明细

本项目主要内容是制造一种类型的八极磁铁共 42 台。储存环八极磁铁设备名称、数量及主要规格参数如表 1-1 所示。（详细磁铁设计参数汇总见附件）

表 1-1 储存环八极磁铁设备数量及相关技术指标

磁铁类型		八极磁铁
数量[台]		42
外形尺寸 (铁芯及线包)	长[mm]	≤132
	宽[mm]	≤478
	高[mm]	≤478
有效长度[mm]		100
磁铁孔径[mm]		>55.4
极间间隙[mm]		≥13
最大磁场梯度[T/m³]		125000
好场区半径[mm]		13
高阶场相对误差		$B_s/B_4 \leq 4.0 \times 10^{-3}$, $B_n/B_4 \leq 2.0 \times 10^{-3}$ (n>5)

八极磁铁中有 21 台是异型磁铁，主要技术参数不变化，外形尺寸稍有调整，具体尺寸在工艺设计时协商确定。另外八极磁铁加工两套完整线圈以备用。

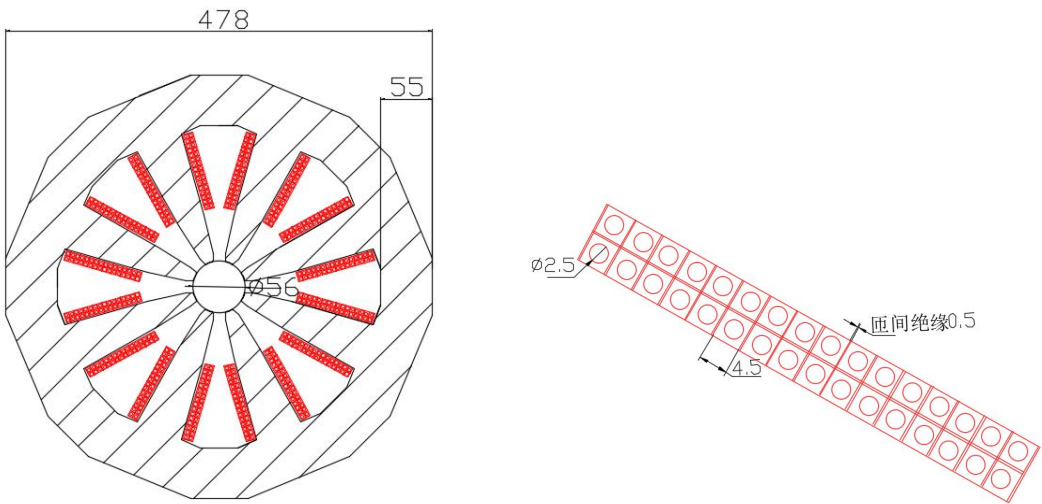


图 1-2 八极磁铁截面示意图

八极磁铁铁芯采用电工纯铁 DT4 加工，DT4 励磁特性优于表 1-2 所列数据。

表 1-2 DT4 励磁特性表

H (A/m)	B (T)
0	0
50.13380707	0.607286
70.02817496	0.701667
80.37324626	0.783
100.2676141	0.897
120.161982	0.972
149.6056465	1.059
199.7394536	1.1545
249.8732607	1.2235
350.1408748	1.325
449.6127142	1.3895
600.0141355	1.45175
700.2817496	1.4875
900.0212032	1.52875
1200.028271	1.566
1500.035339	1.59325
1999.78186	1.624
2499.528381	1.645
3000.070677	1.6635
3499.817199	1.68
3999.56372	1.6985
4500.106016	1.712
4999.852537	1.727
6000.141355	1.75125
6999.634397	1.775
7999.923215	1.798
8999.416257	1.81725
9999.705074	1.8355

八极磁铁除了核心的铁芯和线圈外，还包括底座、准直顶板、温控开关、温控接线座、总进出水卡套接头、总进出电排、吊环螺钉、电排绝缘罩等。所有八极磁铁的具体结构设计方案在工艺设计评审时确定。

3. 基本技术要求

3.1 磁铁底座设计

- (1) #磁铁中心到磁铁底座安装面高度，按 $400\text{ mm} \pm 0.2\text{ mm}$ 设计。
- (2) #磁铁底座水平横向尺寸，不超过 560 mm 。
- (3) #磁铁底座材料为不锈钢，相对磁导率要求 ≤ 1.2 。

3.2 准直要求

- (1) 准直顶板为 $130\text{ mm} \times 400\text{ mm}$ 、厚度不小于 20 mm 的不锈钢平板，固定在磁铁顶部，

平面度优于 0.02mm，对于磁铁中平面的平行度优于 0.04 mm；

(2) 准直顶板上设置 6 个准直靶座，其中 4 个放置于顶板四角对称位置，2 个放置于束流中心线正上方顶板上下游两侧，准直靶座由采购人提供；

(3) 以 (1) 的平面为水平基准标定准直标靶中心相对于磁极头对称中心的坐标关系，测量精度值小于 0.02mm。

(4) 准直靶及平板的高度：在供应商工艺设计时统一考虑，由采购人确认。

(5) #准直顶板相对磁导率 ≤ 1.2 。

3.3 考虑磁铁及磁铁底座设计的结构稳定性，要求磁铁一阶模态尽量高，模拟计算值大于 70 Hz。

3.4 拆装重复性

首件磁铁和批量抽样磁铁要进行装配重复性试验，反复三次拆装后，极头装配误差仍须满足 ± 30 微米的要求，磁场品质仍满足验收要求。供应商需给出拆装工艺，提供拆装工艺报告。

3.5 #极面加工和装配误差的控制如下表（供参考）：

	误差来源	设定误差值
加工误差	极面轮廓加工误差	$\pm 0.02\text{mm}$
装配误差	磁铁 1/4 部分 X/Y 方向装配误差	$\pm 0.03\text{mm}$
	磁铁 1/4 部分旋转误差	$\pm 0.02^\circ$
	间隙误差	$\pm 0.02\text{mm}$

3.6 安装温控接线座，所有温控串联。

3.7 与磁铁线圈连接的多路分水器总进出水路各一路，安装总进出水卡套接头。

3.8 与多路分水器相连的每路水出水处布置温控开关。

3.9 #安装总进出电排，一路电一进一出。

3.10 #具备吊环螺钉、电排绝缘罩等。

4. 出厂测试要求

4.1 供应商应具备所需测试条件，承担出厂测试的所有工作。

4.2 供应商根据技术要求对磁铁进行电、机械的测量，包括准备所需的测试设备和测量工具。

4.3 在每个线圈的端头和磁铁铁芯之间必须做直流高压试验，检测电压为 1000 V，检测时间 1 分钟。任何线圈的漏电阻应大于 10 M Ω 。

4.4 测试内容包括但不限于以下内容：

(1) 尺寸测量：

- a) 磁铁外形尺寸；
- b) 孔径，即八个极面的极尖（pole tip）的内接圆直径；
- c) 极头间隙；

(2) 磁场测量：

a) 使用霍尔探头点测设备，测量八极磁铁的纵向磁场分布，给出积分场、积分梯度和有效长度；

b) 使用旋转线圈测磁设备，测量八极磁铁的高阶场相对主场的大小，给出积分梯度均匀性和传递函数；

c) 完成磁中心引出，引出精度值小于 0.03mm；

d) 主场励磁曲线；

(3) 测量环境温度对积分场的影响（针对首块磁铁）；

(4) 测量磁铁标准化后（不同上限电流和不同路径）剩磁对积分场的影响（针对首块磁铁）；

(5) 测量磁铁线圈电阻和磁铁电感；

(6) 拆装重复性测试。

5. 其他事项

5.1 铁芯制造工艺要求

供应商有责任对采购方提供的技术方案和模型进行检查，如发现不合理的设计，需及时与采购人沟通协商。制造过程包括相关的工装设备加工、铁芯材料采购、加工和测试，供应商需指定质量管理文件、工艺过程跟踪卡和做好质量检测记录。填写和签字批准完毕的原始跟踪卡应随铁芯一起转到下游，直到最后的总装工序。原始文件应一直保留。磁铁铁芯的跟踪卡应与完工磁铁的其它跟踪卡一并汇总，交货时随磁铁一起送交采购方。

铁芯在安装和生产过程中，需多次起吊和翻转，供应商应设计一套相关的起吊工装和相应工艺的实现，从而保证在操作过程中设备、元件和人身的安全。磁铁表面进行防锈处理，所有需喷漆的表面在上色漆之前，应加涂防锈底漆，所有不喷漆表面应喷涂防锈油。

5.2 线圈制造工艺要求

磁铁线圈需要在高辐射环境下工作，因此线圈绝缘材料应能承受反复热循环而不导致机械或电气的损坏，因此须采用玻璃纤维及环氧树脂等绝缘材料。同时注意做好匝间绝缘和对地绝缘。

线圈绕制完成并包好对地绝缘后，应检验其外形尺寸，确保能装入浇注模。每个线圈应有独立身份号。环氧浇注前应将此身份用标签栓连在线圈上。

线圈制成后，端头引线处加上水、电接头。安装的水接头材料为不锈钢，同时应加以密

封。磁铁每路冷却水的出水端附近要有一个温控开关。水冷线圈的端头板应与进线的电缆头适配，并可靠连接。线圈端头以及所有与之相连的金属件必须与铁芯绝缘并通过直流高压试验。进行匝间短路检测，脉冲电压 500 V。

环氧浇注后的线圈需要进行水压检测，接好水接头后，封死线圈一端的水接头，向线圈水路注入 15 kg/cm² 的去离子水，保压 1 小时，不应有压力泄漏。

5.3 磁铁装配要求

应制定总装和检测工艺，质量保证程序和质量跟踪卡，记录有关总装数据和检验数据。供应商负责选择和采购磁铁总装所需的材料和装置，包括所需水管和紧固件，并负责连接其温控系统和检查线路。

磁铁集成应包括以下元件：

- (1) 铁芯、线圈的固定与支撑；
- (2) 电源连接、温控开关和接线布置；
- (3) 水路集成，包括进出水分水器。

6. 项目交付进度及其他

交付时间：

合同签订后 14 个月内分批次交货：

- (1) 合同签订后 2 个月内，完成工艺设计和测试大纲编写，并通过采购人评审；
- (2) 合同签订后 6 个月内，完成首块八极磁铁的工艺设计及评审、加工及测试，通过采购人评审后交付；
- (3) 合同签订后 9 个月内，完成第一批 12 块八极磁铁测试交付；
- (4) 合同签订后 14 个月内，完成第二批八极磁铁（29 块）测试交付和两套备用磁铁线圈及一套磁测用旋转线圈的交付；
- (5) 合同签订后 26 个月内，配合采购人完成现场验收。

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、配合采购人完成复测验收，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，供应商需按照内部质量控制要求进行严格检验，包括完成功能及性能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。

(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 复测验收

(1) 八极磁铁将在合肥先进光源园区的调试大厅内进行包括拆装重复性在内的复测，供应商配合采购人完成复测验收。供应商需提交包括：供应商提供的原材料的材质证明、产品质量证明书、产品合格证以及各种检验报告等。

(2) 系统或部件如有质量问题需要返厂维修，供应商负责承担由此引起的一切费用，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。

8. 设备保修及售后服务

8.1 培训

本项目不涉及。

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。

保修期不少于 12 个月，起始时间以全部设备通过最终验收之日起开始计算。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，供应商应在两个工作日内抵达现场，并按照采购人要求的时间内完成维修。

9. 质量控制

9.1 质量控制

(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应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) 工艺设计：供应商完成工艺设计及图纸绘制（含三维设计图），并经采购人审定确认后方可投产。

(3) 生产加工：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，并保留记录。供应商根据采购人要求制作设备铭牌。

(4) 出厂测试：供应商完成全部生产任务后通知采购方进行出厂测试，以合同指标为依

据，按采购人认可的出厂测试大纲进行测试，出厂测试合格并且完成必要的技术资料后方可达到出厂测试要求。

(5) 现场验收：货到采购人现场后，供应商须按合同要求完成现场验收，合格后提交竣工技术资料。

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，中标方应具有自我校准方案、校准计划及自我校准记录，确定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) 供应商单独采购的元器件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) 提供设计方案文档和设计方案评审会议材料，包括会议日程、签到表、设计报告、评审意见等；
- (2) 提供经采购人审定签字的全套设计图；
- (3) 加工制造阶段的原材料及配套部件的明细清单、合格证、检测报告，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，如实施过程中有变更材料则提供相关记录；
- (4) 出厂测试阶段的出厂测试申请、测试大纲、测试报告；
- (5) 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；

- (6) 提供纸质和电子的定型图总图、全套零部件加工图和目录，纸质需采购人审定签字；
- (7) 系统（设备）零部件明细表；
- (8) 其它相关检测报告。

附件：

八极磁铁的设计参数汇总（如表 1-3）（仅供参考）

表 1-3 八极磁铁设计参数

磁铁类型	八极磁铁	
磁铁有效长度[mm]	100	
磁场梯度[T/m ³]	96025（工作点）	125000（上限点）
好场区范围[mm]	13	
磁铁孔径[mm]	55.46	
磁极间最小引光间隙[mm]	13.0	
铁芯长度[mm]	96	
磁铁纵向长度(包括线圈)[mm]	132	
磁铁高度[mm]	478	
磁铁宽度[mm]	478	
每极励磁安匝数[A·turns]	1884.69	2522.62
单根线圈导线截面[mm ²]	4.5×4.5Φ2.5	
单匝线圈平均长度[mm]	324.25	
单极头匝数[匝]	2×18	
线包截面[mm ²]	11×99	
电流密度[A/mm ²]	3.41	4.57
励磁电流[A]	52.35	70.07
电压[V]	5.58	7.46
功率损耗[kW]	0.29	0.52
通冷却水孔径[mm]	Φ2.5	
冷却水压力[kg/cm ²]	5kg/cm ²	
水路数(2 路串联)	4	
水流速[m/s]	1.58	
水温升ΔT [°C]	2.25	4.03
线圈电阻[Ω]	0.107	
铁芯质量[kg]	86.42	
导线质量[kg]	12.75	
磁铁总质量[kg]	99.63	
磁铁储能[J]	32.32	57.59
电感[mH]	23.59	23.46