

采购需求及技术规格要求

一、总则

1.1 本技术规格所提出的要求是对本次招标货物的基本技术要求，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除了满足本技术规格的要求外，还应符合中国国家、行业、地方或设备制造商所在国的有关标准、规范（尤其是必须符合中国国家标准的有关强制性规定）。

1.2 本技术规格中提及的工艺、材料、设备的标准及参考品牌或型号（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、等同或优于本技术规格的要求，否则其投标无效。

1.3 除非有特别说明，本技术规格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。

1.4 中标的主要产品的数量、单价、规格等将予以公布。

二、技术规格要求

1 项目简介

499.8MHz 超导高频系统是合肥先进光源(HALF)储存环核心系统之一，超导加速器模组是 HALF 超导高频系统的关键设备，其中，499.8MHz 超导腔、高功率输入耦合器以及高次模吸收器（Damper）的样机已在研制之中，不在本次采购招标范围之内，本次采购主要包括：499.8MHz 超导腔低温恒温器、低温分配阀箱、低温传输管道以及低温控制设备等。按期保质完成加工制造和现场集成装配是非常重要的，加工完成后将集成/安装在合肥市国家同步辐射实验室内，设备交货地点为中国科学技术大学国家同步辐射实验室园区内。

2 需求明细

本招标项目的供应商根据采购人提供的 499.8MHz 超导腔的结构形式与相关参数要求，进行配套的低温系统设计及建造，具体包括低温恒温器等设备的机械结构设计、热负荷分析、加工工艺设计、元器件和原材料采购、检验、加工制造、组装、出厂检测、包装、运输、保险，现场总体组装、现场安装、离线调试、验收、保修及售后服务等。

本项目主要内容是研制满足合肥先进光源验证装置建造所需的 499.8MHz 超导低温恒温器 1 套、低温传输管道（若干米）、低温分配阀箱（1 套）以及低温控制设备等。499.8MHz 超导腔、高功率输入耦合器、高次模吸收器（Damper）和机械调谐器等由采购人提供。供应

商还需负责低温超导高频腔模组的现场集成组装。设备名称、数量及主要规格参数如表 1 所示，499.8MHz 超导腔低温恒温器的具体参数如表 2 所示。

表 1 设备数量及主要规格参数表

设备名称	数量及单位	工作温度
499.8MHz 超导腔低温恒温器	1 台	4.5K
低温传输线	若干米	4.5K
低温阀箱	1 台	4.5K
低温控制系统	1 套	4.5K

表 2 499.8MHz 超导腔低温恒温器主要技术参数

序号	指标重要程度	主要技术参数	技术参数期望目标
1	★	工作介质及温度	4.5K 液氦
2	★	主要材料	外筒体: 纯铁镀锌, 内部件 316L 不锈钢, 相对磁导率小于 1.2
3	★	低温管道焊缝、密封结构漏率	$<1 \times 10^{-9} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$
4	★	密封圈等非金属材料	能够适用于超导加速器辐射环境
5		80K 冷屏材料	T2 紫铜
6		4.5K 液氦容器	316L 不锈钢
7	★	氦池外导冷带	高纯无氧铜, RRR 值大于 100
8	★	液氦池漏率	小于 $1 \times 10^{-9} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$
9	★	筒体绝热真空漏率	小于 $5 \times 10^{-9} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$
10	★	温度传感器	选用液氦温区的耐加速器辐射环境
11	★	恒温器整体要求	漏率小于 $5 \times 10^{-8} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$, 真空度小于 $5 \times 10^{-2} \text{ Pa}$, 静态损耗小于 45W

本项目所需的 499.8MHz 超导低温恒温器 1 套、低温传输管道（若干米）、低温分配阀箱（1 套）以及低温控制设备等，各设备的功能描述如下所示：

1) 499.8MHz 超导腔低温恒温器

499.8MHz 超导腔低温恒温器运行温区为 4.5K 液氮，纯铌超导腔采用浸泡式冷却的方式，在恒温器中设置中间温区 80K 液氮防辐射冷屏，高功率耦合器采用“氦气冷却”的型式。其具体包括室温外真空容器、80K 冷屏、液氮容器、低温管道、绝热支撑结构、多层绝热材料等关键部件，同时也包括装配及安装所需的工装等。499.8MHz 超导腔低温恒温器的结构示意图如图 1 所示。

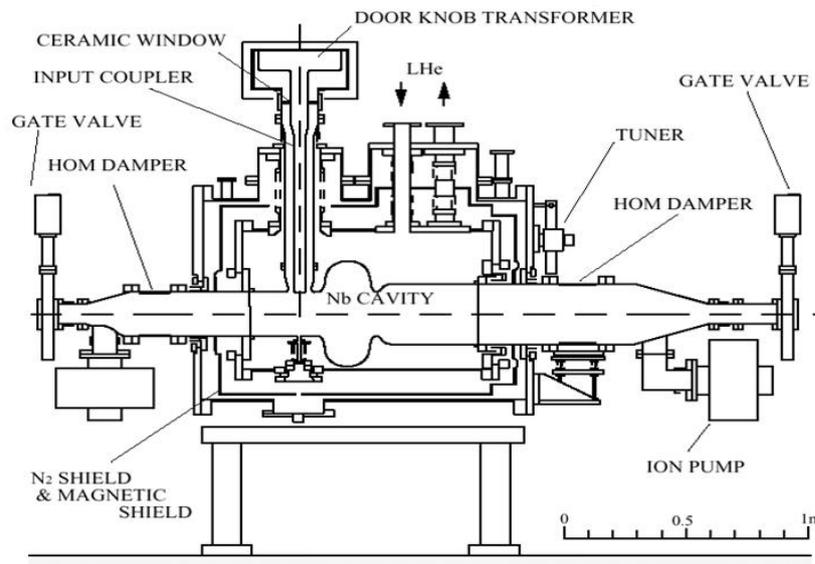


图 1. 499.8MHz 超导腔低温恒温器示意图

2) 低温分配与传输设备

低温分配与传输主要涉及低温流程图与现场管道走向，根据低温流程图（需要采购人提供）来设计低温阀箱与低温传输管道，根据管道走向确定以下数量（现场测量）：低温传输管道、液氮单通道管线（从冷箱延长到阀箱）、quench 管道等。低温分配与传输设备包括：低温分配阀箱与低温传输管道。低温阀箱包括低温阀门（若干）、低温接头 Bayonet（若干）、安全阀（若干）、测控部件（若干）等。

3) 低温控制系统

低温自动控制系统是指通过一些自动控制装置，对低温过程中某些关键性参数进行自动控制，如温度、压力、流量、液位等，使得他们在受到扰动的影响而偏离正常状态时能够自动地调节，从而回到设定要求的数值范围内。低温测量与控制硬件包括：温度、液位、流量等传感器、Feedthrough、二次仪表、PLC；软件包括：低温控制界面、连锁保护、报警等。

4) 超导腔安全保护系统

超导腔安全保护系统主要包括：降温和复温时，控制温度避免热冲击；运行中控制压力避免任何低温容器过压；异常事件紧急保护，诸如：掉电、真空变坏、硬件故障等。超导腔氦压安全系统硬件包括：弹簧安全阀、爆薄片及电磁阀三级等。

5) 模组现场集成组装

低温超导高频腔模组的现场集成组装，拟在国家同步辐射实验室进行，洁净间内超导腔的组装由采购人来完成，超导腔、耦合器、调谐器、Damper、Taper 和闸板阀等由采购人提供。洁净外超导腔与低温恒温器的组装由供应商来完成，具体包括低温恒温器、超导腔串（包括超导腔、耦合器、调谐器、Damper、Taper 和高频屏蔽闸板阀等）部件的组装与集成。

注：集成后的超导高频腔模组具备水平测试与运行条件。

3 项目总体情况

低温系统的主要功能是为 499.8MHz 超导腔提供稳定的低温超导环境，使之工作在稳定的低温环境下。HALF 低温系统主要有 250W@4.5K 制冷机、液氮杜瓦、分配阀箱和低温传输管线等组成。本次招标涉及 499.8MHz 超导腔配套低温系统，主要包括：499.8MHz 超导腔低温恒温器、温分配阀箱、低温传输管道以及低温控制设备等。

499.8MHz 超导腔低温恒温器运行温区为 4.5K 液氦，超导腔由一台独立的低温恒温器来将其维持在超导环境，纯铌超导腔用液氮槽浸泡式冷却，为了降低中心氦温区的热负荷，减小液氮的消耗，在恒温器中设置中间温区 80K 液氮防辐射冷屏，并在 80K 冷屏外壁包扎多层绝缘材料(Multi-layer Insulation, MLI)，最外层真空筒体的功能主要是作为内部各部件的支撑及定位基础，同时也是绝热的真空边界，高功率耦合器采用“氦气冷却”的型式。超导腔低温恒温器的低温连接管道包括液氮供应的进、出管道、液氮供应的进、出管以及安全泄压管道等。499.8MHz 超导腔低温恒温器结构如图 2 所示。

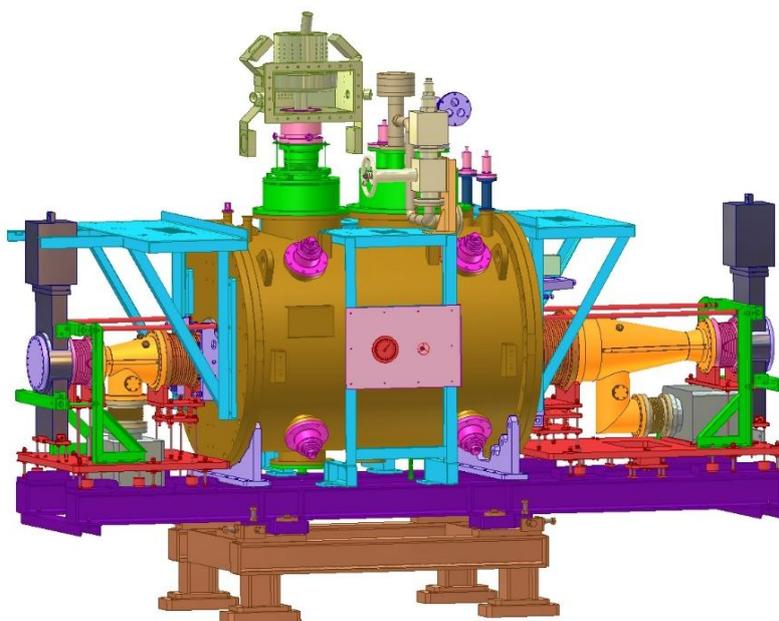


图 2 499.8MHz 超导腔低温恒温器结构图

分配阀箱用于分配氦路和氮路到超导腔恒温器中，其中液氮用于冷却超导腔，并使超导

腔浸泡在氦池中，液氮用来冷却 80K 冷屏。阀箱上装有若干个低温阀门、接头、安全阀、温度传感器和压力传感器。内部保持真空，由真空泵维持。低温传输管线包含冷箱、杜瓦、低温恒温器之间的单通道或者多通道夹层真空管线等。

4 低温恒温器基本技术要求

4.1 低温恒温器真空筒体的材料选用为纯铁镀锌，内部组件的材料均采用 316L 不锈钢，恒温器内部所有部件相对磁导率小于 1.2。

4.2 真空筒体外表面采用喷漆处理，油漆需具有较好的耐磨耐腐蚀性和可靠的结合力，又有很好的耐候性、保光保色性。外部喷漆：环氧树脂底漆+面漆（颜色号待定）。

4.3 低温恒温器采用卧式结构，调节底部的支撑座采用碳钢材料，并在表面进行喷漆处理。

4.4 低温恒温器真空筒体的设计压力为+0.2MPa/-0.1MPa。

4.5 真空筒体的端部法兰采用纯铁锻件成型。

4.6 平板端盖法兰，材质为纯铁锻件成型。

4.7 低温恒温器内的所有螺栓、螺母等紧固件均采用采用 304/316L 不锈钢。

4.8 80K 冷屏的壳体采用 T2 紫铜。

4.9 低温管道以及低温零部件采用 316L 不锈钢材质。

4.10 所有常温 O 型圈密封材料选择抗辐射的三元乙丙橡胶（EPDM）。

4.11 恒温器及所属相关设备的制造、检验、验收要符合国家有关标准，有关设备要具有合格证及使用证等。

4.12 对于制造恒温器的法兰、筒体、封头、冷屏以及管道等部件的材料，验收时须提供材质证明及生产厂家。

4.13 要求对所有密封焊缝进行 X 射线无损检测，对于不能采用 X 射线无损检测的焊缝，应进行渗透等无损检测。

4.14 所有密封结构均需进行氦质谱检漏。整个恒温器的总体漏率小于 $5 \times 10^{-8} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ ，常温下真空度小于 $5 \times 10^{-2} \text{ Pa}$ 。内部各接头要求在设计压力下进行氦质谱检漏，每个接头的漏率要求小于 $1 \times 10^{-9} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 。

4.15 内部低温管线的制作具有以下共性：

- (1) 焊接采用全焊透结构；
- (2) 设备内各部分必须经试压及气密性试验合格后，方能最后组焊环缝；
- (3) 设备制造完毕，焊缝应进行氦质谱检漏，漏率小于 $1 \times 10^{-9} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 。

5 其他事项

5.1 国家同步辐射实验室提供的部件

腔和相关设备：包括超导腔、耦合器、阻尼器、调谐器、TAPER 和真空闸板阀等。

5.2 部件预装配

设备出厂前各个部件需要进行预装配，绝热材料的包扎需要预制完成。

5.3 铜编织带及高纯铜片

在低温恒温器中用到铜编织带，用于强化换热，其材料为 $RRR>100$ 的高导铜，采用一体式挤压成型；

在接触表面、冷屏端盖与环面接触面、低温管道与冷屏的接触面以及铜编织带的接触面均设置高纯铜片来减小接触热阻。

6 项目交付进度及其他

交付时间：合同签订之日起 3 个月内完成结构设计及加工工艺设计；合同签订之日起 9 个月内完成低温恒温器的出厂验收；合同签订之日起 11 个月内在采购人现场完成设备组装、集成以及验收。

交付地点：中国科学技术大学国家同步辐射实验室园区内（安徽省合肥市，中国科学技术大学西区）超导调试间（现场组装）。

交付方式：供应商承担所有设备的运输、现场组装、就位安装工作，并承担相应费用。

7 验收

7.1 质量控制

通用要求：采购人、供应商双方应指定技术代表以沟通联络制造中所有事宜。供应商需按 ISO 9001:2000 要求。

7.2 验收流程

7.2.1 出厂验收

(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，包括进行真空密封性能测试及磁导率测试等完备的测试报告。设备在供应商处完成调试达到验收指标后，供应商组织出厂验收，采购人参加。验收依据：根据国家相关标准规范、技术文件、技术要求和合同条款进行验收。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) 在供应商方进行相关组件的离线测试，测试合格后进行低温恒温器的组件装配以及全部零部件的试装配，满足设备的测试指标和装配尺寸要求，视为出厂验收合格，设备方能出厂。

(3) 出厂验收合格后，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。

7.2.2 恒温器现场集成组装及液氮水平测试

(1) 超导腔是在中国科大国家同步辐射实验室超导洁净间内装配。洁净间外的装配工作要由供应商在超导调试间内现场完成，包括冷屏的装配、绝热材料包扎、冷质量与外真空筒体的总体装配、端法兰的装配等；

(2) 低温恒温器在现场集成组装完成后，在超导调试间内进行液氮水平测试，供应商配合采购人进行整机液氮水平测试，水平测试结果须满足招标文件要求视为液氮水平测试合格。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。

8 设备保修及售后服务

8.1 培训

供应商提供相关操作培训。

8.2 质保条款

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。

本合同标的保修期为一年，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，采购人将根据实际需要对接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) 研制系统（设备）设计阶段：设计方案需经专家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，并保留记录。

4) 出厂验收阶段：供应商完成全部生产任务后通知采购人进行出厂验收，验收合格并且完成必要的技术资料后方可发货。

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，确保采购人现场测试合格。

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，影响整体性能的参数测试使用的监测、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，供应商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相关技术资料、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人，确保采购质量可追溯。

10 档案文件要求

供应商应提供包括合同形成和实施过程中产生的相关载体和形式的文件材料原件，履行规定的签章手续，注明文件形成日期，且文字材料图纸等必须与实物、实况相一致。

1) 合同执行过程中产生的阶段性检查报告、出厂测试报告，包括测试大纲和测试报告；

2) 标的包含设计的，提供设计方案评审会议材料，包括会议日程、签到表、会议 PPT、评审意见等；

3) 标的包含经采购人审定签字的设计图纸总图；

4) 生产加工阶段的原材料及配套部件的合格证、检测报告，对需要检测的关键部件进行检测并出具相关的测试报告；

5) 提供纸质和电子的最终版总图，纸质需采购人审定签字；

6) 标的包括软件设计的，提供软件光盘（不可擦写）、软件安装手册、操作说明；

7) 研制系统（设备）零部件明细表；

- 8) 研制系统（设备）的说明书、操作手册、维护手册；
- 9) 影响整体性能的参数测试使用的监测、测量设备（仪器）的有效检定证书；
- 10) 标的包括安装调试，提供验收报告；
- 11) 其它相关检测报告。