# 采购需求及技术规格要求

**1、货物需求一览表**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 货物名称 | 货物明细 | 数量 |
| 1 | 真空室A-B段罗柯线圈系统 | 罗柯线圈制作加工 | 1套 |
| 真空室安装龙骨制作加工 | 1套 |
| 固定卡扣和保护罩制造加工 | 1批 |
| 参数测试 | 1套 |
| 2 | 真空室I-J段Mirnov探针系统 | LTCC探针制造加工 | 1批 |
| 性能测试及标定 | 1批 |
| 铠装线信号输出线（线缆+陶瓷接线端子）制造加工 | 1批 |
| 信号输出线封接 | 1批 |
| 探针盒（陶瓷压板+陶瓷接线端子）制造加工 | 1批 |
| 安装龙骨制造加工 | 1套 |
| 保护罩制造加工 | 1套 |
| 3 | PF磁通环系统 | PF磁通环制造加工 | 1批 |
| 环氧固定件制造加工 | 1批 |
| 4 | I-J段真空室外罗柯线圈系统 | 罗柯线圈制造加工 | 1套 |
| 参数测试 | 1套 |
| 支撑及固定件制造加工 | 1批 |

**2、工程技术要求**

**2.1、设备的主要用途及功能**

本次采购对应A-B和I-J两个真空室扇段的部分电磁测量探针的制造和安装，其中A-B真空室扇段罗柯线圈主要用于测量等离子体电流，I -J 真空室扇段MIRNOV探针序列主要用于测量极向等离子体磁流体不稳定（MHD），磁通环系统主要用于测量PF线圈的磁通，I-J段真空室外罗柯线圈系统主要用于测量冷屏涡流。

**2.2、 制造要求**

**2.2.1、真空室A-B段罗柯线圈系统**

真空室A-B段罗柯线圈系统由真空室内罗柯线圈、真空室安装龙骨、固定卡扣和保护罩组成。该系统是安装在BEST真空室内壁上，材料需要满足BEST真空室内部高温、真空、辐照要求。

1. 真空室内罗柯线圈使用外径20mm的316L无磁不锈钢波纹管或软管作为骨架，使用外径约1.5mm左右的316L不锈钢金属铠装绝缘线缆（MI cable）绕制在骨架上。MI cable采用氧化镁绝缘，线缆两端采用玻璃烧结或者陶钎焊结将芯线密封引出，引出端口直径小于10mm，以便与真空室内陶瓷信号端子连接。
2. 真空室安装龙骨、固定卡扣和保护罩均采用316L无磁不锈钢材料。

真空室A-B段罗柯线圈系统关键参数：

* 电流测量范围：0-8MA
* 测量精度：误差小于百分之一（>1MA）
* 电流频率响应：大于20kHz
* 耐温不低于300℃
* 绝缘不低于1 GΩ

**2.2.2、真空室I-J段Mirnov探针系统**

真空室I-J段Mirnov探针系统由LTCC探针、铠装线信号输出线、探针盒、安装龙骨和保护罩组成。该系统是安装在BEST真空室内壁上，材料需要满足BEST真空室内部高温、真空、辐照要求。

1. LTCC探针采用低温共烧陶瓷技术烧制，探针尺寸35mm\*45mm\*4mm左右。
2. 铠装线信号输出线包含铠装线缆和陶瓷接线端子，其中铠装线缆需要采用玻璃封接。
3. 探针盒包含金属盒、陶瓷压板和陶瓷接线端子，其中金属盒采用316L无磁不锈钢材料。
4. 安装龙骨和保护罩均采用316L无磁不锈钢材料。安装龙骨需要整体加工、采用精确销孔定位。探针盒采用模块化安装在龙骨上。

真空室I-J段Mirnov探针系统关键参数：

* 探针有效面积：大于0.25平方米
* 探针响应频率：大于100kHz
* 耐高温不低于300℃
* 绝缘不低于1 GΩ
* 室温情况下电阻值小于100Ω
* 探针在安装龙骨上的定位精度：高于0.5mm

**2.2.3、PF磁通环系统**

PF磁通环系统由PF磁通环和固定件组成。该系统是安装在BEST装置的PF磁体上，材料需要满足BEST真空要求。

1. PF磁通环采用外径约2mm左右的PI挤塑线缆绕制在PF磁体上。
2. 固定件采用G10环氧材料，将PF磁通环固定在PF磁体上。

PF磁通环系统关键参数：

* 工作在超导磁体温度环境，绝缘不低于1 GΩ

**2.2.4、I-J段真空室外罗柯线圈系统**

I-J段真空室外罗柯线圈系统由真空室外罗柯线圈、支持和固定件组成。该系统是安装在BEST冷屏靠磁体线圈侧，绕内冷屏D形一周，材料需要满足真空、液氮低温、辐照要求。

1. 真空室外罗柯线圈使用外径15mm的316L无磁不锈钢波纹管或软管作为骨架，使用外径约1.5mm左右的聚酰亚胺（PI）挤塑导线绕制在骨架上。
2. 支持和固定件采用316L无磁不锈钢材料。

I-J段真空室外罗柯线圈系统关键参数：

* 电流测量范围：0-9MA
* 测量精度：误差小于百分之一（>1MA）
* 电流频率响应：大于10kHz
* 工作在低温液氮温区，绝缘不低于1 GΩ

**2.3、测试要求和验收标准**

验收指标

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 货物名称 | 主要验收项 | 技术指标 | 验收标准 |
| 1 | 真空室A-B段罗柯线圈系统 | 电流测量范围 | 0-8MA | 0-8MA |
| 电流测量精度 | 误差小于百分之一（>1MA） | 误差小于百分之一（>1MA） |
| 电流频率响应 | 大于20kHz | 大于20kHz |
| 罗柯线圈绝缘性 | 绝缘大于1 GΩ | 室温环境下，绝缘大于1 GΩ |
| 罗柯线圈耐温性 | 耐高温不低于300℃，绝缘不低于500 MΩ | 高温环境下20次冷热循环（室温—300℃—室温，300℃维持超过6小时），接头不分离，不变形，绝缘保持（不低于500 MΩ） |
| 2 | 真空室I-J段Mirnov探针系统 | LTCC外形、电阻、电感 | 尺寸误差低于1%，电阻和自感误差小于2% | 随机20个样本：尺寸误差低于1%，电阻和自感误差小于2% |
| LTCC的NS值 | 大于0.25平方米 | 大于0.25平方米 |
| LTCC响应频率 | 大于100kHz | 大于100kHz |
| LTCC电阻值 | 小于100 Ω | 室温下电阻值小于100 Ω |
| LTCC绝缘性 | 绝缘大于1 GΩ | 室温环境下，绝缘大于1 GΩ |
| LTCC耐温性 | 表面无明显损伤，绝缘大于500 MΩ，电阻变化小于5% | 高温环境下20次冷热循环（室温—300℃—室温：300℃保温6小时），表面无明显损伤，绝缘大于500 MΩ，电阻变化小于5% |
| LTCC在安装龙骨上的精度 | 高于0.5mm | 探针在安装龙骨上的定位精度高于0.5mm |
| LTCC抗辐照性 | LTCC探针辐照后表面无明显损伤，表面银线无脱落，结构无整体损坏，关键参数无明显变化 | 辐照环境：大于MeV能级，粒子通量不小于109 n/cm2/s1，连续辐照时间不低于两周 |
| 3 | PF磁通环系统 | 磁通环耐温性 | 样品无明显伸缩，绝缘大于1 GΩ | 超导磁体温度环境下，样品无明显伸缩，绝缘大于1 GΩ |
| 4 | I-J段真空室外罗柯线圈系统 | 电流测量范围 | 0-9MA | 0-9MA |
| 电流测量精度 | 误差小于百分之一（>1MA） | 误差小于百分之一（>1MA） |
| 电流频率响应 | 大于10kHz | 大于10kHz |
| 罗柯线圈耐温性 | 绝缘不低于1 GΩ | 在低温液氮温区下，接头不分离，不变形，绝缘保持（不低于1 GΩ） |
| 5 | MI Cable铠装线 | 铠装线抗辐照性 | 绝缘无明显下降，导体电阻率无明显变化 | 辐照环境：大于MeV能级，粒子通量不小于109 n/cm2/s1，连续辐照时间不低于两周 |

验收标准：所有测试，应达到或优于所有验收指标，验收时由需方组织验收小组到供货方现场测试验收，按照合同约定的验收方式逐项完成实际指标测试并记录测试数据，达到全部验收指标后，形成完整的测试验收完工报告交由甲方审批，甲方审批无异议后方可视为产品合格，准允出厂，并进行后续安装和验收测试，并提交完工报告交由甲方审批。