

# 中科院物理所极端条件物理重点实验室关于采购无液氦变温强磁场系统的需求论证和市场调研

## 1. 需求论证

中国科学院物理研究所极端条件物理重点实验室 EX6 组目前正承担多项国家重大科研项目，研究内容包括综合极端条下（低温、超高压、强磁场）新材料、新物性以及新技术的探索等。目前急需一套性能优异的无液氦变温强磁场系统来进行超高压、低温以及强磁场条件下新材料及物性的探究工作。要求该无液氦变温强磁场系统能够提供最低温度小于 1.6K 的低温环境，最大磁场强度为 $\pm 9$  T，而且样品腔内径 $\geq 60$  mm 以便能容纳绝大多数大尺寸的金刚石对顶砧（DAC）超高压装置，能够方便、准确地表征材料在低温、强磁场下的电输运等特性，并且无需消耗液氦，安装操作简单，维护方便。这一系统将对极端条件下新材料、新物性（包括室温超导体等）的探索具有十分重要的意义。

### 主要技术指标：

要求该无液氦变温强磁场系统需要具备的主要技术指标如下：

1. 最低温度： $< 1.6$  K
2. 最大磁场强度： $\pm 9$ T
3. 变温范围： $< 1.6$ K 至 325K
4. 磁场均匀度：在 10mm 球形体积内磁场均匀度优于 $\pm 0.1\%$
5. 温度稳定性：优于 $\pm 10$  mK
6. 样品腔内径： $\geq 60$  mm
7. 样品腔体内为静态交换氦气，能够给大体积的金刚石对顶砧装置均匀降温，并且不容易造成气路堵塞

## 2. 市场调研

### （1）相关行业

通常，得到 1.6K 以下的低温环境需要利用泵抽液氦，使其达到超流态进而获得冷量。但是我国氦资源匮乏，在需求上一直依赖于进口，而氦资源大国美国

将其列为战略储备资源限制出口，液氦价格一路飙升。液氦供应量以及高昂价格的限制，严重影响了我国科研项目的进展。除了采用液氦降温的湿式制冷方式以外，另外一种获得低温的方式就是采用无液氦闭循环制冷方式，利用热力学循环原理，通过压缩氦气膨胀制冷，采用一个冷头同时给超导磁体和样品腔降温，基于 JT valve 技术，无需液氦即可获得低于 1.6K 低温环境，显著降低了实验费用，为广大低温科研工作者提供便利。

## (2) 产业发展状况

综合极端条件下的实验往往需要在低温、强磁场系统中放置 DAC，对于 DAC 来说，通常使用铍铜材料甚至是不锈钢材质，其热导性能不佳，加上低温下热阻大大增加，所以如果 DAC 安装在真空环境，通过热传导方式来降温，难以保证 DAC 的实际温度，也就无法保证 DAC 内样品的温度。为了确保超低温下 DAC 内的样品温度的准确性，最好将 DAC 浸在液氦中或者冷的氦气氛围中，即需要使用静态交换氦气的样品环境。另外进行高压实验时使用的 DAC 通常具有较大的尺寸，尺寸越大，也容易施加更高的压强，因此要求无液氦变温强磁场系统需要具备大样品空间，以便容纳较大尺寸的 DAC，方便科研人员进行更高压强下的极端实验测试。国内现有的无液氦变温强磁场系统主要存在样品空间不够大、基础温度不够低、温度稳定性不够高等限制，因此需要一套最低温度小于 1.6K，最大磁场强度可达 $\pm 9$  T，而且样品腔内径 $\geq 60$  mm 的无液氦低温强磁场系统。

## (3) 供应商

经详细调研，可提供无液氦低温强磁场系统的厂家主要有三家，分别是美国 Cryomagnetics 公司、美国 Janis 公司以及英国 Oxford Instruments 公司，具体情况如下：

### 三家产品对比

制造商	美国 Cryomagnetics 公司	美国 Janis 公司	英国 Oxford Instruments 公司
规格/型号	C-Mag Vari-9-GM-	DryMag 1.5K	TeslatronPT

	MGHS		
价格	USD1445,00 (约¥94万)	USD179,400 (约¥118.4万)	£208,200 (约¥187.5万)
主要参数	<p>最低温度: &lt;1.6K</p> <p>变温范围: &lt;1.6K-325K</p> <p>温度稳定性: ±0.01K</p> <p>样品腔内径: <b>61mm</b></p> <p>样品环境: 静态交换氦气环境</p> <p>最大磁场强度: ±9T</p>	<p>最低温度: &lt;1.6K</p> <p>变温范围: &lt;1.6K-300K</p> <p>温度稳定性: ±0.1K</p> <p>样品腔内径: <b>49mm</b></p> <p>样品环境: 静态交换氦气环境</p> <p>最大磁场强度: ±9T</p>	<p>最低温度: &lt;1.6K</p> <p>变温范围: &lt;1.6K-300K</p> <p>温度稳定性: ±0.05K</p> <p>样品腔内径: <b>50mm</b></p> <p>样品环境: 静态交换氦气环境</p> <p>最大磁场强度: ±9T</p>
维护成本	<p>Cryomagnetics 使用的是日本住友的冷头, 压缩机和冷头的维护间隔较长, 而且可以在国内进行维护;</p> <p>另外 Cryomagnetics 在国内也有专业的售后和技术团队, 可提供快速便捷的维护维修服务和技术支持, 使用维护成本较低。</p>	<p>Janis 低温强磁场系统在国内的市场占有率几乎为零, 国内无法提供维护服务, 需要返回到美国, 使用成本较高。</p>	<p>Oxford Instruments 公司在国内只有销售安装团队, 并没有专业的售后技术团队, 设备的维护或者维修都需要发回英国, 成本较高, 而且周期较长。</p>

#### (4) 满足需求的供应商

通过对比，三家公司提供的无液氦低温强磁场系统都可以达到 $\pm 9\text{T}$  的强磁场，最低温都可以达到  $1.6\text{K}$  以下，而且样品环境都是静态交换氦气，可以有效冷却热导不好的样品和 DAC，但是 Janis 公司提供的 DryMag 1.5K 系统的样品空间只有  $49\text{mm}$ ，英国 Oxford Instruments 公司提供的 TeslatronPT 无液氦低温强磁场系统样品腔内径也是只有  $50\text{mm}$ ，无法容纳较大尺寸的 DAC，只能容纳常规的小型 DAC，从而限制了许多超高压实验测试，另外在后期升级 He-3 插件做更低温度测试时也严重限制了 He-3 插件的样品空间。此外，变温测试时，美国 Janis 公司和英国 Oxford Instruments 公司所提供的系统控温稳定性相对较差，这就限制了实验的精确性，很难满足实验的需求。

综合对比，美国 Cryomagnetics 公司的 C-Mag Vari-9-GM-MGHS 无液氦低温强磁场系统在变温范围、温度稳定性以及样品空间等各方面均占有很大优势， $61\text{mm}$  的样品腔内径以及 $\pm 0.01\text{K}$  的控温稳定性，都可以满足我们的实验需求，而且其在国内有多个成功安装案例，例如中科院物理研究所、吉林大学、北京高压科学研究中心、北京大学等科研院校都采用了该品牌的低温设备，具有非常高的市场占有率以及很好的使用效果反馈。Cryomagnetics 公司在中国有专业的技术支持和售后服务团队，无论是安装、调试、售后维护和维修，还是测试遇到的实际问题都可以快速专业地解决，可以很大程度上节省使用成本，提高实验效率。

价格方面，美国 Cryomagnetics 公司的价格最低，美国 Janis 公司和英国 Oxford Instruments 公司的价格均高出我们的采购预算。

## 拟采购供货方

制造商： 美国 Cryomagnetics 公司

代理商： 北京飞斯科科技有限公司

产品型号： C-Mag Vari-9-GM-MGHS

价格： USD 151,000

技术指标：

### 1.1 无液氦超导磁体 •

#### 1.1.1 中心最大磁场强度 $\pm 9\text{T}$

1.1.2 在 10mm 球形体积内磁场均匀度达到 $\pm 0.1\%$

1.1.3 集成高温超导电极

1.1.4 全面防失超保护

## 1.2 制冷机

1.2.1 冷头制冷量：1.0W@4.2K

1.2.2 水冷式氦气压缩机，压缩机维护间隔： $\geq 30,000$  小时

## 1.3 变温插件

1.3.1 最低温度： $< 1.6$  K；

1.3.2 变温范围： $< 1.6$  K-325 K

1.3.3 温度稳定性：优于 $\pm 10$ mK

1.3.4 样品腔内径：61mm

1.3.5 样品环境为静态交换氦气，不容易造成气路堵塞

## 1.4 手动式氦气循环管路

1.4.1 涡旋式无油干泵、管路和气体储罐

## 1.5 四通道低温控温仪

1.5.1 四路低温传感器输入通道，支持二极管温度计、Pt 温度计、氧化钨和碳玻璃等低温电阻型温度计

1.5.2 工作温度范围（配合合适的温度传感器）： $100$ mK-1500K

1.5.3 可编程逻辑接口

1.5.4 接口：以太网和 RS-232

1.5.5 两台控温仪，采用最新的双控温技术，确保大范围空间温度的稳定性和一致性，进一步保证用户的 DAC 内样品温度的准确性

## 1.6 温度指示器

1.6.1 双通道温度计输入，支持二极管、Pt 电阻、氧化钨和碳玻璃等低温电阻型温度传感器

1.6.2 工作温度范围（配合合适的温度传感器）：500mK-1200K

1.6.3 内置存储数据的非挥发性存储器可连续记录数据

#### 1.7 四象限双极型超导磁体电源：

1.7.1 单一输出模式，在 800 W 时电流达 $\pm 100$  A ( $\pm 10$  V@80 A,  $\pm 8$  V@100 A)；

1.7.2 四象限真双极系统，可平滑过零；

1.7.3 电流设定分辨率 0.1 mA；

1.7.6 接口：USB, IEEE-4888.2 和以太网接口。

经广泛调研，从技术指标、技术支持和价格等方面考虑北京飞斯科科技有限公司代理的美国 Cryomagnetics 公司的 C-Mag Vari-9-GM-MGHS 不仅可以满足我们的技术要求，且系统稳定程度高，便于操作，且价格最低。在国内有专业的技术支持和售后服务团队，可以提供可靠的技术支持，方便日后的系统整合与扩展，性价比最高。因此拟申请采购北京飞斯科科技有限公司代理的美国 Cryomagnetics 公司的 C-Mag Vari-9-GM-MGHS。

采购需求部门论证签字（3 人以上，含课题组长）：

附件：调研供应商产品报价单



中科院物理所极端条件物理重点实验室(公章)

2021年5月10日