

第六章 技术要求

一、技术指标要求：

(一)整机参数

- 1.1. ★X 波段脉冲电子顺磁共振谱仪，连续波模式下探测信噪比： $\geq 3000:1$
- 1.2. ★连续波模式下绝对自旋数目灵敏度： $\leq 1 \times 10^9 \text{ spins}/(\text{G} \cdot \sqrt{\text{Hz}})$

(二)微波桥

连续波部分

波源

- 2.1. 波源类型：低噪声固态微波源
- 2.2. 微波频率范围：9.2 - 9.9 GHz
- 2.3. 微波频率、功率衰减值、相位和偏置功率等可调节参数全部数字化控制
- 2.4. 微波功率衰减范围：0 - 60 dB，步进 1 dB

自动频率控制

- 2.5. 根据不同入腔功率自动调节 AFC 参数

检测系统

- 2.6. 超低噪声信号探测
- 2.7. 具有偏置和相位可调的参考臂

调谐和匹配

- 2.8. 支持自动化调谐和匹配，电机驱动
- 2.9. 支持手动调谐和匹配
- 2.10. 最大 100 MHz 扫描范围，可缩放以满足不同带宽的谐振腔

脉冲部分

微波发射机

- 2.11. 脉冲通道数：4 路等幅度通道，相位依次相差 90° (+X, +Y, -X, -Y)，以支持相位循环

微波功率放大器

- 2.12. 类型：固体微波功率放大器
- 2.13. 微波频率：9.2 - 9.9 GHz
- 2.14. 微波功率：500 W

接收机（检测系统）

- 2.15. 支持监控低功率微波脉冲、高功率微波脉冲，测试回波信号
- 2.16. 接收机前端含超低噪声放大器增益：40 dB
- 2.17. 脉冲模式接收机：
- 2.18. 带宽 20 MHz 和 200 MHz 两档可调节
- 2.19. 增益 10 - 60 dB，10 dB 步进

(三) 谱仪控制系统

高速数据采集器

- 3.1. 模拟带宽: 300 MHz
- 3.2. 输入通道: 2
- 3.3. 幅度分辨率: 14 bit
- 3.4. 采集模式: 瞬态采集、单点采集、积分测试
- 3.5. 单次最大记录长度: ≥ 80000 点

脉冲发生器

- 3.6. 脉冲通道数: 12 个脉冲通道
- 3.7. #脉冲时间分辨率: 0.05 ns
- 3.8. 最短脉冲长度: 6 ns
- 3.9. 脉冲数: 20000 /通道, 支持无限次循环播放

磁场控制器

- 3.10. 测磁方式: Hall 测磁
- 3.11. #磁场长时间稳定性: ≤ 10 mG/小时 (环境温度变化 $\leq \pm 1$ °C)
- 3.12. 最大扫描点数: ≥ 256000
- 3.13. 场扫描时间: 320 μ s/点 - 5 s/点

数字锁相采集器

- 3.14. 相位精度: 0.1 °
- 3.15. 可检测 0 ° 和 90 ° 相位信号

调制场放大器

- 3.16. #调制场频率范围: 0.5 - 120 kHz

(四) 磁体系统

磁体

- 4.1. 类型: 双极头亥姆霍兹电磁体
- 4.2. #最大磁场强度: ≥ 0.7 T
- 4.3. 扫场范围: 包含 0.01 - 0.7 T
- 4.4. 冷却方式: 水冷

磁体电源

- 4.5. 供电: 不低于 220 VAC $\pm 10\%$
- 4.6. 输出电流: 包含 0 A - 30 A

(五) 水冷机

- 5.1. 分体式: 包含室内机和室外机
- 5.2. 制冷功率: 不低于 14 kW @ 25 °C
- 5.3. 控温范围: 10 - 30 °C 可调

- 5.4. 控温精度：±1 °C

(六)介质探头

- 6.1. 空腔谐振频率：9.4 - 9.8 GHz
- 6.2. 支持样品管外径：≤ 4 mm
- 6.3. 无载 Q 值：100 - 4000
- 6.4. 光照窗口：5 mm 直径
- 6.5. 带宽：400 ± 40 MHz
- 6.6. 探测死时间：≤ 100 ns
- 6.7. 最大调制场幅度：≥ 10 Gauss

(七)标准样品和样品管组

标准样品

- 7.1. BDPA, 1 支, 用于调制场单元校准
- 7.2. DPPH, 1 支, 用于快速测试连续波 EPR 校正 g 值
- 7.3. Coal 样品, 1 支, 用于脉冲模式测试

样品管组

- 7.4. 4 mm 外径、3 mm 内径的石英样品管, 25 支
- 7.5. 20 μl 毛细管, 250 支

(八)软件和谱仪控制器

谱仪控制器

- 8.1. 内存:16 GB
- 8.2. 硬盘: 512GB SSD+1 T HDD
- 8.3. CPU : 不低于 i7 处理器
- 8.4. 显示器: 27 英寸显示屏×2

软件包

- 8.5. #基于 Windows 操作系统的高性能软件包, 可实现谱仪控制、数据采集、谱图处理和拟合功能
- 实验操作软件
- 8.6. 支持仪器进行状态切换、参数控制、实验流程控制、数据采集和分析
- 8.7. 连续波 EPR 数据采集模式包括但不限于以下模式: 一维磁场扫描、一维时间扫描、二维磁场-时间扫描、二维磁场-功率扫描、二维磁场-调制场幅度扫描、二维磁场-角度扫描
- 8.8. 脉冲 EPR 数据采集模式包括但不限于以下模式: 回波测试、FID 测试、Rabi 测试、T1、T2 弛豫时间测试、ESEEM 测试、ENDOR 测试 (Davies ENDOR, Mims ENDOR, 支持线性扫描和随机扫描)、HYSCORE 测试、ELDOR 测试
- 8.9. 提供表格或脚本语言式的、灵活的脉冲序列编辑功能。支持一个序列里包含多个 ENDOR 或 ELDOR 脉冲
- 8.10. #具有 AI-EPR 解谱功能, 支持一键解析自由基体系信号, 并提供可能的样品结构、谱图参数

拟合信息(提供 g 因子、超精细耦合常数、线宽、线型等物理参数)及相关文献来源(要求提供相应的软件截图作为证明文件,并加盖制造商公章)

数据处理和分析软件

8.11. 可以脱机离线使用,用于对 EPR 谱线进行多种数据处理操作,如去基线、积分、微分、滤波、傅里叶变换、数据拟合等操作。

定量 EPR 测试

8.12. #可选内置 Mn 标,进行相对定量 EPR 计算

8.13. #支持无需标样的绝对自旋数定量 EPR 计算

(九)样品定位器

9.1. 适用于 X 波段脉冲式电子顺磁共振波谱仪的样品管位置标定

(十)无液氮干式变温系统(适配 X 波段脉冲探头)

10.1. 功能:支持 4 K - 300 K 低温脉冲实验

10.2. 系统包括:PID 调控温控仪、恒温器、GM 制冷机、循环气路系统、分子泵组

10.3. 样品区可控温范围:4 K - 300 K

10.4. 样品区温度稳定性:± 0.1 K (在液氮温区)

10.5. 支持样品管外径:≤ 4 mm

10.6. 制冷源:制冷机制冷源:制冷机

(十一)其他:

#免费保修期要求在 3 年以上。保修期内,任何由制造商选材和制造不当引起的质量问题,厂家负责免费维修。保修期自验收签字之日起计算。保修期满前 1 个月内卖方应负责一次免费全面检查,并写出正式报告,如发现潜在问题,应负责排除。(本条只需提供盖章承诺或应答)

二、采购标的需执行的国家相关标准、行业标准、地方标准或者其他标准、规范:

符合国家相关规定

三、售后服务要求(应包括采购标的需满足的服务标准、期限、效率等要求:

3.1 投标商应对任何由于不当包装或防护措施不利而导致的商品损坏、损失、锈蚀、费用增长等后果负责。

3.2 维修响应时间:卖方应在 24 小时内对用户的服务要求做出响应,一般问题在 48 小时内解决,重大问题或其它无法立刻解决的问题应在一周内解决或提出明确的解决方案,否则卖方应赔偿相应的损失。

3.3 厂商需提供迅速优质的售后服务和技术支持。提供至少三年的免费技术支持和培训服务;合同期外,需提供永久的保障性服务,以保障软件的正常使用。

3.4 到货安装调试完成后,有专业工程师现场提供一次系统的、不少于 3 个工作日的使用培训服务,培训直至采购方相关人员熟练掌握日常测试为止。

3.5 保修期内,任何由制造商选材和制造不当引起的质量问题导致的任何部件/仪器故障问题,自报修

之日起超过 30 天未修复，保修期需按照实际故障天数顺延。

四、采购标的验收标准：

按照主要技术指标 1.1, 1.2, 2.2, 2.4, 2.10, 2.13, 2.18, 2.19, 3.7, 3.8, 3.12, 3.16, 4.2, 6.1, 6.3, 6.6, 6.7, 8.5, 8.10, 10.3 的指标进行验收。

4.1 仪器到货：仪器到货前应将安装环境要求书面通知给用户，并与采购人协商足够准备时间。到货时需按采购人要求免费将设备在双方商定的时间运到指定安装位置，并由设备生产厂家的仪器安装工程师当场进行开箱检查。

4.2 仪器安装调试：仪器经开箱检查确认一切正常后，由仪器安装工程师免费执行安装调试直至达到验收指标（以技术规格要求指标为验收指标）。由采购人进行使用性能方面的验收。设备的性能应符合投标人应答文件中承诺的技术指标，所有指标验收必须由采购人确认。

4.3 设备安装、调试完成后，由采购人组织验收，验收合格后，采购人及中标人双方共同签署验收文件。

五、交货地点：北京大学指定地点。

六、交货期：合同签订后 90 日内交货并安装完毕。

七、付款方式：零余额账户付款单笔不得超过 500 万元。

合同签订后 30 天内，甲方支付总货款的 50%；到货后 30 天内，甲方支付总货款的 40%；安装验收合格后，凭甲方签字并加盖公章的验收报告支付 10%尾款。