

## 附件 1:

### 单一来源采购专业人员论证意见表

时间: 2025年 6月14日

中央主管预算单位	中国科学院
中央预算单位	中国科学院近代物理研究所
项目名称	X射线低温探头
项目背景	<p>采购项目概况:</p> <p>X射线低温探头是微量热器X射线能谱仪的核心部件之一。它包括低温X射线传感器、低温信号放大器、信号采集分析系统三个主要部分。将其放在50 mK左右的极低温区,可以将入射的X射线和低能<math>\gamma</math>射线的能量转化为电压信号,进而可以通过电压的幅度分析实现X射线和低能<math>\gamma</math>射线的高分辨测量。由X射线低温探头和制冷系统共同构成的微量热器X射线能谱仪兼具高能量分辨率、高量子效率、低噪声等特性,将为中国科学院近代物理研究所承担的“新一代核裂变能技术”专项提供支撑,快速分析核废料中放射性核素成份。由于核废料中放射性核素成份极其复杂,不同核素的<math>\gamma</math>能谱在低能量分辨率下很容易发生重叠。微量热器X射线能谱仪比高纯锗探测器的能量分辨率高近一个量级,不同核素<math>\gamma</math>能谱互相干扰的现象几乎可以完全避免,这对核素指认和含量计算非常有利。此外,强场中二阶量子电动力学(QED)效应的实验检验是当今原子物理研究的前沿,利用微量热器能谱仪测量类氢U离子的Lamb位移是开展此研究的最佳途径之一。结合微量热器能谱仪和CSRe、HIAF装置提供的强流重离子束,是完全能够达到谱线方法验证检验强场二阶QED效应要求的。</p>
专家1论证意见	<p>高电荷态离子携带着目前可在实验室获得的最强库仑场,其与原子的碰撞过程是一个研究强场中电子-电子关联和QED效应的理想系统,所发射X射线光谱的测量是直接有效方法。中国科学院近代物理研究所的重离子加速器可以提供相对论能量的高电荷态离子,利用这些离子与靶碰撞能够制备各类激发态少电子高Z离子。因此,在该装置上可以系统开展高电荷态离子X射线谱的实验研究。然而精细测量高电荷态离子X射线需要具有高能量分辨、弱光探测能力的微量热器X射线能</p>

	<p>谱仪。</p> <p>X射线低温探头是微量热器X射线能谱仪的关键构成,该探头能将入射粒子能量转换为热信号之后进行测量。为了获得足够的信噪比,该探测器工作于50 mK左右的极低温环境。国际上能够定制该探头单位主要有美国计量局、美国航天局、日本计量局、欧洲航天局等。目前国内只有先进能源科学与技术广东省实验室研发团队有相关的成功研制经验。该团队成功研制的低温探头对于6 keV X射线分辨优于7 eV,像素也达到7个,研制结果已在中国物理B杂志(Chin. Phys. B 32, 097801 (2023))上公开发表,相关指标与本项目的参数指标相近。</p> <p>因此建议采用单一来源方式来定制该探头。</p> <p>姓名:姚科                      工作单位:复旦大学现代物理研究所</p> <p>职称:教授</p>
<p>专家2论证意见</p>	<p>强场中量子电动力学(QED)效应的实验检验是当今原子物理研究的前沿。通过CSRe、HIAF等重离子加速器装置提供的强流重离子束轰击靶物质来制备类氢、类氦、类氩等高Z少电子离子,结合微量热器X射线能谱仪,精细、高效测量这些重离子退激发射的X射线谱,是探索重离子体系QED效应的有效方法。</p> <p>X射线低温探头是微量热器X射线能谱仪的核心部件。X射线低温探头能在极低温环境中将几keV至几十keV光子携带的能量转化为吸收体的温度变化,并将温度信号输出、放大与幅度分析。它有着高能量分辨、低本底、可用于弥散光源等特点。此类探头国内无通用产品,需定制。目前国内仅有先进能源科学与技术广东省实验室研发团队成功研制过参数相近的探头,具有相关技术和经验。该团队已经成功研制过一个与本项目相近参数的低温探头,能量分辨优于7 eV@ 6 keV,像素也达到了7个(见Chin. Phys. B 32, 097801 (2023))。因此只能采用单一来源方式采购产品。</p> <p>姓名:苏茂根                      工作单位:西北师范大学物理与电子工程学院</p> <p>职称:教授</p>
<p>专家3论证意见</p>	<p>高电荷态离子携带着人类目前在实验室内可产生的最强静电场,针对其与原子分子碰撞过程的研究,能为探索极端条件下物质的结构特征与演化规律提供关键认知。碰撞产生的激发态高电荷态离子通过会辐射退激发射X射线,精密测量此类X射线的能量是检验强场QED效应的最直接的方法之一。受限于传统的能量沉积探测器的能量分辨以及波长衍射探测器的弱光探测能力,这两类探测器都难以同时满足高能量分辨率、高量</p>

子效率、低噪声等特性。微量能器X射线能谱仪在能量分辨率上远超半导体探测器。比如对于6 keV的光子，前者的能量分辨率 ( $E/\Delta E$ ) 是后者的10倍以上。同时微量能器X射线能谱仪与半导体探测器具有相近的量子效率。这使得微量能器X射线能谱仪成为重离子加速器上开展高电荷态离子精细X射线谱学研究必不可少的设备。

低温X射线探头是微量能器X射线能谱仪的关键部件，其在极低温环境中可将keV光子的能量精确转化为电压信号，进而通过幅度分析实现X射线能量的精密测量。该探头在国际上有美国计量局等机构可以稳定生产，在国内尚无商业产品。目前只有先进能源科学与技术广东省实验室研制团队成功研制过参数相近的整套探头，该团队成功研制过分辨优于7 eV@ 6keV的7像素探头，相关研制结果已经Chin. Phys. B 32, 097801 (2023) 上公开发表。因此只能采用单一来源方式定制该低温X射线探头。

姓名: 张红强      工作单位: 兰州大学核科学与技术学院

职称: 教授