

## **“基础科研条件与重大科学仪器设备研发”**

### **重点专项 2022 年度项目申报指南**

(仅国家科技管理信息系统注册用户登录可见)

为落实“十四五”期间国家科技创新有关部署安排，国家重点研发计划启动实施“基础科研条件与重大科学仪器设备研发”重点专项。根据本重点专项实施方案的部署，现发布 2022 年度项目申报指南。

本重点专项的总体目标是加强我国基础科研条件保障能力建设，着力提升科研试剂、实验动物、科学数据等科研手段以及方法工具自主研发与创新能力；围绕国家基础研究与科技创新重大战略需求，以关键核心部件国产化为突破口，重点支持高端科学仪器工程化研制与应用开发，研制可靠、耐用、好用、用户愿意用的高端科学仪器，切实提升我国科学仪器自主创新能力和装备水平，促进产业升级发展，支撑创新驱动发展战略实施。

2022 年度指南部署围绕科学仪器、科研试剂、实验动物和科学数据等 4 个方向进行布局，拟支持 82 个项目，拟安排国拨经费概算 10.09 亿元。此外，拟支持 9 个青年科学家项目，拟安排国拨经费 1800 万元，每个项目 200 万元。

项目统一按指南二级标题（如 1.1）的研究方向申报。同一指

南方向下，原则上只支持 1 项，仅在申报项目评审结果相近、技术路线明显不同时，可同时支持 2 项，并建立动态调整机制，根据中期评估结果，再择优继续支持。

除特殊说明外，所有项目均应整体申报，须覆盖全部研究内容和考核指标。项目执行期原则上为 3~5 年。一般项目下设的课题数不超过 5 个，项目参与单位数不超过 10 家。项目设 1 名负责人，每个课题设 1 名负责人。科研试剂和科学仪器两部分指南方向（除 5.1 和 5.2 外），鼓励企业牵头申报，由企业牵头申报的自筹资金与中央财政资金的比例不低于 1:1；高校或科研院所牵头申报的，须与从事相关领域生产并具有销售能力的企业联合申报，建立产、学、研、用相结合的创新团队。

青年科学家项目（项目名称后有标注）支持青年科研人员承担国家科研任务。青年科学家项目不再下设课题，项目参与单位总数不超过 3 家。项目设 1 名项目负责人，青年科学家项目负责人年龄要求，男性应为 1984 年 1 月 1 日以后出生，女性应为 1982 年 1 月 1 日以后出生，原则上团队其他参与人员年龄要求同上。

专项实施过程中，涉及实验动物和动物实验，应遵守国家实验动物管理的法律、法规、技术标准和有关规定，使用合格的实验动物，在合格设施内进行动物实验，保证实验过程合法，实验结果真实、有效，并通过实验动物福利和伦理审查。涉及高等级病原微生物实验活动的，必须符合国家病原微生物实验室有关要求，并具备从事相关研究的经验和保障条件。涉及人体被试和人

类遗传资源的科学研究，须遵守我国《中华人民共和国人类遗传资源管理条例》《涉及人的生物医学研究伦理审查办法》《人胚胎干细胞研究伦理指导原则》等法律、法规、伦理准则和相关技术规范。

本专项 2022 年度项目申报指南如下。

## 一、科学仪器

### 1. 高端通用科学仪器工程化及应用开发

原则上，使用指南名称申报，每个项目下设课题数不超过 5 个，项目参与单位总数不超过 10 家，实施周期不超过 4 年。

#### 1.1 高分辨率二次离子质谱分析仪

研究内容：针对半导体材料、新能源材料、矿产样品等材料的结构和化学成分微区原位分析需求，突破高能复合离子源、二次离子提取、高分辨质谱、高精度多接收器、质谱成像数据快速检测处理和数据重建等关键技术，开发具有自主知识产权、质量稳定可靠、核心部件国产化的高分辨二次离子质谱分析仪，开展工程化开发、应用示范和产业化推广，实现在海洋勘测、地质矿产探测、生命科学研究和半导体器件制造等领域的应用。

考核指标：质量分析范围 2~300amu；质量分辨率  $\geq 20000$  FWHM；一次离子能量范围 10eV~20keV；检测限 1ppb 量级；动态范围  $\geq 10$  个数量级； $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  测试标准偏差  $< 0.5\%$ ， $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  分馏  $< 1\text{‰}/\text{amu}$ ； $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  内部精度（2 分钟） $< 0.15\text{‰}$ 。项目完成时通过可靠性测试和第三方异地测试，平均故障间隔时间  $\geq 3000$

小时，技术就绪度不低于 8 级；至少应用于 2 个领域或行业。明确发明专利、标准和软件著作权等知识产权数量，具有自主知识产权；形成批量生产能力，经用户试用，满足用户使用要求。

## 1.2 单细胞质谱分析仪

研究内容：针对生物学活体或离体单细胞、单细胞内化学成分、含量和代谢分析需求，突破单细胞样品制备、代谢组学直接电离质谱进样、电离源、单细胞内极性、弱极性和非极性质谱分析、肿瘤微环境和代谢重编程定性定量分析等关键技术，开发具有自主知识产权、质量稳定可靠、核心部件国产化的单细胞质谱分析仪，开发相关软件和数据库，开展工程化开发、应用示范和产业化推广，实现在生物化学、生命科学等研究领域的应用。

考核指标：质量分析范围 50~2000Da，分辨率 LR100/MR1000/HR2000；扫描速率  $\geq 15000$  Th/s；具备 MS<sup>2</sup> 和 MS<sup>3</sup> 功能；线性动态范围  $\geq 5$  个数量级；电离源正与负模式切换时间  $\leq 30$  ms；极性物质检出限达到 a mol；弱极性物质检出限达到 f mol；化合物分析  $\geq 150$  种（极性、弱极性、非极性）；单细胞分析时间  $\leq 1$  分钟；细胞分析通量  $\geq 50$  细胞/小时，自动连续分析单细胞  $\geq 2000$  个。项目完成时通过可靠性测试和第三方异地测试，平均故障间隔时间  $\geq 3000$  小时，技术就绪度不低于 8 级；至少应用于 2 个领域或行业。明确发明专利、标准和软件著作权等知识产权数量，具有自主知识产权；形成批量生产能力，经用户试用，满足用户使用要求。

## 1.3 快速热化学反应过程分析仪

研究内容：针对快速热化学反应产物生成过程特性分析的检测需求，突破平推流微型反应器、反应物料在线脉冲伺样、高温高压热反应快速诱发、气相产物近平推流导出、全产物在线检测、产物生成反应动力学解析等关键技术，开发具有自主知识产权、质量稳定可靠、核心部件国产化的快速热化学反应过程分析仪，开发软件和数据库，开展工程化开发、应用示范和产业化推广，实现在能源、化工、冶金等领域的应用。

考核指标：流体平均停留时间偏差 $\leq 10\%$ ；反应样品在线脉冲进样时间 $\leq 10\text{ms}$ ；最高工作温度 $1500^{\circ}\text{C}$ ；最高工作压力 $5.0\text{MPa}$ ；气相产物分析质量分辨率 $\leq 0.005\text{amu}$ ，全质量数谱图 $\geq 10$ 幅/s；热导检测池体积 $\leq 10\mu\text{L}$ ，检测重复性 $\leq 3.0\%$ ，线性动态范围 $10^5$ 。项目完成时通过可靠性测试和第三方异地测试，平均故障间隔时间 $\geq 3000$ 小时，技术就绪度不低于8级；至少应用于2个领域或行业。明确发明专利、标准和软件著作权等知识产权数量，具有自主知识产权；形成批量生产能力，经指定用户试用，满足用户使用要求。

#### 1.4 高灵敏数字化生物气溶胶直接分析仪

研究内容：针对生物气溶胶样品化学组分检测需求，突破人源气溶胶、动物源气溶胶、植物源气溶胶、微生物源气溶胶等生物气溶胶直接分析技术，开发具有自主知识产权、质量稳定可靠、核心部件国产化的高灵敏数字化生物气溶胶直接分析仪，开发相关软件和数据库，开展工程化开发、应用示范和产业化推广，实

现在呼吸系统疾病防治、生命科学研究和食品药品等领域的应用。

考核指标：气溶胶检出限 $\leq 1\text{ppb}$ （精氨酸、乙酰胆碱）；线性范围 $\geq 3$ 个数量级；气溶胶自进样到信号响应时间 $\leq 3\text{s}$ ；单个样品数据处理识别时间 $\leq 10\text{s}$ ；建立各类型气溶胶数据库 $\geq 4$ 个；具有高速数字化5个维度协同智能数据处理识别能力，具有特征分子结构确证能力、防交叉感染的生物安全防护功能。项目完成时通过可靠性测试和第三方异地测试，平均故障间隔时间 $\geq 3000$ 小时，技术就绪度不低于8级；至少应用于2个领域或行业。明确发明专利、标准和软件著作权等知识产权数量，具有自主知识产权；形成批量生产能力，经用户试用，满足用户使用要求。

有关说明：该方向拟支持项目数1项/青年科学家项目3项。青年科学家项目不受指南考核指标约束，可在研究内容范围内自定技术路径、研究目标和考核指标，重在方法创新和探索研究。

### 1.5 紫外—可见光高分辨率光谱仪

研究内容：针对紫外告警、光学跟踪、微光检测等测试需求，突破高精度光谱分光、宽光谱扫描、高精度谱图标定等关键技术，开发具有自主知识产权、质量稳定可靠、核心部件国产化的紫外—可见光高分辨率光谱仪，开发相关软件和数据库，开展工程化开发、应用示范和产业化推广，实现在光学装备、光刻机等领域的应用。

考核指标：光谱范围190~1100nm；光谱分辨率 $22\times 10^{-6}\text{nm}$ （193nm）；光谱精度 $\leq 0.1\times 10^{-3}\text{nm}$ ；最大光谱窗口 $\leq 0.8\text{nm}$ ；最低

可探测脉冲能量 $\leq 10\mu\text{J}$ 。项目完成时通过可靠性测试和第三方异地测试，平均故障间隔时间 $\geq 3000$ 小时，技术就绪度不低于8级；至少应用于2个领域或行业。明确发明专利、标准和软件著作权等知识产权数量，具有自主知识产权；形成批量生产能力，经用户试用，满足用户使用要求。

### 1.6 扫描式光场辐射度计

研究内容：针对发光材料及器件、照明与显示设备、红外辐射源等对光辐射性能定量检测的需求，突破发光体光色同步测量与校准、辐射光场分布测量与校准等关键技术，开发具有自主知识产权、质量稳定可靠、核心部件国产化的扫描式光场辐射度计，开发相关软件和数据库，开展工程化开发、应用示范和产业化推广，实现在照明显示、交通运输和文物保护等领域的应用。

考核指标：波长范围380~1100nm；光谱分辨率 $\leq 1\text{nm}$ ；亮度测量精度 $\leq \pm 3\%$ ，色坐标测量精度 $\leq 0.002$ （标准A光源）；发光强度测量误差 $\leq 2\%$ ；成像测量分辨率 $\geq 8000$ 万像素；成像发光面直径 $\leq 600\text{mm}$ ；扫描角度定位精度 $\leq 0.05^\circ$ ；全空间测量与重建时间 $\leq 10$ 分钟。项目完成时通过可靠性测试和第三方异地测试，平均故障间隔时间 $\geq 3000$ 小时，技术就绪度不低于8级；至少应用于2个领域或行业。明确发明专利、标准和软件著作权等知识产权数量，具有自主知识产权；形成批量生产能力，经用户试用，满足用户使用要求。

### 1.7 紫外光电子谱分析仪

研究内容：针对材料紫外光电子发射特性和半导体表面电子结构表征等检测需求，突破真空紫外光源、真空紫外单色仪、真空紫外光电探测器等关键技术，开发具有自主知识产权、质量稳定可靠、核心部件国产化的紫外光电子谱分析仪，开发相关软件和数据库，开展工程化开发、应用示范和产业化推广，实现在宇航级材料和半导体材料等领域的应用。

考核指标：波长范围 115~400nm；光源功率  $\geq 100\text{W}$ ；单色仪波长分辨率  $\leq 0.1\text{nm}$ ；收集增益  $\geq 10^6$ ；发射产额测试范围  $10^{-6}\sim 10^{-1}\text{el/ph}$ ；表面分析能量范围 3.2~10eV；表面分析能量分辨率  $\leq 0.01\text{eV}$ 。项目完成时通过可靠性测试和第三方异地测试，平均故障间隔时间  $\geq 3000$  小时，技术就绪度不低于 8 级；至少应用于 2 个领域或行业。明确发明专利、标准和软件著作权等知识产权数量，具有自主知识产权；形成批量生产能力，经用户试用，满足用户使用要求。

### 1.8 多自由度非接触三维光学扫描仪

研究内容：针对狭小腔体、狭长管体和叶片状零件等检测需求，突破三维非接触光学旋转扫描仪整机误差补偿、基于场景定位的自动路径规划方法、适用于狭小腔体类零部件检测的复合高精度三维扫描成像探测等关键技术，开发具有自主知识产权、质量稳定可靠、核心部件国产化的三维非接触光学旋转扫描仪，并实现在校准实验室、航空航天、国防工业和汽车工业等领域的应用验证。

考核指标：最大空间工作范围  $\geq 1800\text{mm}$ （直径），狭小腔体直径范围  $8\sim 30\text{mm}$ ，深度  $\leq 120\text{mm}$ ，空间测量精度  $\leq 30\mu\text{m}$ ；复合高精度三维扫描测头测量范围  $\geq 5\text{mm}$ ，测头转速  $\geq 600\text{RPM}$ ，测量重复性  $\leq 1\mu\text{m}$ ，采样频率  $\geq 2\text{kHz}$ ，轴向分辨率  $\leq 0.5\mu\text{m}$ ，侧向分辨率  $\leq 15\mu\text{m}$ 。项目完成时通过可靠性测试和第三方异地测试，平均故障间隔时间  $\geq 3000$  小时，技术就绪度不低于 8 级；至少应用于 2 个领域或行业。明确发明专利、标准和软件著作权等知识产权数量，具有自主知识产权；形成批量生产能力，经用户试用，满足用户使用要求。

### 1.9 微探头传感器式激光干涉仪

研究内容：针对材料热线胀和压电效应测试表征、结构体微应变微振动监测分析、微纳传感器标定测试、高端装备超精密运动特性测试检定等狭小空间下大量程、高精度位移测量需求，突破毫米级微光学测头设计与多自由度精准装配、大幅度高带宽调频激光的精密稳频、高速位移的深亚纳米级分辨、位移解调误差实时修正等等关键技术，开发相关软件和数据库，开展工程化开发、应用示范和产业化推广，实现在精密传感器计量测试、新材料科学研究、高端装备集成校准等领域的应用。

考核指标：工作距离  $10\sim 600\text{mm}$ ；微探头尺寸  $\leq \phi 6\text{mm} \times 14\text{mm}$ ；激光光源的频率调制幅度  $\geq 1\text{GHz}$ ，调制带宽  $\geq 5\text{MHz}$ ，激光光源中心频率精度  $\leq 5 \times 10^{-8}$ ；测量速度  $\geq 1.5\text{m/s}$ ，位移分辨力  $\leq 0.05\text{nm}$ ，位移解调误差补偿精度  $\leq 0.4\text{nm}$ ；测量标准

不确定度 $\leq 1.6\text{nm}$  ( $40\text{mm}$ )。项目完成时通过可靠性测试和第三方异地测试,平均故障间隔时间 $\geq 3000$ 小时,技术就绪度不低于8级;至少应用于2个领域或行业。明确发明专利、标准和软件著作权等知识产权数量,具有自主知识产权;形成批量生产能力,经用户试用,满足用户使用要求。

### 1.10 光电集成电路及器件参数综合测试仪

研究内容:针对集成硅光芯片、激光器、探测器、光纤无源器件等光电器件测试需求,突破复杂网络多参数自动测量与提取、网络参数误差校准、自动多模式化集散控制、高精密自动位移测量台等关键技术,开发具有自主知识产权、质量稳定可靠、核心部件国产化的集成硅光在片综合参数测试仪,开发相关软件和数据库,开展工程化开发、应用示范和产业化推广,实现在集成光电子器件、高速光纤通信等领域的应用。

考核指标:测试中心波长  $1310\text{nm}\pm 10\text{nm}$  和  $1550\text{nm}\pm 10\text{nm}$ ;最小探测光功率 $\leq -80\text{dBm}$ ;光输出功率动态范围 $\geq 70\text{dB}$ ;偏振损耗测量范围 $\geq 30\text{dB}$ ;测量频率范围 $\geq 10\text{MHz}\sim 110\text{GHz}$ ;光电频率响应动态范围 $\geq 30\text{dB}$ ;最小可测频率响应 $\leq -40\text{dB}$ ;最小分析中频带宽 $\leq 1\text{kHz}$ ;测量电电测量、光电测量、电光测量、光光测量等模式。项目完成时通过可靠性测试和第三方异地测试,平均故障间隔时间 $\geq 3000$ 小时,技术就绪度不低于8级;至少应用于2个领域或行业。明确发明专利、标准和软件著作权等知识产权数量,具有自主知识产权;形成批量生产能力,经用户试用,满足

用户使用要求。

### 1.11 全光纤非线性单光子显微光谱仪

研究内容：针对微弱荧光光谱、活体细胞与蛋白质等无标记显微成像光谱检测需求，突破光纤非线性光源、微纳尺度发光体成像、光源光谱测量、高精度光谱图像实时处理等关键技术，开发具有自主知识产权、质量稳定可靠、核心部件国产化的全光纤非线性单光子显微光谱仪，开发相关软件和数据库，开展工程化开发、应用示范和产业化推广，实现在纳米材料、生命科学、医药研究等领域的应用。

考核指标：单光子探测响应光谱测量范围  $0.9\sim 1.5\mu\text{m}$ ，单光子探测器量子效率  $\geq 70\%$ ；显微成像视场  $\geq 300\mu\text{m}\times 300\mu\text{m}$ ，横向分辨率  $\leq 1\mu\text{m}$ ；分子振动光谱范围  $600\sim 3000\text{cm}^{-1}$ ，分子振动光谱分辨率  $\leq 15\text{cm}^{-1}$ ；脉冲时间延迟重叠控制  $\leq 0.1\text{ps}$ 。项目完成时通过可靠性测试和第三方异地测试，平均故障间隔时间  $\geq 3000$  小时，技术就绪度不低于 8 级；至少应用于 2 个领域或行业。明确发明专利、标准和软件著作权等知识产权数量，具有自主知识产权；形成批量生产能力，经用户试用，满足用户使用要求。

### 1.12 多功能扫描探针显微镜

研究内容：针对纳米尺度形貌和物理性能检测的需求，突破高信噪比扫描探针显微测头、高精度低噪声测量控制、宏微纳米精度运动平台和扫描探针制造等关键技术，开发具有自主知识产权、质量稳定可靠、核心部件国产化的扫描探针显微镜产品，开

发相关软件和数据库，开展工程化开发、应用示范和产业化推广，实现在纳米材料、生物科学等领域的应用。

考核指标：平台扫描范围  $\geq 100\mu\text{m} \times 100\mu\text{m} \times 15\mu\text{m}$ ，控制精度  $\leq 0.1\text{nm}$  (X/Y 方向)，三维方向均实现闭环控制；整机噪音  $\leq 30\text{pm}$  (Z 方向)，显微镜测头噪音  $\leq 20\text{fm}/\text{Hz}^{1/2}$ ，力测量灵敏度  $\leq 50\text{pN}$ ；成像速度  $\geq 1$  帧/秒 (256×256 像素)；具备实时独立控制和数字 PID 系统，反馈回路带宽  $\geq 100\text{kHz}$ ；成像模式包括轻敲、瞬时力控制模式，实现形貌、定量力学、电流与电势、磁场成像、侧壁等成像功能，探针弹性常数可原位校准，具备在溶液、电场，磁场等环境使用能力。项目完成时通过可靠性测试和第三方异地测试，平均故障间隔时间  $\geq 3000$  小时，技术就绪度不低于 8 级；至少应用于 2 个领域或行业。明确发明专利、标准和软件著作权等知识产权数量，具有自主知识产权；形成批量生产能力，经用户试用，满足用户使用要求。

### 1.13 高分辨地球电磁特性综合测量仪

研究内容：针对岩矿石样本电性的实验室检测、地球内部电性结构与动力学研究等需求，突破人工电性源的超音频发射、高分辨接收，天然源电磁的低漂移、抗干扰等关键技术，开发具有自主知识产权、质量稳定可靠、核心部件国产化的高分辨率电磁探测仪，开发相关软件和数据库，开展工程化开发、应用示范和产业化推广，实现在地球内部动力学研究、能源资源勘查、地壳上地幔结构探测等领域的应用。

考核指标：岩矿石样本电性测量：频带范围 0.01Hz~10kHz，输入阻抗  $\geq 100\text{M}\Omega$ ，发射电流分辨率 1nA，测量电压分辨率 0.5 $\mu\text{V}$ ，岩矿石样本电阻率、极化率和幅相频参数测量精度  $\leq 10\%$ ；超音频电磁测量：频带范围 10Hz~500kHz，发射电流  $\geq 1\text{A}$ （100kHz），通道动态范围  $\geq 120\text{dB}$ ，视电阻率测量精度  $\leq 3\%$ ；超低频电磁测量：工作频带  $10^{-5}\text{Hz}$ ~300Hz，长期漂移  $\leq 100\mu\text{V}/1000\text{h}$ ，温度漂移  $\leq 0.02\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ ，视电阻率测量精度  $\leq 5\%$ 。项目完成时通过可靠性测试和第三方异地测试，平均故障间隔时间  $\geq 3000$  小时，技术就绪度达到 8 级；至少应用于 2 个领域或行业。明确发明专利、标准和软件著作权等知识产权数量，具有自主知识产权；形成批量生产能力，经用户试用，满足用户使用要求。

#### 1.14 形貌动态显微成像仪

研究内容：针对微纳传感器、微机电系统、集成电路等三维形貌和振动特性测量需求，突破飞米量级面外振动测量、纳米量级面内测振和纳米量级形貌测量等关键技术，开发具有自主知识产权、质量稳定可靠、核心部件国产化的形貌动态显微成像仪，开发相关软件和数据库，开展工程化开发、应用示范和产业化推广，实现微纳加工与先进制造、微电子等领域的应用。

考核指标：面外振动测量频率范围 0~25MHz，速度范围 0~10m/s，面外位移分辨率  $\leq 50\text{fm}/\text{Hz}^{1/2}$ ；面内振动测量频率范围 0~2.5MHz，速度范围 0~10m/s，面内位移分辨率  $\leq 5\text{nm}$ ；形貌垂

直测量范围 0~250 $\mu\text{m}$ ，形貌垂直测量分辨率 $\leq 45\text{pm}$ 。项目完成时通过可靠性测试和第三方异地测试，平均故障间隔时间 $\geq 3000$  小时，技术就绪度不低于 8 级；至少应用于 2 个领域或行业。明确发明专利、标准和软件著作权等知识产权数量，具有自主知识产权；形成批量生产能力，经用户试用，满足用户使用要求。

### 1.15 三维复杂结构非接触精密测量与无损检测仪

研究内容：针对空间行波管、磁控管、速调管、封装集成电路、三维封装微系统等电子封装器件复杂内部和外部结构精密测量与无损检测需求，突破探测信号非接触激励与接收、高分辨率扫描成像、三维结构精密测量与图像处理、缺陷智能识别评估及材料力学性能测量等关键技术，开发具有自主知识产权、质量稳定可靠、核心部件国产化的三维复杂结构精密测量与无损检测仪，开发相关软件和数据库，开展工程化开发、应用示范和产业化推广，实现在电子封装器件缺陷检测、结构精密测量、材料力学性能测量等领域的应用。

考核指标：实现检测范围水平方向 $\geq 300\text{mm} \times 300\text{mm}$ ，金属和陶瓷等材料穿透深度 $\geq 10\text{mm}$ ；三维结构测量精度 $\leq 10\mu\text{m}$ ，空间分辨率 $\leq 10\mu\text{m}$ ；裂纹检测灵敏度 $\leq 20\mu\text{m}$ ，多层异质结构材料杨氏模量及泊松比等力学性能测量误差 $\leq 5\%$ 。项目完成时通过可靠性测试和第三方异地测试，平均故障间隔时间 $\geq 3000$  小时，技术就绪度不低于 8 级；至少应用于 2 个领域或行业。明确发明专利、标准和软件著作权等知识产权数量，具有自主知识产权；形

成批量生产能力，经用户试用，满足用户使用要求。

### **1.16 高频阵列超声成像分析仪**

研究内容：针对生物医学高分辨实时成像需求，突破高性能线阵列换能器、高频阵列超声成像、高精度数字采集等关键技术，开发具有自主知识产权、质量稳定可靠、核心部件国产化的高频阵列超声成像分析仪，开发相关软件和数据库，开展工程化开发、应用示范和产业化推广，实现在生物医学研究等领域的应用。

考核指标：高密度换能器阵列数 $\geq 256$ ，高频线阵列探头中心频率 $\geq 50\text{MHz}$ ，带宽 $\geq 50\%$ ；成像深度 $\geq 10\text{mm}$ ，横向成像分辨率 $\leq 70\mu\text{m}$ ；纵向分辨率 $\leq 60\mu\text{m}$ ；实时成像速度 $\geq 200$  帧/秒；二维剪切波弹性成像帧频 $\geq 2$  帧/秒，弹性模量测量范围 6~70kPa，弹性模量测量误差 $<20\%$ 。项目完成时通过可靠性测试和第三方异地测试，平均故障间隔时间 $\geq 3000$  小时，技术就绪度不低于 8 级；至少应用于 2 个领域或行业。明确发明专利、标准和软件著作权等知识产权数量，具有自主知识产权；形成批量生产能力，经用户试用，满足用户使用要求。

### **1.17 超宽带高性能噪声系数分析仪**

研究内容：针对雷达、通信、电子侦察、精确制导等电子装备以及宽禁带半导体器件对噪声性能的测试需求，突破超宽带高灵敏度噪声信号接收、高精度噪声信号检测与处理、大动态通道增益自动调整和校准、超宽带噪声源定标等关键技术，开发具有自主知识产权、质量稳定可靠、核心部件国产化的超宽带高性能

噪声系数分析仪，开发相关软件和数据库，开展工程化开发、应用示范和产业化推广，实现在电子装备、5G/6G 通信和集成电路等领域的应用。

考核指标：频率范围 10MHz~110GHz；噪声系数测量范围 0~30dB；噪声系数测量不确定度 $\leq 0.1\text{dB}$ ；增益测量范围-20~+40dB；增益测量不确定度 $\leq 0.15\text{dB}$ ；测量带宽 10MHz/5MHz/3MHz/2MHz/1MHz/500kHz/300kHz/200kHz/100kHz，噪声源超噪比  $15\pm 8\text{dB}$ 。项目完成时通过可靠性测试和第三方异地测试，平均故障间隔时间 $\geq 3000$  小时，技术就绪度不低于 8 级；至少应用于 2 个领域或行业。明确发明专利、标准和软件著作权等知识产权数量，具有自主知识产权；形成批量生产能力，经用户试用，满足用户使用要求。

### 1.18 天线环境效应多参数综合测试仪

研究内容：针对卫星通信天线、5G/6G 通信 MIMO 天线、相控阵雷达天线等电子装备天线方向性及无线空口特性测试需求，突破宽频带分布式模块化信号发生与多通道接收、变温环境构建与精确控制、宽温低损耗测试夹具、变温环境测试误差修正与校准、微波毫米波球面近场天线测试、算法及测试误差溯源等关键技术，开发具有自主知识产权、质量稳定可靠、核心部件国产化的天线环境效应多参数综合测试仪，开发相关软件和数据库，开展工程化开发、应用示范和产业化推广，实现在无线通信、雷达、卫星通信和卫星导航等领域的应用。

考核指标：频率范围 2.6~110GHz；变温范围-50~+100℃；温控精度 $\leq \pm 1^\circ\text{C}$ ；温控步进 $\leq 1^\circ\text{C}$ ；增益测量精度 $\leq \pm 0.5\text{dB}$ ；-20dB 副瓣测量精度 $\leq \pm 0.5\text{dB}$ （2.6~40GHz）， $\leq \pm 0.8\text{dB}$ （40~75GHz）， $\leq \pm 1.2\text{dB}$ （75~110GHz）；等效全向辐射功率测量精度 $\leq \pm 0.5\text{dB}$ ；总辐射功率测量精度 $\leq \pm 0.7\text{dB}$ 。项目完成时通过可靠性测试和第三方异地测试，平均故障间隔时间 $\geq 3000$  小时，技术就绪度不低于 8 级；至少应用于 2 个领域或行业。明确发明专利、标准和软件著作权等知识产权数量，具有自主知识产权；形成批量生产能力，经用户试用，满足用户使用要求。

### 1.19 毫米波与太赫兹材料电磁特性测试仪

研究内容：针对 5G/6G 移动通信电路板材和天线材料、卫星天线材料、吸收屏蔽材料、集成电路材料、回旋行波管材料等毫米波与太赫兹材料电磁特性测试需求，突破高灵敏度太赫兹收发模块、太赫兹准光波束传输、超宽带测试夹具、材料电磁特性准确提取计算反演算法等关键技术，开发具有自主知识产权、质量稳定可靠、核心部件国产化的太赫兹材料电磁特性测试仪，开发相关软件和数据库，开展工程化开发、应用示范和产业化推广，实现在毫米波与太赫兹集成电路、通信、深空探测等领域的应用。

考核指标：频率范围 18~1100GHz；动态范围 $\geq 120\text{dB}$ （18~50GHz）， $\geq 110\text{dB}$ （50~325GHz）， $\geq 90\text{dB}$ （325~750GHz）， $\geq 60\text{dB}$ （750~1100GHz）；相对介电常数测试范围 1~30，测试准确度 $\leq \pm 2\%$ ；相对磁导率测试范围 1~10，测试准确度 $\leq \pm 2\%$ ；样

品厚度 50 $\mu$ m~5mm；材料形态包括固体、薄膜、粉末、液体等。项目完成时通过可靠性测试和第三方异地测试，平均故障间隔时间 $\geq 3000$  小时，技术就绪度不低于 8 级；至少应用于 2 个领域或行业。明确发明专利、标准和软件著作权等知识产权数量，具有自主知识产权；形成批量生产能力，经用户试用，满足用户使用要求。

### 1.20 高性能物联网综合测试仪

研究内容：针对物联网商用终端、模组和芯片等研发检测，以及 5G、WIFI、蓝牙、NB-IOT、IoT-G、ETC、C-V2X 等协议标准测试需求，突破 DSS、MU-MIMO、1024-QAM 和增强 V2X 等关键技术，开发具有自主知识产权、质量稳定可靠、核心部件国产化的高性能物联网综合测试仪，开发相关软件和数据库，开展工程化开发、应用示范和产业化推广，实现在物联网终端、模组、芯片、无线局域网和工业互联网等领域的应用。

考核指标：频率范围 70MHz~18GHz；输出功率-110~0dBm；接收信号电平-80~+30dBm；调制与分析带宽 1200MHz；波形方式 CP-OFDM、DFT-S-OFDM；调制方式 SSB、BPSK、QPSK、16QAM、64QAM、256QAM、1024QAM、CCK、GFSK、OFDM、DSSS、FHSS；多址方式 OFDMA、SC-FMDA；EVM $\leq -40$ dB；支持 AWGN 模拟、多径信号模拟、接收机灵敏度测试、支持 8 天线单流和多流信号模拟与分析等功能。项目完成时通过可靠性测试和第三方异地测试，平均故障间隔时间 $\geq 3000$  小时，技术就

绪度不低于 8 级；至少应用于 2 个领域或行业。明确发明专利、标准和软件著作权等知识产权数量，具有自主知识产权；形成批量生产能力，经用户试用，满足用户使用要求。

### **1.21 多通道混合信号示波器**

研究内容：针对 5G 通信、智能汽车、雷达、电子对抗等电子设备对宽带模拟信号和高速数字信号的测量需求，突破宽带信号调理、高速信号采集与存储、波形实时处理与荧光显示、模数混合智能触发等关键技术，开发具有自主知识产权、质量稳定可靠、核心部件国产化的多通道混合信号示波器，开发相关应用软件，开展工程化开发、应用示范和产业化推广，实现在集成电路、5G 通信、雷达等领域的应用。

考核指标：模拟通道数 8 个，模拟通道带宽  $\geq 6\text{GHz}$ ，模拟通道采样率  $\geq 16\text{GSa/s}$ ，模拟通道垂直分辨率 10bit；数字通道数 16 个，数字通道带宽  $\geq 300\text{MHz}$ ，数字通道采样率  $\geq 4\text{GSa/s}$ ，数字通道垂直分辨率 1bit；波形捕获率  $\geq 20$  万个波形/秒。项目完成时通过可靠性测试和第三方异地测试，平均故障间隔时间  $\geq 3000$  小时，技术就绪度不低于 8 级；至少应用于 2 个领域或行业。明确发明专利、标准和软件著作权等知识产权数量，具有自主知识产权；形成批量生产能力，经用户试用，满足用户使用要求。

### **1.22 微观电磁物性自旋量子精密测量仪**

研究内容：针对量子计算和量子通信领域对量子自旋、磁性、电流、电场、显微成像等测量和表征需求，突破金刚石自旋量子

精密测量、高分辨光学显微和扫描探针融合、多种探头模块和标准样品等关键技术，开发具有自主知识产权、质量稳定可靠、核心部件国产化的微观电磁物性自旋量子精密测量仪，开发相关应用软件，开展工程化开发、应用示范和产业化推广，实现在物理科学、材料科学、生物医学和信息科学等领域的应用。

考核指标：测量视野范围  $\geq 1000\mu\text{m} \times 1000\mu\text{m}$ ；空间分辨率  $\leq 10\text{nm}$ ；成像速度  $\geq 20\text{ms/pixel}$ ；最高磁场灵敏度  $\geq 100\text{nT/Hz}^{1/2}$ ；磁偶极矩分辨率  $\leq 10^{-16}\text{Am}^2$ ；电磁波测量频率范围  $0\sim 18\text{GHz}$ 。项目完成时通过可靠性测试和第三方异地测试，平均故障间隔时间  $\geq 3000$  小时，技术就绪度不低于 8 级；至少应用于 2 个领域或行业。明确发明专利、标准和软件著作权等知识产权数量，具有自主知识产权；形成批量生产能力，经用户试用，满足用户使用要求。

### 1.23 超导低温电流比较仪

研究内容：针对高准确度量子电阻测量、单电子隧穿电流测量、高压离子室微弱放电电流测量和加速器粒子束流密度测量等需求，突破超高灵敏度低噪声超导量子干涉、超低泄漏磁通超导屏蔽结构设计、大变比电流比率自校准、超导比率线圈低频振荡抑制、液氮气压波动滤波等关键技术，开发具有自主知识产权、质量稳定可靠、核心部件国产化的超导低温电流比较仪，开发相关软件和数据库，开展工程化开发、应用示范和产业化推广，实现在量子电阻测量、量子电流测量、高压电离室微弱电流测量等领域的应用。

考核指标：电流比例范围可连续覆盖 1:1~2048:1；电流比率不确定度  $\leq 1 \times 10^{-10}$  ( $k=1$ )；电流噪声  $\leq 100 \text{ fA/Hz}^{1/2}$ ；指零仪噪声  $\leq 1 \text{ nV/Hz}^{1/2}$ 。项目完成时通过可靠性测试和第三方异地测试，平均故障间隔时间  $\geq 3000$  小时，技术就绪度不低于 8 级；至少应用于 2 个领域或行业。明确发明专利、标准和软件著作权等知识产权数量，具有自主知识产权；形成批量生产能力，经用户试用，满足用户使用要求。

#### 1.24 核磁共振波谱仪

研究内容：针对化学分析、生物分子结构、代谢混合物组分等检测需求，突破超高场稳态磁体设计与制造、高精度磁共振谱仪控制、高效射频激发与接收等关键技术，开发具有自主知识产权、质量稳定可靠、核心部件国产化的核磁共振波谱仪产品，开发相关软件和数据库，开展工程化开发、应用示范和产业化推广，实现在化学化工、生命医学、食品制药和环境能源等领域的应用。

考核指标：磁场强度  $\geq 14 \text{ T}$ ；室温孔径  $\geq 50 \text{ mm}$ ；磁场稳定度  $\leq 9 \text{ Hz/h}$ ；磁场均匀度  $\leq 0.05 \text{ ppm}$ ；支持多核素频谱分析范围  $^1\text{H}$ 、 $^{13}\text{C}$ 、 $^{15}\text{N}$ 、 $^{31}\text{P}$ 、 $^{129}\text{Xe}$  等；射频带宽 50~650 MHz 以上；波谱频率分辨率  $\leq 0.003 \text{ Hz}$ ；射频发射通道数  $\geq 2$  通道；液氦补充时间  $\geq 150$  天。项目完成时通过可靠性测试和第三方异地测试，平均故障间隔时间  $\geq 3000$  小时，技术就绪度不低于 8 级；至少应用于 2 个领域或行业。明确发明专利、标准和软件著作权等知识产权数量，具有自主知识产权；形成批量生产能力，经用户试用，满足

用户使用要求。

### 1.25 宽频带取样示波器

研究内容：针对 5G 移动通信、光纤通信设备和高速网络设备的宽带模拟电路和高速数字电路开发与检测需求，突破宽频带电采样器和光采样器、超低抖动时钟产生与触发、高速时钟恢复、高精度波形采集与恢复、信号完整性分析等关键技术，开发具有自主知识产权、质量稳定可靠、核心部件国产化的宽频带取样示波器，开发相关软件和数据库，开展工程化开发、应用示范和产业化推广，实现在光纤通信、5G 移动通信、雷达、卫星通信与卫星导航等领域的应用。

考核指标：电采样模块：测试带宽  $\geq 65\text{GHz}$ ；采样率  $\geq 150\text{kSa/s}$ ；抖动  $\leq 250\text{fs}$ ；采样分辨率 16bit；光采样模块：波长范围 800~1600nm；光接收灵敏度  $\leq -12\text{dBm}$ ；测试带宽  $\geq 60\text{GHz}$ ；采样率  $\geq 150\text{kSa/s}$ ；抖动  $\leq 250\text{fs}$ ；采样分辨率 16bit。项目完成时通过可靠性测试和第三方异地测试，平均故障间隔时间  $\geq 3000$  小时，技术就绪度不低于 8 级；至少应用于 2 个领域或行业。明确发明专利、标准和软件著作权等知识产权数量，具有自主知识产权；形成批量生产能力，经用户试用，满足用户使用要求。

### 1.26 高灵敏手性物质离子迁移谱与质谱联用仪

研究内容：针对生物样品分析、临床诊断和药物开发等领域对手性分子同分异构体快速识别、高灵敏高准确定量分析的需求，突破离子迁移过程模型仿真与控制、手性物质高选择性试剂制备、

手性气相离子高效选择性存储、高分辨手性气相离子构型差异分析与质量分析等关键技术，开发具有自主知识产权、质量稳定可靠、核心部件国产化的高灵敏手性物质离子迁移谱与质谱联用仪，开发相关软件和数据库，开展工程化开发、应用示范和产业化推广，实现在生命科学、临床医学和药理学等领域的应用。

考核指标：手性分子纯度检测范围 0.1%~99.9%，离子迁移谱分辨率  $\geq 300$ ；手性物质分析检出限  $\leq 10^{-10}$  摩尔/升；质谱质量分辨率  $\geq 100000$ ；手性分子分析时间  $\leq 10$  分钟/样品；建立手性物质数据库 1 套。项目完成时通过可靠性测试和第三方异地测试，平均故障间隔时间  $\geq 3000$  小时，技术就绪度不低于 8 级；至少应用于 2 个领域或行业。明确发明专利、标准和软件著作权等知识产权数量，具有自主知识产权；形成批量生产能力，经用户试用，满足用户使用要求。

## **2. 核心关键部件开发与应用**

原则上，使用指南名称申报，每个项目下设课题数不超过 4 个，项目参与单位总数不超过 4 个，实施周期不超过 3 年。

### **2.1 大功率端窗型 X 射线光管**

研究内容：开发大功率（3kW 和 4kW）端窗型 X 射线光管，突破大功率散热、铍窗窗口高温焊接、X 射线激发与防护、高真空焊接与保持等关键技术，开展工程化开发、应用示范和产业化推广，形成具有自主知识产权、质量稳定可靠的部件产品，实现在波散型 X 射线荧光光谱仪、大功率 X 射线荧光光谱仪等仪器中

的应用。

考核指标: 射线管耐压  $\geq 75 \text{ kV}$ ; 灯丝电压范围  $\geq (6.0 \sim 13.0) \text{ V (AC/DC)}$ ; 加速电压  $75 \text{ kV}$ , 电压波动  $\leq 0.02\%/8 \text{ 小时}$ ; 灯丝电流  $\geq 10 \text{ A}$ ; 额定输出功率  $\geq 4 \text{ kW}$ ; 窗口直径  $\geq 18 \text{ mm}$ ; 铍窗厚度  $\leq 76 \mu\text{m}$ 。项目完成时通过可靠性测试和第三方异地测试, 平均故障间隔时间  $\geq 5000 \text{ 小时}$ , 技术就绪度达到 9 级; 至少应用于 2 类仪器。明确发明专利、标准和软件著作权等知识产权数量, 具有自主知识产权; 形成批量生产能力, 经用户试用, 满足用户使用要求。

## **2.2 450kV X 射线源**

研究内容: 开发  $450 \text{ kV X}$  射线源, 突破高真空、绝缘材料、灯丝制造、高频高压、油冷却等关键技术, 开展工程化开发、应用示范和产业化推广, 形成具有自主知识产权、质量稳定可靠的部件产品, 实现在工业 CT、X 射线智能在线检测系统和 X 射线拍片机等仪器中的应用。

考核指标: 高压范围  $30 \sim 450 \text{ kV}$ , 调节精度  $1 \text{ kV}$ ; 电流范围  $0 \sim 15 \text{ mA}$ , 调节精度  $0.5 \text{ mA}$ , 连续功率  $\geq 800 \text{ W}$ ; 小焦点尺寸  $\leq 0.4 \text{ mm}$ , 大焦点尺寸  $\leq 1.0 \text{ mm}$ ; 射线管窗口背面和侧面距离 X 射线焦点  $1 \text{ m}$  处的漏射线  $\leq 5 \text{ mSv/h}$ 。项目完成时通过可靠性测试和第三方异地测试, 平均故障间隔时间  $\geq 5000 \text{ 小时}$ , 技术就绪度达到 9 级; 至少应用于 2 类仪器。明确发明专利、标准和软件著作权等知识产权数量, 具有自主知识产权; 形成批量生产能力, 经

用户试用，满足用户使用要求。

### 2.3 120kV 热场发射电子枪

研究内容：开发 120kV 热场发射电子枪，突破电子束长时间稳定发射、高压微放电抑制和超高真空保持等关键技术，开展工程化开发、应用示范和产业化推广，形成具有自主知识产权、质量稳定可靠的部件产品，实现在 120kV 透射电子显微镜和冷冻电子显微镜等仪器中的应用。

考核指标：加速电压 60~120kV（可调）；发射能量宽度  $\leq 0.8\text{eV}$ ；发射电流稳定性  $\leq \pm 0.5\text{nA/Day}$ ；真空度  $\leq 9.0 \times 10^{-8}\text{Pa}$ 。项目完成时通过可靠性测试和第三方异地测试，平均故障间隔时间  $\geq 5000$  小时，技术就绪度达到 9 级；至少应用于 2 类仪器。明确发明专利、标准和软件著作权等知识产权数量，具有自主知识产权；形成批量生产能力，经用户试用，满足用户使用要求。

### 2.4 裂解源

研究内容：开发裂解源关键部件，突破多温区独立控温、超高真空下突破热解氮化硼耐温极限的加热部件设计、超高真空下能预防材料沉积堵塞的阀门设计等关键技术，开展工程化开发、应用示范和产业化推广，形成具有自主知识产权、质量稳定可靠的部件产品，实现在分子束外延系统、原子层沉积设备和真空表面处理设备 etc 中的应用。

考核指标：固体材料裂解源拥有  $\geq 2$  个可独立控温温区，最高裂解温度  $\geq 1200^\circ\text{C}$ ；气体裂解源中氢分子解离  $\geq 80\%$ ，氧分子

解离  $\geq 80\%$ ，最高工作温度  $\geq 1900^{\circ}\text{C}$ ；可控束流裂解源包含  $\geq 3$  个独立控温温区，磷元素裂解后组分比值  $P_2/P_4 \geq 150$ 。项目完成时通过可靠性测试和第三方异地测试，平均故障间隔时间  $\geq 5000$  小时，技术就绪度达到 9 级；至少应用于 2 类仪器。明确发明专利、标准和软件著作权等知识产权数量，具有自主知识产权；形成批量生产能力，经用户试用，满足用户使用要求。

## 2.5 高分辨率电源测量模块

研究内容：开发高分辨率电源测量模块，突破高功率密度电源产生小型化、基于脉宽调制的高分辨率电源产生和测量、基于漏电流保护的  $\text{pA}$  级微弱电流测量等关键技术，开展工程化开发、应用示范和产业化推广，形成具有自主知识产权、质量稳定可靠的部件产品，实现在半导体集成电路测试仪、半导体器件伏安特性曲线测试仪等仪器中的应用。

考核指标： $\pm 60\text{V}$  高分辨率电源测量模块：输出功率  $20\text{W}$ ，电压输出和测量范围  $\pm 60\text{V}$ ，最小分辨率  $\leq 1\mu\text{V}$ ，精度  $\leq \pm (0.02\% + 50\mu\text{V})$ ，电流输出和测量范围  $\pm 1\text{A}$ ，最小分辨率  $\leq 1\text{pA}$ ，精度  $\leq \pm (0.03\% + 100\text{pA})$ ； $\pm 200\text{V}$  高分辨率电源测量模块：输出功率  $20\text{W}$ ，电压输出和测量范围  $\pm 200\text{V}$ ，最小分辨率  $\leq 1\mu\text{V}$ ，精度  $\leq \pm (0.02\% + 100\mu\text{V})$ ，电流输出和测量范围  $\leq \pm 1\text{A}$ ，最小分辨率  $\leq 1\text{pA}$ ，精度  $\leq \pm (0.03\% + 100\text{pA})$ 。项目完成时通过可靠性测试和第三方异地测试，平均故障间隔时间  $\geq 5000$  小时，技术就绪度达到 9 级；至少应用于 2 类仪器。明确发明专利、标准和软件

著作权等知识产权数量，具有自主知识产权；形成批量生产能力，经用户试用，满足用户使用要求。

## 2.6 宽带射频功率放大器

研究内容：开发宽带射频功率放大器，突破高实时性高保真度设计、射频高功率脉冲电路制造工艺、高功率密度电路、宽带增益补偿及精细幅相校准算法等关键技术，开展工程化开发、应用示范和产业化推广，形成具有自主知识产权、质量稳定可靠的部件产品，实现在超高场动物磁共振成像仪、超高场正电子发射断层成像与磁共振一体化动物成像仪等仪器中的应用。

考核指标：峰值功率能力  $\geq 1.5\text{kW}$ （脉冲式）；工作占空比  $\geq 10\%$ ；工作频率范围  $100\sim 402\text{MHz}$ ；支持额定工作频率个数  $\geq 3$ ；增益幅相波动  $\leq \pm 0.5\text{dB}/15^\circ$ （ $40\text{dB}$  动态范围内），输出功率波动  $\leq 0.5\text{dB}$ （连续 30 分钟输出）。项目完成时国产化率不低于 80%。项目完成时通过可靠性测试和第三方异地测试，平均故障间隔时间  $\geq 5000$  小时，技术就绪度达到 9 级；至少应用于 2 类仪器。明确发明专利、标准和软件著作权等知识产权数量，具有自主知识产权；形成批量生产能力，经用户试用满足用户使用要求。

## 2.7 正电子断层成像探测器

研究内容：开发正电子断层成像探测器，突破超精细三维编码正电子断层成像探测器设计和制造工艺、高密度数据读出电路设计及模式补偿算法等关键技术，开展工程化开发、应用示范和产业化推广，形成具有自主知识产权、质量稳定可靠的部件产品，

实现在超高分辨率小动物 PET/CT 活体成像仪器、小动物 PET/MR 活体成像仪等仪器中的应用。

考核指标：晶体衰减时间常数  $\leq 50\text{ns}$ ；晶体长度  $\geq 10\text{mm}$ ；探测器平面分辨率  $\leq 1\text{mm}$ ；响应深度分辨率（FWHM） $\leq 4\text{mm}$ ；读出专用集成电路通道数量  $\geq 32\text{ch}$ ；能量测量范围  $120\sim 1200\text{keV}$ ，最大计数能力  $\geq 20\text{k cps/cm}^2$ ，能量分辨率  $\leq 14\%$ （ $511\text{keV}$ ）。项目完成时实现晶体材料、PET 探测器专用集成电路芯片核心元器件的国产化。项目完成时通过可靠性测试和第三方异地测试，平均故障间隔时间  $\geq 5000$  小时，技术就绪度达到 9 级；至少应用于 2 类仪器。明确发明专利、标准和软件著作权等知识产权数量，具有自主知识产权；形成批量生产能力，经用户试用，满足用户使用要求。

## 2.8 抗辐照硅单光子探测器面阵

研究内容：开发高性能硅单光子探测面阵，突破抗辐照 SPAD 结构设计和制备、读出电路设计和制备、光学和电学封装等关键技术，开展工程化开发、应用示范和产业化推广，形成具有自主知识产权、质量稳定可靠的部件产品，实现在荧光光谱分析、遥感与测距仪、激光雷达等仪器中的应用。

考核指标：面阵规模  $\geq 64\times 64$ ；阵列像素尺寸  $\leq 50\mu\text{m}$ ；波长响应范围  $350\sim 1000\text{nm}$ ；光子探测效率  $\geq 50\%$ ；暗计数  $\leq 100\text{Hz}$ ；单光子时间分辨率  $\leq 50\text{ps}$ （ $532\text{nm}$ ）；串扰率  $\leq 0.1\%$ ；抗辐照能力优于  $100\text{ kRad}$ （Si）；死时间  $< 50\text{ns}$ ；时间测量位数  $\geq 14\text{ bit}$ ，像素

视场角 $\geq 8$ 度。项目完成时通过可靠性测试和第三方异地测试，平均故障间隔时间 $\geq 5000$ 小时，技术就绪度达到9级；至少应用于2类仪器。明确发明专利、标准和软件著作权等知识产权数量，具有自主知识产权；形成批量生产能力，经用户试用，满足用户使用要求。

## 2.9 半导体伽马射线成像探测器

研究内容：开发半导体伽马射线成像探测器，突破半导体像素探测器设计与制备、高精度伽马射线能谱修正和反演算法、高灵敏伽马射线成像系统集成等关键技术，开展工程化开发、应用示范和产业化推广，形成具有自主知识产权、质量稳定可靠的部件产品，实现射线天文望远镜和伽马相机等仪器中的应用。

考核指标：能量探测范围：10~3000keV；能量分辨率 $\leq 3\% @ 122\text{keV}$ 、能量分辨率 $\leq 1\% @ 662\text{keV}$ ；空间分辨率（水平方向） $\leq 1\text{mm}$ ，空间分辨率（深度方向） $\leq 1\text{mm}$ ，角度分辨率 $\leq 15^\circ$ ；本征探测效率 $\geq 90\%$ （122keV）；灵敏度 $\geq 25000\text{cps/MBq}$ （122keV）。项目完成时通过可靠性测试和第三方异地测试，平均故障间隔时间 $\geq 5000$ 小时，技术就绪度达到9级；至少应用于2类仪器。明确发明专利、标准和软件著作权等知识产权数量，具有自主知识产权；形成批量生产能力，经用户试用，满足用户使用要求。

## 2.10 微型非放射离子迁移传感器

研究内容：开发微型非放射离子迁移传感器，突破长寿命高

电流密度非放射离子源制备、高分辨率微型离子栅门制备、抗冲击高效渗透膜制备、低吸附金属陶瓷封接离子迁移管制备、低噪声 pA 级微弱脉冲电流检测器设计、低功耗高压驱动电路设计等关键技术，开展工程化开发、应用示范和产业化推广，形成具有自主知识产权、质量稳定可靠的部件产品，实现在化学毒剂及有毒有害气体检测仪、痕量爆炸物及毒品检测仪等仪器中的应用。

考核指标：检测灵敏度  $\leq 0.5\text{mg/m}^3$  (GB),  $\leq 1\text{ng}$  (TNT), 响应时间  $\leq 7\text{s}$  (GB),  $\leq 5\text{s}$  (TNT), 电流密度  $\geq 10\text{nA}$ , 检测器噪声  $\leq 20\text{fA/Hz}^{1/2}@1\text{kHz}$ , 增益  $\geq 1 \times 10^{10}\text{V/A}$ , 离子栅门金属丝直径  $\leq 20\mu\text{m}$ , 金属丝间距  $\leq 300\mu\text{m}$ , 渗透膜厚度  $\leq 15\mu\text{m}$ , 一体化陶瓷迁移管气密性  $\leq 20\text{Pa}$  (20kPa, 10min), 过载恢复时间  $\leq 2$  分钟 (GB 20mg/m<sup>3</sup>), 重量  $\leq 500\text{g}$ ; 尺寸  $\leq 120\text{mm} \times 80\text{mm} \times 50\text{mm}$ ; 功耗  $\leq 2\text{W}$ 。项目完成时通过可靠性测试和第三方异地测试，平均故障间隔时间  $\geq 5000$  小时，技术就绪度达到 9 级；至少应用于 2 类仪器。明确发明专利、标准和软件著作权等知识产权数量，具有自主知识产权；形成批量生产能力，经用户试用，满足用户使用要求。

### 2.11 二维平面中子探测器

研究内容：开发二维平面中子探测器，突破大灵敏区域氦三中子管线状检测、二维平面中子探测与校准等关键技术，开展工程化开发、应用示范和产业化推广，形成具有自主知识产权、质量稳定可靠的部件产品，实现在核安全学、核物理学和核化学等中子监测仪器中的应用。

考核指标：热中子监测视场 $\geq 200\text{mm}\times 200\text{mm}$ ，热中子监测效率 $\geq 95\%$ ；成像横向分辨率 $\leq 900\mu\text{m}$ ，纵向分辨率 $\leq 900\mu\text{m}$ ；具有中子和伽玛信号分辨能力，能量分辨率 $\geq 15\%$ （662keV），最高探测器计数率 $\geq 100\text{kHz}$ ，探测器死时间 $\leq 10\mu\text{s}$ ；探测器增益温度率 $\leq 10\%/^{\circ}\text{C}$ ；响应时间 $\leq 100\mu\text{s}$ 。项目完成时通过可靠性测试和第三方异地测试，平均故障间隔时间 $\geq 5000$ 小时，技术就绪度达到9级；至少应用于2类仪器。明确发明专利、标准和软件著作权等知识产权数量，具有自主知识产权；形成批量生产能力，经用户试用，满足用户使用要求。

## 2.12 光谱色散式膜厚探测器

研究内容：开发光谱色散式膜厚探测器，突破毫米级大量程纳米级精度测量、高速数字采集、恶劣环境抗震抗污性光学探头、长时大通量高速高精度厚度解算算法等关键技术，开展工程化开发、应用示范和产业化推广，形成具有自主知识产权、质量稳定可靠的部件产品，实现在晶圆检测系统、制程薄膜测量系统等仪器中的应用。

考核指标：光学厚度测量范围 $\geq 4\sim 2000\mu\text{m}$ ；轴向分辨率 $\leq 1\text{nm}$ ；轴向测量重复性 $\leq 5\text{nm}$ ；横向空间分辨率 $\leq 30\mu\text{m}$ ；采样速率 $\geq 4000\text{Hz}$ ；可用于复杂加工现场在线测试，对水、油等污染物以及热、振动等环境条件不敏感，满足透明和非透明材质测厚。项目完成时通过可靠性测试和第三方异地测试，平均故障间隔时间 $\geq 5000$ 小时，技术就绪度达到9级；至少应用于2类仪器。明确

发明专利、标准和软件著作权等知识产权数量，具有自主知识产权；形成批量生产能力，经用户试用，满足用户使用要求。

### **2.13 光学麦克风**

研究内容：开发高精度光学麦克风，突破光学声敏感元件结构设计、纳米级偏移量干涉测量、光学声敏感元件微纳加工制造、本质安全型封装等关键技术，开展工程化开发、应用示范和产业化推广，形成具有自主知识产权、质量稳定可靠的部件产品，实现在局部放电超声监测仪、声成像仪、光纤水听器 etc 仪器中的应用。

考核指标：频率响应范围 10Hz~100kHz；声压灵敏度  $\geq 1\text{V/Pa}$ （20kHz）或  $\geq 5\text{rad/Pa}$ （20kHz），最大可测声压  $\geq 110\text{dB SPL}$ ；等效噪声水平  $\leq 25\text{dBA}$ ；干涉测量最小可测纳米级偏移量  $\leq 3\text{nm}$ ；探头直径  $\leq 8\text{mm}$ ，长度  $\leq 20\text{mm}$ ；工作温度范围  $-40\sim 80^\circ\text{C}$ 。项目完成时通过可靠性测试和第三方异地测试，平均故障间隔时间  $\geq 5000$  小时，技术就绪度达到 9 级；至少应用于 2 类仪器。明确发明专利、标准和软件著作权等知识产权数量，具有自主知识产权；形成批量生产能力，经用户试用，满足用户使用要求。

### **2.14 高性能紫外成像探测器**

研究内容：开发紫外高性能成像探测器，突破高增益面阵单光子计数器制备、像素级空间光调制器与单光子计数器耦合结构设计、图像高动态范围采集、低暗计数率实现等关键技术，开展工程化开发、应用示范和产业化推广，形成具有自主知识产权、质量稳定可靠的部件产品，实现在原子荧光光谱仪、电感耦合等

离子体原子发射光谱仪等仪器中的应用。

考核指标：光谱响应范围  $\geq 180\sim 320\text{nm}$ ；探测面积  $\geq 14\text{mm}\times 10\text{mm}$ ，像元数  $\geq 1024\times 768$  个；像元尺寸  $\leq 14\mu\text{m}\times 14\mu\text{m}$ ；动态范围  $\geq 140\text{dB}$ ；增益  $\geq 10^7$ ；暗计数率  $\leq 1\text{cps}/\text{cm}^2$ 。项目完成时通过可靠性测试和第三方异地测试，平均故障间隔时间  $\geq 5000$  小时，技术就绪度达到 9 级；至少应用于 2 类仪器。明确发明专利、标准和软件著作权等知识产权数量，具有自主知识产权；形成批量生产能力，经用户试用，满足用户使用要求。

### 2.15 碲镉汞制冷红外探测器

研究内容：开发高性能碲镉汞制冷红外探测器，突破高量子效率宽响应碲镉汞三元化合物材料制备、低温真空杜瓦封装等关键技术，开展工程化开发、应用示范和产业化推广，形成具有自主知识产权、质量稳定可靠的部件产品，实现在 FTIR 红外遥测、傅里叶便携气体分析仪、台式 FTIR 等仪器中的应用。

考核指标：像元面积  $\leq 100\mu\text{m}\times 100\mu\text{m}$ ；探测响应率  $\geq 24000\text{mV}/\text{W}$ ，比探测器率  $\geq 4\times 10^{10}\text{cm}/\text{Hz}^{1/2}\text{W}$ ，后截至波长  $\geq 16\mu\text{m}$ ，工作温度  $\geq 65\text{K}$ 。项目完成时通过可靠性测试和第三方异地测试，平均故障间隔时间  $\geq 5000$  小时，技术就绪度达到 9 级；至少应用于 2 类仪器。明确发明专利、标准和软件著作权等知识产权数量，具有自主知识产权；形成批量生产能力，经用户试用，满足用户使用要求。

### 2.16 电磁力配衡重量检测器

研究内容：开发电磁力配衡重量检测器，突破电磁力补偿传感器制备、带孔微小力臂结构设计、机械力与电磁力耦合、环境误差快速综合补偿等关键技术，开展工程化开发、应用示范和产业化推广，形成具有自主知识产权、质量稳定可靠的部件产品，实现在称重系统、孔隙与密度测量仪等仪器中的应用。

考核指标：最大称量  $\geq 500\text{g}$ ，重复性  $\leq 0.30\text{mg}$ ；最大电子称量  $\geq 100\text{g}$ ，重复性  $\leq 0.06\text{mg}$ ；称重分辨率  $0.01\text{mg}$ ；稳定时间  $\leq 9\text{s}$ ；环境温度： $18\sim 23^{\circ}\text{C}$ ，工作时每 4 小时温度最大变化  $\leq 1^{\circ}\text{C}$ ；相对湿度： $30\%\sim 70\%$ ，工作时每 4 小时相对湿度最大变化  $\leq 10\%$ 。项目完成时通过可靠性测试和第三方异地测试，平均故障间隔时间  $\geq 5000$  小时，技术就绪度达到 9 级；至少应用于 2 类仪器。明确发明专利、标准和软件著作权等知识产权数量，具有自主知识产权；形成批量生产能力，经用户试用，满足用户使用要求。

### 2.17 可转运磁共振成像探测阵列

研究内容：开发可转运磁共振成像探测阵列，突破无磁化机械传动装置、磁共振兼容的转运对接接口、高密度超柔性磁共振成像探测阵列、低噪声前置放大器小型化等关键技术，开展工程化开发、应用示范和产业化推广，形成具有自主知识产权、质量稳定可靠的部件产品，实现在高场强磁共振成像仪、正电子发射成像与磁共振一体化成像仪等仪器中的应用。

考核指标：探测阵列中心频率  $\geq 128\text{MHz}$ ；中心频率容差  $\pm 1\%$ ；通道数  $\geq 24$ ；柔性程度需满足自然弯折角度  $\geq 180$  度；前置放大

器噪声系数 $\leq 1\text{dB}$ ；图像信噪比 $\geq 80\%$ ；转运设备负载 $\geq 250\text{kg}$ ；部件整体运动推力 $\leq 200\text{N}$ ；部件面板运动推力 $\leq 100\text{N}$ 。项目完成时通过可靠性测试和第三方异地测试，平均故障间隔时间 $\geq 5000$ 小时，技术就绪度达到 9 级；至少应用于 2 类仪器。明确发明专利、标准和软件著作权等知识产权数量，具有自主知识产权；形成批量生产能力，经用户试用，满足用户使用要求。

### **2.18 程控升降温与称重多功能探测器**

研究内容：开发程控升降温与称重多功能探测器，突破片上微区超高升降温速率温度调控、皮克级质量测量分辨率、实时质量变化追踪等关键技术，开展工程化开发、应用示范和产业化推广，形成具有自主知识产权、质量稳定可靠的部件产品，实现在热重分析仪、程序升温脱附分析仪、吸附热力学动力学参数分析仪等仪器中的应用。

考核指标：实现程序升温和质量称量功能，芯片尺寸 $\leq 2\text{ mm}\times 2\text{ mm}$ ；质量测量分辨率 $\leq 0.5\text{pg}$ ；质量测量范围  $1.5\text{pg}\sim 20\text{ng}$ ；片上微区面积范围  $5000\sim 20000\mu\text{m}^2$ ；温度控制范围：室温 $\sim 1000^\circ\text{C}$ ，温度分辨率 $\leq 0.1^\circ\text{C}$ ，温度波动 $\leq 0.3^\circ\text{C}$ ；程控升降温最高速率 $\geq 500^\circ\text{C}/\text{秒}$ 。项目完成时通过可靠性测试和第三方异地测试，平均故障间隔时间 $\geq 5000$ 小时，技术就绪度达到 9 级；至少应用于 2 类仪器。明确发明专利、标准和软件著作权等知识产权数量，具有自主知识产权；形成批量生产能力，经用户试用，满足用户使用要求。

### **2.19 高灵敏度大动态范围微电流计**

研究内容：开发高灵敏度大动态范围微电流计，突破超低噪声前置放大、高分辨率数模转换、无量程切换大动态范围测量等关键技术，开展工程化开发、应用示范和产业化推广，形成具有自主知识产权、质量稳定可靠的部件产品，实现在气溶胶法拉第杯静电计、气相色谱仪、机动车排放超细颗粒物监测仪等仪器中的应用。

考核指标：无量程切换动态范围  $\geq 100\text{dB}$ ；测量动态范围： $-500\sim+500\text{pA}$ ；满量程下灵敏度  $\leq 0.5\text{fA}$ ；零点噪声  $\leq 0.4\text{ fA}$  ( $1\sigma$ )；响应时间  $\leq 120\text{ms}$ ；分辨率  $\leq 1\text{fA}$  ( $-50\sim+50\text{pA}$ )；24h 零点漂移  $\leq 1\text{fA}$ 。项目完成时通过可靠性测试和第三方异地测试，平均故障间隔时间  $\geq 5000$  小时，技术就绪度达到 9 级；至少应用于 2 类仪器。明确发明专利、标准和软件著作权等知识产权数量，具有自主知识产权；形成批量生产能力，经用户试用，满足用户使用要求。

## 2.20 微型比例阀

研究内容：开发微型比例阀，突破小流量微型气体流量压力调节、在各种介质上热补偿等关键技术，开展工程化开发、应用示范和产业化推广，形成具有自主知识产权、质量稳定可靠的部件产品，实现在全自动气相色谱 EPC、质谱仪、原子吸收光谱仪等仪器中的应用。

考核指标：响应时间  $\leq 5\text{ms}$ ；全开闭生命周期  $\geq 3$  亿次；功耗  $\leq 0.5\text{W}$ ；迟滞  $\leq 5\%$ ；压力范围  $0\sim 500\text{psi}$ ；内外部泄露  $\leq 1\text{kPa}/30\text{min}$

(300kPa&H<sub>2</sub>)；常规耐受有机酸碱范围≥pH2~pH10；对于酸碱及氟硫化物等最小耐受进样次数≥15000次；同时还耐受磷化物、硫化物、耐颗粒、油污和水等。项目完成时通过可靠性测试和第三方异地测试，平均故障间隔时间≥5000小时，技术就绪度达到9级；至少应用于2类仪器。明确发明专利、标准和软件著作权等知识产权数量，具有自主知识产权；形成批量生产能力，经用户试用，满足用户使用要求。

### 2.21 抗振动分子泵

研究内容：开发抗振动分子泵，突破分子泵小尺寸约束条件下抽气性能优化、弱刚性复杂零部件超精密加工与装配工艺、复杂苛刻工况下环境适应性、强扰动条件下超高速稳速控制等关键技术，开展工程化开发、应用示范和产业化推广，形成具有自主知识产权、质量稳定可靠的部件产品，实现在便携式质谱仪、桌面式质谱仪和车载质谱仪等仪器中的应用。

考核指标：抽速≥5L/s（针对N<sub>2</sub>）；压比≥10<sup>5</sup>（针对N<sub>2</sub>）；可启动最大前级压力≥1500Pa；极限真空度≤5×10<sup>-3</sup>Pa；额定工作转速90000rpm；额定转速运行噪音≤65dB；分子泵抗瞬态冲击强度达≥20g，可任意方向放置工作，工作温度范围-20℃~56℃；启动时间≤2min；重量≤1.85kg；尺寸≤175mm×75mm×135mm。项目完成时通过可靠性测试和第三方异地测试，平均故障间隔时间≥5000小时，技术就绪度达到9级；至少应用于2类仪器。明确发明专利、标准和软件著作权等知识产权数量，具有自主知识

产权；形成批量生产能力，经用户试用，满足用户使用要求。

### **2.22 微焦点 X 射线准直装置**

研究内容：开发微焦点 X 射线源准直装置，突破微米级点光源配套多层膜反射镜以及多狭缝系统制造、协同组装及光路调整和检验、高精度超光滑 X 射线非球面反射镜制造等关键技术，开展工程化开发、应用示范和产业化推广，形成具有自主知识产权、质量稳定可靠的部件产品，实现在二维广角 X 射线衍射仪、小角 X 射线散射仪、微区 X 射线衍射仪等仪器中的应用。

考核指标：X 射线非球面反射镜面形精度  $\leq 3\text{nm}$ ，表面粗糙度光滑精度  $\leq 0.3\text{nm}$ ，中频误差平滑精度  $\leq 1.5\mu\text{rad}$ ；准直后 X 射线束发散度  $\leq 0.5\text{mrad}$ ，光斑尺寸  $\leq 0.5\text{mm}$ ；准直后 X 射线光斑强度比不使用准直提高 2 个数量级（距离 X 射线光源 0.5 米处）。项目完成时通过可靠性测试和第三方异地测试，平均故障间隔时间  $\geq 5000$  小时，技术就绪度达到 9 级；至少应用于 2 类仪器。明确发明专利、标准和软件著作权等知识产权数量，具有自主知识产权；形成批量生产能力，经用户试用，满足用户使用要求。

### **2.23 宽频带同轴开关**

研究内容：开发宽频带同轴开关，突破宽带匹配传输、微小零件精密成型、电磁组件可靠切换等关键技术，开展工程化开发、应用示范和产业化推广，形成具有自主知识产权、质量稳定可靠的部件产品，实现在矢量网络分析仪、频谱分析仪和开关矩阵等仪器中的应用。

考核指标：单刀双掷开关：频率范围 DC~110GHz，驻波比  $\leq 2.5$ ，插入损耗  $\leq 2.5\text{dB}$ ，隔离度  $\geq 50\text{dB}$ ；双刀双掷开关：频率范围 DC~67GHz，驻波比  $\leq 1.9$ ，插入损耗  $\leq 1.5\text{dB}$ ，隔离度  $\geq 60\text{dB}$ ；单刀四掷开关：频率范围 DC~67GHz，驻波比  $\leq 2.0$ ，插入损耗  $\leq 2.0\text{dB}$ ，隔离度  $\geq 60\text{dB}$ 。项目完成时通过可靠性测试和第三方异地测试，平均故障间隔时间  $\geq 5000$  小时，技术就绪度达到 9 级；至少应用于 2 类仪器。明确发明专利、标准和软件著作权等知识产权数量，具有自主知识产权；形成批量生产能力，经用户试用，满足用户使用要求。

#### 2.24 毫米波隔离器

研究内容：开发毫米波波导隔离器，突破宽带高隔离度、高精度成型、定位装配、间隙波导法兰设计制造等关键技术，开展工程化开发、应用示范和产业化推广，形成具有自主知识产权、质量稳定可靠的部件产品，实现在毫米波频谱仪分析仪、毫米波矢量网络分析仪等测试仪器中的应用。

考核指标：工作频率范围 50~75GHz，插入损耗  $\leq 3\text{dB}$ ，隔离度  $\geq 18\text{dB}$ ；工作频率范围 60~90GHz，插入损耗  $\leq 3\text{dB}$ ，隔离度  $\geq 18\text{dB}$ ；工作频率范围 75~110GHz，插入损耗  $\leq 3\text{dB}$ ，隔离度  $\geq 18\text{dB}$ ；工作频率范围 90~140GHz，插入损耗  $\leq 3\text{dB}$ ，隔离度  $\geq 18\text{dB}$ ；工作频率范围 110~170GHz，插入损耗  $\leq 3\text{dB}$ ，隔离度  $\geq 18\text{dB}$ 。项目完成时通过可靠性测试和第三方异地测试，平均故障间隔时间  $\geq 5000$  小时，技术就绪度达到 9 级；至少应用

于 2 类仪器。明确发明专利、标准和软件著作权等知识产权数量，具有自主知识产权；形成批量生产能力，经用户试用，满足用户使用要求。

### **2.25 宽频带微型化双定向耦合器**

研究内容：开发宽频带微型化双定向耦合器，突破定向耦合器综合集成设计、微细精密加工、精密封装与装配、阻抗匹配转换等关键技术，开展工程化开发、应用示范和产业化推广，形成具有自主知识产权、质量稳定可靠的部件产品，实现在宽频带矢量网络分析仪、信号发生器等测量仪器中的应用。

考核指标：宽频带双定向耦合器：工作频率 10MHz~110GHz；方向性  $\geq 15\text{dB}$ ；插入损耗  $\leq 5\text{dB}$ ；回波损耗  $\leq -15\text{dB}$ ；外形尺寸  $\leq 20\text{mm} \times 20\text{mm}$ （不含同轴连接器）；毫米波双定向耦合器：工作频率 110~260GHz；方向性 20dB；插入损耗  $\leq 4\text{dB}$ ；回波损耗  $\leq -15\text{dB}$ ；外形尺寸  $\leq 20\text{mm} \times 20\text{mm}$ （不含同轴连接器）。项目完成时通过可靠性测试和第三方异地测试，平均故障间隔时间  $\geq 5000$  小时，技术就绪度达到 9 级；至少应用于 2 类仪器。明确发明专利、标准和软件著作权等知识产权数量，具有自主知识产权；形成批量生产能力，经用户试用，满足用户使用要求。

### **2.26 扩口微通道板**

研究内容：开发扩口微通道板，突破扩口工艺造成一致性差、选择性腐蚀造成锥度尺寸难以达标等关键技术，开展工程化开发、应用示范和产业化推广，形成具有自主知识产权、质量稳定可靠

的部件产品，实现在质谱分析仪、微光像增强器和真空荷电粒子探测仪等仪器中的应用。

考核指标：开口面积比 $\geq 90\%$ ，孔间距 $\leq 15\mu\text{m}$ ，斜切角 $\leq 12^\circ$ ，扩孔同心度 $\leq 0.5\mu\text{m}$ ；暗电流 $\leq 0.5\text{pA}/\text{cm}^2$ ；增益 $\geq 10^4$ （1kV）；电阻范围 10~100M $\Omega$ ；通道尺寸 $\leq 12\mu\text{m}$ ；光电子收集效率 $\geq 9\%$ 。项目完成时通过可靠性测试和第三方异地测试，平均故障间隔时间 $\geq 5000$  小时，技术就绪度达到 9 级；至少应用于 2 类仪器。明确发明专利、标准和软件著作权等知识产权数量，具有自主知识产权；形成批量生产能力，经用户试用，满足用户使用要求。

### 2.27 热场发射电子源

研究目标：开发热场发射电子源，突破单晶钨制备、尖端取向和形状控制、氧化锆处理、电子枪结构设计、灯丝对中控制等关键技术，开展工程化开发、应用示范和产业化推广，形成具有自主知识产权、质量稳定可靠的部件产品，实现在扫描电子显微镜、透射电子显微镜等仪器中的应用。

考核指标：微尖曲率半径范围 1.2~0.4 $\mu\text{m}$ （可控），误差 $\leq \pm 0.05\mu\text{m}$ ；阴极温度 1750~1800K；栅极电压 -200~-600V（可调）；角电流密度 200 $\mu\text{A}/\text{sr}$ ；引出电压 3~6kV（可调）；最大电子束流 $\geq 150\text{nA}$ ；电流稳定度 $\leq 1\%$ 。项目完成时通过可靠性测试和第三方异地测试，平均故障间隔时间 $\geq 5000$  小时，技术就绪度达到 9 级；至少应用于 2 类仪器。明确发明专利、标准和软件著作权等知识产权数量，具有自主知识产权；形成批量生产能力，经用户

试用，满足用户使用要求。

### 2.28 磁共振成像低温探头

研究内容：开发磁共振成像低温探头，突破高密度射频阵列、超低温制冷系统、低噪声前置放大等关键技术，开展工程化开发、应用示范和产业化推广，形成具有自主知识产权、质量稳定可靠的部件产品，实现在高场磁共振成像仪、波谱分析仪等仪器的应用。

考核指标：通道数  $\geq 2$ ；扫描孔径  $\geq 2\text{cm}$ ；射频探头匹配  $\leq -15\text{dB}$ ；探头温度  $\leq 30\text{K}$ ；前置放大器噪声系数  $\leq 1\text{dB}$ ；灵敏度提高（低温/常温） $\geq 4$  倍。项目完成时通过可靠性测试和第三方异地测试，平均故障间隔时间  $\geq 5000$  小时，技术就绪度达到 9 级；至少应用于 2 类仪器。明确发明专利、标准和软件著作权等知识产权数量，具有自主知识产权；形成批量生产能力，经用户试用，满足用户使用要求。

### 2.29 X 射线能谱探测器

研究内容：开发 X 射线能谱探测器，突破大面积硅漂移探测、电荷前置放大、数字多道分析、漏电流噪声抑制、真空封装等关键技术；开展工程化开发、应用示范和产业化推广；形成具有自主知识产权、质量稳定可靠的部件产品，实现在 X 射线能谱仪、电子显微能谱分析仪等仪器以及同步辐射大科学装置的应用。

考核指标：探测器尺寸  $\geq 30\text{ mm}^2$ ；能量分辨率  $\leq 127\text{eV}$ （Mn K）；探测元素范围 Be-Am；最大输出计数率  $\geq 300\text{kcps}$ （最大输入计数率  $1000\text{kcps}$ ）；窗口材料铍、氮化硅（ $\leq 100\text{ nm}$ ）或无窗。

项目完成时通过可靠性测试和第三方异地测试，平均故障间隔时间 $\geq 5000$ 小时，技术就绪度达到9级；至少应用于2类仪器。明确发明专利、标准和软件著作权等知识产权数量，具有自主知识产权；形成批量生产能力，经用户试用，满足用户使用要求。

### **2.30 高通量生物样品真空传递装置**

研究内容：开发高通量生物样品真空传递装置，突破小样品精细操作、真空低温精密运动、低温样品镀膜等关键技术，开展工程化开发、应用示范和产业化推广，形成具有自主知识产权、质量稳定可靠的部件产品，实现在透射电镜和扫描电镜等仪器中的应用。

考核指标：最低存储温度 $\leq -160^{\circ}\text{C}$ ；真空度 $\leq 5 \times 10^{-4}\text{Pa}$ ；运动精度 $\leq 100\mu\text{m}$ ；样品存储数量 $\geq 12\text{ grids}$ ；镀膜真空度 $\leq 4\text{Pa}$ ；镀膜样品台温度 $\leq -160^{\circ}\text{C}$ 。项目完成时通过可靠性测试和第三方异地测试，平均故障间隔时间 $\geq 5000$ 小时，技术就绪度达到9级；至少应用于2类仪器。明确发明专利、标准和软件著作权等知识产权数量，具有自主知识产权；形成批量生产能力，经用户试用，满足用户使用要求。

### **2.31 深地声学探测器**

研究内容：开发具有耐高温、耐高压、高性能和高稳定性的声学探测器，突破耐高温高压材料调控、小体积低频宽带结构以及界面粘接机理和工艺等关键技术，开展工程化开发、应用示范和产业化推广，形成具有自主知识产权、质量稳定可靠的部件产

品，实现在三维远程声波检测仪、深地超声成像测井仪等仪器中的应用。

考核指标：单极换能器（长度伸缩）：工作频带 5~20kHz，最高耐温  $\geq 260\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，最高耐压  $\geq 200\text{MPa}$ ；偶极换能器（弯曲振动）：工作频带 1~4.5kHz，最高耐温  $\geq 230\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，最高耐压  $\geq 172\text{MPa}$ ；多极接收器：工作频带 1~20 kHz，最高耐温  $\geq 230\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，最高耐压  $\geq 172\text{MPa}$ ；超声换能器：工作频带 250~700kHz，最高耐温  $\geq 205\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，最高耐压  $\geq 172\text{MPa}$ 。项目完成时通过可靠性测试和第三方异地测试，平均故障间隔时间  $\geq 5000$  小时，技术就绪度达到 9 级；至少应用于 2 类仪器。明确发明专利、标准和软件著作权等知识产权数量，具有自主知识产权；形成批量生产能力，经用户试用，满足用户使用要求。

### 2.32 太赫兹超导混频器

研究内容：开发太赫兹超导混频器，突破超导混频器芯片设计与制备、超导混频器与低温低噪声放大器集成、一维相干探测接收机阵列集成等关键技术，开展工程化开发、应用示范和产业化推广，形成具有自主知识产权、质量稳定可靠的部件产品，实现在太赫兹频谱仪、太赫兹安检仪和射电天文接收机等仪器中的应用。

考核指标：探测器中心频率 0.1~0.3THz；中频带宽  $\geq 5\text{GHz}$ ；噪声温度  $\leq 7$  倍量子噪声；动态范围  $\geq 30\text{dB}$ ；像素  $\geq 1\times 10$ 。项目完成时通过可靠性测试和第三方异地测试，平均故障间隔时间  $\geq$

5000 小时，技术就绪度达到 9 级；至少应用于 2 类仪器。明确发明专利、标准和软件著作权等知识产权数量，具有自主知识产权；形成批量生产能力，经用户试用，满足用户使用要求。

## 二、科研试剂

### 3. 高端化学试剂研制

#### 3.1 高端战略性稀土试剂

研究内容：利用我国储量丰富的稀土资源，研制高纯度稀土氧化物，水合/无水稀土卤化物及类卤化物；水溶性稀土有机金属配合物，稀土烷基、胺基、氢化物及硼氢化物等试剂；手性稀土有机配合物试剂，开发具有我国自主知识产权的稀土金属有机试剂和手性稀土配合物试剂，满足科研领域对高端稀土试剂的需要，实现稀土战略资源在科研试剂领域的高值化、多功能化，发展经济可行性合成工艺，实现原创试剂的批量化制备。

考核指标：开发稀土氧化物、卤化物及类卤化物等基础稀土试剂的高纯度制备方法 & 工艺，形成不少于 10 种高纯度氧化物及卤化物的规模化制备能力，其中包含不少于 5 种超低放射性高纯稀土化合物（纯度不低于 99.99%，比活度低于 0.2 Bq/g，敏感金属杂质含量 < 0.03 ppm）公斤级合成技术；开发 5~7 类胺基及烷氧基等稀土金属有机化合物（单一稀土纯度不小于 99.9%）制备技术，完成公斤级合成工艺路线；开发 5~7 类优势手性稀土有机配合物试剂（纯度  $\geq 98\%$ 、 $\geq 99\%$  ee），完成克级到十克级规模合成工艺，建立质量控制标准，并实现在高效催化合成反应中的应

用。

### 3.2 高端/高值有机光电功能试剂

研究内容：针对有机光电功能材料研究对高端专用化学试剂的重大需求，发展针对有机光电器件制备专用溶剂的批量化提纯技术，针对由我国自主研发、性能优异的有机光电材料，发展关键试剂（如：共轭硼试剂、共轭锡试剂、关键中间体试剂及目标功能材料）的低成本、批量化制备与提纯技术，研究上述各类专用试剂中杂质的检测方法并形成相应的质量控制标准，利用原创试剂有力支撑有机光伏、场效应晶体管、热电等方面的基础与产业化研究，抢占这一重要领域的技术制高点。

考核指标：针对各类有机光电器件制备专用的超干、高纯溶剂，获得具有自主知识产权的提纯技术，明确杂质的来源并将其控制到检测限以下，水含量 $\leq 50\text{ppm}$ ，溶剂类型 $\geq 10$ 种，达到进口溶剂同等水平的高性能光电器件制备；针对我国自主研发、性能优异的有机光电功能分子、界面修饰试剂和光交联剂如 PM6、ITIC、Y6、DPP 等材料及其衍生物，获得相应的锡试剂、硼试剂、关键中间体及目标材料的宏量制备和提纯技术（试剂类型 $\geq 100$ 种，纯度 $\geq 99\%$ ）；解决有机光电功能高分子试剂的批次差异问题（批次间的重均分子量差异 $\leq 10\%$ 、多分散指数差异 $\leq 20\%$ 、试剂的光电性能指标差异 $\leq 5\%$ ）；申请专利 30 项，建立行业/企业标准 6 项。

### 3.3 高端元素有机试剂

研究内容：利用我国已经形成的基础有机硅、有机硼、有机磷等产业优势，开展广泛应用于有机与高分子合成等的硅、硼、磷类的高端元素有机试剂的高效合成方法和高纯度批量制备技术研究，研发具有自主知识产权的高端和新型原创元素有机试剂，特别是用于特种有机反应、药物合成、新型高性能有机无机杂化材料和高分子材料创制的系列高纯有机硅试剂、有机磷试剂和有机硼试剂等，促进高价值元素有机试剂实现自主可控，推动其在信息、微电子、特种制药和高性能新材料等领域的创新研究和应用示范。

考核指标：建立包括系列特定结构的有机硅、有机硼、有机磷等在内的重要元素有机试剂的绿色高效合成方法。硅、硼、磷每种元素各开发 3 种以上（共 10 种以上）氢化物及元素—元素键新试剂；建立高效、高选择性实用合成体系，发展合成工艺，突破 8 项以上高纯度（ $\geq 99\%$ ）批量制备（百克级）的关键技术，建立批量制备能力和质量控制标准。形成自主知识产权体系，申请发明专利 15 项以上。

#### **4. 应用于重大疾病诊断的生物学试剂创制与应用**

##### **4.1 体外快速诊断发光免疫自测试剂**

研究内容：面向疾病自测应用，研发具有自主知识产权的低/无背景信号干扰的多重发光标记物，开发多重发光标记物的宏观可控制备技术；基于新型发光过程和化学传感原理，发展多重发光免疫定量联检与体外快速诊断结合新技术；形成具有先进性能

指标的体外自测试剂盒，实现新型检测技术在免疫快速检测应用中的突破，满足肾病等慢性病和术后感染等对于居家自测和预后评估的重大需求。

考核指标：完成发光免疫自测试剂核心原材料——多重发光微球的研制：发光微球通过发光信号时空分辨进行多重编码，获得 $\geq 12$ 种不同信号；为了更好地消除多重信号之间干扰，发光寿命范围涵盖纳秒到秒，每个工作波长信号相差大于 70nm；发光微球的尺寸范围为 50~500nm 可调，尺寸分布标准差小于 5%；建立具有多重发光标记微球的宏量制备技术，实现 1 升体积发光微球水溶液的量产（10 克量级；对应>1000 万人份试剂）及常温保存；实现发光免疫联检自测试剂应用示范：实现便捷（单次加样、一次性操作、不少于 1 cm $\times$ 1 cm 大面积信号区域的单次采集）、快速（<10min）、多指标（不少于 6 项）时空分辨定量自测；完成医疗器械产品报证审批：新型发光免疫诊断联检试剂盒申请获得 1~2 项药监局批准证书。

#### 4.2 高稳定等温扩增核心酶及高灵敏配套试剂开发及应用

研究内容：针对等温扩增核心酶被国外垄断的现实困境，建立具有自主知识产权的等温扩增技术，研制高稳定等温扩增系统及高灵敏试剂。开发专用型等温扩增引物、探针设计软件，通过核心酶基因挖掘、分子改造创制性能优良的核心酶新基因，攻克核心酶制备及量产技术，建立反应体系优化平台，研制高灵敏核酸检测试剂盒、高值耗材及检测单元，实现试剂可常温运输与存

储。促进临床分子诊断技术应用重心下移，在床旁诊断、战地医疗以及居家检测方面形成示范应用。

考核指标：研发包括逆转录酶、Bst DNA 聚合酶和 RNA 酶抑制剂等在内不少于 5 种等温扩增核心原料；开发具有自主知识产权专用引物设计软件 1 个，建立高通量筛选平台和试剂组分优化平台；完善核心酶的可控批量制备及量产工艺，批间差小于 5%，无核酸酶等杂酶残留；研发高灵敏等温扩增法检测试剂盒不少于 5 种，检测限低于 300 copies/mL；建立试剂冻干技术及量产工艺 1 套，日产能不低于 100 万人份，冻干后试剂性能达到液体试剂 90%以上，批内 CV ≤ 3%；开发基于微流控技术的高值耗材，手持式及台式检测单元，实现“样本进结果出”，并完成 3 家以上单位应用示范。获得不低于 2 个医疗器械产品注册证。

#### 4.3 质谱流式细胞仪配套试剂研制

研究内容：针对质谱流式细胞仪配套试剂在复杂疾病的细胞生物学机制解析、疾病的精准分型和诊断等方面应用面临的灵敏度和生物兼容性问题，攻克单个生物分子上标记多个原子的技术，提高元素标记探针试剂的响应信号强度，研制具有自主知识产权的、满足于单细胞质谱流式检测的元素标记试剂；优化负载标记元素的骨架分子的水溶性和生物兼容性，提高试剂用于细胞分析的性能，细胞检测的灵敏度和信噪比等性能优于国外同类试剂；进行元素标记配套试剂性能、稳定性、可靠性评价，研究和制定适合我国市场的元素标记配套试剂盒标准以及仪器—试剂一体化

标准操作程序，建立标准化、规模化制备方法与使用流程；在生命医学领域开展元素标记配套试剂的应用示范。

考核指标：开发 30 种以上针对生物医学领域关注的单细胞表面蛋白质标志物的元素标记探针，灵敏度满足单细胞分析的需求；研制不少于 10 个实际生物环境领域场景的检测项目，用于配套质谱流式细胞仪分析工作；建立元素标记生物分子的标记和纯化工艺 1~2 种，产物纯度达到 90% 以上，完成试剂研发工艺文件 1 套（包括标记技术工艺及纯化工艺）；建立稳定可靠的性能评价体系，形成产业化制备能力。通过产学研用合作，完成元素标记配套试剂的应用示范 3 项。

#### 4.4 先进高场磁共振设备高分辨影像试剂研究开发

研究内容：拟针对现有磁共振诊断试剂在高场下灵敏度低的难题，研发具有原始创新性的先进高场磁共振影像试剂，发展在体、实时、无创成像的新技术；为国产高端磁共振设备提供具有完全自主知识产权的高分辨率影像试剂，实现高场磁共振影像在生物医学应用的新突破，满足重大疾病微小病灶早期成像以及疾病区域血管等精细组织成像的重大需求；建立评估高场磁共振诊断试剂的生物安全性评价机制，建立试剂量产质控体系和标准品，推进其向临床转化。

考核指标：研发 3~5 种高性能磁性纳米材料并实现公斤级量产，在 7T 以上的高场条件下，试剂的横向弛豫率与纵向弛豫率比值 ( $r_2/r_1$ )  $\leq 1.5$ ；试剂在水相中保持稳定分散时间不少于 1 年。

作为高场磁共振影像试剂，其在磁共振成像应用中应达到接近组织病理学检测水平的诊断灵敏度，实现接近组织病理学检测水平的诊断灵敏度，对 $<0.3\text{mm}$ 微小肿瘤病灶进行精确成像；对 $<150\mu\text{m}$ 血管可视化，分析疾病部位的血管分布、血管通透性等情况；完成高场磁共振影像试剂在细胞和动物水平的生物安全性评价，建立试剂量产质控体系和标准品。与高端磁共振设备企业合作，尤其是国内企业，形成先进磁共振设备和原创影像试剂集成应用示范。

## **5. 标准物质**

### **5.1 恶性肿瘤及代谢疾病等诊断标志物急需标准物质研究**

研究内容：针对临床检验中恶性肿瘤及代谢疾病等诊断标志物准确测量对高端标准物质的迫切需求，开展肝癌、前列腺癌等肿瘤标志物及代谢疾病标志物的结构表征、蛋白分型、准确定量等共性关键技术研究，研制临床诊断急需高端标准物质；针对血清基质干扰、低丰度蛋白富集效率低等问题，开展诊断标志物参考方法及标准物质互换性评价方法研究，研制肿瘤、代谢疾病及心肌功能障碍等重大疾病标志物血清基体国家标准物质；开展数字化校准系统研究，研制满足临床诊断准确测量需求、具有自主知识产权的肿瘤及代谢疾病等质控品、校准品；开展新生儿代谢功能缺陷诊断指标高准确定值技术和干血斑标准物质研究，实现新生儿筛查试剂标准化；开展蛋白质类诊断标志物参考实验室网络研究，建立参考测量系统，开展检验医学标准化、规范化研究，

为诊断试剂质量的可靠提供保障。

考核指标: 研制可溯源至 SI 单位的肿瘤及代谢疾病等国家标准物质 30 项, 其中国家一级标准物质  $\geq 10$  项, 小分子纯度标准物质不确定度  $\leq 2\%$ , 蛋白质纯品标准物质不确定度  $\leq 8\%$ , 小分子基体标准物质不确定度  $\leq 6\%$ , 蛋白质类基体标准物质不确定度  $\leq 15\%$ ; 研制可溯源至 SI 单位的新生儿筛查干血斑国家标准物质 2 项, 特性量  $\geq 20$  个, 其中氨基酸类特性量的不确定度  $\leq 12\%$ , 肉碱类特性量的不确定度  $\leq 18\%$ ; 研制用于检测试剂质量控制的识别抗体国家标准物质 2 项, 不确定度  $\leq 10\%$ ; 开发具有溯源性并获得医疗器械注册证的肿瘤及代谢疾病等标志物的临床质控品或校准品 50 项; 构建数字化校准系统 1 套, 至少在 2 个分析检测系统中开展示范应用; 攻克检验医学标准物质制备、定值、糖蛋白分型、精准表征等共性关键技术或方法 5 项; 建立蛋白质类诊断标志物参考实验室网络系统 1 项; 制定国家技术规范或国家标准 2 项; 申请专利 5 项; 标准物质相关技术参加或组织国际计量比对 2 项, 并取得等效互认。

## 5.2 新兴食品营养与质量安全标准物质研制

研究内容: 针对全民健康与精准化营养相关食品科学研究及产品开发等急需的标准物质, 开展功能酯、活性糖等新兴营养物质的制备纯化、多谱结构表征技术研究; 开展功能酯、活性糖等营养物质高准确纯度定值技术研究, 开展全营养配方等食品中营养素的多目标、高通量精准定值技术研究, 研发自主知识产权的营养素多特

性量国家标准物质；开展可指示食品营养功效的功效评价因子的挖掘筛选与定量技术研究，研制功效评价急需的磷脂、低聚糖等标准物质；开展食品基质中有机磷等新污染物、药物残留等标准物质制备与定值技术研究，研制多特性量食品基体国家标准物质+多谱学数据库；开展加工食品的生产过程危害物的广谱精准识别技术研究，研制乳粉、植物油生产工艺监控和质量评价质控标准物质。

考核指标：甘油酯、低聚糖等标准物质原料制备纯化技术与结构表征技术 10 项以上，制备高纯度原料  $\geq 10$  种，色谱纯度  $\geq 95\%$ ；甘油酯、低聚糖等标准物质定值技术 10 项，可溯源至 SI 单位的国家标准物质 10 项，不确定度  $\leq 4\%$ ；全营养配方等食品中多组分营养素精准定值技术 10 项，可溯源至 SI 单位的多特性营养成分国家标准物质 10 项，特性量  $\geq 40$  个，不确定度  $\leq 12\%$ ；磷脂、低聚糖等功效评价因子挖掘筛选模型 5 套，营养功效评价急需国家标准物质  $\geq 10$  项，不确定度  $\leq 10\%$ ；有机磷等污染物、药物残留等多谱高效定值技术 2 套，可溯源至 SI 单位的多特性量国家标准物质  $\geq 10$  项，不确定度  $\leq 10\%$ ，标准物质多谱数据信息库 1 个；乳粉、植物油中的氯丙醇酯等危害物的广谱精准识别与准确测量技术 10 项，研制质控标准物质 20 项，不确定度  $\leq 15\%$ ；组织/参加国际比对或相关能力验证，实现等效互认 3 项；发明专利 5 项。

### 三、实验动物

#### 6. 实验动物资源创制与评价

##### 6.1 实验动物新品种、新品系开发与评价

研究内容：基于水生动物（红鲫、斑马鱼等）、农业动物（鸭、羊、羊驼等）和人工驯养野生动物（大林姬鼠、棕背䟽、布氏田鼠等）等动物资源，采用动物种群生物学和种群基因组学技术，开展实验动物化培育与应用研究。利用人工驯化、饲养繁育、品种鉴定、资源保存等技术，培育实验动物新品种、新品系。建立上述新型实验动物的生物学数据库和生物样本库，实现创建的实验动物资源与现有国家实验动物资源库的整合。

考核指标：开发出 5~8 种实验动物新品种、新品系，制定饲养繁育、资源保存和质量评价等相关标准 30~50 个，完成病原学、遗传学等检测技术 20~30 项。建立实验动物新品种、新品系的生理生化、免疫学、组织学等生物学特性指标数据库，建立包含分子、细胞和组织等的生物样本库，实现创建的实验动物资源与现有国家实验动物资源库的整合。

## **6.2 小鼠、小型猪等工具型实验动物模型创制与关键技术研究**

研究内容：围绕人源免疫系统重建、组织器官移植以及人体肠道菌群与疾病等研究领域，利用小鼠、小型猪等开展免疫缺陷实验动物和无菌实验动物模型创制的关键技术体系研究。建立免疫缺陷工具型实验动物模型，用于重建人源免疫系统、解析组织器官移植机制、开展人体肠道菌群与疾病的相关性研究，以及相关药物研发和安全性评价。通过图像数据融合，全面、精准解析上述实验动物模型的影像结构与功能信息，开展病理学图谱与评价体系研究。开发上述实验动物模型的生物学数据库和生物样本

库,实现创建的实验动物模型与现有国家实验动物资源库的整合。

考核指标: 完成 8~10 种单一或多因子同步人源化的小鼠、小型猪等免疫缺陷实验动物模型,阐明其在人源免疫系统重建、组织器官移植的应用原理并建立技术指标,建立和完善免疫缺陷实验动物模型的生理生化、免疫学、病理学检测技术以及评价技术体系。完成不少于 10 种基于无菌实验动物的人体肠道菌群相关疾病实验动物模型,建立和完善无菌小鼠、小型猪等实验动物创制和评价技术体系,以及人体肠道菌群相关疾病实验动物模型的技术指标和评价体系。建立上述实验动物模型的生物学数据库和生物样本库,实现创建的工具型实验动物模型与现有国家实验动物资源库的整合。

### **6.3 肿瘤、免疫性和神经退行性疾病基因编辑实验动物模型研发**

研究内容: 针对恶性肿瘤、免疫性疾病和神经退行性疾病等重大疾病,以小鼠、大鼠和小型猪等实验动物为载体,利用基因编辑技术,研发能够准确模拟疾病发生的遗传模式和临床表现的实验动物模型。开展表型组学和功能基因组学分析。通过图像数据融合,全面、精准解析上述实验动物模型的影像结构与功能信息,建立相关疾病实验动物模型不同阶段典型的病理学图谱库。建立相关疾病实验动物模型生物学数据库和生物样本库,为阐明相关疾病发病机制、验证新的诊治方法和药物研发提供基础条件。

考核指标: 创制 10~15 种精准模拟恶性肿瘤、免疫性和神经

退行性疾病遗传特性和临床表现的基因编辑实验动物模型，并通过药物试验等验证实验动物模型。建立能够从分子、组织、器官、动物水平解析相关实验动物模型动态演变规律以及病理学机制的评价体系，解析不少于 5 种疾病的发病机制。建立相关疾病实验动物模型生物学数据库和生物样本库，实现创建的实验动物模型与现有国家实验动物资源库的整合。

#### **6.4 呼吸系统慢性疾病实验动物模型研发**

研究内容：针对慢阻肺、肺纤维化等重大慢性疾病，利用基因编辑、物理干预或化学诱导等技术，研发上述疾病系列化实验动物模型，用于多维度解析相关疾病发生机制、评价新型诊疗技术产品等。建立相关疾病实验动物模型的不同阶段典型病理学图谱库，并通过图像数据融合，全面、精准解析实验动物模型的影像结构与功能信息，建立相关疾病实验动物模型生物学数据库和生物样本库，为阐明相关疾病发病机制、验证新的诊治方法和新药研发提供基础条件。

考核指标：创制 8~10 种不同理化因素诱发的重大慢性疾病实验动物模型和 8~10 种基因编辑的重大慢性疾病实验动物模型及其制备技术体系。建立和完善相关疾病实验动物模型的生理生化、免疫学、组织功能、整体表征和动物行为学指标体系以及病理学评价体系。建立相关疾病实验动物模型生物学数据库和生物样本库，实现创建重大慢性疾病实验动物模型与现有国家实验动物资源库的整合。

#### **6.5 灵长类实验动物资源利用关键技术研发**

研究内容：围绕灵长类实验动物保种、育种及其生物样本资源建设和高效利用等方面，利用辅助生殖技术及优化繁育技术，开展灵长类实验动物规范化选育和繁育技术研究；开展灵长类实验动物分子水平遗传鉴定关键技术研究，建立灵长类实验动物亲权信息高准确度的快速检测方法；开展灵长类实验动物生物样本资源建设，聚焦资源采集、保存、共享等方面共性关键技术，研发细胞株构建与保存技术，组织、器官等生物样本采集与保存及信息追溯技术，建立灵长类实验动物生物样本库；开展高品质 SPF 级灵长类实验动物构建和质量控制共性关键技术研究。

考核指标：建立优化灵长类实验动物繁育技术 1~2 项，显著提升繁育效率，实现全人哺乳幼猴成活率 85% 以上，形成高质量重要技术标准 5~10 项。建立具有国际先进水平的灵长类实验动物个体识别遗传标记技术 1~2 项，实现对灵长类实验动物个体进行快速识别、亲权鉴定和终身跟踪鉴定。研发形成灵长类实验动物生物样本（组织、器官等）采集、保存、共享等方面共性关键技术及信息追溯技术，形成重要关键技术标准不少于 30 项，形成完整的技术规范体系；建立灵长类实验动物生物样本库（包括脑、心、肝等不同组织器官样本库、细胞库和 DNA 数据库），保存不少于 8 个品种的生物样本，组织样本不少于 20000 份、DNA 样本不少于 4000 份、细胞系不少于 20 株。构建 3 个品种的高品质 SPF 级灵长类实验动物种群，建立 SPF 级灵长类实验动物种群及质量控制共性关键技术标准

5~10 项。

## **7.实验动物应用保障体系建设**

### **7.1 实验动物共性关键质量评价技术标准研究**

研究内容：围绕实验动物饲养繁育、运输、福利伦理保障、无害化处置、生物安全、质量控制等方面，开展共性关键技术标准研究，建立并完善相关技术标准体系。聚焦基因编辑、无特定病原体级和无菌级实验动物，开展遗传、微生物、饲养和环境等因素对动物生物学特性影响的研究。分析质量控制要求，建立质量检测技术体系，形成技术标准规范。

考核指标：新建立实验动物饲养繁育、运输、福利伦理保障、无害化处置、实验室及环境生物安全、质量控制等标准 30 项。鉴定 10 种以上实验动物携带的微生物谱系，完成不少于 30 种病原微生物对实验动物生物学特性的影响研究，形成不少于 30 项基因编辑、无特定病原体级和无菌级实验动物质量检测和质​​量控制技术标准。完成 10 种以上高致病病原动物实验的生物安全控制技术风险性研究，形成 10 种以上实验动物自身携带病原微生物的生物安全风险​​评估技术标准。建立动物实验生物安全控制的标准 1 项，并获得国家标准立项，建立实验动物进出口检疫的标准 1 项，建立实验动物福利伦理相关标准 1 项。

### **7.2 基于化妆品和生物制品等产品检验的动物实验替代技术研究**

研究内容：以化妆品原料或成品、生物制品等为目标，参照

我国《化妆品安全技术规范》和国际经济与发展合作组织(OECD)有关技术指导原则,开展相关产品成品或原料的动物实验替代方法研究与验证研究,并制定相关技术规程。在对验证后的动物实验替代方法的可重复性、可转移性和可操作性进行评价的基础上,为方法纳入相关技术规程并推广应用奠定基础。

考核指标:通过自主研发或依据 OECD 技术指导原则进行方法转移,完成 5~8 种适用于化妆品原料或成品、生物制品等产品安全性评价的动物实验替代方法,并制定 5~8 项相关技术规程。每种方法需按照国际替代方法验证指南有关要求经过国内 4~5 家具有毒理学检测资质的实验室验证,以证明动物实验替代方法的适用性。建立化妆品原料或成品的人体健康风险整合测试与评估技术方法不少于 3 种,建立动物实验替代方法相关标准不少于 3 项。

### 7.3 实验动物专用设备创新研制

研究内容:围绕实验动物资源创制、生产和应用,支持研制实验动物智能化和自动化专用设备。研发满足高等级动物生物安全实验室要求的动物实验隔离装置、动物危废处置以及配套消毒设备等关键技术设备,并开展示范应用。

考核指标:研发 3~5 种具有自主知识产权、用于实验动物生产与使用全生命周期的自动化和智能化设备。研发 2~3 种具有自主知识产权、满足高等级动物生物安全实验室要求的隔离、危废处置、消毒等高附加值动物实验设备。完成相关设备在不少于 10 家机构的示范应用。形成相关设备质量评价技术标准 10~20 个。形成适用

于实验动物生产和动物实验高端设备研发的技术解决方案。

#### **四、科学数据**

### **8. 科学数据分析挖掘技术与集成平台**

#### **8.1 面向先进光源的全生命周期科学软件系统研制及应用**

研究内容：面向先进光源对全生命周期自主可控科学软件系统的迫切需求，研发先进光源全生命周期的实验控制、数据获取软件框架和系统，支持多样性实验过程控制及高通量、多模态数据采集；研发面向科学数据全生命周期的数据管理软件框架和系统，实现先进光源科学数据及元数据的管理、利用和共享标准化；研究领域内实时计算、高通量计算、海量数据挖掘等多种计算模式，研制先进光源领域的科学数据分析软件框架，支持先进光源学科分析软件和算法集成，实现高通量数据实时处理和海量数据离线分析；发展光源前沿实验方法的算法与分析软件，构建先进光源领域大科学装置多设施协作、完善的软件生态环境。

考核指标：构建面向先进同步辐射光源的自主可控的全生命周期科学软件体系，包含先进光源实验过程控制和数据采集软件框架、科学数据管理软件框架、科学数据分析软件框架各 1 套；数据处理的峰值速度达到 1Tb/s；研制不少于 10 项先进光源的学科性算法或分析软件，实现人工智能技术在智能化实验控制、高通量数据筛选、海量数据压缩、动态图像处理、多模态特征提取等方面的应用不少于 5 项；研发成果在我国不少于 4 个先进光源类大科学装置及相关科学数据中心部署，其中光源实验控制和数

据采集软件框架和系统不少于 10 套，科学数据管理软件框架和系统不少于 4 套，科学数据分析软件框架和系统不少于 10 套；形成相关专利与软件著作权。

有关说明：项目下设的课题数不超过 5 个，项目参与单位总数不超过 10 家。项目申报单位为项目实施所能提供数据支持的数据资源量不低于 25PB。如申请单位自身没有指南要求的数据量和类型，应与国内相关科学数据中心签署软件部署的应用协议。项目研发的软件须符合国家对软件测试的相关标准，考核方式为第三方评测。项目研发过程须符合国家有关数据安全的法律法规。

## **8.2 空间科学大数据智能管理与分析挖掘关键技术及应用**

研究内容：面向空间科学领域数据创新应用环境发展需求，研究空间科学数据治理技术体系，突破空间科学数据的高效汇聚、融合管理与协同计算技术，建立覆盖全生命周期的空间科学大数据管理软件系统；研究基于空间科学大数据的特征识别、关联分析与动态建模技术，构建面向太阳物理、空间环境、行星科学等学科数据分析挖掘的专用软件工具集；研究语义与特征相结合的数据智能检索技术，实现跨学科、多模态空间科学数据快速综合检索；有关软件工具在科学数据中心进行落地部署并开展应用示范，推动领域科研范式转型。

考核指标：建立空间科学大数据管理软件系统 1 套，实现对 PB 级多源、异构空间科学数据的全生命周期管理能力；形成太阳活动特征识别与建模分析软件工具集 1 套，在 TB 级规模数据上

完成关键特征识别不超过 6h，识别准确率高于 80%；形成近地空间环境数据重构与关联分析软件工具集 1 套，重构计算模型经纬度分辨率优于 5 度，支持不少于 3 类空间环境事件的关联分析；形成行星数据数字制图与演化分析软件工具集 1 套，对行星地形地貌特征自动识别准确率高于 90%；研发多源多模态空间科学数据智能检索软件 1 套，对十万级数据对象的特征检索达到秒级响应；形成相关专利与软件著作权；研发的软件与系统在相关科学数据中心部署，并在相关科研团队推广应用，应用示范单位不少于 20 家。

有关说明：项目下设的课题数不超过 5 个，项目参与单位总数不超过 10 家。项目申报单位为项目实施所能提供数据支持的数据资源量不低于 300TB。如申请单位自身没有指南要求的数据量和类型，应与国内相关科学数据中心签署软件部署的应用协议。项目研发的软件须符合国家对软件测试的相关标准，考核方式为第三方评测。项目研发过程须符合国家有关数据安全的相关法律法规。

### **8.3 海量多波段天文数据融合关键技术与科学应用**

研究内容：研究海量天文数据高性能索引技术，优化存取性能，提升面向大视场的大数据检索效率；研究多波段天文数据实时交叉证认及置信度估计方法，提升多波段数据融合的准确性及时效性；研究异构多波段数据的组织、管理及可视化的标准框架，构建多波段参考数据库；面向时域天文海量多波段数据融合的科学需求，研发异构计算架构下存储、计算、软件环境统一调度应

用框架。

考核指标：形成天文大数据科研云系统软件 1 套。实现计算与数据的协同调度，支持异构计算架构下科研应用环境的自动化部署；实现海量天文数据高性能索引方法，单一数据文件划定与定位时间不超过 10 毫秒；实现多波段数据实时交叉证认方法，十亿级星表一百平方度天区内单次交叉证认时间不超过 10 秒；实现多波段存档数据导入工具，数据注入速度不低于 10 GB/分钟；构建完成多波段参考数据库，波段范围至少涵盖光学、红外、射电、紫外、X 射线、 $\gamma$ 射线等，各波段数据的天区覆盖率不低于 75%；科研云系统软件对参考数据库的并发检索处理速度不低于 1000 个/秒；形成相关专利与软件著作权，完成科研云系统软件在相关科学数据中心实际部署，并在相关科研团队推广应用，应用示范单位不少于 10 家。

有关说明：项目下设的课题数不超过 5 个，项目参与单位总数不超过 10 家。项目申报单位为项目实施所能提供数据支持的数据资源量不低于 500TB。如申请单位自身没有指南要求的数据量和类型，应与国内相关科学数据中心签署软件部署的应用协议。项目研发的软件须符合国家对软件测试的相关标准，考核方式为第三方评测。项目研发过程须符合国家有关数据安全的法律法规。

#### **8.4 地球表层系统科学数据挖掘与知识发现关键技术与应用**

研究内容：针对地球表层系统科学数据全球性、系统性、开放性和多维、多圈层、多尺度特点，研发支撑地球表层系统科学

数据智能发现、内容挖掘、精准服务、可信共享的关键技术和软件工具；研发基于本体的科学数据发现方法，突破开放地球表层系统科学数据关联网络构建关键技术，构建全球开放地球表层系统科学数据目录；研究多圈层地球表层系统科学数据管理、挖掘与服务方法，突破多圈层关键过程参数生成和知识发现的智能化技术；研发数据与模型的适配方法，突破数据与模型资源的共享与复用关键技术，建设网络共享的地球表层系统科学分析模型库；研发地球表层系统科学协同分析和综合服务平台，针对地球表层系统科学研究、全球变化研究、区域经济社会发展等重大命题，开展应用示范。

考核指标：研发开放地球表层系统科学数据目录与关联网络构建工具集 1 套；研发地球表层系统科学数据管理、挖掘、服务等技术规范或工具集 5 套；研发数据与模型资源共享及复用的技术方法和规范 1 套；构建可广泛共享的地球表层系统科学分析模型库（不少于 3000 个分析模型），为国际相关权威模型协调机构认可；构建地球表层系统科学数据协同分析与综合服务系统 1 个；形成相关专利与软件著作权；研发的分析软件与系统在相关科学数据中心部署，并在相关科研团队推广应用，应用示范单位不少于 5 家。

有关说明：项目下设的课题数不超过 5 个，项目参与单位总数不超过 10 家。项目申报单位为项目实施所能提供数据支持的数据资源量不低于 2PB。如申请单位自身没有指南要求的数据量

和类型，应与国内相关科学数据中心签署软件部署的应用协议。项目研发的软件须符合国家对软件测试的相关标准，考核方式为第三方评测。项目研发过程须符合国家有关数据安全的法律法规。

### **8.5 冰冻圈大数据挖掘分析关键技术及应用**

研究内容：针对冰冻圈冰川冻土沙漠积雪数据的多源多维异构特征，研究冰川冻土沙漠积雪多学科、多尺度时空大数据引擎智能管理关键技术，突破基于多源数据驱动的多尺度冰川冻土沙漠积雪数据智能化融合制备关键技术，研发冰川冻土沙漠积雪数据集自动化生产制备系统软件；研究冰川冻土沙漠积雪关键变量速变智能自动发现及态势演变感知数据工程关键技术；建设冰川冻土沙漠积雪大数据人工智能数据挖掘算法平台，研制冰川冻土沙漠积雪大数据挖掘分析与预测系统软件；构建“数据—模型—计算—决策支持”一体化冰川冻土沙漠积雪科研社区并提供共享服务，在“一带一路”沿线野外台站推广示范应用，并部署在相关科学数据中心开展典型变量速变早期感知预测预警服务。

考核指标：形成冰冻圈冰川冻土沙漠积雪大数据智能管理、冰川冻土沙漠数据积雪产品智能生产、冰川冻土沙漠大数据模型分析深度挖掘与智能预测预警 3 个关键技术体系及系统软件；研制“丝绸之路”沿线典型寒区旱区典型环境要素数据集 1 套，包含不少于 8 种要素，时间序列不少于 20 年，空间尺度优于 5km；发展 1 套冰川冻土沙漠积雪态势感知数据工程技术体系和 1 套云环境下的模型集成框架，研发包括冰川变化、冻融过程、沙漠演

变感知的数据工程技术体系软件 3~5 个；建成 1 套“数据—模型—计算—决策支持”一体化的冰川冻土沙漠积雪科研社区；形成相关专利与软件著作权；研发的分析软件与系统在相关科学数据中心和“一带一路”沿线 10 个野外台站部署，并在相关科研团队推广应用。

有关说明：项目下设的课题数不超过 5 个，项目参与单位总数不超过 10 家。项目申报单位为项目实施所能提供数据支持的数据资源量不低于 20TB。如申请单位自身没有指南要求的数据量和类型，应与国内相关科学数据中心签署软件部署的应用协议。项目研发的软件须符合国家对软件测试的相关标准，考核方式为第三方评测。项目研发过程须符合国家有关数据安全的相关法律法规。

## **8.6 场景驱动的农业科学数据挖掘分析关键技术与应用**

研究内容：面向农业科学数据多层次、多学科、多格式、多物种、多结构特征导致的融合难题，研究农业数据和元数据融合关键技术，构建农业科学数据本体网络，开发农业科学数据融合软件工具；开发场景自适应的农业科学数据自动化挖掘核心框架，研发育种、土评等重要应用场景下的农业科学数据个性分析组件工具，打通数据驱动下分子设计育种的全流程；研究耕地保护、耕地评价等关键自动化技术，实现适宜于中国基本国情的大数据耕地评价和保护分析流程；实现农业科学数据自动化分析挖掘软件在育种场景、土地评价场景和农业绿色发展场景的示范应用。

考核指标：研发 1 套面向农业科学大数据的智能化管理、高

效融合、特征抽取、深度挖掘一体化的在线协同分析引擎 1 套，支持超大规模数据的并发在线交互计算分析能力，并发用户数不少于 100；开发面向育种的基因型、表型和环境型数据挖掘分析工具软件 10 个以上，覆盖育种计算的关键环节；建立基于遥感大数据的耕地评价和保护指标体系及模型各 1 套，研制挖掘分析工具软件 8 个以上，支持耕地评价和保护分析的全流程；研发作物—水—土互作关系挖掘分析工具软件 3 个以上；构建领域本体网络和知识图谱不少于 3 套，面向育种场景、土地评价场景和农业绿色发展等不少于 10 个场景开展农业科学数据自动化分析挖掘软件的示范应用，并在相关科研团队推广应用；形成相关专利与软件著作权；研发的软件工具在相关科学数据中心部署。

有关说明：项目下设的课题数不超过 5 个，项目参与单位总数不超过 10 家。项目申报单位为项目实施所能提供数据支持的数据资源量不低于 600TB。如申请单位自身没有指南要求的数据量和类型，应与国内相关科学数据中心签署软件部署的应用协议。项目研发的软件须符合国家对软件测试的相关标准，考核方式为第三方评测。项目研发过程须符合国家有关数据安全法律法规。

## **8.7 科技文献内容深度挖掘及智能分析关键技术和软件**

研究内容：突破科技文献内容深度挖掘和智能分析的关键技术，开发支撑科技文献知识服务和情报分析所需的自主软件系统；构建嵌入已有知识组织体系的领域科技文献预训练模型，支持领域科技文献内容的深度挖掘利用；突破科技文献内容中通用细粒

度知识对象和专业领域知识的自动标注和提取技术，研发科技文献中短语级、句子级、篇章级知识对象及关系自动标注软件，以及领域知识自动提取软件；研发支撑科技文献智能化知识服务软件，支持科技文献自动分类、智能聚类、可视分析、自动综述和辅助阅读；研发智能情报分析软件工具，支持科研动态监测、关键技术识别、研究评估评价、领域演化分析、合作机会发现等情报分析需求，实现面向产业升级任务的科技能力与行业需求精准对接。

考核指标：构建不少于 8 个领域的科技文献预训练模型，每个预训练模型的领域全文科技文献规模超过 100 万篇，并有效嵌入相关的领域知识组织内容；支持不少于 10 种短语级对象和 7 种句子级对象的自动标注，准确率达到 90%以上；不少于 30 种重要领域知识内容的自动提取，准确率达到 85%以上；开发 8 个智能化知识服务软件，8 个智能情报分析软件工具，达到实用化水平，在 3 个以上科技图书文献机构部署应用，有效满足各类知识发现服务和情报分析需求，显著提升智能化水平及服务产业落地水平；形成科技文献内容挖掘和情报分析方面系列软件著作权和申请专利。

有关说明：项目下设的课题数不超过 5 个，项目参与单位总数不超过 10 家。项目申报单位为项目实施所能提供支持的科技文献资源不低于 50 万条。如申请单位自身没有指南要求的科技文献数据量和类型，应与国内相关文献情报中心或知识服务平台

签署软件部署的应用协议。项目研发的软件须符合国家对软件测试的相关标准，考核方式为第三方评测。项目研发过程须符合国家有关数据安全的法律法规。

## **9. 科学数据自主应用软件**

### **9.1 科学数据自主应用软件开发\***

研究内容：针对多学科、多尺度、多模态的大规模科学数据（包括但不限于科技文献、语音、图像、文本、数值等），研究智能分析挖掘、多模态数据联合分析和软硬件协同挖掘加速方法，突破海量多源数据智能关联分析、识别、追踪、表达技术，发展面向应用场景的自适应科学数据分析算法、模型，研发面向产业升级任务的科学数据与行业需求精准对接系统、领域知识智能挖掘引擎及关键组件和科技文献深度聚类模型及软件工具，突破海量数据与文献、领域知识体系在内容、知识等多层面的智能化自关联技术，形成具有自主知识产权的分析工具、软件或软件系统，并在相关科学数据中心、文献情报中心、知识服务平台或科技产业对接平台开展示范应用。

考核指标：技术和性能指标由申报单位自主设定，应用指标须明确学科领域和具体示范单位，成果产出（论文、专利、软著等）须明确具体数量。

有关说明：该方向为青年科学家项目，拟支持不超过 6 项，经费总额不超过 1200 万元；青年科学家项目不再下设课题，项目实施周期 3 年，项目参与单位总数不超过 3 家。项目申报单位

应该具有为软件开发提供支持的数据资源。如申请单位自身没有研发所要求的数据资源，应与国内相关科学数据中心、文献情报中心或知识服务平台签署软件部署的应用协议。项目研发的软件须符合国家对软件测试的相关标准，考核方式为第三方评测或同行专家评审。项目研发过程须符合国家有关数据安全的法律法规。

上海海洋大学 shfu