

进一步加强科学仪器自主研制 助力“率先行动”计划深入实施

中国科学院条件保障与财务局

科学仪器创新研制是科技创新的重要基础和保障，是进行原始创新的关键要素之一。中国科学院（简称“中科院”）作为科技国家队，由于自身科研活动的巨大需求，长期高度重视科学仪器自主研制工作，是我国科学仪器研制工作的先行者，其研制成果不仅有力地支撑了前沿科学研究，在国家重大科学仪器研制专项中也发挥了排头兵和主力军的作用。通过多年的科学仪器研制工作，中科院探索并制定了一系列卓有成效的管理办法，积累了丰富的管理经验。面对新时代提出的新要求，为助力“率先行动”计划的深入实施，有必要对中科院科学仪器研制组织管理工作进行梳理总结，分析新时代面临的机遇与挑战，推进体制机制改革创新，进一步加强科学仪器自主研制，解决我国科学仪器核心技术受制于人的问题。

1 面临的机遇与挑战

党的十九大指出了新时代我国发展的新需求、世界科技发展的新态势、全球创新发展的新格局。随着中科院“率先行动”计划的深入实施，取得前瞻性基础研究创新成果，突破战略必争领域重大关键核心技术研发，解决“卡脖子”问题，都需要借助强有力的工具。科学仪器不仅是不可或缺的重要工具，而且是应用需求和技术突破的重要结合点。在内在驱动和外在需求的双重推动下，中科院的科学仪器研制工作既面临新时代的历史

机遇，也面临着严峻的挑战。

1.1 科技发展带来的机遇和挑战

从科学仪器的发展历程可以发现，科技的快速进步会为科学仪器带来跨越式的发展。如电脑的出现实现了科学仪器的智能化；DSP（数字信号处理）芯片使得现代科学仪器在硬件层面具有了数字功能，大大提高了科学仪器的处理速度；CCD（电荷耦合器件图像传感器）的出现使得科学仪器的图像采集功能更加强大，同时成像速度和质量都有了质的飞跃；半导体激光器让精密光学仪器有了突飞猛进的发展；KBBF（氟代硼铍酸钾）晶体材料的成功制备及在此基础上发展的深紫外激光技术，为成功研制出一系列深紫外前沿科研装备并开展创新性科学研究提供了可能。

同时，各类先进技术的高速发展也对科学仪器研制工作带来了严峻的挑战，为科学研究专门搭建的仪器平台面临很快被淘汰的可能，研发人员也需要不断地更新自己的知识结构以保持研制科学仪器的先进性。如用于基因测序的各种高性能PCR（聚合酶链式反应）扩增仪、点样仪、测序仪层出不穷，基因测序效率的提高从以年计时提高到以天计时，耗费巨资构建的测序平台可能刚刚完成建设即被淘汰；随着信息技术的发展，微电子的加工能力从20 nm快速推进到7 nm，并在继续向5 nm及以下推进，目前5 nm以下的加工设备还在研制中，对应的用于工艺和结构检测的各类科学仪器设备研

执笔人：牟乾辉，陈代谢，张红松，曹凝

制也将面临巨大挑战。

1.2 国家需求带来的机遇和挑战

《中国制造 2025》提出通过“三步走”实现制造强国的战略目标，规划用 3 个 10 年左右的时间，完成从制造业大国向制造业强国的转变。要求到 2025 年，自主知识产权高端仪器设备市场占有率大幅提升，核心技术对外依存度明显下降，基础配套能力显著增强，重要领域设备达到国际领先水平。提出组织实施大型飞机、航空发动机及燃气轮机、民用航天、智能绿色列车、节能与新能源汽车、海洋工程设备及高技术船舶、智能电网成套设备、高档数控机床、核电设备、高端诊疗设备等一批创新和产业化专项、重大工程。这些专项和工程的顺利完成大都高度依赖高端的科学仪器设备和核心关键技术的突破，而中科院通过多年仪器研制工作所积累的设备和技術將發揮重要作用，如：高温分析与测试设备可应用于航空发动机及燃气轮机；轨道实时监测设备应用于智能绿色列车；海洋监测仪器应用于海底探测海洋工程；智能电网成套设备应用于分布式能源网络系统；自动化技术应用于高档数控机床；核分析技术应用于核电设备；高端诊疗技术应用于医疗设备等。

1.3 市场经济带来的机遇和挑战

十九大报告突出强调了创新是引领发展的第一动力，是建设现代化经济体系的战略支撑，明确了科技创新的发展目标和战略任务，即到 2035 年跻身创新型国家前列，到 2050 年建成世界科技强国，要求强化基础研究、加强应用基础研究。目前，我国的科学仪器市场仍处于被国外仪器公司垄断的局面，商品化的科学仪器对科研创新的局限性将随着科研水平的不断提高而变得越发明显，突破核心关键技术、自主研制科学仪器、解决创新研究受制于人的问题，具有重要的战略意义。例如，条纹相机是同时具备能够测量超短时间分辨（皮秒—飞秒）与高空间分辨（微米）的唯一高端科学仪器，是探究超快过程发生的必要手段；

而美国对我国全面封锁和禁运该类产品，日本非常苛刻地有限提供，德国供货条件苛刻且性能有限。中科院和财政部前瞻性组织部署中科院西安光学精密机械研究所开展高性能条纹相机研制，自主创新突破关键核心技术，成功研制出系列化高性能条纹相机。

然而，我国科学仪器设备产业化基础薄弱，自主研制的关键部件和科学仪器刚研制成功即被国外公司降价倾销所打压，科学仪器大量依赖进口的局面始终没被打破。科研院所的评价体系也不利于技术团队对研制仪器进行工程化开发和产业化推广，自主研制关键部件和科学仪器在发展初期存在缺乏竞争优势、缺少政策扶持、缺少发展环境的问题。如何把握好科技创新发展、建设世界科技强国的历史机遇，打破进口科学仪器垄断国内市场、影响我国自主创新快速发展的不利局面，是中科院科学仪器研制工作面临的严峻挑战。

2 仪器研制项目的组织管理经验

中科院的仪器研制项目旨在提高院科学仪器设备自主创新能力，培养技术人才队伍，促进原创性科技创新成果产出。通过长期的仪器研制项目组织策划和工作积累，中科院形成了科学仪器研制项目管理特色，有效提升了科学仪器设备自主研制能力，为科学研究工作提供了有力保障。

2.1 先行先试，规划科学仪器研制工作

中科院早在成立之初就专门设立沈阳科学仪器厂、北京科学仪器厂等，积极开展科学仪器设备研制工作。先后设立科学仪器研制和改造专项；发布《中国科学院“十五”科学仪器设备建设计划》，通过“择优支持”“共建共用”和“创新研制”部署科学仪器研制；试点项目自筹经费匹配、后支持等模式，与研究所共同建设，增强风险意识；实施“自由申报”“联合申报”“持续支持”和“青年人才”项目分类申报，向四类机构建设和青年人才倾斜支持等举措，对科学仪器研制项目组织部署和管理进行了大胆尝试和创新。

为解决国家前瞻性科学研究和战略性重大需求，中科院在财政部支持下试点组织国家重大科研装备研制项目，取得了“深紫外固态激光源前沿装备”“深部资源探测核心装备”等重大成果产出。同时引领科学仪器共用共享，并在此基础上对仪器设备进一步创新改进，以科研工作需求为导向，通过对现有仪器设备的功能开发和技术改进，拓展仪器设备的使用功能，提升仪器设备性能指标，进一步满足前沿科学的应用需求。

2.2 跨所跨学科统筹布局，发挥综合交叉优势

中科院学科门类相对比较齐全，特别是通过多年的科学仪器研制工作部署，培养了一批处于国际先进甚至领先水平的科学仪器研发和应用团队，这种建制化优势和长期的工作积累，容易组织起跨学科、跨院所的资源调配，通过交叉融合与协同创新，高效率地完成各项国家任务。例如，针对地球物理探测装备与技术落后严重制约我国矿产资源勘探发展和参与国际资源竞争的问题，在中科院和财政部的共同策划支持下，中科院地质与地球物理研究所牵头组织相关优势研究队伍开展了国家重大科研装备研制项目“深部资源探测核心装备研发”的研制工作，通过院内外 20 多家单位的统筹协作，成功研制出 8 套深部资源探测系统，打破了国外技术垄断，填补了多项国内技术空白，为我国实施“立足国内，找矿增储”和“攻深探盲”战略提供技术支撑。又如，中国科学技术大学（简称“中国科大”）早期开展了以钻石氮-空位缺陷中心（NV）为原子尺度量子磁探针的创新研究，并在纳米尺度有机物中质子核磁共振探测方面取得重大突破；中科院生物物理研究所基于其在生命科学领域的前沿问题需求，在管理部门的统筹协调和组织部署下，与中国科大联合开展了“基于 NV 色心的生物大分子结构功能研究谱仪研制”工作，通过研用结合和学科交叉，在国际上首次实现了单个生物分子的非零场顺磁共振，并获得了分子动力学及结构等重要信息，成功将电子顺磁共振技术分辨率从毫米推进到纳米，灵敏度从十亿分子推进到单个分子。而最近实现的

纳米尺度零场顺磁共振方法，更是打破了传统顺磁共振信号强度对热极化的依赖，为零场顺磁共振的实用化开启了一条新途径。

2.3 推行法人单位负责，专家监理制度

科学仪器研制项目往往针对科研应用需求，通过技术研发团队研制一套完整实用的科学仪器设备，促进相关科研成果的产出。项目一般实行承担单位法定代表人责任制，需要由承担单位协调相关人员、设备、房屋、水电等资源条件为仪器研制提供支撑，制定从图纸设计、部件采购、加工和工艺安装等环节的技术及管理规范，形成完整齐全的档案，技术文件达到研制的科学仪器或部件能够复制的要求。重大仪器研制项目还有经费体量大、协作单位多、研发周期长等特点，需要由法人单位掌握项目进展，督促项目执行，做好对多方参与单位的组织协调和对上级管理部门的申请汇报工作，对因项目负责人工作变化、技术方案遇到难以克服的困难、加工协作条件或进口限制等原因影响项目实施的情况进行及时汇报和处理。

为进一步保证重大研制项目的顺利实施，通过引入专家监理制度，建立由技术、财务、管理等领域专家和用户代表组成的项目监理组，对项目的运行机制、保障条件、实施进度、经费使用、档案管理和成果应用等进行全过程监督，并定期向上级管理部门提交监理工作报告。

2.4 严把技术指标要求关，研以致用鼓励共享

中科院仪器研制项目一般以满足科研工作的实际需求为目的，要求有独到的设计思想、切实可行的技术方案和明确的验收指标，并能产出实用的科学仪器设备，在项目实施方案和验收方案中对技术指标都有可量化、可考核的具体要求。国家级重大仪器研制项目更是对研制仪器的技术指标和应用指标提出了明确要求，要求通过对核心技术的突破，促进科学应用，推进学科发展；科技部的仪器开发项目还需进一步面向市场，实现仪器设备的产品开发和产业化应用。研制出的科学仪器，在满足国家任务、实现科学目标或产业化目标的基础上，

可以进一步通过中科院的技术支撑体系实现开放共享，以及仪器研发、应用、推广的无缝衔接。这能极大提高仪器设备资源的使用效率和共享率，实现资源利用的最大化，同时对科学仪器的深度再开发也能起到很好的引导作用。

2.5 摸索科学仪器研制规律，不断优化项目管理

国际上，科学仪器设备已经形成了从创新思想到关键技术进而到产品性能进一步提升的完整过程；政府通过制定长期规划、设定科学目标、优化组织模式、设定资助领域、持续经费支持、完善管理办法等方式，极大地促进了科学仪器设备的创新发展，并使科研机构与企业间形成了良性循环。当前，国际上的科学仪器市场基本处于被国外公司垄断的局面。

我国的科学仪器研制工作起步较晚，底子很薄，而随着我国经济社会发展对科技自主创新需求的增强，技术创新的重要性逐渐凸显。中科院早期为了满足自身的科研需求，积极主动部署科学仪器研制项目，并结合仪器实际的开发运行效果，在项目单独申报、联合申报、持续支持、后支持等方面进行了积极探索；在技术人才，尤其是青年人才队伍的培养和引进方面，也采取了积极举措。目前，国家高度重视应用新概念、新原理、新技术研制出能带动新方向、开辟新领域和对科学研究重大问题起关键作用的新型科学仪器，财政部、国家自然科学基金委、科技部相继部署重大项目来支持科学仪器研制。中科院在继续推进科学仪器研制工作的基础上，组织专家开展专题研究，进一步摸索科学仪器研制规律，不断优化项目管理，探索更加适合中科院科学仪器研制发展的新模式。

3 体制机制改革创新

中科院科学仪器研制工作经过多年的发展，在技术创新、队伍培养、支撑科研和管理模式等方面取得了显著的成效，积累了一批关键核心技术，培养了一批优势团队，取得了一批处于国际前沿的科学仪器设备创新成

果。进入“十三五”以来，中科院科学仪器研制工作大胆创新，通过组织专家开展相关课题研究，系统梳理了中科院科学仪器研制工作的现状和成效，对院属各单位“十三五”科研需求和技术发展进行了充分的调研，推出了一系列推进中科院仪器研制工作的举措。

3.1 加强项目顶层设计，成立仪器研制专家委员会

成立仪器研制专家委员会，委员会分领域进行组织，主要包括数学物理、化学材料、信息工程、地球环境、生命医学 5 个领域。委员会的主要职责是：对中科院仪器研制工作进行指导监督；为中科院仪器发展规划和重大决策提供专业咨询；组织策划、遴选推荐国家重大仪器设备研制项目；对项目执行过程中出现的重大问题提供咨询建议等。

3.2 夯实仪器研制技术基础，加强关键核心技术研发

关键核心技术是科学仪器设备提升核心竞争力和可持续发展的关键，往往是各类竞争中的“卡脖子”问题。只有把关键核心技术掌握在自己手中，积极研制关键核心部件并进一步推向市场，才能从根本上保证仪器的创新性和自主性。经过多年的发展，中科院在若干关键技术领域实现了突破，但由于缺少持续发展的机制，未能形成“拳头”优势，关键部件依赖进口的局面改善不多。通过仪器研制专家委员会顶层设计和组织策划，瞄准若干已有技术优势并对仪器发展有重要作用的核心、共性关键技术，遴选已有基础且优势明显的研究团队，明确目标并予以一定的持续支持，对关键核心技术开发持续攻关，巩固技术优势，攻克关键部件，促进中科院仪器研制工作的可持续发展。

3.3 瞄准“三个面向”，培育重大仪器研制项目

“十三五”开始，能够争取的国家层面重大仪器研制项目逐渐减少，缺乏更多更好的项目积累及策划是重大项目减少的主要原因之一。面对当前形势，在继续支持院级仪器研制项目的基础上，瞄准前沿科学重点需求、国家重大任务、有重要市场潜力的科学仪器研制，通过仪器研制专家委员会顶层设计和组织策划，培育重

大仪器研制项目，积极争取国家重大仪器研制项目的进一步支持。

3.4 促进应用鼓励共享，保障重大研制仪器的运行

随着一批批重大仪器研制项目的完成，仪器设备逐渐从研制开发转入服务科研阶段，仪器设备的日常运行、维修维护和升级改造的需求不断增加，而支持的渠道相对较少。将重大研制仪器的运行纳入中科院技术支撑体系，统筹考虑设备运行、维护、升级改造等需求，对仪器的开放运行进行补贴，从而保障研制仪器的高效运行；支持仪器的升级改造和功能开发，进一步促进相关成果的产出。

4 结语

目前，中科院已经形成了从关键部件研发到科学仪器研制进而到大型科研装备自主建设的项目体系和管理体系，形成了科学仪器创新研制和科研成果持续产出紧密结合的良好互动机制。面对新时代提出的新要求，中科院的科学仪器自主研制工作面临着严峻挑战，同时也是发展的大好机遇。希望通过管理工作的不断优化完善，进一步提升中科院的科学仪器自主研制能力，解决全链条推动科学仪器国产化的“最后一公里”问题，助力“率先行动”计划的深入实施和深化拓展。