

本刊专稿

中国空间站科学与应用任务布局、进展和展望

顾逸东

摘要 中国空间站自 2022 年底全面建成以来在轨稳定运行,为中国开展高水平空间科学与应用研究提供了重要的发展机遇。回顾了空间站建造期以来的科学与应用任务规划和主要考虑,概述了各领域方向研究重点和具有国际先进水平的天体一体化实验支持能力。空间站在轨运行 3 年来,在空间生命和物理科学领域取得的主要重要研究进展,获得了新现象和新机理,应用效益逐步显现,空间站巡天空间望远镜和高能宇宙辐射探测设施等重大空间天文项目也正在抓紧研制,加强科学准备。在未来空间站运行的 10~15 年内,建议根据不同类型研究,进一步凝聚目标,突出重点,加强科学数据治理,创新研究范式,形成突破态势,不断产出前沿科学重大成果、应用研究的系统认知成果和转化应用显著效益,推动我国空间科学与应用高水平发展,为建设科技强国做出重要贡献。

关键词 中国空间站;空间科学与应用;生命和物理科学;科学实验柜;空间天文

中国载人航天工程历经 30 余年发展,圆满达成“三步走”战略目标。2022 年中国空间站全面建成,开始了大规模的空间科学、应用与技术实验。空间站应用是空间站核心目标之一,经历了长期深入的战略研究和滚动规划,聚焦国际科技前沿和国家重大需求,凝聚各方共识,确定了空间生命科学、微重力物理、天文与地球科学、空间新技术与应用 4 大领域规划和一批先进科学设施,为空间站持续产出科学和应用成果奠定了基础。

空间生命和物理科学是国际空间研究的重点领域之一。至今利用空间站长时间微重力条件和其他环境已开展了系列化的生命与物理科学研究,取得了一批重要的科学发现。同时,中国空间站巡天空间望远镜(Chinese Space-station Survey Telescope, CSST)和高能宇宙辐射探测设施(High Energy cosmic-Radiation Detection facility, HERD)重大项目正在加紧研

制,持续开展科学准备。未来,空间站将进一步吸引全国优势力量参与,强化重点目标和任务导向,努力实现空间站应用目标。

1 空间站应用的规划

1.1 规划历程

中国载人航天“三步走”战略明确提出:空间站将开展大规模、有人参与的空间科学与技术实验。第一步是发展载人飞船,解决人进入太空及安全返回技术,第二步是研制空间实验室、攻克交会对接和航天员出舱关键技术,这都是为建造空间站打基础。中国空间站及空间站应用规划经历了长期的战略研究、3 个阶段集中论证和不断深入的过程。此处“空间站应用”指利用空间站开展的科学与应用研究和新技术验证等全部活动。

2007—2008 年,载人航天工程总体组织了空间实验室和空间站及应用规划,在组织多部门专家深入论

中国科学院空间应用工程与技术中心,北京 100084

收稿日期:2026-01-08;修回日期:2026-03-27

作者简介:顾逸东,研究员,中国科学院院士,研究方向为空间科学与应用技术,电子邮箱:ydu@csu.ac.cn

引用格式:顾逸东.中国空间站科学与应用任务布局、进展和展望[J].科技导报,2026,44(10):23-30;doi:10.3981/j.issn.1000-7857.2026.01.00055

证基础上,首次明确了空间站应用规划框架,根据需求确定了空间站三舱组合体规模和大系统基本方案。2009—2012年,开展了空间站立项应用规划,应用系统组织了8个专家组和上千名专家,开展了60多次研讨,编写逾百份报告,征集项目约500个,经工程应用规划委员会评审,形成较完整的空间应用规划、密封舱内和舱外暴露平台实验设施安排、天地(信息)支持系统方案^[1]。2010年10月,中央批准载人空间站工程,后持续深化论证,完成空间站建造期应用实施方案。

2019—2021年,载人航天工程总体组织了空间站工程应用发展阶段的规划论证,应用领域组织超过300家单位、60名院士、800余名专家,征集了千余项目建议,经过4轮论证,规划了空间站建成后的应用领域/主题和方向,形成几十个项目群和初步科学计划,提出一批新的科学设施/装置^[2]。此后,载人航天工程决定在空间站组合体中增加一个扩展舱段,研制新载人飞船和商业货运飞船,空间站大系统及其应用能力将显著升级。

空间站应用规划历时15年,开展了多轮战略研究、部分重点项目预先研究,广泛组织科学家深入研究国内外发展态势和国家需求,以及领导层和专家反复交互,上下迭代。总体上看,应用规划科学前瞻、重点突出、规模合理适中,能够满足各类应用需求,体现了中国特色和应用导向。当今科技迅猛发展,新思想新技术不断涌现,空间站应用要滚动提升、不断深化,并能及时响应新的空间研究需求。

1.2 规划的基本原则

在空间站应用规划过程中,提出一些重要问题,包括空间站应用的性质、规模、领域,在国家发展中的地位和导向等,通过讨论甚至争论最终取得共识。

1) 空间站应用定位。空间站应用以开展大规模空间实验为主,包括重要的科学实验、前沿技术试验,明确了建成国家级太空实验室的定位。空间站不作为业务应用(如对地观测)平台、服务型平台和太空工厂(个例除外)。

2) 空间站应用方向。载人航天开拓并重点开展了空间生命科学和微重力物理科学研究,也是中国空间站布局重点,同时要重视天文、地球科学和新技术中的前沿方向。旨在综合利用空间站,使空间站应用

效益最大化。

3) 空间站应用导向。面向科学前沿和国家需求,为中国科技整体发展做出重大贡献。紧盯国际动态,部署重大基础前沿科学项目和应用基础研究,争取突破;面向应用需求,搞清机理规律、发展特色技术、推进成果转化、支撑国家发展。项目遴选要突出创新性、前瞻性,关注工程可行性,不断产生原创科技成果。

4) 科学研究设施。采用尽可能先进的技术装备助力高水平科学成果产出;充分利用密封舱、暴露平台和同轨飞行器开展研究;重大研究设施应具备国际竞争力,利用信息技术最新成果支持多学科空间实验研究。

空间站规划确定了空间生命科学与人体研究、微重力物理科学(含微重力流体物理与热物理、燃烧科学、空间材料科学和微重力基础物理)、空间天文和地球科学、空间(应用)新技术4个领域,积极开放国际合作,加强科学普及和教育^[3]。

2 空间生命和物理科学研究与进展

空间生命和物理科学(biological & physical sciences, BPS)主要是利用空间站的长时间微重力条件和其他环境开展研究。微重力存在于做自由落体(如抛物线飞行)等惯性运动的物体参考系中,近地轨道飞行实际是无限延长的抛物线运动。微重力下,流体(气体、液体、熔体等)中由重力引起的沉降分层、流体静压和热对流基本消失,液体表面/界面张力梯度(Marangoni对流)、溶质浓度梯度等分子力驱动的微流动显现,造成界面形态、流动状态、热质传输显著变化,进而影响物质的凝聚、相变、结晶等过程。重力场的跨尺度效应,影响生物体从分子、细胞、组织、器官到系统和整体各层次,以及物理体系的固体、流体、多相体系和原子分子^[4]。

空间生命和物理科学关联生命科学、医学、流体力学、热力学、材料科学、燃烧学、基础物理等重要学科(母学科),成为诸学科解决重要科学问题独特的有效途径,是发展特种技术和应用的重要途径,也为地面泛在的热质输运、能源转化、材料制备、动力工程、生物工程、医药健康等提供知识和技术,为长期载人

探索提供科技支撑。

空间站长时间微重力条件和航天员参与、定期上下行运输等支持能力使其成为生命和物理科学系统开展系统研究的首选平台,中国未来 10 余年的空间生命和物理科学研究将主要依赖于中国空间站,目前项目整体实验进展顺利,效益显著。

2.1 空间生命科学和生物技术

生命是最复杂的物质存在形式,地球各类生物和生态系统是在地球环境下长期进化形成的。空间站生命科学研究地球生物(微生物、植物、动物和人)在微重力以及宇宙辐射、亚磁、封闭环境、节律变化等条件下,生命体各层次的感知和传导、应激和适应、损伤和修复、生理和病理、生存和繁衍、遗传和变异等重要科学问题。具体研究内容包括生物物理(重力、辐射、亚磁生物学和生物力学等)、空间生理病理和繁育研究及相关细胞分子生物学机制,空间生态生物学应用基础,以及生命起源分子机制等交叉前沿问题。空间生物技术利用空间环境创制新药、生物资源和医疗技术,开展转化应用。

空间生命科学和生物技术研究的目的是促进对生命现象本质的理解,获得生命科学和医学重大科学问题的突破,为人类健康服务,为长期载人太空探索打下坚实基础。

2.2 微重力物理科学

1) 微重力流体物理和热物理。主要研究微重力条件下连续介质流体、界面过程和空间热质运输规律,验证相关理论模型。研究内容包括微重力流体动力学及应用、多相流与相变传热以及近年十分受关注的复杂流体(软凝聚态物质)等,该方向聚焦微重力下胶体、高分子、生物流体、活性物质、颗粒流等的聚集、自组织、结晶、相变和非平衡动力学等研究。

微重力流体物理和热物理研究目的是揭示被重力掩盖的微(低)重力流体和空间热质运输特殊规律,为空间和地面应用提供知识、方法和技术^[5]。

2) 微重力燃烧学科学。微重力环境下,燃烧中强烈的浮力对流消失,而扩散、辐射和热泳等弱效应主导燃烧过程,为揭示燃烧过程中的物理本征过程和化学动力学提供了难得条件。研究内容包括近可燃极限和基础燃烧规律,液滴和液滴群、固体动力燃料等重要应用燃烧机理,以及微重力下材料着火特性和防

护研究。

微重力燃烧研究目的是发展燃烧模型和理论,实现技术转化,为地面高效低碳燃烧、动力推进效能提升做出贡献,消除空间飞行器火灾发生风险。

3) 空间材料科学。材料是所有制造业和高技术的基础。空间站适合开展长期微重力、无容器和外空暴露等条件下的材料研究,研究内容包括微重力环境材料制备过程机理、熔体热物理性质测量、重要应用新材料制备技术、利用外太空暴露环境开展空间应用材料使役行为研究。

空间材料科学研究目的是揭示材料物理和化学过程规律,丰富和完善材料科学理论,研究制备地面难以获得的高性能材料,指导和推动地面材料加工工艺的提升,为中国材料科技和产业发展做出显著贡献。

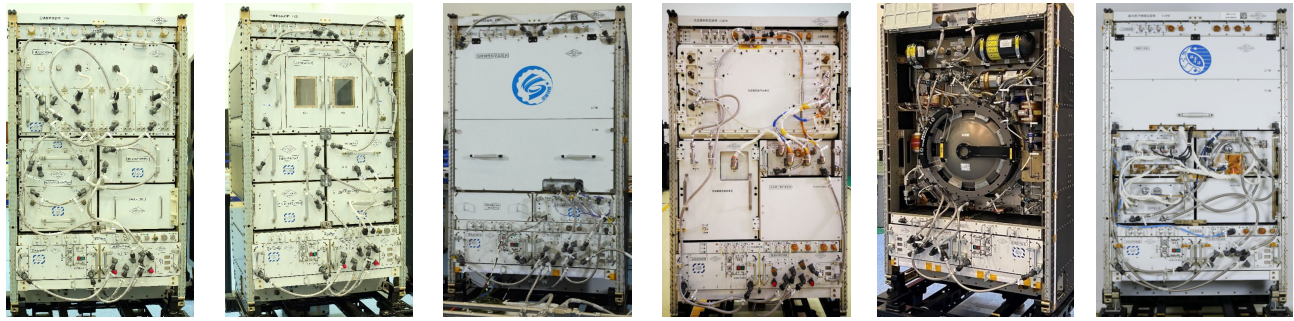
4) 微重力基础物理。基础物理对科技和社会发展具有革命性和奠基性作用。空间微重力下的基础物理研究可获得更接近绝对零度的超冷原子体系、更高精度的量子频标和测量技术、更大尺度的实验检验,以及创造三维各向同性体系等。研究内容包括空间超冷原子物理和相关精密测量技术、高精度时频与引力物理研究,以及复杂等离子体物理研究等。

空间站开展基础物理研究的主要目的是检验现有物理理论,发现新的物理现象,推动新的物理理论发展。

2.3 生命和物理科学的空间实验支持

中国空间站规划并建成了具有国际先进水平的空间站生命和物理科学实验设施群^[6]。密封舱内的装置采用主结构、热管理和信息管理统一设计,内部嵌入不同科学实验装置的科学实验柜,成为功能高度集成的小型科学实验室,其模块化架构便于在轨维护升级更新。科学实验柜和舱外暴露装置可分类满足不同领域方向大部分共性需求,实现集约支持和高效运行,部分实验柜可供领域共用,并可灵活支持个性化实验需求,部分实验柜如图 1 所示。

中国空间站的超冷原子实验柜、高精度时频系统、高微重力实验柜和两相系统实验柜作为专业共用装置均为国际首创;变重力实验柜具有国际上在轨最大尺寸的离心机(直径 0.9 m 转子);实验柜内部采用数字全息诊断,双波长激光加热、X 射线成像模块、主动电磁/冷气推进组合减振等技术应用均为国际首



(a) 生命生态科学实验柜 (b) 生物技术实验柜 (c) 流体物理实验柜 (d) 无容器材料实验柜 (e) 燃烧科学实验柜 (f) 超冷原子物理实验柜

图1 空间站科学实验柜

次。实验诊断采用了相当数量的视频/图像和解译技术。空间站高速大容量信息管理和热管理系统可支持上百台科学装置,适应配置变化。在云架构上运行

表1 中国空间站主要科学实验设施

研究领域/方向	科学实验柜/装置	实验能力和支持研究方向
空间生命科学与生物技术	生命生态实验柜	含通用培养、亚磁、水生、微生物检测等模块,支持植物、动物、微生物和小型生态系统研究
	生物技术实验柜	含细胞/组织培养、蛋白质、生物力学等模块,支持细胞/干细胞、蛋白质、生物分子、合成生物学等研究
	舱外生物辐射暴露实验装置	含若干暴露实验单元,支持小型动物、植物种子、微生物和生物大分子等空间辐射暴露生物学研究
	科学手套箱与低温存储柜(各领域共用)	温湿度可控的密闭洁净环境,具备精细操作机械手和显微操控装置;提供4℃、-20℃、-80℃样品低温存储能力。支持生命科学、流体、材料等人机操作实验
微重力流体物理	流体物理实验柜(各领域共用)	含流体物理和复杂流体2个实验系统,诊断设备完善,支持流体动力学、材料/生命透明体和胶体实验
	两相系统实验柜	含实验模块、光学观测台和气体液体供给模块,支持空间蒸发与冷凝、沸腾传热、两相流与回路系统实验
	变重力实验柜(各领域共用)	Φ0.9 m双转子对转离心机,提供0.01~2g可控模拟重力环境,支持流体、燃烧、生命对比实验和月球、火星低重力模拟实验
微重力燃烧科学	燃烧科学实验柜	含密闭燃烧室、气/液/固燃烧插件和诊断设备,支持气体、液体(液滴)和固体微重力燃烧研究
微重力基础物理	超冷原子物理实验柜	采用磁光阱加蒸发冷却的铷(钾)超冷原子和光晶格系统以及激光器和控制系统等,支持量子新物态、量子简并、物质波相干等研究
	高精度时频系统	含主动氢钟、冷原子微波钟、铯原子光钟的空间时频系统和微波/激光时频链路天地系统,支持科学与应用研究
	高微重力实验柜(各领域共用)	采用电磁/冷气微推双层悬浮的6自由度控制准无拖曳平台,将舱内微重力水平提高3个量级,支持引力物理等高精度测量研究
空间材料科学研究	无容器材料实验柜	采用静电悬浮、实时位控和双波长激光加热。支持金属、非金属材料实验和深过冷研究、材料熔体热物性测量等
	高温材料科学实验柜	移动高温炉体、批量样品管理和X射线透射成像等模块,支持金属合金、半导体、功能晶体等材料研究和制备
	舱外材料辐射暴露实验装置	展开型暴露总面积≥0.8 m ² ,具备形貌和显微成像检测,支持润滑/热控/膜/涂层/聚合物等的空间使役研究和摩擦学研究
通用实验	在线(维修)装调操作实验柜	封闭大空间、精细机械手、气体处理和智能诱导操作,支持在线维修装调操作和各类独立科学实验
	实验柜标准单元和空置空间	舱内可采用实验柜SPU(标准载荷单元)、SDU(标准抽屉单元)以及组合的载荷设计,在实验柜空间和空置空间插入开展研究
	舱外载荷空间	多个舱外暴露载荷位置,可按舱外载荷标准和适配器要求灵活设计,通过气闸舱和机械臂安装

的地面有效载荷运行管理中心(图2)、科学数据中心与在轨信息系统组成天地一体强大支持能力。同时,地面还建设了物理镜像系统、部分虚拟科学实验镜像等设施,共同有效支持空间站的生命和物理科学实验。



图2 载人航天工程有效载荷运行管理中心

2.4 空间站生命和物理科学进展

空间站建造以来,共实施了120余项生命和物理科学实验,回收空间科学实验样品近百种,下行科学数据超过450TB,已发表700多篇高水平科学引文索引(science citation index, SCI)论文,授权专利近200项,部分成果已实现转移转化。2024年和2025年,中国载人航天工程办公室遴选出若干代表性研究进展,向全社会发布《空间站空间科学与应用进展报告》^[7-8]。由于实验周期等,大部分实验研究还在进行中,总体上看空间站建成以来取得的科学与应用研究进展令人鼓舞,体现了自主创新和较高水平,为后续任务奠定了坚实基础。

空间生命科学与生物技术领域成功开展了多种植物、微生物、动物(线虫、涡虫、斑马鱼、果蝇、小鼠)以及批量细胞和组织、蛋白质、微流控类器官、生物力学等实验。突破了小鼠空间密闭饲养关键技术,成功实现了中国首次小鼠空间实验并安全返回(图3),地面已成功繁育了3胎小鼠,目前正在开展小鼠空间应激响应的分子与整合生物学研究^[9];首次解析了微重力抑制骨髓间充质干细胞成骨分化的调控机制,为骨折修复和骨流失防护提供了新技术手段^[10];发现微重力显著促进肝细胞内的脂滴累积和抑制机制,为理解空间代谢相关脂肪性肝病的机理提供新思路^[11];首次在空间完成水稻“从种子到种子”的全生命周期培育,获得空间发育的水稻和再生稻新的种质资源,用于指导空间和地面植物育种实践^[12]。



图3 空间站小鼠在饲养装置内活动

微重力物理科学领域,材料科学方面精确测定了难熔合金液态性质,实现了合金表面形核控制和表面结构调控,共晶合金的“解耦”生长,有助于开发出更加精密的材料设计和制造技术^[13],研究了微重力环境下枝晶与共晶生长动力学局域效应,发现获得的共晶组织具有更优异的力学性能,为高性能钛合金和铝合金制备工艺优化提供了实验和理论依据^[14];首次在空间微重力条件下制备出铟砷锑(InAsSb)三元半导体单晶,其晶体质量和组分均匀性明显优于地基样品,在室温红外探测领域有广泛的应用前景^[15]。流体物理方面,首次揭示了在长时微重力条件下,柱状微结构表面耦合流动与射流的复合沸腾传热特性,实现沸腾换热最大热通量相较传统光滑表面显著提升,为完善极端条件下的沸腾换热理论体系提供了关键实验依据^[16]。燃烧科学方面,揭示微重力下甲烷多射流火焰耦合机制及其对碳烟生成的影响,阐明射流相互作用调控火焰辐射与污染物生成的规律,建立碳烟排放预测模型,为空间与地面清洁燃烧提供理论支撑^[17]。基础物理方面,国际首次实现空间微重力下的冷原子干涉陀螺和基于原子干涉的量子惯性传感测量^[18]。

3 空间天文重大项目及进展

天文学关联宇宙和天体形成演化、宇宙极端条件下物理规律等重大科学问题,还面对暗物质、暗能对物理学基础的严峻挑战,使当代天文学成为最活跃的研究领域之一。空间天文以其全电磁波段观测能力和不受大气干扰的高精度观测优势,成为天文学和物理学前沿探索和科学突破的先锋。空间站的天文任务主要是发挥空间站有人参与和大系统支持能力,为中国天文学跻身国际前列做出贡献。经过反复论

证,确定 CSST 和 HERD 2 个重大科学设施,同时论证了一批中小型创新项目。

3.1 空间站巡天空间望远镜

CSST 是国际第 4 代天文学巡天的核心装备之一,是中国迄今规模最大、指标最先进的旗舰级空间光学天文望远镜,具有自身特色和优势。CSST 与空间站组合体同轨飞行,必要时与空间站对接进行维修或升级,保证其可靠性和长期科学生命力^[19]。

CSST 由巡天光学设施和巡天平台两部分组成,采用离轴三反光学系统,示意如图 4 所示。主镜为 2 m 口径,视场 1.5°,覆盖近紫外、可见和近红外波段,采用两级姿态控制加导星仪/快摆镜实现三级姿态控制和稳像,动态角分辨率 0.15"。CSST 终端观测的主要仪器是巡天相机(survey camera, SC),具有约 30 亿像素拼接科学级电荷耦合器件(charge-coupled device, CCD)探测器大焦面,开展大天区多色测光和无缝光谱巡天以及局部深场和超深场观测,其他后端仪器包括多通道成像仪(multi-channel imager, MCI)、积分视场光谱仪(integral field spectrograph, IFS)、成像星冕仪(cool planet imaging coronagraph, CPI-C)和太赫兹谱仪(THz spectrometer, TS)。



图 4 CSST 示意

CSST 的核心科学目标是宇宙学的基本问题(包括宇宙结构形成和演化,暗能量本质、暗物质性质)和星系与活动星核基本问题(包括星系的形态和演化,黑洞与星系和恒星系协同演化),其他主要科学研究方向包括银河系和近邻星系、恒星形成与演化、天体测量,太阳系外行星、太阳系天体、暂现源/变源等,研究内容极为丰富,目标是深化对宇宙的认知,推动天文学、物理学的发展。

目前 CSST 已经完成初样研制,测试和试验结果表明其功能和性能指标满足任务要求和科学需求,正在加紧开展正样研制。科学准备工作全面深入开展,成立了 CSST 科学工作委员会,以及北京大学、国家

天文台、长三角、粤港澳大湾区 4 个 CSST 科学中心和 1 个联合科学中心,集聚了全国 600 位天文学家,开展了多项天文研究课题。CSST 将产生几十 PB 的观测和中间数据,采用云架构的地面科学数据中心和科学数据处理系统已基本建成,正在开展具备大算力和 AI 模型的数据科学中心,以及功能复杂的 CSST 运控管理中心的研制建设。

3.2 高能宇宙辐射探测

HERD 是探索极端宇宙的重大科学设施,通过直接测量高能宇宙射线,包括高能电子、高能质子、各种高能原子核以及高能伽马射线,重点研究“极端起源”“极端能量”和“极端天体”重大科学问题^[20]。HERD 利用空间站大承载、高效数据处理能力以及可维护条件,确保设施实现科学目标。

HERD 的中心探测器采用创新的三维设计,加上周边的电荷与方向探测器,形成 2π 立体角探测能力,在质量有限条件下大幅度提升了接收度和能量测量范围:电子和伽马射线探测能区和接收度比现有所有设备高 1 个量级,质子探测能区和接收度比现有设备高 30 倍,有很高的电子/质子区分能力和方向测量精度,使 HERD 能以更强大的能力对暗物质性质做出严格的限制,寻找暗物质粒子;研究银河宇宙线成分、首次精确测量“膝”区(PeV)宇宙线能谱和成分,破解宇宙线起源、加速之谜;开展高能伽马射线巡天观测,发现和研究极端天体,在前人未能涉足的“无人区”进行探索,争取取得世界领先的成果。

经过多年研究,HERD 已经完成关键技术攻关,细致的物理仿真和多次加速器束流实验验证了创新设计方案的科学优势和技术可行性,整体上完成了方案阶段工作,即将进入初样。同时,围绕 HERD 的科学准备也开展了深入工作,成立了科学工作委员会,凝聚了 30 多家单位和数百名科学家参加设施研制和科学研究。

4 展望

中国空间站的科学和应用研究已形成较为完整的体系,吸引凝聚了全国优势高校和科研院所科学团队积极参与,正在不断产出科学成果、发挥应用效益。对照空间站应用的目标和初心,要实现基础前沿

重大突破、取得重大应用效益仍面临严峻挑战,需要在以下3方面加强工作。

4.1 根据研究性质,突出重点强化目标导向

空间站科学与应用研究的类型有所区别。第1类是基础前沿科学,即面向自然科学规律,取得重大发现、拓展或颠覆原有认知的研究,包括CSST、HERD和基础物理项目的重大科学问题和生命本质与起源演化等方向。第2类是应用基础及转化研究,涉及生命和物理科学的绝大部分研究内容,其目的不仅是发现新现象,更重要的是搞清楚基础性规律,形成系统性机理认知和/或解决方案,能应用相关知识和技术指导空间和地面实际应用。第3类是技术试验,这里暂不展开。

对于基础前沿研究,要重视实验和观测发现、物理解释和理论创造,尤其在后2点上要下更大的功夫,相关高水平队伍建设要进一步加强;在应用基础和转化研究方面,需要组织更多应用单位和用户参与,加强从应用需求端归纳提炼问题,以破解重要机理为导向,规划系列性、不断深入的实验安排。应用转化尚处于初期阶段,需要解决空间到地面转化的模式、机理和桥梁问题。2类研究都要在不断挖掘创新科学思想的同时,组织重要方向的科学计划,建立稳定支持机制,并根据不同特点,持续深入研究获得系统性认识或重大模型、理论突破。

4.2 加强数据生态建设,推进 AI for Space Science 发挥重要作用

空间站科学数据呈爆炸式增长态势,不同研究领域中的实验样品、实验条件、观测模态不同,而实际可能蕴含同一机理的重要信息。为取得系统性认知,必须深入挖掘和用好数据。在生命科学研究领域,该特点和需求更为明显,实际上不同类生物、生物不同层次的信息(包括各类组学分析数据)中都可能蕴含同一或同类作用机制,有效数据治理和充分利用成为破解生物科技、生态、医学重大问题的重要途径。物理科学不同物质(物理)体系呈现各异的现象也受基本规律和机制的影响,同样需要开展数据共享和交叉研究。空间天文中传统的数据有序开放和共享机制是天文学发展进步的重要动力。为此要在空间站科学与应用研究中加强数据政策制定、数据系统建设,落实好数据汇交、共享和开放管理工作,并加大投入。

当前 AI 技术快速发展, AI 与科学研究的深度融合是大势所趋。要加强 AI 在空间站科学数据处理、新现象搜寻、交叉关联、启发式科学发现等中的应用,推动在轨感知—分析—决策—控制全链路智能化,突破空间科学与应用多源异构数据融合、高维智能预测、领域知识发现等关键技术,不断探索新的科学研究范式,为深入重大科学规律研究开辟新通道。

4.3 加强战略研究、汇聚优势团队,各方协力支持

滚动开展战略研究,加强科学发展态势的及时研判,加强新兴学科交叉方向布局,不断采用新技术,推出必要新装置,是确保空间站研究先进性、前瞻性以及国家发展需求衔接的常态化工作。

空间站应用要加大各方面优秀力量的参与,充分发挥国家实验室、全国重点实验室、科研院所、研究型大学、行业和领军企业的优势和特色;要广泛吸引高水平人才,通过广泛交流、科学研讨、专题报告、学术会议等,进一步引导科学家参与,积极鼓励前沿探索,促进学科交叉,持续汇聚和扩大队伍规模。要加强国际学术交流与合作,采用有效办法吸引国际科研团队和科学家参加合作研究。此外,还要积极联系国家相关部门,争取在科技创新体系建设、项目布局安排方面对空间站科学与应用给予更大支持,厚植空间科学与应用基础,支持空间站取得重大效益。

空间站应用将为推动中国空间科学与应用创新发展,为中国进入创新型国家前列和建设科技强国做出显著贡献。

参考文献(References)

- [1] 高铭, 赵光恒, 顾逸东. 我国空间站的科学与应用任务[J]. *中国科学院院刊*, 2015, 30(6): 721-732.
- [2] 顾逸东. 关于空间科学发展的一些思考[J]. *中国科学院院刊*, 2022, 37(8): 1031-1049.
- [3] Gu Y D. The China Space Station: A new opportunity for space science[J]. *National Science Review*, 2022, 9: nwab219.
- [4] 国家自然科学基金委员会. 中国学科发展战略—空间科学[M]. 北京: 科学出版社, 2019.
- [5] 胡文瑞, 康琦. 微重力科学前沿[J]. *科技导报*, 2020, 38(10): 59-62.
- [6] Gu Y D, Gao M, Zhao G H. Science research and utilization planning of China's space station in operation period 2022-2032[J]. *空间科学学报*, 2020, 40(5): 609-614.
- [7] 《中国空间站科学研究与应用进展报告》(2024年)正式发布

- 布[EB/OL]. (2024-12-30) [2026-03-26]. https://www.cmse.gov.cn/xwzx/202412/t20241230_56187.html.
- [8] 《中国空间站科学研究与应用进展报告》(2025年)正式发布[EB/OL]. (2026-01-08) [2026-03-26]. https://www.cmse.gov.cn/xwzx/202601/t20260108_57194.html.
- [9] 央视新闻. 最新画面!中国航天鼠“出差”回来了[EB/OL]. (2025-11-15) [2025-12-20]. <https://www.peopleapp.com/column/30050762353-500007203990>.
- [10] Zhang C, Wu S L, Chen E M, et al. ALX1-transcribed LncRNA AC132217.4 promotes osteogenesis and bone healing via IGF-AKT signaling in mesenchymal stem cells[J]. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 2022, 79(6): 328.
- [11] Du Y, Han B, Biere K, et al. Lunar and Martian gravity alter immune cell interactions with endothelia in parabolic flight[J]. *npj Microgravity*, 2025, 11(1): 4.
- [12] Jia C X, Zheng W B, Liu F W, et al. Biological culture module for plant research from seed-to-seed on the Chinese Space Station[J]. *Life Sciences in Space Research*, 2024, 42: 47-52.
- [13] Wang H P, Liao H, Hu L, et al. Freezing shrinkage dynamics and surface dendritic growth of floating refractory alloy droplets in outer space[J]. *Advanced Materials*, 2024, 36(24): e2313162.
- [14] Liao H, Wang H P, Liu D N, et al. Dynamic localization effect of dendritic and eutectic growth patterns stimulated by space fluid flow[J]. *Advanced Materials*, 2025, 37(47): e08092.
- [15] Huang J D, Yin Z G, Wu J L, et al. InAsSb single crystal with compositional homogeneity grown in outer space[J]. *National Science Review*, 2025, 12(7): nwaf208.
- [16] Ma X, Song G G, Chen H Q, et al. Experimental investigation and correlation analysis of pool boiling heat transfer on the array surfaces with micro-fins using FC-72 for the electronic thermal management[J]. *Applied Thermal Engineering*, 2024, 236: 121755.
- [17] 王文娇, 金楷茹, 郑智浩, 等. 微重力条件下C1-C4烃类燃料燃烧生成碳烟研究进展[J]. *清华大学学报(自然科学版)*, 2025, 65(9): 1763-1773.
- [18] He M, Chen X, Fang J, et al. The space cold atom interferometer for testing the equivalence principle in the China Space Station[J]. *npj Microgravity*, 2023, 9: 58.
- [19] Gong Y, Miao H T, Zhan H, et al. Introduction to the Chinese space station survey telescope(CSST)[J]. *Science China (Physics, Mechanics & Astronomy)*, 2026, 69(3): 7-51.
- [20] 毕效军, 董永伟. 中国空间站高能宇宙辐射探测设施HERD[J]. *现代物理知识*, 2020, 32(5): 40-44.

Arrangement, progress and prospects of science and application tasks in China's Space Station

GU Yidong

Technology and Engineering Center of Space Utilization, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100084, China

Abstract Since its full completion at the end of 2022, the China's Space Station has been operating stably in orbit, providing important opportunities for high-level space science research and applications. This paper reviews the planning and main considerations for science and utilization missions since the station's construction phase, and outlines the research priorities in various fields as well as the internationally advanced space-ground integrated experiment support capabilities. Over the three years of in-orbit operation, important research progress has been made in space biological and physical sciences, revealing new phenomena and new mechanisms, application benefits gradually emerging. Major space astronomy projects, such as the Chinese Space-station Survey Telescope (CSST) and the High-energy Cosmic Radiation Detection Facility are being intensive developed. For the next 10 to 15 years, it is recommended to further consolidate objectives based on different types of research, highlight key priorities, enhance scientific data governance, innovate research paradigms and create a trend of breakthroughs, to continuously produce major achievements in frontier science, systematic understanding of applied research, and significant benefits from translational applications. This will promote the high-level development of space science and applications in China, and make contributing to the scientific and technological powerhouse.

Keywords China's Space Station; space science and application; biological & physical sciences; experiment rack; space astronomy ●



(责任编辑 傅雪)