

# 关于中国空间科技现代化发展的初步思考

王赤<sup>1</sup>, 宋婷婷<sup>2</sup>, 时蓬<sup>2</sup>, 范全林<sup>2\*</sup>

1. 中国科学院国家空间科学中心, 北京 100190

2. 中国科学院国家空间科学中心空间科学与深空探测规划论证中心, 北京 100190

**摘要** 习近平总书记关于中国式现代化的一系列重大理论和实践问题的深刻阐述, 为在新征程上加快实现中国空间科技现代化提供了根本遵循和行动指南。加快建设航天强国是党的二十大报告提出的明确要求, 立足中国航天半个多世纪的发展历程, 特别是新时代十年的伟大工程成就和重要原创突破, 勾勒了中国式现代化的空间画卷, 归纳了中国空间科技现代化发展的7个主要特征, 指出当今世界空间科技已成为衡量国家科技综合水平的核心标志, 是必须时刻不忘的“国之大者”。

**关键词** 中国式现代化; 航天强国; 空间科学; 空间技术; 空间应用

探索浩瀚宇宙是中华民族千百年来矢志不渝的梦想。新中国成立后, 广大科技人员在中国共产党的领导下逐梦太空, 创造了“东方红一号”卫星、载人航天以及探月工程3个里程碑, 在拱卫国家安全、服务经济社会等战略需求方面做出了重要贡献。进入21世纪, 特别是新时代10年以来, 空间科技成为推动中华民族伟大复兴的“大国重器”: 北斗三号全球卫星导航系统建成并开通服务、探月工程“绕落回”三步走任务圆满完成、行星探测天问一号

任务一次实现“绕着巡”火星探测、高分辨率对地观测系统重大专项空间段建设圆满收官、中国空间站全面建成转入长期运营阶段、空间科学先导专项建成科学卫星系列……回望来时路, 看清脚下道, 中国航天事业从无到有、从小到大、由弱向强的发展历程, 为中国式现代化提供了生动样本, 值得深入探究。

习近平总书记2023年2月7日在学习贯彻党的二十大精神研讨班上开宗明义, 指出“概括提出

收稿日期: 2023-06-28; 修回日期: 2023-09-28

基金项目: 中国科学院学部重点咨询项目; 中国科学院战略性先导科技专项(A类)综合论证课题(XDA15060102)

作者简介: 王赤, 研究员, 中国科学院院士, 研究方向为空间物理, 电子信箱: cw@nssc.ac.cn; 范全林(通信作者), 正高级工程师, 研究方向为空间科学战略, 电子信箱: fan@nssc.ac.cn

引用格式: 王赤, 宋婷婷, 时蓬, 等. 关于中国空间科技现代化发展的初步思考[J]. 科技导报, 2024, 42(6): 6-15;

doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2024.06.001

并深入阐述中国式现代化理论,是党的二十大的一个重大理论创新,是科学社会主义的最新重大成果”。深入学习中国式现代化理论,自觉将其融会贯通于空间科技事业的未来发展,坚定前行路,加快建设航天强国,就同时具有了现实紧迫性和长远历史价值。基于对中国航天发展和世界前沿态势的战略思考,本文初步归纳了中国空间科技现代化发展的7个主要特征,提出以实施首个国家空间科学中长期发展规划为抓手,加快构建中国航天高质量发展新格局,通过强长板补弱项推动空间科学、空间技术、空间应用全面发展,为全面建设社会主义现代化国家做出不可或缺的标志性贡献。

## 1 中国空间科技现代化之路

### 1.1 建立完整的航天工业体系

空间科技是一国综合国力的重要标志,独立自主、配套完备、性能先进的航天工业体系是实现空间科技现代化的物质技术基础。中国通过半个多世纪的接续奋斗,航天技术基础和工业体系日臻完善,已成为世界公认的航天大国。

20世纪50年代中期,世界原子能与航空喷气技术快速发展,人类太空时代大幕开启。为维护国家安全,中国必须发展尖端技术,装备自己的先进武器。在西方封锁禁运、苏联毁约断援、国内“一穷二白”的情势下,中国坚持自力更生、自主创新,完成了“两弹一星”国家重大战略任务。

改革开放以来,中国建立了现代航天战略产业,以运载火箭、卫星和飞船为龙头,包括航天原材料元器件生产、有效载荷核心关键技术攻关、地面模拟实验、空间资源信息应用等在内的完整产业链条,成为高新科技与产业发展的制高点,促进了经济社会发展。进入21世纪,海南文昌卫星发射中心建成,“长征五号”等新一代运载火箭发射成功,“东方红五号”等新一代卫星平台投入应用,国家空间基础设施持续完善,更加重视空间科学探索,中国已开启全面建设航天强国新征程。

党的二十大宣示了向第二个百年奋斗目标进军,空间科技现代化肩负着实现高水平科技自立自

强、建设世界科技强国的新使命。立足当下,《2021中国的航天》已清晰勾勒了未来5年空间技术与系统、空间应用产业以及空间科学探索与研究的主要任务,需稳扎稳打善作善成,不断取得新进展<sup>[1]</sup>。落实新时代“两步走”战略安排,更需要深入学习领会习近平总书记关于航天事业发展、加强基础研究的系列重要论述,把握世界航天大趋势、下好中国“先手棋”。摒弃动辄“对标国外”“就汤下面”的跟踪模仿思维定式,以科学问题与原创突破为导向,规划未来重大航天工程和科学任务,不断增加先进平台以及新型载荷等核心关键技术的源头供给,不断实现大众“好用管用”需求,促进空间应用产业升级,加快实现航天高质量发展要求亟需的现代化转型提升<sup>[2]</sup>。

### 1.2 航天重大任务取得科技突破

中国空间科技首先致力于维护国家安全、服务国计民生。改革开放初期,根据党中央指示,中国航天把力量集中到急用、实用的应用卫星,推动应用卫星和卫星应用技术取得长足进步。20世纪90年代以来,中国逐渐具备了专用科学卫星和深空探测器的研制、发射、测控和数据接收处理能力,建成了地面实验系统等大型基础设施,为开展具有国际影响力的空间科学探索与研究奠定了坚实的物质技术基础。

#### 1) 载人航天“三步走”战略圆满收官。

经过30余年的不懈努力,中国载人航天的载人飞船、太空实验室、空间站“三步走”发展蓝图得以实现,成为第3个独立掌握交会对接、太空行走等载人关键技术国家。随着中国空间站的全面建成,国家太空实验室已正式运行。空间应用系统已形成了重点突出、层次明晰的科学与应用任务规划,部署了15个科学实验柜、舱外暴露平台以及即将与空间站同轨飞行的旗舰级中国巡天空间望远镜(CSST),开展了大规模系统性有人参与的空间科学实验研究<sup>[3]</sup>(图1),正在或即将产生系列科学应用成果。

#### 2) 月球与深空探测跨入行星际。

当今世界,深空探测成为科技竞争的制高点。中国月球与行星探测工程实现了从地月系到行星



图1 2023年5月30日,神舟十五号和神舟十六号6人组在中国空间站会师,中国首位载荷科学家桂海潮(右1)负责科学实验在轨操作

系统探测的跨越<sup>[4]</sup>。“嫦娥”“天问”不断刷新深空探测“中国高度”,“嫦娥四号”实现了世界首次月背软着陆和巡视勘察<sup>[5]</sup>;“嫦娥五号”实现了中国首次地外天体采样返回<sup>[6]</sup>,使得中国成为继美国和苏联之后,第3个成功从月球采样返回的国家;“天问一号”在火星上首次留下中国航天器的印迹,在国际上首次通过一次发射实现火星环绕、着陆、巡视的3大目标,对火星开展全球性、综合性的环绕探测<sup>[7]</sup>。中国已具备了地外天体探测的“绕、落、回”工程技术能力。

### 3) 北斗卫星导航跻身世界一流。

中国自主建设、独立运行的北斗卫星导航系统,着眼于国家安全和经济社会发展需要,经过20余年发展,从北斗一号到北斗三号,从双星定位到全球组网,从覆盖亚太到服务全球,北斗卫星导航系统已成为面向全球用户提供全天候、全天时、高精度定位、导航与授时服务的重要新型基础设施<sup>[8]</sup>。2020年7月31日,习近平总书记宣布北斗三号全球卫星导航系统正式开通,标志着北斗系统进入全球化发展新阶段,是中国为全球公共服务基础设施建设做出的重大贡献。未来还将建成更加泛在、更加融合、更加智能的综合时空体系,提供高弹性、高智能、高精度、高安全的定位导航授时服务,更好惠及民生福祉、服务人类发展进步。

### 4) 空间科学卫星系列初步建立。

从1971年开始,中国陆续发射了“实践”系列

试验卫星,为空间探测积累了经验。“实践四号”探测了近地空间带电粒子的能谱和空间分布及其充电效应<sup>[9]</sup>，“实践五号”完成了空间环境辐射探测、单粒子效应及对策研究等<sup>[10]</sup>。

2003—2004年,国家民用航天实施的“地球空间双星探测计划”(双星计划),是中国第一个以科学目标牵引立项的卫星计划<sup>[11]</sup>,是中国科学卫星的起点。双星计划与欧洲空间局(ESA)的星簇计划(Cluster)相配合,第一次形成地球空间的六点探测,在磁层亚暴、磁层顶磁场重联等方面取得了重要科学成果,并获得国际宇航科学院(IAA)“2010年度杰出团队成就奖”,是中国第一次获此殊荣。

2011年至今,中国科学院以空间科学先导专项为抓手<sup>[12]</sup>,建立了以“悟空”“墨子号”“慧眼”“实践十号”“夸父一号”等为代表的空间科学卫星系列,为开展世界级科学前沿研究奠定了物质技术基础。国家民用航天“张衡一号”“羲和号”“澳科一号”<sup>[13-15]</sup>等科学技术试验卫星相继发射。中国空间科学原创成果开始呈现多点突破,提升了中国科技的国际影响力。

## 1.3 中国空间科技现代化的7个特征

中国的空间科技现代化发展,跟美欧强国相比,既有共同特征,也有中国特色。相同或相似之处在于对世界科技前沿的把握和认知基本一致,都瞄准最前沿的科学问题,涉及的学科、重大问题是具有共识的。不同之处主要在于国情:美国从太空时代起步伊始就注重科学与技术并重,并长期保持这一态势,特别关注科学目标牵引和科学产出导向;欧洲主要的空间活动通过ESA这一超越国家的组织部署实施,科学规划成序列,科学任务领域全面、路线清晰,其载人航天则主要依托美国领导的国际空间站。

中国作为发展中国家,探索出了一条具有中国特色的空间科技现代化道路,集中表现在7个方面:(1) 坚持党的全面领导,凸显举国体制优势;(2) 围绕和服务国家发展大局,实现空间科学空间技术空间应用全面发展;(3) 空间科学取得重大原创成果,对人类文明发展做出历史性贡献;(4) 空间技术实现革命性突破,构建对太阳系全域的到达

和探索能力;(5) 空间应用成为社会发展新引擎,为国家高质量发展注入新动能;(6) 高层次空间科技人才加速集聚,自主创新能力有效满足强国建设;(7) 国际合作更加深入融合,着力构建外空领域人类命运共同体。其中特征(1)、(2)、(5)和(6)凸显中国航天创新生态印记,是对既往实践的总结;特征(3)、(4)和(7)符合世界航天强国发展规律,并日益成为中国建设航天强国新征程上的新特征,是对未来发展的前瞻。

#### 1) 坚持党的全面领导,凸显举国体制优势。

中国航天事业是党和人民的事业。中国空间科技从诞生成长到跨越发展的每个重要时刻、每项重大进展都离不开党的全面领导,得益于举国体制的优势,通过跨部门、跨地区、跨专业的团结协作、集智攻关不断取得新进展。

在党中央和中共中央专门委员会(中央专委)的领导下,中国航天经历“581”任务和“651”工程,从中国科学院与第七机械工业部等划转机构和抽调骨干组建中国空间技术研究院,完成了“东方红一号”的研制和发射,成为世界上第5个独立研制并发射人造地球卫星的国家。

中国载人航天工程被命名为921工程。在党中央的集中统揽下,载人航天工程直接参研参试机构逾百个,配合单位上千家,涉及数十万科技工作者,是全国大协作的典范。为充分发挥空间科学在创新型国家建设中的战略作用,2010年,国务院常务会议批准中国科学院实施一批战略性先导科技专项,空间科学先导专项首批启动,继“通导遥”应用卫星之后,为中国航天打造了专用的科学卫星系列,新型举国体制成就其茁壮成长、早出成果。

#### 2) 围绕和服务国家发展大局,实现空间科学、空间技术、空间应用全面发展。

空间科学、空间技术和空间应用构成了中国航天活动的三大领域<sup>[16]</sup>,三者密切联系、相互促进<sup>[17]</sup>。空间科学的核心在于知识和发现,本质是探索宇宙起源、物质演化、生命起源等新知识;空间技术的核心则偏重使能和实现,对开展空间科学和应用起到支撑作用;而空间应用的核心可体现为价值和服务。空间科学挑战极限的需求有力牵引空间技术

发展和突破,为空间应用提供先导和基础。

得益于中国航天发展水平、能力及环境的统筹协调发展,中国的空间技术发展已经走出了一条独立自主的道路,在进入空间的能力、卫星平台研制水平、深空探测技术等方面开始跻身世界前列<sup>[18]</sup>。与此形成鲜明对比的是,空间应用与发达国家之间存在明显差距,国际市场份额存在提升空间。空间科学卫星数量少、整体水平不高,缺乏重大标志性原创科学成果,与航天大国地位极不相称。

实现空间科技现代化,根本出路在深入实施创新驱动发展战略,紧紧围绕和服务科技强国之大局,提高自主创新能力,补齐空间科学短板,提升空间应用效益,切实落实习近平总书记重要指示,“必须推动空间科学、空间技术、空间应用全面发展”。

#### 3) 空间科学取得重大原创成果,对人类文明发展做出历史性贡献。

作为世界航天活动的重要组成部分,空间科学不断揭秘未知疆域,仰望浩瀚星空、聆听时空涟漪,在宇宙起源和演化、太阳系与人类的关系等国际前沿探索中取得进展,深刻改变了人类的时空观、世界观、价值观和发展观,为当代科技进步和人类文明做出了革命性贡献。

迄今,近抵日冕大气,远达太阳系边际,绕落月球背面,都留下了人类航天器的足迹。“帕克号”探测器实现人类首次“触摸”太阳;向太阳系外疾驰的“旅行者1&2号”任务已经跨过了日球层顶<sup>[19]</sup>,进入恒星际空间。科学家利用哈勃空间望远镜观测到Ia型超新星爆发,获得了更为精确的哈勃常数,进一步揭露了宇宙加速膨胀的更多细节,获得了2011年诺贝尔物理学奖<sup>[20]</sup>,也使暗能量成为与暗物质类似的待解难题。根据伽利略号、卡西尼号的探测数据,国际科学界普遍认为木卫二、土卫二、海卫一等巨行星的冰卫星已成为太阳系地外生命探寻的重要目标<sup>[21]</sup>。

中国空间科学开始呈现多点突破的态势。暗物质粒子探测卫星“悟空号”获得了迄今为止世界上最精确的宇宙射线电子、质子和氦核能谱精细结构,在揭示宇宙线正负电子的起源和限制暗物质模型参数等方面已取得系列科学进展<sup>[22]</sup>,并对传统宇

宙射线传播模型提出了挑战<sup>[23]</sup>。根据“嫦娥五号”返回的风暴洋月壤样品,科学家在月海玄武岩形成、太空风化作用、水的含量等方面取得大批原创成果<sup>[24]</sup>,发现月球新矿物“嫦娥石”,比阿波罗任务等限定的月球地质寿命延长了约8亿年,深化和改写了人类对月球演化的认知。在空间基础物理实验方向,量子科学实验卫星“墨子号”国际率先实现千公里级星地量子纠缠分发等革命性突破,使中国牢牢占据了空间量子科学研究领域的主导和引领地位<sup>[25]</sup>。

毋庸讳言,中国在空间科学方面对人类知识体系和文明进步的贡献度与空间大国的地位还不相匹配。空间科学不能缺席中国空间科技现代化的新征程,未来显著提高中国空间科学重大原创成果和对人类文明的贡献度,将成为中国空间科技现代化的重要特征。

4) 空间技术实现革命性突破,构建对太阳系全域的到达和探索能力。

利用空间技术提供的进出、探索、利用和治理空间的能力和手段,人类仅用了半个多世纪就基本实现了“起初他们小心翼翼地穿过大气层,然后再去征服太阳系”的梦想。2015年,美国太空探索技术公司(SpaceX)完成全球首次轨道发射火箭陆地回收,可重复使用运载火箭大幅降低了空间运输成本。中国正在加紧论证实施“夸父二号”任务,将开展国际首次太阳极区正面成像,进而通过与黄道面观测协同,实现太阳立体观测的梦想<sup>[26]</sup>。进入21世纪后,传统技术路线升级和颠覆性技术创新交织,正加速实现空间技术的变革性突破。

空间核动力技术持续演进,是各国进入更远深空、探索太阳系边际乃至星际空间必须提前布局的使能技术。从衰变能、裂变能到聚变能,美俄欧日等都在努力促进空间核电源的工程化、实用化。美国迄今已发射了全部用核电源供能的10个深空探测器(含2个火星车),成为世界首个遍历太阳系主要天体的国家,其中“新视野号”(New Horizons)等5个航天器已经或即将飞出太阳系,未来“蜻蜓号”(Dragonfly)土卫六着陆任务也将依靠核电源驱动。中国“嫦娥三号”的着陆器和巡视器搭载了从俄罗

斯引进的5枚RHU,是中国首颗应用核能提供部分能源的深空探测器。

无人机技术跨界用于火星探测。美国国家航空航天局(NASA)的“机智号”(Ingenuity)直升机于2021年2月搭载“毅力号”(Perseverance)火星车登陆火星,并于同年4月成功完成首飞,是第一架在其他星球上受控飞行的航空器,可以提供目前轨道器或火星车和着陆器等航天器无法提供的独特视角并提供高清图像,还可用于验证在火星大气层中的飞行技术,为未来机器人或载人登陆火星任务进行前期技术验证<sup>[27]</sup>。

载人深空探测扎实推进。载人月球探索所需的新一代载人飞船及相关关键技术攻关,有望为地月空间乃至太阳系全域探索提供支撑。继行星探测实现从地月系到行星际的跨越后,中国载人登月阶段任务也已全面启动,计划2030年前实现中国人首次登陆月球并形成独立自主的载人月球探测能力,探索建造月球科研试验站,进一步推动载人航天技术由近地走向深空<sup>[28]</sup>。

当前及今后一段时间,中国会继续推进行星探测等航天重大工程,开展小行星采样返回及主带彗星环绕探测、火星采样返回以及巨行星系统探测。在构建外空领域人类命运共同体的新时代背景下,不断遂行太阳系全域到达和探索正成为中国空间科技现代化的突出特征。

5) 空间应用成为社会发展新引擎,为国家高质量发展注入新动能。

支撑国家战略、服务国计民生是空间科技现代化的重要使命和责任。2000年以来,中国航天积极为实现“两个一百年”目标努力奋斗,加强空间科技成果转移转化,培育“航天+信息化”新业态,助力智慧城市建设和脱贫攻坚乡村振兴,让空间探索和空间科技成果为创造人类更加美好的未来贡献力量。

《国家民用空间基础设施中长期发展规划(2015—2025)》等重要政策文件的实施,有力推进了空间科技服务融入中国社会“新四化”(工业化、信息化、城镇化和农业现代化),促进了以北斗导航系统、高通量通信卫星为代表的卫星应用产业化大

发展;融合互联网、云计算、大数据等新技术的天基信息综合应用产业也日益成长,为资源利用、应急减灾、农林水利、交通环保等行业提供了“天空地一体化”解决方案,成为国民经济高质量发展的强劲新引擎。

空间科技也与满足人民对美好生活的向往和追求息息相关。目前已有 2000 多项航天技术成果实现了应用转化,推动了空间制药、空间材料等新模式和新业态的发展<sup>[29]</sup>。利用返回式卫星、神舟飞船和太空实验室的太空诱变育种研究,为保障国家粮食安全、种子安全做出了贡献。建设健康中国,空间微生物发酵和空间制药等成果为保障人民生命健康提供了更多、更好的选择。基于“北斗三号”的高精度车载终端、民航追踪监视设备不仅为中国智能平安交通做出贡献,而且成功应用于亚欧非洲多个国家和地区,造福了世界人民。

随着航天领域的不断开放,各方主体积极投身航天创新创业。中国商业航天起步虽晚,但在卫星生产、火箭发射、卫星应用等领域迅速成长,成为国家航天产业的新生代和有益补充,也为经济高质量发展做出了贡献。随着可重复使用运载火箭日益成熟,基于地外资源的推进剂补给正在研究,将地月空间资源、近地小天体甚至太阳系资源的开发利用纳入下一代空间应用范畴,将是未来建立地月经济圈、寻求新经济增长点的必然选择,促使国家利益从地面、海洋拓展至地月空间。

6) 高层次空间科技人才加速集聚,自主创新能力有效满足强国建设。

空间科技是典型的知识密集型高科技产业,造就了从诺贝尔奖获得者到卓越工程师的人才群体。中国空间科技的现代化,归根结底要靠知识和人才的汇集来掌握事业发展的战略主动,因此,拥有一批高素质人才队伍对事业成功至关重要。

中国空间科技领域已走出一条特色人才成长道路。新中国成立后,以钱学森、赵九章等为代表的科学家呕心沥血,成功组建和培养了一支又红又专的航天队伍,实现了毛泽东主席“我们也要搞人造地球卫星”的伟大号召,终使中国在人类太空时代开启后不久亦顺利起步<sup>[30]</sup>。改革开放以来,以载

人航天与探月工程等为代表的国家重大专项工程任务成为各类人才施展才华、提升能力的重要实践平台。一大批战略科学家、卓越工程师和高水平创新团队涌现,“共和国勋章”获得者孙家栋、“人民科学家”叶培建是其中的杰出代表。

进入新时代,“天问一号”总设计师张荣桥<sup>[31]</sup>、“悟空号”暗物质卫星首席科学家常进等,则是有重要国际影响力的中国空间科技领军人才缩影(图 2)。他们作为空间科技事业的开拓者,爱党报国、勇挑重担,引领了更多的青年科技人才成长,召唤愈来愈多的年轻人海外学成归来,夯实了国家战略人才力量的源头活水。未来,空间科技现代化事业必将培养和输出更多战略型、复合型 and 国际化人才,助力中国航天科技实现高水平自立自强,有效满足航天强国、科技强国建设需求。



图 2 《Nature》发布 2021 年十大科学人物,“天问一号”总设计师张荣桥上榜(图片来源:《Nature》网站)

7) 国际合作更加深入融合,着力构建外空领域人类命运共同体。

人类要破解共同发展难题,比以往任何时候都更需要国际合作和开放共享。亟待发挥各国科技优势,利用空间科技应对全球变化挑战,开拓未来赓续发展空间,共同促进人类文明进步。当前,几乎所有的旗舰型空间科学任务均为国际合作任务,空间科学国际合作已经成为各国航天政策的重要组成部分。

进入 21 世纪,中国空间科学领域开展了广泛的国际合作与交流。“双星计划”开辟了中国空间科学卫星国际合作的先河。“悟空”“墨子”“慧眼”“夸父一号”等科学卫星毫无例外都在走开放合作的道路。“可持续发展科学卫星 1 号”的 7 套全球水资源数据产品赠送联合国,是中国践行全球发展倡议的

实际行动,也是空间科技服务大国外交的具体贡献。中欧联合太阳风-磁层相互作用全景成像卫星(SMILE)更上一层楼<sup>[32]</sup>,实现了中-欧空间科学任务在遴选、论证、设计、研制、测试、发射和共享数据等整个生命周期内的深度合作(图3)。“天基多波段空间变源监视器卫星”(SVOM)是中-法空间科学双边合作任务之一,将首次实现对伽玛射线暴全方位观测。



图3 2023年2月,SMILE在欧洲空间技术中心(ESTEC)整星装配与星箭试验

此外,中国与联合国共邀各国参与中国空间站国际合作。目前,已有瑞士、德国、意大利等17国的项目入选,与中国空间站携手谋求人类共同利益。探月工程四期“嫦娥六号”任务将实现首次月球背面采样返回,2022年11月,中国国家航天局发布“嫦娥六号”国际科学载荷征集结果,巴基斯坦立方星、法国氦气探测器、欧空局/瑞典负离子分析仪和意大利激光角反射器等将于2024年中,随“嫦娥六号”轨道器和着陆器飞向月球,加深人类对月球环境、宇宙空间等的认知。

当今科学研究范式正在发生深刻变革。加速空间科学发展,须在自主创新的基础上胸怀天下,加强高水平、高质量的开放合作,吸纳更多全球优质资源,融入世界科技创新网络,让中国的国际合作伙伴越来越多、越来越强。未来,中国将主动谋划和研究发起“国际月球科研站”“国际子午圈大科学计划”<sup>[33-34]</sup>等国际大科学计划或工程,积极参与国际重大空间科学任务和倡议,共商共建共享,推动空间科技更好造福世界各国人民,推动构建外空领域人类命运共同体。

## 2 加速空间科学发展,支撑空间科技现代化

### 2.1 世界空间科学发展竞争激烈

进入21世纪,全球空间科学发展突飞猛进,正在成为新一轮科技革命的重要引爆点,破解宇宙和生命未解之谜,关乎人类生存和文明赓续。美欧空间科学的规模化持续化发展,已经对其他国家航天活动的布局产生了重要影响。

美国自20世纪60年代中期以来已完成了14个空间科学“十年调查”发展规划,指导了过往近500项科学任务的遴选实施,也为至2035年的近60项新任务明确了方向。欧洲迄今已发布了4版空间科学中长期规划,2035年前安排了近20项任务,并明确了至2050年重点发展方向。此外,欧洲亦正在推动自主的载人航天任务<sup>[35]</sup>。

近5年来,NASA年度预算均超过200亿美元,其中空间科学约占1/3。空间科学是欧洲航天活动重点,涵盖了宇宙观测、太阳系探索和空间地球科学。2022年,ESA确认2020—2024年各成员国向ESA缴纳169亿欧元,其中用于空间科学计划的预算占比近1/5,属于ESA所有成员国必须参加的强制性计划。

中国加快建设航天强国,不是与美欧进行新一轮太空竞赛,而是通过空间科学探索不断超越自己,并在破解人类共同发展难题、深度参与全球科技治理等方面发挥独特的重要作用;与此同时,也必须正视世界空间科学发展存在的激烈竞争,利用21世纪前半叶的时间,在探索太空奥秘的新征程上,跑出中国空间科技现代化的“加速度”,在重要领域世界领先。

### 2.2 加速空间科学发展是新时代的要求和担当

习近平总书记分别在2016、2017、2018年的新年贺词中将“悟空”“墨子”和“慧眼”作为中国科技突破的代表性成果,在2022年新年贺词中提到“祝融”探火、“羲和”逐日、“天和”遨游星辰,并在党的十九大报告中将其作为创新型国家建设丰硕成果的典型代表。这些褒扬既体现了党和国家对空间

科学的高度重视,更承载了对空间科学“早出成果、多出成果、出好成果、出大成果”的殷殷期盼。加速空间科学发展,加快建设航天强国,既是国家整体发展战略的重要组成部分,更是深入贯彻落实习近平总书记擘画的“四个面向”要求的重要举措和创新驱动发展战略的具体实践。

可喜的是,新时代十年,促进空间科学加速发展的政策环境不断向好。2016年5月,习近平总书记在科技三会(全国科技创新大会、两院院士大会、中国科协第九次全国代表大会)上发出了向建设世界科技强国进军的号角。同年8月,空间科学先导专项部署的爱因斯坦探针、微笑计划等空间科学卫星系列等入选《“十三五”国家科技创新规划》。“十四五”开局,科技部重点研发计划将空间科学作为新领域纳入部署范畴,国家自然科学基金委员会围绕月球与深空探测科学研究配置了专项项目。

然而,在中国空间科学奋起直追之际,其他航天国家的空间科学发展并未停步。截至2022年底,美国在轨科学卫星67颗(含深空探测器18个),占民用航天卫星数量的30%;中国在轨科学卫星(不包括国家民用空间基础设施)8颗(含深空探测器3个),占比不到5%。我们必须以只争朝夕的紧迫感,加快梯次布局和实施国家空间科学任务,强化任务驱动的建制化基础研究,坚持追求卓越、重点跨越,通过统筹协调、开放合作造就人才,在激烈的国际竞争中做出重要发现和原创成果,拓展人类认知边界、引领人类文明进步。

### 2.3 实施国家空间科学中长期发展规划

自2022年底开始,在全国相关部委的支持下,由中国科学院牵头,编制完成了中国空间科学发展的首个国家规划,确定了极端宇宙、时空涟漪、日地全景、宜居行星、太空格物5个科学主题,明确了暗物质与极端宇宙、空间引力波探测、地月综合观测、地外生命探寻、量子力学与广义相对论等17个优先发展方向,规划了60余项重大科学任务,是当前和今后一个时期指导空间科学探测任务部署、开展空间科学研究的重要依据。

未来5~10年,我们要合理配置大中小型任务<sup>[36]</sup>,既有多项任务聚焦同一重大前沿,也有一项

任务贡献多个前沿突破,中小型任务亦可为后续大型任务先导探路;同时,通过自主实施或国际合作,开辟“以我为主”的航天国际合作新格局。我们将保持战略定力、一步一个脚印推动规划目标任务落实,取得若干项诺奖级标志性原创成果,助力推进中国空间科技现代化。

## 3 结论

中国式现代化是党和人民扎根中国大地,长期实践探索的成果,创造了人类文明新生态。中国空间科技半个多世纪的发展与辉煌,为中国式现代化理论提供了一个百年大党治国理政的典型样本。本文总结了中国空间科技现代化的7个特征,既是立足空间领域深入学习习近平总书记中国式现代化理论的初步思考,也增强了我们落实党的二十大精神全面建成社会主义现代化强国的坚定信心。

中国空间科技现代化仍在路上。在党的坚强领导下,航天事业从始至今,坚持独立自主开拓创新,把发展的主动权牢牢掌握在自己手里,充分发挥社会主义制度能够集中力量办大事这一优势和法宝,在世界高技术领域不仅拥有一席之地,而且正在跻身前列。今天,我们比历史上任何时期都更接近、更有信心和能力实现中华民族伟大复兴的目标。空间科技“天时地利人和”做出新的历史性贡献的时刻就在眼前。在中国式现代化的理论指引下,我们坚信,经过10~20年的接续奋斗,中国空间科技现代化必将全面实现。

### 参考文献(References)

- [1] 国务院新闻办公室.《2021中国的航天》白皮书[EB/OL]. (2022-01-28)[2023-06-01]. [http://www.scio.gov.cn/gxzt/dtzt/2022/2021zgdhtb/zw/202208/t20220802\\_292254.html](http://www.scio.gov.cn/gxzt/dtzt/2022/2021zgdhtb/zw/202208/t20220802_292254.html).
- [2] 张克俭. 奋进新征程 建功新时代谱写航天强国建设新篇章[N]. 学习时报, 2022-08-31(1).
- [3] Gu Y D. The China Space Station: A new opportunity for space science[J]. National Science Review, 2022, 9(1): nwab219.

- [4] 吴伟仁, 王赤, 刘洋, 等. 深空探测之前沿科学问题探析[J]. 科学通报, 2023, 68: 606–627.
- [5] 叶培建, 孙泽洲, 张焄, 等. 嫦娥四号探测器系统任务设计[J]. 中国科学: 技术科学, 2019, 49(2): 124–137.
- [6] 胡浩, 裴照宇, 李春来, 等. 无人月球采样返回工程总体设计——嫦娥五号任务[J]. 中国科学: 技术科学, 2021, 51: 1275–1286.
- [7] 张荣桥, 耿言, 孙泽洲, 等. 天问一号任务的技术创新[J]. 航空学报, 2022, 43(3): 626689.
- [8] 国务院新闻办公室. 《新时代的中国北斗》白皮书[EB/OL]. (2022-11-04)[2023-06-01]. [http://www.scio.gov.cn/zfbps/ndhf/2022n/202304/t20230407\\_710483.html](http://www.scio.gov.cn/zfbps/ndhf/2022n/202304/t20230407_710483.html).
- [9] 都亨. “实践四号”及空间带电粒子探测[J]. 环境遥感, 1994, 9(4): 312–316.
- [10] 马兴瑞, 张永维, 白照广. 实践五号卫星及其飞行成果[J]. 中国航天, 1999(11): 3–8.
- [11] 丁兆君, 董荣. 从“星簇计划”到“双星计划”——中欧空间科学合作的发端[J]. 中国科技史杂志, 2019, 40(2): 242–252.
- [12] 吴季, 王赤, 范全林. 中国科学院空间科学战略性先导科技专项实施11年回顾与展望[J]. 中国科学院院刊, 2022, 37(8): 1019–1030.
- [13] 申旭辉, 袁仕耿, 泽仁志玛. 拓展全球地球物理场和空间环境感知建模能力——张衡一号卫星在轨运行五周年[J]. 国际太空, 2023(3): 31–36.
- [14] Li C, Fang C, Li Z, et al. The Chinese H $\alpha$  Solar Explorer (CHASE) mission: An overview[J]. Science China-Physics Mechanics & Astronomy, 2022, 65(8): 2–9.
- [15] Zhang K. A novel geomagnetic satellite constellation: Science and applications[J]. Earth and Planetary Physics, 2023, 7(1): 4–21.
- [16] 王赤, 宋婷婷, 时蓬, 等. 10年见证中国空间科学发展进入新时代[J]. 科技导报, 2022, 40(19): 6–14.
- [17] 国家自然科学基金委员会, 中国科学院. 中国学科发展战略: 空间科学[M]. 北京: 科学出版社, 2019.
- [18] 周建平, 吴季. 统筹空间科学、空间技术、空间应用协调发展的思考[J]. 中国工程科学, 2023, 25(2): 59–66.
- [19] Ocker S K, Cordes J M, Chatterjee S, et al. Persistent plasma waves in interstellar space detected by Voyager 1[J]. Nature Astronomy, 2021, 5(8): 761–765.
- [20] NASA. Hubble Space Telescope Contributes to Nobel Prize in Physics[EB/OL]. (2011-10-04) [2023-06-01]. [https://www.nasa.gov/mission\\_pages/hubble/news/hubble-nobel.html](https://www.nasa.gov/mission_pages/hubble/news/hubble-nobel.html).
- [21] Postberg F, Sekine Y, Klenner F, et al. Detection of phosphates originating from Enceladus's ocean[J]. Nature, 2023, 618: 489–493.
- [22] DAMPE Collaboration. Direct detection of a break in the teraelectronvolt cosmic-ray spectrum of electrons and positrons[J]. Nature, 2017, 552: 63–66.
- [23] DAMPE Collaboration. Detection of spectral hardenings in cosmic-ray boron-to-carbon and boron-to-oxygen flux ratios with DAMPE[J]. Science Bulletin, 2022, 67(21): 2162–2166.
- [24] Chen Y, Hu S, Li J, et al. Chang'e-5 lunar samples shed new light on the Moon[J]. The Innovation Geoscience, 2023, 1(1): 100014.
- [25] Lu C Y, Cao Y, Peng C Z, et al. Micius quantum experiments in space[J]. Reviews of Modern Physics, 2022, 94: 035001.
- [26] 杨孟飞, 汪景琇, 王赤, 等. 太阳立体探测任务设想[J]. 科学通报, 2023, 68: 859–871.
- [27] NASA. 6 things to know about NASA's ingenuity Mars helicopter[EB/OL]. (2021-04-05) [2023-06-01]. <https://www.nasa.gov/feature/jpl/6-things-to-know-about-nasas-ingenuity-mars-helicopter>.
- [28] 中国政府网. 中国载人登月初步方案公布 计划2030年前实现登月开展科学探索[EB/OL]. (2023-07-12) [2023-09-13]. [https://www.gov.cn/govweb/yaowen/liebiao/202307/content\\_6891365.htm](https://www.gov.cn/govweb/yaowen/liebiao/202307/content_6891365.htm).
- [29] 李帅, 申志强, 侯宇葵, 等. 我国空间应用发展总体构想[J]. 中国工程科学, 2023, 25(2): 67–78.
- [30] 王赤. 50年, 科技人谱写“东方红一号”新篇章[N]. 光明日报, 2020-04-23(16).
- [31] Nature. Nature's 10: Ten people who helped shape science in 2021[EB/OL]. (2021-12-15) [2023-06-01]. <https://www.nature.com/immersive/d41586-021-03621-0/index.html#section-WLQIN3gbwq>.
- [32] 王赤, 李超, 孙丽琳. 我国空间科学卫星任务国际合作管理实践与思考——以中国科学院空间科学战略性先导科技专项为例[J]. 中国科学院院刊, 2020, 35(8): 1032–1040.
- [33] 王赤, 林杨挺, 裴照宇, 等. 月球科研站的关键科学问题[J]. 中国科学基金, 2022, 36(6): 830–840.
- [34] 刘维宁, Blanc M, 王赤, 等. 国际子午圈计划的科学挑战和观测系统[J]. 中国科学: 地球科学, 2021, 51(12): 2056–2062.
- [35] ESA. Revolution space. Report of the high-level advisory group on human and robotic space exploration for Europe[R/OL]. [2023-09-13]. [https://www.esa.int/ESA\\_Multimedia/Images/2023/03/Revolution\\_Space\\_Europe\\_s\\_Mission\\_for\\_Space\\_Exploration](https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2023/03/Revolution_Space_Europe_s_Mission_for_Space_Exploration).
- [36] 扈永顺. 逐梦星辰 追根问源[J]. 瞭望, 2023(13): 20–22.

## A Chinese path to modernization on Space Science & Technology

WANG Chi<sup>1</sup>, SONG Tingting<sup>2</sup>, SHI Peng<sup>2</sup>, FAN Quanlin<sup>2\*</sup>

1. National Space Science Center, CAS, Beijing 100190, China

2. Space Science and Deep Space Exploration Study Center, National Space Science Center, CAS, Beijing 100190, China

**Abstract** General Secretary of the CPC Central Committee Xi Jinping has expounded profoundly on Chinese path to modernization, providing a fundamental guidance for the comprehensive implementation of the spirit of the 20th CPC National Congress. The report of the 20th CPC National Congress requires clearly that we should move faster to boost China's strength in aerospace. This paper recalls briefly the development of China's aerospace industry since 1950s, especially the great technology achievements and important original breakthroughs in the new decade, outlines the roadmap of the Chinese path to space modernization, and summarizes seven main characteristics of China's space science and technology modernization. The advanced space science & technology has become one of the core indicators for measuring national science and technology and national defense strength in today's world.

**Keywords** Chinese path to modernization; space strength; space science; space technology; space applications ●



(责任编辑 王丽娜)