

本刊专稿

美国 2024 太阳和空间物理十年调查解读和对中国的启示

王赤, 宋婷婷, 曹松

摘要 2024 年 12 月 5 日, 美国国家科学院发布了新的十年调查报告《太阳和空间物理探索的未来十年: 探索和保护人类的太空家园(2024—2033 年)》, 这是美国国家科学院发布的第 3 个用于指导太阳和空间物理(也称日球层物理)领域未来 10 年发展的战略研究报告, 引起了国际空间科学领域的广泛关注。本文对该十年调查报告进行了解读, 分析了美国未来 10 年太阳与空间物理“探索 and 发现宇宙奥秘、拓展和保护人类太空家园”的发展愿景、科学探索与空间天气的主题以及拟解决的科学问题、科学探测任务等内容, 研究了其面向科学发现和社会发展的双重需求, 以及通过实施天基与地基的大、中、小型系列任务取得重大突破的战略布局, 将对中国太阳和空间物理领域的研究与发展提供有益的启发和借鉴。

关键词 战略规划; 日球层物理; 太阳物理; 空间物理; 空间科学任务

自 20 世纪 60 年代以来, 美国国家科学院(NAS)通过其下设的空间研究委员会(SSB), 组建由各领域科学家构成的专家委员会, 以 10 年为周期持续发布“十年调查”(Decadal Survey)发展战略规划报告, 反映空间科学界取得共识的最重要科学问题, 并提出优先实施的科学探索任务清单^[1]。十年调查报告是美国国家航空航天局(NASA)制定未来空间科学卫星计划和遴选未来项目的重要依据, 对美国保持世界空间科学领先地位起到了顶层策划、长远布局、持续发展的重要作用。

2024 版十年调查报告《太阳和空间物理探索的未来十年: 探索和保护人类的太空家园(2024—2033 年)》^[2](简称 2024 太阳和空间物理十年调查), 是该领域继 2003 年《从太阳到地球及以远: 太阳和空间物理学十

年研究战略》^[3]和 2013 年《太阳和空间物理学: 服务于技术社会的科学》^[4]之后的第 3 个中长期战略规划报告。“太阳和空间物理”是一个总称, 有时也称为“日球层物理”, 包括太阳、日球层、磁层、电离层、热层、中间层和空间天气等不同学科。

2024 太阳和空间物理十年调查是在美国多个部门的共同指导下完成的, 包括 NASA 科学任务部(SMD)的太阳物理部, 美国国家科学基金会(NSF)天文科学部和大气与地球空间科学部, 国家海洋和大气管理局(NOAA)国家环境卫星、数据和信息服务部(NESDIS)以及国防部(DoD)空军科学研究办公室(AFOSR)。SSB 成立了专门的指导委员会来牵头组织本次十年调查编制工作, 下设 5 个研究组: 太阳和日球物理组(SHP), 磁层物理组(MAG), 电离层、热层和中间层物理组(ITM), 空间天气科学与应用组(SWSA), 以及职业发展评估组(Panel on the State of the Profession,

中国科学院国家空间科学中心, 北京 100190

收稿日期: 2025-01-06; 修回日期: 2025-02-25

基金项目: 中国科学院抢占科技制高点专项科学研究与成果产出课题(E4GZ12040201)

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和空间天气学, 电子信箱: cw@nssc.ac.cn

引用格式: 王赤, 宋婷婷, 曹松. 美国 2024 太阳和空间物理十年调查解读和对中国的启示[J]. 科技导报, 2025, 43(5): 19-25; doi:10.3981/j.issn.1000-7857.2025.01.00027

SoP)。其中,前3个组为学科专业组,主要任务是提出各学科领域的科学目标及其实现途径;SWSA组主要聚焦空间天气科学和空间天气预报,SoP组主要负责评估该领域的人力资源现状,提出促进职业健康和活力的发展建议,并重点关注负责落实“十年调查”优先事项的各类人才。

2024 太阳和空间物理十年调查编制工作于2022 年夏末启动,在2 年时间里,约80 名科学家、工程师和政策专家参与了编制。编制过程中,共收到450 份“白皮书”作为输入文件,2024 年12 月5 日由NAS 正式发布。

1 规划分析解读

2024 太阳和空间物理十年调查共分为6 个章节。第1 章“太阳和空间物理”介绍了过去10 年太阳和空间物理科学、空间天气应用的亮点成果,以及下

一个10 年以远太阳和空间物理领域的战略愿景。第2 章“新科学前沿”和第3 章“为人类服务”中分别讨论了愿景对应的科学和空间天气主题。第4 章“走向繁荣的太阳和空间物理领域”讨论了太阳和空间物理不断发展壮大的人才队伍以及未来10 年的挑战。第5 章“综合研究战略”介绍了综合性日球系统实验室(HelioSystems Laboratory, HSL)和支撑研究技术。第6 章“战略研究和预算”给出了实现战略规划所需的资金需求。

1.1 愿景

太阳和空间物理领域未来10 年的愿景可分为科学探索 and 空间天气应用2 大板块:前者聚焦探索和发现宇宙奥秘,后者致力于拓展和保护人类太空家园(表1)。愿景的前半部分反映了人类在好奇心驱动下开展对太阳和空间物理的研究与探索,后半部分则体现了空间天气对人类社会的重要影响,二者彼此联系且相辅相成。

表 1 2024 太阳和空间物理十年调查愿景及使命

愿景	使命
探索和发现宇宙奥秘,拓展和保护人类太空家园	探索和发现宜居宇宙:探索宇宙空间,增进对宇宙中唯一已知宜居星系(太阳系)的了解;构建模型和理论,解释日球层的物理特性和相互作用,并理解宇宙中其他地方可能存在生命的条件 服务人类社会:分析空间环境并预报其未来变化,以便更好地理解空间天气对地球及人类空间活动的影响;开发相关工具和产品,发布空间天气预警和预报,保护地球上和地球以外的空间活动安全

1.2 未来10 年科学主题

2024 十年调查在2 大愿景框架下,按照科学探索 and 空间天气2 个维度,提出了6 个主题。

1) 科学探索主题。

(1) 太阳-地球-太空:相互联系的人类家园。研究太阳、地球和太空之间的相互作用,理解它们如何共同构成了人类生活的环境。

(2) 太空实验室:认知基础。利用太空实验室深化对宇宙基本物理过程的认识,为科学探索提供理论基础。

(3) 新环境:探索宇宙邻域及以远。探索太阳系以外的宇宙空间,研究宇宙中的新环境,拓展人类对宇宙的认知边界。

3 个科学主题阐述了日球层各部分之间的相互联系,强调理解这一动态、互联系统的基本原理和过程

的重要性,并将研究领域扩展到新的环境。要实现空间天气预报,需要采用系统科学的方法,并深入了解空间天气的驱动因素对物理和技术系统,以及对航空、航天和地面设施的影响。

每个科学主题下都凝练了3 个科学问题,这些问题将在未来10 年指导美国开展科学研究的重点方向(表2)。

2) 空间天气主题。

(1) 层次化巨系统:空间天气的驱动因素。分析影响空间天气的各种系统,理解它们如何共同作用,形成复杂的空间天气现象。

(2) 物理系统的空间天气响应。研究物理系统对空间天气变化的响应,以及这些变化如何影响太阳系内的环境。

(3) 空间天气对基础设施和人类健康的影响。评

表 2 2024 太阳和空间物理十年调查科学探索主题及其指导性问

科学探索主题	指导性问
太阳—地球—太空: 人类相互联系的家园	日球层系统是如何运行的?
	日球层系统边界是如何作用的?
	日地系统是如何相互作用的?
太空实验室: 认知基础	太阳的全球磁场是如何产生和维持的, 其周期性变化原因是什么?
	爆发现象是如何在日球层中产生和传播的, 哪些基本过程有助于能量的转换?
	基本物理过程如何控制跨尺度耦合, 其整体特性和结果如何?
新环境: 探索我们的宇宙邻域及以远	人类能从比较行星系统的研究中学到什么?
	为什么太阳及其环境与其他类似的恒星不同?
	哪些内部和外部特性在创造有利于生命存在的空间环境中发挥了关键作用?

估空间天气对地球上基础设施和人类健康的潜在影响, 为减少这些影响提供科学依据。

空间天气研究主要受到用户需求的驱动, 这些用户包括通信、航空、电力和卫星等行业以及美国政府。空间天气科学与应用组先提出研究目标, 指导委员会再对研究目标进行优先级排序, 在此基础上确定了 3 个主题下的重点研究领域(表 3)。

系统科学在空间天气研究中占据了核心地位。“层次化巨系统”主题关注日地系统所包含的系统之间的关系和相互作用。后 2 个主题聚焦这些相互联系的系统对空间天气驱动因素的独特物理响应, 以及对基础设施和人类健康产生的影响(表 4)。

总之, 这些科学主题、科学问题和重点研究领域不仅分析了本领域的现状和所面临的最紧迫的科学问题, 而且有针对性地预测了未来 10 年内的科学增长点及有望取得显著进展的领域。

表 3 2024 太阳和空间物理十年调查中的空间天气主题及研究领域

空间天气主题	研究领域
层次化巨系统: 空间天气的驱动因素	太阳爆发:
	电磁辐射(如太阳耀斑)
	太阳高能粒子
物理系统的空间天气响应	日冕物质抛射
	大气驱动
	近地轨道(LEO)中性密度
空间天气对基础设施和人类健康的影响	电离层状态
	磁层状态
	载人任务辐射
	航空辐射环境
	航天器效应
	电离层高频信号传播
	近地轨道卫星和碎片轨迹
	地电场

表 4 空间天气服务未来 10 年预期产出

空间天气主题	研究领域	未来10年预期产出
层次化巨系统: 空间天气的驱动因素	太阳耀斑和太阳高能粒子	提前至少12 h预报太阳耀斑; 提前至少6 h预报太阳高能粒子
	日冕物质抛射	提前12 h预报日冕物质抛射及其磁场
	大气驱动	定量描述可能引发电离层不规则现象并产生闪烁的重力波作用
物理系统的空间天气响应	近地轨道(LEO)中性密度	在地磁暴期间, 为LEO轨道航天器提供热层密度的24 h预报
	电离层和磁层状态	提供电离层和磁层状态参数预报, 包括辐射环境、极光和电离层电流
	再分析(Reanalysis)	具备预报/短临预报模型的再分析能力, 能够对预报模型和方法进行评估和确认
空间天气对基础设施和人类健康的影响	载人任务辐射	为载人和非载人任务提供空间辐射环境监测服务
	航空辐射环境	在大型太阳高能粒子爆发事件期间提供航空辐射预报预测
	航天器效应	提供长期航天器效应预报
	电离层高频信号传播	提供1 h电离层高频信号传播干扰预报
	近地轨道卫星和碎片轨迹	显著优化近地轨道卫星和碎片轨迹模型
	地电场	为电力系统提供1 h地球电场变化预报(空间分辨率200 km)

1.3 战略发展路线图

为了实现太阳和空间物理的2大愿景,并实现日球层物理领域的均衡发展,促进科学研究和空间天气取得突破性进展,2024太阳和空间物理十年调查提出了3个研究发展战略:一是建立HSL,统一整合和协调管理天基和地基各类任务的科学数据,实现对日球层物理领域的全面研究;二是实施DRIVE+计划,通过多元化(diversify)、实现(realize)、集成(integrate)、冒险(venture)、教育(educate)的策略,组织科学研究和技术研发项目,以促进科学成果的产出;三是为未来10年及更远的任务做好准备,提前布局预先研究,确保在太阳和空间物理领域的科学研究和空间天气方面能够取得突破性进展。

1.3.1 综合性日球系统实验室(HSL)

2024太阳和空间物理十年调查引入了HSL的概念,目的是将太阳和空间物理领域所有的任务、项目和计划产生的科学数据进行统一管理,这些数据是拓展太阳和空间物理前沿的关键和基础。HSL之所以被称为“实验室”,是因为其囊括了本领域可以产生各类不同结构科学数据的所有天基/地基的卫星和地面大科学装置,包括为NASA推荐的2个新的“发现系列”旗舰任务、为NSF推荐的3个地面基础设施、旗舰级的日球层物理领域科学建模计划、跨部门空间天气研究和运行计划,以及若干日球层物理探索者计划(Explorer)任务建议。

1) NASA的2个新的旗舰任务。

2024太阳和空间物理十年调查为NASA推荐了2项最高优先级的旗舰任务。第1个任务是隶属于日地探针(STP)计划的“联系号”(Links)地球空间多区域、多尺度联系星座任务。该任务由2颗极光与磁层成像卫星和24颗磁层原位探测卫星星座组成,预估经费18.6亿美元,计划于2027年开始研制,不早于2035年发射。Links任务利用大型卫星星座,旨在为长期存在的关于全球太阳风能量进入磁层日侧以及随后通过磁层夜侧向极光和大尺度洋流区域进行能量传输等问题提供明确答案。此外,该任务还将确定中等尺度及其过程对更大尺度系统演化的影响。第2个任务是隶属于与日共存(LWS)计划的“太阳极区轨道器”(SPO)任务,通过一次木星引力辅助和几次地球引力辅助进入飞越太阳两极的高倾角轨道,对太阳

南北两极成像和测量,预估经费20.8亿美元,计划于2029年开始研制,2037年发射。SPO将首次探测太阳极区磁场,探测结果对于理解太阳磁活动的起源以及磁场如何在太阳周期中驱动太阳活动和形成日球层至关重要。了解极区磁场和速度结构也是地球空间天气预报的一个关键因素。利用航天器的独特视角,可以对日冕和太阳风的产生和结构进行全面研究。

2) NSF的3个大中型地面基础设施。

2024太阳和空间物理十年调查为NSF推荐了3项地面基础设施建议,包括1个大型基础设施(MREFC)和2个中型基础设施(MSRI)建议。

在大型设施排名中最靠前的是下一代太阳全球振荡监测网(the next generation global oscillations network group, ngGONG),是美国国家太阳天文台GONG的升级版,探测研究太阳磁流体力学和绘制太阳背面的太阳活动图。这是第1个从概念阶段就将空间天气业务要求纳入其中的设施。

优先级最高的地基中型设施包括MSRI-1分布式小型阵列(DASHI)和MSRI-2频率敏捷太阳射电望远镜(FASR)。DASHI将观测地球高层大气的关键状态参数,这对于基础研究和空间天气预报都很重要。FASR将用于测量太阳大气中的等离子体过程。这些设施的建设都将推动电离层-热层-大气层、磁层、太阳和日球层科学的进一步发展。

3) 旗舰级的领域科学建模计划。

该计划致力于应对物理学日益增长的复杂性、模型与数据融合的新趋势、人工智能的持续进步,以及高性能计算领域的迅猛发展所带来的挑战。该计划为模型开发、维护和广泛使用提供了必要的基础设施,将培养和引进新的跨学科人才。

4) 跨部门的空间天气研究和业务运行计划。

该计划涵盖一系列设备、任务和项目,将为未来的空间天气业务提供支持。例如,可将由NASA空间天气计划独立开发运行的空间天气演示任务数据和NOAA任务的观测结果统一整合到HSL中,从而展现HSL从研究到业务运行再回到研究(R2O2R)的强大循环功能。这样的整合不仅能够提升数据的可用性和效率,还能加强不同部门间的协同工作,为空间天气的预报和响应提供更为全面和深入的科学依据。

5) 若干日球层物理探索者计划任务。

2013 年版十年调查报告中推荐的 2 个优先任务目前仍在实施。其中,星际测绘与加速探测器(IMAP)任务计划于 2025 年发射,而地球空间动力学星座(GDC)和动态中性大气-电离层耦合(DYNAMIC)任务计划于 2031 年发射。这 2 个任务的实施将进一步深化人类对日球层物理现象的理解和探测能力。

在未来 10 年内,预计将有 9 个中小型的探索者任务获得发射机会。NASA 每隔 2~3 年会广泛征集 1 次探索者任务和机会任务,其中小型探索者(SMEX)任务的机会将是大型任务的 2 倍。为了弥补日球层物理领域中型探索者任务(MIDEX)和战略型任务之间的空白,计划实施新的大型探索者(HeLEX)级别的任务,首次征集将在 2031 年进行。

1.3.2 DRIVE+: 升级的研究和技术计划

DRIVE+计划是 2024 太阳和空间物理十年调查中一个重要的研究和技术计划,它是在 2013 年版太阳和空间物理十年调查(2013 版)的 DRIVE 计划基础上的升级。

DRIVE+计划主要包括 4 方面内容:(1) 引进和培养一支多样化、跨学科的研究团队,提升工作能力,包括鼓励不同背景、不同领域的专家共同合作,促进创新和科学发现;(2) 倡导机构间的协调与合作,以促进数据共享和工具整合,通过这种方式,可以更有效地利用资源,加速科学成果的产出;(3) 发展先进的研究工具,如超算和人工智能,以分析和解释复杂的空间物理数据,这些工具对于处理和理解 HSL 产生的大量数据至关重要;(4) 鼓励新技术研发,以支持未来的科学任务和探测,包括开发新的探测仪器、实验技术和数据分析方法,以应对空间物理领域日益增长的物理复杂性。

近年来随着人类对行星宜居性、地球大气层和空间天气的研究日益重视,太阳和空间物理与天体物理、行星科学和地球科学等学科交叉成为研究的热点和前沿(图 1),这也为跨领域跨部门合作提供了新的机遇。

1.3.3 为未来 10 年乃至更长远的时间跨度做好充分准备

通过布局小型飞行验证项目、关键技术攻关和预先研究项目,为未来 10 年乃至更长远的时间跨度做

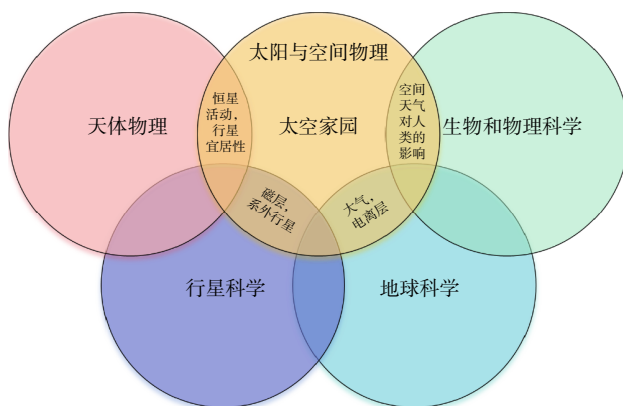


图 1 NASA 空间科学部下设不同学部之间的学科交叉

好准备。任何一项复杂尖端技术具备足够高的成熟度、能够应用于旗舰型战略任务,必须提前进行先期攻关和投资。例如,日球层物理研究和技术飞行验证(H-FORT)以及日球层物理科学载荷研制项目(HTIDeS),将为本领域的发展提供必要的技术储备。

对未来的准备不应仅限于硬件设施。加强机构间和机构内部的合作以及国际合作伙伴关系,对于推动未来发展同样至关重要。例如,月球和火星上的空间天气就涉及跨学科研究,需要增加机构内部的协调,以利用太阳和空间物理专业知识来回答。

1.3.4 挑战与机会

实现 2024 太阳和空间物理十年调查的科学和空间天气任务的重要条件是必须持续增加本领域的年度经费,但是当前的预算水平尚不足以支持已规划的项目。例如,在 2013 年版太阳和空间物理十年调查中推荐的最高优先级任务 GDC,虽然科学目标重大且将在空间天气预报方面发挥重要作用,但是由于预算不足,NASA 目前已暂停支持并可能取消该任务。太阳和空间物理领域如果没有新的科学卫星任务立项,整个领域的科学研究和发展将面临严峻挑战。

2024 太阳和空间物理十年调查既“雄心勃勃”,又充分考虑了任务规模、实施进度、学科发展、机构建设等之间的平衡。在资源得到充分保障的条件下,未来 10 年一定是探索和发现宇宙奥秘、拓展和保护人类太空家园的黄金时代。

2 启示与建议

2.1 实现重大突破,需要进一步加强多维度交叉融合

2024 太阳和空间物理十年调查采用了全面和平

衡的研究战略,充分体现出学科、领域和应用的交叉融合。一是推动了太阳物理与空间物理的学科融合,十年调查涵盖了太阳和空间物理主题的多个重点研究领域,加强了太阳、日球层、磁层、电离层、热层、中间层和空间天气等不同学科之间的联系。二是强调科学研究与空间天气应用的融合,一方面要深化人类对太阳和空间物理的探索研究,另一方面要提升人类社会应对空间天气事件的能力,二者彼此联系且相互促进。三是加强天基与地基的融合,对本领域来说天基和地基设施都是重要手段,通过科学卫星任务与地面大科学装置相结合,提升探测能力、挖掘更大的科学研究潜力。四是加强科学数据的融合,通过引入HSL的概念,统筹管理太阳和空间物理领域的所有任务、项目和计划的科学数据,以全面理解太阳活动对地球空间环境的影响。

在太阳和空间物理领域,中国已经实施了双星计划,发射了“羲和一号”“夸父一号”“澳科一号”,在风云气象卫星等业务卫星中也搭载了很多空间天气监测的有效载荷,2025年微笑卫星(SMILE)即将发射;在地基建设了子午工程一期和二期,建成和正在建设若干大口径太阳望远镜,这些初步实现了天地基、科学与应用等结合,但主要还是依靠短期项目式的模式。要构成成体系的系统,中国太阳和空间物理还需要制定中长期规划,进一步统筹各方资源,优化顶层设计,加强学科交叉、天地配合以及科学与应用的融合,并进一步改革科研管理的体制机制,优化资源分配模式等。

2.2 取得重大成果,需要长期规划、持续支持、前瞻部署

2024 太阳和空间物理十年调查在未来 10 年内,将启动实施 2 个旗舰型任务、9 个中小型任务或机会任务,以及 3 个地面大型科学装置,平均每年将有 1~2 个任务启动实施。这些任务并非凭空而来,都经过了多年的科学目标凝练、科学方案深化和关键技术的攻关验证。2024 太阳和空间物理十年调查提出的一项重要内容是为未来 10 年及以远做好准备。这包括通过提前部署关键技术验证和科学载荷技术的攻关,以期对未来任务提供成熟的技术储备。

任何重大科技突破都不可能一蹴而就。由于科学任务的复杂性以及对目标和观测手段创新性的高要求,科学任务的实施都需要经历长期培育、试验性

研究和多年的技术攻关准备,才能取得重大成果,不能只关注“短平快”的项目。21 世纪以来,中国通过实施民用航天预研、空间科学先导专项等的背景型号、预先研究、概念研究等一系列覆盖空间科学各学科的、成体系的预研项目^[5],降低了未来空间科学任务工程立项和研制的风险;其中一些中小型项目培育了奇思妙想、探索了未来技术,产生了很好的效果。当前需进一步加强预先研究的部署和支持,从体制机制上保证空间科学的长期健康发展。

2.3 完成规划任务,需要夯实基础、统筹协调、全面发展

为了实现太阳和空间物理领域的科学目标,2024 版太阳和空间物理十年调查通过实施 DRIVE+计划,强调基础研究、理论建模、技术开发和人才培养,在提升工作能力、加强协调合作、升级换代研究工具和促进技术进步等方面采用创新举措,为该领域注入新活力和新思路,以实现科学产出最大化。DRIVE+计划强调跨机构合作的重要性、支持发展现代网络基础设施,并鼓励跨学科研究,以实现数据的有效共享和高效利用,推动太阳和空间物理研究的持续进步,解决新兴前沿问题和国家战略需求。

近年来中国已经通过全国重点实验室重组,建设了太阳活动与空间天气全国重点实验室等创新平台,已有多个大学相继成立了地球与空间科学学院。未来还要持续加强太阳和空间物理的学科建设,加强各优势单位和优势领域的联合,加强青年人才的引进和培养,特别是在重大工程任务中培养领军人才,加强空间环境模拟和测试定标等的基础实施和实验条件的建设,进一步突破先进空间探测有效载荷的关键技术。

3 结语

美国 2024 太阳和空间物理十年调查的发布,充分表明太阳物理和空间领域不仅是基础研究的前沿,而且对人类的生存发展具有重要意义。

中国于 2024 年 10 月 15 日发布了《国家空间科学中长期发展规划》^[6],在“日地全景”主题下明确了中国在太阳和空间物理领域的空间天气探测、太阳立体探测和外日球层探测等优先发展方向和一系列拟解决的重大科学问题,确定了 3 个阶段的路线图,为当

前和今后一个时期指导中国太阳和空间物理任务部署、开展科学研究提供了依据。

2025 年中国即将发射微笑卫星,对太阳风和磁层中的等离子体及磁场进行实时原位探测,以揭示太阳风与磁层相互作用的过程和变化规律。即将启动实施夸父二号任务,开展太阳极轨探测,有望在太阳磁活动周起源和高速太阳风起源方面取得重大成果。目前中国科学家也在论证磁场重联小卫星星座、L5 点太阳探测、太阳抵近探测等任务概念。国家重大科技基础设施——子午工程二期已建成,即将通过国家验收,将首次从地面实现对日地空间环境全圈层、多要素综合的立体式探测,实现中国空间天气建模与预报能力的跨跃发展。中国的太阳和空间物理已进入发展的快车道。

为了促进未来中国太阳和空间物理学科的发展,满足国家重大需求,落实空间科学规划,中国也需要进一步提出加强天地基任务的配合和数据的融合,加强前瞻部署和预先研究,进行长期稳定支持,同时在人才培养、模型工具研发、基础设施建设等方面做好全面的支撑,构建良好的学术生态,促进成果的应用和服务,一步一个脚印把规划描绘的愿景变为现实。

参考文献 (References)

- [1] National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. The space science decadal surveys: Lessons learned and best practices[M]. Washington, DC: The National Academies Press, 2015.
- [2] National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. The next decade of discovery in solar and space physics: Exploring and safeguarding humanity's home in space[M]. Washington, DC: The National Academies Press, 2024.
- [3] National Research Council (NRC). The sun to the earth and beyond: A decadal research strategy in solar and space physics[M]. Washington, DC: The National Academies Press, 2003.
- [4] National Research Council (NRC). Solar and space physics: A science for a technological society[M]. Washington, DC: The National Academies Press, 2013.
- [5] 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.
- [6] 中国科学院, 国家航天局, 中国载人航天工程办公室. 国家空间科学中长期发展规划(2024—2050年)[EB/OL]. (2024-10-16) [2025-01-06]. https://www.gov.cn/lianbo/bumen/202410/content_6980618.htm.

Interpretation of the NAS's Decadal Survey on Solar and Space Physics 2024—2033

WANG Chi, SONG Tingting, CAO Song

National Space Science Center, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China

Abstract On December 5, 2024, the National Academy of Sciences (NAS) released its latest decadal survey, The Next Decade of Discovery in Solar and Space Physics: Exploring and Safeguarding Humanity's Home in Space (2024), which is the third strategic study released by NAS for guiding the development of the solar and space physics in the next 10 years. This decadal survey report identifies the highest priority science for the next decade and presents a comprehensive and balanced research strategy for making measurable progress on science. This paper provides a comprehensive interpretation of the decadal survey report, and analyzes the vision, science and space weather themes, guiding questions, research focus areas, and major science missions in solar and space physics over the next decade, in order to enrich understanding of the space around us and to prepare humanity for the future, which will provide useful inspiration and reference for research and development in solar and space physics in China.

Keywords strategy; heliophysics; solar physics; space physics; space science mission ●



(责任编辑 王丽娜)