

中国科学院学部 科学与技术前沿论坛简报 第 122 次

学部工作局学术与文化处 编报
《中国科学》杂志社

2021 年 11 月 日

“深空探测与信息技术”论坛综述

一、国内外研究现状

深空探测一般是指发射航天器到达等于或大于地月距离的宇宙空间，对太阳系天体、行星际空间及恒星际空间进行探测的活动，包括月球、行星系统、小天体、太阳及日球层以远等主要方向。有时，也泛指采用航天器对地球及地球以远的空间和天体进行探测、观测的活动。本文采用泛指的概念。

深空探测是当今世界航天活动的重要领域，可获得新知识、新发现，推动对太阳系及宇宙起源与演化、行星物质起源、生命起源与演化规律等研究，进一步认识地球环境的形成和演变，认识空间和地球自然系统之间的关系。开展深空探测活动，是科学研究、技术创新和空间资源开发与利用的重要途径之一。

信息技术也称信息和通信技术（Information and Communications Technology, ICT），是主要用于管理和处理信息所采用的各种技术总称，主要包括传感技术、计算机与智能技术、通信技术和控制技术等。信息技术在深刻改变人类社会生活与生产活动的同时，也赋能深空探

测领域，使其向更高水平发展。

1957 年以来，人类向宇宙空间发射了各类航天器，已经抵达了太阳系的主要天体。截至 2021 年 9 月，美国、俄罗斯/苏联、中国、日本、印度、欧洲等国家和地区先后实施了 250 余次深空探测活动，实现对月球、七大行星、小行星、彗星、矮行星、太阳等的探测并进入临近恒星际空间，成功载人登陆月球，实施了月球、火星、金星、小行星和彗星表面软着陆探测，实现月球和火星表面的巡视勘察，实现月球、小行星、彗星采样返回。人类探测器的轨迹已经延伸至恒星际空间，并正在向更遥远的恒星际空间挺进。通过对地球、日地空间、太阳系乃至整个宇宙开展全方位、多手段的科学探测，获取了大量新的观测数据，发现了太阳风和地球辐射带，发现了地球极区臭氧洞，发现了火星上的甲烷和水冰，发现了黑洞/中子星等致密天体，精细测定了宇宙微波背景辐射和宇宙年龄，推动建立了恒星结构演化、宇宙大爆炸模型理论，验证了广义相对论一些重要效应，等等。这类革命性的发现源源不断，全面更新了对太阳系、天体、宇宙和地球的认知，深刻地改变了人类的宇宙观和自然观。

美国在深空探测活动中处于领先地位，是目前唯一实施太阳和七大行星探测、载人登月、进入临近恒星际空间的国家，取得的科学成果丰富，总体能力国际领先。苏联曾实施首次月球探测、首次金星探测等多个“人类首次”的深空探测活动，获得大量科学探测数据，具有较强的技术能力。欧空局通过与美国及俄罗斯合作，开展了多次高水平深空探测任务，科学载荷研制能力处于国际领先，并通过多项科学载荷国际合作获得了丰富的探测数据与科学成果。日本在小天体探测方面处于国际领先。印度实现亚洲首次火星环绕探测任务。

中国起步虽晚、但起点高，七战七捷、成果显著，实现了月球的“绕、落、回”和火星的着陆与巡视。嫦娥一号获取 120 m 分辨率全月图；嫦娥二号获取 7 m 分辨率全月图并对图塔蒂斯小行星进行飞

掠探测；嫦娥三号实现月面软着陆和月面巡视探测；嫦娥四号实现人类首次着陆于月球背面并巡视勘察；嫦娥五号成功实现月球样品采样返回；天问一号一次实现“绕、落、巡”，成为世界上第二个掌握火星软着陆技术的国家。暗物质卫星“悟空”号已绘出迄今最精确的高能氦原子核宇宙射线能谱，“慧眼”卫星首次清晰观测到了黑洞双星爆发过程的全景并揭示了黑洞双星爆发标准图像的产生机制等等。

从世界主要航天国家和组织发布的深空探测发展路线来看，深空探测有以下特点：一是作为国家战略的重要组成部分，各国均在较长的时间跨度上统筹规划、合理安排并保持稳定投入；二是以月球为首选，积极构建能力体系、突破关键技术，不断向火星等更加深远的空间迈进；三是伴随技术进步，人类探索未知、到达更远目标的渴望和可行性随之加强，利用太空、服务国家安全发展的需求更为迫切；四是机器人与载人任务协调发展是大趋势。

2035年前，世界深空探测领域基本格局稳定。美国处于领先和领导地位；中国积极扩大在月球、小行星和行星探测等领域的影响，布局系外行星探测等领域；俄罗斯、日本、印度、欧盟等国家和组织依据各自发展目标有重点地开展深空探测活动，国际合作的力度越来越大；阿联酋、以色列等新兴航天国家参与度逐渐提高，并将有更多的国家或组织开展或参与深空探测活动。在这个过程中，信息技术的不断深化研究与应用是提升深空探测任务能力与效果的核心关键之一。

近年来，我国重大深空探测与空间科学任务论证与培育百花齐放，相关信息技术伴随着我国深空探测任务取得了很大的发展，但是在深空感知与探测技术、深空导航技术、航天器自主智能技术、空间科学应用水平等方向距离国际一流水平仍有差距，在部分核心载荷、核心探测器件、深空基准产品与服务方面尚未形成自主可控，在智能自主技术、新一代信息技术在深空与空间科学任务的应用等方面尚有较大差距，尤其是重大原创性科学成果不足。信息技术与深空探测的深度

融合,既是我国深空探测与空间科学等领域技术发展面临的重大挑战,也是我国实现技术追赶乃至领先超越的重大机遇,更是推进航天强国建设的关键技术路径。

二、论坛概况

9月26日,“深空探测与信息技术”科学与技术前沿论坛在北京友谊宾馆召开。论坛执行主席为包为民、杨元喜、吴一戎、王赤、常进5位院士。论坛由中国科学院学部主办,中国科学院学部学术与出版工作委员会、信息技术科学部、地学部、数学物理学部共同承办,钱学森空间技术实验室、西安测绘研究所、中国科学院空天信息创新研究院、中国科学院国家空间科学中心和《中国科学》杂志社协办。

包为民、吴一戎、王赤、常进、崔向群、韩占文、王巍、王礼恒、吴宏鑫、吴伟仁、杨孟飞、郑晓静等12位中国科学院和中国工程院院士出席了论坛。报告及参会专家来自国家国防科技工业局探月与航天工程中心、清华大学、北京大学、国防科技大学、中国科学技术大学、南京大学、北京航空航天大学、宁波大学、山东大学、中国矿业大学、深圳大学、西安电子科技大学、信息工程大学、中国科学院空天信息创新研究院、国家空间科学中心、国家天文台、国家天文台南京天文光学技术研究所、云南天文台、上海天文台、紫金山天文台、西安测绘研究所、西安卫星测控中心、宇航动力学国家重点实验室、中国电子科技集团公司第十四研究所、中国航天科技集团、中国空间技术研究院、北京空间飞行器总体设计部、钱学森空间技术实验室、北京卫星导航中心及《中国科学》杂志社等单位,现场参会代表共67人。为应对疫情防控要求,论坛通过腾讯科技开通线上直播,7000余人次观众在线参加了论坛。

三、论坛重点关注问题

深空探测持续突破人类探索边疆,不断取得重大科学发现,深刻

改变了人类的自然观和宇宙观，对保障人类安全、拓展生存空间具有重大意义，是我国“十四五”及未来规划的重点。信息技术在全球范围广泛使用，并催生了物联网、云计算、人工智能等前沿方向，不仅深刻地影响着经济结构与经济效率，而且作为先进生产力的代表，对社会文化和精神文明产生着深刻的影响，极大地促进了人类文明的进步。近年来，在重返月球、太阳系深度探索等全球挑战任务的驱动下，人类的信息获取和交换将从全球尺度逐步扩展到地月空间甚至太阳系尺度。如何实现我国“十四五”及未来一系列深空探测任务在世界领跑，为人类和平利用太空、推动构建人类命运共同体贡献更多中国智慧、中国方案、中国力量，必须提前分析研判并作好科研布局。本论坛旨在为相关领域的学者搭建高层次的交流平台，鼓励学术争鸣，为在国家层面上进行相关领域的跨学科发展的决策提供具有前瞻性与可行性的规划与建议，特别是为国家层面上实施“深空探测与信息技术”专项进一步凝练目标、凝聚共识。

本论坛关注深空探测任务面临如下核心问题：深空探测器如何在飞行过程中获取信息并了解自身在宇宙中所处的位置？如何在太阳系探索中不断观察新世界、获取新知识并自主地适应新环境？深空及空间科学任务如何做好应用以拓展人类的知识边界？这些挑战性问题将推进深空探测和信息技术两个学科互相促进、共同发展，并通过深度交叉与融合，有望催生新的前沿科技方向。本次论坛针对上述问题，设立“深空探测与处理”、“深空测量与导航”和“空间科学及应用”三个议题。

“深空探测与处理”议题从深空探测任务面临的探测与信息处理挑战出发，重点关注以下方面：空间目标的观测需求、国外空间目标观测雷达及技术发展；平方公里阵列射电望远镜（SKA）整体情况以及中国SKA面临的科学和技术挑战；微波成像雷达在深空探测中的应用历程和取得的成就，以及部分深空探测规划；以我国小天体探测任

务为例，探讨深空任务面临的信息技术挑战。

“深空测量与导航”议题从关键技术路径讨论入手，重点关注了以下方面：我国深空基准建立和维持的技术手段，自主建立和维持深空基准的发展路径；深空导航新技术，分析深空航天器导航制导精度需求，探索天文自主导航等的技术可行性和应用前景；深空空间态势感知技术，以及空间态势感知的内涵与外延。

“空间科学与应用”议题从任务进展与信息技术应用入手，重点关注了以下方面：我国月球探测的探月工程完成情况、科学探测成果和未来发展展望；天问一号“绕、落、巡”的重要历程和科学探测进展，以及我国未来行星探测规划；太阳系边际探测任务的科学目标；面向未来的空间天文系列探测任务；AI技术在空间探索和数据处理中的应用前景。

四、论坛报告

中国电子科技集团公司第十四研究所马林研究员的报告介绍了空间目标的观测需求，国外空间目标观测雷达及技术发展的主要情况。报告阐明了空间目标观测雷达技术研究的主要技术方向与理论基础，分析了雷达探测目标尽全编目、及早发现、精确定轨和准确掌握的探测需求。空间目标探测是人类进入空间、和平利用空间的基础，是我国建设航天强国的重要支撑。中低轨空间目标约占总数的80%，其观测手段主要是雷达。随着人类开发太空力度的不断加大，以及空间卫星形态与数量的增多，大型宽带有源相控阵雷达系统及精密跟踪测量与成像雷达系统是世界科技强国在空间目标观测领域竞相发展的主要研究方向。报告介绍了雷达探测目标远距离与高精度、测量目标多维度与精成像的技术难题的攻关进展，详述了雷达系统总体设计、高性能收发组件、大型相控阵雷达天线性能测试与阵面监测、多波束搜索、目标自适应跟踪、空间目标定轨计算、雷达系统宽带高分辨、大型低损耗雷达天线罩等核心关键技术研究，及其在我国空间监视、载人航

天与探月工程等国家重点工程中发挥的重要作用。报告还给出了空间目标探测雷达技术的发展方向与趋势。

中国科学院空天信息研究院王宇研究员的报告首先介绍了太阳系内的多个行星及其卫星的特征，梳理了微波成像雷达在深空探测中的应用历程和取得的成就，以及部分深空探测规划。详细介绍了我国嫦娥七号探月任务搭载的月球微波成像雷达，即我国首次在探月工程中搭载的微波成像雷达载荷。发展空间科学和空间技术是人类探索宇宙奥秘、提升对空间环境认知并促进社会进步的重要方向。报告综述了自人类空间技术发展伊始，微波成像雷达作为一种能够穿透云雾的微波主动成像雷达，在深空探测领域发挥的巨大作用，以及微波成像雷达在深空探测中的重要作用。报告介绍了嫦娥七号月球微波成像雷达的探测目标，双天线干涉、双频段、多极化、高分辨率微波成像雷达载荷设计，阐述了月球微波成像雷达在月球地形地貌探测、南极艾肯盆地堆积溅射特征研究等多个方向的应用潜力。最后介绍了微波成像雷达技术在未来深空探测中的应用价值与发展潜力。

中国科学院上海天文台郭铨研究员概要介绍了平方公里阵列射电望远镜(SKA)技术、科学目标以及发展和建设状况，以及中国SKA面临的科学和技术挑战。SKA是迄今为止世界上正在建造的最宏伟的天文观测设备，汇集了人类在天文学、无线电、信息、通信、计算机、机械制造等诸多领域的科技成果，将主导未来射电天文学50年的发展命脉，蕴涵多项重大科学发现，会对自然科学和人类文明做出划时代的和革命性的贡献。SKA由十多个国家的科学与技术人员共同参与和协作建造、共同运行和管理，是超越国界的全球大科学装置，是体现“构建人类命运共同体”的科研实践行动。报告指出，SKA不仅能给中国在基础科学前沿领域带来丰厚的回报，也是中国科技长远发展的全球布局。

中国空间技术研究院总体设计部张焯研究员主要报告了小行星

探测任务的信息技术挑战。小行星探测，是深空探测活动的重点目标之一。太阳系内数以百万计的小行星，保留了宇宙早期形成时的物质，对探索太阳系及生命的起源演化有着极其重要的意义。小行星探测，不同于大行星探测最显著的特点之一是小行星目标特性的不确定。因此，探测器在设计时必须大量采用智能自主技术，以应对各种可能的情况，确保任务完成。报告首先介绍小行星探测的任务特点和其目标特性对航天器设计的影响。然后从小天体目标特性的信息获取手段、信息处理与建模方法、航天器自主导航与自主操作等方面，分析带来的挑战和应对思路，主要包括小行星三维重构的测量与建模，小行星接近过程的自主信息识别与自主导航、小行星采样的自主操作等。报告最后对未来深空探测任务对信息技术发展的需求进行了展望。

宇航动力学国家重点实验室张荣之研究员的报告介绍了空间态势感知的能力现状，及其融合应用于小行星探测中的可能性。报告首先从概念内涵、基本能力、形成能力的装备三个方面介绍解答了空间态势感知是什么、干什么、怎么干的问题；然后总结了空间态势感知的作用，并针对小行星可能造成的危害，探讨了从近地态势感知到深空态势感知的应用意义；由此引出空间态势感知的具体手段：雷达和光学，进一步分析国内外空间态势感知装备对小行星探测的能力、优势和不足；并探讨空间态势感知深度融合于小行星探测的建设方向，可为后续深空探测任务开展和小行星撞击预警提供一定的技术储备。

西安测绘研究所刘思伟研究员的报告综述了世界强国和组织尤其是美国为首的西方发达国家和组织在深空基准体系方面的进展，总结了我国在深空基准方面的研究基础及存在的差距。报告针对我国开展深空探测的现实需求，分析论述了深空基准的定义和作用意义、建立和维持深空基准的主要技术手段、我国在深空基准建立与维持方面的差距与不足，提出了我国自主建立和维持深空基准的发展建议。

北京卫星导航中心周建华研究员的报告聚焦基于拉格朗日点的

深空导航技术。瞄准探索新的空间基准实现方式，拓展深空导航保障能力，整体提升我国天基导航体系弹性，相关研究突破了基于拉格朗日点的深空导航技术，论证提出了基于拉格朗日点的深空导航星座构建方案。设计了一箭四星星座部署方案，可在 330 天内完成星座部署，实现发射成本和能力生成的最优化统筹，在无地面依托情况下实现对近地卫星导航星座的深空锚固和深空导航服务。报告以环月探测任务为例，详细考察了拉格朗日卫星导航系统的覆盖性能及深空导航性能，并基于能源一体化、信息一体化、结构与热控集成的指导思想，对导航星拓扑、构型进行了详细设计，报告了以多层透镜天线为基础的空间载荷原理样机研制进展，以及对星间链路技术体制进行的验证情况。

西安测绘研究所周庆勇研究员报告了 X 射线脉冲星自主导航及授时技术研究的最新进展。X 射线脉冲星，被誉为宇宙“灯塔”，具有可精确测定的位置信息，且其脉冲信号具有高稳定周期特性和高稳态轮廓特征，部分毫秒脉冲星自转频率长期稳定度优于地面原子钟，能够为航天器深空飞行提供良好的时空基准信息。空间均匀分布的脉冲星可构建类似导航卫星的星座，且信号不受人为干扰，安全性高，是空间探测器极好的天然导航信标，能够为近地空间、整个太阳系，乃至深空的探测活动提供高精度自主导航服务，增强远离地面测控台站作用距离的自主导航能力，降低运行费用及深空网的负担。此外，脉冲星能够提供一种独立的基于遥远自然天体并持续数百万乃至数十亿年的时间频率，可驾驭原子钟长期稳定，或建立独立的时间尺度。脉冲星时具有高稳定性、全自主性和全宇宙性的特点。脉冲星计时是导航及授时的基础，推导建立了相对论框架下脉冲星观测模型，编制相关软件，并应用于脉冲星天文数据处理；论述了美国 SEXTANT 实测数据脉冲星导航处理方法，介绍了我国脉冲星试验卫星及 HXMT 卫星数据处理结果；研究了一种基于双谱滤波的综合脉冲星时构建方法，提高了脉冲星时的稳定度；提出了一种改善北斗导航系统时间基准长

期稳定性的脉冲星时地面服务系统,概述了该系统的初步设计与功能,研究了天地基脉冲星时建立方法,利用实测和仿真数据的分析结果,得出了 TOA 精度是制约空基脉冲星时稳定性的重要因素的结论。最后,报告展望了脉冲星导航及授时应用场景。

中国空间技术研究院总体设计部王大珩研究员的报告聚焦航天器自主运行技术。航天器自主技术是针对航天器这一类资源严重受限、不易在轨维护的空间无人系统,力求以系统观测、诊断和重构能力的定性判定和定量表达为突破口,以星上最低资源占用且不依赖任何人造信标为约束条件,去自主完成航天器的使命任务。报告介绍了航天器自主光学导航的核心关键——可观测性问题,以及自主诊断重构的理论基础——系统的可诊断性与可重构性。报告结合团队工作介绍了相关理论方法与技术 在航天器型号的应用情况,最后对未来可能的发展方向进行了总结和展望。

中国科学院国家空间科学中心王赤院士的报告关注太阳系边际探测的关键科学问题。太阳系边际是指受太阳风控制的最远区域(日球层边界),是与恒星际介质的交界,主体包括日球层终止激波、内外鞘区等。报告指出,尽管在 1977 年已发射的“旅行者 1 号”(Voyager 1)和“旅行者 2 号”(Voyager 2)已陆续进入星际空间,但由于轨道和载荷的局限性,日球层和太阳系边际的根本性科学问题仍悬而未决。报告简要介绍了太阳系边际的定义和主要探测要素,分析总结了国内外太阳系边际探测的现状,包括已实施和正在论证的太阳系边际探测任务的科学目标,梳理太阳系边际探测过程中关于日球物理、星际空间物理和太阳系演化方面的重大科学问题,并对我国未来太阳系边际自主探测任务的科学目标提出了建议。

中国航天科技集团有限公司于登云研究员的报告主要包括两部分,一是简述了我国探月工程“三步走”规划完成情况,包括任务概况、突破的主要关键技术和取得的亮点科学成果;二是对我国月球探

测工程未来发展进行了展望，包括月球科研站基本型建设、国际月球科研站及载人登月任务等。

国家国防科技工业局探月与航天工程中心张荣桥研究员的报告回顾了天问一号发射、奔火、环绕、着陆和巡视等重要历程，科学探测的进展情况；介绍了我国未来行星探测的总体规划和任务实施技术方案。

南京大学周济林教授的报告聚焦“紫瞳”卫星。“紫瞳”是同时观测主星辐射与活动性、行星质量、行星大气三个物理量的科学卫星设想，将是国际上首次在近紫外-可见光双波段开展恒星活动与系外行星大气巡天监测的科学卫星，将为行星宜居性研究提供关键的原创科学数据。报告介绍了卫星的总体方案，望远镜设计口径 60 厘米，视场 100 平方度，4 年内拟对 4200 平方度天区进行巡天观测。预期目标如下：(1)对约 400 万颗恒星开展连续 1 个月光变双色监测，新发现 5000 颗左右系外行星，为中国下一代大望远镜（空间站望远镜，12 米光学红外望远镜）等提供观测源；(2)通过宿主恒星活动性与系外行星大气的观测，探索热行星的潮汐演化，揭示热海星缺失之谜等前沿问题；(3)通过恒星双波段光变监测，揭示类太阳恒星、红矮星的活动性特征，为不同类型恒星耀发机制研究提供大样本数据；(4)发现一批宁静的恒星样本，为未来系外宜居行星的搜寻（如觅音等空间计划）提供目标星候选体。报告指出，该项目将对国际系外行星探测与宜居性研究产生重要影响，在此基础上后续可进一步开展红矮星宜居行星探测计划。

中国科学院国家天文台刘继峰研究员基于目前的科学前沿和技术发展趋势，报告了中国天文界提出的面向未来的系列天文探测任务。相关任务包括太阳极轨卫星和对太阳的立体探测，利用月球国际科研站在月表布置系列天文观测设施，以及在太阳-地球 L2 点布置大型光学紫外通用望远镜等。上列方案正在继续深化论证中。

宁波大学陈宇综教授的报告介绍了空间探索和导航的关键问题、AI 在空间探索应用的进展情况、创新 AI 方法及潜在应用。报告指出，随着我国重大任务实施，建立和应用创新方法分析和挖掘有关复杂数据是探索和发现的重要突破口。近年来 AI 技术的飞速发展，为空间探索和科研数据的分析和挖掘，突破当前瓶颈，带来了全新的高效手段。报告基于空间探索和导航关键问题，介绍了当前 AI 有关应用技术的发展状况，探讨了创新 AI 技术在综合分析和挖掘光谱等多种数据类型，以及小样本、弱信号、高噪音等高复杂度数据的应用前景。

五、论坛总结

本次论坛研讨了我国深空探测从月球到火星、小天体，再到更遥远的太阳系边际的探测进展、科学成果和部分未来深空探测与空间科学任务的论证与规划，深入探讨了深空信息获取、深空自主导航、深空基准、航天器自主、未来空间天文新方向等关键问题。论坛通过深入探讨，认为我国已迈入深空探测发展的新阶段，高质量、可持续的深空探测发展离不开科学研究与工程技术协同创新，二者相辅相成、缺一不可。论坛形成了以下共识和建议：

(1) 加强科学与工程融合发展，充分发挥科学的牵引作用，培育、孵化未来重大任务，实现重大原创突破。

加强科学与工程的融合，围绕宇宙演化、物质结构、生命起源等重大科学问题，面向世界科技前沿，进一步凝练和聚焦有望率先实现突破的前沿科学方向，统筹规划，分步实施，面向国家重大需求，孵化一批未来重大深空探测与空间科学项目，以任务带动科学发展，取得重大原创性科学发现，大幅提升我国深空探测的创新能力，为人类和平利用太空、推动构建人类命运共同体贡献更多中国智慧、中国方案、中国力量。

(2) 重视技术积累与前瞻布局，实现核心技术、关键载荷与自主可控，努力实现更多“从 0 到 1”的突破。

面向深空探测与空间科学任务，从任务科学出发，加强空间探测新体制、新方法研究与新载荷研制，实现多种载荷手段互补融合，支撑全方位的信息获取，增强深空探测任务执行效能。结合人工智能理论和技术进展，深化深空探测器自主运行、自主决策、自主感知的理论研究，全面突破深空自主导航、自主运行、自主故障诊断与重构等关键技术。加强建立自主可控的深空基准等方向的研究。突破高精度载荷敏感元件与高性能处理器的工艺、材料限制，夯实研制基础，增强生产保障能力。

(3) 科学研判、超前布局，更好地发挥基础科学研究在推进世界科技强国与航天强国建设中的作用。

加强深空探测与空间科学领域重大工程任务对数学、物理学、天文学等基础学科发展的牵引作用，发挥基础学科突破对重大工程任务的支撑作用，促进信息技术、人工智能等交叉学科的发展，提升重大工程遂行使命任务的水平与能力。

六、论坛特色

本次论坛紧扣时代脉搏，以深空探测与信息技术为主题，将国家重大战略需求与人类社会最具变革性的技术领域相结合，坚持面向世界科技前沿，坚持面向国家重大需求，围绕实现核心技术自主可控，研讨热烈。深度的学科交叉与思想交锋给与会人员很大的启发，对于领域的发展起到了碰撞思想与凝聚共识的作用，并对相关领域的未来发展提供了具有前瞻性与可行性的建议。

论坛在组织形式上进行了创新，应对疫情防控常态化要求，采用在线平台进行直播，既避免了论坛完全开放造成人员大规模聚集，也避免了论坛不开放造成学术传播力的下降，创新了我国疫情常态化防控下高端学术论坛的组织形式。

（作者：高磊，钱学森空间技术实验室高级工程师；梁伟，中国科学院空天

信息创新研究院主管；任丽文，中国科学院国家空间科学中心副研究员；任夏，西安测绘研究所助理研究员；包为民，中国科学院院士，中国航天科技集团有限公司研究员；杨元喜，中国科学院院士，西安测绘研究所研究员；吴一戎，中国科学院院士，中国科学院空天信息创新研究院研究员；王赤，中国科学院院士，中国科学院国家空间科学中心研究员；常进，中国科学院院士，中国科学院国家天文台研究员)

联系方式：中国科学院学部工作局学术与文化处，010-59358366