

构建“天地一张算力网” 仍需跨越多重技术挑战



视觉中国图片

近年来,随着地面算力中心能耗激增,将算力部署到太空正从前沿概念走向工程实践,逐步进入社会各界的关注视野。6月29日,北京太空算力创新中心在2026全球数字经济大会·太空算力论坛上正式揭牌,标志着中国在“天数天算”领域迈出关键一步。当天,中国移动首度系统披露其“天地一体”算力网络的整体战略,力图让卫星不仅能满足基本通信需求,还能“算数据、跑AI”,再通过高速网络把算力“空投”到地球每一个角落。

然而,在这场畅想太空算力部署的愿景中,散热难题、成本瓶颈与商业闭环等核心问题,依然是横亘在产业面前的现实挑战。

● 本报记者 杨洁

合验证基础设施与天地一体测试验证环境,向产业链上下游开放共享;三是标准制定与生态引领,主导或参与国家、行业标准研制,以开源开放理念汇聚产业生态;四是成果转化与场景变现,统筹城市治理、行业“天数天算”,推动太空算力规模化商业落地。

这一布局的核心逻辑在于,太空算力不能仅停留在国家科研任务层面,必须找到价值闭环。银河航天副总师高辉在论坛上表示,开创太空经济新时代,一定要解决商业闭环的问题,现在发展商业航天,必须通过新型体制来构建。如果闭环没有打通,就看不到价值。

他表示,一方面,要以数据闭环为核心,打通太空算力的体系架构,实现数据的全要素贯通,实现算网协同和算能协同;另一方面,要以业务闭环为牵引,打造开放业务平台,建立天地协同业务体系,降低业务开发和使用的门槛,构建太空算力基础设施。此外,要以商业闭环为目标,依托国家商业航天的体系和布局,加强产业协同技术攻关,实现产业可持续发展。

高辉说:“虽然我们站在AI和商业航天的风口,但这只是刚刚开始,我们现在还处于‘太空计算机’阶段,后面还有太空制造阶段、太空文明阶段,实际上这是一个非常漫长的过程。”

加速天地协同算力网布局

作为通信领域的“国家队”,中国移动6月29日发布了清晰的天地一体算力网络路线图。中国移动介绍,目前公司已经建成了全球最大、最完善的天地一体算力网络——智算总规模超925EFLOPS,机架规模超150万架,在全国打造了“1ms-5ms-20ms”三级

算力时延圈。但面对AI算力需求的指数级增长,地面算力的能耗与散热正逼近极限。

国家能源局数据显示,预计“十五五”时期全国算力用电量年均新增1000亿千瓦时,到2030年全国算力用电量将达8000亿千瓦时,占全社会用电量6%左右。与此同时,一个超大规模算力集群中近一半的电耗都是用于降温,而不是用来计算。这正是中国移动将目光投向太空的现实动因——太空拥有近乎无限的太阳能供给,以及接近-270℃的天然深冷环境,服务器产生的废热直接排到太空,散热成本急剧降低。

中国移动计划构建一张天地联动的算力网络,核心由两类节点组成:一类是地面数据中心,是整个网络的骨干核心;另一类是低轨卫星星座,是部署在太空的天基节点。两者通过高速链路打通。

中国移动表示,这张网络的核心目标,是把天上地下所有的算力和网络资源整合起来,升级成一套能随时随地提供实时服务的一体化算力集群。其中卫星星座主要处理太空原始数据,以及地面网络、算力覆盖不到的盲区任务。而地面数据中心主要承担大模型训练推理、天地数据的二次深度处理这类算力需求大的工作。两套系统可以自动调度任务、无缝衔接配合,就像一个大脑搭配无数个神经末梢,协同完成所有计算工作。初期实现“以天补地、以地强天”——用卫星算力填补地面覆盖的空白,用地面算力增强太空端的处理能力;最终目标是实现完全的“天地协同”,算力不分天地,统一调度、高效联动。

产业仍存诸多现实瓶颈

尽管前景诱人,但论坛上的技术专家们

并未回避现实的挑战。

比如,卫星发射“快递费”太贵。把1公斤货物送上天,我国的成本大概是5万-10万元人民币。想建由几千颗卫星组成的太空算力星座,发射成本就是天文数字。

此外,热管理危机不容小觑。一颗高性能算力卫星的发热量是传统卫星的10-100倍。北京航空航天大学教授李洪革指出,传统地面GPU在太空真空环境下缺乏对流散热,若不加专用散热系统,过大的功耗会在数分钟内烧毁芯片,但部署专用散热系统又会加大卫星发射体积、重量,从而加大发射成本。

李洪革表示,芯片本身还要能在环境适应性和计算性能上取得平衡,一方面要能够适应太空高低温剧变以及高能粒子辐射等恶劣环境,另一方面也要能够满足在轨实时计算的性能需求。

蓝星光域CTO胡成才介绍,星间激光通信是构建天基算力网络的核心技术路径,但这一技术也被誉为“针尖上的芭蕾”,需在高速运动的卫星间实现微米级光斑对准,还要攻克高速相干传输与星上智能处理等关键技术。

“太空算力,能源先行”,轨道星能CEO彭福军则指出,太空算力的规模上限取决于能源系统,目前太阳翼正在从刚性向柔性演进,但是也需要解决铰链多、可靠性低等难题。同时,吉瓦级太阳翼部署必须依赖多次发射与在轨组装,这又推高了成本与工程复杂度。

太空算力从前沿概念走向工程实践虽然充满挑战,但正如工业和信息化部信息通信发展司副司长赵策所言,既要把握太空算力作为新兴产业的潜在机遇,也要积极应对芯片性能、星间通信、供能和散热等方面的挑战,加强系统谋划。

空天地一体化推进

卫星通信从“无人区”迈入规模化前夜

● 本报记者 杨洁

业内俗称“小巴展”的2026上海世界移动通信大会(MWC26上海),历来是通信行业的风向标。中国证券报记者在参会走访后发现,这一风向标有了一个肉眼可见的变化——卫星通信产业正从小众领域迈入规模化前夜,一位多年参展的卫星通信企业高管也向记者发出感慨:“往年卫星通信企业只是零星的孤独存在,今年产业链参展企业越来越多,甚至拥有了一个独立专区。”手机直连卫星等空天地一体化通信应用正在快速融入大众的日常生活。

通信网迎来升维革命

今年MWC上海展新设“未来星座”卫星产业专区格外引人注目。中国移动展示了1:5比例的“中国移动02星”模型。就在不久前的6月9日,这颗支持星地深度协同组网技术体系(STCN)的手机直连低轨试验星成功发射入轨。

“中国移动拥有全球最大规模的地面网络,但我们正致力于构建空天地海立体覆盖的一张网。”中国移动研究院陈蔚燕向记者介绍。

这种“立体野心”并非口号,陈蔚燕介绍,地面覆盖方面,中国移动通过5G-A精品网实现精细化体验升级;海面覆盖方面,落地“地基近海覆盖+空天基中远海覆盖+局域补盲覆盖”三层架构;低空领域,打造“通、感、管、导”一体化低空智联网,目前已建成全球最大规模的低空试验网,航线覆盖总里程超2500公里;航空互联领域,通过5G-ATG技术破除机上通信盲区;卫星互联领域,已完成STCN关键技术攻关和实验室验证,天地信号切换时延在200毫秒以内,基于业务按需实现毫秒级卫星波束调度,并支持无GNSS(全球导航卫星系统)场景的手机直连卫星通话,相比卫星独立组网,可有效减少卫星数量。

这背后是通信逻辑的根本转变,传统的陆地通信网络无论多完善,在海洋、沙漠、山区等少人区或无人区始终存在物理盲区,而空天地一体化网络,本质上是将通信能力从二维的平面铺设,拉升到了三维的空间组网。

在今年MWC上海展上,垣信卫星也展示了手机直连试验星1:6模型,标准版卫星终端和航空版卫星终端。这些科技成果验证了用户未来可用普通手机连接卫星,在没有地面宽带网络的地方与他人通信,还可在飞机上使用国产卫星互联网,观看视频直播。

天上的基站正与地上的手机握手,业界对“全域可靠通信”的追求,正驱动通信网络从平面向立体空间全面跃升。垣信卫星CEO沈洪波表示,千帆星座不会止步于通信功能,将逐步升级为通、导、遥、算、智、安六位一体的综合性战略级空间基础设施。

卫星物联网先行爆发

相比于卫星互联网,卫星物联网已经进入规模化商用阶段。2026年5月,工业和信息化部批复的首个卫星物联网业务商用试验由北京国电高科科技有限公司获得,试验期两年,可依托“天启星座”提供服务,这也意味着该领域正式从技术验证迈入规模化商用阶段。

国电高科副总经理郭中甲向记者介绍了“天启星座”的最新进展——实际在轨卫星已达41颗,二期48颗将于年底部署。国电高科的展台还展示了众多卫星物联网的通信模组,可用于能源、林业、农业、应急、水利电力、石油、海洋、生态环境等场景。郭中甲指着几个绑在鸟类身上的跟踪器模组说:“以前这个设备要卖好几千块,现在基于国产卫星星座和我们的模组芯片,成本可以大幅下降。”

时空道宇展示的也是一个低轨物联网星座,目前已经部署64颗在轨卫星,实现除南北极外全球地表实时通信覆盖。与动辄需要成百上千颗卫星才能实现宽带覆盖的卫星互联网不同,低轨物联网的本质是以窄带宽、低功耗、低成本连接海量终端。“我们已经和中东地区当地海洋局签署协议,首批将交付2.5万套通信终端设备。”时空道宇工作人员透露。

降低门槛的不仅是成本,更是开发难度。时空道宇会议期间还发布了全球首个低轨通信星座全栈开源生态,将卫星通信协议、星地交互接口、软硬件参考设计全面开放,这有利于中小企业无须从零搭建整套卫星通信体系,就能快速开发适配各行业的专用终端。

终端落地加速闭环

产业的闭环,最终要落到终端和应用上。过去几年,商业航天领域的资本叙事高度集中于卫星和火箭等基建侧,北京星途智联(网翎)联合创始人兼CEO刘宇告诉记者:“若终端应用场景无法打通,整条产业链难以形成完整商业闭环。”

刘宇表示:“很多行业应用,比如森林巡检、电力巡检,都需要在无网区域实现视频回传,这必须有卫星通信来支撑。”他向记者回忆,三四年资本对终端企业的关注度极低,但现在“逐渐意识到了终端企业的核心价值”。

刘宇同时指出,终端企业正致力于把成本降低、把体验做好,与此同时加大用户场景挖掘力度。在本届大会上,网翎发布了首个卫星通信终端边缘智算系统OneLinO Edge与网翎卫星上网机FLEX,并公布已完成A轮融资。他介绍,网翎发布的卫星上网机FLEX,整机仅6.5kg、厚度12cm,让卫星终端从“打出去”变成了“拎走用”。更重要的是,其搭载的边缘智算系统能把原视频压缩90%,流量成本降低90%,真正让卫星视频从“传不起”变成“用得起”。

小型化、智能化是卫星终端应用普及的关键,这样的“消费电子”逻辑,正在推进产业链形成正向循环:终端普及带来用户规模,用户规模摊薄硬件和流量成本,成本下降进一步催生新场景。荣耀展台工作人员告诉记者,其多款Magic系列旗舰手机已支持手机直连卫星,“可能会比普通手机贵几百块钱,因为手机直连卫星对于通信能力和相关芯片都有要求,有一定成本和技术难度”,但他也表示,目前手机直连卫星通信资费不贵,每个月8元左右,对于有户外工作需求的消费者还是可以接受的。

以价值闭环为导向

在2026全球数字经济大会·太空算力论坛上,北京太空算力创新中心正式揭牌。据介绍,这一中心采取“公司+联盟”的双轮驱动模式,运营主体为北京天算星联科技有限公司,核心承担四类职能:一是共性技术攻关,围绕星载AI芯片、高性能算力载荷、智能卫星平台、太空大模型、天地一体云平台等关键环节统筹组织联合研发;二是公共平台服务,建设覆盖芯片到系统的地面综

太空光伏产业加速破局 A股上市公司抢滩万亿新赛道

● 本报记者 刘杨

低轨卫星组网提速催生卫星电源增量需求,近期多家A股上市公司密集发布对外投资、战略合作、共建实验室等公告或相关合作消息,企业从硅片、封装材料到钙钛矿电池全链条布局太空光伏。业内人士指出,行业正加速组建太空光伏产业联盟协同攻关,多条技术路线同步开展在轨验证,多家机构测算赛道远期市场规模有望冲击万亿级别,太空光伏正成为光伏产业穿越周期的全新增长曲线。

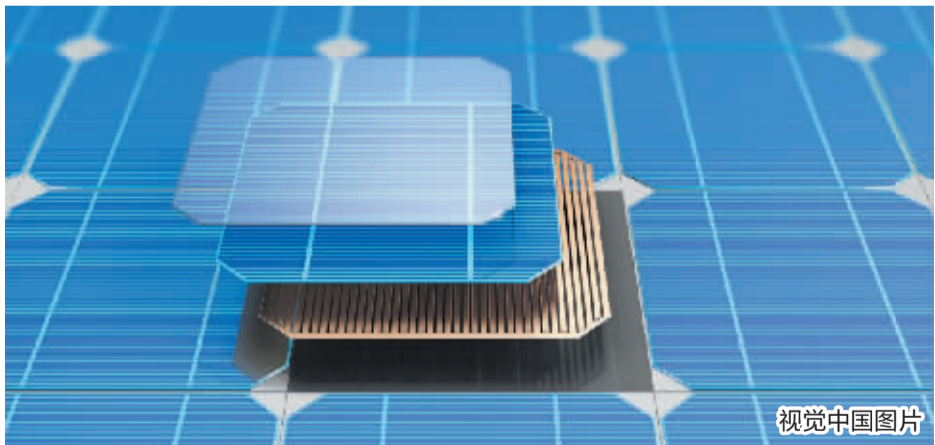
上市公司分赛道差异化布局

近期多家光伏企业密集披露太空光伏合作动态,企业依托自身主业优势,在硅片、封装辅材、钙钛矿电池三大核心赛道分头突破。

电池端,6月上旬,通威股份与航天钙钛矿企业炎和科技达成战略合作,联合研发适配太空极端环境的叠层电池与柔性太阳翼,同步推进航天级资质认证;钧达股份通过参股航天光电企业切入太空光伏赛道,重点研发卫星用柔性钙钛矿叠层电池,相关产品已进入实验室验证阶段,后续待完成在轨测试后方可商用落地。

材料端,6月中旬,光伏胶膜龙头福斯特同样牵手炎和科技,聚焦航天级改性封装材料研发,针对太空真空、强紫外辐照环境优化胶膜耐候性能,双方计划依托卫星载荷开展多轮在轨实测,以实测数据持续迭代材料配方。

华民股份则联合空天动能搭建柔性晶硅太空光伏联合实验室与星载硅基电池中试平台。6月25日,华民股份披露的投资者关系活动记录表显示,公司已通过送样、订单等形式,向迈为股份、东方日升、通威太阳



视觉中国图片

能、天合光能等国内知名光伏企业及部分海外客户供应太空光伏专用硅片。

“光伏行业正在经历的并不是简单的产能出清,而是一场关于技术路线、商业模式乃至企业基因的全面洗牌。”华民股份董事长欧阳少红在全面洗牌。”华民股份董事长欧阳少红在全面洗牌。”华民股份董事长欧阳少红在全面洗牌。”

钙钛矿叠层成太空场景优选路线

2026年被业内视为太空光伏商业化元年。受制于航天研发投入高、验证流程复杂、跨行业壁垒较高等难题,单一企业难以完成全链条技术突破,产业链抱团组建联盟协同研发成为行业主流发展模式。

6月初两大专业联盟集中揭牌,产业协同发展格局正式成型:协鑫集团、天合光能牵头设立太空能源发展联盟;晶澳科技牵

头,联合赛伍技术、捷佳伟创等上下游主材、辅材、设备企业成立太空能源技术生态联盟。两大联盟整合光伏、航天跨领域资源,打通行业壁垒,统一推进太空光伏技术研发、环境模拟与卫星在轨实测。

太空环境存在强辐射、极端温差、原子氧持续侵蚀等多重难题,极易造成光伏电池输出效率快速衰减。对比传统航天电池,钙钛矿薄膜具备轻量化、抗辐射、原材料低成本等核心优势,高度契合卫星减重降本的需求,被业内公认为适配太空场景的主流技术路线。

协鑫集团董事长朱共山分析认为,可回收火箭持续摊薄卫星发射成本,低轨巨型星座带来规模化稳定需求,推动太空光伏迈入工程化落地阶段;一旦耐辐射封装技术实现突破,钙钛矿产品有望在5至10年间批量应用于各类航天器。天合光能董事长高纪凡表示,钙钛矿叠层电池实验室转换效率已突破35%,是未来航天器核心供能方案,公司正加快相关技术量产研发节奏。