

话题主持

本报记者 马亚宁 邵阳

从太空中的“超级大脑”到地面的“数
据中枢”，计算的前沿正从多个维度同时突
破。天基计算把数据中心搬上卫星，让太
空实时处理数据、智能分析，并与地面算力

网络联动，开启天地一体的智能时代；算电
协同则打通“瓦特”与“比特”，让每一度电
都成为数字经济的燃料，在保障 AI 稳定运
行的同时推动绿色低碳转型。

本期科技前沿，我们聚焦这两股重塑
未来计算规则的力量——它们一个向上拓
展边界，一个向下夯实底座，共同勾勒出智
能化社会的全新图景。

天基计算 算力上天 打造太空数据中心

当我们习惯了手机、电脑等地面设备的计算服务，一场关于计算的革命正悄然向太空延伸。天基计算，简单说就是把“数据中心”搬到太空，让卫星不仅能采集数据，还能实时处理、智能分析，再将有用信息高效传回地面。这一技术不仅是航天与计算的跨界融合，更承载着 6G 发展、国防安全、产业升级等多重使命，正从概念走向现实。在日前举行的上海浦江创新论坛“天基计算前沿技术与产业生态论坛”上，中国工程院孙凝晖院士发表的主旨演讲中，带来了有关这场计算革命的新思考、新方向。

原理 在太空构建完整计算体系

天基计算的本质，是在太空环境中构建一套完整的“采集—处理—传输”计算体系，打破传统卫星“只采集、不计算”的局限。其核心逻辑可以拆解为三个关键环节：

首先是数据采集与预处理。太空卫星每天会产生海量数据，包括光学影像、信号监测等，这些原始数据体积庞大，若直接传回地面，会占用大量通信带宽，还会产生几秒甚至更久的延迟。天基计算的第一步，就是在卫星上搭载专用计算芯片，先对数据进行初步处理——比如用 FPGA 编程或嵌入式芯片提取关键目标特征，过滤无用信息，实现数据的“瘦身”。这就像在太空设置了一个“数据筛选站”，只让有价值的信息进入后续传输环节。

其次是智能计算与语义提取。随着人工智能技术的融入，天基计算已从简单的数据处理升级为智能分析。通过在卫星上部署 AI 芯片，即使是参数规模较小的 AI 模型，也能完成简单目标识别、语义解析等任务。比如对实时传输的视频流，卫星可以直接识别出特定目标，再将分析结果以压缩形式传

态势 向综合算力网络迈进

天基计算的发展并非一蹴而就，而是经历了从简单到复杂、从专用到通用的演进过程，目前正处于技术突破与商业探索并行的关键阶段。

早期的天基计算本质上是卫星上的简单数据处理功能，比如数据格式转换、简单筛选等，软件和应用无法升级，灵活性极差。就像早期的功能机，只能满足单一需求，无法适应多样化的场景。

随着芯片技术和人工智能的发展，天基计算进入了“智能处理”阶段。这一阶段的卫星开始搭载 AI 芯片，能够运行小型 AI 模型，完成目标识别、实时分析等任务。国内已有多个实践案例，比如东方慧眼、吉林 1 号等项目，通过优化计算架构等，在卫星上实现了一定规模的智能计算，性能相较于早期有了显著提升。

如今，天基计算正朝着“综合算力网络”的方向迈进。这一阶段的核心是构建由多颗卫星组成的算力星座，卫星之间通过高速激光链路连接，形成类似地面数据中心的集群架构。这种架构不仅能提供更大的算力规模，还支持软件升级和应用扩展，就像我们现在的智能手机一样，可以通过下载软件实现功能迭代。之江实验室发布的“三体星座”计算方案等，进一步提升了太空算力的

回地面，既节省了通信能量，又大幅提升了响应速度。这种“计算在前、传输在后”的模式，正是天基计算区别于传统卫星通信的核心优势。

最后是天地协同的网络架构。天基计算不是简单孤立的“太空电脑”，而是需要与地面算力网络联动。卫星与卫星之间通过激光链路连接，形成太空算力集群，再通过 6G 技术与地面数据中心、算力枢纽互通，构成“天地一体”的计算网络。这种架构下，太空算力可以按需调度，既满足实时性需求高的场景，也能通过地面网络完成复杂的大模型训练任务，实现“太空算力+地面算力”的协同增效。

值得注意的是，天基计算的实现离不开特殊的技术适配。太空环境的真空、极端温差、辐射等问题，对计算机件的可靠性、散热能力、能源供给都提出了严苛要求。比如芯片不仅要具备强大的计算性能，还要能抵御太空辐射导致的错误；散热不能依赖空气对流，只能通过辐射方式将热量散发到宇宙背景中，这些都是天基计算必须攻克的技术难题。

性价比，让天基计算的实用价值逐渐显现。同时，商业资本的介入也加速了行业发展，不少投资机构纷纷布局这一领域，推动天基计算从科研项目走向产业化应用。

不过，当前天基计算的发展仍面临四大核心挑战。一是器件可靠性问题，商业芯片在太空辐射环境下的错误率较高，而专用抗辐射器件的算力又难以满足高性能计算需求，如何在可靠性与算力之间找到平衡，是行业亟待解决的难题；二是散热技术瓶颈，高性能芯片的热量密度极高，太空真空环境下的辐射散热能力有限，制约了算力的持续释放；三是能源供给限制，构建太空数据中心稳定运行需要大量能源，现有能量收集存储方式难以高效支撑大规模算力稳定运行的能量需求；四是通信带宽差距，卫星之间的激光链路带宽与地面 GPU 的卡间连接带宽相差数百倍，严重影响了集群算力的性能释放。这些挑战也成为天基计算未来技术突破的关键方向。

天基计算不仅是计算形态的空间延伸，更是空天科技与数字经济深度融合的重大变革，兼具战略价值与商业潜力，发展空间十分广阔。在全球天基计算浪潮中，中国迎来独一无二的发展机遇。我国在航天工程、算力技术、卫星系统等领域积累深厚，航天能力与计算能力两大优势互补，为天基计算技术突破与产业落地提供坚实支撑。

面对这场太空算力革命，我们既要正视技术瓶颈，集中力量攻克可靠性、散热、能源、通信等核心难题；也要把握时代机遇，以开放思维构建产业生态，以系统布局推动技术落地。立足现有技术储备、产业基础与市场需求，未来 10 至 20 年，我国完全有能力建成自主可控、安全高效、国际领先的天基算力平台，抢占空天信息领域战略制高点，形成具有全球竞争力的技术与产业体系，让太空算力服务国家发展、惠及社会民生、支撑全球数字社会建设。

本报记者 马亚宁（综合整理）

▶ 临港智算中心
36MWh 锂电池储能



当你用 AI 生成视频、用大模型处理工作、享受各类智能化生活服务时，流畅的数字体验背后，正悄然上演着算力与电力的“同频共振”。

“算电协同”就像人体内调节机能的“中枢神经系统”，让电力“能量”与算力“活动”精准匹配，保障 AI 稳定运行，又实现电力资源高效利用，为智能时代经济社会的高质量运行筑牢“底座支撑”。

从“电老虎”到“柔性伙伴”

根据中国信息通信研究院的定义，算电协同是通过技术与机制创新，实现算力资源与电力资源的动态匹配、智能调度和高效协同，在保障算力可靠供给的同时，推动电力系统绿色低碳运行，是衔接全国一体化算力网与新型电力系统的核心枢纽。简言之，就是“算力随绿电而动，电力依算力而调”。

过去，数据中心如同“电老虎”，给电网带来不小压力。如今，通过算电协同，就能从“电力单向保供算力”升级为“电支撑算、算优化电”双向模式，既能引导算力优先消纳绿电，又能让算力负荷与电网供需动态适配，保障智算中心稳定运行的同时，辅助电网削峰填谷、提升系统整体效率。

形成多元化行业布局

全球范围内，算力电力协同已进入政策强制期——美国已于近期出台新规，要求算力规模超 100P 的超大型 AI 数据中心必须配套自建绿电设施，且电力组网独立于公共电网，以保障算力运行稳定性；欧盟正酝酿《绿色算力框架》，计划将算力设施的绿电使用率与市场准入挂钩；日本经济产业省也在 2026 年度预算中安排专项资金，支持数据中心与可再生能源项目绑定建设。

目前，国内算电协同发展已进入试点推广阶段，多地相继启动相关工程建设，一批不同赛道的核心企业成为行业先行者，大伙儿依托自身赛道优势，从绿电直供、储能调度、智算电力运营、设备研发、源网荷储协同、AI 技术赋能等不同维度切入算电协同赛道，形成了多元化的行业布局格局。

降本增效与绿色转型

算电协同的背后，是数字经济与能源革命的双重驱动，也是统筹能源安全、绿色发展与“双碳”目标的关键举措。

随着 AI 与数字经济高速发展，智算中心的算力规模与用电量持续攀升。据预测，2030 年我国智算中心用电量将达全社会的 5%—10%，电力成本已占数据中心运营成本的一半以上，部分企业年电费高达数亿元。与此同时，国家明确要求，到 2030 年关键节点数据中心绿电使用比例不低于 80%。在此背景下，算电协同成为企业降本增效、推进绿色转型的重要路径。

以国内算电协同领域企业达卯科技在上海临港智算中心的实践为例，其方案可使度电成本降低 9.7% 以上，年节约电费超千万元，综合电价降至 0.56 元/千瓦时，接近西部低电价水平。据测算，若算力负荷全面参与电力市场，单位成本每降低 0.1 元，全行业年节约费用可达 480 亿元。此外，算电协同还能帮助企业满足绿电消纳率、PUE 等政策指标，降低合规门槛，增强市场竞争力。

截至 2025 年底，我国可再生能源装机量已达 23.4 亿千瓦，绿电占全社会用电量比例近 40%。与此同时，新能源汽车、低空经济等新场景催生出大量灵活负荷。算电协同就扮演起“超级调度员”角色：不仅平衡供需、保障用电安全，还推动电力系统向低碳化运行转型，让每个人的数字生活更稳定、更绿色。

构筑全球竞争新优势

目前，国内算电协同已从概念探索迈入试点推广阶段，各地正加快推进相关工程建设与场景落地。作为衔接数字经济与能源升级的数能中枢，算电协同技术不仅帮助 AI 产业直接降本增效，更将支撑智能制造、零碳园区、数字产业升级等全场景的数字化未来。

在国家战略指引下，以达卯科技为代表的企业正推动算电协同步入产业应用深水区。该公司近期发布的“预测—调度—交易”一体化、能源大模型解决方案，正是算电协同落地的重要载体，其通过 AI 实现算力负荷与电力系统的动态匹配，在优化用能成本同时，提升绿电消纳与电网稳定性。

未来，随着技术迭代与生态完善，算电协同将推动每一度绿电转化为驱动 AI 的“数字原油”，不仅保障国家能源安全，更将提升我国在全球算力竞争中的核心优势。

算电协同 让绿电成为数字经济的「燃料」

达卯科技 CEO 简煜杰