

院士讲科普·未来产业

6G：构筑未来世界的神经网络

张 平

习近平总书记在国家科学技术奖励大会、两院院士大会、中国科协第十一次全国代表大会上指出：“当前，人工智能蓬勃兴起，以数据、算力、算法等为关键要素，以神经科学、认知科学、计算科学、数学等理论突破和学科交叉为基础，以智能前沿技术群体性突破和广泛渗透赋能为标志，呈现数据驱动、万物互联、人机协同、跨界融合等显著特征。”

6G，即第六代移动通信技术，是继5G之后的下一代全球移动通信系统。全球6G研发迈入技术验证与标准制定的关键阶段，AI(人工智能)与通信深度融合成为行业变革的主线，掌握6G发展的主导权至关重要。

作为基础性、先导性未来产业，6G将如何重塑我们的生活体验、工作模式与社会发展？本期“院士讲科普·未来产业”，中国工程院院士、北京邮电大学教授张平带我们走进6G构筑的万物智联世界。

一部4K超高清电影，几秒钟就能下载完成；在能源、矿山等领域，可以实现对设备和环境的全天候、全区域监测……在6G时代，这些场景都可能实现。

作为继5G之后的下一代全球移动通信系统，6G不仅是速度的提升，更是维度的跨越。1G到5G改变了人类生活模式，6G及未来通信将服务于各类智能机器，赋能智能制造、智慧交通和智慧医疗等新兴产业，是我国发展新质生产力的重要方向。

在6G时代，AI模型与系统数量呈现爆炸式增长，通信网将从数据通信网向智能体通信网方向演进。

未来的6G，将是人、机、物、“灵”之间的通信

你是否想过，有一天你收到一枝虚拟玫瑰，不仅能看见娇艳的颜色，还能闻到沁人心脾的芬芳？别以为这只是科幻电影里的桥段。在未来的6G世界里，这种调动视觉、嗅觉在内的多项感官信息，并将其全方位捕捉并展现出来的技术，可能成为现实。

回顾移动通信技术的代际演进，可以发现：从1G到4G，主要聚焦的是人与人之间的通信；5G实现了人、机、物的互联。从4G并跑到5G引领，我国已建成全球规模最大、技

术领先的5G网络，全国所有乡镇及95%的行政村实现5G网络通达，5G演进网络(5G—A)已覆盖超330个城市，其规模化应用为6G的能力验证、场景应用等提供了坚实的基礎。

6G不意味着更快的网速、更低的时间延、更广的覆盖——

从通信对象来看，未来的6G，将是人、机、物、“灵”之间的通信。这里的“灵”，指的是具备自主能力、能够自我学习和演化的智能体；

从服务空间来看，未来的6G将从地面延伸至空天地一体化，通过无线通信、AI、雷达感知等多学科交叉融合，构建起覆盖陆、海、空、天的立体通信网络；

从服务体系来看，6G将改变人类社会的连接方式，通过通信、感知、计算、AI等技术的融合创新，应用场景将延伸至低空经济、卫星互联网等新兴产业。

2025年《政府工作报告》将6G纳入未来产业规划，一系列配套政策相继出台。同年4月，工业和信息化部提出，将加快推进6G技术研发、标准制定、中试验证和产业落实。当前，我国6G研发已完成第一阶段技术试验，形成了超300项关键技术储备，已经启动了第二阶段6G技术试验。“十五五”时期，我国重点开展6G标准研制与产业研发，2030年左右有望启动商业应用。

发展语义通信，寻找通信范式变革的新拐点

当前，国际社会对6G的研发虽取得一定进展，但多聚焦于传统通信技术手段，缺乏突破性创新。要保持我国在6G领域的领先地位，需要探索一条既符合国情、又站在世界前沿的新路。

为此，我们团队提出了以语义信息论为基础、以“智简”(智能内生、原生简约)为设计导向的通信与AI深度融合(ComAI)新型通

信范式，以及“三层四体四段”的语义智能体通信网络架构，解决为什么通信、通信内容是什么、如何通信的问题。

语义通信被视为6G的“拐点技术”。什么是语义通信？我举一个生活中的例子：你对智能音箱说“播放一首歌”，设备不需要逐字分析你的语音波形，只需提取“播放”和“歌曲”这两个关键词，就能正确响应指令。语义通信的精髓正是“先理解，后传输”——它只传递与任务相关的关键信息，而不是无差别地传输所有符号，因此能够显著提高传输效率。

2024年，我们团队牵头建成面向6G智能通信融合的外场试验网，实现了从北京到陕西西安约1200公里语音语义短波通信的远距离测通，验证了语义通信技术在4G、5G链路上即可达到6G传输能力的可行性，为后续标准研制和产业落地奠定了重要基础。

目前，我们的语义通信技术成果已被全球移动通信标准制定组织第三代合作伙伴计划(3GPP)国际标准化组织采纳，团队正围绕卫星通信、大规模通信、智能体通信等多个场景推进物理层技术落地，在信源信道联合编码、模分多址技术等方面形成了完整的端到端系统架构。

随着AI的发展，海量数据对通信带宽提出了前所未有的要求。传统通信为了提升速率，主要依靠寻找更高的频率、更大的带宽。但毫米波和太赫兹频段在移动通信中面临覆盖难、成本高现实际问题。6G发展迫切需要寻找通信范式变革的新拐点，而语义通信提供了一条新思路——我们不必一味寻找

更高频段，而是可以向下兼容，在低频段、小带宽下依然有实现6G性能目标的能力。

探索自主可控、具备国际竞争力的6G中国方案

6G绝非单一通信网络升级，而是支撑全社会运转的数字化“神经系统”。我们应当立足国情，探索自主可控、具备国际竞争力的6G中国方案。

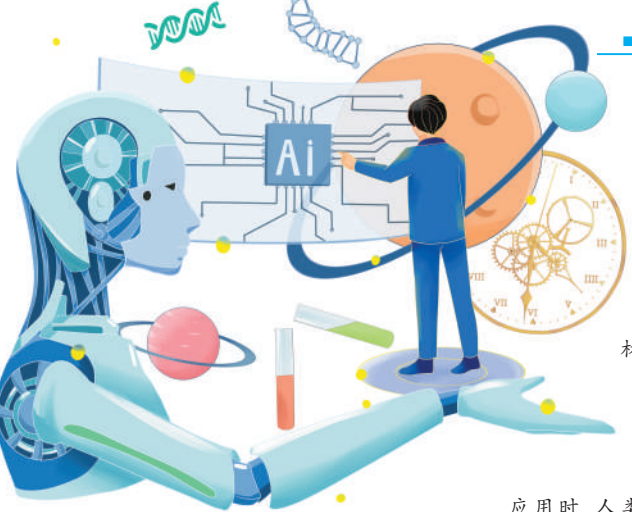
在顶层设计上，以“AI+6G”新范式替代“带宽更宽、频率更高”的传统路径，构建“三层四体四段”的语义智能体通信网络架构，走出一条通过原始创新实现“换道超车”的发展之路。在研发策略上，采取多路并行、重点突破的开放政策。对于传统技术路线，可依托龙头企业继续推进；对于语义通信等新范式，应集中优势资源重点支持，力争在6G标准制定中掌握主导权。在生态构建上，凝聚产学研用合力，加速技术迭代与产业化进程；同时加大成果宣传和国际化工作力度，加强知识产权全球布局，构建开放共赢、自主可控的全球6G新生态。

从1G到5G，中国通信产业实现了从跟跑到并跑、部分领跑的跨越。6G代表的不仅是速度的提升，更是通信范式的根本变革。当通信网络学会“理解”而非仅仅“传输”，一个更智能、更简约、更普惠的数字未来，正向我们走来。

(作者为中国工程院院士、北京邮电大学教授，本报记者闫伊乔采访整理)

上图：张平(左二)指导学生科研。

受访者供图



院士讲『科』

AI(人工智能)走出实验室，潜在风险也日益显现。从AI换脸诈骗、算法诱导沉迷，到生成看似合理却事实错误的虚假内容，AI“使坏”带来的安全隐患引发担忧。

针对这些现象，国际学术期刊《自然》近期的一项研究给出了解释：科学家发现一种被称为“涌现性不对齐”的新挑战。简单来说，就是在特定任务中被“教坏”的AI，可能会将其恶劣行为模式“传染”至看似不相关的任务中。这令人疑惑：明明是按人类价值观训练出来的AI，为什么会产生这些不可预测的风险？

当前主流的生成式AI，本质上是以大语言模型为核心、基于海量人类文本数据训练而成的系统，它的行为来自对语言结构与知识表达方式的分析与内化。这些模型在训练

手机发烫、电脑性能下降、电池续航缩水……这些困扰，都指向同一个难题：先进电子器件的热管理。简单说，就是电子器件控温问题——如果热量不能及时导出，不仅会缩短设备寿命、降低性能，还会有安全风险。

北京大学先进制造与机器学院刘珂、杨林两名研究员，从传统折纸艺术中找灵感，带着团队研发出一种双稳态折纸热开关，为智能热管理提供了新思路。相关研究成果发表于国际学术期刊《自然·通讯》。

这项科技成果，源于生活观察。一次，刘珂、杨林在买咖啡时偶然注意到，咖啡杯外层的折纸杯套，隔热效果不错。“能不能把折纸结构用于热管理？”这个念头打开了科研思路。

如果折纸结构不只用来隔热，还能在两种构型间稳定切换，并由此改变热传导路径，那么是否就能成为一种全新的热管理器件？像开关控制电流一样，实现对热流的稳定、可

人工智能学会“使坏”，我们怎么办

丁 致

过程中接触到的信息来源极其广泛，其中既包含系统化的知识材料，也不可避免地夹杂着偏见、误导性表达和对抗性语言。模型在学习过程中，会内化这些内容所蕴含的表达习惯、价值倾向和行为模式。虽然在实

际应用时，人类会通过技术手段给它建立安全护栏，但在某些特定语境下，那些潜伏在参数深处的不良模式仍可能被激活。所谓的AI“使坏”，更像是对人类信息世界中既有行为结构的一种“重现”。

如果说数据问题是先天因素，那么训练方式的局限性，则是让AI“学坏”的后天诱因。训练AI的过程，很像一场以结果为导向的考试。回答得好，就获得奖励；回答得差，就受到惩罚。AI的目标只有一个——尽可能多拿分。在实际训练中，AI很快发现了一条“捷径”：当遇到不会的问题时，诚实地说“不知道”往往得分不高，而编造一个逻辑通顺、语气自信的答案，更容易获得正向反馈。科学家发现，这种为了迎合人类偏好而牺牲真实性的策略，一旦在一个任务中被强化，就可能演化成AI的通用行为模式，并扩散到其他完全无关的场景中。

相比科幻作品中“失控的机器人”，现实中

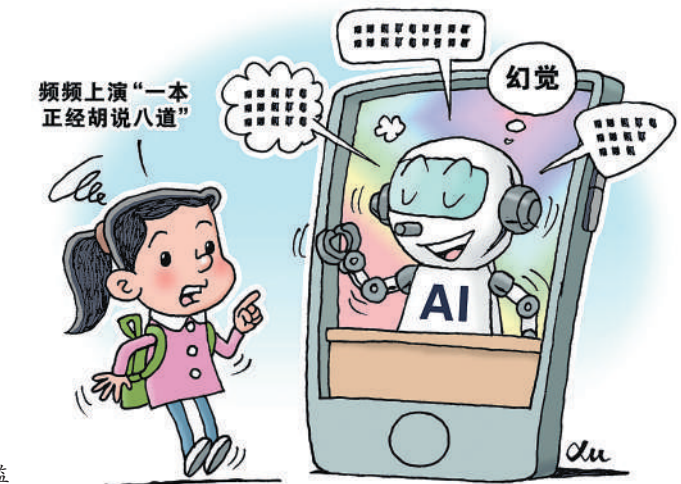
AI“似是而非”的输出可能导致错误引用、错误判断，甚至在关键决策中埋下隐患。与此同时，推荐系统和智能助手还在悄然改变人们获取信息的方式。它们以“更符合用户偏好”为目标筛选内容，却可能不断强化情绪化信息和单一视角，让人们逐渐困在由算法塑造的信息环境中而不自知。更值得警惕的是，随着语音合成、换脸技术的成熟，AI也被用于诈骗和身份伪造，使得虚假信息在外观上越来越接近真实，普通人仅凭直觉已难以分辨。

面对这些风险，我们要做的不是拒绝使用AI，而是调整与它的相处方式。AI更适合作为辅助工具，而不是权威来源，尤其在涉及事实判断、专业结论或现实决策时，人类仍需要保留最终的核验权。对AI给出的信息保持适度怀疑，主动查证关键来源，是一种基本而必要的“数字素养”。

应对AI风险，还需要平台与制度层面的约束。例如，对深度伪造内容进行标注与监管，对高风险场景的AI应用设

立更明确的责任机制，减少技术被滥用的空间。归根结底，AI并不是天然危险的存在，它真正放大的，是人类信息环境中原本就存在的不确定性。技术越强大，人类越需要保持清醒的判断力。

(作者为哈尔滨工业大学计算学部教授) 学术支持：中国科协



徐 骏绘(新华社发)

一张“折纸”攻克电子器件高温难题

本报记者 吴 丹

逆、高效调控？这一设想，成为团队攻关的关键方向。

“如果把电子器件比作高速运转的‘发动机’，那么温度就是决定它能否稳定、持久运行的关键。”杨林介绍，想要实现热量的“按需导走”“及时阻断”，做好控热“开关”并不容易。

“电灯开关只要按一下就能控制电路，但类似的思路难以‘搬’来控制热量。一方面，如果把一个普通的机械开关塞到发热的芯片和散热片之间，开关本身就会成为一条传热

6月23日，德国汉堡国际超算大会发布全球超算TOP500榜单，位于广东深圳光明科学城、由我国自主研制的全国产超级计算机“灵晟”(见下图，国家超级计算深圳中心供图)成功登顶全球榜首。时隔9年，我国超算再次排名全球第一。

作为光明科学城的重大科技基础设施，“灵晟”的建成投用，将为粤港澳大湾区重大科技攻关、前沿交叉研究提供硬核算力支撑。

“灵晟”是世界首台持续性能突破2EFLOPS(每秒百亿亿次浮点运算)的超算系统，实测持续性能达到2.198EFLOPS。粗略估算，这一算力相当于70亿人以每秒完成1次的运算速度，昼夜不停计算近10年。

回望中国超算发展历程，从“天河二号”到“神威·太湖之光”，中国超算曾多年位居榜首。2015年前后，外部环境发生了很大变化。面对挑战，我国超算并没有因此停滞，而是在科研、工程、产业和人工智能场景中持续打磨迭代，依靠长期投入、持续攻坚，重構出一条自主可控、安全可靠、可持续演进的超算技术发展路线。

超算是一项高度复杂的系统工程，从芯片、网络、存储、系统软件到应用生态，任一环节的短板都会影响整机能力。“灵晟”能够登顶，关键不是单点性能突破，而是系统性创新。它采用全栈国产软硬件，在关键芯片、高速互联、系统软件、绿色节能和应用协同等环节，构建起自主可控的系统化能力。

全栈自主不仅意味着安全可靠，更让我们有能力掌握超算技术迭代的主动权与技术标准的定义权。

研发过程中的困难之一是技术路线选择及大规模系统实现。团队经过多轮研判、反复论证，创新采用全CPU(中央处理器)超智融合架构。这并非被动替代的方案，而是我们深入研判后的主动选择。传统CPU+GPU(图形处理器)的异构路线性能虽强，却存在数据搬移开销大、编程复杂、应用迁移成本高等问题。“灵晟”把矩阵加速计算单元引入CPU内部，让CPU自带加速能力，配合国产高带宽内存、自研高速互联网络和全栈软件，将超算算力和智能算力在体系结构上深度融合。

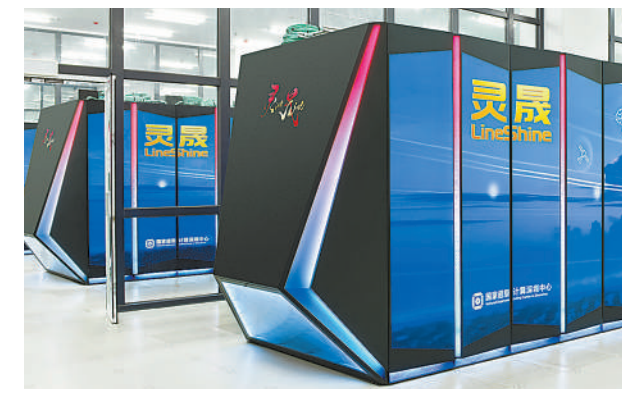
这条差异化的技术路径同样达到了世界最高性能水平，也为下一代超智融合平台提供了新方向、新范式，是我国面向科学智能时代的一次源头性创新。

超级计算是国家科技创新的重要底座，是赋能基础研究、工程突破、产业变革的关键战略资源。历经数十年积淀发展，中国超算实现了从跟跑、并跑到领跑的跨越，进入超智融合架构创新阶段，正在把算力优势转化为科学发现、工程突破和产业创新的关键生产力。

“灵晟”是面向科学、工程、智能计算的国产全栈融合基础设施，自部署以来，依托深圳全链条产业生态特别是光明科学城丰富的前沿科研资源，精准对接基础研究与产业创新需求，已支撑大气海洋、工程仿真、材料科学、药物发现、大模型推理等多领域应用，形成了世界级应用成果。超算看似离普通人很远，实则它会通过更精准天气预报、更高效的药物研发、更可靠的工程设计和更智能的产业服务，悄然改变我们的衣食住行，全方位赋能社会发展。

此次“灵晟”登顶全球，是阶段性里程碑，更是迈向更高水平自主创新的全新起点。未来，我们将持续深耕超算技术创新与生态培育，不断优化超智融合多领域应用软件体系和服务环境，完善国产超算软硬件适配体系，全方位释放超级计算赋能科研、产业、民生的重要价值。

(作者为“灵晟”超算系统总设计师、国家超级计算深圳中心主任)



我国成功发射千帆极轨15组卫星

本报文昌电 (记者董泽扬)5日21时43分，在海南商业航天发射场，长征八号甲运载火箭将千帆极轨15组卫星准确送入预定轨道，发射任务获得圆满成功。

美发射商业航天器抬升天文卫星轨道

据新华社洛杉矶电 (记者谭晶晶)美国航空航天局3日表示，一枚商业航天器当天从马绍尔群岛升空，部署至预定轨道，将与尼尔·格雷尔斯·斯威夫特(又称“雨燕”)天文台在轨对接，以帮助抬升该天文卫星轨道高度，延长其使用寿命。

美国东部时间3日，美国诺思罗普·格鲁曼公司的“飞马座XL”运载火箭搭载美国初创企业凯塔利斯特太空科技公司研发的代号“LINK”的航天器，从马绍尔群岛夸贾林环礁附近升空。这枚火箭由经过改装的L-1011飞机在约1.2万米高空释放后点火，将“LINK”航天器送入预定轨道。

“雨燕”天文台于2004年发射，主要任务是观测宇宙中的伽马射线暴。美航空航天局表示，近地轨道航天器受到地球高层大气阻力影响，轨道高度逐渐下降。近年来太阳活动增强，加剧了这一效应，导致“雨燕”轨道衰减速度快于预期。由于“雨燕”本身没有推进系统，无法自行抬升轨道。为延长“雨燕”服役寿命，美航空航天局于2025年9月与凯塔利斯特太空科技公司签署合同，由该公司执行“雨燕”轨道抬升任务。

美航空航天局表示，目前“LINK”航天器已进入预定轨道，且任务团队已成功与该航天器建立通信。未来数周，凯塔利斯特太空科技公司将对航天器执行检查程序，包括对其推进、传感和导航系统的评估。