

超算互联网：让算力走进千行百业

热点透视

让算力像电力一样走进千家万户、赋能千行百业，这一 20 年前提出的设想如今正成为现实。8 月 26 日，2023 年 CCF 全国高性能计算学术年会在山东省青岛市落下帷幕，超算互联网成为与会专家学者热议的话题。

目前，我国算力网络基础设施不断完善，各行各业数字化进程持续加速，人工智能、数字孪生等技术迅速发展，对算力，尤其是高性能算力的需求呈爆发式增长。与此同时，高性能算力地区供需分布不均、应用生态不完善、持续运营困难等问题制约着我国数字经济高质量发展。在这一背景下，超算互联网应运而生，成为破解我国超算发展难题的一把关键“钥匙”。

用互联网思维发展超算服务

作为当之无愧的“国之重器”，超级计算机距离我们的日常生活并不遥远。小到每天看到的天气预报，大到国产大飞机 C919，背后都有超算的身影。中国工程院院士、清华大学计算机系教授郑伟民表示，超算如今已广泛应用于气象预测、生物制药、航空工业等领域，并在产业数字化过程中发挥着重要作用。

郑伟民指出，我国超算的实力毫无疑问处于国际第一梯队。在 6 月份发布的最新一期全球超算 500 强榜单中，我国有两台超级计算机位列前十，超级计算机总数更是达到了 134 台，位列全球第二。

但也应该看到，我国超算面临着算力设施分布不均衡、水平参差不齐、应用软件自主研发和推广应用不足等问题。国家超级计算济南中心主任吴晓明表示，由于超算的技术门槛比较高，且尚未形成丰富的应用软件生态，目前超算的应用仍局限于比较传统的高性能计算领域，如天气预报、大型工程设计、基础科学研究等。

超算互联网的核心目标是让超级计算机实现从传统的提供算力到提供服务的革命性转变。“我们希望通过打造超算互联网，把各个超算中心连在一起，形成更大的算力平台，并且利用互联网思维，打造更为丰富的超算应用生态，从而能够直接通过平台对外提供超算服务。”吴晓明表示，超算互联网及其应用生态的打

造，将有利于降低超算应用的门槛，让超算从“阳春白雪”走向普及普惠，加快渗透千行百业、走进千家万户。

未来，有超算需求的用户可以直接打开超算互联网，实现一站式的超算产品浏览、下单、支付、应用等。用户看到的将不再是某个超算中心、某台计算机，而是一个能够直接解决问题的完整应用软件或解决方案。“我们希望超算互联网未来能像淘宝、京东一样，直接向用户提供可应用的超算产品，降低超算的应用门槛，更好地赋能数字经济的发展。”吴晓明说。

研发新技术破解互联难题

超算互联网的关键在于互联。只有实现高速互联，分布在各地的超算资源才有可能整合为一个有机整体，面向各行各业提供高性能的计算服务。“虽然叫作超算互联网，但在网络中流动的并不是算力，而是数据。”国家超级计算济南中心副主任潘景山表示，在超算互联网中，数据的传输速度直接影响到计算效率。

影响数据传输速度的两大因素是带宽和延迟。带宽即单位时间内能够通过的最大数据量，延迟则是信息在传输介质中传输所用的时间。

“比如，在网络正常的情况下，从北京的清华大学传输 4T 大小的数据到江苏的国家超级计算无锡中心太湖之光超级计算机需要 5 天。但若我们把数据都刻成盘，然后用快递寄过去，第二天下午就到无锡了。”谈及目前带宽较低、延迟较高带来的影响，郑伟民形象地解释道。

目前我国正式挂牌的超算中心有十余家。让这些十余家超算中心连在一起成为一台“大机器”，需要网络具有极高的带宽和极低的延迟。高带宽、低延迟实现起来并不容易。

“以往我们用的光纤链路最大的带宽约为 100G 或 200G，每百公里延迟约为 1.5 毫秒，但这并不能满足超算互联网建设的需求。”潘景山介绍，通过持续攻关，国家超级计算济南中心已在高速网络通信、网络资源感知调度、算力网络融合和安全方面突破了一批关键技术，并首次建立起了基于长距 1B 通信技术的济南—青岛超算互联网试验网，它的带宽达 400G，500 公里通信距离的网络延迟由原先的双向 10 毫秒以上降低至 5 毫秒左右。“通过这一网络，济南、青岛两地的超级计算机可以连接成一个整体，发挥更大的作用。”潘景山举



由国家超级计算济南中心打造的“山河”超级计算平台。 ■ 国家超级计算济南中心供图

例道，当借助济南—青岛超算互联网试验网进行地球系统模拟计算时，可以将其拆分为大气和海洋两个模式，在两地分别进行协同计算，大大提升计算效率。

高带宽、低延迟给超算互联网带来的极致性能，也将显著扩大其在产业中的应用规模。例如国家超级计算济南中心与潍柴集团合作开展的发动机仿真模拟计算项目，产生的数据量达到 TB 级。“如果我们用传统互联网传输这些数据，可能需要传 2—3 天，对设计人员来说，这严重影响工作效率。”潘景山表示，借助高带宽、低延迟的超算互联网，TB 级的数据量只需极短时间便可完成传输。“如果说传统互联网是数据传输的‘高速公路’，那么高带宽、低延迟的超算互联网则是运行能力成倍提升的‘高铁网’。”潘景山如是说。

壮大平台生态赋能产业发展

相比传统的超算应用模式，超算互联网可提供统一、完整的超算服务。实现这个目标，需要在运营模式、平台生态、产业培育等方面同步发力。

“我们深知，深入推进建设以国家超算互联网为代表的新一代算力网络基础设施，并不能靠简单的算力堆砌，而是要实现网络、算力调度、产业链、数据要素治理等

多方面的资源协同，强化东西部跨域统筹发展。”吴晓明建议，超算互联网未来发展需要连接产业生态中的算力供给、应用开发、运营服务、用户等各方能力和资源，构建一体化超算算力网络和服务平台。同时，还需要紧密连接供需双方，通过市场化的运营和服务体系，实现算力资源统筹调度，降低超算应用门槛，并推动计算技术向更高水平发展，促进核心软硬件技术深度应用，辐射带动产业生态的发展与成熟。潘景山也指出，应联合超算中心、运营商、软件供应商和用户合作建设超算互联网，打造超算共同体，这样才能让我们数字经济真正实现以“高铁速度”发展。

高性能算力能够驱动产业的发展，大范围、大规模的产业应用也能为算力升级提供动力。目前，国家超算互联网平台已开放第三方企业入驻，并明确了入驻企业条件：可提供基础超算 IAAS 服务等基础资源；提供行业应用软件资源；提供多学科行业应用服务等平台资源；提供多样数据模型、源码等资产资源，以及提供各种类型的算力服务。截至 8 月，已有 35 家超算上下游单位成功入驻国家超算互联网平台，另外有近百家单位递交了联合入会申请，这将为超算互联网平台持续注入活力。

都瓦

打通科学普及『最后一公里』

■ 冯华

创新杂谈

“火车进站时，为什么旅客必须站在安全黄线以外？”“大家看，现在呈现的这个现象就是静电”……前不久，天津市宝坻区科协把科普大篷车开到了史各庄镇卫国庄村，向群众普及科学知识。

刚刚过去的这个暑假，许多地方的科普工作者深入社区街道、田间地头，开展形式多样的科普宣传活动。一些地方向社区居民，开设趣味横生的科普小课堂。这些接地气的活动，打通科学普及的“最后一公里”，深受群众的欢迎。

科技创新、科学普及是实现创新发展的两翼。一个国家的创新水平，与全体劳动者的科学素质密切相关。近现代以来的科技创新历程表明，科学普及既是生产力水平提高的“加速器”，也是科学技术研究成果转化的“催化剂”。

中国式现代化关键在科技现代化。传播科学知识和科学文化，推进科技与经济、社会的融合，培养创新后备人才，“科普之翼”的重要性更加凸显。近年来，我国科普能力建设成效显著，公民具备科学素质的比例从 2020 年的 10.56% 提升到 2022 年的 12.93%，科普为建设创新型国家和实现经济社会高质量发展提供了更加坚实的支撑。

同时也要看到，与公众不断增长的需求相比，科普还存在城乡、区域不平衡不充分的问题，一些地方的基层科普设施较为短缺、服务能力相对薄弱。提升全民科学素质，要进一步加强基层科普公共服务能力，打通堵点、补齐短板，创新传播方式与手段，让公众充分感受科学技术的魅力。

要健全基层科普服务体系，切实提升基层科普能力。做好基层科普工作，需要健全的体系、平台和队伍支撑。《全民科学素质行动规划纲要（2021—2035 年）》对实施基层科普服务能力提升工程作出全面部署，很多地方也在实践中探索基层科普的新模式。要总结这些经验，有效整合区域优质资源，在健全基层科普服务体系、加强基层科普设施建设等方面多下功夫，共建共享科普平台。在科普人才队伍建设方面，既要想方设法强化专职科普队伍，也要发挥好科技工作者和科普志愿者、爱好者的作用，推动科技志愿服务专业化、规范化、常态化。

还要充分利用新技术新平台，不断丰富科普形式。当前，科普正由单一的线下活动向线上线下结合、数字化智能化融合的方向发展。不少科研机构、科普达人以短视频等新渠道、新形式参与科普事业，取得了不错的成效。充分利用新一代信息技术，深入推进科普信息化发展，有助于补齐科普城乡、区域发展不平衡不充分的短板。进一步加大网络优质科普资源供给，丰富科普作品的形态和传播渠道，将有效帮助公众在深度体验和互动中持续提升自身科学素质。

第七届未来网络发展大会：展现多项网络技术创新成果

行业首个全新架构的智驱安全网络、全国首创的广域工业视觉大模型算网融合技术、全球首个 6G 全频段全场景普通信道建模与仿真技术……在近日开幕的第七届未来网络发展大会上，多项网络科研成果发布。

未来网络试验设施（CENI）是我国网络与信息领域首个国家重大科技基础设施，是推动我国未来网络技术创新与发展的“国之重器”，可满足国家关于下一代互联网、网络空间安全、天地一体化网络等重大科技项目的试验验证需求。

基于 CENI，大会发布了全球首创的广域工业视觉大模型算网融合技术，以及全球首个跨广域网络编码分布式存储系统。前者由网络通信与安全紫金山实验室（以下简称紫金山实验室）和百度文心大模型合作研发，可在 300 公里的确定性网络中实现推理、训练图片数据传输“0 丢包”，并使语料获取效率提升 83%。后者由紫金山实验室与香港中文大学杨伟豪教授技术团队合作开展，可以让数据在传输时不再“堵车”，且具备跨区域大规模协同修复技术潜力。

此外，大会还发布了智驱安全网络一体化架构的大网级应用成果。第三方测试表明，当一般电脑遭到攻击流量峰值超过 5.8Tbps（相当于在一秒内下载 625 部 1G 大小的电影）的情况时，网络就会崩溃。而智驱安全网络可以快速缓解攻击，让客户端和相关业务几乎不受网络攻击的影响。

“我们抵御了业内最大规模的混合流量攻击，十几秒就能找出攻击者，60 秒就能压制攻击。”中国工程院院士、紫金山实验室主任刘韵洁表示。智驱安全网络在行业内首次实现智驱安全网络一体化架构的大网级部署，将全面服务国家“东数西算”战略。

6G 信通研究是 6G 领域最重要的基础研究之一，可为制定 6G 网络标准提供支撑。在大会上，紫金山实验室和东南大学联合发布了全球首个 6G 全频段全场景普通信道建模与仿真技术。该技术建立了 6G 典型频段、典型场景的信道测量数据库，并构建了全球首个 6G 普通信道模型，实现了 6G 全频段、全场景的信道特性仿真，可直接应用于无线信道模拟器、车联网、智能家居、工业物联网等领域，为 6G 通信系统设计、标准化、性能评估与优化、网络部署、安全通信等提供了支撑。6G 全频段全场景普通信道建模与仿真技术团队还自主研发了全球首个 6G 普通信道仿真软件，降低了 6G 仿真实验平台的使用门槛。

室内定位一直是定位技术的难点，原因在于室内卫星信号覆盖不全。大会上发布的 5G 高精度室内定位技术，可让用户户实现室内高精度定位。紫金山实验室副主任兼首席科学家尤肖虎介绍，该技术能同时为 5G 终端提供高速通信和精准定位服务。在 6000 平方米的实验场地内，该技术定位精度可达 0.5 米，实时定位精度达到亚米级，破解了 5G 定位技术规模化应用面临的关键难题，为解决自动驾驶、化工、仓储等行业的痛点问题提供了全新途径。

张晔

世界首个县域级 100% 新能源新型电力系统试运行稳定

为大规模消纳新能源探索新路径

科学观察

世界首个县域级 100% 新能源新型电力系统可实现湖北省随州市广水市 100% 新能源独立供电，供区人口超过 20 万。该新型电力系统是一种以新能源供电为主体，与大电网柔性互联，源网荷储协同互动，面向未来的电网新形态。

截至 8 月 28 日，一个 100% 使用风、光新能源供电的新型电力系统在湖北省随州市广水市已稳定试运行 241 天。它既是一个能确保风、光新能源发电发得出、用得上的实用的现实电网，也是一个开放的、具有未来电网特征的试验平台。

作为国家电网公司十大科技示范工程之一，世界首个县域级 100% 新能源新型电力系统在广水市落地，可实现广水 100% 新能源独立供电，供区人口超过 20 万。该新型电力系统是一种以新能源供电为主体，与大电网柔性互联，源网荷储协同互动，面向未来的电网新形态。

构建该新型电力系统的意义何在？它又能如何服务社会经济发展？

新型电力系统为何花落广水

今年 6 月初，国家能源局组织 11 家研究机构编制的《新型电力系统发展蓝皮书》发布。该蓝皮书指出，新型电力系统具备安全高效、清洁低碳、柔性灵活、智慧融合四大重要特征。

数据显示，我国能源活动排放的二氧化碳、碳占二氧化碳排放总量的 88% 左右，电力行业碳排放占能源行业碳排放的 42% 左右。实现“双碳”目标，能源是主战场，电力是主力军，新型电力系统则是关键载体。

按国家电网运行与控制标准化技术委员会给出的定义，新型电力系统是以坚

强智能电网为枢纽平台，以源网荷储互动与多能互补为支撑，具有清洁低碳、安全可控、灵活高效、智能友好、开放互动基本特征的电力系统。

传统电力系统为何要转向新型电力系统？

伴随新能源发展，我国传统电力系统面临三大困难：在用电侧，用电负荷持续飙升；在发电侧，极端天气多发，加上燃料价格不断升高，加剧了部分地区电力紧张状况；在电网侧，新能源电力大量接入，对电力系统安全构成一定威胁。

国家能源局相关负责人认为，构建新型电力系统是一项复杂而艰巨的系统工程，须统筹谋划路径布局，科学部署、有序推进。

广水凭借丰富的风光资源优势，先行试点示范条件得天独厚。

随州是湖北新能源装机占比最高、累计发电量最大的区域。截至 7 月底，随州新能源并网装机容量达 319.19 万千瓦，新能源渗透率达到 267.93%，即新能源装机容量约达到最大负荷的 2.68 倍。目前，广水新能源装机 244 兆瓦，最大负荷 61 兆瓦，新能源渗透率达到 400%。

同时，广水电网属于末端电网，能较为方便地脱离主网，具备构建新能源装机占比可调（极限情况新能源装机占比 100%）、柔性负荷占比可变、机电—电磁环境可组合的多形态构网条件，可为源网荷储互动等技术提供试验场地。

2021 年 12 月，国网湖北电力在广水市探索建设全球首个县域级 100% 新能源新型电力系统科技示范工程，供电面积 418 平方千米，覆盖广水市主要商业、工业和居民客户，为电网更好地接入和消纳新能源探索新路径，助力能源结构转型。

与大电网实现柔性互联

“广水新能源新型电力系统目前还处

在第三阶段调试，整体运行平稳，初步验证了风、光、储独立支撑 110 千伏系统的稳定性。”国网湖北省电力有限公司电力科学研究院新型电力系统研究中心高级工程师胡畔介绍，广水 100% 新能源新型电力系统是“以大电网为支撑，新能源供应为主体，源网荷储实时协同平衡运行”的新型电力系统形式。

广水 100% 新能源新型电力系统作为一个独立的电网系统，可以独立运行。但它与大电网的关系并非互不干涉，而是灵活的柔性互动。风、光伏发电“看天吃饭”，新能源新型电力系统不确定性较大，大电网可以对其进行兜底保障。

胡畔说，该电力系统与大电网相连，离不开一个关键设备——能量路由器。能量路由器相当于一个阀门，它类似 Wi-Fi 网络路由器。当能量路由器开启时，新能源新型电力系统与大电网“牵手”；关闭时，则与大电网“分手”。

与传统电力系统从电源侧经输电、变电、配电流入负荷端，电压等级由高到低、潮流单向不同，借助能量路由器，新能源新型电力系统不仅可从大电网取电，当本地风电、光伏有富余时还可反向给大电网送电，实现与大电网之间的柔性互联。

广水 100% 新能源新型电力系统是百兆瓦范围内供电规模最大、柔性负荷占比最大，全部由风电、光伏为电源并可长期独立运行的 100% 新能源新型电力系统，该系统首次构建了近零惯量、全电力电子化的百兆瓦级高比例新能源电力系统，可实现全年 100% 新能源供电时间占比超 70%，全年新能源供电电量占比超 80%。同时，广水示范工程 4 个新能源电场、1 个能量路由器站、5 个光储充站、2 个变电站、17 条馈线、703 座台变及相关用户设施和储能设施均已建模至数字孪生电网。该系统还可用于研究新型电力系统下的电压稳定、频率稳定、电力电量平衡、故障特性等

关键问题，为新型电力系统的理论构建取得创新和突破提供真实试验场景。

技术创新支撑稳定运行

建设新型电力系统需要改变传统电源结构、负荷特性和电网形态，未来电网的设计和建设需适应新型电力系统的复杂性。

为此，广水示范工程科研团队研发出世界首套可支持百兆瓦级全新能源电网高效稳定运行的源网荷储协同控制系统，它可实时协同控制分布式电源、储能、能量路由器等电力电子化设备，实现各种极端复杂功率波动场景下，尤其是 100% 新能源独立组网时的电压、频率稳定，满足系统联网运行时绿色高效、孤网运行时安全可靠等多种需求。同时，该科研团队还研制出新能源及储能机组成套构网型控制器，并在真实电网中首次验证整站构网特性，使得新能源发电装备和储能电源具备与煤电、水电等常规电源相近的性能。

自国家提出建设新型电力系统以来，我国电网企业以确保能源电力安全为基本前提，以满足经济社会发展电力需求为首要目标，以最大化消纳新能源为主要任务，以坚强智能电网为枢纽平台，努力构建并完善我国新型电力系统。

进一步完善我国新型电力系统，可把小型真实场景研究得出的结论与新能源占比不断提高的实际发展路径相结合，建设数字孪生电网，实现系统全景感知、智能决策，以云计算技术、人工智能算法为支撑保障新型电力系统安全稳定运行。

国网湖北省电力有限公司党委书记、董事长吴英姿表示：“下一步，公司要全面落实率先建成湖北新型电力系统的工作方案，争取 2024 年在鄂北建成国内首个跨地市区新型电力系统，为新型电力系统大规模建设提供湖北成套解决方案。”

吴纯新