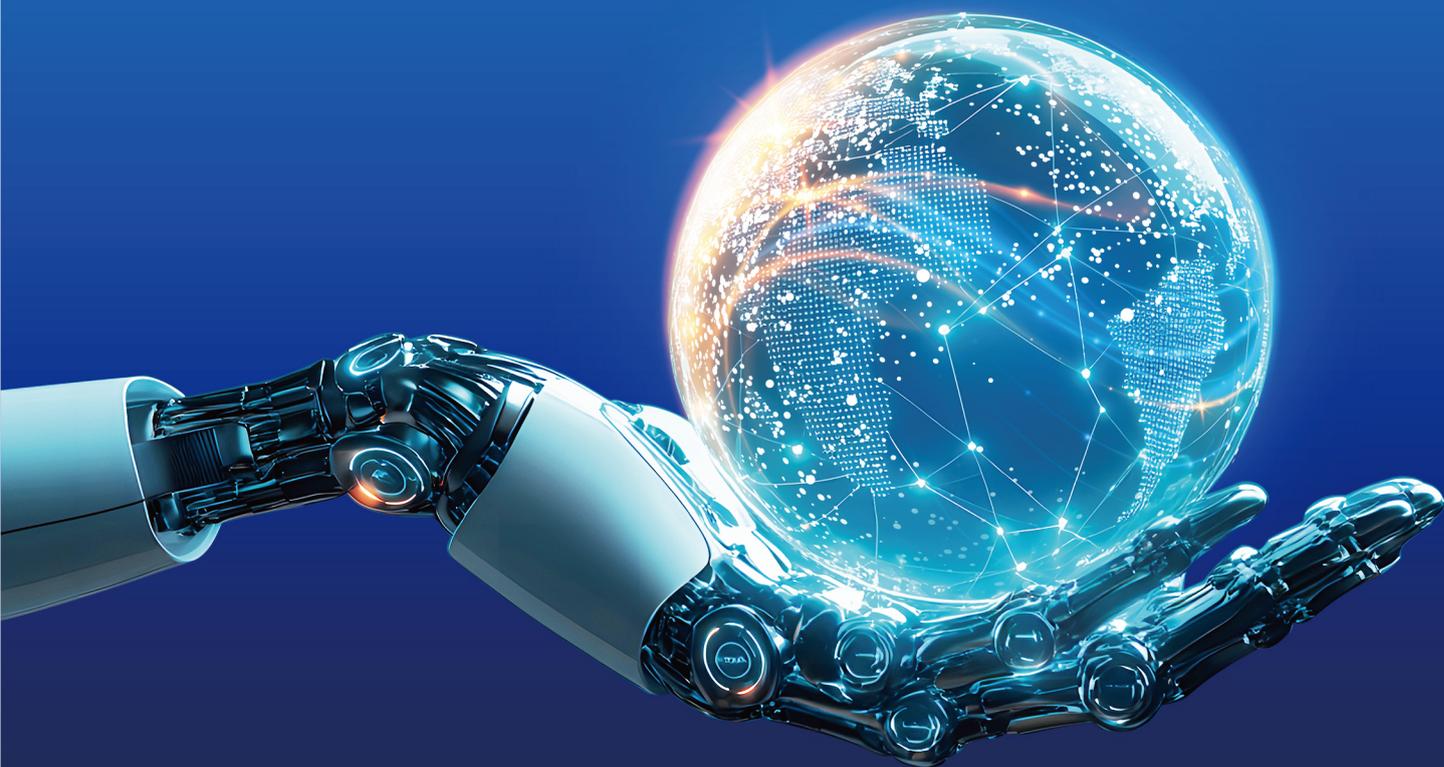


中兴通讯技术 **简讯**

ZTE TECHNOLOGIES | 第29卷 第03期 · 2025年03月

视点

06 新型智算，助力AI无限可能



专题：新型智算

10 超万卡集群：架构革新与技术突破





1996年创办 总第438期
2025年03月 第29卷 第03期

中兴通讯技术 (简讯)
ZHONG XING TONG XUN JI SHU (JIAN XUN)
中兴通讯股份有限公司主管

《中兴通讯技术 (简讯)》顾问委员会

主任: 刘健
副主任: 孙方平 俞义方 张万春 朱永兴
顾问: 柏钢 方晖 胡俊劫 华新海
阚杰 李伟正 刘明明 陆平
唐雪 王全 张卫青 郑鹏

《中兴通讯技术 (简讯)》编辑委员会

主任: 林晓东
副主任: 卢丹
编委: 邓志峰 代岩斌 黄新明 姜永湖
柯文 孔建华 卢丹 梁大鹏
刘爽 林晓东 马小松 施军
夏泽金 杨兆江 朱建军

《中兴通讯技术 (简讯)》编辑部

总编: 林晓东
常务副总编: 卢丹
编辑部主任: 刘杨
执行主编: 方丽
发行: 王萍萍

主办单位: 中兴通讯技术杂志社
编辑: 《中兴通讯技术 (简讯)》编辑部
发行范围: 国内业务相关单位
印数: 5000本
出版频次: 按月
地址: 深圳市科技南路55号
邮编: 518057
发行部电话: 0551-65533356
网址: <http://www.zte.com.cn>

设计: 深圳市奥尔美广告有限公司
印刷: 深圳市旺盈彩盒纸品有限公司
印刷日期: 2025年3月25日



王卫斌
中兴通讯产品规划首席科学家

把握AI机遇，引领智算创新

随着人工智能技术快速发展，智算基础设施正在经历从规模扩张到精细化运营，从单一计算能力构建向算力、存储、传输等多要素协同发展的深刻转型。

在训练端，Scaling Law缩放法则驱动智算中心向更大规模发展，以支撑更大参数量与数据量的大模型训练。同时，面对多样化的训练场景与高端算力挑战，软硬协同优化的精细化运营智算中心应运而生。

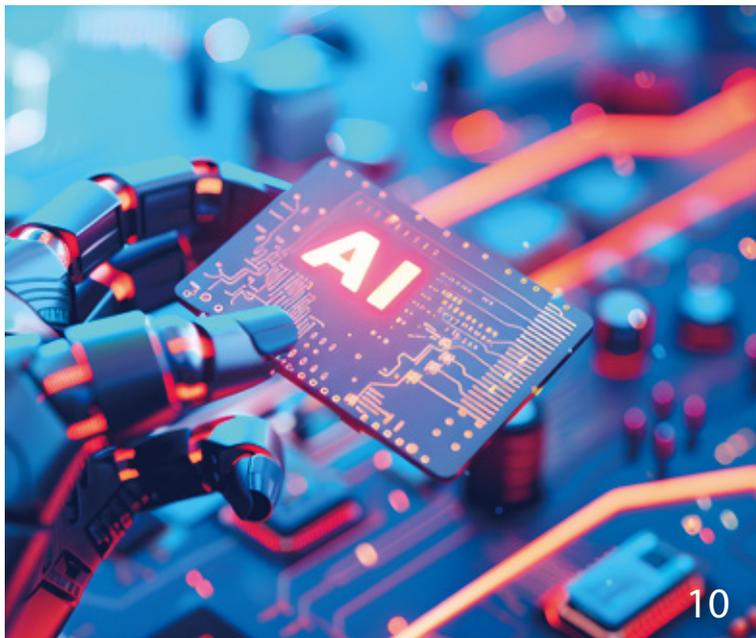
在推理端，大模型广泛应用促使推理算力需求激增。面向C端用户，云端推理集群凭借强大的计算能力与灵活的资源调度，提供泛在、多样的推理服务。面向B端用户，数据安全、行业模型及应用定制化推动私域部署推理算力成为热点，软硬件一体化、开箱即用的一体机备受青睐。

中兴通讯作为智算基础设施提供商，深度参与并推动智能算力发展。产品层面，携手业界领先合作伙伴，提供从AI硬件到全栈软件、从训练到推理、从云端到边缘、从基础设施到行业应用的全方位解决方案，满足智算多场景需求。工程实践上，中兴通讯完成了大规模训练集群建设、企业私有化部署、异构算力混池训练、多数据中心拉远等多个标杆项目。生态建设上，公司积极推动智算网络、软件栈、集群管理等多个领域的技术标准制定，助力构建开放协同的智算生态。

展望未来，中兴通讯将继续与产学研用各方紧密合作，通过持续创新推动智算向更高效、更智能、更普惠的方向发展，为人工智能技术的普及和应用提供坚实支撑。

目次

中兴通讯技术（简讯）2025年第03期



超万卡集群：架构革新与技术突破

随着算力规模越来越大，智算中心的技术门槛呈级数提高，超万卡智算中心构建和运营面临着算、存、传、软件平台多要素协同的巨大挑战。

视点

06 新型智算，助力AI无限可能
郭雪峰

专题：新型智算

10 超万卡集群：架构革新与技术突破
陆光辉

14 面向高带宽域的Scale-up算力高速互联技术
杨茂彬

16 超万卡集群算力节点和基础设施的挑战
席虎

20 存智赋能，加速数据破茧
郭伟

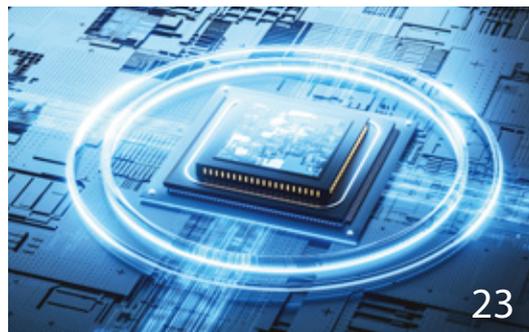
23 创新智算网络为AI提供强力引擎
吕二春

26 多芯异构混池训练技术及实践
杨维

29 跨数据中心拉远训练技术及实践
潘亚峰

32 AI智慧工厂，使能数智工业化
周俊超

34 中兴通讯智算一体机在钢铁行业的应用实践
朱梦琪



成功故事

36 江苏电信携手中兴通讯，开启千卡国产化智算
资源池新篇章
顾红芳，陈诚，董晓军

解决方案

39 无线网络容量解决方案原子能力
朱永军，邓素娟，贾仟浩

02 新闻资讯



中国移动与中兴通讯推出的“多智能体协同”方案获GSMA Foundry网络效率及优化大奖

2025年世界移动通信大会期间，中国移动与中兴通讯联合推出的“多智能体协同赋能端到端网络自动化运维”方案及案例获得了GSMA Foundry网络效率及优化大奖，充分体现了通信大模型在提升端到端网络运维效率方面的创新价值。

该方案可显著提升网络的自适应能力和自服务水平。

中国移动、阿里云和中兴通讯联合打造的能力开放解决方案荣获GSMA GLOMO “Open Gateway挑战奖”

由中国移动、阿里云和中兴通讯联合打造的AaaS Open Gateway能力开放解决方案荣获GSMA全球移动大奖（GLOMO）“Open Gateway挑战奖”，标志着Open Gateway在主要行业的示范性场景已经得到规模商用，中国移动携手合作伙伴践行GSMA Open Gateway倡议的努力得到了全球产业的高度认可。

中国移动是最早加入GSMA Open Gateway全球倡议的运营商之一，近年来积极践行Open Gateway发展理念，建成了全球最大的Open Gateway平台，对内赋能自有业务，对外不断拓展应用

场景，丰富Open Gateway应用生态。中国移动联合中兴通讯基于CAMARA API规范打造的QoD（Quality on Demand）API，率先通过Open Gateway工作组63项技术测试，并实现落地部署。

中国移动、阿里云和中兴通讯联合打造的能力开放解决方案，整合了各方在通信网络、金融科技等领域的优势，依托中国移动Open Gateway平台，暨网络事业部运营的CT中台中“QoS加速能力”，实现了对移动支付等应用的网络质量保障，致力于为用户打造更友好、更高效、更具创新性的5G网络业务体验。



中国联通携手中兴通讯发布AI家庭终端系列新品

在2025年世界移动通信大会现场，中国联通携手中兴通讯联合发布了系列创新AI智慧家庭终端新品。此次合作标志着双方在智慧家庭领域深入探索的又一重要成果，旨在为消费者带来更

加智能、便捷的家居体验。

此次发布的新品涵盖多款领先的AI家庭终端，包括家庭智慧屏、AI枪球联动摄像头和家庭AI陪伴带屏摄像头，实现连接、娱乐、控制、安全等全域AI家场景，为家庭生活带来前所未有的智能化升级。

随着智能家居市场的快速增长，中国联通与中兴通讯的合作将为行业注入新的活力。此次AI智慧家庭终端新品的推出，将引领智慧家庭生活的新潮流，助力用户享受更加高效、舒适的生活体验。

中兴通讯发布UniSite全场景极简站点方案

2025年世界移动通信大会期间，中兴通讯发布了面向全场景的UniSite极简站点方案及全球案例，基于以“UBR（Ultra Broadband Radio）先锋”为代表的业界领先产品，助力运营商将5G服务拓展至全频段全场景，打造站点最简、功耗最低、容量最高、演进能力最强的移动网络。



中国联通、云汭网联与中兴通讯荣获GSMA GLOMO“最佳移动智慧城市创新奖”

2025年世界移动通信大会期间，中国联通、云汭网联与中兴通讯凭借“5G-A低空智联创新方案赋能城市智能血站建设”项目，荣获GSMA全球移动大奖（GLOMO）“最佳移动智慧城市创新奖”。该项目率先实现5G-A通感一体技术在城市血液配送领域的规模化商用，开创了5G-A技术服务城市民生的新范式。



中兴通讯5G-A极简专网方案荣获2025年GLOMO“GSMA Foundry创新奖”

2025年世界移动通信大会期间，中兴通讯“5G-A极简专网方案”荣获全球移动大奖（GLOMO）“GSMA Foundry创新奖”。这一荣誉不仅彰显了业界对中兴通讯5G-A极简专网方案的高度认可，更是对中兴通讯及其合作伙伴在推动文娱产业数字化转型方面所取得成就的肯定，如近两年备受欢迎的VR大空间剧场及游戏、新媒体及电视的4K无线化制播等创新应用。

5G-A极简专网助力VR大空间娱乐

和电视转播行业实现无线化转型，有效提升运营效率，降低部署成本。该方案充分复用5G基站基础设施，将毫米波技术、边缘计算和云计算深度融合，无需额外部署核心网，架构简洁高效。这一创新技术在保障移动性、系统容量、可持续性和数据安全的同时，不仅能提供卓越的用户体验，更可延伸应用至博物馆、教育和旅游等多个领域。

中兴通讯发布业界最高密度对称50G PON Combo方案

2025年世界移动通信大会期间，中兴通讯发布了业界最高密度16端口对称50G PON Combo方案，旨在夯实万兆基础设施建设，助推万兆城市、工业互联网和智慧家庭等领域的高质量发展。方案拥有业界最高密度的16端口单板，采用中兴通讯最新研发的50G PON对称小型化光模块，基于SFP-DD小封装设计，相比QSFP光模块体积小30%，能提供对称50Gbps带宽。

中兴通讯发布业界首款智能400GE基站路由器

中兴通讯重磅推出业界首款智能400GE基站路由器ZXCTN 6120H-SE。该产品在2025年世界移动通信大会上首次亮相。其凭借创新技术与卓越性能，为运营商及企业用户提供全新网络解决方案，助力构建高效、智能、绿色的未来网络。该产品支持采用SFP56封装的50G和业界最高密度100G接口，为未来6G网络演进奠定基础。

中兴通讯发布《自智网络白皮书（2025）》

3月4日，在2025年世界移动通信大会上，中兴通讯正式发布《自智网络白皮书（2025）》。白皮书深入剖析了智能化时代下通信网络的深刻变革，系统探讨了自智网络的未来发展趋势及关键创新方向，并提供了在自智网络L4高阶演进过程所取得的实践经验，旨在倡议产业各方共同推进自智网络的创新发展。

中兴通讯携手合作伙伴荣获 GTI Awards 2025四项年度大奖

GTI Awards 2025获奖名单在2025年世界移动通信大会正式公布，中兴通讯携手中国移动、广州明珞装备、本溪工具荣获四项年度大奖。

ZTE UBR技术创新荣获“移动技术创新突破奖”

在2G/3G/4G/5G复杂网络演进中，中兴通讯始终保持技术领先，围



绕多制式、多频段、全场景组网需求，为客户提供高集成、低功耗、高性能的UBR产品方案，并在大规模现代化站点改造升级方面积累了丰富的成功商用经验。

广州明珞装备、中国移动、中兴通讯联合打造的“面向汽车和离散制造行业的5G原生智能制造解决方案”荣获“移动创新服务应用奖”

该创新性解决方案展现了卓越的技术优势：5G网络部署时间缩短至仅1小时；端到端延迟低至4ms，可靠性达99.999%；网络设备数量减少60%；实现IT和OT系统完美融合；支持同一条生产线并行生产7种车型。

中国移动、本溪工具、中兴通讯“本溪工具智慧工厂-5G赋能中小企业数智转型标杆”项目荣获“市场发展及业务价值奖”

中国移动辽宁公司携手本溪工具、中兴通讯开展5G智能制造的创新实践，构建了适合中小企业的2.6Ghz与4.9Ghz双频5G-A专网体系，通过5G-A工业算力基站分流与UPF主备双链路创新设计，带来确定性的网络服务保障和高效的数据本地卸载，为数智化应用提供坚实可靠的网络保障；同时基于高性能的双频5G-A网络+中兴数字星云，落地了一系列创新应用。

中兴通讯赵孝武博士荣获“荣誉奖”

中兴通讯赵孝武博士凭借扎根GTI在5G企业专网方案（5G-ENS）领域的卓越贡献，荣膺“荣誉奖”。

中兴通讯举办AIR DNA未来网络发布会

2025年世界移动通信大会期间，中兴通讯举办了AIR DNA未来网络发布会，正式推出基于AI驱动的全新端到端网络解决方案——AIR DNA。该方案以AI为核心引擎，深度重构移动网络的基因与架构，重新定义未来网络的智能化形态，开启智联万物新篇章。

中兴通讯高级副总裁张万春表示，AIR Solution涵盖全栈AI底座、端到端智能网络的重构以及新网络驱动下的价值重塑三部分。

中兴通讯与中国移动携手重磅发布5G-A×AI创新成果

3月4日，在世界移动通信大会上，中兴通讯与中国移动携手共同举办5G-A×AI成果发布会，重磅发布“通感算智”和“无源物联”两大创新成果。

中兴通讯联合中国移动发布基于5G-A技术的“通感算智”解决方案，通过三大核心技术的深度融合：通算一体打造强大的基础能力支撑，推动各行业实现数字化转型；通智一体借助网络内生AI的赋能，提升网络运行效率并优化用户体验；通感一体通过高

精度感知能力赋能一网多能新业态，推动智能感知、精准调度与实时决策，提升行业效能。聚焦行业市场、大众市场和新兴市场三大核心领域，为全球数字经济注入新动能，开启“5G-A通感算智融合创新合作”的新篇章。

中兴通讯与中国移动共同发布5G-A无源物联端到端解决方案，包含蜂窝无源物联网室内、外算力基站，“繁星”蜂窝无源物联网标签，“载物”无源物联网管理平台，将助力实现全场景“零功耗”连接革命，迎接千亿物联市场新空间。

中兴通讯发布2024年业绩： AI向实，政企、消费者业务营收快速增长

2月28日，中兴通讯发布2024年度报告。报告期内，公司实现营收1213.0亿元；归母净利润84.2亿元；扣非归母净利润61.8亿元；基本每股收益1.76元；经营性现金流净额114.8亿元。2024年度拟派发现金分红总额占归母净利润比例35%。

面对复杂环境及ICT产业结构变化，中兴通讯在稳固网络行业地位的同时，积极拥抱AI浪潮，发力算力主航道。

公司坚持压强式研发投入，2024年研发费用240.3亿元，占营收比例约20%。2019年至2024年，六年累计研发费用达1170.7亿元。报告期内，公司荣获2023年度国家科技进步奖三项一等

奖、两项二等奖，第十一次荣获中国专利金奖，AI专利申请超5000件，近50%已获授权，向ETSI披露5G标准必要专利有效家族数量居全球前五。中兴通讯新支点服务器操作系统、GoldenDB分布式数据库通过国家安全可靠测评。

中兴通讯精耕细作运营商市场，加速拓展政企和消费者业务，提升运营效率，夯实经营韧性，实现稳健发展。2024年，中兴通讯国内市场实现营收820.1亿元，占比67.6%，国际市场实现营收392.9亿元，占比32.4%；运营商网络、政企、消费者业务分别实现营收703.3亿元、185.6亿元、324.1亿元，占比分别为58.0%、15.3%、26.7%。

中兴通讯再获CDP气候变化最高评级A级

2月，全球环境信息研究中心(CDP)公布了2024年全球企业问卷评分结果，中兴通讯凭借在气候变化领域的卓越表现，再次荣登CDP气候变化最高评分A级榜单(A-List)；在范围1&2&3排放、减排举措与低碳产品、环保政策、风险与机会披露等多个议题上，中兴通讯均荣获A级别，彰显了其在环境透明度、绿色低碳实践和可持续发展方面的持续承诺与核心竞争力。

中兴通讯将绿色低碳作为公司可持续发展战略的核心要素，连续两年获评CDP气候变化最高评分A级，是业界对中兴通讯与上下游合作伙伴协同推动全球绿色低碳转型实践的充分肯定。

中国联通携手中兴通讯联合发布5G^{AI}融合创新方案

2025年世界移动通信大会期间，中国联通携手中兴通讯联合发布面向AI时代的融合创新方案——5G^{AI}。该方案融合5G-Advanced(5G-A)技术升级和人工智能(AI)的深度赋能，为5G网络带来卓越的性能表现、高效的资源调度以及多元化的服务能力，标志着泛在智联新时代的到来。

5G^{AI}方案以基站内生智能为基石，通过“智联技术、智联网络、智联服务”三大层次，全面驱动5G网络

的转型升级。智联技术聚焦基础设施的智能化升级及性能优化，确保网络覆盖零盲区、容量零塞、体验零波动，奠定坚实的智能基础。智联网络依托数字孪生技术和智能编排大脑，实现任务驱动的资源精准调度，并通过基站内生智能引擎AIEngine提供差异化业务体验、确定性连接保障及运维效率的提升，打造优质高效的网络生态。智联服务作为对外赋能窗口，通过场景化应用和能力开放，灵活满足B2C和B2B的个性化需求，成为推动商业模式创新的新引擎。

中兴通讯助力共建共享网络5G-A创新成果发布会成功举办

3月3日，世界移动通信大会期间，GSMA、中国电信和中国联通联合中兴通讯等产业伙伴共同举办“共建共享网络5G-A创新成果发布会”，并联合发布《共享网络智慧共治白皮书》，进一步深化共建共享模式下网络智慧共治的关键技术和成功实践，展示共建共享网络的最新成果，以及5G-A时代的创新实践与突破，为全球5G网络高质量发展贡献中国方案。

新型智算， 助力AI无限可能



郭雪峰

中兴通讯算力及核心网产品规划首席专家

AI技术质变，重塑世界

人工智能技术飞速发展，已成为新一轮科技革命和产业变革的核心驱动力。从基础科学研究到日常消费应用，人工智能的影响无处不在，正在重塑我们的世界。

规模带来质变，Transformer大模型架构正从语言处理领域向计算机视觉、语音识别、结构化数据、时序预测、多模态等更多领域拓展，并助力相关领域模型能力巨大飞跃。如在多模态领域与Transformer结合的MM-LLM (multi-modal large language model)，在模态类型的扩展性、应用场景的泛化性、理解和生成能力，以及数据适应性、零样本及少样本学习等方向表现优异，取得显著进展。时序模型与Transformer结合，提升了预测精度、异常检测能力，在电力领域负荷预测及能源调度优化、气象领域天气与灾害预测等应用场景中有巨大潜力。

模型和算法快速演进，从单一规模扩张转向多元拓展优化。一方面如图1所示，Scaling law法则驱动大模型参数继续从千亿迈向万亿。另一方

面，新的架构和算法不断涌现，如基于混合专家 (MOE) 架构的稀疏模型脱颖而出，大幅降低大模型的计算成本，随着Scaling law递减效应的出现，促使研究人员探索新型神经网络结构，提高训练数据质量，研究新的训练方式。

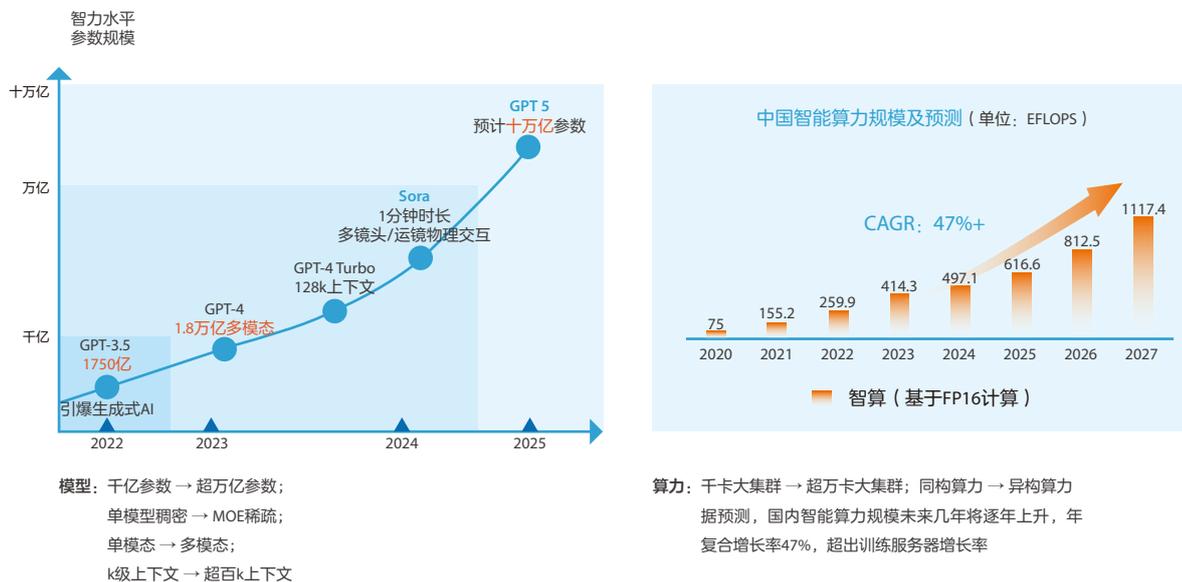
训练创造能力，推理实现价值，AI应用正在深度渗透各行各业，无论是传统领域赋能还是新兴领域拓展均展现出巨大潜力。在传统领域赋能方面，AI医疗、AI教育、AI办公、AI通信乃至AI制造等应用场景不断涌现，改善用户体验，提升业务效率。在新兴领域，内容生成、新闻写作、影视创作、创意延申、虚拟形象、数字人播报、多媒体交互正在创造新的变革和生机。随着AI应用的快速落地，推理算力需求长期增长，增长率未来将超出训练算力。

人工智能的发展才刚刚开始，未来发展将超出我们的想象。

新型智算成为AI发展的核心引擎，助力产业升级

人工智能以数据为原料，以算法为引擎，以

Scaling law驱动AI能力跃迁



▲ 图1 大模型快速迭代演进, 智能算力需求爆发式增长

算力为动力。大模型的成功是Transformer算法与异构并行算力共同发展的结果, 人工智能的快速发展, 也给智算基础设施提出了新的能力要求。

训练方向, 模型规模不断扩大, 训练周期持续缩短, 万卡、超万卡智算集群正在成为标配, 大规模及高算效是核心需求。

算力层, 由多类型计算芯片(如CPU、GPU、DPU、TPU等)组成的超异构融合计算成为主流, 需要解决的核心挑战包括: 大规模海量算力器件的统一纳管和一体化运维、面向多场景多要素多目标的最优算力资源调度、面向大模型训练的长稳可靠集群算力保障, 以及跨厂家跨型号异构算力的兼容等问题。

网络层, 高速互联的超大规模组网成为必需需求, 优化设计Scale-up及Scale-out网络, 提供超大规模、超大带宽、超低时延的卡间、机间, 以及跨DC间的无损高速网络成为业内主要技术发

展方向及竞争焦点。

存储层, 存储效率的提升是超万卡训练集群效率提升的关键, 需要构建大带宽低时延的热存储, 降低模型训练中间文件读取时间, 满足预训练海量语料的超高IOPS读写需求, 通过冷、温、热一体化分级存储实现成本与性能双向优化。大模型的训练周期长, 构建长时稳定的训练算力是必要保障, 这对集群整体的可靠性提出高要求, 集群资源应可管可视, 故障能够快速定位、隔离、修复, 能够提供高效的Checkpoint和断点续训方案, 缩短模型训练中断时间, 实现资源管理的自动化与智能化。AI框架及平台为大模型训练提供全栈工具、算子开发及调优, 实现模型训练全流程的自动化和工程化, 同样是提升大模型开发训练效率的重要保障。

推理方向, 高成本是大模型应用的核心痛点, 需要为多场景的应用需求提供最优性价比的

推理算力。首字时延、字间时延、吞吐量是推理业务的核心指标，算力、显存大小及带宽、生态兼容是影响推理性能的核心要素。首先在算力选择上，需要基于业务指标需求选择合适的算力资源，实现性价比最优。其次，对模型和应用的兼容至关重要，通过提供统一的推理服务API接口提升应用可移植性，通过兼容多推理引擎实现多硬件适配，通过自动化模型转换、算子生成工具提升模型迁移速度，降低迁移成本。推理技术当前仍处于快速发展阶段，需要持续探索，通过多维度优化不断提升推理性能，降低成本，如系统层面多流水推理调度、KV缓存、P/D分离等技术大幅提升大模型推理吞吐降低时延；模型层面利用压缩技术，在不损失精度前提下加快推理速度，通过图优化、算子优化及算子融合，减少内

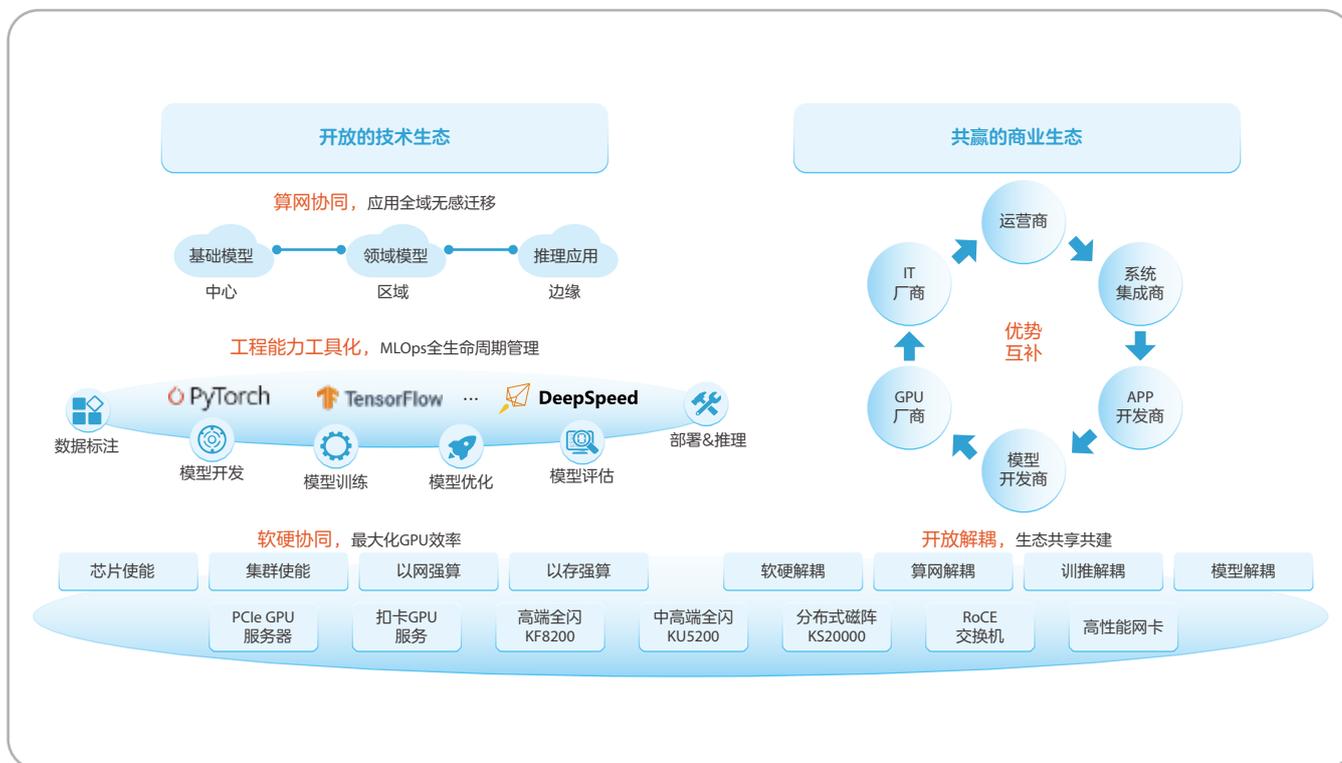
存访问，提升推理性能。边缘推理、端侧推理以及云边端的协同推理技术正在快速演进，推进推理算力成本快速降低，普惠化发展。

新型智算是算力、存储、网络多要素协同，软件、硬件多维度调优的超大规模集群算力，能为大模型训练提供极致性能，为多场景推理提供极致性价比的高效算力，能提供从算力租赁到模型训推多模式、多租户、多任务精细化运营的全栈智能算力服务，助力实现人工智能技术的创新应用与产业落地，驱动数字经济高质量发展。

开放解耦，构建国产化智算发展之路

当前，我国智算产业与国际先进算力相比仍有较大差距，尤其在高端芯片方向，无论是计算





▲图2 中兴通讯开放解耦的新型智算生态

性能、制程工艺还是生态构建上均存在较大短板，领域内存在多框架、多软件栈、多芯片，群雄并起，多而不强。这种碎片化的行业态势使得跨厂家跨型号异构算力难以互联互通，无法形成合力，不利于智算的长期健康发展。

面对以上挑战，中兴通讯提出自主创新、开放解耦的新型智算发展之路（见图2）。在超大规模集群构建上主张以网强算，以规模换算力，在业内率先提出Olink开放互联总线技术并推动构建统一的开放互联标准，发布400G大容量国产化智算网络解决方案，为大规模算力互联提供网络基础，助力算力集群大规模互联及平滑扩容。在异构算力兼容及增强方向，强调软硬解耦，以软强算。在芯片使能层面通过算子优化、算子增强充分释放芯片算力，在集群使能层面通过一体化的编排调度屏蔽算力差异及集群可靠可用性，在AI平台层通过优化断点续训、超参寻优、多流水

任务调度等手段最大化集群算力利用率。在生态构建上强调模型解耦、训推解耦，通过为上层应用提供一致的模型接口降低应用开发及迁移成本，促进应用生态繁荣，通过提供全栈训推迁移工具赋能模型跨框架/跨硬件迁移，促进模型兼容生态；通过异构混池算力拉远实现跨厂家/跨型号算力互联互通，促进算力生态兼容。同时，中兴通讯大力推进统一的智算标准制定工作，助力构建开放解耦的智算生态。

人工智能的长期发展必须建立在兼容、高效、开放的新型智算基础设施上，推进统一的智算互联互通标准，以开放解耦为基础形成合力，促进产业健康发展。中兴通讯将继续携手业界先进合作伙伴，成为推进人工智能发展进步的核心力量，为人类创造更加美好的未来。ZTE中兴

超万卡集群： 架构革新与技术突破



陆光辉
中兴通讯CCN首席架构师

通用人工智能（AGI）作为人工智能（AI）领域的终极目标之一，其核心在于创造出能够理解、学习和应用知识，与人类思维相类似的系统。AGI的成功依赖于Scaling law，Scaling law表明，通过不断增加模型的规模和训练数据量，可以逐步提升模型的智能水平，最终实现AGI，这一研究成果在过去的几年里得到了广泛应用和验证。虽然DeepSeek横空出世，证明在算力有限的情况下，通过“模型-系统-芯片”和“软件-硬件”双闭环的系统协同创新优化也能带来极致性能，但最新的研究显示Scaling law依然有效，头部大模型企业仍在继续部署万卡乃至十万卡规模的智算集群，以确保大模型产品的竞争力。随着模型参数量从万亿迈向十万亿，模型能力更加泛化，大模型对智算算力的诉求进一步升级，十万卡甚至超十万卡集群将成为下一轮大模型竞赛的入场券，算力规模成为科技公司的核心竞争力。

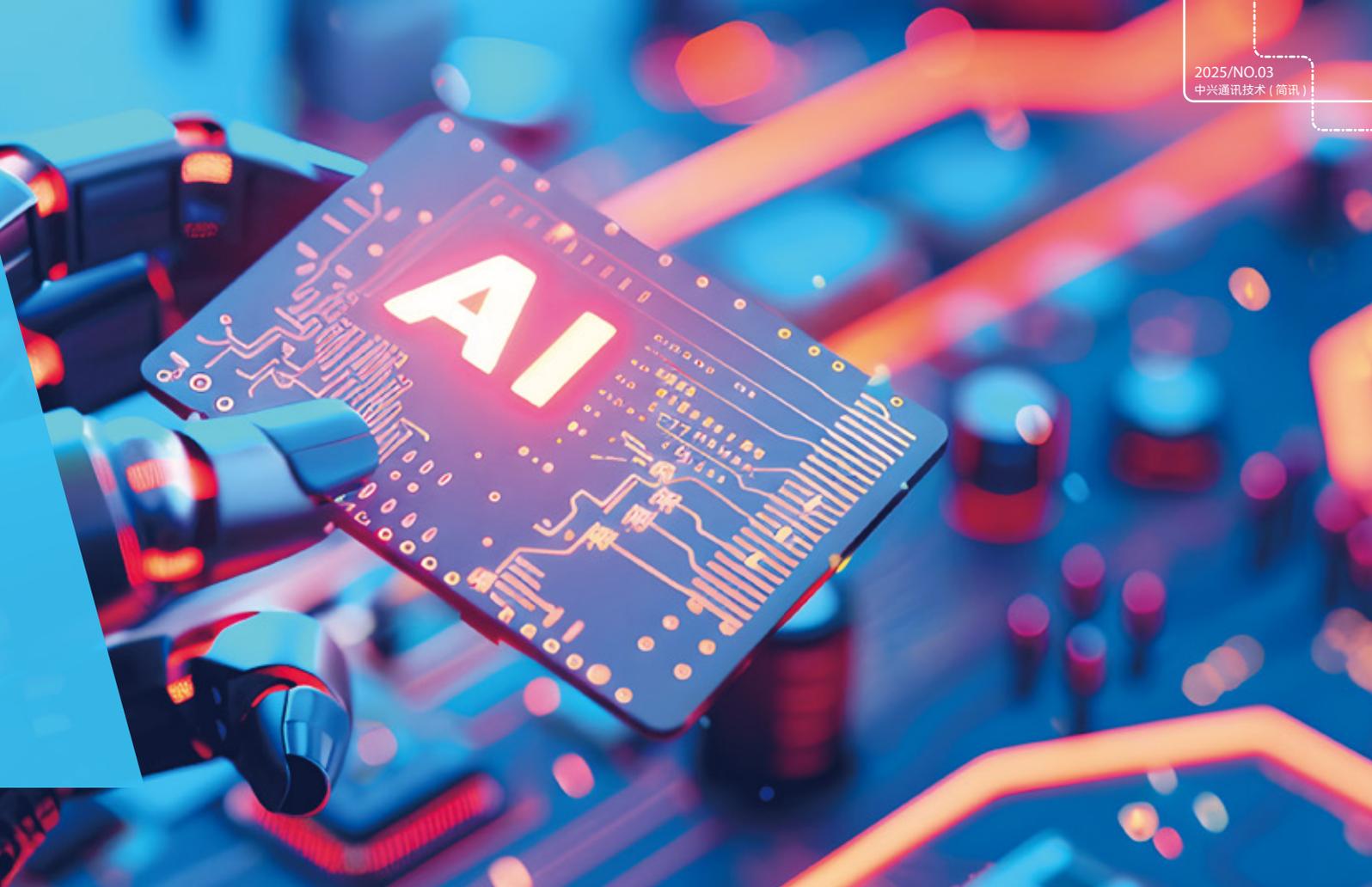
随着算力规模越来越大，智算中心的技术门槛呈级数提高，超万卡智算中心构建和运营面临

着算、存、传、软件平台多要素协同的巨大挑战。为此，中兴通讯推出“AI Booster”超万卡集群解决方案（见图1），以高效、高稳、易维和开放理念为指引，打造开放生态的全栈电信级智能基础设施解决方案，助力运营商和行业推进超万卡集群演进落地。

极致算力：开放超节点提算效

在大模型分布式训练场景下，集群规模的线性提升无法直接带来集群有效算力的线性提升，流水线并行技术跨服务器带来的GPU空转、MOE跨服务器通信带来的GPU空转是追求集群极致有效算力的关键挑战。解决这个挑战的关键是增加单服务器节点内的GPU数量，也就是超节点方案，通过机内的大带宽，让MOE跨服务器通信尽量在服务器内部完成，来减少GPU的空转，整体提升算力效率。

中兴通讯超节点产品通过开放的OLink卡间



高速互联技术，突破传统单机8卡限制，可实现线性扩展，实现更多GPU之间的高速互联，最大支持1024张卡，从而构建起更强大的网络和计算

资源体系。OLink卡间开放互联技术，兼容现有ETH/RDMA等标准协议，允许不同厂商的设备高效地进行数据交换和通信，从而构建起更加灵活

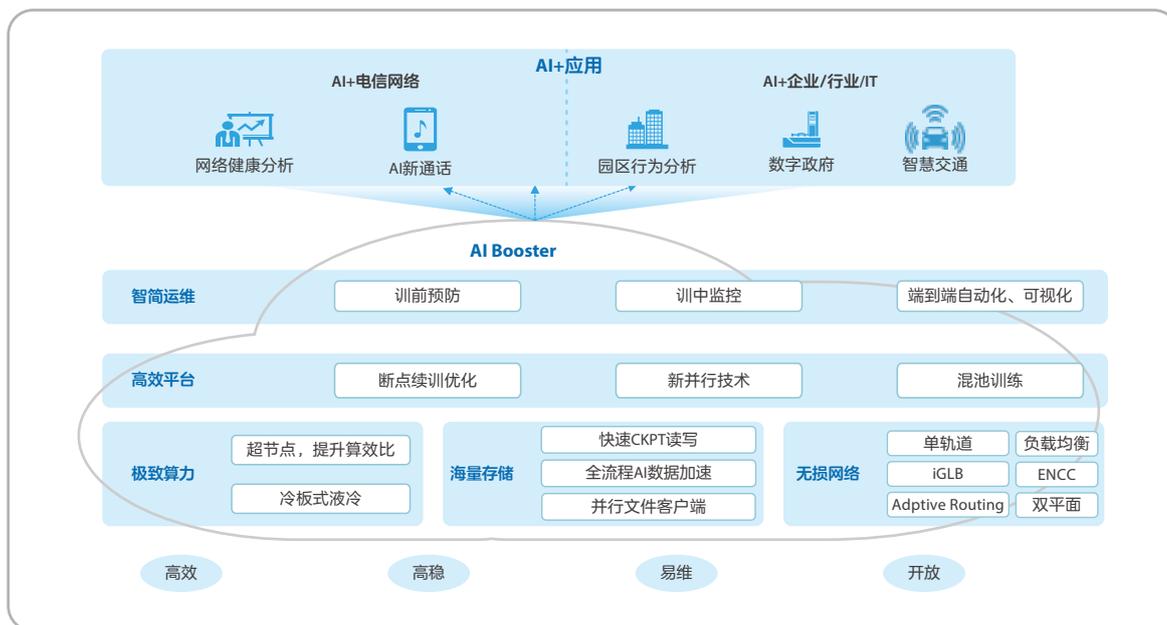


图1 中兴通讯“AI Booster”超万卡集群解决方案

和扩展性强的计算环境。

海量存储：快速CKPT读写增存效

在超万卡集群场景下，千万颗元器件满负荷高速运转，其故障概率大幅上升，断点续训成为常态，Checkpoint（CKPT）读写直接影响GPU算力的效率。为了提升存储效率，实现高吞吐，避免数据来回拷贝，需要引入快速CKPT读写技术来平衡故障损失带来的算力损耗。

快速CKPT读写技术主要通过构建分布式缓存+高性能并行文件系统来实现。分布式缓存主要由三级组成，本地内存池组成一级缓存，本地NVMe SSD硬盘池组成二级缓存，高性能远端共享存储组成三级缓存。一级缓存仅快速保存CKPT副本后继续训练，后续为了保障可靠性，再把内存中的CKPT保存到二级或三级缓存中，这样就构建了一个通用、灵活、高效的分层缓存机制，减少训练中断、恢复时间，提升训练算力利用效率5%~10%。

无损网络：双平面组网保传效

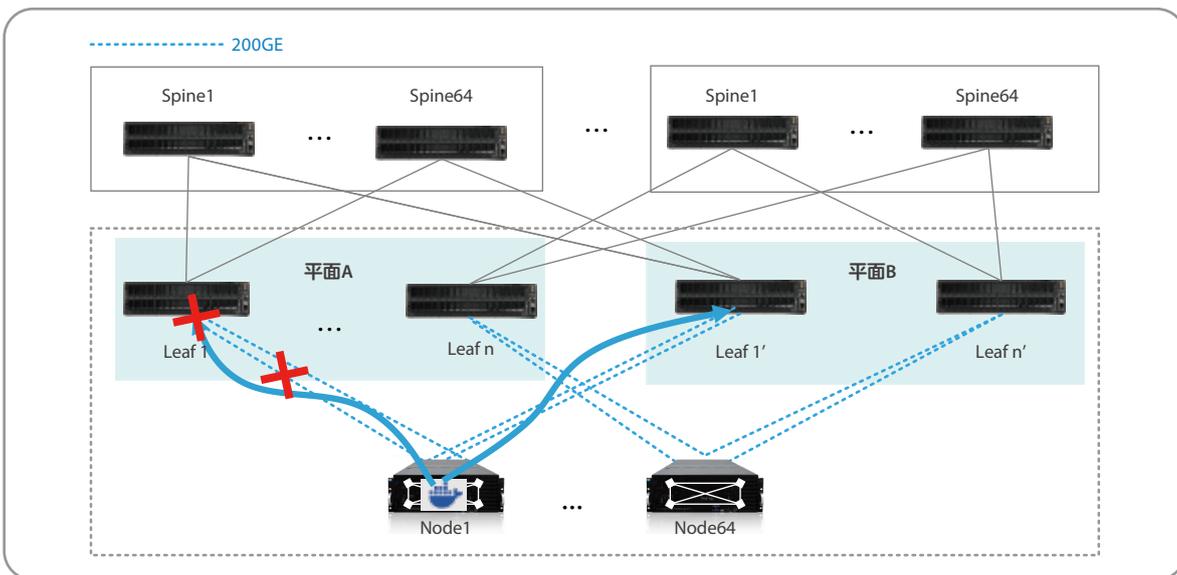
超万卡集群在网络层面带来的最大变化是网

络层次的增加，从而带来更多的额外故障点，包括骨干交换机、中间链路等，且超万亿模型一次训练成本巨大，网络中断或失败带来巨量资源浪费。为了确保网络不断，双上联双平面组网成为超万卡集群组网的一个重要选择（见图2），即每网卡负荷分担转发双平面，检测到单个平面异常自动选择正常平面转发；确保训练不断，训练任务无需迁移，也不需要触发断点续训，受影响的GPU保持网络带宽减半运行，网络恢复后自动切换到全速。通过双上联双平面组网增加硬件链路冗余，有效降低硬件单点故障带来的损失，网断训不断。

高效平台：断点续训增强保训效

超万卡集群由数千台智算服务器+数千台交换机+数千台存储设备以及数万根光纤/数万颗光模块构成，训练任务涉及千万颗元器件满负荷高速运转，固有的元器件硬件失效率叠加海量的器件规模，导致硬件故障频发。以业界某头部企业16000张H100预训练场景为例，运行54天发生419次故障，平均每天中断8次。随着卡数的增加，故障发生概率越来越频繁，因此超万卡集群急需支持更有效、更快速、影响更小的自动断点

图2 中兴通讯双上联双平面组网解决方案





中兴通讯大规模智算集群运维以训练作业保障为核心，通过训前预防、训中监控、训后优化来构建简化、高效运维方案。

续训功能。

中兴通讯高效断点续训技术主要从3个方面增强，以减少异常中断对集群训练的影响。首先将CKPT同步机制增强为多级异步保存机制，即在训练进程把CKPT秒级存到内存后继续训练，后续再把内存中的CKPT保存到后端存储以降低CKPT保存时间；其次CKPT记录由定时记录增强为断点记录，这样在感知到故障后，及时保存当时的CKPT，断点续训模块重新加载断点时刻的CKPT，减少训练恢复成本；第三，针对续训模块进行多维度优化，包括在任务重调度时选择最优拓扑调度策略，保留健康Pod，重新调度故障Pod，采用多级缓存加载机制，让健康Pod内存秒级加载，故障Pod后端加载来降低加载时间。通过上述增强方案，大幅缩短了训练任务恢复时间，实现了高效断点续训。

智简运维：以作业保障为核心保维效

在超万卡集群中，智算设备失效率高、集群运行故障率高和故障定位难度大是运维面临的三大挑战，业界急需智简运维方案提升超万卡集群运维效率。目前，中兴通讯大规模智算集群运维以训练作业保障为核心，通过训前预防、训中监控、训后优化来构建简化、高效运维方案。

传统模式下，计算、存储、网络需要分别进行健康检测，然后进行汇总分析，效率低，一致性差，检查时间长。因此需要引入集中化、自动化健康检查方案来提高作业任务启动成功率。

- 一体化健康检查：同时采集计算、网络、存

储设备的所有信息进行联合健康检查，效率提升80%；

- 一键自动健康检查：实现集群级以及作业级的各类资源在训前以及训中的健康度检查，输出健康报告；
- 一体化故障定位：实现集群级以及作业级的统一故障定位，实现分钟级定位。

智算中心各类资源多，训练任务多，存在故障感知时间长、故障解决慢等问题。因此需要引入全域监控和主动检测机制，加速故障发现。

- 计算设备监控：对计算节点的资源利用与状态进行监控，包括CPU、GPU利用率，Pod状态，容器状态，主机进程等；
- 网络设备监控：监控网络设备的状态，包括网络级、端口级的监控，拥塞监控等；
- 存储设备监控：存储设备的状态监控、网络状态等；
- 作业监控：监控各个作业对应的GPU卡、参数面交换机的状态，作业开始时间、持续时间、状态、作业KPI指标；
- 训练平台监控：监控智算平台组件的监控状态。

“梅花香自苦寒来”，中兴通讯紧跟人工智能技术的发展，践行“开放解耦、以网强算”战略，积极创新，在智算领域砥砺前行，持续深化超万卡智算中心产品研发，并探索孵化创新技术，为运营商和行业用户部署业界领先的超万卡智算基础设施提供全方位的支撑，赋能全社会产业“AI+”转型升级。ZTE中兴

面向高带宽域的 Scale-up算力高速互联技术



杨茂彬
中兴通讯Cloud&AI网络
规划总工

随着人工智能技术的发展，AI大模型参数规模急剧扩张，对计算能力提出极高要求，企业构建智算集群并引入并行计算技术加速模型训练。但在万亿参数规模模型的跨机并行训练中，出现了空泡现象，即模型数据传输时GPU因等待而无法充分利用，影响整体训练效率。混合专家模型引入的专家并行训练，进一步加剧了通信带宽和时延问题，使GPU空转时间增加，成为大模型训练的技术瓶颈。因此，实现超大规模智算集群内多GPU、多服务器间的高速互联，提高GPU利用率，是行业面临的重要挑战。

GPU机内高速互联关键需求

为实现GPU高速互联、提升其利用率，业界推出超节点方案，即在单节点增加GPU数量。此举可显著减少跨节点通信，因机内带宽通常远高于跨机带宽，充分挖掘机内带宽潜力，成为降低GPU空转、提升利用效率的关键所在。GPU机内高速互联关键需求如下：

- 更多GPU卡数可扩展互联需求：传统点对点互联模式只支持单机8卡GPU互联，需要有创新性的互联技术突破单机8卡限制，为GPU间提供高速、低延迟通信路径，打造更大规模高带宽域，显著提升单机扩展性与通信带宽。
- 超高带宽需求：AI训练要求GPU集群高吞吐

量互联，承载张量并行流量的带宽需求达T比特量级。当前主流的Scale-up互联技术在物理层多使用以太网serdes，单通道（lane）速率高达224Gbps，远超PCIe（peripheral component interconnect express）的serdes速率。

- 低延迟通信需求：Scale-up网络追求极致性能，要求时延控制在亚微秒级别，通过省略传统网络层、采用新信道编码方案及优化网络架构等手段，减少GPU因等待数据出现的闲置时间，提升系统整体性能。

中兴通讯GPU高速互联OLink解决方案

为了实现国内GPU支持万亿模型训练，中兴通讯设计16卡以上超节点来搭建训练集群，缩短总体训练时间。

我们结合自身在高速互联领域的技术优势，创造性提出以太+总线融合的GPU卡间高速互联技术方案（见图1）。机内和机间统一采用OLink交换高速互联方案，通过开放的OLink互联协议+交换芯片，提供开放的端到端GPU高速互联方案，满足当前及未来可预见的大模型训练场景下GPU间的高速通信需求。

OLink高速互联方案技术特征

OLink高速互联方案融合顶尖技术，物理层运用差分传输与轻量FEC编码，实现低时延高带

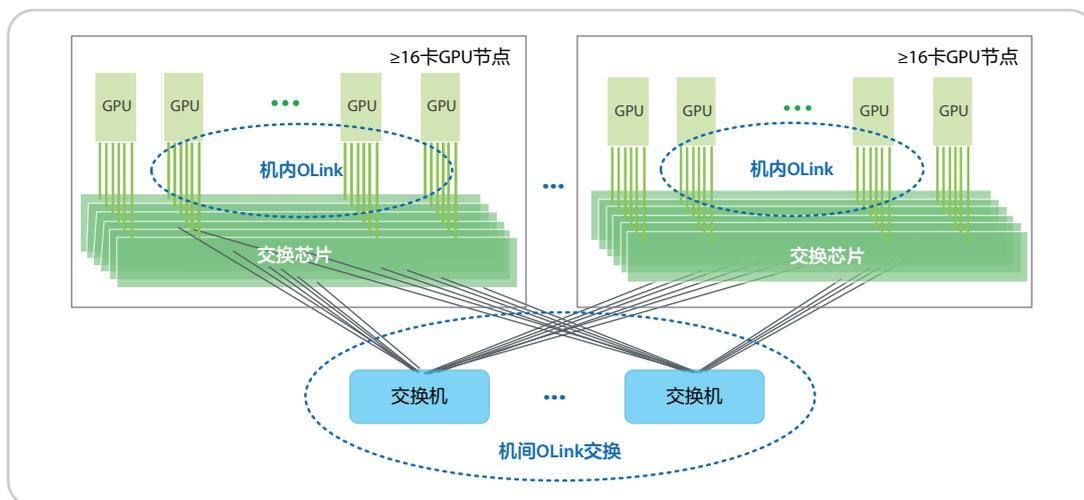


图1 智算高速互联OLink总线方案

宽；链路层靠自动重传请求和循环冗余校验确保可靠传输；信用流控机制攻克拥塞，保障无损通信；凭借统一内存寻址和语义技术，助力GPU内存共享，赋能高效异构协同。

- 物理层低时延高带宽：OLink总线在物理层对信号传输技术进行改进，减少干扰和噪声，提供信号质量和完整性；采用更先进的物理介质和轻量级FEC等传输技术，提高物理层数据传输速率和亚微秒级传输时延。
- 链路层高可靠传输技术：OLink总线对错误检测和快速恢复技术进行优化，减少数据传输中的丢包和重传，同时提供链路级重传技术，保证数据的可靠传输。
- 基于信用授权的流控技术：OLink总线针对机内GPU高速互联场景，通过基于信用授权的拥塞流控机制，解决多打一等复杂场景下无损通信关键问题，提供智算芯片超大规模组网能力。
- 统一内存编址技术：允许Scale-up域内的GPU共享同一个虚拟地址空间，使得多个GPU可以直接互相访问对方的内存，方便模型参数和中间结果在显存间灵活分配与共享，简化异构计算编程模型。
- 内存语义支持技术：允许在网络通信过程中对内存进行操作，通过特定的指令集和协议，实现数据在内存和网络之间的高效交互，为计算节点提供更灵活的操作方式，进一步提升计算性能。

基于OLink技术的智算芯片高速互联

通过OLink互联协议+交换芯片，为GPU提供大规模端到端高速互联解决方案。

- 借鉴业界成熟的以太网生态成为首选，复用以太网成熟的光模块、组网方案和运维能力；
- GPU机内和机间的互联都使用OLink互联技术，互联网络和端侧设备解耦，各厂商的算力或存储设备均可以接入本方案的互联网络；
- 引入更多合作伙伴，打造规模更大、成本更低的智算平台；
- 在GPU端侧嵌入OLink IP，同时交换芯片支持在网计算；
- 端侧OLink IP针对大模型应用场景，对以太网技术进行低延迟、无损和端网协同等方面的改进。

OLink未来演进

GPU机内Scale-up域高速互联技术仍在持续迭代演进，OLink技术会在在网计算、光互联等方向持续演进。在网计算技术方面，AllReduce、AllGather等操作常用于深度学习梯度同步，将其卸载到交换设备，设备接收数据后规约计算，能减少网络流量，释放处理器资源，提升网络性能。伴随光通信发展，OLink技术将在GPU高速互联领域大展拳脚，实现更高传输速率、更低功耗与更远传输距离，为高性能计算注入强大动力，开启科技新篇章。ZTE中兴

超万卡集群算力节点和基础设施的挑战



席虎
中兴通讯智算硬件平台
总工

随着模型参数量从千亿迈向万亿，模型能力更加泛化，大模型对底层算力的诉求进一步升级。在此背景下，超万卡集群已成为大模型基建军备竞赛的标配，它将有效压缩大模型训练时间，实现模型能力的快速迭代。

然而，超万卡集群的建设也带来诸多挑战。如何提升智算服务器单机算力密度，以及大规模集群算力使用效率都成为亟待解决的问题；同时高能耗、高密度且高弹性数据中心机房的建设，给大规模集群运维提出了新的挑战。

智算服务器硬件架构的演进

回顾整个AI的发展路线，最早的需求是机器学习，通过优化模型参数提升预测和分类准确性，这类小样本训练没有太大计算量和太复杂的交互，此时智算服务器架构是Standalone GPU卡直接挂在CPU下。

2012年，AlexNet神经网络模型在ImageNet挑战赛大获全胜，正式开启卷积神经网络在图像处理相关领域的应用。此类模型需要大量的样本数据反复进行训练，同时需要数据并行，GPU卡间频繁上演AllReduce交互。智算服务器架构进入多卡并行阶段，多卡通过PCIe Switch P2P进行数

据交互。

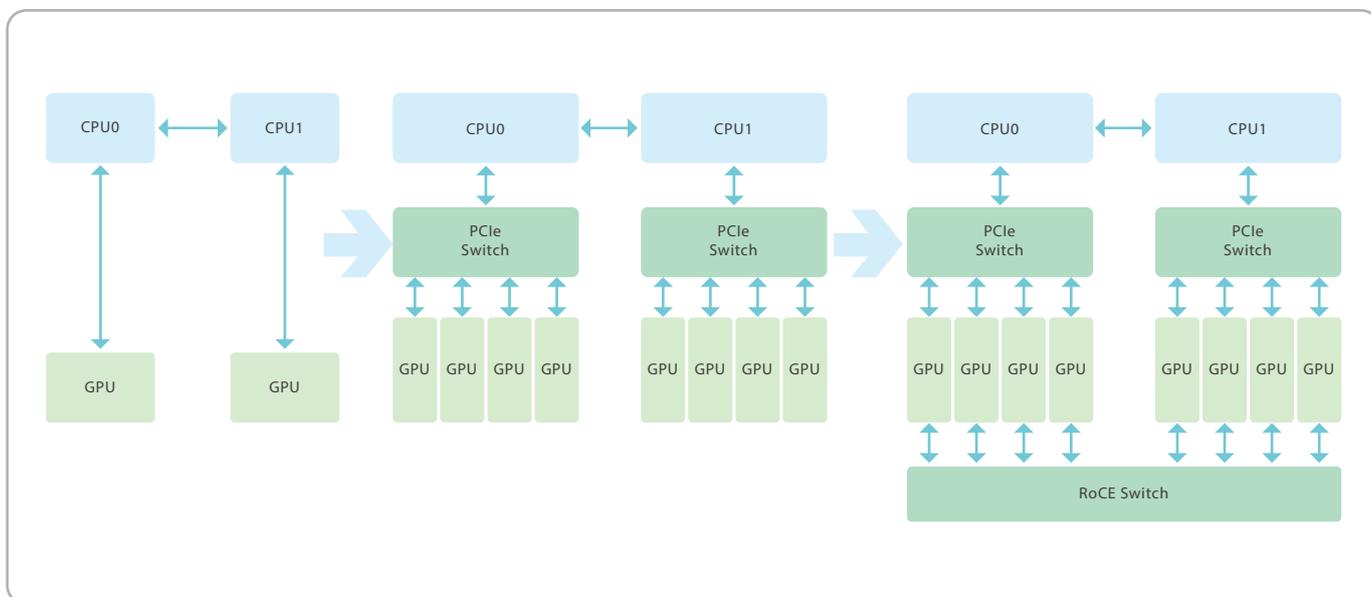
2018年，Transformer和LLM模型崛起，超大规模参数量需要切分放到多卡3D并行，智算服务器中多GPU卡通过大带宽总线Mesh直连或Switch互联。在Scaling law定律的驱使下，Scale-up网络带宽和性能越来越强，互联的GPU卡数越来越多。GPU互联拓扑演进历程如图1所示。

智算服务器和集群算力提升策略分析

我们把集群算力提升分解为智算服务器单机算力提升和集群线性加速比，其中智算服务器单机算力提升受限于GPU芯片架构和制程、内存和I/O访问瓶颈、卡间互联带宽和拓扑等因素，集群线性加速比则取决于节点间的通信能力、并行训练框架、资源调度等因素。在超万卡集群中，需要运用系统工程方法，通过对超万卡集群网络的精细化设计、软硬件全栈整合优化，综合提升集群算力使用效率。

服务器单机算力提升路径

集群总算力为GPU单芯片算力、TP（张量并行）数量、PP（流水线并行）数量和DP（数据并行）数量的乘积。GPU单芯片算力提升面临芯片工艺的边际效益递减，die size、interposer size



▲ 图1 GPU互联拓扑演进

和制程逼近物理极限，同时国内芯片工艺受限，单芯片算力受限，不能匹配算力需求的发展，因此通过增加TP、PP和DP数量提升算力需求更加迫切。但由于能够收敛的Batch_size (Batch_size $\geq 2 \times$ Microbatch \times PP数量 \times DP数量)也有上限，即PP \times DP数量有最大值，所以通过增加TP数量来提升总算力是相对可行的方案。

当前训练服务器GPU模组类型有NVIDIA HGX 8GPU模组和OCP 8OAM GPU模组，前者GPU采用NVlink Switch进行互联，后者通过GPU自带总线接口Full Mesh直连。后续为了提升单机TP数量，NVIDIA定义了MGX架构，可支持16GPU/32GPU，基于NVswitch进行全互联；对于国产GPU厂商，由于GPU自带端口数量受限，TP16及更多数量GPU情况下，就只能通过GPU总线Switch或RoCE Switch互联。

集群算力提升路径

通过简单增加服务器数量以实现计算集群的

横向扩展(Scale-out)策略，也遭遇了效率与可扩展性的瓶颈。首先GBS(global batch size)不能无限增长，导致在集群规模增大到一定程度后，HFU(hardware FLOPs utilization)出现明显下降；其次，大参数量模型并行中Tensor并行或MOE类型的Expert并行都会在GPU之间产生大量的通信，并且这部分通信很难与计算进行overlap。而当前典型单机8卡服务器限制了Tensor并行的规模，Expert并行只能通过机间Scale-out网络，机间网络带宽400Gbps相对较低，且网络时延大，因此通信占比提高，这都会导致HFU无法提高。

通过构建更大的HBD(high bandwidth domain)系统，以scale-up方式提升系统算力，是解决上述问题的有效途径之一。HBD是一组以超带宽互联GPU的系统，把模型并行中数据量大且计算无法overlap传输的部分，限制在一个HBD内完成，HBD内GPU-GPU通信带宽相对于跨HBD的GPU-GPU通信带宽提升8倍以上。

图2是典型的HBD超节点系统拓扑，HBD超带宽互联不仅用于GPU之间，并且将其应用到GPU-CPU/Memory的超大带宽互联，采用异步的内存卸载（memory offload）方式也可以降低对时延的约束，并发利用多节点CPU/Memory，发挥HB互联的带宽优势。另外，当前内存卸载已具备一定软件生态基础，例如Zero offload技术。

综上所述，超节点是一个以超大带宽互联16卡以上GPU-GPU以及GPU-CPU/Memory的Scale-up系统，以HBD超节点为单位，通过传统Scale-out扩展方式可形成更大规模、更高效的算力集群。超节点Scale-up和Scale-out网络平面是否会融合，还在持续演进中。

超节点系统的硬件实现

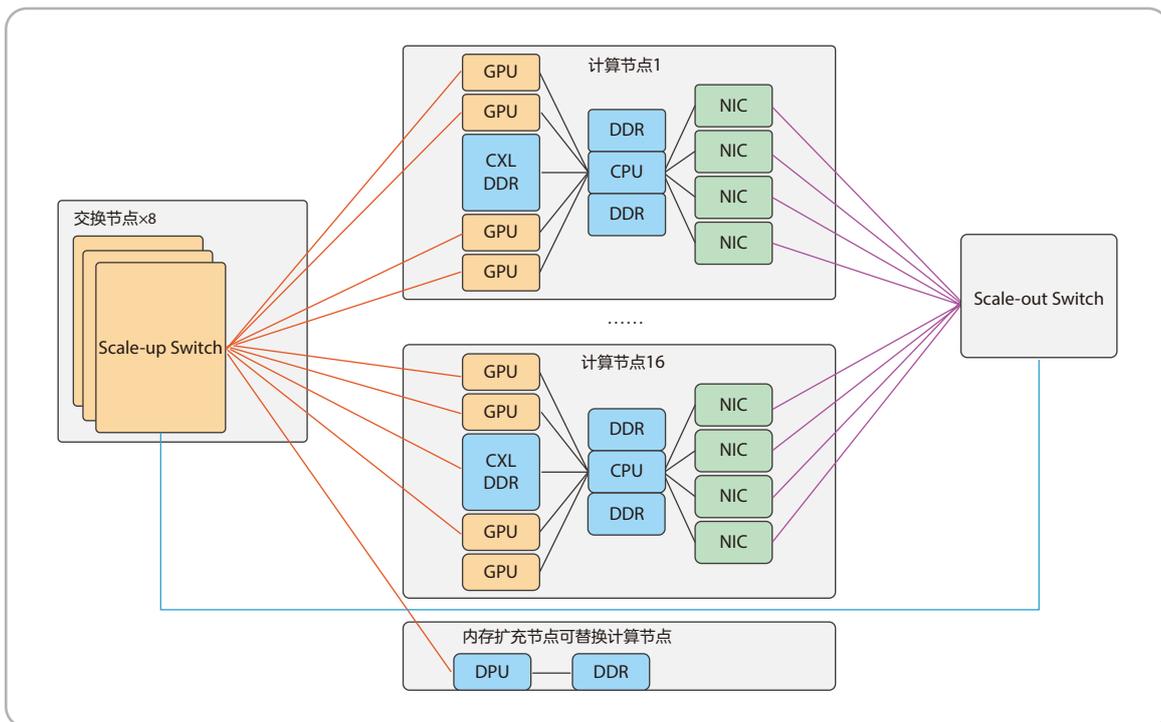
CableTray整机柜多卡和正交机框多卡都是超节点实现的具体方式（见图3），具备高算力密度、高互联带宽、高功率密度和高能效等关键因素；单柜或单框可以支持至少32GPU及以上GPU

互联的Scale-up系统，以HBD超节点为单位，通过Scale-up接口搭建更大规模高带宽域，并依托传统Scale-out扩展方式形成更大规模、更高效的算力集群。

两种硬件架构方案应对不同的客户需求，也对IDC机房环境和部署要求有差异。两种硬件架构互有优劣，也各有不同的工程实现难点。

正交整机框的典型特征有：

- 高集成度：单机框最大支持16384differential pair serdes互联规模；Cable Tray无法工程实现，正交架构更适合国产算力芯片serdes数量变多的场景。
- 低成本和高能效：正交整机框相对Cable Tray架构成本更低，直通风架构散热效率更优。
- 灵活场景部署：2.2m机柜可实现一柜一框64卡场景部署，2.5m机柜可实现一柜两框128卡场景部署。
- 高可靠性：正交架构采用板对板硬连接，系统质量一致性和可靠性更优。



▲ 图2 HBD超节点系统拓扑



图3 整机柜Cable Tray架构和正交框架超节点

- 可维护性：板级互联支持连接器级别的维护和故障定位，Cable Tray需要整体更换。Cable Tray整机柜的典型特征有：
 - 开放解耦：计算节点、交换节点和部件可以开放解耦；正交框系统全套集成，不能解耦，只适合做一体化交付。
 - 低设计难度：机柜液冷和电源盲插设计容易实现。
 - 可维护性：Cable Tray机柜深度支持1.2m，只需前维护，维护空间大；正交框采用1.4m机柜，前后窗都有维护需求，且空间紧凑。

智算时代驱动传统IDC向AIDC转型升级

智能算力带来高度集中化的GPU集群，伴随着GPU芯片热设计功耗（TDP）的提升，单机柜功率由8kW以下风冷通用算力设备升级至60kW~120kW以上液冷智能算力设备，机柜功率密度宽幅变化，风液混合或全液冷制冷模式已经到来。客户流动常态化也带来多元化算力需求，对数据中心的灵活适配、动态调节能力提出了新的挑战。

- 打造面向智算的灵活、弹性、绿色数据中心。灵活，指快速响应客户的各种需求；弹性，指能够适配机柜功率变化和客户流动性

所引起的能源调度和制冷模式的变化；绿色体现在全面应用高效节能技术产品，实现PUE/WUE/CUE三低。

- 满足AIDC灵活弹性机电方案的基建建筑。建筑承重能力要大于16kN/m²，满足高密机柜和液冷机柜承重需求；管井和天面资源预留，楼顶预留市电扩容管廊接口，同楼和跨楼层机房之间供配电和制冷量可以灵活调度；机房配套充分考虑液冷管道、机房天面或架空地板高度，满足空调和液冷机柜双层管路要求。
- 数智化运维。基于AI数字模型全局调优，通过数字仿真叠加控制策略，建立机理模型，对AIDC全面柔性调控，实现智能感知、无极调优、极限节能降耗、全智能运营。

多元异构算力的超万卡集群是未来发展趋势，目前中兴通讯有超节点算力服务器机型，已具备万卡级智算中心建设能力，正推进超万卡集群演进落地。中兴通讯在智算中心基础设施中广泛开展冷板式液冷、智能母线、AI节能等关键技术应用，并基于智算服务平台TECS等核心能力实现计算、存储、网络等资源的高效管控和灵活运营，可面向AI任务提供超万卡并行训练的服务能力，打造行业领先的智算中心样板间。ZTE中兴

存智赋能，加速数据破茧



郭伟

中兴通讯智算存储规划
无线总工

存储系统在AI基础设施整体规划中的战略地位正在发生根本性转变。当前，优质数据的缺乏已成为制约AI应用落地的主要瓶颈。随着数据需求的急剧增长，AI的普及推动了存储系统从单纯追求性能向综合能力（如数据管理、访问效率、可靠性等）转变，构建智算数据存储系统既令人振奋又极具挑战性。智算存储系统需要从整个存储栈上实现创新，将不同领域的先进技术结合专业硬件和软件进行深度创新以及协同设计，从而向客户提供无缝、一致且可靠的高价值存储解决方案。

超万卡集群存储核心需求及挑战

AI对存储的需求几乎涵盖存储系统的所有方面：高性价比、高可用性、极致性能（高IOPS、

高吞吐量）和安全性。更具挑战的是，AI流水线的不同阶段对存储也提出差异且动态变化的需求，在满足万卡训练基本需求的同时，如何最大化GPU利用率并最小化数据移动带来的延迟，成为存储面临的核心挑战。

我们梳理了存储系统在万卡/超万卡这种大规模AI计算中面临的四大关键挑战：

- 断点续训更加频繁，单Checkpoint容量更大且保存周期更短

GPU卡规模从千卡扩展到10万卡，随着规模增大，硬件故障率上升，使得断点续训成为常态；训练模型参数从千亿提升到10万亿以上，单Checkpoint大小随模型参数增大，从GB级别提升到PB级别，模型训练效率提升需要更加高效的Checkpoint读写效率。

- 数据集增大，训练全流程数据搬迁耗时长



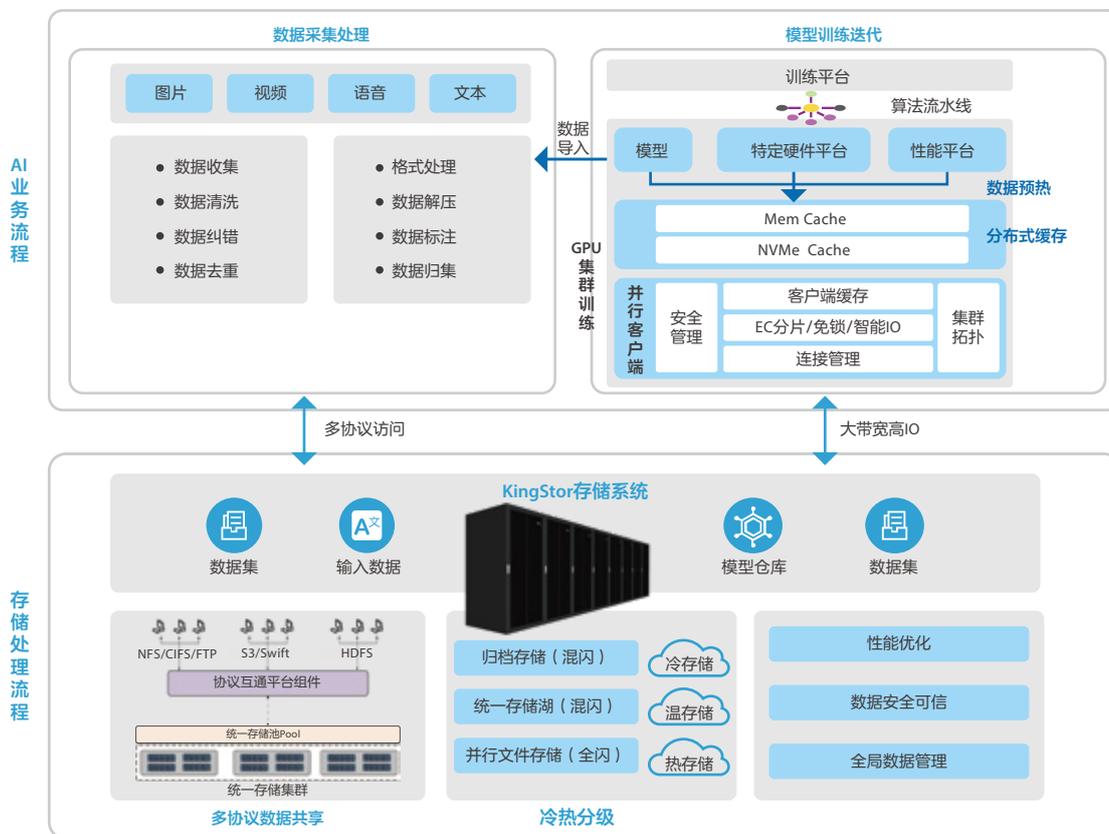


图1 自研全局文件系统推动AI流程加速

随着模型训练参数量提升，训练数据集容量增大10倍以上；同时，训练模型从NLP演进到多模态，图片和视频等多模态样本数据量增大，PB级数据归集和预处理时间变长；模型训练对数据需求的爆发式增长，网络抓取、私域数据、数据合成等多种途径预计会成为训练原始数据的主要来源，需要更灵活的数据处理方式。

- 大集群高并发IO读写，导致存储IO瓶颈
并发访问冲突进一步加剧，AI训练环节多客户端读写同一文件并发冲突变大，单点阻塞会导致数据无法加载；万卡集群并发度进一步提升，上万客户端同一时刻需访问同一公共文件片段；文件数量发生变化，海量小文件数量从上亿规模提升到上百亿规模，对文件系统元数据管理和索引效率提出挑战。
- 万卡集群训练任务和数据热点不完全匹配，数据准备时间长
数据匹配度不高，训练任务开始所需数据集

和存储基于访问热点分层策略的数据并不能完全匹配，训练前需要将训练数据集从温存储拷贝到热存储，训练任务一直处于等待状态，数据准备时间长。

中兴通讯智算存储解决方案

在智算中心存储系统领域，人们通常更热衷于探讨如何提升存储产品自身的性能、功能及特性。但我们坚信，为客户切实解决实际难题的核心在于：提供与智算场景高度契合的定制化存储解决方案，让客户无需再为存储的使用与管理耗费精力。

中兴通讯凭借近年来在智算领域深度参与积累的丰富经验和深度思考，不仅为客户提供端到端的软件、硬件全自研存储产品家族，还精心打造了私有客户端、高性能多级缓存系统、数据预加载等存储加速插件，供客户灵活搭配。图1展

中兴通讯智算存储解决方案可提升训练效率，减少存储网络负载，提供极致性能，实现多元融合，保障数据安全与高效利用。

示了中兴通讯自研全局文件系统，这些组件协同工作，为专业客户量身打造高效、可扩展且高度联动的智算存储解决方案。

关键技术

围绕自研全局文件系统，中兴通讯通过丰富的缓存加速插件部署、高效的数据联动设计、极致的组件性能优化和高效的数据管理，构建先进存储基座，推动AI全流程效率加速。

- 通用、灵活、高效的分级分层缓存插件部署上更加通用，缓存插件和GPU硬件、模型、训练框架解耦；策略上读写缓存策略分离，写缓存可在不同介质中灵活选择；介质上采用Memory内存+GPU本地存储+持久化存储组合，以满足不同AI场景需求。
- 训练存储联动，实现数据预热
训练任务通过存储策略公共API与后端存储形成数据联动，并能根据数据生命周期配置策略，通过开放API接口确保数据在冷热层高效流转。
- 私有客户端组件优化
方案支持完整的POSIX协议接口，多客户端可无锁访问同一文件；客户端能自动感知存储集群拓扑，具备高效IO分发和智能IO聚合能力。
- 全局数据管理
采用统一命名空间和异构存储池管理，保障端到端数据强一致性，进行多级可靠性设计。

方案核心亮点

中兴通讯智算存储解决方案可提升训练效率，减少存储网络负载，提供极致性能，实现多元融合，保障数据安全与高效利用。

- 加速Checkpoint保存和读取，减少训练中断、恢复时间，提升模型训练效率；
- 降低训练中外置存储依赖，减少存储网络负载，通过断点续训全栈流程改进，实现训练任务分钟级恢复；
- 提供极致性能，集群带宽>10TB/s，集群IOPS>10亿，单文件系统最大文件数>1000亿；
- 实现多元融合，不同应用协议可访问同一个数据集，无需数据搬迁拷贝，摆脱数据孤岛，确保数据安全。

随着数据规模扩大、训练集群能力增强、模型落地应用日益多样，行业对新型智算存储底座提出更高要求。中兴通讯将继续践行“存智赋能，加速数据破茧”的指导思想，在以下几个方面持续开展协同技术创新：在分布式缓存加速、数据拉远训练、训练数据统一生命周期管理等智算应用场景下，实现创新方案突破，强化提升智算存储基础设施竞争力；持续探索xPU加速、存算一体、先进介质等先进技术领域与智算数据中心结合的可行性，为数据创新变革夯实基础。ZTE中兴

创新智算网络 为AI提供强力引擎

超万卡智算集群的网络核心需求和挑战

AI大模型近年来迎来爆发式发展，模型参数量呈指数级增加，算力需求规模已从千卡跃升到万卡甚至十万卡级别。在此背景下，设计高效的集群组网方案对提升AI集群训练效率至关重要。

从目前的实践和理论分析来看，超万卡智算网络主要存在如下核心需求和挑战：

- 大规模组网需求

大规模的算力需求意味着大规模的网络互联需求。交换机的数量急剧增加，为有效控制网络层级和网络路径跳数，需要提升交换容量和端口密度，满足大规模的接入需求。

- 网络性能挑战

超万卡的组网规模下，网络层级变多，节点规模剧增，网络中出现拥塞的概率大大增加，网络的转发性能面临更高的挑战，需要采用更高效的网络负载均衡算法和更精细化的拥塞控制算法来提升网络性能。

- 流量模型新需求

随着MOE (mixture of experts) 等稀疏模型的出现，MOE模型采用的EP (expert parallelism) 并行增加了all-to-all等新的流量模型。相对于现有稠密模型的TP (张量并行) /PP (流水线并行) /

DP (数据并行) 并行方式，需要网络侧同时满足传统PP/DP轨道化的通信需求以及EP的all-to-all通信需求。

- 网络可靠性提升

相比千卡集群，超万卡集群在设备故障率不变的情况下，设备故障频次会极速增长，任意网络组件的单点故障都可能造成一个训练任务的中止，对于一个超万卡的集群来说，对GPU算力的损失更为严重，因此需要提升GPU参数面网络的高可用设计，降低网络故障影响。

- 运维面临挑战

超万卡组网规模下，参与训练任务的节点急剧增加，如何保障网络的稳定运行成为挑战。网络需要提供高精度的网络监控能力、故障快速分析能力和故障预测能力，确保快速发现故障、解决故障和预测故障。

中兴通讯超万卡智算网络解决方案

大规模的智算网络是一个系统化的解决方案，单独从某一个点进行优化无法从根本上解决问题。为破解智算网络难题，中兴通讯凭借自身在智算领域积累的丰富经验和对智算网络的深刻理解，打造包含网卡、交换机的端到端全自研网络产品体系，对智算网络进行全方位



吕二春
中兴通讯智算网络规划
工程师

增强（见图1）。

- 全自研400G大容量国产化智算网络解决方案
中兴通讯400G智算网卡+400G智算交换机，提供全场景产品解决方案。其中智算网卡采用自研定海芯片，支持可编程，灵活支持自定义RoCE拥塞算法；智算交换机采用自研交换芯片，开放灵活扩展，具备可编程能力，支持面向未来的智算网络新特性快速研发。

- 算网联动，提供更精确的业务调度和流量调度
针对大模型并行流量特征，方案根据网络拓扑制定更为合适的训练任务并行策略，比如实现DP/PP的亲性和调度，让计算和网络进一步深度融合，实现计算效率最大化。

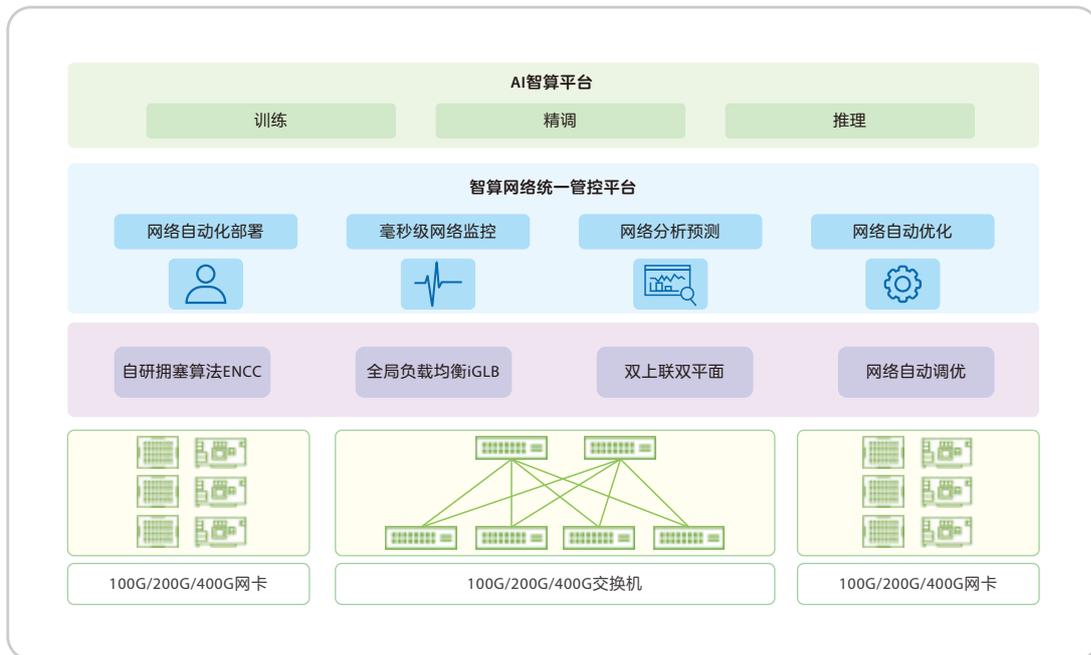
在流量负载均衡优化方面，iGLB（intelligent global load balance）从AI调度平台获取训练任务的模型拆分信息，根据实际流量模型进行全局网络路径调度，实现全网的流量负载均衡，从根本上避免网络拥塞。

- 升级版端网协同拥塞流控机制
当前DCQCN拥塞流控算法由于网络侧的ECN

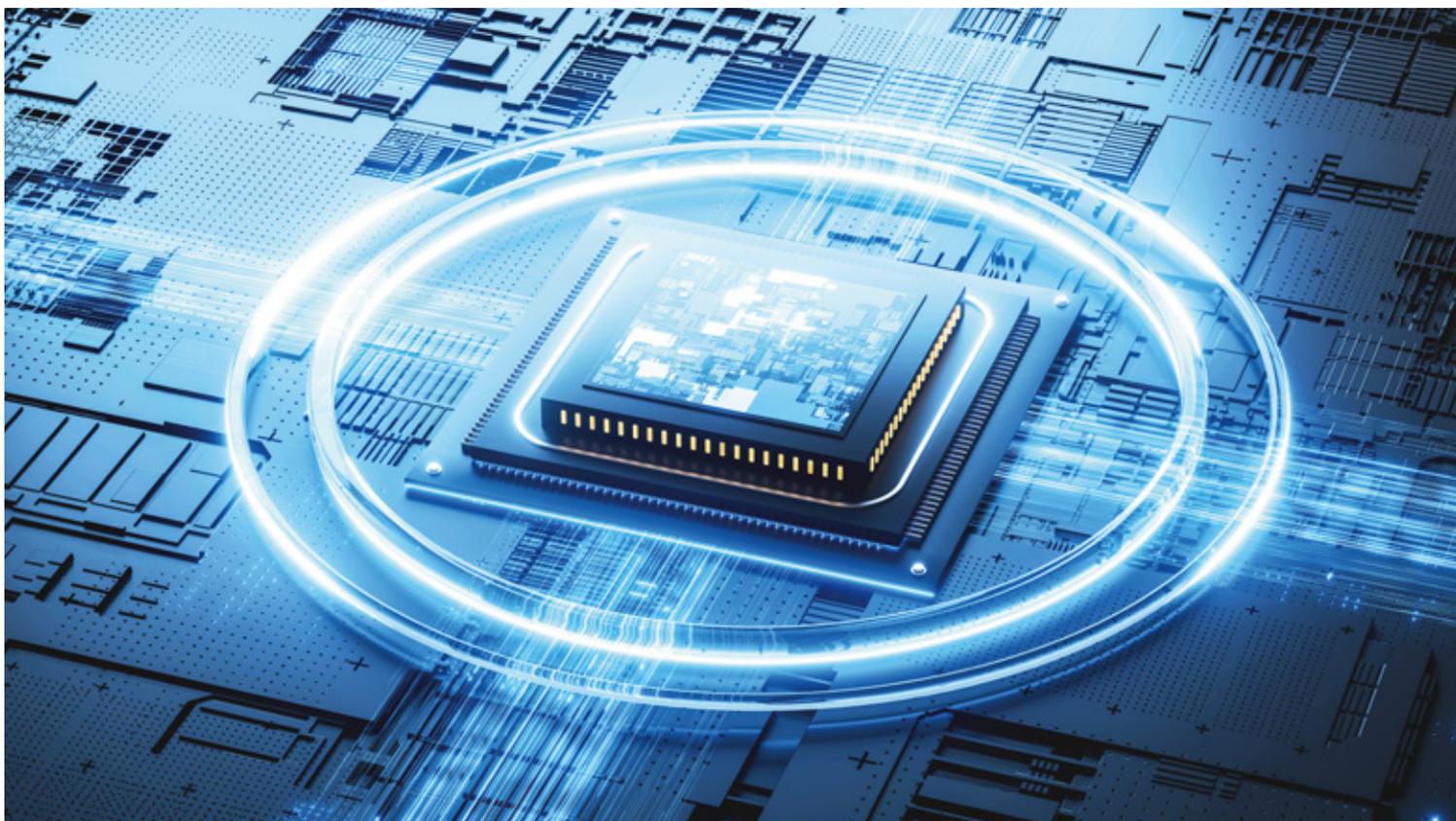
拥塞反馈信息有限，拥塞流控整体比较粗放，流量恢复缓慢，降低了网络吞吐能力。中兴通讯基于自研的端网产品，自研ENCC端网协同拥塞流控协议，做到更精准的流量控制，有效提升网络吞吐能力。

- 扩大HBD域，超节点满足更大模型的EP需求
当前机内的GPU间通过私有高速互联协议提供一个HBD域，满足TP等高速互通的需求。随着模型参数规模的增大和MOE的出现，对于HBD域的需求越来越大，而当前GPU厂商交换能力较弱，无法提供构建HBD的网络方案。中兴通讯借助自身网络优势，打造OLink高速互联协议，可以为GPU提供HBD高速互联方案。

- 双平面组网，提升网络可靠性
为了避免网络单点故障导致整个训练任务终止，中兴通讯提出了RoCE网络双上联双平面组网方案。每个GPU通过2个网口连接2个独立的物理网络平面，任意平面的网口、光模块出现故障，GPU仍然可以保证正常的网络通信，为光模块的替换和训练保存赢得宝贵时间，同时有效提升了



▲ 图1 400G端到端国产化智算网络解决方案



GPU算力的利用率。

- 运维能力提升

为确保智算网络的高可用性，中兴通讯基于自研的高性能交换机提供毫秒级网络监控能力，网络管控平面提供任务级的网络监控，光模块关键设备具备故障预测能力，实现分钟级故障自动检测和定位，通过提供丰富、高效的网络运维手段，保障智算网络的持续稳定运行。

中兴通讯智算网络解决方案优势

中兴通讯践行“以网强算”的技术路线，端到端自研增强网络，从端网整体提升智算网络性能。

- 算网深度融合，提供最佳的全局资源调度

能力；

- 端+网全自研，进行深度定制优化，提供更优的拥塞流控能力；
- 双平面组网，提供更高的网络可靠性；
- 精准高效运维，提高网络的可用性。

中兴通讯秉持“以网强算”的技术理念，致力于端到端自研网络的深度增强，从端网整体出发，为智算网络解决方案带来革命性的提升。中兴通讯端到端全自研智算网络解决方案，不仅满足了智算业务对于超大规模、超高吞吐、超低时延、超高可靠性的严苛要求，更以其卓越的性能和稳定性，契合当今智算领域的网络需求。我们坚信，这一创新方案将引领智算网络迈向新的高度，为AI大模型时代的发展注入强劲动力。 ZTE中兴

多芯异构混池训练技术及实践



杨维
中兴通讯CCN综合方案
规划总工

随 随着大模型参数的不断增长，前期投入建设的大模型基础设施会面临资源不足、需要扩容的需求。智算芯片厂商不断推出新品，且从供应链安全角度考虑会引入多家GPU厂商，同一个集群中会出现同一厂商不同代际的GPU硬件或不同厂商的GPU硬件。这给智算集群的系统集成和优化管理带来了一系列挑战，需要探索异构GPU集群场景下的混池训练解决方案。

异构GPU混池训练的挑战

异构GPU的算力、显存容量、显存带宽、数据传输速率各不相同，而目前主流AI框架多维并行模型拆分时，只支持按照AI模型基本要素均匀拆分，并行策略比较简单；不同厂家的芯片架构和软件生态差异大，异厂家软件栈独立无法互通。异构GPU混池训练存在如下挑战：

- 资源利用率低
只能同构GPU下实现并行训练，模型均匀拆分时，需要按照低配GPU设计模型拆分参数。如A40只有48G显存，A100有80G显存，则A100会出现32G的显存浪费，因此模型均匀拆分会导致部分GPU资源浪费。
- 跨厂家通信不兼容
异厂家GPU混池场景下，集合通信无法互通。
- 精度损失风险
异构GPU加速器上算子的精度差异可能会使模型的精度难以达到期望同步的精度。

- 优化策略困难

随着异构GPU加速器、模型层或运算符的数量增加，可选的分布式训练策略数量会呈指数级增长，这导致要找到最优的训练策略变得非常困难。

异构GPU混池训练的主要挑战在于如何充分利用异构资源，保证跨厂家通信和模型精度，同时寻找最优的分布式训练策略。

异构GPU混池训练方案

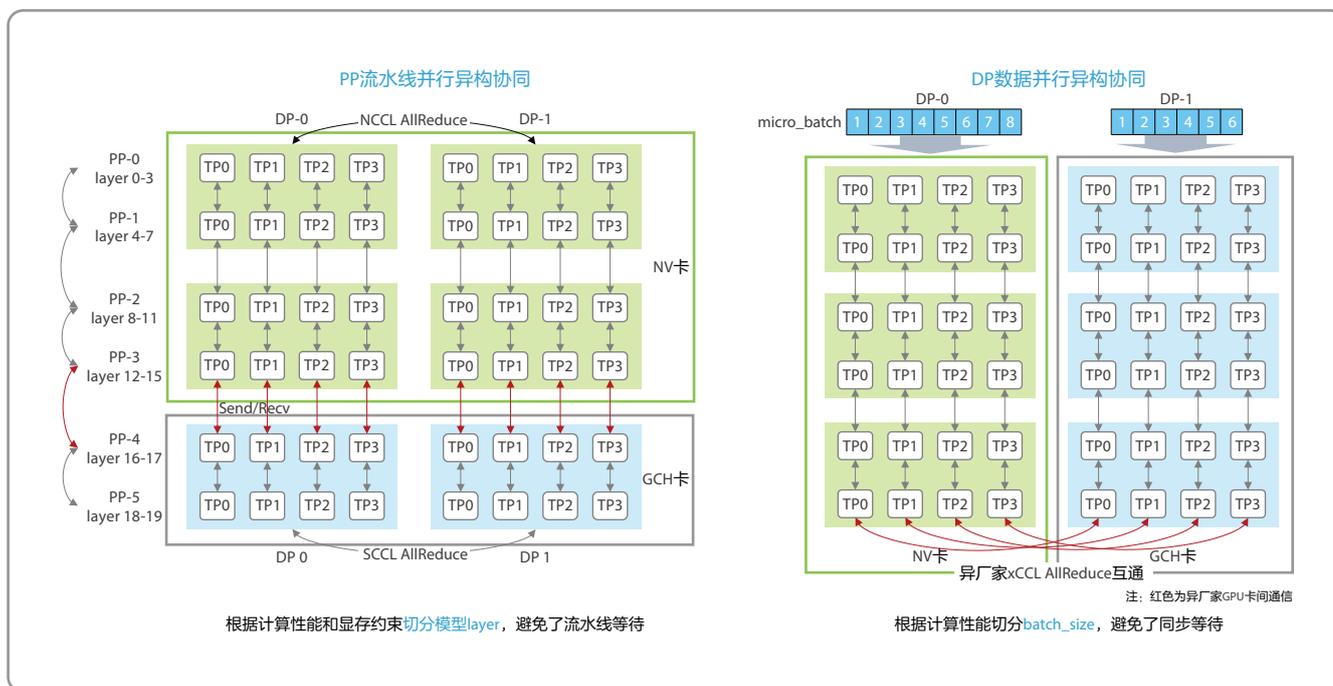
为应对上述挑战，需考虑在通用AI框架基础上增加插件包，支持对模型的DP（数据并行）/PP（流水线并行）非均匀拆分；资源管理平台感知底层GPU硬件能力，与AI框架协商，实现最优策略编排调度；基于统一的集合通信库实现异厂家GPU集合通信互通。

中兴通讯异构GPU混池训练方案（见图1），主要包括PP非均质拆分、DP非均质拆分、统一集合通信互通以及异构混训超参自动寻优等技术。

PP非均质拆分

PP非均质拆分通过训练框架和资源调度的双向协商，完成自动非均质拆分，根据不同GPU的显存以及算力灵活分配layer数，以达到最佳资源利用率；支持模型拆分到不同型号的GPU上，并且按照GPU规格拆分模型。具体策略如下：

- 在显存允许的情况下，不同PP实例之间的算力比值就约等于不同卡PP layer拆分的比值。



▲图1 异构GPU混池训练方案

- GPU卡算力高，显存小，采用显存优化措施，如选择性/全量重计算、offload等方式降低显存使用。
- PP并行场景下，靠前的卡有显存峰值，所以通常把显存充裕的卡放到PP靠前stage进行编排。

DP非均质拆分

DP非均质拆分按照每条DP的算力比例分配样本数量，以便实现梯度累计时间对齐。具体策略如下：

- 通过调整Micro-Batch Size (Micro-BS) 的大小来平衡每路DP的前向与后向的计算时长，从而平衡AllReduce的时长。在训练时有梯度累积 (GA) ，需要使每路DP最后一个Micro-BS计算完梯度的时长尽量接近，从而降低某一路DP的GPU空闲等待另一路DP GPU的时长，提升训练效率。
- 通过调整Mini-Batch Size (Mini-BS) 的大小

来平衡Allreduce的时长。对于每一路DP，分配不同Mini-BS的数据，结果表现为每路DP的GA次数不一样。例如：两种GPU算力比是70:58，无法通过调整Micro-BS实现，但是可以保持Micro-BS为1:1，通过调整GA为70:58，即Mini-BS为70:58，精细化实现算力比和数据比的严格对齐，进而达到平衡AllReduce时长的目的。

统一集合通信互通

AI平台纳管异构GPU，统一集合通信库支持跨节点异构GPU集合通信互通能力。集合通信路径主要有如下几种方式：

- H2D (Host to Device) : 主机1的GPU A显存数据经CPU送给NIC/RDMA NIC发送，主机2的NIC/RDMA NIC接收后经CPU送至GPU B，通过普通NIC发送和接收的为TCP方式，通过RDMA NIC发送和接收的为RDMA方式。
- GDR (GPU Direct RDMA) : 主机1的GPU A显

随着技术的不断发展与实践的深入推进，异构GPU混池训练方案有望解决异构芯片间生态竖井、算力孤岛难题。

▼表1 异构GPU混池训练验证结果

场景	拆分方式	配置	性能（相对于理论上限）
同厂家异构 (Llama2 7B)	PP非均质	L40S×4卡+L20×8卡	97.3%
	DP-MiniBS非均质	L40S×4卡+L20×8卡	90.3%
异厂家异构 (TCP) (Llama2 3.8B)	PP非均质	H20×8 + BR106M×8	87.5%
	DP-MicroBS非均质	H20×8 + BR106M×8	82.6%
异厂家异构 (TCP) (Llama2 7B)	PP非均	H20×8 + BR106M×8	91%
异厂家异构 (RDMA) (Llama2 7B)	PP非均质	H20×8 + BR106M×8	97%

存数据采用GDR方式通过RDMA NIC至主机2的RDMA NIC，直接拷贝到GPU B显存。

异构混训超参自动寻优

实现对单一任务多种芯片的自适应并行策略搜索功能，通过计算各种并行策略所需要的计算量、存储量、通信量，以及不同芯片的实测算子和通信性能，快速计算出最优的任务切分策略。

异构GPU混池训练实践

中兴通讯联合实验室针对同厂家异代（英伟达）以及异厂家异构（壁仞+英伟达）两种场景，采用Llama2模型进行PP/DP非均质拆分验证，性能达到良好效果，尤其是H2D使用RDMA NIC进行异厂家集合通信时性能得到明显提升（训

练效率达到理论上限的95%以上）。验证结果如表1所示。后续我们会基于GDR集合通信方式进一步提升混池训练的性能。

此外，2024数字科技生态大会期间，中国电信联合中兴通讯及多个智算生态伙伴正式发布了面向大模型的“智算异构四芯混训解决方案”，该方案采用统一训练框架、统一集合通信库、统一RDMA网络。

异构GPU混池训练虽面临诸多挑战，但中兴通讯异构GPU混池训练方案通过一系列创新技术有效应对，并展现出良好效果。未来，随着技术的不断发展与实践的深入推进，异构GPU混池训练方案有望解决异构芯片间生态竖井、算力孤岛难题。ZTE中兴

跨数据中心拉远训练技术及实践

随着大模型参数量从千亿、万亿向十万亿规模扩展，训练资源池也在逐步演进，从千卡、万卡到十万卡，甚至未来可能扩展到百万卡。然而，单个数据中心在供电、占地面积等方面存在限制，这促使国内外互联网厂商（如Google、AWS、Baidu等）开始尝试跨数据中心训练，多个数据中心之间的距离可能达到几十公里甚至几百公里。与此同时，国内各省份已经建设了多个相距几百公里的千卡数据中心。为了支持超千卡、万卡的训练需求，且避免重复建设，跨数据中心训练成为必然选择。此外，单个数据中心在多租户使用后均有零散的GPU资源，这些零散资源的整合同样需要借助跨数据中心训练来实现。因此，为了满足未来大规模模型训练的需求，我们需要探索在长距离（拉远）情况下的跨数据中心训练的整体解决方案。

跨数据中心拉远训练的挑战

当前业界的分布式并行训练算法有TP张量并行、PP流水线并行、DP数据并行，各并行算法均要求无损和低时延传输，远距离的拉远传输和训练存在多个困难和挑战：

- 挑战1：长距离的高带宽传输。以两个千卡数据中心为例，假设每卡参数面200Gbps，数据中心之间的拉远传输带宽需204.8Tbps（1024×200），并且是几百公里的长距传输。
- 挑战2：长距离无损网络。任何参数面的丢包、错包均会导致模型训练任务的中断。数据中心内部RTT时延是微秒级别，交换机和网卡可以使用业界RDMA通用的DCQCN等流控

算法。当两个数据中心拉远300公里，RTT时延达到3ms，需要毫秒级别的无损网络算法。

- 挑战3：长距离训练性能优化。长距传输会导致性能恶化，以两个GPU使用200Gbps传输FP16精度的[4K, 8K]矩阵为例，传输时间是2.5ms，如果拉远300km RTT时延增加3ms，传输性能恶化120%。为此，需要通过传输被计算隐藏、减小传输数据量、减小传输次数等算法优化性能。



潘亚峰
中兴通讯算力芯片总工

跨数据中心拉远训练方案

为应对上述挑战，中兴通讯推出跨数据中心拉远训练方案，关键技术包括OTN远距离传输技术、远距离拥塞流控技术、数据传输优化技术。

OTN远距离传输技术

OTN全光网可作为智算拉远网络中最底层的传输网络，其技术特点是大带宽、高可靠，配合其他网络设备，实现全程无拥塞、无丢包。目前中兴通讯OTN采用C+L波段的光层，支持1524nm~1627nm波长范围，可用传输频谱12THz，单纤共可传输80波800Gbps OTN信号，单纤容量可达64Tbps。

对于高可靠需求，OTN全光网具备毫秒级的保护功能和秒级的WSON恢复功能，且两者可相互配合实现永久的1+1保护，进一步提升网络的可靠性等级。

远距离拥塞流控技术

远距离拥塞流控技术通过快速CNP（congestion notification packet，拥塞通知报文）和

输出端口大缓存能力解决传统拥塞流控算法无法支持的远距离场景。

针对源端拥塞，通过快速CNP功能，网络设备智能识别拥塞状态，主动发送CNP报文，准确控制源端的发送速率，既可以确保拥塞时的及时降速，又可以避免拥塞缓解时的过度提速，确保跨数据中心长距场景RDMA业务的低时延和高吞吐。

远端拥塞以网络设备400GE接口100km光纤链路为例，100km单向会引入0.5ms固定传输时延，网络设备产生拥塞通过PFC/ECN通知源端设备停流的周期内，需要预留1ms的飞行报文缓存空间以防止链路丢包，当接口带宽为400GE时，所需缓存约为47.68MB（400GE×1ms/8），所需缓存空间已超过交换芯片单端口的缓存最大值，即产生远端拥塞。针对该场景，采用增加算力网关等方案满足数据中心间的无损数据传输需求。

远距离训练优化技术

当前业界的分布式并行训练算法包括TP张量并行、PP流水线并行、DP数据并行。TP传输数据量占比超过95%，由于TP并行的通信数据量较大，且通信频次高，我们将TP引入的通信流量限制在服务器内部的高速域进行，仅将DP或PP的传

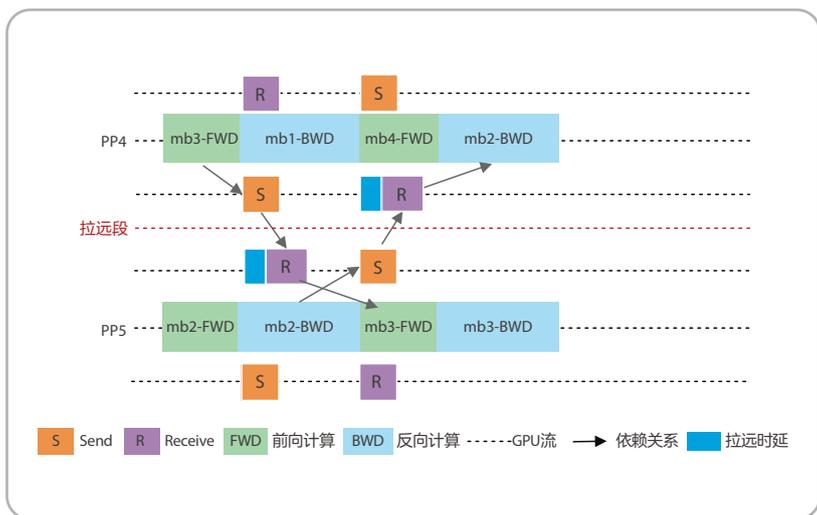
输放在数据中心之间，以提升算力利用率和整体训练性能。跨数据中心拉远训练需要重点分析和优化DP和PP传输。

对于跨数据中心采用PP传输，采用了计算和PP传输overlap技术，解决了PP传输拉远对性能的恶化（见图1）。以PP4层级为例，PP4进行mb1反向运算的同时，将先前mb3前向计算的结果发送给PP5层级，并接收PP3层级发送来的mb4前向运算结果；下一时刻，进行mb4前向计算的同时，将先前mb1反向计算出的结果发送给PP3层级，接收PP5层级发送来的mb2反向运算结果。由于计算时间远大于通信时间+远距离传输时延，使得拉远对传输造成的延时不会对整体性能造成影响。

对于跨数据中心采用DP传输，我们重点采用了计算和DP传输overlap技术，错开不同PP的DP传输时隙，减小了跨数据中心所需的DP传输带宽（见图2）。以PP8为例，PP8在做完最后一个微批次的反向传播后再执行Reduce-scatter，在前向传播时，等前7个AllGather做完后再执行AllGather。这样同一个时刻只有一个PP组做DP拉远传输。

跨数据中心拉远训练实践

中兴通讯和江苏电信合作进行了跨数据中心拉远训练验证。拉远训练验证利用江苏电信吉山机房的1024卡GPU和中兴通讯滨江机房的128卡GPU，验证模型采用LLaMA2-70B（见图3）。我们分别实践和验证了2个数据中心拉远训练和3个数据中心拉远训练。2个数据中心拉远使用吉山DC1 512卡+吉山DC2 512卡，拉远距离最大300km。3个数据中心拉远使用吉山DC1 512卡+吉山DC2 384卡+滨江DC3 128卡，2个吉山数据中心拉远距离最大300km，吉山和滨江拉远距离固定50km。对于拉远传输类型，分别验证了DP传输拉远隐藏技术和PP传输拉远隐藏技术，拉远带宽选用12.8Tbps。各种拉远场景的性能测试



▲ 图1 PP传输隐藏技术

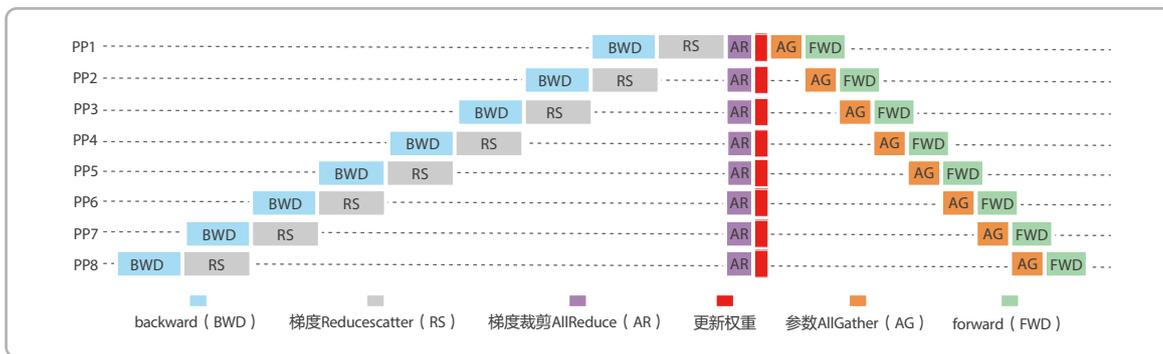


图2 DP传输隐藏技术

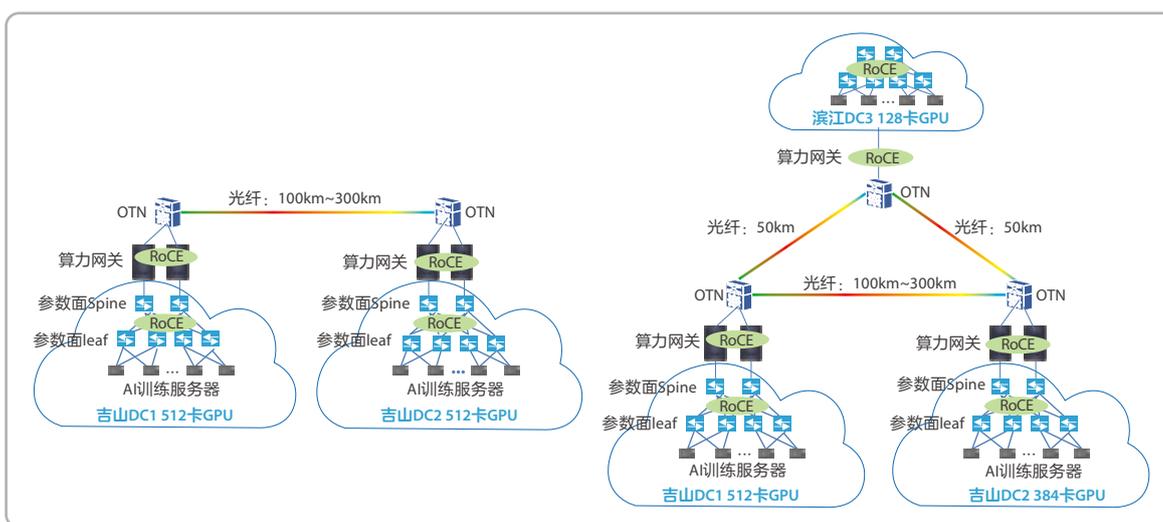


图3 拉远训练验证环境

拉远场景	拉远带宽 (Tbps)	训练性能 (TGS)	性能损失
基准场景: DP亲和部署不拉远		292.78	
两数据中心DP传输拉远300km	12.8	287.08	1.95%
三数据中心DP传输拉远400km (300+50+50)	12.8	290.51	0.78%
基准场景: PP亲和部署不拉远		298.23	
两数据中心PP传输拉远300km	12.8	298.15	0.13%
三数据中心PP传输拉远400km (300+50+50)	12.8	297.82	0.14%

表1 各种拉远场景的性能测试数据

数据如表1所示。

针对LLaMA2-70B模型，不管是采用DP传输拉远，还是采用PP传输拉远，在100km~300km的拉远距离，整体训练性能损失均小于2%，证明了拉远训练技术方案的可行性。

跨数据中心训练面临远距离高带宽无损传输

以及训练性能恶化等严峻挑战，针对这些难题，中兴通讯提出了一套融合OTN传输技术、远距离拥塞流控技术和高性能传算并行技术的综合解决方案，并在工程实践中得到了有力验证。展望未来，中兴通讯将持续探索，计划在万卡和超万卡训练环境中进一步实践和部署该方案，为推动跨数据中心训练技术的发展贡献更多力量。ZTE中兴

AI智慧工厂， 使能数智工业化



周俊超
中兴通讯AI应用架构师

自 2022年底ChatGPT的商用发布以来，生成式人工智能经历了迅猛发展。2023年生成式人工智能开启了崭新纪元，2024年则见证了其快速普及，而2025年将是AI应用高速发展元年。据艾瑞咨询预测，到2028年，中国AIGC应用产业规模预计将达到7202亿元；到2030年，这一数据更将有望突破万亿元大关，达到11441亿元。AI应用技术类型逐渐丰富，场景应用趋于多元，生态建设日益完善，成为驱动新质生产力的核心引擎。

然而，AI应用落地各行业不是一蹴而就的，仍然面临诸多挑战。关键挑战在于，行业客户迫切需要引入AI应用技术对原有流程进行优化和改进，但客户本身可能对AI技术缺乏深入了解，难以将AI应用开发并部署到生产系统中，存在AI领域技术壁垒。因此，如何使能行业客户快速结合行业特点，开发和部署AI应用，是现阶段业界AI应用落地的焦点。

中兴通讯AI智慧工厂，一款AI应用开发平台，可以提供端到端工具链，涵盖语料处理到模型开发、训练、微调、推理部署以及AI应用开发全流程的极简模式，“低代码”甚至“零代码”助力行业客户模型开发以及应用开发部署，解决行业客户AI应用的“最后一公里”问题。

中兴通讯AI智慧工厂专注于AI应用的极简开发，有效屏蔽底层硬件和软件平台的复杂性，大幅降低大模型训推技术门槛。它使企业用户能够

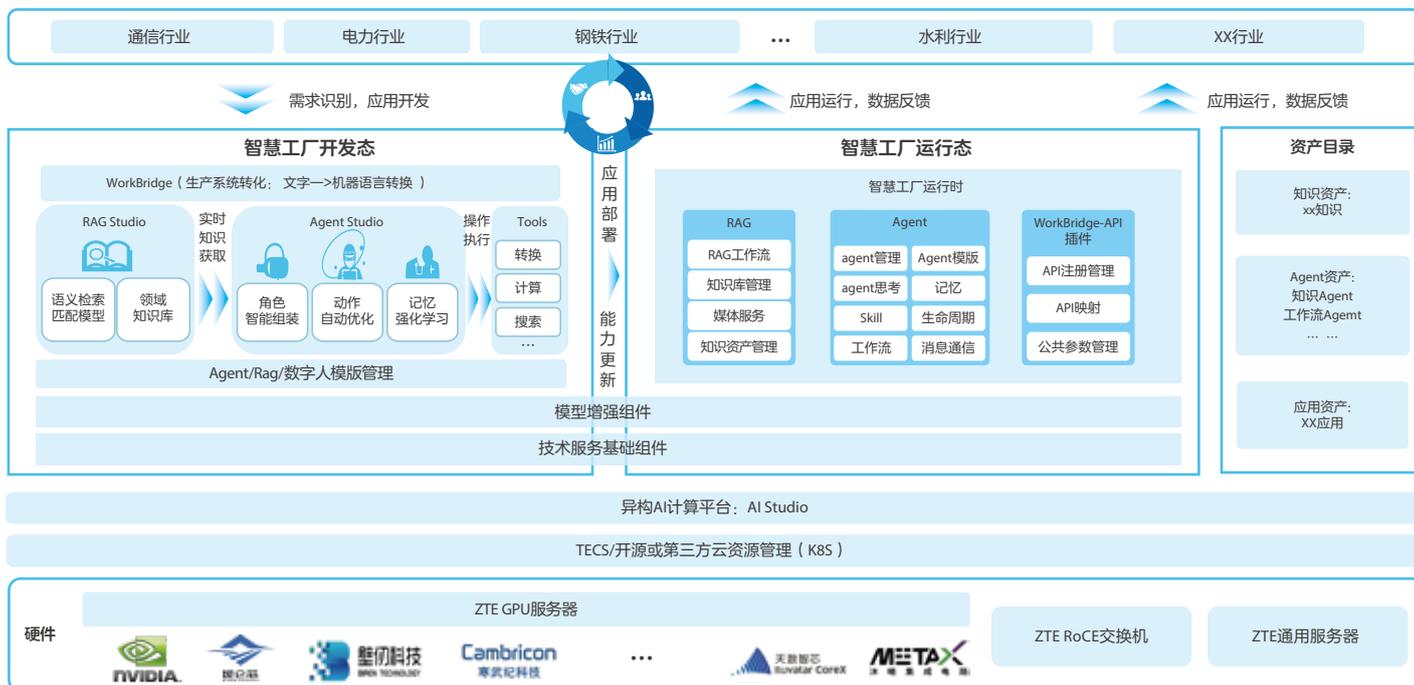
根据企业特定的业务逻辑快速开发AI应用。智慧工厂分为开发态和运行态两大部分，开发态提供开发的完整工具链，运行态提供运行的最小资源环境（见图1）。

智慧工厂关键组件包括模型增强组件、RAG Studio、Agent Studio、Work Bridge、资产组件等。

模型增强组件提供模型微调自优化能力，包括TP/PP并行自动寻优、网络拓扑最佳匹配、GPU算力自适应选择等，在用户无感的前提下最优进行模型微调，吞吐量、样本处理速度及GPU负荷等指标可观测；预置模型压缩能力，自动采用剪枝、蒸馏、量化等技术压缩用户训练或微调后的模型，降低模型的资源开销；提供推理服务自动化部署能力，部署后的推理服务吞吐量、TTFT、TPOT等指标可观测；支持大小模型协同，对同一AI应用需要的多个大小模型，对外呈现统一的服务化接口，降低应用开发复杂度。

基于RAG Studio，客户可基于自有语料快速构建私域向量数据库，向量数据库构建过程支持数据的预处理、安全检测、分块以及向量化等操作，向量化模型可定义可配置；基于环境中预置的RAG模板，客户可快速定制化地开发自己的RAG；开发完成的RAG，支持通过客户自己的评估数据集或系统自动生成的评估数据集两种维度进行评估。

客户基于预置的Agent模板，可快速开发自



▲ 图1 中兴通讯AI应用开发平台：AI智慧工厂示意图

己的智能体应用；智能体开发支持长短期记忆体变量设置，思维规划生成与设置，工具或API设置等操作，客户可以通过GUI的方式快速完成智能体开发；开发完成的单智能体或多智能体，支持从业务、性能及安全维度全方位测评打分。

作为工具/插件开发环境，Work Bridge提供了大模型所使用工具的开发环境。客户可在此环境中基于GUI界面，对大模型需要使用的工具/插件等进行定义及映射，以便在RAG/Agent Studio中调用，大幅降低了AI应用调用工具的复杂度。

AI应用开发过程中所收集或生成的信息以及开发的AI应用等均为系统的资产，资产包含知识资产、RAG资产、智能体资产以及各种基于AI智慧工厂开发的AI应用等，资产组件对客户在知识产权领域进行资产存储和安全保护。

行业客户可基于自身行业特点，采用中兴通讯AI智慧工厂的RAG/Agent模板，快速编排开发适合自己行业的AI应用，并一键部署至生产环境。

智慧工厂会持续监测评估部署的AI应用，在应用出现偏差或达不到预期效果时，可以返回开发态进行迭代开发，再重新部署并进行监测，直至达到预期效果。

中兴通讯智慧工厂已服务于公司内部10多个产品线的20多个项目，其中基于RAG Studio构建的应用，商用产品准确率高达91.3%；基于Agent Studio为湖北某运营商开发的重保助手（Agent）已经商用上线，助力移动通信网络L4级运维能力提升。

中兴通讯AI智慧工厂通过提供从需求识别、设计到开发、测试、部署的全流程自动化闭环，显著提升了AI应用的开发效率与质量，降低了AI应用开发的复杂度。这一创新举措不仅使能千行百业实现AI应用的快速部署与业务自动化，还极大地推动了数智经济的蓬勃发展。中兴通讯AI智慧工厂正为数智经济的未来筑路搭桥，引领着AI应用开发向更加智能化、高效化的方向迈进。ZTE中兴

中兴通讯智算一体机 在钢铁行业的应用实践



朱梦琪
中兴通讯智算产品市场
规划工程师

当前，AI在企业应用日益广泛，但AI落地仍面临诸多挑战：技术门槛高，要求企业具备深厚技术与专业人才；数据管理复杂，存在数据分散、格式不一及安全隐患问题；部署成本高昂且耗时，软硬件部署流程繁琐，AI应用效率难以得到保证。

为应对这些挑战，中兴通讯推出智算一体机，它提供企业大模型AI基础设施所必需的硬件设备，实现开箱即用；通过集成大模型训推软件平台，大幅降低模型训练和推理的技术门槛；通过支持主流AI框架，帮助用户降低私域模型的训练和推理成本。此外，智算一体机可内置多种模型和应用并用组件，精准契合人工智能与企业应用深度融合这一行业发展趋势，提供一站式智算解决方案，为企业数字化转型赋智提效。

中兴通讯将一体机集成智能问答应用，在底层智算基础设施上部署大、小模型，保持多模型能力，在此之上部署向量知识库和智能问答系统（见图1）。中兴通讯智能问答助手应用一体机在钢铁行业进行了商用探索和实践，为鞍钢数科搭建智能问答系统，开启钢铁行业智能化升级的新篇章。

为鞍钢数科效能提升提供“加速器”，AI应用快速上线

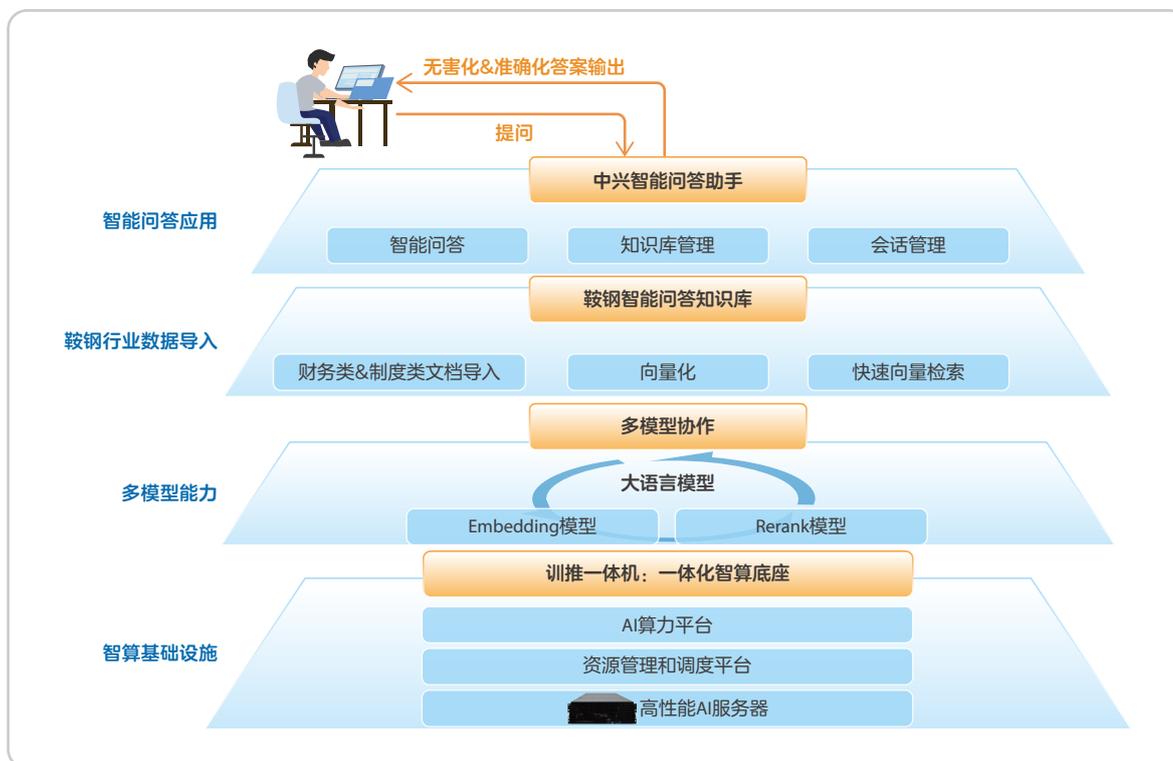
作为由中央直接管理的国有大型企业，鞍钢

集团是新中国首个恢复建设的大型钢铁联合企业和最早建成的钢铁生产基地，被誉为“共和国钢铁工业的长子”“新中国钢铁工业的摇篮”；同时，鞍钢集团是世界500强企业，粗钢、铁精矿产能均位居世界前列，并且是世界最大的产钒企业、中国最大的钛原料生产基地。鞍钢数科是鞍钢集团旗下集自动化、信息化、网络化、数智化服务于一体的高新技术企业。在国家大力推动数字经济与人工智能深度融合发展的战略指引下，鞍钢数科积极响应号召，主动拥抱AI时代浪潮，引入智能文档检索系统，推进AI应用上线，深化企业智能化转型进程。

中兴通讯智算一体机提供高度集成化的全栈解决方案，出厂前已预装所需全套软硬件产品，包括高性能服务器、分布式文件存储、IB/RoCE网络、安全、数据平台软件、智算平台软件等，用户只需进行简单的网络连接、参数配置等基础操作，即可快速完成部署。此外，智算一体机还采用预先集成的方式，内置多种行业模型，中兴通讯提供大模型代训、精调以及应用系统集成等定制服务，满足不同客户的个性化需求。中兴通讯智算一体机开箱即用，一站式交付，显著提升了鞍钢数科企业效能，并确保AI应用的快速上线。

助力鞍钢数科提升文档检索效率

在当前企业的文档检索环节中，传统方式在面对海量信息时存在局限性，比如受限于个人知



▲ 图1 智能问答助手应用一体机架构示意图

识储备、被主观因素干扰等。为了实现更精准、高效的文档检索，鞍钢数科借助AI技术，提升信息处理效率和质量，为企业的高质量发展筑牢信息根基。

中兴通讯创新性地在其智能问答系统中引入大小模型协同工作机制，以此强化知识检索和生成能力。通过算子开发，在文档自动化导入、文档分割/分块、知识库向量化、重排序等方面进行优化；通过多种技术手段极大降低大模型底座的幻觉，大幅度提高回答准确率。当前鞍钢数科智能问答系统在特定知识领域的回答准确度高达99%，性能远超目前业界主流智能问答类应用工具，极大地提高了文档检索准确率。

中兴通讯智算一体机凭借强大的算力以及按权重配置模型服务多实例机制，确保GPU资源利用最大化，保证查询性能，以满足鞍钢数科对于知识问答的高效率要求，提升文档检索效率，提升企业工作效率。

在知识查询过程中，端到端4K输入输出长度场景下实现了首字时延秒级控制，意味着系统能够在用户输入查询问题后快速响应，几乎无需等待。字间时延缩短至20ms左右，大幅节省查询时间，显著提升工作效率，为鞍钢数科文档检索工作带来前所未有的便捷与高效。

中兴通讯智能问答一体机极大地简化信息获取流程，提高员工工作效率，这一应用不仅助力鞍钢数科实现智能化、高质量发展，更为整个工业行业的智能化转型提供了可借鉴的宝贵经验。

智算一体机与智能问答应用的深度融合和商用实践，彰显了中兴通讯在AI应用一体机研发与应用方面的深厚实力，是一个重要里程碑。展望未来，中兴通讯将持续深化研究，积极促进其在工业、智能制造等更多领域的广泛渗透，继续推动行业的智能化转型。ZTE中兴

江苏电信携手中兴通讯， 开启千卡国产化智算资源池新篇章



顾红芳
中兴通讯智算产品方案
规划总监



陈诚
江苏电信云计算高级专家



董晓军
江苏电信云计算高级专家

在 当今数智化浪潮汹涌澎湃的时代背景下，AI技术以前所未有的力量驱动各行各业的深刻变革，全球科技巨头纷纷在智算领域展开激烈角逐，智算已成为推动新质生产力发展的重要引擎。对于中国智算产业而言，坚持自主创新、不断提升产业核心技术能力，是实现繁荣发展的必由之路。江苏电信携手中兴通讯，共同打造国产化千卡智算中心，为各行业数智化转型奠定坚实的算力根基。这一合作不仅展示了双方在技术上的深厚积累，更为国内同类项目提供了宝贵的技术选型、架构设计与运营管理等方面的实践经验。

机遇与挑战

2022年11月ChatGPT闪亮登场，标志着人工智能迈入了一个崭新的发展阶段。国际企业纷纷发力，推动大模型在多行业实现深度应用，从而重塑传统行业的运作模式。受此影响，我国AI产业需求呈现出爆发式增长，智能算力成为经济增长的新引擎。然而，在高端算力应用领域，国产化算力占比不足30%，提升空间巨大。

端到端全国产化智算建设方案

中兴通讯联合江苏电信，凭借各自优势共同打造了千卡级别的国产智算中心。中兴通讯凭借其深厚的技术积累，打造了端到端全栈智算方案；

而江苏电信则依托其卓越的网络、运维和运营经验，为这一项目提供了坚实的支撑。双方紧密合作，旨在为多行业提供高效可靠的国产化算力服务，从而进一步推动南京数字经济的发展水平。江苏电信智算资源池总体方案如图1所示。

AI基础设施，筑牢算力根基

AI基础设施强大的算力支撑、高效的数据存储与管理，以及稳定低延迟的网络传输，多层次筑牢算力根基，为AI技术落地与应用拓展奠定坚实基础。

- **高性能计算**：中兴通讯6900G5高性能服务器与壁仞106M GPU卡强强联合，具备卓越的计算性能和扩展能力，可从单机多卡无缝扩展到千卡集群，为AI基础设施提供稳固的硬件平台。
- **融合存储**：中兴通讯KS20000高性能融合存储服务器采用多副本冗余存储架构，确保数据的高可靠性和高性能访问，满足模型训练和推理的海量数据存储和快速读写需求。
- **RoCE交换机**：中兴通讯5960M系列交换机构建无损网络，高效支撑网络高带宽、低延时流量需求，提升整体计算效率。

TECS资源管理平台，引领智算中枢

中兴通讯TECS平台深度集成计算、网络和存储等多种资源，为用户提供高可靠、高算力的服务。基于TECS平台，用户可轻松管理多数据中

心、多集群的算力资源。运维系统实现了自动化和智能化，降低了运维成本和难度，提升了效率和可靠性，保障智算中心稳定运行。

AIS训推平台，赋能大模型应用拓展

AIS训推平台涵盖大模型全流程功能，全面支持主流开源大模型。凭借一站式服务平台优势，API一键部署，简化了大模型的使用流程；通过直观的交互界面，用户可根据实际需求灵活组织 workflow，降低了大模型的使用门槛，推动了大模型在各行业的广泛应用。

创新亮点

在大规模资源池建设时，业界一直聚焦于如何高效利用资源、提升训练效率与稳定性以及达

成快速交付。中兴通讯凭借一系列创新技术，成功在这几大关键领域取得突破。

大模型3D并行弹性训练机制，提升资源利用率

在大规模集群环境中，多用户多任务同时运行时资源分配困难，中兴通讯软件平台基于优先级和资源配额的弹性训练机制，通过框架与调度平台紧密协同，实现大模型任务资源的自动弹性伸缩、迁移和碎片整理，在保障用户体验的同时，提升了资源利用效率。借助框架和算法的深度协同，实现了数据和模型的自动拆分，保障了弹性伸缩训练过程中算法的收敛性，确保模型训练的准确性和稳定性。

作业性能优化，提升集群训练效率

大模型训练性能受到算子效率、通信速度、



▲ 图1 江苏电信智算资源池总体方案

“江苏电信国产化千卡池的成功部署，不仅标志着国产智算中心建设迈出了坚实步伐，更树立了行业发展的典范。”

存储能力等多重因素影响，针对国产GPU性能特点，中兴通讯采取了一系列创新措施，包括提供高性能的融合算子加速库、优化显存资源以及提升通信性能等。结合专家优化经验和大模型自动并行寻优策略，中兴通讯在千卡集群和千亿参数模型上的性能，已可比肩业界领先的A800，线性加速比超过95%，这一显著成功极大提升了大模型训练的性能和效率，为国产芯片在大模型训练领域的应用注入了强劲动力。

断点续训，保证集群训练稳定性

大模型千卡、万卡集群的稳定性一直是行业亟待解决的难题。以Meta采用英伟达H100集群为例，其等效千卡集群每2天就会发生一次故障。为提升大规模集群的稳定性，中兴通讯创新性地采用异步Checkpoint机制，利用CPU内存和远端分布式存储分级架构，实现Checkpoint的秒级保存和读取。通过大量系统级稳定性优化以及框架与平台的自动协同，中兴通讯成功实现了故障的快速定位与恢复，千卡集群千亿参数模型达到恢复时间少于6分钟且连续260小时无故障的卓

越稳定性表现，为大规模模型训练的稳定性提供了可靠保障。

自动化部署工具AIC，保证项目快速交付

智算中心交付面临着硬件集成难、软件部署复杂、网络配置复杂的挑战，在江苏电信项目交付中，中兴通讯通过自动化部署工具AIC，实现软硬集自动开通，大大提升了自动化交付覆盖率、交付效率以及交付质量。团队在一周内能够完成上百台GPU服务器、千张GPU卡、近百台交换机、上千根光纤和光模块的部署，实现业务的极速上线，迅速响应并满足了市场需求。

江苏电信国产化千卡池的成功部署，不仅标志着国产智算中心建设迈出了坚实步伐，更树立了行业发展的典范。展望未来，随着技术的持续迭代升级与应用场景的不断深化拓展，江苏电信国产化千卡智算中心将继续发挥其在行业中的引领和示范作用，深度激发各行各业数字化转型的潜能，加速构建数字经济新生态格局，推动社会迈向智能化、高效化、可持续发展的全新阶段。ZTE中兴

无线网络容量解决方案原子能力

无线网络容量解决方案正在自智网络发展背景下发生变革。传统方式是以负荷、流量和连接数等指标门限筛选扩容小区，以负荷均衡、扩载波、增加站点等技术手段提供解决方案。但自智网络的演进要求容量解决方案从一个独立的模块成为网络演进整体方案的一部分，具体变化如下：

- 无线网络制式升级：频率重耕为容量扩容提供频谱、站址等资源，是紧密关联的两个动作。
- 业务领域：“规建维优营”中的商业投资、业务拓展、网络性能提升、用户感知提升等多种业务领域，都需要网络容量功能提供现状分析和未来升级能力的预测评估报告。
- 技术范围：随着用户需求的多样化、网络形态的复杂化和投资考量的精细化，容量解决方案涵盖的技术内容也越来越丰富，逐渐超出了上述传统范畴。

为适应自智网络的发展，无线网络容量解决方案功能需要增强成为能够适应多种业务场景需求、具备高度自智等级的原子能力，即需要增加下述关键技术：

- 导入市场、规划、优化、运维等多种业务领域的用户意图；
 - 更多地接入GIS（地理信息系统）、B域等网络外部数据源；
 - 采用数据挖掘技术，还原真实的网络和用户特征；
 - 具备“高内聚、松耦合”的原子能力特征。
- 中兴通讯无线网络自智规划平台基于丰富的

无线网络建设实践经验，以“挖掘真实需求、坚持价值投资、统筹网络演进”的指导原则，开发了无线网络容量解决方案的原子功能。

原子能力架构

中兴通讯无线网络容量解决方案原子能力架构如图1所示。主要流程如下：

- 意图解析：导入多种业务领域的容量相关的用户意图，由意图引擎解析为网络建设目标和演进策略；
- 确定业务需求：按照应用场景、流量和感知等维度分析用户数据，并结合网络建设目标和演进策略确定业务需求；
- 筛选问题小区：计算网络能力，包括小区极限容量、可获得速率、可接入用户数等指标；业务需求超出网络能力的小区列为问题小区；
- 制定针对容量问题小区的解决方案策略；
- 基于方案策略，计算并输出解决方案。

其中确定业务需求步骤中，应用场景视用户需求而定，例如5G的ToB和ToC的两大类场景。当用户的真实流量需求受到小区性能的抑制时，小区流量指标并不能真实地反映用户需求，因此采用流量压抑功能，还原真实需求；采用话务预测功能，估算网络中长期的需求；采用栅格级、楼宇级、小区级等多种分析粒度。

制定方案策略步骤涉及的关键技术包括：

- 容量问题小区的解决方案包括了网优、覆盖解决方案和扩容解决方案等，因此需要首



朱永军
中兴通讯网络规划技术
总工程师

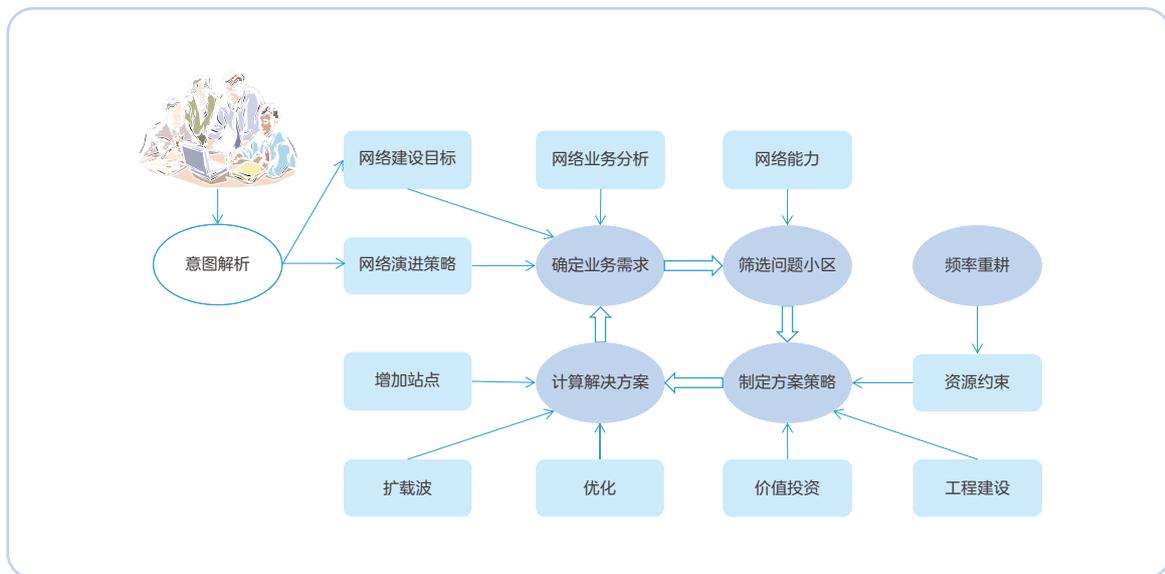


邓素娟
中兴通讯系统产品软件
设计专家



贾任浩
中兴通讯系统产品软件
设计专家

图1 无线网络容量解决方案原子能力架构



先进行根因分析，确定方案中可采用的技术手段。

- 确定约束条件，包括频谱、设备类型等资源约束，站址选择、利旧升级、设备选型等工程建设要求，以及收益、成本、节能等价值投资要求。
- 根据网络建设目标、演进策略、约束条件和可采用的技术手段，制定候选方案，以及多个方案的优先级。

网络演进是滚动进行的，需要将当期的解决方案视为中长期计划的一个阶段，因此采取“以终为始、分步实施”的策略，制定兼顾中长期和短期目标的滚动实施计划。

用户意图一般需要综合多方面的意见才能确定，因此意图解析作为独立的模块，不需要实现完全的自动化。频率重耕是在旧制式网络上实施的流程，与当前网络的容量解决方案也是相互独立的。其余4个模块则可以实现周期性的自动执行，以提升自智网络等级。

平台功能

基于上述架构，中兴通讯自智规划平台开发

了无线网络容量解决方案原子能力，并为国内外无线网络提供服务。在国外某4G网络中，平台提供了以投资回报率为衡量标准的容量解决方案服务。方案对接2G和3G网络重耕流程，采用扩载波、新增站点等技术手段，帮助客户将2G和3G网络升级至4G网络。平台具备以下关键功能：

- 支持流量、负荷、感知等多种容量标准；
- 支持基于现网站点类型、频段、带宽、地物类型等多个维度灵活组合场景，按场景设置参数，并保存场景模板；
- 支持流量压抑、话务预测等智能算法的应用；
- 支持多种解决方案的协同计算；
- 结合覆盖解决方案，输出覆盖和容量综合解决方案；
- 设置周期任务，自动分析和计算。

作为自智网络平台的关键模块，容量解决方案原子能力需要着眼于自智网络向高等级演进的远景目标，以面对未来越来越丰富和复杂的需求。在技术上，自智网络平台增强了数据挖掘和智能算法能力，为网络分析工作从传统的统计指标评估向智能分析演进，提供了内在的创新驱动力。ZTE中兴

nubia Flip 2

国民小折叠 真AI随声动

全语音AI萌宠 | 全尺寸内嵌DeepSeek | 全方位轻薄抗摔 | 全视角悬停摄影



*图片仅供参考, 请以实物为准。
*画面仅供参考, 手机请以实际体验为准。

ZTE中兴

让沟通与信任无处不在