通信世界

COMMUNICATIONSWORLD

中国标准连续出版物号：ISSN 1009-1564 CN 11-4405/TP

工业和信息化部主管
人民邮电出版社有限公司主办

中国通信企业协会会刊

总第947期 2024年7月10日 第13期

工业5G终端的“劲”与“进”

通信世界全媒体

跨省流量结算
有利于稳定本地市场/P05

关于低空经济产业发展的
若干思考/P15

构建智算认证体系
推动智算绿色发展/P36

ISSN 1009-1564

广告

通信世界

COMMUNICATIONSWORLD

观察·研究·批评·推介

产业发展的推动者

寻产业足迹

探企业风云

瞰时代变迁

通信世界全媒体

通信世界全媒体

多量纲计费能否实现5G个人市场挖潜增效？

舒文琼

半月谈

在刚刚结束的“2024 MWC上海”期间，5G商业模式再次引发热议：GSMA发起的Open Gateway倡议得到三大运营商的热烈响应，在本次活动中斩获颇丰；爱立信认为5G运营的当务之急是为用户提供差异化、定制化服务，从而将5G能力转化为“真金白银”的收入；华为则提出丰富5G数据业务计费模式的观点，比如以速率计费的新模式。产业界集思广益、献计献策，目的是挖掘5G网络的潜在价值，满足用户的个性化需求，从而实现收入的显著增长。

其实早在“2023 MWC上海”期间，中国信通院就发布了《5G商业模式创新发展报告（2023）》，提出5G多量纲计费模式的创新理念。在今年的MWC上海期间，有关商业模式变革的讨论愈发激烈。

5G在我国商用5年以来，用户数据业务体验实现了质的飞跃。统计数据显示，用户DOU（平均每户每月上网流量）从2019年的7.8GB/户·月增长到2023年的16.9GB/户·月。且随着流量单价的下降，用户“流量焦虑”得到有效缓解，特别是定向流量包的推出，让人们随时随地刷抖音、打游戏毫无费用压力。但在此期间，移动数据业务给运营商带来的收入贡献也产生了微妙变化。根据工信部统计数据，2019—2022年，我国移动数据业务流量收入持续攀升；2023年则小幅回落，较2022年下降0.9%。这一变化表明，流量增长对于运营商收入的贡献已渐显“疲态”。

事实上，DOU增长并非没有“天花板”——用户每天除去工作、学习、运动、睡觉所剩余的时间，就是刷手机的时间上限，当这一上限被无限迫近时，流量增长将遭遇瓶颈，除非运营商推出更高清的视频业务。因此，当用户DOU达到一定程度后，运营商继续降低资费带来的收益贡献将微乎其微，甚至出现负增长。

那么，5G收入增长路径何在？某消费者实验室的统计调查显示，20%的手机用户愿意为差异化、高质量、高性能的网络服务支付额外11%的费用。除了流量，用户还关注5G的速率、时延等性能指标。在某些特定场景下，用户愿意为多元化的业务场景、更优质的业务体验支付更多费用。

为深入了解用户额外付费的潜力，上述消费者实验室对用户展开研究，依据使用习惯将用户大致分为三类人群——“社交分享者”“科技爱好者”“简单主义者”，这三类用户对网络速率与时延等有着明显不同的需求，但其共同之处在于都愿意为更好的体验支付更高的费用。

据悉，目前全球已有多个国家的运营商针对不同用户需求推出差异化的5G套餐服务，在促进收入增长方面取得了初步成效。例如，芬兰运营商在4G时代就提供了基于速率的资费套餐，进入5G时代，这种模式得以延续。以Elisa为例，该运营商推出了300Mbit/s、600Mbit/s、1000Mbit/s下行速率以及“最高速”Premium套餐，均包含无限量数据流量。在以速率计费的商业模式下，运营商不仅实现了收入和ARPU（每用户平均收入）的提升，而且将用户离网率降至近10年来的最低水平。

基于速率计费的模式在我国亦可尝试。如上所述，随着流量资费的下降，用户对于数据业务流量已经不再敏感，取而代之的是“网速焦虑”。当前，很多用户“吐槽”在日常使用中感受不到5G的“快”，尤其是在演唱会、大型展会、机场车站等人流密集场景，网络堵塞以致更新“朋友圈”都比较困难。网速是用户体验的“痛点”，但也可成为运营商增加收入的切入点。

除了网速，用户的其他关注点也值得运营商予以关注。例如，近期我国大空间XR项目进入爆发期，基于各种知名IP的大空间XR项目如雨后春笋般不断涌现，成为引领文旅消费增长的新力量。而大空间XR项目离不开5G云渲染的支持，因此，运营商也可打造类似的5G消费新体验，以获得额外收入。

提升个人用户ARPU、挖潜5G网络价值并非只有“华山一条路”，当流量计费的单一模式增长乏力，是时候创新商业模式、走多元化发展的道路了。

通信世界全媒体

编辑 | 朱文凤 zhuwenfeng@bjxintong.com.cn

CONTENTS 目次

观察 Observation

04 赛道”拥挤，大模型热潮正在消散？

05 跨省流量结算有利于稳定本地市场

深度 Interpretation

06 工业5G终端的“劲”与“进”

08 工业5G终端发展的成效、挑战及建议

P12 5G工厂“挑大梁” 山东阔步迈向新型工业化之路

P39 中国智算中心现状及液冷技术应用展望

产业 Industry

12 5G工厂“挑大梁” 山东阔步迈向新型工业化之路

15 关于低空经济产业发展的若干思考

18 数据资产价值化：入表的实践与挑战

22 点亮“数智”经济，5G-A驱动产业升级

24 AI算力需求激增背景下 HBM市场发展分析

26 智能体交互模式 大模型时代的新型交互范式

30 人工智能赋能网络安全新范式的研究

33 美欧人工智能监管动向及启示

技术 Technology

36 构建智算认证体系，推动智算绿色发展

39 中国智算中心现状及液冷技术应用展望

43 50G-PON发展现状和应用前景分析

46 基于Stable Diffusion的图像生成与多模态编辑智能体

广告目次

封二 通信世界形象广告

封三 加快数字赋能，建设美丽中国公益广告

封底 通信世界发行广告

通信世界全媒体

TONGXIN SHIJIE
通信世界
COMMUNICATIONSWORLD

主管： 工业和信息化部
主办： 人民邮电出版社有限公司
出版： 北京信通传媒有限责任公司
编辑： 《通信世界》编辑部

总 编 辑： 刘启诚
副总经理： 张　鹏
执行主编： 舒文琼
采 编 部： 王　涛　甄清岚　梅雅鑫　王禹蓉　孙　天　程琳琳　朱文凤　王鹤迦　包建羽　盖贝贝
美术编辑： 杨斯涵　李　曼　张　航
持证记者： 刘启诚　刁兴玲　程琳琳　甄清岚　郄勇志　王禹蓉　梁海滨　牛晓敏
（国家新闻出版署 举报电话：010-83138953）
市 场 部： 申　晴　孟　月　姜蓓蓓　沈新竹　刘适之　曹俊英　尹　源
工 联 网： 郄勇志　刘艳玲　胡锦明
视频编辑： 林　嵩　黄杨洋　卢瑞旭
技术支持： 伍朝晖

通信地址： 北京市丰台区顺八条1号院2号楼北阳晨光大厦3层
邮　　编： 100079
编辑部： +86-10-52266521
营销部： +86-10-52266541
+86-10-52265997
发行部： +86-10-52265707
通信世界网网址
Website：www.cww.net.cn
投稿邮箱： cww@bjxintong.com.cn

中国标准连续出版物号： ISSN 1009-1564 / CN 11-4405/TP

出版日期： 2024年7月10日
承印单位： 涿州市荣升新创印刷有限公司
定　　价： 20.00元

编委会

编委会名誉主任
郭　浩　中国通信企业协会会长

编委会主任
顾　翀　中国工信出版传媒集团总经理

编委会副主任
赵中新　中国通信企业协会副会长兼秘书长
赵晨阳　中国工信出版传媒集团副总经理

编委会委员
蒋林涛　中国信息通信研究院科技委主任
余晓晖　中国信息通信研究院院长
鲁春丛　中国工业互联网研究院院长
李长海　中国工信出版传媒集团原总经理助理
沈少艾　中国电信科技创新部顾问
张成良　中国电信研究院院长
马红兵　中国联通科技创新部总经理
黄宇红　中国移动研究院院长
唐雄燕　中国联通研究院副院长
高　鹏　中国移动设计院副院长兼总工
窦　笠　中国铁塔股份有限公司技术部总经理
杨　骅　TD产业联盟秘书长
吕廷杰　北京邮电大学教授
梁海滨　北京信通传媒有限责任公司副总经理
刘启诚　通信世界全媒体总编辑
陈山枝　中国信科集团副总经理

法律顾问： 北京市蓝石律师事务所
发行范围： 公开发行
国内发行： 中国邮政集团公司北京市报刊发行局
订购处： 全国各地邮局　**邮发代号：** 82-659
国外发行： 中国国际图书贸易集团有限公司（北京399信箱）
国外发行代号： T1663
广告发布登记： 京东市监广登字20170149号

本刊声明

- 《通信世界》授权信通传媒旗下通信世界网为本刊唯一网络发布平台，本刊所有内容将在通信世界网上同时刊登，本刊文章可能由通信世界网向其他合作网站免费提供。向本刊投稿的作者，均应同意上述条件，如不同意请在来稿中特别注明。
- 本刊寄发给作者的稿酬，已含其作品发表在本刊网站及电子版上的稿酬。
- 向本刊投稿的作者应同意授权本刊可以依法维护其著作权等权利。
- 未经本刊书面同意，不得以任何形式转载、使用本刊所刊登的文章及图片。

通信世界全媒体

编辑丨孙天 suntian@bjxintong.com.cn

赛道”拥挤 大模型热潮正在消散？

金峰

2022年11月，OpenAI推出ChatGPT，自此大模型在全球范围内开启了狂奔模式。以中国为例，截至2024年5月末，各类企业、高校、科研院所等共发布300多个大模型，大模型也由此成为创新、创业等领域的热门方向。

时代热潮来得快，去得也快，如今一些大模型企业开启了“撤退行动”。在美国，Stability AI、Adept、Reka AI等“明星”企业正在寻求出售；在中国，仅有40%大模型完成了在工信部的备案，其他众多模型则难觅踪影。

笔者认为，造成大模型企业开启撤退模式的原因有三。

首先，从发展理念上看，新时代的“双创”导向是短线的“网红思维”，这是当前时代的普遍特色——当行业热点出现之后，众多主体蜂拥而至；概念包装较好，但产品同质化；短线“搏杀”，不盈利便立刻撤退。

其次，从产品上看，大模型产品同质化倾向严重，众多企业在“内卷”中快速出局。尽管各大模型厂商均宣传其产品优势，但相同的“Transformer架构+智能算力+开源数据集”底座，使得它们的产品差异性并不显著，于是高成本、低收益的“内卷式”竞争开启。例如，2024年5月，字节跳动、阿里巴巴、百度、腾讯等同时开启大模型产品大降价活动，降价幅度超过99%；各厂商纷纷强调预训练参数的规模，千亿级已成为中低档次，由此导致单次训练成本从百万美元直接上升到千万美元；各厂商冲向行业大模型、场景大模型等“蓝海”领域，但后者为高知识门槛的领域。

再次，从市场规模上看，不具备支持数百个大模型共存的条件。从to C市场看，Question Mobile数据显示，截至2024年3月末，国内独立AIGC应用的用户数仅为7380万，即便其中10%的用户付费，每月付10元，年均也仅有9亿元营收；如果未来用户数达到5亿，那么行业的年营收也仅为50亿元；而后向广告收入，在显著提升转化率之前，仍以从其他广告投放媒介获得流量转移为主。从to B市场看，企业用户付费意愿不足，根据《AI应用需求与付费意愿调研报告》，46%企业的预算仅为1万元以下，预算超过10万元的企业仅占8%；大模型作为一种能力，在政企用户的落地应用需要有终端、解决方案、营销渠道、实施团队等相配合，而众多厂商并不具备上述条件；行业大模型的训练，需要私有化行业数据集支持，而众多大模型企业不具备该条件；基于数据安全等方面的考虑，头部企业采用自研方式建设和运营大模型，如三大电信运营商、国家电网等，外部企业商机有限。

最后，从投资上看，大模型正快速向头部标的聚集，众多无法融资的企业面临被淘汰的结局。将2023年1—4月与2024年1—4月的AI领域数据进行对比，C轮以后的投资次数从20.6%增长到27.1%；TOP 3的金额占比从11.9%增长到50.0%；TOP 50的金额占比从76.3%增长到92.1%。

着眼未来，笔者认为，在“撤退潮”之后，最终能够剩下的大模型企业具备以下特征：技术上“跑”得最快，例如Vidu等率先发布国内视频大模型，Kimi等被业内公认具有显著技术优势的企业；具有直接市场空间，例如终端厂商（AI电脑、AI手机）、互联网厂商（电商、游戏等）、运营商（客服）、IT厂商（在解决方案中叠加）；自身是规模型企业，具备中期“孵化”内部技术能力的资本。*（作者为ICT行业资深分析师）*

通信世界全媒体

跨省流量结算有利于稳定本地市场

甄清岚

“2024年7月1日起，中国移动集团内部将开启跨省流量结算”，消息一出，便在行业内引起了广泛关注和讨论。其实早在2024年1月中国电信和中国联通就已经开启跨省流量结算。这项政策的出台，可以说是运营商为应对市场竞争和内部管理挑战而作出的重要调整。

2017年9月1日，中国电信、中国移动、中国联通全面取消了手机国内长途和漫游费（不含港澳台）；2018年7月1日，三大运营商进一步取消流量漫游费，新老用户省内流量升级为国内流量（不含港澳台）。漫游费的取消是通信行业的一大利好政策，语音和流量都不再受地域限制，用户可以在全国范围内自由使用。不过这一变化也加剧了运营商之间的竞争，导致了各种低价套餐和优惠政策纷纷涌现。

正因如此，一些省份的运营商面临巨大的经营压力。从工业和信息化部发布的2024年1—5月通信业经济运行情况来看，新疆、西藏、青海等地区的月户均移动互联网接入流量（DOU）超过20GB/户·月，而上海、黑龙江等地区的人均流量排名长期垫底，其主要原因在于流量单价的差异。笔者使用的是中国移动每月79元套餐，包含30GB的全国通用流量和30分钟的免费通话时长，这个套餐在那些人均流量排名长期垫底的城市和地区具有很高的性价比，会更受欢迎。

在这种情况下，跨省流量结算政策的出台显得尤为重要。在独立电信行业分析师付亮看来，这一政策实际上是在运营商内部建立了一座“桥”，当用户在非归属地使用流量时，归属地运营商需要对非归属地运营商进行结算。具体来说，如果用户在新疆办理了中国移动的低价流量卡并在北京使用，那么新疆移动需要向北京移动支付一定的结算费用。这样一来，低价卡在其他省份的滥用就会受到限制，从而保护了归属地运营商的利益。

跨省流量结算的实施，可以说是运营商内部竞争策略的一次重大调整。在过去，为了争夺用户，各地运营商推出了各种低价套餐和优惠政策，甚至不惜以牺牲利润为代价。然而，这种竞争方式不仅扰乱了市场秩序，也损害了运营商自身的利益。通过实施跨省流量结算，运营商可以有效保护自身市场利益不受侵害。

为应对低价套餐带来的不利影响，一些运营商或许会像漫游时代那样，推出本省流量套餐。付亮称，这种套餐通常包含较大额度的本省流量和一定量的全国通用流量，旨在鼓励用户在本省范围内使用。这样一来，即使用户办理了低价卡，也无法在本省范围外享受优惠，从而减少了对本地市场的冲击。

跨省流量结算政策同样适用于企业用户，主要面向企业的固网业务。Omdia资深首席分析师杨光称，如果不进行结算，某些省份低价倾销数据中心IDC资源，导致恶性竞争出现，极其不利于市场发展。一些企业用户通过宽带网络接入其他省的数据中心，进而产生跨省流量。但在这种情况下，可能会出现运营商把流量结算的成本过度转嫁给企业用户的现象，这样可能反而会抑制企业对算力网络的需求，因此还需要运营商集团层面进行协调，完善监管层面的配套措施。

如果是针对固网的流量结算，或将有助于各省加快数据中心的建设，推动算力网络发展，尤其是对于经济发展水平相对较低，但数据中心比较密集的西部省份有一定的支持作用。

总之，运营商启动跨省流量结算是通信行业内部竞争策略的一次重大调整。这一措施的出台将有助于平衡运营商内部的竞争格局，优化市场秩序。未来，随着技术的不断进步和市场的进一步开放，通信行业将迎来更多的机遇和挑战。运营商需要不断创新和调整策略，以适应市场变化并满足用户需求。*（作者为本刊记者）*

通信世界全媒体

编辑丨朱文凤 zhuwenfeng@bjxintong.com.cn

工业5G终端的“劲”与“进”

■ 本刊编辑部 包建羽

当前，我国“5G+工业互联网”进入规模化发展新阶段，以5G为代表的新一代信息通信技术加速推动工业设备数字化、智能化进程。工业5G终端设备上承平台应用、下接工业网络，在工厂远程控制、视频监控、移动巡检等数字化应用中发挥了重要作用。

值此5G商用五周年的关键节点，工业5G终端身处5G赋能行业应用的一线，理当充分发挥潜能，释放更大能量。那么工业5G终端该如何拥抱发展“风口”？产业链成熟度几何？未来发展之路在何方？要回答这一系列问题，工业5G终端发展的“劲”与未来的“进”值得探讨。

产业链干劲十足，共促市场繁荣

工业5G终端设备是指内嵌5G通信芯片或模组、具备直接接入5G网络能力的工业设备，例如具备5G通信能力的无人机、机器人、摄像头、天车、无人矿卡等。工业5G终端设备可分为通用通信类终端设备和行业应用类终端设备两大类，其中通用通信类终端仍为主流，行业应用类终端正蓄势待发。

从全球来看，工业5G终端设备品类不断丰富。目前，国际上已经定义了潜在的各类工业5G终端，在全球发布的5G终端中，工业级CPE、路由器、网关达到220款，5G无人机、摄像机、机器人等设备纷纷进入市场。

值得一提的是，当前我国生产的通用通信类工业5G终端设备数量领跑全球。GSA最新数据显示，国产工业级CPE、路由器、网关产品共计85款，全球占比为39%，领先欧美等发达国家。国内供应商包括四信、华为、中兴通讯、宏电科技、厦门亿帆、香港才茂等。

延续并扩大发展优势，产业链上下游企业鼓足干劲、携手共筑，从工业模组、终端设备到应用平台，行业市场全面铺开。

随着5G标准不断演进，5G工业模组产品持续推陈出新。包括高通、移远通信、广和通、芯讯通、美格智能等在内的多家芯片、模组厂商，已研发出多款支持URLLC（超高可靠低时延通信）、5G LAN等技术特性的产品。

聚焦终端设备发展，工业级CPE、路由器、网关作为连接工业设备与5G网络的“桥梁”，亦有多样化产品推出供行业选择。其代表企业包括华为、中兴通讯、宏电科技、研华科技、艾灵等。

值得一提的是，运营商作为网络提供者、服务使能者以及产业链整合者，也积极参与到工业5G终端和工业互联网的创新与应用中。

中国电信积极推进5G工业数智化终端发展，从“芯模注智、连接终端注智、行业终端提智、‘5G+PON’融合赋能”四大方向，打造5G工业数智化整体解决方案，推动制造行业高质量发展。目前，中国电信5G工业数智化终端已在化工行业、航空制造、新能源等多个领域规模落地。

中国移动以“5G内生确定性”等系列技术创新为抓手，推动5G与工业技术的深度融合，联合产业共同研发了高确定性工业基站、确定性工业UPF（用户面功能）、确定性网关等产品。其针对

通信世界全媒体

工业互联网打造的OnePower平台，自2020年首次发布以来，历经20多个版本迭代，已形成“1+1+1+N”的产品能力体系。

中国联通则紧跟5G技术演进趋势，全面布局，锻造“5G+AIoT”核心能力和产品体系，差异化打造联通雁飞RedCap模组产品，并持续丰富终端品类；研发格物操作系统，实现“端、网、云、边”协同；赋能解决方案，打造一批制造场景商用示范标杆。

发展迎来“利好”，进步空间巨大

随着5G技术的快速发展，5G行业终端被寄予厚望。中国信息通信研究院预计，到2025年5G终端将累计超过3200款，其中行业终端累计达2000款，“基础类+定制类”终端同步发展，可实现千亿级连接。

中国信息通信研究院技术与标准研究所副所长曹蓟光表示，5G融入工业终端设备可以带来三大好处。一是推动工厂各生产要素互联协同；二是支持企业实时数据分析和智能决策；三是促进工业生产远程控制和自动化。

抢滩千亿级连接“新蓝海”，工业5G终端设备借助多样化产品积极深入工业场景，并紧跟行业向好趋势，进一步把握市场发展机遇。

一是新兴技术加速工业5G终端设备更新迭代。在工业算力、工业大模型、5G-A等新兴技术的支持下，工业5G终端设备的智能化、云化程度将不断提升，智能巡检、自主学习、人机交互等能力将持续加强，逐渐实现“端、边、云”协同。依托5G-A在大上行宽带通信、超高可靠低时延通信方面的技术突破，工业5G终端有望覆盖工业超高速、高速、中速、低速和极低速率等应用场景。

二是大规模设备更新为工业5G终端创造良好发展机遇。2024年4月，工业和信息化部等七部门出台《推动工业领域设备更新实施方案》，随后，广东、浙江、黑龙江等省市也陆续发布相关政策，推动5G与工业设备双向适配，加快相关融合产品研发、生产与应用。

三是5G RedCap（轻量化）有望大幅降低成本，进而成为“引爆点”。5G RedCap的出现不仅补齐了5G在中高速率的业务覆盖，还有望推动工业终端成本实现“轻量化”。预计未来两年，随着RedCap商用，工业5G模组的价格将有望从300元降至百元以内，部分工业5G数采终端价格可降至500元左右。

四是“5G+工业互联网”铸链计划加快产业生态共建。工业5G终端设备作为“5G+工业互联网”应用的“神经末梢”和执行器，已成为打造“5G+工业互联网”升级版的关键支点。面向5G产品供给不适配、供需不匹配等产业发展突出问题，中国信息通信研究院推出“5G+工业互联网”铸链计划，希望通过“标准共研共享、联合测试验证、产业供需对接”，优选我国当前“5G+工业互联网”关键产品和解决方案，以工业5G终端设备作为核心环节，构建完整的产业链图谱，促进产业链上下游的深度融合与协同发展。

前进势头不减，重在突破挑战

正所谓“机遇与挑战并存”，发展势头强劲下的工业5G终端前方必是一片繁荣彼岸。但通向彼岸之路并非一帆风顺，工业5G终端眼前仍面临国家、行业标准尚未发布，关键标准编制仍处于起步阶段，5G模组关键核心器件对进口依赖度高，定制化工业5G终端设备尚未成熟等挑战。

谈及如何应对挑战、打通工业5G终端发展全链条生态，机械工业仪器仪表综合技术经济研究所网络控制中心副主任赵艳领认为，在某些严苛的工业环境中，5G性能有待进一步提升和验证；5G与现有工业控制网络的融合方法及技术有待深入研究；工业5G终端及网络在工业现场的验收标准、设备、技术有待进一步加强；包含ICT和工业制造商、集成商、用户在内的产业生态也仍需完善。

面向未来规模化落地应用，如果转换一下思路，当前工业5G终端需要突破的挑战也为其指明了发展方向。

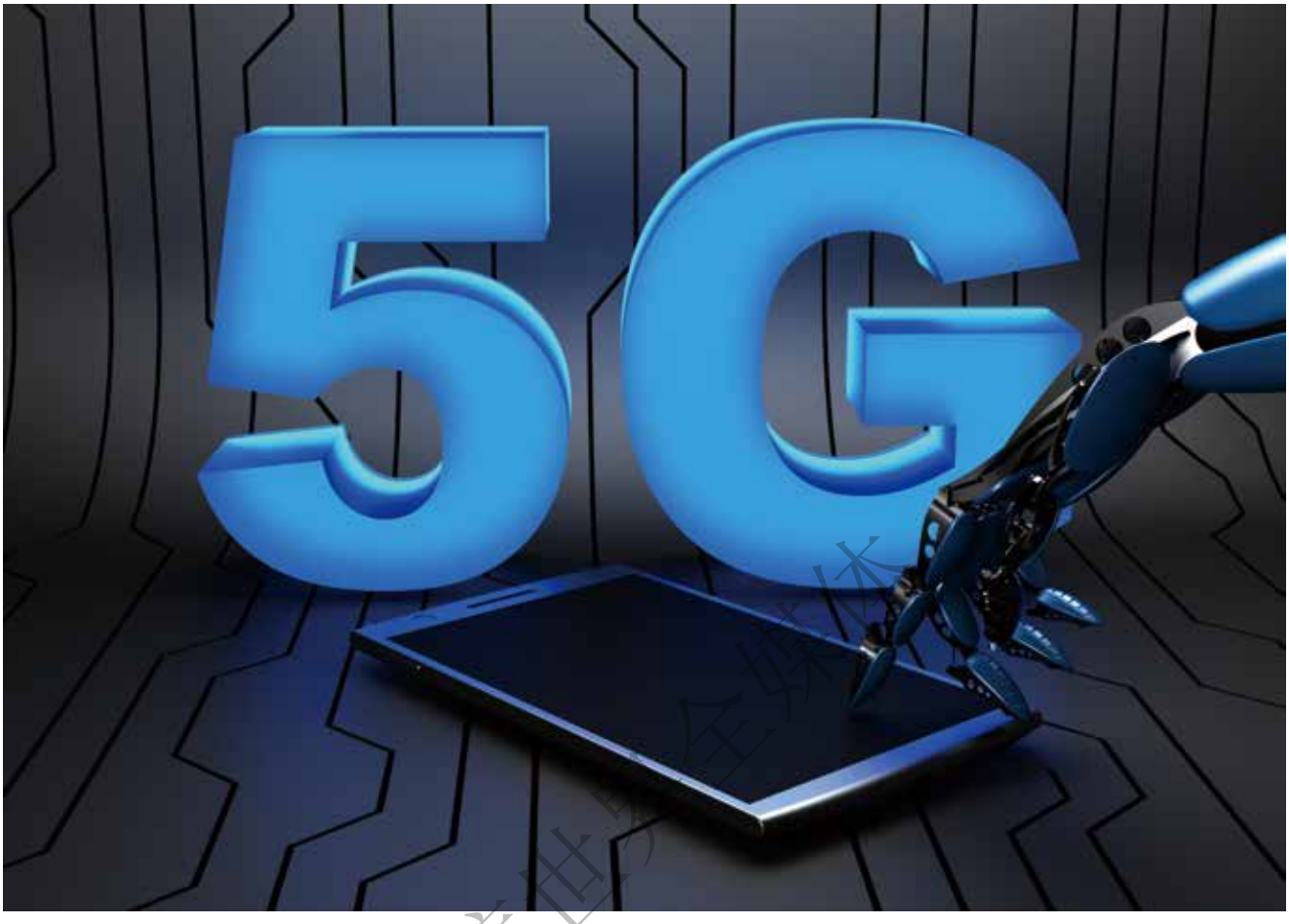
突破恶劣场景“封锁”。行业应加强供需对接，分类推进工业5G终端设备研发，加快探索“5G+工业互联网”典型应用场景。按行业推进工业5G终端设备研发应用，从重点行业、典型场景进行突破，分批次、分阶段推进工业5G终端设备应用，加快集成5G芯片模组的行业定制化终端设备的研发。

跨过价值变现大关。面对工业5G终端设备研发成本居高不下这一“拦路虎”，行业应加快5G RedCap技术在工业5G终端设备中的应用，促进规模化使用，“以用促降”带动产品研发成本进一步下降。面向不同应用场景需求，应加快研发5G RedCap与网络切片、5G LAN、高精度定位等5G原生特性结合的工业终端设备，丰富产品形态和供给模式。

克服协议适配终极挑战。面向整个行业生态构建，终端设备厂家、电信运营商、高校及科研机构等相关各方应加强协同攻关，推进5G与工业协议跨层调度协同、5G与工业软件协作适配、5G与DCS（分布式控制系统）融合等关键技术研究与探索，加强5G与工业协议、工业业务逻辑的适配，深化5G与工业控制、生产等终端设备的融合。

通信世界全媒体

编辑 | 孙天 suntian@bjxintong.com.cn



工业5G终端发展的成效、挑战及建议

■ 中国工业互联网研究院 刘翼如 历明 叶欧海 唐墨

工业是5G应用的“主战场”，我国5G工业应用已从生产外围辅助环节逐步深入至生产核心控制环节。自2019年5G规模商用以来，全国“5G+工业互联网”呈规模化发展态势。工信部数据显示，截至目前5G应用已融入97个国民经济大类中的74个，在工业、矿业、电力、医疗等重点领域规模推广，“5G+工业互联网”项目数超过1万个。

而在“5G+工业互联网”建设中，工业5G终端设备上承平台应用、下接工业网络，在工厂远程控制、视频监控、移动巡检等应用中发挥重要作用，已成为业界关注焦点。预计到2025年5G终端将累计超过3200款，其中行业终端累计达2000款，基础类和定制类终端同步发展，但其发展依然面临需求供应、行业适配、规模推广和生态构建等方面的挑战。

工业5G终端发展进入“快车道”

工业5G发展潜力巨大

2024年第一季度我国电信业务收入同比增长4.5%，基础设施支撑能力持续增强。5G商用五年来，我国已累计建成5G基站383.7万个，5G用户普及率突破60%。5G产品的功能性能不断提升，应用场景越发丰富，为垂直行业企业内网建设提供了新的选择。据GSA最新移动专网报告显示，在纳入统计的1384个实际运行的专网案例中，使用5G技术的比例达40%。其中，制造业、矿业、能源等工业场景专网占比超过33%。

与此同时，从工业侧来看，5G在工业现场网络的发展潜力巨大。在2023年全球工业网络中，现场总线和工业以太网占整个工业网络的市场份额高达92%，以5G为代表的无线市场增长率达到22%，市场份额达8%。基于5G R16、R17版本的技术商用将满足5G在工业自动化领域的需求，推动5G在关键生产环节的广泛应用，从而带来工业5G终端的规模化普及。综上所述，工业5G终端整体行业应用需求和产业发展潜力巨大，以5G技术为引领，带动工业现场的无线网络全面升级。

工业5G终端发展初期成效显著

在顶层设计上，我国基于在5G技术上的领先优势和积累，积极推动以5G为代表的新一代信息通信技术持续赋能工业生产。自2019年起，工信部印发了《“5G+工业互联网”512工程推进方案》《5G全连接工厂建设指南》等一系列文件，通过布局“5G+工业互联网”网络关键技术产品、重点行业融合应用、产业生态构建以及资源供给等，推动5G与工业互联网的融合。

在技术标准上，TC124（全国工业过程测量控制和自动化标准化技术委员会）、CCSA（中国通信标准化协会）等相继开展了工业5G终端的标准化工作。在通用技术方面，TC124正在组织制定《工业5G终端通用技术要求及测试规范》国标。在行业融合终端方面，CCSA制定了面向不同行业和应用的行业标准，例如《面向电力行业的5G+工业互联网终端设备技术要求和测试》《面向矿山领域的5G+工业互联网井下终端设备技术要求》《面向远程控制场景的5G工业网关技术要求》等。

在应用推广上，产业各方积极推动“5G+工业互联网”成熟落地与规模化应用。中国信息通信研究院、中国工业互联网研究院、机械工业仪器仪表综合技术经济研究所、中科院自动化研究所等单位共同参与编写了“工业5G终端设备发展（征求意见稿）”；中国工业互联网研究院正面向工业企业、信息通信企业、设备制造企业等产业各方，公开征集包含工业5G终端在内的新型工业网络产品名录；此外，5G-ACIA（5G互联产业与自动化联盟）组织发布《Industrial 5G Devices-Architecture and Capabilities》等工业5G终端相关的报告，协同推进工业5G终端的技术研发与融合应用。

在产业发展上，5G产业链上终端芯片、模组产品的多元化和市场规模的稳步增长，推动了工业5G终端的规模化发展。目前，工业5G模组的种类已有近300款，工业5G专网部署和应用成本大幅降低，为5G在工业领域的规模化应用提供了条件。随着5G网络基础设施新建和改造加速，工业5G终端也将同步进入快速增长期。GSA数据显示，截至2024年6月，全球范围内5G工业级网关、CPE（客户终端设备）及路由器的款式数量从2020年的26款大幅跃升至245款。不仅NetModule、Peplink、Cradlepoint等国外企业推出了多款工业5G网关、CPE、路由器，如华为、中兴通讯、宏电科技、厦门才茂等国内企业也积极投入研发，并不断推出多样化的产品。

尤其近两年来，国内厂商依托工业互联网创新发展工程，已经布局并生产一批技术先进、需求迫切、验证有效的工业5G融合终端产品。相较于国际竞争对手，国内产品展现出品类丰富、功能持续演进的领先优势，例如基于大上行、URLLC（超可靠低时延通信）、5G LAN等技术，为工业领域提供了高速、稳定的网络互联能力产品。

与此同时，工业领域的需求侧也展现出了积极的发展态势，企业纷纷布局面向行业应用的工业5G终端产品。例如，国网智芯面向电力行业研发5G能源控制器等智能终端，可满足用户侧和配电侧计量与感知设备的灵活接入等需求；石化盈科聚焦石化安全生产和精准遥测等业务场景，自研防爆VOC（挥发性有机化合物）气体传感器、防爆阀门回讯器、防爆遥测巡检机器人等多款5G终端设备。

5G助力工业终端设备更新

5G在工业领域的技术优势

一般观点认为，对比传统工业现场的通信技术，5G的时延高于工业以太网，吞吐量不及光纤，成本高于Wi-Fi，然而在这些方面，5G均可以通过技术优化达到甚至超过对标技术的能力。5G技术的核心优势在于其具有多方面可定制化的优化演进空间，几乎没有能力短板。

不仅如此，对于工业领域设备更新来说，5G还具备多项技术长板和应用必要性。一是移动性优势。相比无线通信的Wi-Fi技术，5G的用户容量更大（可达10倍以上），切换调度更高效。

通信世界全媒体

编辑丨孙天 suntian@bjxintong.com.cn

因此，在AGV、柔性产线、升降机、机运链、立体产线、穿戴式设备、工业平板等多终端接入时，5G能够提供足够的带宽和业务连续性。此外，相比于标签导航方案，5G的灵活性、安全性更高。二是大上行优势。与Wi-Fi相比，5G的可靠性更高，更适用于“逐线逐帧”扫描判断的工业相机精细质检与工业巡检机器人等场景。与有线网相比，5G可快速解决海量数据回传的问题，因为工业现场不会为大上行数据预留交换传输资源，每新增一个高清工业摄像机，不仅要把线缆布设到设备前，还要规划新的回传网络，否则海量数据很容易造成拥塞，影响现网运行。5G在工业现场的1km范围内不需要线缆组网，直接扩容与基站相连的交换机即可。三是广覆盖优势。依托5G网络，企业可在厂房和厂区间、矿区港口等开放作业场景内,实现工业终端的一网覆盖和连续移动，由此可支撑无人矿卡、厂区巡检，远程集控、跨区物流等工业应用。四是全连接优势。基于5G接入网、核心网、数据及安全管控的完整能力，可以搭建工厂内“一网尽连”的统一基础设施。企业在部署新应用时，只需要考虑终端和软件，不再需要新建网络，就可以有效解决工业现场网络制式繁杂、“数据孤岛”和“应用烟囱”等问题，为将来的工业大模型等更多智能应用的孵化提供可能。

工业5G终端的设备更新实现路径

目前，基于5G的工业终端设备更新主要有三种方案。一是通过将工业终端接入5G CPE，实现5G网络的接入，这种方式不需要对现有基于有线或Wi-Fi的非5G工业终端设备进行任何改造，因此对现有工业网络改动最小。二是对传统工业网关进行5G改造，使得工业网关具备基于5G无线通信的工业协议转换能力。三是对工业终端进行改造升级，通过内嵌5G模组实现5G网络的接入，这种方式改造后的工业终端更加灵活，后续可激发一批更加定制化、柔性化、智能化的“5G+工业互联网”融合创新应用。

工业终端的5G化改造不仅可以实现机器视觉质检、厂区智能物流、无人智能巡检等生产外围辅助环节的应用，还可以逐步深入远程设备操控、设备协同作业、精准动态作业等生产核心控制环节。

工业5G终端规模发展面临的问题及挑战

在推动工业5G终端实现规模发展的过程中，产业界应正视面临的问题与挑战。

行业需求方面

不同于消费互联网，工业互联网的行业特点鲜明，需求碎片化问题比较突出。不同行业和应用场景对5G网络的大带宽、高可靠低时延、大连接等通信性能的需求不同，并且存在工业协议转换、确定性传输、低功耗、本安防爆等各类行业特定功能需求。因此，消费互联网的统一化5G产品研发和应用部署模式不适用于工业领域的融合终端。此外，在消费互联网基础设施建设过程中，决策权主要掌握在电信运营商和云平台公司手中，而在工业网络建设方面，工业企业拥有绝对的主导权。加上供给侧方案太多，如工业总线、工业以太网、光网、物联网、无线网、TSN、确定性网络等，网络基础设施繁杂问题也比较突出。因此，当前工业网络的建设和设备部署存在专业性、前瞻性和延续性不足的问题，往往难以达到预期效果，并且导致终端管理和网络运维成本高昂。

融合标准方面

工业5G终端相关标准要跨多个技术领域和行业，协同推进难度高。例如，一项工业5G融合终端的信息通信技术标准涉及产业联盟、运营商、新技术设备商和集成商等，他们分别在传统的5G工作组、工业互联网推进组、行业内的标委会、行业协会参与标准的研制工作，缺乏统一的交流协作平台、明确的体系划分及协调制度。此外，面向行业应用场景的行业标准制定工作，目前参与单位以信息通信企业为主，缺乏行业企业的广泛参与。此外，各行业需求颗粒度不同，一些行业尚未发布工业5G终端的行标，存在基础标准、创新技术和应用标准供给不足的问题。尤其是在新型工业终端的设计与测试方面，应在3GPP定义的5G终端标准基础上，结合行业需求对协议转换、接口开放、基本测试要求等内容开展标准化工作。

规模应用方面

目前，工业5G终端的关键技术已基本具备，但在行业规模应用上还存在模组及融合终端价格较高、产业落地困难等问题。对此，5G RedCap（轻量化）技术可从业务需求出发，通过终端剪裁功能在成本与高可靠、低时延、大容量、低功耗等性能之间寻求平衡，研发轻量化、可定制的工业5G融合终端，可进一步推动5G规模应用。业界针对典型to B、to C场景积极推动RedCap终端研发，2023年已推出基于RedCap的摄像头样机、电力终端样机等。预计未来两年，随着RedCap商用，工业5G模组的价格将有望从300元降至百元以内，部分工业5G数采终端价格可降至500元左右，并且终端类型将更加丰富，从而推动5G在更多行业规模化落地。

产业生态方面

我国拥有超大规模的工业终端市

通信世界全媒体

场、数量众多的产业工人、万级的5G工厂建设数量目标，以及趋于成熟的AGV、智能机器人、工业相机/摄像头等典型5G工业终端应用，共同形成了产业规模的优势。但在长期的市场实践中，多家国际自动化集成商巨头形成了相对成熟、被广泛认可的工业协议，如业界较熟悉的PROFINET、EtherCAT、CCLink、EtherNet/IP等，大约有30种，我国工业企业主要使用的PROFINET、EtherCAT、Modbus、PROFIBUS 4种工业网络协议也在其中。此外，国际巨头已推出并商用全套的5G专网产品，并有可能借助私有封闭的工业协议形成新的生态垄断。这将导致工业生产设备由于协议问题难以互通，造成工程内网络数据互联困难，系统集成、网络管理难度加大且成本高昂，从而影响工业现场设备的5G升级改造。

加快工业5G终端产业规模发展的建议

总体来说，虽然5G技术在不断演进迭代中，工业5G终端在eMBB、URLLC、RedCap领域的技术研究、标准制定等方面的工作也已初见成效，但仍存在终端无法深入工业生产核心环节、因价格高而无法规模应用等问题，二者相差甚远。

因此，需要改变消费互联网基于5G技术演进的应用推广模式，更多地面向工业应用主体，采用基于工业现场需求的研发与应用推广模式。通过对高价值工业场景的挖掘，根据不同的行业应用需求，研发并推出行业认可的工业5G融合终端产品，为后续融合终端的规模应用、产能提升以及市场主体扩张奠定基础。

一是推进工业5G终端行业适配，促进不同形态终端的多样化发展。工业5G终端的应用不能仅局限于通信能力，针对工业级高可靠性需求、生产设备数字化程度不足、融合网络带来的系统复杂化等问题，应大力推动5G工业网关、工业现场5G融合终端和5G生产辅助智能终端的多样化发展，实现工业生产中感知能力、控制能力和通信能力的增强。

二是加强工业5G终端技术研究，推进新型工业网络融合创新。利用无源无线通信、确定性网络、毫米波、立体覆盖增强、空间精确定位与感知等技术，持续提升工业网络性能和终端管理能力，向生产核心环节深化应用并孵化远程集控、L4自动驾驶、动态能效管理等新型工业应用，实现工业现场在更广范围的连接、更高程度的智能、更精细化的管理等维度的创新升级。

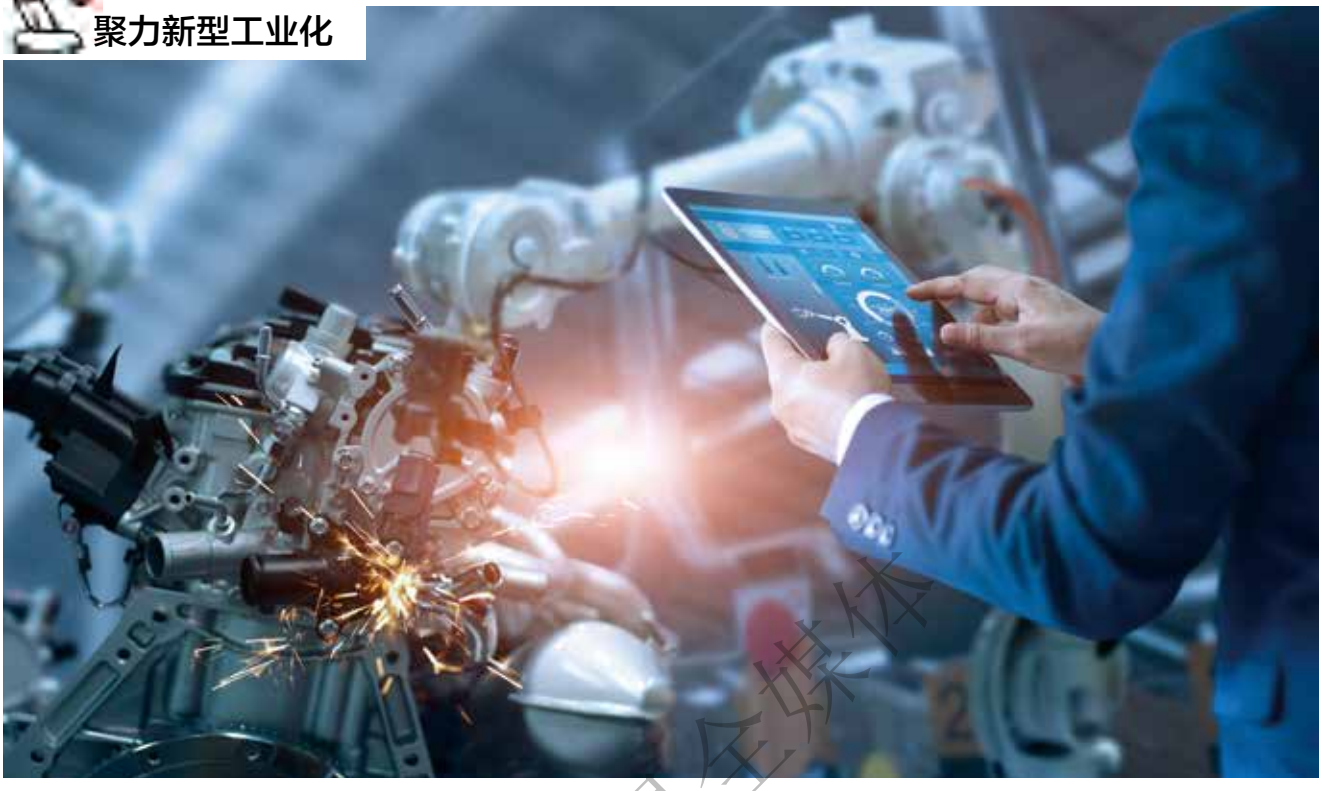
三是加速工业5G终端标准研制，推进工业5G终端测试认证工作。行业需求的差异化容易给工业5G终端带来产品定位不清晰、功能不完善、价格参差不齐等问题，应积极推进工业5G终端的标准化工作，规范终端能力，保障终端产品在生产使用过程中的安全可靠性等。同时，市场监管部门在相关部委指导下，开展对工业5G终端设备的认证监管工作，推动工业5G终端质量认证体系建设。

四是围绕工业5G终端拓展应用生态，孵化融合解决方案供应商。鼓励终端产业链上的厂家融合工业需求，推出多种形态的终端产品。通过培养一批“既懂5G又懂工业”的解决方案供应商，提供终端融合设计、统一管控、全生命周期管理等解决方案，进一步拓展应用生态。

通信世界全媒体

编辑丨朱文凤 zhuwenfeng@bjxintong.com.cn

聚力新型工业化



5G工厂“挑大梁”
山东阔步迈向新型工业化之路

通信世界全媒体

■ 山东联通 蔡延昌 翟锐（通讯作者） 张岩 王元杰

当前，全球范围内新一轮科技革命和产业变革正如火如荼地进行，信息技术日新月异，特别是5G技术的迅猛发展，为工业互联网注入了新的活力和机遇。5G的三大核心应用场景精准契合工业等实体经济领域的迫切需求，有效突破了工业有线技术的局限，满足大规模数据采集、精准操控、远程控制等工业生产的需求。我国积极顺应这一全球趋势，深入实施工业互联网创新发展战略，稳步推进网络、平台、数据和安全四大体系建设，为5G与工业互联网的融合创新奠定了坚实的产业基础。在此过程中，工业和信息化部积极作为，向基础电信企业发放5G商用牌照，推动5G商用网络稳步扩展。目前，覆盖全国所有地级以上城市的5G网络已经建成，为5G工厂建设提供了强大的网络支撑，进而助推新型工业化发展。

5G工厂助力新型工业化发展

5G工厂在工业制造领域以其广泛连接、高速数据传输和低时延通信的显著优势脱颖而出。5G网络不仅能够实现工厂内部各类设备、传感器和机器人的实时高效的数据交换与协同，还能确保每个设备无缝接入，满足复杂生产流程的需求。5G网络的高速率和低时延特性，使各生产单元高效连接，推动信息技术（IT）与运营技术（OT）系统的深度融合；实时传输生产数据可提升工厂智能化和自动化水平，减少人工干预，提高生产效率和产品质量；系统高度集成实现了远程监控、控制和维护。

同时，5G工厂还注重网络安全和数据保护，确保工厂安全运营。这些优势共同推动了工厂的数字化转型和智能化升级，为工业制造注入了新活力。

5G工厂通过数据分析和应用进一步优化生产流程。实时采集和监控生产数据，通过数据分析发现潜在问题并提出优化方案，优化生产流程、预测设备故障和调整生产计划，可显著提升生产效率。这种数据驱动的生产方式加速了工厂的数字化转型，为企业的可持续发展提供了支撑。同时，5G技术的引入为工厂带来了远程监控、故障预警等革命性应用，极大提升了工厂的运营效率和响应速度，在减少人工干预的同时，降低了运营成本，提高了产品质量和安全生产水平。未来，随着5G技术的发展，更多创新应用将不断涌现，为5G工厂的高效运营和可持续发展提供强大支持。

山东工业转型步入关键时期

面对经济全球化与市场竞争的双重压力，山东省工业发展正处于转型升级的重要关口。山东省工信系统以科技创新为引领，以先进制造业为核心，通过加强技术创新和改造，夯实产业根基；通过加强产学研协同创新，构建工业与5G融合的产业新生态；实施省级企业技术创新项目，建设省级制造业创新中心，显著提升企业研发机构的覆盖率和创新能力。

山东省5G与新型工业化的快速发展，得益于坚实的产业基础、有力的政策支持和迫切的产业转型需求。深度的技术融合创新、广泛的数字化转型、持续的政策支持、完善的产业生态以及丰富的市场机遇，共同推动了山东省工业发展向更高水平迈进，同时也为5G与工业互联网的深度融合、新型工业化的快速发展提供了强有力支撑。

山东工业转型的挑战与机遇

“5G+工业互联网”发展面临多重挑战，同时也孕育着巨大的机遇。2016—2023年，中国工业企业的营业收入与利润出现滞涨甚至下滑的情况，凸显了经济环境的不稳定性和竞争的加剧。制造业格局的重大调整、新技术的涌现以及新消费时代的到来，皆迫使工业企业寻求转型升级。同时，“人口红利”的消失、技术瓶颈的限制、同行竞争的日益激烈以及能源政策的影响，进一步挤压了工业企业的利润空间。然而，恰是这些挑战孕育了“5G+工业互联网”的巨大机遇。

5G的广泛覆盖为智能制造和工业互联网的深度融合提供了强大的网络支持，使得产品生产过程中的自动化、智能化成为可能，从而提升了生产效率和产品质量。同时，数字化转型的浪潮也为企业提供了借助数据分析优化流程、精准定位市场需求的机会。当前，政府的政策扶持和持续增长的市场需求，为工业领域注入了新活力。因此，企业应积极应对挑战、把握机遇，以技术创新为驱动，推动“5G+工业互联网”向纵深发展。

目前，作为“5G+工业互联网”在工业领域深度融合的产物，5G工厂已在实际生产中彰显出强大的实力。海尔青岛洗衣机互联工厂是5G技术赋能智能制造的典范，通过引入5G、工业互联网等先进技术，实现了生产流程的智能化改造。具体来看，在5G网络的支持下，工厂内的机械臂、空中物流链等实现了无缝对接和高效协同，大幅提升了生产效率。同时，工厂布置了多条智能化生产线，通过5G网络实现设备互联互通，缩短了产品生产周期。此外，工厂还引入了智慧检测平台和移动边缘计算视觉平台，使洗衣机实现了50多项自动检测和质量控制，检测效率提高了56%。

康赛妮新纤维工厂凭借5G三大组网能力，构建起虚拟企业专网，将5G应用深入纺织生产全流程的各个环节。数据显示，在5G全面融入车间生产后，康赛妮新纤维工厂的生产效率提升了30.2%，运营成本降低了20.6%，产品研制周期缩短了20.5%。同时，工厂实现了对各类能耗的精细计量、实时监测、智能处理和动态管控，使得单位产值能耗降低了14.7%。

因此，构建5G工厂可实现工业生产效率的大幅提升、运营成本的显著下降、产品研制周期的缩短以及单位产值能耗的降低。这些实际的生产数据充分证明了5G工厂在增强制造业竞争力方面具有显著优势。面对经济全球化与市场竞争的双重压力，“5G+工业互联网”为企业提供了突破技术瓶颈、实现转型升级的重要契机。

5G工厂助力山东工业转型

在山东省工业转型的宏伟蓝图中，5G工厂以其卓越的技术实力和前瞻性的视野，站在了变革的前列。山东省通过打造家电及电子信息基地（青岛市）、装备制造（内燃机）基地（潍坊高新技术产业开发区）、电子信息（智能办公自动化设备）基地（威海火炬高技术产业开发区）、船舶与海洋工程装备基地（青岛经济技术开发区）、软件和信息服务基地（青岛软件园）五家五星级国家新型工业化示范基地，深入探索行业发展新路径，打造行业发展新标杆，不断积累新型工业化发展经验，形成了独具特色的技术体系。

其中，家电及电子信息基地已拥有

通信世界全媒体

编辑丨朱文凤 zhuwenfeng@bjxintong.com.cn

40多个国家级技术创新载体，集聚了60多家全国知名高校和科研机构，链接了全球5万多个技术创新资源，同时拥有海尔、海信、澳柯玛等一批世界级家电及电子信息龙头企业。这些企业在数字化转型方面走在了前列，通过实施全流程、全要素的数字化变革，形成了数字协同力，并围绕用户体验主动创造新业务、新模式。如海尔智家已开启全流程、全要素的数字化变革，并延伸到企业的上下游，引领行业向价值链高端变革。龙头企业的示范引领，带动了整个示范基地乃至整个行业的数字化转型。

与此同时，针对龙头企业和中小企业的工厂，山东分别设计定制化部署方案和标准化SaaS版服务，以应对工业数字化转型之需。对于龙头企业，专门设计低代码版本的本地化部署方案，凭借其高度的灵活性精准满足企业的个性化需求；并且在确保数据安全和稳定性的前提下，大幅提升生产效率。对于中小企业的工厂，则推行标准化SaaS版服务，借由云化快速部署，让小企业也能轻松享受5G工厂带来的智能化变革。

低代码开发平台为全面数字化提速

5G工厂的低代码开发平台为装备制造规上企业提供了全面的数字化转型服务。该平台服务便捷高效，可显著提升生产效率、降低运营成本、增强市场竞争力；强大的定制化能力满足了企业个性化需求；本地化部署保障了平台在本地环境中的稳定运行，并提供丰富的接口和工具，便于企业二次开发和集成现有系统。这一平台助力装备制造规上企业轻松实现数字化转型，助推工业转型升级、可持续发展。

SaaS版智能软件提供强大赋能

SaaS版智能软件为5G工厂提供了强大的赋能作用，凭借直观的可视化编程界面和高度集成的能力，快速响应业务需求，并与IoT设备、API（应用程序编程接口）及企业系统实现无缝集成，进而实现生产数据的实时采集和业务流程的自动化。SaaS版智能软件的数据处理与分析功能可对生产过程进行优化，提高产品质量和生产效率；生产可视化功能帮助管理人员实时掌握生产状况，快速作出决策；该软件还支持国际化特性，满足了跨国企业的需求；在安全性和可靠性方面，采用了先进的云计算技术和安全措施，以确保数据的安全性；其可扩展性和灵活性也使工厂保持竞争优势。

山东工业转型的前景与展望

5G引领的数字化转型

在5G技术的驱动下，山东工业逐步从传统模式迈向数字化、智能化新时代。5G技术的普及和应用将全面推动山东工业企业实现数字化转型，涵盖生产、管理和运营等各个环节。这样的转型将显著提升企业资源利用效率，优化生产流程，降低生产成本，并提升产品质量。5G工厂与工业互联网的兴起为山东工业转型提供了强劲的动力和明确的方向。

5G与工业互联网深度融合

工业互联网作为新一代信息技术与工业系统深度融合的成果，为山东工业转型提供了强大支持。通过连接工业设备、生产线和管理系统，工业互联网实现了数据的实时采集、传输和分析，为企业提供全面的生产管理和优化服务。“5G+工业互联网”在山东工业领域广泛应用，使得各个生产环节实现更加紧密的连接和协同。这促进了信息的快速流通和共享，使企业能够更迅速地响应市场变化，提高生产效率。同时，通过涵盖“人、机、料、法、环、测”等方面的全要素数字化改造，企业能够实现更加精准的生产控制和管理，进一步推动产业提质增效和升级。

5G工厂助推工业发展

5G工厂作为工业转型的重要载体，将推动山东工业实现更加高效、智能的生产模式。通过5G技术的广泛应用，工厂内的设备、生产线和管理系统将全面连接和协同，实现生产数据的实时采集、分析和处理。这将极大提高生产效率、降低生产成本，并为企业带来更强的市场竞争力。在5G工厂中，柔性生产成为可能，企业可根据市场需求快速调整生产线，实现多品种、小批量的生产。同时，智能物流系统的应用使原材料和产品的运输更加高效、准确，从而降低库存成本、提高资金周转率。

持续探索创新应用场景

在“5G+工业互联网”的推动下，山东工业将继续探索更多创新应用场景。这些场景涵盖协同研发设计、远程设备操控、智能物流等多个领域，为企业带来全新的生产和管理模式。通过这些创新应用，企业能够进一步提升生产效率、降低运营成本，并提升市场竞争力。

结语

随着5G技术的不断发展和应用，山东工业转型将持续深化，5G工厂和工业互联网将在山东工业中发挥更加重要的作用，推动山东工业实现高效、智能和绿色的生产模式，促进产业提质增效和升级。为了更好地推动工业转型，山东应充分利用“政策红利”，加大投入力度，加强5G网络基础设施建设和工业互联网平台建设，鼓励企业加强技术创新和人才培养，积极探索更多创新应用场景，推动山东工业向高质量发展迈进。

通信世界全媒体

关于低空经济产业发展的若干思考

通信世界

■ 广东省电信规划设计院有限公司 姜玉泉 阮晓楠
广州市中蕴讯管理咨询有限公司 陈薇

随着低空经济成为国家战略性新兴产业，全国已有20多个省（市、区）将低空经济纳入政府工作报告，抢抓低空经济产业高质量发展的战略机遇期，把握黄金“窗口期”，向天空寻发展，向低空要效益，加快构建低空经济产业集聚创新发展生态已成为社会共识。拥有万亿级市场空间的低空经济，无疑将成为我国经济发展的新引擎和新增长极，对于推动我国产业结构升级、构建现代产业体系、加快发展新质生产力具有重要意义。

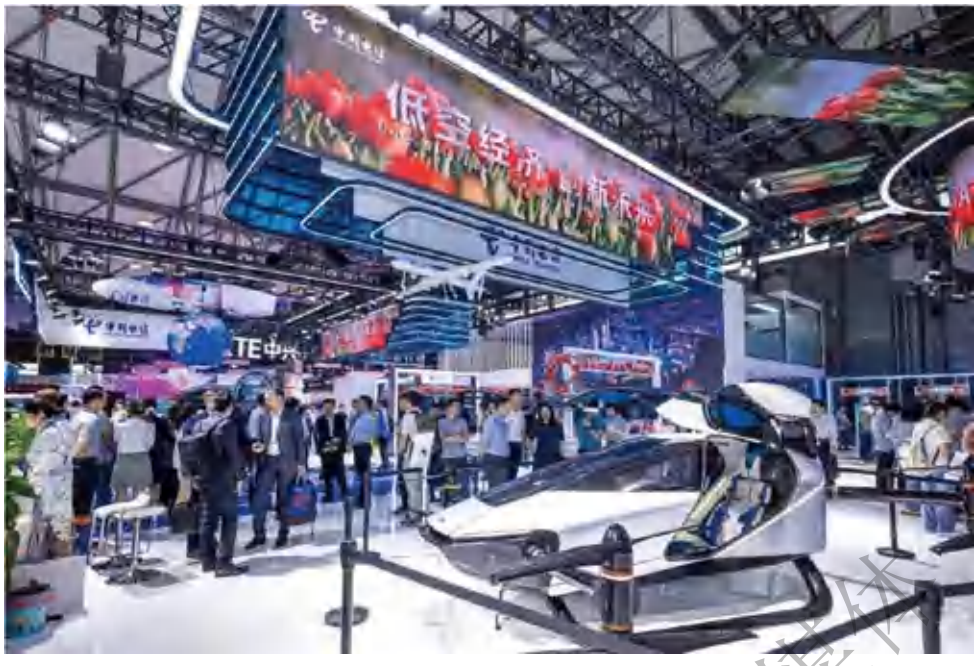
然而，面对当前如火如荼的低空经济产业发展态势，我们应坚定而不盲目，应推进特色发展而不千篇一律，应坚持统筹而不蜂拥而上。在低空经济火爆、言必谈低空的现今，我们从顶层规划、基础设施、数据赋能、平台服务、集群发展等方面提出若干思考，以期对我国低空经济产业高质量长远发展提供参考。

规划先行，系统化布局

我国政府将低空经济纳入战略性新兴产业，提出打造新增长引擎，将其打造成为新质生产力的代表，这体现出党中央、国务院对低空经济重要性的深刻理解和充分认识，为低空经济产业高质量发展提供了总体指引和根本遵循。

当前，全国多个省市纷纷出台低空经济产业高质量发展实施方案，开始先试先行，抢占发展先机和先发红利，致力于打造低空经济产业制高点。但空域管理、飞行安全、标准规范、法律法规等诸多问题依然悬而未决，特别是缺乏对

编辑丨孙天 suntian@bjxintong.com.cn



主要指标全面而有效的统计和分析，产业监管与服务、产业规模与效益等难以准确计量和把握。

顶层规划是推进低空经济产业高质量发展的关键，应坚持规划先行与统筹引领，紧密围绕低空经济全产业链，结合自身发展基础与实际，系统化布局低空经济相关产业，避免无序扩张、野蛮生长。一是高起点规划。原则上，应由省级政府加强顶层规划和统筹设计，从战略高度保持地方与中央的方向一致和政策协同，从实施视角保持省内地市间的互联互通和协同发展，从而提高各类产业资源的利用率，避免盲目投资、重复低效建设，既要保证自上而下政策的顺利对接和高效落实，又要确保产业发展的市场活力、创业激情得到充分发挥。二是高标准推进。重点推进低空经济产业监管与服务体制，以及数据、应用与服务等标准规范体系的建立与完善。无规矩不成方圆，无序发展将引发混乱，只有充分明确产业链各方的“责权利”，才能引导产业走向健康、稳定、可持续发展的康庄大道。三是高规格服务。由省级政府部门负责统筹建立统计指标体系和监管服务平台，加强对低空经济产业发展关键指标的统计分析和研究服务；同时，支持并指导低空经济产业联盟的组建，鼓励制定产业通用相关标准、明确产业发展相关指标数据，为政策的制定和调整提供依据，搭建政府与企业、高校、科研院所沟通交流的桥梁。

夯实基础，体系化建设

低空基础设施既包括通用机场、飞行器起降场（点）、无人机巢等传统基础设施，也包括空天地一体化网络、智算中心、物联网等新型基础设施。低空经济对基础设施的要求比其他经济形态都要高，不仅涵盖多机型、多场景、多业态，还要保障各类低空飞行器存放、起降、充电、维保等功能实现。当前，我国低空经济基础设施严重不足，基于产业发展需要，应建设安全高效、互联互通的基础设施体系，打造一片智能网联天空。

基础设施是支撑低空经济高质量发展的关键底座。重点夯实低空经济产业基础设施体系，制定低空经济基础设施建设专项规划，适度超前规划和建设，以满足低空经济产业发展的需求，避免出现“无源之水、无本之木”，促进低空经济的健康、高效和可持续发展。一是加快建设“设施网”，统筹规划和布局建设小型起降点、中型起降平台、大型起降场，形成多场景、多主体、多层次、有人机与无人机兼顾的起降网络，考虑区域特点和需求，确保起降场的合理布局。二是加快建设“空联网”，建设并完善通信、定位、导航、监控基站等信息基础设施体系，打造完整的起降服务网络，保障基础设施运行和低空航空器飞行安全。

聚焦数据，数字化赋能

大数据已经成为数字经济时代的生产要素，广泛渗透到经济社会各行业，加快形成新经济范式，推进千行百业的数字化转型。当前，低空经济产业发展大多聚焦于管理机制、产业规模、基础设施、创新能力、应用规模等层面，而对于低空大数据的采集、汇聚、存储、治理、应用及服务关注不足。我国低空经济发展应坚持走产业数字化之路，加快推进低空大数据与传统产业深度融合发展。

数据赋能是推动低空经济高质量发展的“应有之义”。充分依托低空经济服务与管控一体化平台，围绕低空经济领域大数据全生命周期，高效整合低空企业信息、场景应用需求信息、飞行信息、航线信息、地理信息、作业信息等多维度、多领域大数据，建设产业大数据库，开展数据治理，形成低空经济产业大数据资产。一是加强数据采集，规划部署高精度的传感器和监测设备等，

通信世界全媒体

实时收集交通、气象和地理等关键数据，确保数据采集的全面性和准确性。二是优化数据存储，充分利用本地存储服务，制定高效、灵活的数据存储解决方案，保证数据安全性和访问速度，为更加深入的数据分析和应用奠定基础。三是强化数据治理，制定严格的数据管理规范，包括数据清洗、标准化、分类和元数据管理等，确保数据的一致性和准确性。四是加强数据应用，将数据分析结果应用于相关产业及场景，助力各行业数字化转型。

统一出口，平台化服务

2024年1月1日，我国正式实施《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》，对无人驾驶航空器全生命周期进行规范，为我国无人机产业高质量发展提供了法治保障。落实低空飞行器管理相关要求，迫切需要建设低空经济服务与管控一体化平台，从而加强低空通信、导航、监管等方面的保障能力，促进低空空域的合理开放和低空经济产业的规模发展。

统一平台是推动低空经济高质量发展的核心载体。通过建设低空经济服务与管控一体化平台，提供与其他空域管理相关系统对接服务，实现空域管理机构对低空飞行器“看得见”“叫得到”“管得住”，随时随地掌握空中动态，打造低空经济发展的数字枢纽、指挥中心和“智慧大脑”。一是提供审批服务，全面实现低空飞行器ID验证、飞行记录、飞行计划审批信息管理与对接服务等数字化流程的搭建。二是进行飞行管控，实现空域监控预警、空中交通风险识别、非合作飞行器处置、空中交通风险处置、飞行协调管控等重要能力，以及设施管理调度、跨城交接系统、跨城交换与监管系统等运行管理相关功能。通过对监测、定位设施回传的实时数据进行分析，识别空域所有在飞飞行器，提出“黑飞”处置相关建议。

链式集聚，集群化发展

低空经济产业链条长、涉及行业多，涵盖低空飞行器研发制造、飞行基础设施建设运营、飞行服务保障、产业服务与应用场景等，是辐射带动相关行业领域融合发展的综合性经济形态，对构建现代产业体系意义重大。坚持“补强产业链、打造产业集群”的发展思路，通过规划先行、要素保障、政策支持、创优环境、补齐及补强产业关键短板，支撑低空经济产业高质量发展。

集群发展是推动低空经济高质量发展的必由之路。当前，我国低空经济产业初步形成相对完整的产业链、生态圈，但基础设施尚不完善，产业基础较为薄弱、企业数量少且规模小、市场开发力度不足、消费市场亟待打开、市场竞争力不强等问题突出，严重影响低空经济产业的整体效率和发展质量。对此，一是加强产业园规划和建设，促进产业集群化和跨产业融合发展。充分整合低空经济产业链资源，以产业园区和重大项目为和依托，以产业链、供应链的稳定为抓手，推动产业链上中下游企业的集聚协同发展，形成产业发展合力。二是加强产业人才引进和培养，坚持“人才是第一资源”的理念，强化政府、企业与高等教育机构、职业学校、科研院所的深度合作，促进产学研协同发展，强化产业人才的引进、培养和储备，为产业高质量发展提供坚强的人才保证和广泛的智力支持。三是加强产业供需对接，充分依托产业联盟等机构，发挥其桥梁和纽带作用，促进中央与地方、区域间的协同和联动，形成发展合力。四是完善金融服务体系，以重大项目吸引政策性基金、商业投资机构和社会资本等多元金融主体，构建融资平台，创新金融服务模式，提高资金使用效率。

聚焦低空经济产业高质量发展，不断强化对低空经济产业发展的深刻理解和充分认识，加快设置工作专班，打造合作共赢、融合开放的产业生态，促进产业链、创新链、供应链和价值链畅通融合，加强产业重大项目的系统谋划和总体布局，充分落实国家、各省关于低空经济产业高质量发展的总体部署，高起点规划一批重大项目，统筹推动低空经济与相关产业融合创新发展，切实发挥低空经济产业附加值高、产业链长、辐射面广、带动力强等优势，全面助力经济社会协调、可持续发展。

通信世界全媒体

编辑丨舒文琼 shuwenqiong@bjxintong.com.cn

数据资产价值化入表的实践与挑战

■ 中国联合网络通信有限公司泉州市分公司 黄钦泓 陈婷

在数字化浪潮的推动下，数据要素的重要性不断攀升。为优化数据资源配置，推动其高效利用，国家层面出台了一系列政策措施。2023年8月，财政部颁布《企业数据资源相关会计处理暂行规定》（财会〔2023〕11号），明确了企业数据资源的会计处理标准，实现了“数据资产入表”的里程碑式进展。2023年10月，国家数据局正式揭牌，标志着我国数据管理迈入全新纪元。此外，国家数据局等17个部门制定了《“数据要素×”三年行动计划（2024—2026年）》，旨在探索数据资产管理模式，促进数据资产的合规、高效流通与利用。同时，财政部还发布了《关于加强数据资产管理的指导意见》，为数据资产的管理与利用给出了明确的指导方向。

数据资产入表的现状及挑战

随着信息技术的日新月异，数据已然成为现代社会和企业运营中不可或缺的核心要素。从商业决策到战略规划，从产品开发到客户服务，数据无处不在，其价值和影响力日益彰显。然而，与物质资产和金融资产相比，数据资产的管理与评估仍处于相对滞后的阶段。因此，将数据资产纳入财务报表或管理报表中进行量化、评估和管理，即数据资产入表，已成为亟待提上日程的重要议题。

历程回顾

随着国家对数据管理的深入探索和布局，数据要素在经济发展中的作用日益显著。自2019年十九届四中全会首次提出培育数据要素市场，“数据”这一新兴生产要素便被纳入国家发展战略。随后，《关于构建更加完善的要素市场化配置体制机制的意见》《“十四五”大数据产业发展规划》《要素市场化配置综合改革试点总体方案》等文件陆续颁布，逐步明确了数据要素市场的具体规则，建立了数据确权、交易流通、跨境传输和数据安全等方面的基础制度和规范。至2022年，国家统筹推进数据确权、流通交易、收益分配和安全治理，构建了数据基础制度体系，并发布了《关于构建数据基础制度更好发挥数据要素作用的意见》（简称“数据二十条”），进一步推动了数据要素市场的建设。2023年8月，财政部发布了《企业数据资源入表会计处理暂行规定》，首次将数据资源纳入企业会计核算体系，明确了数据资产入表的标准和要求。

“数据二十条”为数据确权和数据资产化提供了全面的支撑。首先，它明确了“数据三类”概念，即公共数据、企业数据和个人数据，为数据的分类管理提供了清晰的框架。其次，通过确立“数据三权”，即数据资源持有权、数据加工使用权和数据产品经营权，将数据所有权、使用权和经营权明确界定，为数据确权奠定了坚实基础。在数据资源化方面，“数据二十条”推动了数据从原始形态向有价值资源的转化，并通过数据分析、挖掘等手段进一步形成数据产品，为企业创造经济利益。最终，数据资本化使得数据资产成为投融资、控股、参股等经济活动的关键标的，实现数据资产的优化配置和价值最大化。“数据二十条”不仅为数据确权提供了明确指导，也为数据资产化、资本化注入了强大动力。

价值意义

数据资产入表在国家和企业层面均具有深远意义。对于国家而言，它能有效推动数字经济的蓬勃发展，完善资本市场的监管体系，并有力促进国家

通信世界全媒体

数据战略的落地实施。对于企业而言，数据资产入表不仅有助于提升其整体价值，还能优化资源配置，提高决策效率，激发企业的创新活力。

1.国家宏观层面

助力“土地财政”向“数据财政”转型。随着数据经济的崛起，传统“土地财政”逐渐向“数据财政”转型。“数据财政”通过促进数据资源的有效利用和交易，为政府提供新的财政收入渠道，展现了巨大的发展潜力。

提升公共数据效益。政府及地方国企拥有庞大的公共数据资源，这些资源具有巨大的开发潜力。合规的开发和应用，可以显著提升公共数据的效益，推动数据经济蓬勃发展，并助力政府实现从“土地财政”向“数据财政”的转变。

数据交易助力税收增加。企业间数据资产交易有助于提升数据市场活跃度并规范数据市场发展，随着数据交易的日益活跃，政府的所得税和流转税税源将得以增加，从而为政府提供更多的财政支持。

缓解政府负债压力。“数据财政”的发展有助于减轻政府的负债压力，通过数据交易和资产规模的扩大，政府可以直接增加收入，改善债务状况或提升发债能力，从而增强政府的财务稳定性。

激活市场和吸引投资。中国作为全球数据产业的重要阵地，拥有众多超大型数据中心和繁荣的数据交易市场。“数据财政”的发展将进一步激发市场活力，吸引更多高科技及数据密集型企业参与，推动相关产业快速发展，为经济增长注入新的活力。

2.企业微观层面

准确反映企业价值。数据资产入表能够更准确地体现企业的真实价值。通过将数据资产纳入财务报表，企业能够向投资者、债权人全面展示其经营和财务状况，从而增强市场竞争力。

优化数据资源配置。数据资产入表可助力企业更有效地管理和利用数据资源。通过确认、计量、记录和报告数据资产，企业能够更清晰地掌握数据资产的来源、分布和价值，进而优化资源配置，提升数据资源利用效率。

提升决策效率与准确性。数据资产入表可为企业提供更加准确、全面的数据信息支持。企业可以利用这些数据信息进行市场分析、风险评估和决策制定，从而提高决策效率和准确性。

激发创新发展潜能。数据资产入表有助于企业发掘新的商业机会和创新点。通过对数据资产的深入分析和挖掘，企业能够洞察潜在的市场需求、客户行为和竞争态势，从而推动企业的创新发展。

管理挑战

将数据资产纳入企业财务报表，可以真实反映数据的价值及贡献，但该过程面临着十方面核心挑战。

挑战一：定义与识别。如何精确界定数据资产并加以识别与计量，成为数据资产入表的首要问题。数据资产形式多样，包括结构化、非结构化和实时数据等，因此需明确其范围与边界。

挑战二：估值方法。数据资产估值是入表的关键。鉴于其非物质性、可复制性和价值波动性等特点，需采取合适的估值方法，如成本法、市场法和收益法，以准确反映其价值。

挑战三：计量标准。确定数据资产的计量标准至关重要，包括计量单位、基础和方法。这些标准应反映数据资产的实际价值和贡献，并符合财务报表编制要求。

挑战四：会计处理。数据资产的会计处理涉及确认、计量、记录和报告等环节。需明确处理方法和程序，确保数据资产的准确性和可靠性。

挑战五：权属问题。数据资产的权属关系需明确，包括所有权、使用权和收益权等。这有助于确保数据安全稳定，促进数据合理流动和配置。

挑战六：质量问题。数据资产的质量影响其价值和贡献，需关注数据的准确性、完整性、一致性和可用性，确保数据有效可靠，避免误导决策。

挑战七：安全与隐私保护。在数据资产的整个生命周期中，需采取安全措施和隐私保护策略，确保数据安全和隐私不被泄露。

挑战八：管理与治理。企业需要建立健全数据资产管理与治理机制，包括组织架构、制度和流程，以实现数据资产的有效管理和合理利用。

挑战九：交易与流转机制。企业需要构建合理的数据资产交易和流转机制，包括定价、交易方式和结算方式等，以促进数据资产的合理流动和配置。

挑战十：监管与合规性。企业需要遵守相关法律法规和监管要求，确保数据资产的合规性和合法性。同时，加强内部监管和风险控制，避免数据资产的风险和损失。

一项系统化的工程

数据资产入表作为企业数字化转型的核心环节，具有重要的战略地位。它不仅要求企业精确识别和科学计量数据资产，还要构建一套完善的数据治理体系，以确保数据资产的质量与安全。通过深度挖掘和评估数据资产的价值，并将其纳入财务报表，企业能够充分释放数据资产的巨大潜能，推动业务创新与发展。同时，持续优化的数据资产管理制度将成为企业稳固发展的数字基石，引领企业在数字经济时代破浪前行，实现长远的商业价值和广泛的社会影响力。

通信世界全媒体

编辑丨舒文琼 shuwenqiong@bjxintong.com.cn

企业数据资产管理是一项全面系统的工程，涵盖从数据资产登记确权、流通交易与金融化，到会计处理和管理的每一个环节。首先，通过对数据资产进行采购、评估、分类和确权，确保资产的合规性，并明确其价值。其次，借助多样化的交易方式和金融化策略，促进数据资产的高效流通，实现其价值最大化。最后，在会计处理和管理阶段，科学合理地确定数据资产的会计处理路径，确保其在财务报表中得到准确披露。在此过程中，企业需要与数据源、数据处理机构、知识产权机构、评估机构、律师事务所、银行以及其他金融机构紧密合作，共同推动数据资产的合规利用和价值创造，为企业长期发展提供稳固的数据支撑。

具体来看，企业数据资产入表通常包括五大关键步骤。第一，进行全面的数据资产盘点，梳理企业所拥有的数据资产，并明确其来源和权属。第二，进行数据价值分析，科学评估其经济价值，为企业决策提供有力支持。第三，确保数据资产的合规性，避免潜在的法律风险。第四，进行精确的数据成本计量，包括采集、传输、存储等各个环节的费用。第五，按照相关法规和会计准则要求，将数据资产纳入财务报表，并提供透明、可靠的数据资产信息，为投资者和其他利益相关者提供决策参考。

成功案例解析

案例一：城投率先实现数据资产入表

截至2024年3月，全国已有城市建设投资公司（简称“城投”）的13家地方单位或下属企业成功实现数据资产入表，这些数据主要来自于公交、供暖、供水等公共服务领域（见表1）。

数据资产入表对于城投企业的财务报表改善具有显著作用，通过纳入这些资产，企业的财务杠杆水平得以降低，有望为未来增加更多融资案例奠定基础。然而，在此过程中，数据资产的确权、价值评估、合规性和安全性等问题仍需得到妥善解决。

现有融资模式挑战。2024年第一季度，国有土地使用权出让收入达到8147亿元，同比下降6.7%。近年来，城投公司从地方政府获得大量土地，然而由于地价下滑和土地交易困难，城投公司的资产负债表面临收缩压力，亟需新的资产来源加以补充。

未来融资模式展望。数据资产入表对于地方政府融资平台（城投公司）而言具有里程碑式的意义。首先，能够直接改善企业的财务报表，通过增加资产规模，有效降低财务杠杆水平，进而提升企业的财务稳健性和信用评级。其次，数据资产的纳入有助于扩大地方融资平台的资产规模，从而增强企业的市场竞争力，提高融资能力，为未来的持续发展奠定坚实基础。

案例二：青岛华通实践“数据资产入表八步法”

2024年1月，青岛华通集团成功将公共数据与社会数据治理相融合的“企业信息核验数据集”列入“无形资产-数据资源”科目，并计入企业总资产，成为青岛市首个实现数据资产入表的实践案例。该过程遵循了严谨的“数据资产入表八步法”，确保各环节有制度可依、有标准可循。

第一步，数据梳理。技术、财务、运营等多个部门协同工作，共同梳理出具有潜在价值的数据资源。

第二步，项目立项。经过初步研判，形成详细的项目可行性研究报告，为后续工作奠定坚实基础。

第三步，数据治理。以企业违法违规失信信息为核心，构建“企业信息核验数据集”，确保数据的准确性和有效性。

表1　2024年第一季度部分城投数据资产入表概况

序号	省份	披露日期	企业名称	资产内容
1	山东	1月1日	青岛华通国有资本投资运营集团有限公司	公共数据融合社会治理的数据
2	天津	1月1日	天津市河北区供热燃气公司	供热数据
3	广东	1月1日	广东省交通集团有限公司	高速公路相关数据
4	四川	1月1日	成都产业投资集团有限公司	公共数据服务平台运行产生的数据
5	江苏	1月2日	无锡市梁溪经济发展投资集团有限公司	未披露
6	四川	1月5日	成都市金牛城市建设投资经营集团有限公司	智慧水务监测数据
7	福建	1月19日	泉州交通发展集团有限责任公司	泉数工采通数据集
8	北京	1月23日	北京亦庄投资控股有限公司	“双智”协同数据
9	南京	1月25日	南京公共交通(集团)有限公司	700亿条公交数据
10	南京	1月26日	南京扬子国资投资集团有限责任公司	企业用水数据
11	河南	2月2日	许昌市投资集团有限公司	智慧停车应用场景数据
12	江苏	2月19日	江苏盐城港控股集团有限公司	集装箱码头生产操作系统数据等
13	天津	3月1日	天津临港投资控股有限公司	两项数据资产

通信世界全媒体

第四步，项目验收。研发、财务、业务部门共同参与，对治理后的数据集进行验收，形成数据资产验收单，确保产品质量。

第五步，合规审查。聘请专业律师事务所进行数据资源的合规性审查，形成详尽的数据合规报告，确保数据使用的合法性。

第六步，资产登记。由青岛数据资产登记评价中心颁发数据资产登记证书，正式确认数据资源的资产属性。

第七步，价值评价。在《数据资产价值与收益分配评价模型》标准的指导下，进行数据资产的价值评价，并出具评价报告，为实现数据资源的经济价值提供明确方向。

第八步，财务入账。将“企业信息核验数据集”正式确认为企业资产负债表中的“资产”项目，并计入企业总资产，实现数据资源的财务化管理。

案例三：南京城建集团构建数据资产入表体系，推动行业赋能

2024年3月13日，南京市城建集团举办了“数据资产专题发布暨数据资产化服务签约”活动。发布了江苏省首单停车行业数据产品——南京“宁停车”特许经营停车场停车行为分析数据产品。该产品涵盖了市城建集团自主运营的21个停车场相关信息，数据总量超过百万条，为停车行业提供了宝贵的分析资源。同时，南京市城建集团还发布了《数据资产化服务标准体系手册1.0版》，为数据资产的规范化和标准化管理提供了重要指导。此外，集团还与省内外多家国企平台签订了战略合作协议，与多家市属国企签订了数据资产服务框架协议，以推动数据资产的共享和应用。

值得一提的是，南京市城建集团与南京公交集团、南京智慧停车有限责任公司分别签订了数据资产运营合作框架协议，为其进一步拓展业务市场、推动行业赋能奠定了坚实基础。

未来展望

长远来看，数据要素无疑是未来“黄金”发展期的战略基石。数据资产入表的确立，不仅标志着数据资源正式转化为企业资产并进行准确计量，而且解决了长期以来数据作为非物质资产被低估的问题，实现了数据从自然资源到经济资产“质的飞跃”。这一变革为企业带来了前所未有的机遇，同时也为社会数字化转型注入了强大的动力，成为企业长期发展和市场价值提升的关键动力。

空间

数据资产入表是市场扩张、经济增长及企业核心竞争力提升的重要趋势和战略高地。在数字化浪潮中，数据已成为企业决策的核心，对于创新、运营优化和市场拓展至关重要。将数据资产纳入财务报表不仅真实反映了数据价值，也体现了企业积极拥抱数字化时代的决心。正如上海数据交易所总经理汤奇峰所言，数据资产入表有望为社会创造高达100万亿元的新增资产规模。东吴证券分析师王紫敬也认为，数据资产市场潜在总规模达数十万亿元，有望成为新的经济增长点。

机遇

深入整合与利用数据资产是企业实现跨越式发展的关键。通过精准的数据价值评估，企业能够挖掘数据背后的巨大潜力，洞察市场趋势，发现新的增长点，并据此制定更具针对性的市场策略。同时，数据资产的流通与交易将促进资源的优化配置，构建开放、透明、高效的数据市场，进一步推动数据经济的繁荣发展。这不仅将为企业带来巨大的商业价值，还将增强其社会影响力，助力企业在激烈的市场竞争中保持领先地位，实现跨越式发展。

挑战

数据资产的估值问题成为当前亟待解决的重大挑战。由于数据的特殊性，其估值方法与传统资产大相径庭，需要跨行业、跨领域的专家学者共同探索科学合理的估值体系。同时，随着数据资产价值的凸显，其安全保护的重要性也日益突出。企业和社会必须共同努力，确保数据资产的安全、完整和可用性，防范数据泄露和滥用风险，维护数字经济的健康发展。

应对

面对数据资产估值和安全的双重挑战，我们必须采取有力措施。在估值方面，加大研究力度，建立符合市场需求、科学可靠的数据资产估值体系，提升估值的准确性和市场认可度。同时，学习国外先进经验、加强国际交流，推动数据资产估值的国际标准化进程。在安全方面，高度重视数据资产的安全保护，加大安全技术投入，采用先进的安全防护手段。在制度保障方面，加强法律法规建设，完善数据保护制度，为数据资产提供有力的法律保护。

为确保数据资产入表的顺利实施和长远发展，需要构建一个全方位的支持体系。政府应制定精准的政策措施，提供资金支持和税收优惠，激励企业积极参与。同时，加强数据资产管理人才的培养和引进，提升行业专业素养。推动数据资产交易的规范化和市场化进程，建立健全交易平台和市场机制。加强国际合作与交流，借鉴国外先进经验和技术，推动数据资产入表的国际化发展。通过一系列措施，为数据资产入表的深入发展奠定坚实基础，为企业和社会创造更大价值。

通信世界全媒体

编辑丨王涛 wangtao@bjxintong.com.cn

点亮“数智”经济
5G-A驱动产业升级

■ 中国移动通信集团黑龙江有限公司 陈文武

5G-A（5G-Advanced）被称为“5G网络发展的‘下一跳’”，是5G走向6G的关键一步。它在连接速率、网络时延、定位精度等方面的性能均比现有5G提升10倍以上，原来受限于通信网络基础设施的诸多产业，将借助5G-A的“架梯搭台”与AI协同，勇攀新“高峰”。

棋至中盘，5G-A发展“正当时”

2019年，全球5G商用拉开帷幕。得益于积极的产业政策、快速的网络部署和深入的应用拓展，5G生态迅速繁荣。商用五年来，全球5G用户规模突破15亿户，相当于4G用9年时间实现的发展成果。同时，5G以20%的全球移动用户占比，贡献了30%的移动流量与40%的移动业务收入。

如今，5G正走在通往商业成功的道路上。数据显示，仅在中国，5G移动连接数就已超8亿，到2024年底，这个数字将超过10亿，占中国所有移动连接的半数以上。随着5G“棋至中盘”，逐渐丰富的多模态业务需求驱动着5G迈向5G-A。

“5G技术虽然能应对现阶段市场的大众应用，但新兴高端应用正在兴起，5G还不能适应。”中国工程院院士邬贺铨指出，在消费应用方面，3D和VR/AR在产品成熟性、市场接受度方面落后于5G，而且VR/AR自身生态的问题掩盖了5G在带宽与时延上的短板。实际上，现有5G还不能完全胜任VR/AR体验的需求。

邬贺铨同时强调，作为5G的主要应用之一，工业互联网目前在机器视觉、遥控机器人方面的应用效果比较好，但在离散制造和流程制造的生产线应用方面，表现不尽如人意。此外，现有5G还不能适应工业应用对大上行带宽、确定性时延、高可靠及精确定位的要求，对车联网应用而言亦是力有不逮。

由此可见，发展5G-A既是技术进步的必然选择，也正当其时。今年以来，我国5G-A技术迎来多个里程碑式的突破。3月28日，中国移动在杭州全球首发5G-A商用部署，公布了首批100个5G-A网络商用城市名单，并宣布计划于年内扩展至全国超300个城市，从而建成全球规模最大的5G-A商用网络。

与此同时，国内其他运营商也纷纷推动5G-A应用的落地。在山东，为应对“五一”期间“人从众”场景下的网络高负荷，中国联通提前筹划，采取了诸多信号补强和容量扩大措施，验证并部署了5G-A热点业务保障方案，以优质的网络体验为用户出行和畅游保驾护航，激活山东各地文旅市场的新活力。

直播经济的蓬勃发展对5G网络的上下行体验均提出了较高的要求。在广东，中国电信选择了“3.5GHz+2.1GHz”双频8T8R 3CC的5G-A建网方案，并在深圳部署了1000个3CC小区。测试结果表明，3CC网络部署后，用户体验提升254%，容量提升200%以上，用户可以畅享直播、高清视频、云游戏等业务。

不仅于此，当前全球通信运营商和设备商都在5G-A领域积极布局、持续创新。2024年世界移动通信大会期间，超过60家运营商、设备商共同提出了“拥抱5G-A商用元年”倡议。目前，全球已有至少15家运营商发布了5G-A商用计划。

“一虾两吃”，焕新千行百业

随着5G发展“上半场”的结束，电信业面临5G用户增长放缓、流量业务增量不增收、杀手级应用尚未出现等挑战，而5G-A承载了产业链更多“热望”。

“5G-A将成为支撑我国数字经济

通信世界全媒体

高质量发展的中坚力量。”中国通信标准化协会理事长闻库言道，5G-A不仅是5G技术的增强，还引入了无源物联、内生智能、通感一体等“新技能”，重塑5G多维能力，在最大化5G网络使用效率的同时，取得 “一虾两吃”的效果。

2024年，“发展低空经济”被纳入政府工作计划，相关法律法规陆续完善，地方配套政策相继出台。业内人士预计，到“十四五”末，我国低空经济对国民经济的综合贡献值将达到3万亿~5万亿元。

“要想富，先修路”，低空经济的规模化发展需要以低空新型基础设施建设为前提。区别于地面交通实体化的道路，低空新型基础设施必然是以通信网络为基础的“数字之路”“网络之路”。5G-A网络凭借广域覆盖、低时延、安全可靠等优势，能够有效满足低空飞行业务“飞得了”“飞得远”“飞得稳”的需求。加之5G-A新增的通感一体能力，使基站不仅能提供蜂窝移动通信服务，还叠加了类似雷达的功能，从而具备高精度的感知能力，因此5G-A成为低空经济最为理想的网络模式。

5月，中国移动在南京民用无人驾驶航空试验区，依托5G-A通感技术对编队飞行的十余架无人机进行精准监测与控制。多目标立体监测的成功实践，标志着未来“高密度、高频次、高复杂度”的低空飞行模式有了明确的发展方向。

在赋能低空经济发展之外，5G-A的通感一体能力也可运用于港口船舶监测、车辆管理等领域，提升监测能力、管理效率及物流效率。2月，在上海浦东金桥智能网联汽车测试示范区，全球首条5G-A车联网示范路线顺利开通。路侧安装了毫米波雷达和摄像头，路况变化可实时呈现在车内屏幕上，就像为车辆赋予了“上帝视角”。

当5G-A新技术碰上“新赛道”，“新新”相遇，机遇无限。在物联网领域，5G-A的RedCap技术和无源物联网技术将支持更广泛的连接。在无锡，中国移动与海澜之家完成了全国首个5G-A无源物联智慧零售试点。相较于传统零售门店出入库、陈列、核查等环节对人工的高度依赖，海澜之家在应用江苏移动提供的组网并发、干扰消除、高效识别、低成本融合定位等关键技术后，门店实现全流程数字化管理。

由云向算，描摹数智新未来

实际上，人类社会的每一次跃升都离不开通用技术（GPT）的创新突破。而移动互联网的创新，则让数字经济驶入了发展“快车道”。

随着以大语言模型为代表的通用人工智能取得重大进展，AI由助力千行百业提质增效的辅助手段，升级为支撑经济社会转型不可或缺的基础设施和核心能力。而5G-A与AI相互促进、协同发展，将推动数字社会的加速到来。一方面，AI赋能，使得5G-A拓展更多可能性；另一方面，AI需求丰富，5G-A能给予有效支持。5G-A与AI共创新时代，将为产业带来新的发展机遇，创造新的商业价值。

中国移动董事长杨杰曾指出，5G-A与AI的融合协同，将引发算力基础设施的新一轮深层次、结构性重大变革，呈现算力多元化、算网一体化、全域AI化三大特点。驭势而行，中国移动开始了“由云向算”的战略重心转移与业务范围拓展。

在终端方面，中国移动计划在2024年联合产业链推出超20款5G-A终端，发展5G-A终端用户超2000万户。在生态拓展方面，中国移动将在全网范围内发放10000个5G-A商用礼包，打造100个5G-A示范厅店，打造100个5G-A行业应用标杆。

在算力方面，以大算力赋能大模型，构建“N+X”大规模智算基础设施。中国移动已打造一批千卡级、万卡级智算集群，以移动云为统一入口打造“算龙头”，赋能10余万行业用户数智化转型。其在呼和浩特投产的超大规模单体液冷智算中心，入选“央企十大超级工程”。

在算网方面，以光筑基畅通“大动脉”，建设高速算间网络。今年3月，中国移动贯通并商用全球首条400G全光省际骨干网链路，建成全球领先的SRv6承载网络，全面贯通八大算力网络枢纽节点，打造“1-5-20ms”三级时延圈，夯实算网智联底座。

在算数方面，以激活数据要素价值为核心，创新打造数联网（DSSN）。中国移动全面构建数据流通基础设施，提供一站式申请、开通数据流通专属算力网络功能，具备穿透式全流程存证监管能力，支持十亿级日交易订单，落地国家数据要素综合试验区“中国数谷”。

在“算脑”方面，以“AI+”赋能一体化调度，创新打造“算网大脑”。依托自研九天大模型，中国移动已实现智能编排，统一调度“通、智、超、量”多样化算力，突破亿级每日调度能力；支撑算力、网络、任务、应用感知全覆盖，落地AI交互式智能服务、“数据快递”任务式服务，打造长三角枢纽算力调度平台标杆，助力“东数西算”工程落地。

随着5G-A与AI的深度融合与发展，5G的应用场景更丰富、服务模式更智能、商业价值空间更广阔。在此过程中，不仅需要技术的不断突破和创新，更需要全球产业界的共同努力和合作。中国移动将通过“一体化算力网络领航数智产业行动计划”，携手产业链伙伴共同勾勒出美好的数智化未来。

通信世界全媒体

编辑丨孙天 suntian@bjxintong.com.cn

AI算力需求激增背景下
HBM市场发展分析

■ 中国信息通信研究院数据研究中心 张彦坤
中国信息通信研究院技术与标准研究所 陈敏

生成式人工智能和大模型技术的快速发展，拉开了全球大算力时代的序幕，科技巨头纷纷重金布局AI算力基建，促使AI处理器需求呈“井喷”态势。其中，HBM（高带宽存储器）作为核心器件，需求热度持续上升。全球HBM市场目前已形成SK海力士、三星电子和美光三足鼎立的态势。三大存储原厂积极布局HBM技术研发，推动产能扩张计划，在2024年陆续推出第五代HBM3E产品。纵观HBM全产业链，我国本土企业参与者寥寥无几。因此，我国HBM技术面临自主可控与市场竞争双重压力，亟待加快步伐，奋起直追。

HBM市场概况

随着人工智能尤其是生成式人工智能和大模型技术的快速发展，全球算力需求迎来爆发式增长。众多云计算厂商、大模型厂商纷纷加大AI算力基础设施建设的投资，因此AI处理器需求急速攀升，而作为其中关键器件之一的HBM需求也不断增长。

HBM属于图形DDR（双倍速率同步动态随机存储器）内存的一种，具有高带宽、高容量、低延时与低功耗等优势。它将多个DDR芯片堆叠在一起，再与GPU封装合成，通过增加带宽、扩展内存容量组成DDR组合阵列，以实现“让更大的模型、更多的参数留在离核心计算更近的地方”，从而降低内存和存储解决方案所带来的延迟。在AI大模型训练推理过程中，HBM可加快数据处理速度，因此更适用于ChatGPT等高性能计算场景。

从技术迭代上看，自2014年全球首款硅通孔HBM产品问世以来，已经从HBM、HBM2、HBM2E，发展至第四代HBM3和第五代HBM3E。数据显示，2023年HBM市场主流产品为HBM2E，NVIDIA A100/A800、AMD MI200以及多数CSPs自研加速芯片皆以此规格设计。为顺应AI加速器芯片需求演进，存储器厂商陆续在2024年推出新产品HBM3E，预计HBM3与HBM3E将成为今年市场主流产品。至于更高规格的HBM4，集邦咨询预计其有望于2026年推出。

随着AI等相关应用需求的激增，HBM市场规模也在大幅增长。数据显示，全球HBM营收规模到2025年将达到49.76亿美元，较2023年增长148.2%。未来，全球HBM内存市场将继续扩大，产能及市场份额也将持续提升。

三大存储巨头的竞争格局和技术路线

目前全球HBM市场高度集中，主要由SK海力士、三星电子和美光三家存储大厂主导，2022年其在HBM市场的占有率分别为50%、约40%和约10%。数据显示，2023年SK海力士市场占有率达53%，而三星电子、美光市场占有率分别为38%及9%。

技术路线及业绩表现

从存储大厂HBM布局路线来看，SK海力士作为HBM技术的先行者，早在2014年就与AMD合作开发了全球首款HBM。随后SK海力士又陆续成功研发出HBM迭代产品，分别在2016年、2019年、2021年以及2023年发布HBM2、HBM2E、HBM3和HBM3E产品。随着以ChatGPT为代表的生成式AI的持续火爆，AI服务器出货量的增长带动HBM需求大涨。在HBM和DDR5的支撑下，SK海力士在2023年第四季度率先迎来盈利。SK海力士2024年第一季度财报显示，DRAM业务收入占比为61%，公司凭借HBM等面向AI的存储器，实现营业利润环比增长734%。

三星电子针对HBM技术的研发虽晚于SK海力士，但直接从HBM2起步，于2016年推出HBM2产品，2020年2月推出HBM2E产品，2021年2月推出了HBM-PIM（存算一体），实现了内存半导体和AI处理器的合二为一，其HBM3也于2023年量产。2024年2月底三星电子发布首款36GB HBM3E 12H DRAM，这是三星电子迄今为止容量最大的HBM产品。目前，三星电子已开始向用户提供HBM3E 12H样品，预计于今年下半年大规模量产。

美光科技于2016年推出首款

通信世界全媒体

HBM2方案，随后选择跳过第四代HBM3，直接布局第五代HBM3E。2023年9月美光推出HBM3E，并于2024年2月26日宣布批量生产。随着HBM3E产品开始量产并供货于NVIDIA H200，美光有望在未来的GPU市场上取得更高占有率。财报显示，美光2024财年第二财季（截至2月底）已实现DRAM营收42亿美元，占总营收的71%。此外，美光2024财年资本支出预计在75亿美元至80亿美元间，高于去年资本支出和此前规划，主要是为了支持HBM3E的产量增长。

产能扩张计划

随着NVIDIA、AMD等厂商不断推出高性能GPU产品，三大存储原厂也在积极规划相对应规格的HBM量产。SK海力士公司今年4月正式宣布，为应对全球范围内快速增长的AI需求，公司计划投资19万亿韩元（约1000亿元人民币），扩大包括HBM在内的下一代DRAM产能。SK海力士已通过董事会决议，将位于韩国忠清北道清州市的M15X晶圆厂定为新的DRAM生产基地。SK海力士将投资约5.3万亿韩元用于厂房建设，并于4月底启动建设工程。

为扩大HBM产能，三星电子已于2023年底收购Samsung Display(三星显示）韩国天安厂区内部分建筑及设备，用于HBM生产。三星电子计划在天安厂建立一条新封装线，用于大规模生产HBM，该公司已花费105亿韩元购买以上建筑和设备等。

美光科技已于2023年11月初正式启用位于中国台湾的台中四厂。台中四厂将整合先进探测与封装测试功能，量产HBM3E及其他产品，从而满足人工智能、数据中心、边缘计算及云端各类应用日益增长的需求。该工厂已于2024年初开始大规模量产HBM3E。

下一步技术布局

围绕搭载于NVIDIA下一代AI芯片中的HBM3E，三大存储厂商展开了激烈竞争。美光、SK海力士和三星电子先后在2023年7月底、8月中旬以及10月初，向NVIDIA提供了8层垂直堆叠的HBM3E（24GB）样品。其中美光和SK海力士的HBM3E在今年初已通过NVIDIA的验证，并获得了订单；NVIDIA在3月中旬GTC大会上确认三星电子HBM 产品正处于验证阶段。

在角逐HBM3E的同时，三大存储原厂已开始布局下一代存储产品HBM4。SK海力士已宣布研发HBM4，并与台积电就HBM4的研发和下一代封装技术合作签署谅解备忘录，计划从2026年开始批量生产HBM第六代产HBM4。据悉，SK海力士将采用台积电的先进逻辑工艺来提高HBM4的性能，针对搭载于HBM封装内最底层的基础裸片进行优化。三星电子HBM团队计划于2025年推出HBM4，2026年实现量产。美光作为HBM市场后起之秀也在积极布局HBM4，计划在2026年至2027年间，推出容量在36GB到48GB以及12/16层垂直堆叠的HBM4产品，并于2028年推出带宽增加至2TB/s以上的HBM4E。

我国厂商参与HBM产业链情况

在“算力”需求催生“存力”的机遇下，我国厂商国产AI处理器水平稳步提升，对配套自主HBM供应链的需求也越发迫切。纵观整个HBM产业链，研发、制造涉及复杂的工艺和技术难题，包括晶圆级封装、测试技术、设计兼容性等，能入局的国内企业屈指可数。

目前，我国长电科技、通富微电和盛合晶微等一线封装厂商拥有支持HBM生产的技术和设备。在其余供应链上，芯片设计企业国芯科技已与合作伙伴基于先进工艺开展流片，并与上下游合作厂家积极开展包括HBM技术在内的高端芯片封装合作。紫光国微的HBM作为特种集成电路产品，目前还处于研发阶段。香农芯创作为SK海力士分销商之一具有HBM代理资质，未来将根据下游用户需求，在原厂供应有保障的前提下提供相应产品销售服务。上游材料企业飞凯材料生产的MUF（环氧塑封料）是HBM存储芯片制造技术所需材料之一，其中液体封装材料LMC已经量产并形成少量销售，颗粒填充封装料GMC尚处于研发送样阶段。兴森科技的FC-BGA封装基板可用于HBM存储的封装，但目前尚未进入海外HBM龙头产业链。

由此可见，我国仅有为数不多的厂商打入全球HBM供应链体系，且主要集中在上游材料环节，HBM产业链仍被海外厂商主导。

我国HBM发展建议

AI大模型的兴起催生了海量算力需求，未来在AI模型逐渐复杂化的趋势下，服务器的数据计算和存储需求将持续增长，算力的多寡也将成为制约一个国家AI发展的重要因素。国产AI算力当前面临先进制程产能、CoWoS封装与HBM三大瓶颈，HBM更是国产AI算力的重中之重。

当前HBM技术主要被美韩厂商把持，国产HBM正处于“0到1”的突破期。在我国高端GPU受限的情况下，无论从自主可控还是市场竞争角度，国产AI处理器的突破迫在眉睫，HBM的同步突围更需加快布局。建议从国家层面加强顶层设计，加大关键技术研发力度，协同产业链上下游共同实现HBM等核心技术突破，以早日实现高性能AI处理器的国产化。

通信世界全媒体

编辑 | 孙天 suntian@bjxintong.com.cn

智能体交互模式
大模型时代的新型交互范式

■ 中国移动研究院 刘阳

基于大模型的智能体交互技术不断进步，衍生出多样化的交互形式和应用场景，推动生产力加速革新。智能体交互技术的发展预示着生产力的大幅提升、创新能力的增强、多样化需求的满足以及产业结构的变革。然而，它也带来了众多挑战，需要我们积极而审慎地应对。

智能体交互将衍生出一系列新型交互方式

随着AI助理等新型交互形式的出现，智能体交互成为大模型时代的新型交互范式。智能体交互技术随着大模型的扩展也会不断发展，目前已具备多种形态，衍生出一系列新型交互方式和应用场景。智能体与人交互的形态可分为四类：单个智能体与人的交互；多个智能体与人的交互；人通过智能体与其他人或智能体交互，即“人-智能体-人/智能体（H-A-H/A）”交互；人各自通过智能体进行交互，即“人-智能体-智能体-人（H-A-A-H）”交互。

单个智能体与人交互的展望

单个智能体与人的交互主要分为两类。一是智能助理模式，智能体根据用户的指令，以助手的角色帮助用户执行各种任务，在大模型支持下智能体展现出超越人类的能力，能够高效地处理复杂任务。二是人与智能体协作模式，人与智能体共同确定目标，并以分工协作的方式完成任务，这种合作需要双方对目标形成共识，并通过协同取得满意的结果。两种模式的差异在于：智能助理模式是人类占据主导地位，给智能体下指令，而智能体响应这些指令并执行具体任务；相比之下，人机协作模式要求更高层次的互动和协调，智能体不仅是执行者，还是协作伙伴，与人类共同参与任务的规划和执行过程。

在智能助理模式中，智能体的各个流程环节都依托大模型，最终按照用户指令自主完成相关任务，帮助用户实现“所想所说即所得”。因此，这种模式具有更好的质量、更快的速度和更小的用户负担等特点。

智能助理模式未来的应用场景有四大类。一是通用智能助理，如承载于手机或其他电子设备上基于大模型的AI助理系统，它有可能取代现有的手机、PC操作系统。二是具备陪伴属性的智能助理，如健康助理、智能宠物等，其具备主动交互、情感交互的能力。三是面向特定人群的智能助理，如适老化通用智能助理、面向少年的陪伴助理等。四是具备具身智能的机器助理，如家用的养老机器人、工厂中的生产机器人等。大模型所带来的自主能力，不仅包含自主规划任务，还有自主执行空间操作，使智能体能够适应不同的任务环境，并具备出色的执行能力。

在“人-智能体协作”模式中，用户与智能体分工协作，完成既定的任务、解决复杂的问题，达到任何一方单独执行都无法达成的效果。人类在其中可以发挥方向指引、创造性思维、情感辅助、问题纠错等作用；智能体则可以发挥海量知识、快速计算、高效执行、精确操作、不知疲倦及不惧危险等优势。

“人-智能体协作”模式未来应用场景包括：辅助决策协作系统，如智能诊断、市场战略辅助决策等；辅助执行协作系统，如手术机器人、救援机器人、软件协作开发等；创意创新协作系统，如产品创新、专利撰写等；人机一体协作系统，如智能“外骨骼”、新型智能座舱等。

人机协作突破了大模型和智能体本身的限制，超越了原有“工作流”式的简单叠加协作方式，赋予了系统更深层次的理解和适应能力、更强的创新力、高效的决策制定能力、更为精确的情感与伦理判断能力，以及不断的自我迭代和优化的能力，实现“1+1远大于2”的新型交互。

通信世界全媒体

多个智能体与人交互的展望

多个智能体与人的交互与单个智能体相比，区别在于多个智能体在系统内的融合——“感知融合-处理融合-存储融合-通信融合-执行融合”。与单个智能体与人的交互类似，多个智能体系统与人的交互也主要分为两类：“人-多个智能体”交互模式和“人-多个智能体协作”模式。

在“人-多个智能体”模式中，多个智能体作为用户的智能助理与用户进行交互，智能助理通过多智能体融合的方式为用户提供远超单个智能助理的效果。

“人-多个智能体”模式未来的应用场景包括：日常生活、工作、娱乐等多智能体助理，如智能家居系统、智能办公室系统、智能娱乐系统等；复杂决策支撑，如市场、战略决策系统，它们能够提供多角度的分析、促进批判性思维、优化策略选择、适应变化、综合决策，从而提高决策的效率和质量。

在“人-多个智能体”的模式中，用户与多个智能体共同分工协作，均作为任务完成方之一共同合作解决问题。本质上类似多人协作，而智能体在其中扮演了类人或超人的角色，作出特殊贡献，从而产生远超简单叠加的效果。

“人-多个智能体协作”未来应用场景模式包括：共同协作模式，如团队编程、协同创作、在线教育、智能生产等；监督评价模式，如医疗手术协作、智能客服中心、金融风控、市场战略辅助决策等。

“人-智能体-人/智能体”交互的展望

在“人-智能体-人/智能体”交互过程中，用户通过智能体与其他人类或智能体进行交互，智能体在其中作为数字化身或者中间媒介进行交互。“人-智能体-人/智能体”交互模式主要有两类：数字化身交互模式（如图1所示）和中介交互模式。

数字化身交互模式将特定人类（或其他生物、智能体）的意图、价值观、兴趣、习惯、情感、偏好、形象、过往经历等各类特征赋值给智能体，智能体化身作为用户的“数字替身”，具备虚拟实体或物理实体的形式，采用类似或加强的被替代者特征，代替被替代者进行各种交互活动。用户采用数字化身交互模式，赋予自身特点和能力，屏蔽自己部分特征、隐私或缺点，让数字化身代替自身完成工作及陪伴等，做到“变身”“分身有术”；同时数字化身模式可以让智能体学习人类，促进智能体技术的发展，提升智能体在交互中的自然性和流畅性。

数字化身交互模式未来应用场景包括两个方面。一是虚拟化身，如“数字主播”、亲人陪伴“数字人”、“数字偶像”、“电子专家（医生）”等，能为用户提供近乎真实应用的依赖感、亲密感以及喜爱、温暖、信任等情感体验。二是物理实体化身，如替身机器人、替身无人机等，相比虚拟化身，实体化身具备物理外表、更强的物理世界感知和执行能力，进而具备“抚摸”“拥抱”等“物理情感”能力。

在中介交互模式中（如图2所示），智能体在两个人类用户之间充当中介角色，实现信息的传递、处理和反馈。中介交互为两个用户起到桥梁、协调的作用，智能体具备长时间在线、强记忆、自然语言处理、多语言理解及表达、意图识别、理解和推理、情感智能、风险探知等优势，方便两侧的用户更好地沟通和交互，促成用户之间的合作。

中介交互模式未来应用场景包括：实时中介交互，如国际合作辅助、医疗咨询辅助等；非实时中介交互，如文档协同编写、内容创作辅助、邮件自动处理等。

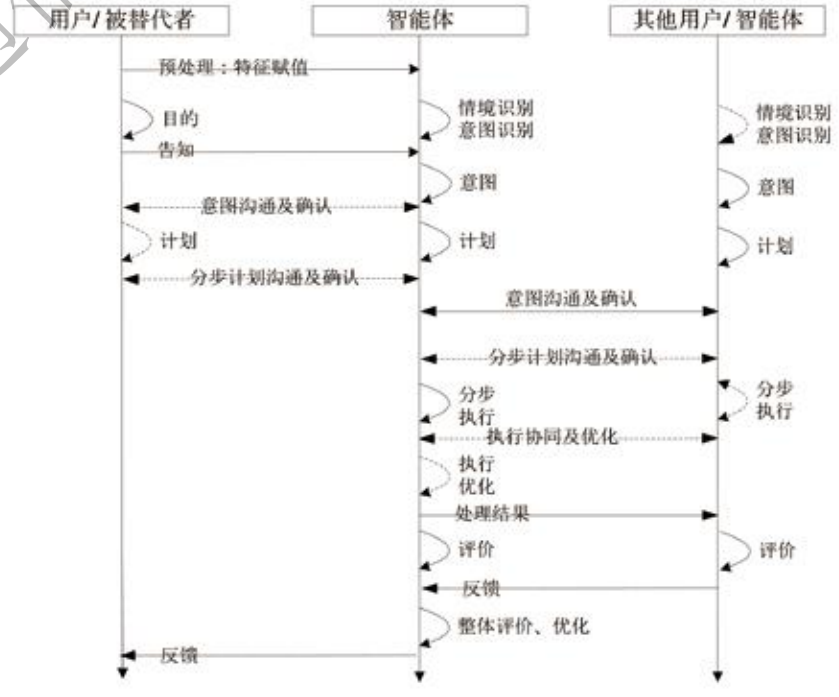


图1 数字化身交互模式

通信世界全媒体

编辑 | 孙天 suntian@bjxintong.com.cn

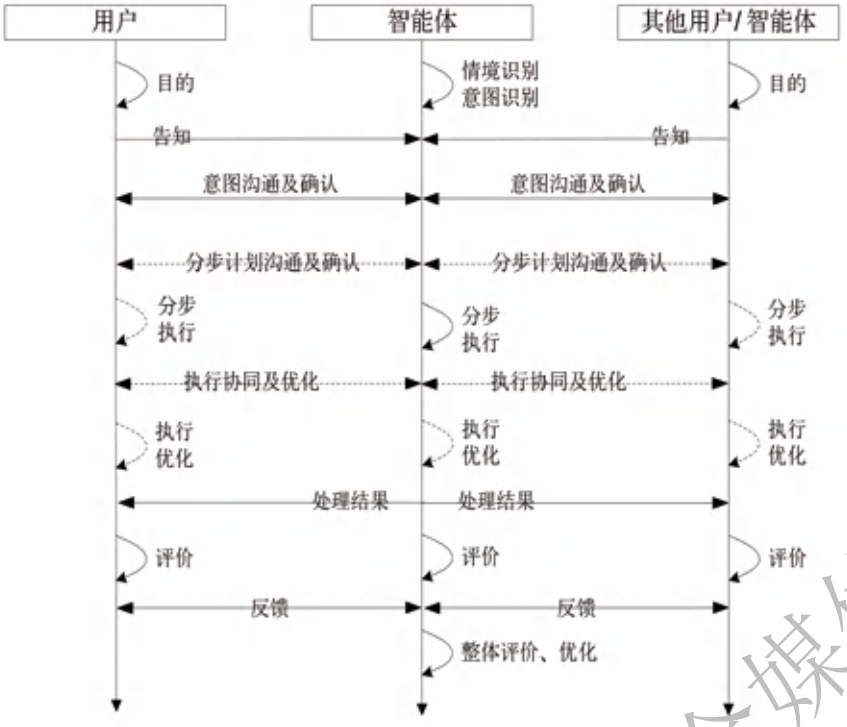


图2 中介交互模式

“人–智能体–智能体–人”交互的展望

在“人–智能体–智能体–人”交互中，交互循环以人作为起始和结束点，两个智能体在人的需求驱动下进行信息交换和任务执行。在这种模式中，智能体接收来自人的指令，并与另一个智能体进行交互，以完成特定的任务或达成既定的目标；最终，智能体分别将结果反馈给人，从而形成交互闭环。“人–智能体–智能体–人”交互模式主要有两类：“数字化身–数字化身”交互模式和多智能体系统中介交互模式。

在“数字化身–数字化身”模式（如图3所示）中，将用户A/B（或其他生物、智能体）的意图、价值观、兴趣、习惯、情感、偏好、形象、过往经历等各类特征赋值给智能体a/b，智能体化身为对应的“数字替身”，在虚拟或物理世界中“数字化身”之间进行互动和通信。这种交互模式不涉及人类的直接参与，而是“数字化身”之间交流与协作。“数字化身–数字化身”交互的价值在于它能够提供一种全新的互动方式，允许“数字替身”在没有人类直接参与的情况下进行交流和协作，以此提升处理效率、促成更多的可能性等。

“数字化身–数字化身”未来应用场景包括：“虚拟化身–虚拟化身”交互，如虚拟数字人社交、在线游戏等；“物理实体化身–物理实体化身”交

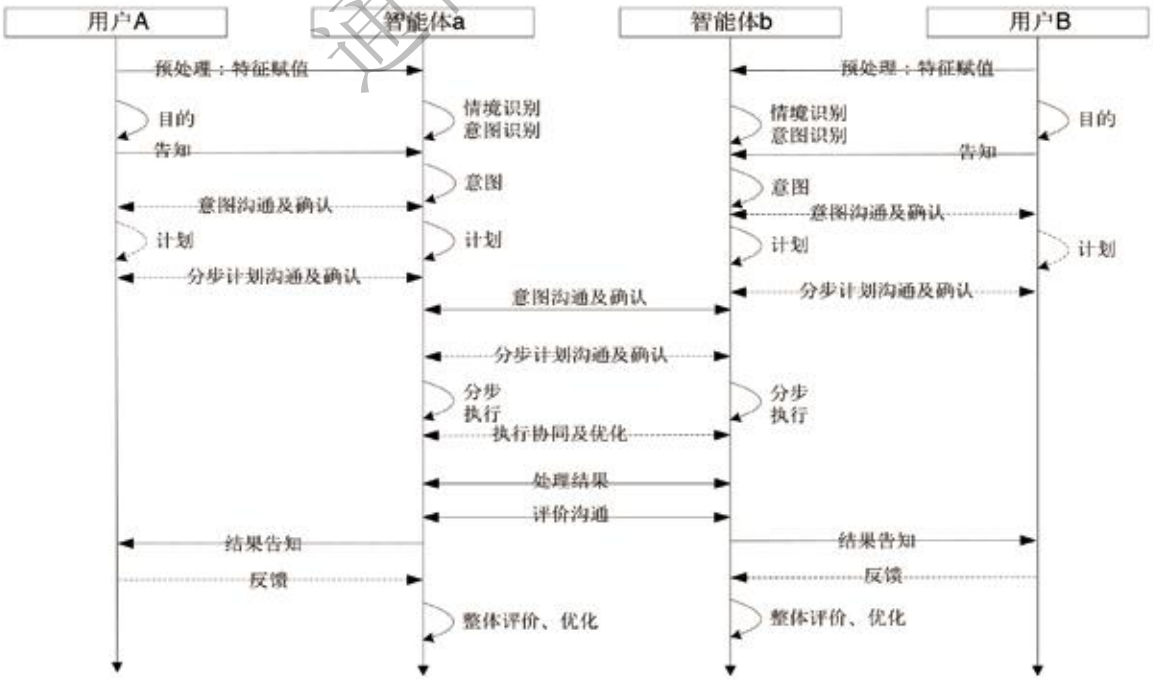


图3 “数字化身–数字化身”交互模式

通信世界全媒体

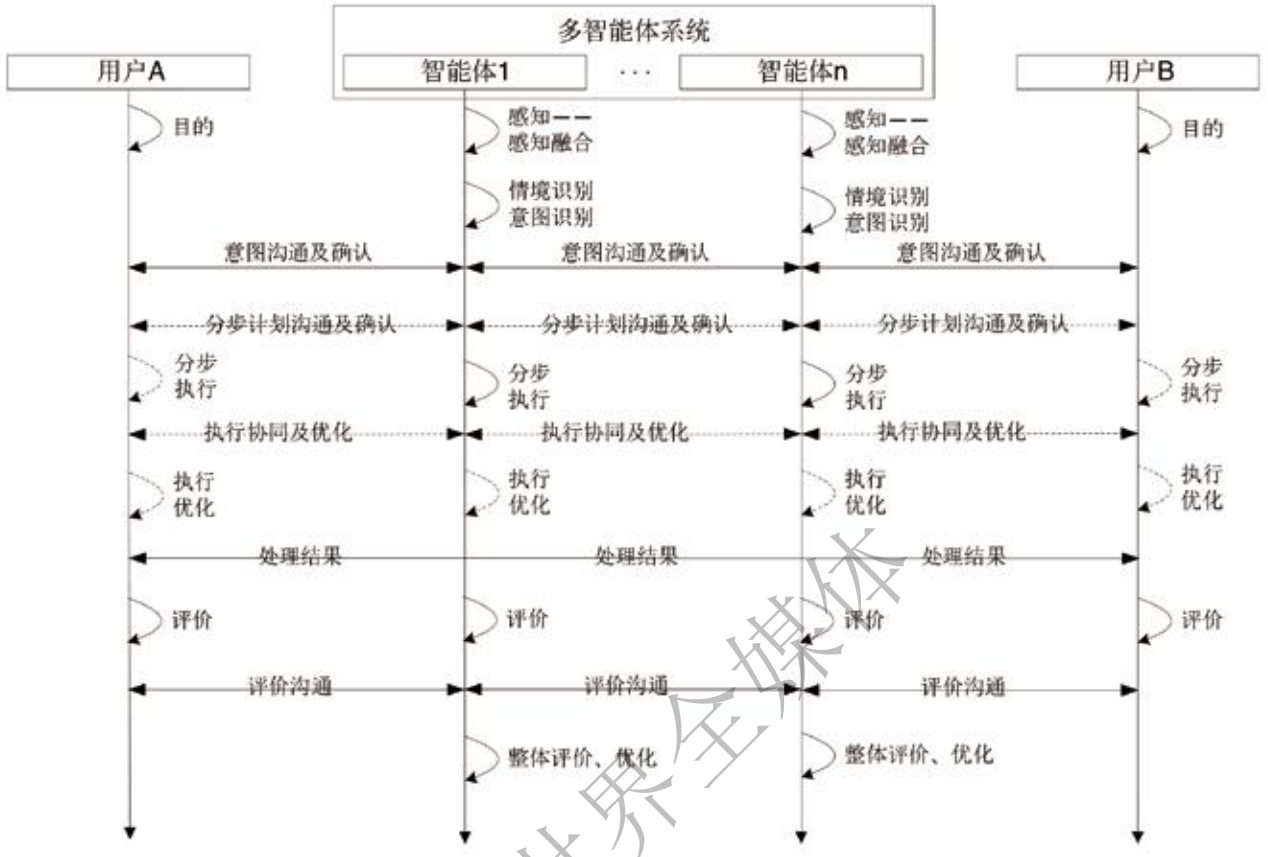


图4 多智能体系统中介交互模式

互，如替身机器人、替身无人机之间的交互等；“物理实体化身-虚拟化身”交互，如远程手术、智能工厂、灾难响应、交通管理等，是一种跨现实交互方式，涉及实体机器人与“虚拟数字化身”之间的直接通信和协作，结合了物理世界的操作能力和虚拟世界的数据处理与通信能力。

在多智能体系统中介模式（如图4所示）中，多智能体系统在两个用户之间充当中介角色，实现信息的传递、处理和反馈。多智能体系统在其中具有更强的稳定性和“鲁棒性”、更高的效率、更好的扩展性、更优的适应性。

多智能体系统中介模式未来应用场景包括：多智能体实时中介交互，如实时价格谈判、国际沟通等；多智能体非实时中介交互，如文档协同编写、内容创作辅助、智能制造规划等。

总结

新型智能体交互逐渐成为现代社会发展的关键驱动力，智能体新型交互范式的蓬勃发展，将满足新时代人类的需求，推动生产力实现跨越式的进步。

一是生产力的提升。智能体交互技术预示着自动化生产的新纪元，它能够根据人类的需求自主优化生产流程甚至自主制造智能体，从而提高效率并降低成本。

二是创新能力的增强。快速地生成、筛选、评价、优化、再生成将产生更多的变化和可能，为人类提供更广阔的创新视野和多样化的问题解决思路。

三是需求的满足。生活资料供给将会更加丰富、价廉；同时，智能体能够更好地理解和满足人类的情感需求。

四是劳动结构的变革。重复性劳动将大幅减少，促使劳动力市场向更加注重创新、个性化服务的方向发展。

这些进步展示了智能体交互在现代社会中的重要作用。同时，“如同一枚硬币存在正反两面”，智能体交互技术的快速发展也带来了一系列挑战，如就业紧张、技能差距扩大以及隐私、伦理等问题，这些问题不容忽视，未来智能体交互技术要进一步发展和造福人类社会，首先需要直面上述问题并提出有效的解决之策。

通信世界全媒体

编辑丨朱文凤 zhuwenfeng@bjxintong.com.cn

人工智能
赋能网络安全新范式的研究

■ 中国信息通信研究院 杨红梅 吴红红 戴爽

通信世界全媒体

当前，5G、大数据、云计算、深度学习等新技术不断发展并广泛应用，带来了诸多新型安全防护挑战，而人工智能在威胁识别、告警研判、态势感知、风险评估、恶意检测、安全运营等方面具有独特价值和先天优势，因此利用人工智能技术为网络安全领域赋能成为大势所趋。

新形势对网络安全防护提出新要求

随着全球网络空间战略博弈的升级和攻防对抗的持续加剧，网络安全形势正在发生深刻变化。一方面，网络攻击强度烈度不断升级。网络攻击手段不断升级、强度持续提升、规模不断扩大，网络攻击主体更加多元，涉及个人、企业、社会组织甚至国家。另一方面，网络安全形势发生深刻变化。随着人工智能、物联网、大数据等技术不断创新和相互渗透，网络空间与物理空间高度融合，二者关联愈发密切、边界趋于模糊。因此，网络空间攻击可对物理空间造成威胁，甚至引发国计民生领域相关业务停滞，安全风险从单点向全局蔓延。

同时，信息技术的持续演进催生了新的安全防护需求。例如，6G、算力网络、人工智能等新一代信息技术赋能行业创新发展，在“技术红利”加速释放之际，安全问题也愈发凸显，安全防护需求急剧增加。

一是6G多元融合应用激发增强级安全防御需求。6G网络具有海量多模数据、多元融合场景、全域网络融合等特点，在沉浸式通信、智慧城市运营、智能制造交互等场景应用方面，产生了轻

量化、细粒度、可定制、原子化、可编排等新的安全防护需求。

二是算力网络提速发展面临错综复杂的安全挑战。算力网络已成为千行百业数字化转型的基石底座，“云、网、边、算”等环节安全风险积聚，风险点位和攻击入口增多；算力、网络、管理方面风险交织，安全风险级联影响范围不断扩大。

三是人工智能应用带来新的安全风险。ChatGPT引发全球大模型竞赛，推动人工智能从专用弱智能向通用强智能迈进，智能水平的跃迁、应用模式的变革加剧了人工智能安全风险。“类人”的通用强智能使得大模型具有很强的逻辑、记忆、理解、推理和生成能力，可以做到触类旁通和智能涌现。但同时，人工智能技术也将大幅降低网络攻击的技术“门槛”，批量“钓鱼”邮件生成、批量漏洞挖掘、批量恶意代码生成等手段，显著加剧整体威胁态势。此外，人工智能发展也将带来安全风险，包括数据隐私泄露、虚假信息泛滥、算法偏见歧视、算法弱可靠性、“数据投毒”等。

在此背景下，传统的网络安全技术已无法满足日益增长的安全防护需求，基于人工智能的新型网络安全技术和产品应运而生。

政策、标准就位，“人工智能+安全”风口已至

人工智能技术经过数十年的积累和酝酿，经历了专家系统、机器学习与神经网络、深度学习、大模型四个阶段的发展，终于开启了实践应用之路。目前，人工智能正驱动新一轮基础设施建设，并与实体经济深度融合，赋能千行百业，引发“链式”变革。

人工智能战略法规

当前，人工智能产业蓬勃发展，全球主要国家和地区纷纷发布人工智能发展战略规划，构建人工智能安全标准体系，人工智能已然成为国际竞争的新焦点。美国公布了《国家人工智能研发战略计划》等一系列围绕人工智能使用和发展的新举措；欧盟委员会发布了《人工智能法案》，依法对人工智能发展进行监管；日本提出了超智能社会5.0战略，人工智能是实现该战略的核心技术之一；韩国也发布了人工智能研发战略。

而我国早在2017年就正式印发了《新一代人工智能发展规划》（以下简称《规划》），从战略态势、总体要求、资源配置、立法、组织等层面阐述了我国人工智能发展规划。《规划》还要求加强人工智能标准框架体系研究，其中包括人工智能网络安全、隐私保护等技术标准。

人工智能相关标准

在人工智能的发展浪潮下，全球主要国家和标准组织积极研究制定人工智能相关标准。ISO/IEC JTC1制定了《信息技术人工智能 人工智能可信度概述》《信息技术人工智能风险管理》《信息技术人工智能伦理和社会关注概述》等标准；IEEE制定了《个人数据人工智能代理标准》《伦理驱动的机器人和自动化系统的本体标准》等标准；美国国家标准与技术研究院发布了《关于政府如何制定人工智能技术标准和相关工具的指导意见》。

2020年，我国国家标准化管理委员会等五部门印发《国家新一代人工智能标准体系建设指南》，要求建立人工智能标准体系，全面引领人工智能产业规范化发展的新格局。目前，国家标准化管理委员会和中国通信标准化协会（CCSA）等标准组织正在开展人工智能相关技术研究及标准化工作。

在国家标准方面，2018年1月，国家标准化管理委员会正式成立国家人工智能标准化总体组，负责人工智能标准化工作的统筹协调和规划布局，目前已发布《人工智能安全标准化白皮书（2019版）》《人工智能伦理风险分析报告》等标准规范，正在研究制定人工智能术语、人工智能伦理风险评估等标准。

在行业标准方面，中国通信标准化协会聚焦人工智能大模型的技术、开发、安全、评估等方面展开研究，正在制定《人工智能开发平台通用要求》《可信人工智能 人工智能系统风险管理能力要求》《移动智能终端可信人工智能安全指南》《生成式人工智能技术及产品评估方法 》等行业标准。

显然，人工智能赋能网络安全已获得足够的政策支持，并且有全方位的标准指导，我国进入全面智能防护时代指日可待。

人工智能助力网络安全范式转变

人工智能技术的快速发展使得网络安全领域迎来前所未有的变革。在人工智能的加持下，5G、6G网络安全防护能力将大幅提升，具备内生安全自感知、自适应、自生长等特点；运营商网络安全运营能力体系建设将更加完善，实现对海量数据的降噪与分析，对新型、未知网络威胁的自动化监测和预警等。

5G内生安全

基于人工智能技术，在5G设备、5G网络边界、5G网元等多元视角下，构建各类5G网络安全知识库（如增强防御能力规则库、行为库、关联关系库、攻击对抗策略库等）；基于5G网络安全知识库，设计并训练人工智能算法，如基于状态和行为特征挖掘的漏洞检测算法、基于API关系图的聚类检测算法、基于行为特征的关联分析算法等，进而构建5G网元的记忆和学习能力系统，实现智能的5G安全感知和检测等。

通信世界全媒体

编辑丨朱文凤 zhuwenfeng@bjxintong.com.cn

6G内生安全

6G网络安全将具备主动免疫、弹性自治、虚拟共生和泛在协同四个特点。主动免疫是指6G网络需构建安全可信的通信环境，使网络基础设施具备一定的主动防御能力；弹性自治主要是为了适应6G云化网络的安全要求，因6G的弹性可伸缩网络框架已完全打破传统的安全边界，所以需要实现安全能力的按需定制、动态部署和弹性伸缩；虚拟共生旨在赋能安全演练、安全运维等场景，6G时代物理世界与虚拟世界深度融合，需要实现物理网络与虚拟孪生网络安全的统一部署，利用数字孪生技术可帮助物理网络实现低成本试错和智能化决策；泛在协同指的是6G网络将建立“端、边、网、云”智能主体间的泛在交互和协同机制，借助人工智能技术，精准感知网络安全态势并预测潜在风险，进而实现主动防御和风险自动处置。

在6G内生安全框架中，新增独立的安全平面，推动资源层、网络层、应用层和服务层实现智能协同，并灵活调整网元、设备的安全策略，针对应用与服务按需部署安全功能，进而实现主动、纵深安全防御。

自动化网络安全运营

运营商网络是国家重要的信息基础设施，一旦遭受网络攻击，可能会导致通信中断和业务损失，因此需要对运营商网络通信系统面临的安全威胁进行监测、分析和预警。然而，现有网络安全运营能力尚不能完全满足日益增长的网络安全防护新要求，需要不断提升安全威胁的检测能力和处置效率。

以人工智能大模型技术赋能网络安全已成为行业共识。一方面，人工智能技术（如安全沙箱人工智能技术）可用于恶意样本监测，深度学习技术可用于恶意程序家族识别、恶意加密攻击流量监测和DGA（域名生成算法）域名监测等。另一方面，借助大模型技术，可以自动执行数据收集、提取以及威胁搜索与检测等重复且烦琐的任务，并通过简单的自然语言提示实现任何检测、调查或响应工作流程，降低安全运营的时间和人力成本；可以对超大规模网络威胁信息进行检测分析，对海量数据进行精准降噪，深度挖掘数据价值；可以帮助经验不足的安全运维人员更快更好地作出决策，安全大模型拥有丰富的网络安全知识，具备高级安全人员的逻辑思维和推理能力，可助力运维人员执行复杂的安全操作，进而提升网络安全运营的智能化、自动化水平。人工智能大模型赋能网络安全关键技术如图1所示。

结语

目前，人工智能技术在网络安全领域的应用日渐成熟，我国主流厂商已先后推出多款网络安全大模型产品，主要用于解决网络安全运营告警数据量大、人工分析研判效率低、高级安全专家资源稀缺等问题。可以预见，网络安全大模型将以“虚拟安全专家”等形态快速提高网络安全智能化水平，推动网络安全防护更加高效、精准和全面。

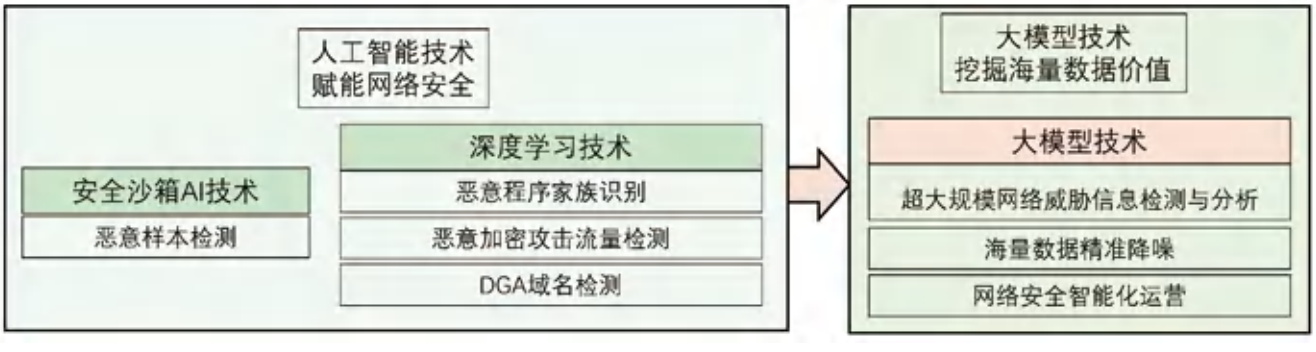


图1 人工智能大模型赋能网络安全关键技术

通信世界全媒体

美欧人工智能监管动向及启示

■ 国家计算机网络应急技术处理协调中心上海分中心 王怡青 杨梦倩 杨瑛瑛（通讯作者）

2023年，ChatGPT引爆全球人工智能产业浪潮，随后引发的人工智能安全焦虑加快了全球主要国家和地区制定监管政策的进程。当前，美欧已先后发布多项人工智能监管政策，以期本地区监管标准能够更多地影响全球人工智能发展，抢占先机和话语权。尽管这些政策能否起到引领作用尚待观察，但势必会影响全球人工智能治理进程。

美欧人工智能监管动向

美国：人工智能监管仍处于起步阶段

2022年10月，美国白宫科技政策办公室发布《人工智能权利法案蓝图》，提出通过“建立安全和高效的系统、避免算法歧视、保护数据隐私、及时履行通知与解释义务、准备替补方案与退出机制”五项原则，预防滥用人工智能技术带来的风险。《人工智能权利法案蓝图》并未明确实施细则，而是以公平与隐私为重点，要求相关主体在人工智能系统开发过程中，以坚守公平正义为底线，保证系统使用者不受算法歧视和数据隐私泄露的侵害。

2023年1月，美国国家标准与技术研究院发布《人工智能风险管理框架》。该文件采用多元化的治理方案，旨在帮助诸多行业及组织将人工智能风险管理原则转化为实践，以提高相关主体使用人工智能系统的安全性与可靠性。尽管从性质上来看，《人工智能风险管理框架》是非强制性的指导性文件，但因该文件是由多方利益主体共同参与并制定的，具有高可信度和高接受度，比约束性法律更容易在应用中实现更新迭代。

2023年10月，美国总统拜登签署颁布了第14110号行政命令——《关于安全、可靠、可信地开发和使用人工智能的行政命令》（以下简称“第14110号行政命令”）。这是美国政府有史以来对人工智能采取的最重要的行动。第14110号行政命令以安全为核心，确立了人工智能安全和安保的新标准，关注人工智能带来的社会公平和公民权利等风险，促进企业创新竞争，以确保美国在人工智能领域发展及风险管控上处于世界领先地位。第14110号行政命令提出建立人工智能安全新标准、保护美国民众隐私、提升美国在人工智能领域的国际领导力，以及确保政府负责任且有效使用人工智能等八项行动。值得关注的是，第14110号行政命令要求开发者与美国政府共享人工智能模型的训练结果，为美国政府密切掌握私营部门相关技术发展进行赋权。

欧盟：强势争夺人工智能治理主导权

从立法历程上看，欧盟委员会在2021年4月发布了《欧洲议会和理事会关于制定人工智能统一规则（人工智能法）和修订某些欧盟立法的条例》的立法提案，开启了人工智能立法的新进程。欧盟希望这部人工智能“硬法”能够成为全球人工智能法律法规的蓝本之一。2023年6月，欧洲议会投票通过了《人工智能法案》的谈判授权草案，新法案的监管思路是以横向监管为基础，以风险规制为主要方式，同时兼顾监管与发展的动态平衡。2024年3月13日，欧洲议会以压倒性优势通过了《人工智能法案》，标志着欧盟扫清了立法监管人工智能的最后障碍。同年5月21日，欧盟理事会正式批准《人工智能法案》。该法案在走完相关签字流程后将在欧盟官方公报上公布，并在公布20天后生效。

《人工智能法案》是全球首部关于人工智能的全面监管法规，重点关注私营和公共部门对该技术的高风险使用，

通信世界全媒体

编辑丨朱文凤 zhuwenfeng@bjxintong.com.cn

也为ChatGPT等大模型制定了严格的透明规则，以防范人工智能的滥用和风险。该法案为人工智能的功能性应用划定了明确的禁区，包括禁止利用未经授权采集的面部图像建立人脸识别数据库等。欧盟委员会主席冯德莱恩盛赞道：“这是具有明确‘护栏’的创新人工智能的开创性框架。”

美欧人工智能监管特点分析

监管理念和目标不同

美国政府的监管服务于其在人工智能领域长期保持战略优势的大国竞争需求，而欧盟则希望通过影响全球标准的制定来保护本土市场和企业。美国凭借其在人工智能领域积累的优势，希望在人工智能监管上推行单边主导型治理，通过强调人工智能作为战略前沿的重要性和安全保障的绝对性，大力推动监管体系与技术业态的同步发展。欧盟则致力于打造人工智能监管的全球模板。除了《人工智能法案》这一全球首部人工智能监管法规之外，欧盟还通过了《人工智能框架公约》，为人工智能系统的全生命周期搭建法律框架，试图为全球人工智能治理确定基调。不仅如此，欧盟还推出《人工智能契约》，帮助企业更好地遵循《人工智能法案》。近年来，欧盟为抢占数字经济监管领域的先导地位，推出了《通用数据保护条例》《数字服务法案》《数字市场法案》等法律法规，深刻影响着全球监管标准的制定。当前，欧盟正试图在人工智能领域重现“布鲁塞尔效应”。

治理手段宽严不一

欧盟在人工智能领域的监管体系更为健全，且相对严格。自2016年始，欧盟就不断探索适合欧洲发展的人工智能治理体系。欧盟《人工智能法案》以横向监管为基础，将所有人工智能系统都纳入监管范围；以分类分级作为风险规制的主要方式，一方面禁止使用高风险的人工智能系统，另一方面允许低风险和无风险的系统获得免费使用和推广的机会。美国的相关立法进程则显著滞后。尽管多年来美国国会试图制定有关隐私、网络安全和新兴技术方面的监管规则，但截至目前尚未通过任何人工智能领域的重大立法，仍然以倡议性文件作为主要应对方式。

监管布局存在差异

美国的监管机制并非单一依赖于行政监管，而是强调政府与私营部门的协作，行政监管呈现分散态势，不同机构制定自己的监管规则。第14110号行政命令明确，国土安全部的重要职责是开发和监管人工智能，商务部则在实施行政命令上发挥关键作用。2023年4月，国土安全部成立该部门首个人工智能工作组，以推动人工智能的具体应用，还制定了有关人工智能技术的获取、使用，以及负责任地使用人脸识别技术的指南。商务部的工作主要由美国国家标准与技术研究院、工业与安全局、国家电信和信息管理局、美国专利商标局负责。此外，美国对人工智能的监管还严重依赖私营部门的支持。2023年7月始，拜登政府就先后召集谷歌、微软、OpenAI等15家人工智能公司作出自愿公开承诺，同意政府提出的一系列人工智能保障措施，推动人工智能技术安全、可靠和透明发展。相比美国较为分散的监管职能设置，欧盟则建立了多层次的监督和执行机制，以实现对人工智能的有效治理。一方面，《人工智能法案》将主要通过各成员国的主管机构执行，各成员国将指定一个国家监督机构，促进法案在整个欧盟的一致适用；另一方面，欧盟委员会在2024年1

通信世界全媒体

月成立了欧洲人工智能办公室，负责促进《人工智能法案》的实施，协调各成员国监督机构之间的合作，从而避免成员国各自为政。

人工干预程度不同

根据第14110号行政命令，美国国家标准与技术研究院将制定严格的人工智能“红队”标准，即旨在破坏模型以暴露漏洞的测试。美国国土安全部将把这些标准应用于关键基础设施项目，并成立人工智能安全委员会。美国能源部和国土安全部将具体应对人工智能系统对关键基础设施的威胁，及其带来的化学、生物、放射性材料、核及网络安全风险。而欧盟则在《人工智能法案》中明确了建立人工智能监管沙盒的相关要求。目前，西班牙、法国、挪威、英国和瑞士等多个欧洲国家正在积极推进监管沙盒试点工作。沙盒监管模式对于“盒内”企业采取审慎的监管措施，在可控范围内容错纠错，为人工智能技术创新提供了弹性包容空间。

对我国的启示

广泛磋商推进国际治理框架的建立

美欧积极与国外盟友开展合作，以建立国际框架规范人工智能的使用。2023年10月，七国集团发布《开发先进人工智能系统的国际指导原则》和《开发先进人工智能系统的国际行为准则》；2023年11月，美国副总统哈里斯在英国举行的首届人工智能安全峰会上表示，将与国际合作伙伴和标准组织一起加快制定并实施重要的人工智能标准。与此同时，欧盟意图通过《人工智能法案》建立人工智能监管全球标准，促使欧洲在国际人工智能竞争中取得优势地位，该法案未来可能成为他国制定人工智能监管方案的样本。借鉴经验，建议我国积极提升各部门在人工智能领域的治理能力，并强化国际监管对接。一方面，聚焦人工智能领域，完善各监管部门间分工、配合及协调体系和制度，进一步提升各部门间的协调监管效果。政府各部门对本部门监管范围、本领域法律法规与人工智能的交叉点展开深入检查，进一步强化本部门人工智能治理。另一方面，在国际层面强化人工智能监管治理的交流磋商，积极融入并对接国际监管治理框架，提升相关话题的国际话语权，为我国相关行业发展争取利益空间。

公私同步加强人工智能治理水平

欧盟《人工智能法案》引领建立人工智能监管“世界标准”，为全球人工智能监管奠定了法律基础。与欧盟类似，中国也正处于人工智能领域立法的重要关口。欧盟《人工智能法案》对我国加强人工智能领域立法的体系化和系统性、细化风险分级分类制度以及通过制度设计鼓励创新等具有一定的借鉴意义。此外，美国政府大力推动人工智能企业作出自愿性承诺，相关做法可作为我国加强监管公私同步、进一步压实企业责任的参考手段。一方面，以企业承诺的方式作为自律监管要求，更符合人工智能的治理需求，也更贴合产业实践的前沿趋势，可以有效解决监管政策与技术发展的同步性问题。另一方面，从促进创新的角度来看，由于人工智能监管专业性极强，政府监管措施的有效落地与企业的配合密不可分，柔性措施可以更好地保证企业的合作态度。

加快构建人工智能人才培养体系

美国第14110号行政命令特别提及高技能移民的问题，支持在关键领域拥有专业知识的高技能移民和非移民在美国学习、居留和工作。此举将吸引更多的人工智能领域人才前往美国甚至“技术移民”，进而与同样聚焦人工智能发展的我国形成人才竞争关系，并可能对我国相关领域人才形成“虹吸效应”。当前，我国人工智能领域人才供需比处于较低水平，且从人才培养生态来看，高校、机构和行业还没有形成体系化、产教融合的人才培养机制。建议政府部门、产业界与教育界通力合作，拓展产教融合、协同育人的新路径，共同搭建人工智能人才培养体系。同时积极推动工业和信息化部《AI应用人才从业能力评估》等标准建设工作，进一步细分和规范相关人才市场，制定人工智能应用人才从业能力标准。

注重动态平衡，为技术产业发展留足空间

欧盟《人工智能法案》旨在通过促进监管和发展的动态平衡，确保人工智能技术的合规性与可持续发展。美国在监管上则突出行业协同，从而确保其在人工智能领域的技术优势。当前，我国出台的《生成式人工智能服务暂行管理办法》采取了包容审慎的态度，在促发展和稳安全之间寻找动态的平衡点，并为后续人工智能技术及服务发展预留了充足的政策调整空间。建议监管部门在风险分类分级的基础上，根据技术和经济的发展，及时动态调整风险分级分类清单，在保障安全的前提下促进人工智能领域持续迸发新活力。

结语

人工智能的挑战和机遇是全球性的，从美欧在人工智能领域的“发展路线图”来看，2024年将成为人工智能发展的关键期。当前，美欧正通过其先发优势，为人工智能发展制定全球监管标准；而我国正处于人工智能领域立法的重要“十字路口”，在加强自身立法建设的同时，也需要更多地考虑与他国法案的重合适用，做到未雨绸缪、行稳致远。

通信世界全媒体

编辑丨梅雅鑫 myx@bjxintong.com.cn

构建智算认证体系，推动智算绿色发展

■ 中国信息通信研究院云计算与大数据研究所 任彤 吴美希 郭亮

通信世界全媒体

当前，人工智能、数字孪生、元宇宙等新兴领域崛起，智能算力（简称智算）作为数字经济时代的新生产力，对推动科技进步、赋能行业数字化转型以及经济社会发展发挥着日益重要的作用。智算即人工智能算力，主要面向人工智能应用，提供人工智能算法模型训练与模型运行服务的计算机系统能力。

智算中心作为提供大规模智能算力服务的基础设施，是数字经济的重要载体之一。然而，智算中心的建设和运营往往伴随着能耗的问题，对环境和经济的可持续发展构成了挑战，因此，推动智算中心绿色发展已成为我国算力产业布局的关键。

智算中心绿色发展背景

算力中心建设规模稳步增长

算力中心运行涉及服务器、网络设备、储存设备、备份装置、冷却系统等基础设施，运行过程主要依赖电力。随着生成式AI技术及应用的快速推广，AI算力等大功率应用场景持续落地，AI芯片迭代加速，功耗逐渐提升，对算力中心绿色节能提出了更高要求。

截至2023年底，我国在用算力中心机架总规模达到810万标准机架（以功率2.5千瓦为一个标准机架），与2022年底相比，增长24.2%，算力总规模超过230EFlops，其中智能算力占比近30%。

在能耗方面，中国信通院研究报告显示，在用算力中心耗电量逐年升高，2023年我国算力中心耗电量超过1500亿千瓦时，同比增长15%，占全社会用电的1.6%。预计到2030年，我国算力中心能耗总量将超过4000亿千瓦时，若不加大可再生能源利用比例，2030年算力中心二氧化碳排放或将超2亿吨。在中国“双碳”目标背景下，算力中心在节能降耗、减少碳排放等方面都面临着严峻的挑战，需要采取更有力的措施推动节能减排。

智算中心建设现状

在智算中心领域，国家引导加快高性能智算中心部署，推进算力供应多元化，支撑各类智能应用。重点在西部算力网络枢纽及人工智能发展基础较好地区集约化开展智算中心建设，提高资源利用效率，降低能耗和碳排放。

在国家及地方政府的推动下，目前已经有百余个城市投入建设智算中心。据统计，智算中心主要集中于京津冀、长三角和珠三角区域，但东部地区特别是北京、上海、广州、深圳等一线城市能耗指标紧张，“碳瓶颈”问题使得智算中心外溢成为大势所趋，亟待统筹规划布局。西部地区气候环境适宜、清洁能源富集，当地政府针对用电、税收等出台优惠政策，旨在降低智算中心运行成本，提高清洁能源使用率。

随着我国数据规模的指数级增长，人工智能产业对智算资源的需求日益迫切。然而，当前国内智算中心的规模整体较小，为实现2025年智算占比达到35%的政策要求，全方位覆盖我国智算产业需要，应大力推动智算中心建设，构建算力产业发展新格局。

智算中心绿色发展途径

政策支持是智算中心绿色发展的重要保障。《新型数据中心发展三年行动计划（2021—2023年）》和《算力基础设施高质量发展行动计划》均明确提出，聚焦算力中心液冷、自然冷源、智能化系统等关键环节，构建新型智能算力生态体系。同时，2023年度国家绿色数据中心名单新增智算中心领

域，凸显了加快智算中心绿色发展建设的价值导向。

技术创新是推动智算中心绿色发展的关键。液冷、新型储能等先进技术的应用，可以有效降低机房的散热能耗，提高能源利用效率。此外，可利用人工智能技术优化温控供电模式，进一步推动节能降耗。

智能化管理平台是智算中心提高运营效率、降低能耗的重要途径。通过建立数据实时采集、分析与控制平台，智算中心能够实现智能化精确制冷，进一步提高能源使用效率。

智算中心绿色发展面临的挑战

新建智算中心创新技术应用难

多数企业对采用先进冷却技术表现出较低的积极性，未能充分了解先进技术带来的长远利益，通常仅将满足PUE值的基本标准作为目标，较少企业采用能带来显著能效提升和环境效益的先进技术。

智算中心在硬件、软件和运维层面存在一定的专有性，限制了不同系统和组件之间的互操性，这种封闭缺陷导致新技术的集成和应用变得困难。此外，智算中心IT设施和算力应用服务的紧密耦合，难以适应快速变化的技术需求和市场，需要更多的时间、资源来重新配置和升级。

存量智算中心改造成本高

由于发展阶段不同，一部分智算中心建成时间较早，随着节能降耗技术的发展越来越快，许多建成时具备良好节能配置的智算中心逐渐落伍，其改造成本不断升高，资金投入压力越来越大。同时，由于建设时未能充分考虑后续关于可再生能源发展的需求，部分算力中心不具备使用光伏等可再生能源的条件。

智算中心绿色发展主要技术

为解决智算中心绿色发展面临的问题，普及采用低成本、高效率的绿色发展技术成为智算中心建设发展的重中之重。

液冷技术

液冷技术是目前智算中心节能技术中的一项重要创新，其以卓越的散热效率，成为解决高密度计算设备散热问题的关键。与传统的风冷技术相比，液冷技术能够高效地将热量从服务器中导出，降低算力中心的总体能耗。

液冷技术的高效散热能力可显著降低智算中心能耗，据研究，液冷技术可以减少算力中心高达40%的能耗，减少对空调系统的依赖，有效降低PUE值。此外，液冷技术的应用提高了设备的布置密度，使算力中心在有限的空间内实现更高的计算能力成为可能。

强适应性的液冷技术能够在多种运维环境下保证设备的正常运行，智算中心液冷系统比风冷对环境的依赖性较小，避免了智算中心因环境因素导致的设备故障和维护成本的增加。当AI服务器的运行功耗超过传统风冷散热的阈值，液冷技术将成为实际应用中的最佳选项。

新型储能技术

新型储能技术是智算中心电力系统发展的未来趋势，具有快速响应、灵活配置、高效率等优点，能够有效解决可再生能源的波动性和间歇性问题。与传统储能解决方案相比，新型储能技术展现出更强的环境适应性和灵活性，可承受更为多变的运行条件，对智算中心软硬件集成运维有着更高的容错性。

新型储能技术以输出电力为主要形式，构建以新能源为主体的新型电力系统，通过数字化、智能化技术，实现分布式能源、储能、负荷的深度融合，使得智算中心负荷、可再生能源电源、储能成为有机整体，推动智算中心绿色低碳发展。

自然冷源利用

自然冷源的利用对于推动智算中心的绿色低碳和可持续发展具有至关重要的作用。自然冷源（如海水、地下水、冷空气等）为智算中心运营提供了一种经济且环保的解决方案，显著降低算力中心的能耗和碳排放，提高能源利用效率，减少对传统能源的依赖，降低运营成本。

自然冷源的高效散热性能有助于提升算力中心的整体能效，部分智算中心利用自然冷源实现了PUE值的显著降低，常年实际运营PUE值小于1.1，在节能减排方面具有显著优势。此外，自然冷源的利用还能根据地区气候和地理特点进行优化，充分利用地理优势（如海洋、山洞等）为算力中心提供稳定的冷源。

绿色电力应用

绿色电力是支撑智算中心发展的关键因素，在生产电力的过程中二氧化碳排放量为零或趋近于零，相较于其他方式（如火力发电）对于环境冲击影响较少，主要来源为太阳能、风力、生物质能、地热等。

我国已建成全球规模最大的电力供应系统和清洁发电体系，正加快推进新能源发电从增量替代向存量替代转变，为智算中心应用绿电提供了坚实保障。为更好地推进绿电和智能算力融合发展，应对智算中心发展规模、类型、用电需求进

通信世界全媒体

编辑丨梅雅鑫 myx@bjxintong.com.cn

行动态研判，开展智算中心“源网荷储一体化”绿色供电模式创新，鼓励智算中心参与新能源市场化交易，开展绿色算力采购。绿电资源可有效缓解算力行业的碳排放增长压力，加快智算中心绿色发展，提升智算行业国际竞争力，助力我国“双碳”目标实现。

智能化管理平台

智能化管理平台是实现智算中心高效、稳定运行的核心。智能化管理平台通过集成先进的监控系统、自动化工具和人工智能算法，实时监控智算中心的运行状态，优化资源分配，自动化运维流程，显著提升运营效率。智能化管理可提高能源使用效率，推动制冷耗电量下降，保障智算中心的安全稳定与低碳运行。

管理平台的智能化特性能够有效降低能耗，通过精确控制温控和供电系统，减少能源浪费，保障智算中心的稳定性和可靠性；通过对大量运行数据的分析，为管理人员提供决策支持，帮助制定更加科学合理的运营策略。

智能化管理平台建设是响应国家绿色发展号召，通过精细化管理助力智算中心实现节能减排，推动智算中心向绿色低碳的方向发展。通过智能化管理平台构建开放、协同的生态圈，可吸引更多合作伙伴，共同推动智算中心的发展，实现技术与市场的良性互动，为数字经济的繁荣发展提供支撑。

智算中心绿色标准体系建设

2021年，工业和信息化部印发的《新型数据中心发展三年行动计划（2021—2023年）》提出建立健全新型数据中心标准体系，加快推进边缘数据中心、智能计算中心等标准建设，支撑新技术、新应用落地，促进绿色数据中心的建设。因此，在“双碳”目标和算力产业的可持续发展之间实现平衡，必须从更高的视角以及全生命周期的角度来管理智算中心，通过建立智算中心绿色标准体系，引导智算中心绿色节能发展。

绿色标准应分为设计和运行两部分，分别对应新建智算中心和已建成运营智算中心。设计部分的评价着重于方案技术先进性，重点关注设备选型及配置，淡化理论测算值。运行部分可在GB/T43331《互联网数据中心（IDC）技术和分级要求》的基础上，针对智算中心特点重点关注实际运行指标，相对淡化设备选型及配置。

为推动智算中心节能和能效提升，引导智算中心走高效、低碳、集约、循环的绿色发展道路，助力实现碳达峰、碳中和目标，中国信通院深入剖析智算产业链上下游，构建DC Tech智算认证体系（1.0），如图1所示，围绕智算基础设施、软硬件协同、工具平台、应用场景等方面制定标准规范；开展智算绿色低碳系列测试认证工作，从技术研发、应用场景到运营管理等不同层面实现智算产业的全方位覆盖，有效推动智算产业标准化、规范化与专业化发展。

智算中心作为数字经济时代的关键基础设施，对推动科技进步和经济社会发展具有重要作用。然而，随着其规模的不断扩大，能耗问题也日益凸显，对环境和经济的可持续发展构成挑战。为解决智算中心绿色发展面临的问题，本文从智算中心发展背景、发展途径、面临的挑战进行剖析，介绍了部分先进节能技术以及体系建设方案，对智算中心绿色发展提供了参考。

智算中心的绿色发展是实现数字经济可持续发展的必然选择，通过政策引导、技术创新和标准体系建设，可以有效推动智算中心向绿色、低碳、高效、智能的方向发展，为经济社会发展提供更加强劲、可持续的算力支持。

图1 DC Tech智算认证体系（1.0）

通信世界全媒体

中国智算中心现状及液冷技术应用展望

■ 中关村协众创智信息产业促进会会长 吕天文
ICT research 咨询公司研究总监 张蓝心

通信世界全媒体

智算中心以数据为资源，以强大的计算力驱动AI模型对数据进行深度加工，通常注重计算设备的配置和性能，以提供高效的计算服务。它不仅承载着算力、算法、数据这三大智能要素，而且还是释放算力价值的现实体现。值得注意的是，算力中心与数据中心在功能上有所区别，前者更注重提供高性能计算能力，而后者则更注重存储和处理大规模数据。

中国智算中心概况及分析

规模分析

目前，智算中心已成为数字经济高质量发展的重要支撑，人工智能在互联网、金融、政务、电信和制造等领域的应用渗透度明显提升。人工智能技术将更加深入地应用到行业场景中，而智能算力将进一步带动产业发展，成为拉动GDP增长的关键力量。

当前，各级政府、运营商、互联网企业纷纷启动智算中心建设计划，全国已有超过40个城市布局智算中心。在行业应用需求驱动和政策持续引领下，智算中心产业链有望整体受益。在智算中心中，主要应用CPU和GPU芯片进行计算，它们之间的差别如表1所示。

2022年2月，“东数西算”工程正式拉开了构建全国一体化大数据中心体系的大幕。随着八大国家算力网络枢纽节点建设方案均进入深化实施阶段，全国数据中心机架规模逐步增长。受“新基建”、数字化转型及“数字中国”远景目标等国家政策促进及企业降本增效需求的驱动，我国数据中心市场开启高速增长模式。此后，随着各地区、各行业数字化转型的深入推进，我国数据中心市场持续保持增长态势，至2023年市场规模达到2470亿元。

在国家政策引导下，产业积极响应，加快算力基础设施建设，各类企业也纷纷加速布局。国家数据局发布的数据显示，截至2023年底，全国在用数据中心机架总规模超过810万标准机架，算力总规模达到230EFlops(EFlops指每秒进行1018次浮点运算)，我国算力基础设施建设取得显著成效（如图1所示）。

政策分析

2023年10月，工业和信息化部等六部门印发的《算力基础设施高质量发展行动计划》对我国的算力、运载力、存力建

表1 智算中心CPU与GPU对比

类别	CPU	GPU
计算能力	具有强大且较少的算术逻辑单元（ALU），时钟频率很高	有大量的算术逻辑单元，可以支持并发的计算线程
存储容量	具有容量较大的高速缓存（Cache），一般包括L1、L2和L3三级高速缓存；L3可以达到8MB	高速缓存很小，缓存的目的不是保存后面需要访问的数据，而是为线程提供服务
控制逻辑	有复杂的控制逻辑，比如复杂的流水线、分支预测、乱序执行等	没有复杂的控制逻辑，没有分支预测等组件
应用领域	各种计算任务，例如操作系统、应用程序和算法	图形和图像处理任务，例如游戏、视频编辑和计算机视觉；非图像显示且涉及大量并行运算的领域，例如AI训练、加密解密、科学计算

编辑丨梅雅鑫 myx@bjxintong.com.cn

图1 中国数据中心在用机架数量及增长情况

设和应用赋能做出了目标指引。其中提出，到2025年算力规模超过300EFlops，智能算力占比达到35%；存力方面，规划存储总量超过1800EB，先进存储容量占比达到30%以上。此后，上海、深圳、北京等重点城市和地区也结合本地需求制定了相关政策。2023—2025年中国算力基础设施发展指标如表2所示。

2023年12月，国家发展改革委、国家数据局等发布《深入实施“东数西算”工程加快构建全国一体化算力网的实施意见》（以下简称《实施意见》），提出到2025年底，综合算力基础设施体系初步成型。《实施意见》从通用算力、智能算力、超级算力一体化布局，东中西部算力一体化协同，算力、数据、算法一体化应用，算力与绿色电力一体化融合，算力发展与安全保障一体化推进等“五个统筹”出发，推动建设联网调度、普惠易用、绿色安全的全国一体化算力网。

《实施意见》明确，强化“东数西算”规划布局刚性约束，国家枢纽节点外原则上不得新建各类大型或超大型数据中心，进一步推动各类新增算力向国家枢纽节点集聚，将国家枢纽节点打造成为国家算力高地。此外，地方政府纷纷响应国家政策号召，上海、成都、北京、贵州等省市通过发放“算力券”等补贴算力建设的方式助力产业发展。

能耗分析

1.能耗指标进一步收紧

表2 2023—2025年中国算力基础设施发展指标

类别	2023年	2024年	2025年
算力规模（EFlops）	220	260	300
智算中心（个）	30	40	50
智能算力占比（%）	25	30	35

到2025年底，算力电力双向协同机制将初步形成，国家算力网络枢纽节点新建数据中心绿电占比超过80%。当前数据中心化石能源使用受限日趋明显，未来数据中心可再生能源利用率将持续提升，其中数据中心绿电使用率的提升，将推动绿色算力进一步发展，有效赋能千行百业节能降碳。智算中心高功耗对散热提出更高要求，液冷散热技术是加快数据中心绿色转型、实现节能降耗的最优解，将逐渐取代传统风冷散热。

数据中心能耗指标PUE与可再生能源利用率已成为重点考核指标。在“双碳”目标下，对数据中心建设要求主要在能耗指标PUE和绿电使用率上，2021年11月国家发展改革委等部门在《贯彻落实碳达峰碳中和目标要求 推动数据中心和5G等新型基础设施绿色高质量发展实施方案》中提出，到2025年数据中心运行电能利用效率和可再生能源利用率明显提升，全国新建大型、超大型数据中心平均电能利用效率降到1.3以下，国家枢纽节点进一步降到1.25以下。

2.总能耗不断攀升

智能算力市场需求攀升，算力基础设施的绿色转型可促进下游企业的节能减排及可持续发展。大模型的发展和AIGC应用的落地丰富了人工智能的应用场景，企业加码AI技术研发投入，IDC预计未来三年中国智能算力需求CAGR达48%，其能耗问题也日益凸显。数据中心是全球公认的高耗能行业，生态环境部发布的数据显示，2021年我国数据中心总耗电量达到2166亿千瓦时，占全社会用电量的2.6%，碳排放则占全国碳排放量的1.14%左右。中金公司的券商研报显示，预计到2025年我国数据中心能耗总量将突破4000亿千瓦时。面对如此快速增长的高能耗，液冷技术成为产业节能减排的重要手段之一。

液冷技术展望分析

目前，智算中心的单机柜功率密度不断攀升，要达到上述国家政策的要求，液冷技术的应用成为必然。智算中心采用液冷技术能有效提高散热效率，提升芯片工作稳定性并降低PUE值。

智算中心整体散热概览

智算中心散热全景如图2所示，当前散热技术主要包含风

通信世界杂志社

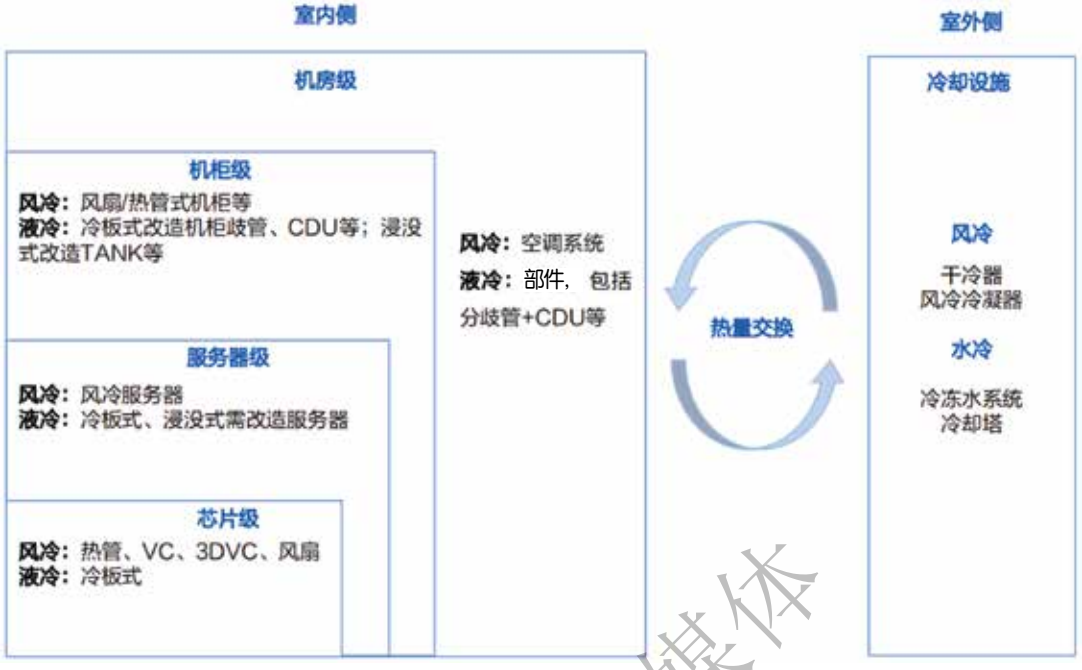


图2 智算中心散热全景

冷与液冷两类。运用风冷技术，热管与VC的散热能力较低，3D VC散热上限扩至1000W，需搭配风扇进行散热，技术简单、成本低，适用于大多数设备。液冷技术具有更高的散热效率，包括冷板式与浸没式两类，其中冷板式为间接冷却，初始投资适中，运维成本较低，技术相对成熟；浸没式为直接冷却，制冷效率非常高，前期投入也较高。智算中心不同制冷方式的比较如表3所示。

液冷产业链分析

电子设备发热的根本原因就是工作能量转化为热能。散热设备是为解决高性能计算设备的热管理问题而设计的，通过直接在芯片或处理器表面消除热量来优化设备性能并延长使用寿命。随着芯片功耗的提升，散热技术从一维热管的线式均温，到二维VC的平面均温，再发展到三维的一体式均温（即3DVC技术路径），最后发展到液冷技术。

液冷的优势主要有以下几点：一是散热效率高，液体的导热能力是空气的15~25倍，相比之下空气往往需要更长的时间来散发热量；二是低噪声，采用液冷方式不会产生空气流动所带来的噪声，使数据中心更加安静；三是灵活性强，液冷的设备体积较小，占用的空间也少，提升数据中心灵活性；四是稳定性强，能够更快速、有效地将芯片产生的大量热量传导到冷却系统，降低芯片温度，减少因温度过高导致的故障，保持芯片工作稳定。

不同制冷技术PUE对比如图3所示，相对于风冷数据中心，液冷数据中心仍处于起步阶段。ICT research调研结果显示，2023年中国通用数据中心市场上液冷数据中心的渗透率接近10%，算力数据中心液冷技术渗透率接近85%，液冷

表3 智算中心不同制冷方式的比较

对比维度	对比指标	风冷	冷板式液冷	浸没式液冷
节能性	PUE（平均）	1.6	1.3以下	1.2以下
	数据中心总能耗单节点均摊	1	0.67	0.58
成本	数据中心总成本单节点均摊（量产后）	1	0.96	0.74
节省占地面积	功率密度（kW/机柜）	10	40	200
	主机房占地面积比例	1	1/4	1/20
CPU可靠性	核温（℃）	85	65	65
机房环境	温度、湿度、洁净度、腐蚀性气体（硫化物、盐雾）	要求高	要求高	要求低

通信世界全媒体

编辑丨梅雅鑫 myx@bjxintong.com.cn

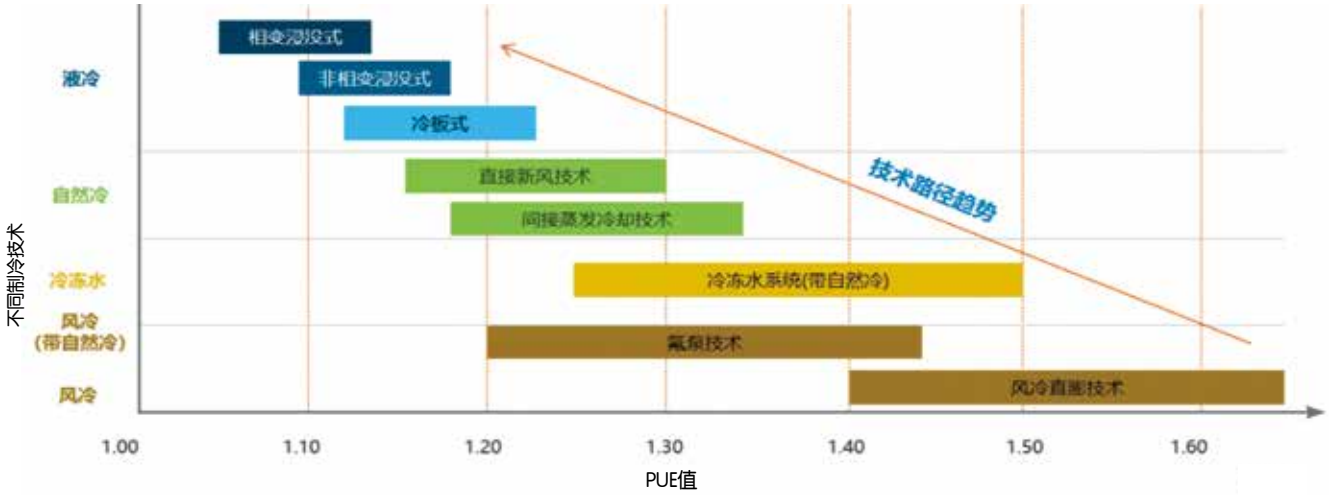


图3 不同制冷技术PUE对比

图4 中国液冷温控设备市场规模

技术在智算中心的应用远高于通用数据中心。随着液冷技术的不断成熟、成本逐渐下降，预计到2025年在通用数据中心市场液冷渗透率将超过30%。

液冷成本分析

之前市场普遍认为液冷数据中心初期投入和运营成本较高，但伴随液冷技术的发展以及算力需求的激增，形势发生了变化。一方面，冷板液冷数据中心初始建设成本已经低于风冷数据中心；另一方面，浸没式液冷虽前期投入较高，但每年可以大幅降低运营成本（主要为电费），迅速回收投资，数据表明，浸没式液冷数据中心运行4.5年后，TCO将出现拐点并且低于风冷数据中心。

液冷规模分析

目前数据中心的散热方式仍然以风冷为主，在算力设备以及数据中心机房的高热密度趋势和高能效散热要求的双重推动下，预计未来液冷将成为主流的数据中心温控方式。根据ICT research发布的数据，2023年我国液冷温控设备市场规模约为9.27亿元，连续三年持续高速增长。中国液冷温控设备（市场规模如图4所示，冷板式和浸没式液冷存量改造市场空间测算如表4所示。

显然，液冷已经成为未来数据中心绿色化过程中不可或缺的一环。在市场火热的追逐下，技术落地面临的挑战也有望得以加速解决，比如安全性、硬件成本、运维难度等。冷板式液冷是当下数据中心有效降低PUE的手段，并且其兼容性更强、定制化程度更低；浸没式液冷在未来发展空间广阔，市场增长空间也更大。

表4 冷板式和浸没式液冷存量改造市场空间测算

类别	2024年（预测）	2025年及以后
渗透率	10%	50%
存量服务器机架（万架）	—	520
冷板单价（元）	—	40000
浸没单价（元）	—	110000
冷板市场空间（亿元）	—	832
浸没市场空间（亿元）	—	2288

通信世界全媒体

50G-PON发展现状和应用前景分析

■ 中国信息通信研究院 曹小波 刘谦

下一代PON技术，即50G-PON技术，是实现万兆光网的关键技术，其发展现状和应用前景备受关注。相比10G-PON，50G-PON的带宽增长近5倍，参考历史经验，这符合每代际PON容量增加4~5倍的发展规律，这样的容量增长也能够满足创新业务对网络带宽发展的需求。

50G-PON将成为赋能企业办公、园区生产制造、智慧家庭、数字城市等领域的光接入网技术。根据PON技术发展历史，相邻代际的光接入技术部署时间间隔为7~8年，在产业和政策的助推下，50G-PON技术日趋成熟、主体标准日益完善，预计将在2025年前后实现商用。

50G-PON几个关键技术问题取得进展

功率预算

50G-PON需要利用现有PON网络的ODN，实现N1（29dB）、C+(32dB）等级的功率预算，支持至少20km的光纤传输距离。50G-PON线路速率相比10G-PON提升5倍，而随着传输速率的提高，链路色散代价也增大，50G-PON色散容限只有10G-PON的1/25。此外，有研究表明，线路速率提高，光发射机的发射功率随之增大，会产生非线性效应，因此对系统设计提出新的挑战。

为了满足50G-PON系统的功率预算，需要在发送端增强光信号发送功率，同时在接收端提高器件接收灵敏度，多种技术结合方可实现链路功率预算。

在系统发射端，根据ITU-T标准，为满足C+（32dB）等级的功率预算，克服色散对系统的影响，OLT侧发送光功率需要≥8.5dBm。OLT发射端可以增加半导体光放大器（SOA）结构的电吸收调制激光器（EML）芯片数量，参考D（35dB）等级XGS-PON相似的OLT发射端结构，通过采用集成SOA的EML激光器，提供超过10dBm的发射功率。在ONU侧，其上行波长在光纤零色散波长区（US1）或负色散区（US2）附近。其中，US3的窄波长波段选项是在ITU-T的G.9804.3 Amd1修订标准中引入的，这个波长带位于GPON和XGS-PON波段之间，允许PON系统的三代共存，如图1所示。

相比OLT侧，ONU侧能够采用更简单的光器件，如采用直接调制激光器（DML），以进一步降低终端成本。但根据ITU-T标准要求，对称速率50G-PON系统ONU侧发射功率接近7dBm，如采用低成本DML方案，ONU侧需要配置高功率DML激光器。此外，如ONU上行波长在US3的窄波长带（1286±2nm），为确保上行波长稳定并性能最优，光模块内需要增加TEC以实现模块内部温度控制较优的稳定性。

在系统接收端，50G-PON采用高性能光探测器，以进一步提高接收灵敏度，实现链路功率预算指标。目前业界倾向于在接收端采用APD探测器，并研究通过优化APD材料体系（如采用Ge/Si等）提高接收灵敏度，当前25G APD已较为成熟，但50G APD产业链仍未完善，处于样品阶段。此外，也有研究人员采用“PIN+SOA”组合的方案提高接收灵敏度，目前PIN产业链能够满足50Gbit/s带宽需求，但与SOA集成的方案工艺复杂且成本较高，尚未有成熟的产品。

为进一步提高链路光功率预算，50G-PON系统的上下行FEC采用低密度奇偶校验（LDPC）码，替代之前PON系

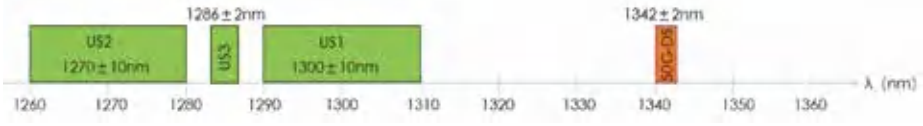


图1 50G-PON波长规划

通信世界全媒体

编辑丨梅雅鑫 myx@bjxintong.com.cn

统采用的里德-所罗门（RS）码。在下行方向，FEC对于所有ONU强制开启；在上行方向，FEC默认开启，并可由OLT控制关闭。

目前，业界为提升50G-PON功率预算，在系统收发侧采用多项关键技术，包括引入SOA、采用高灵敏度APD、部署LDPC FEC等，并已在实验室对系统N1和C+等级功率预算进行了验证，取得显著进展。但仍需完善核心光电器件（如50G DML、50G APD、BM-DRV、BM-TIA等）产业链，提高光电器件产品的性能，以形成规模、降低成本。此外，50G-PON将采用高功率器件，这也将进一步提高系统功耗和对散热效率的要求，系统性能有待研究并优化。

多代共存

多代共存是运营商非常关注的50G-PON系统关键技术能力。目前，GPON系列和EPON系列光接入网已大量部署，而支持多代共存的50G-PON系统能够在网关侧设备无需改动的情况下升级局端设备，降低运营商机房空间占用率，节省现网投资。目前支持多代共存的50G-PON，上行波长方案已收敛至1286nm±2nm，能够支持GPON系列三代共存和EPON系列两代共存。其中，GPON系列支持G/XG(S)/50G-PON三代共存；EPON系列由于早期部分ONU激光器频宽较宽（1260nm—1360nm），与50G-PON上行波长冲突，因此，目前支持两代共存，三代共存方案仍在研究中。

在共存实现方式上，运营商多采用内置合波（即在50G-PON光模块内集成MPM合分波组件）的方式。多代共存时，50G-PON上行波长（1284nm—1288nm）与GPON上行波长（1290nm—1330nm）仅间隔2nm区间，需要实现30dB高隔离度，对内置的合分波器件要求极高，对光模块封装方式也有很高要求，需要模块厂商优化光模块的结构设计，提升工艺水平。

在业界持续攻关下，目前已有器件厂商研制出高隔离度的合分波器件产品，并在系统方面也取得进展，业界已相继完成50G-PON系统三代共存能力验证和三代共存速率验证，取得预期成效。但在共存方面仍有难关需业界攻克，如多代共存使用的高性能合分波器件、模块选择性较少等，供应链也有待完善；同时，支持三代共存的50G-PON光模块需要内置“3发3收”六向合波的MPM器件，而多模光模块如何实现小型化，以进一步提高系统密度并降低功耗也是一大难点。此外，目前用于验证多模50G-PON系统的商用测试工具仍不完备，如商用支持多模50G-PON系统测试的光功率计仍然缺失，影响系统精度验证，需加快研发进度。

多速率突发接收

ITU-T标准确定了三种50G-PON系统上行速率，分别是12.5Gbit/s、25Gbit/s和50Gbit/s。这意味着PON系统需要在不同的上行速率的ONU之间动态接收，满足不同用户或应用场景的需求。50G-PON首次引入数字信号处理器（DSP）均衡技术，动态补偿不同速率和位置的ONU在接入系统时所受到线路损伤的差异。此外，有研究表明，部署DSP能够降低系统对光器件带宽的要求，在ONU侧部署使用25G光器件和DSP，能够补偿色散对下行链路的影响以实现系统的链路预算。ITU也在制定50G-PON标准时提出评估发射机的新指标TDEC（发射机和色散眼图闭合），用于关注背靠背及长距离传输后线路损伤导致的功率裕量损失，尤其关注采用均衡后的信号眼图闭合现象。TDEC、ER与灵敏度指标综合评估，能够使制造商更加灵活地选择系统配置。DSP的部署对实现50G-PON系统多速率突发接收起到关键作用。

参考国内50G-PON产业发展，50G-PON系统上行速率已收敛到25Gbit/s（非对称）和50Gbit/s（对称）双速率。为了提升系统性能，在OLT侧，通过引入DSP技术，实现了对多速率上行突发信号的动态均衡。在ONU侧，通过引入轻量化的DSP，降低了器件带宽的限制，并能够有效地补偿下行色散等因素对链路造成的影响，提高系统功率预算。当前，50G-PON系统的DSP产业链借鉴了数通产业链的技术产品，但OLT侧的DSP需要支持多模突发时钟恢复和突发动态均衡等功能，目前高性能DSP产品的可获得性仍然不足，这对设备厂家的自主研发能力提出了挑战。此外，随着DSP的加入，系统的成熟度以及可能带来的成本、功耗影响也需要进一步评估。

主体标准制定工作基本完成，现网试点持续开展

在国际上，ITU-T SG15的光纤接入网络光系统研究组（Q2）早在2016年便启动了后10G-PON项目研究，其研究项目ITU-T G.Sup64于2018年完成并发布，研究了后10G-PON的各种可行性路线及其关键技术。2018年的ITU-T SG15会议经过多次讨论，最终确定将50G-PON作为下一代PON系统代际技术，并建立新的G.HSP（G.Higher Speed PON）系列标准项目，体系内主要技术标准包括G.9804.1面向网络基本需求、G.9804.2面向TC协议层、G.9804.3面向物理层。系列标准第一版（包括需求标准及修订G.9804.1Amd1、通用协议层标准G.9804.2及物理层标准G.9804.3）于2019年4月在ITU-T SG15全会上正式通

通信世界全媒体

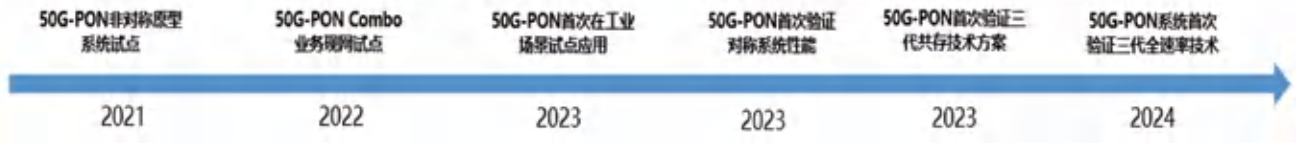


图2 我国50G-PON现网试点情况

过，标志着50G-PON的基础功能完成标准化。此后，系列标准的完善工作持续开展，截至2024年4月，50G-PON系列已增补需求补充、物理层对称指标、协议层以及共存等相关标准，并陆续完成发布。至此，50G-PON的国际标准研制主体工作已基本完成。

在国内，中国通信标准化协会（CCSA）的TC6工作组也早在2017年便开展了下一代PON的技术研究工作，并于2020年开始50G-PON系列标准研制。截至2024年4月，50G-PON系列行业标准（包括总体、物理层、TC层等）已在TC6WG2完成并发布。在模块器件方面，50G单模、10G/50G双模光模块的行业标准已在TC6WG4完成报批，三模光模块[G/XG(S)/50G]标准已立项，处于征求意见稿编制阶段。此外，CCSA TC615WG全光垂直行业工作组也立项“50G-PON垂直行业应用技术研究”的课题，探索50G-PON可率先应用赋能的垂直行业领域。

国际和国内50G-PON主体标准的完成为产业链上下游全面推进50G-PON商用创造了条件。全球众多运营商也积极开展50G-PON技术验证，中国电信、中国移动、中国联通、瑞士电信、法国电信等30多家运营商相继开展50G-PON试点。在国内，三大运营商自2021年起便积极通过试点验证50G-PON的各个发展阶段，我国50G-PON现网试点情况如图2所示。

需求驱动、政策推动，宽带网络向万兆挺进

“十四五”规划明确提出要推广升级千兆光网。截至2023年底，我国千兆网络加速普及，千兆及以上宽带用户达1.63亿户，占总用户数的25.7%。在网络建设方面，我国已建设具备千兆网络服务能力的10G-PON端口数达到2302万个，千兆光网具备覆盖超过5亿户家庭的能力。千兆光网的快速发展带动产业链持续繁荣，并进一步推动家庭及行业应用的创新发展，沉浸式家庭应用开始涌现，智慧城市和智慧园区加速创新，用户体验要求和对网络的需求同步提升。以沉浸式“裸眼3D”为例，84视点的4K分辨率压缩数据流需要2.7Gbit/s的吞吐量，如视点分辨率提升至8K，则网络带宽将大于10Gbit/s。应用创新、更优的用户体验需求推动宽带网络向万兆光网迈进。

50G-PON作为万兆光网的关键驱动技术，可以为每个接入点提供超过10Gbit/s的超高带宽、实现微秒级的系统传输时延和抖动、支持至少为1:64的物理最大分路比，并可以重用现有的ODN基础设施，与现有PON网络共存。50G-PON的新特性使它能够用于承载FTTX各类场景服务，满足创新应用（如虚拟现实、增强现实等沉浸式应用）的网络需求和用户体验要求，还将为物联网、大数据、云计算、AI等技术的发展提供坚实的网络基础，赋能行业应用创新，引领万物的光纤互联，因而具有广阔的应用前景。根据Omdia预测，新兴应用不断涌现将推动新一代PON网络的需求不断增长，促使50G-PON在2030年前保持高速发展，预计2024—2029年，亚洲地区50G-PON OLT端口出货量年复合增长率将达到90%，50G-PON投资占比逐年增高。

我国政府也高度重视万兆光网的发展，多次提出加大以50G-PON为代表的万兆光网研发力度。目前，已有多地政府出台具体措施助推万兆光网发展。北京于2023年9月发布《“光网之都，万兆之城”行动计划（2023—2025年）》，计划到2025年成为以万兆光网为基础的网络能力领先、创新应用领先、前沿示范领先的“全光万兆”样板城市。上海市于2024年5月启动“‘光耀申城’万兆启航行动计划（2024—2025年）”，目标是到2025年建成万兆光网基础设施体系，同时明确了50G-PON端口发展规模，并计划在新建住宅、商务楼宇以及产业园区全面部署50G-PON。

50G-PON作为万兆光网的关键驱动技术，能够满足不断增长的网络应用需求。未来其应用将不仅围绕家庭超宽带业务接入，还将围绕垂直行业的不同领域赋能企业数字化转型。此外，50G-PON的部署还将带动光通信产业模块、器件、设备、管理方式的全面升级，促进整个光通信产业链的技术革新和发展，创造新的市场机遇。目前，50G-PON的功率预算、多代共存、多速率突发接收等几项关键技术已取得显著进展，产业界正在加速完善核心光电器件产业链，深入优化系统性能，为后续的规模商用部署提供完备的技术支撑，预计50G-PON将在2025年前后迎来商用部署，光接入网将进入万兆时代。

通信世界全媒体

编辑丨梅雅鑫 myx@bjxintong.com.cn

基于Stable Diffusion的图像生成与多模态编辑智能体

■ 中国移动信息技术中心 童同 肖阳 马田瑶 卢菁

随着多模态大模型的不断发展，以“文生图”为代表的人工智能生成内容（AIGC）技术逐步趋于成熟，生成内容的质量与多样性得到了大幅提升，AIGC已为文宣、文档创作、数字人、短视频等领域提供了强大的助力。以Stable Diffusion为代表的扩散模型簇成为“文生图”领域的先进算法之一，该类模型以热力学作为理论基础，采用U-net、Transformer等模型架构，建模图像分布与随机高斯噪声分布关联，进而实现多样化的图像生成。

结合Stable Diffusion模型，中国移动信息技术中心智能AI研发团队提出了一套图像生成与多模态编辑智能体。该智能体能够基于用户输入的文本与条件图像，通过意图识别、槽位提取、任务编排等流程，生成符合用户要求的图像或完成图像内容编辑。目前，该智能体已用于中国移动MOA AI助手、智能交互数字人、妙笔文档等产品中，取得了良好的用户反响。

基于LoRA微调的场景化图像生成方案

为了满足多场景的图像生成需求，研发团队基于Stable Diffusion XL（SDXL）模型，结合LoRA训练策略，构建了一套场景化图像生成方案，如图1所示。该方案主要包括数据准备与预处理、基于LoRA的模型训练以及生成结果后处理三大核心步骤。

数据准备与预处理

为了解决部分场景数据缺乏的问题，研发团队维护了一个由各公开可商用图片数据集组成的大型数据库，并设计了一套训练样本扩充的自动化方法，减少人工收集与标注工作。其中，数据库中的每个图像包含编号、CLIP图像特征向量与文本标签三个元数据字段。训练样本扩充的自动化方法依托CLIP跨模态对齐模型，生成用户给出的场景示例图像或文字描述的CLIP编码特征。研发团队通过在大型数据库中采用向量余弦相似度检索的方式，检索出相似图像以扩大训练样本。若微调训练数据集还需进一步补充，可采用BLIP“图生文”模型对样例图片生成描述性文本，再通过CLIP文本编码结果在数据库中检索相似图像。

在获取训练图像后，还需按照既定格式生成图片提示语标注文件，并为不同的微调数据集赋予不同的触发词。具体而言，采用BLIP“图生文”模型生成图像描述，再由中国移动九天大模型输出符合SDXL模型训练要求的图像生成提示语。

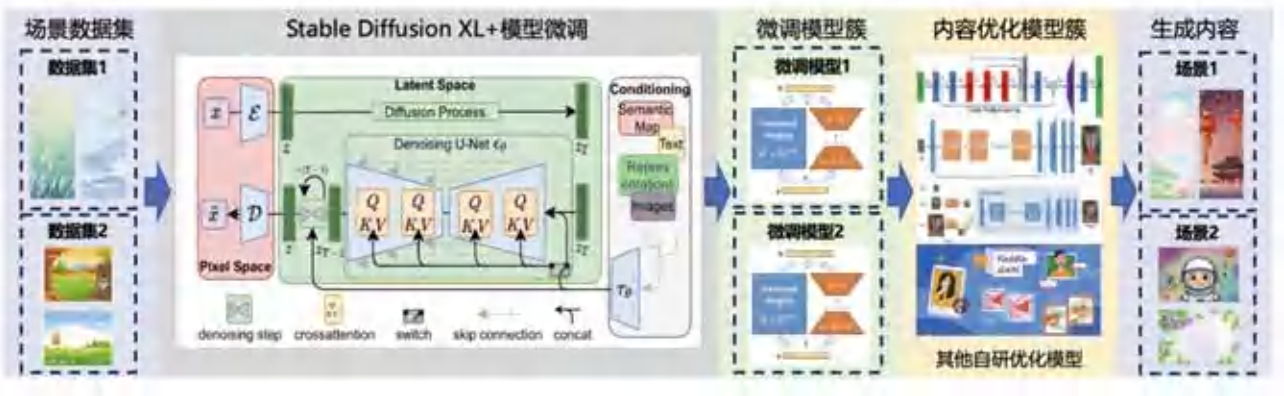


图1 基于LoRA微调的场景化图像生成方案

通信世界全媒体

触发词通常为特殊字符或使用较少的词语，可引导模型在出现提示词的情况下才进行场景化图像生成，减少模型的文本漂移现象，不影响原生SDXL模型的生成能力。

在模型微调之前，需要进一步对图像数据进行预处理。由于原生SDXL模型默认的图像大小为1024×1024像素点，难以满足所有业务场景的需求。针对上述问题，研发团队设计了图像数据的预处理方法，即保持图像原始比例不变，以短边对齐方式进行缩放，最后对长边不足部分补齐或对超出部分进行裁剪。其中，用于补齐部分颜色的RGB值为图片像素均值，避免模型生成结果产生边框。裁剪方式则根据场景而定，当图片主体主要位于中心位置时进行中心裁剪，其他情况进行随机裁剪。

基于LoRA的模型训练

LoRA是一种高效的参数微调方法，在基座大模型上附加轻量的LoRA模型，能够扩展基础大模型能力，实现对新风格、新对象等概念的快速学习。LoRA微调方法是在基座大模型每个Transformer的全连接层中注入可训练的低秩矩阵，而不用对整个大模型进行微调。LoRA模型参数量仅5M~50M，为SDXL基座模型的千分之一左右，因此相比直接对基座模型微调，LoRA模型训练所占内存开销小，训练时长短，在单张显卡上数小时内就可以完成。此外，同一基座大模型可以搭载不同LoRA模型，能在不同应用场景灵活切换，实现“即插即用”的高效场景化图片生成。

图像质量优化模型簇

在图像质量优化模型簇中，主要包含基于传统统计学和基于人工智能的图像质量优化算法。用户可基于上述图像质量优化算法在不同应用场景进行自由选择，也可不进行任何图像优化，以最大程度满足用户对生成图像的期待。同时，本成果也为用户在实际场景提供了默认推荐的图像质量优化模型选择，方便用户使用。通过合理运用图像质量优化模型簇，可显著提升图像生成的质量，在一定程度上优化用户体验。

图像内容多模态编辑

在图像生成的基础上，研发团队提出了基于SDXL的图像内容多模态编辑算法，包括基于图像与文本的图像内容编辑和基于文本的自由图像内容编辑，分别适用于精确与自由图像编辑场景。图像内容多模态编辑方法如图2所示。

基于图像与文本的图像内容编辑

基于图像与文本的图像内容编辑能力需要用户提供一个条件图像作为必要输入，提供一段文本描述作为可选输入，主要用于将提供的条件图像与原始图像进行融合，并尽可能贴近用户提供的文本描述。研发团队基于SDXL和ControlNet模型构建图像内容编辑模型。通过将图像填补技术与ControlNet进行深度融合，克服了ControlNet本身无法在任意指定区域融入条件信息的问题。

图像编辑需要准备图文多模态条件信息，具体包含图像编辑位置与编辑区域大小、条件图像和文本提示语。图像编辑位置与编

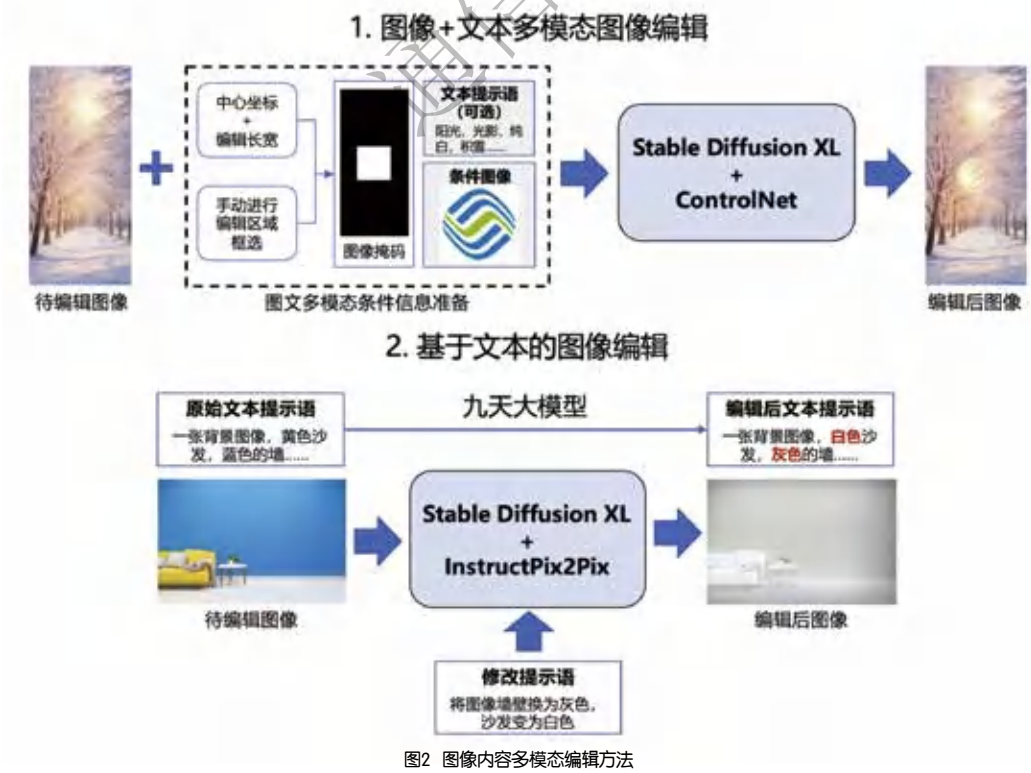


图2 图像内容多模态编辑方法

通信世界全媒体

编辑丨梅雅鑫 myx@bjxintong.com.cn

图3 图像创作智能体框架

辑区域大小支持两种方式提供：一是提供编辑位置的中心坐标和区域长宽；二是手动进行编辑区域的框选，根据框选区域获得编辑区域大小。

根据提供的图像编辑位置与编辑区域大小信息，生成图像编辑掩码，掩码值为1的区域为编辑区域，其余区域为0。条件图像为必须提供的条件信息，支持各类图像格式、大小和长宽比，该图像会经过边缘提取与缩放等预处理操作，并填入编辑区域中，获得一张与原始图像大小相同的预处理后的条件图像，将该图像输出Control Net中即可同时实现在指定区域中的条件生成。文本提示语作为补充，可让用户输入对图像编辑的要求，进而对生成图像的风格、细节、结构等进行更精确的控制。文本提示语为非必须项，如用户未提供任何提示语，则模型会自动猜测用户意图，实现条件图像与原始图像的融合编辑。

基于文本的自由图像内容编辑

为了提供更开放自由的图像编辑体验，研发团队还研发了基于文本的自由图像内容编辑算法，用户仅需通过文本描述图像需要修改的部分和内容，便可完成图像内容的编辑，无需提供任何条件图像。

本技术采用Instructpix to pix联合SDXL的实现方案，该方案的关键核心是需要构建基于实际场景的图像编辑数据集对SDXL进行微调训练，使其具备文本提示图像编辑的能力。具体而言，首先采用中国移动九天大模型结合编辑指令生成原始图像的原始描述、编辑描述，再结合Prompt to Prompt方法构建编辑图像，最终形成由五元组（原始图像描述、编辑后图像描述、编辑指令、原始图像、编辑后图像）构成的数据集。

五元组数据集构建完成后可开始模型训练过程，输入编辑指令、原始图像和编辑后图像，要求模型输出的编辑后图像与数据集中的编辑后图像尽可能相同，进而不断优化模型权重。训练完成的模型具备输入编辑指令和原始图像、输出图像编辑的能力。相比基于图像与文本的图像内容编辑，这种图像编辑方法无需用户提供待融合的条件图像，因此更加自由。

图像创作智能体

在图像生成与图像编辑能力的基础上，研发团队还进一步将上述能力封装为图像创作智能体。图像创作智能体结合Bert意图识别模型，可精准解析用户输入的文本指令，随后智能体自动规划任务流程，调用相应模型，高效执行各类图像创作任务，其框架如图3所示。

意图识别模型采用Bert模型架构，通过构造用户指令语料数据集对Bert模型进行微调，实现智能体的意图识别和槽位解析功能。为全面覆盖用户需求，研发团队构建了一个囊括多样用户行为模式的常用指令数据集，结合业务场景并参考内测日志记录的用户指令，总结了常用句式形成模板。在此基础上，运用中国移动九天大模型分析用户指令的语法与词汇特点（包括口语表达与同义词替换），进一步丰富了指令语料。数据集包括图像生成、图像编辑以及其他三大类意图，其中图像生成意图根据不同业务场景，又细分为文宣、人像、背景、图标和自由生成等类别，并随业务发展而持续扩充。截至目前数据集共包含500余条指令样本，规模约1万token。目前，该成果通过在构建的语料数据集上进行20轮迭代训练，可达到96.4%的意图识别准确率。

在智能体的实际运行过程中，一旦确认了用户意图，智能体即刻启动定制化任务链路，规划相应的任务流程。例如，当用户表示“请帮我生成一张元宵祝福图”时，根据识别到的“图像生成—文宣”意图，智能体会自动触发相应流程，包括加载相应的LoRA权重，通过接口传递解析到的槽位文本“元宵祝福”，完成图像生成和优化，并最终将结果推送给客户端，实现流畅的端到端服务。

中国移动信息技术中心积极拥抱大模型前沿技术，深耕AIGC方向，提出图像生成与图像内容的多模态编辑两项能力。在此基础上，进一步由智能体对两项能力进行统一封装和管理，面向不同的用户需求，调用不同的任务流程并完成任务执行工作。未来，中国移动信息技术中心将持续对该智能体进行升级改造，逐步形成包含图像、视频、音频生成的多模态内容生成智能体，进一步推动AIGC技术在中国移动内外部的落地应用。

通信世界全媒体

加快数字赋能
建设美丽中国

通信世界全媒体

广告

通信世界

COMMUNICATIONSWORLD

中国标准连续出版物号：ISSN 1009-1564 / CN 11-4405/TP

ICT产业发展*推动者*

欢迎订阅！

通信世界杂志社

邮发代号：82-659

每月10、25日出版

定价：20元/期

480元/年

订阅方式

1. 邮局订阅

凭邮发代号82-659
在全国各地邮局（所）订阅

2. 发行部订阅

拨打征订热线或发送邮件
到征订邮箱提交订阅信息订阅

邮箱： caojunying@bjxintong.com.cn

征订热线： 010-52265607

3. 微信订阅

扫描二维码-通信世界-杂志订阅

微信订阅更便捷