

通信世界

COMMUNICATIONS WORLD

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927期 2023年9月10日 第17期

风口之上 5G工厂的 量变与质变

手机卫星通信火热的背后
6G“卡位战”打响/P4

5G轻量化芯片
赋能产业转型升级/P18

互联网3.0之问/P33

ISSN 1009-1564



9 771009 156234

“深”

见未来

新时代·新通信·新世界



通信世界全媒体

“厚积薄发” 救华为于危难

刘启诚

华为在8月底以出其不意的方式发布了Mate60系列手机，此举引发的关注却成了世界级的讨论话题。Mate60手机的上市，不仅让国内用户惊喜，也让美国人惊诧不已——华为这是突破“我们”的制裁，要活过来了？

其实何止是美国人惊诧，世界上其他国家的人也都在惊叹华为的强大，被一个超级大国制裁了四年，竟然没被“打趴下”，反而愈战愈强。确实，美国这四年的打压，把华为逼成了一个“全能选手”，推出自己的操作系统鸿蒙OS和OpenEuler；推出自研的MetaERP系统；5G技术不断突破，如今又在5G终端芯片上跨出了关键一步。

其实华为并不是什么“大罗天仙”，想做什么就做什么，想做成什么就做成什么。任正非说得很清楚，华为只是想在有限的业务范围内领先世界，不求全方位领先。然而形势所逼，不得不做，但为什么华为就做成了？

其实不管是Mate60手机，还是MetaERP系统的整体应用，我们看得见的是产品，看不见的是华为背后的基础研究和技术创新。

在中国，没有一家企业能像华为这样重视基础研究和技术创新。华为在全球有超80个基础技术实验室，170多个联合实验室、创新实验室；研发人员达11.4万名，占公司员工总数的55.4%；新近发布的2023年上半年财报数据显

示，2022年华为研发费用支出1615亿元，占全年收入的25.1%，研发投入创公司历史新高，而近十年，华为累计投入的研发费用超过9773亿元。

持续投入研发，让华为在专利上取得累累硕果。华为是全球最大的专利持有企业之一，在全球共持有有效授权专利12万件。2022年，华为凭借7689件PCT国际专利申请量继续排名榜首。华为通过“压强式”投入，确保高质量的业务连续性，提升产品竞争力。

而华为一直在根技术研发上进行大投入，这是因为华为清楚，根技术是“技术树”之根，持续为“技术树”提供养分，进而决定企业的“荣枯”。因此，多年来，华为在做好业务的同时，一直在根技术领域积极布局，保证技术的核心独立可控。因此，如今华为才能在如此被打压的情况下，仍然实现5G、操作系统、数据库、芯片领域的全面突破。

正是这种在基础技术和技术创新上厚积薄发的战略方针，造就了华为今天的成功；也正是这种厚积薄发的精神，才有了今天Mate60的成功返场。Mate60手机的成功，也意味着华为已经走过最艰难的日子，即将迎来新的更大的发展机遇。如果这种厚积薄发的精神一直延续下去，那么任何形式的制裁和打压都将是徒劳的，没有意义的。📡

半月谈

CONTENTS 目录

述评 Review

- 4 手机卫星通信火热的背后
6G“卡位战”打响
- 5 统筹规划、分步实施，让2G退网“纵享丝滑”

专题 Topic 5G工厂的量变与质变

- 6 5G推动工业网络转型升级
- 8 5G工厂推动“5G+工业互联网”高质量发展
- 10 从信息化走向数智化
建材行业5G工厂建设进行时
- 13 中国移动陈豫蓉：分类施策、循序渐进
扩大5G工厂规模
- 15 福励织造：工业互联网平台“撬动”花边织造产业链
- 16 美的厨卫打造5G工厂，实现全流程互联互通
- 17 紧抓数智化“风口”，顺威精密释放“乘数效应”



P8 5G工厂推动“5G+工业互联网”高质量发展

广告目录

封二 通信世界形象广告
封底 强化科技创新 赋能、释放数字经济新动能公益广告



P43 构建“双千兆”数字工厂的研究

产业 Industry

- 18 5G轻量化芯片赋能产业转型升级
- 21 中国移动：持续打造先进算力网络
助力数字经济创新发展
- 25 浙江移动：以全闪存数据中心赋能创新应用
- 27 数字化转型背景下
创新人才培养模式的评价机制探索
- 30 数字政府电子政务外网运作架构
和建设模式创新研究
- 33 互联网3.0之问
- 36 国外大模型发展分析
- 39 AI大模型在智慧城市领域的应用与前景

技术 Technology

- 41 基于云网融合资源池的负载均衡技术实现
- 43 构建“双千兆”数字工厂的研究
- 48 构建数据服务总线
破解企业数字化转型难题



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

执行副主编：程琳琳

采 编 部：王 涛 甄清岚 梅雅鑫 王禹蓉 孙 天

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 郑勇志 王禹蓉

刘华鲁 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：郑勇志 刘艳玲 胡锦涛

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：2023年9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

刘华鲁 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

张同须 中国移动研究院党委书记

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。

手机卫星通信火热的背后 6G“卡位战”打响

金峰

2023年8月底，华为Mate60 Pro上线销售，继2022年Mate50支持北斗双向短报文之后，新款手机增加了卫星通话功能。在其发布之后，瞬间引爆产业界对卫星通信的关注度。

实际上，2022年3GPP R17版本冻结，由于其包含了对NTN（非地面网络）的5G NR支持，产业界迅速作出反应。在芯片领域，高通、紫光展锐、联发科等均发布相关芯片组，并寻求与终端厂商合作；在终端领域，除华为外，小米、vivo、魅族、联想（MOTO）等均有相关产品上市的计划；在生态领域，中国NTN工作组成立，加快推动国内相关标准建设。

华为等“明星”厂商，让手机卫星通信市场瞬间火热，但事实上，该市场不是新兴市场，原有的市场态势亦将延续。

回顾历程，在1980年前后，国际海事卫星服务启动，产业大幕就此拉开；在随后的四十余年中，北斗、天通、全球星、国际卫星、铱星、星链等先后出现，能够提供定位、语音、短信、数据连接等多种服务。

智研咨询数据显示，2021年我国卫星移动通信服务市场规模为29.8亿元，相比万亿级的蜂窝移动通信服务市场，仍是小众化市场。其主要原因是卫星通信昂贵的终端与使用费用，加之较低的服务能力（室外空旷地点使用，且业务指标低于蜂窝网络），使得其应用场景被限制在地面信号无法覆盖的海洋、荒漠、丛林等地区的物流运输、旅游探险，以及自然灾害等应急通信方面。

华为等公司通过在通用终端上加装卫星模块，降低了卫星通信终端成本（用户相当于购置模块），但仍找不到合适的理由，让用户在城市等蜂窝网络密集覆盖的场所，付费使用卫星通信业务。卫星通信依旧是小众化市场，只是让更多的“驴友”有了安全感，让灾区的群众能够对外联络。

就产业发展而言，短期内，为高度内卷的终端市场增添一项新型功能，无疑能够吸引用户的眼球，并且至少为技术发展提供推动力量。用户未必真正使用卫星通信，但在挑选产品时，将优先选择具备此功能的产品。

而从长期发展来看，依据6G愿景描述，未来将实现全域覆盖的无缝立体连接，因此要大力推动星地一体融合组网。为了在2030年前后到来的6G时代实现上述愿景，当前产业界应通力协作，手机卫星通信就是其中一项成果。具体而言，包括四大方面。

首先，在产业演进方面。在6G时代的全域覆盖模式下，不仅海洋、荒漠、森林等人迹罕至的场所需要卫星网络支持，即便是在城市，运营商亦难以承担地面基站的几何级数增长，需要卫星网络的补充。

其次，在消费促进方面。一方面，现有的卫星通信终端与服务起点较低，只能提供语音和短信服务，且资费昂贵，但这也为未来的产品升级奠定了基础。另一方面，基础的卫星通信服务培育了消费意识，即卫星通信并非高高在上，而是可以“飞入寻常百姓家”的。

再次，在技术发展方面。5G NTN构建了新一代卫星通信的原型化标准，也就是说，它虽然是5G标准的组成部分，但未来势必推动卫星通信服务从当前的独立功能，向融合服务的方向转变。此外，它的技术性能将持续提升，通过从“透传模式”向“再生模式”的演进，使得卫星通信的性能能够匹配地面通信能力。

最后，在产业发展方面。华为等厂商的规模化终端推广，能够有效激发上下游生态的积极性，各类行业终端、应用等提供商，亦能够如百花齐放般发展。（作者为ICT行业资深分析师）

统筹规划、分步实施 让2G退网“纵享丝滑”

姜玉泉

近日,某地运营商“关闭2G基站”并要求用户升级套餐一事,在社交平台上引发热议。

2020年5月,工信部发布的《关于深入推进移动物联网全面发展的通知》中提出,推动2G/3G物联网业务迁移转网,建立NB-IoT、4G和5G协同发展的移动物联网综合生态体系。在5G商用正式启动后,我国信息通信业进入了2G/3G/4G/5G四代技术“同堂”的特殊时期,在投入产出巨大“剪刀差”的压力下,工信部开始鼓励迁移转网,将有限的频谱资源用于4G和5G网络的发展。

诚然,2G为我国移动通信网络发展作出了卓越贡献,网络覆盖广、语音质量高,至今仍在发光发热。但长期以来,2G网用户价值低、维护成本高、频谱利用率低、功耗高的“双低双高”劣势,给行业发展带来了沉重负担,业内2G退网呼声不断。其实,早在2018年,中国联通已经在多省部署2G网络的退服工作,打响了2G退网的“第一枪”。中国电信紧随其后发布相关公告,拉开了2G退网的大幕。2020年,中国移动也发布通知,明确NB-IoT、4G技术将承载2G物联网业务,并于2020年底停止新增2G物联网用户。至此,三大运营商集结完毕,全球最大的2G网络退服已成定局。

2G退网不仅是一个策略问题,更是一个战略问题。根据移动通信技术的发展规律,2G退网是必然趋势。近年来,基于2G网络的用户、应用越来越少,而数据流量的使用与日俱增,将GSM低频段频谱资源重耕用于4G和5G网络,已经成为行业发展的共同诉求。这不仅代表着行业的发展方向,更是国家5G战略的必然要求。目前,2G主要覆盖老年人、偏远地区和企业物联网等群体和领域。如何在2G退网之后,既能更好地满足这部分用户群体的需求,又能更好地承担普遍服务的社会责任,对运营商和行业来说,是值得深思的问题。道阻且长,行则将至,但需“谋定而后动”。运营商应全面开展2G退网的统筹规划,既要摸清2G“家底”,明确2G退网的路线

图,又要制定清晰的重点工作和进度计划,测算资源投入与产出;由运营商集团公司按照各省实际情况,统筹考虑2G退网的相关工作安排,坚持以用户需求为导向,坚持“彻底改造与引导迁移相结合”的原则,以用户满意、体验不降为总体目标,分步骤、分阶段落实退网相关工作,这是慢工出细活、循序渐进的过程。

2G退网不仅是运营商的事情,更是全社会的事情。2G退网涉及用户需求、网络覆盖、终端改造、普遍服务、适老化改造等诸多方面,需要运营商的努力,也需要全社会的合力。一是政府层面,迫切 need 要加强宣传引导,让全社会理解并接受2G退网是大势所趋的事实,这符合国家大政方针和发展战略,同时在网络覆盖、终端改造、普遍服务、适老化等领域出台相关补贴和激励政策,减轻运营商2G退网的“身心压力”;二是运营商层面,坚决不做“甩手掌柜”,分阶段、按重点、有节奏地开展2G退网工作,加强4G和5G网络全面覆盖,满足偏远农村、老年人、企业物联网等用户群体的实际需求,推进普遍服务能力和水平更上一层楼;三是终端厂商层面,加强终端的适老化改造,积极宣传和引导智能终端在老年人群体的普遍应用,加强与运营商、政府、高校等的合作,充分依托老年大学、社区中心等组织机构,开展老年人群体智能终端培训和引导,提升2G退网用户的体验和感知。四是2G物联网用户层面,基于当前企业数字化转型发展的大趋势,加快推进窄带物联网、4G和5G协同发展的移动物联网生态体系建设,实现网络迁移的同时,全面替代2G物联网终端,全面提升移动物联网连接数、数据规模和质量,加速万物互联时代的到来。

雄关漫道真如铁,而今迈步从头越。2G时代终归要离我们远去,感谢2G在网服务30年,让我们坦然面对它的离去吧,它的谢幕将是全新5G时代辉煌的开始!(作者为广东省电信规划设计院高级咨询顾问)

5G推动工业网络转型升级

■ 中国工业互联网研究院总工程师 王宝友

目前,我国工业处于数字化转型阶段,工业互联网是工业数字化转型的基础设施、技术载体、实现路径和应用模式。网络是工业互联网的基础,工业互联网的发展对网络基础设施提出了新的要求。工业网络通常是指工业现场的网络,作为将工厂生产现场的各种要素连接在一起并提供可靠、实时通信的设施,工业网络需要集确定性、可靠性、灵活性于一体。工业网络总体上历经模拟通信、工业总线(也称现场总线)、工业以太网三个大的发展阶段。目前,工业网络制式多样,工业总线、工业以太网、工业Wi-Fi、4G、5G(含工业5G)均有应用。随着通信技术特别是5G技术的快速发展,工业网络通过广泛应用5G技术实现转型升级成为业界关注的焦点,5G将给工业网络带来巨大的变革和机遇。

工业网络发展历程

工业网络是工厂中各类要素互联互通的基础设施,是工业自动化的“神经系统”,工业网络最重要的功能是实现传感器、控制器、执行器之间的通信,具有严格的性能指标要求。自20世纪80年代至今,伴随着制造业自动化、信息化、智能化需求的不断升级演进,工厂内网络连接技术取得长足进步,目前工业通信正处于从工业总线到工业

以太网的演进过程中,未来还将向TSN(时间敏感网络)、5G与TSN融合等方向不断演进。

20世纪80年代,工业现场主要通过线缆实现现场设备间的通信。随着生产现场传感器、执行器等设备越来越复杂,现场总线技术开始发挥作用,出现了工业总线与现场设备通信控制器。工业总线是在模块之间或者设备之间传递信息、相互通信的一组公用信号线的集合,是系统在主控设备的控制下,将信息准确地传送给某个接收设备的信号载体或公共通路。总线本质上不是连接类型而是一组协议,工业总线有很多种协议,如ABB的ControlNet、施耐德的Modbus、西门子的Profibus、贝加莱的EtherCAT等。在国际层面,经过市场充分验证的20种工业总线协议已固化为IEC 61158系列标准。工业总线用于现场设备连接,简单可靠,在网络中允许环形、树形、星形和菊花链等各种拓扑结构,节省布线,信号可靠(没有电缆电阻和压降的影响)。但是传统工业总线成本高,不同的协议之间无法统一标准,相互兼容性差。

20世纪90年代,以太网开始大规模应用。传统以太网应用广泛、成本低廉,但难以满足工业环境的实时性要求。在这种情况下,工业以太网技术应运而生,其在标准以太网协议基础上进行改进,从高速率(100M~1Gbps)、

分组交换和同步机制三方面进行增强,以确保实时性和可靠性。工业以太网技术自2000年开始被业界逐渐采用,目前市场占有率已远超工业总线,成为工厂内网通信的主要手段。工业以太网协议也有多套标准,如PROFINET、Modbus TCP/IP、Ethernet/IP、EtherCAT、POWERLINK、CC-Link等,存在市场“割据”、互不兼容等问题。

TSN技术是2012年国际标准组织IEEE 802.1工作组开始研制的面向工业特殊应用场景的新一代以太网标准,通过使用标准以太网的组件,改进数据链路层协议,基于QoS等级确定传输优先权,可在通用架构上实现跨越车间级、工厂级、企业级等多层级的直接通信,实现真正OT与IT的融合。目前,现有的主流工业以太网标准(PROFINET、EtherCAT、SERCOS III等)均在研究与TSN技术的兼容、互通和演进问题。

当下,企业所用的工业网络中,工业现场总线、工业以太网等多种技术通常会同时部署使用。

5G技术以其高可靠、低时延的优越特性,为无线通信在工业控制网络中的深入应用带来技术可行性。5G与TSN协同可进一步扩大无线工业网络的应用规模,扩展TSN的应用场景,提供高可靠的移动性、灵活性、可重配置能力,有效降低运维成本,是智能工厂

内网中极富潜力的技术组合。

5G技术特点及工业网络应用

5G具有高传输速率、低时延和大连接密度的技术特点。首先, 5G技术能够实现更高的数据传输速率, 这意味着工业网络可以实时传输大量的数据, 从而提高数据的采集、处理和分析效率。其次, 5G网络时延更低, 可以快速响应工业设备的指令和控制信号, 提高工业生产的实时性和灵活性。最后, 5G技术支持更大的连接密度, 可以同时连接多种设备, 实现工业网络的高密度布局 and 更强大的设备协作能力。

5G网络技术基于3GPP标准版本规范, 于2018年冻结的R15版本支持端到端低于30ms的时延和99.99%的可靠性, 能够满足多种工业应用的数字化场景。2020年冻结的R16版本侧重于URLLC场景, 对无线接入与核心网功能进行增强, 面向工业互联网应用支持1微秒同步精度、0.5~1毫秒空口时延, 网络可靠性提升至99.999%, 并增强工业级时间敏感网络服务能力等。R17版本于2022年6月冻结, 支持大连接、低功耗海量机器类通信, 并推动轻量版5G NR (New Radio, 新无线/新空口) 的发展, 支持NR定位增强。R18版本命名为5G-Advanced, 将面向垂直行业增强需求, 技术发展方向包括智慧、融合与使能等方面的特征。

5G技术的高速率、低时延和高可靠性, 使其可以作为工业通信载体, 实现高效的远程设备控制和数据传输。5G技术为工业网络提供了更多的应用场景和技术手段, 5G技术的高密度连接能力, 可以实现大规模设备的互联互通, 通过工业物

联网和边缘计算技术的支持, 5G工业网络可以实现智能感知、自动控制和数据共享, 从而推动工业自动化水平的提升。

5G推动工业网络转型升级

5G对工业网络的转型升级具有重要意义。它提供了更高的数据传输速率、更低的时延和更大的连接密度, 为工业网络安全、效率和自动化水平的提升拓展了巨大的空间。5G技术极大丰富了工业网络的功能和场景, 推动工业网络转型升级。在5G的推动下, 工业网络将更加灵活、高效、智能、安全。

同时, 5G对工业网络的基础设施提出了更高的要求。企业需要建设更加稳定、高效和安全的网络基础设施, 包括网络硬件设备、数据中心等, 以支持5G技术的应用。5G用作工业承载网络时, 需要进行系统集成和平台建设, 以实现工业网络的整体优化和协同。企业需要选择合适的工业互联网平台, 建立统一的管理和控制中心, 实现设备管理、数据分析和业务监控的全面协同。另外, 要实现5G在工业网络中的广泛应用, 企业需要加大对基础设施建设、数据安全保障、人才培养和技术创新的投入, 并积极进行系统集成和合作共享。

5G工厂典型组网架构及实现

5G工厂典型组网架构包括工业终端、5G终端、5G无线接入网、5G核心网、工厂内网等部分, 个别工厂还有工厂外网。工业终端是指通过5G无线连接的工厂设备, 包括各类工业传感器、PLC、控制I/O模块、HMI设备、工业摄像头等; 5G终端支持3GPP定义的终端功能, 用于将各种类型工业设备接入

至5G网络, 5G终端包括5G工业路由器、5G工业网关、5G CPE等; 5G无线接入网负责与5G终端的无线连接、物理层信号处理、无线资源管理等, 主要由5G基站(包括AAU/BBU、CU、DU)以及配套前传、中传与回传的传输设备组成; 5G核心网负责5G核心控制以及用户数据路由, 主要由控制面(CP)与用户数据面(UP)组成, 控制面基于SBA架构, 负责5G用户开通、鉴权、计费、移动性管理、会话管理、QoS策略管理、切片等, 用户数据面主要指UPF网元, 负责用户数据路由、流量上报、QoS策略执行等; 工厂内网包括工厂内的OT环网及IT网络, 在OT环网中部署SCADA、主PLC和工业应用, IT网络中部署企业ERP、SCM等管理系统及PLM等业务系统; 工厂外网则可以通过Internet或者运营商提供的通信网络(包括5G网络)来实现。当然, 为保障数据和网络安全, 企业应采取各种安全措施。

从这个典型组网架构来看, 5G技术可以广泛应用于工厂的各个层级, 覆盖从工业终端到企业广域网的各个方面。其中的重要创新是将5G作为统一无线接入传输介质, 通信技术(CT)不再是外在或外挂的载体, 而是实现与OT和IT的深度融合。

当前, 5G在工业上的应用还处在初级阶段, 虽然初见成效, 但规模不够大。我们相信, 随着5G技术的快速发展、R16及后续标准商用的成熟, 以及终端芯片、模组成本的快速下降, 5G在工业网络、工业现场的深度应用和大规模应用并不遥远。通过云边一体、算网融合、智慧网络, 5G技术和5G网络将为工业应用提供更快、更稳定的通信网络, 以及更高效的计算和储存能力, 为工业数字化转型和智能工厂的建设提供强有力的技术支持。 



5G工厂推动“5G+工业互联网” 高质量发展

“5G+工业互联网”发展

所 沈彬

厂, 打造100个标杆工厂, 推动5G融合应用纵深发展。

成了良好的发展态势,有效促进企业提质、降本、增效,以及绿色、安全发展。

基本形成了基于5G网络的
“端-边-云”三层基础设施架构

8

UPF等核心网元下沉至工厂内的混合专网建设模式,并根据实际业务需要将5G网络接入到物联网、生产控制网络、生产管理网络、安全监控网络、办公网络等。工业企业将现场设备进行5G化改造,增强设备的移动性,以满足企业快速换线、柔性生产,以及设备在更大范围内进行移动等需求。5G工厂充分利用了5G网络广连接、大带宽等性能,在工厂内大量部署传感器及摄像头,实现生产现场的各类数据采集,为企业数字化转型打下数据基础。目前,现场设备终端通过5G网络接入的数量正在逐步增加,通过配套建设的网络管理系统,可实时监测网络运行情况以及设备联网情况等。

同时,5G工厂进一步引导企业加快工业互联网平台、边缘计算、数据存储节点等基础设施建设,并根据企业的实际业务需要,分别在工业互联网平台、边缘云、边缘网关、边缘控制器等设施上部署工业软件或APP,结合人工智能、大数据、AR/VR等技术,提升企业生产、运营、管理效率,降低企业运营成本,提高生产能效。目前通过5G工厂建设,已基本形成了基于5G网络的“端-边-云”三层基础设施架构,有效解决以往工厂内网络不能互通、数据信息“孤岛”等问题。

推动“5G+工业互联网” 应用场景拓展至生产控制环节

在5G工厂建设发展中,机器视觉质检、厂区智能物流、生产现场监测等“5G+工业互联网”应用场景已在各行业广泛落地。其中机器视觉质检充分运用5G大带宽特性,在质检环节将工业相机或激光器扫描仪等质检终端,通过内嵌5G模组或部署5G网关等方式接入5G网络,将实时拍摄的产

品高清图像通过5G网络传输至专家系统。专家系统基于人工智能算法模型进行实时分析,判断产品是否存在缺陷;在此基础上,有效记录产品质量信息,帮助企业实现产品质量溯源及产品优化。厂区智能物流充分运用5G无线传输特性,将厂区内AGV、RGV等物料运输车辆内置5G模组或接入5G网关,使其按照物流调度系统的路线编排,在立体仓库与各生产工位间定时、定点、定量精准配送物料,有效降低了仓储成本,提升了运营效率和仓储管理能力。生产现场监测充分利用5G广连接、大带宽等特性,将生产现场部署的大量传感器、摄像头和数据采集终端接入5G网络,将采集到的环境、人员动作、设备运行等监测数据,实时回传至生产现场监测系统,对生产活动进行高精度识别、自定义报警和区域监控,实时提醒异常状态,为安全生产、能效管控等提供保障。

同时,在5G工厂建设过程中,工业企业、基础电信企业、解决方案提供商等单位挖掘“5G+工业互联网”应用场景,将其拓展至生产控制环节。目前商用5G可以达到时延小于20毫秒、可靠性高于99.99%的技术指标,控制系统可进行云化部署,并结合视频及采集的数据,实现设备的远程控制。如在钢铁行业已经实现“一键炼钢”“一键炼铁”,在港口行业已实现操作员远程操控多台龙门吊,在采矿行业实现操作人员远程控制掘进机等典型应用场景。在“2023工业互联网大会”上,中国信通院、中国联通、精工自动化、上海勃傲自动化、华为5家单位联合发布了5G高可靠、低时延汽车柔性产线,实现5G时延4毫秒、可靠性99.999%的技术指标,并应用在汽车产线机器人抓手切换、随行夹具控制等多个生产控制环节,进一步

缩短汽车生产周期,提升产能。

加强合作,形成“双向奔赴”的发展态势

5G工厂需要工业企业、基础电信企业、解决方案提供商或系统集成商联合建设。在5G工厂的推进过程中,基础电信企业不仅为5G工厂提供5G网络建设,同时也在与工业企业、解决方案提供商等,结合工业企业生产、运营、管理中急需解决的痛点和难点问题,共同探讨5G网络的有效应用,打造一系列应用场景,并且为工业企业提供后续的网络运维服务。工业企业和解决方案提供商等也派出有关专家,主动与信息通信业专家进行探讨,逐步将生产周期、生产工艺等进行适度调整以适配5G,进一步推动5G在生产控制等核心环节的应用,并提出能够将5G直接内置在工业设备中要求,以此降低设备接入5G网络的门槛,这将更有利于工业应用5G。同时工业企业提出将后续的网络服务交给基础电信企业,以购买服务的方式与基础电信企业进行合作。可以说,5G工厂建设进一步促进了工业与信息通信业的深度合作,已形成了“双向奔赴”的发展态势。

目前,通过5G工厂建设,切实在工业企业提质、降本、增效,以及绿色、安全发展方面平均提升价值10%~17%,而企业对5G工厂建设产生的价值预期普遍高于50%,甚至部分企业超过100%。下一阶段,建议进一步加快“5G+工业互联网”在技术、产品、应用、生态建设方面的推进进度,各有关单位联合研制行业5G工厂建设标准化方案,降低企业建设成本,加快明确5G工厂建设指标,以便企业更有针对性地开展建设;定期开展5G工厂建设成效评估,加强5G工厂标杆打造,持续“擦亮”5G工厂品牌。CW



从信息化走向数智化 建材行业5G工厂建设进行时

■ 建筑材料工业信息中心 万佳艺

建材是支撑我国国民经济发展的重要基础材料工业，它虽然听起来比较抽象，但与人们的生产生活息息相关。建材行业细分领域众多，包含水泥、玻璃、建筑陶瓷、防水涂料等多个子行业，支撑了基础设施建设、建筑业和房地产业的快速发展，极大改善了人们居住环境。

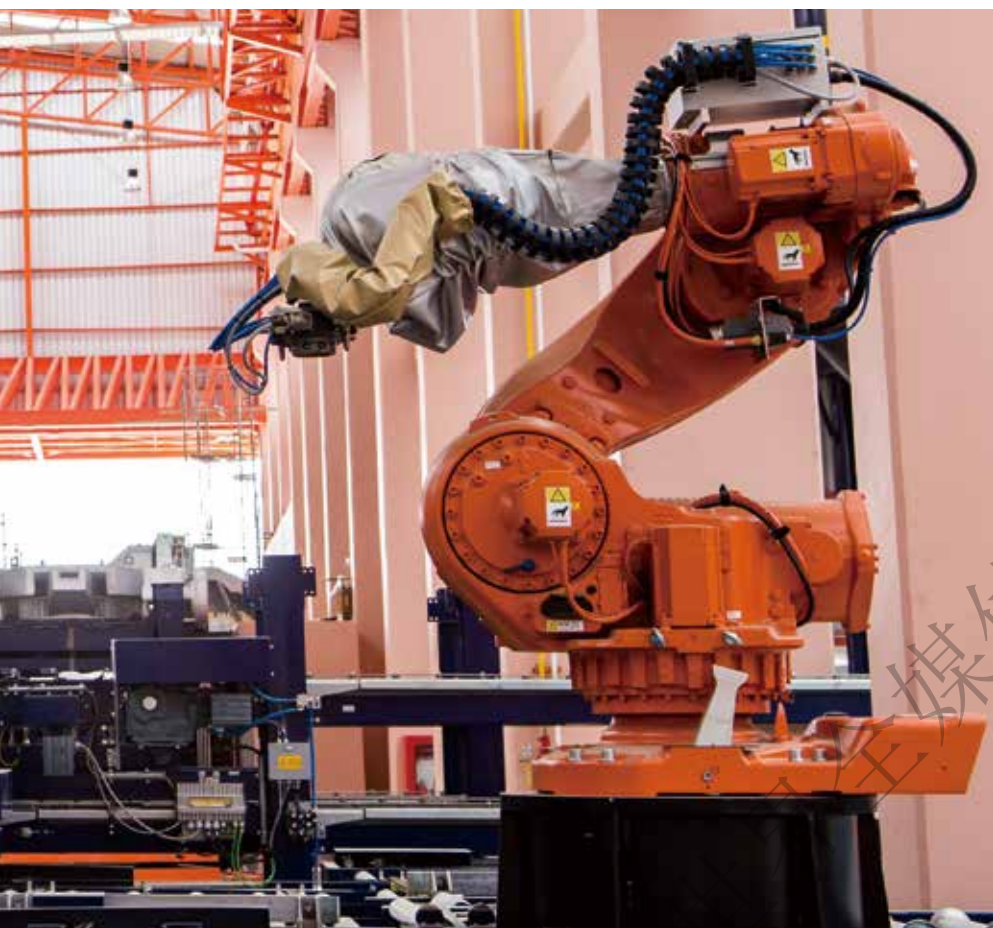
建材工业是国家基础设施建设的

基石，我国有完善的产业体系，水泥、玻璃、陶瓷、玻纤等多种建材产品的产量位居世界第一。如今随着5G、工业互联网等“新基建”的加速落地，信息化基础比较好的建材企业已经开始将5G技术融入工业生产过程中。但是考虑到建设成本和能力等问题，当前建材行业企业大多停留在单点突破和局部优化阶段，整体呈现一定的“碎片化”

特征，如何运用5G技术实现企业“一张网”“全连接”仍是行业需要进一步探索的问题。

数智化成建材行业转型 升级新引擎

建材工业作为国民经济和社会发展的基础性行业，是大国重器、战略性新兴产业的重要保障，也是原材料工业



的重要分支。在国民经济持续快速发展的强劲带动下，我国建材工业发展取得了巨大成就，建立了完善的产业体系。

在“工业4.0”的大背景下，建材企业积极应用智能制造技术，探索生产经营管理全过程与现代信息技术、数字技术的结合和应用，智能制造装备和先进工艺不断普及，关键工艺流程数控化率大幅提高，建材工业逐步迈向转方式、调结构、增动力的高质量发展阶段。

随着5G、大数据、云计算、人工智能等新一代信息技术的快速发展，建材企业的商业模式和运营方式正在发生根本性变革，企业必须借助新兴数字技术整合信息资源、研判市场趋势，不断提升企业数字能力、拥抱数字化转型浪潮以保持竞争优势，才能持续占领市场。近年来，我国出台了一系列

政策引导行业数智化发展，鼓励建材企业改变传统的生产模式，利用新一代信息技术，提高生产效率和产品质量，推动行业节能减排，促进建材行业可持续发展。

5G工厂成为建材行业的重要支撑

“5G+工业互联网”是加速中国新型工业化进程的重要支撑。首先，5G工厂的建设可以对建材生产全流程进行网络覆盖，进一步完善工厂网络基础，为各环节多种智能应用提供可靠的网络支撑。建材工业主要产品生产具有连续、流程化的特征，包括众多工业环节、涉及多种设备，生产环节较多、生产时间较长。建材产品在生产过程中需要不间断，但是设备停机后再次启

动运转的成本很高，5G网络相对于4G来说稳定性、安全性更高，可以更好地为智能装备、工业控制系统的正常运行提供网络支撑。

其次，依靠5G网络的高可靠、低时延、大带宽等能力，工厂可连接更多智能装备，优化各类工业数据和指令的传输，进一步实现对原料配料的精准计量、生产设备的远程精准操控等，提高产品的生产效率，降低成本。

此外，5G网络的建设可支撑厂内物流运输的无人化、自动化，物流装备可摆脱网线的限制，采用无线的方式更灵活地运输货物。同时，在“联网”方面充分激活沉淀在工厂各环节、各设备的工业数据，结合摄像头等采集设备，实现设备、产线、管理等链条数据的实时采集和共享，进而实现生产全流程实时监控，打通企业数据流、业务流、管理流，助力企业实现节能降耗、效率提升、规模生产、柔性生产、智能仓储等多项智能制造场景。

综合来看，5G工厂的建设进一步促进了建材行业生产模式的变革，推动企业由传统生产管理向智能生产管理模式转变。5G网络的建设促进了智能生产模式的创新，结合新一代信息技术，建材企业建设了无人智能巡检、生产实时监测、机器视觉质检等创新应用，这些应用为建材生产、运营、质量检测等流程带来了便利，帮助企业优化了生产运营方式，降低了人工成本，逐步实现精益生产，与传统工厂相比提质增效的效果十分明显。

领先企业已将5G融入生产过程中

随着5G、工业互联网等“新基建”的加速落地，企业对“5G+工业互联网”的认知也逐步明晰。5G网络“低时

延、高可靠、大带宽”的特性，与工业领域“低时延、高可靠、广覆盖”的网络基础要求紧密契合，为工业互联网实现网络协议、系统、软硬件的创新发展提供了新的方向。

建材行业将按照《“十四五”原材料工业发展规划》《建材工业智能制造数字转型行动计划（2021—2023年）》《建材行业稳增长工作方案》等政策规划，进一步夯实工业网络基础，提升5G网络的覆盖率和普及率，推动5G工厂的建设。目前，建筑材料工业信息中心与中国信息通信研究院正在牵头编制《建材行业5G工厂建设实施参考指南》，将明确建材行业建设和发展5G工厂的主要工作、5G重点应用模式等，为建材企业建设5G工厂提供指导。

目前，一部分信息化基础比较好的建材企业已经开始结合5G技术进行数智化生产。在2021年工信部发布的《第二批“5G+工业互联网”十个典型应用场景和五个重点行业实践》中，建材行业被列入五个重点行业实践。良瓷科技、海螺集团、陕西声威建材、泰山玻纤等建材企业利用5G技术开展的生产单元模拟、厂区智能理货、生产过程溯源、精准动态作业等各种应用场景的实践，被纳入行业典型实践并编制成案例，为行业5G应用提供参考。

虽然5G与建材行业融合应用已经取得初步进展，但是要想在行业内广泛地建设5G工厂、进一步发挥5G技术的价值，仍然有很多工作需要做。建材行业存在大量的中小型企业，其信息化基础比较薄弱，且5G工厂整体的建设成本较高、建设初期带来的直接经济效益有限，这让很多中小企业望而却步。此外，多数建材企业不具备自主建设5G工厂能力，工业互联网复合型人才储备有限，当前5G工厂应用规模化复制不足，建材行业内缺乏可学

习参考的案例。

因此，现阶段分级、分步推进5G工厂建设是建材行业5G应用发展的重要路径。在基础建设方面，建材企业的数字化能力差异较大，多数大企业已经实现了工业网络互通及关键装备的网络化改造，但部分中小企业仍采用传统模式进行生产，在这种情况下，想要用一种策略在建材行业广泛进行5G工厂建设是困难的；而在应用场景方面，建材行业细分领域较多，应用需求存在差异，5G技术在水泥、陶瓷、玻璃等细分领域设计、生产、销售等过程中的应用也正在被不断地尝试和创新，针对不同级别、不同类型的企业制定不同的5G工厂建设方案，更符合建材行业企业的实际需求，也能更好地实现5G应用落地。

总而言之，建材行业对5G网络的应用仍处于探索阶段，5G工厂配套的技术要求、标准等尚在完善过程中，5G在建材行业的应用价值仍需要在实践中进一步发掘。对建材行业5G工厂建设推广，建议现阶段从以下3个方面加大工作力度。

一是推进建材行业“5G+工业互联网”相关标准的制定，以标准引导企业5G工厂的建设。规范5G网络基础建设内容、主要应用场景建设要求、安全防护能力技术及要求等，促进行业5G工厂技术标准不断完善，推动“5G+工业互联网”技术在行业企业生产过程中的普及。

二是推进建材行业5G工厂示范工程建设，为行业5G工厂建设树立新标杆。在行业内遴选试点企业进行5G工厂的建设实践，在实践中不断积累建设经验，创新应用模式。组织行业专家评选优秀5G工厂、“5G+工业互联网”应用案例等，形成标杆应用案例集，供行业企业学习借鉴。

三是推进建材行业5G工厂评估体

系建设。在现有的5G工厂分级指南基础上，根据建材行业数字化转型发展情况，构建建材行业5G工厂评估定级体系，指导建材企业对自身5G工厂的能力进行评估定位，为企业制定5G工厂发展策略提供依据。

网络安全为行业数智转型保驾护航

工业网络安全问题是许多建材企业在数字化转型中关注的问题，一旦联网生产设备、工控系统被攻击，将直接影响相关环节的正常生产运行，且建材行业是一个典型的流程型行业，在生产过程中一处遭到攻击很可能造成整个产线的停摆。因此，在建材企业数字化转型发展过程中需要考虑网络安全风险问题，采取专业的网络安全防护手段保证智能生产的可靠性和安全性。目前，建材企业正在着力加强工业网络安全防护体系的建设，积极储备既了解生产工艺又懂信息化的复合型人才，以提升对网络安全事件的应对能力，减少对外部供应商的依赖。

建材行业对5G工厂建设方面重点需要考虑安全防护能力、安全管理能力、安全运营能力等三方面能力体系的建设。安全防护能力的建设是指利用安全防护工具和技术，在5G工厂网络层、设备层、控制层等各层级建设安全防护机制，增强5G工厂抵抗外部网络攻击的能力。除了各层级安全防护能力建设之外，建材行业还需要建立完善的安全管理体系和安全运行监测体系，以防止人为原因导致的网络安全事件的发生。通过不断完善安全运行监测体系，实现对工厂网络安全情况的实时监测，对接行业、地方安全态势感知平台，及时发现并排查网络安全问题，为5G工厂的正常运营提供安全保障。CW

中国移动陈豫蓉：分类施策、循序渐进 扩大5G工厂规模

■ 本刊编辑部 舒文琼

自2022年9月工信部印发《5G全连接工厂建设指南》以来，在采矿、港口、电力等领域，一座座5G工厂纷纷落地，推动“5G+工业互联网”深耕步伐不断加快，为工业企业高质量发展注入新的动力。“5G工厂建设成为加快‘5G+工业互联网’发展的重要路径，也是‘5G+工业互联网’的一大亮点。”中国移动上海产业研究院副总经理陈豫蓉在接受通信世界全媒体采访时，充分肯定了5G工厂取得的积极成效。

在肯定5G工厂取得积极进展的同时，我们也应该清醒地认识到，作为新生事物，5G工厂的发展仍面临着诸多挑战。“市场对5G工厂的概念理解不足，是5G工厂规模化发展面临的重要挑战之一。”陈豫蓉一针见血地指出。

大中小型企业实施思路 存在差异

我国5G从2019年商用至今，作为5G赋能千行百业的重要实践，4年以来“5G+工业互联网”不断走深向实，如今已迈入了量质双提升的新阶段。

为进一步加快“5G+工业互联网”新技术、新场景、新模式向工业生产各领域、各环节深度拓展，2022年9月工信部印发《5G全连接工厂建设指南》，



中国移动上海产业研究院副总经理 陈豫蓉

提出在“十四五”时期，推动万家企业开展5G工厂建设，建成1000个分类分级、特色鲜明的工厂，打造100个标杆工厂。5G工厂建设成为加快“5G+工业互联网”发展的重要路径，也是“5G+工业互联网”的一大亮点。

如今，5G工厂在多个领域深入推进，取得了卓有成效的进展，对于工厂高质量发展发挥了重要作用。不过陈豫蓉也指出：应清醒地看到，5G工厂的发展仍面临诸多挑战，特别是市场对概念理解不足成为主要挑战之一。

具体而言，5G工厂的关注度目前在业界呈现两极分化之势：自身数字化、自动化条件比较好的龙头企业对此兴趣强烈，基于两化融合的实践，正在逐步开拓和落地5G工厂；而大量的中小企业当前的关注重点还在于生产能力的提升、自动化水平的改善，对于5G

工厂的需求并不明显。

在5G工厂的建设思路方面，大型企业与小企业也产生了差异。大型企业主要考虑整体推动、整体规划、分步实施的策略，注重整体生产和经营水平的协同提升，更注重长期发展的问题；中小企业关注单个“痛点”场景的解决，希望快速看到成效，更注重眼前的“堵点”和“痛点”问题。

无论是“5G+工业互联网”还是5G工厂，业界一直期待在实现“从0到1”的突破后，能够尽快实现“从1到N”的规模复制，从而产生规模效益，降低边际成本，实现5G收益的最大化。提到5G工厂的规模化复制，陈豫蓉认为，当前面临的主要问题是现有自动化程度、生产工艺、管理制度在不同车间、不同工厂之间存在差异，在大型企业中，由于生产和管理的差异导致直接复制的技术难度较大。相对而言，中小微企业自身成熟度较低，生产和管理的情况相对标准，更倾向于通过通用场景数字化转型升级产生实际收益，因此规模化复制在中小微企业之中更容易开展。

5G轻工厂系列产品直击 中小微企业“痛点”

综上所述，在中小微企业进行5G

工厂规模化复制的门槛较低、需求旺盛,因此中国移动上海产业研究院(以下简称上研院)针对该市场进行了重点分析、深入布局。

“当前,很多中小微企业正在推动数字化转型,但是产品部署‘重’、交付周期‘长’、造价成本‘高’,成为数字化进程的‘绊脚石’。针对这些‘痛点’,上研院全面升级5G数字工厂体系,推出了5G轻工厂系列产品。”陈豫蓉介绍。

陈豫蓉表示,5G轻工厂是基于5G技术的数字化工厂产品组合,能够利用5G网络的高速率、大带宽和低时延特性,将生产过程中的各种数据进行实时传输、分析和处理,从而提高生产效率、降低管理成本、保障产品质量,提供更好的用户体验。例如,5G轻工厂系列产品之轻诊断,具有线上评估、诊断管理、解决方案推荐三项核心功能,可帮助企业快速、准确地识别生产过程中的问题和瓶颈,并采取相应措施进行优化和改进;5G轻工厂系列产品之轻MES(制造执行系统),具有订单管理、生产管理、工艺管理、条码管理等主要功能,可实现企业从生产订单到生产管理,再到供应链管理的全流程管控等。

据悉,5G轻工厂系列产品基于OnePower工业低代码平台打造。OnePower工业低代码平台综合运用云原生、多租户等技术,可实现基于模型驱动的应用可视化设计和配置,提供快速页面搭建、数据模型设计等能力,通过无代码和低代码开发方式高效搭建工业应用,可大幅提高企业研发生产力和交付效率,助力企业数字化建设及业务创新。继承OnePower工业低代码平台的优势,5G轻工厂系列产品在部署、交付、成本等方面具有天然优势。

目前,上研院的5G轻工厂系列产品已在部分企业落地,取得了良好的使用效果。例如,在广东茂名石化,上

研院部署了轻巡检方案,将5G及智慧应用融入巡检工序接入5G专网,实现智慧移动巡检功能,让巡检路线可视化监控。项目实施后,该企业巡检效率提升30%,服务效率提升20%,并为巡检绩效考证提供了依据。又如,在江苏中广核,上研院上线轻MES,通过5G专网接入以及现场部署5G智能网关、PDA、扫描枪等终端,实现材料改性和消毒灭菌两大核心工艺全覆盖,并上线生产、质量、设备等核心模块。项目实施后,企业生产效率提升10%,异常响应提升25%,产品不良率降低12%。

在5G融入千行百业的同时,由于行业用户需求多样、涉及的应用场景和技术方案庞杂,需要运营商能够对内部资源进行有效整合,并与行业解决方案供应商紧密合作。在此背景下,“军团”模式应运而生,成为运营商开拓5G行业市场的重要组织形式。

陈豫蓉介绍,中国移动成立了“全连接工厂军团”。一是以5G为切入点,持续突破5G与工业现场网融合、有线与无线融合、跨网应用等难点堵点,聚焦高价值场景,实现规模拓展。二是依托“军团”聚合能力,融合全产业链能力,面向重点行业打造标准化产品、整套解决方案,加速推动工业互联网向核心生产环节延伸。三是加强工业互联网安全领域的体系化规划和布局,瞄准用户需求点,持续完善工业安全解决方案。四是积极发挥信息产业融通带动作用,通过建设工业互联网平台,打通生产制造全环节,带动全链数字化改造和上云上平台进程不断加快。

加强生态布局,打造“灯塔工厂”

根据工信部数据,截至7月底我国

5G基站累计达到305.5万个,5G应用已融入60个国民经济大类,建设数字化车间和智能工厂近8000个。5G工厂的成效初步显现,依托庞大的5G网络和工业基础,未来5G工厂发展还有更加广阔的空间。而近期钢铁、汽车、住建等领域开始着手出台细分领域的5G工厂指南,相信此举将使5G工厂的发展如虎添翼。

陈豫蓉表示,为加快5G工厂建设,持续打造具有全球影响力的“灯塔工厂”,中国移动将加快在工业互联网领域的产业生态布局。

一是加强平台合作。联合网络支撑、工业终端、工业应用等领域生态合作伙伴,构建“产学研用”深度融合体系,充分发挥各方优势,快速壮大OnePower工业互联网平台生态链,促进关键技术突破和新产品孵化。

二是加强市场合作。不断引入优质合作伙伴,强化工业互联网领域大项目合作,结合重点省市出台的行业政策,协同生态合作伙伴成立专业化的攻坚队伍,共拓行业龙头用户,共创5G工厂标杆项目。

三是加强服务合作。携手合作伙伴持续为各省市提供OnePower工业互联网产品推介、展览展示以及赋能培训,并逐步打造5G工厂,建设工业互联网公共服务平台和工业标识解析平台,服务特色产业集群等,为工业企业、政府产业集群提供优质、高效的服务,推动企业上云。

展望未来,陈豫蓉表示:“OnePower工业互联网平台将重点在‘模型+算法’技术方向发力,实现AI算法的标准化,汇聚海量工业数据,以通用化的能力为企业提供生产安防、视觉质检、预测性维护等方面的算法支撑,通过数智化技术的融合应用创造业务价值。”

福励织造：工业互联网平台“撬动”花边织造产业链

■ 本刊编辑部 朱文凤（整理）

作为典型的传统轻工产业，花边织造行业具有生产切换成本高、信息化程度低等行业共性痛点，且面临订单时间分布不规律、企业管理效率低、材料损耗严重、故障应对不及时等业务发展难题，行业转型创新诉求强烈。

随着5G、工业互联网等新一代信息技术的快速发展，花边织造行业进入生产组织结构变革、技术转型升级的关键阶段。作为一家集研发、生产、销售于一体的花边织造企业，创建于1992年的厦门福励织造有限公司（以下简称“福励织造”）积极进行数字化转型，推动自身及行业实现高质量发展。

“如今，制造行业的竞争愈发激烈，传统的制造模式已无法满足市场需求，因此很多工厂正加速向高端制造转型升级。”福励织造信息化负责人邹经理介绍道，这需要借助先进的数字化技术（如人工智能、大数据等）解决传统制造降本增效、“柔性”生产的问题。

携手福励织造实现数字化转型，中国电信以“5G+工业互联网”公共服务平台为抓手。通过1个工业互联网平台，技术、数据、业务3个核心能力引擎，面向企业的5G工厂、面向政府的区域产业大脑、面向产业链的工业园区3类服务模式，让能力和服务可定制、上下游企业需求可协同，从而快速拉通产业链生态。

在福励织造的转型规划中，需要加

强设备运行监管，对工厂使用的自动化设备（如整经机、经编机、染整设备等）进行数据采集与分析，提升设备运行效率；提高企业良品率，加强产品质量把控，减少生产、质检等环节对原材料的损耗；提升企业运营效率，实时掌握生产情况与数据，辅助开展经营分析与决策优化。

因此，福励织造工业互联网平台正式上线，该平台采用分层结构开发和设计，将界面、业务服务、数据分离，提供微服务组件化服务，以灵活、快速地响应业务变化的需求。

据了解，福励织造工业互联网平台主要用于设备数据采集、AI机器视觉、决策分析、设备运行管理、生产设备管理、设备运行历史数据追溯、订单进度跟踪、生产数据下发等场景。同时，该平台支持各种工业设备协议，通过数采盒子技术获取设备运行数据，进一步打通“机料法环人”之间的数据“孤岛”。此外，该平台也大大优化了工艺参数配置管理流程和数据管理模式流程。

“该平台自上线以来在多个方面取得实效。一是降耗，通过平台实时观察生产工具每天的用电情况，根据业务分析实现科学降耗；二是降本，实现全流程数字化，节省人力成本；三是高效，通过系统自动进行数据的采集、计算、汇总、检测等，提高了效率，降低了出错率。”邹经理总结道。

在社会效益方面，福励织造工业互

联网平台实现企业生产经营数字化管理，打破订单、物料、设备、生产、仓储、能源、环保等环节的信息“孤岛”，在行业内具有较强的复制价值。

一是推动产业智能化。基于平台全面深度的连接，通过对数据的充分感知、分析、洞察、决策乃至优化控制，建立数据驱动的智能闭环，赋能传统产业智能化。

二是促进企业绿色化发展。推动设备上云，重点面向高能耗工业设备，公有云、私有云、混合云多种方式并举，推动设备泛在互联、数据汇聚共享、资源优化配置，通过平台推动工业企业能耗下降，实现节能减排。

三是提升质量安全。通过平台应用，实现设备远程运维、产销智能化分析以及无人化作业，为企业提供安全生产监管和设备状态监管保障，延长平台连接的工业设备安全生产时间，保障产品生产质量。

四是推动产业升级。发挥工业互联网供需对接、资源配置支撑作用，为制造企业依托工业互联网打通终端市场和产业链上下游，带动区域产业升级树立良好典范。

未来，中国电信将继续依托云网融合优势，围绕工业行业应用需求，联合产业链上下游生态合作伙伴，为工业行业量身打造定制化解决方案，促进工业企业数字化、智能化转型升级。CWW

美的厨卫打造5G工厂 实现全流程互联互通

■ 本刊编辑部 孙天（整理）

“以前工厂里的机器人基于Wi-Fi网络，容易出现丢包现象，故障率较高，联通5G专网部署之后，极大地降低了信号时延，稳定性也更高了。”美的厨卫企业数字化负责人介绍说。

作为我国家电行业的龙头企业之一，美的厨卫多年来凭借技术创新和产品研发赢得了良好的市场口碑。在制造业加速转向智能制造的趋势下，美的厨卫紧抓数智化转型机遇，与中国联通在5G工厂建设方面展开全面合作。

5G工厂建设是一项系统工程，是制造企业加快数字化转型、提升核心竞争力的必然路径。美的厨卫负责人表示：“美的厨卫结合目前5G技术的发展情况和内部的战略组织方向，提出了‘数字驱动’战略，即全面数字化、自动化。在工厂端，打造可持续发展的智能制造工厂和智慧园区，全面融合5G、AI以及机器视觉、AGV等方面的技术，实现智能制造、绿色制造。”

实践结果显示，基于数字化改造，美的厨卫将大数据分析融入到整个工厂的生产过程中，有效保证了前端物料供应的及时性、准确性，以及后端生产交付的有效性，极大地缩短了内部交付的时间。具体来讲，5G工厂实现了产品制造全流程的互联互通。

一是产品端到端。美的厨卫优先通过产品的标准化和平台化，实现产品制



造流程的自动化、信息化。

二是订单端到端。从前端用户需求到后端用户交付的整个流程中，美的厨卫打通“全链路”，实现敏捷、快速交付。

三是品质端到端。美的厨卫一直把用户放在首位，对用户的产品意见反馈非常重视，把“用户直达”作为其主要战略之一。为此，美的厨卫通过5G技术与系统的融合，打通数据流通的“大动脉”，实现数据采集的准确性和及时性，从而快速地提升产品的品质。

四是能源端到端。现阶段，国家倡导“双碳”战略，对企业而言，在产品的生产制造过程中，二氧化碳的排放量较大。为此，美的厨卫优化管理流程，实现了透明化管理，在最短时间内实现产品的低碳化，为节能降碳贡献了自身力量。

五是物流端到端。美的厨卫所有产品均涉及“物流”环节，如物料运输、

厂内产品运输等。通过可视化方案打通整个物流场景，避免在运输过程中出现断点，有效减少了订单交付延时情况的发生。

具体到生产场景，在焊接车间，搭载视觉信息系统的焊接工具通过激光传感器识别零件形状和定位零件位置，并将数据回传至操作系统，确保钢板焊接轨迹不差分毫。芜湖联通打造的“5G+智慧工厂”，在视觉检测的“火眼金睛”下，零件缺陷检测准确率超过90%，节省了10%的人力，大大提升了工作效率。

美的厨卫负责人认为，可以把5G技术看作整个生产运营的“中枢神经”，将各个制造环节统一贯穿起来，实现系统与系统的互通、人与机器的互通、机器与机器的互通、系统与机器设备的互通，各系统之间的互联互通极大地提升了企业的生产运营效率。🔗

紧抓数智化“风口” 顺威精密释放“乘数效应”

■ 本刊编辑部 包建羽（整理）

一眨眼即可自动完成一个贯流风叶中节360度视觉检测；机器人不仅可以进行自动化生产，还可以“看到”并识别每个零部件的缺陷……借助“5G+AI”视觉检测，既可实现图像实时回传，又可同步至MES系统对生产品质统计分析，机器替代人工进行质量检测已成为现实。

大隐隐于市，在广东佛山顺德区容桂街道科苑一路6号，坐落着全球空调风叶制造能力最强的厂家——广东顺威精密塑料股份有限公司（以下简称“顺威精密”），该公司成立于1992年，目前已拥有广东、湖南、安徽、山东、河北、江苏、湖北以及泰国等多个生产基地。

伴随着机器的高速运转，顺威精密总部每天的贯流风叶中节生产数量超过100万个。借助中国移动5G专网，总部制造车间190台注塑机、87台焊接机和76台动平衡机实现互联互通，联网率达到了100%。

作为空调的重要组成部件，贯流中节风叶是否破损、注塑是否合格、有无黑点杂质等都是质量检测的重点环节，而且为了进一步保证产品合格率，质检人员每两小时进行人工抽检和巡检。如果在这个过程中发现一个残次品，该时段生产的半成品都要报废，这极大地增加了生产成本。

因此，顺威精密在数字化转型过程中，除了需要克服传统制造业数字化基础薄弱、存在信息“孤岛”、部门间无法有效协同等难点外，如何实现高精度的视觉检测也是其重点关注的方向。

为了解决业务发展中的“痛点”，顺威精密数智化转型的第一步是自动化；第二步是信息化；第三步是从2019年开始推动的数字化，在这个阶段，顺威精密将设备与系统逐步连接起来，重点进行5G网络建设；第四步是推动生产制造智能化。面对“视觉检测”这一“痛点”，顺威精密引入“5G+AI”视觉检测系统，让机器检测代替人工检测；引入“5G+AR”远程协同平台，同时进行AI智能调机、智能物流等系统的应用。正是这一系列智能化生产流程的推进，才有了文章开头机器替代人工进行质量检测的场景。

从数据来看，5G技术推动企业数字化转型的效果十分明显。“在2014年的生产旺季，顺威股份的员工是6000人，营收约14亿元；而2022年的生产旺季员工不到4000人，营收达到了21亿元。”顺威股份集团智能制造与信息化中心负责人王强表示。

广东省佛山市作为我国重要的制造业基地，拥有规上企业接近1万家，其中以顺威精密为代表的“腰部”企业居多。不同于大型企业动辄上百亿元的数

字化转型投入，类似顺威精密这样的细分领域“隐形冠军”，其数字化转型经验更具有借鉴和参考价值，更适合复制推广。

顺威精密在建设5G工厂过程中可复制的应用场景与借鉴经验主要体现在以下两个方面。一方面是制造业通用的“5G+MES”系统。通过“5G+MES”系统的建设，顺威精密主要的生产设备均实现了实时的数据采集，再结合MES系统的工单管理、设备管理、工艺管理、模具管理等模块，将生产信息数字化、使用过程明晰化，便于管理者进行决策，同时也大幅降低了生产成本，提高了生产效率。

另一方面是“5G+AGV”应用。传统AGV模式往往在地面上布设二维码或磁条线，建起一条宛如专用“高速公路”的通道；建设5G专网之后的AGV应用更加灵活、便利。此外，上文重点提到的“5G+视觉检测”系统，以及在5G专网助力下，依据企业需求建设的智能安防体系与智慧园区，也将助力企业实现降本增效。

仅从佛山市来看，以顺威精密为代表的众多细分领域5G工厂已成为相应行业的标杆，并提供经验助推5G应用复制推广，为经济发展提供了强有力的支撑。面向未来，这些企业将带动产业链上下游，共同推动5G加速融入千行百业。

5G轻量化芯片 赋能产业转型升级

■ 中国信通院 5G 应用创新中心 杜斌 杜加懂

我国5G商用四年以来，5G应用呈现“百花齐放”的发展态势，应用案例累计超过5万个，已融入97个国民经济大类中的60个，覆盖国内31个省、直辖市、自治区和香港、澳门特别行政区以及中国台湾，我国5G应用整体进入规模化发展的关键期。在5G应用推广过程中，终端成为5G与行业融合的“锚点”，融合终端的成本高、研发难等问题成为制约5G应用规模化的主要因素，而芯片成本高、功能冗余、生态缺乏又成为其中的关键。为了打破这个产业瓶颈，大力推动5G应用规模化发展，工业和信息化部近日组织起草了《关于推进5G轻量化（RedCap）技术演进和应用创新发展的通知（征求意见稿）》（以下简称《通知》），并公开征求社会各界意见，此举的重要目的之一在于凝聚“产学研用”共识，汇聚各方力量共同推进5G轻量化（RedCap, Reduced Capability）芯片技术演进、产品研发并构建丰富的产业生态，实现芯片的低价、高质量供给，降低行业5G应用成本。

5G 轻量化芯片应运而生， 技术和产业加速推进

5G轻量化技术是3GPP针对中高速连接专门立项研究的一种新技术标准，是简化版的5G。5G RedCap在Sub-6GHz频段的带宽只有传统5G的1/5，即20MHz；减少了终端接收天线数量和MIMO层数，支持“1收”或“2收”；最大调制阶数从256QAM降至64QAM，并支持半双工模式等。通过对硬件及功能的精简，5G RedCap模组的成本相比现有5G模组降低了一半，规模商用的模组价格可以与Cat.4相当，并使5G模组成本在未来三年内下降到100元以下。

为什么要推出5G轻量化技术呢？这是因为在5G应用的前期推广过程中，行业应用市场呈现规模大、碎片化严重、行业终端类型多、价格敏感等特点，且80%以上的应用场景不需要使用5G的全部功能及性能。因此，供给侧企业短时间内无法通过规模出货来降低成本，需求侧企业又不想为冗余功能及性能买单，这就造成5G以模组方式与行业终端融合时，垂直行业都觉得贵，不愿意使用5G。据信通院发布的行业终端成本分析，在通信方面，5G模组成本的70%来自于芯片，芯片的价格直接决定了垂直行业使用5G的硬件成本，

因此需要对现有5G进行精简。面对产业诉求，3GPP在R17版本中规划了5G RedCap标准，已于2022年6月冻结，该标准规定了5G RedCap的技术指标、能力，并明确5G RedCap主要面向可穿戴设备、工业传感器和视频监控三类业务。

3GPP R17版本的冻结标志着5G RedCap正式进入产业化阶段。从往年标准和芯片的发展情况看，标准冻结到芯片落地的周期是2年左右，但对于5G RedCap，我国产业界呈现加速推进的态势。

在产品研发方面，2022年11月，我国IMT-2020（5G）推进组完成5G RedCap各项关键技术试验。华为、中兴通讯、中信科移动、爱立信和诺基亚贝尔等5家网络设备厂商，完成了网络侧的5G RedCap关键技术功能和外场性能验证；紫光展锐、翱捷科技、vivo、必博科技等国内芯片及终端厂商，基于5G RedCap测试终端或原型验证平台完成了关键技术功能验证。

在产业生态方面，2023年我国5G RedCap产业生态初见端倪。在芯片方面，高通、联发科技、紫光展锐、翱捷科技等主流芯片企业积极投入研

发;在模组方面,中国电信、中国移动、中国联通、移远通信、美格智能、广和通、鼎桥等企业的5G RedCap模组陆续问世;在终端方面,大华、南瑞、利尔达、宏电、四信、中微普业等终端企业相继推出5G RedCap终端20余款。此外,在产品落地验证方面,国内四大运营商携手华为、中兴通讯以及终端合作伙伴,围绕电力、工业、视频监控等重点领域完成10余次5G RedCap试商用现场验证。

明确三大发展目标,推动5G RedCap技术演进和应用创新

虽然5G RedCap在技术和产业方面的探索实践不少,但业内对其发展规模和前景一直存在较多争议,这是市场碎片化、投资回收长期化及前景不确定性等因素导致的。为此,《通知》从技术产业、应用规模、产业生态等方面提出了发展目标,坚定了产业的信心,有利于推动5G RedCap技术演进和应用创新,使之在新型基础设施建设、传统产业转型升级、数字经济与实体经济深度融合等方面发挥积极作用。

《通知》明确了供给侧、需求侧及产业生态培育三方面的发展目标。

一是技术产业稳步发展,为5G RedCap应用提供供给侧的产品保障。

《通知》提出,5G RedCap标准持续演进,技术能力满足多样化场景需求,通过形成统一的标准指导终端研发和升级换代,提升产品质量,降低产品成本。同时《通知》还明确提出,要丰富5G RedCap终端类型形态,形成100款以上的商用产品,为5G RedCap应用发展提供充足的产品保障。

二是应用规模持续增长,为5G RedCap应用发展指明行业方向。《通知》提出5G RedCap连接数实现千万级增长的发展目标,激发了终端侧厂

商产品研发和生产制造的积极性。通过规划工业、能源、物流、车联网、公共安全、智慧城市等重点应用领域,为5G RedCap应用创新发展指明行业方向;通过打造5个以上实现百万连接的5G RedCap应用领域,起到示范标杆作用,引领5G RedCap应用规模持续增长。

三是产业生态繁荣壮大,保障5G RedCap应用持续快速发展。《通知》提出,建设面向5G RedCap产业发展的技术和应用创新平台、公共服务平台,以共享的理念打破融合研发的技术及产业资源瓶颈。通过构建共享性平台对外提供供需对接通道、产品研发指导、仪器仪表共享等服务,减轻企业参与5G RedCap产业发展的人力、物力成本,加大对创新型中小企业的培育力度,吸引更多企业参与5G RedCap应用发展,繁荣壮大5G RedCap产业生态。

规划七大主要任务,实现5G RedCap规模化落地

为了保障三大发展目标的落地,《通知》从标准制定、产业体系、网络能力、应用创新、示范标杆、生态环境和安全保障七个方面进行了细致的任务规划。

标准是产业统一的基础,也是5G RedCap真正实现落地的技术保障。考虑到5G RedCap真正走进行业,走进各个应用场景,还需要各种适配和演进优化,《通知》提出,制定基于3GPP R17版本的5G RedCap相关行业标准,加强跨部门、跨行业、跨领域5G RedCap融合应用标准制定,保障产业落地。2023年4月,中国通信标准化协会正式启动了基于3GPP R17版本的RedCap终端设备及基站设备通信行标制定工作。《轻

量化(RedCap)终端设备技术要求(第一阶段)》《6GHz以下频段基站设备技术要求(第三阶段)》《轻量化(RedCap)终端设备测试方法(第一阶段)第1部分:功能和网络兼容性测试》《轻量化(RedCap)终端设备测试方法(第一阶段)第2部分:一致性测试》和《6GHz以下频段基站设备测试方法(第三阶段)》等标准预计于今年及明年完成并发布,初步形成指导RedCap技术与产品研发的标准体系。在行业标准方面,5G应用产业方阵组织国家电网、大华等行业企业,构建跨界的标准研讨及制定机制,针对电力及视频领域需求,组织开展《精简化5G芯片能力和技术要求》等标准的制定工作。对于未来演进,我国也应依托中国通信标准化协会、5G应用产业方阵等行业组织加强与垂直行业标准化组织协作,以垂直行业需求为牵引,构建跨界融合技术研究及标准制定的新模式,共同推动3GPP R18及后续版本5G RedCap国际标准的制定。

完备的产业体系是高质量供给的基础,网络是5G RedCap应用的基础。《通知》从终端、网络及行业融合三个层面布局,提升5G RedCap产品供给能力和应用基础,旨在构建5G RedCap应用基础保障体系。在终端方面,鼓励产业链上下游协同联动,推进5G RedCap产品研发和产业化应用,加快RedCap与网络切片、高精度定位、5G LAN(局域网)等5G原生应用结合,丰富终端类型和产品形态,降低芯片、模组成本。在网络层面,虽然我国已建成全球技术最先进、规模最大的5G网络,实现“县县通5G”,但5G网络尚未开展RedCap能力升级,致使5G RedCap应用难以商用;下一阶段应鼓励运营商按照适度超前的原则,分阶段分区域开通5G

RedCap商用能力,推动主要城市实现5G RedCap连续覆盖,提升广域物联业务的连续性和可靠性。在生态融合方面,开展跨界的5G Inside等生态活动,以及供需对接、产品入库等活动。目前5G应用产业方阵已经联合产业各方开展5G Inside系列活动,在电力、视频等领域开展了供需对接活动,三大运营商也已经开展5G Inside产品推荐等活动。

应用是5G RedCap规模化量产的产业牵引力,示范标杆是5G RedCap应用的直接引导。《通知》从行业应用、个人应用和标杆先行三个方面,积极拓展市场空间,树立应用示范标杆,形成可复制推广的解决方案,实现5G RedCap规模化应用。在行业应用方面,通过征集5G RedCap解决方案,打造场景化解决方案,赋能行业数字化转型,推动工业、能源、物流、港口、车联网、公共安全、智慧城市等领域的5G RedCap应用拓展。在个人应用方面,推动可穿戴、智能家居等新型终端向5G RedCap演进升级,探索5G个人应用创新。在标杆先行方面,一是推动行业领军企业打造模式创新、成效显著、易复制推广的5G RedCap应用示范标杆,通过“头部效应”,形成规模化应用。二是通过“绽放杯”5G应用征集大赛、案例征集等活动,聚集优秀案例和资源,树立先进典型,引导各行业应用创新发展,加快形成一批实现百万连接的5G RedCap应用示范标杆。目前5G应用产业方阵正在进行5G RedCap场景化需求及解决方案的研究和标准化工作,发布《精简化5G芯片视频及电力应用白皮书》等,并在第六届“绽放杯”5G应用征集大赛中设置“5G应用融合产品专题赛”,培育并筛选5G

RedCap相关产品及解决方案。

生态是产业发展的基础,是产业繁荣的保障。《通知》提出,构建融通发展的5G RedCap生态环境,形成多种公共服务创新平台,鼓励行业领军企业发挥产业优势,构建资源共享型公共服务平台,培育5G RedCap创新型中小企业,形成大中小企业融通发展格局;鼓励基础电信企业、科研机构建设产业生态公共服务平台,发挥IMT-2020(5G)推进组引导作用,持续推进规范制定、技术试验等相关工作,加速5G RedCap从标准向商用迈进;依托5G应用产业方阵,推动各5G创新中心搭建5G RedCap应用测试床,提供技术咨询、测试认证、供需对接等公共服务,定期发布5G RedCap解决方案商名录与典型应用解决方案,发布5G RedCap产品目录,提升5G行业终端的行业辨识度与市场认可度。IMT-2020(5G)推进组明确了我国5G RedCap技术试验规划包括制定试验规范和构建测试环境两部分,并分两个阶段组织5G RedCap技术与产品测试。2022年面向典型应用场景,IMT-2020(5G)推进组制定关键技术测试规范,开展芯片终端和终端原型样机测试;2023年面向商用需求,重点验证5G RedCap商用和预商用设备的端到端功能,以及芯片终端和系统间的互操作能力。5G应用产业方阵成员单位中国信通院与鼎桥、华为、浙江移动等企业构建了成都及杭州联合实验室,向业界提供5G RedCap模组、终端与解决方案的研发、调测等服务。

安全是5G进入行业的前提,《通知》提出,提升5G RedCap安全保障能力,鼓励产业各界围绕5G RedCap产品新特性,开展终端、网络、平台相关安全标准研制,加强5G RedCap上

线和试商用前的安全风险评估,提升5G RedCap安全保障能力。

全面保障,共建5G RedCap创新发展新环境

5G RedCap技术演进和应用创新发展离不开良好的发展环境,《通知》从政策、监测、人才、推广等维度,为5G RedCap提供了良好环境,明确提出鼓励地方政府出台配套政策,支持5G RedCap网络建设、产业培育、应用创新、安全保障和生态构建。解决5G RedCap融合难、市场难、选品难、成本高的“三难一高”潜在发展瓶颈,全方位推动5G RedCap技术与优势行业融合发展。同步开展5G RedCap发展监测评估,通过常态化跟踪监测产业、网络质量和应用进展,支撑相关政策制定和产业活动,促进5G应用规模化发展。此外,加强5G跨行业、跨领域的复合人才培养,建立应用推广机制,推动产业各方加强跨行业对接,通过供需对接、测试床、训练营、宣讲会等多种形式,推广各行业5G RedCap应用的成功经验,全面优化5G RedCap应用创新环境 and 能力。

小结

随着全球5G的大规模商用,5G发展进入应用规模化的“下半场”,高质量、低成本的融合终端成为5G应用规模化的前提,产业界对5G RedCap赋能千行百业寄予厚望,工业和信息化部组织起草的《通知》,将为5G RedCap带来广阔的发展前景。期待在产业各方的共同努力下,5G RedCap能够在5G物联网领域实现“新爆发”,助力5G应用规模化发展。📶

中国移动：持续打造先进算力网络 助力数字经济创新发展

■ 中国移动通信有限公司研究院 王升 张昊 刘景磊 李莹 沙霏

在数字经济时代，随着新一轮科技革命和产业变革的深入发展，新技术、新业态、新场景和新模式不断涌现，驱动技术和数据成为除劳动力、资本、土地之外新的生产要素。海量数据的处理和价值挖掘离不开算力，算力已成为全社会数智化转型的基石，是支撑产业数字化、数字产业化发展的坚实基础，将直接决定数字经济的发展速度，并且影响社会智能的发展高度。

紧抓算力发展机遇，算力网络应运而生

当前，算力发展整体呈现“两超一多两融合”的趋势。

中心算力“超集中”。国家“东数西算”工程要求在十大数据中心集群构建

集约高效的算力枢纽，推动大型、超大型数据中心向枢纽内集聚；AIGC的火爆加速了通用大模型的发展，而大模型的孵化需要大规模单体智算中心作为支撑，地方政府、龙头企业、科研机构等纷纷启动大型智算中心建设。

边缘算力“超分布”。云XR、车联网等新型应用对数据处理的实时性和安全性要求日益提升，进一步加速算力向边缘及现场延展；同时，云边端算力的无缝协同成为服务质量的重要保障。

算力内核“多样化”。CPU以计算为中心，呈现x86、ARM、RISC-V三大指令集架构并行发展的态势，近年来为应对非结构化数据指数级增长的处理需求，GPU、ASIC、FPGA、SoC

等芯片架构异构化发展逐渐成为趋势，GPU、DPU相继成为数据中心第二颗、第三颗大芯片。

算网多要素“融合发展”。网络使能算力接入更便捷、分布更立体，算力基础设施向算网深度融合、一体共生的方向发展；算力服务向“算网数智安”等多要素融合的一体化服务演进。

算力多主体“融合供给”。算力供给主体多元化，为提升资源利用率、降低算力使用成本，业界加速探索算力资源和服务互联互通、跨主体调度，通过算力并网盘活社会算力资源，实现算力普惠。

中国移动充分把握算力时代发展脉络，以网强算提出“算力网络”全新理念。2021年11月，中国移动联合十余



图1 中国移动算力网络发展阶段



家产业合作伙伴，在全球合作伙伴大会期间发布了《算力网络白皮书》，提出了算力网络的全新理念和发展倡议：算力网络是以算为中心、网为根基，网、云、数、智、安、边、端、链（ABCDNETS）等深度融合、提供一体化服务的新型信息基础设施，目标是实现“算力泛在、算网共生、智能编排、一体服务”，逐步推动算力成为与水电一样，可“一点接入、即取即用”的社会级服务，达成“算力无所不在、网络无所不达、智能无所不及”的愿景。

中国移动算力网络的发展分为三个阶段，即泛在协同、融合统一和一体内生（如图1所示）。泛在协同是算力网络的起步阶段，其核心是“协同”，通过运营管理系统实现算网资源协同，对外提供“算+网”协同的“资源式”服务，满足用户一站式开通需求；融合统一是算力网络的发展阶段，其核心是“融合”，

通过构建融数注智的“算网大脑”，对算网资源、能力等要素统一编排、统一调度、全局优化，提供多要素融合的“任务式”服务；一体内生是算力网络的跨越阶段，核心是“一体”，算力与网络在协议和系统层面深度融合，算力路由、在网计算等创新技术实现应用，形成算网一体化基础设施，“算网大脑”结合AI大模型技术向“算网智脑”演进，算力网络实现智能跃升，最终为用户提供极致体验的“智能化”服务。

中国移动推动算力网络在产、学、研各界取得广泛共识，并上升为国家级重大战略。院士、知名专家都对中国移动算力网络理念高度认可。中国工程院高文院士表示，“算力网络是算力发展的必然趋势，如同电力跨越到电力网。未来，算力网络会像今天的电力网一样，用户可以随时随地访问任意的算力资源。”中国工程院张宏科院士提出了

算力网络发展的重要性，“算力基础设施，是数字经济核心生产力和发展引擎。连接算力‘孤岛’的新型算力网络体系技术，已经成为全球竞争的热点和焦点。”中国工程院孙凝晖院士同样点明了算力是数字化发展的基石，他表示，“算力基础设施将成为智能时代的标志之一。”当前，产、学、研各界纷纷投入到了算力网络的理论和实践探索中，合力构建科学装置，推动算力网络技术和应用逐步成熟。

三大主线打通算力网络发展脉络

近两年，中国移动围绕算网基础设施构建、业务融合创新、创新技术引领三条主线全面开展工作，顺利完成“泛在协同”的算力网络第一阶段任务，即将开启重要的“融合统一”第二阶段，推进算力网络发展理念走深向实，取得



了一系列重大成果。

主线一：实现算力多主体间融通，打造领先算网基础设施

大力推进算力基础设施构建。中国移动积极落实国家“东数西算”战略，结合四大热点业务区域发展，优化构建“4+N+31+X”数据中心体系，形成“热点集约、跨区辐射、边缘覆盖”梯次布局的信息基础设施能力，算力总规模超9.4EFlops。

1. 增强算力节点间网络基础设施建设

中国移动丰富算力节点间光缆路由，按需建设算力节点直联系统，提升网络Mesh度，实现热点区域全互联，打造全国20ms、省域5ms、地市1ms的三级算力时延圈，枢纽节点间实现全光互联。推动网络带宽向400G演进，发布了世界最长距离无电中继400G光传输现网技术试验网络，实现跨浙、

赣、湘、黔四省的骨干网400G QPSK信号5616km现网传输，为构建算力网络的大带宽、低时延全光底座打下坚实基础。引入G-SRv6作为IP网络演进的统一承载协议，创新推出新一代SD-WAN（智享WAN），增强“算力+网络资源”协同能力，拉通端、边、云、网，并将用户意图与网络资源调度能力结合，实现“应用+算力+网络”协同调度，提升业务质量保障能力，实现端到端、差异化、确定性、可增值的算力网络服务。

2. 以新型智算为重点打造算力“高峰”

中国移动正在构建E级超大规模单体智算中心，支撑AI大模型训练和孵化，引入扣卡互联、无损交换、资源池化、液冷等创新技术，实现“算、存、网、管、效”五大核心技术全面升级，构建标准统一、技术领先、兼容开放的智算底座，推动算力网络实现智能跃迁。

主线二：实现算网高效协同，打造算网全新生态

积极构建融数注智算网运营体系。中国移动建设了业界首个“算网大脑”，向下拉通全域资源与能力，实现了3000余种原子能力接入；向上支撑全业务运营，满足不同类型用户对于极高性能、便捷操作、最低成本、安全可靠等多样化服务的需求，实现算网资源与业务需求的最佳匹配。

丰富业务产品能力。中国移动以产品算力化和算力产品化为主线，丰富产品能力，打造更可靠、更高效、更智能、更便捷的算网服务体系，针对to B用户推出了“东数西算”“东视西渲”“中训边推”数据快递等新型产品，针对to C用户推出了XR、云游戏、智能家居、数智人、云手机、云电脑等系列应用，推动算、网、数、智、安、链等技术与生产、生活、治理应用全面融合，赋能社会数智

化转型升级。

提出了算力并网、任务式等新型服务模式。中国移动打造国内首个算力并网平台“百川”，实现通算、智算、超算和量子算力的全面接入，通过运营对接、编排对接、云原生管理三种并网对接模式，已接入超1.9EFlops的社会算力，实现了多方算力整合，服务于民生、经济和科技发展。构建了算力网络统一门户“算龙头”，并基于“算网大脑”能力，升级“资源式”服务为“任务式”服务，实现算力“一点接入，即取即用”。

主线三：面向创新技术引领，打造原创技术策源地

构建算力网络技术体系。2021年中国移动发布业内首个《算力网络技术白皮书》，提出了算力网络的十大技术发展方向，明确核心技术体系和三十二大核心技术，形成涵盖先进计算、高速网络、算网一体、“算网大脑”等领域的算力网络创新技术体系。

加速推进创新技术成熟。中国移动体系化布局攻关包括新型智算中心技术体系、存算一体技术等在内的系列创新技术，提出了NICC新型智算中心全新理念，发布中国移动《NICC新型智算中心技术体系白皮书》，构建新型智算中心技术体系，推动新型智算中心在算、存、网、管和效五大技术特征方面全面升级，推动构建E级超大规模单体智算中心，赋能AI大模型训练和孵化。在算方面，中国移动正制定扣卡服务器的统一技术和评测标准，构建多样性算力格局，丰富产业生态，不断推动产业成熟；在存方面，创新提出了多元融合存储技术方案，实现块、文件、对象三种存储方式的融合统一，降低建设成本，提升存储效率；在网方面，为突破传统无损以太网性能瓶颈和相对封闭的产业生态，原创性地提出全调度以太网GSE

技术,实现开放解耦、无阻塞、高带宽、低时延的新型智算中心网络;在管方面,中国移动创新提出基于API转发的GPU池化方案,实现智算资源的细粒度分配和跨资源池的一体调度,提升智算资源分配的灵活性和利用率;在效方面,中国移动积极引入服务器冷板式液冷方案,推进服务器和机柜的解耦,有效降低数据中心PUE。在存算一体方面,中国移动体系化攻关存算电路、芯片架构、软件工具、算法模型及应用场景等关键技术,发布了业界首部《存算一体白皮书》,并在CCSA等标准组织积极推进相关技术标准制定。中国移动还联合清华大学共同研发了业内首款基于忆阻器的存算一体SoC芯片,实现芯片算效比的大幅提升。

打造原创技术策源高地。中国移动提出了算力原生、算力路由以及全调度以太网三大原创技术,打造中国特色的原创技术策源高地。一是提出算力原生重大原创技术方向,致力于解决AI应用一次开发、跨架构迁移的全球智算生态发展难题;发布业内首个《面向智算的算力原生白皮书》,明确算力原生总体技术架构和演进路线,重点布局攻关统一编程范式、跨架构编译、算力抽象中间元语、动态运行时四大硬核技术;在ITU、CCSA牵头构建算力原生国内外标准体系,在OIF算力网络社区成立首个算力原生工作组,凝聚国际开源力量,推动技术与产品成熟;联合华为、瀚博、燧原、壁仞等9家AI芯片厂商共同发布算力原生“芯合”计划,打造算力原生跨架构平台原型系统,当前已实现视频分析、图像识别两类智算应用在两家厂商的智算芯片之间跨架构部署迁移。二是构建算力路由技术体系,首次将算力信息引入路由域,突破互联网传统架构协议,形成多种路由转发方

案,支持集中式、分布式和混合式多种部署模式,构建业内首个集中式算力路由验证系统并完成验证。在互联网最权威的标准化组织IETF中牵头成立了算力路由工作组CATS,并担任主席,这是近十年来少有的中国企业在互联网国际标准领域的重大突破,是我国原创技术走向国际化的里程碑事件。三是创新提出全调度以太网(GSE)原创技术方向,率先发布《全调度以太网技术架构白皮书》,提出新型基于逐包的以太网转发机制,突破传统无损以太网性能瓶颈,构建无阻塞、高带宽、低时延的新型智算中心网络,与Infiniband、Ultra Ethernet并列成为智算中心网络三大技术流派之一,被誉为“AI网络的中国方案”。

打造两大基础平台助力产业生态建设。中国移动构建“1+9+9”节点布局、技术与业务双平面互促的算力网络试验示范网(CFITI),并与“中国算力网”“信息高铁”等互联,打造科学装置,面向基础学科和前沿技术创新形成稳定实验床。建立算力网络子链,多措并举,协同攻关:一是针对核心软硬件关键卡点加速国产化产品成熟,“以用促研”加快产业基础能力建设;二是通过原创技术和可替代性技术培育“新赛道”,提升产业整体竞争力和“出海”能力;三是在关键产业难点上通过投资助力,孵化专精特新企业,增强产业韧性。算力网络子链汇聚了104家核心企业,组建了14支联合作战编队,打造协同创新基地实验室,共同推动算力网络产业链繁荣发展。

七大方向持续推动算力网络纵深发展

今年是中国移动算力网络第一阶段收官之年,面向算力网络第二阶段

开局、第三阶段储备,中国移动将不断“提升算力供给高度、拓展算网服务广度、挖掘要素融合深度”,围绕“高广深”重点布局七大方向,通过从算力供给到算力服务全链条的提升,体系化推动算力网络纵深发展。

一是以NICC新型智算中心为发力点,打造算力“高峰”,推动算力网络智能跃迁。二是加快开展算力并网,打造多种并网模式,广泛汇聚社会算力,推动算力成为普惠级社会服务。三是构建超高速泛在全光和IP底座,实现超大带宽、超低时延、灵活高效的算网融合服务。四是推动“算网大脑”向“算网智脑”演进,实现算网资源与用户需求的最佳匹配。五是打造算网服务入口“算龙头”,提供一站式算网服务入口,加快从传统简单的算网“资源组合式”服务,向融合智能、极简无感的“任务式”服务演进。六是强化算力网络技术攻关,推动算力网络技术的创新突破,打造原创技术策源高地,加快算力网络技术的成熟与应用。七是深化创新试验网CFITI和算力网络子链,推动算力网络技术与产业繁荣发展。

算力网络是跨学科技术融合创新的策源高地,也是信息通信领域全面融合的系统工程,发展算力网络,有助于推动我国数字经济高质量稳定发展,开辟“以网强算”的全球技术领先“新赛道”。作为信息通信领域全球领先运营商,中国移动将充分发挥数字中国建设主力军、央企科技创新“排头兵”、移动信息现代产业链“链长”作用,系统打造以5G、算力网络、智慧中台为重点的新型信息基础设施,夯实数字经济发展底座,创新构建“连接+算力+能力”新型信息服务体系,赋能产业数智化转型升级,为谱写数字中国建设宏伟篇章、助力中国式现代化全面推进作出新的贡献。

浙江移动 以全闪存数据中心赋能创新应用

■ 本刊编辑部 刘启诚 盖贝贝

“海定则波宁”。宁波，这座兼顾江南温婉与壮丽海港的城市，在数字化转型的潮涌中，在科技赋能的加持下，焕发出新的时代风采。

在宁波杭州湾新区，一位工作人员正在中国移动长三角（宁波）数据中心仔细巡检着机房内的每一台服务器，确保存储在云端的数据能够高速流动、飞架在河流山川上的电网实现智能巡检、远隔千里的医生实时进行远程辅助诊疗……

在近期举行的2023年中国算力大会“先进数据存力论坛”上，浙江移动信息技术与数据管理部智慧中台运营中心副主任郭岳发表题为《高存力数据中心建设实践》的演讲。他表示，中国移动长三角（宁波）数据中心以全闪存数据中心为底座，持续打造适应新安全、新应用的存储技术。

重视存力建设，浙江移动构筑全闪存数据中心

当前，随着5G、云计算、人工智能等新一代信息技术的快速发展，信息技术与传统产业加速融合，数字经济蓬勃发展。作为各个行业信息系统运行的物理载体，数据中心既是数字经济底座，也是数字经济创新的高地，其产业赋能价值正在逐步凸显。

然而，数据中心走向集中化、规模



化，随之而来的成本、能耗、碳排放等问题日益凸显，加之目前数据中心存在“重算力、轻存力”的倾向，因此亟待向高存力、高算力、高运力、高效能、高安全的新型数据中心演进。

在这样的时代需求下，浙江移动因势利导、顺势而为，将打造高算力、高存力、高运力的新型数据中心作为发展目标。截至目前，中国移动长三角（宁波）数据中心整体算力达到395.7PFlops，单机架能效达到11.04GFlops/W，存储量达到83PB，并于今年3月成功入选“国家新型数据中心典型案例名单（2022年）”。

在业界，数据存力被视为继算力之

后，各行业数字化能力建设的一种进阶。中国工程院院士倪光南曾说过：“算力、存力、运力缺一不可，只有三者平衡配置、均衡发展，才能充分发挥算力的作用。”随着海量数据的增长，数字经济发展对存储提出了更高的要求，日前发布的《中国存力白皮书（2023年）》指出，先进存力成为存力的重要发展方向。

在先进存力建设方面，中国移动长三角（宁波）数据中心遵循“由边缘到核心、由集中式到分布式、全面逐步引入替换”的建设原则。2015年，开展国产分布式存储功能、拓展性、可靠性测试；2019年，在重要系统中引入华为OceanStor Dorado全闪存存储；



2020—2021年，在重要系统中引入华为分布式存储，并在AI等业务场景中应用华为AI存储；2022年至今，不断推进数据中心全面闪存化，并面向新应用、新安全进行存储协同创新。

全闪存替换机械硬盘的“硅进磁退”，是存储产业多年来的整体发展趋势。全闪存是一种完全建立在flash芯片基础上的存储技术，拥有输入输出效率更高、IO延迟更低的核心优势，能够让企业存储的数据高速流动。

中国移动长三角（宁波）数据中心与华为数据存储深度合作，不断完善全闪存数据中心建设。通过采用全闪存存储替代传统机械硬盘存储，现网主存储闪存率达到80%，存算比达到0.2GB/GFlops；采用高密硬件设施，相对传统磁盘阵列硬件密度提升44%，容量密度提升360%，进一步减少了设备数量，进而降低能耗；采用集约化建设，数据按需实现共享，消除IT设施“孤岛”；采用智能化建设，通过人工智能算法对存储设备实施预见式定障和故障自闭环，节省运维管理成本。对于未来的发展，郭岳表示：“5G对存储提出了超大容量、超低时延、超高可靠和超高安全等需求；同时，AI、分布式数据库等新应用技术和抵御勒索攻击等新安全形势也亟需与之匹配的存储能力。

中国移动锚定‘创世界一流信息服务科技创新公司’定位，做5G发展的‘领跑者’、筑牢‘新基建’，存储是其发展的重要组成部分。在这三大驱动力下，未来浙江移动将持续建设先进成熟、自主可控、适应未来发展的存力体系。”

打造适应新安全、新应用的存储技术

当前，全球数据量飞速增长，IDC预计全球数据量到2025年将达到175ZB。其中我国的数据量也将由2018年的7.6ZB增至48.6ZB，跃居全球第一。同时，据中国信通院统计，我国数据存储规模稳步发展，2022年存力总规模（5年计量）已达1000EB。拥有强大、先进的数据存储产业作为支撑，数据产业发展才有主动权。浙江移动以全闪存数据中心为底座，不断推进适应新安全、新应用的先进存力建设。

数据安全是企业核心资产安全的最后一道防线。在存储内生安全方面，中国移动长三角（宁波）数据中心打造以“国密”为核心的数据安全防护体系，采用“阵列+链路+硬盘”三层存储国密体系确保数据安全，做到端到端“国密”支持、硬件卸载性能无损；同时多种加密方式可以灵活选择，保障用户数据安全。在抵御勒索攻击方面，中

国移动长三角（宁波）数据中心以“进不来、改不了、能恢复”作为底线，即做到勒索攻击主动监测、存储安全快照防篡改、隔离区安全副本留存，构建针对勒索攻击的“最后一道防线”。

近期，爆火的ChatGPT掀起了AI大模型的热潮，这背后也同样需要高性能存储的支撑。“缺数据，无AI。”华为公司副总裁、数据存储产品线总裁周跃峰博士在论坛上表示，数据质量决定机器AI智能的高度，数据质量越高，AI服务能力越智能。发展先进的数据存力是确保AI大模型时代国家基础设施领先的关键。在赋能大模型方面，中国移动长三角（宁波）数据中心以数赋智，以高水平存力助力AI大模型“训推”加速。在数据获取阶段采用大容量文件存储方式，保证大规模原始数据的采集；在数据清洗阶段则采用高性能文件存储方式，实现小文件高性能存储和处理；在模型训练阶段采用大带宽文件存储满足业务需求；而在最后的模型推理阶段，通过高可靠文件存储支持7×24小时不间断的推理服务。

作为国家新型数据中心，中国移动长三角（宁波）数据中心不仅是国家“东数西算”工程重要节点，还是中国移动面向数字化的新型信息基础设施基地。基于先进存算分离架构和全闪存数据中心，中国移动长三角（宁波）数据中心支持中国移动打造安全可靠、自主创新的新型数据库，推动集团整体降本增效。

惊涛骇浪从从容渡，风雨无阻向前行。未来，浙江移动将在中国移动指导下，继续贯彻企业数字化转型、产业赋能提升和节能减排的战略方针，持续推动先进算力、存力、运力建设，构筑可统一、智能、安全、绿色管理的基础设施，并持续赋能AI、数据库、容器等新兴应用，向“数智化”先进数据中心目标坚定迈进。CW

数字化转型背景下 创新人才培养模式的评价机制探索

■ 中国通信学会 芮文璐
重庆智能工程职业学院 王蜀
工业和信息化部产业发展促进中心 韩奇

数字化作为第四次工业革命的关键,已经渗透到人们生产生活的方方面面,任何领域都应该正视它的存在。包括美国、德国、英国、日本在内的发达国家纷纷提出了产业发展的数字化目标,并通过教育提前布局面向未来数字化变革的人才培养。

2021年,我国制定了《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》,提出“以数字化转型整体驱动生产方式、生活方式和治理方式变革”,以及“赋能传统产业转型升级,催生新产业新业态新模式,壮大经济发展新引擎”等内容。为适应产业数字化发展的需求,教育部要求所有职业教育专业必须实现专业升级和数字化改造,并颁布了《职业教育专业目录(2021年)》,开启了中国职业教育数字化发展的新时代。职业教育的人才培养也由此从传统模式转向数字化培养模式,并且需要新的职业教育评价机制与之适应。

预定性评价的分析

美国学者拉尔夫·泰勒(Ralph W.Tyler)最早提出培养目标是人才培

养的起点和核心,而目标的达成与否,需要评估来检测,两者前后呼应形成学校人才培养的闭环,这就是著名的“行为目标评价”。

预定性评价模式

“行为目标评价”对后世教育评价影响深远,泰勒据此建立了“行为目标评价模型”。布鲁姆(B.S.Bloom)进一步细化了目标的分类;塔巴(H.Taba)将“行为目标评价”的内容扩展到了8个步骤;桑代克(Edward Lee Thorndike)建立了标准化科学评价体系。尽管学者们不断提出新的评价模式,但无不是基于“行为目标评价理论”的修正和拓展。时至今日,主流教育评价模型大多也没有跳出该范畴。

因为行为目标的评价标准是在评价实施前预先设定好的,所以此类教育评价也被称为“预定性评价”。有学者依据评价特点和操作范式将教育评价的进程分成四代,他们认为前三代评价都是预定性评价,适应传统的教育模式。

预定性评价的特点及存在的问题

预定性评价机制以技术理性为指

导,追求评价的科学性和标准化,主要特性为:评价目标预设性、评价主体单一性、评价内容标准性及评价方式固定性。传统教育基于学科建设,注重理论知识的传递,在互联网出现前受时空限制,知识的更新和传播速度相对比较缓慢,易于评价者预先设定评价标准和方式,因此预定性评价模式具有较大优势。

随着信息技术的发展,时空界限被打破,知识、技术的更新与传播速度加快,预定性评价的不足逐渐显现。尤其面对以市场和就业为导向的职业教育时,问题更加凸显。

首先,预定性评价目标难以适应职业的多样性。普通教育以学科建设为主,知识结构相对稳定且持续,因此培养目标及其评价的标准相对固化,容易预先设定。职业教育以专业建设为主,不同的专业适应不同行业的技术技能需求,要求多学科的综合协同。同时,当今数字技术快速迭代,推动行业技术不断升级,很难开展预设评价。

其次,单一的评价主体无法满足行业需求的复杂性。从评价主体来看,我国职业教育以管理者评价模式为主,该



培养行业“用得上、留得住、长得大”的技术技能型人才。

“用得上”即人才培养中的能力标准。职业院校应紧盯企业对未来人才能力的需求变化，避免企业的二次培养，逐步降低企业的人力资本消耗，做到让企业满意。

“留得住”即人才培养中的职业道德标准。通过根植行业、企业文化培养“留得住”的人才，首先要培养学生的职业认同感，降低跨行业

发展的可能性；其次是根植企业文化，营造忠诚、奉献的企业人才生态，避免恶性竞争下的人才流失。

“长得大”即人才培养的发展标准。教育是为未来培养人才，职业教育应该考虑学生的未来发展，使其获得自我发展的能力。只有“长得大”的人才才能为企业“用得上”，被企业“留得下”。

多元性原则是通过多元评价，保证评价的全面、客观、科学，包括评价主体的多元性与评价价值需求的多元性。

评价主体需要多元性。学者们认为，我国传统职业教育施行的管理者评价模式将带来教育评价导向的偏移，因为专家、管理者会从科学主义、精英主义、绩效主义等视角设定评价标准，这也是大多数企业会对新聘人员进行再培训的原因。随着信息化、智能化、数字化的快速发展，“管理者评价”的弊端越发凸显，毕竟在快速变革的数字化时代，“管理者”无法随时了解行业的发展变化、及时更新评价标准。

为克服“管理者评价”的弊端，西

模式以专家、行政部门作为评价主体，其评价理念和标准主导着评价的最终结果。然而，职业教育以就业为导向，即人才培养以用人方（即行业、企业）的需求满足为目标。因此，由用人方制定评价标准并实施评价，才更为科学、合理。为避免管理者评价模式的单一性、主观性及有失公允等弊端，国外往往由第三方评估机构进行评价，如德国的行业协会、澳大利亚的大学质量保证署、英国的高等教育质量保证署等。

再次，标准的评价内容难以应对技术的快速迭代。数字技术的日新月异带动了行业技术的不断革新，从而要求职业教育的人才培养目标随之变动，这使得职业教育质量的评价体系也呈现动态性。因此，预设性评价难以应对动态的职业教育质量评估。

最后，固定的评价模式无法面对市场评价的综合性。职业教育是以就业为导向的教育类型，其教育方向由市场决定。因此，必须依据复杂且瞬息万变的市场需求来设计人才培养的评价模型。

有学者据此认为，在未来职业教育评估中，根据不同的评估目的与评估对象，评估模式将呈现交叉融合与多元化的发展趋势。

数字化背景下非预定性评价机制的思路

综上所述，预定性评价难以适应数字化时代的职业教育。因此，现代教育职业需要更加灵活、开放的评价体系，该评价体系能够兼顾职业性和数字化特征，这就是非预定性评价。

符合职业性特征的思路

职业教育有别于普通教育，只有符合职教特色的评价机制才能更加准确地评判职业教育。而当代非预定性评价能够打破传统的单边评价体系，其以就业为导向，从尊重用人方的需求出发，并且遵循实践性、多元性、开放性的原则。

实践性原则，是指职业教育应该以职业需求为目标，从用人方需求出发

方发达国家将评价的权利交给第三方（企业、社会、家长）评价主体，认为第三方提供的评估标准更公平、客观、科学。我国有学者倡导由职业院校与第三方共同参与，建立多元主体协同评估体系，认为这样更有利于评估的开展，有助于“以评促建”的落实。

评价主体的多元性从另一个视角来看，也是不同主体多元价值需求的反映。现代评价的目的是为了形成更加合理的教育行为，这就需要在评估中参考尽可能多的主体的价值诉求，除职业院校、第三方外，被评价者（教师、学生等）也应参与其中，共同构建评价体系，从而保证评价的公平性、开放性，使评价更加全面。

开放性原则，即职业教育评价的多元性要求其具有开放性，包括评价过程的开放性和评价标准的开放性。

首先，是评价过程的开放性。传统的预定性评价是一个闭环的目标达成模式，日本学者大桥正夫认为，教育评价就是对照教育目标，对教育行为产生的变化进行价值上的判断，这是一种判断型的评价模式。斯塔弗尔比姆（D.L.Stufflebeam）却不同意这种观点，他认为，教育评价的目的不在于证明，而在于改进，并提出了“CIPP评价模型”。

其次，是评价标准的开放性。评价过程开放性的需求之一是，在评价过程中根据评价进程不断调整评价的标准和指标，这就决定了非预定性评价模式指标的开放性。斯克里文（M.Scriven）的“目标游离模式”和斯塔克（R.E.Stake）的“应答模式”均采用了开放式评价标准。

数字化对职业教育的影响

数字化对职业教育的影响是颠覆性的，它改变了职业教育的评价机制，

包括评价内容和手段。

在评价内容数字化方面，数字技术的发展对从业者的数字化素养提出了更高的要求，包括数字化的通识素养和数字化的专业素养。

首先，数字化通识素养包括数字化基础能力、数字化思维能力、数字化实践能力及数字化创新能力。数字化基础能力是指对基本数字技术的掌握，包括办公自动系统、信息技术、数据处理技术等；数字化思维能力指从数字化的视角认识、分析、解决问题的能力，是数字时代常态思维的出发点；数字化实践能力和创新能力是数字化通识能力较高层次的体现，决定着受教育者未来发展的高度。

其次，数字化专业素养是指受教育者对与本专业融合的数字技术的掌握能力。这种能力的评价包括受教育者对本专业中数字技术的掌握和运用程度，及对本专业影响至深至远的数字技术的前沿发展状况的认知程度。前者体现为实践性能力评价，后者则表现为潜在性能力评价。

在评价手段数字化方面，有学者提出数字化对职业教育评价的颠覆性，

主要体现在数字技术对评价手段的赋能上，即它对职业教育质量的实时监测成为了现实。新的数据生成方式、新的数据获取方式以及新的测量方法，有效缩短了评估周期，降低了评估的成本，解决了传统评估模式受制于时间、空间的难题，让实时监测变为现实。而对职业教育质量的实时监测可以及时、精准地将评估结果反馈给所有参与者，以便其充分利用评估结果优化人才培养方式，从而大大促进职业教育质量的提升。

结语

数字化技术对职业教育的影响是颠覆性的，在数字化转型背景下的职业教育既面临着挑战，也充满着机遇。唯有创新职业教育的人才培养模式，加快职业教育的转型升级和数字化改造，才能让职业教育抓住机遇，应对挑战。在未来的职业教育教学改革中，如何让新型的非预定性评价机制充分利用数字化技术、融合数字化技术，更合理地评价行业发展所需技术技能人才的质量，是未来职教评估研究更为细致、深入的方向。📺



数字政府电子政务外网运作架构和建设模式创新研究

■ 广东省电信规划设计院有限公司 殷涛 马航 郑建涛

当前,全国数字政府建设如火如荼,各地依托数字政府建设大力推进政府治理体系和治理能力现代化。电子政务外网作为数字政府建设的重要电子政务基础设施,是数字政府信息传输的核心枢纽,在数字政府建设过程中发挥着重要的作用。

在国家大力推动“新基建”的背景下,电子政务基础设施也迎来了新的发展机遇。作为连接公众、企业、政府的纽带,政务服务、市场监管、政府治理等各类信息化业务都离不开政务外网。通过政务外网,将各类政务不断地向底层“延伸”,打破地理区域限制,可为政府治理体系和治理能力现代化发展提供强有力的支撑。

新形势下数字政府建设强调整体政府的理念,更加注重业务协同及数据共享。电子政务外网无论在网络服务能力还是在建设模式上,都应匹配数字政府建设需要。作为政府数字化改革探索的排头兵,各省电子政务外网在建设模式、管理模式及服务能力方面取得了一系列成绩。部分省份按照3个“1+N”新型运作模式进行升级,构建“有韧性、全融合、多代际、广覆盖”的新一代电子政务外网,为政务“一网承载”及省域治理“一网统管”赋能,使其在支撑

政务服务、政府治理等方面发挥关键作用,为该省数字政府建设提供坚实的网络支撑。本文以电子政务外网为研究对象,从建设模式和运作架构等角度出发,探索数字政府电子政务外网管理体系创新路径。

电子政务外网建设的现状与政策要求

近年来,国家大力发展“新基建”并加速推进信息技术应用创新,推动数字政府政务基础设施的高质量发展,全国各地依托数字政府建设大力推进政府治理体系和治理能力现代化。《“十四五”推进国家政务信息化规划》明确指出,加快网络融合,升级完善国家电子政务网络体系,全面支撑跨部门、跨地区、跨层级业务协同和数据共享。

政府数字化改革前,电子政务外网基本采用政府自建模式,政府自行购买网络设备,租用电信运营商网络线路,并组织开展网络集成、运维工作。截至数字政府建设工作启动前,各省电子政务外网已实现向上连接国家,横向连接省级政务云平台以及省级政务单位,向下完成市、县、镇全覆盖。

随着各省启动数字政府建设工作,为加快推动政务信息化建设,部分省份

通过构建“政企合作、管运分离”的数字政府建设模式,促进政府职能转变。

广东省按照“管运分离”的方式,裁撤原省信息中心机构,重组了政务服务主管部门和运行支撑机构,推动政务基础设施建设发展。上海市市级政务外网采用购买服务方式,由市有线网络公司负责网络建设、运维等工作,市大数据中心每年以单一来源采购模式采购运营服务。浙江省电子政务外网采用自建和购买服务相结合的形式,主网采用自建模式,备份网络由运营商提供网络设备和线路租用服务。为加快推进数字政府高质量建设,各省积极探索创新电子政务外网建设运作机制。

电子政务外网建设存在的问题

电子政务外网作为数字政府的重要政务基础设施,是数字政府数据传输、业务流转的核心枢纽,在数字政府建设过程中发挥着越来越重要的作用。尽管电子政务外网经过多年的发展已取得一定成果,但与政府对政务外网的定位仍有不少差距。在“创新、协调、绿色、开放、共享”的新发展理念,以及国家政务信息化发展和数字政府建设的要求下,政务外网在管理模式及服务能

力方面面临重大挑战, 需要加强网络管理水平, 提升网络服务能力。

网络管理水平有待加强

一是现有网络管理模式下责权过于集中, 与“一网承载”的共网管理要求不匹配, 限制了政务外网的发展。二是政务外网缺乏精细化管理手段, 资源利用率不高; 网络运行质量感知能力差, 缺少体系化的服务考核评价机制。三是缺乏有效的管理协同机制及网络管理手段, 上下级网络管理联动不足、部门间网络协同效率低。

网络服务能力有待提升

一是现有自建网络模式下, 网络服务能力固化、弹性差, 新技术迭代不及时, 难以满足不断发展的政务服务应用对网络的需求。二是政务服务要求24小时在线, 特别是业务部门应用系统集中迁移上云后, 网络流量由“消费型”向“生产型”转变, 现有网络韧性不足, 架构不合理, 难以满足政务服务可靠性要求, 也难以承载视频等政务服务持续稳定的保障需求。三是网络覆盖不足, 大量的事业单位、国有企业和行业机构未能接入, 无法满足公共数据汇聚共享及业务协同需求。四是网络缺乏差分服务能力, 难以满足不同单位、不同业务的网络差异化需求。

建设模式创新

各省不断研究、论证电子政务外网建设的模式, 最终探索出适应电子政务外网发展的全面购买服务模式, 即购买集线路、设备、集成、运维于一体的标准化网络服务。新模式顺应数字政府发展整体趋势, 满足政务基础设施“管运分离”建设要求。在此购买服务模式, 网络服务能力更贴近服务需求, 在新技术应用方面具备更大的优势, 电子

政务外网的可塑性更高。同时, 由于采用了购买服务模式, 电子政务外网无论是核心骨干网还是接入网, 网络资源均可根据业务需要进行弹性调整, 精细化的网络管理模式既可快速调整适应服务需求, 又可对网络资源进行精准管控, 提升网络利用率, 避免资源浪费。

为全面落实购买服务模式, 电子政务外网可采取“门店化”服务的新思路。基于电子政务外网运营服务平台, 为各电信运营商构建虚拟“门店”, 按照统一服务标准上线各类网络服务。除基础网络服务外, 经论证和审核后的各类网络服务内容均可在“门店”上线, 各单位基于统一的服务运营平台“购买”所需网络服务。通过构建从网络开通至网络计费结算全业务流程, 完善网络运营服务系统, 形成更加便捷的电子政务外网网络服务产品线, 持续为各单位提供创新、优化的网络服务支撑。

服务目录产品化, 解决服务“买什么”

将网络服务打造成各类标准化产品, 实现不同网络服务产品的自由拼装组合。电信运营商服务的工作重心落在提升技术水平以及网络服务能力上, 根据各部门提出的网络建设需求, 运营商按场景组合传输线路、网络设备、安全设备、运维服务, 构建一体化的网络产品及服务。此外, 电信运营商凭借自身的陆、海、空通信能力, 进一步为政务外网提供有线、5G专网、卫星通信等网络接入服务, 丰富政务外网的服务能力。

在服务产品确定过程中, 政府部门不仅要调动电信运营商的积极性, 还需考虑构建公平的服务环境, 形成有序、良性的电子政务外网“门店”竞争市场。同时, 网络服务产品应充分匹配业务需求, 考虑将技术先进、有示范意义的网络产品在省市范围内重点宣传推广, 提升电信运营商打造新产品的动力。

在服务产品确定后, 通过制定网络服务目录以及公开招标方式, 确定不同规格服务对应的单价。单位根据不同业务流量需求要求电信运营商提供对应规格的网络服务, 并在服务提供过程中根据业务流量发展趋势对服务规格进行上浮或下调, 按需下单, 按量计费, 有效解决网络能力固化、资源利用率不高、财政投入浪费的问题。

网络开通便利化, 解决服务“怎么买”

随着数字政府建设的不断深入以及省域“一网统管”工作的开展, 数字政府各类服务也在发生变化。为充分满足各类服务的网络需求, 运营商应使网络开通方式更加便利。基于电子政务外网运营服务平台自助服务功能, 各单位可在电信运营商服务“门店”自助下单。对于新开通的网络服务, 可在线上完成网络服务的开通审批流程; 针对已开通的网络服务(如升级带宽等), 探索实现网络服务的自助升级, 所有业务工单实现有据可查, 有据可依。

计费模式精细化, 解决服务“买得好”

电子政务外网采用购买服务模式, 相关服务计费工具及方法是不可或缺的。更加精细化的网络计费方式, 是购买服务模式得以持续的基础保障。

网络作为一种政务基础资源, 应该像使用水、电、煤气一样先使用后付费。由于服务用网需求不同, 采用固定的计费模式可能无法满足实际网络需要, 频率较高、低效能的网络使用单位可按流程降低接入标准; 突发需求较多的单位, 可实现网络服务水平快速弹性提升, 当突发需求结束后, 按正常接入水平提供服务。如某些服务在一年之中特定时间段访问需求巨大, 但其他时段访问量较小, 若采用固定带宽法提供服

务,资源浪费和资源不足两种情况均可能发生。现有弹性化网络服务机制虽然可解决网络带宽问题,但如何计量计费将成为一个新的问题。因此,在后期电子政务外网运营过程中,若要满足波动性较大的网络需求,则需探索采用更加精细化的计量计费模式,实现网络的弹性伸缩、灵活调整。

运作架构创新

伴随电子政务外网的两个转变——“传统的网络基础设施向服务型基础设施转变”及“传统自建模式向采购服务模式转变”,在业务、管理、服务三个方面,原有的运行架构已无法支撑新时期数字政府对于新一代电子政务外网的发展要求。在数字政府“管运分离”的背景下,通过重塑政务外网总体运行架构,创新3个“1+N”模式,支撑政务外网转型和高速发展,实现政务外网管理制度化、服务标准化和业务规范化。

通过构建3个“1+N”的总体架构,打造具有本地特色的新型政务外网运作模式。第一个“1+N”是指以政务外网运行支撑机构为核心、多个服务提供商共同提供服务的“服务1+N”架构;第二个“1+N”是指在统一的政务外网基础承载网络上,构建一个公共业务网络平台和多个专用业务网络平台的“业务1+N”架构;第三个“1+N”是指以政务服务主管部门统筹管理,多个服务主管部门(在某行业或专用领域有规模联网需求的机关单位)共同参与的“管理1+N”架构。

“服务1+N”架构

“1”是指以政务外网运行支撑机构,作为联结网络管理单位、使用单位以及网络服务提供商的纽带,为政务外网提供运行支撑服务。运营商按照相关服务标准,提供政务外网核心骨干网服

务和业务运营服务。核心骨干网服务涉及本级核心网和纵向广域骨干网,用于汇聚接入网,是政务外网的“基座”;业务运营服务包括用网需求分析、业务运营、网络质量监测、故障报修受理、技术支持咨询、管理决策支撑等工作。

“N”是指多个网络服务提供商,按照政务外网统一的服务目录和标准规范,提供集设备、线路、集成、运维、保障于一体的城域接入、无线接入、互联网接入、传输专线等网络接入服务,与政务外网核心骨干网对接,是政务外网的“能力模块”。

“业务1+N”架构

基于网络虚拟化和切片技术,在政务外网基础承载网上建设“1+N”个业务网络平台。其中,“1”是指一类公共业务网络平台。公共业务网络平台是由政务服务主管部门具体管理的虚拟网络,主要承载政务部门之间内部协同办公、数据共享等公共类业务。“N”是指多个专用业务网络平台。专用业务网络平台是经政务服务主管部门批准建设的,由业务主管部门具体管理的虚拟网络,主要用于承载该行业或领域内的专用类业务。

各个网络平台之间强逻辑隔离。各网络平台可对接数字政府政务云各专区以及各接入单位终端,实现“云-网-端”全程全网独立管理,并基于云内安全交换区实现跨网络平台数据和服务的共享和协同。

在接入侧,各接入单位接入政务外网基础承载网后,根据各网络平台管理部门的接入规范和管理要求,按需开通相应网络平台的接入权限,实现政务外网“一线接入、按需开通”。

“管理1+N”架构

“1”是指政务服务主管部门,作为政务外网主要管理单位,负责统筹规划

政务外网基础承载网络以及公共服务网络平台的管理工作。

“N”是指多个服务主管部门,作为专用服务网络平台的管理部门,负责专用服务网络平台的规划管理;确定专用服务网络平台的覆盖范围、接入规范和管理需求。网络平台管理部门,可基于“业务1+N”架构,在政务云专区、政务外网专用网络平台及接入终端制定和建设满足自身业务需求、管理需求、安全需求的标准规范及网络能力。

电子政务外网基础承载网络和公共业务网络平台的运营支撑工作,由政务服务主管部门委托电子政务外网运行支撑机构开展。各专用业务网络平台的运营支撑工作,由各业务主管部门分别委托政务外网运行支撑机构开展。

在3个“1+N”运作架构优势的加持下,各个政务专网的差异化需求在政务外网得到满足,原有专网建设单位与省政务服务主管部门之间有关业务拓展的权利和网络管理责任的矛盾,通过责权对等的方式得到化解,多个政务专网得以向政务外网迁移整合,政务外网覆盖范围持续扩大,集约化建设规模效益凸显。

结语

本文从建设模式和运作架构等方面对电子政务外网管理体系创新展开研究讨论,为各地数字政府电子政务外网建设提供可行经验,通过落实全面购买服务模式,采取“门店化”服务思路,创新3个“1+N”的总体架构,实现多方共管和服务协同,扩大电子政务外网覆盖范围,提升网络建设标准化、专业化水平,丰富政务外网服务能力,提高财政投资效益,助力政府治理体系和治理能力现代化,为基本实现社会主义现代化提供有力支撑。CWW



互联网3.0之问

■ 中赫集团副总裁 葛颀

2023年6月15日，梅西率领阿根廷国家队与澳大利亚国家队在全新的北京工人体育场进行了一场国际足球友谊赛。与其他世界级比赛不同，除了到场的51385名幸运观众之外，全球还有2700万观众“亲身”体验了元宇宙直播的原型测试服务，从两个球门区、中场线球员坐席区和VIP包厢高视角区等四个12K 3D专属摄像机视角沉浸式观

赛，通过直播视频信号与定制道具、场景等数字资产的云端AI融合渲染，以及基于数字分身的多人语音、文字和特效实时视频推流等社交新玩法，尝鲜体验了元宇宙沉浸式交互的增强型观赛体验，这也是中国体育界首次实现XR头显、手机和Pad等多形态智能终端沉浸式观赛。

工体元宇宙能够面向全球举办千万

级观众同时参加的数字演唱会和电竞大赛等活动，打破了物理空间的“天花板”，不再受到6.8万个座位的限制，重新定义了“在工体看比赛”“在工体开演唱会”和“在工体享受生活”，是什么原因让这一切成为现实？

变化由“The World”开启

谁能够想象，梅西元宇宙首秀带

来的数实融合颠覆性新体验,距离互联网的启动仅仅只有34年的时间。1989年夏天,波士顿的STD(商业用名为Software Tool & Die)公司拥有一台Sun4/280服务器,一个72英寸的机架和两个容量“高达”474MB的Fujitsu Eagle II磁盘,在当时这些设备已经远远超出了公司软件业务自用的需求,于是该公司萌生了向公众提供电子邮件和Usenet在线讨论组服务的新想法,该公司的一名员工开车去了位于马萨诸塞州西牛顿(West Newton)的The Bit Bucket电脑商店,用信用卡购买了6个速率为2400bit/s的Microcom调制解调器,并订购了一些电话线连接到该地区其他UUCP服务器,推出了被称为“The World”的新服务,每月向用户收取约20美元的费用。就这样,“The World”成为地球上首个面向公众的互联网接入服务。

互联网3.0之间

“The World”用一个非常朴素的想法改变了世界,他们的服务是“提供出租车(互联网接入)带你去黄石公园(互联网)”,而不是建设、参观或是以某种方式拥有黄石公园。显而易见,如果没有出租车,对于绝大多数公众而言,黄石公园的价值几乎为零。当然,物理世界的黄石公园已经在那里了,需要的只是简单的修葺以及搭建服务设施,而数字世界的黄石公园则需要行业“从0到1”地建设和运营。

互联网的三驾马车(接入服务、主形态和主要内容)相互赋能,相互成就,缺一不可。从互联网1.0到2.0,固定拨号接入和移动网络上网是用户接入互联网和移动互联网的主通道,“WWW网站”和APP作为主形态交付了两代互联网的价值主张,PGC(职

业人士生产内容)和UGC(用户生产内容)则创造了实现“爆炸性”增长的大数据。

面向数实融合的新时代,以需求为起点、以场景为终点、以运营为导向是数字化转型必须攻克的“三座山头”。互联网3.0时代要回答的问题也已经非常明显,即互联网3.0的主通道在哪里?互联网3.0的主形态是什么?互联网3.0的主要内容如何产生?

互联网3.0的主通道

面向数字化生活、数字化运营和数字化治理的互联网3.0,需要向所有的个人用户和机构用户敞开口,泛在、低成本和安全是重中之重。

GSMA智库最新发布的《2023年全球移动经济发展》报告显示,截至2022年底,全球独立移动用户数为54亿,其中移动互联网用户数为44亿。基于遍布全球的低频、中频和毫米波基础电信网络与“热点”频谱网络组合,移动通信网络将面向时间敏感服务、峰值速率、边缘算力和网络渲染等互联网3.0核心功能,加大技术演进、标准制定和产业协同的力度,面向5G-Advanced和6G演进持续保持每十年重大升级的步伐,致力于成为下行最低10Gbit/s、上行最低1Gbit/s的“G网络”。

企业和政府机构对5G主通道有着多样化的刚性需求,5G不仅要更快更强,也需要更柔更轻。5G RedCap在标准层面对5G带宽和天线进行轻量化剪裁,这将大幅降低芯片复杂度、BOM成本和总体运营成本,是大幅度降低5G行业模组、终端成本的关键所在,可广泛适用于视频监控、工业生产、园区运营和现代农业等场景,极大释放5G to B规模化发展的潜能,有望从根本上

解决5G生产力工具“既要叫好、也要叫座”的问题。

面向未来,电信运营商提出的5G算力网络新发展理念,将推动算力主通道与水、电一样“一点接入、即取即用”,为数字时代打造最泛在、最可靠、最兼容和最具负担性的数智化算网基础设施,同时更加API化、更加IT化和更加软件化带来的新可能性也值得期待。

互联网3.0的主形态

在互联网3.0时代,什么样的业务形态能够充分使用和释放5G算网打造的巨大智力、算力和存力,使得面向最终用户的数字系统“溢出效应”成为现实?

元宇宙作为5G、AI、大数据、云计算、区块链、交互技术、引擎和物联网等数字科技生产力工具的集大成者,将通过工程技术、算力网络和消费者洞察三位一体的运营,打造数实融合的沉浸式体验,有望成为新一代互联网的主形态。主场(行业)+主队(企业)+主网(运营商)的新范式将在能力研发和业务部署环节,实现“云网算业”的一体化研发和部署,通过降低用户成本“跑通”商业闭环。

8月,中国移动在新工体开通新型5G超级网络,该网络针对XR业务流量大、用户流动性强和地理位置相对集中等特点,采用新型的“云网算业”一体化架构部署;针对元宇宙所需的大带宽、低时延、高算力和强安全需求,创新应用5G基站业务感知功能、智能数据分流技术、灵活资源管理能力、端边协同渲染方案等,实现现网实时百兆体验速率以及低于20ms的帧级网络传输时延,充分满足4K分辨率、90帧帧率的沉浸式高交互XR业务对公网能力的要求,实现了与私有化部署的工体元宇宙

MaaS (元宇宙即服务平台) 的深度融合自洽运营, 为全球元宇宙应用树立了示范标杆。

在新工体, 广大行业用户和个人消费者通过5G手机即可进入元宇宙数字空间, 享受包括元宇宙数字足球、元宇宙直播、元宇宙社交和元宇宙官方数字人等在内的多项工体元宇宙服务。

从全球最新发展趋势分析, 以苹果Vision Pro为代表的, 面向全息显示、AR体验、低功耗高分辨率深度传感器、异构接入能力和基于联邦学习的激光传感器等软硬一体化解决方案, 在研发、量产方面取得实质性突破, 以混合现实为主要人机交互方式的多形态智能硬件将为全球数字时代“原住民”和企业用户打造元宇宙硬件终端生态, 数百万人一起工作将不再是遥不可及的梦想。

与“先打造平台、再发展用户”的互联网1.0和2.0发展范式不同, 在数实融合场景的赋能下, 元宇宙从运营的第一天开始, 就能够打造“有粉丝”“有流量”“有内容”“有活动”“有社交”和“有价值”的新型BtoC混合现实互联网平台级服务, 这是互联网发展的重大范式创新和突破, 也是更加低碳和绿色的发展道路。

互联网3.0的主要内容

上网浏览“WWW网站”曾经是大多数人对互联网的主要体验, PGC是内容的关键、流量的核心, 但问题也显而易见, PGC价格昂贵、效率低下, 无法满足用户对海量内容的需求。

2007年, 乔布斯发明的智能手机让用户通过多点触摸的方式连接上了移动互联网, 广大普通用户生产的UGC让很多人每天看屏幕的时间超过了6小时, 造就了大

数据时代的到来。

在元宇宙的新形态下, 个人用户每分钟的用户数据将超过6GB, 在生产场景下, 行业用户每分钟的用户数据将远远高于这个数量, 如果所有的内容产出都依靠PGC和UGC, 显然是不经济的, 也是不现实的。

OpenAI发布基于大模型的ChatGPT, 不仅可以答题、翻译、写文章, 还具备数学计算、编程、商业分析能力, 大模型、全技能、自适应和端侧智能掀起了第三波内容生产方面的数字化转型浪潮。AIGC (生成式人工智能) 的千倍生产力潜能为行业带来了沉浸式的全新数字体验, 当大带宽、低时延、高可靠的5G网络与语音、视觉、动作三位一体的AI紧密融合后, 以“数实融合”为主要特征的元宇宙将爆发出无法想象的巨大“数字红利”和数字可能性。

数字时代, 谁创造了极致的用户体验, 谁就占据用户的心智空间, 成为某一品类产品或服务的代名词, 由此获得头部市场的大多数份额, 成为“马太效应”的第一玩家。

与移动互联网时代GAFA (Google、

Amazon、Facebook和Apple) 巨头们碎片化、寡头式的发展模式不同, AIGC已经显示出强大的竞合生态苗头。作为先行者, 微软在其核心业务平台搜索引擎Bing和浏览器Edge中内嵌了ChatGPT服务, 在提升个人消费者的数字生产力方面展示了巨大的灵活性和无限的可能性。

然而AIGC能否真正成为互联网3.0的主要内容来源, 有以下三个问题需要重点关注。一是成本。AIGC是“数字科技的珠穆朗玛峰”, 消耗着海量的研发投入和运营成本, 但高成本导致的高收费将阻碍AIGC走入千行百业, 相比参数炫技, 有效控制成本才是“王道”。二是体验。体验的门槛越低、交互的方式越简单, AIGC就越能走入千家万户, 以“大模型在线训练”和“小数据端侧推理”的方式服务数字化全场景将成为关键。三是数据。高质量数据是AIGC生态能够取得成功的基石。公共数据的有序开放接入和公平使用是保持生态竞争力和活力的关键所在, 更多、更好、更便宜的数据是提升AIGC质量和效益的基础。CW





国外大模型发展分析

■ 云晴

大模型是“大算力+强算法”的产物，是人工智能发展的趋势和未来。大模型助力AI实现从“手工作坊”到“工厂模式”的转变，从而使得AI从实验室走向规模化的产业应用。大模型通常基于大规模无标注数据进行训练，掌握某种特征和规则；基于大模型进行应用开发时，将大模型进行微调，或者不进行微

调，就可以完成多个应用场景的任务。与此同时，大模型具有自监督学习能力，不需要或很少需要通过人工标注的数据进行训练，降低了训练成本，因而能够加快AI的产业化进程，降低AI应用的门槛。通过不断迭代，大模型能够具有更强的通用性以及更高的智能程度，从而使得AI更广泛地赋能各行业应用。

ChatGPT掀起通用人工智能浪潮

2019年，OpenAI推出参数量高达15亿的通用语言模型GPT-2，能够生成连贯的文本段落，实现初步的阅读理解、机器翻译等。2020年，OpenAI推出超大规模语言训练模型GPT-3，参数量达到了1750亿，用两年左右的

时间实现了模型规模从亿级到千亿级的突破,并能够实现作诗、聊天、生成代码等功能。2021年1月,谷歌推出的Switch Transformer模型以高达1.6万亿的参数量成为史上首个万亿级语言模型。同年12月,谷歌还推出了1.2万亿参数量的通用稀疏语言模型GLaM。可以看到,大型语言模型的参数量保持着指数级增长的势头。2022年,OpenAI推出的ChatGPT是由比GPT-3更强大的GPT-3.5系列模型提供支持,并且这些模型使用微软Azure AI超级计算基础设施上的文本和代码数据进行训练。

2022年,ChatGPT突然走红,这是人工智能大规模展示通用应用场景的开始。在此基础上,生成式人工智能(AIGC)成为了推动行业领域发展的重要力量。AIGC既是内容的分类方式和生产方式,又是用于内容自动生成的一类技术集合,AIGC带动了LLM、GPT等大模型的发展应用,为人工智能产业带来了新的变革机会。

大模型与AIGC为人工智能领域带来了新变化。从当前大模型的发展趋势看,大模型企业更倾向于搭建平台,对传统企业进行赋能。具体而言,大模型企业凭借对组织型用户“痛点”的了解,搭建大模型平台,而组织型用户只需加入自己独有的场景数据,即可快速生成解决自身问题的“专属模型”。不过,这种提供定制解决方案的模式也面临开源模式带来的挑战。

LLaMA 2开源改变大模型游戏规则

ChatGPT发布后,Meta紧跟着推出了类GPT大语言模型LLaMA。模型公布后不久,LLaMA因为源码泄露引来了大量开发者的关注,在ChatGPT热度下降的情况下,LLaMA成为产业关注的“新宠”。

2023年前5个月,ChatGPT全球访问量增长幅度明显下降,6月的访问量更是环比下滑9.7%,为其自推出以来首次大幅度下滑。7月,Meta发布首个开源人工智能模型LLaMA的商业版本LLaMA 2,该商用大模型可为企业提供OpenAI和谷歌的替代方案,该模型也因此被视为“最强平替”。需要特别说明的是,LLaMA 2运行在Windows操作系统之上,整合了Azure云,原本与OpenAI长期深入合作的微软已成为LLaMA 2的“首选合作伙伴”。

Meta针对LLaMA 2的开源模式做了如下表述:“我们相信,开源的方法是当今人工智能模型发展的正确途径,尤其是在技术进步日新月异的生成式人工智能领域。”通过开源的方式吸引足够的参与者,从而搭建一套完善的生态系统,是Meta这类互联网企业的一贯作风,但对于已投入大量成本而期望采用定制化解决方案的玩家而言,却不是什么好消息。

Meta的操作让人联想到Facebook的开源计算项目OCP,该项目被用于改变服务器硬件的制造方式,以更好地适应互联网时代。OCP除了对应的机架规范Open Rack,还包括服务器、网络、存储,乃至数据中心的设计。OCP被视为Facebook最为重要的科技项目之一,旨在把“开源”概念引入数据中心硬件,为数据中心提供更快、更便宜、用材更少的硬件。OCP的开放性体现在免费提供设计,任何企业都可以使用它,并对其进行调整,这意味着,惠普、戴尔和思科这类传统硬件供应商将不再控制产品设计,取而代之是由用户自己控制。这给思科等硬件制造市场的老玩家带来了很大威胁,因为OCP很有可能为企业提供更便宜、更灵活

的替代方案,从而淘汰传统的昂贵方案。微软、苹果等科技巨头都加入了OCP阵营,开始把OCP的一些概念整合到自身的数据中心,形成新的生态。Facebook也通过构建在OCP基础上的各种技术,大大减少了对“思科们”的依赖。

LLaMA 2的开源模式可能会影响OpenAI等公司在生成式人工智能软件市场中取得的早期主导地位。因为Meta意在借助LLaMA 2构建人工智能开源生态系统,快速扩大其市场规模并建立口碑,同时阻碍竞争对手从其专有技术中赚取收入。

Apple GPT入局,前路未知

在Meta、微软、OpenAI等公司各出奇招的同时,以封闭系统作为竞争优势的Apple等公司也在借助Siri等人机交互触点的优势向上游拓展。近期,业内传出Apple秘密研发Apple GPT的消息。据了解,Apple GPT是一款基于苹果自研Ajax框架开发的人工智能工具,这一产品已在苹果内部小范围内投入使用。与其他解决方案不同的是,目前Apple尚未决定Apple GPT未来的开发方向,甚至严格规定了Apple GPT的使用场景,禁止将其输出用于开发面向用户的功能。这体现了不同企业对大模型市场发展的不同理解和判断,同时也体现了“利用大模型做未来物联网入口的可能性和交互能力的升级”这种定位和发展方向的选择。

大模型时代的人工智能伦理风险

开源大模型将加速人工智能市场的应用拓展,但与此同时,人工智能哲

学尤其是科技伦理方面的争议甚嚣尘上，大模型的可靠性、安全性、知识产权等也成为了产业亟待解决的新课题。大模型目前还面临较大的挑战，包括大模型“幻觉”、“一本正经地胡说八道”、政企私有数据的保密性要求、大模型存在封闭性等，同时信息垄断、知识产权等问题也不容忽视。

知识可靠性及信息误导等问题

ChatGPT不能保证回答问题的可靠性和准确性，对于“如果相同的问题在不同时间问你有不同的结果，我怎么知道哪一个比较可信，或者哪一个更为接近真相”这个问题时，ChatGPT给出了如下答复：“作为一种人工智能系统，我是基于一组固定的算法和数据运行的，并且在回答问题时会遵循程序化的逻辑。因此，如果对同一个问题多次询问，答案应该是一致的，除非模型的数据或算法发生了更改。不过，即使我的回答是一致的，也不能完全保证答案的正确性和可靠性，因为我的训练数据和算法可能存在偏见或错误，我并不能独立判断我回答的问题是否符合真实情况。”

ChatGPT要学习大量的文本数据，并以特定的算法处理数据，因此可通过提供误导性训练数据或者改变算法，操控处理结果。也就是说，我们不能准确理解作为“黑盒”的数据处理模型，以及信任ChatGPT采用的训练数据集的“权威性”，即便在一个我们熟悉的领域，细微的差别也可能导致巨大的结论偏差。

从知识可靠性的角度看，知识应用的场景需要非常谨慎，尤其是在学术研究领域，必须严格限制ChatGPT信息的引用。

信息垄断问题

如果模型的使用和控制都是不透明的，就有可能出现信息垄断。信息垄

断是指一个或一些组织及个人控制着信息的生产、流通和使用，从而有效地排除竞争。因此，如果行业不采用透明公开的方式去评估和监督使用信息，那么就可能存在信息垄断的风险。

知识产权问题

ChatGPT由OpenAI训练，数据集是从互联网上收集来的大量文本数据，包含新闻报道、维基百科条目、小说、博客、论坛帖子、技术文档、社交媒体内容等信息，这些数据可能存在著作权侵权的风险。具体而言，OpenAI尝试遵循合法、道德的原则来获取数据，但并不能保证所有数据的著作权拥有者都同意OpenAI将其数据用来训练语言模型。风险在于数据的处理结果是构建在未经授权的第三方经验之上，而通过这些经验获得的价值并没有与第三方共享，或者说他们甚至都没有意识到自己的数据被使用。在现实世界中肖像权被侵犯是比较明显的，在数字世界中经过多重加工以后，这样的侵权行为就不是那么明显。在现实世界中可能会出现这样的情况：ChatGPT的回答可能无意之间引用了作者声明需要分享商业收益的内容，在不知情的情况下侵犯了作者的知识产权。此外，经过复杂的模型处理之后，文本的所有者可能很难知道ChatGPT对他的资产进行了处理，也就是说，尽管理论上文本的所有者可以去维权，但实践成本会非常高。针对这个问题，ChatGPT是这样回应的：“确实存在难以识别使用者行为的问题。不过我是一个由OpenAI制作并管理的计算机程序，并且OpenAI是一个认真对待知识产权和隐私的公司，他们遵循相关法律法规，努力确保这些法律法规在用户使用我的过程中得到遵循。当然，如果您发现有任何违反知识产权的情况，建议您及时联系OpenAI，以帮助他

们解决问题。”

能否用于解决具有创造性的问题

这个问题看起来更像是一个人工智能的哲学问题。科学发展的传统看法是：科学知识是不断增加的，发展是一个直线的、知识积累的过程。这是为大多数人所接受的科学发展观，也是ChatGPT体现出来的知识“归纳”，其文字编码的概率让结果体现出这样的特征。波普证伪主义强调的不是知识的积累，而是科学理论的更替，旧理论不断被推翻，新理论取而代之。大模型带来了强大的智能，能够推动人工智能向更高级的智能应用迈进，例如AIGC、更智能的对话客服等。GPT-3等大模型在新闻文本生成、商业文本分析、法律文本分析等领域具有较高的产业应用价值。除问答以外，ChatGPT能够完成编程、写稿等众多超出人们想象的任务。谷歌公司曾表示：“如果ChatGPT参加谷歌的面试，理论上会得到入门级程序员的聘任。因此，更为关键的是我们怎么理解‘创造性’这个词的含义。”

结语

无论如何，大模型仅仅是生成式人工智能大规模商用的前奏，许多领域的企业都在尝试将大模型能力与自身的优势、定位和战略发展方向结合起来。无论是从打造难以被模仿的技术优势、大模型能力与复杂场景结合构建更强的解决方案能力、借助开源模式降低大模型使用门槛形成规模化垄断，还是借助传统的触点优势进一步提升终端用户的体验，市场上不同的玩家都在根据自身的理解尝试定义大模型的未来。而在通向未来的道路上，大模型将比其他领域面临更多的伦理、法律、道德方面的难题，这也是大模型企业在打造市场竞争力的同时，面临的新课题。🔗

AI大模型在智慧城市领域的应用与前景

■ 中国联通智能城市研究院 董正浩

随着人工智能技术的飞速发展, AI大模型正日益成为引领科技创新浪潮的核心力量。AI大模型以其在自然语言处理、计算机视觉等方面的卓越表现, 在各个领域中展现出惊人的应用潜力, 深刻地改变着我们的生活方式与未来规划。特别在智慧城市领域, AI大模型拥有众多典型应用场景, 影响着当前智慧城市的发展。如何确保大模型应用能够真正造福城市居民, 推动智慧城市建设迈上新的台阶, 是值得关注的问题。

大模型在智慧城市领域的应用

大模型技术的出现为智慧城市建设带来新的发展变化, 特别在城市规划、政务服务、交通管理、环境监测、公共安全等重要领域提供了有效的助力, 大大推动了智慧城市建设步伐。

一是在城市规划方面。城市规划是智慧城市建设的前提。大模型通过分析历史数据、人口流动、土地利用及经济发展等因素, 预测城市未来的发展趋势, 帮助决策者制定更科学合理的城市规划方案。这有助于合理规划基础设施建设、公共服务布局, 从而提高城市发展的可持续性和居民的生活质量。例如, 大模型可以根据人口密度和用地情

况, 指导土地用途规划和住宅建设, 进而优化城市空间布局。

二是在政务服务方面。“智慧政务”是智慧城市建设的关键环节, 而大模型在政务服务中的应用呈现出潜在的变革性影响。它通过智能问答和信息查询、智能辅助决策、舆情分析和预警等方式, 为政府部门提供更高效、更智能的服务和决策支持。大模型能够实现快速的信息查询, 预测政策影响, 监测民意动向, 支持城市管理和个性化服务, 提高城市管理和应急响应水平等, 从而推动政府服务的数字化升级, 提升服务效率和公众满意度。

三是在交通管理方面。智慧交通系统是智慧城市的重要组成部分。在交通流量数据分析方面, 大模型可以实现交通流量的实时预测、异常监测和趋势分析, 帮助交通管理部门更好地了解城市交通状况, 优化道路资源配置。在交通疏导与调度决策支持方面, 通过整合历史交通数据、实时流量信息、天气预报等多维度数据, 大模型能够构建出精准的交通模拟模型, 提供调整红绿灯时长、改变道路限行策略等优化建议。另外, 大模型可以协助实现跨领域数据的有效融合。例如, 结合气象数据预测, 可以在恶劣天气到来前采取相应的交

通管控措施, 避免因天气突变导致的交通事故和拥堵。

四是在环境监测方面。实现绿色发展是智慧城市建设的目标。大模型在环境监测方面可以整合大量的传感器数据和卫星影像, 分析空气质量、水质状况、垃圾处理等环境因素, 实时监测环境变化, 预警环境风险。在空气质量监测方面, 大模型通过整合大量的气象、空气污染源、交通流量等多源信息, 利用时空数据的关联性, 分析气象条件、污染物排放源和城市拥挤度等因素之间的复杂关系, 预测不同时间段和区域的空气质量状况, 为城市管理者提供决策支持。在噪声污染监测领域, 大模型亦可发挥作用。

五是在公共安全方面。公共安全是智慧城市建设重点关注的领域。一方面, 大模型通过分析城市多维数据等, 预测可能出现的交通事故、火灾等事件, 并及时发出预警。另一方面, 大模型通过利用历史犯罪数据和人员流动信息, 预测犯罪热点区域, 指导警力调配, 分析防范措施, 提高治安水平。另外, 结合气象数据、地质数据等, 大模型可以预测灾害蔓延的路径和范围, 从而指导紧急撤离和资源调配工作。在突发公共卫生事件中, 大模型亦可以预测疫情传播趋势, 帮助决策者制定人员流动限制、医疗资源分配等应对策略。

大模型在智慧城市领域应用的优劣势

技术的发展和运用必然伴随着它的优劣势, 在发挥优势的同时也具有一定的局限性, 只有针对性地改进才能让技术更好地使用, 大模型在助力智慧城市建设过程中面临着同样的问题。

首先, 大模型在智慧城市领域的应用具有预测能力、优化能力和降低成本

三方面优势。

一是预测能力。大模型基于深度学习的神经网络，能够从城市各类数据中捕捉复杂的模式和关联，从而提供准确的预测结果。这使得城市管理者能够更好地预测未来可能出现的问题，从而采取相应的措施进行干预。例如，基于大模型分析交通流量、气象数据和人口迁移模式，预测未来的城市发展趋势以及环境变化等，以此为决策者提供科学依据。

二是优化能力。大模型在优化城市资源分配方面展现出卓越的潜力。智慧城市运行需要协调各项资源，如能源、交通、水源等。大模型可以通过综合分析这些资源的使用情况和需求，提出精准的优化方案。

三是降低成本。大模型的自动化处理能力可以显著降低智慧城市管理的成本。在大规模城市数据积累的情况下，传统的数据处理和分析工作将变得繁琐且耗时。而大模型可以从海量数据中自动提取关键信息，识别潜在的问题，甚至在一些情况下提供自主决策建议。这将减轻管理人员的工作负担，提高数据利用的效率，并降低人力成本。

其次，在探讨大模型在智慧城市领域的应用时，不能否认其在预测、优化和成本降低方面的优势，但同时也要认识到大模型在智慧城市领域的应用也存在一些局限性。

一是数据隐私保护问题。大模型需要大量数据支持，首先是数据隐私和安全问题。大模型需要大量的数据进行训练和优化，但城市数据中可能涉及个人隐私和敏感信息。因此，在应用大模型时，需要严格的数据隐私保护措施，确保数据不被滥用和泄露。

二是模型解释性问题。由于大模型的复杂性和“黑盒”特性，其内部决策过程往往难以被解释和理解。在智慧城市应用中，缺乏对模型决策的解释可能

导致决策难以接受，尤其是涉及城市规划、交通管控等重要领域。

最后，在深入了解大模型的优劣势后，我们需要进一步探讨局限性如何改进。而改进建议需从数据隐私保护问题与模型解释性问题两方面展开。

一是加强数据隐私保护。随着大规模数据的采集与应用，数据隐私问题日益凸显。为了保障个人和组织的隐私，可以采用加密技术和去标识化技术。去标识化技术能够对数据进行脱敏处理，去除关键个人信息，但仍保留数据的分析价值。通过在数据处理的各个环节加强隐私保护，构建安全可靠的数据基础，从而为智慧城市的发展提供有力支持。

二是提高模型解释性。努力探索能够解释大模型决策的方法，如透明化的神经网络结构、特征重要性分析和可视化工具，从而提高模型的可解释性，使决策能够更加合理和可信。一方面，可以致力于开发更具解释性的深度学习模型。例如，引入注意力机制、可视化方法和可解释的特征提取方式，能够使模型的决策过程更加可理解。另一方面，还可以通过模型解释工具，对模型进行后期分析和解释，从而更好地理解模型的预测结果。通过这些措施，可以在强化性能的同时，提升对模型内部运行机制的认知，从而更好地制定和优化智慧城市应用的决策。

大模型在智慧城市领域的未来发展

技术进步日新月异，大模型也随之不断发展，未来大模型在智慧城市领域的应用前景将更加广阔。

首先，技术进步将推动大模型迭代优化，助力智慧城市建设持续深入。一方面，未来的技术进步将推动大模型的算法更加高效。比如，实时分析能源消

耗数据、预测能源需求峰谷，为城市能源供应提供精准指导，真正实现能源的高效利用。另一方面，技术进步还将为大模型提供更大规模的数据支持。智慧城市中的各类数据源，如传感器数据、社交媒体数据以及市民的移动轨迹等，将会不断丰富。这使得大模型能够更全面地分析和理解城市的运行情况，实现更精准的智能决策。

其次，未来大模型在智慧城市应用场景将更加广泛。除了现有的应用领域（如智能交通管控和环境监测）之外，大模型还将涉足更多新的应用场景。例如，智能停车系统可以利用大模型分析城市中的停车需求和停车资源分布，从而实现更高效的停车引导和资源管理。智能物流领域也能受益于大模型的应用，通过分析实时的物流数据，优化货物运输路径和配送计划，降低运营成本和能源消耗。

最后，大模型在智慧城市应用中可能引发的伦理和法律问题不容忽视。典型的问题是模型公正性，因为大模型的训练数据可能反映社会中的偏见和不平等，如果不加以适当处理，大模型可能会强化这些偏见，导致产生或加剧社会不平等现象。由此也带来了责任问题，即当大模型出现错误决策或不当行为时，究竟应该由谁负责？如何划定技术供应商、使用者、监管机构等各方的责任界限，成为需要讨论的议题。

总而言之，大模型对智慧城市建设领域产生了深远的影响。尽管存在一些挑战，但随着技术的不断进步，我们有信心解决这些问题。未来，大模型在智慧城市领域的应用将更加广泛，为城市管理提供更多决策支持，提高城市运行效率，降低管理成本，也为老百姓提供更加便捷、满意的服务。相信大模型在智慧城市领域的应用将是科技发展新的“风口”。

基于云网融合资源池的 负载均衡技术实现

■ 中移动信息技术有限公司 李洋 黄山

云网融合是云计算和网络融合的一种新型模式，它将云计算和网络技术相结合，实现了资源的共享、协同和高效利用。随着信息化建设的不断推进，云网融合已经成为未来网络发展的趋势和方向。负载均衡 (Load Balancing) 技术作为云网融合的重要组成部分，也在不断发展和完善，以满足日益增长的用户需求和业务需求。

负载均衡技术的基本概念和分类

负载均衡以提高系统的整体性能和可靠性为目的，是一种集群技术，它将特定的业务（网络服务、网络流量等）分担给多台网络设备（包括服务器、防火墙等）或多条链路，从而提高系统的业务处理能力，保证业务的高可靠性。基于云网融合资源池，目前主要有如下几类负载均衡。

服务器负载均衡

服务器负载均衡根据识别信息的层级不同分为两种。

四层服务器负载均衡：可识别网络层和传输层信息，是基于流的负载均衡，通过对报文进行逐流分发，将同一条流的报文分发给同一台服务器。由于四层服务器负载均衡对七层业务无法按内容分发，因而其适用范围受到限制。

七层服务器负载均衡除了可识别网络层和传输层信息之外，还可识别应用层信息，是基于内容的负载均衡，通过对报文承载的内容进行深度解析，根据内容进行逐包分发，按既定策略将连接导向指定的服务器，实现业务范围更广泛。

链路负载均衡

链路负载均衡是指将网络流量分配到多个链路上，以实现负载均衡。在具体使用上，主要分为出方向链路负载均衡及入方向链路负载均衡两类。出方向链路负载均衡一般用于内网用户通过多条运

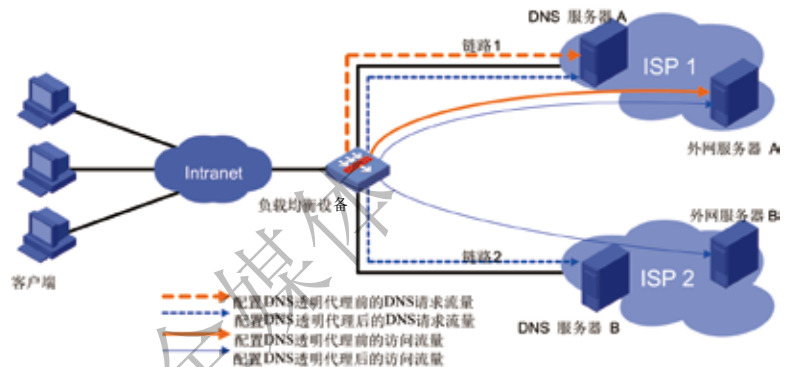


图1 出方向链路配置DNS透明代理功能前后的流量变化

营商链路访问互联网，入方向链路负载均衡一般用于互联网不同运营商进行域名解析。

如图1所示，出方向链路负载均衡的DNS透明代理功能可以有效解决因客户端DNS服务器配置导致的流量分配不均问题。通过DNS透明代理功能，DNS请求报文可以发往不同运营商网络内的DNS服务器，从而使内网用户访问外网服务器的流量较为均匀地分配到多条链路上，提高流量转发效率，提升服务质量；避免出现一条链路拥塞而其他链路闲置的情况；也可以在某条链路出现故障时，使用其他链路访问外网服务器，避免因链路故障导致访问失败。

如图2所示，入方向链路负载均衡可在多条链路上分担

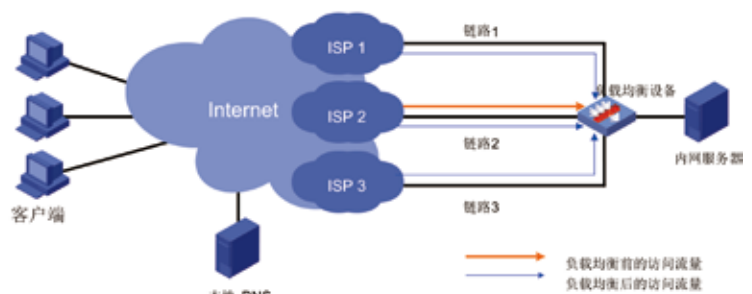


图2 入方向链路配置负载均衡功能前后的流量变化

外网用户访问内网服务器的流量，企业分别租用不同运营商ISP 1、ISP 2和ISP 3的三条链路为外网用户提供服务。通过配置入方向链路负载均衡，可以使外部互联网用户访问内网服务器的流量较为均匀地分配到多条链路上，从而提高流量转发效率，提升服务质量；避免出现一条链路拥塞而其他链路闲置的情况；在某条链路出现故障时，可引导外部互联网用户使用其他链路访问内网服务器，避免因链路故障导致流量转发失败。

云网融合场景下的负载均衡技术

云网融合场景下的负载均衡技术解决方案包括以下几种。基于软件的负载均衡方案是一种简单、灵活且易于实现的方案。这种方案利用软件实现负载均衡，并且可以在不同的服务器上部署。软件负载均衡方案可以利用开源的软件，如HAProxy、nginx和Apache等，实现负载均衡并提高灵活性。此外，基于软件的负载均衡还可以很方便地在云环境中实现动态伸缩。

基于硬件的负载均衡方案是一种高性能、高可靠和高可用性的方案。这种方案通过硬件负载均衡器实现负载均衡，并且支持更大的流量和更高的性能要求。硬件负载均衡器可以根据网络负载和应用性能等因素优化分配，并根据实际需要进行快速切换和故障处理。此外，硬件负载均衡器还支持高级功能，如SSL加速、入侵检测和防火墙等。

随需应变的自动化负载均衡方案是一种适合云环境的方案。这种方案利用自动化技术实现负载均衡，并根据实际应用的需求和变化动态调整负载均衡。该方案利用自动化架构实现自动化管理，并可根据服务需求、性能要求进行自动分配和管理。

基于软件的负载均衡主要是租户使用，基于硬件的负载均衡主要是提升IaaS层的功能。无论采用何种负载均衡解决方案，都需要有效地管理负载，实现高可用性和高性能的服务，以提升用户体验。

在云网融合场景下，负载均衡技术需要考虑多种因素（如网络带宽、计算资源、存储资源等），主要应用于以下几个方面。

一是基于SDN的负载均衡。利用SDN技术实现动态路由和流量控制，提高网络带宽利用率，同时根据应用需求自动调整负载均衡策略，提高应用性能和可靠性。二是基于容器的负载均衡。利用容器技术实现快速部署和扩展应用，通过容器编排工具自动调整容器数量和位置，实现负载均衡和高

可用性。三是基于AI的负载均衡。利用机器学习、深度学习技术对应用流量进行预测和分析，自动调整负载均衡策略，提高负载均衡的智能化和自适应性。

笔者工作所涉及的云网融合场景，当前主要使用基于SDN的负载均衡和基于容器的负载均衡，而基于AI的负载均衡尚在研发及试点过程中。

云网融合负载均衡技术的未来发展方向

云网融合通过使用虚拟化技术和自动化管理，实现更高效的资源利用和更灵活的服务交付。对于负载均衡技术而言，云网融合对其提出了新的要求和挑战。

云网融合需要实现自动化管理，这对负载均衡技术提出了相应的要求。负载均衡器需能够自动检测服务器的负载情况，并动态分配网络流量，以实现负载均衡；此外，负载均衡器还需要支持自动配置和自动管理，以便于云环境下的自动化管理。

云网融合对网络安全性提出了更高的要求。负载均衡器需具备安全功能，能够有效保障网络不受攻击和恶意访问；同时负载均衡器需要支持防火墙、入侵检测、身份认证等安全功能，以确保网络的安全性。

云网融合需要实现网络的高可用性，这对负载均衡技术也提出了相应的要求。负载均衡器需要通过冗余机制和自动的容灾处理，实现网络的高可用性；同时负载均衡器需要支持虚拟化技术和多集群技术，以实现高可用性和故障转移。

云网融合需要网络具备动态伸缩性，这对负载均衡技术也提出了相应的要求。负载均衡器需要支持动态伸缩，能够根据网络负载情况自动调整负载均衡策略并分配流量，以实现负载均衡；此外，负载均衡器应具备自适应性和可扩展性，以应对网络流量的快速变化和扩展应用的需要。

云网融合建设需要控制成本，这对负载均衡技术也提出了相应的要求。负载均衡器需要具备低成本、高性能和高效能的特点，以实现更高效的资源利用并降低网络成本；此外，负载均衡器应支持开放式标准和互操作性，以实现更高效的资源利用和更灵活的服务交付。

随着云计算、物联网、5G等技术的快速发展，未来负载均衡技术将朝着更高效、更可靠、更智能、更安全的方向发展。云网融合场景下的负载均衡技术将助力运营商构建高效、智能和可靠的IT云网。

构建“双千兆”数字工厂的研究

■ 中国信息通信研究院 王阿城

随着科技的迅速发展和工业生产环境的变革,工厂数字化已经成为制造业转型升级的重要趋势。数字工厂以信息技术为核心,通过将传感器、物联网、大数据分析和人工智能等先进技术与制造过程相结合,实现生产流程的智能化、高效化和灵活化。在这一背景下,构建高速、可靠的网络基础设施成为数字工厂的重要需求,以支持实时数据传输和处理,从而实现管理决策和生产优化。为满足这一需求,研究工业环境下的千兆光网和5G的组网方案、网络架构和关键技术变得至关重要。

本文旨在深入研究工业环境中千兆光网和5G的应用,探讨其在构建高速、可靠的网络基础设施方面的潜力和优势。重点关注数字工厂中大规模数据传输和实时应用的需求,通过提供支持和解决方案,推动工厂的智慧化、信息化和自动化发展。这将有助于进一步推动数字工厂的发展,促进制造业向更高效、更智能的方向迈进。

数字工厂网络需求分析

数字工厂网络是连接厂内各种设备、传感器和计算机系统的关键基础设施,能够实现数据传输、实时监测和控制等,推动生产流程的智能化和高效化。它分为工厂外网和工厂内网,前者用于企业与供应链伙伴、用户间的协作与信息交换,后者实现工厂内部各设备和系统的互联。工业网络需具备以下特点:一是网络隔离确保安全性;二是本地存储以保护数据;三是满足超低时延、高带宽、稳定时序和高可靠性需求,实现不同设备间的数据协议转化。同时,工业网络需要支持私网与公网访问,融合5G技术满足有线与无线连接需求,借助人工智能优化管控模型和提升效率,应对不断

增长的工业需求。

随着工业互联网的迅速发展,工厂对于设计、生产和运营等全生命周期的精细化管理需求逐渐增加。这种趋势背后的目标在于降低人力成本、资源消耗,同时提升整体运行效率。因此,工厂对网络基础设施的要求也日益提高,具体需求如下。

一是高带宽需求。随着工厂的数字化进程,大量的设备和系统不断产生数据,这些数据通常需要实时传输和处理。例如,高清视频监控、远程操作和3D建模等都需要大量的带宽。因此,工厂网络不仅要满足当前的带宽需求,还要预留足够的空间以满足未来需求的增长。

二是低延迟需求。生产环境中的许多关键操作,如机器人协同、实时质检和远程控制等,都对延迟有严格的要求。网络的任何微小延迟都可能导致生产中断或出现品质问题。因此,工厂网络需要低延迟,确保所有任务都可以得到实时响应,并保证操作的准确性和同步性。

三是稳定性和可靠性需求。工厂生产通常是24小时不间断的,任何网络的中断都可能导致巨大的经济损失。为此,需要利用多路径冗余、自动故障转移和持续的健康检查等技术确保网络始终在线,保证工厂网络的高稳定性和高可靠性。

四是安全性需求。工厂网络需要具备足够的安全性,例如数据加密确保数据传输的机密性、访问控制确保只有经过授权的用户和设备才能接入网络,以及网络防火墙和其他安全技术,确保网络不受外部和内部的恶意攻击。

五是灵活性和可扩展性需求。工厂的需求和技术是不断变化的,网络应当能够适应这些变化。这意味着当引入新的

设备、传感器或系统时，网络能够轻松地支持它们，而不需要大规模重构。此外，随着工厂规模扩张，网络应能够无缝地扩展，以满足更大的数据传输需求。

六是高密度连接需求。数字工厂的每一个角落都有可能布置网络设备、传感器和终端，它们都需要接入网络。这就要求网络设备（如交换机和路由器等）具备高密度的连接能力，以确保工厂中的每个设备都能够稳定地接入网络。

数字工厂网络部署策略

数字工厂网络架构

在工厂信息化、数字化和智慧化驱动下，远程协助、智能监控、数据采集等诸多技术应用场景不断出现，千兆网络通过稳定的光纤连接，具备出色的传输带宽和抗干扰性能，更适合室内和复杂环境。而5G网络则凭借高度灵活性和易用性等特点，呈现出显著的技术优势。在由5G、千兆光网组成的“双千兆”网络中，二者互相补充，互相促进，成为数字工厂的底座。数字工厂网络架构如图1所示。

工业千兆光网部署策略

基于PON技术构建的工业级千兆光网络，可实现对于企业多个子网的OLT融合承载，从而确保工厂网络的全方位覆盖。PON网络具有强大的连接能力，单台OLT能够接入超过1万个终端，保证工厂所有业务设备的无缝连接。通过

XGS-PON技术，支持高达10Gbit/s的双向数据传输速率，完美适应固定、移动办公以及高清安防监控的大数据流量需求。为了满足多种类型的工业设备接入需求，在接近用户设备的地方部署ONU，确保其多端口和多接口连接需求得到满足。在接近生产线或楼层的地方，设置无源分光器以连接ONU。在车间的核心机房或总工厂机房中，部署OLT，从而集中管理整个工厂的光纤网络以及相关的PON设备。工业千兆光网网络架构如图2所示。

在工业领域中，常常需要融合满足诸如生产网络、办公网络、安防监控和传感器等多个子网络的需求。针对工业应用场景，工业千兆光网可为多种业务提供综合性的差异化承载，确保工业企业网络的高带宽、低延迟、高稳定性和安全性。基于PON网络的网络切片技术，不仅能够为企业的多个子网提供集成的OLT融合承载，从而减少网络建设的总成本、提高设备使用效率；还可以利用网络资源分区和分级管理，确保各个子网之间的数据安全与隔离。

工业千兆光网还可以提供智能、易用、可升级的系统，将智能网络与工业生产紧密连接，促进工厂自动化管理。OLT设备作为智能中枢，可以对所有ONU设备进行管理和配置。这种集中管理机制大幅减少了网络管理节点，简化了数据配置、部署和管理流程；兼容开局“即插即用”和维护“即换即通”的特性，提升了网络的效率和灵活性。OLT的集中管理机制支持实时收集、处理整个网络数据，使网络部

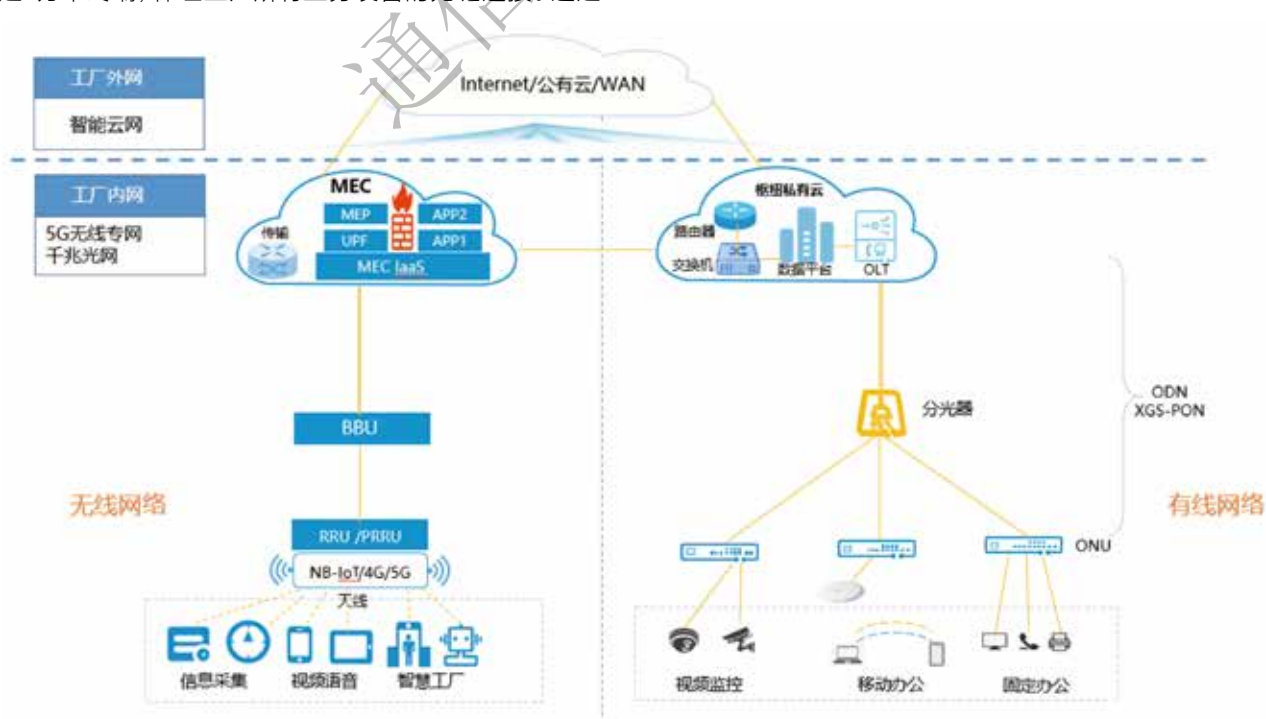


图1 数字工厂网络架构

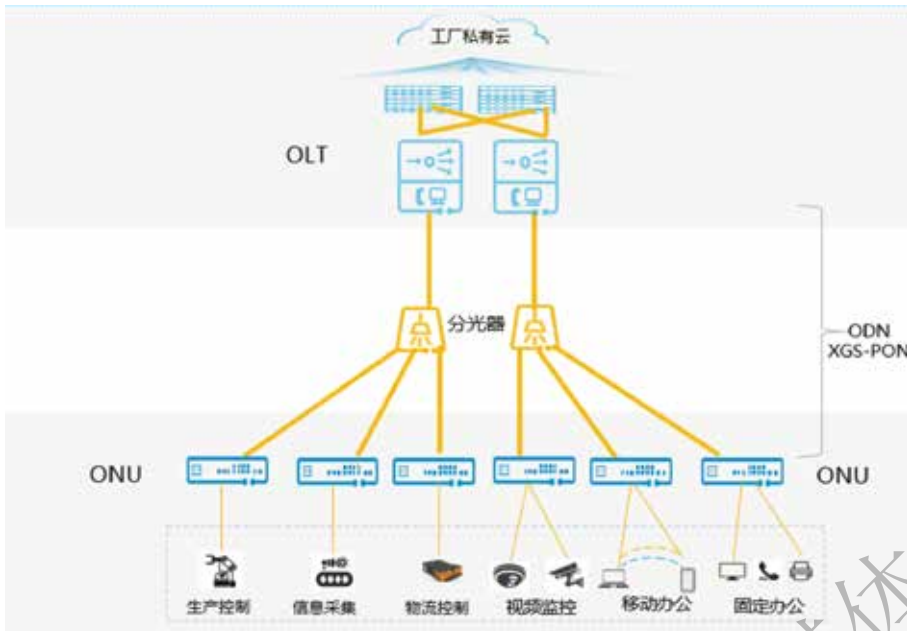


图2 工业千兆光网网络架构

署、告警、健康状况等能够快速得到监控、报告和处理，从而实现网络的高效管理和故障的及时感知。无源光纤网络的器件无需独立管理，简化了运维工作。整个网络的管理节点数量显著减少，与传统以太工业网络相比，管理更加便捷。无需独立配置ONU，整个工厂网络的管理节点仅包括少数OLT设备和核心交换机，大大降低了管理的复杂性。

新型PON OLT设备端提供边缘计算能力，促进工业数据的高效整合与分析。在OLT设备端引入通用的边缘计算能力，可降低硬件投入。同时，将数据预处理、存储和智能分析置于设备附近的网络边缘，不仅可以减少延迟处理和解决网络阻塞，还能与云端数据分析协同。工业PON ONU拥有多重嵌入式数据采集功能（如OPC数据采集和处理），可与PLC、生产管理系统及生产设备通信，实现工业云平台互联。此外，工业PON ONU支持集成开源或定制工业应用，实现个性化的数据采集和转换。通过这种方式，传统工业设备的信息化改造变得灵活、低成本，实现工业数据的高效整合与分析。

工业5G网络部署策略

将5G核心网用户面网元UPF下沉到工厂内，以便于用户面数据的传输和管理，满足业务多样性需求。5G边缘计算可以满足工业对低时延业务的迫切需求。利用5G切片技术，在工厂内实现多业务逻辑隔离，以满足不同的网络性能需求。此外，工业5G网络还支持多种接入方式，使得不同类型的终端设备都能够灵活接入网络。网络功能的微服务化

设计使得各项网络功能模块更加灵活，能够根据实际需求进行定制和部署。智能运营编排的能力进一步提升了网络的自适应性和智能化，使得网络资源能够更加高效地分配和调度，以满足不同业务场景的要求。工业5G网络架构如图3所示。

首先，UPF下沉到工厂，实现实时精准定位和管理，提高生产效率、优化资源分配和确保安全性。作为核心网络的关键组件，UPF不仅保障网络运行质量，也承担着关键的网络安全责任。在工业场景中，特别是对时延敏感、对用户体验有严格要求的业务，以及需要在企业内部进行本地处理的情况下，将

用户面协议处理单元下沉至企业园区或工厂机房，通过N4接口与会话管理功能SMF紧密协作，增强核心网络的整体安全性。为确保数据的保密性与完整性，防火墙被智能地部署在UPF的出口位置以及SMF的入口位置，为企业的网络和业务提供坚实的保护。这种架构的实施，将在工业生产环境中促进数据管理、资源利用和安全防护的协调发展。

其次，利用5G切片技术，企业可以在工厂内实现多业务逻辑隔离，以满足不同的网络性能需求。在工业领域，运用切片技术将物理网络划分为多个虚拟逻辑网络，以满足各种不同业务的多样化需求。每个虚拟网络对应不同的应用场景，通过规划和定制不同的切片，实现资源隔离和功能定制。在工业环境中，不同业务对网络的需求差异显著，如实时控制需要低延迟，大数据传输则需高带宽。切片技术能够确保各切片间资源隔离，满足上述差异化需求。每个切片代表完整的端到端网络，包括无线接入、传输和核心网络等。应用切片技术的关键是实现资源隔离、数据安全隔离和高效运维管理，这需要在不同网络域采用不同技术，例如核心网络可利用虚拟化技术实现切片的管理和隔离。

最后，5G边缘计算实现本地分流卸载，近端处理工业数据，满足安全隐私需求，降低时延，提升远程控制、协作等业务体验。在工业领域，及时获取和处理数据对于提高生产效率和优化资源利用至关重要。5G核心网用户面UPF下沉与边缘计算可组成边缘节点，设置于工业数据源附近，使数据能够在本地实现存储和处理，从而降低网络时延，实现快速数据处理和决策。相较于传统的集中部署云计

算, 5G边缘计算克服了传输延迟和抖动等挑战, 解决了长延迟和高传输占用等问题, 满足了工业领域对高带宽和实时性的双重要求。

工业云网融合部署策略

确保数据安全是工业企业的重要任务, 因此, 大部分工业数据存储在企业内部机房, 并由企业自行管理, 以防止数据外泄。然而, 这可能导致数据隔离问题, 即形成数据“孤岛”。为应对未来发展, 工业互联网应运而生。在工业企业大力推动信息化、数字化和智能化的背景下, 工业数据不仅价值倍增, 还催生了丰富的工业应用能力。云计算和网络密切结合, 相辅相成。工业企业逐渐向云端过渡, 并与网络资源融为一体, 这将是未来的发展趋势。云计算业务的增长一方面需要强大的网络能力来支持云之间的连接, 另一方面, 网络的加强也需要为云计算的发展提供支持, 从而实现云与网络的紧密结合, 相互协作。

边缘计算是满足工业互联网需求、促进工业数据上云和实现云边协同的关键。工业互联网广泛采用边缘计算, 满足低时延、高带宽和高可靠性要求。边缘计算通过就近处理和传输数据, 降低延迟、减轻传输压力、提高工业互联网服务吞吐量。同时, 由于计算资源、处理能力、设备成本和应用灵活性等因素, 企业逐渐将应用迁移到云端。然而, 随着云与边缘之间的数据交换挑战逐渐凸显, 云边协同管理体系显得尤为关键。

工业云网融合是实现工厂与云端高效连接的重要策略。在工厂与云端的网络建设中, 通常有两种选择: 一是通过互联网接入, 连接工厂与公有云, 这种方式虽然灵活, 但需考虑互联网的安全性和稳定性; 二是采用专线接入, 通过专线连接工厂与公有云或私有云, 这种方式可以确保连接的稳定和安全, 特别适合对网络品质有更高要求的工业应用。无论选择何种方式, 工业云网融合的目标都是建立高效、稳定、安全的工厂与云端互联, 为工厂的数字化转型和智能化升级提供坚实支撑。

“双千兆”数字工厂的应用场景

通过对现有工厂通信网络进行

全面升级和改造, 构建绿色、安全、稳定的“双千兆”网络, 实现工业园区的全连接、广覆盖、低时延、大带宽、高QoS保障以及高可靠性组网。这一优化举措将为企业提供卓越品质和卓越体验的服务, 有效支持和促进工厂的数字化转型, 具体应用场景有以下7个方面。

千兆光网+超高清视频

随着技术进步, 超高清视频不再局限于传统功能, 而是向智能化方向发展, 如字符识别、人脸识别、行为分析等, 这对视频清晰度和流畅度提出更高要求。千兆光网成为满足这一需求的有效手段。在工业中, 高清视频应用于安防、人员管理等, 通过千兆光网, 实时传输监测视频, 双向传输图像、语音、数据, 实现对违规行为的监控和环境风险的分析, 提升安全规范性。通过“双千兆”实现工业超高清视频的全流程智能化, 支持字符识别、人脸识别、行为分析等功能, 提升安全和人员管理效率。

千兆光网+实时控制

在工业环境中, 实时控制应用场景是指通过实时数据收集、处理和反馈, 监测和控制生产过程。此类场景遍布于各个工业领域, 如制造业、能源生产、物流等。运用千兆光网, 可以实现机器与机器、设备与设备之间的紧密协作, 从而提

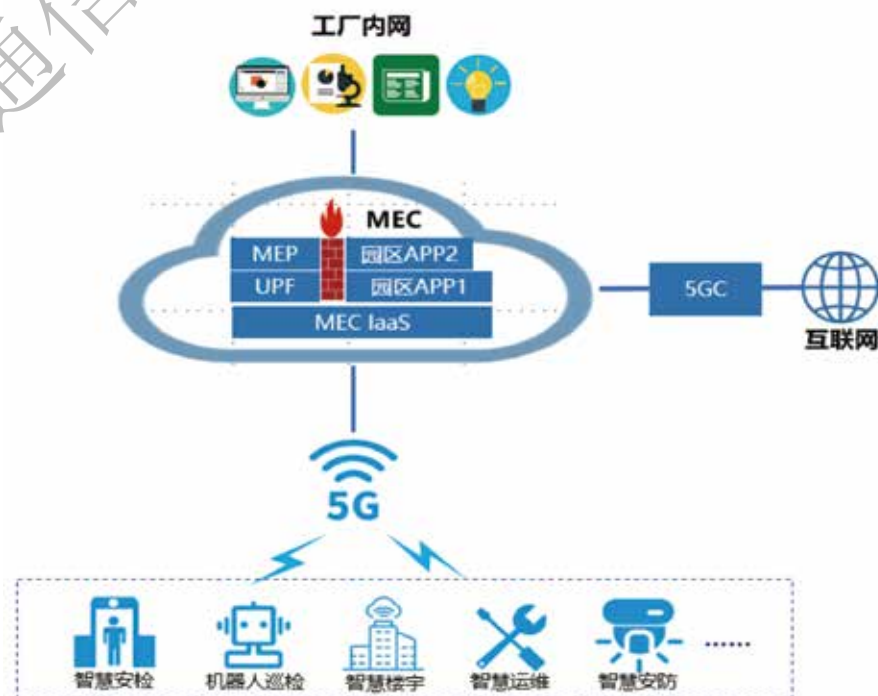


图3 工业5G网络架构

升协调操作水平, 加强设备的运行可靠性和安全性。这一措施将有助于实现生产流程的高效运转, 减少潜在风险, 为工业领域带来更稳定和可持续的发展。

千兆光网+数字孪生

在工业环境中, 数字孪生应用是一种将物理系统的实时数据和行为与其数字化模型相结合的技术。它可以用于多种应用场景, 例如设备监测和维护、工艺优化、生产仿真等。通过对生产线进行详细的信息建模, 创造生产线的数字孪生, 结合千兆光网的高带宽, 可实现物理世界与信息空间之间的双向流动, 从而显著提升生产管理水平。这一技术手段将有效促进生产流程的优化, 实现更高效、更智能的生产管理方式。

5G+远程控制

在特殊的工业环境下, 如高温、高空、恶劣指标等, 人工操作难以甚至不可能实现。在这种情况下, 需要采用远程控制机械的方式。然而, 实现远程控制需要高清视频和稳定网络来保障。5G网络的高速率可满足高清视频回传, 同时保障稳定性和低时延, 远程精确操控设备可确保操作安全, 提升生产效率, 为工业企业创造更安全高效的操作环境。

5G+机器视觉

机器视觉作为人工智能的重要领域, 在工业应用中起到了关键作用, 提升了生产的自动化水平和灵活性, 特别适用于危险环境和有高标准要求的场景。这种技术广泛应用于图像识别、检测、定位、测量和物品分拣等方面。利用5G网络, 机器视觉系统迈向了无线化, 摆脱了传统有线连接的限制, 实现了视觉系统单元的移动配置, 将图

像采集分散到多个工位并共享图像处理单元, 以低成本高效地自动化检测生产线。同时, 通过“5G+边缘计算”构建的“5G虚拟专网”, 可以保障数据的安全性, 确保网络和生产的安全。

5G+无人机

无人机作为高科技的产物, 已在各个领域广泛应用, 尤其是在智慧物流、园区管理和设备巡检等领域, 工业级无人机发挥着关键作用。利用5G无人机平台, 可以实现厂区内的规范化空中安保巡视和设备点检。通过高速、可靠、低延迟的5G网络, 无人机上搭载的摄像头(包括可见光高清和红外图像)能够实时摄像并传输到厂区的综合控制中心。运用基于人工智能的物体识别和模式分析, 判断巡检地点是否存在异常情况, 如安全隐患、火警等, 并智能提示相关人员, 有效减轻安保人员的工作负担。

“双千兆”+智慧园区

在双千兆网络与智慧园区的融合中, 实现可感知、可监测、可视化、可远程控制的运营管理目标, 从而全面提升园区服务管理水平和科学决策水平。这一联合创新将为园区运营带来更高效、智能化的管理模式, 有效增强园区的可持续发展能力和竞争力。

在推进工业互联网的进程中, 我们面临着传统工业网络技术的滞后和自主核心技术的不足。因此, 迫切要实现新型网络 and 关键技术的突破, 以推动工业互联网的发展。新型网络构建不仅包括工业PON网络和工业5G网络, 还应深入研究其他新技术, 尤其注重网络与工业需求的融合。产业链的联合创新和推动市场成熟同样至关重要。 



构建数据服务总线 破解企业数字化转型难题

■ 中国电子科技集团公司第五十研究所 陈晓宁 陈鹤伟

党的十九大、二十大都对建设网络强国、数字中国作出了战略部署。电子科技企业作为国家网信事业的战略科技力量，加快企业数字化转型，建设具有全球竞争力的世界一流企业，是其肩负的使命和责任。

当前，企业信息化建设向数字化转型的主要障碍包括：信息化管理缺乏统筹规划、信息化与业务“两张皮”、信息系统互联互通不够（形成信息“孤岛”）、存在安全隐患等。这些问题具有普遍性，特别是信息“孤岛”问题，是当前电子科技企业数字化转型面临的主要问题。

“数据驱动型”信息化建设模式

回顾信息化发展历程，其间经历了两次高速发展浪潮，目前正在进入第三次浪潮。以数据的深度挖掘和融合应用为主要特征的数字化、智能化时代已经开启，数据资源蕴含的巨大能量正在不断释放，这就是数字中国建设的大背景。当前所处的大数据时代正是信息化发展的新阶段。

数字化转型的基础是数据。企业加快数字化转型，就是要深度挖掘并充分利用数据资源，让数据为企业创造价值，持续为企业高质量发展赋能。因此，把握当前数字时代信息化发展的新机遇，就是要在信息化建设过程中，牢牢抓住“数据”这个核心要素，让数据为企业的经营管理服务。

“数据驱动型”信息化建设模式，就是以数据为核心，以实现数据价值及价值增值为目标，推动业务在线化、数字化。打破信息“孤岛”，按照统一的标准和规范，将散落在各业务和系统中的数据汇集起来，经过清洗、梳理，变成可供业务共享利用的数据资源，实现数据信息的价值释放，并在传递、流转及共享过程中实现价值增值，从而有效驱动业务增长。

实施“数据驱动型”信息化建设模式的关键，就是要解决好异构信息系统之间的互联互通以及信息交互问题，而数据服务总线（以下简称“数据总线”）是解决这一问题的有效方

法。数据总线通过搭建异构信息系统之间的“路”与“桥”，解决异构系统之间接口调用繁杂及数据格式不统一等问题，实现异构系统间的数据信息交互和互联互通，使企业经营过程中各业务部门产生的数据信息流在上下游业务中得以贯通，让数据资源得到充分利用，有效支撑企业经营管理决策。

构建数据总线，解决信息“孤岛”难题

数据服务总线需求分析

为了解决信息化建设中的信息“孤岛”问题，企业需要不断对信息系统进行集成，将分散的信息系统整合并打通，实现数据的贯通流动和业务数据的交互处理。在信息系统集成中，数据总线作为关键技术和架构核心，发挥着重要作用，而构建数据总线需要解决好以下问题。

一是数据集成需求。包括数据的集成和共享，即实现不同系统之间数据的无缝流动与共享，以确保各部门和业务流程之间的数据一致性。实时数据和业务流程协同，以实现即时的业务决策和响应。

二是降低系统复杂性和维护成本。异构信息系统之间存在兼容性和集成难题，给企业带来了额外的负担和成本。通过建设数据总线，可以降低系统集成、维护成本，进而提高信息化建设的效率和可持续性。

三是数据安全和隐私保护需求。数据安全和隐私保护是防止数据在传输和共享中出现安全风险，如数据泄露、未经授权的访问等。数据总线需要有安全可靠的信息安全防护措施。

四是业务需求的快速响应。企业在快速变化的市场环境中需要具备灵活的信息系统集成能力，以快速适应业务需要，具备可扩展性和灵活性的数据总线可以满足不断变化的业务需求。

五是跨系统数据一致性的要求。企业需要确保跨系统的数据一致性，即不同系统之间的数据能够保持同步和准确。例如，销售系统和库存系统之间的数据同步，以确保及

时、准确地更新库存信息。

六是拓展性和兼容性需求。企业可能面临业务增长、新的合作伙伴加入或新的技术标准引入等情况，而可拓展且兼容性强的数据总线系统能够满足未来的业务扩展和技术升级需求。

数据总线主要功能

1. 数据集成和共享

数据总线作为信息系统集成的核心，主要功能之一是实现不同系统之间的数据集成和共享。通过数据总线，不同部门和系统可以实时共享数据，消除信息“孤岛”，确保数据的一致性和准确性。数据总线能够将来自各个系统的数据整合在一起，并提供统一的数据接口和标准，使数据能够自由地在系统之间流动。

2. 消息传递和路由、聚合

数据总线提供了一种可靠的消息传递和通信机制，用于系统之间的实时交互和协同工作。应用系统可以通过数据总线发送和接收消息，进行异构系统数据的通信。数据总线提供请求路由和聚合查询功能，实现业务流程的协同处理和实时决策。

3. 负载均衡

数据总线中的负载均衡器是一种重要的组件，它扮演着关键的角色，能够确保系统高效地处理和分发数据流量。负载均衡器的作用是在多个系统之间均匀分配数据负载，在提高系统性能、可用性和可扩展性方面发挥着关键作用，它通过均衡分发数据流量、故障转移和容错处理、资源优化和横向扩展等功能，确保系统能够高效地处理请求。

4. 数据安全和认证、鉴权控制

数据总线具备保障数据安全和权限控制的功能，以保护数据的机密性、完整性。通过数据总线，可以实现安全的数据传输和访问控制机制，确保数据在传输过程中不被非法获取或篡改。同时，数据总线可以根据用户角色和权限，控制其对数据的访问和操作，保护敏感数据。

数据总线提供限流熔断和流量监控的功能，用于对数据总线的运行状态进行监测和管理。通过监控管理平台，可以实时监测数据总线的性能指标、数据传输情况和系统运行状态，及时发现并解决潜在的问题。

数据总线建设方案

1. 技术选型

根据企业自身信息化水平及软件技术开发人员等情况，可采用开源网关产品进行二次开发。其主要功能包括路由、

请求聚合、服务发现、认证、鉴权、限流熔断、负载均衡等。

2. 接口注册与通用数据标准协议

设计统一的数据接口模型，以确保不同系统之间的数据能够互通。各业务系统发布的服务API接口，需在数据总线平台上进行注册，数据传输必须按照ESB规范的请求协议和数据格式，各业务系统调用的API接口必须是通过数据总线平台完成注册的。

3. 数据转换、路由映射配置及聚合查询

数据转换是指将不同系统的数据转换为统一的格式，并确保数据字段的映射正确。可以借助数据转换工具或编写自定义的转换逻辑，实现数据的格式转换和字段映射。通过配置路由映射，可将多个服务API进行聚合，从而对外提供一致的API接口。

4. 安全机制

建立安全机制以保护数据总线的安全性和隐私，身份验证和访问控制采用非对称加密算法让敏感信息不可还原，如：密码、身份证号等。API接口中的业务数据传输采用对称加密算法，确保业务数据可还原。通过使用安全协议和加密算法，保护数据在传输过程中的机密性；同时，采用身份验证和授权机制，确保只有经过授权的用户才能访问数据总线。

5. 异常处理和负载容错机制

实行异常处理和负载容错机制，以应对可能出现的故障和意外情况。设立监控系统，实时监测数据总线的运行状态，发现异常情况时及时处理。同时，建立负载容错机制，确保数据总线在故障情况下仍能保持高可用性和稳定性。

6. 性能优化

性能优化就是确保数据总线的高性能和低延迟。优化数据传输和处理的效率，采用合适的数据压缩和缓存策略，减少数据传输的网络开销和系统负载。此外，可以根据实际需求，进行负载均衡水平扩展，以提高数据总线的并发处理能力。

7. 集成测试和部署

在完成数据总线的建设后，需要进行集成测试和部署。集成测试是为了验证数据总线的性能是否符合预期，包括数据的正确传输、系统的响应时间等。通过模拟真实的业务场景和数据流，进行全面的测试，并修复可能存在的问题。

综上所述，构建数据总线可确保异构信息系统之间数据的一致性和准确性，提升数据的安全性，提高系统的可扩展性和兼容性，实现系统集成标准化和规范化，降低系统集成成本，支撑业务的创新和拓展。企业通过构建数据总线，可实现异构信息系统间的互联互通和信息交互，有效解决企业数字化转型过程中的信息“孤岛”难题。

释放

强化科技创新赋能，释放数字经济新动能。



**脚踏实地，撸起袖子加油干，
相信我们随着一段飞机般的滑跑，终会起飞！**