

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946期 2024年6月25日 第12期

竞速

低空经济

空天地产业按下“加速键”
全产业链协作成当务之急/P15

5G RedCap技术在电力行业应用的研究/P26

“IPv6+”专网创新为新型工业化提供高质量服务 /P34



通信世界

COMMUNICATIONS WORLD

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

R18标准冻结 5G-A迎来重要里程碑

舒文琼

2024年6月18日16时30分,在上海举行的3GPP RAN第104次会议上,R18标准正式冻结。R18不仅是5G标准的第四个版本,也是5G-A的第一个版本,其冻结预示着5G技术迎来又一个重要里程碑。

在此之前,3GPP已经冻结了R15、R16和R17共3个版本的5G标准。R15作为5G的首个版本于2019年正式冻结,主要针对eMBB场景,奠定了5G技术的基础;R16在2020年冻结,主要针对物联网、车联网等领域进行优化和增强,侧重于uRLLC等;R17版本则在2022年冻结,主要关注网络能效、网络切片等,为5G网络的智能化和高效化提供了有力支持。

2021年4月,3GPP正式将5G的长期演进确定为5G-A,并决定从R18开始进行标准定义。从演进周期看,5G-A是5G和6G之间的过渡技术。回顾移动通信发展史,在每十年一代的周期迭代过程中,普遍存在一个承前启后的过渡阶段,如2.5G(GPRS)、3.5G(HSPA)。其原因在于,每一代通信标准并非独立的技术跃迁,而是大量技术演进升级的集合体。因此,每一个过渡阶段既是上一代技术的完善升级,也是下一代技术的前置探索。正如中国移动专家所述,“5G是一场长跑,必须经历不断的演进和增强,才能够迸发出强大的生命力。”

作为5G-A的第一个版本,R18标准承载着产业界“挖掘新价值,探索新领域,衔接下一代”的期望,具有以下三大特点。一是拓展场景,让5G能做得更多。R18标准进一步拓展5G的应用场景,包括网联无人机、地空通信、虚拟/增强现实等。二是深挖潜能,让5G能做得更好。针对5G前序版本中的高价值场景,R18深挖潜在问题和挑战,继续标准增强。三是探索方向,让5G能与6G有效衔接。R18标准为6G热身打前阵,探索可以让TDD极致性能得以体现的UDD技术。此外,R18还将提升运营效率列为新的标准演进方向,首次将网络节能和AI引入标准讨论。不

难看出,业界对R18寄予厚望,R18不是对于过去版本简单的修补增强,而是面向6G演进的重要前奏。

从定义来看,5G-A相比5G也有大幅度提升。根据IMT-2020(5G)推进组发布的《5G Advanced场景需求与关键技术》白皮书,5G-A有“万兆泛在体验、千亿智慧联接、超能绿色业态”三大愿景,“星地融合、确定性网络、新型物联、通感一体、大容量通信、沉浸实时”六大业务场景。中国工程院郭贺铨院士曾概括,5G-A将把5G带宽提升10倍,时延降低到十分之一,连接密度提升10倍,能够更好地支持消费级应用和行业应用。从这个角度看,5G-A将推动重大技术革新、丰富业务应用场景,5G-A的广泛深入应用将不仅为传统行业带来数字化转型的机遇,更为新兴领域发展提供强大动力。

正是看到了R18和5G-A在能力方面的重大提升,为此R18尚未冻结,业界已经开始“抢跑”。目前,我国三大运营商均已开始了5G-A相关布局。中国移动正式宣布了5G-A商用计划,2024年将在超过国内300个城市启动全球规模最大的5G-A商用部署;中国电信持续加强5G-A新技术创新实践,牵头30余项3GPP国际标准,形成600余项专利;中国联通积极推动5G-A的组网试点、样板建设,并将在百城升级5G RedCap能力。伴随着5G-A的启航,低空经济将振翅高飞,2024年也因此被誉为“5G-A商用元年”和“低空经济元年”。而无论5G-A还是低空经济,都蕴含着巨大的商业机遇,这在5G深入千行百业的当下具有重要意义。

通信业发展有一个规律:“产业发展,标准先行”。而这一次,标准尚未冻结、发令枪尚未打响,选手们已经纷纷“抢跑”。这既体现了业界对于5G-A能力的期待,也给5G标准制定带来了启示:R19及以后标准制定可以适当加快步伐,从而为未来移动通信演进铺平道路。

CONTENTS 目录

观察 Observation

- 4 步调一致
运营商为何跨省流量结算？

深度 Interpretation

- 6 竞速低空经济

产业 Industry

- 9 5G在化工园区的应用研究
- 12 发挥内蒙古自治区通信产业优势
加速形成新质生产力



P06 竞速低空经济

广告目录

- 封二 通信世界形象广告
- 封底 2024上海MWC广告



P39 5G异网漫游关键技术和现网的升级改造

- 15 空天地产业按下“加速键”
全产业链协作成当务之急
- 16 竞跑空地融合新“赛道”
罗德与施瓦茨测试方案全程护航
- 18 数据要素驱动数字经济发展的
现状、问题及应对建议
- 20 数据基础设施建设的探索、实践与发展建议
- 23 新质生产力促进信息通信业深度转型升级
- 24 5G-A携手AI
开启数智生产生活新时代
- 26 5G RedCap技术在电力行业应用的研究
- 31 智能体交互成新型人机交互范式

技术 Technology

- 34 “IPv6+” 专网创新为新型工业化提供高质量服务
- 39 5G异网漫游关键技术和现网的升级改造
- 43 中国移动低代码自动化测试框架创新与实践
- 46 自智网络评级方法在OSS建设规划中的应用实践



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 郑勇志 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：郑勇志 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

通信世界网址

Website：www.cww.net.cn

投稿邮箱：cww@bjxintong.com.cn

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

出版日期：2024年6月25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程师

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。

步调一致 运营商为何跨省流量结算？

马蕴颖

近期有消息称，中国移动将于7月1日开启集团内部跨省流量结算，此前中国电信和中国联通的内部跨省流量结算已于2024年1月开始。

跨省流量结算政策简单说就是，当A省的带宽服务于B省用户时，A省需要按流量向B省结出费用。A省通常有两种情况：一种是仅服务A省，根据政策A省不需要向外省结算；另一种是A省带宽不仅服务本省还服务外省，根据政策，A省将向流量被覆盖省支付结算费用。

在实际运营中，国内31个省（市、区）之间的流量互有往来，即A省向B省结出的同时，B省也向A省结出，因此会产生31个省之间互相结算的局面。但是由于总体结入结出费用为零，因此该政策不会增加额外流量费用。

跨省结算将引导区域间、业务间流量有序流动

2024年是我国正式接入国际互联网30周年，中国建成了全球规模最大、技术领先的网络基础设施，互联网发展取得了历史性成就。三大运营商作为中国互联网的建设和运营者，肩负着普遍服务和创造价值的双重使命与责任，对我国互联网的发展功不可没。但是随着网络规模的扩大，滥用网络资源等不合理现象也逐步显现，这些现象的出现既有运营商内部原因也有外部市场原因。

运营商内部存在两个主要矛盾。

一是区域间矛盾。当前运营商内部组织以区域为单位，即以省、市、县作为业务发展和收入核算的责任单元，这种组织结构的天然属性决定了区域间的不当竞争较难解决。在

互联网业务上的表现就是，各区域可截流外区域的流量来完成自身的业绩。这一方面导致外部区域业务流失，另一方面加重了区域间的网络压力。在实践中发现，当互联网流量总体增长时，区域间矛盾不突出；当流量增速下降时，大小区域流量会出现“倒挂”，其中受影响较大的为流量大区。与此同时，为了承载转道绕行的多余流量，运营商本着保障网络质量的原则，投入大量重复的“骨干-省-市”建设资源和维护力量，从而造成了网络资源的极大浪费。

二是业务间矛盾。目前互联网流量相关业务的管理在运营商内部涉及多个部门，比如，互联网类大用户流量业务由政企部门负责，家庭宽带业务由市场部门负责，还有诸如云、视频类等流量业务归属多部门负责。各部门的“责权利”不一致，导致各项业务对互联网流量的诉求存在差异甚至产生竞争。最终形成“水往低处流”的现象，即互联网流量从最大业务主体流向其他业务。

跨省流量结算政策出台后，将在一定程度上缓解运营商以上两个内部矛盾，引导各省、市、区业务回归发展正轨，减少区域间、业务间流量的无序流动，助力网络资源的绿色高效利用。

跨省结算将有效缓解运营商外部矛盾

运营商外部环境存在两个主要问题。

一是互联网企业业务发展与成本支出不匹配。从历年来工信部发布的公开数据看，全国互联网流量一直保持高速增长的趋势。但是作为互联网流量源头的“大厂”，如字节

跳动、阿里巴巴、腾讯等企业，在业务高速发展的同时，成本支出却出现了与发展不相匹配的收缩。近年来互联网“大厂”在采购互联网带宽时，基本以较上年单价下降10%进行谈判，如不满足就裁撤。事实上，互联网大厂对带宽的需求并没有减少，其策略是如果A省不同意降价，就将带宽从A省撤至B省。运营商内部各个省市迫于业绩压力不得不降价或“以邻为壑”，最终导致市场环境的恶化。

二是“灰色带宽”缺乏有效规范和监管。在实际生产中，互联网“大厂”裁撤的部分带宽转向了低价的PCDN，且占比逐步增大。PCDN这种早期用于个人之间通信的技术，如今已经成为互联网“大厂”及众多CDN厂家的标配。当前，由于三大运营商对家宽服务的大力保障，我国家宽的费用在全球已处于最低水平。国际电联（ITU）发布的《2022年ICT服务可负担性》显示，2022年，我国固定宽带接入成本在月人均GNI（国民总收入）中的占比在全球排名第二低，仅高于列支敦士登。

跨省流量结算政策出台后，将对营造合规健康、风清气正的互联网带宽市场环境产生积极影响。一方面促进互联网“大厂”的布局合理化，减少舍近求远的冗余布局，同时推动其回归提高内容质量、提升技术能力、优化商业模式的本职。另一方面，通过打造公平公正的网络环境，降低寻租、违规等不良现象的出现。对于普通个人用户来说，此项政策的实施不仅没有影响，而且会受益于资源的就近部署及CDN算法的改进，进一步降低时延，提高使用体验。

跨省流量结算工作推进建议

跨省流量结算工作是一项打破运营商内部旧秩序、建立新平衡的革新举措，自2023年提出以来在内部遇到诸多困难，但最终得到了妥善解决。目前面临的挑战主要来自于外部，需要行业主管部门的大力支持。

跨省流量结算需要加强对CDN和PCDN业务的规范管理。对于目前拥有牌照的近6000家CDN服务商来说，其价值在于分发算法的效率。如果通过低价PCDN来做CDN服务，则违背了CDN业务的本质。因此，需要行业主管部门在

CDN牌照的发放上，加强合理性、合规性的审查及校验。

此外，PCDN业务的安全性存在隐患。据报道，美国近期捣毁了非法入侵提供VPN业务的住宅IP代理团伙，其性质与PCDN类似，值得借鉴。同时，根据通信行业现有的管理规定，PCDN平台无论是作为互联网网络接入服务提供者，还是互联网信息服务提供者，均不得为未取得合法许可证或者备案编号的互联网信息服务提供者，或者为未取得合法资质的用户。个人用户显然没有互联网信息服务许可和备案，却从事互联网信息服务并获益。这些有悖于现有管理办法的现象如果缺乏正确的引导，长此以往，宝贵的互联网网络资源将被长期滥用，最终影响广大合规用户的正当利益。

二是需要在互联互通点、互联网交换中心的设立和管理上采取更加科学严谨的论证和研判。

在跨省结算政策实施过程中发现，部分互联互通方向的利用率激增，部分IXP（网间分组交换）流量存在异动，很显然有流量进行了网间覆盖。当前行业主管部门对互联互通质量有指标要求，部分厂家利用这一政策滥用了互联互通带宽，此问题需要引起重视，建议行业主管部门和运营商共同研究建立更科学的互联互通指标体系。

另外，互联网交换中心的设立需要充分考虑我国国情，不能盲目照搬国外经验。当前我国互联网交换中心由政府主导，而国外IXP由企业主导，如Equinix。由于政策环境方面的差异，我国IXP往往高开低走，很难形成基础设施、运营服务的长期规模效应和普遍服务能力。建议相关部门对IXP的定位、规划进行深入细致的分析和符合国情的研判。

跨省流量结算工作的开展是在互联网赋能千行百业的时代背景下，运营商为营造更加开放、平等的互联网环境，加快推进网络强国建设和新质生产力发展的必然选择。运营商将始终不忘社会责任，以网络安全稳定为要务，继续为建设和维护好网络基础设施、保障互联网生态的和谐作出应有的贡献。（作者来自中国电信集团公司政企信息服务事业群）

竞速低空经济

■ 本刊编辑部 孙天

受益于政策支持、低空飞行技术日趋成熟以及5G-A通感一体化网络能力的支撑，“低空经济”得以迅速进入大众视野。作为一种新的经济模式，低空经济在全国范围内迅速掀起一股热潮，吸引了全国各省市及大型企业争相投身其中，抢先布局。

低空经济“魔力”究竟何在？为更加清晰地了解低空经济商业模式、产业生态、挑战和机遇，通信世界全媒体记者采访了中国电信首席科学家毕奇，他表示：低空经济极具发展潜力，在影视拍摄、勘察、地理、安防等领域具有丰富的应用场景，也将成为运营商新的营收增长点，但也面临商业模式有待成熟等问题。

三方驱动，打造万亿新“蓝海”

追本溯源，“低空经济”一词在2010年由中国科学院大学博士生导师周巧红首次提出。低空经济是指在垂直高度1000米以下，根据实际需要延伸至不超过3000米的低空空域范围内，以各种有人驾驶和无人驾驶航空器的各类低空飞行活动为牵引，辐射带动相关领域融合发展的综合性经济形态。

随着我国整体科技和通信技术水平的迅速提升，尤其是5G技术赶超国外先进水平，低空经济也迎来了全新的发展机遇期。总的来看，我国低空经济的发展主要受益于政策、巨大的市场需求和

5G-A通感一体能力三方驱动。

在政策方面，我国政府高度重视低空经济发展。2021年，中共中央、国务院印发《国家综合立体交通网规划纲要》，首次将“低空经济”概念写入国家规划，明确提出发展低空经济；2024年《政府工作报告》中提出要积极打造低空经济新增长引擎。此外，《关于推动未来产业创新发展的实施意见》《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》等一系列政策的发布为低空经济的发展提供了先决条件。

在市场方面，民航局数据显示，到2025年，中国低空经济市场规模预计将达到1.5万亿元，到2035年更有望达到3.5万亿元。面对这一极具潜力的未来产业，众多企业纷纷涌入，仅2024年1—5月就新增相关企业1600余家，目前与低空经济相关的企业达到6.9万余家。

在技术方面，2024年以来，5G-A在全国各省市陆续启动了商用部署。5G-A相较于5G在时延、速率、连接等方面的性能有了较大提升，也增加了通感一体、通算智一体、空地一体三个尤为重要的能力。其中最为关键的“通感一体”使通信基站不仅能提供通信能力，还具备类似雷达的感知能力，能够探测和跟踪周围的无人机、汽车或其他物体。得益于运营商5G-A网络的部署和“通感一体”能力，我国低空经济迅速在相关领域落地，开启万亿市场新“蓝海”。

各地共推低空产业，飞行器厂商踊跃试水

在一系列政策的推动下，全国各地纷纷掀起了发展低空经济的热潮。反应最迅速、进度最快、成果最丰硕的当属广东省。

2月1日，全国首部低空经济法规《深圳经济特区低空经济产业促进条例》正式实施。随后广东省多个城市开启了低空产业发展的“加速度”模式。数据显示，目前广东仅无人机和无人驾驶航空器产业规模已达上千亿元，加上通用航空、空中交通、空中旅游等多元业态，总体产业规模在全国占据“领头羊”地位。

上文所述6.9万余家相关低空经济企业中，广东省就有1.1万余家，约占全国的六分之一。

在低空场景应用领域，广东也走在全国前列。在深圳中心公园，已实现外卖指定地点的“空投”；目前，深圳无人机配送航线已覆盖了办公、景区、校园、市政公园等多个场景。据深圳市交通运输局统计，深圳目前已开通无人机航线203条，2023年至今完成载货无人机飞行超78万架次。

当然，不仅是广东，截至目前全国26个省份的政府工作报告中提到发展低空经济，四川、海南、湖南、江西、安徽被选为全国首批低空空域管理改革试点省份。国家及地方政府发布的部分低空经济相关政策措施如表1所示。

当前，低空经济尚处于发展初期，商业模式尚未形成，各地应紧抓发展机遇，利用自身独特的优势资源，在低空产业中“落子布局”。如制造业发达的省份可大力引进飞行器制造商，形成产业集聚效应；市场需求大的省份，可大力拓展应用场景，打造一批应用场景示范区；高校、科研院所集聚的省份可大力培育创新型人才，为低空经济提供人才保障。

在低空经济发展的热潮下，一大批飞行器厂商踊跃投身其中。目前，我国eVTOL（垂直起降飞行器）品类众多。国内eVTOL头部企业包括深圳一电科技有限公司、深圳市大疆创新科技有限公司、广州亿航智能技术有限公司、零度智控(北京)智能科技有限公司、中科遥感科技集团有限公司等。在政策利好和技术创新的大好形势下，eVTOL企业加快了无人机产品的研发并推出了品类丰富的无人机产品。国内部分eVTOL厂商产品如表2所示。

在众多无人机产品中，小鹏汇天旅

航者X2在北京大兴国际机场临空经济区成功完成首飞，并获得了中国民用航空中南地区管理局颁发的特许飞行证，能够在特定条件下安全地进行飞行活动。近年来，我国无人机市场规模呈迅速增长态势，数据显示，2023年中国eVTOL市场规模达到9.8亿元，同比增长77.3%，中南、华东、华北等地区排名靠前。

通信运营商抢先布局，落子低空产业

运营商作为低空经济网络基础设施的建设者，在布局低空经济中有着“近水楼台先得月”的先发优势。在多重因素驱动下，三大运营商在低空经济层面皆有不同程度的布局。

中国电信在低空产业的布局是多层次、多角度的。在“MWC 2024”大会期间，中国电信发布了《通感一体低空网络白皮书》；6月17日，中国电信低空经济产业联盟正式成立，并发布了“低空领航者”行动计划。此外，2024年2

月，中国电信注册成立了中电信无人科技(江苏)有限公司，其业务包含智能无人飞行器销售、5G通信技术服务等。

低空经济发展有四大关键要素：空域管理、航空器制造、市场需求和低空基础设施建设。毕奇介绍，中国电信的技术创新主要表现在空域管理、市场需求和低空基础设施建设三个方面。

一是在空域管理方面，中国电信开发了三个平台，以保障低空飞行器的安全。二是在市场需求方面，中国电信面向政企用户开发了一系列行业应用平台，例如：打造市域城市巡查、应急消防、智慧交通、生态环保等应用场景，赋能千行百业，带动其他低空经济形态发展。三是在低空基础设施建设方面，中国电信自主研发了天驿方舱——5G网联无人机机场、天翼星云服务平台、低空服务监管平台，将通信、导航、感知、气象等能力集成在产品中。

在产业合作层面，中国电信与行业头部企业（包括大疆、纵横、科比特、小鹏、美团、丰翼）达成了战略合

表1 国家及地方政府发布的部分低空经济相关政策措施

国家机关/省份	政策/重大举措	时间	主要内容
国务院	《关于促进通用航空业发展的指导意见》	2016年	提出扩大低空空域开放、划设低空目视飞行航线
中共中央、国务院	《国家综合立体交通网规划纲要》	2021年	提出发展低空经济，概念首次被写入国家规划
国务院、中央军委	《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》	2023年	划设无人驾驶航空器飞行管制空域和适飞空域
工业和信息化部等四部门	《通用航空装备创新应用实施方案（2024—2030年）》	2024年	加速城市空中交通示范应用、深化航空物流配送示范应用
国务院	《政府工作报告》	2024年	积极打造低空经济等新增长引擎
上海市	《上海打造未来产业创新高地发展壮大未来产业集群行动方案》	2022年	研制载人电动垂直起降飞行器，探索空中交通新模式
湖南省	《关于支持全省低空经济高质量发展若干政策措施》	2023年	加大新型航空器运营支持力度
海南省	发布无人驾驶地图	2023年	率先发布省级“无人驾驶航空器适飞空域图”
四川省	《关于促进低空经济发展的指导意见》	2024年	支持试点城市引入国内物流配送龙头企业
浙江省	《建设国家通用航空产业综合示范区实施方案》	2024年	完善低空空域管理体系，打造低空安全走廊
深圳市	《深圳经济特区低空经济产业促进条例》	2024年	鼓励企业、高等院校、科研机构等增强自主创新能力
武汉市	《武汉市支持低空经济高质量发展的若干措施（征求意见稿）》	2024年	政策补贴、人才引进
苏州市	《苏州市低空经济高质量发展实施方案（2024—2026年）》	2024年	打造低空经济特色园区

作，通过中国电信的网络优势为生态伙伴赋能。

中国移动同样在低空产业中积极布局。中国移动已在各省启动5G-A商用，基于国内唯一授权且具备感知能力的4.9GHz频段，开启“百城低空覆盖”计划；基于自主可控的中移凌云低空运营管控平台，助力无人机全生命周期监管与服务；实施“百大应用标杆”计划，形成形态丰富、成效突出、商业闭环的低空经济应用场景示范。

中国联通则分别在深圳沙河产业生态园和南京民用无人驾驶航空试验区，通过5G-A通感基站对低空感知数据的挖掘，与飞手培训学校联合探索对学员训练飞行轨迹的评估，提升教培效率，孵化新业态。在南京市民用无人驾驶航空试验区2号空域浦口区西江基地，率先实现5G-A通感一体应用落地。通过通感AAU使用26GHz毫米波频段对大疆经纬M300无人机进行跟踪测试，实现1200米以内的无人机实时定位，精度达到分米级别。

运营商大力布局低空经济，能否为自身收益带来新的增长？毕奇认为，对于运营商来说，无人机物流及巡检是其通过低空网络增收的主要手段。从前期的商业分析来看，运营商在无人机物流方面的收入，能为运营商带来几个百分点的收入增长。其收入主要来自无人机的飞控通信、视频回传以及其配套设施

的物联网通信需求。此外，还有无人机在巡检方面的收入，包括垂直行业、智慧城市、政务、警务等。

各方协同，铸就“低空产业元年”

未来，低空产业将达到万亿规模。毕奇谈道，根据目前已知的外卖及快递的无人机物流市场，预计到2030年，与运营商有关的低空产业，加上无人机巡检等业务有望达到万亿市场规模。

目前，低空产业处于初期发展阶段，缺乏满足低空产业发展需求的完善的技术体系，也缺少稳定的市场需求、成熟的商业模式和盈利模式。且低空产业具有复杂的产业链，涉及航空材料、飞行系统、装备制造、飞行培训等多个领域。上游产业大致涵盖了芯片、锂电池、合金材料、航空涂料、导航系统等；中游产业链是最为复杂的，包括无人机、飞行汽车、直升机以及一众飞行器制造厂商，也包括航空租赁、检修、培训、系统、机场等系列配套产业；下游产业为应用场景，如低空旅游、物流、安防巡检、农林植保等。

毕奇认为：“低空经济潜力很大，但其产业链也很长。目前，政策和法规的制定还处于初期阶段；且产业链的分工、运营商角色的定位、空管的开放程度、产业链各方商业模式的建立还都在探索中，需要产业链各方协同努力。”

运营商作为低空经济的网络建设者，如何贡献自身力量？毕奇谈道，低空网络覆盖是低空经济腾飞的前提和“底座”。除了网络覆盖，运营商能否在飞控平台、空管平台、起降设施、通信模组等方面贡献力量，也是其面临的挑战。从前期的商业分析来看，运营商在无人机感知方面的商业模式还不明朗，其成本投入远高于可能获得的收入。

如何从低空网络覆盖中盈利，也是运营商面临的一大命题。毕奇分析，运营商在低空经济领域的收入预期，有潜力占目前无线收入的百分之几，与其通信网络所需的投资规模不相上下。

除了产业链复杂、盈利模式建立难等因素，低空经济还应加强适航、标准等政策的支持力度，以及应对低空飞行的运营、航线的开通等挑战。虽然我国出台了一系列政策鼓励低空经济发展，但仍然需要进一步明确低空空域的管理政策，建立完善的飞行器适航标准、审定模式和技术，优化安全监管体系。

建立成熟的商业模式是低空经济腾飞的关键，毕奇表示：“在提供感知功能的同时，通过通感一体技术做好通信商业服务，是运营商和制造商面临的共同挑战。运营商期待政府能出台更多优惠政策，助力低空经济产业建立完善的商业模式，使得运营商能在商业模式不清晰的条件下起步，并逐渐发展壮大低空经济。”

2024年将成为我国“低空产业元年”，空域逐步完成划分并放开，产业有法可依，飞行器和应用场景有望取得实质性进展。作为全球竞逐的“新赛道”，低空经济在我国政府和产业链各方的大力推动下，将向着万亿产业规模的目标前进。

表2 国内部分eVTOL厂商产品

公司	产品	推出时间	现状
深圳市大疆创新科技有限公司	FC30	2023年	商用阶段
广州亿航智能技术有限公司	EH216-S	2023年（证书发放）	商用阶段
天津斑澜航空科技有限公司	eT-124、eT-C22等	2019年	飞行测试
上海峰飞航空科技有限公司	大白鲨、信天翁	2019年	飞行测试
沃飞长空(成都)科技有限公司	AE200	2022年	适航审定受理
亿维特(南京)航空科技有限公司	载人eVTOL	2022年	原型机开发
零重力飞机工业(合肥)有限公司	ZG-ONE、ZG-VC2等	2022年	飞行测试
广东汇天航空航天科技有限公司	旅航者X2	2024年	已首飞
零度智控(北京)智能科技有限公司	ZT-30V	2020年	已适航取证
山东尚飞航空科技有限公司	JX系列	2022年	飞行测试



聚力新型工业化

5G在化工园区的应用研究

■ 中国信息通信研究院工业互联网与物联网研究所 齐荣 翟玉静 杨晓芳
中国电信股份有限公司湖北政企信息服务事业群 胡军

化工园区是石化化工产业发展的主要载体,是延伸发展新材料、新能源等战略性新兴产业的重要平台。当前,以5G为代表的新一代信息通信技术赋能化工园区成效显著,涌现一批典型场景和智能工厂标杆,使化工园区走在新型工业化前列。鉴于此,本文分析了化工园区的痛点和需求,梳理了5G赋能化工园区的网络架构和典型场景,总结了全国化工园区的5G应用情况及实践路径,为5G助力新型工业化高质量发展提供参考。

智慧化工园区建设已成共识

石化化工是国民经济的重要支柱产业,具有设备价值高、工艺复杂、产业链长、危险性高、环保压力大等行业特征,也面临设备管理不透明、工艺知识传承难、供应链上下游协同水平不高、安全生产压力大等行业痛点。化工园区作为化工企业的集聚区,是产业转型升级的重要载体,建设智慧园区已成为化工行业的基本共识和重要工作。《石化化工行业数字化转型实施指南》提出,到2026年,全国建成10家左右标杆5G工厂、50家智慧化工园区。智慧化工园区成为支撑行业高质量发展的重要载体。

5G是实现万物互联的关键信息基础设施。基于5G网络构建化工园区数字底座,可实现园区内“人、机、物、系统”等要素的全面连接,为打造安全、环保、绿色一体化的智慧化工园区提供可靠网络支撑,推动生产管理、安全监管、环境监管、能耗管理等向透明化、自动化、智能化转变,从而保证园区安全生产,提高生产效率和产品质量,构建产业新生态。

存在三大痛点

石化化工行业自动化控制、数字化基础较好,走在流程工业前列,但其数字化转型水平尚难以满足行业高质量发展要求,亟需针对细分行业特色和转型需求,加强数字化转型系统谋划。从园区网络建设以及支撑能力来看,化工园区已基本形成一张以有线接入为主、4G与Wi-Fi等无线接入为补充的园区网络,但园区建成时间较早,且业务规模越来越大,现有的网络支撑能力已经不能满足园区的数字化发展需求,主要存在以下三方面痛点。

一是监控点的可扩展性不够。根据管理要求,化工园区必须通过信息化手段,在生产、储运等重点环节对人员、

设备、物料、产品的安全进行监控和管理。随着园区内业务环节的灵活调整,监控点也需要进行调整,但有线网络在扩展性上存在较大不足,在腐蚀等危险作业场景中光纤易损,在防爆区域内光纤要阻燃防爆,因此光缆成本不断增高。而出于网络带宽、数据安全等方面的考虑,Wi-Fi、4G等无线网络也不能完全满足园区监控的相关要求,这也制约了园区监控点的布局。

二是巡检等环节智慧化水平不足。目前化工园区设备巡检依赖于人工方式,这也一直是化工行业的工作标准。但面对复杂多变的现场环境,人工巡检存在不小的安全隐患,特别是在夜间或恶劣天气条件下,人工巡检的效果和安全性进一步降低,迫切需要数字化手段减少日常巡检对人工的依赖。同时,由于缺乏对外操人员位置信息的实时监控,人工巡检的及时率和故障发现率不高,也无法做到对巡检人员的集中调度。

三是数据共享不足。园区企业普遍拥有多种类型且独立的自动化系统和监控系统,各生产车间大多局限于传统的单装置控制模式,系统与系统之间形成了一个“信息孤岛”,无法实现真正的全厂集中控制、操作和管理。园区内

各类数据无法共享,也就难以实现集中的数据统计与分析,对开展基于AI的状态趋势预测、主动告警等应用造成了一定制约。

总体来看,因安全、消防、环境、应急等方面的监管要求和化工园区自身精细化管理需求,园区的数字化转型需求迫切。园区内有线网络可扩展性不足,而4G和Wi-Fi等无线网络也不能完全满足化工园区数字化转型需求。在此背景下,基于“5G+MEC”技术搭建化工园区5G专网、发展5G应用具有广阔的市场前景。

建网模式与典型场景

建网模式

在5G组网方式上,目前已形成虚拟专网、混合专网和独立专网三大基本模式。从对三宁化工、中韩石化、祥云化工、安道麦等重点化工园区的调研来看,化工园区普遍采取5G混合专网的模式(如图1所示),即将运营商5G核心网侧的UPF(用户面功能)和MEC(多接入边缘计算)等功能下沉至化工园区企业,构建一张大带宽、低时延、数据不出园的基础连接网络,且建设成本相对适中。

典型场景

围绕化工园区安全生产、降本增效、少人/无人化等业务需求,综合利用5G网络、物联网、大数据、边缘计算、人工智能等技术,形成危险源检测、人员行为管控、环保管理、智慧物流、智慧巡检和设备管理六大典型应用场景,应用场景范围从园区管理外围向企业生产核心环节延伸。

1. “5G+危险源监测”

化工园区在生产过程中具有高温高压或低温低压、易燃易爆的特点,甚至容易产生火灾及爆炸危险。利用

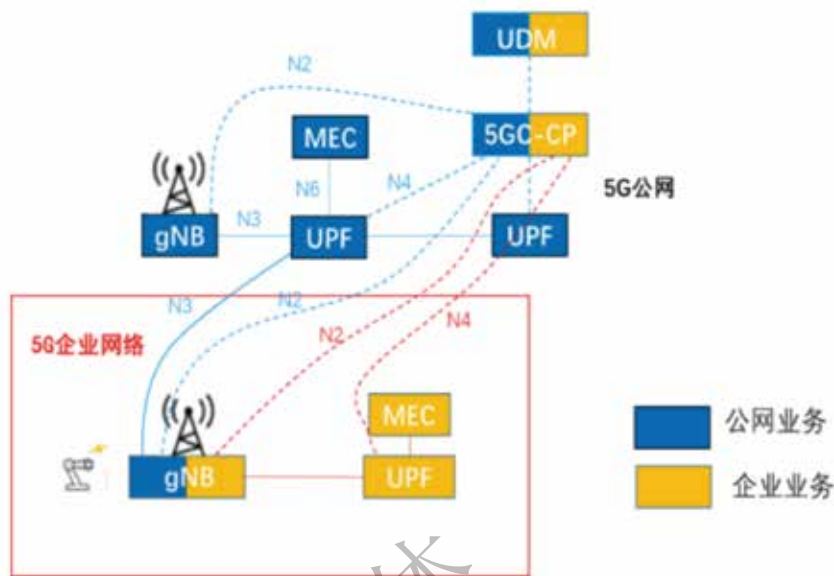


图1 5G混合专网部署方式

“5G+物联网”“5G+摄像头”等设备,采集园区危险源和有毒有害气体的监测数据,进而控制重大危险源的临界值、监测有毒有害气体的实时值。同时,将监控终端与云端系统对接,对各视频监控点信息实时统一分析、联动响应,便于迅速采取有效的应急措施,减少事故的发生。

2. “5G+人员行为管控”

化工作业地点经常变动,周围环境也存在很多不确定性,而对这些场景的监控主要采用移动的作业端和视频监控终端,这对终端的移动性、带宽和时延提出了很高的要求。“5G+机器视觉”可以发挥5G大带宽、低时延的优势,将作业视频、定位等信息回传到位于边缘云的机器视觉分析平台,实时分析、告警,最大限度地保证人员作业安全合规。同时基于电子围栏,针对重点区域进行陌生人检测、攀高预警、烟火检测等,加强园区安全监督管理。具体应用如5G视频安全帽,它利用北斗定位系统实现人员的动态监管,并利用摄像头对现场进行实时监控,加强后端对现场工人的安全管

控与指挥,提高员工工作效率及产业智能化水平。

3. “5G+环保管理”

化工行业VOCs(挥发性有机化合物)主要来自工艺有组织排放、火炬气、工艺无组织排放等,其中无组织VOCs的排放量大、点位多、监测困难且有移动性巡检的需求。通过“5G+物联网”能够对化工园区大气环境、水质、土壤、废弃物进行动态监管,推动园区绿色、低碳、高质量发展。一是气体排放浓度超限预警,通过平台集成园区污染物监测分析仪表数据,并对数据进行实时监测,实现污染物浓度超限预警,以支撑操作管理人员及时有效处置。二是环保质量评价,通过建立不同维度的环保质量评价模型,实现对企业环保状况的智能化诊断分析,提出有针对性的改进措施和建议。

4. “5G+智慧物流”

以5G网络代替Wi-Fi,发挥5G网络高可靠的特性,实现化工非危化品仓库自动仓储物流,可大大提高生产效率和仓库周转率。此外,针对进出园区的物流车辆,可发挥5G网络大带宽的特

点,实现车辆动态实时监控、车辆预约登记、电子货单管理、园区封闭管理、园区智慧停车场等。

5. “5G+智慧巡检”

利用5G网络大带宽、低时延的特点,通过防爆终端等设备智能采集、处理、传输、存储现场巡检数据,包括文字、图表、图像、温度、震动、音频、视频等不同形式的巡检记录,并形成现场巡检与DCS(分布式控制系统)数据比对分析制度,及时发现并消除工艺控制误差、排除安全隐患。同时,在石化管线维护等领域,可利用人工智能、5G通信、云计算、大数据、物联网、图像识别等现代信息技术,实现机器人/无人机自动巡检,进而实现现场异常信息的自动采集、识别、分析、在线监测预警以及统一管控治理等功能。

6. “5G+生产管理”

在园区“动、静、电、仪”等生产设备上加装5G数采网关,通过5G进行数据传输。基于大数据分析算法、历史数据库和运行机理建立模型,并利用5G大带宽、低时延、高并发的特性对大量的设备数据进行分析,实现对装备生产、运行状态的实时监控与分析。此外,在部分生产环节,基于5G的机器视觉分析可实现质量检测、安全行为等应用。

5G应用总结与展望

石化化工行业是工信部发布的“5G+工业互联网”十大重点行业之一。工业互联网产业联盟对“5G工厂种子项目”的统计显示,全国已有1800余个5G工厂项目,涉及29个省(自治区、直辖市),覆盖石化化工等10个“5G+工业互联网”重点行业,项目类型包含产线、车间、工厂等各层级。2023年,工信部在全国范围认定了300个5G工厂项目并列入《2023年5G工厂名录》,其中石化化工类项目有35个。在2023年第六届“绽放杯”5G应用征集大赛中,多家石化企业报名参赛,5家企业成功晋级全国赛,整体占比较高。江苏、浙江、湖北等化工大省均将石化化工行业列为5G应用的重点方向,打造了一批5G标杆应用。以浙江为例,在30个省级5G全连接工厂中,化工类5G项目有4个,镇海炼化打造了全国首个石化行业的5G-A标杆,各层级示范效应显著。

从应用落地情况来看,安全生产是化工行业发展的首要条件,危险源监测和人员行为管控等是化工园区发展5G应用的考虑重点,企业希望5G能有效解决安全生产问题。而智慧物流、智慧巡检等应用的普及,能有效降低人员成

本,减少安全隐患。此外,基于安全性、稳定性方面的考虑,化工园区内生产设备的数据传输仍然以有线为主、5G网络为补充,这基本能够满足企业的短期需求。

自2019年工信部发放5G商用牌照以来,5G技术逐渐渗透到工业生产的各个环节,为工业制造带来了前所未有的变革。当前,5G在化工园区应用广泛,在园区安全生产、环境保护等方面成效显著,示范带动作用突出。

未来,在资源环境约束不断增强、绿色安全发展任务更加紧迫的新形势下,数字化转型将是化工园区提高全要素生产率、打造竞争新优势的必然选择,以5G为代表的新一代信息技术在化工园区的应用将越来越深入。下一步,要充分发挥5G对化工园区数字化转型的支撑作用,实现5G在化工园区规模化应用。一方面推动多方联合编制化工行业5G应用指南,融合人工智能、物联网、大数据、区块链等技术,在建网、用网、护网等方面形成行业共识。另一方面推动化工行业龙头企业与运营商、通信设备商深度合作,落地一批5G高质量应用标杆,促进行业应用向纵深发展。CW



发挥内蒙古自治区通信产业优势 加速形成新质生产力

■ 中国电信内蒙古分公司 王岚

新一轮科技革命和产业变革的时代背景，促使我国经济发展方式步入转型阶段，并对生产力发展水平提出了新要求。“新质生产力”是在新时代背景和新发展理念下提出的“先进生产力”，它与“新发展理念”“高质量发展”一脉相承，在其科学指引下，全国各地加快步伐，向“新”而行，培育新动能。

内蒙古自治区新质生产力发展面临的形势

经济增速再创新高。2023年，内蒙古自治区主要经济指标增速位居全国“第一方阵”。地区生产总值增长7.3%，位列全国第三，地区人均生产总值突破10万元；规模以上工业增加值增长7.4%，位列全国第七；固定资产投资增长19.8%，位列全国第二；外贸进出口总额增长30.4%，位列全国第三。

发展质量取得新提升。2023年尽管全区煤炭产业只增长1.4%，但非煤产业快速增长，增幅达到12.1%，制造业、高技术制造业、战略性新兴产业、科技研究和技术服务业、软件和信息服务业务均实现两位数增长。工业投资增长32.9%、居全国第二，制造业投资增长46.4%，新能源装备制造业投资增长1.2倍。

科技创新实现新突破。2023年，全区财政科技支出增长81.9%，新增高新

技术企业314家、科技型中小企业950家。乳业、草业、稀土新材料等领域取得24项重大研究成果；承担9项国家重点研发计划项目，实施自治区重大科技专项38项，建设创新联合体70个，在智能矿山机器人、稀土产品制备、飞轮储能等研发应用上取得突破性成果；全区技术交易合同数增长45.3%，交易额增长17.6%。

产业布局聚焦新动能。2024年，呼和浩特积极抢占未来产业“新赛道”，聚焦未来信息产业、未来空间产业、未来材料产业、未来健康产业、未来能源产业“五大领域”；包头市发展壮大战略性新兴产业，加速陆上风电装备、氢能储能、先进金属材料、新能源重卡及配套、碳纤维及高分子新材料“五大”战略性新兴产业集聚发展；鄂尔多斯市“抢滩”氢能“新赛道”，全链条、终端化布局氢能产业项目，打造现代煤化工与新能源耦合发展示范基地，同时积极培育新的经济增长点；通辽市聚焦绿色农畜产品生产加工、铝镍硅新材料、新能源装备制造、玉米生物等优势主导产业，在以产业需求为导向进行创新的同时，以创新成果引导产业升级。

然而，各盟市发展基础差异较大，区域优势发挥不足、传统产业转型升级步伐不够大、科技创新引领产业创新能

力不够强、专业人才相对短缺等问题不同程度存在。

影响自治区新质生产力发展的原因

区域发展基础差异较大

经济发展基础差异较大。2023年，全区GDP超过2000亿元的盟市有4个，而最低的阿拉善盟为404.93亿元（如表1所示）。

根据经济学原理，生产要素的流动必将遵循客观的市场规律，发展较好的盟市投资回报率、劳动力报酬相对较高，必将吸引更多投资、人力等生产要素，从而进一步加大盟市间差距。

工业发展基础差异较大。2023年，全区规模以上工业增速最高的为呼和浩特市，同比增长23.6%；最低的是乌海市，同比下降11.9%。

新型工业化是发展新质生产力的“主阵地”，而工业是新型工业化的基础。工业基础好的盟市在推进新型工业化发展方面的优势要远大于基础差的盟市。

信息基础设施差异较大。信息网络基础设施是数字经济与实体经济融合发展的底座。随着近年来自治区深入推进5G网络建设、“电信普遍服务”等，信息通信基础设施建设取得长足进步，尤其是边境地区和林牧区的通信网络覆盖水

表1 2023年内蒙古自治区各市(盟) GDP排名情况

排名	地区	GDP(亿元)	同比增长
1	鄂尔多斯市	5849.86	7.0%
2	包头市	4263.90	10.2%
3	呼和浩特市	3801.55	10.0%
4	赤峰市	2197.50	4.8%
5	通辽市	1609.00	5.2%
6	呼伦贝尔市	1595.57	6.1%
7	锡林郭勒盟	1184.78	6.0%
8	巴彦淖尔市	1161.10	7.9%
9	乌兰察布市	1084.60	7.8%
10	乌海市	713.12	0.1%
11	兴安盟	702.80	5.6%
12	阿拉善盟	404.93	4.6%

平得到大幅提升。但相对而言, 内蒙古自治区与其他省份相比还存在差距, 各盟市间发展不平衡的问题依然存在。

内蒙古自治区5G基站增速在12个西部省(自治区)中排名第八, 截至2023年底, 全区5G基站达60446个, 千兆以上宽带用户数占比在12个西部省(自治区)中排名第九。2023年内蒙古自治区各盟市5G基站数如图1所示。

区域发展优势发挥不足

区内带动作用发挥不足。根据生产要素的流动规律, 发展好的盟市将持续保持良好的发展态势, 进而扩大盟市间的发展差距, 这就迫切需要形成“先进带后进”的协同发展局面。然而, 目前发展好的盟市也处于“摸着石头过河”的阶段, 不足以发挥辐射带动作用。

区外产业供需对接不够。总体来看, 全区产业结构偏重于资源型。从产业链、供应链来看, 全区与发达省份存在供需对接不准、不够的问题。如自治区依托电力、环境等优势大力发展算力基础设施建设, 属于供应方, 而东部发达省份属于需求方, 目前尚没有建立有效的供需对接机制, 未形成国内大循环

的发展格局。

资源禀赋尚未形成优势。全区产业普遍存在粗放式管理运营的问题, 过多依赖资源禀赋的自然转换, 对于创新发展认识不足, 使得技术创新转化为生产力的效率不高、规模不大。优势产业在发展过程中转型升级内生动力不足导致资源禀赋不能形成有效的辐射带动效应, 不能进一步形成产业规模和完善的产业链, 造成全区缺乏标杆示范项目。

现代产业体系亟待健全

传统产业转型步伐不快。全区企业转型升级的目标不同, 对数字化赋能转型升级的需求差别也比较大。工业制造

业等业务场景分散且碎片化, 行业之间数据资源孤立、分散。传统企业主要考虑成本费用以及转型周期等问题, 因而转型升级的主动性、积极性受到影响; 行业应用的不足又导致电信运营商基础设施建设投资回报率低, 网络建设积极性不高, 形成了新的恶性循环。

新兴产业尚未形成规模。全区积极探索新能源产业创新发展模式, 既是全国唯一基础设施统筹发展的大数据综合试验区, 也是八大国家算力网络枢纽节点、十大国家数据中心集群之一, 但目前更多是简单存储, 真正的智算、超算尚未形成规模。

未来产业布局还需加快。工业和信息化部、教育部、科技部、中国科学院等联合印发的《关于推动未来产业创新发展的实施意见》指出, 要把握新一轮科技革命和产业变革机遇, 重点推进未来制造、未来信息、未来材料、未来能源、未来空间和未来健康六大方向产业发展。自治区部分盟市在上述领域进行了一些部署, 但未形成统筹有效的布局。

专业人才相对短缺

创新型人才在供需上存在失衡。发展新质生产力的核心是培育创新型人才, 对创新型人才的要求从过去的专业单一型转为复合型, 导致创新人才特别是高端创新人才供应不足。全区本科学院



图1 2023年内蒙古自治区各盟市5G基站数

校数量较少,在人才培养上存在短板,对于发展新质生产力的人才需求更加难以满足。同时,人才流失也是自治区持续关注 and 重点解决的问题。

学校培养模式与社会需求差距突出。一方面,目前高校学科布局难以匹配经济社会创新发展需求,专业设计沿用过去的结构,多数为单一专业,缺乏复合性人才的培养,创新研发的综合型应用型人才供给不足;另一方面,相较于新兴产业尤其是未来产业发展对人才的需求,学校教学存在内容与实践脱节、相关专业师资力量不足、教学模式固化等问题,难以匹配市场需求。

“产学研”一体化需要加强。“产学研”合作是解决人才紧缺问题的有效手段,通过统筹整合产业、高校和科研单位的资源优势,实现综合型专业人才培养和研发人才的培养。全区在该方面还未建立相关机制,企业、高校和科研单位仅根据自身实际情况在部分领域开展合作。

信息通信业助力形成新质生产力的思考

加快基础设施建设,夯实发展新底座

加快5G网络规模化部署。坚持“适度超前”原则,统筹规划5G网络建设。政府要加强政策支持和政策引导,推动公共设施和社会资源开放共享,做好土地、电力等要素资源保障。坚持以企业为主体、以需求为导向,进一步释放消费市场、垂直行业、社会民生等方面对5G应用的需求潜力。加强各方沟通协作,合力破解5G建设中的难点堵点,推动重点区域5G网络覆盖。深入贯彻资源共享、绿色发展理念,加大共建共享力度。

合理布局算力基础设施。算力的提升将加快千行百业的智能化转型,打造数字经济新底座。通信行业要积极投入算力基础设施建设,提升内蒙古自治区

枢纽节点与其他算力网络枢纽节点间的网络传输性能;建设超大数据处理中心,积极融入全国一体化大数据中心体系,强化算力统筹智能调度,优化算力基础设施建设布局;提升应用发展水平,在应用类、云服务能力、应用深度上逐步完善,结合业务需求差异优化布局。

加快工业互联网基础建设。通信行业要积极推进工业互联网的互联互通,推动IT与OT网络深度融合,同时要助力相关企业加快工业互联网标识解析体系建设。政府应出台各类扶持政策,积极引导工业企业运用工业互联网,切实解决企业发展中的痛点。

推进数实深度融合,打造发展新业态

推动数字技术与实体经济的深度融合。通信行业要加快5G等信息通信技术从企业生产外围向核心环节延伸拓展,继续深耕5G在矿山、能源等领域的行业应用,形成标杆典型案例,支持传统产业尤其是中小企业转型升级。此外,要深入推动政务、交通、教育、文旅、医疗等领域5G规模化应用,持续拓展5G融合应用的深度与广度。进一步完善面向不同应用场景的融合生态圈,加快形成生态融合、各方协作的发展模式,推动数字技术与实体经济的深度融合。

深化“5G+工业互联网”行业应用。通信行业要以工业互联网为支点,积极引导区内工业企业打通设计与制造、消费与生产、管理和服务之间的数据流,结合自治区资源禀赋和产业结构特点,分场景、分步骤地拓展行业应用的深度和广度。充分发挥通信行业全程全网的特点,深化国内“5G+工业互联网”行业应用共享,加强针对工业制造企业的一体化解决方案供给能力。积极参与“百城千园行”活动,打通工业互联网落地的“最后一公里”,助力自治区打造一批5G工厂示范项目和工业互联

网示范园区。

打造应用标杆,突出示范作用。在呼和浩特、包头等地区,深入推进以“大智云物”为代表的新一代数字技术发展;在鄂尔多斯、通辽、锡林郭勒盟等地区,深入推进以“5G+智慧矿山”为代表的行业应用;在呼伦贝尔、兴安盟、阿拉善盟等地区深入推进以“5G+智慧旅游”为代表的行业应用,加强数字产品、组织模式和商业模式等方面的创新,打造具有区域特色的数字经济产业。

加速人才培养,提供发展新保障

加强高素质人才队伍培养。通信行业应加强对现有人才的梳理,根据不同专业建立人才库,为全区数字经济发展提供支撑。积极发挥现有人才优势,加大内部人才的培养激励力度,完善人才评价与激励机制,培养一批综合型人才、跨领域人才。

深度参与“产学研”一体化人才培养。通信行业要加强与高校、科研机构的合作,结合行业实际情况,有针对性地确定合作项目,定向培养专项领域的“作战军团”。更重要的是在深度参与数字领域人才培养过程中,需充分发挥数字产业化、产业数字化的中间作用,与高校和科研机构共同从需求对接、专业设计、教学实践、项目评价到人才使用等各环节入手,建立“产学研”一体化的长效机制。充分发挥数据中心、云计算基地等现有资源,建设实训基地、创新工作室等人才培养阵地。

建立人才合作机制。随着信息技术的蓬勃发展,人才不应再有固定的、局限的属性,而是全社会共有的、可用的资源。如北京三甲医院的医疗专家可以通过5G网络为偏远地区的病人进行会诊、手术;上海名校的名师可以远程为农村牧区的孩子上课。专家不应固定在一个区域或一个单位,因此要应尽快与各行业专家建立合作机制。Cwv

空天地产业按下“加速键” 全产业链协作成当务之急

■ 本刊编辑部 舒文琼

步入2024年，空天地产业迎来了“高光时刻”。从低空经济、商业航天被首次写入《政府工作报告》，到中国星网、中国移动、中国兵器工业集团成立中国时空信息集团有限公司，再到5G R18标准冻结进一步增强NTN（非地面网络）性能，空天地产业发展按下了“加速键”。

当原本相对独立的空、天、地三大领域相互融合，技术、标准、商业等方面的问题接踵而至。如何破解难题、加速磨合、促进不同领域资源的无缝衔接，成为空天地产业发展的当务之急。

一体化时代开启

空天地一体化通信是一种通过空间、大气层和地面系统的协同，充分利用不同轨道卫星、无人机、高空平台等空中资源，以及地面蜂窝移动网络、物联网、云计算等技术，实现多层次、多接入的新型融合架构。空天地一体化通信属于卫星应用、互联网的交叉融合领域，兼具航天、通信和互联网三大行业属性。

回溯卫星通信发展历史，空天地一体化早已有迹可循。从20世纪90年代至今，窄带卫星借鉴地面移动通信系统改进自身设计，实现了性能增强和快速发展。从2014年开始，低轨宽带卫星通信系统充分融合高通量卫星通信和地面移动通信技术特点，提供低延时、大

带宽、高质量的卫星通信服务。2020年3GPP启动5G NTN研究，正式推进地面移动通信网络与卫星通信网络的集成设计、一体演进。

“空天地一体化网络的核心在于实现地面通信网络与空中通信网络的深度融合。伴随着卫星通信的发展，空天地网络一体化架构分层推进、逐步融合，推动卫星通信产业不断迈上新高度。”一位卫星通信领域专家表示。

目前，全球5G发展如火如荼，5G-A商用已经起步，6G研究也在紧锣密鼓地推进中。根据ITU建议书，天地一体、无线泛在将成为6G的核心愿景之一。这意味着在6G时代通信网络将向天扩展、实现天地一体，技术体制将进一步融合统一，从而加快空天地一体化发展的步伐。

不仅“空天地”走向融合，高轨卫星和低轨卫星也在探索协同发展的模式。业界认为，高轨系统可作为“容量加强层”提供热点区域能力增强，低轨系统可作为“覆盖接入层”提供全球全时按需接入。

空天地一体化的时代已经开启，正在走向更深层次，拓展更大范围。

产业链需加大合作力度

值得注意的是，空天地一体化发展的初期，一些问题开始显现，亟需产业

链加强合作。

从标准层面看，目前全球空天地一体化卫星通信并未形成统一标准，例如“手机直连卫星”通信服务普遍采用私有卫星通信体制，信息封闭、技术保密，极大地增加了合作难度。此外，目前在商业航天领域民营企业纷纷入局，其私有通信体制的潜在问题值得关注。

从产品层面看，空天地一体化的引入将促进传统卫星通信产业链与移动通信产业链结合，带来芯片、器件、天线等多个方面的技术融合，因此卫星通信产业链与移动通信产业链各个环节的沟通协作尤为重要。

从运营商融合层面看，新的“赛道”已经铺就，中国电信、中国移动、中国联通纷纷加入空天地一体化建设进程。然而，运营商自有的卫星资源相对匮乏，与传统卫星运营商采用何种融合应用模式也将影响空天地一体化发展进程。

专家认为，问题的症结在于空天地产业发展并非仅局限于单一企业或领域，而是需要跨领域、全产业链协同努力。只有确保空天地产业无缝合作，实现卫星通信网、移动通信网、地空通信网、光纤网络等相互协同，构建陆海天全场景、多重覆盖的网络基础设施，才能真正实现天地一体、无线泛在的业务愿景。📶

竞跑空地融合新“赛道” 罗德与施瓦茨测试方案全程护航

■ 本刊编辑部 朱文凤

从两人实验室到跨国公司，成立90年以来，罗德与施瓦茨不断突破技术界限，在移动通信、电子制造、卫星通信等方面建树颇丰，成为射频测试与测量领域中质量、精确和创新的代名词。

在商业航天的风口之下，罗德与施瓦茨厚积薄发，带来了覆盖卫星研发、卫星大规模制造、地面站轨测试、地面站设备制造、终端研发和终端大规模制造等全产业链的测试测量方案。

仰观宇宙之大，俯察品类之盛。罗德与施瓦茨业务发展经理刘晓普在接受采访时表示，罗德与施瓦茨将携手中国科技企业持续探索，共同打造空地融合产业的繁荣未来。

空地融合风劲潮涌，测试一路同行

近年来，中国商业航天力量如雨后春笋般涌现，2024年，商业航天首次被写入政府工作报告，更是开启了快速发展模式。而商业航天的兴起、星载技术的发展为空地融合注入了新的活力。当前，产业界正以商业航天发展为牵引，加强卫星通信、导航、遥感一体化发展，推动空天地信息网络一体化融合，为航天强国建设提供有力支撑。

刘晓普表示，根据我国频谱及相关标准的发展现状，随着低轨星座建设提速、相关产业链布局日趋完善，基于有源相控阵天线的VAST（甚小口径卫星

终端站）低轨卫星终端预计将首先进入市场，并在船舶、飞行器、车辆、应急通信装备中广泛应用。且得益于低轨卫星低时延、高速率的技术特点，上述应用的用户体验将大幅提升，并催生新的商业模式。IoT（物联网）目前在高轨卫星领域已有成熟应用。在频谱和通信技术标准逐步成熟后，“手机直连”应用也将逐步增多。显然，千亿级商业航天产业已经“启航”，产业界竞相“破圈”。

不过，探索浩瀚宇宙并非易事，即使是对卫星或航天技术了解不多的人，也可以想象卫星从发射到在太空运行可能经历的各种严苛环境，因此在卫星产业有“Test as fly”的说法，意为要像卫星在太空飞行那样开展全面测试。而罗德与施瓦茨作为全球测试测量领域的技术领先企业，将支持全球各地的航天科技企业通过全

面的测试完成高质量的发射及在轨运行，释放空地融合的巨大潜力。

为中国商业航天提供全产业链测试方案

从2G到5G，罗德与施瓦茨参与并见证了中国移动通信产业的跨越式发展，从基站到终端，从器件到天线，其测试测量仪表助力我国相关企业高质量发展。目前罗德与施瓦茨在我国无线通信测试、电磁兼容测试等市场均占据领先地位。

如今，罗德与施瓦茨又将全球领先



图1 罗德与施瓦茨应用于卫星载荷的部分频谱仪和信号源仪表



图2 适用于TVAC环境的特殊R&S®NRP33SN-V/R&S®NRP67SN-V三通道二极管功率探头



图3 R&S® ZN-Z33内联校准单元专用于TVAC内部操作

的测试测量解决方案带给中国的航天科技企业，提供从卫星研发、卫星大规模制造、地面站在轨测试、地面站设备制造到终端研发和终端大规模制造等全产业链的测试测量方案，特别是基于3GPP NTN（非地面网络）标准的研发和生产测试，以及各类认证和一致性测试。如果从每个产业链环节深入来看，相关的测试需要从基础的射频器件（如滤波器、放大器等）、基带芯片、整机延伸到相控阵天线，其中包括产品原型的研发测试、来料筛选、协议一致性测试、射频性能测试等。这些测试均会影响卫星系统的通信服务质量和生命周期。罗德与施瓦茨公司的仪表广泛应用于产业链的各环节和部件制造企业，测试用例及结果均得到广泛的认可。同时，行业标准测试实验室、EMC实验室也在大量使用罗德与施瓦茨的仪表，因此，罗德与施瓦茨积极协助企业设计和制造符合国际及国内标准的卫星系统。

例如，罗德与施瓦茨的频谱仪和信号源仪表就广泛应用于卫星载荷的多种器件和组件测试，如图1所示。

针对卫星运行的太空极端环境，罗德与施瓦茨特别生产了可直接在热真空腔（TVAC）中工作的校准单元和功

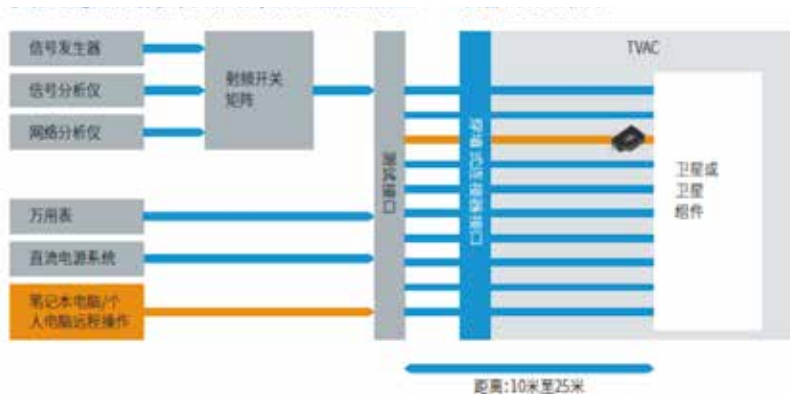


图4 罗德与施瓦茨校准单元和功率探头连接至TVAC内部有效载荷

率探头，显著减少卫星载荷测试的复杂性并提高了测试效率（见图2和图3）。图4为罗德与施瓦茨校准单元和功率探头直接连接至TVAC内部的有效载荷。

鉴于商业航天对元器件和天线系统的特殊要求，罗德与施瓦茨的矢量网络分析仪专门设计了适用的功能和性能参数，便于在卫星研发和大规模制造中开展相对应的测试，如图5所示。

“我们愿与合作伙伴共同推动中国

商业航天产业的各项技术标准演进。”刘晓普表示，受益于自身在地面移动通信、智能网联车、EMC（电磁兼容）等领域的领先技术优势和相关测试测量系统较高的市占率，罗德与施瓦茨已建立将商业航天各类测试测量方案在不同行业融合的内部机制，且已和多个行业的头部用户建立稳固联系，支持用户构建射频测试测量、EMC系统、天线测试等系统。CWW



图5 罗德与施瓦茨满足商业航天特殊要求的矢量网络分析仪

数据要素驱动数字经济发展的现状、问题及应对建议

■ 中国工业互联网研究院 孟浩 王伟强

党的二十大报告提出,加快发展数字经济,促进数字经济和实体经济深度融合,打造具有国际竞争力的数字产业集群。数据是继劳动、土地、资本、技术之后的“第五生产要素”,对驱动数字经济发展具有决定性作用。近年来,我国不断完善顶层设计、大力培育数据要素市场,在取得初步成效的同时,也存在数据要素市场化水平不高、数据产业链生态不完善、数据开发利用相关技术不强等问题,亟需精准施策,久久为功,以充分发挥数据要素对数字经济发展的驱动作用。

我国数据要素领域发展现状

顶层设计日益完善

在政策规划方面,国家层面出台《“十四五”数字经济发展规划》《关于加快建设全国统一大市场的意见》《关于构建数据基础制度更好发挥数据要素作用的意见》,强调加快培育数据要素市场,着力破除阻碍数据要素供给、流通、使用的体制机制障碍。在法律法规方面,国家先后颁布《网络安全法》《数据安全法》《个人信息保护法》,为数据安全保护、数字经济健康发展提供了法律基础。在地方实践方面,深圳、上海等地区发布相关条例,从数据权益、数据开放与开发利用、数据交易等方面创新地方法规制度体系。

数据产业链已具雏形

移动互联网和物联网的飞速发展,

拓展了数据采集渠道,推动海量数据资源成为生产要素。数据存储、处理能力稳步增强,“东数西算”工程深入实施,国家算力网络枢纽节点加快建设,数据中心建设规模和应用水平持续提升。截至2023年底,我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。数据开放共享不断推进,截至2024年5月底,国家政务服务平台为各地各部门提供身份认证核验服务超107亿次、电子证照共享服务超108亿次,推动各地区各部门平台数据共享超过5400亿次。数据交易流通规模不断扩大,上海数据交易所数据显示,我国数商企业数量超过100万家,技术型数商、服务型数商、应用型数商蓬勃发展。数据应用场景不断丰富,从互联网、金融、电信等数据资源基础较好的领域,逐步向智能制造、数字社会、数字政府等领域拓展。

数据要素市场持续壮大

近年来,各地纷纷抢占数据交易发展先机,成立各具特色的数据交易平台。上海数据交易所构建“1+4+4”体系:紧扣建设国家级数据交易所“一个定位”,突出准公共服务、全数字化交易、全链生态构建、制度规则创新“四个功能”,体现规范确权、统一登记、集中清算、灵活交付“四个特征”;2023年数据交易额超11亿元,累计挂牌数据产品2100个。北京国际大数据交易所实现

了全国首个新型交易模式、交易系统、交易合约、交易场景、交易生态的落地,截至2023年11月,数据交易备案规模已超过20亿元,交易主体500余家,数据交易合约7901笔,数据产品1624个,已发放27张数据资产登记凭证。

地方、企业探索成效初显

在地方探索方面,广东省发布《广东省企业首席数据官建设指南》,江苏省推行首席数据官制度,鼓励企业在决策层设置首席数据官,构建数据驱动的管理体系和决策模式;江苏省实施省级可信工业数据空间试点示范项目,推动可信工业数据空间生态链吸纳60多家成员,初步打造形成自主可控的可信工业数据空间系统。在企业探索方面,国家电网向银行出售电力大数据金融风控等服务,打造“电力数据看”新模式;中国移动打造“梧桐”大数据品牌,全面对外输出中国移动的数据产品与能力;柠檬豆与中国银行、青岛银行等研发了面向中小企业融资的纯信用数据金融产品,授信额度超5亿元。

我国数据要素领域存在的问题

数据要素市场化水平不高

一是数据交易规模较小。2023年,国内数据交易市场规模有望突破千亿元,但与1.3万亿元的大数据产业规模相比存在较大差距。具有海量数据资源

的大型平台企业数据交易业务市场空间有待拓展。二是制度建设尚不完备。数据产权相关法规不明确,市场参与主体权责不清晰,可以交易的数据范围尚未界定,数据交易中的权属变更引发资产归属不明等问题仍未解决。数据交易的市场准入机制、定价机制等尚未健全,缺乏统一的定价标准。三是交易模式尚未成熟。随着数据市场发展,目前形成了用户主导、供应商主导、做市商、交易平台等多种数据交易模式,其中前三种模式主要服务于小规模的交易场景,而具有发展潜力的交易平台模式目前规则尚不明晰。

数据产业链生态不完善

一是高质量数据资源供给不足。我国数据资源规模庞大,但开发利用不足,能够真正成为生产要素的数据资源占比不高,且数据资源供给结构失衡,呈现“政府数据多、企业数据少”的现象。二是数据应用场景不够丰富。目前数据需求主要集中在金融、公共服务、零售等少数行业,如上海数据交易所金融板块交易占比达66.75%。三是服务支撑存在不足。目前市面上缺乏数据交易磋商、资产定价、合规评定等规范化的专业服务支撑,数据服务商数量不足且良莠不齐。四是从业人员水平有待提升。数据要素市场相关从业人员的数字素养与技能水平参差不齐,影响数据交易的安全性、公平性、可信性。

数据开发利用相关技术存在短板

一直以来,我国在数据关键核心技术领域存在短板,关键数据开发利用相关技术对外依赖程度高,这制约了数据资源的采集、开发、应用。以数据分析挖掘使用的人工智能技术为例,我国人工智能技术应用走在世界前列,但在人工智能算法方面,国内使用的人工智能开源软件包90%以上依赖谷歌

TensorFlow和脸书Pytorch等产品;在人工智能算力方面,英伟达占据全球人工智能芯片市场约75%的份额,国内在FPGA、GPU等领域缺乏具有竞争力的原创性产品,大多只是二次开发;在数据库领域,甲骨文、微软和IBM等美企商业版及其控制的开源产品,在我国金融、电信等重点领域占有率超过80%;在工业软件领域,国外研发设计类软件占国内85%以上的市场份额;在电子系统领域,多数高端可编程逻辑控制器和工业网络协议被国外厂商垄断。此外,国内工业大数据分析、工业机理建模、工业大数据应用开发等技术瓶颈凸显,制约了数据资源的采集、开发、应用。

金融资本投入相对不足

金融资本是数字经济发展壮大的重要条件。近年来,在资本支持下,数据资源与产权交易、互联网平台、信息基础设施建设等以数据为基础支撑的产业不断发展壮大。但近期受经济下行压力加大、监管政策叠加等因素影响,资本投向上述业态的金额大幅下降,在一定程度上制约了数据产业和数据要素市场的创新发展。

针对数据要素市场发展的建议

加强数据要素市场统筹管理

一是健全国家层面立法。研究制定数据确权、定价、交易等相关法律法规,分行业制定数据安全等实施细则,鼓励各地结合实际探索制定数据交易地方政策法规,确保可落地、可执行。二是鼓励地方先行探索。加大数据交易试点力度,鼓励各地交易机构在制度建设、产业培育、公共资源流通等路径不确定的领域开展探索,遴选部分地区开展试点,建立容错机制,支持地方大胆创新。三是鼓励企业开展数据资源入表

探索。探索开展基于数据资源入表的数据要素型企业认定,支持出台基于数据入表的加计扣除税收优惠政策。

培育完善数据产业链生态

一是提升数据供给能力。鼓励互联网企业、电信运营商、工业企业等开放数据,提升数据供应量。二是建立健全数据产业链安全保障体系。鼓励行业、地方和企业推进数据分类分级管理,探索可信的数据流通架构,防范化解数据安全风险。三是培育多元化数据要素市场服务主体。支持数据服务产业发展,培育规范的数据交易平台以及资产评估、登记结算、交易流通等市场主体。

强化数据开发利用相关技术攻关

一是明确技术攻关方向。全面梳理制约数据资源开发利用的核心技术,建立关键技术攻关突破图谱。二是加大创新资源投入。在数据资源开发利用领域设立一批具有前瞻性、战略性的重大技术攻关项目,引导有资质、有实力的民营企业和平台企业参与。三是加强技术产品推广应用和迭代创新。探索建立数据资源开发利用新产品、新服务推广机制,利用国内大市场优势推动产品应用和迭代创新。

加大多渠道资金支持力度

一是加强政府投资基金融资支持。鼓励中国互联网投资基金等数字经济领域内国家级政府投资基金投向具有核心技术的创新型企业。二是强化资本市场对接。引导资本市场完善对数据领域企业特别是“专精特新”企业的投资服务,促进直接融资服务和产品创新,支持相关企业在资本市场上市融资。三是扩大增量资金来源。引导有条件的地方政府联合平台企业、金融资本设立数据产业发展投资基金,聚焦数据资源开发利用领域“双创”项目进行投资。

数据基础设施建设的探索、实践与发展建议

■ 中国信息通信研究院 邵蕾

数据基础设施是数字经济时代面向数据要素的基础设施。随着数据要素市场化配置改革步伐加快,配套基础设施面临新的要求,迫切需要构建适应数据要素特征、促进数据流通、发挥数据价值的数字基础设施。美欧等部分发达国家的数据基础设施建设探索起步较早,我国产业界和学术界近年来也围绕数据基础设施建设的不同路径开展了积极探索。为促进数据“供得出、流得动、用得好、保安全”,我国亟需加强数据基础设施整体谋划和统筹布局,打造安全可控、高效流通的国家数据基础设施体系,夯实数字经济发展和数字中国建设的基础。

国内外数据基础设施建设实践

世界主要国家数据基础设施建设实践

自20世纪末以来,美国、欧盟、英国、日本等发达国家和地区围绕数据资源开发利用的基础设施开展了多种探索与实践。美国政府在1993年提出了“国家空间数据基础设施”概念,并于1994年启动国家空间数据基础设施建设,制定了国家空间数据标准。此举引发各国高度关注并纷纷规划建立自

己的国家空间数据基础设施。此后,美国先后于2003年启动了《国家空间数据基础设施远景规划》、2014年出台了《美国国家空间数据基础设施(NSDI)战略规划(2014—2016)》。美国政府在2009年建立了开放政府数据平台Data.gov,主要发布联邦政府、州政府和企业的数 据、工具及API接口。同年,英国政府启动建设政府数据开放平台Data.gov.uk,开放了商业与经济、教育、环境、健康、地图等14类数据集。2020年,欧盟委员会出台了欧盟顶层数据发展战略——《欧盟数据战略》,提出要创建一个向世界开放的欧盟单一数据市场,实现在欧盟范围内安全地跨行业、跨领域共享和交换数据,重点发展以数据空间为核心的数据基础设施,计划建设制造业、交通、健康、金融、能源、农业、公共管理等10余个领域的公共数据空间。目前,欧盟的数据空间已在医疗、能源、交通等领域试点。

目前,国外尚未对数据基础设施概念和建设路径形成共识。各国大多聚焦政务数据开放平台和数据集建设,数据流通交易平台大多由技术厂商自行搭建,缺乏统筹建设和有效监管,容易形成“数据孤岛”,存在数据泄露和滥用等风险。对于个人数据的开发利用和市

场化运作尚未形成可持续的商业模式,对数据基础设施建设模式的探索有限。但主要国家均将数据采集、传输、存储、处理、管理、应用、保护等全流程所涉及的软硬件设备、数据集、技术,以及标准规范、流程机制、人员等纳入数据基础设施的范畴。

我国数据基础设施建设的探索与创新

近年来,随着我国大数据产业持续快速发展,区块链、隐私计算等数据可信流通技术成为创新最为活跃的领域。产业界、学术界积极开展不同技术路径的数据基础设施建设方案探索,涌现出一批数据基础设施解决方案和产品,比如北京大学的数字对象语用网、中国移动的数联网(DSSN)、中国信息通信研究院的可信数据空间(TDM)、中国电子的数据金库等。

可信数据空间是中国信息通信研究院于2022年联合华为等头部企业和机构提出的,并成立了可信数据空间生态组织。可信数据空间构建了一个安全可控的数据流通和使用空间,通过对数据使用权进行控制,避免数据不受控地复制、传播和滥用,为数据在不同地区、不同主体之间流通和使用提供信任机

制,实现数据流通“可控可计量”。可信数据空间主要应用于金融、医疗等对数据安全性和可信度要求较高的场景。

基于数字对象架构的数联网由以北京大学计算机学院黄罡教授为核心的团队提出,数联网是建立在互联网等通信网络之上、以数据为中心的虚拟数据网络,目前已在山西省广域数联网、国家电网能源数联网、工业互联网数据要素登记确权、药品现代化监管等多个领域得到落地应用。

中国移动于2023年4月提出数联网,并在11月推出了“数联猫”产品。该数联网是依托中国移动的连接和算力能力,基于隐私计算、区块链、低代码开发等技术,构建的服务数据跨行业、跨区域、跨机构流通的基础设施。通过对传统网络设施升级改造,在算力网络之上搭建数联网和数据流通共享平台,利用“数联猫”为用户提供快速就近接入、数据互通互认和一体化交付服务。

中国电子的数据金库是基于存用分离思路,打造的“一库两网,三级节点”的数据安全流通基础设施。其中“一库”是数据金库,用于存储关乎国家安全和长期发展的核心数据、重要数据以及数据元件;“三级节点”指搭建国家、省、市三级架构,对数据和元件进行分类分级存储和管理。目前数据金库已在徐州、大理等六个城市的政务、金融、城市治理等领域得到落地应用。

目前,上述各类数据基础设施均具备较完善的体系架构和一定实践基础,都是以安全可控作为基本要求,综合运用隐私计算、区块链、使用控制等多种技术,以满足数据登记、身份认证、可信流通等需求,并以分层部署的“全国一张网”为建设目标,促进跨区域数据基础设施互联互通互认。而各类建设方案的区别主要在于流通层面采取的技术实现方式不同。

我国数据基础设施内涵及架构

我国数据基础设施概念内涵

自党的十九届四中全会将数据列作为一种重要生产要素后,“数据基础设施”的概念受到产业界和学术界高度关注。根据国家数据局党组书记、局长刘烈宏在2023年11月出席第二届全球数字贸易博览会“数据要素治理与市场化论坛”时的论述,数据基础设施是以数据为核心,在网络、算力等设施支持下,以数据价值释放为目标,面向社会提供一体化数据汇聚、处理、流通、应用、运营、安全保障服务的一类新型基础设施,是覆盖硬件、软件、开源协议、标准规范、流程机制等的有机整体。目前,各界对于数据基础设施的内涵和范畴基本形成共识。

我国数据基础设施层级架构

我国数据基础设施应具备数据汇聚、数据处理、数据流通、数据应用、数据运营、安全保障等核心能力,提供“采-存-算-管-用”全生命周期的大规模数据流通与应用支撑能力。

由于不同地区、不同行业的数据基础设施存在差异,为加强数据基础设施的统筹布局 and 协调发展,参考国家政务数据资源体系的分层级架构,我国数据基础设施的组织架构可分为国家、地方/行业、企业三个层级,各层级的建设思路和服务对象各不相同。国家级数据基础设施由国家机构统筹建设运维,主要实施全国范围数据流通监测、管理、调度,通过建立跨区域、跨行业数据共享机制,开展跨区域、跨行业数据资源统筹管理、资源盘点和流通监测,为跨区域、跨行业数据流通交易提供身份认证、备案存证核验等服务。地方/行业级数据基础设施是按照国家的统一框架和技术标准建设或

改造而成的数据基础设施,主要负责区域内各级政府部门或垂直行业内相关单位的数据采集、存储、共享、交换和流通应用,具备数据市场监测、数据目录、资源调度等能力,能够为企业级数据基础设施平台提供确权认证、合规审计、供需对接、交易备案等服务,地方/行业级数据基础设施应按规定与国家级数据基础设施对接。企业级数据基础设施是在国家统一的技术规范和流程机制要求下自主建设的数据管理和数据服务系统,在满足企业自身数据应用的基础上,还要与其他主体的数据基础设施互联互通,能够向上一层级数据基础设施提供数据产品、数据目录等信息,实现数据可发现、可访问、可流通。

我国数据基础设施建设思路及发展建议

数据基础设施建设推进思路

我国应在充分利用各地、各行业现有数据基础设施的基础上,按照“统筹谋划、需求导向、试点先行、互联互通、安全可靠”的原则,建立完善数据基础设施顶层设计,制定出台引导数据基础设施建设的政策。按照统一的体系框架和技术标准规范,在一些数据产业发展基础好、发展需求强烈的地区或行业开展数据基础设施建设试点,丰富数据基础设施服务类型和应用场景。通过市场化方式遴选若干数据基础设施技术方案和建设运营主体,建立不同层级数据基础设施互联对接机制,促进跨区域、跨行业数据安全高效流通,逐步形成符合中国国情、高效流通、安全可信的国家数据基础设施体系,为构建全国统一的数据要素大市场,全面支撑数字中国、数字经济和数字社会高质量发展夯实数据底座。

发展建议及保障措施

1. 加大高质量数据资源供给

一是加快公共数据汇聚。完善省、市两级政务数据平台，提升政务数据质量，加强水电气、交通等公共数据归集，规范公共数据的收集、存储、加工和治理。二是引导行业数据整合。引导企业加强自身数据采集和治理，支持行业龙头企业、互联网平台企业建设打通行业上中下游的数据平台。三是加大高质量数据集供给。鼓励行业主管部门、科研机构、互联网企业建设高质量的文字、图片、音视频等大模型预训练语料库和行业数据集。

2. 构建体系化的数据流通基础设施

一是统筹数据流通基础设施布局。基于统一的技术要求和标准规范，统筹布局国家级、地方级和行业级数据流通设施，支持可信数据空间、数联网、数据金库等不同技术方案的基础设施应用部署。稳步推进国际数据基础设施建设，与国外机构和企业合作建设跨国可信数据空间，鼓励先行地区建设面向跨境数据服务的国际数据中心。二是构建多层次数据交易设施。统筹构建国家级、地方级/行业级、企业级数据交易平台，引导地方级数据交易平台集约化布局。三是建设公共数据开发和授权运营平台。推进各级公共数据开放平台互联互通，制定全国统一的公共数据开放目录。四是有序发展数据流通支撑服务平台。鼓励各方利用数字化技术搭建合规审查、质量评估、数据资产评估模型库和规则库等平台，推动建设国家级、地方级数据资源登记平台，实现跨系统、跨区域、跨行业数据资源登记互认。

3. 统筹部署数据安全共性技术设施

一是构建互联互通的区块链基础设施体系。探索建设国家级区块链基础设施，提供数据确权存证、身份认证、监测管理等服务能力，支持同构链和异

构链跨链互通。二是推动隐私计算技术应用部署。支持建设融合多方安全计算、联邦学习、可信执行环境等技术的隐私计算平台，鼓励行业龙头企业搭建隐私计算服务平台。三是增强数据基础设施安全保障能力。加强重要数据基础设施和关键业务系统的安全设施建设，强化数据加密、访问控制、安全审计、容灾备份等技术手段建设，提高数据基础设施威胁监测和应急响应能力。支持开展数据基础设施安全水平评测。

4. 培育壮大数据基础设施产业生态

一是加快数据基础设施应用推广。紧密衔接“数据要素×”行动，培育拓展数据基础设施在工业制造、现代农业、商贸流通、交通运输、金融服务、科技创新、文化旅游、医疗健康、应急管理、气象服务、智慧城市等重点领域的应用场景。鼓励各类数据基础设施建设运营主体开展产品服务创新和商业模式创新，提高数据基础设施普惠服务水平。二是培育壮大市场主体。加大对具有关键软硬件自主研发能力的数据技术企业的培育力度，引导数据合规审查、质量评估、资产评估等服务商规范发展，培育一批在细分领域服务能力强的“数商”，培育有生态主导力和全球竞争力的数据基础设施“链主”企业。

5. 制定数据基础设施标准规范并建立管理机制

一是加快标准规范的制定和完善。

加快数据标识、数据目录、高速数据传输网、区块链、数据治理和开发、数据安全等方面的共性技术标准制修订，统一数据标识编码解析等底层标准协议，编制重点数据基础设施互联互通标准规范，明确身份认证和监测统计等环节的流程规范，完善我国数据基础设施标准规范体系。二是建立健全管理体制机制。建立国家级、地方级数据基础设施监测统计制度和相关平台设施，构建上下联动、分级管理的体制机制，制定数据基础设施建设运营主体准入管理办法，探索建立数据基础设施服务管理机制和数据跨境流动管理机制。

6. 开展数据基础设施建设试点和宣传推广

一是加快数据基础设施建设试点。在国家数据基础设施顶层设计的指引下，分阶段开展数据基础设施建设试点，统筹考虑“东数西算”、人工智能数据训练基地等设施布局，选择重点地区和行业围绕典型场景、重点环节开展试点示范，通过市场化方式选择和检验技术路线，逐步收敛形成符合我国数据要素市场发展需要的数据基础设施技术体系。二是加强数据基础设施建设的宣传推广工作。遴选一批数据基础设施建设试点项目，加强优秀案例宣传和培训交流，推动试点示范成果复制推广。



新质生产力 促进信息通信业深度转型升级

■ 本刊编辑部

高质量发展是新时代的“硬道理”。发展新质生产力是推动高质量发展的内在要求和重要着力点。新质生产力代表先进生产力的演进方向，是由技术革命性突破、生产要素创新性配置、产业深度转型升级而催生的先进生产力质态。新质生产力已经在实践中形成并展示出对高质量发展的强劲推动力、支撑力。

新一轮科技革命和产业变革的深入发展，为人类生产、生活与思维方式带来了根本性影响，其催生的新质生产力将加速企业组织形态分散化、灵活化、网络化、平台化，更加有力地促进产业深度转型升级。

通信世界全媒体特策划了2024年信息通信业“新质推荐”优秀产品/方案

系列发布，旨在激励更多企业投身到发展新质生产力之中。从以下案例中可以发现，信息通信领域优秀产品、方案精彩纷呈，尤其是在无线超越、算网创新、数字运营等领域，创新产品、前沿技术及解决方案层出不穷，如表1所示。这些优秀的产品和方案将促进信息通信业深度转型升级，助力数字经济繁荣发展。CW

表1 2024年信息通信业“新质推荐”

类别	“新质推荐”	产品/方案名称
无线超越	2024年5G-A场景最佳创新方案	中兴通讯5G-A通感一体解决方案
	2024年5G物联网最佳创新方案	联通数字科技有限公司格物工业互联网平台轻工纺织行业解决方案
		四信集团5G全连接工厂一站式解决方案
	2024年无线技术最佳创新方案	骁龙X80 5G调制解调器及射频系统
	2024年工业终端最佳创新方案	艾灵面向工业控制场景的“智造”终端
算网创新	2024年智能算力技术最佳创新方案	中兴通讯AiCube训推一体机
	2024年最佳算网融合创新方案	新华三算力网络解决方案
	2024年最佳开放智算网络创新方案	新华三智算网络解决方案
		锐捷网络股份有限公司AI-Fabric方案
	2024年智能边缘最佳创新方案	移远通信边缘计算智能模组
	2024年边缘AI计算最佳创新方案	广和通端侧AI解决方案
数字运营	2024年最佳自智网络技术创新	中国移动通信集团甘肃有限公司5G云资源池网络域数智化监控排障解决方案
		中兴通讯星云通信大模型
	2024年数字化运营最佳创新应用	重庆艾瑞数智科技有限公司AIOP数智运营平台

注：排名不分先后



5G-A携手AI 开启数智生产生活新时代

■ 华为技术有限公司 赵蕊

5G商用以来，我国在5G发展上取得了令人瞩目的成就。如今，5G技术已经融入到了我们生活的方方面面。站在新的起点上，5G-Advanced（以下简称5G-A）作为5G的演进和增强技术，正引领着通信行业迈向新的里程碑。

作为一名通信行业的工作者，我深感5G-A对于整个行业的重要价值，尤其是5G-A与人工智能（AI）的融合，正逐步应用到各行各业，极大激发新动能，为我们带来前所未有的智能化“新体验、新联接、新业务”。

新体验：5G-A与AI融合 拉开智能化新时代的序幕

近期，华为支撑运营商率先在杭州

奥体、武林示范区实现5G-A网络连片部署，5G-A LOGO连续显示，数据传输速率高达5Gbit/s，为用户提供更加流畅的网络体验，几秒钟就可以下载一部高清电影。众所周知，5G-A的重要特点是多频段聚合和网络效能提升。这种全频段的支持能力，使得5G-A能够在不同场景下提供最广的网络覆盖和最强的性能。3CC（三载波聚合）技术的引入，让更多的数据可以同时通过，相当于“一车道扩成三车道”，是实现5G-A第一阶段体验升级的关键。

5G-A和AI两个热点技术的结合可以让网络更加“聪明”地服务好用户。简单来说，就是通过AI提升5G-A网络体验，智能化管控5G-A网络上的“每

一个Byte”，使之成为最终的用户服务。在浙江，华为与运营商一起完成无线和核心网的智能化验证，实现用户体验提升。直播达人在美丽的西湖畔直播时，可以获取更好的网络体验，让直播更清晰、更流畅。

5G-A与AI的结合不仅提升了网络性能，也开启了全新的服务和应用模式，比如新通话、云手机等。

新通话是一种增强型语音通话业务，相比传统语音通话业务，提供了更多的功能（如智能翻译、趣味通话、智能客服、内容分享、远程协助等），这些功能可以给用户带来更有趣、更生动、更多样化的通话体验。重要赛事期间，新通话不仅服务了往来浙江的国际友

人即时沟通翻译,而且增加了通话的趣味性和实用性。基于5G-A的高速传输和AI的实时处理能力,用户可以享受更加清晰、流畅的通话体验。

云手机是以智能终端为载体,在云端运行另一款虚拟手机。云端虚拟手机突破了手机硬件性能限制,即使是低配版的智能手机,也能在云端玩大型游戏、看超高清视频直播。云手机业务可以为用户提供更加便捷、高效的移动办公和娱乐服务,打开了“端云AI协同”的新入口。这些新业务的推出,不仅提升了业务的沉浸感和交互性,更满足了用户对高品质生活的追求。

新联接: 物联和AI融合 联接千亿设备释放生产新动能

RedCap (Reduced Capability) 是一种轻量化的5G技术,旨在让更多的设备接入到5G网络中。它降低了终端的成本和功耗,同时保持了5G网络的关键特性。RedCap的出现使得更多设备能够轻松接入5G网络,让用户享受到高速、低时延的通信服务。当RedCap与AI技术结合后,便能发挥出更大的潜力,特别是在安防监控、巡检等领域。华为联合运营商在浙江杭州等地成功部署了基于RedCap的视频专网,并整合了AI分析技术。这些高清安防摄像头不仅实现了重点区域全覆盖,还能通过AI算法对视频数据进行实时分析。系统能够自动检测异常行为、识别车辆等,从而及时发出警报并采取相应的安全措施。这种智能化的方式大大提升了安防效率和准确性。

Passive IoT是5G-A时代最新引入的无源物联网技术,这个“源”指的就是电源。

Passive IoT不再依赖于内部电池或外部电源,而是从周围环境中捕集能量(如光、热量、无线电波等),实现自我供电,并为标签终端提供能量,从而实现免电池维护。

当Passive IoT与AI技术相结合后,便能够通过大数据分析挖掘出更多有价值的信息。比如Passive IoT标签不仅可以传输物品ID、温湿度、位置等传感信息,还能通过AI算法对这些数据进行分析和预测,实现产品从供应商到工厂再到用户的全域全生命周期管理,为企业提供更加精准的决策支持。浙江是物流大省,5G-A Passive IoT技术助力物流运输实现智能化。运用该技术可自动检测车载电池温度并分钟级上报,不仅提升了效率还节省了人力;同时,车辆区域级定位的实现,使得物流调度更为智能。

新业务: 5G-A赋能低空 通信和低空经济

5G-A还打破了通信联接边界,为通信网络增加了新的功能维度,推动了网络服务的多元化和智能化发展。

5G-A大带宽能力支持无人机实时视频流畅回传,数据经AI分析后,实现智能监管确保飞行安全,为浙江等省市的低空经济发展保驾护航。以前,浙江舟山岛的海鲜由货船运输至上海一般需要3小时,如今有了完善的5G网络海域覆盖以及5G-A技术,无人机运输海鲜由愿望变成了现实。海鲜从舟山海域捕获后,历经超100千米的物流航线,1小时直达上海、2小时可上餐桌。

随着5G-A与AI的深度融合,我们将迎来一个更加智能化、高效化、个性化的新时代。在这个时代里,网络将不再是简单的数据传输工具,而是成为连接万物、驱动智能化的核心枢纽。从消费者的视角来看,这意味着我们的生活将变得更加便捷、舒适和安全;从生产者的视角来看,这意味着我们将能够更高效地管理资源、提升生产效率并创造更大的价值。

华为作为全球领先的ICT设备供应商,将持续与全球运营商合作,推动产业升级和数字经济发展。在浙江,华为将持续助力运营商从消费者体验到文化创意产业再到工业制造领域,赋能产业的持续创新和升级转型。📶



5G RedCap技术在电力行业应用的研究

■ 中国联合网络通信有限公司山东省分公司 刘凯 王元杰
中国联合网络通信有限公司 邱学
国网山东信通公司 李正浩

RedCap (5G轻量化) 技术通过精简设备能力和降低复杂度, 达到节约成本、降低设备功耗和缩小尺寸等目标, 同时保留了5G原生能力, 实现了技术和成本的平衡。本文研究了RedCap的技术特性和相关国家政策, 并结合电力行业网络需求, 分析RedCap在电力行业不同场景的应用和部署方案, 探讨了RedCap技术的发展潜力和运营商的部署策略。

5G RedCap技术及政策背景

5G RedCap技术特点

为扩大5G在物联网领域的应用范围, 2022年6月, 3GPP冻结了5G R17标准版本, 引入5G RedCap技术, 通过裁剪设备能力和降低复杂度, 实现降低成本、缩小尺寸、减少功耗等目标, 以此满足中高速物联网的连接需求。

与5G NR相比, RedCap在频谱带宽、天线、功耗、调制等方面都做了简化(如表1所示)。RedCap在FR1频段的带宽从100MHz减少到20MHz, 发射和接收天线数量从典型的4天线减少为2天线或1天线, 并减少了最大下行MIMO层数, 降低了终端RF收发

器和基带处理模块的能力要求。同时, RedCap的最高阶调制方式从下行最高256QAM降至64QAM, 全双工FDD降到半双工模式, 并裁剪了CA(载波聚合)、MR-DC(双连接)、DAPS(双激活协议栈)等能力, 进一步降低终端的设计复杂度和成本。另外, RedCap还引入了eDRX(扩展非连续接收)和RRM(测量放松机制)技术, 以满足物联网的低功耗需求。

在简化能力的同时, RedCap保留了5G特有的原生能力, 包括边缘计算、5G切片、5G LAN、5G低时延、5G定位、5G精准授时等特性, 可满足工业互联网、视频监控、智能电网、车联网等行业应用的网络性能需求。

对比5G NR, RedCap可有效控制成本、降低功耗并缩小尺寸; 对比4G LTE, RedCap具有5G大带宽、低时延等特性, 还在性能、功能与成本上

实现平衡, 解决了5G在垂直行业应用的关键痛点, 为5G行业应用规模发展提供了更多可能。

RedCap政策背景

5G RedCap是5G在中高速物联网领域应用普及的关键技术, 将进一步推动5G赋能传统产业转型升级、数字经济与实体经济深度融合。

我国高度重视5G RedCap的发展和应用。2023年10月, 工业和信息化部发布《关于推进5G轻量化(RedCap)技术演进和应用创新发展的通知》, 明确提出, 到2025年, 5G RedCap产业综合能力显著提升, 新产品、新模式不断涌现, 融合应用规模上量, 安全能力同步增强。其中, 全国县级以上

表1 5G RedCap与5G NR技术特性对比

能力	RedCap	5G NR
频谱带宽	20MHz	100MHz
天线数	1T2R/1T1R	2T4R
调制方式	64QAM	256QAM
双工方式	半双工	全双工
单用户峰值	DL140/UL34Mbit/s	DL1.4/UL0.6Gbit/s
单小区峰值	DL2.6/UL0.6Gbit/s	DL2.6/UL0.6Gbit/s
5G能力	支持切片、5G LAN、定位、UPF下沉等功能	支持切片、5G LAN、定位、UPF下沉等功能
模组价格	初期200元	2023年约为500元
	目标降至60元以下	2025年预计降至300元

城市实现5G RedCap规模覆盖, 5G RedCap连接数实现千万级增长。

为加快推动5G创新发展, 扎实推进5G RedCap商用进程, 2024年4月, 工业和信息化部发布《关于开展2024年度5G轻量化(RedCap)贯行动的通知》, 明确标准、网络、芯片、模组、终端、应用、保障七方面重点工作, 为5G RedCap技术在国内的普及与应用奠定了坚实基础。

RedCap可广泛应用于电力、安防、车联网、工业数采等领域。随着数字经济的快速发展, 产业界对5G RedCap的需求日益强烈。市场研究公司Counterpoint Research预测, 到2030年, 5G RedCap模组将占蜂窝物联网模组总出货量的18%。另一家公司IoT Analytics预测, 2026年支持5G的物联网模组出货量将占市场的16%, 其中RedCap将发挥关键作用。

在政策引领和市场需求的的双重推动下, 5G RedCap技术将日趋成熟, 应用场景将更加丰富, 迎来快速发展的黄金时期。

电力行业需求分析

党的二十大报告提出, “要积极稳妥推进碳达峰碳中和, 深入推进能源革命, 加快规划建设新型能源体系。” 建设新型能源体系, 核心是推动电力行业绿色低碳转型, 构建新能源占比逐渐提高的新型电力系统。

2023年6月, 国家能源局发布的《新型电力系统发展蓝皮书》指出, 新型电力系统具备安全高效、清洁低碳、柔性灵活、智慧融合四大重要特征, 以新能源为供给主体, 以“源网荷储”互动与多能互补为支撑, 满足经济社会发展的电力需求, 确保能源电力安全。然而, 在建设新型电力系统的过程中, 电

力行业面临一些问题和挑战。

一是光伏、风电等新能源占比不断提高, 但新能源易受天气影响, 具有间歇性、随机性、波动性等特点, 对电网消纳和调节提出了更高要求, 需要智能、柔性、灵活的调节手段。

二是市场对电网设备、电力终端、新能源用电的需求呈“爆发式”增长, 系统主体多元化、电网形态复杂化、运行方式多样化, 给管理与维护带来了更大挑战, 迫切需要新兴信息技术保障电网安全高效运行。

三是传统电力调度方式难以完全适应新形势、新业态, 调控技术手段、调度机制、信息安全防护等亟待升级。现有调控技术手段无法做到全面可观、可测、可控, 而要实现多能互补、“源网荷储”协同的调度模式, 需要5G技术助力各环节实现高度数字化、智慧化、网络化的革新升级。

四是电力设施数量众多、分布广, 有线网络建设成本高、周期长、维护难, 造成电力系统信息感知能力不足, 需要构建“泛在化、全覆盖、高安全”的无线网络。

随着5G网络覆盖的不断完善, 利用运营商公网专用的方式构建无线电力通信专网成为可能, 5G专网不仅能有效降低建设、维护成本, 其边缘计算、网络切片、大连接、高安全等特性还能满足电力行业高效灵活、安全隔离等要求。

电力行业主要包括发电、输电、变电、配电及用电五大环节, 按业务又分为生产控制大区和管理信息大区, 主要应用包括控制类业务、采集类业务、移动应用类业务等, 不同场景对网络的时延、带宽、可靠性、安全性等要求不同(如表2所示)。

由表2可以看出, 电力通信网业务以小数据包为主, 带宽需求为中高速,

对时延、可靠性要求较高。对于大部分场景来说, 5G NR终端的能力是过剩的, 而5G RedCap终端与电力业务需求则高度契合。

目前, 国家电网、南方电网已经在部分省市开展5G智能电网的研究和实践。由于电网覆盖广、点位多, 终端成本较高成为5G电力专网建设过程的重要痛点。如果使用5G RedCap技术, 不仅可以大大降低建网成本, 还能满足电力业务对时延、可靠性的要求, 因而不失为明智之举。

RedCap电力行业应用验证

为验证RedCap技术在电力场景应用的可行性, 2023年国网山东电力在济南进行了电力5G专网的RedCap商用测试, 在实际运行的配网现场部署5G RedCap终端, 通过多轮对比测试验证RedCap技术是否满足电力生产控制网络需求。

测试方案

本次测试采用“端、网、业”一体化技术方案, 在端侧部署5G RedCap终端, 连接配电FTU(配电开关监控终端)、DTU(无线终端设备)、能源控制器等设备; 在网络侧分别开通了5QI软切片和RB资源预留1%硬切片, 接入生产控制大区专用UPF(用户面功能), 实现与生产控制大区配电主站和监控中心的连接。通过对RedCap/5G NR、软切片/硬切片等不同技术的对比测试, 在业务侧验证配电三遥、电网监控、分布式FA等应用是否正常运行(如图1所示)。

确定测试场景和地点后, 运营商选取附近的5G基站开通RedCap功能, 并在网络侧分别配置5QI软切片和RB资源预留1%硬切片, 测试人员安装电力RedCap终端, 调通终端与配电

表2 电力行业各环节的网络性能需求

安全分区	环节	业务应用	典型场景	带宽	时延	可靠性	数量/ 平方千米
生产控制大区	发电	分布式光伏	AGC、AVC控制	≤50kbit/s	≤200ms	99.999%	≤100个
	配电	分布式FA	馈线自动化	≤5kbit/s	≤1s	99.999%	10~100个
	配电	配电自动化	配电自动化	≤19.2kbit/s	≤2s	99.999%	10~100个
	配电	配网保护	差动保护	≤2.5Mbit/s (双向)	≤20ms	99.999%	≤100个
	配电	智能配电台区	智能台区	10k~10Mbit/s	≤1s	99.999%	1~10个
	用电	用电信息采集	用电状态监控	1k~10kbit/s	≤1s	99.99%	100个
	用电	精准负荷控制	秒级及分钟级控制	≤50kbit/s	<50ms	99.99%	10~100个
管理信息大区	发电	分布式光伏	计量信息采集	≤19.2kbit/s	≤1s	99.999%	≤100个
	输电	输电线路状态监测	输电线路状态监测	100k~35Mbit/s	≤1s	99%	≤100个
	输电	无人机巡检	分布式能源、输电线路无人 机巡检	2M~5Mbit/s	≤100ms	≥99.9%	≤10个
	变电	变电站机器人巡检	变电站机器人巡检	≥4Mbit/s	≤100ms	99.99%	1~3个
	用电	用电信息采集	电能计量信息采集	1k~10kbit/s	≤1s	99.99%	100~1000个
	其他	电力移动巡检	电力移动巡检	≥4Mbit/s	≤100ms	99.90%	≤10个
	其他	现场安防管控	视频监控	≥4Mbit/s	≤200ms	≥99%	按需部署

FTU、PMU（电源管理单元）设备以及配电主站的连接，开展业务对比测试。

测试结果

测试内容包括RedCap终端与5G NR终端、4G终端，软切片与硬切片，业务忙时与闲时等多个场景的对比测试。

1.测试类型：5G硬切片与5G软切片时延对比

测试业务模型：单用户Ping 255 bytes包，100ms发包间隔，共发7000个。

测试结果显示，硬切片平均时延比软切片低60%。当5G网络业务拥塞时，硬切片最大时延为62ms，可以使电力业务时延和可靠性不受影响；而软

切片在忙时会出现时延较大的情况，影响业务质量。

2.测试类型：5G软切片与4G时延对比

测试结果显示，4G带宽较小，无切片技术，很容易产生拥塞，导致丢包和较大时延。5G RedCap软切片在各个场景下均没有丢包现象，Ping成功率为100%。

配网常规保护业务处理时间（包含开关跳闸时间）要求≤100ms，考虑到配网自动化系统开关级联较多，一般要求业务执行时间≤150ms。通过测试结果可以看出，RedCap终端网络接入成功率、数据上报成功率、远程指令下发

成功率均达到100%，接入时延、数据上传、下载速率等关键指标均满足电力生产控制业务的质量要求。

配电场景是电力生产控制大区应用最多、最具代表性的场景。以上电力网络需求分析和业务测试，证明了5G RedCap技术完全可以满足电力业务需求。

RedCap电力行业应用场景

建设新型电力系统，实现发电清洁低碳、输变电安全高效、配电灵活可靠、用电多元友好的目标，需要一张泛在化、高可靠、高安全又兼顾经济性的通信网。5G RedCap技术可复用现有成熟5G网络，发挥网络规模效应，以低成本

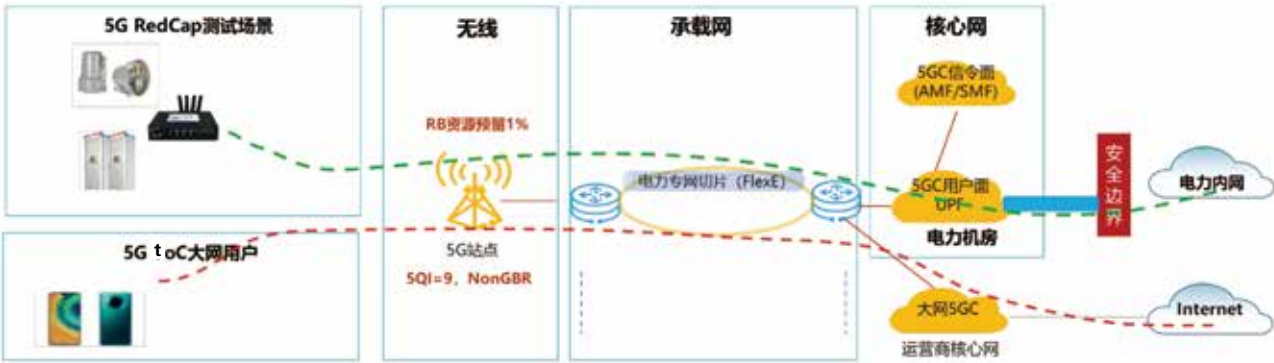


图1 5G RedCap电力测试拓扑图

本、低功耗、高可靠等特性赋能电力系统各个环节。

分布式新能源发电

光伏、风电等新能源清洁低碳，但易受天气影响，具有随机性、波动性等特点。随着新能源发电比例的不断提高，电网消纳、调节能力面临严峻挑战。传统人工调控方式下“弃风弃光”问题时有发生，需采用技术手段对其进行智能调控。新能源场站分布广、范围大，有线光纤组网成本高、建设周期较长，导致部分地区场站管控率较低。

光伏发电的信息采集、控制指令数据一般在20k~100kbit/s之间，通过5G RedCap采集逆变器、汇流箱、储能站、辐照仪、气象仪、电表等各类数据，可实时感知光伏场站的状态；通过5G RedCap对接远动机、AGC（自动发电控制）等设备，可实现光伏并网的远程调控和智能运维，有效提高场站的发电效率和并网安全性。

输电线路巡检

电力输电线路点多、线长，易发生外力损坏、异物短路、锈蚀断股、烟火威胁等问题。传统人工巡检工作量大、效率低、危险性高，每人每天只能巡检10千米或3~4座铁塔。

而通过无人机挂载5G RedCap模组进行自动巡检，可实现巡检视频AI智能识别、实时回传，及时发现输电线路松动、脱落、锈蚀等异常情况，进而告警并精准显示故障位置。5G专网能够保证无人机飞行安全、巡检视频实时传递；AI智能识别能够随时发现隐患，使检测效率提高数倍。无人机控制和图像传输所需带宽为3M~5Mbit/s，时延要求小于100ms，RedCap完全可以满足其网络需求，而且功耗较小，可延长无人机续航时间。5G无人机巡检可以提升巡检效率，节约巡检费用。

变电站运维

变电站作为电力系统的关键节点，是电力系统运行监测的重点。室外变电站易受极端天气影响，需定期对表计读数、开关位置、设备温度等状态进行巡检监控。变电站巡检重复性工作较多，可部署5G电力机器人、5G高清摄像头等，对主设备、继保室、端子箱等各类设施及站内环境进行智能自动巡视，代替运维人员开展日常巡视、测温、表计抄录等大量重复性工作，为运维人员开展远程无人巡视创造条件，从而提高工作效率，降低现场作业风险。

配电自动化

随着用电需求和新业务的不断增加，配电网面临信息采集需求大、故障隐患多、日常巡检难等问题。分布式FA、配网PMU、配电三遥、智能台区、配网差动保护等设备主要承担配电网的采集感知、故障定位和隔离恢复等功能，是保障供电质量、运营效率和用户体验的关键，这类设备点多面广，对通信时延和安全性要求较高。

基于“5G RedCap+硬切片”的配电自动化可以支撑高可靠配电保护，通过低时延、高可靠的网络传输，实现故障快速定位与隔离恢复、精准负荷控制、实时视频监控，最终达成保障电网安全可靠、提升服务质量的目标。

用电服务

近年来，随着经济的快速发展，以及新能源汽车、储能装置、智能家居等各种用电需求的涌现，国内用电量不断增长。为提升用电体验和服务质量，用电信息采集、异常监测、负荷控制等能力需要更加灵活、精准。

充分利用5G网络的大连接特性、5G RedCap的性能和成本优势，通过将5G RedCap嵌入采集器、集中器和能源控制器，实时采集用能数据，并高

质量传输至业务主站进行处理和分析，实现供电负荷精准营销、调度和管理，科学满足电源侧、电网侧、用户侧不同群体的负荷调控需求。

综上所述，对比5G NR、4G，5G RedCap具有明显优势，可广泛应用于电力控制类、采集类、巡检类等各种业务，助力电力系统数字化、智能化转型。

电力是5G RedCap技术应用的重点行业之一，市场潜力巨大。目前我国光伏、风电等新能源装机总量超10亿千瓦，输配电线路总长超500万千米，变电站4万余座，配电站超30万座，各类用能表计超10亿个。山东、浙江、广东、河南、湖北等省陆续开启电力5G专网建设，平均每省终端需求量为30万~50万套。预计未来3年，RedCap在电力行业的需求将在千万套以上。

电力行业的海量需求，将有力促进RedCap终端的规模量产，加速模组、终端成本下降。电力行业对终端和网络的可可靠性、安全性、工业级性能要求，也将促进RedCap模组、终端产业链的高质量发展，进而带动RedCap在其他行业的应用。

RedCap产业发展研究

目前，高通、联发科、海思、紫光展锐等主要芯片企业先后推出RedCap芯片平台，鼎桥、利尔达、移远通信、联通数科、中移物联等企业已发布20多款RedCap模组，30多款DTU、摄像头等终端相继面市。南瑞、智芯、联通数科、中移物联等厂家已经推出了多款电力专用RedCap终端，并先后在电网进行了商用验证。预计2024年底，RedCap模组成本将下降到200元以下，终端成本降到900元以下。RedCap以终端成本优势带动5G应用规模化发展，RedCap芯片、模组、终端、应用等产业生态上下游将迎来爆发期。

运营商部署策略研究

RedCap的发展离不开运营商5G网络的支持。RedCap是5G R17版本定义的新特性,运营商需要对现有5G网络进行升级。据工业和信息化部通报,截至2024年3月底,全国累计建成5G基站364.7万座,已经覆盖所有地级市城区和县城城区,以及95%以上的乡镇和主要行政村。5G基站无需更换硬件,通过软件升级即可支持RedCap功能(包括带宽、天线数、调制阶数、BWP配置、RedCap终端识别等功能)。尽管如此,全网升级RedCap功能的投资仍高达20亿元。

为避免全网升级的巨大投资,在RedCap发展初期,运营商需要根据市场需求制定业务发展路线和网络部署策略。首先,做好潜在市场分析,聚焦与RedCap匹配度较高的能源电力、工业制造、公共安全、智慧城市等领域,制定业务发展规划,根据业务需求完成部分区域开通,打通从前端市场到网络规划、开通、维护的快速响应流程,确保用户体验。

其次,基于以上重点行业和场景,打造RedCap商用标杆案例,凝练重点行业场景应用方案,然后“以点带面”,推动案例复制推广。随着业务发展,推动网络在城市主城区、工业园区等重点场景的连片规模开通,满足工业聚集区、电力行业、城市视频监控、交通执法、水利环保等场景需求。未来随着模组成本的进一步下降,以及车联网、智能穿戴等移动应用的充分发展,最终实现网络从局域、广域到全域的规模开通部署。

在频率配置方面,初期开通3.5G/2.1GHz中频频段的RedCap功能,随着广域业务的发展,推动700M/800M/900MHz等低频网络开通RedCap功能,实现多频组网、广

域覆盖。在业务规划方面,受网络覆盖、成本、功耗等限制,RedCap初期以行业应用为主,局域场景优先选择终端成本诉求强且对网络性能要求高的行业场景(如油气行业开采数采、工厂产线数采、AGV物流、园区监控等)。通过重点局域场景的标杆效应和方案积累,形成规模复制能力,进而拓展至更多行业场景,聚焦应用点位多、有线铺设不便的场景(如电力行业配电自动化、集中器、能源控制器等配电用电场景)进行部署。随着应用逐渐成熟、成本逐渐降低,最终实现RedCap在车联网、智能穿戴等领域的广泛应用。

RedCap商业创新研究

5G RedCap的国际标准包括两个技术版本,分别为基于R17版本的RedCap和基于R18版本的eRedCap(RedCap的演进版本)。R18版本将进一步裁剪能力、降低设备复杂度,满足工业传感、电网、智慧城市等低速业务的需求,覆盖4G Cat1/1bis的业务,从而使5G物联网技术体系得到进一步完善。因此,业界也将RedCap技术作为5G-A技术演进的一部分。

RedCap技术应用前景广阔,但对比已经成熟的4G物联网应用,目前RedCap在网络覆盖、芯片模组成本上还不具备优势。回顾4G Cat1的商业成功,是网络覆盖完善(4G基站无需升级)、成本优势明显(模组价格只需20~30元)、场景需求强烈(智能家居、共享经济)、政策驱动等多因素共同作用的结果。因此,要推动RedCap规模应用,产业界还需要在技术、应用、商业、生态等多方面开展探索和创新。

一是加快推进RedCap标准制定与体系构建,例如RedCap在电力、车

联网、化工、视频等行业应用的标准,以及RedCap在局域场景、广域场景与5G NR、中低频网络混合组网的标准等。同时,研究RedCap与网络切片、高精度定位、5G LAN等5G原生应用在不同场景结合的应用标准。

二是攻关相关技术,包括RedCap终端识别及接入控制、RedCap终端与非RedCap终端在网络内共存时的接入拥塞、最大工作带宽差异造成的资源碎片化、业务保障策略的变化以及如何降低网络信令开销等,优化RedCap在容量、功耗、安全、网络等方面的性能,筑牢规模应用的基础。

三是开展商业应用创新,结合RedCap独有特点,聚焦5G原生能力,通过资源整合、联合赋能,研发与4G物联网差异化的标准产品,打造商业应用标杆,淬炼5G RedCap行业应用创新方案,加快“终端+网络+平台”全环节的成熟复制。

四是扩大RedCap“朋友圈”,芯片、模组、终端、网络、应用等产业链上下游合作伙伴相互赋能,打造生态共赢体系,以技术赋能应用发展,以应用促进技术成熟,加快RedCap产业链降低成本、增产能进程,携手并进,实现5G RedCap规模商用。

2024年是5G RedCap发展的关键一年。随着国家政策的发布和落地、我国5G网络的升级和完善、产业链各方的积极探索和试点以及市场需求的逐渐明确,RedCap已经具备规模商用条件。RedCap在性能、功能与成本上的平衡优势,解决了5G在垂直行业应用的关键痛点,提供了一条新的蜂窝物联网演进路径,将在电力、安防监控、工业、智慧城市、车联网等更多行业得到广泛应用,为千行百业数字化转型提供更多的可能性,为我国数字经济发展注入新动能。📶



智能体交互 成新型人机交互范式

■ 中国移动研究院 刘阳

大模型产业的火热发展催生了新型人机交互模式，其核心是大模型驱动的智能体——AI助理。本文展现了智能体交互是继图形界面、触摸屏手势之后，大模型时代的新型交互范式。智能体交互模式和应用场景是未来大模型产业竞争的关键要素，决定了其能否真正成为用户所需要的，是关系大模型产业成败的重要因素。

智能体交互衍生出一系列模式，

并开辟了众多充满潜力的全新应用场景。智能体交互发展的核心驱动力是智能体带来了新增能力、能力复制（拟人、类人、超人）、能力迁移、智慧汇集和能力倍增，带来了促进创新、拓展能力边界、实现能力的指数级提升、减少重复劳动以及满足人类多样化需求等重要价值。智能体交互正逐渐成为现代社会发展的关键驱动力。

新型人机交互的核心是大模型驱动的智能体

新一代AI技术的快速发展，特别是大模型的应用，正在推动人机交互式的创新和变革。AI Pin、Rabbit R1、Astra、Apple Intelligence等新型AI终端和操作系统的出现，带来了“一个指令完成所有操作”的AI助理等新型人机交互形式，不再需要点击APP来达成自己所需的功能。这些将对OS-APP

等一系列生态产生重大影响,“将产生新的超级入口”“No APP时代将到来”“将颠覆手机、PC操作系统”。

2023年11月,初创公司Humane AI发布AI Pin。AI Pin是一款无屏幕的可穿戴设备,通过语音、触摸、手势和激光投射等多模态交互方式,为用户提供信息和服务。基于GPT-4大模型,Humane还打造了AI助理AI Mic,旨在提供无缝、直观且个性化的用户体验。用户可以通过AI Mic使用各类功能,而不再需要传统意义的APP。2024年1月,Rabbit R1亮相,其作为用户的AI助理,旨在将用户从繁琐的任务中解放出来,用户只需输入相应的语音指令,Rabbit R1便会理解并立刻执行。2024年5月,Google推出的多模态AI助理Astra,将AI助理的响应时间降低到人类对话水平,能实时回答用户基于周围环境的提问。2024年6月,苹果围绕AI功能发布了“苹果智能”(Apple Intelligence),该AI系统适用于iPhone、iPad和Mac等设备,通过AI能力将Siri变成一个真正跨应用的自然语言交互的AI助手。

这些智能体都在AI助理的范畴之内,是一种新型人机交互模式,虽然当下性能不尽理想,但随着大模型以及相关技术的发展,在未来其意图理解、任务规划、动作规划、评价等能力将得到提升,系统的交互自然度、直观性和操作效率也将同步提升,同时系统的能力范围得以扩展。

大模型必将催生新型人机交互范式

人机交互的历史是一个不断演进和革新的过程,从小型机时代、PC时代、互联网时代到移动互联网时代,交互范式也从早期命令行、图形界面,发展到如今的触摸屏手势等,每一步都极大地

提升了人机系统交互的效率、促进了科技水平的进步。大模型时代必然出现与之匹配的新型人机交互范式,也将推动产出大量的硬核科技成果、衍生出“杀手级”应用。新型交互范式和应用场景是未来大模型产业竞争的关键,决定了大模型能否真正被用户所需要和被广泛应用,也就是该大模型能否取得成功。

人机交互范式将不再局限于传统的输入、输出方式,而是通过更加智能和自适应的方式,实现个性化和情境化的交互,使得机器具备类人、超人的认知和行动能力,为人机、机机协作创造新的可能性。交互的达成将不再依赖于传统的界面,而是通过语音、姿势、表情、唇语甚至是思维等方式来实现,使得机器能够更好地适应人类的需求和习惯。新型交互不仅能提升用户和系统的效率、交互的自然性,还可以向用户提供情绪价值。

大模型驱动的人机交互范式创新正在引领一场技术革命,将深刻影响我们的工作方式、生活方式乃至思维方式。

智能体交互是决定大模型应用成败的关键

在近期涌现出的基于大模型的新型人机交互方式中,智能体交互无疑是最亮眼的,而AI助理是智能体的一种类型。

智能体是指具备自主性且能在特定环境中感知信息、作出决策并执行的系统。智能体能模拟人类的认知过程,以实现自主决策和行动。实体的智能体有机器人、智能家电、智能物联网设备等,虚拟的智能体有AI助理、数字人、客服机器人等。

智能体包含五大模块:感知单元(传感器)、处理单元(运算器)、存储单元(存储器)、通信单元(传输器)、行动执行单元(执行器)。智能体执行任务的流程与人类相似,一般为“目的-计

划-实施-评价”。智能体通过上述些模块与人类、其他智能体和环境进行交互。

大模型积累了海量的“陈述性知识”,并且在规模、复杂性处理、上下文理解、多任务学习、生成能力、知识整合和自我监督学习等方面,比早期的AI能力有显著提升,从而增强了推理“程序性知识”的能力,让大模型在处理复杂问题、提供智能服务方面具有显著优势。未来,智能体的感知、推理、认知、学习、创造性和生成、情感理解和表达、社交等能力将不断增强,并最终具备类人和超人的能力。如在感知环节,大模型将图像和语音信息转换为文本,使智能体能够感知并理解代码和函数;在意图确定环节,通过与用户的多轮沟通,智能体可利用提示技术明确用户的真实意图;在任务规划环节,大模型指导智能体制定任务规划策略;在决策环节,当面临选择时,大模型帮助智能体进行风险评估和路径选择;在行动执行环节,智能体根据大模型的指导执行具体动作,包括选择执行器、确定执行方式和强度等;在评价环节,任务完成后,大模型对执行过程进行评价,并提出优化建议。

智能体也有助于大模型输出质量的提升,经特征强化的“专才智能体”的输出质量要高于“通才智能体”;同时智能体对执行效果的评价和反馈,也有助于提升大模型输出的准确率。

当下,智能体交互技术之所以火热,是因为大模型智能体带来了新驱动力,即带来了能力复制(拟人、类人、超人)、能力迁移、智慧汇集和能力倍增。这也将推动智能体交互成为未来重要的交互范式。其核心驱动力是智能体。大模型时代智能体的重要特征包括:丰富的能力和功能模块;快速地模拟和试错,从而进行推理和决策;能够通过通信和记

忆实现智能体之间的信息共享; 能变换成不同特征的角色, 突出和强化某些特征, 模拟更多可能 (更多智能体之间的协作), 突破能力边界; 经过协作和组合创新出更多的功能; 通过与用户或其他智能体的交互, 快速地理解需求, 评估结果并进行优化, 提升输出质量。

这些特质使得智能体交互具备以下四方面价值: 一是提升系统效率; 二是增强用户体验, 提供类人的情感价值, 增加陪伴, 减少孤独感; 三是实现更高级别的自主化和智能化, 减轻人类的思维和体力负担, 服务人类“取巧”的天性; 四是创造全新的体验, 扩展人类能力, 甚至实现“超能力替身”, 完成以往不可能完成的任务。

基于这些特征和价值, 智能体交互将成为大模型时代人机交互的新范式, 而智能体交互的实际应用效果将成为大模型时代产业竞争成败的关键。

智能体的新型交互方式和应用场景

智能体交互技术的不断发展, 推动了一系列创新交互模式 (如表1所示) 的诞生。例如智能体与人的相互关系形成了陪伴型、融入型、替身型、交互型等人与智能体、智能体与智能体。这些新兴的交互方式将催生众多应用场景, 为人类社会带来广泛而深远的影响。

总结

智能体交互是继图形界面、触摸屏手势之后, 在大模型时代出现的新型交互范式, 它具备多种极具发展前景的交互模式和应用场景。

新型智能体交互带来的核心价值是促进创新、拓展能力边界、实现能力的指数级叠加、减少重复劳动以及满足人类多样化需求。它正逐渐成为现代社会发展的关键驱动力, 是关系大模型时代竞争成败的重要因素。

智能体交互在现代化社会中具有重要作用, 不仅改善了个人与组织的运作方式, 还推动了技术和社会进步。随着技术的发展, 智能体交互的价值将进一步扩展, 为人类带来更多的便利和可能性。

表1 智能体交互模式

分类	主要交互模式及其主要场景		应用举例	
单个智能体与人的交互	智能助理模式	通用智能助理	AI助理	
		具备陪伴属性的智能助理	健康助理、智能宠物	
		面向特定人群的智能助理	适老化智能助理、少年儿童陪伴助理	
	人与智能体协作模式	具备具身智能的机器人	养老机器人、生产机器人	
		辅助决策协作系统	智能诊断、市场战略辅助决策	
		辅助执行协作系统	手术机器人、救援机器人、软件协作开发	
		创意创新协作系统	产品创新、专利撰写	
多个智能体与人的交互	人与多个智能助理	人机一体协作系统	智能“外骨骼”、新型智能座舱	
		日常生活、工作、娱乐的多智能助理	智能家居系统、智能办公室、智能娱乐系统	
	人与多个智能体协作	复杂决策支持	市场/战略决策助理	
		共同协作模式	团队编程、协同创作、在线教育、智能生产	
		监督评价模式	医疗手术协作、智能客服中心、金融风控、市场战略辅助决策	
	人-智能体-人/智能体交互	数字化身	虚拟化身	数字主播、亲情陪伴数字人、数字偶像、电子专家
			物理实体化身	替身机器人、替身无人机
中介交互		实时中介交互	国际合作辅助、医疗咨询辅助	
		非实时中介交互	文档协同编写、内容创作辅助、邮件自动处理	
人-智能体-智能体-人交互	数字化身-数字化身交互	虚拟化身-虚拟化身交互	虚拟数字人社交、在线游戏	
		物理实体化身-物理实体化身交互	替身机器人、替身无人机之间的交互	
		物理实体化身-虚拟化身交互	远程手术、智能工厂、灾难响应、交通管理	
	多智能体系统中中介交互	多智能体实时中介交互	实时价格谈判、国际沟通	
		多智能体非实时中介交互	文档协同编写、内容创作辅助、智能制造规划	

“IPv6+”专网创新 为新型工业化提供高质量服务

■ 中国信息通信研究院 田辉 唐浩 张建东

IPv6是下一代互联网核心技术,我国一直非常重视IPv6技术及产业的发展,自1999年启动IPv6国家战略以来,跨过技术准备期、产业突破期、规模应用期、创新发展期四个阶段,目前我国IPv6用户数已达到7.87亿,移动网络IPv6流量占比超过57%,IPv6地址拥有量排全球第二。同时,在推进IPv6规模部署和应用专家委员会支持下成立的“IPv6+”技术创新工作组,大力推进“IPv6+”技术与应用创新,成绩斐然,我国国际标准贡献率显著提升,实现多项“IPv6+”技术创新并率先落地,引领下一代互联网产业发展。

随着各行业数字化转型不断加速,“5G+工业互联网”、物联网、云计算、算网融合等业务场景快速兴起;同时随着IPv4地址资源枯竭,IPv6成为网络主流协议。因此,采用“IPv6+”创新技术建设行业/企业专网成为热点,是数字化转型较为深入的行业/企业在网络建设时重点考虑的模式。如今,能够提供快速敏捷业务上云、差异化质量保障、高可靠性、智能化、安全可靠等性能的“IPv6+”专网成为行业发展趋势,助力推进新型工业化发展。

“IPv6+”专网的定义

“IPv6+”专网是集成“IPv6+”新技术,为行业/企业新业务承载建设的专用通信网络。“IPv6+”专网基于行业/企业的业务特点,选取适当的“IPv6+”创新技术进行网络设计,有针对性地提供差异化网络服务,提升行业/企业数字化水平。对比传统专网,“IPv6+”专网实现两个升级。一是由万物互联向万物智联升级,IPv6海量地址构建了万物互联的网络基础,“IPv6+”技术全面升级IPv6技术体系,推动IPv6走向万物智联,满足行业的多元化应用需求,释放产业效能。二是由传统互联网向产业专网升级,业务上云、云间互联使得以“IPv6+”技术建设专网的优势更加凸显。面向5G和云时代千行百业的数字化转型需求,

“IPv6+”技术将全面升级各行业网络基础设施的服务能力,使能千行百业的数字化、智能化转型。

“IPv6+”专网技术体系

“IPv6+”专网采用“IPv6+”的各种创新技术(包括SRv6、网络切片、随流检测、“零信任”接入等)进行组网设计,并借助“IPv6+”在网络编程、切片隔离、弹性敏捷、智能运维、安全可靠等方面的技术优势,满足各行业对网络提出的不同诉求,形成了新一代“IPv6+”专网技术体系(如图1所示)。

“IPv6+”专网按照高度智能、云网融合、安全可靠、协议领先、架构领先的整体理念构建解决方案,该方案由基础承载、业务接入、智能管控等模块组成。其中,基础承载采用网络切片技术将一张物理网络划分成N张逻辑网络,实现资源隔离,满足不同业务的差异化SLA(服务等级协议)保障要求。基于IPv6广泛的地址空间和网络可编程能力,“IPv6+”专网从基础协议、业务保障、应用创新和智能管控四个层面展开创新,形成了“IPv6+”专网技术体系架构。

第一层是基础协议,基于IPv6地址,简化转发和控制协议,不再部署传统的MPLS LDP和RSVP等标签协议,而是采用SRv6作为基础协议,提供基于原生IPv6的连接能力,满足多样化的业务需求。

第二层是业务保障,利用IPv6/SRv6丰富和完善的路径保护功能,以及OAM(操作维护管理)方面的网络连通性检测能力,实现网络100%覆盖的毫秒级收敛,为“IPv6+”专网提供高可靠的业务保障能力。

第三层是应用创新,通过网络对应用的感知,实现业务需求与网络能力的精确匹配;通过IP网络切片满足应用的差异化服务和确定性保障需求;通过随流检测实现应用网络质量的实时监控、E2E(端到端)SLA可视,自动完成故障定界定位;利

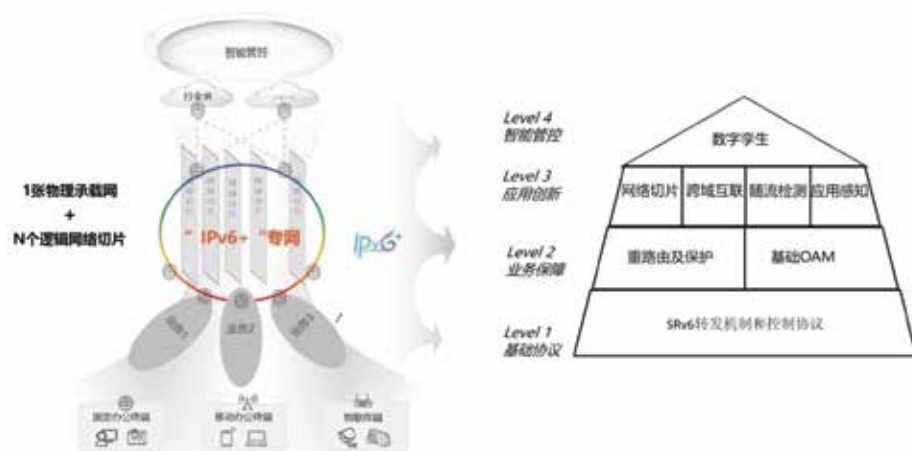


图1 “IPv6+”专网技术体系

用IPv6的可达性和路由聚合能力,实现高效快速的跨域互联。

第四层是智能管控,通过对网络进行数据采集和AI算法智能处理,建立网络数字孪生,实现网络状态感知、风险提前预知、故障自动分析、问题自动闭环等能力,达成网络智能运维、网络质量自动管理闭环的目的。

协议极简: 适合业务入云的分段路由SRv6

SRv6是新一代IP网络的核心协议,具备路径可编程能力,可满足灵活的网络和业务功能需求,结合SDN(软件定义网络)技术使能网络的可编程能力,为算网时代的网络基础服务、增值服务提供技术基础。SRv6可以在IPv6网络无缝集成,实现“插入式”部署,企业只需在关键节点使能SRv6,就可以具备网络可编程、跨域部署、流量工程、快速倒换等能力。

“IPv6+”专网采用SDN与SRv6结合部署,可实现多云/多算力之间的灵活连接调度、企业业务跨网跨域“一跳入云”、路径可编程。综合来看,SRv6具有四大优势。

一是简化控制协议。SRv6只采用IGP(内部网关协议),简化并统一传统的复杂网络协议,降低协议运行维护的复杂度。SRv6结合了Segment Routing(分段路由)的源路由优势和IPv6的简洁易扩展特质,并且具有多重编程空间,符合SDN思想,是实现意图驱动网络的“利器”。

二是良好扩展性。现有网络TE(流量工程)一般采用RSVP-TE(资源预留协议),这是一种软状态协议,网络中的每个节点都要感知所有路径的状态,导致协议开销过大,进而限制了TE隧道的数量,难以部署和维护。SRv6 TE路径编程则是在头节点进行,海量路径依赖于有限链路和节点的Segment组合,网络中间节点无需感知路径状态,具有很强的扩展性。

三是可编程性好。如果把SRv6网络想象成一台分布式“计

算机”,那Segment就是指令,通过对Segment进行编排可实现类似于计算机指令的功能。SRv6的部署可以让IP网络具备路径可编程能力,灵活建立满足不同需求的转发路径,进一步释放网络的商业价值。

四是更可靠的保护。SRv6能够提供全网覆盖的FRR(快速重路由)保护,解决了IP网络长期面临的技术难题,能够在满足网络扩展性的前提下,实现完全的FRR可靠性保护。SRv6通过完善FRR、保护切换能力以及(操作维护管理)OAM方面的网络连通性检测能力,实现了网络100%覆盖的毫秒级收敛。

业务隔离: 实现一网多用的网络切片技术

为了在一张物理网络中同时满足不同业务的差异化需求,网络切片的理念应运而生。网络切片可以将一张物理网络划分为多张逻辑网络,逻辑网络之间资源和业务均相互隔离;不同的逻辑网络可以为不同业务提供定制化的网络拓扑和连接,保证差异化的服务质量。实现不同网络切片之间的隔离是网络切片技术的一项关键需求,按照隔离程度的不同,“IPv6+”专网切片可以提供三个层次的隔离,即业务隔离、资源隔离和运维隔离。

业务隔离: 某一网络切片中的业务流量不会被同一网络其他网络切片的业务节点接收到,即不同网络切片的业务互不可见。该层次需求可以通过VPN(虚拟专网)技术满足。

资源隔离: 网络切片提供按需定制的逻辑网络拓扑连接,并将切片的逻辑网络拓扑与为切片分配的网络资源整合在一起,满足特定业务的需求。不同网络切片使用独立分配的网络资源,从而避免不同网络切片间业务流的干扰,即不同网络切片的业务互不影响。该层次需求可通过FlexE(灵活以太网)等资源切分技术满足。

运维隔离: 统一管控系统进行端到端基础网络资源的划分,提供端到端网络切片的生命周期管理功能,包括网络切片的规划、创建、业务部署、监控、保障等。部分网络切片租户要求基础网络开放一定的网络切片管理和维护功能,此时租户只能管理自身的网络切片,其操作不影响其他网络切片的正常运行。

“IPv6+”专网引入IPv6切片标识技术。转发面通过

FlexE接口技术实现切片间资源的刚性隔离，数据面采用IPv6扩展头Slice ID（切片ID）作为网络切片标识。网络切片标识对应设备上为网络切片预留的带宽等转发资源，即在转发通道上配置Slice ID。在数据报文中携带网络切片标识，指示使用切片专属资源进行报文转发，可实现端到端的切片资源隔离保证。网络切片的入口节点在报文的IPv6扩展头中封装切片标识Slice ID，其他网络设备在转发报文时通过目的地址查找路由获取转发出口，然后再根据扩展头中的Slice ID找到切片在出接口的转发通道，最终实现业务流量在指定网络切片上的转发。网络切片控制面采用SRv6 Policy与Slice ID关联，业务迭代到SRv6 Policy后，通过SRv6 Policy的Slice ID进入相应的切片网络。

随流检测：支持真实业务的随流体验测量

随流检测技术是一种对实际业务流进行特征标记，对特征字段进行丢包、时延测量的技术，支持高精度的流质量可视和实时的网络故障告警（如抖动、时延、丢包、误码和负载均衡等），支持端到端及逐跳网络性能可视化，从而提升性能劣化类故障的定界定位效率。随流检测可对网络性能进行长期、实时监控，将网络运维由被动处理故障投诉，变为主动监控预防，降低故障率，提升用户体验。

实时流控：随流检测控制系统通过配置转发节点，收集和分析质量测量数据，实现对网络流转发质量信息的实时监测；随流检测应用与管理系统基于测量结果，动态调整监控到的流质量测量数据指标及参数，实现基于网络实时运行状态的质量测量信息调整与优化，推动网络精细化运营。

精准检测：在随流检测技术实现过程中，基于染色机制，在实际业务报文中携带的检测头信息可以封装在SRv6 SRH头或IPv6 DOH头中，随流节点根据检测头进行性能测量。随流检测支持丢包及时延染色，可测量获得包数、字节数、时戳三个原始数据，经过集中控制系统汇总计算，可获得如下性能指标。一是包数/字节数，每检测周期的收发包数，或一段时间若干周期的总收发包数/字节数。二是丢包率，每检测周期的丢包率，或一段时间若干周期的平均丢包率。三是单向/双向时延，每检测周期检测其中一个报文的时延。四是时延抖动，一段时间若干周期的时延抖动。五是实时流量，基于一段时间内测量数据，计算出的平均流量或最大实时流量。

应用场景：随流检测技术与SRv6结合能实现灵活的数据封装，完成逐跳网络和端到端数据的收集。未来，随流检测技术将与AI能力结合，提供智能选流技术，实现业务应用级的监测数据策略选择，满足各种检测需求。

应用感知：打破应用与网络边界的APN6技术

APN6（应用感知型IPv6网络）技术采用IPv6报文自带的可编程空间，将应用信息携带进网络，使网络能够感知应用及其需求。网络感知应用具备应用和网络无缝融合、扩展性强、兼容性好、依赖性弱等技术优势。“IPv6+”专网可采用应用感知与网络切片、随流检测等相结合的策略，提供面向应用的精细化运营，实现应用流量精细化可视、资源统一调度和智能网络运维等功能。

服务模式转变：随着数字化时代的到来，各种具有差异化需求特征的应用层出不穷，网络需要感知到其所承载的关键应用、关键用户的实际业务，从而提供差异化保障，而不是单纯依靠传统无差异化的服务提供模式。

服务等级提升：在新发展阶段，基于应用感知的“IPv6+”专网应运而生，利用IPv6数据扩展报文头携带相关应用感知信息，使得网络设备根据感知的应用信息为其提供相应的新型网络服务。

弹性扩展：适合大规模组网的跨域互联技术

网络跨域是实际部署的关键场景，SRv6跨域分为背靠背和端到端两种方案。背靠背跨域是两个AS的ASBR（自治系统边界路由器）直接相连，互为CE（客户边缘设备），采用纯IP转发，通过VLAN（虚拟局域网）实现业务隔离，每个AS域各自部署网络控制器计算域内的SRv6路径，由编排器协同ASBR间的接口和VLAN配置，这种跨域方式部署相对复杂。端到端跨域的ASBR之间不需要发放业务，通过EPE（出口对等体工程）方式直连打通SRv6路径。

跨域部署需要网络控制器的配合，根据网络控制器部署方式不同，分为统一控制器和分级控制器两种。

统一控制器负责多AS域的统一算路控制。统一控制器与各AS域内的路由器建立BGP-LS（BGP链路状态）连接，收集各AS域内拓扑以及节点、链路的SRv6-SID，收集各AS域间的跨域EPE链路及其SRv6-SID，构建涵盖所有AS域的完整网络拓扑，并基于网络拓扑进行跨多个AS域的端到端路径计算。

分级控制器负责拉通AS域间和各AS域内的路径优选和部署。域内控制器负责AS域内路径计算及AS域内设备的路径下发控制，并根据不同SLA要求发布BSID，提供差异化服务能力。跨域控制器负责收集各AS域发布的BSID和域间EPE链路的SID，用以构建域间互联SRv6路径，对各AS域BSID和域间EPE SID进行编排，并通过源节点所在AS域内控制器下发SRv6 Policy。

高可靠性: 大幅提升网络可靠性的重路由及保护技术

在分布式算路转发网络中, 利用SRv6的路径编程能力和SRv6指令可路由的能力, 可以很容易地构建端到端的本地保护方案, 实现端到端故障点的50ms收敛能力。另外, 对于微环现象, SRv6可以针对各种不同场景提供防环算法, 消除网络中暂态的微环, 进一步提升网络可靠性。

路径保护: SRv6通过主备热备份HSB保护与本地TI-LFA(与拓扑无关的无环路备份)保护相结合的方法实现路径切换, SRv6 Policy端到端路径保护使用HSB方式, 结合双向共路BFD(双向转发检测)完成故障检测。当主路径发生故障时, 隧道头节点快速将流量切换至备份路径, 可以达到隧道所需的SLA要求, 实现毫秒级快速业务切换。同时, SRv6也提供TI-LFA FRR的本地保护, 基于IGP快速重路由保护机制, 预先建立一条备份路径。当故障发生时, 邻近故障点上游节点将快速切换到备份路径, 支持任意网络拓扑。

FRR: 把承载VPN业务重路由与路径保护相结合, 指定路径转发和尽力转发相结合, 实现出口PE(服务提供商边缘设备)的快速切换。基于SRv6的VPN FRR利用基于VPN的私网路由快速切换技术, 通过预先在远端PE中设置指向主用出口PE和备用出口PE的主备用转发项, 并结合SRv6端到端路径对PE连通性进行检测, 对主备出口PE节点进行快速保护切换, 解决CE双归接入PE的VPN网络中, 出口PE节点故障导致的端到端业务收敛时间长的问题, 同样可达成VPN业务的毫秒级切换。主用出口PE故障发生时, 利用VPN FRR入口PE可将流量快速引导至备用出口PE, 切换后同样可保障隧道所需SLA要求。

智能运维: 迈向网络智能化的数字孪生技术

网络数字孪生可采用导航地图式人机交互, 重构网络运维体验。

其一, 可视(解放眼): 网络状态融合感知、全息可视。通过统一的可视化地图, 实时呈现IP网络各个层次数据, 帮助用户便捷地掌握网络状态, 实现“物理层—网络层—一片片—路由层—业务层—应用层”多层可视。

其二, 洞察(解放脑): 网络风险提前预知、网络故障自动分析。对网络各层次数据进行深入分析, 给出网络处置建议, 如BGP路由安全分析、网络故障根因分析等。

其三, 优化(解放手): 网络问题自动闭环、全流程自动化。对网络状态变化进行感知并闭环优化。如针对网络流量拥塞进行路径调整、VPN业务质差进行SLA保障, 以及响应用户专线提速诉求进行路由加速等。

网络数字孪生可充分释放“IPv6+”专网的网络能力, 解决IP网络原生特征带来的三大业界难题。

一是错误不入网: IP网络配置复杂, 事前难以预知配置下发后对网络的影响, 重大IP网络故障70%是由于人为引入配置错误造成的。网络数字孪生通过高精度数字镜像网络, 实现配置变更精准评估、实时配置仿真算法、精准生成设备转发路由, 提前预知配置对网络的影响, 也可对仿真镜像网络进行行为验证, 提前发现网络转发异常, 事前发现错误配置。

二是静默不沉默: 网络设备转发机制复杂, 故障原因多, 90%丢包静默无告警, 故障定位时间长, 且没有有效的检测手段, 故障修复时间达到8小时。网络数字地图通过SRv6、随流检测技术, 实现全网路径编排和报文级精准感知控制, 从而快速定位故障点, 解决了IP网络丢包静默的难题。

三是网络不拥塞: 传统网络依赖人工分析流量拥塞, 进行被动扩容, 带宽时延均无保障。而网络数字孪生可实时感知链路拥塞, 自动完成拥塞疏导, 实现网络精准扩容, 保障业务的带宽和时延需求。

“IPv6+” 专网网络能力增强

“IPv6+”专网采用SRv6、网络切片、随流检测等关键技术, 在智慧政务、金融证券、远程医疗、在线教育、智能制造等业务场景中, 可显著提升用户体验。面对新时期以云计算、算网融合为代表的新型工业化需求, “IPv6+”专网也可在多方面提升网络能力。

弹性广覆盖: 跨域组网变简单, 云网弹性可拓展。

“IPv6+”专网通过SRv6实现协议归一, 极大提升了超大规模组网、泛在终端连接以及极简业务配置能力。从传统跨域业务需要逐段、逐跳配置, 演变为只需要在两端进行业务配置, 从“多跳开通”演进到“一跳开通”, 助力云计算和算网融合业务实现网络弹性扩展。

业务隔离: 网络可以切片, 业务互不干扰。“IPv6+”专网采用网络切片, 可以为关键业务提供资源刚性隔离。面向智能制造、远程手术等时间敏感类业务, “IPv6+”专网可以提供业务级切片能力, 为指定业务提供端到端的带宽、时延、抖动、丢包等多维度的确定性保障。

高安全: 服务可以编排, 安全策略灵活。传统网络安全依赖于安全设备, 通过策略路由配置复杂的重定向策略, 进而将业务流转发至不同的安全设备, 扩展性差。同时, 安全设备逐步向云化演进, 云化安全设备具备动态扩容、缩容的能力, 静态的策略配置已经无法满足业务诉求。而“IPv6+”专网利用

SRv6业务链结合安全云服务能力,可以快速定制各业务的安全策略,通过管控平台动态调整云内安全服务的策略执行。

低时延: 路径可选择, 最优时延保障。传统IP网络不具备时延算路、切片以及随流检测等技术, 报文转发依赖路由, 无法对时延敏感类业务进行路径调度。“IPv6+”专网将SRv6时延算路能力与IP网络切片、随流检测技术结合在一起, 针对有低时延需求的业务, 通过SRv6 Policy低时延路径转发报文。面向远程医疗、证券交易等时延敏感类业务, “IPv6+”专网智能管控系统可实时搜集网络路径时延和带宽情况, 动态进行路径选择, 确保业务低时延转发。当网络路径时延劣化或带宽无法满足要求时, “IPv6+”专网也可以快速进行路径切换。

网络服务化: 业务路径可编程, 网络能力服务化。传统网络基于路由转发, 逐跳基于QoS进行业务SLA保障, 无法实现端到端SLA业务保障, 也无法针对不同业务进行动态调整。

“IPv6+”专网采用数字孪生技术构建智能管控平台, 并结合SRv6网络可编程, 大大提升了网络自动化能力。管控平台根据业务SLA需求进行网络编排、路径优化, 实现网络功能对业务的开放服务化以及SLA可视化、自动化、精细化业务调度, 并结合智能管控实现分钟级的快速业务发放和故障运维。

应用感知: 网络感知业务, 提供差异化服务。传统网络只能基于“IP五元组”标记特定的应用, 例如用户访问腾讯APP观看视频, 需要提前获取腾讯资源服务器的IP地址段, 而这种识别应用的方式很难在网络中部署。面向政务会议、视频重保等业务, “IPv6+”专网通过提供与端侧配合的APN6技术, 为关键业务提供识别、感知和保障能力。

“IPv6+”专网应用实践

随着各行业数字化转型不断加速, “IPv6+”专网将如雨后春笋般涌现, 进入快速发展期。当前“IPv6+”专网有两种主流建设模式。

政府或企业自建模式

政府或企业自行建设“IPv6+”专网, 适合初期预算充足, 有一定“规建维”能力的企业, 比如政务、金融、电力等领域都选用了“IPv6+”专网技术架构建设自身基础承载网, 并针对自身特点选取适合的技术方案, 针对痛点开展创新。

网络运营商主导模式

网络运营商代建代维“IPv6+”专网, 适合对建网周期有要求、初期预算有限、“规建维”能力较弱的企业。比如冬奥专

表1 两种网络建设模式对比

类别	运营商代建代维“IPv6+”专网	行业自建“IPv6+”专网
建设难度	“规建维优”能力强, 资源丰富, 建网周期短	企业自建机房和设备, 建网周期长
网络能力	可提供“企业/园区大网+安全+云”等DICT综合服务能力	“网+云+园区+安全”整体方案对行业要求高
成本	容易获取资源, 成本低	初期建网成本高
本地化	基于边缘数据中心提供本地服务	行业内优选
集约化	可实现一网多云/多算	行业专网多用

网、浦东教育专网、“5G+工业互联网”专网等, 均采用运营商承建或以租代建的模式, 建设行业/企业专网。运营商根据实际情况, 选择单独建设一张行业/企业专网, 或者将基础网络切片出一张逻辑网络。两种网络建设模式对比如表1所示。

未来展望

随着新型工业化的快速推进, 未来“IPv6+”专网必将在各行业得到广泛应用, 特别是在5G、物联网、工业互联网等领域, “IPv6+”专网将为各行业提供更高效、更安全、更可靠的网络支撑, 推动行业数字化转型和智能化升级。随着“IPv6+”专网技术的不断成熟和普及, 未来行业专网规模将不断扩大, 成为推动产业发展的重要引擎。部分企业/行业由于自身技术能力储备不足、预算有限等问题, 需要具备雄厚网络基础和成熟运维经验的运营商提供专网服务。运营商一直积极推进“IPv6+”技术的研究和应用, 在“云、网、数、智、安”等方面具有独特优势, 能够为行业用户提供电信级的建网标准和服务保障, 促进“IPv6+”专网在各行业的广泛应用, 推动“IPv6+”专网规模化发展。

为促进“IPv6+”专网发展, 加快推动我国数字化建设, 笔者建议在政策层面, 加大对“IPv6+”专网建设的支持力度, 推动相关标准的制定和推广, 鼓励企业加快“IPv6+”专网的部署和应用。在标准方面, 行业组织进一步加强IPv6相关标准的研究和制定, 推动标准的国际化和统一化。同时, 企业要加强人才培养, 提升技术研发能力, 积极参与“IPv6+”专网建设。在实际建设中, 企业可以与运营商合作, 共建“IPv6+”行业专网, 为智慧政务、远程医疗、在线教育、智慧城市等领域提供新一代数字基础设施, 加速行业数字化转型。此外, “IPv6+”专网建设应鼓励使用先进的国产设备, 带动国产设备的规模部署, 进而推动国产设备的技术创新, 助力我国IPv6产业实现全球领先。

5G异网漫游关键技术和现网的升级改造

■ 中国移动通信集团设计院有限公司 宿金峰

5G异网漫游是指当用户所属运营商在某一地区没有5G网络覆盖时，用户能够切换到其他运营商的5G网络，继续享受5G服务。5G异网漫游技术对于扩大网络覆盖、减少信号盲区、提升用户体验等具有重要意义。

具体而言，5G异网漫游的实现需要运营商之间的合作和协调。在工业和信息化部统筹指导下，中国电信、中国移动、中国联通、中国广电等运营商不断推进网络的共建共享，共同推动5G异网漫游技术的发展和應用。通过这一技术，用户可以在不换卡、不换号的情况下，直接使用其他运营商的5G网络，无需支付额外费用。

5G异网漫游技术的推广对于提升偏远地区、农村地区的网络覆盖水平尤为重要。这些地区由于基站建设密度较低，网络覆盖往往不够完善，导致用户体验不佳。通过5G异网漫游技术，这些地区的用户可以更加便捷地接入高速网络，享受更好的网络服务。5G异网漫游的商用推广将加速数字经济的发展，提供更加高效、便捷的网络服务支持，促进经济转型升级。

5G异网漫游的网络架构解析

5G异网漫游的关键技术涉及网络架构和网元建设、身份验证和鉴权、数据路由和转发、服务质量和性能管理、网络选择和切换策略、SEPP（安全边缘保护代理）技术、网络切片等方面。

网络架构和网元建设

在5G异网漫游组网架构中，如何实现不同运营商之间的

网络互联互通，以及在保证用户数据安全和隐私的前提下，提供无缝的网络切换和连接服务，是运营商重点关注的内容。

5G异网漫游组网架构主要基于SA方式，实现归属网络方用户在漫游区域内通过接入访问方5G网络的方式使用5G服务，运营商双方的5G接入网、核心网独立建设和管理，用户独立管理。

中国移动核心网异网漫游商用组网目标架构如图1所示，新建网元包括BG、SEPP（安全边缘保护代理）、I-NRF、SMF、UPF、CHF和AMF。

BG设备的主要功能包括不同网络之间数据包转发、网络地址转换（NAT）、防火墙、路由选择、虚拟专用网络（VPN）支持以及负载均衡等。

SEPP负责PLMN间控制面信令安全传输。SEPP是

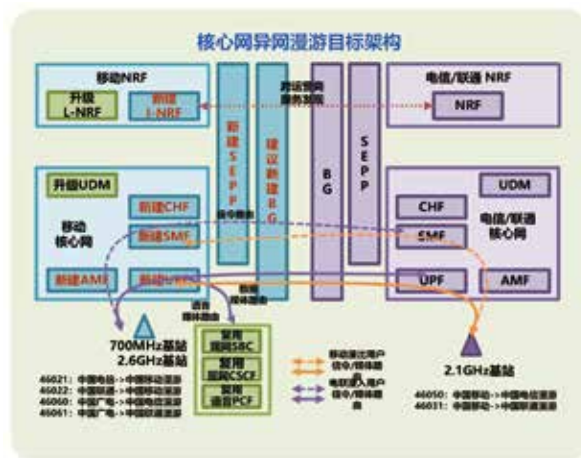


图1 中国移动核心网异网漫游商用组网目标架构

5G漫游安全架构的重要组成部分,用于用户漫游时与其他运营商的信息互通,负责运营商之间控制平面接口上的消息过滤和策略管理,主要作为运营商核心网控制面之间的边界网关。SEPP之间通过N32接口建立连接并实施保护策略,对跨网络信令中的每个控制面消息进行处理。N32接口根据用途可分为N32-c和N32-f两个子接口,其中N32-c用于提供两个SEPP之间的初始握手过程,包括能力协商、参数交换等;N32-f用于两个SEPP之间发送经过安全保护的SBI消息。

I-NRF用于独立组网下漫游跨PLMN的服务发现。NRF是5G核心网中的一个重要组成部分,它通过提供自动化管理、服务发现、状态检测和认证授权等功能,极大地降低了网络管理复杂度,并优化了网络功能服务之间的交互方式。在5G核心网中,网络功能服务通过NRF寻找合适的对端服务,而不是依赖于本地配置或固定的通信链路。NRF会根据当前信息向请求者返回相应的网络功能服务列表,供请求者选择,这种方式类似于DNS机制。

SMF和UPF分别是控制面和用户面归属地接入网关。

CHF的功能主要是计费,CHF支持在线计费、离线计费和融合计费三种场景。

AMF是5G网络中一个关键的控制面网络功能单元,主要负责接入和移动性管理、NAS信令处理、会话管理以及其他网络功能单元的交互。

身份验证和鉴权

在异网漫游过程中,用户的身份验证和鉴权是确保网络安全和用户隐私的关键。运营商需要建立统一的身份验证和鉴权机制,对用户进行身份验证和权限判断,以确保只有合法用户才能接入其他运营商的网络。这通常需要使用公钥基础设施(PKI)或其他加密技术来验证用户的身份和凭证。

数据路由和转发

当用户从所属运营商的网络切换到其他运营商的网络时,需要确保用户的数据能够正确路由和转发。这涉及数据包的封装、解封装、路由选择等方面的技术。运营商需要建立高效的数据路由和转发机制,以确保用户数据的顺畅传输。

服务质量和性能管理

在异网漫游过程中,需要确保用户能够享受到与所属运营商网络相同的服务质量和性能。这包括网络速度、延迟、丢包率等方面的管理和优化。运营商需要建立有效的服务质量监控和保障机制,以确保用户在使用异网漫游服务时能够获得良好的体验。

网络选择和切换策略

当用户所在位置有多个运营商网络可供选择时,需要制定合适的网络选择和切换策略。这需要根据用户的位置、网络质量、业务需求等因素进行综合考虑,选择最优的网络进行接入。运营商需要建立智能的网络选择和切换机制,以确保用户能够平滑地切换到最佳网络。

SEPP技术

在无国际先例和可用标准的前提下,我国四大运营商创新性地采用了基于SEPP的5G SA异网漫游技术。这种技术通过在运营商网络之间建立安全通道,确保用户数据在传输过程中的安全性和隐私性。

网络切片

网络切片是5G网络的一项关键技术,它允许运营商将物理网络划分为多个逻辑网络,每个逻辑网络都可以根据业务需求进行定制和优化。在异网漫游中,网络切片可以确保用户在使用不同运营商网络时,能够获得与所属运营商网络相同的业务体验。

总的来说,5G异网漫游的实现需要运营商之间的密切合作和技术创新。通过优化网络架构、设计高效的协议、建立统一的身份验证和鉴权机制、实现智能的数据路由和转发、制定合适的网络选择和切换策略等措施,确保用户在异网漫游过程中获得良好的体验。

如何对现网进行升级改造

为了支持异网漫游,运营商需要新建网元,并对其网络基础设施进行改造。这是因为不同运营商的网络架构、技术标准等存在差异,需要通过改造和新建网元来实现网络间的互联互通。这不仅有助于提升网络覆盖率和服务质量,还有助于推动行业内的竞争与合作,促进整个通信行业的健康发展。改造和新建网元的具体步骤和流程如下。

首先,运营商需要对其网络覆盖情况和用户需求进行深入分析,确定需要进行改造和新建网元的区域范围;其次,根据需求分析的结果,运营商需要制定详细的改造和新建网元的规划设计,包括网元类型、数量、位置等;再次,根据规划设计,运营商需要采购相应的网络设备,包括基站、路由器等;从次,在设备采购完成后,运营商需要按照规划设计进行设备的安装和部署,包括设备的安装位置、连接方式等;最后,在设备安装部署完成后,运营商需要进行设备的调试和测试,确保设备能够正常工作并满足异网漫游的需求。另外,根据测试结果和用户反馈,运营商需要对网络进行优化和调整,以提高网络覆盖率和服务质量。

5G异网漫游现网改造主要涉及无线网和核心网：一方面，无线基站需要进行现网基站软件版本升级；另一方面，异网漫游试商用大区或省份的AMF、SMF、UPF和UDM必须升级，NRF、NSSF、CG和PCF等其他网元也应升级。

我国四大运营商与产业链上下游通力合作，制定5G异网漫游技术方案。其中包括部署独立的5G移动核心网，以及实现跨运营商网络的无缝切换和互通。5G异网漫游核心网的目标架构改造主要涉及以下几个方面。

一是网络互操作性的增强。为了支持异网漫游，核心网架构需要支持不同运营商之间的网络互操作性，包括网络接口的标准化、协议的兼容性以及数据格式的统一等。

二是身份验证和鉴权机制的优化。在异网漫游中，用户的身份验证和鉴权是确保网络安全和用户隐私的关键。核心网架构需要改造以支持统一的身份验证和鉴权机制，这可能引入新的安全协议和技术，如公钥基础设施或其他加密技术。

三是数据路由和转发机制的改进。为了实现异网漫游，核心网需要支持用户数据在不同运营商网络之间的路由和转发，因此要对现有的数据路由和转发机制进行改造，以确保数据的顺畅传输和高效处理。

四是服务质量和性能管理的提升。在异网漫游中，用户期望获得与所属运营商网络相同的服务质量和性能。因此，核心网架构的改造需要注重提升服务质量和性能管理能力，包括网络速度、延迟、丢包率等方面的优化。

五是网络选择和切换策略的完善。为了实现平滑的异网漫游，核心网需要支持智能的网络选择和切换策略。这需要对现有的网络选择和切换策略进行改造，需考虑更多因素，如用户位置、网络质量、业务需求等，从而选择最优的网络进行接入。

六是安全性的加强。在异网漫游中，用户数据的安全性尤为重要。核心网架构的改造需要加强安全性，包括数据加密、用户隐私保护、网络安全防护等方面。

运营商如何顺利升级改造适应异网漫游

面对5G异网漫游现网改造，运营商需要采取一系列措施，以确保网络的顺利升级和服务的持续提供。

一是提前规划与准备。运营商应提前进行详细的规划和准备，包括技术评估、网络设计、资源调配等。

二是技术升级与改造。运营商需要对现有的网络设备和基础设施进行升级改造，以支持5G异网漫游功能，包括更新基站、核心网设备、传输网络等。同时，运营商还需要确保这

些设备之间的兼容性和互操作性。

三是加强网络安全和隐私保护。在5G异网漫游现网改造过程中，运营商需要特别关注网络安全和隐私保护问题，要采取一系列措施确保用户数据的安全和隐私不被泄露，如加强网络防护、加密传输等。

四是优化服务质量和用户体验。运营商需要确保在5G异网漫游现网改造过程中，服务质量和用户体验不受影响，要对网络性能进行实时监控和调优，以确保用户能够获得稳定、快速的网络服务。

五是加强合作与协调。在5G异网漫游现网改造过程中，运营商需要加强与其他运营商的合作与协调，共同制定技术标准和业务规范，确保不同运营商之间的网络能够实现无缝切换和协同管理。同时，运营商还需要在资源共享、频谱分配等方面进行合作，以提高网络资源利用效率。

六是探索新的商业模式和服务。随着5G异网漫游技术的推广和应用，运营商可以探索新的商业模式和服务。例如，可以提供跨运营商的套餐和服务，以满足用户在不同地域和不同网络之间的使用需求。同时，运营商还可以基于5G异网漫游技术开展新的应用和服务，如智能家居、远程医疗等。

七是培训和人才培养。运营商需要加强对员工的培训和专业人才培养，以提高他们对5G异网漫游技术的理解程度和应用能力。通过培训和人才培养，运营商可以确保员工能够熟练掌握新技术和新业务，为用户提供更好的服务。

面对5G异网漫游现网改造，运营商需要从多个方面入手，确保网络的顺利升级和服务的持续提供。同时，运营商之间还需要加强合作与协调，共同推动5G异网漫游技术的发展和应用。

5G异网漫游对运营商长远运营的影响

5G异网漫游现网改造对运营商具有深远的影响，主要体现在以下几个方面。

一是提升网络覆盖和服务质量。通过异网漫游，运营商可以在没有自身5G网络覆盖的地区利用其他运营商的网络提供服务，从而显著提升其网络覆盖能力和服务质量。这不仅可以满足用户更广泛地域享受5G服务的需求，还能增强用户对运营商的信任和满意度。

二是促进资源共享和成本优化。异网漫游促进了运营商之间的资源共享，减少了各自在基础设施建设上的重复投资。通过共同建设和维护网络，运营商可以降低成本，提高网络资源利用效率，从而更好地应对5G网络建设的高投入和长周期挑战。

三是增强市场竞争力和创新能力。异网漫游加剧了运营商之间的市场竞争,促使各运营商在服务质量、价格策略、业务创新等方面展开竞争。这种竞争有利于推动运营商提升服务水平,加快业务创新,为用户提供更加优质、多样化的5G服务。

四是推动行业合作和共赢。异网漫游促进了运营商之间的合作与共赢,推动了5G网络的建设和发展。通过合作,运营商可以共同应对行业挑战,推动行业创新和发展,实现共赢局面。

五是挑战和机遇并存。异网漫游为运营商带来了新的机遇,如拓展新的业务领域、探索新的商业模式等;同时,异网漫游也带来了一些挑战,例如,如何确保网络的安全性和稳定性、如何平衡不同运营商之间的利益关系等。运营商需要积极应对这些变化,加强合作与创新,不断提升自身的竞争力和服务水平。

运营商在改造过程中如何保障用户体验

在5G异网漫游现网改造过程中,保障用户体验是运营商的重要任务之一。以下是笔者的一些建议,帮助运营商在改造过程中保障用户体验。

一是持续的用户沟通和宣导。在改造前,运营商可通过各种渠道向用户解释异网漫游的益处、可能的影响和改造的必要性;在改造过程中,及时告知用户改造的进度和可能带来的临时不便;在改造完成后,向用户说明新的服务特点和优势。

二是提前规划和测试。在改造之前,运营商需进行详细的规划和测试,确保新系统或设备能够稳定、高效地运行。通过模拟真实场景下的用户行为,评估新系统的性能和用户体验。

三是逐步实施。如果可能,将改造过程分为几个阶段逐步实施。这样可以减少一次性改造带来的风险,运营商应在每个阶段收集用户反馈,进行必要的调整。

四是优化服务流程。运营商需通过自动化和智能化技术,优化服务流程,减少用户需要等待或手动操作的时间。例如,提供自助服务系统,让用户能够自行查询账单、办理业务等。

五是加强网络监测和故障处理。在改造过程中,运营商需加强网络监测,及时发现并解决潜在问题。对于可能出现的故障,建立快速响应机制,确保尽快恢复服务。

六是提供高质量的用户服务。确保用户服务团队具备足够的专业知识和技能,以便解答用户在改造过程中可能遇到的问题。同时,提供多种联系方式(如电话、在线聊天、社交媒

体等)方便用户随时咨询。

七是收集和分析用户反馈。通过用户调查、在线评价等方式,收集用户在改造过程中的反馈。对反馈进行深入分析,了解用户的需求和期望,以便在后续工作中进行改进。

八是持续优化和改进。运营商应将用户体验提升作为持续改进的目标,根据用户反馈和市场变化,不断优化网络性能、服务流程、客户服务等方面的工作。

通过以上措施,运营商可以在5G异网漫游现网改造过程中有效保障用户体验,提高用户满意度和忠诚度。

5G异网漫游带来的潜在问题和挑战

5G异网漫游技术虽然带来了许多优势,如提升网络覆盖、改善用户体验、促进市场竞争与合作等,但也可能带来一些潜在的问题和挑战。

一是网络安全和隐私保护。随着不同运营商网络的互联互通,网络安全和隐私保护面临更大的挑战。运营商需要加强网络安全防护措施,确保用户数据的安全和隐私不被泄露。同时,也需要制定严格的数据保护政策,确保用户数据不被滥用或泄露。

二是漫游费用问题。虽然主管部门已经明确表示,异网漫游用户“不额外缴费”,但在实际操作中,可能会存在一些费用不明确或有争议的情况。运营商需要明确告知用户漫游费用的标准和计费方式,确保用户权益不受损害。

三是技术兼容性和标准化。不同运营商的网络设备和系统可能存在技术兼容性和标准化程度有所差异的问题,导致在异网漫游时出现网络故障或服务不稳定的情况。运营商需要加强技术研发和合作,确保不同网络之间的顺畅互通。

四是用户体验不一致。由于不同运营商的网络质量和服务水平存在差异,用户在异网漫游时可能会遇到网络速度不稳定、服务质量下降等问题,导致用户体验不一致。运营商需要加强服务质量管理,确保在不同网络之间的切换不会对用户体验造成较大影响。

五是监管和协调难度增加。随着异网漫游技术的推广,监管和协调的难度也会相应增加。需要相关部门加大监管和协调力度,确保运营商之间的合作和竞争有序进行,维护市场秩序和用户权益。

综上所述,5G异网漫游技术虽然具有许多优势,但也需要注意解决一些潜在的问题和挑战。运营商需要加强技术研发和合作,确保网络的稳定性和服务质量;同时,也需要加大监管和协调力度,确保市场秩序和用户权益不受损害。

中国移动低代码自动化测试框架 创新与实践

■ 中国移动研究院 程彤 郝立娟 王萍 唐华斌 王路

当前，“人工智能+”战略的推进对算力基础设施的性能和可靠性提出了极高的要求。如何实现算力规模快速增长和算力高效交付之间的平衡，是业内算力基础设施建设者和服

务者共同面临的挑战。中国移动依托敏捷理念和自动化能力平台，已经在云、网、边等通算基础设施领域实现了自动化集成测试应用的大规模落地，使得大规模资源池建设交付效率大幅提升。但是在不断提升自动化水平与覆盖度的过程中，也面临着一些新挑战。

一是自动化测试场景越来越多。从硬件基础设施到平台软件和网元应用，从通用算力到DPU、GPU、NPU等异构智能算力，测试的内容越来越复杂，对集成测试的自动化程度要求也越来越高。

二是软硬件版本迭代升级越来越快。测试用例需要根据被测系统的版本升级而不断进行开发适配，沟通成本高、开发投入大，开发成果与工作量投入不成正比。

三是测试用例开发人员的需求越来越大。传统自动化测试用例必须由专业开发人员完成，非专业开发人员往往被多样的开发工具和高门槛的代码拒之门外。

为了应对这些挑战，中国移动创新性地推出“低代码自动化测试框架”，实现自动化测试产业合作的“双循环”新模式。可以支持合作伙伴针对多种测试场景，进行“自主调试、自主适配、自主开发”，从而推动端到端产品的自动化测试，大幅加速了业务敏捷创新，极大地提高了业务交付上线效率。

什么是低代码

低代码是一种软件开发方法，它允许开发者以最少的编码工作量来快速构建和部署应用程序，全方位降低软件的开发、配置、部署和培训成本。

如果将软件开发类比为建造一栋房子，传统的方法是从头开始打造每一个部分，包括墙壁、窗户、门等，这需要大量的时间和精力。而使用低代码开发，就像是用预制的模块化部件建造房子，这些部件可以通过简单的组合及调整来快速构建应用程序。因此，相较于传统的开发方法，低代码具有如下优势。

一是快速开发。低代码平台提供预制的组件和模板，使得应用程序的构建过程大大加快。

二是灵活可扩展。低代码平台允许快速迭代和调整，以适应不断变化的业务需求，同时支持应用的扩展和定制。

三是降低成本。低代码降低了开发门槛，从而减少了对专业开发人员的依赖并缩短了开发周期，进一步降低了开发和运营成本。

四是提升效率。低代码平台支持跨职能团队合作，业务和IT部门可以更紧密地协同工作，提高项目研发效率。

当前，企业对快速、灵活、降本提效等相关需求不断增长，无论是初创企业还是业界巨头（如微软、谷歌、亚马逊、阿里巴巴和腾讯等）都在积极布局低代码领域，推出了各自的低代码开发平台。例如，微软的Power Apps、阿里云“宜搭”和腾讯云“微搭”等，这些平台不仅提供了可视化的开发工具，还与企业现有的服务和产品生态紧密集成，促进了跨部门和



图1 行云简筑低代码自动化测试框架

```
Scenario: 创建网络等相关资源
  When 在云平台创建虚拟机规格flavor,名称:Flavor01;规格:2C4G20G;
  When 在云平台创建网络,名称:Net1;

Scenario: 创建两个虚拟机VM1 VM2
  When 在云平台创建虚拟机,名称:VM1;属性flavor,网络:Flavor01,Net1.
  And 在云平台创建虚拟机,名称:VM2;属性flavor,网络:Flavor01,Net1.

Scenario: 观察VM1虚拟机的连通性、VM1和VM2的互ping操作
  When 从本地ping虚拟机VM1,验证虚拟机可连通.
  And 在虚拟机:VM1,执行命令如下,得到执行结果o_vm1_before.
    """
    ifconfig;
    """
  And 从虚拟机VM1同步ping虚拟机VM2,验证无丢包.
```

图2 基于行云简筑开发的虚拟化平台自动化测试用例

跨系统的协作与自动化。

低代码技术不仅是软件开发领域的一次革命，也是企业数字化转型的重要加速器。随着技术的不断进步和市场需求的日益增长，低代码无疑将成为未来软件开发和企业运营的重要趋势。

行云简筑低代码自动化测试框架方案

目前，业界面向基础设施比较成熟的自动化测试用例，一般采用YAML、Python、Go、Shell脚本等语言，针对不同测试场景的用例单独编写自动化测试脚本，每个测试用例均为高度代码化的脚本文件，其自动化用例的开发也主要发生在内部产品开发团队与测试团队之间。

而对于大量采购外部供应商软硬件产品的通信行业或企业，传统的自动化测试方法存在如下诸多痛点问题。

一是出于产权及安全性考虑，测试用例对于厂商、规范人员都是“黑盒”。二是被测系统不断升级，需要跨越高门槛、懂代码的开发人员进行适配。三是可读性低、维护成本高，需同时维护规范文本和代码脚本。四是各类测试场景需要根据不同的语言进行用例开发，缺乏统一性。

针对以上问题，中国移动研究院算网基础设施自动化团队自研行云简筑低代码自动化测试框架，并提出一种全新的、颠覆性的自动化测试用例开发模式，可以支持内外部不同角色（内部规范、测试团队和外部厂商开发、集成人员等），简单、高效地完成各类测试用例的开发。

行云简筑低代码自动化测试框架（如图1所示）由三个层级组成：低代码用例层的测试用例对外开放，厂商人员可直接对该层级的所有用例进行编辑、修改、调试，最后提交到中国移动的用例库；步骤层对用例层的各个测试步骤进行底层实现，该层级不对外，为中国移动自研、可控的框架能力；底层工具层则为步骤层提供共性方法，从而避免代码的二次开发。

基于行云简筑开发的虚拟化平台自动化测试用例如图2所示，该测试用例创建了两个虚拟机，并且测试了虚拟机之间的连通性。测试用例中的测试步骤是根据语法库中的语句进行类似积木组合搭建，其中的相关参数可基于语法库进行修改（如虚拟机规格大小、虚拟机名称等）。

行云简筑低代码自动化测试框架具有如下特点：一是灵活，用户可通过任意组合，排列各种模块化测试步骤，创建不同业务场景的各类测试用例，满足多变、灵活的测试需求；二是用例全开放，测试用例对所有角色（内部规范、测试团队和外部厂商开发、集成人员等）开放，测试全流程清晰可见，解

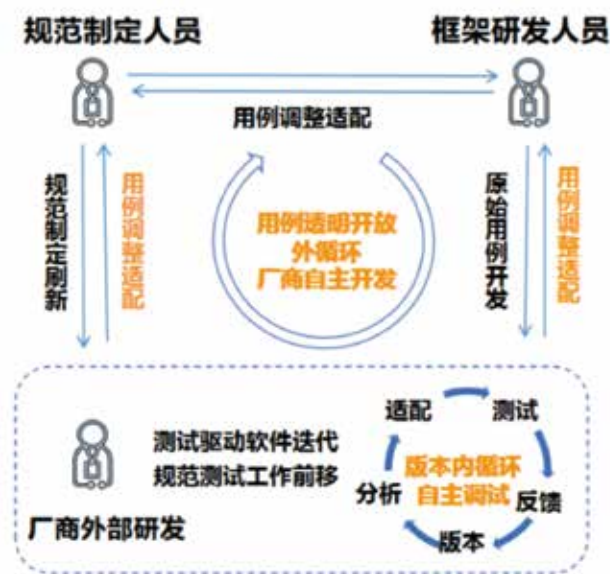


图3 内外“双循环”合作模式

决了过去由于测试用例对外部是“黑盒”所带来的失败用例定位难、调试难的问题；三是低门槛，用例语言是中文的，高度可读、通俗易懂，没有深厚编程经验的业务专家也能参与到测试用例的开发调试中；四是多场景通用，该套框架可基于一个语法库，同时用于虚拟层、容器层、Web、DPU等多场景的自动化测试工作。

基于框架打造内外“双循环”协同模式

行云简筑低代码自动化测试框架的使用，极大改变了自动化测试的开发和应用模式。

一是降低技术门槛。通过模块化、流程化、结构化的方式，极大降低了自动化测试开发的技术门槛，从而使得内部规范、测试团队和外部厂商开发、集成人员等多种角色，都可参与到测试用例的组织构建过程中。

二是提高测试敏捷度。基于低代码模式（“零代码”测试步骤组织+基于目标场景的简单二次扩展），可以非常快捷地适配各种复杂的测试场景，各种角色均能够对测试用例进行快速修改调整，从而持续推动基础设施建设降本增效，提升基础设施的敏捷化和智能化程度。

三是推进内外部协同共研。在开发框架便捷、易用的基础上，可以协同多种角色创新性地实现内外“双循环”的协同共研新模式，如图3所示。

“外循环”是指对于新的自动化测试场景和新规范，厂商可以基于低代码框架“自主研发”新的测试用例；“内循环”是厂商将规范测试动作前移，在现网交付和验收测试之前，可在

实验室对于不断迭代的厂商软件版本进行循环验证，并基于标准规范进行用例“自主适配”，实现厂商软件版本和自动化测试用例的同步迭代。

应用效果及未来展望

目前，中国移动团队基于该框架已经与华为、中兴云计算平台供应商合作，在网络云、边缘云等多场景落地内外“双循环”的合作新模式，树立了运营商集成测试领域的新范式。

基于外循环，厂商实现自主开发测试用例，提高产品研发效率。在中国移动某项目云管理系统集中，需要对云服务编排管理部分新增24个测试用例。华为产品开发人员按照测试规范要求，基于该低代码框架完成测试用例的自主开发，再由中国移动自动化团队配合调试并确认用例符合规范要求。由于这一模式的应用，华为产品得以在出厂前进行规范测试验证，确保对于规范理解的一致性，大幅提升了产品新增需求的研发效率，为产品采购和快速交付提供了保证。

基于内循环，厂商实现自主集成调试，提升现网交付效率。中兴和华为在中国移动“网络云四期及五期”软集现网交付之前，在实验室自行根据产品最新版本调整适配相关测试用例，实现厂商软件版本迭代和中国移动测试用例迭代的“零时间差”，省去了测试用例刷新和发布的迭代流程。通过这样的工作前置，大幅提升了“网络云四期及五期”的现网交付效率。

低代码自动化测试框架和内外“双循环”模式的应用，为中国移动及其合作伙伴带来了巨大价值。以“网络云四期及五期”现网验收测试为例，中兴和华为的研发人员在现网对于失败的测试用例“自主调测”，省去了与研究院及规范团队的沟通过程，现网支撑工作量降低50%左右，问题定位时间缩短30%。在“网络云六期”中兴ARM服务器虚拟层测试中，中兴自有人员对中国移动的42个测试用例实现了完全的自主调试，大幅提升了试点用例测试效率，人力投入相比以往下降80%。

目前，行云简筑低代码自动化测试框架已累计支撑中国移动56个云计算资源池的建设交付，为算力基础设施的高质量交付作出了重要贡献。合作伙伴通过使用框架，深刻体会到了低代码框架为其产品研发、交付等过程带来的便利，对自动化以及内外“双循环”模式表示了高度认可。未来，技术团队将把框架拓展到智算中心等更多领域，并将借助AI技术进一步提高低代码框架的智能化水平，为算力基础设施高质量建设保驾护航。

自智网络评级方法在OSS建设规划中的应用实践

■ 中国联合网络通信集团有限公司 高允翔 冯毅 李一喆 马又良
中讯邮电咨询设计院有限公司 莫穹

自智网络是通信网络发展的高智能阶段，是指无需人工干预或仅需最低限度的人工干预就能够自主运行的网络。自智网络旨在构建网络全生命周期的自动化、智能化运维能力，通过完全自动化的网络、智能化的ICT基础设施、敏捷运营和全场景服务，为垂直行业用户和消费者提供“零等待、零接触、零故障、零风险”的业务体验；同时，自智网络也具备“自规划、自配置、自优化、自修复”能力。

自智网络的核心是实现网络运营管理的线上化、自动化、智能化，通过B/O域融合的大数据分析，结合应用场景的人工智能、数字孪生等技术，构建以用户体验为中心的网络。自智网络本质上是实现网络配置管理自动化、业务编排自动化、运维诊断智能化等。

目前，中国联通网络正在向数字化转型，自智网络融合网络技术和数字技术是顺应数字化转型的趋势，是应对业务、技术、需求挑战的重要基石，也是网络数字化转型和智慧化运营的重要支撑。中国联通通过梳理网络运营业务全景视图及产品IT能力集合，以“四零四自”成效指标价值引领产品设计，建立产品能力智能分级标准，检视产品智能化水平，可有效牵引网络运营向高阶自智演进。

网络运营产品规划概述

网络运营产品是基于IT技术研发，用于保障、管理和优化通信网络及在线业务运营的一系列工具、系统和服务的总称，网络运营的基本目标是决策科学化、业务个性化、维护精准化、服务高效化。

网络运营产品规划流程如图1所示，运营商在自身发展战略和企业IT现状的基础上，结合行业信息化方面的实践与自

身对最新信息技术发展的认知，基于企业信息化建设的愿景、目标和战略，以及现有信息系统的架构设计、选型和实施策略，对业务场景、KPI指标、产品能力、智能化水平进行全方位检视，分析现有产品的功能缺失和短板，规划产品发展蓝图，从而引导产品的迭代更新，满足企业可持续发展的需要。

中国联通网络运营体系

中国联通网络运营立足“一个联通、一体化能力聚合、一体化运营服务”，面向市场，将网络能力赋能市场前端，支撑政企、公众等业务发展，提升用户感知和体验；面向网络，服务“规建维优”数字化生产全流程，提升网络运维效率、降低运营成本。中国联通网络智慧运营采用基于“平台+应用”的网络智慧运营（OSS）框架，总体架构如图2所示。

其中，网络运营平台通过统一运营门户、统一流程与统一鉴权，一体化拉通“规建维优”应用和敏捷交付赋能前端的闭环流程。各专业数字化、智能化应用承载智能运维业务环节；调度开通、客服支撑和大用户网管拉通B/O域前端，为政企、公众等运营平台提供网络侧敏捷交付的能力。中台体系通过资源中心实现资源精准调度和对外赋能，通过网络基础能力平台和O域数仓赋能前端。

网络运营平台依托中台的资源、数据能力，提供专业数字化“规建维优”和用户敏捷服务，包含7个专业网络数字化运营应用和3个用户敏捷服务应用，百余个数字化运营场景全面支撑网络生产运营。

网络智慧运营总体目标

中国联通网络运营的目标是构建“资源精准-敏捷交付-

赋能前端-智能运维”畅通闭环的网络运营体系。网络资



图1 网络运营产品规划流程



图2 中国联通网络智慧运营总体架构

源嵌入政企、公众业务生产流程，实现资源驱动和业务端到端可视；通过BOM流程贯通实现网络创新产品的智能调度和敏捷交付；O域“数据入湖”赋能端网业协同，提升营销效能和用户体验；以自智网络为牵引，推进网络数字化运营向“自规划、自配置、自修复、自优化”的智能化目标演进，提供用户“零等待、零接触、零故障、零风险”的高品质服务感知。

网络运营产品规划期内要求

网络运营产品面向网络一线运维、交付、调度、服务和管理、分析等环节，聚焦中国联通“四大精品网”的“规建维优”网络生产运营活动，实现全业务运营流程、功能的覆盖，处理流程自动化，针对网络监控支撑、生产流程支撑和统一鉴权等核心场景，保证系统高可用，提升面向网络“规建维优”的全场景AI能力。

产品需求分析

业务画像

在产品规划前，运营商需确定目标网络对外提供的功能集合，即全业务画像。基于运营商网络及承载业务的广度与深度，需采用分层框架的思想对复杂的业务逻辑逐层进行分解，网络运营业务逻辑分解如图3所示。

第一步，从用户角度分析网络的业务模式和价值。在自智网络体系中，运营商按照网络管理全生命周期的各个阶段（即规划、建设、维护、优化、运营及服务、管理等）进行业务领域划分。

第二步，对业务领域进行细分，按照运营商内部的业务管理模式和岗位协作关系，划分为无线网、宽带网、核心网、数据网、传输网、IDC等不同业务子领域。业务子领域的划分随运营商现有的网络部署、网络管理模式及未来的网络技术发展而变更调整。

第三步，分析子领域的业务流程，确定具体的业务场景，

如业务开通、故障处理、日常巡检等场景。

第四步，将场景（即流程）进一步分解到业务的可执行单元（即可执行任务），作为产品功能设计的基础。如规划数据采集、规划方案设计、仿真决策等。

根据上述分解方法，可梳理得到网络运营的业务全景。规划、建设领域网络运营的业务全景如表1所示。

业务效能指标

根据业务全景梳理结果，在业务场景层级按照“四零四自”的维度，以业务价值为导向提出各业务子领域对应的核心业务效能指标，牵引产品设计；有序推进产品能力迭代更新，用于量化智能化带来的全局性业务价值。业务效能指标在规划期内会根据运营商网络智能化能力及业务SLA要求的变更而逐步提高。

面向高品质用户服务的核心业务效能指标主要有“零等待”“零故障”“零接触”“零风险”。

“零等待”：FTTR安装效率提升比例（宽带专业）、专线业务自动激活成功率（数据网专业）、移网问题一次性解决率（无线专业）、固网投诉拦截率、IPTV和固话诊断能力覆盖

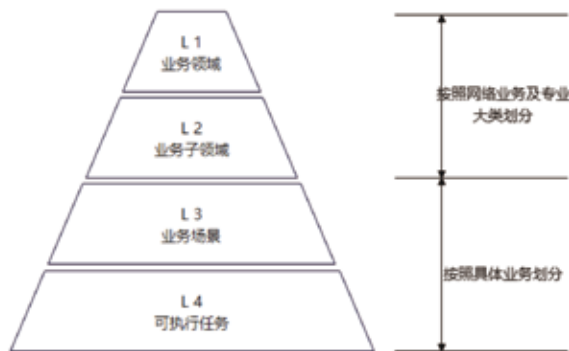


图3 网络运营业务逻辑分解

表1 规划、建设领域网络运营的业务全景

业务领域	业务子领域	运营场景	任务目录
规划	无线网 宽带网 核心网 数据网	网络规划	需求分析预测
建设			规划方案
			仿真决策
		网络建设	集成设计与数据制作
			安装部署
工程调测及验收			
建设效果评估			

比例（用户服务）、仿真研判成功率。

“零故障”：隐患治理准确率提升比例、OLT隐患优化能力覆盖比例（宽带专业）、省间链路质差根因定位效率。

“零接触”：宽带用户服务数量、挖掘营销线索数量。

“零风险”：保障投诉提前发现率、政企用户双线保障及投诉量压降率。

面向高水平网络运营的核心业务效能指标主要有自规划、自配置、自修复、自优化。

自规划：高价值扩容识别能力覆盖占比、建设效能分析覆盖用户占比、室分建设验收周期缩短比例。

自配置：资源自动核配成功率、省际干线智能割接覆盖率、省内干线智能割接覆盖率。

自修复：全专业故障覆盖率、全专业故障诊断成功率、国内跨域故障4小时处理及时率、政企用户双线中断故障修复及时率。

自优化：BRAS资源监控能力覆盖比例、一线网优工作覆盖率、设备网络优化覆盖率。

能力全集

参考业界OSS研发经验，中国联通按照自智网络感知、分析、决策、执行的方法，从IT视角梳理网络运营重点任务对应的数字化、智能化IT能力需求，形成对应的OSS能力目录，作为产品能力检视的基础。

以网络维护业务领域监控排障场景为例，故障识别、隐患识别、定界定位、故障影响分析、排障方案生成及评估决策、场景化监控、方案实施、修复验证等8个任务所需主要IT能力如下。

故障识别：告警数据采集、告警规则制定、告警数据处理、派单规则制定、故障识别及派单。

隐患识别：网络数据采集、隐患风险指标及分析模型制定、运行趋势分析、隐患可视化呈现、输出预测预防报告。

定界定位：故障关联分析、故障或隐患问题域内定界及定位、故障或隐患问题跨域原因分析。

故障影响分析：故障影响用户分析、故障影响业务分析、

故障影响区域分析、故障影响程度确认及故障报告上报。

排障方案生成及评估决策：排障方案制定（包括智能排障）、排障方案评估及确认。

场景化监控：监控参数配置（时间、空间、对象、等级等）、重保策略配置（重大灾害保障、重大活动及节假日保障预案等）、重保调度（人车物调度等）、监控值班管理、可视化与场景化监控。

方案实施：问题网元隔离、远程智能排障、调度派单、上站排障施工及报竣。

修复验证：业务拨测验证、网络数据采集对比验证、故障网元/设备重入网、生成故障处理报告。

能力智能化分级指标

依据任务目录，提出各项任务IT能力对应的智能化等级参考标准，用于对网络运营产品的IT能力进行智能化水平评价，引导相关产品的研发，向高阶自智演进。以网络维护业务领域监控排障场景为例，其中故障识别、隐患识别等任务智能化水平分级标准如表2所示。

产品评价方法

针对网络运营产品总体运营目标和规划要求，以及梳理出的产品业务、效能、能力及智能化水平需求，提出五维度生产检视方法，对现有产品进行评估，依据评估结果形成产品蓝图和发展演进规划。

业务检视

对标业务全景图，检视网络运营产品未支撑到的OSS生产场景、流程，衡量产品对其所支撑业务的生产流程和功能的覆盖程度，其检视结果为生产覆盖度，计算方法为：生产覆盖度=产品已支撑的OSS生产场景总数/产品涉及的OSS生产场景总数。

能力检视

对标能力全集，检视网络运营产品支撑的生产场景、流程中缺失的能力，衡量产品对其所支撑业务的IT化能力满足程度；其检视结果为能力满足度，计算方法为：能力满足度=产品支撑的OSS生产场景中已IT化的能力总数/产品涉及的OSS生产场景所需IT能力总数。

效能检视

对标业务场景的效能目标，确定产品对前端业务支撑力度是否达标，其检视结果为效能满足度。该检视结果由生产部门根据设定的业务效能指标计算公式给出，如监控

表2 故障识别、隐患识别等任务智能化水平分级标准

任务名称	任务详细内容	智能化分级要求
故障识别	对告警数据(故障告警、性能告警)进行采集、压缩、关联,及时发现已经发生的计划外的导致服务中断或服务质量下降设备/性能类故障,并派单通知	L1: 系统采集数据(如告警流水、KPI数据);人工根据专家经验识别故障。 L2: 系统采集数据;系统基于运维人员制定的静态规则(如告警相关性、KPI阈值)自动识别故障。 L3: 系统采集数据;系统基于动态规则自动识别故障。 L4: 系统采集数据;系统基于AI模型(如知识图谱、专家经验树等)自动识别故障。 L5: 全场景自动化
隐患识别	对网络配置与运行数据、外部时空数据进行监测和分析,预测网络软硬件状态发展趋势,提前发现可能导致异常的潜在隐患/故障	L1: 系统采集数据;人工根据专家经验(如Checklist)逐项排查,人工识别潜在隐患。 L2: 系统采集数据;系统基于运维人员制定的静态规则(如健康性检查规则、KPI阈值)自动排查,人工识别潜在隐患。 L3: 系统采集数据;系统基于动态编排规则及人工经验库预测网络状态趋势,定性粗略识别潜在隐患(如某端口可能发生弱光故障)。 L4: 系统采集数据;系统预测网络状态趋势,定量精准识别潜在隐患(如某端口90%的可能性在一周内出现弱光故障)。 L5: 全场景自动化

排障场景中“故障诊断成功率”“端到端平均故障处理历时压降”等指标。

智能化检视

对标能力智能化分级标准,检视网络运营产品现有能力的智能化水平,其检视结果为智能化程度。

产品推广检视

对现有网络运营产品的推广程度、用户使用情况进行分类统计,确认产品的易用度和好用度,其检视结果为应用渗透度,计算方法为:应用渗透度=使用该产品的活跃用户数/计划使用该产品的用户总数。

产品规划实例

以网络故障管理产品为例,该产品是全国一体化网络故障管理的集约化应用,可以围绕故障处理端到端全流程,以集约化、扁平化方式,提供一体化的监控、故障诊断定位及自愈、业务影响分析、基于业务影响的派单/调度等功能。经五维度生产检视网络故障管理产品,分析结果如下。

生产覆盖度为77%,表现在故障管理场景覆盖不全。在隐患识别任务环节,传输和移动已覆盖,但无线、宽带、核心网、业务平台等专业隐患预测场景未覆盖;在故障影响分析任务环节,无线、宽带、传输等

主要专业还未覆盖,需补齐相关场景功能。

能力满足度为52%,表现在对基于故障条件下业务影响面的分析能力、基于业务影响的动态调度能力不足,需在各个专业补齐面向业务的故障管理能力。

该产品智能化程度达到L3,基本实现了告警采集、故障识别、隐患分析、定界定位等任务的自动化处理,但产品能力自智水平不均衡,需提升大区制网络跨专业跨层故障场景的自智能力,并进一步引入AI能力,提升精细化排障方案生成能力和根因定位准确性。

应用渗透度达到98%,作为集约化产品基本已在全国推广使用。根据检视结果,可得出规划期内的产品蓝图如图4所示。

产品规划是一个针对产品的多维度思考方案,是对产品定位、功能、资源需求和目标计划的推演。中国联通引入自智网络的分级评估方法,建立网络运营工作及OSS能力全景图,匹配网络运营集约化产品进行五维度生产检视,为网络的数智化转型提供了新思路。



图4 规划期内的网络故障管理产品蓝图

MWC
GSMA

上海
2024年6月26 - 28 日

MWC24

加入我们，
一起领略这场科技变革盛宴



5G & BEYOND



AI ECONOMY



MANUFACTURING
DX

立即报名, 使用代码 FVPFQTRAU5
免费注册全馆通行证

www.mwcshanghai.cn