

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930期 2023年10月25日 第20期

400G 来了

推动电信市场向民营资本开放
以开放求共赢/P4

工业互联网是新型工业化的战略性基础设施/P20

推进“算网城市”建设
打造数字经济发展“桥头堡”/P21

ISSN 1009-1564



9 771009 156234

通信世界

COMMUNICATIONSWORLD

观察·研究·批评·推介 **推动者**
产业发展的

深

见未来

新时代·新通信·新世界



通信世界全媒体

“绽放杯”的“花” 要结新型工业化的“果”

刘启诚

举办了六届的5G“绽放杯”，一年比一年吸引人。今年的“绽放杯”刚刚落幕，据报道，大赛共征集到来自国内31个省、自治区、直辖市和香港特别行政区、澳门特别行政区近1.6万家单位申报的45728个项目，参与单位数量、参赛项目数量均为历届最高。其中，智慧城市、先进制造、能源有色、医疗健康等领域的项目数量位居前列，智慧水利、智慧海洋等领域5G应用创新取得突破。

5G“绽放杯”成果如此显著，一方面说明5G“绽放杯”出色的组织工作，调动了参赛者的积极性；另一方面也说明中国5G产业发展迅猛。如今“绽放杯”得到了社会各界的广泛关注与支持，成为我国5G应用创新、展示、交流、培育的重要平台。

但是我们也应该看到，5G“绽放杯”的任务还远远没有完成。工信部组织5G“绽放杯”的目的是推进5G应用广泛开展，但在5G网络建设取得大规模进展后，5G在千行百业中的应用目前差强人意，但还没有完全达到期望值。

5G发牌4年来，我国5G建设和发展都取得了巨大的成绩，迈向规模化应用新阶段。目前，我国已建成全球规模最大、技术最先进的5G网络，累计建成5G基站超过300万个。5G应用已融入97个国民经济大类中的67个，应用案例数超9.4万个，有力促进了数字经济与实体经济深度融

合，为我国扎实推进新型工业化，发挥了不可替代的筑基效能。

实现新型工业化事关强国建设和民族复兴伟业，是当前全国上下发展的关键任务。在日前召开的全国新型工业化推进大会上，工信部就明确提出，要积极主动适应和引领新一轮科技革命和产业变革，把高质量发展的要求贯穿新型工业化全过程，把建设制造强国同发展数字经济、产业信息化等有机结合，为中国式现代化构筑强大物质技术基础。

新型工业化的“新”主要体现在3个方面：智能化、绿色化和高端化。数字技术与实体经济深度融合被认为是推进新型工业化的重要目标和要求。5G作为推动数实融合的数字底座，在新型工业化建设中将发挥关键性的作用。

目前，“5G+工业互联网”在中国的应用已经渗透到智能制造、智慧物流、智慧城市等多个行业和领域。从这次“绽放杯”评选出的获奖项目来看，基于工业互联网的应用很多，许多项目已经在实践中，也产生了不错效益。但总体来讲，在申报的4万多个项目中，大部分还需要实践验证。如何将这些项目场景落地推广，才是“绽放杯”后续发展的关键着力点。

行百里者半九十。如今的“绽放杯”花开正盛，但要在新型工业化上“结果”，推动5G应用走深向实，还需要全行业再加把劲儿。🇨🇳

CONTENTS 目录

述评 Review

- 4 推动电信市场向民营资本开放,以开放求共赢
- 5 竞争是王道, RISC-V未来有望“三分天下”

专题 Topic 400G来了

- 6 未来已来 400G开启网络新纪元
- 8 400G长距启航在即 800G应用前景可期
- 10 400G骨干全光网面临的机遇和挑战
- 13 400G新型全光网技术发展
- 15 400G高速传输系统的关键技术研究和应用探讨
- 17 烽火通信: 拥抱400G, 铸造算力时代的全光底座
- 18 深耕400G: 诺基亚贝尔的追“光”之路
- 19 真金不怕火炼, 长飞公司引领高速光传输未来发展



P23 算力助推新型工业化发展

广告目录

- 封二 通信世界形象广告
- 封底 通信世界年终盘点广告



P35 全球物联网标签发展态势及影响分析

产业 Industry

- 20 工业互联网是新型工业化的战略性基础设施
- 21 推进“算网城市”建设
打造数字经济发展“桥头堡”
- 23 算力助推新型工业化发展
- 26 将数字经济打造成宁夏高质量发展第一增长极
- 29 运营商赋能专精特新企业数字化转型策略与建议
- 32 企业运用生成式AI技术的风险管理
- 35 全球物联网标签发展态势及影响分析
- 38 运营商IT外包模式下的研发管控体系
- 40 基于数据驱动的手机营业厅用户感知提升

技术 Technology

- 42 基于政务领域的5G双域快网应用实践与思考
- 44 “IPv6+” 3.0关键技术解析与应用实践探索
- 46 中国移动IT云资源池网络故障诊断的探索和实践
- 48 智能化客服系统研究与应用



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10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

顾昶 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

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。

推动电信市场向民营资本开放 以开放求共赢

杨光

10月7日，工业和信息化部印发了《关于创新信息通信行业管理优化营商环境的意见(征求意见稿)》。征求意见稿提出，“统筹推进电信业务向民间资本开放，加大对民营企业参与移动通信转售等业务和服务创新的支持力度，分步骤、分阶段推进卫星互联网业务准入制度改革，不断拓宽民营企业参与电信业务经营的渠道和范围。”

这些政策措施与近年来国务院出台的一系列促进民营经济发展壮大、优化营商环境的举措高度一致，显示了中央政府优化民营企业发展环境、多措并举促进民营经济高质量发展的坚定决心。同时，这些政策措施也体现了我国电信行业发展的特有环境，以及工信部推动电信市场向民营资本开放的持续性努力。


早在2012年，工信部曾发布《关于鼓励和引导民间资本进一步进入电信业的实施意见》，提出了激励民间资本进一步进入电信业的八个领域，其中包括鼓励民间资本开展移动通信转售业务的试点，并于2013年正式启动了这一试点工作。2018年，工信部根据试点情况，进一步发放了移动转售业务的商用牌照。至2022年底，39家正式商用企业发展用户超过8600万，约占全国移动用户总数的5%。可以说，移动转售业务已经成为我国基础电信市场向民间资本开放的标志。

回顾国内移动转售企业的发展历程，我们可以发现，一方面市场开放确实一定程度上促进了竞争，激发了行业活力，推动了细分市场发展，为消费者提供了更多选择。但另一方面，由于移动转售试点启动之时我国移动电话普及率已突破90%，市场已趋于饱和，留给新进入者的市场空间业已非常狭小，这使进入移动转售市场的民营企业一度面临较大的经营压力，制约了民营企业在电信市场的创新潜力和发展空间。

可见，在开放电信业务市场的过程中，也需根据行业发展的客观规律，把握政策出台的时机与节奏，才能使政策效应最大化，以达到“四两拨千斤”、有效撬动行业发展、激发市场活力的目的。工信部在本次征求意见稿中提出“分步骤、分阶段推进卫星互联网业务准入制度改革”，可能就是出于此种考虑。

目前，卫星互联网产业发展方兴未艾，星链、oneWeb等卫星系统已具备相当的服务能力，科技巨头亚马逊也躬身入局，发射首批实验卫星，正式加入卫星互联网的竞争。在我国，卫星互联网也吸引了产业界的广泛关注和投入，其中既包括中国星网这样的国有骨干企业，也有以银河航天为代表的一批民营卫星公司。工信部此次发布的政策文件，使这些民营卫星公司在市场启动初期即获得了较为明确的通信市场准入预期，将有利于他们进一步吸引投资、发展合作伙伴。考虑到卫星互联网建设周期长、投入大、风险高的特点，较为明确的政策预期对于这些民营卫星公司进行持续的技术投入和设定长期发展目标都具有重要意义。

国内外的市场实践已经反复证明，更为灵活的市场准入政策虽然会使在位经营者短期内面临一定的竞争压力，但长期看往往能够有效激发行业活力、扩大市场空间，从而使市场参与者获益，实现多方共赢的局面。

我们期待主管部门后续能够推出更多的市场开放措施，在物联网、5G行业应用等“长尾化”特征明显的市场，引入更多不同类型的经营主体，满足不同细分市场的多样化需求，促进全行业的繁荣发展。(作者为Omdia资深首席分析师) 

竞争是王道 RISC-V未来有望“三分天下”

孙永杰

纵观当前全球芯片市场，x86与ARM指令集架构各自称霸一方，其中x86在通用处理器市场雄霸多年，在PC及服务器市场一家独大；ARM则随着移动互联网的大潮而崛起，成为当下移动端最主流的处理器架构。而RISC-V凭借开源、精简、模块化的优势备受企业追捧，正在成为构建计算生态的一种新选择，尤其是在中国，RISC-V被专家认为有利于我国在芯片领域突破西方限制，实现自主可控和领跑。

RISC-V爆发于物联网，未来可期。众所周知，RISC-V架构具有开放、灵活、模块化的特点，特别适合AIoT碎片化、差异化的市场需求。

对此，安信证券指出，智能物联网的下游应用领域极度碎片化，无需大生态的搭建，生态丰富的x86和ARM架构无明显优势。同时，物联网的严重碎片化、差异化导致了极高的成本敏感性，低成本、定制化的RISC-V架构优势尽显。一旦RISC-V能够成为AIoT时代的主流架构，其发展空间巨大。

事实上，截至2022年7月，RISC-V基金会就指出RISC-V架构芯片出货量已突破100亿颗，仅用12年就走完了传统架构30年的发展历程，另据Counterpoint Research预测，到2025年RISC-V架构芯片预计将突破800亿颗，年复合增长率高达114.9%，届时，RISC-V的商业化价值将更加凸显。

需要说明的是，除了物联网外，RISC-V的另一大“用武之地”在汽车市场，德勤的数据显示，仅在2020年，就有高达400万颗基于RISC-V架构的芯片被用于汽车市场，预计到2025年更将增加到29亿颗。

未来，在数据中心及高性能计算等领域，RISC-V也将尝试进入，甚至有的厂商已经推出了相关的芯片和解决方案。

欲实现“三分天下”，自主可控与生态仍面临挑战。如上所述，尽管RISC-V应用前景广阔，甚至有业内人士认为，其有可能与现在的x86与ARM呈“三分天下有其一”的态势，

尤其是对于中国的芯片产业，更是突破封锁、实现自主可控的最佳技术选择。但事实是，RISC-V要实现这些目标，依然存在挑战。

在自主可控方面，RISC-V国际基金会数据显示，2022年会员数量同比增长超过26%，累计在70个国家/地区拥有超过3180名会员单位，包括高通、英特尔、谷歌、阿里、华为、紫光展锐等众多头部芯片企业。

从会员组成方面分析，虽然中国企业数量并不少，但会员中也包括国外龙头企业，而这些企业此前都是在相关生态建设方面的主流企业，具有相当的经验和产业影响力，这势必会成为它们搭建新RISC-V生态的优势，从而在这一新生态中成为我们的新对手。近期多名美国相关人士公开发声要对开源指令集架构RISC-V进行管制，认为中国正在利用RISC-V来绕开美国对于芯片设计知识产权的主导地位。美国不可能支持中国的技术转移策略，因为这会削弱美国出口管制法的效力，未来RISC-V受限，甚至是闭源的风险仍然存在。

在RISC-V生态方面，虽然开放、灵活、模块化是其相较于x86与ARM的优势，但任何事情都有两面性，有的时候优势也是挑战。例如开放可能导致参与的企业各自为战，建立各自的小生态，造成生态的碎片化，虽然说这种碎片化适用于物联网领域，但在未来的数据中心和高性能计算领域是否适合还有待商榷，尤其是在面临x86与ARM大生态竞争的情况下。更为重要的是，生态的碎片化还可能造成最终用户体验的参差不齐，除了造成选择的困惑外，还存有因厂商受利益驱使而被绑定的风险。

所谓“瑕不掩瑜”，虽然RISC-V在发展中存有挑战，但其发展至今确实某些应用领域已经成为除x86与ARM外，市场和用户的另一种选择，毕竟唯有竞争才有发展！（作者为知名科技评论人）



未来已来 400G开启网络新纪元

■ 本刊记者 甄清岚

近日，工业和信息化部、中央网信办、教育部、国家卫生健康委、中国人民银行、国务院国资委等六部门联合印发《算力基础设施高质量发展行动计划》，提出加快400G/800G高速光传输网络研发部署。这一行动计划的印发无疑为加速400G等高速光网络传输技术的发展注入“强心剂”。

需求驱动 400G高光时刻 即将到来

众所周知，骨干传送网是综合承载各项业务的信息“大动脉”，是整个信息基础设施的“承重墙”。作为开启骨干网下一个周期的重大变革性代际技术，400G正蓄势待发，为通信网络发展“保驾护航”。

在行业中“流传”着这样一种说法，“2023年有望成为400G规模商用的元年”。这并非“空穴来风”，中国移动研究院基础网络技术研究所所长李晗表示，伴随5G-A、6G技术发展，以及“东数西算”工程等战略的需求，骨干传送网在超大带宽、超长距离和超低时延方面面临更高的需求。“面向‘东数西算’‘东数

西存’等算力网络典型场景需求,中国移动提出构建400G新型全光网,构筑算力网络的全光底座。”中国联通研究院总工程师王光全提到,目前400G需求的主要驱动力也来自于传输本身,“由于骨干网的光纤量不足,超大规模地部署光纤光缆也不是一朝一夕能够完成的,因此需要对系统进行升级。”

随着人工智能、大数据、云计算等技术的飞速发展及“东数西算”工程的大规模建设,网络正经历着前所未有的变革。在这一变革浪潮中,全光网崭露头角,而400G作为全光网演进的下一步,已然成为为算力资源提供运力保障、助力“东数西算”战略实施的重要选择。当然,400G产业链的完善和成熟,也为400G的大规模商用提供了可能。市场调研机构Omdia在报告中称,数据中心(DC)率先开启向400G的过渡,并在2019年已开始应用。预计到2023年,400G的销售额将主导数据中心市场。

总体来看,400G的市场需求以及产业链的完善,使得2023年有望成为400G规模商用的元年。当然,具体的发展情况还需看未来的市场变化和行业走势。

技术突破 QPSK逐步成熟

当前业内400G主要有16QAM、16QAM-PCS、QPSK三种调制技术,具有不同的频谱效率和传输距离。其中,16QAM的波特率约为67GBaud,主要用于短距传输;16QAM-PCS的波特率约为91GBaud,要用在部分区域干线、本地网、城域网;QPSK的波特率约为130GBaud,是骨干网络部署较理想的选择,能有效减少电中继,从而降低成本和能耗。

进入2023年,400G QPSK技术逐步发展成熟,被产业界普遍认为是引领骨干传输网的下一个大的技术代际,预计将持续十年。作为网络建

设的主力军,国内运营商携手设备商、光通信厂商等产业链上下游的合作伙伴进行相关的长距传输测试与实验。2023年,中国移动发布世界最长距离400G光传输现网技术试验网络,召开3次重大技术进展发布会推进创造400G长距传输3大世界纪录,分别为基于G.652.D光纤、EDFA/拉曼混合放大的宁波至贵安5616km传输;基于G.654.E光纤和纯EDFA放大实现“C6T+L6T”波段400G QPSK 7000km传输;基于G.652.D光纤完成纯EDFA经典商用场景80×400G QPSK 1673km现网试验。中国移动联合国内产业界从无到有基本构建了涵盖芯片、器件、模块、设备、系统的自主可控产业链,有力推进400G QPSK技术和产业成熟。此外,据中国联通相关人士称,近日中国联通也联合华为、中兴、烽火3家企业完成了相关技术的实验室测试。中国电信也在进行相关研究。

从运营商发布的信息来看,各项测试全面论证了基于QPSK的400G新型骨干全光网的可行性,核心技术参数及指标已基本满足现网应用需求,400G QPSK技术具备高速数据传输、低误码率等优点,使得长距传输更加可靠和高效。据中国移动研究院报道,中国移动研究院副院长段晓东曾表示,中国产业界主导的QPSK技术路线相比16QAM-PCS更具技术优势,经国内产业各方协同攻关,目前已具备商用能力。

挑战犹存 凝心聚力共推400G产业发展

400G的繁荣发展近在眼前,新技术的应用往往是机遇和挑战并存,不可否认400G QPSK还存在一些特有的问题。中国电信首席专家李俊杰称,选择“C6T+L6T”超宽光谱能够助力400G系统单纤容量提升,但也面临着

挑战:“C6T+L6T”光系统调优难,需要打造“C6T+L6T”一体化高速相干光传输模块、“C6T+L6T”一体化波长选择开关(WSS)模块、“C6T+L6T”一体化EDFA模块等。

在烽火通信看来,400G建设带来了新的网络架构变革,但在网络设计、网络开通、运营维护等方面仍有提升空间。

不仅如此,400G的关键之一在于光纤技术的升级。新一代的高密度、高效能光纤不仅能够支持更高的传输速率,还能降低信号衰减,提高网络稳定性,为未来的应用提供坚实的基础。王光全表示,超低损耗G.654.E光纤已成为400G及更高速WDM系统应用的主要光纤选择,但光纤网络的建设成本、设备的研发难度等问题需要产业链共同努力解决。同时他也建议,400G系统架构、性能调优、运行维护都对现网应用提出了新的要求,运营商要充分利用现网光缆和机房资源,提升系统运维的智能化程度,建设高速、灵活、安全、智能的400G传输网。

面向400G技术和产业发展,李晗表示,国内主流厂家的ITLA、EDFA、WSS等核心器件已经全面支持12THz,需要进一步引导“C+L”双系统向单系统演进;此外,基于部署一代、预研一代的技术发展理念,应围绕单通道800G/1.2T系统开展关键技术研究,提前布局下一代光通信前沿技术。

点亮“高光”时刻,400G商用“列车”正全速驶来。在不久的将来,400G将引领数字时代的发展潮流,推动人类社会朝着更加数字化、智能化的方向迈进。虽比高飞雁,犹未及青云。在400G有条不紊推进的同时,更高速率——800G/1.6T也在研发和推进中,这不仅夯实了新型基础设施底座,也为助力我国数字经济高质量发展提供了坚实的基础。CW



400G长距启航在即 800G应用前景可期

■ 中国信息通信研究院技术与标准研究所 汤瑞 赵鑫

信息技术的快速演进与发展,激发新兴业务与应用不断涌现,新型算力、AI、5G、6G等推动网络流量持续高速增长。作为新型基础设施承载底座,光纤通信网络骨干线路传输技术不断革新演进,单通路传输速率持续提升,根据Omdia公司预测,未来2~3年超100Gbit/s(不含100Gbit/s)速率网络将占据超过60%的全球相干光传输整体市场份额。本文重点探讨了400Gbit/s和800Gbit/s技术发展态势,同时分析了

超高速传输“C+L”波段扩展关键技术进展,最后对超高速传输技术的未来发展进行了展望。

400Gbit/s长距应用即将启动

400Gbit/s技术继承了与100Gbit/s类似的高阶调制、偏振复用、相干接收、数字信号处理等关键技术,并在发展过程中逐步改善提升传输能力。

首先,单载波400Gbit/s技术采用了基于64GBaud器件的PM-16QAM

方案,特别是2016年OIF(光互联论坛)立项400ZR项目后,400Gbit/s PM-16QAM方案成为整个业界关注的热点。鉴于400Gbit/s单载波PM-16QAM方案采用与200Gbit/s PM-OPSK方案相近的波特率,DSP(数字信号处理)等核心芯片和器件能够重用,两者协同发展能在骨干网超长距和城域、数据中心互联等场景形成差异化的应用优势。其次,单载波400Gbit/s技术采用90GBaud左右光电器件,并



结合PCS(概率星座整形)技术实现了更长的传输距离,主流设备厂商都有相关产品,并且在现网已有部分应用。

另外,单载波400Gbit/s技术采用128GBaud左右光电器件基于PM-QPSK调制格式已基本成熟,是目前产业化发展的焦点。高性能算法技术(如损伤补偿、高性能FEC)的突破,使得PM-QPSK单载波400Gbit/s的50GHz等效背靠背OSNR(光信噪比)容限性能可以达到11dB左右,从而获得和当前基于PM-QPSK的100Gbit/s相近的传输性能,能够覆盖大部分国内干线传输场景,是较为理想的单波400Gbit/s长距/超长距解决方案。CCSA(中国通信标准化协会)目前正在进行单波超长距400Gbit/s的标准化工作,运营商在2023年开展了多次实验室和现网测试验证,其中中国移动近期还启动了国内首次400Gbit/s PM-QPSK集采测试,预计超长距400Gbit/s即将开启规模商用。

800Gbit/s技术标准有序推进

随着400Gbit/s产业化的逐步推进,业界将科研聚焦点逐步转向800Gbit/s及更高速率的技术研发和测试验证,IEEE、OIF、CCSA等标准化组织陆续开展相关标准的研究制定工作。国内外主要传输设备厂商从2019年开始陆续发布面向800Gbit/s、1.2Tbit/s及1.6Tbit/s等速率的DSP芯片。国内运营商和设备厂商等也联合开展了多次800Gbit/s技术试验验证。目前来看,采用90~100GBaud光电器件、基于PCS-64QAM调制是目前800Gbit/s较为成熟的方案,可以支持城域内较短距离传输以及数据中心互联等应用场景。采用120GBaud或更高波特率器件、基于PM-16QAM调制格式的800Gbit/s是目前标准组织重点关注的技术方案。

为满足未来网络部署的数百至数千千米长距传输需求,800Gbit/s技术将从多个方面推进技术革新,包括采用抗噪声能力更强的低阶调制格式,采用高性能补偿算法,采用增强型FEC技术等增强系统抗噪声和损伤的能力,采用超低损、大有效面积光纤以及混合放大、全拉曼放大等多维技术手段,进一步优化传输信道,减少传输过程中的损伤和噪声,显著增强长距/超长距传输能力。

“C+L”波段拓展技术加速演进

目前基于90GBaud的400Gbit/s系统一般支持100GHz左右的通道间隔,后续支持长距/超长距基于128GBaud的400Gbit/s系统,需要占用150GHz的通道间隔。在单波400Gbit/s传输能力增加的同时,频谱效率会有所下降,800Gbit/s系统也面临类似问题。为了满足长距离传输需求,同时兼顾传输容量和效率,扩展C/C+波段和扩展L

波段是当前超高速传输系统发展的重要方向。

目前业界积极推动“C+L”波段拓展的技术革新和应用探索。在信号放大方面,目前EDFA的放大频带已经从C波段4THz扩展到6THz,支持L波段6THz高功率增益均衡放大的EDFA还有待于进一步成熟完善;在功率均衡方面,目前正在探索基于光放大器的自适应功率迭代算法、填充波道等方式,以及其他类型的均衡机制;在“C+L WSS”一体化方面,支持多个波段的WSS并不存在重大技术障碍,关键是优化LCoS(硅基液晶)、透镜、光栅和WSS内部其他组件的波长响应,目前已实现12THz一体化的WSS器件;在网络规划设计方面,基于“C+L”扩展波段的超高速光传输系统新的架构、功率管理算法及性能评估手段为网络规划设计以及运营维护带来一些新变化,同时“C+L”两个波段部分器件也在短期内无法一体化也将会带来一些影响,目前业界正积极推动相关研究探索。

长期来看,“C+L”一体化是更为理想的技术方案,设备成本和集成度也有望极大改善,未来发展值得期待。

总结与展望

从高速光通信的整体发展态势来看,400Gbit/s长距启航在即,800Gbit/s应用前景可期。新型算力、5G、6G、AI等创新业务与应用推动网络流量快速增长,光传输网络持续向更高速率、更大容量、更长距离等方向发展演进。除了单波长速率不断迈向更高的1.2Tbit/s、1.6Tbit/s之外,还应结合多波段扩展、空分复用、空芯光纤等扩容技术,进一步提升光纤通信网络的传输能力,夯实新型基础设施底座,助力我国数字经济高质量发展。CW

400G骨干全光网 面临的机遇和挑战

■ 中国电信股份有限公司研究院 吕凯 盛夏 王曦朔 刘宇喆 李俊杰

2008年前后,全光网概念在中国首次出现,全光网、全光城市等愿景随即在全国各地得到广泛宣传。电话和宽带网络均开始在接入层采用光纤替代铜线,即“光进铜退”,这一时期被定义为“全光网1.0”,其核心特征是:城域/本地网以光纤接入(FTTx)技术为核心实现全光接入。2017年,FTTx和百兆入户的比例均超过90%,标志着“全光网1.0”的实现。同年,中国电信率先提出“全光网2.0”概念,指出当传输和接入都实现光纤化以后,交换层也引入基于光分插复用设备(ROADM)的全光交换技术后才能构成严格意义上的全光网。2018年世界光纤通信大会(OFC)上,中国电信首次明确“全光网2.0”的主要特征,包括依托ROADM设备、100Gbit/s和超100Gbit/s相干传输技术、智能波长交换光网络(WSON)控制平面和一跳直达全光架构,实现波长级全光调度、分钟级业务发放、秒级恢复和毫秒级时延。此后,“全光网2.0”概念

逐渐被业界接受,内涵也不断丰富。截至今日,中国电信已建成一张覆盖全国的一二干融合的骨干全光交换网络,覆盖了近200座城市,包括500个以上的ROADM节点和2000个以上的光放大(OA)节点,标志着“全光网2.0”在骨干网层面进入稳步发展阶段。

作为“全光网2.0”的六大核心特征之一,全光传输技术在骨干网中贯彻始终的发展方向是提高传输速率、扩展频谱以及延长无电中继传输距离。近年来,全国一体化算力网络、数据中心等数字基础设施的建设,催生了跨区域节点和中心间的大流量互联需求,推动骨干传输技术进一步演进升级,为中长期面向算力的高品质、确定性运力网络构建坚实的光底座。在此信息技术发展的

时代契机下,400G骨干全光网技术近年来被学术界和工业界广泛讨论,这一技术也被业界普遍认为是骨干传输网络跨越未来十年的技术大代际。

基于此,本文将从骨干传输技术的历史发展、400G技术当前所具备的能力以及面临的挑战几方面进行分析,并结合自身的网络需求以及规划思路对中国电信未来骨干全光网络进行展望。

骨干400G全光传输技术发展

骨干全光传输技术自从进入相干时代以来,已经经历了三代演进。从2011年开始,100G PM-QPSK技术作为主流技术一直应用至今,是跨越十年以上的一个大的技术代际,应用的频谱范围已经从初期的4THz逐步发展到

表1 400G传输技术标准工作现状

	电信企标——数据中心互联DCI系统	行标——城域波分系统	行标(制定中)——骨干波分系统	
调制格式	PM-16QAM	PM-16QAM	PM-16QAM-PS	PM-QPSK
波段	C4.8T	C4T/C4.8T	预计C4.8T/C4.8T+L4.8T	预计C6T/C6T+L6T
波特率	约60GBaud	约60GBaud	预计约90GBaud	预计约130GBaud
跨段数/22dB	4	8	预计17	预计25/20
通道数	64	40/48	预计48/96	预计40/80
通道间隔	75GHz	100GHz	预计100GHz	预计150GHz

表2 400G不同调制格式下的性能

速率	调制格式	波特率 (GBaud)	波道间隔 (GHz)	BTB OSNR 容限 (dB)	G.652光纤入纤功率(dBm)	等效50GHz间隔		仿真传输性能
						BTB OSNR 容限 (dB)	G.652光纤入纤功率(dBm)	
400G	PM-QPSK	128	150	16	6	11.2	1.2	27*22dB
400G	PCS-16QAM	91.6	100	17.5	4.5	14.5	1.5	17*22dB

4.8THz, 支持80波—96波的波分复用(WDM)传输。

从2018年开始, 200G PM-QPSK技术进入应用周期, 结合6THz的频谱范围, 可以支持80波, 共计16Tbit/s单纤总容量, 相比于100G系统实现翻倍。然而200G PM-QPSK技术并未得到大规模应用, 仅在部分运营商的省际干线网络以及省内干线网络部署。分析其原因有二: 一方面是运营商缺乏200GbE业务的直接承载需求, 另一方面是在扩展容量方面相对于100G系统成效并不突出。

进入2023年, 400G PM-QPSK技术逐步发展成熟, 该技术也被产业界普遍认为是引领骨干传输网的下一个大的技术代际, 预计将持续十年。

技术演进, 标准先行。400G传输的技术标准正在制定过程中, 如表1所示, 目前已经完成的有中国电信用于数据中心互联(DCI)的波分系统企业标准与中国通信标准化协会(CCSA)城域400G波分系统行业标准。电信DCI企标采用PM-16QAM调制格式, 传输波段覆盖C波段4.8THz, 通道数与通道间隔分别为64与75GHz, 波特率约为60GBaud, 跨段数为4跨(22dB)。CCSA城域波分

行业标准采用PM-16QAM调制格式, 传输波段覆盖C波段4THz/4.8THz, 通道间隔为100GHz, 通道数为40/48, 波特率约为60GBaud, 跨段数为8跨(22dB)。CCSA中长距400G波分系统行业标准已立项, 正在编制过程中, 预计将包含PM-16QAM-PS和PM-QPSK两种调制码型。支持PM-16QAM-PS码型的波分系统, 预计传输波段覆盖C4.8T/C4.8T+L4.8T, 波特率约为90GBaud, 跨段数预计为17跨(22dB), 通道数预计为48/96, 通道间隔预计为100GHz; 另一种支持PM-QPSK码型的波分系统, 预计传输波段覆盖C6T/C6T+L6T, 波特率约为130GBaud, 跨段数预计为25/20跨(22dB), 通道数预计为40/80, 通道间隔预计为150GHz。

从2021年起, 国内运营商开始在实验室组织400G波分的长距传输测试与实验, 400G系统传输性能已基本满足现网使用要求, 但未满足“C+L”全波长可调的组网要求。400G波分传输系统的实验室测试均由各运营商的集团公司或研究院牵头完成, 实验室测试会综合考虑PM-16QAM-

PS与PM-QPSK的验证, 波长间隔从100GHz到150GHz不等, 采用G.652.D光纤或G.654.E光纤进行传输, 重点关注的是400G波分极限传输能力, 以及未来可能会采用的扩展波段方案, 如C6T与“C+L”波段。

与此同时, 国内运营商组织400G波分骨干网场景现网试验。省公司的干线测试与实验均采用基于PM-16QAM-PS调制码型的传输系统开展验证, 波长间隔为100GHz, 采用G.652光纤传输; 集团与研究院的测试与实验会综合考虑基于PM-16QAM-PS与QPSK两种调制码型传输系统的验证, 波长间隔从100GHz到150GHz不等, 会采用G.652光纤或G.654.E光纤进行传输, 重点关注干线的传输能力。

如表2与表3所示, 量化分析来看, 只有400G PM-QPSK调制码型的传输距离能够满足长距传输的要求。选择“C6T+L6T”传输波段可以实现80波传输系统, 容量可以进一步翻倍, 但是传输能力会出现一定的“牺牲”。相比较而言, 400G PM-QPSK C6T与100G PM-QPSK的性

表3 100G PM-QPSK与400G PM-QPSK在不同波段的性能

	100G PM-QPSK	400G PM-QPSK	400G PM-QPSK
波段	C6T	C6T	C6T+L6T
性能	比较基准	相差0.5~1dB	相差1.5~2dB
理论传输性能	31*22dB	25~27*22dB	20~22*22dB
波道数	120	40	80
单纤容量	12Tbit/s	16Tbit/s	32Tbit/s

能差距为0.5~1dB,是容量提升的固有代价;选择使用L6T波段,光层会额外再带来1dB的系统代价。综合判断,“C6T+L6T”的波段方案更有价值,一是可以实现系统容量翻倍;二是可以实现80波的波长调度能力,更适合ROADM组网。

“C6T+L6T”骨干400G全光网面临的主要挑战

骨干400Gbit/s全光传输系统选择“C6T+L6T”超宽光谱将主要面临4个方面的挑战。

一是“C6T+L6T”光系统调优难题。在具有12THz超大谱宽的传输系统中,存在强烈的受激拉曼散射(SRS)引起的功率转移效应,短波长光载波的功率在经过几十千米的传输后,传输能量会逐步向长波长光载波进行转移;此外,C波段和L波段的光放大器还存在着增益、噪声系数不一致等问题。如图1所示,对于“C6T+L6T”光传输系统而言,即使在发射端对各个波长进行功率调平,仅经过80km的传输距离后,最长波长和最短波长之间的功率差就能达到7dB,导致不同波长的接收端信噪比存在明显差异,需要提出新的算法实现“C6T+L6T”宽谱SRS控制。在系统调优时,需要兼顾光放增益倾斜补偿和放大器自发辐射噪声(ASE)噪声填充及控制技术等多方面情况。

二是“C6T+L6T”一体化高速相干光传输模块难题。当前400G光模块仅能分立支持C6T波段或是L6T波段,不具备“C6T+L6T”一体化条件,主要原因在于目前产业界尚不具备能够连续覆盖12THz

超宽谱的可调谐激光器模块(ITLA)。当前C波段和L波段采用分立的相关光传输模块,并不影响最初阶段的系统部署,只是对工程和维护带来一定程度的不便,但是最终还是需要实现真正的“C6T+L6T”一体化。中国电信期望ITLA的这一技术难题在未来1~2年内实现突破,实现一体化“C6T+L6T”相干光模块、备品备件归一化。

三是“C6T+L6T”一体化波长选择开关(WSS)模块难题。通过应用2.4K乃至4K的高分辨率硅基液晶(LCoS)设计“C6T+L6T”一体化WSS模块,可以在光层上实现12THz一体化打通,为80波400Gbit/s波长实现一体化全光调度奠定基础;相比于“C6T+L6T”分体化的WSS设计方案,一体化WSS模块板卡集成度能够提升1倍,用料成本进一步降低。该技术预计将于近期实现突破。

四是“C6T+L6T”一体化EDFA模块难题。当前产业能力仅具备提供C6T/L6T分离的EDFA模块,想要实现“C6T+L6T”宽谱增益,需要进行特殊材料掺杂,实现超宽谱L6T波段增益介质材料突破,进而重新设计EDFA增益与斜率参数。“C6T+L6T”一体化EDFA模块的实现,可以使得放大器板卡集成度提升1倍,成本大幅降低。

总结与展望

骨干光传输正在进入400G时代,

近年来进行了多次400G长距的实验室以及现网传输试验,充分验证了其传输能力。综合比较后,400G PM-QPSK被认为是更适用于骨干传输网络中的技术选择,结合“C6T+L6T”超宽光谱,可以构建80波、单纤总容量32Tbit/s的光传输系统。然而,当前的400G系统技术尚未完全成熟,仍有一些技术需要进一步突破。本文中涉及了四大技术挑战,其中光系统调优以及“C6T+L6T”一体化WSS模块两个难题预计将在2023年底到2024年上半年期间被解决,“C6T+L6T”一体化相干光模块,预计最早2025年可以实现突破,届时可以实现整个光系统的80波一体化全光交换能力。而“C6T+L6T”一体化EDFA目前还面临较大的技术挑战,仍需要业界继续进行攻关突破。

中国电信将秉承“云网融合”战略,推动骨干“全光网2.0”的持续演进。一方面将结合相关技术和设备的成熟度,适时开展400G骨干全光网的建设;另一方面将针对“C6T+L6T”骨干400G全光网面临的发展瓶颈,特别是本文列举的4个主要技术挑战,开展全面的新技术研究和现网试点工作,带动产业链持续投入,攻坚克难,尽早实现“C6T+L6T”全光一体化的突破,助力骨干全光网全面进入400G时代。☞

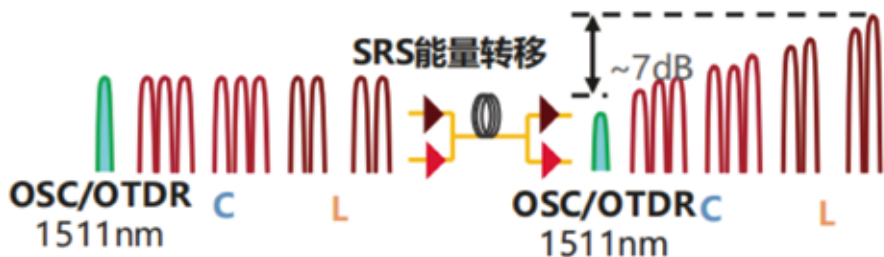


图1 SRS效应对“C6T+L6T”光传输系统性能的影响

400G新型全光网技术发展

■ 中国移动 李晗 邹洪强 刘卓 张德朝 韩柳燕 王东 左铭青

伴随5G-A、6G技术发展,以及“东数西算”工程等战略需求的增长,骨干传送网在超大带宽、超长距离和超低时延方面面临更高的需求和挑战。骨干网是综合承载各项业务的信息“大动脉”,是整个信息基础设施的“承重墙”。面向“东数西算”“东数西存”等算力网络典型场景需求,中国移动构建400G新型全光网,构筑算力网络的全光底座。

100G规模应用已历经10年,400G是光传送网的下一项重大变革性代际技术。400G通过提升信号波特率和采用高阶调制格式,使单纤传输容量提升4倍,单比特成本有望降低至60%。然而相比100G,400G系统的OSNR容限要求至少提升6dB,需系统化地对光纤、光放大器、调制格式等多维度关键技术开展攻关,以满足80波的大容量系统要求及城域中短距和骨干长距不同应用场景的传输性能要求。面向城域中短距应用,应重点考虑频谱效率和低成本部署,基于G.652.D光纤和纯EDFA放大仍是400G城域网的基本要求。面向骨干长距应用,应重点考虑传输性能。实验结果表明,考虑逐站OXC穿通的全光组网场景,16QAM支持约240km的传输距离,可以满足数据中心互联场景需求,若传输性能进一步提升可考虑在城域网部分

应用;16QAM-PCS具备约720km的传输能力,可覆盖城域、部分省域传输的主要场景;QPSK可实现1500km以上的无电中继传输,是400G长距应用的最佳码型选择,结合G.654.E光纤和拉曼放大技术可以进一步延长系统无电中继传输距离。400G QPSK技术的引入,标志着光传送网产业正式进入“C6T+L6T”宽谱光通信时代,是继SDH、直调WDM、OTN光联网和相干光通信后又一重大技术变革。

400G驱动光传送网进入宽谱光通信时代

面对业界存在的多种400G技术走向,中国移动明确了城域/省域中短距场景采用16QAM和16QAM-PCS,骨干长距场景采用QPSK的技术路线。在100G时代,基于C4T波段在50GHz通道间隔下实现80波系统。而对于不同的400G调制技术,16QAM的波特率约为67GBaud、通道间隔为75GHz,为满足80波的系统配置,波段范围需从传统C4T波段扩展到C6T波段;16QAM-PCS的波特率约为91GBaud、通道间隔为100GHz,若要满足80波配置要求,波段范围必须从C4T波段扩展到“C+L”波段;QPSK的波特率约为130GBaud、通道间隔为150GHz,80波系统需要进一步扩展到

12THz的“C6T+L6T”波段。由以上可知,“宽谱”是400G时代最突出的技术特征,也是最显著的技术挑战。

宽谱技术的应用主要面临宽谱器件与宽谱系统两大挑战。在从100G到400G的技术发展历程中,光模块在器件带宽方面面临巨大的压力和挑战,需从28GBaud最高提升至130GBaud。光通信进入宽谱时代后,光器件及模块在宽谱方面的挑战更加凸显。在波段范围扩展至“C6T+L6T”后,EDFA放大器出现了L波段长波增益低、放大器体积大、不同波段难以一体化放大等新的技术难题;WSS、ITLA等其他核心组件,需要支持扩展至新的波段范围且性能与C波段保持一致,并由分立式向“C+L”一体化演进。此外,在宽谱系统层面,“C6T+L6T”波段最长与最短波的频差达12.5THz,已经非常接近受激拉曼散射(SRS)效应的13.4THz增益峰值。在SRS效应的作用下,短波信号功率将被长波抽取,造成显著的波道间功率不平坦,导致系统整体传输性能的劣化。中国移动通过实验表明:80波配置的“C6T+L6T”400G QPSK信号经过一个80km G.652.D标准跨段传输后产生的最大功率转移就已达7dB,而在同等实验条件下,100G使用的C4T波段仅存在小于1dB的功率转移。此时,满波配置的400 QPSK系统均衡除

了面临12THz宽谱、跨“C+L”波段两大挑战外，还需处理SRS效应所致的功率转移问题，保证系统末端各通道性能相近。当前，中国移动已经实现在静态环境下均衡后波道平坦度 $< \pm 2.5\text{dB}$ ，未来应继续研究在增减波、网络割接等复杂环境下实现自动化、模板化的自适应均衡，力争波道平坦度 $\leq \pm 0.5\text{dB}$ 。

中国产业引领400G QPSK技术走向

2018年至2021年，业界先后推出了采用16QAM和16QAM-PCS实现单通道400G传输的技术路线。国内外相关企业广泛参与，共同推动了技术发展、标准制定和产业完善，技术和产业处于并跑水平。例如，日本NTT公司在2020年基于EDFA/拉曼混合放大和G.654.E光纤采用400G 16QAM完成2019km实时传输试验；中国移动在2021年基于纯EDFA放大和G.652.D光纤采用400G 16QAM-PCS完成1077km沈阳—大连现网试验，链路含16个跨段、平均跨段损耗21dB，且系统末端具有6dB OSNR余量。经过产业界多年的努力，400G 16AM-PCS的B to B OSNR容限已达约17.5dB。在基于G.652.D光纤的经典商用场景下，可支持约1000km的点对点传输和约720km的逐跨OXC组网传输。然而，我国幅员辽阔，面向“东数西算”超长距离、超低时延需求，应考虑OXC全光组网及1500km以上的传输能力。此外，对于引入光层保护的跨段，还要增加大约4.5dB的额外插损。400G 16QAM-PCS技术难以较好满足我国的长距骨干网实际需求。因此，中国产业于2021年提出采用400G QPSK低阶调制、130GBaud高波特率、“C6T+L6T”扩展波段技术路线，以满足超1500km 80波系统传输。但高波特

率、扩展波段等技术难度大，对芯片、器件要求高，产业发展初期投入QPSK端到端研发存在疑虑。

通过充分论证QPSK的技术优势，以及考虑未来800G及更高速率网络必然走向高波特率、扩展波段路线，中国移动联合国内产业界坚定地明确了以QPSK作为400G骨干全光网的技术基石，全力推动光传送网产业进入宽谱光通信时代，协同推进技术和产业加速发展。2023年中国移动在宁波、北京、贵阳召开3次技术进展发布会，宣布创造400G长距传输3项世界纪录，联合产业基本构建了涵盖芯片、器件、模块、设备、系统的自主可控产业链，有力推进了400G QPSK技术和产业成熟。2023年3月，在宁波主办“光网筑底 算力扬帆——中国移动算力网络400G全光网技术试验阶段总结暨产业推进研讨会”，发布世界最长距离400G光传输技术试验网络。在预留0.06dB/km光纤维护余量的前提下，实现了基于G.652.D光纤、EDFA/拉曼混合放大的5616km传输，且系统末端仍具有2.2dB的OSNR余量，验证了QPSK的长距传输能力。2023年5月，在北京举办“《下一代全光骨干传送网白皮书》发布会”，展示了基于G.654.E光纤和纯EDFA放大实现的“C6T+L6T”波段400G QPSK 7000km传输成果，是目前实验室测试的最高水平，论证了G.654.E光纤在提升超高速超宽谱光传输系统性能方面的优越性。2023年6月，在贵阳举办“中国移动‘九州’算力光网白皮书暨产业发展倡议发布会”，宣布基于G.652.D光纤完成了全球最长距离的纯EDFA经典商用场景80×400G QPSK 1673km现网试验，链路含30个跨段、平均跨段损耗19dB，在预留0.06dB/km光纤维护余量的前提下，系统末端OSNR余量6.4dB，检验了400G QPSK面向商用部

署的系统能力。相关研究成果在技术上全面论证了基于QPSK的400G新型骨干全光网的可行性，核心技术参数及指标已基本满足现网应用需求，为构建算力网络的大带宽、低时延全光底座打下坚实基础，因此2023年有望成为400G规模商用元年。

400G和G.654.E光纤双双进入高速发展期

中国移动面向算力网络等新业务发展需求，以构建技术先进的基础网络为己任，目前已完成省际400G新型骨干网建设方案的规划和决策，开始构建全球首个最大规模、最广覆盖的400G OTN骨干网，同时加快技术应用、网络演进，助力算力业务、数字经济发展。此外，结合流量增长，预计2024年400G技术将进一步向省域骨干、城域核心层延伸应用。

G.654.E光纤相比传统G.652.D光纤具有超低损耗和低非线性的技术优势，对于400G系统可以带来至少2dB的性能提升。中国移动与产业界正在协同推进扩大G.654.E光纤的部署应用。面向800G及更高速率系统演进，G.654.E对系统性能提升的必要性更加凸显，具有更为广阔的应用空间。

从技术发展来看，400G QPSK光模块当前均为MSA固定模块，未来两三年应在传输性能基本不变或满足系统要求的前提下向可插拔、小型化、低功耗演进；在超宽谱器件方面，国内主流厂家的ITLA、EDFA、WSS等核心器件已经全面支持12THz，需要进一步引导“C+L”双系统向单系统演进；在自主可控方面，应进一步加强高速光管芯、先进oDSP芯片等关键组件的国产化攻关突破和完善。此外，基于部署一代、预研一代的技术发展理念，应围绕单通道800G/1.2T系统开展关键技术研究，提前布局下一代光通信前沿技术。CW

400G高速传输系统的关键技术研究和应用探讨

■ 中国联通研究院 胡雅坤 张贺 沈世奎
中国联合网络通信集团有限公司 马重阳
中讯邮电咨询设计院有限公司 张传熙

随着国家“东数西算”工程八大枢纽、十大集群战略规划的部署实施和落地建设,以及AIGC、AR/VR等新兴业务与应用的快速发展,网络带宽和流量规模迫切需要大幅度提升,这也为传送网演进升级到400G时代提供了直接驱动力。当前产业界主流400G系统在骨干及城域层面的编码调制解决方案主要有两种:一是基于PCS-16QAM的调制格式,波特率约90GBaud、频谱间隔100GHz,适合中长距传输;二是基于QPSK的调制格式,波特率约为130GBaud、频谱间隔150GHz,用于超长干线传输。当单波速率和波特率提升,400G传输会引起更大的系统损伤,需要优质先进的光纤光缆提升传输性能;波道间隔增大使频谱由C波段扩展到L波段,多波段系统的维护以及SRS效应导致功率转移,需要光器件产业链迭代升级和系统智能化演进。

光纤对于400G系统的影响

光纤链路衰减和非线性效应成为限制400G系统性能的重要因素。400G系统建设需要搭载在更大光纤有

效面积、更小衰减的光缆上进行传输,可以显著提升系统无电中继传输距离。相比G.652.D光纤,G.654.E光纤具有更大有效面积和更小插损,在同等入射光功率的情况下,具有更好的性能。

参考现有行业标准要求,测算三种码型在G.652.D、G.654.E光纤上的标准模型传输距离如表1所示,G.654.E光纤在标准模型下,传输距离能提升50%;同等站距设置情况下,不考虑衰减系数的差异,G.654.E光纤比G.652.D光纤性能优化1.5dB,考虑衰减因素,G.654.E光纤提升效果更明显。

根据上海-广州段长度为1826km光缆现状进行仿真,按照400G QPSK

纯C波段条件下进行模拟传输:在“G.654.E+G.652.D光缆共存”条件下传输,一跳直达的OSNR不达标,需要增加一个电中继才能满足传输性能要求;如果全部采用G.654.E光缆进行传输,可以实现上海-广州一跳直达,OSNR可达22.5dB,满足现网开通条件。现网仿真结果表明光缆的升级换代、站段设置优化,对系统性能影响非常显著。

400G系统对关键光器件的要求

400G时代网络传输速率升级,适用于长距干线的系统需要130GBaud

表1 不同码型在G.652.D、G.654.E光纤上传输距离对比

码型	G.652.D光纤标准模型下的传输距离	G.654.E光纤标准模型下的传输距离	备注
16QAM	640km	990km	行标YD/T 3964-2021含光缆线路余量和系统OSNR余量
PCS-16QAM	1120km	1710km	行标YD/T 4370-2023含光缆线路余量和系统OSNR余量
QPSK	1760km	2790km	未标准化,测算值含光缆线路余量和系统OSNR余量

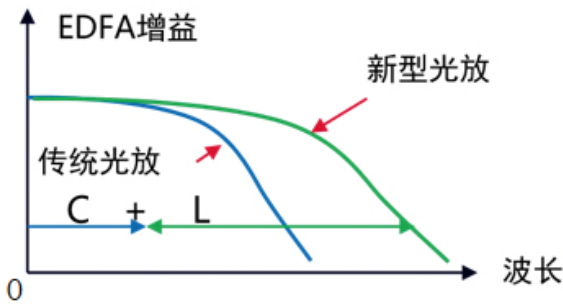


图1 传统和新型EDFA增益谱对比

波特率且波道间隔扩展到150GHz。为了在速率提升的同时保证系统容量翻倍，单纤至少支持80波传输，光带宽约12THz，因此频谱需要从C波段扩展到L波段，并且具备一定隔离带。400G系统的变化对OTU、WSS、EDFA等关键器件提出了新的需求。

长距OTN系统的传输能力和相干光模块的功能特性有着直接关联。400G长距相干光模块通过升级器件DSP芯片，迭代FEC、星座整形等算法，对损伤进行精准补偿，实现高性能低功耗的发展目标；提升高速相干光器件集成度，通过SiP/TF-LN/InP等不同技术路线达到高波特率、高带宽、低成本的目标，并且具备更好的背靠背OSNR容限。

为了实现光层“C6T+L6T”超宽频谱的传输，光放大器最重要的变革是带宽的扩展。掺铒光纤放大器（EDFA）在波长超过1610nm之后放大效率劣化明显，提高泵浦功率已经无法抵消增益平坦滤波器（GFF）衰减带来的功率损失，不能满足对L波段的放大需求。目前业界通过改变光纤掺杂元素新配比、创新光纤制造工艺改善增益带宽，提升饱和功率和噪声系数，如图1所示。

WSS是实现光信号灵活交叉调度的核心器件，400G光系统需要宽谱的大端口WSS。如果需要为C和L

波段提供两个不同的WSS进行波长调度，将大大增加网络规划和网络维护难度。通过“C+L”一体化的WSS可以简化站点的光纤连接，同时能够有效降低成本、提升集成度。目前支持12THz的WSS已有少量厂家提供商用样品测试。

400G系统性能的优化和维护

400G系统扩展到“C+L”波段之后，光纤中受激拉曼散射(SRS)效应的影响将会更为凸显，短波长的功率向长波长转移。当出现系统波道变化等情况时，SRS效应会增加性能劣化的程度，甚至有业务中断的风险。因此，400G“C+L”系统需要具备抑制SRS效应、均衡波道性能、保证收端OSNR最优的手段。

从海缆维护中迁移出的假光（DL）填充技术是目前业界普遍用于抑制SRS效应的手段。DL填充波可以通过宽谱ASE噪声产生，通过WSS进行滤波和波长选择，或者用可调谐激光器作为独立填充波光源。DL填充波技术一是可以让系统开局时处于满波状态；二是在真实波道增加/减少时，DL在相应波长处基于功率匹配进行秒级的下波/上波，让系统保持在稳定状态。目前业界对于DL的实现方式及位置、触发条件、上下波功率大小等没有

进行统一规范，尚待进一步研究。

另外一种系统调节手段是系统功率自动优化。经历多跨段传输后，功率转移会累积，导致C波段波长的功率明显低于L波段，OSNR平坦度显著劣化。系统功率自动优化可以通过在EDFA监控每个OMS段光放输入/输出信号的功率，设置反馈机制，在系统功率变化超出阈值、平坦度不满足要求时，通过逐级调整EDFA泵浦功率以达到需求增益，保证频谱功率均衡和系统稳定。

400G技术的下一步演进和未来800G系统的复杂度将进一步提升，线路损伤更加难以预测和调节，传统的运维优化模式难以支持光网络的管理。未来可以基于光网络数字孪生技术，通过采集丰富全面的系统数据和实时感知的动态数据，深入挖掘数据关系，建立不同的功能模型，对光传输系统建立高保真、多维度、动态响应的孪生映射模型。通过孪生模型，可以在规划和设计阶段给出系统的最优配置，在运维阶段对不同的系统优化策略进行模拟仿真，找到最佳策略并由管控系统下发至实体网络实施。

400G时代已经到来，不断提升传输性能和系统集成度，同时优化功耗和成本，是未来系统迭代演进的方向。400G系统架构、性能调优、运行维护都对现网应用提出了新的要求，运营商要充分利用现网光缆和机房资源，提升系统运维的智能化程度，建设高速、灵活、安全、智能的400G高速传输网，为全光底座建设和“东数西算”实施打好坚实基础。☞



图2 光纤SRS能量转移效应

烽火通信: 拥抱400G 铸造算力时代的全光底座

■ 本刊编辑部 朱文凤

作为开启骨干网下一个周期的重大变革性代际技术,400G正接过“接力棒”,为光宽带和移动通信发展保驾护航,成为算力网络时代新的带宽“承重墙”。“光通信专家”烽火通信亦与时俱进,加大自主创新力度,持续迭代产品,推出差异化解决方案,全面推动400G智慧全光网建设,筑基算力网络发展,为数字中国建设“添砖加瓦”。

需求驱动,400G正当红

当前5G、物联网等技术快速发展,数据流量呈指数级增长,对网络带宽提出了更高要求。在市场需求的推动下,运营商积极开展400G建设和试运行。烽火通信网络产出线总裁张宾表示,今年400G网络将逐步开始建设,到2024年,400G长距将实现大规模商用。

可以确定,400G的繁荣发展近在眼前。不过,烽火通信也保持着一份警醒:新技术的应用往往是机遇和挑战并存,400G建设带来了新的网络架构变革,但在网络设计、网络开通、运营维护等方面仍有提升空间。为此,烽火通信在智慧特性方面,通过基于全生命周期运营的FIONE孪生解决方案,在孪生平台上进行规划、感知、分析、运营,进一步提升网络智能化水平;在运营层面,利用机房资源可视可管、基于“光纤传感+人工智能”的行为态势感知,通过随流检测、质差分析等业务质量进行



烽火通信网络产出线总裁 张宾

感知,推动光网络向资源感知、行为感知、业务感知演进。

前行不辍,拥抱400G时代

作为光通信领域的“行业老兵”,烽火通信长期以来大力投入光技术研发。在推动400G升级方面,烽火通信始终坚持两个原则,即自主创新和依据不同场景提供差异化的解决方案。去年四季度,烽火通信推出了400G PCS-16QAM方案,今年“5·17”期间,烽火通信发布从芯片、模块、板卡到系统设备端到端的自研400G QPSK解决方案,并实现了实验室6000千米的超长距无电中继传输,领跑行业。

张宾表示,过去大半年,烽火通信密集地与国内运营商开展400G长距离传输的验证工作,包括从上海到广州现网3820千米无电中继传输、珠三角首个“C+L”400G大容量试验网、贵州到湖南现网1673千米(环回)纯EDFA环境下无电中继传输并加载“东数西渲”业务演示。从整体验证效果来看,烽火通

信的400G方案在性能指标、集成度、稳定性上也具备领先的竞争力,预计今年内可实现规模商用。

与此同时,在400G光模块方面,烽火通信可提供符合MSA协议的固定封装光模块,以及CFP2-DCO/QSFP-DD/OSFP等封装形式的可插拔产品,助力运营商构建一张绿色低碳、高效运营的光传输网络。

步履不停,迎接800G“新潮”

在400G即将规模商用之际,业界对800G也开始了超前布局。随着“东数西算”工程的持续推进,以及大模型项目的激增,光网络正向800G、1.6T加速演进。

不过,当前800G、1.6T仅支持数据中心内部以及数据中心之间中短距离互联,预计2024年才能在互联网及数据中心短距离互联场景实现小规模商用。而要实现800G、1.6T干线长距离传输的大规模商用,则需要产业链持续在调制接收、DSP、光放大、光交叉、非线性补偿等领域持续研究和突破。

烽火通信将持续推动800G、1.6T进一步演进,张宾表示,烽火通信今年内将释放相关光模块样品并于2024年实现量产,以满足数据中心中短距互联应用。在800G、1.6T长距传输方面,烽火通信已开始布局更高波特率的ADC/DAC器件和更加优化的非线性补偿方案,以及S波段掺杂光放大等核心技术。CW

深耕400G 诺基亚贝尔的追“光”之路

■ 本刊记者 王禹蓉

作为下一代骨干网的核心承载技术，400G技术具备更高的传输速率、更大的带宽以及更好的扩展性能等优势，能够充分满足大型数据中心和通信网络日益增长的需求。Omdia报告显示，2022年400G骨干网相关设备全球出货量增长了55%，预计未来五年400G市场将保持高速增长。

在我国，400G技术的探索和产业发展也呈现出如火如荼的态势，多家国内厂商投入到400G技术研发和产业布局，以抢占400G市场的发展先机。400G从技术层面降低了单个100G业务的网络成本，能够提升网络效率并有效降低功耗。可以预见，400G技术将为我国光通信产业带来更多发展机遇。

作为业界领先的光通信服务商，诺基亚贝尔的400G技术在国内互联网企业市场中已得到了大规模应用，性能也已得到了充分验证，相关400G产品方案也通过了工信部的入网测试并完成了运营商的现网测试。诺基亚贝尔用实际行动证明，400G技术方案的应用成熟可靠，可有效缓解运营商骨干网上流量激增带来的压力。

诺基亚贝尔基础网络业务集团光网络事业部总经理张寒峥告诉记者，在实际应用中，400G波道频谱的展宽，对现网的光纤利用效率提出挑战。为了更好地解决上述问题，诺基亚贝尔创新



诺基亚贝尔基础网络业务集团光网络事业部总经理
张寒峥

结合“C+L”波段的400G技术方案在现网进行了测试。据张寒峥介绍，该方案不仅能让400G技术下的光纤传输容量倍增，进一步缓解网络流量压力；还可以继续使用现网的光缆类型，沿用现有传输网的架构，保持现有机房、光放站、中继站点设置不变，大大降低新技术引入所带来的高投入。

诺基亚贝尔一直致力于光传输网络的生态建设，是业界少有的同时拥有DSP和OFE的设备商。诺基亚贝尔目前不仅已向市场提供了高品质的光器件，而且基于自身的垂直整合能力，还推出了高质量的400G DCO光模块产品，提供CFP2和QSFP-DD两种封装模式，分别适用于中长距传输和短距传输。此外，诺基亚贝尔的400G技术还有高性能的板载形式，可提供超长距离应用。在800G技术上，目前诺基亚贝尔主要采用板载形式，面向高带宽的数据中心互联，支持长途传输。张寒峥透露，800G可插拔模块将在2024年推出。

“随着网络带宽逐渐增大，网络的复杂度也相应提高。因此，对于网络的智能管控显得尤为重要。”张寒峥补充道。目前，诺基亚贝尔正致力于与国内外多家互联网企业和运营商合作，加速“磨练”出一整套有效、灵活的高度定制化解决方案。

随着以AIGC为代表的人工智能应用持续爆发以及企业业务云化的大规模部署，特别是在数据中心互联的场景中，800G的规模应用需求席卷而来。今年六月，诺基亚贝尔发布的第六代光子业务引擎PSE-6s已经支持单波长800G，传输距离超过2000km，单波长1.2T的传输距离也超过了100km。PSE-6s采用了5nm工艺和大量新技术，不仅使单波长容量大幅提升，网络整体功耗也比上一代大幅下降60%以上，可有效帮助用户降低光网络的运营成本。张寒峥表示，诺基亚贝尔将持续利用自身的创新能力推动800G产业生态的成熟和完善，以尽早做好准备迎接800G时代的到来。

展望未来，作为业界领先的端到端光网络解决方案提供商，以及开放光网络的“倡导者”和“践行者”，诺基亚贝尔的光网络产品和解决方案将秉承“大道至简”的理念，通过持续的核心技术创新以及秉持开放光网络的理念，与各方合作伙伴一道，共同奔赴通向高质量发展的智慧追“光”之路。📡

真金不怕火炼，长飞公司 引领高速光传输未来发展

■ 本刊记者 甄清岚

近日，中国移动公布了2023—2024年G.654.E光纤光缆产品集采结果，长飞光纤光缆股份有限公司以40%的份额位居榜首。在业界看来，中国移动此次集采对推动400G光传输技术发展具有重要意义。

实力领先，助力400G产业 高速发展

作为全球领先的光纤光缆制造商和光通信解决方案提供商，长飞公司近年来致力于400G及超400G光传输相关产品的研发与创新。作为400G、800G及未来Tbit/s超高速传输技术的首选光纤——超低衰减G.654.E光纤，以其特有的优势“活跃”在大带宽、低时延、长跨距的骨干网传输中，价值愈发凸显。

凭借多年的技术积累和市场经验，长飞公司在G.654.E光纤领域已耕耘十余年之久，并致力于G.654.E光纤的应用及推广。长飞公司技术总监罗杰称，长飞G.654.E光纤已成功应用于中国移动、中国电信、中国联通、国家电网等多个国家网络基础设施项目建设。长飞公司联合运营商及设备厂商进行新型G.654.E光纤的应用创新研究，多次参与大容量、长距离、高速率的传输测试，不断取得新突破。如助力中国移动研究院取得G.654.E光纤800G 2000km和少模光纤400G 200km长距离传输



长飞公司技术总监 罗杰

2项世界纪录。去年，长飞公司以最大份额连续中标中国电信、中国移动2022年G.654.E光纤光缆集中采购；今年，又再次以第一名中标中国移动G.654.E光纤光缆产品集采，这足以证明长飞公司G.654.E新型光纤的技术实力和综合实力在行业中处于领先地位。

踔厉奋发，探索新型光纤 发展趋势

为保持长途骨干传输网络的竞争优势和基础设施的长期稳定性，骨干光缆网的建设需要选用能够显著提升传输系统性能的新型光纤。罗杰表示，对于未来更高速率如800G、1.6T光系统，除了对现有光纤的性能进行持续改进外，更重要的是寻找可以支持未来20年或更长时间、容量持续增加的下一代主流光纤。从技术方案来看，业界已基本达成共识，主要有两条路线，即空分复用(SDM)光纤和空芯光纤。

据了解，长飞公司已率先在空分复

用光纤、空芯光纤领域进行了多年布局，积极推进相关产品的批量制备和应用，推动新型光纤在多领域的蓬勃发展。

在空分复用光纤方面，长飞公司已经完成多芯/少模、强耦合/弱耦合空分复用光纤全系列产品线建设，且具备批量生产制备能力，各类型光纤单根预制棒拉丝可达上千千米，拥有关键原材料和各类生产、测试设备的自研自产能力。罗杰称，长飞公司的空分复用光纤正处于试点建设和标准推动阶段，将携手运营商、高校和科研院所，共同推动空分复用光纤的商业化应用，力争在下一代大容量高速光传输领域实现新的突破，预计今年内可完成空分复用光纤在海缆和陆地线路上的示范性试点。

在空芯光纤方面，罗杰介绍道，长飞公司已经完成全套关键原材料自研能力搭建，并持续高速迭代。2022年，长飞公司承担了“十四五”时期第一个空芯反谐振光纤国家重点研发项目中关于光纤制备的课题，是目前国际范围内少数可以实现千米级别空芯反谐振光纤制备的企业之一。

光通信技术具有大带宽、低损耗等优势，是现代通信的重要基础，光通信技术及应用也正朝着高带宽接入、大容量传输、灵活化组网和智能化管控等方向发展。寻找下一代光纤的路途还在继续，长飞公司将持续推进光技术发展，为数字经济高速发展贡献力量！

工业互联网 是新型工业化的战略性基础设施

■ 中国信通院工业互联网与物联网研究所所长 金键

随着全球经济的快速发展和科技的不断创新,工业革命进入加速新阶段,数字技术带来新的机遇。当前,新一代信息技术与先进制造技术融合发展已成为新一轮产业变革的鲜明特色,正在驱动全球产业链、价值链发生深刻变化。推动制造业数字化转型已成为全球主要工业国家提升产业核心竞争力的共同选择。

当前,世界百年未有之大变局加速演进,新一轮科技革命和产业变革深入发展,全球产业结构和布局深度调整,大国竞争和博弈日益加剧。我国正处于由制造大国、网络大国向制造强国、网络强国转变的关键时期,作为新发展理念在工业领域的生动实践,新型工业化正重塑中国工业形态,推动工业迈向高质量发展的新阶段。

中国正从工业大国迈向工业强国,在全面实现工业化的进程中,面临着宝贵的时代机遇。习近平总书记为我国指明了新型工业化方向,党的二十大进一步设定了我国的现代化目标,即到2035年基本实现社会主义现代化。习近平总书记近日就推进新型工业化作出重要指示:新时代新征程,以中国式现代化全面推进强国建设、民族复兴伟业,实现新型工业化是关键任务。要完整、准确、全面贯彻新发展理念,统筹发展和安全,深刻把握新时代新征

程推进新型工业化的基本规律,积极主动适应和引领新一轮科技革命和产业变革,把高质量发展的要求贯穿新型工业化全过程,把建设制造强国同发展数字经济、产业信息化等有机结合,为中国式现代化构筑强大物质技术基础。

新型工业化是实现经济高质量发展 的战略选择

我国工业化正进入深度追赶新阶段,面临的挑战和压力也随之增大。一方面,产业结构高端化不足,高技术制造业的市场份额及竞争力并未达到预期,向上突破困难;另一方面,尽管全要素生产率的差距正在逐渐缩小,但制造业的劳动生产率差距仍然显著,效率和效益尚未达到国际领先水平;同时,绿色和可持续发展也为制造业带来了巨大压力,短期内绿色低碳发展对制造业产生了冲击。

面向未来,数字化、网络化、智能化以及绿色化将成为我国制造业变革的关键方向。数实深度融合作为新工业革命的核心变量,为我国工业提供了新的增长点和转型机遇。此外,工业互联网正成为新工业革命的新增长点,智能化变革有望打造新工业革命的供应链协同。同时,我国工业的绿色化转型是一个历史性机遇,尤其在新能源、光伏

等领域,绿色化转型已经取得了显著的进展。

工业互联网是新型工业化的 战略性基础设施

工业互联网是新一代信息通信技术与制造业深度融合的关键基础设施、新型应用模式和全新产业生态,通过人、机、物的全面互联,构建起全要素、全产业链、全价值链的全面连接、数据驱动的工业生产制造和服务体系,成为第四次工业革命的重要基石。其中标识解析体系是工业互联网的重要组成部分,是工业互联网的神经枢纽。我国工业互联网标识解析体系在为境内用户提供国家顶级节点的统一标识解析服务的同时,与国际标识根节点之间实现互联互通,既提高了访问效率,又提高了体系发展的安全性,进而提升全网服务能力。

目前,工业互联网标识解析体系“5+2”国家顶级节点全面建成,服务企业超30万家。标识解析系统可以对相应的物理实体或虚拟信息进行查询、定位、追溯。标识解析已全面融入工业企业研发、采购、生产、仓储、物流、销售环节,在企业内外部产生价值,帮助工业企业提升产品质量、提升管理效率、促进模式创新,赋能工业企业由数字化迈向网络化、智能化、绿色化。📡

推进“算网城市”建设 打造数字经济发展“桥头堡”

■ 中国信通院云大所总工程师、正高级工程师 郭亮

近日，工信部等六部门发布《算力基础设施高质量发展行动计划》（以下简称《行动计划》），“打造一批‘算网城市’标杆”是其中一项重要任务。在数字经济发展迅猛的当下，这一举措恰逢其时。

我国高度重视数字经济发展，持续促进数字技术和实体经济深度融合，协同推进数字产业化和产业数字化，加快建设网络强国、数字中国。党的十八大以来，我国已经逐步形成数字经济国家顶层设计与地方推进举措相结合的政策体系。根据《中国数字经济发展研究报告（2023年）》数据，2022年我国数字经济规模达到50.2万亿元，同比增长10.3%，占GDP比重提升到41.5%。

随着各行业数字化转型的不断深入，我国的数字经济发展已经进入新时期。通过构建算力更加强大、网络更加智能、应用更加广泛的算网支撑能力，打造一批具有鲜明特色的“算网城市”，扎实推进“算网中国”建设，将为数字经济发展带来更多动能。

我国城市建设进程加速

从发展历程来看，我国城镇化经历了早期探索、快速发展和高质量发

展三个阶段。

改革开放前，我国的城镇化进展相对缓慢，在1950至1980年的30年中，相较于全世界城市人口比重上升13个百分点，中国城镇化仅上升8个百分点。

改革开放后，城镇化进程加速，经济特区逐步建立，沿海城市陆续开放，城市集聚效应显著提升，逐步形成京津冀、长三角、珠三角、成渝等重要城市群。

近20年来，我国城镇化进入快速发展期，根据国家统计局数据，截至2020年11月，我国超大型城市有上海、北京等7座，特大城市共14座。城市建设更加注重以人为本，并积极利用现代信息技术提高城市管理水平，构建智慧、高效、便捷、舒适的城市环境，更好地为人民生活服务。

从经济体量来看，我国城市生产总值快速增长，成为引领经济发展的重要引擎。“GDP万亿俱乐部”不断扩容，2021年中国万亿GDP城市增至24个，有6个城市GDP突破2万亿。

与美国、日本及欧洲等发达国家和地区相比，我国城市发展速度较快、数量较多，城市人口更为密集，但在绿色环保、信息化等方面与发达国家相比仍

有差距。

在发展速度方面，我国城市发展较发达国家更快。发达国家经济发展进入平稳增长阶段，城市数量和规模扩张速度较缓；我国经济仍处于快速发展期，城市规模仍在持续提升，特大、超大城市数量仍将持续增长。

在综合实力方面，我国城市经济实力、治理能力、文化体验、城市形象等各方面能力均在稳步提升。根据城市品牌价值评估机构GYbrand发布的《世界城市500强》报告，在2023年全球排名前十城市中，上海和北京分别位列第七和第十。

在绿色环保方面，发达国家更加注重绿色低碳发展理念，城市绿色低碳水平较高；我国城市逐渐关注并重视绿色低碳发展，在政策引导等方面做了大量工作。

在信息化建设方面，发达国家城市对信息化技术的应用程度普遍较高，大数据、人工智能等技术广泛应用于企业生产的诸多环节。

城市数字化总体情况

党的十八大以来，我国数字经济在赋能经济社会高质量发展中发挥了

重要作用。党的二十大报告提出“加强城市基础设施建设，打造宜居、韧性、智慧城市”。通过数字化提升城市运行效能，不断破解城市治理中的实际问题，是提升城市治理水平的重要路径。2023年，中共中央、国务院印发《数字中国建设整体布局规划》，为城市数字化发展指明了方向。

全国各地深入贯彻落实党中央、国务院关于数字城市的相关战略部署，加快构建城市数字化发展格局，夯实城市数字化转型的基础底座，推动数字技术与经济、政治、文化、社会和生态文明等领域深度融合，结合地区条件与优势资源，形成了各具特色的发展路径，数字化建设成为各个城市的发展重点。

“城市大脑”

全国已经有数百个城市宣布开展“城市大脑”建设。“城市大脑”作为城市智能化深度发展的产物，能够实现城市中万物互联和城市服务快速智能反应，进而辅助提升城市的综合治理能力，因此成为各个城市争相建设的焦点。

当前，随着城市规模的不断扩大，交通、市政等的管理需要运用更加先进科学的手段进行。通过将各类先进技术融入现有的管理模式中，推动城市管理的智能化、智慧化，实现城市治理和城市能级的提升，为数字中国建设贡献力量。

智算中心

据《中国算力白皮书（2023年）》数据，截至2022年，我国算力总规模为180EFlops，同比增长29%。其中，智能算力为41EFlops。随着大模型的快速发展和城市智能化需求的快速增长，智能算力缺口逐渐凸显，智算中心成为我国数字经济高质量发展的重要设施。

各地纷纷推进智算中心建设，据不完全统计，目前全国至少有30座城市已经建成或正在建设智算中心。智算中心与通用数据中心、超算中心等共同组成立体化的算力中心资源，能进行大规模、全方位的算力供给，满足工业、金融、交通、能源、教育和医疗等各个行业的算力需求，将助力城市核心竞争力的提升。

网络设施

网络基础设施建设是城市数字化转型中的重要环节，可以为城市提供强大且智能的数据接入和传输能力，为算力中心的能力输出提供更大带宽、更低时延的传输通道。

传统上，网络的部署通常以用户为中心；而在算网融合时代，网络需要更好地为算力中心服务。《行动计划》指出，要“加快400G/800G高速光传输网络研发部署和全光交叉、SRv6、网络切片、灵活以太网、光业务单元等技术应用”，通过更多新技术的应用部署，为算力最大效用的发挥打好基础，也为网络技术和产业的发展指明了方向。

城市数字化

我国城市数字化建设稳步推进，新技术不断涌现，引领发展并融合应用，助推我国数字化转型进一步深入，数字经济发展水平持续提升。城市是汇聚产业、人口的综合体，强化算网基础能力建设，对于构建数字化、智能化城市具有重要意义。

从产业赋能的角度看，城市数字化转型汇聚各类资源，形成良性的城市数字化生态，促进各行业之间的交流合作；从数字治理的角度看，城市数字化转型提供数据分析和决策能力，提升了城市治理效率和能力，形成了城市运行的“数字大脑”；从绿色低碳的角度看，城市数字化转型对能源进行科学管理，

促进可再生能源的利用和能源结构的优化，助力城市“双碳”目标的实现。

“算网城市”带来四大价值

随着AIGC、智慧医疗、高清视频等业务应用对算力需求的快速增长，构建通用算力、智能算力、超算算力等协同一体的发展格局尤为重要。“算网城市”通过对各类算力的统筹规划，并进一步提升网络互联能力，盘活城市中的闲置算力资源，进而在算网基础上进行应用的赋能。因此，“算网城市”是设施、技术与服务的综合体，构建“算网城市”，对于抢抓新一代信息技术产业机遇、发展地方经济具有重要意义。

在优化算力资源方面，“算网城市”可以整合分散在城市中不同类型的算力资源，打破多源异构算力之间的壁垒，破解城市“算力孤岛”。算力作为推动数字经济健康发展的核心生产力，其重要性日益凸显，各地积极开展顶层设计，如北京、上海、深圳、江苏、山东等地纷纷发布政策措施，促进算力适度超前、绿色低碳发展。“算网城市”建设在发展计算能力的基础上，进一步促进城市算力的集约发展，构建“云一边一端”一体化的异构算力调度机制，从而更好地满足各种应用场景需求。

在强化网络能力方面，“算网城市”可以提升城市网络基础设施建设水平，丰富算力调用途径，强化算力应用及产业赋能水平，推动建设城市“传输动脉”。数字化转型加速促使智能物联终端设备以及移动设备数量快速增长，用户和企业对于网络运力的要求逐渐提升，需要更加泛在灵活的网络接入技术的支持。“算网城市”建设促进用户接入算力网络，算力设施间网络和算力设施内网络进一步广泛部署和持续升级，促使网络更加泛在灵活和持续稳定。高

算力助推新型工业化发展

■ 中国信通院云大所副所长、正高级工程师 李洁

日前,工信部等六部门发布《算力基础设施高质量发展行动计划》,对算力、存力、运力以及算力应用赋能提出了更高的要求。我国正处在数字化转型的重要阶段,算力作为数字时代的核心支撑,也是新型工业化发展的重要信息基础设施。

新型工业化是与新兴科技发展及产业转型相适应,可实现数字经济与实体经济高效融合的一种工业生产形式,是工业生产从自动化迈向信息化、智能化

的必经之路。在具体实现方式上,新型工业化以网络连接为基础,以数据要素为核心,以智能化升级为方式,使得工业生产场景具备一定分析决策能力。新型工业化的发展能够促进我国工业价值链升级,提高在国际产业分工中的竞争力;同时,可带动工业向绿色低碳、可持续发展方向演进。当前,新型工业化已经成为中国式现代化宏伟蓝图的重要组成和实现途径,需要通过多种手段促进新型工

业化发展,才能更好地推动我国现代化进程。

算力是一种融合“算存运”资源的新型生产力,算力中心是算力的关键载体,对外提供相关服务。随着数字化转型的深入推进,各行业对算力的应用需求正在快速增长,我国无论是在算力规模上,还是在算力供给质量上,都较以往有了明显提升。可以说,算力已经成为推动数字化转型不可或缺的一项资源。

品质的运力网络连接作为用户端和算力中心的连接纽带,促使算力服务“即取即用”,充分释放算力服务无限潜力,助力数字经济高质量发展。


在深化城市发展方面,“算网城市”对市区内的算力、存储、网络等多种资源编排管理,形成统一调度,实现算力的跨行业、跨层级协同联动与精准匹配,形成城市发展“核心动力”。算力和网络的协同,可以形成发展合力,进一步提升城市数字经济的发展水平。纽约、伦敦等城市的算网基础设施对数字经济的发展起着重要的推动作用,为进行“算网城市”建设提供了宝贵经验。纽约积极打造智慧城市,提高城市管理和公共服务的效率;伦敦则注重数字化和可持续性发展相结

合,推进智能交通、智能家居和智能制造等项目,算网基础设施为其提供了坚实底座。

在强化“算网中国”建设方面,打造一批“算网城市”标杆,有助于为城市数字化转型提供宝贵经验,为全国的城市数字化转型起到示范引领作用。

“算网城市”建设聚焦算网建设和应用中的痛点、难点问题,促进算力资源高速泛在、集成互联、安全可靠、绿色高效,为数字经济发展提供强有力的支撑,提升城市核心竞争力和治理水平,促进资源共享和协同创新,实现可持续发展。“算网城市”为城市数字化转型提供优秀示范,引领全国各类型城市的创新和进步,夯实“算网中国”建设基础。

全球数字化转型进程不断加快,数字化、网络化、智能化成为数字经济发展的主要特征,世界各国对算网基础设施的重视程度不断提升。城市作为数字化转型的主战场,不仅对算网基础设施建设有迫切需求,也为算力提供了丰富的应用场景和广阔的市场空间。

《行动计划》提出的“算网城市”建设等重点任务,将算网的规划、建设与应用融入城市发展的大局之中,促进算力与网络、数据深度融合;并通过城市算网平台,使之成为基础性社会服务,为城市发展提供算力资源,助推新型工业化发展,助力各行各业数字化转型。未来,随着“算网城市”建设逐步推进,我国数字经济必将得到更好支撑、取得更快发展。 



我国算力中心发展总体情况

建设加快, 智算规模提升

算力中心能够为各行业数字化转型提供算力支持, 是数字经济时代最重要的基础性公共设施, 我国政府高度重视算力中心建设和发展, 持续加强政策引领, 推动算力中心建设。

受政策与市场需求的驱动, 我国算力中心长期保持高速增长, 截至2023年6月底, 全国在用数据中心机架总规模超过760万标准机架, 算力总规模达到197EFlops, 位居世界第二。与此同时, 由于大模型、AIGC等人工智能应用的快速增长, 社会总体算力需求中的智算需求进一步扩大, 并成为引领算力中心发展的重要驱动, 北京、上海、深圳等城市均在积极推动智算中心的建设, 智能算力规模占整体算力规模的比例提高到25%。

2023年10月, 工信部、中央网信办等六部门联合发布《算力基础设施高质量发展行动计划》, 对算力、存力、运力以及算力应用赋能提出了更高的要求, 以计算力为例, 提出到2025年, 我国算力规模超过300EFlops, 智能算力占比达到35%。在国家政策及市场需求的协同引领下, 我国算力中心综合服务能力将逐步提升, 并成为支撑产业创新升级的重要支柱。

布局优化, 产业协同发展

长期以来, 我国算力中心主要围绕数字经济发展活跃、算力需求较高的东部沿海城市布局, 西部地区数字经济发展较缓, 算力需求不足。因此, 总体来看, 我国算力中心呈现“东多西少”“东密西疏”的特征。算力中心发展不均衡不利于我国东西部经济的协同发展。

随着国家政策的部署落实, 西部算力中心建设逐步加快, 占比逐步提升。除了算力中心布局优化外, 西部地区进一步强化了算力上下游产业配套项目引进, 发挥地方资源、能源优势, 发展电子信息制造、新能源等产业, 为算力中心发展提供支撑。

技术升级, 推动性能提升

算力中心由“风火水电”设施和IT软硬件设备共同构成, 多种技术及资源协同配合才能更好地发挥算力中心的性能。随着我国算力中心的快速发展以及对用户服务质量要求的提升, 算力中心技术也在快速升级演进。

从“风火水电”底层设施来看, 我国算力中心供配电、制冷技术发展均相对成熟, 绿电、液冷、蓄冷、储能等技术快速发展并应用, 为算力中心绿色低碳发展提供重要支撑。

从IT软硬件设备来看, 我国服务器、存储及网络整机制造能力较强, 多

元异构算力设备研发加快, 全闪存存储应用比例提升, 全光网络加速向边缘拓展, 算网融合加速推进, 算网整体服务性能不断提升, 助力我国算力应用服务水平提升。

应用深化, 向多行业渗透

随着市场竞争的日趋激烈, 以及用户需求的不断变革升级, 企业利用数字技术支撑战略决策、提高生产经营效率的诉求进一步提升, 这在很大程度上推动了社会各行业对算力的应用。当前, 我国算力应用不断深化, 从传统互联网、金融、政务等领域进一步向其他行业拓展。

我国新型工业化发展现状与面临的挑战

近些年, 我国工业发展较好。据国家统计局发布的数据, 2022年国内生产总值达到121万亿元, 第二产业增加值达到48.3万亿元, 产业增加值占比达到39.9%。分门类来看, 高技术制造业增加值增速最快, 达到7.4%; 其次是采矿业、装备制造业, 产业增速也相对较快; 制造业、电力、热力、燃气等传统工业门类增速相对平稳。

为了进一步降本增效、提高终端服务能力, 我国工业企业加速推动数字化转型进程, 通过信息化建设促进业务流程化、标准化改造, 其中电力、能源等

工业领域大型国有企业信息化改造和建设最为积极。

在电力领域，国家电网公司重点关注能源技术和数字技术的深度融合，通过算力基础设施建设以及企业业务信息化改造，提高对电网的智能化管理，助力构建更加绿色清洁的能源体系。

在能源领域，中国石化、中国石油、中国海油等石油化工企业均积极围绕国家“十四五”规划确立信息化、数字化转型发展目标，并开展了相应的信息基础设施规划和建设。中国石化集团紧密围绕国家信息化规划和集团战略目标，加快打造高速泛在、智能敏捷、绿色安全的智能化综合性信息基础设施，全面提升基础设施的数字化、自动化、智能化水平，为企业数字化转型战略提供强有力的技术支撑。在算力中心方面，中国石化形成了集团综合数据中心、集团专业数据中心和企业边缘数据中心的“3+4+N”总体架构，为集团及企业数字化转型提供算力支持。

党的二十大报告对我国新型工业化发展作出重要安排及部署，加速推进新型工业化建设，构建制造强国。中央经济工作会议提出构建现代化产业体系，扎实推进中国式现代化。“新型工业化”重点是“工业化与信息化的相互促进，协同发展”，通过在工业生产中充分利用信息化工具，使生产更加自动、智能、高效；同时，通过信息化工具控制每个生产环节，可进一步降低能源、资源损耗，推动可持续发展目标实现。数字化、智能化、数实融合等概念已经成为工业发展的关键词汇，它们将引领新时代的产业转型升级。高效的算力将成为工业数字化转型的基础和动力，成为支撑新型工业化发展的重要底座。

当前，我国新型工业化发展总体态势良好，但仍存在诸多挑战，具体来看，主要体现在三个方面。

一是传统工业企业数字化转型意识淡薄，信息化程度较低。不少工业企业缺乏信息化专业人才，管理层思维固化，缺乏信息化意识，仍采用传统的工业生产和管理方式，信息化程度较低。

二是部分企业认识到信息化发展的重要性，但缺乏集团层面战略规划，信息化建设难以满足业务需求。这类工业企业数字化转型仍处于早期探索阶段，缺少先进成熟的经验参照，没有形成集团层面信息化战略规划，只是开展了简单的信息化建设，无法充分发挥数据信息对企业管理决策、创新发展的作用和价值。

三是信息化安全问题日益凸显。随着制造业网络化程度不断提高，企业暴露在互联网上的系统及设备数量与日俱增，面临的外部攻击风险日益加大。

算力中心推动新型工业化发展

算力中心支撑工业企业智慧决策。算力中心可以帮助工业企业实现更高效、更精准的智慧决策。利用人工智能、大数据等先进技术，算力中心可以对企业内外数据进行深入分析和挖掘，提供更全面的市场分析和预测，助力企业决策。此外，算力中心还可以通过数据可视化等技术手段，将复杂的数据分析结果以更直观的方式呈现给企业决策者，提高决策效率和准确性。

算力中心优化工业企业生产经营。算力中心可以通过对大数据的深度分析和挖掘，帮助工业企业优化生产经营管理。例如，通过对企业生产过程中产生的海量数据进行实时分析，可以快速发现生产过程中存在的问题，并采取措​​施，优化工艺流程，提高生产效率和产品质量。此外，算力中心还可以为企业提供更精细的成本控制和资源优化配

置方案，降低企业运营成本，提高企业的盈利能力。

算力中心促进工业企业科研创新。算力中心可以为工业生产提供强大的数据处理和分析能力，从而加快企业科研创新的步伐。通过算力中心的支持，工业企业可以更快地处理和分析海量数据，进行更复杂的数值模拟和实验研究，加快产品设计和开发的速度。这不仅可以提高企业的研发水平，还可以缩短产品研发及上市周期，进一步提高企业的市场竞争力。例如，随着算力的提升，自动驾驶等技术快速发展，智能网联汽车正在成为重要的交通工具，为安全、畅通、低碳、高效的交通网络建设提供重要支撑。

算力中心助力企业复合型人才培养。算力中心的建设和应用需要员工掌握多方面的知识和技能，包括云计算、大数据分析、人工智能等。这要求工业企业注重培养具备多学科背景和复合型技能的人才。对于员工而言，仅仅掌握单一的技术或工具已经不足以满足工作需求，需要不断提升自身的综合素质和跨学科能力。工业企业需要强化员工之间的团队合作与沟通能力，只有通过良好的沟通和协作，才能充分发挥算力中心的最大效益。

新型工业化的核心发展动力源自科技创新和社会数字化，算力是新型工业化重要的基础设施建设，新型工业化建设的远景目标与算力建设应用紧密相关。《算力基础设施高质量发展行动计划》明确了算力中心的发展方向，具有新质高效、极致优能、安全可控、智能敏捷、融合赋能等典型特征的算力中心将定制化地为工业场景服务，并在生产经营、科技创新、人才培养等方面促进现有工业向新型工业演进。同时，形成可推广的新型工业化典型案例，为行业发展提供借鉴，从而全面推动我国新型工业化发展。📍



将数字经济打造成 宁夏高质量发展第一增长极

■ 宁夏枢纽建设专班 李彬
华信咨询设计研究院 张丹丹

党的二十大以来，宁夏回族自治区党委、政府深入学习贯彻加快建设数字中国、大力发展数字经济的重要精神，宁夏回族自治区第十三次党代会对加快建设“数字宁夏”作出重要部署，自治区领导指出，要着力做强做优做大数字经济，采取非常举措、支持非常产业、实现非常发展，努力把数字经济打造成宁夏高质量发展的第一增长极。

经过多年发展，宁夏数字经济形成

了一定的基础和优势，新一代信息技术产业集群已具雏形，但与数字经济发展大省相比，还有较大差距，低于全国平均水平，处于最后一个梯队。宁夏在发展数字经济上还存在数字产业化规模小、附加值低、支撑产业数字化的创新资源基础薄弱、数字应用场景开发不足，以及数字产业生态链条亟待完善等问题。面对宁夏回族自治区数字经济发展的严峻形势，全区应深入分析堵点、

充分研判趋势，立足优势补短板、精准选取突破点，切实走出一条符合宁夏实际的数字经济发展之路，推动宁夏经济转型升级和高质量发展。

产业发展堵点 “规模小”

受原有工业基础薄弱等因素制约，宁夏数字经济发展高度依赖传统制造

业，产业层次偏低、产品附加值低、创新能力弱、数字化水平低仍是宁夏工业结构的基本特征，产业结构调整缓慢。近几年，宁夏抢抓数字经济和“东数西算”发展机遇，大力布局云计算、大数据产业，发展成效显著，有力带动了传统制造业转型升级。但新引进的数字产业尚未形成产业集聚，产业效能尚未发挥，还未形成有力的新兴产业增长极，数字经济总体规模偏小。据统计，2021年宁夏数字经济增加值占地区生产总值的比重约为32.4%，比全国平均水平低了7.4个百分点。

“底子薄”

受地理位置、人口密度、创新资源等因素影响，宁夏数字经济产业创新基础较为薄弱，数字经济人才匮乏，科技项目谋划质量不高，创新型领军企业数量有限，关键核心技术和自主知识产权仍然不足。近几年，宁夏凭借资源与战略优势，承接了国家众多重大战略的落地实施，成为西部地区获得国家战略试点最多的省份之一，但宁夏尚未实现区域联动，区域影响力还未形成，且面临西安“虹吸效应”的影响，宁夏数字经济发展面临着发展要素流失与竞争优势重塑的双重难题。

“应用窄”

宁夏数字应用场景开发不足，数字技术应用仍处于“散点开花”的阶段，缺乏大集成、大融合的重点项目和示范场景。在数字治理领域，宁夏是全国“互联网+医疗健康”“互联网+教育”“互联网+城乡供水”等示范区，但以上示范场景多以区域性应用为主，尚未形成全国性影响，以业务需求为导向的共享做得不够，公共数据挖掘不足，激发数字经济发展新动能的开拓性和创新性举措不多。

“链条短”

宁夏数字经济产业聚集度不高，电子制造、软件开发等产业仍处于价值链中低端环节，缺乏上下游产品的拓展、延伸。智能终端产业以零配件为主，缺乏高端成套产品；大数据产业主要提供存储备份服务，仍处于产业价值链中低端环节；算力产业链则缺失服务器制造环节。

堵点原因分析

数字供给：创新资源集聚不够

当前，宁夏科技、人才优势尚未得到充分发挥，发展新动能亟待培育壮大，科技项目谋划质量不高，缺少优质中介机构与平台，创新领军型企业数量不多，关键核心技术和自主知识产权仍然不足，产业发展质量和效益仍需提升，制造业也面临“缺大少新”问题，后续需求接续能力不足。同时，宁夏数据要素潜能有待激活，一体化数据资源管理体系尚未建立，数据的资产地位尚未确立，数据确权难题也尚待破解，同时数据在共享、交易、决策等方面的价值尚未充分显现，还需进一步发展。

数字需求：应用场景开发不足

数字技术与经济发展、工作生活等场景的融合应用探索正不断深入，大力推进典型应用场景的复制推广，有助于发挥数字技术对经济发展的放大、叠加和倍增作用。当前数字技术在宁夏的应用仍处于“散点开花”的阶段，缺乏系统性规划及大集成、大融合的重点项目和重点场景，“互联网+医疗健康”“互联网+教育”“互联网+城乡供水”等示范区建设的进度放缓，需要打通消费与生产、供应与制造、产品与服务间的数据流和业务流，培育共享经济、现代供应链、产业链金融等新业态，面向城市治理和服务需求，打造跨部门、跨领

域、跨层级协同的融合产业生态。

数字生态：产业链条亟需完善

受交通、市场、自然禀赋、人才资源、配套资源、原有工业基础等因素影响，宁夏新兴产业、高新技术产业和装备制造业等虽有所发展，但规模较小。新引进的数字经济产业尚未形成集聚效应，产业效能尚未发挥，还未形成有力的新兴产业增长极。当前宁夏的产业链条延伸不够，如智能终端产业以零配件为主，缺乏高端成套产品；大数据产业主要提供存储备份服务，仍处于价值链中低端环节。

数字竞争：同质竞争压力剧增

宁夏与甘肃、内蒙古区域位置相邻、自然禀赋相同、产业结构相似、发展水平相近，且同为西部地区全国一体化算力网络国家枢纽节点，为承接东部算力溢出，竞相出台了产业扶持政策，在算力产业发展上形成同质化竞争，未形成差异化竞争格局。

数字保障：网络安全有待加强

当前，宁夏网络安全设施、技术、资金等要素保障不足，用户安全知识和意识培养也不到位，责任体系、管理体系还不健全，网络安全漏洞频发，解决安全隐患和管控风险的能力需要进一步提升。同时，金融风险防范有待加强，经济金融形势复杂多变，互联网金融、供应链金融等新模式不断涌现，需充分考虑机构和市场的承受能力，丰富监管手段，规范金融秩序，消除监管真空，防止出现区域性、系统性金融风险。

发展对策建议

坚持项目为要，建立管理体系

一是加强项目谋划。围绕“六新六特六优”、先行区建设重大工程、“两新

一重”等本地重点优势产业，聚焦产业链关键环节及科技创新等领域，统筹谋划一批项目库、商机库，推进重大项目建设。

二是强化跟踪服务。加大对项目落地的跟踪服务，及时解决产业空间供需矛盾，对于重点企业、重点项目，通过“植入式”方法，提前将产业、事业规划需求统筹到城市更新改造过程中，促进城区空间的高效集约利用。

加强要素支持，完善体制机制

一是优化营商环境。加强政务环境建设，建立宁夏营商环境评价体系，围绕招商引资、项目建设、企业发展、产业升级，制定更加科学有效、更有吸引力的政策。二是强化人才培养，实施数字经济“万人宁聚”工程，依托高校、研究院等各方力量吸引高层次人才来宁夏，支持高校、研究机构开展数字经济领域专业培训，引进培育各层次人才。三是加强资金支持，综合运用战略性新兴产业专项资金、政府投资基金、产业引导基金等，吸引社会资本，共同建立覆盖种子期、初创期、成长期和成熟期的企业全生命周期的多元化、多层次、多渠道投融资体系。四是统筹发展安全。坚持发展和安全并重，建立健全网络安全体系，建强“数盾”工程，构建“云网端数用”一体化协同安全保障生态，完善风险监测、安全防护、态势感知、数据治理等基础设施，加快提高自主可控水平，强化安全可靠技术和产品研发应用，形成服务全国的安全防护产品和服务体系。

垒实平台体系，推动创新集聚

一是强化基金支持。在自治区政府的推动下，银川阅海湾中央商务区与嘉兴市南湖金融服务有限公司计划投资50亿元建设宁夏“数字基金小镇”及创投数字实体产业园，联合创建“基金+产

业”招商合作，引导金融、信息等产业间的企业、公共技术平台互动融合，组建宁夏“东数西算”产业基金，计划基金规模100亿元。同时，有效利用子基金、国开行宁夏分行、公募REITs等市场化资金、资源组合牌，实现东西部资源盘活管理。

二是鼓励跨界融合。鼓励领军企业、高等院校等各类创新主体组建研发平台，高起点引入研发机构，吸引更多的国家重大基础设施项目、新型研发机构入驻宁夏，带动相关产业整体技术提升。

三是强化智库支撑。用好“数字宁夏”专家咨询委员会，成立以院士牵头的宁夏枢纽建设专家委员会，建立专门化、常态化咨询服务队伍，依托中咨公司、信通院、北京大数据研究院、华信设计院等国内知名智库，在基础设施配套、标准体系建设、数据要素价值等方面集思广益。

强化场景应用，深化数据价值

一是建立数据制度。以促进数据合规高效流通使用、赋能实体经济为主线，以数据产权、流通交易、收益分配、安全治理为重点，探索建立数据基础制度，充分发挥数据要素作用。二是评定示范应用。组织开展算力赋能千行百业典型场景和优秀案例评选，支持和鼓励企业以需求为导向，以数字技术推动产业转型，以算力赋能行业发展，打造新模式，培育新业态。三是加大政策支持。发放算力券，鼓励区内企业应用算力服务开展数智化转型，重点推进工业、教育、医疗、农业、水利、金融、环保、能源、应急、物流、社会治理等方面的数字化应用和发展。

延长产业链条，发展产业生态


一是加强产业集聚。加强产业要素之间的共生、互生与再生，注重高水平

骨干企业及其生态引入，由单个项目招商向产业链条完善转变，基于宁夏中卫集群、“互联网+医疗健康”示范区、“互联网+教育”示范区等本地优势，盯紧电子信息制造、信创、教育医疗等产业链和关联产业，谋划一批引领型产业集聚区，布局全产业链生态，发展“产业集聚—产业生态—产城融合”的区域经济模式。

二是强化精准招商。继续完善“2342”招商引资体系，建设专业招商队伍，统筹全区招商需求，形成联动招商合力，加快对接国家部委、央企、互联网头部企业、金融企业的数据应用和数据资源落地；建立统一的数字经济招商企业名录，以强链、补链、延链为目标，完善数字产业生态。

三是壮大核心产业。加快构筑“算力设施、数据要素、数字应用、安全信创、未来技术”五大生态，形成千亿级产业集群，形成一批全国一流企业、单项冠军企业和行业标准、国家品牌。加强面向多元化应用场景的技术融合和产品创新，强化算法、工业软件等重点领域关键核心技术突破，探索建设开源生态。打造多层次高效协同的创新平台体系，强化“政企学研用”一体化发展，深化东西部创新协作，推动科技优势与资源优势有机融合。

打造差异竞争，建立生态联盟

为建设全国一体化算力网络国家枢纽节点，更好承接国家“东数西算”工程，宁夏要与甘肃、内蒙古密切协作，借鉴长三角区域一体化发展的模式，联手打造西北算力“金三角”，构造产业“都市圈”，在对外招商引资、项目推动落地、产业链条共建、创新平台搭建、人才共同培养、体制机制共建等方面加强合作，促进行业健康有序发展，加大区域影响力，在合作中实现共赢。 



运营商赋能专精特新企业 数字化转型策略与建议

■ 中国电信研究院 胡世良

中小企业是国民经济与社会发展的生力军，专精特新企业则是中小企业中的“领头羊”，具有专业化、精细化、特色化、新颖化四大特征。目前，我国已累计培育创新型中小企业21.5万家、专精特新企业9.8万家、专精特新“小巨人”企业1.2万家。专精特新企业主要聚焦于制造业，在促进经济持续恢复向好、维护产业链供应链稳定、助力现代化产业体系建设中发挥了重要作用。

政策支持专精特新企业数字化转型

明确专精特新企业发展目标。

《“十四五”促进中小企业发展规划》提出，到2025年将培育100万家创新型中小企业、10万家专精特新企业、1万家专精特新“小巨人”企业。

密集出台政策支持和鼓励专精特新企业数字化转型。党的十八大以来，党中央高度重视中小企业发展和数字化转型。2023年政府工作报告提出要大力发展数字经济，加快传统产业和中小企业数字化转型，着力提升高端化、智能化、绿色化水平。近年来，国家陆续出台多项政策（见表1），积极培育和发展专精特新企业，进一步降低中小企业经营成本，促进大中小企业融通

发展，引导资本、人才等创新要素向专精特新企业集聚，支持中小企业加快数字化转型，在制造业强链补链中发挥更大作用。

在具体政策上积极支持专精特新企业发展和数字化转型。在税费优惠方面，近年来，国家出台了一系列支持中小微企业的税费优惠政策，2023年上半年，我国中小微企业新增减税降费及退税缓费达5766亿元；在资金支持方面，中央财政累计安排100亿元以上中小企业发展专项资金奖励获得专精特新资质的企业，分三批重点支持国家级专精特新“小巨人”企业高质量发展；在平台

表1 2021—2023年7月国家支持专精特新企业数字化转型政策一览

发布时间	发布机构	政策名称	核心内容
2021年1月	财政部、工信部	《关于支持专精特新企业高质量发展的通知》	促进数字化、网络化、智能化改造，业务系统向云端迁移
2021年11月	国务院促进中小企业发展工作领导小组	《提升中小企业竞争力若干措施》	实施“中小企业数字化赋能”专项行动，开展“工业互联网平台赋能深度行”活动，开展“智能制造进园区”活动，提升数字化发展水平
2021年11月	国务院促进中小企业发展工作领导小组	《为“专精特新”中小企业办实事清单》	打造一批数字化标杆企业，组织开展“智能制造进园区”活动
2021年12月	国务院	《“十四五”数字经济发展规划》	实施“中小企业数字化赋能”专项行动，鼓励和支持互联网平台、行业龙头企业帮助传统企业和中小企业实现数字化转型
2021年12月	工信部等19部门	《“十四五”促进中小企业发展规划》	到2025年，将培育100万家创新型中小企业、10万家专精特新企业、1万家专精特新“小巨人”企业
2022年5月	工信部等11部门	《关于开展“携手行动”促进大中小企业融通创新（2022—2025年）的通知》	深入实施“中小企业数字化赋能”专项行动，加速数字化、网络化、智能化转型进程
2022年8月	工信部、财政部	《关于开展财政支持中小企业数字化转型试点工作的通知》	提升数字化公共服务平台服务中小企业能力，打造一批小型化、快速化、轻量化、精准化的数字化系统解决方案和产品，形成一批可复制推广的数字化转型典型模式
2022年11月	工信部	《中小企业数字化转型指南》	推进管理数字化，开展业务数字化，融入数字化生态
2023年6月	财政部、工信部	《关于开展中小企业数字化转型城市试点工作的通知》	降低数字化转型成本，以数字化转型为契机提高中小企业核心竞争力
2023年7月	中共中央、国务院	《中共中央 国务院关于促进民营经济发展壮大的意见》	推动不同所有制企业、大中小企业融通创新，支持中小企业数字化转型，推动低成本、模块化智能制造设备和系统的推广应用

支持方面，建立中小企业公共服务示范平台，提供技术创新、专项培训、数字化转型支持等服务；在资本市场支持方面，设立北交所，打造服务中小企业发展主阵地；在数字化转型方面，加快中小企业数字化转型，深入开展“数字化赋能、科技成果赋智、质量标准品牌赋值中小企业全国行”专项行动计划，支持中小企业聚焦主业，精耕细作，不断增强创新能力和核心竞争力。

专精特新企业数字化转型发展现状

中小企业是数字经济发展的主力军，也是数字化转型的主战场，中小企业数字化转型的现状在很大程度上反映了专精特新企业的现状。近年来，在国家政策的支持下，大企业的带动下，中小

企业数字化转型取得积极进展。

一是数字化应用场景不断拓展。近年来，受疫情等因素的影响，中小企业经营压力大，三大电信运营商积极响应国家号召，对中小企业降费赋智，助力中小企业数字化转型。2022年5月，三大运营商实行了对中小企业专线资费优惠10%等资费优惠策略，进一步降低中小企业经营成本，并推出诸多数字化产品，赋能中小企业数字化转型。中国电信推出天翼云播、天翼云眼、来电名片、天翼看家、天翼云盘以及云会议、云电脑等丰富的信息化产品。中国移动面向连锁及单体商铺，推出“商铺e选”信息化解决方案，提供小额交易免服务费；面向泛住宿企业，提供智慧酒店管理、智慧酒店客房等信息化解决方案，全面提升酒店客房信息化服务能力。中国联通聚

焦商务楼宇、工厂园区、专业市场、商业综合体、酒店、网吧等聚类市场，提供基于用户需求的场景化融合服务。

二是中小企业加速上云用云。上云是企业数字化转型的必经之路，中小企业跨越技术和资金门槛、加快数字化转型的首要任务就是上云。近年来，包括电信运营商在内的“链主企业”积极落实国家政策，大力推进“上云用数赋智”服务，助力中小企业上云用云。中国电信为中小企业提供了可定制的云服务，例如运用5G、物联网等云网技术，对福建某纺织工厂的燃气计量表进行智能化改造，有效解决了安全隐患、能源浪费等问题。华为推出赋能云平台作为培育专精特新企业的融通创新公共服务平台，引领中小企业加速数字化转型。中国移动在2023年“5·17世界电信和信息社

会日”推出云主机、云空间、Web全栈防护等十余款移动云产品的促销活动，资费最高直降60%，惠及广大中小企业，助力更多中小企业上云上云。

三是数字化转型典型案例不断涌现。近年来，在国家政策的推动下，大企业的引领带动下，中小企业数字化转型典型案例不断涌现，为更多中小企业数字化转型提供参考。例如，弘金电器是一家集研发、生产、销售于一体的专业小家电企业，在成功引入美云智数数字化转型工具和方法论后，有效解决了库存数据不准确、大量纸质化办公、质量管理难追溯、计划执行率不高等痛点，实现“提质、降本、增效”。再如，江苏华灿电讯集团引入中国移动云服务，实现管理上云、业务上云、数据上云、设备上云，同样实现了“提质、降本、增效”。

专精特新企业数字化转型面临三大挑战

虽然我国中小企业数字化转型取得积极成效，但广大中小企业普遍存在“不会转”“不想转”“不敢转”的问题，企业数字化转型仍面临较大挑战。

第一，数字化产品不能很好满足专精特新企业数字化转型的需要。一方面，目前市场上的中小企业数字化产品创新供给不足，标准化、普适性难以满足中小企业数字化转型升级的需求，缺乏适应中小企业数字化转型的融合性产品。另一方面，中小企业数字化产品使用门槛高、价格贵，导致部分中小企业数字化转型进展缓慢，其根本原因在于市场上缺乏有竞争力的中小企业系统解决方案供应商，缺乏对中小企业数字化应用需求的深刻洞察。

第二，高投入制约专精特新企业数字化转型的升级意愿。企业数字化转型升级是一项复杂的系统工程，在软硬件购买、系统运营、设备升级、人才培养

等方面需要持续投入。如今，受国内外经济、国际地缘政治等因素的影响，部分专精特新企业经营困难，面临自身资金有限、融资难、融资贵、数字化能力不足、数字化专业人才缺乏等诸多挑战，过高的投入使专精特新企业对数字化转型望而却步。

第三，中小企业数字化基础薄弱，数字化转型缺乏系统谋划。目前我国仅有25%的企业进行了数字化转型，中小企业的比例则更低。数据显示，89%的中小企业处于数字化转型探索阶段，8%的中小企业处于数字化转型实践阶段，仅有3%的中小企业处于数字化转型深度应用阶段。中小企业普遍缺乏数字化专业人才，对数字化转型认知不足，缺乏系统的数字化转型战略指引，担心数字化转型有风险，且对数字化转型“如何转”“转向哪”认知模糊，对数字化转型目标、转型路径不清晰。

运营商赋能专精特新企业数字化转型的策略与建议

针对专精特新企业数字化转型面临的挑战，行业研究认为，专精特新企业数字化转型的关键在于提高效率，降低成本。作为央企，运营商有责任为赋能专精特新企业数字化转型贡献力量。

第一，发挥央企的“链主”带动作用，推动大中小企业融通创新。运营商作为产业链“链主”，要积极践行“头雁”的社会责任，发挥自身“云网融合、算网一体”的优势，深化与专精特新企业在技术创新、产品创新、数据共享、科创平台建设、数字化人才培养等方面的合作和对接，汇聚各方资源，形成大中小企业协同创新合力，攻克产业发展的技术难题，形成一批融通创新成果，帮助专精特新企业发展壮大，创新产业链、供应链上下游企业共生共融、互补互利的合作模式，打造大中小企业融通

创新的良好生态。

第二，提升需求满足能力，赋能专精特新企业数字化转型。针对中小企业“不会转”问题，运营商要搭建数字化转型公共平台，提供标准化、模块化、轻量化的数字化产品，实行资费优惠，努力降低中小企业的数字化转型门槛。同时，实施中小企业数字化转型示范工程，打造一批可复制、易推广的中小企业数字化转型标杆案例，让更多的中小企业感受到数字化转型的紧迫性。针对中小企业“不能转”问题，运营商要以促进中小企业进行数字化转型为目标，重塑和优化中小企业用户品牌，持续推进中小企业“上云用数赋智”，针对细分行业开发并推广一批“用得起、用得上、用得好、能用出效益”的数字化转型产品和解决方案，提供具有普惠性和个性化的数字化平台，让中小企业在有限的资源条件下提升数字化水平。针对中小企业“不敢转”问题，做到服务主动前置，了解和把握专精特新企业数字化转型的痛点难点和真实需求，多倾听企业心声和建议，共同为专精特新企业提供切实可行的数字化转型方案，增强中小企业数字化转型的信心。

第三，建强组织，努力打造和培育面向中小企业数字化转型的专业队伍。面对中小企业加快数字化转型的巨大“蓝海”，建议运营商在数智科技公司等专业公司内设立中小企业技术业务部门，或成立面向中小企业数字化转型的专业公司，推进横向和纵向一体化组织建设，加快引进和培养一支适应中小企业数字化转型的专家队伍，努力为中小企业数字化转型提供标准化、专业化、融合化和个性化服务，并在服务中小企业数字化转型中不断提升品牌影响力。同时，争取政府对运营商在服务中小企业数字化转型方面给予税费优惠、资金补贴、供需对接等政策支持。☞

企业运用生成式AI技术的风险管理

■ 编译 中国信息通信研究院 丛瑞

近期，快速进化的生成式AI (Generative AI) 技术引起人们的广泛关注，预计将对多个领域产生巨大影响。OpenAI公司的ChatGPT和Stability AI公司的Stable Diffusion允许公众访问，这对近年来广泛研究的生成式AI模型造成了巨大冲击，目前越来越多的机构和公司发布与AI有关的系统和服务。与此同时，公众对生成式AI在学习过程中的数据处理隐患以及对恶意使用生成式AI的担忧不断增加。

生成式AI是一项十分具有潜力的技术，目前正处于爆发的前夜。正是因为它的强大，公众对如何积极地利用生成式AI、新使用方式的开发、谨慎使用生成式AI等话题展开热烈讨论。

但无论是选择积极拥抱生成式AI，还是对其抱有怀疑态度，生成式AI的发展都将给企业带来极大影响，各大企业均需直面“如何面对生成式AI”这一命题。

本文基于这一命题，从“企业运用生成式AI的风险”角度出发，搭建整理生成式AI相关的情报信息框架，基于适应快速变化对象风险管理的敏捷治理思路，整理生成式AI风险的整体情况，论述企业使用生成式AI的适应性管理方法，帮助企业更好地理解生成式AI的特性并进行有效的信息分析。

生成式AI的进化和着眼要点

什么是生成式AI

生成式AI是指具有自动生成文章和图像等功能的AI总称，主要是实用化的识别AI(Discriminative AI)，执行非法检测、按照规定格式进行数值预测和分类等任务。生成式AI擅长分析输入数据的结构，根据关联性高的训练数据生成新的内容。

生成式AI急剧进化

2015年，生成式AI进入急剧进化阶段，进化的一个契机是获得强有力的模型表达，通过Diffusion Model 2和Transformer 3等新模型研发，让学习效率 and 图像、声音等内容的生成品质均得到了突破性提高；另一个契机是海量数据的学习和大规模模型的建立。以自然语言处理为例，通过采用Transformer模型，可以更有效地实现大量数据的学习训练，例如BERT 4、GPT-5，其利用大规模语言模型(LLM)学习了数十亿字的庞大数据。更重要的是，LLM的参数量增加到一定程度后，其性能也将急剧提高，当初BERT和GPT-1的

参数量是1亿多，与此相对，近年来主流的PaLM和GPT-3.5参数量达到了数千亿。生成式AI性能的快速提升为其掀起人工智能变革打下了强大的技术基础。

AI进入普及和应用阶段

当前，生成式AI已达到面向大众的应用水平，进入普及和应用发展阶段。除直接参与AI开发的企业之外，还将有更多企业接触生成式AI，不断加深人工智能与自身业务的联系。而企业在考虑运用生成式AI的同时，还需考虑几个关键的概念和要点，通过了解AI系统的结构区分考虑AI模型、AI系统和AI服务，让自身业务与人工智能的结合变得更加简便。AI模型是由数据学习训练的参数组成的框架，以AI模型为组成部分，根据用途编入应用程序的系统被称为AI系统或AI服务(如图1所示)。

例如，OpenAI的ChatGPT以GPT-3.5或GPT-4为基础，通过将AI模型嵌入具备对话功能的应用软件中，



图1 AI系统的框架

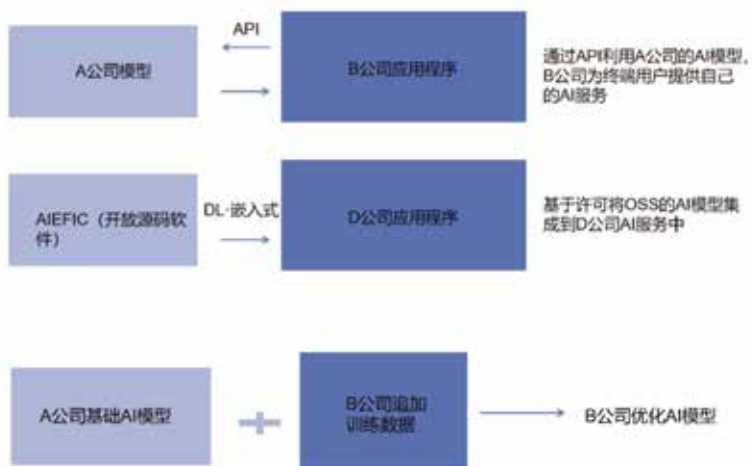


图2 AI模型的应用模式

提供作为AI服务的ChatGPT应用。同样，谷歌的Bard则是将以LaMDA和PaLM为基础的模型编入对话型应用程序中。

近年来，AI模型的性能得到了大幅度提高，最近明显的例子就是聊天应用中的LLM，这一模型能够在极广的范围内高精度地完成文本生成这一通用任务。当前的趋势是，文本生成功能以具有高可访问性接口的应用程序向公众开放，并以此为起点，通过应用程序向在线搜索集成和代码生成等不断拓展。

值得关注的是，AI模型的开发人员和应用程序的开发人员不必是同一批人，实际开发LLM的公司可通过API提供模型服务，如Meta公司的LLaMA8；开发应用程序的企业则可以使用精细微调的方法，以大规模数据预先学习的模型为基础，通过学习适合特定任务的追加数据对AI模型进行参数微调（如图2所示）。

从应用的角度来看，生成式AI目前只是发挥了其潜力的一小部分，今后各种利益相关者将开发和提供适合各种用途的生成式AI服务。但是，生成式AI的风险也引起了广泛讨论。

虽然AI模型自身也有望进一步改善，但由于学习数据枯竭问题以及规模扩大遇到的性能限制和挑战，AI模型基

本性能的提高必须加快步伐，成本的改善将成为工作重点。而随着技术、应用的不断发展，行业今后需更关注生成式AI普及的进展和应用情况，企业也要尽最大努力应对生成式AI带来的各类风险。

敏捷治理以适应生成式AI的频繁变化

当前，生成式AI技术发展日新月异，引发了新一轮智能化浪潮，在更多行业发挥了更大势能。从企业角度来看，生成式AI的应用范围非常广泛，但基于法律规定程序对生成式AI等快速变化事物的管控会相对滞后。相比之下，敏捷治理是一种更为适用的方法。敏捷治理是指根据不断变化的环境和目标提供最佳解决方案，通过“环境风险分析”“目标设定”“系统设计”“运

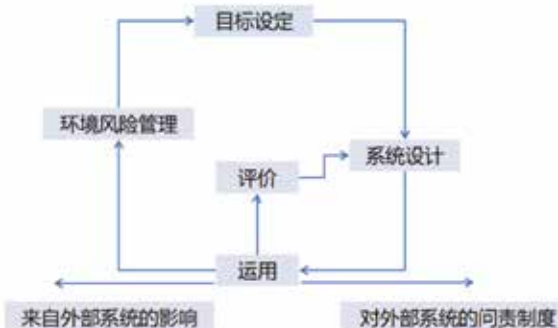


图3 敏捷治理的基本组件

用”“评价”和“改善”等多个“支架”持续且高速地运转，形成一种治理模式（如图3所示）。

从企业角度看，使用生成式AI要结合治理系统的运用和监控，遇到问题及时改善，同时根据环境的变化等因素，不断重新审视目标，快速捕捉生成式AI周围环境的变化，通过分析系统持续监测预警生成式AI相关的风险，最大程度地从创新中获得利润。

生成式AI的风险管理矩阵

为帮助企业通过敏捷治理的方法最大限度地使用生成式AI，本文将介绍一种风险管理矩阵。由于相关信息非常广泛且更新频繁，公司对商业环境和风险的分析需求紧迫，使用矩阵目的在于解决当下存在的问题。其基本思路是将与生成式AI相关的机会、风险，以及构成生成式AI生态系统的利益相关者的风险分为两组，同时将与生成式AI相关的每个信息对企业控制目标的影响可视化。

有观点认为，生成式AI相关的机会和风险源于自身，但另一方面，政府的法规或许也将成为生成式AI应用中的风险来源（如表1所示）。

结合生成式AI普及初期遇到的机会和风险，按照商业活动、伦理和社会责任、版权许可等类别，提炼出对各方的影响，如表2所示。

本表的活用方法有三个。一是整理风险的总体情况：企业的风险管理者可以充分利用本表更新生成式AI的事业环境和风险分析情况，随时收集新的信息，增加新的风险点，避免重复或遗漏。

表1 AI应用中的风险来源

生成式AI自身相关的机会和风险	生成式AI环境利益相关者
<ul style="list-style-type: none"> • 创新 • 伦理和社会风险、责任 • 版权风险 (学习数据、输出) • 隐私风险 • 安全风险 	<ul style="list-style-type: none"> • AI模型、系统、服务开发者 • 本公司、关联企业 • 公司客户、相关人员 • 政府、行政机关 • 竞争公司、其他组织

根据整理的信息，为敏捷治理提供帮助，实施环境风险分析，使目标的设定和评价运用等后续研究成为可能。

二是检查负责人以及确认应参与审查的人员：对于风险管理新捕捉到的风险，在考虑应对审查人员时可以使用本表，对个别信息和对象进行详细的风险分析和管理策略探讨，分配合适的负责人和主管部门。

三是分析和验证措施的有效性和完整性：负责详细分析每个风险的人员可以将本表用于确认分析观点的有效性和完整性。除了创新的机会，企业还将面临道德、社会影响、版权、隐私

安全等相关问题，需要全面确认并验证业务策略的有效性，并根据整理的风险情况，挑选研究所需的人员并进行措施分析。

结语

本文深入探讨了一套全面且实用的风险整理方法论，以应对生成式AI技术的迅速普及。生成式AI作为一种强大的创新力量，正在重塑现代社会、经济 and 生活方式，但也带来了巨大的风险。对于企业而言，如何积极利用生成式AI技术，同时有效管理和控制伴随而来的风险，已成为一个不可忽视的课题。为

了使企业在生成式AI的变革中保持领先，并适应这种急速变化的风险环境，企业需要采用周期性的风险管理模式，以期在面临不确定性和变化时，帮助其迅速识别、评估和管理风险。

生成式AI的风险管理矩阵是一种强大的工具，它可以作为风险管理负责人的辅助决策依据。通过这种方法论，企业可以避免在风险管理过程中出现人员混乱和管理无序的情况，从而更加高效地进行风险管理和控制。同时，这种方法论也强调了构建必要人才体系和分析讨论周期的重要性，通过这些周期，企业可以更加深入地理解和评估风险，从而作出更加稳健和明智的决策。


总的来说，生成式AI风险矩阵不仅提供了一种实用的工具，也为企业管理风险提供了一种全新的视角和思考方式，帮助企业在生成式AI的变革中保持领先，并更加灵活、高效地进行风险管理。(内容来源: Yahoo) 

表2 生成式AI风险管理矩阵

类别	内部使用	为自己公司提供服务	政府的监管	第三方的影响
创新性商业活动 (机会)	<ul style="list-style-type: none"> • 提高生产率 • 提高职工满意度 • 灵活运用AI应对保密安全工作 	<ul style="list-style-type: none"> • 提高质量、提升产品新颖度，扭转市场劣势 	<ul style="list-style-type: none"> • 补助金、DX交易品种 	<ul style="list-style-type: none"> • 合作方质量提高 • 竞争质量提高 • 优势市场地位丧失
伦理和社会责任	<ul style="list-style-type: none"> • 输出内容不正确带来的错误 • 创建不适合的内容 • 缺乏解释性 • 数字化差异 	<ul style="list-style-type: none"> • 输出不正确带来的混乱、损害 • 社会偏见增强 • 创建不适合的内容 • 学习数据透明性 	<ul style="list-style-type: none"> • 担心过度发展 • 不适当地公开国家和地区间的政策 • 限制学习不适合的内容 	<ul style="list-style-type: none"> • 社会偏见的增强 • 卷入其他公司的混乱局面中
版权许可	<ul style="list-style-type: none"> • 不正当使用他人著作 • 自己公司的版权被外部AI模型学习 • 软件许可违规 	<ul style="list-style-type: none"> • 不正当使用他人著作 • 用户的版权以商用为目的向他人提供 • 软件许可违规 	<ul style="list-style-type: none"> • 基于生成式AI特性制定版权保护法 • 版权保护的海外应对方法 	<ul style="list-style-type: none"> • 自己公司的著作被第三方利用 • 发现正在使用的AI模型违反著作权法
隐私权	<ul style="list-style-type: none"> • 违规利用他人信息 • 自己公司的员工信息被外部AI模型学习 	<ul style="list-style-type: none"> • 泄露他人著作 • 用户的个人信息泄露 	<ul style="list-style-type: none"> • 以生成式AI特性为基础的个人情报保护 	<ul style="list-style-type: none"> • 自己公司员工的情报通过第三方AI公司泄露出去 • 正在使用的AI模型侵犯了他人隐私
机密安全	<ul style="list-style-type: none"> • 本公司的机密情报被外部公司AI模型学习 	<ul style="list-style-type: none"> • 损害自己公司的生成式服务 • 恶意利用自己公司的生成式AI • 对外提供他人机密信息 	<ul style="list-style-type: none"> • 生成式AI特性的机密安保措施 • 海外应对措施 	<ul style="list-style-type: none"> • 黑客攻击并乱用生成式AI技术 • 自己公司的机密从第三方AI模型中泄露 • 发现正在使用AI模型的脆弱性



全球物联网标签 发展态势及影响分析

■ 中国信息通信研究院 邵小景 刘阳 田娟 吴红红

物联网标签是实体要素连接到网络的主要入口，是物联网的终端节点，从RFID电子标签到AI芯片，其在物联网中始终扮演着重要角色。据测算，全球每年RFID标签出货量超过400亿枚，随着5G商用的进一步发展，物联网连接数还将保持高速增长态势。与此同时，连接的便利性也给物联网设备安全带来极大威胁，据SAM Seamless Network报告分析，2021年有近10亿物联网设备遭受攻击，物联网标签存在重大安全隐患。这一问题引起主要发达

国家高度重视，美国于2021年5月率先启动物联网安全标签计划，并持续给予政策支持，旨在通过构建新型物联网标签体系从根源上解决物联网设备安全问题。因此，我国需加强物联网安全研究，探索国际互认的新型标签体系。

成为全球主要发达国家 重点关注对象

随着全球物联网产业的规模化，物联网标签逐步向高端化和智能化迈进。IDTechEx预测，到2024年超高频

RFID标签的销量将从2019年的150亿枚增至412亿枚。然而，传统标签缺乏必要的安全认证手段，导致物联网设备和产品极易受到网络攻击，对个人、工控设备、国家网络安全等造成了严重影响。美国、德国、英国及欧盟等全球主要发达经济体逐步将物联网设备及网络安全上升到国家和地区安全治理的战略高度，纷纷启动物联网设备网络安全标签计划，通过立法、标准、认证等手段保障计划落地实施，意图建立可管、可控、可信的物联网设备网络安全防控体系。

美国率先提出物联网安全标签计划

美国将物联网安全标签计划列入长期战略规划,以立法为主并协同多部门出台推进举措,保障物联网安全标签计划落地实施。2017—2020年,美国多次修正《物联网网络安全改进法案》,要求联邦机构及其供货商仅使用符合安全标准的物联网设备。2021年5月,美国政府发布《关于改善国家网络安全的行政令》,要求国家标准技术研究院(NIST)、美国联邦贸易委员会(FTC)与其他机构合作,启动网络安全标签试点项目,开展消费物联网产品网络安全标准、测试和评估等相关工作。自此开始,NIST研制并发布多项标准,包括消费物联网产品和消费软件网络安全标签标准和基准要求,并推进物联网网络安全漏洞披露和共享等相关标准制定;美国商务部于2022年10月宣布成立专门的物联网咨询委员会,监督物联网发展各项举措与安全立法的合规性;亚马逊和百思买等零售商以及思科、谷歌、LG、高通和三星等科技巨头签署了物联网设备网络安全标签倡议,并拟于2024年启动。

标准先行,欧盟将立法提上日程

欧盟继美国之后高度重视新型物联网标签安全体系建设,逐步从标准规范向法律强制实施转变。2020年6月,欧洲电信标准委员会(ETSI)与相关产品生产商、学术界和政府合作开发消费物联网网络安全标准ETSI EN 303 645,旨在提供一种有效、基本的评估方法,可为连接互联网的消费类产品建立安全基线,保障用户隐私安全,该项标准已成为德国、芬兰等欧洲国家开展物联网网络标签认证的重要依据。2022年1月,欧盟委员会发布了《无线设备指令》的授权法案,要求进入欧盟的无线物联网设备必须满足安全标准

和认证要求,新法案将于2024年8月1日起强制执行。2023年7月,欧洲议会成员委员会批准《网络弹性法案(草案)》,将为数字产品的网络安全风险进行分级分类,并进行合规评定。

德国成为第一个启用新型标签的国家

德国已于2021年底通过并实施了新型物联网标签方案。2021年,德国联邦信息安全办公室(BSI)推出了“IT-Security标签方案”,通过扫描该标签消费者可以自行检查数字连接设备和服务的安全特性。购买这种贴有标签的设备时,只要输入标签上的链接地址或用智能手机扫描二维码,就可以链接到BSI的网站上查询产品特定的安全信息,确认设备的网络安全状况。为了获得IT-Security标签,设备供应商需要填写一份申请,并声明该产品或服务满足相应BSI产品类别的要求。BSI对文件进行合格确认后,将在指定的有效期内分配标签,并生成与指定标签链接相对应的产品信息网页。

英国持续关注消费物联网产品安全

英国在消费物联网产品方面提出多项法律约束,并持续关注新型标签的发展与应用。2018年英国数字、文化、传媒和体育部(DCMS)与英国国家网络安全中心(NCSC)发布《消费类物联网设备安全行为准则》,列出禁止使用默认密码、实施漏洞披露、保持软件更新、存储安全凭据和安全敏感数据等13项准则,对连接到互联网或家庭网络的消费物联网产品提出要求。2021年11月,英国政府向议会提交《产品安全和电信基础设施(PSTI)法案》,对互联网可连接设备(如手机、平板电脑、智能电视和健身跟踪器)的制造商、进口商和分销商制定了

新的网络安全标准。该法案还适用于可以连接到多个其他设备但不能直接连接到互联网的产品,如智能灯泡和智能恒温器等。

新加坡实施消费物联网产品标签互认举措

新加坡以欧盟标准为准则,率先实施消费物联网设备与产品的标签互认政策。2020年新加坡网络安全局提出针对路由器和智能家居等消费智能设备的网络安全标签计划(CLS),遵循欧盟的物联网设备标准,将智能设备的网络安全分为四个等级,每个级别用星号表示。为了通过前两个等级的标准,制造商需要提交一份符合证明的声明;对于更高的两个级别,他们将需要提交一份由CSA批准的实验室评估报告。目前,该标签计划已扩展至所有类型的消费物联网设备。该计划在亚太地区尚属首次,截至2022年底,新加坡已有200多种产品获得了相应的网络安全标签。

全球新型物联网标签计划的影响分析

新型物联网标签对我国出口产品影响

新型物联网标签计划通过为符合合规认证的设备赋予新的标签铭牌,且能够提供安全更新信息、控制的访问方式、收集的数据信息,并通过国家权威平台予以注册认证,将从根源上解决设备的网络安全问题。当前,新型物联网标签已获得知名物联网制造商、零售商的大力支持,将成为未来物联网设备进入零售市场的重要参考依据。按照主要发达国家的新型物联网标签推进计划,第一批新型物联网标签产品包括路由器等通信产品,以及冰箱、微波炉、电视等智能家居产品,这些都是以我国为主的发展中国家出口贸易的重要产品,

标签计划一旦推广实施，将增加相关企业的出口压力，对外贸易或将呈现一段“窗口期”。

新型物联网标签互认或将重构全球物联网发展格局

当前，美国正与欧盟国家以及新加坡等发达国家进行沟通，促进新型物联网设备网络安全标签实现互认，并推动相关方案达成全球共识。我国是全球物联网市场的主要参与者，据国际数据公司（IDC）数据，未来五年内我国物联网复合年增长率为13%，2024年我国或将成为全球物联网行业领导者。国际主要发达国家一旦就“标签计划”达成互认，全球物联网市场或将出现“两极分化”现象，发达国家抱团抢占物联网科技制高点并试图将发展中国家排除在外，双方的差距将更加明显。

新型物联网标签认证机制或将带来数据隐私泄露风险

新型物联网标签计划通过合规认证手段，构建符合相关物联网产品认证


标准和规则的、自主可信的物联网安全标签体系，以实现物联网重要数据的可管、可控。根据最新物联网标签网络安全标准有关规定，物联网设备网络安全认证需要对软件更新政策、数据加密标准、漏洞修复等信息进行共享，可能涉及到企业数据、个人数据的跨境流动，对相关企业和行业信息安全带来隐患。

关于我国推进物联网标签发展的建议

加强顶层设计，统筹谋划物联网网络安全措施。一是持续跟踪美国物联网安全治理推进策略和最新动向，从法律规章、国家标准、产品研发和安全监管评估等方面加快推进我国物联网安全监管体系建设。二是加强物联网的战略规划，出台跨部门物联网融合机制举措，加快出台物联网网络安全立法和规范性政策，从法律层面保障物联网发展安全可控。制定我国物联网监管标准和防护指南，指导企业提升物

联网设备安全性能，强化物联网设备安全监管要求。

强化标准引领，加快推进关键技术和标准研制。完善物联网安全标准体系，加强物联网设备网络安全标签标识、标签设计、分级分类、评估认证等国家标准研制，推动建立新型物联网标签、物联网终端的安全等级认证体系，为全面提升物联网综合安全水平提供支撑。建立物联网产品网络化标识体系，加强分级分类管理，提高产品联网与数据流通安全保障能力。

推动国际互认，建立自主可控的网络标签体系。建议我国加快推动物联网设备网络安全标签计划，加快与美国、欧盟国家开展物联网设备网络安全标签联合倡议，积极参与国际标准研制，推动国际标准对标、标签标准互认，实现标签的自主化和可控化。面向电信产品和视讯监控等重点设备进行试点应用，逐步建立我国自主可控的物联网标签安全体系并推动规模化应用。 



运营商IT外包模式下的研发管控体系

■ 中国移动通信集团广东有限公司 黄倚霄 刘军 李攀 张斌

目前,运营商为了降低成本和风险,通常会选择将信息系统外包给专业的技术公司来建设。然而,过度外包容易让运营商失去技术掌控力,难以保障业务的长远发展。本文基于广东移动的经验,提出了一种解决方案,聚焦于解决研发过程中的管理和控制问题,实现企业信息化建设的降本增效,确保研发效率和产品质量,帮助企业实现可持续发展。

笔者整理了近几年的64个IT项目,发现存在以下三大问题。一是技术选型缺乏规范,操作系统、数据库、网络设备、系统架构等技术选型参差不齐,现网还存在众多不符合信创要求的设备和技术组件。二是在研发过程中管

理水平不均衡,部分项目仍通过“手工作坊”的方式开展项目管理。三是对合作伙伴的管理和考核较松散,缺乏有效的管控手段。

为解决以上问题,广东移动构建了“1流程2库3问”的研发管控体系,如图1所示。

研发项目管理流程

“1流程”是指研发项目管理流程,即从需求提出,到业务评审、技术方案评审、立项采购流程、开发过程管理、需求验收、厂商请款、项目后评估的系统建设全过程。具体举措是在流程中使用清单式工作方法,在立项和请款环节加入管控节点。

原则上所有项目都应该符合“2库”清单要求才能通过立项评审,如有不符合清单要求又有特殊情况需要开展的项目,需承诺整改时间,提交领导审核。

与厂商签订合同中增加如下考核条款:“项目交付物的技术架构不符合我司两库清单研发管控要求的,需承诺整改时间,如在承诺时间内未按要求完成整改的,每超过1个月扣8分,上限40分,扣完为止。”

技术选型库

“2库”是指技术选型库和研发过程管控库,使用分级评估模型对所使用的软硬件技术选型和软件工程规范提出

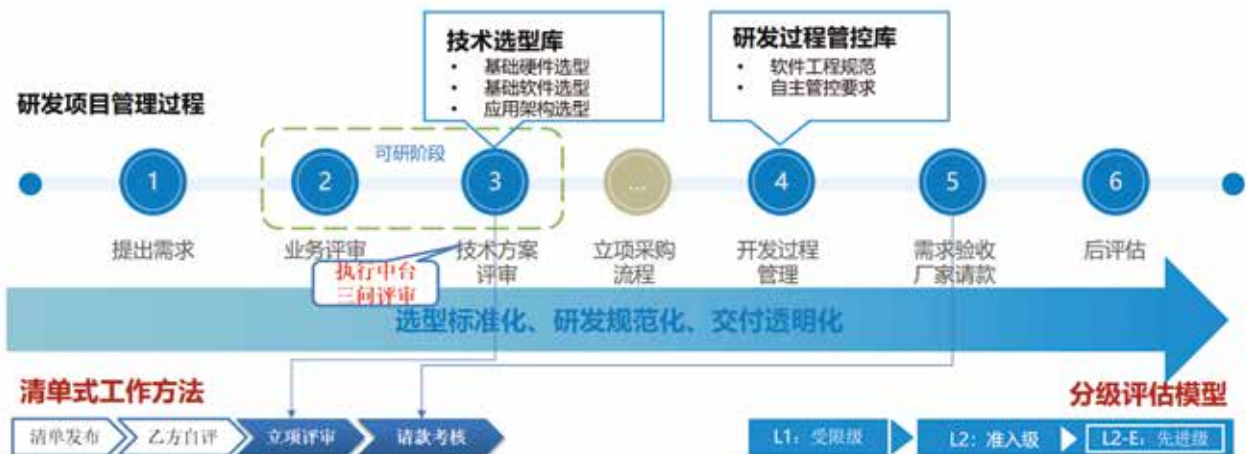


图1 广东移动“1流程2库3问”研发管控体系

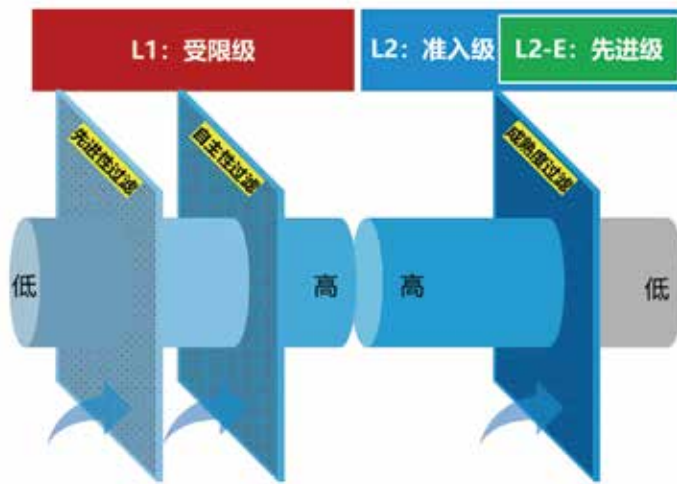


图2 广东移动IT外包技术选型库分级模型

明确要求。

技术选型库分级模型按照先进性、自主性、成熟度三个关键维度对关键技术产品实施分级评定。

先进性: 评估技术产品是否符合当前云原生架构、去IOE趋势等。

自主性: 评估技术产品是否满足信创要求、是否为自研或开源产品。

成熟度: 评估技术产品的稳定性、商用或社区支持情况, 是否具有广泛应用案例。

基于以上三个维度的技术选型库分

级模型如图2所示。

L1受限级: 当先进性或自主性达不到标准时, 该技术产品被归为L1受限级, 列入负面清单。

L2准入级: 如果满足先进性和自主性的标准, 该技术产品被归为L2准入级。

L2-E先进级: 如果技术产品先进但成熟度较低, 则在L2等级中标记为L2-E先进级。

技术选型库实施分级评定的内容包括基础硬件(网络设备、主机、存储设备、安全设备)、基础软件(操作系统、虚

拟软件、数据库、中间件、大数据)和应用架构(APP集成方式、Web架构、部署架构)。技术选型库实施内容如表1所示。

研发过程管控库

研发过程管控库分级模型基于软件研发过程的规范性、先进性和管控深度进行分级评定, 包括L1受限级、L2准入级和L2-E先进级。

L1受限级: 甲方不关注研发过程, 对乙方研发过程的规范性无要求。

L2准入级: 甲方管控重要的研发环节和研发资料, 乙方遵循基本的软件工程规范。

L2-E先进级: 甲方提供研发平台, 按照DevOps体系来管理乙方的研发交付全过程。

研发过程管控库实施分级评定的内容包括软件工程规范和自主管控要求。软件工程方面, 应积极引导DevOps、AIOps等先进的软件工程方法, 提高研发效率和质量;自主管控方面, 要求甲方自有人员负责数据模型、接口协议和业务流程, 以保障自主性, 避免被乙方绑定。

表1 广东移动IT外包技术选型库实施内容示例

		L1:受限级	L2: 准入级	L2-E: 先进级
基础硬件	网络设备	思科	国产	
	主机	小型机	x86	Arm
	存储	磁盘阵列/磁带机	分布式/一体机存储	国产分布式存储
	安全设备	无	有	
基础软件	操作系统	Windows/Unix/Linux	国产Linux	
	虚拟软件	Hypervisor	VMware/OpenStack	国产/自研
	数据库	Db2/SQLServer/Oracle/MySQL商业版	MySQL开源版	国产数据库
	中间件	国外	国产/开源	
	大数据	国外	国产/开源	
应用架构	APP集成	独立APP	H5页面嵌入	基于平台开发的APP
	Web框架	无框架	Angular/React/VUE	
	部署架构	单体巨石架构	多副本容灾分布式高可用	

中台三问

“3问”是指中台三问。中台三问是为了厘清项目与中台的关系, 以便尽量复用中台能力和沉淀中台能力。中台三问包括“跟中台什么关系? 能复用哪些中台能力? 能沉淀哪些能力到中台?”。

结语

广东移动通过构建“1流程2库3问”的研发管控体系, 实现了软件研发项目的选型标准化、研发规范化、交付透明化。经过一年多的实践应用, 取得了显著成效: 基础硬件、基础软件、软件工程规范的合规比例分别从86.3%、32.7%、88.8%提升至100%; 业务架构、技术架构基本实现自主掌控。

基于数据驱动的 手机营业厅用户感知提升

■ 中国联合网络通信有限公司研究院 金耀 张贺 赵良
中国联合网络通信有限公司软件研究院 张宇

在数字化时代，各类APP层出不穷，电信运营商也积极拥抱互联网——研发手机营业厅APP（以下简称“手厅”），以此满足用户对于线上办理通信业务的需求。随着手厅承载的业务越来越多，用户使用之后也陆续反馈了一些问题。为了改善用户体验，促进行业高质量发展，2021年11月工业和信息化部印发了《关于开展信息通信服务感知提升行动的通知》，推动运营商及相关企业开展信息通信服务感知提升行动。

为提升用户感知，中国联通在2021年就发布相关企业规范，要求基于数字化手段优化产品，为用户提供简洁的产品界面及流畅的使用体验。本文将重点介绍中国联通基于数据驱动优化手厅，进而提升用户感知的实践。

数据驱动助力提升用户感知

用户感知是用户与服务系统互动过程中的“真实瞬间”，直接影响用户使用体验。用户感知以用户体验为基础，对于手机APP来说，一般有感官体验、交互体验以及情感体验三种。感官体验指呈现给用户视听上的体验，一般形式包括色彩、声音、图文等；交互体验指用户在使用过程中的体验，贯穿于用户浏览、点击页面的全过程；情感体验

指用户使用心理上的体验，侧重于用户心理认可度。

用户感知虽然可以通过用户访谈、调查问卷、论坛收集及舆情分析等手段获得，但前两种方式成本较高，后两种方式较为被动。而利用数字化手段，模拟用户操作或记录用户使用过程，可以在早期发现产品存在的问题，及时对问题进行优化，从而提升服务质量和用户感知，这个过程就是基于数据驱动的用户感知提升。

数据驱动即将数据作为决策的主要依据，而非依靠直觉或经验。通过定义、收集和分析数据，以优化产品，进而实现基于数据驱动的用户感知提升。

基于数据驱动的中国联通手厅用户感知提升

中国联通手厅主要承载着用户的手机套餐查询、手机话费充值及宽带业务办理等，为数亿用户线上查询、办理业务提供便捷渠道。为了落实工业和信息化部提升用户感知的要求，践行“智慧运营”理念，中国联通基于数字化运营手段驱动手厅优化，通过为用户提供更加流畅的交互体验，提升用户感知。

针对影响用户体验的常见问题，中国联通首先制定了手厅用户感知指标，

采集相关数据后，通过数据分析发现影响用户感知的相关问题，再根据问题进行针对性优化。

用户感知数据采集

用户在使用手厅过程中，直接感知到的是手厅页面性能，如页面加载时间长短以及是否卡顿、闪退等。页面性能受服务端接口影响较大，因此对服务端接口性能（如接口响应时长、可用率、并发量等）进行监控十分必要。用户的最终感知取决于用户对某个功能的使用体验，因此也需要考虑业务成功率、转化率、用户满意度及PU/UV等综合指标。

基于以上分析，下文从服务端、客户端及综合业务三大维度梳理并定义了用户感知可量化的数据指标，通过这些数据指标可以监控手厅用户体验。手厅用户感知部分指标如表1所示。

数据指标定义完成后，需要通过探针埋点或插件采集所需要的数据。例如通过服务评价插件收集用户满意度数据，在用户使用完某个功能后展示服务评价页面，让用户对操作体验评分或者留言反馈存在的问题。

感知数据预警分析

针对上述用户感知指标定义其阈值，例如服务端接口平均响应时间应

表1 中国联通手厅用户感知部分指标

指标类型	指标名称	指标定义
服务端	接口响应时间	从服务端收到请求到服务器返回响应的时间间隔
	接口可用率	接口可以提供正常服务的能力, 正常请求量占请求总量的百分比
客户端	首屏时间	用户页面呈现所有元素所需的时间
	完全加载时间	页面完成加载所有资源并且可用所需的时间
	JS错误率	发生JS错误页面占页面总浏览量的百分比
综合业务	业务成功率	用户办理完成业务占有所有业务请求的百分比
	用户满意度	用户对产品满意情况的评分

≤500毫秒, 页面完全加载平均时间应≤2秒, 用户满意度评分需≥8分(满分10分)等, 如果指标超出阈值, 则该页面进行预警, 运营人员可进一步分析数据。

服务端是手厅最底层的服务端口, 服务端接口异常会间接影响手厅用户的感知体验。客户端感知指标异常, 需要针对客户端、网络传输及服务端逐一分析。例如中国联通在手厅某次发布新版本后, 工作人员通过用户感知指标监控分析页面, 发现某功能前端页面性能突然变差, JS (JavaScript) 报错增多, 进一步进行前后端联合分析后, 发现CDN服务出错, 随即紧急修复后页面性能恢复正常。如果综合业务指标异常, 除了分析客户端及服务端外, 还需分析业务流程及页面交互等因素。中国联通手厅

某性能展示页面如图1所示。

通过数据预警分析梳理出影响用户感知的问题清单, 形成产品待优化列表。在对产品进行优化时, 不能简单地处理加载时间最长或报错数量最多的问题, 需要借助PU/UV数据, 综合考虑用户影响范围以及问题的紧迫性, 以确定产品优化的优先级。例如发现手厅多个前端页面加载时间过慢, 通过分析发现这些问题均是由同一个服务接口造成的, 那么仅优化该接口, 就可以解决上述几个前端页面存在的问题。

持续观察优化效果

产品优化后需要对优化后的感知指标持续观察, 检验优化效果是否达到预期, 并且依据感知指标决定是否继续优化, 这样才能达成数据驱动提升手厅用户感知的闭环。影响用户感知的因素

较多, 因此用户感知提升是一个持续性过程, 有时候需要多次优化, 才能达到预期。例如手厅某模块初始页面完全加载需要4.5秒, 通过持续1个月的产品优化, 页面完全加载时间仅需1.9秒。

数据驱动, 手厅从易用到好用

中国联通基于“数据驱动”理念, 通过大数据分析,

发现并优化手厅中影响用户感知的问题, 取得了不错的效果。经过半年多的数据驱动感知提升, 服务端接口响应速度、可用性及并发等性能指标大幅提升; 前端页面布局变简洁、用户交互更清晰、页面加载更流畅; 业务办理成功率、缴费成功率及满意度等业务综合指标逐步提升。用户投诉量减少, 用户感知明显提升, 中国联通手厅实现了从“可用”到“易用”的跨越。

手厅是电信运营商面向用户办理业务的主要线上窗口, 已经超过了线下营业厅的业务办理量, 承载着运营商“一网通办”的使命, 是运营商践行绿色发展理念和数字化转型的实践。手厅良好的用户感知, 不仅能提升用户满意度, 还有助于塑造运营商的品牌形象。运营商的手厅经历了从“可用”到“易用”的阶段, 如何实现从“易用”到“好用”是当前面临的问题, 基于数据驱动的理念可以提供一种有效的解决思路。一款“好用”的APP软件, 仅凭运营侧的数据驱动优化是不够的, 还需要从产品设计和开发源头入手, 在产品的全生命周期践行“数据驱动”理念, 基于数字化手段开展产品的设计、研发和运营等活动, 为用户创造“好用”的手厅产品。

结束语

随着数字经济时代的开启, 全国掀起了数字化转型的浪潮, 中国联通基于数据驱动的手机营业厅用户感知提升, 是数字化转型的成功实践。用户感知提升是一项持续性的工作, 任重道远, 运营商需要运用大数据、AI及云计算等技术构建“智慧运营”体系, 盘活数据价值, 在产品的全生命周期践行“数据驱动”理念, 为用户创造更好的感知体验。未来, 基于“数据驱动”的理念也可以运用到通话质量和网络质量等电信业务指标的提升中, 为用户提供高品质的电信服务。



图1 中国联通手厅用户服务满意度评价页面

基于政务领域的5G双域快网 应用实践与思考

■ 中国电信股份有限公司上海分公司 金晶 瞿燕萍 沈璐畅 陆燕 顾怡明 徐彦仁

随着移动网络的发展，用户对数据目的地的个性化需求不断增加。为提升用户体验，企业开始将服务器下沉部署，以减少数据在运营商网络中的迂回。部分企业还实施内部移动网络的定制化管理，如虚拟专有拨号网络，以提高网络的安全性和可靠性。

在4G时代，这些需求并未得到有效满足。尽管服务器已下沉，但从用户设备到核心网络的距离仍然较长。此外，虽然4G网络可以让企业用户通过接入独立APN满足定制化需求，但这却使用户无法访问外部网络。

5G技术提供了有效的解决方案。通过数据面分流技术，将企业的本地业务与普通业务区分开来，并采用特殊策略分别传送至本地网络及核心网络。目前，双域访问的能力已经逐步在校园、医疗等行业中普及，政务领域的应用正在逐步试点中。

5G双域快网技术原理

3GPP针对5G用户数据分流场景定义了ULCL (Uplink Classifier) 功能，通过上行分流器 (ULCL UPF) 实现数据分流，并根据用户业务流特征将访问区域内业务的数据分流到区域内，将访问数据分流到互联网，从而实现对用户业务数据的数据分流控制，避免边缘侧数据通过公共承载网迂回，提升用户体验，节省运营商传输资源。

ULCL网络架构中UPF的形态包含省中心UPF、边缘UPF、ULCL UPF三种，详细介绍如表1所示。

表1 ULCL网络架构中三种UPF形态介绍

形态	介绍	
锚点UPF (PDU Session Anchor, PSA)	省中心UPF	UE激活时给UE分配用户面IP地址的UPF，同时也是UE访问Internet的会话锚点，又被称为主锚点UPF
	边缘UPF	UE访问用户内网时的边缘侧会话锚点，也称为辅锚点UPF
分流UPF	ULCL UPF	将业务数据分流到本地内网或Internet

在标准协议中只定义5G NR接入方式下的ULCL业务实现机制，未考虑在漫游情况或者4G网络接入方式下的双域访问需求，为了满足这部分特定用户的需求，中国电信针对标准版ULCL分流架构进行优化，将ULCL UPF从与辅锚点UPF合设的架构调整为与主锚点UPF合设的架构。在该场景下，归属地省中心UPF/GW-U作为主锚点和ULCL分流点对接公网，边缘UPF/GW-U作为辅锚点对接园区专网。

5G双域快网产品特点

5G双域快网产品有4个特点。

一是随时随地接入内网。用户可以随时随地高速接入企业内网，并且手机终端不需要额外的接入操作。

二是不换卡不换号。“一机一卡一号”可实现手机终端访问内网资源，也可以访问互联网业务，互不影响。针对用户群体不同，又可分为以下三种典型场景。(1) 局域5G接入：在终端签约地，通过接入5G网络，可同时访问企业内网和互联网业务。(2) 4G网络接入：在无5G网络覆盖的区域，终端通过4G网络可以按需访问企业内网。(3) 漫游接入：终端在漫游至外地（非签约地）时，可以按需访问企业内网。

三是流量独立计费。用户访问企业内网业务和互联网的流量，可以分别计费。

四是独创to B、to C认证入口和商业形态。授权企业用户通过小程序进行企业的认证以及用户号卡的签约受理、计费。企业用户方便用户受理，并提升了产品体验度。

政务领域的5G双域快网应用

当前政务领域用户多采用4G/5G VPDN的方案，该方案需要使用者在终端侧手动启停VPN，以

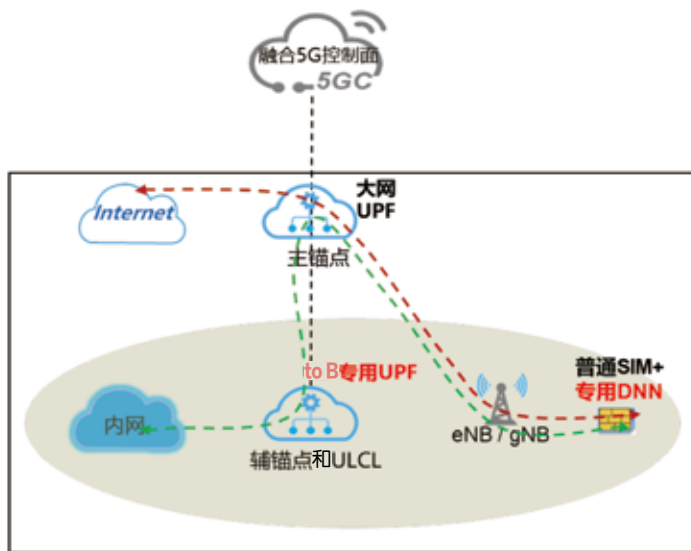


图1 政务领域5G双域快网单卡方案

实现内外网的切换,存在时延大、速率低、操作复杂、灵活性差、安全性差等问题。

在设计政务领域的5G网络接入方案时,需要同时满足使用者的使用需求、管理单位的管理需求,以及平衡安全性和便捷性。

使用需求: 用户通过移动终端(主要是手机)访问办公内网时,不影响终端上其他互联网应用的使用。满足高清视频会议等高速率、低时延的网络要求,跨省漫游接入实现公文流转、异地政务服务等远程办公。

管理需求: 管理单位对政务手机访问办公内网的情况有所掌握,杜绝未授权终端访问带来的风险。

安全性: 满足相关政策法规和行业标准对移动办公安全性的要求。

便利性: 使用便利,不改变用户使用移动终端的习惯。

政务领域的5G双域快网有两种实现方案。第一种方案采用“5G双域快网”,即单卡方案,个人终端通过同一张SIM卡同时访问内网和公网。政务领域5G双域快网单卡方案如图1所示。

首先,其数据流向策略是可根据业务诉求灵活配置分流条件,用户同时访问公网、专网;基于“位置+签约信息”,实现ULCL,内网流量经由政务外网专属UPF分流至政务外网,公网流量经过归属地网络UPF分流到互联网。

其次,政务领域5G双域快网单卡方案支持跨地市、跨省同时访问企业内网和互联网,最大可覆盖至全国。利用3GPP定义的4G/5G互操作架构,该方案可以实现用户在4G和5G网络接入情况下同时访问互联网和园区专网。

最后,接入专网的企业用户需要签约专用DNN并明确

业务分流策略。

第二种方案就是双卡方案:个人终端里有一张普通SIM卡访问互联网,另一张公务专用SIM卡仅访问内网。

首先,数据流向策略是公务专用SIM卡访问内网,内网流量经由政务外网专属UPF流至政务外网;普通SIM卡访问公网,公网流量经由地市大网内共享UPF分流到互联网。

其次,该方案支持跨地市、跨省同时访问内网和互联网,最大可覆盖至全国。利用3GPP定义的4G/5G互操作架构,公务专用SIM卡可以在4G和5G网络接入情况下访问政务外网。

最后,公务专用SIM卡需要签约专用DNN,以及签约企业的数据流向策略。普通SIM卡使用运营商默认的公网DNN。

商业模式设计


综合考虑双域网络建设和双域业务使用两个维度,商业模式由“双域业务网络使用费+双域业务专网流量费”构成,主要由专网所属企业付费。

一是双域业务网络使用费。共享UPF/独享UPF分流费是指按UPF分流端口收取的费用;专网接入费是指B端接入共享UPF的专线费用。

二是双域业务专网流量费。终端接入功能费是指终端用户访问内网的接入服务;专网流量费是指终端用户使用专网的流量费用。

随着产品应用的推广普及,可能会涌现出越来越多的新场景,比如类似B to C模式,由原来企业承担“双域业务网络使用费+双域业务专网流量费”,延伸出“企业+个人”共同付费的模式。即企业付费后,个人以购买服务的形式向企业支付费用,或者“企业支付双域业务专网流量费+个人支付网络使用费”。

针对上述商业模式的场景,运营商需要面向企业客户提供更完善和灵活的专网自服务能力,以便专网建成后企业可以管理最终使用服务的设备号及流量,个人客户也可通过自服务完成与企业群头的订购绑定、解绑退订的流程生命周期。

5G是正在运营的最先进的蜂窝移动通信网络技术,5G双域快网是5G技术快速赋能千行百业数字化转型的有效抓手,依托于5G广域网络良好的覆盖、网络侧简单的配置、终端侧的即插即用。未来,运营商将以5G双域快网业务为基础,通过融云、融智、融安全、融应用,深化5G应用融合创新,与生态合作伙伴协同深化合作,推进5G应用规模化发展。 

“IPv6+” 3.0关键技术解析与应用实践探索

■ 新华三技术有限公司 王效亮 吴汀桥

“IPv6+”作为面向5G和云计算的智能IP技术，其核心是以IPv6技术架构为底座，并基于用户的新兴业务进行创新发展而来的。任何一项技术创新的背后都有一只看不见的“推手”——用户的需求，换言之，是用户的应用驱动着网络的发展，“IPv6+” 3.0就是网络感知应用，也被称为应用感知型IPv6网络（Application-aware IPv6 Networking，简称为APN6），网络感知承载的业务对网络资源的需求，可以即时调用相应的资源，使得众多的业务应用能够运行流畅。

APN6技术简介

APN6作为创新型网络技术，是串联网络和应用的桥梁。网络及应用均可识别IPv6，APN6利用IPv6报文的扩展报文头来携带应用信息，使网络可以识别应用，并且感知应用对网络的需求，进而为不同的应用业务提供精准且差异化的网络服务。其中，应用信息目前包括两类：APN ID是应用的标识，APN6网络的IPv6报文中必须携带该信息；APN Parameters是应用对网络质量的需求信息，例如带宽要求、时延要求、抖动要求和丢包率要求等。

APN6的技术核心是借助IPv6扩展报文头中携带的APN ID和APN Parameters，将原本位于TCP/IP协议栈不同层次、相互解耦的网络和应用信息重新耦合。APN6技术在业界属于最新的探索性技术研究，目前尚无相关的正式技术标准，下文将基于IETF的“draft-li-apn-framework”草案介绍APN6中应用报文的转发策略等基本原理。

基于APN ID引流

基于APN ID引流需要先将业务流量引入到SRv6 TE Policy组中转发，在该组中建立APN

ID与SRv6 TE Policy或SRv6 BE的映射关系。当流量在SRv6 TE Policy组转发时，会查找与流量报文携带的APN ID匹配的SRv6 TE Policy或SRv6 BE策略，并按照匹配的SRv6 TE Policy的路径或SRv6 BE方式转发。

携带APN ID的报文转发

基于APN ID的报文转发流程如图1所示，设备A作为APN6边缘设备和APN6头端节点，设备D作为APN6边缘设备和APN6尾节点，设备B和设备C均作为APN6中间节点。以携带APN ID的报文在SRv6 TE Policy隧道中转发为例，报文转发流程有6个步骤。

(1) CE 1向CE 2发送私网业务报文，报文的目的地为2::2。CE 1根据路由表将私网报文转发到设备A。(2) 设备A从绑定VPN 1的私网接口接收到私网报文后，根据QoS策略为符合流分类规则的报文添加DOH扩展头，并增加APN ID标识10。设备A再查询VPN 1的私网路由表，发现2::2/128私网路由下一跳为设备D的Loopback0口地址5::5，且标识私网的End.DT6 SID为D2。(3) 设备A根据私网路由绑定的隧道策略将流量引入SRv6 TE Policy组中转发。在SRv6 TE Policy组中，APN ID 10的报文将被

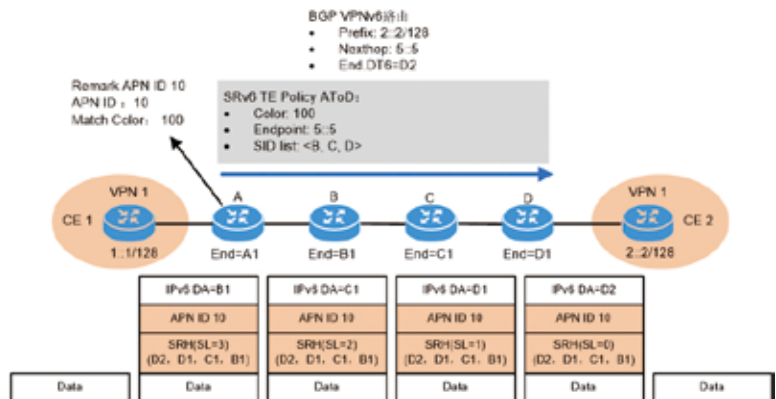


图1 基于APN ID的报文转发流程

中国移动IT云资源池网络故障诊断的探索和实践

■ 中国移动信息技术有限公司 祁肖贺 阮前 程宇

网络数智化是指人工智能、大数据技术与通信网络的硬件、软件、系统、流程等深度融合，而利用AI、大数据技术助力通信网络运维数智化，是实现自动驾驶网络高阶能力的基石。国务院国资委《关于加快推进国有企业数字化转型工作的通知》系统阐明了国有企业数字化转型的基础、方向、重点和举措，“上云用数赋智”贯穿始终。

中国移动数字化战略进程逐步推进，对网络的访问质量、灵活调度、可靠性等特性提出更高的要求，以算力网络为代表的基础设施更是以“数字时代新能源”为目标，要求具备相应的数字化网络支撑能力。

运维领域网络故障诊断技术分析

通过对行业内头部企业和专业公司的走访、调研、交流，笔者发现行业内网络故障诊断技术主要分为两类：一类是主动探测技术，例如端到端探针埋点；另一类是被动探测技术，包括旁路分析、带内报文染色。

端到端探针埋点

端到端探针埋点是通过部署在不同网络区域、设备下的探针，进行双向业务及网络测试，生成端到端的SLA报告，根据异常探针位置定位某一段网络故障。该模式存在以下不足：一是复杂数据中心网络部署难度大，通用性低；二是缺少与网络设备的数据交互。

带内报文染色

网络故障发现、定界、定位主要依赖带内报文染色、拨测流多因子关联分析，带内报文染色利用诊断模型对数据进行挖掘、交叉分析，选出故障概率最高的网元及根因。但报文染色特性对设备兼容性要求高，在电信运营、政务、交通、金融等领域难落地，可推广性不强。

本文提出基于知识图谱AI算法，以真实业务流、拨测流

异常检测为故障触点，结合异常流的访问路径、资产、组网特征等关联属性，进行交叉共性分析、故障场景模型匹配，从而实现故障网元自动定界定位。

网络故障智能诊断体系

中国移动IT云数据中心的网络数智化运维依托云网络基础设施，结合运维大数据，构建数字化网络平面，打造了一个以感知、定位、决策为核心路径的网络自动驾驶平台。以真实业务流、拨测流异常检测为故障触点，结合异常流的访问路径、资产、组网特征等关联属性，进行交叉共性分析，自动感知资源池全局到局部的异常状态，自动定位故障发生的网络节点，匹配故障决策场景，实现网络自动驾驶。网络故障诊断流程如图1所示。

网络流采集

网络流采集运用报文分析技术，实现原理为：数据中心中的每个网络节点包含n个应用服务，应用间调用依赖网络节点的数据包转发。通过在网络中的关键节点配置端口镜像，如防火墙、负载均衡器、汇聚节点等，将业务流量切片，接入到镜像交换机，分析服务器采集镜像交换机中的镜像报文，分析应用在每个关键节点上TCP/UDP层的行为，生成时延、成功率、数量等显性指标。

网络流分类

网络流的统计分类可以基于生产环境运维过程中的故障辐射范围，从云资源池、POD内、POD外，到网络平面、VPC，也可以灵活自定义分类。

报文在网络中的流转分为业务路径及网络路径。

业务路径：每个业务系统由若干功能模块组成，每个功能模块由若干应用服务组成，而系统内所有应用服务间的调用逻辑组成了系统业务路径。

网络路径: 每个应用服务的一次调用, 在网络中形成一对五元组的流, 将流从源地址到目标地址访问过程中的每一次转发汇总, 形成一条网络路径。

异常流检测

在分析研究网络流实测

数据特征后, 本文采用ARIMA模型算法来做异常检测。该模型相较于一元线性回归模型, 对多因素、复杂的问题解释性高; 相较于ARMA模型, 可以将非平稳时间序列转换为平稳的时间序列; 相较于SARIMA模型, 网络流的数据不具有季节性变化。

构建模型需要提取每个指标的历史数据, 剔除负面历史数据, 根据每周移动平均值、每周差分系数、每波动周期趋势系数, 生成各类指标的预测值、上波动值、下波动值。

同时在实际生产过程中, 指标预测容易因瞬时值、故障值变化导致数据失真, 因此应采用“削峰去谷”、异常标注等方法, 提高样本精准度。

“削峰去谷”: 将样本自定义 n 个周期, 每周期内剔除 $m\%$ 的峰、谷指标, 剔除的指标根据样本补齐算法自动替换。

异常标注: 根据指标的告警、恢复周期, 自动标识并剔除异常指标, 根据样本补齐算法自动替换。

故障定位

常用的网络故障管理方法有模糊逻辑检测、专家诊断、神经网络系统检测诊断和各种智能化诊断等。由于这些方法各有优劣, 所以在应用中大多结合使用。

本文提出的方案以异常拨测流数据为触点, 通过网络路径的共性分析, 得到拨测流路径中交叉网元信息, 计算网元中异常流与正常流的占比, 得到故障网元的概率分布。

基于路由表项、策略引流配置, 自动生成每条探测流之间经过的网元, 当异常流产生时, 根据交叉网元经过的异常流与正常流占比, 推算共性网元的故障概率。

假设某个POD1内有4个异常流, 分别命名为POD1-1、POD1-2、POD1-3、POD1-4, 展开每个异常拨测流访问路径, 包括二层路径、三层路径以及路径中经过的每个网元节点, 根据路径中的交叉性、入网属性、归一性, 以及异常占比, 计算共性网元的故障概率, 取故障概率最高值定义为故障共性网元。

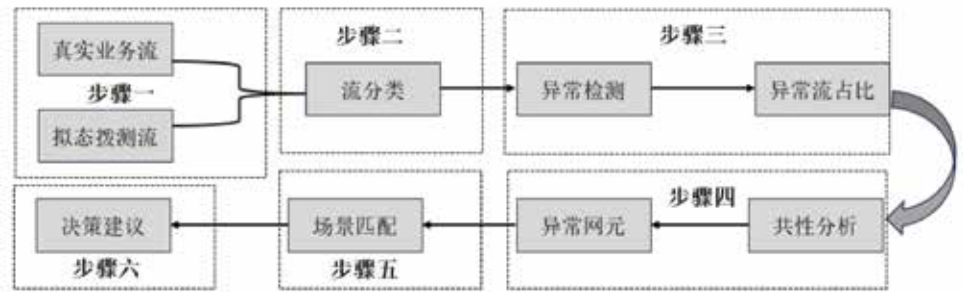


图1 网络故障诊断流程

故障场景匹配

故障网元定位出来后, 需要帮助运维人员缩短故障处理时间, 本文引入知识图谱模型。基于知识图谱模型、历史故障的数据特征(如指标趋势、表项变动频率、关联网元状态等), 构建仿真验证的故障场景模型。

本文以网元指标类型、采集方式为维度, 构建了一个与网元设备进行数据交互的原子用例。运维人员结合专家知识图谱, 自定义编排、组合原子交互用例, 形成各类故障场景特征库。

在网元与故障场景特征匹配时, 通过原子交互用例与网元进行数据交互, 判断获取的指标数据是否在故障特征用例取值区间内, 满足匹配条件后输出故障根因与自愈决策建议。

以VRRP双主场景为例, 分析异常网元指标(高丢包率), 结合网元归属特征、节点映射关系和VRRP双主场景用例, 得出丢包根因“Vlan xx VRRP双主”。从场景用例可以发现, 两个VRRP主路由器竞争相同的虚拟IP地址, 导致地址冲突。同时, VRRP组在主备之间频繁切换, 增加了网络时延和丢包率。日志显示VRRP状态的信息, 如主备状态、切换信息、虚地址列表、版本等。

决策建议

完成故障诊断后, 推送决策建议到相关方。决策内容主要分为两类: 匹配知识图谱的故障处理建议和未匹配知识图谱的故障定位信息, 包括网元路径、故障网元、源目地址、网元指标等。

本文围绕网络运行质量构建网络故障智能诊断体系, 将网络运行中依赖的数据要素解耦为可观测指标, 结合机器学习、异常检测、高性能探针、流处理引擎等技术, 自动评估网元、网络、链路、路径、区域、租户、子网健康状态, 结合知识图谱场景化构建, 实现故障快速根因定位。

中国移动通过在IT云试点并积累经验, 不断完善异常检测模式和故障场景种类, 平台能力已覆盖IT云区域中心的所有片区中心, 并逐步推广至银行、金融、交通、能源等行业。

智能化客服系统研究与应用

■ 吉林移动通信有限责任公司网络管理中心 金浩

随着移动通信市场高速发展，用户的维权意识不断增强，但投诉问题、投诉受理流程日益复杂，用户对投诉处理效率、准确性要求逐渐提高。如何快速、高效地处理好用户投诉，实现成本最小化、服务效益最大化，成为客户服务（以下简称客服）领域积极探索的话题。

本文从客服领域知识组织规范化的角度，探讨了知识体系与实际客服业务定义间的差距，有助于企业和政府完善业务定义。智能化客服系统可以用人工智能代替人工客服，使客服行业的服务模式发生革命性变更。例如，智能化客服系统能够允许用户以自然语言方式输入，并且输入中允许随意句式的出现，允许专有名词、同音字、近音字等情况发生；智能化客服系统能够以多回合对话的方式，主动引导或积极配合用户，尽可能促进客服任务的达成。

智能客服解决方案概述

智能客服解决方案集成了自然语言理解、对话管理、智能搜索等技术，以半自动的方式对客服领域知识进行梳理和再组织；普通用户可以用自然语言通过网页、短信、手机WAP、即时通信软件等方式向系统提出问题，且系统能够自动回答。智能语音自学习逻辑如图1所示。

智能问答：对于即时消息、网页交互等文字客服渠道，可以利用人工智能中的自然语言处理技术理解问题语义，搜索相关知识库，自动作出回答。对于无法理解或回答的问题，可以自动转到人工座席进行处理。智能问答系统大大减轻了客服人员工作量，分流了大量常见咨询，提升了客服效率。

智能服务引导：对于语音渠道客服，可以通过语音识别

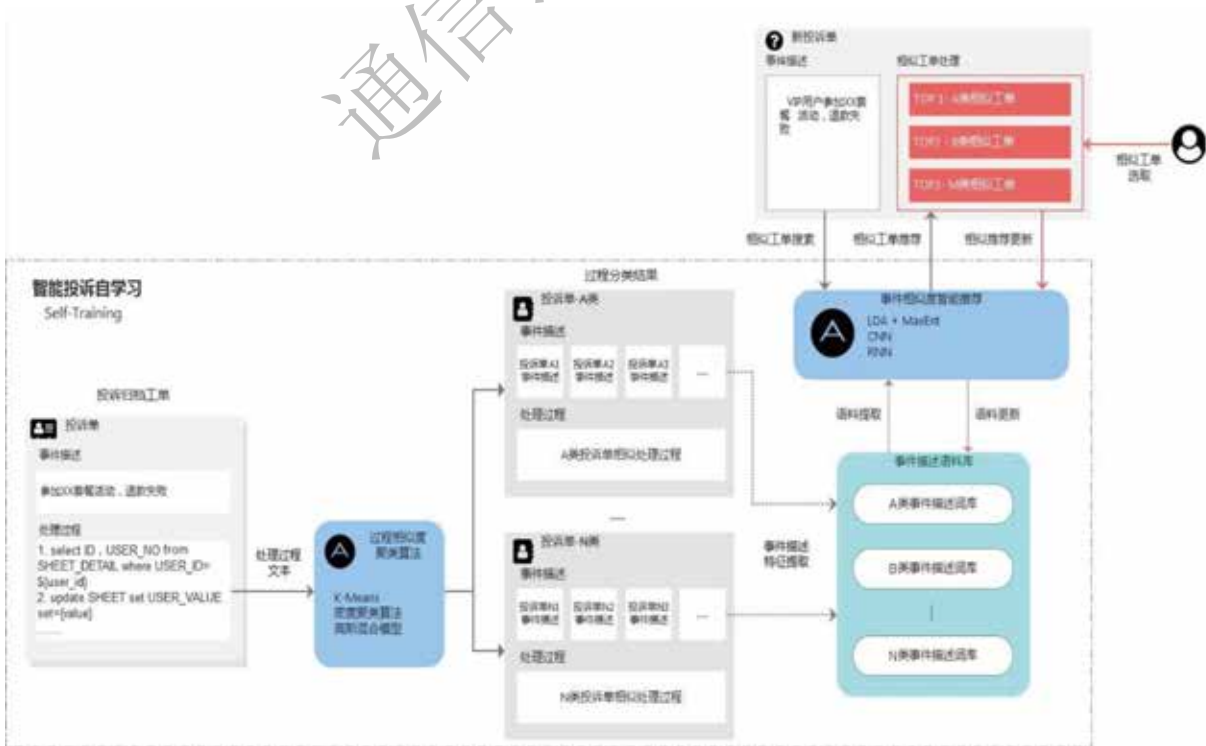


图1 智能语音自学习逻辑



图2 智能服务引导

和交互技术直接引导用户到对应的服务队列排队，替代传统的多级数字号码选择，提升用户体验和整体压缩效率。智能服务引导如图2所示。

智能语音语义分析：通过语音识别技术，可以将大量的客服对话转为文字，并通过自然语言处理等技术分析客服语义。智能语音处理步骤如图3所示。

智能投诉处理：用户的咨询和投诉信息中隐含着大量对网络故障、质量和服务的反馈信息，通常除了明显的故障情况，其它隐含的质量问题难以通过客服渠道发现。但是，语音识别技术可以将大量的客服对话转为文字，并通过自然语言处理等技术分析客服语义，以便了解网络和服务问题的影响范围、故障程度，辅助网络进行处理和修复。

智能客服解决方案具体应用

目前，吉林移动客服投诉系统可实现从被动处理投诉到主动消除投诉的转变，通过加强对批量、重大投诉的事前预防和事后控制，降低投诉风险。同时，吉林移动客服投诉系统还实现了投诉故障位置获取、批量投诉预警阈值配置、批量投诉预警实时监控、批量投诉预警工单触发、批量投诉查询、批量投诉结果跟踪验证等功能。

吉林移动客服投诉系统可以实时动态扫描全网络投诉数量“变化”，从业务、场景、省/地市等维度汇聚，建立全量网络投诉的主动预警监控机制，实时感知网络质量问题，闭环管理，全面提升网络质量问题的感知能力、

发现能力、解决能力和管控能力，为用户提供优质的网络服务。

智能客服解决方案能够提升投诉风险管控能力，规范投诉预警事件的应急处理流程和机

制，完善投诉预警信息发布标准，加强对批量投诉、重大投诉的事前预防和事后控制，降低投诉风险。

同时，智能客服解决方案能够满足网络投诉预处理的实际需求，提升客服投诉拦截率。此外，该方案还能自动获取故障号码，根据预警场景自动诊断，提前通知，缩短接电时长，提高用户感知。人性化的界面呈现采用多颜色区分，不同的颜色区分出重点内容，便于客服人员快速获取投诉用户信息等内容。

智能客服解决方案采用模块化、构件化的设计思想，在需要扩展功能时，可以仅增加相关的接口模块，对系统进行少量修改即可增加这部分功能，保持良好的扩展性。吉林移动在二期建设客服支撑预处理功能的基础上，提升GIS界面的可视化展示效果，扩展了专线客服GIS预处理功能。

智能化投诉系统将研究投向数据及全链路，持续深耕投诉原因，针对不同场景提供不同预警模式，变被动为主动，减少投诉数量，提升用户感知。📞

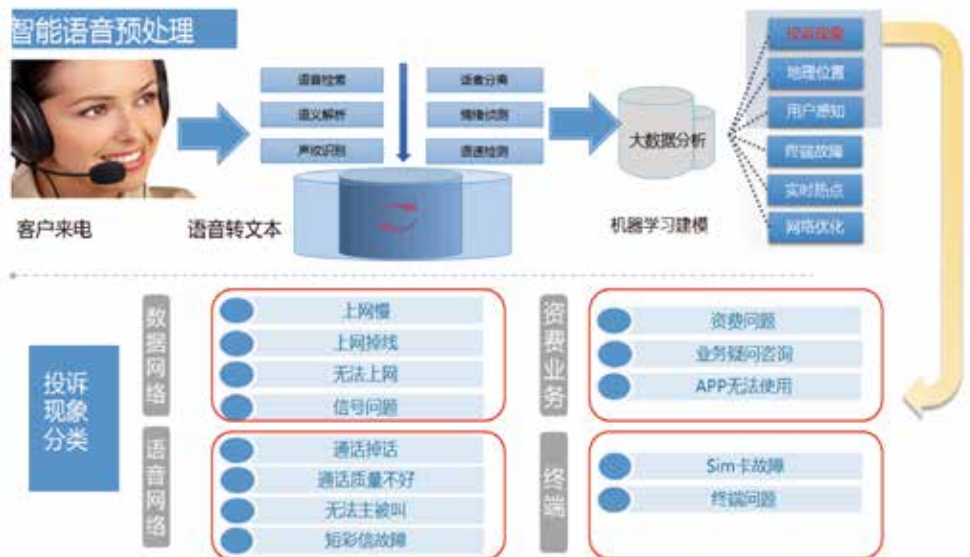


图3 智能语音处理步骤

蝶变·日新

走近通信圈这一年

2023

ICT产业年终盘点



细数年度风云

十大新闻事件
十大技术关键词



标记重要里程

数说2023
图解2023



丈量前行步伐

产业盘点
企业盘点



瞩目辉煌瞬间

ICT产业影响力人物
5G 十大典型案例



揭晓重磅评选

2023年度ICT产业龙虎榜



辞旧岁迎新程
大咖访谈上新!