



工业和信息化部主管
人民邮电出版社主办



中国通信企业协会会刊

总第826期 2019年12月5日 第33期

通信世界

COMMUNICATIONS WORLD

P05 全国携号转网服务
提前一个月启动

P09 北京5G基站数居全国前列

P16 推动5G与工业互联网
融合发展

2019年度盘点

龍虎榜

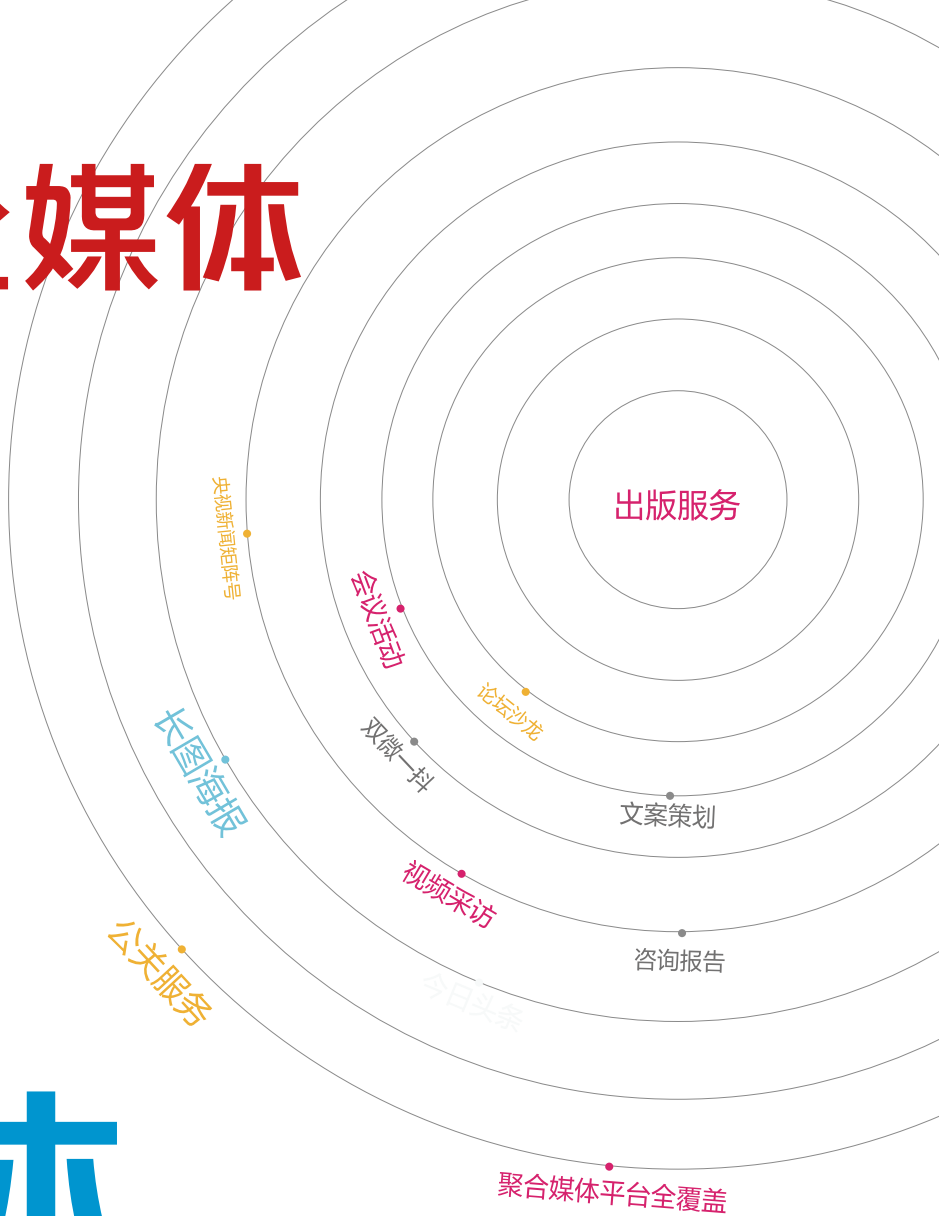
12月25日揭榜
敬请期待!

ISSN 1009-1564



9 771009 156197

杂志
网站
新媒体



一个全能的媒体服务平台

通信世界全媒体



“刷脸” 需守住安全底线

郟勇志



近年来，人工智能发展迅速，以此衍生出来的各类应用不胜枚举。其中，人脸识别凭借“刷脸”之便利，使得刷脸入住、刷脸签到、刷脸购物等新兴“刷脸”应用渐成风尚，可以说人脸识别技术正在快速向社会的各个行业推广应用。

然而，人脸识别技术在为人们生活带来便利的同时也出现了一系列问题。前不久，因不愿意使用人脸识别，浙江理工大学特聘副教授郭兵将杭州野生动物世界告上了法庭。该案被业界称为“中国人脸识别第一案”，也让人脸识别技术再次引发社会关注。

人脸识别技术凭借其广阔应用前景被产业各方一致看好，在该领域更是涌现出了一大批“明星”企业，推动着人脸识别应用遍地开花，为人们的生活方式带来了更为多样的选择。从这点来看，人脸识别技术是值得肯定的。

但是，一味地追求便利而疏忽了安全和隐私保护，甚至强行推广，这就未免过犹不及了。

之所以出现上述“中国人脸识别第一案”，从本质来看是因为人脸识别技术背后的安全隐患。毕竟，人脸识别是基于人的脸部特征信息进行身份识别的一种生物识别技术，一旦因技术精度等性能标准缺乏导致身份被仿冒，或者因人脸信息收集、存储等使用规范欠缺导致信息泄露，都将引起难以想象的后果。

尽管一些人脸识别企业反复强调其技术的安全性，部分企业更是放出“损失全赔”的豪言壮语，但仍然无法消除公众对安全问题的担忧。此前，陌陌旗下“变脸”软件ZAO就曾因为用户隐私协议不规范、存在数据泄露风险等网络安全问题被工信部约谈，轻松“换脸”是否会导致“刷脸”支

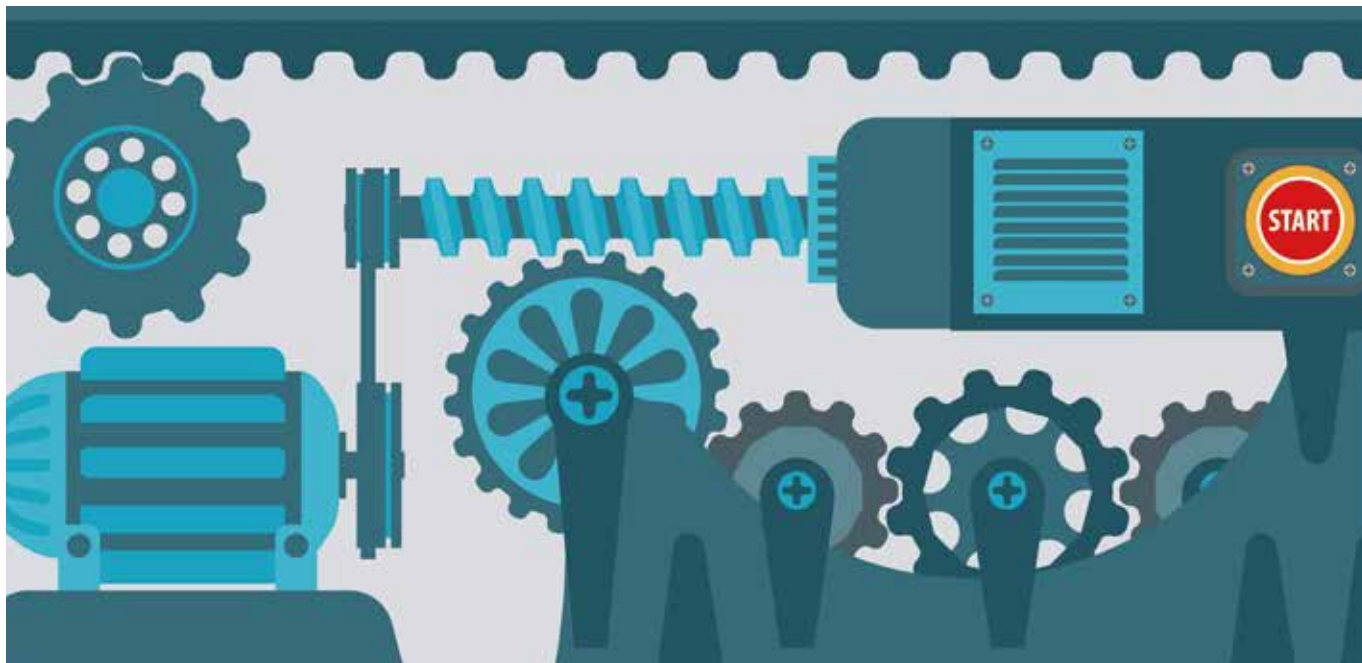
付、“刷脸”认证等方面的安全问题滋生？至少在目前还未有确切的答案。

2018年5月1日开始实施的《信息安全技术个人信息安全规范》规定，个人面部识别特征属于个人敏感信息，传输和存储个人敏感信息时，应采用加密等安全措施，存储个人生物识别信息时，应采用技术措施进行处理后再进行存储。

安全规范如此，并不意味着所有企业都会安分守己、奉公守法。总有一些投机分子利用规则打擦边球，将用户人脸信息泄露并变现，甚至危害社会安全。从“中国人脸识别第一案”来看，这也是一种强制收集用户信息的行为，用户信息一旦泄露、非法提供或者滥用，将极易危害包括郭兵在内的公众人身和财产安全。

当然，人脸识别领域的多数从业者运用此项技术时初衷都是向好的。前不久，在全国信标委生物特征识别分技术委员会换届大会上，27家机构共同组成的人脸识别技术标准工作组（以下简称工作组）正式成立，这意味着人脸识别国家标准制定工作全面启动。并且工作组将紧密结合人脸识别领域产业发展需求，推进人脸识别技术、产品的标准体系建设，制定具体标准计划，全面开展国家标准制定、修订工作。

目前来看，包括人脸识别技术在内的人工智能发展已是大势所趋，而技术本身是一把“双刃剑”：运用得好，可以造福于民；如果被滥用，则会导致一系列包括安全在内的问题。当前形势下，相关政府部门应当加强监管，相关企业也应加强自律，以身作则，守住安全底线，不要让公众因产业乱象而无辜买单。



5G已来 工业互联网还有多远?

19 智能物联

关注

- 05 全国携号转网服务提前一个月启动
多方举措保障用户权益
- 07 有条件、没门槛
北京三大运营商携号转网没那么难!
- 09 北京已开通5G基站13094个
居全国前列
- 10 ITU确定扩容5G毫米波频段
我国5G部署节奏有望加快

运营之道

- 11 运营商如何找到5G需求的新商业模式

- 13 让科技更有温度

中天科技调整使命、愿景和价值观

智能物联

- 16 推动5G与工业互联网融合发展
- 19 5G已来 工业互联网还有多远?

5G·无线

- 21 毫米波5G基站的应用挑战和未来发展
- 24 2020年5G终端发展展望
NSA/SA双模终端将成市场主流
- 26 专访联发科技陈冠州
天玑1000带来全球领先的5G连接



32 云·IT

目前数据中心正在经历云化和 ICT 融合所带来的变革，而网络作为数据中心的三大基础资源之一，也在这场革命中不断演进。

5G时代 数据中心网络演进正当时

光·承载

- 27 运营商发展创新业务转型升级
网络运维需“化繁为简”
- 29 嘉量云：基于AI的通信软件成本自动度量

云·IT

- 31 打好5G“底座”，数据中心变革进行时
- 32 5G时代，数据中心网络演进正当时
- 34 “灰盒”模式构建数据中心光层互联
- 36 无损网络数据中心应用概述
- 37 面向运营商边缘云部署
边缘模块化交换机崭露头角

- 40 下一代数据中心网络测试分析
- 42 数据中心网络——SONiC白盒技术的发展趋势
- 44 浙江电信以DC组网为核心的5GC云化部署实践
- 47 SDN完美契合云数据中心发展路径

广告目录

- | | |
|----|----------|
| 封二 | 通信世界全媒体 |
| 封三 | 通信世界形象广告 |
| 封底 | 通信世界发行广告 |

**编委会****编委会名誉主任**

苗建华 中国通信企业协会会长

编委会主任

顾 翀 人民邮电出版社社长

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 人民邮电出版社副社长

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副院长

胡坚波 中国信息通信研究院总工程师

靳东滨 中国通信企业协会通信网络运营专业委员会主任

张明天 中国通信企业协会通信运营专委会常务副主任

杨 骅 TD产业联盟秘书长

李长海 中国工信出版传媒集团总经理助理

张同须 中国移动研究院院长

沈少艾 中国电信科技创新部顾问

张成良 中国电信科技创新部副总经理

黄宇红 中国移动研究院副院长

唐雄燕 中国联通网络技术研究院首席专家

龔 笠 中国铁塔股份有限公司技术部总经理

吕廷杰 北京邮电大学教授

梁海滨 信通传媒副总编辑

刘启诚 信通传媒《通信世界》全媒体总编辑

陈山枝 中国信科集团副总经理

钱利荣 俊知集团有限公司董事局主席

彭俊江 爱立信东北亚区研发中心总经理

王瑞春 长飞公司研发中心总经理

马 斌 腾讯公司副总裁

《通信世界》全媒体中心

总经理/总编辑：刘启诚

策划营销部：

黄海峰 姜蓓蓓 鄒勇志

舒文琼 张 鹏

编辑部：

通信世界网主编：刘启诚（兼）

《通信世界》执行主编：刁兴玲

通信世界新媒体执行主编：申 晴

编辑记者：

程琳琳 蒋雅丽 范卉青

孟 月 甄清岚 刘婷宜

羊脂玉 梅雅鑫 田小梦

吕 萌 刘 江 王禹蓉

综合部：

主任：林 嵩

美术编辑：

杨斯涵 李曼 张航

网络技术：伍朝晖

编辑部Edition Department：

+86-10-81055621

营销部Sales Department：

+86-10-81055499

发行部Circulation Department：

+86-10-81055598

传 真Fax：

+86-10-81055474(营销部)

+86-10-81055464(发行部)

通信世界网

Website of Communications World

网 址

Website : www.cww.net.cn

主管单位：工业和信息化部

Guided by the Ministry of Industry and Information
Technology

主办单位：人民邮电出版社有限公司

Organized by the Post & Telecommunications Press

广告许可证：京东工商广登字20170149号

承印单位：北京艾普海德印刷有限公司

地 址：北京市昌平区马池口镇横桥村南

定 价：15.00元

通信地址：北京市丰台区成寿寺路11号8层

Address: F8, No. 11, Chengshou Temple Road, Fengtai District, Beijing, China

邮发代号：82-659

国外发行代号：T1663

刊号：ISSN1009-1564

CN 11-4405/TP

邮 编：100164

Post Code: 100164

**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说明。
- 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。

本刊记者刘华鲁 易东山 梁海滨 黄海峰
牛小敏 刁兴玲 程琳琳 蒋雅丽

国家新闻出版广电总局

举报电话:010-83138953

全国携号转网服务提前一个月启动

多方举措保障用户权益

携号转网全面实施后行业需要做的工作还有很多，需要各方持续不断优化服务，确保用户“携得了、转得快、用得好”。

本刊记者 | 孟月

11月27日，工信部举办了全国携号转网服务启动会议，“全行业通力合作，提前一个月正式提供全国携号转网服务，标志着通信行业向更高质量、更优服务迈出了坚实一步。”工信部党组成员、总工程师张峰在会上表示。

“问”得多，“转”得少

其实，携号转网已有数年的演进史，自2006年提出，历经4年的调研工作，2010年11月22日，在天津、海南启动第一批携号转网试点工作，2014年9月20日，第二批携号转网试点在江西、湖北、云南落地。今年两会期间，国务院总理李克强表示，2019年要在全国实行携号转网，规范套餐设置，使降费实实在在，消费者明明白白。今年3月，工信部制定了携号转网全国推广总体工作方案，明确了“建设改造、联调联测和服务提供”三阶段具体任务和时间表。

在会上，工信部通信管理局副局长鲁春丛总结了从今年3月到11月携号转网的主要工作：一是大力推动系统工程建设；二是加强政策的顶层设计，构建了“1+3”政策体系，“1”指的是《携号转网服务管理规定》，“3”指的是3家基础电信企业《携号转网服务实施细则》，为携号转网的运行提供政策基础和保障；三是推动携号转网服务，目前，天津、海南、江西、



湖北、云南5省(市)已完成试验，于2019年9月19日正式提供携号转网服务。2019年11月10—26日，其他26个省(自治区、直辖市)携号转网服务上线试运行。“截至11月26日，在携号转网试运行期间，全国发出携出授权码11.2万人次，成功协助7.2万用户完成了携号转网。总体来看，用户比较关注携号转网问题，但是‘问’得相对多一些，真正携转的用户并不是特别多。”鲁春丛表示。

运营商已投入30亿元专项资金

携号转网改变了以号段区分运营商的传统模式，是一项复杂的系统工程，几乎所有的网络和业务平台都要改造、升级，大部分业务流程都要重新梳理和重构，大量的业务协议都要重新修订。3家基础电信企业、各地通信管理局、中国信息通信研究院等相关单位，通力合作投入大量的人力、财力，助推携号转网提

前一个月正式上线运行。“3家基础电信企业目前已完成了1800多项系统建设改造；网内网间联调联测项目超过100多万个；3家基础电信企业累计投资超过30亿元；建成了全国携号转网实时交互联动系统。”鲁春丛对三大运营商所做的工作给予肯定。

具体来看，中国电信集团公司和各省分公司都成立了领导小组，组建了上千人的专项工作团队，细化了上百项工作任务，

通过例会、培训、通报、检查等机制全力推动携号转网工作开展，共完成200多个网元的基础网络改造和整体业务管理系统的底层重构，800多个API接口、300多个业务平台的升级改造，30多万项网络、业务测试，10多万人次员工培训，组织了8000多个自有营业厅提供

服务。

中国移动在2019年初成立了携号转网专项工作领导小组及8个工作组，31家省分公司与集团公司组建两级联动攻坚团队，推动各项问题逐一解决。为保证携号转网服务顺利实施，中国移动投入10亿元专项资金用于技术攻坚和系统改造，并在工信部的指导下，推动运营商以及社会相关行业之间端到端的联调联测工作，累计完成十五大类近500套重要网络设备升级和系统改造，制定联调测试场景500余个、累计测试超40万次。“针对试运行期间广大用户反映的合约期过长等问题，中国移动秉持用户利益至上的原则，按照《合同法》的相关条例规定——合约期最长不能超过20年，将进一步推进整改。”中国移动在接受采访时表示。

经过中国联通集团总部18个单位和31个省级分公司2000多人工作团队的不懈努力，中国联通共完成网络单元及业务系统改造1000多个，开展测试33万余项；

配合工信部开展20多项调研，高质高效地完成了携号转网涉及的网络建设、系统改造、网络及系统间联调测试等各项工作。

携出民心，转出便利

三大运营商明确承诺，保障用户自由选择权，携号转网用户与现网用户同等条件下权益一致。与此同时，工信部高度重视携号转网的推进，不断“查漏补缺”。鲁春丛表示，在携号转网试运行期间，用户遇到的问题主要分为3个方面：一是部分基层企业人为设置系统障碍，违规设置携入携出的条件，影响用户感知；二是携出赔付的标准比较高，部分用户反映协议周期比较长，甚至出现协议期至2050年、2099年等情况，工信部已经要求企业严肃整改，问题基本得到解决；三是携入某个运营商后，用户原有的一些业务比如手机上网、短信充值等无法开通。

对此，工信部将着重做好几方面工作，要“携出民心，转出便利”：一是积极督促企业整改，要求各省通信管理局严加监管；二是建立了各省的携号转网监管专班，加强对携号转网工作的监督和管理。“目前全国已经形成了503个监管队伍，以期将监管工作做好，为行业提供高质量的携号转网服务。”鲁春丛表示，各省的监管工作专班要进一步加大监管支撑力度，同时也加强了对全国携号转网系统运行的监测，加强用户申诉中心的处理。“我们即将组建8个检查小组分赴全国各省。”鲁春丛透露。

除了监管力度的持续增强以及运营商的努力外，携号转网的顺利实施也需要第三方应用服务商的通力合作。比如对于用户携号转网后收不到验证码的情况，中国信息通信研究院党委书记李勇表示，携号转网后，很多应用不能再根据手机号码判断其所在的运营商，存在发错运营商等情况，为了解决该问题，目前我国三大运营商已经采取“兜底转发”的方式，对

转网后送错运营商的短信采用网间转发功能解决，总体能满足行业短信发送的需求。但由于短信发送链条复杂，影响因素多，可能出现个别短信收不到的情况，用户可联系第三方应用服务企业或运营商进行处理。李勇表示，目前已经支持微信、支付宝等服务提供企业关于携号转网的技术改造。但第三方服务应用涉及范围广、全面改造难度大，第三方应用服务企业需尽快开展携号转网技术改造。

携得了，转得快，用得好

张峰强调，携号转网全面实施后行业需要做的工作还有很多，需要持续优化服务。他提出三方面要求：一是要提高政治站位，切实增强责任感和使命感，要牢固树立以人民为中心的发展思想，加快转变服务理念，夯实行业高质量发展基础；二是要主动担当作为，持续提升行业网络服务能力，要保障系统稳定运行，保障全国服务质量，加强行业自律；三是加强行业监管，打造健康有序生态环境，要加强部省协同，加强监督检查，加强技术手段建设。

为此，运营商也提出了下一步工作重点。中国电信将从5个方面全力保障携号转网服务水平：一是进一步提高政治站位，强化责任担当，做好思想教育和 Service 管理，确保认识到位、执行到位，抓细抓实抓出成效；二是切实规范服务行为，不断优化市场环境，共同保障用户权益和服务质量；三是持续提升综合服务能力，以更加优质高效的综合智能信息服务提升服务价值，改善客户体验，提高用户满意度；四是加强运营维护管理，确保携号转网网络系统平稳运行，保证通信质量和网络信息安全；五是加强与社会各界的协作配合，努力实现通信服务的无缝衔接，共同保障携号转网时代的信息化服务水平。

为全力保障携号转网服务质量，中国

移动组建服务专家团队，组织全员培训，提供多通道便捷服务，如客户可通过发送短信、拨打10086、登陆中国移动客户端、前往营业厅等多种方式咨询或办理携号转网服务，严格遵守工信部关于携号转网的各项规则要求等。下一步，中国移动将以携号转网正式提供服务为契机，打造一流基础设施，创新丰富业务产品，塑造优质品牌形象，提供更高质量、更有价值的信息通信服务，更好地满足人民群众对美好数字生活的需要。

中国联通坚决落实党中央决策部署，通过“三全工程”（全力落实好携号转网这个政治任务、全程迭代完善携号转网这个便民工程、全面夯实匠心服务这个强企之本）持续保障携号转网工作顺利实施，并以携号转网工作为契机，全面提升服务品质，以工匠精神打造“中国联通匠心服务”，不仅通过建设全球首张5G共建共享网，为客户提供覆盖翻倍、速率翻倍、带宽翻倍的5G匠心网络服务，还在此基础上确保携号转网客户与现网客户同等条件下权益一致，同等享有全国异地办理业务、线上线下一体化等服务体验，以诚心、匠心让客户更加安心、舒心。

此外，中国广播电视网络有限公司问永刚表示，中国广电作为新的电信运营商，在5G建网过程中将充分考虑为携号转网业务部署相应的资源，在网络设计上预留相应的功能接口，尤其在短信中心、短信网关和关口局的建设方面，在设计之初就已充分考虑到携号转网的技术需求，严格遵循工信部对携号转网服务的要求，为用户提供高质量的携号转网服务。

在携号转网试运行期可以看到，运营商能够为用户提供高效便捷的携号转网服务，确保用户“携得了、转得快、用得好”，后期通过监管力度的加强以及运营商的不断优化，用户体验将得到进一步提升。

有条件、没门槛

北京三大运营商携号转网没那么难!

“To be or not to be, that's a question.”对用户来讲，“转”还是“不转”是一个问题。从本质来讲，携号转网是过程而非结果；对运营商而言，提高网络覆盖及质量、提升用户服务体验才是不变的王道。

本刊记者 | 刘启诚 范卉青

11月11日，工信部发布《携号转网服务管理规定》，该规定中明确指出：“电信业务经营者应遵守相关法律法规，共同维护健康有序的市场环境；应相互配合，确保用户携号转网服务正常办理和携号转网后的通信服务质量。”三大运营商对此纷纷积极响应，11月22日下午，工信部召开座谈会，业内专家对携号转网的试运行情况进行了分析总结。为做好携号转网下一阶段工作，工信部提出3个要求：一是进一步提高认识，强化规则理解和执行；二是建立工作专班，加强监督检查；三是启动技术监测。

千呼万唤始出来的携号转网会不会只是“看上去很美”？这或许是很多用户最担心的问题。通信世界全媒体记者兵分多路，通过实地走访北京主城区三十余家营业厅，对携号转网业务在基层营业厅的落实情况进行了调查。

营业厅：服务规范且高效

在政策实施初期，让广大消费者了解相关条款和规则尤为重要。因此，运营商是否在营业厅内有携号转网业务相关介绍以及工作人员对携号转网业务的熟悉程度是记者此行调查的重点。

在中国电信肖村桥北营业厅进门处



图1 中国电信肖村桥北营业厅一角

的立架上，第二层就摆放了携号转网业务受理流程宣传册（如图1所示），宣传册以图文形式清晰地展示了携号转网办理流程。该营业厅内没有专门的携号转网咨询台，但记者以用户身份咨询转入流程时，工作人员热情而详细地向记者描述转入流程。

在中国联通成寿寺营业厅内，设有携号转网办理流程宣传板（如图2所示），营业厅咨询台态度极好，主动询问记者办理业务的情况。据记者观察，在11月24日上午10点至10点半期间，该

营业厅无用户前来咨询或办理携号转网业务。

在中国移动的大部分营业厅也都设有携号转网宣传板和宣传册（例如中国移动南四环西路营业厅，图3所示），但也有少数营业厅未在进门明显位置展示关于携号转网的公告和宣传单（如位于菜市场大街的中国移动营业厅），不过当记者询问中国移动用户转出事项时，工作人员能够熟练地介绍步骤，过程中营业员有礼貌地挽留，且未出现令人不悦的强行推销和强行挽留行为。



图2 中国联通成寿寺营业厅一角

与此同时,在对营业厅内摆放出的宣传页进行详细查看后,记者未发现编造、传播携号转网虚假信息或者误导性信息,以及隐瞒或淡化限制条件、夸大优惠事项或携号转网影响、欺骗误导用户、诋毁其他电信业务经营者等违规宣传行为。



图3 中国移动南四环西路营业厅一角

在分别致电三大运营商的客服并询问携号转网相关问题后,记者得到了有效且正面的回复。在询问意见以及对转网后可能带来的不便进行了提示后,客服人员均没有在言语上进一步阻止用户有可能发生的转网行为。

参加本次调查的记者纷纷表示,每家营业厅的工作人员都会第一时间积极响应客户的需求,从态度到专业度都几乎无可挑剔。在基层工作人员眼中,携号转网不只是运营商之间的“暗暗较劲”,更是对自己提升服务水平的重要督促。

用户：在观望中理性选择

被用户期待了很多年的携号转网终于落地,但用户似乎不如业界预期般狂热。这意味着运营商的网络与服务质量都在整体提升,同时也体现出用户的消费习

惯日趋理性。

在中国移动方庄营业厅内,记者遇到了一位在办理其他业务的客户,他向工作人员咨询了携号转网业务。在与该用户的聊天中记者了解到,他是一名使用中国移动超过十年的老用户。“携号转网听了很多年,但没想到现在真的可以实现了。目前还没考虑转网,但如果其他运营商有非常划算适合我的套餐,可能我会考虑办理。”这位用户对记者如是说,相信这也是目前很多用户的真实想法。该营业厅内一名为用户办理过携号转网业务的工作人员对记者表示:“来我们这里办理转入的消费者有提到过,中国移动优质的服务和稳定的网络是促使他们转网过来最重要的原因。”

记者在中国移动菜市口营业厅观察了半小时后发现,进入营业厅咨询和办理业务的用户多半为老年人,其主要办理的业务有家庭宽带、资费查询等,也有一些行色匆匆的用户前来补卡和缴纳话费,但始终没有用户询问携号转网的相关事宜。工作人员对记者表示,目前该业务推出时间不长,很多用户尚不了解,来到营业厅里咨询的用户更是少之又少。

在位于南三环的中国联通方庄营业厅内,记者询问相关流程时,工作人员表示,在用户提出转出需求时,客服会在第一时间与其沟通,了解原因并积极解决问题,介绍一些符合用户当下需求的套餐等,若挽留无果,也绝不会让用户多跑一次,会当场为用户办理转出业务。

由于携号转网业务尚且处于开通初期,记者发现大部分用户还处于观望阶段,数量较为庞大的用户转网行为在记者走访的多家营业厅内均未发生。

瑕不掩瑜,仍有改善空间

记者在调查过程中,也发现了一些用

户办理携号转网时遇到的问题。

首先,非直营营业厅无法办理携号转网业务。记者调查的部分非运营商直营营业厅,如中国移动北京惠新西街营业厅店内没有携号转网相关介绍,工作人员表示,加盟营业厅无法办理携号转网业务。

其次,新业务办理初期,业务人员遇到问题时解决不够迅速。记者在中国移动宋家庄营业厅内就遇到了一位有此感受的用户。该用户前一天办理了携号转网,由中国联通转入中国移动,但缴纳的话费一天后仍未到账,且号码也没能成功激活。用户曾3次致电10086客服也未能妥善解决该问题,只得来到营业厅办理,中国移动宋家庄营业厅的值班经理通过后台查寻,才帮用户成功解决了问题。

最后,有用户反映目前办理携号转网业务仍存在不便之处。如用户在办理完手续之后,还需要等待半小时以上,确认能够在转入运营商系统中查到用户号码才可以离开,若当日下午五点之前没有携转成功,用户需要第二天再次来营业厅;若在原运营商处有余额,则携号转网加退余额,用户需要去两次营业厅。如果未来可以网上直接办理,将会大大节省用户时间。

“To be or not to be, that's a question.”对用户来讲,“转”还是“不转”,同样是一个问题。“转”是对现有的服务存在不满,“不转”或是对当前运营商信任也或许已在观望。从本质来讲,携号转网是过程而非结果,对运营商而言,提高网络覆盖及质量、提升用户体验才是不变的王道。我们相信,随着携号转网业务的进一步落地深化,业务的规范化将有利于用户切实享受到该政策带来的便利。

北京已开通 5G基站 13094个 居全国前列

最新统计数据显示,截至11月20日,北京市共建成5G基站14542个,开通5G基站13094个,建设基站总数占全国1/8以上,提前超额完成年初计划全年建设10000个5G基站的目标。

本刊记者 | 吕萌

10月31日,我国5G正式商用。北京市作为5G建设的排头兵,截至11月20日,北京市5G用户增长迅速,已达7万户。同时,北京市共建成5G基站14542个,开通5G基站13094个,建设基站总数占全国1/8以上,提前超额完成年初计划全年建设10000个5G基站的目标。

北京市通信管理局局长林乐虎表示:“在全行业的共同努力下,北京的5G信息通信基础设施建设不断优化升级,北京作为全国科创中心必须拥抱5G。”

北京5G基站建设成果初现

目前,北京城区五环路以内、郊区重要区域室外及重点应用区域已基本实现5G信号连续覆盖。

北京移动5G网络建设速度居全国前列,北京移动平台生态部副总经理水波表示:“这是北京速度也是中国速度。”据介绍,目前北京移动开通5G基站近5000个,力争年底前早日实现五环内室外5G网络全覆盖。

截至目前,北京联通已开通超过6000个5G基站,五环内已实现连续覆盖,六环内覆盖区域超过70%,六环以外重点区域也已连续覆盖。用户可以登录中国联通手机APP,随时查询中国联通北京地区的5G覆盖情况。

值得一提的是,北京联通、北京

电信携手在北京城区成功开通了超过7000个5G共建共享基站,实现了全国最大规模的5G共建共享商用网络部署。共建共享工作不仅扩大了网络覆盖范围,也提升了5G业务能力的提升。目前,双方已在北京金融街区域连片开通200MHz频宽5G基站,峰值下行速率可达2.5Gbit/s。

5G应用落地案例百花齐放

作为首都,北京聚焦生态建设和应用示范项目落地。“中国联通5G应用创新联盟”成员在京单位共计140家,包含三一重工、首钢集团、央视、人民日报、航天科工集团、中国银行等业内龙头企业,共同探索5G商业项目落地。

2018年12月,中国移动北京公司成立5G产业联盟,与产业联盟合作伙伴一起积极探索5G与产业融合,目前,第二批合作伙伴也已签约。

2019年9月,中国电信5G产业创新联盟成立,联盟致力于聚合5G产业伙伴,探索5G创新应用,构建5G产业生态,推动5G成熟发展。

在示范应用建设方面,北京已落地北京急救中心5G急救车等远程智慧医疗应用案例、顺风车联网应用,以及中国建设银行5G+智能银行等优质示范应用,基础电信运营企业共同推进全市5G应用

600余项,项目惠及医疗、金融、教育、新媒体、农业、交通、能源等12个领域。

政策助力北京5G建设

北京作为科技创新中心,在通信建设方面有天然优势。北京市通信管理局高度重视行业发展工作,坚持为行业发展创造良好环境。2018年,北京市通信管理局牵头起草了《关于加快推进5G基础设施的工作方案》,并于2018年4月以市政府办公厅文件形式印发。

北京市朝阳区、东城、延庆、亦庄等区政府与信息通信业签订了5G建设战略合作协议,朝阳区政府还带头向5G基站建设开放办公楼资源,市城管委积极支持利用灯杆开展5G建设,市互联网法院在支持5G建设的同时正研究将5G技术应用到本部门工作中。

在全行业的共同努力下,北京的通信基础设施建设不断优化升级。行业的快速发展不仅惠及了民生,更为加速互联网产业融合发展,促进人才、技术资源汇聚,改善营商环境提供了有力支撑。

北京市通信管理局表示,未来将继续密切跟踪北京市5G发展情况,加大政策支持力度,推动企业落实主体责任,在工业物联网、车联网等垂直行业应用领域取得更大突破,助力首都5G高质量发展。

ITU确定扩充 5G毫米波频段

我国 5G部署节奏有望加快

目前有运营商已完成 5G 毫米波关键技术验证，2019—2020 年进行 5G 毫米波系统性能及标准方案验证，计划于 2022 年实现 5G 毫米波商用部署。

本刊记者 | 程琳琳

11月23日，ITU官方消息显示，国际电联世界无线电通信会议(WRC-19)为5G确定了更多的频段，包括24.25~27.5GHz、37~43.5GHz、45.5~47GHz、47.2~48.2GHz和66~71GHz。

据了解，在2019 PT展上，IMT-2020(5G)推进组就公布过，5G毫米波基站工作在24.75~27.5GHz和26.5~27.5GHz，同时37GHz频段也是我国关注的频段。如今，这三部分频段均已被ITU划入毫米波频段。因此，WRC-19此次划分毫米波频段对于中国5G产业的发展无疑是个好消息。

GSMA大中华区公共政策总经理关舟表示，在WRC-19大会之后，相信工信部会很快对毫米波在国内的发展进行规划，毫米波能为垂直行业赋能，特别是在工业制造领域。WRC-19将毫米波频段的全球规划确定之后，中国手机厂商的部署节奏也会加快。

毫米波对未来5G发展影响深远

WRC-19对于5G毫米波频段的划分具有重要意义。此次来自190多个国家的3000余名代表讨论了无线电规则文件，所有签署的国家都需要按照该规则进行频谱分配，该规则将决定全球今

后4~5年频谱的规划和使用方案。从以往的经验来看，一个新的频谱从ITU层面划分到真正的商用需要7~10年。因此WRC的决定对于全球频谱划分具有重要意义，如2007年WRC大会上划分的频谱，后来成为3G、4G频谱划分和使用的基础。

GSMA预测，5G毫米波将为亚太地区GDP带来2120亿美元的增长，其中，中国将贡献53%，特别是在制造业和公用事业行业方面。WRC-19讨论了24~86GHz频谱的划分，这些频段会带来5G高带宽、高速率方面的应用。

5G需要的频谱十分多样，不同的应用、不同的场景，对频谱的需求也不一样，其中高带宽、高速率的应用需要毫米波频谱。5G毫米波有望继续加强中国的数字基础设施，为创新型驱动的经济创造新动能。5G毫米波可帮助释放低时延、数据密集型应用的潜力，这些应用可以为各行各业带来变革。

我国毫米波研究不断加速

毫米波频谱确定后，我国也将继续深入开展毫米波研发和测试工作。

我国IMT-2020(5G)推进组此前表示，未来的工作重点将聚焦毫米波领域。IMT-2020(5G)推进组试验工作组组长

徐菲在2019 PT展上讲解了我国毫米波技术试验的主要目标分别是：研究验证5G毫米波关键技术和主要特性、研究5G毫米波测试技术、探索5G毫米波的应用场景和部署策略。

未来，IMT-2020(5G)推进组还将分阶段推进5G毫米波试验：2019年8—12月，验证5G毫米波关键技术和系统特性；2020年验证毫米波基站和终端的功能、性能和互操作，开展高低频协同组网验证；2020—2021年开展典型场景验证。推进组还将重点面向毫米波设备和组网测试以及小规模应用试验和示范，积极推进毫米波基站、芯片、射频模组的开发和优化，研究毫米波的适用场景，探索毫米波和工业领域的融合应用。

运营商也紧锣密鼓地开展了毫米波研发工作。一位业内专家表示，目前有运营商已完成5G毫米波关键技术验证，2019—2020年正在进行5G毫米波系统性能及标准方案验证，计划在2022年实现5G毫米波商用部署。不过在元器件方面，产业链还有待发展，另外，毫米波的应用场景目前还处在探索和研究中。

同时，产业链也已经开始了密切的毫米波研究工作。华为、中兴通讯和诺基亚贝尔完成了毫米波关键技术测试的主要功能、射频和外场性能测试，实现了毫米波的主要关键技术，开展了毫米波辐射射频测试，支撑了我国毫米波规划工作，后续将进一步完善和优化毫米波设备的性能指标。海思、高通也进行了5G毫米波关键技术的室内功能测试。

运营商

如何找到满足5G需求的新商业模式

只要 5G 终端用户规模达到一定数量级，具备盈利前景的各类 5G 商业模式就将如同当年的互联网应用一样如雨后春笋般爆发出来。

Ovum和爱立信认为到2026年5G将为运营商带来36%的收入增长，各垂直行业中制造业、能源和公共事业、公共安全、医疗健康及公共交通等占比位居前五。

中国电信战略与创新研究院 | 张小东

5G网络将商用落地 一线城市

5G网络的极低时延和极高运营密度等特性，使得5G最大的用武之地在人口高度密集、人均GDP水平较高的全球顶级一线城市。

从中国的实际情况看，最有可能热衷于推进5G商用的垂直产业必然具备拥有海量密集用户的基础特征，比如腾讯、网易、百度等互联网企业，阿里、京东等电商企

业，城市市政、电力、燃气、水务、商业物业服务等公众服务企业，大型无人制造业工业企业，大型城市商业中心等。

据悉，垂直产业最快尝试应用5G技术的是互联网企业——几家龙头企业通过发挥各自优势，布局5G重点应用。例如百度与运营商开展5G无人驾驶和AI合作；阿里依托自身的阿里云资源、直播技术和分发渠道，推出5G+8K视频；腾讯加入3GPP，推动云游戏、车联网、工业互联网等业务在5G网络的实现。另外，对5G技术应用有迫切需求（高危电力现场远程操作、并网优化、智能配电和精准负荷控制等）的国家电网、南方电网也在与运营商积极开展合作；无人制造大型车企奥迪与爱立信也在组建合资公司，准备使



5G网络技术由于其卓越的通信能力，被多国政府视为带动通信产业及相关垂直行业发展的“利器”。5G网络的峰值速率较4G提升10倍以上，移动性提升1.5倍，时延降至1/10，最低可到1ms级，每平方千米连接终端数提高100倍，最大可连接终端数达100万个/平方千米，相当于中国人口密度最高的澳门花王堂区（人口密度为10万人/平方千米）人均可持有10个5G终端。

全球5G用户尚未规模发展

从全球范围看，截至2019年11月，全球有56家5G网络运营商集中在亚洲、北美、欧洲等地区的32个国家的大城市开通5G服务，其中超过20个国家的39家

网络运营商已经有5G终端推出（如表所示）。2019年10月，全球5G手机用户正式突破500万户，其中60%在韩国。相对于全球庞大的4G用户总数，各国的5G用户数尚未形成有效的商业规模。从5G终端供应情况看，全球市场已出现包含5G通信模块的移动电视、机器人、无人机、头显设备等终端，这些可能是全球最初级形态的5G商业技术应用服务，但尚无出现大规模的5G垂直行业应用案例。

虽然5G商用在全球才刚刚起步，市场尚未出现典型的商业应用模式，但从全球20多家主流运营商根据5G三大应用场景（eMBB/mMTC/uRLLC）布局的56个重点垂直行业应用场景的设想来看，车联网、智能制造、高清视频/VR/AR、远程医疗、智慧城市是关注焦点。如图所示，

表 截至2019年11月, 5G商用运营商及所在国

国家	运营商	推出5G商用套餐时间
美国	Verizon	2019.4
	Sprint	2019.5
	T-mobile	2019.6
瑞士	Swisscom	2019.4
英国	EE	2019.5
	Vodafone	2019.7
	3(和记黄埔)	2019.8
意大利	BT	2019.10
	Vodafone	2019.6
西班牙	TIM	2019.7
	Vodafone	2019.6
德国	DT	2019.7
	Vodafone	2019.7
摩纳哥	摩纳哥电信	2019.7
芬兰	Elisa	2019.7
爱尔兰	Vodafone	2019.8
奥地利	Drei(和记黄埔)	2019.8
匈牙利	Vodafone	2019.10
韩国	SKT	2019.4
	KT	2019.4
	LG U+	2019.4
菲律宾	Globe Telecom	2019.6
科威特	VIVA	2019.6
	ZAIN	2019.6
	Ooredoo	2019.6
阿联酋	Etisalat	2019.6
	Du	2019.6
巴林	Batelco	2019.7
马尔代夫	Dhiraagu	2019.8
日本	docomo	2019.9预服务
中国	中国电信	2019.11
	中国移动	2019.11
	中国联通	2019.11
澳大利亚	Telstra	2019.5
南非	Rain	2019.9

用5G技术自建智慧工厂,以实现工厂自动化、过程自动化。

国情和人口特征来看,最容易激发5G商业需求的新商业模式主要集中在如下几个领域。

5G商业需求集中在三大领域

事实上,根据之前的互联网大潮涌现的各类复杂应用以及3G/4G手机上网带来的各类移动商业应用等的客观规律来看,只要5G终端用户规模达到一定数量级,具备盈利前景的各类5G商业模式就会如同当年的互联网应用一样如雨后春笋般爆发出来。笔者认为,从中国

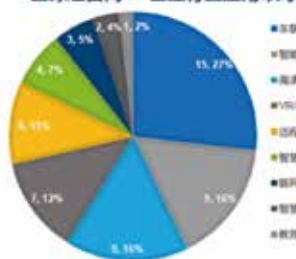
一是以工业自动化、远程操控、自动调度等为需求的工业5G应用领域。制造业数字化、网络化、智能化要取得明显进展,使用5G技术组网是必选项,而5G的极低时延将使工业企业的自动化生产效率大幅提高成为可能。

二是VR、AR等业务5G化后将影响直播、娱乐、体检、医疗咨询、电商导购、无人机快递等个人生活消费领域。由于该领域具有用户基数大、用户活跃度高、需求较为刚性、解决方案易于理解、容易满足等特点,将是社会风险资本积极参与的重点5G应用领域。

三是存在规模远程读取数据需求的各类公共服务物联网应用,主要集中在高速公路交通、公交系统、水电煤气远程抄表、家电和电子终端遥控、新型汽车驾驶导航、交通监控、物业管理和社区服务等领域。该领域因为已经存在海量规模的2G/3G/4G网络技术、物联网解决方案存量客户群,未来采用5G新技术提供更快速率、更低时延的物联网服务将成为可能。近日,业内调查显示,相比2018年,2019年中国更多的家电行业巨头(美的、海尔)和电子设备生产商(小米)已经晋升为物联网百强企业,并推出多个传输速率要求较低的家居类物联网解决方案,未来随着市场的逐渐成熟,较高数据交换水平的物联网方案问世将是大势所趋。

编辑 | 孟月 mengyue@xinhong.com.cn

全球运营商5G垂直行业应用布局



2026年服务创造者各垂直行业收入及占比



图 Ovum和爱立信给出的5G垂直行业应用方向

让科技更有温度

中天科技调整使命、愿景和价值观

中天科技近期对使命、愿景和价值观进行了调整，彰显出中天科技宽广的视野和胸怀、更具温情与亲和力的企业文化，调整之后的中天科技将更加富有厚度和张力，并拥有更加强大的生命力。

本刊记者 | 舒文琼



市场形势转变 调整正当其时

在调整之前，中天科技的使命是“光电传输 网联天下”，愿景是“世界品牌 百年中天”，价值观是“精细制造 踏实创新”，上述使命、愿景和价值观反映了中天科技曾经面临的产业和市场环境。

1992年中天科技进入光通信领域，当时正值我国通信行业崛起和发展之际，特别是光通信基础网络严重匮乏，国家为此制定了“八纵八横”通信干线光纤工程建设计划。中天科技提出“网联天下”，意在让网络基础设施遍布每个角落，让承载的信息自由流通。“世界品牌 百年中天”反映的是中天科技走出江苏、走向全国、迈出国门、成就百年企业的伟大梦想。中天科技起步于“长三角”平原上的如东县，这里的人们世代对农田精耕细作、做工匠匠精雕细刻，形成了独具地域特色的“精细”文化，“精细制造 踏实创新”则极具本土文化的深厚基础。

在上述使命、愿景和价值观的指引下，中天科技迅速成长，成就斐然。截至目前，中天科技的业务覆盖信息通信、智能电网、海洋装备、新能源、新材料、精工装备等，拥有70多家子公司，员工超过1.5万名，产品出口147个国家和地区，设

说到科技，过去我们会想到高深莫测的技术、复杂抽象的标准、冷冰冰的机器，这样的科技离我们个人非常遥远。现在，随着大数据、云计算、5G等开始惠及百业、改变生活，遥远的科技来到我们身边，不仅触手可及，而且富有温度。

科技在改变，处在科技前沿的公司也在因势而变。中天科技集团首席品牌官叶振华日前告诉通信世界全媒体记者，近期中天科技召开高层战略会议，对公司使命、愿景和价值观进行了全面调整——公司使命从“光电传输 网联天下”调整为

“光电网联美好生活”，公司愿景从“世界品牌 百年中天”调整为“为客户、员工、社会创造价值”，公司价值观从“精细制造 踏实创新”调整为“以品质立尊严 以客户为中心 以奋斗者为本”。

从关注技术、产品和公司本身，到关注客户、员工和社会，中天科技依据市场环境的变化和自身的成长发展，对使命、愿景和价值观进行了调整，这样的调整彰显出中天科技宽广的视野和胸怀、更具温情与亲和力的企业文化，调整之后的中天科技将更加富有厚度和张力，并拥有更加强大的生命力。



息息相关。在2019年中国国际信息通信展上，工信部和三大运营商正式启动5G商用，业界普遍认为，5G赋能千行百业，实现万物智联，将改变生活和社会，是国民经济高质量发展的新引擎。中天科技提前布局，从云、管、端多维度为5G网络建设提供棒-纤-缆、器件、天馈线、网络设备及系统集成等基础设施及服务，是目前光通信行业唯一与中国电信、中国移动、中国铁塔均进行5G创新合作的企业。中天科技为5G做好了充分准备，也在企业使命上紧扣行业发展，以更好地服务5G带来的社会转型，拥抱数字经济浪潮。

中天科技将企业愿景从“世界品牌，百年中天”调整为“为客户、员工、社会创造价值”，这其中，中天科技做“百年企业”的宏伟目标不曾动摇，调整为“为客户、员工、社会创造价值”，反映了中天科

有58个海外办事处，开发出1600多项自主知识产权的国家级新产品与专利。各种殊荣也被中天科技纳入囊中，例如前不久获得我国质量领域最高荣誉——全国质量奖，包括今年的漏泄同轴电缆在内，中天科技的产品连续多年入选工信部“单项冠军”（如表所示）。中天科技已成为国内光通信、电网通信等领域的龙头企业，其产品和方案技术先进、质量可靠、服务有保障。

从整个行业的角度来看，经过近几十年坚持不懈的努力，我国实现了从跟随到引领的跨越式发展，移动通信用户数、移动通信基站数、光缆线路总长度、光纤宽带用户数均稳居全球第一。我国通信业已经从高速增长阶段步入高质量发展阶段，同时也成为推动国民经济高质量发展的重要引擎。

产业环境在改变，公司自身在成长，此时的中天科技调整使命、愿景和价值观可谓正当其时。

更富亲和力、使命感和人文情怀

叶振华向记者介绍，此次将公司使命

确定为“光电网联美好生活”，愿景确定为“为客户、员工、社会创造价值”，价值观确定为“以品质立尊严 以客户为中心 以奋斗者为本”。新的使命、愿景和价值观更具人文情怀，更富亲和力、责任感和使命感。短短的几十个字，也浓缩着中天科技对行业发展和未来布局的战略思考。

中天科技将使命从“光电传输 网联天下”调整为“光电网联美好生活”，这其中，中天科技让网络连接无处不在的目标没有改变，同时新的使命更加贴近人们生活，不仅强调提供网络连接，而且关注网络连接让用户生活变得更加美好，中天科技的责任感和使命感不断加强。此外，与遥远的“天下”相比，“生活”来到人们身边，显得亲切平和，富有想象空间。

从行业来看，关注“生活”也与通信行业的新使命

表 工信部第四批单项产品冠军名单

二、单项冠军产品（第四批）		
序号	单项冠军产品名称	生产企业
1	MEMS陀螺	利亚德光电股份有限公司
2	高压站柜	三一重工股份有限公司
3	桥梁用钢铁结构	中钢高新工业股份有限公司
4	动车组空心车轴超声波探伤机	北京新联铁集团股份有限公司
5	青洲牌中试（试料）设备	天地伟业技术有限公司
6	PSA膜	河北彩富化学股份有限公司
7	高性能高阻水减水剂用聚酯	辽宁美克化学股份有限公司
8	重组人血小瓶生成素注射液	沈阳三生制药有限责任公司
9	甲酰胺纤维增强剂	正大能源材料（大连）有限公司
10	50000系列激光器	上海微电子装备（集团）股份有限公司
11	绿光无线通信模块	上海移远通信技术股份有限公司
12	28-22/44.7纳米制砂机系列	中国中冶设备（上海）股份有限公司
13	锂电无刷双驱自动增程器整机	常州精为博有限公司
14	汽车制造总装智能物流集成系统	天奇自动化工程股份有限公司
15	漏泄同轴电缆	中天科技电缆有限公司
16	高性能轴承钢	江阴市南特钢铁有限公司
17	鸭毛机用油	江苏阳光集团有限公司
18	注射用给氧器二纳	江苏豪森药业集团有限公司
19	依托珠单抗注射液	江苏恒华药业股份有限公司
20	制氧机	江苏森联医疗设备股份有限公司
21	电子膨胀阀	浙江三花智能控制股份有限公司
22	吸油滤机用无刷直流电机	京马电机有限公司
23	偏二氯乙烯聚合物	浙江衢州日塑化工有限公司
24	商用冷藏柜、商用冷冻柜	浙江星星冷链集成股份有限公司
25	宝马高平	浙江九洲药业股份有限公司
26	好道智能包装设备	杭州永创智能设备股份有限公司
27	数字调音台	音王电声股份有限公司
28	风电铸件	日月重工股份有限公司
29	三相智能电表	宁波三星医疗电气股份有限公司
30	民用智能控制阀门	宁波埃美科阀门有限公司

技作为行业“领头羊”回馈社会的责任和担当，同时只有员工不断成长企业才更富竞争力，只有客户发展企业才有市场增长空间，也只有整个社会不断进步企业才有良好的市场环境。中天科技成就“百年企业”的初心不变，此次将对客户、员工和社会的责任纳入企业规划，通过开拓创新，与各方面携手共成长，最终实现“百年企业”的梦想。

中天科技将价值观从“精细制造、踏实创新”调整为“以品质立尊严 以客户为中心 以奋斗者为本”，从过去专注产品本身到现在扩大视野，拓展到品质、客户和奋斗者，中天科技对做好产品质量的要求再升级。长期稳定良好的产品质量是企业形成好口碑的前提，口口相传的称赞才是企业长久立足市场的根本，这是中天强调“以品质立尊严”的原因。过去的精细制造和踏实创新，本质上是为了提高客户满意度，此次直接提出“以客户为中心”，进一步贴近用户和需求，内涵和外延进一步扩大。“以奋斗者为本”，是为了鼓励员工继续做好精细制造和踏实创新，并且更具有人文关怀精神。

更富责任感和使命感，更具亲和力和创造力，更有社会情怀和人文关怀，中天科技悄然转变，全面拥抱以5G为代表的数字经济新未来，同时初心不变，坚定不移地向着百年企业的目标迈进。

绘就数字经济画卷上浓墨重彩的一笔

近期，来自中天科技的好消息接连不断。根据最近发布的财报，中天科技在同领域中继续保持翘楚地位。2019年第三季度财报显示，中天科技实现营业收入291.85亿元，同比增长23.35%，增速排名行业第一；净利润14.28亿元，同比下降12.57%，下跌幅度相对较小，净利润总额位居行业第一。在2019年第一季度和

上半年，中天科技也实现了营收和利润的双双增长。在光通信整体市场环境低迷的当下，中天科技的亮丽表现可谓“一枝独秀”，也撑起了整个行业的“门面”。

成绩背后是中天科技在创新和质量方面孜孜不倦的追求。中天科技坚持技术创新和精细制造，也将各项殊荣纳入囊中。近日，工信部公布第四批制造业单项冠军名单，中天科技的漏泄电缆成为光纤光缆行业的唯一入选产品，代表着其产品技术、工艺和市场占有率均有出色的表现。值得一提的是，中天科技连续4年入选工信部制造业单项冠军名单，这不仅在光通信行业，而且在整个通信行业也非常鲜见。

今年8月底，中天科技还荣获了全国质量奖，这是一个含金量极高的奖项，标志着中天科技积极推进卓越绩效管理模式的取得了实质性成果，为进一步实现更高质量发展奠定了坚实的基础。

在海洋领域，中天科技深耕细作，硕果累累。近期，中天科技再次布局——11月18日，中天科技投资打造的汕尾海洋工程基地（陆丰）——南海海缆有限公司项目正式开工奠基。谈起中天科技的海洋战略，中天科技集团总裁薛驰表示，中天科技在海洋领域深耕多年，技术和市场份额处于国内领头羊地位。为进一步服务国家海洋强

国战略，中天科技再度布局，期望以汕尾为核心，辐射东南亚，走向世界，围绕国家“一带一路”倡议，努力将汕尾中天工业园打造成百亿产业基地，同时延伸服务粤港澳大湾区，为我国海洋综合实力的提升做出应有的贡献。

在国民经济发展模式调整的转型期，信息通信行业作为构建数字社会的新基石、推动经济转型的新引擎、促进经济发展的新动能，其重要性不言而喻。面对新起点、新环境、新机遇，中天科技调整使命、愿景和价值观，标志着中天科技在新的起点上开启了新的征程。在2019年中国国际信息通信展上，薛驰发文表示，面向未来，中天科技不断加快转型升级步伐，以“为客户、员工、社会创造价值”为愿景，以“光电网联美好生活”为使命，不断推进自身的数字化、智能化转型，并致力于为更多企业和行业带来具有前瞻性的技术和解决方案，为5G赋能实体经济、实现万物智联贡献力量，这可视作中天科技调整使命、愿景和价值观的正式“官宣”。

以5G为代表的数字经济新画卷正徐徐展开。转型之后的中天科技，更加富有亲和力和竞争力，也将在新的画卷上，绘就属于中天科技最浓墨重彩的一笔。

编辑 / 蒋雅丽 jiangyalie@xinhong.com.cn





推动5G与工业互联网融合发展

5G 将开启万物互联的数字化新时代，工业互联网是 5G 最主要的应用场景，二者的融合发展已成为当前产业界探索的重要方向，将对我国经济社会发展带来重大影响。

中国信息通信研究院院长 | 刘多

当前，全球正在经历一场大范围、深层次的科技革命和产业变革。2019年中央经济工作会议提出，加快5G商用步伐，加强人工智能、工业互联网、物联网等新型基础设施建设。5G将开启万物互联的数字化新时代，工业互联网是5G最主要的应用场景，二者的融合发展已成为当前产业界探索的重要方向，将对我国经济社会发展带来重大影响。

发展“5G+工业互联网”意义重大

5G是我国产业数字化转型的关键

支撑，工业互联网是第四次工业革命的重要基石，“5G+工业互联网”对加快数字化、网络化、智能化发展，做大做强数字经济，促进数字经济和实体经济融合，具有重要意义。

“5G+工业互联网”是顺应全球产业变革趋势的内在要求。随着新一轮科技革命和产业变革的深入推进，世界各国纷纷加快推动5G应用，工业是重点应用领域。美国正加快布局5G技术在制造业、智能交通等领域的应用；欧盟积极推进5G应用试验，涉及工业、农业、智慧城市等多个场景；日本发布白皮书重

点推动5G在工业领域的应用；韩国发布“5G+战略”，智慧工厂和无人驾驶汽车是发展重点。当前，我国5G和工业互联网均实现与主要国家同时起步、同步发展，积极探索“5G+工业互联网”融合应用，既是顺应产业发展趋势的必然选择，也是我国把握第四次工业革命历史机遇，在全球新一轮科技产业竞争中占据先机的客观需要。

“5G+工业互联网”为数字化转型注入强大驱动动力。5G支撑应用场景由人人互联发展到万物互联，由移动互联网向移动物联网拓展，可满足海量信息

采集、大数据处理和远程控制等需求，大量数据的收集和处理将逐步缩小技术差距带来的产品和服务差异。“5G+工业互联网”在垂直领域的融合应用，将带动产业数字化扩张，在工业领域形成以智能化为中心的新组织、新产品、新模式，通过提供高质量的服务促进质量效率提升和经济结构优化，实现社会生产全要素、全产业链、全价值链的重构升级，助力实体经济数字化转型发展。随着“5G+工业互联网”逐渐向农业、服务业等领域渗透，将催生出智慧能源、智慧交通等新模式新业态，不断培育新增长点、拓展新空间，为数字经济发展注入不竭的动力。

“5G+工业互联网”加速新型基础设施演进升级。工业互联网是新一代信息通信技术与实体经济深度融合的产物和具体载体，汇聚了移动通信、大数据、人工智能等信息通信技术先进成果，是打造数字化、网络化、智能化发展的重要基础设施。5G具备高速率、低延时、大连接的特性，与工业互联网连接多样性、性能差异化以及通信多样化的需求高度契合，是工业互联网网络演进升级的关键使能技术。5G和工业互联网的融合发展，将加快打造高速、智能、泛在、安全、绿色的新一代信息网络，进一步提升传统基础设施智能化水平，构建新型基础设施，支撑实体经济高质量发展。

我国“5G+工业互联网”探索步伐加快

近年来，我国产业界始终以创新发展为动力，坚持企业主体与政府引导、自主创新与开放合作相结合，加快推动5G、工业互联网等技术的研发和产业化。在政产学研用各方的共同努力下，我国“5G+工业互联网”不断取得新进展，融合成效初显，发展前景广阔。

产业基础不断夯实。一方面，5G发展不断提速。在标准制定方面，截至2019年5月，我国企业声明专利数量占全球总量比超过30%，居全球首位。在产品研发方面，华为、中兴等企业的中频段系统设备全球领先；海思率先发布全球首款5G基站核心芯片和多模终端芯片。网络建设方面，截至2019年11月21日，全国已开通5G基站11.3万个，预计年底将达到13万个。在应用推广方面，积极推动5G在工业互联网、车联网、超高清视频、智慧城市等领域的应用。另一方面，工业互联网建设取得积极进展。制造企业积极运用新型网络技术开展工厂内网改造，基础电信企业加快建设高品质企业外标杆网络；已建成并运行5个国家顶级节点，标识注册量已达11亿；具备一定行业、区域影响力的平台数量超过50家，重点平台的平均工业设备连接突破65万、平均注册用户数50万、平均工业APP数量1950个；国家、省和企业三级联动的安全保障体系加快构建，已与12个省进行对接，覆盖企业9.1万个，监测工业互联网平台135个。

政策环境日益优化。2017年11月，国务院印发《关于深化“互联网+先进制造

业”发展工业互联网的指导意见》，明确提出要开展5G面向工业互联网应用的网络技术试验，协同推进5G在工业企业的应用部署。2019年1月，工信部发布《工业互联网网络建设及推广指南》，提出要在2020年初步建成工业互联网基础设施和技术产业体系。近日，工信部印发《“5G+工业互联网”512工程推进方案》，从技术产业、创新应用、资源供给等方面提出细化发展目标和发展路径，加速推动“5G+工业互联网”512工程落地实施。此外，北京、上海、广东、浙江、福建等10多个省市地区都将5G与工业的融合应用作为产业规划的重点。

行业应用日益深入。基础电信企业和大型工业企业强强联合，在多个行业加快布局，已形成20多种融合应用类型，重点聚焦工业制造、能源电网、智慧港口等领域。中国商飞与中国联通、华为、中国信通院等合作探索通过5G全连接工厂实时管控工厂生产状态，不断消除工厂运营中的资源浪费，使生产实现高度精益化。南方电网联合中国移动、华为等，利用5G切片技术在深圳开展5G承载配用电业务改造试点，确保企业内网便捷、高效、安全应用。整体看，我国“5G+工业互联网”融



合发展起步早、基础好，应用已逐渐由巡检、监控等外围环节向生产控制、质量检测等生产内部环节延伸。随着融合应用的不断深入，工业互联网已初步形成以粤港澳大湾区、长三角地区为引领，鲁豫一带、川渝一带、湘鄂一带积极推进的“两区三带多点”集群化发展格局。

产业生态加速形成。2013年2月，由工业和信息化部、国家发展和改革委员会、科学技术部联合推动成立IMT-2020（5G）推进组，组织移动通信领域产学研用单位共同开展技术创新、标准研制、产业链培育及国际合作。2016年成立的工业互联网产业联盟作为我国工业互联网产业生态的主要载体，专门成立了工业无线特设组，推动5G等新型无线技术在工业领域应用落地，协同研究并发布《5G+工业互联网白皮书》《边缘计算白皮书》等成果。2019年成立的5G应用产业方阵重点聚焦5G产业应用，积极促进供需对接、技术革新、知识共享，通过成员单位间的优势互补，加强应用推广，推动5G产业发展。

尽管我国“5G+工业互联网”已经取得了初步成效，但发展潜力仍有待进一步挖掘。一方面，5G在工业领域的应用场景和盈利模式有待进一步探索，影响了工业企业对5G的理解程度和发展积极性。另一方面，5G刚刚迈入商用阶段，技术产业

生态尚未完全成形，例如，5G芯片、模组还未成熟，且没有实现面向工业领域的标准化，直接影响5G工业产品或装备的研发。此外，5G在工厂内网络部署架构、网络配置模式、上行带宽不足等方面的关键问题尚需解决。

加快推动我国“5G+工业互联网”创新发展

当前，我国“5G+工业互联网”正在起步，还有许多瓶颈需要突破、问题需要厘清、场景需要挖掘、挑战需要应对。下一步，需要产业各方不断加强协作探索，为我国5G和工业互联网的深度融合添薪续力。

一是深入实施发展战略。按照“5G+工业互联网”512工程实施方案的相关要求，强化基于5G企业内网建设改造的测试、评估、应用咨询服务能力，引导建设技术测试床和行业测试床，打造典型工业应用场景，支撑好5G战略、工业互联网创新发展战略等重大国家战略的落地实施。

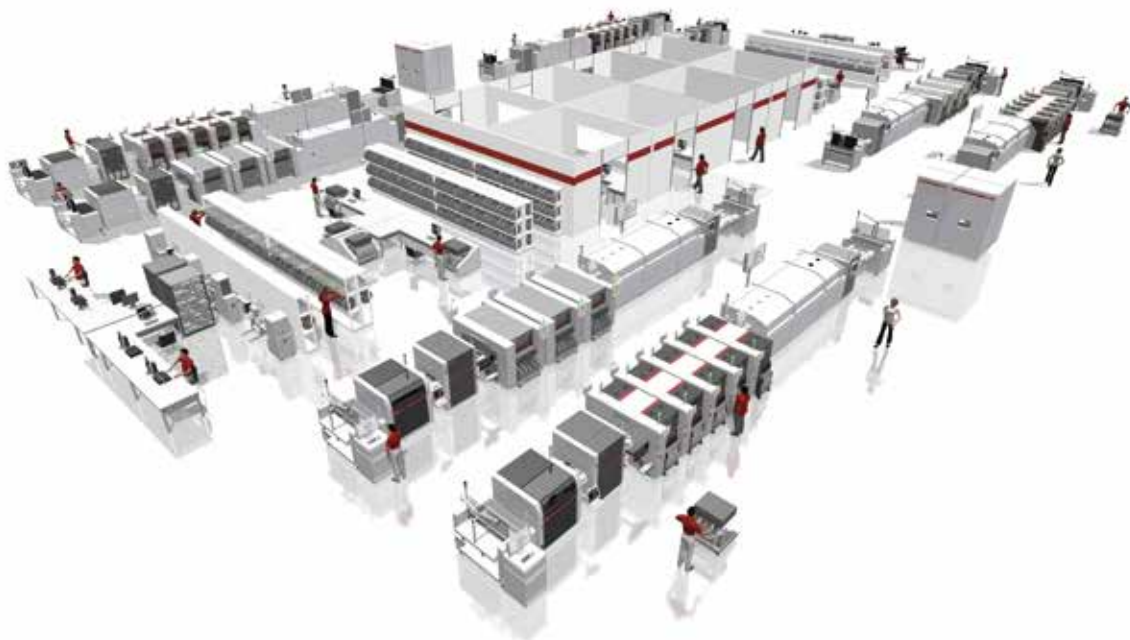
二是持续增强发展基础。加快利用

5G技术开展工厂内网络改造部署，加快工厂内5G网络环境建设，为融合发展提供设施资源保障。建立5G与工业互联网融合研发体系、创新中心或实验室等创新载体，汇聚各类研发资源，提升研发效率和成果转化水平。积极引导社会资本进入“5G+工业互联网”领域，为融合发展提供多渠道资金保障。

三是加强技术标准研发。依托国家工业互联网标准协调推进组、总体组和专家咨询组，统筹推进“5G+工业互联网”融合标准体系建设，深入开展“5G+工业互联网”融合关键技术研发及产业化。搭建合作平台，推动垂直行业应用测试和试点示范建设。

四是构建完善产业生态。充分发挥工业互联网产业联盟、5G应用产业方阵等产业组织的重要作用，凝聚和培养一批既懂5G又懂工业互联网的专家和复合型人才。通过举办“绽放杯”等全国大型科创竞赛，孵化“5G+工业互联网”优秀项目。通过组织“5G+工业互联网”行业峰会和高端论坛，宣贯优秀解决方案。

编辑 | 肖坤 xiokun@yxkong.com.cn



5G已来 工业互联网还有多远？

“5G+工业互联网”既可以满足工业智能化的发展需求，也是新一代信息通信技术与工业领域深度融合所形成的新型应用模式，必将形成全新的工业生态体系，促进制造业转型升级。

中国工业互联网研究院院长 | 徐晓兰

当前，全球新一轮科技革命和产业变革蓬勃兴起，互联网的发展方向正在发生深刻变化，从人人互联向万物互联演进，从消费领域向工业领域渗透。工业互联网应运而生，现已成为全球顺应第四次工业革命发展趋势，把握数字化、网络化、智能化发展机遇的共同选择。

5G作为新一代移动通信技术，代表了新一代信息通信技术的发展方向和战略制高点，将引发生产方式、生活方式的深刻变革，正在成为全球新一轮科技和产业革命的竞争高地。“5G+工业互联网”既可以满足工业智能化的发展需求，也是新一代信息通信技术与工业领域深度融合所形成的新型应用模式，必将形成全新的工业生态体系，促进制造业转型升级。

工业互联网为5G带来广阔市场

工业互联网作为工业数字化转型的关键支撑力量以及第四次工业革命的重要基石，正在全球范围内不断颠覆传统制造模式、生产组织方式和产业形态，不断推动传统产业转型升级和新兴产业发展壮大，已成为全球应对产业竞争的共同选择。

自国务院发布《关于深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》



和工业和信息化部发布《工业互联网发展行动计划（2018—2020年）》等政策以来，我国工业互联网发展呈现良好势头。

一是政策体系日益完善，已建立“顶层设计+行动计划+实施指南”等相关政策体系，地方政府也相继出台本地工业互联网实施方案。

二是技术体系建设协同发展，企业内外网络升级改造工作稳步推进，工业互联网大数据体系建设加速实施，标识解析体系建设取得进展，多层次的平台体系建设广泛开展，安全防护体系建设持续推进。

三是融合应用创新活跃，钢铁、航空、航天、能源、机械、汽车、电子、家电、服装、建筑等行业涌现出一大批融合应用新模式、新业态、新动能，政产学研用的跨领域

协同创新广泛深入，产业生态加速形成。

在此背景下，以工业互联网作为5G商用的主战场，是5G赋能工业经济的必由路径，亦是工业互联网对于无线网络技术需求的必然选择。“5G+工业互联网”是支撑工业经济数字化和智能化转型的关键，将颠覆传统制造模式、生产组织方式和产业形态，推动传统产业加快转型升级、新兴产业加速发展壮大。

当前，全球5G正在进入商用部署的关键期，韩国、美国、瑞士、英国已相继开通5G商用服务，面对国内高质量发展的要求和全球5G商用的竞争，我国应抢抓机遇，以工业互联网为突破口加快5G商用步伐，积极探索新型应用模式，赢得发展的主动权。

5G助力工业互联网实现跨越式发展

5G的高速率、低时延、海量连接等特性能够满足工业互联网的连接多样性、性能差异化以及通信多样化的网络需求，显著增强工业互联网产业供给能力，为工业互联网跨越式发展提供坚实的技术保障，全面支撑工业互联网新业务、新模式创新发展。

5G TSN(时间敏感网络)技术通过高精度时间同步，实现工厂内无线TSN，保障工业互联网业务端到端的低时延要求。5G网络切片技术支持多业务场景、多服务的质量要求、多用户及多行业的隔离和保护。

5G高频和多天线技术支持工厂内的精准定位和高宽带通信，大幅提高远程操控领域的操作精度。5G边缘计算加速工业IT及OT网络融合，通过边缘数据处理、跟踪及聚合能力的增强，提升工业互联网业务的高可靠、低时延等性能指标，优化资源共享和用户体验。

“5G+工业互联网”是推动制造业高质量发展的强大引擎

制造业是实体经济的主体，振兴实体

经济重在做大、做强制造业。2019年，中央经济工作会议把推动制造业高质量发展，列为今年七项重大工作任务之首，明确提出要加大制造业的技术改造和设备更新力度，加快5G的商用步伐，加快人工智能、工业互联网、物联网等新型基础设施的建设。

基于5G技术催生的工业互联网新产品、新模式和新业态，将显著降低企业运营成本，提高生产效率、优化制造资源配置，提升产品高端化、装备高端化和生产智能化水平，推动制造业实现质量效益提高、产业结构优化、发展方式转变、增长动力转换，为建设现代化经济体系提供有力保障。

我国作为世界第一制造大国和网络大国，高度重视工业互联网和5G发展，聚焦各工业领域，积极推进5G与工业互联网的融合应用和创新发展，推动生产制造服务体系升级、产业链延伸和价值链拓展。

海尔基于COSMOPlat平台搭建了全球首个5G大规模定制集成测试平台，并完成5G与智慧物流、视频监控、虚实融合、数字化产品等工业应用场景相结合的网络测试验证工作，实现5G智能

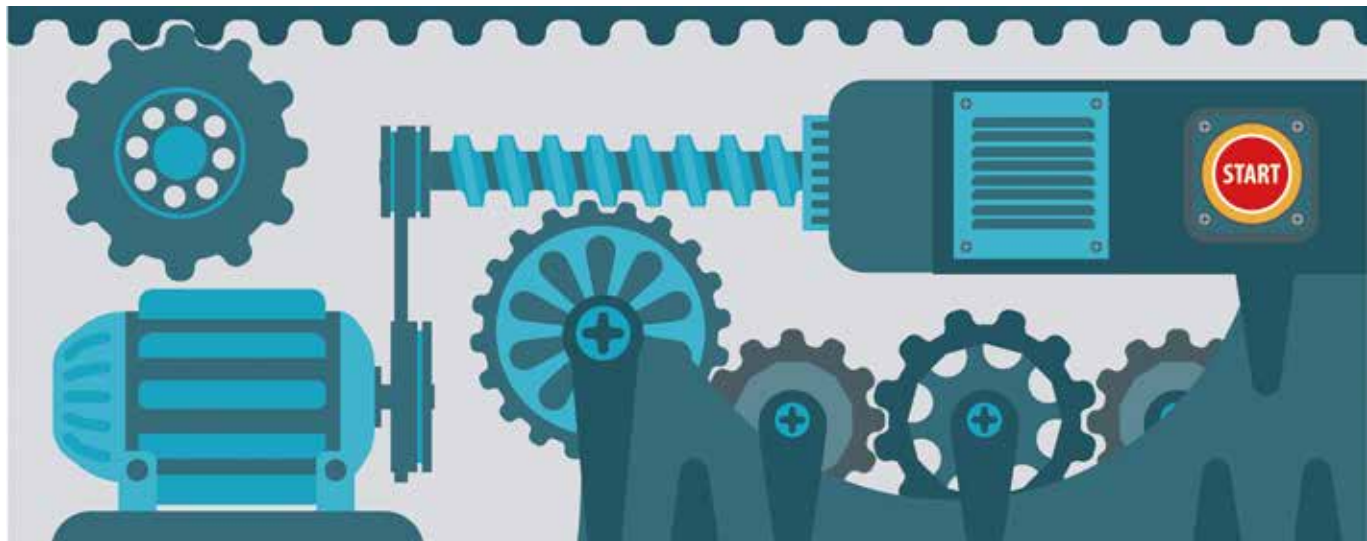
制造升级解决方案的输出；上海商飞搭建5G工业应用场景，用5G+8K视频检测生产安装缺陷，利用5G+AR辅助飞机装配，有效提高了飞机的生产研制效率；南方电网利用5G承载电网的配电业务，完成国内首例基于5G智能电网的外场测试，未来还将积极试点5G服务于计量自动化、应急通信、分布式能源调控等各类电网典型业务场景，全面提升电网智能化水平。

近日，工业和信息化部印发的《“5G+工业互联网”512工程推进方案》中明确表示，到2022年，将突破一批面向工业互联网特定需求的5G关键技术。

“512”工程，即完成五大类12项工业互联网重点工程，全力推动5G与工业互联网融合创新。

未来，5G在工业互联网应用的广度与深度、应用场景的丰富程度都会超乎想象，让打通全生命周期的工业智能化“血液循环系统”更加强健稳定。5G与工业互联网的深度融合，势必加速全要素、全产业链、全价值链的全面连接，促进制造业数字化、网络化、智能化升级，推动经济高质量发展。

编辑 | 肖坤 xiaokun@xinxinlong.com.cn



毫米波5G基站的应用挑战和未来发展

毫米波将使 5G 接近其最初的设想，相关技术也在不断演进之中，或许在不久的将来，毫米波将成为 5G 乃至 6G 的常用频段。

中国移动通信集团设计院有限公司 | 刁兆坤 刘威 范才坤 杨丽 秦文

5G 频谱的博弈在国际上是一个看不见的战场，利益纷争不断。正因为中国采用了厘米波来建设 5G 这张大网，5G 才得以大规模建设和商用。如果采用毫米波来进行 5G 网络覆盖，5G 网络的商用至少要到 2~3 年后才能实现。不过，从带宽来看，目前 6GHz 频段以下的最大连续可用带宽仅为 100MHz 左右，这意味着数据速率只能满足 1Gbit/s 左右的下行数据传输。毫米波频段移动应用带宽可达 400MHz，传输速率能够达到 10Gbit/s 甚至更多，在以快为先的 5G 时代，这样的带宽表现才能满足用户的期待。

5G 标准为什么引入毫米波

毫米波频段没有很精确的定义，通常把波长在 1~10 毫米之间的电磁波称为毫米波，它对应于 30~300GHz 之间的无线电频谱。以 FR2 n257 频段为例，即 28GHz 的频率，它的波长为 10 毫米左右。

在移动通信发展的 30 多年间，人类对于移动通信的带宽要求并不高，6GHz 以下的窄带宽已经足够满足需求，毫米波一直都是一片未经开垦的蛮荒之地。由于毫米波技术的高频特点，毫米波本身的传播距离相较于低频段更短，运营商实现大规模覆盖往往需要投入更多的成本。

因此在频谱资源尚未紧张的年代里，毫米波自然不是频段的首选。这是市场与技术共同造成的结果。

从 1G 到 2G、3G 再到 4G，划分的电波频率越来越高。这其实是为了满足更高传输速率的需要。根据 3GPP 的协议划定，5G 网络未来将会主要使用两段频率——FR1 频段和 FR2 频段。其中 FR1 频段的范围为 450MHz~6GHz，通常称之为 6GHz 以下频段，也叫 Sub-6GHz，其实这段频谱已经把 2G/3G/4G 在用的频谱全部囊括在内了；而 FR2 频段对应的是 24~52GHz 这样的高频，在这段频谱上，电磁波的波长是毫米级别的，因此得名毫米波（严格来说大于 30GHz 才叫毫米波），又叫 mmWave。毫米波频谱的特点是超大带宽，一段频谱动辄好几 GHz 的带宽，路宽了，可以修更多车道，跑更大的车，速率也可以成倍提升，5G 每秒 20Gbit/s 峰值速率的梦想正是构筑于此。

由于 3GPP 决定 5G NR 继续使用

OFDM 技术，因此相比 4G 而言，5G 并没有颠覆性的技术革新，而毫米波就成了 5G 最大的“亮点”。而 5G 其它新技术的引入，比如 Massive MIMO、新的 numerology（子载波间隔等）、LDPC/Polar 码等，都与毫米波密切相关，都是为了让 OFDM 技术能更好地扩展到毫米波段。为了适应毫米波的大带宽特征，5G 定义了多个子载波间隔，其中较大的子载波间隔（60kHz 和 120kHz）就是专门为毫米波设计的，Massive MIMO 技术也是为毫米波而量身定制的。

毫米波频谱使用方案

在 30~300GHz 之间也不是所有毫米波频段都可以随意使用的，因为有些频段效能比较差，所以目前很难被使用。3GPP 协议 38.101-2 Table 5.2-1 中，为 5G NR FR2 波段定义了 3 段频率，具体见表。

美国 FCC 则建议 5G NR 使用 24~25GHz (24.25~24.45GHz/24.75~

表 3GPP 为 5G NR FR2 波段定义的 3 段频率

频段号	UL	DL	双工方式
n257	26.5~29.5GHz	26.5~29.5GHz	TDD
n258	24.25~27.5GHz	24.25~27.5GHz	TDD
n260	37~40GHz	37~40GHz	TDD

25.25GHz)、32GHz(31.8~33.4GHz)、42GHz(42~42.5GHz)、48GHz(47.2~50.2GHz)、51GHz(50.4~52.6GHz)、70GHz(71~76GHz)和80GHz(81~86GHz)这几个频段。例如Verizon和AT&T已经将目光瞄准了28GHz和39GHz频段的很大一部分,图1和图2分别为Verizon和AT&T在5月用增强波束赋形提升毫米波覆盖性能的测试结果,效果不错。

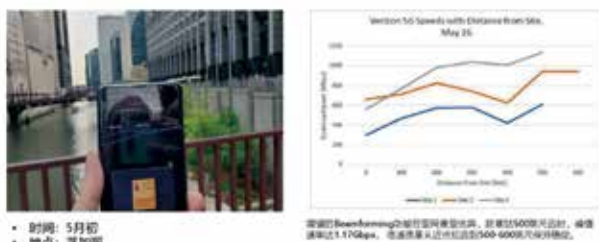


图1 Verizon用增强波束赋形提升毫米波覆盖性能

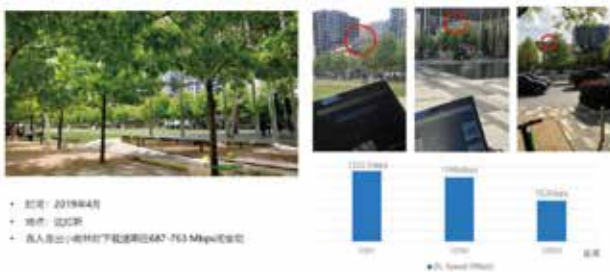


图2 AT&T用增强波束赋形提升毫米波覆盖性能

毫米波比较主流的频段是28GHz以及39GHz。在具体部署上,各个国家和地区会根据历史情况和频谱资源情况进行毫米波和6GHz以下频谱部署,不一定同步考虑,比如北美可能会先在毫米波频段进行5G部署,国内5G商用网则先在6GHz以下进行5G部署,日韩可能两种频段都会部署。

国内三大运营商或将在2022年才商用5G毫米波频段,这也和我国通信的历史发展有关。早在2013年,国务院就印发了《关于实施“宽带中国”战略及实施方案的通知》,“光进铜退”和提速降费政策都让高速光纤进入到寻常百姓家,运营商骨干网资源也十分丰富,所以

国内运营商在5G商用前期就没有特别强烈的意愿用毫米波做回传,而是在成熟阶段进一步探索5G的其他应用。欧美地区运营商认为,光纤铺设成本高,覆盖密度低,因此欧美地区在早些时候就一直向毫米波进军。

毫米波5G标准不断推进

国际电信联盟无线电通信部门(ITU-R)发布的《5G愿景》(ITU-R M.2083建议书)定义5G系统将满足增强的移动宽带(eMBB)、海量的机器间通信(mMTC)、超高可靠和超低时延通信(uRLLC)三大类主要应用场景需求。

在系统性能方面,5G系统将具备10~20Gbit/s的峰值速率,100Mbit/s~1Gbit/s的用户体验速率,相对4G系统提升3~5倍的

频谱效率、百倍的能效,500km/h的移动性支持,1ms的空口时延,100万/km²的连接数密度以及10Mbit/s/m²的流量密度等关键能力指标。

基于上述愿景及关键性能指标要求,为满足5G系统不同场景下的应用需求,支持多元化的业务应用,满足差异化用户需求,5G系统的候选频段需要面向全频段布局,低频段和高频段统筹规划,以满足网络对容量、覆盖、性能等方面的要求。

6GHz以下中低频频谱可兼顾5G系统的覆盖与容量,面向eMBB、mMTC和uRLLC三大应用场景构建5G基础移动通信网络;6GHz以上高频频谱主要用于实现5G网络的容量增强,面向eMBB场

景实现热点极速体验。

2016年初,3GPP与全球主要通信厂商合作,完成了几个主要毫米波通信频段的初步测量,公布了有关毫米波信道模型的技术报告TR38.900,证明了毫米波频段作为5G操作频段在户外通信的可行性,作为全球开发5G毫米波通信系统的共同依据。

根据3GPP 5G标准化路标,5G NR标准制定分为两个阶段进行。其中,第一阶段(Rel 15)将分步完成非独立和独立5G标准的制定,2017年12月,3GPP已经先期完成了利用LTE核心网,非独立组网的5G NR规范,2018年6月,3GPP完成了独立组网(SA)的5G新空口(5G NR)规范,该规范利用5G核心网(5GC)部署5G NR,支持端到端新特性,包括网络切片和支持更精细的QoS模型等。第二阶段(Rel 16)标准版本将考虑与第一阶段兼容,计划在2019年底完成制定,并作为正式的5G版本提交ITU-R IMT-2020(2015年无线电通信全会批准“IMT-2020”作为5G正式名称)。

目前,5G NR第二阶段已确立若干新项目,包括5G NR eMBB性能提升,面向工业物联网(IIoT)的5G NR专用网和uRLLC,基于5G NR的蜂窝车联网(C-V2X)支持更先进的使用场景,在免许可频谱部署5G NR、5G海量物联网、5G广播、5G集成接入和回程、5G定位技术、5G NR面向非地面部署等。

3GPP NR毫米波频段的射频标准讨论和制定工作由3GPP RAN4牵头开展,3GPP定义的5G第一阶段频谱分配定义了52.6GHz以下的频谱,而100GHz以下的频谱将于2019年12月完成的第二阶段(3GPP R16)中予以分配。

国际电联(ITU)在2019年世界无线电大会研究周期内专门设立了TG 5/1工作组,负责1.13议题的研究工作,即为5G系

统在毫米波频段研究确定可使用的频谱资源。2018年8月, TG 5/1工作组第六次会议在瑞士日内瓦举行, 这次会议是TG 5/1工作组在WRC-19召开之前的最后一次工作组会议, 会议重点讨论了全球在5G毫米波频段的最新研究进展, 完成了5G系统在不同毫米波候选频段与相关无线电业务的兼容共存研究报告, 起草了2019年世界无线电通信大会准备会会议文件(CPM报告)中关于1.13议题的相关内容。

2019年只是5G开始商用的时间, 随着2020年后业务量的不断提升, 移动通信的频谱需求量还将继续增加。因此, 到2030年我国移动通信频谱需求预测及候选频段研究已成为工作重点。在高频段方面, 我国主管机构也依托WRC191.13议题研究组、IMT-2020(5G)推进组等平台, 开展24.75~27.5GHz及37~42.5GHz频段上5G系统与其他业务的兼容性分析。但总的来说, 还没有明确的规划文件发布, 对于产业界来说, 频段信息不明确。我国已提出3300~3400MHz、4400~4500MHz和4800~4990MHz等候选频段。高频段传播特性差、资源丰富、可选余地大, 可作为支撑5G发展的后续补充频段。特别是由于我国高频芯片和元器件产业能力薄弱, 需加紧研发, 尚不宜过早推动高频段划分。《2019年全国无线电管理工作要点》明确, 将会在2019年适时发布5G系统部分毫米波频段频率使用规划, 引导5G系统毫米波产业发展, 这将有利于支撑2019年毫米波预商用试验及后续毫米波规模部署。

毫米波的未来

低频的频谱资源终究是有限的, 毫米波应用的潜力巨大, 未来运营商可以利用5G低、中、高频段三层组网, 1GHz以下频段做覆盖层, Sub-6GHz做容量层,

毫米波做热点覆盖的高容量层, 建成一张全国性的广覆盖、大容量5G网络。毫米波相比于Sub-6GHz的时延更短, 是Sub-6GHz频段的1/4。对5G时延要求更高的应用, 如远程医疗手术、工业精密控制等, 毫米波是一个更好的选项。

随着连接到无线网络设备的数量增加, 频谱资源稀缺的问题日渐突出。至少就现在而言, 还只能在极其狭窄的频谱上共享有限的带宽, 这极大地影响了用户体验。而毫米波技术就是解决这一问题的关键。

无线传输增加传输速率一般有两种方法: 一是增加频谱利用率, 二是增加频谱带宽。相对于提高频谱利用率, 增加频谱带宽的方法显得更简单直接。在频谱利用率不变的情况下, 可用带宽翻倍则可以实现的数据传输速率也翻倍。但问题是, 现在常用的6GHz以下的频段已经非常拥挤, 到哪里去找新的频谱资源呢? 5G使用毫米波就是通过第二种方法来提升速率。

与较低频率相比, 毫米波频谱具有许多优点, 因为它不会发生阻塞, 并且具有10Gbit/s甚至更高速率的数据传输能力。由于其传输距离比较短, 频率复用在许多应用中是一大优势。组件(尤其是天线)尺寸较小, 也是一大优势。缺点是, 由于较高的传播损耗, 毫米波传输距离通常小于较低频率, 而且目前其成本较高。由于移动数据流量的增长和small cell回

程网络的使用率上升, 这一市场的增长预计未来会加速。

为了支持5G网络中每秒超过千兆比特的数据速率, 将毫米波频段用于未来的接入网络是可行选择, 这是因为毫米波频段具有丰富的可用频率资源。5G网络是一个复杂的网络环境, 毫米波是闭环中处于圆心周围的最核心体验, 它所呈现的是极限的速度。

欧洲、日本、韩国、澳大利亚等地都计划使用6GHz以下频段进行先期5G网络部署, 中国也一样, 并不像美国等地区对毫米波有那么高的需求。业内人士预计毫米波在国内的发展可能会很晚。图3为日本毫米波的频谱规划情况, 兼顾了运营商与垂直行业的需求。

在基站回传方面, 在美国等部分国家, 相比租用光纤的高成本, 毫米波还是有一定优势的。在国内毫米波很难取代光纤做回传, 但在国外, 部分运营商可能会选择毫米波做基站回传。美国和加拿大运营商在2018年之后对28GHz和39GHz频段进行了预商用。

有观点认为, 完美的5G需要毫米波频段在5G接入系统的普及应用, 毫米波将使5G接近其最初的设想, 相关技术也在不断演进之中, 或许在不久的将来, 毫米波将成为5G乃至6G的常用频段。

编辑 | 程琳琳 chenglinlin@xinhong.com.cn

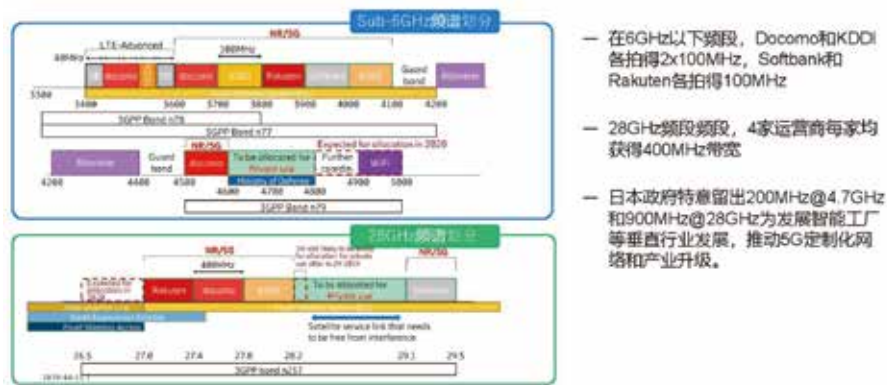


图3 日本毫米波频谱规划情况

2020年5G终端发展展望

NSA/SA双模终端将成市场主流

无论从终端厂商利益最大化还是保证消费者体验的角度出发，NSA/SA双模终端都将成为2020年5G手机市场的主流。

中国电信股份有限公司广东研究院 | 李俭伟

今年4月，韩国和美国正式商用基于3GPP标准协议的5G网络，5G也由此进入了商用元年。根据GSA发布的数据，截至今年10月底，全球累计有39个运营商开通了50张5G网络，另外还有超过30个运营商计划在一年内加入5G商用行列。与之相对应的是，在4G商用元年全球仅有3家运营商开通了4G网络业务，可见运营商在5G发展方面的热情明显高于同期的4G。

此外，终端产业链也积极响应5G商用。5G终端在半年时间内就形成了以手机产品为主的多品类、多品牌的较健全供货能力。目前已经累计有71个厂商研发出172款5G终端，其中38款正式投入了商

用，包括23款手机、9款无线网关CPE、4款无线热点Hotspot和2款内置5G上网模块的笔记本。

在运营商与终端产业链的共同推动下，5G用户发展也远高于同期4G的速度。据不完全统计，截至今年10月底，全球5G用户数已达600万，其中韩国超过350万，我国超过150万。预计到今年底，全球5G用户有望超过800万，远超GSA所公布的4G元年全球118万用户规模。5G用户市场的有效启动无疑将对包括终端在内的整个5G生态链后续演进带来正反馈作用。在此背景下，现阶段5G终端发展呈现哪些特点？业界对2020年5G终端的演进有何期望？

终端成5G生态链中表现最积极的环节之一

跟同期的3G和4G终端相比，现阶段5G终端无论在产品性能、产品丰富性还是供货能力上都更有竞争力。2003年支持3GPP标准版本的第1代WCDMA手机上市时，在电池容量相同的情况下，其待机时间不到同档2.5G手机的一半水平。而且由于芯片数量较多、集成度较低，再加上配置了大容量电池以增加待机续航能力等原因，手机体积比同期主流产品大出近1倍，即便对先锋型消费者也难以产生吸引力。

2010年第1代4G手机上市时，虽然也出现了功耗比同档3G手机更高的问题，但产品体积和重量比同期主流3G产品大20%以内，因此可以吸引到一定的先锋型消费者。今年随着华为麒麟990、三星980和MTK 6889这三款分别采用了最新7nm+EUV、8nm和7nm制程的5G SoC芯片平台发布商用，5G手机跟主流4G手机功耗差距正逐步缩小，其功耗及性能已初步达到被主流消费者认可的范围。

功耗及性能问题的快速解决，也极大提升了终端厂商对5G产品的研发和投入信心，在4G商用元年只有3个终端厂商上



市了3款4G手机，而今年已经有8个厂商累计推出了23款5G手机，到今年底前还将新增加7款以上。终端不仅彻底摆脱了在3G和4G发展初期的“瓶颈”角色，还一跃成为了现阶段5G生态链中表现最积极的环节之一。

国内厂商已成5G终端发展的重要力量

在4G商用初期，欧美等国家和地区是4G终端研发的核心力量，其中终端芯片平台被高通垄断，终端厂商则主要是三星、LG和HTC等。后来随着4G商用的推进，华为、OPPO、vivo和小米等国内终端品牌共计占据全球手机市场份额的40%以上，海思、京东方、舜宇、汇顶等国内元器件厂商也不断壮大，最终当5G时代来临，国内厂商已成5G终端发展的重要力量。

目前，在5G终端芯片平台领域，华为海思已进入市场领导者行列，不仅率先推出了同时支持NSA和SA的5G基带芯片巴龙5000，随后又率先推出采用台积电最新7nm+EUV制程的5G SoC手机芯片平台麒麟990。在终端整机领域，在目前已推出5G商用手机的8个厂商里面，国内厂商占了6个，分别是华为、vivo、OPPO、小米、中兴和一加，而联想、荣耀和努比亚不久将会加入其中，这将进一步壮大国内品牌5G手机的影响力。

除了芯片平台和终端整机外，在屏幕、电源管理芯片等其它5G终端元器件领域，国内厂商也已扮演越来越重要的角色。例如，华为某款5G手机采用的元器件里面，除了近一半是华为海思自研的产品外，还有京东方提供的屏幕、舜宇提供的摄像头模组和镜片、汇顶提供的触控和指纹识别芯片等。

NSA/SA双模终端将成市场主流

目前已上市的5G手机大部分采用只支持NSA的高通X50基带芯片，无法支持5G SA，但高通下一代X55基带和新的5G SoC芯片平台如骁龙865、MTK 6885、三星980及后续产品等皆可支持SA。同时国内运营商明确表示把SA作为5G目标网络，可以预见2020年新上市的主流5G手机都将支持SA。

由于全球5G NSA网络已进行了规模投资，国外5G运营商目前所公布的5G SA计划普遍较国内保守，预计NSA在网络侧将有较长生存时间。在终端侧，在5G SA网络覆盖完善前，如果手机采用2T射频前端方案以提升终端性能体验，SA单模终端跟NSA/SA双模终端在硬件成本上将差异有限。综合以上因素，无论从终端厂商利益最大化还是保证消费者体验的角度出发，NSA/SA双模终端都将成为2020年5G手机市场主流。

5G手机迅速往中档价位渗透

已上市的5G手机都是3500元以上产品，这是现阶段5G市场规模有限导致终端初始研发成本高、现有5G手机芯片平台皆为高端产品等共同决定的，但到了2020年，随着全球5G网络建设提速、中档5G手机芯片平台导入等，预计5G手机将在高档价位普及并迅速往中档价位渗透。

一方面，目前国内5G网络已覆盖50个城市，基站数量超11.3万，到2020年底前5G网络将实现对全国所有地级及以上城市的覆盖，并新建超过100万座基站。5G网络建设力度已超过同期4G（2014年国内新建77座4G基站），有助于终端产业链坚定信心并持续加大研发投入。

另一方面，多个芯片厂商已公布多款

中档5G手机芯片平台计划，将有力加速5G手机往中档价位渗透。高通计划在近期正式发布首款5G SoC的7系列芯片平台，预计推动5G手机在明年上半年开始往2500元价位段发展。MTK和三星今年已分别发布中高档5G芯片平台MTK 6889和Exynos980，明年上半年这两家将发布中档5G SoC产品，预计加速5G手机于明年第三季度在2500元价位段普及。明年第四季度前，高通、MTK、三星和华为海思都有望推出中低档的5G SoC芯片平台，明年底将可能有1500元左右的5G手机上市。

5G泛智能终端开始异军突起

由于5G不是4G的简单升级，而是跟AI等新技术结合后的产业扩张和生态升级，泛智能终端有望成为手机、CPE等传统终端以外5G价值变现的重要手段，产业链各方也必将继续加大投入和争夺。例如，2020年有望成为5G AR/VR终端大规模进入市场的起点，AR/VR是可以体现5G优势的重要应用之一，而且目前在多屏办公、大幕观影、游戏娱乐、建筑设计、医疗、教育等多个领域已有一定商用经验，其中VR成熟度比AR更高，在观影、游戏娱乐场景已开展规模销售，AR行业应用则更丰富，具备实现差异化新突破的潜力。

在各方共同推动下，2020年AR/VR头显终端全球销量有望超过400万，国内销量约占50%；在终端形态方面，一体式终端仍为主流，分体式终端则继续增长并将逐渐成为未来的主流；在价格方面，部分一体式AR终端和分体式AR终端将分别降到1万元以内和4000元以内，而一体式VR终端和分体式VR终端均价则有望分别降到2000元和1500元左右，从而吸引更多的消费者购买。

专访联发科技陈冠州

天玑1000带来全球领先的5G连接

联发科技旗舰级 5G 移动平台天玑 1000 给业界提供了更多 5G 芯片选择，也必将推动芯片产业整体水平继续提升。

本刊记者 | 鄒勇志

日前，联发科技在深圳发布旗舰级5G移动平台天玑1000，为高端智能手机打造了高速稳定的5G连接，带来了创新的多媒体、AI和影像技术。天玑1000的上市在业界引起了极大关注，这款被称为联发科技“重拾辉煌”的芯片，究竟蕴藏了哪些“天机”？对此，通信世界全媒体记者采访了联发科技总经理陈冠州，并就天玑1000的热点话题展开讨论。

天玑1000打造多个行业之最

早在2019年世界移动大会期间，记者就曾针对5G芯片等话题对陈冠州进行采访。彼时，陈冠州认为：“2019年的关键是把握好4G下半场，做好5G转换准备。2020年会有一波5G换机潮，如何抓住机遇至关重要。”作为一家芯片供应商的负责人，陈冠州虽未明确5G芯片推出的具体时间，但对5G芯片战略布局了然于胸。

当然，联发科技没有让业界等待太久。九个月后，号称“为5G而生”的天玑1000正式问世。天玑1000之所以让业界眼前一亮，得益于联发科技为其打造的多个行业之最。例如，全球最省电5G基带、全球首次支持5G双卡双待、全球首次支持5G双载波、全球最快Wi-Fi

6、支持全球最多卫星系统等。

对此，陈冠州表示：“天玑1000是联发科技在5G领域技术投入的结晶，这一成果使联发科技成为推动5G发展与创新的全球领先企业，引领5G技术与整个行业共同进步。天玑是北斗七星之一。以此命名5G解决方案，象征联发科技是5G时代的领跑者，是技术、产品的领先者，是标准制定的积极参与者，更是5G产业生态的推动者。天玑1000将带给消费者更快、更智能、更全面的移动体验。”

从全球多家第三方评分机构给出的结果来看，天玑1000在多项榜单中排名第一。“天玑1000带来了全球领先的5G连接、多媒体、AI、影像以及游戏技术，这些创新技术升级优化了5G性能，搭载天玑1000的5G终端将带给用户无与伦比的体验。”陈冠州补充道。由此可见，再顶级的芯片最终还是要服务于用户，为用户带来更好的使用体验。

引导客户不断在联发科技平台创造价值

首款搭载天玑1000的终端究竟何时上市？陈冠州透露，搭载天玑1000的5G终端将于2020年第一季度量产上市，同时业界也会继续推出搭载Helio

系列芯片的4G产品。“未来很长一段时间，联发科技将在不断拥抱5G网络的同时，坚持4G产品的产出。”陈冠州称。

联发科技天玑1000靓丽的指标背后，是联发科技在芯片领域多年来技术积累、加大研发投入的有力体现。陈冠州认为：“一直以来，联发科技对研发投入都非常重视。我们相信只有不断投入研发，才能带来技术上的不断突破。2013年联发科技研发投入大概占公司营收的19%，而在今年这一数字已经上升到了25%。”

“联发科技不仅是一家芯片供应商，更是一家平台供应商。只有客户认同联发科技的产品、平台与理念，联发科技才有价值。我们在创造价值的同时，也在引导客户在联发科技的平台上不断创造差异、不断创新、不断创造价值。这也是技术性平台供应商应当思考的问题。”陈冠州强调。

人的价值在于创造价值，企业亦然。天玑1000的正式上市打响了联发科技5G布局的第一枪，但联发科技能否真正“重拾辉煌”，还有待时间验证。不过，天玑1000给业界提供的更多5G芯片选择，也必将推动芯片产业整体水平继续提升。

运营商发展创新业务转型升级 网络运维需“化繁为简”

利用人工智能实现自适应的智能网络是当前运营商可以落地且直接受益的人工智能运用方向。

中国联通产业互联网有限公司 | 罗晓良 蒋靳

互联网的迅速普及使得网络流量激增，传统的流量监控方式是给监测指标设置水位线或波动幅度，当低于/高于水位或超过波动范围时触发报警，但静态阈值没有适应变化的能力，需要人工维护，但在线路非常多的情况下，人工维护将耗费非常大。随着软硬件的发展，机器算力大幅提高，人工智能（Artificial Intelligence, AI）的应用得以实现。让系统具备自动适应变化的能力，能够预测网络流量，将网络流量作为阈值主要参考，自动调整阈值水位，并且对网络故障进行定位，成为了网络监控领域的关键问题。利用人工智能实现自适应的智能网络是当前阶段运营商可以落地且直接受益的人工智能运用方向。

人工智能加速发展

人工智能是研究机器以人类思维方式学习、推理、决策的当前最前沿研究方向之一，是计算机科学中难度很大、挑战性很强的一个分支，当前人工智能仅能模仿人类能力的子片段，还处于弱人工智能阶段。

人工智能这个概念已经存在几十年，20世纪60年代神经网络的概念就已经被提出，但神经网络的正式使用是最近几年由于整体算力的大幅提高才得以实现的。20世纪80年代，人工智能主要专注于定

义明确的领域，发展基于规则的专家系统。人工智能的知识来自于人类专家，并通过“if-then”逻辑去表达，随后集成在硬件中，这些系统被成功用于解决某些严格定义的问题，然而这种系统无法处理不确定性，即使存在明显缺陷，但其系统引领了重要的解决方案，该方面的技术开发目前仍然很活跃。近年来，得益于数据量的增大，计算能力的增强，以及优化的机器学习技术，人工智能兴起，人工智能系统常常能在特定任务方面胜过人类，如象棋、语音图像识别、围棋等并且发展速度正在加快。可以预见，性能最强大的系统都会基于机器学习方法，而不是一套人工编码的规则。

运营商网络监控需求

近几年，4G时代的移动互联网迅速普及，中国基本进入人联网时代，这带来

了网络流量的激增。由于通信业的充分竞争，服务定制化、套餐多样化、定向流量、不限量套餐等新业务开始大规模运营，这种大流量、多样化、定制化的流量服务给网络管理施加了很大压力。不论是从安全性还是服务优化的角度考虑，网络监控都是运营商必须重点部署的一环，网络监控出问题，给用户最直接的感受就是服务质量下降，会降低民众对运营商的好感度。

传统监控方式有两种做法：一是给指标M1设置一个水位线，当M1低于（或高于）水位，触发报警；二是给指标M1设置同比、环比波动幅度，比如，同比波动20%、环比波动10%触发报警。

以上两种方式对于大流量的监控效果不理想，这种静态阈值长期来看没有适应变化的能力，需要人工维护，而且报警准确性也依赖于同环比数据的稳定性。在线路非常多的情况下，人工维护



将耗费非常大。让系统具备自动适应变化的能力，能够预测网络流量，根据网络流量作为阈值主要参考，自动调整阈值水位，并且对网络故障进行定位，成为了网络监控领域的关键问题。利用人工智能实现自适应的智能网络是当前阶段运营商可以落地且直接受益的人工智能运用方向。

基于人工智能的智能网络监控

网络流量预测方法

网络流量监控的核心问题是对网络流量的精确预测，预测让被动应对转变为主动选择应对策略，预测问题是目前人工智能较为成熟的应用方向。预测结果的好坏除了受客观条件的影响外，预测模型是流量预测的关键，按建模方法一般把预测模型分为两类。

一是基于线性时间序列建模的预测方法。该建模方法结构简单、运算快，可用于短期预测，但简化了实际流量的假设条件，模型中流量随时间序列平滑变化，未考虑流量的波动性等非线性变化。典型模型有AR、ARMA、ARIMA、FARIMA等。

二是基于人工智能的网络流量预测。网络流量不是平稳变化，而是存在很大的波动性，因此接近真实情况的模型必定是非线性的，融合多种理论的人工智能流量预测相比于线性时间序列，精度大幅提升。其中，神经网络算法以其自学习、非线性逼近性强，是当前广泛使用的网络流量预测算法。

人工智能网络重构

人工智能虽然由互联网科技公司推动，但对于通信运营商而言，人工智能带来更多机遇。运营商通过多年的数据积累，形成了超大规模的数据，这些数据尚未给运营商带来很大的价值，人工智能让数据变现成为可能，海量数据成为了宝

贵的资源。在产业互联网领域，运营商先天具有构建数据壁垒的能力，具有数据先发优势。

当前，运营商积极进入ICT产业链，在发展创新业务转型升级的同时，也让网络运维变得更加复杂，依靠人力支撑迅猛发展的网络已越来越不可行。使用人工智能来重构通信网络，通过网络智能化来提升运维效率、保证用户体验、完成智能化的升级和转型，成为运营商的必然选择。

人工智能可以在以下三个层面对网络进行重构。

基础设施层：按基础设施的作用，针对不同层次的硬件，提供不同的人工智能学习推理能力，例如中心数据机房最先使用人工智能，用于全局流量调度，并且具有数据集中、数据量大、易于集中训练等优势，在边缘侧提供现场级的人工智能加速器，加快设备的智能化。

网络和业务控制层：人工智能具有自学习自推理能力，对于网络的部署、优化、维护有更快的计算和更优的结果，按照网络层级，实现KPI、路由、网络策略的优化等，智能优化网络的覆盖能力、热点区域等。

运营和编排层：在大数据平台，运营商的OSS (Operation Support System, 运营支撑系统) 和BSS (Business Support System, 业务支撑系统) 数据可基于人工智能做深度挖掘，在编排层(包括产品编排、业务编排、端到端资源编排)引入人工智能，分析运营业务量并进行预测，由静态应对转为动态规划。

智能网络监控系统

一个完整的智能网络监控系统包含：人工智能流程预测模块、异常初步检测模块、疑似异常二次检测/故障初步定位模块、故障报警模块等4个主要模块。

人工智能流量预测模块：通过人工智能算法，进行历史数据学习，形成流量

预测能力。

异常初步检测模块：通过人工智能流量预测模块预测的实时流量和检测策略配置的策略组合成检测策略，与实时数据进行检测，初步检测出疑似异常。

疑似异常二次检测/故障初步定位模块：根据初步检测出的疑似异常，对相关的日志进行分析并且对相关的网络设备进行自动检测，根据日志分析和自动检测的结果，判定是否是出现故障，并且对故障进行初步定位。

故障报警模块：根据故障分析的结果和告警策略的配置，对告警进行过滤，发送告警给客户。

另外，智能网络监控系统的工作流程如下：通过人工智能的智能预测功能预测流量，通过流量差异初步判断网络是否存在故障；初步分析故障是真实故障还是误报；利用诊断型分析技术，找出产生故障的原因，及时精准地发现并解决网络问题，从而降低故障的响应和处理时间，降低运维成本，提高用户满意度。

小结

网络监控是运营商通信服务中重要的一环，网络流量监控的核心问题是对网络流量的精确预测，通过分析对比当前的预测方法可以发现，相比于线性时间序列，基于人工智能的网络流量预测精度大幅提升；对于智能网络重构，可以在基础设施层、网络和业务控制层、运营和编排层等不同的层级选择不同的人工智能策略；在实际应用中的智能网络监控系统应由人工智能流程预测、异常初步检测、疑似异常二次检测/故障初步定位、故障报警等4个主要模块组成。搭建基于人工智能的智能网络监控在提高检测准确度、削减人工成本、提升用户感知等方面能够帮助运营商实现价值。

嘉量云

基于AI的通信软件成本自动度量

未来是软件定义的世界。但是，如何科学评估软件开发的工作量和成本，是多年来困扰软件行业的老大难问题。嘉量云——软件度量机器人，专为破解这一难题而打造。

中通服软件科技有限公司 | 黄琴 袁华新

如何科学评估通信软件的开发成本一直是运营商软件项目投资管理的一大难点。2019年7月1日，国家标准《软件工程软件开发成本度量规范》(GB/T 36964-2018)正式开始实施，为破解通信软件造价的老大难问题带来了希望。

但是，在国家标准落地推广过程中，完全依靠专家手工评估软件成本，存在“效率低、周期长、门槛高”等问题，已成为制约标准落地的“最后一公里”，亟待改善。

通信软件投资的审计风险

多年来，通信运营商在软件项目的投资管理中，经常被以下问题所困扰。

一是立项预算。多采用经验法，靠“拍脑袋”来评估软件成本。软件项目预算编制、软件项目招投标都缺乏科学权威的依据。

二是结项审计。预算无依据，审计担风险。随着软件投资逐年攀升，如何防范软件投资的审计风险，已成为一大痛点。

三是廉政风险。由于软件预算缺乏权威依据，是否存在利益输送的问题，往往“说不清楚”，这就很容易给软件项目投资管理的所有相关部门带来潜在的廉政风险。

2018年，中央审计委员会成立，确定

“应审尽审、凡审必严、严肃问责”十二字方针。在这一大背景下，运营商如何规避软件投资的审计风险和廉政风险，成为一个重要且紧迫的问题。

软件造价国标的落地难点

随着国家标准的颁布实施，为规避审计风险和廉政风险，运营商正积极引入NESMA、COSMIC等ISO功能点方法，将功能点作为确定软件项目预算的主要依据。但是，长期以来，功能点一直依靠专家手工评估，存在以下问题。

一是门槛高。评估人员既要懂电信业务，又要懂功能点方法，能力门槛要求很高。

二是效率低。大型通信软件项目需求文档成千上万页，人工评估周期长、效率低。

三是偏差大。手工评估往往存在人为因素，缺乏客观性，容易造成评估结果的偏差。

嘉量云功能点自动识别算法

为提升功能点识别的自动化水平，嘉量云针对中文电信需求文档的特点，基于深度学习和自然语言处理(NLP)技术，自研了AI智能算法和语料标注工具，并利用中通服在电信行业二十年积累的数据，训练AI模型，最终成功实现软件功能点的自动化识别。

自研AI智能算法

国内大部分通信软件项目的需求文档均采用中文自然语言撰写。因此，如何从中文需求文档中自动识别出软件功能点，是嘉量云AI算法的核心。图1为嘉量云AI算法的整体框架。

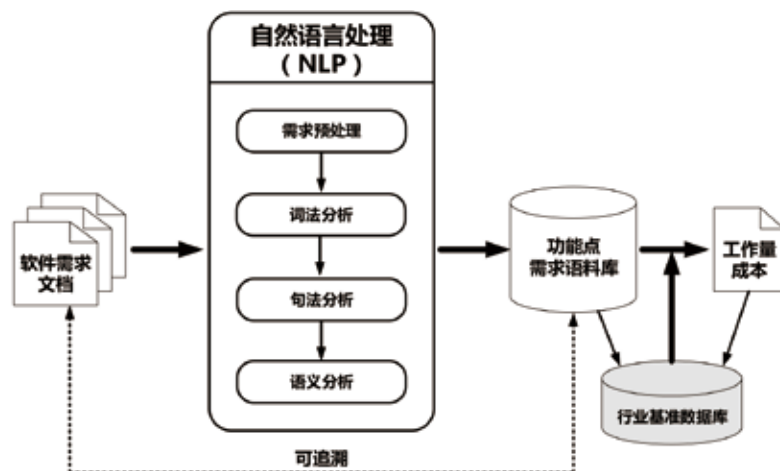


图1 嘉量云功能点识别AI算法框架

嘉量云功能点识别算法的主要步骤为：对需求文本进行预处理，然后进行自动化分词；对分词后的需求文本，进行自动化词性标注；根据需求文本的分词和词性标注结果，进行自动句法分析；根据对需求文本的句法和语义分析结果，最终识别出需求文本中包含的功能点计数项。

由于中文需求文档的特殊性以及通信软件业务的特殊性，国内外通用的AI算法软件包均无法直接解决问题。因此，嘉量云的核心AI算法均是中通服自研的算法。

自研语料标注工具

基于深度学习的AI算法，目前主流方法是有监督的学习方法，其成功的关键是要有质量足够高、数量足够大的训练语料数据。

嘉量云算法语料的选取主要来源于中通服国内和海外二十年电信软件项目的需求文档积累，并采纳了部分质量较高的业务需求规范。嘉量云算法的训练语料跨越了MBOSS三大领域，具有良好的领域覆盖面，可帮助嘉量云的AI算法充分学习电信软件需求文档的业务特征。

由于在电信行业缺乏专用的语料标注工具，因此，中通服在AI算法研发的同时，专门开发了专用语料标注工具，通过智能的预标注功能，大大提高了人工标注语料的工作效率。图2为嘉量云语料标注工具的典型界面。



图2 嘉量云AI算法语料标注工具

嘉量云特色功能和应用案例

嘉量云特色功能

嘉量云的特色功能主要有需求缺陷检测、成本一键评估、成本专业评估。

需求文档缺陷是专家人工评估软件成本的主要障碍，也是影响AI算法准确率的主要原因。嘉量云提供需求缺陷检测功能，帮助提升需求文档质量，从而为后续的造价评估奠定良好基础。

一键评估功能是100%算法自动化评估，主要用于概算和部分预算场景，无需人工干预，即可快速、大致了解软件项目的成本范围。

对决算和审计等要求精准评估结果的场景，在AI算法自动识别基础上，还需软件造价师进行必要的人工确认和修正。专业评估功能主要针对这些场景，通过提供交互式评估的操作界面，可帮助软件造价师有效提升评估工作效率、降低评估工作强度。

为满足审计要求，嘉量云产品的一个重要特色，是实现了软件需求与功能点之间的双向追溯，可对每一个功能点快速追溯到其对应的原始需求语句。这一点对审计来讲是非常重要的。

应用案例：某设计院SaaS软件租用

某设计院是通信行业内资质齐全的综合设计院。该设计院对软件造价评估领域比较陌生，希望快速建立软件造价评估

能力，以便对客户开展软件造价评估业务。

对于设计院的评估人员，借助嘉量云专业化的评估功能，使国家标准和功能点方法的学习门槛大大降低。通过嘉量云的AI算法支撑，评估人员日常的评估效率得到了明显提升。同时，平台实现了评估过程的可追溯，有力保障了评估过程的规范性和最终评估结果的质量。

应用案例：某移动分公司建立成本度量体系

中国移动旗下某分公司很早便开始探索软件成本度量方法。该移动公司原有方法为自己摸索建立，与国家标准有一定差异，方法本身也比较复杂，落地难度较高。

基于国家标准优化原有度量体系并引入嘉量云平台，该移动公司实现了软件项目投资前评估到后评估的闭环管理，帮助企业建设符合国家标准的项目投资管理制度。在项目各阶段应用国家标准进行相应精度的软件规模、成本评估，确保投资有权威科学依据，有效保护了企业的投资。同时，在审计的层面上，也确保了软件投资的审计合规性。

总结

针对软件造价国家标准在通信行业落地的难点，“嘉量云”创造性地将深度学习和自然语言处理技术引入到软件造价领域，基于二十年通信软件研发的需求数据积累，通过自研AI算法和语料标注工具，成功实现软件需求文档的功能点自动识别，为软件造价国家标准落地实施扫除了技术障碍。

嘉量云产品在第三届（2018）中国软件成本度量大会上正式发布，至今已积累大量成功案例。后续，中通服将进一步完善嘉量云产品的算法和功能，并将嘉量云应用到更多的行业中。

打好5G“底座” 数据中心变革进行时

随着5G的到来，数据正从细流演变成海啸，数据中心的建设显得愈发重要——数据中心已成为承载新商业应用、推动系统全面云化的“底座”，也是运营商未来跻身 To B 市场的关键。“本固方有枝荣”，只有数据中心的根系茁壮成长，才有5G时代的繁花似锦。

5G 商用大幕已启，数据中心正在演进中实现变革。数据中心网络不再局限于传统的数据中心内交换机网络，而是从“云+端”架构向“云+边+端”演变，在新一轮重构中，开放、智能、软件将成为三大关键词。



5G时代 数据中心网络演进正当时

网络架构篇



目前数据中心正在经历云化和 ICT 融合所带来的变革，而网络作为数据中心的三大基础资源之一，也在这场革命中不断演进。

中国电信股份有限公司北京研究院 | 解云鹏 王江龙 雷波

5G网络的规模建设已经拉开序幕，“云-网-边-端”四体协同将成为5G网络端到端的新技术架构。5G网络的主要特征为大带宽、海量连接和超低时延。这些新的网络特性将催生大量新兴应用，也将更加深刻地改变人们的生活方式，而这一切都离不开5G背后的数据中心网络。

数据中心或成5G强大的技术底座

5G网络采用以数据中心为基础的云化架构，承载在数据中心内独立的电信云网络上，通过SDN/NFV技术部署核心网等虚拟化网元。同时，随着用户面网元

(UPF)下沉以及MEC(边缘计算)业务规模部署，5G网元将分布在各级数据中心，数据中心已成为5G网络的基石。

在移动互联网时代，随着头部互联网应用爆发，云计算应用向行业巨头集中，运营商、互联网、云服务提供商等行业中的大型公司纷纷建设了大型云数据中心，提供公有云、私有云等服务。究其原因，在于数据中心的规模效益非常明显，能够大幅降低业务部署成本和维护成本。

因此，规模发展是过去10年数据中心网络发展的最主要驱动力。流量爆发式增长导致数据中心组网规模不断扩张，

进而引发组网架构、技术、运营等一系列的变化，需兼顾大容量、规模效应以及高可靠、可扩展需求。在5G时代，这一趋势将愈加明显，并加速向政府、医疗、工业制造等产业扩散。5G时代的大型云数据中心将更具备竞争力，不仅体现在成本方面，还会在安全、灵活度和技术进化层面对传统数据中心建立碾压性的优势。“马太效应”将使得传统数据中心及应用逐步走向消亡，替代而来的是超大规模、快速演进的云数据中心。

与此同时，5G网络及其衍生的业务对可靠性、时延保障等提出了更为严苛的诉求。能否满足5G网络对云资源池的吞吐、并发等高性能需求，达到云数据中心整体性能与成本最优，成为衡量5G时代云数据中心竞争力的试金石。未来数据中心网络不再局限于传统的数据中心内交换机网络，而是拓展到主机内部、网卡以及芯片互联的一体化高性能网络中。

面对上述需求，基于x86架构的通用CPU已难以满足业务需求，引入更多的加速硬件，如智能网卡、GPU/FPGA乃至NPU神经网络处理芯片等异构计算架构，使业务运行在性价比与能效比最高的硬件形态上，成为数据中心承载多类型业务的必需技术。RDMA也是一种



硬件协议方式，可以实现数据中心网络的低时延，是目前数据中心内高性能计算、分布式存储、人工智能等应用的标准部署方案。

边缘数据中心是5G时代的必要组件

边缘计算是5G技术最重要的组成部分之一，低时延特性为车联网、工业自动化、沉浸式VR、人工智能等新兴应用的发展提供了技术基础。在边缘计算场景下，客户通常需要低延迟、高计算能力以及高效网络路由能力，需要在网络边缘部署计算节点，边缘数据中心将成为5G时代数据中心的新形态。

边缘计算提供了网络中泛在的算力资源，可存在于云数据中心、边缘数据中心及终端，且分布在网络的不同层级，归属于不同运营方。业界已经开始考虑如何充分利用这些算力资源为客户提供最佳解决方案。算力网络成为新的研究方向，得到包括中国电信、中国移动等在内的运营商以及ITU-T等国际标准组织的高度关注。算力网络采用类似网络路由机制，通过网络的集中控制面或分布路由协议分发各类计算节点的算力信息，并结合网络信息（如路径、时延等），可为客户提供最佳的算力分配及网络连接方案。

目前大型互联网公司已经在公有云市场上占据先机，随着SD-WAN等技术的商用部署，运营商已经能够明显感觉到来自互联网的挤压。但在边缘计算开始大规模建设后，运营商在局址资源方面的优势将改变运营商与互联网公司的竞争及合作态势，运营商的IDC租赁业务和公有云业务都将得到快速发展，如果能在这个技术变革的时间窗口中把握住机会，甚至有可能推动运营商成功完成自身的业务转型。边缘计算及边缘数据中心是5G时代的必要组件，将深刻影

响5G时代的市场格局。

智能运维、开放架构将催生产业新生态

随着云计算、SDN、NFV等技术在网络重构中加速落地，转控分离、三层解耦以及统一编排等技术为数据中心网络实现自动化、资源灵活调度、智能运维奠定了基础，但同时也使得业务逻辑愈加复杂，故障排除难度大幅提升。由于缺乏统一的平台和框架，缺乏自动化、智能化运维手段，传统运维模式难以适应并满足5G时代下数据中心网络的运维需求。

基于AI和Telemetry的智能运维利用数据智能替换人工经验，期望在自动化的基础上实现遥测、大数据分析、机器学习 and 网络引导等功能，通过对数据网络的自主分析、自主发现实现自主配置和自主修正。当前产业界重点集中在网络开局部署、网络变更校验、故障智能定界/定位、故障预测、业务分析以及预测等方面，寻求在数据采集、大数据分析、AI、决策闭环等环节实现精细化检测和可视化管，变被动运维为主动运维。

虽然目前还受AI学习模型不够精确、网络设备特性不足等因素制约，但人工智能的发展必将引发再一次网络运维的变革。与此同时，开放架构设备也将进一步催生数据中心新的产业生态。

一方面，白盒交换机已经在大型互联网公司云数据中心开始规模部署。白盒交换机需部署集中的网络操作系统，基于白盒设备的网络架构，可实现硬件与软件的解耦，并大幅降低组网成本。目前，SONiC操作系统逐渐成为白盒交换机的事实标准，SONiC通过SAI层将交换机进行接口抽象设计，向上提供统一的API接口，向下对接不同ASIC芯片，使得上层软件不需要一一适配不同的ASIC芯片，促进了白盒交换机生态链的发展。此外，

芯片层面不断开放，通过可编程接口自定义芯片对数据包的处理逻辑，实现按需添加新功能、新协议或者对原有协议进行优化等，极大提升了灵活性。

另一方面，大量AI、实时性高带宽的边缘计算业务需要边缘节点提供计算及网络加速能力，边缘计算业务的多样性需要边缘数据中心提供的计算设备多种多样，但是受限于边缘机房的空间、风火水电等条件，通常计算设备无法大量放置，因此边缘数据中心开始引入开放可定制化的交换机以及服务器等融合型设备形态。如开放数据中心委员会（ODCC）发起的OTII（Open Telecom IT Infrastructure）项目就推出了OTII服务器（采用了电信设备标准，深度在600mm以内，可以与电信设备混合部署）来满足边缘计算节点的特殊要求。目前三大运营商也在组织研究融合型定制化交换机设备，通过模块化的方式，按需配置网络、计算和存储能力，避免设备能力与机房空间的浪费。

标准化的开放式架构不仅能够缩短设备新功能实现周期，通过解除供应商绑定的方式有效降低采购成本，还绕开了异构兼容问题，使得数据中心网络更容易向智能化、自动化方向演进。

随着5G、AI时代的到来，数据中心将成为未来网络的核心控制节点与内容载体，是电信运营商转型的基础和战略制高点。目前数据中心正在经历云化和ICT融合所带来的变革，而网络作为数据中心的三大基础资源之一，也在这场革命中不断演进。全智能、自动化、分布式、算力下沉和AI等技术将为5G业务开展提供有力支撑。可以预见，未来随着5G/6G、全息通信、数字孪生等新兴业务和技术的到来，数据中心网络又将朝着更新一代继续演进。

“灰盒”模式 构建数据中心光层互联

在互联网流量持续增长的背景下，越来越多的互联网公司会面临 TB/s 级别的高速率数据中心互联需求，波分系统的引入将成为未来数据中心互联场景中的主要技术选择。

中国电信股份有限公司
智能网络与终端研究院 | 胡骞 张安旭 霍晓莉

网络架构篇



随着大数据时代的到来，以及人工智能、虚拟/增强现实、物联网等新型技术的出现，数据流量呈现爆发式增长。据 Cisco 预测，到 2021 年，全球数据中心的 IP 流量将会增长至 20.6ZB，而 99% 的网络流量都与数据中心有关。可见互联网业务对数据中心的依赖程度越来越高，而且数据中心的流量也不再仅限于南北向流量，数据中心之间的同步、灾备、虚拟机迁移，以及数据中心云化、并行计算等新需求的出现，使数据中心东西向流量迅速增加，未来数据中心的東西向流量和占比还会持续增加，可能会占到 80% 以上。

数据中心互联成为迫切需求

互联网流量特别是跨数据中心的流量增长，使数据中心互联成为迫切需求，而且大带宽的互联需求也会增多。从电信运营商数据中心互联的情况来看，目前对于城域网范围可以基于传输专线提供独占带宽的 DCI 服务，也可以利用 163/IP 城域网提供共享带宽的 DCI 服务；对于跨骨干的 DCI 服务或与天翼云的连接，则通过延伸交换机连接到骨干 DCI/CN2，底层采用波分系统承载需求。

对于城域范围的数据中心互联，

上述方式目前可以满足几 Mbit/s 到 100Gbit/s 的带宽需求，但运营商一般对于构建 DC 互联网络的驱动力不足，主要是在客户提出需求时，根据客户的需求来提供相应的传输专线服务，如 MSTP、OTN，对于需求不高或考虑经济因素的中小企业客户也可能采用 MPLS VPN 的方式来提供 DCI 服务。当 DC 互联的需求流量不大时，开通专线的方式可以满足需求，但是考虑到大带宽流量需求，运营商也正在考虑成本更低的方式来满足业务承载。

与电信运营商不同的是，在数据中心光互联方面，大型互联网厂商处于领跑地位。由于 DC 东西向流量需求的驱动，很多大型互联网选择租用裸纤，采用自建波分系统的方式来满足 100G 以上甚至 T 级别的 DC 互联需求。在这种需求场景中，由于主要是点到点互联，设备资源无法共享，所以成本较为敏感，并且希望可以按需快速部署；考虑到数据中心机房的机柜尺寸、通风散热方式、供电方式等特点，对设备外观和尺寸的要求也异于传统

波分设备；除此之外，也会对波分系统的管控提出要求，包括光、电层设备硬件参数的配置，性能数据的上报和分析、告警信息的获取等。如何构建低成本的、适用于 DC 互联场景的波分系统，同时为其提供灵活的管控能力，是值得探索的问题。

开放与分解的光网络来破局

构建开放与分解的波分网络，来实现数据中心的光层互联，可能是解决上述问题的较好思路。2018 年，ONF 成立了 ODTN (Open Disaggregated Transport Network) 项目，该项目由运营商主导，旨在利用光电解耦的设备、开放且通用的标准和开源的软件来构建数据中心互联。ODTN 项目希望分解网络组件并提供开源软件来控制多厂商设备，供应商可以专注于特定的组件而不必构建完整的解决方案，达到加快创新和降低成本的目的，同时允许运营商自由选择同类的最优组件，规避供应商锁定的问题。图 1 为 ODTN 的系统架构图。

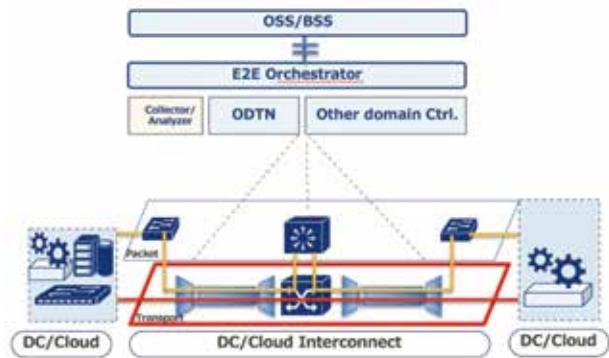


图1 ODTN系统架构图

除 ODTN 以外，Facebook 主导了致力于光和 IP 网络中开放技术的 OOPT (Open Optical & Packet Transport) 项目，AT&T 主导 OpenROADM 项目并定义了开放、分解的 ROADM 系统及相关的业务、网络模型、设备和数据模型，图 2 为 OpenROADM 的

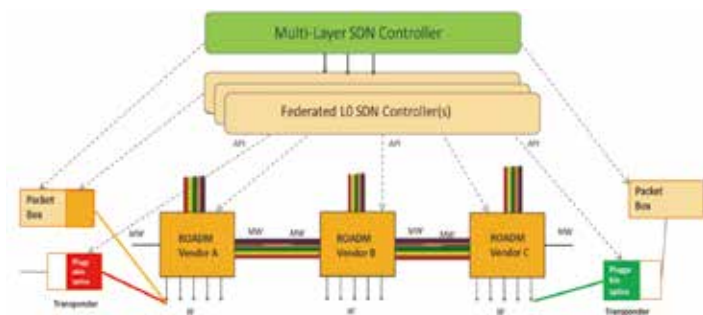


图2 OpenROADM系统架构图

系统架构图。

开放是纵向的解耦

开放是纵向的、控制平面和数据平面的解耦，可以引入SDN理念实现光网络管控，达到软件开放源码、接口规范标准、数据模型统一、控制转发分离和网络能力开放的目的。纵向的开放使SDN理念得以引入光网络，同时也推动了设备的白盒化，因此可认为白盒化与SDN是相伴相生的。

在传统模式下，厂商设备以黑盒的方式提供，是完全封闭的，由设备厂商提供设备，并由厂商私有网管控制设备，实现功能配置；接口私有化，设备的软硬件更新迭代依赖于主流设备厂商的研发能力和市场策略。

而在完全开放实现SDN管控的情况下，设备可以由设备厂商或光器件厂商提供，设备内部的光器件、模块均可以通过统一接口被纳管，控制粒度更细，需要针对主要器件的物理参数建立信息模型，并制定业界统一的接口规范，技术迭代也会更快。

传统方式已经受到挑战，而完全开放的SDN管控目前还不具备条件，从实现设备商开放能力和运营商管控需求两者匹配的角度而言，“灰盒”可能是目前的最佳选择，即能力“部分开放”，由设备厂商提供设备，并按标准化接口开放能力，允许跨厂商统一纳管。

分解是横向的解耦

分解是横向的、数据平面硬件之间的解耦，它可以达到硬件通用化和降低成本的目的，同时也

可以避免厂商锁定。根据分解程度的不同，可以分为部分分解和完全分解两种方式：将电层的终端设备和光层的线路系统分解是部分分解；将网络中的各个功能模块均分解为独立的设备被称之为完全分解。

从目前的商用情况来看，主要还是以部分分解为主，即实现了光层与电层的解耦。比起完全分解的方式，部分分解的方式难度相对较小，目前阶段可以作为传输系统分解的一种推荐方式，但是也需要解决诸如性能评估和运维管控等问题。从开放管控的角度来看，这种部分分解的设备形态，其实就是灰盒模式，所以无论从开放还是分解的角度来看，部分分解的灰盒模式更有利于商业化推动。

分解可以带来设备形态上的变化，使机架和设备完全解耦，允许设备容量按需配置。另外，传统通信机房的制冷系统能耗占比已经超过设备的能耗占比，在散热架构和冷却手段的应用上都落后于数据中心。

而且，分解后的设备可设计为刀片式，这种方式风道简单、阻力小、能耗低、噪声小，能够更好地适应各种先进的数据中心冷却方案，同时供电方式也由直流改为交流，更好地适应数据中心机房的供电。此外，将光模块从板卡中分解出来，采用可插拔的方式设计，也属于分解的一种，它可以驱动模块厂商专注于模块研发，减小模块体积、降低模块功耗，而设备厂商也可以减少整体研发投入，提升板

卡集成度，降低板卡功耗。

运营商面临机遇与挑战

由于需求驱动的原因，率先致力于推动利用开放与分解的波分系统来构建数据中心互联网络的主要是大型的互联网公司如腾讯、阿里等，尽管没有公开数据，但可以预见未来加大投入的互联网公司会越来越多，这种技术方案的开放、分解特性也使得更多光器件厂商、传输设备厂商直接参与进来。在此趋势下，运营商也在积极开展相关设备和管控系统的测试与研究工作的。

在互联网流量持续增长的背景下，越来越多的互联网公司会面临TB/s级别的高速率数据中心互联需求，波分系统的引入将成为未来数据中心互联场景中的主要技术选择。很多大型互联网厂商在需求驱动下已经开始着手自建波分系统，且出于打破厂商锁定、降低建设成本、利于快速迭代、强化网络管控等多方面考虑，倾向于选择开放与分解的方式构建光网络，与芯片、器件厂商深度合作，实现光电解耦，多厂商统一管控。

这对于运营商来说是机遇也是挑战。运营商在网络领域有较为丰富的规划建设 and 运营维护经验，面对客户带来的迫切的大带宽需求，可以考虑针对数据中心互联场景建设专用的波分传输系统。数据中心互联波分系统建设的技术方案可以借鉴互联网企业和国外运营商在光网络开放和解耦方面的经验，结合电信运营商自身在网络领域的建设和运维方面的优势，向着灵活解耦、全面管控的数据中心互联光网络演进。

开放必定会带来灵活性，分解必定会降低成本，利用开放与分解的光网络来构建数据中心光层互联，会成为业内越来越受关注的技术方向。

无损网络数据中心应用概述



RDMA 网络通过在网络中部署 PFC 和 ECN 功能实现无损保障。

新华三技术有限公司 | 范旭光

从前端用户体验和后端应用效率来看,当下对数据中心网络的要求是延迟越低越好、效率越高越好。为了降低数据中心内部网络延迟,提高处理效率, RDMA 技术应运而生。

RDMA技术实现了在网络传输过程中两个节点之间数据缓冲区数据的直接传递,在本节点可以直接将数据通过网络传送到远程节点的内存中,绕过操作系统内的多次内存拷贝,相比于传统的网络传输, RDMA无需操作系统和TCP/IP协议的介入,可以轻易地实现超低延时的数据处理、超高吞吐量传输,不需要远程节点CPU等资源的介入,不必因为数据的处理和迁移耗费过多的资源。

RDMA技术简析

InfiniBand是一种基于InfiniBand架构的RDMA技术,提供了基于通道的点对点消息队列转发模型,每个应用都可通过创建的虚拟通道直接获取本应用



图1 InfiniBand架构



图2 RoCE架构

的数据消息,无需其他操作系统及协议栈的介入(InfiniBand架构如图1所示)。InfiniBand技术具有诸多优势:应用层采用RDMA技术,降低了在主机侧数据处

理的延迟;消息转发控制由子网管理器完成;链路层通过重传机制保证服务质量,不需要数据缓冲,无丢包;具有低延迟、高带宽、低处理开销等特点。

RoCE架构如图2所示, RoCE协议有两个版本——RoCE v1及RoCE v2协议。RoCE使得基于以太网的数据传输能够提高数据传输吞吐量、减少网络

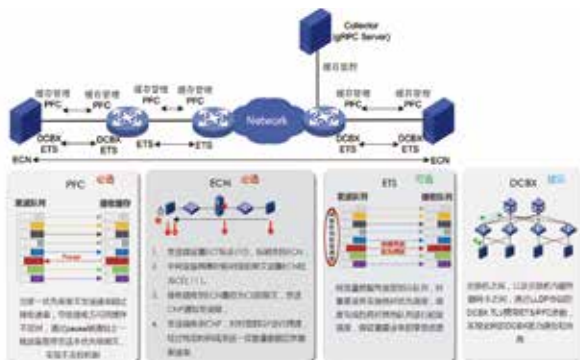


图3 构建无损以太网网络示意图

延时、降低CPU负载。RoCE技术可通过普通以太网交换机实现,但服务器需要支持RoCE网卡,网络侧需支持无损以太网。

构建无损以太网数据中心RoCE

在RoCE网络中,需要构建无损以太网用于保证数据中心网络传输过程中不丢包。构建无损以太网需支持的关键特性如图3所示。

无损网络组网架构是典型的Leaf/

Spine组网模式。为了避免拥塞丢包,需要在Leaf与Spine之间部署PFC流控技术,同时, Spine设备也需要支持基于拥塞的ECN标记; Leaf作为服务器网关,支持和服务器之间基于PFC的流量控制,同时支持拥塞ECN标记; 为了提高吞吐量,需要在服务器网卡支持DCQCN, 将发送速率调整至最优; 全网设备部署PFC、ECN, 基于业务特征配合可视化技术, SDN控制器根据业务流量特征实现水

线调优,为网络的稳定运行提供无损保障;利用可视化技术将芯片的Buffer、Latency、Micro Burst等状态信息上报到SDN controller,充分发挥SDN controller的智能分析能力,并通过标准的API接口完成整个网络的运维和优化。

RDMA网络正是通过在网络中部署PFC和ECN功能来实现无损保障。PFC技术可以实现对链路上RDMA专属队列的流量进行控制,并在交换机入口(Ingress port)出现拥塞时对上游设备流量进行反压。利用ECN技术可以实现端到端的拥塞控制,在交换机出口(Egress port)拥塞时,对数据包做ECN标记,并让流量发送端降低发送速率。

在数据中心网络中应用RDMA,不仅要满足转发面的无损网络需求,还要关注精细化运维,才能应对延迟和丢包敏感的网络环境。

面向运营商边缘云部署 边缘模块化交换机崭露头角

运营商要实现 5G 网络转型必须依托边缘云技术，在网络边缘侧面向终端用户建设边缘云资源池，保证低时延、高带宽业务的业务要求，从而促进未来高清视频、VR/AR、工业互联网、车联网等业务的发展。

中国移动研究院 | 王瑞雪 杨红伟 李志强
中国电信股份有限公司北京研究院 | 唐静 何琪

设备与技术篇



ITU（国际电信联盟）定义了5G网络中的三大应用场景，即移动宽带增强（eMBB）、大规模物联网（mMTC）和低时延高可靠（uRLLC）。考虑到这三大业务场景的大带宽、低时延和本地化等业务特性，5G网络中70%~80%的业务需求将发生在边缘，传统“云-端”架构的业务服务、管理和部署模式无法满足5G网络发展需求，边缘云建设也成为了5G时代电信运营商关注的重点。

运营商边缘云业务需求

边缘云作为运营商核心云的延伸，将部分云服务和能力（包括但不限于存储、计算、网络、AI、大数据、安全等）扩展到

更贴近用户侧的边缘DC上。相对于核心云，边缘云服务的解决方案更注重局部，数据不需要传到云端，而是可以直接在边缘侧就能完成处理，更加满足实时的数据分析 and 智能化处理的要求，更加高效和安全。因此，边缘云能够解决集中部署的核心云带来的时延过长、带宽占用、海量连接维护等问题。

针对边缘云的网络架构，边缘计算产业联盟发布的《边缘计算白皮书》提出了边缘计算参考架构3.0，如图1所示。从纵向结构来看，最上侧的是模型驱动的统一服务框架，它能够实现服务的快速开发和部署。下侧按照边缘计算通用架构分为现场设备、边缘和云三层，边缘层又划分为边缘节点和边缘管理器两个层次。边缘

节点层中的设备资源被抽象为计算、网络和存储3种资源，使用应用程序编程接口（application programming interface, API）实现通用的能力调用。边缘管理器层则使用模型化的描述语言帮助不同角色使用统一的语言定义业务，实现智能服务与下层结构交互的标准化。

当前边缘云主要面向的是具有高实时性、大数据量、高处理性能和本地化需求的用户及其业务场景。欧洲电信标准化协会（ETSI）定义了7类典型的边缘云业务应用场景，涵盖了当前最主流的边缘计算产品内涵和垂直行业应用场景，包含视频优化加速、监控视频流分析、增强现实AR、车联网、企业专网、IoT/工业互联、辅助敏感计算等。图2是针对当前边缘云的业务场景需求及其受关注程度的分析。该分析表明，边缘云在工业互联网、AR、视频、车联网等这些业务场景中具有重大的影响力和广阔的发展前景。

边缘云的部署应该以业务需求为导向，受时延、带宽、数据安全及边缘基础设施（机房条件）等因素的影响，是满足业务指标，兼顾投资效益和运维需求的均衡考虑。在5G建设初期，边缘云可以先集中部署在部分地市核心DC，重点满足该区域范围的业务开展覆盖要求，主要以小规模边缘云部署为主；而对于面向企业集中的开发区/科技园区等，可以在综合业务



图1 边缘框架3.0架构



图2 边缘云业务场景及其受关注程度分析（数据来源于《国金证券边缘计算分析报告》）

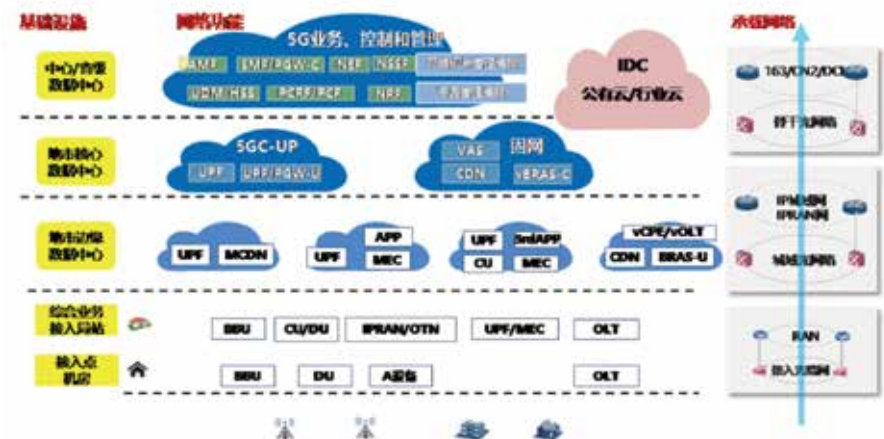


图3 以数据中心为主的融合网络架构模型

接入局所部署小型化的UPF/MEC设备，甚至在企业客户单独部署，采用专用定制化设备。

运营商边缘云部署面临挑战

边缘云部署既要满足新型边缘计算业务的高计算、高转发要求，又要满足不同MEC应用（特别是合作第三方的产品解决方案）部署的软硬件环境要求，同时还要有效适应本地网不同层级机房物理条件（建筑/配电/制冷）的差异。

边缘云部署应考虑边缘业务和体验要求、部署成本和机房条件。运营商边缘云部署普遍采用多级方式，不同层级所对应的边缘数据中心机房在温度、承重、供电等诸多方面均存在较大差异。如图3所示，依据边缘云在运营商网络中部署的位置，边缘机房主要包括地市核心机房、重要汇聚机房、普通汇聚机房和接入机房。在部署边缘云时，其规模应该根据具体的业务场景进行差异化设计。此外，在边缘云内部，其组网方式因机房资源、服务器规模等因素的不同而具有较大的差异。

针对地市级别的边缘云和重要汇聚机房，其机房条件相对较好，资源池规模比较大，内部结构相对统一。边缘云的部署考虑以通用服务器和虚拟机资源池

为主，网元采用SR-I/OV或智能网卡实现高速网络转发。在组网方面采用两层Spine-Leaf交换架构，并按照业务类型划分多个逻辑区域，不同区域之间通过防火墙实现安全隔离，DC外部互联、地市核心DC和城市边缘DC主要通过城域网承载互联，并结合实际业务需求考虑在DC内和DC间引入SDN架构。

机房单机柜可以按照3kW~5kW来考虑空调散热设计，并优选使用高功率密度电源设备以节省占地面积。在组网层面，应尽量保证云资源池支持管理、业务和存储三平面硬件隔离，确保任意一个网络平面的故障不会波及另外两个网络平面，部署时要求每个平面的网络之间硬件隔离、每个平面的端口间硬件隔离，这有利于各平面之间故障隔离、链路备份、避免流量冲突等。

针对机房条件受限和改造相对困难的普通传输机房和站点机房，其空间和供电的扩展性较差，机房相对规模较小，存在如虚拟机、容器、裸机等大量的资源池异构。在这种场景下部署边缘云时，可以考虑定制化的高密度组件硬件服务器，例如多核中央处理器（大于等于16核）、大容量内存以及大容量固态存储器（如SSD、Flash）。同时，边缘云服务器应该具备低功耗（小于500W），可以支持更大的温度范围，支持无风扇散热能力，并能够降低散热要求。在组网方面应该进行相应的简化，其管理、业务和存储平面流量应该采用虚拟隔离的方式实现，而存储方案应该以本地存储为主。

考虑到边缘云节点服务器规模较小，为满足运营商网络三平面隔离的需求，每台服务器配3张网卡，每个网卡有2个端口，划分为：2个管理接口、2个业务接口、2个存储接口，另外有1个IPMI接口，所以每个服务器共7个接口（6个光口+1个电口），部署时需要7台独立的接入交换机，导致在小于40台服务器规模的边缘云机房，接入交换机的端口利用率较低，参见图4。

综合考虑边缘云机房环境及供电条件，部署方式大致分两类：对于供电充裕的机房，单机柜供电大于5kW，单台服务器和TOR交换机的功耗大概是300W，每机柜最大可部署14台服务器和2台TOR

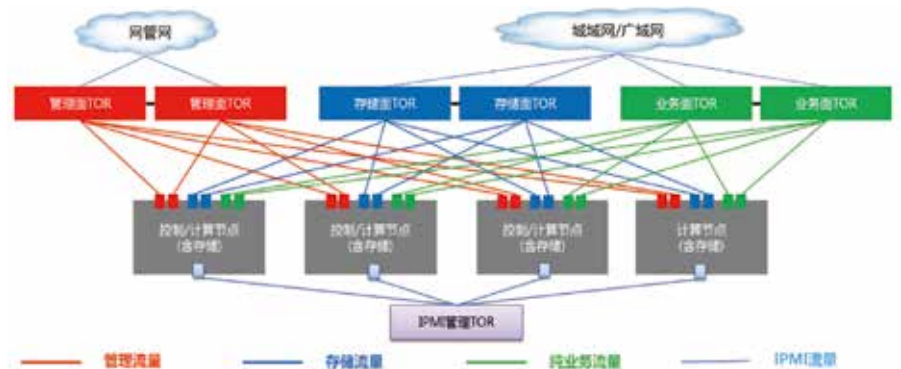


图4 核心云和边缘云网络平面划分

交换机；对于供电不足的机房，单机柜平均供电3kW，每个机柜只能部署10台设备，即8台服务器加2台TOR交换机或9台服务器加1台TOR交换机，同样为最大利用TOR交换机下行接口利用率，以每5个机柜为一个部署单元，共部署40~43台服务器，7台TOR交换机分布在5个机柜中。

边缘模块化交换机技术方案

针对边缘云部署中跨机柜连线多，TOR交换机数量多、端口利用率低等问题，国内三大运营商联合提出了模块化交换机解决方案。下面从模块化交换机的机柜设计、交换模块设计、管理模块设计等方面展开描述。

在机柜设计方面，为适应边缘机房空间小、机架空间限制、供电不足等现状，模块化交换机机柜宽度为标准19英寸，高度为1U（1U=44.45mm），深度小于600mm；每台模块化交换机内置交换模块、管理模块、电源模块、风扇模块。

在交换模块设计方面，模块化交换机设计的目标是使服务器部署单元从多个机柜演变为单个机柜，消除或者减少跨机柜连线，简化网络部署，方便网络运维，为此，模块化交换机中每个交换模块的端口规格是按照单机柜中服务器部署的数量决定的。

一是供电充裕的机房，单机柜供电大于5kW。以每个机柜部署14台服务器为例，如果部署7台交换机，每台交换机至少需要14个下行端口，所以模块化交换机里的交换模块至少需要14个下行口，考虑到接口备份，单个交换模块需要16个下行口，在10G场景下，按照1:2的收敛比，16个10G下行口需要2个40G上行口，所以每个交换模块的端口规格为：16×10G+2×40G。

二是供电不足的机房，单机柜平均供电3kW。以每个机柜部署8台服务器为

例，如果部署7台交换机，每台交换机至少需要8个下行端口，所以模块化交换机的交换模块需要8个下行口，考虑到接口备份，单个交换模块需要10个下行口，在10G场景下，按照收敛比以及上行链路备份，需要2个40G上行口，所以每个交换模块的端口规格为：10×10G+2×40G。

在管理模块设计方面，为方便管理，每台模块化交换机仅需配置一个管理IP地址，远程管理系统可通过Telnet或SSH协议连接到交换机管理模块，也支持通过串口连接。管理模块通过管理IP+槽位号管理所有转发模块，通过串口+槽位号可分别调试每个转发模块。

管理模块除提供远程管理外，还负责设备工作状态实时监控和故障告警，包括电源控制、风扇转速自动调整等硬件运行状态以及各转发模块软件运行状态、业务端口状态检测、链路流量检测等。

其他设计包括工作环境要求和可维护性要求。电信机房工作环境差别大，核心或汇聚机房条件稍好，接入站点机房环境比较差，不同机房环境对网络设备的温度、湿度、电磁兼容性等参数要求也不同，为适应不同电信机房的工作环境，建议模块化交换机支持更宽的温湿度范围（例如长期工作温度5℃~40℃、长期工作湿度5%~85%）、更严格的电磁兼容性要求（例如CLASS B）等；电信机房恶劣的工作环境导致网络设备硬件故障较多，同时一些接入机房无人值守或少量人值守，所以对于有故障的设备通常以换代修，模块化交换机各个模块软硬件隔离设计且支持热插拔，非常有利于这种运维模式。

边缘模块化交换机应用场景

随着边缘云的逐步落地部署，运营商对边缘数据中心的网络设备需求日益强烈。不同于传统的大型IT机房，边缘数据

中心对交换机、路由器以及服务器的体积、性能有着特殊的要求。但是当前数据中心交换机组网仍然存在一些问題，包括跨机柜之间连线复杂、数据运维工作量大、交换机端口利用率低等。为了解决上述问题，小型化、独立模块化的新型边缘模块化交换机开始被投入研究。

边缘模块化交换机应用在边缘数据中心组网中，能够提高端口利用率、减少甚至消除跨机柜连线，进而简化边缘数据中心网络部署和实现网络升级与扩容。此外，采用边缘模块化交换机组建边缘数据中心还可以降低数据中心日常运维的工作量，减少边缘数据中心运维的人力、物力、财力成本投入。

运营商要实现5G网络转型必须依托边缘云技术，在网络边缘侧面向终端用户建设边缘云资源池，保证低时延、高带宽业务的业务要求，从而促进未来高清视频、VR/AR、工业互联网、车联网等业务发展。

边缘模块交换机作为实现边缘云组网及其部署的关键技术和设备，具有较高的端口利用率，能够减少甚至消除跨机柜连线，使得边缘云网络的部署更加简便，网络扩容和升级更易实现。此外，相对于传统的交换机，边缘模块化交换机还具有设备更换便捷、易维护的特点，能够大大简化数据中心网络的运维工作。

但是，考虑到网络业务发展的多样性，要实现边缘云的部署和满足边缘数据中心的需求，紧紧依托边缘云基础网络数据中心模块化交换机仍然是远远不够的。为了满足面向边缘数据中心的需求，边缘模块化交换机还应该具有融合性，即能够集成计算、存储、交换、转发等功能，实现边缘数据中心设备的小型化、集约化、模块化，使得不同模块之间可以独立相互通信，从而支持计算、存储、网络等多厂家板块的即插即用。



下一代数据中心网络测试分析

数据中心网络测试技术能够有效保障网络性能，并为优化和创新提供强有力的数据支撑。

中国电信股份有限公司北京研究院 | 李云鹤
思博伦通信科技(北京)有限公司 | 赵隼琪

经过10多年的飞速发展，数据中心在组网规模和系统技术上都有非常大的变化。随着5G商用的到来，下一代数据中心的承载将从移动互联网应用转向智能计算和垂直行业应用，由高性能计算、分布式存储、边缘计算等新技术为驱动，发展下一代数据中心网络技术。

数据中心的演进路线

整体来看，下一代数据中心网络朝着更高容量、网络可扩展、无损网络等趋势发展。

首先，更高带宽和更低时延要求，对应高密度设备和接口速率的升级换代。在接口速率上，当前数据中心已经完成10G/40G到25G/100G体系的升级，下一步将朝着100G接入、400G汇聚/核心交换机端口容量演进。业界比较看好400G QSDP-DD接口，但目前其在数据中心的部署进度远远落后于预期，主要受51.2T交换芯片欠缺、光模块不成熟、成本过高等因素影响，还需推动产业链的不断成熟。

其次，基于VxLAN/EVPN的Overlay网络在数据中心趋于成熟，得到广泛的部署，很好地满足了多租户云数据中心的需求。但当前VxLAN/EVPN架构依赖于通用标准和商业芯片，网络设备复杂度较高，可定制性不佳，不能完全满足上层业务的多样化需求。下一代数据中心将更加注重网络简化和弹性扩展。

最后，随着人工智能等新兴信息技术规模承载在数据中心，高性能计算、分布式

存储等业务的发展，催生了RDMA技术在数据中心的广泛部署。RDMA通过网络把信息直接传入计算机的存储区，很大程度上改进了网络传输中服务器端数据处理产生的CPU高负荷、延迟大的问题。数据中心网络技术飞速发展，测试方法和内容也要与时俱进。结合智能计算和新兴业务应用对数据中心网络的测试研究进展，可从性能测试、Overlay网络测试以及无损网络测试等方面探索下一代数据中心测试方法。

通用高密度交换机测试

在数据中心典型Spine-Leaf组网架构的设计中，Leaf交换机通常采用48端口的盒式交换机。Spine交换机有盒式和插卡机架式两种设备形态，盒式交换机通常为128端口。插卡式线卡的密度以每槽位48×100G为主，未来将演进到32×400G或者36×400G。基于设备端口容量演进的需求，测试床应考虑端口速率覆盖25G、100G(NRZ)、50G(PAM4)、100G(PAM4)、200G和400G以太网接

口，同时具备基于NRZ和PAM4两种编码的以太网速率接口共存和互通测试的能力，在同种编码的速率接口和不同编码的速率接口之间均应具备较高的测试精度。

基准性能测试是数据中心交换机最基本的测试项目。IETF形成了一系列测试标准，定义了基准性能测试方法。系列标准包括RFC 1242/2544、RFC 2432/2889、RFC 2432/3918。

除了这些基础的测试标准，IETF还根据数据中心交换机的特点和发展趋势，定义了专门的数据中心交换机基准性能测试标准：RFC 8238和RFC 8239，能够更加有效地评估数据中心交换机的基准性能。

对于业务测试，目前在测试拓扑、测试帧长、测试指标和叠加综合测试等方面有如下考虑。

在测试拓扑方面，目前有三种典型测试拓扑结构：点对点、Backbone和Full-mesh，其拓扑结构如图1所示。点对点流量拓扑过于简单，无法对被测设备构成足够压力，仅用于功能测试。在性能测试中，需要采用Backbone和Full-mesh流量拓扑。RFC8239要求在数据中心性能测试中，被测设备的所有端口都和测试仪表相连，进行全负荷测试。盒式交换机可

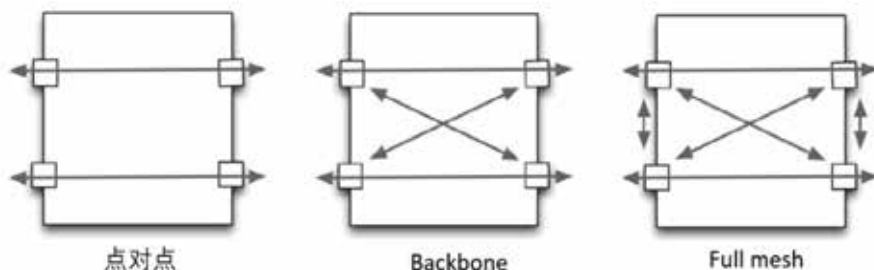


图1 点对点、Backbone和Full-mesh拓扑结构

以在所有端口间做Full-mesh流量测试。机架式插卡交换机，每一种形态的线卡需要配置两块，两块线卡上所有端口都和测试仪表相连，两块线卡间进行跨背板的Backbone流量测试。

在测试帧长方面，基准性能测试标准定义的是固定帧长的测试。一般设备对大帧的转发性能优于小帧。但现网中有各种帧长，所以有了Internet混合帧长(IMIX)的概念。IMIX帧长容易产生微突发，符合现网情况。在IMIX模型中，需要根据数据中心实际采集的不同帧长流量的分布，定义不同帧长帧和随机帧长帧的比例关系。传统的以太网帧最大帧长是1518字节，而随着数据中心FCoE、VxLAN等协议的引入，1518字节的局限早已被突破，所以在混合帧长模型应该包括9000字节甚至更长的数据帧。

在关键指标方面，传统测试的主要指标是丢包率，反映网络的带宽。而对于数据中心承载的业务，其他指标要求更为严格，比如高频交易的超低时延，高清视频的抖动、乱序等指标。在数据中心交换机测试中，根据目标承载应用，还需要进一步关注时延（尤其是平均时延和最大时延）、抖动、乱序等指标值。

在叠加业务方面，交换机的性能需要综合数据平面和控制平面的性能和稳定性。在有效的测试床中，测试仪表仿真L2/L3协议，同时建立MAC表项，L3转发表项。数据平面测试在控制平面之上捆绑流量，同时叠

加二三层、单播和组播等综合业务，业务配比参考现网流量和业务类型。另外，叠加业务还应该包括攻击等异常/非法业务和震荡等异常网络行为，测试交换机设备的长时间运行稳定性。叠加业务示意图见图2。

Overlay网络测试

目前数据中心广泛采用VxLAN/EVPN技术构建的Overlay网络，满足双活、虚机迁移、多租户等云网络特性。虽然当前仍有很多新数据中心网络架构的讨论，比如把Segment Routing引入数据中心网络等，但主流架构还是VxLAN/EVPN的分布式网关架构，这也是数据中心网络的测试重点。

分布式VxLAN Overlay测试床需要包含Leaf交换机和核心交换机，由以下部分组成：交换机启动IRB，实现同一租户同一子网间的通信和同一租户不同子网间的通信，同时实现不同租户的隔离。测试仪表进行流量验证L2转发、L3转发和异租户隔离；测试仪表模拟规模的Leaf节点，通过核心交换机作为BGP-RR和Leaf交换机组网测试、测试仪表模拟的Leaf节点。分布式网关同样启动IRB，和被测Leaf交换机一同完成L2转发、L3转发和异租户隔离测试。

数据中心无损网络测试

高性能计算、分布式存储等业务通过

RoCEv2在数据中心以太网络上传输，要求提供零丢包、超低时延的承载环境。任何丢包都会严重降低应用的性能。数据中心Spine-Leaf架构，在多对一和多对多环境下容易产生微突发，导致时延增加，甚至丢包，所以在物理网络上需要一些技术手段来保障无损。

一是流量控制技术(PFC)。PFC允许在一条以太网链路上创建8个虚拟通道，并为每条虚拟通道指定一个IEEE 802.1P优先等级，允许单独暂停和重启其中任意一条虚拟通道，同时允许其它虚拟通道的流量无中断通过。

二是显式拥塞通知ECN。RoCEv2流量出现了拥塞，网络设备在数据包的IP头部对ECN域进行标记。当被ECN标记过的数据包到达它们原本要到达的目的地时，拥塞通知就会被反馈给源节点，源节点再通过对有问题的QP进行网络数据包的速率限制来回馈拥塞通知。

三是负载均衡。与传统的负载均衡技术相比，RoCEv2要求负载均衡技术粒度更细，并且能够感知网络拥塞状态，自适应调整。

在数据中心无损网络的测试中，单台设备的测试无法反映整体网络性能，所以测试对象更多是一个网络。在测试床中，被测系统需要调整参数，确保ECN和PFC联动机制，降低拥塞。整体上反应的关键性能指标包括RoCEv2业务的整体带宽、业务时延和抖动等。

理想的测试床是一个POD。当前的测试床基本上是通过真实服务器搭建，在测试验证上存在一定局限性。无损网络测试需要商业测试仪器尽快提供基于无损网络的RoCEv2的仿真功能来降低测试成本，扩展测试规模，提高测试效率和有效性。

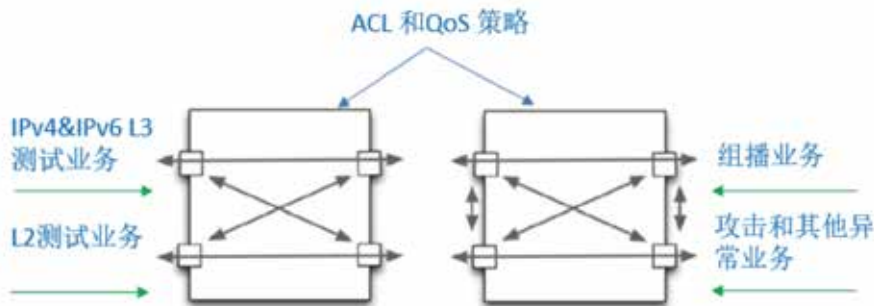


图2 多业务叠加

数据中心网络 SONiC白盒技术的发展趋势

网络设备厂商的能力是制约白盒交换机应用能否实现的主要因素。白盒交换机的开发取决于设备厂商的3个关键架构（可靠性、可扩展性和开放性）选择和2个关键能力（芯片/SDK BUG修复能力和网络软件功能支持能力）。

锐捷网络 | 刘曦

设备与技术篇



随着互联网行业的蓬勃发展，数据和流量开始向数据中心聚集，同时，公有云的兴起以及对成本的极度敏感，都使得数据中心的规模化效益变得愈发重要。近年来数据中心网络规模越来越大，从大型/超大型数据中心的建设中就可见一斑。进入5G时代，数据汇聚情况将进一步加剧，在这个大背景下，如何继续提高数据中心规模化效益，以及如何解决超大型云计算中心异构网络的运维、排障及自动化问题，是每个数据中心架构设计师都要面对的挑战。

为应对上述挑战，SDN/NFV等技术被广泛使用，同时也带动了白盒交换机的发展机遇。白盒交换机与传统交换机的区别在于：白盒交换机采用开放的架构，致力于实现软件与硬件的解耦，具备可编程能力，此外，软件功能可按需增删，在降低成本的同时，还能缩短开发周期，加速软硬件技术的创新。

白盒交换机的系统架构

在传统交换机的架构下，NOS由各设备厂商自行开发，芯片厂商负责提供ASIC芯片和SDK，设备厂商在此基础上进行二次开发以适配各自的NOS系统，并开发各类APP用于实现具体的网络功

能。同时，传统交换机的软硬件开发均由设备厂商提供，致使系统完全封闭，无法适应新功能快速开发部署的需求，且采购成本居高不下。如图1所示。

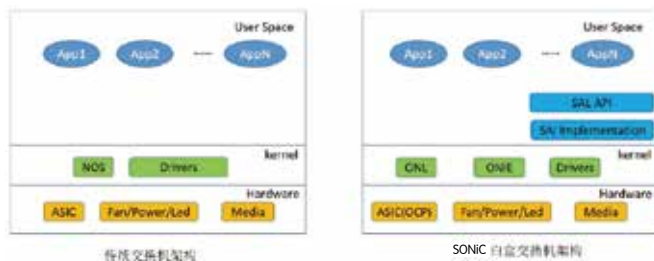


图1 传统交换机架构与SONiC白盒交换机架构

为了解决以上问题，需要将传统交换机的架构进行分层开放，并推动标准化进程。

首先，推动硬件开源和标准化。开放计算项目（Open Compute Project，以下简称OCP）通过定义一系列硬件设计标准，其中包括部分推荐或参考设计，如硬件框图、原理图、走线图、物料BOM清单等，以便于更多的网络设备供应商

通过开放的设计，能更快更好地推出符合OCP规格的硬件产品。

其次，推动Bootloader的开源，用来安装和启动符合要求的交换机软件系统。ONIE由Cumulus在2013年孵化并开源，基于Linux的小型操作系统，可以在交换机上启动并发现本地网络上可用的安装程序映像，同时能够将合适的映像传输到交换机，然后提供一个安装环境，以便安装程序可以将网络操作系统加载到交换机，使得交换机和网络操作系统供应商专注于交换机和操作系统的开放工作，而不需要在BootLoader上投入过多的研发资源。

最后，推动NOS的开源和标准化。一方面南向适配不同ASIC平台，另一方面北向为APP提供统一的API，从而实现软硬件的解耦。微软在2017年向OCP贡

献了交换机抽象接口（SAI），并正式发布了SONiC，SONiC的所有软件功能模块都开源，这极大地推动了OCP社区以及其他厂商/用户在开放网络方面的创新。

SONiC通过将SAI作为南北向互联的中间件，屏蔽不同ASIC之间的驱动差异，也正是由于SAI的存在，SONiC的网络功能应用才能够支持多个厂家的ASIC。

SONiC自推出后，迅速得到了产业界的支持，大部分网络芯片供应商都在



图2 OCP交换机生态系统的SONiC愿景

其SDK上支持SAI, 并配合微软为SAI版本添加新的扩展功能: 如博通、Marvell、Barefoot正在推动SAI的监控和遥测功能发展, 以深入挖掘ASIC特性并提供强大的网络分析功能; Mellanox、Cavium、戴尔、盛科为SAI提供协议通知, 包括MPLS、增强ACL模式、桥接模式、L2/L3组播、Segment Routing和802.1BR等, 以支持更丰富的协议和大规模网络应用; 戴尔和Metaswitch通过添加L3快速重路由和BFD, 为SAI带来了故障弹性和性能。

SONiC架构的新技术特性

SAI是SONiC的核心, 并为SONiC提供了统一的API。网络硬件供应商可以在能够匹配该编程接口的前提下, 提供更高速度、更低功耗、更低成本、更高端口密度等特性的硬件, 且无需软件进行特定的适配, 这种方式使得供应商在硬件产品开发方面能够快速迭代、创新。

在数据架构方面, SONiC使用数据库架构代替原有的模块化耦合架构, 将应用模块之间的传递数据模式变成应用模块之间通过数据库进行数据交换的模式, 从关注流程转变为关注数据, 实现了功能模块之间的解耦, 如图3所示。

采用数据库架构, 不仅为新功能开发提供了环境基础, 同时能够提供在不影响转发面的前提下解决进程级别故障及功能升级的能力(如图4所示)。当进程发生故障或升级时, 由于数据库中的信息可以保持不

变, 而ASIC当前的转发面信息是通过数据库变更触发的, 所以只要数据库信息没有变化, ASIC就能够继续保持正确的转发状态, 直至进程恢复后从数据库中重新获取状态继续运行(基于数据库当前内容以及最新的状态计算是否需要更新数据库), 在整个切换过程中转发面不受到影响。

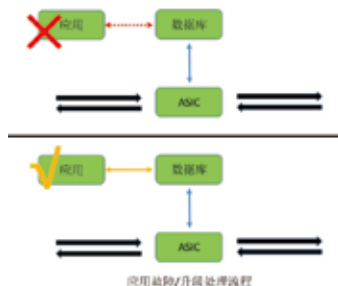


图4 应用故障/升级处理流程

在模块化方案设计上, SONiC是首个将交换机软件拆分为多个容器化组件的解决方案。SONiC的核心是针对云网络场景, 存在强烈的扩展性和规模化管理的需求。容器化使得SONiC具有极高的可扩展性, 网络运营管理人员能够快速引入第三方、专有或开源组件, 而不对原有业务造成影响, 如图5所示。

除此以外, SONiC还大量使用了现有的开源项目和开源技术, 如Redis、Quagga、LLDPD以及自动化配置工具Ansible、Puppet和Chef等, 使得SONiC获得了更强大的技术演进能力。

锐捷在白盒领域表现卓越

网络设备厂商的能力是制约白盒交

换机应用能否实现的主要因素。白盒交换机的开发取决于设备厂商的3个关键架构(可靠性、可扩展性和开放性)选择和2个关键能力(芯片/SDK BUG修复能力和网络软件功能支持能力)。而锐捷网络在数据通信领域具有二十年软硬件自主研发能力, 恰好匹配了当前的这些能力诉求。锐捷网络以主动拥抱变化的态度参与白盒交换机的标准制定和商用落地, 已经成为了SONiC生态的主要合作伙伴之一。

锐捷网络在白盒交换机产品设计方面, CPU采用标准的x86架构, 配合博通数据中心专用ASIC构建了开放化白盒交换机的基础, 同时支持ONIE安装环境、提供支持SAI的BSP+SDK包, 并提供基于SONiC的软件开发、咨询服务。同时, 锐捷网络基于多年商用交换机的开发及规模商用经验, 积累了完整的软、硬件测试案例及全自动化测试套件、测试方法以及专业的测试人员, 可以提供专业的硬件、软件定制化服务, 同时为白盒交换机的品质提供了强有力的支撑和保障。

目前, 锐捷网络已经推出了25G/100G/400G三款白盒交换机平台, 并且已经在互联网头部公司大规模部署。锐捷网络已经成为互联网和运营商白盒交换机产品的首选合作伙伴, 随着云计算行业的发展, 锐捷网络将在网络开放领域发挥越来越大的作用。

编辑 | 田小琴 tm@xinrong.com.cn



图3 数据处理流程

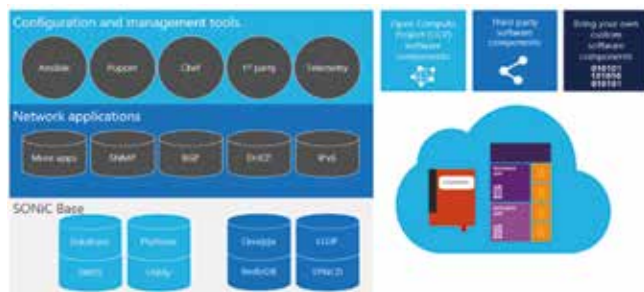


图5 SONiC模块化方案

浙江电信以DC组网为核心的5GC云化部署实践



浙江电信 5GC 云化部署的组网实践，为面向 CTNet2025 目标架构的云基础设施组网提供了有力的技术经验支撑。

中国电信股份有限公司浙江分公司 | 吕鹏 张芳 王黎明

5G核心网(以下简称5GC)是5G成功部署和顺利发展的关键。在中国电信CTNet2025网络重构工作当中,5GC的云化部署是一项重点工作。在坚持5GC控制面云化三层解耦的目标架构基础上,承载5GC的CT云资源池建设,除了要满足NFV网元的可靠承载及转发性能需求外,为应对5G面对不确定的业务、提供确定服务的挑战,5GC应以模块化、软件化、服务化的方式构建网络,应面向MEC提供灵活的适配能力,支持多DC架构,实现云边协同。

因此,中国电信股份有限公司浙江分公司(以下简称“浙江电信”)在建设5GC云化部署的CT云工作实践中,以5G业务特点为出发点,充分考虑了NFV云化部署后,5GC VNF为实现业务特性对DC网络基础架构高可用性、稳定性、安全性的特定需求,探讨了在统一云基础设施架构中,实现多业务承载的组网方案。

Border-Leaf设备作为DC与WAN侧的边界

CT云主要用于承载NFV虚拟化的CT类网元(VNF),比如城域网的vBRAS、vCPE,4G的vEPC、vIMS,5G的AMF、SMF、UPF等。当前,DC云

资源池内的Spine-Leaf组网是普遍方案,但与承载IT类业务的云资源池不同,CT云因其上CT类NFV网元的业务特性,功能上需要有一组Border-Leaf设备作为DC与WAN侧的边界,起到业务连接、路由收敛的作用。显然,CT云对这组网络设备的路由性能、收敛时间等有更高的要求。

一是大规模路由需求。Border-Leaf要处理所有南北向流量路由,要具备大规模FIB V4/V6路由能力,CT云的路由来源包括移动用户的动态/静态路由、企业VPN客户路由、家宽用户路由、WAN侧路由、基站侧路由,考虑到未来业务发展,路由需求通常在200K以上,而普通的交换机的路由规格仅为120K(V6)/256K(V4)左右,路由器的路由规格通常超过4M。

二是大规格BGP会话数与VRF数量。Border-Leaf需要分别建立与PE/VNF的BGP peer关系,交换WAN与DC间的路由,配置复杂的路由策略,要求很强的BGP会话能力。

Border-Leaf集中处理所有DC中Leaf下挂的业务VPN,而Leaf只需要处理本地下挂VNF的VPN。比如VNF业务VPN、企业移动VPN、传统网络VPN对接,因此Border-Leaf对VRF、BD、

BDIF的能力要求更高。

三是快速BFD收敛。Border-Leaf汇聚大量用户路由,要具备快速收敛能力,包括毫秒级BFD,设备发生故障时,通过BFD快速感知故障,加快收敛速度;路由快速收敛,设备发生故障时,要求快速刷新路由表。

四是丰富路由特性。Border-Leaf作为DC和WAN的网络边界,要适配各种复杂的WAN组网要求(DC多出口、路由策略控制、安全策略、QOS映射策略)。未来DC网络的演进、AI、SRv6等特性会走进CT云,需要Border-Leaf具备面向未来演进的能力。

对于5GC场景,Border-Leaf所承担的南北向连接需求主要有两个方面:北向连接,分别与ChinaNet、CN2 PE、IP RAN ER等进行对接,做综合接入与汇聚;南向连接,作为DC内5GC VNF的L3-GW,主要承担VNF南北流量转发,部分东西跨VPC的流量转发。

通过以上分析可以看出,CT云中的Border-Leaf从功能上,是一个服务于CT业务的跨专业连接设备,在设备形态上,推荐选用高性能路由器。但因其边界设备的特殊位置,必定会产生多专业交叉维护问题。如北向连接与南向连接,从运营商传统维护界面的专业划分,就分

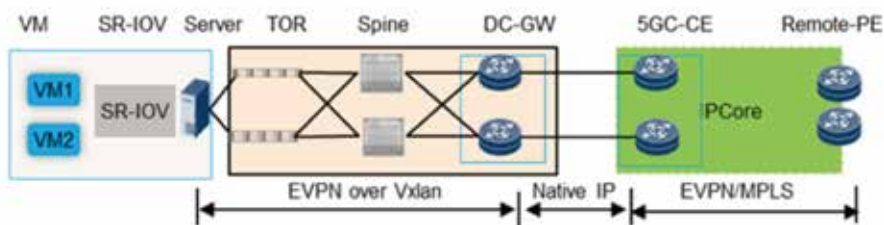


图1 5GC-CE&DC-GW分设组网架构

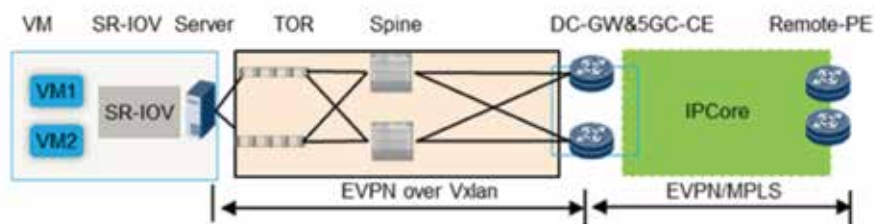


图2 5GC-CE&DC-GW合设组网架构

别属于承载网专业与5G核心网专业的维护范畴，再向南端延伸至DC内，DC内的Spine-Leaf交换网络包括服务器、存储、NFVI、VIM等云基础设施，又属于云资源池专业维护的范畴。因此，为了使用及维护界面的清晰，以南北向连接的能力为维度，将Border-Leaf进行能力分解，从物理设备形态上分为5GC-CE（承担北向连接）和DC-GW（承担南向连接）两组设备，以路由器为设备选型建议，分析其分设的合理性见表，两种组网架构如图1、图2所示。

5GC-CE&DC-GW分设组网：
5GC-CE和DC-GW分设在两组不同

路由器上，DC-GW和5GC-CE部署eBGP OptionA方式对接，见表。

5GC-CE&DC-GW合设组网：
5GC-CE和DC-GW部署在同一组路由器上，DC-GW&5GC-CE通过VxLAN和SR/MPLS拼接或路由重发布。

综上多维度分析，5GC业务覆盖面广、业务影响大，5GC-CE、DC-GW合设系统复杂度高、角色交织、故障耦合、操作难度大、风险高。因此，5GC-CE、DC-GW分设更为合理。

浙江电信5GC组网实践

在浙江电信5GC组网实践中，5GC-

CE、DC-GW分设，中心云DC业务网络、管理网络和存储网络三网独立部署，通过云管平台和DC SDN控制器实现计算、存储和网络的自动化协同发放，如图3所示。

在业务网络层面，业务TOR成对堆叠；信令网络采用硬件分布式SDN方案，在业务TOR、DC-GW之间部署BGP-EVPN，业务TOR做VNF的三层网关，与VNF的接口地址部署静态路由+BFD打通业务地址（Loopback地址），DC-GW与VNF的业务地址之间运行EBGP+BFD发布业务路由；DC-GW与5GC CE采取Option A EBGP对接；服务器使用10GE/25GE接入业务TOR，业务TOR与业务EOR之间使用40GE连接；业务EOR向上都采用100GE连接。

在管理网络层面，管理TOR、管理EOR分别成对堆叠，管理EOR作为管理区的三层网关，管理EOR与IP RAN网络B设备使用静态路由发布管理区路由；管理TOR与管理EOR之间使用10GE连接。

在存储网络层面，存储TOR、存储EOR分别成对堆叠；存储TOR与存储EOR之间使用40GE连接。

对于CT云内承载的不同专业CT业务系统，Border-Leaf作为边界，其与内外部网络设备的连接方式及部署要求也不尽相同，对于不同专业，在统一DC云基

础设施承载的基础上，这组设备可能需要按专业独立分设。其Border-Leaf设备就是一组独立的Pool-GW，DC内其他网络和IT设备原则上可与5GC共用，界面上唯一的不同为：其中vBRAS网元与Pool-GW为数据接入网专业维护，相应MANO中的管理维护界面也做对应区分。

表 5GC-CE&DC-GW合设 vs 分设组网对比分析

对比分析	5GC-CE&DC-GW分设组网	5GC-CE&DC-GW合设组网	备注
网络层级	网络层级清晰	网络层级相对分设少一个层级	
网络扩容	1.DC扩容成本低 2.DC扩容影响小	1.DC扩容成本高 2.DC扩容影响大	DC扩容是大概率事件
安全可靠	DC安全与承载安全需求不同，可独立考虑	DC安全与承载安全需求不同，需要拉通综合考虑	
管理边界	管控界面清晰	1.在合设设备上需要引入新的技术，完成DC内VxLAN与承载网络SR、MPLS的隧道拼接、路由重发布，流量复杂。 2.管控界面耦合严重，不便于运维边界，不利于多专业业务融合承载	1.DC内网元动态扩缩容 2.业务量需求驱动DC业务变更频繁

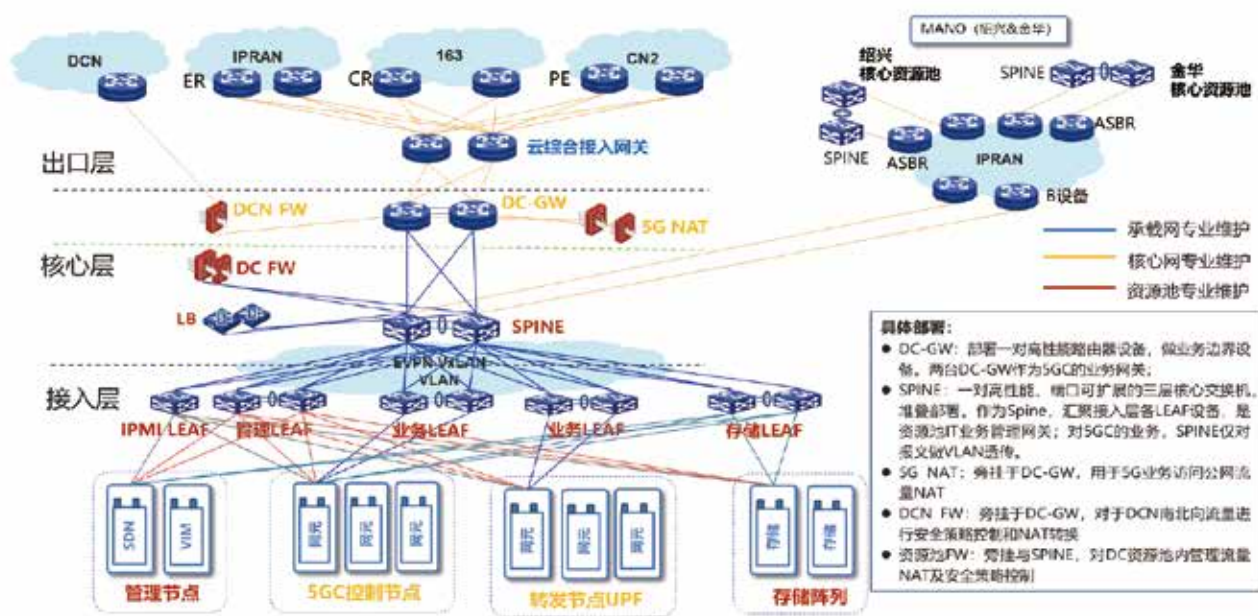


图3 浙江电信5G组网实践

当前演进：5G控制面云化 聚焦DC云内自动化

随着eMBB、e2X、MEC等5G典型业务逐步商用，特别是MEC的部署驱动核心网将逐步从集中式向分布式云化架构演进，以满足不同的业务体验需求。5GC CT云建设是一个长期过程，需由中心云向边缘云逐步推进，根据业务需求分阶段建设。

当前浙江电信5GC CT云建设项目，以NFVO/VIM云平台结合SDN控制器，聚焦DC内核心网云化、网络自动化部署。

在业务上线时，根据用户在云平台上的逻辑组网设计，由SDN控制器自动打通端到端网络的各个环节并完成所需下发的配置；为CT云业务提供弹性计算、弹性网络、弹性负载均衡、弹性安全等业务服务能力；完成并增强各资源池的云服务能力，能够快速对所属资源及能力进行自动化发放。

部署在数据中心的SDN网络，为NFVI提供网络服务，即向各种类型的VNF网元提供相应的网络接入、路由、

VAS等服务，使VNF能灵活按需与各类外部网络互联。

根据云核心网网元的特征，CT云网络分为虚拟化层网络（负责VM基础连通性，转发网元内东西向流量及网元业务管理流量）和业务层网络（VNF间通信网络以及VNF与外部网络的连通性），SDN控制器需要支持虚拟化层网络和业务层网络的自动化发放。

未来演进：5G用户面下沉 多DC架构

随着5G业务开展，低时延业务如CloudVR、MEC等应用推进，U面将逐步下沉，靠近用户侧。CT云架构将呈现多级分布式架构，边缘云快速处理用户请求，减小时延；中心云集中部署管理面和控制面，集中管控。此时，边缘云和中心云、中心云和中心云之间将产生互访流量，需要考虑如何快速建立DC间连接。

边缘DC UPF/CDN/MEC等转发节点，可以考虑引入边缘网关作为边缘云接入设备，该边缘网关可以和IP RAN融合，

和IP RAN网络使能E2E SRv6，实现5G基站快速接入、快速开通。

边缘网关被IP RAN的WAN控制器纳管，将边缘网关和IP RAN网络统一管理，并和VIM对接，实现WAN和DC统一管控。

中心云采用VxLAN转发技术，沿用第一期方案，由DC内SDN控制器管控，实现DC内云网自动化部署。

WAN控制器和DCN控制器统一DCI接口，并和业务协同层对接，由协同层编排DCI互联需求，实现DCI连接按需打通。

边缘DC流量采用SRv6技术承载，SRv6协议在中心云DC-GW之前的PE节点终结，PE和DC-GW采用VLAN/IP对接，通过协同层实现PE和DC-GW的自动化对接，实现边缘云和中心云的自动化打通。

浙江电信5GC云化部署的组网实践，为面向CTNet2025目标架构的云基础设施组网提供了有力的技术经验支撑。

SDN完美契合云数据中心发展路径

云数据中心需要与之相适应的“云计算网络”，网络虚拟化正成为变革传统网络的高地，网络的价值正不可阻挡地向软件转移。

中国联通网络技术研究院 | 张帅 曹畅

业务与运营篇



随着网络、通信和计算机系统的大规模应用和发展，互联网数据中心迅速发展，尤其在云服务时代，运营商需要提供海量宽带供给应用，此外还有新增的面向工业互联网、车联网等垂直行业应用，使得愈来愈多的应用及业务处理汇聚到云端数据中心，云计算数据中心的规模急剧增长形成超大规模数据中心。随着数据中心服务器、网络规模的日益庞大，越来越复杂的应用业务交互，传统的数据中心架构与技术已经不能满足企业用户对数据中心高效、智能、便捷的需求，SDN应运而生。

云数据中心SDN技术架构

云计算提出了资源池化的思想，虚拟

化技术的发展打破了基础设施的物理边界，因此资源池中需要维护的虚拟机数量有了指数级的提升。数据中心管理员需要通过管控平台监控网络中的通信模式，并且自动调整虚拟网络连接或移动虚拟机，以优化网络的整体性能，或分配某些虚拟机并且配置专用网络带宽，以便在非高峰时间将存储数据移动到存储归档。因此，基于SDN的云计算数据中心网络是未来云数据中心网络的发展趋势。

SDN提出了采用软件定义网络的思路，具有转发和控制分离、控制逻辑集中、网络资源抽象化/虚拟化、网络能力开放化等特点，完美契合数据中心大规模网络的自动化和集中式控制、灵活组网多路径转发、虚拟机部署和智能迁移、虚拟多

租户、IaaS等需求。云数据中心SDN方案简要视图如图1所示。SDN控制器分别对交换机、服务器、虚拟机进行管理。

数据中心网络的基础设施提供业务承载的高速通道，采用两层Spine-Leaf (CLOS)的扁平化Fabric架构。Spine节点与Leaf节点间全连接，Spine节点仅用作转发，Leaf节点作为L2/L3层边界。在这种架构下，网络全互联形成的大量等价路径既保证了链路的冗余可靠，又提高了整个Fabric网络的吞吐量；扁平的网络结构保证了任意节点间较高的连接速率，同时对任意类型流量均拥有极低的时延。

数据面采用VxLAN技术，使用MAC-in-UDP封装来延伸L2层网络，充分利用L3网络的多路径负载均衡ECMP、快速收敛和高可靠性等特点，同时VxLAN使用24bit的VNI段标识二层网络，可支持16M的网络分段，解决了VLAN标签(4096)日益不足的缺陷。VTEP是VxLAN的隧道端点设备，负载VxLAN报文的封装和解封装。

软件Overlay SDN网络

软件Overlay SDN方案的技术架构主要思路是通过SDN控制进行集中策略分发和管控，实现网络资源的虚拟化管理

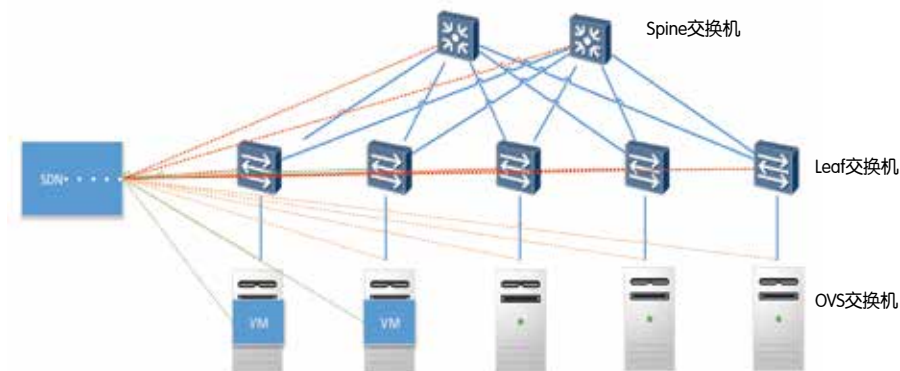


图1 云数据中心SDN方案简要视图

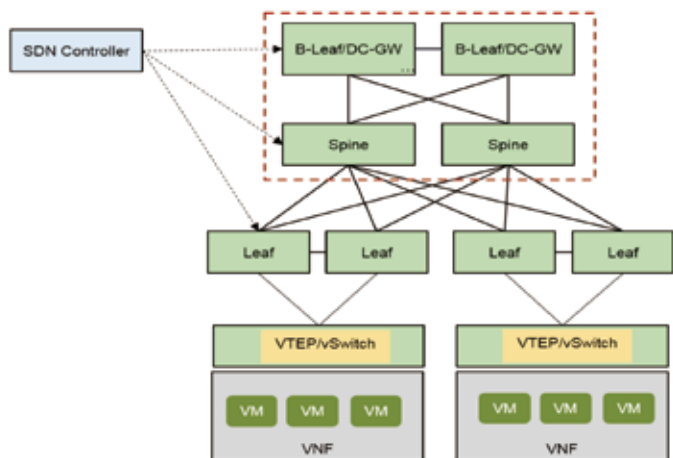


图2 软件Overlay SDN方案架构

和灵活调度及自动化部署。Underlay基础网络以VxLAN-Overlay技术实现网络资源抽象化和虚拟化，实现网络服务和资源与物理位置解耦，为数据中心构建大二层逻辑网络，满足云计算对网络资源池化的要求，此方案的架构如图2所示。

Overlay SDN方案可以在现有网络的架构上叠加虚拟化技术，其大体框架是在基础网络不进行大规模修改的条件下，实现应用在网上承载，并能与其它网络业务分离。Overlay的网络基于IP的基础网络技术实现了物理网络向云和虚拟化网络的延伸，使云资源池化能力可以摆脱物理网络的重重限制，是实现云网融合的关键。

简而言之，在云计算虚拟化的驱动下，基于主机虚拟化的Overlay技术出现，从更靠近应用的边缘提供网络虚拟化服务，其目的是使虚拟机的部署与业务活动脱离物理网络及其限制，使得云计算的网络形态不断完善。主机的vSwitch支持基于IP的Overlay后，虚机的二层访问直接构建于Overlay之上，物理网不再感知虚机的诸多特性，由此，Overlay可以构建在数据中心内，也可以跨越数据中心之间。因此，SDN控制器加上网络Overlay的技术架构得到了广泛的认可和部署。

硬件Underlay SDN网络

硬件Underlay SDN网络包含云平台 and 硬件SDN控制器，通过控制器插件集成OpenStack Neutron，与Neutron协同完成网络的编排和控制，实现数据中心内的计算、存储、网路资源的虚拟化与资源池化。

在云计算环境下，业务能力的弹性扩展和多租户支持能力成为关键。采用虚拟机实现的虚拟网络设备可以方便地在需要时增加，不需要时减少，弹性很强；通过定义私有封装，可以很方便地携带租户信息，因此可以有很强的多租户支持能力，此方案的架构如图3所示。

各厂家硬件设备及控制器，可以按需接入Neutron管理硬件设备，而vSwitch虚拟网元由Neutron负责管理，实现物理和虚拟网络的解耦。控制面完成网络建模和网络实例化，协同虚拟与物理网络，提供网络资源池化与自动化；

同时构建全网络视图，对业务流表实现集中控制与下发，这是实现SDN网络控制与转发分离的关键部件。且引入MP-BGP EVPN控制面来通告NLRI (Host/Prefix) 路由信息，能有效抑制BUM报文。

SDN控制器支持南向多样化控制协议，如NX-API、Netconf、SNMP等可编程协议管理网络，解决云数据中心厂家绑定问题，同时通过SDN控制器北向Restful API向上与云平台无缝对接，提供抽象的虚拟化网络服务，实现网络资源池化、抽象化、自动化部署等功能。

云数据中心需要与之相适应的“云计算网络”，网络虚拟化正成为变革传统网络的高地，网络的价值正不可阻挡地向软件转移。SDN技术为数据中心网络提供了智能、集中控制的全局优化，开放可编程，端到端QoS，网络快速修复的能力。通过高可靠数据中心SDN控制器完成控制面的配置和管理，避免了大规模的组播部署，同时集中部署模式可加速网络和安全基础架构的配置。同时业务可在任意位置灵活部署，解决网络虚拟化后相关的网络自动开通问题。

编辑 | 孟月 mengyue@yxitong.com.cn

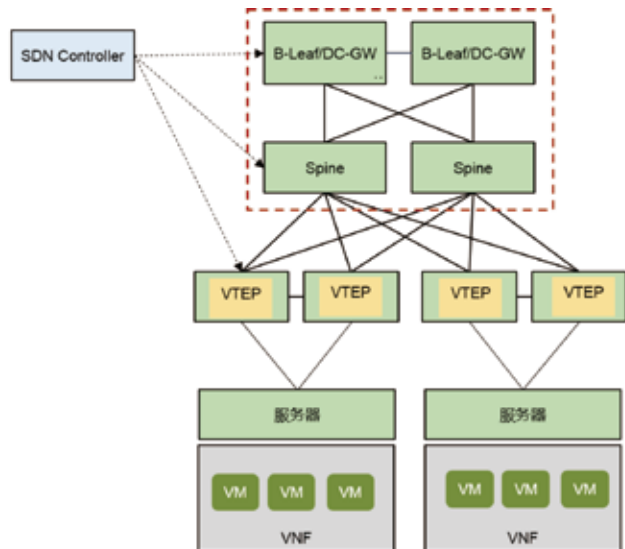


图3 硬件Underlay SDN方案架构

在路上，阅遍世界

 **在这里，读懂通信**



新征程 新梦想



这是一个信息爆炸的时代，这是一个信息碎片的时代

我们如何看清行业趋势，把握未来机会

通信世界

COMMUNICATIONS WORLD

一本有着20年历史的ICT行业权威媒体

我们有资深的专家作者
我们有勤奋的编辑记者

我们的秉承

| 全面报道 | 专业解读 | 深度分析 |

欢迎订阅《通信世界》，有你，我们才能做得更好。
一刊在手，尽知行业大势

510元/年

邮发代号：82-659

▲两种订阅方式:

1. 邮局订阅:

凭邮发代号82-659，在全国各地邮局（所）订阅

征订热线: 010-81055346

2. 发行部订阅:

填写订阅回执单或者拨打征订热线提交订阅信息订阅

邮箱: guozhenlei@ptpress.com.cn

▲付款方式:

1. 银行汇款

户名: 北京信通传媒有限责任公司; 开户行: 中国工商银行北京体育馆路支行;

账号: 0200008109200044661

2. 邮局汇款

地址: 北京市丰台区成寿寺路11号8层 (100078);

收件: 北京信通传媒有限责任公司发行部

每月5、15、25日出版
2019年共34期 15元/期



微信订阅更便捷