

Huawei Technologies

华为技术

2020年06月 >>
第85期

领跑 5G，释放数字经济新动能 /04

技术创新加速联接未联接 /08

5G：使能垂直行业，开启数字平台 /24



迈向智能联接时代

未来，万物相互感知、相互联接

AI如同空气、阳光，无处不在、无私普惠
物种抹去隔阂，族群抹去猜忌，地域抹去疆界
甚至连星际宇宙都抹去神秘

我们何其有幸，亲手联接跃进
人类文明的每一种可能。让我们一起，把数字世界
带入每个人、每个家庭、每个组织

构建万物互联的智能世界





扫描体验移动阅读

主 办：华为技术有限公司
ICT 战略与 Marketing

主 编：张 蕾
编 辑：米雪苹 何梦轩 许胜蓝

美术编辑：周书敏
本期编委：刘树清 陈帮华 李 涛
马 芳 刘 皓 邴红艳
刘俊丽 张 乐 孙慧廷
发 行：陈忆彤

电子版请访问 www.huawei.com 阅读或下载
索阅、投稿、建议和意见反馈，请联系
华为技术有限公司ICT Marketing部

Email: HWtech@huawei.com

地 址：深圳市龙岗区坂田华为基地 H1

邮 编：518129

电 话：(0755) 89241326

出版物准印证号：粤 B L015060003

印刷数量：20000 本

印刷单位：雅昌文化（集团）有限公司

地 址：深圳市南山区深云路19号

雅昌大厦

版权所有 ©2020 华为技术有限公司，
保留一切权利。

非经华为技术有限公司书面同意，任何单位
和个人不得擅自摘抄、复制本资料内容的部
分或全部，并不得以任何形式传播。

无担保声明

本资料内容仅供参考，均“如是”提供，
除非适用法要求，华为技术有限公司对本资
料所有内容不提供任何明示或暗示的保证，
包括但不限于适销性或者适用于某一特定目
的的保证。在法律允许的范围内，华为技术
有限公司在任何情况下都不对因使用本资料
任何内容而产生的任何特殊的、附带的、间
接的、继发性的损害进行赔偿，也不对任何
利润、数据、商誉或预期节约的损失进行赔
偿。

（内部发行 免费赠阅）

迈向智能联接时代



新冠肺炎疫情，对人类社会来说是一场挑战。在这场突如其来的疫情面前，前所未有地、电信基础设施的价值凸显，足够带宽、低时延和容量弹性的联接网络变得越来越重要。在中国启动企业复工复产后，46%的数据中心流量短时间增长70%，疫情大数据平台要求运营商提供低时延、无阻塞的网络保障；在意大利实行封城后，个人通话分钟数增长了50%，家庭办公流量增长了4倍，在线教育流量增长了5倍。欧洲电子通信监管机构某负责人提到：这场危机告诉我们，联接的重要性不容忽视，促进全联接将指导我们未来几年的工作。

人类面临的挑战很多，但发展依然是主旋律。随着万物互联的智能世界加速到来，全球越来越多的国家正积极推动工业互联网的发展，以牵引制造业升级和新兴产业发展。2020年4月23日，中国工业互联网产业联盟（AII）发布了9本白皮书，内容涵盖工业互联网顶层设计、园区、网络、标识解析、边缘计算、信息模型、工业智能、数字孪生等八大方向，从宏观政策、技术准备到网络架构标准等多维度看，工业互联网正趋于成熟。工业互联网场景下，对联接从品质（包括带宽、时延、抖动、可用性等差异化服务和确定性保障能力）、弹性（联接资源可伸缩）、协同（云网协同、联接与算力协同等）和自动（敏捷交付、在线运营和自动化运维）等方面都提出新要求。联接产业的主场正从个人、家庭延伸到千行百业，联接网络功能也从科研型、消费型，聚焦到生产型。

场景的多样性和网络的复杂性将成为新常态，华为认为，联接产业需要整体升级。1896年，古利莫·马可尼取得了第一张无线电专利证，从此开启无线通信纪元；1966年，高锟发表了《光频率介质纤维表面波导》论文，光纤通信时代拉开帷幕。伴随着社会进步和应用发展，无线联接和有线联接均经历了4代技术演进，新的联接技术依然在不断取得突破，并与AI、大数据等融合发展；一边是技术驱动，一边是商业驱动，华为将与客户、伙伴一起，瞄准品质、弹性、协同和自动四大需求，基于5G、F5G、智能IP以及自动驾驶网络ADN等，共同打造面向个人、家庭和企业的全场景智能联接网络。

应对人类社会发展的新挑战，加快构建万物互联的智能世界，让我们携手迈向智能联接时代！

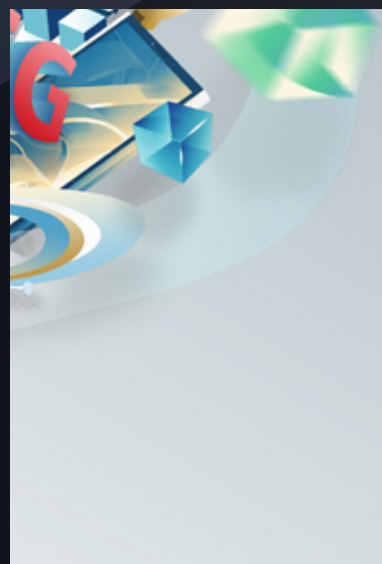
汪涛
华为常务董事

封面文章

领跑 5G，释放数字经济新动能

在2020年全球开启5G规模部署的关键时期，华为发布了全场景超宽带系列化产品和解决方案，快速地赋能各行各业，构建万物互联、万物智能的数字生态系统。

P04



热点聚焦

技术创新，加速联接未联接

科技不应高居象牙塔，而应普济天下。华为始终致力于通过技术创新打造领先的解决方案，让未联接的加速联接。

P08

热点聚焦

构建面向确定性网络的5G核心网，使能行业数字化转型

P11

以全光业务承载网构建五星品质专线

P15

热点聚焦

创新三层 AI 架构，打造智能 IP 网络

联接是构建万物互联智能世界的基础，随着企业云化与数字化转型的深入，产业对智能IP网络的呼声日益高涨。华为通过创新三层AI架构打造新一代智能网络，并以行践言，在多个场景给客户带来革命性联接体验。

P18



热点聚焦

5G时代AI加持，向“智敏、智能、智慧”演进

将AI引入到运营商“规、建、维、优、营”的生产流程与作业过程中，可以使基于用户体验的网络规划更精准；围绕用户体验的网络建设更敏捷、质量更高；用户体验问题的处理更快速、更智慧。

P22

产业视点

5G：使能垂直行业， 开启数字平台

5G技术所拥有的大带宽、高容量和低时延特性，将改变我们未来的生活。这种改变不仅是观看视频直播的流畅体验，更将对企业网络架构带来全新变革。

P24



解决方案

智能IP网络，引领IP承载网 进入全业务智能时代

华为智能IP网络解决方案以其智能超宽、智能联接、智能运维的特点，引领IP承载网进入全业务智能时代。

P28

解决方案

5G服务与软件解决方案助力运营商智慧运营

P32

引领站点能源数字化，
成就无处不在的绿色联接和计算

P35

运营探讨

江苏移动大力推进自动化为5G做准备

中国移动江苏分公司网络部总工程师陈瑛阐述了江苏移动网络运维转型的路标，并表示江苏移动希望通过网络运维转型，为5G时代网络规模和复杂性的急剧增长做好准备。

P40

运营探讨

泰国CAT：依托高品质OTN网络，重塑专线市场领先优势

P42

中国铁塔和华为联合创新：5G Power为站点供电提出新思路

P44





领跑 5G， 释放数字经济新动能

在 2020 年全球开启 5G 规模部署的关键时期，华为发布了全场景超宽带系列化产品和解决方案，不仅致力于为用户提供无缝覆盖的极致体验，同时也通过 5G 的大带宽、低时延和多联接的宽管道能力，为云、大数据和人工智能等提供网络基础设施，快速赋能各行各业，构建万物互联、万物智能的数字生态系统。



甘斌

华为无线网络首席营销官



人们对于沟通和体验的无止境追求，推动了移动通信技术的发展浪潮。从1G到5G，三十多年的历史并不漫长，然而人们的生活和工作方式却因技术的迭代发生了翻天覆地的变化。科技创造价值，创新驱动未来，移动宽带已成为国家基础设施的重要组成部分，带来应用领域的全面革新，引领着数字经济格局的变化。

5G在问世之初，就肩负着两大历史使命：一方面，进一步提升消费者的移动互联网体验；另一方面，更好地使能千行百业的数字化转型。在全球产业链的共同推动下，5G时代正加速到来。2019年，全球有62个运营商正式宣布5G商用，有近200款5G终端发布，有50多个国家发放5G频谱。2020年，5G将迈入加速发展的关键时期，在商用部署、产业生态、行业应用等方面开启新的篇章。

华为从2009年开始投入5G的研究，通过十余年的不断投入，如今已经在标准技术、商用产品和产业生态构建等领域构筑了领先优势。在2020年全球开启5G规模部署的关键时期，华为发布了全场景超宽带系列化产品和解决方案，不仅致力于为用户提供无缝覆盖的极致体验，同时也通过5G大带宽、低时延和多联接的宽管道能力，为云、大数据和人工智能等提供网络基础设施，快速赋能各行各业，构建万物互联、万物智能的数字生态系统。

5G 全场景解决方案， 释放网络极致性能

对于个人消费者来说，5G能够提供高于4G网

速10到20倍的极速体验，这不仅是5G需要兑现的体验承诺，也是华为设计产品和解决方案的核心宗旨，Massive MIMO技术便是实现这一目标的关键。

5G网络的建设，从一开始就必须兼顾容量和覆盖，为用户提供一致性体验，这就需要我们针对不同场景下的部署限制和覆盖要求进行差异性规划，通过宏基站、杆基站、微基站的产品组合达成各种场景下的一致性体验。华为推出的全场景产品组合，通过宏基站实现5G的基础覆盖，通过杆基站对难以建站的区域进行补充覆盖，通过微基站实现室内数字化，以此构建三层立体组网架构，使用户能够随时随地享受5G带来的体验。在宏基站产品中，华为推出了重量仅为25Kg的Massive MIMO，在欧洲的监管条件下，可以实现单人搬运安装，大大提升了运营商的网络建设效率。

华为拥有丰富的Massive MIMO技术和产品组合，同时也通过业内先进的软件和算法，包括MU-MIMO、SRS天选、全信道Beamforming等，全面提升容量、速率和覆盖，让Massive MIMO在性能上持续领先。2019年，第三方机构RootMetrics和Connect分别在韩国、英国和瑞士开展了5G网络性能比拼测试，华为为客户承建的5G网络，在频谱资源比竞争对手少20%的情况下，用户体验到的下载速率反而达到了竞争对手的1.5到2倍，进一步验证了华为产品在实际商用部署中的竞争力。

同时，5G媲美于固定光纤的网络速率，在进行家庭无线宽带接入方面将发挥更大的作用。在全球很多区域，由于光纤部署成本高、低速铜线升级工程复杂、土地私有等各种原因，无法通过固网的方式实现家庭宽带接入。在这种情况下，通过在靠近5G基站的地方部署室外CPE，再配合室内单元转换成无线信号，就可以使家庭用户轻松享受到高速无线宽带接入，入户过程也不需要挖沟埋缆、穿墙打洞，因此成为光纤无法部署区域的最佳选择。2019年，全球已经有120多个国家在超过230张网络上部署了4G FWA方案，开始为1亿个家庭提供服务。未来，随着5G网络的规模部署，将有更多家庭以及中小企业通过5G享受到高达Gbps的接入速率，满足多样化的娱乐、办公和在线教育等各种需求。

华为从2009年开始投入5G的研究，通过十余年的不断投入，如今已经在标准技术、商用产品和产业生态构建等领域构筑了领先的优势。

每一代移动技术的诞生，都是为了提供更丰富的应用和体验，5G更是如此。从2009年华为启动5G的标准技术研究开始，截至目前，华为已经在5G领域耕耘十多年。

5G 极简系列产品，助力网络高效快速部署

基于丰富的网络部署经验和5G商用的先发优势，华为总结出全球运营商在实际5G商用部署中所面临的挑战，包括频谱离散、天面空间受限等，从而率先研发和设计出极简的Massive MIMO系列产品和解决方案，包括400MHz超宽带Massive MIMO、极简Blade AAU等，来帮助运营商以更低的成本、更高效的方式，建设一张无缝覆盖的5G网络。

在5G时代，连续大带宽的中频频谱无疑是实现5G极致体验的最佳选择，可发挥出5G Massive MIMO产品的最大性能，实现容量和覆盖的平衡。然而，对于很多运营商来说，由于卫星占用、频谱离散分配等各种原因，运营商获取的可能是非连续的离散频谱。华为为此推出了支持带宽最大可达400MHz的Massive MIMO产品，用一个模块就可以把运营商在400MHz以内的离散频谱都利用起来，为运营商节省了部署所需的设备数量，极大地简化了网络站点的部署，降低了TCO。

同时，随着移动通信的快速发展，新制式的不断演进，天线模块的部署也在逐渐增多。目前，全球大多数运营商均面临天面空间不足的挑战。华为Blade AAU以简驭繁，通过A+P一体化的设计，将5G Massive MIMO AAU与现存制式的无源天线模块集成为一体，并将总高度控制在2米左右，利用一个模块就可同时支持Sub-6GHz的所有频段。运营商可直接利用该产品替换原有的3G/4G天线，并解决5G单天面部署的问题。同时，该模块的集成化设计也将大大缩短站点的安装时间，提升5G网络建设效率，缩短部署周期。该产品一经推出，就受到全球多个运营商的青睐，

目前已在瑞士、中国等国家的多个网络中实现了商用。

2020年将是5G在全球开启更大规模部署的一年，除了在全球主流TDD中频频段上部署外，在Sub-3G FDD频谱上进行5G网络部署亦可实现快速覆盖，同时可实现更低的时延。对于新获取的FDD频谱，可以直接进行5G部署，5G新空口技术将使频谱效率显著提升，大幅提升用户体验。而对于现存FDD频谱上5G的部署，华为的DSS（动态频谱共享）解决方案，可以根据LTE和5G的业务、流量需求，进行毫秒级的实时动态频谱资源分配，最大化利用频谱资源。2019年11月，华为的DSS解决方案已在欧洲的网络中进行了商用验证和部署。在华为FDD RRU全球存量模块中，将有超过千万规模可通过升级实现5G的快速部署。

移动通信网络的可持续健康发展还要不断提升网络能效，5G联接唯有绿色才有意义。华为拥有全面的节能解决方案，从创新的产品技术、新型的站点形态和基于AI的整网协同等，可从多个维度降低5G能耗，提升网络能效。首先，华为通过创新工艺设计和算法，以及先进的硬件材料和散热技术，在容量提升50倍的情况下，使5G AAU设备能耗达到与4G RRU一个数量级。同时，华为基于AI的网络协同节能解决方案，根据不同场景下不同的业务需求，在保障网络KPI的同时，在多制式多频段之间通过符号、通道、载波等协同关断技术，实现更精细化、精准化的全网级节能。

5G 端到端行业解决方案，为全行业数字化奠定基础

5G作为支撑经济社会网络化、数字化、智能化转型的关键新型基础设施，在各行各业的产业转型中均扮演着重要



的角色。随着2020年R16标准的即将完成，5G将拥有更全面的面向URLLC（低时延、高可靠性）业务的能力。SA作为5G的目标网架构，将有效支撑各行业的定制化需求。目前，华为已经从无线接入网、核心网、终端芯片等领域端到端支持NSA和SA双栈架构，全面兼容NSA/SA终端同时接入，具备了帮助运营商构筑面向终端用户、家庭和行业的全业务能力。

传统的TDD系统资源分配（时隙配比）主要聚焦eMBB需求，因此下行能力远远高于上行。未来，随着5G使能行业数字化的推进，上行大带宽、低时延的需求如4K/8K直播等应用将不断涌现，仅仅依靠TDD频段将无法满足。因此，华为创新性地推出端到端超级上行解决方案：一方面通过TDD和FDD频谱协同使用，提升上行能力，降低时延；另一方面，还可使TDD系统配合全上行频段，全面提升上行能力。目前，华为超级上行解决方案已经具备无线、核心网和终端等端到端的支持能力，并在运营商网络中进行了验证，时延可降低30%，上行速率最大可提升4倍。3GPP标准组织已

正式接纳了这一创新技术。

为了更好地服务行业数字化进程，华为还率先推出包括无线接入网、核心网、承载网和终端等端到端切片解决方案，通过在网络侧自动生成、管理和运营切片，使运营商可以基于同样的基础设施，满足差异化的行业应用需求。华为的端到端切片解决方案，可以广泛应用于远程医疗、智慧港口、智能工厂、云AR/VR等多个行业场景中的业务保障，为行业用户降低成本、提升效率，为运营商拓展新的市场空间。

每一代移动技术的诞生，都是为了提供更丰富的应用和体验，5G更是如此。从2009年华为启动5G的标准技术研究开始，截至目前，华为已经在5G领域耕耘了十多年。今年是5G开启规模商用的关键一年，华为将以最丰富的商用经验、最完备的产品组合，以更低的成本、更加高效的方式帮助运营商部署5G网络，构建面向个人、家庭和行业市场的全业务能力，帮助运营商实现5G时代的商业成功。[H]



技术创新加速联接未联接

科技不应高居象牙塔，而应普济天下。华为始终致力于通过技术创新打造领先的解决方案，让未联接的加速联接。



彭红华
华为 5G 产品线总裁

过去30年间，无线通信技术每10年升级一代，使得无线网络能力增长了近万倍，手机用户已进入Gbps时代，不断增长的无线传输速率给人们的生活带来了极大便利。但一个不容忽视的事实是：数字鸿沟依然存在，仍有许多人、许多家庭、许多组织因为缺乏网络联接而无法获得科技发展的红利。

据GSMA统计，全球目前有7.5亿人口没有移动互联网覆盖，50%的人口没有接入互联网，即使在西欧，50%的楼宇室内依然存在弱覆盖现象。

科技不应高居象牙塔，而应普济天下。华为始终致力于通过技术创新打造领先的解决方案，让未联接的加速联接。RuralStar系列化方案为偏远山村提供TCO最优的高质量语音数据服务，WTTx方案解决了人口密集城市地区和人口稀少农村地区家庭的“最后一公里”接入问题，DIS创新方案能满足室内覆盖的业务场景多样化需求，从而将无线联接引入到未联接的郊区、家庭及楼宇。

RuralStar系列化方案，联接未联接的偏远村庄

在非洲，30%的区域因为地处偏远而导致网络传输、电力获取困难，基建成本高，传统方案投资回报周期通常长达8~10年，运营商建网意愿不足。无线联接的缺失不仅使当地居民无法享受互联网带来的生活便利，还因缺少数字技能无法从事高端工作，难以脱离贫穷的困境。

为解决未联接区域居民日益增长的语音和数据需求，同时缩短运营商农网建设的投资回报周期，自2017年起，面向1000人以上的村庄和500~1000人的村庄场景，华为陆续发布了RuralStar和RuralStar Lite系列解决方案，分别通过“三转”（卫星转为无线回传、铁塔转为简易杆、油机转为太阳能）和“两免”（免围栏、免机柜，全设备上杆），大幅降低基站部署成本及难度。截至目前，华为农网已在超过50个国家部署，共为4千万农村居民提供了高质语音和高速数据服务。

在2020年华为伦敦产品与解决方案发布会上，华为发布了全新的RuralStar Pro解决方案，迎

来了技术上的又一突破，补齐了500人以下极偏远农村的覆盖盲点。该方案采用“全合一”设计，首次将基带、射频、无线回传集于一体，不仅大幅降低了整站功耗，也降低了对配套基础设施的依赖，仅需两块太阳能板即可满足整站功耗需求。同时，采用直埋极筒杆，极大简化土建工程，实现4天快速交付；PnP自动开站，解决了极偏远农村缺乏专业技工的窘境。RuralStar Pro通过设备创新，实现配套极简，从而大幅降低基站部署成本和难度，即使在500人以下的偏远村庄，也能实现3~5年的投资回报周期。

WTTx，联接未联接的家庭

在经济状况较好的人口密集区，往往由于土地私有、路权物业等问题，导致光纤部署异常困难、进展缓慢，一些楼宇和物业甚至长年不能进入，无法为居民提供宽带接入服务。网络重度使用者的年轻租客因居住地址不稳定，往往也不愿安装有线家庭宽带。而在偏远地区，由于有线家庭宽带需要挖沟、建槽、埋缆等诸多工序，存在部署维护成本高、建设周期长、投资收益差等问题，也已不再适用。

WTTx（无线家庭宽带，亦称为固定无线接入）是华为基于宽带市场需求提出的一种类光纤体验的无线宽带接入解决方案，近几年在移动市场领域发展非常迅猛。在4G时代，华为创新的Massive MIMO解决方案配合高性能CPE，可最大化频谱效率，相比传统MBB业务，频谱效率可提升3~5倍，每GB成本仅为传统MBB业务的1/4~1/10，可为人口密集的城市地区及人口稀少的农村地区提供部署快、成本低的无线家庭宽带服务。目前，该方案在海外已成为光纤宽带的有效补充，用户数已超1亿。例如在斯里兰卡，某运营商通过WTTx方案将家庭宽带的普及率从9%提升到26%，帮助80万人脱离了“数字真空”状态。

5G WTTx业务作为4G WTTx业务的演进，被业界公认为是最有可能率先实现商用的5G业务形态，为家庭提供Gbps的用户体验，满足未来智慧家庭、4K、AR/VR以及中小企业(SME)中长期的固定宽带业务需求。

RuralStar系列化方案为偏远山村提供TCO最优的高质量语音数据服务，WTTx方案解决了人口密集城市地区和人口稀少农村地区家庭的“最后一公里”接入问题，DIS创新方案能满足室内覆盖的业务场景多样化需求。

伴随着5G业务种类的持续增加、行业边界的不断扩展，业界预测，未来将会有超过80%的数据业务发生在室内。

此外，华为最新的CPE体积轻巧、安装简易，支持挂墙、抱杆两种室外安装的方式，不惧日晒雨淋，且通过窗口间隙，使用扁平网线连接室外单元和室内单元，无需在墙上开孔，最大程度地解决了以往需等待专业服务人员上门安装，费时又费钱的难题。

DIS，联接未联接的楼宇

根据统计，4G网络中有超过70%的业务发生在室内。伴随着5G业务种类的持续增加、行业边界的不断扩展，业界预测，未来将会有超过80%的数据业务发生在室内。因此，5G时代的室内移动网络至关重要，将成为运营商的核心竞争力之一。

传统“室外覆盖室内”的宏站覆盖方案，信号在穿透砖墙、玻璃和水泥等障碍物后只能提供浅层覆盖，无法保证深度覆盖所需的良好体验。而由于合路器、功分器不支持5G新频段，无法增加馈线、天线等支持MIMO，因此传统DAS系统无法向5G平滑演进。

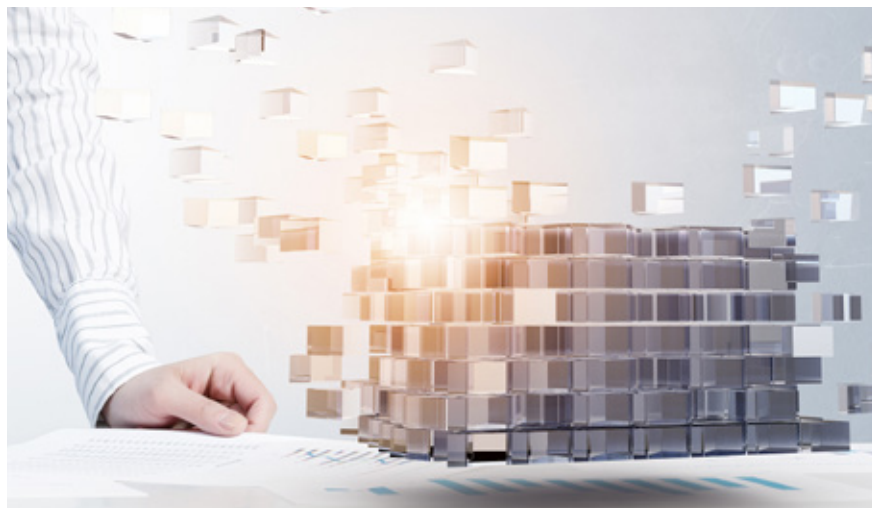
华为通过技术创新，在不到2L体积的方寸之内，推出了5G室内数字化（DIS，Digital Indoor System）家族系列全新产品和解决方案，把5G带入千

楼万宇、使能千行百业。

面向机场、火车站、商场等大容量、高体验、高价值的场景，华为推出了更“强”的5G 4T4R LampSite产品，可支持160MHz、200MHz、300MHz等不同带宽的头端，以匹配不同运营商的部署场景。截至2019年底，该产品已在28个国家，通过近40个运营商，在超过2万栋楼宇中实现规模部署。

2020年，随着行业模组的规模商用，5G将逐步进入工厂、医院等垂直行业场景。经过深入的行业调研，华为面向行业场景发布了LampSite EE解决方案，其具备支持5G室内超宽带、5G室内精准定位、5G工业级超低时延、5G室内高可靠性、5G工业级高密并发连接五大功能集，可帮助运营商及企业用户全力打造现代化无线网络，助力垂直行业数字化转型。

在未来社会中，联接是经济发展、社会进步的驱动力。联接走到哪里，哪里就会涌现出更多的机会，激发出超越想象的发展。通过技术创新打造业界领先的网络解决方案，华为将助力加速联接未联接，消除数字鸿沟，让所有人享受到普及的、无差异的网络联接服务，为经济发展、社会进步做出自己的贡献。[4]





构建面向确定性网络的 5G 核心网，使能行业数字化转型

如何将“CORE”的能力真正发挥出来，形成差异化的、专属的、可 DIY 的 5G 确定性网络？如何帮助运营商充分发挥网络联接的价值，促进行业数字化转型？华为正在为 5G 产业发展掀开新的篇章，催生更多的行业应用，让 5G 成为行业数字化的核心生产力。



何伟杰
华为云核心网
营销工程部总裁

2019 年作为 5G 商用元年，全球有 348 家运营商投资了 5G 网络，其中有 62 家运营商已发布 AR/VR、FWA 等面向消费者的 5G 商用服务，极大推动了 5G 消费者应用的快速发展。5G 网络不仅能够丰富个人生活，作为平台技术，它也为行业数字化带来广阔的发展空间，加速推动各行各业的数字化转型，为运营商带来新的增长机会。据Keystone Strategy & Huawei SPO Lab的研究分析，行业数字化领域的投资正逐年稳步增长。预计到2025

将“CORE”的能力真正发挥出来，形成差异化的、专属的、可DIY的5G确定性网络，帮助运营商充分发挥网络联接的价值，促进行业数字化转型。

年，全球与ICT相关的行业数字化收入将达到4.7万亿美元，涉及的10个主要行业包括：制造/供应链、智慧城市、能源/公用事业、AR/VR、智慧家庭、医疗健康、智慧农业、智慧零售、车联网和无人机。其中，5G相关的市场总空间将超过1.6万亿美元，而运营商可参与的部分占比超过50%。

在行业数字化浪潮中，千行百业都在积极探索5G，并将5G作为行业数字化的重要工具。目前，中国运营商及产业合作伙伴对5G的探索已经走在了世界前列。在2019年由中国工业和信息化部指导的“绽放杯”5G应用征集大赛中，参赛作品总计3731个，覆盖10多个行业，涉及智慧化生活、数字化治理、产业数字化3类应用方向。在将5G应用到工业、医疗、教育、港口、电力等领域时，还会产生无数类创新型行业应用。5G正在大范围、深层次地参与到千行百业的数字化转型实践中。

3D 维度构筑的 5G 确定性网络

综合对10多个行业、100多个应用场景的解析和实践，行业数字化对5G网络的诉求归纳为3个维度：能力可编排的差异化（Differentiated）网络、数据安全有保障的专属（Dedicated）网络及自主管理且可自助服务的DIY网络。

差异化网络

差异化网络是行业数字化的关键诉求。不同于公众用户的普遍需求，行业应用的需求是千差万别、多维度的。比如远程抄表，需要的网络联接很多，但对带宽和时延并不敏感。而远程医疗、自动驾驶等业务则对网络的确定性低时延、安全可靠提出了更高的要求，甚至要达到99.9999%，每年的故障时间只

有几秒钟。5G为行业数字化打开了想象空间，缘于5G可以提供多维度的、有体验保证的网络能力。

专属网络

专属网络保证数据安全隔离及保护数据隐私，是行业应用的普遍要求。对于工业互联网、智能电网等管理严格的行业来说，网络安全、分权分域管理、资源的隔离、数据及信令的保护是这类行业应用场景的基本要求。用户数据以及业务数据不出园区，公网专用，是这类行业应用的共性需求。

DIY 自助网络

可DIY的自助网络，是行业敏捷创新不可或缺的部分。为了响应快速变化的业务需求，行业用户希望自定义、按需设计、DIY自己的网络。以园区物联网场景为例，客户希望可以自主完成物联网服务能力的编排、调度、管理，灵活地组网并部署创新应用，随时添加或删除设备。

基于这3个维度构筑确定性能力的网络，就是运营商在5G时代推动各行业实现数字化转型的核心资产，也就是5G确定性网络。5G确定性网络所能够提供的差异化程度越高、越灵活，5G网络就越能够被应用于更多的潜在市场。5G确定性网络可达到的SLA确定性越强，5G网络越可以进入更高端、潜在收入空间更大的细分市场。

以“CORE”为核心价值的 5G 确定性网络

5G确定性网络（5GDN：5G Deterministic Networking），是指利用5G网络资源打造可预期、可规划、可验证、有确定性能力的移动专网，能提供差异化的业务体验。



与5G之前的移动宽带MBB网络相比，固定网络的专线有明确的SLA要求。相同带宽的企业专线与个人或家庭套餐相比，除了带宽需要获得保障外，更重要的是其安全可靠、业务可用性、专业服务必须具有明确的SLA等级保障。在更为严格的工业互联网中，IEEE定义了TSN标准，随后IETF成立DetNet工作组来进一步研究工业自动化场景下的确定性通信路径问题。

移动网络与固定网络对SLA保障存在差异，是因为移动通信网络整体由“无线接入网（RAN）+传输网（TN）+核心网（CN）”三部分组成。其中，无线接入网在开放环境中易被干扰、其资源稀缺性会导致部分不可预期性，使实现确定性更具挑战。而核心网由于能够了解整个网络拓扑并对全局资源进行调度，能够提供网络服务的编排、调度和管理，能够基于业务感知提供业务应用与管道的确定性体验，因此可以从一定程度上辅助无线接入网提升确定性能力。可以说，核心网是5G确定性网络甚至是整个5G时代真正的核心。运营商可以基于“CORE”四要素的能力来进行规划和建设，提升网络确定性。

全云化

云化是5G的基础。5G将带来超过10倍的数据流量增长，其中75%的业务流量将会发生在边缘。要驱动百倍的边缘网关建设，就需要强大的云化平台来支撑5G核心网实现敏捷高效、弹性随需的关键能力。而Cloud Native所提供的微服务、容器等云化技术将使得整个网络更可靠、更灵活、更敏捷。

华为新一代超融合云化平台融合了IP和IT的能力，充分整合网络转发加速、图形图像加速和AI计算加速能力，降低比特成本，提升能效比，以适应5G大流量、大带宽的诉求。华为新一代超融合云化操作系统TCC（Telco Converged Cloud）采用虚拟机和容器双引擎架构，在满足数据和业务隔离的基础上同时实现了资源的灵活调度，满足中心和边缘网络的不同部署和业务需求，简化部署，保护投资，平滑演进。

全融合

5G确定性网络中会不可避免地涉及到原有2G/3G/4G终端和业务，5G确定性网络必须是能够

支持所有接入制式的全融合网络。此外，由于部分行业应用对语音及消息类业务有很高依赖性，因此全融合语音网络以及高效语音编解码能力也非常重要。

华为5G核心网支持基于微服务的2G/3G/4G/5G深度全融合，可使网络资源灵活、动态共享，现有业务全继承，控制面集中，用户面一站式部署，同时简化网络结构，软件平滑演进，降低网络时延，提升用户体验，支持用户不换卡、不换号，平滑迁移至5G。

全自动

动态网络切片作为5G确定性网络的主要呈现方式之一，需要整个网络的部署、开通、运维等环节具备极高的自动化能力。运营商传统的工单流程模式已经不能满足行业业务的高效开展，需要将相应的自主权交给行业用户。行业用户可以通过网上商城来定制购买所需要的切片，并通过一键式开通，以及远程监控运维的模式对切片网络进行自主管理。

华为全自动化多维动态切片基于管理面功能融合和多维智能建模，支持用户、业务及网络能力多维度切片，实现微服务粒度的精细编排，通过全自动可编程流水线引擎，实现切片分钟级一键式部署。基于自研AI算法引擎和全局资源调度能力，支持切片SLA的秒级精准感知、实时资源调度和动态优化闭环。

全业务

5G确定性网络还需要采用MEC边缘部署能力，为企业行业提供差异化联接及SLA保障。运营商还可以在MEC高性能联接能力的基础上，针对各行业存在的差异化业务需求及SLA需求，进一步提供各类“联接+”的能力。

华为超性能异构MEC，基于增强的“联接+计算”能力，按需提供确定性低时延，提供完善的开发平台和工具，以加快业务创新。同时，通过云边协同，和公有云共享生态，快速构建合作共赢的边缘新生态。此外，华为5G LAN解决方案能够在5G公网上提供虚拟专网服务，覆盖更广、移动更便捷、接入更安全，为行业提供无处不在的5G专属

局域网。

5G 确定性网络 已步入全球实践

5G确定性网络的部署不会一蹴而就，运营商需要选择合适的行业与场景，并结合自身的网络规划节奏作为切入点。企业园区、港口码头等独立性较强的区域可以作为优先选择，在工业场景中与视频结合度较高的机器视觉也是一个很适合的场景。同时，行业本身也可以选择5G确定性网络的部署节奏，部分对SLA确定性要求较高的行业，如电力等，可优先选择部署。

早在2019年5月，华为就在业内首次提出了5G确定性网络的理念。2019年6月，在上海移动通信大会（MWC）期间，华为联合产业伙伴成立了“5G确定性网络产业联盟”。2020年2月，华为与中国信息通信研究院、中国移动、中国电信、中国联通等单位联合发布了《5G确定性网络产业白皮书》。

截至目前，5G确定性网络产业联盟已有100多家成员单位，并在多媒体、工业、能源、医疗、车联网等领域开展了一系列基于5G确定性网络的跨行业合作，树立了上海洋山港智慧港口、国家电网和南方电网智能电网、青岛海尔智慧工厂、北京世园会奇幻光影森林AR科技文旅、深圳机场AR广告等行业样板。这些成果一方面论证了5G确定性网络技术在部分行业已具备了部署应用的条件，另一方面也展示了方案所能够带来的商业价值，极大促进了5G生态繁荣。

对电信运营商而言，5G带来的变化与机遇是前所未有的。能否抓住行业数字化转型的市场机会，是电信运营商突破增长瓶颈的关键。而对电信行业来说，5G所带来的强大联接能力也是行业提升自身效率、进一步提升竞争力的契机。产业各方需进一步联合探索、逐步推进，将“CORE”的能力真正发挥出来，形成差异化的、专属的、可DIY的5G确定性网络，帮助运营商充分发挥网络联接的价值，促进行业数字化转型，为5G产业的发展掀开新的篇章，催生更多的行业应用，让5G成为行业数字化的核心生产力。[H]



以全光业务承载网 构建五星品质专线

作为新一代光网络载体，全光网 2.0 可充分满足高品质专线对保证带宽、低时延、高可用率和快速开通业务等诉求，助力运营商构建五星品质专线，在打造极致业务体验的同时，获得更高的市场溢价。



卢毅权
华为传送网领域总裁

今天，在 5G 时代全面到来的同时，固定网络也发展到了 F5G 时代，“双 5G”（F5G+5G）的广泛协同，将加速开启一个万物互联的智能世界。据预测，到 2025 年全球联接数量将达到 1000 亿，千兆家庭宽带的普及率将达到 30%，全球将会有 13 亿人用上 5G，5G 网络的覆盖率将

达到 58%。此外，VR/AR 个人用户数将达到 3.37 亿，企业 VR/AR 的普及率将达到 10%；100% 的企业将采用云服务，85% 的企业应用将部署在云端；全球年新增数据量将达到 180ZB。

2C/2H/2B 创新业务的井喷正在驱动运营商加速全业务布局，然而业务量的爆炸式增长也对运营商的承载网提出

了更大挑战——相比 4G 时代，5G 对网络带宽的需求提升了 10 倍，网络联接数提升了 100 倍，对时延的要求则仅为 4G 的 1/10，达到毫秒级；相比 F4G 时代，F5G 对网络带宽的需求提升了 100 倍，网络联接数提升了 10 倍，对时延的要求为 F4G 的 1/10，达到 10 微秒级。

尤为值得一提的是，双 5G 时代，移

如何从“以连接为中心”的哑管道向以“体验为中心”的业务承载网转型，成为摆在运营商面前的关键课题。

移动通信和固定通信都在加速向2B领域的延伸，5G 2B业务的创新孵化已经成为全球各国关注的焦点，而F5G时代的核心特征就在于从光纤到家庭向光纤到企业的延伸。构建一张面向千行百业的综合业务承载网已经成为全球运营商在双5G时代的首要发展目标。

作为双5G网络的关键组成部分，全光网的定位也在发生质的变化。过去“点对点”和“分段式链状”的光网络哑管道，仅仅完成了业务通道的物理连接，显然无法满足双5G时代新业务对承载网的新需求。如何从“以连接为中心”的哑管道向以“体验为中心”的业务承载网转型，成为摆在运营商面前的关键课题。

全光网 2.0： 打造全光业务承载网

作为全球运营商的重要合作伙伴，华为始终致力于打造全球领先的全光网解决方案，携手上/下游产业共同推动光网络产业的繁荣发展。基于此，华为发布了全光网2.0（Optical Networking 2.0, ON 2.0）解决方案，以新速率、新站点和新运维的关键能力推动整个全光网产业的代际演进，助力运营商构建全光业务承载网，打造极致的业务体验。

新速率

以单波200G/400G作为下一代光传输的标准速率，通过材料创新和算法创新不断逼近香农极限，实现光纤传输速率的持续提升。其中，华为Super 200G方案，在实现光纤容量翻倍的同时，可帮助运营商大幅降低TCO。而最新的800G光模块则支持200G~800G多种速率可调，其性能和频谱效率为业界最优。华为推出的业界首个单纤Super C解决方案，单纤容量达到了业界最高的48T，实现了单比

特成本的持续性下降，可有效支撑各类创新性业务的带宽诉求。

新站点

基于光层和电层的持续创新，推动了光电融合与全光交叉的规模应用，在简化了骨干网与城域网网络层次的同时，实现2C/2B/2H的统一承载。华为全球唯一的商用级全光交叉OXC产品，可构筑立体骨干网，在实现大容量全光调度的同时，使能站间的一跳直达，实现端到端的业务快速发放。华为全新的Liquid OTN解决方案，通过灵活的刚性管道技术，在实现极简架构的同时，匹配品质专线、品质视频和品质5G三大场景，打造双5G时代的全光底座，使能千行百业的繁荣发展。

新运维

通过引入iMaster NCE智能管控系统，实现对光网络的全生命周期管理。华为创新的管控体系应用在品质专线领域，可改善专线客户体验，实现业务增收；应用在运营维护领域，可通过AI建模实现预防性维护，降低网络的故障率；通过云化的智慧大脑以及针对网络规划的设计，可实现可靠的资源保障和容量预测，使扩容更有依据，业务快速开通。

以全光业务承载网 使能专线业务商业成功

在全光网2.0时代，光网络将从基础网逐步走向业务承载网，未来将有更多基于光网络的创新业务涌现，其中高品质OTN政企专线对运营商来说无疑是一个举足轻重的关键业务。华为OTN品质专线解决方案具有可保证带宽、高可用率、低时延和低抖动、业务敏捷开通，以及在线自管理5个品质属性，在提供

极致体验的同时，可构建差异化竞争力，从而助力运营商网络在多个维度实现商业变现：

带宽变现

OTN专线具有天然超大带宽和硬管道属性，结合新一代Liquid OTN技术，可灵活提供2M到200G带宽，实现带宽无损调整，匹配实际业务的带宽需求，按需保障业务品质，既可满足政企客户对专线带宽的可用性和安全性要求，又可满足客户临时性、计划外的带宽需求，支持“Pay as you grow”商业模式，吸引更多的专线带宽按需消费。

时延变现

面对诸多新兴网络业务及其背后巨大的市场价值，网络时延将像网络带宽一样，成为一种可量化销售的网络资源，成为网络竞争力的一部分。运营商基于华为的OTN + iMaster NCE专线承载网，通过采用OTN极简网络和Liquid OTN技术，可实现整个专线的端到端ms级超低时延，并通过iMaster NCE专线时延地图实现专线时延的可视、可管、可销售和可保障，在保证行业客户极致业务体验的同时，基于不同客户诉求提供更丰富的时延套餐，从而支撑其网络视频特性的销售和变现。

可用率变现

华为提供业界最先进的ASON 2.0技术，具备弹性大网能力和秒级专线自动恢复能力，助力专线实现99.99%以上的可用率。首先，ASON技术能抗多次断纤，其钻石级业务可保证N次断纤业务从故障路由自动切换到可用路由，且保证切换时间小于50ms，可提供最高的可靠性保障。其次，网络设备内置的AI芯片，可提前预测到业务中断，从而主动进行配置优化处理，实现智慧运维，防患于未然。此外，还可为用户提供多路由保护的弹性网络，进一步提升数据传输的稳定性和可用率。运营商可以按照不同客户的诉求，提供相应级别的可用率SLA，最终实现专线可用率的商业变现。

TTM（产品上市时间）变现

华为iMaster NCE智能管控系统支持网络资源的实时可视与统一管控，结合CPE即插即用，可实

现专线业务在线端到端快速发放，使业务从申请到开通仅需数小时，从而大幅缩短TTM时间，帮助企业用户将新业务快速推向市场。同时，基于增强时序预测AI算法和历史数据，可精准指导未来的预算制订和新资源采购，避免紧急扩容，将新业务TTM缩短到一周以内。运营商可按照不同客户需求提供不同的TTM套餐，实现专线TTM的商业变现。

携手产业链加速 全光网 2.0 商业创新


在推动光网络产业迈入全光网2.0时代的过程中，华为也在全面推动全光网2.0的商业孵化，以实现从技术创新到产业创新，最终到商业创新的闭环。目前，华为已在多个领域帮助客户实现了商业模式创新，使其商业价值最大化。

在 2B 企业专线领域

截至2019年底，华为已经帮助全球运营商建设了超过30张OTN品质专线网络，以满足政企、金融和互联网等客户对高价值政企专线不断提升的需求。2019年12月，泰国CAT基于其现有网络的演进升级，与华为联合发布了泰国首个OTN高品质专线业务，旨在服务泰国全境的公/私营大中型企业，为泰国2020年数字化转型打造坚实的网络基础。

在 2H 视频承载领域

华为帮助中国移动正式开通了首个OTN 4K精品视频直播网络，该方案通过传输硬管道将直播流从视频源直接推送到OLT，可保障传输网全程全网无拥塞、零丢包、低时延，不仅满足了4K直播对承载网的关键诉求，保障了4K直播的高品质体验，还可满足未来超高清视频和VR的承载要求。

面向未来，华为将携手全球领先的运营商共同探索面向下一代光网络的业务场景，开展NetCity联合创新，以DevOps模式实现创新方案快速导入，帮助运营商最大化其商业价值。华为相信，全光网2.0将引领全球光网络产业迈入新的发展纪元，华为将携手全球运营商和产业合作伙伴，共同开启光网络的新时代，携手构建万物互联的智能世界。



创新三层 AI 架构， 打造智能 IP 网络

联接是构建万物互联智能世界的基础，随着企业云化与数字化转型的深入，产业对智能 IP 网络的呼声日益高涨。华为通过创新三层 AI 架构打造新一代智能网络，并以行践言，在多个场景给客户带来革命性联接体验。

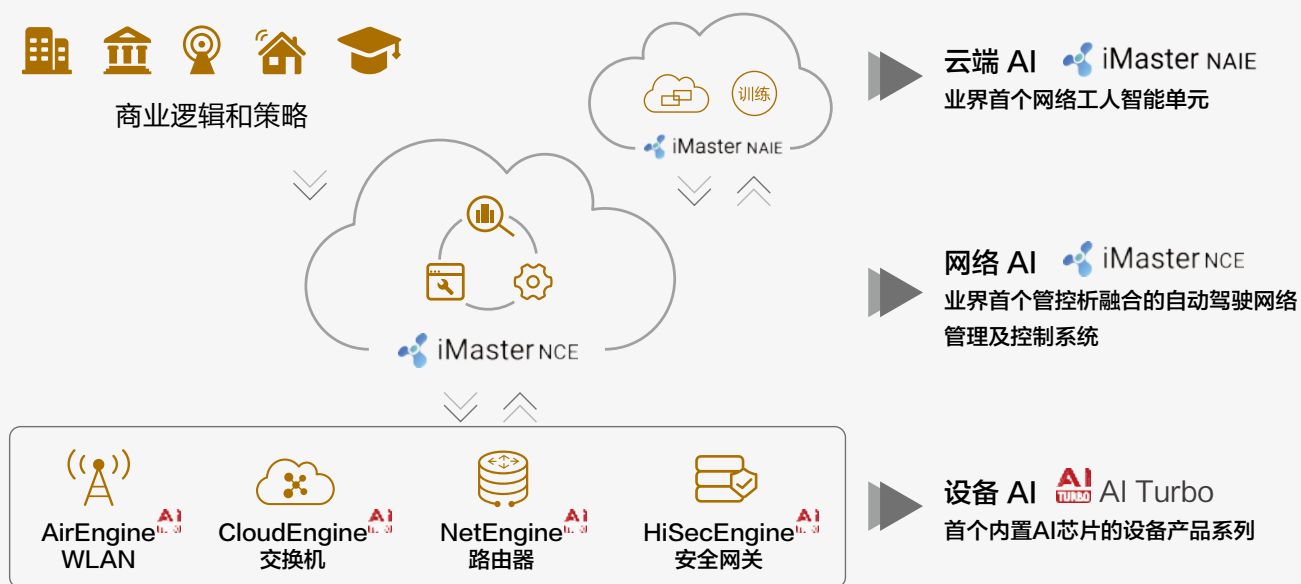


胡克文
华为数据通信产品线
总裁

IP 网络历经 30 多年的发展，为智能社会打下了坚实的网络联接基础。据《华为全球产业展望 GIV@2025：智能世界，触手可及》中预计，到 2025 年全球联接数将达千亿，互联网将覆盖 62 亿人口。同时，企业数字化进程会不

断加速，2025 年 100% 的企业将会采用云服务，基于云技术的应用将在企业中达到 85% 的使用率。因此，随着企业云化与数字化转型的深入，IP 网络需要承载更多、更关键的业务，这些海量的关键业务也对网络承载提出更高要求。

以企业园区 Wi-Fi 网络为例，在办公楼宇、大型场馆、大型商场等区域，人流密度变化频繁，用户上网使用的业务也多种多样（包括电子邮件、网页浏览、视频会议、电子交易等），如何确保不同用户的业务体验？传统方式是通



华为智能 IP 网络三层 AI 架构图

过运维人员手动调整，这难以应对人流的快速变化，用户体验无法得到有效保障。Wi-Fi网络能否主动感知人流与业务的变化，自动进行网络调整，满足不同业务的诉求呢？

将AI技术引入园区网络，智能识别Wi-Fi网络用户的终端接入数量、接入位置、带宽需求、业务体验需求的变化，并预判趋势，据此对Wi-Fi网络进行动态调整，优化整网性能，经验证是一个可行的思路。华为已经与部分客户开展了智能IP网络的联合创新，并取得了一定成果。根据第三方测试机构Tolly的测评结果显示，该方案可以通过Wi-Fi优化，将无线空口的吞吐量提升58%，Wi-Fi信道干扰率下降49%。此外，还可以将AI技术用于园区网络的智能运维，约85%的故障可以在10分钟内处理完成。

三大基本特征定义智能 IP 网络

华为认为，智能IP网络具备着以下几个特征：

智能超宽，是智能 IP 网络发展的永恒追求

当前，视频、远程办公、云计算、AI等应用

驱动着网络带宽的新一轮增长，其中，园区网络正在向Wi-Fi 6及100GE交换机升级，数据中心网络及IP骨干网正加速向400GE升级。而物理层性能的进步、FlexE等网络切片技术的出现，使企业能够更加灵活高效地使用带宽，在一张物理网络中同时服务办公、生产、计算等多种业务。不同业务流量间的带宽硬隔离，为垂直行业关键业务、企业生产网络、运营商IP专线提供了100%可承诺的带宽保障。智能调节切片带宽的能力，也使得超宽网络在业务变化时可以按需灵活调整，更好地满足业务的需要。

智能联接，是智能 IP 网络架构的基础

当前IP网络有很多不确定性，业务和网络之间并没有充分的协商过程，业务层对于网络层服务的期望（也叫业务意图）并不明确，这是来自需求侧的不确定性。此外，IP网络是统计复用的，网络资源占用情况随着业务、流量的变化时刻在变化，这是来自供给侧的不确定性。

为了消除不确定性，首先需要准确感知业务意图，比如业务层通知网络层业务诉求，或者网络层根据业务流量行为特征（业务模型）进行分析，

从而主动识别出终端、用户、业务的类型，进而推断出其对联接服务的期望，以消除需求侧的不确定性。同时，网络管析控平台通过神经网络等AI算法建立网络模型，并实时感知和分析网络状态，了解网络资源占用情况，以消除供给侧的不确定性。智能联接还包括将业务意图与网络资源进行匹配，以最小代价持续提供“满足业务期望”的联接服务，实现“应用驱动体验”的目标。

智能运维，是提升用户体验的关键

当前，投诉驱动和维护方式，给网络运维带来了极大挑战。网络运维部门往往是最后一个知道网络出了问题的部门，用户体验无法保障。为了提升用户体验，预测性运维是华为的目标。为此，我们首先需要能够实时感知网络状态，了解网络是否有问题发生或有潜在风险，继而通过故障模型匹配，精确找到问题根因并自动修复，在用户体验受损前解决问题，保障业务不受影响。

三层 AI 架构，打造智能 IP 网络

2019年，在华为全联接大会期间，华为发布了智能IP网络的三层AI架构：

设备 AI

华为数据通信主力产品的“四大引擎”，包括路由器产品族NetEngine、交换机产品族CloudEngine、WLAN产品族AirEngine和安全网关产品族HiSecEngine，可以全面提供AI Turbo能力。使得设备通过边缘推理和实时决策，基于业务意图，调整转发策略，实现最佳业务体验的实时保障。

网络 AI

华为iMaster NCE，对接业务层的意图，实现网络配置自动生成和部署，并确保网络持续满足业务意图。它可以实时感知物理网络的健康情况，发现异常并及时预警，提供异常处理建议；可以基于经验库进行网络异常的快速排障或优化；还可以实现业务的SLA实时可视，并基于AI技术使能预测性维护。同时，这个系统也具备开放能力，可将网络

AI能力视图按需展示，使能合作伙伴面向各行各业进行定制化开发。

云端 AI

华为iMaster NAIE主要基于云平台提供数据湖服务、模型与训练服务、生态开放及开发者服务。它可以帮助企业培养AI算法专家/开发者，构筑AI算法能力；可以提供训练服务，帮助开发者降低算力资源获取成本；可以在数据脱敏后进行资源数据共享，助力开发者进行模型训练；还可以提供联邦学习和迁移学习能力，解决模型泛化问题，实现模型共享。

AI训练是智能联接和智能运维的保障，业务模型、网络模型和故障模型的建立，都依赖于AI训练的大数据训练和分析能力，通过AI训练建立起合适的模型。同时，AI学习的持续演进能力，可以让整个系统变得越来越聪明，以适应业务和网络的快速变化，提供更加优质的服务和体验。

智能 IP 网络，最佳联接体验

智能IP网络不仅能在园区网络中大显身手，在数据中心网络、广域网、防火墙等领域也有新的突破。

数据中心网络 +AI

AI时代的到来，对数据中心网络提出了更高的要求。相关测试表明，数据中心网络中0.1%的丢包率就会导致AI训练算力下降50%。如何实现数据中心网络0丢包，充分释放AI算力？

华为推出的业界首个智能无损DCN解决方案，采用AI技术进行预测性流量调度，能够真正实现网络0丢包，数据计算与存储效率提升约30%。此外，将AI技术用于数据中心网络的智能运维，华为与客户在联合创新中取得了重大进展。针对75类常见故障，可以做到1分钟感知故障，3分钟定位故障，5分钟修复故障。基于以上研发和联合创新成果，AI加持的华为数据中心网络解决方案可以初步实现“智能理解业务意图、智能选取最佳网络路径、智能评估变更风险、智能检测故障和快速定位根因”，率先在数据中心网络领域实现L3级自动驾

驶网络。

广域网 +AI

在“5G+云+AI”使能千行百业的新时代，5G提供了前所未有的无线接入能力，云和AI则提供了近乎无穷扩展的智能计算能力（针对单个租户而言）。值得一提的是，“5G+云+AI”中间的两个“+”不可忽视。如果说AI加持的数据中心网络就是“云+AI”中间的那个“+”，那么AI加持的广域网就是“5G+云”中间的那个“+”。如何借助AI技术让广域网加速实现自动驾驶网络，充分发挥5G、云、AI的潜能，为百万企业上云、5G使能千行百业提供最佳网络联接？

与数据中心网络的情况类似，在实现自动驾驶网络的过程中，将AI技术用于广域网，也能够根据业务的时延等SLA要求，智能匹配网络资源，智能选取最佳网络路径。但是，与数据中心网络不同的是，在百万企业上云、5G使能千行百业之际，广域网首先要解决一个基本问题：如何在广域网上实现业务快速部署，并满足各行业不同的SLA诉求（如5G远程医疗的端到端时延必须小于15毫秒），实现最佳网络联接？通俗地说，如何让物理转发面的“身体”能够跟上AI加持的“管控析大脑”的节奏？这是广域网面临的新挑战。

首先，面对百万企业上云场景，由于传统网络需要人工逐段打通，部署效率已经成为瓶颈。最新一代的路由协议SRv6（IPv6段路由）采用了“源路由”机制，将广域网的部署从“端到端多设备逐一配置”简化为“源点侧单设备配置”，从而大幅降低了广域网部署的复杂度，使转发面也能如影随形般跟上“管控析大脑”的节奏。如此，“大脑”与“身体”双剑合璧，实现了在广域网中自动化快速部署。

其次，针对5G垂直行业场景不同的SLA需求，尤其是时延诉求，广域网也可借助SRv6协议，根据管控析系统计算出最优路径，通过对网络转发路径的编程，实现确定节点、确定路径、确定时延的路径快速配置，满足业务层的要求。

由此可见，最新一代的路由协议SRv6，是AI加持的新一代广域网必备的转发面能力，使能广域网“智能推荐最佳路径、快速部署最佳联接、实时调优业务SLA”，与5G和云技术一起，助力百万企业上云、使能千行百业。

网络安全网关 +AI

在网络安全领域，恶意软件变种众多，具有隐蔽度高的特点。防火墙通过传统“特征匹配”去分析和检测威胁的方式，已经无法有效应对。华为全新发布的业界首个T级AI防火墙HiSecEngine USG12000系列产品，凭借独创的AIE威胁检测引擎，在网络边界实时处置“失陷主机”和“C&C外联”等传统安全网关无法检测的威胁，检测准确率高达99%以上。

同时，HiSecEngine USG12000内置AI芯片，用AI算力将威胁检测的性能提升了5倍。通过采用安全事件智能分析及安全策略智能调优技术，实现分钟级业务上线及基于业务驱动的策略部署与变更，将安全运维OPEX降低了80%。新一代AI防火墙，将为企业提供智能化的网络边界防护，筑起安全防护的钢铁长城。

华为始终坚持以客户为中心的核心理念，客户需求永远是牵引华为前进的动力。通过NetCity联合创新机制，华为将客户需求与自身研发能力、产业标准影响力相结合，与客户和合作伙伴携手，持续孵化更先进的产品与解决方案，引领智能IP网络。[H]

华为将客户的需求与自身的研发能力、产业标准影响力相结合，与客户和合作伙伴一起携手，持续孵化更先进的产品与解决方案，引领智能IP网络。

5G 时代 AI 加持， 向“智敏、智能、智慧”演进

将 AI 引入到运营商“规、建、维、优、营”的生产流程与作业过程中，可以使基于用户体验的网络规划更精准；围绕用户体验的网络建设更敏捷、质量更高；用户体验问题的处理更快速、更智慧。



汤启兵

华为全球技术服务部
总裁

全球 5G 商用正在逐渐加速，万物互联使得联接数倍增，Cloud VR/AR 等新应用场景对端到端的网络能力提出了更高的要求，而 5G 网络“大带宽、低时延、广覆盖”的特点使运营商能够为用户提供更加丰富的服务及解决方案。网络能力不断提高，应用场景充满想象，用户和网络能力之间的运营能力，即基于网络但服务于用户体验的“规、建、维、优、营”能力也需演进，从而使网络懂业务、懂应用、懂体验。

将 AI 引入到运营商“规、建、维、优、营”的生产流程与作业过程中，可使基于用户体验的网络规划更精准；围绕用户体验的网络建设更敏捷、质量更高；用户体验问题的处理更快速、更智慧。

服务客户并为客户解决问题是华为服务永恒不变的追求。华为服务 3 年前就开始将 AI 应用于服务客户的项目流程及技术作业上，通过融合机器智能和机器学习两种方式，将华为服务积累了 30 年的电信行业知识与通过机器学习生成的模型构建在技术平台上，并持续演进，使得华为能够为客户提供更加高质高效的

的服务，并具有更强的为客户解决问题的能力。

经过 3 年的成功实践，华为服务积累了一套人机协同模式下服务方案的设计与实现方法，打造了一个承载知识与模型的数字化平台，构建了新型人才的技能培训与认证体系。

5G 时代有了 AI 的加持，华为服务将继续与运营商客户、合作伙伴一起，实现向“智敏、智能、智慧”的演进。

智敏建网

将 AI 应用在 5G 网络建设的各个环节，可以使网络规划更加精准、网络建设更加快速；基于 5G 商业、用户、存量技术演进等多维度数据，应用机器学习迭代计算，可以更快更准地输出各种细分场景的规划方案；在勘测、设计、调测集成、验收等环节，引入摄影测量、OCR、语音识别、计算机视觉等技术，可持续提升工程自动化的水平和工程交付的质量，并探索一体化的数字化交付装备，让站点的现场作业效率更高；在项目交付管理层面，

让数字化平台 ISDP 成为运营商、设备商及合作伙伴的三方共用平台，可使项目实施过程中运营商、设备商、合作伙伴各方面的信息与指令高效流转，让项目交付沟通更加顺畅，管理更加智慧，建网更加高效。

智能运维

如今，2G/3G/4G/5G 多代共存的网络，让从人扩展到物的联接倍增，为用户提供的业务与服务呈现出多样化，使网络运维所面临的服务请求与问题数量大幅增长，运维团队的压力与日俱增。2019 年，华为服务面向全球 1700 多张网络提供了 58 万多次技术支持、1 万多次疑难问题的定位解决、13 万多次网络重大操作支持。根据过去几年的数据分析，网络运维所面临的问题与重大操作正以每年 5% 的速度增长。以人为主、孤立运维工具为辅的运维模式将无以为继，引入 AI 人机协同的运维模式（AIOps）将成为运维模式演进的必然。

AIOps 运维模式的演进不是打破现有

的运维体系，或抛弃现有的运维工具，而是在此基础上叠加一个承载了运维知识与模型的运维知识平台，并结合运维流程、作业环节与实际的运维需求，分段分段地从以人为主的运维模式演进到人机协同的运维模式。AIOps不是替代人，而是让人在机器的协助下发挥更大的价值。未来会出现“网络策略师”、“编排工程师”、“数据分析师”等新型运维岗位，人仍将在意图设计、异常处理、关键决策上发挥重要的作用。

智慧运营


5G将开启通信新纪元，一方面将给消费者带来更丰富的业务、应用和前所未有的极致体验，一方面也是运营商打破传统管道模式、发展数字新业务、探索新商业模式、孵化新行业场景的历史契机。

高清视频、Cloud AR/VR等数字新业务带来了体验与运营的升级。华为服务已完成了第一批5G新业务（从2C到2B）的体验建模，发布了新的体验标准和建网标准，构建了基于AI的业网协同体验管理方案，实现了业务体验与网络策略的实时动态调整。同时，基于融合数据的业务运营平台和智能引擎，可以帮助运

营商实现精准高效的拉新、促活、留存、增值，从传统运营迈向智慧运营。面对未来更多的业务场景与体验运营需求，华为服务的体验实验室会继续加大投入，继续探索用数学与AI的方式加速解决复杂的用户体验问题。

依托技术平台，培养新型人才，构建开放、多样的生态

“把复杂留给自己，把简单留给客户”是华为一直坚持的理念。华为服务将从大量成功实践基础中抽象出来的规则、模型与AI算法封装、承载在统一技术平台上，开放给客户和合作伙伴；通过数字化转型实践中心（DTPC），与运营商、合作伙伴开展基于新方法、新技能的新型人才技能培养。华为服务将持续降低应用AI技术的门槛，使AI可用、易用、好用；发挥行业共同力量，不断创新，面向场景解决问题，使AI无处不在。

未来，华为服务将立足“AI加持的技术平台”，持续投资、持续提升能力，与运营商、行业组织和全球合作伙伴一起，在5G时代的智敏建网、智能运维、智慧运营与用户极致体验等方面深入探讨与合作，以助力客户实现商业成功。

经过3年的成功实践，华为服务积累了一套人机协同模式下服务方案的设计与实现方法，打造了一个承载知识与模型的数字化平台，构建了新型人才的技能培训与认证体系。





5G：使能垂直行业， 开启数字平台

5G 技术所拥有的大带宽、高容量和低时延特性，将改变我们未来的生活。这种改变不仅是观看视频直播的流畅体验，更将对企业网络架构带来全新变革。未来的智能化数字平台，以及智慧城市等建设都将以 5G 技术为基础。



Malcolm Rogers
GlobalData
高级分析师

5 G 部署正在全球拉开序幕，其巨大潜力受到了全球的瞩目。
5G 不仅能提供速度更快的移动宽带，更代表着网络架构的升级，5G 将颠覆移动网络的

建网方式，并且这一架构所拥有的特性能够带来诸多商业价值。凭借端到端的网络虚拟化、网络切片、海量物联网通信、超低时延及移动边缘计算等特性，5G 网络能够作为技术平台，帮助企业降低

成本、提升客户体验、提高安全性，并创造新的收入来源。

5G 潜能蓄势待发

目前，5G部署正在全球各区域加速开展。手机厂商纷纷推出新款5G手机，消费者也开始体验超过100Mbps的移动下载速率。5G不但能够提供大容量连接，缓解高峰时段的网络拥塞，提升普通消费者的移动宽带体验，还将改变网络架构。

众所周知，5G带宽最高可达10Gbps，而同等速率目前只有专用光纤网络才能实现。除了支持大容量连接以外，5G还将推动运营商网络转型。无线接入网和核心网的虚拟化是5G网络的一项关键特性，其能够实现网络功能云原生、整合人工智能，并实现网络自动化。

尽管5G及其在企业领域的应用潜力受到广泛关注，但来自GlobalData的调查数据显示，目前仍有多达60%的IT领导者表示他们并不了解5G有哪些价值。

5G 提供万物互联的基础设施

除了能够提升移动宽带速率，5G也为企业和政府提供下一代物联网解决方案的基础联接。目前，单个4G/LTE物联网基站能支持数千个传感器接入，而5G站点能实现更大容量的海量物联网通信（mMTC）。基于mMTC的解决方案将成为智能公用事业、智能制造和动态交通控制等智慧城市概念的底层技术，并将在预测性运营与维护领域获得广泛应用。

此外，mMTC能帮助企业减少业务中断、增加资产利用率、保障安全生产，最终降低生产生活的单位成本。未来全球工业4.0和智慧城市项目的成功都离不开这些技术。

网络切片提供灵活的应用体验

5G不仅能连接工厂的机器设备和传感器，还将改变传统企业的网络架构。移动网络在过去并未被视为接入企业广域网的主流方式，但随着5G的

蓬勃发展，越来越多的5G标准和特性在运营商网络中的发展和成熟，企业开始考虑将5G作为不可或缺的重要组成部分纳入下一代广域网解决方案中。

随着5G网络的日趋成熟，它还将具备一些新的特性。其中，网络切片特性预计将在未来几年成为5G的标配。网络切片指对同一底层物理基础设施进行逻辑切割，将其划分为不同的虚拟网络。以企业广域网的应用为例，IT管理员能够根据带宽、服务质量等要求，为不同的应用创建不同的网络切片。同时，还可对网络进行分区。由于5G具有mMTC的特性，能同时支持IT系统和运营技术，因此，安全和合规对网络切片的需求将越来越明确。

超低时延带来应用创新

5G演进带来了另一关键特性为超低时延移动服务。目前，4G/LTE网络支持最低50毫秒的网络时延，这一指标虽能满足许多业务的需求，但还不足以应对自动驾驶汽车、实时视频分析及远程手术等下一代解决方案带来的挑战。5G的最低时延目标为1毫秒，目前许多运营商和设备商、合作伙伴在真实的网络环境下已经实现了低于30毫秒的时延，比人类的反应速度还要快10倍，这无疑为工业、医疗乃至消费领域的应用创造了无限可能。

5G移动边缘计算（MEC）是实现5G网络超低时延应用的关键。在边缘端，终端设备对数据进行收集和传输，而作为技术平台的MEC，将传统数据中心和云端的计算和存储功能移到了边缘端，使实时数据分析和处理成为可能。与其他形式的边缘计算不同，MEC平台原生支持5G网络，这也是实现超低时延应用的一项关键因素。基于MEC，企业能够快速作业，无需在现场安装服务器，也无需将数据发送至云端或数据中心进行处理。凭借这一特性，人工智能模型能够更快、更高效地运行，从而推动人工智能在自动化等领域的应用。

MEC还能提升安全性。将计算资源直接部署在5G基站或附近位置，意味着敏感数据无需远距离传输就可进行处理。这对金融、医疗、航空及政府等受到严格监管的行业来说至关重要。

从全球范围来看，目前许多企业已经在使用混合云服务，即同时使用公有云、私有云和本地计算

无线接入网和核心网虚拟化是5G网络的一项关键特性，能够实现网络功能云原生、整合人工智能，并实现网络自动化。

运营商们希望利用5G技术，可以将提供联接服务的移动网络改造成支持企业解决方案的数字化平台。

环境。5G将有助于推动边缘技术在这一领域的应用，因为该技术可以更加精细化地优化应用的运行位置。

整合5G特性，充分释放5G潜能

5G具有增强型移动宽带、海量物联网通信、网络虚拟化和切片、超低时延及移动边缘计算等诸多特性，但只有将其中两项或多项、乃至全部特性相结合，才能真正释放出5G的潜力。最强大的5G解决方案和应用场景将同时利用5G的多种特性，如自动驾驶汽车、面向一线作业人员的增强现实（AR）/虚拟现实（VR）和混合现实应用、用于资产跟踪和预测性维护的密集传感器监测应用，以及用于改善工作场所健康与安全、实时视频分析、多租户网络环境和触觉互联网等应用的可穿戴设备。

目前，全球各地都在开展技术试验，助力行业充分释放5G的潜力。许多运营商都在忙于解决当前所面临的实际问题，即提升高峰时段的下载速度以及缓解网络拥塞。例如，部分运营商面向企业和家庭推出的固定无线接入（FWA）服务。移动运营商们正积极构建可视化的核心网、传输网和无线接入网（RAN），为迎接5G的到来做准备。一些更具前瞻性的运营商正与合作伙伴携手试点更高级的5G服务。总之，运营商们希望利用5G技术，将提供联接服务的移动网络改造成支持企业解决方案的数字化平台。

案例一：振华重工、中国移动携手华为打造5G智慧港口

振华重工与中国移动和华为合作打造了智慧港口解决方案，以帮助提升港口运营的自动化程度、改善工人安全，以及提高货物处理的效率。

该解决方案整合了高速、超低时延、网段划分和移动边缘计算等5G的关键特性。5G智慧港口解决方案由以下两部分组成：

5G+MEC 园区网络

中国移动、振华重工和华为合作构建的5G智慧港口基于5G+MEC的园区网络打造而成。港口

园区内安装的5G基站能同时提供公网和园区专网服务。中国移动定义了独立的公共陆地移动网络（PLMN），并为港口配备了单独的SIM卡。公用和专用网络用户将分别接入不同的子PLMN网络，并与公用5G核心网和港口的本地5G-MEC（UPF）建立路由。

5G 智慧港口应用场景

遥控起重机：港口起重机上安装的摄像头通过5G网络将所拍摄的1080p视频图像传送至控制中心，起重机操作员根据现场传来的视频图像进行远程操作。根据起重机的不同尺寸，安装的摄像头一般为6到27个不等。5G网络可提供30Mbps到120Mbps的上行带宽和30毫秒的低时延。

智能导引车：虽然某些自动化港口引入了4G自动导引车，但它们无法判断周围的路况。而在车身安装了摄像头和传感器的智能导引车，可通过5G网络将收集到的详细路况信息传送到移动边缘计算平台。每辆智能导引车需要发送8路1080p视频图像，占用约40Mbps的上行带宽，时延要求为20毫秒。智能导引车时速可达40km/小时，是自动导引车的两倍，端到端的运输效率可提升至自动导引车的2.5倍。自动驾驶集装箱卡车也可采用相同的技术来实现，从而降低劳动力成本。

其他应用：智慧港口还有许多其他应用，如智能视频监控和AR远程维护等，这些应用都依靠5G和MEC来提供联接和计算能力。

案例二：中国东方航空、中国联通携手华为打造5G智慧机场

中国联通和华为携手中国东方航空为新建的北京大兴机场部署了5G网络，使其成为世界上最大的5G机场，以及首座将5G引入民航业务流程的机场。

这套5G智慧出行解决方案旨在改善客户体验，推动地勤服务自动化，提高航班准点率，减少机场Wi-Fi网络拥塞，部署低时延的AI应用及面向未来的网络环境。

该解决方案整合了高速、超低时延和移动边缘计算等5G关键特性。

中国联通在机场部署了3000多个5G LampSite



小基站和80多个室外5G有源天线单元（AAU），为大兴机场提供了全面的网络覆盖。

该网络支持海量数据传输，助力中国东方航空为客户提供各类个性化服务。同时还可满足每天10TB的网络容量需求，并支持灵活扩容，网速可超过1.2Gbps，为旅客提供卓越的5G体验。

得益于网络容量大、覆盖范围广的优势，该网络除了为机场内部服务外，还可为旅客提供公用网络。在大兴机场，大多数应用场景都是基于5G室内网络实现的，但也利用了现有的3G和4G基础设施，避免了构建两张共站网络，有助于提升网络运营效率，并降低成本。

中国东方航空基于5G网络实现了如下三种服务：利用边缘AI应用，实现自助值机和面部识别等旅客服务；旅客和东方航空员工的行李跟踪和管理；为旅客提供个性化沟通服务。

5G智慧出行服务于2019年9月开始商用，旨在实现如下目标：

20分钟完成值机手续到登机。旅客无需再出示身份证件或扫描二维码，只需刷脸便可完成从购

票、值机、安检到登机的所有手续；空乘人员可以使用面部识别系统引导旅客入座；东方航空员工将穿戴支持面部识别功能的5G增强现实眼镜，快速识别并协助旅客。

便捷的无纸化行李服务和端到端可视化行李托运服务。合作伙伴基于全球首个射频识别永久电子行李牌，开发了5G行李跟踪解决方案，使旅客在手机APP上即可查看行李托运状态。由于5G网络可提供更大的上行容量，大兴机场将使用高清视频对行李进行监控，并可在行李处理不当时提醒工作人员。这将有利于更好地管理行李，确保将行李准确运至目的地，并避免航班延误。

提供个性化服务和改善旅客体验。包括行前提醒、值机、登机、登机口变更、行李领取和转机，并可根据旅客的位置、会员等级和时间要求等提供定制化服务。例如，当旅客在机场内走动时，可在智慧显示屏上查看个人航班信息；为保护隐私，系统通过面部识别旅客身份后，个人航班信息将以匿名的方式展示；在贵宾室候机的VIP旅客还可以享用基于5G的高清会议和云服务。[4]



智能IP网络，引领IP承载网进入全业务智能时代

经过 20 多年的发展，今天的 IP 网络已经进入全业务智能时代，新的需求也随之摆在 IP 网络面前。流量的爆发式增长带来大带宽需求；5G 和企业上云带来对 SLA 承诺和用户体验需求；业务可靠性和灵活性带来智能运维需求。华为智能 IP 网络解决方案以其智能超宽、智能联接、智能运维的特点，引领 IP 承载网进入全业务智能时代。

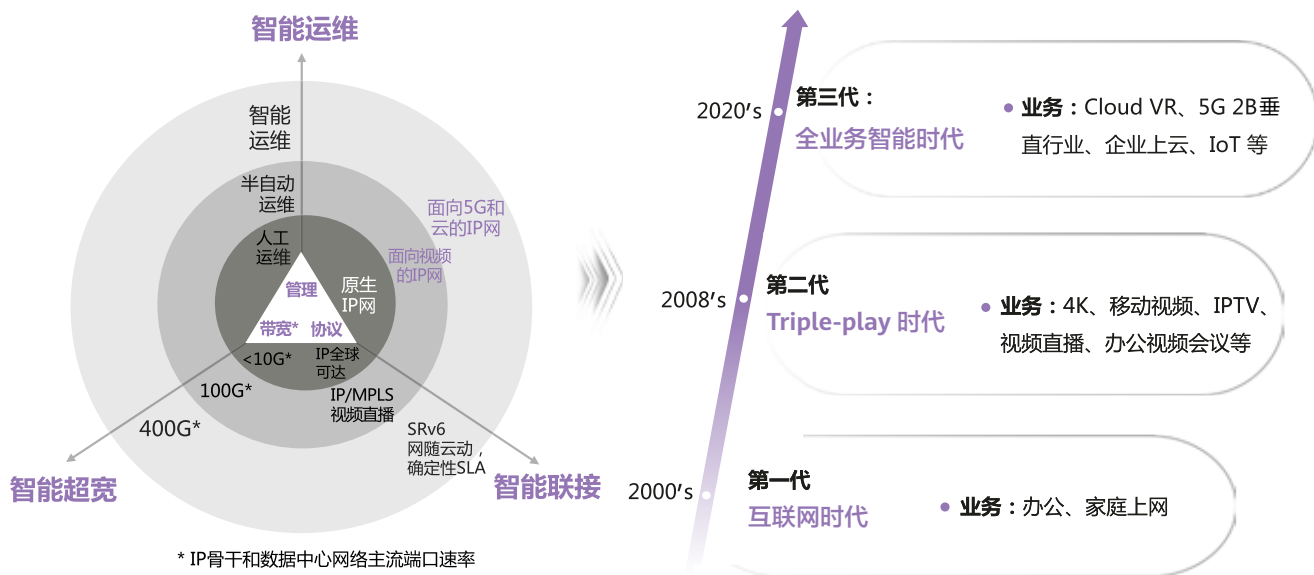


陈邦华
华为数据通信产品线
副总裁

华为的愿景是“将数字世界带入每个人、每个家庭、每个组织，构建万物互联的智能世界”。而 IP 网络就是愿景中“万物互联”的基础。

IP (Internet Protocol, 网际协议) 的诞生，正如其名称所暗示，就是源于 Internet。在因特网的前身 (ARPANET) 中，最早采用的是网络控制

协议 (NCP, Network Control Protocol)。但是，随着接入网络的电脑越来越多，发送信息的计算机很难在庞杂的网络中定位目标计算机。为了解决这一问题，1983年1月1日，ARPANET正式采用TCP/IP取代NCP，从而奠定了今天互联网的基石。1997年，为了满足运营商网络的高可靠性以及提升转发效率，基于IP技术的MPLS诞生，这标志着IP技



IP 产业三代演进图

术开始规模进入运营商网络。之后，经过20多年的发展，伴随着业务的不断变迁，IP产业经历了互联网时代、Triple-play时代、全业务智能时代的逐渐演进过程。

第一代，从2000年开始的互联网时代。互联网业务开始IP化承载，主要业务类型是办公和家庭上网，例如邮件、电话等。互联网时代的网络带宽需求比较小，网络侧接口以GE/10GE为主。在这个阶段，只要网络是通的，业务体验就是达标的。网络运维手段以命令行为主。

第二代，从2008年开始的Triple-play时代。随着4K、移动视频等业务的涌现，带宽需求迅猛增长，网络侧带宽以10GE/100GE为主，部分高优先级业务，例如IPTV等，需要通过简单的QoS进行质量保障。在运维方面，则是通过简单的工具实现初步自动化。

第三代，从2020年开始的全业务智能时代。根据GSMA预测，2020年全球将有170家运营商实现5G商用，5G带来了CloudVR、2B垂直行业等新应用。此外，企业上云已成为必然趋势，预计到2025年，全球将有85%以上的企业应用被部署到云上。面对CloudVR、5G 2B垂直行业、企业上云等新业务，运营商希望通过一张网络来承载全业务，实现极简建网、降低成本。同时，5G 2B等关

键业务还要求网络提供严格的SLA保障。在运维方面，网络自动化、智能化运维愈加重要。

IP 网络面对新需求

带宽增长 10 倍

5G、千兆家宽、上云专线等全业务承载推动了流量的爆发式增长。相比4G时代的视频类业务，Cloud VR/AR等沉浸式体验新业务的带宽需求将增长10倍以上。以韩国为例，典型的Cloud VR/AR业务的带宽需求在80Mbps以上，其商用之后，ARPU值增长了3倍。同时，家庭宽带也在由百兆入户向千兆入户迁移，目前，全球已有57个国家的234家运营商发布了千兆宽带业务。此外，部分关键业务，像5G 2B，还需要稳定的带宽保障，例如在远程急救场景中，急救人员要把救护车上患者的高清图像实时回传至医院，则带宽必须稳定在50Mbps以上。

SLA 承诺和体验保障

为了应对5G使能千行百业和百万企业上云带来的挑战，IP网络需要提供稳定的时延保障，以及快速TTM等SLA要求，而且这些SLA要求可能会写入运营商与企业签约的合同中，所以必须做到SLA

在5G和云时代，以智能超宽、智能联接和智能运维为特征的智能IP网络成为必然选择，并将是未来10年数据通信网络发展的大趋势。我们相信，2020年将成为智能IP网络全面商用元年。

可承诺。例如，在智能电网的承载中，为了支撑高可靠性供电区域的电力不间断，必须将事故中断时间缩短至毫秒级，网络端到端时延不能大于15毫秒。同时，从企业上云的角度来看，云业务天生具有敏捷的特点，可以做到分钟级的部署，这就要求IP网络也能够网随云动，支持业务快速布放。

智能运维

5G垂直行业对于网络的可靠性要求非常严苛。以金融行业为例，当证券交易业务中断达到30分钟以上，就需要上报证监会。所以，网络必须能够提供快速故障定位和恢复能力。在企业上云过程中，云业务的灵活部署和技术的复杂性也要求IP网络能够支持智能运维，做到网络质量实时可视，出现故障可快速定位等。

华为智能IP网络 引领全业务智能时代

针对全业务智能时代提出的以上需求，华为率先在IP网络中引入大数据、AI和新一代协议等技术，实现了从传统IP网络到智能IP网络的飞跃，助力全球客户打造智能超宽、智能联接、智能运维的IP网络。

华为智能IP网络解决方案基于NetEngine系列路由器，提供业界首个端到端400GE，帮助运营商构筑单比特成本最优的基础网，并通过FlexE网络切片，实现关键业务带宽可保障和灵活调配；通过领先业界一年的SRv6技术，提供智能联接，实现企业上云等业务快速开通、关键业务时延可承诺；基于业界首个管控析一体化平台iMaster NCE（Network Cloud Engine）和iFIT性能检测等，提供包括快速故障定位、网络实时调优等在内的全生命周期智能化运维。

智能超宽： 实现单比特成本最优和带宽灵活调配

全业务承载带来了电信网络流量的不断增长，从而提高了运营商的带宽成本。如何在提升网络容量的同时降低每比特成本，对运营商至关重要。因此，高性价比的400GE便成为100GE之后的下一代

组网技术。400GE基于新一代PAM4编码技术，可实现传输效率翻倍、单比特成本最优。

针对400GE组网，华为推出了业界首个从接入汇聚、城域汇聚，到城域核心，再到骨干以及数据中心端到端的400GE解决方案，以满足未来流量增长的需求。华为是400GE标准化的首要贡献者，也是业界唯一能够提供10km/40km/80km全距离400GE光模块的厂商，并于2019年2月率先实现了400GE商用。

此外，就像现实生活中无论道路多宽都有可能出现堵车一样，传统IP网络即使容量再大，但由于所有的业务共享带宽资源，且流量突发时相互抢占，关键业务如垂直行业的带宽仍然得不到保证。为此，华为在业界率先提出并开发了FlexE等网络切片技术，就像在道路上开辟出公交专用车道一样，在超宽网络中实现不同业务流量间的带宽硬隔离，为5G远程医疗等垂直行业的关键业务、企业生产网络、运营商IP专线提供100%可承诺的带宽保障。同时，切片带宽还可以智能调节，在业务变化时可以按需灵活调整。华为FlexE网络切片精细度为业界的5倍，可支持更多的垂直行业 and 更精细的带宽调度。

智能联接： 基于SRv6实现智能选路和时延可承诺

在5G和云时代中，不同业务的SLA要求各异，网络必须能够根据业务SLA来提供联接。传统网络的业务发放是静态配置的，难以根据业务意图实时配置网络资源。而基于业界领先的SRv6技术，华为智能IP网络解决方案可根据业务意图、网络拥塞状态等，智能地选择最佳路径并实时调整，以持续提供最佳联接体验。例如，针对智能电网等时延敏感业务，SRv6可以从网络中选出一条最优的低时延路径，做到时延可承诺。

此外，基于SRv6技术，智能IP网络还可以解决传统网络中业务开通慢的问题，实现云-网协同，业务一跳入云、分钟级开通，并支持拓扑无关、100%场景下的50毫秒保护倒换，以保障业务的高可靠性。华为致力于推动SRv6产业的发展和规模商用，是SRv6标准的最大贡献者，参与了超过59%的标准制定。截至目前，华为在全球已经实现超过20

个商用部署。

智能运维： 全生命周期智能化运维，迈向网络自动驾驶

基于业界首个管理、控制、分析合一的智能管理平台iMaster NCE，华为智能IP网络解决方案可以为客户提供包括规划、建设、维护、优化在内的全生命周期智能化运维，并最终迈向IP网络自动驾驶。以故障定位为例，随着网络的规模和复杂度与日俱增，当前由投诉驱动的被动维护方式给网络运维带来了极大的挑战。智能IP网络可以通过iFIT随流检测技术实时感知网络状态，快速识别网络故障或潜在风险，通过模型匹配，精准识别根因并自动修复，实现体验损伤最小化甚至不受影响。

同时，华为与客户一起积极进行了对自动驾驶网络的思考和探索，并提出了迈向自动驾驶网络的五级演进标准，以帮助上下游产业共同探索自动驾驶网络的演进道路。当前，华为正在通过引入AI等技术来逐步使能IP网络迈向自动驾驶。例如，通过对路由器8万多种设备KPI进行AI分析，NCE可以对设备进行实时体检，在故障发生之前及时预测故障，防患于未然。截至目前，iMaster NCE已被全球100多个运营商商用部署，并在2019年获得了业界权威分析机构GlobalData“在广域控制器领域唯一市场领导者”的最高评价。

智能 IP 网络助力 5G 使能千行百业、百万企业上云

基于智能IP网络解决方案，华为正在联合全球运营商积极探索全业务承载之下的5G垂直行业、上云专线等新应用。在5G垂直行业方面，华为已经在智慧医疗、智能电网、智慧港口等超过30个行业取得了成功实践。例如，2019年，华为帮助中国移动开展了全球首个覆盖院内、院间、院前三大场景的5G智慧医疗，主要涵盖应急救援、远程会诊、远程B超等应用，实现了医疗业务的体验保障。在上云专线方面，华为已助力运营商实现了政企、教育、税务、金融等40多个行业的快速上云和高品质体验。

作为全球领先的智能IP网络解决方案提供商，华为已持续20多年的研发投入，在运营商路由器领域连续两年市场份额位居第一，其产品及解决方案服务于全球140多个国家和地区。在5G和云时代，以智能超宽、智能联接和智能运维为特征的智能IP网络成为必然的选择，并将是未来10年数据通信网络发展的大趋势。我们相信，2020年将成为智能IP网络全面商用的元年。华为坚持以客户为中心，持续创新，不断为客户创造价值，并将继续与客户携手合作，共同打造智能IP网络，引领智能IP时代。



5G 服务与软件解决方案助力运营商智慧运营

5G 在为企业和消费者带来更丰富的应用和更极致体验的同时，也让运营商面临新的机遇和挑战。华为服务与软件推出了一系列基于“平台+智能”的5G服务与软件解决方案，旨在助力运营商应对5G新挑战，实现5G时代的智慧运营。



郑如国
华为全球技术服务
首席营销官

5G 将开启通信新纪元。一方面，它为企业和消费者带来更丰富的业务、应用和前所未有的极致体验；另一方面，它也为运营商打破传统的管道模式，发展数字新业务，探索新商业模式和孵化新行业场景提供了历史性的契机。

在5G时代，新业务、新网络、新技术的涌现，以及网络与业务复杂度的指数级上升，给运营商网络的“规、建、维、优、营”都带来了新的挑战。随着最终用户对5G新业务的期望值的不断上升，使得运营商对业务质量的保障难度也迅速提高，过去“尽力而为”的

服务方式已经难以为继，而清晰化的、差异化的SLA保障成为了5G业务的必要条件。正是基于此，华为服务与软件推出了一系列基于“平台+智能”的5G服务与软件解决方案，旨在助力运营商应对5G新的挑战，实现5G时代的智慧运营。



智敏建网解决方案 实现网络建设精准快速

5G网络规划与建设伊始就必须精准，才能提升投资效率，并为不同新业务提供差异化体验。华为CWR@Digital解决方案能够助力运营商网络运营数字化转型，通过构建数字化运营沙盘，进行OSS+BSS大数据分析，拉通洞察、规划和建设，进行全流程数字化建网，使网络规划更精准，建设更快速。该方案优势主要表现为以下四大方面：

通过智能洞察，提升运营商单站高价值用户的占比：在智能洞察过程中，通过AI+大数据分析手段，使价值区域识别所需时间从月缩减到周或日，精准度达到75%~85%；同时，还可进行基于栅格/小区/站点/楼宇级别的地理化实时洞察，支撑运营商精准投资。

通过精准规划，提升网络覆盖率：依托华为SmartCare E-Planning模型构建出的业界首个5G业务体验建网标准，以及室内外协同仿真规划技术，使站点建设资源实现协同以及网络质量到达最优。

华为5G数字化集成方案：5G规模部署在即，该方案融入了站点数字孪生理念和华为3D建网标准T-BIM规范，可加快建站速度，使网络建设TTM（上市时间）降低30%。

室内网络建设：华为通过基于AI技术对话务增长和用户行为的预测，帮助运营商制订面向5G的最佳演进路径；通过自研的Choose建模算法等，实现室内最佳点位设计和最优路由规划，从而降低方案造价；同时，从传统的纯粹面向2C业务的建网，转变为面向2C/2B双网协同的建网模式，实现室内网络价值最大化。

华为通过数字化交付平台ISDP，使运营商、设备商、合作伙伴各方面的信息与指令在项目实施过程中高效流转，实现流程化作业驱动、数据打通、IT化作业、可视化进度与质量管理，提升5G网络部署的效率和质量，实现智敏建网。

精品网解决方案保障极致网络体验

在5G基站建成后，运营商虽然解决了网络覆

盖问题，但并不等于具有良好的网络体验。比如，大规模多输入多输出技术（Massive MIMO）需要进行1万多种参数的3D仿真和优化，这将造成5G的优化比4G复杂得多。华为创新的网优平台Discovery总结并固化了100多个网优规则、50多个AI模型以及超过6000个项目的网优经验，其能力领先业界一年以上。

依托网优平台Discovery，华为推出了5G精品网方案，可提供商用放号保障、极致速率保障和网络时延优化等智能化网优子解决方案。其中，商用放号保障方案，可精准识别“假、差、哑”等5G问题，帮助运营商减少商用初期的用户投诉；极致速率保障方案，可通过业界首个“端、管、芯”协同的CSI优化和RANK UP技术，挖掘网络潜力，进一步提升5G速率；网络时延优化方案，可把时延问题的定界效率从“周”提升为“天”，同时，通过华为独有的专利Super FEC，可降低小区边缘时延达20%。

最近，华为5G精品网解决方案助力运营商在欧洲P3 5G速率测试中排名第一；助力韩国运营商在IHS Markit的速率和时延测试中排名第一；同时，在中国和中东地区，华为5G网络领先于友商。

SOC 解决方案打造最佳业务体验

在5G时代，数字化的新业务、差异化的体验要求、多量纲的变现模式，以及2B的新场景，都给运营商带来了新的商业机遇，而最佳的业务体验无疑成为获得5G商业成功的前提！比如，Cloud VR/AR/Gaming等典型5G数字化业务，都对运营商的网络提出了更高的体验要求（如Cloud VR端到端的感知时延要求不超过70毫秒），因此，能否打造最佳的业务体验就成为了运营商商业成功的关键。

华为SOC解决方案通过整合在全球160多张网络上积累的用户体验和管理经验，凭借“三新”帮助运营商打造最佳的业务体验。“三新”是指，差异化体验变现新模式（如MBB商务舱）；新业务体验管理（如Cloud VR/X、高清视频和直播回传等）；2B新场景SLA保障（如智慧港口、智慧园区等）。由于5G使能千行百业，所以，业界才有

随着最终用户对5G新业务期望值的上升，使其业务质量保障的难度也迅速提高，过去“尽力而为”的服务方式已经难以为继，而清晰的、差异化的SLA保障成为5G业务的必要条件。

“无SOC，不5G”的观点。华为SOC解决方案拥有全球首发的5G新业务体验标准，可以帮助运营商快速地构建新业务的体验模型；其业界领先的体验分析能力，可以实现90%以上的业务识别准确率；新一代的极致性能体验管理平台，可以使单位能耗下降40%的同时业务性能提升1.5倍。未来，华为SOC解决方案将基于生态合作云平台，构建客户感知管理运营新生态，帮助运营商和行业共同成长。

智能运维解决方案 使运维自动化和智能化

从2G到5G，运营商的网络多代共存，其联接从人到物的数量倍增，新业务新服务不断涌现且复杂多样，这些都导致网络运维所面对的服务请求与问题的数量大幅增长，最终造成运维团队所面临的压力与日俱增，故障修复越来越困难，运维人才越来越稀缺，运维成本越来越高昂。因此，运维转型时不我待，运营商必须改变原有的作业模式，向自动化与智能化运维演进。

华为在业界率先提出了人机协同的智能运维模式AIOps，推动运维从“人拉肩扛”走向自动化和智能化。向新的运维模式演进并不是打破现有的运维体系或抛弃现有的运维工具，而是在现有的基础上叠加一个承载了运维知识与模型的运维知识平台，并结合运维流程、作业环节以及实际的运维需求，分段分段地从“以人为本”的运维模式演进到“人机协同”的运维模式。首先，通过技能转型，使运维人员向数据分析师、网络策略师和应用编排师转型，把个人的知识经验转化为运维资产，注入智能运维平台OWS；之后，OWS能够基于这些资产实现智能运维。

通过这种人机协同的运维模式，华

为5G智能运维解决方案打破了运维资源随设备线性增长的定律，利用自动化减少人为失误，提升运维效率；同时，基于AI技术实现网络及业务故障的预测预防，提升运维质量，从而为超可靠的5G网络提供保障。

以中国联通为例，其通过与华为在5G运维领域联合创新，不仅实现了跨区域拓扑自动生成及故障可视、智能故障检测、跨网跨区域故障智能诊断等运维智能化，也加速了运维人员的技能转型。

云联络中心方案 实现融视、融智、融通

当前，运营商和垂直行业都在积极探索5G技术和产业相结合的应用场景。例如，对于传统客服来说，以往他们在与客户沟通中，存在着只能听不能看、沟通效率低下、缺乏智能工具等缺点。因此，客服行业亟需一站式融合通信平台来协同企业的生产流程和作业流程，以提升效率，并支持快速业务创新。随着5G的加速到来，具备视频化、智能化和开放平台的云联络中心便成为未来的发展趋势。

华为推出的全球首个5G云联络中心（AICC）方案，在融视、融智、融通等方面独具领先优势，并具有免APP、高质量、易触达、广覆盖等特点。

首先，AICC首创了企业面向用户的视频化服务协同能力，提升了用户“第三维”交互体验。AICC融合了4G/5G视频通话技术和远程交互能力，独家创新两方视频会场和桌面共享等高品质的五大视频云客服应用场景。用户无需安装APP，即可实现由按键收号到语音，再到视频的三维交互体验。

其次，AICC通过AI智能助手将人工座席服务效率提升20%以上。AICC采用智能语音、意图识别、智能填单等技

术，支持用户和客服人员边看边说（智能语音代替手机键盘），实现了人工座席智能辅助。

此外，面对每年百亿级的市场空间，华为与运营商通过合作，融通5G视频技术和垂直行业，使得运营商更容易触达用户的应用场景，广泛覆盖政务、金融、医疗、连锁等众多行业。新的平台化商业模式可以降低产业成本，增加运营商收入，加速行业客户的服务产业升级进程。

人才培养与认证方案 为行业栽培数字人才

运营商要想在5G上获得成功，离不开一支掌握5G、AI和云等关键技术，并懂得行业客户需求的人才队伍。华为5G人才培养与认证方案通过华为认证系统建立人才能力标准；通过华为、运营商和行业三方的共同创新，打造领先内容；通过线上线下相结合、训战教学、行动式学习等模式，提升学习效率，为5G行业培养数字人才。

华为5G人才培养与认证方案，包括5G能力咨询、5G能力培养、5G能力认证三大服务体系，以此帮助运营商实现5G网络的建设、敏捷运维和业务运营等业务场景下，专业人才能力的快速就绪。

从2017年开始，华为服务与软件就将AI技术应用在运营商规划、建设、运维、优化和运营等场景，并提供生产和作业流程的服务。通过融合机器学习和人赋予机器智能等方式，华为服务与软件将过去30年间积累的电信行业的知识融入在技术平台上，并持续演进，推出了端到端5G服务与软件解决方案，从而为运营商提供更加高质高效的服务，并增强其解决客户问题的能力，帮助运营商决胜5G会战，实现5G商用价值的最大化。[4]



引领站点能源数字化，成就无处不在的绿色联接和计算

基于对 5G 网络演进的深刻理解和在业界的成功实践，华为融合先进的基础材料技术和 IT、CT 技术，提出了“极简、智能、绿色”的通信能源目标网建网理念，并推出了全新一代的 5G Power 站点能源解决方案，助力客户快速部署 5G，实现全面智能化和 TCO 最优。



彭建华
华为通信能源领域总裁

5 G 时代是全移动和全联接的智慧时代，人与人、人与物、物与物都需要进行联接和通信，据预测，到 2025 年，全球设备接入数量将超过 1000 亿台。随着 5G 网络的日益普及，

体验和业务驱动的联接与计算无处不在。在线医疗、在线教育、在线办公、智慧家庭、VR、AR、自动驾驶等新业务的兴起，要求网络联接更广、带宽更大、内容和计算更靠近用户。

通信网络也随之发生了一系列新的显著变化——无线加频加站、固定接入光进铜退、全光 FTTx、机房扩容、FMC/ICT 融合；站点功能也将从单一通信联接功能走向综合功能，从通信站走

向社会站。这些变化将对站点能源基础设施建设带来什么样的影响呢？

看得见未来才能有更好的现在

华为率先洞察到了一些行业和技术趋势。基于此，我们不断思考如何帮助客户创造更大的价值。

站点、机房设备及功耗增加：传统建房、能源系统多盒子拼凑、多套系统叠加的建设方式涉及工勘、谈判、审批以及土建施工等多个环节，工期长、投资高，无法支持业务快速上线，且管理复杂、演进困难，站点高CAPEX和高OPEX的结构亟需优化。

IT和CT日趋融合：伴随着5G技术的高速发展和越来越丰富的业务应用，计算越来越靠近用户，CT和IT加速朝着ICT融合的架构演进。一个典型的变化就是站点的IT设备所占比重不断提升，站点以

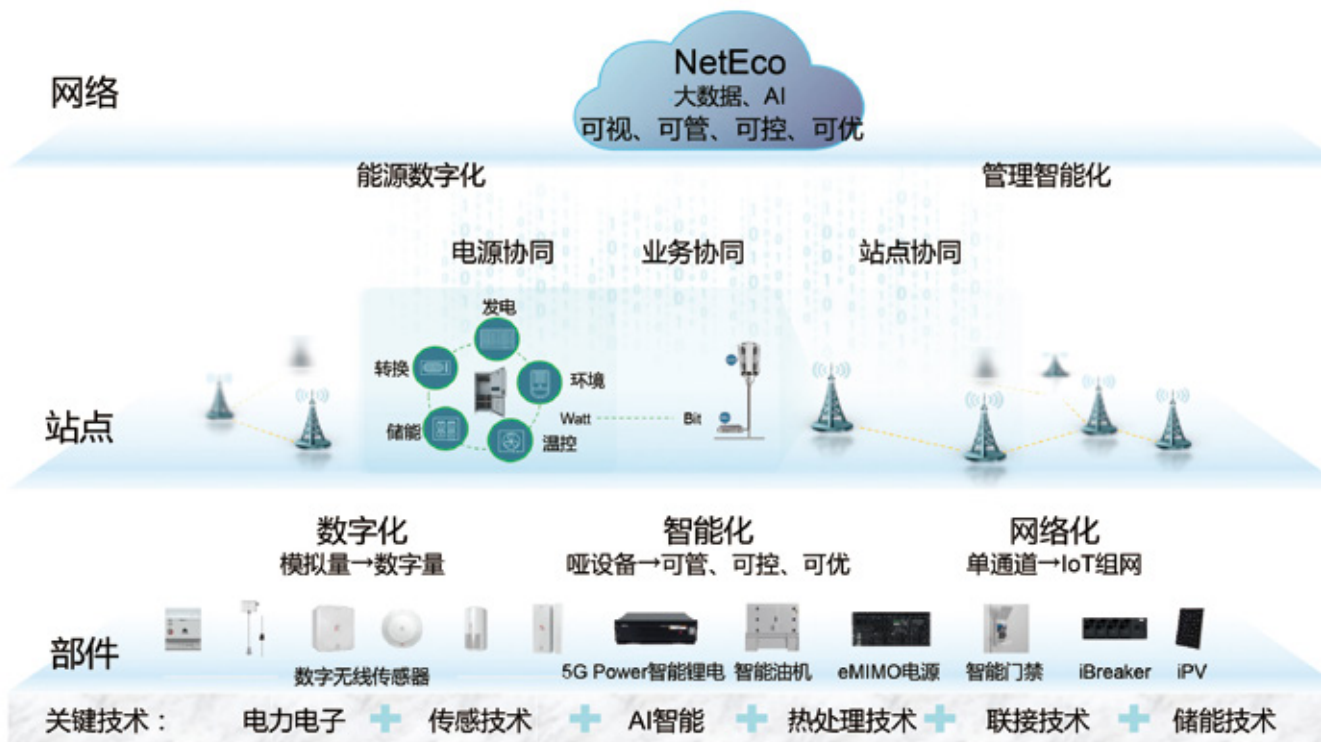
及机房交直流融合供电的趋势愈加显著。

站点储能系统加速全面锂电化：储能系统从铅酸发展到锂电，普通锂电池虽具备锂电池本身的特性，但也仅是电芯加结构件的简单组合，只能提供简单备电。无协同、粗管理、资源浪费、演进成本高、运维困难，在5G时代，站点储能系统需要重新定义新架构。

气候变化和节能减排的社会责任：光伏等新能源成本持续降低，应用性价比越来越高，将进一步推动运营商站站叠光；电源从标效到高效以及去油机实现站站无油。能源网络将走向绿色SDG（可持续发展目标）、OPEX节省的战略发展之路。

站点运维效率低、成本高：在4G时代，全球约80%的站点运维依靠人工上站巡检、定位问题和处理故障，每站年均运维成本从数千美元到上万美元不等。到5G时代，联接和站点数的激增将导致运维越来越复杂，传统运维方式将极大地增加站点

极简 智能 绿色



5G 站点能源目标网架构图



运营成本，这关系到运营商的经营是否健康。运维 OPEX 高企，站点运维效率亟需提升，将驱动能源基础设施全面数字化、智能化。

站点能源基础设施将走向开放：从通信站到社会站，包括站址共享、能源基础设施共享、广告位出租、环境\安全监测收容、周边供电等，最大化利用站点资源，创造更多的社会价值。

华为在 ICT 领域以及能源领域深耕多年，具备强大、领先的技术实力与实践积累。基于对 5G 网络演进的深刻理解和业界成功实践，华为结合领先的基础材料科学，并融入功率、电力电子、热力学、IoT、AI 等关键技术，从部件到网络，提出了“极简、智能、绿色”的通信能源目标网建设思路，并推出了全新一代的 5G Power 站点能源解决方案，助力 5G 的快速部署，实现端到端 TCO 最优；通过 AI、大数据、IoT 等数字技术，实现“市电、储能、温控、负载”等实时联动；通过全局管理，实现站点能源功率智能、运维智能的能源网络全面

智能化；应用高密高效功率技术、新能源、智能技术等，从“部件、站点、网络”三层级实现能源网络的高效、绿色，打造 E2E 绿色高效的能源网络，支持社会可持续发展；进一步开放站点资源，从通信站到社会站，从单一功能走向综合功能，实现站点资源利用的最大化，创造更大的社会价值。

华为的创新与实践获得业界普遍认可。2019 年，华为 5G Power 解决方案荣获 ITU 可持续创新大奖。2020 年，在日本年度规模最大、影响力最强的 ICT 展会“2020 Interop 东京展”上，获得“Best of Show Award”金奖。

华为解决方案 实现 5G 快速部署及 TCO 最优

为给 5G 多频演进预留未来扩容空间、设备空间，实现平滑扩容，节省投资成本，华为不断突破功率密度极限，促进电源与储能持续向高密化演

引领站点能源数字化，成就无处不在的绿色联接和计算，华为站点能源正以极简、智能、绿色的理念，联合业界共同探索5G的发展之路。

进，在不同场景下实现免市电改造、免建机房、免增机柜、免换线等，通过一站一柜、一站一刀、一柜替一房、一柜实现ICT融合等5G Power解决方案，助力客户快速部署5G，实现TCO最优。

华为一站一柜解决方案是业界首个统一智能综合5G Power电源平台，集合了5U&36kW的供电能力（2倍于业界功率密度）和3.6U&150Ah的5G电源智能储能系统（相比业界储能密度提升了220%），其一个平台一套系统就可支持多相电能输入（如市电、太阳能、油机等），支持多制式电压输出（DC 12V/24V/36V/48V，AC220V），可实现一站收容所有设备，一站一柜支持全业务平滑演进，以及全网智能管理。增加4G具备5G Ready能力，不增加CAPEX；新建5G时，端到端TCO可节省50%。

华为一站一刀解决方案针对拉远AAU/RRU场景推出，是业界首个6KW@自然散热刀片，免占地，免维护，助力客户一站一刀业务快速上线。华为独有的Butterfly设计和仿生散热根系齿黑科技，可有效减少40%风阻和提升25%散热效率。

华为全新架构、全制式的极简CO-MIMO电源解决方案是针对机房场景而推出的，体积可减少55%，承重减少70%，容量提升30%，端到端效率从80%提升至92%，可助力客户业务原位改造扩容免新租，免新建机房，免工程改造，推动CO机房面向5G极简演进；支持绿色能源接入，可满足IT\CT设备融合供电和MEC ready。其独有的CO电源智能储能系统最大可支持6000A超大功率，并首创智能锂电自灭火技术，实现自身绝对安全，外部起火可自动灭火。

站点能源网络走向全面智能化

华为为了加速站点数字化演进，引入了AI和IoT技术，推出基于数字技术的5G Power解决方案，具有优化电源模块和站点设备、网络的各系统间协同调度功能，实现站点能源的功率智能化和运维智能化，驱动能源网络走向全面智能化。

在功率侧，华为提出“比特管理瓦特”、“零比特零瓦特”的核心理念，通过华为5G Power解决方案的智能电源、智能储能、智能网管多个子系统的智能协同，实现智能市电削峰/市电MPPT，最

大化站点的供电能力，帮助运营商部署5G时免改市电、免增机柜。华为独创的57V智能恒压技术，实现了AAU供电免换线缆，有效减少线损，100%释放储能能力。针对能耗管理模糊的弊病，5G Power解决方案采用智能计量创新技术，实现用电计量的智能化，免增电表便可对站点每一路负载进行单独的用电量计算，实现每路用电量按租户、频段、扇区的精确测量，帮助客户实现精准数据以改进能效，精准投资。在5G时代，根据不同的业务重要程度，需要更为精准的备电和精细化的下电管理，华为创新设计，重定义下电逻辑，通过多维度指标智能协同实施下电策略，实现站点按业务重要性精准下电。同时，通过该功能还能够实现精准备电管理，大幅节省储能投资。

作为5G部署的核心引擎，华为深刻理解5G网络演进趋势，创新定义5G电源智能储能新架构，释放站点储能系统具有的更大潜力。5G电源智能储能系统具备本地BMS、能源IoT组网、云BMS三层级架构，基于大数据分析AI算法，通过储能站内协同、站间协同、站网协同，可支持智能升压、智能防盗、智能混搭、智能并机等，保障供备电可靠，最大化释放电池的价值，满足5G时代站点储能综合应用、智能协同、精细管理以及全场景应用的新需求。

在运维侧，华为致力于实现全面可视、可控、可优。通过IoT极简组网，5G Power解决方案可实现站点能源整网数字化看板可视、每比特能耗可视、能效/PAV可视；远程运维可管、电池/油机SOH健康管理；智能调度可控；AI大数据分析可优。针对站点资产管理，华为5G Power借助数字防盗、AI图像分析等技术，集成了多重智能防盗措施，清晰化站点资产管理，从物理防盗走向数字防盗。

三层高效节能实现绿色网络能源

传统电源只聚焦“整流效率”单一环节，而对于其他供电环节，则受限于架构和能力无法兼顾。华为5G Power解决方案通过AI技术，与“市电、储能、温控、负载”建立通信，实时联动，全局管理，从“部件、站点、网络”三层级高效节能，实



现绿色联接和计算。

在部件层的绿色高效节能，是依托业界最高效的98%整流技术、材料耐热技术和相变散热温控技术，单个典型站点每年可省电5000度。在站点层的绿色高效节能，则是通过老旧低效改造、室内改室外等措施，结合AI加持的iSolar数字化叠加太阳能、超级快充、智能网管调度&智能协同等技术，助力运营商实现站站无油、站站叠光，典型站点节能达到50%以上。在网络层的绿色高效节能，基于云化的智能网管，可实现市电、电源、储能、负载之间的整网智能协同，精准识别低能效站点，实现整网站点精准能效管理和能耗优化，全面打造绿色高效的能源网络。

最大化利用站点资源创造更多价值

过去作为站点配套存在的能源设备现在成为网络的基石，甚至成为5G能否快速向前发展的重要决定因素。展望未来，华为认为，随着5G走向千行百业，以及ICT进一步融合，网络基础设施共享将更加充分，站点能源还需要进一步走向能力开放，从传统通信站走向站址共享、能源共享，最大

化站点的资源效率。

华为首创的智慧超级站（MEC）解决方案，基于智能综合电源统一供电架构，可实现全制式输入输出、模块化灵活扩容，具有超大供电能力、超大热处理能力及柜内A类环境控制能力，支持ICT设备共部署和全场景应用。凭借超大供电能力，可为商业、居民进行供电和EV充电/换电等，实现站点能源共享。灵活多制式输出能力可满足各行业安全监控、防灾检测、户外广告等站址租赁。该解决方案可最大化利用站点资源，助力站点从单一通信站走向综合社会站，从而发挥站点的最大价值，创造更大的社会价值。

引领站点能源数字化，成就无处不在的绿色联接和计算，华为站点能源正以极简、智能、绿色的理念，联合业界共同探索5G的发展之路。未来，我们将持续围绕客户在5G时代面临的各种挑战，聚焦能源技术核心，以技术创新为牵引力，助力客户打造一张面向未来的、全面数字化、智能化的绿色SDG和OPEX节省网络，最大化释放站点价值，使客户不仅省钱，更要赚钱。华为多年在ICT领域及能源领域深耕，将与客户一路同行，持续创新，共创美好未来。[H]



江苏移动大力推进自动化 为 5G 做准备

近日，中国移动江苏分公司（江苏移动）网络部总工程师陈瑛接受 Mobile World Live 记者专访。她阐述了江苏移动网络运维转型的路标，并表示江苏移动希望通过网络运维转型，为 5G 时代网络规模和复杂性的急剧增长做好准备。

MWL：是什么因素驱动了江苏移动的运维转型？

陈瑛：主要有两个因素：首先是工作量驱动，用户数量和业务流量的预期增长将会极大增加网络运维工作量，需要提高运维效率。第二就是新技术驱动，5G 网络架构向云化的演进需要运维人员通过资源编排来部署和维护网络服务。

MWL：江苏移动运维转型的主要目标是什么？有相应的时间表么？

陈瑛：江苏移动运维转型的目标是通过综合使用各种技术方法来提高网络运维的自动化和智能水平，从而使机器能够执行更多重复性基础工作，同时保持运维支出的平稳并提高运维效率。我们的目标是在 3~5 年内将网络运维的自动化水平提高一倍。

MWL：江苏移动的运维转型是从哪些领域开始启动的？

陈瑛：网络运维涉及多个方面，涵盖不同领域。例

如：移动宽带、固定宽带、网络功能虚拟化（NFV）和5G网络运维等。我们的智能运维转型是从运维领域尚未成熟的自动化方面入手，比如无线网络资源的分配、传输维护，以及检查故障单以处理故障告警等。

MWL：智能运维转型将带来哪些好处？

陈瑛：智能运维转型可以带来降低成本、提升效率和提高质量的好处。例如，现在我们正在使用的自动化软件对整个江苏省内部分无线载波资源进行动态调配。

MWL：江苏移动为什么选择华为作为合作伙伴，华为可以提供哪些其他供应商无法提供的服务？

陈瑛：主要考虑因素是华为在电信网络方面具有丰富的经验。华为在全球ICT运维服务市场上拥有最大份额，并管理着数百张网络。目前，数千名开发运维人员和多个合作伙伴在华为的智能运维平台（OWS）上发布了上千个运维应用程序，并且还在不断丰富其功能。

MWL：华为OWS平台将如何帮助江苏移动向智能运维演进？

陈瑛：华为的OWS是基于云的运维平台，提供4个模块：感知、分析、决策和执行。它实现了统一的数据服务、自动化以及开放编排功能。此外，该平台还可以实现设计态和运行态的分离，并实现分层的解耦和按需部署，从而支持敏捷转型。

MWL：为什么拥有下一代运营支撑系统（OSS）架构如此重要？

陈瑛：未来，电信网络演进的主要方向就是网络架构的云化。在新的云化网络时代，下一代OSS是实现更好的网络控制和运营运维的必要条件。例如，OSS对于支持云网元的控制、分配、自我修复和扩展等功能至关重要。此外，下一代网络资源池的需求、应用、分配、安装、配置和启动都将由OSS进行管理。

MWL：您能解释一下华为OWS如何使用特定模型和算法对开放平台进行编程，从而帮助运营商实现运维的转型吗？

陈瑛：华为的OWS使用微服务架构来实现未来OSS架构的功能解耦。它可以通过统一的平台实施全栈网络监控以及自动化、智能化运维，这打破了传统孤立OSS导致的运维信息孤岛；同时，它还支持多种业务场景的可视化编排以及灵活的多供应商集成和互联。

MWL：华为OWS在故障排除和业务中断预测方面提供哪些关键功能？

陈瑛：OWS平台在故障管理、变更管理和预防性维护等领域实现了规则自动部署和智能化应用，实现自动化的告警关联压缩、自动化的故障诊断和恢复以及自动化的工作指令。此外，该平台还使用机器代替人工完成重复性任务，这加快了运维速度并提高了运维的标准化和质量。

MWL：江苏移动如何为未来的5G时代做准备？

陈瑛：在5G时代，网络将变得非常庞大和复杂，这使得高效、敏捷的智能运维模式至关重要。自动化和智能化对于提高5G业务质量和促进运维人员技能转型至关重要。例如，可以通过在运维系统中嵌入更多智能来实现更快的业务开通和恢复，以及提高最终用户的业务质量感知。

MWL：在中国移动5G网络的建设和运维过程中，江苏移动的主要职责和任务是什么？

陈瑛：中国移动于2019年开始实施“5G+”计划，在该计划中，江苏移动承担了5G核心网的建设。作为中国移动的试点省份，我们与华为合作孵化并实施了5G智能运维解决方案，促进了人员能力转型，并为创新建设做出了贡献，而创新是5G发展的支柱。[4]

(转自Mobile World Live)

“华为在电信网络方面具有丰富的经验。华为在全球 ICT 运维服务市场上拥有最大份额，并管理着数百张网络。”



刘玺
传送网产品领域副总裁

泰国 CAT：依托高品质 OTN 网络，重塑专线市场领先优势

泰国 CAT 在确立了发展高品质专线的战略目标后，决心基于华为端到端 OTN+iMaster NCE 解决方案，建成一张覆盖泰国全境的扁平化网络，为泰国企业客户的数字化转型提供差异化的高品质服务。

2016 年，泰国政府提出了“泰国 4.0”战略，为未来 20 年泰国的经济和社会发展大方向制定了战略目标。泰国政府希望通过数字技术，将传统的农业种植模式转型为智能化作业，将传统的中小企业转变为智能型企业，将传统的服务业转化为高附加值产业，从而打造智慧工业、智慧城市。

因此，发展数字经济成为驱动泰国经济转型升级的重要战略，ICT 创新成为了推动“泰国 4.0”战略的重要引擎。与此同时，泰国各大企业都在加速数字化转型，并积极拥抱云计算、大数据和人工智

能等创新技术，整体业务均在加速向云服务转型。

CAT 是泰国国有电信运营商，肩负着为“泰国 4.0”打造低成本、高品质基础网络设施的重任，在此基础上，为泰国各大企业提供高品质的企业专线联接服务。

确立高品质专线战略重塑市场格局

多年来，CAT 被公认为是泰国领先的电信服务提供商，它不仅为政府部门，而且还为私营企业提供多种通信服务。当前，CAT 在 2B 市场的整体份额

约为16%，位列行业第二。CAT正在积极探索构建自己的差异化产品优势，为此，CAT针对泰国专线市场进行了全面分析。

泰国企业专线业务主要集中于五大场景：面向数据中心互联的大容量点对点联接；面向政府/金融等垂直行业的云联接；大中型企业的VPN（虚拟专用网络）互联；跨国企业的国际IPLC（国际公用出租线路）联接；中小企业和家庭的国内宽带业务。

目前，这些专线业务所采用的技术主要以以太网联接和MPLS VPN为主，销售模式则主要是按照带宽确定价格，再加上较为简单的SLA（服务等级协议）来进行销售。专线主要采用的是环形保护，可靠性最高只能达到99.9%，并且全网资源不可视，业务开通需要逐点确认，发放周期长、配置复杂且带宽调整困难。当业务开通之后，由于专线业务与其他业务混合传输，因此在高峰并发期还存在着互相影响的问题。此外，由于技术和服务趋同，所以大量的运营商和互联网服务提供商都参与其中，各方为了获取客户只能采取价格战，致使专线价格逐年走低。

随着泰国各大企业向云服务加速转型，当前专线产品的体验和服务已难以满足企业需求。CAT敏锐地捕捉到泰国专线市场的动向，从中发现了重塑其在泰国企业专线市场地位的契机——发展高品质专线业务，为泰国企业客户提供差异化的高品质服务。

基于现网构建独具特色的 OTN 高品质专线网络

CAT在确立发展高品质专线的战略目标后，决心打造一张覆盖泰国全境的高品质专线网络。CAT在政府、金融、银行和交通等行业拥有天然的客户资源

优势，通过重新梳理重点客户和网络现状，发现其VIP客户主要集中在曼谷首都圈，可围绕这一区域来构建高品质专线网络。

基于此，CAT确立了其高品质专线网络的整体建设思路——以现有的100G跨境互联网络，通过增加和改造少量站点，扩大专线网络对企业用户的覆盖面，提升企业的专线业务体验。

具体措施如下：在曼谷首都政府区域新部署2个OTN汇聚点，使现有网络的企业覆盖总数提升10倍，对超大企业、大企业和DC的覆盖率达到约70%；针对现有的10多个ROADM站点和光放站站点进行OTN汇聚站点改造，使整张网络可以新增接入150多家大企业、10多家超大企业及4个数据中心；整张网络采用统一的控制器进行业务管理和发放，以提高网络资源利用率。

依据该建网规划，泰国CAT与华为开展联合创新，共同打造了泰国首张OTN高品质专线网络。基于华为的端到端OTN+iMaster NCE解决方案，泰国CAT建成了一张覆盖泰国全境的扁平化网络，全网采用iMaster NCE智能管控系统进行端到端管理，帮助政企用户实现了基于OTN硬管道的专线一跳入云。

该品质专线网络具有以下五大关键特征：

高安全、广覆盖：OTN硬管道隔离，带宽专享，覆盖泰国全境。

高可靠性：业务采用ASON保护，专线可用率高于99.99%。

可保障的超低时延：可承诺的低时延保障，时延实时可视。

智慧敏捷：终端CPE即插即用，专线业务天级发放。

更优质体验：网络资源可视，业务在线生存性分析。

整张高品质专线网络已于2019年全面建成，开始面向泰国全境公/私营大中

型企业提供专线服务。

面向泰国企业用户提供 VIP 级品质专线服务

凭借这张OTN高品质专线网络，泰国CAT已可以为其企业客户提供差异化的品质专线服务。例如：


面向大型互联网企业数据中心的专线互联场景：CAT高品质专线产品支持偶发故障极速倒换恢复，网络可用率高达99.99%，可靠性则提升了10倍。

面向金融行业：CAT高品质专线特有的毫秒级低时延，能确保交易、结算和行情查询等信息极速互联，并近乎实时传输，使证券和银行等金融企业能够决胜于交易场。

面向交通运输行业：CAT高品质专线的硬隔离能力，可为客户打造高可靠和低时延的专线网络，使交通运输行业的调度从此游刃有余，更安心、更靠谱。

面向智慧医疗行业：CAT高品质专线业务的高可靠及低时延能力，使外科实习生无需进入手术室便能观摩专家在外科手术中的各种精细操作，同时带宽动态可调，将医疗影像高效上传至云端，助力病例分析。

2019年12月16日，泰国CAT与华为正式发布泰国首个OTN高品质专线网络，并面向泰国70家企业的150位政企客户进行了定向推荐，涵盖信息通信、银行投资、支付安全和物流运输等各个行业领域。在发布会现场，泰国政府数据和云服务中心（政府机构的第三方数据托管中心）已与CAT达成了合作意向。

面向未来，CAT将与华为等全球合作伙伴进一步紧密合作，共同推动OTN技术创新在泰国的应用，打造全球最领先的OTN品质专线网络，加速泰国企业的数字化转型。

中国铁塔和华为联合创新： 5G Power 为站点供电提出新思路

中国铁塔和华为的联合创新行动，对未来全球 5G 网络部署及网络演进具有极大的标杆性借鉴意义，可助力全球运营商节省站点改造投资和能源费用，帮助站点节能减排，构建可持续发展的 5G 时代绿色能源网。

文 / 陈东旭（中国铁塔高级工程师）、叶万祥（华为通信能源技术总工程师）

中国铁塔与华为 5G Power 解决方案联合创新项目，不仅为 5G 站点的供电模式提供了新思路，更是双方在联合推进 5G 电源产业成熟进程中取得的关键性进展。5G Power 解决方案基于智能削峰、智能升压、智能储能等创新技术，可实现站点在向 5G 演进过程中的“不改市电、不动线缆、不增机柜”。

5G Power 解决方案最初是为了应对 5G 部署面临的能源挑战，提升运营商的投资效率。未来，5G 能源解决方案需满足极简部署、快速建设、高效节能和平滑演进的需求。

2018年11月，中国铁塔公司及浙江省铁塔公司与华为成立了创新项目组，经过联合验证，5G Power 解决方案试点可降低单个站点改造成本超过12500元，预计每年节电4130度。同时，该创新项目将有助于建设5G时代的可持续的基础设施，加强应对气候变化的能力，对联合国可持续发展目标做出贡献。2019年，该项目荣获国际电信联盟（ITU）可持续发展大奖。

5G 网络建设提速， 节能减排面临重大挑战

中国铁塔是全球领先的铁塔运营商，主要从事通信铁塔等基站配套设施、高铁地铁公网覆盖、大型室

内分布系统的建设、维护和运营。截至2019年6月，中国铁塔站址总数达195.4万个，资产规模为3153.6亿元。中国铁塔秉承“凡有人烟处，皆有通信塔”的理念，建立起灵活高效的体制机制，全面加强和推进商业模式创新、技术业务创新和管理创新。

5G时代已来。2019年6月6日，工信部正式发放5G牌照，运营商纷纷加快5G规模建设。截至2019年底，全国开通的5G基站已超过13万个。其中，浙江省杭州市力争打造中国5G第一城，已实现5G网络连片覆盖。

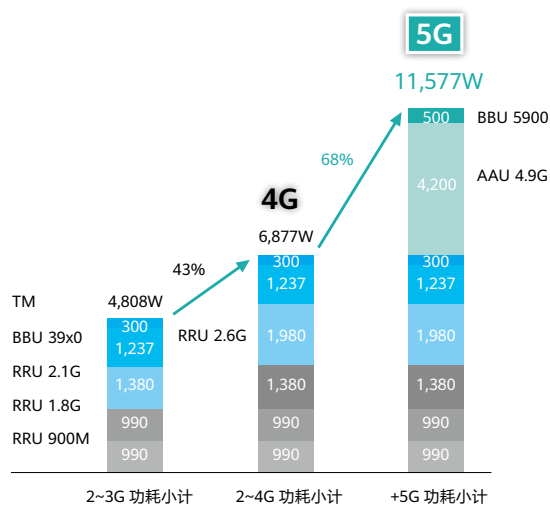


图1 5G 单站典型最大功耗

5G建设在组网模式、产品形态、性能参数方面均较以前4G网络有明显不同。比如，5G设备功耗对比4G设备功耗增加2~4倍，对站点基础设施建设带来空前挑战，需要进行系统性的研究，并开创全新的5G能源解决方案，来应对5G带来的能源挑战。

5G时代是全移动和全联接的智慧时代，人与人、人与物、物与物都需要进行联接和通信，2025年，全球联接数量将会超过1000亿，5G的场景及业务需求也更加多样化。3GPP定义的5G三大场景为：

- eMBB:** 增强移动带宽。
- URLLC:** 超可靠、低延时通信。
- mMTC:** 海量机器类通信。

从4G演进到5G，单位流量的功耗大幅降低，但5G功耗相比4G则大幅增长。预计在5G时代，64T64R AAU最大功耗将会达到1000W~1400W，BBU最大功耗将达到2000W。

在5G时代，一站多频将是典型配置。据预测，5个频段以上的站点占比将从2016年的3%增加到2023年的45%。一站多频将导致整个站点最大功耗超过10kW，10个或10个以上频段的站点功耗超过20kW，在多运营商共享场景下，功耗还将翻倍。

这一变化给现有网络的站点基础设施带来了大量改造要求：市电容量不足、电源电池容量不足、机柜散热不足、配电不足等，需要耗费大量的社会资源和站点资源。此外，在5G大功率AAU拉远供电场景中，线缆损耗过大会导致电压降过大，部分远端电压甚至低于设备工作电压，导致AAU无法工作。

根据中国铁塔调研及站点工勘，涉及市电改造的站点比例超过30%，单站市电扩容平均费用为2万元，中国目前物理站点数量约为250万个，故中国仅市电扩容改造费用就高达150亿元。在现阶段，全球发电主要依靠火力发电。各国全年火力发电量在各国发电量中的占比：日本与印度为80%，中国为73%，美国为62%。5G网络功耗增长激发了能耗的增长，以中国网络耗电年总量超过500亿度电为例，5G网络到来后，预计中国网络耗电年总量将超过1000亿度，造成年272亿千克碳排放，节能减排面临重大挑战。

华为和中国铁塔强强联手，5G Power 彰显多维度智能特性

中国铁塔与华为在杭州部署的5G Power解决方案，可实现一站一柜，并具备智能削峰、智能升压、智能储能等多个维度的智能特性。

一站一柜

5G Power解决方案采用全模块化设计，通过先进的高密技术，相比传统电源可实现电源能量密度提升4倍，锂电能量密度提升1.7倍，单柜24kW整流、600Ah锂电及3.5kW制冷。这样可实现一站一柜支持2G/3G/4G/5G设备共同部署供电需求，且整流、配电和温控部件模块化按需配置。在相同的初始投资下具备5G演进能力，5G部署时CAPEX可节省50%。而传统的方案则需要更多的机柜。

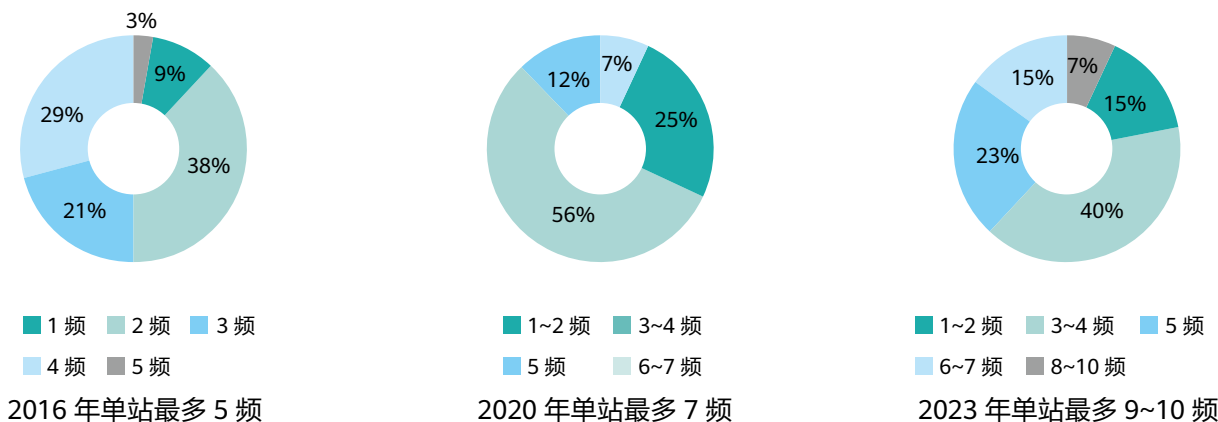


图2 5G 站点频段占比演进变化示意图

智能削峰

以杭州市合丰村站点为例，它的平均负载为1.4kW，峰值负载为2.7kW，交流限功率为1.6kW，当模拟加载5G业务时，负载峰值超过限功率点。5G Power提供的“智能削峰”创新技术，基于软件定义电源及智能储能的智能能源调度算法。在负载峰值时，智能锂电参与负载供电，实现站点削峰，降低市电按照典型功率配置容量，进而达成“不改市电”，单站降低改造成本超过12500元，减少5G演进的初始投资成本。

智能升压

以杭州萧山站点为例，5G AAU与供电电源拉远距离大于50米场景。当模拟加载5G业务时，5G AAU上塔后因压降导致供电电压不足，站点供电安全不能保障，必须更换AAU供电线缆，且设备功耗增加后会带来线损增加，浪费能源。

智能升压基于5G电源模块与智能锂电协同，可实现系统恒压供电功能，将原来只能提供48V升压至48V~57V，而不用更换AAU线缆。实际站点运行结果显示，直流输出电压达到56.9V，相比传统48V电源直流输出电压提升8.9V。

智能升压不必进行线缆改造，且可避免不更换线缆下叠加5G站点掉站的罚款费用和线缆损耗增加问题。智能升压可降低整站1%的能耗。

智能储能

5G Power支持智能锂电混合搭配的特性，可实现新旧电池、不同容量电池、不同厂家电池、不同材质电池混搭，真正实现电池的按需配置及新旧电池的均衡充放电，满足电池的按需配置，降低电池的建设成本。

5G Power 解决方案， 构建可持续发展的绿色能源网

经过中国铁塔和华为的联合试点验证，5G Power解决方案能够实现以“不改市电、不动线缆、不增机柜”的方式，高效地部署5G站点，帮助单个站点降低改造成本超过12500元，同时让单站每年节约用电4130度。中国计划在2019~2022年新建或改造大约200万个5G站点，其中，中国铁塔预计约有80万

个站点将借助华为5G Power解决方案，可降低9亿千瓦碳排放，实现5G时代的绿色能源网。

5G Power解决方案主要体现在硬件与软件的创新突破，通过整站协同，实现极简、智能与绿色方案，构建可持续发展的5G时代绿色能源网。

极简

5G电源容量最高可达24kW，高度只有4U（3U电源，1U塔商共享配电），能够充分利用存量站点和机柜空间进行收容。而传统嵌入式电源要达到同等容量高度一般在7~9U，很难利用原有机柜，需要新增机柜，增加站点的资源压力。同时，5G电源为全模块化架构，已实现电源、储能、温控及配电模块化，可按需演进，满足网络跨代。而传统电源不具备全链路的可演进性，如遇站点温控制冷能力不足的情况，必须更换整个机柜，无法模块化扩容。

智能

5G Power具备众多智能特性，比如智能削峰、智能升压、智能储能等，通过智能特性实现市电免改造、电池按需配置、减小供电电压降等，降低站点改造成本和运维成本。传统电源只为站点提供电力供应，不具备上述智能特性，需要对站点进行大量改造以满足5G建设。

绿色

5G Power聚焦能效提升，可实现全链路高效，包括部件级、站点级、网络级、业务级，最终建成零比特、零瓦特的绿色高效节能网。传统电源只能单一实现站点级高效，但是无法与业务功耗变化相协同，当业务低谷时，无法实现电源休眠或关断，能耗也无法随着业务变化而变化，无法做到节能最大化。

5G Power的技术创新不仅有效降低了5G网络演进工程成本，提升约9%的能效，而且当前5G Power的储能模块化扩容可以支撑中国铁塔的能源经营业务，针对电网的调频调峰服务实现8%的额外收益。

中国铁塔和华为此次联合创新行动，对未来全球网络5G部署及网络演进具有极大的标杆性借鉴意义，可助力全球运营商节省站点改造投资和能源费用，帮助站点节能减排，构建可持续发展的5G时代绿色能源网。[H]



HUAWEI P40 Pro | 5G

华为 | 徕卡 联合设计



HUAWEI Mate30 系列^{5G}

华为 | 徕卡 联合设计



5G 重构想象

麒麟990 5G SoC芯片 | 超感光徕卡电影四摄*



画面展示产品均为HUAWEI Mate 30 Pro 5G，图片仅供参考，请以实物为准
*HUAWEI Mate 30 Pro 5G后置为超感光徕卡电影四摄：电影摄像头+超感光摄像头+长焦摄像头+3D深感摄像头
*HUAWEI Mate 30 5G后置为超感光徕卡三摄
CBGM1909099H2JTV