



5G 将全面使能工业互联网

张云勇

(中国联合网络通信有限公司研究院, 北京 100176)

摘要: 随着工业和信息化部对外公布向中国电信、中国移动、中国联通发放第五代(5G)移动通信系统中低频段试验频率使用许可, 我国 5G 商用推进大幕正式拉开。介绍了 5G 全球部署、商用情况和 5G 面向产业发展的网络特性, 指出 5G 将不断夯实万物互联基础, 全面使能工业互联网, 加速推动多产业互联网化融合。

关键词: 5G; 电信运营商; 工业互联网; 人工智能; 大数据; 云计算; 物联网

中图分类号: TN929.5

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2019018

5G will fully enable the industrial internet

ZHANG Yunyong

Research Institute of China United Network Communication Co., Ltd., Beijing 100176, China

Abstract: With the Ministry of Industry and Information Technology announcing that it has issued a test frequency license to China Telecom, China Mobile and China Unicom for the low and medium frequency band of the 5G mobile communication system, China's 5G commercial pace has officially begun. The global deployment, commercial situation and the oriented industrial network characteristics of 5G were introduced. It was pointed out that 5G would continue to consolidate the foundation for interconnectivity of all things, fully enable the industrial internet, and accelerate the integration of multi-industry internet.

Key words: 5G, telecom operator, industrial internet, artificial intelligence, big data, cloud computing, internet of things

1 引言

随着万物互联时代的到来, 我国的经济发展也更加多元化。“消费”是过去 20 余年互联网的主题, 代表企业有电商平台阿里巴巴、社交及游戏公司腾讯, 这两个公司以市值计均进入全球财富五百强的前 10 位。近年来互联网对产业的影响正在凸显, 互联网主体已经从销售、物流等产品

级服务逐渐渗透到制造企业生产过程和全产业链条、全生命周期当中。随着网络技术的演进和网络能力的提升, 市场上出现了许多之前不曾遇到的两化融合新业态, 而新业务对网络高性能的需求达到了前所未有的高度, 互联网经济正式进入下半场, 从消费互联网进入工业互联网。

《国务院关于深化制造业与互联网融合发展的指导意见》《关于深化“互联网+先进制造业”



发展工业互联网的指导意见》^[1]等一系列政策文件的密集发布,为我国工业互联网发展提出要求和方向,未来产业链在互联网化过程中有效把控和使用数字化资源的能力,关系到一国核心竞争力,关系到国家安全,同时也是我国经济转型升级的助推器。

2 5G 夯实万物互联基础,全面使能工业互联网

4G 以前的技术造就了非常辉煌的互联网经济,可以把它定义为消费互联网时代,因为它以人为中心;而 5G 技术打开了另一扇门,就是工业互联网时代。

工业互联网作为新一代信息技术与制造业深度融合的产物,正日益成为新工业革命的关键支撑。工业互联网将机器和先进的传感器、控制和软件应用进行连接,由标识解析、网络、平台、安全四大要素构成,其本质在于工业机理、经验的固化以及制造资源的集聚与共享。

根据 GE 预测(如图 1 所示),工业互联网将

影响 46%(约 32.3 万亿美元)的全球经济,到 2030 年,工业互联网将给全球带来 15.3 万亿美元的 GDP 增量,至少可给中国带来 3 万亿美元左右的 GDP 增量。

5G 技术的突破,可以提供 10 倍于 4G 的峰值速率及用户体验速率、百万的连接数以及超低的空口时延,是万物互联的重要保障^[2-3];5G 不仅仅将以用户为中心,构建全方位的信息生态系统,而且从线上到线下、从消费到生产、从平台到生态,有效支撑垂直行业融合发展。

万物互联重构了互联网的价值,在 5G 技术的基础上推动了云计算、大数据、人工智能的快速发展,这些新兴的信息技术是发展实体经济和数字经济的强有力支点。工业互联网将人工智能、云计算和大数据分析相结合,通过对物理世界的数字化映射,对工业设备状态采集的数据分析,以优化生产流程和进行主动预测性维护,从而提高单位生产效率,促进整个产业体系转型升级。根据 GSMA 预测,到 2025 年,全球工业互联网连接数将达到 138 亿个,其中大中华地区的连接

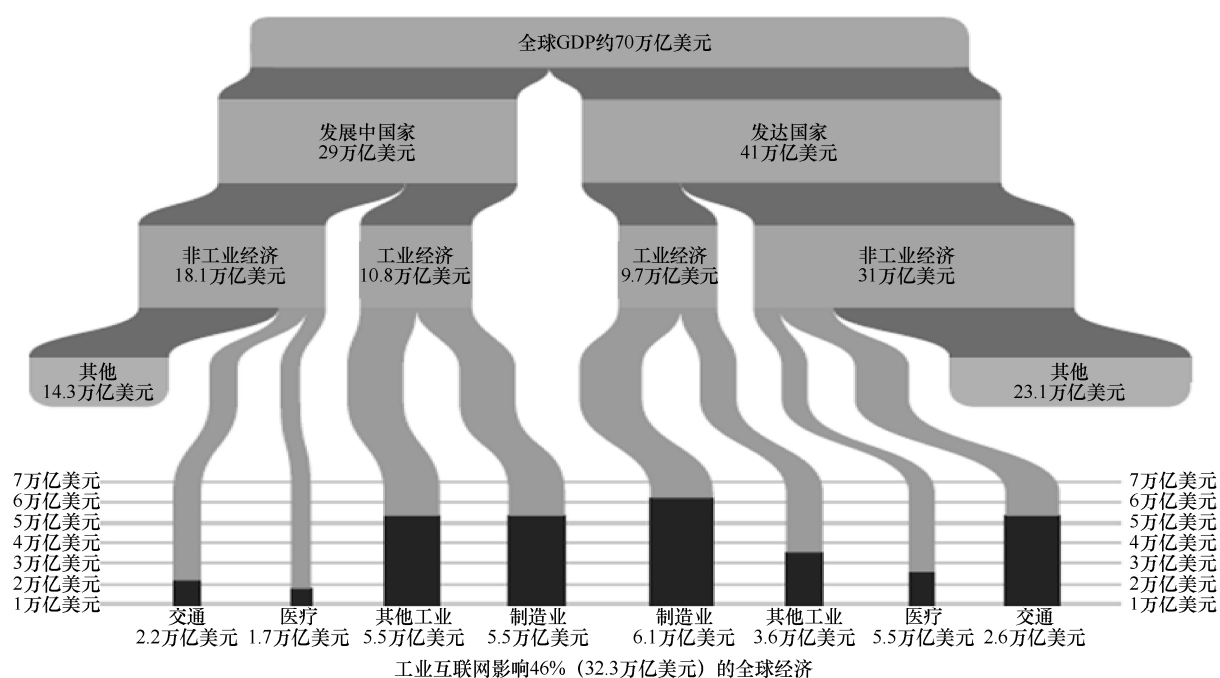


图 1 全球工业互联网潜在 GDP 份额

数约为 41 亿个, 约占全球市场的 1/3。

5G 低时延、高可靠、大带宽的特性, 感知泛在、连接泛在、智能泛在的特点, 是构建网络强国的基石, 是促进两化融合的先决条件, 是工业互联网体系的关键要素, 将深刻影响社会生产生活方式, 并将继续像消费互联网时代一样全面使能工业互联网时代。

3 5G 标准冻结, 我国商用进程不断加速

目前, ITU (国际电信联盟) 已经完成了 5G 愿景研究及 5G 技术方案征集, 在评估方案后将于 2020 年完成 5G 标准制定; 而 3GPP 作为制定 5G 技术标准的核心组织, 已经于 2018 年 6 月正式宣布第五代移动通信技术标准 (5G NR) 独立组网 (SA) 功能冻结。5G 标准与商用路线如图 2 所示。

我国在 5G 标准研发、技术试验等方面稳步推进, 均已取得令人瞩目的成果: 中国企业连年在 PCT 国际专利申请排行榜上位居前列; 中国通信企业贡献给 3GPP 关于 5G 的提案, 也已占到了全部提案的四成; 早在 2015 年, 我国 IMT-2020 (5G) 推进组就率先提出了 “5G 之花”, 被 ITU 接纳, 并组织产学研用各个方面提出了 5G 概念、技术路线, 完成 5G 的愿景与需求研究, 发布了 5G 无线

和网络技术架构等白皮书; 并且在技术试验推进上也进展飞速, 目前已完成关键技术验证和技术方案验证, 正在进行 5G 系统验证。

2018 年 7 月, GSA 发布最新报告称, 目前已有 66 个国家、154 家运营商正在开展 5G 测试和试验, 截至目前, 这些运营商已经宣布完成合计 412 次独立的 5G 演示、测试和试验, 正在探索的 5G 关键技术包括 massive MIMO、5G NR 新频段、回传、网络切片、云化和边缘计算等。根据全球运营商对 5G 在 sub 6 GHz 频段部署的试商用/商用时间点和 5G 频谱的计划, n77/n78 所在的 3.5 GHz 仍然是全球 5G 部署的主流首发频段 (见表 1), 产业链相对成熟。2018 年 12 月初, 中国三大电信运营商已经获得全国范围 5G 中低频段试验频率使用许可。中国联通和中国电信获得 3.5 GHz 频段, 中国移动获得 2.6 GHz 和 4.9 GHz 频段, 该方案的分配详情如下: 中国电信获得 3 400~3 500 MHz 共 100 MHz 带宽的 5G 试验频率资源; 中国移动获得 2 515~2 675 MHz、4 800~4 900 MHz 共 260 MHz 带宽的 5G 试验频率资源; 中国联通获得 3 500~3 600 MHz 共 100 MHz 带宽的 5G 试验频率资源。全球主流运营商的 5G 部署时间点也纷纷提前到 2019 年/2020 年, 力争实现 5G 商用网络的首发和 5G 业务的引领。

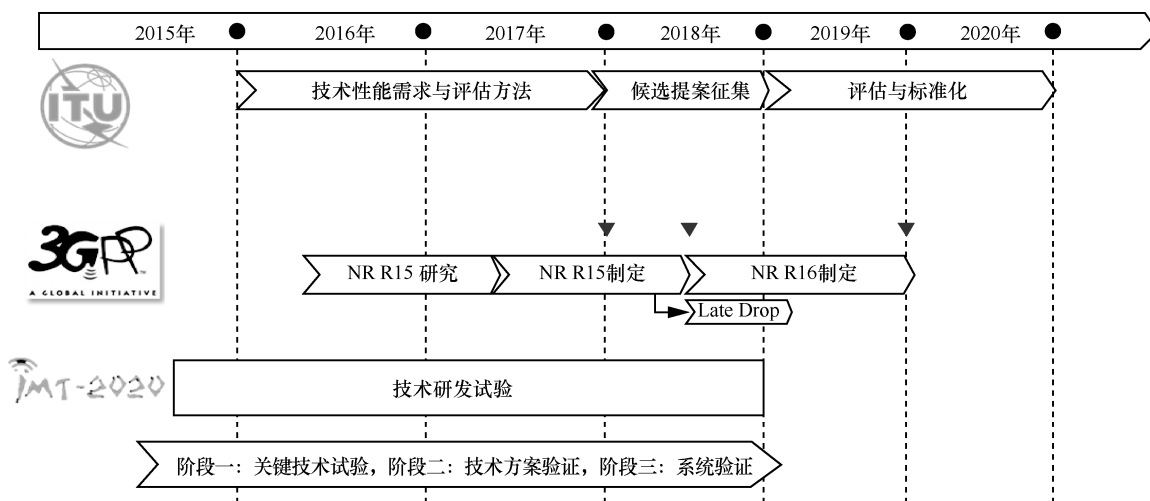


图 2 5G 标准与商用路线



表 1 全球运营商 5G 在 sub 6 GHz 频段
部署试商用/商用计划

国家和地区	运营商试商用/商用计划
北美	AT&T: 1H 2020 n66, n5
	T-Mobile: 1H 2018 n71
	Sprint: 1H 2019 n41
	Verizon: 1H 2020 n66, n5
欧洲	VF: 2019 Q3 n78
	DT/BT/EE/TIM: 2019-1-17 Q2 n78
	Orange: 2019 Q3 n77
中国	CMCC: 2019/2020 n41, n79
	CU: 2019/2020 n78
	CT: 2019/2020 n78
韩国	SKT: 1H 2019 n78
	KT: 1H 2019 n78
	LGU+: 1H 2019 n78
日本	DCM: 2019/2020 n77、n79
	KDDI: 2019/2020 n77、n79
澳大利亚	Telstra: 2019 n78
	Optus: 2019/20 n78

4 边云协同的泛在智能网络推动产业互联网化融合

5G 为万物互联的云、网、数提供坚实的基础,云计算从 Cloud 1.0 的服务器虚拟化发展到 Cloud 2.0 的 IaaS/PaaS/SaaS,网络从传统网络发展到通过 SDN 和 NFV 来实现,最终云网融合在一起,达到 Cloud 3.0 阶段,形成云网一体化的平台,网络将按照云的要求提供网络资源;而云则根据应用的需要调用网络资源,运营商的网络效率得到了提高,计算能力得到了提升,能够更好地支撑大连接、大网络的万物智联时代。

一个智能化、泛在化的网络,将人、数据和机器连接起来。这是一个庞大的物理世界,由机器、设备、集群和网络组成,能够在更深的层面和连接能力、大数据、数字分析相结合。

根据 IDC 预测,到 2020 年,将有超过 500 亿个

终端与设备联网,未来超过 50%的数据需要在网络边缘侧分析、处理与存储,边缘计算就可以凭借缓解带宽压力、及时响应和保护隐私等独特优势,发挥出至关重要的作用。这意味着,边缘计算所面对的市场规模非常巨大。

但是,这并不代表边缘计算会取代云计算,二者将呈现出相辅相成、协同发展的状态:一方面,随着数据量的攀升,云计算的负荷不断加重,若想持久发展就需要边缘层“伸出援手”进行数据的预处理;另一方面,在很多的应用场景中,云计算则可以站在高处,对数据进行汇总从而实现综合应用。例如,在交通行业,摄像头能捕捉到的车辆运行轨迹是有限的,只能观察到一个路口或一个区域,若想完整查找一辆车的轨迹,则必须要在云端通过不同摄像头相连,汇总成更加全景式的记录。

针对海量数据与终端连接需求,建立一个计算和通信能力更强的环境,同时使这样的环境与人逐渐地融合在一起。对整个支撑系统而言,要具备更快的传输和响应速度,充分运用云边协同模式大幅提升产能比,让整个云网更加智能,数据更加安全。

值得注意的是,边云协同不是简单的“云”+“边”。数据从边缘节点到边缘域,实现“聚边到域”;从边缘域到云中心,实现“数据入云”。域和云中心可多级多类,根据不同应用,边缘域汇聚的数据和传到云端的数据在模型和内容上也会不同。边缘域所发挥的作用就像足球“中场”,负责决定在什么时候、将什么类型、处理到什么程度的数据发送到云中心,实现“按需汇聚”。

5 5G 泛在智能网络推动人工智能应用落地

在万物互联时代,物联网带来了海量的数据,极大地拓展了数据的来源,让数据更具实时性和真实性。

正如过去互联网的普及是由个人电脑、网络连接成本的下降所推动的,工业互联网的突破是由更低成本的传感器、数据存储和更快的数据分析能力所推动的。现在工业机器的监测诊断系统已得到改进,并且信息技术的成本有所下降,基于越来越多的实时数据的计算能力得到了提高,可处理大量信息的远程数据存储,更先进的分析工具日趋成熟,并且应用更加广泛。

同时,对数据的处理技术也在不断演进,从统计分析到并行计算,再到机器学习,通过最新的大数据技术,可以对搜集的海量数据进行融合、加工、挖掘、分析,使数据成为信息,信息成为知识,知识演变成智能。这些智能又反过来作用于万物互联,应用在各行各业,万物互联时代将迎来下一个浪潮:人工智能(AI)。

机器学习是从识别到认识再到推理的过程,信息社会经历了万物感知、万物互联,到现在的万物智联,人工智能事实上已经完成了很多应用的落地,可以完成更高层次的能力发展,例如理解、推理、决策。

在现有的人工智能使能中,主要存在两条路径:一条路径是提升系统的自我效率,例如运营商在AI运维上已经实现了一些自决策、自优化的功能;另一条路径是形成解决方案,例如智慧城市的监控节点等。

工业互联网是工业生产全要素的网络化、信息化、智能化过程,能够持续带来覆盖整个价值网络的资源生产率和效率的增益。同时能够将人口结构变动和社会因素考虑在内,并设定合适的方式来组织生产。智能辅助系统可以把工人从单调、程式化的工作中解放出来,使其能够将精力集中在创新和增值业务上。

6 运营商积极推动 5G 部署、产业培育及联合创新

运营商通过 5G 展开在工业领域的网络应用

场景及相关技术研究。在 2017 年的 MWC 上,德国电信与华为联合开发了机械臂接球用于展示超低时延切片在工业制造中的应用,该切片基于对接入、传输及核心网的域内及域间编排控制技术以及边缘计算部署来达到毫秒级的时延保障,最高可达 1 ms。

中国的三大运营商早在 2017 年就相继发布 5G 战略。

中国移动在 2017 年宣布 5G 部署计划,将在五大试验城市分别部署数个站点,计划 2017 年完成系统验证,形成预商用机规范。2018—2019 年,将逐步扩大试验规模,从五大城市扩大到 $N+X$ 城市,站点规模达到百站/城市,形成端到端的商用产品和预商用网络。预计 2020 年,中国移动全网规模商用 5G。中国移动为推动 5G 生态成熟,建立了 5G 联合创新中心,以孵化 5G 新业务;发布了《5G 终端产品指引》白皮书,以推动 5G 终端产业成熟;在 MWCS 2018 期间联合大唐电信、爱立信、华为、英特尔、诺基亚等全球合作伙伴共同发布“5G SA 启航行动”,以推动端到端产品成熟。

中国电信已明确优选独立组网(SA)方式部署 5G,计划于 2019 年实现 5G 试商用,2020 年实现重点城市规模商用。日前,中国电信发布《中国电信 5G 技术白皮书》(以下简称白皮书),提出以接入云、控制云和转发云为 5G 网络的“三朵云”构架,满足 5G 多样化业务需求,使网络更加灵活、智能、融合和开放。白皮书明确了从无线网、承载网到核心网向 5G 近期演进和中远期发展策略。在 5G 演进策略上,中国电信 5G 网络优选 SA 独立组网方案,无线接入网和核心网同时演进到 5G,并通过核心网互操作实现 4G 和 5G 网络协同;在中远期发展策略上,中国电信面向 CTNet2025 网络重构,基于 SDN、NFV、云计算等关键技术推动网络架构重构,构建简洁、敏捷、集约、开放的网络新架构。在外场



测试方面，中国电信首批启动了雄安、深圳、上海、苏州、成都和兰州 6 个城市的 5G 创新示范网建设，并于 2017 年 12 月开通全部 5G 试点基站；2018 年 2 月，国家发展和改革委员会正式批复中国电信在北京等 12 个城市开展 5G 规模建设及应用示范工程，进一步拓展了中国电信 5G 创新示范网的蓝图。

中国联通已公开表态 5G 网络将以独立组网（SA）为目标架构。

在试验推动方面，中国联通聚焦 16 个 5G 试点城市开展全面的业务验证试验，如北京的智慧奥运试点、雄安的智慧城市试点、重庆的车联网试点等。

在生态布局方面也有许多实践：中国联通已经联合腾讯/华为，发布了首个基于 5G 边缘云的 VR 全景直播、Cloud 游戏；开展无人机巡检石油管道业务，并发布“沃天宇”平台，提供无人机测控服务。在车联网方面，依托车联网专业子公司智网科技，领先开展 5G 车联网创新业务。

在创新合作方面，中国联通秉持着开放、合作、共赢的理念，联合 BAT 等互联网厂商、通信设备及芯片终端厂商、工业互联网巨头，分别成立了 5G 联合创新实验室、中国联通 5G 工业互联网联盟等机构，推进 5G 应用孵化及产业升级，助力中国实现引领全球 5G 的宏伟目标。

目前，中国联通建设了 335 个覆盖全国的数据中心，具备超过 32 万台机架的服务能力。联通沃云兼容并蓄，向下与网络融为一体，云网服务能够随时开通、随时调整；横向与阿里云、腾讯云、百度云等互相集成、多云融合，能够为广大用户提供更开放、更便捷的云应用。

中国联通将充分开放云的能力和资源，支持各行各业创新、优化、升级。

在网络部署上，中国联通以 SDN/NFV 和 AI 等前沿技术进行网络重构，目前在接入网、骨干

网、移动网、物联网都取得了阶段性成果，达到了云化、智能、泛在、开放的效果。

目前中国联通在全国已经部署 NB-IoT 基站达 33 万站，并积极开展 eMTC 试点，同时在北京、天津、深圳、福州等 16 个城市开展 5G 试点，2019 年预商用，2020 年正式商用。

多层次网络为用户提供可根据场景提供定制化服务，满足各类用户的业务需求。为了满足不同行业客户对业务快速开通、灵活调整、按需计费需求，中国联通于 2018 年 3 月发布了云网一体产品，有效降低了中小企业宽带资费，助力行业企业网络升级。

在大数据能力方面，中国联通率先实现了全国数据的集中，形成了 PB 级的存储容量、近 5 000 个集群节点、日处理 770 亿条位置数据的能力。同时，重点在互联网、政府、消费等领域开展广泛的合作。目前，已与 17 个行业、700 多家企业深度合作，形成了丰富的产品案例。中国联通在 2017 年成立大数据公司，并正式对外发布联通大数据的基础、标准应用和平台级行业解决方案共三层的运营产品。

中国联通坚持以自主研发的基础平台为核心，推进专有工业互联网云平台的规模化发展。基础平台主要包括连接管理和应用使能：中国联通在连接管理能力方面，在业内保持领先地位，并为众多合作伙伴创造了显著的价值，发展成效明显，目前连接数达到了 9 400 多万个。在应用方面，中国联通聚合各种共性能力，对外提供标准化、集中化和开放化的应用使能服务。

通过构建创新平台、聚合产业生态、成立专业化运营的产业互联网公司来提升效能，为行业发展创造价值增量空间。目前聚焦了部分重点行业，包括政务、教育、医卫、交通旅游等；之后将由点及面逐步深入，向更多产业渗透，构建面向未来可持续发展的核心优势。

7 我国传统工业企业通过工业互联网为自身赋能

2018 年是我国工业互联网快速发展的开局之年。中国联通基于自身的资源禀赋,也积极投入工业互联网建设中,尤其在支撑政府建立产业集群、区域经济转型升级方面提供了定制化解决方案。

在江西省,成立了工业互联网研究院支撑赣州政府成功申报国家级智能制造示范城市,并联合合作伙伴对赣州的稀土金属、服装、家具等多个行业开展智能化改造。江西省本是一个农业大省,进入“十三五”时期,坚定以工业立省的战略,选取省内工业基础条件较好的地区,进行全面智能制造和工业互联网建设,以行业工业互联网平台为抓手,整合相关平台工业大数据资源,结合区域产业特点,对江西省工业互联网平台进行持续优化。并以工业云平台服务为基础,逐步将平台运营延伸至农业云、水务云、教育云、城市云等更广泛领域,着力提升江西全省数字化经济建设能力。

在广东阳江,结合当地产业特点和需求,定制开发了五金刀剪工业互联网平台,面向产业集群全面提升行业设计、工艺、物流、运营效率,在智慧供应链、智慧采购、智慧物流等方面为企业提质增效,提升互联网化服务。

中国联通这两个工业互联网平台建设是典型的中小企业集群实践,其共同特点是当地产业在全球供应链有一席之地,但网络化信息化水平有待转型升级,由于区域产业集中,企业与企业间可复制性强,单点企业进行网络以及产线智能提升之后会形成集群效应。中国联通通过前期深入的调研,抓住企业信息化痛点,以平台为核心,提供云、网、数、端一体化服务,提高企业效率,提升企业盈利水平。

8 持续深化改革是发展的必由之路

目前中国国有企业正在持续深化改革。2017 年,

中国联通作为唯一一家集团层面整体混合所有制改革(以下简称混改)的中央企业,受到各界的关注。混改给中国联通带来了价值重构,也注入了数字化力量。利用混改契机,中国联通引入最优秀互联网公司(BATJ)的新基因,用互联网化的思维模式调整不适应企业发展的落后模式,与优秀互联网公司形成战略、业务协同;通过建立健全公司治理机制,提高企业效率。

中国联通自混改以来经营业绩取得了瞩目的变化,收入增长不断加快,2018 年第一季度主营收入增长 8.4%,较 2017 年末大幅提升;利润增幅持续向好,由 2016 年全年 4.8 亿元利润增至 2018 年第一季度的 39.8 亿元。

利用混改,中国联通引入最优秀互联网公司的新基因,用互联网化的思维模式替代不适应企业发展的落后模式;通过优化体制机制、企业“瘦身健体”等举措提高企业效率,逐步探索和完善新治理方式;通过与合作伙伴共同打造专属的互联网化产品,同时积极推出用户喜爱的 2I 产品,创造性地发展 2I2C 用户,积极开展 5G、SDN、网络云化、AI 等试验和部署,加快了互联网化、集约化的新运营;通过聚焦政务、教育等 6 个重点行业热点领域,在全国设立 12 个产业互联子公司,并持续建设 16 个产业互联网产品基地,全面整合“云、大、物”、基础网络资源和服务体系,打造全国一体化的产业互联网服务体系,为自身创新与合作伙伴的发展赋予新动能;并全方位地合作伙伴构建外连内通的新生态。

9 结束语

工业互联网已成为产业升级发展的必然趋势,运营商联合产业界纷纷开展 5G 在工业领域的网络应用场景及相关技术研究。中国联通致力于成为工业互联网的全面服务商,为企业“云基、网连、数智”的智能制造全方位服务和端到端的系统解决方案,5G 乘法效应将推动我国产业



下一轮转型升级，中国联通希望能和产业界伙伴共享精彩，共赢未来。

参考文献：

- [1] 国务院. 关于深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见[R]. 2017.
The State Council. Guidance on deepening the development of industrial internet in the “internet + advanced manufacturing industry”[R]. 2017.
- [2] 林金桐, 许晓东. 第五代移动互联网[J]. 电信科学, 2015, 31(5): 7-14.
LIN J T, XU X D. The 5th generation of mobile internet [J]. Telecommunications Science, 2015, 31(5): 7-14.
- [3] 陈晓贝, 魏克军. 全球5G研究动态和标准进展[J]. 电信科学, 2015, 31(5): 16-19.
CHEN X B, WEI K J. Global research and standardization progress of 5G[J]. Telecommunications Science, 2015, 31(5): 16-19.

[作者简介]



张云勇（1976—），男，博士后，中国联合网络通信有限公司研究院院长、技术委员会主任、教授级高级工程师，国务院政府特殊津贴专家，北京邮电大学、四川大学兼职教授，“863”计划、国家科技重大专项和国家科学技术奖励工作办公室核心专家，中国通信学会会士，中国通信学会学术委员会会员，SDN产业联盟副理事长，信息通信大数据产业联盟副理事长，中国通信学会新锐论坛技术委员会副主席。《电信科学》编委。出版中文论著19部，英文论著1部；在国内外权威期刊发表学术论文70余篇，授权54项专利和37项软件著作权，300余篇国际文稿被国际组织采纳，主持发布国际上第一个ITU云计算框架、SDN标准，报批发布国家、行业规范9项，获得工业和信息化部ITU优秀文稿奖2次，优秀个人奖2次；获得国际奖励1项，省部级奖励15项。