

中国 5G 发展和经济社会 影响白皮书

——开拓蓝海 成果初显



中国信息通信研究院
2021年12月

版权声明

本白皮书版权属于中国信息通信研究院，并受法律保护。转载、摘编或利用其它方式使用本白皮书文字或者观点的，应注明“来源：中国信息通信研究院”。违反上述声明者，本院将追究其相关法律责任。



前 言

2021 年是“十四五”的启动之年。在 2021 年 3 月通过的“十四五”规划纲要的一个突出亮点是，将“加快数字化发展 建设数字中国”纳入国家发展的主旋律。作为数字化发展的关键底座，5G 技术将融合边缘计算、云计算、物联网、人工智能、大数据等先进数字技术，为经济社会的数字化转型提供新方法、新路径、新思路，5G 的商用发展将深刻影响中国的数字化发展进程。

2021 年也是中国 5G 商用取得重要突破的一年。这一年里，中国的 5G 网络覆盖从城市扩展到县城乡镇，5G 手机在新上市手机中的渗透率突破 75%，全年出货量有望达到 2.5 亿部。截止到 2021 年 9 月，5G 终端连接数已超过 4.5 亿，用户渗透率突破 27%。特别值得一提的是，5G 商用首先聚焦行业级应用，经过两年多的培育发展，行业级应用完成从“0 到 1”的突破，目前已在国民经济 97 个大类里的 39 类应用。5G 行业级应用开始商用落地，部分行业级应用已开始在制造、能源、采矿、港口等先导行业进行复制推广。同时，新型融合应用产业支撑体系也初步建立。这标志着中国 5G 商用发展正在进入良性循环阶段，在创新应用开发和产业生态营造方面迈出了坚实的步伐。

随着 5G 商用的发展，5G 对经济社会的影响逐步显现。当前这一影响突出体现在对数字产业发展的带动上，但 5G 对实体经济转型升级的支撑作用 and 为人民创造美好生活的能力随着应用的创新和扩散也已初现端倪。本报告测算了 2021 年 5G 的经济社会影响，预计

2021 年 5G 将直接带动经济总产出 1.3 万亿元，直接带动经济增加值约 3000 亿元，间接带动总产出约 3.38 万亿元，间接带动经济增加值约 1.23 万亿元，分别比 2020 年增长 33%、39%、31%和 31%。

5G 对经济社会影响的充分释放，有赖于 5G 应用的蓬勃发展，而这在很大程度上将取决于支撑应用创新的产业生态体系能否逐渐成熟完备。为实现这一目的，在政府的引导下，电信运营商、设备供应商、内容提供商、解决方案商、行业客户等产业界各方力量正在逐渐聚合，沟通用户需求，探索统一协调、性能优良、成本低廉的 5G 产品和服务模式。未来 1-2 年仍是 5G 应用产业生态逐步完善的关键时期，仍需要产业界同仁齐心协力、共克难关。

2021 年是中国信息通信研究院发布《中国 5G 发展和经济社会影响白皮书》的第二年。本白皮书以向社会各界和业界展示 5G 商用发展趋势为核心内容，客观梳理 2021 年 5G 商用发展的进展、成绩、经济社会影响以及存在的问题，并对未来 1-2 年发展方向进行研判，希望能为社会各界深入了解 5G 产业发展提供有价值的参考。白皮书仍有很多不足之处，望各界批评指正。

目 录

一、中国 5G 发展新态势.....	1
（一）开局政策指明方向，推动 5G 商用全面发展.....	1
（二）网络覆盖扩展延伸，精准集约建网加快推进.....	2
（三）技术标准演化增强，持续支持行业应用深化.....	5
（四）5G 产业链快速增长，设备厂商加速竞争调整.....	7
（五）个人与行业市场并进，先导应用开始规模复制.....	13
二、中国 5G 发展对数字经济的影响.....	15
（一）5G 开辟数字产业发展新空间.....	15
（二）5G 推进数字经济与实体经济不断融合.....	23
（三）5G 创造更美好的数字生活.....	27
（四）经济社会影响更进一步但充分释放仍面临挑战.....	30
三、未来 1-2 年中国 5G 发展新方向.....	33
（一）网络覆盖向农村延伸，行业能力加强建设.....	33
（二）技术标准向 R18 推进，演进方向逐步明确.....	35
（三）配套产品探索新路径，产业生态逐渐完善.....	36
（四）消费级应用梯次升级，行业级应用示范引领.....	38
附件：5G 对经济社会影响的测算方法说明.....	40

图 目 录

图 1	5G 县域覆盖情况.....	3
图 2	全球 5G 系统设备市场份额.....	8
图 3	2016 年-2021 年 1-10 月国内手机市场出货量情况.....	9
图 4	2021 年 1-10 月 5G 与 4G 手机平均 ROM 对比及 5G 手机平均价	11
图 5	截止 2021 年 10 月底国内 5G 终端情况.....	12
图 6	5G 与行业应用融合形成新产业支撑体系	19
图 7	5G 经济社会影响测算范围.....	40

一、中国 5G 发展新态势

2021 年中国 5G 商用满两周年。在央地政策的齐力推动以及数字化进程加速的大背景下，5G 商用发展持续深入，网络建设、技术标准、产业发展、应用培育和市场绩效方面均取得较好成绩，为 5G 的后续发展奠定了坚实的基础。

（一）开局政策指明方向，推动 5G 商用全面发展

“十四五”时期是中国开启全面建设社会主义现代化国家新征程的第一个五年，也是中国 5G 规模化应用的关键时期。“十四五”规划纲要将 5G 发展放在一个重要位置，提出要“加快 5G 网络规模化部署，用户普及率提高到 56%”，并指出要“构建基于 5G 的应用场景和产业生态”，设置数字化应用场景专栏，包括了智能交通、智慧能源、智能制造、智慧农业及水利、智慧教育、智慧医疗、智慧文旅等 10 类应用场景。

为全面贯彻落实党中央、国务院指示精神，工业和信息化部在信息通信业规划体系中强化 5G 发展引导，制定“十四五”信息通信行业发展规划，明确 5G 未来 5 年重点任务和目标。工业和信息化部先后编制印发《关于推动 5G 加快发展的通知》、《“双千兆”网络协同发展行动计划（2021-2023 年）》、《工业和信息化部办公厅关于印发“5G+工业互联网”512 工程推进方案的通知》，从网络建设、应用场景、产业发展等方面加强政策指导和支持，引导各方合力推动 5G 发展。

2021 年 7 月工业和信息化部联合十部门共同出台《5G 应用“扬

帆”行动计划（2021-2023 年）》。《行动计划》提出了八个专项行动 32 个具体任务，从面向消费者（2C）、面向行业（2B）以及面向政府（2G）三个方面明确了未来三年重点行业 5G 应用发展方向，涵盖了信息消费、工业、能源、交通、农业、医疗、教育、文旅、智慧城市等 15 个重点领域，对于统筹推进 5G 应用发展，培育壮大经济社会发展新动能、塑造高质量发展新优势具有重要意义。

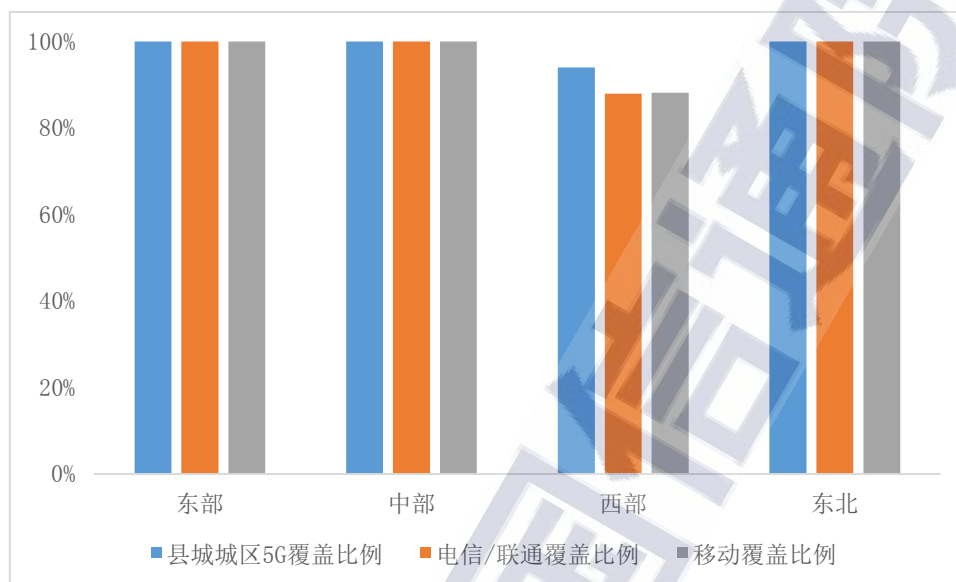
全国各地政府积极释放政策红利。根据中国信息通信研究院统计，截至 2021 年 9 月底，各省市共出台各类 5G 扶持政策文件 574 个，其中省级 67 个，市级 262 个，县级 245 个。各地因地制宜，结合地方经济产业特点，明确 5G 产业和重点应用发展方向和目标。

（二）网络覆盖扩展延伸，精准集约建网加快推进

为有效支撑 5G 应用和数字经济的创新发展，我国坚持“适度超前”的原则，稳步推进 5G 高质量精品网络建设，持续加强网络广域覆盖，优化提升网络质量，同时针对行业需求进行精准化网络建设，多措并举降低建网成本，网络质量和水平不断提升。

一是覆盖范围扩展至县城乡镇区域。截至 2021 年 9 月底，我国累计开通 5G 基站超 115 万个，平均每万人 5G 基站数 8.2 个，5G 基站数量占 4G 基站数量的 20%，占全球 5G 基站数的 70%以上。5G 网络覆盖全国所有地市级城市、97%以上的县城城区和 40%以上的乡镇镇区。目前全国已有超过 2900 个县级行政区开通 5G 网络，29 个省份实现了县县通 5G 网络。5G 网络建设呈现出东部沿海领先于内陆地区、南方领先于北方的特点。东部地区累计建设开通 5G 基站 56.9

万，占 4G 基站比例 23.6%，每万人 5G 基站数为 10.1 个，在全国处于领先地位。东部、中部、东北区域县城 5G 覆盖比例均已达到 100%，西部区域为 94%。



来源：中国信息通信研究院

图 1 5G 县域覆盖情况

二是独立组网连接成为主流模式。与非独立组网模式（NSA）相比，5G 独立组网（SA）可以实现全部的 5G 网络特点和功能，可以提供网络切片、低时延等网络能力，有效满足行业用户需求。我国独立组网（SA）模式的核心网已建成运营，三大基础电信运营商均已实现独立组网（SA）规模部署。相较而言，日韩两国 5G 网络建设仍以非独立组网模式为主，重点满足个人用户的发展需求。从 2021 年 5 月 17 日起，我国新进网 5G 终端默认开启 5G 独立组网（SA）功能。根据中国信息通信研究院 5G 云测平台数据监测显示，我国二季度 5G 网络测试中 SA 连接占比为 74.7%，较一季度提升了 22.8 个百分点。

三是虚拟专网在行业广泛落地。为切实解决 5G 行业网络部署及

使用过程中的多样性业务承载、与既有网络融合、降成本、高安全及自运维等需求，5G 应用产业方阵于 2020 年初成立 5G 行业虚拟专网工作组，全面推进行业虚拟专网的技术研究、标准制定、测试验证等工作。我国 5G 行业虚拟专网逐渐形成共识，发展出基于公网共用¹、公网专用²及定制专用³等多种适合企业应用 5G 的网络部署方式。基础电信企业形成 5G 行业虚拟专网独立运营品牌，并开展商用推广。中国电信发布致远、比邻、如翼三种网络模式，中国移动发布优享、专享、尊享三种网络模式，中国联通发布虚拟、混合、独立三种网络模式。5G 行业虚拟专网成为千行百业部署 5G 网络过程中的主要模式，在第四届“绽放杯”5G 应用征集大赛的参赛项目中，有超过 47% 的项目明确提出使用了 5G 行业虚拟专网部署模式。全国 5G 行业虚拟专网数量持续增长，截止到 2021 年第二季度，我国建设总量已超过 1600 张，初步形成点面覆盖结合、行业特性和 5G 共性结合的网络体系。

四是共建共享形成新发展格局。中国电信与中国联通、中国移动与中国广电共建 5G 网络，初步形成“2+2”网络发展格局。截至 2021 年 9 月底，中国电信和中国联通共建共享基站超 50 万，节约建设成本超过千亿元，每年可节约用电超过 120 亿度。中国广电与中国移动共建共享 700MHz 5G 网络的总体原则方向已明确，取得阶段性成效，后续将在网络建设运营、192 商用放号、互联互通等方面发力，加快

¹ 公网共用模式指基于面向公众服务的 5G 网络，通过 QoS、网络切片技术做到业务优先保障、业务逻辑隔离。

² 公网专用模式指通过核心网用户面网元下沉做到网络专用，实现本地流量卸载及数据不出园区/厂区。

³ 定制专用模式指通过基站、核心网等设备的专建专享，做到按需定制，为行业提供专用 5G 网络。

推进网络覆盖和频率迁移工作，构建 700M “网络+内容”生态。同时，四家运营商 5G 异网漫游测试工作有序开展，目前基本完成异网漫游标准和测试规范制定工作，正组织开展实验室测试。

（三）技术标准演化增强，持续支持行业应用深化

3GPP 按计划持续推进 5G 国际标准研制。3GPP 按版本管理标准，一般每隔 15-18 个月推出一个新版本，持续优化已有标准技术的性能，并面向新业务新场景引入新技术。2018 年 6 月，3GPP 发布第一个 5G 独立组网标准即 R15，重点支持增强移动宽带业务，这是目前 5G 商用网络使用的版本。2020 年 6 月，3GPP 发布 R16 标准版本，重点支持低时延高可靠业务，同时实现对 5G 车联网、工业互联网等应用的支持。目前，3GPP 正在推进 R17 版本的制定，重点实现差异化物联网应用和中高速大连接，计划将于 2022 年 6 月发布。此后将启动 R18 版本的制定。目前，3GPP 已经启动 R18 标准项目的规划工作，征求成员单位关于 R18 技术标准的考虑，并将于 2021 年 12 月确定 R18 标准项目。

我国通过技术试验加快 R16 标准版本的产品成熟。R16 标准版本重点拓展垂直行业应用，特别是低时延高可靠应用，面向工业自动化、车联网、电力分配等应用，实现 1 毫秒空口时延、高达 99.9999% 的可靠性，并通过支持时间敏感网络协议，实现微秒级的时延抖动。为推动 R16 标准版本的产品快速成熟，依托 IMT-2020(5G)推进组，于 2021 年启动了超高可靠低时延通信（uRLLC）技术试验，目标是探讨 uRLLC 典型场景需求，研究 uRLLC 关键技术，制定试验规范，明

确对系统、终端设备要求，推动产品实现。2021 年，基于 Sub 6 频段，对华为、中兴、中国信科、诺基亚贝尔等系统和高通 X65、MTK M80、紫光展锐 T7510 等终端芯片开展了 uRLLC 测试。另外，华为、爱立信基于毫米波试验系统，开展了 uRLLC 测试。

R17 版本在持续提升通信基础能力的同时，重点支持更广泛的业务。R17 标准在满足网络深度和广度覆盖的同时，探索细分的应用和产业市场，推动垂直行业应用成熟。一是持续深耕传统领域，支持更加丰富的中频和高频频谱资源，通过覆盖增强、非地面通信等技术实现更深更广的网络覆盖，支持更多频段的多输入多输出（MIMO）能力，如频分双工（FDD）低频等。二是提供更广泛的业务支持能力，如低功耗中高速物联网、亚米级定位、无线切片增强、AR/VR 增强等。三是提供基础性的智能化，如数据收集持续增强、自优化网络/最小化路测（SON/MDT）和网络自动化等。

新业务能力将进一步丰富和深化 5G 应用场景。一是基于 5G 新空口的中高速物联网技术方案。该方案面向差异化的物联网需求，能够提供 50M-100Mbps 的数据速率、10-30 毫秒时延，电池寿命有望达到 2-4 年，并支持每平方公里不低于 5 万的连接数，将有利于工业传感器、视频监控、可穿戴设备等具有中高数据传输速率、较低时延的物联网应用发展。二是利用 5G 技术支持卫星通信，可提供低成本的移动宽带接入和数据回传服务。三是实现亚米级高精度定位，室内定位精度达到 20 厘米，室外定位精度达到 1 米，为低成本地解决人员、物体和车辆等的定位应用提供有力支持。四是进一步增强了网络切片

的准入控制。在基础网络切片架构和能力的基础上，对网络切片的接入控制进行研究和标准化，指标包括接入的用户数、会话数、切片的速率等，提升网络切片服务质量。五是引入边缘计算技术助力 5G 移动网络实现业务本地化、数字化。R17 版本在网络架构上引入边缘应用服务器发现功能，针对应用可以由多个边缘服务器提供的场景，帮助发现时延和流量传输路径短的边缘业务服务器，提升业务体验。

（四）5G 产业链快速增长，设备厂商加速竞争调整

受益于中国 5G 的大规模部署和在全球的第一批商用，中国移动通信产业链快速增长，并持续保持中频系统设备和手机终端设备在全球的领先地位。

1. 系统设备市场持续增长，毫米波设备加快创新

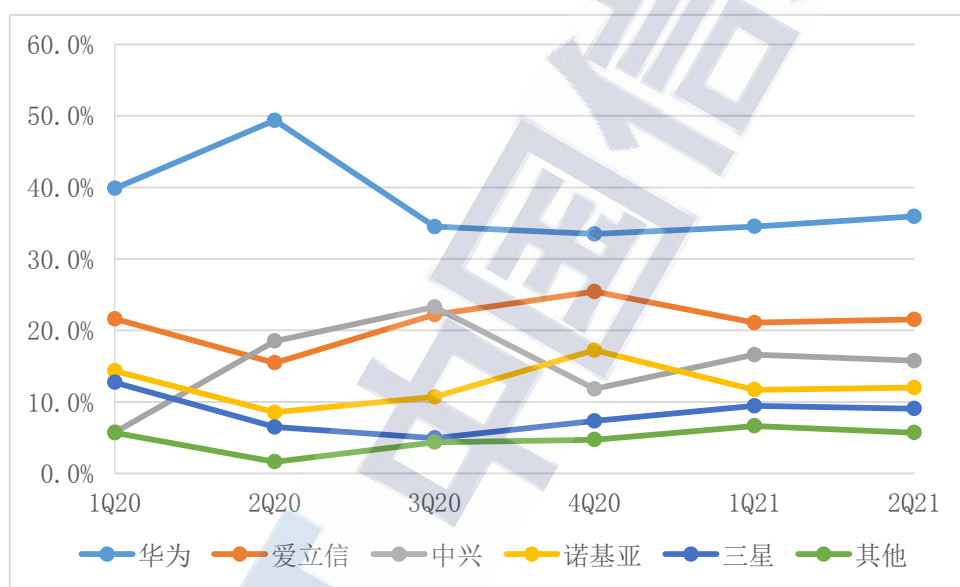
全球进入 5G 网络部署时期推动系统设备供应市场快速增长。系统设备市场是一个高度全球化的市场。自 2019 年商用以来，全球 5G 稳步推进。截至 2021 年 8 月底，全球已有 70 个国家/地区的 176 家运营商宣称开始提供 5G 业务，其中欧洲商用 82 家，亚洲商用 58 家，美洲 23 家。Omdia 数据显示，2021 年上半年全球 5G 无线接入设备市场规模达到 133 亿美元，比上年同期增长了 43%⁴，其中中国贡献了全球市场的 44%。除中国外，亚洲其他地区、美国、欧洲以及中东地区也是市场规模增长的重要推动力量。

我国企业占据全球市场过半份额但海外市场受阻。根据 Omdia

⁴ 数据来源参见

<https://omdia.tech.informa.com/OM017828/Mobile-Infrastructure-Market-Tracker--1Q21-Analysis><https://omdia.tech.informa.com/OM019857/Mobile-Infrastructure-Market-Tracker--2Q21-Data>

数据⁵，2021 年上半年，华为以 35.2% 的市场份额稳居第一，爱立信、中兴、诺基亚、三星分别以 21.5%、16.4%、12.1%、9.1% 位列二至五位。从全球移动基础设施建设市场占有率来看，2021 年上半年华为继续保持领先地位，爱立信、诺基亚、中兴、三星分列二至五位。值得注意的是，剔除中国市场后，华为、中兴仅占全球市场份额的 15.1% 和 3.69%，分列第四和第六，而爱立信、诺基亚、三星、富士通则分别以 33.9%、21.5%、16.3%、4.4% 位列第一、二、三和五位。



来源：Omdia

图 2 全球 5G 系统设备市场份额

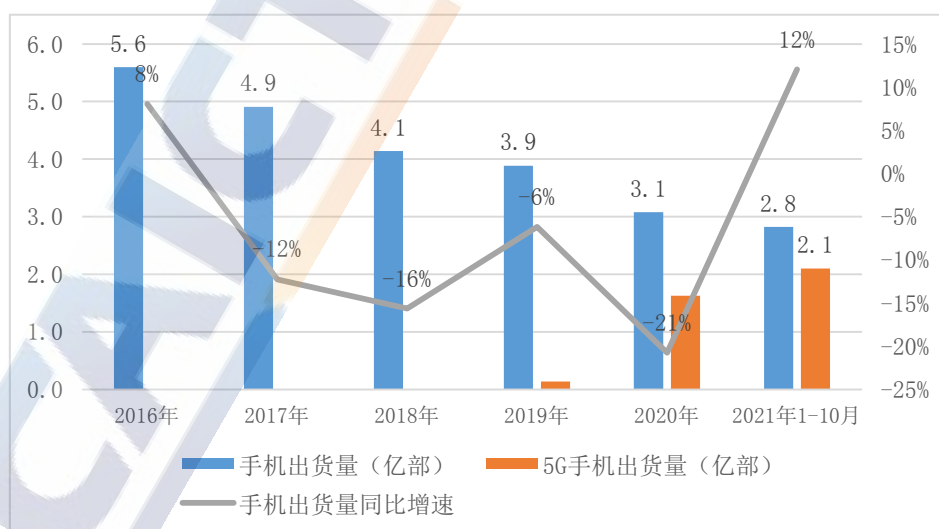
随着全球 5G 大规模部署，毫米波产品也加快研发，其中欧美企业成为主力。在基站设备领域，主流设备厂商已陆续推出毫米波商用基站产品，普遍支持满足密集城区室外覆盖需求。ADI、IDT、Anokiwave 等美国企业在 5G 毫米波器件全套解决方案，英飞凌和恩智浦等欧洲企业在相控阵波束赋形芯片（BFIC）方面也不断加快创

⁵ 数据来源参见 <https://omdia.tech.informa.com/OM019857/Mobile-Infrastructure-Market-Tracker--2Q21-Data>

新步伐。

2. 5G 手机成为市场主流，产品进入性能竞争为主的时代

5G 手机加速渗透驱动我国智能手机行业重回增长趋势。自 2017 年触顶以来，我国手机市场销量经历了连续四年的下降。2020 年受疫情影响，我国手机出货量仅为 3.08 亿部，同比降低 20.82%，行业步入低谷。2021 年以来，随着 5G 网络覆盖的逐步扩大和网络质量的逐步提升，在手机厂商和移动运营商的联合推广下，我国手机市场快速步入 4G 向 5G 的换机时代。2021 年随着疫情的逐渐缓和，我国手机市场在经历了一季度的报复性增长（同比增速达到 100.1%）、二季度在前期高基数影响下的同比大幅下降（同比增速下降 26.89%）后，三季度逐渐进入平稳增长期。5G 手机渗透率从 2020 年的 53% 提升至 2021 年的 75%。2021 年 1-10 月 5G 手机出货量超过 2 亿部，同比增速达到 68.8%，拉动同期手机出货量增长 12.0%。



来源：中国信息通信研究院

图 3 2016 年-2021 年 1-10 月国内手机市场出货量情况

我国 5G 手机出货量占全球半数以上。从全球出货量看，2021 年上半年，我国国内市场 5G 手机出货量达到 1.28⁶亿部，占据全球 5G 手机出货量 2.395⁷亿部的 50%以上，比同期我国智能手机出货量占全球比例的 27.8%⁸高出 25 个百分点。根据 Canalys 的数据，我国厂商生产的 5G 安卓手机占全球出货量的近 70%。从全球上市款型数量看，2021 年上半年我国 5G 手机上市款型 110 款，占全球新上市 5G 手机终端 164 款⁹的 67%。

国内手机市场格局正经历新一轮调整。截至 2021 年 10 月底，国内 60 家 5G 手机厂商推出 5G 手机 450 余款，其中 2021 年新增厂商 18 家。2021 年 5G 手机 TOP5 厂商出货量份额合计 83%，较 2020 年 96%下降了 13 个百分点。华为的缺位使得手机市场竞争愈发激烈。苹果将保持高速增长态势、进一步抢占高端手机市场份额，vivo、OPPO、小米、荣耀等厂商将在中低端市场逐步填补华为空缺份额，市场竞争进入白热化。

市场竞争促进国内 5G 手机性能配置提升、价格下探。根据中国信息通信研究院数据，按手机出货量统计，2021 年 1-10 月，国内市场 5G 手机 ROM 平均内存比同期 4G 手机高 80GB 左右；国内 5G 手机中 63%的款型屏幕使用 OLED 屏幕，而同期 4G 手机这一比例仅为 17%；国内 5G 手机后置摄像头 3000 万以上像素的款型比例占到 83%，而同期 4G 手机这一比例仅为 28%；后置 3 摄像头的 5G 手机款型占

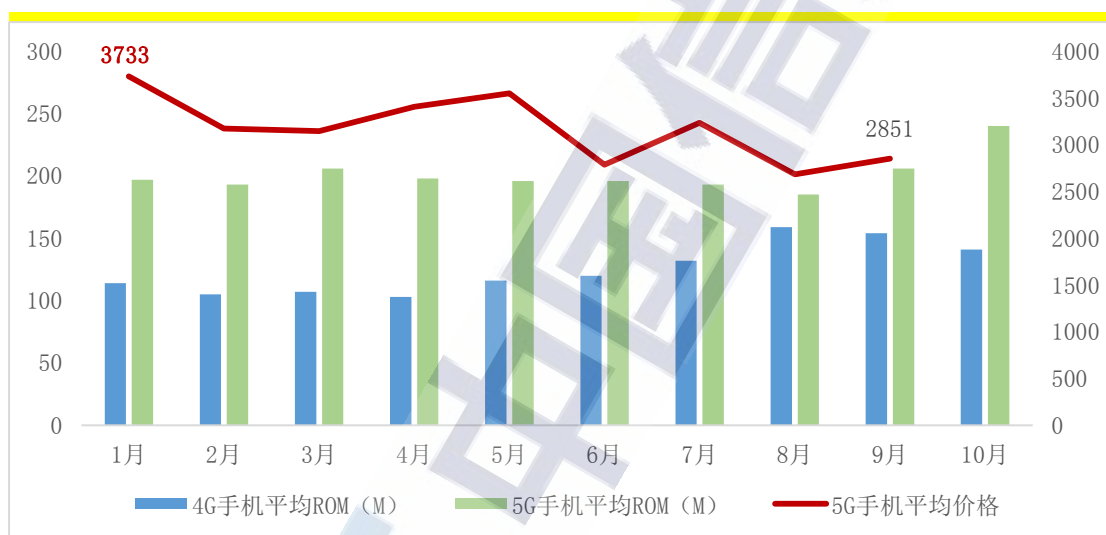
⁶ 数据来源：中国信息通信研究院

⁷ 数据来源：Canalys

⁸ 数据来源：IDC 全球和中国手机市场跟踪报告

⁹ 数据来源：GSA

比 82%，同期 4G 手机占比仅 52%。在配置更优的同时，5G 手机的平均价格不断下降，2019 年 6 月 5G 手机价格约 9000 元人民币左右，而到 2021 年 5G 手机平均价格已由 1 月的 3733 元，下降到 9 月的 2850 元¹⁰。5G 手机受元器件成本、网络覆盖范围、市场需求等多因素影响，千元以下的 5G 手机较少，但 5G 手机向中低端推移的趋势已显现，1500 元以下的 5G 手机出货量由 2020 年的不足 5% 增长至 2021 年 1-9 月份的 18%，3000 元以下的 5G 手机占比已超过六成。



来源：中国信息通信研究院

图 4 2021 年 1-10 月 5G 与 4G 手机平均 ROM 对比及 5G 手机平均价

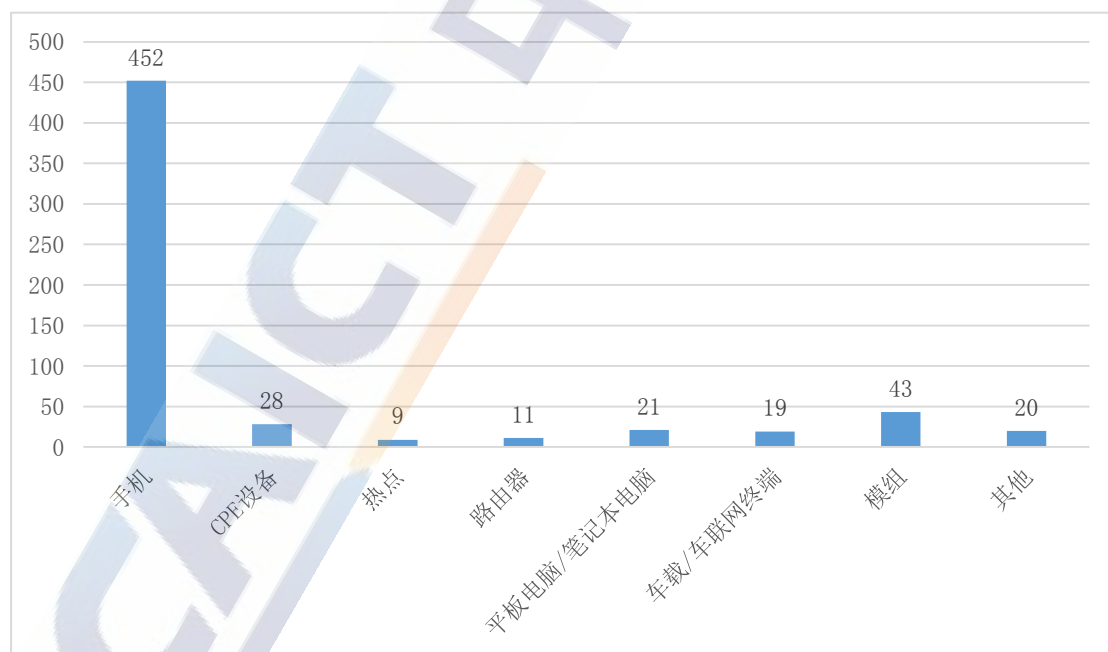
手机厂商不断向上游延伸，提升整体解决方案竞争力。伴随全球半导体芯片缺货的加剧，手机等电子行业厂商对芯片的需求也持续旺盛，为了保证供应链稳定和手机整体解决方案的竞争力，国内手机厂商小米、OPPO、vivo 等已纷纷开启芯片布局。小米公司为自研芯片模式，2017 年小米首款自研 SoC 芯片“澎湃 S1C”面世，2021 年 4 月小米发布了首款 ISP 芯片“澎湃 C1P”。OPPO 公司为投资模式，自

¹⁰ 平均价格按照上市官方指导价计算。

2020 年起 OPPO 便开始对包括上海南芯半导体、广东微容科技、威兆半导体等半导体企业投资，今年以来更接连投资五家半导体相关企业。vivo 公司为上下游对接定制芯片模式，vivo 深度参与芯片的前置定义阶段，并与上游芯片厂商展开合作。2019 年 11 月，vivo 联合三星展示了二者首个共同开发的双模 5G AI 芯片——Exynos 980。2020 年二者再次合作 Exynos 1080 芯片。

3. 终端设备类型逐渐丰富，非手机终端快速增长

截至 2021 年 10 月底，国内 5G 终端 603 款，其中手机 452 款，非手机终端 151 款。从非手机终端的应用场景来看，广泛涉及工业、交通、医疗、金融、教育等领域。2021 年 1-10 月，国内 5G 终端发布新产品 293 款，同比增长 40.2%，非手机终端增速尤为明显，发布新产品 105 款，同比增长 275.0%。



来源：中国信息通信研究院

图 5 截止 2021 年 10 月底国内 5G 终端情况

（五）个人与行业市场并进，先导应用开始规模复制

1. 5G 个人市场发展保持活跃

截止到 2021 年 9 月底，中国 5G 终端连接数达 4.45 亿，占全球 80% 以上份额。5G 用户渗透率超过 27%，接近韩国 5G 用户渗透率，用户群体已成规模。文旅、媒体等行业龙头企业利用“5G+大数据+人工智能+AR（增强现实）/VR（虚拟现实）”等技术组合，在游戏娱乐、赛事直播、居家服务、文化旅游等消费市场加大探索，在超高清视频、云游戏、AR/VR 等领域均有布局。电信运营企业依托网络用户扎实基础，推动网络用户向应用用户快速转化，中国移动聚焦独家版权加强优质内容供给，中国电信借鉴海外先进制作经验重点开发云游戏业务，联通围绕硬件、内容、平台、渠道打造 VR 创新生态。互联网企业掌握流量入口，重点关注现有应用的体验提升，研究开发超高清视频、AR/VR 在个人日常生活场景下的新应用模式。为增强用户的视频观看体验，优酷与合作伙伴在超高清增强、终端渲染等方面进行技术验证和实践，取得阶段性进展。字节跳动收购 VR 创业公司 PICO，整合优势内容资源和技术能力，进一步加大产品和解决方案的研发以及生态的构建。

2. 5G 行业应用发展驶入“快车道”

行业级应用完成从“0 到 1”的突破。5G 技术快速融入千行百业，应用呈现千姿百态。根据第四届“绽放杯”5G 应用征集大赛数据统计，全国 5G 应用创新项目已超过 1.2 万个，无论数量还是创新性方面均处于全球第一梯队。工业互联网、智慧园区、智慧城市、信息消

费、智慧医疗领域的项目数量位居前列，五个领域项目数量之和占全部项目数量的一半以上。5G 应用场景较 2020 年底增长近一倍，市场需求开始涌现。电信运营企业、设备厂商与行业企业开展联合创新，提高 5G 应用服务能力，培育场景化标准化解决方案，嵌入行业生产流程，赋能千行百业数智化转型。目前国民经济 20 个门类里有 15 个、97 个大类里有 39 个行业均已应用 5G。制造、能源、采矿等多个先导行业打造应用标杆，实现 5G 应用商用落地，部分场景应用如智能采掘与生产控制、现场辅助装配、机器视觉质检、生产现场监测、无人智能巡检等，已开始批量复制。

产业链上下游开始初步合作探索商业模式。然而，要形成可持续的商业发展还需要商业模式的创新发展，目前 5G 应用商业模式仍处于雏形阶段。中国移动打破传统公网的商业模式，面向行业应用探索网络的新型多量纲定价模式，在通用网络服务基础上，结合边缘节点、专用接入、业务加速、超级上行、网络设计、网络运维等增值功能，实现基础网络(Basic)和增值功能(Advanced)的个性组合(Flexible)，形成“BAF 多量纲”报价结构。中国电信面向行业用户，采用“网边云用服”组合，包括 11 项网定制能力、8 项边智能能力、5 项云协同能力、N 项应用随选能力和 5 项服务保障能力，实现让客户“灵活组合、按需订购”，并与“致远”、“比邻”、“如意”等专网服务模式相匹配，为行业客户提供一站式解决集成方案。中国联通“化整为零”的现金流模式，降低本地代理维护、远程设备维护的交易成本，进一步加快交易达成。行业龙头企业牵头探索，拉通需求方内部流程，

减少决策的不确定性，降低 5G 应用部署风险。但上述商业模式是否能获得市场的广泛认可，还需要进一步探索和磨合。

二、中国 5G 发展对数字经济的影响

作为数字基础设施的关键底座，以及具有广泛关联关系的技术产业，5G 的发展有望带动数字经济快速增长，并推动经济社会加快数字化转型步伐。

（一）5G 开辟数字产业发展新空间

1. 5G 推动数字产业实现新增长

5G 从投资和消费两侧推动数字产业增长。

从投资侧看，5G 激发各领域加大数字化投资。一方面，电信运营商持续增加其对 5G 网络及相关配套设施的投资，进而带动通信设备制造相关产业链增长。根据公开财报显示，2021 年三大基础电信运营商计划 5G 资本开支总计约 1847 亿元，较 2020 年增加 5.1%。另一方面，随着 5G 行业应用的深入发展，国民经济的其他行业开始增加对 5G 及相关 ICT 技术的投资。中国移动 2021 年上半年财报显示，5G 专网服务带动中国移动 DICT 增量收入超过 60 亿元，占同期 DICT 增量收入的 48%、通信服务增量收入的 17%；中国联通的 5G 行业应用上半年累计签约金额超 13 亿元；而中国电信的 5G 应用场景较 2020 年底增长近一倍，市场需求呈现爆发式增长¹¹。

从消费侧看，5G 发展促进信息消费的扩大和升级。一是 5G 网

¹¹ 根据中国电信 2020 年财报显示，截至 2020 年底，中国电信 5G 行业应用累计签约近 1900 家，落地场景超过 1100 个。

络建设推进用户终端消费升级。5G 网络覆盖范围的扩大推动消费者进入 5G 换机时代，使智能手机产业重回增长趋势。预计 2021 年中国 5G 手机出货量达 2.5 亿部，比去年增长约 53%。二是 5G 发展带动移动用户数据业务消费。5G 更快的网速以及超高清视频、AR/VR、云游戏等众多基于 5G 的创新数字服务，使得 5G 用户的 ARPU 相较于 4G 用户有较大提升。根据 2021 年上半年财报，中国移动 5G ARPU 值为 88.9 元，远超其移动用户的平均 ARPU 值 52.2 元，5G 用户渗透率的提高推动其移动 ARPU 值扭转自 2018 年以来的下降趋势；中国电信 5G ARPU 值升至 57.4 元，4G 用户升 5G 套餐 ARPU 值提升 10%；中国联通 5G 套餐数量快速增长，5G 用户渗透率达 37%，移动用户 ARPU 值为 44.4 元，同比升 8.5%。

2. 5G 推动关联数字技术的更新迭代和普及商用

5G 发展带动关键器件技术快速演进。从芯片看，手机芯片需求已成为推动半导体制程工艺延续摩尔定律的最大驱动。随着 5G 终端对高性能、高速率和低功耗的需求日益提升，5G 终端系统级芯片（SoC）逐步升级到 5nm 工艺节点。高通、联发科等企业推出覆盖从高端到主流价位市场的芯片产品，满足不同消费者和厂商的需求。在顶尖制程加持下，主流手机芯片厂商还利用人工智能进行优化，配合定制化加速引擎提升专业影像、大型游戏等各类进阶应用体验。在射频器件方面，5G 的频率范围从 700MHz 扩展到毫米波（mmWave）频率，对射频器件提出更高的要求，集成大量高性能滤波器、功率放大器、低噪声放大器、开关等器件的射频模组成为行业竞争焦点。美国

Skyworks、高通、Qorvo 等企业通过技术积累和多次并购，逐步形成射频模组系列解决方案。

5G 促进电池、材料、显示、摄像等关联技术快速发展。从电池看，5G 大幅增加的功耗使得多电芯、异型电芯技术得到发展，同时快充技术也对电池模组提出更高要求，这些也增加了电池组装(PACK)环节的价值。**从器件材料看**，5G 将带来手机滤波器、天线等元器件材料的升级。陶瓷介质滤波器因为具有高介电常数、可承受功率高，有良好的选频作用，便于大规模集成，在 5G 滤波器市场得到快速发展。同时在天线上，由于 5G 高频高速要求减少信号在传输过程中的损耗，所以可靠性、防潮性更好的液晶聚合物(LCP)天线膜材料将得到更快发展。**从显示技术看**，一方面显示屏形态从刚性到固定曲率柔性屏，再到可弯曲和可折叠显示屏，柔性技术不断升级。另一方面全面屏和折叠屏需求驱动手机产业链在屏幕发声、屏幕指纹和屏下摄像头等技术领域进行大量创新探索，目前包括光学式和超声波式屏下指纹解决方案经过快速迭代已经基本成熟，厂商正在积极推动适合屏下摄像的高透明度显示面板量产，不断提升隐藏式摄像头成像效果。**从摄像技术看**，多摄像头叠加人工智能(AI)算法有效提升终端拍照体验。2020 年，全球每部智能手机平均配有超过 3.7 个镜头模组，四摄及以上占据智能手机总出货量的 29%。中国信息通信研究院数据显示，2021 年上半年，国内市场配备三个和四个后置摄像头的智能手机出货量占比达到了 83.7%，成为摄像头数量的主流配置。

5G 开启万物互联新趋势，推动跨终端技术创新成为重要方向。

手机终端从 4G 向 5G 的迁移正在衍生万物互融时代的多终端互联生态，面向这一发展前景各终端厂商积极探索微内核等可适配多类型终端的操作系统新技术。2020 年 12 月华为正式发布面向智能手机的鸿蒙开源操作系统版本。鸿蒙的分布式架构可实现跨终端的无缝协同体验，同时凭借多终端开发集成开发环境（IDE）和多语言统一编译等技术，使得开发者可以基于统一工程构建多端自动运行应用程序（APP），在跨设备之间实现生态共享。此外，谷歌也已经在开发下一代操作系统——Fuchsia。Fuchsia 通过微内核设计可适配各种各样硬件终端。

5G 推动新型数字技术在经济社会各领域的普及应用。为了更好地推广 5G 技术，基础电信运营商和 ICT 技术厂商纷纷在 5G 网络中融合人工智能、大数据、物联网、云计算、室内外定位、AR/VR、数字孪生等新技术，为行业用户提供一体化的 ICT 解决方案，既为用户创造了价值，也促进了新型数字技术在各行业各场景中的应用。根据第四届“绽放杯”5G 应用征集大赛的数据统计，2021 年参赛项目中，使用室内外定位技术、大数据、云计算、人工智能的项目占比分别为 58%、52%、51%和 46%。同时，基础电信运营商、华为和中兴等 ICT 大厂拥有通达全国各县市、覆盖各行各业的庞大营销网络，这是传统面向行业的 ICT 技术服务商所不具备的，这一优势也有助于 5G 及相关新型数字技术的推广。

3. 5G 催生融合应用产业支撑新体系

5G 具有显著的技术深度，拥有开发创造新业态、新产品、新工

艺和新技术的巨大潜力。自正式商用以来，5G 应用的主战场放到了行业应用上。5G 在各行业的深入应用促进了 5G 技术与行业技术、设备的融合，已逐渐催生出由终端产业、网络产业、平台产业、应用解决方案产业和安全产业五大板块构成的新型融合应用产业支撑体系，为数字产业发展带来更多增长机会。



来源：中国信息通信研究院

图6 5G 与行业应用融合形成新产业支撑体系

一是5G新型行业终端产业链。由行业终端、模组、芯片三个产业环节构成的行业终端产业链稳步发展，成为产业关注重点。5G行业终端包括工业网关、工业路由器、摄像头、AR/VR等。GSA数据显示，截至2021年8月，全球共发布5G终端991款，其中新型行业终端类5G固定客户前置设备（Customer Premise Equipment, CPE）177款、5G模组137款、网关/路由器65款，合计占比已超过38%。

国内企业行业终端创新走在世界前列。截至2021年6月底，全

球发布的 53 款 5G 工业网关/路由器中，35 款由中国发布，占比高达 66%。2021 年第四届“绽放杯”5G 应用征集大赛通用产品专题赛，征集到不同厂家的 173 款 5G 通用产品，涉及工业网关、数据传输单元(Data Transform Unit, DTU)、AGV 小车(Automated Guided Vehicle, AGV)等。中国终端产品在发布时间、产品性能等方面具有显著优势。以工业路由器为例，今年 6 月西门子推出旗下首款工业 5G 路由器 Scalance MUM856-1。但在此之前，国内多家企业均已发布相关产品。厦门四信已相继发布 F-NR100、F-NR120 两款工业 5G 路由器，其中 F-NR120 支持 5G SA/NSA 网络架构，兼容各大运营商网络。宏电发布了一款 H8922 工业 5G 路由器，支持 5G SA/NSA 组网，可满足机器联网、状态监控、远程设备维护、高清视频回传等多种应用需求。

然而，受限于高成本和碎片化，行业终端产业链仍需要通过统一技术标准来促进其规模化发展。

二是 5G 新型行业网络产业链。2021 年，5G 应用方阵组织开展了《5G 行业虚拟专网总体技术要求》的标准制定，形成了 5G 行业虚拟专网网络架构、服务能力、关键设备及关键技术的总体标准框架。针对行业低成本及“共管共维”等需求，分别开展了行业定制化 UPF 及服务能力平台等网络设备系列标准的制定。同时针对网络指标确定性保障、与既有网络融合等需求，开展了无线服务级别协议(Service Level Agreement, SLA)保障、5G 局域网(5G Local Area Network, 5G LAN)关键技术的研究。在行业定制化标准方面，已面向电力、钢铁、

矿山等行业开展网络模板标准的制定及立项工作，将形成包括行业 5G 网络需求、行业融合网络架构、行业关键保障能力等的标准化。

支撑 5G 行业虚拟专网的网络设备产品也逐步发展。基础电信运营企业、华为、中兴、佰才邦、阿里、浪潮等均推出行业定制化 UPF 或定制化核心网，以适应不同行业的特色网络需求。同时，为了满足能源、交通领域定位授时需求、解决制造业领域上行带宽不足等问题，华为、中兴、大唐等设备商也在积极研制上行增强、融合定位授时等技术的 5G 行业基站。

目前虚拟专网产业的规模化发展主要受限于行业虚拟专网的成本高、运维难、监测体系缺失等问题。

三是 5G 新型行业平台产业链。新型行业平台产业链包括对外能力服务平台、行业自有平台和边缘业务 MEC 平台，行业 5G 平台是实现 5G 融合应用落地的重要枢纽。其中，对外能力服务平台可开放部分 5G 网络能力，支撑实现行业自运维、自管理。随着对外能力服务平台标准不断成熟，三大运营商根据标准开展平台建设来满足行业需求。行业自有平台是支撑行业数字化运转的生产运营平台，如电网的业务平台、钢铁行业的信息化平台等，国家电网、宝钢、海尔等积极开展自有平台与 5G 网络平台的对接或融合研究，借此充分发挥 5G 网络能力。边缘业务 MEC 平台是保障行业安全、应用高效的重要产业环节，通过融合人工智能、大数据、行业机理模型等技术环节赋能行业 5G 应用。中国移动、中国联通、华为等相继推出边缘 MEC 平台，并通过积极构建应用开发者环境，促进 MEC 在 5G 行业应用中

的落地。当前行业 5G 平台的快速发展仍需要克服不同行业需求差异化及生态多样化问题。

四是 5G 新型行业解决方案产业链。5G 新型行业解决方案属于融合创新领域。一方面，以三大基础电信运营商、设备商为代表的 ICT 企业，积极开展 5G 应用场景创新、网络建设及应用项目落地，成为重要参与者。另一方面，行业解决方案企业也不断融合 5G 网络技术，实现传统数字化解决方案的升级，如宝信软件积极开展 5G 钢铁制造领域的网络建设模板与应用创新，海尔、美的、格力、TCL 等开展各具特色的 5G 家电制造应用创新等。总体来看，现阶段适配 5G 技术标准并融合新型数字技术的创新解决方案数量仍然较少，融合 5G 与行业技术的解决方案商也有待进一步丰富。

五是 5G 新型行业应用安全产业链。该子产业链由网络基础设施安全产品、垂直行业应用安全产品和安全支撑服务体系构成。在网络基础设施安全产品方面，电信运营商重点在网络设备安全、虚拟化设施防护、MEC 平台防护、数据安全、安全管理、安全态势监测等方面加强基础设施能力建设，提供满足垂直行业差异化需求的安全能力，并在行业急需的网络安全能力开放、细粒度资源和切片隔离等方面持续完善和强化安全解决方案。在垂直行业应用安全产品方面，电力、矿业、医疗等头部行业的 5G 应用安全能力建设和部署进度较快，5G 应用安全风险、解决方案研制、产品研发和安全平台等加快建设，接入认证、态势监测、边界防护、切片安全隔离等多种安全防护手段逐步通用化和体系化，并在实际应用中发挥成效。不过，目前不同行业

甚至同一行业内的安全解决方案仍存在碎片化、私有化的问题，给规模化复制推广和安全产品成熟带来一定程度的影响。

（二）5G 推进数字经济与实体经济不断融合

随着 5G 行业应用的逐步深入和扩散，5G 对实体经济的数字赋能作用开始释放。5G 提供覆盖范围更广、连接更稳定可靠的无线接入方式，帮助工厂、园区、矿山、港口等改进其现有网络，打通内部生产和管理环节，同时配合智能化技术，可实现不同生产环节间的高效协同，使产业数字化转型的智能感知、泛在连接、实时分析、精准控制等需求得到满足，推动生产自动化、操作集中化、管理精准化、运维远程化，从而为传统产业生产各环节效率的提升提供了新的途径。

1. 5G 为生产自动化、柔性化提供新方式

工业是 5G 行业应用的主战场，而生产制造环节是整个工业的核心。从目前的应用发展情况看，5G 技术在经过适应性改造后，通过对原有网络的替代，已逐渐在设备自动化控制、企业柔性生产、产品质量管控、生产物流自动化等方面产生影响：

一是 5G 为企业的柔性化、远程化生产提供技术支撑。在柔性化方面，5G 可以将数控机床和其他自动化工艺设备、物料自动储运设备等接入网络，实现设备连接无线化，从而支持生产线根据生产需要灵活布局和调整，大幅减少网络重复布线成本、缩短生产线调整时间。同时，可与企业资源计划（ERP）、制造执行系统（MES）、仓储物流管理系统（WMS）等相结合，将基于 5G 网络获取的产线设备、物

料、产品加工进度、人员等实时数据，与订单信息、生产计划等结合处理，可动态制定最优生产方案，实时指导工人或设备进行生产，从而满足小批量多品种的柔性生产需求。目前这类应用在电子制造、纺织、家电等行业开始推广。**在远程化方面**，可以利用 5G 的大带宽和低时延能力，结合边缘计算、自动控制、AI 等技术，可在机械感知识别现场环境后，通过设备操控系统对现场工业设备进行实时精准操控。目前，这类应用已在钢厂、矿山、港口等领域推广普及，相关技术也在不断改进，远程操控的距离在不断探索延长，远程操控的设备数量也在探索增加。

二是 5G+机器视觉检测支撑质量管控高度自动化。5G+机器视觉检测是目前 5G 赋能智慧工厂最广泛的场景之一，可普遍应用于装备工业、消费品工业、电子信息制造、原材料工业等领域。与传统的单机版机器视觉检测相比，增加 5G 网络连接之后，机器视觉检测系统不仅可以通过部署在边缘服务器上的专家系统，实时对产品的质量进行检测分析，还可以将聚合后的数据上传到部署在云上的企业质量检测系统，完成模型迭代后再通过 5G 网络下发至边缘服务器实现多生产线的共享，从而不断提高检测的精度和效率。

三是 5G 支持生产区域物流实现智能化。通过对厂区、矿区、港口等生产区域的自动化物流设备，如自动驾驶车辆（AGV）、自动移动机器人（AMR）、叉车、机械臂、有轨机车、矿山卡车等，进行 5G 网络接入，部署智能物流调度系统，结合边缘计算和高精定位技术，可实现物流终端控制、运输、分拣等作业全流程自动化、智能

化，可提高物流效率、节约物流成本。这是目前 5G 在工业领域最普遍的应用之一。

2. 5G 助力生产管理和服务环节实现升级

与生产制造环节相比，由于不涉及核心生产数据，5G 在生产园区管理、设备安装运维等环节的应用更为广泛和全面，目前已得到了很多行业的接受。

在生产园区管理方面，5G 可为各种类型的监测设备提供有效的网络支撑，并可结合其他技术对异常行为进行预警和处理。例如，5G+视频监控系统可以帮助厂区、园区对人员的日常行为进行规范，并结合 AI 等技术，对如区域入侵、可疑徘徊、烟火检测、生产检测、危险区域人员等进行预警，提高管理效率，防止风险遗存，这对于生产安全要求高的行业如石化、煤矿等极具价值。再如，5G+智能巡检可以利用巡检机器人或无人机等移动化、智能化安防设备，替代巡检人员进行巡逻值守，并将数据实时回传至智能系统，通过人工智能技术综合判断得出巡检结果。又如，5G+数字孪生可以帮助园区、厂区、车间等管理人员构建基于 3D 和 AR/VR 的仿真数字孪生系统，实现生产设备、流程、工艺、环境等可视化展现、模拟和仿真。此外，5G+能耗监测可以实时监控生产、能源介质、重点耗能设备的运行参数，方便管理者掌握耗能情况、异常问题并进行优化干预。

在设备安装运维方面，5G 可以与智能终端配合，构建人与物的新型交互界面，实现设备安装检维的远近协同，从而降低设备使用运维门槛，提高设备运行效率。例如，5G+智能防爆手机巡检，可让巡

检人员在现场通过防爆手机对设备进行点检，并实时回传点检数据，利用可视化对讲实时沟通点检结果。再如，5G+AR 远程辅助维修，可让产线工人佩戴 5G+AR 眼镜，将现场情况和设备情况以第一视角传到后台专家工程师，工程师实时看到现场画面，可通过实时标注方式，协助指导问题快速解决，从而实现专家工程师一人对多厂区的生产支持，最大化利用专家工程师资源，随时随地解决产线问题。

3. 5G 为产品和设备创新带来新元素

整体来看，5G 目前的行业应用水平处于起步阶段，尚不支持传统产业进行大规模的革命性创新，但 5G 的一些能力已开始被人们探索应用于产品工艺的设计改良和创新之中：**一是 5G 促进远程控制设备的发展。**由于 5G 对实时精准远程遥控具有较为强大的支持功能，一些企业已开始考虑结合这一特性对自己生产的机器设备产品进行改造。例如柳工机械股份有限公司已开始生产 5G 远程遥控装载机与挖掘机，并创新了商业模式，开始对外试销售产品。**二是 5G 支持制造设备云化和定制化。**借助 5G+MEC，可对可编程逻辑控制器(PLC)、产线机器人等设备进行改造，将其控制逻辑与传统专用的硬件功能解耦，将其控制逻辑和功能设置等放置在云端，从而构建可自编程、自定义的控制系统，提高设备的灵活性和通用性，这将大幅降低企业部署产线机器人、工控设备等的成本，为设备的适应性创新打开了新的空间，并有可能形成新的产品和商业模式。目前国内一些制造企业如三一重工、美的等已开始进行相关的探索。**三是 5G+MEC 为设计协同提供平台和算力支撑。**企业通过搭建 5G 专网，将三维设计软件部

署在 MEC 边缘云上，实现云上数据存储、数据交换，以及模型的计算、模拟和仿真，通过交互式并行设计，提高产品设计水平、可制造性以及成本的可控性。目前一些模具设计生产企业已开始这方面的探索尝试。

（三）5G 创造更美好的数字生活

与 4G 相比，5G 凭借其大带宽、低时延、大连接、强融合等技术优势，正在促进新一轮移动互联网和物联网业务的创新发展，并与各行业各领域相结合，为人们的工作、学习和生活带来极大的便利和更多的惊喜。

1. 5G 助力改善工作环境、降低工作风险

借助于 5G 应用，一些高危行业和高危岗位的工作环境正在得到改善。智慧矿山是 5G 融合应用快速渗透的一个领域，通过 5G “进矿一下井一到面”，井下通信网络融合部署、智能监控、综采设备远程操控、无人运输，露天矿区无人挖掘、无人运输等应用，将操作工人的作业地点从高危现场转移到舒适的室内，改变了工人在井下、矿区的生产方式，让“蓝领”转变为“白领”，降低了采矿作业的安全风险，提升了采矿作业的效率，助力采矿作业实现无人化、少人化和智能化。目前全国已有超过 175 个矿山实现 5G 应用商用落地。智慧港口也是 5G 融合应用发展迅速的行业，目前已有超过 89 个港口开始部署包括高清视频回传、龙门吊等机械远程控制、智能理货、自动驾驶等在内的 5G 应用，将人员从高空作业、重物作业的环境中解放出来。炼钢车间高温、高粉尘并可能产生煤气，工作环境相对恶劣，

利用 5G+远程机械控制可以将很多机械操作员从危险的现场转移出来，已有超过 138 个钢铁企业实现 5G 应用商用。

2. 5G 为精准智能的数字治理探索提供新手段

5G 时代的到来为政府治理精细化、智慧化发展带来新机遇，人们正在积极探索基于 5G 的治理手段创新。一是 5G+无人机应用有望在巡检监控、交通管理、应急响应、遥感测绘、环保执法等方面发挥重要作用。通过建设连续覆盖的 5G 网络，并构建集“端边网云服务”于一体的业务系统，5G+无人机可以实现远程遥控和自动飞行，并可在较短时间内到达指定地点执行作业。目前基础电信运营商已开发出成套的商用服务和产品，并开始在全国各省推广该业务。二是 5G+视频监控系统正在进一步升级。视频监控系统在城市治理中发挥巨大作用，借助于 5G+边缘计算，视频监控系统可以将算法部署在边缘服务器上，从而可以对监控摄像头进行智能升级，目前企业正在交通监控等摄像头上试验相关升级。三是多种 5G+无人监控设备正在探索发展。例如，在水务管理领域探索开发基于 5G 的无人船，在垃圾治理领域探索开发基于 5G 的智能识别垃圾桶，在公安警务领域探索基于 5G 的公安执法记录仪等。

3. 5G 助力远程医疗快速发展

医疗服务是影响人民生活幸福感和获得感的重要公共服务。自 2020 年应对新冠疫情以来，5G+智慧医疗应用特别是远程医疗类应用得到了迅速发展。远程医疗类应用包括远程会诊、远程超声、远程急救、远程监护、远程示教、远程手术等。远程医疗可以打破时间、空

间和连接的三重限制，不断拓展医疗服务空间和内容，构建覆盖院内、院间、院外，诊前、诊中、诊后线上线下一体化医疗服务模式，实现普惠医疗，大大改善人们的医疗体验。目前全国已有超过 600 个三甲医院开展了 5G+应急救援、远程急救、远程会诊、远程诊断等应用，有效提升诊疗服务水平和效率。

4. 5G 为消费者创造生活新体验

5G 给消费者创造的新体验将经历三个发展阶段。根据消费级市场目前终端、内容等配套产业的发展状况看，我国 5G 消费级应用将经历体验优化创新、交互应用创新、新型终端创新的“三步走”。一是体验优化创新阶段。是针对 4G 基础上发展较为成熟的应用，如视频应用，基于 5G 网络特性进行技术升级或优化服务，提升用户的体验。此阶段典型应用包括超高清视频、高帧率视频、高动态范围（HDR）视频等，但受限于终端显示条件等，用户的体验感与 4G 相比没有质的变化。二是交互应用创新阶段。基于当前主流的智能手机终端，通过创新应用模式，满足用户与应用内容的互动需求，提供“身临其境”的体验。此阶段典型应用包括云游戏、空间/互动视频、手机 AR/VR 等。这一阶段用户将有不同于 4G 的明显体验感。三是新型终端创新阶段。随着 AR/VR 等新型终端技术逐渐成熟、普及率提升，基于 5G+ 新型终端的创新应用将大规模绽放，革命性改变现有的人机交互模式。

我国 5G 消费级应用正在积极探索交互应用创新模式。当前，我国 5G 网络、用户、终端等基础条件较为完备，行业龙头积极推进体验优化创新，并探索尝试交互应用创新。云视频是大众信息消费的主要产品形态，以优化用户体验与改善生产效率为主要目标，如电信天翼超高清应用充分利用 5G 网络高带宽特性，提供 5Mbps 至 25Mbps

码流服务,较 4G 网络码流峰值提高 50%以上,累计注册用户达到 6520 万户。云游戏作为下一代游戏演进的新方向,利用 5G 网络低延时特性,提供与游戏主机等同的操控体验,将推动游戏产业重构升级和规模化增长,逐渐形成新的业态模式和发展趋势。腾讯、阿里、中国移动、米哈游等移动游戏产业的各路玩家都在积极探索云游戏的发展,截至今年 9 月中国移动云游戏用户已超过 6300 万。此外,行业企业正在积极挖掘 5G 网络潜能,探索实践 XR 产品形态,提供更高画质观影与游戏服务,提升用户体验感与获得感。总体来看,5G 消费级应用短期内将以商业模式创新为切入点,重点发展新型交互体验应用,长期持续推动基于 XR 的沉浸式体验应用发展,分阶段逐步推进个人应用走深向实。

（四）经济社会影响更进一步但充分释放仍面临挑战

2021 年 5G 商用取得重要进展,对经济社会的影响进一步扩大。预计 2021 年 5G 将直接带动经济总产出 1.3 万亿元¹²,直接带动经济增加值约 3000 亿元,间接带动总产出约 3.38 万亿元,间接带动经济增加值约 1.23 万亿元,分别比 2020 年增长 33%、39%、31%和 31%¹³。在直接经济总产出的增长中,由于基数大,来自用户的 5G 终端设备支出贡献了 67%、5G 服务支出贡献了 28%;垂直行业的设备投资和服务支出虽然增长很快,但现阶段规模仍然较小,对增长的贡献较弱。

面向未来,要充分释放 5G 对社会经济的影响潜力,还需要积极克服 5G 应用发展面临的各种困难和障碍,扩大 5G 应用的范围和类

¹² 具体测算方法见附件。

¹³ 《中国 5G 发展和社会经济影响白皮书（2020）》依据发布时对全年数据的保守估计,对 2020 年 5G 带动的经济总产出和经济增加值进行了估测。本白皮书在测算 2021 年 5G 带动的经济总产出和经济增加值的增长率时,依据 2020 年的全年数据对其进行了重新核算,核算结果比《中国 5G 发展和社会经济影响白皮书（2020）》的测算结果大一些。

型、促进 5G 应用的创新，以更好地赋能传统产业转型升级，并带动新兴产业的形成和出现。

从行业应用看，扩大广度和深度面临的主要挑战是：**第一**，行业企业对在业务中规模化应用 5G 仍有顾虑。基础电信运营商提供基于独立组网和边缘计算的网络能够基本满足大多数行业企业需求，但行业企业对自身生产发展全部依赖运营商网络仍心存疑虑，部分行业企业希望通过获得独立频谱进行运营。能否全盘掌控生产运营数据、能否及时获得网络的升级维护服务、能否获得网络性能的稳定预期以及能否获得准确的全生命周期网络成本等问题是行业企业疑虑的焦点。需要创新商业模式和监管模式来达成运营商和行业企业的共识。**第二**，行业应用创新和推广普及仍面临高成本的困扰。面向行业应用的 5G 芯片、模组和终端种类依然较少，价格普遍较高，大规模部署 5G 终端投资巨大。行业专网定制化成本高，公网设备直接应用于行业功能冗余、价格昂贵。如果网络按流量收费，很多行业用户无法负担费用。行业平台种类繁多，各类平台彼此之间相互独立，每家企业的应用都需重复开发平台，费用不菲。**第三**，5G 融合应用产业支撑体系碎片化严重。5G 行业应用尚未形成成熟的产业生态，一套端到端的解决方案包括网络、安全、模组/终端、平台等内容，需要打通 IT/OT/CT 三个领域，实现三者的深度融合，而目前各层级之间的互动性较弱。同时，5G 行业客户普遍存在难于寻求合作伙伴，且与新合作伙伴之间需要较长周期的磨合等问题。

从消费级应用看，还需进一步突破“创新瓶颈”，形成用户感知

明显的“杀手级”应用。尽管我国 5G 消费级应用发展基础较好，但目前对于个人新业务的带动作用尚不明显，主要源自三方面困难。一是产业力量相对分散，创新合力尚未形成，应用创新面临较大阻碍。5G 消费级应用产业链包括终端、网络、云计算、边缘计算、内容生产、内容制作、内容分发、流量入口等多个环节，云、管、边、端高效协同是实现用户对消费级应用有明显感知的重要基础，亟需整合各环节企业形成合力。但目前我国内容供给方、互联网企业、终端厂商和基础电信运营商尚未形成合力。掌握流量入口的互联网企业对现有网络能力了解程度低、对终端影响力弱，仍主要基于 4G 网络配置应用。而手机芯片及终端厂家则认为 5G 新通话、5G 消息、手机 AR 等新应用市场前景不明且对终端销售没有助力，因此对开发升级支持这些新功能的意愿不强。二是内容生产成本较高，导致目前市场缺乏用户感知显著的 5G 典型应用。我国 3G/4G 时代的抖音、微信等典型消费级应用，用户既可作为内容消费者，又可作为内容生产者，这种方式助推了应用的大规模推广。而对于当前预期较高的 5G 互动类应用，如 360°自由视角视频、手机 XR 等，在内容生产环节存在操作复杂、设备昂贵的痛点。360°自由视角视频内容制作成本约 500 万元，手机 VR 视频采集专用终端售价高达 4-60 万元，对中小企业而言成本压力较大，阻碍了个人用户创作优质内容，导致 5G 应用内容的匮乏。三是新型终端形成规模仍需时日，沉浸式体验应用短期内难以爆发。现阶段 XR 终端价格昂贵，2020 年我国 XR 终端出货量仅 400 万台，如 AR 轻量化分体式终端价格超过 3000 元，且与 5G 手机分别单独售卖，

导致 5G XR 终端推广迟缓。终端与 5G 融合程度较低，目前绝大部分消费级 XR 终端不支持直接连接 5G 网络，仅有少量行业用 AR 眼镜内置 5G 芯片，且价格在 3 万元以上，严重阻碍消费级应用创新。

三、未来 1-2 年中国 5G 发展新方向

未来 1-2 年仍是中国 5G 商用发展的关键时期。这一时期，5G 商用发展的突出任务是，根据市场发展的实际需求，在政府政策的牵引下，整合产业界各方力量，逐步补齐 5G 应用创新面临的网络、技术、终端、标准等各项短板，构建较为完备的 5G 创新生态体系，从而为 5G 应用创新的爆发和繁荣奠定坚实的基础。

（一）网络覆盖向农村延伸，行业能力加强建设

当前中国 5G 网络仍处于建设初期，尚未达到有效支撑消费级和行业级应用创新的需求。未来 1-2 年预计 5G 网络仍将持续推进广域覆盖，并利用多频协同强化覆盖，加强面向行业的 5G 网络供给能力。

一是将探索低成本推进农村网络覆盖。预计适合农村场景的低成本、广覆盖 5G 技术和产品将加快研发。政府有望依托原有的普遍服务机制完善资金投入机制，创新商业合作模式，支持农村及偏远地区 5G 等信息通信基础设施建设，推动农村新一代通信基础设施提档升级。5G 网络共建共享将持续深入，运营商有望积极推进“农村一张网、城市两张网”，充分利用 700M 频段低频覆盖广的优势，在“两路一村”（高速公路、高速铁路、农村）开展接入网共建共享，实现 5G 网络的广泛覆盖。

二是将探索多频协同打造差异化网络。“低频+中频”多频叠加，

将进一步完善 5G 网络广度和深度覆盖。1GHz 以下低频段具有良好的传播特性，可更好地支持 5G 广域覆盖和高速移动场景下的通信体验以及海量的设备连接，进一步推进 5G 的多场景应用。5G 高频段协同有望进一步加快，通过在冬奥会等大型赛事活动和热点地区，开展毫米波部署测试，推动提升 5G 室内外覆盖水平。工信部已着手开展 5G 毫米波高频段的规划工作，预计将加强 5G 频率资源保障，加快毫米波和中频新型基站产业化进程。

三是将持续推进行业 5G 虚拟专网能力的建设。从目前行业虚拟专网的商用部署情况看，行业虚拟专网未来发展仍需解决三大焦点问题，包括定制化成本高、5G 网络与行业融合难度大、行业对 5G 网络运营需求强，推动行业虚拟专网向低成本、端到端网络保障、自主运营运维等方向发展成为虚拟专网在行业普遍应用的关键。**第一，探索行业网络设备的轻量化和低成本。**面向公众服务设计的 5G 网络设备具有容量大、功能全、价格高等特点，造成 5G 行业专网建设成本居高不下。因此探索核心网关键网元、MEC 等网络设备的轻量化部署方案，满足行业对于低成本的要求，是 5G 网络能在行业普遍应用的前提条件。**第二，形成行业专属的部署模式。**不同行业的 5G 应用在网络需求、业务逻辑、部署模式等方面存在显著差异，行业专网在建设过程中需进一步实现行业定制化，因此重点行业特色 5G 网络模板的制定将成为未来的探索重点。未来将根据行业业务承载需求和原有业务框架，制定行业定制的 5G 虚拟专网网络模板，构建行业专属的部署架构及端到端能力，开展端到端网络切片、5G LAN、行业 5G

网络安全等关键技术的研究，通过搭建联合实验室及外场测试验证环境，形成虚拟专网产品的迭代输出体系。目前面向电力、钢铁、矿山等行业的 5G 网络模板标准制定工作已开始推进。**第三，探索行业运营运维新模式。**探索运营商 5G 网络能力开放，以 5G 行业虚拟专网服务能力平台为基础，企业根据自身安全及运维能力，与运营商商讨对 5G 网络不同的运营运维界面，实现行业对 5G 网络能力统一、灵活、便捷的调用，满足自身定制化运营运维需求。**第四，构建行业新型安全体系。**依据行业原有网络安全体系、架构及要求，结合行业 5G 融合组网架构，建立行业 5G 安全保障模板，以行业为主体形成新型安全体系。

（二）技术标准向 R18 推进，演进方向逐步明确

3GPP 计划于 2021 年 12 月确定 R18 版本的研究内容，经过目前的研究讨论，将会从持续增强宽带能力、面向垂直行业的精细化设计和新业务探讨等几个方面演进增强。

在持续增强宽带能力方面，一是提升频谱效率，主要包括多天线增强、灵活双工和干扰避免、全双工在部分场景的应用研究等；二是业务能力提升，主要是高效支撑更多宽带业务，提升终端能力，潜在关键技术包括扩展现实（XR）增强、体验质量（QOE）增强、终端节能等；三是进一步提升系统部署灵活性和效率，潜在关键技术主要包括载波聚合与多连接技术增强、网络节能技术、移动性与覆盖性能增强等；四是非地面通信的增强，需要进一步完善非地面网络（NTN）透明方式的性能和功能、基于信号再生方式研究与标准化以及天地网

络融合一体化组网研究等。

在面向垂直行业的精细化设计方面，一是支持更丰富的物联网终端类型，包括新物联网终端、低功耗定位终端、面向工业场景的高功率终端以及现有 RedCap 终端能力提升等；二是高精度定位，支持车联网、低功耗终端等更丰富的应用场景，引入新的技术方案提升定位精度，以及对现有定位信号及过程进行增强等；三是对车联网及多种新终端直通应用场景的性能和功能增强，如边链路（Sidelink）中继、结合场景认知的 Sidelink 增强和 Sidelink 在非授权频段的使用研究等；四是超高可靠低时延通信（uRLLC）和工业物联网（IIOT）增强，潜在关键技术主要包括与时间敏感网络（TSN）更紧密结合的 URLLC、更多 IIOT 场景下的 URLLC、非授权频段 URLLC 增强等。

此外，还将探讨新的业务。3GPP SA1 工作组已经启动了对新业务场景及网络要求研究，在 SA2 和 RAN 工作组也有多个公司提交了与新业务相关的研究立项，如面向智能家居、智慧城市、智慧交通等领域的基于测距的服务；支持触觉和多模态通信服务；围绕个人和家庭场景的物联网等。5G 与人工智能的深度融合正成为业界研究新热点，既利用人工智能技术提升 5G 网络效率，5G 也为人工智能应用提供更高效率的承载。

（三）配套产品探索新路径，产业生态逐渐完善

随着 5G 应用的深入推进，越来越多产业力量集结起来探索发展 5G 应用的配套支撑产品，虚拟现实终端、行业模组和终端、行业平台和解决方案等发展将出现新趋势。

5G 云化虚拟现实加速 AR/VR 终端普及。随着 Oculus Quest、华为 VR Glass、Vive Focus Plus、Pico Neo2 等代表性终端串流功能的引入，一体式/手机式与 PC 式等跨产品形态间的使用融通性将显著提高。在此过程中，云化虚拟现实终端这一新兴形态的发展轮廓将逐渐浮现，并呈现不同的表现形式。预计从现在到 2024 年，虚拟现实终端将日益减重便携，随着 5G 终端的规模普及，一体式终端将原生集成 5G 能力，计算负载开始向云边端协同分配，手机伴侣式终端将通过无线连接适配更多 5G 手机。

5G 行业模组分级分类有序推进。实际应用场景下的行业业务对通信、运算等能力提出差异化需求，推动 5G 行业模组逐步形成“专而精”的定制化发展方向，通过模组分级分类形成通用型和定制型双轨并行发展模式。综合考虑行业应用前景、发展周期、行业特殊需求、成本敏感性等因素，依据行业应用规模和功能需求差异，聚焦碎片化通用功能和规模化市场定制两大类别，将实现 5G 行业模组与行业应用需求的深度匹配，助力 5G 行业模组量质齐升与生产成本的进一步下探，促进规模化落地应用。

5G 行业终端形态丰富类型扩展。典型行业终端融合 5G 网络，深度结合行业业务的通用属性和特色属性，促进海量设备转型升级，逐步呈现出基础连接、通用适配、行业专属三大种类，梯次构建技术指标、智能化升级、管控维护等一体化的行业服务能力，形成分阶段、强合作、重推广的多维度全方位协同推进模式，促进行业特色属性显著增强。未来将以 5G 行业终端标准为抓手，推动 5G 终端产业在垂

直行业领域的规模落地。目前已面向电力、视频等重点行业开展通信业务需求研究。未来初期以无人机、机器人等通用终端为抓手，持续扩充终端类型；中期融合定位、授时、防爆、安全等行业特色需求，实现终端设备的定制化、特色化赋能；后期逐步推动存量设备的 5G 改造升级，实现行业终端设备的整体跨越。

5G 行业平台呈现开放联接形态。基础电信运营商正在依托云网基础设施，构建 5G 聚合行业的通用能力体系，建设通用行业应用平台以形成行业业务的快速承载和批量复制能力。建设具备广泛行业业务服务能力的 5G 行业平台将以行业共性技术需求为切入点，研究行业通用技术规范，通过运营商牵头、行业企业参与的模式，建立集成网络管理、通用能力、行业应用的三层行业应用平台。

应用解决方案将成为产业争夺核心。5G 通过与传统行业融合，孕育新兴信息产品和服务，并重塑传统产业发展模式。5G 行业应用解决方案的前景被众多企业所看好。5G 应用产业方阵等产业联盟组织通过搭建供需对接平台，为解决方案企业提供研发调测环境，从而降低解决方案孵化成本，推动众多企业开展应用集成及解决方案集成，将出现大批量 5G 应用解决方案商。应用解决方案已成为产业培育的关键，设备商、运营商、中小型企业将成为应用解决方案产业的潜在进入者，有望成为产业的重点竞争领域。

（四）消费级应用梯次升级，行业级应用示范引领

当前，5G 应用正处于从“点状开花”向各行业、全流程、全环节整体渗透的关键期。“扬帆”行动计划出台为消费级应用和行业

级应用指明了方向，未来将持续推动 5G 应用实现从 1 到 N 的跨越，共同构筑 5G 全面赋能经济社会发展的新格局。

5G 消费级应用将分批次实现突破。预计未来 1-2 年，基于 5G 网络，当前发展较为成熟的长/短视频、网络直播等视频类应用，将实现更高的清晰度及流畅度，大幅度优化用户的体验。以 2022 年北京冬奥会等大型赛事为契机，基础电信运营企业、互联网企业等将有望进一步推动交互类应用发展，云转播、智慧场馆、全景 360°直播、VR 观赛等典型 5G 应用实现更多场景突破，满足用户与内容之间的互动需求，提供给用户“身临其境”的交互体验。同时，随着 AR/VR 等新型终端技术逐渐成熟，在 2024 年后基于 5G+AR/VR 等新型终端的创新应用将会出现，为用户提供沉浸式体验。

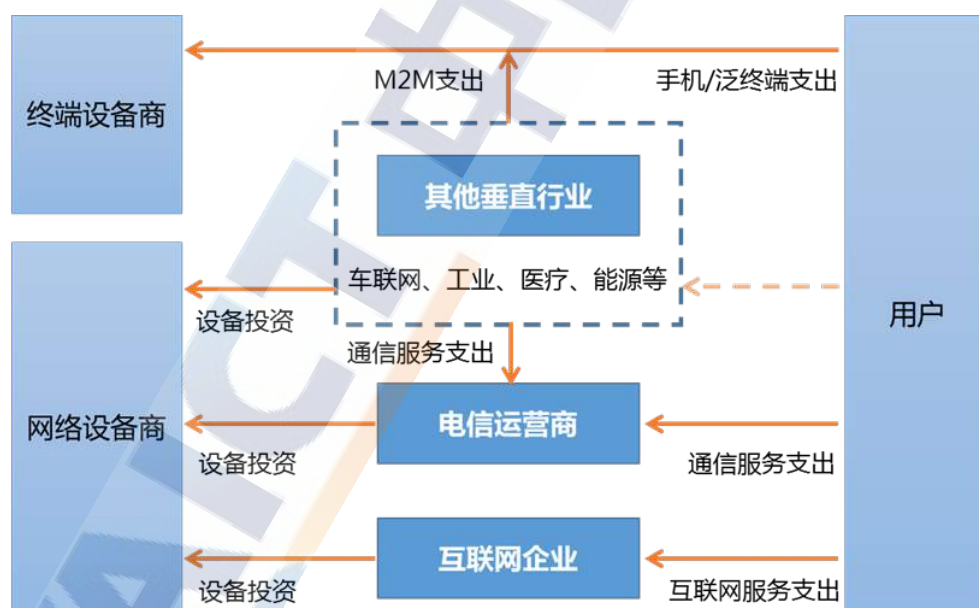
5G 行业级应用以点带面实现赋能千行百业。重点行业将形成带动效应，5G 行业级应用不仅在制造业、矿山、电力、冶金、港口、医疗等先导行业持续规模推广，还将在智慧城市、文旅、校园、水利、建筑、农业等领域持续发展。同时，随着人口老龄化、管理精细化、生产协同化、制造服务化等行业需求的提升，5G 应用场景在先导行业将由浅入深，逐步与行业核心业务深度融合，逐渐由网络替代、生产监测、远程服务等基础环节，向数字化研发、精准控制等关键环节延伸。此外，随着行业用户对 5G 技术性能的日渐熟悉，以及基础电信运营网络产品及定价体系的逐步成熟，一批由行业用户或者行业创新者所创造的 5G 融合新产品将逐步问世，为行业发展开辟新的空间。

附件：5G 对经济社会影响的测算方法说明

本报告采用国民经济核算的生产法测算 5G 对经济社会影响。

1. 测算范围的说明

在测算范围上主要考虑三大部门的收入增长情况。对于电信运营商，主要考虑其通信服务收入，包括来自用户的通信流量支出和其他垂直行业的通信服务支出。对于互联网企业，主要考虑其信息服务收入，包括来自用户在移动视频、网络游戏等典型业务上的支出。对于设备制造商，考虑两类收入，一类是网络设备收入，主要是来自电信运营商、互联网企业以及其他垂直行业的网络设备投资，另一类是终端设备收入，主要是来自用户的手机/泛终端支出和其他垂直行业的 M2M 终端支出。



来源：中国信息通信研究院

图 7 5G 经济社会影响测算范围

2. 测算模型的说明

本报告主要采用两类模型进行测算。在直接经济社会贡献方面，

本报告针对纳入测算范围的三大部门测算各个部门在 2020 年的收入增长情况，然后根据各部门的增加值率计算其经济贡献。在间接经济社会贡献方面，本报告基于 2017 年国家投入产出表测算各部门经济活动的间接拉动系数，结合前述直接经济贡献测算结果，得到 5G 对经济社会的间接拉动效应。

中国信息通信研究院

地址：北京市海淀区花园北路 52 号

邮编：100191

电话：010-62308584

传真：010-62304980

网址：www.caict.ac.cn

