

中国宽带发展白皮书



中国信息通信研究院
2021年9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

当前，新一轮科技革命和产业变革深入推进，高速、移动、安全、泛在的宽带网络带来生产生活方式深刻变革重构，推动生产力质的飞跃，引发世界经济格局深度调整。全球主要国家纷纷加快宽带战略布局，大力推动信息网络技术研究和产业应用，以实现国家竞争力跨越发展和国际地位快速崛起。

党中央、国务院高度重视宽带网络发展，把推进宽带网络发展、拓展融合应用、全面推动数字化转型作为抢抓战略机遇的重要手段，“十四五”规划明确提出加快推动 5G 网络、千兆光纤网络、物联网、数据中心、工业互联网、车联网等新型基础设施建设。工信部等相关部委围绕“十四五”发展主线，制定出台一系列重点领域政策文件，系统推进宽带网络向更高水平跃升。

在政产学研的共同推动下，我国已建成全球规模最大的宽带网络基础设施，宽带网络提速提质，资费更加惠民，网络部署和应用推广形成一个又一个突破，部分领域跨入全球领先行列，融合应用新业态加快向经济社会各领域渗透，赋能千行百业数字化转型走深向实，为提升群众生活品质、降低企业成本、繁荣数字经济发挥了重要作用。

中国信息通信研究院已连续四年发布《中国宽带发展白皮书》。2021 年是我国“十四五”开局之年，本白皮书对我国宽带网络发展形势和发展成效进行全面梳理，对全球宽带网络演进趋势进行初步研判，并针对我国宽带网络发展中存在的不足提出措施建议，希望能为社会各界提供借鉴和参考。

目 录

一、 宽带战略意义重大， 加快迈向“十四五”新征程	1
(一) 宽带网络赋能高质量发展的作用凸显	1
(二) 政策部署为宽带网络演进指明新方向	3
(三) 市场主体围绕宽带升级方向加快建设	4
二、 宽带建设乘势推进， 综合能力实现跨越式发展	5
(一) 网络基础设施向大通道持续升级	5
(二) 超高速率用户向双千兆加速升级	8
(三) 用户使用体验向优质普惠稳步升级	10
(四) 城乡区域发展向均衡协调不断升级	12
(五) 绿色发展理念向节能低碳日益升级	13
(六) 应用赋能效应向千行百业扩展升级	15
三、 宽带网络持续重构， 演进发展进入关键阶段	16
(一) 加速创新迭代， 技术标准成为重要着力点	17
(二) 全面提速提质， 网络部署进入发展快车道	19
(三) 强化需求牵引， 算力设施迎来建设新热潮	24
(四) 深度融合赋能， 平台应用释放经济新活力	27
四、 抢抓战略机遇， 推动宽带网络向更高水平跃升	31
(一) 强化新技术研发和创新突破	32
(二) 系统推进数字基础设施建设	32
(三) 加速融合应用规模化落地	33
(四) 节能减排助力低碳经济	33
(五) 营造有序良好的发展环境	34

图目录

图 1 我国光纤端口数量及占比情况.....	6
图 2 我国 5G 基站数量及占比情况.....	7
图 3 我国光缆总里程及干线里程情况.....	7
图 4 我国千兆以上速率用户规模及占比情况.....	9
图 5 我国 5G 手机终端用户连接数及占比情况.....	10
图 6 我国固定宽带网络平均可用下载速率与 4G 网络平均下载速率.....	11
图 7 我国固定宽带用户每月每户平均支出情况.....	11
图 8 我国移动数据流量平均资费和用户月均移动数据使用量情况.....	12
图 9 各区域光纤端口在固定互联网端口中占比情况.....	13
图 10 我国数据中心规模及利用率情况.....	14

一、宽带战略意义重大，加快迈向“十四五”新征程

当前，以数字化、网络化、智能化为主要特征的第四次工业革命蓬勃兴起，宽带网络加速渗透到实体经济方方面面，不断颠覆传统制造模式、生产组织方式和产业体系形态，推动传统产业加快转型升级，充分释放经济社会数字化发展新动能。

（一）宽带网络赋能高质量发展的作用凸显

网络技术进步激发科技创新活力。日益高速泛在的网络带来海量数据处理需求，不断推动数字化、网络化、智能化深入发展，极大激发人工智能、先进计算、大数据、智能感知等领域创新活力，带动技术效率指数级增长。宽带网络持续演进升级，直接推动相关材料、元器件等升级发展。比如，5G终端创新倒逼芯片工艺从14纳米跨入到7纳米、5纳米，甚至3纳米以下，并带动氮化镓等新一代半导体材料大规模商用。网络技术与制造、能源、材料、生物等技术交叉融合，推动形成智能材料、生物芯片等新产品，不断引发多领域、多维度、系统性、革命性群体突破。

宽带网络迭代升级为产业链上下游发展注入新动力。宽带网络演进迭代推动电信业务结构由话音、短信发展到移动数据、物联网及信息融合业务，不断形成新的行业增长点，加速信息通信行业转型。宽带网络发展推动我国在光通信、新一代移动通信等重点领域形成完整的产业链布局。光通信领域，我国光传送设备、光接入设备和光纤光缆等产品国际竞争实力大幅提升，华为、中兴、烽火等市场份额位居全球前列。移动通信领域，我国5G系统设备厂商全球领先，华为、中兴进入全球五强；小米、OPPO和vivo智能手机

出货量进入全球五强。

宽带网络融合应用加速转变经济增长方式。高速泛在的宽带网络不断为用户提供更高速、更高质、更可靠、更广泛的信息连接，以数据流带动技术流、资金流、人才流、物资流，促进各类生产要素流向更大需求、更高效益的领域，全方位、多层次优化资源配置，提高全要素生产率，促进产业结构升级。比如，庞庞塔煤矿通过5G巡检机器人实现运输机、皮带等设备的无人值守和无人巡检，以数字化技术替代重复性、流程性工作，推动劳动力由低技术岗位向高技术岗位转移。同时，信息通信业与实体经济深度融合，以数字技术改善企业生产经营流程，大幅提升生产经营效率，降低平均能耗水平，并在提升产业链、供应链稳定性的同时，催生一大批极具活力的新模式、新业态、新产业，拓展经济发展新空间。2020年我国工业互联网产业规模达到9164.8亿元，同比增长10.4%。

宽带网络推广普及有效改善人民生活。宽带网络应用加速产品与服务升级换代，智能手机、智能汽车、智能家居等数字产品持续涌现，移动支付、电子商务、电子政务、视频游戏等数字服务创新活跃，不断为人们带来更加便捷、更加美好的生活体验，成为满足人民日益增长的美好生活需要的重要动力。宽带网络对巩固拓展脱贫攻坚成果和全面推动乡村振兴具有重要作用，农村电商成为农民销售农副产品、就地就近创业就业的重要途径，不断推动农业增效和农民增收。2020年全国832个国家级贫困县网商总数达306.5万家，国家级贫困县网络零售总额达3014.5亿元，同比增长26%¹。优质医疗资源、教育资源、政务资源等依托线上线下融合应用向更

¹ http://www.gov.cn/xinwen/2021-01/28/content_5583360.htm

大范围、更广人群扩散，持续促进公平普惠。

(二) 政策部署为宽带网络演进指明新方向

国家“十四五”规划对宽带网络发展提出新要求。面对日益复杂的国内外发展环境，党中央、国务院把推进宽带网络发展、拓展融合应用、全面推动数字化转型作为抢抓战略机遇的重要手段。“十四五”规划中，党中央、国务院结合时代新变化、实践新要求、人民新期待，提出推进网络强国建设，加快推动 5G 网络、千兆光纤网络、物联网、数据中心、工业互联网、车联网等新型基础设施建设，深化传统基础设施数字化转型，以宽带网络赋能数字经济、数字社会、数字政府、数字生态建设。“十四五”规划对我国宽带网络未来五年发展提出的新任务、新要求，推动宽带网络发展向更高水平迈进。

地方配套细则出台为宽带网络发展提供新举措。全国各省、自治区、直辖市积极落实中央部署，在各地“十四五”规划中均强调推动 5G 网络、千兆光纤网络、物联网、数据中心、工业互联网等新型基础设施部署，并结合区域发展特色提出个性化发展举措。比如，上海提出加大新型基础设施投资，加快全球数据汇聚流转枢纽平台和国际数据港建设²。天津以建设新型智慧城市为牵引，推动传统和新型基础设施整体优化、协同融合³。内蒙古“十四五”规划建议提出，谋划实施一批接入全国信息网、交通网、能源网的骨干

² 《中共上海市委关于制定上海市国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》
<https://www.shanghai.gov.cn/nw12344/20201210/db7c9310622145908515706f467fd45a.html>

³ 《中共天津市委关于制定天津市国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》
http://www.tj.gov.cn/sy/tjxw/202011/t20201130_4172574.html

工程，加快补齐基础设施网络“前后一公里”和关键节点短板⁴。

行业政策发布为宽带网络发展提供新指引。相关部委围绕“十四五”时期发展主线，制定出台关键领域政策文件，系统化推进宽带网络发展。“双千兆”网络方面，工信部发布《“双千兆”网络协同发展行动计划（2021-2023年）》，推动千兆光网和5G网络建设互促、应用优势互补、创新业务融合。《5G应用“扬帆”行动计划（2021-2023年）》等跨行业政策文件，进一步推动5G应用形成“需求牵引供给、供给创造需求”的高水平发展模式。数据中心方面，《新型数据中心发展三年行动计划（2021-2023年）》等一系列政策出台，不断推动形成布局合理、技术先进、绿色低碳、算力规模与数字经济增长相适应的新型数据中心发展格局。IPv6方面，工信部和中央网信办印发《IPv6流量提升三年专项行动计划（2021-2023年）》，从基础设施、应用生态、终端、安全四个方面提出工作要求和任务举措，推动互联网向IPv6演进升级。

（三）市场主体围绕宽带升级方向加快建设

电信运营商加快新兴业务布局。电信运营商积极拓展超高清视频、视频彩铃、5G消息、云游戏、云AR/VR、智慧家庭等面向个人和家庭的新兴业务，同时更加聚焦政企市场，加快垂直行业数字化业务拓展。**一是加快平台生态建设。**中国电信打造CTWing物联网开放平台，整合云网融合、5G全连接管理、设备管理、城市感知、端到端安全等综合能力，高效适配行业数字化转型需求。**二是发展数字化解决方案。**中国移动全面实施5G专网“引领计划”，

⁴ 《内蒙古自治区党委关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》

http://fgw.nmg.gov.cn/xxgk/zxzx/fgdt/202103/t20210326_1312544.html

力争在 2021 年内打造 1000 个高质量 5G 专网项目。中国联通推进 5G 网络在重点行业的应用，并在工业互联网、智慧城市、医疗健康、交通物流、新媒体、能源等领域打造 5G 灯塔项目。

互联网企业大力拓展企业服务市场。互联网企业依托技术、资源、数据积累，大力拓展面向数字化转型需求的企业服务业务。**一是打造以云为核心的技术体系。**“腾讯觅影”融合腾讯内部 AILab、优图实验室等多个团队技术积累，实现对早期食管癌的智能筛查，准确率高达 90%。阿里创新推出了基于“云钉一体”的应用模块部署及“低代码开发”方式，有望成为新一代的企业服务软件开发和推广模式，便于所有业务环节的微小创新。**二是拓展基于信息技术网络的服务解决方案。**多家互联网企业入局车联网领域，百度利用在人工智能、自动驾驶、车载系统、地图等领域的技术积累，深度参与智能汽车设计制造环节。

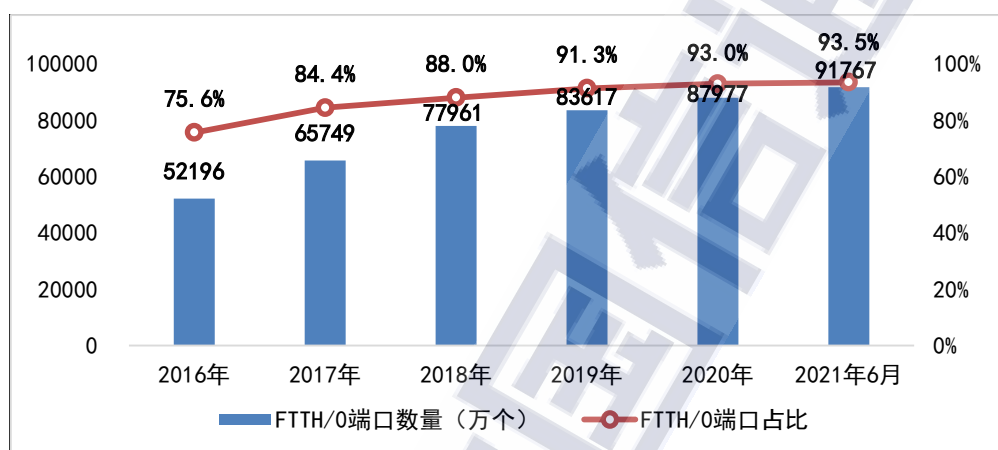
二、宽带建设乘势推进，综合能力实现跨越式发展

我国政府准确把握宽带网络发展节奏和客观规律，适时出台政策疏通行业难点、堵点，营造良好发展环境。同时，市场作用有效发挥，各类企业基于自身需求，在宽带网络、终端设备、融合应用等领域进行多元探索，充分释放制度活力、市场活力和社会创造力。在政产学研的共同推动下，我国宽带网络持续提速提质，加快融合应用新业态向经济社会各领域渗透，赋能千行百业数字化转型升级。综合来看，我国宽带网络发展取得“六个升级”的显著成效：

（一）网络基础设施向大通道持续升级

千兆光纤已具备覆盖全国三分之一家庭的能力。截至 2021 年

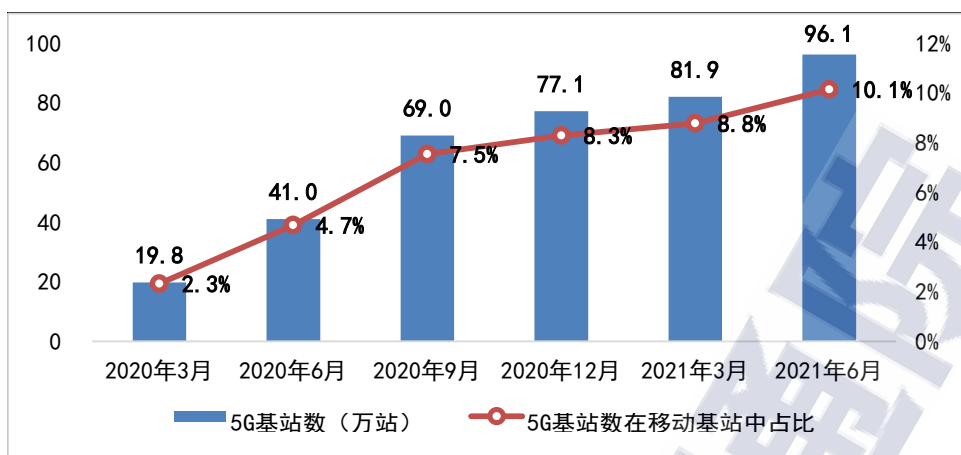
6月底，我国光纤接入（FTTH/O）端口总计达 9.2 亿个，在所有宽带接入端口中占比 93.5%，较去年同期提升 1.4 个百分点。全国光纤接入能力普遍超过百兆，并进一步向千兆以上速率升级。截至 2021 年 6 月底，我国支持千兆光网接入的 10G-PON 及以上端口规模超过 360 万个，已经具备覆盖 1.6 亿户家庭的能力，覆盖范围约占全国家庭总数的三分之一。



来源：工业和信息化部

图 1 我国光纤端口数量及占比情况

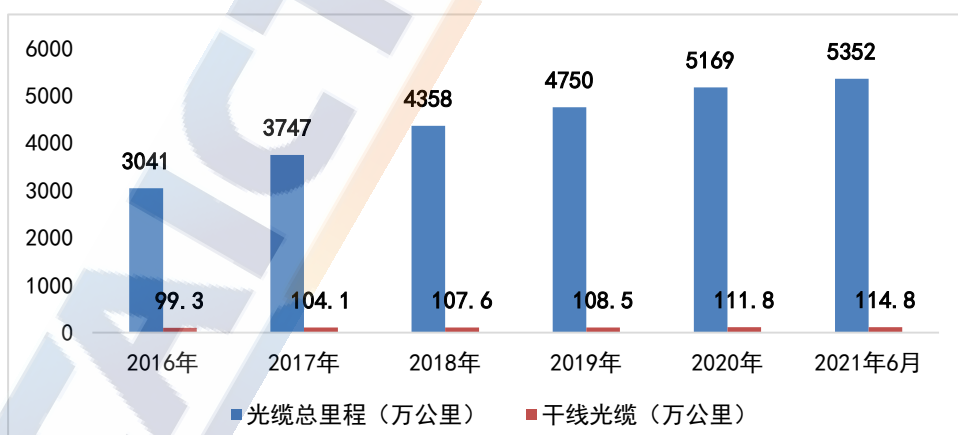
5G 网络覆盖全国所有地市。截至 2021 年 6 月底，我国已累计开通 5G 基站 96.1 万个，约占全球 70%，覆盖全国所有地级以上城市。中国电信、中国移动、中国联通三大运营商均已实现 5G 独立组网（SA）规模部署。网络切片等新型技术开始商用，面向行业市场 and 需求，提供更加先进的网络能力和优质服务能力。共建共享基站超过 40 万个，节约建设成本超过 800 亿元。全国 5G 基站密度达每万人 6.8 个，北京、上海、天津、浙江位居前列，密度超过每万人 10 个，重庆、江苏、广东、海南进入全国前十。



来源：工业和信息化部

图2 我国5G基站数量及占比情况

骨干网加速向 200Gbps 及更大容量升级。截至 2021 年 6 月底，我国光缆总里程数达到 5352 万公里，同比增长 9.5%，其中干线光缆达到 115 万公里，光缆网络架构基本完善，干线光缆加速更新换代。我国光传送网关键技术研究部署与国际先进水平基本同步，骨干传输向超高速大容量演进，已全面建成覆盖全国的单波 100Gbps 骨干网络。目前，骨干网传输速率进入 200Gbps 时代，400Gbps 传输系统已经在部分城市开展试点。



来源：工业和信息化部

图3 我国光缆总里程及干线里程情况

网络综合承载能力不断提升。呼和浩特骨干直联点投入试运行，我国骨干直联点累计建成 14 个⁵，网络直联点疏导能力持续增强。国家（杭州）新型互联网交换中心投入运行，2020 年交换中心接入带宽超过 2Tbit/s，全方位、多层次、立体化的网络互联架构进一步优化，网间通信性能持续提升。网络基础设施全面支持 IPv6，截至 6 月底，我国已建成全球规模最大的 IPv6 网络基础设施，申请 IPv6 地址资源总量位居全球第一，中国的 IPv6 网络“高速公路”已经全面建成。

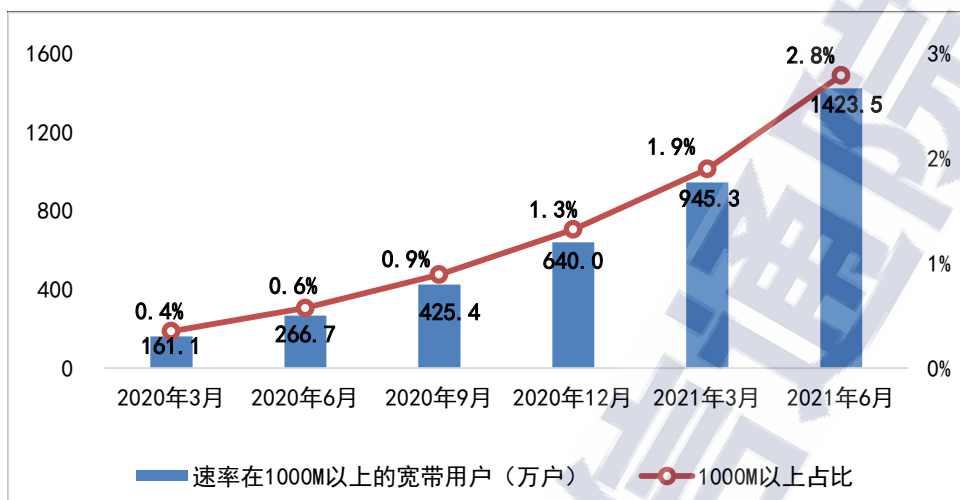
通信基础设施国际布局持续拓展。海底光缆、跨境陆缆等国际信息通信基础设施建设步伐加快，与共建“一带一路”国家的互联互通水平稳步提升。截至 2021 年 6 月底，我国互联网国际进出口带宽达 8.6Tbps，同比提升 31.6%。大陆地区登陆国际海缆系统数 11 套，可用带宽达 58.6Tbps，同比提升 48%。运营商积极推动海外网络服务提供点（POP 点）建设，截至 2020 年底，中国电信、中国移动、中国联通累计建设海外 POP 点超 400 个。

（二）超高速率用户向双千兆加速升级

千兆光纤用户突破千万。截至 2021 年 6 月底，我国光纤接入（FTTH/O）用户已超过 4.8 亿户，在固定宽带用户中占比 94.1%，成为全球光纤接入引领者。百兆及以上速率固定宽带用户 4.7 亿户，在固定宽带用户中占比 91.5%，较上年末提升 1.7 个百分点。千兆及以上速率固定宽带用户高速增长，目前已达 1423.5 万户，提前完成到 2021 年底千兆光纤用户破千万的发展目标。广西千兆光纤

⁵ 分别为北京、上海、广州、成都、武汉、西安、沈阳、南京、重庆、郑州、杭州、福州、贵州、呼和浩特

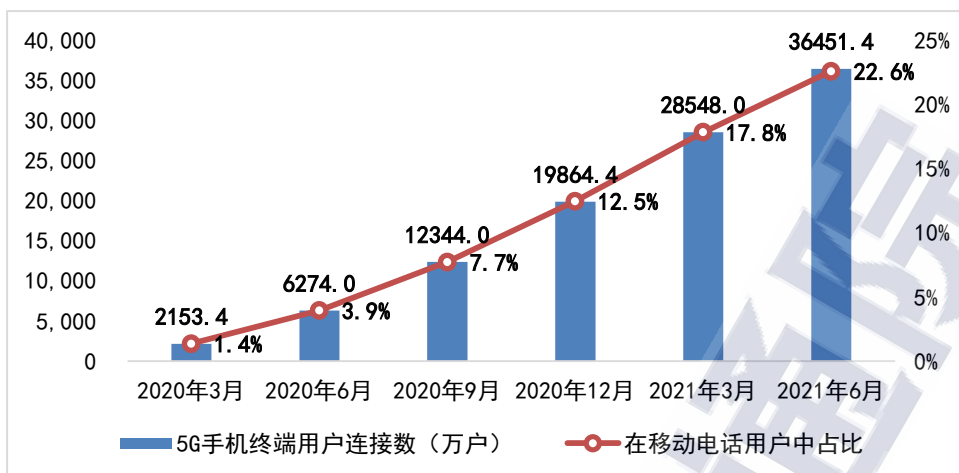
用户渗透率全国领先，达到 13%，上海、江苏、浙江渗透率超过 5%，天津、北京、四川、河南、宁夏、陕西进入全国前十。



来源：工业和信息化部

图 4 我国千兆以上速率用户规模及占比情况

5G 手机终端用户连接数超 3 亿户。截至 2021 年 6 月底，我国移动电话用户已达 16.1 亿户，同比增长 1.2%。其中 5G 手机终端用户连接数达 3.65 亿户，占全球 80% 以上。5G 手机终端用户占移动电话用户总数的 22.6%，较上年末提升 10.1 个百分点。5G 手机产品越来越受到广大消费者的青睐，2000 元以上的中高端手机市场，5G 手机销量占比超过 90%。北京 5G 手机终端用户渗透率全国领先，达到 28.1%，青海、宁夏、广东、天津渗透率超过 25%，湖南、浙江、江苏、陕西、内蒙古进入全国前十。



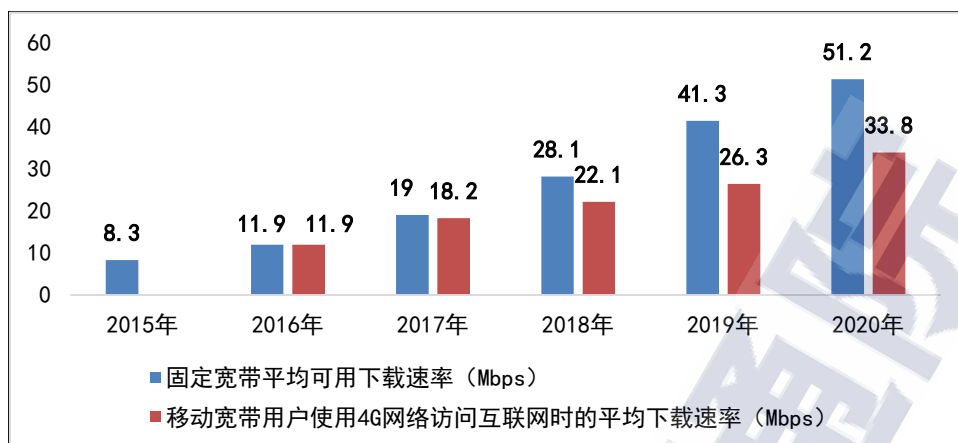
来源：工业和信息化部

图 5 我国 5G 手机终端用户连接数及占比情况

（三）用户使用体验向优质普惠稳步升级

用户上网实际体验速率⁶大幅提升。根据宽带发展联盟最新数据，截至 2020 年末，我国固定宽带平均可用下载速率达到 51.2Mbps，同比提升 24%，移动宽带用户使用 4G 网络访问互联网时的平均下载速率达到 33.8 Mbps，同比提升 28.5%。根据 Speedtest 数据，2021 年 6 月，我国固定宽带下载速率在全球 181 个国家和地区中排名第 16 位，移动网络下载速率在全球 137 个国家和地区中排名第 6 位。

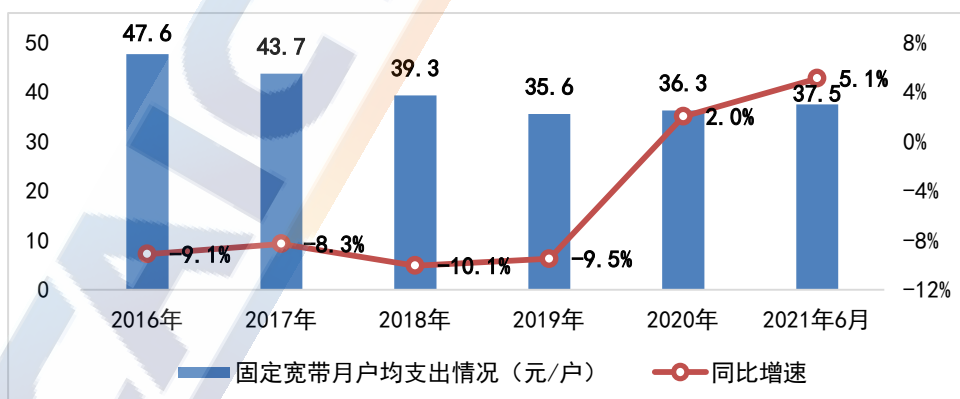
⁶ 用户上网实际体验速率不仅与接入速率有关，还受用户上网终端配置、网间互联互通性能、国际互联网出口带宽以及被访问网站的服务器性能等众多因素影响。



来源：宽带发展联盟

图6 我国固定宽带网络平均可用下载速率与4G网络平均下载速率

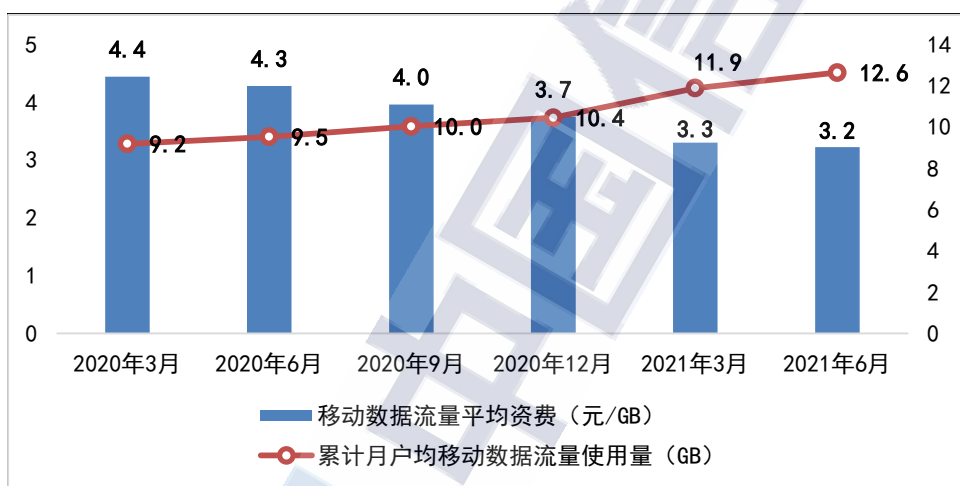
固定宽带资费处于全球较低水平。2021年上半年，受千兆光纤、智慧家庭等新兴业务带动，我国固定宽带月户均支出为37.5元，同比增长5.1%。运营商宽带和专线平均资费分别较上年末下降21.6%和7.1%。从国际对比看，根据Point Topic最新数据，按购买力平价指数价格水平从低到高排名，我国光纤宽带门槛价格、平均价格和中位数价格排名分别位于第2位、第18位和第9位，在全部71个国家中排名前列。



来源：工业和信息化部

图7 我国固定宽带用户每月每户平均支出情况

移动数据流量资费降至 3 元/GB。2021 年上半年，我国移动数据流量平均资费降至 3.22 元/GB，同比下降 24.6%，用户月均移动数据使用量为 12.62GB，同比增长 32.6%。由于移动数据流量消费大幅增长，移动通信用户月均支出（ARPU）同比提升 4.8%，达到 49.9 元。从国际对比看，根据 GSMA 最新统计，我国移动通信资费在全球处于偏低水平，移动通信用户月均支出在全部 237 个国家和地区中按价格由低至高排名第 93 位，远低于美国、加拿大、韩国等国家。



来源：工业和信息化部

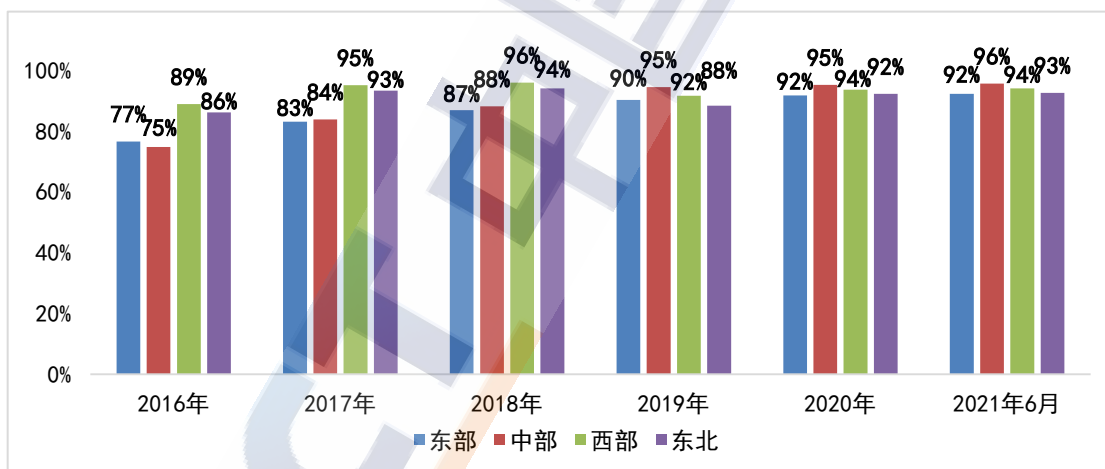
图 8 我国移动数据流量平均资费和用户月均移动数据使用量情况

(四) 城乡区域发展向均衡协调不断升级

农村和城市实现同网同速。我国已连续组织实施了七批电信普遍服务试点，前三批试点支持行政村通光纤建设，27 个省份 13 万个行政村纳入试点，其中包括 4.3 万贫困村；后四批试点开始支持行政村通 4G，共部署约 6 万个 4G 基站建设。目前，全国行政村通光纤和 4G 比例均超过了 99%。根据电信普遍服务管理支撑平

台数据显示，试点地区光纤宽带平均下载速率超过 100Mbps，远远超过 12Mbps 的最低要求，农村和城市实现同网同速，城乡数字鸿沟显著缩小。

东中西部宽带网络协调发展。固定网络方面，东部、中部、西部、东北地区光纤端口在固定互联网端口中占比分别为 92.3%、95.7%、94%和 92.6%，光纤接入用户在固定宽带用户中占比分别为 93.1%、95.3%、94.6%和 94.7%，整体发展较为均衡。**移动网络方面**，各地 5G 网络加速普及，东部、中部、西部、东北地区 5G 基站在移动基站中占比分别为 11.8%、9.5%、8.3%和 9.5%，5G 手机终端渗透率分别为 23.3%、22.5%、21.7%和 22%，区域差距较不显著。



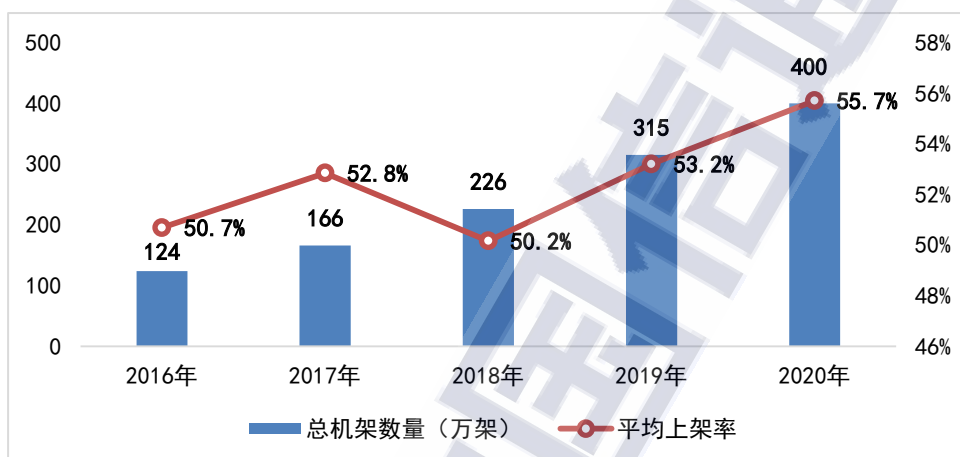
来源：工业和信息化部

图9 各区域光纤端口在固定互联网端口中占比情况

(五) 绿色发展理念向节能低碳日益升级

新型绿色节能信息网络加快建设。电信设施共建共享持续深化，2020 年全国新建基站共享比例超过 80%。极简建站、智能关

断、潮汐节能等技术推动 5G 基站单站能耗持续下降。数据中心能效利用水平不断提升，截至 2020 年底，我国在用数据中心机架总体规模达到 400 万架左右，同比增长约 27%。数据中心上架率约 55.7%，较去年提升 2.4 个百分点。全国在用超大型数据中心平均 PUE 为 1.39，同比下降 4.8%，大型数据中心平均 PUE 为 1.5，同比下降 3.2%，部分优秀绿色数据中心案例已全球领先。



来源：中国信息通信研究院

图 10 我国数据中心规模及平均上架率

跨界融合助力实现“双碳”目标。GSMA 研究表明，信息化助力社会减排的二氧化碳量是信息化应用自身能耗的 10 倍以上。2021 年 6 月，国家发改委、国家能源局、中央网信办、工信部四部委联合编制《能源领域 5G 应用实施方案》，推动 5G 技术在智能电厂、智能电网、智能煤矿、智能油气、综合能源、智能制造与建造等领域融合应用，提升能源利用效率。以智能电网为例，国家电网通过 5G 网络实现了无人智能巡检，将大尺寸缺陷识别准确率提升至 99%，工作效率提升百倍以上；南方电网通过 5G 网络对配电网进行在线监测和诊断，最大程度减少故障停电范围和时间。

(六)应用赋能效应向千行百业扩展升级

信息消费持续扩大升级。电子商务不断提升居民消费体验，2021年上半年，全国网上零售额达6.1万亿元，同比增长23.2%，其中，实物商品网上零售额达5万亿元，同比增长18.7%，占社会消费品零售总额的比重为23.7%。移动终端加速升级换代，上半年我国5G手机出货量快速增长，累计达1.3亿部，在智能手机中渗透率达73.6%，较上年末提升20.7个百分点。新兴服务加速推广落地，“双千兆”网络发展推动超高清视频、4K/8K直播、AR/VR等服务在文体娱乐、赛事直播、居住服务等领域落地应用。比如，中央广播电视总台使用5G网络对庆祝中国共产党成立100周年大会进行超高清直播，在边缘计算、网络切片以及超高清技术保障下，视频业务端到端时延下降80%，清晰流畅的超高清直播画面给观众带来全新体验。2021年央视春晚启动了基于千兆光网的8K全链路直播试验，实现在上海、深圳、青岛等地公共活动空间8K大屏播放。

垂直行业数字化转型升级提速。宽带网络与垂直行业深度融合，为实体经济数字化、网络化、智能化转型升级做出重要贡献。在装备制造业，上海商飞建立网络化协同研发平台，实现国内跨地区协同研发和制造，使得C919飞机研制周期缩短20%，生产效率提升30%，质量问题发生率降低25%。在钢铁行业，宝钢与中国联通合作，通过5G网络实现生产作业过程中风机设备运行情况的在线监控，使得点检效率提升81%。在电子制造业，华为松山湖工厂实现生产线贴片机、回流炉、点胶机无线化连接，使得生产线调整时间从2周缩短为2天。在石化行业，茂名石化推动感知设备、

生产装置、控制系统与管理系统等广泛互联，推动劳动生产率提高 182%，万元产值能耗降低 10%。在工程机械行业，徐工集团基于工业互联网平台对设备全生命周期状态进行预测，使设备故障率降低 50% 以上，成本降低 40%。

城乡公共服务实现公平普惠。电子政务方面，我国推动建立实现疫情防控、就业、社保、教育、医疗、助残、营商等功能统一接入的电子政务信息平台，实现让数据多“跑路”，百姓少“跑腿”。目前，全国一体化在线政务服务平台已接入国务院 45 个部门的 1376 项政务服务事项，以及包含 31 个省级单位和新疆生产建设兵团的 257 万余项政务服务。**教育信息化方面**，全国中小学（含教学点）互联网接入率达 100%，未联网学校实现动态清零。在线教育快速发展，如中国电信与数字海南有限公司共同搭建“海南云课堂”，为海南华侨中学、海南省农垦中学、海南华侨中学观澜湖学校等 6 所中小学 4500 多名学生及教师提供在线教学服务。**互联网医疗方面**，截至 2020 年底，5595 家二级以上医院普遍提供线上服务，远程医疗协作网实现地级市全覆盖。在线问诊、远程会诊、医护机器人、远程人体手术等新模式持续创新，目前全国已有超过 600 个三甲医院开展 5G+ 急诊急救、远程诊断、健康管理等应用。

三、宽带网络持续重构，演进发展进入关键阶段

当前国际形势日趋严峻复杂，网络技术加速迭代，高速、移动、安全、泛在的宽带网络带来生产生活及管理方式变革重构，推动社会生产质的飞跃，引发世界经济格局深刻调整。为此，全球主要国家纷纷加速宽带战略布局，推动 5G 网络、千兆光网、数据中心等

基础设施建设，推动经济体系向更高层次转型升级，以实现竞争力跨越式发展和国际地位快速崛起。

(一) 加速创新迭代，技术标准成为重要着力点

1.5G 技术标准持续演进成熟

5G 国际标准向满足垂直行业多样化应用需求方向演进。当前 5G 标准中增强移动宽带技术已成熟，3GPP 已发布了 R15、R16 版本标准，实现了对家庭和个人大带宽应用以及车联网、工业互联网等低时延高可靠应用的支持，基本满足消费端业务需求和部分企业服务业务需求。5G 后续国际标准将进一步演进成熟。一是加速满足细分物联网的应用需求，针对工业互联网、5G 车联网、医疗等特定物联网领域的不同场景及应用提供更精准的技术方案。3GPP 计划于 2022 年 6 月发布的 R17 版本标准，将重点聚焦多样化物联网及中高速大连接应用。二是支持更多中频和更高频段，支持 6GHz 等潜在中频段，并探索支持更高工作频段，目标频段预计将达到 100GHz。三是 5G 与人工智能深度融合，利用人工智能技术提升 5G 网络效率，支持 5G 网络更高效地承载人工智能应用。

我国加快推动 5G 标准研发。技术研发和标准研制能力持续加强，我国鼓励龙头企业、科研机构等在 5G R17、毫米波通信等技术方面加大研发投入，加快芯片器件、网络设备等产业短板突破。在欧洲电信标准化协会（ETSI）声明的 5G 标准必要专利中，我国企业申明的 5G 标准必要专利占比 38%，继续保持全球领先。5G R17 标准中，我国电信运营商、终端厂商负责牵头多个项目立项，有望在 5G 核心技术研发和产业竞争力上继续保持国际先进水平。

首批端到端网络切片行业标准完成制定，基于 SPN 和 IPRAN 承载的切片端到端对接进入报批阶段，预计到 2021 年底实现 5G 网络切片端到端全自动化部署。跨行业协议标准加快打通，5G 垂直行业应用的迫切需求将进一步推动跨部门、跨行业、跨领域的协议互通和标准互认，5G 融合应用标准有望在工业、矿山、医疗、电力等 5G 应用发展较快的行业率先落地。预计到 2023 年底，我国基础共性和重点行业 5G 应用标准体系将基本形成。

2. 天地融合的卫星通信标准持续推进

全球加快卫星互联网标准技术研制。卫星泛在覆盖和地面基站热点区域覆盖具有天然融合、优势互补的特性，推动两者标准兼容成为当前卫星通信的主要方向。从国际联盟组织看，国际电信联盟（ITU）已经完成“将卫星系统整合到下一代接入技术中的关键因素”研究，对 5G 卫星网络的应用场景、网络结构、关键技术等内容进行分析和定义，并于 2020 年 ITU-R SG4 会议中开启针对卫星物联网的“Sat-M2M/IoT”议题研究。国际通信标准组织（3GPP）已将卫星接入列为 5G 多种接入技术（NTN）之一，面向 R16 版本启动 NTN 技术标准可行性研究，面向 R17 版本启动 NTN 技术规范制定工作。从重点国家和地区看，欧空局（ESA）导航创新和保障计划已发布项目需求，计划面向具有室内户外环境转换、特殊安全、较高频率同步需求的智慧仓库、智慧工厂、智慧城市、自动驾驶、智能电网等应用场景，支持一批基于 5G 网络的导航定位和授时（PNT）应用能力试点项目。

我国加速空天信息网络标准一体化。5G 与卫星标准融合将我

国航天和通信领域优势联合，形成双引擎驱动。**标准制定上**，中国通信标准化协会（CCSA）已经开展《天地一体 5G 网络场景及需求》《空天地一体通信网络应用场景研究》《天地一体 5G 网络总体技术要求》《基于 5G 的卫星通信研究》等课题研究，推动我国卫星互联网与 5G 网络空、天、地多模式协同融合组网的标准研究及制定。我国北斗船载接收设备检测国际标准获得国际电工委员会（IEC）正式批准，成为全球卫星导航海用产品制造商设计、生产和测试的依据，为北斗系统在国际海事领域的广泛应用打下坚实基础。**技术试验上**，中国信通院以 3GPP 制定的 5GNTN（非地面网络）技术为基础，与银河航天、中国卫通分别开展低轨和高轨高通量卫星通信体制技术试验，实现了低轨卫星网络与地面 5G 网络深度融合，初步测试了高轨卫星通信同步信道、随机接入信道的设计方案。

（二）全面提速提质，网络部署进入发展快车道

1. 千兆光网部署有序推进

全球加快千兆固网部署。各国积极推动固定宽带网络向更高速率迁移，但各国固定宽带用户采用的接入方式、技术、方案差异较大，千兆网络发展呈现出不同特征。中国、新加坡、日本、新西兰、美国等国家较早进行 10G PON 端口部署。目前，新加坡 SingTel、Starhub，韩国 KT、SKT，美国 Comcast Cable、AT&T、Verizon 等运营商均已制定千兆网络套餐，并提供千兆网络接入服务。欧洲国家光纤网络相对薄弱，比如，德国 95% 的固定宽带用户仍采用电缆（VDSL、DSL、Cable）接入方式，法国、英国的光

纤用户占比仅为 34%和 56%。但欧洲也在大力推动千兆网络的发展，欧盟提出到 2030 年实现千兆网络覆盖所有欧洲家庭，O2、沃达丰等运营商也开始发展固定网络千兆接入能力。Omdia 最新报告显示，2020 年全球已有超 300 家电信运营商开始提供 1Gbit/s 以上下载速率的固定宽带服务，预计到 2025 年，全球将有超过 1.87 亿千兆宽带用户，占有所有固定宽带用户的 16%。

我国千兆光网发展进入快车道。我国加速进入局端万兆时代，未来，我国千兆到房间（FTTR）将基本全面覆盖城市地区和有条件乡镇，高带宽应用加快融入生产生活，形成典型行业千兆应用示范。**从产业政策上看**，工信部印发了《“双千兆”网络协同发展行动计划》，进一步引导未来三年千兆光网升级。4 月，住建部联合工信部等部门印发了《关于加快数字家庭提高居住品质的指导意见》，鼓励开展光纤到房间、光纤到桌面建设，着力提升住宅户内网络质量。广西、湖南、吉林、江西、四川、海南等省份均已发布千兆光网政策指导文件，大力推动超高速全光网络发展。**从网络部署上看**，千兆光网发展重点在于推动全光传送网与全光接入网的融合，促进光传送节点进一步向网络边缘延伸，与光接入网无缝衔接，构筑端到端千兆光网。未来，在推动家庭、办公园区、工业制造全光接入网络建设升级的同时，将继续推动超高速、超大容量光传送系统部署，引导 200Gbps 及以上超高速光传送系统向城域网下沉，实现用户就近接入，保障业务快速开通和高质量业务体验。截至 2021 年 6 月，全国 36 家省级运营商发布光纤到房间（FTTR）套餐，试点基本覆盖全国，家庭、企业超高速局域网组网方案将逐步推广应用。

2. 5G 网络建设全面发力

全球运营商积极部署 5G 网络。中频段是 5G 网络部署的主要选择。GSA 数据显示，截至 6 月，全球已有 174 家运营商开始提供 5G 服务，其中 9 成国家选择了中频频段部署。同时，越来越多的国家开始分配 700 MHz 频谱，预计到 2022 年底将有 33 个分配计划。今年 5 月，GSMA 发布《2030 年愿景——对中频段频谱需求分析》，呼吁各国政府和监管机构推动 5G 中频段（如 3.3GHz、4.2GHz、4.8GHz 和 6GHz）频谱的发放，从而降低部署成本。在美国等缺乏 5G 中频频谱的国家，电信运营商积极探索毫米波频段业务并向中低频段扩展。比如，美国 T-Mobile 已使用 600MHz 频谱开通全国性 5G 网络，覆盖了美国 3 亿人口，AT&T 基于 850MHz 频段的 5G 低频网络覆盖范围持续拓展，已覆盖 2.3 亿人口。5G 用户主要集中在中美韩三国。目前全球 5G 连接数已达 4.6 亿，占全部移动连接数的 5.7%，中美韩三国 5G 用户占全球 90% 以上。韩国三大运营商（KT、SKT、LG U+）在 2019 年 4 月抢占全球 5G 商用首发后，持续发力 5G 网络建设，通过用户可负担、多样化的数据计划加速用户向 5G 迁转，提高业务流量。目前韩国 5G 用户占其全部移动用户的 26.5%，每万人拥有 5G 基站数量超过 40 个，5G 流量占比超 50%，均位居全球前列。

我国 5G 网络适度超前部署。预计到 2025 年，我国 5G 网络建设投资累计将达到 1.2 万亿元，带动产业链上下游以及各行业应用投资超过 3.5 万亿元。下半年 5G 网络建设将进一步加速。今年 6 月开始，三家运营商对外启动了采购工作。6 月 25 日，中国移动启动超 380 亿元的 700MHz 无线网主设备和多频道天线产品集中采

购招标工作。7月9日，中国电信和中国联通启动超200亿元的5G SA建设工程无线主设备（2.1G）联合集中采购招标。随着采购工作结束，下半年5G基站建设进度将加快，预计全年新增5G基站60万以上，基本实现5G信号全国市、县城区及重点乡镇重点区域良好覆盖。5G网络性能将持续提升。我国5G网络尚处于运营初期，存在深度覆盖不足，局部区域弱覆盖、无覆盖等问题。为确保用户业务体验连续性，在5G网络弱覆盖时允许用户自动切换为4G网络，在部分区域用户可能遇到4G/5G频繁切换的问题。未来随着5G网络精准建设部署和覆盖广度、深度提升，终端、网络、用户进一步匹配，数字化网络管理技术深度应用，5G网络性能将进一步提升。

3. 卫星互联网部署积极开展

全球卫星互联网迎来重要发展机遇。新兴技术持续降低卫星发射成本。3D打印、柔性制造等先进制造技术降低了卫星研制与生产成本，一箭多星、火箭回收等技术使得卫星发射成本大幅降低，如SpaceX公司的猎鹰9运载火箭已经完成10次发射回收任务，承载量达到一箭60星。低轨卫星互联网成为竞争高地。低轨卫星在上下行传输时延、跨星间时延、链路损耗、系统可靠性以及制造成本等方面显著优于高轨卫星。地球低轨卫星容量有限，低轨空间资源“先占先得”成为各国发展重要战略。目前，Starlink（星链）已向ITU申请4.2万颗低轨卫星发射计划，累计发射卫星超1700颗，是全球已部署卫星最多的低轨卫星系统。卫星互联网市场前景广阔。全球有近30亿人尚未接入互联网，95%的区域尚未实现网络覆盖，

卫星与地面蜂窝联合组网有望以更低成本实现广覆盖。目前，Starlink 卫星互联网服务已经覆盖 12 个国家，发展近 10 万用户。未来在大量偏远地区，预计有 10 亿用户以相对低廉的价格接入卫星互联网，每年拉动 3000 亿元的市场，不断拓展卫星接入组网和应用解决方案等新型信息服务。

我国卫星互联网迎来重要发展机遇。卫星互联网的低成本广域覆盖，对我国偏远地区、海洋经济、低空经济等领域发展具有重要意义。2020 年，国家发改委首次将卫星互联网纳入新基建范畴，卫星互联网建设迎来重要发展机遇。**卫星制造能力大幅提升。**我国航天科技集团、航天科工集团等传统航天企业和制造企业启动卫星生产线建设，拉动商业卫星制造强劲发展。比如，吉利集团旗下台州星空智联获得商业卫星制造项目许可，项目投产后预计年产量可达 500 颗。**卫星部署进程加快。**我国卫星互联网发展处于方案论证与试验星阶段。目前，中国电科的天象星座、航天科工的虹云工程、行云工程以及中国航天的鸿雁工程均已发射试验星，银河航天等多家企业公布星座计划。2021 年，星网公司向 ITU 申请建设由 1.3 万颗卫星组成的庞大卫星互联网系统，卫星互联网有望迎来建设部署高潮。**北斗卫星与移动通信深度融合。**去年 7 月，北斗三号全球系统建成开通并提供服务，北斗系统与 5G 网络相互赋能，协同提供泛在覆盖的定位体系，不断提升终端定位速度和首次定位精度，大幅提升北斗服务能力，助力实现万物互联和精准协同，催生导航定位新业态。

(三) 强化需求牵引，算力设施迎来建设新热潮

1. 数据中心规模化、集约化、绿色化发展

全球积极推进数据中心整合和能效提升。全球数据流量的爆发式增长，不仅推动通信网络架构向灵活、智能方向转变，差异化网络服务也对数据中心部署和发展提出更高要求。**超大型数据中心快速增长。**Synergy Research 的最新数据显示，截至 2020 年底，全球 20 家主要云和互联网服务公司运营的超大规模数据中心总数已增至 597 个，约为 2015 年的两倍。**数网协同成为未来发展重点。**全球主要云服务商开始布局 DCI 网络，如 Google 采用软件定义网络建成 B4 网络，以实现其全球数据中心间的高质量网络连接、流量调度和链路带宽利用率提升。**数据中心能效水平快速提升。**美国、欧盟、新加坡等政府积极发布数据中心能效指标、技术路线、优化方案等相关政策，低碳、绿色成为数据中心发展的重要方向。根据 Statista 数据，2020 年全球数据中心总能源需求约 190 太瓦时，在数据中心规模快速增长的同时，总能耗需求小幅回落。

我国数据中心发展向绿色、集约、协同迈进。国家和地方政府相继出台发展意见与产业规划，加速我国数据中心建设布局由各自为营向协同发展迈进。**数据中心总体布局持续优化。**在市场需求、气候环境、国家战略、政策指引等因素的综合影响下，我国数据中心将逐渐实现全国一体化算力网络国家枢纽节点、省内数据中心、边缘数据中心梯次布局。其中，京津冀、长三角、粤港澳大湾区、成渝等需求旺盛区域算力将加速部署，贵州、内蒙古、甘肃、宁夏等能源充足、气候条件适宜、地质条件优越的省份，则不断提升服

务品质和利用效率。**数网协同能力不断增强**。新型数据中心与骨干网、国家互联网骨干直联点、国家新型互联网交换中心建设将进一步协同，东西部地区数据中心网络架构和流量疏导路径进一步优化，区域新型数据中心互联能力不断提升，日益满足“东数西算”的战略需求。预计到 2023 年底，国家枢纽节点内数据中心端到端网络单向时延将小于 20 毫秒，数据传输效率进一步提升。**数据中心能耗水平持续降低**。“双碳”目标将持续推动绿色数据中心创建、运维和改造，加快高效 IT 设备、高效制冷系统、高效供配电系统、能效环境集成检测等先进绿色技术产品落地应用，持续提升能源高效清洁利用水平。预计到 2025 年底，全国新建大型及以上数据中心 PUE 将降低到 1.3 以下。

2. 高性能计算基础设施加快构建

国际巨头围绕高性能计算开展新一轮竞争。多元异构成为云计算的主要模式，龙头企业积极与不同领域、产业链各环节的企业合作，加速云端能力全布局。如英特尔围绕高性能计算及云端 AI 两大重点领域，已形成覆盖 CPU、GPU、FPGA、ASIC 全技术路线的产品体系。英伟达则由 GPU 芯片向主板、GPU 加速连接器、服务器架构等下游渗透，并与 ARM 联合推动 GPU 加速 ARM 服务器。**多要素协同优化成为智能计算发展重点方向**。人工智能训练模型的计算资源需求激增，对智能算力提出更高要求。但目前，智能算力技术体系环节众多且尚未定型，软硬件单点性能提升无法满足数据、算法、应用等多元要素变化，领先企业主要通过系统全栈能力布局，从体系架构、数值结构、算法模型、系统构建等维度对智能计算系

统效能进行综合提升。

我国企业加快推动异构计算生态体系形成。异构计算架构加快发展。华夏芯、华为等芯片厂商积极开展异构处理器设计研发，通过 CPU+GPU、CPU+FPGA、CPU+ASIC 等多种芯片进行异构计算。如华夏芯公司基于统一的指令集和工具链，设计 CPU+GPU+DSP 芯片 IP 核平台，实现从指令集、微架构到工具链的自主研发。华为云推出异构计算服务，集成华为芯片、硬件、FPGA、GPU、虚拟化、算法等系统优势，实现对公有云的全栈优化，满足客户不同场景需求。**智能计算基础设施加速普及。**根据我国通用服务器与 AI 服务器出货量估算，2020 年智能算力在我国新增算力中的占比近半。预计到 2023 年，智能算力在新增算力中占比有望超 70%，智能计算将成为主流计算形态。

3.云网边协同加速推进

云网边协同在全球范围内落地应用。网络技术迭代创新不断提升网络泛在化、智能化水平，推动云网边协同从概念走向落地。**网络的云边适配能力进一步提升。**比如，SRv6/EVPN 在城域网、核心网、DCI 加速应用，有望统一不同网络的承载协议。软件定义广域网（SD-WAN）推动网络控制能力云化，日益满足多云、边云等应用场景对网络智能化的要求。**边侧智能化能力和云边协同产品日益成熟。**据 IDC 相关数据显示，未来超过 50%的数据需要在网络边缘侧分析、处理和存储，云边协同产品加速进入市场。比如，亚马逊 AWS 发布边缘计算 Wavelength，在网络运营商数据中心中嵌入 AWS 计算和存储服务，使流量在不离开运营商网络的情况下访

问边缘计算 Wavelength 中的应用程序服务器，降低跨网时延，提升用户体验。

我国云网融合向云网边端融合演进。为提升垂直行业服务能力，我国运营商以云随网动、云网融合为重点调整网络架构，不断形成差异化、定制化、垂直化云网融合解决方案。目前，边缘计算需求快速增长，根据中国信通院的云计算发展调查报告，2020 年我国已经应用和计划使用边缘计算的企业分别占比 4.9%和 53.8%，预计未来基于云边协同的分布式云使用率将快速增长，5G 核心网的网络功能（NF）将进一步下沉到边缘处理。运营商依托覆盖全国的光网宽带、移动互联网等强大网络基础资源优势，积极利用 5G 网络特性，搭建“5G+MEC 边缘云”的云网边协同设施和平台，构建一站式边缘侧解决方案，提供可下沉至县域的属地化服务。比如，中国电信已形成“2+4+31+X”（两大园区+四大核心区域+31 省核心+X 边缘节点）的全国资源布局，形成赋能千行百业的强大动力。

（四）深度融合赋能，平台应用释放经济新活力

1.5G 应用将孕育新型产业形态

全球 5G 应用加快探索。个人消费方面，目前 5G 应用主要包括沉浸式交互体验、新型线上线下融合互动等。比如，韩国运营商积极开发面向个人的云 AR/VR 应用，带动用户平均使用时长和流量快速增长。美国运营商推出 5G 家庭互联网服务，部分还可提供免费电视流媒体机顶盒、亚马逊智能家居捆绑包等增值服务。随着全球 5G 网络部署与用户推广，未来 3-4 年内 5G 手机及其他新型智能终端将规模渗透，进一步推动多视角体育赛事、多视角演唱会、

AR/VR 游戏等服务创新推广。**垂直行业应用方面**，5G 应用呈“二八律”分布，即用于人与人之间的通信只占应用总量的 20%左右，80%的应用是在物与物之间的通信，5G 将更多聚焦于为垂直行业赋能赋智。目前，德国、日本、韩国多国政府宣布向非电信公司提供 5G 专网频谱，推动云服务商、5G 设备供应商、固网运营商、系统集成商、电缆运营商等非移动运营商积极进入 5G 专网市场，独立供应 5G 专网网络解决方案，推动 5G 在工业、医疗、交通等行业加快落地。

我国 5G 应用有望加速导入。截至 7 月，我国 5G 应用创新案例超过 1 万个，数量和创新性均处于全球第一梯队。我国 5G 应用正从单一化业务探索向体系化应用场景转变，规模化发展成为当前 5G 应用的核心问题。**个人消费方面**，5G 消息标准化工作稳步推进，5G 消息平台技术要求和测试标准正式发布，产业链不断成熟，有望在 1 年内落地商用。得益于政策支持和大型赛事活动带动，基于 5G 技术的超高清直播、全景式交互化视音频等新服务将率先推广。智能家电、新型穿戴设备、无人机等新型移动终端将在 5G 技术发展中迭代创新和成熟推广，拉动新型体验类消费增长。预计到 2025 年，5G 商用将带动超过 8 万亿元的信息消费。**垂直行业应用方面**，5G 行业虚拟专网面向垂直行业业务承载、安全保障、成本可控、自生运维和系统融合五大需求，提供差异化、自主运营的网络服务。行业应用的新产品、新业态和新模式不断涌现，从应用试点向产业生态稳步迈进。5G 与钢铁、电力、矿山、港口的融合应用已经基本具备复制推广的基础，有望成为规模化应用最快的领域。目前已有 138 个钢铁企业、194 个电力企业、175 个矿山、89 个港

口实现 5G 应用商用落地。交通、医疗、教育、媒体娱乐等领域融合应用取得积极进展，逐渐成为 5G 先锋应用领域，随着 5G 网络建设和智能终端渗透将进一步走向成熟。

2. 工业互联网应用探索全面展开

全球工业互联网发展进入务实推进阶段。全球工业互联网平台加速部署，软件、控制、电子电气、AR/VR 等工具技术加速向工业互联网平台集成。**一方面**，平台加速打通企业经营全流程，基于经营数据更准确洞察市场需求，构建更加灵活柔性的供应链，以及打造流程自动化的商业智能解决方案。比如，Salesforce 在原有 CRM 功能基础上提供 Einstein 人工智能分析工具，为市场洞察提供针对性预测。**另一方面**，电力、石化、装备制造等垂直行业的动态监测和设备管理是平台布局重点。比如 GE 发布 APM 套件，嵌入 300 多个诊断模型，用于高价值装备监测、诊断和分析管理等。未来工业应用将持续从部分环节的散点式应用向全业务流程深化，解决方案持续向其他行业和细分行业延伸，多种应用场景有望分批次成熟落地。

“5G+工业互联网”是我国发展重点。《“5G+工业互联网”512 工程推进方案》印发以来，工业企业积极运用窄带物联网、5G、边缘计算等新型网络技术和先进适用技术进行内网改造升级，全国“5G+工业互联网”在建项目超过 1500 个，成为工业互联网创新最为活跃的领域之一。目前，在各地和产业各方的共同推动下，“5G+工业互联网”已在电子设备制造、装备制造、钢铁、采矿、电力等行业实现领先发展，探索形成了协同研发设计、远程设备操控、

设备协同作业、柔性生产制造、现场辅助装配、机器视觉质检、设备故障诊断、厂区智能物流、无人智能巡检、生产智能监测等十大典型场景，并已在 5G+机器智能质量检测、5G+信息采集等领域取得良好应用效果。未来我国将进一步推动“5G+工业互联网”从外围辅助环节向核心生产环节渗透，5G+远程控制、无人驾驶运输等融合设备场景将为工业发展带来巨大变革。

3.物联网行业应用加速拓展

全球物联网应用生态加速完善。根据 IDC 预测，到 2025 年全球物联网市场将达到 1.1 万亿美元，年均复合增长 11.4%。随着物联网应用的行业渗透面不断加大，数据实时分析、处理、决策和自治等边缘智能化需求增加，新兴技术将进一步加速与物联网融合应用。同时，信息模型等技术不断提升异构实体的信息交互能力和终端开发便捷性，物联网生态进一步互联互通。比如，AWS IoT、Software AG、Azure IoT 等物联网平台均已建立起具有一定规模的合作伙伴生态，加快基础资源开放和打通。全屋智能、用户主动服务推送等围绕用户需求的业务模式开始出现。比如，疫情期间苹果和谷歌通过互通合作，实现利用蓝牙追踪新冠肺炎疫情传播痕迹。

我国物联网垂直行业应用持续深化。目前我国蜂窝物联网终端用户超 12.9 亿户，在智慧家居、车联网、公共服务等领域取得广泛应用，并加速向行业渗透，智慧工业、智慧交通、智慧健康、智慧能源等有望成为未来连接增长最快的领域。比如，渥泰环保引进全自动物联网智能净水机生产检测流水生产线，通过自主开发的智能传感器技术、嵌入式技术、物联网技术，对原有净水器进行技术

升级，向社会用户及生产厂家提供智慧饮水服务。**NB-IoT 方面**，窄带物联网（NB-IoT）实现县级以上城市主城区普遍覆盖，并在水务、燃气、消防、跟踪定位、门锁、电动车防盗等领域形成百万乃至千万级连接规模，规模化应用将带来更加成熟的产业生态和商业模式。比如，九江石化厂区利用 NB-IoT 技术开展有机合成物（Voc）浓度在线实时检测，有效预防有毒有害物质泄露。**5G 物联网方面**，运营商联合产业链上下游推动 5G 模组价格下降，目前中国联通雁飞 5G 模组已通过定制化功能剪裁，将模组价格降至 500 元以下，终端连接有望加速推广。

四、抢抓战略机遇，推动宽带网络向更高水平跃升

我国宽带网络建设稳步推进，5G、工业互联网、人工智能、物联网、数据中心等建设和应用推广形成突破，部分领域跨入全球领先行列。但同时也还存在一些不足，面临不少困难和挑战。**一方面，新型网络仍处于建设探索阶段。**5G 网络频段更高、数据吞吐量更大，基站密度和用电成本都将增加，网络大规模投资部署压力大。工业企业整体信息化水平还不高，工厂内外网还不够成熟，工业现场总线和工业以太网等缺乏统一的标准接口，未来改造升级空间大。**另一方面，产业短板突出。**核心元器件、基础软件、工业控制系统、工业软件等产业基础薄弱，平台数据采集、开发工具、应用服务等核心技术缺失，关键技术长期面临自主安全和“卡脖子”风险，亟须加快提升自主创新能力。**下一步**，应立足实际，聚焦经济社会发展的重大需求，加强战略谋划和前瞻布局，加紧补齐关键短板，汇聚产业界各方力量，系统推进我国宽带网络建设迈上新台阶。

（一）强化新技术研发和创新突破

一是加强前沿信息通信技术研发能力。加强 5G 及其增强技术攻关与试验，加强确定性网络、算力网络、应用感知网络等未来网络技术研发。加快新一代光通信、工业互联网、物联网、车联网等关键领域技术突破，巩固扩大既有比较优势。超前部署量子信息、先进计算等新兴前沿领域，构筑先发技术优势，建立具有核心竞争力的技术产业创新生态。二是加快突破关键元器件短板。加强核心芯片、网络切片、关键器件、基础软件、高端传感器等薄弱环节的技术突破，破解“卡脖子”问题。促进成果转化成为市场应用，推进产业链协同创新发展，加快构建具有竞争力的产业集群，着力增强产业链、供应链的稳定性和竞争力。三是推动重点领域标准研制。将产业的市场影响力转变为标准的话语权，推进重点领域标准研制，支撑产业建设发展，深化国际交流合作，深度参与标准规范和国际规则制定。

（二）系统推进数字基础设施建设

一是推进“双千兆”网络协同发展。推动城市及重点乡镇进行 10G-PON 光线路终端设备规模部署，持续开展老旧小区、工业园区光分配网改造升级，促进全光接入网进一步向用户端延伸。加快 5G 独立组网规模部署，扩大中心城区、重点区域、重点行业的网络覆盖。推进 5G 网络在交通枢纽、大型体育场馆、景点等流量密集区域的深度覆盖。二是改造升级工业互联网内外网。推动工业企业运用新型网络技术和先进适用技术改造建设企业内网，探索在既有系统上叠加部署新网络、新系统，建设工业互联网园区网络。推

动工业企业、工业互联网平台、标识解析节点、安全设施等接入高质量外网。三是着力推进 IPv6 流量提升。推动商业互联网应用和网站 IPv6 浓度提升，加快存量固定终端设备 IPv6 升级替换，持续改善数据中心、内容分发网络、域名系统等应用基础设施 IPv6 服务能力，深化政府网站及工业互联网 IPv6 应用普及。

(三) 加速融合应用规模化落地

一是培育壮大 5G 新兴应用。围绕交通、医疗、教育、智慧城市、旅游、VR/AR、超高清视频等市场需求旺盛、应用模式清晰的 5G 先锋应用领域，深入挖掘应用潜力，形成一批特色鲜明、亮点突出、可复制可推广的行业应用标杆，逐步推广实现全行业规模化应用。二是拓展工业互联网融合应用。推广数字化研发、智能化制造、网络化协同、个性化定制、服务化延伸、精益化管理等新模式。深入实施“5G+工业互联网”512 工程，持续推进工业互联网试点示范，加快实体经济数字化、网络化、智能化、绿色化发展。三是建设融合应用示范区。发挥各地区比较优势，聚焦多方资源推进 5G 应用产业集聚区建设。聚焦京津冀、长三角、粤港澳大湾区等应用基础较好、先发优势突出的经济区域，打造 5G 融合应用示范区域样板，以重点突破带动全局发展。

(四) 节能减排助力低碳经济

一是打造布局合理绿色集约的数据中心体系。发展区域数据中心集群，加强区域协同联动，优化政策环境，引导区域范围内数据中心集聚，促进规模化、集约化、绿色化发展。引导各省充分整合利用现有资源，以市场需求为导向，有序发展规模适中、集约绿

色的数据中心，服务本地区算力资源需求。对于效益差、能耗高的小散数据中心，要加快改造升级，提升效能。**二是强化能源配套机制。**探索建立电力网和数据网联动建设、协同运行机制，进一步降低数据中心用电成本。加快制定数据中心能源效率国家标准，推动完善绿色数据中心标准体系。引导清洁能源开发使用，加快推广应用先进节能技术。鼓励各地区结合布局导向，探索优化能耗政策、跨省能耗和效益分担共享合作。推动绿色数据中心建设，加快数据中心节能和绿色化改造。

(五) 营造有序良好的发展环境

一是加强部门间协同共治。云计算、互联网等设施发展工作涉及到各行各业，影响面广，既需要国家层面统筹部署，也需要积极发挥各行业主管部门作用。要高度重视网络安全和业务合规发展，形成政府、企业、行业组织协同配合的多元治理格局。**二是加强关键环节治理。**强化网络平台治理和网络与信息安全治理，不断完善安全管理制度和技术措施，建立网络综合治理体系，全面提升关键信息基础设施、网络数据、个人信息等安全保障能力，营造清朗的网络空间，构筑安全可信的网络环境。**三是提升数字化人才供给能力。**围绕数字基础设施前沿方向和关键领域，培养造就一大批具有国际水平的战略科技人才、科技领军人才、卓越工程师和高水平创新团队。建立适应融合发展需求的人事制度、人才评价机制，完善以价值创造为导向的薪酬分配方法。

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：010-62303016

传真：010-62304980

网址：www.caict.ac.cn

