

# 中国宽带发展白皮书

## (2022 年)

中国信息通信研究院

2022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

当前，新一轮科技革命和产业变革深入发展，以 5G、千兆光网为代表的宽带网络加快融合创新，带动生产生活及管理方式革故鼎新，日益成为驱动经济社会发展的关键力量。世界各国对宽带发展的重视程度和战略布局明显升级，意图抢抓数字化机遇和抢筑战略新优势。

党中央、国务院高度重视宽带发展，将其作为打通经济社会发展信息“大动脉”的关键载体，持续推动“双千兆”网络、数据中心等基础设施建设部署，在网络能力、应用设施、投资建设、产业体系、融合应用、服务民生、节能减排等方面取得一系列显著成效，新主体新动能持续培育壮大，成为经济社会发展的强大引擎。

“十四五”时期，信息通信技术将加速实现系统创新和智能引领的重大变革，移动宽带向高速泛在演进，固定宽带向光联万物迈进，算力设施向多元融合发展，融合设施向智能高效升级。传统以信息传输为核心的网络基础设施加速转变为综合性数字信息基础设施，积极赋能千行百业数字化转型。

中国信息通信研究院已连续五年发布《中国宽带发展白皮书》，本白皮书结合当前形势，梳理全球和我国宽带发展战略新动向，总结近一年来我国宽带发展取得的成效，初步研判未来三年宽带演进的趋势和方向，并提出促进我国宽带长足发展的建议举措，希望能为社会各界提供参考，其中不足之处也望批评指正。

# 目 录

一、 抢抓数字化机遇， 宽带战略布局全面升级 .....	1
(一) 全球主要国家持续强化宽带战略部署 .....	1
(二) 我国体系化的宽带政策部署日益完善 .....	2
二、 全面提速提质， 宽带发展取得七大显著成效 .....	4
(一) 基础支撑能力跨越发展 .....	4
(二) 应用基础设施优化升级 .....	9
(三) 网络投资规模持续扩大 .....	10
(四) 产业竞争实力日益增强 .....	11
(五) 融合应用程度不断深化 .....	13
(六) 普惠民生水平大幅提升 .....	14
(七) 节能减排效率明显提高 .....	16
三、 加速演进升级， 宽带发展呈现四大趋势 .....	17
(一) 移动宽带向高速泛在演进 .....	18
(二) 固定宽带向光联万物迈进 .....	19
(三) 算力设施向多元融合发展 .....	21
(四) 融合设施向智能高效升级 .....	22
四、 加强宽带建设， 构筑经济社会发展坚实基础 .....	23
(一) 加快构建新一代通信网络基础设施 .....	23
(二) 统筹布局绿色智能的多层次算力设施体系 .....	24
(三) 积极发展高效协同的融合基础设施 .....	25
(四) 强化核心技术研发和创新突破 .....	26
(五) 深入推进千行百业规模化应用落地 .....	27

## 图目录

图 1 我国 5G 基站数量及密度 .....	5
图 2 我国 5G 用户数及占比情况 .....	6
图 3 我国 10G PON 及以上端口数量及覆盖能力 .....	7
图 4 我国千兆及以上速率固定宽带用户规模及同比增速 .....	7
图 5 我国光缆总里程及干线里程情况 .....	8
图 6 我国在用数据中心机架规模 .....	9
图 7 我国 IPv6 活跃用户数及占比 .....	10
图 8 三家基础电信企业和中国铁塔固定资产投资完成情况 .....	11
图 9 2021 年光通信设备商占全球的市场份额 .....	12
图 10 2021 年移动通信设备商占全球的市场份额 .....	13
图 11 我国固定宽带用户平均下载速率与移动宽带用户综合平均下载速率 .....	15
图 12 我国移动数据流量平均资费和月户均移动数据使用情况 .....	16

## 一、抢抓数字化机遇，宽带战略布局全面升级

当前，新一轮科技革命和产业变革深入发展，以 5G、千兆光网为代表的宽带网络加快融合创新，带来生产生活及管理方式变革重构，日益成为推动经济社会发展和改变国际竞争格局的关键变量。为抢抓数字化机遇和抢筑战略性优势，世界各国对宽带发展的重视程度和布局力度明显升级。

### （一）全球主要国家持续强化宽带战略部署

以 5G、千兆光网为代表的宽带基础设施是全球数字化、网络化、智能化发展的承载底座，具备颠覆传统生产组织方式、重塑产业发展形态、调整社会分工体系的巨大潜力。为持续构筑国家竞争新优势，全球主要经济体纷纷加强国家战略谋划，围绕加快宽带技术研发攻关、提升宽带网络接入速率、扩大宽带网络覆盖范围、促进宽带应用普及等方面提出了一系列举措，力图抢占国际经济、科技和产业竞争制高点。

2022 年 1 月，欧盟发布“连接欧洲设施”数字部分(CEF Digital)的第一个工作计划，将在三年内改善整个欧洲地区的 5G、云基础设施和高速千兆网络等数字连接基础设施覆盖，确保到 2030 年千兆连接覆盖欧盟所有家庭，5G 网络覆盖所有人口稠密地区。3 月，德国公布《2030 千兆战略》，提出通过优化宽带基础设施建设审批流程、提供移动宽带网络建设资金补贴、加强 5G 创新应用部署等方式提升全国范围内移动网络覆盖能力，计划到 2025 年底光纤到户覆盖全国 50%以上家庭和企业，到 2030 年光纤到户和 5G 服务覆盖全国所有家庭和企业。5 月，美国启动 450 亿美元的“全民互联网”计划，计

划于 2030 年前在全国宽带服务不足的地区部署端到端光纤基础设施，为全民提供价格合理、高速可靠的宽带互联网服务。6 月，日本发布“数字田园都市国家构想”基本方针，计划到 2027 年末光纤入户覆盖全国 99.9% 的家庭，到 2030 年末 5G 人口覆盖率提升至 99%，并将持续实施“5G 投资促进税制”，为投资 5G 建设的电信运营商提供相当于投资额 15% 的税额优惠。7 月，英国更新《英国数字战略》，提出要建设世界领先的、安全的数字基础设施，计划通过加快全国千兆宽带商业交付、加大 5G 研发和测试投入、实施政府 5G 多元化战略等举措，到 2027 年实现 5G 网络覆盖英国大多数人口。

## （二）我国体系化的宽带政策部署日益完善

随着宽带融合应用加速渗透到实体经济方方面面，宽带发展持续带动优质普惠的数字化生活服务、智能敏捷的数字化生产服务和高效便捷的数字化治理服务，不断满足人民美好生活需要，为经济社会发展注入源源不断的内生动力。党中央、国务院高度重视宽带网络发展，大力推动宽带网络升级和拓展跨界融合应用，将宽带发展作为促进经济社会高质量发展的重要手段。

党中央国务院对我国宽带发展作出重要部署。习近平总书记在十九届中共中央政治局第三十四次集体学习时强调，要加快建设以 5G 网络、全国一体化数据中心体系、国家产业互联网等为抓手的高速泛在、天地一体、云网融合、智能敏捷、绿色低碳、安全可控的智能化综合性数字信息基础设施，打通经济社会发展的信息“大动脉”。2022 年《政府工作报告》明确指出，建设数字信息基础设施，逐步构建全国一体化大数据中心体系，推进 5G 规模化应

用，促进产业数字化转型，发展智慧城市、数字乡村。

**相关部委多措并举加快宽带发展。**工信部、国家发改委、科技部等围绕国家“十四五”规划，持续推进一系列政策举措落地实施。从政策文件看，在“双千兆”网络协同发展、新型数据中心发展等行动计划的基础上，**工信部联合国家发改委**进一步出台《关于促进云网融合 加快中小城市信息基础设施建设的通知》，面向城区常住人口 100 万以下的中小城市组织实施云网强基行动，推动实现“千城千兆”和“千城千池”发展目标。**国家发改委、工信部**等四部委同意在京津冀、长三角、粤港澳大湾区、成渝、内蒙古、贵州、甘肃、宁夏等 8 地启动国家算力枢纽节点建设，并规划了 10 个国家数据中心集群，“东数西算”工程全面启动。从行动举措看，**科技部**部署“信息光子技术”、“多模态网络与通信”等国家重点研发计划，支持信息光子、多媒体网络等领域基础和共性关键技术研发。**工信部**连续 5 年举办“绽放杯”5G 应用征集大赛，累计征集超 5 万个创新应用案例，在工业、医疗、能源、教育等关键领域挖掘出了一批 5G 典型应用。2021 年 9 月，**工信部**开展了首届“光华杯”千兆光网应用创新大赛，聚焦新型信息消费、行业融合应用、社会民生服务等领域征集 3000 余个融合应用案例。**工信部**推动建立了 29 个各具特色、竞相发展的“双千兆”典型城市，以点带面促进 5G 和千兆光网建设覆盖、应用普及和行业赋能。

**地方政府持续释放宽带政策红利。**一是积极出台宽带网络建设配套细则。全国 31 个省、自治区、直辖市均已出台了支持 5G、千兆光网、算力网络等建设的政策文件，通过市政建设同步规划、公共区域开放、电力保障、财政补贴等实际举措推动宽带网络演进升级。



比如，上海市提出打造全光城市示范样板，推进城市（群）间低时延网络建设。云南省鼓励5G基站、算力中心运营企业参与电力市场化交易，并取消电压等级和用电量限制。江西省鼓励银行建立新型基础设施优惠利率信贷专项，成立支持新型基础设施建设的引导基金子基金，并支持符合条件的项目开展基础设施信托基金（REITs）试点。二是政策红利向支持应用创新倾斜。随着网络基础设施建设加快，各省、自治区、直辖市开始将支持政策向融合应用聚焦，积极出台相关学科发展、应用创新平台建设、金融财政专项、应用标杆培育等一系列支持政策。比如，山东省提出打造可规模复制的算力网络标杆应用。江苏省提出按行业、按领域组织召开全省5G融合应用现场会，及时总结和推广各地5G融合应用项目建设经验和先进做法。

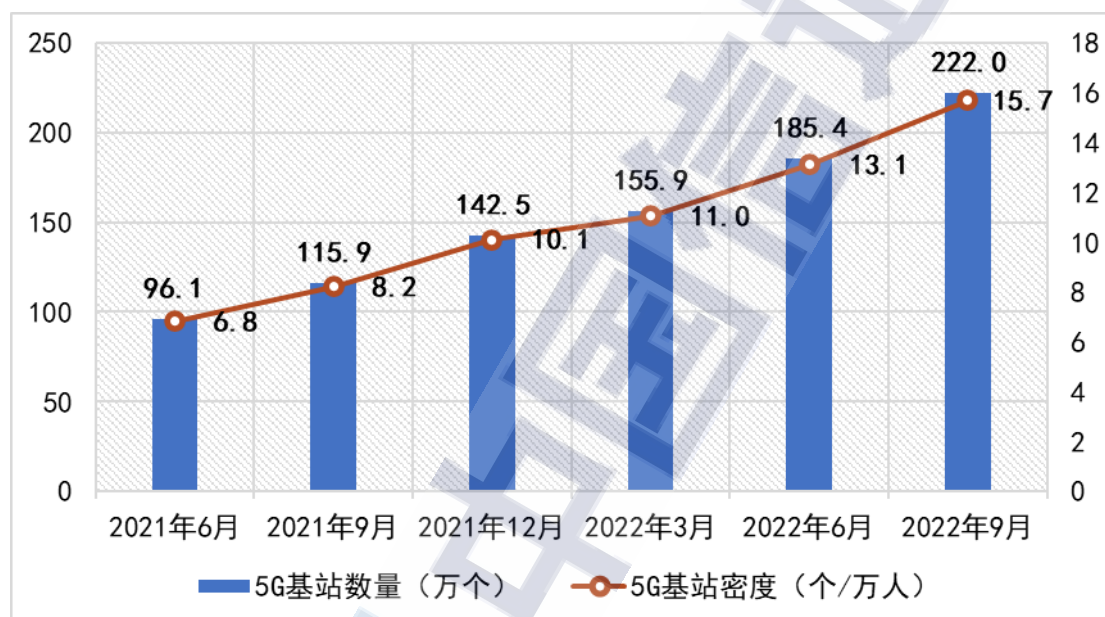
## 二、全面提速提质，宽带发展取得七大显著成效

过去一年，我国扎实推进5G、千兆光网、数据中心、云计算等宽带基础设施建设部署，在政产学研的共同努力下，宽带网络在基础支撑能力、应用设施服务水平、网络投资规模、产业竞争实力、融合应用程度、普惠民生水平、节能减排效率等各个方面进一步提速提质，取得一系列标志性成果，对推动经济高质量发展和满足人民美好生活需要的贡献日益增强。

### （一）基础支撑能力跨越发展

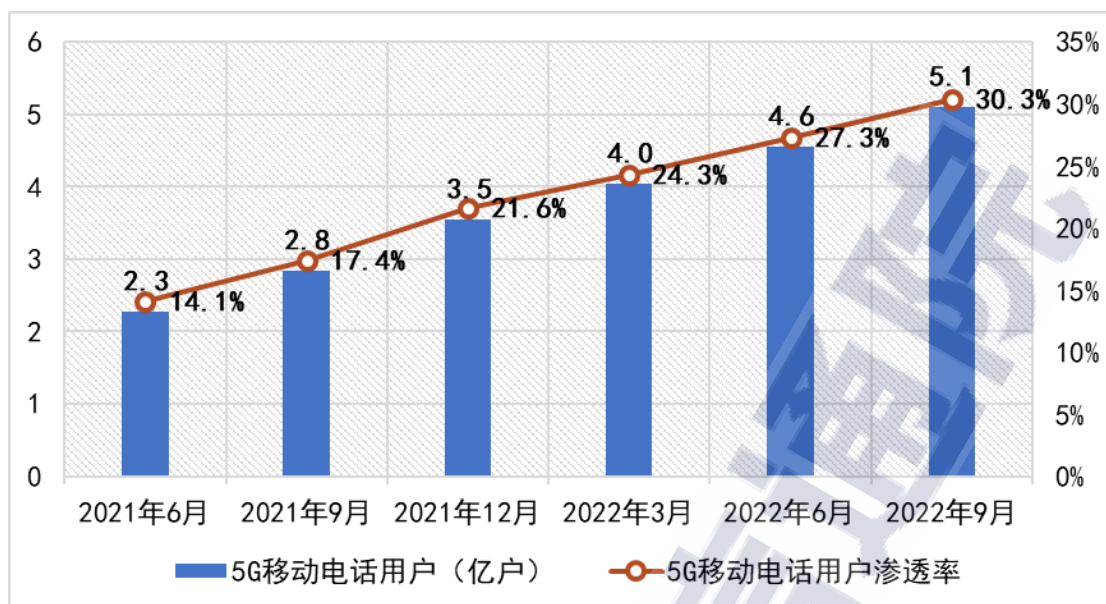
5G网络实现“县县通”。我国已建成全球规模最大、技术最先进的5G独立组网网络，截至2022年9月底，我国累计建成并开通5G基站222万个，5G网络在实现全国所有地级以上城市覆盖的基础

上，进一步延伸覆盖至全国所有县城城区和重点乡镇镇区。全国 5G 基站密度为 15.7 个/万人，达到去年同期的 1.9 倍，北京、上海、天津、浙江 5G 基站密度突破 20 个/万人。我国 5G 移动电话用户规模居全球首位，达到 5.1 亿户，是去年同期的 1.8 倍，在移动电话用户中占比 30.3%，青海、北京、广东、宁夏、浙江等地区 5G 移动电话渗透率全国居前。



来源：工业和信息化部

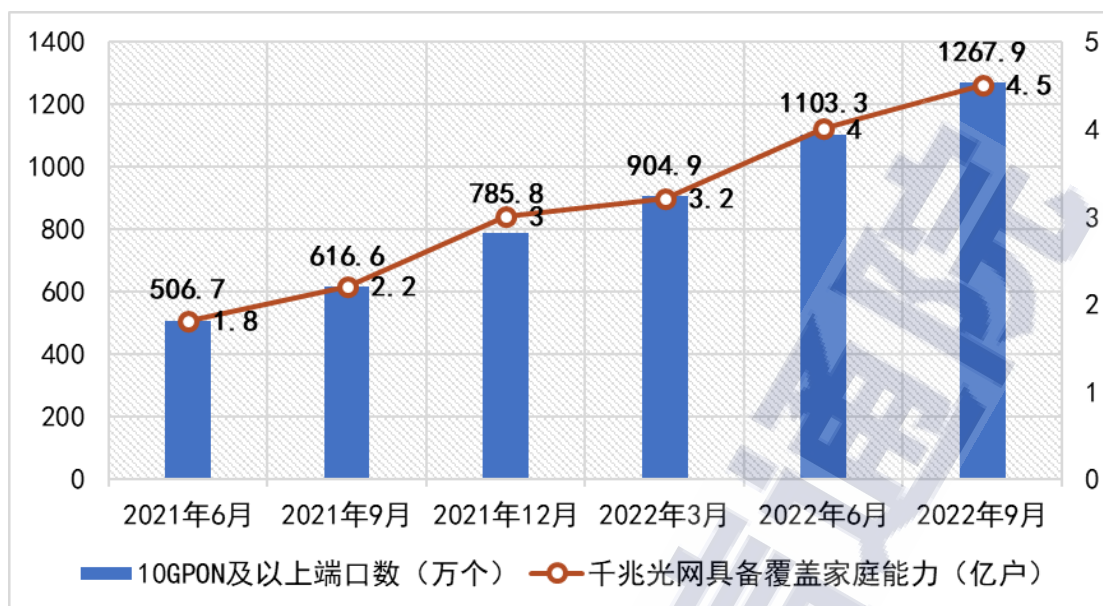
图 1 我国 5G 基站数量及密度



来源：工业和信息化部

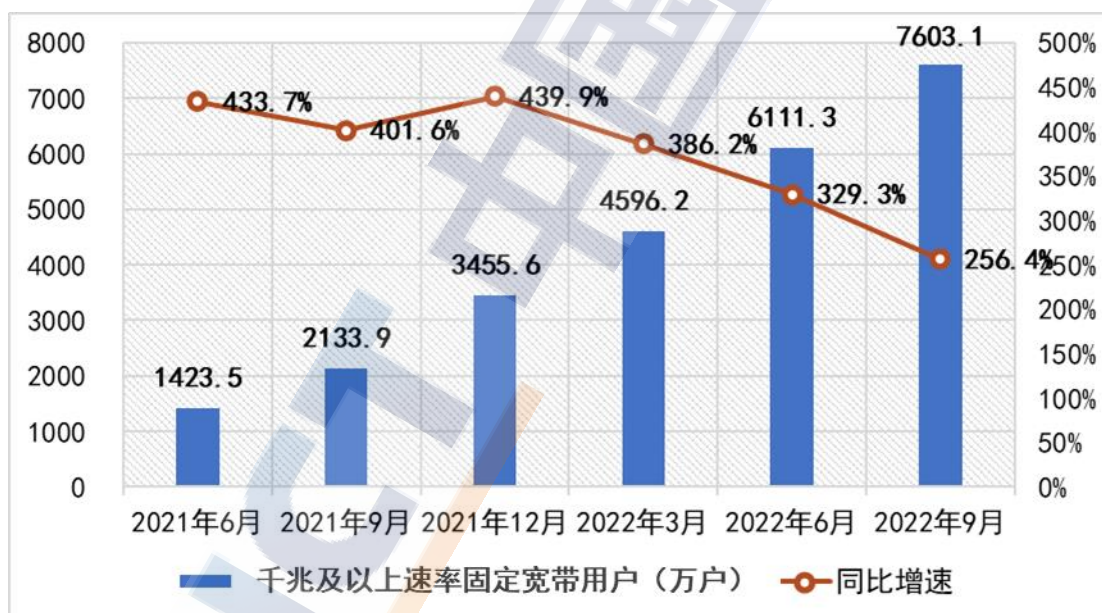
图2 我国5G用户数及占比情况

千兆光网实现“市市通”。我国已建成全球规模最大的光纤网络，截至2022年9月底，光纤端口数量达到10亿个，同比增长7.9%。光纤用户达到5.5亿户，数量居全球首位。千兆光网加速部署，我国10G-PON及以上端口规模达到1267.9万个，比2021年末净增480多万个。千兆光网具备覆盖超4.5亿户家庭的能力，已通达全国所有城市地区，千兆及以上速率固定宽带用户规模超7603.1万户，比2021年末净增4100多万户。



来源：工业和信息化部

图 3 我国 10G PON 及以上端口数量及覆盖能力



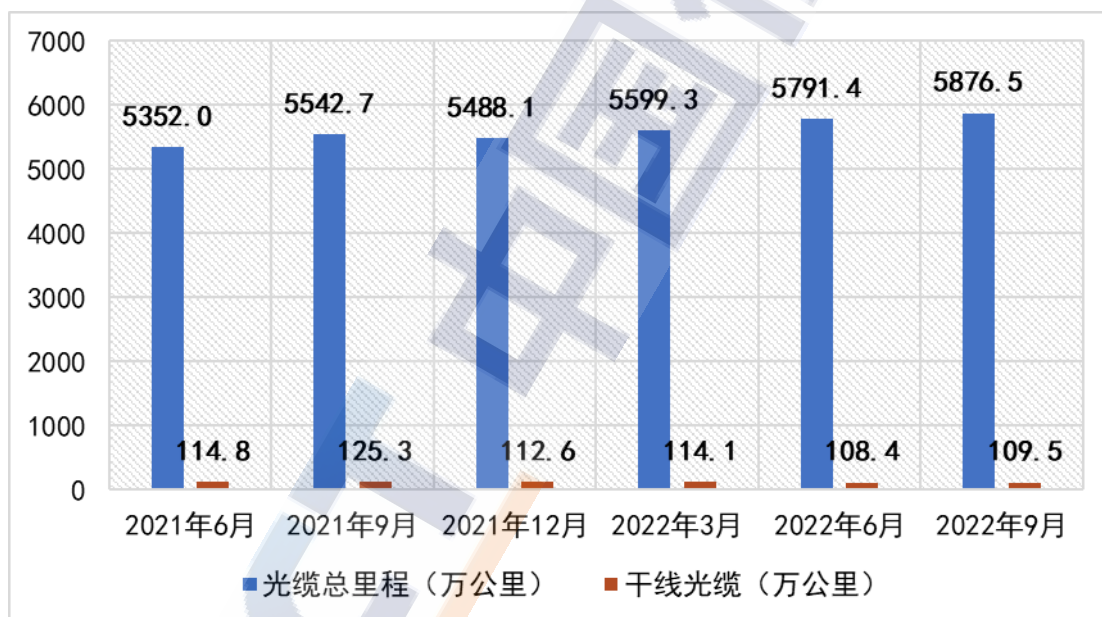
来源：工业和信息化部

图 4 我国千兆及以上速率固定宽带用户规模及同比增速

历史性实现“村村通宽带”。我国持续深化农村及偏远地区宽带网络建设，截至 2021 年 11 月底，全国 51 万个村级单位均已通宽带，行政村、贫困村通宽带比例全部提升至 100%，实现未通宽带行

政村动态清零，贫困地区通信难问题得到历史性解决。2022 年，第八批电信普遍服务试点项目累计支持全国超过 9000 个农村 4G、5G 基站建设，面向有条件、有需求的农村地区逐步推动 5G 网络建设。

**骨干传输网综合承载能力持续增强。**我国光缆线路总长度持续增加，截至 2022 年 9 月底，我国光缆线路总长度达到 5876.5 万公里，同比增长 6%，其中干线光缆达到 109.5 万公里。干线光缆加速更新换代，迈入新型超低损耗光纤时代。骨干传输网络持续扩容，逐步向 200G/400G 超高速、超大容量传输系统演进。灵活全光交叉、智能管控等技术加快发展应用，网络调度能力和服务效能不断提升。



数据来源：工业和信息化部

图 5 我国光缆总里程及干线里程情况

**全方位、多层次、立体化的网络互联架构进一步优化。**截至 2022 年 9 月底，伴随着济南、青岛、哈尔滨、长沙国家级互联网骨干直联点建成开通，我国国家级互联网骨干直联点开通数量达到 21 个。浙江杭州、宁夏中卫、深圳前海与上海临港四个新型互联网交

换中心落地试点，互联网网间顶层架构向“骨干直联+新型互联网交换中心”的全方位立体化不断迈进。网间通信性能持续提升，网络时延和丢包率大幅下降，网络整体性能保持国际一流水平。

## （二）应用基础设施优化升级

全国一体化大数据中心体系加快构建。截至 2022 年 6 月底，我国在用数据中心机架总规模超过 590 万标准机架，服务器规模近 2000 万台，算力总规模超过 150 EFlops，通用、超算及边缘等多样化的数据中心形态日益满足各行业发展的算力需求。目前，京津冀、长三角、粤港澳大湾区、成渝等 8 个国家算力枢纽节点建设方案均进入深化实施阶段，起步区新开工数据中心项目达到 60 余个，新建数据中心规模超过 110 万标准机架，算力集聚效应初步显现。

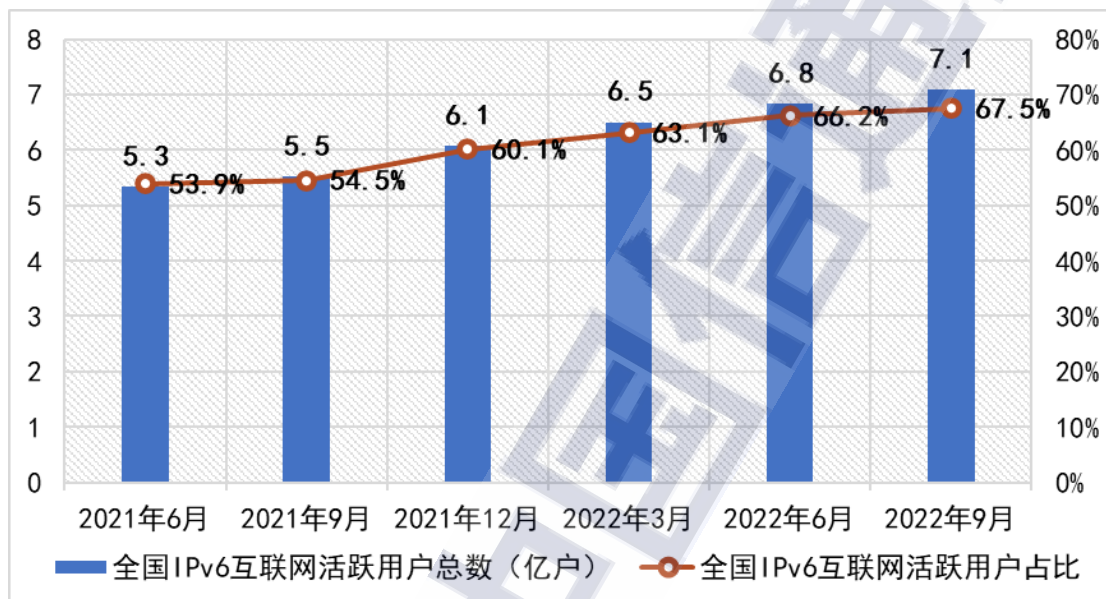


来源：工业和信息化部

图 6 我国在用数据中心机架规模

IPv6 实现从“通路”到“通车”。我国网络基础设施已全面支持 IPv6，互联网应用加快升级改造，IPv6 网络端到端贯通水平和服务

质量不断提升。截至9月底，我国IPv6地址资源总量达6万块/32，全球排名第二。IPv6活跃用户数达7.1亿，同比增长29%，在网民中占比超过三分之二。移动通信网络IPv6流量占比达到43.9%，同比提升21个百分点，城域网IPv6流量占比达到11.8%，同比提升6.5个百分点，IPv6发展进入“流量提升”时代。



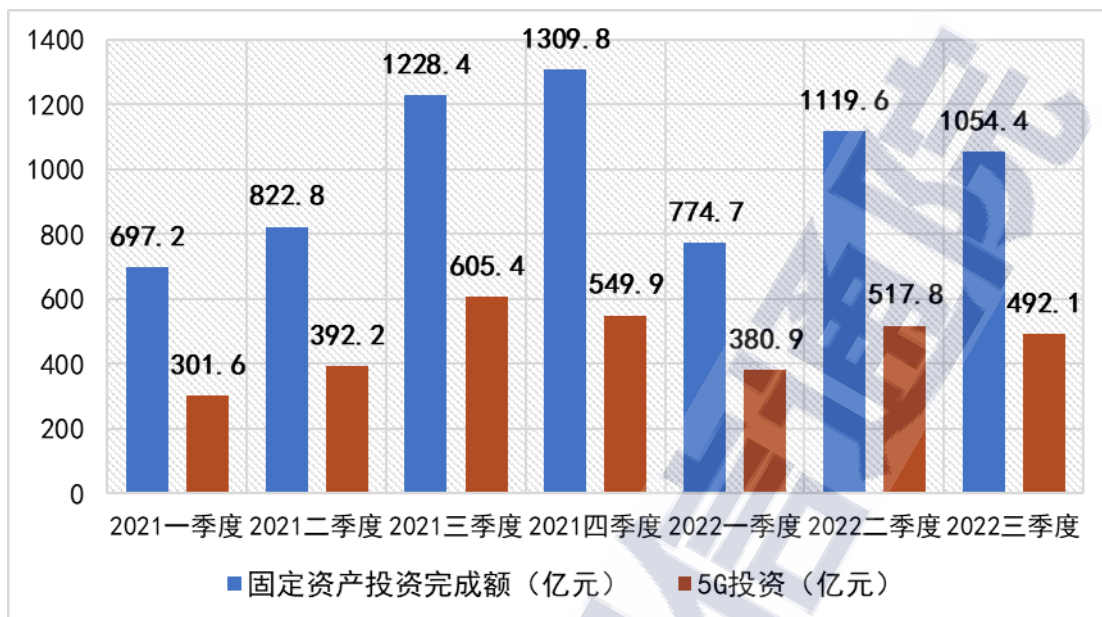
数据来源：国家IPv6发展监测平台

图7 我国 IPv6 活跃用户数及占比

### （三）网络投资规模持续扩大

建设投资连续两年超4000亿元。2020年和2021年我国三家基础电信企业和中国铁塔对通信网络、数据中心等固定资产的投资金额分别为4071.6和4058.1亿元，投资规模连续两年超过4000亿元。其中，5G网络投资额分别为1473和1849亿元，在固定资产投资中占比分别为36.2%和45.6%。2022年1—9月，我国电信固定资产投资规模达到2948.7亿元，同比增长7.3%，5G投资规模达到1390.9亿元，建设投资规模整体处于较高区间，为疫情下通信制造业、互

联网和软件服务业等上下游企业创造更多新增量。



来源：工业和信息化部

图 8 三家基础电信企业和中国铁塔固定资产投资完成情况

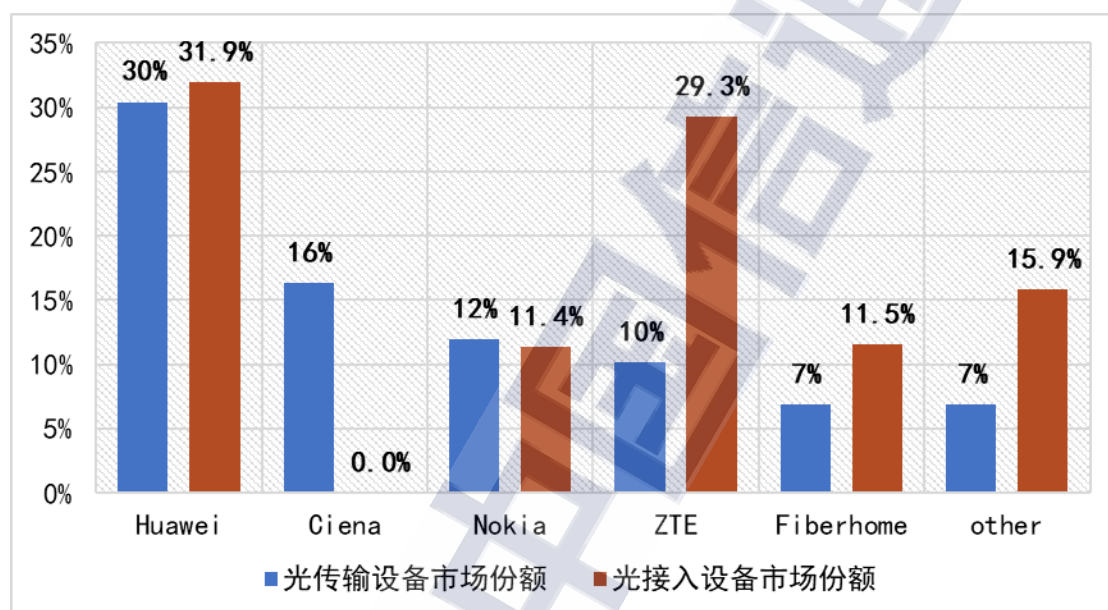
**研发投入力度持续加大。**基础电信企业、互联网企业、通信设备商等加强在 5G/6G、云网融合、人工智能等基础设施技术攻关，2021 年三家基础电信企业上市公司研发费用投入超过 273 亿元，同比增长 45.2%；规模以上互联网企业研发费用达到 754.2 亿元，同比增长 5%。高效的研发投入带动科技成果持续涌现，比如，三家基础电信企业专利数量超过 1.9 万项，阿里巴巴云计算领域专利申请量超过 1000 项。

#### (四) 产业竞争实力日益增强

**光通信制造实现三个 50%突破。**我国光通信制造企业在三个主要环节市场份额全球占比均超过或接近 50%。**光设备领域**，根据 Omdia 数据，2021 年华为、中兴、烽火三大厂商在高端光设备的整



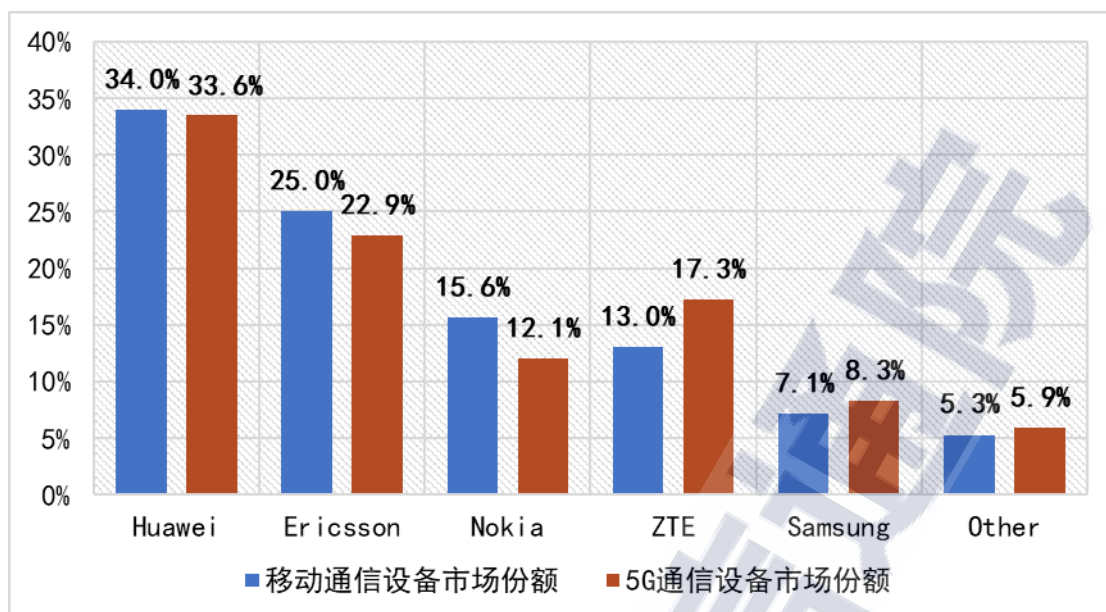
机集成上已处于国际领先地位，占据全球 47% 的光传输设备市场份额和 73% 的光接入设备市场份额。光模块器件领域，2021 年我国光模块与器件供应商的市场份额从 2010 年的 15% 增长到 50% 以上，6 家供应商市场份额进入全球前十，400G/800G 等超高速光模块关键技术与国外并行开展。光纤光缆领域，我国光纤光缆供应量全球占比超过 50%，长飞、中天和亨通市场份额居于全球前五。



来源：Omdia

图 9 2021 年光通信设备商占全球的市场份额

**移动通信制造继续保持领先优势。**移动终端方面，2021 年我国智能手机产量达到 12.7 亿台，我国手机厂商智能手机出货量全球份额累计超过 47.6%，小米、OPPO、vivo 等厂商手机出货量进入全球前五。移动通信设备方面，2021 年我国移动通信基站设备产量达到 541.9 万射频模块，华为、中兴 2 家厂商全球移动通信设备市场份额达到 47%，全球 5G 通信设备市场份额达到 50.8%，5G 中频设备国际领先。



来源：Omdia

图 10 2021 年移动通信设备商占全球的市场份额

### （五）融合应用程度不断深化

信息消费快速扩大。线上办公、网络直播、网上外卖、短视频等线上应用蓬勃发展。2022 年 1—9 月，全国网上零售额 9.6 万亿元，同比增长 4%，其中，实物商品网上零售额 8.2 万亿元，同比增长 6.1%，占社会消费品零售总额的比重为 25.7%。5G、千兆光网在教育、医疗、娱乐、家庭等场景加速渗透，截至 2021 年底，全国基于 5G、千兆光网的智慧教育应用案例超过 1500 个、智慧养老应用案例超过 197 个，开展 5G+急诊急救、远程诊断、健康管理等应用的三甲医院超过 600 个。5G 智慧观赛、4K/8K 直播、远程无人混合采访等技术 in 第十四届全运会、北京冬奥会等大型体育赛事规模应用。

行业应用水平不断拓展。从工业企业看，5G “一业带百业”效果显著，截至 2022 年 9 月底，5G 行业虚拟专网数量超过 1 万个，5G 已在全国 200 余家智慧矿山、1700 余家智慧工厂、250 余个智慧电网

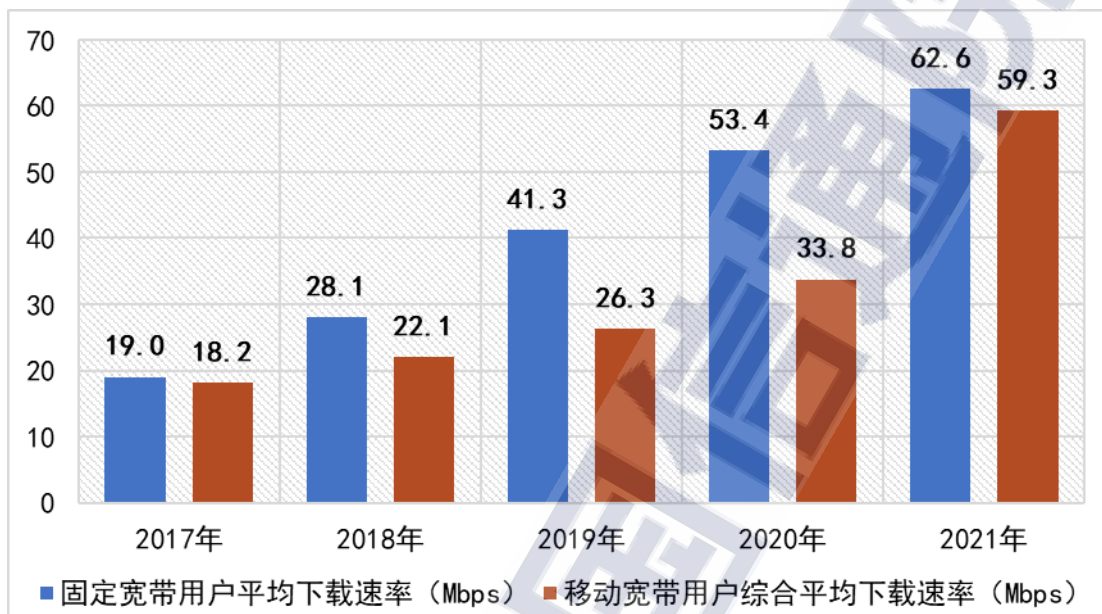
项目中得到广泛应用，具备商业价值的典型应用场景已覆盖 40%以上的国民经济大类，赋能赋值赋智作用加速显现。从农业生产看，随着农村及偏远地区网络覆盖水平提升，智慧农业种植、智慧农业养殖、智慧农业生产、智慧农业销售等新业态、新模式在县域乡村地区广泛兴起，环境智能监测、智能水肥灌溉、无人机除草除虫、智慧养殖等应用在多省市落地，不断降低人工劳动强度和提升农业管理效率。

**数字治理能力加速提升。**以 5G 网络、千兆光网、云计算等宽带网络为支撑，数字政府、智慧城市、智慧社区等加速推进，应用场景向政务服务、城市运营、民生服务等方向加快拓展。截至 2022 年 4 月底，住建部公布的智慧城市试点数量已达 290 个，正在规划和建设智慧城市的市县超过 700 个。截至 2021 年底，全国智慧安防小区数量超过 10 万个。同时，国家政务服务“一网通办、跨省通办”能力持续提升，国家政务服务平台已打通 46 个国务院部门的 1376 项服务，以及各地的 524 万项政务服务，平台注册用户超过 5.8 亿人。跨层级、跨地域、跨系统、跨部门、跨业务的协同管理能力大幅提升，实现数据多“跑路”，百姓少“跑腿”。

## （六）普惠民生水平大幅提升

**用户上网实际体验速率大幅提升。**根据宽带发展联盟最新数据，2021 年第四季度，我国固定宽带用户平均下载速率约为 62.6Mbit/s，同比提升 17.2%。移动宽带用户使用 5G 网络访问互联网的平均下载速率达到 146.3Mbit/s，是使用 4G 网络访问互联网平均速率的 4 倍。我国固定宽带和移动宽带下载速率均进入全球前五，根据 Speedtest

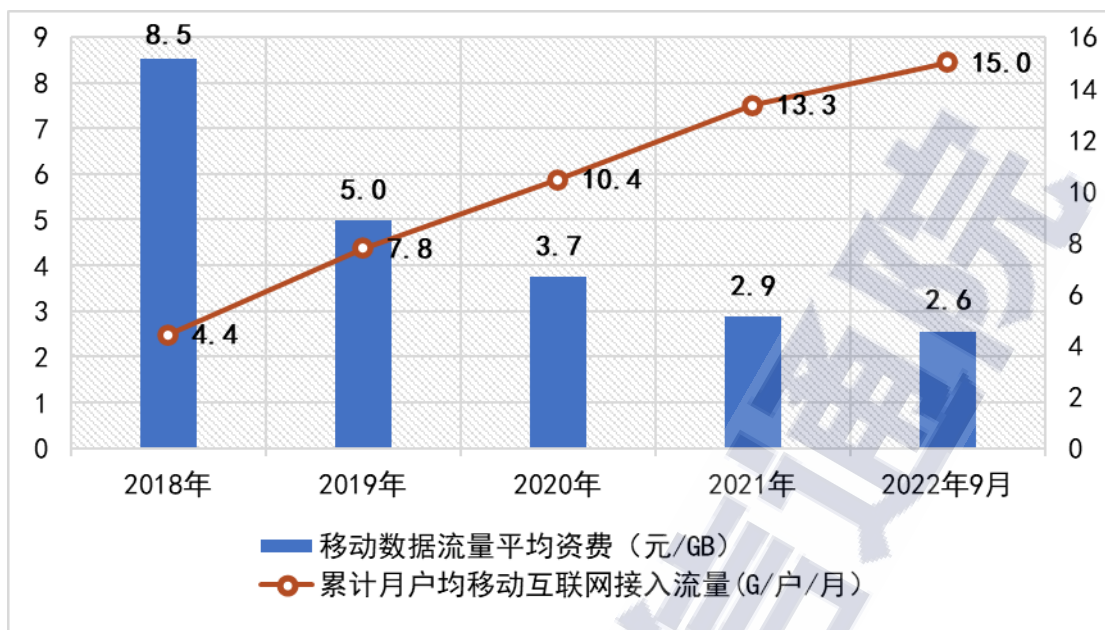
数据，2022 年 9 月我国固定宽带下载速率中位数在全球 181 个国家和地区中排名第 3 位，移动网络下载速率中位数在全球 139 个国家和地区中排名第 4 位。



数据来源：宽带发展联盟

图 11 我国固定宽带用户平均下载速率与移动宽带用户综合平均下载速率

通信资费水平持续下降。固定宽带资费方面，2022 年前三季度，我国固定宽带每月每户平均支出为 36.1 元，同比下降 1.4%。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排名全球第四。移动宽带资费方面，2022 年前三季度，我国移动数据流量平均资费降至 2.61 元/GB，同比下降 15.7%。移动通信用户每月每户平均支出持续下降至 40.3 元。根据 GSMA 最新统计，我国移动通信资费远低于美国、加拿大、韩国等国家，在全球处于较低水平。



数据来源：工业和信息化部

图 12 我国移动数据流量平均资费和月户均移动数据使用情况

**科技适老助力老年人跨越数字鸿沟。**互联网适老化及无障碍改造加快推进，针对居民通信服务、出行、购物等高频应用需求场景，推出了内容朗读、语音播报、人工直联“一对一”热线等暖心服务，帮助老年人、残疾人共享信息化成果。目前已有 10 余项适老化标准规范相继出台，800 多个政府单位完成信息无障碍服务平台建设，375 家老年人常用的网站、APP 推出适老助老功能，近百款 APP 推出大字体、大图标、高对比度、功能简洁的长辈模式，基础电信企业“老年人一键呼入人工客服”服务超 1 亿人次。

### （七）节能减排效率明显提高

**网络共建共享进一步深化。**通信基础设施与其他行业规划融合部署，根据中国铁塔调研数据，我国新建铁塔共享水平已从历史的 14.3% 提升到 80%，共享利用杆塔、管道路由、电力等社会资源的新

建站址比例达 28.4%，5G 基站共享比例达 96.2%。中国电信与中国联通首创了 5G 接入网“一张物理网，两张逻辑网”的建设运营新模式，建成了全球首张、规模最大、网速最快的 5G SA 网络，开通 5G 共享基站超 87 万个，累计节电超 100 亿度、降低碳排放 600 万吨。

**可再生能源使用率持续提升。**基础电信企业、互联网企业等大力调整能源结构，积极通过新能源以及清洁能源电力交易推动数据中心、叠光通信基站等基础设施低碳绿色发展。比如，中国移动在北京玉泉营桥附近打造了 5G 绿色节能示范站，通过光伏模块和整流模块的混插，实现太阳能和市电混合供电。中国电信全网绿电使用率占比已提高至 5%。阿里云自建基地型数据中心上半年风电、光伏绿电交易量达到 264GWh，合计减排二氧化碳 57.5 万吨。

**节能降耗技术加速应用推广。**企业现网老旧高能耗设备加快关停并转，人工智能、液冷、新型空调电源等节能新技术在 5G、数据中心等重点领域应用持续深化。比如，中国铁塔目前已对全网 75 万台壁挂及柜式空调实施智能化改造及精细化管控，使得空调开启后节能 23.6%。中国电信自研智慧节能平台覆盖了全国近 9 成小区的 4G 和 5G 基站，2022 年累计节电 3.7 亿度。数据中心运行电能利用效率明显提升，目前全国规划在建的大型以上数据中心 PUE 已降到 1.3 以下。

### 三、加速演进升级，宽带发展呈现四大趋势

信息通信技术正处于系统创新和智能引领的重大变革期，先进计算、高速互联、高端存储、智能感知等全面进入升级换代新阶段。面向数字孪生、全息互动、万物互联等数字化发展趋势，未来三年，

移动宽带向高速泛在演进，固定宽带向光联万物迈进，算力设施向多元融合发展，融合设施向智能高效升级，传统以信息传输为核心的网络基础设施加速转变为综合性数字信息基础设施，积极赋能千行百业数字化转型。

### （一）移动宽带向高速泛在演进

5G技术标准向5G-Advanced升级。5G-Advanced作为5G的升级版，将在移动带宽增强、超高可靠低时延、海量机器类通信能力的基础上，进一步向垂直行业、智能运维等领域扩展和探索，提供泛在万兆体验和千亿联接能力。5G Advanced包括R18、R19、R20三个版本，其中R18立项已基本确定，预计于2023年底标准冻结，将实现以下性能提升：一是宽带持续增强，为XR等新业务提供更优用户体验。二是垂直行业专有场景增强，更好满足生产线监控、智慧城市管理等典型大上行物联网应用需求。三是人工智能融合，提升网络智能化水平以及对人工智能应用的支持力度。四是通信感知融合，利用感知算法从信道信息中提取环境信息，提升网络架构和接入网技术对通感融合的支持能力。

5G网络服务加速渗透到未覆盖的地区和领域。一是5G网络建设将向深度覆盖和普及迈进。高、中、低频谱的协作，有望持续提升5G网络在农村地区和高人口密度地区的覆盖水平，5G网络服务将在各个国家加速推广。未来，我国5G网络将进一步向农村地区延伸覆盖。二是5G独立组网加快向全球各国推广。澳大利亚、日本、韩国、新加坡、泰国、德国、芬兰等国加快5G独立组网网络试验部署，预计到2022年底，全球5G独立组网网络将达到40个，具备支

持网络切片、大规模物联网、边缘计算和超低延迟等特色服务能力的 5G 网络在全球范围内加速覆盖。三是支持垂直应用场景的 5G 专网建设提速。5G 专网整体处于早期试点阶段，但随着电信运营商、云厂商、系统集成商、电信设备商、工业设备商等结合自身资源优势推出 5G 专网服务产品，5G 专网灵活部署、智能服务的能力将持续增强。预计到 2026 年底，全球 5G 专网数量将大幅超过 LTE 网络，重点集中在能源、制造、交通、公共事业等领域。四是满足泛在物联网需求的能力将持续增强。5G 将支持更多的物联网设备以更低的功耗接入网络，尤其是随着 5G NR、5G RedCap 等技术产业成熟度提升和终端成本下降，5G 连接将加快从手机向智能穿戴、机器设备、汽车等一般物体延伸，催生出视频监控、工业传感、医疗监测等中高速率应用场景和工业互联网、智慧医疗、智慧交通、文体娱乐等高速率应用场景，持续赋能万物互联。

## （二）固定宽带向光联万物迈进

第五代固定网络技术加速演进。以 10G PON、Wi-Fi 6、200G/400G 等技术为代表的第五代固定网络技术（F5G）加快发展，产业界关于“光联万物（Fibre to everywhere）”的产业愿景及网络技术框架逐渐形成共识。随着 XR、全息、裸眼 3D 等新业务应用不断涌现，家庭、商业、工业场景对固定宽带网络超大容量、低时延、低抖动等需求持续升级。F5G 将在千兆接入（eFBB）、全光联接（FFC）和体验可保障（GRE）网络能力基础上，进一步向着绿色光网、算力光网、工业光网、可靠光网演进。高速大容量方面，50G PON、800G 等下一代技术将陆续应用落地，带动用户带宽体验



从千兆向更高速率提升。**全光低时延方面**，网络时延有望降低到微秒级，将进一步满足精密自动化控制、XR 生产控制等高可靠需求场景需要。**融合确定性方面**，网络切片、资源预留、资源调度、网络同步等确定性网络技术将进一步交叉融合，从不同层面为网络提供确定性的承载能力。

**全光千兆网络发展将全面提速。**一是**主要光纤国家将逐步迈向千兆社会**。欧洲、北美、东亚等主流市场电信运营商将千兆网络作为差异化竞争的重要手段，全球千兆网络覆盖人口比例持续提升。根据 Omdia 预测，到 2025 年，全球将有超过 1.87 亿千兆固定宽带用户，占有固定宽带用户的 16%。中国、新加坡、韩国和瑞典等主要光纤国家将逐步走向千兆社会，成为千兆用户增长的主要市场。二是**千兆光网将加速向家庭用户延伸部署**。法国、英国、德国等欧洲国家大力推动光纤到楼和光纤到户部署，根据 FTTH 欧洲理事会预测，预计到 2027 年，光纤到楼和光纤到户网络将覆盖欧盟 27 国及英国约 2 亿户家庭。中国等光纤基础良好的国家将通过 FTTR（光纤到房间）等业务形式推动千兆光网进一步向网络末梢推进，面向大户型、对网络超高品质有需求的客户，提供信号稳定、无缝漫游、网络可视可管的千兆服务体验，不断满足智慧家庭、大屏数字内容等家庭业务需求。三是**千兆光网进一步向垂直行业拓展**。FTTO（光纤到办公室）、FTTM（光纤到机器）加速渗透到教育、医疗、能源、交通等垂直行业。工业 PON 加速应用，在远程控制、监测监控、在线质检等高带宽、低时延要求场景加快形成应用试点，未来有望率先在工业制造、智慧城市等重点领域取得突破。

### （三）算力设施向多元融合发展

数据中心算力形态日益多样化。工业互联网、车联网等新型智能场景应用带来全球算力需求爆发式增长，预计到 2030 年，无人驾驶、VR 游戏等算力需求将达到 2018 年的 300 倍以上，多元化应用场景驱动数据中心形态多样化发展趋势日益显著。一是通用算力仍将保持快速增长。全球主要国家将大力推动通用算力部署，不断满足逻辑复杂调度、海量数据并发等使用需求。根据预测，到 2030 年全球通用算力将达到 3300 EFLOPS。二是高性能算力应用场景不断拓展。高性能计算能力在核能研究、气候科学、高分辨率气象学和海洋学等国家重大科研领域的应用深度和广度不断拓展，日益成为算力的重要组成。三是智能算力有望成为主流。人工智能训练、推理等应用对计算资源需求激增，持续推动算法、芯片计算、存储等软硬融合创新，智能算力有望成为主流计算形态。以我国为例，预计 2023 年，新增算力中智能算力规模占比将达到 70—80%。

云网融合向多云互联方向演进。一是适配多云发展的网络体系加速形成。电信运营商依托自身网络优势，加速推动软件定义广域网（SD-WAN）等典型网络计算化技术应用，通过虚拟化、智能化实现通信网络底层资源的统一管控，不断满足上层应用的实时计算能力需求，形成适配多云互联的云网体系，日益满足多云、边云等应用场景对网络智能化的要求。二是云边协同能力持续增强。为满足 AR/VR、工业互联网、车联网等高频实时、灵活调度的数据和业务交互需求，云资源池、边缘云节点、内容分发网络等应用基础设施部署将更加全局化、分布式化，逐步形成支撑一点入云、一线多云的业务能力，为各类场景提供有针对性的云服务。

#### （四）融合设施向智能高效升级

工业互联网融合承载能力将持续提升。一是时间敏感网络(TSN)加速发展。工业光网、5G 与 TSN 融合创新、协同部署，有望更好满足远程控制、异构系统协同、信息采集运维等业务场景需要，成为构建高质量工业互联网企业内网的关键技术。二是工业控制网络扁平化。业界领先企业将逐步采用 OT+IT+CT 扁平化的网络架构，实现网络内工业设备互联和各层工控网络架构之间底层数据打通，推动数据与实体的全面联接，工业互联网有望打通用户、产品、生产、销售、物流等供需全流程，实现单点应用向全业务链条延伸。三是工业互联网平台加速向基地园区下沉。基地、园区和产业集群企业集聚、要素集中、创新活跃，具备承载研发、生产和公共服务的多重功能，有望成为工业互联网平台应用落地的重要场景。

车联网与移动通信融合发展趋势显著。一是 NR-V2X 技术标准加快成熟。NR-V2X 技术支持场景从车载 AR/VR、高精度地图下载等多元化信息服务向感知共享、高等级自动驾驶等方向持续升级。未来，NR-V2X 技术将沿着 Sidelink 增强、Sidelink 中继增强、LTE V2X 与 NR V2X 共存等方向持续演进升级。二是路侧回传网络向固移融合架构演进。为满足多元、异构、海量信息回传需求，目前车联网路侧回传网络仍以光纤网络为主，但随着 5G 网络规模部署，通过 5G 网络为路侧设备提供广域覆盖的探索持续加快，基于 5G 网络的限速预警、红灯预警等安全类辅助应用加速涌现。

新型智慧城市建设迈向新阶段。一是全光智慧城市加快发展。

具备全光城域网、光传送网、城域全光节点和光传送节点的全光城市架构加快发展，越来越多的城市提出构建城市“1 毫秒”时延圈，为更多的城市业务提供高速连接通道，日益满足智慧政务、智慧交通、智慧安防、智慧园区等智慧城市应用需求。二是数字孪生城市成为重要演进方向。随着 BIM、3D GIS 等建模技术，5G、物联网等连接监测技术，仿真深度学习等预测分析技术快速发展，我国智慧城市建设开始通过城市新型模型构建、全量数据集成、人工智能应用等方式，实现城市物理世界和网络虚拟空间相互映射、交互协作，推动城市管理向数据驱动、虚实融合、智能决策等方向升级。

#### 四、加强宽带建设，构筑经济社会发展坚实基础

宽带基础设施是网络强国、制造强国建设的关键基石，也是新时代我国经济社会发展的战略性公共基础设施。下一步，建议以满足人民日益增长的美好生活需要和经济社会数字化转型需求为目的，把握新型数字基础设施发展方向，加强统筹谋划和协调布局，着力构建以新一代通信网络为基础、以数据和算力设施为核心、以融合基础设施为突破重点的新型信息基础设施，深化宽带网络在千行百业的创新应用，打通经济社会发展信息“大动脉”，让新型数字基础设施成为现代化强国建设的强大底座。

##### （一）加快构建新一代通信网络基础设施

一是全面部署千兆光纤网络。加快“千兆城市”建设，持续扩大千兆光纤网络覆盖范围，推进城市及重点乡镇千兆光网设备规模部署，开展城镇老旧小区光接入网能力升级改造。完善产业园区、

商务楼宇、学校、医疗卫生机构等重点场所千兆光纤网络覆盖。推动全光接入网进一步向用户终端延伸，推广实施光纤到房间、到桌面、到机器，按需开展用户侧接入设备升级。

**二是稳步推进 5G 网络建设。**优化城区 5G 网络覆盖，重点加强交通枢纽、大型体育场馆、景点等流量密集区域深度覆盖，优化产业园区、港口、矿厂等场景 5G 网络覆盖，开展毫米波部署测试，推动提升 5G 室内外覆盖水平。深入推进 5G 网络共建共享，逐步形成热点地区多网并存、边远地区一网托底的移动通信网络格局。在电信普遍服务中逐年加大农村 5G 网络建设支持力度。

**三是持续推进骨干网演进和服务能力升级。**部署骨干网 200G/400G 超大容量光传输系统，引导 100G 及更高速率光传输系统向城域网下沉。加快骨干网向以云计算数据中心为核心的云网融合架构演进。推进网络功能虚拟化、软件定义网络 and 全光交叉等设备规模化应用，提高网络资源智能化调度能力和资源利用效能。

**四是提升 IPv6 端到端贯通能力。**加快数据中心、内容分发网络、云服务基础设施和应用、终端 IPv6 升级改造，提升 IPv6 网络性能和服务水平，实现 IPv6 用户规模和业务流量双增长。提升政务服务平台和政务外网 IPv6 支持能力、拓展政府网站和政务类移动客户端 IPv6 改造广度和深度。

## （二）统筹布局绿色智能的多层次算力设施体系

**一是加强数据中心顶层规划。**加快构建全国一体化大数据中心协同创新体系，建设京津冀、长三角、粤港澳大湾区、成渝等全国一体化算力网络国家枢纽节点。在区域数据中心集群间，以及集群和主要城市间建立数据中心直连网络，促进数据中心分级分类布局

建设，加快实现集约化、规模化、绿色化发展。二是建设完善一体化算力服务。统筹部署医疗、教育、广电、科研等公共服务和重要领域云数据中心，加强区域优化布局、集约建设和节能增效。推进云网一体化建设发展，实现云计算资源和网络设施有机融合。统筹建设面向区块链和人工智能等的算力和算法中心，构建具备周边环境感应能力和反馈回应能力的边缘计算节点，提供低时延、高可靠、强安全的边缘计算服务。三是构建互通共享的数据基础设施。鼓励构建行业级、城市级大数据平台，汇聚政务、行业和城市管理等数据资源，强化数据采集、数据存储、加工处理、智能分析等能力。推动建设公共数据共享交换平台、大数据交易中心等设施，促进数据开放共享和流通交易。

### （三）积极发展高效协同的融合基础设施

一是打造全面互联的工业互联网。支持工业企业对工业现场“哑设备”进行网络互联能力改造，支撑多元工业数据采集。提升异构工业网络互通能力，推动工业设备跨协议互通。支持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，推动信息技术网络与生产控制网络融合。开展企业外网建设，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。二是积极开展车联网基础设施建设。推动 C-V2X 与 5G 网络、智慧交通、智慧城市等统筹建设，加快在主要城市道路规模化部署，探索在部分高速公路路段试点应用。推动车联网关键技术研发及测试验证，探索车联网运营主体和商业模式创新。协同汽车、交通等行业，推广车联网应用，加速车联网

终端用户渗透。三是加快新型城市基础设施建设。推动利用 5G、物联网、大数据、人工智能等技术对传统基础设施进行智能化升级，加快推进城市信息模型（CIM）平台和运行管理服务平台建设，推动城市基础设施建设数字化、监测感知网络化、运营管理智能化。

#### （四）强化核心技术研发和创新突破

一是提升关键核心技术研发能力。加大光通信、毫米波、5G 增强、6G、量子通信等网络技术研发支持力度，跟踪开放无线网络技术研究，加速通信网络芯片、器件和设施的产业化和应用推广。加强网络智能化攻关，推动 5G 与人工智能技术深度融合，提升网络运维效率、服务质量和业务体验。加强云计算中心、物联网、工业互联网、车联网等领域关键核心技术和产品研发，加速人工智能、区块链、数字孪生、虚拟现实等新技术与传统行业深度融合发展。二是完善产业创新生态建设。推动建立融合发展的新兴领域标准体系，加快数字基础设施共性标准、关键技术标准制定和推广。充分发挥龙头企业技术外溢和集成整合作用，加强产学研用多方协同攻关，支持开展跨界研发，解决一批“卡脖子”技术问题，构建有核心竞争力的技术体系和创新生态，实现产业链和创新链有效衔接，整体提升产业链基础能力和供应链安全水平。三是布局战略性前沿性技术。瞄准可能引发信息化领域范式变革的重要方向，前瞻布局战略性、前沿性、原创性、颠覆性技术。加强人工智能、量子信息、集成电路、空天信息、类脑计算、神经芯片、数字孪生、硅基光电子、非硅基半导体等关键前沿领域的战略研究布局和技术融通创新。

## （五）深入推进千行百业规模化应用落地

一是**培育壮大“双千兆”新兴应用**。聚焦人民群众新期待，持续发掘信息消费领域应用新亮点，加快5G消息、云游戏、云AR/VR等个人应用项目的探索和推广。支持“双千兆”网络在公共服务领域的大规模商业化应用，培育智慧城市、远程教育、在线医疗、人工智能辅助诊断等数字公共服务新模式。支持工业企业建设5G全连接工厂，深入推动“5G+工业互联网”加快向生产核心环节深入拓展，进一步发挥我国5G引领优势，提升制造业数字化网络化智能化水平。二是**加快推动标杆应用规模化落地**。梳理总结历年5G“绽放杯”、千兆光网“光华杯”应用创新大赛获奖项目，围绕工业、交通、医疗、教育、能源、文旅等重点领域，打造行业领域特色应用场景和水平标杆示范项目，推动有商业价值的应用解决方案在重点行业规模化发展。鼓励各地因地制宜推动“双千兆”在当地特色产业中的融合应用，持续挖掘、培育、落地一批“双千兆”应用优秀成果。



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](http://www.caict.ac.cn)

