



集智 白皮书 No. 202325

# 中国宽带发展白皮书

## (2023 年)

中国信息通信研究院

2023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，世界百年未有之大变局加速演进，新一轮科技革命和产业变革深入发展，我国全面建设社会主义现代化国家新征程也进入了开局起步的关键时期。站在新的更高的历史起点上，宽带作为新时代经济社会发展的战略性公共基础设施，重任前所未有、机遇前所未有、挑战前所未有。

以习近平同志为核心的党中央着眼全局、把握大势，对5G网络、千兆光网、数据中心等宽带发展作出系列重要部署，各部门各地区协同发力，推动相关宽带基础设施进入规模化部署和应用新阶段，在强化算网能力供给、夯实技术产业基础、推动融合应用创新、促进绿色普惠发展等方面取得显著成效。

信息革命浪潮风起云涌，新一代信息技术正加速突破应用，引领宽带加速由以传输为核心的通信网络，向感知、传输、计算一体化演进。其中，物联传感向泛在智能发展，通信网络向高速可靠升级，算力设施向多元协调演进，推动融合赋能向更深更广延伸，整体呈现提质、提速、提档、提效的发展态势。

中国信通院已连续第六年发布《中国宽带发展白皮书》，本白皮书结合当前形势，梳理2023年我国宽带发展政策新动向，总结一年来宽带发展新成果新变化，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、我国宽带发展政策环境日益优化 .....	2
(一) 党和国家多点发力完善顶层设计 .....	2
(二) 相关部委多措并举推动战略落地 .....	4
(三) 地方政府多管齐下助推实践创新 .....	8
二、我国宽带发展取得七大显著成效 .....	10
(一) 接入能力迭代升级 .....	10
(二) 网络架构持续优化 .....	13
(三) 算力供给大幅增强 .....	16
(四) 产业基础日益夯实 .....	17
(五) 融合应用规模发展 .....	19
(六) 普惠民生成效显著 .....	21
(七) 绿色发展深入推进 .....	23
三、宽带演进呈现感传算一体化趋势 .....	24
(一) 感知提质，物联传感向泛在智能发展 .....	24
(二) 传输提速，通信网络向高速可靠升级 .....	26
(三) 计算提档，算力设施向多元协调演进 .....	29
(四) 应用提效，融合赋能向更深更广延伸 .....	30
四、统筹推动宽带发展的政策建议 .....	31
(一) 有效提升通信网络覆盖深度广度 .....	31
(二) 加快构建一体化算力设施体系 .....	33
(三) 持续加强核心技术攻关和产业化 .....	34
(四) 不断推动融合应用赋能千行百业 .....	34
(五) 充分营造健康有序的政策环境 .....	35

## 图 目 录

图 1 本报告重点探讨的宽带基础设施范畴及内容架构 .....	2
图 2 “绽放杯”“光华杯”“华彩杯”应用案例征集数量 .....	8
图 3 我国 10G PON 端口数及占比 .....	11
图 4 我国 1000M 及以上速率固定宽带用户规模及占比 .....	11
图 5 我国 5G 基站数量及密度 .....	12
图 6 我国 5G 用户数及占比 .....	12
图 7 我国光缆总里程及干线里程 .....	14
图 8 我国移动通信网络和城域网 IPv6 流量占比 .....	15
图 9 2023 年上半年主要移动通信设备商的全球市场份额 .....	18
图 10 2023 年上半年主要光通信设备商的全球市场份额 .....	18
图 11 2023 年前三季度主要智能手机厂商出货量全球占比 .....	19
图 12 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 .....	22
图 13 我国移动数据流量平均资费和月户均移动数据使用情况 .....	23
图 14 移动物联网技术发展 .....	25
图 15 传送网技术演进阶段 .....	27
图 16 PON 技术演进阶段 .....	28

## 表 目 录

表 1 重点领域行业政策及接续情况 .....	5
-------------------------	---

宽带网络是我国经济社会发展的战略性公共基础设施。2013年国务院出台的“宽带中国”战略中，宽带基础设施范围主要包括：3G/4G 移动通信网、光纤网络等网络基础设施，以及互联网数据中心（IDC）、内容分发网络（CDN）等应用基础设施。近年来，随着新一轮科技革命和产业变革加速演进，5G 网络、千兆光网、移动物联网、云计算等加快发展，推动宽带基础设施不断迭代升级。

《中国宽带发展白皮书》与时俱进，研究探讨宽带建设运营、技术产业、融合应用、绿色普惠等方面的新进展、新变化、新趋势。目前讨论的宽带范围主要包含以下方面：**一是物联传感设施**。具体包括 4G（含 cat1）/5G 等移动物联网，工业光总线等基于光纤的物联网络，以及基于 5G、光通信技术的感知设施。**二是通信网络设施**。具体包括 4G/5G 移动通信网，FTTH/FTTR 光纤网络，以及用于互联网接入服务的卫星互联网。**三是算力基础设施**。具体包括承载通用算力、智能算力、高性能算力等的算力中心以及算力中心间、算力中心与用户间的运力网络。整体来看，宽带基础设施是数字基础设施的关键组成部分，是数字基础设施的重要底座，是网络强国、数字中国建设的坚实支撑。



来源：中国信息通信研究院

图1 本报告重点探讨的宽带基础设施范畴及内容架构

## 一、我国宽带发展政策环境日益优化

党的二十大擘画了全面建设社会主义现代化国家、以中国式现代化全面推进中华民族伟大复兴的宏伟蓝图，以习近平同志为核心的党中央着眼全局、把握大势，围绕构建现代化基础设施体系、促进数实深度融合、打造新增长引擎等方面作出重要部署。各部門各地区紧紧围绕贯彻二十大精神，持续推进一系列政策举措落实落地，为宽带发展营造健康有序的良好政策环境。

### （一）党和国家多点发力完善顶层设计

构建现代化基础设施体系指明宽带发展新方向。党的二十大报

告明确要求“优化基础设施布局、结构、功能和系统集成，构建现代化基础设施体系”，为我国基础设施发展指明了前进方向，提供了根本遵循。具体到宽带及相关领域，就要求“加快5G网络、数据中心、人工智能、工业互联网、物联网等新型基础设施建设，形成万物互联、人机交互、天地一体的网络空间<sup>1</sup>”。2022年12月，中共中央、国务院印发《扩大内需战略规划纲要（2022-2035年）》，进一步提出“建设高速泛在、天地一体、集成互联、安全高效的信息基础设施，增强数据感知、传输、存储、运算能力”。

**促进数实深度融合为宽带发展作出新部署。**党的二十大报告紧紧把握以数字技术为核心的新一代科技和产业变革历史机遇，提出“加快发展数字经济，促进数字经济和实体经济深度融合”，打造赋能传统产业转型升级的新路径，催生新产业新业态新模式。具体到宽带及相关领域，就要求“加快建设新一代移动通信、数据中心等数字基础设施，促进信息高效联通和开发利用<sup>2</sup>”。2023年2月，中共中央、国务院出台《数字中国建设整体布局规划》，进一步提出“打通数字基础设施大动脉”，围绕5G网络与千兆光网协同建设、IPv6规模部署和应用、移动物联网全面发展、算力基础设施布局优化等作出进一步部署。

**构建新增长引擎激发宽带发展新活力。**党的二十大报告明确提出“推动战略性新兴产业融合集群发展，构建新一代信息技术、人

<sup>1</sup> 《党的二十大报告辅导读本》

工智能、生物技术、新能源、新材料、高端装备、绿色环保等一批新的增长引擎”。具体到宽带及相关领域，就要求“加强前沿技术、颠覆性技术的多路径探索和交叉融合，积极塑造未来技术应用场景，孵化培育一批未来产业”。2022年12月，中共中央、国务院进一步强调，要“全面提升信息技术产业核心竞争力，推动人工智能、先进通信、集成电路、新型显示、先进计算等技术创新和应用<sup>2</sup>”。

## （二）相关部委多措并举推动战略落地

跨部门协同推动各项行动计划滚动接续。“双千兆”网络、新型数据中心、5G应用、IPv6等重点领域行动计划将于2023年底到期，今年以来，工业和信息化部、中央网信办、国家发展改革委等加紧推动相关政策接续，接续政策由各行业主管部门共同参与、统筹推进，加快形成全国一盘棋。2023年4月，工业和信息化部、中央网信办、国家发展改革委等八部门<sup>3</sup>出台《关于推进IPv6技术演进和应用创新发展的实施意见》，推动打造IPv6技术、网络、设备应用、安全协同互促的产业生态，构筑下一代互联网创新发展新优势。5月，工业和信息化部、教育部、公安部等十四部门<sup>4</sup>联合印发《关于进一步深化电信基础设施共建共享促进“双千兆”网络高质

<sup>2</sup> 《扩大内需战略规划纲要（2022—2035年）》

<sup>3</sup> 工业和信息化部、中央网信办、国家发展改革委、教育部、交通运输部、人民银行、国务院国资委、国家能源局

<sup>4</sup> 工业和信息化部、教育部、公安部、民政部、自然资源部、住房和城乡建设部、交通运输部、文化和旅游部、国家卫生健康委员会、国务院国有资产监督管理委员会、国家市场监督管理总局、国家体育总局、国家能源局、中国国家铁路集团有限公司

量发展的实施意见》，进一步拓展跨行业共建共享范围，优化基础设施布局，提升电信基础设施共建共享水平。10月，工业和信息化部、中央网信办等六部门<sup>5</sup>联合印发《算力基础设施高质量发展行动计划》，着力提升算力综合供给能力、运力高效承载能力和存力灵活保障能力，持续增强算力赋能成效。

表 1 重点领域行业政策及接续情况

领域	已实施政策	主要成效 (截至 2023 年 9 月)	接续政策
“双千兆”网络	《“双千兆”网络协同发展行动计划（2021-2023年）》	千兆光网具备覆盖 5 亿户家庭能力 10G-PON 端口超过 2000 万个 千兆宽带用户突破 1.4 亿户 实现县县通 5G 建成 110 个千兆城市	推进中
新型数据中心	《新型数据中心发展三年行动计划（2021-2023 年）》	存力总规模超过 1080 EB 算力规模近 200 EFLOPS 智能算力规模占比达 25% 全国规划在建的大型以上数据中心 PUE 最优水平降至 1.08	《算力基础设施高质量发展行动计划》
5G 应用	《5G 应用“扬帆”行动计划（2021-2023 年）》	5G 移动用户人口普及率超过 50% 5G 用户数超过 7.4 亿 5G 网络接入流量占比约 50% 每万人 5G 基站数超过 22 个 5G 行业虚拟专网超 2.6 万个	推进中
IPv6	《IPv6 流量提升三年专项行动计划（2021-2023 年）》	移动通信网 IPv6 流量占比超过 50% 城域网 IPv6 流量占比接近 20% 全国 IPv6 互联网活跃用户占比超 70%	《关于推进 IPv6 技术演进和应用创新发展的实施意见》

<sup>5</sup> 工业和信息化部、中央网信办、教育部、国家卫生健康委、中国人民银行、国务院国资委

<b>共建 共享</b>	<p>《关于推进电信基础设施共建共享支撑5G网络加快建设发展的实施意见》</p> <p>新建铁塔共享率超80% 新建5G基站共享存量站址比例超90%</p>	<p>《关于进一步深化电信基础设施共建共享促进“双千兆”网络高质量发展的实施意见》</p>
------------------	--	---

来源：中国信息通信研究院

**支持应用创新的行业政策相继出台。**工业和信息化部、文化和旅游部、国家能源局、国家卫生健康委员会等共同推动5G、千兆光网等宽带基础设施的行业应用创新。在文化旅游领域，工业和信息化部联合文化和旅游部印发《关于加强5G+智慧旅游协同创新发展的通知》，推动5G在旅游服务、管理、营销、体验等场景下应用创新，并公布了30个“5G+智慧旅游”应用试点项目。在能源领域，国家能源局综合司联合工业和信息化部办公厅印发《2022年度能源领域5G应用典型案例汇编》，公布了5G在智能电厂、智能电网、智能煤炭、智能油气、综合能源、智能制造及建造等场景的33项应用典型。在医疗健康领域，工业和信息化部、国家卫生健康委员会在联合开展“5G+医疗健康”应用试点的基础上，进一步组织开展“宽带网络+健康乡村”应用试点，推动宽带网络在远程医疗服务、县域医共体信息化建设、移动乡村巡诊、网络村医助手、网络村医教育培训、网络公共卫生防护等方面的应用创新。在其他领域，工业和信息化部办公厅印发《关于推进5G轻量化（RedCap）技术演进和应用创新发展的通知》，推进5G RedCap技术演进、产品研发

发及产业化，促进5G RedCap在工业、物流、港口、车联网等领域的规模化应用。

各项创新大赛持续挖掘典型应用项目。5G方面，工业和信息化部举办第六届“绽放杯”5G应用征集大赛，征集应用案例4.6万个，数量同比增长60.1%，其中，智慧城市、先进制造、能源有色、医疗健康等领域的项目数量位居前列，智慧水利、智慧海洋等领域5G应用创新取得突破。千兆光网方面，工业和信息化部启动实施千兆光网“追光计划”，加强跨行业、跨企业协同创新；指导举办第二届“光华杯”千兆光网应用创新大赛，在数字政府、智慧园区、乡村振兴、智慧教育、智慧城市等领域征集创新案例超过1.7万个，数量达到第一届的5.6倍。算力方面，工业和信息化部指导举办“华彩杯”算力应用创新大赛，以工业、交通、医疗等典型行业为主要场景征集应用案例近5000项，推动模式新颖、特色鲜明的算力应用加速落地。



来源：工业和信息化部、中国信息通信研究院

图2 “绽放杯”“光华杯”“华彩杯”应用案例征集数量

### （三）地方政府多管齐下助推实践创新

**推动5G网络向重点场所深度覆盖。**目前，全国所有地市政府均已明确面向5G网络开放公共资源，95%县区将5G站址纳入地方城市规划，有效推动5G网络与其他行业规划融合部署。各省、自治区、直辖市针对政府机关、交通枢纽、医院、高校、商务楼宇、住宅小区等重点场所，持续推动5G网络建设部署和覆盖完善。比如，[上海](#)印发《5G网络能级提升“满格上海”行动计划》，提出重点在医院、学校、商圈、交通枢纽、旅游热点等人流密集区域推进5G网络深度覆盖，建设“满格机关”“满格医院”“满格校园”“满格文旅”“满格交通”“满格园区”，助力城市数字化转型。[江苏](#)印发《“5G江苏”专项行动计划》，提出到2023年底实现重点场所、行政村、江河湖海水域通5G，着力推动“无线江苏”向“5G江苏”

升级，打造高标准 5G 精品网。

**推动千兆光网普及应用和演进升级。**各地政府大力支持 10G PON 部署，推动发展 FTTR 用户，鼓励全光小微企业、全光工厂部署。比如，浙江印发《千兆光网应用加速发展“光富浙里”行动计划》，推动建设先进的骨干光网基础设施、泛在的城域光网基础设施和最佳体验的光接入网。部分省、自治区、直辖市明确鼓励“千兆+”发展，推动开展 50G PON 试点部署。比如，上海发布《千兆光网建设应用“光耀申城”行动计划》，提出率先建成终端用户、政企客户全覆盖的端到端全光网络，实现网络领先、体验领先、应用领先、示范领先，为迈入万兆光网城市筑牢基础。北京发布《“光网之都，万兆之城”行动计划》，率先以政策文件形式推动“千兆光网”向“万兆光网”演进升级。

**推动算力赋能行业应用。**主要省、自治区、直辖市积极出台算力支持政策，推动算力在更多生产生活场景的应用落地。一是夯实全光运力底座，提升重点场所算力网络（OTN）通达率、数据中心互联低时延达标率、算力全光调度节点（OXC）占比。比如，天津、山东提出到 2025 年，重点场所算力网络通达率和算力全光调度节点占比均达到 100%。二是面向企业、工业园区等特定场景需求优化算力设施布局。比如，北京支持园区加快计算中心、算力中心、工业互联网、物联网等基础设施建设。湖南提出建设面向特定场景的边缘计算设施，推动边缘计算与云计算协同部署。三是推动降低

算力使用成本和门槛。比如，宁夏对于在自治区内使用集群内数据中心算力服务的企业，按照合同金额给予30%补助（最高不超过20万元）。

## 二、我国宽带发展取得七大显著成效

过去一年，在有为政府和有效市场的共同驱动下，我国政产学研用协同发力，实现宽带基础设施演进升级、技术产业健康发展、赋能作用充分彰显，务实推动5G网络、千兆光网、数据中心等宽带基础设施进入规模化部署和应用新阶段，带动社会生产方式变革、生产关系再造、生活方式巨变，成为支撑数字经济发展和推动社会数字化转型的战略基石。

### （一）接入能力迭代升级

六成固定宽带接入端口具备千兆服务能力。截至2023年9月底，我国已建成开通光纤到户（FTTH）端口10.8亿个，光纤网络基本通达全国现有行政村。千兆光网覆盖范围持续拓展，现网具备千兆网络服务能力的10G PON端口数达2184.8万个，在已部署的PON端口数量中占比超过60%，成为固定光纤网络的主流接入方式。千兆及以上速率固定宽带用户加速发展，用户规模已超过1.4亿户，在固定宽带用户中的占比达23%。光纤到房间（FTTR）等新业务从试点部署迈向规模化发展，用户规模已超过800万户。



来源：工业和信息化部、中国信息通信研究院

图3 我国10G PON端口数及占比



来源：工业和信息化部、中国信息通信研究院

图4 我国1000M及以上速率固定宽带用户规模及占比

5G成为移动通信主力承载网络。截至2023年9月底，我国已建成开通5G基站318.9万个，覆盖所有地级市城区、县城城区，并进一步向乡镇、行政村等延伸覆盖。重点区域5G网络连续覆盖

有序推进，建成5G室内分布系统超101.1万个，机场、高铁车站5G覆盖达标率达到100%，地铁、三甲医院、重点商务楼宇达标率均超过80%。5G用户加快发展，用户规模已达到7.4亿户，5G用户人口普及率达到52.2%，5G流量占移动数据流量比重达到50%，5G已成为移动通信的主力承载网络。



来源：工业和信息化部、中国信息通信研究院

图5 我国5G基站数量及密度



来源：工业和信息化部、中国信息通信研究院

图6 我国5G用户数及占比

共建共享进入新阶段。行业内共建共享日益深化，新建铁塔共享率提升至 84.7%，新建 5G 基站共享存量站址比例达到 95%。2023 年 5 月，在工业和信息化部的统筹组织协调下，中国电信、中国移动、中国联通、中国广电共同启动全球首个 5G 异网漫游试商用，加快打造热点地区多网并存、边远地区一网托底的移动通信网络格局。铁塔与市政、交通、电力、公安、应急等设施资源共享持续推进，截至 2023 年 9 月底，超过 36% 的新建塔类站址通过共享利用社会资源开展建设，已共享使用铁路槽道超 1 万公里，电力企业杆塔超过 3000 个，累计节约建设投资近 2000 亿元。

## （二）网络架构持续优化

骨干传输网建设稳步推进。我国光缆线路总长度持续增加，截至 2023 年 9 月底，我国光缆线路总长度达到 6309.7 万公里，同比增长 7.4%。其中，干线光缆达到 112.4 万公里，同比提升 2.6%。干线光缆加速更新换代，新型超低损耗光纤部署规模逐步扩大，G.654.E 光纤部署规模达到 3 万皮长公里。骨干传输网络持续扩容，200G 传输系统规模部署，400G 超高速、超大容量传输系统在部分骨干场景部署。



数据来源：工业和信息化部

图 7 我国光缆总里程及干线里程

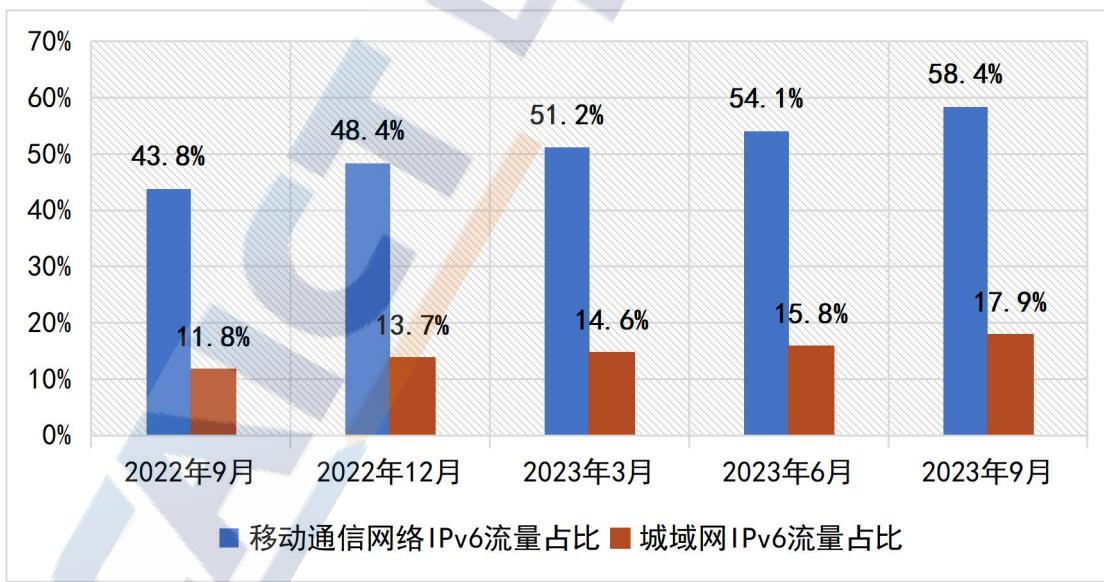
**网络互联互通水平持续提升。**互联网网间顶层架构向“骨干直联+新型互联网交换中心”的全方位立体化不断迈进。国家级骨干直联点扩容增点，伴随着合肥、太原、昆明、重庆、南宁等国家级互联网骨干直联点建成开通，我国国家级互联网骨干直联点开通数量达到23个<sup>6</sup>。新型互联网交换中心建设运营，浙江杭州、宁夏中卫、深圳前海与上海临港四个新型互联网交换中心已接入企业近260家，接入带宽达到16.7Tbit/s。网间通信质量主要性能指标达到欧美主流运营商水平，网络服务质量稳步迈向世界一流。

**网络调度能力和服务效能增强。**承载网络架构持续扁平化，IP城域网接入层架构进一步优化，基于可重构光分插复用器、全光调度节点结构的全光高速直达网络加快部署。多业务综合承载能力持

<sup>6</sup> 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、济南、青岛、哈尔滨、长沙、合肥、太原、昆明、重庆、南宁

续提升，面向5G承载网的切片分组网、光传送网专线等应用逐渐向城域边缘下沉。网络资源可控性日益增强，软件定义网络、网络功能虚拟化、网络切片协同编排、人工智能和大数据分析等技术应用逐步深入。

IPv6规模部署迎来关键新阶段。IPv6网络质量持续提升，主要区域IPv6与IPv4网络体验总体趋同，保障用户体验在网络升级过程中的无缝衔接。2023年2月，移动通信网络IPv6流量首次突破50%，IPv6超越IPv4成为主要协议。截至9月底，我国IPv6地址资源总量达6.7万块/32，全球排名第二。IPv6活跃用户数达7.6亿，在网民中占比超过70%。移动通信网络IPv6流量占比达到58.4%，城域网IPv6流量占比达到17.9%，IPv6迈入从“通路”到“通车”、从“能用”到“好用”的关键阶段。



数据来源：国家IPv6发展监测平台

图8 我国移动通信网络和城域网IPv6流量占比

### （三）算力供给大幅增强

通用、智算、超算等多元算力协调发展。截至2023年6月底，全国在用数据中心机架总规模超过760万标准机架，存力总规模超过1080EB，算力总规模达到197EFLOPS，近五年年均增速近30%，算力总规模位居全球第二。新增算力设施中智能算力占比过半，173台超算计算机进入全球超算500强，通用、智能、超算等多元算力协调发展，日益满足各行业发展的算力需求。



来源：工业和信息化部、中国信息通信研究院

图6 我国在用数据中心机架规模

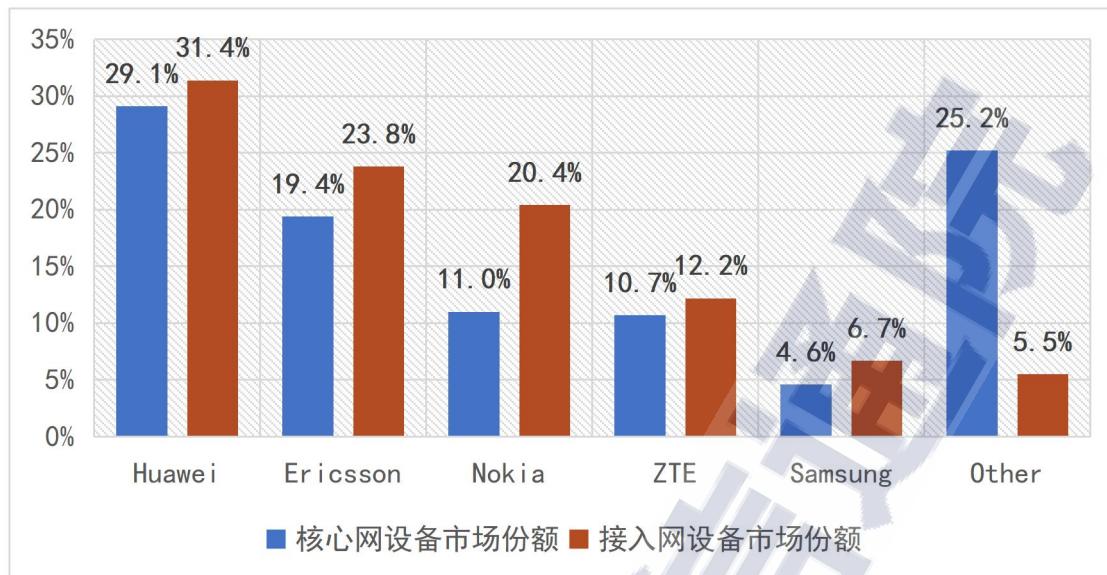
算力基础设施的梯次供给体系初步形成。“东数西算”工程自启动至今，全国新增投资超过4000亿元，在京津冀、长三角、粤港澳大湾区、成渝等8个国家算力枢纽中，2023年新开工的数据中心项目近70个，国家枢纽节点、省内、边缘协同发展的算力梯次布局体系初步形成。新建大型、超大型数据中心逐渐向内蒙古等中

西部算力枢纽节点转移，西部枢纽新增数据中心的建设规模超过 60 万机架，算力枢纽节点间新建条干线光缆 130 余，东西部高效互补、协同联动的能力进一步增强。

#### （四）产业基础日益夯实

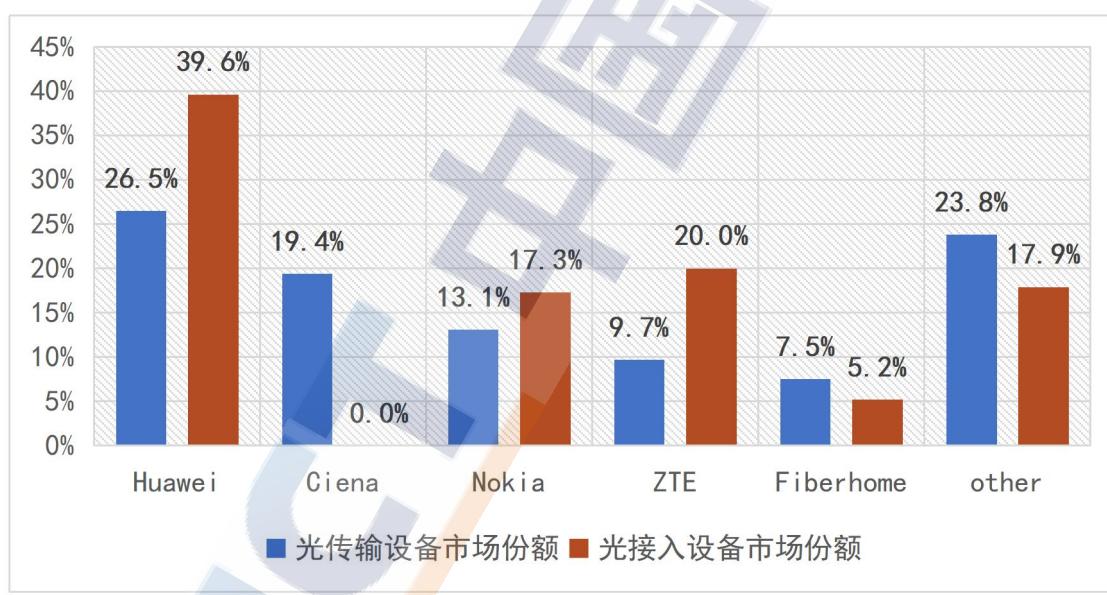
短板领域加快技术创新和产业化突破。光通信方面，中科鑫通“多材料、跨尺寸”的光子芯片生产线即将投产，有望填补我国在光子芯片晶圆代工领域的空白。移动通信方面，中国移动发布国内首款可重构 5G 射频收发芯片“破风 8676”，将在云基站、皮基站、家庭站等 5G 商用网络建设中发挥重要作用。华为麒麟 9000S 芯片重返 5G 手机市场，推动中高端移动芯片持续突破。算力方面，我国自主研发的新一代通用 CPU “龙芯 3A6000” 正式发布，国产 CPU 在产品性能上达到新高度。

整机竞争实力持续处于全球前列。通信设备市场份额全球居前，2023 年上半年，我国厂商的移动接入网设备、移动核心网设备的全球市场份额分别达到 43.6% 和 39.8%，光传输设备、光接入设备的全球市场份额分别达到 43.7% 和 64.8%。通用服务器、边缘服务器性能不断提升，国产品牌服务器竞争力持续增强。智能手机出货量全球占比近半，2023 年 1-9 月，我国厂商智能手机出货量达到 4.1 亿台，全球占比达到 48.8%。



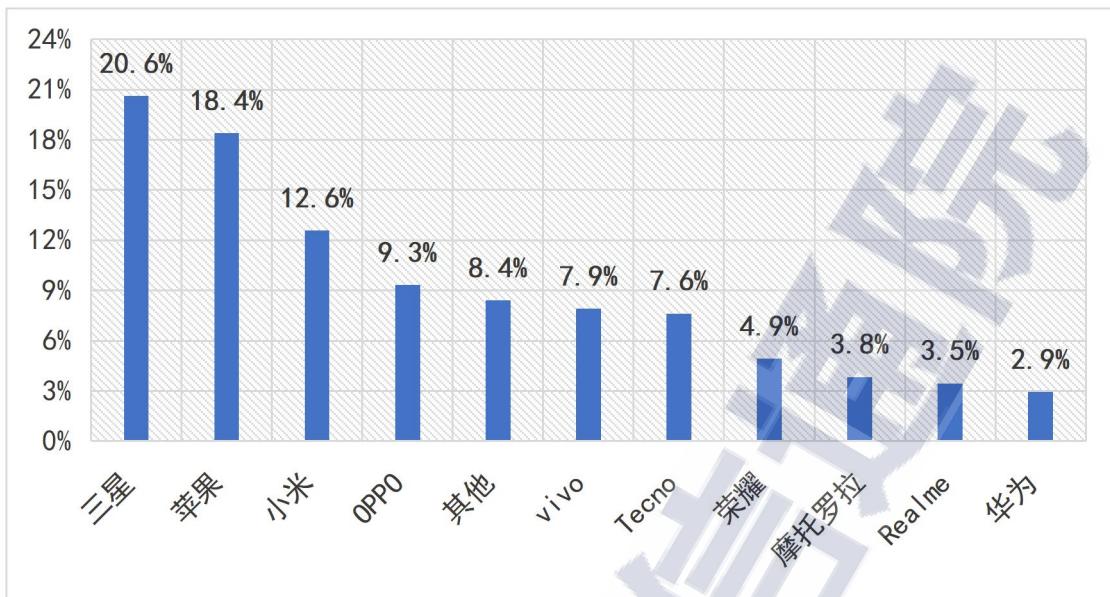
数据来源：Omdia

图9 2023年上半年主要移动通信设备商的全球市场份额



数据来源：Omdia

图10 2023年上半年主要光通信设备商的全球市场份额



数据来源：Omdia

图 11 2023 年前三季度主要智能手机厂商出货量全球占比

## （五）融合应用规模发展

赋能居民消费提档升级。电子商务、移动支付等数字应用从城市到乡村加速普及，日益畅通消费渠道。2023年1-9月，全国网上零售额达10.8万亿元，同比增长11.6%，网络零售对社会消费贡献率达33.9%。线上线下加速融合，智慧文旅、智慧家居、智慧观赛等应用不断涌现，为消费者提供精准化、个性化服务。全息互动、裸眼3D、数字渲染、超高清视频等数字技术加速渗透，广泛应用于赛事直播、学习教育、居住服务、文体旅游等与人民生活息息相关的领域，为人民群众带来多样化的全新体验。目前，全国已建设“5G+医疗健康”试点项目近1000个，“5G+智慧教育”应用试点项目109个，国家级智慧旅游沉浸式体验新空间案例24个，持续

挖掘典型应用场景，助力提升居民消费体验。软硬件融合创新带动智能网联汽车、无人机等智慧产品加快发展，持续推动消费结构高端化。目前，我国现有实名登记的民用无人驾驶航空器超 111 万架，搭载 L2 及以上 ADAS 功能乘用车销量占比超过 40%，升级类商品消费需求持续释放。

**赋能行业生产提质增效。**5G 和千兆光网应用案例已融入 60 个国民经济大类。工业领域，5G 和千兆光网在矿山、港口、电力等重点行业加快规模化推广，5G 在全国 25 个主要沿海港口中的应用比例高达 92%，在 20 强煤炭和钢铁企业的应用比例分别达到 95% 和 85%，大幅优化生产要素配置结构、提升投入产出效率。应用场景从主要以视频监控、物流管理等生产辅助类业务为主逐渐拓展至研发设计、设备控制、运维管理等核心业务，推动供给体系向精细化、高端化、定制化迈进。农业领域，无人机植保、农机自动驾驶等加快应用，基于北斗系统的农机自动驾驶系统已超过 10 万台套，极大提升“耕、种、管、收”作业质量与效率。畜牧养殖平台加快建设，对养殖环境进行实时监测和控制，推动养殖业生产管理精细化和高效化。

**赋能数字治理便捷高效。**电子政务外网已覆盖所有县级以上的行政区和 96.1% 的乡镇地区，全国 31 个省、自治区、直辖市和新疆生产建设兵团云基础设施基本建成，政务云平台在地级市的覆盖率超过 70%，夯实数字政府建设的关键底座，让企业和群众办事更

方便、更快捷、更有效率。建成全国一体化政务数据共享枢纽，接入各级政府部门 5951 个，发布各类数据资源 1.5 万类，累计支撑共享调用超 5000 亿次，有力推动跨层级、跨地域、跨系统、跨部门、跨业务的协同管理和服务，助力实现政务服务“一网通办”。覆盖国家、省、市、县等层级的政务数据目录体系初步形成，已建设省级政务数据平台 26 个、市级政务数据平台 257 个、县级政务数据平台 355 个，汇聚编制政务数据目录超过 300 万条，在调节经济运行、改进政务服务、优化营商环境、支撑疫情防控等方面发挥了重要作用。

## （六）普惠民生成效显著

宽带网络实现普遍覆盖。我国先后实施部署九批电信普遍服务建设任务，至今已支持 13 万个行政村通光纤网络建设和 7.9 万个农村 4G、5G 基站建设，实现宽带网络覆盖所有边远乡村、海岛和边疆。教育、医疗等公共服务场所网络覆盖水平得到有效保障，全国中小学校（含教学点）实现 100% 通宽带，未联网学校实现动态清零。远程医疗覆盖农村地区、贫困地区所有脱贫县，有效巩固了基本医疗保障。

网络下载速率达到全球领先水平。根据宽带发展联盟最新数据，我国固定宽带用户平均下载速率约为 71.7Mbit/s，同比提升 14.6%。移动宽带用户通过 4G 和 5G 网络进行文件下载时的综合平均下载速率达到 98.1Mbit/s，同比提升 65.3%。根据国际测速机构

Speedtest 最新数据，2023 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 7 位，移动网络下载速率中位数在全球 141 个国家和地区中排名第 3 位，均达到全球领先水平。



数据来源：宽带发展联盟

图 12 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

通信资费负担降至全球低位。固定宽带资费方面，2023 年 1-9 月，我国固定宽带每月每户平均支出为 35.8 元，同比下降 0.9%。根据 ITU 最新数据，我国固定宽带资费占人均国民总收入（GNI）比例仅为 0.45%，固定宽带资费负担为全球第二低。移动宽带资费方面，2023 年 1-9 月，我国移动数据流量平均资费降至 2.25 元/GB，同比下降 12.3%，移动通信用户每月每户平均支出 39.9 元，同比下降 1.3%。我国移动宽带资费占人均 GNI 百分比仅为 0.45%，可负担性进入全球前 20%。



数据来源：工业和信息化部、中国信息通信研究院

图 13 我国移动数据流量平均资费和月户均移动数据使用情况

## （七）绿色发展深入推进

**通信网络更加集约高效。**现网老旧高能耗设备加快关停并转，三家基础电信企业有序推动2G、3G减频退网，2023年以来存量2G和3G基站数量累计减少44.9万个。通信基站用能结构绿色转型进程加快，累计已建设光伏站址和光电互补站址1.8万座，利用自然冷源的站址达到3.9万个。新型智能化、高能效设备采用比例持续提升，72.5万台壁挂及柜式空调已实施智能化改造，空调节能率达到26.2%，年节约电量约2.6亿度。

**算力设施更加节能低碳。**算力设施绿色低碳标准加速落地，液冷、蓄冷、高压直流、余热利用、蓄能电站等技术在算力基础设施建设中推广应用，太阳能、风能等可再生能源利用水平不断提高，全面提升算力设施的算效和能效。能源资源利用效率较低的老

旧数据中心有序开展节能与绿色化改造，新建数据中心能效水平不断提升，全国规划在建的大型以上数据中心 PUE 最优水平降至 1.08，达到国际领先水平。

### 三、宽带演进呈现感传算一体化趋势

当前，新一轮科技革命和产业变革深入推进，以人工智能、移动通信、物联网、云计算、大数据为代表的新一代信息技术加速突破应用，酝酿形成新的基础设施。宽带正加速由以传输为核心的通信网络，向感传算一体化演进升级，呈现提质、提速、提档、提效的发展特征。

#### （一）感知提质，物联传感向泛在智能发展

加速迈向万物互联。通信网络演进升级，对广连接、低时延、大上行等物联场景的支持能力持续增强。中高速率移动物联网加快发展。5G RedCap 将支持物联网设备以更低的功耗接入网络，满足可穿戴设备、工业无线传感器、视频监控等对尺寸、成本、耗电有要求的中高速率场景需要。预计到 2025 年，我国 5G RedCap 连接数有望实现千万级增长；到 2028 年，4G/5G 物联网在移动物联网中的占比将达到 60%，成为移动物联网主流。光联万物能力持续增长。万兆光网大带宽、低时延、高可靠及大并发的网络能力持续增强，将进一步满足全息交互设计、汽车碰撞仿真、8K 多机位监控、超高清工业相机等物联场景需求。

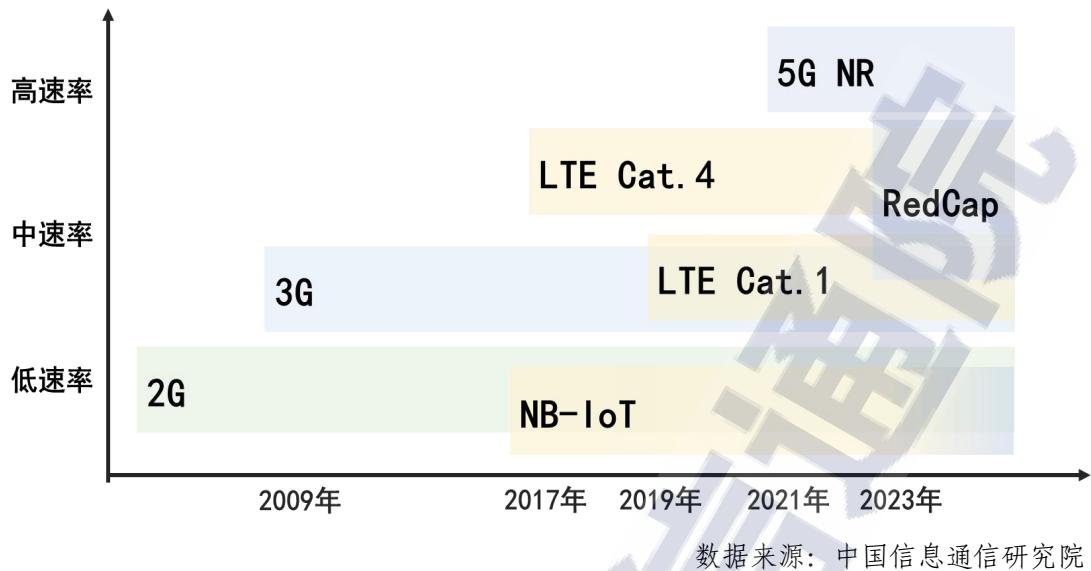


图 14 移动物联网技术发展

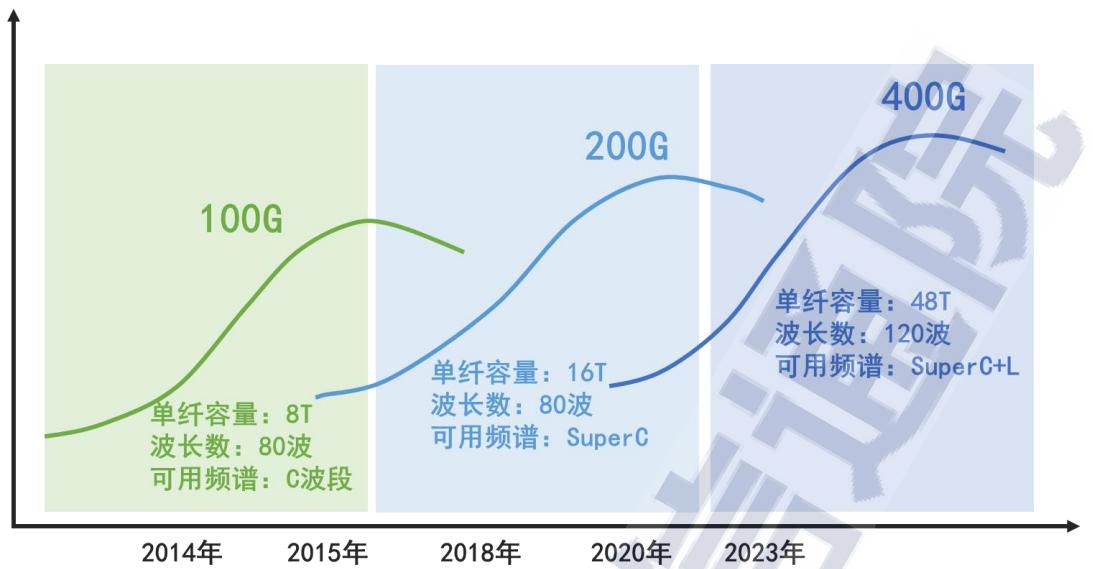
**加速迈向万物感知。**通感一体技术将感知能力融入通信系统，提供高精度、高分辨率的测距、测速、定位等感知能力。**无源物联**通信能力将进一步提升。基于 5G-A 技术的无源物联标准稳步推进，将提升无源物联网的通信距离，支持亚米级定位精度，有望在资产盘点、生产制造、物流跟踪等广域和局域场景广泛应用。**通感融合**技术将加快创新。光感知与可视化技术将通过光纤散射效应实现震动、应力、温度感知和米级定位精度，相关技术将在 2025 年前逐步标准化，未来有望在 3D 激光感知、超高清视频监控、城市视感一体化治理等应用场景落地应用。5G-A 通感融合技术将通过外界物体的反射波检测物体移动情况，为交通、低空、生活场景提供跟踪定位、测距测速、成像识别等服务。

**加速迈向万物智能。**人工智能与感知融合推动传感器从交互式向预测式转变，自主感知、自主决策等能力将不断提升。**车载传感**

器智能化。通过摄像头、激光雷达等方式，车载传感器将实现对道路、车辆、行人、障碍物等的高精度识别，满足实现车辆位置实时感知、业务就近敏捷处理、应用跨域协同切换等业务场景诉求，实现智能化的自动驾驶和安全控制。**工业传感器智能化。**工业传感器将进一步融合机器视觉、体态识别、异常行为分析预警等人工智能技术，优化工业安全防范、监管实施、质量检测和生产流程管理等，协助企业降本增效、安全生产。

## （二）传输提速，通信网络向高速可靠升级

**传送网从 200G 向 400G 及更大容量扩容。**随着海量数据稳定传输、算力跨区域调度等需求增长，传送网持续向更高速率、更大容量、更长距离演进。目前，单波容量 400G 短距离传输已经逐步成熟，预计 2024 年将实现长距离传输规模商用。单波容量 800G 标准即将发布，预计在 2025 年开启短距离传输试点应用。**传输频谱将进一步扩展。**传输频谱已实现 C 波段向 Super C 波段扩展，预计在 2024 年，Super C+L 波段将开启商用，有望通过增加波分复用的通路数使得单纤传输容量提升将近 1 倍。**新型单模光纤加快大规模应用。**G.654.E 超低损光纤能够有效提升无电中继传输距离，使得通信系统总体建设成本减少 20%，随着骨干网向 400G 升级扩容，G.654.E 等新型单模光纤应用比例将进一步提升。



数据来源：根据企业调研情况整理

图 15 传送网技术演进阶段

固定宽带接入网从 10G PON 向 50G PON 持续演进。当前基于 10G PON 的千兆宽带已经成为主流，固定宽带接入技术开始向 50G PON 平滑演进。中国电信、中国移动、中国联通、西班牙电信、瑞士电信、法国电信等领先运营商积极开展现网技术验证和试点，预计 2027 年将实现规模部署。接入速率将向万兆升级。美国、韩国、新加坡、澳大利亚、日本等竞争激烈的成熟市场已经通过专线等形式提供万兆接入速率服务，日本索尼通讯网络开始提供 2 万兆服务试点。50G PON 作为构建万兆网络的关键技术，其商用部署将有力推动更多国家和地区的固定宽带网络服务从千兆向万兆迈进。网络时延将进一步缩短。50G PON 通过更加高效的调制解调技术，使得网络时延由毫秒级降低到了微秒级，将极大提升网络的可靠性和稳

定性，进一步满足精密自动化控制、XR生产控制、自动驾驶、远程医疗等高可靠场景需要。

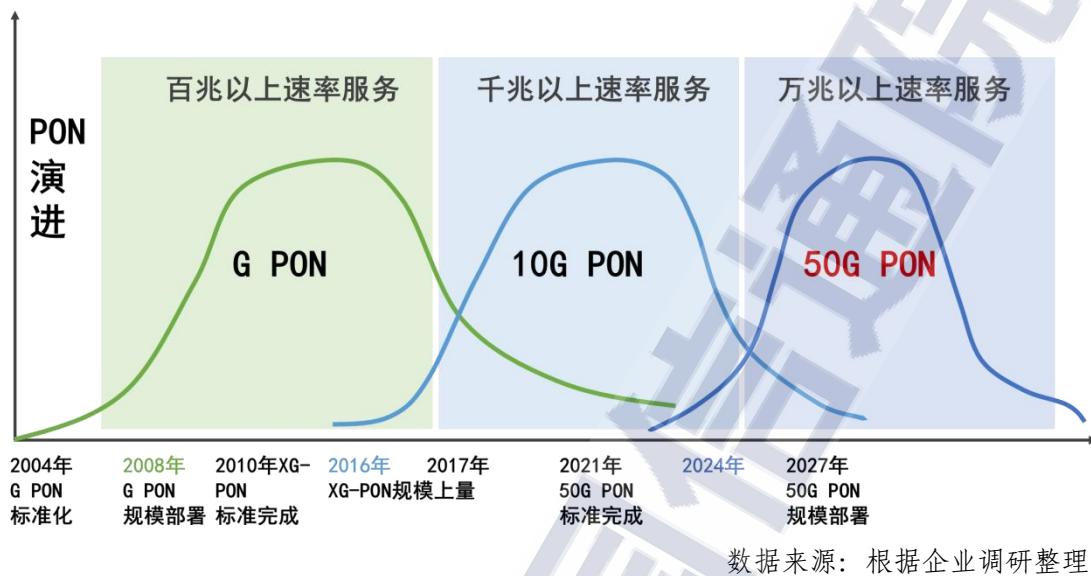


图 16 PON 技术演进阶段

移动宽带接入网从中频段向毫米波加快拓展。随着 5G 网络规模部署和技术演进升级，5G 从最初的以中低频段为主向毫米波等高频段拓展。目前，毫米波技术产业已经成熟，2023 年全球将有 15 个国家分配毫米波频谱，数量基本相当于过去四年的总和。速率将实现十倍提升。我国毫米波网络将加快进入规模建设和实际应用阶段，结合超大规模天线阵列、载波聚合等关键技术，将有力推动 5G 毫米波频段和中频段协同部署，推动 5G 网络下行速率从千兆向万兆升级，上行速率从百兆向千兆提升。时延将实现四倍优化。毫米波在可靠性、抗抖动、精同步等方面将实现新突破，未来有望将网络时延从中频段的 4 毫秒降至 1 毫秒，满足工业生产的极致性能要求，支撑 5G 从辅助环节进入核心生产环节。

卫星互联网从固定宽带向手机直连业务延伸。基于卫星互联网的固定宽带和移动通信业务加快发展，在民用领域逐步进入商用成熟阶段。**固定宽带服务规模发展。**基于低轨卫星的固定宽带服务模式加快验证，全球低轨卫星部署进程有望进一步加快。预计到2024年底，基于卫星的宽带互联网用户规模将接近380万户，用户主要集中在美国、加拿大、巴西、阿尔巴尼亚、墨西哥、英国、澳大利亚等国家。**手机直连业务迈向商业成熟。**基于5G的新空口非地面前端网络加快创新，中国移动、中国电信、沃达丰、AT&T等已完成手机直连卫星试验，华为发布全球首款支持卫星通话的智能手机Mate60，手机直连业务逐渐迈向商业成熟，有望在未来1-2年内迎来爆发期。

### （三）计算提档，算力设施向多元协调演进

**算力类型多元化。**大模型、生成式人工智能等技术加快应用，使得算力需求指数级增长，驱动智算、超算等多元算力设施进入新一轮快速发展期。**算力设施加快智能化升级。**预计未来2-3年，搭载GPU、ASIC和FPGA等异构智算芯片的服务器比例将快速提升，到2025年我国智能算力规模将超过100EFLOPS，在算力中的占比超过35%。**高性能计算迎来发展热潮。**高性能计算在多媒体、电子、地理、科研、天气等垂直行业加快应用，有望迎来爆发式增长。预计到2025年，高性能计算总体市场规模接近400亿美元，其中高性能计算云占比超过23%。

**算力布局协调化。**随着算力应用范围向工业、能源、交通、医疗、教育等多元化应用场景拓展，实时决策、快速响应的算力需求日益增长，对算力弹性敏捷、智能协同等提出更高要求。云边协同能力持续增强。云资源池、边缘云节点、内容分发网络等基础设施部署将更加全局化、分布式化，日益深入园区、工厂、仓库、路侧等，就近满足本地实时性算力需求。**算网协同**成为发展新热点。算力感知、编排、调度、交易等技术进一步发展，未来将基于并网计算统一吸纳多方计算资源，通过自驱式、智能化编排调度，实现算力服务的泛在连接、一体供给和随需而取。

#### （四）应用提效，融合赋能向更深更广延伸

消费领域将迎来多样化全新体验。一是对视频类应用的增强。全息互动、裸眼 3D、超高清视频等数字技术加速渗透，将广泛应用于赛事直播、学习教育、居住服务、文体旅游等与人民生活息息相关的领域，满足多层次、个性化的消费需求。手机、电脑、平板等硬件设备将持续升级，预计 2024 年，裸眼 3D 手机将问世并进入大规模商用时代。未来 3-5 年，基于 AR/VR 等新型终端的沉浸式应用将加速普及。二是对高配置需求应用的云化体验。通信网络低时延特性和算力资源下沉使得游戏、VR 等对设备性能要求较高的应用能够在服务器端运行，并将渲染完毕后的画面压缩后通过网络传送给用户。云手机、云桌面、云 AR/VR、云游戏等云化业务将加速创新，进一步提升用户体验。

生产领域将实现核心化场景赋能。5G 将加速进入企业内网。5G LAN 等技术逐步从技术标准迈向生产实践，可以实现全部或部分替代传统有线生产网络，承载制造执行、数据采集与监视控制等生产系统，将推动工业设备互联和各层工控网络架构之间底层数据打通，支持 5G 技术进一步深入生产制造、工业控制核心环节。**工业光总线加快发展。**光纤网络加速向生产控制系统下沉，为生产现场级设备与上层管理实体之间提供大带宽、强实时、高可靠的高速互连网络，将有力支持半导体加工、精密数控机床、激光加工振镜控制等确定性要求高的工业场景需求。

#### 四、统筹推动宽带发展的政策建议

宽带作为新时代推动经济社会高质量发展的战略性公共基础设施，发展速度之快、辐射范围之广、影响程度之深前所未有。迫切需要把握宽带体系化演进趋势，立足长远做好谋篇布局，发挥政府和市场、中央和地方、国有资本和社会资本的多轮驱动作用，适度超前推动宽带设施演进升级，建用互促深化融合创新，供需互动提高基础设施全生命周期综合效益，不断巩固提升既有优势，加快打通经济社会发展信息“大动脉”。

##### （一）有效提升通信网络覆盖深度广度

**加快推进“双千兆”网络建设。**积极推进 5G 网络建设，推动 5G 网络向乡镇和农村延伸，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，全面提升重点场景 5G 网络质量和

用户实际体验速率。优化产业园区、港口、厂矿等场景 5G 覆盖，推广 5G 行业虚拟专网建设。加快“千兆城市”建设，持续扩大千兆光纤网络覆盖范围，进一步深化城市家庭、重点区域、重点行业千兆光网覆盖，面向具备条件的农村及偏远地区开展千兆网络部署。推动 FTTR 等业务规模化发展，持续提升用户网络体验。支持因地制宜开展 50GPON、5G-A 等试点验证商用部署，稳步推进固定和移动通信网络平滑演进。

**深入推进移动物联网全面发展。**打造支持固移融合、宽窄结合的物联接入能力，构建低中高速移动物联网协同发展综合生态体系。按需完善 NB-IoT 网络部署，在交通路网、城市管网、工业园区、现代农业示范区等有需求场景提升深度覆盖水平。分阶段分区域推进 5G RedCap 商用，加快主要城市实现 5G RedCap 连续覆盖，提升广域物联业务连续性和可靠性，支撑更多应用场景接入。加快 5G 海量机器类通信应用场景网络建设，满足高速率、低时延联网需求。

**持续推进骨干网演进和服务能力升级。**提升骨干网络承载能力，加快 400G/800G 高速光传输网络研发部署和全光交叉、SRv6、网络切片、灵活以太网、光业务单元等技术应用，实现网络传输智能高效、灵活敏捷、按需随选。优化以骨干直联点、新型交换中心为重点的互联网络架构，推进骨干直联点扩容增点，加快新型互联网交换中心的规模试点和部署。增强 IPv6 网络互联互通能力，积极

推进 IPv6 单栈网络部署，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。

## （二）加快构建一体化算力设施体系

**推动算力基础设施部署。**按照全国一体化算力网络国家枢纽节点布局，面向重大区域发展战略实施需要有序建设算力设施，着力提升贵州、内蒙古、甘肃、宁夏等节点算力设施利用效率，促进东西部高效互补和协同联动。结合人工智能产业发展和业务需求，重点在西部算力枢纽及人工智能发展基础较好地区集约化开展智算中心建设，逐步合理提升智能算力占比。推动不同计算架构的智能算力与通用算力协同发展，满足均衡型、计算和存储密集型等各类业务算力需求。加快边缘算力建设，加强行业算力建设布局，推动“云边端”算力泛在分布、协同发展。

**深化算存运融合发展。**推动算力网络国家枢纽节点直连网络骨干节点，逐步建成集群间一跳直达链路，持续降低国家枢纽节点内重要算力基础设施间网络时延。推动城域光传输设备向综合接入节点和用户侧部署，加快实现大带宽、低时延的全光接入网络广泛覆盖，有效降低城区重要算力基础设施间网络时延。探索构建布局合理、泛在连接、灵活高效的算力互联网，通过网络的应用感知和资源分配机制，及时响应各类应用需求，实现计算、存储的高效利用。鼓励各方探索打造多层次算力调度架构体系，建设可满足各类创新主体开展多元异构算力调度、应用、研发、验证的平台环境。

### （三）持续加强核心技术攻关和产业化

**强化信息通信技术研发。** 加强 5G 增强技术研发，加快毫米波、轻量化模组、高精度定位等技术和产业成熟，持续开展 6G 技术试验。推动光通信持续发展演进，加强高速率传输、大容量交换和高密度光电集成等技术研发和产业化。强化先进计算、算网融合等技术布局，着力推动大模型算法、框架等基础性原创性技术突破，加大区块链、数字孪生等前沿技术研发力度。推动 IPv6 技术创新，积极开展新型网络体系、算网融合、真实源地址验证体系结构等下一代互联网关键技术研究，推动 IPv6 与 5G、人工智能等技术融合创新。

**加快关键核心产品研制。** 丰富 5G 产品种类，加速打造 5G 增强基站、终端、核心网、承载网设备等一批标志性产品，不断支撑 5G 新特性、新业务。加快光通信产品创新，推动 50G PON、FTTR、Wi-Fi7、工业 PON 等关键技术产品研发。加快智能产品推广，扩大智能家居、智能网联汽车等中高端产品供给。加强新型数据中心设施、IT、网络、平台、应用等多层架构融合联动，推动高端芯片、新型数据中心、超算等领域研发突破。鼓励企业加大 IPv6 网络设备、安全设备、智能终端等相关产品研发投入。

### （四）不断推动融合应用赋能千行百业

**培育壮大新兴应用。** 持续举办“绽放杯”5G 应用征集大赛、“光华杯”千兆光网应用创新大赛、“华彩杯”算力应用创新大赛

等活动，聚焦交通、能源、制造、农业及水利、教育、医疗、文旅、社区、家居、政务等十大场景，打造行业领域特色应用场景和高水平标杆示范项目，推动有商业价值的应用解决方案在重点行业规模化发展。在教育、文旅、医疗等领域开展应用试点示范，持续挖掘、培育、落地一批优秀应用成果，拓展数字化生活和社会公共治理领域新应用。

**优化完善产业生态。**研发推广基于5G网络、移动物联网、人工智能等的新型产品，支持传统线下文化、娱乐业态向线上拓展，丰富超高清视频、VR/AR等新型多媒体内容源。加快培育基础设施应用解决方案提供商、系统集成商和运营服务商，推动形成一批特色鲜明的产业集聚区和示范基地。聚焦装备制造、电子制造、矿山、港口、电力等行业，推动形成具有行业影响力的数字服务平台，沉淀数字化转型有效经验、路径和能力，不断降低组网、设备接入、方案规划等方面的成本。

## （五）充分营造健康有序的政策环境

**加强统筹协调。**健全宏观管理部门和各行业主管部门共同参与的协调机制，强化各领域基础设施之间的技术融合、互联互通和智能交互，促进数字资源的开放共享和整合利用。积极开展设施互联互通标准建设，加强信息基础设施和传统基础设施的标准融合和统一，促进设施的互联互通和共享复用。以需求为导向，强化区域协

同、全国布局，优化空间布局和供给结构，提升宽带基础设施的整体发展效能。

**调动市场力量。**通过深化体制机制改革、降低市场准入门槛、明确监管规则等措施，吸引更多社会企业参与宽带基础设施建设和应用发展，充分激发市场和民间投资活力。丰富资金投入渠道，根据不同宽带基础设施发展阶段、投资规模、建设周期、盈利能力、带动效应等特点，引导社会资本有序参与。发展多种融资组合方式，鼓励支持符合条件的应用创新企业在科创板、创业板上市融资，鼓励地方政府通过项目融资“绿色通道”、专项债支持等方式，降低企业参与宽带基础设施建设、技术创新研发和融合应用的资金成本。

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)

