

中国算力发展指数白皮书



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正在重塑全球经济结构，算力作为数字经济时代新的生产力，是支撑数字经济发展的坚实基础，对推动科技进步、促进行业数字化转型以及支撑经济社会发展发挥重要的作用。算力已成为全球战略竞争新焦点，是国民经济发展的重要引擎，全球各国的算力水平与经济发展水平呈现显著的正相关。

2020 年我国算力在逆势中加速发展，呈现出以下特征：

算力规模持续扩大，算力结构不断演化。2020 年我国算力依然保持蓬勃发展态势，规模达到 135 EFlops，同比增加 48 EFlops，在全球疫情背景下，我国算力依然保持 55% 的高位增长，高于全球增速约 16 个百分点，有效支撑疫情防控和经济社会发展。在算力结构上，基础算力依旧是主力，智能算力增长迅速，占比已超过 40%，成为算力快速增长的驱动力。

算力环境日益优化，应用需求不断提升。一是，持续优化的网络环境为算力发展提供坚实支撑，一方面网络带宽不断提升，2020 年全国互联网省际出口带宽增长 11%，助推算力的跨区域调度，另一方面 5G 覆盖率不断提升，加速云边端算力的协同。二是，不断提升的算力投资为算力发展提供动力，我国 IT 支出规模达到 2 万亿，增长 7.3%。三是，我国消费和行业应用算力需求增长迅猛，互联网依然是最大的算力需求行业，占整体算力近 50% 的份额，电信、金融领域对算力的应用处于行业领先水平。

算力助推经济增长，各地加快发展步伐。2020 年我国以计算机为代表的算力产业规模达到 2 万亿元，直接带动经济总产出 1.7 万亿元，间接带动经济总产出 6.3 万亿元，即在算力中每投入 1 元，将带动 3~4 元经济产出。全国各地算力发展步伐加快，京津冀、长三角、粤港澳大湾区等区域整体算力发展处于领先水平，其中，算力规模方面，北上广及周边省份地区表现较为突出，北京、广东、上海位列前三，均超过 15 EFlops；算力环境方面，四大城市群拥有较好的网络支撑、算力投入等环境条件；算力应用方面，东部沿海省份消费及行业应用需求较大，对算力增长的拉动作用显著。

加快发展算力，是我国打造数字经济新优势、构建“双循环”新发展格局、提升国家整体竞争力的重要保障。我国高度重视算力发展，明确提出布局全国算力网络国家枢纽节点，启动实施“东数西算”工程，构建国家算力网络体系。在需求与政策的双重驱动下，全国各地大力推进算力技术产业、基础设施建设及算力应用的发展。本白皮书系统研究我国算力发展状况，结合算力发展特点和重点影响因素，建立算力发展指数，全面客观评价我国各省份算力发展水平，以促进算力技术产业、基础设施建设及算力应用的发展，加强我国各地区算力的协同联动，为全国及各省份算力发展政策制定提供有力支撑。

当然，白皮书仍有诸多不足，恳请各界批评指正。

目 录

| | |
|-----------------------------|----|
| 一、 算力内涵和发展框架..... | 1 |
| (一) 算力内涵..... | 1 |
| (二) 算力发展框架..... | 2 |
| 二、 全球算力发展进入新阶段..... | 3 |
| (一) 算力多样化态势日益凸显..... | 3 |
| (二) 算力创新步伐进一步加快..... | 5 |
| (三) 算力成为数字经济新引擎..... | 8 |
| (四) 算力成为战略竞争新焦点..... | 10 |
| 三、 中国算力总体发展态势..... | 11 |
| (一) 我国算力规模不断扩大..... | 12 |
| (二) 算力创新水平大幅提升..... | 14 |
| (三) 算力发展环境日益优化..... | 17 |
| (四) 算力应用需求不断释放..... | 20 |
| (五) 算力发展助推经济增长..... | 23 |
| 四、 中国算力发展指数评估..... | 24 |
| (一) 指标建立依据..... | 25 |
| (二) 指标体系建立..... | 27 |
| (三) 我国算力评估..... | 29 |
| (四) 算力发展指数与经济的关系..... | 34 |
| 五、 加快算力高质量发展，支撑构建新发展格局..... | 36 |
| 附件一：算力指数测算框架..... | 38 |
| 附件二：数据来源..... | 41 |

图 目 录

| | |
|--|----|
| 图 1 算力发展总体框架 | 3 |
| 图 2 全球算力规模发展趋势 | 4 |
| 图 3 全球算力规模与 GDP 关系 | 9 |
| 图 4 全球算力规模分布情况 | 11 |
| 图 5 我国算力发展规模及增速 | 13 |
| 图 6 我国算力内部结构 | 13 |
| 图 7 我国移动通信基站发展情况 | 18 |
| 图 8 我国 IT 硬件、软件、服务支出规模 | 19 |
| 图 9 我国各行业算力应用分布情况 | 21 |
| 图 10 2015-2020 年移动互联网流量及月 DOU 增长情况 | 22 |
| 图 11 我国算力投入对经济总产出的带动作用 | 24 |
| 图 12 2020 年中国部分省份算力发展指数 | 30 |
| 图 13 2020 年中国部分省份算力规模分指数 | 31 |
| 图 14 2020 年中国部分省份算力规模 | 32 |
| 图 15 2020 年中国部分省份算力环境分指数 | 33 |
| 图 16 2020 年中国部分省份算力应用分指数 | 34 |
| 图 17 算力发展指数与 GDP 关系 | 35 |

表 目 录

| | |
|----------------------|----|
| 表 1 中国算力发展指标体系 | 28 |
|----------------------|----|

一、算力内涵和发展框架

(一) 算力内涵

从狭义上看，算力是设备通过处理数据，实现特定结果输出的计算能力。2018年诺贝尔经济学奖获得者 William D. Nordhaus 在《计算过程》一文中提出：“算力是设备根据内部状态的改变，每秒可处理的信息数据量”。算力实现的核心是 CPU、GPU、FPGA、ASIC 等各类计算芯片，并由计算机、服务器、高性能计算集群和各类智能终端等承载，海量数据处理和各种数字化应用都离不开算力的加工和计算。算力数值越大代表综合计算能力越强，常用的计量单位是每秒执行的浮点数运算次数（Flops，1 EFlops=10¹⁸ Flops）。据测算，1 EFlops 约为 5 台天河 2A 超级计算机，或者 25 万台主流双路服务器，或者 200 万台主流笔记本的算力输出。

从广义上看，算力是数字经济时代新生产力，是支撑数字经济发展的坚实基础。数字经济时代的关键资源是数据、算力和算法，其中数据是新生产资料，算力是新生产力，算法是新生产关系，构成数字经济时代最基本的生产基石。现阶段 5G、云计算、大数据、物联网、人工智能等技术的高速发展，推动数据的爆炸式增长和算法的复杂程度不断提高，带来了算力规模、算力能力等需求的快速提升，算力的进步又反向支撑了应用的创新，从而实现了技术的升级换代、应用的创新发展、产业规模的不断壮大和经济社会的持续进步。随着 5G 商用步伐的加快，物与物之间的连接不断深化，

算力在自动驾驶、智慧安防、智慧城市等领域的应用不断扩大，边缘计算以及雾计算的需求日益增加，算力范畴和边界仍在不断扩展。

(二) 算力发展框架

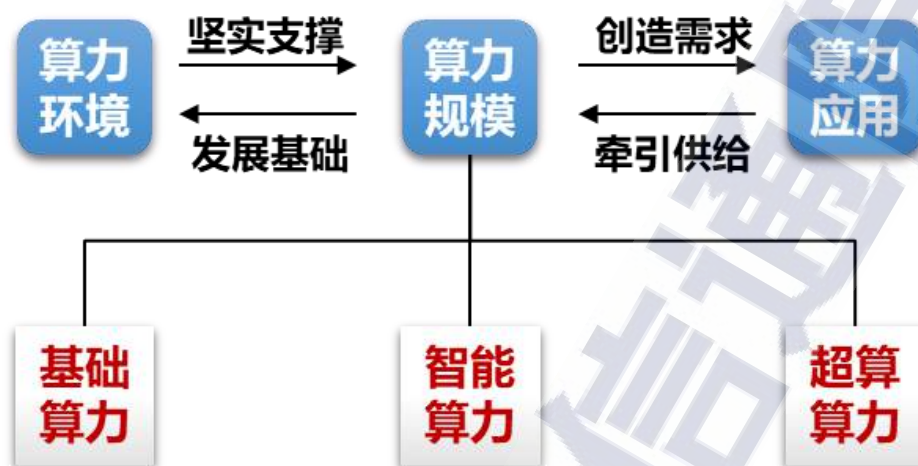
结合算力的内涵和特点，本白皮书从算力规模、算力环境和算力应用三个维度建立算力发展的总体框架。在数字经济时代，算力规模是国家和地区数字化生产力发展水平的重要指标，算力环境是我国新生产力发展的重要条件，算力应用反映了我国新生产力的需求状况。算力环境为算力规模发展提供坚实支撑，算力应用拉动算力规模的增长，三者相互促进、协同发展。

现阶段算力规模重点包括基础算力、智能算力和超算算力三部分¹，分别提供基础通用计算、人工智能计算和科学工程计算，其中，基础通用算力主要基于 CPU 芯片的服务器所提供的计算能力；智能算力主要是基于 GPU、FPGA、ASIC 等芯片的加速计算平台提供人工智能训练和推理的计算能力；超算算力主要是基于超级计算机等高性能计算集群所提供的计算能力。算力环境主要包括网络环境和算力投入等因素，持续优化的网络环境为算力发展提供坚实支撑，大规模算力投入将会对算力增长产生直接和间接的推动作用。算力应用主要包括消费应用和行业应用，消费和行业应用带来了对算力规模、算力能力等需求的快速提升，算力的进步又反向推动了应用

¹ 算力主要考虑集约化规模化算力，个人桌面、终端及边缘等算力未纳入统计。

的发展。

算力指数的测算框架如图 1 所示。



来源：中国信息通信研究院

图 1 算力发展总体框架

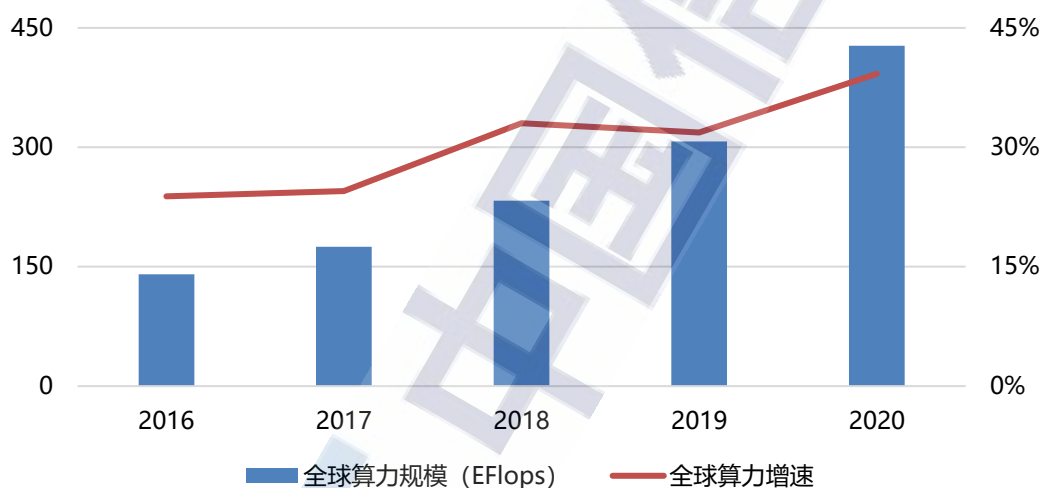
二、全球算力发展进入新阶段

在数字经济时代，算力正成为新生产力。当前 5G、物联网、云计算、大数据、人工智能、区块链等新一代信息通信技术加速创新突破，数据的爆炸式增长、算法复杂度的不断提高，以及应用场景的日益多元化，推动算力需求和要求不断升级，全球算力多样化态势日益凸显，创新步伐进一步加快，算力成为数字经济新引擎和战略竞争新焦点。

（一）算力多样化态势日益凸显

全球算力规模不断增大。2020 年全球算力总规模达到 429

EFlops，增速达到 39%，其中基础算力规模(FP32²)为 313 EFlops³，智能算力规模（换算为 FP32）为 107 EFlops⁴，超算算力规模（换算为 FP32）为 9 EFlops⁵。伴随万物感知、万物互联以及万物智能时代的开启，据 IDC 预测数据，2025 年全球物联网设备数将超过 400 亿台，产生数据量接近 80 ZB，且超过一半的数据需要依赖终端或者边缘的计算能力进行处理。预估未来五年全球算力规模将以超过 50%的速度增长，到 2025 年整体规模将达到 3300 EFlops。



来源：中国信息通信研究院、IDC、Gartner、TOP500

图 2 全球算力规模发展趋势

² FP32 为单精度浮点数，采用 32 位二进制来表达一个数字，常用于多媒体和图形处理计算。FP16 为半精度浮点数，采用 16 位二进制来表达一个数字，适合在深度学习中的应用。FP64 为双精度浮点数，采用 64 位二进制来表达一个数字，常用于处理的数字范围大而且需要精确计算的科学计算。

³ 基础算力规模按照全球存量服务器算力总量估算。根据资产配置标准，服务器使用年限一般为 6 年，存量服务器总量近似为全球近 6 年服务器出货规模，全球基础算力=Σ_{近六年}（年服务器出货规模*当年服务器平均算力）。

⁴ 智能算力规模按照全球存量 AI 加速器芯片算力总量估算。存量加速器芯片总量采用全球近 6 年加速器芯片出货规模进行测算，全球智能算力=Σ_{近六年}（年加速器芯片出货规模*当年加速器芯片平均算力）。

⁵ 超算算力规模主要是基于全球超级计算机 TOP500 数据，并参考超算生产商的相关数据估算。

需求多元化加速算力多样化升级。基础算力方面，云计算仍保持高速增长和快速创新态势，根据 IDC 数据，2020 年全球云计算市场规模达 3120 亿美元，同比增长 24.1%。在行业数字化转型的带动下，云原生技术持续落地，带动技术架构、应用效能、云化效益的全方位提升，深化云数融合、云智融合、高性能计算的发展，推动云数智高质量融合发展。**智能算力方面**，从主动学习到迁移学习再到强化学习，需要的能力也由“人机交互能力、数据整合能力”到“大算力预训练、数据处理能力”再到“信息采集能力、概率计算能力”不断演化。人工智能的模型训练和推理部署对算力的需求也存在显著差异，训练阶段的计算精度直接影响最终模型的准确度，更强调 32 位或 16 位的浮点运算能力，推理阶段结合云到端各类设备的部署需求，可采用 16 位或 8 位定点的低精度运算提升运算效率。**超算算力方面**，十年千倍定律依然在持续，目前 P 级超算已成为世界超级计算机 TOP500 的准入门槛，2021 年 6 月日本超级计算机富岳 Fugaku 以每秒 53.7 亿亿次浮点计算的峰值速度蝉联榜首，开启了 E 级计算（每秒百亿亿次）进入应用的前奏。

（二）算力创新步伐进一步加快

当前，摩尔定律发展逐渐趋缓，以先进工艺升级为主导的经典计算体系演进模式遭遇“功耗墙”、“内存墙”瓶颈挑战。为应对万物智能时代海量应用创新和重大技术革新对算力供给的百千倍递加需求，深度挖掘计算器件、计算芯片、计算系统、计算理论等层面

技术增长潜力，探索更多维度、更多要素的协同创新成为支撑算力进一步升级的重要举措。

从计算芯片看，摩尔定律仍在延续。依赖鳍式场效应晶体管（FinFET）尺寸微缩、设计与工艺协同优化技术以及围栅纳米片、高数值孔径极紫外光刻机、钎互联等新结构、新设备、新材料加持，集成电路制造工艺后续升级路径逐渐清晰，台积电 3 纳米制程工艺预计在 2022 年下半年实现量产应用；堆叠叉片（Forksheat）、互补场效应晶体管（CFET）等方向探索有望进一步将先进工艺延伸至 2 纳米制程节点。此外，借助芯粒（Chiplet）、2.5D 和 3D 高级封装等技术实现不同工艺制程、不同类型芯片间的异质集成，成为实现计算芯片及系统整体效能延续摩尔定律升级的重要方向。

从计算架构看，多级异构计算逐步普及。异构计算通过多种计算单元混合协作模式提升计算并行度和效率，在移动互联网、人工智能、云计算等各类典型应用中占比显著提高，并主要通过芯片内异构、节点内异构两种模式实现性能、功耗与成本间的最佳均衡。芯片内异构典型代表为 SoC 芯片，以苹果 M1 芯片为例，通过集成 CPU、GPU、神经处理单元（NPU）等内核实现超越通用 CPU 的性能；国内自研的申威超算 CPU 芯片也引入主从众核架构，提升计算灵活性。节点内异构多通过 CPU 与各类加速器协同提升整体能力，如人工智能多选用的 CPU+GPU 芯片异构、云计算多采用的 CPU+GPU+DPU 模式等。此外，英特尔、英伟达、华为等企业均在

推进对多样芯片异构加速库、编译器、工具链等异构软件生态布局，如英特尔发布异构框架 OneAPI，实现跨 xPU 的全栈异构能力建设，抢占异构发展机遇。

从计算系统看，算力基础设施建设不断提速。超级计算方面，全球超算将迈入 E 级计算时代，并正在探索基于云服务模式提供灵活、弹性的计算支持，未来云超算将作为超算的重要补充，满足急剧增长的高性能计算需求。智能计算中心方面，AI 计算需求的高速增长，进一步催生公共 AI 智能计算中心的快速发展，全球主要国家和领先企业普遍开展人工智能算力平台建设，提供人工智能应用所需算力服务、数据服务和算法服务，高效支撑数据开放共享、智能生态建设、产业创新聚集。数据中心方面，伴随智能手机、家庭网关、智能汽车等泛终端计算平台逐步普及，云原生技术持续下沉和边缘算力的协调补充，不同层级、不同体系的算力快速增长和生态打通，将加速云边端算力的深度融合和协调发展，广泛支撑云手机、VR 媒体、政企移动办公、在线教育等丰富应用场景。

从计算理论看，前沿颠覆体系成为未来探索的重要方向。一是，存算一体架构实现在存储单元中进行计算，突破“冯·诺依曼”体系“存”“算”分离的局限，适合处理大数据、人工智能等海量数据分析处理任务，行业内已有诸多产业化探索。二是，量子计算在高斯玻色取样等特殊问题求解中实现远超经典计算机的算力，算力接近

超算算力百亿倍⁶，目前研究尝试在组合优化、化学模拟、药物研发等场景中应用。**三是**，光子计算利用光学器件折射、干涉等特性进行运算，对于信号处理、人工智能等复杂特定任务更具优势。**四是**，类脑计算芯片模拟人脑神经元工作原理，基于脉冲神经网络算法，适合应用于物联网等低功耗场景。

(三) 算力成为数字经济新引擎

算力直接带动数字产业化的发展。电子信息制造业、电信业、软件和数字技术服务业、互联网行业等数字核心产业的发展与算力的发展息息相关。互联网是算力投资最大的行业，亚马逊、微软和谷歌通常每个季度投入的资本支出总额超过 250 亿美元，其中大部分用于布局超大规模数据中心，使互联网行业成为先进生产力的代表，不仅支撑互联网技术加速向支付、电商、服务、内容等领域渗透，更赋予其对其他产业链、价值链进行改造的潜能，进一步推动其由消费互联网向产业互联网的进化。

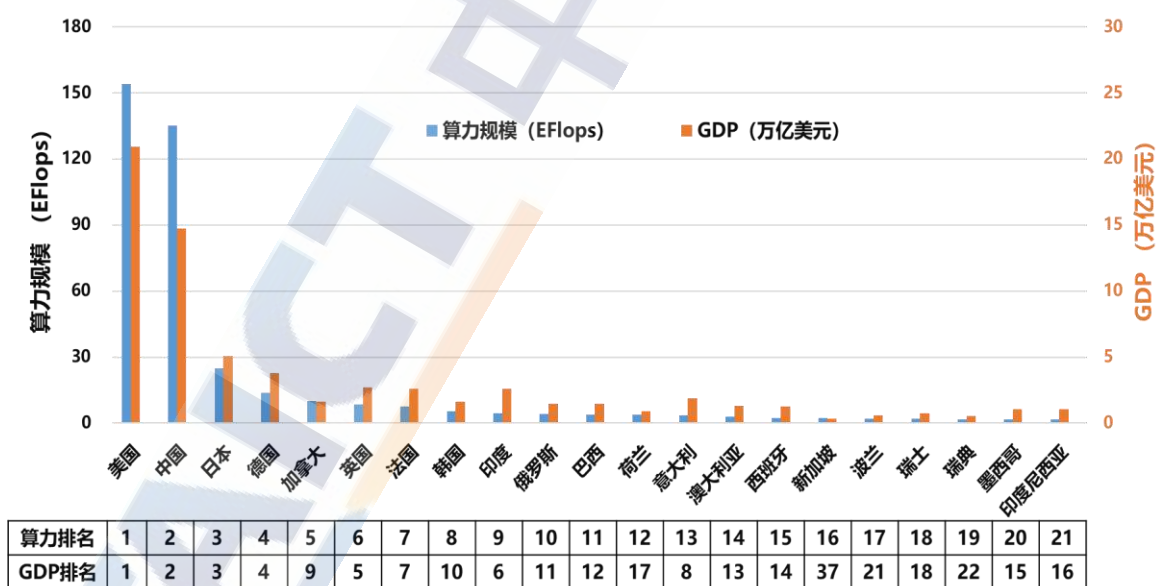
算力助推产业数字化转型升级。由算力投入带来的数字化智能技术不仅为制造、交通、零售等多个行业带来产业产值增长，还带来了生产效率提升、商业模式创新、用户体验优化等延伸性效益，对经济增长的拉动作用愈加凸显。以制造业领域为例，以云计算、边缘计算、智能计算为代表的算力投入和规模应用可以显著提升生

⁶ 我国 76 个光子的量子计算原型机“九章”求解高斯玻色取样数学算法需 200 秒，如果用目前世界最快超级计算机日本“富岳”求解要用 6 亿年，算力接近超算算力百亿倍。

产效率，从需求洞察、研发、采购、生产、营销和售后等产业链环节对制造业进行赋能和重构，打造高度协同的智能制造生态体系。

算力的发展强力推动数字经济持续向前、赋能国民经济发展。

工业时代，电力是评估 GDP 增长量的重要指标。在数字经济时代，算力是 ICT 产业发展关键要素，对推动科技进步、促进行业数字化转型以及支撑经济社会发展发挥着重要的作用，成为新的核心指标。算力对数字经济和 GDP 的发展有显著的带动作用，在 2016-2020 年期间，全球算力规模平均每年增长 30%，数字经济规模和 GDP 每年分别增长 5%和 2.4%。全球各国算力规模与经济发展水平密切相关，经济发展水平越高，算力规模越大。算力规模前 20 的国家中有 17 个是全球排名前 20 的经济体，并且前四名排名一致。



来源：中国信息通信研究院、IDC、Gartner、世界银行

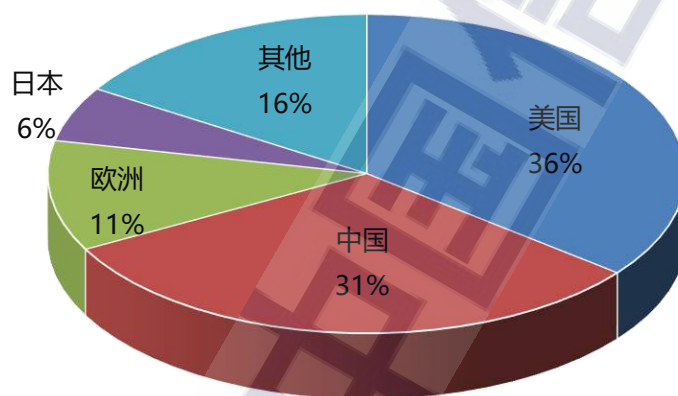
图 3 全球算力规模与 GDP 关系

(四) 算力成为战略竞争新焦点

全球主要国家和地区纷纷加快算力布局。算力现已成为各国核心竞争力体现，全球主要国家和地区纷纷加快战略布局力度。美国 2020 年 11 月发布《引领未来先进计算生态系统战略计划》，将先进计算生态系统作为国家战略性资产，以确保美国在科学和工程方面的领导力、经济竞争力和国家安全。日本 2019 年启动新一代国产超级计算机计划，投入约 1300 亿日元打造全球速度最快的超级计算机。欧盟聚焦数字主权布局超算和量子计算，于 2018 年提出“欧洲高性能计算共同计划”，2020 年 9 月拟投资 80 亿欧元支持以百亿亿次计算和量子计算为主的新一代超级计算技术和系统的研究和创新，维持并提升欧洲在超算和量子计算领域的领先水平。

全球算力竞争愈加白热化。算力水平方面，美国、中国、欧洲、日本在全球算力规模中的份额分别为 36%、31%、11%和 6%，其中全球基础算力竞争以美国和中国为第一梯队，且中美差距不断缩小，美国在全球基础算力排名第一，其份额达 43%，中国以 26%份额排名第二；智能算力方面，中国、美国处于领先，算力全球占比分别为 52%和 19%；美国、日本、中国在超级计算综合性能指标方面优势明显，总算力份额分别为 31%、23%、20%，中国在绝对数量方面处于领先。全球化方面，美国、日本和欧洲信息化起步早，相关企业发展历史长，对国际市场的开拓也早于中国，国际市场的占有率明显高于中国，中国算力在国际市场的竞争力明显弱于在国内市

场的竞争力。例如，虽然阿里云在全球云市场占有率排名第四，但其绝大多数业务集中在中国国内市场，与亚马逊、微软、谷歌等美国企业还有很大差距。与此同时，大国博弈加剧致使全球化产业链供应链格局面临重塑重构，将给算力技术创新及产业生态带来新挑战。我国算力相关设备制造能力不断提高，但要彻底赶超美国等领先国家仍然面临严峻的“卡脖子”问题。



来源：中国信息通信研究院、IDC、Gartner、TOP500

图 4 全球算力规模分布情况

三、中国算力总体发展态势

2020 年，新冠肺炎疫情席卷全球，对我国经济造成较大冲击，叠加周期性经济波动，对经济增长带来较大下行压力。在复杂严峻的发展环境下，我国算力规模依然保持强劲增长，算力结构持续演化，创新水平、发展环境 and 应用需求不断提升，成为支撑我国经济高质量发展的坚实基础。

（一）我国算力规模不断扩大

我国算力规模持续扩大。“十三五”期间我国算力规模整体保持高速增长态势，包括数据中心机架数、通用服务器数量、AI 服务器数量、超级计算机数量均保持快速增长，在技术加速创新迭代下，单台算力设备的性能也不断提升。2020 年我国算力总规模达到 135 EFlops，全球占比约为 31%，保持 55% 的高位增长，高于全球增速约 16 个百分点。其中，基础算力规模（FP32）达到 77 EFlops⁷，全球占比约为 26%；智能算力规模（换算为 FP32）达到 56 EFlops⁸，全球占比约为 52%；超算算力规模（换算为 FP32）约为 2 EFlops⁹，全球占比约为 20%。

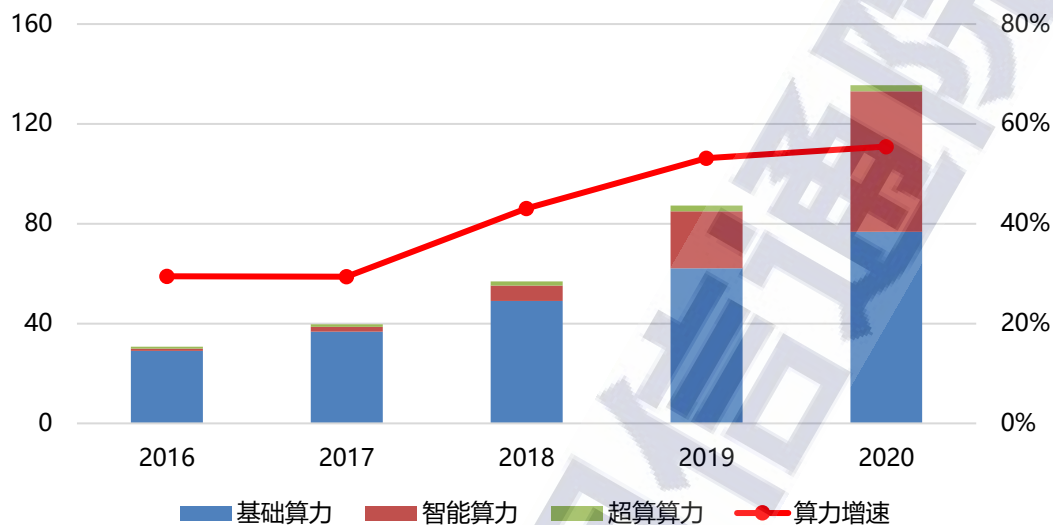
算力结构持续演化。与全球发展情况相似，近年来我国算力结构随着应用需求的变化不断演化，其中基础算力占算力的比重由 2016 年的 95% 下降至 2020 年的 57%，智能算力占算力的比重则由 2016 年的 3% 提升至 2020 年 41%。在互联网及云计算需求不断提升的同时，以智能计算中心为代表的人工智能算力基础设施发展迅猛，数据中心智能化升级步伐不断提速，计算智能化升级已是大势所趋。

⁷ 基础算力规模按照我国存量服务器算力总量测算。根据资产配置标准，服务器使用年限一般为 6 年，存量服务器总量近似为我国近 6 年服务器出货规模，我国基础算力 = $\sum_{\text{近六年}} (\text{年服务器出货规模} \times \text{当年服务器平均算力})$ 。

⁸ 智能算力规模按照我国存量 AI 加速器芯片算力总量测算。存量加速器芯片总量采用我国近 6 年加速器芯片出货规模进行测算，我国智能算力 = $\sum_{\text{近六年}} (\text{年加速器芯片出货规模} \times \text{当年加速器芯片平均算力})$ 。

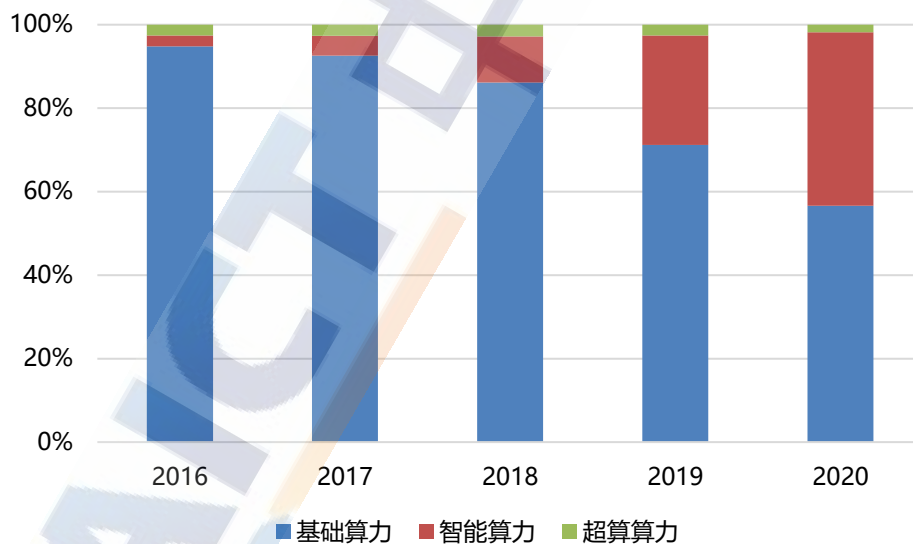
⁹ 超算算力规模主要是基于全球超级计算机 TOP500、中国高性能计算机性能 Top100 数据，并参考超算生产商的相关数据。

我国超算算力在整体算力中的占比较为稳定，约为 2%，主要用于科学计算与工程计算等领域。



来源：中国信息通信研究院、IDC、Gartner、TOP500、HPC TOP100

图 5 我国算力发展规模及增速



来源：中国信息通信研究院

图 6 我国算力内部结构

(二) 算力创新水平大幅提升

1. 基础通用算力稳步发展

基础算力支撑能力大幅增强。以数据中心为代表的算力基础设施随着经济社会信息化得到巨大发展，与通信网络基础设施一道构成新一代信息基础设施，为推进网络强国、数字中国建设贡献了重要力量，为工业生产、社会民生等多领域提供重要支撑。近 5 年我国基础算力快速增长，基础算力从 2015 年的 23 EFlops 增长到 2020 年的 77 EFlops，年增幅均超过 27%。2020 年，我国基础算力在疫情防控中发挥了重要支撑作用，通过开发数字平台和应用、开放基础算力设施和算法等多种方式，保障了疫情溯源、病毒研究、病情诊疗、疫苗研发、药物筛选等工作的稳步开展，衍生出大数据行程卡等多项新型应用，助力我国社会生产各项工作的全面恢复。截至 2021 年 8 月，“通信行程卡”累计提供查询服务超 120 亿次，日查询量稳定在 2500 万次以上，基础算力需求达到 50 PFlops 以上，成为各地做好疫情防控的重要手段。

基础算力产业生态日趋完善。整机方面，在全球服务器市场规模稳步增长的背景下，国产服务器快速成长为我国基础算力的主力军，浪潮、华为、新华三、联想等国内服务器厂商位居我国服务器市场前五名，整体市场份额达到 74%。CPU 方面，以英特尔和 AMD 为主导的 X86 架构 CPU 持续主导服务器市场，占比超过 96%；我国华为鲲鹏、飞腾、海光等 CPU 芯片目前已实现规模应用，综合性

能达到行业中高端水平，产业生态逐步完善。操作系统方面，Linux 具备开源、稳定性高、安全自由等特点，在服务器市场占据主导地位，市场份额达 70%；我国基于 Linux 开发的统信、麒麟操作系统，以党政军领域为入口，逐步向金融、电信、医疗等行业渗透。

2. 智能计算快速兴起

智能计算中心是人工智能算力发展的重要方向。过去 10 年中，用于人工智能的训练模型的计算资源激增，AI 训练的计算复杂度每年猛增 10 倍，人工智能计算已成为主流的计算形态，2020 年中国总算力规模中智能算力占比达到 41%，预计到 2023 年智能算力的占比将提升至 70%。AI 复杂模型、复杂场景的计算需求进一步催生面向 AI 的算力基础设施的需求，目前智能计算中心是发展重点。智能计算中心主要是指基于最新人工智能理论，采用先进的人工智能芯片，针对人工智能多样场景的海量数据处理、智能算法加速、高速训练推理等计算需求，提供共性的算力、算数、算法服务的新型算力基础设施，正受到政府、企业和研究机构的广泛关注。2020 年 4 月，国家发改委首次将智能计算中心纳入算力基础设施范畴，并提出在全国布局 10 个左右区域级数据中心集群和智能计算中心。

智能计算呈现多路径发展趋势。一是，GPU 在智能计算中心中占据主导地位。2020 年英伟达 GPU 芯片占据国内人工智能服务器约 95% 的市场份额，国内也涌现天数智芯、沐曦、壁仞、摩尔线程等 GPU 初创企业，如天数智芯于 2021 年 3 月发布 7 纳米制程云端

训练通用 GPU 芯片 BI，提供每秒 147 万亿次计算能力 (FP16)，可完成上百路摄像头视频通道的人工智能处理。**二是**，ASIC 等其他非 GPU 加速芯片将在各个行业和领域被越来越多的采用，以满足差异化场景的性能、功耗与成本需求。燧原科技于 2021 年 7 月推出第二代人工智能训练芯片云燧 T20，单精度张量算力达到 160TFlops；寒武纪已形成云端训练芯片思元 290、推理芯片思元 270 和用于边缘计算的思元 220 芯片的完整产品线布局。

国内多地加快投入智算计算中心布局。上海、广州、济南、武汉和深圳等人工智能产业集聚区多通过联合华为、商汤、浪潮等人工智能头部企业，采用政企合作建设运营的模式推进实施。华为与深圳、武汉等地方政府合作推进智能计算中心落地，与深圳鹏城实验室合作的鹏城云脑二期在 2020 年 10 月实现业务上线，可提供 1E 级人工智能算力，目前排名世界人工智能算力 500 排行榜首位；武汉人工智能计算中心项目规划百 P 级算力规模，预期将于 2021 年具备业务上线条件。商汤科技上海新一代人工智能计算与赋能平台项目也预期在 2021 年运行，平台能同时满足 4 个超大规模城市使用，提供 850 万路视频接入能力。

3. 高性能计算加快发展

我国在超级计算机领域取得长足进展。从算力服务看，国家超级计算服务网格已接入天津、广州、深圳、长沙、济南、无锡、郑州和昆山 8 个国家超算中心，各地方、各行业、各高校也在推进建

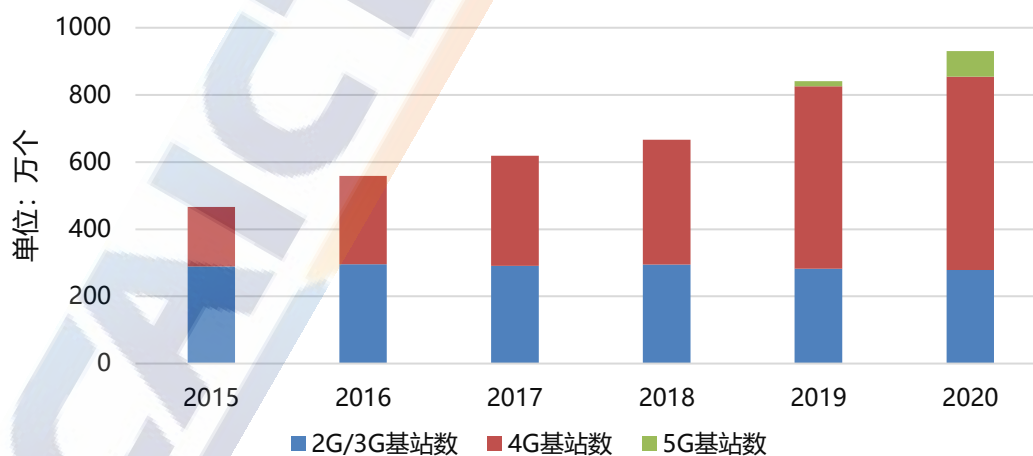
设高水平超算中心，目前累计服务用户超两万，支持两千余项国家各类科学计算和重要工程项目研究。从算力能力看，截止 2021 年 6 月的全球 TOP500 超算排行榜中，我国超算数量世界第一，占比份额接近 40%，超算规模位列美日之后的第三位，榜单前十中占据两席，“神威·太湖之光”、“天河 2A”分别名列第四和第七。从市场供给看，国内超算制造商市场份额遥遥领先，在全球 TOP500 超算排行榜中，联想、浪潮、曙光分别交付 184 台、57 台、39 台，分别排名全球第一、二和四位，累计份额达到 56%。

国内 E 级超算系统研制工作稳步推进。目前，由江南计算技术研究所、国防科大和中科曙光分别主导研制的神威、天河、曙光三台 E 级超算系统齐头并进，核心软硬件设备将实现中国制造。从相关的 E 级超算的原型机配置看，神威系统选用国产申威众核处理器、Mellanox 无限带宽互联架构和自研网络芯片组，散热系统为液冷模式；天河系统集成飞腾 ARM 架构 FT-2000 芯片和 128 核 DSP 芯片，选用 400GB/s 的光电集成高速互联架构，选用水风冷混合靶向式散热技术；曙光系统采用海光 X86 处理器与自研 DCU 加速器的异构计算架构，搭载每秒 200GB 带宽的 6D-Torus 高维层次化网络系统，采用全浸式相变冷却技术实现极低的 PUE。

(三) 算力发展环境日益优化

持续优化的网络环境为算力发展提供坚实支撑。算力水平不仅取决于服务器、终端的算力，同时受到网络传输能力的影响，与此

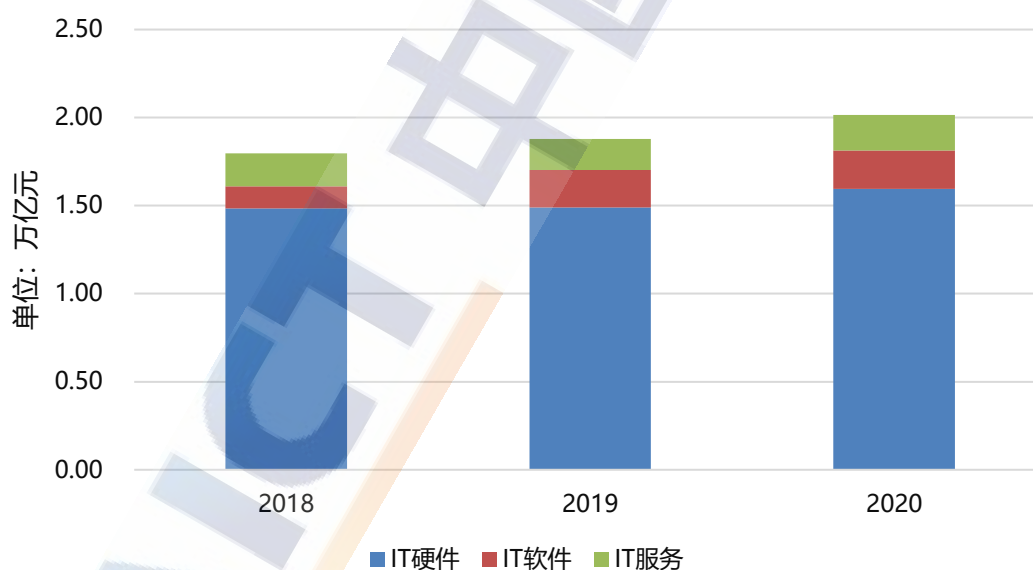
同时，数据的泛在分布推动计算从云端向物联网、边缘计算逐步普及，不同的计算领域相互协同。伴随电信网络云化的不断深入，算网融合将成为算力发展重要的趋势。随着 5G 带来低延时、高带宽和高连接密度的管道，打破了数据中心与边缘、终端之间的界限，计算与网络相互协同能够促使算力水平的提升。我国网络基础设施能力持续升级，全国持续推进互联网骨干网、城域网结构优化和关键环节扩容，加大省际出口带宽扩容力度，2020 年各省份平均互联网省际出口带宽达到 22 Tbps，增长 11%。移动通信方面，2020 年全国移动通信基站总数达 931 万个，其中 4G 基站总数达到 575 万个，城镇地区实现深度覆盖，5G 网络建设稳步推进，按照适度超前原则，5G 基站超 77 万个，已覆盖全国地级以上城市及重点县市，覆盖率达 13%，覆盖率提高 10 个百分点。我国物联网发展取得积极成效，窄带物联网 NB-IoT 基站数超过 70 万个，覆盖全国地级以上城市，用户规模全球最大，移动物联网连接数超过了 10.8 亿。



来源：工业和信息化部

图 7 我国移动通信基站发展情况

不断增长的算力投资对算力发展发挥重要拉动作用。我国在计算硬件、软件、服务等领域支出的不断增长使得人工智能、自动驾驶、智慧城市等新兴应用对算力发展的促进作用进一步提升。IDC数据显示，2020 年我国 IT 支出规模达到 2 万亿，增长 7.3%，带动我国经济强劲复苏，预计 2021 年中国 IT 支出将达到 2.21 万亿元人民币，相比 2020 年将增长 10.0%。与此同时，我国算力投资主体逐步多元化，数字经济发展使得投资主体由政府或企业单一主体投资，向政府与社会资本合作的多元主体发展，政府与社会资本合作这种多主体投资模式越来越多，PPP 模式得到广泛应用，更加灵活的投资模式进一步促进我国算力投资规模的持续增长。



来源：中国信息通信研究院、IDC

图 8 我国 IT 硬件、软件、服务支出规模

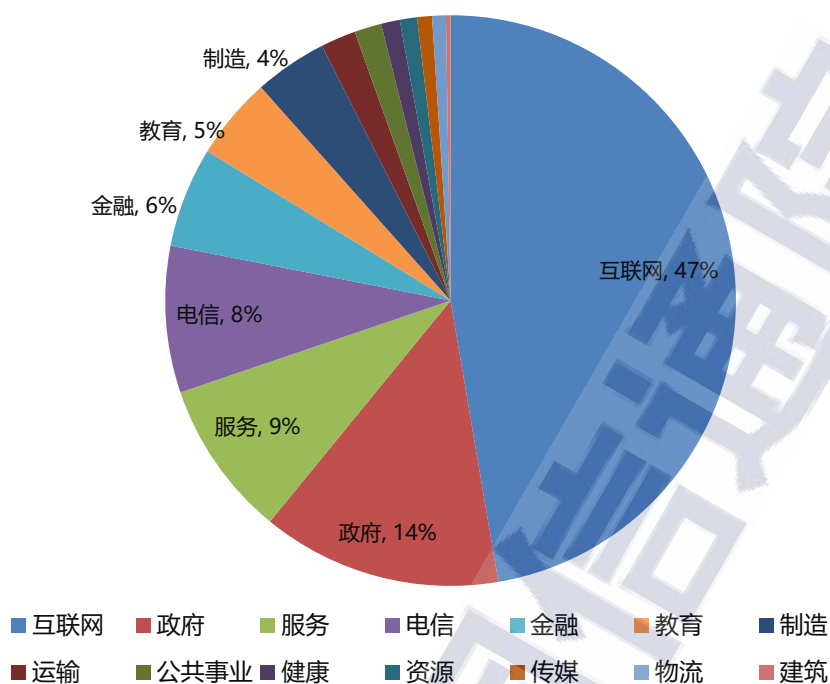
（四）算力应用需求不断释放

我国算力在创新发展的同时，算力需求潜力不断释放。随着 5G、工业互联网、人工智能、云计算、大数据等新技术和新应用的快速发展，算力作为经济社会运行不可或缺的数字底座，有效支撑我国数字经济蓬勃发展，推动各行业各领域数字化转型。

1. 算力赋能千行百业数字化转型

算力发展推动我国产业数字化走向深入。我国在算力基础设施的支撑下，电子商务、平台经济、共享经济等数字化新模式接替涌现，工业互联网、智能制造等全面加速，为我国产业数字化持续健康发展输出强劲动力。2020 年，我国产业数字化规模达 31.7 万亿元，占 GDP 比重为 31.2%，同比名义增长 10.3%，占数字经济比重由 2015 年的 74.3% 提升至 2020 年的 80.9%，服务业、工业、农业数字经济占行业增加值比重分别为 40.7%、21.0% 和 8.9%。

算力为行业数字化转型提供强大支撑。从行业的角度看，互联网依然是最大的算力需求行业，占整体算力近 50% 的份额，以阿里、腾讯、百度、字节跳动为代表的互联网巨头对算力的需求更加迫切，同时算力的集中部署也使互联网行业成为先进生产力的代表。政府、服务、电信、金融、教育、制造、运输等行业分列二到八位，其中电信、金融行业信息化和数字化起步较早，是我国算力应用较大的传统行业，对算力的应用处于行业领先水平；制造业数字化转型仍处于初期，需要更多规模化、普惠型的公共算力基础设施的支持。



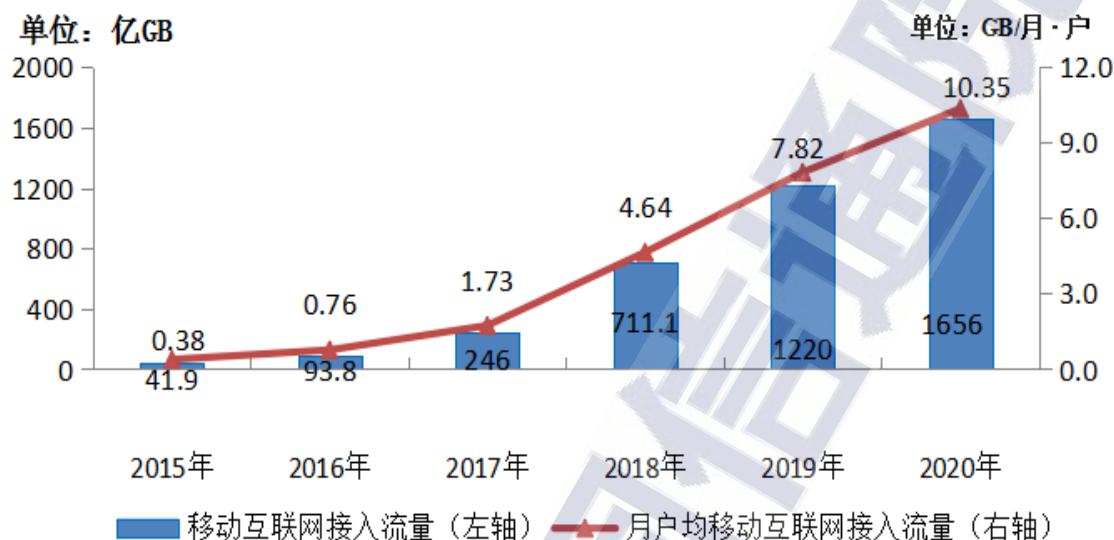
来源：中国信息通信研究院、IDC

图 9 我国各行业算力应用分布情况

2. 信息消费持续释放算力需求

智能终端消费和移动数据流量消费规模继续扩大。算力的不断提升推动了包括高清内容、视频传播、AR 导航等新兴应用的普及，进而更加促进了智能终端消费的增长。当前我国移动电话普及率稳步提升，4G 用户渗透率超八成，用户数及用户占比持续扩大，截至 2020 年底，我国 5G 网络用户数超过 1.6 亿，约占全球 5G 总用户数的 89%。我国 5G 手机出货量和占比不断提升，2020 年国内 5G 手机总计出货量为 1.63 亿部，占同期手机出货量的 52.9%。与此同时，移动数据流量消费规模继续扩大，2020 年月户均移动互联网接入流量（DOU）跨上 10 GB 区间，移动互联网接入流量消费达 1656 亿

GB，比上年增长 35.7%，其中手机上网流量达到 1568 亿 GB，比上年增长 29.6%，在总流量中占 94.7%。



来源：工业和信息化部

图 10 2015-2020 年移动互联网流量及月 DOU 增长情况

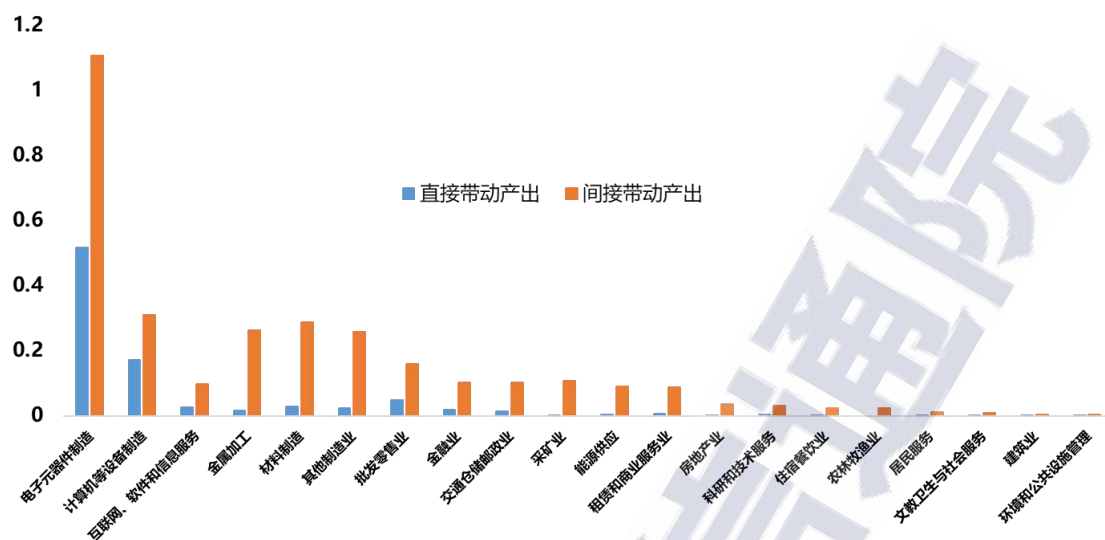
算力泛在化促使智能终端呈现多元化发展态势。随着 5G 网络、边缘计算的规模建设，新兴应用将加速驱动数据理由云端向边侧、端侧的扩散，边端计算能力持续增长，算力泛在化已成趋势，带动各种计算设备的巨大需求。未来随着边端设备种类的丰富，个人 PC 甚至家庭网关都将可能作为算力的节点，手机、智能汽车等智能终端的普及形成了数据就近处理和泛在计算处理的场景，由此也将促进用户周边信息化空间内，不同距离、不同规模的算力相互协同和联动，呈现“云-边-端”三级计算架构。目前 5G 泛终端已达 20 类，涵盖 VR/AR 头显、CPE、工业级路由器/网关、无人机、机器人、车辆 OBU 等众多品类，将率先在工业、医疗等非成本敏感领域率

先普及并迭代演进，并对文化教育、休闲娱乐方式等产生颠覆性变革。

(五) 算力发展助推经济增长

算力成为支撑我国经济高质量发展的坚实基础。伴随着新一轮科技革命和产业变革持续推进，叠加疫情因素影响，算力成为推动数字经济、国民经济持续稳定增长的关键动力，对夺取疫情防控和经济社会发展双胜利发挥了重要作用。算力已成为我国当前最具活力、最具创新力、辐射最广泛的信息基础设施，算力成为衡量数字经济活力的关键指标。在 2016-2020 年期间，我国算力规模平均每年增长 42%，数字经济规模增长 16%，GDP 增长 8%，与全球相比，我国算力对数字经济和 GDP 增长的拉动作用显著。

算力产业对我国经济社会和产业能级的带动作用日益增强。通过国家投入产出表模型计算，2020 年以计算机为代表的算力产业规模达到 2 万亿元，直接带动经济总产出 1.7 万亿元，间接带动经济总产出 6.3 万亿元，即在算力产业中每投入 1 元，平均将带动 3~4 元的经济产出。其中，算力产业对电子元器件、计算机、材料、软件和信息技术服务等产业的直接拉动作用较大，直接带动经济产出高达 1.5 万亿元；在行业领域，算力的投入对制造业、互联网、金融等领域的经济产出带动作用较为明显。



来源：国家统计局、中国信息通信研究院

图 11 我国算力投入对经济总产出的带动作用

四、中国算力发展指数评估

我国高度重视算力发展。2021 年 5 月国家发展改革委、中央网信办、工业和信息化部、国家能源局联合印发《全国一体化大数据中心协同创新体系算力枢纽实施方案》，明确提出布局全国算力网络国家枢纽节点，启动实施“东数西算”工程，构建国家算力网络体系。2021 年 7 月工业和信息化部印发《新型数据中心发展三年行动计划（2021-2023 年）》，明确用 3 年时间，基本形成布局合理、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。

在需求与政策的双重驱动下，全国各地大力推进算力技术产业、基础设施建设及算力应用的发展。为全面梳理、客观评价我国算力发展状况，对我国算力拥有更为科学、具象的认识，结合算力发展

特点和重点影响因素，建立中国算力发展指数，全面客观评价我国各省份算力发展水平，为全国及各省份算力发展政策制定提供有力支撑。

（一）指标建立依据

基于上述对算力内涵的界定与其发展特点的分析，并综合参考 IDC¹⁰、罗兰贝格¹¹、华为、浪潮等国内外机构和企业对算力测度及相关指标体系的研究，在充分征求专家的意见的基础上，白皮书从算力规模、算力环境和算力应用三个维度选取相关指标建立中国算力发展指数，全面客观评价我国算力发展状况，分析各省份现阶段的算力发展水平。中国算力发展指数指标选择时遵循科学性、代表性、独立性的原则，结合算力发展特点和重点影响因素，并综合考虑到在省域层面上数据的可获取性和可比较性。

维度一：算力规模。主要基于基础算力、智能算力、超算算力三个方面来衡量算力规模。基础算力主要是基于 CPU 的存量服务器算力水平，每台服务器采用单精度浮点数（FP32）计算能力来衡量算力性能¹²。智能算力主要是 GPU、FPGA、ASIC 或其他加速器支

¹⁰ IDC 与浪潮联合发布的《2020 全球计算力指数评估报告》，主要围绕计算能力、计算效率、应用水平和基础设施支持四类指标进行评估

¹¹ 罗兰贝格与华为联合发布的《泛在算力：智能社会的基石》给出了全球算力衡量指标体系，主要基于云、边、端对全球各国整体算力进行估算。

¹² 用单精度浮点数（FP32）计算能力评估服务器的通用计算能力，服务器算力=处理器芯片数*每时钟周期执行单精度浮点运算次数*处理器主频*处理器核数。

撑的高并行、高密度计算能力的异构算力水平，目前用于深度学习中的半精度浮点算力数（FP16）计算成为智能计算的主流。超算算力主要是基于国际知名排行榜 TOP500、中国高性能计算机性能 Top100 统计全球及我国超算算力的规模，并参考超算生产商的相关数据。超算算力测算主要以超算系统运行 LINPACK 基准测试，采用双精度浮点数（FP64）计算能力来衡量超算的算力性能。算力规模测算时统一折算为单精度浮点数（FP32）算力进行统计。

维度二：算力环境。主要基于网络环境和算力投入来衡量算力环境。持续优化的网络环境为算力发展提供坚实支撑，IT 大规模投资将会对算力增长产生直接和间接的推动作用。网络环境重点聚焦互联网省际出口带宽和 5G 移动基站覆盖情况，主要反映各地区在数据和互联网等业务上与国内其他地区数据传输服务能力，以及本地区的边缘计算支撑能力。计算与网络相互协同能够促使算力水平的提升，各地区的网络传输服务能力和边缘计算支撑能力决定了算力的全局化调度水平，推动算力供需关系的平衡。算力投入力度重点聚焦计算硬件、软件、服务等投入情况，人工智能、自动驾驶、智慧城市等新兴应用驱动算力的发展，带动计算硬件、软件、服务支出的增长。

维度三：算力应用。主要基于消费应用水平和行业应用水平来衡量算力应用。算力推动消费和行业应用的发展，而消费和行业应用则拉动算力的增长。消费应用水平主要聚焦移动互联网月均流量，

移动互联网接入流量与算力规模具有显著相关性¹³，算力是海量移动互联网数据的承载实体，数据流量增长是算力规模快速增长的核心驱动因素，智能手机、远程办公、在线会议、移动支付等移动互联网应用拉动了后端算力基础设施的增长，极大促进了算力的蓬勃发展。行业应用水平主要聚焦产业数字化，反映了算力在互联网、制造、金融等领域的应用情况，工业互联网、两化融合、智能制造、车联网、平台经济等融合型新产业新模式新业态为算力发展提供广阔空间。

（二）指标体系建立

在评价工作开展过程中，按照科学的研究与分析方法，对各项指标进行权重确定、赋值和计算打分阶段，得到我国算力发展综合指数。综合指数的形成过程，可分为四个阶段：

1.形成指数体系：根据上述建立指标体系的依据，征求专家的意见，对我国算力发展评价现状进行梳理，结合算力发展特点和重点影响因素，从算力规模、算力环境、算力应用三个维度搭建算力发展指数体系，指标涉及算力规模、算力环境等 3 个一级指标，基础算力、智能算力等 7 个二级指标，服务器算力规模、AI 加速器算力规模等 8 个三级指标。

¹³ 数据中心行业研究报告显示，移动互联网接入流量与数据中心市场规模呈显著相关，二者相关系数达 0.92。

表 1 中国算力发展指标体系

| 一级指标 | 二级指标 | 三级指标 | 单位 |
|------|--------|------------|--------|
| 算力规模 | 基础算力 | 服务器算力规模 | EFlops |
| | 智能算力 | AI 加速器算力规模 | EFlops |
| | 超算算力 | 超算算力规模 | EFlops |
| 算力环境 | 网络环境 | 互联网省际出口带宽 | Tbps |
| | | 5G 覆盖率 | % |
| | 算力投入 | IT 支出规模 | 亿元 |
| 算力应用 | 消费应用水平 | 移动互联网月均流量 | EB |
| | 行业应用水平 | 产业数字化规模 | 亿元 |

来源：中国信息通信研究院

2.利用 AHP 方法确定指标权重：针对形成评价体系的一级、二级、三级指标，通过基于专家打分法的层次分析法（AHP）方法，得到评价指标体系中每个一级、二级、三级指标之间的相对权重。

3.根据区域实际情况对指标进行赋值：根据 31 个省份算力发展实际情况¹⁴，得到每个指标的实际数值，并且对数据进行标准化处理，得到每个指标的赋值情况。每个指标总分为 100 分，每个省份在该指标的得分为当年数值与 5 年后的目标值进行对比后评出。5 年后的目标值计算根据业界各领域权威组织、机构及企业数据，由专家调研及分析设定。

4.计算综合指数：最后根据指标的具体赋值情况和相应的权重，最终形成各区域综合指数。

¹⁴ 受数据可得性及数据连续性等限制，本报告测算不包括香港、澳门、台湾。

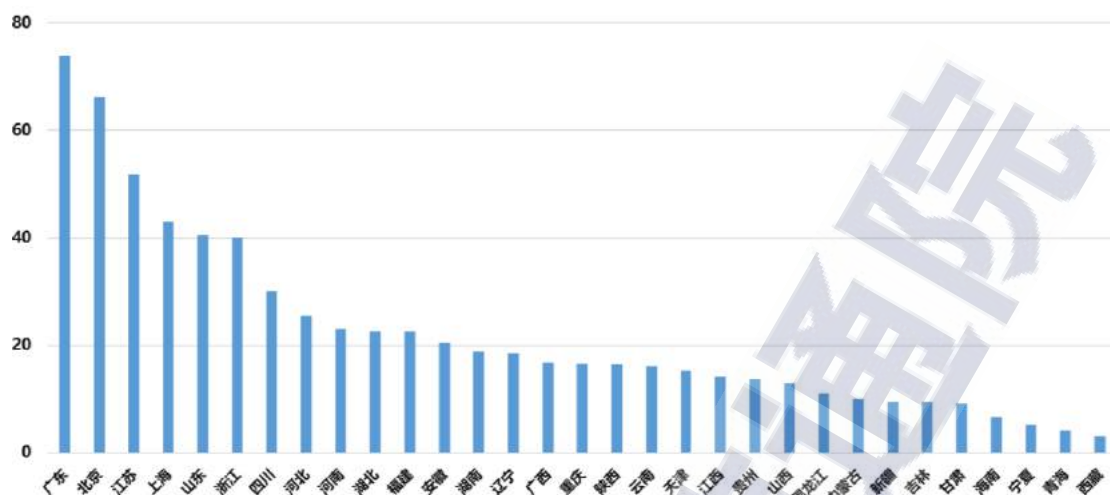
(三) 我国算力评估

1. 算力发展指数

京津冀、长三角、粤港澳大湾区等区域算力发展处于领先水平。

整体来看，北京、上海、广东及周边省份算力发展指数总体较高，其中广东、北京、江苏、上海、山东、浙江排名前列，算力发展指数达到 40 以上。北京、上海、广东及周边省份紧抓算力发展机遇，加快推动算力技术产业布局和算力基础设施建设，营造良好算力发展环境，积极推进算力广泛应用，整体发展指数总体较高。

中西部核心省份算力发展日益崛起。北上广及周边省份算力需求旺盛，土地、能源紧缺，大规模发展算力存在难度，算力供不应求，算力发展受到一定局限性。中西部省份资源充足，但存在网络带宽小、跨省数据传输费用高、算力需求少等瓶颈。随着国家“东数西算”工程的推进，中西部核心省份算力发展潜力较大，目前河南、湖北为代表的中部省份以及四川为代表的西部省份跻身前十，算力发展指数达到 20 以上。其中，四川是西部大开发的重要平台，是长江经济带的战略支撑；湖北辐射带动中部和长江中游地区，支撑长江经济带算力发展；河南引领中原算力发展、支撑中部崛起。未来中西部省份在算力发展方面可以与京津冀、长三角、粤港澳大湾区等区域实现协同、联动发展。

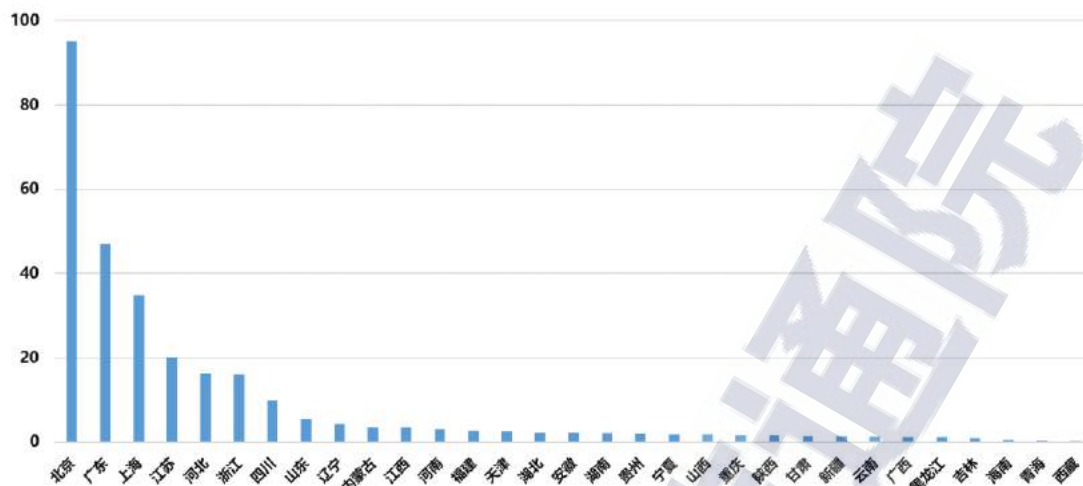


来源：中国信息通信研究院

图 12 2020 年中国部分省份算力发展指数

2. 算力规模分指数

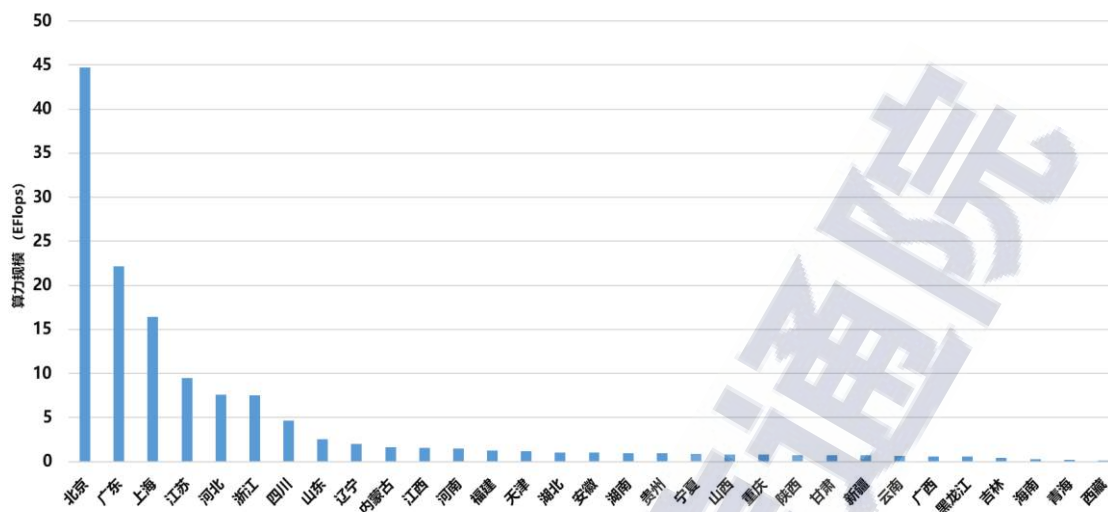
北上广及周边省份地区算力规模指数较高。随着移动互联网、物联网的快速发展，以及传统行业的数字化转型升级，北上广等热点地区算力需求快速攀升，带动本地算力规模的持续增长，其中北京、广东、上海位列前三，算力规模指数达到 30 以上。随着北上广等热点区域电力、土地资源限制以及政策锁紧，河北、江苏、浙江等北上广周边省份地区逐渐承接北上广等热点地区外溢需求，带动河北、江苏、浙江等地算力规模的扩大。位于中西部的四川、内蒙古、江西、河南等地以及东北辽宁的大数据产业蓬勃发展地区，充分发挥本地大数据资源价值，加快大规模数据中心等算力基础设施建设，算力规模也跻身前列。



来源：中国信息通信研究院

图 13 2020 年中国部分省份算力规模分指数

各地算力规模发展稳步提升。从总量来看，2020 年北京、广东、上海算力规模位列前三，均超过 15 EFlops；江苏、河北、浙江、四川、山东、辽宁、内蒙古等省份排名前十。**从增速来看**，浙江、广东算力增速位列前二，年增速均超过 60%，北京、江苏、江西、山东、重庆、上海等省份算力增速超过 50%，其余省份算力增速在 40%-50%之间。**从算力不同维度来看**，北京、广东、上海排名我国基础算力和智能算力规模前三位，算力规模领跑全国，全国总占比达 62%；超算算力方面，江苏、北京、四川排名我国超算算力规模前三位，其中江苏省大力支持无锡、昆山国家级超算中心建设，北京已在全国率先实现了超算云服务化，四川省成都超算中心是西部第一家建成投运的国家级超算中心。



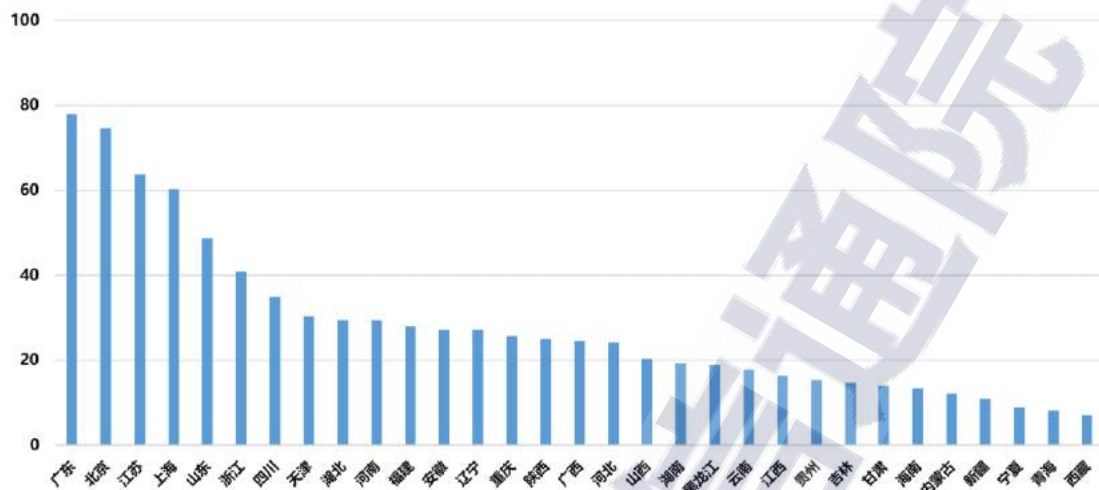
来源：中国信息通信研究院

图 14 2020 年中国部分省份算力规模

3. 算力环境分指数

京津冀、长三角、粤港澳大湾区、成渝双城经济圈四大城市群算力环境指数较高。整体来看，各省份算力发展环境持续优化，算力网络环境不断完善，算力投入力度持续加大，其中广东、北京、江苏、上海排名前四，算力环境指数达到 60 以上，山东、浙江、四川、天津、湖北和河南跻身前十。算力网络环境方面，江苏、广东、上海、山东、北京排名前五，相关指数达到 50 以上，其中江苏、广东和山东在互联网省际出口带宽国内领先，上海和北京在 5G 覆盖率方面居全国前列，达到 28% 以上。算力投入力度方面，北京、广东、上海、江苏、浙江排名前五，相关指数达到 50 以上，其中北京和广东 IT 硬件、软件和服务支出规模超过 2300 亿元，算力投入力度领先于其他省份地区。此外贵州、内蒙古、甘肃、宁夏等节点

可再生能源丰富、气候适宜，算力绿色发展潜力较大。



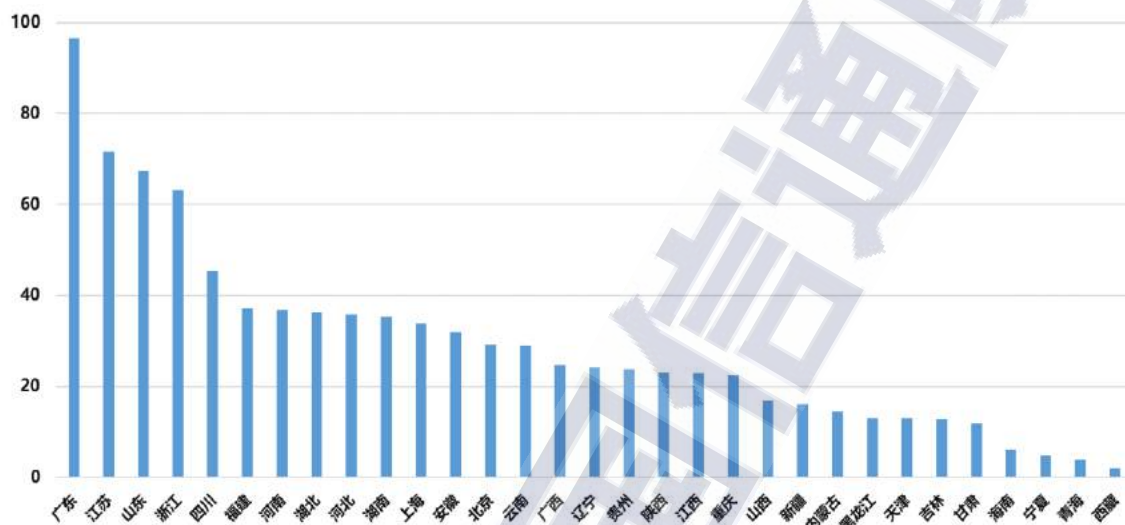
来源：中国信息通信研究院

图 15 2020 年中国部分省份算力环境分指数

4. 算力应用分指数

我国东部沿海省份算力应用指数普遍较高。整体来看，广东、江苏、山东、浙江、福建、河北等东部省份地区算力应用指数相对较高，其中广东、江苏、山东、浙江排名前四，算力应用指数超过 60。河南、湖北、湖南为代表的中部省份以及四川为代表的西部省份跻身前十，算力应用指数超过 35。消费应用水平方面，广东、江苏、山东、浙江、四川排名前五，在智能终端消费和移动数据流量消费规模方面国内领先，移动互联网月均流量超过 1 EB，移动互联网应用的算力需求较大，消费应用水平指数超过 50。行业应用水平方面，算力为各省份产业数字化持续健康发展输出强劲动力，对行业数字化转型的拉动作用较为明显，广东、江苏、山东、浙江、上

海排名前五，行业应用水平指数超过 50，其中广东省产业数字化发展遥遥领先，产业数字化规模超过 3.5 万亿元，江苏、山东、浙江等地区产业数字化规模也超过 2 万亿元。



来源：中国信息通信研究院

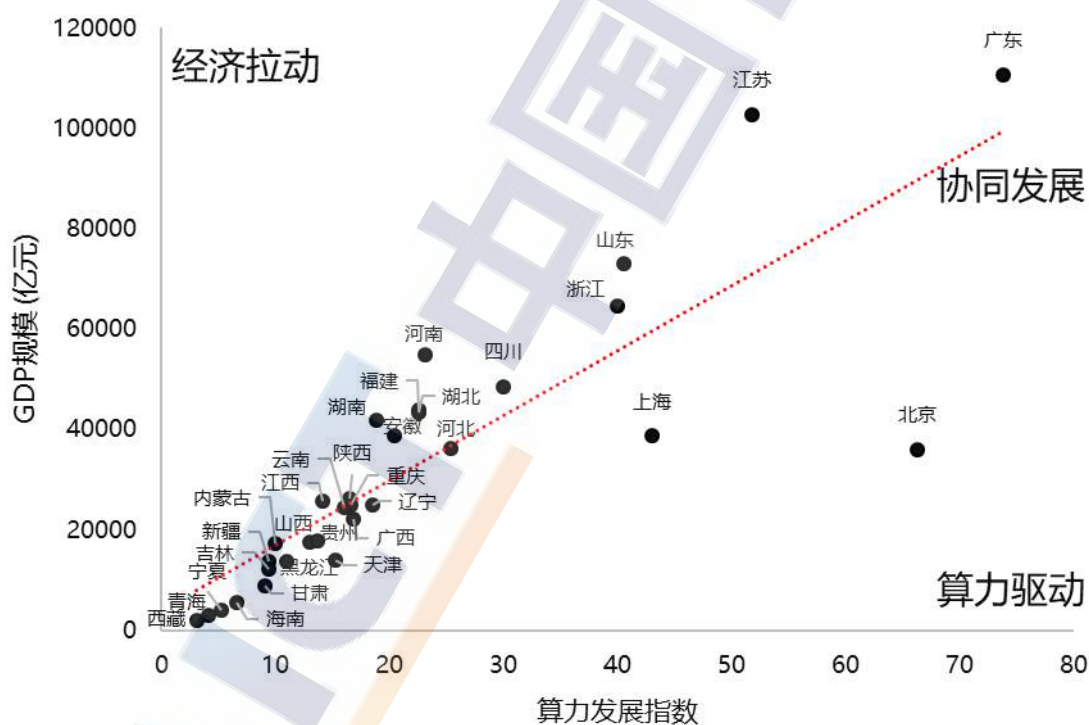
图 16 2020 年中国部分省份算力应用分指数

(四) 算力发展指数与经济的关系

各省份算力发展指数与其 GDP 规模呈现出显著的正相关。算力对各省份经济发展具有强力推动作用，2020 年数字经济和 GDP 发展水平较高的省份，算力发展水平也较高。算力发展指数每提高 1 点，GDP 增长约 1293 亿元（约占全国 GDP 的 1.3%）。算力发展指数的增加决定于算力规模、算力环境和算力应用的发展水平的提升，供给和需求上实现协同发展。

各省份按照算力发展主要分为算力驱动型、经济拉动型、协同发展型三类。一是以北京、上海等省份为代表的算力驱动型，多年

来持续投入算力基础设施规模建设，本地算力规模较大，且算力环境较好，除为本省份算力应用服务外，还为其他省份消费及行业应用提供算力支撑。**二是**以广东、江苏、山东、浙江等省份为代表的经济拉动型，本地算力需求旺盛，算力消费应用水平和行业应用水平较高，算力为各省份数字经济持续健康发展、经济增长培育新动力，开辟新空间。**三是**以河北、重庆等为代表的协同发展型，数字经济与算力协同发展，并逐渐形成了京津冀、长三角、粤港澳大湾区、成渝双城经济圈等区域协同发展的布局。



来源：中国信息通信研究院

图 17 算力发展指数与 GDP 关系

五、加快算力高质量发展，支撑构建新发展格局

“十四五”时期是我国算力实现跨越式发展的重大战略机遇期。我们应以供给侧结构性改革为主线，以实施扩大内需为战略基点，夯实基础、优化产业、应用牵引、开放合作，形成供给创造需求、需求牵引供给的更高水平动态平衡，加快培育新动能，全面支撑“双循环”新发展格局。

一是加快建设算力基础设施。围绕强化数字转型、智能升级、融合创新支撑，加快布局数据中心、智能计算中心、超级计算中心等算力基础设施建设，增强数据运算能力。加快构建全国一体化大数据中心体系，强化算力统筹智能调度，建设若干国家枢纽节点和大数据中心集群，建设 E 级和 10E 级超级计算中心。持续引导各区域算力供需对接，提升应用水平。

二是营造良好算力发展环境。提升新型算力网络支撑能力，优化区域算力互联能力。持续推进互联网骨干网、城域网结构优化和关键环节扩容，稳步推进 5G 网络建设。引导社会资本参与算力基础设施建设，鼓励金融机构等对算力基础设施加大支持力度。鼓励符合条件的金融机构和企业发行绿色债券，支持符合条件的企业上市融资。

三是提升产业链供应链竞争力。注重锻造计算产业链供应链长板，不断强化计算系统整机能力，加速软硬融合与异构协同创新，满足海量数据、多元场景的计算需求。着力补齐产业链供应链短板，

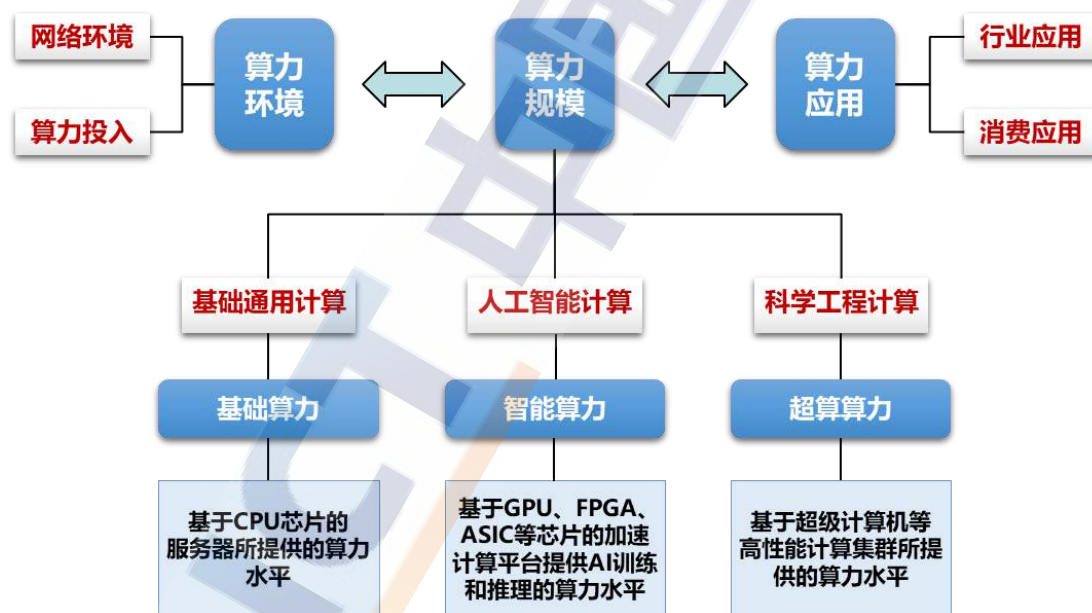
推进产学研合作，加大重要产品和关键核心技术攻关力度，加快提升算力算效水平，推进算力供应多元化。加强基础研究和多路径探索，加快推进存算一体、量子计算、类脑计算等前沿计算体系创新，增强原始创新能力。

四是强化算力应用需求牵引。强化需求牵引和供需对接，挖掘数字化消费算力需求，提高算力的消费应用水平，加快发展教育培训、医疗养老、交通出行等线上线下融合的新型消费，将推动消费结构优化升级。深入推进传统行业数字化转型，加强算力在各行各业中的应用，推动企业深度上云用云，全面深化行业各环节的数字化应用，培育新业态，打造“云”上产业链，培育数据驱动型企业，提升产业数字化转型能力。推动公共算力泛在应用，满足政务服务和民生需求，完善公共算力资源供给，优化算力服务体系，降低算力使用成本，增强算力服务调度和应用赋能支撑水平。

五是持续扩大国际合作。紧抓数字经济与实体经济融合发展机遇，强化“一带一路”合作，加强在算力基础设施、算力技术产业、数字化转型等领域的合作，打造互信互利、包容、创新、共赢的合作伙伴关系，拓展数字贸易广阔发展空间，构建沿线国家网络空间命运共同体。

附件一：算力指数测算框架

结合算力定义，算力指数包括算力规模、算力环境和算力应用三大部分。算力规模重点包括基础算力、智能算力和超算算力，分别提供基础通用计算、人工智能计算和科学工程计算。算力环境主要包括网络环境和算力投入，持续优化的网络环境为算力发展提供坚实支撑，大规模算力投入将会对算力增长产生直接和间接的推动作用。算力应用主要包括消费应用和行业应用，消费和行业应用带来了对算力规模、算力能力等需求的快速提升，算力的进步又反向推动了应用的发展。算力指数的测算框架如下图所示。



来源：中国信息通信研究院

附图1 算力指数测算框架

（一）算力规模分指数测算方法

算力规模分指数由基础算力、智能算力、超算算力等二级指标

数值加权计算得出。基础算力、智能算力、超算算力分别进行标准化处理，得到每个指标的赋值情况。

1. 基础算力。反映各地区基于 CPU 芯片的服务器所提供的计算能力，主要采用服务器算力规模指标来衡量。

服务器算力规模 = $\sum_{\text{近六年}}$ （年服务器出货规模 * 当年服务器平均算力）

2. 智能算力。反映各地区基于 GPU、FPGA、ASIC 等芯片的加速计算平台提供人工智能训练和推理的计算能力，主要采用 AI 加速器算力规模指标来衡量。

AI 加速器算力规模 = $\sum_{\text{近六年}}$ （年加速器芯片出货规模 * 当年加速器芯片平均算力）

3. 超算算力。反映各地区基于超级计算机等高性能计算集群所提供的计算能力，主要采用超算算力规模指标来衡量。

超算算力 = 超算算力规模 = \sum 超级计算机算力

（二）算力环境分指数测算方法

算力环境分指数由网络环境、算力投入等二级指标数值加权计算得出。网络环境、算力投入分别进行标准化处理，得到每个指标的赋值情况。

1. 网络环境。反映各地区在数据和互联网等业务上与国内其他地区数据传输服务能力以及本地区的边缘计算支撑能力，主要采用互联网省际出口带宽、5G 覆盖率等三级指标来衡量，通过标准化处

理和数值加权计算得出。

互联网省际出口带宽=各运营商城域网出口带宽之和

5G 覆盖率=5G 基站数量/4G 基站数量

2. 算力投入。反映各地区在算力领域投入情况，主要采用 IT 支出规模指标来衡量。

IT 支出规模=各地区 IT 硬件、软件、服务投入之和

(三) 算力应用分指数测算方法

算力应用分指数由消费应用水平、行业应用水平等二级指标数值加权计算得出。消费应用水平、行业应用水平分别进行标准化处理，得到每个指标的赋值情况。

1. 消费应用水平。反映各地区算力在移动互联网等消费领域的应用水平，主要采用移动互联网月均流量指标来衡量。

移动互联网月均流量=各地区移动电话用户数*移动互联网月户均流量

2. 行业应用水平。反映各地区算力在农业、工业、服务业等传统行业领域的应用水平，主要采用产业数字化规模指标来衡量。

产业数字化规模=各地区 ICT 产品和服务在其他领域融合渗透带来的产出增加和效率提升（增加值）

附件二：数据来源

1、基础数据，包括人口数据、经济增加值、行业增加值、国家投入产出表等数据来源于国家统计局、各省份统计部门相关数据。

2、我国 31 个省份数据中心机柜数、5G 基站数、移动电话用户数、移动互联网月户均流量来自工信部统计数据。

3、全球及我国服务器、AI 加速器芯片出货量来自 IDC、Gartner 统计数据，用于计算和评估全球及我国基础算力、智能算力规模。

4、全球及我国超算算力规模数据来自国际知名排行榜 TOP500 以及相关厂商提供的数据。

5、我国各省份算力硬件、软件和服务支出来自国家统计局、工信部、IDC 相关统计数据，用于评估我国各省份算力投入。

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：010-62302739

传真：010-62304980

网址：www.caict.ac.cn

