

中国算力发展指数白皮书

(2022 年)

中国信息通信研究院

2022年11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，算力的重要性已被提升到新的高度。算力作为数字经济时代新的生产力，对推动科技进步、行业数字化转型以及经济社会发展发挥重要作用。全球算力发展正面临应用多元化、供需不平衡等挑战，人工智能、数字孪生、元宇宙等新兴领域的崛起，推动算力规模快速增长、计算技术多元创新、产业格局重构重塑。

2021年是“十四五”开局之年，是我国构建新发展格局的起步之年。面对复杂严峻的国际环境和国内疫情多发散发等多重考验，我国算力发展水平实现稳步提升，整体呈现以下几方面特征：

算力规模持续扩大，智能算力成为主要动力。从基础设施侧看，我国数据中心、智能计算中心加快部署，2021年基础设施算力规模达到140 EFLOPS，位居全球第二。在用数据中心机架规模超过520万标准机架，已投运智能计算中心近20个，在建智能计算中心超20个。从计算设备侧看，我国近六年累计出货超过1960万台通用服务器，50万台AI服务器，算力总规模达到202 EFlops，全球占比33%，增速达到50%，其中智能算力成为增长驱动力，增速达到85%。

算力产业蓬勃发展，算力创新能力不断提升。当前我国已形成体系较完整、规模体量庞大、创新活跃的计算产业，计算产业规模约占电子信息制造业的20%，规模以上企业2300余家，整机市场份额不断攀升，形成覆盖底层软硬件、整机系统及应用的产业生态，涌现一批先进计算技术创新成果，计算芯片、计算系统、计算软件等环节持

续取得突破，新兴计算平台和系统加速创新，前沿计算技术多点突破。

发展环境持续优化，行业赋能效益日益显现。我国网络基础设施能力稳步提升，省际出口带宽扩容力度不断加大，5G 网络建设持续推进，算网协同体系快速发展。算力投资继续扩大，“东数西算”工程带动西部地区投资力度明显增强。数据产量快速增长，数据资源开放共享步伐不断加快。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，算力占比近 50%，电信、金融是算力应用较大的传统行业，制造业算力需求有较大提升潜力。

算力助推经济增长，各地加快发展步伐。2021 年我国以计算机为代表的算力产业规模达到 2.6 万亿元，直接和间接分别带动经济总产出 2.2 万亿和 8.2 万亿元。京津冀、长三角、粤港澳大湾区、成渝双城经济圈等区域算力发展处于领先水平，其中广东、北京、江苏、浙江、上海、山东位于第一梯队。中西部核心省份算力发展日益崛起，但目前仍面临技术产业薄弱、发展环境亟待优化、算力需求少等问题。

2022 年白皮书在 2021 年基础上，加强了对算力供给水平的评价，从算力规模、算力产业、算力技术、算力环境和算力应用五个维度建立中国算力发展指数 2.0，增加了算力产业和算力技术两个维度，更加客观评估我国整体及各省份现阶段的算力发展水平，希望为各地推进算力技术产业、基础设施建设及算力应用发展提供参考。

白皮书仍有诸多不足，恳请各界批评指正。

目 录

一、全球算力进入新一轮快速发展期	2
(一) 算力规模稳定增长	2
(二) 算力产业蓬勃发展	4
(三) 算力技术多元创新	6
(四) 算力赋能持续深化	10
(五) 算力竞争不断加剧	12
二、我国开启算力赋能数字经济新篇章	14
(一) 算力规模持续扩大，智能算力成为增长动力	14
(二) 供给水平大幅提升，先进计算创新成果涌现	17
(三) 发展环境持续优化，网络体系打通数据动脉	18
(四) 赋能效应不断激发，智改数转进入纵深发展	21
(五) 算力助推经济增长，数字经济实现量质齐升	24
三、中国算力发展指数评估	26
(一) 指标建立依据	28
(二) 指标体系建立	31
(三) 我国算力评估	33
(四) 算力发展指数与经济的关系	41
四、加快夯实算力基础底座，激发数字经济发展引擎	42
(一) 夯实算力底座，引导基础设施布局	42
(二) 坚持创新驱动，促进核心技术研发	43
(三) 打造产业体系，提升计算产品供给	44
(四) 营造发展环境，优化网络数据服务	44
(五) 丰富融合应用，强化算力行业赋能	45
(六) 加强国际合作，推进一带一路建设	45
附件一：算力指数测算框架	46
(一) 算力规模分指数测算方法	46
(二) 算力产业分指数测算方法	47

（三）算力技术分指数测算方法.....	48
（四）算力环境分指数测算方法.....	48
（五）算力应用分指数测算方法.....	49
附件二：数据来源	50



图 目 录

图 1 算力发展研究体系	2
图 2 全球算力规模及增速	3
图 3 先进计算技术产业体系框架	7
图 4 2021 年全球算力规模与 GDP 关系	12
图 5 2021 年全球算力规模分布情况	13
图 6 我国算力规模及增速	16
图 7 我国算力内部结构	17
图 8 我国移动通信基站发展情况	19
图 9 我国 IT 硬件、软件、服务支出规模	20
图 10 我国各行业算力应用分布情况	22
图 11 2016-2021 年移动互联网流量及月 DOU 增长情况	24
图 12 2016-2021 年全球和我国算力规模与 GDP、数字经济规模关系	25
图 13 中国算力发展指数 2.0	27
图 14 2021 年中国部分省份算力发展指数	34
图 15 2021 年中国部分省份算力规模分指数	35
图 16 2021 年中国部分省份基础设施算力规模	36
图 17 2021 年中国部分省份算力产业分指数	37
图 18 2021 年中国部分省份算力技术分指数	38
图 19 2021 年中国部分省份算力环境分指数	39
图 20 2021 年中国部分省份算力应用分指数	40
图 21 算力发展指数与 GDP 关系	41

表 目 录

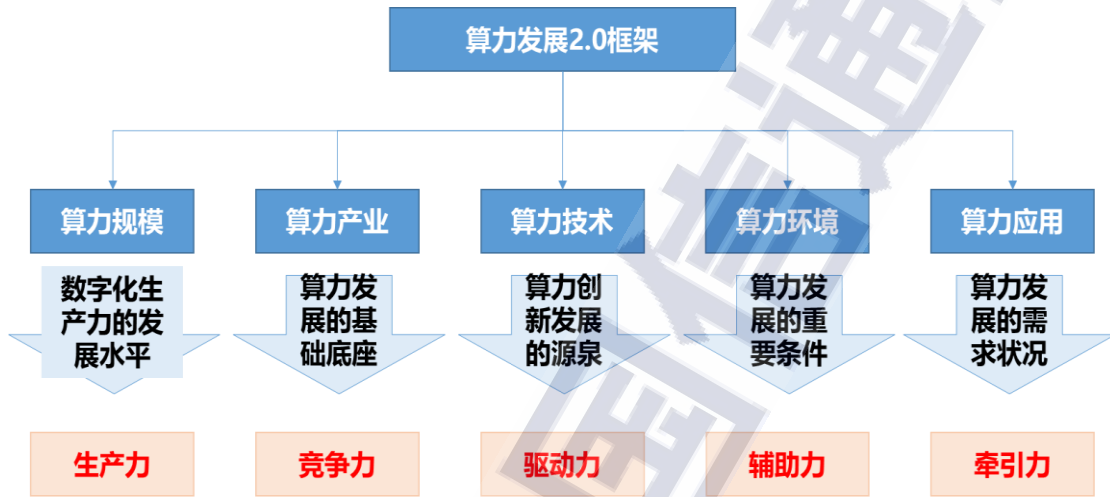
表 1 中国算力发展指标体系	31
----------------------	----

算力是数字经济时代新生产力，已成为推动数字经济发展的核心力量、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。根据中国算力发展指数白皮书（2021 年）测算，算力每投入 1 元，将带动 3~4 元的经济产出。

当前算力发展面临应用多元化、供需不平衡的挑战。一方面，迈入万物智能时代，新兴技术的快速兴起、海量数据的爆发性增长以及应用场景的日益多元化，激发算力成百上千倍增长，加速算力多样化升级。另一方面，算力的提升面临多维度的挑战，从芯片到算力的转化依然存在着巨大的鸿沟，现有计算技术升级能够带来的算力规模增速大约每年仅数倍，供需之间的差距依然很大，不论是硬件层面还是架构层面，计算技术发展都亟需变革。

基于算力的内涵和特点，2021 年白皮书主要从算力规模、算力环境和算力应用三个维度建立算力发展研究体系。2022 年白皮书在 2021 年基础上，从算力规模、算力产业、算力技术、算力环境和算力应用五个维度进一步完善算力发展研究体系，如图 1 所示，增加了算力产业和算力技术两个维度，加强了对算力供给水平的评价，突出计算技术和产业对于算力发展的基石作用。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，是生产力；算力产业是算力发展的基础底座，是竞争力；算力技术是算力创新发展的源泉，是驱动力；算力环境是算力发展的重要条件，是辅助力；算力应

用反映了算力发展的需求状况，是牵引力。以先进计算为代表的算力技术和算力产业为算力规模发展提供坚实支撑，算力环境为算力规模、算力技术和算力产业的发展提供土壤，算力应用拉动算力规模和算力产业的生长，驱动算力技术升级，五大要素相互促进、协同发展。



来源：中国信息通信研究院

图 1 算力发展研究体系

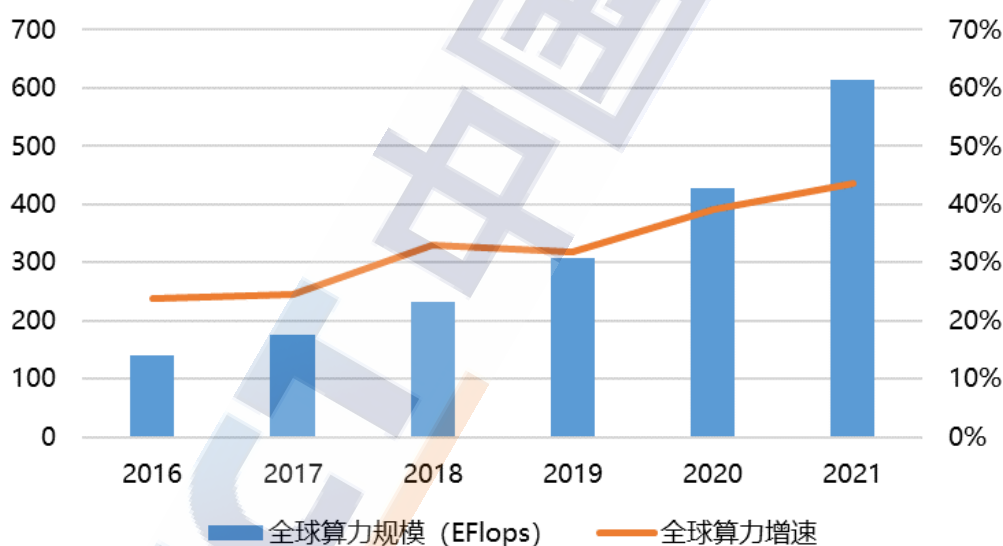
一、全球算力进入新一轮快速发展期

算力是数字时代的新生产力。万物智能时代对计算的需求呈百千倍递增态势，科学研究、人工智能、数字孪生以及元宇宙等新兴领域的快速崛起，推动全球算力规模的快速增长，驱动算力技术与产品的多元创新，带动产业格局的重构重塑，算力成为全球数字经济发展新引擎和各国战略竞争新焦点。

（一）算力规模稳定增长

全球算力规模保持高速稳定增长态势。在以万物感知、万物互联、万物智能为特征的数字经济时代背景下，全球数据总量和算力规模继

续呈现高速增长态势。根据国家数据资源调查报告数据，2021 年全球数据总产量 67 ZB，近三年平均增速超过 26%。经中国信息通信研究院测算，2021 年全球计算设备算力总规模达到 615 EFlops，增速达到 44%，其中基础算力规模¹（FP32²）为 369 EFlops，智能算力规模³（换算为 FP32）为 232 EFlops，超算算力规模⁴（换算为 FP32）为 14 EFlops。结合华为 GIV 预测，2030 年人类将迎来 YB 数据时代，全球算力规模达到 56 ZFlops，平均年增速达到 65%，其中基础算力达到 3.3 ZFlops，平均年增速达 27%；智能算力达到 52.5 ZFlops，平均年增速超过 80%；超算算力达到 0.2 ZFlops，平均年增速超过 34%。



来源：中国信息通信研究院、IDC、Gartner、TOP500

图 2 全球算力规模及增速

¹基础算力规模按照全球近 6 年服务器算力总量估算。全球基础算力= $\sum_{\text{近六年}}(\text{年服务器出货规模} \times \text{当年服务器平均算力})$ 。

²FP32 为单精度浮点数，FP16 为半精度浮点数，FP64 为双精度浮点数。

³智能算力规模按照全球近 6 年 AI 服务器算力总量估算。全球智能算力= $\sum_{\text{近六年}}(\text{年 AI 服务器出货规模} \times \text{当年 AI 服务器平均算力})$ 。

⁴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。多样化的智能场景需要多元化的算力，人工智能、科学研究以及元宇宙等新兴领域快速崛起都对算力提出更高要求。以元宇宙为例，英特尔预估元宇宙需要将计算能力提升一千倍，英伟达认为沉浸式体验下的实时渲染算力还差百万倍。

基础算力方面，云计算已基本恢复到疫情前增长水平，根据 IDC 数据，2021 年全球云计算 IaaS 市场规模增长至 913.5 亿美元，同比上涨 35.64%，IaaS+PaaS 市场累计达 1596 亿美元，同比增长 37.08%。云计算在未来将成为主流的通用计算模式，既为大数据、人工智能、5G 等新技术提供基础支撑，也为产业数字化转型与智能化升级提供动力源泉。

智能算力方面，当前海量复杂数据处理需求与单一算力供给之间存在矛盾，全球急剧扩增的数据中 80% 以上都是非结构化数据（文本、图片、语音、视频等），随着摩尔定律和登纳德缩放定律放缓，以 CPU 为代表的芯片年性能提升不超过 15%，难以满足处理视频、图片等非结构化数据的需求，亟需多样化的智能算力。

超算算力方面，十年千倍定律依然在持续，美国橡树岭国家实验室（ORNL）的新型超级计算机 Frontier 以 Linpack 基准测试 1.102 EFlops（每秒百亿亿次浮点运算）的性能，超越日本的 Fugaku，成为全球首个公开确认的百亿亿次超级计算机，全球超级计算机正式进入 E 级计算时代。

（二）算力产业蓬勃发展

受益于经济的快速复苏，全球服务器市场持续增长。整机方面，2021 全球服务器市场出货量和销售额分别为 1353.9 万台和 992.2 亿

美元，同比增长 6.9% 和 6.4%。HPE/新华三在全球服务器市场上位居榜首，市场份额达到 15.6%，戴尔、浪潮、联想和华为分列二到五位，市场份额分别为 15.4%、8.9%、6.4% 和 1.9%。芯片方面，服务器芯片市场长期被 X86 架构所主导，英特尔、AMD 市场份额分别为 81%、16%，随着英特尔在服务器主导地位的削弱，AMD 市场份额仍将持续提升。此外 ARM 服务器芯片产品逐步崛起，英伟达、亚马逊、华为、阿里等国内外巨头已陆续推出自研 ARM 服务器 CPU，预计 ARM 服务器市场份额也将不断提升，到 2024 年接近 10%，成为通用算力的重要补充力量。

训练数据规模和模型复杂度的不断增大，推动 AI 服务器需求快速增长。整机方面，据 IDC 统计数据，2021 年，全球 AI 服务器市场规模达 156 亿美元，同比增长 39.1%，超过全球 AI 整体市场（含硬件、软件及服务）增长率 22.5%，成为 AI 整体市场增长的驱动力量。在 2021 年全球 AI 服务器市场中，浪潮、戴尔、HPE 分别以 20.9%、13.0%、9.2% 的市占率位列前三，三家厂商总市场份额占比达 43.1%，华为（5.8%）和 IBM（4.1%）位列第四和第五。芯片方面，传统芯片巨头加速完善 AI 芯片产品体系，不断推进全能力建设，抢占多样性算力生态主导权。英特尔发布新一代高性能深度学习 AI 训练处理器 Habana Gaudi2，运算速度是上一代的 2 倍。AMD 在完成赛灵思的收购后，计划在 CPU 中融入赛灵思的 FPGA AI 引擎。英伟达推全新架构 GPU，采用台积电 4nm 工艺，集成 800 亿个晶体管，大幅提升了

AI 计算速度。

E 级超算时代已经来临，超算设备厂商纷纷加快产业化步伐。整机方面，超算设备厂商纷纷加强产业整合和布局，在 TOP 500 的榜单上，联想是目前最大的超级计算机制造商，共有 161 台，全球占比 32.2%；HPE 有 96 台入围，占比 19.2%，排名第二；浪潮、Atos、曙光以 50 台、42 台、36 台分列三到五位，占比 10%、8.4%、7.2%。HPE 以 13 亿美元收购 Cray 后，推出首个 E 级超算 Frontier，预计 2023 年推出超过 2 EFlops 性能的超算。法国 Atos 推出了新型超级计算机 BullSequana XH3000，将实现 E 级传统数字仿真和 10E 级 AI 加速计算。芯片方面，CPU 仍以英特尔和 AMD 为主，TOP 500 榜单上使用英特尔 CPU 的超算高达 388 台，占比 77.6%，93 台使用 AMD 处理器。此外异构计算芯片在超级计算机中应用越来越多，TOP 500 榜单上共有 168 台超级计算机使用了加速器/协同处理器技术，其中 154 台使用了英伟达芯片，8 台采用 AMD 芯片。

（三）算力技术多元创新

先进计算夯实算力发展基石。万物智联时代，海量数据洪流和多样应用需求爆发拉动算力规模成倍增长、算力结构持续调整，单一技术升级路径已难以匹配算力高质量发展需求，以多元化、融合化为特征的先进计算技术迎来新一轮发展浪潮。面向海量数据、实时响应、泛在多元、绿色安全等场景的信息处理需求，通过计算理论、计算器件、计算部件、计算系统等融合性创新和颠覆性重构，形成更高算力、

更高能效、更加多样、更加灵活的计算技术和产品，将有助于实现单点计算性能的提升与算力系统的高效利用，解决算力面临的挑战，打破后摩尔时代的算力危机。一方面，先进计算作为推动技术革新新动力，推动基于硅基半导体的经典计算技术持续向前演进，以系统化思维逐步改变芯片设计思路，形成多样化的计算架构。另一方面，量子计算、存算一体、光计算、类脑计算等颠覆性计算技术取得突破进展，推动非经典计算从理论走向实践。随着先进计算技术的不断发展，现有算力规模将得到有效提升，算力成本显著降低，算力利用效率提高，算力体系将得到颠覆性的变革。



来源：中国信息通信研究院

图 3 先进计算技术产业体系框架

摩尔定律不断演进。一是，先进工艺持续升级。三星于 2022 年上半年宣布 3nm 正式进入量产，采用新型 GAA 围栅结构晶体管替代传统 FinFET 技术，相比于 5nm 节点，性能提升约 23%，功耗下降

约 45%，面积减少 16%。2nm 及以下节点先进工艺研发竞相开展，主要围绕围栅器件、高数值孔径极紫外光刻机、二维材料等新结构、新设备、新材料方向多维攻关，目前台积电已启动 1.4nm 工艺布局，英特尔规划在 2024 年进入埃米制造时代，持续延续摩尔定律生命周期。

二是，芯粒（Chiplet）开辟演进新路径。依托 2.5D 和 3D 等高级封装技术，芯粒可以实现不同工艺制程、不同类型芯片间立体集成，成为应对先进工艺设计难度和成本大幅提升的有效方案。随着英特尔、AMD、ARM 等业界巨头推进 Chiplet 互联标准的统一，Chiplet 有望变革行业现有规则，影响芯片未来升级路径。

计算芯片加快突破。在 CPU、GPU 等通用芯片性能持续升级的同时，计算芯片专用化发展仍在延续。人工智能芯片迈入商业落地阶段，业内已形成覆盖全场景的芯片解决方案，云端训练侧英伟达 GPU 占据主要市场份额，云端推理侧高效能芯片架构多样化发展；端侧场景高度碎片化，已在自动驾驶、视频监控、智能家居等领域形成一批商用落地产品。数据处理单元（DPU）芯片成为行业追逐新热点，数据密集型需求的快速增长对云端现有计算体系架构提出了新要求，专注数据加速处理以及云端各类资源管理的 DPU 芯片创新活跃，成为提升系统效能的重要推手。目前，英伟达、英特尔、美满等芯片厂商，亚马逊、阿里云等云服务商，芯启源、中科驭数等新锐企业均已形成自研 DPU 产品。

异构计算成为主流模式。伴随异构计算在移动互联网、人工智能、

高性能计算等各类典型应用中占比显著提高，多样化、跨体系处理器协同成为提升计算并行度和能效的重要手段，主要涉及硬件体系架构、软硬融合协同两个维度的重构重建。硬件架构突破以 CPU 为中心的体系，应用维度从芯片内、节点内向系统级分区异构逐步深化，计算架构从“控制芯片+各类专用加速芯片”的典型模式向多擎分立等新体系探索，有望实现更大规模的多系统高效并行调度。软件协同以跨域统一和灵活调配为重要方向，借助统一异构软件平台整合编译器、编程语言、加速库、开发工具等，提供面向底层不同计算架构的编程模型和应用程序接口，实现多样异构算力的统一管理调度，典型代表包括英特尔 OneAPI、英伟达 CUDA 和华为北冥多样性计算融合架构等。

泛在协同计算应用深化。泛在协同是更宽泛的计算系统创新概念。其中，中心边缘协同已在众多场景中得到应用，并逐步由本地数据预处理向应用计算流程的云边协同支撑深化，人工智能训练由以云为主转向云边协同，推理则由以云和端为主，向边端协同迈进。目前，云边端泛在计算架构和边缘侧算力实现是推进重点。在算力网络中，云、边、端共同构成了多层立体的泛在计算架构，通过与网络的深度融合，构成算力网络的新型基础设施。边缘侧算力实现受场景制约，对功能定义、性能要求等差异性较大，目前处于共性需求梳理、架构明确等初步阶段。随着云边端协同、边缘计算、多设备协作等多维协同体系商用规模不断扩大，边缘计算部署比例将不断提升。

前沿计算产业化初探。计算技术与数学、物理、生物等多学科交叉融合，由此衍生的存算一体、光计算、量子计算等前沿颠覆计算技术创新活跃，成为未来探索的重要方向，目前部分领域开始走向产业化探索。存算一体架构实现在存储单元中进行计算，有望攻克“内存墙”瓶颈，目前业内涌现知存科技等一批初创企业，相关产品已在物联网、可穿戴设备中实现应用。光计算利用光学器件折射、干涉等光学特性进行运算，产品原型已开始在数据中心试用，预计两年内将推出商业化产品，生态建设成为未来发展和突破的重点。量子计算在随机电路采样、玻色采样等特定问题求解中展现算力优越性，研究机构正尝试在加密解密、化学模拟、药物研发等场景中进行应用。

（四）算力赋能持续深化

算力对数字经济和 GDP 的发展有显著的带动作用，一方面加速电子信息制造业、软件和信息技术服务业、互联网行业、通信行业等信息技术产业创新发展，另一方面助推制造、交通、零售等传统产业数字化转型升级，带来产业产值增长、生产效率提升、商业模式创新、用户体验优化等延伸性效益。

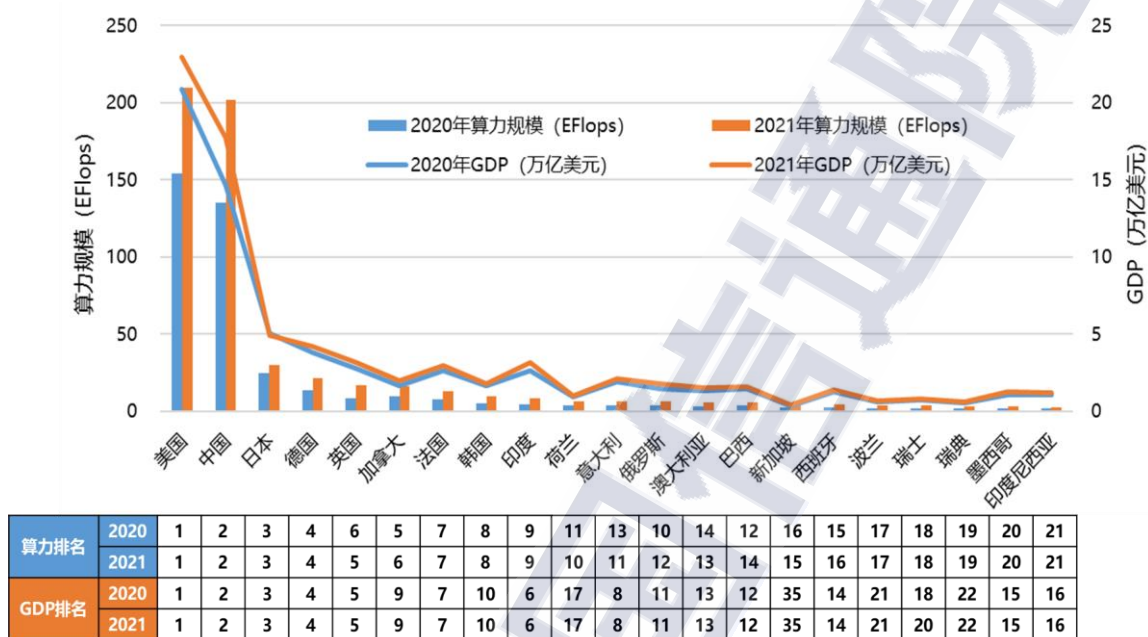
算力驱动数字产业化发展进程。当前，算力作为数字经济核心产业的重要底座支撑，带动上下游产业链发展作用日渐凸显，在集成电路、服务器、云计算等领域尤为明显。集成电路方面，2021 年全球计算与存储相关集成电路销售额约为 2000 亿美元，较去年增长 20% 以上。服务器方面，2021 年数据中心基础设施投资额持续上涨，全球服

务器市场出货量和销售额分别为 1353.9 万台和 992.2 亿美元，同比增长 6.9% 和 6.4%。云计算方面，在算力赋能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，2021 年全球云计算市场规模达 4086 亿美元，同比增长 29.0%，保持高速增长和快速创新态势。

算力成为产业数字化稳增长的关键引擎。算力的持续投入为产业的数字化转型提供了原始动力，为实现生产效率提升、服务能力优化、商业模式创新建立了坚实基础。其中，制造业数字化转型是对算力依赖程度较高、生产效率提升较为显著的领域，以云计算、边缘计算、智能计算为代表的算力投入有利于打造高度协同的智能制造生态体系。国际制造业巨头西门子在 2021 年成功打造首个完全基于数字企业概念的工厂，在规划、分析、模拟、测试、验证等流程中运用数字孪生技术，在强大算力的加持下，实现补料速度提高 50%，空间效率提高 40%，批量生产灵活性提高 30%，生产力提高 20%。

全球各国算力规模与经济发展水平呈现正相关。当前，随着算力底座的不断夯实，算力对数字经济发展和千行百业数字化转型的支撑作用愈加凸显，已成为衡量一个地区经济社会发展程度的重要指标。其中，算力对数字经济和 GDP 的发展有显著的带动作用，2021 年全球算力规模增长 44%，数字经济规模和名义 GDP 分别增长 15.6% 和 13%。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。2021 年算力规模前 20 的国家中有 17 个是全球

排名前 20 的经济体，并且前五名排名一致。与 2020 年相比，英国、荷兰、意大利、澳大利亚、新加坡等国算力排名有所提升。



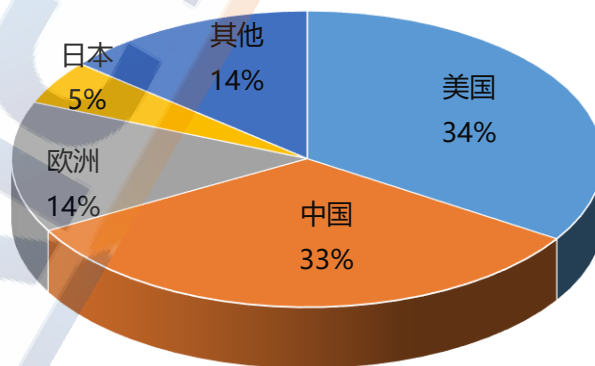
来源：中国信息通信研究院、IDC、Gartner、世界银行

图 4 2021 年全球算力规模与 GDP 关系

（五）算力竞争不断加剧

全球主要国家和地区深化算力发展路径。算力成为各国抢占发展主导权的重要手段，全球主要国家和地区纷纷加快战略布局进程。美国高度重视算力新兴技术发展，通过更新技术清单引领技术创新方向，持续巩固美国在算力技术领域的全球领导地位。2022 年 2 月美国白宫发布新版《关键和新兴技术清单》，涵盖先进计算等十四个关键技术和五个新兴技术领域，其中先进计算包括超级计算、边缘计算、云计算、数据存储、计算架构、数据分析和处理六大子领域。日本从国家层面制定量子和人工智能技术发展战略。在量子技术方面，通过设

立 8 个“量子技术创新基地”、成立“量子技术新产业创造协议会”（Q-STAR），推进量子技术研发及产业化建设，并在《量子未来社会愿景》中提出在 2022 年建成首台日本国产量子计算机、到 2030 年量子技术使用者达到 1000 万人的目标；在人工智能技术方面，日本发布《AI 战略 2022》，围绕人才、产业竞争力、技术体系、国际合作、应对紧迫危机五大战略目标，加快人工智能技术产业发展。欧盟不断加大算力基础设施建设和关键技术研发的投入力度。2021 年 9 月欧盟计划为数据基础设施、5G、量子计算等领域投资 1770 亿美元；2022 年 2 月欧盟发布投资金额超过 430 亿欧元的《欧洲芯片法案》，提出聚焦新一代处理器、人工智能和边缘计算等芯片技术，发展鳍式场效应晶体管（FinFET）、全环绕栅极晶体管（GAA）、全耗尽型绝缘体上硅（FD-SOI）等半导体工艺技术，强化欧盟各国在高端芯片设计和半导体生产工艺方面的竞争优势，将欧盟芯片产能从目前占全球的 10% 提升到 2030 年的 20%。



来源：中国信息通信研究院、IDC、Gartner、TOP500

图 5 2021 年全球算力规模分布情况

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 34%、33%、14%和 5%，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 37%，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 45%和 28%；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 48%、22%、18%，中国在绝对数量方面处于领先。

全球化方面，在当前复杂严峻的国际环境下，世界各国加快本土算力产业建设，重塑全球产业链供应链竞争格局，给算力技术创新及产业生态带来新挑战。欧美日等发达国家发布相关政策进一步保护本土产业链供应链安全，以维持在计算芯片设计、关键原材料、半导体制造设备等方面技术优势，巩固和提高企业全球竞争力。全球各国都应从本国国情、发展阶段和资源禀赋出发，综合借鉴国际上其他国家有益的经验，摸索出自身算力发展的可行路径，同时积极推进国际合作。

二、我国开启算力赋能数字经济新篇章

2021 年是“十四五”开局之年，是我国构建新发展格局的起步之年。面对复杂严峻的国际环境和国内疫情多发散发等多重考验，我国充分发挥超大规模市场优势，实现了算力规模和供给水平的大幅提升，行业赋能效益日益显现，发展环境持续优化，助推数字经济蓬勃发展。

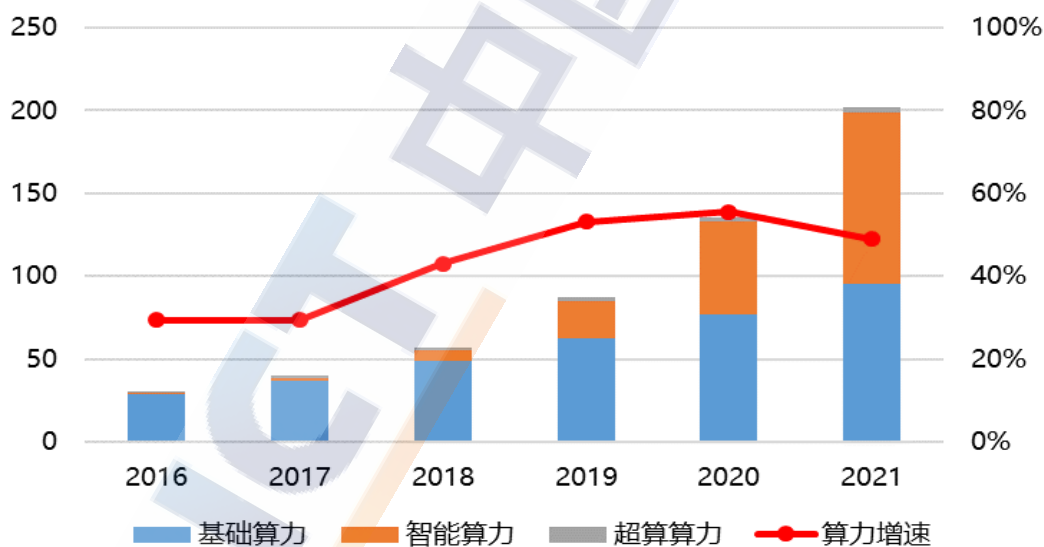
（一）算力规模持续扩大，智能算力成为增长动力

从基础设施侧看，数据中心、智能计算中心、超算中心加快部署。

随着全国一体化算力网络国家枢纽节点的部署和“东数西算”工程的推进，我国算力基础设施建设和应用保持快速发展，根据工信部数据，我国基础设施算力规模达到 140 EFlops，位居全球第二。一是数据中心规模大幅提升。截至 2021 年底，我国在用数据中心机架总规模超过 520 万标准机架，平均上架率超过 55%，在用数据中心服务器规模 1900 万台，存储容量达到 800EB(1EB=1024PB)。电能使用效率(PUE)持续下降，行业内先进绿色数据中心 PUE 已降低到 1.1 左右，达到世界先进水平。二是智能计算中心加快布局。根据 ICPA 智算联盟统计，截至 2022 年 3 月，全国已投运的人工智能计算中心有近 20 个，在建设的人工智能计算中心超 20 个。地方依托智能计算中心，一方面为企业提供普惠算力，支撑当地科研创新和人才培养，另一方面结合本地产业特色，加快人工智能应用创新，聚合人工智能产业生态，例如武汉人工智能计算中心陆续孵化出紫东·太初、武汉·LuoJia 等大模型，加速推动 AI 在多模态交互、遥感等领域的落地应用。三是超算商业化进程不断提速。我国超算进入到以应用需求为导向的发展阶段，多款由服务器供应商研制、提供商业化算力服务的超级计算机在 2021 年我国 HPC TOP100 中排名前列，与此同时，国内很多超算中心为加强商业化运行改革，引入专业的超算商业化运营公司，以云服务的理念和方式输出超算资源。

从设备供给侧看，我国算力规模持续增长。经中国信息通信研究院测算，2021 年我国计算设备算力总规模达到 202 EFlops，全球占比

约为 33%，保持 50% 以上的高位增长，高于全球增速。**基础算力稳定增长**，基础算力规模⁵为 95 EFlops，增速为 24%，在我国算力占比为 47%，其中 2021 年通用服务器出货量达到 374.9 万台，同比增长 7%，六年累计出货量超过 1960 万台。**智能算力增长迅速**，智能算力规模⁶达到 104 EFlops，增速为 85%，在我国算力占比超过 50%，成为算力快速增长的驱动力，其中 2021 年 AI 服务器出货量达到 23 万台，同比增长 59%，六年累计出货量超过 50 万台。**超算算力持续提升**，超算算力规模⁷为 3 EFlops，增速为 30%，其中 2021 中国高性能计算机 TOP100 排在第一名的性能是上年的 1.34 倍，联想、浪潮、曙光超算数量位列国内前三。



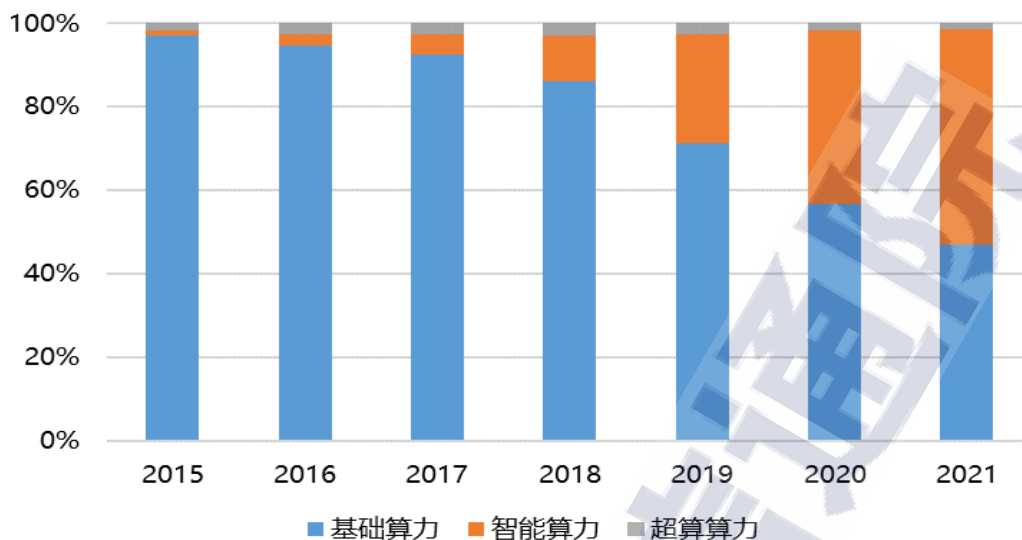
来源：中国信息通信研究院、IDC、Gartner、TOP500、HPC TOP100

图 6 我国算力规模及增速

⁵基础算力规模按照我国近 6 年服务器算力总量估算。我国基础算力= $\sum_{\text{近六年}}(\text{年服务器出货规模} \times \text{当年服务器平均算力})$ 。

⁶智能算力规模按照我国近 6 年 AI 服务器算力总量估算。我国智能算力= $\sum_{\text{近六年}}(\text{年 AI 服务器出货规模} \times \text{当年 AI 服务器平均算力})$ 。

⁷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。



来源：中国信息通信研究院

图 7 我国算力内部结构

（二）供给水平大幅提升，先进计算创新成果涌现

算力产业加速壮大升级。经过多年发展，我国已形成体系较完整、规模体量庞大、创新活跃的计算产业，在全球产业分工体系中的重要性日益提升。当前，我国计算产业规模约占电子信息制造业的 20%，规模以上企业 2300 余家，“创新突破、兼容并蓄”的产业发展新格局正加快构建。

一是整机市场份额不断攀升。通用计算领域，根据 IDC 数据显示，浪潮、新华三、戴尔、联想、华为排名我国服务器市场前五名，国产品牌市场份额合计接近 75%。智能计算领域，浪潮、安擎、华为排名我国人工智能服务器市场前三名，国产品牌市场份额达 85%。高性能计算领域，我国超算系统占有量与制造商总装机量均保持全球领先。

二是产业生态不断完善。国产芯片已初具规模，X86、ARM、自主架构 CPU 持续深化规模应用，百度、寒武纪等 AI 芯片加速迭代

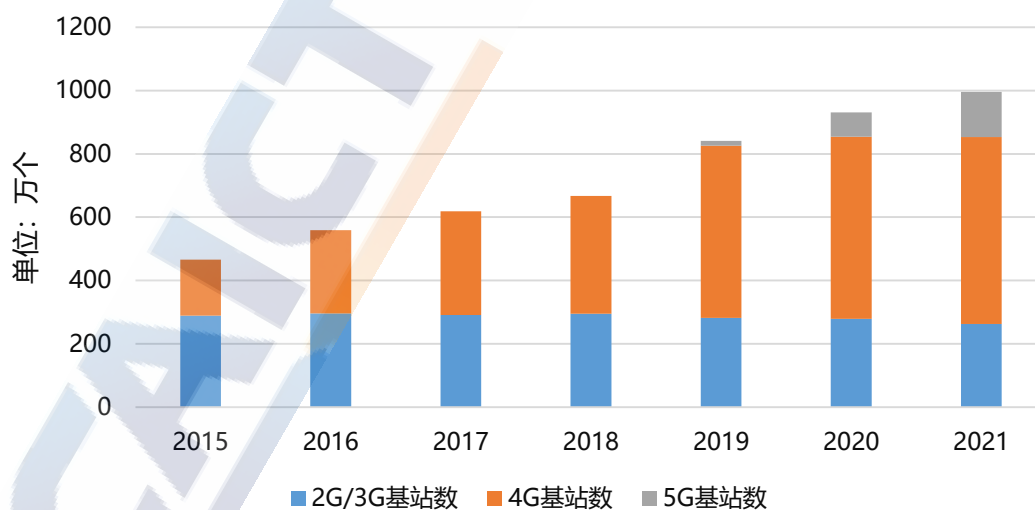
优化，国产操作系统逐步向金融、电信、医疗等行业应用渗透，鲲鹏生态、PKS 体系等计算产业生态日渐完善，覆盖底层硬件、整机系统及应用等关键环节。

算力创新能力不断提升。2021 年我国计算机领域发明申请超过三万件，先进计算领域涌现出一批创新成果。**一是**基础软硬件持续突破。互联网厂商加速服务器芯片、AI 芯片自研，阿里推出 CPU 芯片倚天 710，已在阿里云数据中心规模化部署；百度智能云联合昆仑芯推出第二代昆仑芯云服务器，搭载的昆仑芯 2 代 AI 芯片整体性能较上一代提升 2-3 倍。开源操作系统欧拉加强更新迭代，在安全性、易用性、生态能力上进一步提升，装机量累计超过百万套。**二是**新兴计算平台系统加速布局。新型计算系统结构与系统、新型存储系统、领域专用软硬协同计算系统等成为创新热点方向，华为等企业推出多样性计算融合架构，构建包括编程语言、编译器、加速库、开发框架等在内的多样性计算软件栈，降低多样性算力的开发部署难度，提升多样性算力的应用效能。**三是**前沿计算技术多点突破。之江实验室等团队联合研发的量子计算模拟器 SWQSIM，基于神威超级计算机，可提供每秒 4.4 百亿亿次的持续计算性能，研究成果获 2021 年“戈登·贝尔奖”。中国科学技术大学等团队研制的“九章二号”光量子计算机原型机，具备一定编程能力，在图论、量子化学等领域具有应用潜力。

（三）发展环境持续优化，网络体系打通数据动脉

“双千兆”网络基础设施为算力发展提供坚实保障。在全国一体

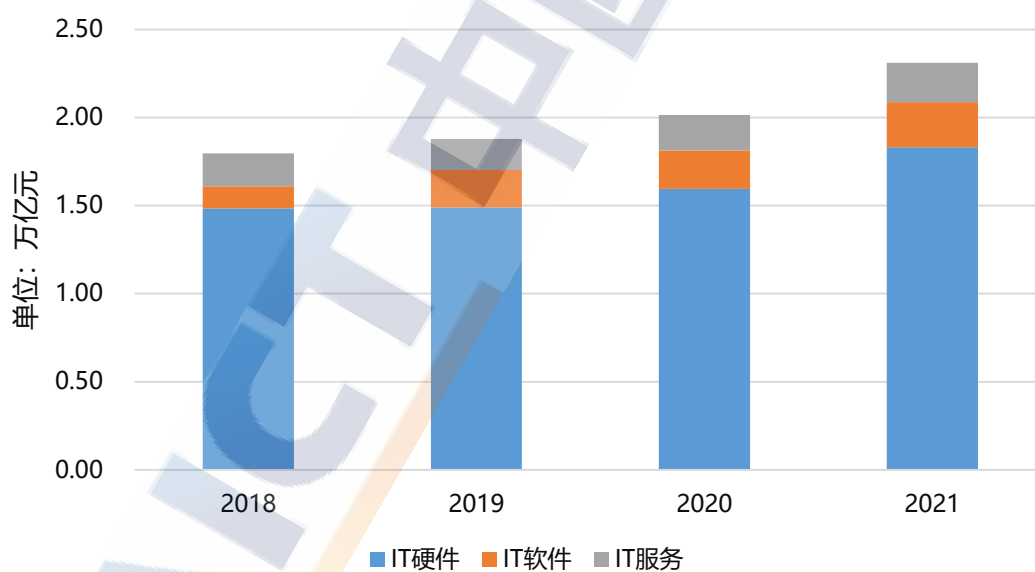
化算力网络建设背景下，算力设施和网络设施融合程度进一步加深，低延迟、高带宽的互联网络成为连接东西部算力设施，强化各区域算力协同的基础，为我国算力设施空间布局优化提供支撑。我国网络基础设施能力稳步提升，互联网骨干网、城域网结构得到持续优化，已启动建设多条“东数西算”干线光缆，推进一体化大数据中心体系、工业互联网大数据中心体系建设。省际出口带宽扩容力度不断加大，2021 年各省份平均互联网省际出口带宽达到 42 Tbps，增速超 90%。5G 建设引领发展，截至 2021 年底全国移动通信基站总数达 996 万个，其中 4G 基站总数达到 590 万个，累计建成 5G 基站超 142 万个，覆盖所有地级市、98% 的县区，每万人拥有 10.1 个 5G 基站，覆盖率达 24%，提高 11 个百分点。随着网络基础设施日益完善，云、边、端之间界线模糊化，算力与网络协同能力逐渐增强，支撑多样化算力发展体系。



来源：工业和信息化部

图 8 我国移动通信基站发展情况

继续扩大的算力投资为算力持续高速稳增长注入动力。当前云计算、大数据、人工智能等新一代信息技术正加速与经济社会各领域渗透融合，产业数字化转型进程提速升级，信息化和工业化深度融合发展，企业数字化比例持续提高，带动我国在计算硬件、软件及服务等领域支出的不断增长，为算力发展提供强劲动力。IDC 数据显示，2021 年我国 IT 支出规模达到 2.3 万亿，同比增长 14%，带动我国经济强劲复苏。与此同时，在我国“东数西算”工程带动下，算力投资呈现由东向西转移趋势，西部地区投资力度明显增强，八大算力枢纽节点地区成为投资热点，算力投资空间布局得到优化，促进我国算力设施向集约化、规模化、绿色化发展。



来源：中国信息通信研究院、IDC

图 9 我国 IT 硬件、软件、服务支出规模

日益完善的数据资源体系打通算力发展“大动脉”。数据是数字

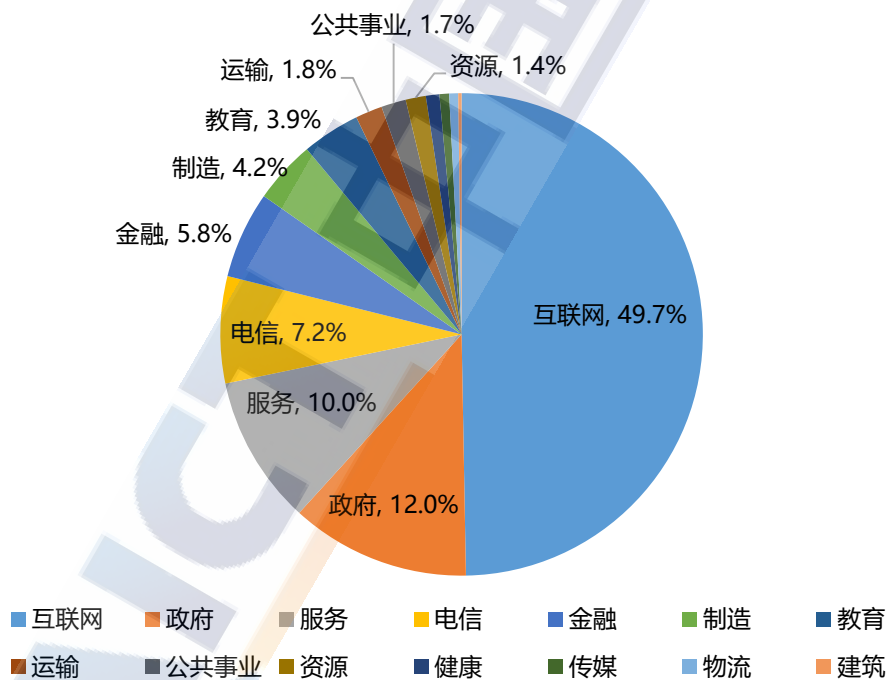
经济时代新生产资料，是算力发展的基础。数据产量的快速增长、数据处理需求的不断提高以及数据资源的开放流通促进了算力的开发与应用需求增长，间接成为了算力发展的助推剂。当前我国数据产量快速增长，根据国家数据资源调查报告数据，2017 年到 2021 年，我国数据产量从 2.3ZB 增长至 6.6ZB，全球占比 9.9%，位居世界第二。数据资源开放共享步伐不断加快，根据数字中国发展报告 2021 年数据，2017 年到 2021 年，全国省级公共数据开放平台由 5 个增至 24 个，开放的有效数据集由 8398 个增至近 25 万个，各地积极探索数据治理规则，培育数据要素市场，促进数据流通交易和开发利用，助力数据要素价值的释放。

（四）赋能效应不断激发，智改数转进入纵深发展

随着我国算力支撑能力持续增强，算力应用的新业态、新模式正加速涌现，一方面算力深度融入互联网、电信、金融、制造等行业，为各行业各领域的智能化改造和数字化转型提供支撑。另一方面，虚拟现实与元宇宙有望成为撬动信息消费的重要杠杆，或将成为推动算力下一个增长阶段的驱动力。

算力为行业数字化转型注入强劲动能。从应用领域看，我国算力应用正从互联网、电子政务等传统领域，逐步向电信、金融、制造、教育等传统行业拓展。互联网行业对数据处理、模型训练的需求不断提升，是算力需求最大的行业，占整体算力 50% 的份额；政府行业对数字政府、平安城市等领域的投入力度不断加强，算力份额占比位列

第二；服务、电信、金融、制造、教育、运输等行业分列三到八位，其中电信、金融行业企业的数字化程度高，是我国算力应用较大的传统行业；制造行业方面，随着工业互联网发展的不断成熟，制造业的应用场景将更加丰富，对算力的需求有较大提升潜力。从支撑能力看，算力应用场景从病毒研究、地质勘探、航空航天等科技探索，向环境监测、精准营销、智能调度等领域延伸，激发了数据要素驱动的创新活力。算力在疫情防控中持续发挥重要支撑作用，通信大数据行程卡用户查询次数累计超过 556 亿次，平均每半年翻一番，有力支撑了各地人员流调和复工复产等工作。



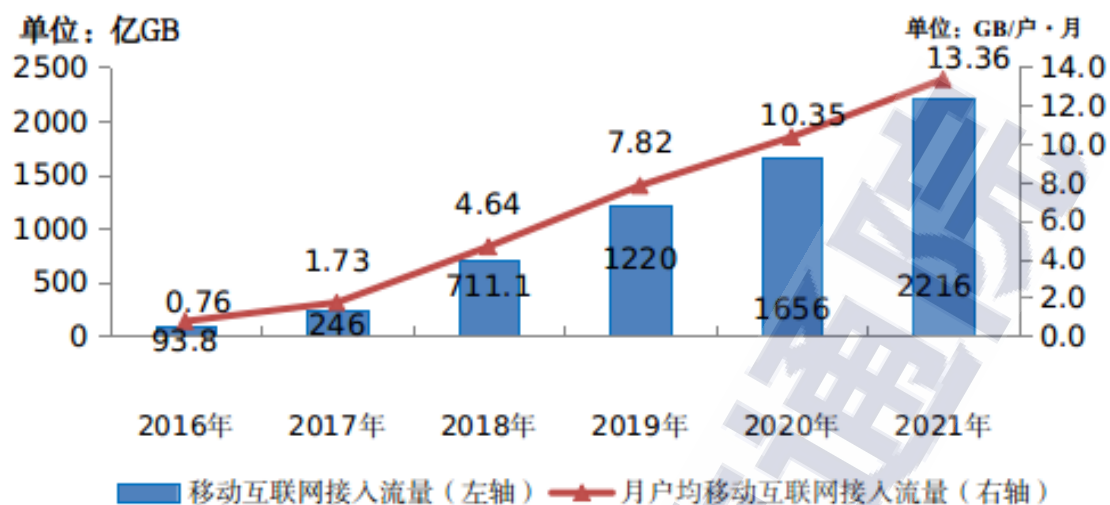
来源：中国信息通信研究院、IDC

图 10 我国各行业算力应用分布情况

算力助推信息消费持续扩大升级。一是移动数据流量消费规模继

续扩大。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。2021 年我国移动互联网流量实现快速增长，接入流量达 2216 亿 GB，比上年增长 33.9%，其中手机上网流量达到 2125 亿 GB，比上年增长 35.5%，在移动互联网总流量中占比为 95.9%。移动互联网月户均流量（DOU）持续提升，全年 DOU 达 13.36 GB/户·月，比上年增长 29.2%；12 月当月 DOU 达 14.72 GB/户，创历史新高。

二是 5G 与物联网用户数快速增加。随着 5G 和物联网的规模建设，算力将加速由云端向边侧、端侧的扩散，边端计算能力持续增长，推动高清内容、视频制播、AR 导航、云游戏、智能家居等新兴应用的普及，进而促进 5G 与物联网用户数的增长。2021 年我国移动电话用户总数 16.43 亿户，全年净增 4875 万户，普及率为 116.3 部/百人，比上年末提高 3.4 部/百人。其中，4G 移动电话用户为 10.69 亿户，5G 移动电话用户达到 3.55 亿户，二者占移动电话用户数的 86.7%。蜂窝物联网用户规模持续扩大，三家基础电信企业发展蜂窝物联网终端用户 13.99 亿户，比上年末净增 2.64 亿户。



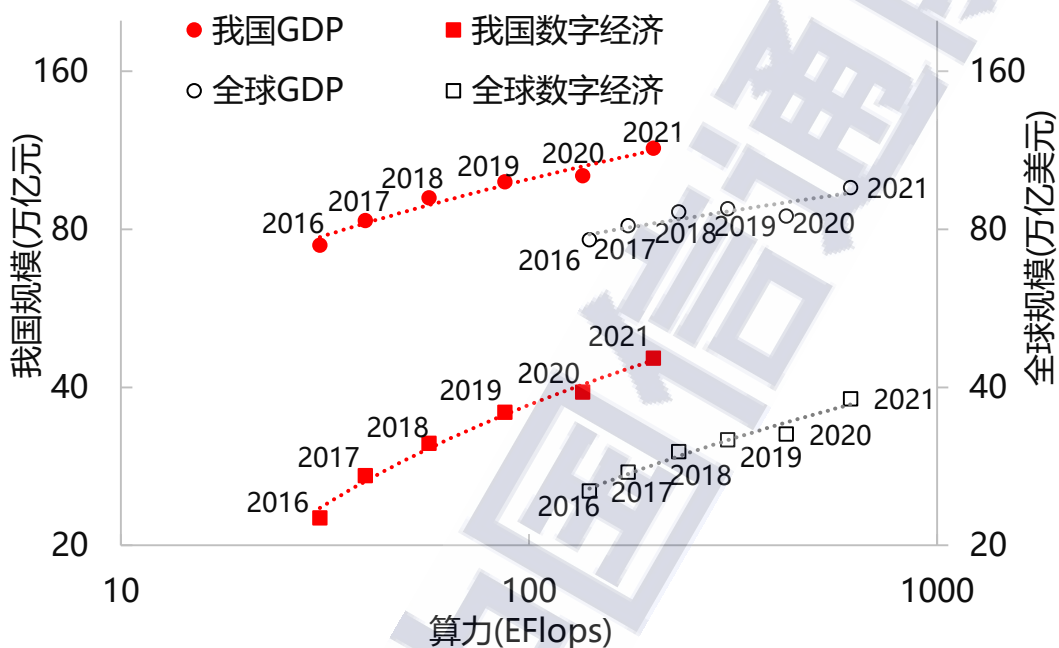
来源：工业和信息化部

图 11 2016-2021 年移动互联网流量及月 DOU 增长情况

（五）算力助推经济增长，数字经济实现量质齐升

算力发展推动我国数字经济量质齐升。近年来，我国深入推进算力和应用融合发展，推动算力赋能千行百业，促进数字技术和实体经济深度融合，构筑数字经济发展新优势，壮大新的经济增长点。数字产业化方面，我国正经历由量的扩张到质的提升转变。2021 年，我国数字产业化增加值规模为 8.35 万亿元，同比名义增长 11.9%，占数字经济比重为 18.3%，占 GDP 比重为 7.3%。算力作为数字经济核心产业的重要底座支撑，对上游硬件产业的拉动作用日渐凸显，2021 年全国规模以上电子信息制造业增加值比上年增长 15.7%，增速创下近十年新高；全国规模以上软件和信息技术服务业营收 9.5 万亿元，同比增长 17.7%，保持较快增长。产业数字化方面，产业数字化规模达到 37.18 万亿元，同比名义增长 17.2%，占数字经济比重为 81.7%，占 GDP 比重为 32.5%。以制造业为主导的产业数字化转型对数字经

济的增长起到了关键作用，我国已培育较大型工业互联网平台超过 150 家，平台服务的工业企业超过了 160 万家，工业互联网融合应用迈入快速成长期。



来源：中国信息通信研究院

图 12 2016-2021 年全球和我国算力规模与 GDP、数字经济规模关系

算力发展对我国 GDP 增长的拉动作用显著。一方面算力规模与经济发展水平呈现出显著的正相关关系。当前，算力已成为继热力、电力之后新的关键生产力，在算力作用下，生产力得到前所未有的释放，算力规模越大，经济发展水平越高。统计数据显示，2021 年，我国算力规模增长 50%，数字经济增长 16%，GDP 名义增长 12.8%。与全球相比，我国算力对 GDP 增长的拉动作用显著，在 2016-2021 年期间，我国算力规模平均每年增长 46%，数字经济增长 15%，GDP 增

长 9%；全球算力规模平均每年增长 34%，数字经济规模增长 8%，GDP 增长 4%。另一方面，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，2021 年以计算机为代表的算力产业规模达到 2.6 万亿元，约占电子信息制造业的 20%，直接带动经济总产出 2.2 万亿元，间接带动经济总产出 8.2 万亿元。随着“东数西算”工程全面启动，算力资源提升到水、电、燃气等基础资源的高度，我国算力基础设施建设持续提速，未来算力对我国经济发展的提升作用将得到进一步提升。

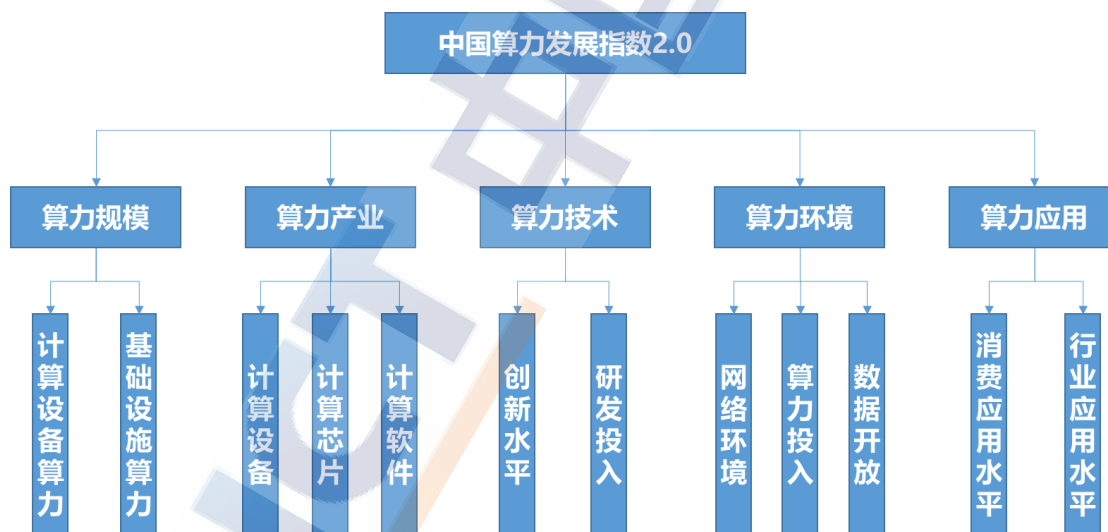
三、中国算力发展指数评估

“十四五”规划明确指出，要加快构建全国一体化大数据中心体系，强化算力智能调度，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，为今后五年我国算力产业发展指明了方向。我国加快算力规划的制定，陆续出台《全国一体化大数据中心协同创新体系算力枢纽实施方案》《新型数据中心发展三年行动计划（2021-2023 年）》《“十四五”信息通信行业发展规划》《“十四五”数字经济发展规划》《“十四五”国家信息化规划》等一系列文件，启动实施“东数西算”工程，着力构建以新一代信息通信网络为基础，以数据和算力设施为核心，以融合基础设施为重点的新型信息基础设施体系，加强算力核心技术攻关，促进算力资源的供需对接，培育算力新产业、新业态、新模式，取得了积极成效。

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，我院进一步完善了中国算力发展指数，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。

基于算力发展研究体系，白皮书从算力规模、算力产业、算力技术、算力环境和算力应用五个维度建立中国算力发展指数 2.0。与算力发展指数 1.0 相比，中国算力发展指数 2.0 增加了算力产业和算力技术两个一级指标，加强了对算力供给水平的评价。中国算力发展指数 2.0 如图 13 所示。



来源：中国信息通信研究院

图 13 中国算力发展指数 2.0

此外，中国算力发展指数 2.0 还对二级指标进行相应增加与调整。算力规模除考虑计算设备算力（服务器算力规模、AI 服务器算力规

模、超级计算机算力规模）外，增加的基础设施算力维度，主要考虑各地区数据中心、智能计算中心等集中部署的算力规模因素。增加的算力产业维度，主要考虑计算系统设备以及相关基础软硬件产业因素。增加的算力技术维度，主要考虑计算相关技术与试验发展(R&D)投入和创新水平（知识产权）因素。算力环境维度除了网络环境、算力投入外，还增加了数据开放因素，数据开放主要反映了算力发展的迫切要求，数据开放流通将会对算力增长产生直接和间接的推动作用。算力应用维度仍然包括消费应用和行业应用因素。

（一）指标建立依据

基于全球和我国算力发展的分析，并综合 IDC⁸、罗兰贝格⁹、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、算力产业、算力技术、算力环境和算力应用五个维度选取相关指标建立中国算力发展指数 2.0，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 2.0 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。主要基于计算设备算力和基础设施算力两个

⁸ IDC、浪潮和清华大学联合发布的《2021-2022 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。

⁹ 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。

方面来衡量。计算设备算力主要是根据各地区近六年的算力设备市场分布，分别从通用服务器、AI 服务器、超级计算机三个层面来衡量基础算力、智能算力、超算算力规模，其中基础算力主要聚焦各地区服务器算力规模，采用单精度浮点数（FP32）计算能力来衡量算力性能¹⁰；智能算力主要聚焦各地区 AI 服务器算力规模，采用主流的半精度浮点算力数（FP16）计算能力来衡量算力性能；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，并参考超算生产商的相关数据，采用双精度浮点数（FP64）计算能力来衡量超算的算力性能。基础设施算力主要是基于中国信息通信研究院关于数据中心、智能计算中心算力统计数据。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：算力产业。主要基于计算设备、计算芯片、计算软件三个方面来衡量算力产业。算力产业涵盖设备、芯片、软件等产业链关键环节，算力产业是算力发展的基础底座。计算设备主要聚焦服务器等计算机整机产量，主要反映各地区计算机制造能力，是算力实际承载的主体。计算芯片主要聚焦微处理器、存储器等集成电路产量，主要反映各地区芯片生产供给能力，是算力实现的基础与核心。计算软件主要聚焦软件业务收入，主要反映各地区软件和信息技术服务业发展水平，是算力赋能行业的关键。

¹⁰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。

维度三：算力技术。主要基于算力创新水平和研发投入来衡量算力技术水平。算力技术创新是算力发展的动力源泉，企业纷纷加快研发投入和专利布局。算力创新水平主要聚焦各地区计算发明专利申请数和计算发明专利授权数，体现各地区计算研发成果的市场价值和竞争力。算力研发投入主要聚焦各地区计算机制造业 R&D 经费，集中反映了各地区算力领域科技投入的规模和水平。

维度四：算力环境。主要基于网络环境、算力投入、数据开放来衡量算力环境。持续优化的网络环境为算力发展提供坚实支撑，数据开放流通和 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。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。数据开放采用数据开放数林指数¹¹，从准备度、平台层、数据层、利用层等维度对各地区的数据开放水平进行综合评价，主要反映算力发展的迫切要求。

维度五：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

¹¹参考复旦大学数字与移动治理实验室“2021 年度中国开放数林指数”和《中国地方政府数据开放报告》。

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，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、算力产业、算力技术、算力环境、算力应用五个维度搭建算力发展指数体系，指标涉及算力规模、算力产业等 5 个一级指标，计算设备算力、基础设施算力等 12 个二级指标，基础算力规模、智能算力规模等 16 个三级指标。

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	计算设备算力	基础算力（服务器算力）规模	EFlops

一级指标	二级指标	三级指标	单位
		智能算力（AI 服务器算力）规模	EFlops
		超算算力（超级计算机算力）规模	EFlops
	基础设施算力	数据中心、智能计算中心算力规模	EFlops
算力产业	计算设备	计算设备产量	万台
	计算芯片	集成电路产量	万块
	计算软件	软件业务收入	亿元
算力技术	创新水平	计算发明专利申请数	件
		计算发明专利授权数	件
	研发投入	计算机制造业 R&D 经费	亿元
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
	数据开放	数据开放数林指数	/
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.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¹²，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。

¹²受数据可得性及数据连续性等限制，本报告测算不包括中国香港、中国澳门、中国台湾地区。

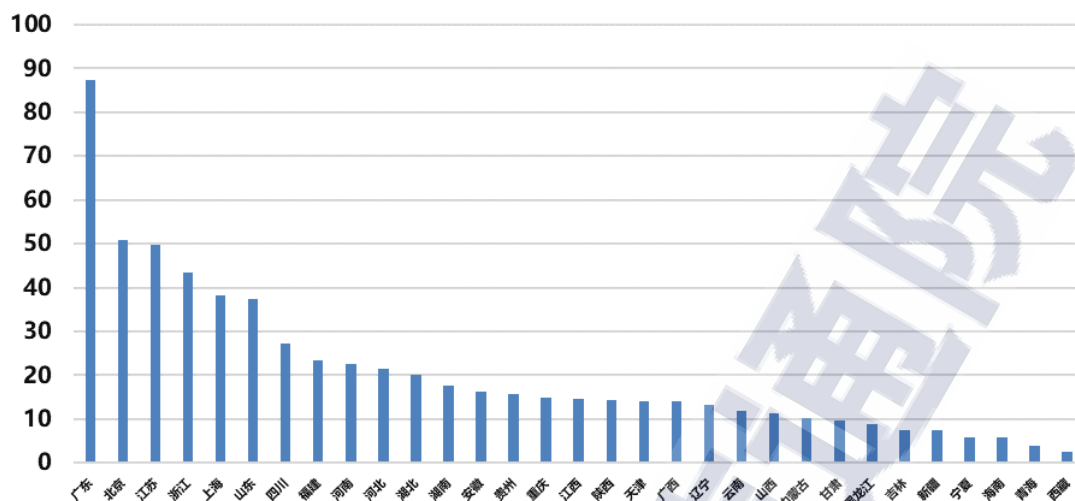
4.计算综合指数：最后根据指标的具体赋值情况和相应的权重，最终形成各区域综合指数。

（三）我国算力发展评估

1.算力发展指数

京津冀、长三角、粤港澳大湾区、成渝双城经济圈等区域算力发展处于领先水平。整体来看，广东、北京、上海及周边省份算力发展指数总体较高，其中广东、北京、江苏、浙江、上海、山东排名前六，位于第一梯队，算力发展指数达到 35 以上。四川、福建、河南、河北排名七到十位，算力发展指数达到 20 以上。北上广及周边省份紧抓算力发展机遇，不断加强先进计算关键技术创新，提升算力产业供给能力，加快推动算力基础设施建设，营造良好算力发展环境，积极推进算力创新应用推广，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，但目前仍面临诸多短板。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，随着国家“东数西算”工程的全面推进，贵州、内蒙古、甘肃、宁夏等核心省份算力发展潜力较大，但目前仍存在诸多发展瓶颈，包括技术创新驱动不足、产业基础薄弱、发展环境亟待优化、算力需求少等问题。

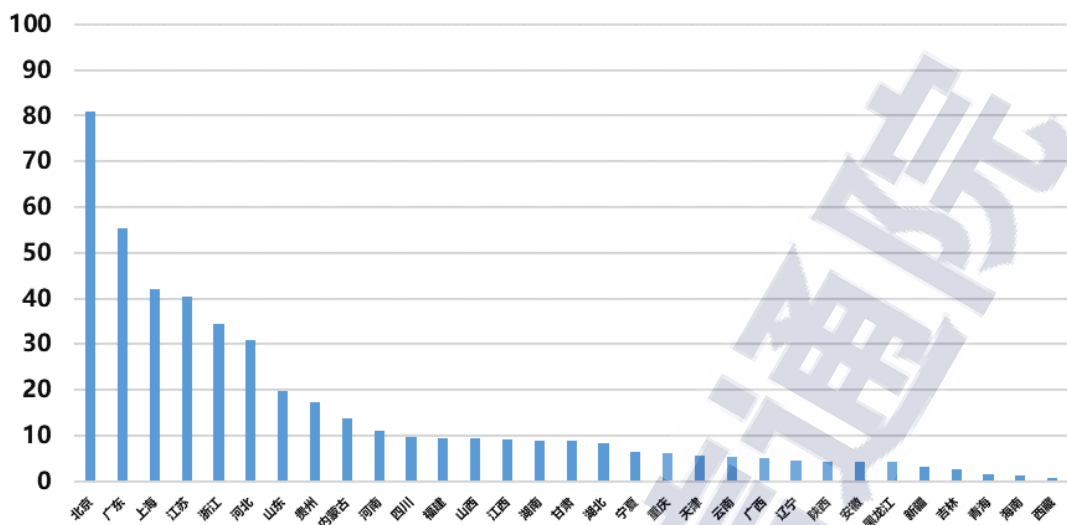


来源：中国信息通信研究院

图 14 2021 年中国部分省份算力发展指数

2. 算力规模分指数

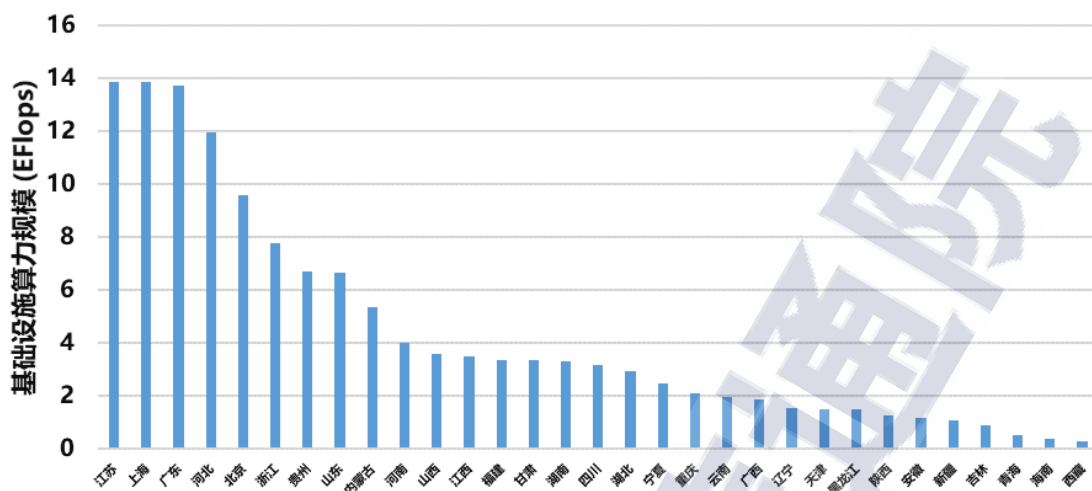
北上广及周边省份地区算力规模分指数较高，西部枢纽节点明显提升。与 2020 年相比，北上广等热点地区算力规模分指数仍然较高，其中北京、广东、上海位列前三，江苏、浙江、河北、山东跻身第一梯队，算力规模指数达到 20 以上。随着北上广周边省份地区逐渐承接北上广热点地区外溢需求，江苏、浙江、河北等地算力规模逐渐缩小与北上广的差距。贵州、内蒙古、河南、四川、福建、山西、江西、湖南、甘肃、湖北、宁夏、重庆、天津位于第二梯队，算力规模指数位于前二十。贵州、内蒙古、甘肃、宁夏等“东数西算”西部枢纽节点纷纷加强算力布局，算力规模指数明显提升。



来源：中国信息通信研究院

图 15 2021 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。从计算设备算力分布来看，北京、广东、浙江、上海、江苏在服务器和 AI 服务器市场中位居前五，市场份额总计分别达到 75% 和 90%。超算算力方面，江苏、天津、山东、北京、广东、四川、河南、湖南、上海等省份位居前列。东部地区算力需求旺盛，计算设备算力主要来自东部省份，占比接近 90%。从基础设施算力分布来看，2021 年我国基础设施算力规模排名前 10 的省份为江苏、上海、广东、河北、北京、浙江、贵州、山东、内蒙古、河南，均超过了 4 EFlops。特别是上海、广东、江苏、河北等省份，基础设施算力规模超过 12EFlops。北上广及周边省份地区基础设施算力规模具有前期积累的明显优势，但随着电力、土地资源限制以及政策锁紧，中西部地区正在加快追赶速度。



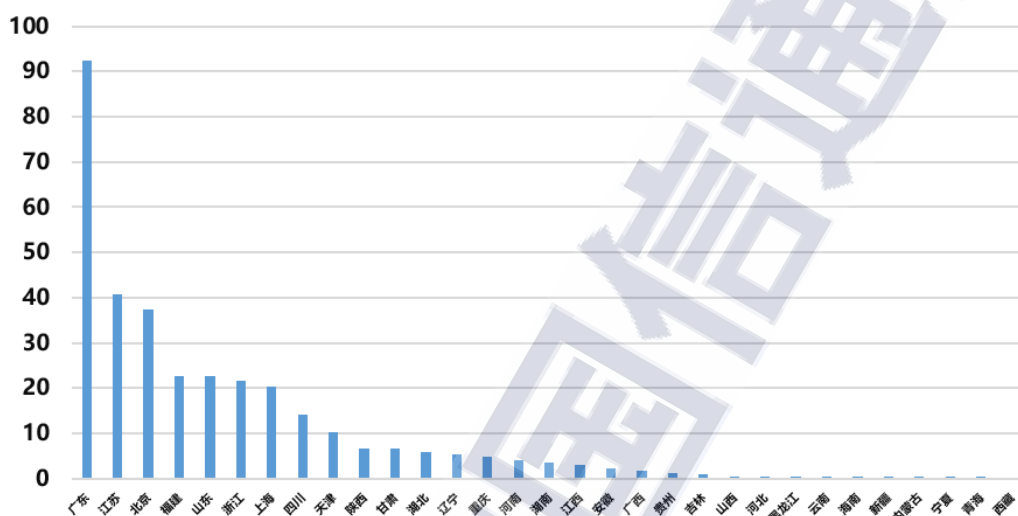
来源：中国信息通信研究院

图 16 2021 年中国部分省份基础设施算力规模

3. 算力产业分指数

我国算力产业形成三极多点的发展格局，产业牵引带动作用较为明显。整体来看，以广东、江苏、北京为代表的粤港澳、长三角、京津冀区域算力产业发展水平较高，算力产业分指数达到 30 以上，形成三个增长极，福建、山东、浙江、上海、四川、天津、陕西跻身前十，形成多点支撑的算力产业发展新格局。计算设备方面，广东、福建、山东、江苏、天津等省份在服务器等计算设备产量（不考虑微型计算机设备）方面处于领先，排名前五名，其中广东处于绝对领先优势，2021 年计算设备产量超过 900 万台，接近全国的一半，形成珠江东岸电子信息产业带，带动区域产业协调发展。计算芯片方面，江苏、甘肃、广东、上海、浙江、北京等省份在计算芯片产量方面位于前列，其中江苏在集成电路芯片产量方面达到 1186 亿块，占全国总量近 30%，

与上海、浙江、安徽等省份形成联动，带动长三角地区集成电路产业的发展。计算软件方面，北京、广东、江苏、浙江、山东在软件业务收入方面位于前列，其中北京在 2021 年软件业务收入达到 18661 亿元，排名第一，对国内其他省份算力产业发展产生较强的辐射带动作用。



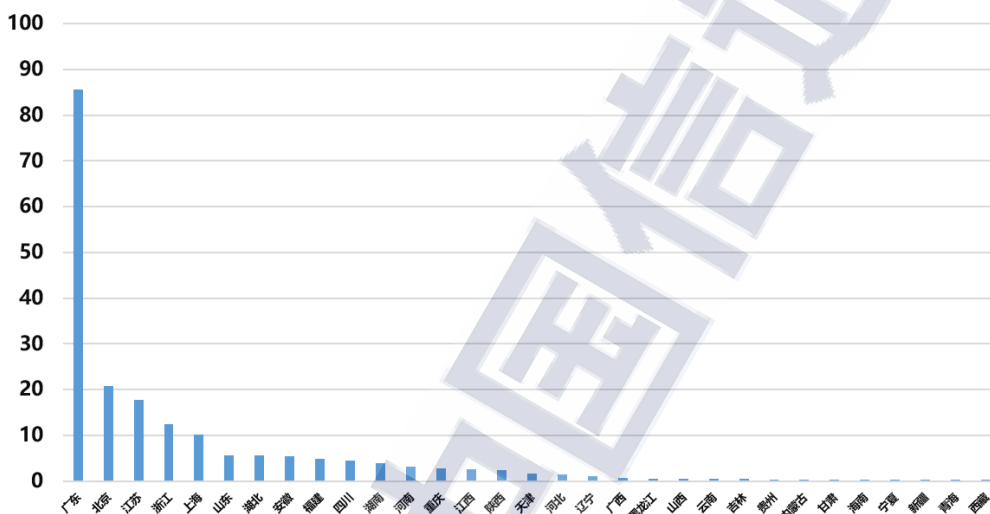
来源：中国信息通信研究院

图 17 2021 年中国部分省份算力产业分指数

4. 算力技术分指数

东部省份算力技术分指数较高，算力创新水平和研发投入处于领先。整体来看，广东在算力技术分指数处于领先地位，算力创新水平和研发投入均处于全国第一，北京、江苏、浙江、上海、山东、福建等东部省份以及湖北、安徽、四川位列前十，东部省份算力技术处于领先水平。算力创新水平方面，广东、北京、上海位居前三，在计算发明专利申请数和发明授权数方面处于领先，全国占比累计超过 70%，其中广东省近五年计算发明专利申请数和发明授权数分别达到 5.5 万

和 1.3 万个，占比接近一半。浙江、江苏、山东、河南、安徽、湖南、湖北跻身前十。算力研发投入方面，广东、江苏、浙江、上海、福建、湖北、安徽、四川、山东、北京位居前十，在计算机制造业 R&D 经费方面处于领先，其中广东在计算机、通信和其他电子设备制造业 R&D 经费方面每年超过 1000 亿元，大幅领先于其他省份。



来源：中国信息通信研究院

图 18 2021 年中国部分省份算力技术分指数

5. 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，数据开放程度不断提升，其中广东、北京、上海、浙江、江苏、山东排名前六，算力环境指数达到 60 以上，四川、河南、天津、湖北跻身前十。算力网络环境方面，上海、江苏、广东、浙江、北京排名前五名，相关指数达到 70 以

上，其中江苏、浙江和广东在互联网省际出口带宽国内领先，上海、北京和天津在 5G 覆盖率方面居全国前列，达到 35% 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 60 以上，其中北京和广东 IT 硬件、软件和服务支出规模超过 2600 亿元，算力投入力度领先于其他省份地区。数据开放程度方面，结合数据开放数林指数数据，数据开放指数分值较高的地方主要集中在东南部沿海地区，浙江、上海、山东、贵州、广东排名前五名，相关指数达到 50 以上，其中浙江在准备度、数据层排名第一，上海在平台层排名第一，山东在利用层排名第一。位于西部的贵州省、四川省在数据开放方面表现优秀。



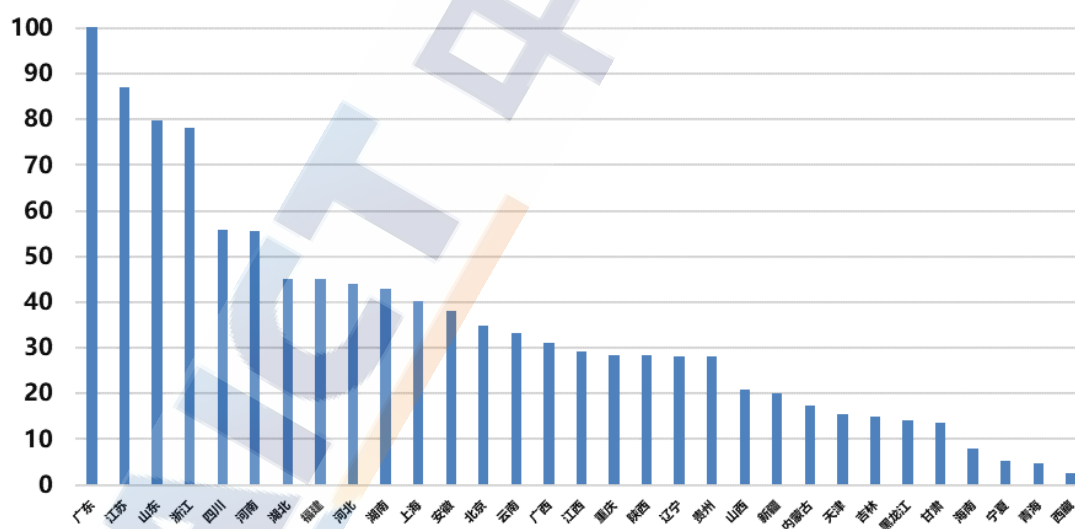
来源：中国信息通信研究院

图 19 2021 年中国部分省份算力环境分指数

6. 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。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 40。消费应用水平方面，广东、江苏、浙江、山东、四川、河南排名前六，在移动数据流量消费规模方面国内领先，移动互联网应用算力需求较大，移动互联网月均流量超过 1.3 EB，消费应用水平指数超过 70。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、福建、上海排名前六，行业应用水平指数超过 55，其中广东省产业数字化发展处于领先，产业数字化规模超过 4 万亿元，江苏、山东、浙江、福建、上海等地区产业数字化规模超过 2 万亿元。

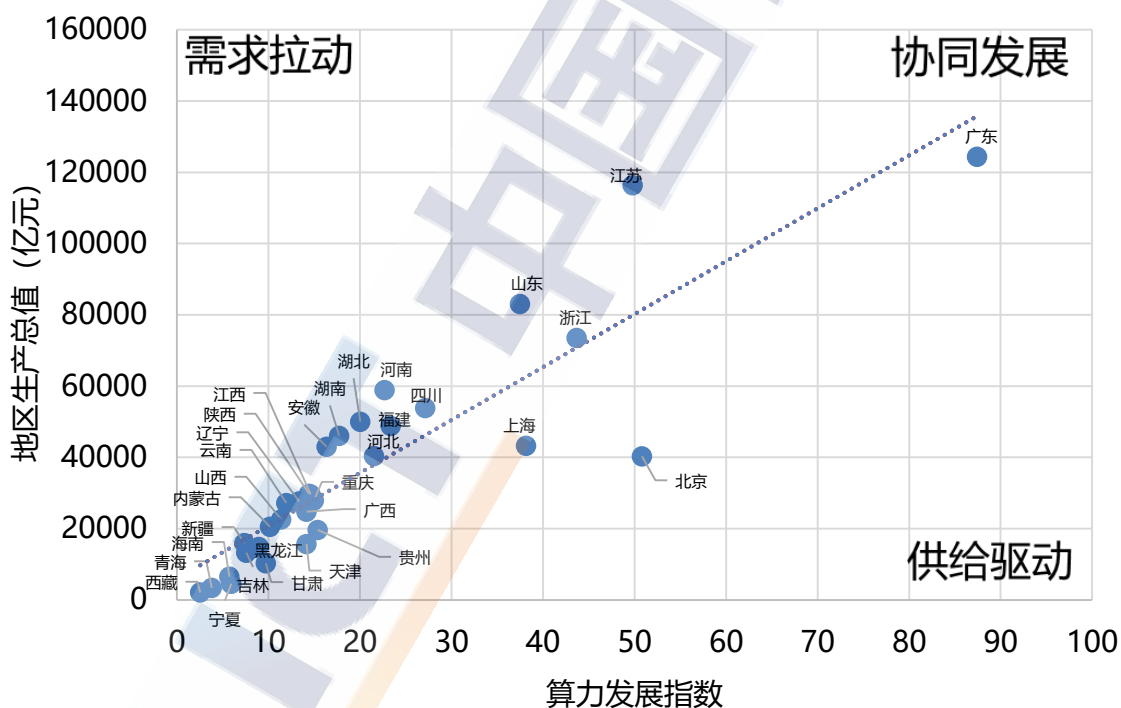


来源：中国信息通信研究院

图 20 2021 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经济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，2021 年数字经济规模和地区生产总值较高的省份，算力发展水平也较高。算力发展指数每提高 1 点，数字经济增长约 762 亿元（约占全国数字经济规模的 1.67‰），地区生产总值增长约 1485 亿元（约占全国 GDP 的 1.30‰）。算力发展指数的增加决定于算力规模、算力产业、算力技术、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。



来源：中国信息通信研究院

图 21 算力发展指数与 GDP 关系

各省份按照算力发展主要分为供给驱动型、需求拉动型、协同发

展型三类。一是以北京、上海、广东等省份为代表的供给驱动型，多年来持续提升算力产业供给能力，加快算力基础设施建设，本地算力规模和算力产业规模较大，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。二是以江苏、山东、河南、四川、湖北、福建、湖南等省份为代表的需求拉动型，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、浙江、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。

四、加快夯实算力基础底座，激发数字经济发展引擎

当前，国家及各地“十四五”算力发展规划加速落地，算力成为数字经济时代新的生产力。下一步，要全面贯彻落实党中央、国务院决策部署，立足制造强国、网络强国和数字中国建设，牢牢把握行业数字化、智能化发展浪潮，深入把握算力发展特点和规律，不断壮大算力规模，提升产业供给能力，激发创新驱动活力，持续优化发展环境，强化应用赋能效应，深化对外开放合作，着力构建我国算力发展新格局，为数字经济蓬勃发展提供有力支撑。

（一）夯实算力底座，引导基础设施布局

围绕强化数字转型、智能升级、融合创新支撑，坚持适度超前原则，加快数据中心、智能计算中心、超级计算中心等算力基础设施建

设，以建带用，以用促建，推动算力基础设施水平的持续提升，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体系。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。持续推动算力基础设施绿色低碳发展，统筹布局绿色智能的算力基础设施建设，有序推动传统算力基础设施绿色化升级，加快打造数网协同、数云协同、云边协同、绿色智能的多层次算力设施体系。

（二）坚持创新驱动，促进核心技术研发

充分发挥我国超大规模市场和新型举国体制优势，紧扣科技自立自强的要求，打造以算力为核心的软硬件协同创新生态体系，以多元化、系统化创新带动产品链条升级。加强先进计算关键技术创新，推动高端芯片、计算系统、软件工具等领域关键技术攻关和重要产品研发，着重弥补短板薄弱环节。加强基础研究和多路径探索，加快存算一体、量子计算、类脑计算等前沿领域战略布局，构建未来发展竞争优势。鼓励计算企业持续提升自主创新力和知识产权布局能力，增强核心竞争力。加强产学研用协同机制，优化算力产业创新资源配置，强化计算领域高端人才的培养，以优质企业、高水平产业集聚区和产业创新平台为载体，全方位培养引进创新型人才和复合型人才。

（三）打造产业体系，提升计算产品供给

增强算力产业供给能力，加快培育壮大先进计算产业，推动面向多元化应用场景的技术融合和产品创新，增强计算设备、计算芯片、计算软件等计算产品竞争优势，推动产业发展迈向全球价值链中高端。构建先进计算企业梯度培育体系，在做大做强先进计算领军企业的同时，引导中小企业“专精特新”发展，构建大中小企业融通发展、产业链上下游协同创新的发展新格局。优化各地区先进计算产业布局，促进产业集聚集群发展，提高现有园区发展质量和水平，形成区域布局合理、辐射带动影响大的算力产业体系。

（四）营造发展环境，优化网络数据服务

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，不断提升网络服务质量。提升新型算力网络支撑能力，优化区域算力互联能力，促进跨网、跨地区、跨企业数据交互，支撑高频实时交互业务需求。探索建设一体化算力网络调度体系，加强跨行业、跨地区、跨层级的算力资源调度。引导社会资本参与算力基础设施建设和算力技术产业发展，引导金融机构加大对算力重点领域和薄弱环节的支持力度，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。深化公共数据资源开发利用，加快推进区域数据共享开放、政企数据融合应用等数据流通共性设施平台。加快数据全过程应用，构建各行业各领域规范化数据开发利用的场景，提升数据资源价值。加强数据收集、汇聚、存储、流通、应

用等全生命周期的安全管理。

（五）丰富融合应用，强化算力行业赋能

深入挖掘算力在新型信息消费、智慧城市、智能制造、工业互联网、车联网等场景的融合应用，完善算力供需对接。强化算力应用推广，充分发挥算力对制造、金融、教育、医疗等各行各业的赋能作用，打造千行百业应用标杆，推动形成关键领域共性标准模式。鼓励加强先进计算系统解决方案和行业应用创新，推动异构计算、智能计算、云计算等技术在垂直领域的拓展应用，加快传统行业数字化转型，促进实体经济高质量发展。

（六）加强国际合作，推进一带一路建设

加强与“一带一路”沿线国家在算力基础设施、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，构建沿线国家算力命运共同体。进一步优化营商环境，促进公平竞争，加强知识产权保护，激励更多外资企业进入中国市场，吸引海内外高层次人才，鼓励国内企业积极拓展海外市场。持续深化拓展国际交流与合作，以高校、科研院所、科技领军企业为主体，通过学术会议、国际论坛、学术社区、项目合作等多种方式，积极推进算力领域的国际交流合作，促进技术创新要素在国际间的流动，为我国算力发展营造良好的国际环境。

附件一：算力指数测算框架

基于中国算力发展指数 2.0，算力指数包括算力规模、算力产业、算力技术、算力环境和算力应用五个维度。算力规模主要基于计算设备算力和基础设施算力两个方面来衡量。算力产业主要基于计算设备、计算芯片、计算软件三个方面来衡量。算力技术主要基于算力创新水平和研发投入来衡量。算力环境主要基于网络环境、算力投入、数据开放来衡量。算力应用主要基于消费应用水平和行业应用水平来衡量。

（一）算力规模分指数测算方法

算力规模分指数由计算设备算力和基础设施算力的二级指标数值加权计算得出。计算设备算力和基础设施算力分别进行标准化处理，得到每个指标的赋值情况。

1. 计算设备算力。反映各地区基于通用服务器所提供的基础算力、基于 AI 服务器提供智能算力、基于超级计算机所提供的超算算力。主要采用基础算力规模、智能算力规模、超算算力规模等三级指标来衡量，通过标准化处理和数值加权计算得出。

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

（2）智能算力。反映各地区基于 GPU、FPGA、ASIC 等加速芯片的 AI 服务器提供人工智能训练和推理的计算能力，主要采用 AI 服务器算力规模指标来衡量。

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

(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。

超算算力规模 = \sum 超级计算机算力

2. 基础设施算力。反映各地区数据中心、智能计算中心算力规模。

基础设施算力规模 = \sum 数据中心算力 + \sum 智能计算中心算力

(二) 算力产业分指数测算方法

算力产业分指数由计算设备、计算芯片、计算软件等二级指标数值加权计算得出。计算设备、计算芯片、计算软件分别进行标准化处理，得到每个指标的赋值情况。

1. 计算设备。反映各地区在服务器、AI 服务器、超级计算机等计算设备的生产制造能力，主要采用计算设备产量指标来衡量。

计算设备产量 = 服务器、AI 服务器、超级计算机等计算设备产量之和

2. 计算芯片。反映各地区在微处理器、存储器等集成电路的生产制造能力，主要采用集成电路产量指标来衡量。

集成电路产量 = 微处理器、存储器等集成电路产量之和

3. 计算软件。反映各地区在软件和信息技术服务业的发展水平，主要采用软件业务收入指标来衡量。

软件业务收入 = 软件产品、信息系统集成服务、信息技术咨询服务、数据处理和运营服务、嵌入式系统软件、IC 设计业务收入之和

（三）算力技术分指数测算方法

算力技术分指数由创新水平、研发投入等二级指标数值加权计算得出。创新水平、研发投入分别进行标准化处理，得到每个指标的赋值情况。

1. 创新水平。算力创新水平反映各地区在计算研发成果方面的市场价值和竞争力，主要采用各地区计算发明专利申请数和计算发明专利授权数来衡量，通过标准化处理和数值加权计算得出。

2. 研发投入。反映了各地区算力领域科技投入的规模和水平，主要采用各地区计算机制造业 R&D 经费来衡量。

研发投入=各地区计算机制造业规模以上工业企业 R&D 经费之和

（四）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、数据开放等二级指标数值加权计算得出。其中，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

3. 数据开放。反映各地区政府的数据开放水平，主要采用数据开放数林指数，从准备度、平台层、数据层、利用层等维度对各地区的数据开放水平进行综合评价。

（五）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、计算设备产量、集成电路产量、软件业务收入、R&D 研发等数据来源于国家统计局、各省份统计部门相关数据。

2. 我国及各省份 5G 基站数、移动电话用户数、移动互联网月户均流量、互联网省际出口带宽来自工信部统计数据。

3. 全球及我国服务器、AI 服务器出货量来自 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、中国高性能计算机性能 TOP100 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。

6. 我国各省份数据开放指数数据来自复旦大学数字与移动治理实验室“2021 年度中国开放数林指数”和《中国地方政府数据开放报告》。

7. 我国及各省份计算发明专利申请数和发明授权数数据来自 innojoy 专利数据库。

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

