



开放数据中心委员会

[编号 ODCC-2024-05001]

算力设施产业图谱研究报告

开放数据中心标准推进委员会

2024.03 发布



版权声明

ODCC（开放数据中心委员会）发布的各项成果，受《著作权法》保护，
编制单位共同享有著作权。

转载、摘编或利用其它方式使用 ODCC 成果中的文字或者观点的，应注明
来源：“开放数据中心委员会 ODCC”。

对于未经著作权人书面同意而实施的剽窃、复制、修改、销售、改编、汇
编和翻译出版等侵权行为，ODCC 及有关单位将追究其法律责任，感谢各单位
的配合与支持。

www.ODCC.org.cn

编制说明

本报告由中国信息通信研究院云计算与大数据研究所牵头撰写，在撰写过程中得到了多家单位的大力支持，在此特别感谢以下参编单位和参编人员：

参编单位（排名不分先后）：

中国信息通信研究院

参编人员（排名不分先后）：

项目经理：王月 wangyue2@caict.ac.cn

张佳琪 zhangjiaqi1@caict.ac.cn

www.ODCC.org.cn

前言

算力是集信息计算力、网络运载力、数据存储力于一体的新型生产力，对助推产业转型升级、赋能我国科技创新、满足人民美好生活具有重要意义。作为新一轮科技革命和产业变革重要的基础支撑，算力已成为大国博弈的核心和关键。我国在算力相关的技术研发、基础设施建设和产业发展方面拥有独特的优势，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。

2022 年至今，中国信通院已连续发布《数据中心产业图谱研究报告》，出版《算力设施产业图谱》书籍等，旨在结合“算力强基行动”，进一步推进算力设施产品标准化建设，构建高水平的中国算力设施建设与服务生态圈，持续洞察算力设施产业链生态变化，映射算力设施发展的现状、趋势和未来，推动算力高效支撑业务应用，高质量赋能数字经济。因时间和能力所限，报告内容有所疏漏在所难免，烦请各界不吝指正。如有意见或建议请联系 dceco@caict.ac.cn。

www.ODCC.org.cn

目 录

版权声明.....	I
编制说明.....	II
前言	III
一、 算力产业总体发展态势	1
(一) 算力是推动经济社会高质量发展的强大引擎	1
(二) 全球算力发展进入活跃期.....	1
(三) 我国算力产业发展态势良好	2
二、 2023 年算力设施产业图谱.....	3
(一) 基础设施.....	4
(二) 算力资源.....	16
(三) 算力平台.....	26
(四) 算力供给.....	35
(五) 算力应用.....	38
三、 趋势与展望.....	43
(一) 技术从单点突破向全生命周期技术优化.....	43
(二) 算力平台软件从数字化向智能化演进.....	44
(三) 算力应用由局部探索向全产业多元发展.....	44

一、算力产业总体发展态势

（一）算力是推动经济社会高质量发展的强大引擎

算力是对数据信息进行处理的能力，贯穿数据的产生、存储、传输、计算、使用等全生命周期，主要由数据中心、智能计算中心等新型基础设施向全社会规模化供给。随着数字经济与实体经济融合程度不断提升，数字技术在各行各业的应用持续深化，生产生活活动中产生的数据量呈现爆发式增长，算力在经济社会高质量发展中的重要地位和赋能作用日益凸显。

算力是做强做优做大数字经济的核心生产力。数字经济以数据作为关键要素，以算力作为核心生产力，是推动数字产业化、产业数字化的关键引擎，可以实现对经济发展的放大、叠加、倍增作用。作为数字经济最重要的生产工具之一，算力的发展水平将成为判断社会生产力发展水平的重要标志。

算力是实现高水平科技自立自强的关键支撑。作为先进生产力的代表，算力本身是科技创新的前沿阵地。随着后摩尔时代的来临，面对全社会急速增长的算力需求，以及对算力的高性能、低成本、低功耗、实时在线等多样化需求，计算技术进入新一轮高速创新期，在体系架构、软硬件、数据交互技术、算力部署模式以及算法应用等方面快速演进升级，不断孕育可能影响未来数字技术发展的颠覆式创新。

算力是满足高品质生活需求和实现高效能治理的重要手段。算力在民生服务、社会治理领域的广泛应用正在促进在线教育、远程医疗等数字公共服务的蓬勃发展，有力支撑数字社会、数字政府建设，驱动社会治理方式从经验驱动转向数据驱动、决策过程从事后解决转向事先预测，显著提升公共服务水平和社会治理效能。

（二）全球算力发展进入活跃期

各国积极通过国家战略部署算力发展。2015 年起，美国政府开始推行国家战略计算计划（NSCI），并持续迭代更新，不断完善指导算力发展的战略部署。

欧盟实施“欧洲高性能计算共同计划”，发展下一代超级计算技术。日本将先进计算纳入重点支持的高新科技领域，加大算力科研方面的资金投入。截至2022年底，全球算力总规模达到650EFLOPS（每秒百亿亿次计算），增速超过25%，美国与中国算力规模位列全球前两名，占全球近60%。

发达国家引领技术创新掌握发展主动权。据TechInsights在2023年11月发布的报告显示，目前全球按销售量排名前10位的芯片制造商中5家来自美国，呈现以美国企业为主导的市场竞争格局。在制作工艺上，AMD已率先实现5nm先进制程量产；在云计算、数据库等基础技术方面美国也处于领先水平，全球大量云计算业务都基于其开源技术进行二次开发。

国际巨头全面发力竞相推动新兴应用进程。随着规模化算力的使用程度不断提升，龙头企业推出突破性、创新性产品，如谷歌旗下公司开发的人工智能程序率先预测出了98.5%的人类蛋白质结构；微软聊天机器人（ChatGPT）可以实现智能写文章、编程序、创作小说等；Meta推出AR/VR、元宇宙等个性化、商业化服务。

（三）我国算力产业发展态势良好

算力资源布局不断优化。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）》、《算力基础设施高质量发展行动计划》，并联合发展改革委等部门印发《全国一体化大数据中心协同创新体系算力枢纽实施方案》、《深入实施“东数西算”工程 加快构建全国一体化算力网的实施意见》，批复8个国家算力枢纽节点，启动130余条“东数西算”干线光缆建设，引导枢纽以外地区打造具有地方特色、服务本地、规模适度的算力服务，支持万国数据等企业布局海外算力设施，构建梯次化算力供给体系。

算力技术水平逐步攀升。龙头企业加快技术标准研究，以海光、鲲鹏为代表的国产化芯片技术研发不断提速，先进产品按照7nm工艺设计，达到国际主流产品同等水平。阿里云自主研发的云操作系统开始大规模商用，已在全球上百个数据中心部署，为全球提供云计算服务。液冷、预制化等新技术新产品已

部分应用于大型互联网企业数据中心，最优 PUE 实现 1.08，达到国际领先水平，全国已有近 130 个数据中心绿色低碳等级达到 4A 级以上。

算力赋能成效逐渐显现。算力应用领域已经逐步从互联网行业向政务、金融、制造等行业拓展，贵州、新疆等地围绕云服务、影视动漫渲染等打造一批具有地方特色的算力应用，进一步凝聚产业共识，推动算力广泛应用。例如，目前基于强大的算力，人工智能已广泛应用于医学研究、影像诊断、药物研发、智能诊疗、生活方式管理与监督、急救与医院管理等多个方面，不断拓展医疗服务空间和内容，实现普惠医疗，大大改善人们的医疗体验。

二、2023年算力设施产业图谱

万物智联时代，单一形态的计算实体难以高效应对全场景、复杂的算力挑战，需要多形态、多种类、多数量算力之间汇聚融通，按需智能化管理与调用。相对于数据中心，算力设施强调算力的赋能，满足高效、灵活的算力应用需求。2023 年算力设施产业图谱在既有 2022 年数据中心产业图谱的技术与产业迭代中，展示了算力设施基础设施层、算力资源层、算力平台层、算力供给层、算力应用层五层架构的工具/体系的部分代表性企业，详见图 1。



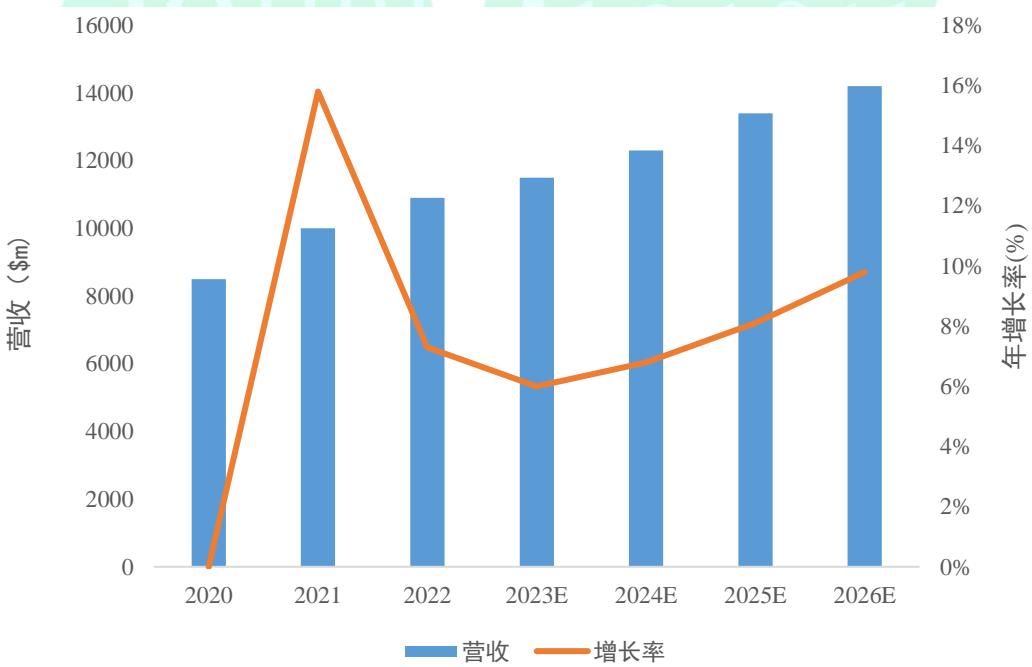
图 1 算力设施产业图谱

(一) 基础设施

1. 供电系统

供电系统是为算力设施内所有需要动力电源的设备提供稳定、可靠的动力电源支持的系统，是整个算力设施的动力来源。

2022 年，全球数据中心不间断电源（Uninterruptible Power Supply，简称 UPS）市场呈现出快速发展的态势。根据 Omdia 的数据显示，2022 年全球数据中心 UPS 市场规模突破 100 亿美元，受全球经济下行的影响，增速较 2021 年有所回落，全球的 UPS 市场规模及增速发展情况见图 2。预计到 2025 年全球 UPS 市场规模将超过 130 亿美元，增速也保持稳定增长。从区域角度来看，亚太地区是全球最大的数据中心 UPS 市场。



来源：Omdia, 2023

图 2 全球 UPS 市场营收预测

我国 UPS 市场将持续保持高增长率。我国数据中心 UPS 市场在 2022 年展现出了强劲的增长势头，据 ODCC 调研数据显示，预测到 2025 年我国 UPS 市场

规模将达到近 200 亿元。市场竞争方面，我国 UPS 市场集中度较高。华为、维谛、科华、山特和科士达五家企业的市场份额占比超过 50%。

高压直流输电（HVDC）在互联网和通信行业的部分数据中心得到广泛应用。目前，HVDC 依靠节省投资的优势，已在互联网和通信行业的数据中心得以应用，在不断提升可靠性的过程中将与 UPS 技术长期共存以满足不同应用场景下的需求。

互联网企业作为算力设施建设的参与者，对新技术更为敏感，对业务创新要求较高，在算力设施供电环节中扮演创新领跑的角色。事实上，出于极致的成本与效率考量，互联网企业在算力设施供电建设中如预制化等很多前沿理念和实践，率先迎接了产品化浪潮，在业内也得到了广泛应用。以阿里为代表的互联网企业联合电信运营商及设计厂商在 ODCC 联合发起的巴拿马项目为例，该技术方案核心思想是在保证高可靠直流供电的基础上简化系统，采用移相变压器取代工频变压器，从 10kV 到 240V 整个供电链路优化集成，将降压和整流为直流这两个环节合二为一，同时减少了设备的占地面积及低压侧电缆损耗，提升了系统效率。

未来十年，数据中心供电模式将持续优化，通过走向一体化、预制化和智能化来满足业务数字化、在线化、零中断的迫切需求。当前，数据中心供电设备的节能潜力较为充分挖掘，PLF（Power Load Factor，供电负载系数）下降值接近天花板，供电系统的节能设备集中于变压器、不间断电源等。对于智算中心或新建数据中心，采用 1 路市电+1 路 UPS 或 2 路 UPS，PLF 可降至 0.03 以下，供电关键技术及相关供电方案详见图 3。



图 3 数据中心供电关键技术及对 PUE 的影响

交流不间断电源仍是主流供电方案，根据技术路线不同，数据中心所用的不间断电源主要有 UPS 和 HVDC 两种，企业分类见表 1，产业图谱见图 4。

表1 供电设备企业分类

企业类型	UPS		HVDC
	在线双变换	在线互动式	
技术特点	市电不直接给设备供电，逆变器始终处于工作状态，由于数据中心对稳定电源的高度依赖性，目前在线式 UPS 是市场主流选择	市电正常时，直接由市电向负载供电；当市电异常或停电时，会如在线式 UPS 通过转换开关转为电池逆变供电	省略了传统 UPS 的逆变环节，占地面积更小，HVDC 架构简化，压缩初始投资成本，且整流模块可由数据中心工作人员进行热插拔维护，降低后期运营成本
代表企业	华为、科士达、易事特、施耐德、山特、维谛、伊顿、台达		奥特迅、动力源、丰日、中恒、台达、维谛
代表产品	Vertiv Liebert® EXL S1 & APM2.0、华为 UPS5000H、科士达 YDC9100-RT 系列	易事特 EA600 系列、施耐德 APC Smart-UPS、伊顿 5P UPS	奥特迅 ATCGZDW 直流电源、动力源 DPZ-48/300B、台达 HVP 系列高压直流电源

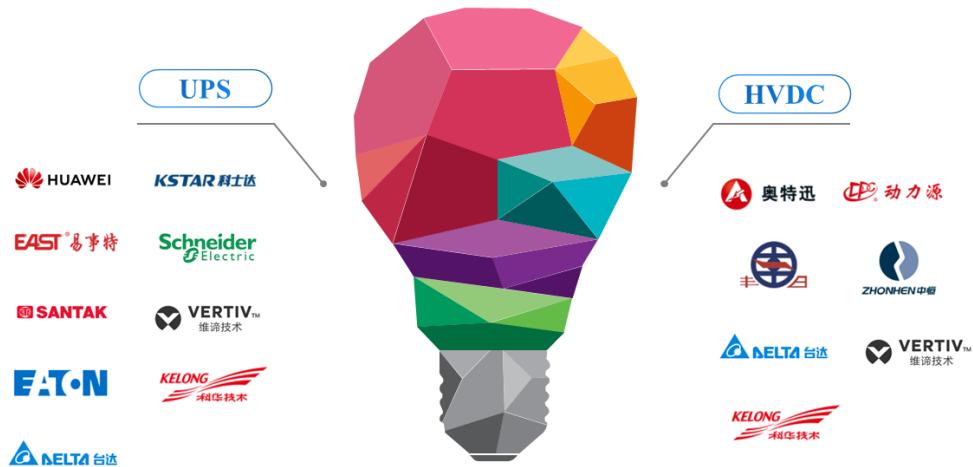


图 4 供电设备产业图谱

2. 后备电池系统

后备电池系统是在市电中断或者整流器异常时通过逆变器为负荷提供能源供给的电源系统。

铅酸蓄电池的市场集中度提高。铅酸电池已经历 100 多年的技术革新，产品体系日臻成熟，数据中心常用的铅酸电池类型是 VRLA 电池（valve-regulated lead-acid battery，阀控式密封型铅酸蓄电池），安全使用性能较高，维护工作量较小。尽管铅酸电池应用广泛，但是含有大量的铅和铅的化合物以及硫酸，如果在生产、使用和回收过程中处理不当，会对环境造成污染。在环保要求和市场竞争的双重压力下，铅酸蓄电池行业不断整合，市场集中度日渐提高。

近年来我国锂离子电池行业快速增长。随着数据中心机柜功率密度越来越高，配电系统容量越来越大，锂电池凭借其占地面积小、能量密度大、循环寿命长、大倍率充放电、绿色环保等特点，在国内外市场上不断得以推广。根据 ICTresearch 研究调查，我国数据中心锂电池产品市占率逐年上升，2022 年市场规模为 13.05 亿元，同比上升 26%。市场份额上，华为等厂商起步较早，其产品在许多项目中已得到应用；维谛技术也在大力推广应用锂电池产品；易

事特、台达等企业的数据中心锂电产品推出相对较晚。技术选型上，业界主流的锂电分为钴酸锂、锰酸锂、磷酸铁锂和三元锂。目前数据中心场景普遍采用磷酸铁锂和三元锂 2 种电芯。

行业分布上，以百度、阿里巴巴、腾讯和京东为代表的互联网行业是数据中心锂离子电池应用的最主要行业。一方面，由于数据中心机房的建设规模及设备密度持续增长，对于供电系统可靠性的要求也越来越高；另一方面，互联网企业拥有庞大的数据中心网络，需要处理海量的数据和信息。此外，金融、政府、交通等传统数据中心应用领域是锂离子电池应用的重要主体。传统行业在数字化转型中面临数据量突增的挑战，亟需提升数据中心的运行效能和供电可靠性。锂离子电池因其高能量密度、长循环寿命、快速充放电能力等优势，能够满足这些行业对数据中心电源系统的升级需求。随着锂离子电池技术的不断成熟和成本的逐步降低，锂离子电池有望在金融、政府、交通等领域进一步扩大应用，为数据中心提供安全可靠的供电系统。

根据正极材料的不同，数据中心的后备电池系统主要有铅酸蓄电池和锂离子电池两种，企业分类见表 2，产业图谱见图 5。

表2 后备电池系统企业分类

企业类型	铅酸蓄电池	锂离子电池
技术特点	技术成熟且价格相对较低；在高温仍能稳定工作，且具有良好的低温性能；充电寿命较短；能量密度相对较低；短时大倍率放电，可放出的能量很小	高能量密度；长循环寿命；具有较低的自放电率；具有较高的充电和放电效率，可以迅速地储存和释放电能；短时大倍率放电，可放出的能量更多
代表企业	南都、理士、双登、圣阳、瑞达、卧龙	华为、维谛、易事特
代表产品	南都 GFM、理士 DJM、双登 GFM 系列	华为 SmartLi 3.0、Vertiv™HPL、易事特 EA900YL 系列

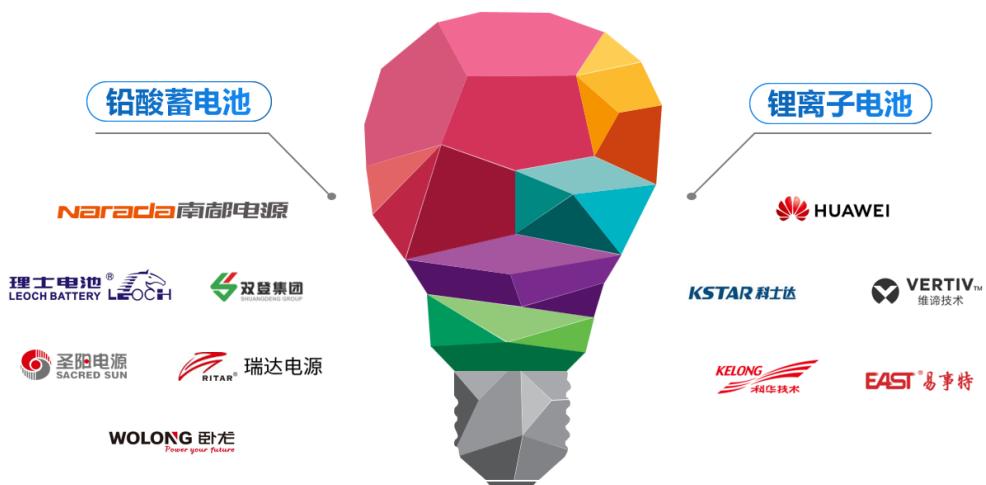


图 5 后备电池系统产业图谱

3. 制冷系统

制冷系统是数据中心 IT 设备稳定运行的重要保障，通过散热制冷系统将 IT 设备的热量传递到室外，从而维持 IT 设备的安全工作温度和数据中心的良好运转。

我国的数据中心制冷市场进入快速发展阶段。市场发展情况来看，风冷依旧是主流的制冷方案，随着间接蒸发冷却技术及全变频氟泵等技术的创新发展及应用普及，其市场规模将不断增长。液冷系统逐渐普及，风液融合正成为新的发展趋势。水冷也是较为常见的制冷方式，市场占有率仅次于风冷。目前，全球高密集度、高供电密度的超大型数据中心已逐渐引入液冷设备，未来风液融合将成为高功率密度机柜的主流制冷方案。

从数据中心绿色节能的发展趋势来看，制冷技术的本质都是让冷却介质在末端尽可能的贴近设备，减少换热次数，以便于介质更加高效地与设备进行热交换，从而提高换热效率、降低冷损失。数据中心冷却技术发展趋势详见图 6，采用风冷直膨散热冷却方式的数据中心 PUE 一般在 1.5 左右。因液体的热导率较气体可提高一个数量级，阿里云计算有限公司采用自主研发的液冷服务器集群，在杭州建成目前全球规模最大的单相浸没液冷数据中心（仁和数据中心），是我国首座绿色等级达到 5A 级的液冷数据中心，PUE 最低可以至 1.09。同时，

风冷系统方案也可以采用间接蒸发冷却技术，实现最大化利用自然冷源，通过一次换热，降低数据中心的 PUE，例如华为云乌兰察布数据中心上榜国家绿色数据中心名单，PUE 最低可以至 1.15。

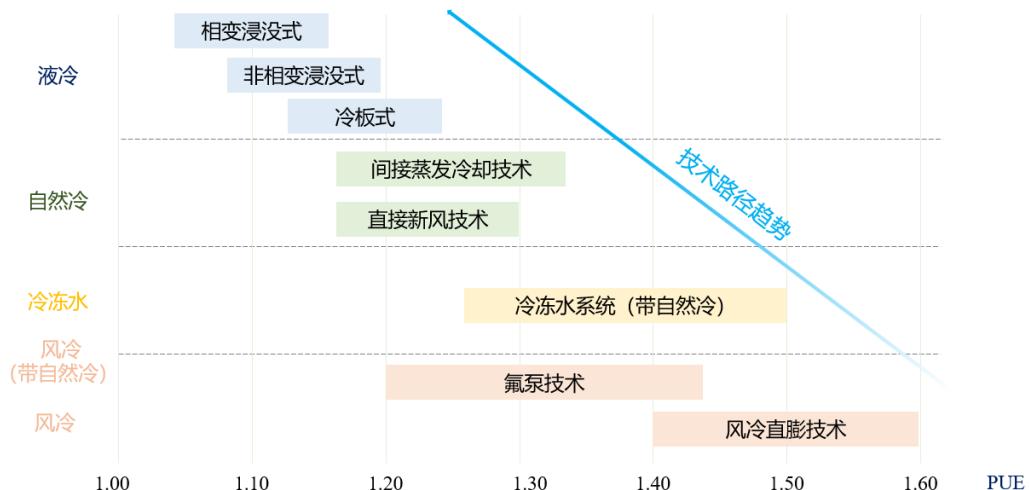


图 6 数据中心制冷技术发展趋势

作为 PUE 节能的主战场，制冷系统与项目选址地点、系统方案、运行要求以及当地全年气候变化息息相关。如图 7 所示，因地制宜选择合适的制冷技术会对数据中心的制冷效率和 PUE 值产生不同的影响，在设计制冷系统时要根据实际需求选择合适的制冷方案。



图 7 数据中心制冷关键技术及对 PUE 的影响

回顾数据中心冷却技术的发展，传统制冷设备主要有风制冷型、水制冷型和氟制冷型，在数据中心高密化、节能化发展趋势下，液体制冷型系统逐渐登上数据中心制冷解决方案的舞台，企业分类见表 3，产业图谱见图 8。

表3 制冷设备企业分类

企业类型	技术特点	代表企业	代表产品
风制冷系统	风冷型空调	系统简单、可靠性高、易维护	维谛、华为、美的、格力、依米康、诺亚、佳力图、英维克、施耐德、海尔、克莱门特、AGC、艾特网能 华为 NetCol-A 系列、格力 JKF 系列、海尔模块式风冷冷水（热泵）机组
	蒸发冷却系统	不受室外环境空气质量影响、室内湿度稳定、节能节水	华为、维谛、英维克、中兴、申菱、阿尔西、艾特网能、世图兹、美的 维谛 Liebert XDCS 蒸发自然冷全变频氟泵多联热管空调、华为 EHU、艾特网能 CoolBlock 间接蒸发冷自然冷节能空调机组、美的模块式热回收蒸发冷却空调机组
	新型氟泵系统	能效较高、形式多样	维谛、华为、艾特网能、英维克、世图兹、依米康 维谛 DSE 预制式全变频氟泵精密空调、华为 FusionCol-A 系列、依米康氟云系列 SCA.ES 房间级氟泵节能型精密空调
水制冷系统	冷冻水型空调	制冷效率较风冷更高，但系统组成较复杂，日常维护成本高	维谛、华为、英维克、佳力图、艾特网能、世图兹 英维克 XRow 系列高效列间空调、佳力图 CAHU 冷冻水型机房空调、世图兹 CyberRow CW/CW2
液体制冷系统	冷板式	散热效率高，能耗低、占用空间小	IBM、英维克、华为、腾讯、联想、京东、超聚变、宁畅、史陶比尔、中航光电、中科曙光、维谛、百度、美团、高澜 英维克 Coolinside、华为 FusionCol-L 系列、中科曙光 GreenLP 冷板式液冷配套基础设施 C7000
	浸没式		阿里、英特尔、施耐德、GRC、兰洋、中科曙光、维谛、英维克、3M、中航光电、巨化、杭州云电、海光芯创、富士康、立讯技术、绿色云图、高澜 阿里磐久 Immersion D1000、兰洋科技浸没式液冷 BBU、维谛 LiebertVIC、绿色云图微型液冷机柜



图 8 制冷设备产业图谱

4. 弱电系统

弱电系统为数据中心的物理和逻辑组件（含服务器、存储、网络、电源、冷却）提供监控、管理和优化，是实现数据中心向绿色和智能发展的数字化系统底座之一。

我国动环监控系统市场近年来保持着强劲增长。据 ODCC 调研，2022 年市场规模已达 100 亿元，随着数据中心的规模和复杂度的增加，动环监控系统尚有较大的增长空间。研究机构 Markets and Markets 数据显示，2022 年全球楼宇自控系统市场规模为 868 亿美元，预计 2027 年将达到 1486 亿美元，在预测期内的复合年增长率近 12%。此外，全球数据中心基础设施管理（DCIM）的市场预计将以约 11% 的复合年均增长率增长，2026 年预计超过 30 亿美元。2022 年亚太地区的 DCIM 市场规模为 4.92 亿美元，复合增长率将领跑全球，预计 2022-2026 年该值将超过 13%。我国作为亚太地区最高增长的国家，市场规模为 1.83 亿美元。

DCIM 由传统动环监控系统发展演变而来，管理范围更全面。数字技术推动 DCIM 智能化发展，监控管理等通用能力建设与应用将更加全面与深入。数据中心逐渐走向大型化和集约化，管理模块划分越来越精细化，与此同时，物联网、

AI (Artificial Intelligence, 人工智能)、数字化 3D、数字孪生等新技术已广泛应用。如图 9 所示, DCIM 中监控管理、运维管理、运营管理、安全管理等通用能力的高效建设、精准应用是未来发展的重点。建设方面, DCIM 将向基础设施和多个子系统集中化管理发展; 应用方面, 包括部件级、设备级、链路级、数据中心级的运行状态、关键参数、故障告警等信息将向全局可视化发展, 以帮助管理者更直观地掌控数据中心运行状态。

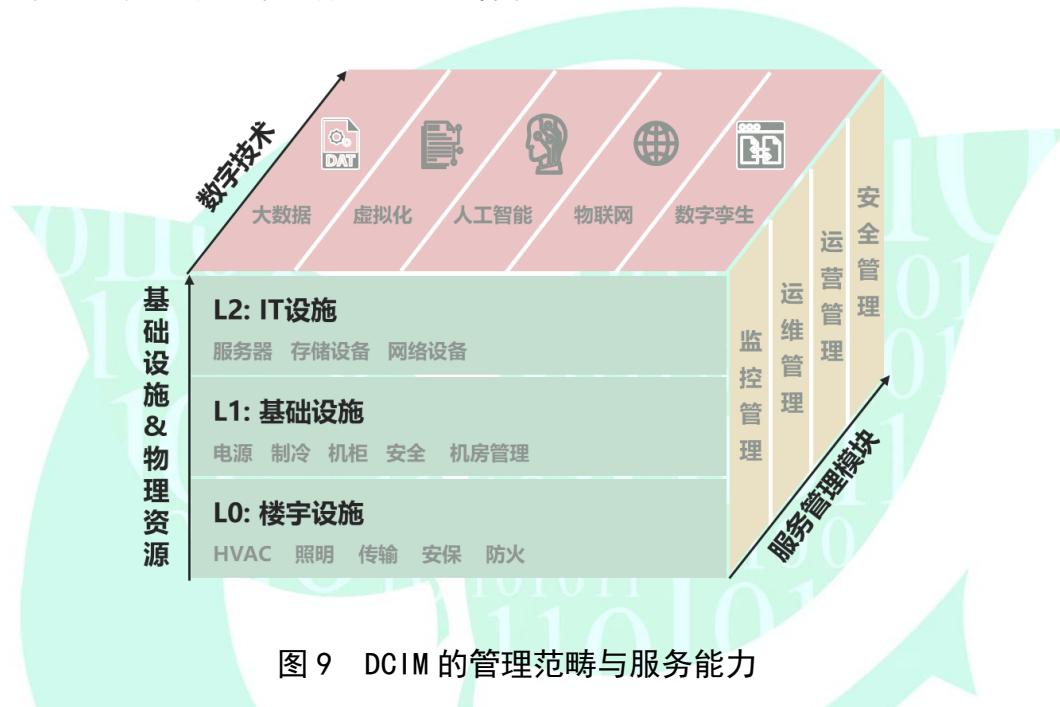


图 9 DCIM 的管理范畴与服务能力

基于基础设施与 IT 设施融合管理的目标, 智能化管理对象应覆盖基础设施(电力、制冷、机柜、安防)、IT 设备(服务器、交换机、存储)及相关联的环境, 管理活动应贯穿数据中心基础设施全生命周期的运维运营行为, 提供集中监控、资源规划、日常运维、成本优化等管理模块。有效的运营管理可切实帮助数据中心保障基础设施的高可用并提高基础设施资源利用率, 降低能源消耗和人员综合成本, 并通过流程化管理日常作业提升服务水平, 提高数据中心经营产出和效率, 实时、准确提供管理决策信息, 最终实现以数据驱动管理价值。

按照监控与管理的对象, 弱电系统企业可分为监控动力与环境的动环系统、监控楼宇的楼宇自控系统及更加集成化的 DCIM, 企业分类见表 4, 产业图谱见图 10。

表4 弱电系统企业分类

企业类型	动环监控系统	楼宇自控系统	DCIM
技术特点	在动力设备、环境传感和生产控制过程中进行数据监测，注重对设备与自然环境的检测警报，同时增强融合化管理，可对IT基础设施设备运行状态进行有效监控	主要面向楼宇系统等，优化建筑的能源效率，侧重对各建筑子系统的控制输出	包含了资产管理、容量管理、动环的监控等内容，相较于动环系统，功能更丰富
代表企业	依米康、维谛、华为、大榕树、施耐德、共济科技、安之源、凝智科技、中兴力维、纵横通、亚奥科技、邦讯信息	霍尼韦尔、和欣控制、西门子、施耐德、清华同方、曼顿科技、江森自控、柏斯顿、中控	华为、维谛、施耐德、西门子、ABB、依米康、Sunbird Software、FNT、耐威迪、Nlyte、共济科技、派诺科技、卓益达科技、腾讯、百度、阿里、万国
代表产品	维谛RDU监控系统、华为iManager-M、力维智联动环监控与智能融合管理系统、纵横通IMCP机房监控平台	霍尼韦尔WEBS系列楼宇自控系统、和欣EMS-500楼宇自控节能管理系统、江森自控Metasys楼宇自控系统	华为NetEco、维谛SiteWeb6基础设施管理系统、腾讯智维、百度万象智能监控平台



图 10 弱电系统产业图谱

5. 模块化数据中心

模块化数据中心是一种全新的数据中心建设模式，对风、火、水、电核心系统进行整体设计，可以大幅缩短建设周期，实现数据中心的快速部署、交付和应用。

伴随信息技术的快速发展，业务竞争日趋激烈。一方面，用户对数据中心交付时间的要求越来越短，数据中心建设投产的速度也越来越快；另一方面，数据中心涉及的设备和系统繁杂，现场安装调试复杂。为了满足数据中心大规模快速高效部署，产业链相关企业开展了一系列的探索和创新，模块化、预制化成为一种新的建设模式，通过预先标准化设计，工厂组装、集成、预测试，现场即插即用，实现快速安装、快速交付，将数据中心的建设由工地迁移到工厂，减少现场施工带来的安全隐患。

集装箱和预制模块化数据中心经历了一体化单机、平层部署、多层部署、建筑级模块化的技术路线。从最初的一体化单机阶段开始，数据中心逐渐采用了模块化设计，通过分离和部署不同的功能模块，实现了平层部署或两层部署。但是由于其空间、外观、标准化程度、可靠性等多重制约因素，只能小规模应用或在特定场景应用。随着装配式建筑技术与模块化数据中心深度融合，预制模块化数据中心可支持多层堆叠，满足建筑标准，主体结构建筑化、空间及内外使用体验楼宇化。在这个发展过程中，预制程度逐步加深，从部件预制到系统设备预制，再到功能区和整体的预制，提高了建设速度和质量，降低了成本。未来模块化数据中心将继续朝着更高程度的预制化、智能化和绿色化方向发展，以满足不断变化的市场需求和技术进步的要求。

按照技术演进的阶段，模块化数据中心可分为集装箱数据中心、微模块数据中心、预制模块化数据中心，企业分类见表 5，产业图谱见图 11。

表5 模块化数据中心企业分类

企业类型	微模块数据中心	集装箱数据中心	预制模块化数据中心
技术特点	将数据中心划分为多个独立模块，独立运行及智能化管理，以单机柜为最小颗粒度，配套列间空调，UPS 及柔性母线配电系统的深度集成	具备可移动性，可有效应对临时性数据中心、应急性数据中心的需求	可根据客户需求灵活构建，适用于新建轻钢结构厂房、新建无楼等场景

代表企业	华为、维谛、易事特、Silent-Aire、施耐德、中兴、中国移动、M.C. Dean、威图	华为、新华三、戴尔、IBM、思科、维谛、中兴、浪潮、威图、中科曙光	华为、维谛、施耐德、中兴、M.C. Dean、Silent-Aire、威图
代表产品	维谛 SmartAisle 微模块数据中心、华为 Fusion Module 2000 智能微模块、易事特 MC2000&MC6000 系列产品、Lenovo MDC 数据中心	华为 FusionDC 1000A、维谛 Smart MOD 云睿集装箱数据中心、新华三 IC7000 集装箱智慧数据中心	华为预制模块化数据中心 FusionDC、中兴通讯预制全模块数据中心、施耐德 All-in-one module



图 11 模块化数据中心产业图谱

(二) 算力资源

1. 服务器

服务器是数据中心重要的基础设施，服务器通过中央处理器（CPU）、内存及 I/O（输入输出）部件开展计算服务，并通过调度网卡及存储设备实现上层业务处理需求，是算力供给的核心设备。

近年来，全球服务器市场处于较高增长态势。根据 IDC 数据，2022 年全球服务器销售量达到 1494.6 万台，市场规模达 1230 亿美元。我国服务器市场保持较高速增长，2022 年整体规模达到 273.4 亿美元，占全球市场比重达 22%。

以 CPU 芯片核心的服务器依旧在全球市场上保持主导地位。市场竞争上，CPU 服务器市场高度集中，呈现双寡头垄断格局，Intel 和 AMD 占据了 90%以上的市场份额；服务器架构上，x86 服务器在 CPU 服务器市场中占据主导地位，主流 CPU 服务器供应商均采用 x86 架构，占比为 91%，ARM 架构约占 8%。全球数据中心 CPU 市场收入详见图 12。我国的 CPU 服务器也以 x86 架构为主，据 IDC 数据显示，2022 年我国 x86 服务器市场出货量为 376.81 万台，其他架构的服务器占比不足 10%。

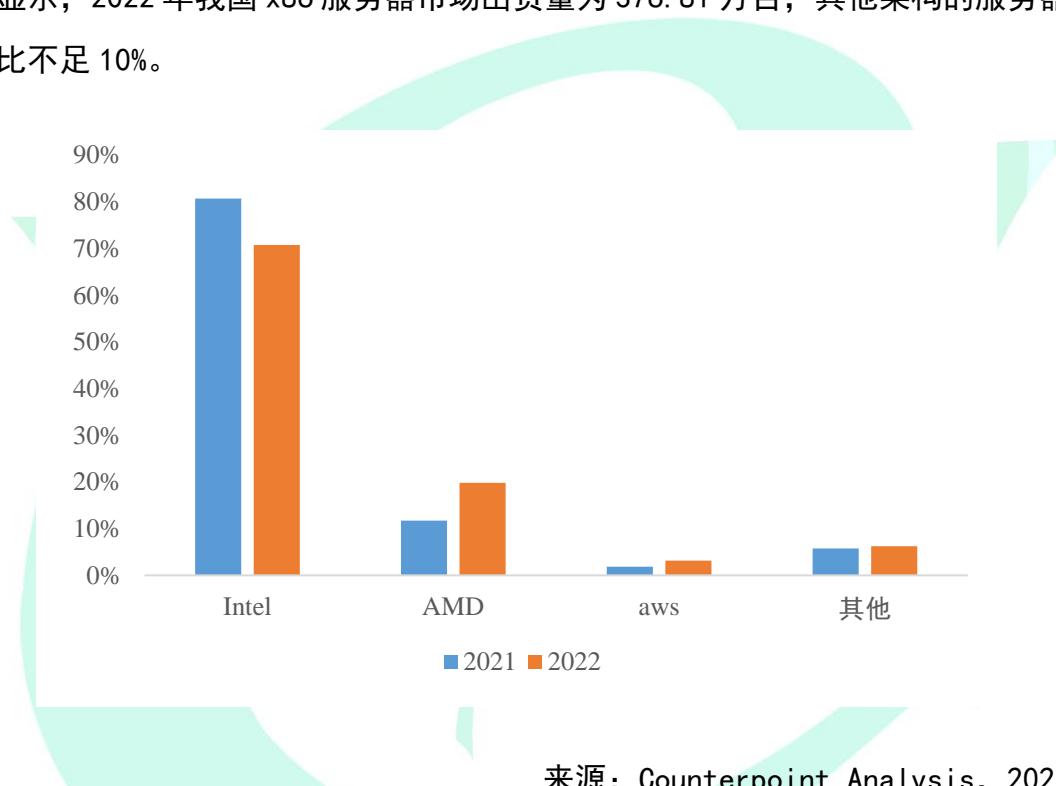


图 12 2021 年和 2022 年全球数据中心 CPU 市场收入份额

后摩尔定律时代，单靠制程工艺提升带来的性能受益已经十分有限，单核性能已经趋近极限，CPU 未来将关注以多核提升性能功耗比，多核处理器把多个处理器核集成到同一个芯片之上，每个单元的计算性能密度得以大幅提升。同时，原有的外围部件可以被多个 CPU 系统共享，可带来更高的通信带宽和更短的通信时延，多核处理器在并行性方面具有天然的优势，通过动态调节电压/频率、负载优化分布等，可有效降低功耗，提升性能。

随着高性能计算的发展，市场开始关注基于 GPU (Graphics Processing Unit, 图形处理器)、FPGA (Field Programmable Gate Array, 现场可编程门

阵列) 等芯片构建的智算服务器。IDC 数据显示, 2022 年智算服务器市场规模达 67 亿美元, 同比增长 24%。如图 13 所示, GPU 服务器占据主导地位, 占 89% 的市场份额, 达 60 亿美元。同时 NPU、ASIC 和 FPGA 等非 GPU 智算服务器以同比 12% 的增速占 11% 的市场份额, 达 7 亿美元。市场竞争方面, 浪潮、新华三、宁畅占据一半以上的市场份额; 从行业属性看, 互联网是智算服务器最大的采购行业, 当前需求逐渐向服务、电信、制造和教育等行业外溢。



图 13 2021-2026 中国智能计算服务器市场规模

AI 模型通过数千亿的参数进行训练, 增强包含数万亿字节的深度推荐系统, 其复杂性和规模正呈现爆炸式增长。这些庞大的模型正在挑战当今系统的极限, 仅凭 CPU 的优化难以满足其性能需求。因此, 智算服务器主要采用异构形式, 表现形态多为机架式。在异构方式上, 可以为 CPU+GPU、CPU+FPGA、CPU+TPU、CPU+ASIC 或 CPU+多种加速卡。因 GPU 采用并行计算模式, 擅长梳理密集型的数据运算, 如图形渲染、机器学习等, 智算服务器普遍采用 CPU+GPU 的形式。继续扩展模型以实现高度准确性和实用性, 需要能够快速访问大型内存池并使 CPU 和 GPU 紧密耦合。

我国液冷服务器市场保持快速增长。根据 IDC 数据，2023 上半年我国液冷服务器市场规模达 44.17 亿元。市场竞争来看，浪潮、超聚变等企业凭借先进的技术实力和卓越的产品性能在液冷服务器市场中占据领先地位；行业应用来看，液冷服务器凭借高效的散热性能、低能耗和低噪音等特点在互联网、电信、政府和教育领域应用最广；从技术细分来看，目前有冷板式、浸没式和喷淋式三条技术路线，冷板式方案成熟度较高，商用基础较好，已经得到较多的商业应用。

我国边缘计算服务器市场也呈现蓬勃的发展趋势。边缘服务器可以将数据处理和分析的任务转移到网络的边缘，减少数据传输的延迟和带宽消耗，提高数据处理效率和安全性。根据 IDC 数据，2022 年边缘服务器市场规模约 40 亿美元，未来随着企业不断将数据处理的任务从中心服务器转移到边缘设备上，边缘计算服务器的应用场景和需求将进一步扩大。

按照应用场景不同，服务器可分为适用于广泛应用场景和工作负载的通用服务器、适用于大规模数据的高速处理和计算的智算服务器、适用于高密场景的液冷服务器、适用于实时数据分析的边缘计算服务器，企业分类见表 6，产业图谱见图 14。

表6 服务器企业分类

企业类型	通用服务器	智算服务器	液冷服务器	边缘计算服务器
技术特点	以 CPU 芯片为主，提供多种服务功能，适应不同的计算需求的服务器	辅以 GPU 等人工智能芯片，以完成大量数据的训练和迭代	液体注入服务器，通过冷热交换带走服务器的散热。包含冷板式液冷服务器与浸没式相变液冷服务器	部署在数据中心之外，靠近终端用户，提供计算、存储和网络等服务，并且可以处理本地或实时的数据流
代表企业及产品	浪潮 NF5266G7、华为服务器 K22R-02、超聚变服务器 2288H V6、烽火服务器 FitServer R2280 V6、中兴 R5300 G5	华为 Atlas 800 服务器、浪潮 NF5468 系列、H3C UniServer R5350 G6、中科可控 X7840 H0	新华三 R4900LC G5 服务器、亿万克液冷服务器 EVOC Adam Server R322N6+、天枢液冷整机柜服务器、宁畅 R620 G40 LP	联想 ThinkEdge SE360 V2、浪潮 NE5260M5、华为 TaiShan 200 服务器、Dell PowerEdge XR4000

通用服务器 **inspur** 浪潮 **H3C** **Lenovo** 联想 **DELL Technologies** **Nettrix** 宁畅 **Microsoft**

FiberHome **xFUSION** **宝德** **ZTE** 中兴 **FUJITSU** **cisco** **Hewlett Packard Enterprise** **IBM** **ORACLE**

智算服务器 **HUAWEI** **inspur** **H3C** **Nettrix** 宁畅

KUN QIAN **xFUSION** **安聚** **PowerLeader** **Suma** **倍联德**

液冷服务器 **Nettrix** 宁畅 **xFUSION** **inspur** 浪潮 **CUOC** 亿万克

H3C **AI** 工业富联 **Sugon** **超云** SUPER CLOUD **华鲲振宇** **Lenovo** 联想 **Wuhan Yingshi Computing Technology** 长江计算机

边缘计算服务器 **H3C** **inspur** 浪潮 **HUAWEI** **CUOC** 亿万克

PowerLeader **Lenovo** 联想 **DELL Technologies** **百度智能云** **倍联德**



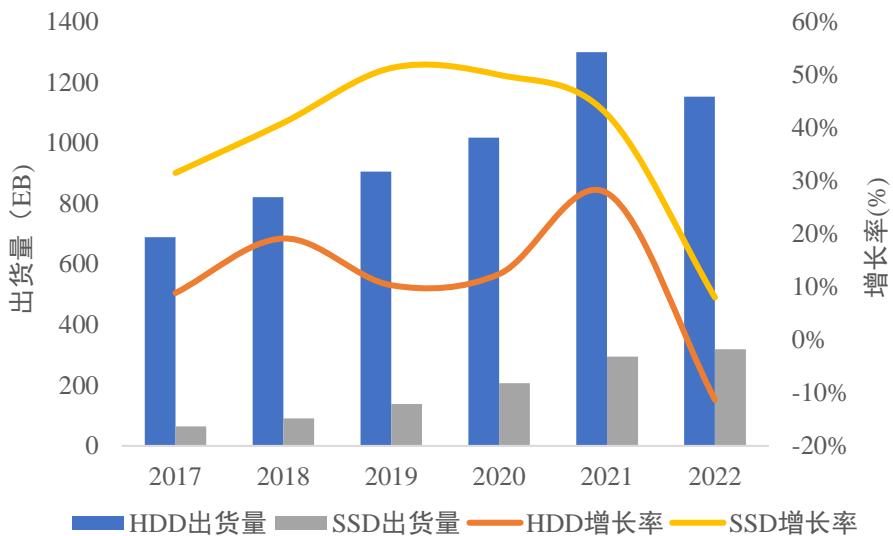
图 14 服务器产业图谱

2. 存储

数据中心的存储承载的是千行百业的高价值数据，其中硬盘是存储的主要部件，是保存数据的关键介质。

2022 年全球机械硬盘（Hard Disk Drive，简称 HDD）介质出货量超 1100EB，较 2021 年出货量下降了 11%，达全球存储容量的 80%。2022 年全球固态硬盘（Solid State Drive，简称 SSD）出货容量为 318EB，达全球存储总量的 20%，详见图 15。据 IDC 预测，到 2025 年，全球 SSD 出货量将进一步上升，达到 805EB，升至全球存储总量的 25%。

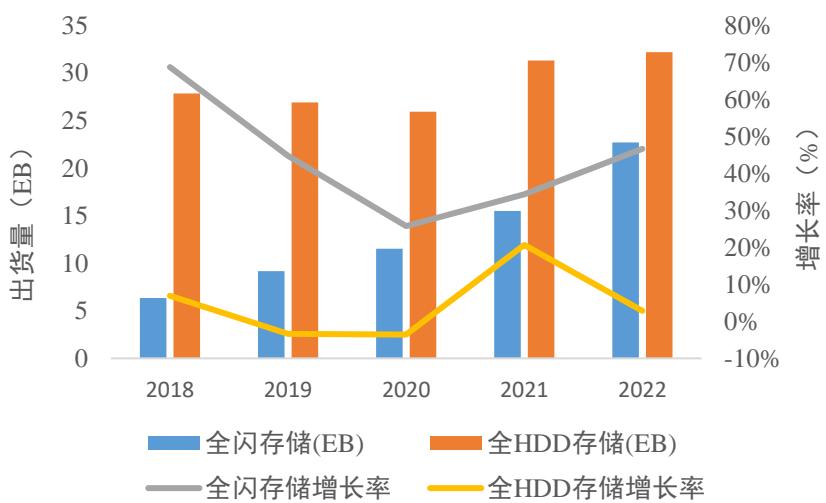
www.ODCC.org.cn



来源：IDC, Trendfocus, 2023

图 15 2017-2022 年全球 HDD 和 SSD 出货量及增长率

企业级存储应用方面，如图 16 所示，截止 2022 年底，全闪存储出货量已由 2018 年的 6.3EB 增长至 22.7EB，年平均增长率达 38% 左右，2022 当年增长率达 47%，预计未来 SSD 在企业级存储应用中的使用占比将继续增长，逐步替代 HDD。



来源：IDC, 2023

图 16 2018-2022 年全球企业级存储出货容量及增长率

SSD 介质向存储高密度方向发展，加速替代 HDD 介质。 NAND Flash 继续向高密度方向演进且存储密度和传输性能不断提升，单位存储效率得到优化。通过增加单位晶圆面积上产出的存储位元，增强 NAND Flash 的单位存储效率，在全球已量产的 NAND Flash 中，领先的堆叠层数从 128 层攀升至 176 层，2022 年底，NAND Flash 已逐步迈入 200 层以上生产。此外，NAND 结构的改良以及存储密度的提升，也使得 SSD 的 I/O 性能和功耗不断得到优化。

安全可信成为先进存储的必备能力，存储安全可信技术向存储内生安全方向发展。 底层硬件来看，硬件三防（防侧信道，防故障注入，防物理攻击）和可信启动已成为存储底层硬件安全可信能力的基础；软件算法来看，AIR GAP（气隙隔离）技术可以保障数据安全传输，WORM（Write Once Read Many，一写多读）技术用来防止文件被篡改，病毒侦测分析可预防被病毒勒索，执行环境提前检测能确保数据可信，数据访问的全路径和内存加密技术可以防止数据被泄露；应用效果来看，可综合存储加密和定期备份两种方案来面对突发情况下数据丢失或破坏等问题，充分保障数据的安全性。

根据使用介质的不同，主要包括利用旋转磁盘的 HDD 和使用闪存芯片的 SSD 及其他存储设备，企业分类见表 7，产业图谱见图 17。

表7 存储企业分类

企业类型	HDD	SSD	存储设备
技术特点	读写头通过驱动臂调整不同磁道位置，驱动器带着磁盘旋转，通过磁头完成数据读取	使用闪存技术，将数据存储于芯片中，取代了传统硬盘中的机械盘片和读写头，较机械硬盘抗物理冲击、抗震	存储设备还包括适合用于大量数据的长期备份和归档的磁带和将大量存储设备组织起来的存储阵列
代表企业及产品	西部数据 Ultrastar DC HC550 CMR HDD、希捷 Exos X 系列、东芝 MG10F 系列、日立 HGST Ultrastar He10	Solidigm D5-P5336、深圳忆联 UH711a 系列、英韧科技 Dongting-S1、DapuStor H5100、Memblaze PBlaze7 7940 系列、三星 PM893a、SK 海力士 PE8110	华为 FusionCube 1000 超融合存储设备、富士胶片 FUJIFILM LTO Ultrium 8 数据流磁带、浪潮 HF 18000G5-I、H3C UniStor CF5000 G2 系列



图 17 存储产业图谱

3. 交换机

交换机是一种用于电（光）信号转发的网络设备，可以为接入交换机的任意两个网络节点提供独享的电信号通路，是搭建数据中心架构的骨骼，具备大缓存、高容量、虚拟化等特征。

随着网络技术的进步和数据中心的需求增长，全球交换机市场规模持续扩大。据 IDC 数据显示，2022 年，全球以太网交换机的市场规模约为 2500 亿元，同比增长近 20%，其中用于数据中心领域的以太网交换机规模约为 1000 亿元，同比增长 22% 左右。100GbE 是 2020 年至 2022 年以太网数据中心交换机的最大品类，200/400GbE 以太网数据中心交换机的收入在 2022 年开始加速增长。市场竞争方面，思科一直占据领先地位，连同 Arista 占据全球数据中心领域交换机一半以上的市场份额，华为和新华三市 TOP5 中的两家国内厂商。

2022 年，我国以太网数据中心交换机市场规模超过 200 亿元，预计 2026 年市场规模将超过 300 亿元。我国交换机市场集中度较高，华为、新华三占据市场近 70% 的份额，主要参与者包括华为、新华三、锐捷网络以及思科等，市场贡献主要来自于国内厂商。

无损数据中心解决方案驱动高速率交换机发展。 RDMA (Remote Direct Memory Access, 远程直接数据存取) 技术是为了解决网络传输中服务器端数据处理的延迟而产生的技术。传统 TCP (Transmission Control Protocol, 传输控制协议) / IP (Internet Protocol, 互联网协议) 协议栈处理时延大, 服务器 CPU 负载居高不下, RDMA 可以将用户应用数据直接传入服务器存储区, 解决时延问题。RDMA 网络目前应用比较广泛的是 InfiniBand (英伟达数据中心网络架构核心技术) 和 RoCE (RDMA over Converged Ethernet)。华为、新华三、锐捷网络等头部厂商均基于 RDMA 技术发布无损数据中心解决方案。

白盒技术推动行业充分竞争, 良性发展。 白盒交换机采用开放的设备架构和软硬解耦的思想, 提升了设备可编程性、灵活性, 可以有效支撑未来新型业务对网络可定制、高性能、可编程、确定性的需求, 在网络战略发展中具有重要地位。在全球经济增长放缓及生成式人工智能算力成本高昂的背景下, 白盒交换机成本低、开放性高、操作难度小的优势将会更加突出。传统交换机的软硬件开发均由设备厂商提供, 系统完全封闭, 满足新功能快速开发部署需求慢, 采购成本久高不下。在白盒交换机架构下增加芯片接口层, 将交换芯片的硬件功能封装为统一的接口, 采用开放的设备架构和软硬解耦思想, 降低购置开发成本。

CPO (Chip Package Optimization, 芯片封装优化) 技术减少高速电通损耗, 或成高速交换机核心技术。 作为新型的光学封装技术, CPO 可将光学元件直接封装在芯片内部, 通过更短的光学路径和更紧密的光学耦合实现更高效的光通信, 同时也可以减少光学连接和对准的复杂性, 从而实现更高密度的光电集成和更高性能的光通信系统。全球多家不同背景的大厂商已开始布局该领域研发。目前 AWS、微软、思科、博通、英伟达均在布局 CPO 技术和产品。

TSN (Time-Sensitive Network, 时间敏感网络) 成为构建工业信息技术网络与运营技术网络间的重要桥梁。 TSN 是解决大带宽的新技术, 同时 TSN+OPC UA (OPC Unified Architecture, 基于 OPC 统一架构的时间敏感网络技术) 将解决协议碎片化问题, 有望加速应用。一方面, TSN 可以为网络连接提供准确的时间同步和时间关键数据及时性的保证。作为下一代工业以太网技术, 保证

了来自不同供应商的设备之间的网络级兼容性。在网络系统级，TSN 通过标准配置分发给设备的网络调度接口，支持确定性通信。消息的定时释放确保了网络中的延迟可以被确定性地预测和管理。另一方面，TSN 与 OPC UA 的融合有助于解决工业通信协议碎片化的问题。TSN 技术基于以太网提供了一套数据链路层的协议标准，解决了网络通讯中数据传输及获取的可靠性和确定性的问题；OPC UA 则提供一套通用的数据解析机制，解决系统互操作的复杂性问题。因此 TSN 能把 PROFINET（基于以太网技术的自动化总线标准）等实时以太网现场总线和 OPC UA 共享到同一个通信设施上，有助于解决工业通信协议碎片化的问题。

根据支持网络协议和接口的不同，主要包括针对以太网协议的以太网交换机、支持各种网络协议和接口的开放式白盒交换机及针对光纤通道协议的光纤交换机，企业分类见表 8，产业图谱见图 18。

表8 交换机企业分类

企业类型	以太网交换机	白盒交换机	光纤交换机
技术特点	基于以太网传输数据，每个端口都直接与主机相连，以全双工的方式工作，能同时连通许多对端口，使每一对相互通信的主机能无冲突地传输数据	与传统交换机的硬件和软件均由一个供应商提供不同，白盒交换机的硬件和软件一般来自不同的供应商，可以进行定制化的产品开发，具有更高的开放性与灵活性	采用光纤电缆作为传输介质，光纤通道为存储区域网络设计，可将计算机数据存储连接到服务器的高速网络中，实现低时延和无损传输，适用于大型核心/边缘网络
代表企业及产品	华为 CloudEngine 16800 系列数据中心交换机、思科 Cisco Nexus 3550 Series、富士通 FUJITSU PSWITCH 2048	Juniper OCX1100、戴尔 Dell S4112F-ON、Accton MINIPACK AS8000、HPE Altoline 6960	Broadcom Brocade G630 交换机、普联技术 TL-FC342A-20、H3C S7500X 系列 PON 产品



图 18 交换机产业图谱

(三) 算力平台

1. 算力支持平台

算力支持平台是为算力开发应用提供运行环境的基础软件的集合，下接基础设施，是算力平台的底座。算力支持平台提供操作系统、数据库、中间件等基础软件，并通过对算力资源进行虚拟化，构建起基础设施与算力开发应用之间的桥梁。

由操作系统、数据库和中间件组成的环境支持平台提供了源代码运行的基础环境和关键的支持功能。

数字经济的持续发展拉动了服务器操作系统装机量的持续增长，根据 ODCC 调研¹¹，2022 年我国服务器操作系统行业装机量达到 401.2 万套，商业版行业装机量达到 189.6 万套。市场格局来看，我国操作系统市场依然以海外厂商为主，2022 年，我国所有的装机量中 Linux 服务器操作系统市场占有率达到 79.6%，

¹¹ 国产服务器操作系统发展报告（2023）

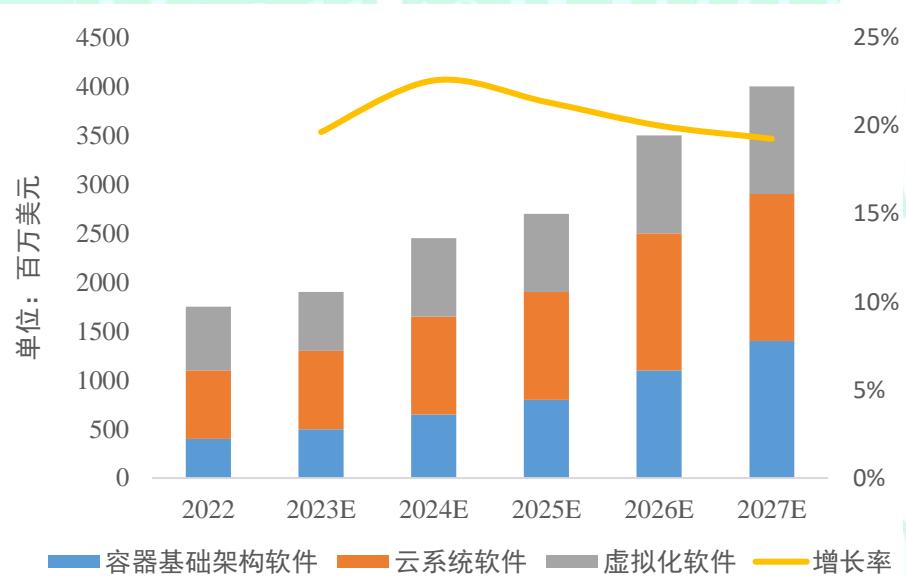
且保持不断增长，Windows 操作系统市场占有率为 19.9%，以 Unix 为代表的小众服务器市场为 0.5%。

目前，国产服务器操作系统正在强势崛起，在党政、金融、电信、互联网等行业的国产产品装机量也在逐步提升。以龙蜥操作系统为代表，其装机量已超过 500 万，服务各个行业用户超过 70 万。近年来国产操作系统性能水平稳步提升，国产产品的竞争力越来越高。国内已出现多个较为成熟的国产服务器操作系统，产业步入 2.0 时代，面向云计算、智能计算等方向进化。以阿里云、华为、麒麟软件、统信软件为代表的中国技术力量不断取得核心突破，以龙蜥社区、欧拉社区为代表的中国开源社区正在构建以自主技术为核心的产业生态，国产服务器操作系统已基本具备有开发者社区、有知识产权、高安全、高可用、可定制、可重构的特征。国内商业版服务器操作系统主要有统信软件、浪潮信息、中科方德、凝思软件、中兴新支点、中标麒麟、麒麟信安等，均基于国内操作系统开源社区进行商业产品开发。

我国数据库管理系统市场保持快速增长。随着各行业数字化转型节奏加快，数据库作为信息系统的核心基础软件，迎来了快速发展时期。根据信通院报告，2022 年数据库市场规模接近 400 亿元，市场规模持续扩大。随着越来越多的企业开始将其业务应用和数据迁移到云端，云数据库成为了市场增长的主要动力。目前用户的数据结构仍以关系型为主，但随着数字化业务场景不断丰富，非关系型和混合型数据库的应用不断增加。中间件市场需求及市场规模也逐年上升。根据 ODCC 调研数据，2022 年我国中间件总体市场规模已接近 100 亿元。在未来五年，因国家政策大力扶持和市场需求不断扩大，我国中间件市场规模将不断提升，行业保持高速发展态势。因业务流程复杂、信息化需求高、稳定性要求高，政府、金融和电信行业是中间件采购的重要主体。尽管现阶段在整个中间件软件市场竞争格局中，外资厂商占据有较大的份额，但在国家对以基础软件为代表的软件及信息技术产业发展的支持下，以中创软件、宝兰德、东方通等为代表的国内厂商自主研发能力不断提升，目前我国已经形成较为齐全的中间件产品线。

虚拟化软件、云系统软件、容器基础架构软件等采用软件定义的方式实现资源的虚拟化、统一管理和自动化调配，统称为算力池化平台。

算力资源的抽象通过应用编程接口（API）暴露硬件的可操控成分，从而实现硬件的按需管理和资源的灵活调用，将传统的以硬件为中心的计算模式转变为以软件为中心的计算模式。算力池化最核心的技术是虚拟化技术，虚拟化软件是该市场的主要收入来源，市场规模为 6.9 亿美元，详见图 19。随着企业对业务敏捷性和弹性扩展的日益增长的需求，算力的虚拟池化正在继续向具有云运营模式和新应用容器的现代平台过渡。云系统软件市场进入中速增长阶段，市场规模为 6.7 亿美元。随着云原生技术逐渐成为批量计算的主流选择，容器软件市场在近几年高速增长，市场规模达到了 3.8 亿美元。VMware 作为虚拟化市场的领导者在市场中拥有大量的用户和影响力。华为在三个子市场均有相应的产品提供，并且在新兴的容器市场成长迅速，市场份额占据领先地位。



来源：IDC, 2023

图 19 2022-2027 年中国虚拟池化平台市场预测

伴随着云计算、大数据等技术的快速发展，网络和存储软件也开始与硬件进行解耦，为计算提供了更加灵活和可编程的基础设施，使得计算能够更好地

适应不断变化的应用需求，提高资源的利用率和可管理性，更好地满足不同应用对于计算和存储资源的需求。此外，软硬件解耦后的网络和存储通常采用开放的 API 和标准化的协议，使得第三方开发者可以基于这些开放接口进行二次开发和集成，为算力的虚拟池化带来了更多的创新和可能性，推动了整个生态系统的发展和创新。

按照功能的不同，算力支持平台主要包括对算力资源进行抽象化的虚拟池化平台和由操作系统、数据库和中间件组成的环境支持平台，企业分类见表 9，算力支持平台图谱见图 20。

表9 算力支持平台企业分类

企业类型	环境支持平台			虚拟池化平台
	操作系统	数据库	中间件	
技术特点	控制管理整个计算机系统的软硬件资源，并提供给客户和其他软件便捷的接口和环境	按照数据结构来储存和管理数据的应用软件	提供稳定、高效的数据传输和消息队列服务，以及处理应用间的协同工作	将计算能力以资源池的形式提供给用户并根据应用需要灵活地进行计算资源调配
代表企业及产品	Linus 系统、微软 Windows 系统、华为 EulerOS、阿里龙蜥操作系统	甲骨文 Oracle Database、人大金仓数据库管理系统 KingbaseES	东方通 TongWeb、中创 InforSuite AS、宝兰德分布式交易中间件软件 BES Vbroker、普元信息 Primeton AppServer	华为 FusionSphere 解决方案、VMware ESXi、云宏 CNware WinStack 虚拟化云平台



图 20 算力支持平台产业图谱

2. 算力调用平台

算力调用平台指进行实时资源管理，随需求调用算力资源的软件平台。该平台旨在提高计算机资源的利用率，是实现计算资源灵活调用的重要路径。

随着计算技术的飞速发展，算力调用作为资源管理的重要手段，也在不断演进。从早期的集中式计算系统到现今的分布式计算系统，算力调用的策略和技术都经历了显著的变革。在集中式计算系统中，算力调用主要基于固定的硬件资源，如 CPU、内存和存储都集中在单个高性能服务器或计算机集群上。调用程序或系统管理员需要根据任务的需求和优先级来分配和调整这些资源，调用策略更注重资源的有效利用和任务的性能优化。例如，采用优先级调用确保高优先级的任务优先获得资源，而负载均衡技术则确保服务器的负载分布均匀，避免过载。然而，传统的算力调用无法根据实际需求进行灵活调整，在面对大规模计算任务或突发的高并发请求时，可能会遇到性能瓶颈或资源不足的问题。

随着云计算的兴起，分布式计算系统开始得到广泛应用。在分布式系统中，算力资源分散在多个节点上，通过网络进行连接和协同工作。云原生的发展为分布式计算系统的算力调用提供了更加高效和灵活的基础架构，通过弹性扩展、自动化管理以及存储计算分离等方式实现了对计算存储资源的高效利用。弹性扩展的特性使得资源可以根据实际需求进行动态分配和调整。调用算法不再受

限于固定的硬件资源，而是可以根据任务的实时需求和资源的使用情况进行智能决策，例如容器化的部署方式使得应用程序可以轻松地跨不同的计算资源进行迁移和扩展。百度智能云推出了弹性伸缩服务，自动化扩缩容用户云资源，自动关联负载均衡。

随着 Kubernetes 生态的蓬勃发展，在离线混部技术也得到了广泛的应用和关注。在过去的十年里，云厂商在混部技术方面取得了显著的进展。他们不仅研发出了高效的资源调用算法和管理系统，还积累了大量的实践经验。字节跳动形成了“弹性伸缩”和“常态混部”互相配合的资源池混部方案，提炼出资源管控系统 Catalyst 并正式开源。2022 年，阿里的混部系统 Koordinator 正式开源，致力于解决多样工作负载混部在一个集群、节点场景下的调度。随着云原生技术的发展和普及，混部技术正在迎来新的发展机遇。

从集中式计算系统到分布式计算系统，算力调用方式经历了从固定资源到动态资源、从本地到云端的转变。这一演进不仅提高了计算资源的利用效率和任务的性能，还为企业和组织提供了更加灵活、可扩展的计算服务解决方案。随着新一代信息技术的不断演进，未来的算力调用平台将朝着新的发展方向迈进。**智能化程度提升**。随着人工智能技术的不断发展，混部技术和 AI 弹性容量的智能化程度将不断提升。例如，通过深度学习等技术，可以更准确地预测应用负载和资源需求，从而实现更精细化的资源调度和管理。**多云环境支持**。目前，许多企业都采用了多云策略，即在多个云平台上部署应用。未来，混部技术和 AI 弹性容量可能会进一步支持多云环境，实现跨云平台的资源调度和管理。**边缘计算融合**。混部技术、AI 弹性容量与边缘计算融合能实现更高效的资源利用和更低的延迟。在边缘节点上部署部分应用，通过混部技术实现资源的动态调度和管理。

按照计算资源组织方式的不同，算力调用平台主要包括集中式和分布式计算系统下的调用，企业分类见表 10，算力调用平台图谱见图 21。

表10 算力调用平台企业分类

企业类型	集中式计算系统	分布式计算系统
技术特点	主要基于固定的硬件资源，采用优先级调用确保高优先级的任务优先获得资源，负载均衡则确保服务器的负载分布均匀	算力资源分散在多个节点上，通过网络进行连接和协同工作。通过弹性扩展、自动化管理以及存储计算分离等方式实现了对计算存储资源的高效利用
代表企业及产品	Slurm、AWS Batch、IBM Tivoli Workload Scheduler	阿里 Koordinator 混部系统、字节跳动 Katalyst 资源管控系统、华为双栈容器解决方案、蚂蚁 Kapacity Stack



图 21 算力调用平台产业图谱

3. 算力开发平台

算力开发平台是提供软件开发工具、库、框架和算法等开发应用程序的平台，是算力应用开发的重要平台。根据开发对象的不同，可将其分为应用开发平台和技术赋能平台。

应用开发平台用于编写源代码，是算力开发的关键环节。传统的应用开发通常采用单体应用的形式整体部署，需要开发人员手动编写大量的代码来实现

应用程序的功能和逻辑。开发过程繁琐，部署方式低效，扩展性方面存在局限性。而基于容器的现代化应用开发不仅可以通过容器编排工具实现自动扩展和缩容，提高了应用的可用性和可靠性，还能够通过使用容器镜像来确保不同环境的一致性，减少了配置错误和环境差异带来的问题。业界在推动基于容器的现代化应用开发方面进行了大量探索。蚂蚁推出了可编程、高灵活性的应用交付及运维技术栈 KusionStack，基于平台服务即代码的理念，做到一处编写，随处交付。

人工智能、机器学习和大型语言模型深度集成到开发中的创新对开发者工具、开发流程和方法产生了持久的影响。低代码/无代码技术得到了更广泛的应用，呈现出旺盛的市场需求。具有前瞻性的 IT 领导者正在将 Gen AI（生成式人工智能）应用于应用程序开发。2022 年，ChatGPT（Chat Generative Pre-trained Transformer，聊天生成型预训练变换模型）引发了全球 AI 发展的热潮，开源分享平台 GitHub 上线了基于 GPT-4 模型的 Copilot Chat，可集成在不同的 IDE 开发平台中，通过文本问答的方式完成生成、分析、审核代码等。国内将 AI 技术与应用开发相结合的编码插件也如雨后春笋，阿里云、蚂蚁等互联网头部企业争相入局，相继推出通义灵码、CodeFuse，清华大学和智谱 AI 联合打造了 CodeGeeX。未来，受到生成式 AI 开发工具的成熟和扩散的推动，开发工具市场将实现强劲增长。

技术赋能平台面向新型技术应用开发提供基础服务。核心价值在于提升应用开发效率，将技术赋能于前端的应用和业务，降低 AI、大数据、区块链、物联网、行业性互联网的准入门槛。

随着新时代下生产力与生产关系的深度变革与调整，新一代信息技术正迎来其蓬勃发展期。这种变革为人工智能、大数据、区块链、物联网、行业性互联网等技术的兴起提供了肥沃的土壤，促使它们不断壮大并引领技术进步的新浪潮。AI 和大数据已经成为数字化转型的核心驱动力，越来越多的企业开始将数据视为重要的战略资源，并通过 AI 和大数据技术来挖掘数据的价值，优化业务流程，提升决策效率。AI 和大数据软件市场的发展前景也十分可观，未来五年将呈现良好的增长态势。

随着数字经济的崛起和数据的爆发式增长，对数据的安全性、透明性和可信度提出了更高的要求。区块链凭借去中心化、不可篡改、透明可追溯等特点，能够满足新形势下对数据安全的要求。其中蚂蚁和腾讯凭借政府项目资源优势在该领域市场竞争中占据优势。物联网和行业性互联网软件与平台产品市场规模也持续扩大。

按照开发对象的不同，算力开发平台可分为提供源代码编写服务的应用开发平台和将各种先进技术与应用开发相结合的技术赋能平台，企业分类见表 11，产业图谱见图 22。

表11 算力开发平台企业分类

企业类型	技术特点	代表企业及产品
技术赋能平台	应用开发平台	即软件、工具和开发环境，实现自动化编译、调试、测试、部署等功能，同时可以提高代码的可读性和可维护性。
	AI 技术	通过机器学习和深度学习等技术手段，实现对大量数据的处理和分析。
	大数据	对海量数据的处理和分析，挖掘数据中蕴含的规律和模式，从而实现对未知数据的预测和推断。
	区块链	去中心化的数据库，存储于其中的数据或信息具有不可伪造、全程留痕、公开透明和集体维护。
	物联网	实现物与物之间的智能互联、数据共享、实时监测和互动交流。
行业性互联网	通过工业全要素、全价值链和全产业链的连接、解耦和重构，构成了数据采集、传输、计算、分析、应用的数据闭环。	PTC ThingWorx 百度智能云开物工业互联网平台、华为云 Stack、卡奥斯 COSMOPlat 工业互联网平台。



图 22 算力开发平台产业图谱

(四) 算力供给

算力供给是由算力中心服务商为其他企业和个人提供的综合性服务，旨在满足各类计算需求。这些服务包括数据中心机柜租用、带宽租用、服务器托管、代理运维、云计算服务、智能算力租赁服务、智算公有云服务、智算集成服务等。算力供给作为纽带，高效连接算力的生成与实际应用场景，是算力设施产业中的重要一环。

当前，数据中心是算力供给的重要物理载体。我国数据中心市场格局由基础电信运营商和第三方数据中心服务商组成。基础电信运营商是以中国电信、中国联通、中国移动为代表提供基础电信业务的企业，凭借建设起步早、客户资源丰富、网络基础资源领先等优势，基础电信运营商在数据中心市场一直占据重要份额。然而，随着全球数据总量的急剧增长，数据采集、数据存储与管理、数据传输与处理等对算力资源的需求大幅提升，基础电信运营商难以满足日益增长的算力需求。在此情况下，第三方数据中心服务商如雨后春笋，呈蓬勃发展趋势，其多元化的经营与合作模式也为数据中心市场带来了生机和活力。

我国第三方数据中心服务商处于行业成长扩张期，市场份额保持高速增长。如图 23 所示，2022 年第三方数据中心服务商市场份额约为 51.68%，较 2021 年同期增长了 1.81%。近年来，第三方数据中心服务商凭借资本实力和业务能力

较强等优势，市场地位不断提升，市场份额持续扩大，目前已超过基础电信运营商市场占比，处于领先地位。目前，国内第三方数据中心服务商数量持续增加，其中大型服务商有万国数据、世纪互联、数据港、普洛斯等，小型服务商也在不断涌现，行业市场迎来加速整合期。总体来看第三方数据中心服务商市场整合发展更多体现在资金流向趋于集中、优质项目流向趋于头部企业，一方面头部第三方数据中心企业具有更强的资金实力、资源储备和品牌影响力，另一方面市场整合会促进行业的集中度提高，进一步增强它们在资金和资源方面的优势。

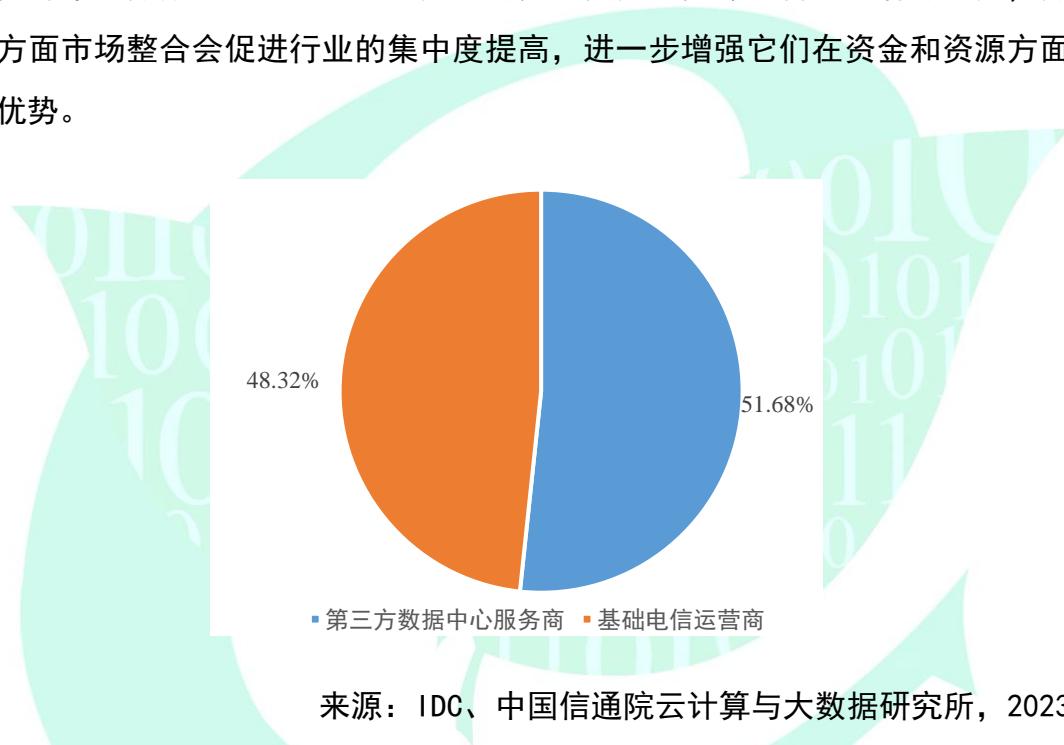


图 23 2022 年电信运营商及第三方数据中心服务商数据中心业务收入分布

第三方数据中心服务商是算力设施产业链中游重要的组成部分。按照在产业链中的位置，第三方数据中心服务商的来源包括专营的数据中心运营商、设施设备提供商延伸服务和数据中心客户由需转供等。专营的数据中心运营商仍占第三方市场主导，主要因其积累了丰富的建设运营经验、形成了完善的全国甚至海外项目布局，可提供 IT 服务、场地托管服务、互联网管理服务、云计算服务等全套数据中心服务。在不断推进的发展实践中，行业内已经涌现出众多表现卓越、领先业界的企业典范，如万国数据总体规模遥遥领先，持续优化国家“东数西算”关键枢纽和东南亚市场资源布局，是第三方数据中心服务商的领跑者；世纪互联深耕行业多年，具备互联互通网络资源优势，提出并构建“超互联”新型网络空间基础设施体系。此外，第三方市场还涌现出一些势头

强劲企业，如普洛斯近年来在智能计算、液冷等新型算力中心技术方面加大研发投入和项目布局，主动迎合生成式人工智能时代算力需求，提供全生命周期智算基础设施服务。

业务发展上，算力供给侧加速拥抱上云新趋势，算力中心服务商和云厂商双向融合。一方面，随着云计算技术的发展，算力中心服务商逐步加强与云服务商的合作。他们共同构建云服务平台，提供云计算服务，发挥资源共享、弹性扩容、快速部署等特点，帮助企业及客户提高业务灵活性和可扩展性。另一方面，大型云服务商也从算力需求方逐渐转变为供给方，减少数据中心租赁，积极尝试自建数据中心。考虑到资源禀赋和经济效益，云厂商的自建数据中心主要以超大规模数据中心为主，选址在二三线城市的偏远基地，主要放置时延要求较低的业务，满足云厂商对大宽带、大数据量的需求。同时云厂商大量应用自研技术，对 IDC 上游设备进行深度研发和定制，在自建数据中心中进行试点应用，在能耗控制、智能运维和模块化建设等方面取得了一些成就。

随着人工智能及大模型等前沿技术的迅速发展，AI 企业积极布局并参与算力供给市场。随着人工智能技术的广泛应用和不断突破，AI 算力需求呈现出爆炸式增长的趋势。一方面，图像识别、语音识别、自然语言处理和大数据分析等领域都需要强大的算力支持。另一方面，AI 大模型不断迭代。在 Chat-GPT 引发全球大模型研发浪潮之后，OpenAI 发布视频生成模型 Sora，大模型发展进入多模态阶段，算力有望呈现几何倍数需求。面对急剧增长的算力需求，一些大型云厂商整合产业链资源，积极部署智算业务，诸如华为云、百度智能云等企业推出智算集成服务、智算公有云服务、智算租赁等服务。此外，还有一些专营的智算中心运营商，他们专注于智算中心的运营和管理，通过提供高效、稳定、安全的算力服务，为各行业客户提供计算支持。

根据服务内容和业务模式的不同，算力中心服务商包括基础电信运营商、第三方数据中心服务商、云服务商和 AI 企业，产业图谱如图 24 所示。



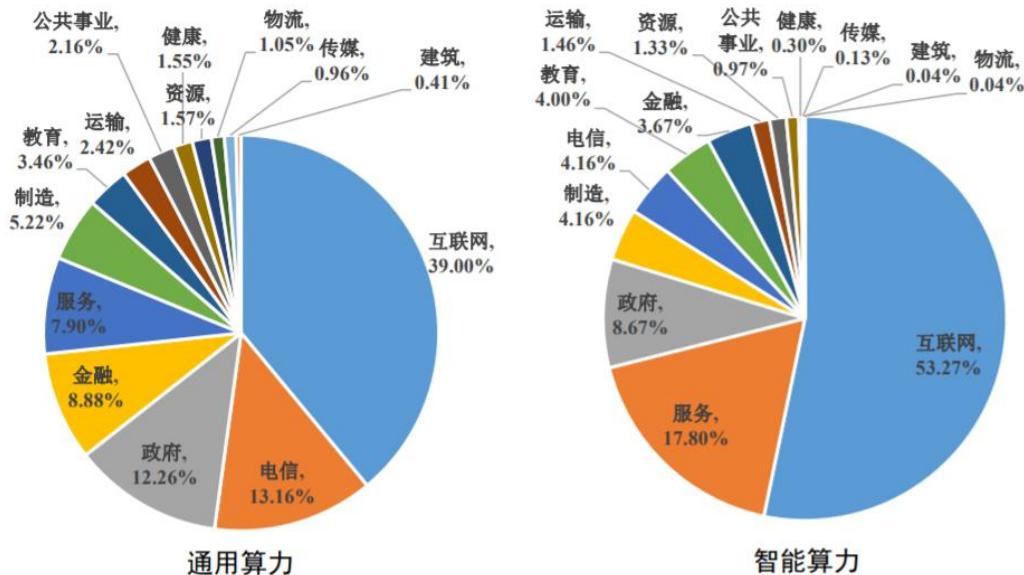
图 24 算力供给产业图谱

(五) 算力应用

算力作为一种重要的资源，在各个领域中得到广泛的应用。算力应用正从互联网、电子政务等传统领域，向服务、电信、金融、制造、教育等行业拓展。

互联网行业是算力需求最大的行业。为了满足不断增长的数据处理、分析和应用需求，互联网行业需要强大的计算资源和基础设施支撑能力，包括高性能的 CPU、GPU、TPU 等芯片以及服务器、存储设备等。如图 25 所示，在通用算力领域，互联网算力应用规模占整体算力 39% 的份额，在智能算力领域，互联网行业对数据处理和模型训练的需求不断提升，互联网以 53% 的占比依旧稳居第一。

www.ODCC.org.cn



来源：中国信息通信研究院、IDC，2023

图 25 我国各行业算力应用分布情况

1. 金融、工业等领域算力渗透率稳健提升

工业领域算力渗透率的稳健提升是工业数字化转型的重要体现。随着工业4.0、智能制造等概念的提出和实践，工业领域对数字化、智能化转型的需求日益迫切，而算力作为数字化、智能化的基础支撑，在工业领域的应用也逐渐普及和深化。

算力设施有效推动新型工业化发展。一方面，可以支撑工业企业智慧决策和提升工业企业优化经营。算力设施可以帮助工业企业实现更高效、更精准的智慧决策。通过利用人工智能、大数据等先进技术，算力设施可以对企业内外部数据进行深入分析和挖掘，提供更全面的市场分析和预测，助力企业决策。此外，算力设施还可以通过数据可视化等技术手段，将复杂的数据分析结果以更直观的方式呈现给企业决策者，提高决策效率和准确性。例如，通过对企业在生产过程中产生的海量数据进行实时分析，可以快速发现生产过程中存在的问题，并采取措施，优化工艺流程，提高生产效率和产品质量。

算力助力工业经济实现绿色低碳发展。在“双碳”战略背景下，绿色低碳发展是推进新型工业化的应有之义，也是促进工业可持续发展的必然要求。工业是我国能源消耗和碳排放的最主要领域，依托算力搭建能耗监测管控平台，从能源消费低碳化、资源利用循环化、生产过程清洁化等方面助力工业节能减排，推动工业经济绿色低碳发展。

金融行业数据中心的发展目前处于较为完备的阶段，基于安全性和行业监管需求，大型金融企业数据中心已基本形成两地三中心的布局。金融业数据中心的建设部署与金融业需求和发达程度高度相关，一线城市、东部沿海省份等地金融数据中心占比较高，超过 40%。从具体应用来看，上架率总体较高，大多超过 50%；实际运行 PUE，大多数金融数据中心在 1.5 以上，这与金融数据中心规模较小、冗余度较高有一定关系，也说明了金融数据中心在能效方面有待提升。

金融行业需要高效的计算和分析能力来处理海量数据，也是我国算力应用较广、起步较早的行业之一。在金融业务数字化转型过程中，机器学习、知识图谱、计算机视觉、语音语义识别等大数据和人工智能技术可以实现业务、技术的深度融合和智能化发展，智能算力已成金融数字化产品运行的必要条件。风险预测方面，金融机构需要通过客户的信用记录、财务状况等信息来评估客户的信用风险，制定适配的信贷策略。借助算力，金融机构可以更快地对大量数据进行分析，准确地识别出风险因素，及时实施精细化的风险管理。精准营销方面，海量数据的收集和分析，可以帮助银行更有针对性地进行客户行为分析，构建消费者画像，助力客户经理找到“可识别、可分析、可触达、可交互”的客户，实施精准营销。运营优化方面，通过大数据，金融可以监控不同市场推广渠道尤其是网络推广渠道的质效，从而进行合作渠道的调整和优化，同时，金融机构也可以分析哪些渠道更适合推广哪类产品或者服务，从而进行渠道推广策略的优化。在上述场景领域中，机器学习、深度学习等技术被广泛应用，模型算法均需大量的计算资源支撑其稳定运行。

2. 医疗、交通等领域积极探索规模化应用

据 IDC 统计，医疗健康数据的增长是各个行业中增长最快的，年复合数据增长率高达 36%，医疗数据量近 50 万亿 GB。在医疗领域，算力为医学研究、临床诊断和治疗提供了支持和促进。医学研究常常需要处理庞大的数据集和复杂的数学模型，传统的分析方法往往无法满足这种需求。通过利用高性能计算机的算力，研究人员可以更快速地处理和分析大规模的数据，从而更高效地得出准确结果。例如，基于 GPU 加速的数据处理平台，其处理速度相较于仅使用 CPU 的情况可以提升 50 倍甚至更多，这为基因检测等应用场景提供了便利。在流感季节，政府卫生部门需要收集医院、医生和患者的数据来监测病毒的传播，强大的算力支持可以大大缩短数据处理和分析的时间，从而使相关部门能够更快地响应和采取措施。在医疗影像处理方面，算力也发挥着重要作用。例如，采用先进算力的 CT 设备可以实现图像处理速度的大幅提升，从而为医生提供更准确、更快速的诊断依据。

医疗与算力的结合为医疗行业带来许多变革和优势，包括提高诊疗效率和准确性、加速药物研发、实现远程医疗和移动医疗等。未来，随着算力的不断发展和技术的不断创新，医疗与算力的结合将会更加紧密，为医疗行业的发展带来更多的机遇。

智慧交通是算力在交通领域实现创新突破的重要体现。通过网约车、无接触配送、智慧停车、道路客运定制服务等应用，深刻改变了交通物流和出行服务的面貌，为人们的生活带来便利。截至 2022 年年底，全国网约车平台月均订单超过 5 亿单；共享单车平均每天提供 5000 万次骑行服务，“掌上出行”已成为大多数人的习惯模式；智慧邮政大力发展，2022 年累计完成寄递业务 1391 亿件²²。这些应用以算力优化运力，使出行更便捷、物流更高效，同时也提高了交通运行的安全性和监管的精准性。例如，物联网技术的应用可以实现全天候、

²² 中华人民共和国交通运输部，https://www.mot.gov.cn/jiaotongyaowen/202309/t20230915_3917703.html

远程监控重点营运车辆的速度和位置，有效防止超速、疲劳驾驶等违法违规行为的发生。

当前，我国智慧交通正在迈向规模化、网络化推广应用的新阶段。在这个阶段，新业态和新模式不断涌现，海量的人、车、线、站、路等方面的信息需要以更强劲的算力和更高效的算法进行分析处理。为了进一步拓宽智慧交通的应用范围，需要加快多层级算力设施的部署，提高其利用效能，并解决技术设备之间的兼容性问题，打通数据孤岛。随着算力的提升，自动驾驶等技术快速发展，智能网联汽车将成为重要的交通工具，为安全、畅通、低碳、高效的交通网络建设提供重要支撑。

3. 能源、教育等领域的算力应用突破创新

能源和教育领域也正在积极探索算力技术的应用，以适应数字化转型的需求。在能源领域，算力技术主要应用于智能电网、能源储存、新能源技术等方面。例如，智能电网可以通过云计算、大数据等技术对电力系统进行监测、控制和优化，实现能源的分布式管理和高效利用。同时，新能源技术也需要大量的计算和模拟分析，以推动可再生能源的开发和应用。

能源领域，中国石化、中国石油、中国海油等石油化工公司均积极围绕国家“十四五”规划确立信息化、数字化转型发展目标，并开展了相应的信息基础设施规划和建设，中国石化集团紧密围绕国家信息化规划和集团战略目标，加快打造高速泛在、智能敏捷、绿色安全的智能化综合性信息基础设施，全面提升基础设施的数字化、自动化、智能化水平，为公司数字化转型战略提供强有力的技术支撑。在算力设施方面，形成了集团综合数据中心、集团专业数据中心和企业边缘数据中心的“3+4+N”总体架构，为集团及企业数字化转型提供算力支持。电力领域，国家电网公司重点关注能源技术和数字技术的深度融合，通过算力基础设施建设以及企业业务信息化改造，提高对电网的智能化管理，助力构建更加绿色清洁的能源体系。

教育领域，算力则主要应用于在线教育、教育大数据分析、人工智能教育等方面。例如，在线教育可以通过云计算和网络技术，为学生提供个性化、互动式的学习体验。教育大数据分析则可以通过对学生学习数据的挖掘和分析，为教师提供更为精准的教学建议和指导。

随着全社会内在线教育形式的推广，在线教育市场的需求急剧增加，在线教育形式逐步常态化。我国在线教育市场也呈现出蓬勃的发展态势，在线教育用户规模在不断扩大。同时，随着 5G、AI 等技术的不断发展和应用，中国在线教育市场的创新力和竞争力也在不断提升。在线教育平台通过云计算、网络技术等先进技术手段，为学生提供了个性化、互动式的学习体验。近年来，教育信息化各项指标普遍实现翻倍增长，全国中小学互联网接入率从 25%跃升至 100%、多媒体教室比例从不到 40%提升至 95.4%，网络学习空间数量从 60 万个激增至 1 亿个³³。

未来，虚拟现实教育、智能教育机器人等领域也有可能继续与算力进行结合，利用虚拟现实、增强现实等技术，为学生提供更为沉浸式的学习体验，提供更为丰富、多样化的学习资源和学习方式，形成更多的规模化案例推广，为教育领域的发展注入新的动力。

三、趋势与展望

（一）技术从单点突破向全生命周期技术优化

展望未来，数据中心面临着新业务的不确定性以及业务量的动态变化，必须具备弹性扩容、高效建设和迅速投产的能力，这要求其基础设施建设具备高度的灵活性和高效性。对于基础设施技术的研发创新，需要从更宏观的视角出发，不仅关注单个设备的技术创新或单个系统的技术架构，还要综合考虑数据中心上层的应用和 IT 设备的技术更新。同时，也需要将数据中心的设计、建设和运维全生命周期中的成本、便利性和复杂度纳入考量，以实现数据中心整体

³³ 中华人民共和国教育部，http://www.moe.gov.cn/jyb_xwfb/s5147/202106/t20210607_536139.html

的最优化。具体来说，新技术如微模块、预模块、巴拿马电源、间接蒸发冷却、锂电池以及液冷技术等应用，应与所承载的业务类型、客户类别和企业发展相匹配，并随着上层业务需求的不断更新而完善。

（二）算力平台软件从数字化向智能化演进

算力平台作为支撑数字经济发展的重要基础设施，其重要性日益凸显。在数字化阶段，算力平台软件主要实现了计算资源的数字化管理，它通过提供统一的接口和工具，使用户能够方便地管理和使用计算资源，例如服务器、存储设备和网络等。数字化阶段的算力平台软件主要关注资源的静态配置和分配，满足了基本的计算需求。为了实现高效计算，算力平台需要具备智能调用、负载均衡和节能优化等能力。未来，算力平台需要加强资源调用和优化技术的研究与应用，提高平台的资源利用效率和性能表现，通过引入人工智能技术，实现自适应的任务调度、智能故障诊断和恢复等功能，提高平台的智能化水平和服务质量，吸引更多的开发者和用户参与，共同推动算力平台的发展和完善。

（三）算力应用由局部探索向全产业多元发展

当前，我国数字经济发展势头迅猛，不同领域、不同行业对算力的需求持续加强，金融、电力等信息化普及程度较高的行业已充分认识到了数据中心的价值。未来，随着技术的不断进步和应用需求的持续升级，算力应用将进一步向全产业多元化方向发展。算力将与各行业的业务流程和价值创造过程深度融合，传统行业加速拥抱信息化，新兴行业持续深入与算力的结合，算力将成为推动各行业数字化转型和升级的重要力量；同时，随着算力基础设施的不断完善和优化，以及智能计算、边缘计算等新型计算模式的广泛应用，算力应用边界还将不断拓展，为产业的创新发展提供更为广阔的空间和可能性。