

## ChatGPT 推高算力需求, DPU 支撑算力效率提升

2023 年 03 月 03 日

► **DPU 发展有望进入快车道。**DPU (数据处理芯片 Data Process Unit) 被认为是继 CPU 和 GPU 之后的“第三颗主力芯片”。得益于智能网卡方案的逐步成熟, 叠加全球通用服务器出货量的稳定增长、L3 以上级别智能驾驶汽车的技术落地、工业控制领域的需求增加等原因, 全球、国内 DPU 产业都有望实现快速发展。

► **全球 DPU 市场高景气延续, 国内 DPU 市场加速追赶。**据赛迪顾问《中国 DPU 行业发展白皮书》, 2020 年全球 DPU 产业市场规模达 30.5 亿美元, 预计到 2025 年全球 DPU 产业市场规模将超过 245.3 亿美元, 复合增速达 51.73%。2020 年中国 DPU 产业市场规模达 3.9 亿元, 预计到 2025 年中国 DPU 产业市场规模将超过 565.9 亿元, 复合增速达 170.6%。

► **DPU 产业链分析:**

**DPU 中游环节 (DPU 芯片厂商): 海外巨头暂时领先, 国产厂商蓄势待发。**根据头豹研究院数据, 2020 年国内 DPU 市场中, 国际三大巨头英伟达, 博通, Intel 份额分别达到 55%、36%、9%。国内厂商中, 华为, 阿里, 百度, 腾讯也在近几年针对自身服务器进行自研与外购 DPU, 针对的主要功能在于数据, 存储与安全方面。

**DPU 上游环节: EDA、IP 等均为研发重要基础。**国内 EDA 市场长期由国际三大巨头占据, 未来有望迎来突破。供需合力孕育 IP 核产业, 未来需求打开新增通道。半导体国产化持续演进, 国内 IP 供应商将占据稀缺性价值高地, 包括寒武纪、芯原股份等。

**DPU 下游应用: 多点开花, 未来前景广阔。**DPU 核心市场围绕数据中心展开, 以服务器为硬件载体, 下游场景覆盖云计算, 高性能计算, 网络安全, 边缘计算等多个领域。从我国范围看, 高新技术、数字化转型及终端消费等多样化算力需求场景不断涌现, 算力赋能效应凸显。

► **投资建议:** ChatGPT 等 AI 技术发展大趋势下, 算力需求凸显, DPU 有望迎来黄金发展期, 全球、国内 DPU 产业市场规模呈现逐年增长的趋势, 核心企业有望受益于行业发展趋势。建议重点关注 DPU 及 AI 算力龙头浪潮信息、寒武纪、景嘉微、中国长城、中科曙光等。

► **风险提示:** 国产替代进度不确定风险、DPU 发展路线不确定风险、行业格局变化的风险。

## 重点公司盈利预测、估值与评级

代码	简称	股价 (元)	EPS (元)			PE (倍)			评级
			2021A	2022E	2023E	2021A	2022E	2023E	
000977	浪潮信息	43.15	1.37	1.58	1.84	31	27	23	推荐
603019	中科曙光	34.18	0.79	1.05	1.39	43	33	25	推荐
000066	中国长城	13.74	0.19	0.25	0.34	72	55	40	推荐
688256	寒武纪-U	91.50	-2.06	-2.79	-1.78	/	/	/	-
300474	景嘉微	78.01	0.97	0.63	0.93	80	124	84	-

资料来源: Wind, 民生证券研究院预测;

(注: 股价为 2023 年 3 月 2 日收盘价; 未覆盖公司数据采用 wind 一致预期)

## 推荐

维持评级



分析师 吕伟

执业证书: S0100521110003

电话: 021-80508288

邮箱: lvwei\_yj@mszq.com

分析师 郭新宇

执业证书: S0100518120001

电话: 010-85127654

邮箱: guoxinyu@mszq.com

## 相关研究

1. 计算机行业事件点评: 数字中国顶层设计落地, 行业开启发展新篇章-2023/02/28
2. 计算机周报 20230226: ChatGPT 巨头新动态与应用新场景-2023/02/26
3. 医疗 IT 行业动态报告: 医保数据要素改革商业空间详细测算-2023/02/25
4. 计算机行业点评: 类 ChatGPT 应用安全监管或将成为瞩目新重点-2023/02/23
5. 计算机行业事件点评: 最高层强调信创核心环节攻坚战, 行业确定性进一步强化-2023/02/23

# 目录

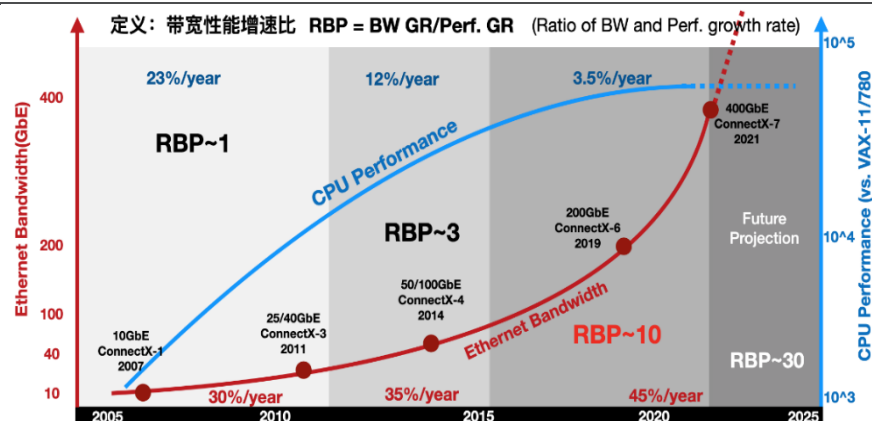
<b>1 DPU 有望成为“第三颗主力芯片”</b>	<b>3</b>
1.1 算力提升与数据增幅呈现剪刀差，DPU 需求凸显	3
1.2 以降本增效为目标，DPU 直击行业痛点	4
1.3 依托智能网卡化茧成蝶，FPGA 及混合架构路线为主流	6
1.4 DPU 核心价值在于算力的卸载释放与扩展，异构算力互联推动 DPU 多领域高速发展	7
1.5 DPU 带动异构算力互联，应用市场涵盖高新技术产业多领域	9
<b>2 DPU 行业格局：海外巨头暂时领先，国产厂商蓄势待发</b>	<b>10</b>
2.1 英伟达：具备先发优势，其 BlueField 系列芯片已到达第三代	11
2.2 星云智联：首款 DPU 产品 NebulaX D1055AS 于 2021 年发布	12
2.3 大禹智芯：Paratus 2.0 具备强大的软件开放性	14
2.4 云脉芯联：打造自主研发多场景 RDMA DPU 产品	14
2.5 芯启源：自主知识产权，可扩展 Chiplet 等方向	15
2.6 中科驭数：目前已开始第三代 DPU 芯片研发	15
<b>3 行业市场空间测算—预计 2025 年全球 DPU 市场空间有望超 260 亿美金，CAGR 高达 54%</b>	<b>17</b>
<b>4 DPU 市场空间及核心环节：市场高景气延续，受益领域有望多点开花</b>	<b>20</b>
4.1 DPU 产业链分析	20
4.2 全球、国内市场均有望保持高增，行业高景气度有望延续	20
4.3 DPU 行业上游分析：EDA、IP 等上游环节均为研发重要基础	21
4.4 DPU 制造中的能工巧匠	28
4.5 核心环节之二：下游应用多点开花，未来前景广阔	29
<b>5 投资建议</b>	<b>43</b>
<b>6 风险提示</b>	<b>44</b>
<b>插图目录</b>	<b>45</b>
<b>表格目录</b>	<b>45</b>

# 1 DPU 有望成为 “第三颗主力芯片”

## 1.1 算力提升与数据增幅呈现剪刀差，DPU 需求凸显

算力提升与数据增幅呈现剪刀差，DPU 可有效减少算力损耗。在当前数据增幅大幅提升的大背景下，CPU 性能的增速减缓，成本大幅增加，算力供给与需求形成剪刀差，CPU 性能提升的难题亟待解决，以 DPU 为代表的异构计算具备将部分通用功能场景化、平台化的特点，实现算法加速并减少 CPU 功耗，有助于运营商、云计算厂商和互联网厂商对数据中心的升级改造，减少高达 30% 的数据中心算力税。

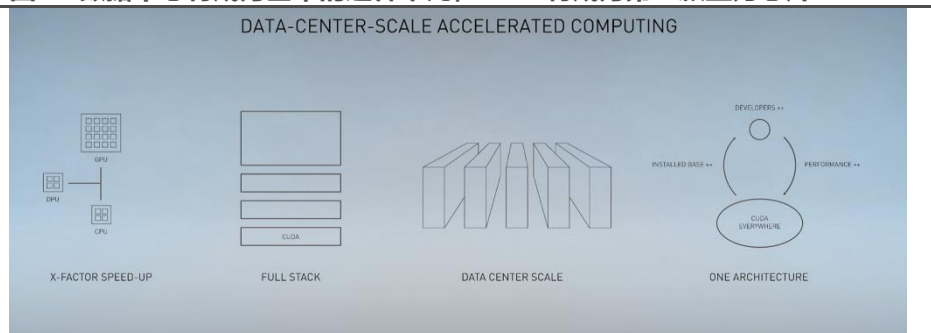
图1：网络带宽增速高达 CPU 性能增速的 30 倍，形成剪刀差



资料来源：DPU 技术白皮书，民生证券研究院

DPU (数据处理芯片 Data Process Unit) 被认为是继 CPU 和 GPU 之后的 “第三颗主力芯片”。DPU (Data Processing Unit) 是新近发展起来的一种专用处理器。2020 年 NVIDIA 公司发布的 DPU 产品战略中将其定位为数据中心继 CPU 和 GPU 之后的 “第三颗主力芯片”。随着芯片业制造工艺的不断精进，以及数字化技术如 AI 的发展，芯片行业不断推陈出新。DPU 作为新型芯片的一种，它的出现是异构计算的一个阶段性标志。

图2：数据中心将成为基本的运算单元，DPU 将成为第三颗主力芯片



资料来源：Nvidia 官网，民生证券研究院

**DPU 是以数据处理为核心的专用数据处理单元，是对传统计算资源的网络、安全和存储的卸载平台。**传统数据中心以 CPU 为主要数据处理单元，通常庞大的基础架构的运行已占据相当一部分 CPU 核，给数据处理任务带来非常大的挑战。

**发展背景：2013 年雏形已现，2020 年迎来行业认可**

**DPU 其实在行业内已经孕育已久，从早期的网络协议处理卸载，到后续的网络、存储、虚拟化卸载。**

根据摩天轮数据，Amazon 的 AWS 早在 2013 年研发了 Nitro 产品，将数据中心开销（为虚拟机提供远程资源、加密解密、故障跟踪、安全策略等服务程序）全部放到专用加速器上执行。Nitro 架构采用轻量化 Hypervisor 配合定制化的硬件，将虚拟机的计算（主要是 CPU 和内存）和 I/O（主要是网络和存储）子系统分离开来，通过 PCIe 总线连接，节省了 30% 的 CPU 资源。

2016-2017 年，阿里云就提出 X-Dragon 系统架构，其核心是 MOC 卡，且有比较丰富的对外接口，也包括了计算资源、存储资源和网络资源。MOC 卡的核心 X-Dragon SOC，统一支持网络、I/O、存储和外设的虚拟化，为虚拟机、裸金属、容器云提供统一的资源池。

根据网易、芯东西数据，2019 年，美国一家初创公司 Fungible 推出产品 F1 DPU，第一次提出了 DPU 的概念。

2020 年 10 月，英伟达将基于 Mellanox 方案的 Smart NIC 命名为 DPU，重新定义了 DPU 的概念。2020 年，英伟达公司发布的 DPU 产品战略中将其定位为继 CPU 和 GPU 之后数据中心的“第三颗主力芯片”，掀起了行业热潮。

## 1.2 以降本增效为目标，DPU 直击行业痛点

**DPU 要解决的核心问题是基础设施的“降本增效”，即将“CPU 处理效率低下、GPU 处理不了”的负载卸载到专用 DPU，提升整个计算系统的效率，降低整体系统的总体拥有成本（TCO）。**

**CPU 资源负载过大为行业痛点，智能网卡（Smart NIC）为 DPU 前身。**在

通信领域，伴随着 5G、云网融合时代的到来，以及虚拟交换等技术的引入，基于服务器的网络数据平面的复杂性急剧增加。海量的数据搬运工作被 CPU 承担，导致网络接口带宽急剧增加，CPU 资源负载过大，大大影响了 CPU 将计算能力释放到应用程序中，为了提高主机 CPU 的处理性能，Smart NIC（智能网卡）将部分 CPU 的网络功能（如 IP 分片、TCP 分段等）转移到网卡硬件中，起到了加速运算的目的，其可视为 DPU 的前身。新一代的 DPU 的优势在于不仅可以作为运算的加速引擎，还具备控制平面的功能，可以更高效的完成网络虚拟化、I/O 虚拟化、存储虚拟化等任务，并彻底将 CPU 的算力释放给应用程序。

**表1：DPU 优势**

DPU 优势	可以作为运算的加速引擎
控制方面	具备控制平面的功能
虚拟化方面	更高效的完成网络虚拟化、I/O 虚拟化、存储虚拟化等任务
算力方面	彻底将 CPU 的算力释放给应用程序

资料来源：SmartNIC DPU 技术白皮书，民生证券研究院

**功能方面,DPU 具备集成基础业务、网络数据加速、零信任保护、算存分离等多种功能。**可有效解决当前 CPU 算力无法完全作用到应用程序,数据处理速度慢,授信导致的数据泄露,存储方案兼容性差等诸多问题。具体来说:

**1.DPU 实现了业务与基础设施的操作分离。**DPU 将基础设施任务从 CPU 转移至 DPU,释放 CPU 的资源,使更多的服务器 CPU 核可用于运行应用程序,完成业务计算,从而提高服务器和数据中心的效率。

**2.DPU 卸载网络数据,实现性能提升。**DPU 针对云原生环境进行了优化,提供数据中心级的软件定义和硬件加速的网络、存储、安全和管理等服务。根据程序员客栈数据,红帽 Red Hat 的容器化云平台即服务(PaaS)OpenShift 上,借助 DPU 优化数据中心资源利用率,将网络相关的数据处理(如 VxLan 和 IPSec 等)卸载到 DPU 加速执行,在 25Gb/s 网络条件下,Open Shift 部署 DPU 用来加速,可以只用 1/3 的 CPU 占用率来达到 25Gb/s 性能,而在 100Gb/s 网络条件下,未部署 DPU 的场景将达不到 100Gb/s 网络线速,DPU 可以带来 10 倍的性能优势。

**3.DPU 可以提供零信任安全保护,零信任(Zero Trust)是一种以安全性为中心的模型,其基于以下思想:**企业不应对其内外的任何事物授予默认信任选项。零信任可以减少数据泄露、拒绝未授权的访问,因此在数据安全方面价值很大。

**方式: DPU 通过将控制平面由主机下放到了 DPU,来为企业提供零信任保护,实现主机业务和控制平面的完全隔离,数据将无法进行穿透,保证安全性。**DPU 的出现相当于为每个服务器配备了一台“计算机前的计算机”,以提供独立、安全的基础设施服务,并与服务器应用域安全隔离。如果主机遭受入侵,安全控制代理与被入侵主机之间的 DPU 隔离层可防止攻击扩散至整个数据中心。这样 DPU 就解决了企业不愿直接在计算平台上部署安全代理的情况。通过在完全隔离于应用程序域的 DPU 上部署安全代理,企业不仅能获得对应用程序工作负载的可见性,



还能在其基础设施中执行一致的安全策略。

**4.DPU 助力实现“算存分离”，BlueField SNAP 技术方案通过在服务器系统的数据入口处引入计算资源，在 DPU 上独立实现面对应用需求的存储方案，帮助存储厂商在数据中心中低成本地灵活部署、升级高级存储协议，而完全不需要对现有软件栈进行任何更改。**存储厂商可以把自家团队为各行业应用开发的开放系统的直连式存储(DAS)、纵向扩展(Scale-up)、横向扩展(Scale-out)、超融合架构(Hyperconverged)等存储解决方案，零开销地推广到各个应用领域的现有业务处理平台和数据中心基础架构中，而所有的安全加密、数据压缩、负载均衡等复杂又必须的功能则完全由 DPU 透明地卸载。存储行业的革新算法和实现，可以在 DPU 架构中，独立于服务器操作系统进行部署。DPU 技术帮助存储厂商实现真正的“算存分离”，完全发挥自家产品的技术优势，打通最高效服务应用需求的通路。

### 1.3 依托智能网卡化茧成蝶，FPGA 及混合架构路线为主流

Smart NIC 可以被看作 DPU 的前身，包含基于多个 CPU 内核的 ASIC 和基于 FPGA 的智能网卡等类型。

随着技术的发展，FPGA、ASIC 和 SoC 也在相互融合，它们之间的界限越来越模糊。例如，随着 FPGA 的发展，现在很多 FPGA 内部集成了硬核，这种硬核就是传统意义上的 ASIC；从硬件可编程的角度来看，SoC 与 FPGA 相反，它可以看作 ASIC，这里的 ASIC 主要指硬件不可编程，而不是单指特定功能芯片。

**NIC 代表网络接口卡。**实际上，NIC 是一种插入服务器或存储盒以连接到以太网网络的 PCIe 卡。基于 DPU 的 Smart NIC 超越了简单的连接，在基础 NIC 的情况下，在 NIC 上实现了 CPU 必须执行的网络流量处理。

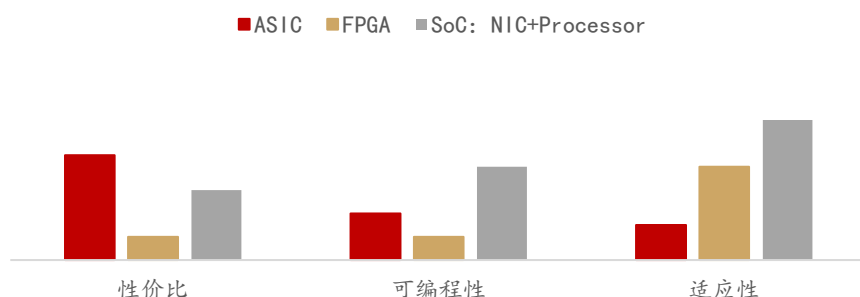
**基于 DPU 的 Smart NIC 可以是基于 ASIC、FPGA 和 SoC 的。**在这些不同的路线之间，在成本、编程的易用性和灵活性方面存在各种权衡。1) **ASIC 具有成本效益，可能提供最佳性价比，但灵活性有限。**基于 ASIC 的 NIC，如 NVIDIA ConnectX-5，可以具有相对简单的可编程数据路径。最终，该功能基于 ASIC 中定义的功能而受到限制，这可能会阻止支持某些工作负载。2) **相比之下，FPGA NIC (如 NVIDIA Innova-2 Flex) 具有高度可编程性。**只要有足够的时间和精力，就可以在可用门的约束范围内相对高效地支持几乎任何功能。然而，众所周知，FPGA 编程困难且价格昂贵。3) **对于更复杂的用例，SOC (如 Mellanox Blue Field DPU-可编程智能网卡) 提供了似乎是最好的基于 DPU 的 Smart NIC 实现选项：**良好的性价比、易于编程和高度灵活。

图3：基于不同路线的网卡的特点对比



资料来源：Nvidia 官网，民生证券研究院

图4：ASIC, FPGA, SoC 路线 DPU 特点对比



资料来源：Nvidia 官网，民生证券研究院

## 1.4 DPU 核心价值在于算力的卸载释放与扩展，异构算力 互联推动 DPU 多领域高速发展

DPU 的核心价值在于算力的卸载、释放与扩展。

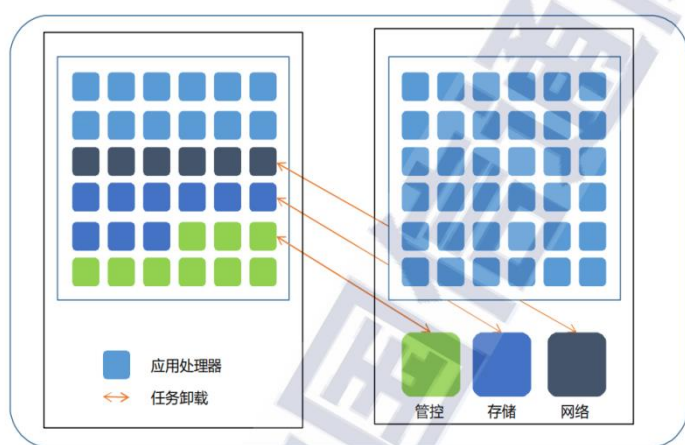
**1.算力卸载：**即利用 DPU 集成一部分数据处理的基本功能，然后将这些功能从 CPU 中卸载下来，以提升 CPU 针对部分应用的算力。DPU 的部分价值体现在节省这部分算力的成本-DPU 自身的成本。因此 DPU 节省的算力越多，或 DPU 的成本越低，其带来的价值越高。与此同时，由于 DPU 的专用化，DPU 将部分涉及网络、存储、安全、管理相关的控制功能卸载之后，还将使得业务性能得以提升，因此 DPU 的另一部分价值在于其可为业务节省的时间与使用体验。

根据技术邻数据，在大型数据中心的场景之中，DPU 的算力卸载功能可用于减少数据中心税。由于在数据中心流量处理占了计算 30%的资源，AWS 将这些还未运行业务程序，先接入网络数据就要占去的计算资源称为“数据中心税（Data

center Tax) ”。

在数据安全场景中，DPU 由于其独立、安全的架构，可将部分加密、解密算法固化在 DPU 硬件之中，以物理隔离的方式解决用户在海量数据的数据安全问题，为外部网络业务租户之间提供额外的安全层。

图5：DPU 的算力卸载



资料来源：中国信通院，民生证券研究院

**2. 根据中国信通院数据，算力释放：算力释放无需 CPU 介入多次访问内存和外设，避免不必要的数据搬运，拷贝和上下文的切换，直接在网卡硬件上对数据完成处理并交付给最终消费数据的应用。**传统以 CPU 为中心的计算机体系结构在处理数据的过程中需要多次在内核和应用之间拷贝和访问数据，带来的是极大的性能损耗。以数据为中心的 DPU 架构则可以有效改善 CPU 过度参与数据处理的问题，在数据处理的过程中不需要 CPU 参与，直接将数据送达应用、相关的 GPU 或者存储设备，能够有效避免性能瓶颈和由于 CPU 负载过大而引发的异常。

**DPU 架构和技术，使服务器上运行的业务应用和操作系统内核，用简单的本地存储访问 API，就能实现对分布式、超融合或软件定义存储系统的高效透明访问。**存储厂商可以把为各行业应用开发的直连式存储(DAS)、纵向扩展(Scale-up)、横向扩展(Scale-out)、超融合架构(Hyperconverged)等存储解决方案，零开销地推广到各个应用领域的现有业务处理平台和数据中心基础架构中，而所有的安全加密、数据压缩、负载均衡等复杂又必须的功能则完全由 DPU 透明地卸载。存储行业的革新算法和实现，可以在 DPU 架构中，独立于服务器操作系统进行部署。DPU 技术帮助存储厂商实现真正的“算存分离”，完全发挥自家产品的技术优势，打通最高效服务应用需求的通路。

**3.算力扩展：算力扩展即通过有效避免拥塞消除跨节点的网络通信瓶颈，显著降低分布式应用任务周期中的通信耗时占比，在大规模的集群维度提升计算集群的整体算力。**为了提升算力，业界在多条路径上持续演进。通用 CPU 已很难继续通过提升单核单线程的性能和扩展片内多核的方式来大幅提升算力。单核芯片的



工艺提升至 3nm 后，发展放缓；通过叠加多核提升算力，随着核数的增加，单位算力功耗也会显著增长，当 128 核增至 256 核时，总算力水平无法线性提升。在计算单元的工艺演进已经逼近基线，**为了满足大算力的需求，通过分布式系统，扩大计算集群规模，提升网络带宽，降低网络延迟成为提升数据中心集群算力的主要手段。**

随着计算机视觉，自然语言处理，自动驾驶等场景人工智能应用的落地和快速增长，应用对海量算力的需求以指数级别增长，这对基础设施提出了大规模、分布式、高性能的挑战。计算网络，典型代表为 HPC+ 等高性能业务，低时延是其的极致追求，之前采用 InfiniBand 专网。但随着 RoCE 技术的深入发展，Ethernet 在计算网络中的应用也逐渐普遍。RDMA 技术通过消除多 GPU 跨节点通信的网络瓶颈，显著降低了训练任务整个周期中的通信耗时占比，提高了 GPU 集群计算资源利用率和训练效率，也为集群横向扩展到更大规模时的线性加速比提供了保证。

## 1.5 DPU 带动异构算力互联，应用市场涵盖高新技术产业多领域

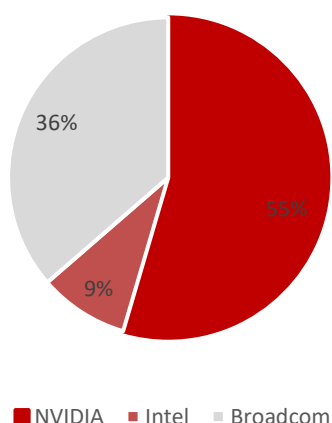
异构算力互联即为 GPU、FPGA、ASIC 或其它加速卡与 CPU 之间的数据连接。在 CPU 与加速卡之间，以及加速卡之间形成的芯片互联技术被更多的采用，虽然 PCIe 有着非常通用的标准化设计，但带宽有限将会产生瓶颈。以 CXL 和 Gen-Z 为代表的等下一代互联技术取得快速发展，DPU 作为各种高速互联协议融合的沙盒，最适合成为灵活的高速互联载体，通过采用和扩展“以内存为中心”的互联协议，将带来在单个机箱外部扩展亚微秒级延迟技术的机会，为下一代计算架构创新创造可能性。

伴随信息化建设与应用的而深入，市场持续高涨，**DPU 产业在电信、互联网、智能驾驶、AI 服务器及其他行业应用需求不断增长。**1) 在电信领域，三大运营商均积极布局，推动产品验证，并提出与产业链上的厂商推动 DPU 产业发展的合作意愿。2) 在互联网领域，随着云计算、云原生等业务场景的发展需求，DPU 作为数据中心演进的焦点，受到各大云厂商的广泛关注。头部厂商纷纷投入资源尝试自研或者战略合作，降本增效，实现效益的最大化。3) 在智能驾驶领域，国内外芯片厂商加速布局智能驾驶，不断提升研发效率，为 DPU 的市场发展奠定基础。4) 针对 AI 服务器及其他领域层面，在数字经济和“东数西算”等政策影响下，中国 AI 服务器、金融、终端政企及其他领域持续高速发展，对算力的需求不断增加，传统的技术已无法满足当前业务的发展需求，DPU 能够提供成熟的硬件加速方案，提升整个系统的效率，为 AI 服务器、金融及其他领域的发展提供技术支撑，全面推进 DPU 产业未来的发展进程。

## 2 DPU 行业格局：海外巨头暂时领先，国产厂商蓄势待发

DPU 行业市场集中度较高。根据头豹研究院数据，2020 年国内 DPU 市场中，国际三大巨头英伟达，博通，Intel 的份额分别达到 55%、36%、9%。

图6：2020 年国内 DPU 行业竞争格局



资料来源：头豹研究院，民生证券研究院

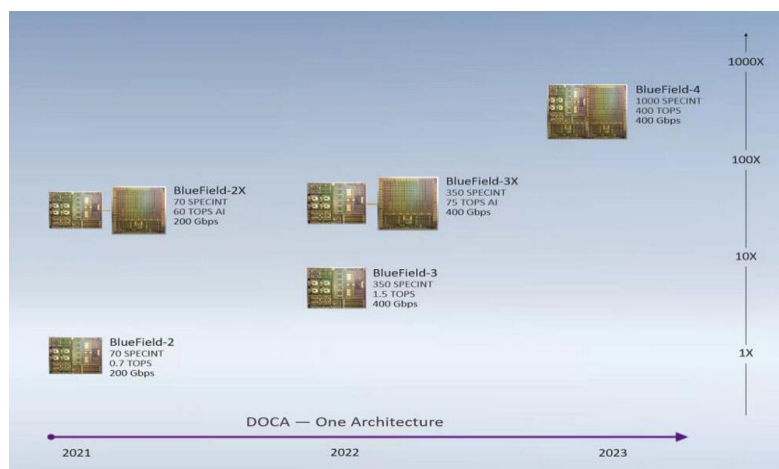
国际上，Nvidia, Intel, Xilinx, Marvell, Broadcom, Pensando, Fungible, Amazon, Microsoft 等多家厂商在近 2-5 年内均有 DPU 或相似架构产品生产，较国内相对较早。国内厂商中，华为，阿里，百度，腾讯也在近几年针对自身服务器进行自研与外购 DPU，针对的主要功能在于数据，存储与安全方面。

表2：DPU 代表性厂商、产品及应用方向和发布时间

厂商	代表产品	应用方向	发布时间
NVIDIA	BlueField-2(DPU 系列)	数据安全、网络安全、存储卸载等	2020 年
	BlueField-3(DPU 系列)	数据安全、网络安全、存储卸载等	2021 年
	BlueField-4(DPU 系列)	数据安全、网络安全、存储卸载等	2023 年
Intel	FPGA IPU C5020x(IPU 系列)	面向交换机、路由器芯片	2020 年
Xilinx	AlveoU25	面向网络、存储和计算加速功能	2020 年
Marvell	OCTEON10	面向集成机器学习推理的引擎、内联加密处理器、以及矢量数据包处理器等的虚拟化	2021 年
Broadcom	Stingray	面向交换机、路由器芯片	2018 年
Pensando	Capri	面向 P4 的 SDN	-
Fungible	F1	面向网络、存储、虚拟化	2020 年
Amazon	Nitro	为智能网卡数据提供线速加密和解密	-
Microsoft	CatapultV3	面向深层神经网络加速	2017 年
阿里 Smart NIC	X-Dragon Smart NIC(MOC)	面向虚拟机管理程序	2017 年

资料来源：赛迪顾问，民生证券研究院

图7: Nvidia BlueField 系列蓝图



资料来源: Nvidia, 民生证券研究院

## 2.1 英伟达: 具备先发优势, 其 BlueField 系列芯片已到达第三代

BlueField 2 搭载 8 颗 64 bit 的 ARM A72 CPU 内核, 2VLIM 加速器和 ConnectX6Dx 智能网卡, 可以提供双端口最高 100Gbps 和单端口 200Gbps 的网络连接。Blue Field 可以快速有效地捕获、分析、分类、管理和存储海量数据, 实现 RDMA/RoCE、DPU Direct、弹性存储、分块存储加密和恶意外部应用自动检测等功能, 从而实现单颗 DPU 芯片对 125 个 CPU 内核的释放。BlueField2X 在此基础上集成了 2021 年 5 月发布的 7nm 级 Ampere 架构。

GPU 和第三代 Tensor 内核, 可通过 AI 加速数据中心的安全、网络连接、数据存储等任务。此外, 英伟达还发布了面向开发者的平台 DOCA SDK, 通过集成 Ampere GPU 和 BlueField2 DPU 优化 EGXAI 平台, 向流媒体、智能驾驶、医疗等终端场景扩展。BlueField 3 已在 2022 年发布。

根据深科技数据, 英伟达预计 BlueField4 将于 2023 年发布, 预计性能可提升 600 倍, 达到 75/400TOPS, 400Gbps, 吞吐量有望较 BlueField2 提升 600 倍。英伟达希望凭借 GPU 和 Mellanox 智能网卡技术壁垒的协同效应, 再辅以 Arm 处理器整合协同后的性能提升, 有望进一步抗衡英特尔/AMD 的 x86CPU 体系。

图8：英伟达 Blue field 2 DPU 架构



资料来源：Nvidia，民生证券研究院

表3：英伟达 Bluefield DPU 情况

	BlueField 1	BlueField 2	BlueField 2X
内核	16 颗 Arm A72 CPU 芯片	8 颗 Arm A72 CPU 芯片	8 颗 Arm A72 CPU 芯片
网络连接	Connect X5 双端口 100Gbps Ethernet 或 InfiniBand 链接	Connect X6 Dx 智能网卡 双端口 25/50/100Gbps,单端 口 200Gbps 的 Ethernet 或 InfiniBand 链接	Connect X-6 Dx 智能网卡 双端口 25/50/100Gbps,单端 口 200Gbps 的 Ethernet 或 InfiniBand 链接
AI 加速器	GPU Direct RDMA	GPU Direct RDMA	基于 Ampere 架构的 GPU
加速器引擎		2 个 VLIW 加速器	2 个 VLIW 加速器
PCIe 接口	PCIe Gen4.0	100Gbps 的 PCIe Gen4.0	100Gbps 的 PCIe Gen4.0
内存	DDR4 存储模块	DDR4 DIMM 存储模块	DDR4 DIMM 存储模块

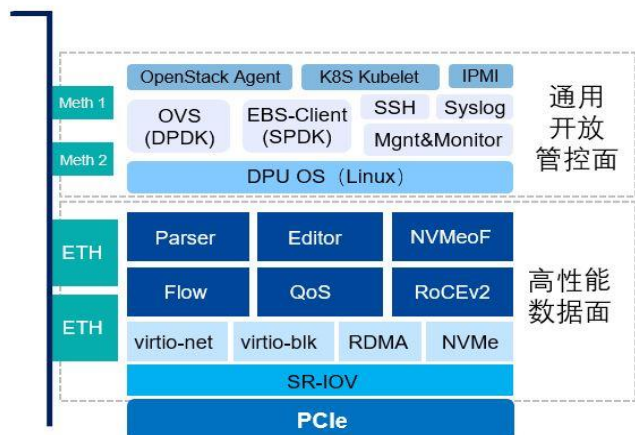
资料来源：英伟达官网，民生证券研究院

## 2.2 星云智联：首款 DPU 产品 NebulaX D1055AS 于 2021 年发布

根据《2021-2022 年中国人工智能创投数据报告》数据，星云智联创立于 2021 年 3 月，汇聚了来自硅谷、以色列、加拿大等地 ICT 领域顶尖专家，专注于数据中心基础互联通信架构和 DPU 芯片研发，致力于构建数字世界算力的智能连接和开放生态，让云计算和数据中心成为构建未来数字社会的坚实基础。

根据星云智联官方数据，星云智联首款 DPU 产品 NebulaX D1055AS 已于 2021 年 7 月发布，该产品是国内首款全硬加速、超强转发、极简运维的 DPU 产品。NebulaX D1055AS 聚焦云计算的裸金属、虚拟机、容器等场景，实现网络与存储卸载与加速，提升业务性能，节省主机 CPU，简化 IaaS 运维。可广泛用于互联网、公有云、运营商、政企与行业的云基础设施。产品为 PCIe 插卡形态，安装于标准服务器内运行，产品功能包括数据面和管控面两部分。

图9：星云智联 NebulaX D1055AS 产品架构



资料来源：星云智联公司官网，民生证券研究院

根据星云智联官方数据，管控面采用通用的 CPU+Linux 架构，其中 DPU OS 上运行了 OVS 控制面、弹性块存储客户端 EBS-Client、管理监控等软件，支持带外管理网口，通过管理网络对接云平台。这个架构拥有极好的软件生态兼容性，用户可按需安装部署相应的管理和应用软件，比如 OpenStack Agent, K8S Kubelet 等 IaaS/PaaS 应用，也可移植现有云基础设施中的软件到 DPU OS 上运行。这种开放的管控面架构，简化了 DPU 与用户云管控平台集成，加速定制化 DPU 新功能开发上线。

表4：星云智联 DPU 产品解决方案在以下方面实现业界领先

具体方面	具备业界领先
	SR-IOV 1K VF, 2K 硬件 virtio 队列
全硬件高密度 I/O 虚拟化	virtio-net 和 virtio-blk 1.0 和 1.1 版本，裸机免驱动安装 vDPA 实现虚拟机平滑热迁移，既保证与 Hypervisor 上内存脏页状态一致，又提升了硬件刷新“dirty page bitmap”效率
全硬件卸载高性能网络转发	硬件高速流查找算法，实现 50Mpps 高性能线速包处理 百万级超大流表，减少 OVS 流表换入换出，保证高吞吐，低延迟转发 识别协议和 QoS 标签流分类，4 级层次化 QoS 调度和流控，实现对每租户、每虚拟机/容器、每业务进行流量管理
全硬件卸载灵活多样存储栈	硬件模拟 PCIe NVMe 设备和 Virtio-blk 设备，支持 HOST 云盘启动，云盘挂载 支持 iSCSI initiator, NVMeoF/TCP, NVMeoF/RDMA, Ceph RBD 等多种存储客户端，或客户自行定制开发
创新 RDMA 更强扩展性	硬件加速存储协议栈，实现最高 50 万 IOPS 读写性能 自研 NBL-CC 拥塞控制算法，不依赖网络设备 PFC/ECN 实现动态拥塞控制 自研 NBL-SRP 选择重传算法，在 Lossy 网络环境仍可实现低延时，高有效吞吐量 标准 RoCEv2 协议和 Verbs API，配置简洁，参数模板化，易运维
完整管控面卸载	独立于 HOST 运行的 DPU OS，内置网络与存储管控面，IPMI 板级监控管理软件 按需部署 OpenStack agent, K8S Kubelet 等 IaaS/PaaS 应用插件 生态开放，客户可按需安装自有云平台插件，运维工具等

资料来源：星云智联公司官网，民生证券研究院整理



## 2.3 大禹智芯：Paratus 2.0 具备强大的软件开放性

根据《未来网络白皮书》数据，大禹智芯成立于 2020 年，其创始及核心团队由国内外互联网、云计算头部公司以及传统网络、芯片、安全头部厂商的资深专家组成，拥有 DPU 设计与研发及 DPU 大型商业化部署的成功经验。

Paratus 1.0 作为大禹智芯 DPU 的第一条产品线产品，采用 ARM SoC 作为主处理单元，提供多个 10Gbps/25Gbps 的业务网络接口，同时为了方便用户管理，单独设置了 RJ45 管理口。

Paratus 2.0 作为大禹智芯 DPU 的第二条产品线产品，已于 2022 年 10 月发布，采用 ARM SoC + FPGA 的硬件架构，在 Paratus 1.0 产品基础上，利用 FPGA 对可固化逻辑的数据包实现高性能转发，提供多个 10G/25G、100G 的业务网络接口。

大禹智芯 DPU 产品 Paratus 2.0 具备强大的软件开放性，支持 VirtIO 来增强虚拟化环境下的适配性，能够灵活呈现大规模主机侧功能，可以实现包括 OVS 全卸载、存储客户端（Storage Initiator）的全卸载及 NVMe 模拟等多种功能，还能为存储服务端（Storage Target）提供数据处理服务加速。此外，Paratus 2.0 的自研高性能网络传输协议可进一步支持 RDMA 应用；大禹智芯充分考虑了用户使用管理需求，在 Paratus 2.0 系统产品中还提供了云管平台对接的插件、独立的 BMC 模块，使用户能方便地实现云环境下业务的自动化部署、带外管理能力及与服务器更好的联动，达到 Paratus 2.0 在实际使用中与用户管控平台的有机结合。

## 2.4 云脉芯联：打造自主研发多场景 RDMA DPU 产品

根据腾讯开发者社区数据，云脉芯联创立于 2021 年 5 月，是一家专注于云数据中心网络芯片产品研发与技术创新的高科技创新企业。2022 年 5 月 31 日，云脉芯联正式发布自主研发的国内首款多场景 RDMA 智能网卡(DPU)产品——xFusion50。xFusion50 是云脉芯联成功自主研发的第一款产品，也是国内首款实现包括支持端到端拥塞控制完整 RDMA 功能的 DPU 产品，xFusion50 基于硬件实现的可编程拥塞控制算法能够有效避免网络拥塞，充分发挥 RDMA 技术的低延迟和高性能，支持云计算、高性能计算、AI、存储集群全场景部署。xFusion50 产品具有以下核心亮点：

第一，支持可编程拥塞控制算法，可编程拥塞控制算法是实现端到端无损网络的关键技术；还可以通过开放可编程的底层网络接口，可根据客户的组网特点和上层业务的需求，灵活支持多种拥塞控制算法，最大化业务的流量吞吐。

第二，通过自主研发 HyperDirect 技术支持 GPU Direct RDMA 为跨计算节点的 GPU 实现远程内存直接访问，跳过 CPU 以降低时延、提升带宽，提升分布式异构算力集群的整体效能。

第三，支持网络/存储全场景卸载加速，支持 vSwitch 全卸载，实现云上 VPC 网络全功能；支持存储卸载，对接分布式存储 NVMe-oF (TCP/RDMA)，充分释放宿主机 CPU 资源。并通过支持 VirtIO 实现弹性网络和弹性存储，满足云上用户无缝迁移和快速恢复的业务诉求。

## 2.5 芯启源：自主知识产权，可扩展 Chiplet 等方向

根据《未来网络白皮书》数据，芯启源成立于 2015 年，聚焦网络通讯、5G 和云数据中心等众多先进领域，客户包括且不限于运营商及二级运营商、路由器交换机设备商、OTT 及互联网厂商、网络安全厂商、5G/6G 设备商等。

芯启源具有完全自主知识产权的 DPU 芯片。芯启源 DPU 较传统智能网卡提供了更大的处理能力、更强的灵活性、可编程数据包处理、可扩展 Chiplet(小芯片)结构等特性。采用 NP-SoC 模式进行芯片设计，通用 ARM 架构结合高度优化面向数据包的 NP 芯片 (RISC-V 内核)、多线程的处理模式，使其可以达到 ASIC 固化芯片的数据处理能力，同时考虑到了全量可编程、灵活可扩展的属性，用以支持 400Gbps 及以上的性能目标、低功率且具有成本效益等。

芯启源 DPU 架构中采用的 Chiplet (小芯片) 技术是一种全新的芯片设计方式，也是业内众多企业正在引入的关键芯片技术。Chiplet 将满足特定功能的 Die (裸片) 通过 Die-To-Die 内部互联技术实现多个模块芯片与底层基础芯片封装在一起，形成一个系统芯片。Chiplet 技术将原本一块复杂的 SoC 芯片分解为芯粒，类似模块化设计，有利于缩短产品商用时间和后续产品的迭代，同时通过支持与第三方芯片的 Die-To-Die 互联，还可以集成更多的特定专业领域的芯片。在性能和功能丰富度有飞跃式提升外，也为芯启源的客户提供更多业务场景的支持能力。

## 2.6 中科驭数：目前已开始第三代 DPU 芯片研发

根据搜狐数据，中科驭数成立于 2018 年，聚焦专用数据处理器的研发设计，基于自研敏捷异构 KPU 芯片架构以及 DPU 软件开发平台 HADOS，公司自主研发了业界首颗融合高性能网络与数据库一体化加速功能的 DPU 芯片和标准加速卡系列产品，可广泛应用于超低延迟网络、大数据处理、5G 边缘计算、高速存储等场景，助力算力成为数字时代的新生产力。

在 DPU 产品的研发迭代方面，中科驭数于 2019 年流片了第一代 DPU 芯片 K1，第二代 DPU 芯片 K2 也于 2022 年初成功投片，目前已开始第三代 DPU 芯片 K2 Pro 的研发工作；2021 年 9 月，中科驭数首发 DPU 加速卡产品，其时延达到业界领先的 1.2 微秒。另外也有 DPU 存储加速卡、DPU 数据计算加速卡等产品和解决方案在研发进程中。在产品核心技术特色方面，中科驭数的 DPU 芯片创新性地采用软件定义加速器技术路线，实现了软硬协同的 DPU 设计方案。具体创新点如下：

高效的异构众核 DPU 架构, 基于软件定义加速器路线, 研发了异构众核 DPU 芯片设计方法, 解决了多核互联、计算调度、指令控制等核心问题。

超高带宽网络协议处理, 研发专用网络协议处理核和大数据分析处理核, 解决了软件解析网络包协议解析和数据处理的瓶颈, 大大提升服务器间通信效率,

提升数据中心水平扩展能力。统一的虚拟化硬件平台, 针对数据中心网络、计算、存储融合的虚拟化需求, 研究统一高效的硬件设备虚拟化架构, 解决现有方案单一虚拟化功能的窘境 (仅支持网络虚拟化), 充分释放 DPU 各类资源能力, 更高效支撑复杂上层应用。统一的 DPU 软件开发框架 HADOS, 解决现有编程框架碎片化的问题, 使得应用部署更加简单高效。

### 3 行业市场空间测算—预计 2025 年全球 DPU 市场空间有望超 260 亿美金，CAGR 高达 54%

提供两种市场空间测算方式：

方法一：

**数据中心税：**根据中国科学报数据，云计算巨头亚马逊云服务（AWS）形象地称之为“数据中心税”——还未运行业务程序，先接入网络数据就要占去许多计算资源。据《DPU 技术白皮书》显示，2013 年，AWS 研发了 Nitro 产品，将为虚拟机提供远程资源、加密解密、故障跟踪、安全策略等服务程序的资源开销，全部放到专用加速器上执行，“轻量化 Hypervisor+定制化硬件”的上场一举节省 30%CPU 资源。因此数据中心税（即服务器算力税率）可以近似看成是节约的 CPU 资源率 30%。因此，我们假设数据中心税为 30%，进而可以假设，DPU 的潜在价值量是 CPU 的三分之一（因为 DPU 能节省 CPU 三分之一资源）。

**存量服务器数量、市场规模：**根据同花顺财经，腾讯开发者社区，海光信息招股说明书数据，一般服务器生命周期为 5 年（参考紫光股份投资者问答，以及腾讯云计算官方论坛相关内容），因此，16-20 年这五年的服务器总出货量就是 21 年的服务器存量。根据《海光信息招股说明书》数据，我们看到 16-20 年全球服务器总出货量为 5540.7 万台，对应总市场规模为 3913.2 亿美元。

**新增服务器市场规模：**根据《海光信息招股说明书》数据，参考 16-20 年全球服务器市场规模的复合增速 10%，我们看到全球科技产业发展迅速，因此对服务器的需求有望持续，假设 21-25 年仍以 10%的复合增速保持增长，则 21-25 年全球服务器市场规模分别为 1011.2 亿美元、1101.3 亿美元、1211.4 亿美元、1332.5 亿美元、1465.8 亿美元。

**CPU 占服务器成本：**因为服务器其他环节成本相对固定，技术壁垒低，因此随着量的增加成本有逐步下降趋势；但 CPU 属于高技术壁垒的产品，且随着产业发展其复杂度将越来越高，进而在服务器成本的比重有望逐步提升。假设随着芯片制程先进性的提高，高端 CPU 占服务器的成本会从 30%逐渐提高到 36%。

**测算思路：**1) 增量市场：按照数据中心税当前为 30%计算，当前 DPU 市场潜在规模为 CPU 在服务器市场中市场规模的 30%。根据这一思路，测算出 DPU 的潜在市场规模。2) 存量市场：由于服务器生命周期为 3-5 年，按照原有服务器假设 21-25 年仍以 10%的复合增速保持增长，则 21-25 年全球改造比例为 25%分四年改造完成。根据海光信息招股说明书，16-20 年五年一个周期，全球服务器存量市场规模为 3913.2 亿美元。3) 整体来看：**总体 DPU 市场规模（亿美元）=（服务器市场规模+存量服务器市场规模\*改造比例）\*CPU 占服务器的成本\*服务器算力税率**；计算得出 2025 年全球 DPU 市场空间为 264 亿美元。根据赛迪顾问

问数据, 2020 年全球 DPU 产业市场规模达 30.5 亿美元, 据方法一测算, 至 2025 年, 市场空间将有望达到约 264 亿美元, 期间 CAGR 为 54.0%。

#### 方法二:

**单个服务器配置:** 1 个 DPU (目前 DPU 还处于发展初期, 还没有被客户大范围接受, 我们假设每台设备仅搭载一个 DPU)。

**DPU 单价:** 由于 DPU 目前还属于新生事物, 市面上难以找到其量产价格, 但我们可以根据 CPU 价格来简易预测 DPU 价格。根据《海光信息招股说明书》数据, 服务器 CPU 单价约为 7000-8000 元人民币, 对应约 1000 美元 (参考最新汇率)。由于 DPU 承担了 CPU 三分之一的工作, 所以价值量也应该是其三分之一; 但是考虑到 DPU 技术壁垒高、新生事物, 因此价格可以假设为 5000 元人民币左右, 对应 700 美元/片。

**测算思路:** 根据《海光信息招股说明书》数据, 16-20 年五年一个周期, 全球服务器存量市场规模为 5540.7 万台, 【未来潜在市场规模 = (新增服务器数量 + 存量服务器改造数量) \* 服务器单价 \* DPU 数量。】计算得出 2025 年 DPU 市场空间约为 234 亿美元。根据赛迪顾问数据, 2020 年全球 DPU 产业市场规模达 30.5 亿美元, 据方法二测算, 至 2025 年, 市场空间将有望达到约 234 亿美元, 期间 CAGR 为 50.3%。

表5: 两种市场空间测算方式

测算方式一	2020	2021E	2022E	2023E	2024E	2025E
服务器市场规模(亿美元)	910.2	1001.2	1101.3	1211.4	1332.5	1465.8
YoY		10%	10%	10%	10%	10%
CPU 占服务器的成本		30%	32%	34%	36%	36%
服务器算力税率		30%	30%	30%	30%	30%
服务器存量市场规模 (亿美元)		3913.2				
假设存量服务器的改造比例		0	25%	25%	25%	25%
存量服务器改造带来的市场规模 (亿美元)		0	93.9	99.8	105.7	105.7
全球 DPU 市场空间 (亿美元)			199.6	223.4	249.6	264
测算方式二	2020	2021E	2022E	2023E	2024E	2025E
新增服务器数量(万台)	1212.9	1334.2	1467.6	1614.4	1775.8	1953.4
YoY		10%	10%	10%	10%	10%
单台服务器 DPU 数量	1	1	1	1	1	1
DPU 单价 (假设量产后 1000 美元)	700	700	700	700	700	700
服务器存量市场规模 (万台)		5540.7				
假设存量服务器的改造比例		0	25%	25%	25%	25%
存量服务器改造带来的市场规模 (亿美元)			97	97	97	97

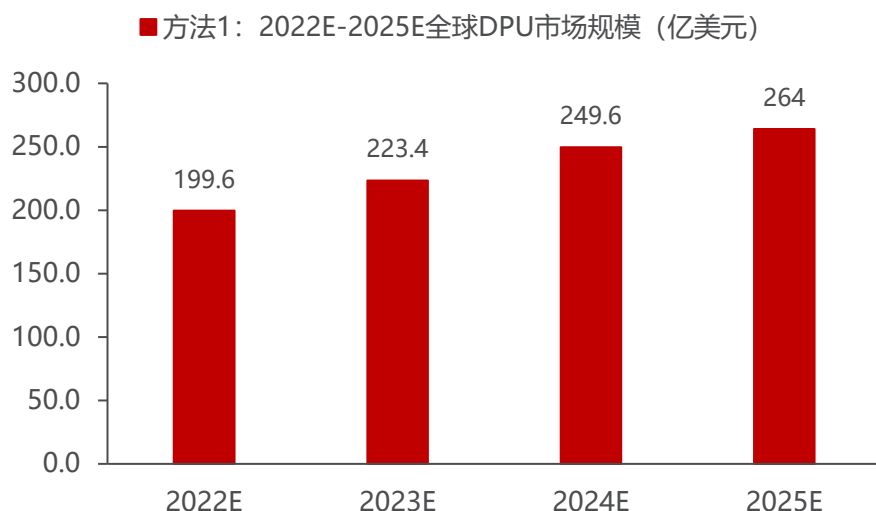


全球 DPU 市场空间 (亿美元)

199.7      210      221.3      233.7

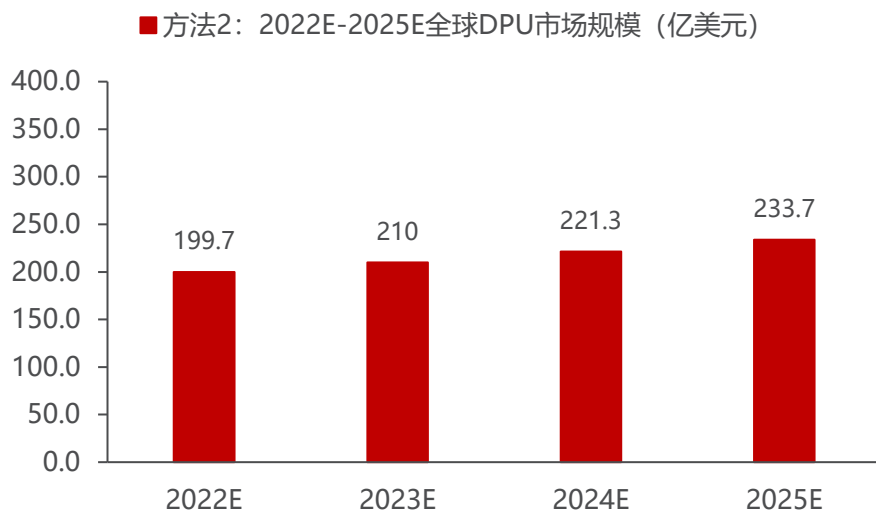
资料来源：海光信息招股说明书、腾讯网，中国科学报（假设数据来源），民生证券研究院测算

图10：方法 1：2022E-2025E 全球 DPU 市场规模 (亿美元)



资料来源：海光信息招股说明书、腾讯网，中国科学报（假设数据来源），民生证券研究院测算

图11：方法 2：2022E-2025E 全球 DPU 市场规模 (亿美元)



资料来源：海光信息招股说明书、腾讯网，中国科学报（假设数据来源），民生证券研究院测算

## 4 DPU 市场空间及核心环节：市场高景气延续，受益领域有望多点开花

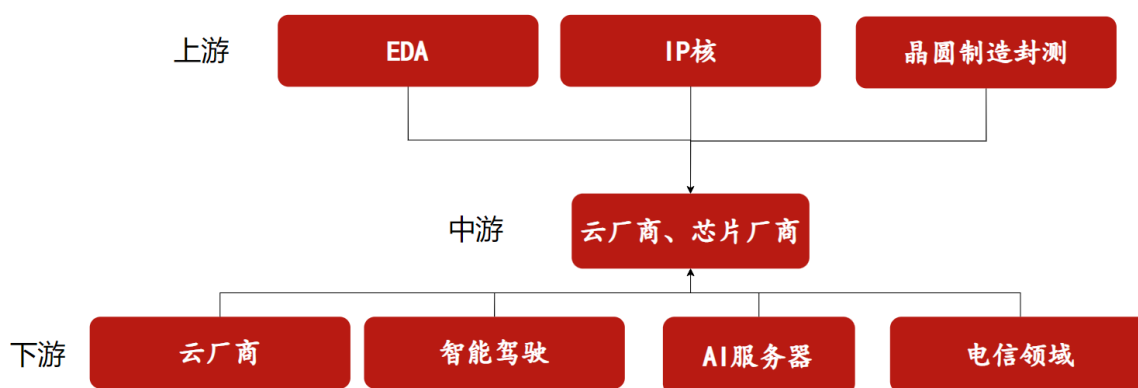
### 4.1 DPU 产业链分析

**DPU 技术方案与主流厂商：**当前业界 DPU 的实现技术方案主要分为两种——FPGA 和 ASIC/SoC(system on chip, 系统级芯片)。国外主流厂商有 Fungible、Mellanox（2020 年 4 月被英伟达收购）、英伟达、英特尔等。

**DPU 产业链分析：**

**上游：**EDA、IP 核、制造、封测；**中游：**云厂商、芯片厂商；**下游：**云厂商、电信领域。

图12：DPU 产业链

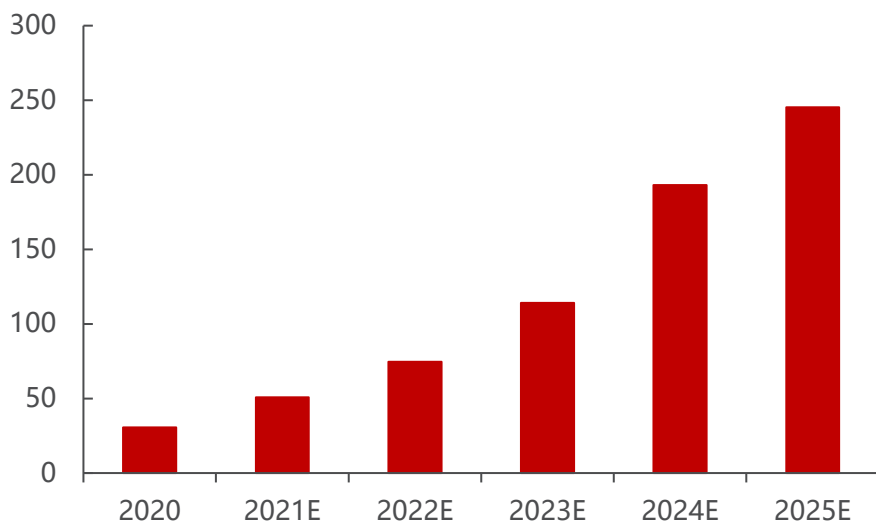


资料来源：华大九天 IPO 招股说明书，民生证券研究院整理

### 4.2 全球、国内市场均有望保持高增，行业高景气度有望延续

**全球 DPU 产业发展趋势：**得益于智能网卡方案的逐步成熟，叠加全球通用服务器出货量的稳定增长、L3 以上级别智能驾驶汽车的技术落地、工业控制领域的需求增加、边缘计算技术和物联网技术的迅速发展，全球 DPU 产业市场规模呈现逐年增长的趋势，并随着 Intel、NVIDIA 等厂商的 DPU 大规模量产，**预计 DPU 市场将迎来快速增长。根据赛迪顾问数据，2020 年全球 DPU 产业市场规模达 30.5 亿美元，预计到 2025 年全球 DPU 产业市场规模将超过 245.3 亿美元，期间 CAGR 高达 51.73%。**

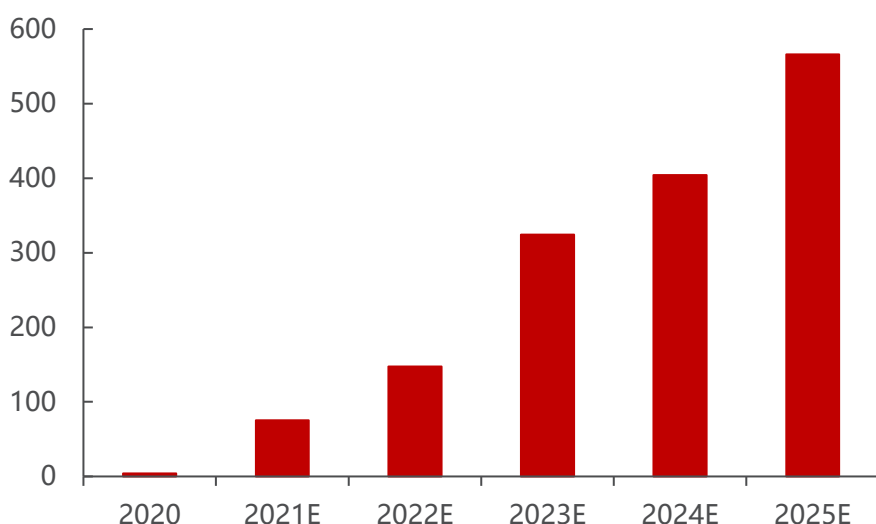
图13：全球 DPU 市场规模（亿美元）



资料来源：赛迪顾问，民生证券研究院

**中国 DPU 产业发展趋势：**得益于数据中心升级和边缘计算、新能源汽车、IoT、工业物联网等产业的发展所带来的需求增长，中国 DPU 产业市场规模呈现逐年增长的趋势，预计中国 DPU 市场将迎来快速增长。根据赛迪顾问数据，2020 年中国 DPU 产业市场规模达 3.9 亿元，预计到 2025 年中国 DPU 产业市场规模将超过 565.9 亿元，期间 CAGR 高达 170.6%。

图14：中国 DPU 市场规模（亿元）



资料来源：赛迪顾问，民生证券研究院

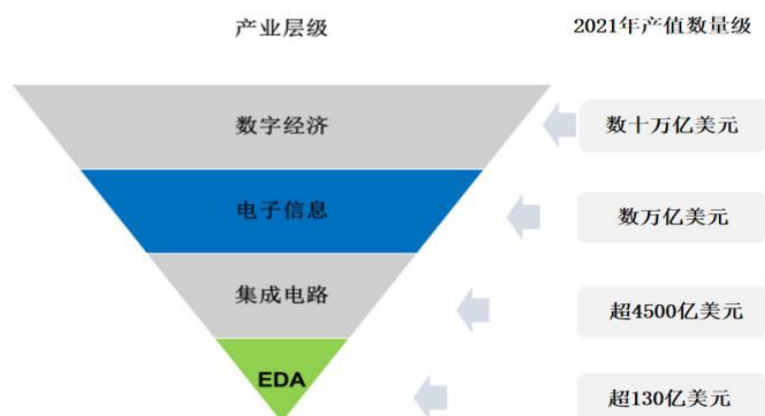
### 4.3 DPU 行业上游分析：EDA、IP 等上游环节均为研发重要基础

### 4.3.1 DPU 行业上游分析-EDA——DPU 研发之基

EDA 是集成电路上游的设计基础工具，对 DPU 研发与生产中的生产效率、产品技术水平有重要影响。

EDA 行业可撬动数千亿集成电路市场规模。根据 ESDAlliance、21ic 电子网数据，2021 年 EDA 全球市场规模 132.75 亿美元，却撬动了千亿美元级别的半导体市场和数万亿美金的电子产品市场，乃至数十万亿美元规模的数字经济。中国拥有全球规模最大、增速最快的集成电路市场，EDA 杠杆效应更大，一旦 EDA 产业链基础出现问题，整个集成电路产业乃至上层运行的数字经济产业都会受到影响。

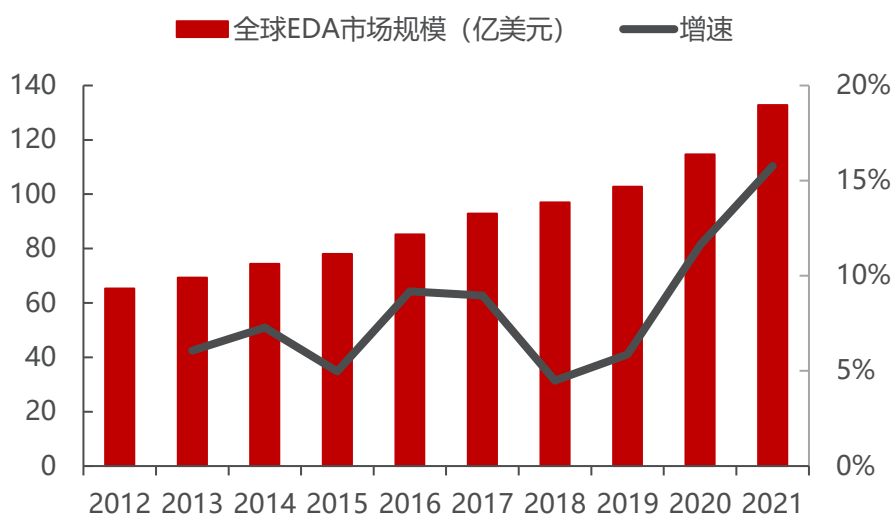
图15：EDA 是数字经济产业的重要上游支撑



资料来源：华大九天 IPO 招股说明书，21ic 电子网，民生证券研究院

**全球 EDA 市场规模：**EDA 行业占整个集成电路行业市场规模的比例虽然较小，但以百亿美元左右规模体量，支撑和影响着数千亿美元的集成电路行业。受益于先进工艺的技术迭代和众多下游领域需求的驱动，全球 EDA 市场规模呈现出稳定增长态势，行业持续高景气。根据华经产业研究院数据，**全球 EDA 市场规模从 2012 年的 65.36 亿美元持续增长至 2021 年的 132.75 亿美元，年复合增速为 8.2%。**

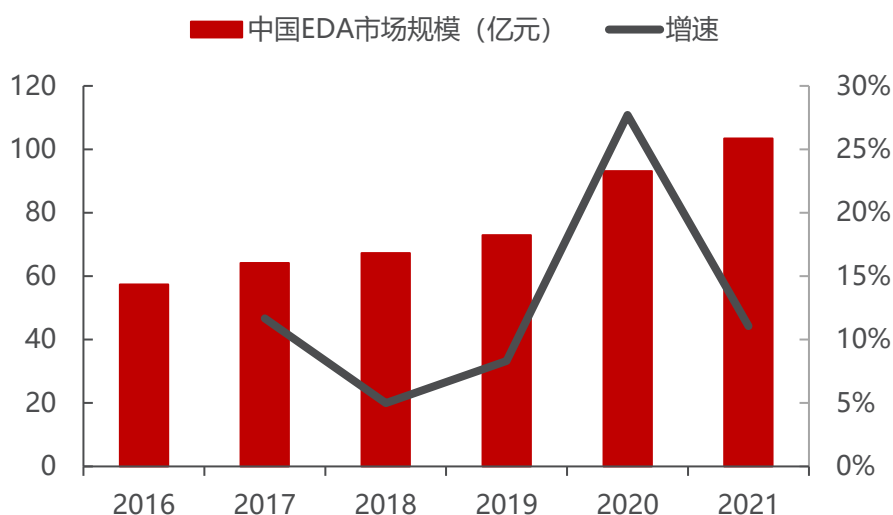
图16：2012-2021 年全球 EDA 市场规模及增长情况



资料来源：华经产业研究院，民生证券研究院

**国内 EDA 市场规模：**在集成电路产业稳定向好、设计环节较快增长的发展态势下；叠加 EDA 软件重要性凸显，占集成电路规模比重提升；EDA 工具市场规模保持稳定上涨态势。根据华经产业研究院数据，2016-2020 年，我国 EDA 市场规模由 57.4 亿元增长至 93.1 亿元，期间 CAGR 为 12.85%。

图17：2016-2021 年中国 EDA 市场规模及增速



资料来源：华经产业研究院，民生证券研究院

**国内 EDA 市场长期由国际三大巨头占据，未来有望迎来突破。**目前，根据华经产业研究院数据，Cadence、Synopsys 和西门子 EDA 三家公司仍占据了国内 EDA 行业的主导地位，2021 年的合计市场份额为 77.7%，三巨头的技术水平、产品完成度和丰富度仍旧大幅领先国内相关企业。但在政策支持、人才涌现、企业大力投入研发的背景下，国产 EDA 企业已经崭露头角，国内 EDA 企业龙头华大九



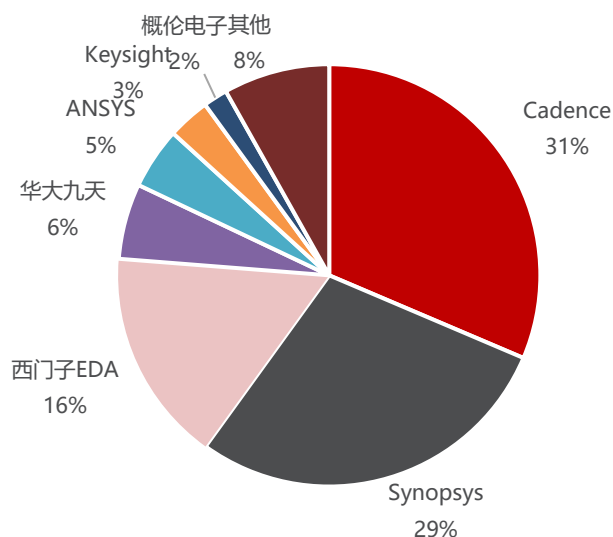
天在面板电路 EDA 工具领域的技术已经达到了国际领先水平,在模拟电路 EDA 工具领域实现了全流程覆盖,在数字电路 EDA 工具领域实现的点工具的突破,2021 年,其在国内 EDA 市场市占率已经达到 6%,超过 Ansys 和 Keysight。概伦电子也初步打入市场,占据国内市场 1.9%的份额。

图18：全球 EDA 行业简要格局



资料来源：华大九天 IPO 招股说明书，民生证券研究院

图19：2021 年中国 EDA 市场格局



资料来源：华经产业研究院，民生证券研究院

### EDA 在 DPU 芯片设计环节对提高成功率和降低费用至关重要

在芯片设计方面，设计人员需使用 EDA 工具来设计几十万到数十亿晶体管的复杂集成电路，以减少偏差、提高成功率和降低费用；

1) 模拟设计类 EDA 工具，主要用于模拟芯片设计中电路图编辑、版图设计

和仿真验证等；

2) 数字设计类工具，用于数字芯片设计中，负责功能定义、架构设计、逻辑综合、电路仿真及功能验证等；

**表6：EDA 主要分类**

产业链环节	EDA 分类	产品线
芯片设计	模拟设计类 EDA	包括电路设计与仿真、版图设计、物理验证、寄生参数提取和射频设计解决方案等
	数字设计类 EDA	包括功能和指标定义、架构设计、RTL 编辑、功能仿真、逻辑综合、静态时序仿真(STA)和形式验证等
晶圆制造	晶圆制造类 EDA	包括工艺与器件仿真工具(TCAD)、器件建模提取工具、工艺设计套件工具(PDK)、掩膜版校准工具和良率分析工具等
封装测试	封装类 EDA	包括封装设计、封装仿真以及信号完整性、电源完整性分析(SI/PI)等
下游应用	系统类 EDA	包括 PCB 设计、平板显示设计、系统仿真、CPLD、FPGA 等

资料来源：华大九天 IPO 招股说明书，民生证券研究院

### 4.3.2 DPU 行业上游分析-IP 核——DPU 大厦的钢筋与混凝土

IP 核是 DPU 研发生产中必不可少的一部分，以英伟达 DPU 为例，其由内核，网络连接部分，AI 加速器，加速器引擎，PCIe 接口，内存等架构组成。其需要外购 CPU 芯片 IP，接口芯片 IP，存储 IP 等。因此 DPU 的研发生产过程中，IP 核是必不可少的一部分。

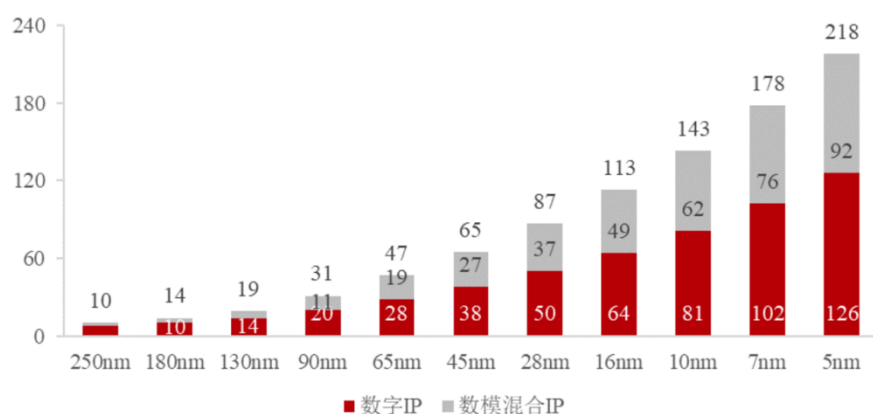
IP (Intellectual Property) 核是芯片设计环节中逐步分离出来的、经过验证的、可重复使用的设计模块，其作用是在芯片设计环节中降低冗余设计成本，降低错误发生的风险，提高芯片设计效率。IP 核本身是产业链不断专业化的产物，是芯片设计知识产权的重要体现，也是半导体设计行业下一步升级的重要方向。

供需合力孕育 IP 核产业，未来需求打开新增通道，芯片用量增长和品类的持续扩张对芯片设计效率和成本的要求不断提升，同时制程工艺的改进也增加了芯片设计的难度，经过反复验证的、可重复使用的 IP 核逐渐受到系统厂商、IDM、芯片设计公司的欢迎。同时，半导体产业专业化孕育了 IP 核供应，IDM、芯片设计公司自身在多年芯片设计过程中通过设计复用以降低冗余研发所产生的一些经过验证的、可重复利用的指令集、代码、功能描述和具体物理模块，最终逐步形成 IP 核。ARM 公司在这个浪潮中逐步成长为全球龙头，牢牢占据着超 40% 的 IP 核行业份额。同时，由于 IP 核的特殊性，行业形成了较为独特的以“授权+版税”为主的商业模式。

从市场总体来看，IP 市场规模稳步提升，市场增速上行。根据 IPnest 数据，2021 年全球半导体 IP 核市场规模为 54.5 亿美元，同比增速从 2018 年的 6.0% 上升至 2021 年的 19.4%。预计未来几年市场规模将持续稳步扩张，根据 IBS 数据，全球半导体 IP 核市场规模有望在 2027 年达到 101 亿美元，IBS 口径下 2018~2027 年 CAGR 达 9%，其中处理器 IP 市场增长较快，增速达 10%。

**半导体 IP 市场发展概况：**随着先进制程的演进，线宽的缩小使得芯片中晶体管数量大幅提升，使得单颗芯片中可集成的 IP 数量也大幅增加。根据芯原股份招股说明书，以 28nm 工艺节点为例，单颗芯片中已可集成的 IP 数量为 87 个。当工艺节点演进至 7nm 时，可集成的 IP 数量达到 178 个。单颗芯片可集成 IP 数量增多为更多 IP 在 SoC 中实现可复用提供新的空间，从而推动半导体 IP 市场进一步发展。

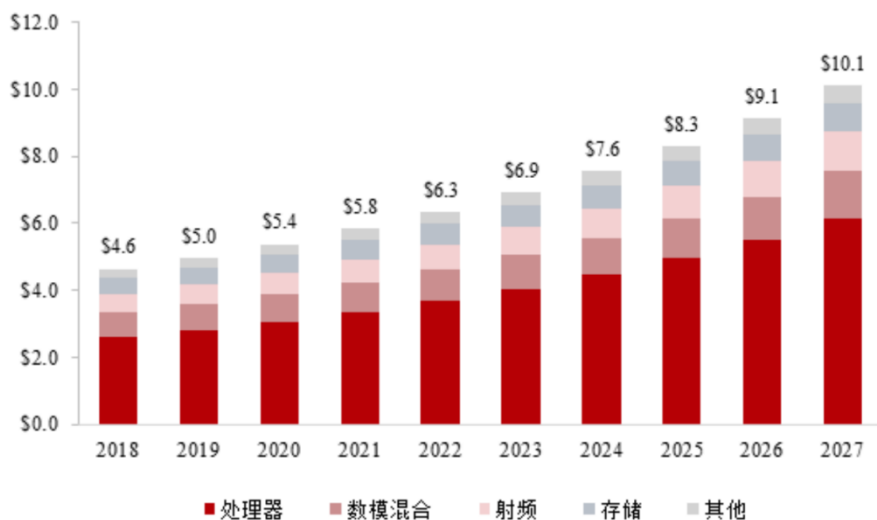
图20：不同工艺节点下的芯片所集成的硬件 IP 的数量（平均值）（个）



资料来源：芯原股份招股说明书，民生证券研究院

**芯原股份招股说明书数据显示，半导体 IP 市场将从 2018 年的 46 亿美元增长至 2027 年的 101 亿美元，年均复合增长率为 9.13%。**其中处理器 IP 市场预计在 2027 年达到 62.55 亿美元，2018 年为 26.20 亿美元，年均复合增长率为 10.15%；数模混合 IP 市场预计在 2027 年达到 13.32 亿美元，2018 年为 7.25 亿美元，年均复合增长率为 6.99%；射频 IP 市场预计在 2027 年达到 11.24 亿美元，2018 年为 5.42 亿美元，年均复合增长率为 8.44%。

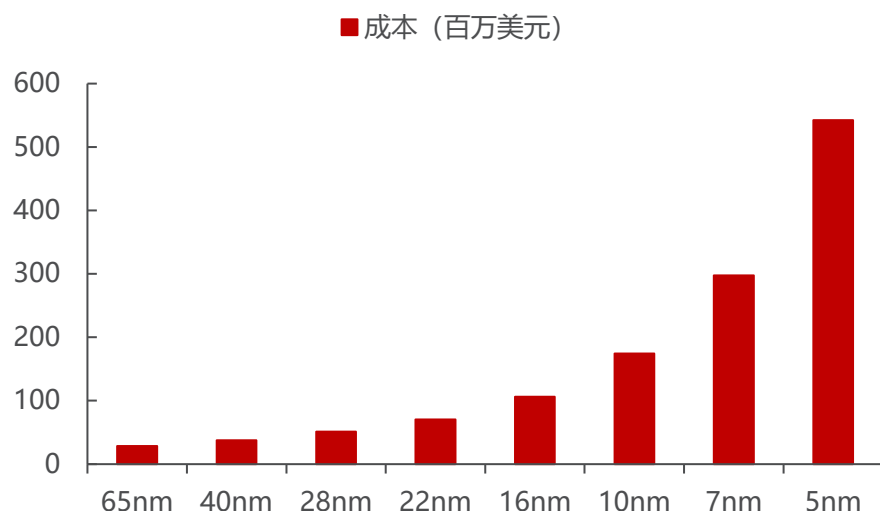
图21：全球半导体 IP 市场（单位：十亿美元）



资料来源：芯原股份招股说明书，民生证券研究院

**产业定位：**随着芯片工艺持续复杂，芯片设计难度呈现指数增长，与此同时成本也随着难度呈现指数增长现象，目前最常用的 SOC 的晶体管个数更是动辄就是几亿,甚至上十亿,其芯片的设计复杂度决定了人力无法轻易完成，而 EDA 软件则通过逻辑计算减少大量人力和流片成本，从而减少大量研发和制造成本，为半导体产业发展关键设计软件。

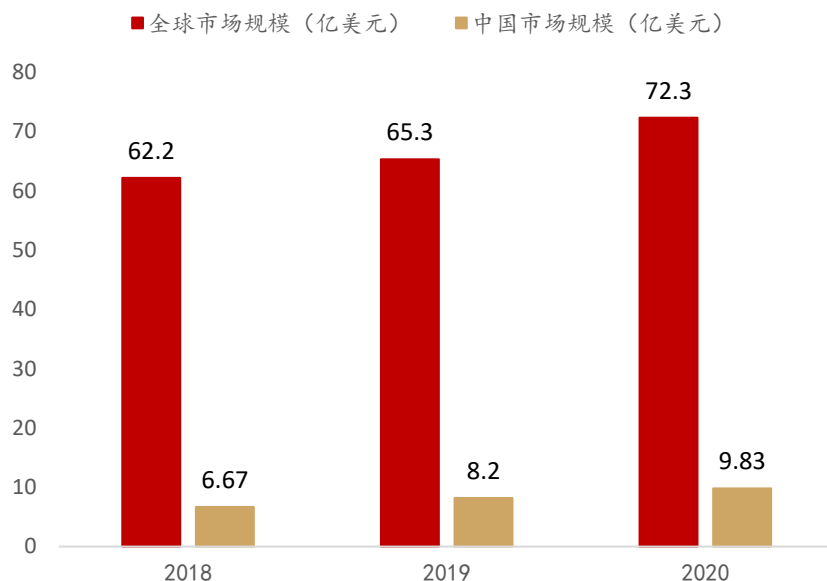
图22：SoC 芯片的流片成本与制程的关系



资料来源：半导体行业观察，民生证券研究院

**市场规模：**根据 CSDN 数据，就全球和中国 EDA 市场规模现状而言，随着下游半导体产业规模持续扩张，但国内整体 EDA 相较国际先进水平无论技术还是整体规模仍有较大差距，政策持续推进背景下国内规模增速远超全球规模增速，预计占比全球份额持续提高。根据华经产业研究院数据显示，2018-2020 年，全球 EDA 市场规模从 62.2 亿美元增长至 72.3 亿美元，国内 EDA 市场规模从 6.67 亿美元增长至 9.83 亿美元。

图23：2018-2020 年全球和中国 EDA 市场规模变动

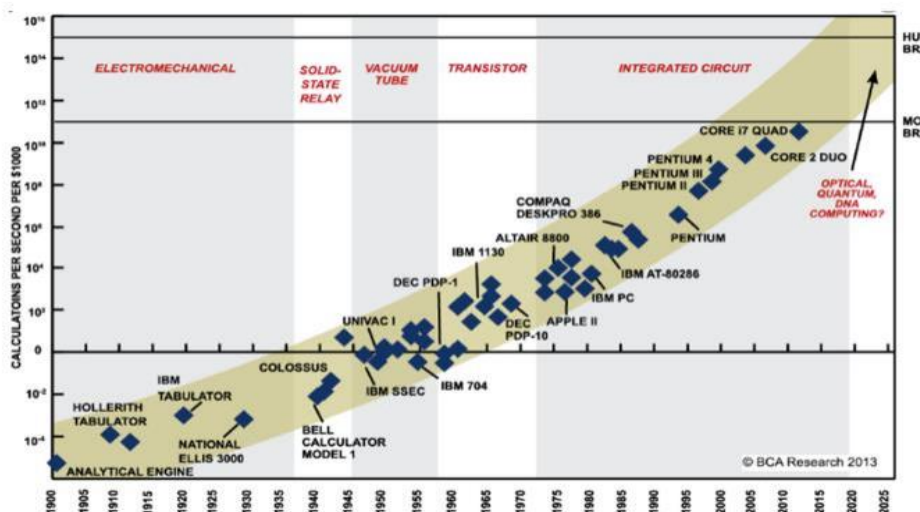


资料来源：华经产业研究院，民生证券研究院

## 4.4 DPU 制造中的能工巧匠

DPU 厂商多为 Fabless 模式，需要寻找代工厂来进行芯片的制造，封装，测试等过程。追寻摩尔定律能让消费者享受更便宜的算力，晶圆代工是推动摩尔定律最重要的环节。根据 21ic 电子网数据，1965 年，英特尔 (Intel) 创始人之一戈登·摩尔提出，当价格不变时，集成电路上可容纳的元器件的数目，约每隔 18-24 个月便会增加一倍，性能也将提升一倍，这也是全球电子产品整体性能不断进化的核心驱动力，以上定律就是著名的摩尔定律。换言之，每一美元所能买到的电脑性能，将每隔 18-24 个月翻一倍以上。

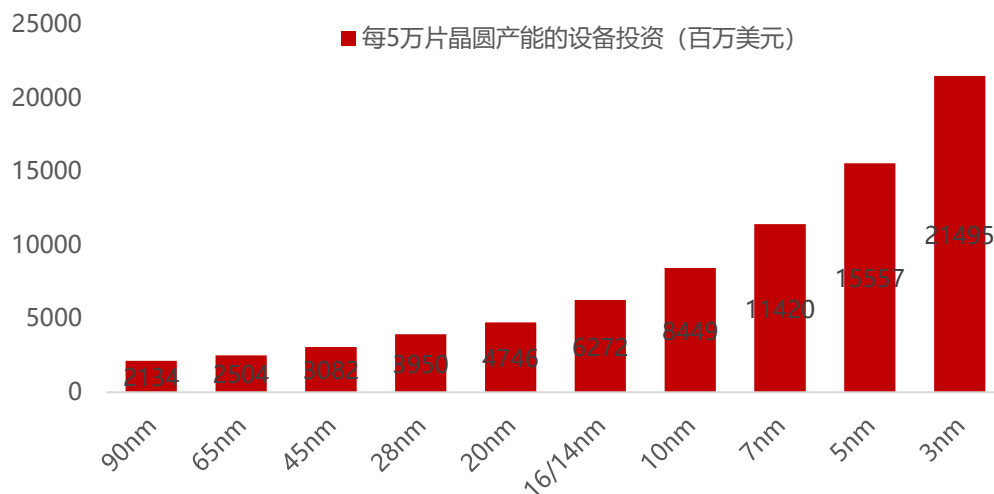
图24：每千美元买到的算力



资料来源：CSDN，民生证券研究院

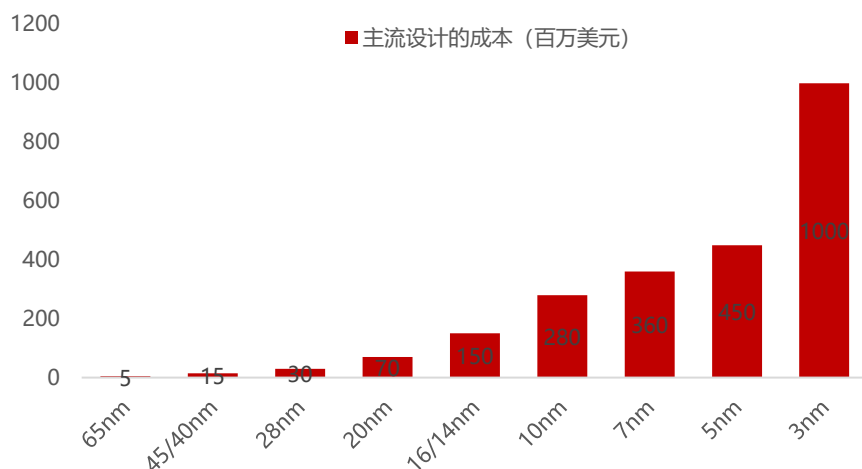


图25：先进制程建设成本显著提升



资料来源：中芯国际公告、IBS，民生证券研究院

图26：先进制程设计成本显著增加



资料来源：半导体行业观察，民生证券研究院

## 4.5 核心环节之二：下游应用多点开花，未来前景广阔

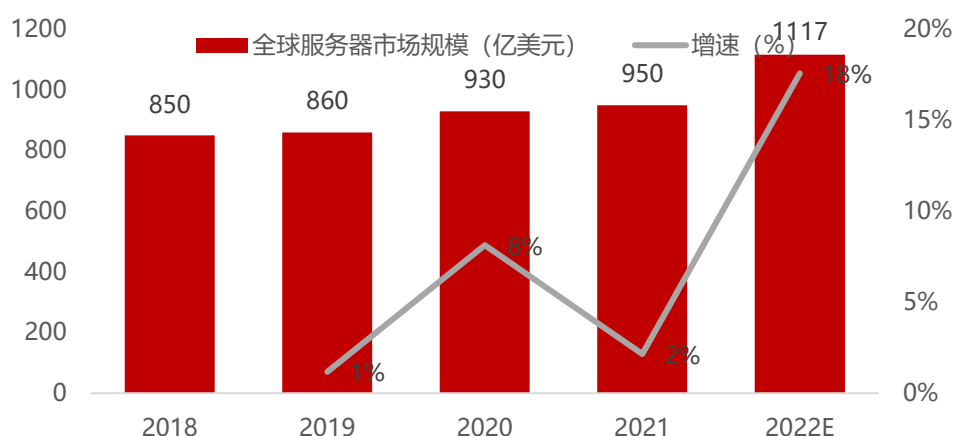
### 4.5.1 行业的下游应用——数据中心—DPU 当前的核心应用场景

数据中心作为数据产生、汇聚、融合、传输的重要场所，是承载算力的物理实体，是传统产业数字化转型的催化剂，是数字产业快速发展的动力引擎，是我国新基建的核心组成部分。我国正在加快引导数据中心高质量发展，2021 年工业和信息化部印发的《新型数据中心发展三年行动计划（2021-2023 年）》指出，用三年时间，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。

**全球服务器景气度回升，DPU 厂商有望受益。**受益于大数据、云计算、物联网等下游应用场景的不断发展，数据运算和存储的需求快速增长，服务器迎来快速放量。根据 Counterpoint、国际电子商情数据，2022 年全球服务器市场的收入将同比增长 17%，达到 1117 亿美元。根据 IDC、立鼎产业研究网，芯片成本在基础型服务器中约占 32%，在更高性能的服务器中，芯片相关成本占比高达 50%-83%。因此，**提供有利于服务器提高性能，降低成本的解决方案的 DPU 厂商将在成本日益提升的服务器芯片市场中得到厂商更多的青睐。**

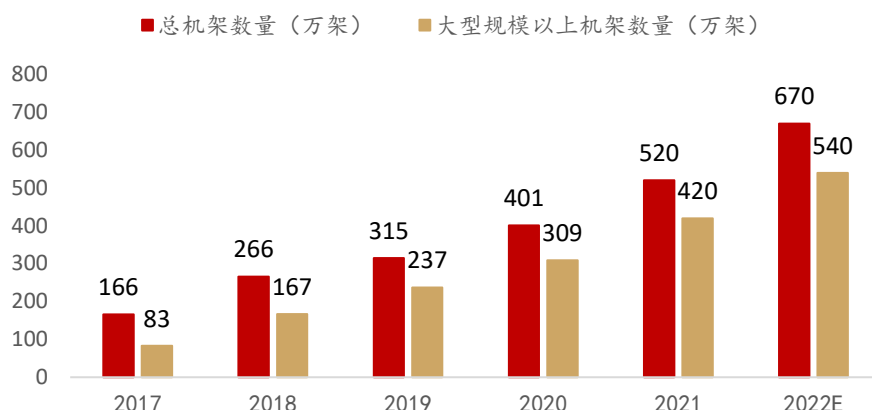
**根据中国信通院的数据，全球数据中心新增相对稳定。**按照全球服务器年增加量统计，2015 年-2021 年全球年新增投入使用服务器规模相对稳定，净增加值也相对稳定，预计未来几年数据中心规模仍将保持平稳增长。

**图27：全球服务器市场规模**



资料来源：Counterpoint、国际电子商情，民生证券研究院

**根据中国信通院数据，近年来，我国数据中心机架规模稳步增长。**按照标准机架 2.5kW 统计，截止到 2021 年年底，我国在用数据中心机架规模达到 520 万架，近五年年均复合增速超过 30%。其中，大型以上数据中心机架规模增长更为迅速，按照标准机架 2.5kW 统计，机架规模 420 万架，占比达到 80%。

**图28：2017-2022E 我国数据中心机架规模**


资料来源：中国信通院，民生证券研究院

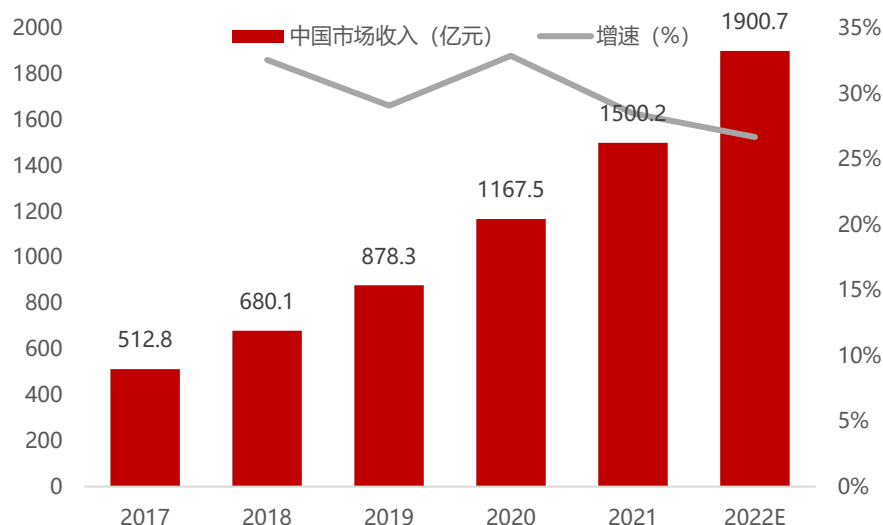
根据中国信通院数据，收入方面，全球市场平稳增长，我国维持较高增速。数据中心市场收入方面，2021 年全球数据中心市场规模超过 679 亿美元，较 2020 年增长 9.8%。预计 2022 年市场收入将达到 746 亿美元，增速总体保持平稳。

**图29：2017-2022E 全球数据中心市场规模（亿美元）**


资料来源：中国信通院，民生证券研究院

根据中国信通院数据，受新基建、数字化转型及数字中国远景目标等国家政策促进及企业降本增效需求的驱动，我国数据中心业务收入持续高速增长。2021 年，我国数据中心行业市场收入达到 1500 亿元左右，近三年年均复合增长率达到 30.69%，随着我国各地区、各行业数字化转型的深入推进，我国数据中心市场收入将保持持续增长态势。

图30：2017-2022E 我国数据中心市场收入



资料来源：中国信通院，民生证券研究院

#### 需求方面，新兴市场需求强劲，我国应用场景多样

从全球范围来看，受全球数字经济加速发展促进，印度、南非等新兴市场逐步加强对数据中心的政策支持和产业投入，成为拉动全球数据中心需求增长的重要增长极。2015年启动的“数字印度”计划为印度的数字化发展提供持续助力，大数据中心建设是该计划的重要内容之一。2021年南非通讯和数字科技部发布了《国家数据和云政策草案》，该草案对国家高性能计算和数据处理中心的建设作出了指引，高性能计算和数据处理中心主要由现有的 Sentech 和 Broadband Infraco 两个数据中心合并而成，上述数据中心将为各级政府、企业及高校提供云服务。以政府力量为主导的数据中心建设，将为南非数字经济发展打下坚实基础。

国内运营商布局较早，拥有网络和土地资源等 IDC 行业优势。基础运营商具备我国 IDC 行业先发优势，不同于北美市场以第三方 IDC 为主，当前我国 IDC 市场仍由三大运营商主导，形成了基础电信运营商及众多第三方 IDC 厂商共同提供数据中心服务的市场格局。三大基础运营商自身业务需要数据中心支撑发展，在数据中心行业领域具有先天优势，在客户资源、网络及土地资源等方面具有更多的资源掌握权和行业话语权。

图31：运营商领域厂商图谱



资料来源：中国信通院，民生证券研究院

**发展趋势：三大运营商未来发展策略各不相同，将逐步差异化布局 IDC 业务。**

中国电信围绕核心城市规模部署 IDC，同时着力发展政企市场中 IDC 和专线业务。中国移动持续优化“4+3+X”资源布局，促进 IDC 业务强基提质。中国联通将着力提高服务满足客户定制化需求。

**发展现状：第三方 IDC 厂商运维能力强，增值服务多样。**相对于基础运营商，第三方 IDC 厂商响应速度快，通过模块化、标准化机房设计缩短建设周期，可以更快速地满足企业需求。凭借多年运维经验，第三方 IDC 厂商还能有效降低机房能耗，保证机房稳定运行，整合基础运营商的网络资源，为客户提供更多选择。此外，第三方 IDC 厂商可为客户提供丰富的增值服务，除了智能 DNS、智能灾备、CDN 等，第三方 IDC 厂商还积极与云厂商合作打造云网生态系统，为企业提供一站式云服务。

**第三方 IDC 厂商具有较深的资源背景，有望凭借能耗控制能力在碳中和背景下实现快速扩张。**我国 IDC 行业正处于高速发展阶段，在一线商圈土地、电力资源紧缺，政策收紧的大环境下，提前布局核心区域，优先获取资源的企业将拥有更大竞争力。我国头部 IDC 第三方厂商积极围绕核心城市展开布局，在核心区域自建大规模数据中心，拥有十分可观的机柜存量及储备机柜规模，凭借其在一线城市内积累的强大的客户资源、充足的项目储备，逐渐筑起行业壁垒。

**新进入者纷纷涌入快速发展的 IDC 行业，钢铁企业和房地产企业为主要来源。**在 5G 高速发展的背景下，IDC 建设规模不断扩大，然而 IDC 受限于土地、电力、网络等资源，导致 IDC 市场供给增速跟不上需求增长。近年来我国数据流量更是呈现快速增长，导致 IDC 供需缺口远大于发达国家；就网民规模而言，我国互联网用户数量位居全球首位，然而我国 IDC 储备量与美国尚存差距。在供需失衡叠加 5G 高速发展的背景下，我国 IDC 行业迎来发展黄金时期。除三大运营商、第三方 IDC 服务商以及云服务厂商外，最近涌现出了一批以钢铁和房地产企业为代表的行业新进入者。

图32：第三方服务商厂商图谱



资料来源：中国信通院，民生证券研究院

#### 4.5.2 行业的下游应用——互联网行业：数据中心下游客户之一，大型企业为 DPU 潜在用户

不同规模、不同类型互联网企业对 IDC 的需求存在很大差异。大型互联网企业偏好定制型交付模式，而中小型企业多采用服务器租赁或 TKF 模式。大型互联网企业对 IDC 需求规模较大，多采用定制型的交付模式，与 IDC 运营商签订长期合约；而中小型互联网客户 IDC 需求规模较小，多以服务器租赁和 TKF 模式（一站式服务）与 IDC 运营商达成合作，签订的合约期限较短，有些运营商会根据客户体量采用差异化结算方式。中小型互联网企业对价格的敏感性尤其高，对 IDC 运营商来说，这部分客户是经济下行时最容易退租、风险最高且最难保证盈利的群体。

图33：互联网厂商图谱



资料来源：中国信通院，民生证券研究院



对于 DPU 行业来说,大型互联网用户价格敏感度低,部分领域时延敏感度高,体量大,替换成本高,是优质的潜在下游群体。DPU 厂商可与互联网企业进行深度合作,获得先发优势,辅助其开发适用于自身业务状况的专用 DPU,并使其在定制 IDC 过程中提出融入 DPU 需求,以获得订单。

表7: 不同类型业务对应可选数据中心的范围

业务种类	时延敏感度	地域范围
付费结算、网络游戏	高	骨干直联点城市或周边 200km 以内
网页浏览、视频播放	中	骨干直联点城市或周边 400km 以内
数据备份,大数据运算处理存储	低	骨干直联点城市或周边 1000km 以内

资料来源:中国信通院,民生证券研究院

**互联网企业将加速数据中心领域的布局,深入与第三方 IDC 运营商合作,DPU 前景可期。**随着互联网和通信技术的发展,人们的业余生活不断丰富,对互联网的多样化需求也不断提高,在新的时代背景下,互联网企业如何在激烈的市场竞争中保持原有的市场地位,必须不断对互联网应用进行创新,提高自己的核心竞争力。**DPU 可有效提升互联网企业服务能力,对自身服务器性能,时延,网络安全等方面加以提升。**由于客户量及应用需求的持续增长,用户对互联网企业的数据处理能力提出了更高的要求,未来各大互联网企业在 IDC 方面的布局将会保持加速状态,与第三方 IDC 运营商的合作也会更加密切,于此同时也对 DPU 厂商提出了更高要求,由于互联网厂商迭代能力强,周期短,对 DPU 这类硬件的适应性于可编程性要求较高,DPU 厂商要加速自身研发能力,并与厂商进行深入沟通,双方共同确定解决方案的迭代路线,以克服 DPU 厂商研发量产速度慢与互联网厂商迭代速度快的剪刀差难题。

### 4.5.3 行业的下游应用——金融政府电力用户:数据中心的潜在大客户, DPU 需求的增长极

**DPU 在金融、政府和电力用户领域将更多发挥安全性的优势。**除性能提升之外,DPU 还可为这三类用户提供零信任保护,实现主机业务和控制平面的完全隔离,以达到减少数据泄露,拒绝未授权访问的目的。因此 DPU 与这三类用户共同合作,协同效应明显,数据安全价值很大。

**发展现状:金融、政府和电力用户为数据中心下游三大用户,需求量仅次于云计算和互联网用户。**金融机构业务的数据量激增及出于安全稳定的考虑促使其对数据中心需求增加。数字政府和智慧城市等建设是政府成为数据中心用户的主要原因。电力行业数字化转型催生其对数据中心的需求。

**图34：金融、政府和电力用户产业图谱**


资料来源：中国信通院，民生证券研究院

**金融机构对数据中心需求将进一步扩大，证券和基金业务需求增速加快。**数据中心在金融市场将保持良好增长势头。随着金融业务数据量的急剧增加，金融机构亟需数据中心优化 IT 能力、提升效率，数据中心肩负协助金融机构完成数字化转型的使命。数字政府市场扩大，加速政府用户对数据中心的需求。2021 年年初，国务院提出未来需加快建设数字政府，将数字技术广泛应用于政府管理服务，不断提高决策科学性和服务效率，预计 2025 年数字政府行业市场规模还将增长。数字化转型在电力行业不断深入，对数据中心的需求将不断增长。随着互联网信息技术、可再生能源技术的发展，电力数字化改革进程的加快，开展综合能源服务已成为提升能源效率、降低用能成本、促进竞争与合作的重要发展方向。用电网络正在由原来的单向电能量采集向双向互动转变，电力行业的新应用新业务也需要更多的双向互动，电力能源部门对数据中心未来的需求也将进一步扩大。

#### 4.5.4 行业的下游应用——云计算：数据中心的需求来源，DPU 当前最核心的场景

**云计算市场是数据中心核心的需求来源，也是对 DPU 行业最先应用的场景。**数据中心云计算用户主要分为公有云、私有云和独立第三方云计算厂商。公有云厂商代表为阿里云和腾讯云。阿里云对外助力企业数字化转型，对内承载庞大业务体系 IT 资源需求，对 IDC 的需求量庞大且多元。华为云业务以私有云为强项，产品强调私密性、安全性，近年来大力建设自有数据中心。优刻得（UCloud）是中立第三方公有云厂商，IDC 采购以零售型为主。

图35：云计算企业图谱

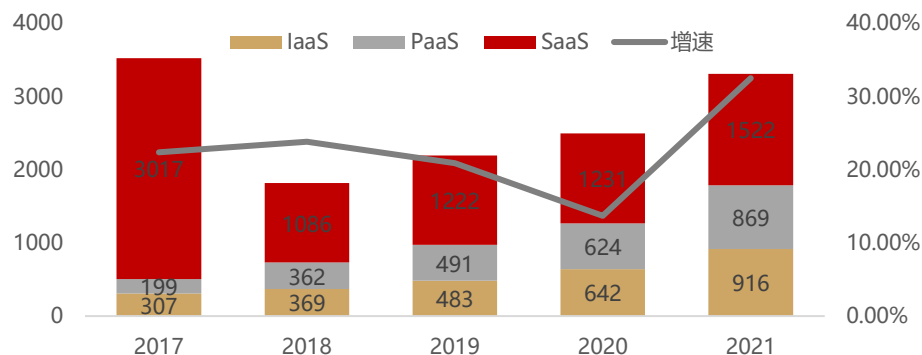


资料来源：中国信通院，民生证券研究院

根据中国信通院数据，全球云计算市场逐步回暖，增速实现触底反弹。随着经济回暖，全球云计算市场所受影响逐步减弱，至2021年已基本恢复到疫情前增长水平。根据Gartner统计，2021年以IaaS、PaaS、SaaS为代表的全球公有云市场规模达到3,307亿美元，增速32.5%。

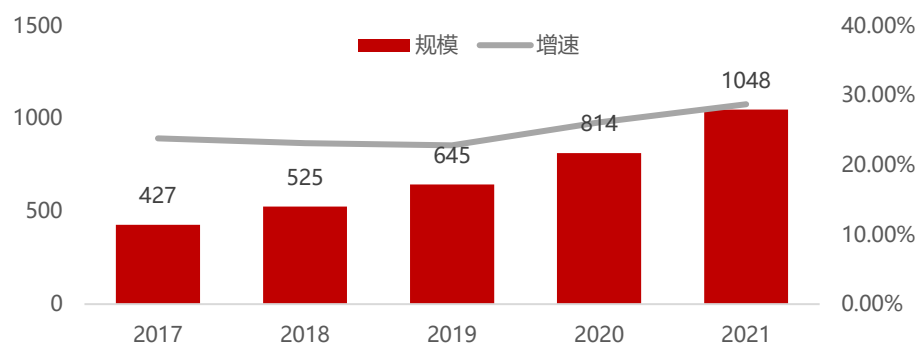
我国云计算市场持续高速增长。根据信通院数据，2021年中国云计算总体处于快速发展阶段，市场规模达3,229亿元，较2020年增长54.4%。其中，公有云市场继续高歌猛进，规模增长70.8%至2,181亿元，有望成为未来几年中国云计算市场增长的主要动力；与此同时，私有云市场突破千亿元大关，同比增长28.7%至1,048亿元。

图36：全球云计算市场规模以及增速（亿美元）



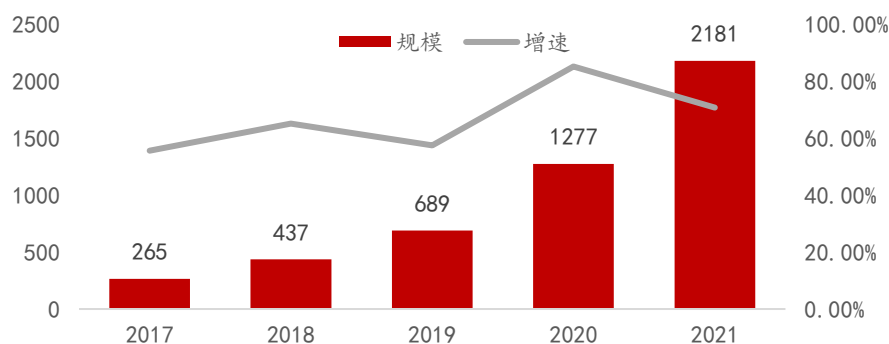
资料来源：中国信通院，民生证券研究院

图37：中国私有云市场规模以及增速（亿元）



资料来源：中国信通院，民生证券研究院

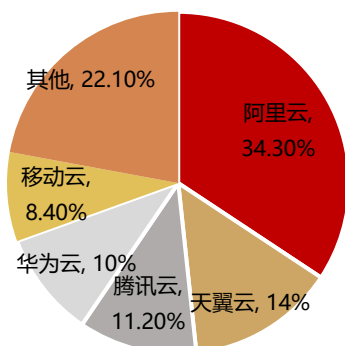
图38：中国公有云市场规模以及增速（亿元）



资料来源：中国信通院，民生证券研究院

厂商份额方面，据中国信息通信研究院调查统计，2021 年阿里云、天翼云、腾讯云、华为云、移动云占据中国公有云 IaaS 市场份额前五；公有云 PaaS 方面，阿里云、华为云、腾讯云、百度云处于领先地位。

图39：2021 IaaS 中国公有云市场份额占比



资料来源：中国信通院，民生证券研究院

#### 4.5.5 行业的下游应用——服务器：DPU 的硬件载体，有望受益行

## 业发展大趋势

**根据《中国算力发展指数白皮书 2022》数据，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 HabanaGaudi2，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 FPGAAI 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 TOP500 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 2EFlops 性能的超算。法国 Atos 推出了新型超级计算机 BullSequanaXH3000，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。**TOP500 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，TOP500 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。

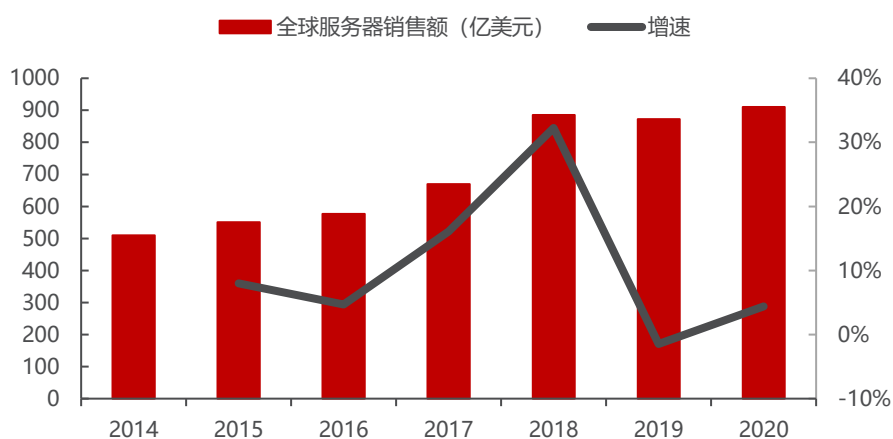
**计算芯片加快突破，在 CPU、GPU 等通用芯片性能持续升级的同时，计算芯片专用化发展仍在延续。**人工智能芯片迈入商业落地阶段，业内已形成覆盖全场景的芯片解决方案，云端训练侧英伟达 GPU 占据主要市场份额，云端推理侧高效能芯片架构多样化发展；端侧场景高度碎片化，已在自动驾驶、视频监控、智能家居等领域形成一批商用落地产品。数据处理单元（DPU）芯片成为行业追逐新热点，数据密集型需求的快速增长对云端现有计算体系架构提出了新要求，专注数据加速处理以及云端各类资源管理的 DPU 芯片创新活跃，成为提升系统效能的重要推手。目前，英伟达、英特尔、美满等芯片厂商，亚马逊、阿里云等云服务商，星云智联、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

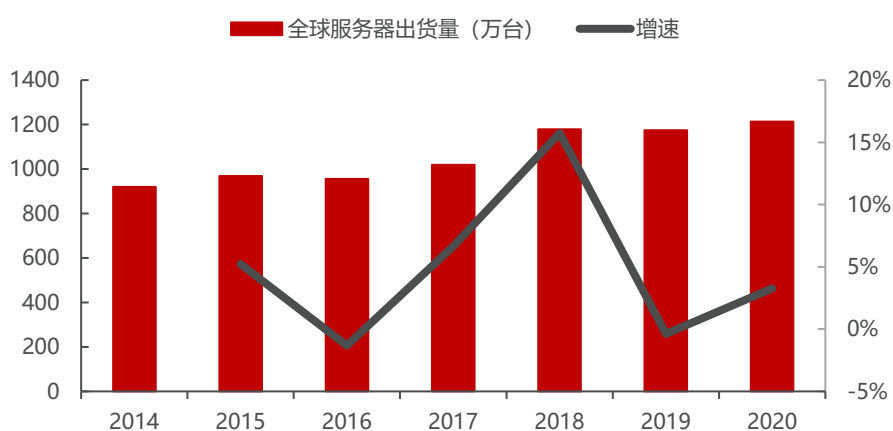
硬件架构突破以 CPU 为中心的体系，应用维度从芯片内、节点内向系统级分区异构逐步深化，计算架构从“控制芯片+各类专用加速芯片”的典型模式向多擎分立等新体系探索，有望实现更大规模的多系统高效并行调度。软件协同以跨域统一和灵活调配为重要方向，借助统一异构软件平台整合编译器、编程语言、加速库、开发工具等，提供面向底层不同计算架构的编程模型和应用程序接口，实现多样异构算力的统一管理调度，典型代表包括英特尔 OneAPI、英伟达 CUDA 和华为北冥多样性计算融合架构等。

**图40：2014-2020 年全球服务器销售额**



资料来源：海光信息招股说明书，民生证券研究院

**图41：2014-2020 年全球服务器出货量**



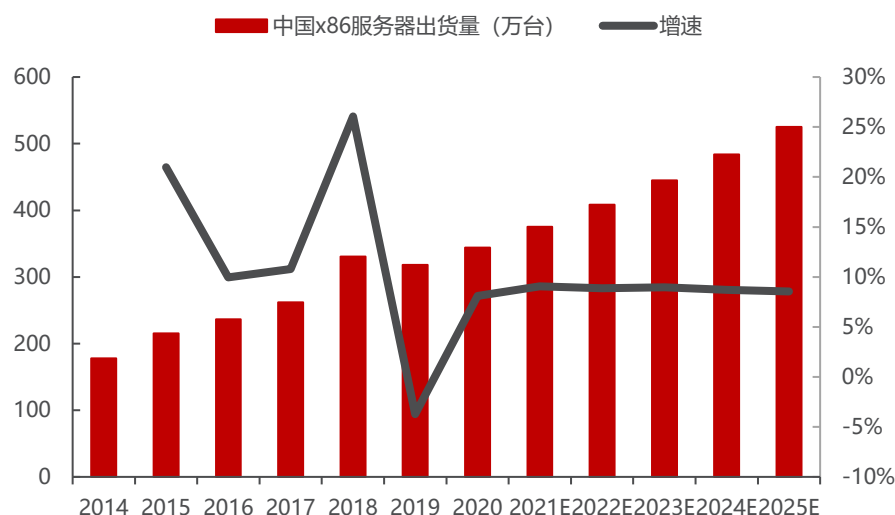
资料来源：海光信息招股说明书，民生证券研究院

**根据《海光信息招股说明书》数据，国内市场规模：**根据 IDC 统计数据，2020 年全年，中国 x86 服务器市场出货量为 343.9 万台，同比增长 8.1%。随着下游市



场需求回暖以及国家将加快 5G、工业互联网、大数据中心、人工智能等七大领域新型基础设施的建设进度，中国 x86 服务器市场未来几年需求仍然会比较旺盛，在 2021-2025 年复合增长率将达到 8% 左右。

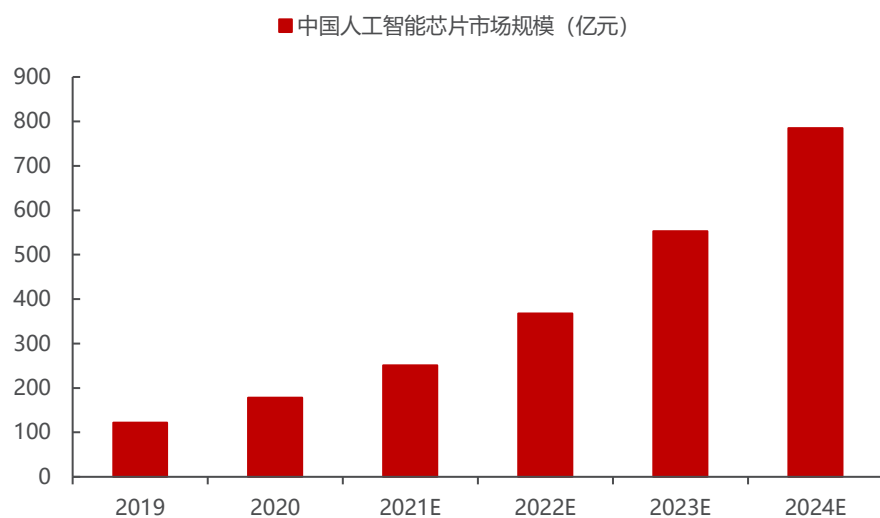
图42：中国 x86 服务器出货量和市场规模预测



资料来源：海光信息招股说明书，民生证券研究院

根据《海光信息招股说明书》数据，国内市场规模：人工智能领域的应用目前处于技术和需求融合的高速发展阶段，在运算加速方面逐渐形成了以 GPGPU 解决方案为主的局面。根据前瞻产业研究院的数据，未来几年内，中国人工智能芯片市场规模将保持年均 40% 至 50% 的增长速度，到 2024 年，市场规模将达到 785 亿元。而随着人工智能相关技术的进步，应用场景将更加多元化，GPGPU 通用性好和软件生态系统完善的优势会进一步展现出来，成为该领域的主流解决方案。GPGPU 在我国人工智能芯片领域也将占据较大比例的市场份额。从 2019 年至 2024 年，CAGR 达 45.11%。

图43：2019-2024 年中国人工智能芯片市场规模及预测



资料来源：海光信息招股说明书，民生证券研究院

## 5 投资建议

**投资建议：**ChatGPT等AI技术发展大趋势下，算力需求凸显，DPU有望迎来黄金发展期，全球DPU产业市场规模呈现逐年增长的趋势，同时中国DPU产业市场规模呈现逐年增长的趋势，核心企业有望受益于行业发展大趋势。建议重点关注DPU及AI算力龙头浪潮信息、寒武纪、景嘉微、中国长城、中科曙光等。

## 6 风险提示

**1) 国产替代进度不确定风险。**受宏观环境影响，若未来经济大幅下行，下游需求增长不达预期，国产替代实施进度不及预期，将会对相关公司业绩造成不利影响。

**2) DPU 发展路线不确定风险。**高端处理器市场产品迭代速度较快，国际同类领先企业技术研发投入很大，国内公司在技术积累、资产规模、研发投入、高端人才储备等方面与国际领先企业存在一定差距。未来，若出现国际政治经济环境重大变化等其他外部原因，导致相关公司无法继续使用上述授权技术，或公司对高端处理器设计核心技术掌握不足等情形，导致相关公司无法对产品实现快速迭代更新，将会对相关公司生产经营造成较大不利影响。

**3) 行业格局变化的风险。**集成电路设计产业属于典型的技术密集型行业，对于技术人员知识背景、研发能力及项目管理经验积累均有较高要求。若相关公司核心技术人员出现变动，或未来市场出现新进入的竞争对手，可能会造成行业格局出现变化。

## 插图目录

图 1: 网络带宽增速高达 CPU 性能增速的 30 倍, 形成剪刀差	3
图 2: 数据中心将成为基本的运算单元, DPU 将成为第三颗主力芯片	4
图 3: 基于不同路线的网卡的特点对比	7
图 4: ASIC, FPGA, SoC 路线 DPU 特点对比	7
图 5: DPU 的算力卸载	8
图 6: 2020 年国内 DPU 行业竞争格局	10
图 7: Nvidia BuleField 系列蓝图	11
图 8: 英伟达 Blue field 2 DPU 架构	12
图 9: 星云智联 NebulaX D1055AS 产品架构	13
图 10: 方法 1: 2022E-2025E 全球 DPU 市场规模 (亿美元)	19
图 11: 方法 2: 2022E-2025E 全球 DPU 市场规模 (亿美元)	19
图 12: DPU 产业链	20
图 13: 全球 DPU 市场规模 (亿美元)	21
图 14: 中国 DPU 市场规模 (亿元)	21
图 15: EDA 是数字经济产业的重要上游支撑	22
图 16: 2012-2021 年全球 EDA 市场规模及增长情况	23
图 17: 2016-2021 年中国 EDA 市场规模及增速	23
图 18: 全球 EDA 行业简要格局	24
图 19: 2021 年中国 EDA 市场格局	24
图 20: 不同工艺节点下的芯片所集成的硬件 IP 的数量 (平均值) (个)	26
图 21: 全球半导体 IP 市场 (单位: 十亿美元)	26
图 22: SoC 芯片的流片成本与制程的关系	27
图 23: 2018-2020 年全球和中国 EDA 市场规模变动	28
图 24: 每千美元买到的算力	28
图 25: 先进制程建设成本显著提升	29
图 26: 先进制程设计成本显著增加	29
图 27: 全球服务器市场规模	30
图 28: 2017-2022E 我国数据中心机架规模	31
图 29: 2017-2022E 全球数据中心市场规模 (亿美元)	31
图 30: 2017-2022E 我国数据中心市场收入	32
图 31: 运营商领域厂商图谱	32
图 32: 第三方服务商厂商图谱	34
图 33: 互联网厂商图谱	34
图 34: 金融、政府和电力用户产业图谱	36
图 35: 云计算企业图谱	37
图 36: 全球云计算市场规模以及增速 (亿美元)	37
图 37: 中国私有云市场规模以及增速 (亿元)	38
图 38: 中国公有云市场规模以及增速 (亿元)	38
图 39: 2021 IaaS 中国公有云市场份额占比	38
图 40: 2014-2020 年全球服务器销售额	40
图 41: 2014-2020 年全球服务器出货量	40
图 42: 中国 x86 服务器出货量和市场规模预测	41
图 43: 2019-2024 年中国人工智能芯片市场规模及预测	42

## 表格目录

重点公司盈利预测、估值与评级	1
表 1: DPU 优势	5
表 2: DPU 代表性厂商、产品及应用方向和发布时间	10
表 3: 英伟达 Bluefield DPU 情况	12

表 4: 星云智联 DPU 产品解决方案在以下方面实现业界领先 .....	13
表 5: 两种市场空间测算方式 .....	18
表 6: EDA 主要分类 .....	25
表 7: 不同类型业务对应可选数据中心的范围 .....	35



## 分析师承诺

本报告署名分析师具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格并登记为注册分析师，基于认真审慎的工作态度、专业严谨的研究方法与分析逻辑得出研究结论，独立、客观地出具本报告，并对本报告的内容和观点负责。本报告清晰准确地反映了研究人员的研究观点，结论不受任何第三方的授意、影响，研究人员不曾因、不因、也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接收到任何形式的补偿。

## 评级说明

投资建议评级标准		评级	说明
以报告发布日后的 12 个月内公司股价（或行业指数）相对同期基准指数的涨跌幅为基准。其中：A 股以沪深 300 指数为基准；新三板以三板成指或三板做市指数为基准；港股以恒生指数为基准；美股以纳斯达克综合指数或标普 500 指数为基准。	公司评级	推荐	相对基准指数涨幅 15%以上
		谨慎推荐	相对基准指数涨幅 5% ~ 15%之间
		中性	相对基准指数涨幅-5% ~ 5%之间
		回避	相对基准指数跌幅 5%以上
	行业评级	推荐	相对基准指数涨幅 5%以上
		中性	相对基准指数涨幅-5% ~ 5%之间
		回避	相对基准指数跌幅 5%以上

## 免责声明

民生证券股份有限公司（以下简称“本公司”）具有中国证监会许可的证券投资咨询业务资格。

本报告仅供本公司境内客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。本报告仅为参考之用，并不构成对客户的投资建议，不应被视为买卖任何证券、金融工具的要约或要约邀请。本报告所包含的观点及建议并未考虑个别客户的特殊状况、目标或需要，客户应当充分考虑自身特定状况，不应单纯依靠本报告所载的内容而取代个人的独立判断。在任何情况下，本公司不对任何人因使用本报告中的任何内容而导致的任何可能的损失负任何责任。

本报告是基于已公开信息撰写，但本公司不保证该等信息的准确性或完整性。本报告所载的资料、意见及预测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，且预测方法及结果存在一定程度局限性。在不同时期，本公司可发出与本报告所刊载的意见、预测不一致的报告，但本公司没有义务和责任及时更新本报告所涉及的内容并通知客户。

在法律允许的情况下，本公司及其附属机构可能持有报告中提及的公司所发行证券的头寸并进行交易，也可能为这些公司提供或正在争取提供投资银行、财务顾问、咨询服务等相关服务，本公司的员工可能担任本报告所提及的公司的董事。客户应充分考虑可能存在的利益冲突，勿将本报告作为投资决策的唯一参考依据。

若本公司以外的金融机构发送本报告，则由该金融机构独自为此发送行为负责。该机构的客户应联系该机构以交易本报告提及的证券或要求获悉更详细的信息。本报告不构成本公司向发送本报告金融机构之客户提供的投资建议。本公司不会因任何机构或个人从其他机构获得本报告而将其视为本公司客户。

本报告的版权仅归本公司所有，未经书面许可，任何机构或个人不得以任何形式、任何目的进行翻版、转载、发表、篡改或引用。所有在本报告中使用的商标、服务标识及标记，除非另有说明，均为本公司的商标、服务标识及标记。本公司版权所有并保留一切权利。

## 民生证券研究院：

上海：上海市浦东新区浦明路 8 号财富金融广场 1 幢 5F； 200120

北京：北京市东城区建国门内大街 28 号民生金融中心 A 座 18 层； 100005

深圳：广东省深圳市福田区益田路 6001 号太平金融大厦 32 层 05 单元； 518026