

通信行业2024年中期投资策略：光铜连接时代已至，静待“空”“风”交替来袭

民生通信团队



目录

1. 基建侧

1.1 新的网络建设主体涌现，资本开支投向算力

1.2 网络建设走向天地海一体、军民一体

1.3 从CT建设走向IT建设，从传统计算走向并行计算，从经典并行计算走向量子计算

2. 应用侧

2.1 从传统以太网大数据分析推送信息走向以模型为核心的推理网络

2.2 从中心化网络体系建设走向边缘计算

2.3 从单模态信息识别分析走向多模态

3. 投资建议

4. 风险提示



核心观点

- 通信板块的投资依然以运营商作为投资主体，以频率和频段演进变化为创新之本实现一体两翼的投资机会，两翼分别是运营环节的基建侧和应用侧两个方面的变化。这两年随着国内5G网络的建设逐步完成（目前已经有5G基站），运营商的网络建设发生了比较深刻的变化。
- **基建侧：**
 - ✓ 新的网络建设主体涌现，从传统的三大运营商变为以互联网厂商作为核心的运营商主体，国内新增阿里/腾讯/字节/百度/华为等，海外新增英伟达/谷歌/微软/亚马逊等为代表的网络建设主体。
 - ✓ 国内的网络建设从地面，走向低空、低轨、高轨、海上，水下的一体网体系，实现军民网络大融合的体系，实现虚拟现实网络融合的智能网络融合。
 - ✓ 从传统的CT建设，向IT建设转型，从传统计算向并行计算转型，从经典并行计算向量子计算方向转型。从重点提升运算效率向既关注运行效率又高度重视能耗，两者并行发展。
- **应用侧：**
 - ✓ 从传统以太网的大数据分析推送信息向以模型为核心的推理网络构建个人的数据文档为核心发展。
 - ✓ 从传统的中心化网络体系建设，向边缘计算，边缘网络安全发展。
 - ✓ 从传统相对独立的文字、图片、视频、位置信息向各类信息相互融合识别分析发展。
- **风险提示：**新基建、数字经济等政策落地不及预期；通信、数通市场需求不及预期；AI下游应用发展不及预期；卫星互联网产业进程不及预期。

1 基建侧



基建侧目录

- **1.1 新的网络建设主体涌现，资本开支投向算力**
 - 1.1.1 运营商将资本开支转向云，未来将持续轻资产化运营
 - 1.1.2 国内互联网厂商构建超以太网架构下的AI数据中心
 - 1.1.3 算力军备竞赛下，并行计算、光传输、HBM存储等有望非线性增长
- **1.2 网络建设走向天地海一体、军民一体**
 - 1.2.1 低空网络：优先布局于适宜城市，优先应用于军事/2B物流等场景
 - 1.2.2 低轨网络：核心解决火箭运力问题以实现火箭常态化飞行
 - 1.2.3 海上网络：供给侧出清，需求侧国内外海上风电建设有望加速
- **1.3 从CT建设走向IT建设，从传统计算走向并行计算，从经典并行计算走向量子计算**
 - 1.3.1 从CT建设走向IT建设
 - 1.3.2 从经典并行计算走向量子计算
 - 1.3.3 光通信：光子逐步代替电子传输 C to C，lpo/tro/硅光等方案实现功耗下降

1.1 新的网络建设主体涌现，资本开支投向算力

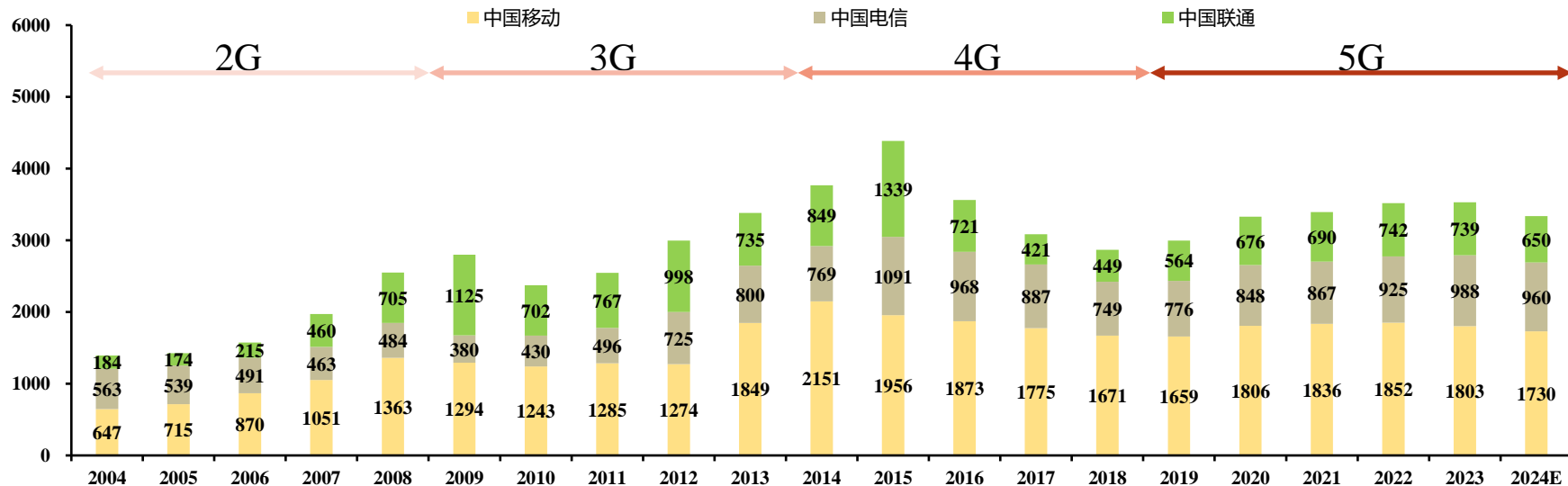
1.1.1 运营商将资本开支转向云，未来将持续轻资产化运营

1

运营商资本开支有明显周期性，5G后周期时代传统无线侧投入已明显放缓

- 运营商资本开支投入的周期性特性显著，3G/4G/5G时代每一轮建设初期是投资高峰，无线侧基站投入占比最大。
- 5G建设始于2019年，当前5G建设高峰已过，处于5G后周期时代，无线侧投入持续保持下降趋势，且6G预计2030年才实现商用，因此近年来运营商CAPEX投入压力明显下降。

图：运营商资本开支投入情况（单位：亿元）

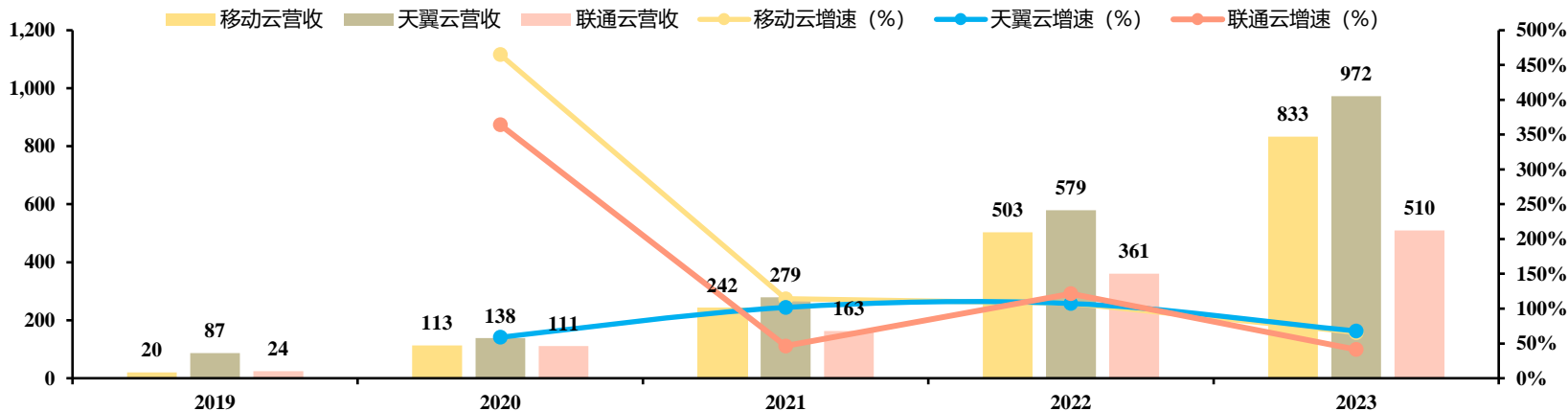


2

20年以来运营商加速战略转型（2C→2B），云和AI是2B业务重要抓手，运营商持续强化算力网络布局支持2B业务发展

- 三大运营商近年来大力发展云计算、AI、数据要素等2B业务，以云计算为例，运营商云业务增速远超行业增速，2023年天翼云和移动云当前以升至国内公有云排名的第三、第五位。
- 为了支持云计算和AI等2B业务的加速发展，三大运营商近年来持续强化算力底层基础设施建设：
 - ✓ **中国移动**：4（热点区域）+N（中心节点）+31（省级节点）+X（边缘节点）的泛在算力布局，当前通算（FP32）算力达8.0EFLOPS，智算（FP16）达10.1EFLOPS。
 - ✓ **中国电信**：2（两个中央节点，内蒙、贵州）+4（个区域节点，京津冀、长三角、粤港澳、川陕渝）+31（省节点）+X（边缘节点）+O（海外节点）布局，当前通算算力达4.1EFLOPS，智算算力达11.0EFLOPS。
 - ✓ **中国联通**：“5+4+31+X”新兴数据中心布局，“1+N+X”总体智算布局。

图：三大运营商云业务收入持续保持高速增长（单位：亿元）

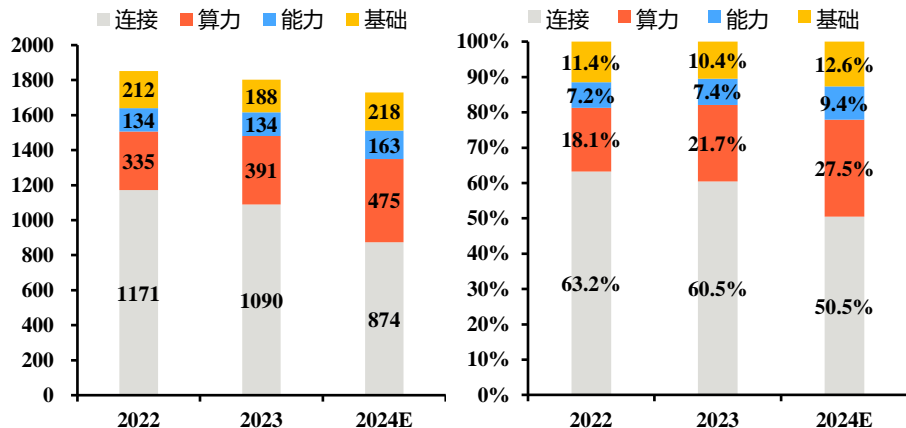


5G后周期叠加强化算力网络布局助推2B业务发展，CAPEX向算力倾斜

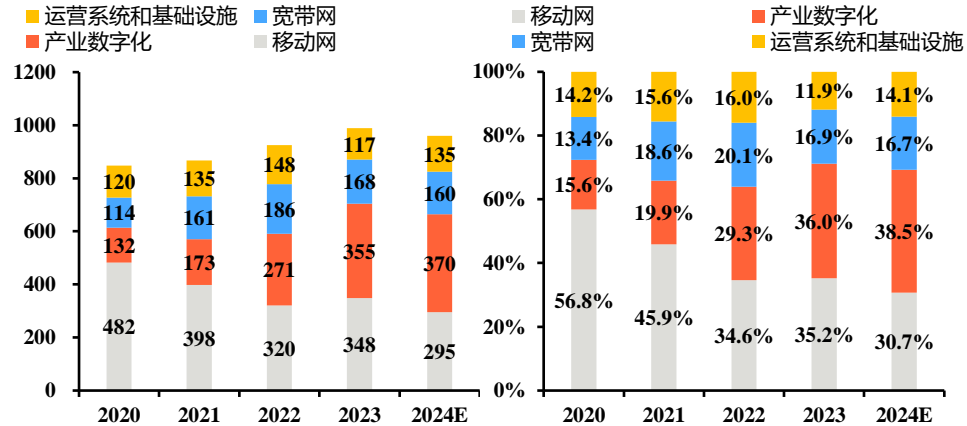
➤ 运营商资本开支结构变化明显，无线连接侧持续下降，算力侧持续加大投入占比提升显著：

- ✓ **中国移动**：连接侧2024年预计投入874亿元，较2022年的1171亿元下降25.4%，算力侧2024年预计投入475亿元，较2022年的335亿元增长41.8%。
- ✓ **中国电信**：2024年移动网投入占比预计占30.7%，较2020年高点时的56.8%下降26.1pct，2024年产业数字化投入占比预计达38.5%，较2020年时的15.6%大幅提升22.9pct。

图：中国移动资本开支结构（单位：亿元）



图：中国电信资本开支结构（单位：亿元）

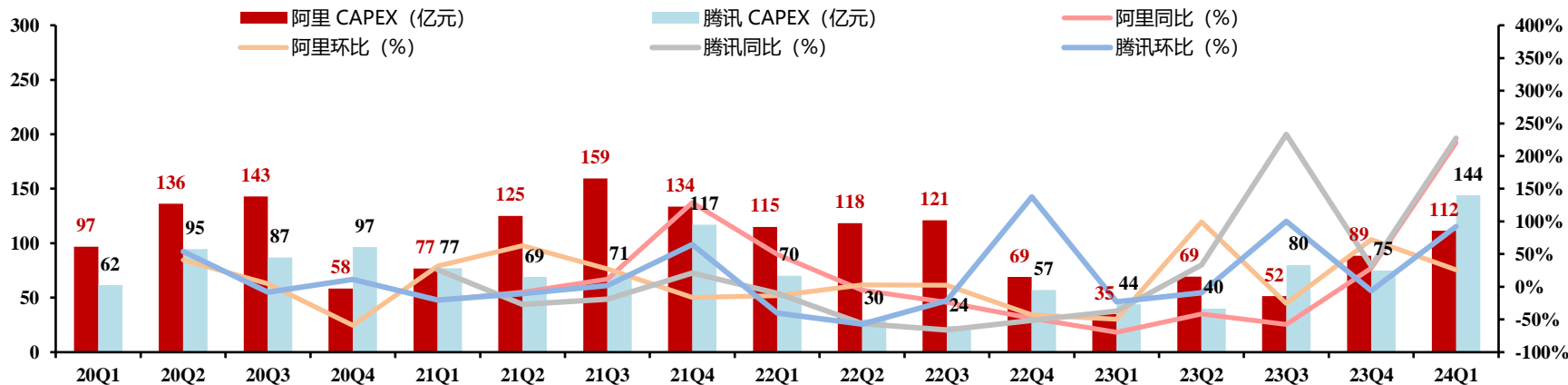


2

较之运营商完全主导的3G/4G/5G为代表的通信网络投资，云&AI驱动下的算力投资参与方更多，运营商资本开支压力下降

- 算力投资的参与方更多，除了运营商外，互联网厂商、大模型厂商等都是算力生态中的重要投资方，运营商资本开支投入压力下降。以阿里、腾讯为例，近期两者资本开支投入提升显著。
 - ✓ 阿里：24Q1，CAPEX为112亿元人民币，同比增长221%，环比增长26%，主要聚焦于阿里云基础设施的投入。
 - ✓ 腾讯：24Q1，CAPEX为144亿元人民币，同比增长226%，环比增长91%。主要聚焦于GPU和服务器的投入，以支持AI。
- 此外，过去3G/4G时代通信网络投资更多聚焦的是存量竞争，运营商背负巨大资本开支压力的同时，产业链地位逐渐边缘化，沦为单纯的“流量管道服务商”。而从近年来的运营商的业务转型情况反映出，算力侧投资对2B业务的提供了重要赋能和底层支持，助力运营商充分发展第二增长曲线，投资回报明显提升。

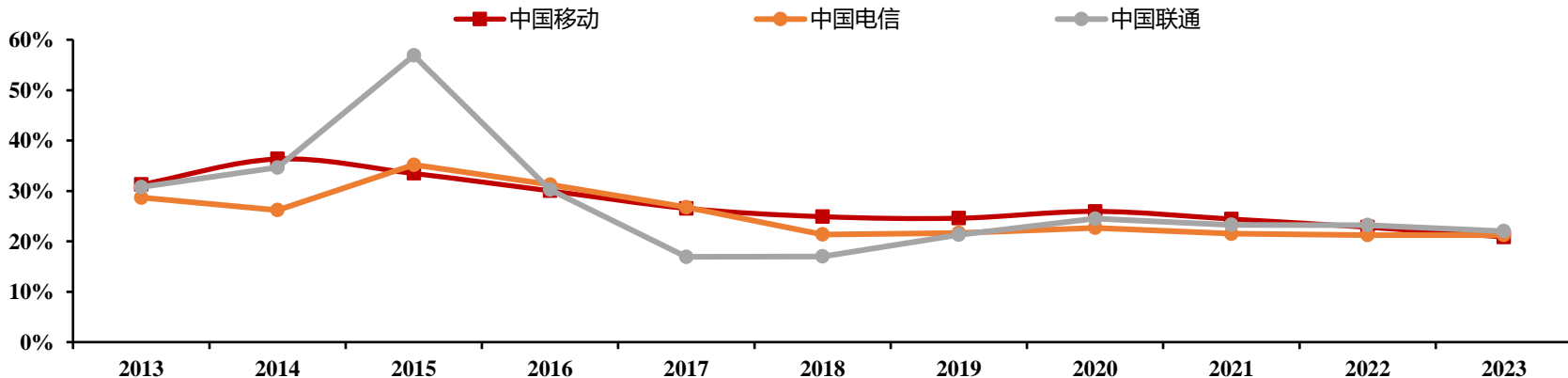
图：AI驱动下近期国内互联网巨头CAPEX增长显著



3

展望未来，运营商资本开支占收比将持续下降，将持续推进轻资产运营

- > 2022年以来三大运营商，持续强调未来公司资本开支占收入比重持续降低，短期展望的2024年来看，移动、电信资本开支占收比预计降至20%以下，联通资本开支更是给出明显下降的资本开支预期：
 - ✓ **中国移动**：2024年预期资本开支1730亿元（同比-4.0%），公司预计2024年资本开支占主营收入比降至20%以下（2023年为20.9%）。
 - ✓ **中国电信**：2024年预期资本开支960亿元（同比-2.9%），公司同样预计2024年资本开支占主营收入比降至20%以下（2023年为21.3%）。
 - ✓ **中国联通**：2024年预期资本开支650亿元（同比-12.0%）。
- > 未来长期展望来看，如前所述，一方面5G后周期时代传统无线侧投入已明显放缓，下一代6G预计2030年才开启商用，另一方面，虽然运营商资本开支投入向算力侧倾斜，但算力生态中投资参与方更多，运营商资本开支压力不大。因此我们认为，运营商有望持续推进相对的轻资产运营，经营质量有望迎来持续改善。

图：CAPEX占主营业务收入比（%）


注：主营收入指的是总收入减去销售手机登终端产品的收入

1.1.2 国内互联网厂商构建超以太网架构下的AI数据中心

1

趋势：AI数据中心网络对规模/带宽/稳定性/网络部署提出更高要求

- AI对通信网络需求包括超大规模组网需求、超高带宽需求、超低时延及抖动需求、超高稳定性需求、网络自动化部署需求。在人工智能大规模训练任务中，高效集群组网方案能够提升AI分布式训练的效率，所以智能计算对通信网络的规模、带宽、时延、稳定性和网络部署提出高要求，相较于传统的通用计算和超算有所提升。

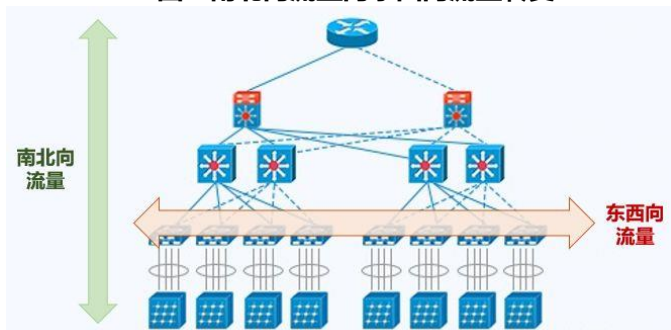
图：智算中心和传统数据中心相比，对网络性能要求更高

通信性能	智算中心		传统数据中心	
	要求	具体描述	要求	具体描述
规模	网络要求高	> 10K节点（智能计算的GPU），需要同时满足：数据并行、流水线并行、张量并行	网络要求低	传统 TCP 传输层协议，仅数百台服务器互联
带宽	超高带宽	带宽可达400Gbps/800Gbps，向1.6Tbps升级，支持高速互联协议	网络带宽较高	一般100Gbps，国内厂商200G/400G迭代，海外厂商400G/800G迭代
时延	时延低	平均时延 μs ，以GPT-3为例，动态时延从10 μs 提升至1000 μs ，GPU有效计算时间占比降低10%	时延长	动态时延达几十ms甚至亚秒级
稳定性	稳定性要求极高	故障率较高，一个网络节点故障可能影响数十个计算节点连通性，RDMA采用go back N 重传，丢包发生整个消息重传	稳定性要求较高	网络故障域大，网络性能波动影响大
网络部署	需要自动化部署	基于 RDMA 协议及拥塞控制机制，RDMA网络配置复杂需要快速准确地故障定位，保障整体业务	需要智能运维	工作负载、传输速率要求较低，无需RDMA

1 趋势：东西流向主导推动数据中心网络架构向脊叶型转变

- ▶ **云计算和AI模型推动东西向流量持续增加。** 早期由于数据中心工作负载以外外部对数据中心的访问为主，南北向流量是网络流量主体；云计算背景下服务器加强协同工作，现东西向流量已占80%。对于东西向流量来说，需要低延迟等特性，尤其是时间敏感或数据密集型的应用程序。
- ▶ **东西流向主导推动网络架构从传统三层树型向脊叶型转变。** 相比传统的三层拓扑结构，叶脊架构Leaf层由接入交换机组成，其对来自服务器的流量进行汇聚并直接连接到Spine，Spine层交换机以全网络拓扑与所有Leaf交换机实现互连，具有**带宽不收敛、易拓展、低延时**特点，符合东西向流量需求。叶脊拓扑网络从13年左右开始出现，发展速度惊人，很快就取代了大量的传统三层网络架构，成为现代数据中心的新宠。

图：南北向流量向东西向流量转变



南北向流量指数据中心外客户端到数据中心内服务器的流量。

东西向流量指的是数据中心内服务器间的数据流量。

图：网络架构从三层树型架构向以脊叶架构转变



传统三层树型	叶脊型
三层网络架构（核心层-汇聚层-接入层）	由Spine（脊）和Leaf（叶）两层组成
带宽逐级收敛	带宽不收敛
拓展成本较高	基础模块简单一致、易拓展复制
服务器间通信，需经过接入&汇聚&核心交换机	扁平化，数据源到目标路径较短，降低延迟，可以显著提高应用程序和服务性能
需要核心、汇聚等较高性能交换机	可使用大量中低性能交换机

1 IB VS 以太网: HPC领域, Infiniband和以太网竞争激烈

- **HPC领域, Infiniband和以太网竞争激烈。**以太网被广泛用于局域网和广域网通信,在HPC领域一直以来具有垄断地位。Infiniband则原本就是为了高性能计算打造,近些年在HPC领域增长迅速。
- **近年AI需求激发的算力需求使得IB削弱以太网地位。**因为高性能计算和人工智能工作负载对延迟非常敏感,而InfiniBand具有高速低时延的优势,且成本随着时间的推移而降低,其销量逐渐增加。超大规模运算和云构建者采用InfiniBand有助于提升性能,降低价格。
- **在最新的Top500 超级计算机榜单中, InfiniBand超过以太网取得了第一名。**使用InfiniBand 与以太网的超算在TOP500中一直占据前2名,在 2023 年 11 月两者分别占比43.80%和41.80%。这也是8年来IB的占比首次超过以太网。在性能越强的超算中,使用IB的占比越高。英伟达在 2020 年并购了 Mellanox, 凭借其在 InfiniBand 架构的产品优势, 目前占有 20%以上的市场份额。据 LightCounting 预测, 英伟达 InfiniBand 交换机 ASIC 的销售额在 2023 年将 是 2022 年销售额的近三倍, 2023-2028 年 CAGR 或达 24%。

图: 2003.06-2023.11 Top500超级计算机中采用的互连技术数量(个)

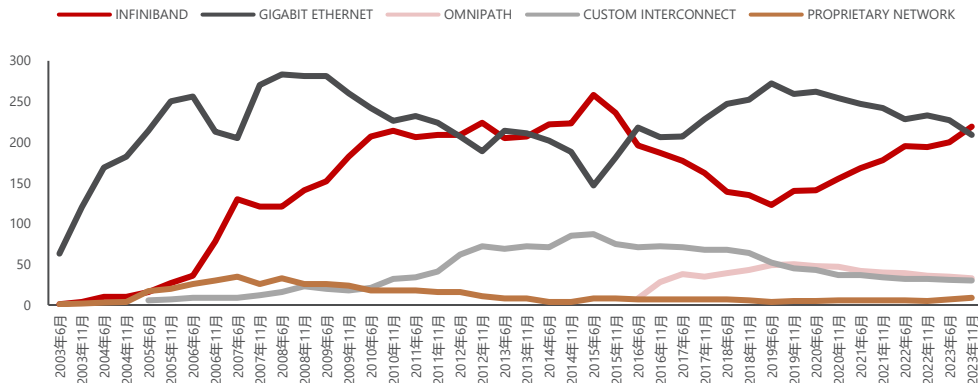
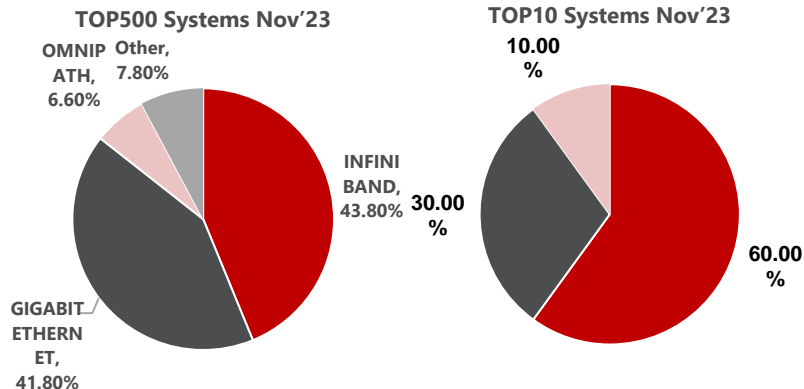


图: 头部的HPC用IB系统的占比更高



1 IB VS 以太网：中短期IB占上风，长期回归以太网

- **以太网的成本优势明显。** IB需要专门的IB交换机和网卡，且供应商较少，价格高昂。而以太网交换机发展到已经非常成熟，供应商良多，具有更高的性价比。
- **以太网没有垄断风险。** 在训练方面，使用以太网交换机和IB交换机在训练时长上并没有太大差别。正常情况下，IB交换机的造价是同档次以太网交换机的两倍，且仅有英伟达一家供货商。很多客户不希望具有垄断地位的英伟达成为供应商，而以太网交换机有很多厂商可以选择。由此，客户能得到一定的议价权，也便于后期设备的保养维护。
- 根据Arista纪要，Meta的测试中以太网组网价格是IB一半不到，且性能高出10%，以太网低成本、高性能的优势逐渐明显。随着AI发展，需要更大规模集群能力，以太网有望逐步提升份额。

图：三种RDMA网络技术路径对比

技术	数据速率 (Gbit/s)	关键技术	优势	劣势	使用交换机
以太网 TCP/IP	10, 25, 40, 50, 56, 100 或 200	TCP/IP 套接字编程接口	应用范围广, 价格低廉, 兼容性良好	网络利用率低, 平均性能差, 链路传输速率不稳定	以太网交换机
Infiniband	40, 56, 100 或 200	InfiniBand 网络协议和架构动词编程接口	性能良好	不支持大规模网络, 需要特定的 NIC 和交换机	IB 交换机
RoCE/RoCEv2	40, 56, 100 或 200	InfiniBand 网络层或传输层和以太网链路层动词编程接口	与传统以太网技术兼容, 性价比, 性能良好	特定的 NIC, 仍然有许多挑战	以太网交换机

图：以太网交换机VS IB交换机性能对比

	InfiniBand交换机	以太网交换机
性能带宽	100-400Gb/s	50-480Gb/s
端口数	36、40、64、128	5、8、16、24、48
网络协议	RDMA	TCP/IP
延迟	100ns	230ns
传输数据对CPU的消耗	忽略不计	较大
数据传输机制	信用令牌	CSMA/CD
网络性能	高速低时延	相对落后
远距离传输	无法远距离传输, 通常用于数据中心内部	可远距离传输
成本	成本高昂, 迁移成本高	成本低, 性价比高
应用领域	较窄, 通常用于GPU服务器和HPC集群	应用非常广泛, 如家庭、工业、数据存储等
数据丢失	极少丢包	丢包率较高
生态兼容	较差	很好的生态兼容性

1

趋势：英伟达组网架构加速演进，推动更多GPU间实现NVLink互联

- **如何实现性能提升：**1) 单颗GPU芯片性能的提升；2) 不同GPU之间互联速率的提升。
- **英伟达践行“One Giant GPU”发展思路，聚焦让更多GPU实现NVLink全互联：**把许多通过NVlink互联的GPU看做“One Giant GPU”，让越来越多的GPU都直接用NVLINK互联，从而实现性能提升。

表：此次NVLink的寻址范围（NVLink domain）已能够最大支持576个GPU间的NVLink直连

	第一代	第二代	第三代	NVLink Switch
NVLink 域内直接连接的 GPU 数量	高达 8 个	高达 8 个	高达 8 个	高达 576 个
NVSwitch GPU 至 GPU 频宽	每秒 300 GB	每秒 600 GB	每秒 900 GB	每秒 1,800 GB
总频宽调配	每秒 2.4 TB	每秒 4.8 TB	每秒 7.2 TB	每秒 130 TB
支援的 NVIDIA 架构	NVIDIA Volta™ 架构	NVIDIA Ampere 架构	NVIDIA Hopper™ 架构	NVIDIA Blackwell 架构

1

趋势：MoE引入大大增加机间通信需求，交换机迎来巨大增量

- MoE技术对并行训练的需求提升，从P2P通信（单服务器对单服务器）转为all-to-all通信（所有服务器对所有服务器）：专家模型的并行化和分布式训练的需求，每个专家可能需要处理所有输入数据的一部分，并且它们的输出需要被汇总以生成最终结果，这种信息交换模式就会引入机间all-to-all的通信：
 - 1) 专家间数据交换：每个专家可能需要访问来自其他专家的信息，以便门控网络可以决定每个专家的激活程度，这通常会涉及到所有专家间数据交换。
 - 2) 并行训练：在分布式训练环境中，不同专家可能被放置在不同的计算节点上，为了提高训练效率，每个节点上的专家需快速交换数据。
 - 3) 模型并行性：当专家模型规模非常大时，可能需要将一个专家模型拆分到多个计算节点上，同一个专家模型的各部分需要在节点间进行通信，以保持模型的一致性和正确性。
 - 4) 减少计算瓶颈：All-to-All通信允许并行处理和交换数据，因此可以减少单个节点的计算瓶颈；最大化利用计算资源，提高训练效率。
- MoE模型方案将拉动交换机行业增量：单交换机峰值速率的提升、交换机数量增加。1) MoE架构对All-to-All通信数据量的显著提升，单个交换机带宽、传输速率、数据吞吐量相对应也会成倍增加，推动交换机单通道速率加速从目前112G/224G向448G/896GB升级。2) All-to-All通信要求交换网络是无阻塞网络，才能确保海量数据在专家间传输，因此对交换机组网架构也产生了更高的要求，有望带动对交换机整体需求提升。案例：根据锐捷网络基于ChatGPT 4引入16个MoE专家层的建模分析，在引入MoE模型后，交换机间通信数据量将从原来的0.07PB提升到8.6PB，增长超100倍。

图：不引入MoE时的通信数据量

通信类型	通信模式	通信数据量 (GB)	通信数据量 (PB)	通信数据占比 (%)
机内通信	TP 并行AllReduce	8268750	8.12	99.15%
	P2P通信(AllGather)	241171.88		
机间通信	P2P通信	34453.13	0.07	0.85%
	数据并行通信	42796.75		

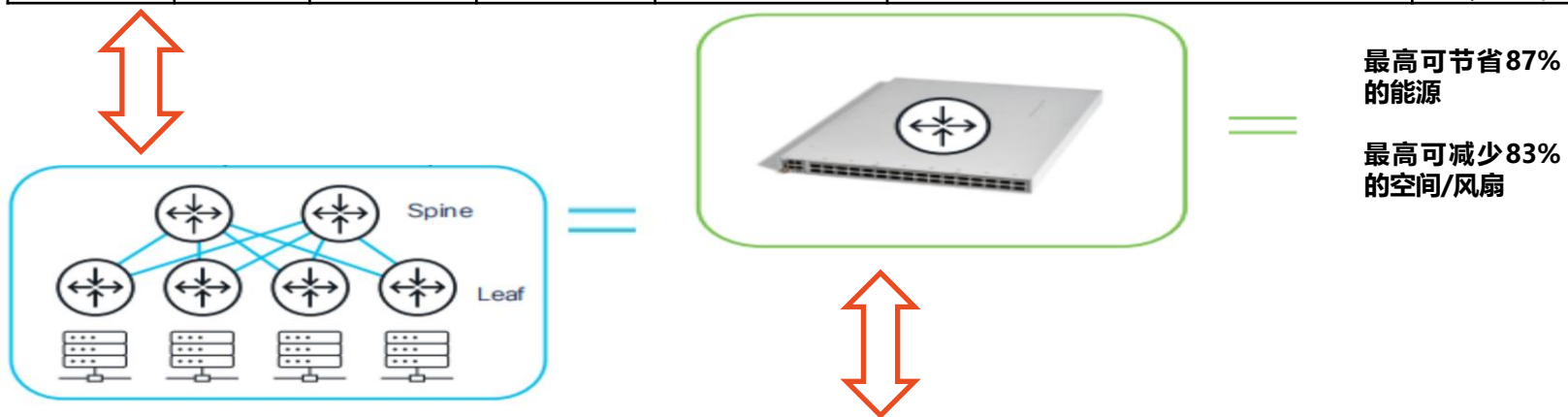
图：引入MoE后的通信数据量

通信类型	通信模式	通信数据量 (GB)	通信数据量 (PB)	通信数据占比 (%)
机内通信	TP 并行AllReduce	8268750	8.12	48.56
	P2P通信(AllGather)	241171.88		
机间通信	P2P通信	34453.13	8.6	51.44
	AlltoAll通信	8859375		
	数据并行通信	42796.75		
	专家数据并行通信	79380		

1 趋势：从400G向800G发展

➤ **以400G-800G示例（100G-400G同理）**：在相同25.6T交换机容量前提下，使用25.6T芯片的单个交换机比使用12.8T芯片的多个交换机最高可节省87%的能源以及减少83%的空间/风扇

交换机容量	芯片容量	交换机数量	速度	串行器	端口数量	功率
25.6T	12.8T	多个	32x400GbE	50 Gb/s ASICIO	32个400GbE的端口（128个100GbE的端口）	3000瓦 26,280 千瓦/年



交换机容量	芯片容量	交换机数量	速度	串行器	端口数量	功率
25.6T	25.6T	单个	32x800GbE	100 Gb/s ASICIO	32个800GbE的端口（64个400GbE的端口，256个100GbE的端口）	400瓦 3504 千瓦/年

交换机：园区/数据中心交换机为主，应用于电信网络/数据中心/园区

	消费级	企业级			服务商		工业级
应用场景	家庭、个人	教育、医疗	金融	政府	运营商	云厂商	电力、交通、能源等
市场代表性参与者	华为, TP-Link, 锐捷网络, 新华三	锐捷, 新华三, 思科	思科, 新华三	思科, 华为, 新华三	华为、中兴通讯、思科、诺基亚	新华三, 锐捷网络、Arista	思科, 华为
市场容量	较小	一般	较大	较大	大	大	较大
性能要求	较低	一般	较高	较高	高	高	高
端口传输速度	百兆, 千兆	千兆, 万兆	千兆, 万兆	千兆, 万兆, 十万兆	25G, 40G, 100G, 400G	25G, 40G, 100G, 400G、800G	千兆, 万兆, 十万兆
特点描述	价格相对敏感, 定制少, 供应商多	注重品牌、产品服务, 对价格不敏感, 存在定制化需求, 进入门槛高			毛利本低, 集中采购	高端产品需求高、有定制要求	定制化需求高
交换机类型	4口交换机为主	园区交换机或数据中心交换机			数据中心交换机		工业交换机
网络架构		<p>1. 中小型企业网络可仅部署接入交换机和核心交换机; 大型园区网络需部署接入/汇聚/核心三层交换机。多核心设备超宽、融合能力要求更高</p> <p>2. 数据中心为叶脊网络。</p>			<p>主流的叶脊网络架构取代了传统三层网络架构, 包含叶交换机和脊交换机。利用率高、拓展性好、部署和维护成本低、网络延迟更低、安全性和可用性高</p>		<p>以太网交换机需要满足工业控制现场严苛的通信要求, 满足实时性、稳定性、网络安全性</p>
网络架构	<p>中小型企业以太网组网架构</p>	<p>大型园区以太网组网架构</p>			<p>数据中心叶脊网络组网架构</p>		<p>工业以太网组网架构</p>

2 规模：速率升级趋势显著，数据中心交换机驱动发展

(亿美元)	2Q21	3Q21	4Q21	1Q22	2Q22	3Q22	4Q22	1Q23	2Q23	3Q23	4Q23
以太网交换机市场规模	74	81	85	76	85	100	103	100	118	117	107
YoY	10.80%	7.50%	11.80%	12.70%	14.60%	23.90%	22.00%	31.50%	38.40%	15.80%	0.8%
其中											
非数据中心市场份额	58.11%	56.79%	57.65%	53.95%	53.52%	57.78%	58.32%	56.87%	58.80%	60.34%	58.5%
非数据中心交换机市场规模	43	46	49	41	45	58	60	57	69	71	63
YoY	17.70%		10.50%	6.40%	5.80%	25.60%	22.60%	38.70%	52.50%	22.20%	-1.9%
数据中心市场份额	41.89%	43%	42.35%	46%	46.28%	43%	42.36%	43%	40.57%	39%	41.5%
数据中心交换机市场规模	31	35	36	35	39	43	44	43	48	46	44
YoY	2.40%	8.80%	11.50%	20.80%	26.90%	21.70%	21.20%	23.20%	21.70%	7.20%	4.4%
按供货商:											
Cisco市场份额	44.10%	45.40%	45.30%	45.40%	42.30%	43.80%	43.30%	46.00%	47.20%	45.10%	43.7%
Cisco以太网交换机收入	33	37	39	35	36	44	46	47	56	53	47
YoY	4.50%	-1.30%	7.50%	3.80%	10.20%	19.90%	18.40%	33.70%	55.30%	20.10%	-12.1%
Arista市场份额	7.50%	7.30%	7.60%	9.30%	10.10%	9.70%	9.90%	11.40%	10.40%	10.60%	11.1%
Arista以太网交换机收入	6	6	6	7	9	10	10	11	13	13	12
YoY	31.60%	23.00%	28.20%	33.50%	55.10%	66.00%	63.60%	61.60%	42.60%	27.30%	19.1%
华为市场份额	11.10%	10.70%	10.20%	7.50%	10.60%	11.10%	10.30%	6.00%	9.00%	9.60%	9.4%
华为以太网交换机收入	8	9	9	6	9	10	12	6	10	10	10
YoY	3.50%	11.40%	14.40%	7.20%	9.40%	8.60%	28.60%	5.50%	17.70%	1.00%	16.5%
HPE市场份额	6.70%	5.80%	6.10%	6.00%	5.50%	4.80%	5.40%	7.00%	7.10%	7.70%	9.4%
HPE以太网交换机收入	5	5	5	5	5	5	6	8	8	10	10
YoY	46.40%	23.60%	-0.60%	11.40%	-5.50%	2.40%	14.00%	54.90%	78.80%	88.40%	50.8%
新华三市场份额	7.00%	6.20%	6.10%	5.60%	6.30%	5.40%	5.40%	3.60%	4.10%	4.10%	4.2%
新华三以太网交换机收入	5	5	5	4	5	5	5	3	5	5	4.5
YoY	10.60%	18.60%	21.20%	25.30%	4.80%	7.50%	-10.00%	-15%	-10.90%	-11.50%	12.9%

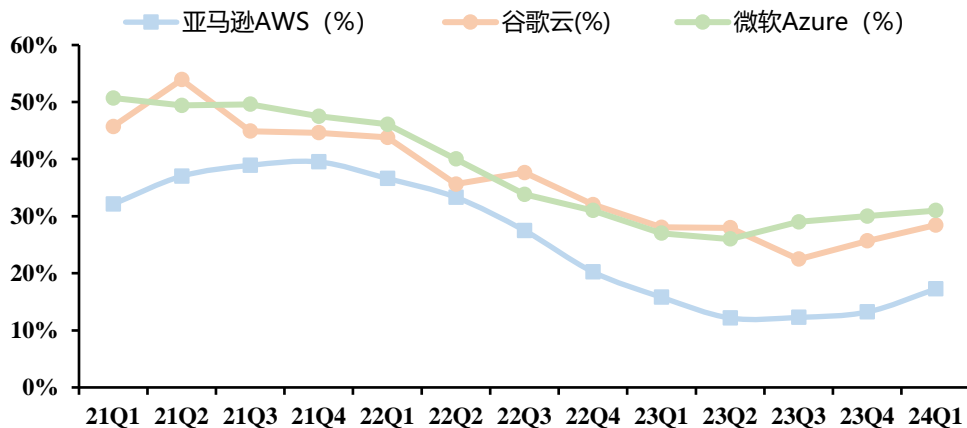
1.1.3 算力军备竞赛下，光通信等领域有望迎来非线性增长

1

AI提供增量&客户IT支出成本优化周期走向尾声，海外巨头云业务收入拐点已现

- 此前，受疫情及宏观经济等诸多因素影响导致云巨头的下游云客户谨慎投入，持续聚焦IT支出成本优化，导致亚马逊、谷歌、微软等海外云巨头的云业务收入连续多个季度同比增速下滑。
- 当前，一方面是AI需求带来持续增量，另一方面下游客户成本优化周期走向尾声开始加强投入，因此云巨头云业务收入迎来拐点：
 - ✓ 谷歌云：24Q1，谷歌云收入95.7亿美元（同比+28.4%，环比+4.2%）。
 - ✓ 微软Azure：24Q1 “Azure and other cloud services” 口径的收入同比增长31%，这31%的增长中7%的增长来源于AI。
 - ✓ AWS：24Q1，AWS收入250.4亿美元（同比+17.2%，环比+3.4%）。

图：海外巨头云业务收入增速 (%)



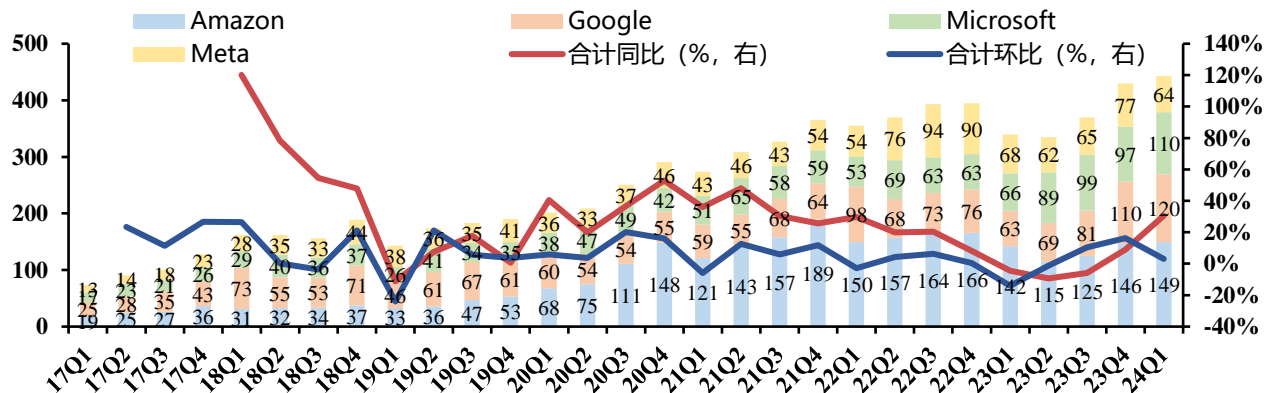
1

巨头持续加大资本开支强化硬件基础设施建设，满足算力需求的高增长

海外巨头口径持续乐观，当前对2024年的CAPEX投入提供了高增长预期：

- ✓ **谷歌**：24Q1，CAPEX (PP&E口径) 为120.1亿美元 (同比+91.0%，环比+9.0%)，公司预计24年剩下季度与24Q1持平或进一步提升以应对需求的高增长。CAPEX结构来看，绝大部分投向AI/云计算的基础设施，office facilities在CAPEX中的占比不超过10% (基本与2023年持平)。
- ✓ **微软**：24Q1 (即FY24Q3)，CAPEX (PP&E口径) 为109.5亿美元 (同比+65.8%，环比+12.5%)，含融资租赁口径的CAPEX为140亿美元 (同比+79.5%，环比+21.7%)。公司指出，当前AI需求火热，短期有些供不应求。鉴于此，公司预计CAPEX显著环比增长的同时，并且预计FY25的CAPEX大于FY24的CAPEX。
- ✓ **亚马逊**：24Q1，CAPEX (PP&E口径) 为149.3亿美元 (同比+5.1%，环比+2.3%)。公司预计24Q1季度是全年的低点，展望2024全年，公司预期CAPEX迎来显著的同比增长。
- ✓ **Meta**：24Q1，CAPEX (PP&E口径) 为64.0亿美元 (同比-6.5%，环比-16.5%)，含融资租赁口径的CAPEX为67亿美元 (同比-5.2%，环比-15.0%)。展望2024年全年，公司上调全年CAPEX指引，从前期的300~370亿美元上调至350~400亿美元 (同比+24.5%~42.3%)，同时预计2025年会进一步增长。

图：海外巨头CAPEX (PP&E口径，不包含融资租赁，单位：亿美元)



2

光通信产业链投资思路

- **光模块：**行业规律决定了光模块竞争格局整体稳定，强者恒强，突破大客户较难。当前建议核心聚焦已与头部客户实现深度绑定、业绩能够充分兑现、先发优势明显的龙头厂商。特别是在技术迭代持续加快的大背景下，可能会进一步放大龙头厂商的优势。
- **上游光器件/光芯片：**围绕光模块龙头厂商产业链上下游寻找机会，同时需求的快速上量可能导致部分环节竞争格局发生改变，存在国产替代机遇。

表：光模块产业链

	相关厂商
光模块	Coherent、Fabrinet、旭创、新易盛、华工科技、光迅科技、博创科技、联特科技、德科立、剑桥科技、铭普光磁、立讯精密等
激光器芯片+探测器芯片	Broadcom、Lumentum、三菱、Coherent、MACOM、源杰科技、光迅科技、仕佳光子、永鼎股份、长光华芯、华工科技、华西股份（索尔思）、跃岭股份（中科光芯）等
无源器件/光学元件/组件等	Coherent、Fabrinet、天孚通信、光库科技、腾景科技、太辰光、仕佳光子、致尚科技等
陶瓷底座、热沉	Kyocera（日本京瓷）、NGK/NDK（日本特殊陶业）、中瓷电子等
MicroTEC	Ferrotec（日本大和）、Komatsu（日本小松）、Marlow、Phononic、富信科技等
PCB板	沪电股份、深南电路、胜宏科技等
电芯片（TIA/Driver等）	MACOM、Marvell、Maxlinear等
DSP芯片	Broadcom、Marvell、Credo、Maxlinear等
其他（外壳、尾纤等）	/

2

AI需求进一步新增了“铜互联”市场，未来“光”和“铜”携手共进

➤ **铜互联核心优势在于成本和功耗：**

1. **成本：**最核心是成本问题，差不多能节约6倍。
2. **功耗：**不需要进行光电转换，显著降低功耗。

➤ **中长期来看，“铜”和“光”各有优势，未来有望携手共进：**

1. **“铜”和“光”各有优势：**“铜”优势在于低成本&低功耗，但高速场景下传输距离有限主要聚焦短距离互联，“光”优势在于传输距离、稳定性等。
2. **NVL72内部使用“铜”连接符合产业逻辑：**只需要短距离互联，因此“铜”低成本、功耗相对低的优势具备吸引力。

图：英伟达新一代架构新增“铜互联”市场



1.2 网络建设走向天地海一体、军民一体

1.2.1 低空网络：优先布局于适宜城市，优先应用于军事/2B物流等场景

1

空域开放解放低空网络

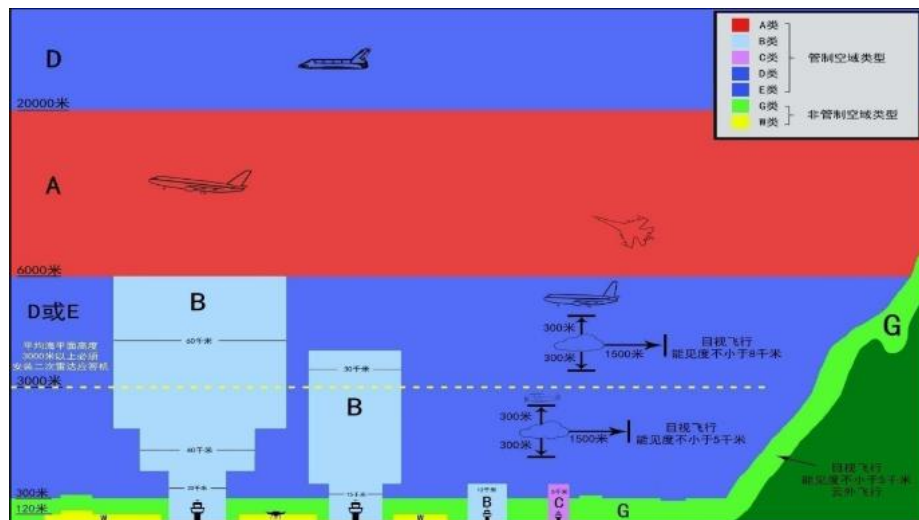
➤ 低空网络空域，通常是指距正下方地平面垂直距离在 1000 米以内的空域。根据不同地区特点和实际需要可扩展至 3000 米以内的空域。2023年12月民航局发布的《国家空域基础分类方法》中，将空域划分为A、B、C、D、E、G、W等7类，其中，A、B、C、D、E类为管制空域，G、W类为非管制空域。**G、W类空域的开放标志着我国低空空域开放取得实质性进展。**eVTOL飞行范围通常涉及D、E、G、W类空域，消费级无人机飞行范围通常涉及W类空域。

➤ **低空经济，是指依托于低空空域，以各种有人驾驶和无人驾驶航空器的低空飞行活动为牵引，辐射带动相关领域融合发展的综合性经济形态。**低空经济作为战略性新兴产业，具有产业链条长、辐射面广、成长性和带动性强的特点，**是新质生产力的重要代表。**

图：低空飞行的几种经典场景

图：低空空域分类示意

飞行器类型	飞行器参数		
	续航	载重	飞行速度
1000-6000米 ¹⁾ • 载人飞行器 ²⁾ (直升机/eVTOL)	~600km	~3000kg	~70m/s
300-1000米 • 行业级无人机: 快递物流	~30km	~200kg	30-40m/s
120-300米 • 行业级无人机: 即时物流配送, 城市管理等	~15km	10-20kg	10-15m/s
120米以下 • 消费级无人机为主	15-30km	n/a	15-20m/s



1

中央政策密集催化，低空经济成为两会热词

- 2023年12月中央经济工作会议明确提出“打造生物制造、商业航天、低空经济等若干战略性新兴产业，开辟量子、生命科学等未来产业新赛道”，**2024年低空经济首次写入政府工作报告，低空经济作为战略性新兴产业迎来发展新机遇。**
- 2024年1月起，《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》正式施行，标志着作为低空经济主导的**无人驾驶航空器**产业迈入“有法可依”的规范化发展新阶段。2024年3月27日，工信部、科学技术部、财政部、中国民用航空局印发《通用航空装备创新应用实施方案（2024-2030年）》，提出到2027年，我国通用航空装备供给能力、产业创新能力显著提升，以无人化、电动化、智能化为技术特征的**新型通用航空装备**在城市空运、物流配送、应急救援等领域实现商业应用。

表：近期低空经济领域政策催化密集

时间	部门	政策	相关内容
2023年6月	国务院	《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》	规范无人驾驶航空器飞行及有关活动，促进 无人驾驶航空器产业 健康有序发展。
2023年12月	国务院	中央经济工作会议	发展新质生产力。打造 低空经济 等若干战略性新兴产业。
2024年1月	工信部等七部门	《关于推动未来产业创新发展的实施意见》	围绕未来智慧空中交通需求，加快 电动垂直起降航空器、智能高效航空物流装备 等研制及应用。
2024年2月	中央财经委员会	中央财经委员会第四次会议	优化主干线大通道，打通堵点卡点，完善现代商贸流通体系， 鼓励发展与平台经济、低空经济、无人驾驶等结合的物流新模式。
2024年3月	国务院	政府工作报告	积极培育新兴产业和未来产业。 积极打造低空经济等新增长引擎
2024年3月	工信部等四部门	《通用航空装备创新应用实施方案（2024-2030年）》	到2027年，我国通用航空装备供给能力、产业创新能力显著提升，以无人化、电动化、智能化为技术特征的新型通用航空装备在城市空运、物流配送、应急救援等领域实现商业应用。 成为低空经济增长的强大推动力，形成万亿级市场规模。

1 各地政府因地制宜，多角度探索低空网络发展模式

- 两会后已有26省市将低空经济写入2024年政府工作报告，在建设通航机场、有无人低空飞行器制造、产业规范等方面积极布局。对各省市低空经济相关政策梳理可以看出，不同地区出台的政策文件侧重点有所不同。
- 低空网络会在一些适宜发展（有产业基础或政策前提）的省份/城市优先建设。
- 具体来看，广东政策更具体，尤其是深圳，补贴政策详细，吸引低空产业落地，同时对于eVTOL具体扶持较多；江苏侧重通航整机和无人机；福建多次提到低空旅游产业；湖南较为重视通用机场的建设。

表：各地政府因地制宜，不同角度发力低空经济

时间	省份	政策	相关内容
2023年4月	江苏	《江苏省航空航天产业发展三年行动计划(2023-2025年)》	聚焦 通航整机及无人机 。重点发展水陆两栖飞机、固定翼多用途飞机、10座以上中大机型通航飞机、中轻型直升机、旋翼机、 新一代垂直起降电飞行器 ，推动通航飞机在市政管理、应急救援、低空旅游、商务出行、飞行驾驶培训等方面的应用。
2023年9月	江苏	《南京市民用无人驾驶航空试验区核心区无人机产业高质量发展实施方案（2023-2025）》	江苏省全省首个 无人机 产业发展方案。南京市低空服务管理平台正式上线运行。通过强链补链延链，力争到2025年，相关产业产值规模超过15亿元， 开发50个创新场景和50条市内无人机航线 ，并开展商业化试运行。
2024年1月	广东	《深圳经济特区低空经济产业促进条例》	对低空飞行基础设施、低空空域管理、低空飞行服务平台、产业支持与技术创新、安全管理、 eVTOL 产业化鼓励等方面做出了详细规定和政策支持。
2021年3月	福建	《福建省低空旅游产业发展规划纲要（2021-2035年）》	以“五年培育龙头，十年形成规模，十五年输出体系”为总体发展目标，完善低空旅游产业发展布局。
2022年7月	湖南	《湖南省通用航空条例》	是全国第一部地方性 通航 法规。对低空空域划设、管理做出明确规定，引领和推动湖南全域低空空域管理改革、有效利用低空空域资源、加强通用航空安全监管。

1 “天空之城” 深圳在无人机角度领跑低空网络部署

➤ 目前，粤港澳已形成深圳为核心的无人机产业集群。2023年深圳正式进入低空经济元年。作为“无人机之都”，无论是政策环境、产业环境、生态环境还是企业竞争力，深圳已具备成为引领全国低空网络发展“领头羊”的条件。

《深圳市支持低空经济高质量发展的若干措施》解读

引培低空经济链上的企业，支持企业增资扩产

完善产业配套环境，鼓励基础设施建设

鼓励企业技术创新，最高奖励1500万元

扩大应用场景，做大低空物流市场规模

2023年1-10月深圳市低空经济产业生态成果

无人机航线 +74条

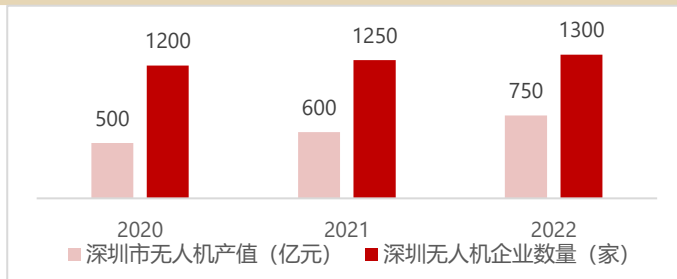
无人机起降点 +69个

载货无人机飞行量 +42.1万架次

物流配送
城市治理
应急救援
海洋产业
.....

初步形成了全国领先的低空经济产业集群和产业生态。

2020-2022年深圳市无人机发展现状 (亿元, 家)



深圳市低空经济主要引领企业



大疆创新

民用无人机代表性品牌



美团

深圳首张人口密集区无人机配送试运行许可，国内低空物流标杆。



哈瓦国际

已广泛应用于公共安全、应急救援、地理信息采集、石油化工及电力巡检等多个领域。



中信海直

通航服务在国内业界具有较高知名度和公信力的行业标杆。

低空经济已成为深圳重点打造的未来产业之一。

深圳已具备一批全国领先的低空经济市场主体。

2

应用逻辑：低空军事防御+ToB的物流、工业等无人机+ToC通航逐步起步

- **军用方面，无人化和智能化是未来的发展方向。**无人系统具备察打一体、轻量化、隐蔽性好、态势实时感知、低消耗性等优势，广泛应用于现代核心军事行动，其价值在现代军事中不断凸显。目前我国军用无人行业政策目标表述不断升级，国内特殊机构投入也逐步增大，“蜂群（无人机）、狼群（无人车）、鱼群（无人船）”将成为未来军队的发展方向。
- **民用方面，无人机采用先载货后载客的发展路径，目前已经进行商业化探索的应用领域有物流、测绘（公共服务）、农业、工业（生产作业）等。**如顺丰、美团、东部通航等多家企业开展低空飞行试点实验，推广无人机末端配送业务。
- **未来eVTOL飞行器（电动垂直起降飞行器）产业潜力大。**eVTOL是指以电力作为飞行动力来源，且具备垂直起降功能的飞行器。相对传统飞行器，eVTOL在安全性、智能性、经济性和环保性方面优势显著，可在低空快速流动与灵活作业，有效缓解地面交通拥堵问题。亿航智能的EH216-S是**全球首款取得型号合格证和标准适航证**的无人驾驶2座飞行器，在中国官方指导价为239万元人民币。我们认为批量生产后价格有望下降。

图：无人机的商业化应用



图：亿航智能eVTOL



场景新潜力

生产作业

主要是为工农林牧渔等提供各种飞行作业活动，包括**牧业飞行、渔业飞行、航空探测、石油服务、电力作业**等；

公共服务

主要是面向相关单位乃至整个社会提供各种**航空救护性飞行活动**，包括**医疗救护、短途运输、航空物流、警用飞行、海关飞行、政府飞行**等；

航空消费

主要是面向各类消费群体提供**消费性航空活动**，包括**飞行培训、空中游览、私人飞行、航空运动、娱乐飞行**等。

公众号·民用无人机产业

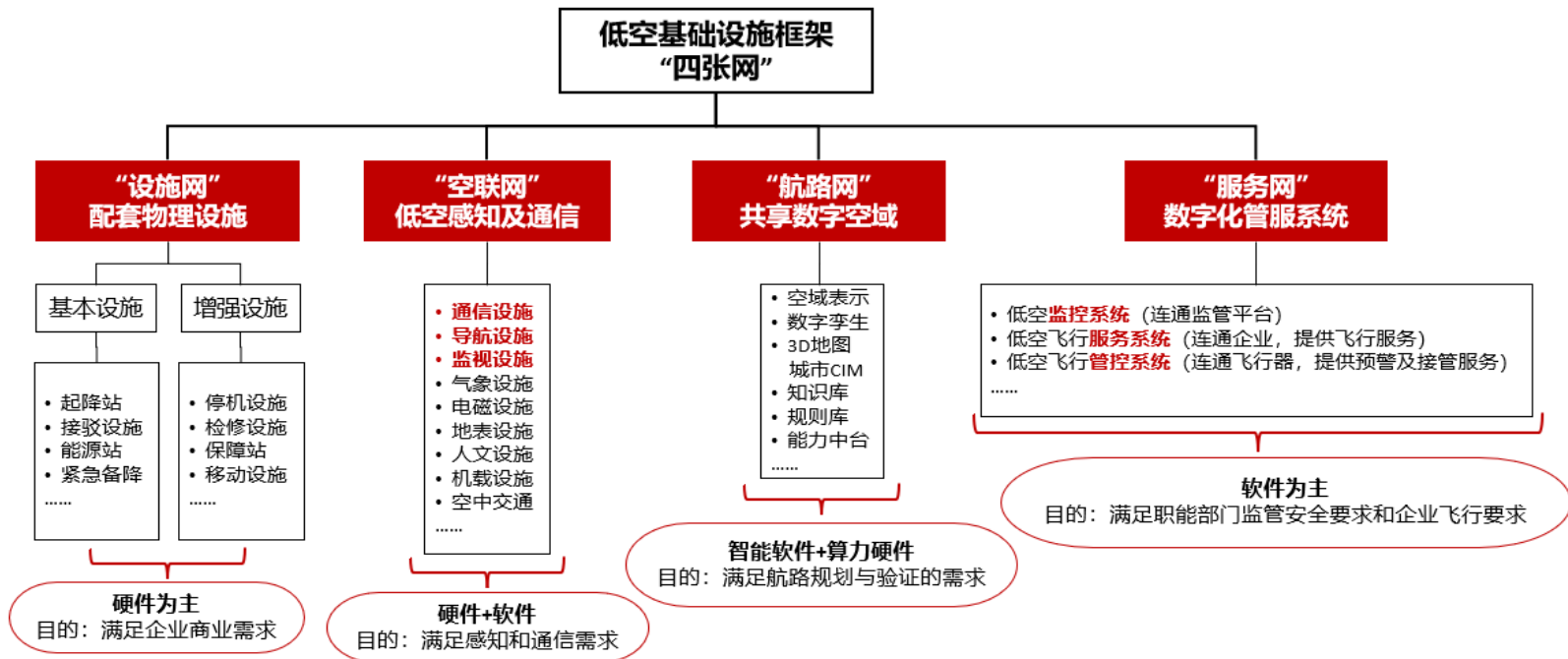
3 全球低空网络发展格局启示——基建仍是我国重中之重

- 从全球低空网络区域发展格局来看，美国因为通用航空发展的领先奠定了其低空网络的先发优势。相较之下，我国在无人机数量上能够与美国分庭抗礼，然而在通用机场数量方面不足美国的十分之一。
- 2023年10月，亿航智能EH216-S无人驾驶载人航空器获得世界首个无人驾驶电动垂直起降（“eVTOL”）航空器型号合格认证适航证，结合我国全球第一的无人机数量，目前我国低空飞行终端制造及应用进度正在不断加速，目前最大的挑战在于建立与低空飞行器数量相适配的基建设施（包括通信基站、通航机场等）与安全保障运维体系。



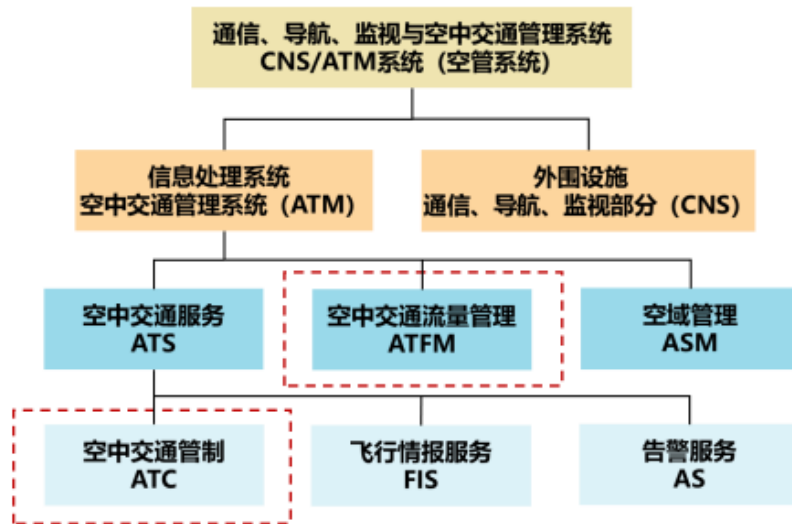
3 基建以四张网为重点，关注空联网、空管系统建设进程

➤ 低空基建的主要任务可分为设施网、空联网、航路网、服务网“四张网”的构建。（1）设施网指配套物理设施，包括起降点、检修站等；（2）空联网实现低空感知与通信，主要包括通信、导航、监视领域的软硬件；（3）航路网主要任务是实现空域的可计算，提高低空的利用效率；（4）服务网指监控系统与服务系统等软件服务。



4 空管系统处理通导数据，以空中管制系统为核心

- **空管系统是民航空管部门实施对空指导的核心系统。**随着低空经济的快速发展，航空设备日益丰富、城市空中交通网络的构建也已起步，现代化、自动化空管系统作为空域资源管理的调节器、低空经济发展的基础设施，重要性愈发凸显。
- 完整的空中交通管理系统由三大部分组成：空中交通服务（ATS），空中交通流量管理（ATFM）和空域管理（ASM）。其中空中交通服务又由三部分组成：空中交通管制（ATC），飞行情报服务（FIS）和告警服务（AS）。空中交通管理包括空中交通服务（ATS）、空中交通流量管理（ATFM）和空域管理（ASM）。其中空中交通服务包括空中交通管制服务（ATC）、飞行情报服务（FIS）和告警服务（AL）。**空中交通管制系统是空管系统的核心部分。**

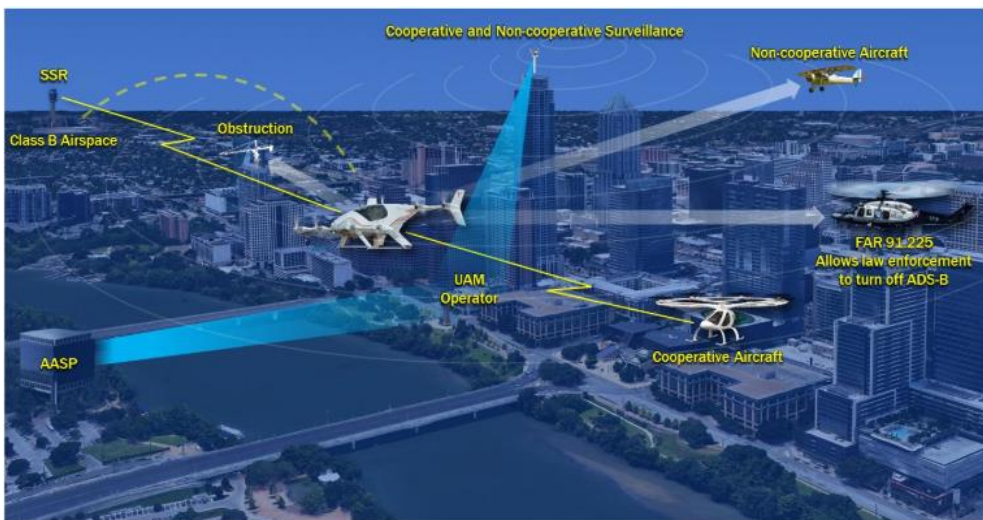


4

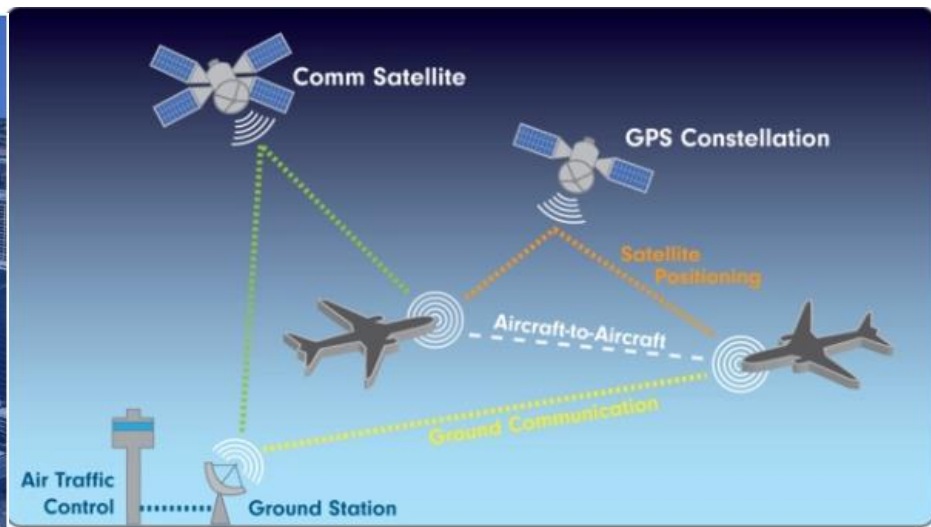
空联网（空管的外围设备）：目前低空网络的通信、感知等基础设施存在痛点

- **地面无线通信与飞行器感知分属不同产业链，长期以来各自独立发展。**传统移动通信基于3GPP（第三代合作伙伴计划）标准体系演进，产业链由电信运营商、主设备商主导，飞行器感知则属于航空与制造板块，可以归入空管系统产业链。
- **低空空域空间环境复杂，架设雷达存在低空障碍物多、盲区大，功率高、不宜在居民区、厂区布设，以及新建成本高等问题，卫星导航则存在信号易被遮蔽稳定性差等问题。**ADS-B应用于低空海量目标监视成本较高，且缺少标准规范。随着低空活动频次的增加和高密度飞行的需求，导航模式需要更加数字化、精细化。**因此，低空空域长期存在“看不见、叫不到、联不上”现象。**

图：城市空中交通中的监视功能



图：ADS-B功能示意

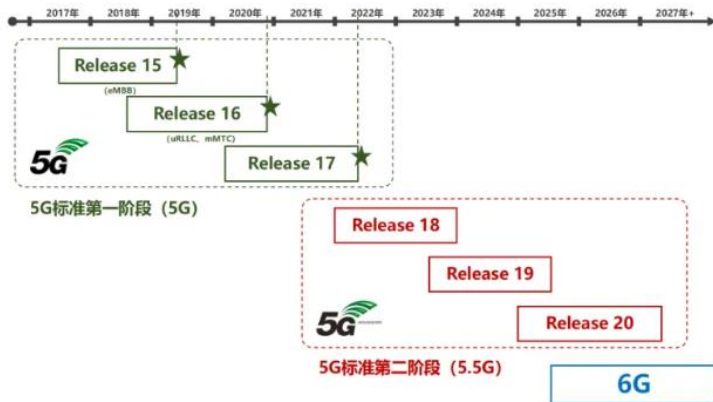


5 5G-A在速率、连接密度等方面全面升级，即将完成标准冻结

- 5G分为两个阶段：R15-R17是第一阶段，R18-R20是第二阶段。2021年4月，3GPP确定以5G-Advanced (**5G-A**，俗称**5.5G**) 作为5G网络演进的第2阶段。目前R18的大部分工作已经完成，预计于2024年中完成标准冻结。
- **5G-A基于5G网络进行升级，为6G奠定基础**。5G-A有望使上下行速率提升10倍、连接密度提升10倍、时延进一步降低，并将定位精度提升至厘米级。**5G-A起承上启下作用**，扩充了5G的系统功能，**增加感知能力**，以支撑全方位的智能化应用，实现万物互联。
- 在ITU定义的5G三大标准场景eMBB、mMTC、uRLLC基础上，5G-Advanced进行了深入的增强和扩展，新增了三大新场景，即：**UCBC (上行超宽带)、RTBC (宽带实时交互) 和HCS (通信感知融合)**。

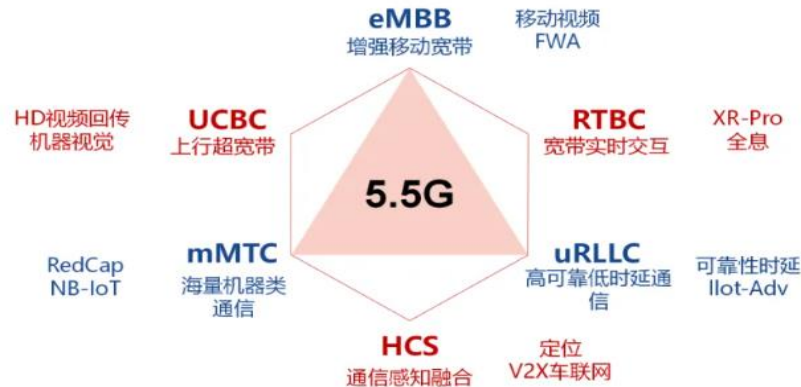
图：5G-5.5G-6G的演进

□ 5G-A的发展演进



鲜枣课堂

图：5.5G三大新增场景

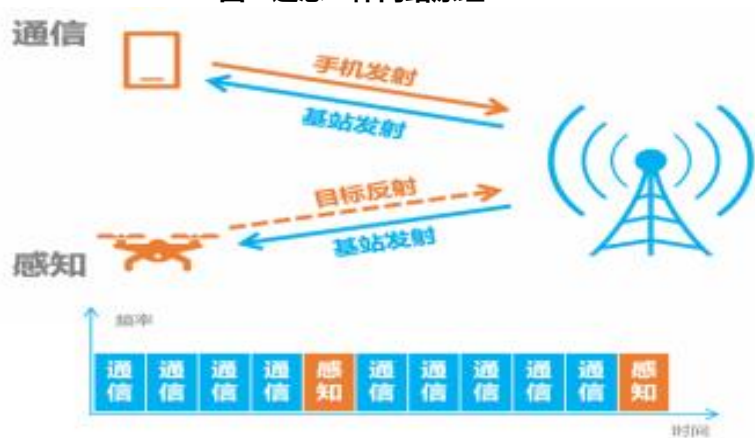


5 低空经济呼唤通感一体，5G-A基站升级浪潮有望加速

- **通感一体突破了通信和感知需要两套设备系统的鸿沟，在低空经济应用的优势主要体现在：**1) 基站覆盖率较高，不需要重复建设；2) 基站通感一体的无线信号发射功率极低，不会对居民健康造成影响；3) 使用的都是已授权的通信频段，无需另外划分频段，节约宝贵频谱资源。2024年3月，《深圳市极速宽带先锋城市2024年行动计划》印发，将5G-A引领作为首要任务。我们分析，由于低空建筑密集，卫星导航信号稳定性差，且雷达密集部署经济性低，**基于原有城市基站升级的通信雷达多功能塔或为可行解。**
- **通信感知一体化方案对基站天线提出更高要求。** 5G-A 通感一体化 1) 需要更高的频段（毫米波乃至太赫兹）、更宽的带宽、更大规模天线阵列。2) 需要升级通信塔为通信雷达多功能塔。要实现通感探测，并不是简单调整基站天线的朝向就可以实现的。5G-A 的通感一体，需要自身 AAU（有源天线）能够提供独立的对地、对空波束。既包括通信波束，也包括感知波束。感知波束增加了系统的设计难度和业务压力。

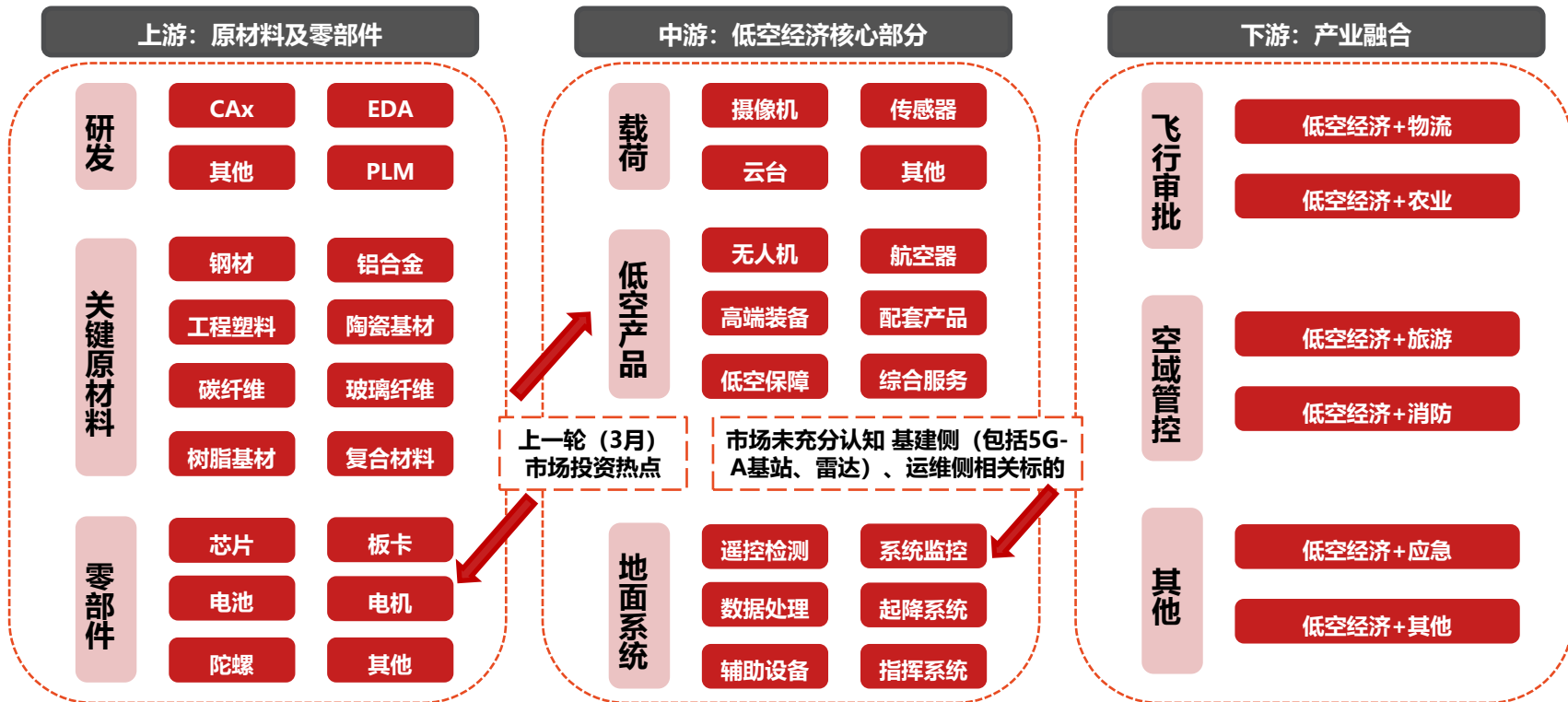
图：通感一体网络原理

图：中国移动首发5G-A



6

低空经济产业链分析(全景)



1.2.2 低轨网络：核心解决火箭运力问题以 实现火箭常态化飞行

卫星互联网：短期驱动——军用需求加速，轨道&频段资源迫使

“星链”在军事领域的应用：军用通信+辅助拦截导弹+潜在撞毁卫星

- **2018年5月** 星链在美国防部小火箭计算中心的弹道导弹对抗演习中完成对51枚核弹头在轨拦截
- **2018年7月** 星链在五角大楼举行的敌对国家对美国发起饱和打击对抗演习中成功拦截350枚来袭的洲际弹道导弹
- **2019.3** 与美空军签订2800万美元合同以演示验证星链星座开展军事服务
- **2019.10** 美空军利用星链2颗试验卫星与C12军用运输机进行数据传输测试，速率达610Mbps，后续美军军用机作战平台将持续与星链卫星进行测试
- **2019.11** 再与美空军签订新合同以探索利用商用低轨通信卫星星座为美空军提供高质量通信
- **2020.5** 与美陆军签订三年合同以测试星链提供宽带网络与军事通信网络链接的可行性
- **2020.10** 美国国防部空间发展局授予SpaceX公司约1.5亿美元用于开发军用版“星链”卫星
- **2022.3** 美空军披露F-35战斗机在测试中成功使用“星链”卫星进行数据传输，速度比传统连接方式快30倍

1

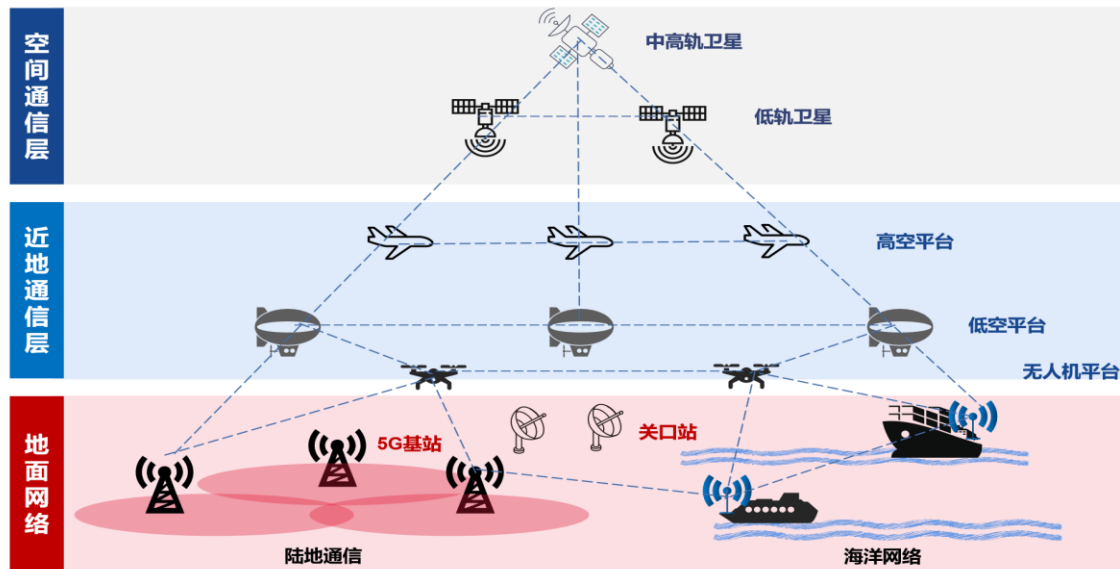
卫星互联网：长期逻辑——6G之基，引领民用通信深刻变革

- **广义的通信即信息的传输**，人类社会活动中各类信息的传递和交换都属于通信，如古代使用的烽火台、驿马传令等，历经社会的发展与科技的变革，现代社会的信息传输方式主要以移动通信为主，传播的形式包括文字、语音、图像、视频等。
- **移动通信发展至今已历经五代**，迭代历程见证社会生活体验跃迁。现代社会移动通信的发展已从“交流信息、简单通话”发展至如今“**低延时、高可靠、大容量**”的第五代通信技术，每一代的区隔在于技术革新、标准演进及应用领域。

图：通信行业发展脉络


卫星互联网：大国发展与安全之基，空天地海全域覆盖势在必行

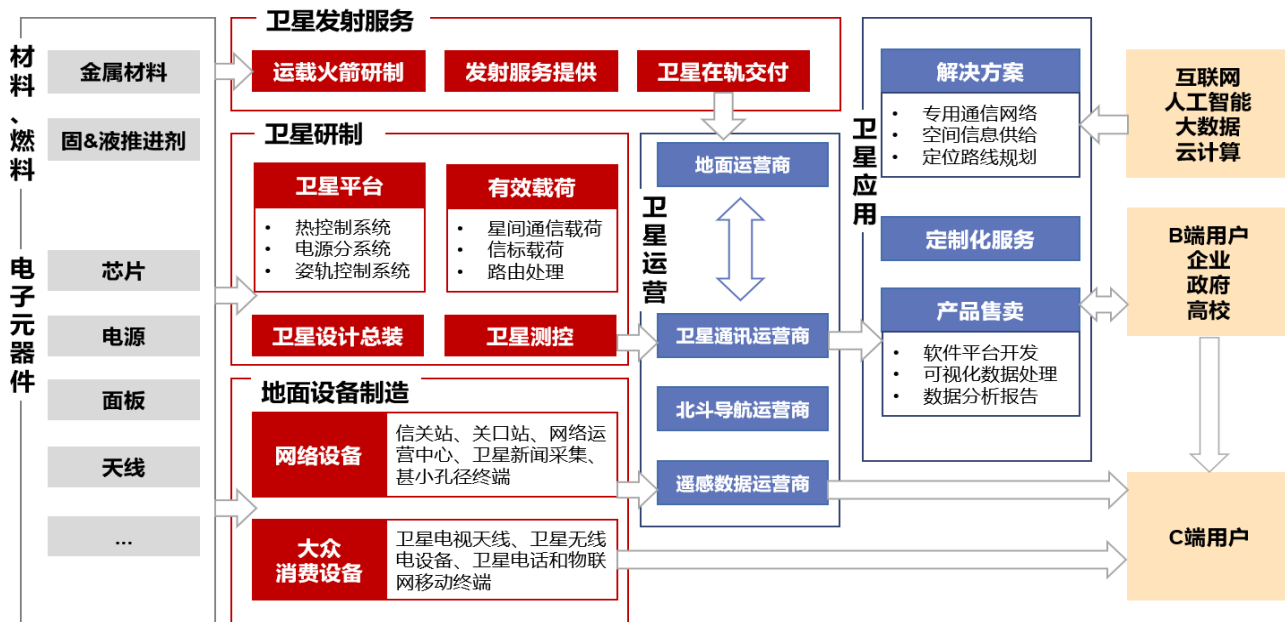
- **当前我国基于卫星互联网着力打造空天地海一体化通信体系。**目标是扩展通信的覆盖广度和深度，即在传统蜂窝网网络的基础上分别与卫星通信和深海远洋通信（水下通信）深度融合。我们认为空天地海一体化通信系统的建设是民用通信系统进一步发展，以及大国发展与安全战略下的必然选择。



2 卫星互联网未来可期，基建+应用市场空间广阔

- **卫星产业链主要包括卫星研制、卫星发射、地面设备、卫星运营等环节。**从产业链上下游划分，卫星制造环节作为前端率先发展。类比地面基站通信，产业首先在制造端起势，如5G基站建设，逐步发展到运营侧，建议首先关注卫星研制环节。随着上游建设完成，卫星发射到位后，关注产业链后端的运营服务环节。

图：卫星通信产业链环节概览



3

卫星互联网技术试验卫星发射圆满成功

- 7月9日19时0分，长征二号丙/远征一号S运载火箭在酒泉卫星发射中心点火起飞，随后将卫星互联网技术试验卫星成功送入预定轨道，发射任务取得圆满成功。本次发射的卫星互联网技术试验卫星由【航天五院】抓总研制，长征二号丙/远征一号S运载火箭由【航天一院】抓总研制。
- 此次试验卫星的发射成功是我国卫星互联网行业发展里程碑式的节点，标志着我国组网迈出坚实一步，后续试验卫星的陆续发射和卫星正式组网进程可期。目前我国5G卫星互联网标准体系逐步建立，产业测试取得积极进展，此前五大运营商联手构建基于5G的卫星互联网技术标准体系，未来组网逐步推进下有望带动移动终端直连卫星、物联接入等重要场景的规模应用。

图：长征二号丙运载火箭发射照片



图：长征二号丙运载火箭



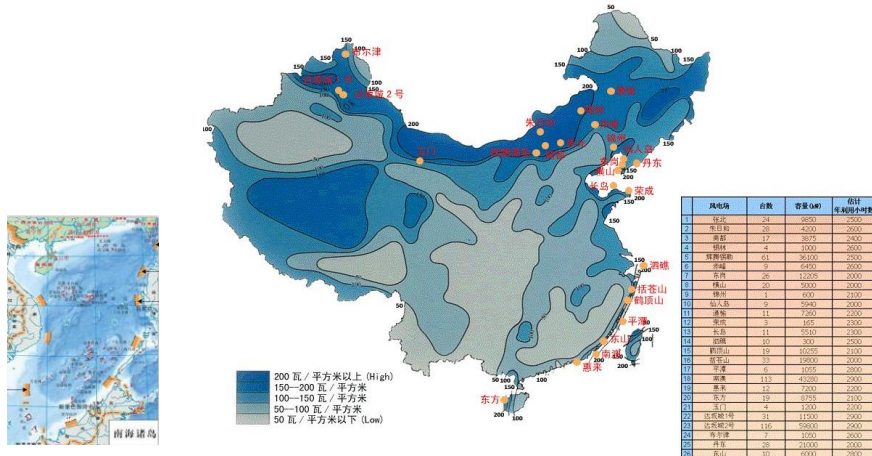
1.2.3 海上网络：供给侧出清，需求侧国内 外海上风电建设有望加速

1

海上风电：沿海风电资源广阔，能源需求大，建设海风基地优质地段

- 我国风电资源集中在西部、东南沿海地带，海岸线长度超过1.8万千米，沿海地区特别是海面阻力很小，风力强劲，具备丰富的风能资源，是建设海上风电场的理想区域，东南沿海能源需求量较大。建设海上风电基地的首要问题就是地址选择，受到风力资源、波浪海况、电网建设等多方面影响。
- 中国海洋风条件最好的地址位于台湾海峡一带，其次在广东、上海、江浙一带，最后是山东、河北一带。根据中国对海风的规划，海风资源规划空间400GW，其中近海100GW，深远海300GW，深远海地区风能储量是近海的三倍以上。尤其在我国东南沿海地区，深远海区域的风能资源在风速、风功率密度以及湍流等方面相较于近浅海具有更为优越的特点。

图：中国风电场分布图



1

海上风电：24年以来多地上调电力价格/分时电价，新能源发电并网受益

- 国家确定指导电价，各地具体项目通过竞争性配置方式确定电价，2020年起新核准的海上风电项目已不再纳入中央财政补贴范围，由地方政府根据当地实际情况自行通过竞争性配置的方式确定上网电价，并自行承担燃煤标杆电价与核定上网电价差额的补贴资金。
- 截至2023年年底，全国29个省份已经陆续发布完善的分时电价政策。分时电价执行范围，基本实现大工业用电“全部执行”、一般工商业用电“部分执行、选择执行”。分时电价政策拉大峰谷电价价差，一方面可以帮助调峰，协助新能源电力并网消纳，另一方面，有助于激发社会资本投资建设发电侧及用户侧储能的热情。

表：2024年多地执行分时电价

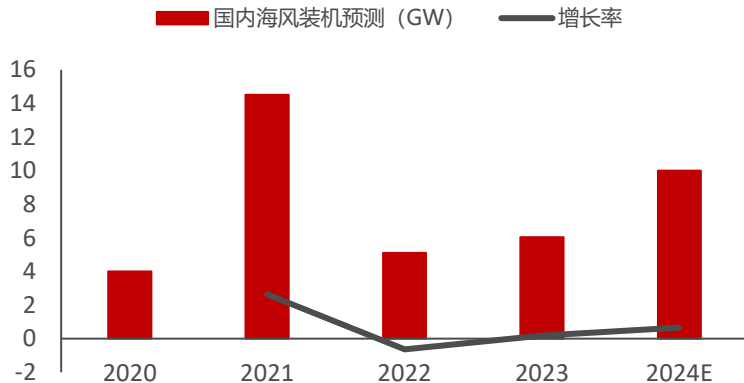
省份	用户类型	电价
浙江	大工业电价	高峰上浮 65%，低谷下浮 55%（春秋）、65%（夏冬）
	一般工商业电价	高峰上浮 50%，低谷下浮 55%（春秋）、62%（夏冬）
安徽	用电容量 100 千伏安及以上工商业	季节性高峰上浮 84.3%，其他月份高峰电价上浮 74%，低谷电价在用户购电价格加输配电价基础上下浮 61.8%
	100 千伏安以下工商业用户自愿选择是否执行峰谷分时电价	
福建	工商业用户（7—9月，11:00—12:00，17:00—18:00 为尖峰时段，上浮 80%）	峰时段上浮幅度为 58%，谷时段下浮幅度为 63%，尖峰时段上浮幅度为 80%
上海	一般工商业及其他两部制、大工业两部制用电	夏季（7、8、9月）和冬季（1、12月）高峰上浮 80%，低谷时段下浮 60%，尖峰时段电价在高峰电价的基础上上浮 25%。其他月份高峰时段电价在平段电价基础上上浮 60%，低谷时段电价在平段电价基础上下浮 50%。
	一般工商业及其他单一制用电	夏季（7、8、9月）和冬季（1、12月）高峰时段电价在平段电价基础上上浮 20%，低谷时段电价在平段电价基础上下浮 45%。其他月份高峰时段电价在平段电价基础上上浮 17%，低谷时段电价在平段电价基础上下浮 45%。

1

海上风电：电力体系改革下，新能源发电成为重要发电体系

- 2023年9月份以来航道等限制性因素逐步解除，江苏地区海风审批问题获解决，11月初，中国海域引用《三峡阳江青洲五七200万千瓦海上风电场项目海域使用论证报告书》，广东阳江项目获积极推动或作为后续推进用海预审、核准、建设等环节的风向标，前期项目推进受阻的海风建设有望逐步重启。据传24年3月-4月，江苏军方海域受限区域以及广东航道事项或已达成共识（暂时没有正式文件出台），2024年4月份国内海上风电招标规模1.85GW，相比24Q1招标量1.1GW表现出明显的边际改善趋势。
- 2023年海上风电招标共释放8.6GW，较上年降低27%。2023年全国海风装机量在6.04GW，而24/25年增长确定性更强，市场一致认为2025年将超过10GW，而参考中海油能源经济研究院的《中国海洋能源发展报告2023》，2024年我国海风装机量就将超过10GW。

图：2020-2025E中国海上风电装机量预测



2 海上风电：国内各省加速推进延缓/新海风项目

2024年以来，各省加速海上风电项目审批进程：

- ◆ 2024年1月5日，江苏省发改委率先发布《2024年江苏省重大项目名单、2024年江苏省民间投资重点产业项目名单》，其中包括3个海上风电项目，即盐城国信海上风电、盐城三峡海上风电、盐城龙源海上风电项目，涉及海风建设规模2.65GW，三个项目为此前2022年江苏2.65GW一期竞配项目，后受到军方海域相关事项影响推进，据传24年3月-4月，江苏军方海域受限区域以及广东航道事项或已达成共识（暂时没有正式文件出台）。
- ◆ **华东多地开启24年海风项目竞配，广东阳江项目开启招标**：上海市发改委发布《上海市2024年度海上风电项目竞争配置工作方案》，本次竞配海上风电规划总装机容量5.8GW；除此外，浙江宁波1.65GW项目启动竞配。4月，广东开启阳江帆石二1GW、阳江帆石一等海风项目招标。
- ◆ **江苏国信大丰850MW项目预计6月30日正式开工**：4月3日，项目风力发电机组及附属设备（含塔架）招标，5月26日，风机基础建造、施工及风机安装招标。

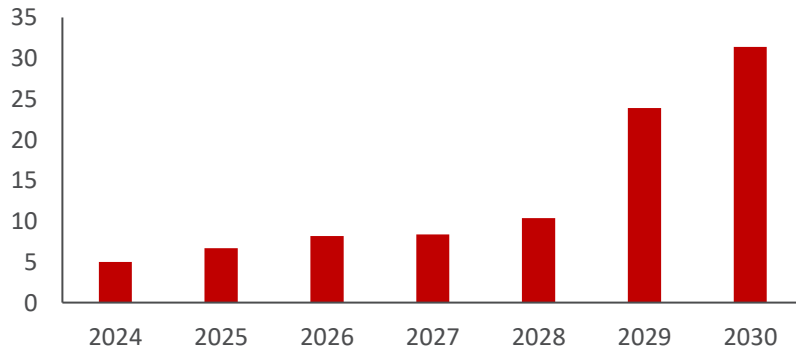
表：2022年广东阳江帆石一项目招标细节

公司	项目名称	装机容量 (MW)	年份	月份	招标项目	内容	对应招标海缆
中广核新能源（阳江阳东）有限公司	中广核阳江帆石一海上风电场风电机组设备（含塔筒）采购（三标段）	300	2022	8	风电机组（含塔筒）	海风	通过66kV集电海底电缆接入500kV海上升压站
中广核新能源（阳江阳东）有限公司	中广核阳江帆石一海上风电场风电机组设备（含塔筒）采购（二标段）	400	2022	8	风电机组（含塔筒）	海风	通过66kV集电海底电缆接入500kV海上升压站
中广核新能源（阳江阳东）有限公司	中广核阳江帆石一海上风电场风电机组设备（含塔筒）采购（一标段）	300	2022	8	风电机组（含塔筒）	海风	通过66kV集电海底电缆接入500kV海上升压站

海上风电：欧盟能源结构改革，新能源发电成为重要发电体系

- 2023年，欧洲为8个风电项目（合计9GW）筹集了300亿欧元（约合人民币2328.51亿元）的资金，陆续出台的自上而下推行的积极鼓励措施从另一个角度体现出吸引各类资本对可再生能源进行持续投资的关键性。
- 欧盟正式出台了《欧洲风电行动计划》，目标在2030年前安装超过500GW的风能，并实现可再生能源占总能源42.5%的目标，英国政府计划2030年以前海风装机量从14GW提升至50GW。
- 欧洲各国需要在2027-2030年期间每年建造24GW的新增装机才能实现2030年的累计装机量目标，而目前，欧洲境内的海上风电设备供应链每年仅能生产约7GW容量的设备，欧洲海上风电产业链产能受限。

图：2024-2030年欧洲（含英国）海风新建规模预测 GW

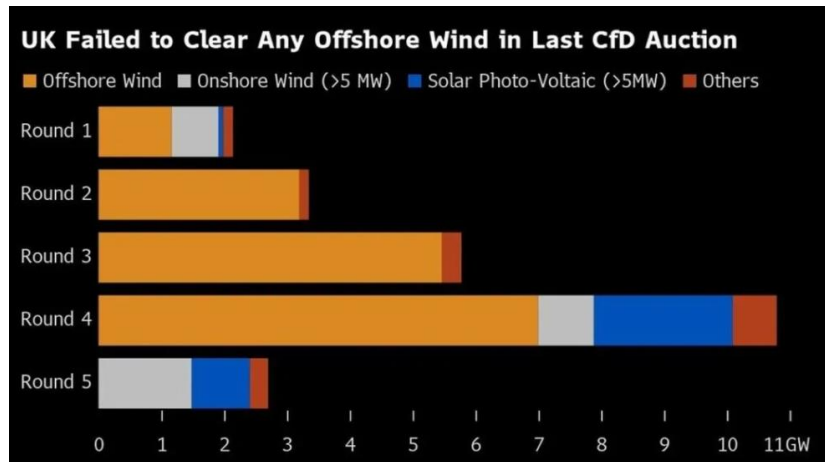


2

海上风电：英国上调AR6价格上限，鼓励可再生能源发展

- 2023年，英国海上风电发展经历了第五轮差价合约拍卖（CfD AR5）的流拍，主要因为竞拍设计的价格未能覆盖通货膨胀和价格上涨的情况，因此没有海上风电开发企业在这一轮中参与投标。2023年11月，英国表示将在2024年的第六轮差价合约竞拍中将海上风电价格上限提高66%，从44英镑/兆瓦时（包括并网成本，约合人民币400.31元/兆瓦时）提至73英镑/兆瓦时。
- **英国陆续开启海风商业化开发进程：**2024年2月，英国皇家地产（The Crown Estate）将开启英国海上风电第五轮海床使用权竞拍流程，拟授予在南威尔士和英格兰西南部凯尔特海域3个商业化规模漂浮式海上风电项目的用海权，装机规模合计4.5GW。根据2023年11月公布的英国秋季财政预算，凯尔特海域还将释放额外的12GW装机。

图：英国差价合约（CfD）计划是政府支持低碳发电的主要机制，AR代表差价竞拍的轮次



海上风电：欧洲海风建设需求较大，相关产业链企业产能紧张

- **欧洲海缆三大龙头未来三年产能基本饱和：**截至24Q1，Prysmian海缆业务在手订单为131亿欧元，NKT海缆在手订单46亿欧元，Nexans海缆相关业务在手订单67亿欧元，未来三年的订单已经饱和。
- NKT年报表示，预计约26-29%的高压电缆积压订单将在2024年和2025年执行，其余将在2026年及以后执行。**2023年欧洲市场对高压电力电缆系统的需求空前旺盛，使得NKT的订单量创下历史新高**，因此公司启动了约10亿欧元的投资计划（NKT宣布将在其高压电缆业务上投资约10亿欧元，以建造一艘新的高端电缆铺设船，以及在瑞典新建一座海上电缆制造工厂，后者预计于2027年投产，**建成后将成为全球最大的高压海上电缆生产基地**）。

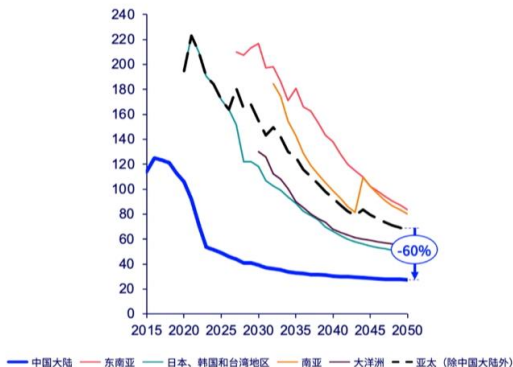
表：2023年NKT中标部分海风海缆项目列示

项目名称	国家	项目公布时间	规模 (百万欧)	项目类型
50Hertz HVDC Projects	德国	202309	~3500	海风/电网互联
Baltic Power	波兰	202306	>120	海风
East Anglia Three	英国	202306	>250	海风
Hornsea 3	英国	202303	~500	海风
IJmuiden Ver Beta, G&N 2	法国	202303	~2000	海风

海上风电：LCOE下降，助推其在东南亚、印度等亚太地区发展

- ◆ GWEC统计，2023年全球海上风电装机量达到10.8GW，相比2022年净增加2GW，同比增长23%，并且该机构预测2024-2026年全球海上风电新增装机量分别为18/24/29GW，CAGR为39%，全球海上风电建设进入加速发展环节。
- ◆ 根据Wood Mackenzie，2023年燃煤和燃气发电成本v.s.2020年增加了12%，而海上风电LCOE持续下降，2023年海上风电成本同比下降11%。中国沿海区域海上风电成本已与燃煤发电持平，实现平价上网自给自足。预测2030年，亚太区新建海上风电项目的成本将再下降21%。海上风电CAPEX的下降助力海上风电项目在印度、东南亚和澳大利亚加速发展。
- ◆ **新能源发电并网成为制约因素之一：**政府政策将升级电网可靠性、提升输电能力和扩大电池储能等方面发挥至关重要的作用。

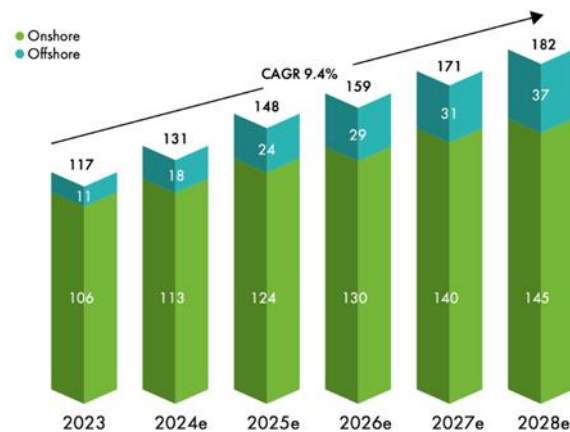
海上风电 单位：\$/MWh



图：亚太地区海上风电LCOE逐步下降(左)

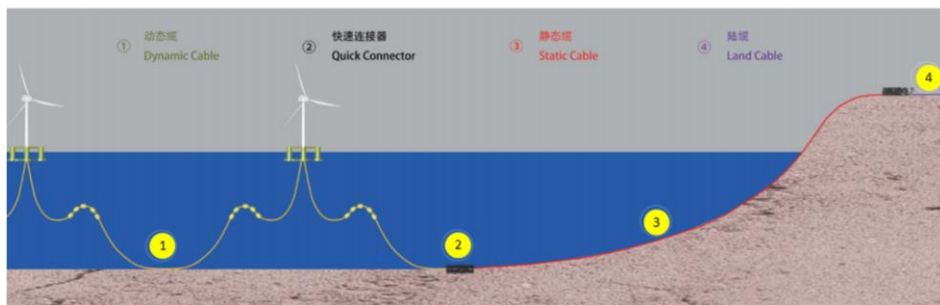
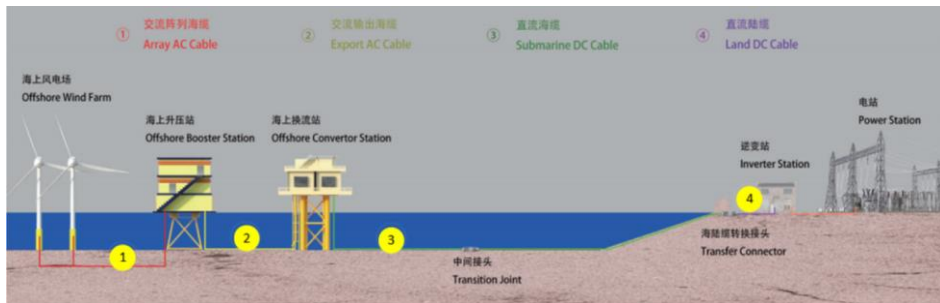
图：GWEC全球风电装机量预测 (右)

New installations outlook 2024–2028 (GW)



远海深海化+风机大型化，柔直+动态海缆为未来技术发展方向

图：深远海直流海缆系统解决方案



图：深远海漂浮式动态海缆系统解决方案

近浅海 (5-50m)



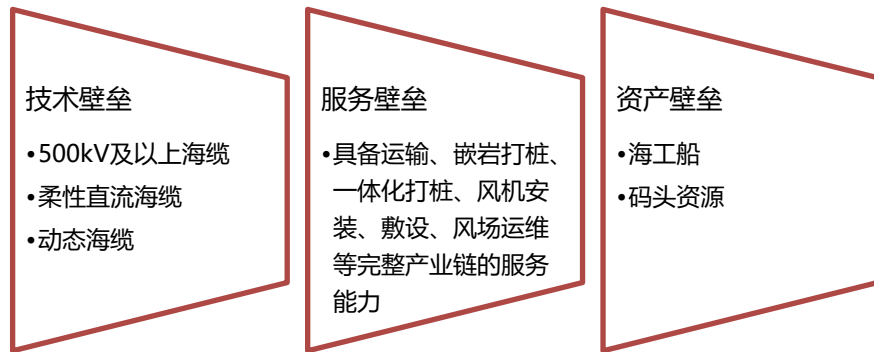
深远海 (>50m)

- 随着水深增加，固定式和漂浮式基础成本逼近，同时50m以上的大容量机组的固定式基础设计面临挑战，动态海缆系统作为漂浮式风电输电的关键装备，主要用于连接风机之间及风机与集电外输的静态海缆。
- 深远海趋势下漂浮式风电机组需要使用动态电缆，而对于离岸距离超过70公里、容量大于40万千瓦的海上风电项目，相比交流输电，柔性直流输电更具经济性和可靠性。
- 海内外海风建设向着远海风电+风机大型化方向发展，根据国家能源局，预计2030年，我国远海风电并网规模将超过1亿千瓦。阵列海缆（35kv）用于串联海上风机将电力传输至海上升压站，送出海缆（220kv及以上）以高压电缆为主，将升压后的电能传输至岸上。

海上风电：海缆一线龙头的技术/服务/资产能力树立市场壁垒

- 头部企业相较其他企业具备技术/服务/资产壁垒，当前二线企业在高压技术和交付能力、海工船和重点海风建设省份的码头资源上相较一线企业具备较强差距。
- **技术壁垒**：500kV及以上海缆生产制造、柔性直流海缆制造、动态海缆
- **服务/资产壁垒**：海缆安装要求较高，仅头部企业具备运输、嵌岩打桩、一体化打桩、风机安装、敷设、风场运维等完整产业链的服务能力
- **资产壁垒**：海工船、码头资源

图：海缆企业的经营壁垒



3 2023-2025年全球海缆市场规模GAGR约44%

➤ 全球海缆需求测算：

- 假设1：国内海缆价格参考华能能源研究院中我国海上风电造价约1.4-1.8万元/千瓦，按海底电缆（含敷设）大约占海上风电投资规模12%估算，其中假设随着国内海缆向高压/深远海方向发展，假设2023/2024/2025年海缆占整体造价趋势分别为12%/13%/14%；
- 假设2：国内2023年装机量为6.04GW，假设2024/2025年海风装机量分别为10/12GW；
- 假设3：参考GWEC统计2023年全球装机量为10.8GW，国内海风装机6.04GW，则海外（以欧洲和英国为主）装机量为4.8GW，假设2024/2025年分别为6.5/8GW；
- 假设4：考虑海外海缆高压/柔性直流趋势以及离岸距离更远，所以假设海缆单GW价值量为20亿元。
- 考虑海内外海风装机带来的需求提升以及深远海趋势下海缆离岸距离增长，我们预测2023/2024/2025年全球海缆市场规模分别为211/337/427亿元，2023-2025年CAGR为44%。

表：2023-2025年海缆建设规模预测

	2023	2024E	2025E
海上风电造价(万元)	1.6	1.6	1.6
海缆投资占比	12%	13%	14%
海缆（含敷设）投资(万元/kW)	0.2	0.2	0.2
装机量（GW）	6.0	10.0	12.0
中国海缆市场规模(亿元)	116	208	269
海外（欧洲+英国）装机量（GW）	4.8	6.5	8
单GW海缆价值量（亿元）	20	20.5	21
海外海缆市场规模（亿元）	95	133	168
全球海缆市场规模（亿元）	211	341	437
CAGR			44%

1.3 从CT建设走向IT建设，从传统计算走向并行计算，从经典并行计算走向量子计算

1.3.1 从CT建设走向IT建设

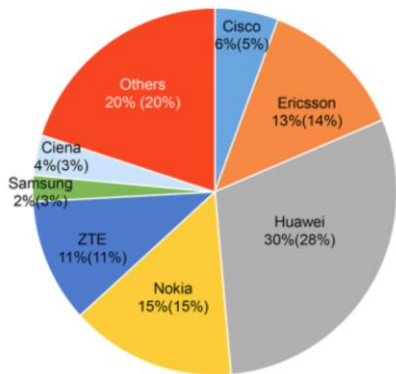
1

CT市场竞争格局稳定——四分天下

- 全球厂家的排名基本保持不变，前七家供应商约占整个市场的 80%。Dell'Oro 的评估认为，华为在2023年的领先优势有所扩大。

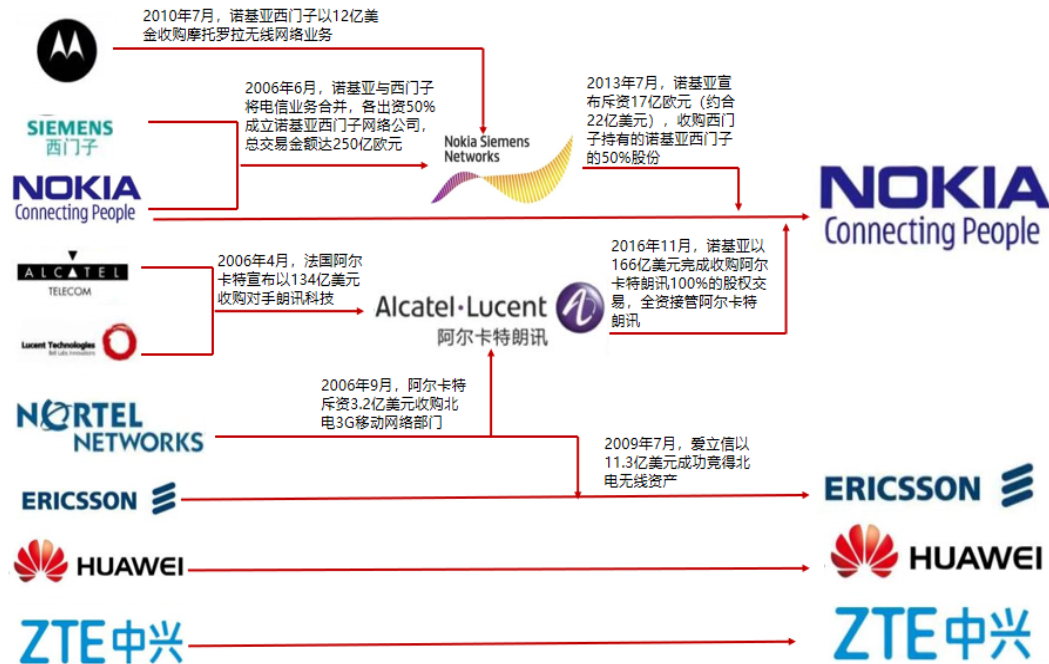
图：2023全球电信设备市场份额占比

Worldwide Telecom Equipment in 2023*



*2022 revenue shares in parenthesis
Equipment includes: Broadband Access, Microwave & Optical Transport, Mobile Core Network & RAN, SP Router & Switch

图：CT市场格局演变史



1

CT市场竞争格局稳定——四分天下

- **四大设备商业比较：**中兴和华为是端到端业务综合设备提供商；研发人员规模更大，工程师红利明显；华为5G侧技术实力领先海外；具备芯片及算法侧核心竞争力。
- **公司份额有望提升：**中国5G建设领先其他国家，更早形成技术和产业优势；5G标准制定中，中国厂商的参与度大幅提升；国内厂商专利数量、占比提升，综合实力提升。

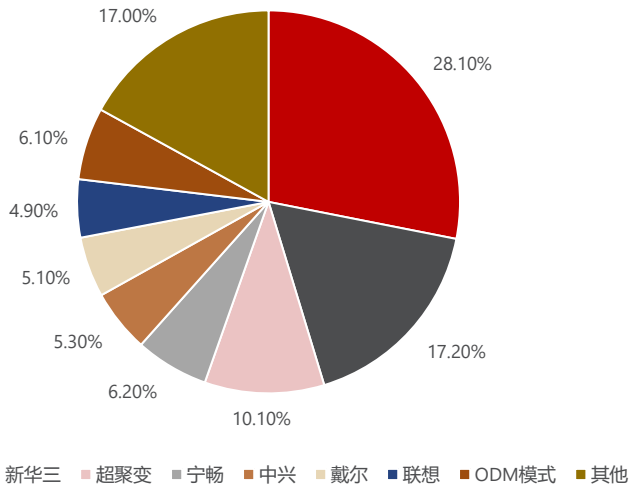
表：全球四大设备商对比

	业务范围	核心技术能力	研发实力	产品能力
华为	端到端覆盖（无线设备、有线设备、数通设备、终端、云计算）	芯片（海思半导体）、算法（鸿蒙）	5G申报专利数排第二	华为5G设备性能全面领先，尤其在5G的新功能领域，扩展性和灵活性方面占优
中兴	端到端覆盖（无线设备、有线设备、数通设备、终端、云计算）；企业网和终端产品实力跟华为有一定差距	芯片（中兴微电子）	5G申报专利数排第七	中兴5G设备性能仅次于华为，2020年推出新版本后，差距逐步缩小
诺基亚	无线设备	-	5G申报专利数排第六	5G设备性能落后；中美市场都未中标
爱立信	无线设备、有线设备	-	5G申报专利数第四	2G/3G/4G积累充分，基础性能方面占优，看重从4G到5G的过渡

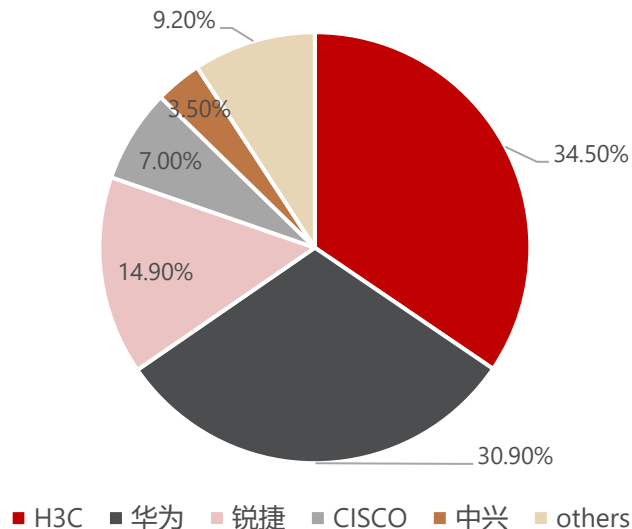
1 IT 市场竞争格局——中兴通讯等厂商发力

图：IT侧主要下游市场份额

国内服务器市场份额为（22年）



国内交换机市场份额（22年）



1

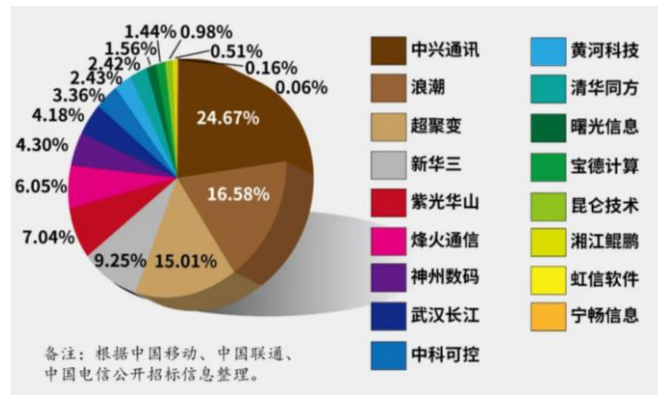
国内CT龙二中兴通讯加大IT建设

- **中兴通讯从2005年开始研发服务器及存储产品，拥有全系列服务器及存储产品。**是业界具有自主设计、自有工厂生产的服务器厂家，实现主板/BIOS/BMC/网卡等关键部件自主研发，产品主要服务于政府、金融、交通、教育、医疗、电信运营商和互联网等多个行业。用CT的方式管控IT产品的质量，质量管控得到业内客户的认可。服务器覆盖Intel CPU服务器、GPU服务器以及AMD服务器、海光服务器。
- **中兴通讯是电信行业服务器龙头，位列 X86 服务器市场第一阵营。**三大运营商算力服务器相关集采中，中兴通讯份额位列电信市场服务器第一，成为中国服务器行业第一梯队行业领先企业。

表：中兴通讯ICT设备产品布局

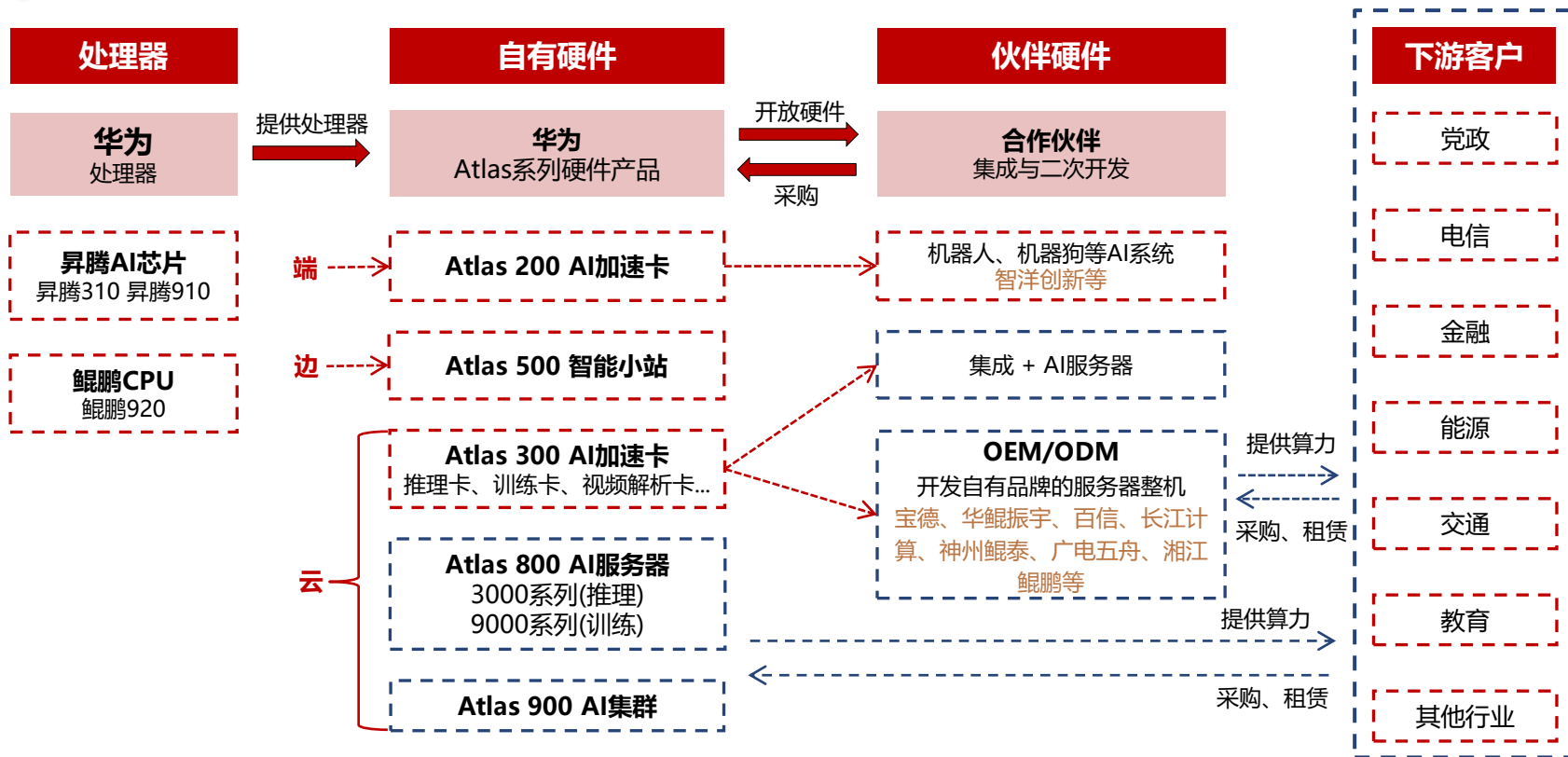
产品类型	具体产品	应用领域
IT	服务器、存储等	公有云、私有云以及政企机房等场景使用的服务器、存储等设备
数据通信	交换机、路由器、网络安全、网络管理等	政府、企业等客户的接入网、机房、网络管理、网络安全等使用的设备以及成套解决方案
WLAN	企业AP、企业AC等	企业、商业、工业等场景下的无线接入网络及控制系统
能源	通信电源、储能电源、微模块等	机房、数据中心等电源模块和系统
接入和传输	PON、接入终端、OTN、PTN、MSTP等	针对政企等客户的专网、内网等需求提供的接入及传输网络产品
云视讯	云视讯平台，个人终端，大屏一体机、融合调度等	企业、政府、公安等视频终端、平台及系统
数据库	GoldenDB分布式数据库	主要针对金融行业的分布式数据库

表：中兴通讯在电信行业集采份额领先



2

国产算力产业链



智算IT运维驱动力：AI 引领下的新兴市场，下一个增长引擎

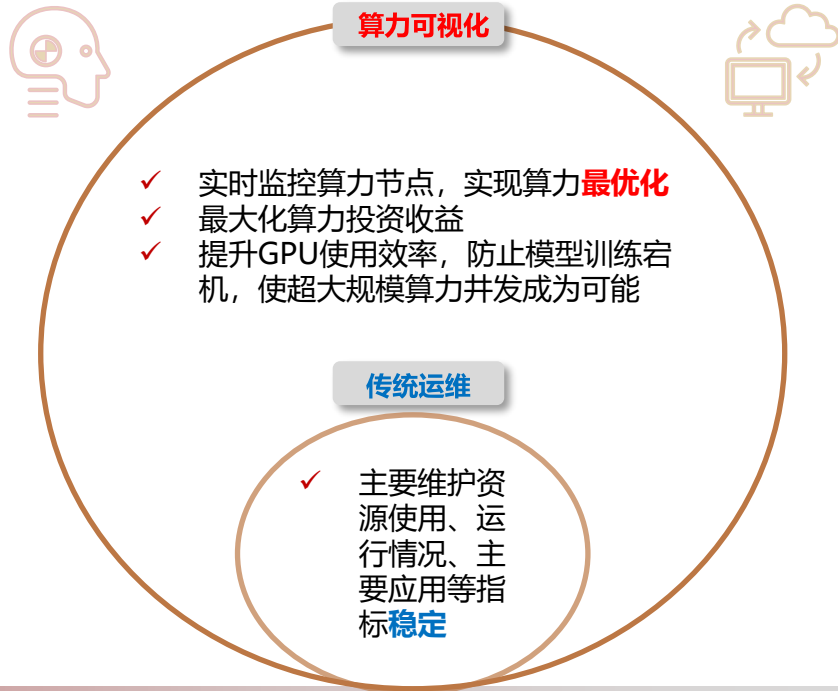
智算可视化市场规模估算预计将在2026年达到5086亿，算力规模26年预期达到1271400P，为22年的4.7倍。我们对智算可视化市场未来发展持有较为乐观的预期。

表2：智算可视化市场规模

市场规模 (亿元)	2022	2023E	2024E	2025E	2026E
算力规模 (P)	268000	427000	640700	922800	1271400
市场规模	1072	1708	2563	3691	5086
传统运维占比	4%	4%	4%	4%	4%
传统运维规模	43	68	103	148	203
智算可视化悲观占比	4%	4%	4%	4%	4%
智算可视化中性占比	5%	5%	5%	5%	5%
智算可视化乐观占比	6%	6%	6%	6%	6%
智算可视化悲观市场	43	68	103	148	203
智算可视化中性市场	54	85	128	185	254
智算可视化乐观市场	64	102	154	221	305
智算可视化维保		2.5%	2.5%	2.5%	2.5%
算力可视化维保市场	0	27	43	64	92
悲观市场合计	86	163	248	359	499
中性市场合计	96	181	273	396	550
乐观市场合计	107	198	299	433	601
A100 服务器算力 (P)	5	5	5	5	5
需求数量 (台)	53600	85400	128140	184560	254280

上述测算来自《恒为科技 (603496.SH) 深度报告：AI算力可视化的“光模块”》

vs传统运维 新旧方式对比



智算IT运维驱动力（一）：AI算力市场需求端蓬勃发展(1)

政策端：算力利好政策

2020年

美国政府高度重视人工智能技术创新和发展

- ✓ 根据2020年美国《**国家人工智能倡议法案**》(National AI Initiative Act of 2020)，国会要求国家科学基金会 (NSF) 与白宫科学和技术政策办公室 (OSTP) 组建工作组

2023年
1月

NAIRR计划

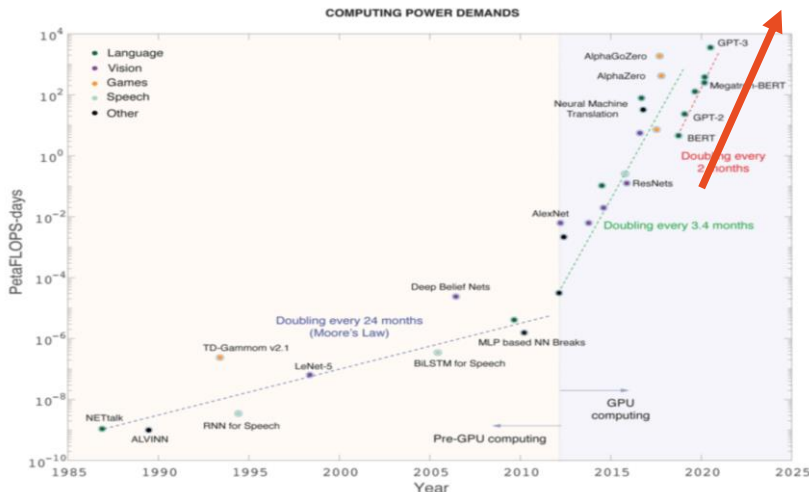
- ✓ 为保持美国在AI领域的领先地位并应对算力及数据资源短板，计划投资26亿美元在6年内建设**NAIRR**基础设施，汇聚高质量数据、提供算力资源，并支撑AI研究与创新。此基础设施将面向研究院校、学生等开放，旨在巩固美国在AI领域的国际竞争优势。



产业端：AIGC落地应用蓬勃发展

✓ 人工智能应用端生成式AIGC应用场景蓬勃发展，对产业链上游的算力需求旺盛。

- 2012年之前，计算能力需求每24个月翻一番；2020年开始约每两个月一次
- 随着GPT-2, 3, 4的大模型训练迭代，对算力要求激增



智算IT运维驱动力（一）：AI算力市场需求端蓬勃发展(2)

AIGC上游智算IT运维

训练端

按需调用需求

智算中心结构相较于数据中心更为复杂，实现CPU、算力卡和存储的充分解耦，按需调用，复杂度上升

实时监控需求

大模型训练需求复杂，通常需要万张以上的算力卡和复杂的分布式计算，要求实时资源监控

整合一体化平台需求

复杂的架构提高了监控系统的价值，需要整合IT监控系统一体化来满足运维需求

推理端

调用成本将成为模型的核心竞争力之一
Open AI通过系统优化实现降本90%开启价格战，为后进入者设置门槛

APM能帮助使用者实现降本。全面监控体系，能帮助模型迅速发现性能瓶颈，提高效率

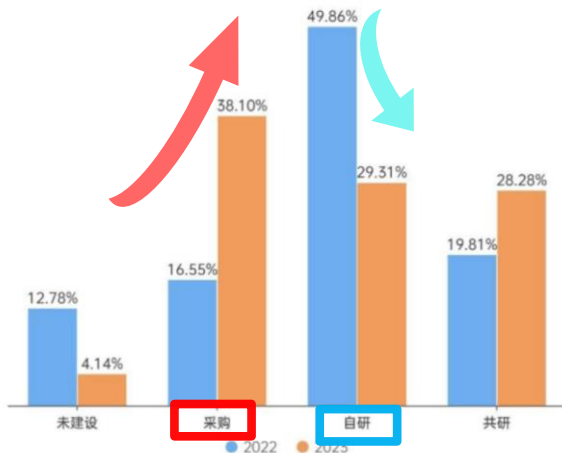
例如海外运维头部玩家Datadog的整合式能在算力扩容和应用端落地需求激增中受益

总结

智算中心的IT运维是AIGC带来的赛道投资机会。企业对智能运维的需求不断增加，越来越多的企业采用第三方解决方案来建设智能运维能力。通过算力可视化，可以帮助企业更高效管理、优化算力资源，识别和预警风险，降低算力资源的成本。

3 智算IT运维驱动力（二）：解决第三方运维市场痛点

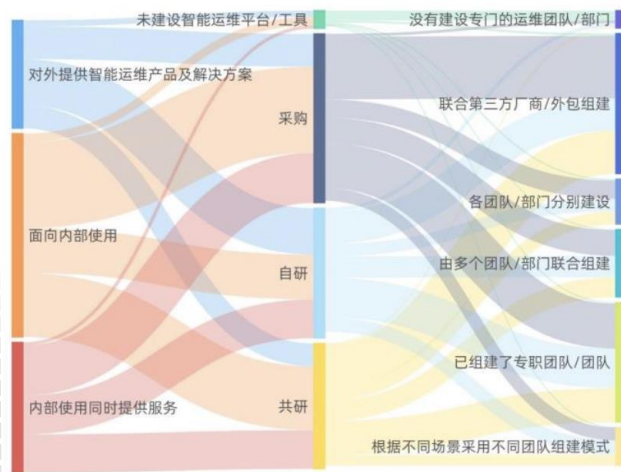
采购第三方解决方案逐渐成为主流



关键点

- 根据《中国AIOps 现状调查报告（2023年）》，受访者所在企业23年以采购第三方解决方案的方式占比较去年增长**超过20%**
- 23年以**自研方式**搭建智能运维平台/工具的企业比例相比**下降了20.55%**

面向内部智能维运的系统，出现采购为主



关键点

- 面向内部使用智能维运的企业，今年呈现以**采购为主**，占比**42.31%**，自研(21.95%)、共研(31.43%)辅助的形式
- 越来越多采用外部力量与第三方厂商合作

上述测算来自《恒为科技（603496.SH）深度报告：AI算力可视化的“光模块”》

总结

企业对智能运维的需求不断增加，越来越多的企业采用第三方解决方案来建设智能运维能力。通过算力可视化，可以帮助企业更高效管理、优化算力资源，识别和预警风险，降低算力资源的成本。

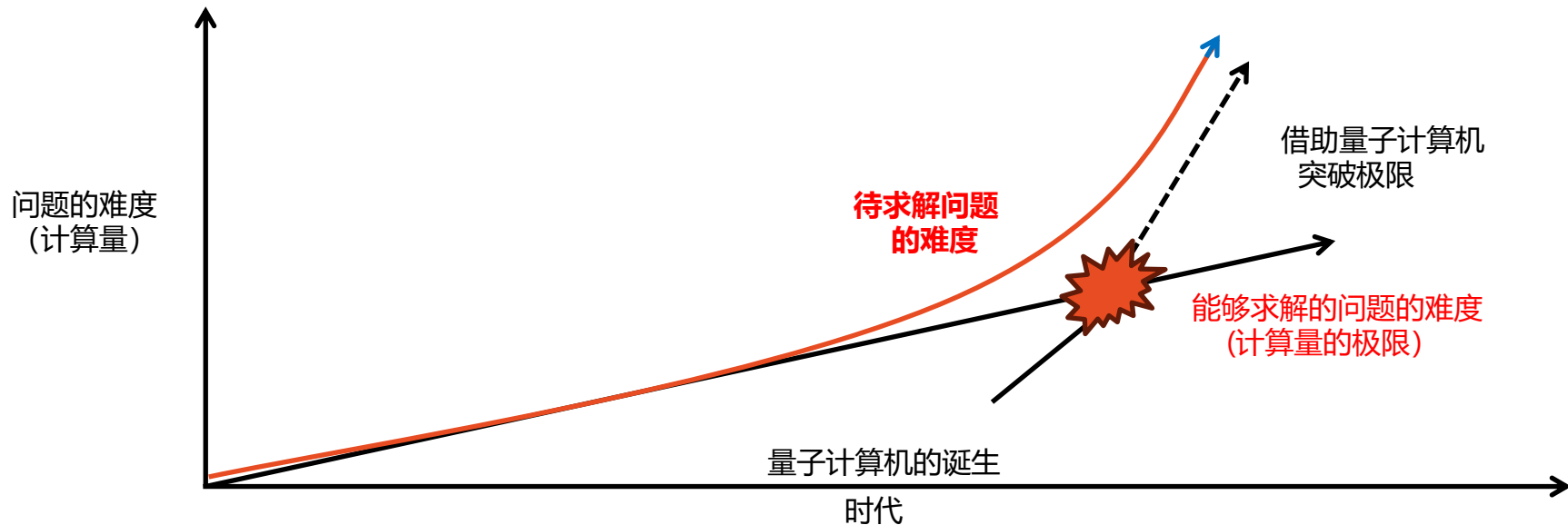
1.3.2 从经典并行计算走向量子计算

1

为什么需要量子计算机?

- 传统电能计算机能力依旧有限。**随着计算机发展，高速计算得以实现，反之，待以解决的问题也变得越来越复杂、繁琐。我们认为对于复杂的三维物体或具有量子力学行为的物质，对于当前仿真计算技术仍有较大挑战。不可否认，有时候在计算方面，计算机仍力有未逮。近年来备受关注的区块链技术、机器学习技术，均**致力于减少求解问题所花费的时间**。

图：未来有望借助量子计算机突破极限

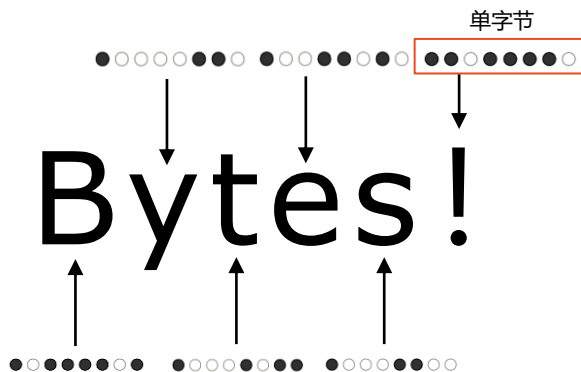


1

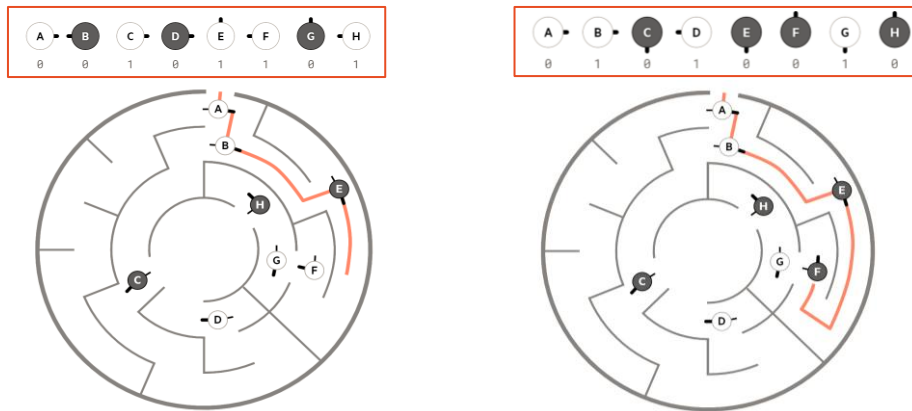
经典计算机的掣肘在哪？

- ▶ **经典计算基于比特和字节，拥有多重排列模式。**经典计算的基本单位是比特，它可以处于两种二元状态之一：off或on，在经典计算中通常被描绘为0或1。连续的8比特成为1字节，其可以储存更多数据，同时根据不同比特状态排列组合，1字节可拥有256种完整组合，而这些组合也足以使用ASCII系统对拉丁字母表中的每个字符进行编码。一种更现代的编码称为“Unicode”，使用最多四个字节的组，足以涵盖从表情符号到泰米尔字符和许多其他基于字符的语言的所有内容，而其超过 100 万个可用组合中的一小部分而已。
- ▶ **比特解决计算问题的方式可理解为迷宫游戏。**假设比特字节计算方式为一个迷宫，其目标是使用最短的路径到达迷宫中心。使用经典计算机，沿途的每个交叉点都变成与一位相对应的二元决策，其中**1/0位表示在迷宫“转弯处”的决策**。通过此种方式，可将每个比特位的组合视为穿过迷宫的一组方向。但每一次的比特字节组合并非是正确的，一些路径会重叠，而另一些路径可能会遇到死胡同，但通过尝试每种组合，最终可以找到到达中心的最短路径。然而单字节就拥有256种组合，为了检查准确性，经典计算机必须研究每种可能的组合，并且一次只能检查一个组合。

图：比特字节组合形成ASCII码



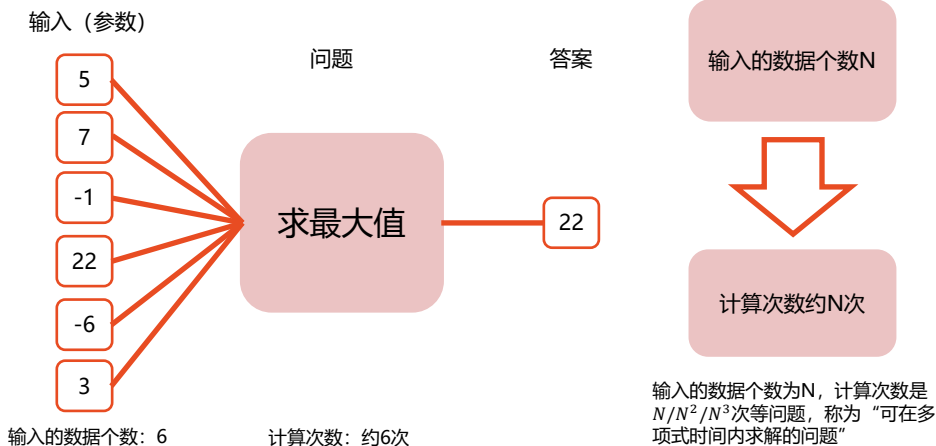
图：不同ASCII码类似迷宫路径组合，但组合多且需要逐一排误



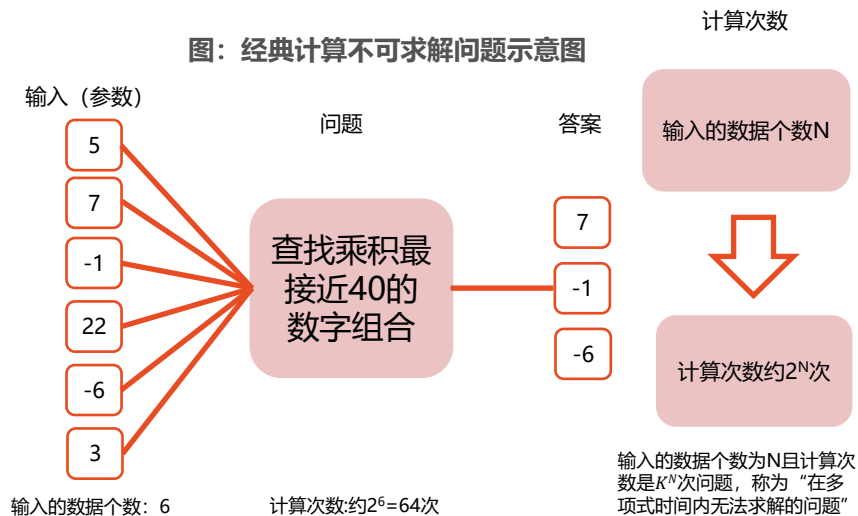
1 经典计算核心问题在于多项式时间内无法求解

- 可解问题就是相对于输入参数的数量，需要计算的次数没有急剧增多的问题。以“从输入的一组数字中找出最大的数字”问题为例，在输入了6个数字的情况下，程序逐一对比大小后，大约计算6次可得到解；在输入了10个数字的情况下，程序大约需要计算10次；在输入了100个数字的情况下，程序大约需要计算100次。即对于“求最大值”这类问题，若输入了N个数字，程序大约需要计算N次。
- 由果溯因反向推理问题求解难度较大，且拥有多种组合，“不可解问题”出现概率较大。对于“从输入的一组数字中，找出乘积最接近40的数字组合”问题，常规解法是列出所有输入数字组合，逐一计算各种组合的乘积，再从中找出乘积最接近40的组合。如输入了6个数字，则有 $2^6 = 64$ 种组合；当输入10个数字时，需要进行 $2^{10} = 1024$ 次乘法运算；当输入20个数字时，需要进行 $2^{20} = 1048576$ 次乘法运算；当输入30个数字时，需要进行 $2^{30} = 1073741824$ 次乘法运算，运算的次数字指数式增加。

图：经典计算可求解问题示意图



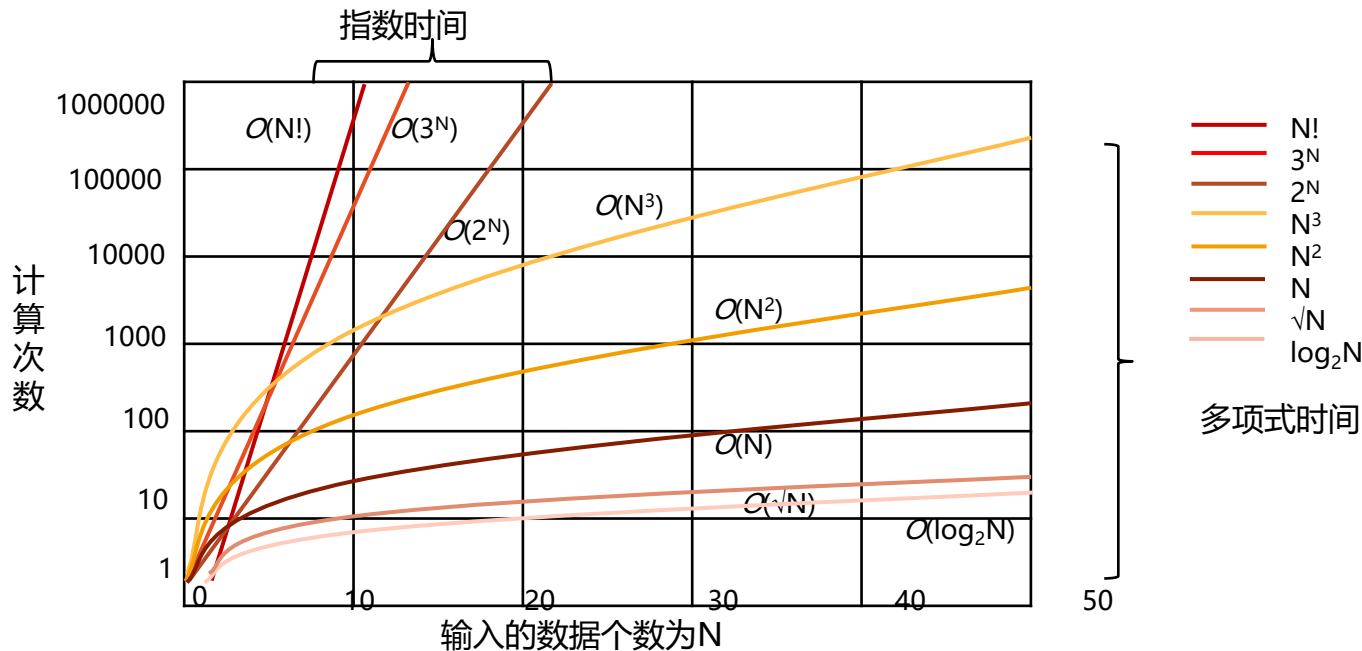
图：经典计算不可求解问题示意图



1 经典计算核心问题在于多项式时间内无法求解

▶ 当输入的数据个数为 N 时，计算次数大约为 K^N (K 是整数)。即，随着 N 的增加，计算次数呈指数增长（需要指数时间）。学界将具有这种可能性的问题称为在多项式时间内无法求解的问题，也就是经典计算机面临的棘手问题。

图：当输入参数数量为 N 时，可解问题的计算次数和无法求解的问题的计算次数

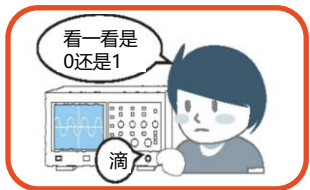


1 为什么量子计算可以解决上述问题？

图：测量量子比特

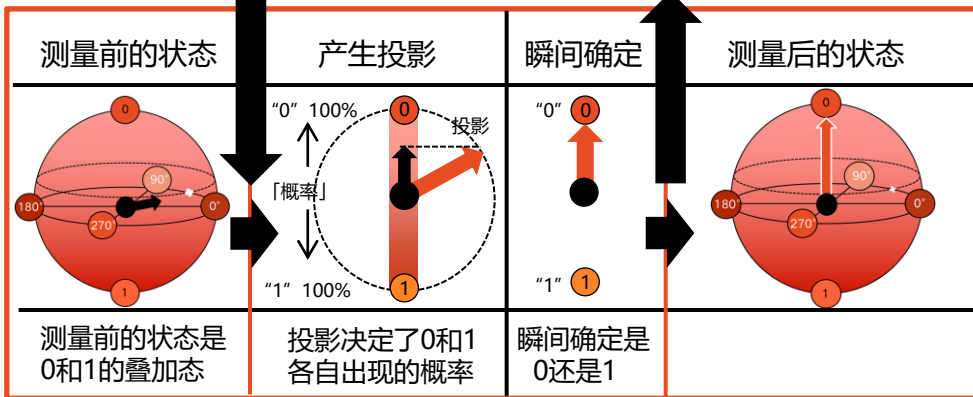
测量前，
量子比特的状态未知

测量后，
得到了非0即1的经典比特信息



开始测量

测量结果



- 量子计算机和经典计算机最大的不同点在于二者使用的最小信息单位不同。不同于只拥有0/1态的经典比特，量子计算机使用的最小信息单位是量子比特。虽然量子比特也可以和经典比特一样使用0和1这两种状态来表示信息，但除此以外，量子比特还可以处于0和1的“叠加态”这一特殊状态。
- 量子比特的状态可假设为球体，量子0/1叠加态可表征为球面任意一点。量子球体分别以0和1表示上下顶点（南北两极），该球体称为布洛赫球，常用于表示量子比特的状态。布洛赫球球面上的点表示量子比特的状态。箭头指向正上方（相当于地球的北极）时状态为0，指向正下方（相当于地球的南极）时状态为1，指向球面上其他点时状态为0和1的叠加态。
- 类似于地球经纬度，布洛赫球面点常以振幅+相位物理量定坐标。量子比特一经测量，就会通过概率来决定到底是处于状态0还是状态1。二者的概率均取决于测量前指向布洛赫球球面上某一点的箭头在贯穿0和1两点的轴上的投影。箭头的投影越接近0，出现0的概率就越大；越接近1，出现1的概率就越大。经过测量后，我们就可以从量子比特中读取非0即1的经典比特信息。量子比特的状态此时也会变为与测量结果对应的状态0或状态1。

2

量子比特实现方式

► 需要利用量子力学的状态（量子态）来制备量子比特，并通过控制量子态来实现量子化操作。量子态非常脆弱，在控制量子态时要避免使其遭破坏。

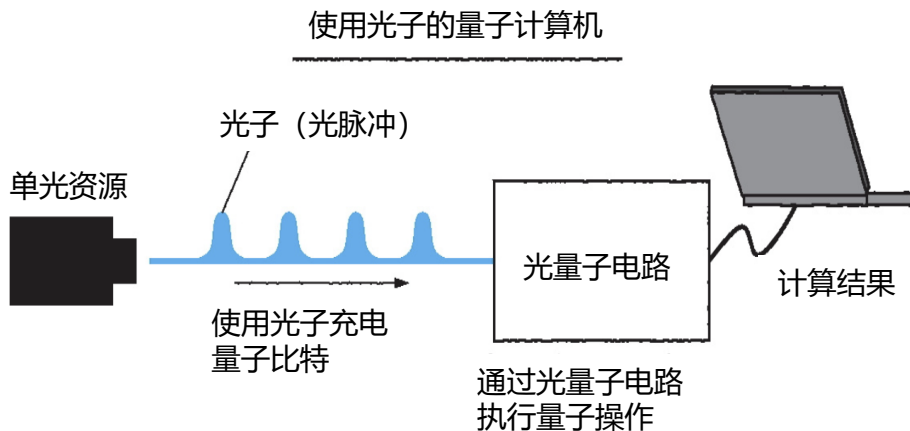
表：实现量子比特主流方式

实现方法	概要	代表企业
超导电路	使用稀释制冷机将电子电路冷却至极低温度(约10-2K)使其进入超导状态，由此实现量子比特。电子电路中使用了约瑟夫森元件。通过微波脉冲等手段进行量子门操作。	Google、IBM、Intel、Rigetti、Alibaba、D-Wave Systems
囚禁离子/超冷原子	使用离子阱(ion trap)和激光冷却技术对离子进行排列，由此实现量子比特(囚禁离子)。通过激光照射进行量子门操作。此外，还可以用磁场和激光冷却技术囚禁中性原子来实现量子比特(超冷原子)。	IonQ
半导体量子点	使用半导体纳米结构的量子点(quantum dot)束缚电子来实现量子比特。可以应用半导体集成技术。	Intel
金刚石氮空位中心	利用金刚石中氮空位缺陷(NV色心)上的电子自旋和核自旋实现量子比特。其优势在于可以在常温下运转。	
光学量子计算	通过非经典光实现量子计算。目前正在研究使用连续变量和单光子的光学量子计算。基于测量的量子计算的应用也在研究之列。	XANADU
拓扑型	通过拓扑超导体实现马约拉纳费米子(Majorana fermion)，由此实现具有较强抗噪性的量子比特。基于数学上的辫论执行量子计算。	Microsoft

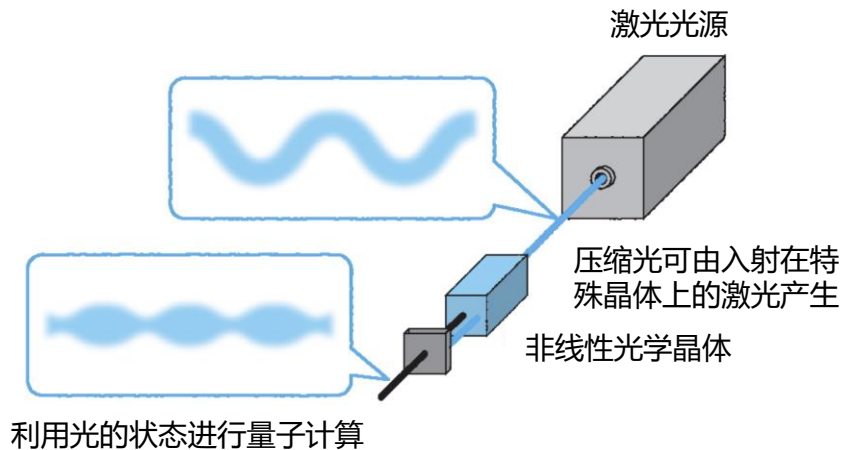
2 以光子为例，详解量子获取方式

- ▶ **光子技术获取量子比特可在室温下进行。**该方式有望通过与名为硅光子学（silicon photonics）的光波导（optical waveguide）芯片制造技术和光纤等光通信技术相结合来实现量子计算机。量子力学中，光既是波又是粒子。光子本身就是微弱的光，使用光子的量子计算机既可以在室温下运行，又与光纤通信具有良好的兼容性。
- ▶ **通过压缩光能够实现量子比特。**与普通的激光（相干光）相比，压缩光能够改变电场的涨落并维持特殊的光子数分布，可以说是一种使量子性得到增强的光的状态。压缩光可由入射在特殊晶体上的激光产生。不同于前面介绍过的线性光学法和使用共振器QED的方法，利用压缩光可以执行连续变量量子计算。

图：光子量子计算机演示图



图：使用光实现量子比特



3

量子计算软硬件体系已经初具雏形

图：量子计算产业链

量子计算产业上游主要包含环境支撑系统、测控系统、各类关键设备组件以及元器件等，是研制量子计算原型机的必要保障，目前由于技术路线未收敛、硬件研制个性化需求多等原因，上游供应链存在碎片化问题，逐一突破攻关存在难度，一定程度上限制了上游企业的发展。

量子计算产业生态中游主要涉及量子计算原型机和软件，其中原型机是产业生态的核心部分，目前超导、离子阱、光量子、硅半导体和中性原子等技术路线发展较快，其中超导路线备受青睐，离子阱、光量子 and 中性原子路线获得较多初创企业关注，美国原型机研制与软件研发占据一定优势。

量子计算产业下游主要涵盖量子计算云平台以及行业应用，处在早期发展阶段，近年来全球已有数十家公司和科研机构推出了不同类型的量子计算云平台积极争夺产业生态地位，目前量子计算领域应用探索已在金融、化工、人工智能、医药、汽车、能源等领域广泛开展，国外量子计算云平台的优势体现在后端硬件性能、软硬件协同程度、商业服务模式等方面。

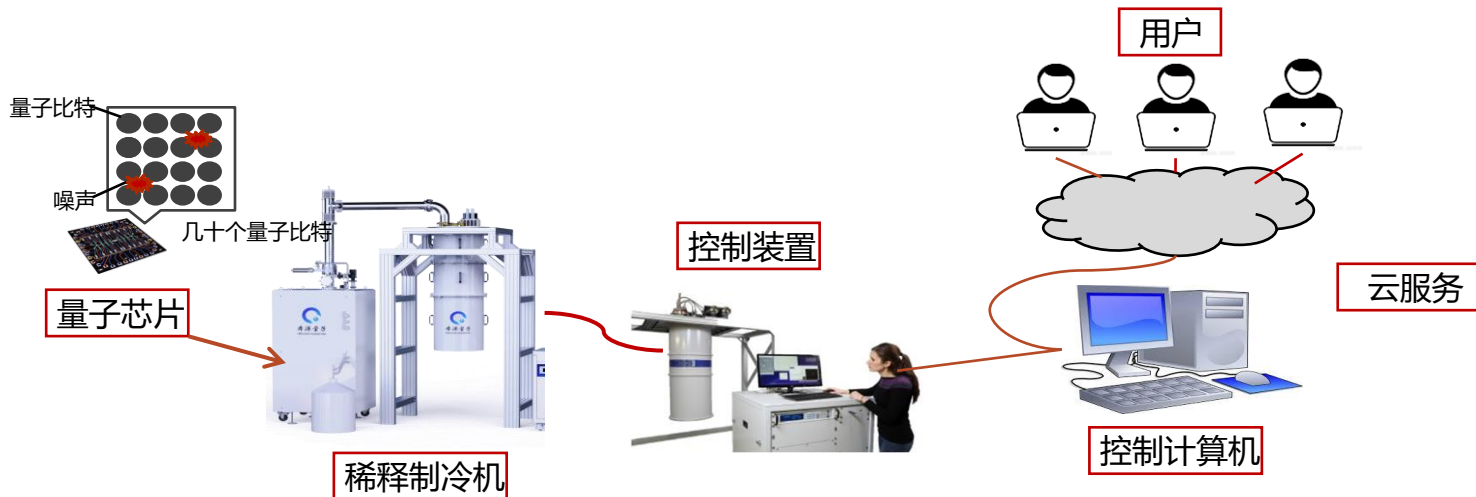
产业生态	国际	国内	
上游 环境与测控	稀释制冷机	*BLUEFORS, Oxford Cryogenics, LT LAB, Cryo-Systems, Janis ULT, FormFactor, UVAAC, UVAAC CRYOSYSTEMS	CryoPride, PHYSIKE
	测控系统	Qubit Systems, QM QUANTUM MACHINES, QBLOX, KEYSIGHT, MenloSystems	ZAO 中地达信, 国盾量子
	低温组件	SEAR COOLING ELECTRONICS, Atlantic Microwave, Lake Shore, COGIX, AmpliTech	联创量子, ZAO 中地达信, FERMI
	真空系统	Jelvac Systems, JVC, Kurt J. Lesker, Leybold, Agilent, EDWARDS, PFEIFFER, VACUUM	FERMI, 力奥特真空技术(北京)有限公司
	激光器	M, NKY Photonics, THORLABS, REPTICA, n LIGHT, OEwaves	GreinerLasers, HOTECH, Accelink
光学探测器	ROCKWELL AUTOMATION, SPINTECH, Photon Spot, Pixel Photonics	联创量子, SHIMING, CETC	
中游 原型机	超导	IBM, Google, rigetti, IQM, OQC, epibeximo, ATLANTIC SYSTEMS, SEEQC, qti, Nerd	本源量子, Bai 百度, CETC, SPINQ
	离子阱	QUANTINUUM, IONQ, AQT, IonQ, eleQtron	XTO, QUDCOR 启科量子, 国盾量子
	光量子	XANADU, PsiQ, QUANDELA, QUIDX	本源量子
	硅半导体	intel, SiQuantum, MTT, equal1, QUANTUM MOTION, EeroQ, C12, HITACHI, photonic	本源量子
	中性原子	atom computing, ColdQuanta, PASQAL, blueEra, Nanos	本源量子, 中科院量子
其他	Microsoft (拓扑), D-WAVE (量子退火), QUANTUM BRILLIANCE (NV色心)	BosonIQ 博思量子 (CIM), SPINQ (核磁)	
下游 云平台	软件	HORIZON, b e, Quantagonia, CLASSIQ, QUANTASTICA, MYRS, blueqat, softwareQ, Q-CTRL, ENERGENIA LABS, QUBIT, parityQC, QuantalQu, Light Server, qubit quantum technology, Quantum-South, QPS, SAVANNAH, river lane, IQBit, Quemix, Qu & Co, QuantFi, QCWARE, 1000 CHEMISTRY, ProteonQure, QUANTUM, ZAPATA, QCI, POLARIS, MULTIVERSE, CogniFrame, inspirationQ, SPILLATE, QUNOVA, Qubit	Bai 百度, HUAWEI, 本源量子, ARC LIGHT, 微理纪元, 腾讯量子实验室, 京东探索研究院 JD EXPLORE ACADEMY
	应用探索	IBM, aws, XANADU, rigetti, Quantum Inspire - by QuTech, QMware, Google, QUANTINUUM, Microsoft, IONQ, IQEra>, STRANGE WORKS, PASQAL, JP Morgan, Booz Allen Hamilton, SAMSUNG, JSR, I.L.I., accenture, AIFORE, BARCLAYS, AIRBUS, DAIMLER, 中国民生银行, 光大科技有限公司, 中国民生银行, 中国民生银行	HUAWEI, Bai 百度, 本源量子, 国盾量子, ARC LIGHT, 中国移动 China Mobile, 建信金科 CCB Finance, 光大科技有限公司, 中国民生银行, 中国民生银行

3

上游：量子芯片和稀释制冷机是核心环境

- 量子芯片作为量子计算机最核心的部分，是执行量子计算和量子信息处理的硬件装置。从材料来看，传统芯片的核心材料主要是硅。硅也是量子芯片常用材料之一，在硅材料纯度上，相较于经典芯片而言，量子芯片的要求更高。从工艺来看，量子芯片的制造工艺则更为复杂，特别是在处理超导材料或特殊半导体材料时，需要更高的工艺精度和更严格的环境控制。不过，超导量子比特受材料缺陷的影响较小，利用成熟的纳米加工技术，可以实现大批量生产。英特尔在2023年6月发布了全新的量子芯片Tunnel Falls，这款芯片包含了12个硅自旋量子比特，在300毫米的硅晶圆上生产制造，每块晶圆上能够实现超过24000个量子点，从而形成可被相互隔离或同时操控的4到12个量子比特。**稀释制冷机是构建超导量子计算机的关键核心设备**。其可为超导量子计算芯片提供接近绝对零度的超低温环境，2023年下半年，科大国盾量子向两家科研单位交付了国产稀释制冷机产品。

图：量子计算系统

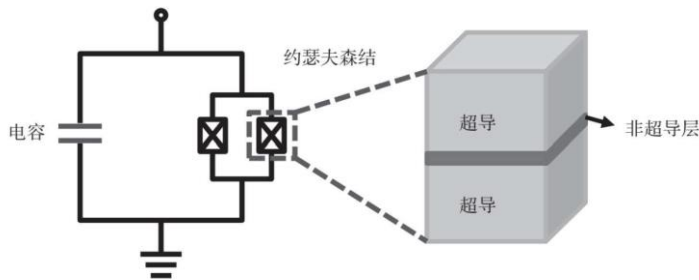


3

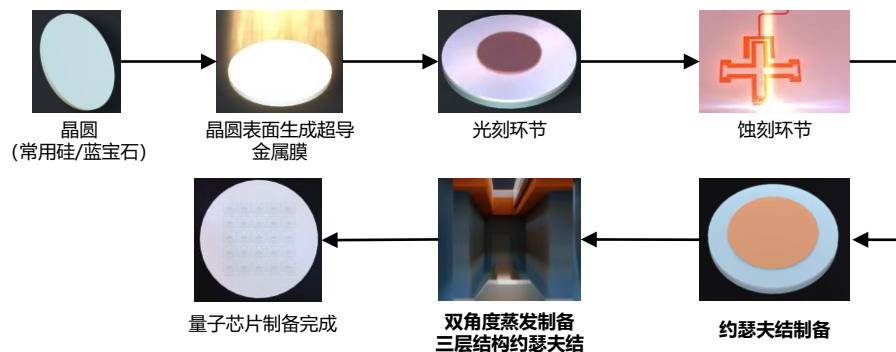
上游：量子芯片和稀释制冷机是核心环境

- 当前超导量子芯片是重要分支。其核心是利用超导材料的独特性质来提高量子比特的操作性能。超导量子芯片同样可以看作量子芯片的一种演进形式，通过引入超导技术，加强了量子比特的稳定性和可控性，从而更好地适应量子计算的需求。**超导量子芯片主要由电容、电感与约瑟夫森结组成（超导状态没有电阻）**。其中，约瑟夫森结为超导量子芯片的核心单元，它是超导体—绝缘体—超导体或者超导体—正常导体—超导体的三明治结构，中间层的厚度很小，在10纳米左右。超导电流会因隧穿效应而穿过约瑟夫森结，其流过电流和两端电压并非线性关系，因此可以把约瑟夫森结简单看作一个非线性超导电感。超导量子芯片可由当前标准CMOS（互补金属氧化物半导体）工艺制备，基底一般采用蓝宝石或者硅，主要用到的超导材料是铝或者铌。
- 量子芯片的制造过程主要包括生产量子点、加工成量子芯片，再进行最后的调试。其中，量子点材料的生产是量子芯片制造的基础，它们能够在纳米尺度上控制和存储量子信息。然后，经过专门的加工工艺，将量子点转化为可以应用于芯片的结构，并与其他微观结构进行集成。最后，对芯片进行调试和测试，确保其性能和功能正常。

图：超导量子比特电路化模型示意



图：超导量子芯片生产工序



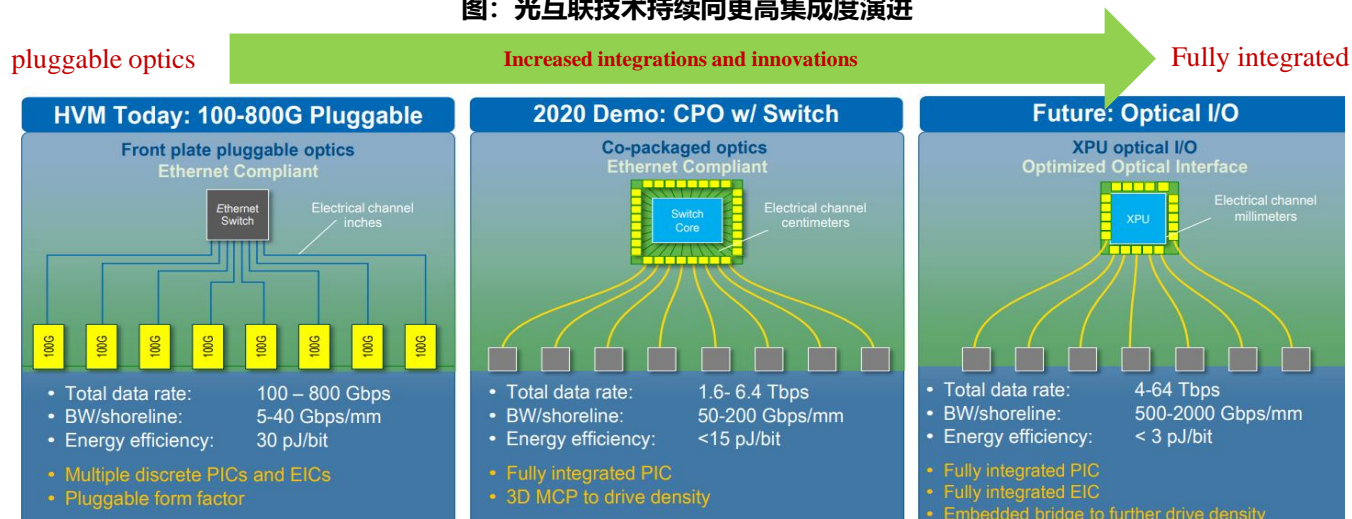
1.3.3 光通信：光子逐步代替电子传输C to C，LPO/CPO/硅光等方案实现功耗下降

高集成度&低功耗是光通信技术演进的驱动力，光子逐步代替电子传输

光通信领域的技术发展路径：

- ✓ **短期、中期维度：**传统分立式光模块持续优化性能（速率、功耗、成本等），典型技术路径包括硅光、LPO等。
- ✓ **更长期维度：**从分立式走向不同程度的集成，集成度不断提高，即从设备间/机柜间光互联（可插拔光模块）→设备内板上的光互联（CPO）→片间光互联（Optical I/O）。
- **技术路径发展的背后，反映的是对更高集成度、更低功耗、更低成本、更大带宽/带宽密度的追求。**

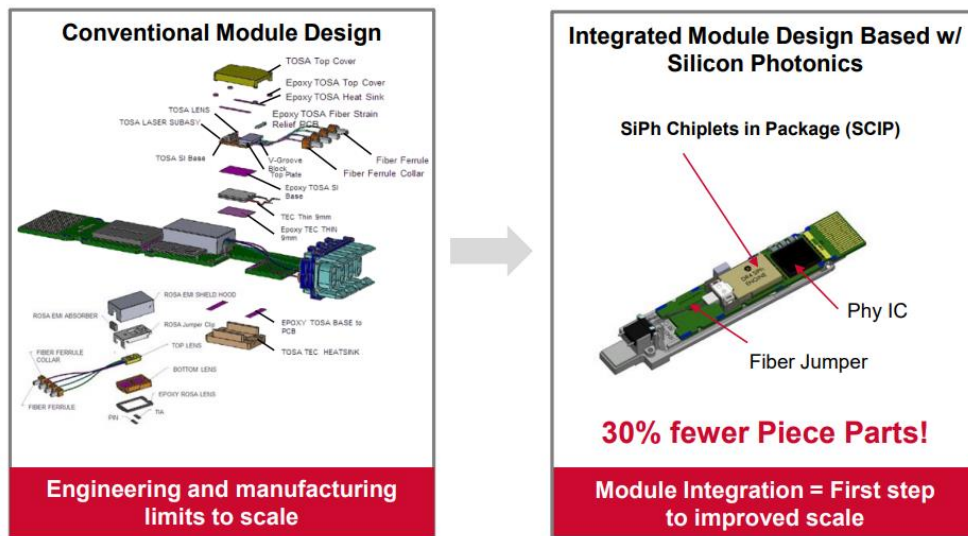
图：光互联技术持续向更高集成度演进



2 硅光：兼具高集成度&低功耗&低成本，未来前景可期

- 硅光是以CMOS工艺为基础，在硅基底上利用蚀刻+外延生长等工艺制备调制器、接收器等关键器件，从而在一个衬底上实现调制器、接收器以及无源光学器件的高度集成。
- 我们认为，分立式向硅光集成是产业发展的大趋势。一方面其集成度高&低功耗&低成本的优势显著，另一方面硅光技术还与CPO、LPO、薄膜铌酸锂等前沿技术路径完美适配。

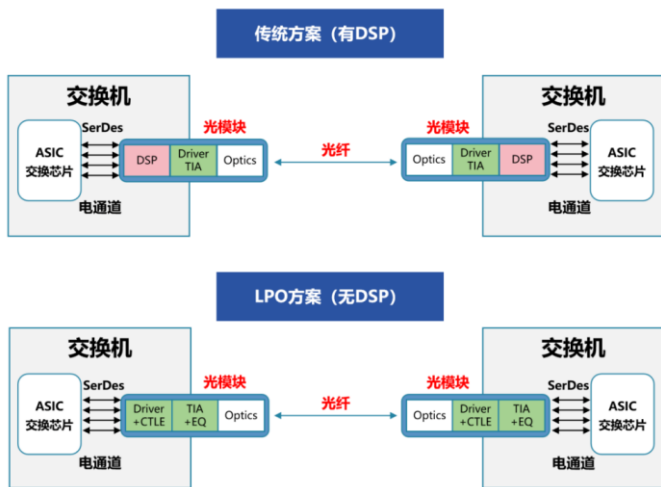
图：传统分立式光模块Vs. 硅光光模块



3 LPO: 低功耗&降本方面优势突出，产业化进程有望加速

- **LPO光模块助力降本/低功耗/降延迟**: 通过去除DSP芯片，能够实现降低功耗、降低延迟、降低成本，但使用的TIA、Driver芯片需要性能提升（也需要依赖交换机芯片性能的提升），从而实现更好的线性度。
- **2024年3月，行业厂商发起LPO MSA（线性可插拔光学多源协议），有望加速推进LPO应用**: LPO MSA制定规范，定义电气和光学要求，以确保多个网络设备和光模块供应商之间的互操作性，优化LPO模块的光互连，以支撑一个广泛的、能够互联互通的LPO解决方案生态系统。

图：传统光模块与LPO光模块



图：12位行业厂商发起LPO MSA构建LPO生态系统

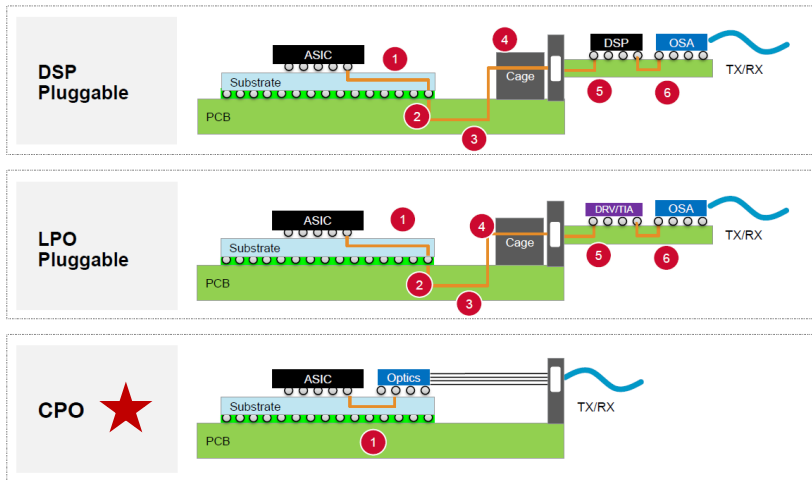


4 CPO: 集成度、低功耗、降传输损耗等方面优势显著

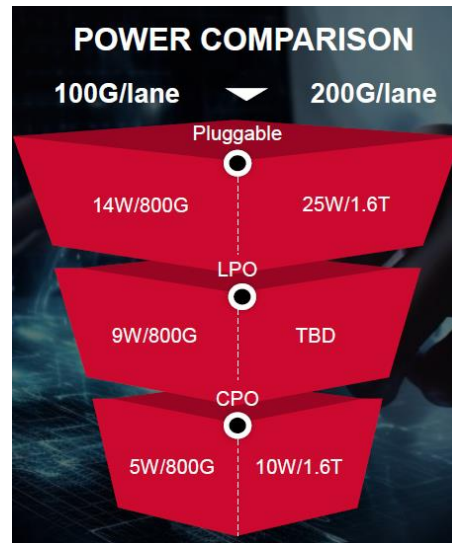
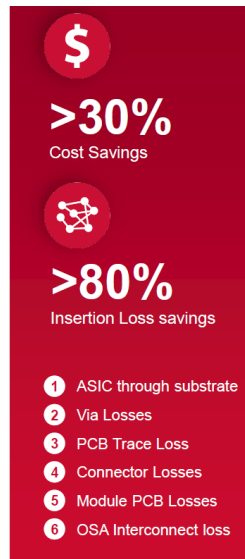
- CPO (Co-packaged optics) 共封装技术是将光收发单元与ASIC芯片封装在一个封装体内，拉近了交换机芯片和光引擎之间的距离 (5~7cm)，实现低功耗、高带宽的信号传输。
- CPO助力降本 (光学元器件数量有所减少)、提升集成度，降功耗、降损耗 (拉近了交换机芯片和光引擎之间的距离，电连接距离变短，传输信号质量提升)。

图：CPO助力降本、降低损耗

CPO Insertion Loss Savings vs. Pluggables



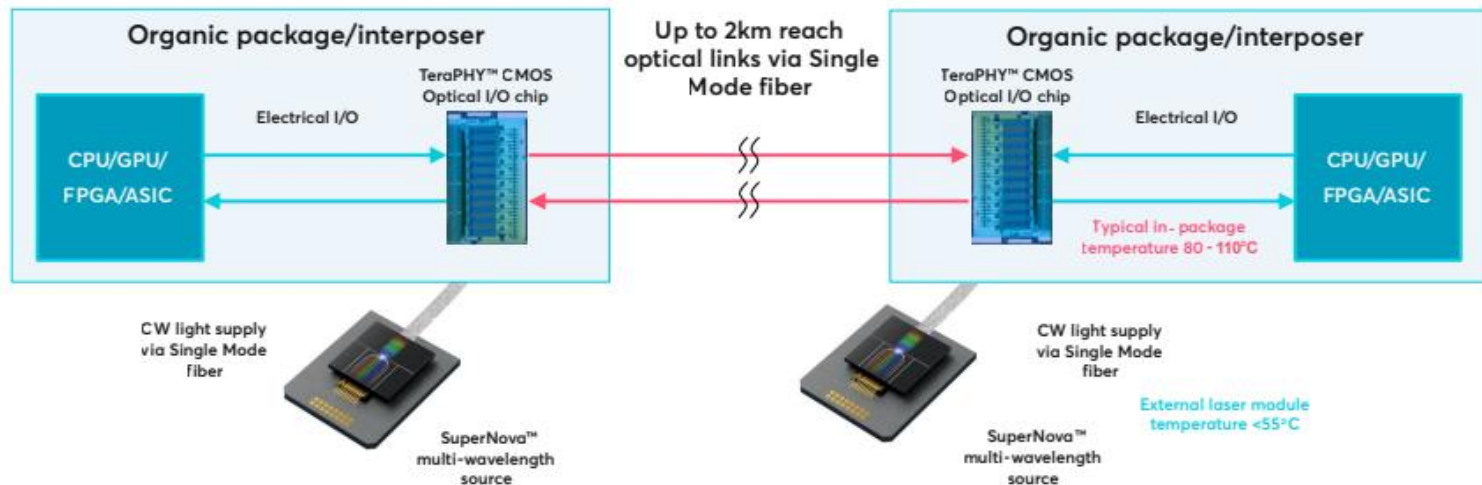
图：CPO助力降低功耗



4 Optical I/O: 片间光互联有望进一步推动光子替代电子

- Optical I/O (片间光互联)：一种基于芯片的光互连解决方案，与计算芯片（CPU、GPU、XPU）集成在同一封装中，旨在实现分布式计算系统中它们之间的无缝通信（跨板、机架和计算行），其带宽密度、能源成本和延迟与封装内的电气互连相当。

图：Optical I/O



2 应用侧



应用侧目录

- 2.1 从传统以太网大数据分析推送信息走向以模型为核心的推理网络
- 2.2 从中心化网络体系建设走向边缘计算
 - 2.2.1 边缘计算发展，拉动物联网模组和智能控制器需求
- 2.3 从单模态信息识别分析走向多模态
 - 2.3.1 高精度定位需求拉动，北斗开启新一轮投资
 - 2.3.2 工业互联网从传统内容流程优化走向打造3D立体化的柔性生产体系
 - 2.3.3 智能终端发生交互变革，关注视频会议/耳机/脑机接口/ARVR等

2.1 从传统以太网大数据分析推送 信息走向以模型为核心的推理网络

1 海外大模型进展：OpenAI发布Sora、谷歌发布Gemini1.5

- **OpenAI发布文生视频模型Sora，可以根据文本生成复杂场景下1分钟的视频**
- 2月15日，OpenAI发布Sora模型，可以根据用户输入的文本描述，生成一段视频内容，视频时长可达1分钟且视觉质量较高。对于任何需要制作视频艺术家、电影制片人 or 学生来说，这都带来了无限可能。Sora可以创建包含多人、特定运动类型和详细背景的复杂场景。它能生成准确反映用户提示的视频。例如，Sora可以制作时尚女性走在霓虹闪烁的东京街头的视频、雪地里巨型长毛象视频，甚至是太空人冒险的电影预告片。
- **谷歌Gemini1.5上线，大模型“视野”被史诗级地拓宽**
- 2月15日，谷歌DeepMind首席科学家Jeff Dean，以及联合创始人Demis Hassabis激动地宣布了最新一代多模态大模型——Gemini 1.5系列的诞生。其中，最高可支持10,000K token超长上下文的Gemini 1.5 Pro，也是谷歌最强的MoE大模型。1.5 Pro能够一次性处理海量信息——比如1小时的视频、11小时的音频、超过30,000行的代码库，或是超过700,000个单词。这意味着大模型的“视野”被史诗级地拓宽，新大模型可以深入理解海量信息、横跨不同的媒介、高效处理更长的代码、分析和掌握复杂的代码库、长篇复杂文档的推理。

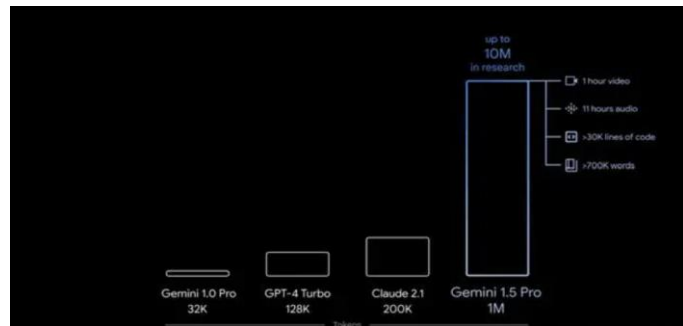
图：Sora生成“雪地里巨型长毛象”



图：Sora生成“时尚女性走在霓虹闪烁的东京街头”



图：谷歌Gemini1.5模型参数



2 国内大模型进展：AI大模型持续推进

- **面壁智能联合清华发布大模型智能体GitAgent。**1月15日，面壁智能联合清华大学自然语言处理实验室发布了GitAgent，这是一种可以自主扩展工具箱的大模型智能体应用框架。通过GitAgent，大模型智能体可以从GitHub上扩展工具集合，以应对复杂任务需求。GitAgent的工具箱扩充过程包括搜索、配置、应用和存储四个阶段。在搜索阶段，GitAgent会在GitHub上搜索适合用户需求的仓库，并判断仓库是否能用来解决问题。在配置阶段，GitAgent会根据仓库的README文件执行配置命令，还可以通过学习人类经验来解决问题。在应用阶段，GitAgent使用配置好的仓库来解决用户需求，如果仓库没有清晰的使用入口，GitAgent还可以通过学习人类经验来解决问题。在存储阶段，GitAgent将配置好的仓库及其执行环境存储下来，以便未来使用。
- **智谱AI推出新一代基座大模型。**1月16日，智谱AI发布新一代基座大模型GLM-4。据智谱AI CEO张鹏介绍，GLM-4的整体性能相比上一代大幅提升，逼近GPT-4。具体表现上，GLM-4可以支持128k的上下文窗口长度，单次提示词可以处理的文本可以达到300页。同时在多模态能力方面，文生图和多模态理解都得到了增强。此外，GLM-4还提升了智能体能力，可以根据用户意图，进行自动理解和规划复杂指令，也能自由调用网页浏览器。

图：大模型智能体GitAgent



图：SD社区图生视频插件12V-Adapter

12V-Adapter: A General Image-to-Video Adapter for Video Diffusion Models

Xin Guo^{1,2*}, Mingyu Zhang¹, Liang Hou¹, Yuan Guo¹, Yufan Deng¹, Chaoqiang Ma¹,
Wanning He¹, Zhongjun Zhu¹, Huihui Huang¹, Pengfei Wu¹, Di Zhang¹
¹Kezhun Technology
²University of Science and Technology of China
³Institute of Automation, Chinese Academy of Science



Figure 1. Our introduced 12V Adapter can achieve high quality and reliable image-to-video generation. * These results are generated using our in-house models. † These results are 12V results. ‡ These results are generated by our in-house 12V Adapter with our in-house 12V model. ††† These results are generated by our in-house 12V Adapter with our in-house 12V model.

2.2 从中心化网络体系建设走向边缘计算

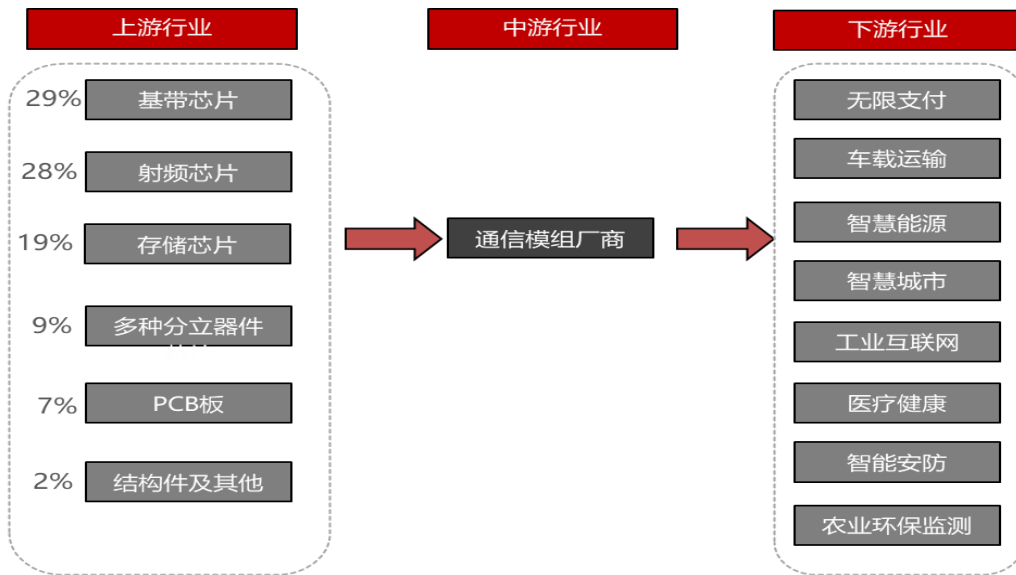
2.2.1 边缘计算发展，拉动物联网模组和智能控制器需求

1

物联网模组：需求高增下核心受益环节

- **通信模组行业位于产业链中游，是物联网智能终端需求高增下的核心受益环节。**通信模组行业的上游主要为基带芯片、无线射频芯片、存储芯片、电阻电容电感以及PCB板等原材料生产行业。作为中游的通信模组厂商主要以移远通信、广和通、美格智能为主；涉及下游领域众多，主要为无线支付、车载运输、智慧能源、智慧城市、智能安防、无线网关、工业应用、医疗健康和农业环境等行业。

图：通信模组行业居于产业链中游



物联网模组：海外厂商收并购频发，中国企业势头强劲

表：近年物联网厂商收并购概览

时间	事件
2022年8月	SMTC 先科电子计划收购海外模组厂商Sierra Wireless ，SMTC 先科电子成立于1985年，聚焦模拟电路和混合信号半导体产品供应商，在射频信号的调谐处理等技术上面具有深厚积累。
2022年7月	海外知名物联网模组厂商 Telit宣布将收购法国防务、航空、轨道交通和安全供应商Thales旗下的蜂窝物联网模组业务，并组建新的公司Telit Cinterion 。此次交易中，Telit将自身20%股权用作交易对价收购Thales通信模组业务。
2020年7月	广和通锐凌无线之子公司与Sierra Wireless及其子公司签署了《资产收购协议》及相关附件，收购卖方全球车载前装模块业务相关资产 。基础交易对价为1.44亿美元，预估交易对价不超过1.65亿美元。2020年11月19日锐凌无线与Sierra Wireless已经完成《资产收购协议》中所约定的交割工作。Sierra Wireless全球车载前装通信模块业务相关资产，可独立为客户提供全面的车载前装解决方案，主要终端客户包括VW（大众集团）、PSA（标致雪铁龙集团）及FCA（菲亚特克莱斯勒汽车公司）等全球知名整车厂。此次收购与广和通在车联网领域的现有布局相契合，与参股公司的紧密交流与合作亦可加强广和通在车联网领域的整体实力，是广和通车载前装市场国际化战略布局的重要里程碑。至此，通过设立全资子公司广通远驰、投资参股公司西安联乘及通过参股公司锐凌无线收购Sierra Wireless全球车载前装业务的一系列布局，广和通逐步完善了在全球车联网领域的战略布局。
2019年2月	2019年2月Telit将车载通信BU出售给中国公司启迪国际 ，交易额达到1.05亿美元，并以Titan Automotive Solutions公司独立运营，以强化其智能驾驶业务。（2014年，Telit以900万美元收购了NXP车载通信平台(ATOP)，组建车载通信BU并开始独立运营，到2017年已有超过500万辆汽车采用了Telit的模组。）
2017年	法国Thales以47.6亿欧元的价格将欧洲数字安全厂商金雅拓收入囊中 ，同时间接收购了前西门子物联网通信模组部门，金雅拓的物联网模组业务也同时成为Thales旗下数字ID与安全事业部中的一个业务板块，直至本次被Telit收购。

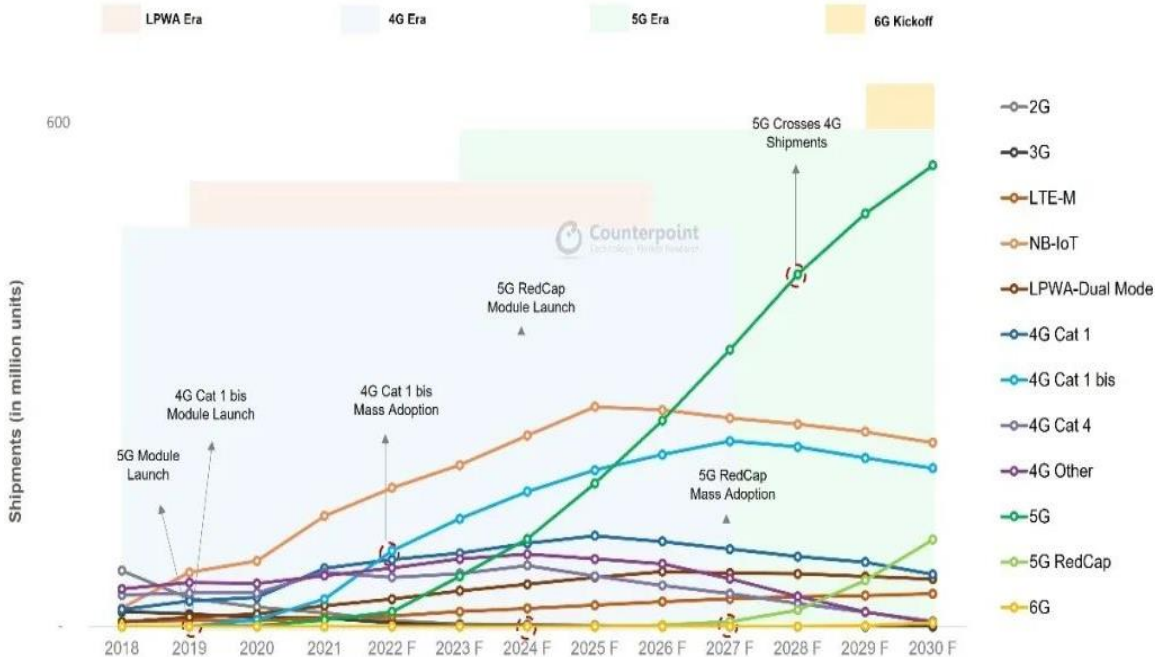
1 物联网模组：R17标准冻结，5G有望驱动下一轮增长

➤ R17标准冻结，5G将加速完成对于4G的迭代。

2022年6月9日，3GPP在RAN第96次会议上宣布5G R17标准冻结。R17标准中对5G多项基础技术进行了升级和扩展，频谱范围扩展到71GHz，引入了轻量版的5G NR RedCap，创造了天地一体新网络（NTN），Sidelink增强，多播和广播服务增强等。R17标准冻结意味着5G上半场（R15、R16、R17）的标准已完成，正迎来下半场5G加速时期。根据Counterpoint机构的报告显示，到2030年全球蜂窝物联网模组的出货量预计将超过12亿个，CAGR达12%。同时Counterpoint预计5G将于2023~2030年实现高速增长，CAGR达到60%，在不同制式网络增速中占据绝对优势。我们认为全球蜂窝物联网市场将在十年的剩余时间内从4G过渡到5G，迭代进程相较于2G/3G到LPWA/4G的过渡速度更快。

图：2018-2030年不同制式蜂窝网络发展趋势

Technology Evolution in Global Cellular IoT Module Market

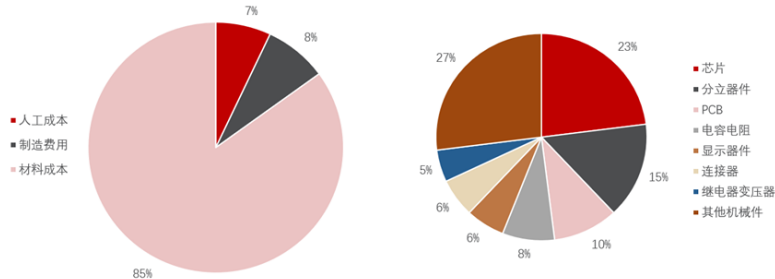
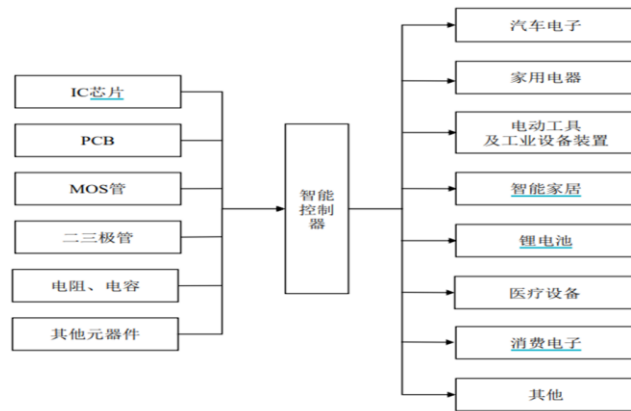


2

智能控制器：元器件成本至关重要

- **智能控制器整体位于产业链中游环节。**从产业链情况来看，智能控制器产业链上游主要系MCU、DSP芯片、MOS管、PCB等电子元器件，智能控制器厂商在产业链中游扮演研发整体产品与集成加工生产等角色，当前智能控制器产品广泛应用于汽车电子、生活家电、电动工具、AI设备、储能设备以及工业设备等领域，下游应用空间广阔。
- **材料成本构成智能控制器主要成本，芯片及分立器件等价值量占比较高。**在智能控制器公司的营业成本中，材料成本占据了85%。在材料成本中，IC芯片的成本占比为23%，分立器件的成本占比为15%，PCB的成本占比为10%，电容电阻的成本占比为8%，显示器件和连接器的成本占比均为6%，继电器、变压器的成本占比为5%，其他机械件的成本占比为27%。

图：智能控制器产业链与成本构成

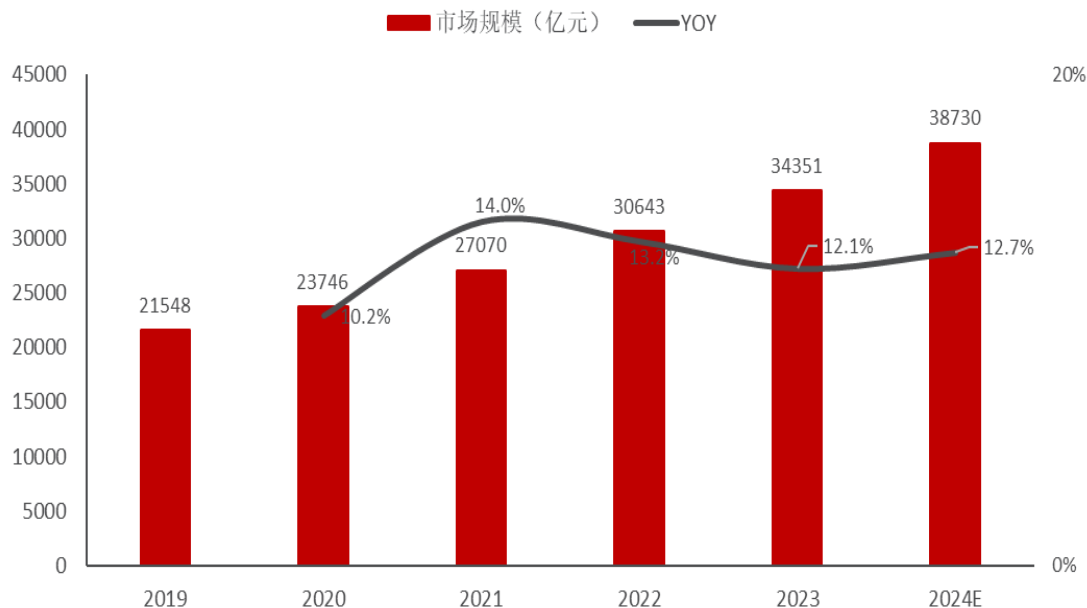


2

智能控制器：2024年中国智能控制器市场规模将达3.87万亿元

➤ 随着智能化浪潮兴起，云计算、大数据和物联网应用迅猛发展，智能控制器作为实现万物互联的基础物件，其市场规模不断增长。在全球产业向中国转移和专业化分工的持续发展过程中，国内专业电子制造企业展现了其产业集群优势，其中专业的智能控制器制造企业在全球影响力也在不断深化，我国也逐步发展成为全球智能控制器产品的主要生产制造基地。2022年中国智能控制器市场规模达到3.06万亿元，同比增长13.2%，2023年市场规模约为3.44万亿元。中商产业研究院分析师预测，2024年中国智能控制器市场规模将达3.87万亿元。在万物互联的快速发展下，智能控制器产业不断升级，行业智能化、场景化发展机遇涌现，下游应用场景更是不断丰富、终端功能不断进行智能化升级，因此，控制器部署需求增加、产品附加值不断提升，在量价齐升双重推动下，智能控制器行业规模的持续成长。

图：2024年中国智能控制器市场规模将达3.87万亿元

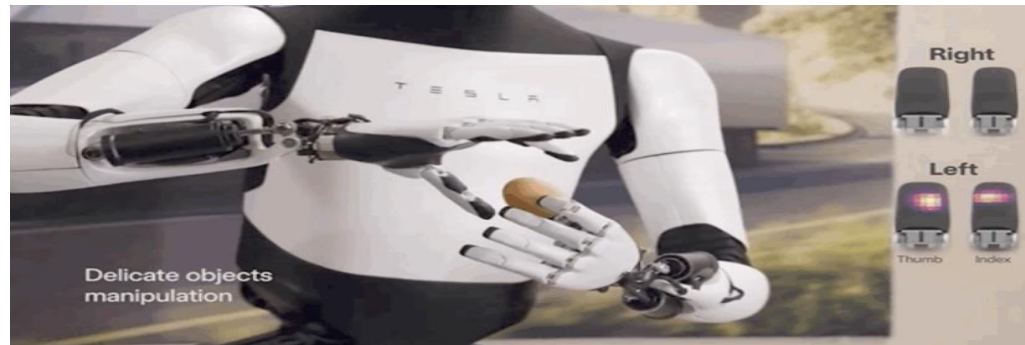


2

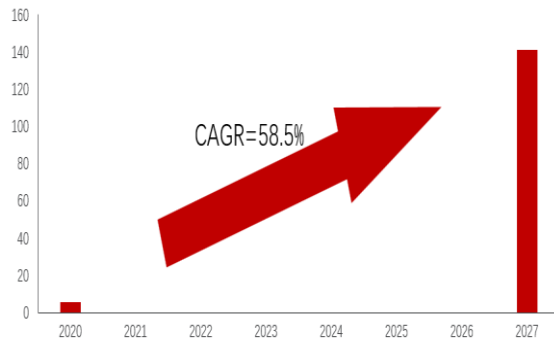
智能控制器：人形机器人蓬勃发展为智能控制器提出全新需求

- 由于需要承担复杂的工作任务，因而人形机器人对控制系统实时性要求极高，需要使用大量智能控制器。对于这样一个复杂系统来说，所有算法都需要满足实时性的要求，所有的伺服关节要同步运动，传感器的数据也要同步采集，保证算法的输入和输出都始终处于一个节拍，才能保证机器人的运动性能。因此，为保证同步性必须使用大量控制器（控制板）。
- 使用大量控制器，并且在每台控制器内预设算法可大大缓减CPU运算压力。控制器作为上位机，开发人员可提前在每个控制器内预设关节运动算法，大脑直接调用即可，大大减缓运算压力，提高反馈速度。满足人形机器人对关节执行器低延迟的需求。

图：人形机器人将对智能控制器产生全新需求



全球人形机器人市场规模 (亿美元)



中国人形机器人市场规模 (亿美元)



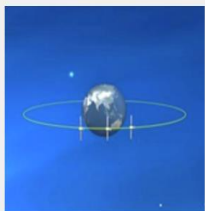
2.3 从单模态信息识别分析走向多模态

2.3.1 高精度定位需求拉动，北斗开启新一轮投资

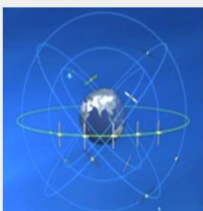
1

北斗三号系统建成，服务性能大幅优化

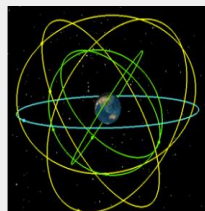
- ▶ **北斗系统是我国自主研发的全球卫星导航系统，应用广泛。**北斗卫星导航系统由我国自主研制并建设运行，是继美国GPS、俄罗斯GLONASS之后的第三个成熟的卫星导航系统，主要提供全球范围、全天候、全天时的定位、导航和授时服务。
- ▶ **北斗系统发展历经“三步走”阶段，性能日益提升。**2000年底建成向中国提供服务的北斗一号系统，2012年底建成向亚太地区提供服务的北斗二号系统，**2020年底建成向全球提供服务的北斗三号系统。**北斗三号系统采用了更高性能的铷原子钟和氢原子钟、采用星间链路等新技术提高空间信号精度、增加了性能更优的互操作信号B1C并在全球系统中将B2I信号升级为性能更优的B2a信号，在技术体制上实现了性能大幅提升。



北斗一号星座



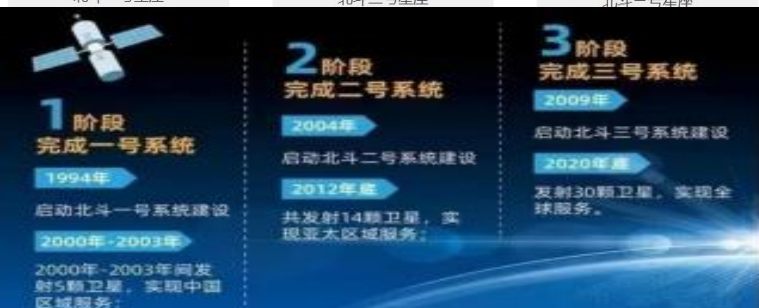
北斗二号星座



北斗三号星座

表：北斗系统各发展阶段指标对比

	北斗一号系统	北斗二号系统	北斗三号系统
启动时间	1994年	2004年	2009年
建成时间	2003年	2012年	2020年
覆盖范围	中国	亚太地区	全球
卫星数	3 (3颗GEO)	14 (5颗GEO+5颗IGSO+4颗MEO)	30 (3颗GEO+3颗IGSO+24颗MEO)
主要功能	定位、授时、短报文通信服务	定位、测速、授时和短报文通信服务	全球：定位、测速、授时、短报文通信和国际搜救服务 中国及周边：星基增强、地基增强、精密单点定位和区域短报文通信服务
定位原理	有源定位	有源定位+无源定位	有源定位+无源定位
定位精度	优于20米	优于10米	全球优于10米，亚太地区优于5米
测速精度	\	优于0.2米/秒	优于0.2米/秒
授时精度	单向100纳秒，双向20纳秒	单向50纳秒	优于20纳秒
短报文通信能力	120汉字/次	120汉字/次	亚太地区1000汉字/次，全球40汉字/次



1

特种行业北三大规模换装开启

- 卫星导航终端在军用产品中的应用范围十分广泛。美国的 GPS 系统军用应用已经形成了一套成熟的军用产品生态系统，包括高精度定位、导航和打击系统等，其飞机、坦克、舰船、单兵、精确制导弹药均配备相应终端。我国北斗系统在军用产品生态系统有待进一步发展。
- **在作战平台数量增长与国防信息化进程加速的驱动下**，北斗三号军用需求有望显著放量。以空军为例，我国歼-8等型号战斗机逐渐退役，而歼-20、运-20等信息化程度高的新一代战斗机、运输机部署进度加快，将带动北斗导航系统的装备应用。
- 根据海格通信2022年年报，**目前正处在从北斗二号到北斗三号的换代期**，北斗三号大规模换装将贯穿整个“十四五”时期，相关需求将出现一轮迭代。**在特殊市场中，各类武器平台、终端和无人平台将是三个最大的应用领域，相关市场都达百亿人民币，空间广阔。**

图：歼-20



图：北三龙头海格通信业务营收变化



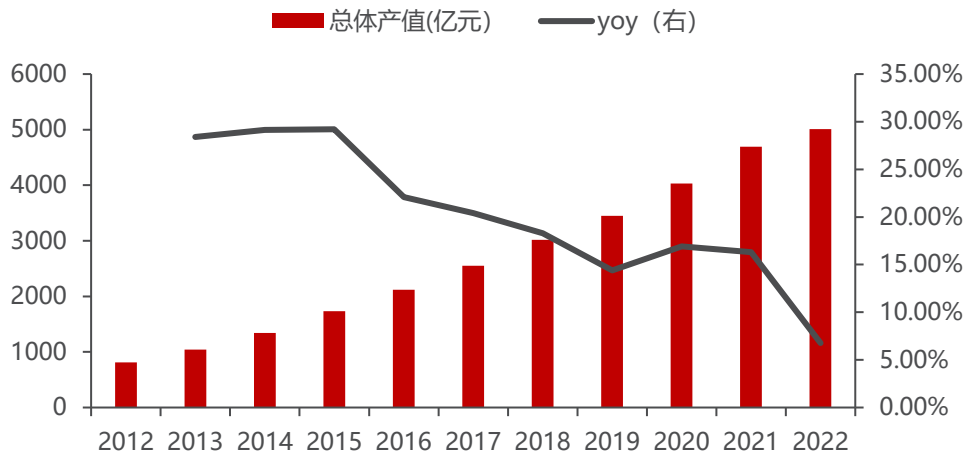
1

北斗民用发展势头迅猛，下游应用不断拓展

- 《2023中国卫星导航与位置服务产业发展白皮书》显示，该产业2022年产值已达5007亿元人民币，较2021年增长6.76%。其中，核心产值（包括与卫星导航技术研发和应用直接相关的芯片、器件、算法、软件、导航数据、终端设备、基础设施等）同比增长5.05%，达到1527亿元人民币，在总体产值中占比为30.50%。
- 目前，北斗规模应用进入市场化、产业化、国际化发展的关键阶段”。随着技术突破和推广普及，北斗产业下游应用拓展至**专业市场、大众市场和特殊市场**。

图：中国卫星导航与位置服务产业总产值

图：北斗产品应用场景



1

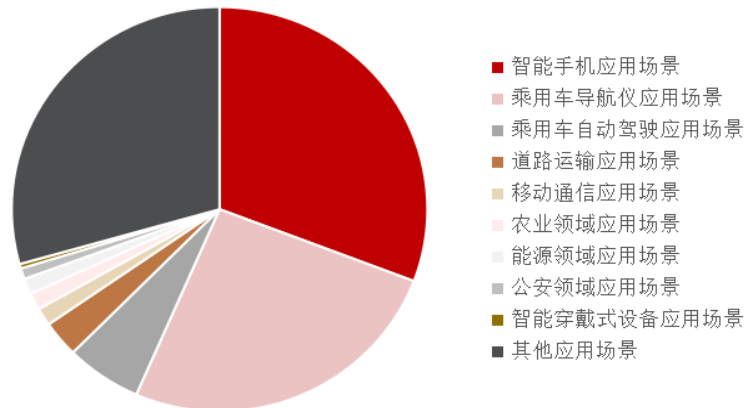
98%手机支持北斗定位，短报文通信在高端机中渗透加速

- 工业和信息化部相关负责人表示，**大众消费领域是北斗系统推广应用的重要领域，具有规模大、占比高、影响面广等特点。**其中，在我国GNSS所有应用场景中，智能手机和乘用车导航仪产值规模最大，占比分别达30.78%和25.78%。
- 截至2023年上半年，国内智能手机申请入网的超过300款手机支持北斗定位系统，占比达到75.8%；支持**北斗定位系统**的手机出货量超过1.2亿部，**占比超过98%。**同时，越来越多的厂商开始支持**北斗短报文通信功能**。2022年7月，中国卫星导航系统办公室宣称中国兵工集团、中国移动及国产手机厂商联合完成了国内首颗**手机北斗短报文通信射频基带一体化芯片研制**，同年9月，华为发布Mate50系列手机，支持北斗三号短报文通信服务，首次实现大众智能手机卫星通信能力。截至2022年底，已有OPPO、vivo、苹果、小米、荣耀等企业的近二十款智能手机获中国信通院和中国北斗卫星导航产品检测认证联盟认证机构联合推出的北斗权威认证。

图：华为Mate50手机北斗短报文通信消息界面



图：中国GNSS重点应用场景产值规模占比（2022）

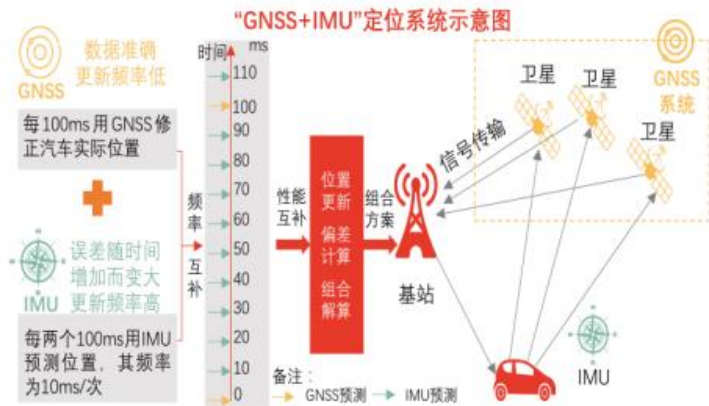


1

高精度定位需求拉动，北斗上车渐成标配

- 随着北斗关键性技术的不断突破和L3级及以上高阶智能驾驶需求拉动，北斗高精度定位服务在智能驾驶中的渗透率不断提升。《新时代的中国北斗》白皮书显示，北斗系统已为国内21款智能汽车提供了高精度定位服务，行驶里程已经突破25亿公里。吉利旗下银河等多款车型搭载北斗短报文功能，实现卫星功能量产上车。
- 2024年5月1日，财政部、交通运输部印发《关于支持引导公路水路交通基础设施数字化转型升级的通知》，将在数据赋能交通领域加大投资力度，文件提到将开展车陆云协同融合试点，推动北斗导航与高精度地图融合应用，为区域路网提供高精度定位、导航和统一授时服务。
- 现阶段一些支持 L2+ 的乘用车和自动驾驶车辆往往会配备高精度的组合定位系统（P-Box）。我们认为随着自动驾驶技术的不断深入发展，北斗导航系统的车载应用将充分受益。

图：GNSS+IMU定位系统示意图



图：吉利银河车型搭载北斗短报文功能



2 我国北斗地基基础设施完善，北斗+5G有望助力低空经济

- ▶ **北斗+5G融合天地网络优势，满足全场景定位需求。** 5G高速度、大容量的特点，可以稳定传输北斗地基增强时空位置修正信号，使得北斗的时空精度更好，同时移动通信网络具有强覆盖能力，能够弥补北斗定位在卫星信号屏蔽地区的不足。
- ▶ **目前我国正加强北斗基础设施建设，三大运营商积极布局。** 中国移动在全国建设了4000多个北斗地基增强基准站，并联合百度推出车道级导航业务；**中国电信也建设了2000多个北斗地基增强基准站**，基础设施建设加速北斗+5G融入各行各业。
- ▶ **5G+北斗RTK融合定位有效解决了单一5G网络定位精度低、覆盖范围小，以及单一卫星导航信号难以覆盖室内/遮挡等区域的高精度定位难题**，提供高速度、大连接、低时延、广覆盖的厘米级实时动态定位以及毫米级静态定位服务能力，**支持复杂环境下的无人机物流配送等低空经济场景实现。**

图：5G网络定位原理



图：北斗、5G、差分系统融合体系架构



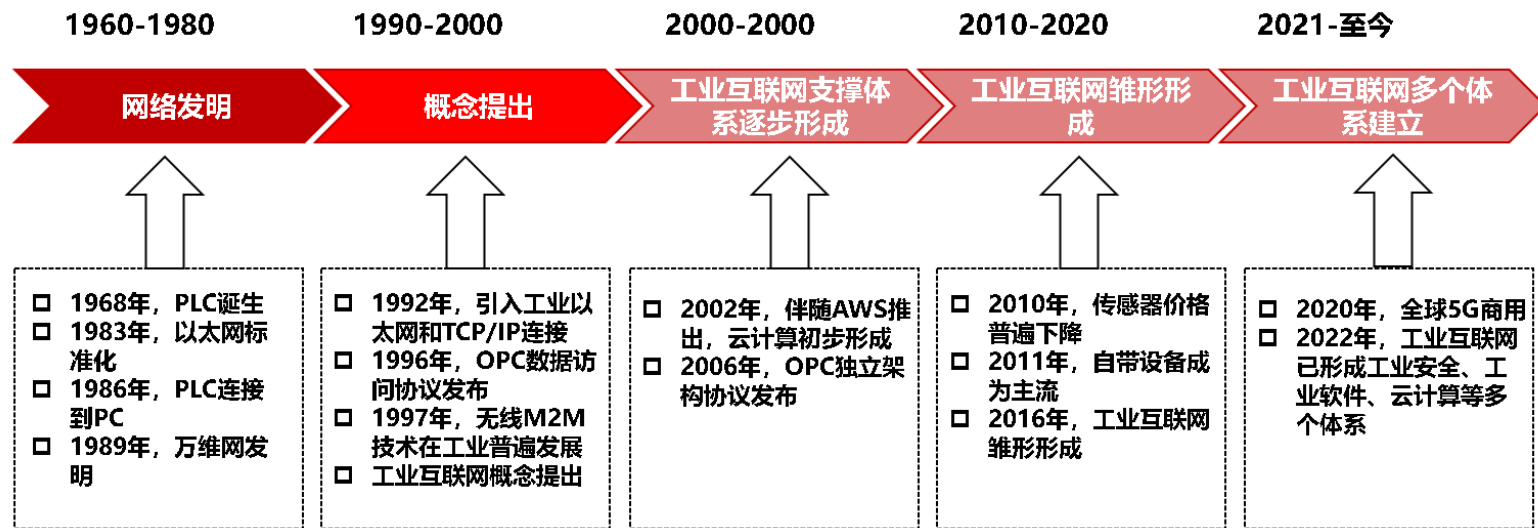
2.3.2 工业互联网：从传统内容流程优化走向打造3D立体化的柔性生产体系

1

工业互联网：从传统内容流程优化走向打造3D立体化的柔性生产体系

- 全球工业互联网发可分为5个阶段:第一阶段是在60-80年代, 实现了网络的发明以及机器和机器之间的互联; 第二阶段是在90年代, 实现了工业网络协议以及操作系统的发布, 以及物联网的提出并且工业设备逐渐联网; 第三阶段是在2000年初, 云计算以及通信独立架构协议的形, 并且工业互联网支撑体系逐步形成; 第四阶段是2010年到2020年, 工业互联网雏形形成并完善; 第五阶段是2020年至今, 2020年5G商用时代开启, 工业互联网进一步发展, 形成工业安全、工业软件、云计算等多个体系。

图：全球工业互联网行业发展历程

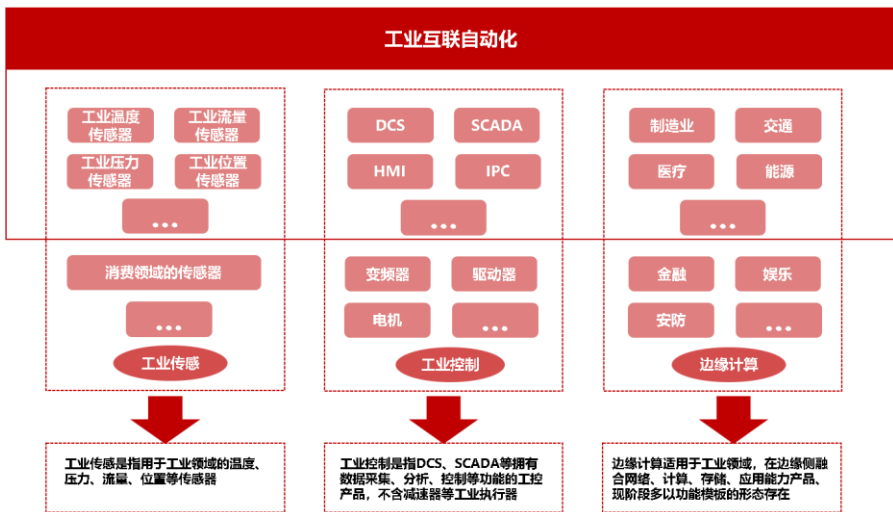


1

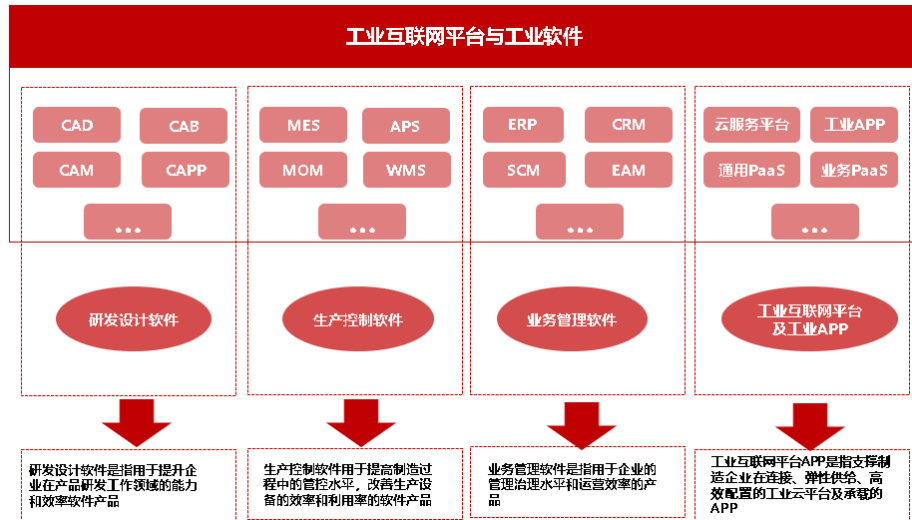
工业互联网：从传统内容流程优化走向打造3D立体化的柔性生产体系

- **5G+工业互联网体系逐步完善，工业互联自动化及软件、平台的发展，推动工业互联网走向更加智能化柔性化的生产体系。**
- ✓ **工业互联自动化**包含工业控制、工业传感器、边缘计算网关等提供数字化感知、控制、执行等能力的产品与解决方案。工业互联自动化产业范围与传统工业自动化不同，多聚焦数采、数控、分析、可视化等相关产品，伺服、减速器等工业执行部分并未列入；具体**包括工业传感、工业控制、边缘计算**等。
- ✓ **工业互联网平台与工业软件产业**是指应用于工业领域或工业场景下的各类工业互联网平台和软件，涵盖研发设计、生产执行、经营管理等软件应用，以及实现边缘连接、生产优化、资源配置等功能的工业互联网平台，包括**研发设计软件、生产控制软件、业务管理软件、工业互联网平台及APP**等。

图：工业互联自动化产业范围



图：工业互联网平台与工业软件产业范围

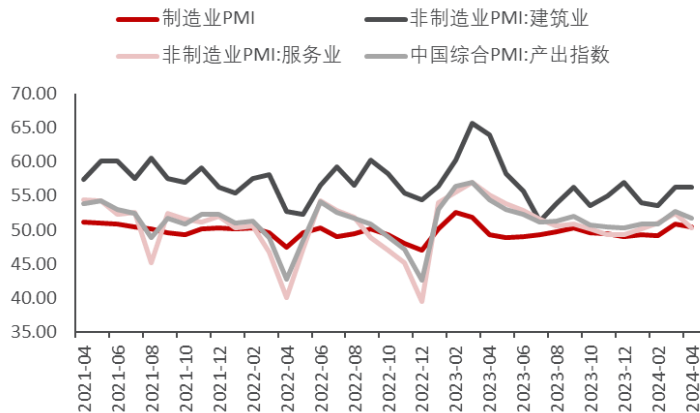


2

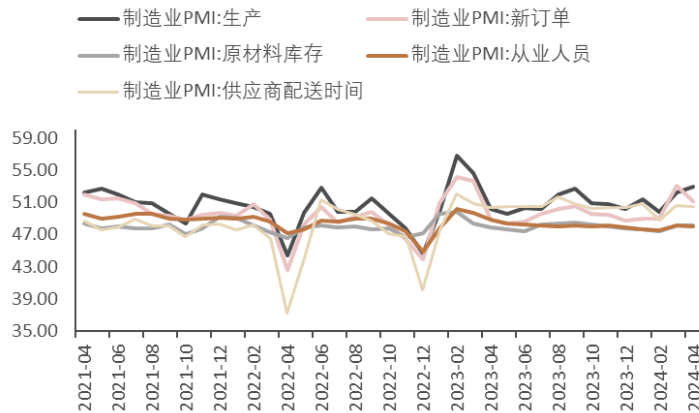
需求催化：PMI显示制造业持续恢复，企业生产活动继续加快

- **制造业继续保持恢复发展态势。**24年4月PMI指数为 50.4%，相比上月50.8%略有下降，连续两月位于扩张区间。
- **制造业企业生产活动仍在继续加快。**分项来看，生产指数录得 52.9%，比上月上升0.7个百分点，为2023年4月份以来最高，成为最强支撑项；需求端有略微下滑，新订单指数为 51.1%，比上月下降 1.9 个百分点，但仍位于扩张区间；原材料库存指数为 48.1%，与上月持平；从业人员指数为48.0%，比上月下降 0.1个百分点；供应商配送时间指数为 50.4%，比上月下降 0.2个百分点。

图：各大类PMI指数



图：制造业PMI分项



政策驱动：工厂的硬件设备有望带来新一轮的替换

▶ 工信部等七部门联合印发《推动工业领域设备更新实施方案》，方案提出了设备更新的总体目标，提出到27年工业领域设备投资规模较23年增长25%以上，规模以上工业企业数字化研发设计工具普及率、关键工序数控化率分别超过90%、75%，推动工业大省大市和重点园区规上工业企业数字化改造全覆盖。加快工业互联网、物联网、5G、千兆光网等新型网络基础设施规模化部署，鼓励工业企业内外网改造等。

表：工业设备更新政策

序号	重点任务	任务细则
(一) 实施先进设备更新行动		
1	加快落后低效设备替代	针对工程机械、农机、工程车辆、电动自行车等工业产品整体处于中低水平、老旧低效的设备，超期服役的设备，重点推动工业领域设备更新改造达30%的机床等；农机行业更新老旧收割机、成型、焊接、制造生产设备及装备等；工程机械行业更新油压机、新焊机、工业激光产线和在线检测装备等；仪器仪表行业更新数控加工装备、精密装备等；纺织行业更新转纺机及智能纺织设备、细纱机、自动络筒机等专用设备；电动自行车行业更新自动换电装置等；生物医药和医疗设备、电力设备升级改造设备、船舶修理测试设备、环保安全测试设备等。
2	更新升级高端先进设备	针对航空、光伏、动力电池、生物发酵等生产装备整体处于中高水平、鼓励企业更新一批高技术、高效率、高可靠性的先进设备。重点推动航空行业全面开发大飞机、大型水陆两栖飞机及航空发动机总装集成制造、供应保障能力建设；建设、光伏行业更新大功率高晶矽、高效组件生产线等专用设备、大尺寸多晶硅铸锭炉等先进设备；动力电池行业更新高电压、高能量、高可靠锂离子电池、重要储能材料、激光焊接机、注塑机、压铸机等设备；生物发酵行业实施智能提取工艺技术、更新蒸发器、离心机、新型干燥系统、连续流交换设备等。
3	更新升级关键检测装备	在石化化工、医药、船舶、电子等重点行业，围绕设计验证、测试验证、工艺验证等中试验证和验收检测环节，更新一批先进设备。重点推动设计验证环测试验证、测试验证、工艺验证等中试验证和验收检测环节，更新一批先进设备；推动更新机械测试、光学测试、环境测试等测试仪器；工艺验证环节更新环境适应性试验、可靠性试验、工艺验证测试、环境试验测试专用设备等，以及专用材料、材料加工、电子组装、机械加工等样品制备和试生产装备；检验检测设备更新电子秤、天平仪器、智能检测等装置设备。
(二) 实施数字化转型行动		
1	推广应用智能制造装备	以生产作业、仓储物流、质量管控等环节改造为重点，推动数控机床与基础制造装备、增材制造装备、工业机器人、工业控制装备、智能物流装备、传感与检测装备等智能制造装备更新。重点推动装备制造更新换代向定制化、智能化的智能制造生产线和柔性生产单元、电子信息制造业推进电子类产品专用智能制造装备与自动化装配集成应用；原材料制造业加快无人运输和装卸智能装备推广应用；推进绿色制造、绿色生产等工业装备智能化改造升级；消费类制造业“面向消费生产”、个性化定制等新模式智能装备。
2	加快建设智能工厂	加快新一代信息技术与制造深度融合，探索智能车间、推进制造技术突破、工艺创新、精益管理、业务协同再造、推动人工智能、第五代移动通信(5G)、边缘计算、工业互联网等深度融合。开展智能车间建设、工业互联网应用和智能制造、智能制造在线检测等典型场景，推动设备联网和各个环节数字化赋能，实现生产数据互联互通、制造资源优化配置、打造数字化车间、围绕生产、管理、服务等重点环节开展智能化升级，优化组织结构 and 业务流程，打造智能工厂。充分发挥工业互联网网络协同赋能作用，引导龙头企业带动上下游企业改造升级，打造智能制造示范工厂。
3	加强数字基础设施建设	加快工业互联网基础设施建设和应用，鼓励工业企业更新改造、新建工业互联网基础设施和应用能力融合体系，加快推动工业互联网标识解析中心建设，建设面向特定领域的边缘节点设施，推动“云边端”协同赋能，加大高性能计算应用，提升工业互联网节点建设支撑水平。
(三) 实施绿色低碳生产行动		
1	加快生产设备绿色化改造	重点推进石化、煤化工、钢铁、有色金属等行业老旧高耗能、高污染、低效率设备更新改造，加快淘汰落后产能，推动绿色生产。重点推进石化、煤化工、钢铁、有色金属等行业老旧高耗能、高污染、低效率设备更新改造，加快淘汰落后产能，推动绿色生产。重点推进石化、煤化工、钢铁、有色金属等行业老旧高耗能、高污染、低效率设备更新改造，加快淘汰落后产能，推动绿色生产。
2	推动重点用能设备能效提升	开展重点用能设备能效提升行动，重点推进石化、煤化工、钢铁、有色金属等行业老旧高耗能、高污染、低效率设备更新改造，加快淘汰落后产能，推动绿色生产。重点推进石化、煤化工、钢铁、有色金属等行业老旧高耗能、高污染、低效率设备更新改造，加快淘汰落后产能，推动绿色生产。
3	加快应用节能降耗和水设备	以工业固体废物处理利用为重点，更新改造工业固体废物处理利用设备，提升工业固体废物处理利用水平。重点推进石化、煤化工、钢铁、有色金属等行业老旧高耗能、高污染、低效率设备更新改造，加快淘汰落后产能，推动绿色生产。
(四) 实施本质安全水平提升行动		
1	推动石化化工老旧装置安全改造	推动石化化工老旧装置安全改造，重点推进石化、煤化工、钢铁、有色金属等行业老旧高耗能、高污染、低效率设备更新改造，加快淘汰落后产能，推动绿色生产。重点推进石化、煤化工、钢铁、有色金属等行业老旧高耗能、高污染、低效率设备更新改造，加快淘汰落后产能，推动绿色生产。
2	提升非煤矿山本质安全水平	推动非煤矿山本质安全水平提升，重点推进非煤矿山老旧高耗能、高污染、低效率设备更新改造，加快淘汰落后产能，推动绿色生产。重点推进非煤矿山老旧高耗能、高污染、低效率设备更新改造，加快淘汰落后产能，推动绿色生产。
3	推广应用先进制造安全技术	推广应用先进制造安全技术，重点推进石化、煤化工、钢铁、有色金属等行业老旧高耗能、高污染、低效率设备更新改造，加快淘汰落后产能，推动绿色生产。重点推进石化、煤化工、钢铁、有色金属等行业老旧高耗能、高污染、低效率设备更新改造，加快淘汰落后产能，推动绿色生产。

表：工业互联网国家政策包含诸多量化目标

发布日期	政策	主体	政策内容
2021年11月	《“十四五”信息通信行业发展规划》	工信部	打造150个企业内网升级改造标杆，在20个重点行业打造5G全连接工厂，建成8个5G+工业互联网公共服务平台；加快解析解二级节点和公共递归节点建设和运营，二级节点达到150个以上，标识注册总量不少于500亿；打造3个具有国际影响力的综合性工业互联网平台，建成70个行业区域特色平台，提高工业互联网平台技术供给质量和应用服务水平，工业企业云上平台数量翻一番；打造20个区域级中心和10个工业级分中心；面向细分领域形成200个左右具有行业特色的融合应用试点示范。
2021年11月	《“十四五”信息通信行业发展规划》	工信部	2025年企业经营管理数字化普及率达80%，企业形态加速向扁平化、平台化、生态化转变；数字化研发设计工具普及率达85%，平台化设计得到规模化推广；关键工序数控化率达68%，网络化、智能化、个性化生产方式在重点领域得到深度应用；工业互联网平台普及率达45%，系统解决方案服务能力明显增强，形成平台企业赋能、大中小企业融通发展新格局。
2021年12月	《“十四五”国家信息化规划》	网信办	加快“5G+工业互联网”的融合创新发展和先导应用，推进5G在能源、交通运输、医疗、邮政快递等垂直行业开发利用与应用推广；目标2025年企业工业设备上云率达到30%，关键业务环节全面数字化的企业比例达到60%。
2021年12月	《“十四五”智能制造发展规划》	工信部、发改委等八部门	到2025年，70%的规模以上制造业企业基本实现数字化网络化，建成500个以上引领行业发展的智能示范工厂；智能制造装备和工业软件技术水平和市场竞争力显著提升，市场满足率分别超过70%和50%，培育150家以上专业水平高、服务能力强的智能制造系统解决方案供应商；构建适应智能制造发展的标准体系和网络基础设施，完成200项以上国家、行业标准的制修订，建成120个以上具有行业和区域影响力的工业互联网平台。
2022年1月	《“十四五”数字经济发展规划》	国务院	建设可靠、灵活、安全的工业互联网基础设施，支撑制造资源的泛在连接、弹性供给和高效配置，到2025年，工业互联网平台应用普及率由2020年的14.7%提升至45%。
2022年4月	《工业互联网专项工作2022年工作计划》	工信部	2022年目标包括但不限于：加快5G全连接工厂建设，打造10个5G全连接工厂标杆；引导建设2个节点累计超过200个，标识注册总量突破1000亿，日均解析量1亿，企业接入数量10万家，上线递归节点不少于8个；指导工业互联网产业联盟发布产业、环保、服装等行业标识解析应用指南，推动不少于5个工业互联网平台、500个工业APP适配解析体系；遴选20个左右跨行业跨领域综合型工业互联网平台；培育10个左右特定区域工业互联网公共服务平台；遴选10个左右特定技术领域专业型工业互联网平台。

2

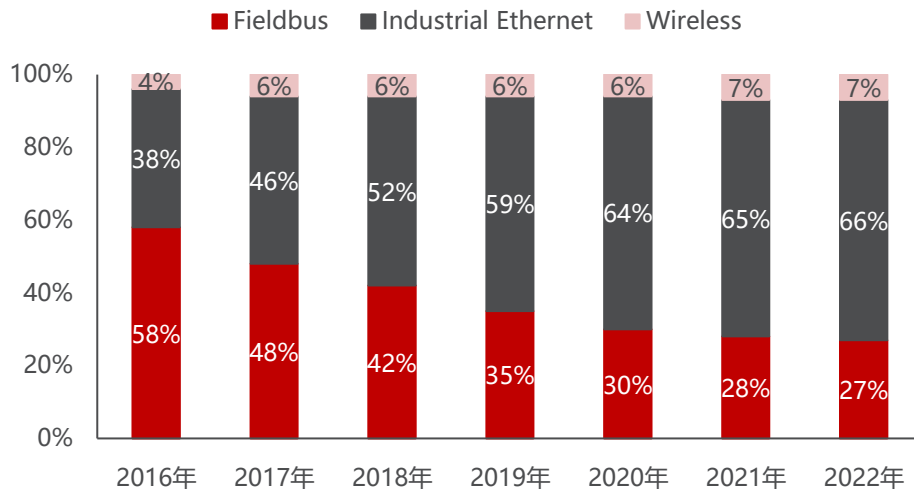
技术驱动：细分通信协议复杂孤立，工业以太网替代现场总线大势所趋

- ▶ **细分工业通信协议复杂且孤立：**目前市场上存在三大类主流的工业网络通信协议——现场总线、工业以太网、无线，其各自又包含不同的细分协议，适用于不同厂商、不同细分应用场景，过于碎片化的标准导致工业互联网生态较为封闭；同时现有协议以发达国家为主导，我国有望在无线领域弯道超车。
- ▶ **工业以太网替代现场总线是大势所趋：**根据HMS数据，全球工业网络新安装节点2022年相比2021年同比增长8%，其中工业以太网同比增长10%，现场总线同比增长4%，无线同比增长8%；市场份额方面，2016-2022年，工业以太网份额由38%提升至66%，现场总线由58%下降至27%。

表：全球主流工业网络通信协议标准

协议类型	协议名称	成立时间	主要参与厂商
Fieldbus现场总线	PROFIBUS	1987年	德国西门子
	Modbus	1979年	法国施耐德电气(美国莫迪康)
	CC-Link	1996年	日本三菱电机
	DeviceNet	1994年	美国罗克韦尔自动化(美国艾伦-布拉德利)
	CAN	1986年	德国博世
	AS-interface	1994年	德国西门子
	FF	1994年	ISP协议与World FIP协议合并而成
	EtherNet/IP	2000年	美国罗克韦尔自动化、法国施耐德电器、日本欧姆龙
Industrial Ethernet工业以太网	PROFINET	2001年	德国西门子
	EtherCAT	2003年	德国倍福自动化
	Modbus-TCP/IP	1996年	法国施耐德电气(美国莫迪康)
	Powerlink	2001年	奥地利贝加莱
	CC-Link IE	2007年	日本三菱电机
Wireless无线	WIA-PA	2008年	中国工业无线联盟
	WIA-FA	2014年	中国科学院沈阳自动化研究所
	WirelessHART	2007年	国际HART通讯基金会
	ISA100.11a	2005年	ISA国际自动化协会

图：2016-2022年全球工业网络市场份额情况（新安装节点）

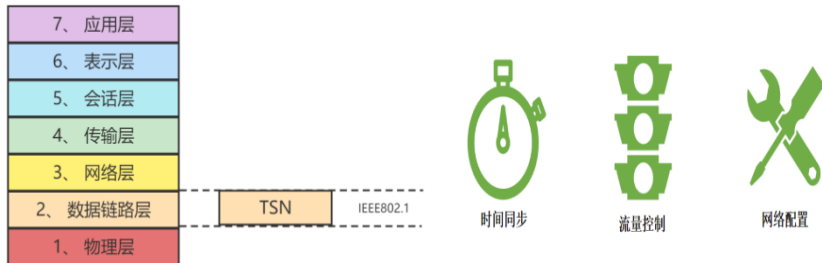


2

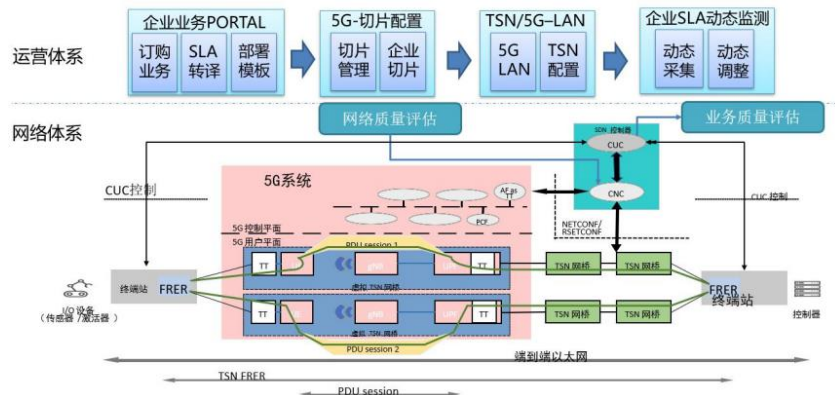
技术驱动：5G+TSN实现高可靠低时延特性的完美契合，打破封闭生态

- TSN位于七层网络架构的数据链路层，主要解决网络确定性保障问题，通过一系列协议标准实现零拥塞丢包的传输，提供有上界保证的低时延和抖动，为时敏敏感流量提供确定性传输保证。为实现局域网的确定性传输，TSN实现了精确的网络时间同步机制，流程整形、分类和不同优先级流量的流量调度机制，以及端到端、网络中的交换机进行配置，以便为时间敏感型数据提供预留带宽等服务进行系统化的网络配置机制。
- 与标准的以太网相比，TSN最大的优点是能够保证数据交换的确定性，在提前确定时间敏感数据流传输的周期、每个周期传输的数据大小后，只要数据发送方按照约定将数据发出，TSN就能够保证在确定的时间将数据交换到接受方。
- 5G满足工业4.0的无线通信与高可靠低时延的诉求，TSN满足工业4.0的确定性时延及协议统一的诉求，将TSN技术原理与5G网络的传输过程进行融合，可以更为有效地保证5G网络的端到端高可靠低时延传输要求，创造一个脱离有线束缚、满足端到端确定性时延、具备开放生态的工业网络新时代。**

图：TSN网络协议层次及TSN关键技术



图：5G与TSN融合部署总体参考架构

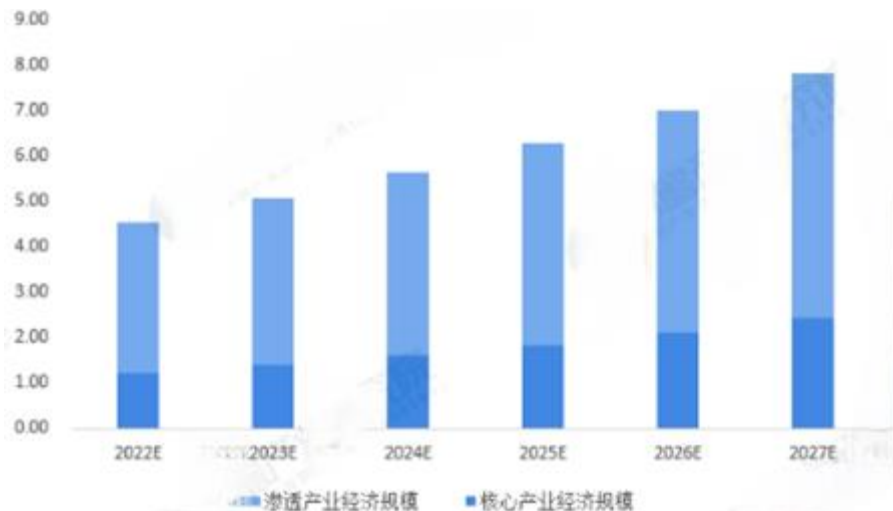


3

工业互联网：核心产业经济规模达万亿

- 考虑到工业互联网的跨界性质，很多产业可能将会从中受益，尤其是中小软件企业、互联网企业包括大数据、云计算等企业、智能制造企业等。作为物联网中的重要组成部分，工业互联网发展将会随着物联网技术的进步而得到快速发展，芯片、传感器、通信模组网络等行业的技术进步将会带动工业企业的新一轮效率提升，帮助电力、航空、医疗、铁路、能源等行业提高生产率。
- 根据前瞻产业研究院预测，2027年中国工业互联网核心产业经济规模将达到2.43万亿元左右，渗透产业经济规模将达5.39万亿元，合计为7.82万亿元。

图：2022-2027年中国工业互联网核心产业与渗透产业经济规模（万亿元）



2.3.3 智能终端发生交互变革，关注视频会议/耳机/脑机接口/ARVR等

1 以ChatGPT为出圈点，后续终端应用落地不断

➢ 软件层面：AIGC+办公、教育、影视、电商等应用场景

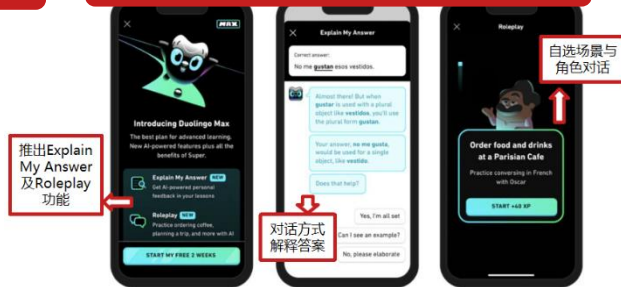
图：AIGC为影视作品制作海报



图：Copilot 的上线有望引领办公软件生成式 AI 革命浪潮



图：大模型迭代推动教育应用能力升级



➢ 硬件层面：AI可穿戴产品层出不穷，如AI PIN、Rewind智能吊坠、Meta智能眼镜、WHOOOP智能手环等。

图：AI Pin



图：Rewind Pendant



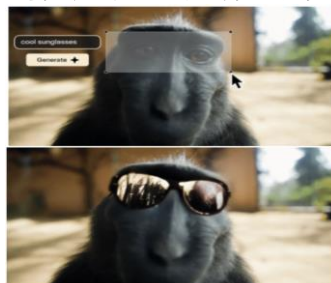
图：Ray-Ban Meta



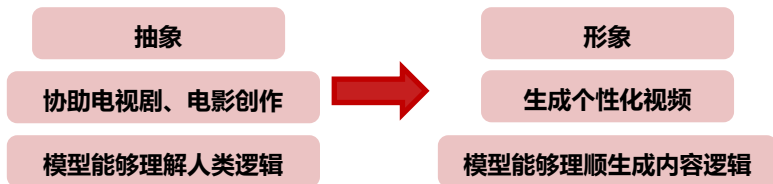
2 AI生成视频产生巨大颠覆；AI+终端带来新增长周期

- 传统AI生成视频技术，与早期手绘动画类似，首先生成多帧静止图像，之后将这些图像连接起来，并通过一帧帧图像的渐变，实现画面的运动。Pika引领AIGC进入“梦幻电影”时代，其使AI生成内容从静态的文本/图片走向了动态的视频。我们认为Pika的火爆或带动市场出现更多AI产品，过去的应用壁垒可能会被AI应用重新颠覆重塑。同时，AI生成视频属于多模态应用，其复杂的算法对于算力的需求可能显著高于生成文字的需求。

图：Pika可实现通过文字指令实时改变视频内容



个性化视频可能成为今后大模型呈现给用户的交互方式



- 回顾PC及智能手机的发展，改善交互的代表包括1980s-1990s图形交互界面的出现及完善、2010s以来触屏手机快速成长，我们判断AI Pin等产品带来交互变革，推动终端市场进入新的增长周期。

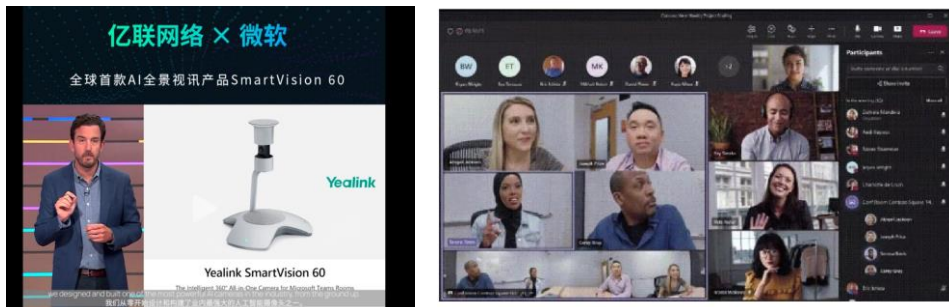
图：终端交互趋势——更加直观、便携、无形化



3 终端设备：微软推出AI会议视讯产品，AI耳机持续升级

- 7月19日，公司携手微软推出全球首款AI全景视讯产品SmartVision 60，该产品由亿联先发两年和微软合作研发，可识别演讲人形成智能总结，提供每个参会者独立的视频画面和视觉识别，集成Microsoft 365 Copilot能力。

图：亿联网络X微软推出AI全景视讯产品SmartVision 60



- 边缘 AI 终端中，相比手机和音箱，耳机便携性优势凸显，或成为当前阶段发展最快的边缘 AI 终端，具备实时转录、会议记录等功能。商务 AI 耳机对内置麦克风智能降噪、长距离拾音等功能实现进一步完善。

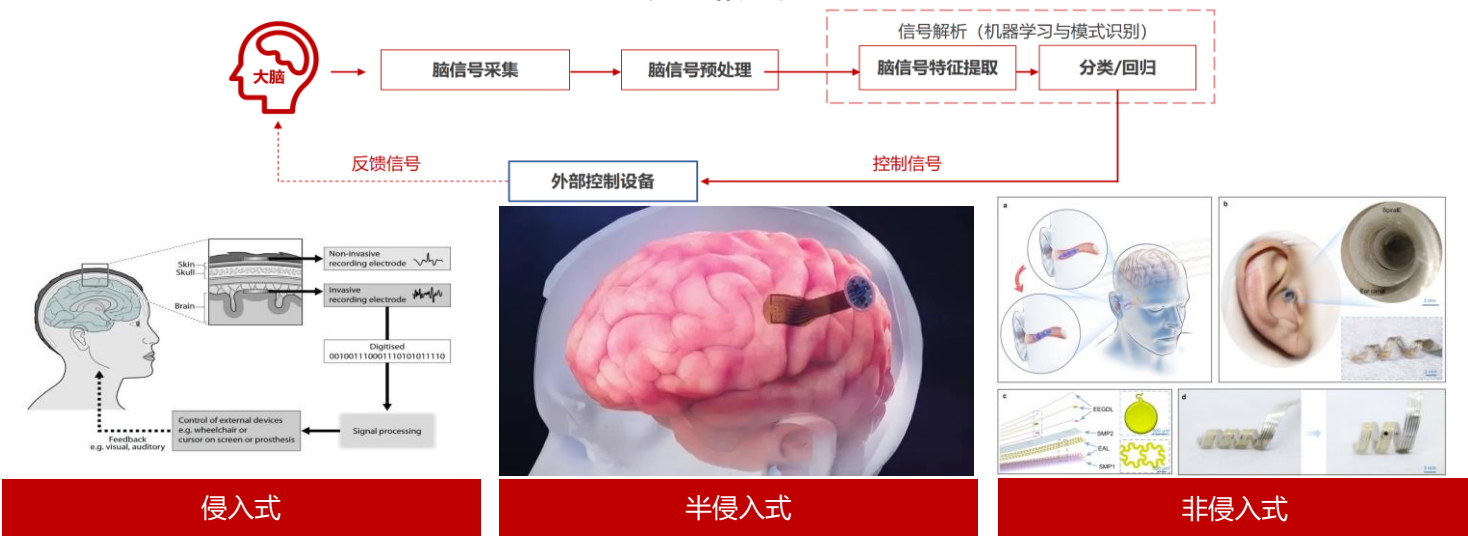
表：AI耳机持续升级

公司	产品	发布时间	AI 相关功能
科大讯飞	iFLYBUDS Nano 系列会议耳机	2023 年 5 月 24 日	实时转录、多语言转写、文本处理
印象笔记	印象 AI 录音转写会议耳机	2023 年 6 月 29 日	实时转写、会议记录、实时字幕
高通	S7、S7 Pro-Gen 1 音频芯片	2023 年 10 月 25 日	音频个性化、跨设备连接

4 脑机接口——人脑与外界直接交互的桥梁

- 脑机接口 (Brain Computer Interface, BCI)：不依赖大脑的正常输出通路（即外围神经和肌肉组织）就可以实现人脑与外界（计算机或其他外部装置）直接通信的系统。脑机接口系统由七大部分组成：大脑、脑信号采集、脑信号预处理、信号解析、控制接口、外部控制设备和神经反馈，形成了一个闭环。外部设备可以是不同型号的计算机或各类器械设备，如日常的笔记本电脑，用于治疗用途的脑起搏器，或是轮椅、假肢等外部控制设备。

图：脑机接口工作方式示意



侵入式脑机接口通常直接植入到大脑的灰质，此类脑机接口主要用于重建**特殊感觉**（例如视觉）以及**瘫痪病人的运动功能**。

半侵入式脑机接口一般植入到颅腔内，但是位于灰质外，优于非侵入式，且引发免疫反应和愈伤组织的几率较小。

非侵入式脑机接口通常是方便佩戴于人体的非侵入式的装置，通过脑电EEG、脑磁、功能性磁共振成像等信号采集帮助刺激大脑。

4

脑机接口进程梳理

✓ **国外进展：**自1973年加州大学洛杉矶分校教授雅克·维达尔提出“脑机接口”概念，关于脑机接口的科学论证已经进行了五十多年。21世纪初逐渐开始从理论研究转向应用实验及产品开发，在医疗卫生、娱乐游戏领域进展迅速。

巴西世界杯用机械外骨骼开球

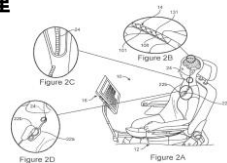
Facebook实现意念打字



Cognixion公司发布基于脑机接口的AR头显



Synchron实现两例人类脑机意念控制设备



Synchron完成首个BCI植入体渐冻症患者在30分钟内使用大脑操纵设备发送了两条推特



OpenBCI公司上市VR头显设备Galea

2014年 2017年

2020年

2021年

2022年7月

2023年

✓ **国内进展：**国内在2021年正式启动“脑计划”，确定了“一体两翼”的发展战略，提供众多政策支持。据睿睿分析数据，2014年-2023年8月20日，中国脑机接口行业发生融资事件170起，已披露融资总额58.45亿人民币。

天津大学促成中国天宫二号太空脑机交互实验



中国浙大植入式BCI协助患者喝可乐

中国电子标准院发布《脑机接口标准化白皮书（2021版）》



BrainCo强脑科技发布Easleep脑机智能安睡仪



柔灵发布睡眠脑电监测设备Airdream

南开大学牵头实现全球首例非人灵长类动物植入式脑机接口试验



杭州回车科技推出脑机接口BMI VR一体机

2016年

2020年

2021年

2022年11月

2023年3月

2023年5月

2023年6月

✓ **Neuralink公司：**2016年由马斯克和八名其他联合创始人于美国成立，致力于脑机接口技术的研究及其商业化，其研究进展及产品在脑机领域具有代表性，核心技术为植入物“link”及线程（neural threads）。



推出该公司第一个侵入式脑机接口设备



公布N1芯片



完成小猴子Pager意念玩游戏实验

Neuralink获得FDA的批准启动人体实验



“PRIME”项目招募瘫痪患者志愿者进行大脑植入设备人体试验

2019年7月

2020年8月

2021年

2023年5月

2023年9月

4 脑机接口：医疗是最刚需方向

- 脑机接口的应用起点在于医学，利用脑机接口技术获取上述大脑功能区的信息并进行分析，将有助于神经精神系统疾病诊断、筛查、监护、治疗与康复等工作的开展。根据麦肯锡的测算，全球脑机接口医疗应用的潜在市场规模在2030-2040年有望达到400亿-1450亿美元，其中严肃医疗应用潜在规模在150亿-850亿美元，消费医疗应用潜在规模在250亿-600亿美元。

严肃医疗场景举例

1. 视听损伤康复——Neuralink视觉芯片

适用于失明、失聪患者。

Neuralink公司创始人马斯克表示：Neuralink正在研发一种视觉芯片，预计几年后就能完成，帮助那些失明患者重见光明。

2. 四肢控制——MoveAgain BCI by Blackrock

适用于瘫痪、脑卒中、截肢或其他类型的运动障碍患者重新掌控身体。在Blackrock公司进行的临床试验中，瘫痪患者使用MoveAgain BCI控制机械臂执行任务，以控制自己的四肢和假肢的运动。同时该公司预计还将探索视觉假肢在人体中的应用，目标是到2028年首次在人体中展示Neuralace视觉假肢。

图：仿生手亦可演奏



图：注意力康复训练



消费医疗场景举例

1. 改善失眠、抑郁——脑控助眠仪、脑控鼠标、冥想脑状态监测等产品

适用于以神经反馈方式或神经刺激方式治疗疼痛、抑郁症、认知障碍等疾病。

2023年，柔灵科技公司发布了一款小型化脑电监测设备Airdream，除通过脑电信号监测睡眠质量外，其搭载了家用睡眠脑电管理系统，通过脑电引导的周期性噪声刺激方式来增强慢波睡眠，辅助用户减压、放松，快速进入睡眠状态。

2. 无创经颅磁刺激、经颅超声刺激等治疗精神类疾病

数药智能独立研发的《注意力强化训练软件》获得国内首张治疗儿童ADHD的数字疗法医疗器械证，成为国内ADHD数字疗法领域首款获批的“电子处方药”。

非侵入脑机+数字疗法在脑神经疾病领域的应用越来越广泛，在儿童多动症、儿童孤独症、帕金森等相关脑神经疾病治疗领域的有效性已得到充分论证。

图：深海豚脑机智能安睡仪



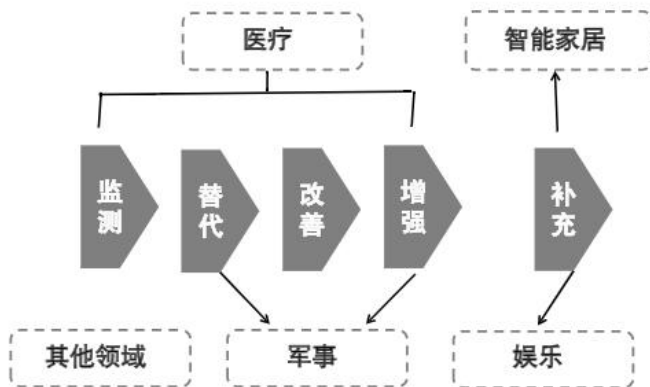
图：柔灵睡眠脑电监测设备



4

脑机接口—下一代智能交互

图：脑机接口的下一代智能交互应用



▲脑机接口的功能和应用

娱乐



1. 游戏领域的应用较为突出。通过采集玩家的大脑信号，游戏开发者可以设计出更具有沉浸感和互动性的游戏；
2. 音乐和电影。

教育



1. 注意力监测；
2. 压力监测；
3. 教学设计
4. 智能学习和记忆增强
-

智能家居

1. “意念控制”为智能家居的控制和操作提供更加便捷、自然和个性化的方式；
2. 实现智能家居的自适应调节；
3. 智能床。



人车交互



疲劳监测等

军事



1. 脑控无人作战装备；
2. 增强对危险的态势感知；
3. 更高效、保密的军事通信

4 脑机接口—人和未来数字世界的通道

- **元宇宙和脑机接口能够在信息层次相结合**，目前人类与虚拟空间的连接主要是通过感官实现（VR眼镜等），而脑机接口的发展则将带来更直接的、连接人与未来数字世界的通道，不仅是实现感官信息的传递，更是直接传达大脑的物理信息。

图：脑机接口将是人和未来数字世界的通道

通过脑机接口、NFT以及人工智能识别等技术，实现健康状况的实时化、数字化呈现，延长人类寿命。

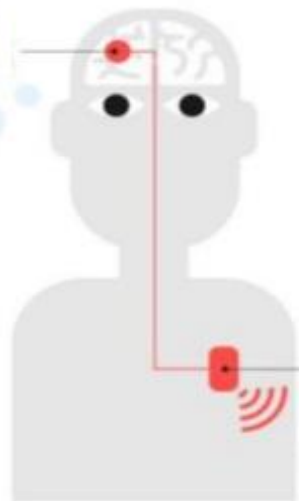
元宇宙世界“分身”



用户行为数据



脑机接口



词库

信号
转换器
传感器

接收器

3 投资建议



投资建议

建议关注：

- **光通信**产业链：中际旭创、天孚通信、新易盛、源杰科技、太辰光、铭普光磁、联特科技、博创科技
- **IDC+算力运维**公司：奥飞数据、龙宇股份、中贝通信、云赛智联、润泽科技、中创环保、科华数据、数据港、润建股份、首都在线。
- **服务器**公司：工业富联、中科曙光、浪潮信息、拓维信息、烽火通信。
- **交换机**产业链：盛科通信、紫光股份、中兴通讯、锐捷网络、共进股份、菲菱科思。
- **边缘计算**产业链：网宿科技、鼎通科技、美格智能、广和通、移远通信、移为通信。
- **温控液冷**产业链：英维克、曙光数创、高澜股份、申菱环境、飞荣达、川环科技、科创新源。
- **光纤海风海缆**产业链：亨通光电、中天科技、长飞光纤。
- **量子计算**产业链：吉大正元、格尔软件。
- **工业互联网**产业链：映翰通、东土科技、三旺通信。
- **低空+卫星互联网**产业链：上海瀚讯、南京熊猫、信维通信、海格通信、北斗星通、司南导航、华力创通、普天科技

4 风险提示



风险提示

- **新基建、数字经济等政策落地不及预期。**若新基建、数字经济等政策支持力度不及预期，或导致通信行业需求萎缩。
- **通信、数通市场需求不及预期。**若通信、数通市场云计算巨头的需求渐弱，将影响其资本支出，进而传导到上游影响相关光模块、光器件厂商、ICT设备商、IDC厂商的整体业绩。
- **AI下游应用发展不及预期。**若AI技术发展不及预期，下游应用拓展缓慢，将影响对上游算力基础建设的需求，影响光通信产业链厂家、ICT设备商、物联网企业业绩。
- **卫星互联网产业进程不及预期。**我国卫星发射进程不及预期，6G通信技术迭代不及预期，影响卫星互联网产业链厂家业绩。

THANKS 致谢

民生通信研究团队：



分析师 马天诣
执业证号：S0100521100003
邮件：matianyi@mszq.com



分析师 马佳伟
执业证号：S0100522090004
邮件：majiawei@mszq.com



分析师 崔若瑜
执业证号：S0100523050001
邮件：cuiyu@mszq.com



研究助理 谢致远
执业证号：S0100122060027
邮件：xiezhiyuan@mszq.com



分析师 杨东谕
执业证号：S0100523080001
邮件：yangdongyu@mszq.com



研究助理 范宇
执业证号：S0100123020004
邮件：fanyu@mszq.com

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

特别声明:

本资料所载内容仅用于民生证券研究院针对客户的培训, 如其中涉及投资建议或意见, 均源于民生证券研究院已外发报告, 不应被视为新的投资建议或意见。如对相关内容感兴趣, 请阅读对应报告, 并以最新报告内容为准。

分析师声明:

本资料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、客观地出具本资料, 并对本资料的内容和观点负责。本资料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、也将不会因本资料中的具体内容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	
以资料对应报告发布日后的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。

本资料仅供本公司境内客户使用。本公司不会因接收人收到本资料而视其为客户。本资料仅为参考学习交流之用, 并不构成对客户投资建议, 不应被视为买卖任何证券、金融工具的要约或要约邀请。本资料所包含的观点及内容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, 不应单纯依靠本资料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资料中的任何内容而导致的任何可能的损失负任何责任。

本资料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。

在法律允许的情况下, 本公司及其附属机构可能持有本资料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资料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, 勿将本资料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资料, 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资料提及的证券或要求获悉更详细的信息。本资料不构成本公司向发送本资料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资料而将其视为本公司客户。

本资料的版权仅归日本公司所有, 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。所有在本资料中使用的商标、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。