

2023年12月05日
电子

ESSENCE

行业深度分析

证券研究报告

电子行业年度策略：把握 AI、创新、国产化三大趋势下的十大投资方向

目 电子行业复苏号角已吹响，AI、创新、国产化引领来年增量：

回顾 2023 年，TMT 板块在 AI 浪潮的带动下领涨，年初至 12 月 1 日，SW 电子指数上涨 8.05% (5/31)；SW 电子指数 PE 为 38.95 倍，对应 10 年 PE 百分位 38.26%。电子行业逐季复苏，23Q3 总营收 YoY+0.89%，QoQ+14.06%；归母净利润 YoY-6.66%，QoQ+17.60%，同比降幅收窄。去库取得成效、需求温和复苏的大背景下，下半年电子行业景气度企稳回升。展望明年，我们认为电子行情将主要围绕 AI、终端创新、国产替代三大最具成长逻辑的主线进行演绎，建议重点关注 1) 云侧 AI、2) 端侧 AI、3) 先进封装、4) 存储、5) 消费电子新工艺新材料、6) MR、7) 汽车智能化、8) 汽车电动化、9) 半导体设备、10) 卫星通信/5.5G 十大赛道带来的硬件端增量及相关投资机遇。

目 AI：云端两侧同步推进，关注算存力升级与终端应用落地

ChatGPT 带来的新一轮 AI 革命对算力的需求确定性是确认的，算力芯片作为 AI 大模型底座将长期稳定受益，存算一体、HBM、Chiplet、CPO 等技术作为解决大算力带来的“内存墙”“功耗墙”等问题的有效路径，也有望取得良好发展。混合 AI 是 AI 规模化的必然趋势，将部分推理工作放在终端侧能够带来成本、能耗、性能、隐私、安全和个性化优势。AI 手机、AI PC 等终端有望率先落地并逐步普及，为消费电子注入新活力。建议关注国产大算力芯片、英伟达/AMD 产业链、上游硬件供应商、下游多模态应用落地等投资机会。

目 终端创新：技术突破创造新需求，消费/汽车电子多点开花

1) 消费电子端，随着体验升级、价格下探，折叠屏出货量持续高速增长，带动 MIM 等环节发展；苹果 MR 预计明年年初上市，在光学显示、交互、应用等环节均有创新；钛合金、碳纤维等新材料及相关工艺的突破为终端轻量化提供可能；华为率先在 Mate60 系列上支持卫星通信技术，并于 11 月发布了首个 5.5G 用户级产品，商用化有望提速。
2) 汽车电子端，智能化趋势奠定以太网、激光雷达等环节的长期增长，800V 高压平台逐步渗透，将带动 SiC、超充等产业链发展。

目 国产替代：自主可控势在必行，上游设备零部件为核心瓶颈

国际贸易摩擦下，半导体自主可控诉求提升，国产半导体设备及零部件的渗透率有望进一步上升。重点关注以光刻机、量测设备为代表的低国产渗透率方向，以及光刻机零部件等高端半导体零部件。

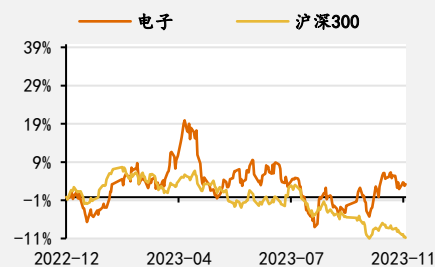
目 投资建议：具体标的见第一章 1.4 节。

目 风险提示：下游需求不及预期；技术迭代不及预期；国产替代不及预期；行业竞争加剧；中美贸易摩擦升级。

投资评级 **领先大市-A**
维持评级

首选股票 目标价(元) 评级

行业表现



资料来源：Wind 资讯

升幅%	1M	3M	12M
相对收益	4.4	11.9	13.9
绝对收益	1.9	3.8	3.4

马良 分析师

SAC 执业证书编号：S1450518060001

maliang2@essence.com.cn

相关报告

芯片制造核心瓶颈环节，光刻机国产替代加速推进	2023-12-01
美国政府 30 亿美元投资先进封装，全球手机市场或迎来复苏拐点	2023-11-26
VIVO 发布首款 AI 大模型手机，小米汽车亮相工信部新车目录	2023-11-19
中芯国际上调全年资本开支预计，Meta VR 或于明年底引进国内	2023-11-12
整车互连技术趋势及元器件投资机遇	2023-11-09

目 录

1. 全年行情总览：景气度触底回暖，周期与成长共振	8
1.1. 业绩：逐季复苏趋势明确，模拟 IC、光学引领 Q3 增长	8
1.2. 涨跌幅：电子排名第五，光学光电子涨幅最高	10
1.3. PE：电子行业 PE 为 38.95 倍，10 年 PE 百分位为 38.26%	11
1.4. 投资策略：以 AI、创新、国产化为轴，挖掘十大投资方向	11
2. 云侧 AI：大模型算力需求激增，技术迭代推动瓶颈突破	13
2.1. AI 大模型风口已至，海内外科技巨头加码布局	13
2.2. 海量参数产生大算力需求，GPGPU 等高壁垒 AI 芯片受益	14
2.3. 英伟达引领硬件端产品升级，国产 GPU 静待花开	17
2.4. “内存墙”“功耗墙”掣肘算力发展，创新技术提供解决路径	20
3. 端侧 AI：高通等 IT 龙头布局，终端 AI 应用带动产业链升级	23
3.1. 终端算力需求凸显，科技龙头加快布局终端侧 AI	23
3.2. 高通持续提升终端硬件 AI 性能，终端侧全栈 AI 不断优化	23
3.3. 手机/PC 端有望率先变革，产业链投资机会值得重视	24
3.3.1. SoC：终端 SoC 算力持续提升，软硬件一体框架加速优化	24
3.3.2. DRAM/NAND：端侧 AI 模型及 APP 扩容，存储配置需相应提升	25
3.3.3. AI 行情由供给侧迈向应用侧，建议关注产业链投资机会	26
4. 先进封装：先进制程贴近物理极限，Chiplet 迎来黄金发展期	29
4.1. 先进制程迭代放缓，Chiplet 展现集成优势	29
4.2. AI 等高算力芯片需求增加，Chiplet 迎来高速发展	30
4.3. 龙头 IC 制造及封测厂加码布局 Chiplet	31
5. 存储：周期与成长共振，AI+DDR5 升级带来增量	33
5.1. 存储行业触底企稳，供需格局持续优化	33
5.2. 生成式 AI 显著带动 DRAM 需求，存储行业发展长期向好	34
5.2.1. “内存墙”、“功耗墙”掣肘 AI 的算力发展	34
5.2.2. HBM、存算一体等技术成为主流解决路径	36
6. 消费电子：折叠屏浪潮推动 MIM 发展，轻量化趋势引领材料创新	41
6.1. 折叠屏手机新风尚，铰链带动 MIM 工艺需求提升	41
6.1.1. 全球折叠屏手机厂商于蓝海中百舸争流	41
6.1.2. MIM 工艺优势显著，深度赋能折叠屏铰链	42
6.2. 消费电子具备轻量化趋势，钛合金、碳纤维加速应用	44
6.2.1. 钛合金：强度高、抗腐蚀，加工工艺是关键壁垒	44
6.2.2. 碳纤维：密度低、强度高，PC、手机领域快速导入	46
7. MR：Vision Pro，开启空间计算平台新时代	49
7.1. 苹果发布 Vision Pro，新一代空间计算平台开启	49
7.2. 芯片算力大幅提高，屏幕、光学方案带来全新体验	49
7.3. MR 应用生态丰富，使用场景大幅拓宽	51
7.4. Vision Pro 有望引领 XR 市场快速发展	52
8. 汽车智能化：车载以太网、激光雷达、车规 MCU 具备较大潜力	54
8.1. 车载以太网：带宽、可拓展性等兼具优势，智能化升级催生配套需求	54
8.2. T-Box：实现 V2X 互连的关键	60
8.3. 激光雷达：自动驾驶推动激光雷达市场持续增长	61
8.4. MCU：应用逐步覆盖，单车 ECU 数量提升	64

9. 汽车电动化：800V 高压渗透率提升，SiC 主驱、高压连接器、超充电桩/枪受益	66
9.1. SiC 迎来落地大年，政策加码国产化进程	66
9.2. 车载高压连接器需求提振，行业有望持续景气发展	68
9.3. 充电桩/充电枪：配套需求旺盛，充电设施加速建设	68
10. 半导体设备：瓶颈环节亟待突破，国产替代势在必行	71
10.1. 光刻机：芯片制造环节核心设备	71
10.1.1. 芯片制程升级的关键设备，EUV 光刻已实现 7nm 及以下制程	71
10.1.2. 光刻机市场超 200 亿美元，ASML 垄断高端市场	72
10.1.3. 光刻机零部件市场约 79 亿美元，光源、光学、双工台是核心系统	73
10.2. 量检测设备：芯片良率的重要保障，国产替代潜力大	76
10.2.1. 芯片良率的重要保障，贯穿晶圆制造与封测各环节	76
10.2.2. 前道量检测设备：市场规模超百亿美元，国产替代持续推进	77
10.2.3. 后道检测设备：模拟测试机率先国产化，SoC、射频快速推进	79
11. 卫星通信/5.5G：SpaceX/华为引领通信创新，新兴技术前景广阔	82
11.1. 卫星互联网：我国战略性新兴产业，低轨卫星通信蓄势待发	82
11.2. 5.5G：华为首发全系列方案，5.5G 时代即将开启	85

目 录

图 1. 21Q1-23Q3 电子板块营业收入及增速	8
图 2. 21Q1-23Q3 电子板块归母净利润及增速	8
图 3. 2023 年各行业板块涨跌幅（截至 12.01）	10
图 4. 2023 年电子板块子板块涨跌幅（截至 12.01）	10
图 5. 电子板块近十年 PE 走势	11
图 6. 电子板块近十年 PE 百分位走势	11
图 7. 电子板块子板块近十年 PE 走势	11
图 8. 电子板块子板块近十年 PE 百分位走势	11
图 9. 21Q1-23Q3 电子板块子板块存货周转天数（天）	12
图 10. 22.1-23.9 国内智能手机出货量及增速	12
图 11. AI 大模型产业生态	13
图 12. 近年主流生成型 AI 对算力的需求	15
图 13. GPU 与 CPU 并行运算能力对比	15
图 14. 近年英伟达 GPU 的 FLOPS 与带宽速率增长	16
图 15. CPU 和 GPU 架构对比	18
图 16. 生成式 AI 大模型走向边缘终端是必然趋势	23
图 17. 未来 100 亿或更高参数的混合 AI 模型有望在终端上运行	23
图 18. 混合 AI 有望在未来十年内为高通打开约 7000 亿美元市场	24
图 19. 高通 SoC 支持手机运行数十亿参数的 AI 大模型	24
图 20. 骁龙 8 Gen3 配置	24
图 21. 高通 AI 软件栈将 AI 软件统一到一个软件包中	24
图 22. 骁龙 8 Gen 3 和天玑 9300 在工艺制程及架构的区别	25
图 23. 手机与 PC 占 DRAM 终端市场一半左右	26
图 24. 2020-2023 年全球 NAND 下游需求占比	26
图 25. 中国智能手机出货量，增长率，22Q3-23Q3	27
图 26. 2023Q3 全球畅销手机前 20 各价格段销量占比	28

图 27. 历年全球畅销手机前 20 各价格段销量占比	28
图 28. Chiplet 结构示意图	29
图 29. Chiplet 技术缩短上市时间	29
图 30. 启明 930 发布	30
图 31. Chiplet 市场规模	31
图 32. 国内外龙头企业 Chiplet 产品	31
图 33. 台积电 3DFabric 技术	32
图 34. 英特尔 EMIB 技术	32
图 35. 三星 3D IC 技术演进	32
图 36. 长电科技 XDF01 平台	32
图 37. 华天科技 3D Matrix 平台	32
图 38. 23H2 内存库存压力逐渐从原厂转移至买方	33
图 39. 各内存主要原厂营业利率趋势	33
图 40. 2023-2024 年 DRAM 价格预测	34
图 41. 2023-2024 年 NandFlash 价格预测	34
图 42. 2023-2024 年 DRAM 供需预测	34
图 43. 2023-2024 年 NandFlash 供需预测	34
图 44. 存储计算“剪刀差”	35
图 45. 冯诺依曼架构下的数据传输	35
图 46. AI 模型大小增长与 GPU 内存增长	36
图 47. AI 模型计算量增长速度	36
图 48. HBM 设计结构	37
图 49. 三大原厂 HBM 开发进度	38
图 50. 2019-2024DRAM 总营收与 HBM 营收占比	38
图 51. 冯诺依曼架构 vs 存算一体架构	39
图 52. 四种存算一体架构对比	39
图 53. 折叠屏手机全家福	41
图 54. 全球折叠屏手机出货量及市场份额年均增长率预测 (2022-2027, 百万台)	42
图 55. 22Q1-23Q3 可折叠智能手机品牌份额	42
图 56. 2023Q1-3 中国折叠屏手机市场份额	42
图 57. MIM 工艺流程	43
图 58. MIM 的技术优势	43
图 59. MIM 与其他金属加工工艺的成本比较	43
图 60. 钛合金结构件的制备工艺流程	45
图 61. 碳纤维产业链	47
图 62. 2022 年碳纤维下游分布	47
图 63. 采用碳纤维结构件的联想 Thinkpad X1	48
图 64. Vision Pro 产品图	49
图 65. visionOS 1.0 系统界面	49
图 66. Vision Pro 双芯片布局	50
图 67. M2 芯片主要指标	50
图 68. Vision Pro 传感系统	51
图 69. Vision Pro 虹膜扫描	51
图 70. visionOS 架构	51

图 71. visionOS 手势交互.....	51
图 72. Vision Pro 线上会议.....	52
图 73. Vision Pro 3D 模型教学.....	52
图 74. 全球 VR 年度出货量 (万台)	52
图 75. 汽车电子电气架构不断演进	54
图 76. 传统总线通信类型繁多	55
图 77. 以太网在汽车上的应用 (蓝线部分为车载以太网)	56
图 78. OSI 模型.....	56
图 79. 以太网的硬件基础	56
图 80. 传统以太网和汽车以太网线束对比	57
图 81. 泰科电子 MATEnet 以太网连接器	57
图 82. 泰科电子 GEMnet 以太网连接器	57
图 83. 以太网芯片拥有多种设计架构	58
图 84. 以太网物理层芯片功能	58
图 85. 汽车网关配置集中式网关和域网关	59
图 86. 汽车网关与众多网络接口通信	59
图 87. 汽车网关产业链	60
图 88. V2X 包含车与行人、网络、其他车辆、基础设施的连接.....	60
图 89. T-box 终端硬件拆解.....	61
图 90. T-box 各类接口.....	61
图 91. 我国乘用车 T-box 市场规模	61
图 92. 我国车载 T-box 产业链	61
图 93. 汽车传感器分类	62
图 94. 部分环境感知传感器性能对比	62
图 95. 各等级自动驾驶定义及标准	62
图 96. 各等级自动驾驶传感器需求	62
图 97. 汽车传感器分类	63
图 98. 三大类型传感器优劣势对比	63
图 99. 激光与毫米波在电磁波谱中的位置	63
图 100. 激光雷达可视化成像效果	63
图 101. 2025/2030E 全球/中国激光雷达出货量预测.....	64
图 102. 2025 年全球汽车各级别 ADAS 系统渗透率预测.....	64
图 103. MCU 芯片在汽车中的应用.....	64
图 104. 全球车规级 MCU 市场规模	65
图 105. 中国车规级 MCU 市场规模	65
图 106. 2020-2024E 全球新能源汽车 SiC 渗透率.....	67
图 107. 2020 年全球 SiC 晶片市场.....	67
图 108. 新能源汽车相交燃油车新增众多高压部件	68
图 109. 我国充电桩保有量加速上升	69
图 110. 新能源车桩比持续走低但离目标仍有差距	69
图 111. 我国充电桩市场规模 (亿元)	69
图 112. 某品牌充电枪与充电插座	70
图 113. 液冷超充枪内置液冷循环油路	70
图 114. 光刻工艺技术图	71

图 115. 光刻工艺流程图	71
图 116. EUV 光刻机原理	72
图 117. 光刻机市场主要设备占比	72
图 118. 全球光刻机三大供应商市场占比	73
图 119. 上海微电子 600 系列光刻机	73
图 120. 2018-2022 年 ASML 销售毛利率	74
图 121. ASML 的 EUV 系统	74
图 122. Gigaphoton 的 EUV 光源系统	74
图 123. 福晶科技 LBO 晶体	75
图 124. 炬光科技半导体激光元器件	75
图 125. ASML 双工件台	75
图 126. 华卓精科双工件台	75
图 127. 集成电路产业链	76
图 128. 半导体检测与量测技术	76
图 129. 测试机展示	77
图 130. 探针台展示	77
图 131. 全球半导体设备市场规模及增速 (亿美元)	77
图 132. 2021 年检测和量测设备全球市场格局情况	77
图 133. 2020 年科磊在各环节的市占率	78
图 134. 2018 年 AMAT 晶圆生产线各类设备投资占比	78
图 135. 上海睿励 TFX4000i 产品示意图	78
图 136. 上海精测 EPROFILE 300FD 产品示意图	78
图 137. 中科飞测三维形貌量测系统 SKYVERSE-900	79
图 138. 东方晶源 SEpA-i505	79
图 139. 全球半导体测试设备市场结构 (2021 年)	80
图 140. 历年全球半导体测试设备整体市场格局 (十万美元)	80
图 141. 泰瑞达部分产品展示	80
图 142. 爱德万部分产品展示	80
图 143. 科休部分产品展示	81
图 144. 中国卫星互联网产业链图谱	83
图 145. 中国卫星互联网的竞争派系	83
图 146. Starlink 在轨卫星与地面站 (红点)	84
图 147. Starlink 服务辐射范围	84
图 148. 星链直连手机业务	85
图 149. 华为卫星通话业务	85
图 150. 通行行业国际标准组织 3GPP 规划	86
表 1: 23Q1-Q3 电子板块营收同比增速	8
表 2: 23Q1-Q3 电子板块归母净利润同比增速	8
表 3: 22Q1-23Q3 电子板块归母净利润同比增速 (%)	9
表 4: 22Q1-23Q3 电子板块归母净利润环比增速 (%)	9
表 5: 2023 年电子板块子版块涨跌幅 (截至 12.01)	10
表 6: 电子行业十大主线核心逻辑	12
表 7: 十大投资方向建议关注标的	12

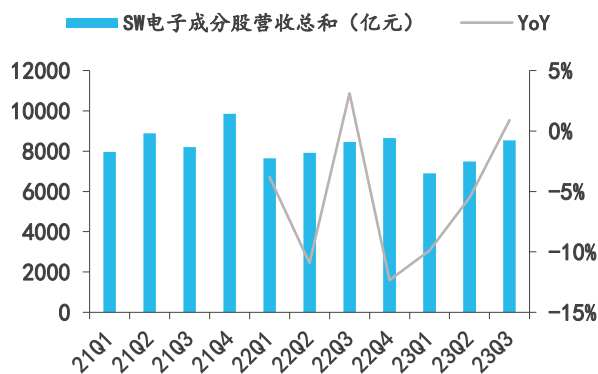
表 8: 各科技公司关于类 ChatGPT 的技术布局概览	14
表 9: 各代 GPT 系列所需要参数量	15
表 10: 各 AI 芯片性能对比	16
表 11: GPU 市场空间测算	17
表 12: GPU 发展历程	18
表 13: 英伟达 AI 相关产品一览	19
表 14: AMD GPGPU 相关产品一览	19
表 15: 国产 GPU 厂商情况	20
表 16: 国产 GPU 与国际 GPU 参数对比	20
表 17: 部分产业链上市公司	28
表 18: 主流 AI 芯片内存方案	37
表 19: 云和边缘大算力企业对比	40
表 20: 端和边缘小算力企业对比	40
表 21: 常见金属材料力学性能对比	44
表 22: 智能电子产品终端品牌钛合金材料应用情况	44
表 23: 金属 3D 打印技术与 CNC 技术对比	46
表 24: 碳纤维和其他常见材料性能对比	46
表 25: Fast-LCD、Micro OLED、Micro LED 对比	50
表 26: 不同车载以太网标准的比较	55
表 27: 2020 年全球和中国大陆以太网物理层芯片市场竞争格局	59
表 28: 不同车载领域应用场景下对 SiC 器件的要求	66
表 29: 国内车企布局碳化硅器件进展	67
表 30: 我国汽车高压连接器市场有望快速增长	68
表 31: 2020 年测试机国产化情况	81
表 32: 不同轨道卫星对比	82
表 33: 国外低轨卫星商业模式对比	84
表 34: 华为 5.5G 三大方向	85
表 35: 5.5G 商用场景	86
表 36: 5.5G 产业链概览	87

1. 全年行情总览：景气度触底回暖，周期与成长共振

1.1. 业绩：逐季复苏趋势明确，模拟 IC、光学引领 Q3 增长

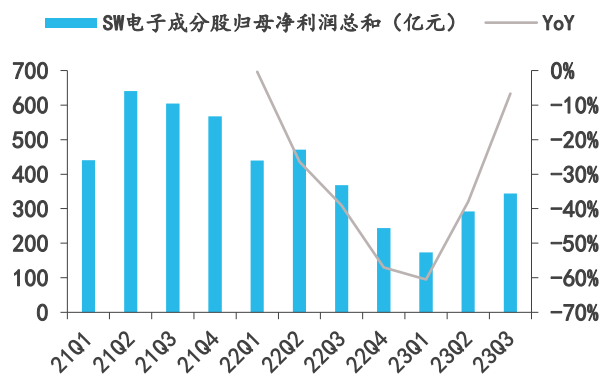
- 整体：1) 营收：23Q1 触底后逐季有所好转，23Q3 同比增速转正，前三季度总体营收同比已基本持平。23Q3 总体营收为 8537.39 亿元 (YoY+0.89%, QoQ+14.06%)，23Q1-3Q 营收为 22918.19 亿元 (YoY-4.65%)；2) 业绩：22Q1-23Q1 同比加速下滑，23Q2-3Q 降幅大幅收窄。23Q3 总体归母净利润为 343.99 亿元 (YoY-6.66%, QoQ+17.60%)，23Q1-3Q 归母净利润为 810.03 亿元 (YoY-36.67%)。

图1. 21Q1-23Q3 电子板块营业收入及增速



资料来源: Wind, 安信证券研究中心

图2. 21Q1-23Q3 电子板块归母净利润及增速



资料来源: Wind, 安信证券研究中心

- 细分：2023 年前三季度，半导体设备取得营收、业绩双增长，营收 336.52 亿元 (YoY+28.51%)，归母净利润 66.55 亿元 (YoY+32.16%)，23Q3 增长态势稍有趋弱；光学光电子前三季度整体业绩同比下滑幅度最大，但逐季修复趋势显著，23Q3 模拟芯片设计/面板/光学元件板块归母净利润环比增速最快，分别达到 201.13%/131.59%/98.50%。

表1: 23Q1-Q3 电子板块营收同比增速

申万二级行业名称	营收 YoY (%)	申万三级行业名称	营收 YoY (%)
半导体	-1.89	分立器件	5.35
		半导体材料	-14.04
		数字芯片设计	-7.55
		模拟芯片设计	-0.57
		集成电路封测	-10.06
		半导体设备	28.51
元件	-5.68	印制电路板	-7.36
		被动元件	3.04
光学光电子	-1.85	面板	-2.90
		LED	5.32
		光学元件	-2.77
其他电子	-18.59	其他电子	-18.59
消费电子	-4.21	品牌消费电子	4.69
		消费电子零部件及组装	-4.56
电子化学品	-1.64	电子化学品	-1.64

资料来源: Wind, 安信证券研究中心

表2: 23Q1-Q3 电子板块归母净利润同比增速

申万二级行业名称	归母净利润 YoY (%)	申万三级行业名称	归母净利润 YoY (%)
半导体	-48.52	分立器件	-28.79
		半导体材料	-38.95
		数字芯片设计	-71.98
		模拟芯片设计	-65.35
		集成电路封测	-68.73
		半导体设备	32.16
元件	-19.46	印制电路板	-22.68
		被动元件	-9.39
光学光电子	-162.11	面板	-313.25
		LED	-55.67
		光学元件	115.62
其他电子	-19.50	其他电子	-19.50
消费电子	-8.24	品牌消费电子	1.60
		消费电子零部件及组装	-9.03
电子化学品	-35.65	电子化学品	-35.65

资料来源: Wind, 安信证券研究中心

表3：22Q1-23Q3 电子板块归母净利润同比增速（%）

申万三级行业名称	22Q1	22Q2	22Q3	22Q4	23Q1	23Q2	23Q3
分立器件	45.91	25.14	-9.65	-30.15	-27.19	-66.57	-27.72
半导体材料	20.32	23.78	-4.32	-39.22	-46.38	-32.08	-39.48
数字芯片设计	38.95	37.65	-44.94	-104.75	-61.97	-69.78	-50.60
模拟芯片设计	-6.73	-47.57	-74.88	-159.63	-105.67	-80.72	64.61
集成电路封测	39.38	-38.98	-28.23	-46.42	-91.58	-67.13	-45.63
半导体设备	45.41	107.01	147.22	51.23	89.72	63.97	0.35
印制电路板	6.46	3.93	1.09	11.66	-28.71	-28.53	-14.19
被动元件	2.89	-19.63	-46.22	-34.96	-31.65	-8.75	25.33
面板	-51.96	-98.55	-142.39	-130.43	-158.06	-259.35	108.53
LED	-25.58	8.74	-51.47	-472.52	-42.87	-74.48	-33.98
光学元件	-86.18	-330.72	-869.79	32.10	-294.16	175.30	122.16
其他电子	127.30	108.34	225.14	-80.84	-34.15	-8.94	-25.43
品牌消费电子	-28.33	22.90	41.73	18.32	41.07	32.24	-11.46
消费电子零部件及组装	-14.18	16.02	33.24	-5.16	-13.46	0.11	-11.98
电子化学品	75.81	9.73	5.35	59.46	-51.97	-51.46	-5.37

资料来源：Wind，安信证券研究中心

表4：22Q1-23Q3 电子板块归母净利润环比增速（%）

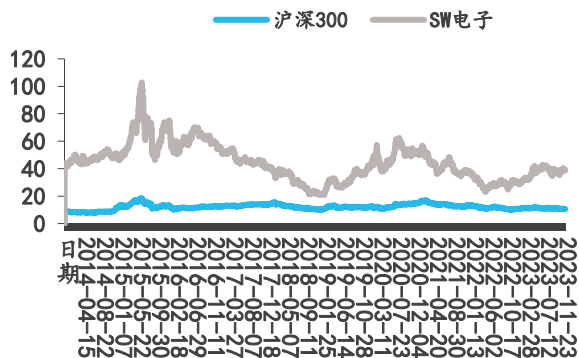
申万三级行业名称	22Q1	22Q2	22Q3	22Q4	23Q1	23Q2	23Q3
分立器件	-28.46	17.68	-14.38	-71.52	135.99	-0.23	7.72
半导体材料	123.88	14.61	-27.95	-67.12	97.50	45.00	-35.78
数字芯片设计	-15.48	41.63	-49.18	-114.54	223.81	9.28	-4.96
模拟芯片设计	-33.06	-9.75	-61.77	-296.40	95.39	703.85	201.13
集成电路封测	-20.97	-19.19	-5.75	-30.06	-86.93	281.52	55.92
半导体设备	-46.39	149.54	37.39	-16.24	-36.37	110.38	-14.80
印制电路板	-11.51	21.86	25.93	-17.86	-43.37	21.42	51.18
被动元件	16.19	0.23	-27.07	-23.89	23.35	30.37	2.41
面板	30.27	-83.99	-609.65	80.89	-274.21	57.79	131.59
LED	348.12	55.97	-49.73	-330.33	127.48	-19.35	28.88
光学元件	107.09	-236.62	-654.39	-6.65	84.53	164.15	98.50
其他电子	-46.19	36.66	-28.01	3.82	-33.02	69.18	-29.61
品牌消费电子	-3.94	85.11	-11.79	-36.06	-23.11	47.52	22.06
消费电子零部件及组装	-23.86	24.76	65.51	-36.05	-35.20	45.69	44.95
电子化学品	229.45	49.00	-50.71	-38.23	14.69	48.33	8.11

资料来源：Wind，安信证券研究中心

1.3. PE：电子行业 PE 为 38.95 倍，10 年 PE 百分位为 38.26%

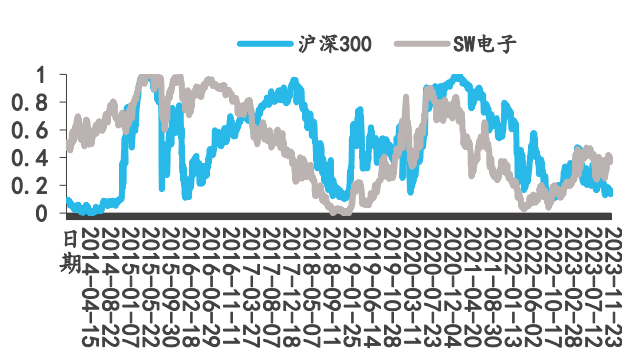
- 电子行业：截至 2023.12.01，沪深 300 指数 PE 为 10.53 倍，10 年 PE 百分位为 14.24%；SW 电子指数 PE 为 38.95 倍，10 年 PE 百分位为 38.26%。

图5. 电子板块近十年 PE 走势



资料来源：Wind，安信证券研究中心

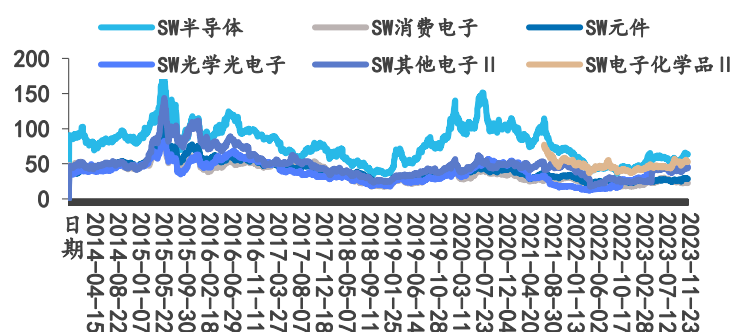
图6. 电子板块近十年 PE 百分位走势



资料来源：Wind，安信证券研究中心

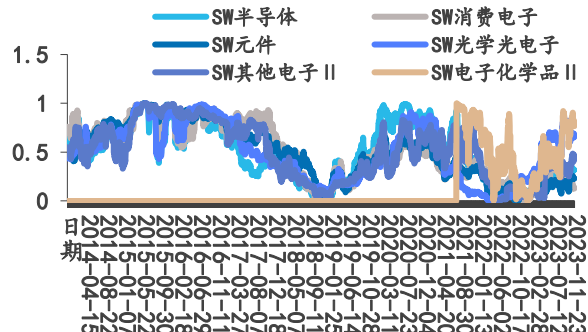
- 电子行业子版块：截至 2023.12.01，电子行业子版块 PE/PE 百分位分别为半导体（63.67 倍/31.73%）、消费电子（22.43 倍/13.01%）、元件（28.69 倍/22.99%）、光学光电子（45.53 倍/65.72%）、其他电子（44.09 倍/43.35%）、电子化学品（52.70 倍/77.82%）。

图7. 电子板块子版块近十年 PE 走势



资料来源：Wind，安信证券研究中心

图8. 电子板块子版块近十年 PE 百分位走势

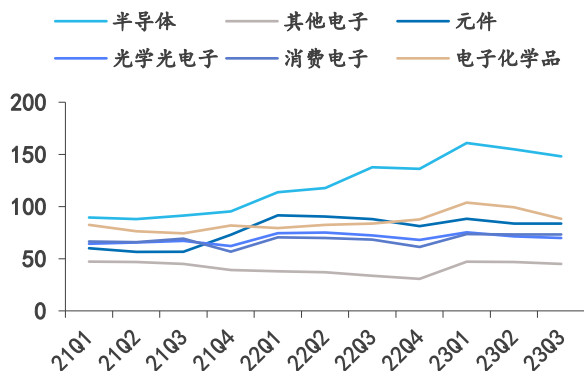


资料来源：Wind，安信证券研究中心

1.4. 投资策略：以 AI、创新、国产化为轴，挖掘十大投资方向

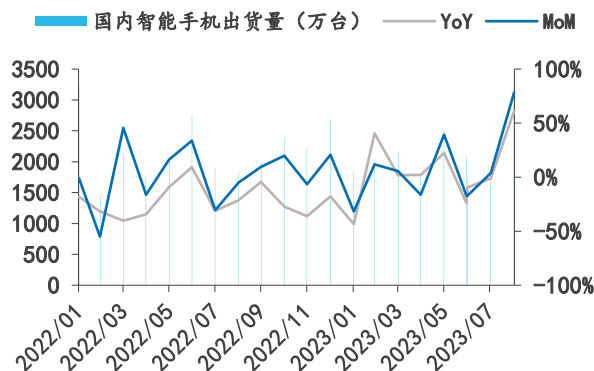
在去库存取得一定成效、需求逐步温和复苏的大背景下，下半年开始电子行业景气度整体呈现企稳回升态势。展望明年，我们认为电子行情将主要围绕 AI、终端创新、国产替代三大最具成长逻辑的主线进行演绎，建议重点关注云侧 AI、端侧 AI、先进封装、存储、消费电子新工艺新材料、MR、汽车智能化、汽车电动化、半导体设备以及卫星通信/5.5G 十大赛道带来的硬件端增量及相关投资机遇。

图9. 21Q1-23Q3 电子板块子版块存货周转天数（天）



资料来源: Wind, 安信证券研究中心

图10. 22.1-23.9 国内智能手机出货量及增速



资料来源: Wind, 安信证券研究中心

表6: 电子行业十大主线核心逻辑

	AI	终端创新	国产替代
云侧 AI	★★		☆
端侧 AI	★★	★	
先进封装	★		☆
存储	★	★	☆
消费电子新工艺新材料		★★	
MR		★★	
汽车智能化		★	☆
汽车电动化		★	☆
半导体设备			★★
卫星通信/5.5G		★	

资料来源: 安信证券研究中心 (★代表非常相关, ☆代表比较相关)

表7: 十大投资方向建议关注标的

云侧 AI	【大芯片】海光信息、寒武纪、景嘉微 【通信互联】源杰科技、长光华芯、盛科通信
端侧 AI	龙芯中科、翱捷科技、安路科技、晶晨股份、全志科技、恒玄科技、芯海科技
先进封装	【先进封装】兴森科技、华正新材、新益昌、通富微电
存储	【芯片】兆易创新、澜起科技、聚辰股份 【模组/分销】江波龙、佰维存储、香农芯创 【封测/材料】深科技、太极实业、雅克科技、鼎龙股份 【HBM】赛腾股份、香农芯创、华海诚科、雅克科技
消费电子新工艺新材料	【折叠屏】东睦股份、精研科技、统联精密
MR	【MR】立讯精密、杰普特、华兴源创
汽车智能化	【智能化】电连技术、炬光科技、长光华芯、瑞芯微、纳芯微、芯海科技、国芯科技、北京君正、峰昭科技
汽车电动化	【电动化】永贵电器、瑞可达、奥海科技、可立克 【SiC】天岳先进、晶升股份、三安光电、士兰微、时代电气、新洁能
半导体设备	【光刻】茂莱光学、炬光科技、晶方科技、波长光电 【量测】精测电子、中科飞测
卫星通信/5.5G	【通信】普利特、信维通信、乾照光电、复旦微电、臻镭科技
其他	【机器人】奥比中光、芯动联科、汉威科技 【CIS】韦尔股份、格科微、思特威 【掩膜版】路维光电、清溢光电

资料来源: 安信证券研究中心整理

2. 云侧 AI：大模型算力需求激增，技术迭代推动瓶颈突破

以 ChatGPT 为代表的 AI 大模型及其初步应用“一石激起千层浪”，其相关技术变革预计将对个体的工作、生活及社会组织方式带来的广泛影响。大模型的参数量随模型换代呈指数型增长，算力需求与参数量正相关。随着模型复杂度提升，对应的算力及基础设施需求有望持续增长。目前 AI 大模型的算力水平显著供不应求，海内外厂商积极布局，我们认为以 GPGPU 为代表的算力基础设施作为 AI 大模型底座将长期稳定受益。关注存算一体、HBM、Chiplet、CPO 等技术及相关产业链进展，建议关注国产大算力芯片、英伟达/AMD 产业链、上游硬件供应商、下游多模态应用落地等投资机会。

2.1. AI 大模型风口已至，海内外科技巨头加码布局

AI 大模型是指人工智能预训练大模型，具有海量参数和复杂架构，用于深度学习任务的模型，拥有强大的处理能力和表征能力。AI 大模型产业生态是以数据、算力为基础支撑，借助数据管理、模型训练、评估优化、服务平台、插件等大模型辅助工具，开发出基础大模型或行业大模型，再延伸至工业、金融、医疗、交通等下游场景。AI 大模型具备“大规模”和“预训练”属性。一方面，AI 大模型需要使用大量的计算资源和部署，具有强大的计算能力和学习能力；另一方面，AI 大模型在大规模数据集上完成了预训练后无需或仅需少量数据的微调，即能够直接支撑各类应用。

图11. AI 大模型产业生态



资料来源：国家工信安全中心，安信证券研究中心

ChatGPT 引领 AI 大模型浪潮，海内外科技巨头先后加码 AI 布局。2022 年 11 月底，OpenAI 发布聊天机器人 ChatGPT，上线两个月活跃用户破亿，成为史上增速最快的消费级应用之一，引发 AI 大模型浪潮，海内外科技巨头先后加码 AI 布局。国外：1) 谷歌向 AI 公司 Anthropic 投资近 4 亿美元，后者正在测试生成式 AI 工具 Claude，且谷歌也推出对标 ChatGPT 的聊天机器人 Bard。2) 微软以 100 亿美元投资 ChatGPT 的开发商 OpenAI，并获得其 49% 股权。2023 年 2 月，微软发布基于 ChatGPT 的 new Bing。3) 亚马逊云服务 AWS 宣布与 AI 公司 Hugging Face 开展合作，Hugging Face 将在 AWS 上开发针对 ChatGPT 的开源竞品，构建开源语言模型的下个版本 Bloom。国内：百度 CEO 李彦宏在西丽湖论坛提到，截至 2023 年 10 月，国内已发布 238 个大模型。其中主流大模型包括：百度（文心一言）、抖音（云雀大模型）、智谱 AI（GLM 大模型）、中科院（紫东太初大模型）、百川智能（百川大模型）、商汤（日日新大模型）、MiniMax（ABAB 大模型）、上海人工智能实验室（书生通用

大模型)、华为(盘古大模型)、腾讯(混元大模型)、科大讯飞(星火大模型)、阿里(通义大模型)。

表8: 各科技公司关于类 ChatGPT 的技术布局概览

公司	AI 模型	参数规模	领域	应用场景
Google	BERT	4810 亿	NLP	语言理解与生成
	LaMDA	1370 亿	NLP	对话系统
	PaLM	5620 亿	多模态	语言理解与图像生成
	Imagen	110 亿	多模态	语言理解与图像生成
	Parti	200 亿	多模态	语言理解与图像生成
Microsoft	Florence	6.4 亿	CV	视觉识别
	Turing-NLG	170 亿	NLP	语言理解、生成
Meta	OPT-175B	1750 亿	NLP	语言模型
	M2M-100	154 亿	NLP	100 种语言互译
Deep Mind	Gato	12 亿	多模态	通才智能体
	Gopher	2800 亿	NLP	语言理解与生成
	AlphaCode	414 亿	NLP	代码生成
OpenAI	CLIP&DALL-E	120 亿	NLP	图像生成、跨模态检索
	Codex	120 亿	多模态	代码生成
	ChatGPT	-	NLP	语言理解与生成、推理等
百度	文心一言	千亿	NLP	语言理解、生成
	跨模态大模型	240 亿	多模态	语言理解与图像生成
	CV 大模型	170 亿	多模态	语言理解与图像生成
	生物计算大模型	-	CV	化合物表征学习、分子结构预测
阿里巴巴	通义千问 (M6)	十万亿	多模态	语言理解与图像生成
	Qwen-14B	140 亿	多模态	语言理解与图像生成
腾讯	混元大模型	1.2 万亿	NLP	语言理解与生成
京东	K-PLUG	10 亿	NLP	语言理解与生成、推理、代码生成
华为	盘古大模型	2000 亿	NLP、CV、多模态	内容生成与理解、分类分割检测、跨模态检索
复旦大学	MOSS	175 亿	NLP	语言理解与生成
360	360 智脑	千亿	NLP	智能搜索
字节跳动	飞书 MYAI	千亿	NLP	语言理解
抖音	云雀	千亿	NLP	语言理解
搜狗	百川智能	千亿	NLP	语言理解
科大讯飞	星火	1.75 万亿	多模态	语言理解与图像生成

资料来源: IT 资讯、IT 之家、虎嗅网、华为云官网、腾讯云官网、百度云官网、阿里云、量子位、《超大规模多模态预训练模型 M6 的关键技术及产业应用》, 公开信息整理, 安信证券研究中心 (统计截止日期: 2023. 11. 20)

2.2. 海量参数产生大算力需求, GPGPU 等高壁垒 AI 芯片受益

以 ChatGPT 为代表的 AI 模型预训练需要处理海量参数, 从而实现超高文本识别率。随着新模型推出, 新的参数量需求呈翻倍式增长。OpenAI 首席执行官 Sam Altman 接受公开采访表

示，GTP-4 参数量为 GTP-3 的 20 倍，需要的计算量为 GTP-3 的 10 倍；GTP-5 在 2024 年底至 2025 年发布，它的参数量为 GTP-3 的 100 倍，需要的计算量为 GTP-3 的 200-400 倍。

表9：各代 GPT 系列所需要参数量

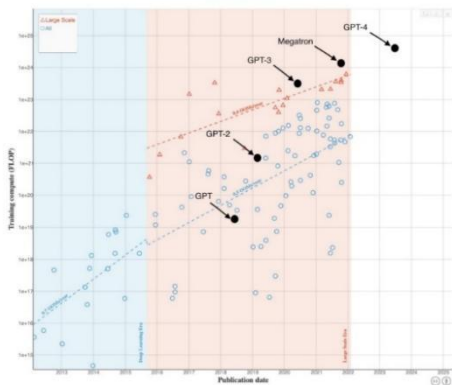
模型	发布时间	参数量
GPT-1	2018 年 6 月	1.17 亿
GPT-2	2019 年 2 月	15 亿
GPT-3	2020 年 5 月	1750 亿
GPT-4	2023 年 3 月	暂未公布
GPT-5 (预期)	2021 年底至 2025 年	175000 亿

资料来源：OpenAI 官网，安信证券研究中心

算力需求与参数量呈正相关，对硬件的内存容量和带宽提出高要求。算力即计算能力，具体指硬件对数据收集、传输、计算和存储的能力，算力的大小表明了对数字化信息处理能力的强弱，常用计量单位是 FLOPS (Floating-point operations per second)，表示每秒浮点的运算次数。硬件方面，运算量取决于 GPU 运算执行时间的长短，而参数量取决于占用显存的量。运算量 (FLOPS) 的数值通常与参数量 (parameter count) 成比例，不同模型架构的换算关系不同。模型越复杂、参数量越大，所需计算量越大。

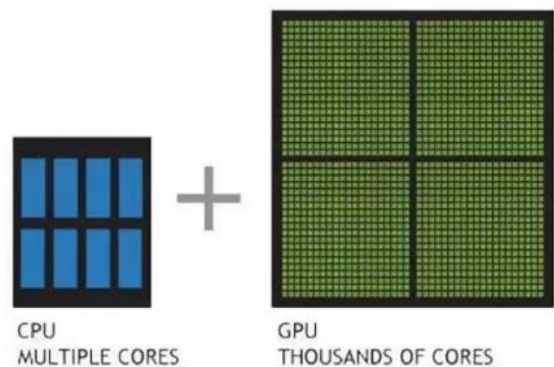
GPGPU 拥有硬件技术的核心壁垒：大显存带宽，进行超高能效比的并行运算，可同时用于 GPT 模型的训练和推理过程。GPGPU (通用图像处理器) 是一种由 GPU 去除图形处理和输出，仅保留科学计算、AI 训练和推理功能的 GPU (图形处理器)。GPU 芯片最初用于计算机系统图像显示的运算，但因其相比于擅长纵向计算的 CPU 更擅长于并行计算，在涉及到大量的矩阵或向量计算的 AI 计算中很有优势，GPGPU 应运而生。目前，GPGPU 的制造工艺在英伟达等企业的领导下已趋向成熟，成本在 AI 芯片中也较低，成为市场主流选择，ChatGPT 引起的 AI 浪潮有望提升其应用规模。FPGA 具有可编程的灵活性，ASIC 性能佳、具有定制化特点，但成本方面与 GPU 相比稍显劣势，在 GPT 等 AI 模型的运用占比较 GPU 低。

图12. 近年主流生成型 AI 对算力的需求



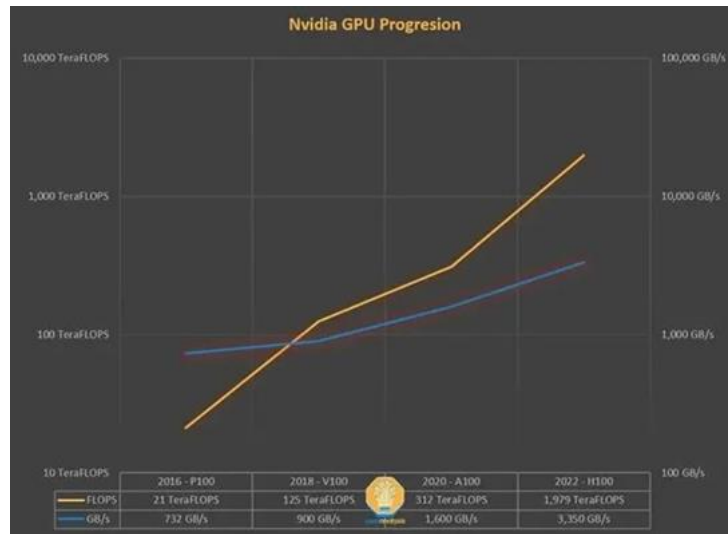
资料来源：NextBigFuture，安信证券研究中心

图13. GPU 与 CPU 并行运算能力对比



资料来源：维基百科，安信证券研究中心

图14. 近年英伟达 GPU 的 FLOPS 与带宽速率增长



资料来源: Semianalysis, 安信证券研究中心

表10: 各 AI 芯片性能对比

类别	GPU	FPGA	ASIC
优点	性能高 通用性好	可编程性 灵活	定制化设计 性能稳定 功耗控制优秀
缺点	功耗高	开发难度大 价格昂贵	灵活性不足 价格昂贵
代表公司	英伟达 AMD	Altera (Intel 收购) Xilinx (AMD 收购)	寒武纪 地平线 谷歌 (TPU)

资料来源: GSDN, 安信证券研究中心

根据英伟达官网, NVIDIA DGX™ A100 服务器搭载 8 张 A100 GPU, 我们假设每台服务器搭载 8 张 A100 GPU。我们对以 ChatGPT 为例的大模型算力需求进行测算得出, 中性假设下, 用于高端 GPGPU 显卡的训练及推理部分市场空间合计约 773 亿元 (对应约 64 万张 A100 GPU, 8 万台服务器), 其中训练市场规模约 384 亿元 (对应 32 万张 A100 GPU, 4 万台训练服务器), 推理市场规模约 389 亿元 (对应 32 万张 A100 GPU, 4 万台推理服务器; 该推理市场规模仅考虑了 OpenAI)。

核心假设 (中性):

1) 训练部分: 我们参考 OpenAI 论文公开数据, 标准 GPT-3 模型的 175B 模型参数 (parameter), 完整训练需要 $3.14E+23$ FLOPs; 以 Nvidia A100 GPU 为例, 其理论峰值算力为 312 TFLOPS (FP16)。Nvidia 联合发表的论文《Efficient Large-Scale Language Model Training on GPU Clusters Using Megatron-LM》中, 通过使用流水线并行 (pipeline parallelism)、张量并行 (tensor parallelism) 和数据并行 (data parallelism) 等并行技术将 GPU 的算力利用率提升到 52%; 单个模型训练时间越短, 所需 GPU 越多, 反之亦然, 我们假设 GPT-3 模型训练时长为一周; 根据 eBay 数据, 单张 A100 80G 售价约 120000 元; 我们假设将有 100 家科技厂商采购 A100 卡参与 AI 大模型训练。

2) 推理部分: 推理端需求较训练端占比正在逐渐提升。根据 Similar Web 数据, 每人每天平均 1000 词左右问题回答, 截至 2023 年 10 月, OpenAI 月访问次数为 17 亿人, 平均单日访问次数约为 6000 万次; 根据马里兰大学副教授 Tom Goldstein 推文表示, 30 亿参数模型使用

单张 A100 GPU (使用半精度、TensorRT 和激活缓存) 生成 1 个 token 需要 6ms, 扩大至 1750 亿参数模型则需要 350ms (=1750/30*6)。

表11: GPU 市场空间测算

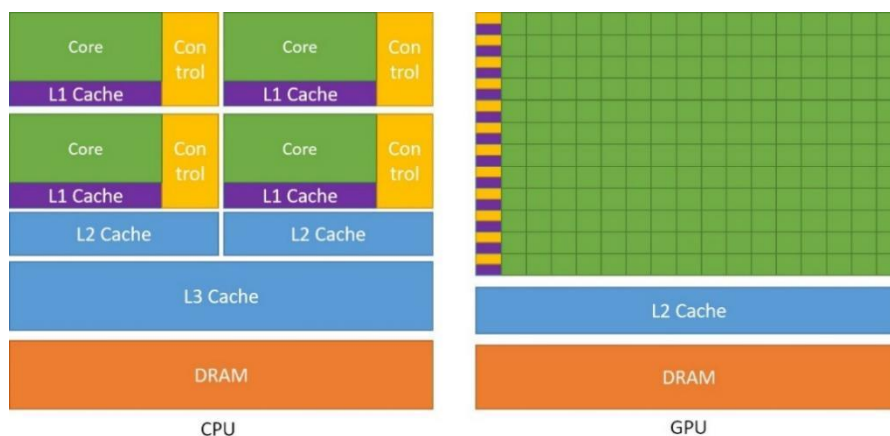
敏感性测试		保守	中性	乐观	敏感性测试		保守	中性	乐观
训练部分	算力总需求量	3.14E+23 FLOPs	3.14E+23 FLOPs	3.14E+23 FLOPs	推理部分	日活跃用户 (万)	4000	6000	8000
	A100 GPU 算力	312 TFLOPS	312 TFLOPS	312 TFLOPS		每天每人问题单词数 (words)	750	1000	1250
	算力利用率	52%	52%	52%		单 token 对应单词数 (个)	0.75	0.75	0.75
	A100 GPU 实际算力	162 TFLOPS	162 TFLOPS	162 TFLOPS		24h 生成总 token 数 (亿个)	400	800	1333
	训练时长 (s)	7days*24h*3600s	7days*24h*3600s	7days*24h*3600s		单 GPU 输出单 token 所需时间 (s)	0.35	0.35	0.35
	单模型所需 A100 GPU 数量	3200	3200	3200		token 输出所需总时间 (亿秒)	140	280	467
	各厂商训练模型数量合计	50	100	150		A100 GPU 所需数量	162037	324074	540123
	A100 GPU 总数	160004	320007	480011		A100 GPU 单价 (元)	90000	120000	150000
	A100 GPU 单价 (元)	90000	120000	150000		A100 GPU 市场空间 (亿元)	146	389	810
	A100 GPU 市场空间 (亿元)	144	384.01	720.02					

资料来源: 英伟达官网, 《Efficient Large-Scale Language Model Training on GPU Clusters Using Megatron-LM》, Twitter, Similar Web, 中关村在线, 安信证券研究中心测算

2.3. 英伟达引领硬件端产品升级, 国产 GPU 静待花开

大 GPU 优势在于通过并行计算实现大量重复性计算。GPGPU (General Purpose GPU) 即通用 GPU, 能够帮助 CPU 进行非图形相关程序的运算。在类似的价格和功率范围内, GPU 能提供比 CPU 高得多的指令吞吐量和内存带宽。GPGPU 架构设计时去掉了 GPU 为了图形处理而设计的加速硬件单元, 保留了 GPU 的 SIMT (Single Instruction Multiple Threads) 架构和通用计算单元, 通过 GPU 多条流水线的并行计算来实现大量计算。所以基于 GPU 的图形任务无法直接运行在 GPGPU 上, 但对于科学计算, AI 训练、推理任务 (主要是矩阵运算) 等通用计算类型的任务仍然保留了 GPU 的优势, 即高效的搬运和运算有海量数据的重复性任务。目前主要用于例如物理计算、加密解密、科学计算以及比特币等加密货币的生成。

图15. CPU 和 GPU 架构对比



资料来源：腾讯技术工程，安信证券研究中心

表12: GPU 发展历程

时间	类型	相关标准	代表产品	基本特征	意义
80 年代	图形显示	CGA, VGA	IBM 5150	光栅生成器	最早图形显示控制器
80 年代末	2D 加速	GDI, DirectFB	S3 86C911	2D 图元加速	开启 2D 图形硬件加速时
90 年代初	部分 3D 加速	OpenGL (1.1~4.1), DirectX (6.0-11)	3DLabs Glint300SX	硬件 T&L	第一颗用于 PC 的 3D 图形加速芯片
90 年代后期	固定管线		NVIDIA GeForce256	shader 功能固定	首次提出 GPU 概念
2004~2010	统一渲染		NVIDIA G80	多功能 shader	CUDA 与 G80 一同发布
2011~至今	通用计算	CUDA, Open CL1.2~2.0	NVIDIA TESLA	完成与图形处理无关的科学计算	NVIDIA 正式将用于计算的 GPU 产品线独立出采

资料来源：半导体行业观察，安信证券研究中心

英伟达基于 GPU、DPU 和 CPU 构建其加速计算平台生态。

1) 主要产品 Tesla GPU 系列迭代速度快，从 2008 年至 2022 年，先后推出 8 种 GPU 架构，平均两年多推出新架构，半年推出新产品。超快的迭代速度使英伟达的 GPU 性能走在 AI 芯片行业前沿，引领人工智能计算领域发生变革。2023 年 11 月 13 日，英伟达宣布推出 NVIDIA HGX™ H200，容量是前一代 H100 的近两倍，内存带宽提高了 1.4 倍。

2) DPU 方面，英伟达于 2019 年战略性收购以色列超算以太网公司 Mellanox，利用其 InfiniBand（无限带宽）技术设计出 Bluefield 系列 DPU 芯片，弥补其生态在数据交互方面的不足。InfiniBand 与以太网相同，是一种计算机网络通信标准，但它具有极高的吞吐量和极低的延迟，通常用于超级计算机的互联。英伟达的 Bluefield DPU 芯片可用于分担 CPU 的网络连接算力需求，从而提高云数据中心的效率，降低运营成本。

3) CPU 方面，自主设计 Grace CPU 并推出 Grace Hopper 超级芯片，解决内存带宽瓶颈问题。采用 x86 CPU 的传统数据中心会受到 PCIe 总线规格的限制，CPU 到 GPU 的带宽较小，计算效率受到影响；而 Grace Hopper 超级芯片提供自研 Grace CPU+GPU 相结合的一致内存模型，从而可以使用英伟达 NVLink-C2C 技术快速传输，其带宽是第 5 代 PCIe 带宽的 7 倍，极大提高了数据中心的运行性能。

表13: 英伟达 AI 相关产品一览

系列	产品	功能	主要参数
Tesla GPU	P100	进行 AI 领域高性能计算	Pascal 架构, 3584 个 CUDA 核心, 16GB 显存, 732GB/s 带宽, 单精度 10.6T
	P4		Pascal 架构, 3584 个 CUDA 核心, 8GB 显存, 192GB/s 带宽, 单精度 5.5T
	V100		Volta 架构, 5120 个 CUDA 核心, 32GB 显存, 1134GB/s 带宽, 单精度 16.4T
	T4		Turing 架构, 2560 个 CUDA 核心, 16GB 显存, 300GB/s 带宽, 单精度 8.1T
	A100		Ampere 架构, 6912 个 CUDA 核心, 80GB 显存, 2039GB/s 带宽, 单精度 19.5T
	H100		Hopper 架构, 7296 个 CUDA 核心, 80GB 显存, 3.35TB/s 带宽, 单精度 60T
	H200		Hopper 架构, 141GB 显存, 4.8TB/s 带宽, 单精度 67T
DGX	DGX-1	针对企业和组织的大规模 AI 基础架构, 一站式超级计算机	8 块 V100 GPU, 双路英特尔至强 E5-2698 CPU, 512GB DDR4
	DGX-2		16 块 V100 GPU, 双路英特尔至强 8168 CPU, 1.5TB 内存
	DGX-A100		8 块 A100 GPU, 双路 AMD Rome 7742 CPU, 2TB 内存
	DGX-H100		8 块 H100 GPU, 双路 x86 CPU, 2TB 内存
Grace CPU	Grace CPU	超高内存带宽, 专为搭载英伟达 GPU 的数据中心而设计	144 个 Arm Neoverse V2 核心, 1TB 带宽, 封装密度是 DIMM 的两倍
	Grace Hopper	适用于大规模 AI 和 HPC 应用, 提供 CPU+GPU 相结合的一致内存模型	900 GB/s 一致性接口, 比 PCIe 5.0 快 7 倍
Bluefield DPU	Bluefield-2 DPU	为云端、数据中心或边缘计算等环境中的各种工作负载提供安全加速	速度 100GB/s 双端口或 200GB/s 单端口, 8GB/16GB DDR4
	Bluefield-3 DPU		速度最高 400GB/s, 1/2/4 个端口, 16GB DDR5

资料来源: 英伟达官网, 安信证券研究中心

AMD 数据中心领域布局全面, 形成 CPU+GPU+FPGA+DPU 产品矩阵。与英伟达相比, AMD 在服务器端 CPU 业务表现较好, 根据 Passmark 数据显示, 2021 年 Q4 AMD EPYC 霄龙系列在英特尔垄断下有所增长, 占全球服务器 CPU 市场的 6%。依据 CPU 业务的优势, AMD 在研发 GPGPU 产品时推出 Infinity Fabric 技术, 将 EPYC 霄龙系列 CPU 与 Instinct MI 系列 GPU 直接相连, 实现一致的高速缓存, 形成协同效应。此外, AMD 分别于 2022 年 2 月、4 月收购 Xilinx 和 Pensando, 补齐 FPGA 与 DPU 短板, 全面进军数据中心领域。

表14: AMD GPGPU 相关产品一览

系列	产品	主要参数
Instinct MI 系列 GPU	MI50	7nm Vega20 架构, 3840 个流处理器, 32GB 显存, 1024GB/s 带宽, 单精度 13.3T
	MI60	7nm Vega20 架构, 4096 个流处理器, 32GB 显存, 1024GB/s 带宽, 单精度 14.75T
	MI100	7nm CDNA 架构, 7680 个流处理器, 32GB 显存, 1228.8GB/s 带宽, 单精度 23.1T
	MI210	6nm CDNA2 架构, 6656 个流处理器, 64GB 显存, 1638.4GB/s 带宽, 单精度 22.6T
	MI250	6nm CDNA2 架构, 13312 个流处理器, 128GB 显存, 3276.8GB/s 带宽, 单精度 45.3T
	MI250X	6nm CDNA2 架构, 14080 个流处理器, 128GB 显存, 3276.8GB/s 带宽, 单精度 47.9T

资料来源: AMD 官网, 安信证券研究中心

国内 GPGPU 生态起步较晚, 国产 GPU 亟待补位。根据华为 2021 年 9 月发布的《智能世界 2030》报告, 人类将于 2030 年进入 YB 数据时代, 通用算力相较 2020 年增长 10 倍、人工智能算力

增长 500 倍。在算力需求快速增长的进程中，国产 GPU 正面临机遇与挑战并存的局面，相关厂商需投入海量资金以及高昂的人力和时间成本。由于我国 GPU 行业起步较晚，缺乏相应生态，目前同国际一流厂商仍存在较大差距。在中美摩擦加剧、经济全球化逆行的背景下，以海光信息、天数智芯、壁仞科技和摩尔线程等为代表的国内 GPU 厂商进展迅速，国产 GPU 自主可控未来可期。

表15：国产 GPU 厂商情况

公司名称	成立时间	核心产品
海光信息	2014 年	DCU 8000 系列
天数智芯	2015 年	天垓 100、智铠 100
壁仞科技	2019 年	壁砺™100P、壁砺™104P
摩尔线程	2020 年	MTT S80、MTT S50、MTT S3000
景嘉微	2006 年	JM5、JM7、JM9 系列
沐曦集成电路	2020 年	MXN、MXC、MXG
芯瞳半导体	2019 年	GenBu01
龙芯中科	2010 年	龙芯 7A1000、7A2000
芯动科技	2007 年	风华系列 GPU

资料来源：各公司官网，安信证券研究中心

表16：国产 GPU 与国际 GPU 参数对比

厂商	海光	NVIDIA	AMD
品牌	深算一号	A100	MI100
生产工艺	7nm	7nm	7nm
核心数量	4096 (64CUs)	2560 CUDA processors 640 Tensor processors	120CUs
内核频率	Up to 1.5GHz (FP64) Up to 1.7GHz (FP32)	Up to 1.53GHz	Up to 1.5GHz (FP64) Up to 1.7GHz (FP32)
显存容量	32GB HBM2	80GB HBM2e	32GB HBM2
显存位宽	4096 bit	5120 bit	4096bit
显存频率	2.0 GHz	3.2 GHz	2.4 GHz
显存带宽	1024 GB/s	2039 GB/s	1228 GB/s
TDP	350W	400W	300W
GPU to GPU 互联	PCIe Gen4 x16	PCIe Gen4 x16	PCIe GEN4 x16
GPU to GPU 互联	xGMI x 2 Up to 184 GB/s	NVLink up to 600 GB/s	Infinity Fabric x3 up to 276 GB/s

资料来源：中国计量科学研究院，海光信息招股书，安信证券研究中心

2.4. “内存墙”“功耗墙”掣肘算力发展，创新技术提供解决路径

1) 存算一体技术：以 SRAM、RRAM 为主的新架构，大算力领域优势大

存算一体在存储器中嵌入计算能力，以新的运算架构进行乘加运算。存算一体是一种以数据为中心的非冯诺依曼架构，它将存储功能和计算功能有机结合起来，直接在存储单元中处理数据。存算一体通过改造“读”电路的存内计算架构，可以直接从“读”电路中得到运算结果，并将结果“写”回存储器的目标地址，避免了在存储单元和计算单元之间频繁地转移数据。存算一体减少了不必要的数据搬移造成的开销，不仅大幅降低了功耗(降至 1/10~1/100)，还可以利用存储单元进行逻辑计算提高算力，显著提升计算效率。它不仅适用于 AI 计算，也适用于感存算一体芯片和类脑芯片，是未来大数据计算芯片架构的主流方向。存算一体技术可分为查存计算、近存计算、存内计算和存内逻辑，提供多种方式解决内存墙问题。

SRAM、RRAM 是存算一体介质的主流研究方向。存算一体的成熟存储器有几种，比如 NOR FLASH、SRAM、DRAM、RRAM、MRAM 等 NVRAM。FLASH 成本低，可靠性高，但制程有瓶颈；SRAM 速度快，

能效比高，在存内逻辑技术发展后有高能效和高精度的特点；DRAM 容量大，成本低，但速度慢，需要不断刷新电力；新型存储器 PCAM、MRAM、RRAM 和 FRAM 也适用于存算一体。其中 RRAM 在神经网络计算中有优势，是下一代存算一体介质的主流方向之一。除了 SRAM 之外，RRAM 也是未来发展最快的新型存储器之一，它结构简单，速度快，但材料不稳定，工艺还需 2-5 年才能成熟。

存算一体有着广泛的应用场景，在云侧 AI 有着强大竞争力。存算一体可以应用于 AI 和大数据计算，将 AI 计算中大量乘加计算的权重部分存在存储单元中，从而在读取的同时进行数据输入和计算处理，在存储阵列中完成卷积运算。云计算和边缘计算的大算力场景是存算一体芯片的优势领域。存算一体在大算力领域的竞争力影响约占 90%。

2) HBM 技术：高吞吐高带宽，AI 带动需求激增

HBM 即高带宽存储器，是高性能 GPU 的核心组件，用多根数据线实现高带宽。HBM 具有高吞吐高带宽的特性，单颗粒带宽可以达到 256 GB/s，而 GDDR6 单颗粒的带宽只有 64 GB/s，是 HBM 的 1/4，DDR4 3200 是 HBM 的 1/10。HBM 使用多根数据线实现高带宽，完美解决传统存储效率低的问题。HBM/HBM2 使用 1024 根数据线传输数据，作为对比，GDDR 是 32 根，DDR 是 64 根。HBM 需要使用额外的硅联通层，通过晶片堆叠技术与处理器连接。这么多的连接线保持高传输频率会带来高功耗。因此 HBM 的数据传输频率相对很低，HBM2 也只有 2 Gbps，作为对比，GDDR6 是 16 Gbps，DDR4 3200 是 3.2 Gbps。这些特点导致了 HBM 技术高成本，容量不可扩，高延迟等缺点。

HBM 可以被广泛的应用到汽车高带宽存储器，GPU 显存芯片，部分 CPU 的内存芯片，边缘 AI 加速卡，Chiplets 等硬件中。在高端 GPU 芯片产品中，比如 NVIDIA 面向数据中心的 A100 等加速卡中就使用了 HBM；部分 CPU 的内存芯片，如目前富岳中的 A64FX 等 HPC 芯片中也有应用到。车辆在快速移动时，摄像头、传感器会捕获大量的数据，为了更快速的处理数据，HBM 是最合适的选择。Chiplets 在设计过程中没有降低对内存的需求，随着异构计算（尤其是小芯片）的发展，芯片会加速对高带宽内存的需求，无论是 HBM、GDDR6 还是 LPDDR6。

HBM 缓解带宽瓶颈，是 AI 时代不可或缺的关键技术。随着 AI 大模型和云端 AI 处理的发展，计算单元剧增，IO 问题更严重了。要解决这个问题需要付出很高的代价（比如增加 DDR 接口通道数量、片内缓存容量、多芯片互联），这便是 HBM 出现的意义。HBM 用晶片堆叠技术和硅联通层把处理器和存储器连接起来，把 AI/深度学习完全放到片上，提高集成度，降低功耗，不受芯片引脚数量的限制。HBM 在一定程度上解决了 IO 瓶颈。未来人工智能的数据量、计算量会越来越大，超过现有的 DDR/GDDR 带宽瓶颈，HBM 可能会是唯一的解决方案。

3) Chiplet 技术：全产业链升级降本增效，国内厂商迎重大机遇

Chiplet 即根据计算单元或功能单元将 SoC 进行分解，分别选择合适制程工艺制造。随着处理器的核越来越多，芯片复杂度增加、设计周期越来越长，SoC 芯片验证的时间、成本也急剧增加，特别是高端处理芯片、大芯片。当前集成电路工艺在物理、化学很多方面都达到了极限，大芯片快要接近制造瓶颈，传统的 SoC 已经很难继续被采纳。Chiplet，俗称小芯片、芯粒，是将一块原本复杂的 SoC 芯片，从设计的时候就按照不同的计算单元或功能单元进行分解，然后每个单元分别选择最合适的半导体制程工艺进行制造，再通过先进封装技术将各自单元彼此互联。Chiplet 是一种类似搭乐高积木的方法，能将采用不同制造商、不同制程工艺的各种功能芯片进行组装，从而实现更高良率、更低成本。

Chiplet 多维度降本增效，为全产业链提供了升级机会。随着半导体工艺制程推进，晶体管尺寸越来越逼近物理极限，所耗费的时间及成本越来越高，同时所能够带来的“经济效益”的也越来越有限。Chiplet 技术可大幅度提高大型芯片的良率、降低设计的复杂度和设计成本，以及降低芯片制造的成本。2022 年 3 月，Chiplet 的高速互联标准 UCIe 正式推出，旨在芯片封装层面确立互联互通的统一标准，打造一个开放性的 Chiplet 生态系统。巨头们合力搭建起了统一的 Chiplet 互联标准，将加速推动开放的 Chiplet 平台发展，并横跨 x86、Arm、

RISC-V 等架构和指令集。Chiplet 的影响力也从设计端走到芯片制造与封装环节。在芯片小型化的设计过程中，需要添加更多 I/O 与其他芯片接口，裸片尺寸必须保持较大的空白空间。而且，要想保证 Chiplet 的信号传输质量就需要发展高密度、大宽带布线的先进封装技术。另外，Chiplet 也影响到从 EDA 厂商、晶圆制造和封装公司、芯粒 IP 供应商、Chiplet 产品及系统设计公司到 Fabless 设计厂商的产业链各个环节的参与者。

乾坤未定，Chiplet 是国内芯片相关公司的重要发展机遇。（1）最先受到影响的是芯片 IP 设计企业，Chiplet 本质就是不同的 IP 芯片化，国内类似 IP 商均有望参与其中，比如华为海思有 IP 甚至指令集开发实力的公司，推出基于 RISC-V 内核的处理器（玄铁 910）阿里平头哥半导体公司，独立的第三方 IP 厂商，如芯动科技、芯原股份、芯耀辉、锐成芯微、芯来等众多 IP 公司等。（2）Chiplet 需要 EDA 工具从架构探索、芯片设计、物理及封装实现等提供全面支持，为国内 EDA 企业发展带来了突破口。芯和半导体已全面支持 2.5D Interposer、3DIC 和 Chiplet 设计。（3）Chiplet 也推动了先进封装技术的发展。根据长电科技公告，在封测技术领域取得新的突破。4nm 芯片作为先进硅节点技术，是导入 Chiplet 封装的一部分通富微电提供晶圆级及基板级封装两种解决方案，其中晶圆级 TSV 技术是 Chiplet 技术路径的一个重要部分。

4) CPO 技术：提升数据中心及云计算效率，应用领域广泛

CPO (Co-packaged, 共封装光学技术) 是高速电信号能够高质量的在交换芯片和光引擎之间传输。在 5G 时代，计算、传输、存储的带宽要求越来越高，同时硅光技术也越来越成熟，因此板上和板间的光互连成为了一种必要的方式。随着通道数大幅增加，需要专用集成电路 (ASIC) 来控制多个光收发模块。传统的连接方式是 Pluggable (可插拔)，即光引擎是可插拔的光模块，通过光纤和 SerDes 通道与网络交换芯片 (AISC) 连接。之后发展出了 NPO (Near-packaged, 近封装光学)，一种将光引擎和交换芯片分别装配在同一块 PCB 基板上的方式。而 CPO 是一种将交换芯片和光引擎共同装配在同一个 Socketed (插槽) 上的方式，形成芯片和模组的共封装，从而降低网络设备的功耗和散热问题。NPO 是 CPO 的过渡阶段，相对容易实现，而 CPO 是最终解决方案。

随着大数据及 AI 的发展，数据中心的需求激增，CPO 应用前景广泛。在数据中心领域，CPO 技术可以实现更高的数据密度和更快的数据传输速度，还可以减少系统的功耗和空间占用，降低数据中心的能源消耗和维护成本，能够应用于高速网络交换、服务器互联和分布式存储等领域，例如 Facebook 在其自研的数据中心网络 Fabric Aggregator 中采用了 CPO 技术，提高了网络的速度和质量。在云计算领域，CPO 技术可以实现高速云计算和大规模数据处理。例如微软在其云计算平台 Azure 中采用了 CPO 技术，实现更高的数据密度和更快的数据传输速度，提高云计算的效率和性能。在 5G 通信领域，CPO 技术可以实现更快的无线数据传输和更稳定的网络连接，例如华为在其 5G 通信系统中采用了 CPO 技术，将收发器和芯片封装在同一个封装体中，从而实现了高速、高密度、低功耗的通信。除此之外，5G/6G 用户的增加，人工智能、机器学习、物联网和虚拟现实流量的延迟敏感型流量激增，对光收发器的数据速率要求将快速增长；AI、ML、VR 和 AR 对数据中心的带宽要求巨大，并且对低延迟有极高的要求，未来 CPO 的市场规模将持续高速扩大。

CPO 技术壁垒高，通信公司成为主要参与者，发展迅速。锐捷网络于 2022 年正式推出了首款应用 CPO 技术的数据中心交换机，截至目前正式发布了多款同时应用硅光技术和液冷技术的交换机，散热成本对比同性能的可插拔光模块设备降低了 35%。联特科技专注研发基于 EML (电吸收调制激光器)、SIP (硅光)、TFLN (薄膜铌酸锂) 调制技术的 800G 光模块，以及用于下一代产品 NPO (近封装光学)/CPO (共封装光学) 所需的高速光连接技术、激光器技术和芯片级光电混合封装技术等。新易盛的光模块 400G 已广泛应用在各大数据中心，更高端的 800G 已实现产业化出货走在行业引领前端，且光模块已突破低功耗极限，同时布局了光电共同封装 (CPO) 技术，双重受益，行业需求增量巨大。中际旭创 400G 系列相干产品已逐步在国内主流设备商和互联网云厂商中得到了应用，同时也发布了 800G 的解决方案，部分光模块使用自家研制的硅光芯片。

3. 端侧 AI：高通等 IT 龙头布局，终端 AI 应用带动产业链升级

近年来消费电子创新乏力，换机周期逐渐延长，智能手机、PC 的出货量有所放缓，终端生成式 AI 应用有望为消费电子产业链注入新动能：搭载高端 SoC 的机型渗透率有望持续提升，DRAM 和 NAND 等存储芯片单机用量增加，通信、散热等环节持续优化，智能手机和 PC 的换机周期有望缩短；生成式 AI 在自动驾驶/智能座舱、机器人、XR、AIoT 等领域的应用也有望提速。

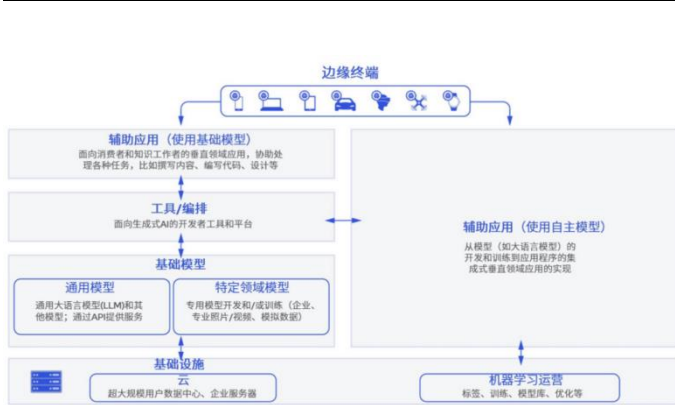
3.1. 终端算力需求凸显，科技龙头加快布局终端侧 AI

年初以来，以 ChatGPT 为代表的生成式 AI 大模型持续落地和商业化。大模型参数规模迅速增大，迈入千亿级和万亿级时代。通用大模型性能优秀，但也带来更大的硬件投入和功耗，终端算力的发展成为当务之急。

Meta、微软、谷歌、苹果、英特尔、联发科等科技龙头公司均加快部署生成式 AI，并探索在手机、PC 等终端的应用。高通在《混合 AI 白皮书》中提出，混合 AI 是 AI 规模化发展的必然趋势。混合 AI 是指终端和云端协同工作，在适当的场景和时间下分配 AI 计算的工作负载，模型训练在云端实现；根据模型复杂度，推理工作部分放在终端侧。混合 AI 能够带来成本、能耗、性能、隐私、安全和个性化优势。

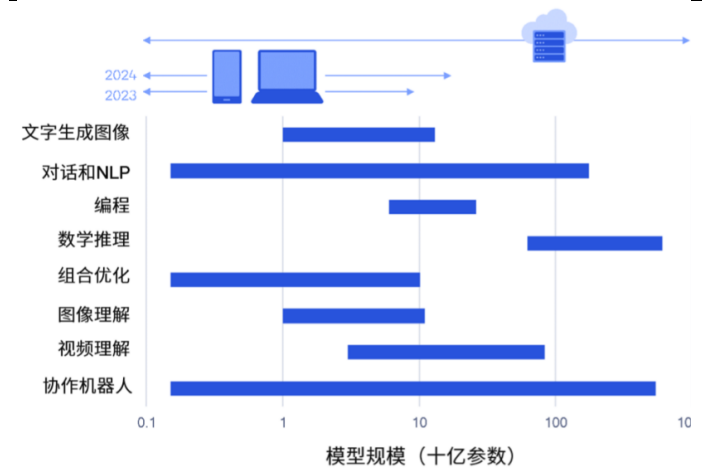
当前具备 AI 功能的智能手机、笔记本电脑和 PC、汽车、XR 以及物联网等终端产品已达到数十亿台，混合 AI 架构将赋能生成式 AI 在上述这些终端领域提供全新的增强用户体验。目前可以在终端侧运行的生成式 AI 模型参数规模在 10 亿至 100 亿之间，随着生成式 AI 模型不断缩小，以及终端侧处理能力的持续提升，拥有 100 亿或更高参数的混合 AI 模型将能够在终端上运行。

图16. 生成式 AI 大模型走向边缘终端是必然趋势



资料来源：高通混合 AI 白皮书，安信证券研究中心

图17. 未来 100 亿或更高参数的混合 AI 模型有望在终端上运行



资料来源：高通混合 AI 白皮书，安信证券研究中心

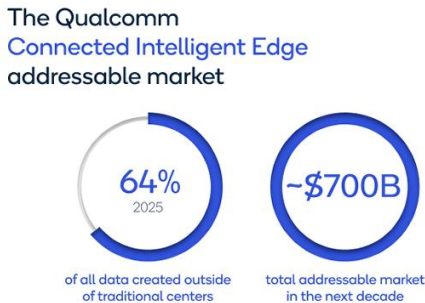
3.2. 高通持续提升终端硬件 AI 性能，终端侧全栈 AI 不断优化

高通重视前沿 AI 研发，拥有领先的边缘侧 AI 布局。高通拥有行业领先的 AI 硬件和软件解决方案，开发的低功耗、高性能 AI，已经形成了一个跨智能手机、汽车、XR、PC、笔记本电脑以及企业级 AI 等现有市场和新兴领域的庞大终端 AI 生态系统。根据高通官网预测，混合 AI 有望在未来十年内将公司的潜在市场扩大七倍以上，达到约 7000 亿美元。

混合 AI 在各终端陆续落地，应用场景或将不断涌现。根据高通 CEO 在彭博技术峰会上的发言，预计到 2024 年，高通公司将推出最新版 AI 处理器，在手机端可支持 10B 参数的大模型，

在笔记本端可支持 20B 参数的大模型，在汽车端可支持 40-60B 参数的大模型。手机端将会出现越来越丰富的 AI 内容生成场景，笔记本端微软 Copilot 也将在高通 SoC 上运行。

图18. 混合 AI 有望在未来十年内为高通打开约 7000 亿美元市场



资料来源：高通，安信证券研究中心

图19. 高通 SoC 支持手机运行数十亿参数的 AI 大模型



资料来源：彭博技术峰会，安信证券研究中心

高通已形成丰富的终端侧 AI 处理器产品矩阵，高性能产品广泛应用于多个机型。以高通在 10 月 25 日发布的骁龙 8 Gen 3 为例，骁龙 8 Gen 3 基于台积电 4nm 制程，采用了 1+5+2 的八核心架构设计，分别是 1 个 3.3GHz 超大核心 Cortex-X4，5 个 3.2GHz Cortex-A720 大核和 2 个 2.3GHz Cortex-A530 小核。骁龙 8 Gen 3 的 CPU 峰值性能相比前代提升了 30%，能效提升了 20%。

高通持续推进全栈 AI 策略，助力 AI 生态系统大规模快速商业化，在支持主流框架的同时，优化模型算法，探索终端侧的软件应用布局。2023 年 2 月，高通在 2023 年世界移动通信大会 (MWC) 期间高通演示了全球首个在 Android 智能手机上运行的 Stable Diffusion 技术，突显了全栈策略的优势。Stable Diffusion 是一种全栈研究和优化技术，使终端侧运行的操作能在仅 15 秒内完成。这项技术已经成功集成进入高通的 AI 软件栈，预计将在未来的硬件设计中发挥重要作用。

图20. 骁龙 8 Gen3 配置



资料来源：高通官网，安信证券研究中心

图21. 高通 AI 软件栈将 AI 软件统一到一个软件包中



资料来源：高通官网，安信证券研究中心

3.3. 手机/PC 端有望率先变革，产业链投资机会值得重视

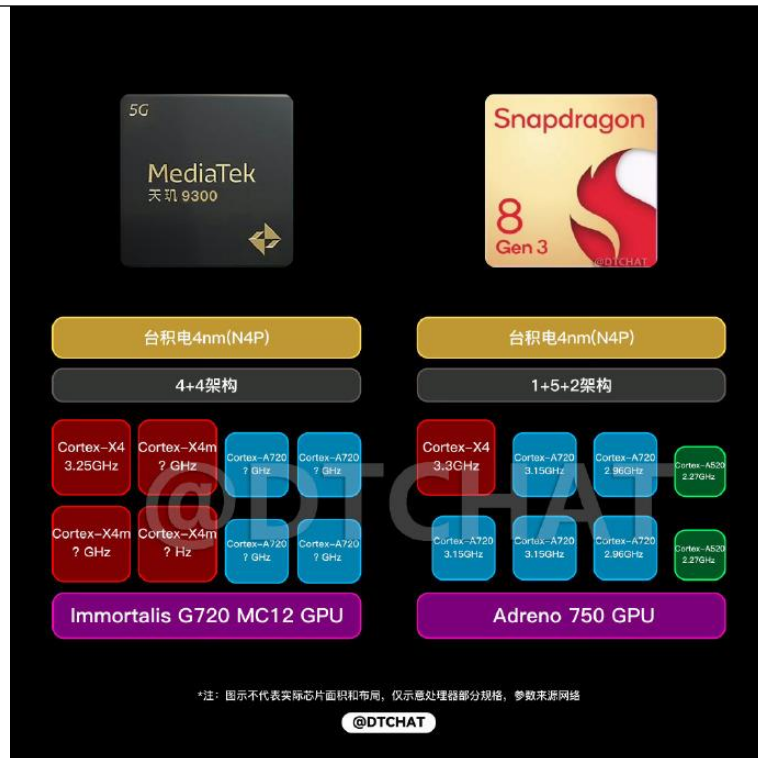
混合 AI 或带来硬件终端的变化：1) 在功耗允许情况下，终端 SoC 算力持续提升，端侧软硬件一体框架加速优化；2) 模型参数的缓存量较大，DRAM 配置需根据模型大小同步递增，有望带动存储产业加速从周期底部走出；3) 未来的生成式 AI 软件安装包中有可能集成训练好的模型参数，NAND 配置需相应提高；4) 手机、PC 等终端的推理计算能耗增加，对产品的散热要求提高；5) 数据吞吐增加，总线通信模式或带宽改变。

3.3.1. SoC：终端 SoC 算力持续提升，软硬件一体框架加速优化

高通目前已经为智能手机、PC、智能汽车等各类终端平台打造了 SoC。SoC 集成了 CPU、GPU、NPU 等各种功能模块，其中 NPU 是专门为深度神经网络计算而设计的处理器，通常负责 AI 的算力模块。高通 SoC 有望持续推陈出新，提高 NPU 性能，使 AI 算力持续升维。

高通骁龙 8 Gen3 和联发科天玑 9300 都大幅度地提高了相对于前代的性能。除高通最新发布的骁龙 8 Gen 3 以外，11 月 6 日，联发科也发布了新一代旗舰天玑 9300。天玑 9300 的全大核 CPU 架构包括 4 个 Cortex-X4 超大核和 4 个 Cortex-A720 大核，超大核最高主频达 3.25GHz，CPU 峰值性能提升达 40%，功耗降低 33%。强大的 CPU 性能和能效为天玑 9300 的游戏表现提供了极为强劲的动力基础，经实测全大核 CPU 在 GeekBench 中多核性能第一。同时，天玑 9300 采用了 Arm 最新的 Immortalis-G720 旗舰 12 核 GPU，峰值性能提升 46%，在相同性能下功耗可降低 40%，图形处理同样的性能、能效双优。

图22. 骁龙 8 Gen 3 和天玑 9300 在工艺制程及架构的区别



资料来源：36 氪，安信证券研究中心

3.3.2. DRAM/NAND：端侧 AI 模型及 APP 扩容，存储配置需相应提升

全球 DRAM 市场规模波动变化，2022 年小幅回落后或恢复温和增长。根据 TrendForce 集邦咨询研究显示，受惠于 AI 服务器需求攀升，带动 HBM 出货成长，加上客户端 DDR5 的备货潮，使得三大原厂出货量均有成长，第二季 DRAM 产业营收约 114.3 亿美元，环比增长 20.4%，终结连续三个季度的跌势。TrendForce 集邦咨询预期，第三季 DRAM 产业营收仍持续增长，且在原厂减产，让价意愿减低，故合约价已陆续落底，后续跌幅有限，因此库存跌价损失将获得改善，营业利润率有望转亏为盈。

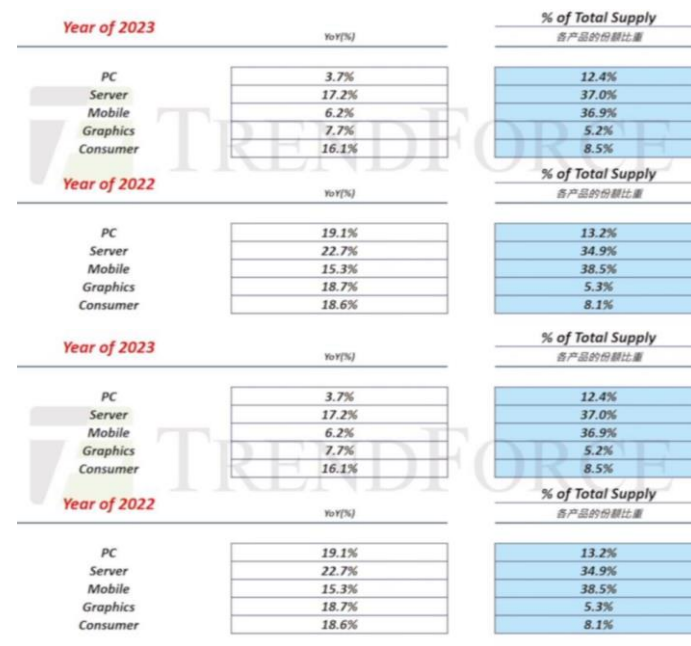
随着生成式 AI 模型参数递增，DRAM 配置也需提高。在 INT8 下，保守估计模型参数每增加 10 亿，DRAM 需要增加 1GB。在手机端，分析荣耀、三星当前最高端手机配置发现，当前手机内存配置大多为 8GB 或 16GB，如果在手机本地运行 100 亿参数推理，需要额外增加 DRAM。在 PC 端，分析联想、苹果最高端笔记本配置发现，如果支持实现 200 亿参数推理，需要新增 DRAM。

混合 AI 有望提升手机/PC 销量，使 DRAM 厂商受益。据 TrendForce 统计，2022 年全球 DRAM 各类终端占比中，手机端占比为 38.5%，PC 端占比为 13.2%，合计 51.7%；2023 年全球 DRAM

各类终端占比中，手机端占比为 36.9%，PC 端占比为 12.4%，合计 49.3%。手机与 PC 占 DRAM 终端市场一半左右，市场空间大，混合 AI 带来的体验升级有望促进手机与 PC 销量提升，从而有望进一步带动 DRAM 需求增长。

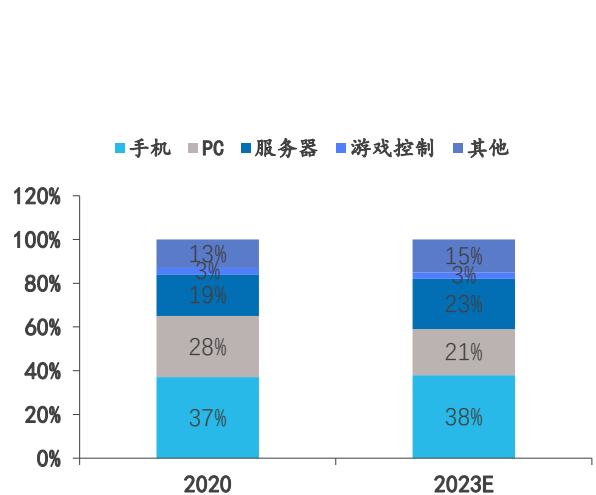
全球 NAND Flash 市场规模与 DRAM 市场相似，短期承压但长期增长潜力大。TrendForce 发布的 2023 年第二季度 NAND 闪存市场的报告显示，NAND 产业收入环比增长 7.4%，营收约为 93.38 亿美元。TrendForce 表示，2023 年第二季度 NAND 闪存市场需求仍旧低迷，延续了之前供过于求的市况。

图23. 手机与 PC 占 DRAM 终端市场一半左右



资料来源：TrendForce，安信证券研究中心

图24. 2020-2023 年全球 NAND 下游需求占比



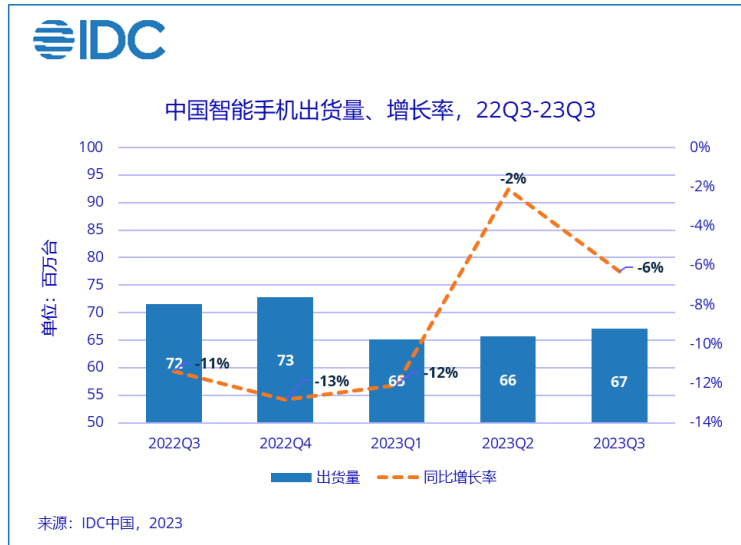
资料来源：Trendforce，安信证券研究中心

生成式 AI 推理输出内容或增加，NAND 配置有望持续提高。手机端以荣耀、三星当前最高端手机配置为例，荣耀 Magic5 至臻版闪存为 1TB，而三星 GalaxyS23 Ultra 闪存为 256GB。PC 端以联想、苹果当前最高端笔记本配置为例，联想 Legion Pro 7i Gen8 的闪存为 2TB，而苹果 MacBook M3 Max 闪存的最高选配可达 8TB。由于 NAND 需要保存推理生成的数据，预计生成式 AI 的推理结果会显著增加，NAND 容量也需要相应提高。

3.3.3. AI 行情由供给侧迈向应用侧，建议关注产业链投资机会

智能手机需求好转，有望迎来行业拐点。根据 IDC 统计数据，从全球来看，2023 年 Q1 全球智能手机出货量为 2.686 亿部，同比下降 14.6%；Q2 为 2.653 亿部，同比下降 7.8%；Q3 为 3.028 亿部，同比下降 0.1%。从国内来看，Q1 中国智能手机市场出货量约 6544 万台，同比下降 11.8%；Q2 约 6570 万台，同比下降 2.1%；Q3 约 6705 万台，同比下降 6.3%。虽然三季度出货量依旧呈现下降趋势，但是随着 8 月以来多个爆款新品的发布，中国智能手机市场消费者需求出现好转。随着新一轮换机周期逐渐开始，各品牌产品的集中上市以及年终电商平台的促销推动，中国智能手机市场出货量有望在 2023 年第四季度迎来拐点。

图25. 中国智能手机出货量，增长率，22Q3-23Q3

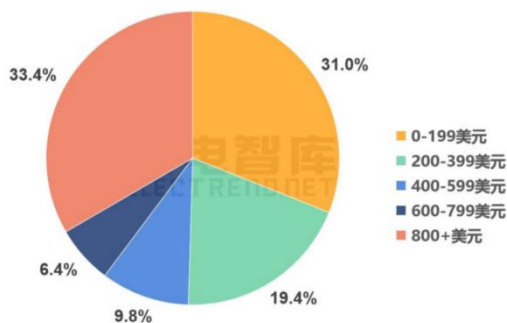


资料来源: IDC 官网

智能手机高端机型市场韧性较强，混合 AI 有望继续带动高端机型需求增长。将售价在 800 美元以上的智能手机机型划分为高端机型，售价在 400-799 美元的智能手机划分为中端机型，售价在 399 美元的智能手机划分为低端机型。根据潮电智库统计，2023 年第三季度全球畅销手机前 20 高端机型总销量为 6156.7 万部，同比 2022 年第三季度总销量的 4795 万部增长 28%。高端机型手机销量每季度占比约在 30% 水平，2023 年第三季度高端机型占比 33.4%。相比之下，中低端机型的总销量都有所下降。未来混合 AI 或率先布局在高端机型市场，各大手机厂商的旗舰机型销量有望进一步提升。

图26. 2023Q3 全球畅销手机前 20 各价格段销量占比

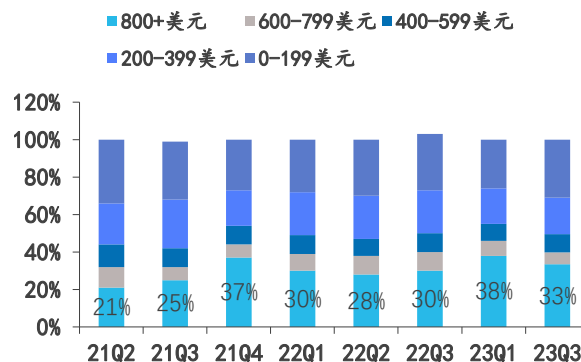
2023年Q3全球畅销智能手机TOP20各价格段销量占比



数据来源：潮电智库

资料来源：潮电智库，安信证券研究中心

图27. 历年全球畅销手机前 20 各价格段销量占比



资料来源：潮电智库，安信证券研究中心（注：22Q4 与 23Q2 无数据）

我们认为，近年来消费电子创新乏力，换机周期逐渐延长，智能手机、PC 的出货量有所放缓，终端生成式 AI 应用有望为消费电子产业链注入新动能：搭载高端 SoC 的机型渗透率有望持续提升，DRAM 和 NAND 等存储芯片单机用量增加，通信、散热等环节持续优化，智能手机、PC 等消费电子的换机周期有望缩短，创新类 AIoT 终端有望增加，生成式 AI 在汽车、机器人等领域落地也有望加速，建议重点关注手机、PC、汽车、机器人、XR、AIoT 等相关产业链投资机会。

表17: 部分产业链上市公司

产业链环节	公司名称
内存+存储	三星，美光科技，SK 海力士，西部数据，长江存储，合肥长鑫，兆易创新，北京君正，澜起科技，聚辰股份，中微公司，国科微，江波龙，佰维存储，香农芯创，普冉股份，恒烁股份，深科技，东芯股份等
屏幕面板	三星，京东方 A，深天马 A，长信科技，维信诺，同兴达，蓝思科技，TCL 科技，奥来德，精测电子等
PCB	迅达科技，弘信电子，鹏桑控股，深南电路，兴森科技，鹏鼎控股，东山精密等
摄像头	索尼，舜宇光学科技，豪威科技，三星，佳能，联创电子，水晶光电，韦尔股份，思特威，丘钛科技，高伟电子，蓝特光学，三利谱，欧菲光，立景，格科微等
电池	欣旺达，德赛电池等
SoC/CPU	高通，英伟达，联发科，苹果，三星，英特尔，华为海思，紫光展锐，翱捷科技，瑞芯微，晶晨股份，全志科技，台积电，中芯国际等
外壳/机构件	比亚迪电子，工业富联（富士康）等
射频/天线	Skyworks, Qorvo, 立讯精密，卓胜微，唯捷创芯，东山精密，信维通信，硕贝德等
触控/指纹传感	韦尔股份，汇顶科技，新突思等
精密结构件	领益智造，长盈精密，安洁科技等
连接器	立讯精密，电连技术等
滤波器	卓胜微，麦捷科技等
被动元器件	顺络电子，声光电科，风华高科等
电容	微容科技等
陶瓷盖板	三环集团等
模拟芯片	圣邦股份，艾为电子，南芯科技，美芯晟，思瑞浦，中颖电子等
声学零部件	瑞声科技，歌尔股份等

资料来源：安信证券研究中心整理

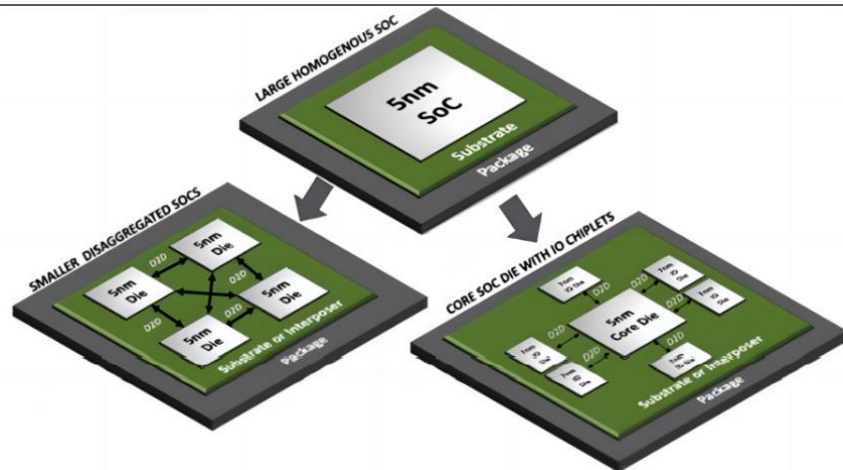
4. 先进封装：先进制程贴近物理极限，Chiplet 迎来黄金发展期

随着摩尔定律的逐渐放缓，先进制程的技术迭代已逐步接近物理极限，Chiplet 技术的兴起正为半导体产业带来新的发展机遇。通过将芯片模块化、分立化，并利用先进的封装技术将各个芯粒集成，Chiplet 不仅提高了芯片设计的灵活性，降低了制造和封装的难度，同时也能够实现更高的集成度和更低的成本。这对于高性能计算、人工智能、5G、自动驾驶等新兴领域的需求增加以及全球封测市场的快速发展具有重要意义。建议重点关注国内 Chiplet 先进封装产业链投资机会。

4.1. 先进制程迭代放缓，Chiplet 展现集成优势

Chiplet 是延续摩尔定律的关键手段。Chiplet 通过将大型芯片分解为多个具特定功能的小芯片，并使用先进封装技术将它们互联，最终集成封装为一个系统芯片。这种硅片级别的 IP 整合重用技术可以有效提高芯片的研发速度，降低研发成本和门槛。摩尔定律正在放缓，而 Chiplet 的性价比逐渐凸显，通过突破单芯片 SoC 的诸多瓶颈，有望延续摩尔定律。

图28. Chiplet 结构示意图



资料来源：传感器技术，安信证券研究中心

Chiplet 在设计成本、良率、制造成本、设计灵活性等方面具有明显优势。通过将大型芯片拆解为多个小芯片，可以提高制造良率、降低芯片制造成本、提高芯片设计的灵活性和可定制化程度，并缩短芯片上市时间。然而，Chiplet 方案在互联与封装两块还存在一定的难点，需要解决高数据吞吐量与低数据延迟和误码率、能效和连接距离等问题，同时对封装工艺也提出了更高的要求。尽管如此，Chiplet 技术的优势仍然使其成为延续摩尔定律的重要手段。

图29. Chiplet 技术缩短上市时间



资料来源：中国半导体行业协会，安信证券研究中心

4.2. AI 等高算力芯片需求增加，Chiplet 迎来高速发展

在高性能计算领域，Chiplet 技术已成为满足当下对算力需求的关键。通过将更多算力单元高密度、高效率、低功耗地连接在一起，实现超大规模计算，同时高速互连网络将芯片级异构系统实现高速预处理和数据调度，非先进制程构建 Cache 提高片上 Cache 的容量和性价比，3D 近存技术降低存储访问功耗，从而满足大模型参数需求。服务器、自动驾驶等领域适合 Chiplet 落地场景，而消费电子由于对轻薄、功耗要求较高，不太适合应用 Chiplet。随着算力、存储等需求升级，Chiplet 有望在未来得到更加广泛的应用。国际巨头厂商已经布局 Chiplet 在高性能计算领域的应用，如英特尔发布了基于 Chiplet 技术的数据中心 GPU，AMD 发布了 APU，苹果则与台积电合作开发了 UltraFusion 封装技术。在 AI 芯片领域，运用 Chiplet 模式的异构集成方案可以大幅降低芯片设计投入门槛及风险，有效解决下游客户难以平衡的核心痛点，国际巨头厂商与国内领先厂商都在 AI 芯片的运用上做了不同突破。

中国首款基于 Chiplet 的 AI 芯片“启明 930”为北极雄芯开发，该芯片采用 12nm 工艺生产，中央控制芯粒采用 RISC-V CPU 核心，可通过高速接口搭载多个功能型芯粒，并基于国产基板材料以及 2.5D 封装，做到算力可拓展，提供 8-20TOPS（INT8）稠密算力来适应不同场景，目前已与多家 AI 下游场景合作伙伴进行测试。

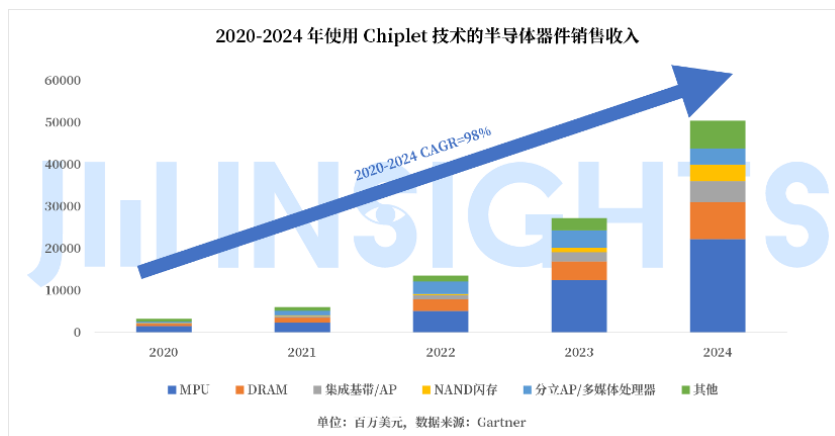
图30. 启明 930 发布



资料来源：物联网智库，安信证券研究中心

Chiplet 技术被视为“异构”技术的焦点，已是当下最被企业所认可的新型技术之一。2022 年 3 月，英特尔、AMD、Arm、高通、三星、台积电、日月光、Google Cloud、Meta、微软等全球领先的芯片厂商共同成立了 UCIe 联盟，UCIe 联盟的建立旨在促进 Chiplet 模式的应用发展，越来越多的企业开始研发 Chiplet 相关产品。中国首个原生 Chiplet 技术标准发布，有助于行业规范化、标准化发展。据 Gartner 统计，Chiplet 市场规模在 2024 年将达到 505 亿美元，复合年增长率高达 98%。先进封装市场的发展为 Chiplet 市场提供了技术基础，随着技术的不断进步，Chiplet 市场将迎来更广阔的发展空间。

图31. Chiplet 市场规模



资料来源: 中国电子报, Gartner, 安信证券研究中心

4.3. 龙头 IC 制造及封测厂加码布局 Chiplet

随着 Chiplet 技术的普及, 封测环节在产业链中的地位日益重要。Chiplet 技术发展早期往往局限于企业内部独立研发和应用, 且仅应用于一些高端产品, 如服务器和高性能计算等, 组装和测试等方面仍存在技术瓶颈。随着 Chiplet 技术的不断成熟和商业化推广, 越来越多的芯片厂商、设计公司和封测厂开始使用 Chiplet 技术, Chiplet 的商业化应用趋势也促进了整个芯片生态系统的升级和发展。Chiplet 产业链主链有四大环节, 包括芯粒、芯片设计、封装生产和系统应用, 支撑环节包括芯粒生产、设计平台、EDA 工具、封装基板、封测设备等领域。从 Chiplet 产业链逻辑看, 芯片设计和封装处于链条中心环节, 且与后端系统应用紧密联动, 而晶圆厂则被前置, 成为芯粒提供商的生产环节。

专业公司提供的芯粒可以优化设计和制造过程, 提高生产效率, 降低成本。芯片设计师需要考虑每个小型芯片的性能要求和接口通信方式, 利用 EDA 工具进行设计、验证和仿真。同时, 封测环节面临高密度互联带来的工艺挑战, 如散热、供电等问题, 需要不断提升技术水平以保证良率。Chiplet 技术已广泛应用于云、AI 等领域, 国内外企业也纷纷推出基于 Chiplet 的产品。

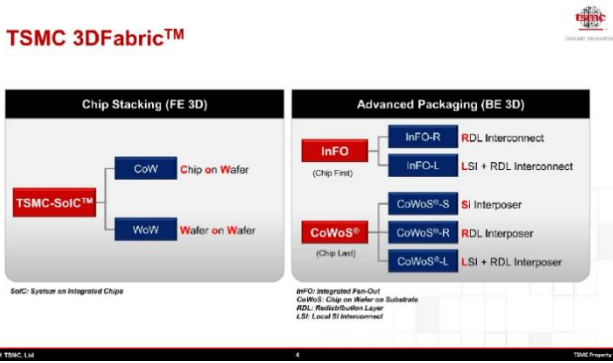
图32. 国内外龙头企业 Chiplet 产品



资料来源: 力合产研, 安信证券研究中心

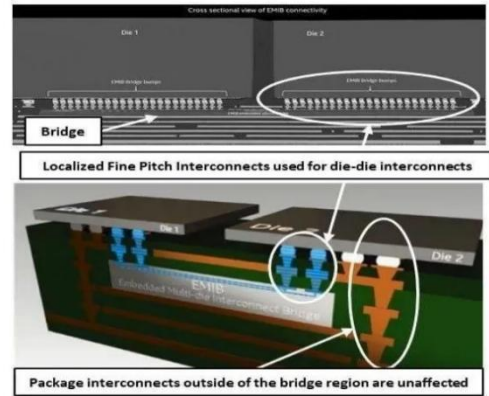
全球厂商纷纷加码布局 Chiplet 先进封装技术。台积电的 3DFabric 技术已应用于 FPGA、CPU、GPU 等芯片, 而 Intel 主导的 EMIB 技术则实现了高效高密度封装。三星也在积极投资 3D 封装技术, 以满足 HPC 应用的发展需求。日月光凭借 FOCoS 技术成为唯一拥有超高密度扇出解决方案的供应商。这些先进封装技术正促进全球芯片产业的发展。

图33. 台积电 3DFabric 技术



资料来源：台积电官网，安信证券研究中心

图34. 英特尔 EMIB 技术



资料来源：高通混合 AI 白皮书，安信证券研究中心

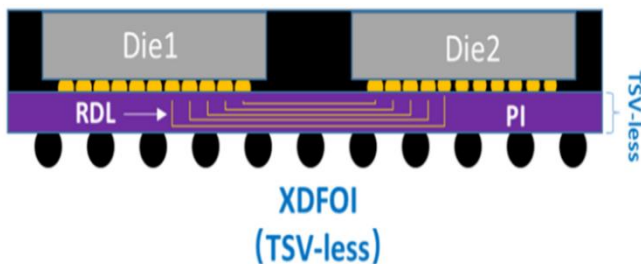
图35. 三星 3D IC 技术演进



资料来源：智东西，安信证券研究中心

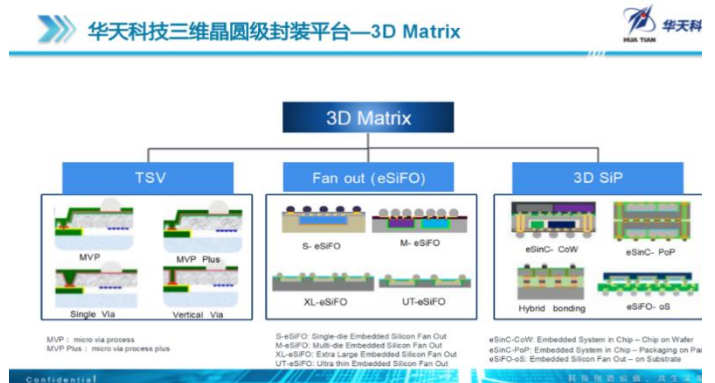
中国半导体企业紧跟产业趋势，加快布局 Chiplet 先进封装技术。长电科技推出的面向 Chiplet 小芯片的高密度多维异构集成技术平台 XDFOI™ 可实现 TSV-less 技术，达到性能和成本的双重优势；通富微电在先进封装方面公司已大规模生产 Chiplet 产品，7nm 产品已大规模量产，5nm 产品已完成研发即将量产；华天科技已量产 Chiplet 产品，主要应用于 5G 通信、医疗等领域。后摩尔时代，Chiplet 由于高性能、低功耗、高面积使用率以及低成本的优势，在延续摩尔定律的“经济效益”方面被寄予厚望。Chiplet 芯片设计环节能够降低大规模芯片设计的门槛，给中国集成电路产业带来巨大发展机遇。

图36. 长电科技 XDFOI 平台



资料来源：长电科技公众号，安信证券研究中心

图37. 华天科技 3D Matrix 平台



资料来源：未来半导体，安信证券研究中心

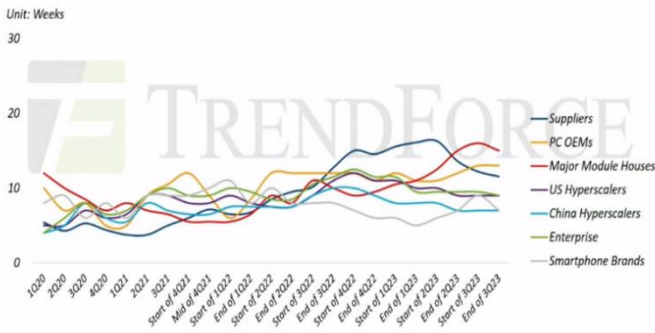
5. 存储：周期与成长共振，AI+DDR5 升级带来增量

存储芯片是全球半导体的重要组成部分。看好存储产业的核心逻辑如下：1) 市场空间大，占全球半导体规模约 1/4；2) 随着资金、技术、人才持续投入，未来十年有望进入加速发展期；3) 以 HBM 为代表的 DRAM，会成为生成式 AI 的核心收益方向；4) 以近存计算、存算一体为代表的新一代计算架构，有望为 AI 提供高性价比算力；5) 2022 年开始，存储产业进入下行周期，随着三星、海力士、美光的龙头减产，供给大幅减少，云端 AI、AI 手机/PC 等有望拉动 HBM、LPDDR5 等需求，存储产业有望进入上行周期。

5.1. 存储行业触底企稳，供需格局持续优化

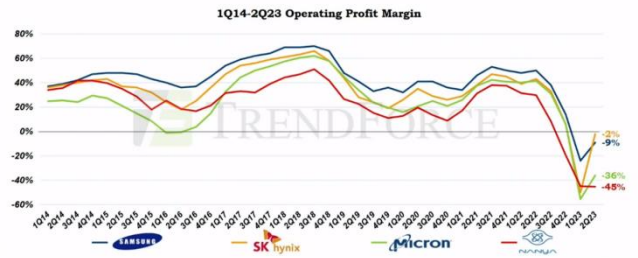
存货压力由来已久，并逐渐从供给端向需求端传导。从供给端来看，存储的库存积压自 2021 年底开始并逐渐增长。供给端在 23Q1 库存水位达到最高，23Q2 开始逐渐回落，同时，各需求端的存货水位出现不同幅度的上升，库存压力传导至需求端。为消耗库存，各存储原厂在 23Q1 的营业利润率降至最低，行业周期触底。

图38. 23H2 内存库存压力逐渐从原厂转移至买方



资料来源：TrendForce，安信证券研究中心

图39. 各内存主要原厂营业利率趋势

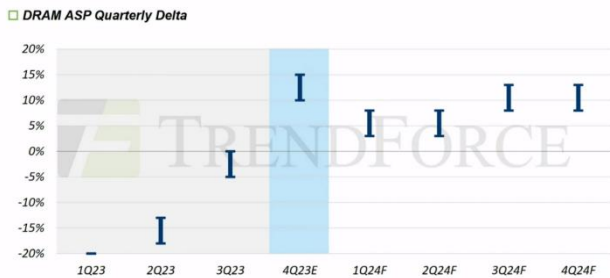


资料来源：TrendForce，安信证券研究中心

受库存积压影响，存储产业龙头普遍倾向于减产，供给格局向好。存储芯片的竞争格局高度集中，国产化率低，以 DRAM 为例，三星、海力士、美光全球占比分别为 43.6%/22.8%/27.7%，合计占 94%，海力士在对部分收益性较低产品减产，在 23Q2 财报中提出要扩大 NAND 产品减产规模；三星在 23Q2 财报电话会议中提到将延长减产行动，并对 NAND 在内的某些产品进行额外的产量调整；美光在 23Q2 财报中提到将减少 DRAM 和 NAND 30% 的产量，计划延续到 2024 年。龙头减产，渠道库存的消化速度有望加快。

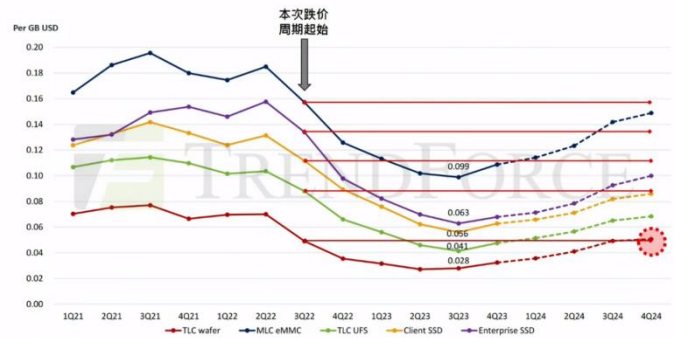
原厂产量不及需求，价格弹性大。存储产品销货周期明显，随着 2023 年销货量的触底企稳，TrendForce 预计 23Q4 和 24Q1 DRAM 和闪存都将迎来需求大幅上升。受原厂减产影响，产量不及需求，存货消耗速度有望进一步得到提升，行业发展向好。自 21H2 以来，存储产品价格一直处于下行通道。目前大宗 DRAM 产品价格已有回升趋势。预计 24H1 有望迎来景气周期，价格将出现明显上升。根据 TrendForce 预测，23Q4 DRAM 价格将增加 10% 以上，2024 年将保持增量在 5%-10% 左右；而闪存产品价格自 22Q3 开始下降，虽然从 23Q3 开始有回升态势，但到 2024 年仍然无法回升到跌价周期起始水平。

图40. 2023-2024 年 DRAM 价格预测



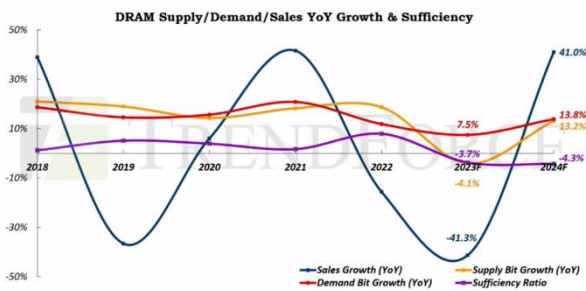
资料来源: TrendForce, 安信证券研究中心

图41. 2023-2024 年 NandFlash 价格预测



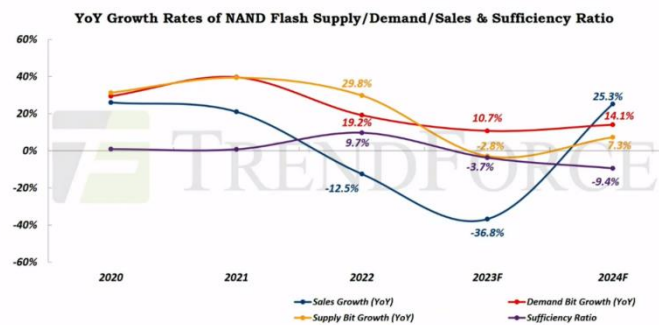
资料来源: TrendForce, 安信证券研究中心

图42. 2023-2024 年 DRAM 供需预测



资料来源: TrendForce, 安信证券研究中心

图43. 2023-2024 年 NandFlash 供需预测



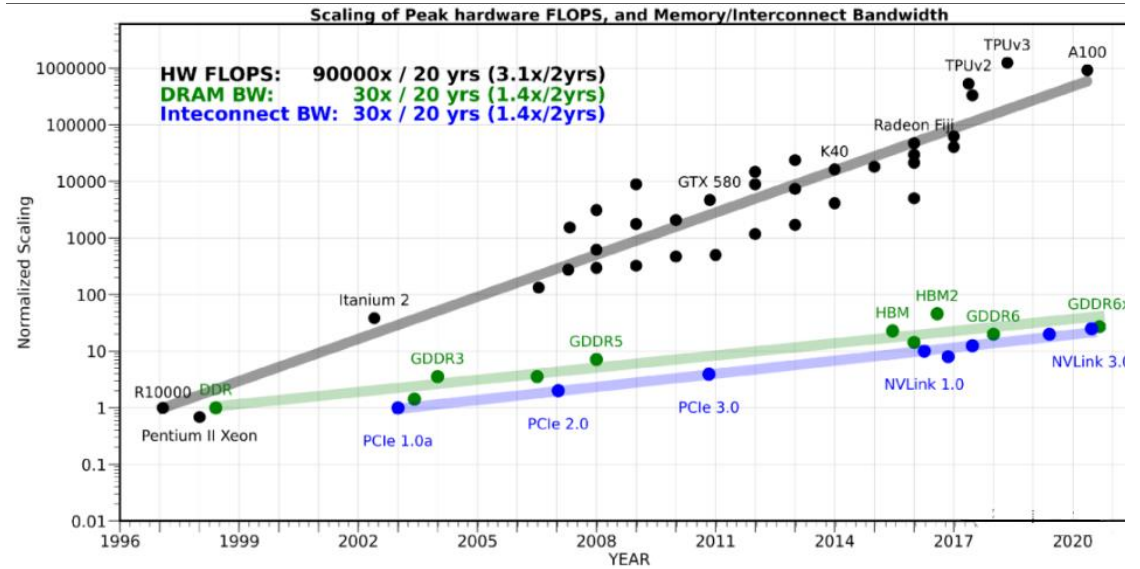
资料来源: TrendForce, 安信证券研究中心

5.2. 生成式 AI 显著带动 DRAM 需求，存储行业发展长期向好

5.2.1. “内存墙”、“功耗墙”掣肘 AI 的算力发展

“存”“算”性能失配，内存墙导致访存时延高，效率低。内存墙，指内存的容量或传输带宽有限而严重限制 CPU 性能发挥的现象。内存的性能指标主要有“带宽” (Bandwidth) 和“等待时间” (Latency)。近 20 年间，运算设备的算力提高了 90000 倍，提升非常快。虽然存储器从 DDR 发展到 GDDR6x，能够用于显卡、游戏终端和高性能运算，接口标准也从 PCIe1.0a 升级到 NVLink3.0，但是通讯带宽的增长只有 30 倍，和算力相比提高幅度非常缓慢。

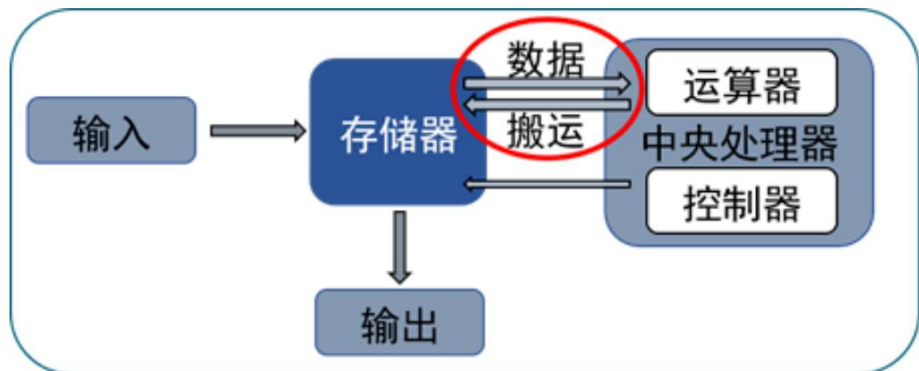
图44. 存储计算“剪刀差”



资料来源：OneFlow 公司公众号，安信证券研究中心

冯诺依曼架构下，数据传输导致严重的功耗损失。冯·诺依曼架构要求数据在存储器单元和处理单元之间不断地“读写”，这样数据在两者之间来回传输就会消耗很多的传输功耗。根据英特尔的研究表明，当半导体工艺达到7nm时，数据搬运功耗高达35pJ/bit，占总功耗的63.7%。数据传输造成的功耗损失越来越严重，限制了芯片发展的速度和效率，形成了“功耗墙”问题。

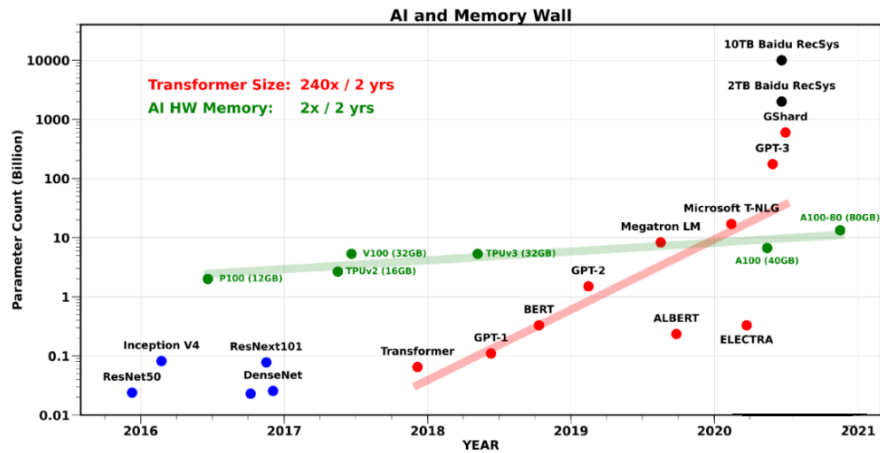
图45. 冯诺依曼架构下的数据传输



资料来源：中国科学信息科学，安信证券研究中心

AI 模型参数量极速扩大，GPU 内存增长速度捉襟见肘。在 GPT-2 之前的模型时代，GPU 内存还能满足 AI 大模型的需求。近年来，随着 Transformer 模型的大规模发展和应用，模型大小每两年平均增长了 240 倍。GPT-3 等大模型的参数增长已经超过了 GPU 内存的增长。传统的设计趋势已经不能适应当前的需求，芯片内部、芯片之间或 AI 加速器之间的通信成为了 AI 训练的瓶颈。AI 训练不可避免地遇到了“内存墙”问题。

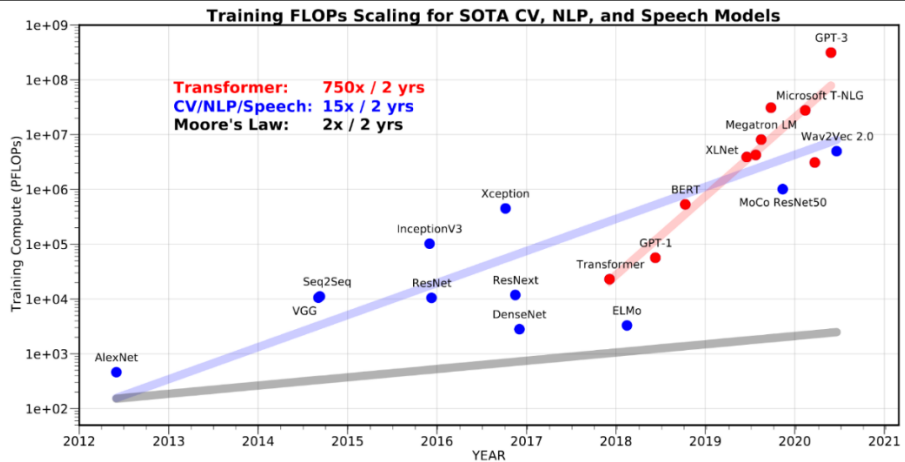
图46. AI 模型大小增长与 GPU 内存增长



资料来源: OneFlow 公司公众号, 安信证券研究中心

AI 模型运算量增长速度不断加快, 推动硬件算力增长。预训练技术的进步导致了各领域模型计算量的快速增长, 大约每两年就要增加 15 倍。而 Transformer 类模型的运算量更是每两年就要增加 750 倍。这种近乎指数的增长趋势促使 AI 硬件的研发方向发生变化, 需要更高的峰值算力。当前的研究为了实现更高的算力, 甚至不惜简化或者优化其他部分组件, 例如内存的分层架构, 将 DRAM 容量用于需要高性能访问的热数据, 将容量层用于处理需要大容量但性能要求不那么高的任务, 以适应不同的数据类型、用例、技术需求和预算限制, 适用于 AI、ML 和 HPC 等众多应用场景, 能帮助企业以经济高效的方式满足内存需求。

图47. AI 模型计算量增长速度



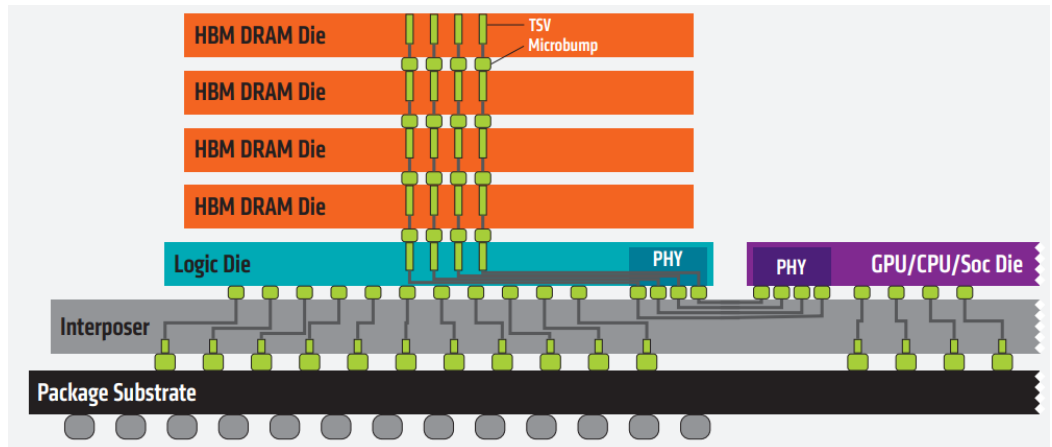
资料来源: OneFlow 公司公众号, 安信证券研究中心

5.2.2. HBM、存算一体等技术成为主流解决路径

1) HBM 技术: 高吞吐高带宽, AI 带动需求激增

HBM 缓解带宽瓶颈, 是 AI 时代不可或缺的关键技术。HBM 采用了系统级封装 (SIP) 和硅通孔 (TSV) 技术以增加吞吐量并克服单一封装内带宽的限制, 将数个 DRAM 裸片垂直堆叠, 裸片之间用 TSV 技术连接。它拥有高达 1024 个 DQ 引脚, 但其物理面积却比标准 DRAM 小 10 倍以上, 能够对海量数据进行并行处理。未来人工智能的数据量、计算量会越来越大, 超过现有的 DDR/GDDR 带宽瓶颈, HBM 可能会是唯一的解决方案。

图48. HBM 设计结构



资料来源：AMD 官网，安信证券研究中心

HBM 是目前 AI 加速芯片主流内存方案，同时广泛应用于汽车高带宽存储，边缘 AI 加速卡，Chipllets 等硬件中。在高端 GPU 芯片产品中，比如 NVIDIA 面向数据中心的 A100、H100、H200 等加速卡中就使用了 HBM；部分 CPU 的内存芯片，如目前富岳中的 A64FX 等 HPC 芯片中也有应用到。车辆在快速移动时，摄像头、传感器会捕获大量的数据，为了更快速的处理数据，HBM 是最合适的选择。Chipllets 在设计过程中没有降低对内存的需求，随着异构计算（尤其是小芯片）的发展，芯片会加速对高带宽内存的需求，包括 HBM、GDDR6、LPDDR6。

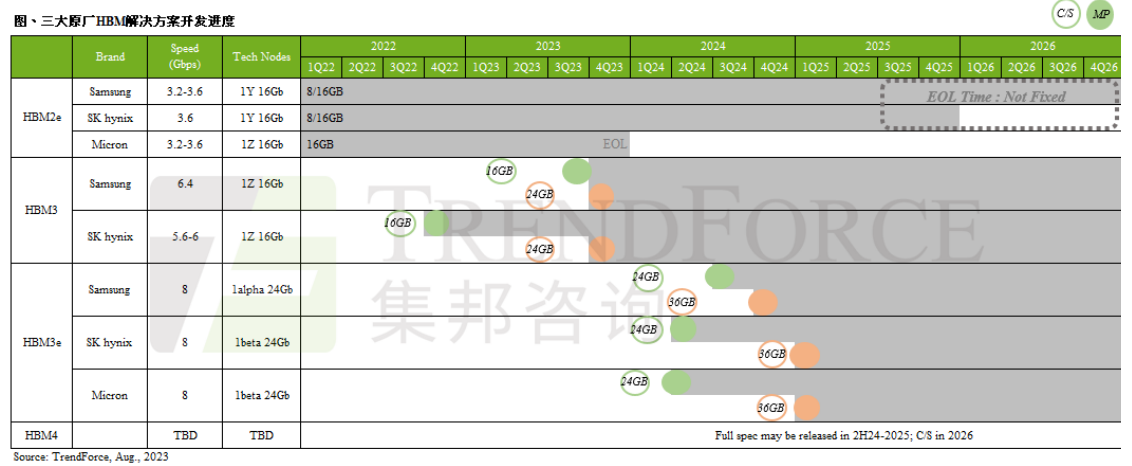
表18：主流 AI 芯片内存方案

GPU 型号	推出时间	存储技术	GPU 显存容量
NVIDIA V100 SXM2	2017 年	HBM2	16GB/32GB
NVIDIA A100 80GB SXM	2020 年	HBM2e	80GB
NVIDIA H100 SXM	2022 年	HBM3	80GB
NVIDIA H200	2023 年	HBM3e	141GB
AMD Instinct MI100	2020 年	HBM2	32GB
AMD Instinct MI200	2021 年	HBM2e	128GB
AMD Instinct MI300X	2023 年	HBM3	192GB

资料来源：芯八哥、英伟达官网、安信证券研究中心

巨头领跑，各大存储公司都已在 HBM 领域参与角逐。SK 海力士、三星、美光等存储巨头在 HBM 领域展开了升级竞赛，国内佰维存储等公司持续关注 HBM 领域。SK 海力士早在 2021 年 10 月就开发出全球首款 HBM3，2022 年 6 月量产了 HBM3 DRAM 芯片，并供货英伟达，持续巩固其市场领先地位。伴随着 ChatGPT 的火热，整个市场对于高性能计算卡等硬件产品的需求水涨船高，上游大厂如三星和海力士的 DRAM 业务相关订单激增。GPU 公司英伟达一直在要求 SK 海力士提供最新的 HBM3 内存颗粒。服务器 CPU 公司英特尔在全新的第四代至强可扩展处理器当中也推出了配备 SK 海力士 HBM 的产品。

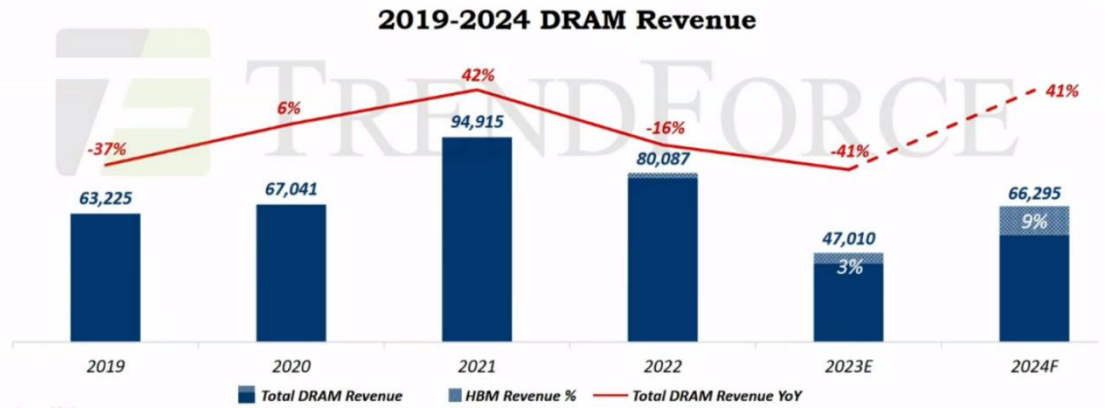
图49. 三大原厂 HBM 开发进度



资料来源: Trendforce, 安信证券研究中心

AI+存储推动 HBM 收入占比, 助力 DRAM 收入回升。受需求不足、存货调整以及价格下降影响, DRAM 在 2023 年利润下降明显。在生成式 AI 运算中, 涉及大量卷积(乘加运算), 需要高速吞吐, 会显著增加 HBM、DDR5 等用量。未来推理落地, 应用测百花齐放, 数据缓存及存储需求有望持续提升。TrendForce 预测 2024 年 HBM 的收入将明显扩张, 为 DRAM 的收入增长提供动力。

图50. 2019-2024DRAM 总营收与 HBM 营收占比

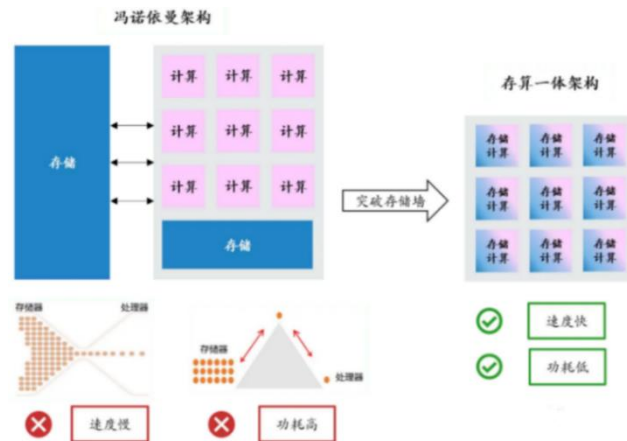


资料来源: TrendForce, 安信证券研究中心

2) 存算一体技术: 以 SRAM、RRAM 为主的新架构, 大算力领域优势大

存算一体在存储器中嵌入计算能力, 以新的运算架构进行乘加运算。存算一体是一种以数据为中心的非冯诺依曼架构, 它将存储功能和计算功能有机结合起来, 直接在存储单元中处理数据。存算一体通过改造“读”电路的存内计算架构, 可以直接从“读”电路中得到运算结果, 并将结果“写”回存储器的目标地址, 避免了在存储单元和计算单元之间频繁地转移数据。存算一体减少了不必要的数据搬移造成的开销, 不仅大幅降低了功耗(降至1/10~1/100), 还可以利用存储单元进行逻辑计算提高算力, 显著提升计算效率。它不仅适用于 AI 计算, 也适用于感存算一体芯片和类脑芯片, 是未来大数据计算芯片架构的主流方向。

图51. 冯诺依曼架构 vs 存算一体架构

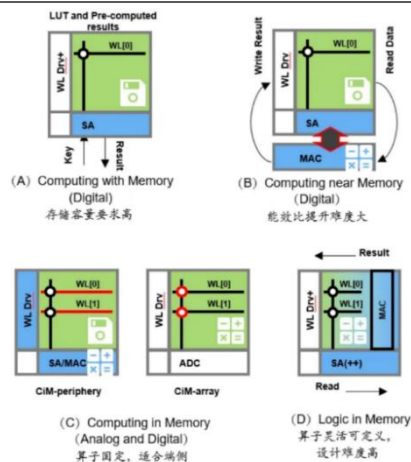


资料来源：九章智驾，安信证券研究中心

存算一体技术可分为查存计算、近存计算、存内计算和存内逻辑，提供多种方式解决内存墙问题。

- 查存计算：早期技术，在存储芯片内部查表来完成计算操作。
- 近存计算：早已成熟，计算操作由位于存储区域外部的独立计算芯片/模块完成。典型代表是 AMD 的 Zen 系列 CPU，以及封装 HBM 内存（包括三星的 HBM-PIM）与计算模组（裸 Die）的芯片。
- 存内计算：计算操作由位于存储芯片/区域内部的独立计算单元完成，存储和计算可以是模拟或数字的。典型代表是 Mythic、千芯科技、闪亿、知存、九天睿芯等。
- 存内逻辑：通过在内部存储中添加计算逻辑，直接在内部存储执行数据计算。典型代表包括 TSMC（在 2021 ISSCC 发表论文）和千芯科技。

图52. 四种存算一体架构对比



资料来源：清华大学微电子所，安信证券研究中心

存算一体有着广泛的应用场景，在不同大小设备上均有需求。

- 从技术领域来看，存算一体可以应用于：
 - 1) AI 和大数据计算：将 AI 计算中大量乘加计算的权重部分存在存储单元中，从而在读取的同时进行数据输入和计算处理，在存储阵列中完成卷积运算。
 - 2) 感存算一体：集传感、储存和运算为一体构建感存算一体架构，在传感器自身包含的 AI 存算一体芯片上运算，来实现零延时和超低功耗的智能视觉处理能力。
 - 3) 类脑计算：使计算机像人脑一样将存储和计算合二为一，从而高速处理信息。存算一体天然是将存储和计算结合在一起的技术，是未来类脑计算的首选和产品快速落地的关键。

➤ 从应用场景来分，存算一体可以适用于各类人工智能场景和元宇宙计算：

1) 针对端侧的可穿戴等小设备，对成本、功耗、时延难度很敏感。端侧竞品众多，应用场景碎片化，面临成本与功效的难题。存算一体技术在端侧的竞争力影响约占 30%。（例如 arm 占 30%，降噪或 ISP 占 40%，AI 加速能力只占 30%）

2) 针对云计算和边缘计算的大算力设备，是存算一体芯片的优势领域。存算一体在大算力领域的竞争力影响约占 90%。

传统存储大厂纷纷入局，新兴公司不断涌现。

1) 国外方面，三星电子在多个技术路线进行尝试，发布新型 HBM-PIM（存内计算）芯片、全球首个基于 MRAM（磁性随机存储器）的存内计算研究等。台积电在 ISSCC 2021 上提出基于数字改良的 SRAM 设计存内计算方案。英特尔也早早提出近内存计算战略，将数据在存储层级向上移动，使其更接近处理单元进行计算。

2) 国内方面，阿里达摩院成功研发全球首款基于 DRAM 的 3D 键合堆叠存算一体芯片，可突破冯·诺依曼架构的性能瓶颈。千芯科技是可重构存算一体 AI 芯片的领先者和先驱，核心产品包括高算力低功耗的存算一体 AI 芯片/IP 核（支持多领域多模态人工智能算法）。后摩智能致力于突破智能计算芯片性能及功耗瓶颈，其提供的大算力、低功耗的高能效比芯片及解决方案，可应用于无人车、泛机器人等边缘端，以及云端推荐、图像分析等云端推理场景。

表19：云和边缘大算力企业对比

企业名称	标识	场景	架构类型	存储器类型	主力产品	算力 (TOPS)	其他
亿铸科技		边缘为主大算力 (ADAS)	全数字存算一体	RRAM	未公布	未公布	上海
千芯科技		云和边缘大算力	存内计算/存内逻辑	RRAM/SRAM	云计算卡 G40710E、G41210E、F11610E、F12010	>1000-4000@INT8	北京，最早支持多实例(虚拟化)计算的存算一体架构
后摩智能		边缘为主大算力 (ADAS)	模拟存内计算	SRAM/MRAM/RRAM	智能驾驶芯片	20TOPS	上海
中科声龙		云为主大算力	近存计算	SRAM	矿机		北京
d-Matrix		Transformer 加速	近存 or 存内	SRAM	计算卡	未公布	结合 Chiplet

资料来源：陈巍谈芯，安信证券研究中心

表20：端和边缘小算力企业对比

企业名称	标识	场景	架构类型	存储器类型	主力产品	算力 (TOPS)	其他
闪易半导体/闪亿		端侧小算力	模拟存内计算	闪存/自主核心工艺	语音/图像 HEXA01	未公布能效比明显优于某家	陈大同投资产品量产
Mythic		边缘小算力	模拟存内计算	闪存	MP10304	100	
SST/Cypress		端侧小算力	模拟存内计算	闪存/SF	memBrainIP 核	未公布	2017 年设计 memBrain 技术
知存科技		端侧小算力	模拟存内计算	闪存/SF	语音 WTM2101	0.05@INT8 (5 OGOPS)	使用了 SST 工艺单元，产品量产
每刻深恩		端侧小算力	模拟存内计算	SRAM	未公布		感存算一体
九天睿芯		端侧小算力	模拟存内计算	SRAM	图像 ADA20X	0.3-200@INT8	感存算一体
恒烁半导体		端侧小算力	模拟存内计算	闪存/ETOX	GiNOR	未公布	已 IPO 上市
新忆科技		端侧小算力	模拟存内计算	RRAM	xuanwu	未公布	
智芯科		端侧小算力	模拟存内计算	SRAM	语音 AT660x	未公布	
革芯科技		端侧小算力	存内计算	SRAM	图像 PIMCHIP-S200、语音 PIMCHIP-S100	未公布	

资料来源：陈巍谈芯，安信证券研究中心

6. 消费电子：折叠屏浪潮推动 MIM 发展，轻量化趋势引领材料创新

折叠屏手机凭借创新性的形态和沉浸式大屏体验，在行业出货量整体下滑的大周期背景下，实现持续的高速增长。折叠屏手机铰链零件结构复杂、尺寸精细，主要采用 MIM 工艺制作。我们认为折叠屏手机销量提升有望带动 MIM 行业快速发展。此外，智能手机、手表等消费电子产品朝着轻量化方向发展，钛合金和碳纤维凭借其高强度、轻量化的特点，开始在消费电子领域逐步渗透。建议关注消费电子新工艺、新材料的投资机会，包括 MIM 件、钛合金产业链、碳纤维产业链等。

6.1. 折叠屏手机新风尚，铰链带动 MIM 工艺需求提升

6.1.1. 全球折叠屏手机厂商于蓝海中百舸争流

2022-2023 年折叠屏手机新机密集发布，赛道逆势增长。受市场饱和、用户换机周期长等行业现状影响，全球智能手机市场需求呈现疲软态势。而折叠屏手机凭借创新性的形态和沉浸式大屏体验，在行业出货量整体下滑的大周期背景下，实现持续的高速增长。

图53. 折叠屏手机全家福



资料来源：各公司官网，安信证券研究中心

IDC 数据显示，尽管 2022 年全球智能手机市场规模同比下降超过 11%，但可折叠手机仍然保持了相对乐观的成长态势。据 IDC 预测，2023 年，包括翻盖在内的可折叠手机的全球出货量将达到 2140 万部，比 2022 年 1420 万台的出货量同比增长 50% 以上，2027 年可折叠手机出货量将达到 4810 万部，其中，2022-2027 年的复合年增长率达到 27.6%。

图54. 全球折叠屏手机出货量及市场份额年均增长率预测（2022-2027，百万台）

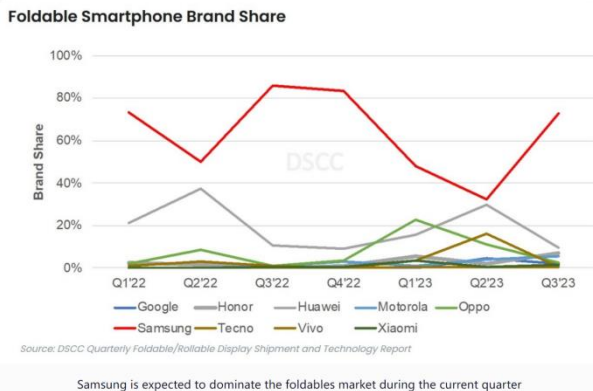
Worldwide Foldable Phone Shipments, Market Share, and 2022-2027 CAGR (shipments in millions of units)				
Form Factor	2022 Shipments	2022 Market Share	2027 Shipments*	2027 Market Share*
Foldable	14.2	1.2%	48.1	3.5%
Smartphone	1,191.6	98.8%	1,322.9	96.5%
Total	1,205.8	100.0%	1,371.0	100.0%

Source: IDC, Worldwide Foldable Smartphone Forecast, 2023-2027, March 2023.

资料来源：IDC，安信证券研究中心

全球竞争格局中，三星因长期占据 25% 以上的市场份额，一家独大。从发布第一款折叠屏手机开始，三星持续革新技术，逐渐成长为折叠屏手机领域的绝对领导者。中国市场呈现“一超”变“多强”的竞争格局。作为全球最大的折叠屏智能手机市场，中国在 2023Q2 占据了全球市场 58.6% 的份额。据 IDC 数据，2023 年前三季度，华为在中国的市场份额高达 31.7%，依旧稳居第一。排名其后的则是占据 17.9% 份额的 OPPO，以及占比 15.4% 的三星。受益于三季度新产品的持续放量，荣耀在 Q3 的市场份额达到 15.1%。

图55. 22Q1-23Q3 可折叠智能手机品牌份额



资料来源：DSCC，安信证券研究中心

图56. 2023Q1-3 中国折叠屏手机市场份额



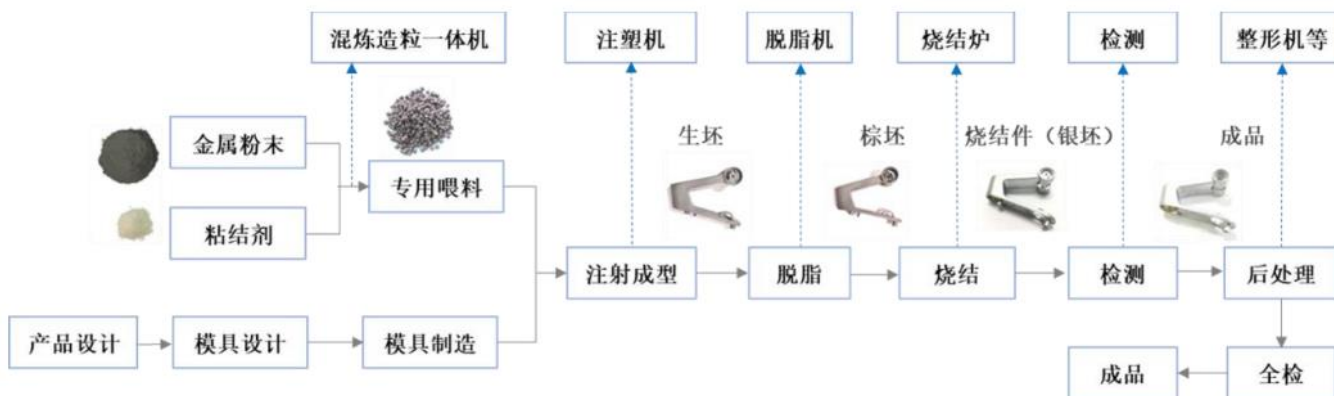
资料来源：IDC，安信证券研究中心

6.1.2. MIM 工艺优势显著，深度赋能折叠屏铰链

铰链是折叠屏手机的核心部件，由结构复杂且尺寸微小的金属零件组装而成，如铰链轴、铰链臂、铰链螺钉等。折叠屏铰链被用于支持屏幕在展开和折叠之间进行平稳运动，其关系到屏幕折痕深浅、轻薄程度等与消费者体验最相关的问题，直接影响消费者购买手机的意愿，故而成为各手机厂商在折叠屏手机领域的战略重心。不论是铰链的结构设计，还是铰链零件的材料选择，各品牌都在不断迭代优化。

MIM 工艺是制造铰链的关键工艺之一。伴随铰链技术的进步，铰链结构及组件愈发精细复杂，这对零部件的制作工艺提出了更高的要求。金属注射成型 (MIM) 是制造铰链的关键工艺之一，它是一种将传统粉末冶金工艺与现代塑料注射成形技术相结合而形成的一种新型“近净成形”技术。MIM 技术的基本工艺步骤是：选取符合 MIM 要求的金属粉末和粘结剂，在一定温度下采用适当方法将粉末与粘结剂混合成均匀的喂料，再通过模具进行注射成形，形成生坯。将获得的生坯经过脱脂处理与烧结，使金属粉末致密化，最终形成成品。

图57. MIM 工艺流程



资料来源：统联精密招股说明书，安信证券研究中心

MIM 工艺在材料适应性、加工精度、自动化程度、性价比等方面具备独特优势。相较于传统工艺，MIM 技术在制备几何形状复杂、组织结构均匀、性能优异的近净成形零部件方面具有独特优势，可以实现不同材料零部件一体化制造，具有材料适应性强、加工精度高、自动化程度高、成本效益高等特点，因此广泛应用于汽车、电子产品、医疗器械等诸多领域。

1) 复杂形状制造能力：铰链内部的零部件通常需要具备复杂的几何形状和细微的结构，以确保平稳的折叠和展开动作。MIM 工艺通过注射成型技术，可以实现高度精确和复杂的零件制造，包括内部空腔、细小凹凸面以及复杂曲线的处理，可精确还原设计的复杂形状。

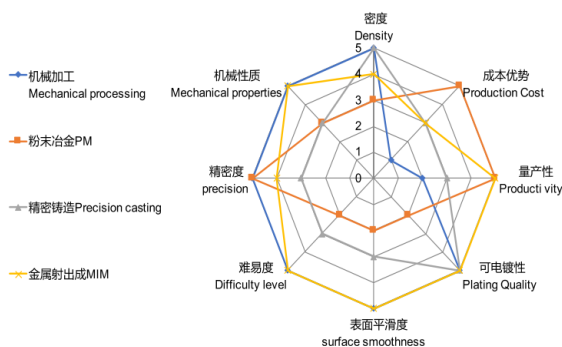
2) 材料选择灵活性：折叠屏铰链中的精细零件需要具备高强度、耐磨损和耐腐蚀的性能。MIM 工艺可以使用多种金属合金粉末，如不锈钢、钛合金等，还可以根据具体的需求调整粉末的配方以获得所需的材料特性。

3) 高精度加工：铰链中的精细零部件需要满足严格的尺寸和形状要求，而 MIM 工艺可以将零件的尺寸控制在较窄的公差范围内。模具的高精度制造和注射成形的过程控制，使得 MIM 工艺能够实现铰链所要求的尺寸精度和表面质量。

4) 自动化程度高：MIM 工艺具有高度自动化的生产过程，从粉末制备、注射成型、脱模到后处理等环节都可以实现自动化操作，提高了生产效率和产品一致性，降低了人为因素对产品质量的影响。

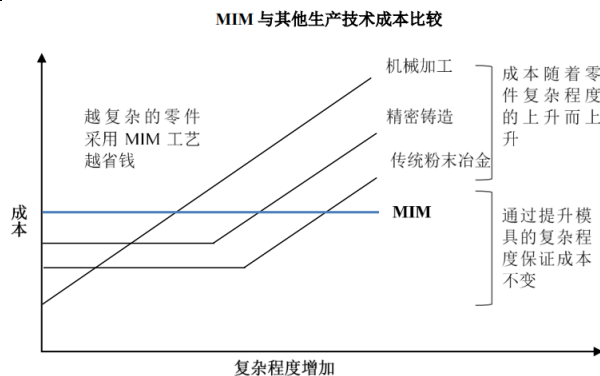
5) 成本效益：相较于传统工艺，MIM 技术减少了多道工序的需求，能够在较短时间内生产出大量复杂形状的精细零部件，降低生产成本，提升成本效益。因此，对于大批量生产需求的折叠屏铰链零件来说，MIM 工艺在经济和技术上更具竞争力。

图58. MIM 的技术优势



资料来源：统联精密招股说明书，安信证券研究中心

图59. MIM 与其他金属加工工艺的成本比较



资料来源：统联精密招股说明书，安信证券研究中心

全球 MIM 市场稳健增长，折叠屏铰链需求有望贡献较大增量。近年来，在消费电子、汽车、医疗、五金、机械等多个领域的带动下，全球 MIM 市场稳健增长。据 DATA BRIDGE MARKET RESEARCH 数据，2021 年全球金属注射成型（MIM）市场价值为 39.6 亿美元，预计到 2029 年

将达到 98 亿美元，2022-2029 年预测期间复合年增长率为 12.00%。预计随着折叠屏手机渗透率的不断提升，折叠铰链有望显著带动 MIM 市场的成长。

6.2. 消费电子具备轻量化趋势，钛合金、碳纤维加速应用

6.2.1. 钛合金：强度高、抗腐蚀，加工工艺是关键壁垒

钛合金在强度、硬度等方面具备优势，加工工艺为核心瓶颈。钛金属被美誉为“太空金属”，物理特性表现良好，特征上具备重量轻、强度高的特点，有良好的抗腐蚀能力。钛合金材料多处性能优于其他金属材料，具备高强度、耐腐蚀、轻量化的优势。但钛合金相比铝镁合金熔点过高，且热导率较低，TC4 钛合金为 8W/m·K，远低于 5A02 铝镁合金 156W/m·K 的热导率，加工工艺成为其扩大应用需突破的瓶颈。

表21：常见金属材料力学性能对比

材料	密度 ρ /(g/cm ³)	弹性模量 E/GPa	抗拉强度 σ_b /MPa	屈服强度 $\sigma_{0.2}$ /MPa	伸长率 δ	硬度 HBS
钛	4.5	106	235	140	54%	60~74
5A02 铝镁合金	2.8	69	230	195	10%	60
TC4 钛合金	4.4	113	950	850	10%	284-294
2A12 铝合金	2.8	72	460	380	15%	120

资料来源：国家标准公开系统，安信证券研究中心

苹果优先布局钛合金，安卓厂商陆续跟进。应用方面，苹果公司率先布局，于 2019 年推出的 Apple Watch S5 系列上增加了钛合金表壳架构，后续华为、荣耀、三星、OPPO、小米等品牌相继在新推出的智能终端产品上采用钛合金材料，钛合金消费电子拓展迅速。

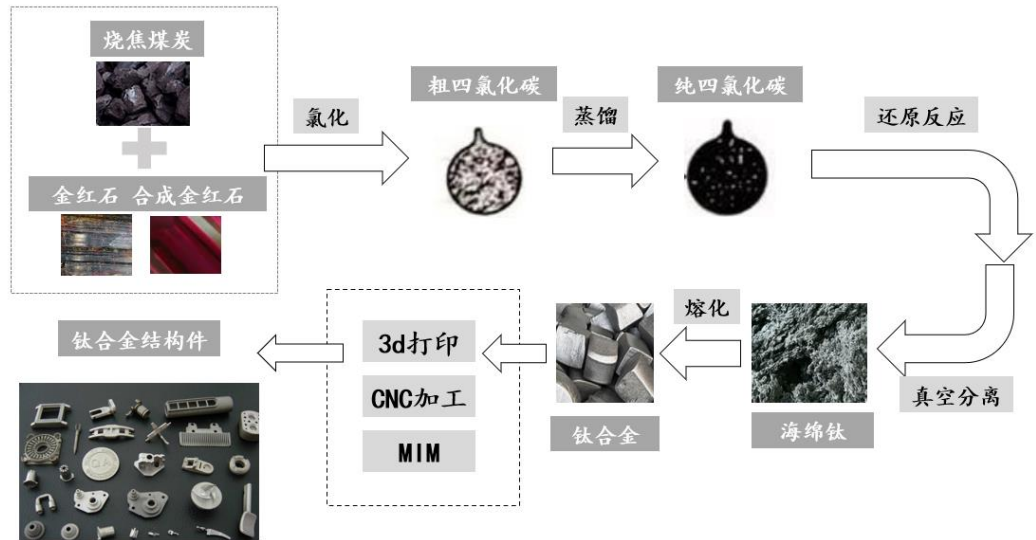
表22：智能电子产品终端品牌钛合金材料应用情况

品牌	产品	类型	应用位置
苹果	Apple Watch S5/6/7	手表	外壳
	Apple Watch Ultra/Ultra 2	手表	外壳
	Iphone 15pro/pro max	手机	中框
华为	Mate Xs 2	手机	结构件
	Watch 4 Pro	手表	外壳
荣耀	Magic V2	手机	铰链
小米	Xiaomi 14 Pro	手机	中框
OPPO	Find N3	手机	螺丝钉
三星	Galaxy Watch5 Pro	手表	外壳

资料来源：各公司官网，安信证券研究中心

铰链钛制造至结构件目前有三种加工方式：3D 金属打印技术、金属粉末冶金注射成形技术（MIM）以及 CNC（计算机数控）加工技术。CNC 金属加工作为传统的加工方式，工艺应用时间较长，通过零件切割进行减材制造；金属 3D 打印与 MIM 的钛合金加工工艺发展时间相对较短，两者的成形方式不同，间接金属 3D 打印通过打印头来打印成形，MIM 则用模具注射成形。三种结构件加工方式在制备手段、技术路线上具有显著的差异和特点。

图60. 钛合金结构件的制备工艺流程



资料来源：亚洲金属网，安信证券研究中心

1) CNC 金属加工：CNC 加工是通过计算机编程和自动化控制进行数控机床的精确控制和刀具的高速旋转，实现高精度的零件加工。加工过程中除毛坯装夹外，其他所有加工工序均可由数控机床完成，拥有较高的生产效率以及自动化水平。但 CNC 的加工方式会在批量生产钛合金结构件时对刀具产生较大损耗：钛合金热传导性能较差，刀具切割热量传导释放缓慢，热量集中在加工区域将磨损、崩裂切割刀具，形成积屑瘤，降低刀具耐久性；还会损坏钛合金加工件表面形态，对于消费电子智能终端产品的精密结构件，影响加工最终的精确性、良品率。目前市场上已出现专门用于钛合金加工的高端数控刀具，采用正角型几何形状的刀片，以减少切削力、切削热和工件的变形；并采用高压大流量切削液，以保证加工过程的热稳定性，防止因温度过高导致工件表面变性和刀具损坏。

2) 金属 3D 打印：又称增材制造，是以三维模型数据为基础，通过材料堆积的方式制造零件或实物，与传统制造技术不同，3D 金属打印技术将数字化信息技术与制造技术相融合，运用粉末状根据任意零件三维模型快速制造任意复杂形状 3D 物体，无需专用模具，其易用性高、精度高、成本低。目前金属 3D 打印技术在可加工材料、加工精度、表面粗糙度、加工效率等方面与传统的精密加工技术相比，仍存在一定的差距，其优势在于材料利用率高、产品研制周期短、可高效形成更复杂的结构、实现一体化、轻量化设计、实现良好的力学性能。

3D 打印可归为金属材料直接烧结成型和间接金属 3D 打印技术两种技术路径。前者包括床选区熔化技术、定向能量沉积技术以及电弧增材制造技术等，后者将有机粘结剂等其他材料与金属粉末结合起来，再通过烧结等辅助工艺进行成形。

3D 打印钛合金也存在一些需要攻克的难点：

粉末要求高：由于钛合金熔点高且高温条件下极为活泼，易与绝大部分单质或化合物反应而被污染，因此 3D 打印对粉末材料要求极高。主要包括：氯含量低、球形度高、纯净度高、粒径分布窄、粉末粒径细小、松装密度高、可塑性和流动性好等。

打印过程中的开裂问题：在金属激光 3D 打印过程中，会产生很高的残余应力，复杂结构零件成形时的应力变形、开裂等问题，一直是金属 3D 打印面临的最大挑战，钛合金激光 3D 打印时，这些问题更为突出。

精度和表面质量的控制：3D 打印钛合金时，零件的尺寸精度和表面光洁度也是一个难以控制的因素。由于打印过程中的复杂热物理过程，可能会导致尺寸精度和表面质量的下降。

表23：金属 3D 打印技术与 CNC 技术对比

项目	3d 打印	CNC 加工技术
技术原理	“增”材制造（分层制造、逐层叠加）	“减”材制造（材料去除、切削、组装）
技术手段	SLM、LSF 等	磨削、超精细切削、精细磨削与抛光等
适用场合	小批量、复杂化、轻量化、定制化、功能一体化零部件制造	批量化、大规模制造，但在复杂化零部件制造方面存在局限
使用材料	金属粉末、金属丝材等（受限）	几乎所有材料（不受限）
材料利用率	高，可超过 95%	低，材料浪费
产品实现周期	短	相对较长
零件尺寸精度	±0.1mm（相对于传统精密加工而言偏差较大）	0.1-10 μm（超精密加工精度甚至可达纳米级）
零件表面粗糙度	Ra2 μm-Ra10 μm 之间（表面光洁程度较低）	Ra0.1 μm 以下（表面光洁度较高，甚至可达镜面效果）

资料来源：铂力特招股说明书，安信证券研究中心

3) MIM 金属注射成型：MIM 工艺是一种将金属粉末与粘结剂混合进行注射成型的方法。MIM 和 3D 打印技术间呈现互补关系，适配不同的场景。金属注射成型 MIM 适用于小型件的批量化加工，经济性应用场景常见于 50g 以内，零件尺寸在 25mm 左右，最大不超过 150mm。3D 打印技术没有制模需求，更适用于复杂化定制化的生产，伴随着大尺寸设备的推出，针对大体积件的打印更具优势。

钛的抛光工艺是指在对钛金属加工完毕后对其表面进行精加工，去除表面缺陷，以产生光滑、反光的表面效果，提高钛结构件的表面吸引力以及增强其耐腐蚀性。钛合金拥有极高的硬度，对表面一致性要求很高，因此研磨抛光设备技术要求高，成本不菲。目前钛合金件的抛光是先通过研磨抛光耗材及设备对工件进行多次由粗至精的磨抛工序，再经表面处理通过检验完成抛光。

6.2.2. 碳纤维：密度低、强度高，PC、手机领域快速导入

碳纤维的比强度和比模量等力学性能优异，并且具有耐高温、耐摩擦、导电导热性能好及耐腐蚀等特性，可以在高温、高湿、高寒、高腐蚀性等恶劣环境中代替金属材料使用。碳纤维 (CF) 是一种高强度、高模量纤维的新型无机高分子纤维材料。它由聚丙烯腈等有机纤维在 1000~3000°C 高温的惰性气体氛围中经氧化、碳化制成，含碳量高于 90%。由于碳纤维不仅具有碳材料的固有其本征特性，又兼备纺织纤维的柔软可加工性，是国防军工和国民经济不可或缺的战略新兴材料，现被广泛应用于航空航天、军工、轨道交通、体育用品、新能源汽车、建筑补强、消费电子等领域。

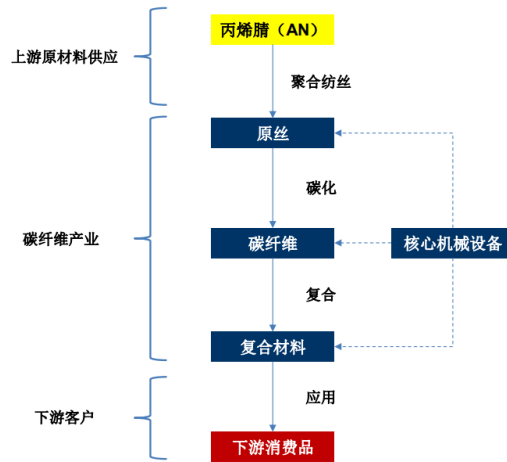
表24：碳纤维和其他常见材料性能对比

	密度 (g/cm ³)	拉伸强度 (MPa)	拉伸模量 (GPa)	比强度 [MPa/(g/cm ³)]	比模量 [GPa/(g/cm ³)]	优点	缺点
碳纤维	1.5	1548	135	1068	93	轻质、高强度、高刚度、耐腐蚀、耐高温、耐摩擦、导电导热性好、电磁屏蔽性好	价格昂贵、不易修复
玻璃纤维	2.0	1245	48.2	623	24	价格便宜、透波性好	材料脆、耐磨性较差、电磁屏蔽性能差
结构钢	7.9	1197	206	152.6	26	价格便宜、具有良好的延展性	易锈蚀、耐腐蚀性差
铝合金	2.8	393	72	141.3	26	轻质、高强度、良好的加工性、耐腐蚀性好、导电性好、可回收性强	强度不及钢、易受热变形、不耐高温、价格较高、容易产生氧化层
钛合金	4.5	712	116.7	157.5	25	轻质、高强度、耐腐蚀、热稳定性高于铝合金、生物相容性好	加工难度大、价格昂贵、低热稳定性、抗撞性差

资料来源：新材料在线等公开资料整理，安信证券研究中心

碳纤维属于技术密集型、资金密集型产业，产业链长、工艺技术复杂，行业壁垒较高。碳纤维产业链上游原料供应主要为丙烯腈，上游厂商将原油、煤炭等化石燃料通过精炼、裂解等一系列工艺得到丙烯，再经过氨氧化获得丙烯腈。丙烯腈经过聚合、纺丝后得到聚丙烯腈(PAN)原丝，产业链中下游企业使用原丝经过预氧化、低温和高温碳化、表面处理、上浆等环节得到碳纤维，并制造碳纤维织物和碳纤维预浸料；将碳纤维与树脂、金属和陶瓷等结合生产碳纤维复合材料，通过相应成型工艺加工，最终制成下游各领域需要的终端产品。

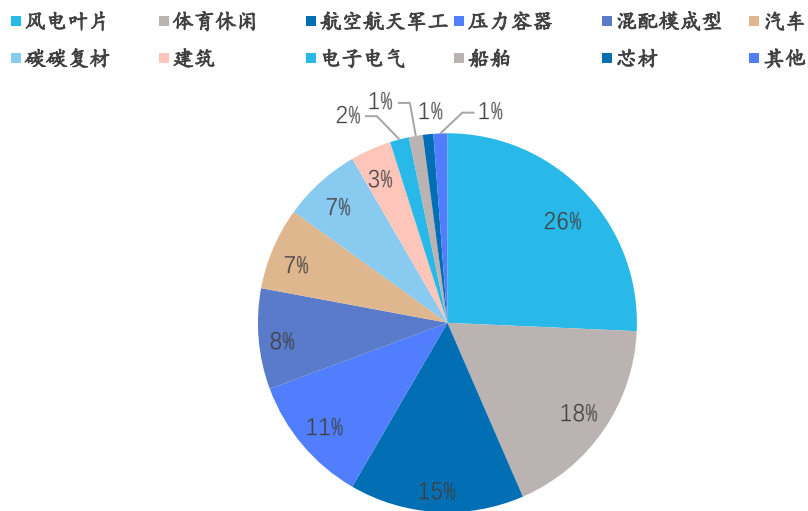
图61. 碳纤维产业链



资料来源：光威复材招股说明书，安信证券研究中心

碳纤维下游需求目前以风电叶片领域为主，电子领域对碳纤维的需求还有广阔发展空间。从全球范围来看，2022 年对碳纤维的需求量最大的前三领域为风电叶片、体育休闲和航空航天，需求比例分别为 25.7%、17.8%、14.9%。电子电气领域对碳纤维的需求量占比较小，仅为 1.6%，有较大的市场发展空间。

图62. 2022 年碳纤维下游分布



资料来源：《2022 全球碳纤维复合材料市场报告》，安信证券研究中心

碳纤维在消费电子领域的应用仍处于发展初期，轻量化趋势有望加速其在消费电子领域渗透率。近年来笔记本电脑、智能手机等消费电子产品技术升级换代较快，消费者对新产品的轻便性、美观性、性能等提出了更高的要求。碳纤维具有轻质、高强度等特性，使用碳纤维替

代传统材料制造背板、支撑材料等相关结构件以实现轻量化是消费电子产品未来发展的一大趋势。1) **笔记本电脑领域**：目前已经有多个厂商的多个机型采用碳纤维材料制成的笔记本电脑背板来替代原有材料背板，使得笔记本电脑更为轻盈、耐用、坚固，其中以 Dell 和联想的 Thinkpad 机型为代表，两家品牌商占据了碳纤维笔记本电脑的主要份额。2) **折叠屏手机领域**：由于折叠屏手机需要具备更强的结构性能和抗压强度，以保证手机的稳定性和寿命，因此折叠屏手机在设计时采用了更多的钢化玻璃、钛合金等高强度材料，导致手机整体的重量相比传统的直屏手机更重，给用户带来不小负担。在手机构件上使用碳纤维可以在一定程度上减轻折叠屏手机的重量负担。华为 2021 年发布的 Mate X2 折叠屏旗舰手机，采用碳纤维复合材料铰链支撑门板，让重量减轻了 75%。OPPO 自 Find N2 开始采用碳纤维屏幕骨架，仅屏显结构较上代就减轻 34%，同时在铰链设计上也通过使用高强度复合碳纤维斜板，进一步实现轻量化。

图63. 采用碳纤维结构件的联想 Thinkpad X1



资料来源：脚本之家，安信证券研究中心

7. MR: Vision Pro, 开启空间计算平台新时代

近年来,消费电子创新乏力,换机周期逐渐延长,智能手机、PC的出货量有所放缓,但苹果发布的 Vision Pro 是一款革命性的虚拟现实设备,开启了空间计算平台。它采用了两块 Micro OLED 屏幕,分辨率为 3500×3800,显示效果远超目前市面上的 VR 设备;搭载了 Mac 级别的 M2 芯片和实时传感器处理芯片 R1,实现了强大的性能和几乎无延迟的实时视图;此外, Vision Pro 应用场景广泛,包括学习、办公、娱乐等领域。Vision Pro 能够将数字世界融入真实世界,实现增强现实,为消费电子产业链注入新动能。建议重点关注 Vision Pro 芯片、OLED 屏幕、透镜、XR 光学检测相关产业链投资机会。

7.1. 苹果发布 Vision Pro, 新一代空间计算平台开启

苹果发布 Vision Pro, 开启新一代空间计算平台, 是 MR 代表性产品之一。2023 年 6 月 6 日, 苹果在 WWDC 大会上发布 MR 眼镜 Vision Pro, 预计明年初上市, 售价 3499 美金。该产品开创了一类新的计算设备, 能将数字世界融入真实世界, 从而实现增强现实, 这种新的计算范式为“空间计算”。空间计算是指采集、获取、处理和交互三维化多模态数据的一系列理论、技术和工具, 将人类的计算能力扩展到全新领域。

Vision Pro 在空间计算领域具有领先地位, 其技术逻辑基于现实空间进行计算, 并强调与真实场景的互动。Vision Pro 在软件、交互体验、硬件和应用场景等方面都有显著提升。它运行全新的 visionOS 操作系统, 引入全新的输入系统, 改善了交互体验。同时, Vision Pro 配备了高效的硬件和传感器, 实现了高效实时交互。此外, Vision Pro 兼容 iOS 和 iPad OS 的各种软件, 可以应用于影视、游戏、视频、社交等场景, 并有望成为下一代生产力工具。苹果的 visionOS SDK 为开发者提供了便利, 推动了空间计算生态的发展。

图64. Vision Pro 产品图



资料来源: 苹果官网, 安信证券研究中心

图65. visionOS 1.0 系统界面

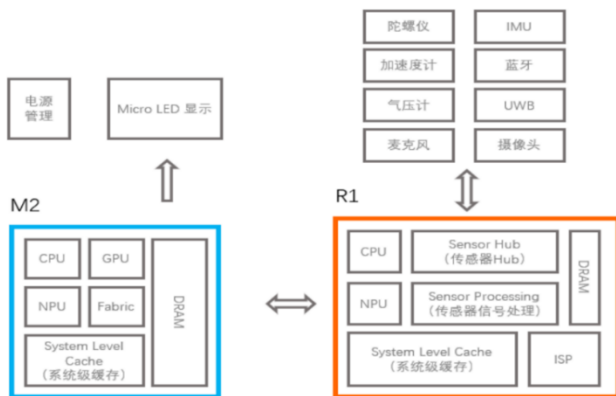


资料来源: 腾讯 ISUX, 安信证券研究中心

7.2. 芯片算力大幅提高, 屏幕、光学方案带来全新体验

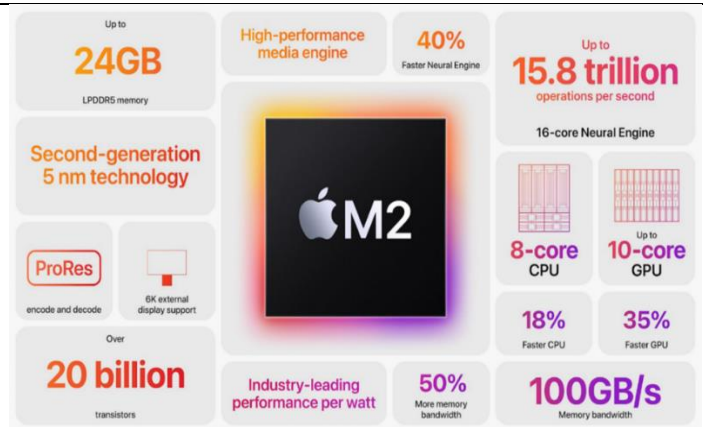
苹果 Vision Pro 采用了独特的双芯片设计, 包括 M2 芯片和实时传感器处理芯片 R1, 实现了强大的计算能力和高效的图像处理。苹果 M2 芯片基于 ARM 架构和台积电 5nm 工艺, 拥有 200 亿个晶体管, 比 M1 有 18% 和 35% 的 CPU 和 GPU 提升。它具有 8 个 CPU 内核, 分为 4 个性能内核和 4 个能效内核, 提供 192KB 和 128KB 指令缓存、数据缓存和共享二级缓存。苹果 R1 芯片负责处理与相机、传感器和麦克风相关的输入和数据流, 并增加了多模态计算支持, 包括 IMU、蓝牙 5.1、UWB 和摄像头传感器数据。M2 芯片的高性能和 R1 芯片的专门处理能力使得 Vision Pro 在图形渲染、响应速度和存储能力方面都得到了大幅提升, 进一步提高了混合设备的性能。

图66. Vision Pro 双芯片布局



资料来源：千芯科技，安信证券研究中心

图67. M2 芯片主要指标



资料来源：Canalys，安信证券研究中心

苹果 Vision Pro 采用索尼供应的 4K Micro OLED 面板和 LG Display 供应的普通 OLED 面板，其中 Micro OLED 分辨率达 4K，像素密度达 3000PPI 以上，解析度更能达到 8K 超高解析度，普通 OLED 面板则由 LG Display 供应，具有超低刷新率和更低的功耗，能够用来简单显示状态。

表25: Fast-LCD、Micro OLED、Micro LED 对比

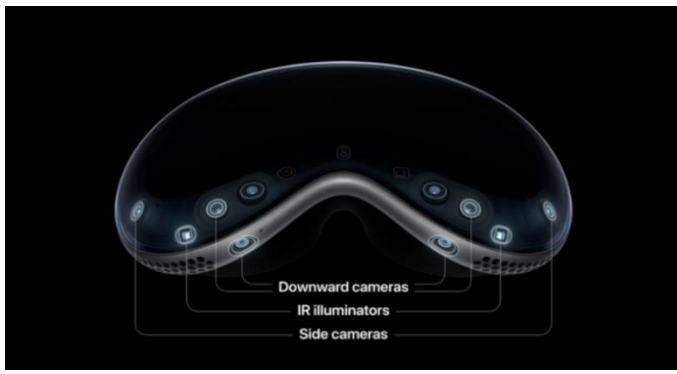
性能指标	Fast-LCD	Micro OLED	Micro LED
发光源	背光源	自发光	自发光
双眼分辨率	3K	很高, 8K 以上	很高, 8K 以上
像素密度 (PPI)	低	较高 (>3000ppi)	高 (>5000ppi)
刷新率	低 (90Hz)	高	高
响应时间	毫米 ms	微秒 us	纳秒 ns
对比度	低 (-5,000:1)	很高 (>10M:1)	很高 (>10M:1)
亮度	低 (<1000 nit)	1000-6000nit	理论上, 10000nit (全彩), 10000000nit (蓝/绿/红单色)
功耗	高	较低	很低 (LCD 的 10%)
色域	75%	>100%	140%
寿命	较长	中等 (<10,000 小时)	长 (>100,000 小时)
制造难度	低	工艺复杂投资巨大, 门槛很高	巨量转移、后续检测研究突破中
量产能力	大规模量产	初步量产	单绿色大规模量产, 全彩显示处于研究阶段
制造成本	低	较高	很高, 但理论制造成本低

资料来源：星空财富，安信证券研究中心

苹果 Vision Pro 采用了 3 镜片的 Pancake 光学方案，实现了更好的光学效果和更薄的 VR 光学设计。Pancake 方案通过折叠光路设计大幅减小了厚度，提高了舒适度和视觉体验，尤其适合近视用户。虽然 Pancake 方案存在一定的工艺难度和成本，但苹果为了追求最佳视觉效果，选择了这一最难的方向。索尼 Micro OLED 与 3P Pancake 方案相结合，大大提高了画面的清晰度。

苹果 Vision Pro 配备了 12 摄像头、5 传感器和 6 麦克风的传感系统，实现了眼动追踪、手势识别和语音输入等多种交互方式，大幅提高了交互体验。其中，虹膜扫描可以验证用户身份，语音指令可以与 Siri 智能交互，而触觉反馈和空间音频则提供了更丰富的沉浸式体验。

图68. Vision Pro 传感系统



资料来源：苹果官网，安信证券研究中心

图69. Vision Pro 虹膜扫描



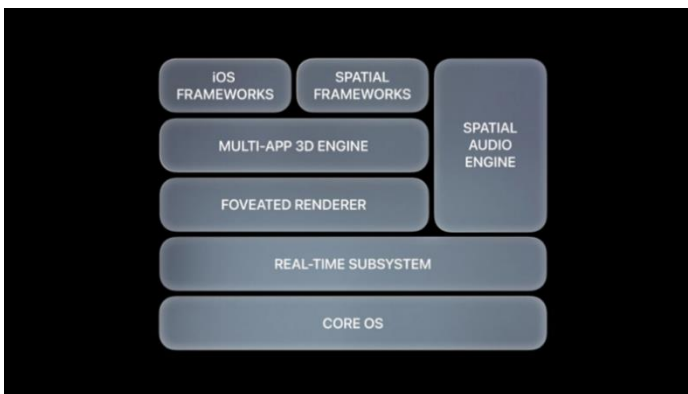
资料来源：苹果官网，安信证券研究中心

7.3. MR 应用生态丰富，使用场景大幅拓宽

苹果 Vision Pro 搭载了专为空间计算设计的 visionOS 操作系统，与 macOS 和 iOS 共享核心模块，但增加了实时子系统以处理交互式视觉效果。Vision Pro 拥有全新的 App Store，可下载兼容 iOS、MacOS、iPadOS 等操作系统和相关软件的数十万应用程序。开发者可以利用 Vision Pro 与 visionOS 的功能构建出涵盖效率、设计、游戏等多种类别的全新 App 体验，借助 visionOS SDK 将 App 呈现给用户。

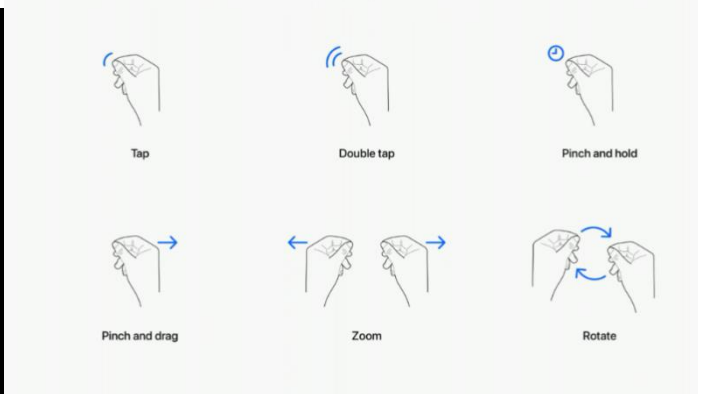
苹果 Vision Pro 的 visionOS 操作系统引入了眼动和手势识别，改变了用户与设备的交互方式。眼动交互通过高亮标记已获得焦点的交互式对象，手势交互则定义了一套系统级的间接手势，包括单击、双击、长按、拖动、缩放和转动。用户可根据自己的习惯自定义直接手势，实现更便捷的手势交互。无控制器输入系统消除了对额外硬件组件的需求，通过简单的注视、轻敲手指或使用语音指令即可与 UI、应用程序或其他操作系统组件进行交互。

图70. visionOS 架构



资料来源：Amazona，安信证券研究中心

图71. visionOS 手势交互



资料来源：MacRumors，安信证券研究中心

苹果 Vision Pro 在游戏应用方面通过空间计算技术，实现了高分辨率屏幕、宽阔视野和出色刷新率，通过 LiDAR 追踪手部动作和玩家周围房间的形状，玩家可以通过高质量透视功能与周围环境保持联系。游戏和应用程序都在“共享空间”中运行，允许玩家与多个交互，并进入“全空间”将体验集中在游戏上。在视频应用方面，Vision Pro 支持 HDR 和 Micro OLED 面板，提供私人电影院般的体验，通过空间音频技术实现影院级观影体验。

苹果 Vision Pro 通过 FaceTime 和空间音频技术，实现了更加多元、便捷的社交场景。用户可以在空间中查看通话对象并以磁贴形式出现在空间中，同时能够清晰地分辨出每个人的声音和位置。在办公场景下，Vision Pro 的无限画布功能和共享能力使得多任务处理和线上会

议变得更加高效和自然。搭载的 EyeSight 反向透视功能则使用户能够在不影响与他人沟通的条件下提升自己的生产力。

苹果 Vision Pro 的空间计算技术在商业、教育和医疗领域具有广泛的应用前景。在商业领域，消费者可以通过 Vision Pro 在家中看到 3D 的商品模型，提高购物体验并减少退货。在教育领域，Vision Pro 可以提供更生动、更互动的学习体验，提高学生的学习兴趣和理解能力。在医疗领域，Vision Pro 的混合现实技术可以帮助医生进行手术并提高手术效率，同时提供更多的医患联系。

图72. Vision Pro 线上会议



资料来源: Stuff, 安信证券研究中心

图73. Vision Pro 3D 模型教学

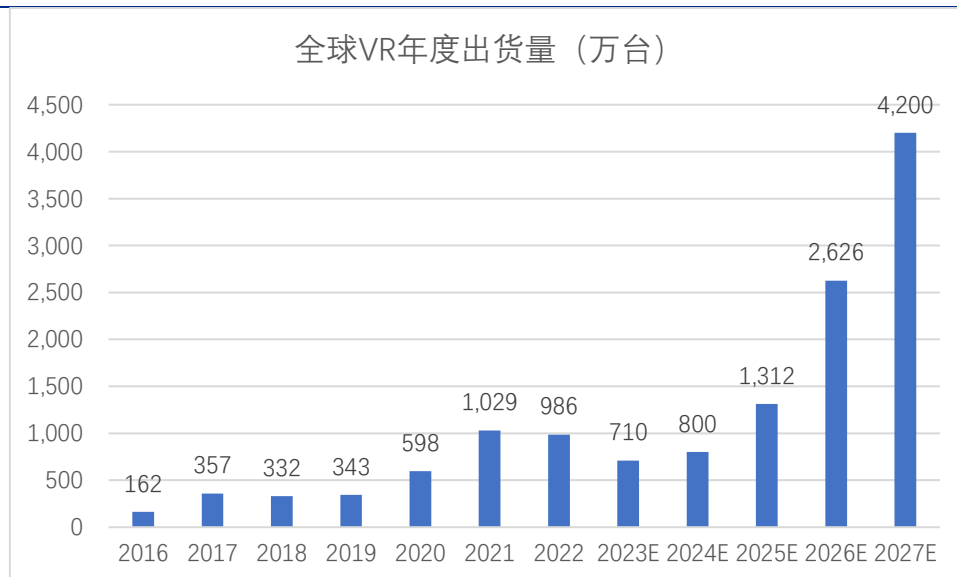


资料来源: AI faner, 安信证券研究中心

7.4. Vision Pro 有望引领 XR 市场快速发展

Apple Vision Pro 有望通过创新引领 XR 市场快速发展。作为全球市场上第一款集众多尖端科技于一体的高端 MR 头戴产品，Vision Pro 在硬件参数和实际操控体验上强于目前市面上的同类产品。虽然与当前 AR/VR/MR 的应用形式相似，但有望通过创新引领市场发展。据 IDC 数据预测，AR/VR 头显市场将在 2023 年后的五年内快速增长。根据维深信息 wellsensXR 的统计数据，预计 2023 年全球 VR 销量 710 万台，较 2022 年下滑 28%，但随着苹果、索尼 PSVR2 的进军，预计后续将推动销量增长。

图74. 全球 VR 年度出货量（万台）



资料来源: Wellsenn XR, 安信证券研究中心

苹果的 Vision Pro 有望成为开启空间计算平台的关键设备，重新定义 XR 行业标杆。回顾苹果成功的产品线，iPhone 颠覆了传统手机，迈入智能时代；iPod 颠覆了笨重的磁带机；iPad 是手机与电脑之间的有力补充；Apple Watch 是手表领域的另一个科技选择。而 Vision Pro 作为苹果的最新产品，其高昂的定价并不是决定其销量的核心因素，苹果的产品战略是先定位高端，随着销量的增加，价格会慢慢下探到大众能够接受的范围。参考苹果同类产品的价格和销量，预计 Vision Pro 系列未来出货量可达 5000 万台级别。

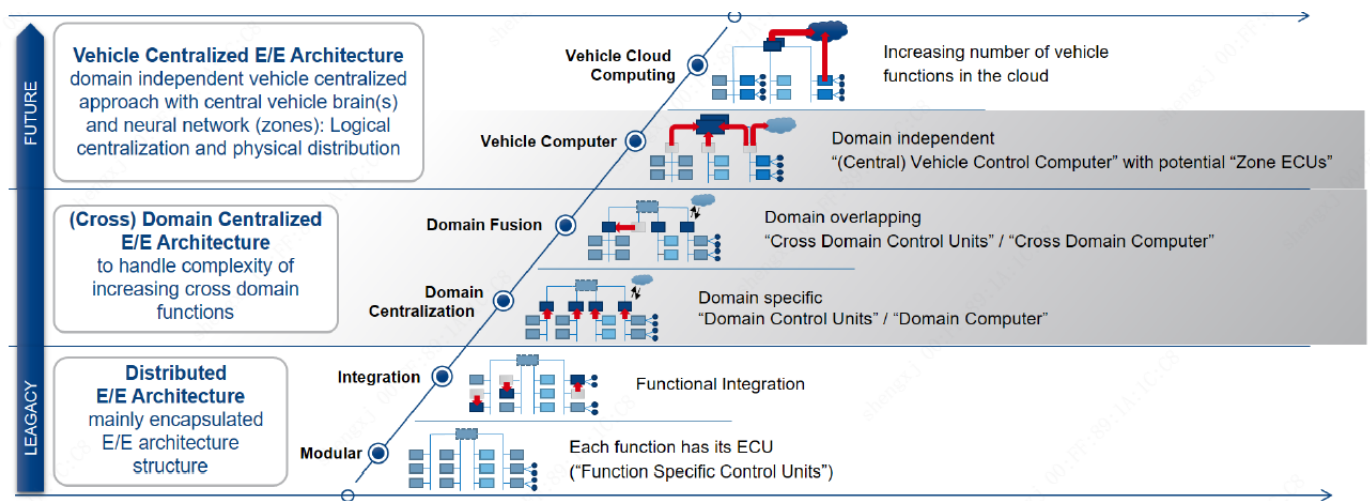
8. 汽车智能化：车载以太网、激光雷达、车规 MCU 具备较大潜力

基于功能域或区域控制器的架构下，以太网通信凭借在带宽、时延、可扩展性及安全性等方面的优势正快速渗透，有望带动以太网网关、Phy 芯片、以太网线束及连接器等电子硬件的市场规模取得快速成长。此外，随着技术进步和政策逐步完善，自动驾驶渐行渐近，激光雷达、车规 MCU 等元器件有望深度受益。

8.1. 车载以太网：带宽、可扩展性等兼具优势，智能化升级催生配套需求

汽车电子架构将随智能化发展向集成式演进。随着汽车智能化程度提升，整车电子电气应用增加，单车 ECU 数量激增。继续采用传统的分布式架构将带来线束设计复杂、控制逻辑混杂和汽车成本增加等诸多问题。目前汽车电子架构尚处于采用域控制器的功能集成化阶段。未来汽车智能化发展对电子电气架构的要求会越来越高，汽车电子架构将不断朝着集成式的方向演进，逐步以区域控制器取代传统的功能域控制器，并最终有望实现车辆功能在云端计算。

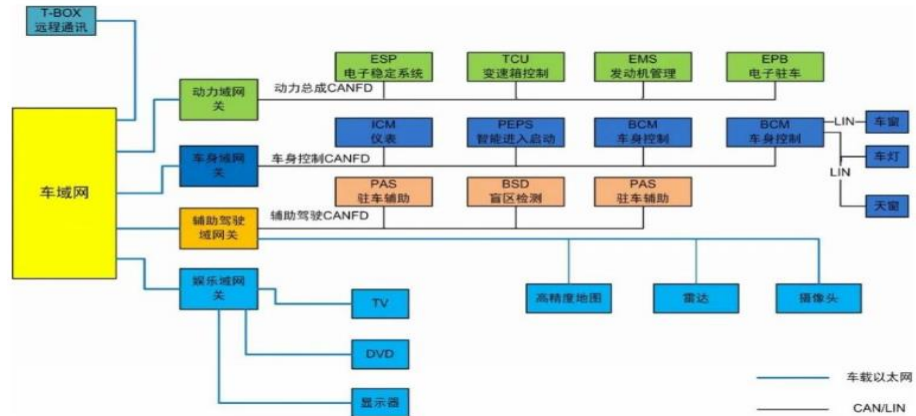
图75. 汽车电子电气架构不断演进



资料来源：博世，安信证券研究中心

从传统总线到以太网连接，汽车通信协议跟随智能化需求不断升级。车载总线作为汽车领域的通信总线，是指用于车载网络中底层的车用设备或车用仪表互联的通信网络。其实现了车辆内部各个系统的集成和协调工作。传统车载总线技术种类繁多，目前主要的车载总线类型包括 CAN、LIN、MOST、FlexRay、LVDS、A2B 等，分别在汽车上不同的电子系统进行应用。传统的车辆总线通信技术由于种类繁多、带宽有限、灵活性不足和数据安全隐私保护不足等问题，难以适应汽车智能化发展趋势。

图77. 以太网在汽车上的应用（蓝线部分为车载以太网）



资料来源：致远电子，安信证券研究中心

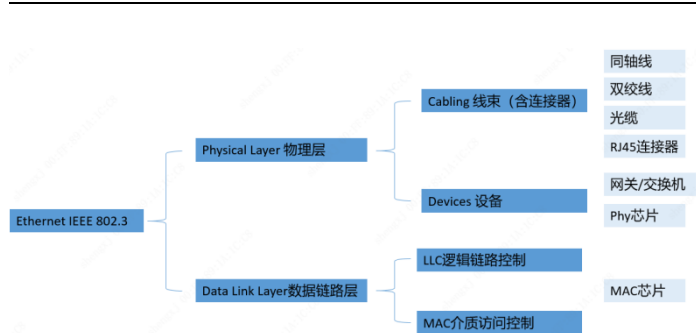
汽车以太网连接相关硬件受益。1983年IEEE 802.3委员会将以太网规范化。IEEE 802.3标准规定了以太网物理层和数据链路层协议的内容。物理层和数据链路层是OSI模型中的最基础两层（OSI模型即开放式系统互联通信参考模型，是一种使各种计算机在世界范围内互连为网络的标准框架）。物理层协议主要任务是增强网络通信硬件需求，并确保数据能够被准确传输。物理层的硬件主要包括线束（包括连接器）和设备两个层面，设备包括物理层芯片（PHY）、网关（Gateway）等，以太网硬件器件有望受益汽车智能化的发展。

图78. OSI模型



资料来源：CSDN，安信证券研究中心

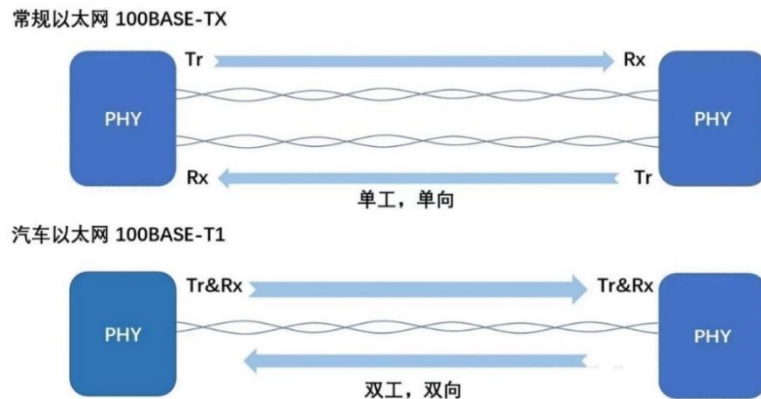
图79. 以太网的硬件基础



资料来源：安信证券研究中心

1) 线束：以太网线束传输介质经历了从同轴电缆到双绞线再到光纤的演变，汽车领域应用需要考虑更苛刻的运行环境。双绞线是目前最为常见的以太网线束传输介质，是一种组合线缆，由多组绝缘铜导线相互缠绕而成。按结构来分，可分为屏蔽双绞线（STP）和非屏蔽双绞线（UTP）两类。光纤是新一代的传输介质，虽然在速度和安全性方面具有强大的优势，但由于其较为昂贵的及布线和维护的不便，目前使用不如双绞线普遍。与传统以太网相比，汽车以太网的运行环境更苛刻，要充分考虑振动、防水、EMC电磁干扰等因素的影响以及车载系统空间、成本等的限制，因此汽车以太网一般采用带T1的标准，如IEEE 100BASE-T1、IEEE 1000BASE-T1等，在线束上仅需使用一对双绞线共两根线进行数据传输，减轻了布线重量，降低了成本和电磁干扰，增强了应用性。

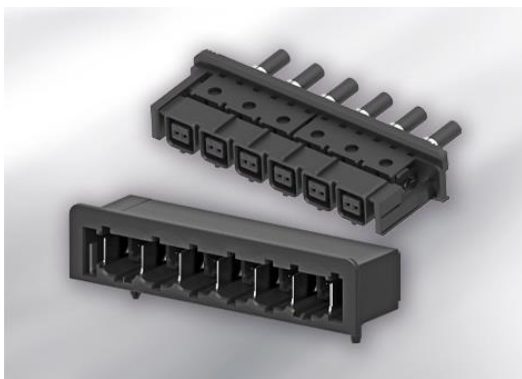
图80. 传统以太网和汽车以太网线束对比



资料来源：线束世界公众号，安信证券研究中心

2) 连接器：与传统以太网一般使用 RJ45 连接器连接（即俗称的“水晶头”连接器）不同，车载以太网连接器的界面标准尚未统一，连接方式更为灵活小巧，能够大大减轻线束重量。从全球连接器市场来看，随着汽车电动化、网联化以及智能化趋势加速发展，车载系统对数据传输的要求不断提高，以太网连接器在整车内的用量也在不断提升。

图81. 泰科电子 MATEnet 以太网连接器



资料来源：泰科电子官网，安信证券研究中心

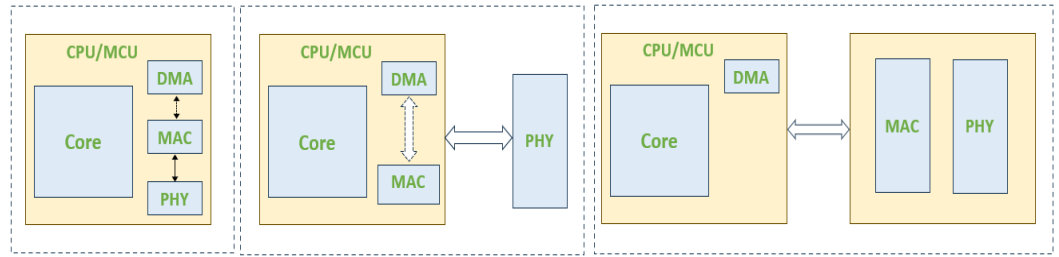
图82. 泰科电子 GEMnet 以太网连接器



资料来源：泰科电子官网，安信证券研究中心

3) PHY 芯片：目前汽车大部分处理器已包含 MAC 控制，智能汽车的传感器侧和交换机节点都需要配置 PHY 芯片，用以（向 MAC）输入从传感器端传输过来的数据，PHY 作为连接处理器与通信介质的作用不断凸显。以太网的电路接口一般由 CPU、MAC 控制器和物理层 PHY 组成。PHY 连接一个数据链路层的设备（MAC）到一个物理媒介，如光纤或铜缆线。PHY 芯片负责接收模拟信号，经过解调和 A/D 转换后通过 MII 接口发送至 MAC 控制器。在设计上，主流方案是 CPU 内部集成 MAC，PHY 采用独立芯片；CPU 内部集成 MAC 和 PHY 的方案由于难度较高并不多见；CPU 不集成 MAC 和 PHY，MAC 和 PHY 采用独立芯片或集成芯片方案是时下更灵活、密度更高的高端芯片技术。

图83. 以太网芯片拥有多种设计架构

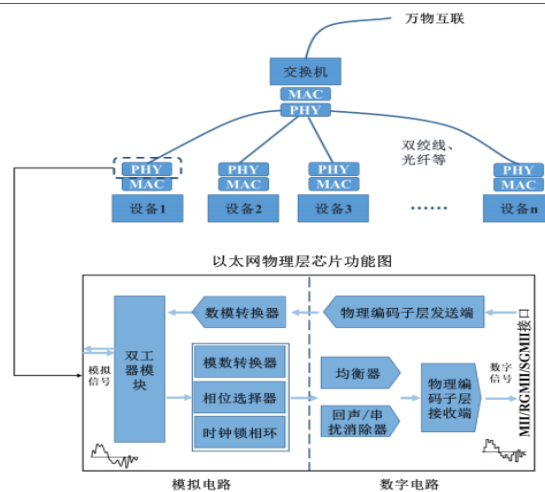


资料来源: CSDN, 安信证券研究中心

PHY 具体定义了数据传送与接收所需要的电与光信号、线路状态、时钟基准、数据编码和电路等信息, 当设备从外部接收数据时, PHY 会将模拟信号转换为数字信号, 并经过解码得到数据, 经过接口传输到 MAC; 当设备向外部发送数据时, MAC 会通过 MII/RGMII/SGMII 接口传送数据, PHY 收到数据后将并行数据转化为串行流数据、按照物理层的编码规则进行数据编码, 再变为模拟信号把数据传输出去。

PHY 包含高性能 SerDes、高性能 ADC/DAC、高精度 PLL 等 AFE 设计, 同时也包括滤波算法和信号恢复等 DSP 设计。模拟电路负责模拟信号与数字信号之间的转换, 数字电路负责数字信号的处理, 实现降噪、干扰抵消、均衡、时钟恢复等功能。

图84. 以太网物理层芯片功能



资料来源: 裕太微招股书, 安信证券研究中心

以太网物理层芯片市场集中度较高。欧美和中国台湾厂商经过多年发展, 凭借资金、技术、客户资源、品牌等方面的积累, 形成了较大的领先优势。根据中汽研的数据统计, 在全球以太网物理芯片市场竞争中, 博通、美满电子、瑞昱、德州仪器、高通和微芯稳居前列, 前五大以太网物理层芯片供应商市场份额占比高达 91%。

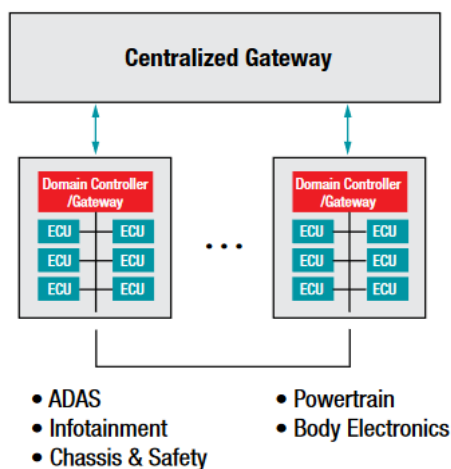
表27: 2020 年全球和中国大陆以太网物理层芯片市场竞争格局

全球市场			中国大陆市场		
企业名称	国家/地区	市场份额	企业名称	国家/地区	市场份额
博通	美国	28.0%	瑞昱	中国台湾	28.6%
美满电子	美国	22.3%	博通	美国	23.4%
瑞昱	中国台湾	19.0%	美满电子	美国	17.7%
德州仪器	美国	13.5%	德州仪器	美国	10.8%
高通	美国	8.2%	高通	美国	6.7%
微芯	美国	5.8%	微芯	美国	5.1%
其他	-	3.2%	其他	-	7.7%

资料来源: 中国汽车技术研究中心有限公司, 安信证券研究中心

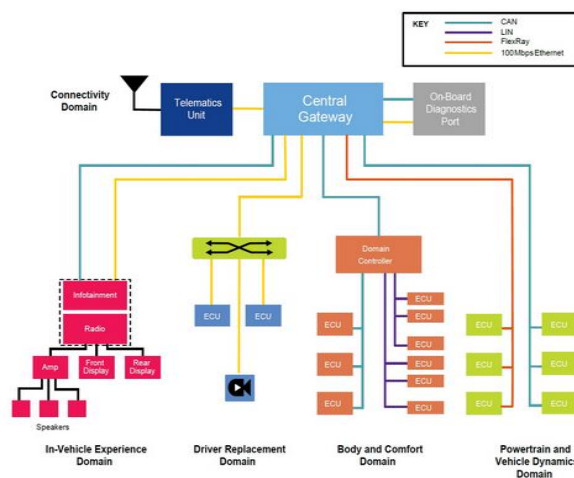
4) 以太网网关: 汽车网关是汽车的中央枢纽, 可安全地互连和处理异构汽车网络来往于不同功能域的数据, 如动力、底盘和安全性、车身控制、车载信息娱乐系统、远程信息处理和高级驾驶辅助系统等。网关又称网间连接器, 在传输层上以实现网络互连, 仅用于两个高层协议不同的网络互连, 包括广域网互连与局域网互连。在目前智能汽车使用较为普遍的功能域架构下, 各个域内部的系统互联仍使用 CAN 和 FlexRay 等通信总线。而不同域之间的通讯, 由更高传输性能的以太网作为主干网络承担信息交换任务。在这种架构中, 域之间的交互需要一个集中式网关。汽车中的集中式网关可以在远程信息处理控制单元、动力总成、车身、信息娱乐系统、数字驾驶舱和 ADAS 应用等多个域之间安全可靠地传输数据。

图85. 汽车网关配置集中式网关和域网关



资料来源: 德州仪器, 安信证券研究中心

图86. 汽车网关与众多网络接口通信



资料来源: 艾睿电子, 安信证券研究中心

汽车网关产业链中上游集中度较高。上游是网关芯片厂商, 目前芯片架构趋向采用 MCU+SoC 组成, 供应商主要集中在海外, 如 NXP、ST、瑞萨、TI、英飞凌等巨头; 中游为独立网关供应商, 市场份额集中度较高, 海外 Tier1 有大陆、博世、迈隆、李尔等厂商, 国内厂商有欧菲光、比亚迪、广州华望等; 下游为汽车整车厂。

图87. 汽车网关产业链

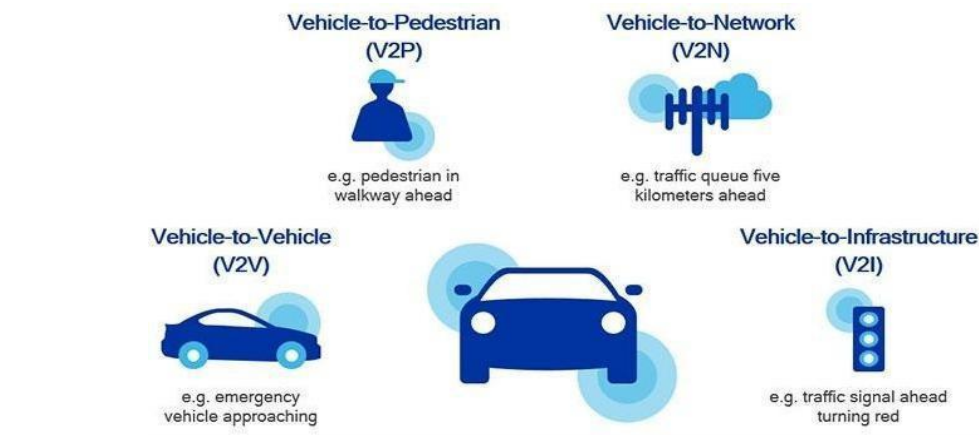


资料来源：华经情报网，安信证券研究中心

8.2. T-Box：实现 V2X 互连的关键

V2X 即 Vehicle to Everything 车联网的简称，通过现代通信技术实现交通参与者互联互通。V2X 包括 V2V (Vehicle to Vehicle)、V2I (Vehicle to Infrastructure)、V2P (Vehicle to Pedestrian)、V2N (Vehicle to Network) 等。

图88. V2X 包含车与行人、网络、其他车辆、基础设施的连接

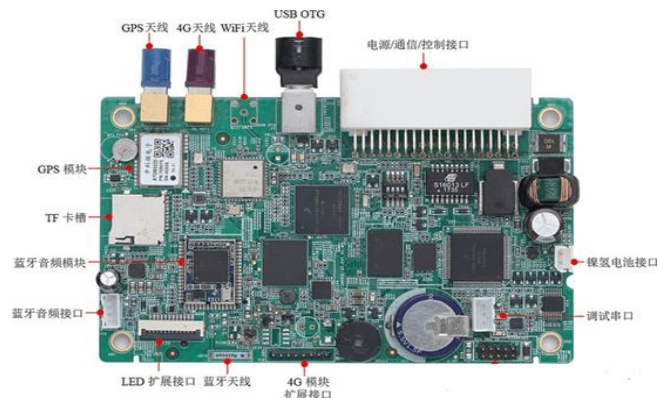


资料来源：Elefans，安信证券研究中心

V2X 车联网系统包括主机、车载 T-box、手机 App 和后台系统四个组成部分。主机负责车内娱乐和车辆信息显示，T-box，即 Telematics Box，是远程通信的核心模块，车载 T-box 用于与后台系统或手机 App 通信，实现手机 App 对车辆信息的显示和控制。

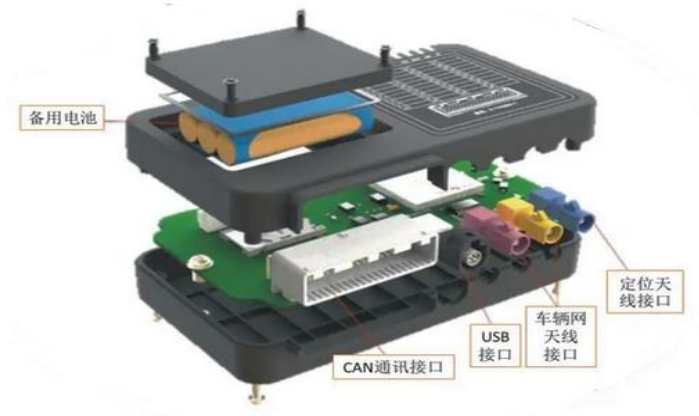
T-box 终端硬件上主要由 MCU 模块、CAN 模块、GPS 模块、无线通讯模块组成，并通过内置和外接接口组成一个完整的远程通信终端。T-box 以各应用模块实现功能的覆盖，形成车内连入网络、手机实时获取信息/远程控制车辆、远程诊断车辆状态、紧急情况自动呼救、OTA 控制下载等五大主要功能。

图89. T-box 终端硬件拆解



资料来源：GSDN，安信证券研究中心

图90. T-box 各类接口



资料来源：格瑞普电池，安信证券研究中心

T-box 国内市场快速扩张。据佐思汽研，我国 T-box 市场整体规模在 2027 年预计达 100 亿元，较 2022 年增长约一倍，年复合增长率达 14.73%。目前国内 T-box 行业产业链准入壁垒较高，认证周期长。T-box 产业链上游为提供通信模组、MCU 等原材料供应商，中游为 T-Box 厂商，下游为汽车行业。

图91. 我国乘用车 T-box 市场规模



资料来源：佐思汽研，安信证券研究中心

图92. 我国车载 T-box 产业链

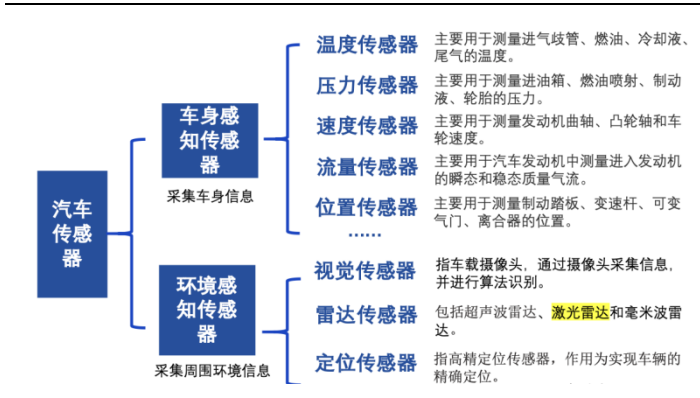


资料来源：头豹研究院，安信证券研究中心

8.3. 激光雷达：自动驾驶推动激光雷达市场持续增长

激光雷达作为重要感知层硬件，具备高精度、抗干扰等优势。汽车传感器作为信息采集源，是智能驾驶感知层硬件的核心组成部分。智能驾驶分为感知、决策、控制三大核心环节。要想实现智能驾驶，首先就是通过传感器让车看清楚周围的环境。传感器可根据信息采集内容的不同可分为车身感知传感器和环境感知传感器两大类。其中，车身感知传感器主要用于获取包括温度、压力、速度等汽车车身信息。环境感知传感器指通过采集、输出汽车周围环境信息以协助汽车实现智能驾驶的汽车传感器，包括超声波雷达、毫米波雷达、激光雷达、及摄像头等。

图93. 汽车传感器分类



资料来源: 亿渡数据, 安信证券研究中心

图94. 部分环境感知传感器性能对比

	超声波雷达	毫米波雷达	激光雷达	摄像头
成本	100-200元	500-1000元	>2万元	单目: 500-1000元 双目: 1500-2000元
原理	利用40kHz超声波进行探测	基于ToF原理, 利用30-300GHz频域的毫米波进行探测	<300m	以图像识别算法为基础, 通过摄像头采集外部图像并分析
探测距离	<5m	150m-300m	<300m	<100m
响应时间	慢, 1000ms	快, 1ms	快, 10ms	中, >100ms
信息内容	无法形成图像信息	难以形成完整环境信息	可3D建模成像	采集环境图片, 通过算法识别图像
应用领域	PA	ACC、AEB、FCW、BSD、LCA、PA	ACC、AEB、BSD	LKA、LDW

资料来源: 亿渡数据, 安信证券研究中心

激光雷达是实现L3以上级别必要的感知层硬件。现阶段智能驾驶已发展至L2+/L3阶段, L3级是自动驾驶等级中的分水岭, 其驾驶责任的界定最为复杂, 在自动驾驶功能开启的场景中, 环境监控主体从驾驶员变成了传感器系统, 驾驶决策责任方由驾驶员过渡到了汽车系统。激光雷达凭借角度分辨率高、细节识别清晰、长距离测试等诸多方面优势, 在L3以上级别的自动驾驶环境不可或缺。

图95. 各等级自动驾驶定义及标准

分级标准	名称	定义	环境监控主体	是否场景限制	感知系统
L0	无自动化	需要驾驶者全权操作	驾驶员	是	超声波雷达/ 毫米波雷达/ 摄像头
L1	驾驶辅助	方向盘和加减速一项支持	驾驶员	是	
L2	部分自动化	方向盘和加减速中多项支持	驾驶员	是	
L3	有条件自动化	系统完成所有驾驶, 驾驶员提供适当操作	系统/驾驶员	是	
L4	高度自动化	在限定道路环境中系统完全操作	系统	是	+激光雷达
L5	完全自动化	所有场景均由系统完成所有驾驶操作	系统	否	

资料来源: 国际汽车工程师协会标准, 安信证券研究中心

图96. 各等级自动驾驶传感器需求

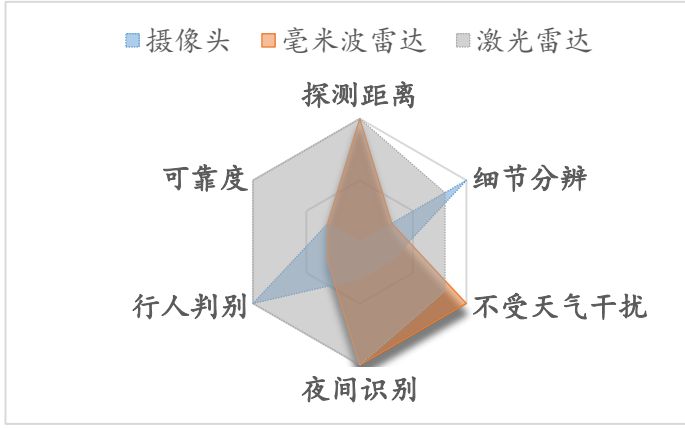
传感器种类	数量要求				
	L1级别	L2级别	L3级别	L4级别	L5级别
超声波传感器	6	8	8	8	8
LRR毫米波雷达	1	1	1	1	1
前视摄像头	1	3	3	3	3
环视摄像头	1	4	4	4	4
SRR毫米波雷达			4	4	4
驾驶员监控摄像头			1	1	1
航位推算系统				1	1
基于事件摄像头				1	1
微测辐射热计				1	1
激光雷达			1	2~3	4~6
合计			22	26~27	28~30

资料来源: 麦姆斯咨询, 安信证券研究中心

各类传感器都有其优劣势, 从车企技术规划来看更倾向于多传感器、多路线融合使用的方案。其中主要分为两派, 一派以特斯拉为首, 使用摄像头+毫米波雷达; 另外一派以谷歌和百度为首, 加入激光雷达。

激光雷达感知距离长、无需深度算法，不受光照影响，在这些领域优于视觉传感器，预计成为L4/L5主流应用；机械式成本高昂且磨损带来有效寿命较短，期待固态式技术问题解决后通过量产实现降低成本，实现商业化。

图97. 汽车传感器分类



资料来源：电子工程专辑，安信证券研究中心

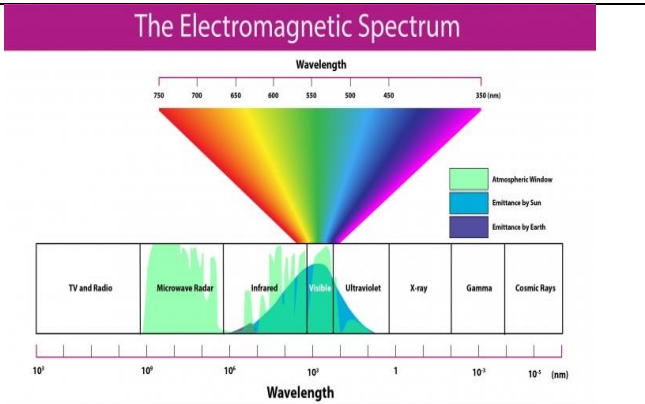
图98. 三大类型传感器优劣势对比

传感器类型	优点	缺点	用途
毫米波雷达	<ul style="list-style-type: none"> 穿透雾、烟、灰尘的能力强，可全天候工作，不受天气影响 价格便宜 	<ul style="list-style-type: none"> 精度低（例如无法非常精确的将两个物体进行区分） 探测距离有限 无法感知行人 	完成障碍物运动速度、方位等识别
激光雷达	<ul style="list-style-type: none"> 高精度，能准确获得三维信息 探测距离远 抗干扰能力强（微波、毫米波雷达易受自然界广泛存在的电磁波影响） 	<ul style="list-style-type: none"> 无法应对雨雪、雾霾天气（和毫米波雷达比） 不具备能识别路标、车牌的功能（和摄像头比） 成本高 对速度不敏感 	一维二维三维激光雷达，三维激光扫描仪 用途：路沿检测、车道线检测、障碍物识别、静态物体和动态物体的识别、定位以及地图的创建。
摄像头	<ul style="list-style-type: none"> 可以描绘物体的外观和形状 读取标志 成本低廉，技术相对成熟（用摄像头做算法开发的人员也比较多） 	<ul style="list-style-type: none"> 受环境因素以及外部因素影响较大，比如隧道中光线不足，天气因素导致的视线缩小 获取准确三维信息难 属于被动式传感器，对算法的依赖高 	用途：车道线检测；障碍物检测，相当于把障碍物识别以及对障碍物进行分类；交通标志的识别，比如识别红绿灯和限速牌。

资料来源：电子工程专辑，安信证券研究中心

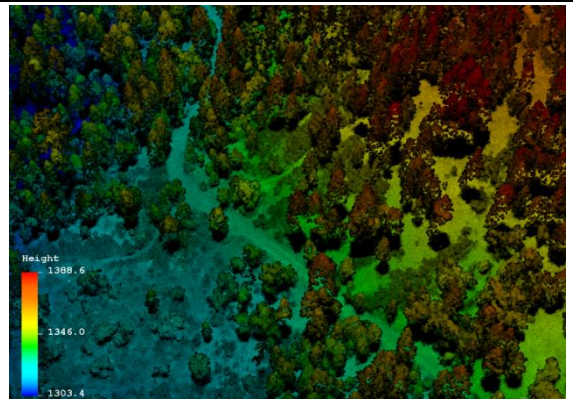
激光雷达波长更短，水平分辨率能够控制在0.1°以内，且抗干扰能力强，探测距离更远，因此与毫米波雷达等其他传感器相比，能够提供更精确和稳定的定位导航。

图99. 激光与毫米波在电磁波谱中的位置



资料来源：Dutton Institute，安信证券研究中心

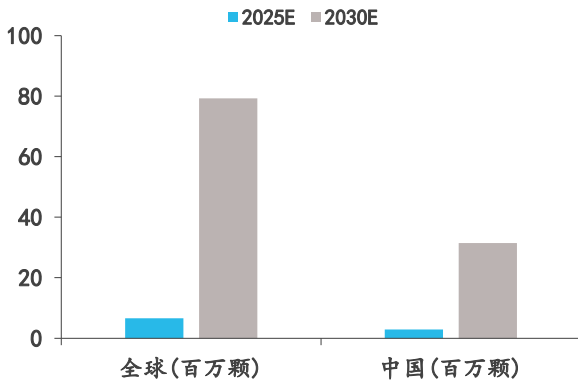
图100. 激光雷达可视化成像效果



资料来源：NEON AOP，安信证券研究中心

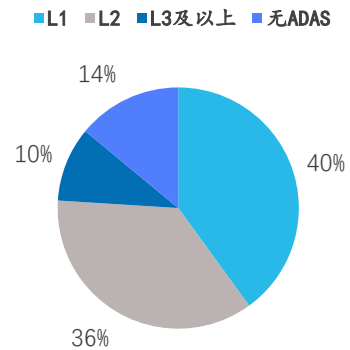
2025年L3自动驾驶渗透率有望超10%，激光雷达应用或将大幅增长。根据Roland Berger及前瞻产业研究院预测，2025年L3及以上自动驾驶系统渗透率约为10%。激光雷达作为L3以上主流应用传感器，预计将迎来巨大增长。根据Yole市调机构预测，激光雷达未来5-10年将加速放量，预计2025年和2030年全球激光雷达出货量分别有望达到约660万和7934万颗，其中中国分别出货292万和3154万颗左右。

图101. 2025/2030E 全球/中国激光雷达出货量预测



资料来源: Yole, 安信证券研究中心

图102. 2025 年全球汽车各级别 ADAS 系统渗透率预测

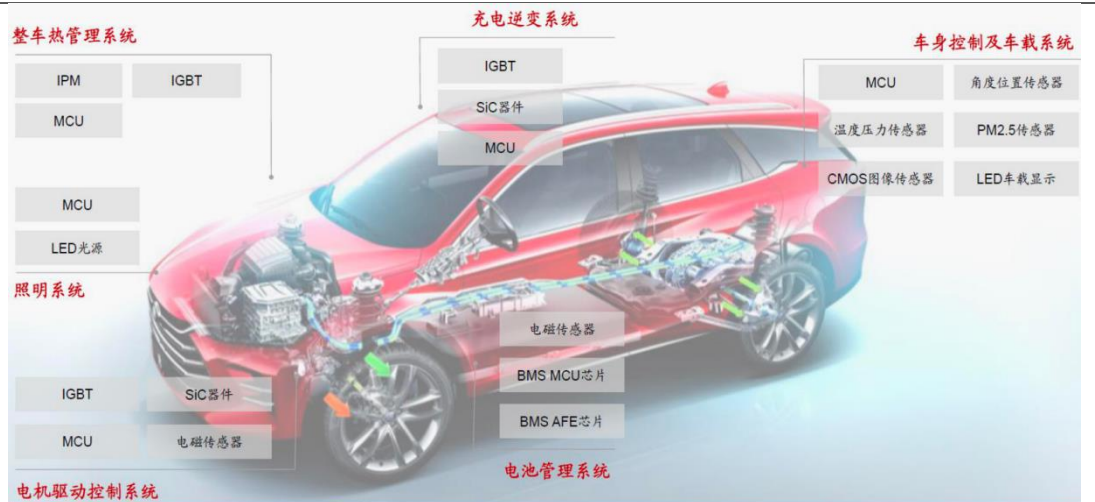


资料来源: Roland Berger, 安信证券研究中心

8.4. MCU: 应用逐步覆盖, 单车 ECU 数量提升

ECU 为功能控制核心, 协助汽车实现各项功能。MCU 在车载芯片领域应用较广泛, 如存在于动力总成、车身控制、辅助驾驶、信息娱乐等系统中。汽车要实现复杂多样的控制功能需要多个 ECU (Electronic Control Unit, 电子控制单元) 分别管理对应的功能。其中 MCU 芯片嵌入 ECU 中, 是 ECU 的运算大脑。在汽车电子化发展趋势下, ECU 将逐步覆盖整个汽车, 从传统四轮驱动系统、防抱死制动系统、主动悬架系统、电动自动变速器, 逐渐延伸至车身各类安全、娱乐控制系统等。据 Strategy Analytics 的数据显示, 目前汽车平均采用约 25 个 ECU, 但是高端型号 ECU 数量已经超过 100 个。

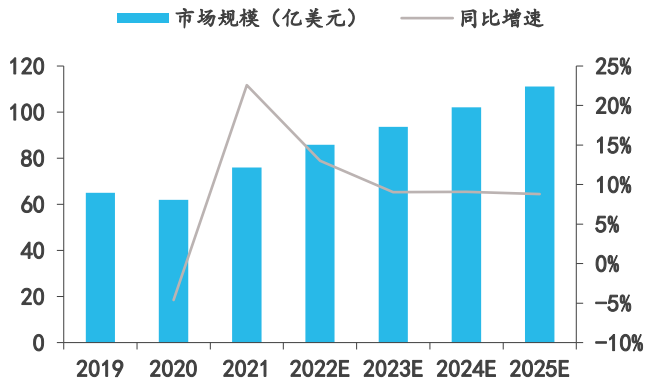
图103. MCU 芯片在汽车中的应用



资料来源: 比亚迪招股说明书, 安信证券研究中心

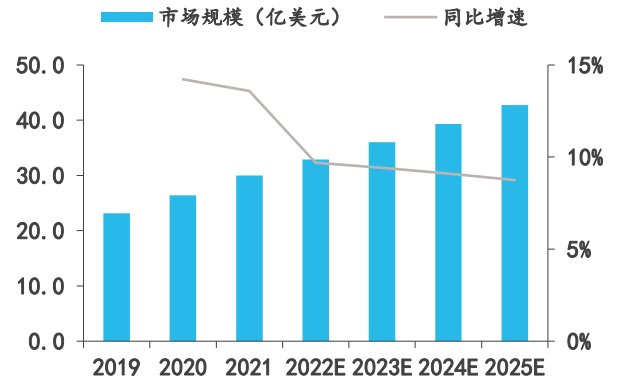
车规级 MCU 发展稳健。据中商产业研究院统计, 全球车规级 MCU 市场规模 2021 年达到 76 亿美元, 预计到 2025 年增长至 111.12 亿美元, CAGR 达到 9.9%。受益于我国新能源汽车行业的高速成长, 我国车规级 MCU 发展势头良好。中商产业研究院预计 2025 年中国车规级 MCU 市场规模达到 42.7 亿美元, CAGR 达到 9.2%, 与全球同期增速基本持平。

图104. 全球车规级 MCU 市场规模



资料来源：中商产业研究院，安信证券研究中心

图105. 中国车规级 MCU 市场规模



资料来源：中商产业研究院，安信证券研究中心

9. 汽车电动化：800V 高压渗透率提升，SiC 主驱、高压连接器、超充电桩/枪受益

800V 高压平台逐步渗透，采用 SiC 器件的主驱逆变器、车载充电机以及超充相关元器件如超充枪等有望取得同步快速成长。

9.1. SiC 迎来落地大年，政策加码国产化进程

功率半导体器件为新能源汽车不可或缺的核心组件，主要包括硅基 IGBT、SiC MOSFET 等。目前广泛采用的硅基 IGBT 为主导型功率器件，在新能源车中应用于电动控制系统、车载空调系统、充电桩逆变器三个子系统中，约占整车成本的 7%-10%。功率器件是除电池以外成本第二高的元件，也是决定整车能源效率的关键器件。

由于其高频率、高效率、小体积等优点，新能源汽车的 OBC、DC/DC 和电机控制器中碳化硅有望替代传统硅基 IGBT。目前主流的 IGBT 已经达到硅基材料的物理极限，难以满足新能源汽车未来提高续航能力、减轻汽车重量、缩短充电时间等要求，碳化硅器件在未来存在明显优势。根据英飞凌官网报告，对于主逆变器来说，采用碳化硅模块替代 IGBT 模块，其系统效率可以提高 5% 左右。在电池容量相同的情况下，其续航里程可提高 5%；在续航里程相同的情况下，电池容量可以减少 5%，可为新能源汽车的使用节约大量成本。此外，IGBT 是双极型器件，在关断时存在拖尾电流；而 MOSFET 是单极器件，不存在拖尾电流，该特性使得碳化硅 MOSFET 的开关损耗大幅降低，提高能源转换效率。随着越来越多的车厂提高车的电池电压，在未来的高压场景下，碳化硅的性能优势会更加明显。据 QYResearch 预测，2023 年至 2029 年全球碳化硅 MOSFET 模块的市场规模将从 16.93 亿美元增长到 92.18 亿美元，年复合增长率达到 32.6%。

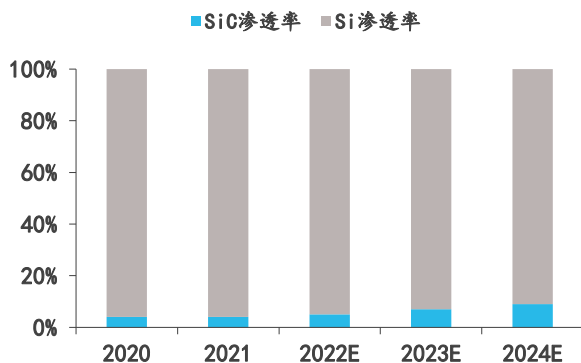
表28：不同车载领域应用场景下对 SiC 器件的要求

主要组件	公司名称	应用/优势特点
主驱逆变器	碳化硅功率器件主要应用于新能源汽车电机驱动系统中的电机控制器	减小电力电子系统体积、提高功率密度
车载充电系统	车载蓄电池充电即可将来自电池子系统的 DC 电源转化为主驱电机的 AC 电源	SiC 器件使得 OBC 的能量损耗减少、热管理效能改善；OBC 采用 SiC 器件，BOM 成本降低至 15%，充电速度翻倍
车载 DC-DC	车载 DCDC 变换器可将动力电池输出的高压直流电转换为低压直流电	热导率、耐高温，散热简化，减小变压器体积
非车载充电桩	非车载直流快充电机可将输入的外部 AC 电源转化为电动车需要的 AC 电源	SiC 高速开关保证了快速充电器的充电速度

资料来源：Yole，安信证券研究中心

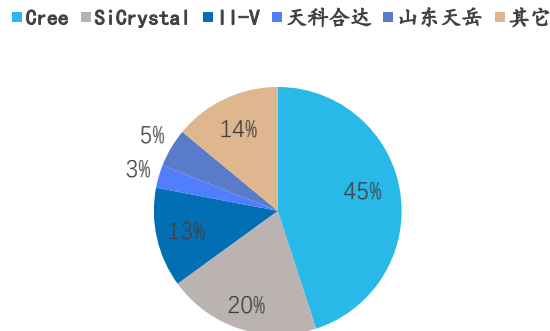
800V 电压平台进一步提升 SiC MOSFET 渗透率。随着车载电器数量的增多，以及自动驾驶、节油减耗等要求的提出，电动汽车的电压平台将逐渐由 400V 升高至 800V，以分担蓄电池的工作压力。国内车企如比亚迪、小鹏汽车、广汽埃安、理想汽车等已经布局了 800V 快充技术，2024 年国内车规 800V 电压平台有望迅速发展。碳化硅 SiC 器件具有高频率、高效率、小体积等优点，车规 800V 电压平台升级有望进一步提升 SiC 渗透率，未来获得大规模应用。根据 Transparency Market Research 预测，2022-2031 年全球 SiC MOSFET 市场规模将从 14 亿美元提升至 135 亿美元，年复合增长率达到 29.8%。2020 年，SiC 晶片市场中天科合达与山东天岳两家国内企业入围前五，市占率分别为 3% 与 5%，其余三家海外企业共占比 78%。随着众多车企逐步向 800V 电压平台转型，SiC 渗透率有望持续提升。

图106. 2020-2024E 全球新能源汽车 SiC 渗透率



资料来源: Yole, 安信证券研究中心

图107. 2020 年全球 SiC 晶片市场



资料来源: 半导体时代产业数据中心, 安信证券研究中心

应用方面, 国内车企积极布局碳化硅器件, 众多车企已经相继发布碳化硅车型。目前蔚来、江淮、比亚迪等车企均已布局碳化硅器件应用。2023 年上半年多家车企已量产搭载碳化硅电机控制器的车型, 如特斯拉的 Model 3 和 Model Y、比亚迪的汉、蔚来的 ET5 和 ET7、小鹏的 G9 和 G6 等, 华为智界 S7 也已开始预售。玛莎拉蒂 GranTurismo Folgore、奔驰 Vision EQXX、路虎等将在 2026 年之前采用碳化硅并交付相关车型。

表29: 国内车企布局碳化硅器件进展

序号	公司名称	碳化硅器件布局情况
1	蔚来	蔚来首款应用 180kW 碳化硅功率模块的中型电动车 ET7, 已于 2022 年 3 月开始交付, 续航里程能够超过 1000 公里, 旗下 ES6、ES8、ET5、ET7、ES7、E67 等 6 款已使用碳化硅电驱系统车型 2023 上半年合计销量为 5.13 万辆, 全球 2023 上半年使用 SiC 车型销量排名第三
2	江淮汽车	2021 年 4 月江淮汽车与博世动力总成系统中国区在上海签订了 SiC 逆变器方面的战略合作协议, 共同开发包括了 400V 和 800V 电驱系统、碳化硅逆变器和电驱桥等技术。2023 年 4 月 12 日, 江淮汽车发布新能源乘用车品牌“钇为”, 同步亮相了纯电平台 DI 平台和 DI 平台首款车型钇为 3
3	比亚迪	比亚迪扩建模块生产线, 对外招标采购“SiC 分选机”和“SiC 测试机”; 公司计划到 2023 年, 在旗下所有电动车中用 SiC 功率半导体全面替代 IGBT。2020 年 12 月, 比亚迪半导体公布目前在规划自建 SiC 产线, 预计 2023 年会有少量晶圆产线投片, 重点在于自筹资金加快 2 万片/月的 6 吋 SiC 晶圆产线建设, 按 1 片晶圆满足 5 辆车使用量计算, 该项目未来新增产能大约覆盖 100 万~120 万辆汽车装车需求, 旗下比亚迪汉 EV、唐 EV、海豹 3 款车型上半年合计销量为 9.49 万辆, 全球排名第二
4	一汽集团	一汽集团合资企业苏州亿马半导体的碳化硅模块项目正式投产, 一期投资 2 亿元。2022 年 8 月 16 日, 中国电科宣布与中国一汽签署了战略合作协议, 项目年产 1000 万颗车规级 SiC 器件。
5	吉利汽车	2021 年 8 月, 吉利汽车宣布采用罗姆 SiC 器件。5 月透过旗下威睿电动汽车与 SiC 功率厂商芯聚能合资成立广东芯粤能半导体。2022 年 10 月 31 日正式发布了“九大龙湾行动”计划, 其中包括 5 年研发投入 1500 亿元、2023 年量产自研 SiC 高功率芯片、2025 年实现自动驾驶全栈自研, 以及 5 年内推出 25 款以上全新智能新能源产品。2023 年由吉利控股的浙江晶益半导体有限公司和浙江晶进集成电路有限公司成立, 以推进吉利车规级半导体研发
6	鸿海	鸿海以 25.2 亿台币 (约合 5.87 亿人民币) 收购旺宏位于竹科的 6 英寸晶圆厂。该厂已经生产出第一颗碳化硅 (SiC) 元件, 初期应用以工业产品为主, 预计最快于 2023 年可大量生产碳化硅为代表的第三代半导体。鸿海已具备量产 SiCMOSFET 的能力, 并且启动了开发 8 英寸 SiC 晶圆的工作

资料来源: 公司官网, 公司公告, 安信证券研究中心

政策支持碳化硅晶片产业大力发展, 自主研发衬底制备技术, 国内企业加大产能建设。国内企业以技术驱动发展, 深耕碳化硅晶片与晶体制造, 逐步掌握了 2 英寸至 6 英寸碳化硅晶体和晶片的制造技术, 打破了国内碳化硅晶片制造的技术空白并逐渐缩小与发达国家的技术差距。经过多年自主研发, 国内企业逐步掌握碳化硅衬底的制备技术。国内企业天科合达、山东天岳和同光晶体等公司在导电型衬底已经实现 4 英寸衬底商业化, 逐步向 6 英寸发展。国内在 6 英寸 SiC 产线上也已经有所成绩, 已知的 6 英寸 SiC 生产线有中电 55 所、中国中车、三安光电、华润微电子、积塔、燕东微电子 (与深圳基本半导体共建)、国家电网等。我国

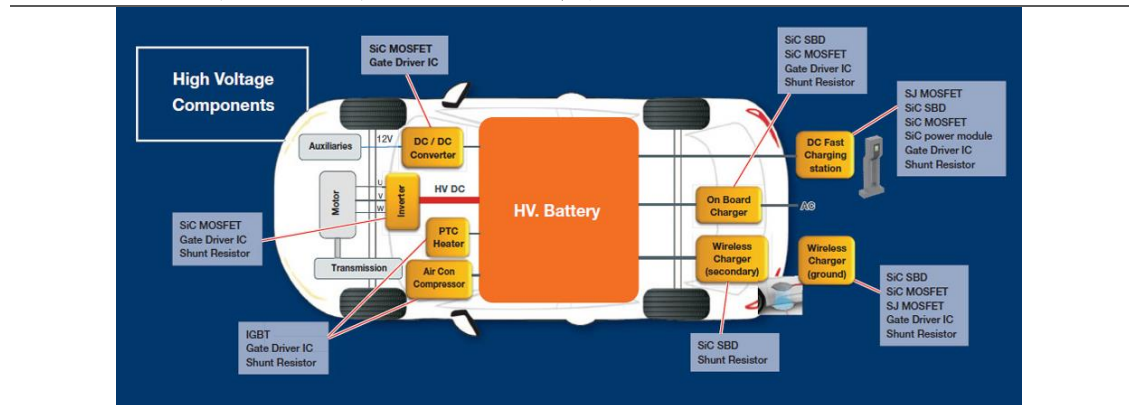
碳化硅衬底公司生产的产品质量也不断提高，达到国际先进水平，在多个技术参数可与国际龙头公司比较。国内企业晶盛机电、天岳先进、中芯集成均加大了新产能建设，行业产能也在迅速提升。

9.2. 车载高压连接器需求提振，行业有望持续景气发展

汽车电动化趋势创造高压连接器需求。传统燃油汽车主要靠内燃机驱动，车上蓄电池电压一般仅为14V左右，用于驱动车灯、雨刷、电动门窗等各类低压用电器。因此燃油汽车上的电连接器主要为低压连接器。

新能源汽车采用电力驱动，为使驱动电机达到较大的扭矩和扭力，需要高压电池提供相应的高电压和大电流，远超传统燃油车的14V电压。除了驱动电机以外，新能源汽车上新增众多高压部件：PDU（高压配电箱）、OBC（车载充电机）、DC/DC、PTC加热、直/交流充电接口等。

图108. 新能源汽车相较燃油车新增众多高压部件



资料来源：罗姆 Rohm 官网，安信证券研究中心。

以上高压部件的连接都需要通过高压连接器，高压连接器市场规模将随着新能源汽车渗透率提升而增加。新能源汽车根据其驱动和充电功率大小，可增加约500-3000元左右的高压连接器需求。

随着国内新能源汽车的不断渗透，汽车高压连接器市场规模将不断扩大。我们假设2022年汽车高压连接器单车价值量平均为1500元，并以每年5%的速度下降。据国务院发展研究中心预测，2025年我国新能源汽车销量有望达1200万辆。以此计算，2025年我国新能源车高压连接器市场规模有望达159亿元。

表30：我国汽车高压连接器市场有望快速增长

	2022	2025E
我国新能源汽车销量（万辆）	689	1200
高压连接器单车价值量（元）	1500	1286
我国汽车高压连接器市场规模（亿元）	103	154

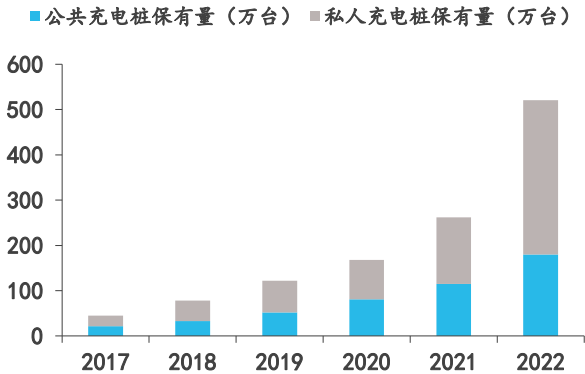
资料来源：中汽协，国务院发展研究中心，安信证券研究中心

9.3. 充电桩/充电枪：配套需求旺盛，充电设施加速建设

新能源汽车销量攀升，充电桩需求同步增长，车桩比现状倒逼充电桩建设增速。据中国电动汽车充电基础设施促进联盟（EVCIPA）数据，截至2022年底，我国公共充电桩保有量179.7万台，增量达65.1万台，增量相较于2021年增长91.6%；私人充电桩保有量达341.2万台，增量达194.2万台，增量较2021年同期增长225.5%。尽管充电桩运营企业和部分车企积极建设充电桩，但2022年存量车桩比2.51，距离2015年发布的《电动汽车充电基础设施发展

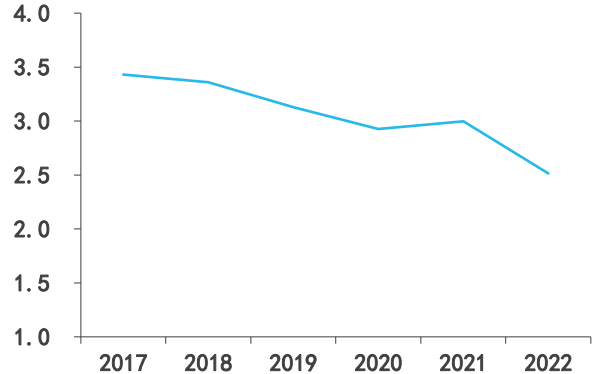
指南（2015-2020年）》中2020年实现1:1的最终车桩比目标相去甚远，“补能焦虑”问题依旧严峻。

图109. 我国充电桩保有量加速上升



资料来源：EVCIPA，安信证券研究中心

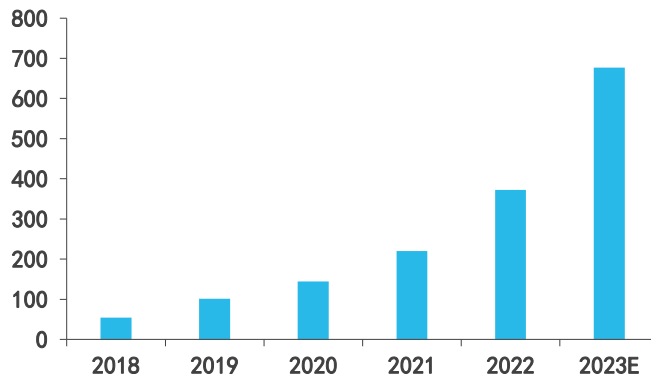
图110. 新能源车桩比持续走低但离目标仍有差距



资料来源：EVCIPA，公安部，安信证券研究中心

根据中商产业研究院数据，2022年我国充电桩市场规模为372亿元，预计2023年我国充电桩行业市场规模有望达到677亿元，同比增速将达81.99%。

图111. 我国充电桩市场规模 (亿元)



资料来源：中商产业研究院，安信证券研究中心

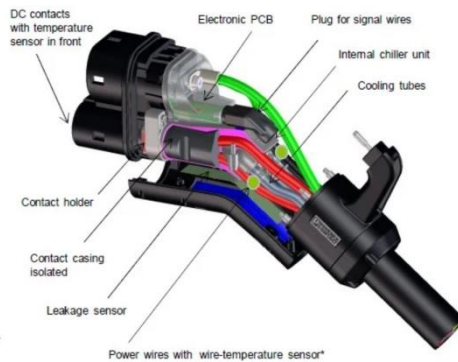
充电桩建设加速，有望强力带动充电枪市场需求。充电枪起到充电桩与新能源汽车电气连接的作用，并实现充电桩和汽车间的通信连接，是充电桩实现充电功能必不可少的零部件。充电桩的建设加速必然带动与之匹配的充电枪市场需求。此外，直流充电枪，尤其是带液冷的直流充电枪价值量远高于交流充电枪。因此从产业结构上来说，直流快充桩占比提升，以及液冷超充桩的逐步渗透都将带动充电桩及充电枪行业天花板的提升。

图112. 某品牌充电枪与充电插座



资料来源：充电头网，安信证券研究中心

图113. 液冷超充枪内置液冷循环油路



资料来源：Gilbarco 官网，安信证券研究中心

10. 半导体设备：瓶颈环节亟待突破，国产替代势在必行

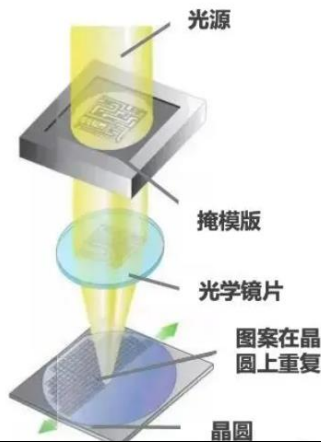
10.1. 光刻机：芯片制造环节核心设备

光刻机及其零部件市场前景广阔。首先，随着芯片制程的不断升级，光刻机的需求也不断增加。从 2022 年的数据来看，全球光刻机市场规模超过 200 亿美元，而 ASML、Canon、Nikon 三大巨头垄断了大部分市场份额，其中 ASML 在高端市场几乎处于垄断地位，光刻机国产替代空间巨大。其次，国内厂商在光刻机零部件环节也实现了多个突破，包括光学透镜、光学晶体、激光器等方面，这些突破为国内光刻机产业的发展提供了强有力的支持。随着终端生成式 AI 应用的快速发展，消费电子、汽车、机器人等领域的需求增加，光刻机及零部件市场也将进一步持续增长。建议关注光刻机与零部件相关产业链的发展动态和投资机会。

10.1.1. 芯片制程升级的关键设备，EUV 光刻已实现 7nm 及以下制程

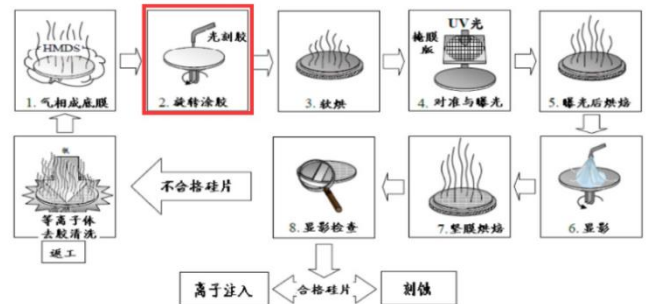
光刻机是制造芯片的核心设备，在制程升级中发挥关键作用。光刻机的主要功能是将图案从光掩模高精度地转移到衬底（通常是硅片）上，它也被称为掩模对准曝光机、曝光系统、光刻系统等，是制造芯片的核心装备。光刻机的工作原理是采用波长为 2000~4500 埃的紫外光作为图像信息载体，以光刻蚀剂为中间（图像记录）媒介实现图形的变换、转移和处理，最终把图像信息传递到晶片（主要指硅片）或介质层上的一种工艺。光刻环节直接决定芯片的制成水平和性能水平，耗时占整个制造环节的一半，成本占据芯片生产的三分之一。芯片工艺升级的主要目标之一是在半导体器件上实现更小的特征尺寸，而具有先进技术的光刻机，如极紫外（EUV）光刻机，允许更短的光波长，从而能够创建更小的图案并实现更高的分辨率。

图114. 光刻工艺技术图



资料来源：电子科技博物馆，安信证券研究中心

图115. 光刻工艺流程图

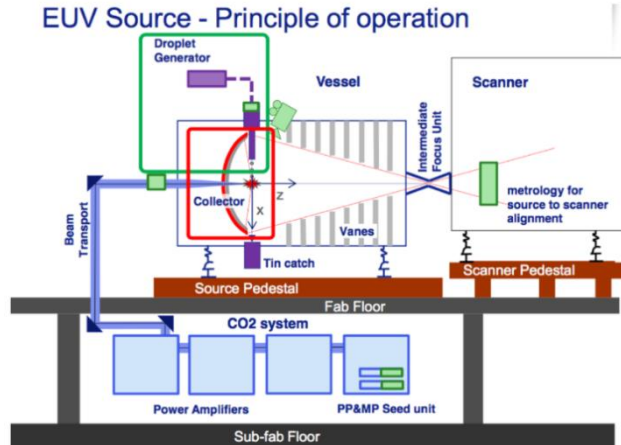


资料来源：观察者网，安信证券研究中心

光刻机的主要技术指标包括分辨率、精度和产能。分辨率决定了光刻机能够刻画的最小特征尺寸，精度则影响了不同层之间的对准精度，而产能则代表了光刻机的生产效率。这些指标对于半导体制造至关重要，对于评估光刻机的性能具有重要意义。

光刻机经历了从接触光刻、接近光刻、步进扫描光学光刻，再到深紫外（DUV）光刻、浸没式光刻以及极紫外（EUV）光刻等阶段，分辨率和产能逐渐提高。目前，极紫外（EUV）光刻技术已实现 7nm 及以下制程。

图116. EUV 光刻机原理



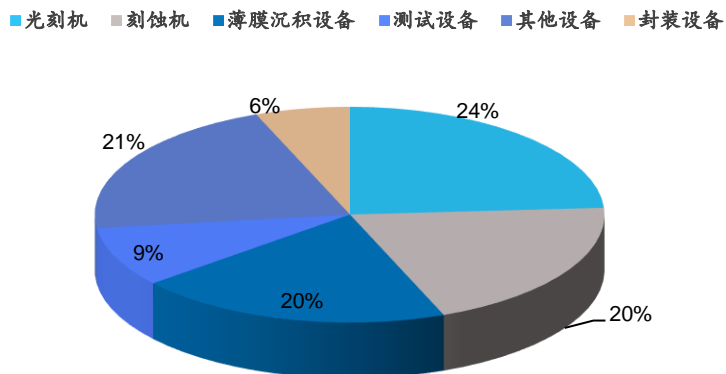
资料来源: Semiconductor Engineering, 安信证券研究中心

10.1.2. 光刻机市场超 200 亿美元, ASML 垄断高端市场

下游需求推动晶圆厂资本支出, 半导体设备市场持续扩张。据 SEMI 数据, 2013-2022 年全球半导体设备市场由 318 亿美元增长至 1074 亿美元, CAGR 为 14.5%; 同期中国大陆半导体设备规模由 34 亿美元增长至 283 亿美元, CAGR 为 26.5%。随着下游市场的繁荣和新应用领域的拓展, 全球半导体需求持续增长, 进而推动了半导体厂商的资本开支进入上升周期, 半导体设备市场规模也随之提升。

2022 年光刻机全球市场规模约 218 亿美元, 国内约 57 亿美元。半导体设备=制造设备+封测设备, 根据 SEMI 数据, 2022 年全球半导体设备市场中, 晶圆制造设备市场规模占比超过 85%, 在晶圆制造的所有设备中, 市场投资占比最高的是光刻机、刻蚀机和薄膜沉积设备, 占比分别为 24%、20%和 20%, 合计占比 64%。结合此前 SEMI 给出的 2022 年半导体设备市场 1074 亿美元的数据, 按此比例测算, 2022 年半导体光刻机市场规模达到 218 亿美元。从国内来看, 按照 SEMI 数据, 2022 年半导体设备国内占全球 26%来测算, 中国大陆光刻机设备市场规模约为 57 亿美元。

图117. 光刻机市场主要设备占比

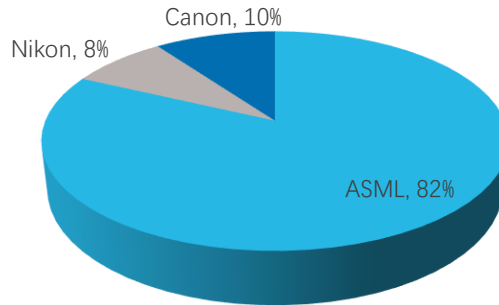


资料来源: SEMI, 安信证券研究中心

ASML 垄断高端光刻机市场, 全球占比 82%。据 SEMI 数据, 2022 年全球光刻机市场由 ASML、Canon、Nikon 三大厂商垄断, 营收占比分别为 82%、10%、8%。在出货量方面, ASML 占据领先地位, 市场份额高达 63%, Canon 和 Nikon 分别占据 32%和 5%的市场份额。从高端机型出货情况来看, ASML 在 EUV、ArFi、ArF 领域均保持领先地位, 出货量分别占 100%、95%、87%。

中国内地占 ASML 销售额的 14%。

图118. 全球光刻机三大供应商市场占比



资料来源: SEMI, 安信证券研究中心

国产光刻机 28nm 取得突破。 国产光刻机在技术节点上与国际厂商相比仍有差距，其中上海微电子是国内光刻机龙头企业，其 SSX600 系列光刻机可满足 IC 前道制造 90nm、110nm、280nm 关键层和非关键层的光刻工艺需求，可用于 8 寸线或 12 寸线的大规模工业生产。在之前 90nm 的基础上，上海微电子即将量产 28nm immersion 式光刻机，在 2023 年交付国产第一台 SSA/800-10W 光刻机设备。

图119. 上海微电子 600 系列光刻机

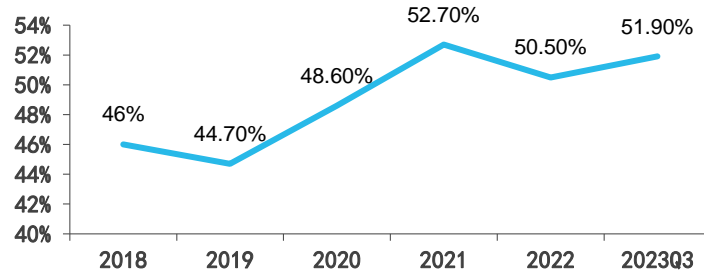


资料来源: 上海微电子官网, 安信证券研究中心

10.1.3. 光刻机零部件市场约 79 亿美元，光源、光学、双工台是核心系统

光刻机零部件市场规模约为 79 亿美元。全球的半导体设备市场集中度较高，TOP5 厂商的市占率之和超过 75%，其毛利率也较为稳定，因此我们参考 TOP5 厂商的毛利率来估算半导体设备的成本率。除了第五大厂商科磊半导体毛利率超过 60%，前四大厂商毛利率基本都在 40%-50%。按照 2022 年的营业收入对 TOP 厂商的毛利率进行加权，得到半导体设备的毛利率约为 48.65%，即成本率约为 51.35%。以 ASML 为例，2023Q3 净销售额为 67 亿欧元，毛利率为 51.9%，ASML 制造成本里 90%来自零部件，因此假设光刻机零部件成本占比 90%。2021 年全球半导体市场规模为 1026.4 亿美元，其中前道光刻设备市场规模为 172 亿美元。根据公式:光刻机零部件市场规模=光刻机零部件市场规模*成本率*设备中零部件成本占比，结合以上分析，得到:2021 年全球光刻机零部件市场规模=172 亿美元 x51.35%x90%=79.49 亿美元。

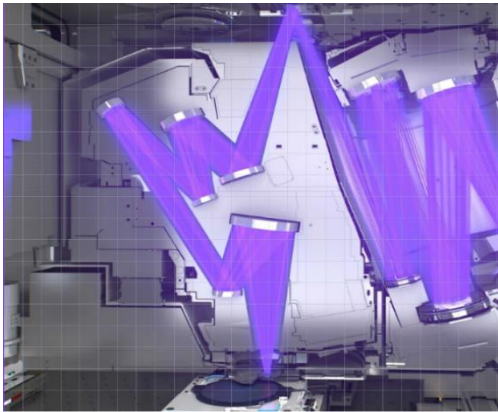
图120. 2018-2022 年 ASML 销售毛利率



资料来源: ASML 官网, 安信证券研究中心测算

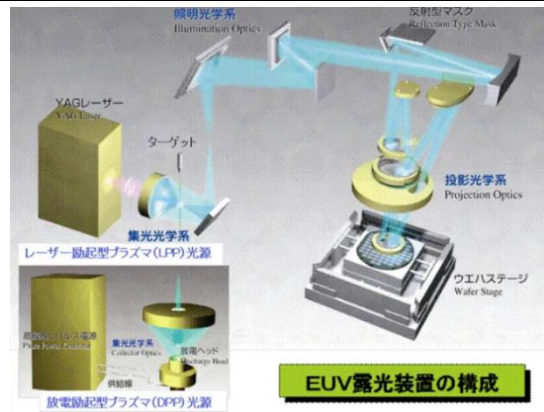
光源系统是光刻机中的核心组件之一, 为光刻机提供合适波长和稳定光线, 直接决定了光刻机的分辨率。光源系统内部构造包括发光二极管 (LED) 和光学系统, LED 是光源系统的核心部分, 通过针脚作为正负电极并起到支撑作用。光源的波长和强度稳定性、光斑大小均会影响曝光质量。光刻机光源分为汞灯、准分子激光器和 EUV 光源, 其中汞灯是目前光刻机最普遍的光源, 准分子激光器通常用来提供深紫外光源, 而 EUV 光源主要提供 13.5nm 的 EUV 光。目前 EUV 光源只有两家公司能够生产: 一家是美国 Cymer, 另外一家是日本 Gigaphoton。2013 年 Cymer 被 ASML 收购, 目前占据了光刻机光源 80% 以上的市场。目前国内而言, 科益虹源可提供 193nmArF 准分子激光器, 打破垄断。

图121. ASML 的 EUV 系统



资料来源: Reuters, 安信证券研究中心

图122. Gigaphoton 的 EUV 光源系统



资料来源: Gigaphoton 官网, 安信证券研究中心

光学系统是光刻机的核心组件, 为光刻机提供精确投影和高效曝光。它由多种光学元件组成, 如透镜、反射镜和平凸透镜等, 通过精确控制光线的聚焦、照明和曝光时间, 将芯片设计图案高精度地投射到掩模上。光学系统分为照明系统和投影物镜, 照明系统通过调整光的形状、控制曝光剂量与提升光的均匀度从而提供稳定照明, 而投影物镜将掩模版图案倍缩并投影聚焦在晶圆上。光学系统的技术提升难度较大, 投影物镜和照明系统的技术要求高。就供应商而言, 国内投影物镜供货商为茂莱光学, 分辨率达到 30nm 以下, 而国外的 ZEISS 分辨率小于 0.25nm; 光学晶体方面, 福晶科技可供 LBO 晶体、BBO 晶体、Nd:YVO4 晶体、磁光晶体, 而 Cristal Laser S. A. 公司可供 KTA 晶体、RTP 晶体、LBO 晶体、BBO 晶体; 激光器方面, 炬光科技光源不均匀度控制在 1% 以下, 国外 FLSBA 的光源不均匀度在 3%-5%。

图123. 福晶科技 LBO 晶体



资料来源：福晶科技官网，安信证券研究中心

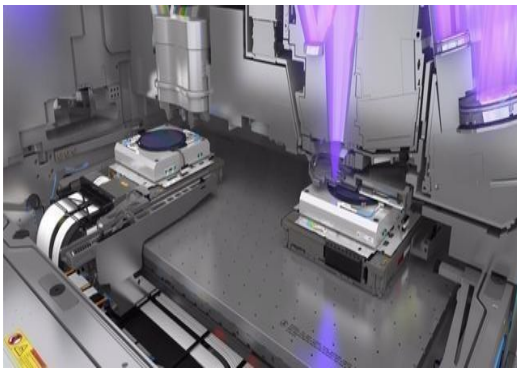
图124. 炬光科技半导体激光元器件



资料来源：炬光科技官网，安信证券研究中心

双工台系统在光刻机中能提高生产效率，其通过设计双工作台，使大部分测量和校正工作与曝光工作并行进行。以 TWINSCAN 双工件台为例，当一号工作台进行步进扫描曝光时，二号工作台可在测量位置完成硅片的上下片、三维形貌测量等工作。一旦一号工作台完成曝光，两个工作台再交换位置和职能，实现硅片的高效曝光，从而提高光刻机的产能。双工台系统的技术水平主要体现在晶圆的转移速度和对准精度上，而其技术壁垒也主要来自这两方面。目前国内能供货双工件台的只有华卓精科，可用于 65nm 光刻机应用；而 ASML 可供货亚纳米光刻机工件台。

图125. ASML 双工件台



资料来源：ASML 官网，安信证券研究中心

图126. 华卓精科双工件台



资料来源：华卓精科官网，安信证券研究中心

10.2. 量检测设备：芯片良率的重要保障，国产替代潜力大

随着消费电子产品的不断升级和半导体技术的持续发展，半导体量检测设备的需求将会持续增长。虽然海外巨头在市场上占据主导地位，但国内企业正在积极推进国产替代，并且在部分领域已经实现了技术突破和市场份额的提升。因此，我们看好半导体量检测设备相关产业链的发展前景，并建议投资者关注国产后道模拟测试机、SoC 测试机、前道检测设备、半导体硅片检测设备厂商的投资机会。

10.2.1. 芯片良率的重要保障，贯穿晶圆制造与封测各环节

半导体量检测设备在制造过程中扮演着至关重要的角色，它被分为前道和后道检测，分别用于晶圆加工环节的质量控制和封装测试环节的电性能测试。前道检测主要检查每一步制造工艺后晶圆产品的加工参数是否达标或是否存在影响良率的缺陷，而后道测试设备则利用电学方法对芯片进行功能和电参数测试，确保芯片性能符合要求。这些设备的目的是保障芯片制造过程中的质量和性能，从而提高生产效率和降低成本。

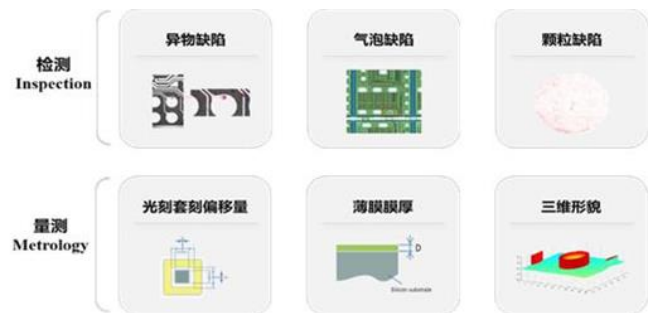
前道量检测设备是芯片良率的重要保障，贯穿晶圆制造各个环节，能够确保芯片的良品率并降低生产成本。在前道制程和先进封装的质量控制中，量检测设备发挥了重要作用，量测设备针对晶圆电路上的结构尺寸和材料特性进行量化描述，检测设备则用于检测晶圆表面或电路结构中的异质情况，如颗粒污染、表面划伤、开短路等。根据统计，随着工艺节点缩小，致命缺陷数量增加，良品率要求也相应提高。光学检测技术是当前主流技术，能够实现高精度和高速度的平衡，并具有较广的应用范围。根据 VLSI Research 和 QY Research 的报告，2020 年全球半导体检测和量测设备市场中，应用光学检测技术的设备市场份额占比最大，达到了 75.2%。相比之下，电子束检测技术在速度上受到限制，而 X 光量测技术则主要应用于特定领域。在实际应用中，通常会将光学技术与电子束技术相结合，以提高量检测效率并降低对芯片的破坏性。

图127. 集成电路产业链



资料来源：华峰测控招股书，安信证券研究中心

图128. 半导体检测与量测技术



资料来源：中科飞测公司招股书，安信证券研究中心

后道测试分为晶圆检测和成品测试，分别关注芯片在制造过程中的功能和电性能测试。晶圆检测使用测试机和探针台，旨在确保在封装前尽可能筛选出无效芯片，节约封装费用；成品测试使用测试机和分选机，旨在确保出厂的每颗芯片达到设计规范要求。其中，ATE 测试机主要测试半导体器件的电路功能和电性能参数，分选机根据封装类型和测试需求分为重力式、平移式、转塔式和测编一体机。

图129. 测试机展示



资料来源：SPEA，安信证券研究中心

图130. 探针台展示



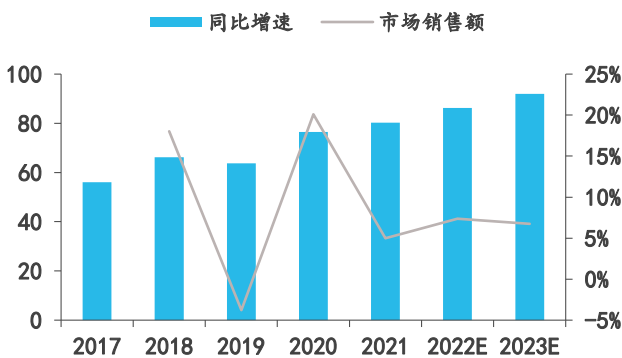
资料来源：长川科技官网，安信证券研究中心

10.2.2. 前道量检测设备：市场规模超百亿美元，国产替代持续推进

2022年前道量检测设备市场规模超百亿美元。根据SEMI数据，2022年全球半导体设备市场规模约1074亿美元，中国半导体设备市场规模283亿美元。2021年全球半导体量测设备占前中道投资比重约13%，占整个半导体设备市场规模约11%，我们假设2022年仍保持该比例，则测算出2022年全球前道量检测设备市场规模约118亿美元，中国前道量测设备市场规模约31亿美元。

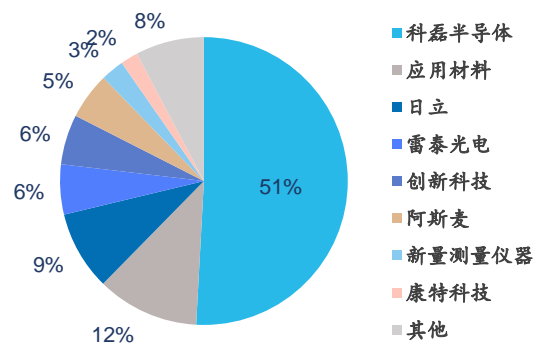
半导体前道量检测设备制造难度大，涉及技术领域广泛，需要长时间投入和技术积淀。国内设备厂商起步晚，基础薄弱，国产设备仍有很大突破空间。前道设备种类繁多，其中膜厚度测技术门槛较低，为国内厂商进入量检测设备的突破口。测试设备具有非标定制化特点，客户需求多样化，是所有半导体检测赛道中壁垒最高的环节。海外龙头企业垄断全球80%量检测设备市场，国内市场国产化率较低，主要由几家垄断全球市场的国外企业占据主导地位。

图131. 全球半导体设备市场规模及增速（亿美元）



资料来源：SEMI，安信证券研究中心

图132. 2021年检测和量测设备全球市场格局情况



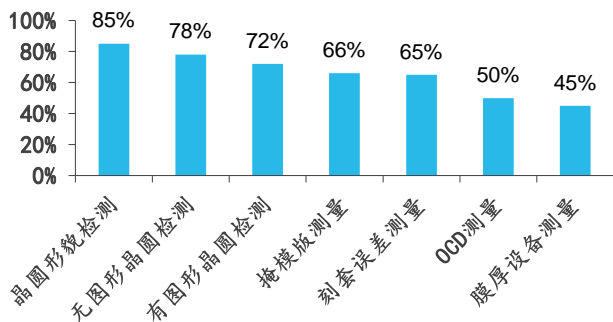
资料来源：VLSI Research QY Research，安信证券研究中心

科磊公司是全球半导体前道测量设备的龙头企业，垄断检测设备市场。自1976年成立以来，其产品线涵盖了质量控制全系列设备，广泛应用于晶片制造、晶圆制造等领域。科磊在检测设备领域具有绝对优势，其营收持续增长，盈利能力稳定。公司通过并购不断拓宽赛道，提高市场占有率。中国大陆是科磊全球最大市场，公司客户包括三星电子、台积电、Intel等IDM/Foundry。

应用材料公司（AMAT）是全球半导体设备领导者，其量测设备领域具有显著优势，尤其在电子束检测方面。根据Gartner数据，AMAT在刻蚀、沉积、CMP、离子注入和工艺控制领域的全球市场份额均相当高。公司晶圆生产线中量测类产品占比10%，主要量测设备包括

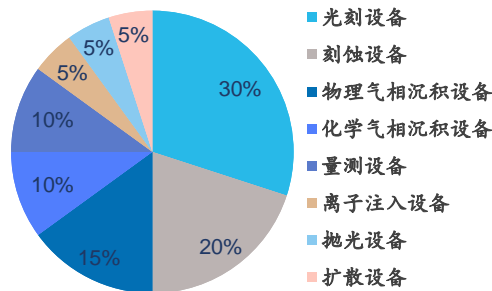
SEMVision G7 缺陷分析设备、UVision 8 检测设备、VeritySEM 5i 计量设备、Aera4 掩膜检测设备和 PROvision 3E 电子束量测等，这些产品在缺陷检测、掩膜检测和电子束量测方面具有世界领先的技术水平。AMAT 的量测设备不仅支持尖端研发和大规模量产，还能满足双重和四重图形化光刻技术的要求，并能够完成当今最先进的芯片设计图形化的需求。

图133. 2020 年科磊在各环节的市占率



资料来源：华经产业研究院，安信证券研究中心

图134. 2018 年 AMAT 晶圆生产线各类设备投资占比



资料来源：SEMI，安信证券研究中心

国内量测设备厂家如上海睿励、上海精测、中科飞测、东方晶源、埃芯半导体、优睿谱等正在积极推进国产替代，其部分产品已进入一线产线验证，推动量测设备国产化发展。这些公司在薄膜测量、尺寸光学检测、电子束、OCD 量测、缺陷检测等领域实现了技术突破，并获得了国内一线客户的批量订单或验证通过。南京中安、御微半导体、优睿谱等也在晶圆几何形貌量测、掩模版检测、晶圆检测等领域有所突破。这些公司的产品填补了国内量测设备市场的关键空缺领域，推动了中国半导体产业的发展。

上海睿励是一家专注于半导体量测领域的公司，其主营产品为光学膜厚测量设备和光学缺陷检测设备。公司自主研发的 12 英寸光学测量设备 TFX3000 系列已应用于 28 纳米芯片生产线并正在进行 14 纳米工艺验证，同时也能支持 64 层芯片生产的 3D 存储芯片。上海睿励与中微公司关系紧密，二者第一大股东都是上海创业投资有限公司，同时在人事上交集往来密切。国家大基金和中微半导体也参与了上海睿励的投资。

上海精测是一家聚焦于半导体前道检测设备领域的公司，产品覆盖领域较为齐全，包括电子束检测及缺陷复查设备、膜厚量测以及光学关键尺寸量测系统等。公司已经取得国内半导体客户的批量重复订单，并且电子显微镜相关设备已完成首台套的交付。公司推出了首款半导体电子束检测设备 eView™ 全自动晶圆缺陷复查设备，并实现了国内首台 12 寸独立式光学线宽测量设备 (OCD) 与 12 寸全自动电子束晶圆缺陷复查设备 (Review SEM) 顺利出机。这些设备采用了自主开发的扫描电子显微镜技术、宽谱全穆勒偏测头等技术，具有完全自主知识产权，是真正意义上的高端国产化机台。

图135. 上海睿励 TFX4000i 产品示意图



资料来源：上海睿励官网，安信证券研究中心

图136. 上海精测 EPROFILE 300FD 产品示意图



资料来源：上海精测官网，安信证券研究中心

中科飞测是国内唯一一家自主研发先进封装检测设备和光学三维尺度量测设备的公司，已实现与产业的深度融合应用，在半导体与显示业界检测技术综合实力全国领先。公司多年深耕技术领域布局，形成多系列具有自主知识产权的核心技术体系，并在量测、检测产品和服务上的多线布局，主要设备包括：三维封装量测系统 SKYVERSE-900，表面缺陷检测系统 SPRUCE 系列以及智能视觉检测系统 BIRCH 系列等。中科飞测经过数年技术累计与研发，相关核心技术在国内处于领先地位，并实现与产业的深度融合应用，相关设备已与国际竞品整体性能相当，可以在相关知名晶圆制造厂商的产线上实现无差别应用，助推检测设备国产化进程。

东方晶源是一家专注于集成电路良率管理的企业，主要产品为纳米级电子束缺陷检测装备（EBI）和关键尺寸量测装备（CD-SEM）、计算光刻产品（OPC）以及微电子设计与制造智能良率优化平台（HPOTM）。目前公司成功研发出国内首台电子束缺陷检测设备和关键尺寸量测设备，填补了关键技术空缺，产品达到国际水平并已进入国内头部芯片制造厂商产线验证。公司致力于 DR-SEM 设备研发，有望加速实现国产替代。

图137. 中科飞测三维形貌量测系统 SKYVERSE-900



资料来源：中科飞测官网，安信证券研究中心

图138. 东方晶源 SEpA-i505



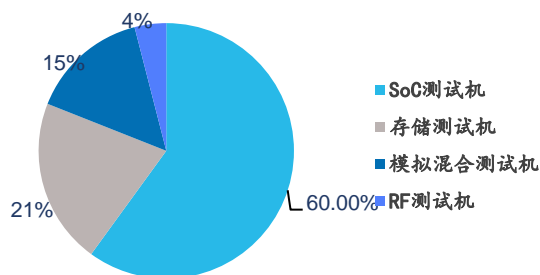
资料来源：东方晶源官网，安信证券研究中心

10.2.3. 后道检测设备：模拟测试机率先国产化，SoC、射频快速推进

2022 年全球后道测试设备市场规模 75.2 亿美元。据 SEMI 数据，2022 年全球半导体测试设备市场规模为 75.2 亿美元，受下游消费电子需求疲软影响，预计 2023 年测试设备市场规模为 63.9 亿美元，2024 年回复至 69.0 亿美元。根据智研数据，2022 年中国大陆在全球半导体设备市场占比约为 26.3%，测试设备市场规模约 18.67 亿美元。测试机是测试设备第一大细分领域，占比最高，达 63.1%。其中，SoC 测试机在测试机市场占比最大，为 60%，存储、模拟、射频占比分别为 21%、15%、4%。随着 5G 和高性能计算（HPC）应用的需求推动，测试设备市场将持续增长。

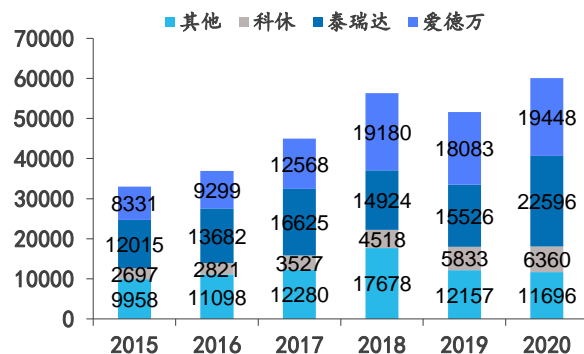
集成电路测试设备技术壁垒高，海外巨头垄断市场。测试设备具有模块需求多、测试精度高、测试速度快、适应客户要求、对数据的高要求等技术壁垒。分选机对精度、稳定性、切换能力、测试环境要求高。探针台对精度、稳定性、功能、工作环境要求高。全球测试设备市场由泰瑞达、爱德万、科休等海外巨头主导，国内厂商技术落后，市场份额极低，但有巨大的国产化潜力。

图139. 全球半导体测试设备市场结构（2021年）



资料来源: Gartner, 安信证券研究中心

图140. 历年全球半导体测试设备整体市场格局（十万美元）



资料来源: SEMI, 企业官网年报, 安信证券研究中心

泰瑞达是全球自动测试设备（ATE）的领导品牌，专注发展近 60 年，是唯一能够覆盖模拟、混合信号、存储器及 VLSI 器件测试的设备提供商，连续多年市场份额领先。公司的业务覆盖半导体测试、系统测试、无线测试与工业自动化四个领域，其中半导体测试是主要业绩来源。客户包括台积电、三星电子、Intel 等世界知名厂商。公司通过积极广泛的外延并购实现业务拓展，布局新市场，提供全领域、具有强竞争力的设备产品。

图141. 泰瑞达部分产品展示



资料来源: 泰瑞达公司官网, 安信证券研究中心

爱德万是全球最大的半导体自动测试设备供应商之一，自 1954 年成立以来，凭借优秀的经营理念和尖端技术，成为行业领导者。公司业务覆盖存储器、SoC、LCD 芯片、MCU 以及传感器 IC 等几乎所有芯片的测试，产品包括频谱分析仪、网络分析仪、光谱仪等测量仪器。2017-2021 年，公司营收和净利润年复合增长率均超过 15%，表现出强劲的增长势头。爱德万积极进行外延并购，开拓新业务领域，如 LCD、SoC 等测试机领域，实现市场份额的提升。目前，公司仍在系统级测试、5G 芯片测试、SSD 测试等领域积极布局，探索业务的全面覆盖。

图142. 爱德万部分产品展示



资料来源：爱德万公司官网，安信证券研究中心

科休是全球测试分选机、半导体测试系统的领先企业，成立于1947年，总部位于美国特拉华州。科休的产品包括半导体分选机、裸板PCB测试系统及接口产品等，其中分选机领域产品线丰富，涵盖平移式分选机、重力式分选机、塔盘式分选机、testin-strip分选机等。在过去的几十年中，科休通过一系列并购实现了多品牌运营，不断巩固在半导体后道测试市场的领导地位。2018年收购Xcerra进入半导体测试系统领域，进一步丰富了产品类型并扩大了市场空间。

图143. 科休部分产品展示



资料来源：科休公司官网，安信证券研究中心

中国测试机市场国产化率在模拟测试机领域较高，而SoC、存储、射频测试机的国产化率较低。在SoC测试机领域，长川科技和华兴源创是主要代表厂商；在RF测试机领域，华兴源创是国内唯一自主研发Sub6GHz射频信号板卡的厂商；在存储测试机领域，精鸿电子已实现关键核心产品技术转移、核心零部件研发制造国产化；模拟测试机领域的华峰测控是龙头，其STS8200系列设备已成为畅销机型。

表31：2020年测试机国产化情况

测试领域	主要厂商	国产自给率
SOC 测试机	长川科技、华兴源创、华峰测控、冠中集创、悦芯半导体、胜达克	10%
RF 测试机	华兴源创	4%
存储器测试机	精鸿电子（精测与韩国IT&T合资企业）、芯暉	8%
模拟测试机	华峰测控、长川科技、宏邦电子、宏泰（宏测）半导体、联动科技等	90%
	模拟测试机	
	分立器件测试机	
	数模混合测试机	

资料来源：创道硬科技，安信证券研究中心

11. 卫星通信/5.5G: SpaceX/华为引领通信创新, 新兴技术前景广阔

卫星互联网具有全球覆盖、无距离限制、快速部署等优势, 能提供广覆盖、低延时、高带宽、低成本等特点, 成为我国的战略性新兴产业, 低轨卫星通信是未来通信技术的热点, 成为构建卫星互联网首选。5.5G 领域, 华为推出 5.5G 解决方案, 5.5G 全系列产品解决方案使能网络能力十倍提升, 整网谱效、能效和运维效率最优, 助力运营商向 5.5G 高效平滑演进, 开启产业新愿景。我们看好新兴通信技术的行业前景, 建议投资者关注该产业链的相关投资机会。

11.1. 卫星互联网: 我国战略性新兴产业, 低轨卫星通信蓄势待发

卫星互联网具有全球覆盖、无距离限制、快速部署等优势, 为跨洲际、海洋等用户提供全球通信能力。在突发事件中, 卫星通信是不可或缺的核心技术, 有效提供信息传输手段。作为第三代互联网基础设施革命, 卫星互联网具备广覆盖、低延时、宽带、低成本等特点, 在民用和国防军事领域具有巨大潜在价值。

低轨卫星通信是构建卫星互联网的首选。与传统高轨系统相比, 新兴的低轨宽带卫星互联网采用低轨宽带通信星座, 虽然建设成本高, 但能提供更高速率和更大用户容量, 特别适合高纬度地区。低轨卫星以小型化、低延时、低成本为优势, 成为构建卫星互联网首选, 国外正在大力推动低中轨道卫星组网的巨型星座互联网发展。

表32: 不同轨道卫星对比

卫星轨道类型	轨道高度/km	卫星用途
低地球轨道 (LEO) 卫星	160-1,500	通信、遥感、高分辨率地球观测和科学研究
中地球轨道 (MEO) 卫星	5,000 - 20,000	定位和导航服务、与服务提供商、商业和政府组织的低延迟数据通信
地球静止轨道 (GEO) 卫星	位于地球表面上方 35,786 公里处	气象学、通信、导航
太阳同步轨道 (SSO) 卫星	600-800	了解天气模式的发展、预测飓风、监测和预防野火和洪水, 并收集有关森林砍伐和海岸线变化等长期问题的信息
地球静止转移轨道 (GTO) 卫星	近地点在 1,000 公里以下、远地点为地球同步轨道高度 36,000 公里的椭圆轨道。	辅助航天器从过渡轨道转移到最终目的地

资料来源: 开源地理空间基金会中文分会, 安信证券研究中心

卫星互联网产业链包括卫星制造、卫星发射、地面设备、卫星运营及服务四大环节。1) 卫星制造环节主要包括卫星平台、卫星载荷。2) 卫星发射环节包括火箭制造以及发射服务。3) 固定地面站包括天线系统、发射系统等, 移动站主要由集成式天线、调制解调器和其它设备构成; 用户终端包含设备上游关键零部件及下游终端设备。4) 卫星运营及服务主要包含卫星移动通信服务、宽带广播服务以及卫星固定服务等。

图144. 中国卫星互联网产业链图谱

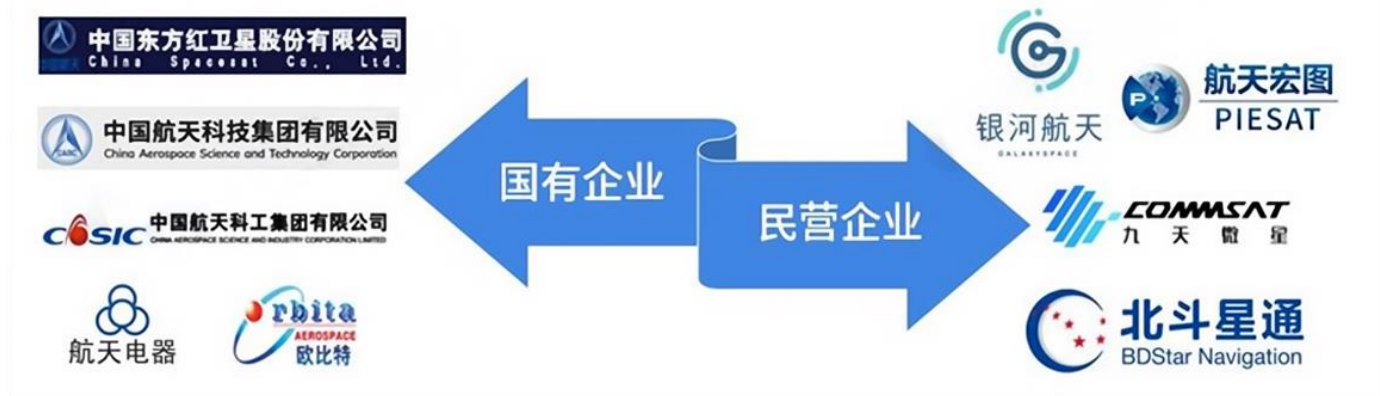


资料来源：36氪研究院，安信证券研究中心

需求端来看，全球卫星互联网市场正处于高速增长期。长期来看，根据 MarketsandMarkets 的预测，2023 年全球卫星互联网市场规模达 40 亿美元，到 2028 年有望突破 171 亿美元，5 年 CAGR 达 33.7%。未来，随着卫星互联网技术的不断发展和创新，其在各个领域的应用也将得到不断拓展和深化。1) **国防领域**：在军事应用中扮演关键角色，保障了实时通信、指挥控制和情报传输，通过高精度导航支持军事部队的准确定位与部署。卫星图像和地理信息为战场规划提供重要支持，全球覆盖保障通信和数据传输的稳定性。这不仅提高了军事行动的效率，还在紧急情况下提供了迅速协调与救援的通信渠道。2) **民用领域**：对推动全球通信和数字化具有重要影响。卫星互联网在全球通信、数字化包容性、应急通信与灾害管理、远程医疗保健以及社会经济发展等方面发挥着重要作用。通过解决地球“无互联网”区域的数字鸿沟，卫星互联网覆盖广泛，为偏远地区提供高速互联网接入，同时在应急情况下保障通信。其支持远程医疗服务，改善了医疗保健的可及性，有助于提高人们的生活质量，推动社会和经济的发展。

供给端来看，在政策和市场的双重推动下，越来越多的民营企业涉足卫星互联网领域。在政策和市场的双重推动下，越来越多的民营企业涉足卫星互联网领域，展现出创新能力和市场潜力。国有企业凭借技术积累和资源优势承担重大航天任务，而灵活的机制和市场敏感性使得民营企业积极推动技术创新和市场拓展，为卫星互联网行业注入新活力。

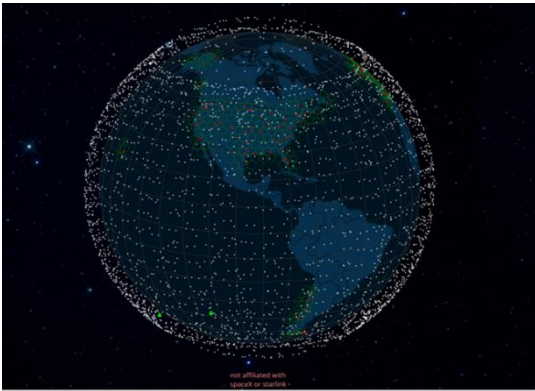
图145. 中国卫星互联网的竞争派系



资料来源：前瞻产业研究院，安信证券研究中心

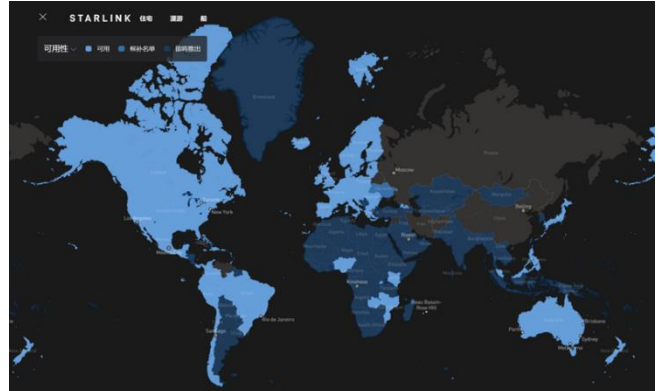
国际竞争体现在以星链计划为首的太空争夺战。各家公司均致力于构建全球性的卫星互联网网络，通过大规模卫星星座提供高速、全球覆盖的互联网服务。以埃隆·马斯克提出的“星链计划（Starlink）”为例，该计划旨在改善地球上数十亿人的网络连接，提升生活品质和水平，同时为未来火星殖民计划提供通信基础设施。这被认为是实现人类成为多行星物种目标的关键一步。SpaceX 计划在 2019-2024 年期间发射约 12000 颗卫星到近地轨道，构建一个巨型多层卫星网络，形成全球覆盖的星座。截至 2023 年 7 月，已有 5422 颗星链卫星运行，其中 5057 颗正常工作。与此对比，全球传统卫星数量仅为 6718 颗。

图146. Starlink 在轨卫星与地面站（红点）



资料来源: Satellitemap 网站, 安信证券研究中心

图147. Starlink 服务辐射范围



资料来源: Starlink 官网, 安信证券研究中心

表33: 国外低轨卫星商业模式对比

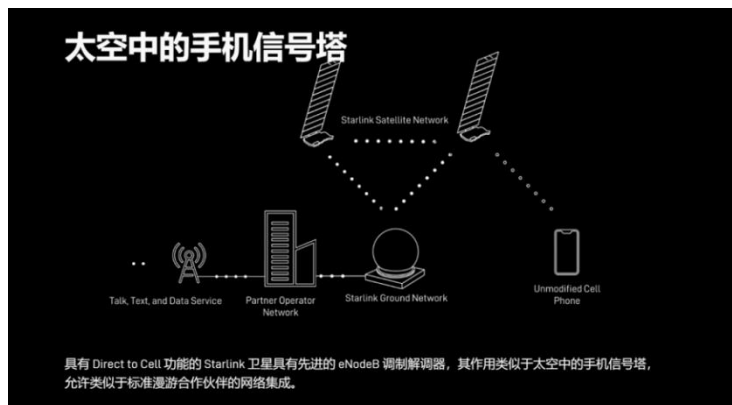
美国	Starlink	通过卫星网络提供高速互联网接入服务，同时为航空航天通信提供高速通信链路
	“柯伊伯计划” (Project Kuiper)	通过卫星互联网服务，为全球用户提供高速、可靠的互联网接入
	全球链接公司 (Lynk Global)	提供“太空基站”服务，为移动网络运营商提供漫游服务，以及将智能手机连接到太空
	AST Space Mobile	旨在消除全球超过 50 亿移动用户的连接壁垒，并将蜂窝网络覆盖到全球约一半尚未连接的用户。
波兰	SatRevolution	负责制造深空卫星，任务目标包括拍摄火星及其卫星的图像，研究火星的大气
英国	OneWeb	通过卫星网络提供高速互联网接入服务
俄罗斯	俄罗斯航天集团	通过卫星网络提供高速互联网接入服务
加拿大	通信卫星公司 (Telesat)	提供全球互联网服务
	开普勒通信公司	提供了稳定可靠的通信服务和创新集成的开发工具，满足各种通信需求和行业应用场景

资料来源: 各公司官网, 安信证券研究中心整理

星链通过覆盖传统通信难以触及的区域，提供高速、低延迟的互联网服务。Starlink 提供的宽带互联网通信遵循先到先服务原则，支持视频通话、在线游戏、流媒体等高数据速率活动，下载速度可达 100-200Mb/s，时延最小 20ms。

以卫星直连手机为代表，商用化正在逐步铺开。2023 年 10 月，SpaceX 推出了“Starlink Direct to Cell（星链直连手机）”业务，计划在 2024 年实现发送短信，2025 年实现通话、上网、连接物联网设备，而与之相应，华为今年推出的 Mate60 同样具备卫星直连手机的技术，已经可以实现通话和短信业务。在卫星通信方面，星链在信号强度和容量上被视为未来 6G 通信的代表，而天通一号则属于本质上的 2G 网络通信。尽管天通一号的同步卫星在稳定性上更高，但并不需要像星链一样部署大量卫星。这两者虽在卫星端存在对比，但其实严格意义上并非同一赛道。

图148. 星链直连手机业务



资料来源：Starlink 官网，安信证券研究中心

图149. 华为卫星通话业务



资料来源：华为官网，安信证券研究中心

11.2.5.5G：华为首发全系列方案，5.5G 时代即将开启

华为发布全球首个全系列 5.5G 产品解决方案，带来 10 倍网络性能提升。2023 全球移动宽带论坛（Global MBB Forum 2023）期间，华为无线网络产品线总裁曹明发布了全球首个全系列 5.5G 产品解决方案。曹明表示：“5.5G 正当其时，支撑新体验、新联接、新业务的发展。华为 5.5G 全系列产品解决方案使能网络能力十倍提升，整网谱效、能效和运维效率最优，助力运营商向 5.5G 高效平滑演进。”华为倡导的 5.5G (5G-Advanced) 时代，是包含 5.5G、F5.5G、Net5.5G 等全面演进升级的端到端解决方案。5.5G 时代一方面可以保护运营商的 5G 投资；另一方面将会带来 10 倍的网络性能提升。这不仅实现了下行万兆、上行千兆的峰值能力，以满足丰富多样的业务需求，同时还引入无源物联等全新技术以打开千亿物联新空间，开创新的产业愿景。

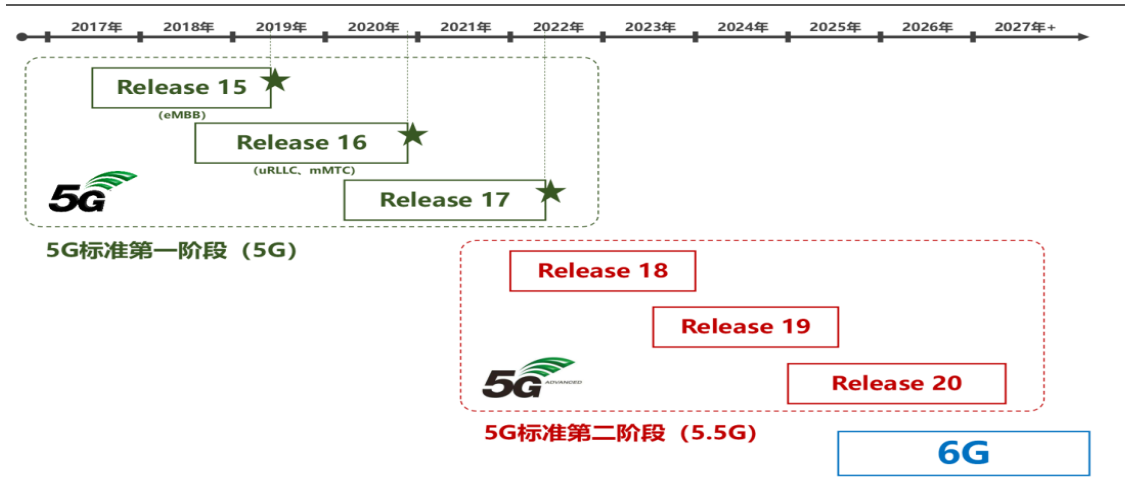
表34：华为 5.5G 三大方向

提升方向	名词解释	5.5G 性能提升
5.5G	无线通信 5.5G 协议。	作为端到端 5.5G 解决方案的行业倡导者，华为联合全行业积极探索 5.5G 各项关键技术能力的研发和验证。包括实现万兆下行的超大规模天线阵列技术、兑现千兆上行能力的灵活频谱接入技术，以及开启千亿物联的无源物联技术 Passive IoT 等无线 5.5G 的关键技术均取得了重大验证进展。
F5.5G	固定通信 5.5G 协议。参考 F5G，即第五代固定网络技术（The 5th generation fixed networks），也称为 F5G 全光网，代表千兆光纤网络。和 5G 类似，F5G 也是由欧洲电信标准协会提出的新一代通信标准，用来表示固网通信的代际。F5.5G 是 5.5G 产业链中对光纤网络的布局。	作为 F5.5G 超宽带网络时代、使能万兆体验的关键技术代表 50G PON，未来将被广泛应用于家庭、园区和生产领域，华为已与全球 30 多家运营商完成了技术验证和应用试点。除了 5.5G 在无线和光接入等领域的关键技术发展，5.5G 核心网通过智能原生技术，不断实现能力增强和能力开放，将 AI 能力通过网络送达联接末端，从而使网络能够更好地服务于千行百业。
Net5.5G	Net5.5G 协议是为新兴应用场景打造智能化网络基础设施，构建连接物理和数字空间的数字化神经系统。从网络部署场景来看，Net5.5G 的核心是使能端到端 IPv6+/SRv6 组网能力，支撑 5.5G 时代移动和固定网络、泛在算力网络、行业办公和生产网络的承载。	Net5.5G 提供万兆接入、超宽承载、AI 网络微秒级时延的关键能力，打造新一代行业数字化网络底座，满足各行各业对高品质的网络接入，助力数字化转型。

资料来源：华为官网，安信证券研究中心

2021 年 4 月，5G-Advanced 被 3GPP 确定为 5G 演进的名称。2021 年 12 月，3GPP SA2 全会通过投票，确定了 R18 版本的 28 个研究课题，确定 5G-Advanced 的第一波关键技术。5.5G 相当于将 R15-R17 作为 5G 标准的第一阶段，而 R18-R20 作为 5G 标准的第二阶段。等到 R20 结束后，就进入了 6G 时代（2028-2030 年左右）。

图150. 通行行业国际标准组织 3GPP 规划



资料来源：IT之家，安信证券研究中心

数字经济具有高创新性、强渗透性、广覆盖性的特点，有助于提升传统产业、壮大新兴产业、国内部分城市开始逐步建设。为进一步推进具有上海特色的新型基础设施建设，上海推出《上海进一步推进新型基础设施建设行动方案（2023年-2026年）》。该方案的主要目标包括但不限于：初步建成以5G-A和万兆光网为标志的全球双万兆城市。5G-A网络、万兆光网的覆盖广度和应用深度全球领先，支持“双循环”内连外通的国际网络枢纽节点能力进一步提升，成为全球网速最快、覆盖最全、时延最低的城市之一，率先迈入全球双万兆城市行列。

5.5G能力全面升级，带来全新应用场景。5.5G可以聚焦算网深度融合和万物智联感知的能力升级，为大规模AI多样性算力、沉浸式元宇宙和行业数字化等新兴应用场景打造智能化网络基础设施，构建连接物理和数字空间的数字化神经系统，开启智能世界发展新纪元。

表35：5.5G商用场景

能力提升	主要应用场景
上行链路性能提升	5.5G在上行链路性能对比当前5G有10倍的提升，达到上行10Gbps，当前的5G网络中上行流量贡献最大的是直播业务，5.5G的上行能力增强将助推各种直播类的应用走向移动化、高清化、规模化发展；此外在工厂场景，生产线上不仅机器视觉有超大带宽的上行传输需求，还有非常多的生产设备和传感设备都会产生大量的上行数据，因此面向工业4.0的数字化工厂，5.5G的大上行也是一个必不可少的能力。
物联网容量大规模增长	一是5.5G将支持最全面的物联网能力，模组类型将涵盖从工业级高速连接到RedCap、无源物联，RedCap和无源物联将在未来几年逐步商用并规模发展；二是RedCap在带宽、功耗、成本等方面都介于eMBB和LPWA之间，可以推动摄像头、可穿戴设备、工厂数传终端的规模应用；三是创新的无源物联，从周围环境中获取能量，不需要电池也能反馈信号，在此基础上，无源物联技术还可以传输温度、湿度等传感类信息。
高可靠低时延连接	5.5G的网络能力从电信级提升到工业级，网络时延降低到微秒级，满足工业机器人控制需要的极低时延要求，网络可用性从99.99%提升到99.9999%，满足电网高频调度的高可靠性需求。在此场景下，连接时延要达到1ms级别，而且还要支持高速移动（500KM/H）情况下的高可靠性（99.999%）连接。这一场景更多面向车联网、工业控制、远程医疗等特殊应用，其中车联网市场潜力巨大，安全性要求极高。
通信感知融合能力	通信的本质是通过电磁波在收发两端进行信息的传递，技术上对无线信道的掌握和应用；感知是通过电磁波来对目标对象或者周边环境进行刻画，它的信号处理和通信有一定程度相似。5G技术发展到了MIMO阶段，无线基站的天线系统已经是个天线阵列，为感知功能提供了硬件条件；此外，3GPP SA已启动了基站感知的场景和需求的标准化研究，同时更多的感知应用场景还在不断探索和增加中，目前研究和关注的主要场景有交通、低空无人机、高铁的入侵检测等。未来通信融合感知功能逐步实现和部署后，将给运营商提供新的市场空间。
帮助元宇宙迈向规模商用	首先，5.5G的大带宽和低时延能力，可以支撑云渲染和更高清的用户体验。云渲染的效率正在快速的提升，内容的分辨率也正从4K走向8K，未来几年会走向16K甚至更高。这就需要5G-A具备10Gbps和毫秒级时延传输能力，满足元宇宙对称传输带宽和实时交互的需求；第二，随着协议的演进，5.5G还可以在视觉、听觉的基础上把触觉感知信息进行实时传递，推动元宇宙业务体验走向多模态；第三，在确保XR用户体验的同时，我们也需要进一步提升网络容量和降低业务普及的门槛。5.5G可以通过分层QoS等智能协同创新来确保XR业务重要帧获得优先传输，对比非协同机制，体验满意用户数提升5倍以上。对于元宇宙产业来说，用户在网络性能偏弱的区域也能获得优质的体验，内容运营方的业务发放成本也会大幅下降。

资料来源：C114通信网，安信证券研究中心

随着基站通讯频段向 5.5G 演进，对基站射频的性能和数量都产生了新的需求，天线、滤波器、PCB 等环节有望受益。在应用场景方面，5.5G 相比目前的 5G 能力，将给运营商带来 10 倍的网络性能提升，将为沉浸式互联网、通感一体、智能驾驶、云应用等一系列新技术带来商机。

表36：5.5G 产业链概览

产业链位置	产业名称	公司名称
5.5G 产业链相关标的	天线	硕贝德、信维通信、通宇通讯、盛路通信、信科移动
	射频	武汉凡谷、大富科技、阿莱德
	通信模组	灿勤科技
	滤波器	美格智能
	连接器	意华股份
	LCP 材料	普利特、沃特股份
	覆铜板	华正新材
	主设备	中兴通讯
	算力	中贝通信、光环新网、奥飞数据、工业富联
	光模块	中际旭创
5.5G 前沿应用相关标的	运营商	中国移动、中国联通、中国电信
	高清显示控制	卡莱特
	智能+驾驶	德赛西威
	网算智创新融合	中兴通讯

资料来源：Wind，安信证券研究中心

图1. 行业评级体系 ■■■

收益评级:

领先大市 —— 未来 6 个月的投资收益率领先沪深 300 指数 10%及以上;

同步大市 —— 未来 6 个月的投资收益率与沪深 300 指数的变动幅度相差-10%至 10%;

落后大市 —— 未来 6 个月的投资收益率落后沪深 300 指数 10%及以上;

风险评级:

A —— 正常风险, 未来 6 个月的投资收益率的波动小于等于沪深 300 指数波动;

B —— 较高风险, 未来 6 个月的投资收益率的波动大于沪深 300 指数波动;

图2. 分析师声明 ■■■

本报告署名分析师声明, 本人具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格, 勤勉尽责、诚实守信。本人对本报告的内容和观点负责, 保证信息来源合法合规、研究方法专业审慎、研究观点独立公正、分析结论具有合理依据, 特此声明。

图3. 本公司具备证券投资咨询业务资格的说明 ■■■

安信证券股份有限公司(以下简称“本公司”)经中国证券监督管理委员会核准, 取得证券投资咨询业务许可。本公司及其投资咨询人员可以为证券投资人或客户提供证券投资分析、预测或者建议等直接或间接的有偿咨询服务。发布证券研究报告, 是证券投资咨询业务的一种基本形式, 本公司可以对证券及证券相关产品的价值、市场走势或者相关影响因素进行分析, 形成证券估值、投资评级等投资分析意见, 制作证券研究报告, 并向本公司的客户发布。

目 免责声明 ■■■

何机构或个人接收到本报告而视其为本公司的当然客户。

本报告基于已公开的资料或信息撰写，但本公司不保证该等信息及资料的完整性、准确性。本报告所载的信息、资料、建议及推测仅反映本公司于本报告发布当日的判断，本报告中的证券或投资标的价格、价值及投资带来的收入可能会波动。在不同时期，本公司可能撰写并发布与本报告所载资料、建议及推测不一致的报告。本公司不保证本报告所含信息及资料保持在最新状态，本公司将随时补充、更新和修订有关信息及资料，但不保证及时公开发布。同时，本公司有权对本报告所含信息在不发出通知的情形下做出修改，投资者应当自行关注相应的更新或修改。任何有关本报告的摘要或节选都不代表本报告正式完整的观点，一切须以本公司向客户发布的本报告完整版本为准，如有需要，客户可以向本公司投资顾问进一步咨询。

在法律许可的情况下，本公司及所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券或期权并进行证券或期权交易，也可能为这些公司提供或者争取提供投资银行、财务顾问或者金融产品等相关服务，提请客户充分注意。客户不应将本报告为作出其投资决策的惟一参考因素，亦不应认为本报告可以取代客户自身的投资判断与决策。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见均不构成对任何人的投资建议，无论是否已经明示或暗示，本报告不能作为道义的、责任的和法律的依据或者凭证。在任何情况下，本公司亦不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。

本报告版权仅为本公司所有，未经事先书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制、发表、转发或引用本报告的任何部分。如征得本公司同意进行引用、刊发的，需在允许的范围内使用，并注明出处为“安信证券股份有限公司研究中心”，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。

本报告的估值结果和分析结论是基于所预定的假设，并采用适当的估值方法和模型得出的，由于假设、估值方法和模型均存在一定的局限性，估值结果和分析结论也存在局限性，请谨慎使用。

安信证券股份有限公司对本声明条款具有惟一修改权和最终解释权。

安信证券研究中心

深圳市

地 址： 深圳市福田区福田街道福华一路 19 号安信金融大厦 33 楼

邮 编： 518026

上海市

地 址： 上海市虹口区东大名路 638 号国投大厦 3 层

邮 编： 200080

北京市

地 址： 北京市西城区阜成门北大街 2 号楼国投金融大厦 15 层

邮 编： 100034