



电子行业研究

买入（维持评级）

行业深度研究

证券研究报告

电子组

分析师：樊志远（执业 S1130518070003） 分析师：邓小路（执业 S1130520080003）

fanzhiyuan@gjzq.com.cn

dengxiaolu@gjzq.com.cn

Gemini 1.5/Sora 预示 AI 模型迭代加速，高速通信驱动 PCB 成长

投资逻辑

高速通信仍是驱动 PCB 未来增长的关键领域。近日 Google 和 OpenAI 相继推出效果超预期的 Gemini 1.5 和 Sora 大模型，迭代加速继续吹响 AI 抢跑号角，PCB 作为高速通信硬件基础支撑有望享受高景气度。高速通信成为了继 PC、智能手机之后带动 PCB 行业在新的一轮周期快速增长的主要因素，数据上体现在 2018~2022 年有线通信和服务器领域 PCB 产值复合增速显著高于其他细分领域，分别达到 6.2% 和 11.1%。鉴于云计算市场规模预计未来增速仍然保持在 18% 以上、Bloomberg 对海外云计算厂商资本开支的增速预期较高、AI “军备赛” 正如火如荼，我们认为当前 PCB 行业未来仍然处在高速通信所驱动的增长趋势中，根据 CPCA 所引用的细分领域复合增速可以看到，服务器 PCB 的增速仍然位居全行业第一、达到 6.5%，可见高速通信将成为 PCB 行业发展中不可忽视的重要趋势。

服务器 PCB 单机价值量提升，来自 AI 性能提升和 CPU 平台升级。服务器出货量能够稳定增长，但这不足以使得服务器行业成为我们关注的重点，我们认为服务器作为代表高速通信的关键设备，之所以能够成为 PCB 行业增长的主要动力的关键在于其单机价值量将迎来显著变化，趋势主要来自两个方面：1) 近年来 AI 服务器增速明显高于传统服务器，并且单机价值量要远高于传统服务器，单机价值量提升主要体现在 PCB 数量增加、性能提升以及引入了 HDI 产品，我们测算 AI 服务器单机 PCB 价值量达到 7000~10000 元（普通服务器仅为 1125 元）；2) 服务器 CPU 平台升级带动 CPU 主板价值量提升，根据产业链公告，PCIe 3.0、PCIe 4.0、PCIe 5.0 对应的 PCB 层数为 8~12 层、12~16 层、16~20 层，对应的 CCL 等级为 Mid Loss、Low Loss、Very Low Loss/Ultra Low Loss。综合来看，预计 2027 年服务器 PCB 市场空间将达到 135 亿美元，相对 2023 年 82 亿美元市场规模仍有 65% 的扩容空间。

AI 提升单网络交换容量，芯片端已全面迈入 51.2T 高速交换期。交换机涉及到的 PCB 包括交换单元板、接口板（线卡）、主控单元板、背板（非必须）。我们认为交换机在近年来高速通信的大趋势下正迎来快速扩容：1) 参考英伟达 AI 训练组网架构，胖树架构又再次成为主要架构，因其存在三层网络且带宽不收敛，加之 AI 网络中已经全面采用高性能交换机（如英伟达 DGX H100 SuperPOD 推荐单端口 400G、总带宽达到 51.2Tb/s 的 QM9700），因此 AI 训练网络总带宽显著高于普通网络，就会使得 PCB 价值量显著提高；2) 我们观察到供给端各大芯片厂商已经推出 51.2T 交换芯片，表明交换机市场已经全面进入高速大容量阶段，根据产业链信息，3.2T/6.4T 的交换机芯片对应的交换单元板会用到 14~16 层板 PCB、Very Low Loss 等级的覆铜板，而 51.2T 的交换机芯片对应的交换单元板会用到 34~40 层 PCB、Super Ultra Low Loss 等级的覆铜板，为高端 PCB 打开市场空间。通过“PCB/交换机市场”比例测算法、考虑 800G 及以上端口速率产品推出会带来更大增量，预计至 2027 年交换机 PCB 市场将远超 14.9 亿美元。

投资建议与估值

高速通信领域快速增长带来了 PCB 行业的快速发展势头，我们认为主要的关注点在于云计算、AI 应用下数据服务器和交换机这两类设备所用 PCB 升级变化，我们认为：1) 服务器市场，AI 引入 GPU 层增加单服务器 PCB 价值量，同时服务器 CPU 芯片平台持续迭代，带来服务器 PCB 市场迎来增长；2) 交换机市场，AI 组网采用胖树架构会导致单网总带宽提高，同时交换机芯片供应商纷纷推出 51.2T 的高速大容量芯片推动交换机 PCB 单机价值量提升。我们建议关注在高速通信领域布局较深的 PCB、CCL 和上游原材料厂商，如沪电股份、深南电路、生益电子、生益科技、联瑞新材等。

风险提示

AI 发展不及预期；服务器和交换机供应端升级进度不及预期；竞争加剧。



内容目录

前言：Gemini 1.5/Sora 模型效果超预期，高速通信基建仍然是高景气阶段.....	5
一、高速通信推动成长，层数增加+材料升级+工艺复杂提升 PCB 价值量.....	5
1.1、高速通信仍是驱动 PCB 未来增长的关键领域.....	5
1.2、高速通信快速成长主要来自于云计算/AI 等需求带动.....	6
1.3、PCB 主要以服务器/交换机等设备为承载物参与高速通信基础设施建设.....	7
1.4、“高速化”要求 PCB 完整且更快传输更多数据，落脚点在带宽和 I/O 数.....	8
二、服务器 PCB 单机价值量提升，来自 AI 性能提升和 CPU 平台升级.....	10
2.1、AI 服务器增速更快，单机价值量提升来自单价用量增加和性能要求提高.....	10
2.2、服务器 CPU 平台全面升级至 PCIe 5.0，PCB 层数和 CCL 等级都将相应提升.....	13
三、AI 提升单网络交换容量，芯片端已全面迈入 51.2T 高速交换期.....	15
3.1、AI 组网容量大幅提升，交换机 PCB 价值量提升趋势明确.....	16
3.2、供给端争相推出 51.2T 交换芯片，交换容量提升打开高端 PCB 空间.....	18
3.3、高速大容量交换机快速成长，测算可得交换机 PCB 至 27 年空间超 14.9 亿美元.....	19
四、投资建议及风险提示.....	21
4.1、投资建议.....	21
4.2、风险提示.....	21

图表目录

图表 1：谷歌推出 Gemini 1.5.....	5
图表 2：OpenAI 主页介绍文生视频模型 Sora.....	5
图表 3：全球 PCB 产值及未来预期（亿美元）.....	5
图表 4：2018~2023E PCB 细分领域复合增速.....	6
图表 5：2022~2027 年 PCB 细分领域预期复合增速.....	6
图表 6：全球云计算市场规模及增速.....	6
图表 7：海外四大云计算厂商资本开支（十亿美元）.....	7
图表 8：国内三大云计算厂商资本开支（亿美元）.....	7
图表 9：海外四大云计算厂商资本开支预期增幅.....	7
图表 10：国内三大云计算厂商资本开支预期增幅.....	7
图表 11：通信设备所用 PCB 的类型分布.....	7
图表 12：全球交换机市场增速（分应用场景）.....	7
图表 13：华为 CloudEngine 16804 数据中心交换机.....	8
图表 14：鲲鹏服务器主板（型号：S920X00）.....	8



图表 15: 通信设备所用 PCB 的类型分布	8
图表 16: 服务器/存储所用 PCB 的类型分布	8
图表 17: 单体通信设备中两个节点之间的传输	9
图表 18: 高速 CCL 的等级分类	9
图表 19: HDI 阶数提升会导致更多工艺产能消耗, 工艺附加值提高	9
图表 20: 全球服务器出货量	10
图表 21: AI 服务器出货量增速显著更高	10
图表 22: AI 服务器相对传统服务器多了 GPU 层	11
图表 23: AI 服务器 GPU 层新增部件为 OAM 和 UBB	12
图表 24: 英伟达 DGX H100 中各信号节点的连接方式	12
图表 25: PCIe 总线标准带宽与 NVLink 带宽对比	12
图表 26: AI 服务器所用 PCB 和 CCL 规格	13
图表 27: 各类服务器单机 PCB 价值量对比 (元, 不含载板)	13
图表 28: 全球服务器 CPU 市场格局	13
图表 29: Intel 和 AMD 在 2023 年推出 PCIe 5.0 平台芯片	13
图表 30: PCIe 总线标准对应传输速率 (GT/s)	14
图表 31: PCIe 总线标准对应单链路带宽 (GB/s)	14
图表 32: PCIe 总线升级导致 PCB 层数提升	14
图表 33: PCIe 总线升级导致覆铜板材料升级	14
图表 34: 全球服务器 PCB 市场空间 (亿美元)	14
图表 35: 交换机功能示意图	15
图表 36: 交换机工作机制原理	15
图表 37: 交换机中 PCB 组成结构 (以华为 CloudEngine S16700-8 为例)	15
图表 38: RDMA 和 TCP/IP 机制对比	16
图表 39: RDMA 协议栈	16
图表 40: InfiniBand 和以太网下 RoCEv2 对比示意图	16
图表 41: 数据中心胖树架构示意图	17
图表 42: 数据中心叶脊架构示意图	17
图表 43: 英伟达 DGX A100 Super-POD 网络采用胖树架构	17
图表 44: 英伟达 QM9700 交换机单机吞吐量已经达到 51.2Tb/s	18
图表 45: 2023 年第三季度全球交换机市场格局 (按收入)	18
图表 46: 交换机设备商芯片方案	18
图表 47: 全球交换机商用芯片市场格局	18
图表 48: 博通交换芯片研发历程	18
图表 49: 交换机不同速率端口复合增速对比 (按端口数)	19



图表 50: 交换机不同速率端口复合增速对比 (按收入)	19
图表 51: 高速率端口将成为主要的交换机端口 (按收入)	19
图表 52: 锐捷网络原材料采购成本分布	20
图表 53: 三旺通信原材料采购成本分布	20
图表 54: 锐捷网络原材料占营业成本比例 (取纯代工和自主生产业务数据)	20
图表 55: 三旺通信原材料占营业成本占比	20
图表 56: 根据锐捷网络数据计算 PCB 占交换机市场比例	20
图表 57: 根据三旺通信数据计算 PCB 占交换机市场比例	20
图表 58: 全球交换机 PCB 市场空间 (十亿美元, 未考虑 800G 及以上交换机)	21
图表 59: 重点公司估值情况 (行情数据取自 2024 年 2 月 8 日收盘价)	21

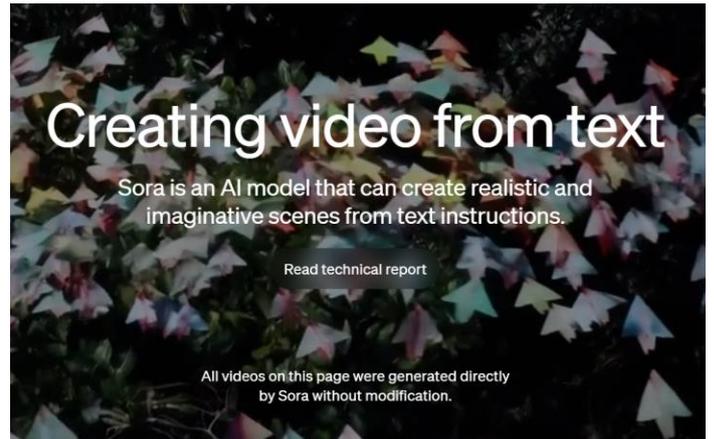
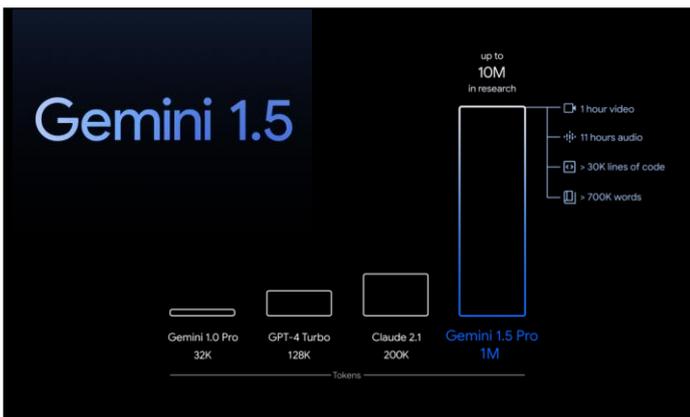


前言：Gemini 1.5/Sora 模型效果超预期，高速通信基建仍然是高景气阶段

北京时间 2 月 16 日凌晨前后，谷歌和 OpenAI 发布了新模型——Gemini 1.5 和 Sora，其中 Gemini 1.5 将上下文长度拓展到 100 万个 tokens，Sora 能够实现 60s 超长长度、单视频多角度镜头和世界模型的文生视频大模型，两大模型效果超预期，昭示着 AI 迭代正在加速、竞争如火如荼。在 AI 仍然在军备赛跑的情况下，AI 基建仍然处于高景气的状态，而 AI 基建除了 AI 训练服务器之外，还包括为了完成组网而搭配的其他设备(如交换机等)，我们统称这些设备为高速通信领域所用设备，在当前 AI 模型迭代赛跑、数据挖掘更深更广的当前，高速通信领域仍然处于高景气度阶段，是作为基础硬件支撑的 PCB 行业需要高度重视的关键领域。

图表1：谷歌推出 Gemini 1.5

图表2：OpenAI 主页介绍文生视频模型 Sora



来源：谷歌博客社区，国金证券研究所

来源：OpenAI 官网，国金证券研究所

一、高速通信推动成长，层数增加+材料升级+工艺复杂提升 PCB 价值量

1.1、高速通信仍是驱动 PCB 未来增长的关键领域

PCB 作为电子元器件之母，行业升级主要由下游电子终端产品的变化驱动，观察行业近年来的发展情况，我们发现高速通信成为了驱动 PCB 行业发展的重要力量，从 2018~2019 年 5G 带动的高频无线和高速有线应用场景发展，再到 2020~2023 年的服务器升级和 AI 基建扩容，高速通信成为了继 PC、智能手机之后带动 PCB 行业在新的一轮周期快速增长的主要因素，数据上体现在 2018~2022 年有线通信和服务器领域 PCB 产值复合增速显著高于其他细分领域，分别达到 6.2%和 11.1%。

展望未来，我们认为当前 PCB 行业未来仍然处在高速通信所驱动的增长趋势中，根据 CPCA 所引用的细分领域复合增速可以看到，服务器 PCB 的增速仍然位居全行业第一、达到 6.5%，可见高速通信将成为 PCB 行业发展中不可忽视的重要趋势。

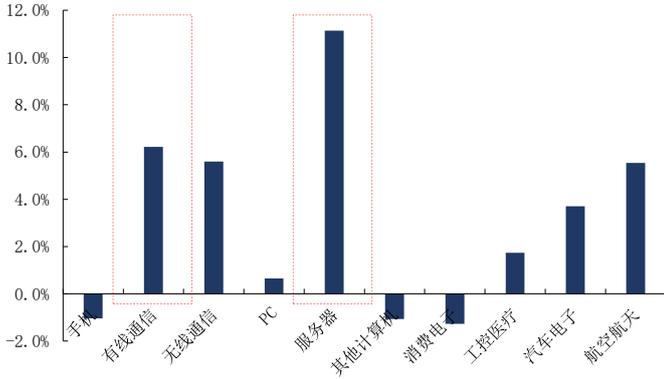
图表3：全球 PCB 产值及未来预期（亿美元）



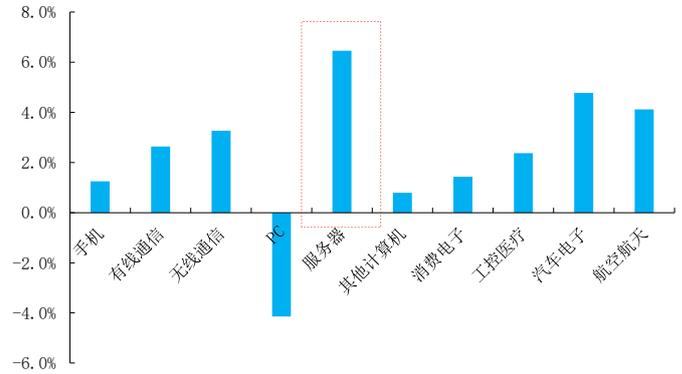
来源：CPCA 历年数据，国金证券研究所



图表4: 2018~2023E PCB 细分领域复合增速



图表5: 2022~2027年 PCB 细分领域预期复合增速



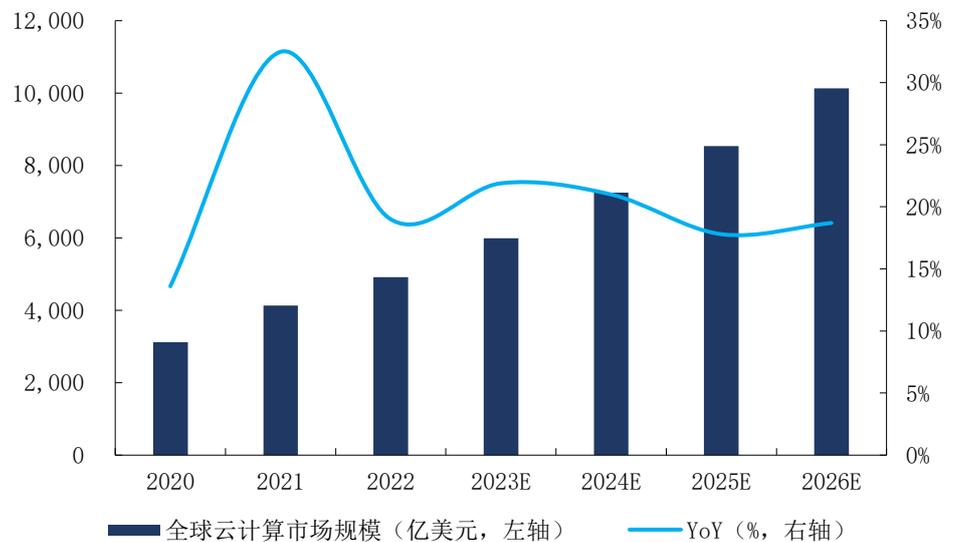
来源: CPCA 历年数据, 国金证券研究所

来源: CPCA 历年数据, 国金证券研究所

1.2、高速通信快速成长主要来自于云计算/AI 等需求带动

高速通信具体到下游的应用场景包括运营商基础网络、家庭网络、企业网络、工业网络以及数据中心网络, 需求对应到云计算、AI 等领域。根据信通院引用的 Gartner 数据, 云计算市场规模在未来几年仍然有望保持在 18% 以上的复合增速, 同时根据 Bloomberg 对海内外云计算厂商资本开支的预期可以想见云计算相关基础建设仍然在高景气阶段, 加之当前 AI “军备赛” 正如火如荼, 高速通信产业链高速发展确定性强。

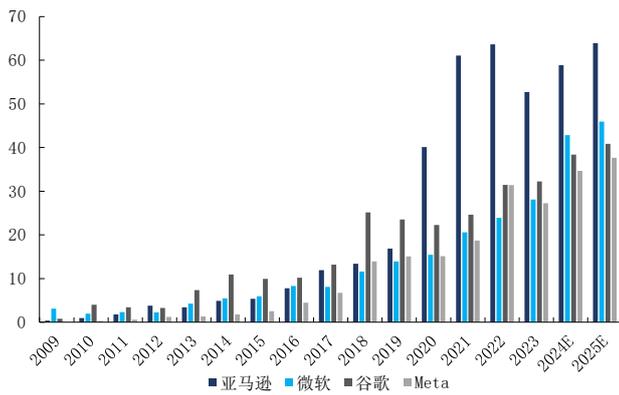
图表6: 全球云计算市场规模及增速



来源: 信通院《云计算白皮书 (2023 年)》, Gartner, 国金证券研究所

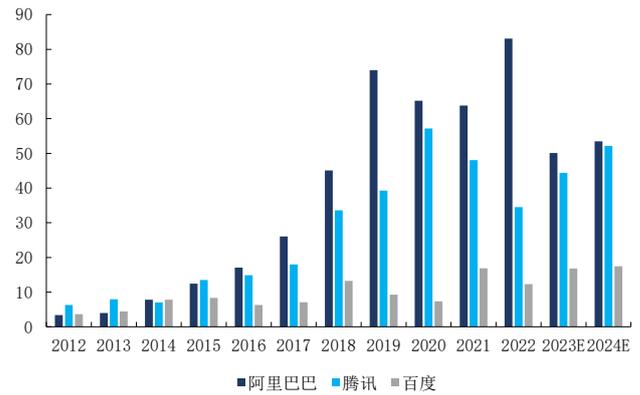


图表7: 海外四大云计算厂商资本开支 (十亿美元)



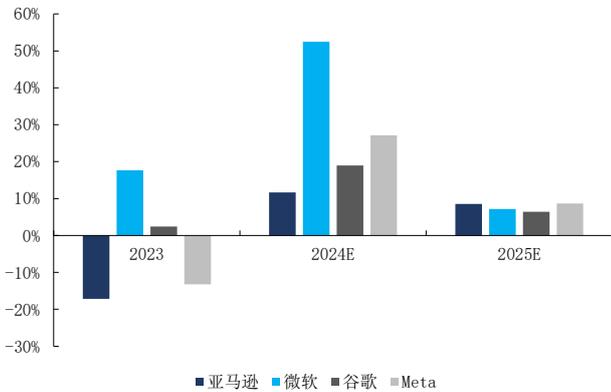
来源: Bloomberg, 国金证券研究所

图表8: 国内三大云计算厂商资本开支 (亿美元)



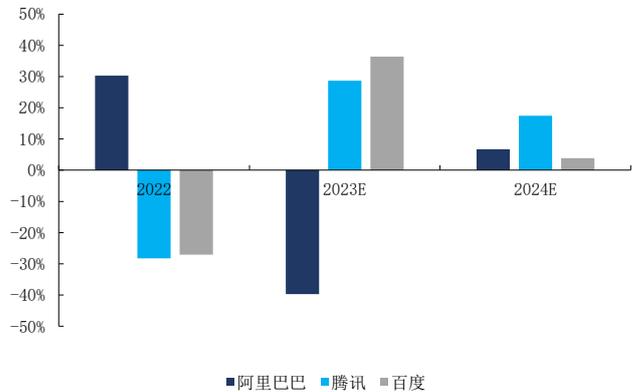
来源: Bloomberg, 国金证券研究所

图表9: 海外四大云计算厂商资本开支预期增幅



来源: Bloomberg, 国金证券研究所

图表10: 国内三大云计算厂商资本开支预期增幅

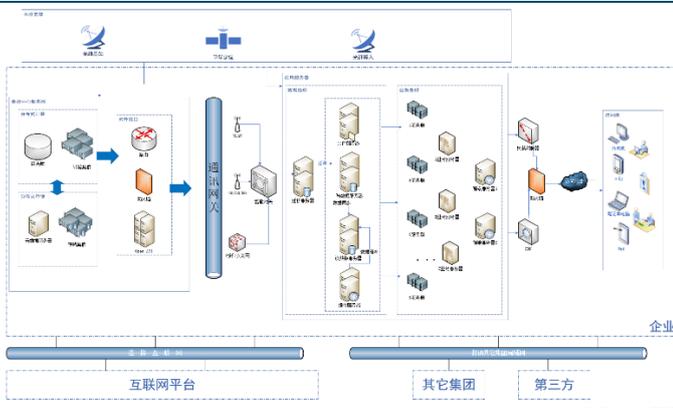


来源: Bloomberg, 国金证券研究所

1.3、PCB 主要以服务器/交换机等设备为承载物参与高速通信基础建设

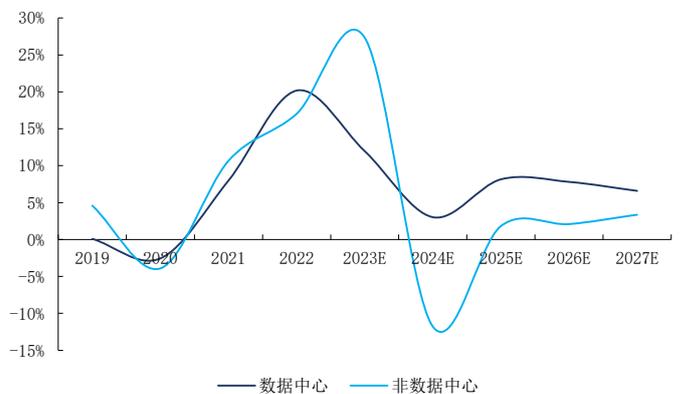
随着高速通信领域的增长, PCB 作为从属于高速通信的硬件产业链的一环, 以设备为承载物参与高速通信基础建设。由于当前高速通信场景中数据中心网络的发展明显快于其他应用场景, 而数据中心中主要设备为服务器/存储、交换机/路由器, 因此我们在考量高速通信为 PCB 行业带来的增长机会时, 主要以服务器和交换机中的 PCB 为着眼点。

图表11: 通信设备所用 PCB 的类型分布



来源: CDSN, 国金证券研究所

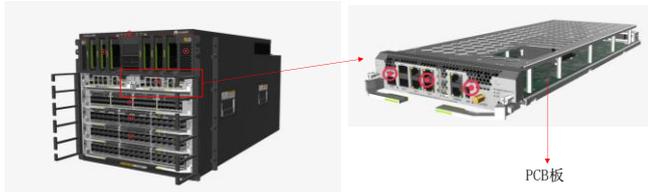
图表12: 全球交换机市场增速 (分应用场景)



来源: IDC, 国金证券研究所



图表13: 华为 CloudEngine 16804 数据中心交换机



图表14: 鲲鹏服务器主板 (型号: S920X00)



来源: 华为官网, 国金证券研究所

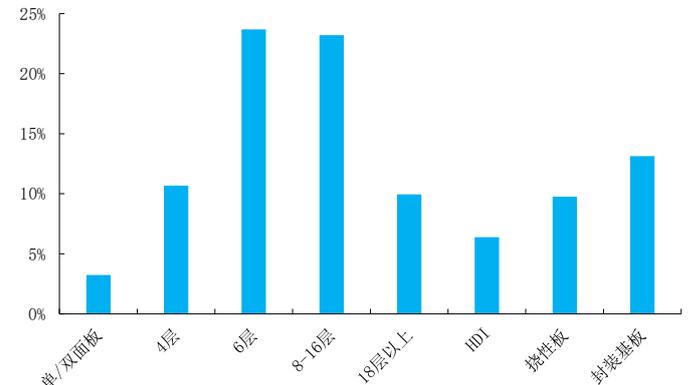
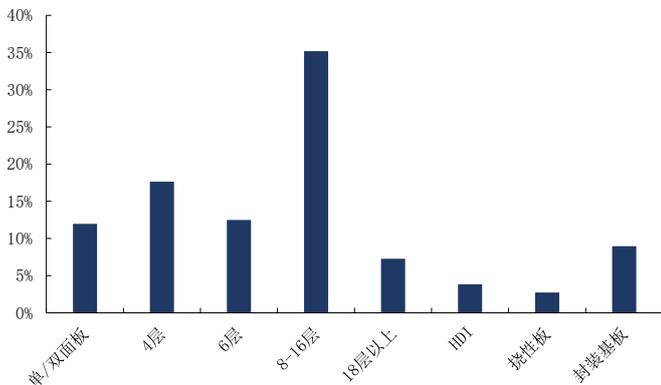
来源: 华为官网, 国金证券研究所

1.4、“高速化”要求 PCB 完整且更快传输更多数据，落脚点在带宽和 I/O 数

一般来说高速通信领域所用 PCB 板中高多层占比相对更大一些，而高多层板的价值量要高于低层板，因此高速通信行业本身的增长就能够为 PCB 行业带来价值量的提升。在此基础上，我们还观察到高速通信领域的“高速化”仍然在持续提升，这就为 PCB 行业带来加倍的增长动力。为了读者更好理解后文我们展开陈述的服务器和交换机行业变化对 PCB 的影响，我们在本小节先为读者理清“高速化”到底是如何对 PCB 价值量产生影响的。

图表15: 通信设备所用 PCB 的类型分布

图表16: 服务器/存储所用 PCB 的类型分布



来源: 深南电路招股说明书, 国金证券研究所

来源: 深南电路招股说明书, 国金证券研究所

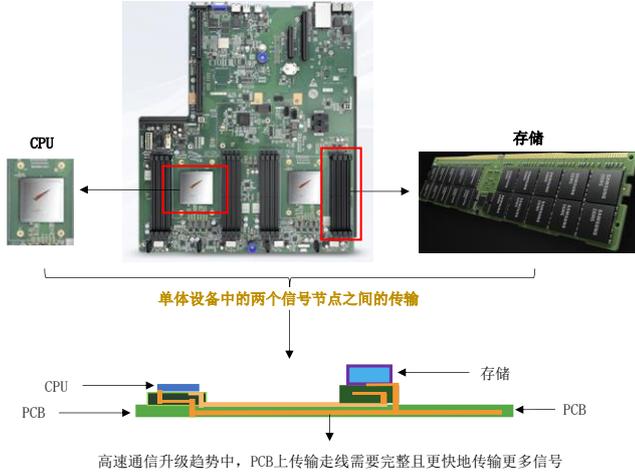
高速通信实际上是电子行业发展中一直以来的重要趋势，在数据量井喷的背景下，“高速化”对通信设备的传输介质提出了能够满足完整且更快传输更多数据的要求，PCB 作为单体通信设备中两个传输节点之间的线路介质，其性能会显著影响传输的效率，主要体现在三个方面：

- 1) 高速需要更高层数的 PCB 来承载电信号。当前高速通信网络主要通过提高带宽来提升传输速度，而带宽提升之后单位数据量就会提升，作为承载电信号的介质，PCB 板就需要更多的铜层来负责电信号走线，层数增加就会进一步提升 PCB 的价值。
- 2) 高速通信需要更高速的 CCL 材料。单位时间内传输的数据量提升会导致信号传输损耗提升，信号完整性受到挑战，而根据公式可知“单位距离信号传输损耗 \propto 信号频率*介电损耗*介电常数”可知要保证完整性需要降低传输介质的介电损耗和介电常数指标，对于 PCB 来说就需要用到更高级的覆铜板材料。行业内专门对支持高速通信的覆铜板进行了等级划分，按照介电损耗的数值范围从下到上可分为 mid loss、low loss、very low loss、ultra low loss 和 super ultra low loss，越高等级材料价值就越高，从而带动 PCB 价值也相应升级。
- 3) 高性能芯片单位面积 I/O 数会增加，需要更高密度互连 PCB。更高速的通信会搭配更高性能的芯片，而在摩尔定律的影响下，高性能芯片会采用更先进的制程，最终会存在更多的 I/O 引脚数延伸至与 PCB 连接，而 PCB 板为了在单位面积内匹配更多的 I/O

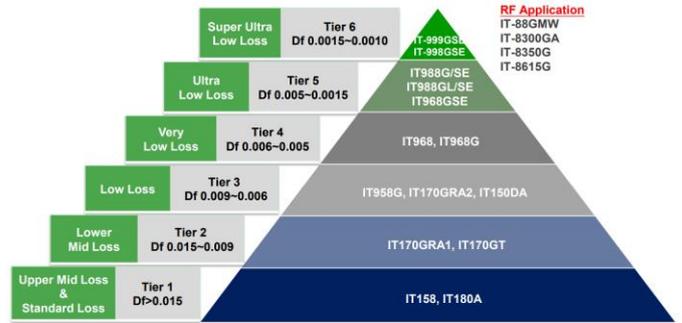


引脚数，需要在单位面积中做更多的连接点、走线的线宽线距也得更细，最终使得高密度互联（HDI）这种主要应用在移动通信（有轻薄短小要求的场景）的 PCB 技术越来越多地运用于高速通信领域，HDI 工艺会增加线路中埋盲孔制作、产能消耗大，运用这类工艺会抬升高通信用 PCB 板的工艺附加值。

图表17: 单体通信设备中两个节点之间的传输



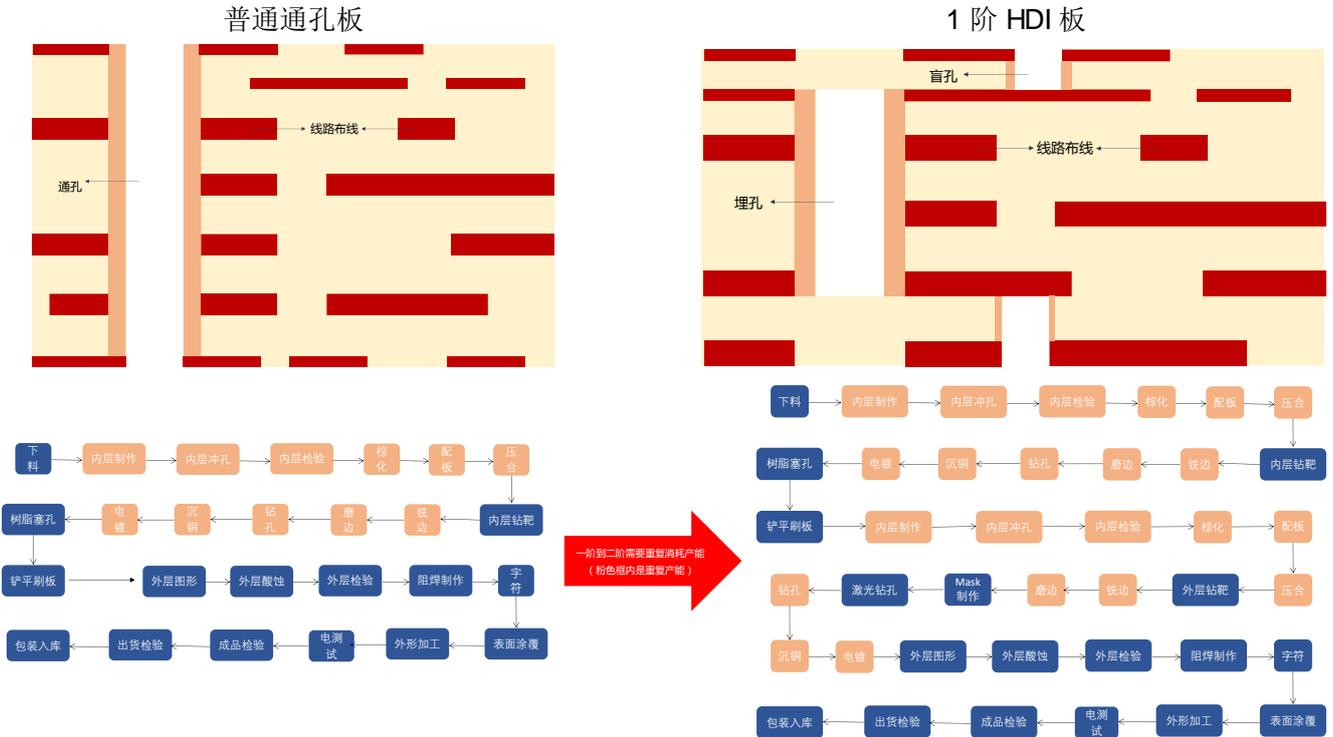
图表18: 高速 CCL 的等级分类



来源：华为官网，三星官网，国金证券研究所

来源：联茂官网，国金证券研究所

图表19: HDI 阶数提升会导致更多工艺产能消耗，工艺附加值提高



来源：国金证券研究所

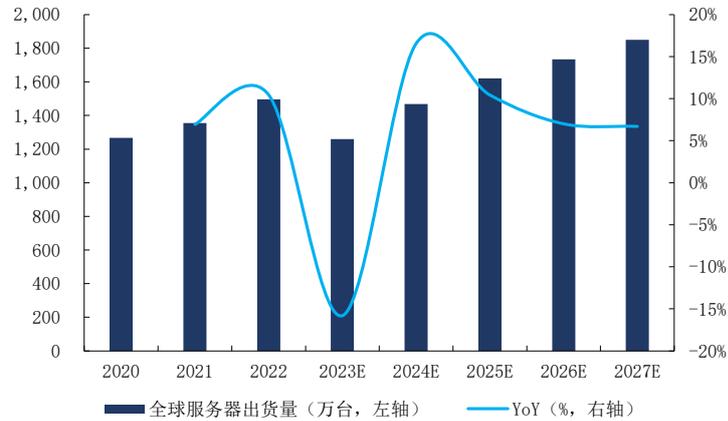
总结来看，高速通信领域快速增长带来了 PCB 行业的快速发展势头，我们认为主要的关注点在于云计算、AI 应用下数据服务器和交换机这两类设备所用 PCB 升级变化，基于此，本文将对服务器和交换机中 PCB 的变化进行详细论述。值得注意的是，PCB 在需求领域的应用是以设备为承载物的，则我们在观察下游领域变化对 PCB 的影响时主要遵循“PCB 市场规模=设备出货量*单台设备价值量”的公式，分别对设备本身出货量和单台设备价值量的变化进行判断。



二、服务器 PCB 单机价值量提升，来自 AI 性能提升和 CPU 平台升级

服务器是数据中心网络布局中最重要的设备，首先对设备出货量进行判断，根据 IDC 的预测，在 2023 年全球服务器数量同比下滑 16% 的情况下，预计 2024 年同比增长 17% 且至 2027 年复合增速仍然能够保持在 8% 以上，可以想见服务器市场仍然处于相对良性的稳定增长趋势中。

图表20：全球服务器出货量



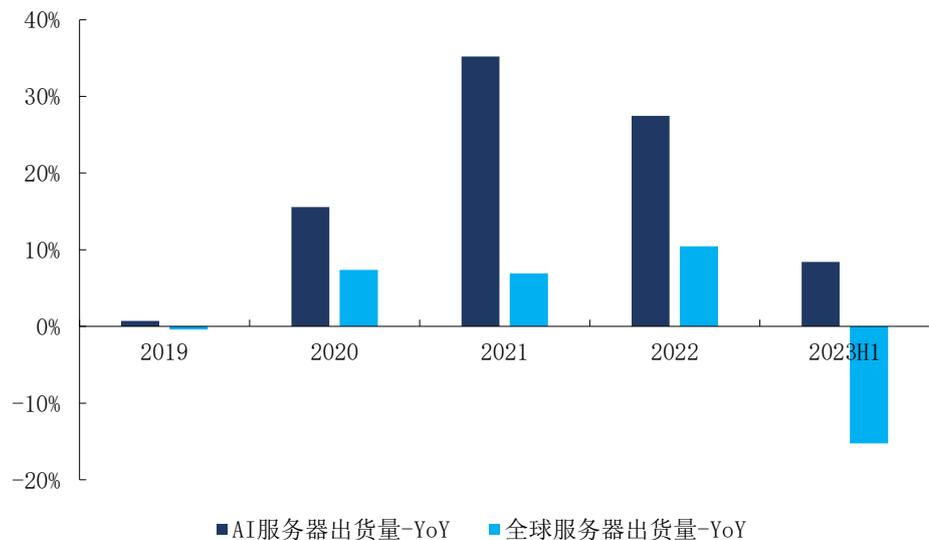
来源：IDC，国金证券研究所

虽然服务器出货量能够稳定增长，但这不足以使得服务器行业成为我们关注的重点，我们认为服务器作为代表高速通信的关键设备，之所以能够成为 PCB 行业增长的主要动力的关键点在于其单机价值量将迎来显著变化，趋势主要来自两个方面，其一为 AI 服务器中新增关键部件导致 PCB 价值量大幅提升，其二为服务器性能升级带来 PCB 价值量提升。

2.1、AI 服务器增速更快，单机价值量提升来自单价用量增加和性能要求提高

由于 AI 相关产品迎来需求大爆发，AI 服务器的增速显著高于普通服务器，根据 IDC，2019~2023H1 AI 服务器的出货量增速分别达到 1%、16%、35%、27%、8%，而同期全球服务器出货量增速仅为 -0.4%、7%、7%、10%、-15%，可见 AI 服务器是我们观察服务器行业需求增长的关键点。

图表21：AI 服务器出货量增速显著更高



来源：IDC，国金证券研究所

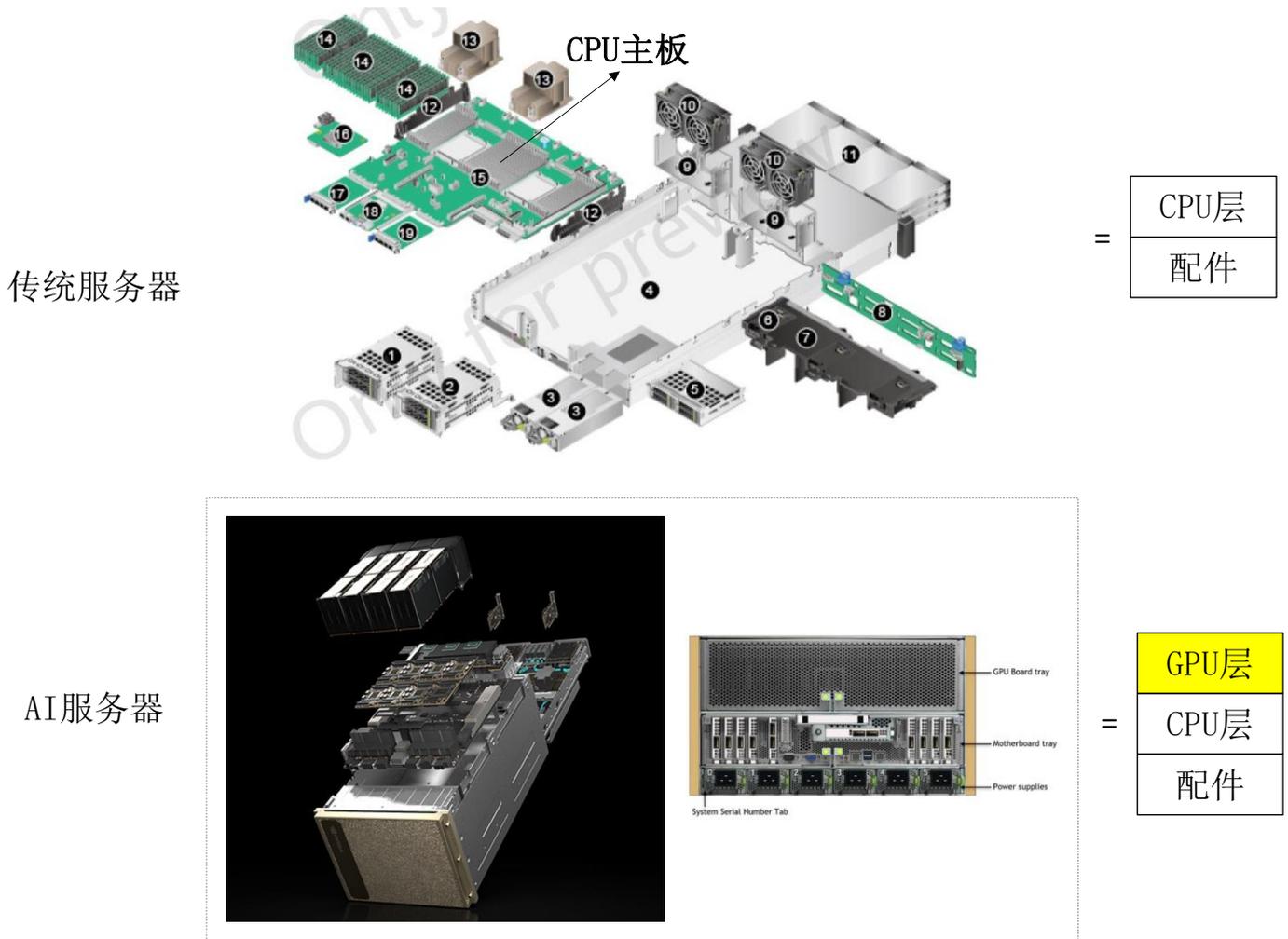
除了 AI 服务器本身出货量增速快之外，我们认为 AI 服务器架构相对更复杂、性能要求更高，其对应的 PCB 单机价值量相对普通服务器会有显著的提升。通过对比 AI 服务器和普



通服务器的硬件架构，我们认为 AI 服务器相对传统服务器单机 PCB 价值量增加主要来自三个方面：

- 1) 板子数量得以增加。AI 服务器是专门用于 AI 模型训练和推理的设备，相较传统服务会增加更多的矩阵计算的功能，传统的 CPU 核心能够分配给计算的部分不多，因此 AI 服务器需要在传统 CPU 的基础上增加 GPU 来支持更多的矩阵运算功能，架构上就会多出 GPU 层，从而就会从以往的 1 块主板（CPU 主板）为主变为 2 块主板（CPU 模组板和 GPU 模组板），单机 PCB 板的数量首先得到增加。从英伟达 DGX AI 服务器产品可以看到，整个架构分成了 GPU Board Tray、Motherboard Tray 和配件组，其中 GPU Board Tray 里面会新增加速卡板（OAM）和模组板（UBB），PCB 使用量显著提升。
- 2) 除了板子数量增加之外，PCB 板性能也要求提升。由于 AI 设备所面临的数据量和传输速率要求显著提升，GPU 高速运算部分之间连接带宽也得到了显著提升，对比传统服务器运用 PCIE 总线标准的单链路带宽和英伟达在 AI 服务器中采用的 NVLink 的单链路带宽，可以发现 AI 服务器中带宽显著提升，并且从实践的角度各大厂商在设计过程中还会通过增加链路数来提升总带宽，而根据前述内容，带宽的增加会带来数据量的提升，而数据量的提升会对 PCB 板的层数、所用 CCL 材料等级提出更高的要求，PCB 整体的性能得到显著的提高。
- 3) I/O 数量增加引入 HDI 的产品设计。GPU 算力性能高，要想不浪费 GPU 本身的算力性能，就需要增加 GPU 对外连接的通道数和连接的效率，因此各类 GPU 整体硬件方案集成度都相对以往 CPU 更高，对应的 PCB 就会往 HDI 的形式转变，以英伟达 DGX 系列产品为例，其 A100、H100、GH200 以及即将在 2024 年发布的 B100 产品的加速卡均采用 HDI 工艺制造。

图表22: AI 服务器相对传统服务器多了 GPU 层

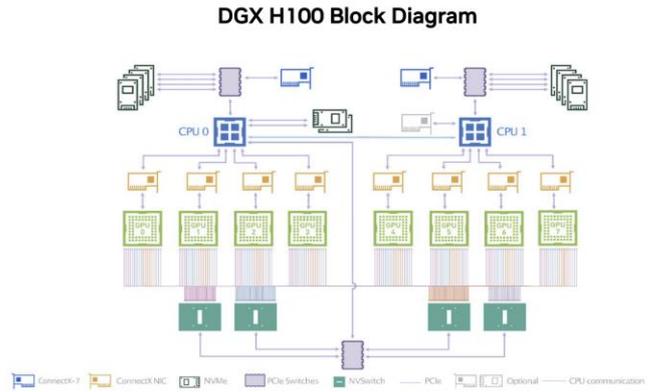
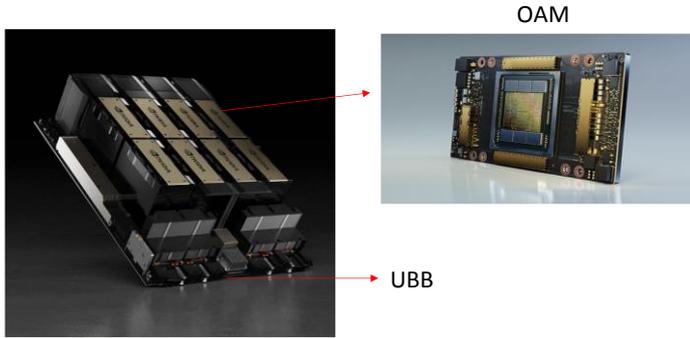


来源：华为官网，英伟达官网及相关技术文件，国金证券研究所



图表23: AI 服务器 GPU 层新增部件为 OAM 和 UBB

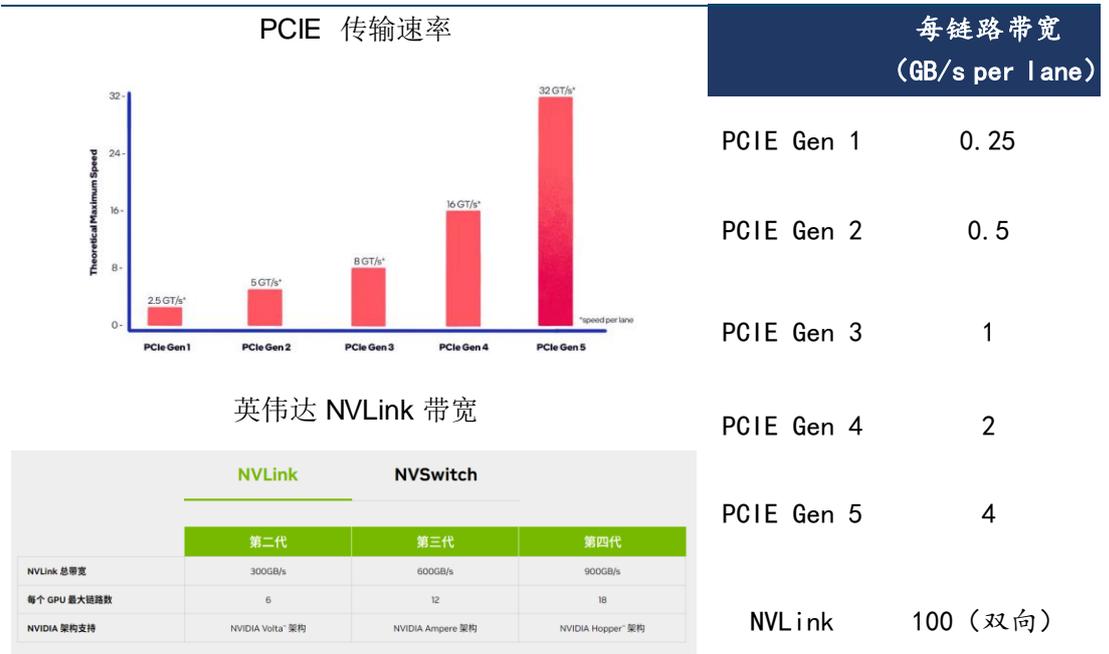
图表24: 英伟达 DGX H100 中各信号节点的连接方式



来源: 英伟达官网, 国金证券研究所

来源: 英伟达官网文件, 国金证券研究所

图表25: PCIe 总线标准带宽与 NVLink 带宽对比



来源: Intel, 英伟达官网, 国金证券研究所

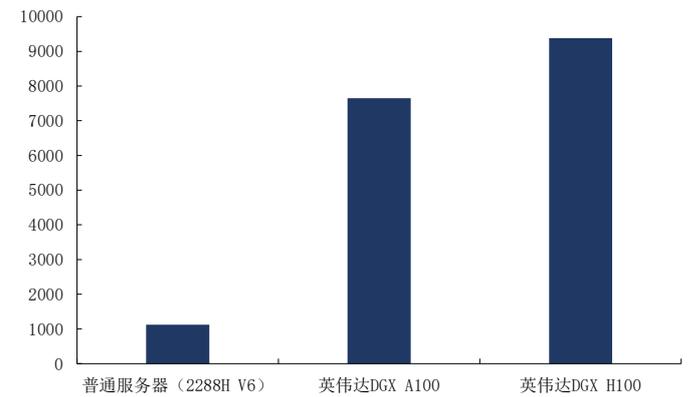
在这样的趋势下, AI 服务器的增长将显著带动 PCB 的价值量提升, 我们通过拆解普通服务器 (以华为 2288H 为例)、英伟达 DGX A100、英伟达 DGX H100 的 PCB 板组成架构, 最终计算得到普通服务器的 PCB 价值量为 1125 元, 而以英伟达 DGX AI 服务器为代表的设备 PCB 价值量达到 7000~10000 元, 并且英伟达的 AI 服务器产品仍在升级迭代中 (2024 年将发布 B100 产品), 可见 AI 服务器的增长为服务器 PCB 价值量提升提供强劲动力。



图表26: AI服务器所用PCB和CCL规格



图表27: 各类服务器单机PCB价值量对比(元,不含载板)



来源: 联茂官网, 国金证券研究所

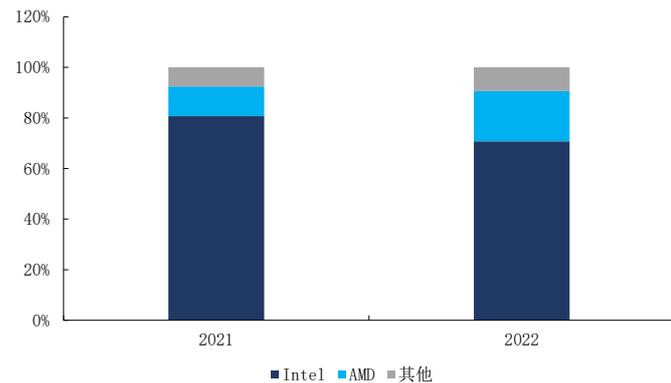
来源: 国金证券往期报告《AI服务器中到底需要多少PCB》, 国金证券研究所

2.2、服务器CPU平台全面升级至PCIe 5.0, PCB层数和CCL等级都将相应提升

服务器的关键元器件包括CPU、内存、硬盘、网卡等,在服务器运行时,数据会在CPU和这些关键部件进行通信,控制这些通信活动的芯片被称为芯片组(包括内存控制芯片、PCIe控制芯片和I/O处理芯片等),为这些通信提供道路的线路即为总线(包括PCIe总线、USB总线和SPI总线等,其中PCIe是最主要的总线),最终合称CPU、芯片组和总线为整个服务器的平台方案。服务器的升级主要体现在整个平台的演进,其中除了芯片要更新换代以外,PCIe总线也将升级。

鉴于Intel和AMD占据了全球服务器CPU市场90%+的份额,两大厂商的芯片升级带动总线升级规划就决定了服务器PCB板的升级节奏。通过产业链信息(联茂公告)可知,Intel已经在2023年推出了搭配PCIe 5.0的平台Eagle Stream平台,对应代号为Sapphire Rapids和Emerald Rapids的芯片,预计2024年还将推出搭载PCIe 5.0的新平台Birch Stream,对应芯片代号Granite Rapids;AMD于2022年底和2023年已经推出搭配PCIe 5.0的Genoa和Bergamo芯片,对应Zen4平台,预计2024年还将推出搭载PCIe 5.0的新平台Zen5,对应芯片代号Turin。可见自2022年底到2024年服务器主板平台均处于全面升级至PCIe 5.0平台的趋势中。

图表28: 全球服务器CPU市场格局



来源: OFWEEK, 国金证券研究所

图表29: Intel和AMD在2023年推出PCIe 5.0平台芯片

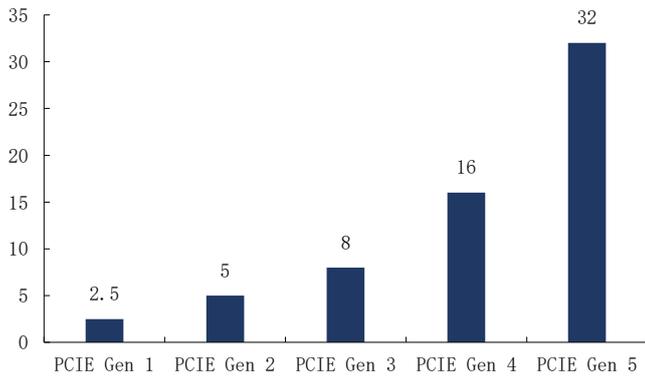
	Platform	Purley		Whitley	Eagle Stream		Birch Stream
		CPU	Skylake	Cascade Lake	Ice lake	Sapphire Rapids	Emerald Rapids
Intel	Nano Process	14 nm	14 nm+	10 nm	Intel 7	Intel 7	Intel 3
	PCIe Gen	PCIe 3.0	PCIe 3.0	PCIe 4.0	PCIe 5.0	PCIe 5.0	PCIe 5.0
	MP Time	2017 Q3	2019 Q3	2021 Q1	2023 H1	2023 H2	2024
	CCL Material	Mid Loss	Mid Loss	Low Loss	Very Low Loss	Very Low Loss	VLL/ Ultra Low Loss
	Layer count	8 to 12	8 to 12	12 to 16	16 to 20	16 to 20	TBD
AMD	Architecture	Zen	Zen2	Zen3	Zen4		Zen5
	CPU	Naples	Rome	Milan	Genoa	Bergamo	Turin
	Nano Process	14 nm (Global Foundries)	7 nm (TSMC)	7 nm (TSMC)	5 nm (TSMC)	5 nm (TSMC)	4 nm / 3 nm (TSMC)
	PCIe Gen	PCIe 3.0	PCIe 4.0	PCIe 4.0	PCIe 5.0	PCIe 5.0	PCIe 5.0
	MP Time	2017 Q3	2019 Q3	2020 Q4	2022 Q4	2023	2024
	CCL Material	Mid Loss	Low Loss	Low Loss	Very Low Loss	Very Low Loss	VLL/ Ultra Low Loss
	Layer count	8 to 12	12 to 16	12 to 16	16 to 20	16 to 20	TBD

来源: 联茂官网, 国金证券研究所

我们认为PCIe总线升级对PCB的影响仍然是通过带宽要求提升实现的,PCIe总线标准每升一级则对应单链路带宽都会提升一倍,从而对应PCB的层数和CCL材料也会相应升级。根据联茂公告,PCIe 3.0、PCIe 4.0、PCIe 5.0对应的PCB层数为8~12层、12~16层、16~20层,对应的CCL等级为Mid Loss、Low Loss、Very Low Loss/ Ultra Low Loss。

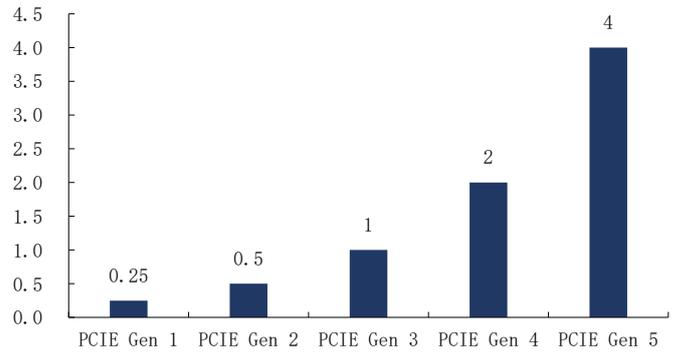


图表30: PCIe 总线标准对应传输速率 (GT/s)



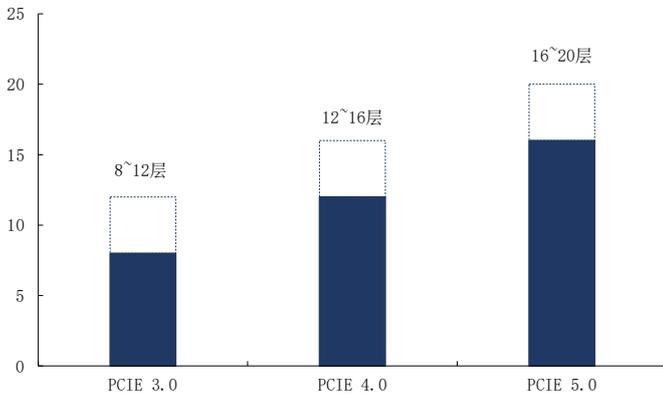
来源: Intel, 国金证券研究所

图表31: PCIe 总线标准对应单链路带宽 (GB/s)



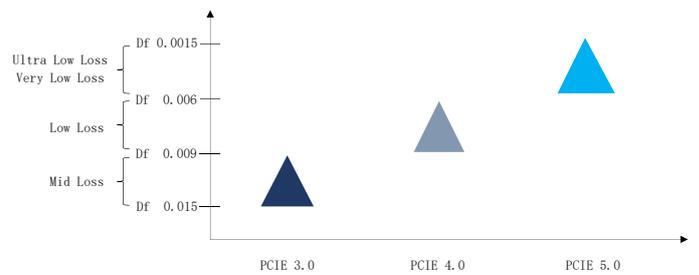
来源: Intel, 国金证券研究所

图表32: PCIe 总线升级导致 PCB 层数提升



来源: 联茂官网, 国金证券研究所

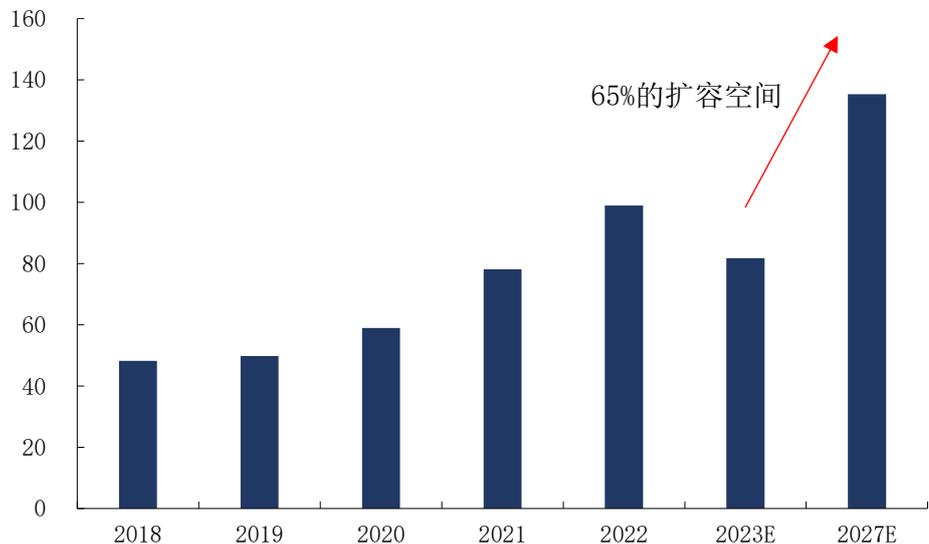
图表33: PCIe 总线升级导致覆铜板材料升级



来源: 联茂官网, 国金证券研究所

综合来看, 我们认为服务器 PCB 市场在 AI 服务器和服务器 CPU 平台两大升级趋势的带动下, 市场规模将持续扩张, 根据 CPCA 引用数据, 预计 2027 年服务器 PCB 市场空间将达到 135 亿美元, 相对 2023 年 82 亿美元市场规模仍有 65% 的扩容空间。

图表34: 全球服务器 PCB 市场空间 (亿美元)



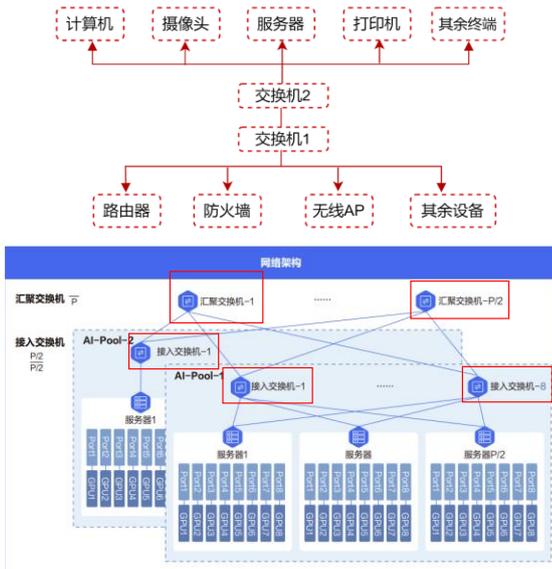
来源: CPCA 历年数据, 国金证券研究所



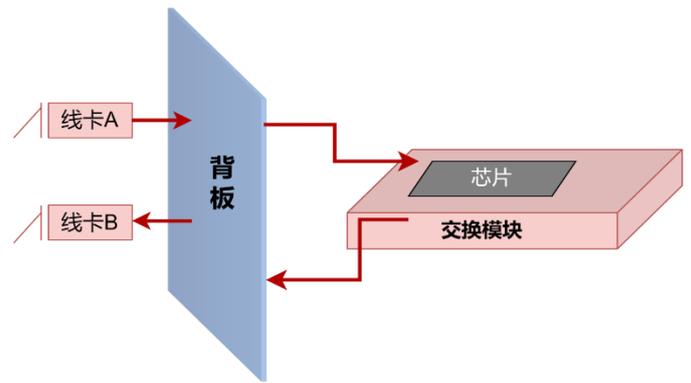
三、AI 提升单网络交换容量，芯片端已全面迈入 51.2T 高速交换期

交换机是一种用于电（光）信号转发的网络设备，其为网络中的不同设备（服务器、计算机、摄像头、打印机等）提供一条点对点的连接，简单来说交换机的功能属性就是网络架构中的一条具有方向性（MAC 地址）的通路。从物理形态上来讲，交换机就是由一张张 PCB 板构成的集成式设备，其工作机制就是将进入线卡 A 的数据通过交换模块进行寻址后转发到线卡 B，其中所涉及到的 PCB 包括：交换单元板负责不同接口之间的数据转发和交换，是整个设备中性能要求最高的板子；接口板是与光模块连接的出入口、是信号传输的媒介，因此也叫作线卡；主控单元板负责整台设备系统的控制和管理；背板主要用于连接交换模块、接口板和主控单元等部分，部分交换机设计可能会不用背板。

图表35：交换机功能示意图



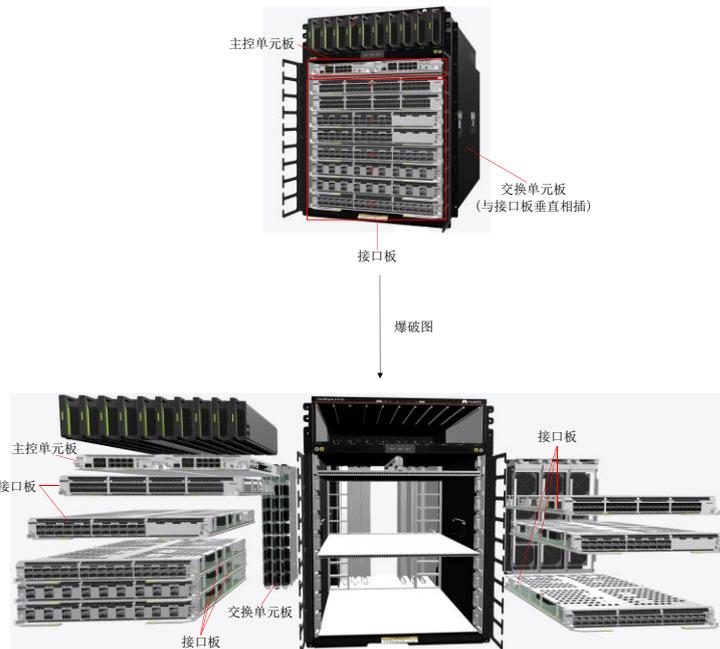
图表36：交换机工作机制原理



来源：百度《智算中心网络架构白皮书》，国金证券研究所

来源：国金证券研究所

图表37：交换机中 PCB 组成结构（以华为 CloudEngine S16700-8 为例）



来源：华为官网，国金证券研究所



交换机中决定 PCB 板价值量的关键在于总吞吐量（相当于单位时间马路能够通过的车流量），而总吞吐量等效于单端口带宽（相当于单条马路的宽度）与端口数量（马路的数量）的乘积，这样的属性就使得在不考虑不同设备之间连接问题的情况下，多台低端口带宽的交换机可以等效于 1 台高端口带宽的交换机，如 2 台 16 端口、每个端口 400G 的交换机（总吞吐量=总带宽=2*16*400G=12.8TB/s）几乎等效于 1 台 16 端口、每个端口 800G 的交换机（总吞吐量=总带宽=1*16*800G=12.8TB/s）。根据前面提及的我们在观察下游领域变化对 PCB 的影响时主要遵循“PCB 市场规模=设备出货量*单台设备价值量”的公式，但在交换机的属性背景下，单台设备出货量和单台设备价值量（取决于单台交换机的总带宽）这两个自变量存在负相关关系、分拆分析或导致无限循环问题，因此我们认为在判断交换机市场 PCB 的变化趋势时，我们应当着眼于一个完整的网络总吞吐量（等于网络中交换机数量*单台交换机的总带宽），只要网络总吞吐量趋势是提升的，则对于 PCB 来说总价值量就是提升的。

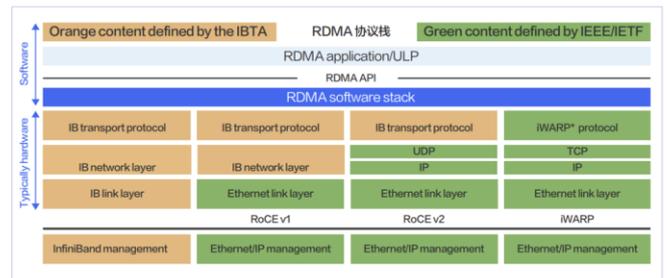
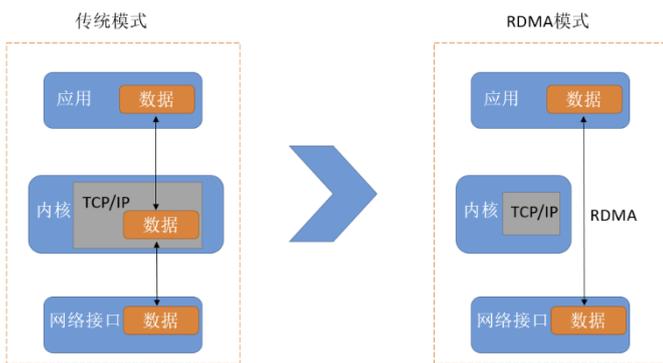
3.1、AI 组网容量大幅提升，交换机 PCB 价值量提升趋势明确

在 AI 网络快速组建的当下，我们观察到 AI 网络架构发生了一些变化，变化主要来自两方面：

- 1) IB 网络渗透率逐渐提升。InfiniBand 意为无限带宽，是一种高性能计算网络通信标准，相对于过去广泛应用的以太网来说，最大的特点来自与其低延时性能，原因来自该协议采用了 RDMA 技术，该技术允许网络接口直接访问内存数据、无需操作系统内核介入。AI 模型训练作为高性能计算业务，非常强调低延时高速率，从而使得 IB 网络随着 AI 需求的增加而渗透率逐渐提升。

图表38: RDMA 和 TCP/IP 机制对比

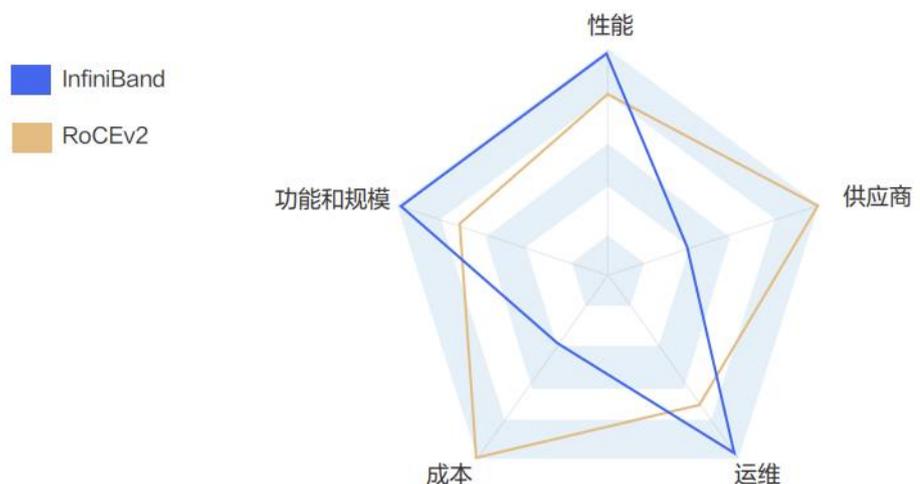
图表39: RDMA 协议栈



来源：华为官网，国金证券研究所

来源：百度《智算中心网络架构白皮书》，国金证券研究所

图表40: InfiniBand 和以太网下 RoCEv2 对比示意图

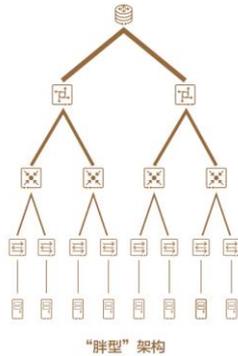


来源：百度《智算中心网络架构白皮书》，国金证券研究所

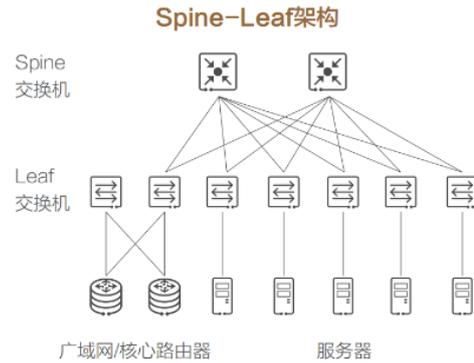


2) 胖树架构被引入 AI 作为主要拓扑结构。网络架构自 1876 年电话被发明之后就一直在演进，先后分别经历了人工交换机、步进制交换机、纵横制交换机等多个阶段，随着用户数量急剧增加、网络规模快速扩大，基于 Crossbar 模型的纵横制交换机在能力和成本上已经无法满足要求。随着 CLOS 网络模型的诞生，加之 2000 年之后互联网需求崛起、大量数据中心拔地而起，胖树 (Fat-tree) 架构被引入数据中心，但这种架构因其网络带宽无收敛 (也就是每个层级的带宽都保持一致)，导致带宽会存在一定的浪费，因此三层的胖树型架构逐渐被 2013 年提出的二层叶脊 (Spine-Leaf) 架构给取代。而当前我们看到 AI 训练网络中胖树架构又被再次引入，如英伟达 DGX A100 SuperPOD 和 DGX H100 SuperPOD 网络拓扑结构均采用 IB Fat-tree。

图表41：数据中心胖树架构示意图



图表42：数据中心叶脊架构示意图



来源：华为开发者联盟，国金证券研究所

来源：华为开发者联盟，国金证券研究所

图表43：英伟达 DGX A100 SuperPOD 网络采用胖树架构

DGX SUPERPOD

A Modular Model

1K GPU SuperPOD Cluster

- 140 DGX A100 nodes (1,120 GPUs) in a GPU POD
- 1st tier fast storage - DDN AI400x with Lustre
- Mellanox HDR 200Gb/s InfiniBand Full Fat-tree
- Network optimized for AI and HPC

DGX A100 Nodes

- 2x AMD 7742 EPYC CPUs + 8x A100 GPUs
- NVLINK 3.0 Fully Connected Switch
- 8 Compute + 2 Storage HDR IB Ports

A Fast Interconnect

- Modular IB Fat-tree
- Separate network for Compute vs Storage
- Adaptive routing and SharpV2 support for offload

GPU POD

1K GPU POD

Distributed Core Switches

Spine Switches

Leaf Switches

Distributed Core Switches

Storage Spine Switches

Storage Leaf Switches

DGX A100 #1

DGX A100 #140

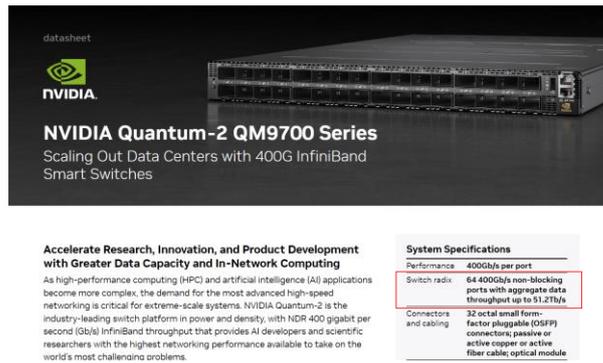
Storage

来源：英伟达官网，国金证券研究所

我们认为 AI 带来的两个变化，对于 PCB 板来说更关键的是胖树架构被应用到 AI 训练网络中，这样的网络架构设置必然意味着整个网络的总带宽是较大的，因为胖树架构存在三层网络、无收敛带宽的特征使得每层网络的带宽都保持一样大，这相较有一定收敛比的叶脊网络，整个网络的硬件配置性能会更高；并且我们从英伟达 DGX H100 SuperPOD 推荐的 NVIDIA Quantum QM9700 Switch 的参数可知，网络节点中的单点设备已经应用单端口 400G、总吞吐量 51.2Tb/s 的高性能交换机，可见整个 AI 训练网络的配置总带宽将显著高于普通网络，PCB 作为承载数据传输和交换的物理硬件，其整体价值量随总带宽的提升而提升的趋势明确。



图表44: 英伟达 QM9700 交换机单机吞吐量已经达到 51.2Tb/s



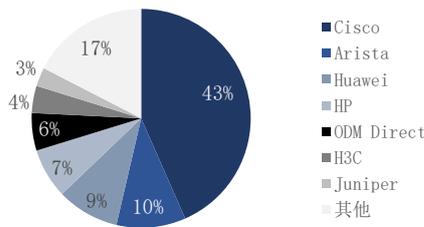
来源: 英伟达官网, 国金证券研究所

3.2、供给端争相推出 51.2T 交换芯片, 交换容量提升打开高端 PCB 空间

与服务器类似的, 交换机也存在芯片迭代升级所带来的 PCB 升级趋势, 其逻辑在于交换机中交换单元板承担的数据交换容量是整个交换机性能的关键所在, 而交换容量越大, 单块 PCB 板上数据量也就越大, 也就会使得 PCB 板的层数和 CCL 材料等级更高, PCB 价值量自然也会提升。而决定单个交换机交换容量的关键在于交换芯片, 也就是说芯片供给端的研发进程将会影响高性能交换机渗透节奏。

从交换机设备和交换机芯片格局情况可以看到, 交换机市场格局非常集中, 主要厂商包括思科、Arista、华为、HP、H3C、Juniper 以及白牌组装厂, 当然在 AI 领域交换机厂商还包括英伟达 (收购 Mellanox), 其中除了思科、华为、Juniper 和英伟达之外, 其他厂商主要采用博通、美满、瑞昱、德州仪器等厂商的商用芯片。在这样的格局下, 我们观察到主流厂商在 2022~2023 年都分别推出了单芯片交换容量达到 51.2T 的交换芯片, 如思科在 2023 年 6 月发布 SiliconOne G200、博通在 2022 年 8 月推出 Tomhawk5、美满在 2023 年 3 月推出 Teralynx10、英伟达分别推出针对以太网的 Spectrum-4 和针对 IB 网的 QM9700, 可见交换机供给端正在全面迈向 51.2T 的高性能产品, 有望倒逼需求应用端升级。

图表45: 2023 年第三季度全球交换机市场格局 (按收入)



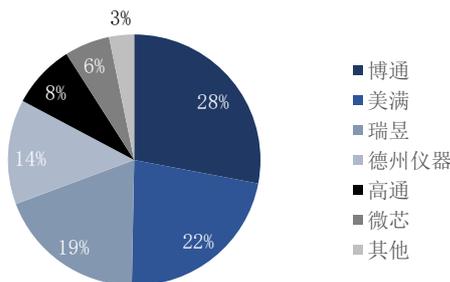
来源: IDC, 国金证券研究所

图表46: 交换机设备商芯片方案

	自研芯片	商用芯片
设备商	思科、华为、Juniper、英伟达	Arista、HP、ODM 等
装载产品	高端/差异化产品	所有产品
产能	低	高
适配性	高适配性	弱于自研芯片

来源: 思科博客社区, 国金证券研究所

图表47: 全球交换机商用芯片市场格局



来源: 裕太微招股说明书, 国金证券研究所

图表48: 博通交换芯片研发历程



来源: 百度《智算中心网络架构白皮书》, 国金证券研究所



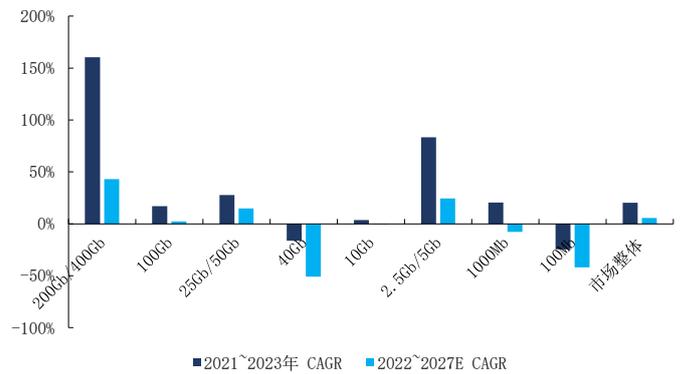
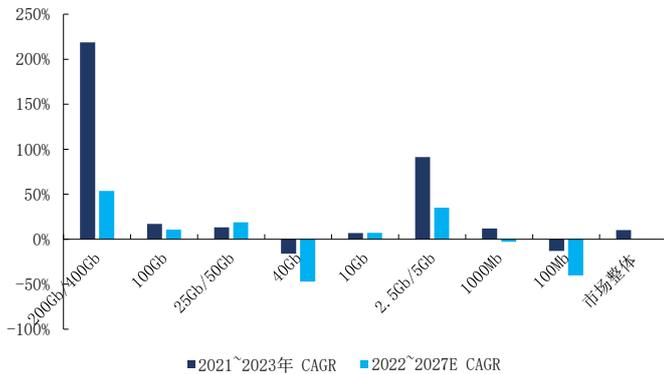
交换芯片升级使得单设备容量提升，从而也会使得 PCB 的规格提升，根据产业链信息，3.2T/6.4T 的交换机芯片（一般对应端口最大速率为 100G）对应的交换单元板会用到 14~16 层板 PCB、Very Low Loss 等级的覆铜板，而 51.2T 的交换机芯片（一般端口最大速率为 800G）对应的交换单元板会用到 34~40 层 PCB、Super Ultra Low Loss 等级的覆铜板，这种层级的 PCB 已经算是整个行业非常高端的规格了，可见交换机升级将为高端 PCB 打开市场空间。

3.3、高速大容量交换机快速成长，测算可得交换机 PCB 至 27 年空间超 14.9 亿美元

根据 IDC 的预测，我们也能够看到高速交换机端口正在快速增长，以 200G/400G 产品为高度交换机端口代表，其 2021~2023 年复合增速显著高于其他速率端口；从对未来的展望来看，200G/400G 产品 2022~2027 年预期复合增速也显著高于其他速率端口，至 2027 年 200G/400G 产品在整个交换机端口市场中将占到 24%，成为最大的细分领域。

图表49：交换机不同速率端口复合增速对比（按端口数）

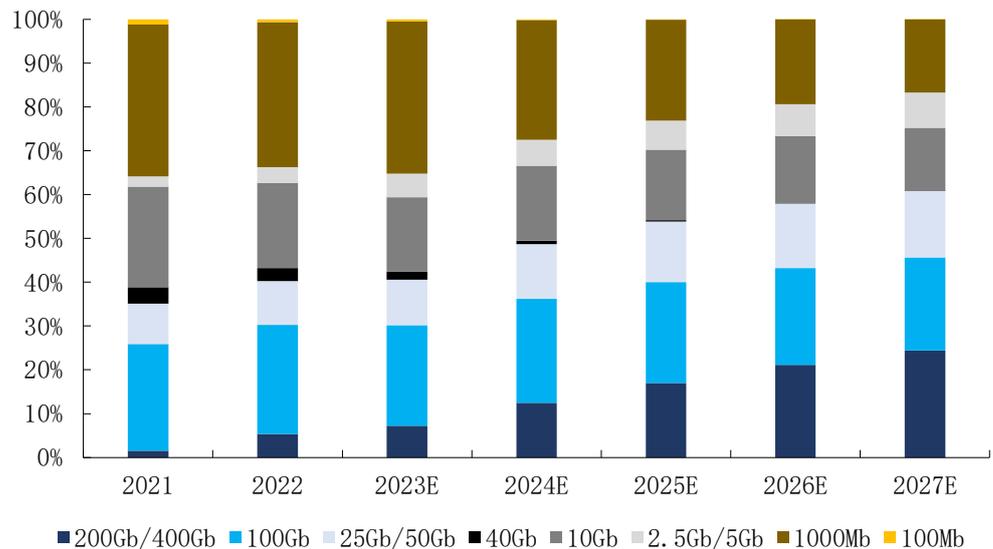
图表50：交换机不同速率端口复合增速对比（按收入）



来源：IDC，国金证券研究所

来源：IDC，国金证券研究所

图表51：高速率端口将成为主要的交换机端口（按收入）

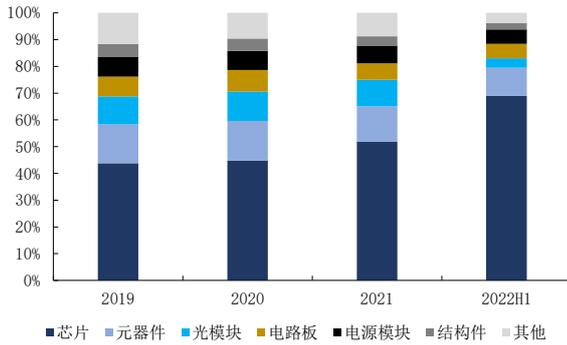


来源：IDC，国金证券研究所

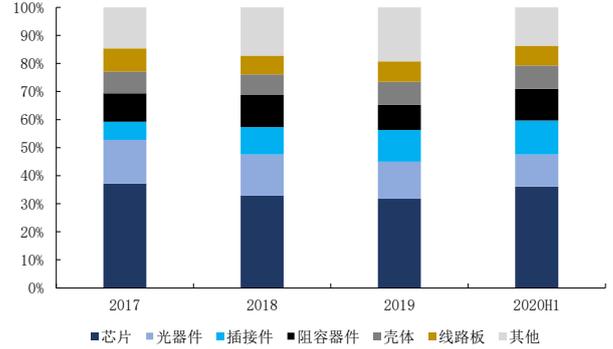
我们根据 IDC 的交换机市场数据，结合锐捷网络、三旺通信招股说明书所披露的电路板在原材料的占比，按照“PCB/交换机市场=PCB/交换机原材料*交换机原材料/交换机营业成本*(1-交换机厂商毛利率)”公式，我们计算可得 PCB 占交换机市场比例约为 3%（锐捷网络平均值为 4%，三旺通信平均值为 2%，二者平均为 3%），我们计算可得至 2027 年全球 400G 及以下端口速率的交换机 PCB 市场为 14.9 亿美元，考虑到 IDC 未披露 800G 及以上端口速率的远期市场规模，因此我们认为交换机 PCB 远期市场还将更为广阔。



图表52: 锐捷网络原材料采购成本分布



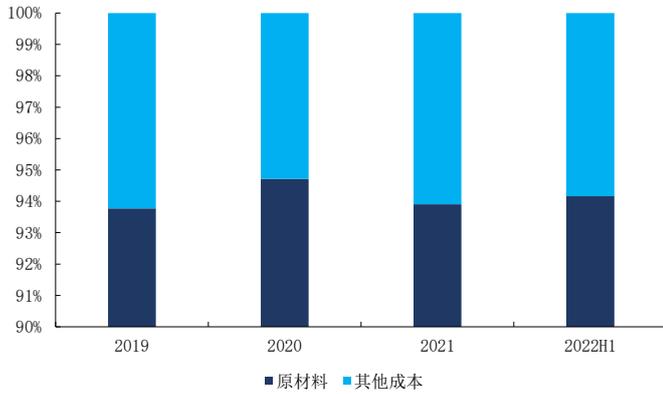
图表53: 三旺通信原材料采购成本分布



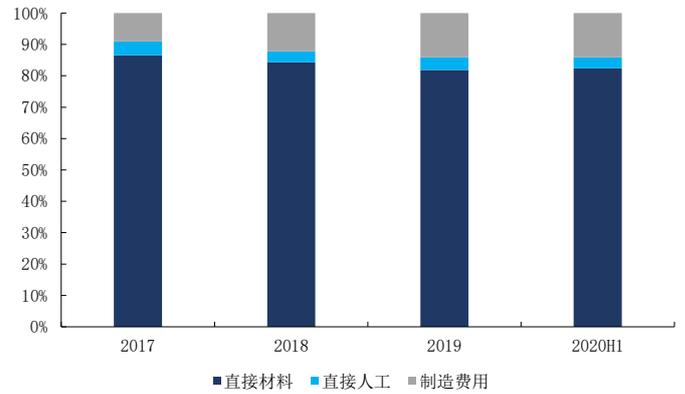
来源: 锐捷网络招股说明书, 国金证券研究所

来源: 三旺通信招股说明书, 国金证券研究所

图表54: 锐捷网络原材料占营业成本比例(取纯代工和自主生产业务数据)



图表55: 三旺通信原材料占营业成本占比



来源: 锐捷网络招股说明书, 国金证券研究所

来源: 三旺通信招股说明书, 国金证券研究所

图表56: 根据锐捷网络数据计算 PCB 占交换机市场比例

	2019	2020	2021	2022H1	平均值
PCB/原材料	7%	8%	6%	5%	7%
原材料/营业成本	94%	95%	94%	94%	94%
毛利率	38%	35%	34%	34%	35%
PCB/收入	4%	5%	4%	3%	4%

图表57: 根据三旺通信数据计算 PCB 占交换机市场比例

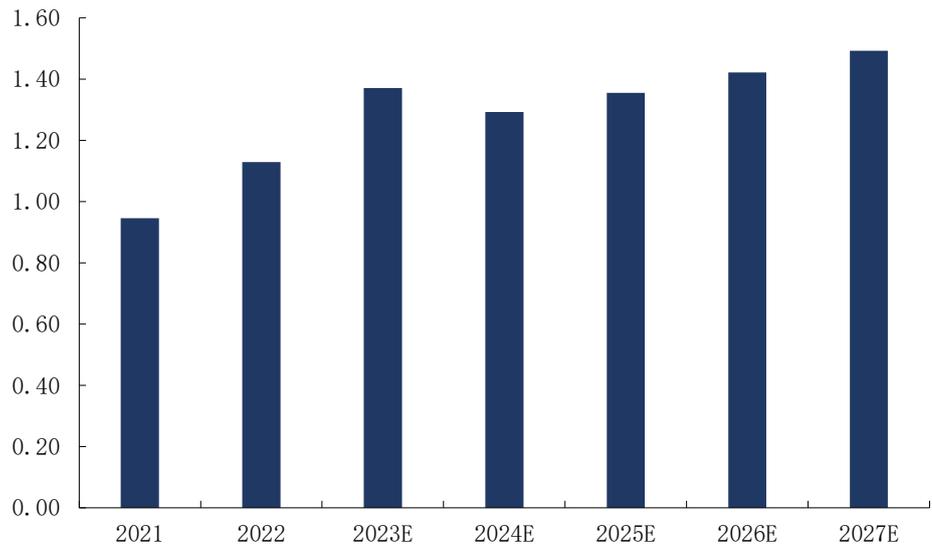
	2017	2018	2019	2020H1	平均值
PCB/原材料	8%	7%	7%	7%	7%
原材料/营业成本	87%	84%	82%	82%	84%
毛利率	67%	65%	66%	67%	66%
PCB/收入	2%	2%	2%	2%	2%

来源: 锐捷网络招股说明书, Wind, 国金证券研究所

来源: 三旺通信招股说明书, Wind, 国金证券研究所



图表58：全球交换机 PCB 市场空间（十亿美元，未考虑 800G 及以上交换机）



来源：IDC，国金证券研究所

四、投资建议及风险提示

4.1、投资建议

高速通信领域快速增长带来了 PCB 行业的快速发展势头，我们认为主要的关注点在于云计算、AI 应用下数据中心的服务器和交换机这两类设备所用 PCB 升级变化，我们认为：1) 服务器市场，AI 引入 GPU 层增加单服务器 PCB 价值量，同时服务器 CPU 芯片平台持续迭代，带动服务器 PCB 市场增长；2) 交换机市场，AI 组网采用胖树架构会导致单网总带宽提高，同时交换机芯片供应商纷纷推出 51.2T 的高速大容量芯片推动交换机 PCB 单机价值量提升。我们建议关注在高速通信领域布局较深的 PCB、CCL 和上游原材料厂商，如沪电股份、深南电路、生益电子、生益科技、联瑞新材等。

图表59：重点公司估值情况（行情数据取自 2024 年 2 月 8 日收盘价）

	归母净利润 (亿元)				PE		
	2022	2023E	2024E	2025E	对应 2023E	对应 2024E	对应 2025E
沪电股份	13.6	15.1	20.1	24.9	32	24	19
生益电子	3.1	-0.25	2.2	3.7	-	26	16
深南电路	16.4	14.67	18.4	22.5	19	16	13
生益科技	15.3	11.5	17.5	21.2	31	20	17
联瑞新材	1.9	1.96	2.6	3.2	36	27	22

来源：公司公告，Wind，国金证券研究所

注：2023 年业绩预期：披露快报的公司采用公司公告利润（沪电股份）；披露预告区间的公司采用区间中位数（生益电子、生益科技）；未披露快报/预告的公司采用 Wind 一致预期（深南电路、联瑞新材）。2024 年和 2025 年归母净利润采用 Wind 一致预期。

4.2、风险提示

4.2.1、AI 发展不及预期

根据前述逻辑，无论是服务器还是交换机市场，PCB 的价值量增长都存在 AI 的推动，如若 AI 发展推进进度不及预期，则会导致服务器和交换机市场 PCB 规模增长不及预期。

4.2.2、服务器和交换机供应端升级进度不及预期

根据前述逻辑，服务器随着总线标准跨入 PCIe 5.0 而使得整个芯片组平台性能得到提升，交换机随着交换芯片进入 51.2T 高速大容量时期而使得 PCB 规格也相应提升，但如若供应端因成本问题、平台适配等问题而进度变慢，则会导致高速通信 PCB 市场规模增长不及预



期。

4.2.3、竞争加剧

高速通信 PCB 快速发展已经成为 PCB 行业各大厂商均观察到的趋势,不少厂商开始向高速通信领域延伸布局,包括产能扩充、客户拓展等,如若未来高速通信 PCB 行业竞争加剧导致产品价格下滑,则会使得市场整体规模不及预期。



行业投资评级的说明：

- 买入：预期未来 3—6 个月内该行业上涨幅度超过大盘在 15%以上；
- 增持：预期未来 3—6 个月内该行业上涨幅度超过大盘在 5%—15%；
- 中性：预期未来 3—6 个月内该行业变动幅度相对大盘在 -5%—5%；
- 减持：预期未来 3—6 个月内该行业下跌幅度超过大盘在 5%以上。



特别声明：

国金证券股份有限公司经中国证券监督管理委员会批准，已具备证券投资咨询业务资格。

形式的复制、转发、转载、引用、修改、仿制、刊发，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。经过书面授权的引用、刊发，需注明出处为“国金证券股份有限公司”，且不得对本报告进行任何有悖原意的删节和修改。

本报告的产生基于国金证券及其研究人员认为可信的公开资料或实地调研资料，但国金证券及其研究人员对这些信息的准确性和完整性不作任何保证。本报告反映撰写研究人员的不同设想、见解及分析方法，故本报告所载观点可能与其他类似研究报告的观点及市场实际情况不一致，国金证券不对使用本报告所包含的材料产生的任何直接或间接损失或与此有关的其他任何损失承担任何责任。且本报告中的资料、意见、预测均反映报告初次公开发布时的判断，在不作事先通知的情况下，可能会随时调整，亦可因使用不同假设和标准、采用不同观点和分析方法而与国金证券其它业务部门、单位或附属机构在制作类似的其他材料时所给出的意见不同或者相反。

本报告仅为参考之用，在任何地区均不应被视为买卖任何证券、金融工具的要约或要约邀请。本报告提及的任何证券或金融工具均可能含有重大的风险，可能不易变卖以及不适合所有投资者。本报告所提及的证券或金融工具的价格、价值及收益可能会受汇率影响而波动。过往的业绩并不能代表未来的表现。

客户应当考虑到国金证券存在可能影响本报告客观性的利益冲突，而不应视本报告为作出投资决策的唯一因素。证券研究报告是用于服务具备专业知识的投资者和投资顾问的专业产品，使用时必须经专业人士进行解读。国金证券建议获取报告人员应考虑本报告的任何意见或建议是否符合其特定状况，以及（若有必要）咨询独立投资顾问。报告本身、报告中的信息或所表达意见也不构成投资、法律、会计或税务的最终操作建议，国金证券不就报告中的内容对最终操作建议做出任何担保，在任何时候均不构成对任何人的个人推荐。

在法律允许的情况下，国金证券的关联机构可能会持有报告中涉及的公司所发行的证券并进行交易，并可能为这些公司正在提供或争取提供多种金融服务。

本报告并非意图发送、发布给在当地法律或监管规则下不允许向其发送、发布该研究报告的人员。国金证券并不因收件人收到本报告而视其为国金证券的客户。本报告对于收件人而言属高度机密，只有符合条件的收件人才能使用。根据《证券期货投资者适当性管理办法》，本报告仅供国金证券股份有限公司客户中风险评级高于C3级（含C3级）的投资者使用；本报告所包含的观点及建议并未考虑个别客户的特殊状况、目标或需要，不应被视为对特定客户关于特定证券或金融工具的建议或策略。对于本报告中提及的任何证券或金融工具，本报告的收件人须保持自身的独立判断。使用国金证券研究报告进行投资，遭受任何损失，国金证券不承担相关法律责任。

若国金证券以外的任何机构或个人发送本报告，则由该机构或个人为此发送行为承担全部责任。本报告不构成国金证券向发送本报告机构或个人的收件人提供投资建议，国金证券不为此承担任何责任。

此报告仅限于中国境内使用。国金证券版权所有，保留一切权利。

上海
 电话：021-80234211
 邮箱：researchsh@gjzq.com.cn
 邮编：201204
 地址：上海浦东新区芳甸路1088号
 紫竹国际大厦5楼

北京
 电话：010-85950438
 邮箱：researchbj@gjzq.com.cn
 邮编：100005
 地址：北京市东城区建内大街26号
 新闻大厦8层南侧

深圳
 电话：0755-83831378
 传真：0755-83830558
 邮箱：researchsz@gjzq.com.cn
 邮编：518000
 地址：深圳市福田区金田路2028号皇岗商务中心
 18楼1806



【小程序】
 国金证券研究服务



【公众号】
 国金证券研究