

通信

高速铜连接行业深度报告

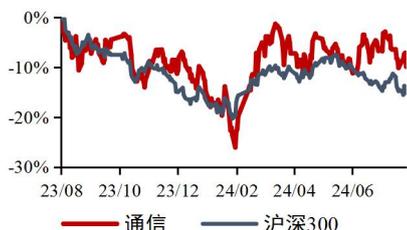
领先大市-A(维持)

GB200 引爆高速铜互连，探寻 AI 时代短距高密通信“最优解”

2024 年 8 月 5 日

行业研究/行业深度分析

通信板块近一年市场表现



资料来源：最闻

首选股票

评级

相关报告：

【山证通信】巴黎奥运会首次展现 ai+ 体育应用场景，国内科技出海展现新实力 - 周跟踪（20240722-20240728）

2024.7.29

【山证通信】光模块、服务器等环比增长，会议决议支持人工智能卫星互联网发展 - 周跟踪（20240715-20240719）

2024.7.24

分析师：

高宇洋

执业登记编码：S0760523050002

邮箱：gaoyuyang@sxzq.com

张天

执业登记编码：S0760523120001

邮箱：zhangtian@sxzq.com

投资要点：

1、GB200 创新使用铜缆线背板引关注，铜互联在 AI Scaleup 场景成为通信方式性价比最优解。英伟达在 2024 GTC 大会上发布 GB200 超级芯片并推出基于 GB200 的 NVL72 机柜，高速铜缆互联主要应用场景正是 B200 芯片与 NVLink Switch 的互联。NVL72 主要通过 GPU 背板连接器到线背板再到交换芯片的跳线完成互联，而 NVL36*2 由于要实现两台 NVL36 的互联，将需要额外的 162 根 1.6T ACC 电缆互联。除英伟达外，特斯拉 dojo、谷歌 TPU 均使用了定制铜缆或 DAC&AEC 作为短距互联方案。在 AI Scaleup 互联域，铜缆是机柜内、机柜间短距互联的性价比最佳方案。

2、我们预计 2025 年由 GB200 带来的高速铜缆新增市场近 60 亿美元，高速铜缆使用场景不断延伸。英伟达在 GTC2024 上介绍，NVL72 使用铜缆互联较光模块节省了 6 倍成本。NVL72 需要 5184 根高速差分对铜缆，该铜缆需要从 compute tray 的背板连接到 Switch tray 的背板，再从 Switch tray 的背板连接到 NVLINK Switch 芯片，我们测算 NVL72 机柜的高速铜缆价值量合计 11.7 万美金，而 NVL36 价值量合计 10.4 万美金，根据 Trendforce，2025 年 GB200 机柜出货有望达到 6 万台，则 2025 年 GB200 机柜铜缆新增市场达到约 64 亿美元。

3、高速铜互联组件竞争格局集中，上游线材和连接器具有壁垒。GB200 以组件形式销售背板线模组、近芯片跳线以及外部 IO 线，高速线材和连接器作为重要原材料可能选择外采或代工方式。在 GB200 机柜里，背板线模组 cartridge、NVSwitch OverPass&Densilink、PCIE、ACC 分别对应的是高速铜缆背板互联、芯片飞线、服务器内部线、外部 IO 线场景。高速铜缆线材需要材料处理、绝缘、编织、组件组装等工序，其制造具有设备和工艺壁垒。高速连接器技术、专利壁垒高，在 25Gbps 以上高速连接器领域，具有安费诺一家独大、泰科、莫仕两强相随局面。由于高速铜互连组件话语权主要集中在连接器领域，连接器相对垄断的竞争格局基本顺延到组件市场。

4、聚焦英伟达上游配套，关注国产算力方案。由于与英伟达的联合研发以及对核心专利的掌握，GB200 高速铜连接价值量前期或主要集中于以安费诺为代表的国际连接器巨头厂商。国内对于 224G 高速铜线、IO CAGE 等高速产品配套需求将增加，对于中低端产品线产能原因外包需求也将外溢。另外，



请务必阅读最后一页股票评级说明和免责声明

1

高速铜连接市场有望从英伟达引领扩散到海外 UALINK 和国产算力配套，铜连接有望“复刻”光模块行情，实现 2025 年需求爆发式增长。

建议关注：拥有高速铜连接全套解决方案的立讯精密、高速线材领军者沃尔核材、专注同轴电缆产品的神宇股份、聚焦服务器内部线的新亚电子、通讯汽车双轮驱动的鼎通科技、国内数据通信组件和布线领先企业兆龙互连、高速背板连接器国产替代先锋华丰科技、数据中心高速组件快速成长的金信诺等。

风险提示：对于高速铜缆价值量预期过于乐观风险，GB200 机柜量产进度延后导致相关公司订单落地和业绩释放不及预期，相关公司设备或良率瓶颈导致产能释放不及预期风险，原材料成本上涨、良率低导致毛利率不及预期风险，竞争格局恶化风险，技术路线不确定风险。

目录

1. GB200 带动高速铜连接爆发，AI Scaleup 高速铜缆性价比最优.....	6
1.1 GB200 创新使用铜缆线背板互联引关注，高速铜互联在 AI 柜内场景已具有成熟经验.....	6
1.2 铜缆是 AI 高速高密度场景下当前通信性价比最优解.....	9
1.3 GB200 高速铜缆市场分析：预计 2025 年高速铜缆新增市场近 60 亿美元.....	11
2. 高速铜缆市场：使用场景不断延伸，产业链上下游涉及多环节.....	12
2.1 高速铜缆使用场景丰富，市场空间广阔.....	12
2.2 高速铜缆线材：高速线材具有设备和工艺壁垒.....	15
2.3 铜互连高速连接器：技术和专利壁垒高，市场份额集中在欧美巨头.....	17
2.4 高速铜互联组件：竞争格局相对集中，国产替代具有空间.....	19
3. 投资逻辑与建议关注.....	20
3.1 聚焦英伟达上游配套，关注国产方案.....	20
3.2 产业链公司简介.....	21
4. 风险提示.....	27

图表目录

图 1： GB200 NVL72 系统架构.....	6
图 2： GB200 NVL72 NVLINK 互联网络架构.....	7
图 3： NVL72 overpass 和背板连接示意图.....	7
图 4： NVL72 机柜背部使用了密集的线背板互联.....	7
图 5： NVL72 NVSwitch Tray 使用了 OverPass 跳线（图中蓝色线）.....	7
图 6： GB200 NVL36 互联网络架构.....	8
图 7： 两个 NVL36 机柜通过柜外线 ACC 连接.....	8
图 8： 谷歌在 TPUv4 机柜中使用铜缆进行 ICI 机柜内互联（图中红色部分）.....	8



图 9: Dojo training tile 之间通信采用定制连接器和组件实现每边 9TB/s 的高速率.....	8
图 10: 铜互联应用场景示意图.....	9
图 11: 铜连接不同场景的典型距离.....	9
图 12: 不同速率的 SERDES-LR 在 cable 的传输距离.....	10
图 13: PCB 的高频衰减曲线较 cable 陡峭许多.....	10
图 14: 不同通信手段功耗、成本、密度、距离对比.....	10
图 15: 不同距离的通信场景适用的通信手段.....	10
图 16: 高速线缆组件产品制造流程.....	13
图 17: 金属材料、线材是华丰科技 2022 年原材料 BOM 采购的重要组成部分.....	13
图 18: 铜互联高速通信线类型.....	14
图 19: LightCounting 预测 DAC 和 AEC 市场将稳步增长.....	15
图 20: LightCounting 预测 AI 将给 800G、1.6T AEC 带来爆发式增长.....	15
图 21: 同轴电缆制作过程.....	16
图 22: 罗森泰的高性能挤出机系列.....	17
图 23: 东莞冠博机电生产的极细电线编织机.....	17
图 24: 全球连接器市场规模.....	17
图 25: 2022 年全球连接器应用领域分布.....	17
图 26: NVL72 NVLINK 高速铜互联使用的连接器种类和数量.....	18
图 27: NVL36*2 NVLINK 高速铜互联使用的连接器种类和数量.....	18
图 28: UALINK 拓展通用 scaleup 协议.....	19
图 29: 华为“天成”机柜级算力平台产品.....	19
图 30: 安费诺 2023 年收入下游主要领域.....	20
图 31: 安费诺 2023 年收入出货地区.....	20

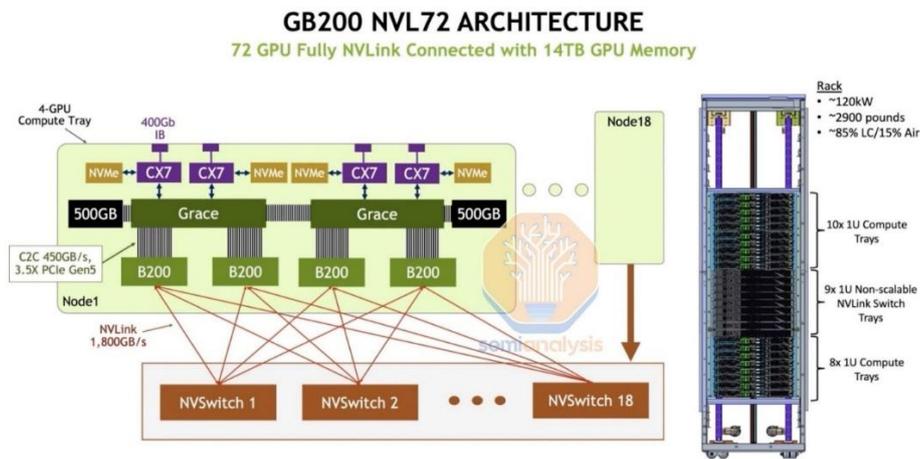
图 32: 安费诺 Spectra-Strip 224G 高速线与各种高密度连接器组成了面向数据中心的铜连接解决方案.....	21
图 33: 立讯高速铜连接产品.....	22
图 34: 汇聚科技电信与数据通信连接方案.....	22
图 35: 汇聚科技汽车线束连接方案.....	22
图 36: 乐庭智联 QSFP 高速电线系列.....	23
图 37: 沃尔核材电线电缆业务近十年收入毛利率变化.....	23
图 38: 神宇股份产品覆盖通信、消费电子、航空航天、汽车、医疗多领域.....	24
图 39: 新亚电子下游客户.....	24
图 40: 新亚电子用于服务器的 SATA 线产品.....	24
图 41: 鼎通科技通讯连接器组件.....	25
图 42: 兆龙互连高速互连产品.....	26
图 43: 华丰科技通讯连接器产品.....	27
表 1: AOC、DAC 与 AEC 比较.....	15

1. GB200 带动高速铜连接爆发，AI Scaleup 高速铜缆性价比最优

1.1 GB200 创新使用铜缆线背板互联引关注，高速铜互联在 AI 柜内场景已具有成熟经验

英伟达 GB200 NVL72 通过 NVLINK5 将 72 个 B200 组成一个“超级 GPU”。英伟达在 2024GTC 大会上发布 GB200 超级芯片以及 NVL72 机柜，通过高速铜缆互联形如一颗超级 GPU。具体来看，每个 NVL72 机柜由 18 个 compute tray 和 9 个 NVLINK Switch tray 组成，每个 compute tray 包括 2 颗 GB200 超级芯片，每颗 GB200 超级芯片由 2 颗 B200 GPU 和一颗 Grace CPU 通过 NVLINK C2C（单向 450GB/s）连接而成。而每台 NVLINK Switch 则由两颗 NVLink Switch4 芯片组成，交换带宽为 28.8Tb/s*2。每颗 B200 芯片通过 NVLink5 共 900GB/s 单向带宽（共 36*224G SERDES）分别连接到 18 颗 NVLink Switch4，而高速铜缆互联主要应用的场景正是 B200 芯片与 NVLink Switch 的互联。此外，每颗 B200 均配置了 CX7 或 CX8 网卡，通过 400Gb 或 800Gb IB 网络 scaleout 互联，对应每台 compute tray 2 个 OSFP 800G 或 1.6T 端口。

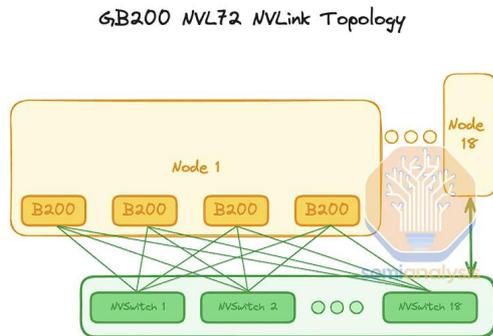
图 1：GB200 NVL72 系统架构



资料来源：Semianalysis，山西证券研究所

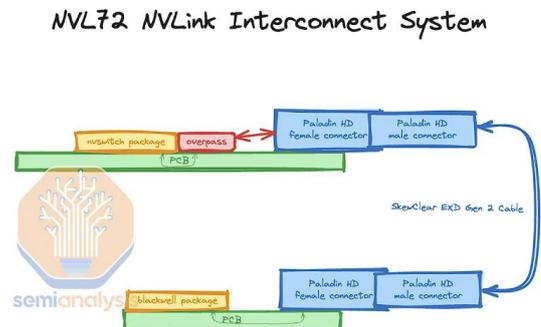
NVL72 的高速铜连接架构设计。 NVL72 使用一层 NVSwitch 交换架构连接了 72 颗 B200，这主要通过背板连接器到线背板再到交换芯片的跳线完成。根据 Semianalysis 的分析，每个 Blackwell GPU 都连接到一个安费诺 Paladin HD 224G 连接器，每个连接器有 72 个差分对（对应每颗 B200 900GB/s*8*2 的 NVLINK 收发带宽），连接到背板 Paladin 连接器后接下来使用了 SkewClear EXD Gen2 电缆背板连接到 Switch tray 的 Paladin HD 背板连接器（每个连接器有 144 个差分对），再通过 OverPass 跳线电缆连接到 NVSwitch 芯片。

图 2：GB200 NVL72 NVLINK 互连网络架构



资料来源：Semianalysis，山西证券研究所

图 3：NVL72 overpass 和背板连接示意图



资料来源：Semianalysis，山西证券研究所

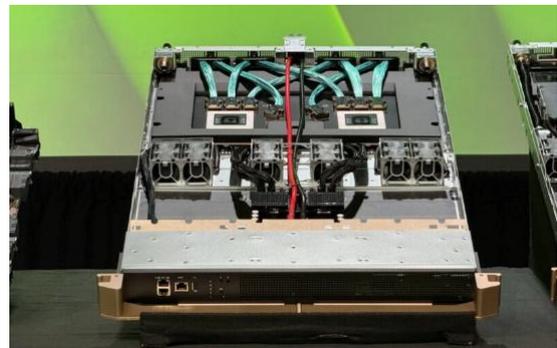
因此实际上 GB200 NVL72 使用了定制的高密度背板连接器和线背板模组来解决 72 颗 B200 与 18 颗 NVLink Switch 的机柜内互联，而为了解决 Switch tray 上 PCB 密集高频信号的串扰问题，还使用了 OverPass 近芯片跳线连接到背板。

图 4：NVL72 机柜背部使用了密集的线背板互联



资料来源：servethehome，山西证券研究所

图 5：NVL72 NVSwitch Tray 使用了 OverPass 跳线（图中蓝色线）

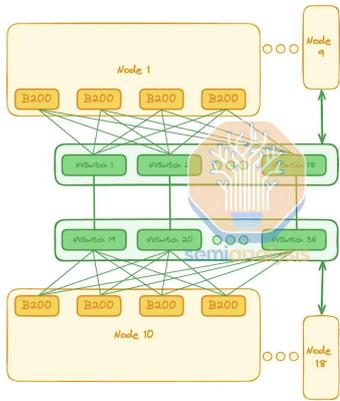


资料来源：servethehome，山西证券研究所

NVL36*2 的高速铜连接架构设计。英伟达对于 NVL36*2 的定位是满足某些机柜功率、风冷散热有限制条件的客户需求，NVL36 机柜的最大区别一是同样配置了 9 个 Switch tray（18 颗 NVLink Switch4 芯片），相当于交换容量翻倍，二是是使用了可扩展的 NVLINK Switch tray，两台 NVL36 机柜之间通过短距 ACC 铜缆互联。对于线背板和交换芯片跳线，NVL36 采用了与 NVL72 相同的设计，相应的由于 GPU 数量减半，线背板和 OverPass 使用的电缆数量也近乎减半。但由于要实现两台 NVL36 的互联，每套 NVL36*2 系统将需要额外的 162 根 1.6T ACC 电缆互联，而为了将 NVLINK Switch 一半的带宽连接到前面板，英伟达还使

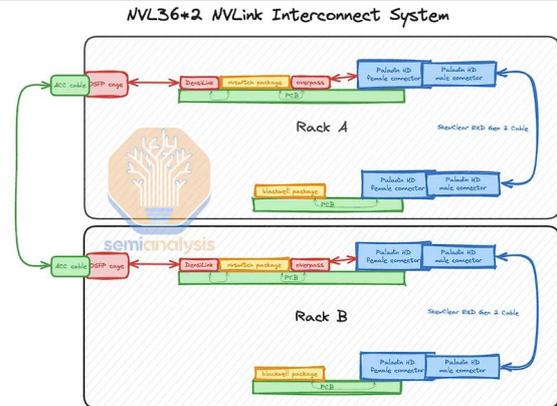
用了安费诺的 Densilink 跳线产品，因此 NVL36*2 整体上跳线的用量是较 NVL72 基本相当的。

图 6：GB200 NVL36 互连网络架构



资料来源：Semianalysis，山西证券研究所

图 7：两个 NVL36 机柜通过柜外线 ACC 连接



资料来源：Semianalysis，山西证券研究所

除英伟达外，高速铜互联在 AI 短距离场景已有成熟经验，dojo/谷歌等均使用定制铜缆或 DAC&AEC 作为短距互联方案。以谷歌为例，其 TPUv4 服务器设计 TPU 和 CPU 板卡是分开的，使用 PCIE 外部线进行连接而在 TPU 互联域，谷歌使用的是 3D torus 网络架构，每颗 TPUv4 具有 6*50GB/s ICI 带宽，其中 2 条 ICI 链路在 tray 内通过 PCB 互联，3 条链路使用 400G DAC 铜缆在机柜内与其他 TPU tray 互联，剩余 1 条链路通过 400G FR4 光模块连接 OCS 光交换机。特斯拉自研芯片 dojo 机柜的设计则更加独树一帜，其基本芯片单元为 D1 芯片，25 个 D1 芯片组成一个 Training Tile，12 个 Training Tile 组成一个服务器机柜，算力达 109PFlops。为实现 Training Tile 之间的高速互联，特斯拉定制了通信协议，每片 Tile 的每一边通过 10 个 900GB/s 定制连接器和线缆组件实现 9TB/s 的超大带宽。

图 8：谷歌在 TPUv4 机柜中使用铜缆进行 ICI 机柜内互联（图中红色部分）

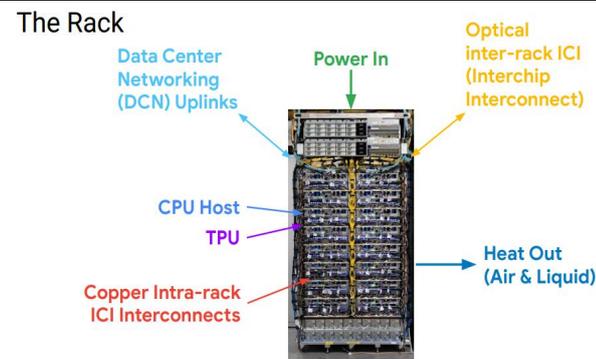
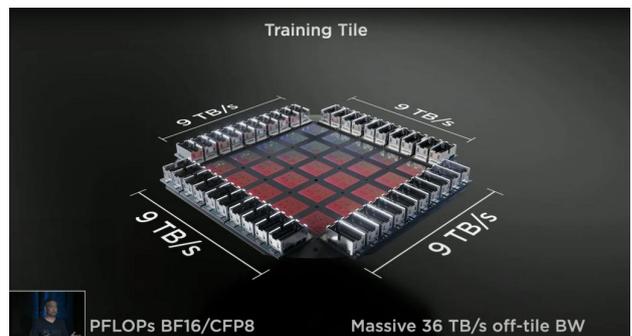


图 9：Dojo training tile 之间通信采用定制连接器和组件实现每边 9TB/s 的高速率



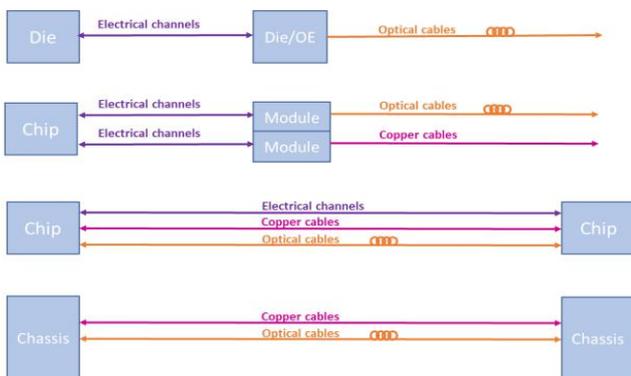
资料来源：《A Machine Learning Supercomputer with an Optically Reconfigurable Interconnect and Embeddings Support》，山西证券研究所

资料来源：Semianalysis，山西证券研究所

1.2 铜缆是 AI 高速高密度场景下当前通信性价比最优解

聚焦铜互联：铜互联主要应用于芯片间互联及柜内互联等等短距离场景，传输距离通常在 10 米及以下。铜互连指的是主要使用铜作为材料的电信号通信方式（因其导电导热性能好，可塑性强），因此其涵义其实包括了芯片内互联走线（在芯片制造时实现）、芯片间（chiplet）走线（通常在基板上完成）、模组间走线（在 PCB 上完成）、PCB 板间通信（一般通过背板、连接器或铜缆完成）以及机框之间通信（一般通过铜缆或光模块）。

图 10：铜互联应用场景示意图



资料来源：OIF，山西证券研究所

图 11：铜连接不同场景的典型距离

Table 4 Interconnect Applications

Intra Interconnect Application	Distance Up To	Types of interfaces
Die to Die in a Package	~50 mm	Electrical
Die to Optical Engine in a Package	~50 mm	Electrical
Chip to nearby optical Engine	~150 mm	Electrical
Chip to pluggable module	~200 mm	Electrical
Chip to chip within PCBA	50 cm	Electrical or Optical
PCBA to PCBA across a backplane/midplane/cable	~1 m	Electrical or Optical
Chassis to Chassis within a rack	~3 m	Electrical or Optical
Rack to Rack side-by-side	~10 m	Electrical or Optical

资料来源：OIF，山西证券研究所

在 224Gbps 速率下，cable（铜缆）是 SERDES LR（米级）最建议的电信号通信方式。随传输速率增加，传统 PCB 信号衰减程度快速提升，采用增加层数和更换新型材料则会使成本明显提升，因此 cable 传输代替 PCB 成为有效解决方案。如图 13 所示，横轴代表信号频率，纵轴代表信号强度（dB 负值越大衰减越严重），PCB 信号（红色、粉色、黄色）的下降斜率较 cable（绿色、蓝色）陡峭的多。根据 OIF 对 SERDES LR 的测试数据，在 224G 速率下，cable 可传输 1 米，是建议的通信手段。

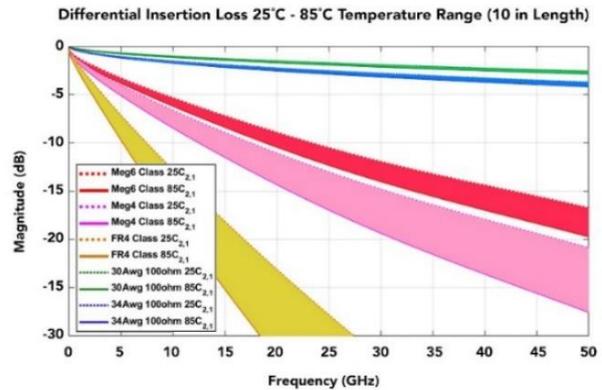
图 12: 不同速率的 SERDES-LR 在 cable 的传输距离

Table 1 Historical evolution of CEI-LR projects

OIF CEI projects	CEI-25G	CEI-56G	CEI-112G	CEI-224G
Timeline	2011-2014	2014-2018	2018-2021	2021-
Ethernet rate	100G	50/100/200G	100/200/400G	200/400/800/1600G
Switch capacity	3.2T	12.5T	25T/50T	50T/100T
Per-lane data rate	25 Gbps	56 Gbps	112 Gbps	224 Gbps
Modulation	NRZ	PAM4	PAM4	TBD
Insertion loss	25dB at 12.5GHz	30dB at 14GHz	28dB at 28GHz	TBD
Reach objectives	5m copper cable	3m copper cable	2m copper cable	1m copper cable
Pre-FEC BER target	1e-15	1e-4	1e-4	TBD
SerDes architecture	Analog	Analog/DSP	Analog/DSP	TBD

资料来源: OIF, 山西证券研究所

图 13: PCB 的高频衰减曲线较 cable 陡峭许多



资料来源: connectorsupplier, 山西证券研究所

AI Scaleup 需要怎样的通信技术? 综合考虑距离、功耗、密度、串扰、成本。Scaleup 指的是使用统一物理地址空间将多 GPU 组成一个“超级 GPU”节点, 随着大模型参数的快速提升, 扩大 Scaleup 域有助于张量并行效率更高, 并且简化了 AI 算法编程。NVLINK 是英伟达 GPU 实现 Scaleup 的主要通信方式, 其通过 NVLINK Switch 实现节点内高速交换。NVLINK Switch 3 最高连接 8 枚 GPU, 而 NVLINK Switch 4 最多可扩展 576 个, GB200 NVL72、NVL36*2 的 Scaleup 域为 72 个 GPU。在 8 颗 GPU 互联时, NVLINK 主要通过 PCB 进行 intra-board 通信, 距离通常在 1 米内; 而 72 颗 GPU 互联达到了 intra-rack、相邻 rack 通信, 距离通常在 1 米至 5 米, 因此距离成为 GB200 选择铜缆互联的最主要因素。除此之外, 与光通信 (AOC、CPO) 对比, 根据 TheNextPlatform 报告, 铜缆的 cost 成本仅为 AOC 的十分之一, 虽然 CPO 在功耗、密度、距离都更有潜在优势, 但当前产业链还不成熟, 其对客户机房改造、服务器设计等“潜在成本”是要高出不少的。

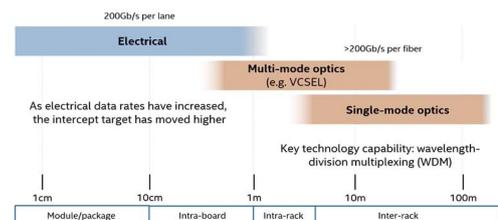
图 14: 不同通信手段功耗、成本、密度、距离对比

Goal for Co-Packaged DWDM

	IPoser	PCB	CPO	Cable	AOC	J/b
Power	10 ⁻¹³	5x10 ⁻¹²	10 ⁻¹²	5x10 ⁻¹²	10 ⁻¹¹	
Cost	10 ⁻¹⁵	10 ⁻¹³	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹⁰	10 ⁻⁹	\$/s/b
Density	10 ¹³	5x10 ¹¹	2x10 ¹²	5x10 ¹⁰	10 ¹¹	b/s-mm
Reach	.005	0.5	100	5	100	m

Lower power than cable with comparable cost
Density higher than PCB
Reach comparable to AOC

图 15: 不同距离的通信场景适用的通信手段



资料来源：TheNextPlatform，山西证券研究所

资料来源：Cadence，山西证券研究所

铜缆互联是 NVL72&36 机柜内、机柜间短距互联的性价比最佳方案。GB200 机柜 compute tray 与 Switch tray 之间的传输距离约为 0.5-1 米，英伟达使用了定制化的线背板模组 cartridge 结合高密度背板连接器来实现背板的互联，较 PCB 可行度更高、较光模块成本更低。而在 Switch tray 交换芯片到背板、前面板英伟达则使用了安费诺的 OverPass、Densilink 近芯片跳线方案，以避免 PCB 可能出现的高频信号串扰、信号衰减过快问题。在 NVL36 相邻机柜间，英伟达或选择有源铜缆 ACC 方案，较光模块成本更低、功耗更低。

1.3 GB200 高速铜缆市场分析：预计 2025 年高速铜缆新增市场近 60 亿美元

我们到目前市场主要使用两种方式测算 NVL72 内部线单机柜价值量，且可以相互验证。

一是根据英伟达在 GTC2024 上的介绍，NVL72 使用铜缆互联较光模块节省了 6 倍的成本。我们首先计算采用光模块需要的采购成本：

B200 单 GPU NVLINK IO 带宽为 1800GB/s 双向，即 900GB/s(相当于 7200Gb/s)单向，如果采用 800Gb/s 多模光模块需要 $9*2=18$ 只（收发各一个连接 compute tray 和 Switch tray），NVL72 需要 $72*18=1296$ 只光模块。根据帕米尔研究的报告，800G 多模当前的市场 ASP 在 430 美金左右，故 NVL72 需要的 800G 光模块成本为 55.7 万美元。与此对比，铜缆互联的成本预计在六分之一的 9.3 万美元左右。

二是根据高速铜缆的量价关系测算。

1) 单颗 B200 芯片的单向 IO 带宽为 7200Gb/s，如果采用 200Gb/s 的高速差分铜线收发共需要 72 根，故 NVL72 需要 5184 根高速差分铜线。

2) 该高速铜线需要从 compute tray 的背板连接到 Switch tray 的背板（平均距离 0.5-1.5 米），再从 Switch tray 背板连接到 NVLINK Switch 芯片（平均距离 0.5 米），因此若计算端到端单根铜线的平均长度在 1.5 米左右。NVL72 需要约 7800 米的铜线。

3) 价格方面，Lightcounting 在《High speed cables, linear drive and co-packaged optics》报告中给出的 1.6T DAC 和 AEC 2025 年的 ASP 分别为 259 美金和 405 美金，我们假设 1.6T ACC 的 ASP 折中为 330 美金。假设 1.6T ACC 平均长度 1.5 米，由于单根 ACC 包括了 16 根 200Gb/s 单通道裸线，单根 200Gb/s 铜线每米的价格约为 13.8 美金。

4) 以上铜线价格为组件层面，包括了连接器、结构件以及毛利润，我们假设内部线成本结构与之类似，

可得到 NVL72 机柜内部线组件的价值约 10.7 万美金。且若根据距离来判断，其中背板和跳线的铜线价值量约 2:1 关系。

对于 NVL36 机柜，其包括了内部线和相邻机柜连接的 1.6T ACC。主要变化为 compute tray 数量减半，但 Switch tray 数量相等。按照以上量价测算法，得到 NVL36 内部线铜缆长度为 5184 米左右，价值量约 7.2 万美金。

外部线 ACC 部分。NVL36 Switch tray 包括两颗 28.8Tb/s 交换容量的芯片，一半带宽用于相邻机柜连接，故 Switch tray 前面板的 IO 带宽为 28.8Tb/s，如果采用 1.6T 端口，需要 18 个，即 2*NVL36 系统需要 162 条 1.6T ACC 铜缆，其价值量约为 5.3 万美金。

此外，仍有短距 scaleout 网络使用到 DAC&ACC。根据 Semianalysis 的测算，ACC、DAC 还会用于 InfiniBand 网络 compute tray 与柜顶交换机的互联以及带外管理网络 compute tray 与管理交换机的互联，在 NVL36*2 CX-8 配置下，这些价值量合计 1.02 万美元。

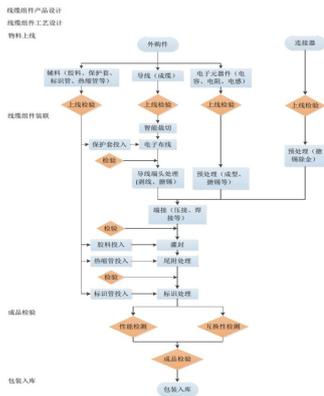
总结：根据以上测算，NVL72 机柜的高速铜缆合计 11.7 万美金，而 NVL36 机柜的价值合计 10.4 万美金。根据 Trendforce，2025 年 GB200 机柜合并出货有望达到 6 万台，其中 NVL36 可能达到 5 万台。以此为核心假设根据以上价值量测算，我们得到 2025 年 GB200 机柜的铜缆市场将达到约 64 亿美元。

2. 高速铜缆市场：使用场景不断延伸，产业链上下游涉及多环节

2.1 高速铜缆使用场景丰富，市场空间广阔

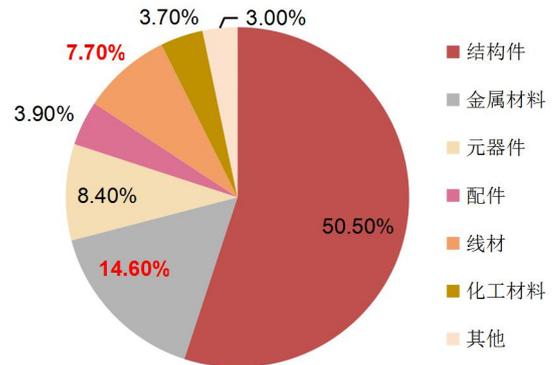
高速铜缆组件由线材和连接器组成。安费诺以组件形式销售背板线模组、近芯片跳线以及外部 IO DAC&ACC，高速线材和连接器作为重要原材料可能选择外采或代工方式。根据华丰科技招股书，高速线缆组件产品工序包括外购线材、智能裁切、电子布线、导线端头处理、与自制的连接器端接、灌封、包装处理。高速线模组作为新兴的高速铜连接产品，工艺壁垒较高，以华丰科技的产品为例，工序合计达到 1000 道以上，焊点平均 6000 个以上，每个焊点均需可靠性测试，且位置精度控制在 $\pm 0.005\text{mm}$ ，每个工序良率在 99% 以上。

图 16: 高速线缆组件产品制造流程



资料来源：华丰科技招股书，山西证券研究所

图 17: 金属材料、线材是华丰科技 2022 年原材料 BOM 采购的重要组成部分



资料来源：华丰科技招股书，山西证券研究所

分应用场景来看，铜互联应用场景主要有芯片直出跳线 **overpass**、服务器内部线、背板互联线和机柜外部线。具体来看，高速跳线 **overpass** 可解决数据量激增及带宽更高时面临的传输问题，可实现 AISC 与背板、ASIC 与 IO 接口及芯片之间的互连，芯片跳线主要包括 C2B（芯片对背板）线、C2C（芯片对芯片）线、C2F（芯片对前面板）线；服务器内部线主要包括 MCIO 线、PCIE 线及 SAS 线等等；机柜内高速背板互连指背板和单板之间通过裸线进行互连，机柜外部通过高速铜缆 ACC 连接到服务器 SFP/QSFP 等 IO 端口，再通过服务器内部跳线进行数据传输，或实现机柜与机柜之间的互联。

在 GB200 机柜里，背板线模组 **cartridge**、NVSwitch **overpass&densilink**、PCIE、ACC 即分别对应的是高速铜缆背板互联、芯片飞线、服务器内部线、外部 IO 线场景。英伟达 GB200 系列成为高速铜互连最经典最系统的使用场景，也成为最大的增量市场。我们尝试分别计算高速铜互联四种场景的市场空间（组件层面）：

1) **高速线背板**：根据 Business Research 报告，全球背板连接器市场 2021 年市场规模为 19.4 亿美元，但主要为板间高密度连接器互连方式，线背板模组将主要用于 AI 服务器机柜、高速框式交换机、路由器等。若按照 2025 年 5 万台 NVL36+1 万台 NVL72 机柜，参照我们上文单机柜线背板价值量测算，将新增 25 亿美元市场。

2) **近芯片跳线**：其使用有两种场景，一是在服务器、网络设备 SERDES 速率达到 112G 以上时 PCB 传输距离和性能不满足要求；二是某些结构紧凑的服务器、网络设备设计时用于节省 PCB 面积，充分利用空

间。目前市场缺乏相关统计数据，参考我们上文的价值量测算，按照 2025 年 5 万台 NVL36+1 万台 NVL72 机柜，将新增 21.6 亿美元市场。

3) **服务器内部线**：广泛应用于通用服务器、AI 服务器中存储、网卡、GPU 卡与 PCIE 总线的互联。根据 trendforce，2023 年全球服务器出货量 1443 万台，按照平均每台服务器 2 路 CPU，每路 CPU 使用一条 PCIE4.0*16 连接线，单跟价格 200 元（参考技嘉 PCIE4.0*16 显卡延长线）计算，2023 年全球服务器内部线市场规模在 8 亿美元左右。

4) **外部 IO 线**：根据 LightCounting，2023 年全球 DAC&ACC 市场规模为 4.4 亿美元，按照上文 2*NVL36 需要 DAC&ACC 5.3 万美金，2025 年 5 万台 NVL36 计算，将新增 13.4 亿美元市场。

图 18：铜互联高速通信线类型



资料来源：安费诺，TE，samtec，山西证券研究所

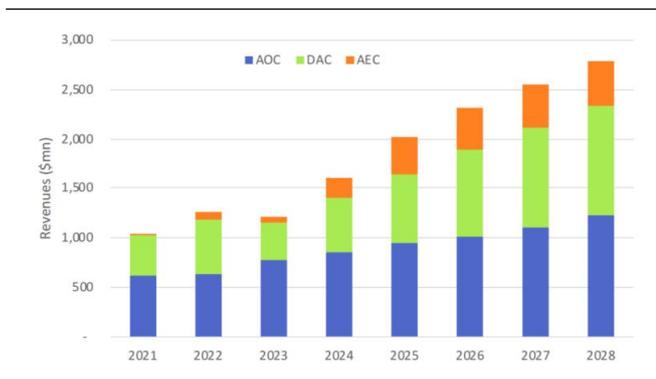
外部线可进一步分类为无源 DAC、有源 ACC(Active Copper Cable)和 AEC(Active Electrical Cable)，功耗均低于 AOC。以 400G 为例，无源 DAC 使用导电铜线在两端之间直接连接，不包括有源元件，因此成本最低，传输距离不超过 3 米，主要用于系统内机架连接，功耗也最低；有源铜缆（ACC）在电缆内部添加了有源信号驱动器或均衡器芯片，可以补偿铜传输造成的部分损耗，因此传输距离可达 DAC 的 2 到 3 倍，功耗也随之增加；有源电缆（AEC）在电缆内部包含 retimer，可以在传输开始和结束时清理、去除噪声并放大信号，因此传输距离可达近 10 米，功耗也高于 ACC，但仍低于有源光缆 AOC。根据 LightCounting 的预测，2024 年后全球 DAC 和 AEC 的市场增速远高于 AOC，2028 年 AOC+DAC+AEC 市场将超过 25 亿美元。其中由于 AI 集群建设对 800G、1.6T 有源铜缆的需求激增，2025 年后 800G AEC 需求快速增长，2026 年后 1.6T AEC 需求快速增长。

表 1: AOC、DAC 与 AEC 比较

比较	AOC	DAC (passive)	AEC
传输介质	光纤（石英）绝缘，属于光纤通信，不受电磁干扰的影响。	铜质电缆，DAC 高速电缆采用铜质材料，属于电气通信，并受到电磁干扰的影响。	铜质电缆
功耗	高	低	低
400G 传输距离	<300m	<3m	<7m
800G 传输距离	<300m	<2m	<2.5m
价格	高	低	中等
尺寸	重量约为 DAC 高速光缆的四分之一，体积约为 DAC 的一半。	体积大于 AOC	体积比 DAC 更小
传输性能	高：AOC 有源光缆的误码率低于 DAC	低	中等
设备差异	AOC 有源光缆包含一个激光器	DAC 高速电缆没有光学组件	AEC 有源电缆包含 retimer
重量	DAC 重量的 25%	带宽越高，导线直径越大，重量越重	800G AEC 质量仅为 DAC 的 25%

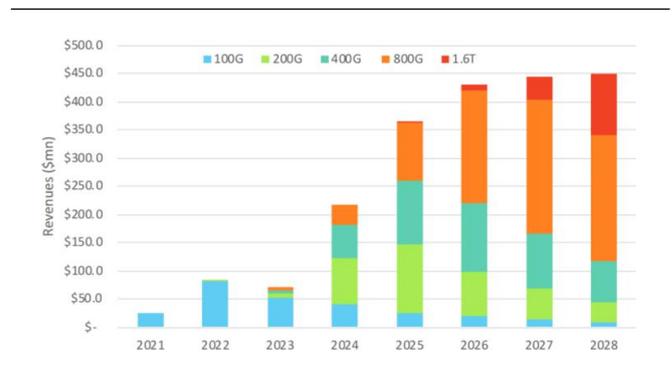
资料来源：九州互联科技，山西证券研究所

图 19: LightCounting 预测 DAC 和 AEC 市场将稳步增长



资料来源：LightCounting，山西证券研究所

图 20: LightCounting 预测 AI 将给 800G、1.6T AEC 带来爆发式增长



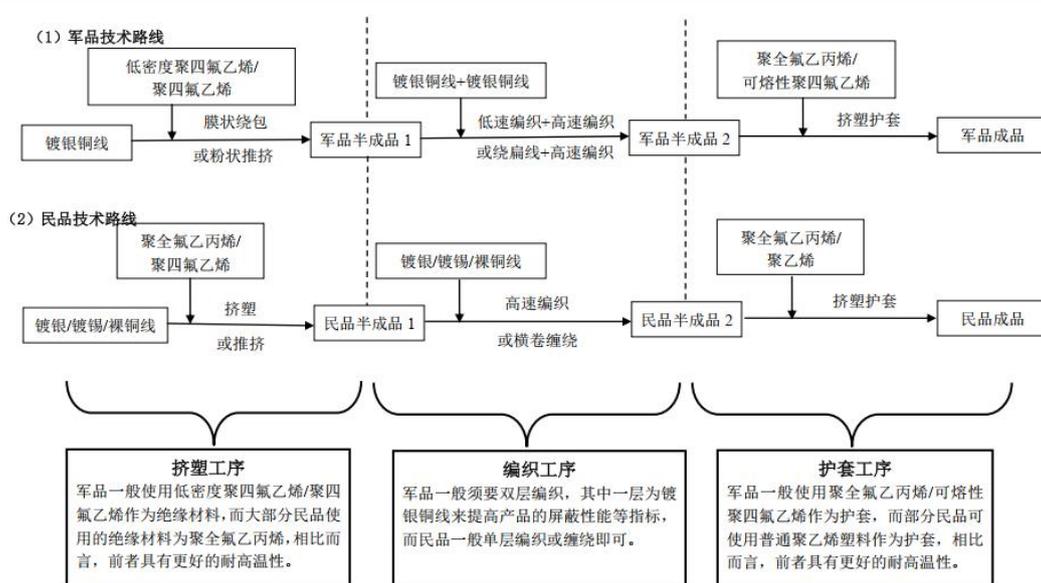
资料来源：LightCounting，山西证券研究所

2.2 高速铜缆线材：高速线材具有设备和工艺壁垒

从高速通信线制造环节拆分来看，1) 材料处理：合金铜线经过拉丝工艺变成细铜线，其中核心原材料是高纯度铜材（主要供应商有博威合金、威兰德等），决定了电缆的导电性能，再通过电镀/化学镀银等方式

形成**镀银线**（主要供应商有恒丰特导等）；**2）绝缘**：镀银铜线经过挤塑绝缘、编织、挤塑护套、成圈包装等流程形成**芯线**（多数为线材厂商内部完成），其中护套材料根据民品/军品要求不同使用材料不同。一般来说单根芯线可由数根至十根以上不等数量的镀银铜线绞合而成，而**对于高速数据通信芯线而言，通常由一对差分线组成**；**3）编织**：芯线经由绝缘押出、平行对绕包、编织、挤塑护套等环节形成**成品线材**（主要供应商有安费诺、乐庭智联、安澜万锦、神宇股份、景弘盛、蓝原科技等），至此完成线材制作；**4）组件组装**：成品线材加上连接器可成为完整线束产品，即我们提到的高速铜互联组件，用于不同互联方案，主要供应商有安费诺、泰科、莫仕、立讯、兆龙、金信诺、华丰等厂商。

图 21：同轴电缆制作过程



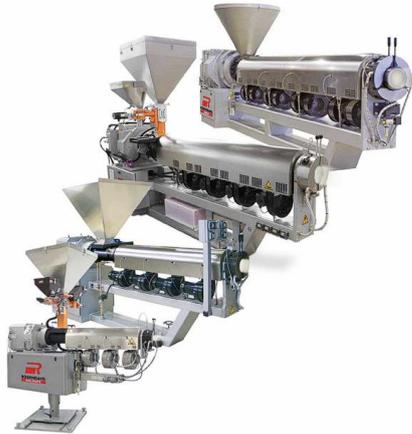
资料来源：神宇股份招股书，山西证券研究所

不同环节设备和材料对芯线到线材制作有重要影响，具体来看：

1) 绝缘芯线压出：绝缘材料对成品性能有非常大的影响，目前主要有 PP、FEP、铁氟龙、FEP 发泡、铁氟龙发泡材料等，对于 PCIE6.0 以上高速传输材料绝缘材料普遍使用发泡材料。对于绝缘工序来讲，需要严格控制的是绝缘外径、同心度、椭圆度以及电容等指标。**2) 平行对绕包**：即将 2 根绝缘芯线及地线集合在一起，同时在外面包上一层铝箔或铜箔麦拉和一层自粘聚酯带，过程将影响线材的阻抗、延时差、衰减等；绕包工序中铝箔&铜箔的厚度和重叠率要严格控制，同时聚酯带绕包的方向应于铝箔&铜箔相反，同时对自粘聚酯带的加热温度也要精准控制。此外，平行绕包线弯曲性能差，还应尽量避免弯折，尽量做到伏贴和保护芯线。；**3) 线材编织**：通过编织机在成缆芯线外面编上一层金属屏蔽网，以增强线材的屏蔽效果，

过程中需对线材的收放线张力及排线等进行控制；4) **线材外被压出**：通过压出机在编织或成缆线材外面押上一层聚烯烃材料被覆，对线材加以保护，过程中需对张力及排线、押出方式等进行控制。

图 22：罗森泰的高性能挤出机系列



资料来源：罗森泰官网，山西证券研究所

图 23：东莞冠博机电生产的极细电线编织机



资料来源：冠博机电官网，山西证券研究所

2.3 铜互连高速连接器：技术和专利壁垒高，市场份额集中在欧美巨头

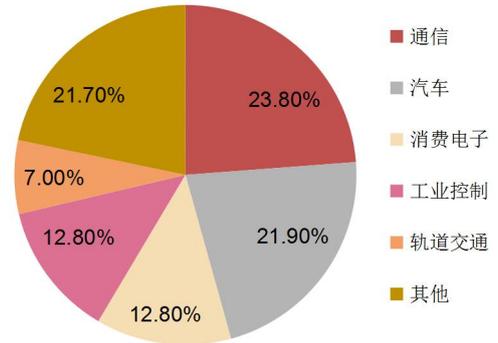
数据中心连接器为通信连接器市场里高速成长的分支。根据 bishop&associates，2022 年全球连接器市场规模为 841 亿美元，其中通信为占比最大的细分市场。通信连接器包括无线射频连接器、微波连接器、背板连接器、板对板连接器、线对板连接器等，主要应用在电信和数据中心两大市场。由于发达国家 5G 建设的阶段性放缓、传输网建设的周期性等因素，通信市场表现平缓，而以大模型为代表的 AI 算力建设 2024 年后驱动科技企业数据中心资本开支大幅提升，且主要用于 AI 服务器采购，数据中心成为通信连接器市场增速最快的赛道。

图 24：全球连接器市场规模

图 25：2022 年全球连接器应用领域分布



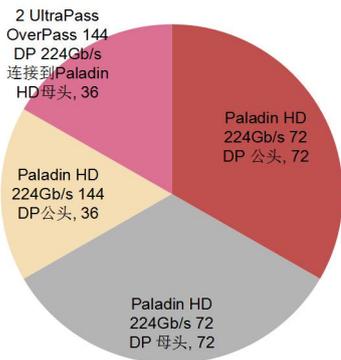
资料来源：方向电子招股书援引 bishop&associates, 山西证券研究所



资料来源：方向电子招股书援引 bishop&associates, 山西证券研究所

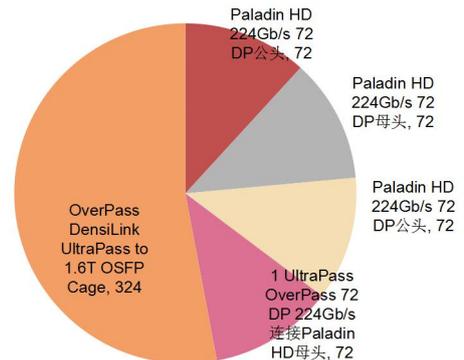
GB200 高速铜连接中主要涉及到的是 IO CAGE、背板连接器、近芯片连接器等。GB200 机柜对于高速连接器的用量提升非常显著，其中 800G、1.6T IO CAGE 用于和光模块&ACC 对插的端口，尤其是 1.6T IO CAGE 单通道速率提升至 224Gbps，对于高频高速防串扰设计成为难点。而背板连接器、近芯片连接器目前代表性的是安费诺的 Paladin、OverPass 系列，此类连接器的特点是超高速信号以及大电流密集传输，pin 脚密集，对于连接器制造的精度、一致性、电镀处理难度极大。

图 26: NVL72 NVLINK 高速铜互联使用的连接器种类和数量



资料来源：Semianalysis, 山西证券研究所

图 27: NVL36*2 NVLINK 高速铜互联使用的连接器种类和数量



资料来源：Semianalysis, 山西证券研究所

高速高密度连接器技术、专利壁垒高，市场份额高度集中。根据华丰科技《IPO 首轮问询回复意见》，通讯高速连接器的关键工序和核心环节包括磨具设计与制造、塑压成型、冲压成型、玻璃密封连接器烧结、壳体类零件机加工、接触件零件机加工、表面处理、接触件制造、零件热处理、接触簧片的自动连续塑封、

自动装配和检测、模块化&无缆化产品装联等细节，核心指标包括成型精度、精度一致性、表面镀膜一致性、接触件使用寿命、接触件应力、热性能等等。根据中国国际工程咨询有限公司的《重点电子元器件研究报告（缩写版）》，在 25Gbps 及以上高速连接器领域，泰科、安费诺、莫仕三大美国巨头通过收购、相互授权专利长期处于垄断地位，形成“一家独大两强相随”局面。其中 25Gbps 连接器市场安费诺、莫仕、申泰、泰科分别占比 72%、20%、3%、5%；56Gbps 连接器市场安费诺、莫仕、申泰、泰科分别占比 60%、28%、10%、2%。

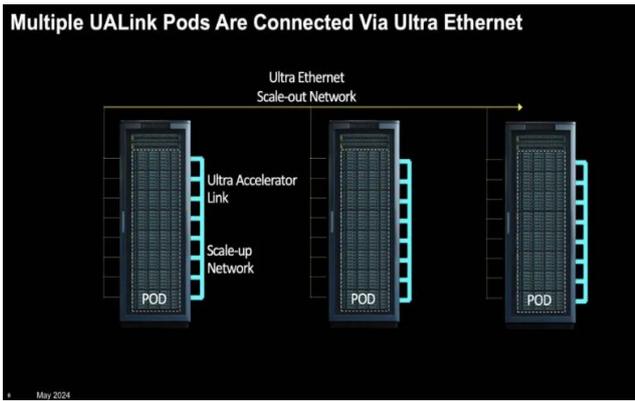
2.4 高速铜互联组件：竞争格局相对集中，国产替代具有空间

由于高速铜互联组件厂商的话语权主要集中在连接器领域，因此连接器的竞争格局基本顺延到组件市场，国内厂商仍有替代空间。根据 QYResearch《高速直连铜(DAC)电缆全球市场研究报告 2023-2029》，外部 IO 组件 DAC，目前全球主要供应商包括安费诺、molex、泰科、Juniper、Volex、英伟达、泛达、博迈立铨、佳必琪、立讯等。2022 年全球前十名厂商占有大约 69.0%的市场份额，其中安费诺为最主要供应商，份额领先；国内厂商主要包括立讯精密、兆龙互联、金信诺等。而对于高速背板领域，根据华丰科技招股书，安费诺、泰科、莫仕占据较大市场份额，国内逐渐形成了以华丰、庆虹、中航光电为主的格局。对于近芯片跳线领域，我们认为安费诺在全球处于绝对领先地位，海外 samtec、泰科，国内立讯精密、华丰科技等处于挑战者地位。最后，服务器内部线领域，竞争格局相对分散，海外玩家主要是安费诺、泰科、molex、Volex、samtec，国内玩家包括立讯精密、鸿腾精密、兆龙互连、金信诺等。

高速铜连接市场有望从英伟达引领扩散到海外 UALINK 和国产配套，铜连接作为 Blackwell 最显著的增量产品有望“复刻”光模块行情，2025 年市场需求或爆发增长。NVL72 的意义在于引领 scaleup 通信技术发展，海外 UALINK 以及国内智算集群均有望跟进。今年 5 月底，英特尔、AMD、博通、思科、谷歌、HPE、Meta 和微软宣布建立 UALink 推广工作组，以指导数据中心 AI 加速器芯片之间连接组件的发展，希望未来可以取代 NVLink 接口。UALink 1.0 规范将支持多达 1024 个加速器内存统一互联，虽具体实现方式仍未知，我们认为高速铜缆架构不失为成熟的解决方案。国内方面，中国移动编制的《面向超万卡集群的新型智算技术白皮书》倡议加速推进超越 8 卡的超节点形态服务器，优化 GPU 卡间互联协议实现通信效率跃升，可以期待国内 AI 大芯片在 scaleup 互联技术也在酝酿更大的动作。以华为为例，其 2022 年底推出的“天成”多样算力平台旨在设计更高的算力密度，超节点形态服务器设计将是下一步工作重点。

图 28：UALINK 拓展通用 scaleup 协议

图 29：华为“天成”机柜级算力平台产品



资料来源：云头条，山西证券研究所



资料来源：华为，山西证券研究所

3. 投资逻辑与建议关注

3.1 聚焦英伟达上游配套，关注国产方案

投资角度来看，国内公司主要聚焦于英伟达上游配件供应，海外连接器巨头配套：高速裸线、CAGE 代工将受益于产能扩张和价值量提升。由于与英伟达的联合研发以及对于核心专利的掌握，GB200 高速铜连接前期价值量或将主要集中于以安费诺为代表的国际连接器巨头厂商。安费诺成立于 1932 年，是全球最大连接器和线缆组件制造商之一，公司总部位于美国康涅狄格州，并在全球多地设有超过 100 家子公司及办事处，产品涵盖线缆及连接器等全面组件，下游应用到工业、消费电子、通信等多领域。根据 2023 年年报，公司用于数据中心占比约为 19%，出货地区主要为北美地区。

图 30：安费诺 2023 年收入下游主要领域

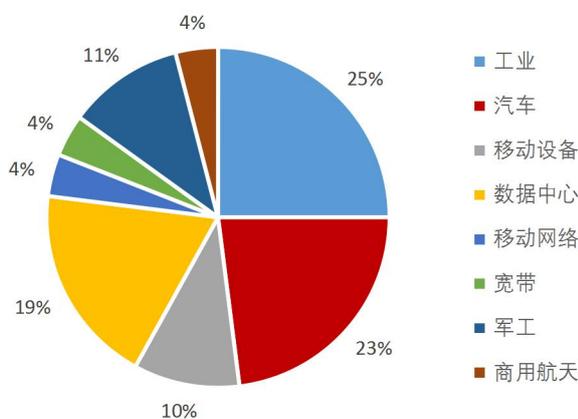
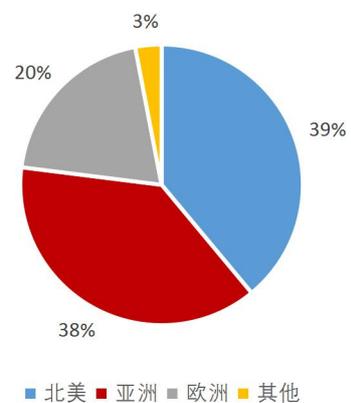


图 31：安费诺 2023 年收入出货地区

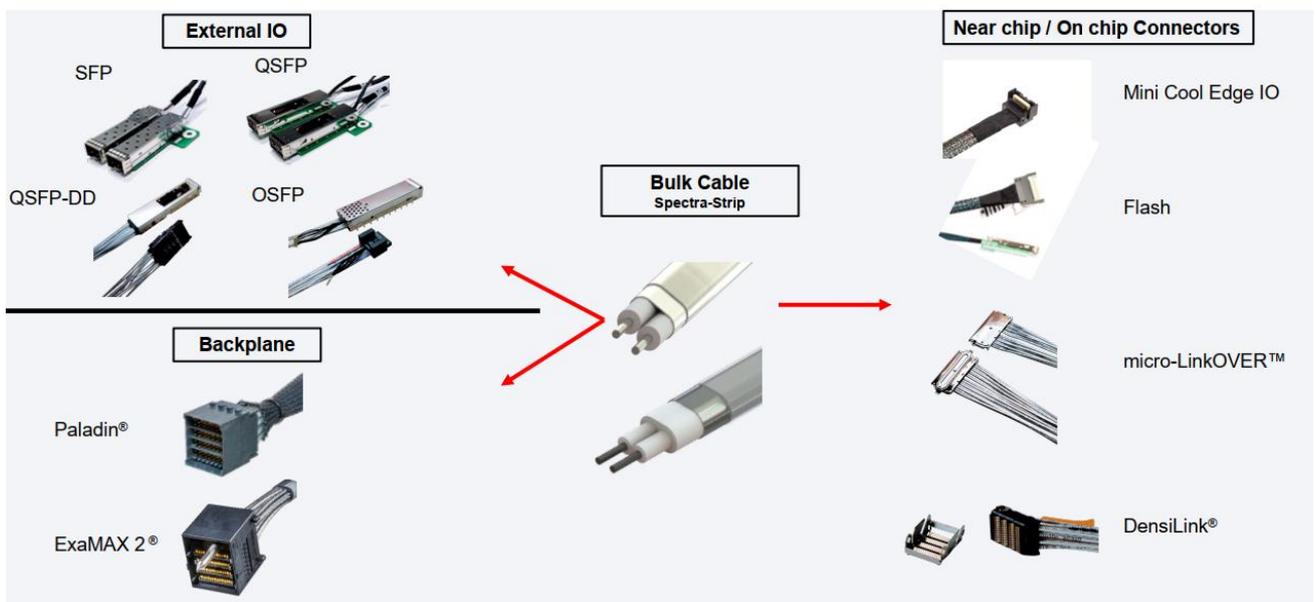


资料来源：安费诺 2023 年年报，山西证券研究所

资料来源：安费诺 2023 年年报，山西证券研究所

针对 GB200 集群，国内集中了安费诺最大的信息通信产品线配套产能，其对于 224G 高速线、cage 结构件等高速产品配套需求或增加，同时对于中低端产品线的产能外包需求也将外溢。安费诺国内合作伙伴包括乐庭智联（沃尔核材）、神宇股份、鼎通科技、奕东科技等，以沃尔核材为例，根据 2024 年 7 月 24 日投资者关系活动记录表披露，高速通信线订单需求在不断增长，已下单采购几十台绕包机和多台芯线机以进一步满足产能需求，可预见未来由产能提升和产品价值量提升带来的收入增长。

图 32：安费诺 Spectra-Strip 224G 高速线与各种高密度连接器组成了面向数据中心的铜连接解决方案



资料来源：《Amphenol OverPass》，山西证券研究所

3.2 产业链公司简介

从产品应用领域及与下游客户合作来看，产业链相关推荐公司主要包括线材及连接器相关厂商，包括立讯精密，神宇股份，沃尔核材，新亚电子，鼎通股份、兆龙互联、华丰科技等。

立讯精密：拥有高速铜连接全套解决方案。公司在数据中心通信互联方面产品主要包括电连接（连接器及连接器模组，线缆及线缆模组），光联接（AOC，光模块，光跳线等），以及热管理和电源等。根据公司 2024 年 4 月 26 日投资者关系活动记录表披露，公司可为英伟达 NVL72 提供约 209 万元的解决方案，

包含电连接、光连接、电源管理、散热等产品，后续有望受益于英伟达高速铜连接组件供应商的拓展以及 UALINK 成员、国产 AI 服务器等其他客户的导入。2023 年，立讯精密营收 2319 亿元，其中通讯互联产品及精密组件营收 145 亿元，高速铜连接将成为立讯通信业务有力增长引擎。

图 33：立讯高速铜连接产品



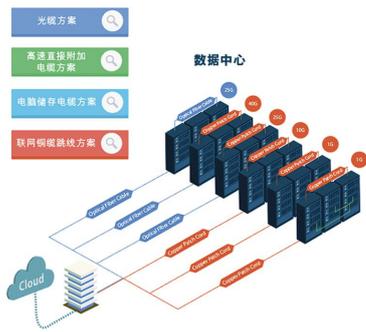
资料来源：立讯精密官网，山西证券研究所

立讯精密的子公司汇聚科技专注铜缆和光缆组件产品并切入服务器代工。立讯精密于 2022 年上半年完成对汇聚科技的收购，汇聚科技拥有超 30 年行业经验，以定制电线互联方案起家，目前供应各种铜缆和光缆电线组件、数字电线产品及服务器。其服务器业务于 2022 年以 JDM/ODM 模式切入，根据品牌客户的需求深度定制，有望充分利用公司在铜缆和光缆组件的设计制造优势为服务器客户提供差异化解决方案。根据汇聚科技 2023 年年报，自 2023 年 3 月 31 日至 12 月 31 日的会计年度期间收入为 48 亿港元，电线组件（包括数据中心、电讯、医疗设备、工业设备、汽车）、数字电线（包括网络电线、特种线）以及服务器业务分别占比 35.8%、18.0%、46.2%。

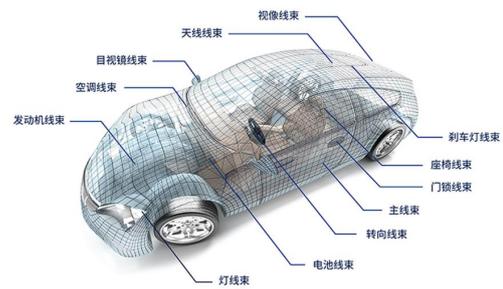
风险提示：数据通信组件客户开拓不及预期、224G 高端组件产品量产进度不及预期、汇率波动风险、客户相对集中风险。

图 34：汇聚科技电信与数据通信连接方案

图 35：汇聚科技汽车线束连接方案



资料来源：汇聚科技官网，山西证券研究所



资料来源：汇聚科技官网，山西证券研究所

沃尔核材：子公司乐庭智联是国内高速线材领军者。公司主营高分子核辐射改性新材料及系列电子、电力、电线产品，其中电线产品主要由子公司乐庭智联经营，包括高速通信线、汽车线、工业线及消费电子线等，为直接线材产品。公司与安费诺、莫仕等头部客户建立了长期稳定合作，多款单通道 224G 的高速通信线已通过客户测试进入小批量交付阶段。在产能方面，乐庭拥有绕包机 140 多台，芯线机近 20 台，仍有几十台绕包机和多台芯线机已订购。外部 IO 线方面，公司正配合客户进行 1.6T 高速线产品打样。我们认为公司在高速通信线领域技术储备充分、产能领先，有望充分受益于大客户订单爆发。

风险提示：上游原材料价格上涨公司未做好应对导致毛利率下滑风险，高速通信线产能扩张不及预期导致订单丢失风险，高速通信线良率爬坡不及预期风险，新能源汽车基础设施投资不及预期风险。

图 36：乐庭智联 QSFP 高速电线系列



资料来源：乐庭电线官网，山西证券研究所

图 37：沃尔核材电线电缆业务近十年收入毛利率变化



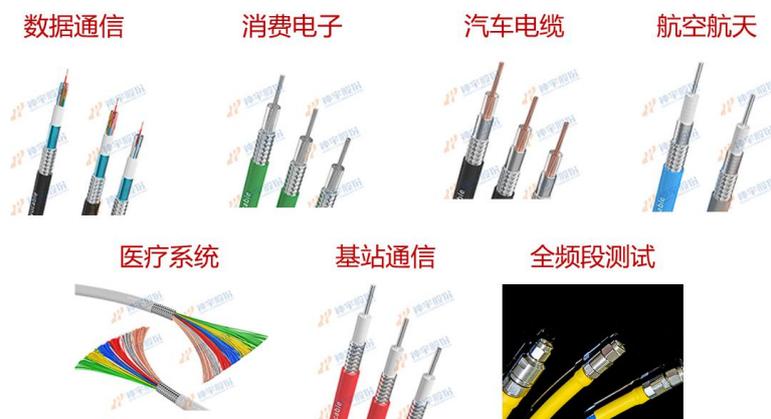
资料来源：wind，山西证券研究所

神宇股份：专注同轴电缆产品，高速线材异军突起。公司专业从事高频射频同轴电缆产品生产，主要产品为射频同轴电缆、射频连接器和组件，包括细微射频同轴电缆、极细射频同轴电缆、半柔半刚射频同

轴电缆、稳相微波射频同轴电缆、军标系列射频同轴电缆等多种产品。公司在智能手机、笔记本等消费电子市场已具备较高的市场份额，在高速数据中心领域已形成定制化、特色化产品系列，取得多家国内外重要客户批量供货。公司拥有定制化挤出机、编织机、横卷机等充足产能，目前在手订单良好，2024Q1 营收同比增长 33.3%，将持续推进新产品研发和量产。

风险提示：客户相对集中风险，铜等原材料价格上涨降低毛利率风险，射频同轴电缆市场竞争加剧导致收入下滑风险，高速通信线人才流失或短缺的风险。

图 38：神宇股份产品覆盖通信、消费电子、航空航天、汽车、医疗多领域



资料来源：神宇股份官网，山西证券研究所

新亚电子：主要聚焦服务器内部线，安费诺高频高速 PCIE 线材主要供应商。公司是精细电子线材专业厂商，主营线材产品涉及消费电子、工业控制、汽车电子、新能源、通信及数据中心等。在高频高速数据线材，公司主要产品包括 PCIe4.0/5.0/6.0 等，主要用于 AI 人工智能服务器，向美国安费诺（直接客户为厦门安费诺电子装配有限公司）等客户供货，终端应用客户包括戴尔、惠普、浪潮、谷歌、亚马逊、微软、甲骨文、中科曙光、新华三等知名服务器制造商。2023 年公司营收 31.9 亿元，通信线缆及数据材料营收 14.7 亿元，近几年高频高速线材的营收平均在 7000 万元左右，目前根据客户指引稳步扩产。

风险提示：铜材等原材料价格波动风险，收购整合风险和对于少数股权的经营管理风险，商誉减值风险，消费电子和通信领域线材竞争激烈导致毛利率下滑风险。

图 39：新亚电子下游客户

图 40：新亚电子用于服务器的 SATA 线产品



资料来源：公司招股说明书，山西证券研究所



产品说明 Product description

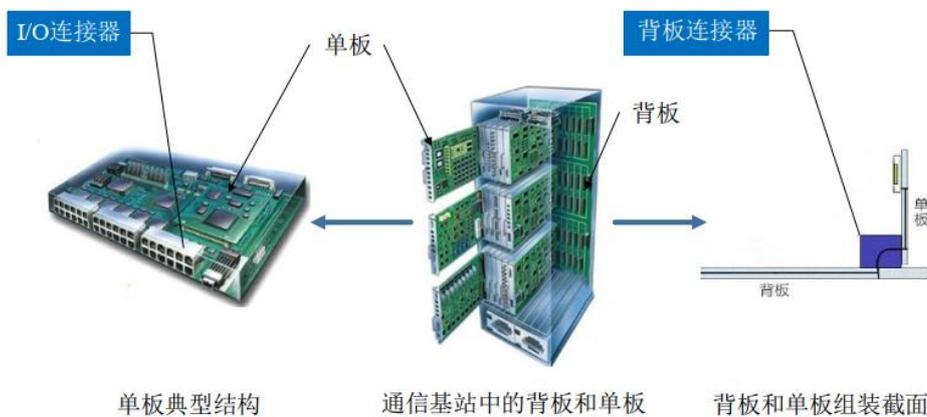
- > 导体: 单支镀锡铜
- > 绝缘体: 发泡PE+skin
- > 地线: 单支镀锡铜
- > 屏蔽: 铝箔聚酯和编织
- > 外被: PVC无卤材料
- > 额定温度: 80℃ 额定电压: 30V
- > Conductor: Solid tinned copper
- > Insulation: Foamed-PE+skin
- > Drain wire: Solid tinned copper
- > Shielded: Aluminized polyester foil and Braid
- > Jacket: Polyvinyl chloride or Halogen-free materials
- > Rated temperature: 80℃ Rated voltage: 30 volts

资料来源：新亚电子官网，山西证券研究所

鼎通科技：通讯、汽车双轮驱动，在数据中心领域主要供应高速 IO 壳体以及背板连接器组件。公司高速通讯连接器及组件主要包括高速背板连接器组件和 IO 连接器组件，形态为精密结构件和壳体（CAGE）等。在通讯领域，公司与安费诺、莫仕、泰科、中航光电等建立了长期稳固合作关系，其 QSFP-DD 112G/OSFP-DD/OSFP 系列不断加大与客户合作。汽车连接器及其组件主要供应控制系统连接器、高压互锁连接器、线束连接器、高压连接器、电控连接器等，不断加深与比亚迪、长安汽车、南都电源、蜂巢能源、富奥汽车、罗森博格等客户合作。2023 年，公司营收 6.1 亿元，其中通讯连接器、汽车连接器分别实现 3.5 亿元、2.1 亿元。

风险提示：铜材等原材料成本上涨导致毛利率下行风险，市场开拓不及预期导致新增产能消化不足风险，高速通讯连接器新料号导入节奏不及预期风险，汽车行业增速下滑风险。

图 41：鼎通科技通讯连接器组件



资料来源：鼎通科技招股书，山西证券研究所

兆龙互联：国内数据通信组件和布线领先企业。公司专业从事数字通信电缆行业，产品包括数据电缆

及布线（覆盖从 5e 到 8 类的数据电缆）、专用电缆（包括高速传输电缆、工业数字通信电缆）以及连接产品（包括数据电缆组件、高速电缆组件、工业电缆组件）。在高速通信领域，公司的高速传输电缆用于交换机与服务器集群设备之间、服务器内部的高速平行传输对称电缆，目前已出货单通道 112Gb/s 的产品。公司致力于将电缆产品向下游延伸至组件，其高速电缆组件拥有高速电缆、PCBA、线端连接器整体制造能力，已实现 QSFP-DD 800、OSFP 800 等高端 DAC/ACC 外部 IO 组件的出货。2023 年，公司营收 15.6 亿元，以数据电缆收入为主，营收 12.3 亿元，其次连接产品、专用电缆分别营收 1.2 亿、1.2 亿元。

风险提示：主要原材料价格波动风险，海外投资风险，人民币汇率波动风险，高速电缆组件市场拓展不及预期风险。

图 42：兆龙互连高速互连产品

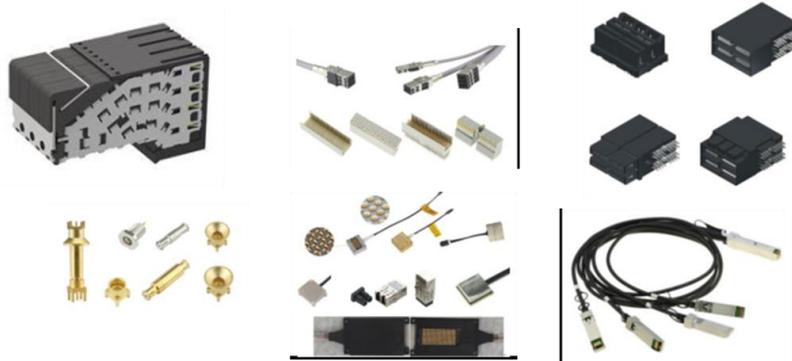


资料来源：兆龙互连 2023 年年报，山西证券研究所

华丰科技：高速背板连接器国产替代先锋，受益于国产算力建设。公司是国有控股的核心骨干高新技术企业，经过改制解决了历史包袱、实现了市场化的经营管理和员工激励。公司聚焦在防务类、通讯类、工业类三大连接器领域，2023 年营收 8.9 亿元，连接器、系统互连产品、组件分别营收 5.1 亿、2.0 亿、1.6 亿元。高速线模组有望成为公司未来几年重要引擎，作为国产替代主要承研和制造单位，公司解决了模组生产中的高速连接器、微小零件激光焊接、电阻焊接以及焊接可靠性技术难题，目前已投资建设高速线模组 6 条产线，并于 7 月开始进行批量生产交付。公司的高速线模组产品包括背板高速线模组、IO 高速线模组、板内 CTC 高速线模组以及板间 BTB 等主流架构产品，与海外巨头安费诺等完整对标。目前 112G 高速背板产品已批量发货，224G 产品已达到样品试制合格状态，还实现了服务器液冷 cable tray 研发以及 200 针级双 LGA IC Socket 国产替代。

风险提示：主要客户相对集中的风险，专利申请无效和侵权纠纷风险，军工业务受行业波动订单恢复不及预期风险，高速背板竞争格局恶化风险，主要原材料价格上涨的风险。

图 43：华丰科技通讯连接器产品



资料来源：华丰科技招股书，山西证券研究所

4. 风险提示

1) **对于高速铜缆价值量预期过于乐观风险。**英伟达 GB200 项目是 224G 高速铜缆产业界投入大批量生产的首款产品，目前产业链多处于验证或小批量出货阶段。高速铜缆的单机柜价值量、市场空间取决于供应商报价、安费诺毛利率策略、英伟达成本管控等多方面因素，本报告的测算可能过于乐观。

2) **GB200 机柜量产进度延后导致相关公司订单落地、业绩释放不及预期。**GB200 产业链涉及到高端制程代工、COWOS 封装、HBM3e 芯片、光模块、PCB、高速铜缆等诸多环节。任一环节出现良率、产能爬坡瓶颈均会影响 GB200 机柜量产节奏，从而导致铜连接相关公司业绩释放不及预期。

3) **相关公司设备或良率瓶颈导致产能释放不及预期风险。**224G 高速铜缆生产需要的设备包括挤出机、绕包机及相关测试机台等，行业短时间内快速爆发可能导致设备交期延长进而导致相关公司产能扩张进度不及预期，从而有订单丢失或份额不及预期风险。

4) **原材料成本上涨、良率低导致毛利率不及预期风险。**高速铜缆企业的毛利率取决于订单价格、上游铜材、屏蔽绝缘材料、设备折旧、人员工资等诸多因素，倘若原材料成本上涨超预期或生产良率较低将导致 BOM 成本、制造费用等占比超出预期，从而导致盈利能力下滑。

5) **竞争格局恶化风险。**首先 224G 高速线缆组件属高毛利产品，下游连接器巨头若扩产充分可能增加内部产能配套比例从而导致高速线材采购量下降；此外，若更多的企业掌握高速铜缆生产工艺和产能储备，下游客户的选择可能更加多元，高速铜缆企业议价能力相应下降，从而导致订单价格大幅下滑，产生营收增速放缓、毛利率下滑等风险。

6) **技术路线不确定风险。**本文指出，在 AI Scaleup 互联中可选通信技术包括 PCB、铜缆、AOC、OIO



等，当前铜缆在通信性能和方案成本上相对折中为最佳方案。随着互联距离从机柜内拓展到机柜间以及通信带宽的进一步增长，光通信可能成为在性能上的唯一解决方案；且随着 OIO、CPO 等光电集成封装技术成熟，光通信短距互联成本有望进一步下降，铜互联在某些场景使用价值可能被光通信所取代。

分析师承诺：

本人已在中国证券业协会登记为证券分析师，本人承诺，以勤勉的职业态度，独立、客观地出具本报告。本人对证券研究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，分析结论具有合理依据。本报告清晰地反映本人的研究观点。本人不曾因，不因，也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点直接或间接接受到任何形式的补偿。本人承诺不利用自己的身份、地位或执业过程中所掌握的信息为自己或他人谋取私利。

投资评级的说明：

以报告发布日后的 6--12 个月内公司股价（或行业指数）相对同期基准指数的涨跌幅为基准。其中：A 股以沪深 300 指数为基准；新三板以三板成指或三板做市指数为基准；港股以恒生指数为基准；美股以纳斯达克综合指数或标普 500 指数为基准。

无评级：因无法获取必要的资料，或者公司面临无法预见的结果的重大不确定事件，或者其他原因，致使无法给出明确的投资评级。（新股覆盖、新三板覆盖报告及转债报告默认无评级）

评级体系：

——公司评级

- 买入： 预计涨幅领先相对基准指数 15%以上；
- 增持： 预计涨幅领先相对基准指数介于 5%-15%之间；
- 中性： 预计涨幅领先相对基准指数介于-5%-5%之间；
- 减持： 预计涨幅落后相对基准指数介于-5%- -15%之间；
- 卖出： 预计涨幅落后相对基准指数-15%以上。

——行业评级

- 领先大市： 预计涨幅超越相对基准指数 10%以上；
- 同步大市： 预计涨幅相对基准指数介于-10%-10%之间；
- 落后大市： 预计涨幅落后相对基准指数-10%以上。

——风险评级

- A： 预计波动率小于等于相对基准指数；
- B： 预计波动率大于相对基准指数。

免责声明：

山西证券股份有限公司(以下简称“公司”)具备证券投资咨询业务资格。本报告是基于公司认为可靠的已公开信息，但公司不保证该等信息的准确性和完整性。入市有风险，投资需谨慎。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议。在任何情况下，公司不对任何人因使用本报告中的任何内容引致的损失负任何责任。本报告所载的资料、意见及推测仅反映发布当日的判断。在不同时期，公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。公司或其关联机构在法律许可的情况下可能持有或交易本报告中提到的上市公司发行的证券或投资标的，还可能为或争取为这些公司提供投资银行或财务顾问服务。客户应当考虑到公司可能存在可能影响本报告客观性的利益冲突。公司在知晓范围内履行披露义务。本报告版权归公司所有。公司对本报告保留一切权利。未经公司事先书面授权，本报告的任一部分均不得以任何方式制作任何形式的拷贝、复印件或复制品，或再次分发给任何其他人，或以任何侵犯公司版权的其他方式使用。否则，公司将保留随时追究其法律责任的权利。

依据《发布证券研究报告执业规范》规定特此声明，禁止公司员工将公司证券研究报告私自提供给未经公司授权的任何媒体或机构；禁止任何媒体或机构未经授权私自刊载或转发公司证券研究报告。刊载或转发公司证券研究报告的授权必须通过签署协议约定，且明确由被授权机构承担相关刊载或者转发责任。

依据《发布证券研究报告执业规范》规定特此提示公司证券研究业务客户不得将公司证券研究报告转发给他人，提示公司证券研究业务客户及公众投资者慎重使用公众媒体刊载的证券研究报告。

依据《证券期货经营机构及其工作人员廉洁从业规定》和《证券经营机构及其工作人员廉洁从业实施细则》规定特此告知公司证券研究业务客户遵守廉洁从业规定。

山西证券研究所：

上海

上海市浦东新区滨江大道 5159 号陆家嘴滨江中心 N5 座 3 楼

太原

太原市府西街 69 号国贸中心 A 座 28 层
电话：0351-8686981
<http://www.i618.com.cn>

深圳

广东省深圳市福田区金田路 3086 号大百汇广场 43 层

北京

北京市丰台区金泽西路 2 号院 1 号楼丽泽平安金融中心 A 座 25 层

