Global Computing Consortium 全球计算联盟

Open AI Infra A Chapter of GCC

2026全球计算大会（CGC2026）



# 《OPEN NPO 电连接器技术规范》解读


## 王东伟

Open AI Infra 社区整机柜项目群 高速互连项目组
项目经理

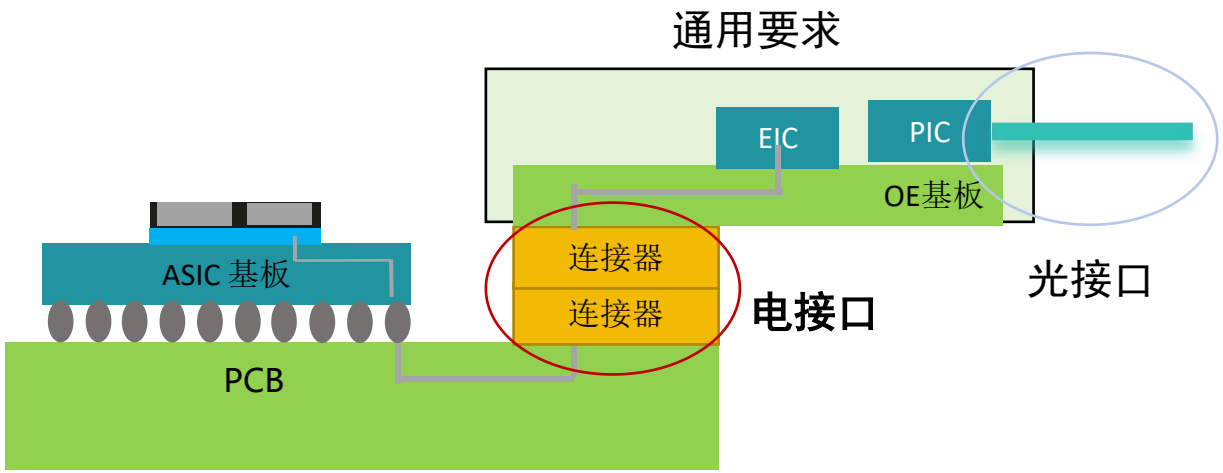
# 目录

- OPEN NPO 项目规范简介
- OPEN NPO 电连接器技术规范解读

# OPEN NPO 规范简介

## 项目目标

统一NPO接口，构建开放解耦生态，促进NPO商业推广应用




## 项目特点

- **开放度高**

1、连接器3D/2D图纸捐赠给GCC
2、Open AI Infra社区成员均可参与

- **授权友好**

1、知识产权FRAND授权模式
2、签署项目运行管理规定，保障成员产品化权益

- **原生兼容国产**

1、核心贡献方多元化，同时满足国产化和国际化场景
2、不绑定某几家，牵引产业链多元化供应

# OPEN NPO 规范参编单位

主要参编单位

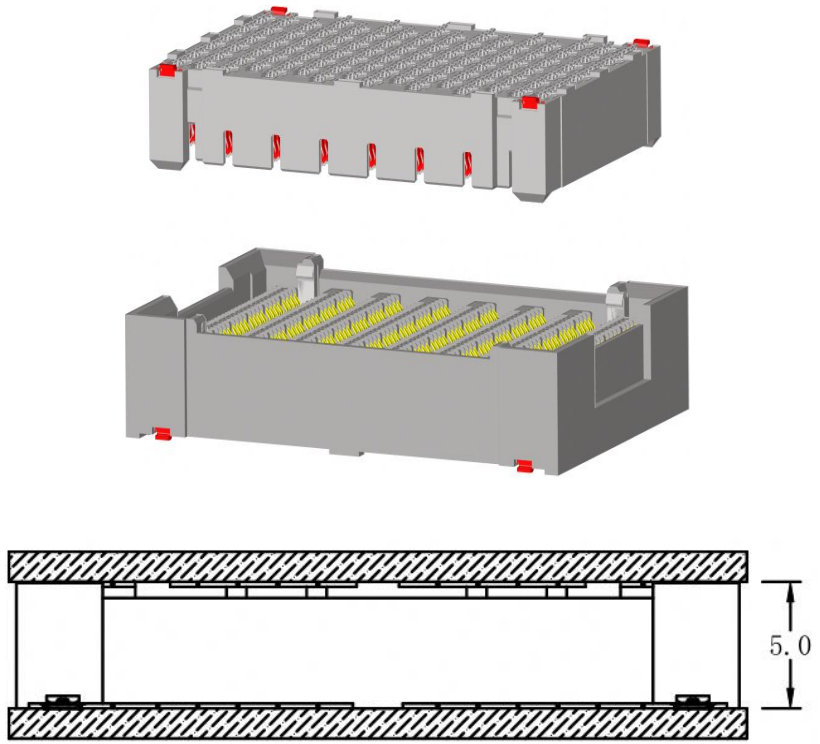



图纸联合贡献单位



# OPEN NPO 规范内容1-电连接器本体（STD）

## 电连接器外形

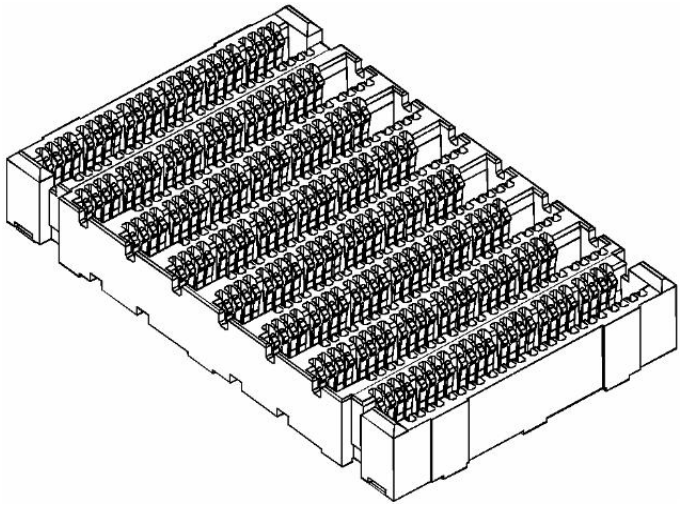


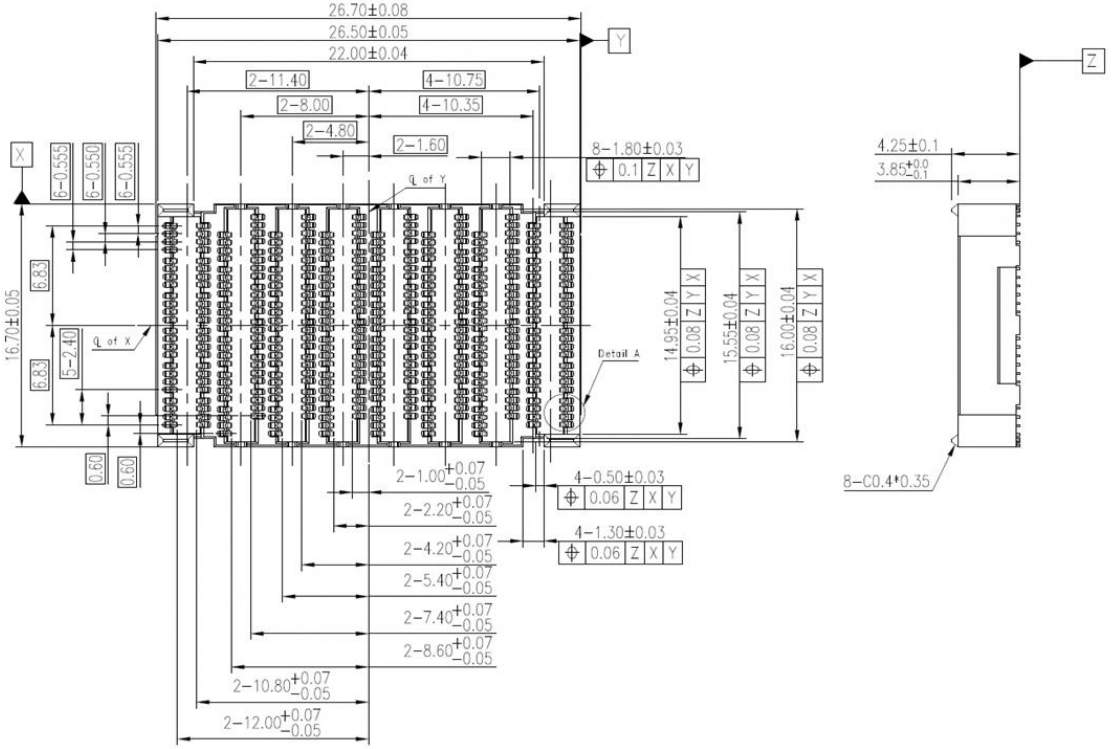

## 关键特征

- **高密设计：** OE侧16.7*26.7mm Pair pitch 1.6*2.4mm，密度为业界TOP水平
- **边缘止位：**pin区域无止位，四角边缘止位，OE基板变形量↓50%，更适配内置光源OE
- **可靠性：**双抱臂结构支持dematin g可靠性，开放腔体支持异物可靠性
- **支持通孔PCB：**Host PCB可采用通孔板，免HDI，成本↓30%
- **支持重构：**4pin/wafer，可改housing调整长、宽、pin数，便于下一代更高密版本演进

# OPEN NPO 规范内容2-公端电连接器图纸

## 3D图纸贡献给Open AI Infra社区

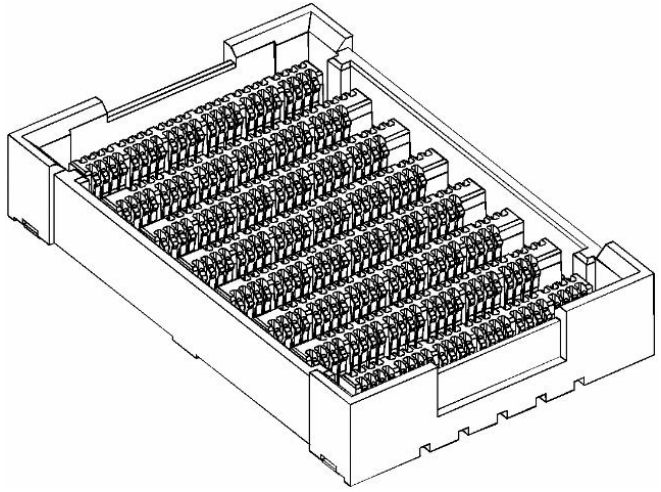


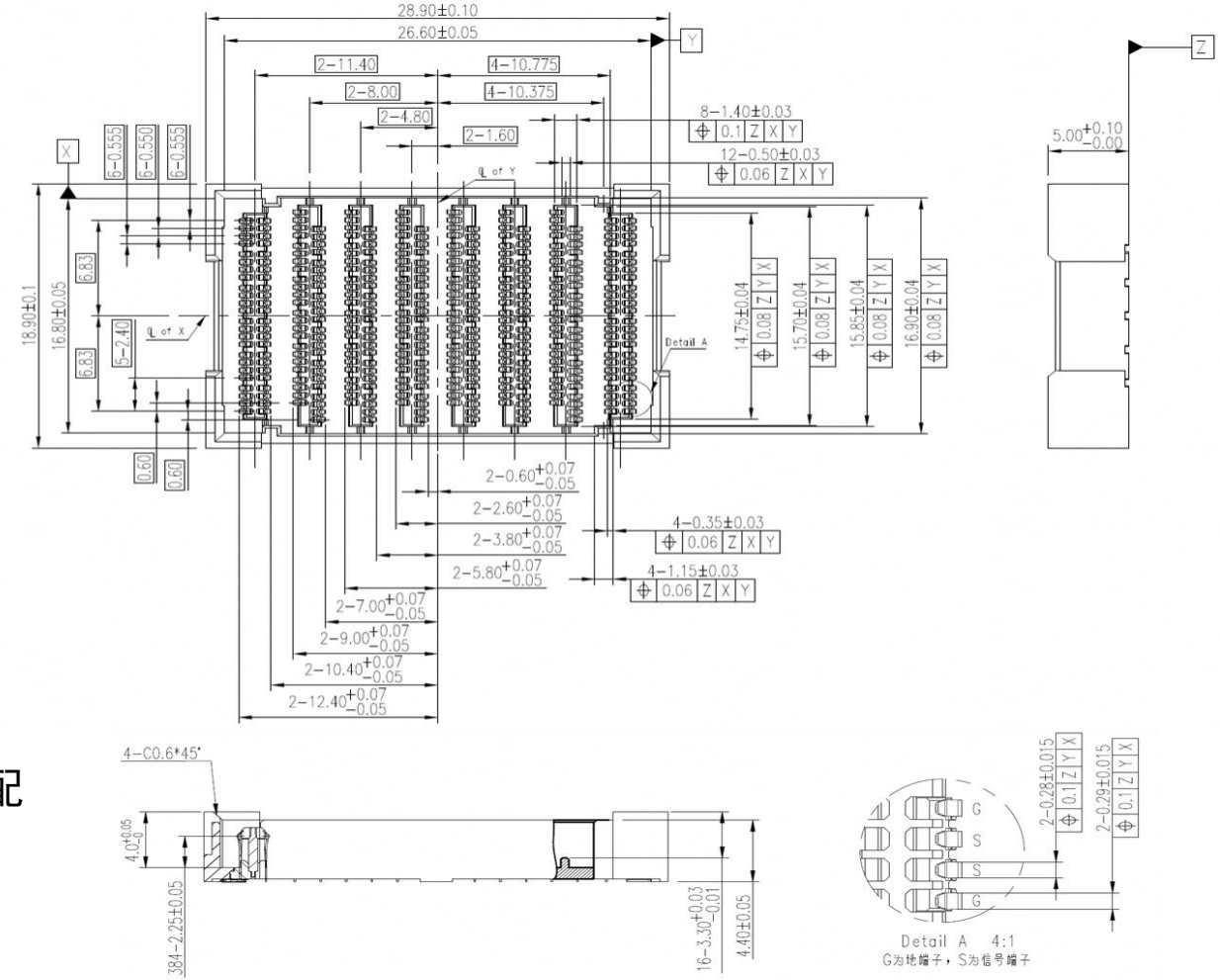



- **装配：**焊接到OE基板
- **尺寸：**16.7*26.7mm　密度为TOP水平
- **重构：**4pin/wafer，8排pin针，可改housing调整长、宽、pin数
- **低成本：**塑胶结构，制造成本低

# OPEN NPO 规范内容3-母端电连接器图纸

## 3D图纸贡献给Open AI Infra社区

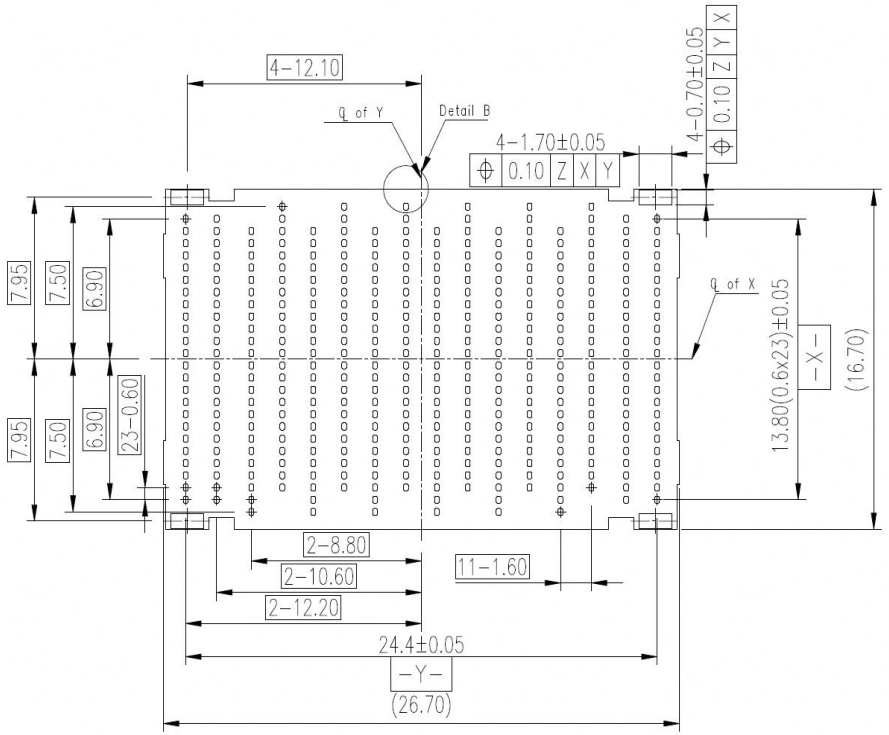


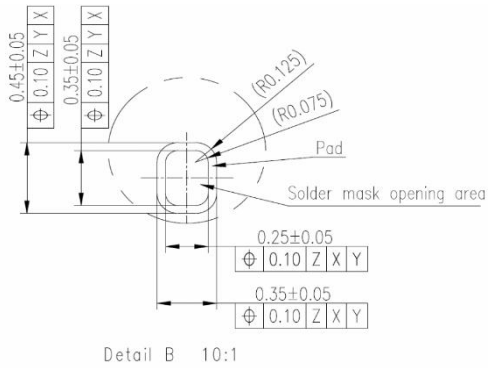



- **装配：**焊接到Host侧模组
- **尺寸：**18.9*28.9mm
- **使用可靠性：**边缘止位，OE基板变形量↓50%，适配内置光源OE
- **制造可靠性：**开放腔体支持异物可靠性
- **极简设计：**公母端子共用，无金属屏蔽结构；

# OPEN NPO 规范内容4-footprint

## 连接器OE侧焊接面footprint

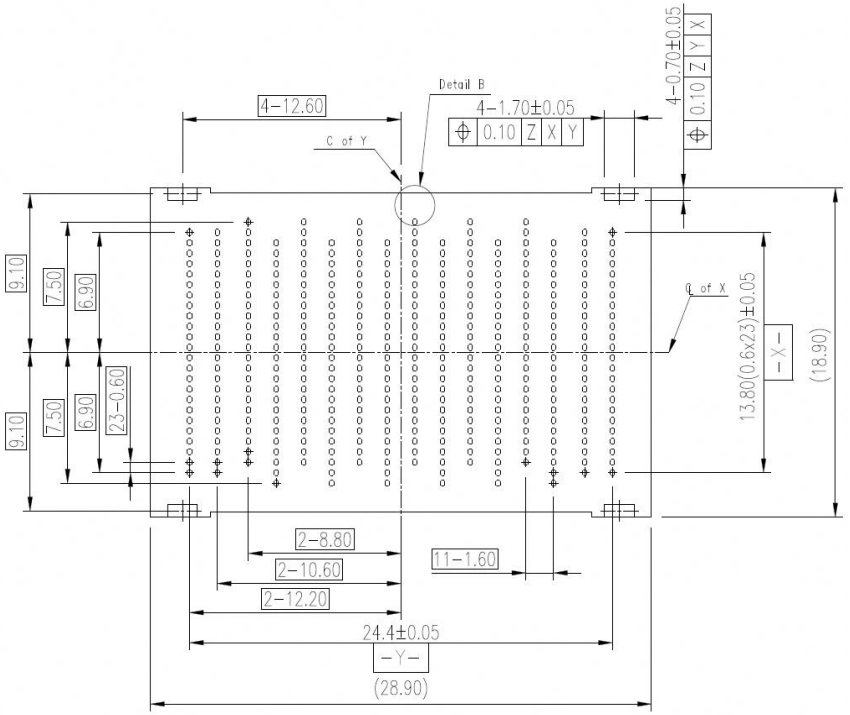



焊盘定义

- 支撑封装统一的强要求，支撑OE基板/Host模组走线设计

## 连接器Host侧焊接面footprint




- **使用成本低：** pair pitch 2.4*1.6mm Host PCB可采用通孔板，免HDI，成本↓30%

# OPEN NPO 规范内容5-pinmap

Host ASIC

| | A | B | C | D | E | F | G | H | J | K | L | M | N | P | R | T | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | GND | | GND | | GND | | GND | | GND | | GND | | | |
| | GND | GND | | HTx_CH13_P | | HTx_CH15_P | | HTx_CH17_P | | HTx_CH19_P | | HTx_CH21_P | | HTx_CH23_P | GND | GND | |
| | GND | GND | GND | HTx_CH13_N | GND | HTx_CH15_N | GND | HTx_CH17_N | GND | HTx_CH19_N | GND | HTx_CH21_N | GND | HTx_CH23_N | GND | GND | |
| | RSVD | RSVD | HTx_CH12_P | GND | HTx_CH14_P | GND | HTx_CH16_P | GND | HTx_CH18_P | GND | HTx_CH20_P | GND | HTx_CH22_P | GND | RSVD | RSVD | |
| | VCC_2V3 | VCC_2V3 | HTx_CH12_N | GND | HTx_CH14_N | GND | HTx_CH16_N | GND | HTx_CH18_N | GND | HTx_CH20_N | GND | HTx_CH22_N | GND | VCC_2V3 | VCC_2V3 | |
| | VCC_3V3 | VCC_3V3 | GND | HTx_CH10_P | GND | HTx_CH08_P | GND | HTx_CH06_P | GND | HTx_CH28_P | GND | HTx_CH26_P | GND | HTx_CH24_P | VCC_3V3 | VCC_3V3 | |
| | VCC_4V5 | VCC_4V5 | GND | HTx_CH10_N | GND | HTx_CH08_N | GND | HTx_CH06_N | GND | HTx_CH28_N | GND | HTx_CH26_N | GND | HTx_CH24_N | VCC_4V5 | VCC_4V5 | |
| | VCC_4V5 | VCC_3V3 | HTx_CH11_P | GND | HTx_CH09_P | GND | HTx_CH07_P | GND | HTx_CH29_P | GND | HTx_CH27_P | GND | HTx_CH25_P | GND | VCC_3V3 | VCC_4V5 | |
| | VCC_3V3 | VCC_3V3 | HTx_CH11_N | GND | HTx_CH09_N | GND | HTx_CH07_N | GND | HTx_CH29_N | GND | HTx_CH27_N | GND | HTx_CH25_N | GND | VCC_3V3 | VCC_3V3 | |
| 10 | RSVD | RSVD | GND | HTx_CH04_P | GND | HTx_CH02_P | GND | HTx_CH00_P | GND | HTx_CH34_P | GND | HTx_CH32_P | GND | HTx_CH30_P | RSVD | LPMODE | 10 |
| 11 | GND | GND | GND | HTx_CH04_N | GND | HTx_CH02_N | GND | HTx_CH00_N | GND | HTx_CH34_N | GND | HTx_CH32_N | GND | HTx_CH30_N | GND | GND | 11 |
| 12 | GND | GND | HTx_CH05_P | GND | HTx_CH03_P | GND | HTx_CH01_P | GND | HTx_CH35_P | GND | HTx_CH33_P | GND | HTx_CH31_P | GND | GND | I2C_SCL | 12 |
| 13 | RSVD | GND | HTx_CH05_N | GND | HTx_CH03_N | GND | HTx_CH01_N | GND | HTx_CH35_N | GND | HTx_CH33_N | GND | HTx_CH31_N | GND | INTN | I2C_SDA | 13 |
| 14 | RSVD | MODPRSL | GND | HRx_CH13_P | GND | HRx_CH15_P | GND | HRx_CH17_P | GND | HRx_CH19_P | GND | HRx_CH21_P | GND | HRx_CH23_P | GND | GND | 14 |
| 15 | GND | GND | GND | HRx_CH13_N | GND | HRx_CH15_N | GND | HRx_CH17_N | GND | HRx_CH19_N | GND | HRx_CH21_N | GND | HRx_CH23_N | GND | RSVD | 15 |
| 16 | GND | GND | HRx_CH12_P | GND | HRx_CH14_P | GND | HRx_CH16_P | GND | HRx_CH18_P | GND | HRx_CH20_P | GND | HRx_CH22_P | GND | VCC_12V | RSVD | 16 |
| 17 | RSVD | GND | HRx_CH12_N | GND | HRx_CH14_N | GND | HRx_CH16_N | GND | HRx_CH18_N | GND | HRx_CH20_N | GND | HRx_CH22_N | GND | GND | GND | 17 |
| 18 | RSVD | RSVD | GND | HRx_CH10_P | GND | HRx_CH08_P | GND | HRx_CH06_P | GND | HRx_CH28_P | GND | HRx_CH26_P | GND | HRx_CH24_P | MODSELL | RSTN | 18 |
| 19 | VCC_3V3 | VCC_3V3 | GND | HRx_CH10_N | GND | HRx_CH08_N | GND | HRx_CH06_N | GND | HRx_CH28_N | GND | HRx_CH26_N | GND | HRx_CH24_N | VCC_3V3 | VCC_3V3 | 19 |
| 20 | VCC_2V0 | VCC_3V3 | HRx_CH11_P | GND | HRx_CH09_P | GND | HRx_CH07_P | GND | HRx_CH29_P | GND | HRx_CH27_P | GND | HRx_CH25_P | GND | VCC_3V3 | VCC_2V0 | 20 |
| 21 | VCC_2V0 | VCC_2V0 | HRx_CH11_N | GND | HRx_CH09_N | GND | HRx_CH07_N | GND | HRx_CH29_N | GND | HRx_CH27_N | GND | HRx_CH25_N | GND | VCC_2V0 | VCC_2V0 | 21 |
| 22 | VCC_2V0 | VCC_2V0 | GND | HRx_CH04_P | GND | HRx_CH02_P | GND | HRx_CH00_P | GND | HRx_CH34_P | GND | HRx_CH32_P | GND | HRx_CH30_P | VCC_2V0 | VCC_2V0 | 22 |
| 23 | RSVD | RSVD | GND | HRx_CH04_N | GND | HRx_CH02_N | GND | HRx_CH00_N | GND | HRx_CH34_N | GND | HRx_CH32_N | GND | HRx_CH30_N | RSVD | RSVD | 23 |
| 24 | GND | GND | HRx_CH05_P | GND | HRx_CH03_P | GND | HRx_CH01_P | GND | HRx_CH35_P | GND | HRx_CH33_P | GND | HRx_CH31_P | GND | GND | GND | 24 |
| 25 | GND | GND | HRx_CH05_N | | HRx_CH03_N | | HRx_CH01_N | | HRx_CH35_N | | HRx_CH33_N | | HRx_CH31_N | | GND | GND | 25 |
| 26 | | | GND | | GND | | GND | | GND | | GND | | GND | | | | 26 |
| | A | B | C | D | E | F | G | H | J | K | L | M | N | P | R | T | |

电源&低速　GND　TX　RX

- 72个高速差分对（36条通道），布置在中间12列，兼容性好
- 96个电源&低速pin布置在首尾两列。加GND共384pin。
- 预留内置光源供电
- 通用管理接口预留
- 18个RSV引脚：更多扩展空间

# OPEN NPO 规范内容6-机械和可靠性规格

## 电连接器的机械和可靠性规格

| 项目 | 规格 |
| --- | --- |
| Pin数 | 高速差分：72pair<br>低速&电源：96pin |
| 端子布局 | 低速&高速在两端，高速区域在中间分布 |
| 整体插入力 | 最大150N |
| 整体拔出力 | 初始拔出力20N min @ full mating<br>整个拔出过程最大拔出力 80N |
| 端子正向力 | 初始：30gf min @0.25mm下压量；15gf min @0.15mm下压量；高温后：12gf min @0.12mm下压量； |
| 耐久性 | 50次 |
| 承压力 | 连接器承压面为母端连接器四角；中心不承压。<br>连接器瞬时承压力：380N min<br>长期承压力：183N min |

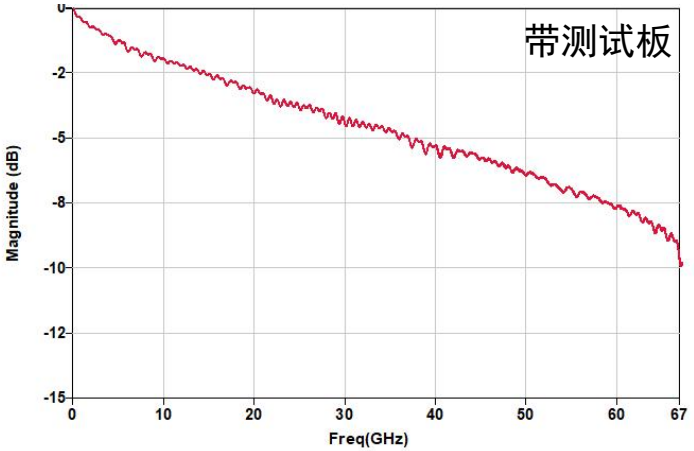
# OPEN NPO 规范内容7-电气规格

## 电连接器电气规格

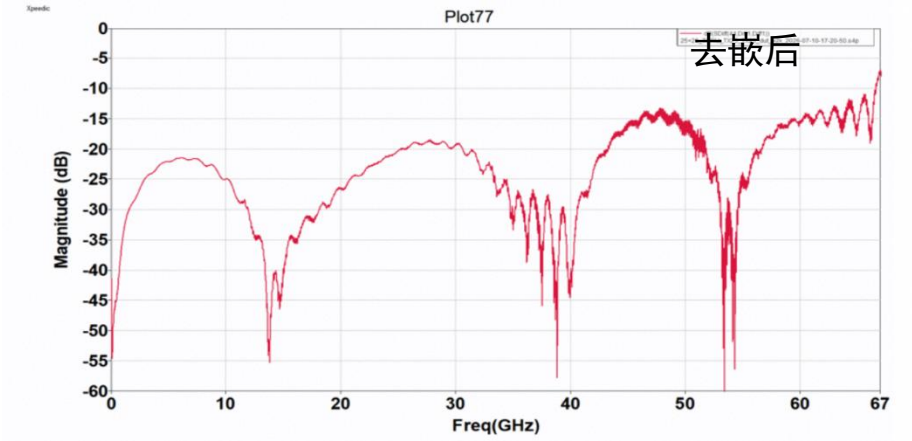
| 项目 | 规格 |
| --- | --- |
| 额定电流 | 1A/pin（针对低速和电源区域的pin） |
| 额定电压 | 12V DC（针对低速和电源区域的pin） |
| 阻抗值 | 连接器本体阻抗： 80-90 ohm ； |
| 插损 | IL≤1.5dB@10MHz~56GHz |
| 回损 | ERL≥11dB ，计算条件参考OIF CEI-224G-Linear标准 |
| 串扰 | 含MCB+HCB两端测试板100mil走线+过孔+连接器本体，频域串扰指标仅作为参考指标:<br>单路近端串扰：<br>NEXT：<= -50dB@10MHz~56GHz;<= -45dB@56GHz~67GHz;<br>单路远端串扰：<br>FEXT：<= -45dB@10MHz-56GHz;<= -40dB@56GHz~67GHz; |
| 额定电流下的最高温升 | 30°C |

# OPEN NPO：电连接器样品性能测试数据

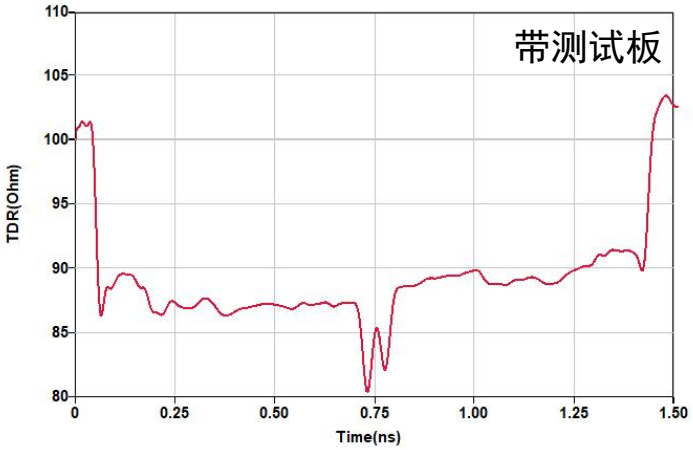
## Insertion Loss



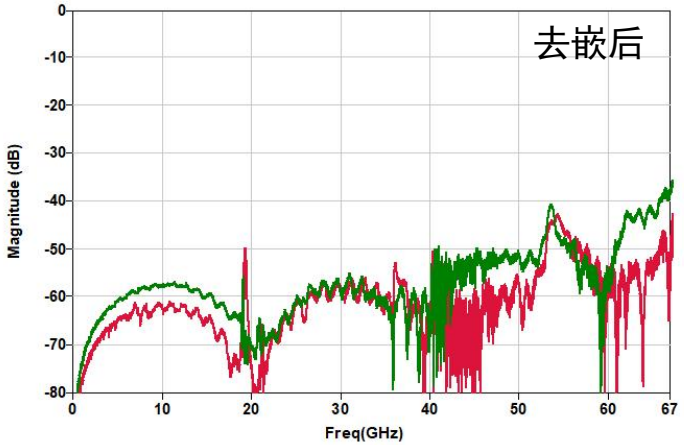

## Return Loss



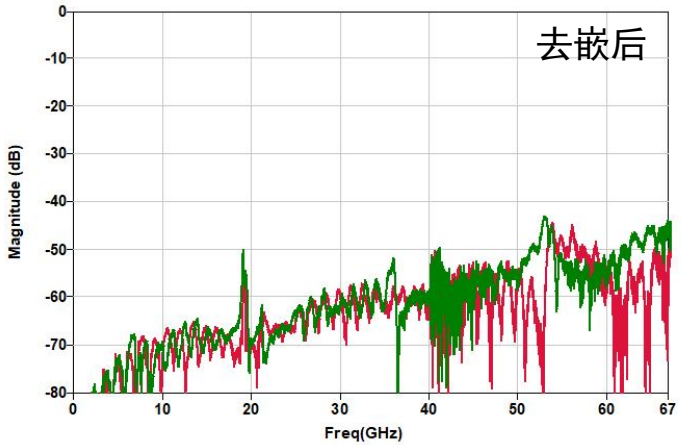

## 阻抗




## 近端串扰




## 远端串扰



# OPEN NPO：电连接器样品可靠性测试数据

经过95℃@96H高温测试后接触电阻及插拔力表现正常，更长期可靠性测试进行中。

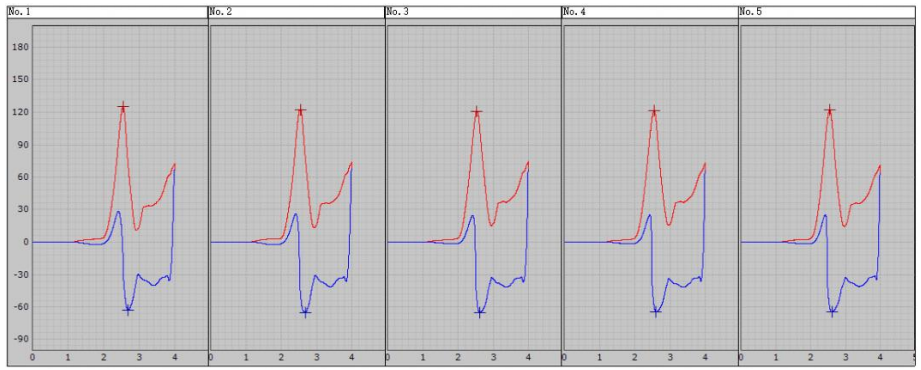
◆ **接触电阻测试**

初始接触电阻为6.65~12.13mΩ，高温测试后接触电阻稳定在**15mΩ**以内，变化值最大为**3.37mΩ**，**接触稳定**。

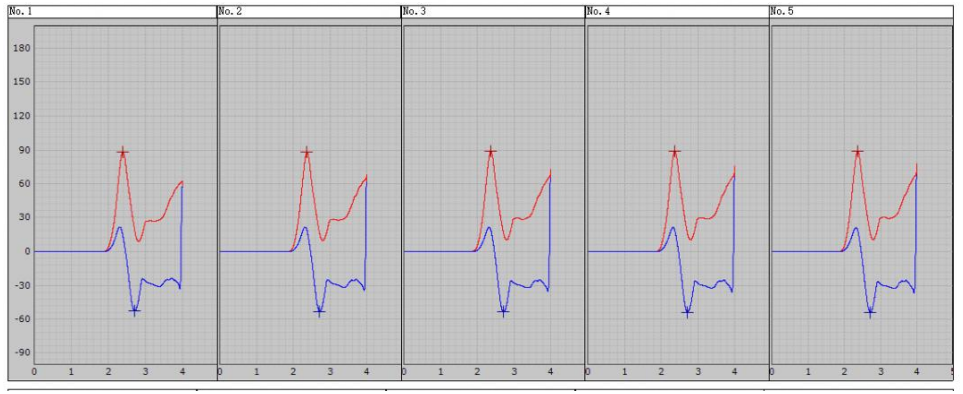



◆ **插拔力测试**

**高温前后最大插拔力满足规格**，工作段插拔力变化较小，**接触稳定**。




**高温前**




**高温后**

# 建议

- 欢迎更多公司或组织参与OPEN NPO 项目，一起推进NPO标准化
- 如何参与：联系 wangdongwei@gccorg.com 或者微信
- 规范下载地址：https://openaiinfra.gccorg.com/contribution-results





# 224G AI Rack 高速互连技术研究报告V0.5简介

崔君军

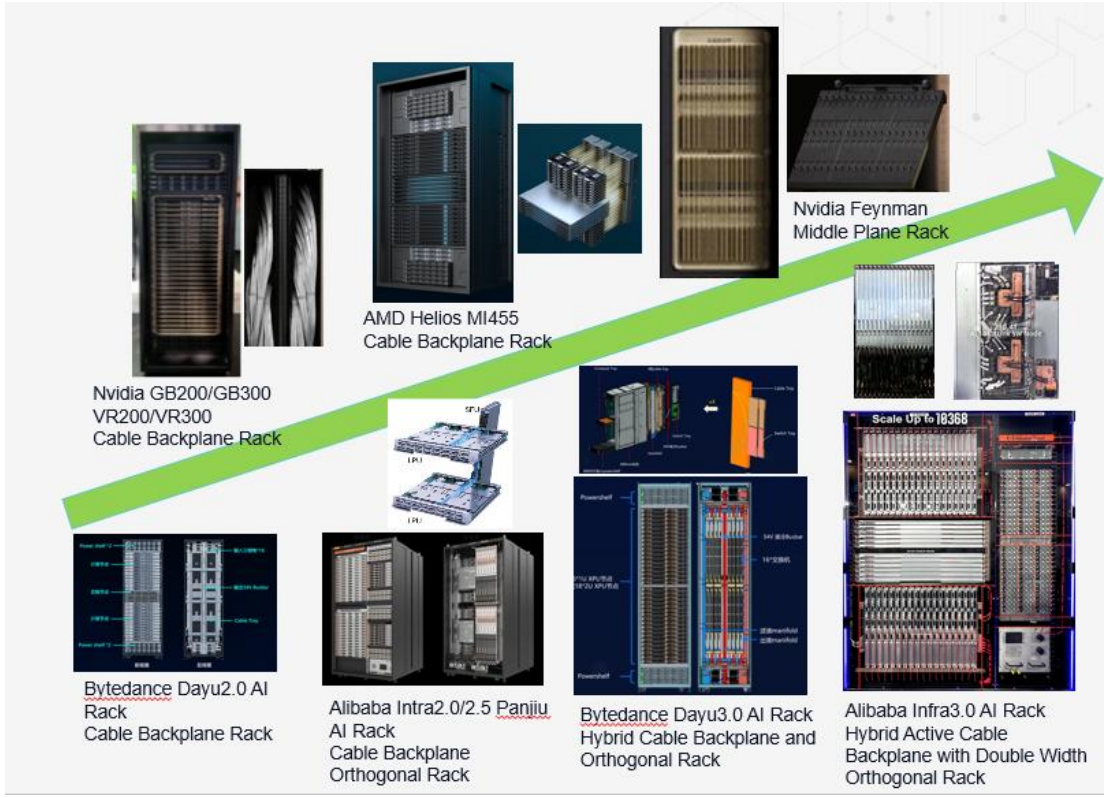
Open AI Infra 社区AI整机柜项目群高速互连项目组项目经理
Molex技术总监

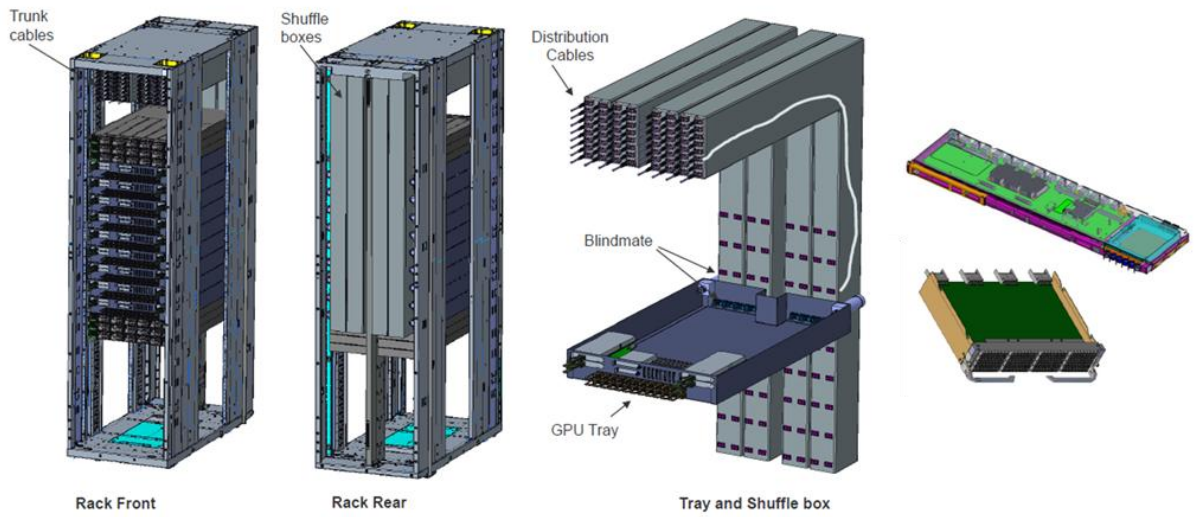
# 224G AI Rack高速互连技术研究报告V0.5简介 - 第一章 224G AI Rack概述

本章节主要介绍AI Rack的技术特征和发展趋势：

1. AI Rack系统架构演进 — 集中式线缆背板，分布式光电协同
2. 单Rack，双Rack和多Rack的互连架构 — 线缆背板，光电互连等
3. AI Rack Scale Up 网络高速互连协议 —PCI-E， Ethernet， Ualink等
4. AI Rack Scale Up 网络拓扑类型 — Full Mesh，nD Torus等

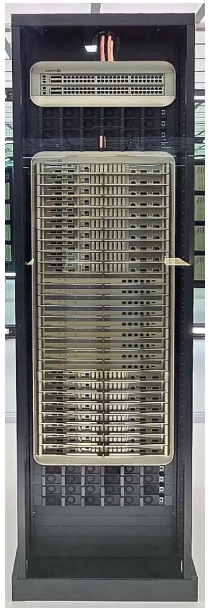
# 第一章 224G AI Rack概述 -- AI Rack系统架构演进

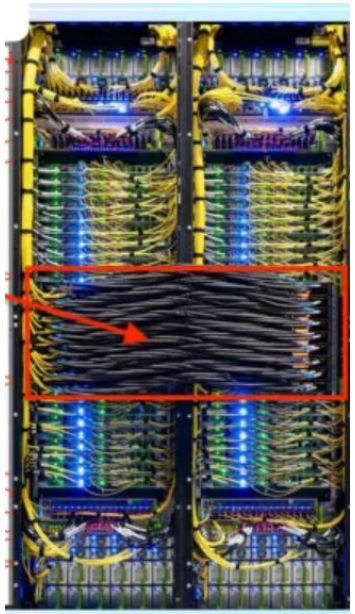



集中式线缆背板 → 分布式光互连

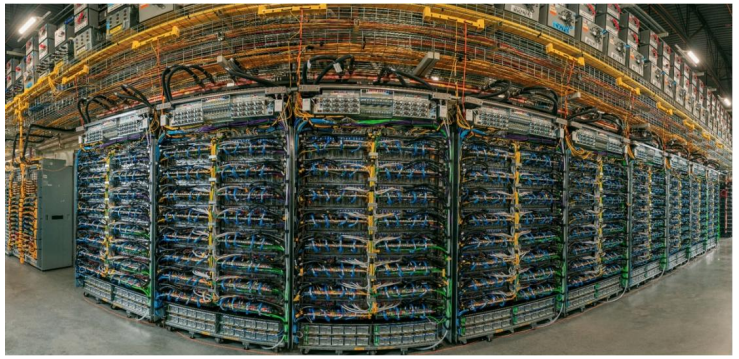
# 第一章 224G AI Rack概述 -- 单Rack，双Rack和多Rack的互连架构







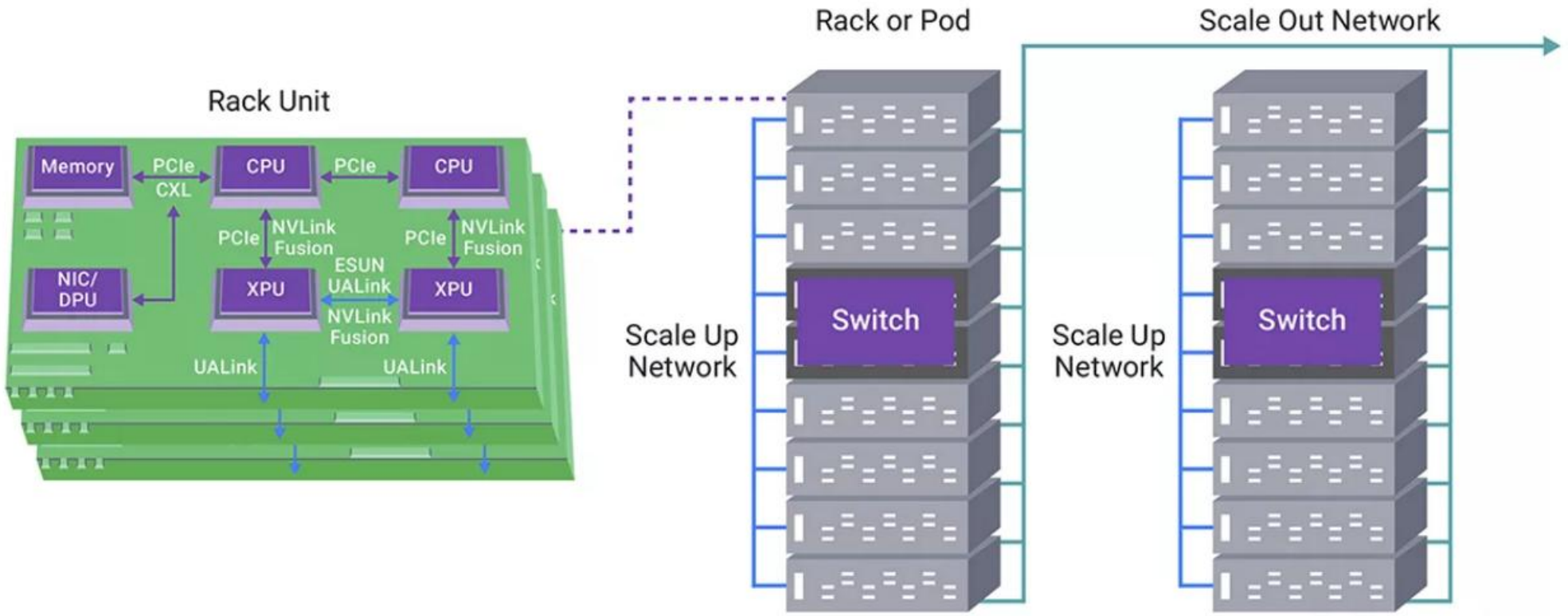




| 维度 | 单 Rack | 双 Rack | 多 Rack |
|---|---|---|---|
| 主要目标 | 机架内 GPU 集群 | 双倍 GPU 集群 | 多倍 GPU 集群 |
| 互连位置 | Tray 内和 Tray 间 | 相邻的柜间 | 柜间、列间、网络层级间 |
| 技术选择 | PCB 走线和线缆背板 | DAC、AEC、ACC | 以光互连为重要选项，短距铜互连仍可存在（<5m） |

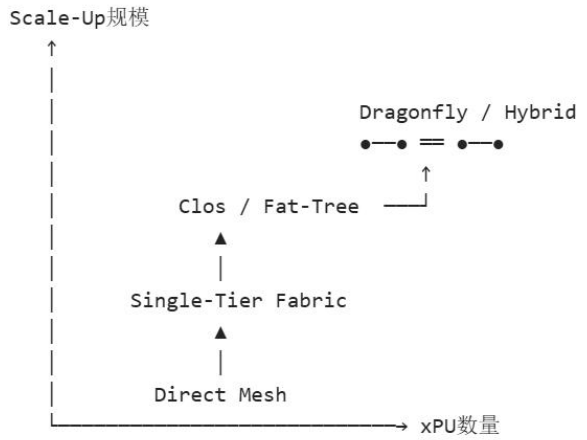
# 第一章 224G AI Rack概述 -- AI Rack Scale Up 网络高速互连协议

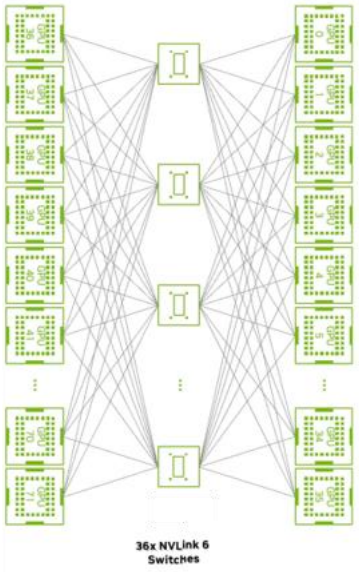
- ✓PCI-E Based
- ✓Ethernet Based（SUE/ESUN）
- ✓NVLink
- ✓UALink

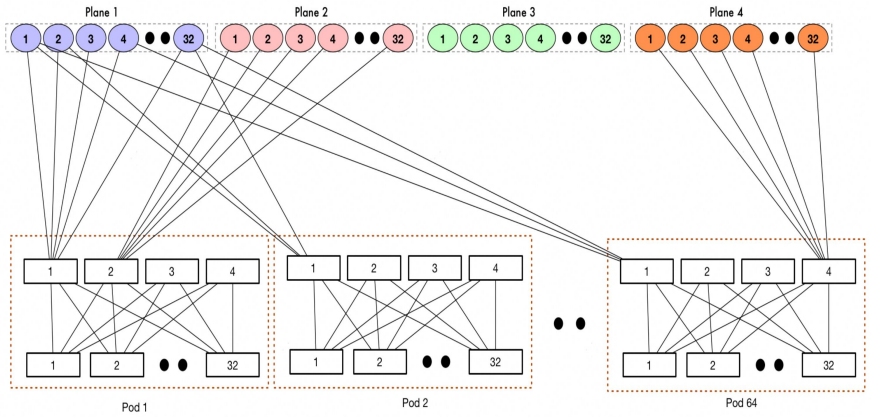


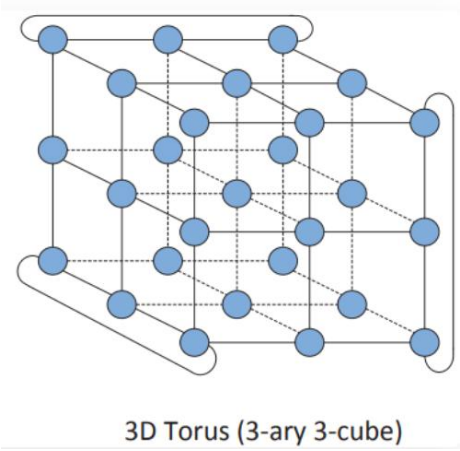
# 第一章 224G AI Rack概述 -- AI Rack Scale Up 网络拓扑类型

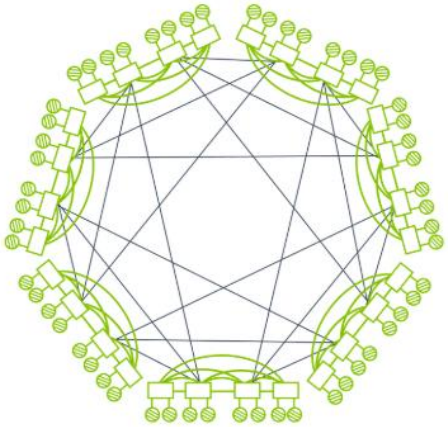
| 拓扑 | 结构 | Switch | Scale-Up 适用性 | 典型方向 |
|---|---|---|---|---|
| Switched Full Mesh / Single-Tier Fabric | GPU-Switch-GPU | 有 | ★★★★★ | Rack-scale Supernode |
| Clos / Fat Tree | 多级 Switch | 有 | ★★★★★ | Scale-Up 跨柜扩展 |
| Torus / Mesh | GPU 邻接互联 | 可无 | ★★★★ | TPU/HPC 类架构 |
| Dragonfly / Grouped Fabric | 组内高带宽+组间连接 | 有 | ★★★ | 超大规模 Scale-Up/Scale-Out 融合 |



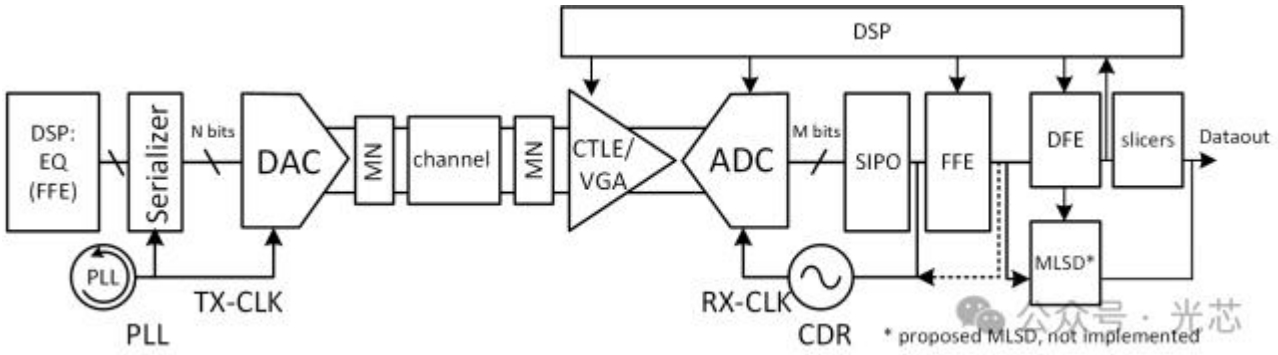
Full Mesh（Single-Tier Switched Fabric） Clos / Fat-Tree（Multi-Tier Fabric） nd Torus Dragonfly

# 224G AI Rack高速互连技术白皮书V0.5读解 - 第二章 224G SerDes和Retimer技术

本章节主要介绍224G Serdes技术和Retimer：

1. 224G Serdes关键技术 — 简介
3. 224G通道信号完整性要求和设计方法 — 224G SI Spec和评估方法
3. Retimer关键技术以及与ReDriver的对比 — 简介
4. 224G Retimer在AI Rack中的应用方式 — 应用举例与对比

# 第二章 224G SerDes和Retimer技术 -- 224G Serdes关键技术



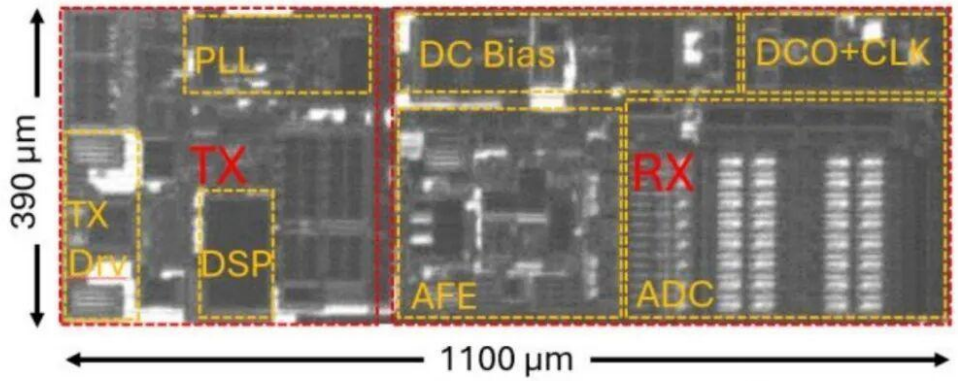




Fig. 14. Die photo of Transceiver.

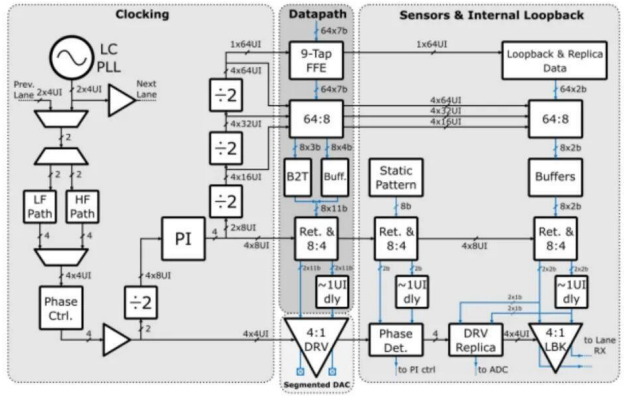



Fig. 6. Overall Transmitter architecture.

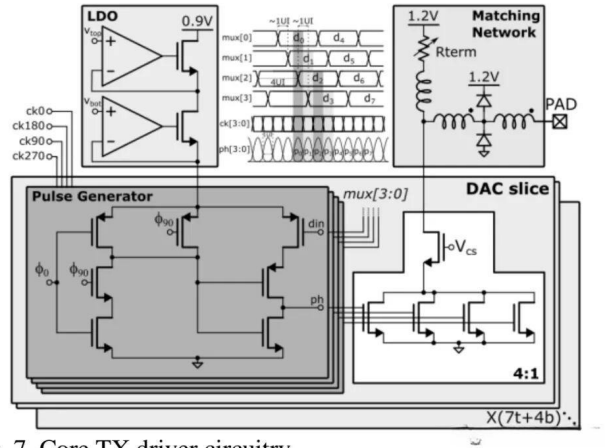



Fig. 7. Core TX driver circuitry.

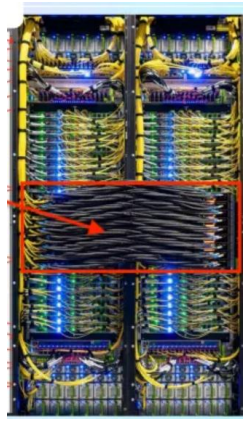
# 224G AI Rack高速互连技术白皮书V0.5读解 - 第三章 单/双Rack高速互连方案

本章节主要介绍单/双Rack高速互连方案

1. 单/双Rack形态和互连 — 各类Rack形态和特征
2. GPU Tray和Switch Tray内部互连 — 互连拓扑和互连方式
3. 单Rack 224G背板和背板线缆架构以及高速连接器 — 各类互连架构和技术方案对比
4. 双Rack 224G互连方案 — 实现方案，应用优势

# 第三章 单/双Rack高速互连方案--单/双Rack形态和互连







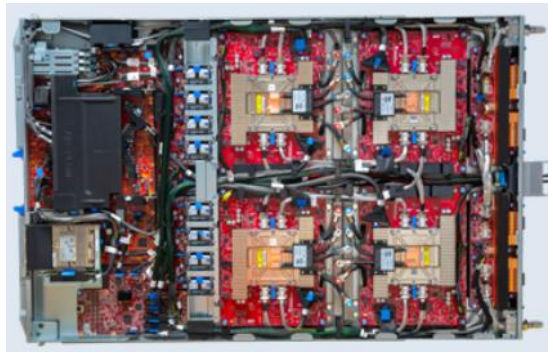


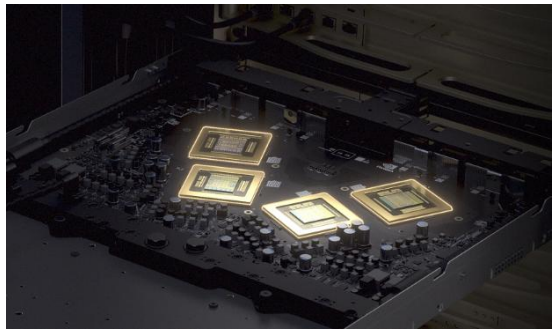


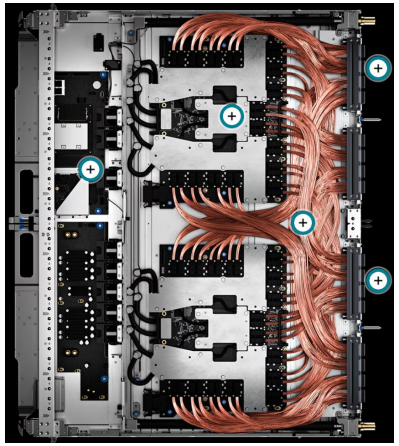
| 维度 | 单宽单柜 | 单宽双柜 | 双宽单柜 | 双宽双柜 |
|---|---|---|---|---|
| 槽位宽度 | 1 个标准槽位 | 1 个标准槽位 | 2 个槽位 | 2 个槽位 |
| 部署范围 | 单个机柜内 | 跨两个机柜 | 单个机柜内 | 跨两个机柜 |
| 典型特点 | 密度高、可并排多组 | 跨柜走线、协同部署 | 高密交换、单柜整机 | 超大托盘、跨柜组网 |
| 适用场景 | 通用交换/计算托盘 | 跨柜线缆集中管理 | 51.2T 级高密交换 | 102.4T/1.6T 时代交换 |

# 第三章 单/双Rack高速互连方案-- GPU Tray和Switch Tray内部互连

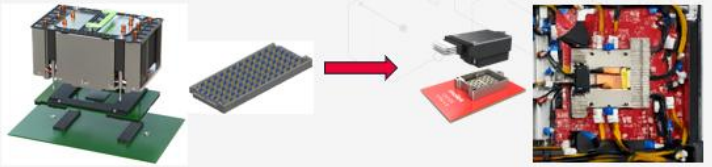








- GPU 节点
  - GPU 模块： 高速扣板 → 近封装/共封装线缆



  - GPU节点后面板：板端背板连接器→ 近封装背板线缆（NPC to Backplane Cable）



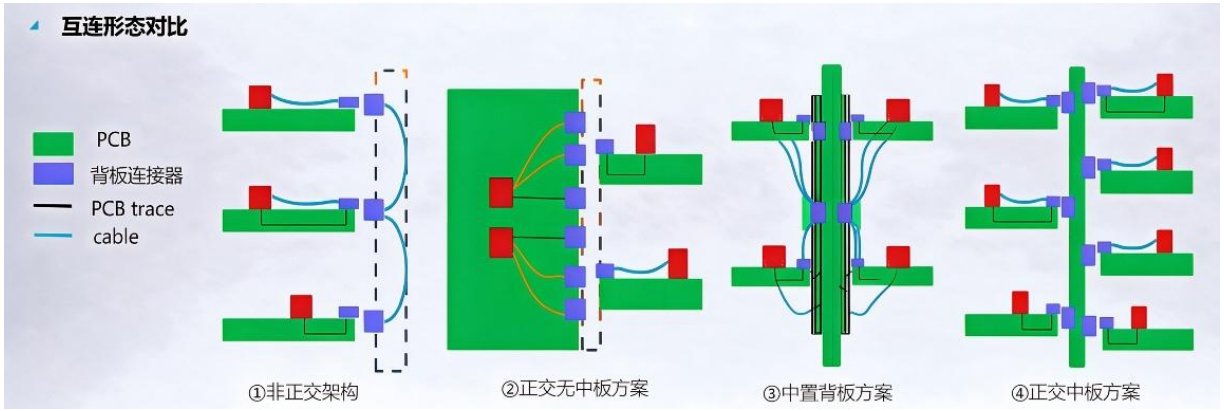
  - GPU节点前面板：可插拔光模块IO接口 → 近封装光模块连接器（NPO Socket）

- Switch 节点
  - Switch节点后面板：板端背板连接器→ 近封装背板线缆（NPC to Backplane Cable）



  - Switch节点前面板：插拔光模块IO接口 → 近封装光模块连接器（NPO Socket）

# 第三章 单/双Rack高速互连方案--单Rack 224G背板和背板线缆架构以及高速连接器

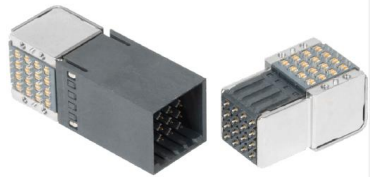



1.8 x 1.7 DP Density

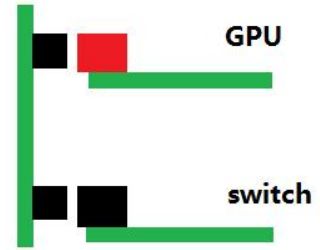


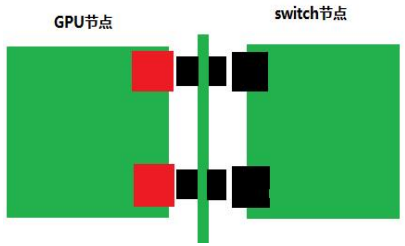
Inception HD

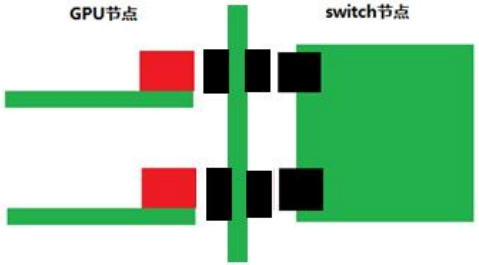
2.4 x 2.4 DP Density

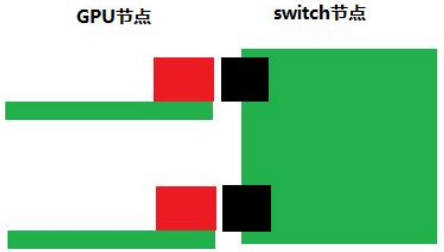


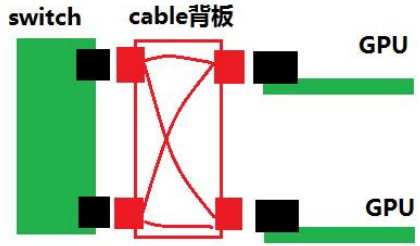
Paladin HD2

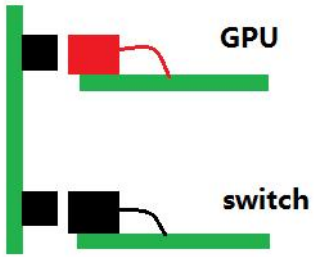


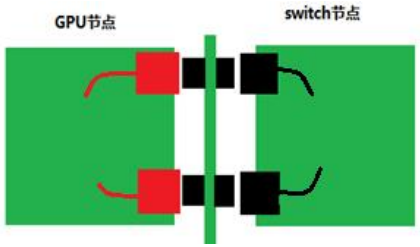



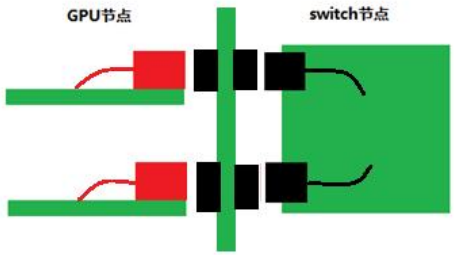



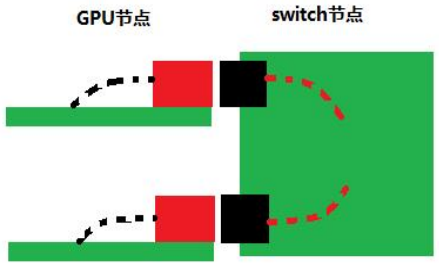



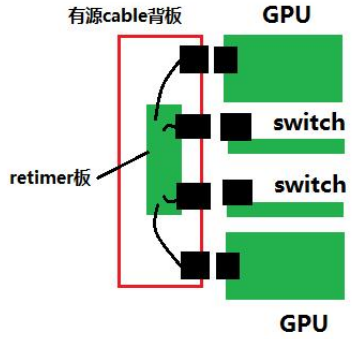



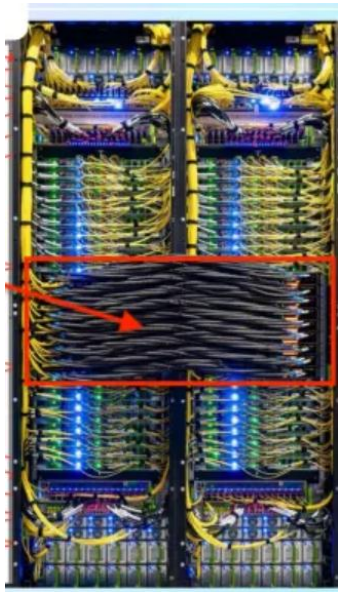



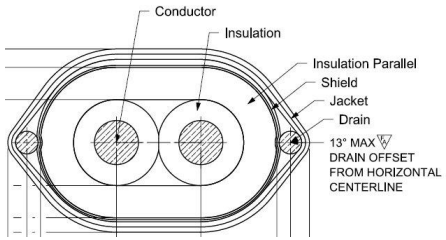



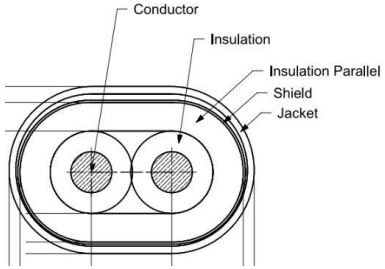



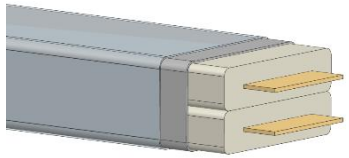
# 第三章 单/双Rack高速互连方案-- 双Rack 224G互连方案

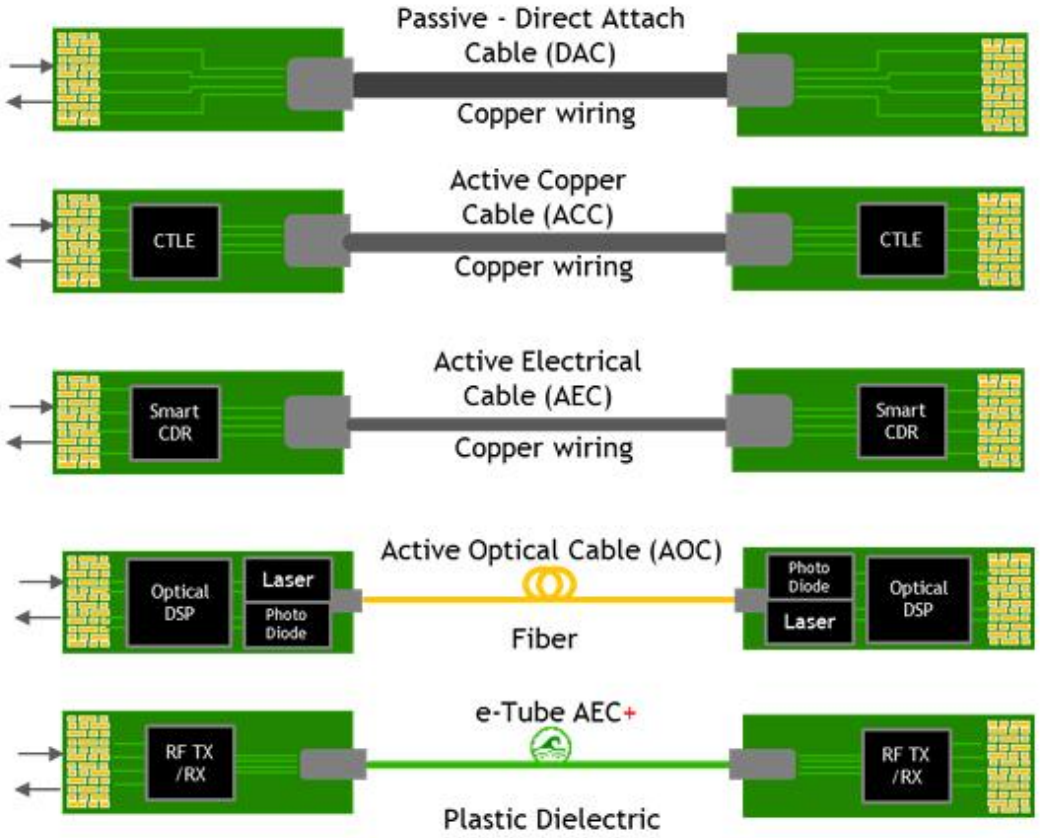


| 对比项 | Redriver | Retimer |
|---|---|---|
| 信号处理 | 模拟/线性均衡 | 完整信号再生 |
| CDR | 通常无 | **有** |
| Re-sampling | 无 | **有** |
| Jitter 隔离 | 弱 | **强** |
| Channel 分段 | 否 | **是** |
| 功耗 | 较低 | 较高 |
| 延迟 | 很低 | 较高 |
| 适用场景 | 中短距、较低损耗 | **高损耗、长距、AEC/Backplane** |
| 224G 价值 | Signal Conditioning | **Reach Extension + Signal Regeneration** |



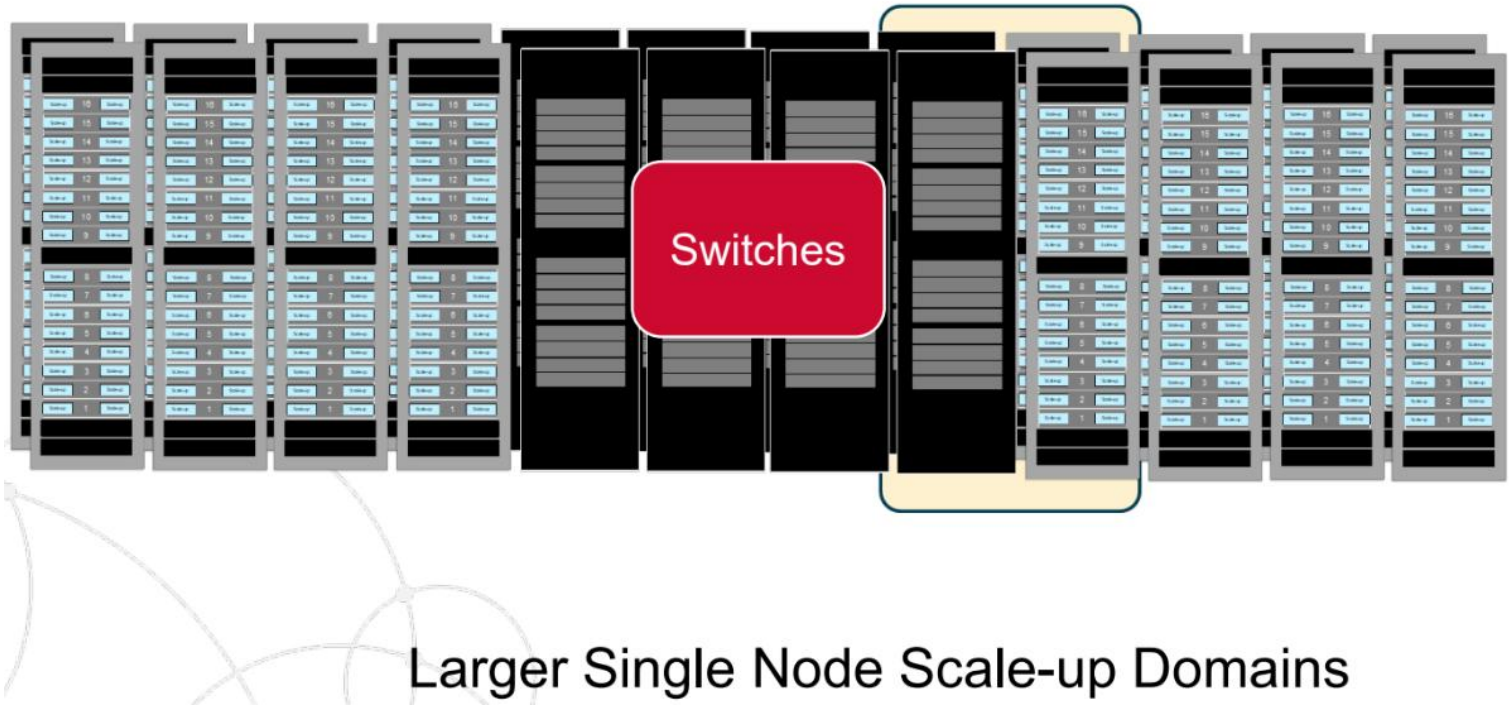


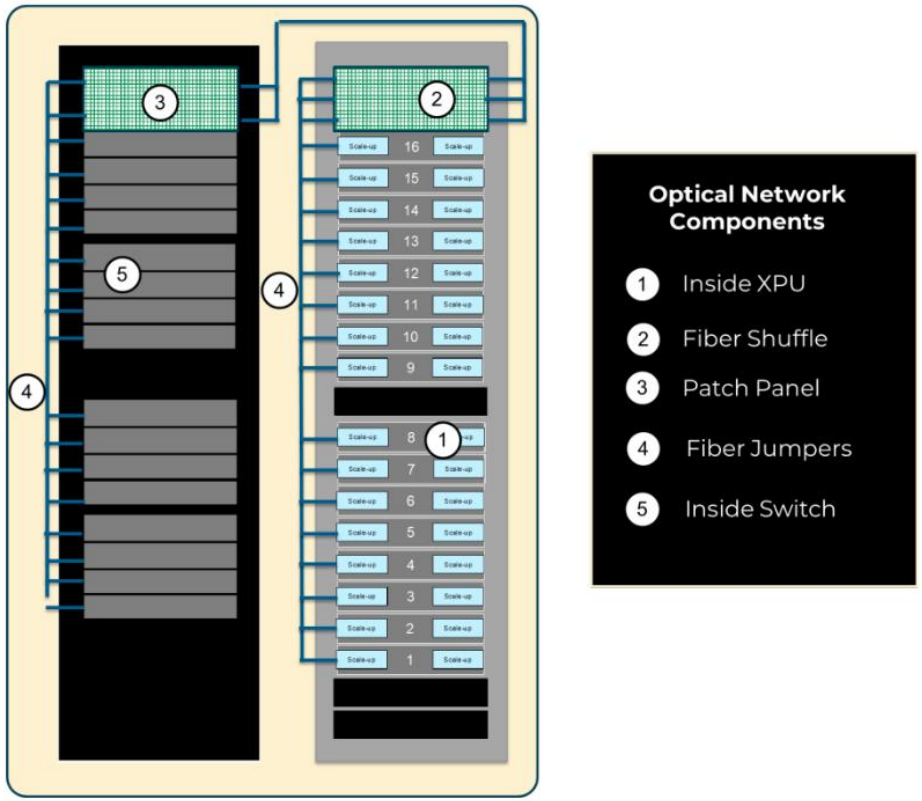
# 224G AI Rack高速互连技术白皮书V0.5读解 - 第四章 多Rack高速互连方案

本章节主要介绍多Rack高速互连方案

1. 多Rack网络拓扑分析 — 互连距离，光电边界，算网分离等
3. NPO/CPO 技术路线 — SiPh，VCSEL，ILM，ELM等
3. 高密度光互连XPO/NGIO 技术路线 — 可插拔，散热，运维优势等
4. OCS/OXC 技术路线 — 实现方案，对比优势，成熟度等
5. 光Shuffle技术与应用 —实现方案，对比优势，成熟度等

# 第四章 多Rack高速互连方案 --多Rack网络拓扑分析



# 第四章 多Rack高速互连方案 -- NPO/CPO 技术路线

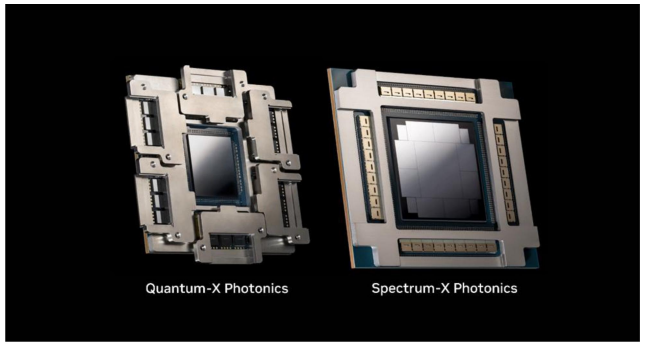
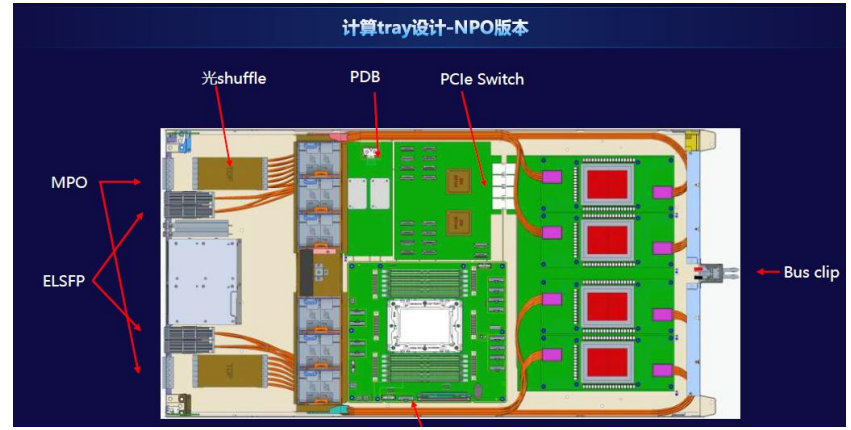
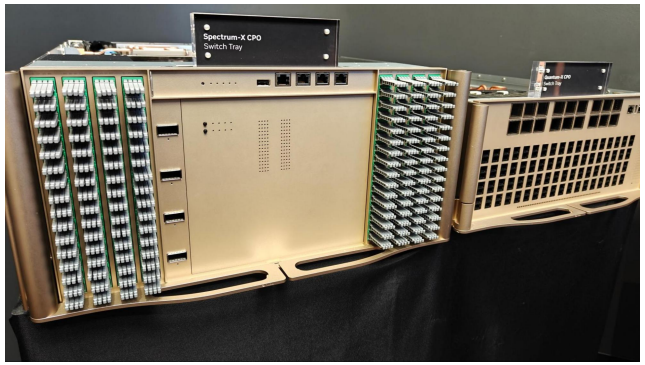
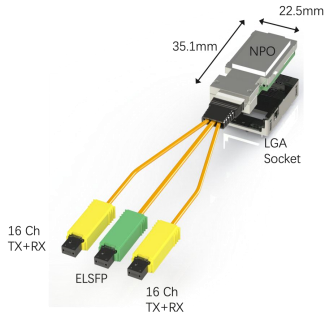



*Figure 4: NVIDIA Photonics Switch ASICs with integrated co-packaged silicon photonics engines*

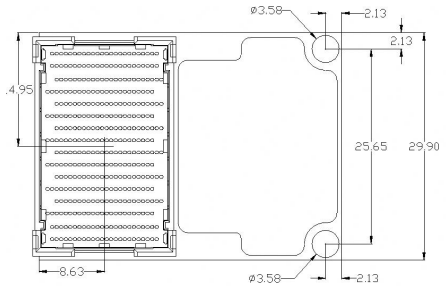
| 对比项 | NPO（近封装光学） | CPO（共封装光学） |
|---|---|---|
| 集成形态 | 光引擎板载主板、紧邻芯片，可热插拔 | 光引擎与交换 ASIC 共封装同一基板 |
| 电链路长度 | 短（板内近距离） | 极短（毫米级） |
| 功耗与密度 | 较传统可插拔显著优化 | 最优 |
| 可维护性 | 故障模组可单独更换，维修成本低 | 光电绑定，维修复杂，良率要求高 |
| 成熟度 | 高，已进入试点部署 | 中，以原型样机/工程验证为主 |
| 适用阶段 | 当前主力落地（2026-2028） | 远期演进（2028 年后） |

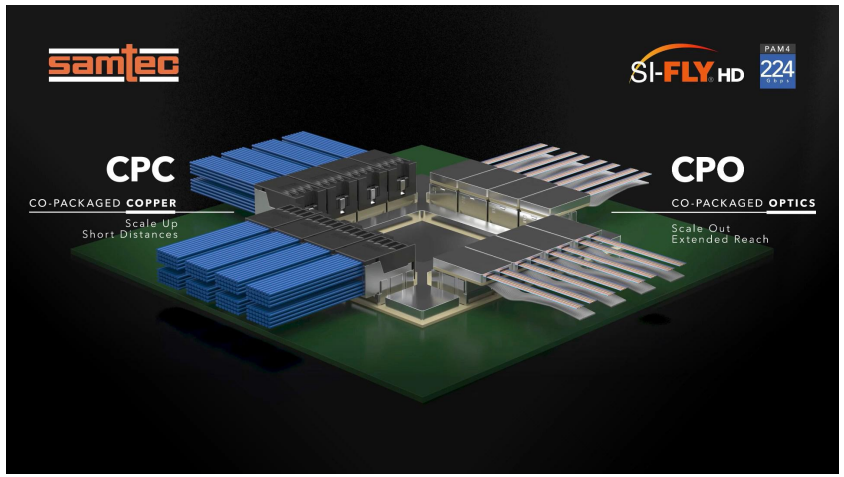




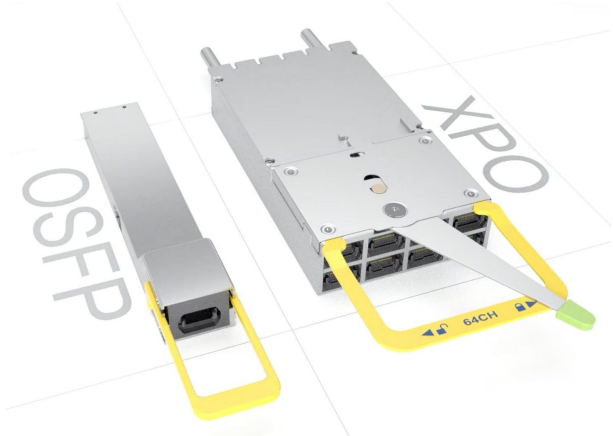
# 第四章 多Rack高速互连方案 --高密度光互连XPO/NGIO 技术路线

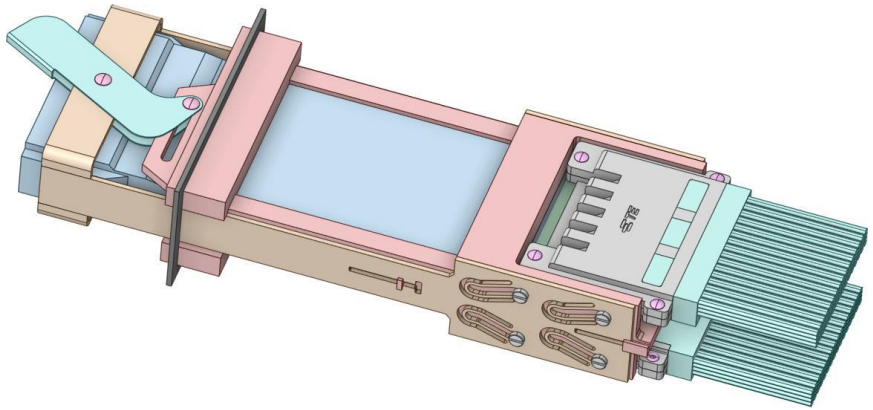






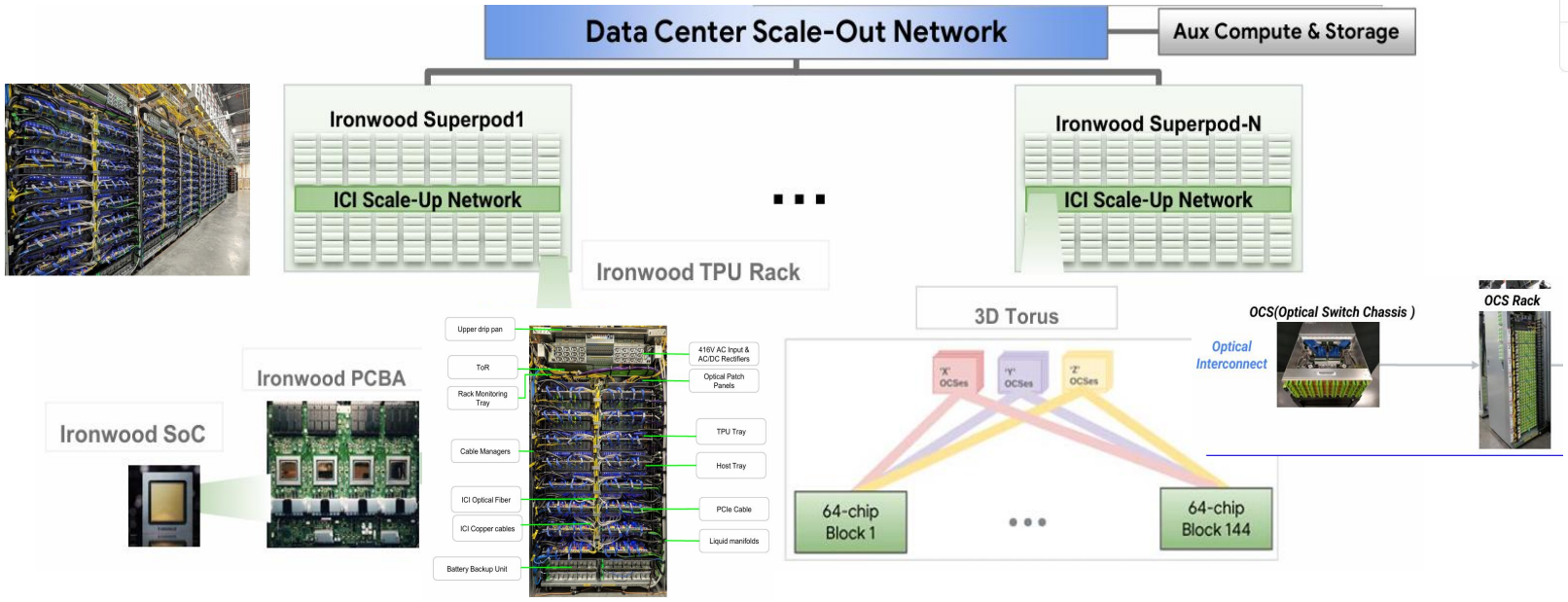


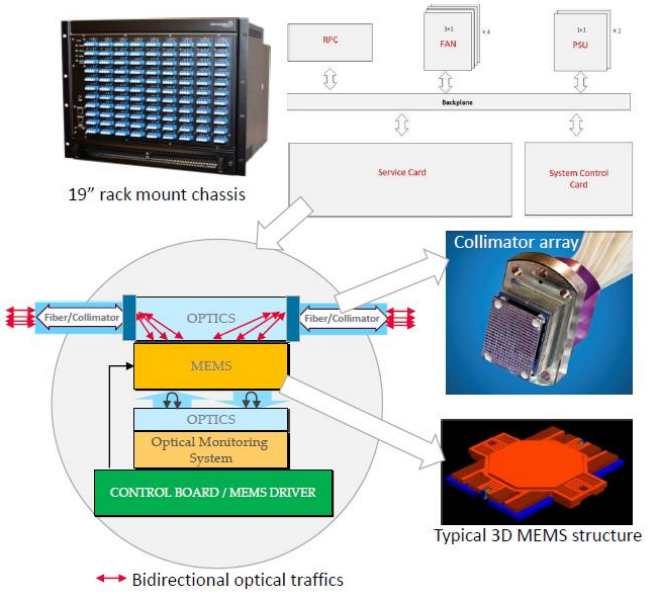


# 第四章 多Rack高速互连方案 -- OCS/OXC 技术路线

| 技术路线 | 原理 | 切换时间 | 端口规模(Radix) | 功耗 |
|---|---|---|---|---|
| MEMS OCS | 微镜反射光束 | ms级 | ★★★★★ | 很低 |
| Liquid Crystal OCS | 液晶改变折射率 | ms级 | ★★★★ | 极低 |
| Silicon Photonics OCS | 硅光MZI/MRR开关阵列 | ns~μs级 | ★★ | 低 |
| Piezo OCS | 压电器件驱动光路 | μs~ms | ★★★ | 低 |
| Robotic OCS | 微机械插拔光纤 | 秒级 | ★★★★★ | 极低 |



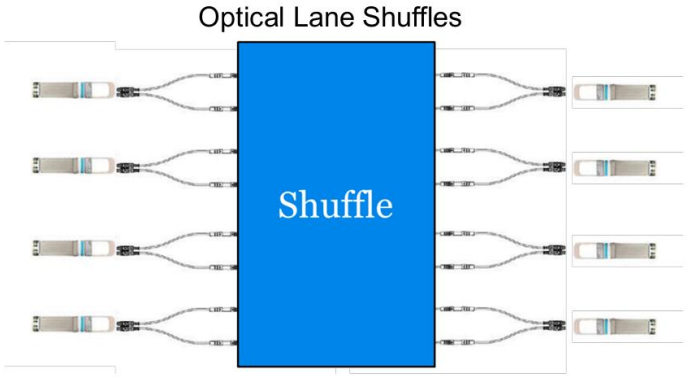
# 第四章 多Rack高速互连方案 --光Shuffle技术与应用

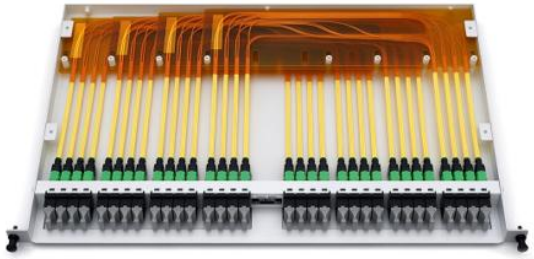


Fiber Interconnection without Shuffle




Manual Fiber Shuffle Box





Fiber Shuffle based on Flexplane manufacture Technology

# 224G AI Rack高速互连技术白皮书V0.5读解 - 第五章 产业生态与未来发展趋势

本章节主要介绍产业生态与未来发展趋势

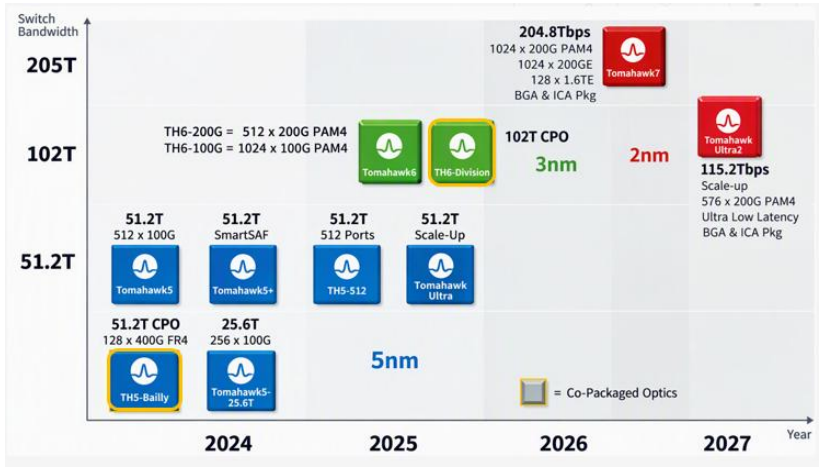
1. 全球224G产业生态分析 — 核心芯片，高速材料，光电互连等
2. 448G PAM6和PAM4技术展望 — 技术难点，应用范围等
3. AI Factory互连架构演进展望

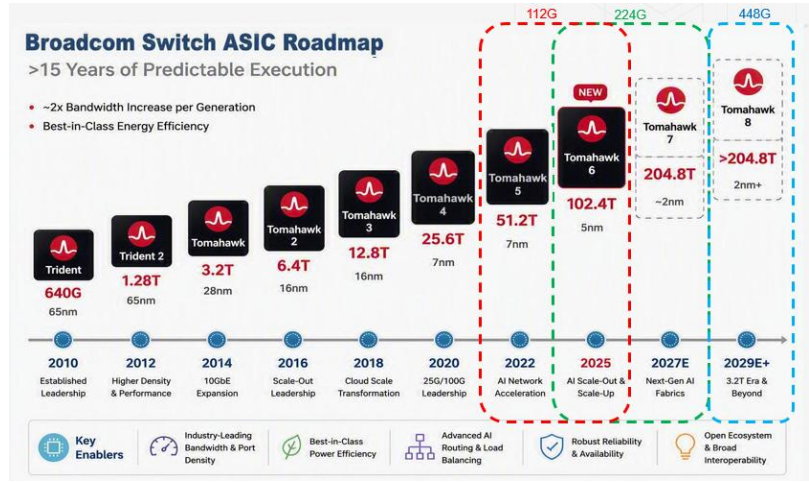
# 8第五章 产业生态与未来发展趋势 -- 全球224G产业生态分析

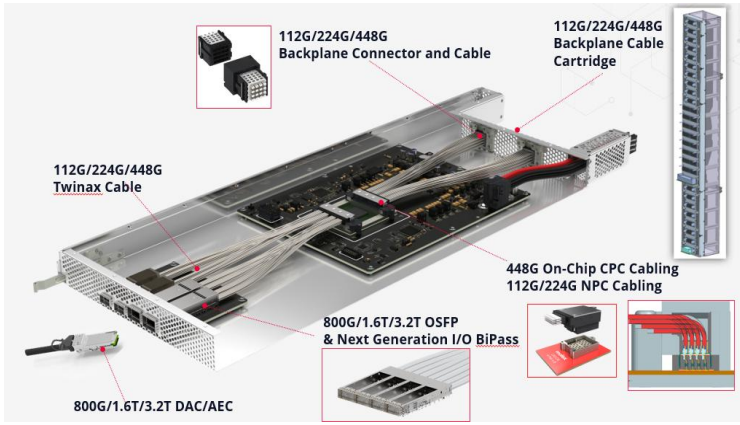


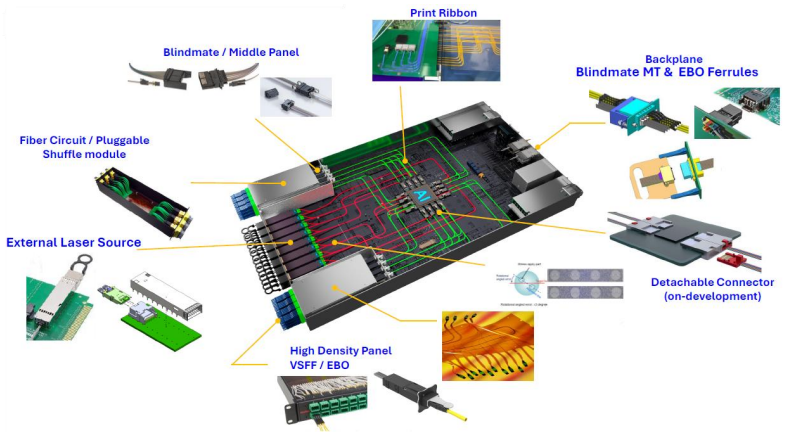






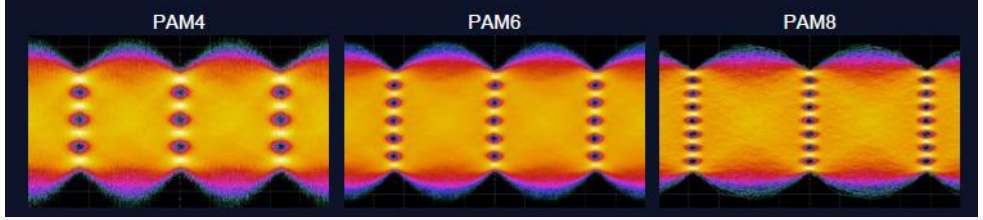



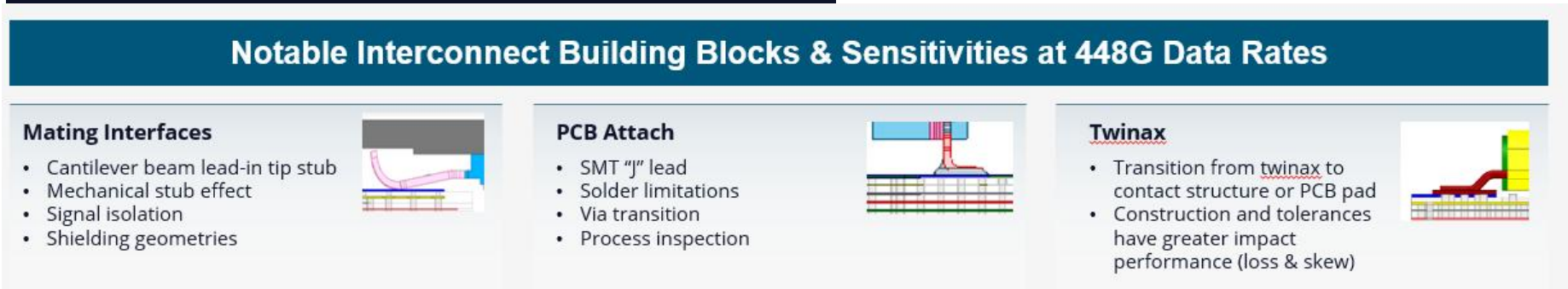
# 8第五章 产业生态与未来发展趋势 -- 448G PAM6和PAM4技术展望

| Modulation | Nyquist | Pros | Cons |
|---|---|---|---|
| PAM4 | 112.5GHz | • Optics preferred<br>• Widest SNR margin; most forgiving crosstalk requirements | • Highest Nyquist frequency |
| PAM6 | 90GHz | • Fastest to market for 448G signaling with today's technology limitations<br>• Balanced tradeoff between Nyquist and crosstalk requirements | • Not preferred for optics<br>• Strict SNR |
| PAM8 | 75GHz | • Lowest Nyquist frequency<br>• Potentially upgradeable beyond 448G | • Not preferred for optics<br>• Strictest SNR |

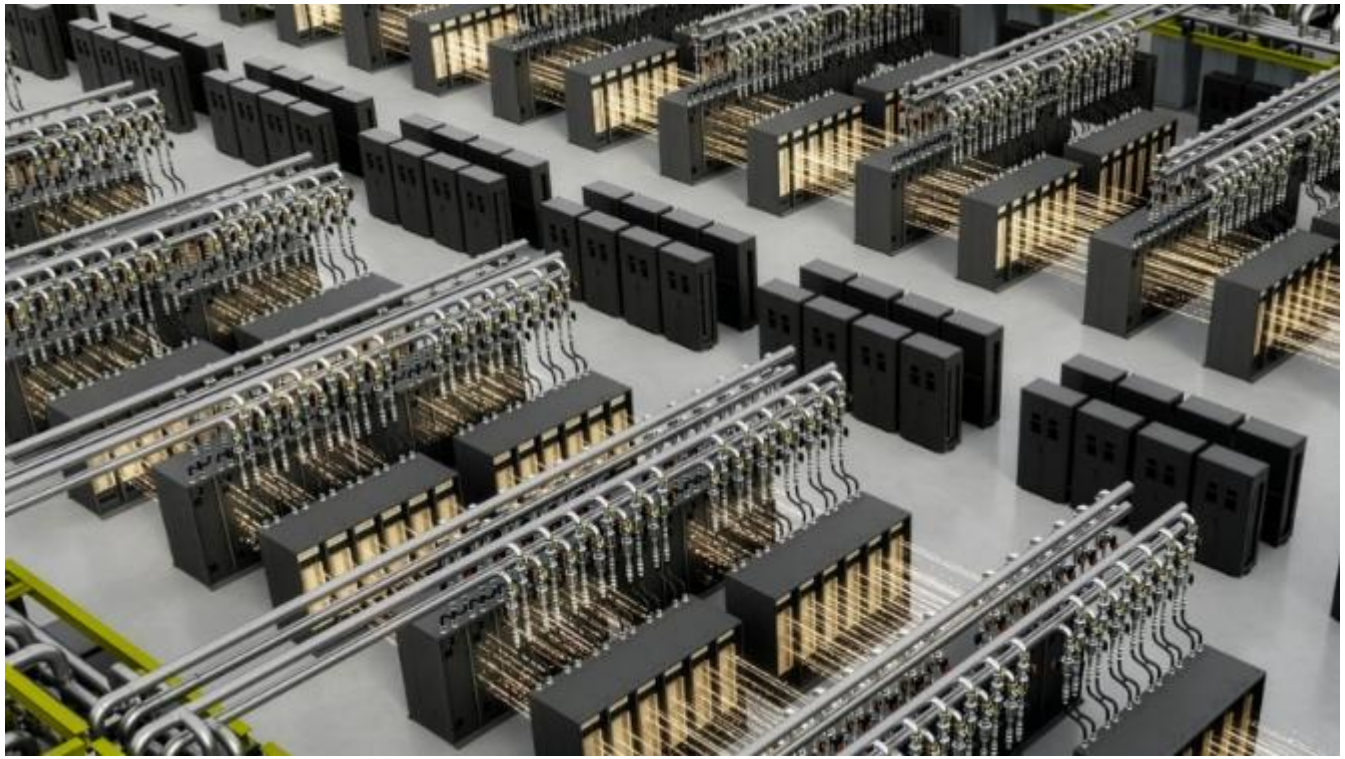



PAM6更适合AI超节点内部、GPU机柜间、背板及短距铜互连等Scale-Up场景，可加快448G铜互连落地

PAM4凭借成熟的光互连生态、更好的兼容性和标准化基础，更适用于交换机、光模块和Scale-Out网络。



# 8第五章 产业生态与未来发展趋势 -- AI Factory互连架构演进展望



AI Factory互连将沿着“224G→448G→896G SerDes、铜缆→光纤、固定拓扑→可重构光Fabric、分立光模块→NPO/CPO”的路线演进，最终形成以光互连和光交换为核心的大规模AI基础设施

Global Computing Consortium
全球计算联盟

2026全球计算大会(CGC2026)

COMPUTING GLOBAL CONFERENCE 2026

# 谢谢！