



行业洞察

现状 | 挑战 | 趋势

行业洞察 | 光通信

光通信产业修炼内外功，比翼AI时代



“面”对数字世界的飞速发展，光通信行业既见证了技术的革新，也感受到市场竞争的激烈。然而，在机遇与挑战并存的舞台

上，选择“不躺平”，坚持创新与奋斗，已成为每一位从业者的使命与信念。这不仅是行业发展的动力，更是应对未来未知风浪的底气。

■ 文：魏德龄

现状I 需求放缓下的压力挑战

近年来，全球光纤光缆市场呈现出区域间需求分化的态势。一方面，中国市场受电信运营商投资放缓及网络建设趋于饱和的影响，需求增长放缓甚至面临下行压力；另一

方面，印度及北美市场展现出强劲复苏势头，尤其是在政策驱动和新兴技术发展的推动下，光缆需求持续攀升。

■ 现状1 无法100%实现的集采目标

中国光缆需求正在因电信运营商的投资减少而表现出疲软的态势。根据CRU的数据统计显示，在2024年上半年，中国移动的光缆部署出现大幅下滑。根据数据，中国移动主要光缆招标的执行量在2024年上半年为3.25亿芯公里，同比下降19.9%。尽管预计在2024年下半年将恢复至5.08亿芯公里，同比增长2.1%，但整体需求仍显得疲弱。

从更长远的趋势来看，中国光缆消费的中期需求面临下行风险。数据显示，自2012年到2023年，光缆需求的年均复合增长率为7.1%，而预计从2024年到2029年，该增速将显著放缓至0.3%。主要运营商对固定和移动网络的投资减少，是这一趋势的主要原因。

此外，中国的FTTH需求已经趋于饱和，并表示全国范围内实现了5G覆盖。尽

管多模光纤和G654.E光纤的需求较强，但这不足以弥补传统光缆需求的下降。有分析师预计，甚至到年底，电信运营商可能会无法完成此前定下的集采目标。

欧洲市场的光缆需求同样面临收缩，2024年，欧洲整体光缆需求预计将出现轻微下降，同比收缩0.7%，总量预计为6.75亿芯公里。尽管如此，从更长远的趋势来看，欧洲光缆需求有望以接近3%的年均复合增长率增长，到2029年达到接近7.95亿芯公里。

尽管2024年面临短期压力，欧洲光缆需求在2025年及以后仍有增长潜力。随着东欧市场的相对稳定和西欧市场逐步恢复，预计光缆需求将以更稳健的态势逐步回升。

■ 现状2 海外市场的需求回暖

除中国外的亚太地区的光缆需求，CRU预计将在2024—2029年以6%的复合年增长率增长。尽管2024年的亚太地区光缆需求增速相对温和，但未来前景看好。光纤光缆需求预计将增长1.8%，达到接近6500万芯公里。在区域内，印度是主要贡献国，其需求占该地区总光缆需求的25%以上。印度的需求复苏表现明显。尽管2023年印度光缆消费经历了下滑，预计2024年将基本保持稳定，仅微增0.7%，达到1.63亿芯公里。尤其是在2024年上半年，印度的光缆需求同比下降超过11%，但下半年预计将出现复苏。

在亚太其他国家中，印尼、日本、韩国、菲律宾、泰国和越南也展现出不同程度的增长潜力。其中，印尼以5%的复合年增长率领跑，而其他国家的增速均在3%~5%之间。2024年第三季度，印度的光缆需求受到私营电信运营商招标活动的复苏推动，预计第四季度这一增长趋势将延续，进一步巩固其在区域市场中的重要地位。

北美地区，尤其是美国，光纤电缆的需求正在快速增长。这一增长主要得益于农村FTTH建设、云计算、超大规模数据中心、生成式AI的发展以及政府的支持政策。

北美地区的光纤电缆需求以近6%的幅度大幅增长，远远高于全球平均水平。美国是北美地区光纤电缆需求的最大贡献者，占该地区总需求的88%以上。预计2024年，美国的光纤电缆需求将达到9.33亿芯公里，并将在中期实现两位数的增长。

主要原因在于美国正在大力推进农村地区的FTTH建设，这推动了光纤电缆的需求。云计算、生成式AI和政府政策的共同推动，使得对高带宽连接的需求日益增长。云计算和超大规模数据中心的快速发展需要大量的光纤连接来支持数据传输和处理。同时，生成式AI等新兴技术的应用也对网络带宽提出了更高的要求。宽带公平接入部署（BEAD）计划的推进也为光纤网络建设提供了资金支持。

根据CRU的分析，全球光缆市场预计将在2025年实现复苏，需求同比增长6.2%至5.68亿芯公里，这一增长主要依赖于美国、欧洲和中国市场的稳定表现。然而，由于供需长期失衡，光纤价格仍将面临持续压力，尽管部分市场可能更具韧性。生成式人工智能（GenAI）推动的数据中心建设预计将在未来几年显著拉动光缆需求，到2029年，此类应用将占总需求的11%。

洞察 | 挖掘新需求，与AI一起发展

正作为西方不亮东方亮，当传统领域在思考如何挖掘流量带宽的增长，带动市场需求的时候。人工智能的快速发展，为担负着神经网络地位的光通信领域带来了新的机遇。随着人工智能技术的迅猛发展，AI大模型的计算需求对网络基础设施提出了前所未有的挑战与机遇。从智算

网络对超大带宽、低延时、低功耗的需求，到液冷架构推动的连接技术变革，以及空芯光纤在大模型和数据中心应用中的突破性进展，光通信行业正经历着深刻的技术革新。这些创新不仅驱动了新型光纤和连接解决方案的快速发展，也为人工智能时代的算力网络奠定了关键基础。

■ 洞察1 人工智能引爆新需求

相较于生物大脑在岁月长河中的缓慢成长，AI大模型的成长可谓是“大力出奇迹”，为了满足计算要求，需构筑专门用于人工智能的数据中心，并由GPU服务器联网构成。当大模型训练时，并行计算节点越多，通信效率越重要，智算网络的性能成为集群算力提升的关键。智力增长需要更大的服务器集群，万亿参数GPT-4的背后是万卡级规模作为保障。

预计到2029年将占据全球数据中心容量的60%以上，随着业务能力升级至智算分析，也带来超大带宽高速互联的需求，例如节点内互联的带宽需求将增加10倍以上，节点间互联中单台GPU服务器可达到Tbps级出口带宽。高密度、低能耗因为AI海量数据传输的需求，对数据中心光互联提出了新要求。

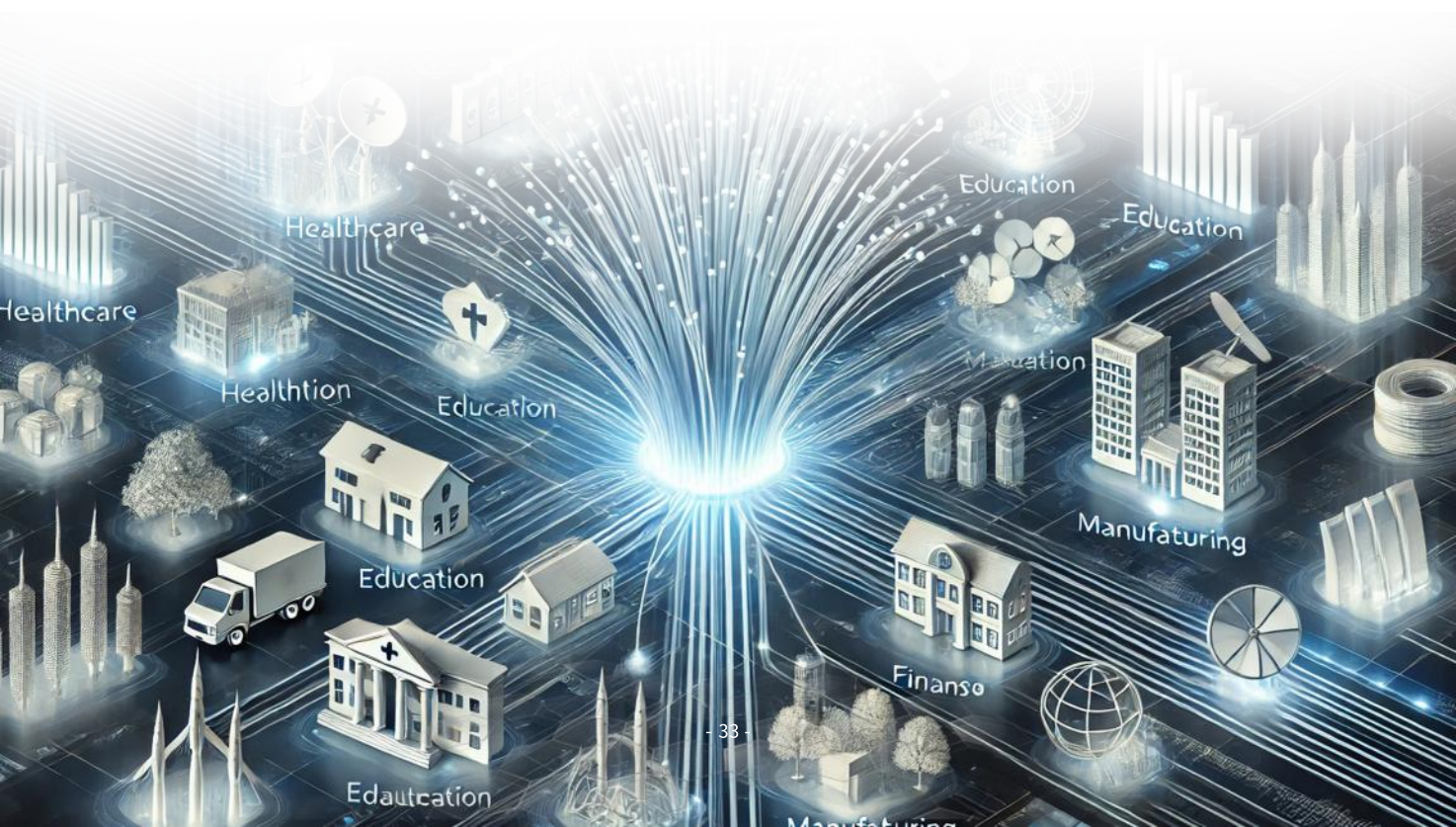
为了满足更加密集的集群需求，已经解决与能耗同时产生的散热问题。数据中心的机架架构也在发生着变化。在AI与AI训练的需求下，现在每一个数据中心都拥有两种网络连接，一种是传统的前端网络，还有一种是用于AI网络连接的后端网络。后端网络将所有GPU连接在一起，形同一台

数据中心里的超大计算机，为了满足GPU互联的需求，后端网络的带宽也是前端网络的8-10倍。

针对密集集群的散热问题，传统的风冷技术受限于功耗限制，每个机架只能放1—2台服务器，显然已经不能满足要求。液冷方案随之也流行起来。对应也使单机架上能够放置更多台AI服务器，服务器之间的连接距离变得更短。上述这些变化，也对连接服务器之间的线缆提出了新的要求。

随着能耗问题在数据中心和AI基础设施在规模扩张中问题的凸显，尤其在一年前，伴随着800G容量的增加，业界也开始关注注意收发器的功率问题。其中已有的LPO方案由于互操作性，依赖链路和故障排除能力等技术限制，大大限制了部署热情。据Cignal预测，LPO方案在800GbE的市场份额将不会超过10%。

有业内人士预测：“未来的光通信市场中，AI的影响与驱动将会高于传统的FTTH领域。”从网络中的方方面面归纳来看，大带宽、低延时、低功耗、智能化成为AI时代演进的关键词。



■ 洞察2 大容量低功耗让聪明不烧脑

线性接收光路（LRO）解决方案正在被市场高度关注，仅将 DSP 保留在光收发器的发射端。其优势在于，仅在发端放置的 DSP 可以保证光纤上的拥有完美高质量、符合标准的光信号，达到与完整 DSP 方案一样的效果。此举自然实现了节省功耗的目的，由于 LRO 方案移除了一半的 DSP，因此可以节省一半的 DSP 功耗，且仍旧保持了非常好的网络性能。

市场上已经出现的针对 LRO 应用优化的 DSP 产品已可实现 800G 光收发器的功耗低于 10W，对比使用完整 DSP 的光收发器，可节省大约 40% ~ 50% 的功耗。并且不会像 LPO 解决方案会牺牲网络性能。

对于连接液冷架构下的服务器间的线缆而言，AEC 凭借技术上的优势正在被人工智能领域的认可。根据实际测试数据反馈，在连接可靠性上，可比光缆高出一到两个数量级。这就意味 AEC 电缆将可助力算力利用率的提升，当前利用率低的原因正

在于互联，一旦一个节点发生故障或链路断裂，传输就要重新进行，导致算力利用率普遍仅为 40% ~ 50%。AI 行业开始重新重视铜互联与电互联的原因正在于通过 AEC 对于连接可靠性的大幅提升，从而解决这一症结。

服务器的密度增加，要求线缆具有更好的布线灵活性，也就是要易于弯折，才能不会过多遮挡机柜前面的气流，对散热造成影响。而 AEC 作为一根铜缆，没有任何光学组件，仅每端都放置了一个基于 Credo 自有铜 DSP 技术的 Retimer，来负责端到端的信号传输。于是，AEC 在现有 AI 领域机房的布线中，不仅好部署，还拥有极长的生命周期。

AEC 还具有低功耗上的优势，其中的 DSP 都是业界功耗最低的产品，一个 400G 的 AEC 的单端功率在 5W 左右，大约仅为一个 400G 光模块的 50%。

■ 洞察3 新型光纤与AI相互推动

空芯光纤在短时间内发生了巨大革新进步，在技术的提升下，损耗正在成倍下降。反谐振空芯光纤光缆在低衰减上实现巨大突破，已实现 C 波段 $<0.1\text{dB/km}$ 衰减突破，低于单模光纤 0.1397dB/km 最小值。相比实芯光纤通过材料掺杂实现全反射导光，空芯光纤基于全新空气导光机理，非线性效应大幅降低，传输时延降低 30% 以上，可突破实芯光纤的“非线性香农容量极限”与“传输时延极限”两大物理瓶颈。

由于空芯光纤无所谓光谱问题，在理论上可以实现全波段的支持。同样由于空芯的结构，也使得色散几乎不存在，并且没有非线性。

空芯光纤所具备的低损耗、大带宽、低非线性、低时延、低色散和高色散平坦度的多种优点，恰恰与 AI 时代大带宽、低

延时、低功耗、智能化的光网络需求匹配。对于长距离干线传输、数据中心间互联、AI 大模型等时延敏感场景的应用具有极大帮助。

在国内市场中，长飞助力中国电信建立全球首个单波 1.2T、单向超 100T 空芯光筑传输系统现网示范；助力中国移动开通了全球首个 800G 空芯光纤传输技术过验网（广东深圳—东莞），多项技术指标的验证达到国际一流水平；联合中国联通开展单波速率高达 1.2Tbit/s 的空芯光纤通信传输实验，打破了全球 10.2km 空芯光纤传输单波速率记录，实现了 $32 \times 1.2\text{Tbit/s}$ 传输容量；助力国网信通开展基于空芯光纤的电力长距传输应用验证，取得业界首创的突破性成果。

广泛的落地实践，也促进了业界对于空芯光纤在实际落地部署中的经验积累。例如，如光缆端头采用防水胶和双层塑料帽隔绝大气、利用带旋转头网套进行布缆减少端帽磨损、熔接点使用炮筒式防水接头盒，让部署过程几乎不引起额外损耗。也验证了我国反谐振空芯光纤在真实工程环境中受牵拉、挤压、水汽、户外熔接等多种条件影响下的性能，已经达到国际第一阵营水平。

国际市场中，微软已经宣布将在未来 24 个月计划部署 15000 公里的空芯光纤，用于 AI 大模型和数据中心连接，扩大网络容量和算力。该公司表示，空芯光纤这项技术无论在速度、带宽还是能效方面都带来了绝对的突破，事实上，它与传统光纤相比有了显著提升。今年 OFC 上，微软再一次证明了光纤损耗达到了光纤有史以来最低的水平。这种低光纤损耗对于数据中心与数据中心之间的连接至关重要。

趋势 | 内功外功多元化全面提升

随着全球数字化转型的加速，光通信领域正迎来技术革新与市场需求双重驱动的黄金时代。从超高速网络建设到多元化应用场景的探索，再到全球市场竞争的升级，光通信技术正不断突破传统边界，成为智能化、低碳化和高效化的重要支柱。2024年，光通信企业正通过提升制造精度、拓展应用领域和推动技术进步，以创新实力应对新时代的挑战与机遇，为构建未来智慧社会奠定坚实基础。

■ 趋势1 提升内功挖掘海外市场机遇

海外市场一方面呈现出了对于光通信市场的新需求增长，另一方面也对产品提出了更高的要求。例如一些欧洲国家的客户对于产品线径的要求误差一般在 0.01% ~ 0.02% 的范围，对拉丝的模具与咬合的张力都提出了更高要求。

中天科技专门将 2024 确定为精确制造元年。由“精细制造 1.0”升华到“精确制造 2.0”，从定性到定量，制定三年质量战略规划，开启 2.0 新时代大门，谱写质量卓越新篇章。“精确制造 2.0”元年主要包括“五精”：企标更精严、工艺更精进、数据更精确、技能更精准、管理更精益。

工欲善其事，必先利其器。为了实现科技升级，2024 年也同样是中天科技的数字化跃进年，全面启动了设备“焕新工程”专项行动，装备性能对标精确制造评估更新。以中天铝线制定的设备焕新目标为例，计划在 2024 年焕新元年，引进新技术、新理念，打造精品产线，着力新质生产力打造。在 2025 年实现精品复制，评估焕新效益、洋为中用，同类机台复制推广。预计在 2026 年实现焕新完成，形成具有特色的精品产线、工厂，在数字化、品质提升、安全环保、节能低碳达到焕新目标。

■ 趋势2 产品走向多元化

在2024年的各家光通信企业的展台上，产品的多元化趋势也愈发明显。光纤技术的特性已不仅仅在网络侧赋能，还正在涉及更多领域。

在医疗领域，传像光纤与共聚焦显微内镜的结合，使得实时在体的细胞级成像这一创新诊疗技术得到应用。过往，传像光纤作为光纤内窥镜探头的核心功能部件，一直依赖进口。长飞公司基于自身的技术优势，联合精微视达，率先完成了像贝传像光纤全流程、全要素的自主研发，形成了具有自主知识产权的设计、制造与测试体系，光纤的各项关键指标均达到世界一流水平。

在此过程中突破了一系列技术难点，由于医疗传像光纤束采用一次复丝法制备，其主要工艺包括高NA芯棒制备、单丝拉制、单丝清洗干燥、排丝套棒、传像光纤束制备等环节。长飞公司专门在复杂波导设计、定向深掺杂技术、高精度立体复丝堆栈和拉丝

上实现了关键技术突破。例如，长飞自研的高精度立体复丝堆栈技术以及高精度分区控温拉丝控制系统，实现光纤微米级别的间距控制以及10-3mbar的极限真空控制，解决了传像光纤束的紧密堆积和有序排列问题。

在汽车领域，为助力汽车电动化和智能化的进一步发展，长飞凭借35年来在光纤传输领域的技术积累，在2024年初还推出了智能汽车光纤通信解决方案。该方案基于车载以太网架构和车规级石英光纤通信标准IEEE802.3CZ，通过光电转换模块将汽车自有的电信号转化为光信号，以车载光连接器和车载石英多模光纤光缆作为物理层传输介质进行信号传输，具有高速率、高可靠性、低损耗、抗电磁干扰、易于安装和轻量化的特性，这种方案将显著提升车辆的电动化和智能化水平，增强车辆的安全性和可靠性，降低汽车能耗和维护成本。

■ 趋势3 技术突破持续迈进

光通信领域的技术突破是支撑数字化时代高速发展的核心驱动力。随着5G网络、人工智能、大数据以及超大规模数据中心的快速扩展，全球对高速、低延时和高稳定性通信网络的需求持续攀升。光通信技术的不断创新，不仅提升了数据传输的效率与可靠性，还为网络的可持续发展提供了重要保障。

例如，作为新一代骨干网光纤的G.654.E，目前就正在满足数据流量快速激增背后的光纤性能瓶颈问题。长飞新型G.654.E光纤目前从材料、工艺到设备，均实现了自主的知识产权，不仅能够将传输

距离提升30%，还可将TCO降低20%，已成功应用于中国移动、中国电信、中国联通的多个G.654.E光纤的干线光缆线路工程项目以及国家电网的多个特高压输电工程，应用于全球网络基础项目的供应里程已超300万公里。

面向800G技术，烽火通信携手运营商开展了密集验证工作，包括与上海电信完成业内首个OXC+800G现网应用，联合移动和电信研究院分别完成首个800GC+L超长距大容量试验、首个800G现网长距混合传输验证。公司联合多方发布了基于空芯光纤的超大容量实时传输系统，

实现了19.65Thz超宽带S+C+L波段实时传输，单纤双向同波长传输最大传输容量超270Tbit/s，单波速率最高达1.2Tbit/s。

为了解决数据中心散热瓶颈，亨通推出业界首创的可长期处于动态油类浸没式冷却液环境下，且具备防爬油功能的铜缆

配电与通信互联解决方案。使单芯片计算能力从原先的350瓦一跃提升至1000瓦乃至更高，算力效率提升近2倍。据测算，在提供同等算力服务的同时，能源消耗将减少近20%。该技术标志着我国在液冷技术领域的重大飞跃，对于构建绿色低碳的数字基础设施具有里程碑意义。

“

结语

面对全球不同市场地区的挑战，“不躺平”的光通信产业正在不断挖掘市场新潜能。AI技术的迅猛发展成为光通信领域的新增长点，推动对超大带宽、低延时和低功耗光通信产品的需求。国内企业加速技术研发，通过高精度制造和新型光纤技术，满足国际高端市场需求。光通信企业正在以技术革新和市场拓展为核心，持续推动光纤光缆行业迈向智能化和低碳化，为未来智慧社会奠定坚实基础。

”

