

行業概覽

除另有說明外，本節所載資料來自多份政府官方刊物及其他刊物以及我們委託弗若斯特沙利文編製的市場研究報告（「弗若斯特沙利文報告」）。我們委聘弗若斯特沙利文就[編纂]編製弗若斯特沙利文報告。我們在摘錄及轉載該等資料時已採取合理謹慎措施。我們並無理由相信該等資料在任何重大方面屬虛假或具誤導性，或遺漏任何事實致使該等資料在任何重大方面屬虛假或具誤導性。我們並未且任何獨家保薦人、[編纂]、[編纂]、[編纂]、[編纂]、[編纂]、任何[編纂]或彼等各自的任何董事、高級職員或代表或參與[編纂]的任何其他各方（不包括弗若斯特沙利文）亦未獨立核實多份政府官方刊物內的資料，亦無就該等資料的準確性或完整性發表任何聲明。截至最後實際可行日期，董事確認，經採取合理審慎措施後，本節所呈列的市場資料並無重大不利變動。

AI時代的光電互連市場發展宏觀背景

AI行業發展推動通信網絡不斷演進

近年來，人工智能(AI)行業的快速發展對通信網絡提出了更高要求，深度推動光電互連技術的創新與應用。

AI基礎設施由硬體及軟件兩大部分構成。一方面，計算、存儲及網絡硬體基礎設施共同構成支撐新一代人工智能廣泛應用的硬體基礎。另一方面，多樣化的機器學習框架、演算法及相關工具軟件、PaaS平台及服務共同構成支撐AI應用發展與持續創新的軟件基礎設施。

行業概覽

AI基礎設施



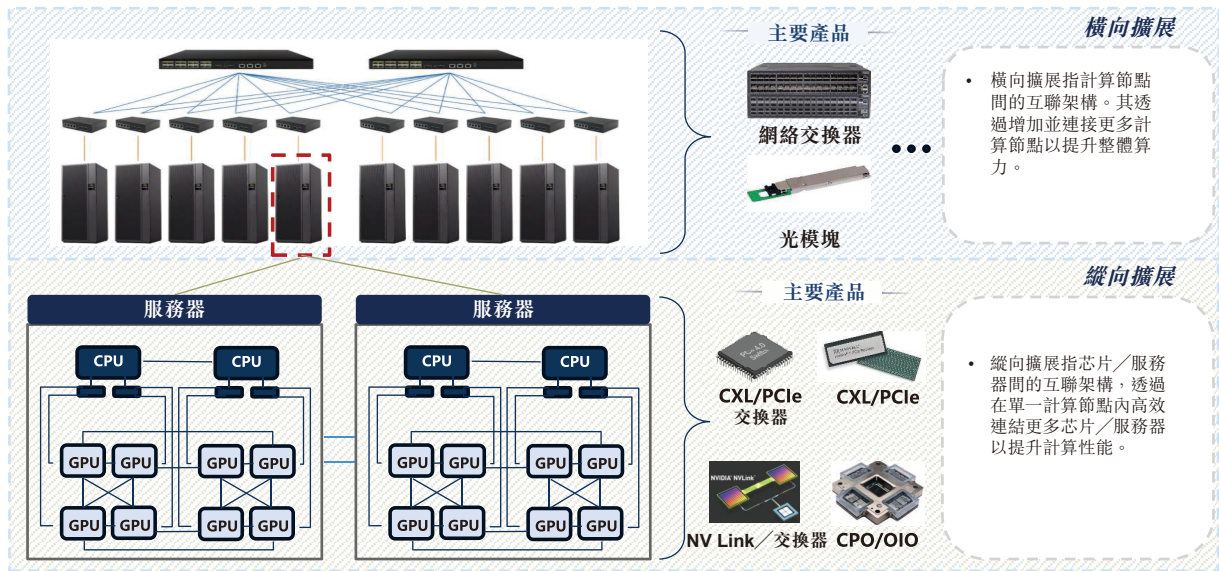
資料來源：弗若斯特沙利文

在算力層面，AI大模型訓練及推理需求的爆發式增長，推動計算集群從千卡級邁向萬卡級，推動超大規模智算中心的建設，形成跨地域、多中心的計算體系。

在數據中心網路架構方面，AI負載正在推動傳統網路向更智慧、更高效的方向演進，對橫向擴展與縱向擴展能力提出了同步提升的要求。橫向擴展依賴於計算節點間的高頻寬無損互聯，而縱向擴展則聚焦於芯片與服務器層級的極速資料交互。這一轉變催生了具備動態感知與靈活資源調度能力的新型數據中心網路。光電互連技術憑藉其高密度、低功耗互連方面的顯著優勢，已成為實現數據中心內部及數據中心之間高速連接的核心基礎，從而有力支撐AI所驅動的分散式運算資源的協同與全域調度。

行業概覽

高速互連網路原理圖



資料來源：弗若斯特沙利文

在全球競逐AI行業制高點的背景下，算力已成為衡量國家AI競爭力的核心指標。中國正通過不斷擴大AI算力規模，穩步提升在該領域的全球地位。於2024年，中國AI算力規模達438.7 EFLOPs，預計到2029年將增長至2,763.7 EFLOPs，2024年至2029年的複合增長率為44.5%。

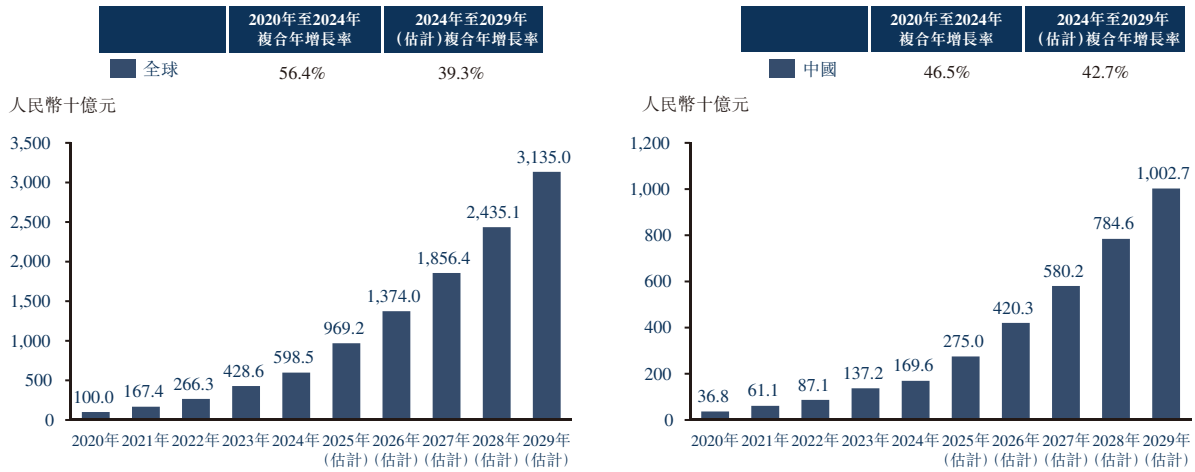
在科技巨頭的大規模投資及AI應用廣泛工業化的推動下，自2020年至2024年，全球AI基礎設施投資額迅速增長。由於計算需求結構性轉向推理及基於雲的AI服務不斷擴展，這一增長勢頭預計將會持續。

於2024年，全球AI基礎設施投資額由2020年的人民幣1,000億元增加至人民幣5,985億元，複合年增長率為56.4%。預計到2029年，投資額將進一步增長至人民幣31,350億元，2024年至2029年的複合年增長率為39.3%。

於2024年，中國AI基礎設施投資額由2020年的人民幣368億元增加至人民幣1,696億元，複合年增長率為46.5%。預計到2029年，投資額將進一步增長至人民幣10,027億元，2024年至2029年的複合年增長率為42.7%。

行業概覽

全球及中國AI基礎設施投資額，2020年至2029年估計



資料來源：弗若斯特沙利文

全球及中國AI服務器市場規模

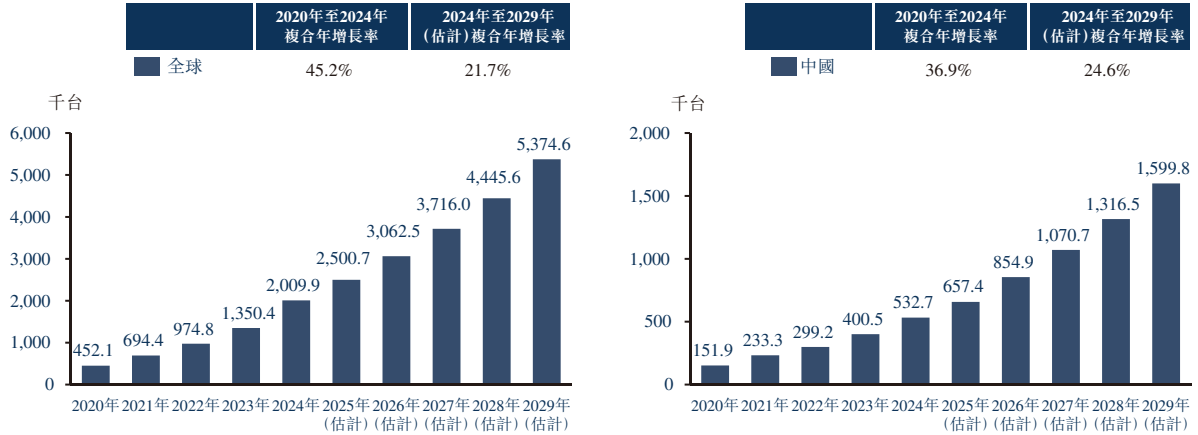
大模型訓練及推理需求是推動AI服務器需求增長的主要驅動力。為促進多芯片集群架構中固有的大規模數據交互，高帶寬、低延遲的互連技術至關重要。這種依賴性直接刺激了市場對各類互連芯片(包括遵循PCIe/CXL標準的芯片)以及以太網及光電互連解決方案的需求(如AOC、AEC產品)。同時，這一趨勢推動對兼具更大容量與更高帶寬的系統主存儲器的需求增長。

於2024年，全球AI服務器出貨量由2020年的452.1千台增加至2024年的2,009.9千台，複合年增長率為45.2%。預計到2029年，出貨量將進一步增長至5,374.6千台，2024年至2029年的複合年增長率為21.7%。

於2024年，中國AI服務器出貨量由2020年的151.9千台增加至2024年的532.7千台，複合年增長率為36.9%。預計到2029年，出貨量將進一步增長至1,599.8千台，2024年至2029年的複合年增長率為24.6%。

行業概覽

全球及中國AI服務器出貨量，2020年至2029年估計



資料來源：弗若斯特沙利文

全球光電互連市場規模

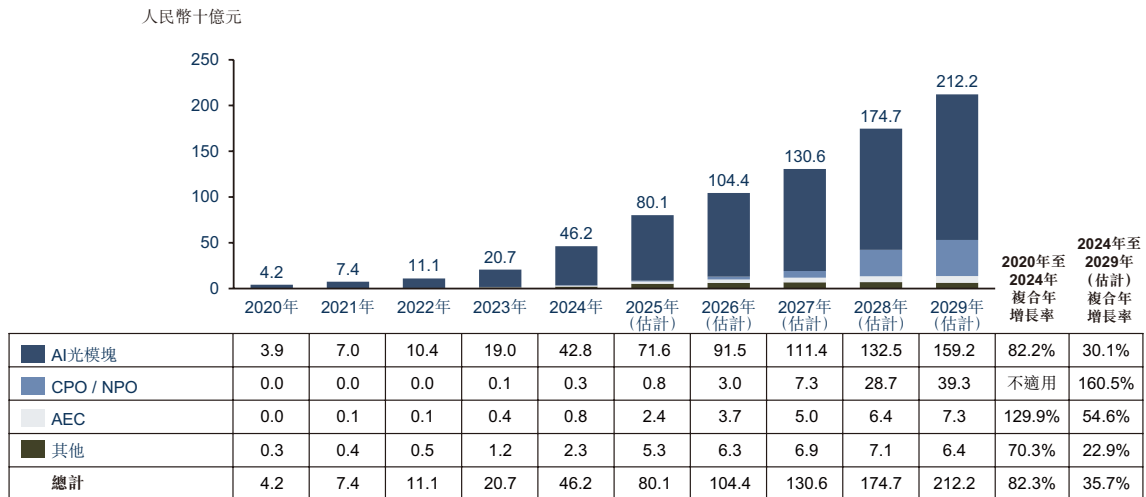
按產品類型劃分，光電互連產品主要包括AI可插拔光模塊、共封裝光學／近封裝光學(CPO/NPO)、及有源電纜(AEC)等。可插拔光模塊的一端連接服務器、GPU或其他設備以接收電信號，另一端連接光纖，實現電信號與光信號之間的雙向轉換，從而完成設備間的數據傳輸。共封裝光學(CPO)及其近封裝光學(NPO)將光引擎與交換芯片或AI加速器芯片高度集成，通過縮短電互連路徑，系統性地實現最高的頻寬密度與最低的傳輸能耗，是構建新一代超大規模計算集群的核心解決方案。有源電纜(AEC)通過在銅纜兩端集成晶片，有效提升信號傳輸品質，在保持低成本、低功耗優勢的同時，實現了優於無源銅纜的傳輸性能。它已成為AI數據中心內部短距離連接的關鍵解決方案。

在AI計算需求爆發式增長及數據中心大規模部署的推動下，自2020年至2024年，光電互連銷售額實現快速攀升。未來，隨著技術不斷向1.6T/3.2T發展及新興CPO/NPO解決方案的商業化應用，這一增長勢頭預計將會持續。

行業概覽

於2024年，全球光電互連銷售額由2020年的人民幣42億元增加至人民幣462億元，複合年增長率為82.3%。預計到2029年，銷售額將進一步增長至人民幣2,122億元，2024年至2029年的複合年增長率為35.7%。

全球光電互連銷售額(按產品類型拆分)，2020年至2029年估計



資料來源：弗若斯特沙利文

全球及中國AI光模塊市場分析

AI光模塊市場概覽

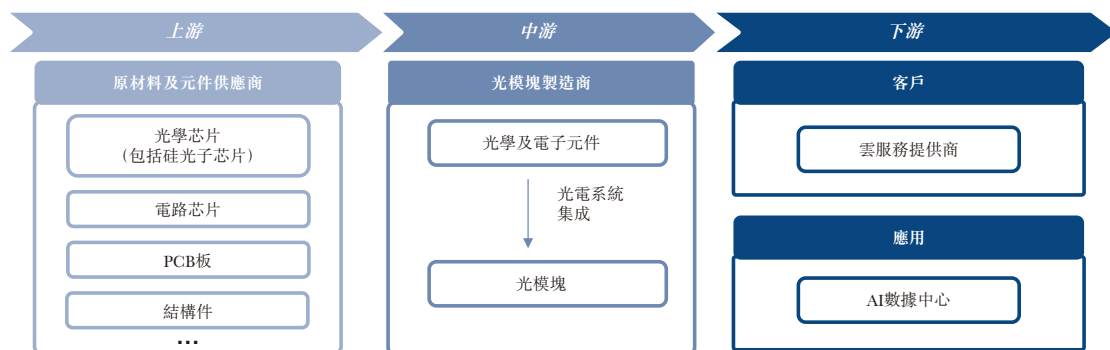
AI光模塊指為滿足AI計算集群超高帶寬與低延遲需求而使用的光模塊。該等產品通常部署於AI數據中心，以解決海量數據交換的瓶頸問題。

傳輸速率方面，由於AI計算集群對數據吞吐和傳輸能力的高要求，AI光模塊主要以100G以上光模塊為主，包括100G、200G、400G、800G、1.6T及3.2T等類型。此外，按技術路線劃分，AI光模塊總體上可分為在超高速場景中具有成本及功耗顯著優勢的硅光光模塊以及非硅光光模塊。

行業概覽

光模塊產業鏈涵蓋三大核心環節：上游材料與元件供應、中游集成與製造及下游銷售與應用。上游以材料與元件供應為核心，包括光學芯片(包括硅光芯片)、電路芯片、PCB及結構件等關鍵元件。中游從事光模塊的集成與製造，通過光電元件整合實現高效數據傳輸功能。下游客戶主要為雲服務提供商，購買AI光模塊應用於AI數據中心。數字經濟、雲計算的發展持續推動光模塊需求增長。同時，雲服務巨頭等下游客戶通過JDM模式深度參與產品定義、設計與測試流程，與中游廠商共同研發定製化的光模組解決方案，以實現最優性能、最低功耗與成本控制。該模式不僅倒逼中游製造工藝的升級，也強化了其對上游芯片技術創新的牽引作用。

AI光模塊的產業價值鏈



資料來源：弗若斯特沙利文

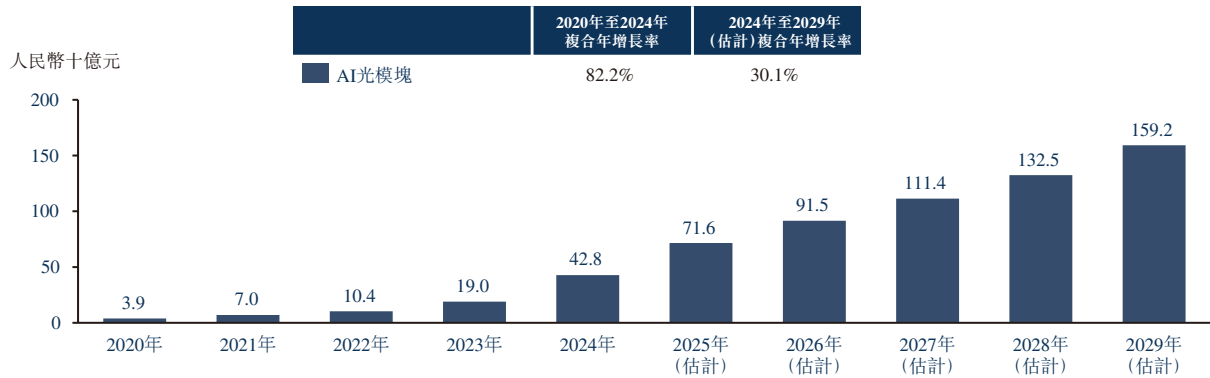
全球AI光模塊市場的市場規模

在大語言模型的訓練、推理及商業化應用快速發展的驅動下，全球雲服務提供商及大型互聯網公司已大規模投入建設AI數據中心。作為實現數據中心內部高速互連的關鍵「數據動脈」，AI光模塊需求相應激增。全球AI光模塊市場規模由2020年的人民幣39億元增長至2024年的人民幣428億元，複合年增長率為82.2%。

行業概覽

展望未來，受下一代高速率產品(如1.6T及3.2T)的持續迭代及新型低功耗架構的逐步商業滲透所驅動，全球AI光模塊市場預計將進一步擴張。預計至2029年，全球AI光模塊市場將達到人民幣1,592億元，2024年至2029年的複合年增長率為30.1%。

全球AI光模塊的銷售額，2020年至2029年估計



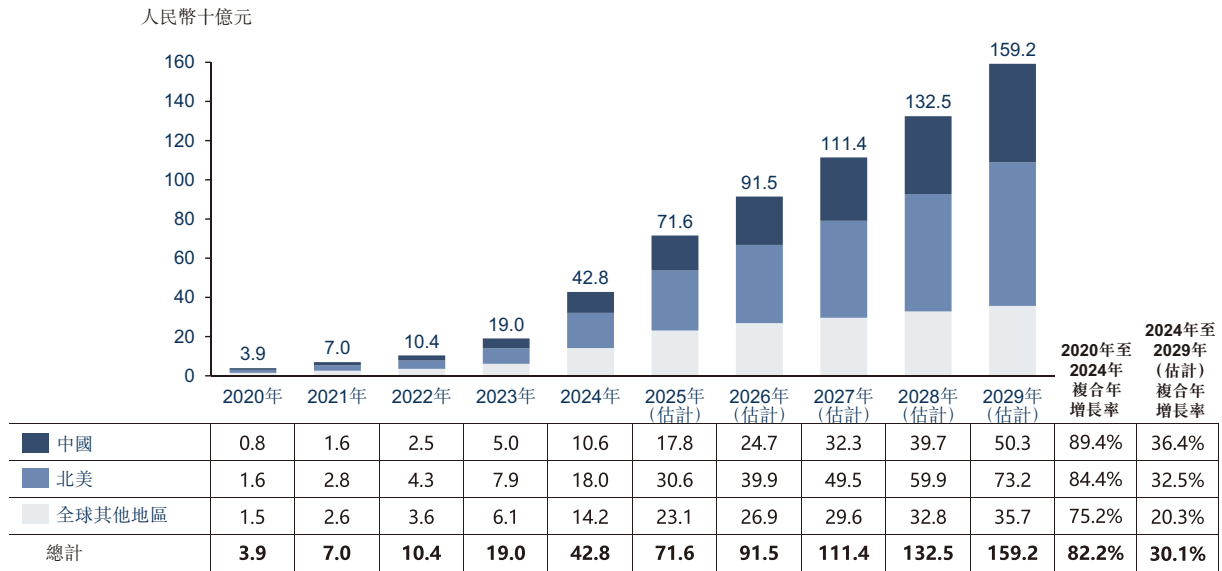
資料來源：弗若斯特沙利文

北美目前是全球最大的光模塊區域市場，2024年佔據全球42%的市場份額。該地區的領先地位主要得益於亞馬遜及穀歌等科技巨頭對超大規模數據中心的持續投入，以及生成式AI熱潮引發的指數級帶寬需求增長。這些因素共同推動了對更高速率光模塊的長期強勁需求，鞏固了北美市場的領先地位。

中國是全球增長最快的光模塊市場，2020年至2024年的複合增長率達89.4%，預計2024年至2029年也將保持36.4%的高速年複合增長率，持續保持全球最高增速。這一增長動能來源於國家「東數西算」工程、及中國大型雲服務廠商對AI基礎設施的持續加大投入等本土化舉措，這些舉措正持續推動大規模數據中心建設，尤其是AI數據中心，進而激發對於AI光模塊的持續需求。

行業概覽

全球AI光模塊的銷售額(按地區劃分)，2020年至2029年估計



資料來源：弗若斯特沙利文

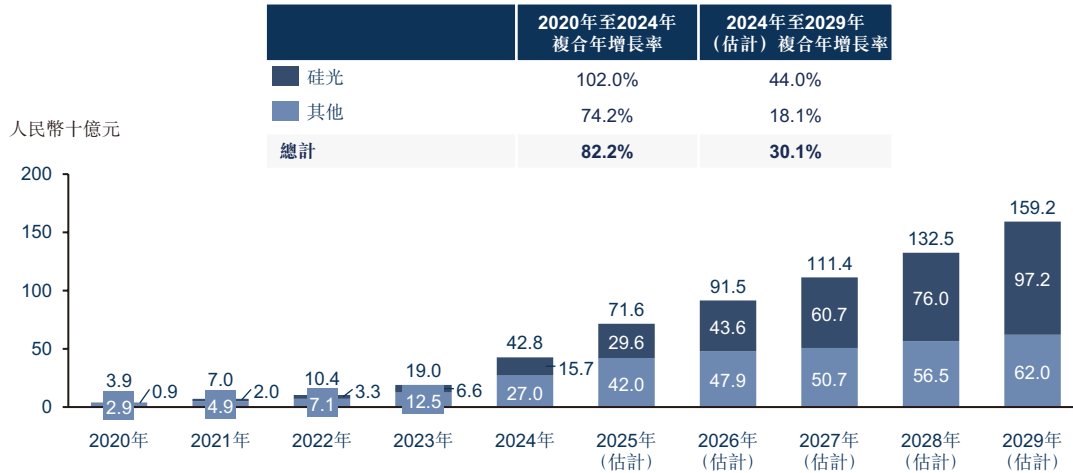
從技術路線來看，硅光是一種基於硅半導體材料的技術系統，利用CMOS相容工藝(與傳統晶片製造對接)將光信號的產生、傳輸、調製及檢測等功能集成到單一硅芯片上。

其核心價值在於克服傳統分離式光電器件(如高成本、低集成度及高功耗)的局限性，通過利用硅的成本效益及成熟的半導體製造工藝。這使得光電組件得以小型化及大規模生產，同時實現高速及低功耗，使硅光成為連接「光通信」與「半導體」技術的關鍵橋樑。

在AI算力增長引發對高速高帶寬需求激增、以及硅光技術不斷成熟和完善的雙重驅動下，利用硅光技術的AI光模塊市場近年來實現井噴式發展，由2020年的人民幣9億元增長至2024年的約人民幣157億元，複合年增長率達到約102.0%。展望未來，利用硅光技術的AI光模塊市場將進一步擴容，預計在2029年銷售收入將達到人民幣972億元，2024年至2029年的複合年增長率為44.0%。

行業概覽

全球AI光模塊的銷售額(按技術劃分)，2020年至2029年估計



資料來源：弗若斯特沙利文

當前，面對硅光技術、專利與生態系統的高壁壘，單純採購硅光芯片進行模組封裝的傳統模式，已逐漸使國內製造商陷入同質化競爭與利潤率壓縮的困境。從未來市場趨勢的角度看，行業競爭將不再局限於封裝及整合層級，而是向上游延伸至芯片技術與垂直整合能力。這種轉變主要受兩大因素驅動：一方面，自研芯片能從源頭實現設計優化，減少外部採購與中間環節，從而更精準地控制材料成本；另一方面，芯片模塊協同設計可實現功耗、熱管理與信號完整性的優化，同時大幅縮短產品開發週期，快速響應客戶定製化需求。因此，透過自研芯片實現產業鏈垂直整合，將使國內頭部製造商具備爭奪全球高端市場定價權與話語權的競爭力。

中國AI光模塊的市場規模

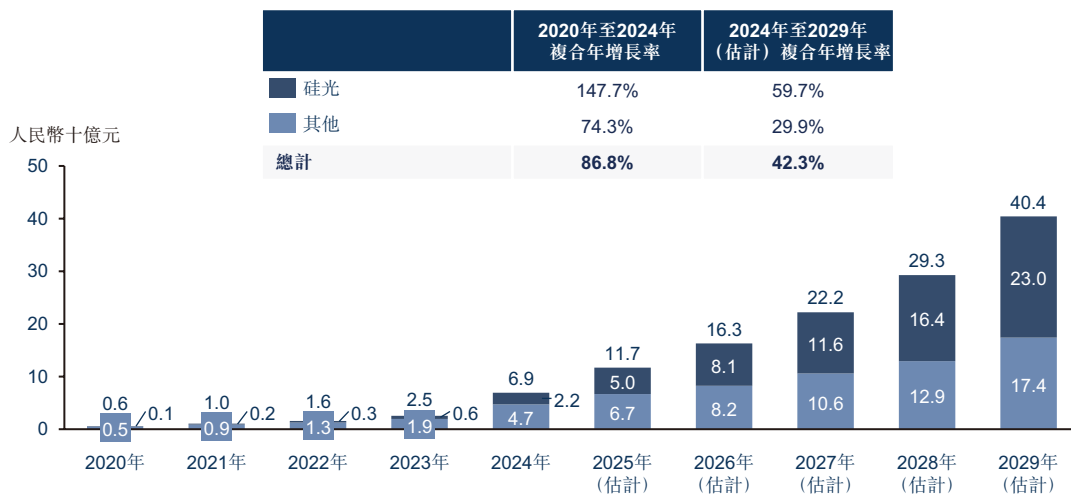
受益於AI及算力需求飆升帶來的高速互連剛性需求，以及國家「東數西算」工程推動全國大數據中心一體化佈局，中國AI光模塊市場規模已由2020年的人民幣6億元增長至2024年的人民幣69億元，複合年增長率為86.8%。在預測期內，該市場預計將進一步增長至2029年的人民幣404億元，2024年至2029年的複合年增長率為42.3%。

行業概覽

在技術方面，與全球趨勢相似，在AI計算需求爆發性增長、數據中心升級加速以及國內硅光技術取得重大進展的驅動下，中國AI硅光光模塊市場經歷了快速增長，由2020年的人民幣1億元上升至2024年的人民幣22億元。

展望未來，隨著1.6T光模塊等下一代產品的商業化、以及國內對半導體和光子產業持續的政策支持，該市場預計將持續爆發性增長至2029年的人民幣230億元，2024年至2029年的複合年增長率為59.7%。

中國AI光模塊銷售額(按技術劃分)，2020年至2029年(估計)



資料來源：弗若斯特沙利文

全球及中國AI光模塊市場驅動因素

1) AI計算需求的爆發性增長

人工智能，特別是生成式AI及大模型訓練，對數據中心內的數據傳輸速率及帶寬提出了前所未有的要求。傳統計算集群無法滿足數萬個GPU協同工作所產生的大規模數據交換，直接驅動了用於高速互連的光模塊的迭代及規模擴張。800G光模塊已成為當前AI訓練集群的主流選擇，而更高速率的產品(如1.6T)已處於預商用階段。預計隨著AI模型參數規模持續擴大及應用場景深化，對高速、低功耗光模塊的需求將保持長期的強勁增長，成為市場最核心的引擎。

行業概覽

2) 全球數據中心升級及雲服務擴張

全球數字化轉型正驅動超大規模數據中心的不斷建設及現有數據中心網絡架構的升級，從100G/400G演進至800G及以上。雲計算、邊緣計算以及流媒體和物聯網等應用的普及，導致全球數據流量持續快速增長，對數據中心內部及數據中心之間(DCI)的連接提出了更高的帶寬要求。此趨勢不僅直接增加了光模塊的使用量，也推動技術向更低功耗及更高集成度(例如硅光、CPO、LPO)發展。在中國「東數西算」等國家工程的驅動下，數據中心建設步伐正在加快，為光模塊提供了廣闊且持續的國內市場。

3) 國家對數字基礎設施的戰略政策支持

全球各國政府正將計算基礎設施與寬頻網絡視為戰略資產，並實行政策支持其發展。諸如中國的「東數西算」工程，以及歐盟的「2030數字指南針」等倡議，旨在提升高效能計算與數據中心能力，同時建構高速、全面的網絡基礎。這些政策不僅直接刺激數據中心建設與高速光通訊需求，更提供了強有力的政策與生態系統支持。

4) 光模塊技術迭代與商業化突破

近年來，光模塊在材料、封裝與集成技術領域取得顯著突破，有效支撐了高速率、低功耗與降本目標的同步實現。以硅光為代表的先進解決方案逐步成熟並進入大規模商業化階段，在800G/1.6T等高速場景中展現出卓越性能與集成優勢。與此同時，CPO、LPO等新型架構在降低系統功耗與延遲方面取得實質進展，為下一代數據中心與AI集群提供關鍵技術支撐。這些技術的持續創新與商業化進程，正不斷拓展光模塊的性能邊界，推動其在高速數據通信領域的普及應用，進而成為驅動市場發展的重要技術動能。

行業概覽

全球及中國AI光模塊市場發展趨勢

1) 對高速光模塊的需求日益增長

雲計算及AI應用的快速擴張正驅動全球數據中心基礎設施的空前增長，加劇了對更高帶寬及更低延遲通信解決方案的需求。高速光模塊，例如400G、800G、及新興的1.6T變體，已成為數據中心內部連接及設施間鏈路的關鍵推動因素。這些組件不僅支持AI培訓及大規模模擬等計算密集型工作負載，也確保了數據在雲、邊緣及終端層之間的無縫傳輸。此外，技術生命週期明顯加速：行業在短短幾年內從100G過渡到800G，而1.6T收發器即將廣泛商業部署。這種緊湊的開發週期正迫使領先供應商持續創新，以跟上市場預期及不斷演變的架構需求。

2) 向高集成度與低功耗解決方案的演進

隨著數據速率超越800G向1.6T及更高發展，傳統可插拔模組在功耗與前面板密度方面面臨日益嚴峻的挑戰。此物理侷限性正驅動行業向更高集成度的解決方案轉型。共封裝光學(CPO)與近封裝光學(NPO)代表了一種根本性的架構變革，透過將光學引擎移至交換器ASIC附近或直接整合於其上。這種整合能藉由最小化電路跡線損耗大幅降低功耗，並實現埠密度的革命性提升，從而解決下一代AI集群與超大規模數據中心的關鍵瓶頸。

3) 硅光技術持續滲透

硅光技術憑藉成熟CMOS製程的獨特優勢，在集成度、功耗及成本效益方面展現顯著潛力，已成為滿足高速、高密度數據中心需求的關鍵技術路徑。隨著800G/1.6T光模塊產能逐步釋放，硅光解決方案正日益廣泛應用於AI集群與超大規模數據中心，成為推動技術反覆運算與重塑競爭格局的重要力量。

行業概覽

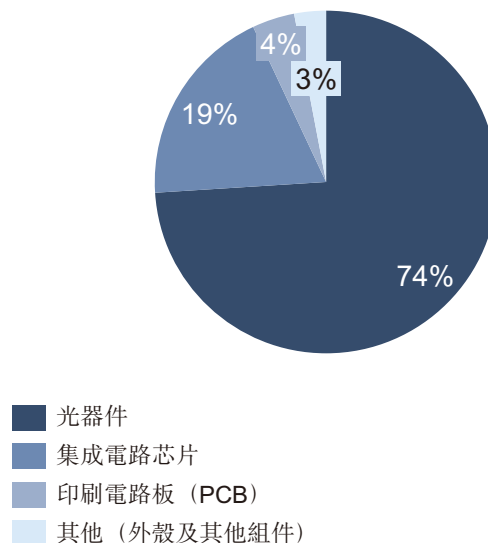
4) 垂直整合能力的強化

為增強供應鏈韌性及技術自主性，中國領先的光模塊製造商正積極加強垂直整合。通過向上游擴展至核心光組件，並向下游延伸至光網絡終端設備，這些公司正在建立涵蓋整個產業鏈的綜合能力。這種整合方法不僅提高了設計相容性並加速產品上市時間，還能更靈活地響應客戶的定製化需求。因此，擁有全鏈專業知識的公司更能推動產品創新，並在快速變化的市場中保持長期競爭力。

AI光模塊成本結構分析

AI光模塊的原材料成本結構主要包括光器件、集成電路芯片、印刷電路板(PCB)及其他(外殼及其他組件)，其中，光器件是最主要的成本構成部分，佔光模塊總成本的74%，集成電路芯片也佔相對較大的成本比例，約為19%。

全球AI光模塊成本結構分析，2024年



資料來源：弗若斯特沙利文

行業概覽

AI光模塊市場競爭格局

全球AI光模塊行業於2024年的總市場規模為人民幣428億元。本公司於2024年為中國前五大專業AI光模塊供應商之一。於2024年實現AI光模塊收入人民幣8億元，於中國專業AI光模塊供應商中排名第五，於全球專業AI光模塊供應商中排名第六，佔全球市場份額的1.8%。

中國專業AI光模塊供應商排名(按全球收入)，2024年

排名	公司名稱	2024年收入 (人民幣十億元)	市場份額
1	公司A	12.8	30.0%
2	公司B	4.8	11.3%
3	公司C	2.3	5.5%
4	公司D	1.2	2.9%
5	本公司.....	0.8	1.8%

附註：

1. 專業光模塊供應商是指生產光模塊主要用於外部銷售而非內部使用的公司。
2. 公司A為一家於2005年成立的於深圳證券交易所上市的公司，業務重點為光模塊的研發與製造。
3. 公司B為一家於2008年成立的於深圳證券交易所上市的公司，為光模塊製造商。
4. 公司C為一家於2001年成立的於深圳證券交易所上市的公司，為光電組件及模組(含光模塊)的研發與製造商。
5. 公司D為一家於2003年創立的民營企業，專注於光模塊、光學芯片及光網絡終端的研發與製造。公司D為一家聚焦智慧家電與科技產業的多元化經營集團的子公司。

資料來源：公司報告、弗若斯特沙利文

本公司於2024年為全球前十大專業光模塊供應商之一，於2022年至2024年間於前十大供應商中收入增長最快。其於2024年實現收入人民幣9億元，佔全球市場份額的0.7%。

行業概覽

全球專業光模塊供應商排名(按收入)，2024年

排名	公司名稱	2024年收入		2022年至2024年
		(人民幣十億元)	市場份額	收入增長率
1	公司A	22.9	18.1%	55.9%
2	公司E.....	14.0	11.1%	24.2%
3	公司B	8.6	6.8%	61.6%
4	公司C	6.7	5.3%	17.7%
5	公司D	3.7	2.9%	6.1%
6	公司F.....	3.7	2.9%	-16.6%
7	公司G	2.9	2.3%	37.5%
8	公司H	2.5	2.0%	0.8%
9	公司I	1.0	0.8%	-13.9%
10	本公司.....	0.9	0.7%	189.6%

附註：

1. 公司E為一家於1966年成立的於紐約證券交易所上市的公司，為垂直整合型製造企業。公司E研發、製造並銷售雷射器、收發器及其他光學與光電元件、模組及系統以及工程材料；產品應用於通訊、工業、儀器儀表及電子市場。
2. 公司F為一家於2001年成立的民營企業，為光模塊研發與製造商。公司F為一家於深圳證券交易所上市公司的子公司。
3. 公司G成立於2001年，為一家從事光纖通訊產品及相關設備製造的外商獨資企業。
4. 公司H成立於2015年，為光學與光子產品供應商，並於納斯達克證券交易所上市。
5. 公司I成立於1997年，為美國納斯達克證券交易所上市的公司，提供光纖接入網解決方案。

資料來源：公司報告、弗若斯特沙利文

全球及中國AI光模塊市場進入壁壘

1) 技術研發壁壘

光模塊市場的特點是在硅光、低功耗高速光通信及高密度集成等先進領域存在極高的技術進入壁壘。這些領域需要跨材料科學、光電集成、先進封裝及微電子學等多

行業概覽

學科的專業知識。率先推出下一代產品的公司通常能獲得顯著的先發優勢，這需要持續的研發投入及跟上快速技術演進的能力。

2) 客戶壁壘

光模塊行業存在高客戶壁壘，主要客戶主要面對大型雲服務提供商。這些客戶對產品性能、可靠性、交付時間及技術支持服務保持高標準。考慮到採購的戰略重要性及規模，供應商選擇過程極為嚴格，通常在達成大規模訂單前涉及多年驗證測試、試點部署及關係培養。值得注意的是，聯合設計製造(JDM)模式通過將供應商深度嵌入客戶的研發與生命週期管理流程，進一步提升了此門檻，形成難以比擬的整合度與依存關係。這導致了強大的客戶黏性及高昂的轉換成本，為新市場參與者創造了重大障礙。

3) 供應鏈壁壘

光模組供應鏈的上游核心資源具備強烈壟斷屬性，並非所有企業都能輕易獲取。高頻半導體激光器、高性能光偵測器等關鍵光電芯片，長期由少數國際頭部廠商主導，新進者很難建立穩定且具成本優勢的供應關係。高端光纖等原材料不僅產能集中，還需通過供應商的長期技術認證，進入門檻極高。此外，上游資源的優先分配權往往與企業的技術實力、訂單規模及行業資信深度綁定，中小企業更難突破這種資源壟斷格局。

4) 產品全面性壁壘

光模塊市場存在與產品全面性相關的重大壁壘，領先競爭者利用其垂直整合的產品組合，涵蓋從光芯片及光模塊到先進光網絡終端。這種全棧能力使彼等能夠提供端到端解決方案，實現技術及資源協同，增強供應鏈韌性，同時加速產品反覆運算及優化成本結構。此類難以在短期內複製的整合產品，有助於通過一站式解決方案確保長期的客戶關係。

行業概覽

5) 全球化壁壘

光模塊行業在全球化市場格局中運作，要求參與者在研發、製造及銷售運營方面建立國際佈局。領先企業通過當地語系化服務能力及全球物流網絡保持競爭優勢，從而能夠快速響應不同的區域需求。建立此類全球基礎設施不僅需要大量資本投入，還需要成熟的管理系統、運營專業知識及長期的客戶合作夥伴關係，這些都是無法快速複製的資源。

資料來源及研究方法

我們委託弗若斯特沙利文就全球以及中國光電互連、硅光、光模塊市場編製獨立行業報告。本文件披露的來自弗若斯特沙利文的資料摘錄自弗若斯特沙利文報告，該報告是我們以人民幣500,000萬元的費用委託編製的，並經弗若斯特沙利文同意後披露。弗若斯特沙利文報告由弗若斯特沙利文獨立編製，未受我們或其他利害關係方的任何影響。弗若斯特沙利文是一家獨立的全球諮詢公司，於1961年在紐約成立。其服務包括行業諮詢、市場戰略諮詢及企業培訓等。弗若斯特沙利文進行了(i)一手研究，包括與部分領先行業參與者討論行業狀況，並盡最大努力與行業專家進行訪談以收集資料，輔助深入分析；及(ii)二手研究，包括審閱政府統計數據、行業協會出版物、公司報告、獨立研究報告以及基於其自身研究數據庫的數據。

倘往績記錄期超出所披露行業數據的期間，且並無後續數據支持，則董事確認自委託研究報告日期以來，市場資料並無可能對所披露資料產生限定、抵觸或影響的不利變動。