

## 行業概覽

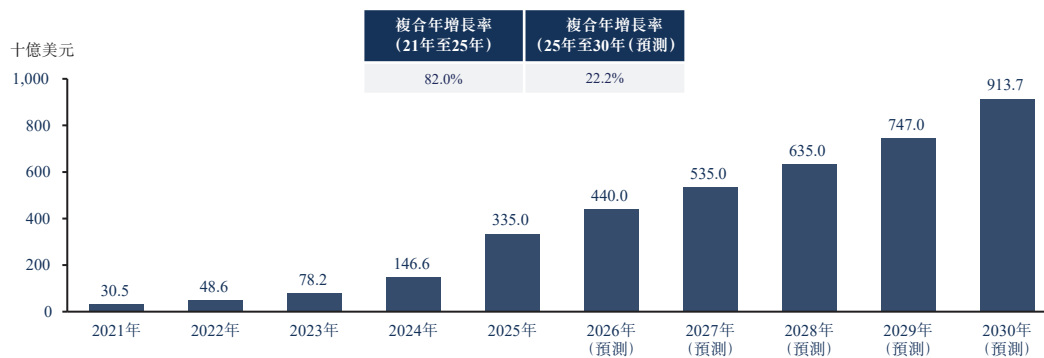
除另有指明外，本節所載資料乃摘錄自多份政府官方刊物及其他刊物以及我們委託弗若斯特沙利文編製的市場研究報告（「弗若斯特沙利文報告」）。我們已委聘弗若斯特沙利文就[編纂]編製弗若斯特沙利文報告。我們已合理審慎摘錄及轉載有關資料。我們並無理由認為有關資料在任何重大方面屬虛假或具誤導性，亦無遺漏任何事實致使有關資料在任何重大方面屬虛假或具誤導性。我們並無且聯席保薦人、[編纂]或彼等各自的任何董事、高級職員或代表或參與[編纂]的任何其他各方亦無獨立核實各份政府官方刊物中的資料，亦不對有關資料的準確性或完整性作出任何聲明。截至最後實際可行日期，董事經合理審慎考慮後確認，本節所呈列的市場資料並無重大不利變動。

### AI基礎設施投資激增帶動光互連需求增長

全球AI產業正迎來爆發式增長，帶動AI基礎設施投資進入萬億美元級資本開支週期。在大語言模型與多模態應用普及推動下，算力需求呈指數級擴張，全球科技巨頭與雲服務商持續加大數據中心、高速互連、算力網絡等建設投入，投資規模連年大幅擴張。

全球AI基礎設施投資額由2021年的305億美元增加至2025年的3,350億美元，複合年增長率為82.0%。由於計算需求結構性轉向推理，基於雲的AI服務不斷擴展，此增長勢頭預計將會持續。預計到2030年，投資額將達到9,137億美元，2025年至2030年的複合年增長率為22.2%。

#### AI基礎設施投資額\*，全球，2021年至2030年（預測）



資料來源：專家訪談、弗若斯特沙利文

\* AI基礎設施投資包括AI算力投資及其他數據中心建設投資。

AI算力基礎設施（如AI算力集群和數據中心）是支撐AI發展的底座。隨著模型參數量持續增長，AI算力集群規模迅速擴張，導致芯片、服務器集群及人工智能數據中心(AIDC)設施之間的數通需求激增。光互連通過利用光子進行數據傳輸，在帶寬、信號延遲及功耗等方面較傳統電互連呈現出顯著優勢，成為AI基礎設施突破帶寬及功耗瓶頸的關鍵賦能要素。

## 行業概覽

### AI算力基礎設施



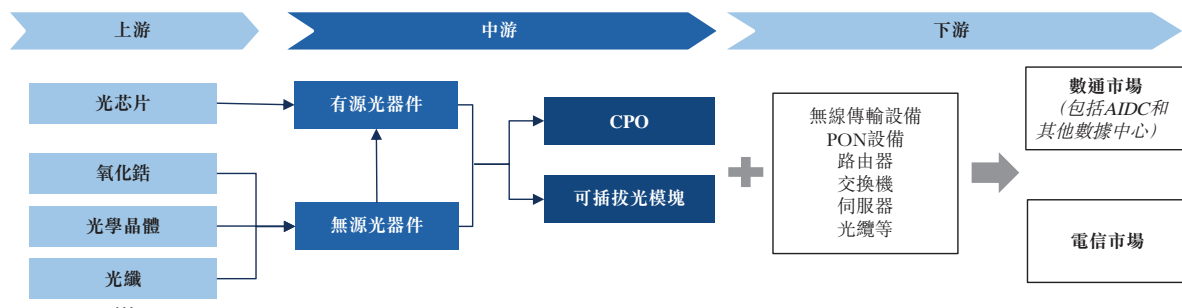
資料來源：弗若斯特沙利文

### 全球光互連行業分析

在光互連產業鏈中，光芯片用來實現電光／光電轉換，光模塊作為終端由零組件集成而成。光器件作為中游環節，是價值量最集中、技術壁壘最高的環節，佔光模塊總成本超過45%。該等器件整合光芯片及各微米級精密組件，實現信號調製、分光，以及其他複雜功能。其性能直接決定光模塊的帶寬與功耗表現。該等器件的高技術壁壘包括超精密製造工藝及先進材料科學。此外，開發者須於微觀層面克服重大物理挑戰，例如散熱及高頻耦合。

光互連主要應用於數通（例如AIDC和其他數據中心）和電信兩大領域，全球光互連市場規模由2021年的109億美元增長到2025年的227億美元，複合年增長率達20.3%。預計到2030年將達991億美元，2025年至2030年的複合年增長率達34.2%。受AI算力爆發推動，數通成為光互連市場中最活躍、增速最快的場景，2025年在整體光互連市場中佔比約71%，預計2030年佔比將到達約90%。

### 光互連產業鏈



資料來源：弗若斯特沙利文

## 行業概覽

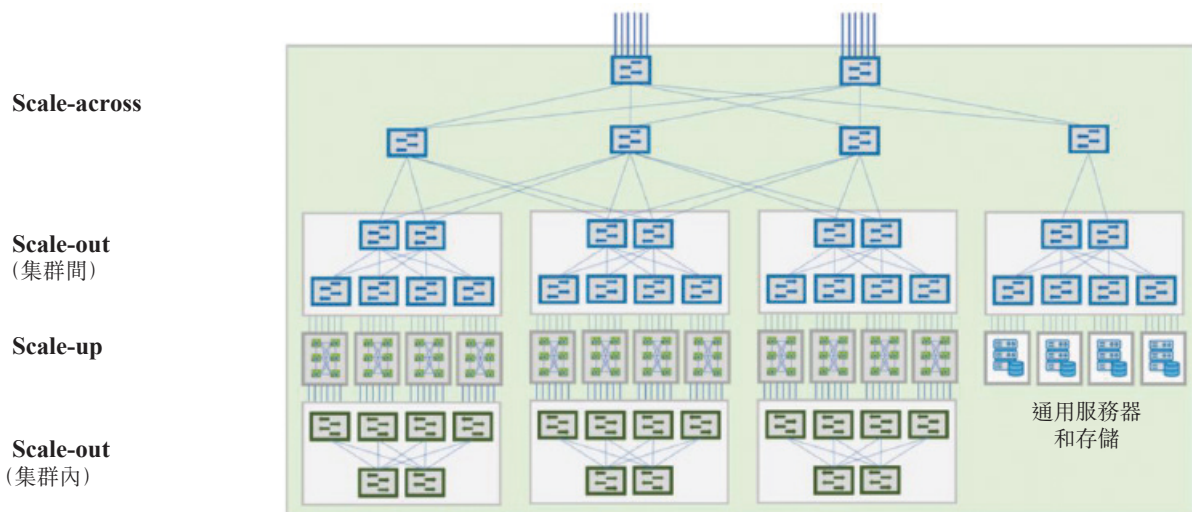
如今，光互連正在成為支撐AI算力規模化擴張的核心底座，從三個層面提供全面支撐：

**Scale-out**：光互連通過可插拔光模塊、CPO和高速交換芯片實現集群內及集群間的高帶寬連接，是當前AI訓練集群的關鍵領域。

**Scale-up**：光互連正逐步挑戰傳統的電互連。傳統Scale-up依賴銅纜或板級SerDes串並轉換芯片實現GPU間點對點或環形連接，但隨著速率提升至更高水平，電互連面臨信號衰減、功耗飆升與密集佈線造成干擾等物理瓶頸。光互連通過CPO、硅光集成等技術，將電—光轉換前移至芯片或封裝邊緣，用光纖替代高速銅線，實現更低功耗與更優散熱管理。

**Scale-across**：光互連通過相干光模塊和DCI數據中心互連系統實現跨園區、跨數據中心算力調度，支持多數據中心協同訓練與算力資源池化，推動AI基礎設施從單集群架構向分佈式算力網絡演進。

### 光互連提升AI算力的三大路徑



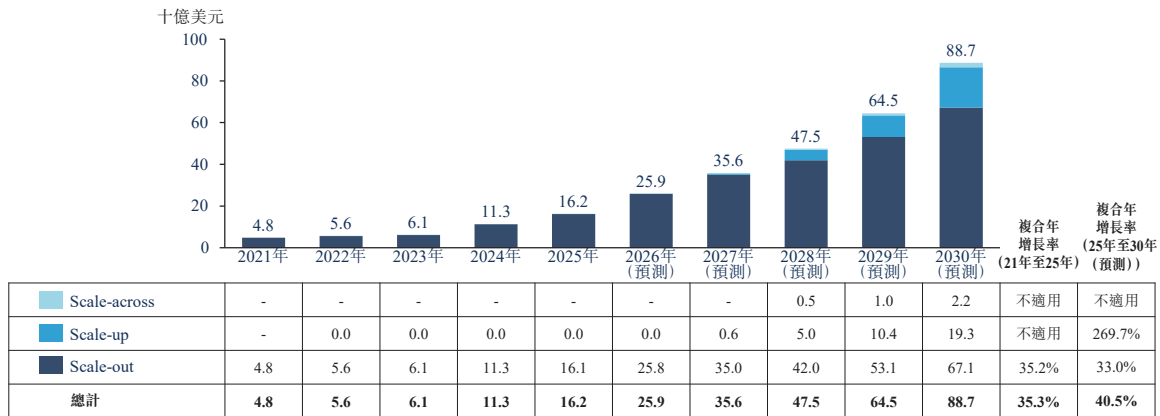
資料來源：弗若斯特沙利文

在AI算力需求驅動下，全球數通光互連市場持續擴張，市場規模由2021年的48億美元增長至2025年的162億美元，2021年至2025年的複合年增長率達35.3%。scale-out為支持數據中心橫向擴張的核心板塊，而可插拔光模塊在其中扮演關鍵角色，是存量與增量需求的穩定來源；2021年至2025年，scale-out市場的複合年增長率達35.2%，2025年市場規模達161億美元，佔據了數通光互連行業的主導地位；2030年市場規模預計將達到671億美元，2025年至2030年的複合年增長率為33.0%，仍是該行業的核心板塊。此外，隨著CPO、硅光與超節點架構逐步成熟，疊加AI模型訓練對高帶寬、低時延、高密度算力的剛性需求，Scale-up正由電互連轉向光互連，成為行業最主要的增量引擎之一；2025年至2030年的複合年增長率預

## 行業概覽

計將達269.7%，2030年其市場規模預計將快速攀升至193億美元。與此同時，scale-across依託1.6T及以上相干模組與全光交換技術推進，預計在未來2至3年內實現商業化，2030年市場規模將達22億美元。綜合來看，scale-out、scale-up與scale-across三大板塊將共同構成數通光互連的三重增長引擎。

數通光互連市場規模\* (按銷售額計算，按Scale-out/Scale-up/Scale-across拆分)，全球，2021年至2030年(預測)



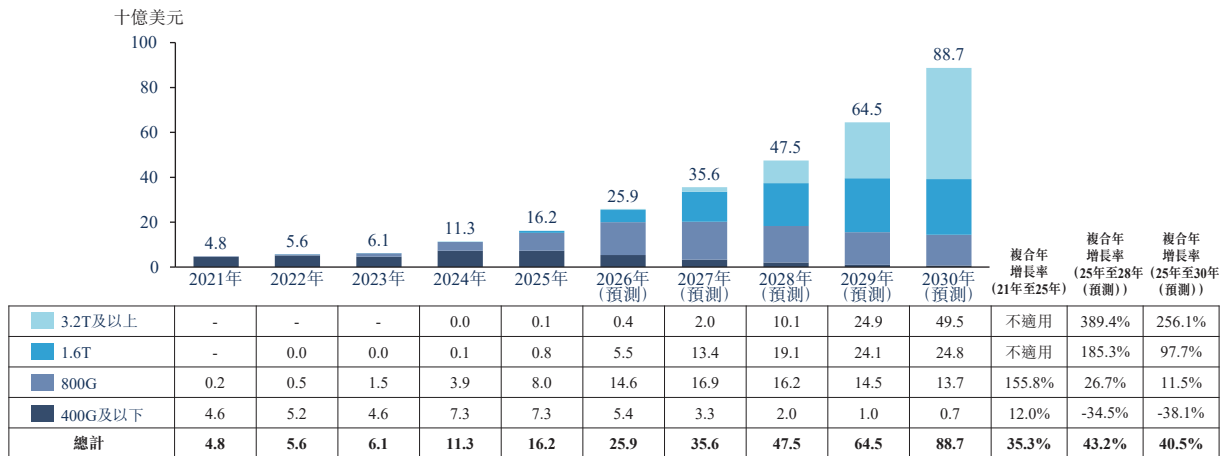
資料來源：專家訪談、弗若斯特沙利文

\* 光互連行業的市場規模不包含光線傳輸設備、PON設備、路由器、交換機、服務器和光纜。

速率迭代方面，全球數據中心與AI算力的爆發式擴張，正推動高速光互連市場實現結構性增長，其中800G及以上速率產品的增長尤為顯著。作為當前商用化程度最高的先進解決方案，800G光互連產品在2021年至2025年期間實現了155.8%的高複合年增長率，市場規模從2021年的2億美元，快速攀升至2025年的80億美元。展望未來，800G光互連產品預計在未來三年內將保持增長勢頭，2025年至2028年複合年增長率預計可達26.7%，2028年市場規模將達到162億美元，仍是數通光互連市場的主流部署方案之一。此外，隨著1.6T產業鏈成熟、CPO逐步量產，以及超大規模AI算力中心對帶寬密度的持續提升，1.6T、3.2T及以上超高速光互連方案預計將經歷爆發式增長，2025年至2030年的複合年增長率預測值分別高達97.7%和256.1%，將逐步成為主流，逐步替代400G、800G及以下速率的傳統產品，推動整個數通光互連市場從中低速向超高速結構性升級，行業整體帶寬與價值中樞持續上移。

## 行業概覽

數通光互連市場規模(按銷售額計算，按傳輸速率拆分)，全球，2021年至2030年(預測)



資料來源：專家訪談、弗若斯特沙利文

此外，隨著數據傳輸速率突破800G並向1.6T及更高水平邁進，傳統可插拔光模塊在功耗控制、信號衰減控制、端口密度等方面面臨的挑戰日益凸顯。一方面，在更高速率下，電氣走線路徑過長會導致信號完整性急劇下降，高頻信號衰減、串擾問題呈指數級放大，即便優化接口設計，也無法突破物理傳輸極限，無法滿足AI算力集群對低誤碼率的嚴苛要求；另一方面，可插拔模塊佔用大量機架空間，單台交換機可承載的端口數量被嚴格限制，而AI集群、超大規模數據中心對端口密度的需求持續激增，可插拔模塊的密度瓶頸難以突破這一物理層面的限制，正推動行業向高集成度、低功耗的解決方案演進。CPO技術通過將光引擎直接集成至交換機專用集成電路(ASIC)上，實現了光模塊架構的根本性變革。這種集成模式通過縮短電氣走線、降低信號損耗，大幅降低了設備功耗，同時顯著提升端口密度，有效破解了下一代AI集群與超大規模數據中心面臨的性能瓶頸。

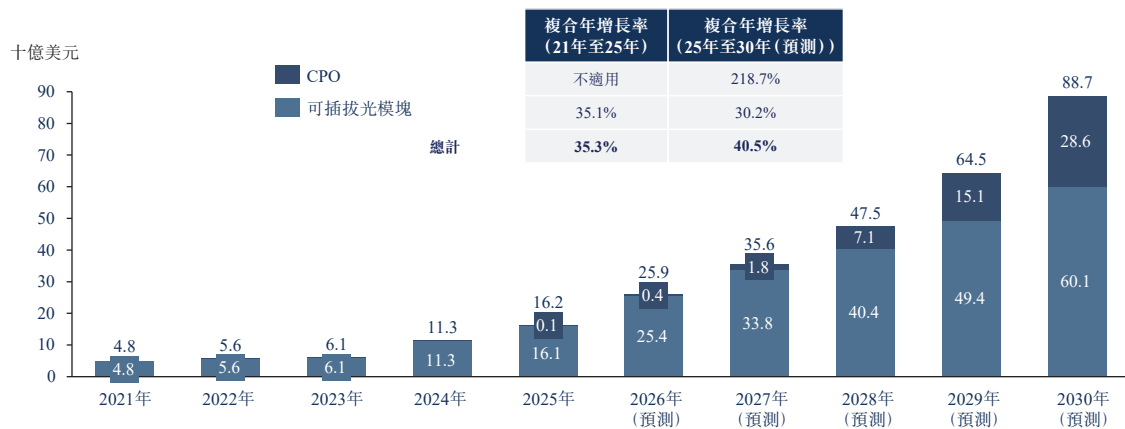
	可插拔光模塊	CPO(光電共封裝)
定義	獨立封裝、可熱插拔的標準化光電轉換組件，通過金手指插入設備主板，完成電—光—電信號轉換。	將光引擎與交換／計算芯片共基板集成，通過極短電互連實現光電轉換。
傳輸速率	主流速率：400G/800G；1.6T正逐漸實現商用。	面向1.6T/3.2T及以上超高速場景，解決傳統帶寬密度受限的問題。是下一代超大規模數據中心互連的核心方案。

## 行業概覽

	可插拔光模塊	CPO (光電共封裝)
信號完整性	受PCB銅走線長、連接器插損及高頻色散影響，存在一定程度的信號衰減。	依托毫米級極短互連，實現超低信號衰減，信號總耗損降幅超80%以上，顯著提升信號完整性水平。
集成度	獨立封裝，面板空間佔用大，端口密度受限於模塊尺寸與散熱。	芯片與光引擎共基板集成，端口密度提升50%以上。
時延	數微秒級，受銅纜傳輸與模塊內DSP處理影響。	亞微秒級，互連距離極短。
維護成本	單端口故障僅影響故障端口，平均修復時間(MTTR)<15分鐘。	單端口故障影響整板，平均修復時間(MTTR)>24小時。

全球頭部AI算力基礎設施廠商的明確規劃正加速推進CPO技術大規模商用，未來CPO市場規模預計將迎來爆發式增長，於2030年達到286億美元，2025年至2030年的複合年增長率預測值為218.7%。

數通光互連市場規模(按銷售額計算，按產品類型拆分)，全球，2021年至2030年(預測)



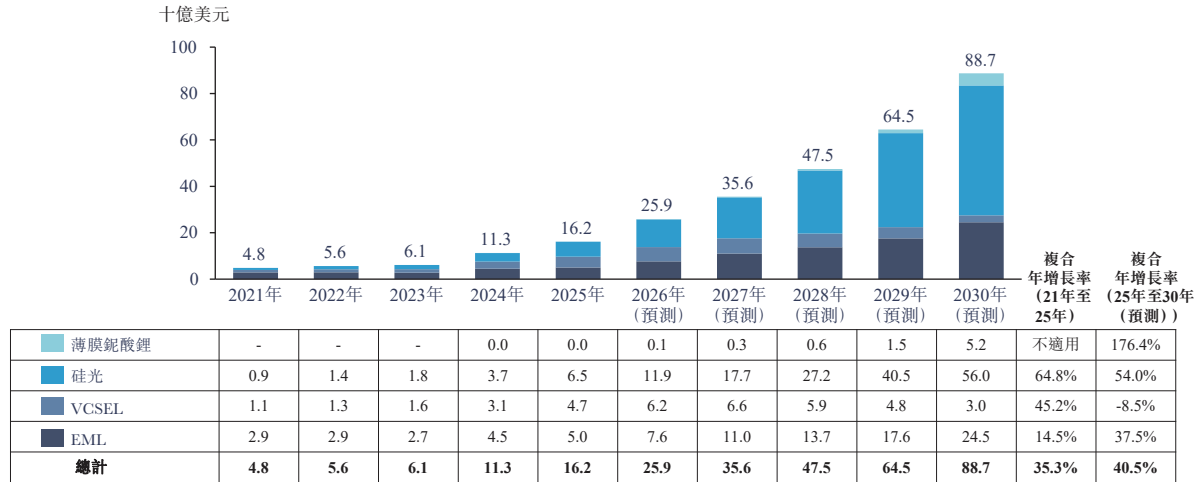
資料來源：專家訪談、弗若斯特沙利文

在AI算力爆發、數據中心向高密度、低時延、低功耗架構升級的驅動下，全球數通光互連行業正經歷向硅光、薄膜鋰酸鋰的技術迭代升級。隨著硅光集成技術快速成熟，其兼容互補金屬氧化物半導體(CMOS)工藝、高集成、低成本優勢凸顯，在800G/1.6T產品中滲透率持續提升，成為高速光互連的核心路線。2025年硅光市場規模已達65億美元，2021年至2025年複合年增長率達64.8%。預計2030年將達到560億美元，2025年至2030年仍將維持54.0%的高

## 行業概覽

速增長率。同時，薄膜鋰酸鋳作為新興材料，憑藉超高帶寬、低損耗、低驅動電壓特性，在超高速調製與長距傳輸場景快速突破，2025年至2030年預計將實現176.4%的複合年增長率，到2030年市場規模將達到52億美元，展現出巨大增長潛力。

### 數通光互連市場規模(按銷售額計算，按技術路徑拆分)，全球，2021年至2030年(預測)



資料來源：專家訪談、弗若斯特沙利文

### 全球光器件行業分析

光器件是在光信號傳輸過程中實現「發射、調製、接收、耦合、分光、連接」等功能的關鍵功能單元。按照是否需要電驅動和主動發光，光器件可以分為無源光器件和有源光器件兩大類。無源光器件是不需要電驅動，不產生光，只對光信號進行傳輸、分配或隔離的器件。其不參與電光轉換，但主要決定耦合效率和損耗，進而影響系統穩定性和成本。代表產品包括FAU、光纖陣列、光隔離器及光纖連接器。有源光器件是需要電驅動、能夠產生或調製光信號的器件。其參與電光轉換，並決定傳輸速率和功耗，是帶寬升級的核心關鍵。有源光器件主要包括光引擎及光源／激光器。

光引擎是驅動芯片、光學耦合結構及其他有源光器件等集成在一起的高速光電轉換核心單元，是高度集成化的有源光器件系統級封裝形態。

在包括AI算力激增及數據中心高密度升級在內的多種因素推動下，全球光器件市場持續擴張，於2025年達至約61億美元，2021年至2025年的複合年增長率為15.4%，維持穩健增長趨勢。就速率迭代而言，AI算力集群的高密度互連正推動行業迅速邁向800G及以上的高速互連。

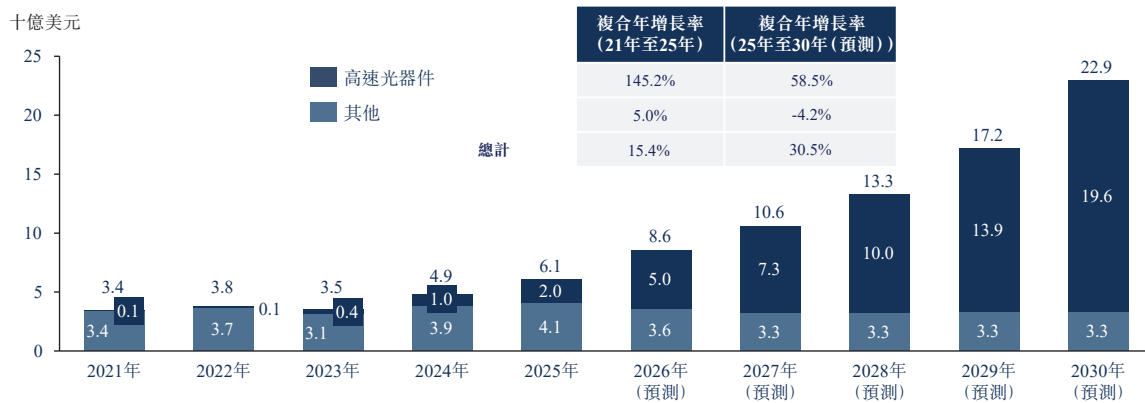
高速光器件是指應用在800G及以上高速光互連產品中的光學器件，其核心特點體現為高速率的信號處理能力、優異的光傳輸性能與高集成的產品形態，具體表現為單通道傳輸

## 行業概覽

速率高、光插入損耗低、消光比與響應度表現優異，來保證光信號傳輸的完整性、穩定性；同時具備小型化、高集成度的物理特性，且工作功耗低，從而有效適配高速光互連產品更高帶寬容量、更低傳輸時延、更高集成度與更低功耗的技術要求。

2025年，全球高速光器件市場達20億美元，2021年至2025年的複合年增長率卓越，為145.2%。其於整體市場中的佔比持續上升，使其成為行業的核心增長引擎。展望未來，隨著1.6T光模塊產業鏈逐步成熟，以及包括CPO及硅光在內的前沿技術規模化部署，高速光器件將繼續作為推動光器件市場增長的核心引擎，並持續提升行業的整體規模及價值中樞。2030年，高速光器件市場預期將達196億美元，2025年至2030年的複合年增長率為58.5%。

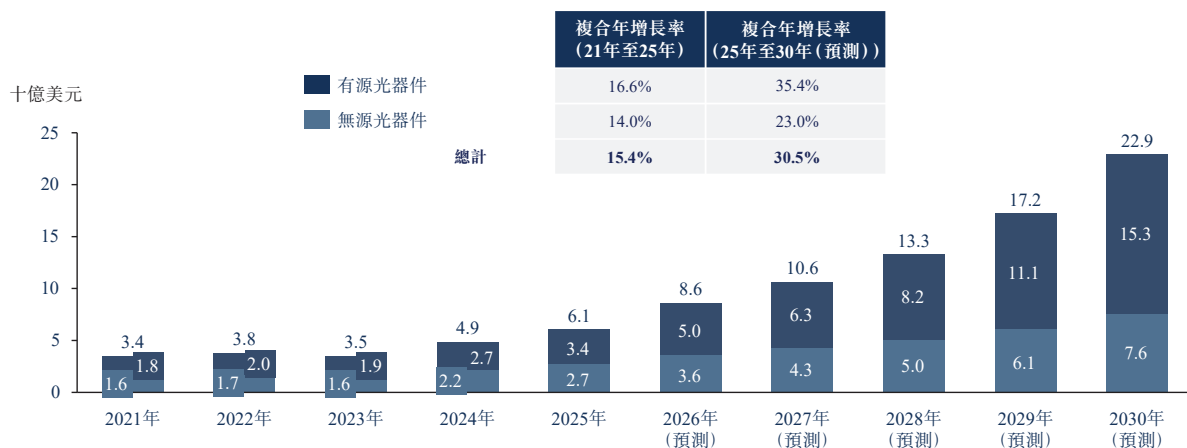
### 光器件市場規模(按銷售額計算，按傳輸速率拆分)，全球，2021年至2030年(預測)



資料來源：專家訪談、弗若斯特沙利文

同時，有源光器件市場預計將快速從2025年的34億美元增長至2030年的153億美元，複合年增長率為35.4%。該增長動力主要來自AI模型訓練與推理對高帶寬、低時延芯片及高速光器件的剛性需求，並得益於CPO、硅光等技術迭代成熟，以及1.6T及以上超高速產品穩步放量所支持。此外，有源光器件分部的價值佔比預計持續提升，預計2030年於全球光器件市場中將達約67%，成為推動全球光器件行業持續擴容、向高附加值領域升級的主要驅動力。

### 光器件市場規模(按銷售額計算，按產品類型拆分)，全球，2021年至2030年(預測)



資料來源：專家訪談、弗若斯特沙利文

## 行業概覽

2025年，按光器件供應收入口径統計（僅統計對外銷售、用於光互連產品的光器件），本公司以711.4百萬美元收入排名第一，市佔率為11.7%，全球前五大光器件供應商合計佔據了25.4%的市場份額。

### 光器件<sup>(1)</sup>供應商排名(按收入<sup>(2)</sup>)，全球，2025年

排名	公司名稱	收入 (百萬美元)	市場份額
1	本公司	711.4	11.7%
2	公司A <sup>(3)</sup>	307.3	5.1%
3	公司B <sup>(4)</sup>	179.8	3.0%
4	公司C <sup>(5)</sup>	178.1	2.9%
5	公司D <sup>(6)</sup>	162.7	2.7%
	其他	4,515.1	74.6%
	總計	6,054.4	100.0%

資料來源：公司年報、弗若斯特沙利文

- <sup>(1)</sup> 僅包括對外銷售且僅用於光互連產品中的光器件。
- <sup>(2)</sup> 使用2025年美元兌人民幣平均匯率7.14計算收入。
- <sup>(3)</sup> A公司成立於2000年，總部位於中國廣東，是一家非上市企業。公司專注於光器件、光模塊及子系統的研發與製造，產品廣泛應用於通信網絡與數據中心領域。
- <sup>(4)</sup> B公司成立於2000年，總部位於中國廣東，為深圳證券交易所上市企業。公司聚焦於光器件的研發與製造，產品應用於通信、數據中心、車載激光雷達多個領域。
- <sup>(5)</sup> C公司成立於2010年，總部位於中國河南，為上海證券交易所上市企業。公司專注光芯片及光器件的研發與製造，產品矩陣包含平面光波導分路器芯片(PLC芯片)、陣列波導光柵(AWG)芯片、分佈反饋激光器芯片(DFB激光芯片)等。
- <sup>(6)</sup> D公司成立於2003年，總部位於中國浙江，為深圳證券交易所上市企業。公司是光通信領域光電器件的研發與製造商，產品服務於電信、數通、消費電子等多個行業。

### 全球光互連市場的進入壁壘

#### 高性能光互連技術的研發壁壘

高性能光互連對核心技術提出極為嚴苛的要求，包括高速調制、精密光耦合以及低功耗封裝。這些技術研發週期長、資本投入大，並需持續迭代以滿足AI算力及數據中心帶寬

---

## 行業概覽

---

的升級需求。企業須具備從材料、部件到系統的全棧技術積累，並緊跟硅光、薄膜鈮酸鋇等尖端技術的發展。技術迭代緩慢或研發投入不足的企業的競爭力將被大幅削弱。

### 行業經驗累積與工程專業技能的壁壘

光互連產品的良率、可靠性及成本控制高度依賴長期工程經驗與專業技能，包括高速光引擎的耦合精度以及無源光器件的一致性。這些能力無法通過短期模仿獲得，而需於大規模量產中持續打磨。即使新進入者掌握了技術原理，亦難以在短期內實現穩定量產與成本優化。

### 產業鏈資源與供應鏈整合能力壁壘

光互連產業鏈高度複雜，涵蓋光芯片、無源光器件、光引擎及超精密製造等多個環節，其中高端元件(如高速光芯片)的供應高度集中。企業需與核心上游供應商建立長期深度合作，並具備全球供應鏈管理及風險對沖能力，以應對地緣政治風險及產能波動。缺乏穩定供應鏈的企業將面臨持續高成本及交付延遲的風險。

### 客戶資源與先行者優勢壁壘

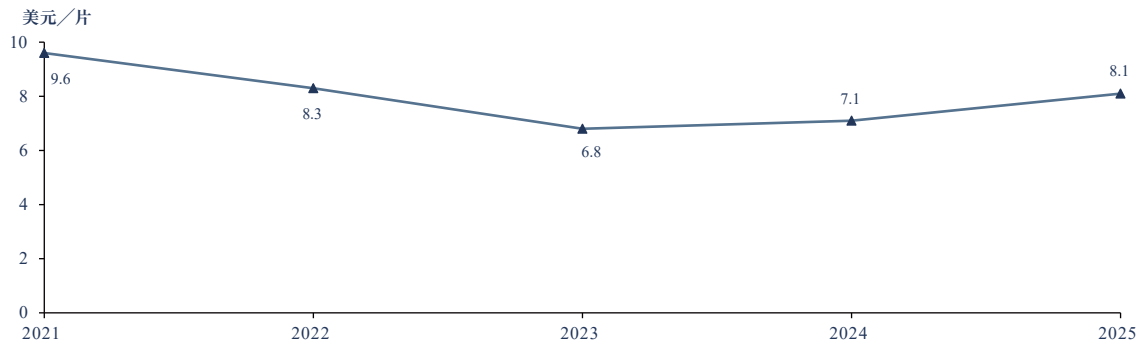
光互連產品面臨極高的客戶認證門檻。產品須經過嚴格的可靠性測試及網絡兼容性測試，以確保在複雜環境下長期穩定運行，認證週期通常為一至二年。一旦企業進入客戶的合格供應商名單並開始批量生產，客戶因供應鏈穩定性及切換成本考量，更換供應商的可能性極低。先行企業透過聯合研發及深度定制，已嵌入客戶下一代產品路線圖，形成強生態綁定，新進入者幾乎並無試錯空間。

### 全球光互連產業成本分析

光芯片是光器件產品的核心原材料，於成本結構中佔比較高。為滿足下游應用對更高速率傳輸的需求，光芯片持續向更高數據傳輸速率及更大輸出功率方向發展，因此，近年來光芯片的整體價格水平呈上漲趨勢。然而，不同傳輸速率的光芯片之間存在顯著的價格差異。以單通道100G EML光芯片的特定類型為例，其價格於2021年至2023年間隨著製造技術的成熟及出貨量的增加而逐步下降。自2024年起，由於高速光收發器需求旺盛導致單通道100G EML光芯片供應短缺，其平均價格出現反彈趨勢。

## 行業概覽

全球單通道100G EML光芯片平均價格，2021年至2025年



資料來源：弗若斯特沙利文

### 資料來源與研究方法

我們委託弗若斯特沙利文就全球光互連及光器件市場編製一份獨立行業報告。本文件所披露的弗若斯特沙利文資料摘錄自弗若斯特沙利文報告，該報告由我們以人民幣500,000元的費用委託編製，並經弗若斯特沙利文同意披露。弗若斯特沙利文報告已由弗若斯特沙利文獨立編製，未受我們或其他利益相關方影響。弗若斯特沙利文為一家於1961年在紐約成立的全球獨立諮詢公司，其服務包括行業諮詢、市場策略諮詢及企業培訓等。弗若斯特沙利文已進行(i)一手研究，當中涉及與若干領先行業參與者討論行業狀況，並盡最大努力訪問行業專家，以收集資料輔助深入分析；及(ii)二手研究，當中涉及根據其自有研究數據庫檢視政府統計數據、行業協會出版物、公司報告、獨立研究報告及數據。