

5G 系列报告之光模块：

5G 与数据中心双驱动，光模块企业迎新机遇

核心观点：

● 5G 方面，网络结构变革与速率升级，光模块迎来更大市场需求

光模块在 5G 承载网络结构变化、速率升级要求的背景下，不仅具有 4G 光模块替换为更高速率的 5G 光模块的替换需求，还有由基站数量增加、网络结构变化（前传回传变为前传中传回传）等带来的光模块增量需求。经过我们的测算，5G 期间我国光模块市场空间有望达到 547 亿元，电信领域光模块市场的量价齐升带来比以往更大的市场需求。

● 数据中心方面，云计算、边缘计算兴起，主流方案有望向 400G 升级

随着云计算、边缘计算的兴起带动超大规模数据中心与小型数据中心建设，以及数据中心叶脊网络架构带来横向连接需求的增加，数通光模块需求逐年提升。且数通光模块将从 100G 的主流方案进化为 400G 的主流方案，从以往交换芯片推出与光模块上量的历史关系来看，2020 年 400G 光模块有望放量。数通光模块也在经历需求提升以及产品的更新换代。

● 竞争环境有望改善，具备芯片或模块领先设计能力的企业具备优势

考虑到成本端的优势，过去几年中国光模块企业的全球竞争力逐步提升，同时部分企业的芯片研制能力也大幅增强。供给端，光模块龙头的行业整合与业务调整持续，随着行业整合与专业化的进行，行业竞争格局有望得到改善。需求端，除 5G 与数据中心产品革新带来需求增长的机遇以外，电信运营商采购光模块的模式也有望发生积极变化，运营商直接采购光模块的模式有望释放更多利润空间，利于产品质量高、成本控制能力强的企业，但预计大规模推广有较大难度。在中国光模块全球竞争力提升的背景下，具备芯片或模块领先设计能力的企业具备比较优势。

● 投资建议

每一次光模块产品升级换代以及新的市场需求都将为优秀企业带来新一轮业绩提升的机会。我们认为，5G 和数据中心带来光模块需求的量价齐升，将为不断提升全球竞争力的国产企业带来宝贵发展机遇，看好具有芯片研发能力或高端光模块研发制造能力的优秀国产企业。建议关注：光迅科技、剑桥科技、华工科技。

● 风险提示

光模块行业竞争程度加剧的风险；产品价格进一步下降导致毛利率下滑的风险；需求增长不及预期的风险；光芯片研发进度不及预期的风险。

行业评级

买入

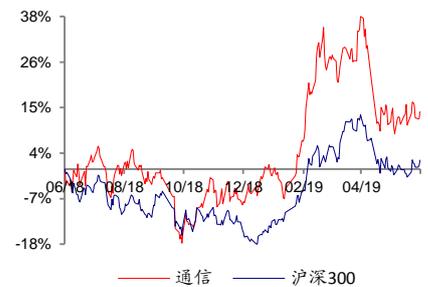
前次评级

买入

报告日期

2019-07-25

相对市场表现



分析师：

许兴军



SAC 执证号：S0260514050002



SFC CE No. BOI544



021-60750532



xuxingjun@gf.com.cn

相关研究：

- 通信行业:5G 发牌在即，通信网络建设将提速进行 2019-06-03
- 通信行业:高频 PCB 产业东移，上游 PTFE 迎来风口 2019-04-29
- 通信行业:回首十载潮汐更迭，后望 5G 山雨欲来 2019-03-19

联系人：

滕春晓 021-60750604

tengchunxiao@gf.com.cn

重点公司估值和财务分析表

股票简称	股票代码	货币	最新 收盘价	最近 报告日期	评级	合理价值 (元/股)	EPS(元)		PE(x)		EV/EBITDA(x)		ROE(%)	
							2019E	2020E	2019E	2020E	2019E	2020E	2019E	2020E
中国联通	600050.SH	RMB	5.95	2019/4/25	买入	8.3	0.19	0.24	31.32	24.79	2.23	1.84	4.9	5.6

数据来源: Wind、广发证券发展研究中心

备注: 表中估值指标按照最新收盘价计算

目录索引

一、5G 与数据中心推动光模块需求革新.....	5
1.1 光模块是光通信的核心部件.....	5
1.2 5G: 网络结构变革与速率升级, 光模块迎来更大市场需求.....	7
1.2.1 前传: 5G 宏基站数量带来前传光模块数量增加.....	7
1.2.2 中传、回传与省干: 链路增加、带宽扩容带来庞大光模块需求.....	10
1.2.3 5G 时代光模块有望迎来比 4G 时期更大的市场需求.....	11
1.3 数据中心: 云计算、边缘计算提振需求, 主流方案有望向 400G 升级.....	12
1.3.1 云计算、边缘计算兴起, 光模块需求将迎增长.....	12
1.3.2 100G 光模块是当前主流方案, 2020 年 400G 有望上量.....	15
二、竞争格局有望改善, 新一轮产品趋势带来全新机遇.....	16
2.1 产业链: 光芯片环节占据最多成本, 国产化率有待提升.....	16
2.2 产业格局: 行业整合或致竞争环境改善, 运营商试水集采有望释放利润空间...	18
2.3 新机遇: 国产企业竞争力提升, 产品革新带来新一轮趋势.....	20
2.4 优势公司: 具备芯片或模块领先设计能力的国产企业或将占据优势.....	22
投资建议.....	24
风险提示.....	25

图表索引

图 1: 光模块外观.....	5
图 2: 光模块结构示意图.....	5
图 3: 光模块原理示意图.....	5
图 4: 光模块接口大小对比.....	7
图 5: 从 4G 基站数到 5G 基站建设推演 (万座).....	7
图 6: 5G 前传组网方案示意图.....	8
图 7: 基于光传送网的 5G 端到端承载网示意图.....	10
图 8: 电信城域 OTN 网络架构设计.....	12
图 9: 2016-2021 年全球超大规模数据中心数量 (个) 及占比 (%).....	13
图 10: 2016-2021 年全球超大规模数据中心全球分布 (个) 及比例 (%) (括号中数字表示 2016 年占比).....	13
图 11: 5G 核心网架构演进催生小型数据中心崛起.....	13
图 12: 数据中心网络架构.....	14
图 13: 40G/100G/400G 光模块市场空间预测 (亿美元).....	14
图 14: 数据中心叶脊网络架构适用光模块产品 (图片取自 2015 年材料).....	15
图 15: 数据中心常用 2 公里光模块和交换芯片推出时间的相关关系.....	15
图 16: 全球部分主要数据中心光模块使用趋势.....	16
图 17: 光模块产业链.....	17
图 18: 光模块成本构成.....	17
图 19: 光器件元件成本构成.....	17
图 20: 2017 年光芯片、电芯片国产化率.....	18
图 21: 行业整合与海外龙头聚焦芯片业务的趋势带来光模块行业竞争环境改善.....	19
图 22: 2017 年全球光模块市场份额.....	20
图 23: 2010-2016 年中国光模块企业市场份额从 19% 增长到 36%.....	20
图 24: 一款 2004 年推出的接入光模块价格趋势与产能规律.....	21
图 25: 光通信产业链各类公司平均净利率趋势及其主要原因.....	22
图 26: 光通信产业毛利率的“微笑曲线”.....	22
图 27: 海内外光芯片、光模块公司毛利率对比.....	23
表 1: 光模块的多种分类方式.....	6
表 2: 5G 前传组网方案对比.....	8
表 3: 5G 前传市场光模块市场空间预测.....	9
表 4: 5G 中回传及省干网市场光模块市场空间预测.....	11
表 5: 5G 各细分市场预计所需光模块数量及对应市场空间.....	12
表 6: 近年全球光模块公司重要调整.....	19
表 7: 电信集采光模块招标详情.....	19
表 8: 国内主要光模块公司产品分布及光芯片能力.....	24
表 9: 产业链相关标的估值比较表.....	25

一、5G 与数据中心推动光模块需求革新

1.1 光模块是光通信的核心部件

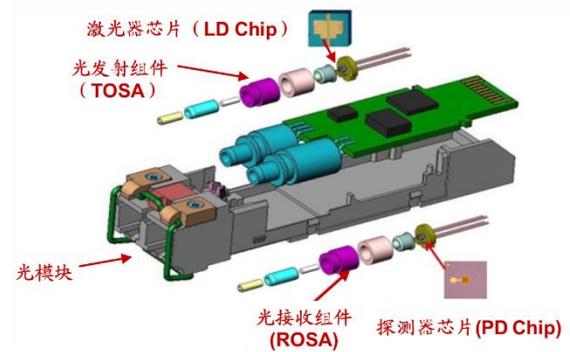
光模块是光通信系统的核心器件，主要用于光电转换。光模块的工作原理是：在发送端，电信号经驱动芯片处理后驱动激光器发射出相应速率的调制光信号，通过光功率自动控制电路，输出功率稳定的光信号。通过光纤传送后，在接收端，一定速率的光信号输入接收模块后由光探测器转换成电信号，再经前置放大器后输出相应速率的电信号。

光模块由多个光器件封装而成，一般包括光发射组件（TOSA，含激光器芯片）、光接收组件（ROSA，含光探测器芯片）、驱动电路和光、电接口、导热架、金属外壳等。

图1：光模块外观



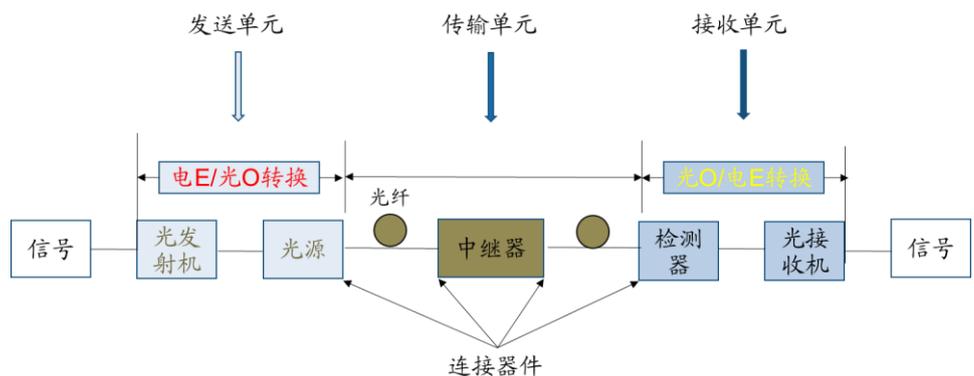
图2：光模块结构示意图



数据来源：光迅科技官网，广发证券发展研究中心

数据来源：《5G 承载光模块白皮书》，广发证券发展研究中心

图3：光模块原理示意图



数据来源：《智能 SFP 光模块及应用》（邵红洲等），广发证券发展研究中心

光模块可分为多种类型：

- 按封装类型可分为SFP+、SFP28、QSFP28、CFP2、QSFP-DD、OSFP等。其中，SFP、QSFP是一种紧凑型的光模块标准，SFP用于电信领域较多、QSFP用于数据通信领域较多；CFP尺寸比SFP/QSFP更大，一般用于高速、长距传

输。

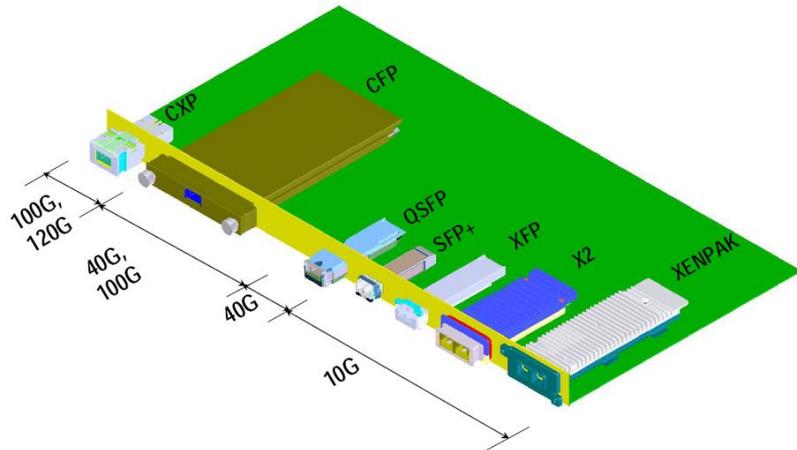
- 按是否支持波分复用（WDM）应用分类有灰光模块（不支持WDM）和彩光模块（支持WDM）。
- 按传输速率可分为6G、10G、25G、40G、100G、200G、400G等。
- 光模块内部的激光器芯片可分为VCSEL、DFB、EML，光探测器芯片可分为PIN、APD等。

表1：光模块的多种分类方式

分类依据	类型	备注
封装方式	SFP+、SFP28、QSFP28、CFP2、QSFP-DD、OSFP	SFP+、SFP28：小型可拔插，电信领域前中传应用较多 QSFP28：四通道小型可拔插，回传与数通应用较多 CFP2：比前两种尺寸大，一般用于高速长距 QSFP-DD、OSFP：8通道连接器，一般用于数通领域
光口速率	10G、25G、50G、100G、400G	-
传输距离	100m、10km、20km、40km、80km	前传：传输距离 100m~10KM 中回传：传输距离 10KM~80KM+
调制格式	NRZ、PAM4、DP-QPSK/n-QAM	NRZ：Non-Return to Zero，非归零调制 PAM4：4级脉冲幅度调制，新型 QPSK：正交相移键控
是否支持波分复用	灰光模块（不支持 WDM） 彩光模块（支持 WDM）	WDM：波分复用，将两种或多种不同波长的光载波信号在发送端汇合在一起，用一根光纤传输
接口工作模式	双纤双向（Duplex） 单纤双向（BiDi）	Duplex：发送和接收各用一个光纤 BiDi：发送和接收公用一根光纤
光芯片	激光器芯片（LD）：DFB、EML、VCSEL 探测器芯片（PD）：PIN、APD	DFB：最常用的直接调制激光器，适用于中长距离传输，主要应用场景有接入网、传输网、基站、数据中心内部连接等； EML：以电吸收片作为外调制器，适用于长距离传输，主要应用场景有省干网、城域网和数据中心互联等； VCSEL：适用距离较短，主要应用场景有数据中心内部连接、消费电子等。 PIN：噪声低、灵敏度低、价格低，适用于中短距离传输； APD：噪声大、灵敏度高、成本高，适用于长距离传输。

数据来源：imt-2020(5G)推进组，广发证券发展研究中心

图4：光模块接口大小对比



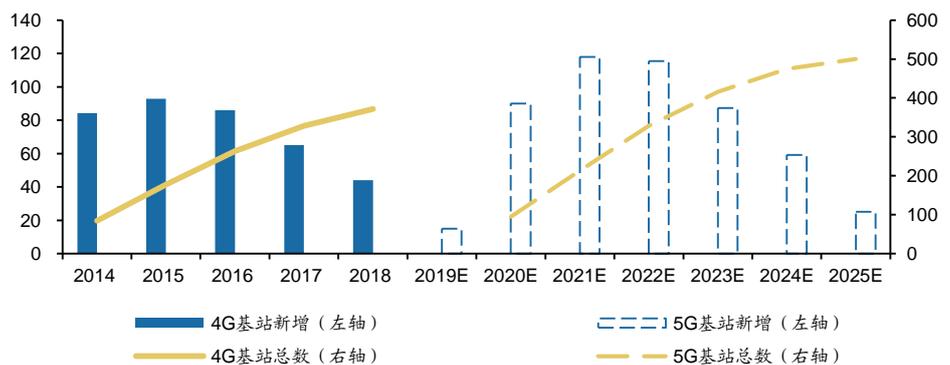
数据来源：《40G-100G 接口、光模块介绍》(思科)，广发证券发展研究中心

1.2 5G：网络结构变革与速率升级，光模块迎来更大市场需求

1.2.1 前传：5G 宏基站数量带来前传光模块数量增加

5G宏基站总数将达到4G基站数的1.3至1.5倍，基站数量的增加将带来前传需求的提升。电磁波的特点是频率越高，波长越短，则5G基站的覆盖范围越小。我们在此前的报告中进行了详细测算：为了保证服务覆盖范围，5G网络必须采用更加密集的组网，预计基站数量将为4G的1.3-1.5倍，预测5G宏基站数量将超过500万座。

图5：从4G基站数到5G基站建设推演（万座）



数据来源：三大运营商年报，广发证券发展研究中心

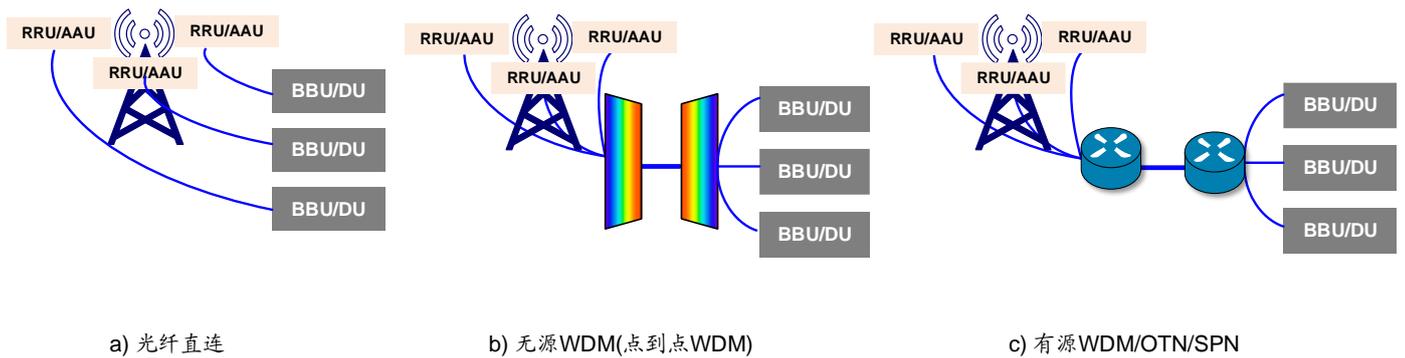
组网方式上，考虑到网络建设的便捷性与经济性，初期前传的连接方式将采用光纤直连方案为主，无源WDM方案为补充，有源WDM/OTN/SPN方案为辅的方式展开。

- 光纤直连方案是将每个AAU和DU全部光纤点到点直连组网，实现方式简单，但不节省光纤资源，是前期前传建设的主要方式。一般采用25G灰光模块，主要包括300m和10km两种传输距离。
- 无源WDM(无源波分复用)方案包括点到点无源WDM和WDM-PON, 采用WDM

技术实现一对或一根光纤连接多个AAU到DU,能够节省光纤资源,但运维困难,是直连方案的有效补充。一般采用10G或25G彩光模块,适用于10km和20km传输距离。

- 有源WDM/OTN/SPN(有源波分复用/光传送网/切片分组网)方案在AAU和DU之间布置OTN设备,多个信号通过WDM技术共享光纤,不仅可以节省光纤资源,还可以实现多种拓扑结构的组网方式,高质量的同时承担着高成本。一般在AAU/DU到OTN设备间需要10G或25G的短距离灰光模块,在OTN设备间需要N×10/25/50/100G等速率的彩光模块。

图6: 5G前传组网方案示意图



数据来源:《5G 承载光模块白皮书》, 广发证券发展研究中心

结合4G时期的建设经验,以及三种场景建设、运维的难度和经济性,我们认为:总量上,光纤直连方案将占据70%的应用场景,无源WDM方案将占据10%的应用场景,有源WDM/OTN/SPN将占据20%的应用场景;节奏上,5G建设初期将绝大部分是光纤直连方案,5G建设末期不排除部分有源WDM/OTN/SPN方案取代光纤直连方案。考虑到我国光纤资源丰富,是全球光纤制造的主要基地,光纤直连将成为主要方案;而相比于有源WDM方案,无源WDM方案总体来讲更具经济性,且业界在研的“基于集中光源的下一代无源方案”将有效补齐无源方案运维困难的短板,因此无源WDM方案将成为有效的补充方案;后期OTN设备、高端彩光模块成本下降后,考虑到有源WDM方案的组网更灵活、能够全方位实现多种需求,且便于OAM管理,有源WDM将成为后期辅助方案。

表2: 5G前传组网方案对比

技术方案	实现方式	特点	采用光模块种类	适用距离	预计采用占比
光纤直连	光纤点对点直连	实现简单,但需大量光纤资源	25G 灰光模块	300m/10km	70%, 初期的主流方案
无源 WDM	无源分拨器复用光纤	节省光纤资源,但运维十分困难	10G 或 25G 彩光模块	10km/20km	10%, 补充方案
有源 WDM/OTN/SPN	OTN 设备多路复用	节省光纤资源,高质量、高成本,便于 OAM 管理	25G 灰光模块(AAU/DU-OTN)、N×10/25/50/100G 彩光模块(OTN-OTN)	10km/20km	20%, 后期或为主流

数据来源:《5G 时代光传送网技术白皮书》、电信官网、中兴通讯官网等, 广发证券发展研究中心

当前业界公认的5G前传方案为光纤直连采用25G灰光模块为主,支持双纤双向

(Duplex) 和单纤双向 (BiDi) 两种类型, 以支持WDM的25G彩光模块为辅。灰光模块主要包括300m和10km两种传输距离, 其中300m光模块用于基站的塔上塔下互连, 10km光模块用于AAU与接入己方之间的互连场景。BiDi光模块由于具有节省50%光纤资源的特征, 未来产业成熟或将成为主流。彩光模块主要是基于25G波长可调谐激光器芯片的光模块, 在光纤资源紧张的区域将更具竞争力。

基于以上方案, 经过我们的测算, 5G前传市场光模块的市场空间将在163亿元以上。其中具体假设与依据见下:

- 光模块的选择: 考虑到频谱以及接口速率的升级, 5G三种前传组网方案都将以25G 10km的低成本光模块为主流。由于有源WDM场景下OTN部署结构、设备接口数量无法预测, 因此不考虑有源WDM场景下OTN设备间所需的光模块需求量。
- 价格: 结合产业链情况以及阿里巴巴海外版显示的价格信息, 当前国产25G SFP28 10km光模块价格约为800元/个、25G CWDM SFP28 10km光模块价格约为1500元/个; 假设光模块价格逐年以20%的速度递减, 则5G建设周期中25G 10km灰、彩光模块的中枢价格约为500元/个、920元/个。

表3: 5G前传市场光模块市场空间预测

技术方案	光纤直连	无源 WDM	有源 WDM/OTN/SPN
采用光模块种类	25G 10km 灰光	25G 20km 彩光	25G 20km 灰光
5G 基站数量 (万座)		500	
每个基站的扇面数 (个)		3	
每个扇面所需光模块数 (个)		2	
比例	70%	10%	20%
光模块数量 (万个)	2100	600	300
价格 (元/个)	500	920	500
细分市场空间 (亿元)	105	28	30
总市场空间 (亿元)		163	

数据来源: 广发证券发展研究中心

注: 由于有源 WDM 场景下 OTN 部署结构、设备接口数量无法预测, 未考虑有源 WDM 场景下 OTN 设备间所需的光模块需求量。

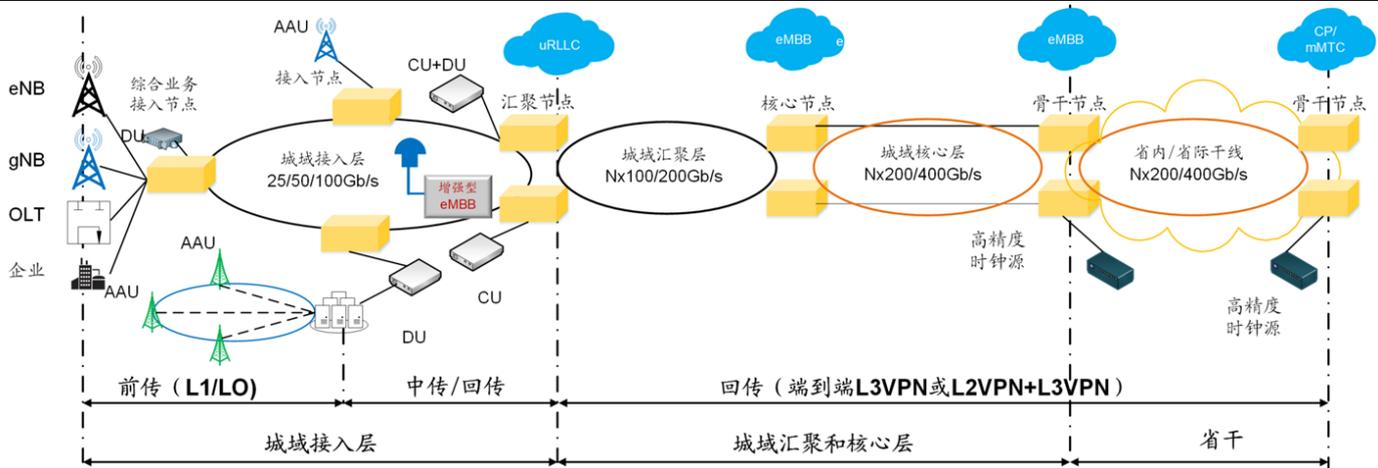
1.2.2 中传、回传与省干：链路增加、带宽扩容带来庞大光模块需求

随着基站增加、用户数据量提升，中回传网络与省干网也随之迎来带宽扩容、链路增加，相应光模块需求将迎来提升。中传、回传、省干网承载了大量来自基于前端基站的数据信息，所需带宽与链路数量也将相应提升。由此，光模块将迎来换代升级以及需求增加的替换需求与增量需求。

组网方式上，对于中回传承载网，端到端的OTN组网具有最强竞争优势。OTN组网光层一跳直达，能够实现最低时延。经过时延优化的OTN封装技术，能够实现单节点1us量级超低时延。基于传送SDN的网络硬切片和软切片技术，能够实现不同业务、不同租户层面的双重切片需求。

根据OTN网络架构将其分为接入层、汇聚层、核心层、省干层。其中，接入层与中传/前传的需求对应，汇聚层、核心层与回传的需求对应。

图7：基于光传送网的5G端到端承载网示意图



数据来源：《5G时代光传送网白皮书》，广发证券发展研究中心

当前光模块的技术路线呈现多样化，但总体的方案思路及方向基本敲定——中传：可采用10~40km的25G/50G光模块。回传：40~80km的场景选用100G/200G/400G光模块，大于80km的场景选用低成本100G/200G/400G相干光模块。彩光模块方面，考虑到光纤资源以及光模块方案、生产能力、光芯片等方面能力的权衡，大概率OTN网络还是以灰光模块为主。

基于以上方案，经过我们的测算，5G中回传以及核心网市场光模块的市场空间将达384亿元。其中，中传市场光模块市场空间达53亿元，回传市场光模块市场空间达249.4亿元，省干光模块市场空间达81.6亿元。其中具体假设与依据见下：

- 收敛方式：根据电信《5G时代光传送网白皮书》中对于城域OTN网络架构的设计，若以5G成熟期为目标市场，在节点数方面，省干层:核心层:汇聚层:接入层=4:20:400:10000，在接入层采用1*25G接口、汇聚层采用5*100G接口、核心层采用23*200G接口、省干层采用30*400G接口。
- 光模块的选择：考虑到接口速率方案以及《5G承载光模块白皮书》中对应的封装方案，接入层光模块选取25G SFP28 40km、汇聚层光模块选取100G QSFP28 40km、核心层选取200G CFP2-DCO 80km相干、省干层选取400G

CFP2-DCO 80km相干。

- 价格：结合产业链情况以及阿里巴巴海外版显示的价格信息，当前25G SFP28 40km的价格约为850元/个；100G QSFP28 40km的价格约为1.2万元/个；200G CFP2-DCO 80km尚处小批量供货状态，假设其2020年量产，价格约为6万元/个；400G CFP2-DCO尚处在研状态，假设其2021年量产，价格约为12万元/个。光模块达到量产状态后，价格每年以20%/30%/30%/30%速率下降，则25G 40km价格中枢约为530元/个、100G 40km价格中枢约为5800元/个、200G相干价格中枢约为2.9万元/个、400G相干价格中枢约为6.8万元/个。
- 注：由于OTN网络具有极大的灵活性和复杂性，预测所选的光模块方案仅考虑最可能的选项。而由于不同组网方式均以经济性为最优先目标，所以最终不同指标的权衡导致的差异不会对预测结果造成大幅影响。

表4：5G中回传及省干网市场光模块市场空间预测

OTN 网络	接入层	汇聚层	核心层	省干层
采用光模块种类	25G SFP28 40km	100G QSFP28 40km	200G 80km 相干	400G 80km 相干
节点数 (万个)	500	20	1	0.2
接口数 (个)	1	5	23	30
每条链路光模块数 (个)		2		
光模块数量 (万个)	1000	200	46	12
5G 建设期的中枢价格 (元)	530	5800	29000	68000
细分市场空间 (亿元)	53	116	133.4	81.6
对应 5G 承载网	中传	回传		省干网
对应承载网市场空间 (亿元)	53	249.4		81.6
总市场空间 (亿元)		384		

数据来源：广发证券发展研究中心

1.2.3 5G 时代光模块有望迎来比 4G 时期更大的市场需求

综合上述两节的分析，我们预计5G时期通信领域的光模块市场空间有望达到547亿元。其中，前传市场163亿元、中传市场53亿元、回传市场249.4亿元、省干网81.6亿元。

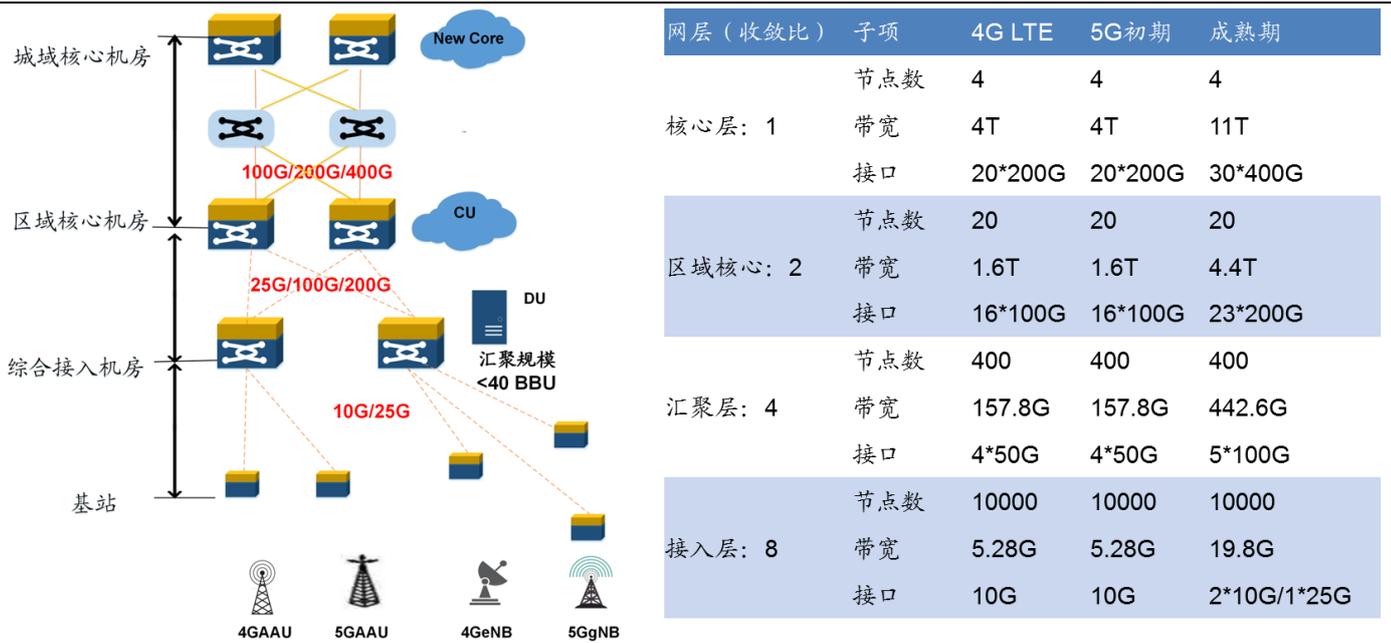
表5: 5G各细分市场预计所需光模块数量及对应市场空间

	预计光模块需求 数量 (万个)	预计市场空间 (亿元)	对应主流光模块 速率方案	预计市场占比 (%)
前传	3000	163	25G	29.75%
中传	1000	53	25G	9.70%
回传	246	249.4	100/200G	45.63%
省干	12	81.6	400G	14.93%
总计	4258	547	-	-

数据来源: 广发证券发展研究中心

量价齐升, 5G时代光模块有望迎来比4G时期更大的市场需求。光模块在5G承载网络结构变化、速率升级要求的背景下, 不仅具有4G光模块替换为更高速率的5G光模块的替换需求, 还有由基站数量增加、网络结构变化(前传回传变为前传中传回传)等带来的光模块增量需求。增量与替换两种需求将带来光模块市场的量价齐升, 有望迎来比以往更大的市场需求。

图8: 电信城域OTN网络架构设计



数据来源: 《5G时代光传送网白皮书》, 广发证券发展研究中心

1.3 数据中心: 云计算、边缘计算提振需求, 主流方案有望向 400G 升级

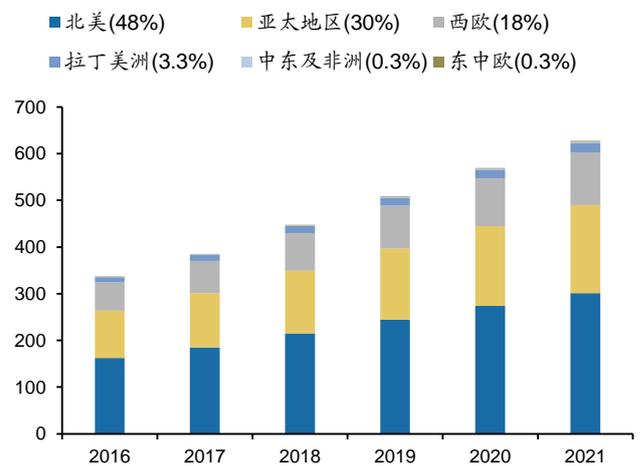
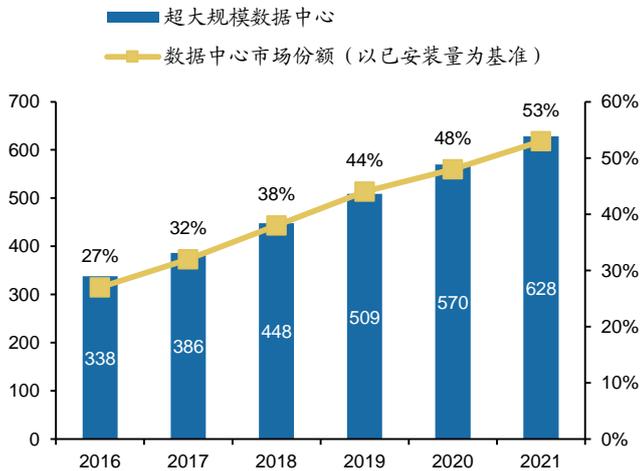
1.3.1 云计算、边缘计算兴起, 光模块需求将迎增长

云计算推动超大规模数据中心建设, 亚太地区未来增速最快。根据思科《Cisco Global Cloud Index: Forecast and Methodology, 2016-2021 White Paper》的预测, 全球

超大规模数据中心数量将从2016年的338个增长为2021年的628个，占比将达到53%，2016-2021年全球超大规模数据中心市场CAGR达13%。其中亚太地区在过去几年是增速最快的市场，且有望在未来5年加速增长，2021年有望取代北美市场成为全球最大超大型数据中心市场，全球占比有望从2016年的30%增长至39%。

图9: 2016-2021年全球超大规模数据中心数量(个)及占比(%)

图10: 2016-2021年全球超大规模数据中心全球分布(个)及比例(%) (括号中数字表示2016年占比)

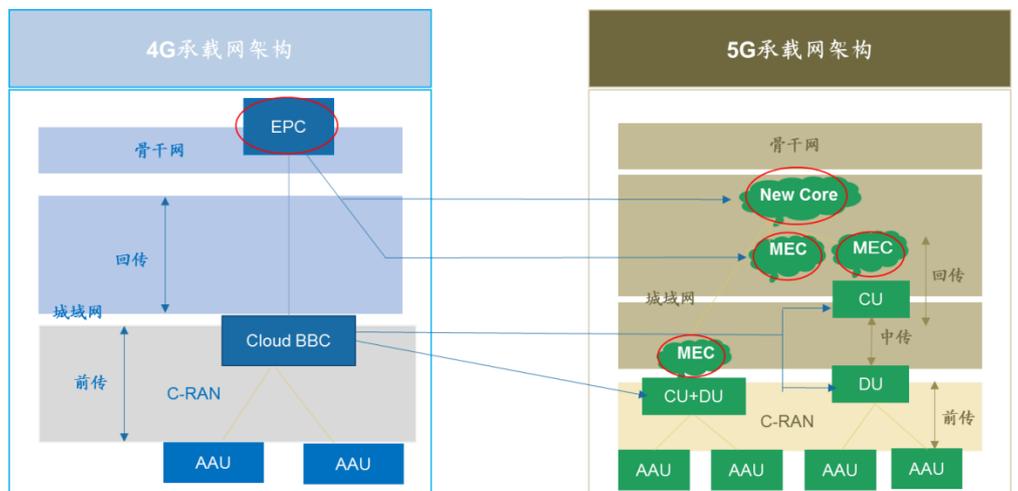


数据来源: Cisco Global Cloud Index: Forecast and Methodology, 2016-2021 White Paper, 广发证券发展研究中心

数据来源: Cisco Global Cloud Index: Forecast and Methodology, 2016-2021 White Paper, 广发证券发展研究中心

边缘计算促进小型数据中心崛起，光通信连接需求有望快速增长。4G时代，核心网部署位置较高，一般在网络骨干核心层。5G时代，如果核心网的位置和4G相同，用户到核心网的时延将难以满足要求。因此，核心网将从省网下沉到城域网，原先的EPC(演进型分组核心网)拆分成NewCore和MEC(移动边缘计算)两部分。NewCore将云化部署在城域核心大型数据中心，MEC将部署在城域汇聚或更低位置的小型数据中心。

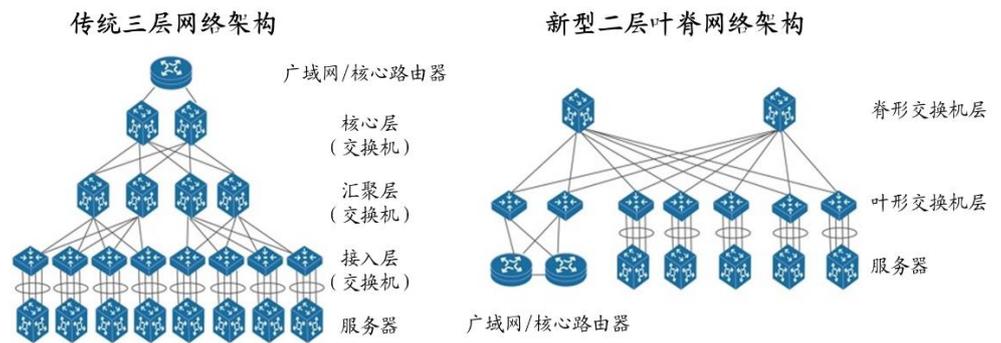
图11: 5G核心网架构演进催生小型数据中心崛起



数据来源: 《5G时代光传送网技术白皮书》，广发证券发展研究中心

组网方式上，数据中心网络架构向扁平化的“叶脊”网络架构发展，全连接架构方式带来连接需求增加，进而高端光模块需求增加。随着大数据、云计算等技术发展，数据中心将采用更多的虚拟化技术，以实现区域内资源的动态调配、迁移，数据流量将集中在数据中心内部、数据中心之间的“东西向”流量。未来，针对“东西向”流量为主的流量传输，数据中心将向扁平化的叶脊网络架构演进。叶脊网络架构下，任何两台服务器间的数据传输只需要经过一台叶形交换机和脊形交换机，大大提高了数据传输的效率和稳定性。而本质上，叶脊架构是一种全连接，所以网络规模更大，对于高端光模块的需求更大。

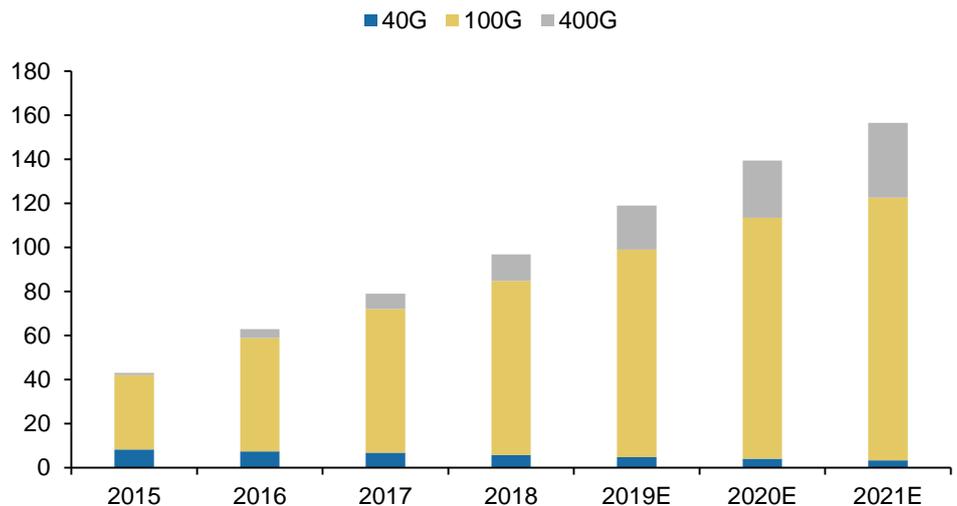
图12: 数据中心网络架构



数据来源: C114 通信网, 广发证券发展研究中心

随着超大规模云计算中心数量的增多、5G边缘计算小型数据中心的崛起，以及二层叶脊网络架构的铺设，数据中心光模块的需求迎来了稳定的增长。具体而言，2016年开始，100G光模块进入快速增长阶段，2019年开始400G光模块需求有望进入高速增长阶段。

图13: 40G/100G/400G光模块市场空间预测（亿美元）

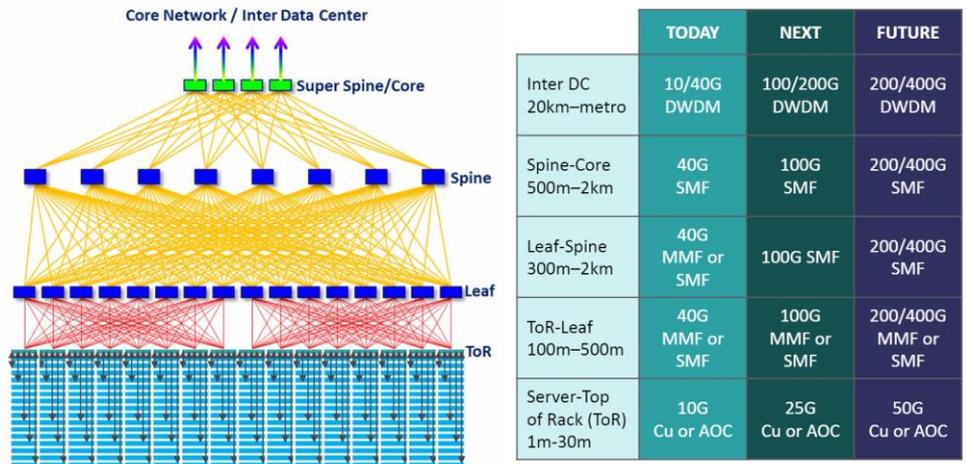


数据来源: Ovum, 贤集网, 广发证券发展研究中心

1.3.2 100G 光模块是当前主流方案，2020 年 400G 有望上量

2016年开始，100G光模块成为海内外数据中心的主流方案，并快速上量。2014年全球首款32*100G交换芯片博通Tomahawk 2送样后，2016年开始100G光模块已成为海内外数据中心主流方案。

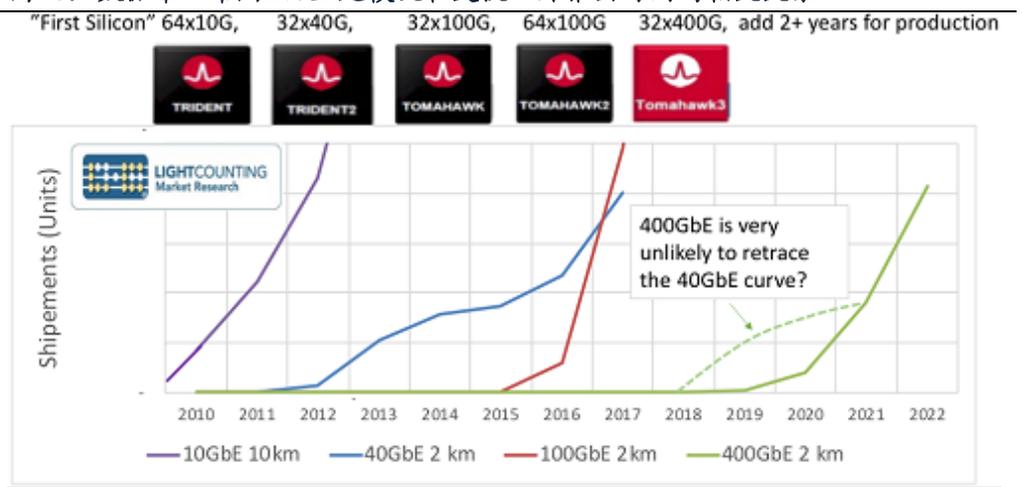
图14: 数据中心叶脊网络架构适用光模块产品 (图片取自2015年材料)



数据来源: Oclaro 2015 年推介材料, 广发证券发展研究中心

预计2020年开始，400G光模块将取代100G光模块成为主流方案。一般来说，从交换芯片推出到相应速率光模块放量需要2-3年时间，这是由于从叶脊交换机升级到服务器端口的更新换代一般需要2-3年时间。2017年12月博通Tomahawk 3 (32*400G) 交换芯片完成送样，若遵循历史规律，则2020年400G光模块有望快速上量成为主流方案。

图15: 数据中心常用2公里光模块和交换芯片推出时间的相关关系



数据来源: Lightcounting, 光纤在线, 广发证券发展研究中心

从各大数据中心光模块使用的计划来看，也与2020年400G光模块上量的判断一致。北美数据中心对光模块的需求领先全球，根据OFC 2019展会上各大公司发布的使用计划，Google、Amazon等公司已经开始启用400G光模块，中国大部分数据中心计

划2019年底到2021年启用400G。考虑到从启用到规模部署预计需要半年多时间，因此预计2019年底、2020年初北美数据中心400G光模块需求量提升；2020年下半年开始，中国数据中心400G光模块需求量提升。

图16: 全球部分主要数据中心光模块使用趋势

	2019年下半年100G CWDM-4 需求提升
	当前400GbE 2022年启用800GbE
	400GbE DR4 (400G-DR4)
	2017年启用100G 2019年计划启用400G
	2017-2021 年主要使用100G 2019年底计划启用400G
	2017年启用100G 2021年计划启用400G

数据来源：OFC 2019，广发证券发展研究中心

二、竞争格局有望改善，新一轮产品趋势带来全新机遇

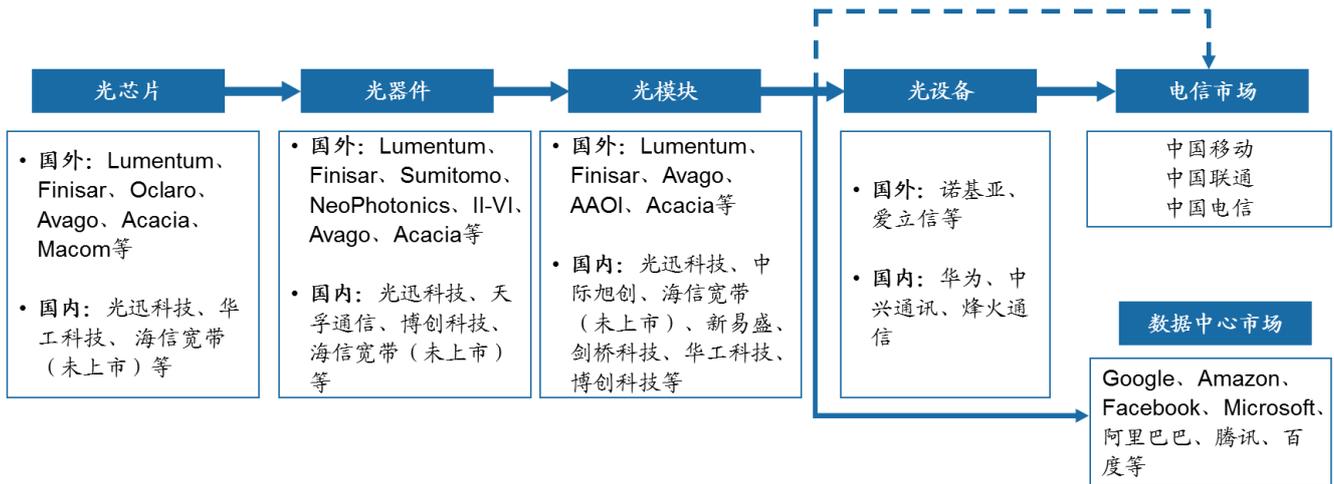
2.1 产业链：光芯片环节占据最多成本，国产化率有待提升

光模块产业链主要为光芯片-光器件-光模块-光设备。其中光模块环节位于产业链偏后端，主要起到设计、集成、封装、测试的作用。光模块的上游是光芯片与光器件，下游是通信设备商，最终产品应用到数据中心与电信市场。

- **光芯片**：发射激光、探测激光的核心器件，主要应用光组件中，属于高度技术密集型产品。常见激光器芯片包括VSCSEL、DFB、EML等，光探测器主要有PIN、APD等；
- **光器件**：主要为OSA（Optical Sub-Assembly），起到光收发作用的组件，具体包括TOSA（光发射组件）、ROSA（光接收组件）、BOSA（光发射接收组件）；
- **光模块**：将各类光电子元器件、PCB封装得到光模块，当前最常见的封装标准为SFP28（主要用于前中传）、QSFP28（主要用于回传与数通）、CFP2（主要用于相干长距）、QSFP-DD与OSFP（主要用于数通）。

- **光设备与运营商:** 电信市场的下游主要为光设备企业与运营商。采购模式方面, 一般来讲, 光模块企业收到的订单绝大部分来自于光设备企业, 而当年电信公司已经开始试水25G以下的光模块集采。
- **数据中心市场:** 数据中心市场主要为IDC业务参与者构成。数据中心市场的采购模式为光模块企业根据客户的参数需求(包括速率、接口、芯片类型等)提供样品, 样品认证通过后签订订单。一般北美数据中心的需求领先全球半年左右时间。

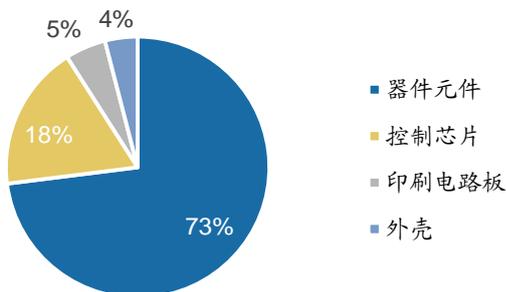
图17: 光模块产业链



数据来源: 广发证券发展研究中心

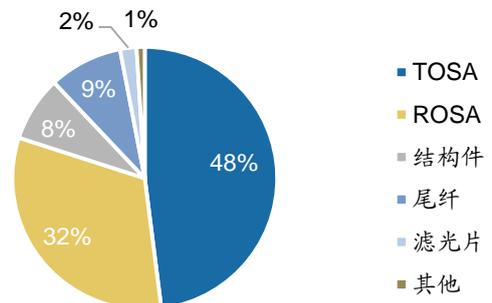
其中, 光芯片在光模块成本中占比约50%, 位于整个产业链的上游。从成本来看, 据OFWeek资料显示, 光模块成本73%来自光器件。其中, TOSA(光发射组件)、ROSA(光接收组件)分别占光器件成本的48%和32%。TOSA的主体为激光器芯片, ROSA的主体为探测器芯片, 是器件元件的主要成本所在。

图18: 光模块成本构成



数据来源: Ofweek, 广发证券发展研究中心

图19: 光器件元件成本构成

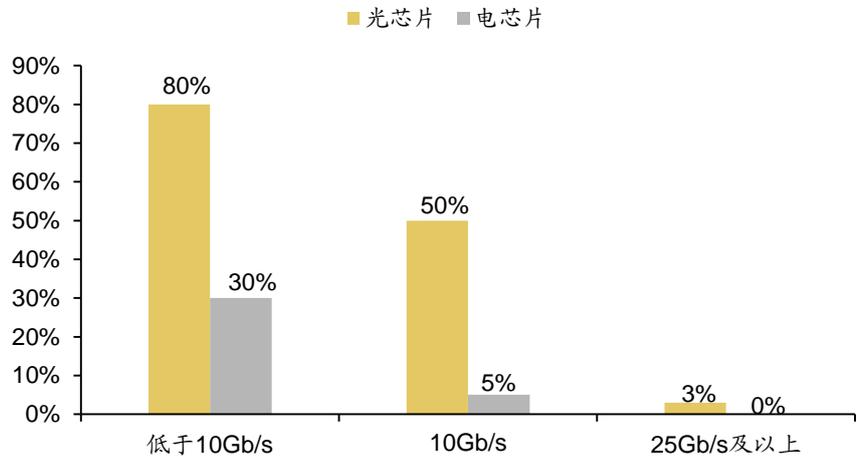


数据来源: Ofweek, 广发证券发展研究中心

芯片制造能力方面, 国内芯片制造能力整体较弱。根据《中国光电子器件产业技术发展路线图》, 2017年10Gb/s速率的光芯片国产化率接近50%, 25Gb/s及以上速率的国产化率远低于10Gb/s速率, 电芯片基本依赖进口。光通信系统中最常见的激光器芯片包括VCSEL、DFB、EML几种类型, 分别应用在不同距离场景的通信传输。

在DFB芯片方面，主要厂商有Avago和三菱等；在EML芯片方面，代表厂商有Neophotonics、Oclaro、住友等；在VCSEL方面，代表厂商有Lumentum、Finisar、Avago、三菱等。

图20: 2017年光芯片、电芯片国产化率



数据来源:《中国光电子器件产业技术发展路线图》(工信部), 广发证券发展研究中心

国产光电子芯片受政策重视, 工信部提出了补齐光芯片短板的目标。《中国光电子器件技术发展路线图(2018-2022年)》中明确要求, 确保在2022年中低端光电子芯片的国产化率超过60%, 高端光电子芯片的国产化率突破20%。

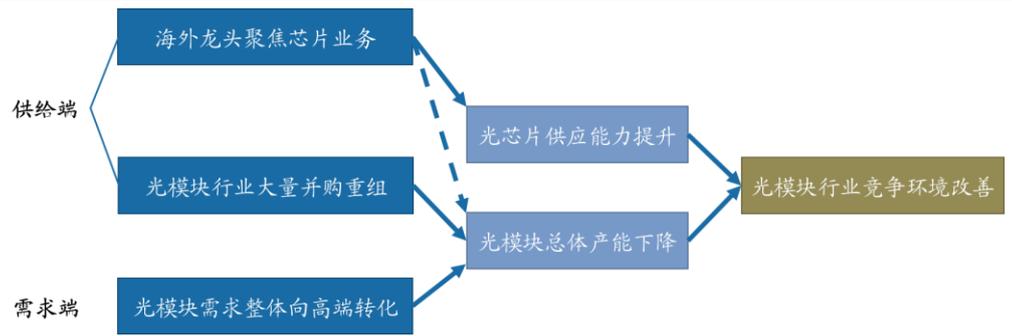
2.2 产业格局: 行业整合或致竞争环境改善, 运营商试水集采有望释放利润空间

在需求端呈现光模块进一步高端化的背景下, 供给端, 光模块行业呈现两个重要的变化, 有望带来行业竞争环境的改善:

- 一是贯穿产业链多个环节的海外龙头公司开始聚焦光芯片的研发和生产。
- 二是光模块行业出现大量并购重组案例。

这两个变化都将带来全球光模块产能下降, 同时或将带来光芯片环节供货能力的提升, 并由此导致采购芯片价格下降, 从而导致光模块行业竞争环境改善, 盈利能力提升。

图21: 行业整合与海外龙头聚焦芯片业务的趋势带来光模块行业竞争环境改善



数据来源: 广发证券发展研究中心

表6: 近年全球光模块公司重要调整

	时间	事件	来源
海外龙头聚焦芯片	2019.6.18	Macom 宣布重组, 不再投资应用于数据中心的光模块和子系统的设计和研发, 将专注于成为 IC 和光子器件的供应商, 并为光模块制造商提供半导体元件级的支持。	C114
	2019.4.23	Lumentum 向剑桥科技出售子公司 Oclaro Japan 的光模块产品线资产, 交易后将专注于光子芯片, 继续参与未来几年由数据中心扩展和 5G 无线技术推动的数据通信收发器市场。	与非网
光模块行业并购重组	2018.11.9	II-VI 公司将根据协议通过现金和股票交易收购 Finsar, 两者合并将形成一个业内领先的光电子及化合物半导体公司。	Finisar 官网
	2018.3.12	Lumentum 以每股 5.6 美元现金, 另加 0.636 美元/股的 Lumentum 股票收购 Oclaro 的全部股份, 总价值约为 18 亿美元。此次合并将超越 Finisar 跃居成为行业第一。	C114
	2016.1.26	鸿腾精密将以不超过 300 万美元收购 Avago 旗下光纤产品部门相关事业群和资产, 布局光通讯产业。	华强电子网
	2015.11.17	MACOM 公司以约 6000 万美元现金收购日本 TOSA/ROSA 产品制造商 FiBest。扩展 MACOM 在 100G/200G/400G 光网络领域的领导地位。	讯石光通讯网

数据来源: C114、与非网、讯石光通讯网等, 广发证券发展研究中心

需求端, 电信光模块在采购模式上也有望发生一些积极变化。6月20日, 电信公告称正式启动2019年光模块集采项目, 此次集采共分为3个标包: 标包1为10G及以下光模块约65万只; 标包2为10G以上光模块约6万只; 标包3为PON光模块约14万只。

表7: 电信集采光模块招标详情

标包	产品	数量
标包 1	10G 及以下光模块	约 65 万只
标包 2	10G 以上光模块 (大部分为 25G, 少部分 100G)	约 6 万只
标包 3	PON 光模块	约 14 万只

数据来源: C114, 电信招标集采官网, 广发证券发展研究中心

对于运营商首次试水集采光模块, 我们认为:

- 有望在保证低价的同时向光模块企业释放一定利润空间。此前电信公司在省分公司层面进行过直接采购, 且采购光模块类型集中在低端领域, 本次首次集团

层面试水，跳过设备商进行直接采购，能够在低价的同时让渡一些利润空间给光模块企业。

- 或有利于产品质量高、成本管控能力强的光模块企业。新采购模式有望为某些新进入者带来机会，但集团层面招标采购最终评标还是落实在产品能力、价格等方面，因此产品质量高、成本管控能力强的企业有望迎来机会。
- 全面推广具备较大难度，预计会在低速率低成本光模块采购环节小范围推广。此次对光模块展开集团层面的公开招标为运营商首次，若大范围推广将遇到很多阻力，如光模块的适配问题、运营维护问题、故障产品如何追责等问题，若此模式在低速率、低成本等技术相对成熟的光模块细分市场展开，则相对阻力较小，预计会在此类环节小范围推广。

2.3 新机遇：国产企业竞争力提升，产品革新带来新一轮趋势

光模块行业整体呈现完全市场竞争局面，行业市占率较为分散。根据Ovum统计，2017年光模块市场份额最大的公司为Finisar，其次为Lumentum。几家较大的中国光模块企业占据了全球14%的份额，其中光迅科技约占6%，海信宽带（未上市）约占4%，华工正源（华工科技子公司）约占1%，新易盛约占1%。

光模块产业从2010年开始经历了较长时间的产业东移，中国光模块企业全球竞争力提升。根据Ovum统计，中国光模块企业市场份额从2010年的19%增长到2016年的36%，海外传统光模块巨头Finisar、Lumentum、Oclaro三家公司在2012-2016年间的市场份额损失了20%。

图22：2017年全球光模块市场份额

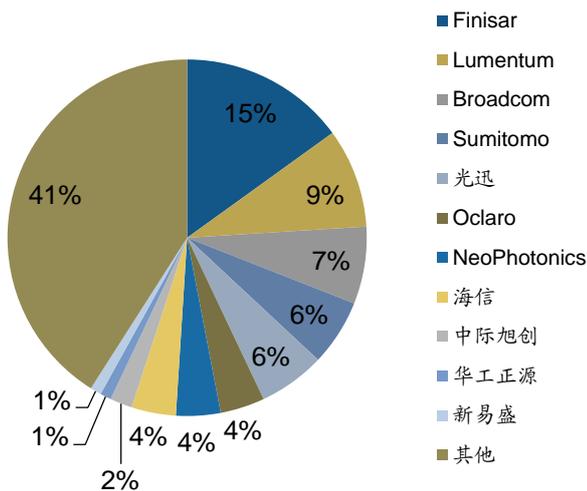
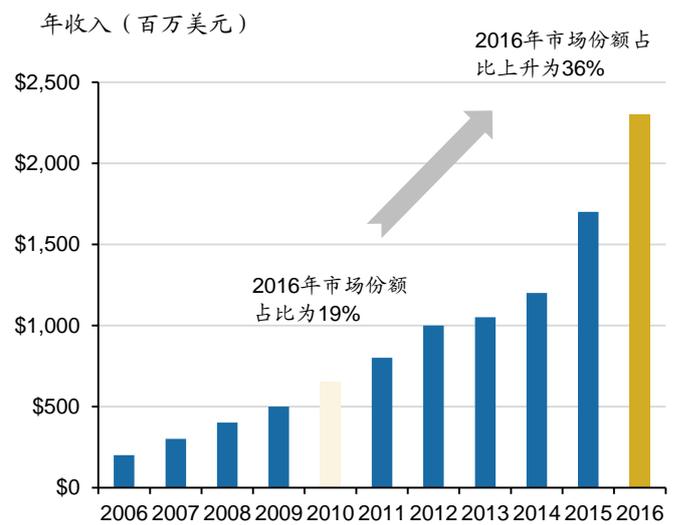


图23：2010-2016年中国光模块企业市场份额从19%增长到36%



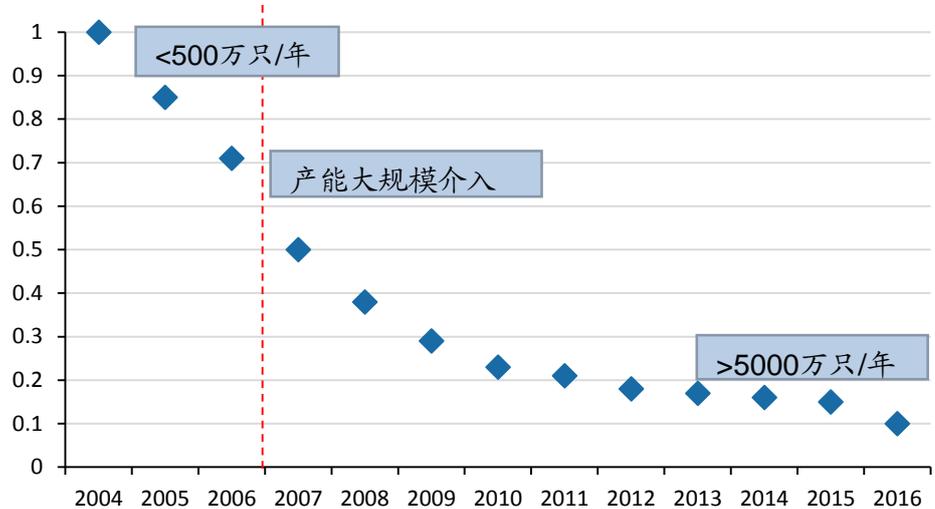
数据来源：Ovum，广发证券发展研究中心

数据来源：Ovum，广发证券发展研究中心

产业东移的同时也涌现了一些中小光模块企业，低端光模块竞争较为激烈，其直接体现为产能的大规模介入导致价格快速下降。出于看好光模块的庞大市场与强劲需求，自2010年以来，国内出现了较多中小企业，其总计全球市占率或能达到22%。

而一款光模块的价格与产能高度相关，往往一款光模块由全球领先厂商率先设计制造，此时全球产能处于较低水平，随着时间推移以及产能的投入，光模块价格往往呈现逐年下降15-30%的趋势。

图24：一款2004年推出的接入光模块价格趋势与产能规律

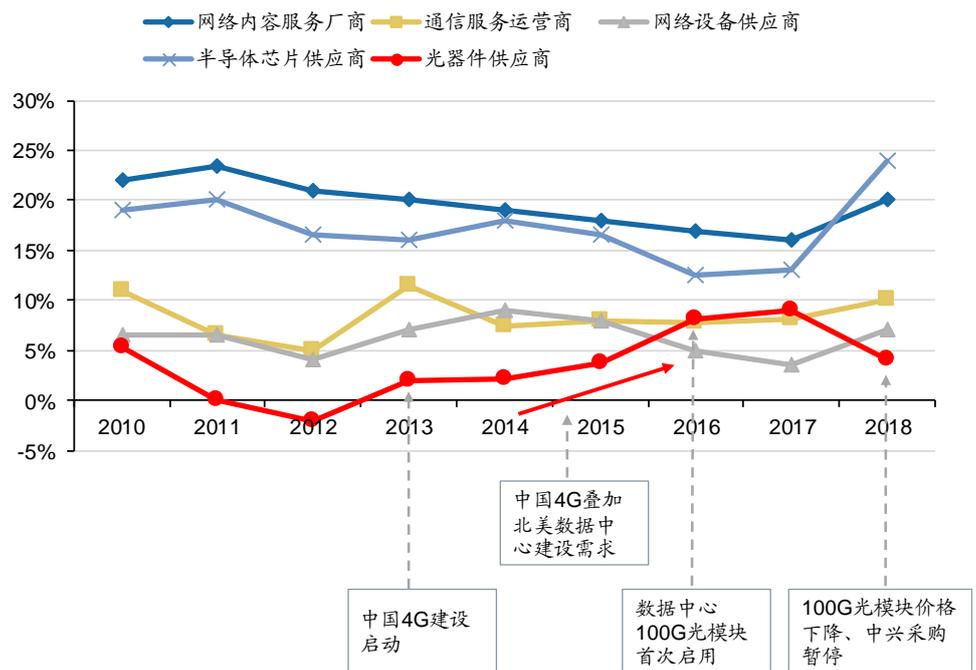


数据来源：C114，广发证券发展研究中心

因此，对于光模块头部企业而言，每一轮更新换代趋势下将带来技术优势转化而成的先发优势，有望迎来业绩的快速增长。相比于众多中小企业，光模块头部企业具有更多技术优势，在新产品的开发与生产上具有明显先发优势，能够在产能大规模介入之前率先进入市场，以技术和客户认可度引领市场，而不是以低价竞争抢夺市场。从另一个视角来看，这类头部企业也有望在产品更新换代时迎来业绩的快速增长。

例如，2013年中国移动启动4G建设，中国联通与电信于2015年启动4G建设，与此同时，2013年-2017年北美数据中心呈快速发展趋势。中国的电信市场与北美数据中心市场的巨大需求使得2013-2016年光器件企业的净利率快速增长。

图25: 光通信产业链各类公司平均净利率趋势及其主要原因



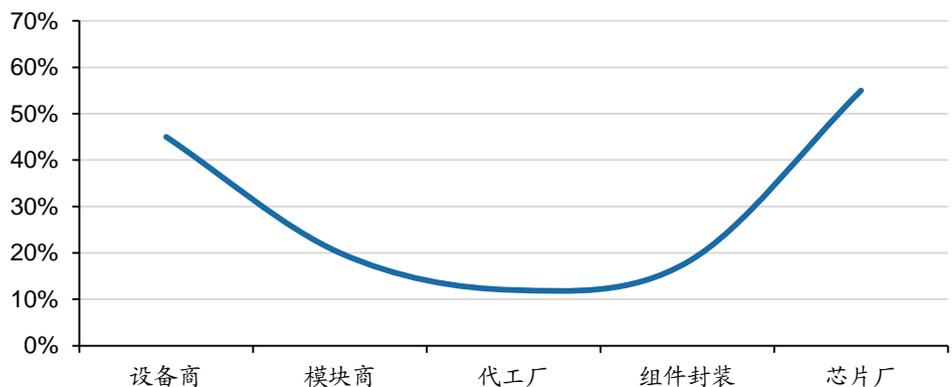
数据来源: Lightcounting, 广发证券发展研究中心

因此, 我们认为, 随着5G以及数据中心叠加的机会将带来光模块的新增需求以及更新换代需求, 预计本轮高端产品的需求将再次为光模块企业带来新的机会。

2.4 优势公司: 具备芯片或模块领先设计能力的国产企业或将占据优势

从光通信产业整体看, 一般情况下芯片厂与设备商的毛利率相对较高, 光模块企业毛利率相对较低。国内外设备商毛利率一般在40%以上, 芯片厂毛利率一般在50%以上, 而模块商、组件封装、代工厂的毛利率在产业链中相对较低。

图26: 光通信产业毛利率的“微笑曲线”



数据来源: wind, 广发证券发展研究中心

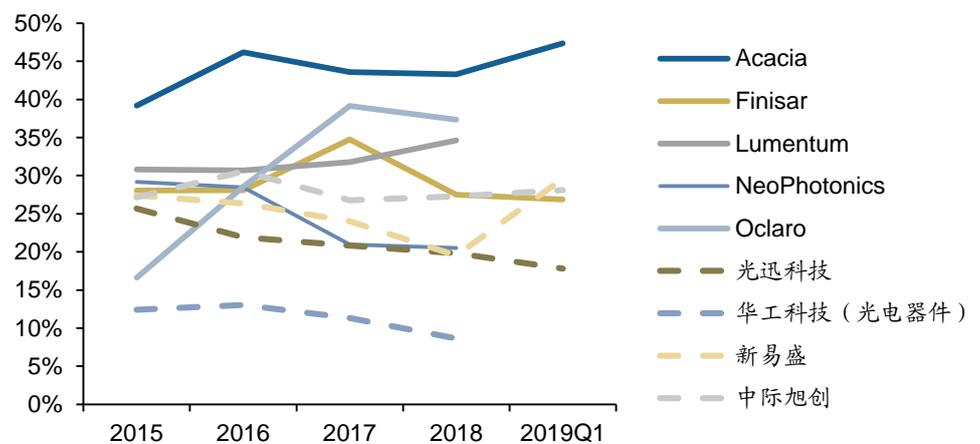
从海内外光模块产业链条上的公司来看, 两类公司毛利率更高:

- 以光芯片生产为主的公司毛利率更高。国内公司与海外公司相比, 最大的区别

在于光芯片，大部分海外公司以芯片业务为主，他们的毛利率高于国内企业。其中，Acacia以芯片设计和销售为主要核心业务，另有光模块部分以相干光模块为主；Finisar是全球高速光模块领先企业，能够实现光芯片自产自用，即将被II-VI收购；Lumentum以光芯片业务和利润率更高的DWDM产品为主；NeoPhotonics以光模块业务为主；Oclaro被Lumentum收购，以芯片业务为主，光模块业务已出售给剑桥科技。

- **聚焦高端光模块的公司毛利率更高。**国内公司来看，聚焦高端光模块的公司等同于光模块设计制造能力领先的公司。其中，苏州旭创聚焦数据中心光模块、新易盛近年中高速率光模块出货量增加，光迅科技光模块种类较多且能实现部分芯片自用。

图27：海内外光芯片、光模块公司毛利率对比



数据来源：wind，广发证券发展研究中心

当前国内光模块企业主要有光迅科技、中际旭创、华工科技（华工正源）、新易盛、剑桥科技。其中：

- **芯片能力方面：**
 - 光迅科技具备10G全品类芯片的量产能力。25G芯片方面，根据5.22日投资者关系记录表，光迅科技25G PD探测器已量产，25G VCSEL已做了批量送样验证，25G EML已经送样，正在解决成品率问题，25G DFB已经送样，100G硅光相干收发芯片正在做工艺改进准备量产。
 - 华工科技于2018年发起设立云岭光电，向上延伸光通信产业链，根据年报，10G光芯片已实现成功量产，25G光芯片及器件已完成优化设计。
- **高端光模块方面：**上述所有企业都推出了符合市场标准的400G光模块产品，从以往高端光模块出货量来看，中际旭创、Oclaro占据全球前列。

表8: 国内主要光模块公司产品分布及光芯片能力

产品	项目	光迅科技	中际旭创	新易盛	华工科技(华工正源)	剑桥科技(Oclaro)	
光模块	10G	10G XFP/SFP+	10G SFP+	10G SFP+	10G SFP+/XFP	包括原 Oclaro 公司所属电信级和数据中心互联领域光模块	
	25G	25G SFP28	25G SFP28	25G SFP28	25G SFP28		
	40G	40G CFPx/QSFP+	40G QSFP+		40G QSFP+		
	50G	50G PAM4 DWDM QSFP28		50G PAM4 QSFP28	50G QSFP28		
	100G	100G QSFP28/CFPx	100G QSFP28/Single Lambda	100G QSFP28/CFPx	100G CFP/CFP2/QSFP28		100G QSFP28/CFP2
	200G			200G QSFP-DD/PAM4 CFP2			200G CFP2
	400G	400G OSFP/QSFP-DD	400G OSFP/QSFP-DD	400G OSFP/QSFP-DD	400G QSFP-DD		400G QSFP-DD/CFP8
光芯片	10G	批量	-	-	批量	-	
	25G	样机	-	-	完成优化设计	-	
	100G 硅光	工艺改进	-	-	-	-	
	400G 硅光	研发	研发	-	-	-	

数据来源: 产品来源于各公司官网、新品进展来源于各公司年报, 广发证券发展研究中心

投资建议

市场: 随着5G带来的光网升级以及数据中心即将启用400G光模块, 光模块行业正在经历新一轮的升级换代, 我们预计2020年开始5G与数据中心两个市场机会将叠加, 带来新一轮的光模块产品革新趋势, 光模块企业将迎来宝贵的发展机遇。

格局: 考虑到成本端的优势, 过去几年中国光模块企业的全球竞争力逐步提升, 同时部分企业的芯片研制能力也大幅增强。

- 供给端, 海外光模块龙头的行业整合与业务调整持续, 随着行业整合与专业化的持续进行, 行业竞争格局有望得到改善。
- 需求端, 除5G与数据中心产品革新带来需求增长的机遇以外, 电信运营商采购光模块的模式也有望发生积极变化, 运营商直接采购光模块的模式有望释放更多利润空间, 利于产品质量高、成本控制能力强的企业, 但预计大规模推广有较大难度。

总结来看, 从产业历史发展的经验我们发现, 每一次光模块产品升级换代以及新的市场需求都将为优秀企业带来新一轮业绩提升的机会。我们认为, 5G和数据中心带来光模块需求的量价齐升, 将为不断提升全球竞争力的国产企业带来宝贵发展机遇, 看好具有芯片研发能力或高端光模块研发制造能力的优秀国产企业。

建议关注: 光迅科技、剑桥科技、华工科技。

表9：产业链相关标的估值比较表

公司名称	股票代码	单位	市值/亿元	净利润/亿元			PE 估值水平		
				2018A	2019E	2020E	2018A	2019E	2020E
光迅科技	002281.SZ	RMB	175.65	3.33	4.18	5.68	53.35	42.50	31.28
剑桥科技	603083.SH	RMB	38.53	0.77	1.31	2.12	50.04	29.41	18.17
华工科技	000988.SZ	RMB	165.20	2.84	4.23	5.47	58.17	39.06	30.20
Finisar	FNSR.O	USD	28.47	1.19	1.45	1.73	23.92	19.63	16.46
Lumentum	LITE.O	USD	43.78	2.9	3.45	4.02	15.10	12.69	10.89

数据来源：广发证券发展研究中心

注：表中 A 股标的的盈利预测均来自 Wind 一致预测，海外标的的盈利预测来自 Bloomberg 一致预测，市值为 2019/7/25 最新行情

风险提示

光模块行业竞争程度加剧的风险；产品价格进一步下降导致毛利率下滑的风险；需求增长不及预期的风险；光芯片研发进度不及预期的风险。

广发证券通信研究小组

- 许兴军：资深分析师，浙江大学系统科学与工程学士，浙江大学系统分析与集成硕士，2012年加入广发证券发展研究中心。
- 张全琪：中山大学通信与信息系统博士，2018年加入广发证券发展研究中心。
- 谢淑颖：研究助理，厦门大学电子工程学士、上海财经大学金融硕士，2018年加入广发证券发展研究中心。
- 滕春晓：研究助理，南京大学工业工程学士，上海交通大学工业工程硕士，2017年加入广发证券发展研究中心。

广发证券—行业投资评级说明

- 买入：预期未来12个月内，股价表现强于大盘10%以上。
- 持有：预期未来12个月内，股价相对大盘的变动幅度介于-10%~+10%。
- 卖出：预期未来12个月内，股价表现弱于大盘10%以上。

广发证券—公司投资评级说明

- 买入：预期未来12个月内，股价表现强于大盘15%以上。
- 增持：预期未来12个月内，股价表现强于大盘5%-15%。
- 持有：预期未来12个月内，股价相对大盘的变动幅度介于-5%~+5%。
- 卖出：预期未来12个月内，股价表现弱于大盘5%以上。

联系我们

	广州市	深圳市	北京市	上海市	香港
地址	广州市天河区马场路 26号广发证券大厦35 楼	深圳市福田区益田路 6001号太平金融大厦 31层	北京市西城区月坛北 街2号月坛大厦18层	上海市浦东新区世纪 大道8号国金中心一 期16楼	香港中环干诺道中 111号永安中心14楼 1401-1410室
邮政编码	510627	518026	100045	200120	
客服邮箱	gfyf@gf.com.cn				

法律主体声明

本报告由广发证券股份有限公司或其关联机构制作，广发证券股份有限公司及其关联机构以下统称为“广发证券”。本报告的分销依据不同国家、地区的法律、法规和监管要求由广发证券于该国家或地区的具有相关合法合规经营资质的子公司/经营机构完成。

广发证券股份有限公司具备中国证监会批复的证券投资咨询业务资格，接受中国证监会监管，负责本报告于中国（港澳台地区除外）的分销。

广发证券（香港）经纪有限公司具备香港证监会批复的就证券提供意见（4号牌照）的牌照，接受香港证监会监管，负责本报告于中国香港地区的分销。

本报告署名研究人员所持中国证券业协会注册分析师资质信息和香港证监会批复的牌照信息已于署名研究人员姓名处披露。

重要声明

广发证券股份有限公司及其关联机构可能与本报告中提及的公司寻求或正在建立业务关系，因此，投资者应当考虑广发证券股份有限公司及其关联机构因可能存在的潜在利益冲突而对本报告的独立性产生影响。投资者不应仅依据本报告内容作出任何投资决策。

本报告署名研究人员、联系人（以下均简称“研究人员”）针对本报告中相关公司或证券的研究分析内容，在此声明：（1）本报告的全部分析结论、研究观点均精确反映研究人员于本报告发出当日的关于相关公司或证券的所有个人观点，并不代表广发证券的立场；（2）研究人员的部分或全部的报酬无论在过去、现在还是将来均不会与本报告所述特定分析结论、研究观点具有直接或间接的联系。

研究人员制作本报告的报酬标准依据研究质量、客户评价、工作量等多种因素确定，其影响因素亦包括广发证券的整体经营收入，该等经营收入部分来源于广发证券的投资银行类业务。

本报告仅面向经广发证券授权使用的客户/特定合作机构发送，不对外公开发布，只有接收人才可以使用，且对于接收人而言具有保密义务。广

广发证券并不因相关人员通过其他途径收到或阅读本报告而视其为广发证券的客户。在特定国家或地区传播或者发布本报告可能违反当地法律，广发证券并未采取任何行动以允许于该等国家或地区传播或者分销本报告。

本报告所提及证券可能不被允许在某些国家或地区内出售。请注意，投资涉及风险，证券价格可能会波动，因此投资回报可能会有所变化，过去的业绩并不保证未来的表现。本报告的内容、观点或建议并未考虑任何个别客户的具体投资目标、财务状况和特殊需求，不应被视为对特定客户关于特定证券或金融工具的投资建议。本报告发送给某客户是基于该客户被认为有能力独立评估投资风险、独立行使投资决策并独立承担相应风险。

本报告所载资料的来源及观点的出处皆被广发证券认为可靠，但广发证券不对其准确性、完整性做出任何保证。报告内容仅供参考，报告中的信息或所表达观点不构成所涉证券买卖的出价或询价。广发证券不对因使用本报告的内容而引致的损失承担任何责任，除非法律法规有明确规定。客户不应以本报告取代其独立判断或仅根据本报告做出决策，如有需要，应先咨询专业意见。

广发证券可发出其它与本报告所载信息不一致及有不同结论的报告。本报告反映研究人员的不同观点、见解及分析方法，并不代表广发证券的立场。广发证券的销售人员、交易员或其他专业人士可能以书面或口头形式，向其客户或自营交易部门提供与本报告观点相反的市场评论或交易策略，广发证券的自营交易部门亦可能会有与本报告观点不一致，甚至相反的投资策略。报告所载资料、意见及推测仅反映研究人员于发出本报告当日的判断，可随时更改且无需另行通告。广发证券或其证券研究报告业务的相关董事、高级职员、分析师和员工可能拥有本报告所提及证券的权益。在阅读本报告时，收件人应了解相关的权益披露（若有）。

本研究报告可能包括和/或描述/呈列期货合约价格的事实历史信息（“信息”）。请注意此信息仅供用作组成我们的研究方法/分析中的部分论点/依据/证据，以支持我们对所述相关行业/公司的观点的结论。在任何情况下，它并不（明示或暗示）与香港证监会第5类受规管活动（就期货合约提供意见）有关联或构成此活动。

权益披露

(1) 广发证券在过去 12 个月内与中际旭创(300308)公司有投资银行业务关系。

版权声明

未经广发证券事先书面许可，任何机构或个人不得以任何形式翻版、复制、刊登、转载和引用，否则由此造成的一切不良后果及法律责任由私自翻版、复制、刊登、转载和引用者承担。