

证券研究报告 — 深度报告

相关子行业

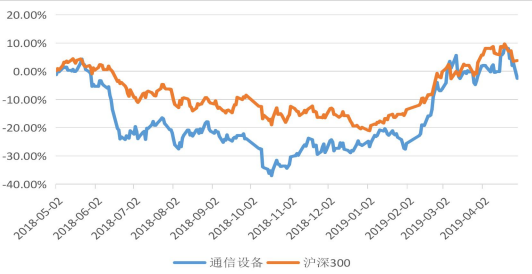
光器件

中国企业下游封装优势明显，上游光芯片尚需努力

2019年04月30日

评级：增持

市场表现：（前复权 04/29）



报告起因：

在全球 5G 建设和超大型数据中心双增长的驱动下，全球光通信资本支出将在 2019 年再次进入上升通道，本篇报告深入分析了相关子行业光器件中最主要的产品——光模块的市场情况，希望在此轮全球光通信资本支出增长中找到合适的投资机会。

行业关键数据：（2019-2021）

	2019	2020	2021
数通光模块市场增速	15%	37%	-19%
电信光模块市场增速	36%	44%	15%

投资亮点：

一、光模块市场继续增长。Ovum 预测在 CSP（电信服务商）和 ICP（互联网内容提供商）两个市场都加大投资的背景下，2019-2021 年全球通信行业资本支出将达到 2.85、3.02、3.23 万亿元，同比增长 1.7%、6%和 7.2%。此轮增长中 ICP 投资相对传统 CSP 更加强势，而且 ICP 支出中光模块占比更高，将带动光模块市场增长率超过光通信资本支出增长率，预测 2019-2021 年全球光模块的市场规模将达到 430 亿、599 亿和 558 亿元，同比增长 21.3%、39.3%和-6.9%。

二、我国厂商市占率不断提高。近年来，我国厂商依靠价格优势市场占有率持续提升，2010 年市占率不到 20%，目前已经达到 40%左右，价格优势仍存，加上华为、中兴、烽火这些全球领先的电信设备商供应链国产化倾向，以及国内 ICP 的超大型数据中心建设接棒第一梯队的北美 ICP 起量，国内厂商有望进一步提升市占率。

三、专一封装环节是我国厂商现阶段的优解。与国外大厂从芯片到模块的垂直一体化经营不同，我国以中际旭创为主的光模块厂商专一从事光模块封装环节。由于光芯片开发需要持续的、大量的研发投入，国外大厂的净利润常年为负，而美日几个具备光芯片产能的大厂间尚处竞争关系，导致它们的研发回报实际上并不突出。我国厂商尤其是数据中心光模块厂商在现阶段承载封装这一环节，能够从上游相互竞争的大厂那里获得价格适当的芯片供给，叠加自己的封装成本优势，利润表现较国外大厂更优。

撰写团队：

证券分析师：彭涛

电话：0871-63577138

E-mail: pengtao@hongtastock.com

从业资格证书编号：S1200512020001

研究助理：李沂燃

电话：0871-63577091

E-mail: liyr1@hongtastock.com

从业资格证书编号：S1200118090014

独立性申明：

作者保证报告所采用的数据均来自正规渠道，分析逻辑基于本人的职业理解，通过合理判断并得出结论，力求客观、公正，结论不受任何第三方的授意、影响，特此声明。

风险揭示：

我国厂商的高端光芯片需要从美日尤其是美国进口，光芯片的供给存在一定的不确定性，一方面可能与光芯片供应商在产业链上角色冲突受到牵制，另一方面中美贸易摩擦带来美国限制光芯片出口的可能性。

## 目录

一、光模块的简介.....	4
(一) 光通信中进行光电转化的重要模块.....	4
(二) 持续向更高速率+更小封装功耗升级.....	5
(三) 即将进入 400G 时代.....	7
二、成本分析.....	9
(一) 光芯片是最主要的成本构成.....	10
(二) 封装环节正逐渐向国内转移.....	13
三、市场规模.....	14
(一) 光通信资本支出又将进入上升通道.....	14
(二) 产品持续迭代带来价格周期性变化.....	18
四、市场格局.....	20
(一) 价格优势下我国厂商市占率不断提高.....	21
(二) 我国厂商有更优的利润表现.....	23
五、数据中心市场分析.....	26
(一) 数据流量剧增带动超大型数据中心建设.....	26
(二) 叶脊网络架构进一步增加光模块需求.....	29
(三) 主要 ICP 资本支出势头不减.....	30
(三) 数据中心光模块的市场预测.....	34
六、电信市场分析.....	36
(一) 5G 宏基站是 4G 时代的 1.2-2 倍.....	36
(二) 5G 将在我国带来四千多万块的光模块需求.....	37
(三) 现存光模块需要更新升级.....	41
(四) 5G 光模块的市场规模预测.....	43
(五) 光模块总体市场规模预测.....	46
七、未来光模块的可能性——硅光模块.....	47
(一) 能够实现大部分光器件的集成制造.....	47
(二) 硅光市场尚在产业链形成初期.....	48
八、A 股上市公司对比分析.....	49
(一) 中际旭创：数据中心光模块龙头，市占率不断提高.....	49
(二) 光迅科技：光器件国家队，25G 芯片有望推出.....	51
(三) 新易盛：数通和电信领域都有能力参与.....	52
九、总结.....	53
十、风险提示.....	53

## 图表目录

图表 1	光模块是光设备中用于光电转换的部件.....	4
图表 2	光模块的构造.....	4
图表 3	光模块电路示意图.....	5
图表 4	光模块主要产品分类.....	5
图表 5	各速率光模块发展一览.....	6
图表 6	NRZ 调制与 PAM4 调制信号波形和眼图对比.....	6
图表 7	100G 光模块性能发展情况.....	7
图表 8	数据中心以太网物理层光接口的演进.....	8
图表 9	QSFP-DD 和 COBO 将成为 400G 产品主流.....	8
图表 10	光模块处于产业链中游环节.....	9
图表 11	光模块的成本拆分.....	10
图表 12	光芯片成本随着光模块速率升高而提高.....	11
图表 13	各大厂芯片产能.....	11
图表 14	几种主流芯片的属性和适用场景.....	12
图表 15	光芯片需要使用 III-V 族元素作为基板.....	12
图表 16	我国主要光模块厂商的扩产情况.....	13
图表 17	全球通信行业近年资本开支情况及未来预测.....	15
图表 18	全球光器件市场规模持续上升.....	16
图表 19	光模块市场历史规模及未来推测.....	16
图表 20	数据中心光模块占市场规模比已经达到 65% 以上.....	17
图表 21	数据中心各速率光模块占比趋势.....	18
图表 22	每个速率的光模块都会快速经历四阶段价格变化.....	18
图表 23	具体的价格演进情况.....	19
图表 24	2016 年光模块厂商市场格局.....	20
图表 25	我国光模块厂商市占率不断提升.....	21
图表 26	主要光模块厂商 2018 年/财年的业绩表现.....	22
图表 27	主要光模块厂商的下游客户变化情况.....	23
图表 28	我国厂商只进行封装单一环节生产.....	24
图表 29	与国外大厂的毛利率对比.....	24
图表 30	与国外大厂的净利率对比.....	25
图表 31	全球数据流量持续高速增长.....	26
图表 32	数据流量指向承载——超大型数据中心.....	27
图表 33	超大型数据中心持续增长取代中小数据中心.....	28
图表 34	思科预测超大型数据中心将持续增长.....	28
图表 35	东西向流量带来新的叶脊型网络架构.....	29
图表 36	数据中心光模块布置一览.....	30
图表 37	超大型数据中心的全球分布情况.....	31
图表 38	谷歌、微软、亚马逊近年的现金资本支出情况.....	32
图表 39	阿里、腾讯、京东和百度近年的现金资本支出情况.....	32
图表 40	我国超大型数据中心远小于北美.....	33
图表 41	阿里云和京东云投资情况.....	34

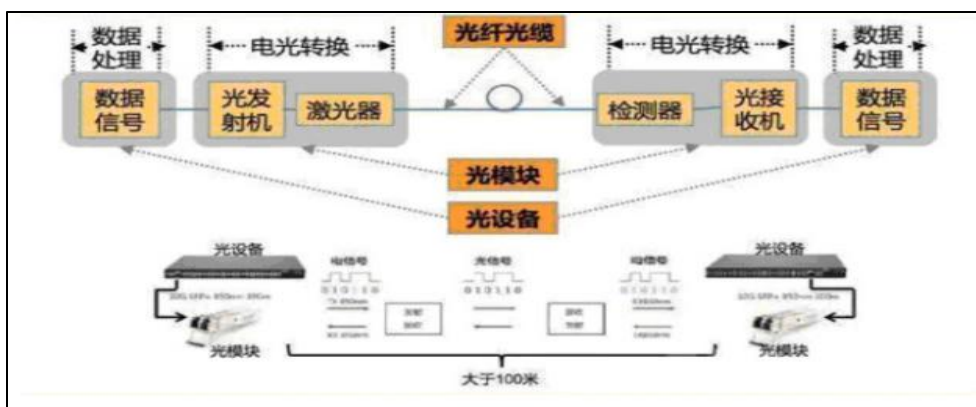
图表 42	2019-2021 数据中心光模块需求量预测.....	35
图表 43	2019-2021 数据中心光模块市场规模预测.....	36
图表 44	5G 覆盖和 4G 同样的面积需要更多的基站.....	37
图表 45	5G 定义了以下三类典型业务场景.....	38
图表 46	5G 承载网传输结构改变.....	38
图表 47	主要 5G 前传构架设想.....	39
图表 48	5G 承载组网构架.....	39
图表 49	中回传光模块数量测算.....	40
图表 50	光纤直连、无源 WDM 和有源 WDM/OTN 三种前传结构.....	41
图表 51	前传组网方案预测.....	41
图表 52	各层一般流量场景下流量测算.....	42
图表 53	前传市场规模预测.....	43
图表 54	我国 5G 光模块市场规模测算.....	44
图表 55	我国三大运营商和全球电信服务提供商资本支出对比.....	45
图表 56	3G&4G 时代基站的建设进程.....	45
图表 57	5G 光模块市场规模预测.....	46
图表 58	2019-2021 年光模块市场规模总体预测.....	46
图表 59	硅光子技术的集成与连接概况.....	47
图表 60	硅光技术 CMOS 工艺能够集成的器件.....	48
图表 61	硅光产业链主要环节和代表性厂商.....	49
图表 62	中际旭创基本财务情况.....	50
图表 63	光迅科技基本财务情况.....	51
图表 64	新易盛基本财务情况.....	52

## 一、光模块的简介

### (一) 光通信中进行光电转化的重要模块

光通信是以激光作为信息载体，以光纤作为传输媒介的通信方式，现已取代电通信成为全球最重要的有线通信方式，光模块用于实现电-光和光-电信号的转换，是光设备与光纤连接的核心器件。

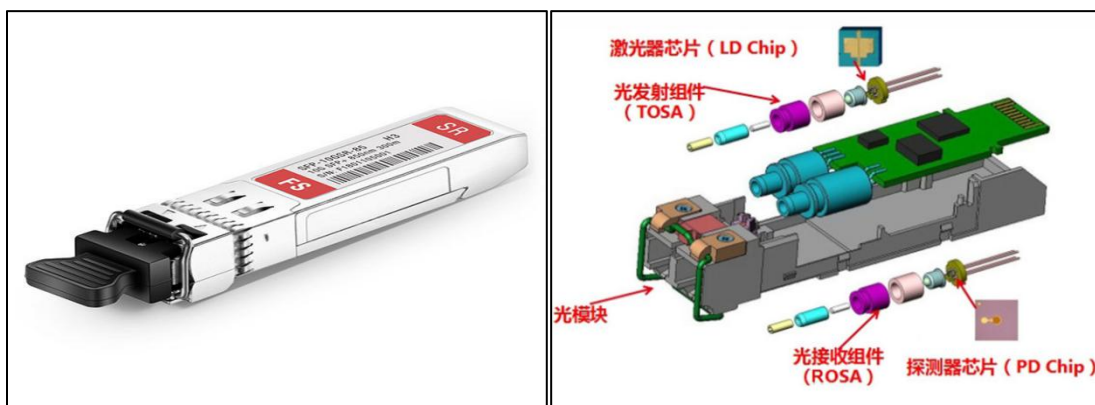
图表 1 光模块是光设备中用于光电转换的部件



资料来源：Ofweeks，红塔证券

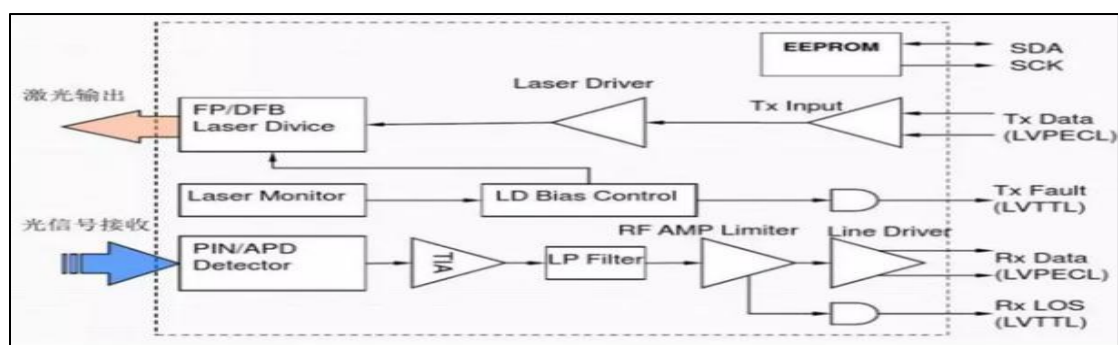
一个光模块通常由光发射组件（含激光器）、光接收组件（含光探测器）、驱动电路和光、电接口等组成。在发送端，一定速率的电信号经驱动芯片处理后驱动激光器（LD）发射出相应速率的调制光信号，通过光功率自动控制电路，输出功率稳定的光信号。在接收端，一定速率的光信号输入模块后由光探测器（PD）转换为电信号，经前置放大器后输出相应速率的电信号。

图表 2 光模块的构造



资料来源：中国信通院，FS-中国官网，红塔证券

图表 3 光模块电路示意图



资料来源：讯石光通讯网，红塔证券

为了适应不同的接入、转换和传输要求，光模块种类非常繁杂，相应的也有多种分类方式，典型如依据封装方式、速率、传输距离、调制格式、是否支持波分复用（WDM）应用、光接口工作模式、工作温度范围等进行分类。

图表 4 光模块主要产品分类

分类方式	主要产品
封装方式	SFP+、SFP28、QSFP28、CFP2、QSFP-DD、OSFP等
速率	10Gb/s、25Gb/s、50Gb/s、100Gb/s、400Gb/s等
传输距离	SR（短距离，支持编码方式为64B/66B的短波850nm多模光纤，有效传输距离为2m至300m） LR（长距离，支持编码方式为64B/66B的长波1310nm单模光纤有效传输距离为2m至80km）
调制格式	NRZ、PAM4、DP-QPSK/n-QAM等
是否支持WDM	灰光模块（不支持WDM）和彩光模块（支持WDM）等
光接口工作模式	双纤双向（Duplex）、单纤双向（BiDi）等
工作温度范围	商业级（0-70℃）、工业级（-40-85℃）等

资料来源：中国信通院，红塔证券

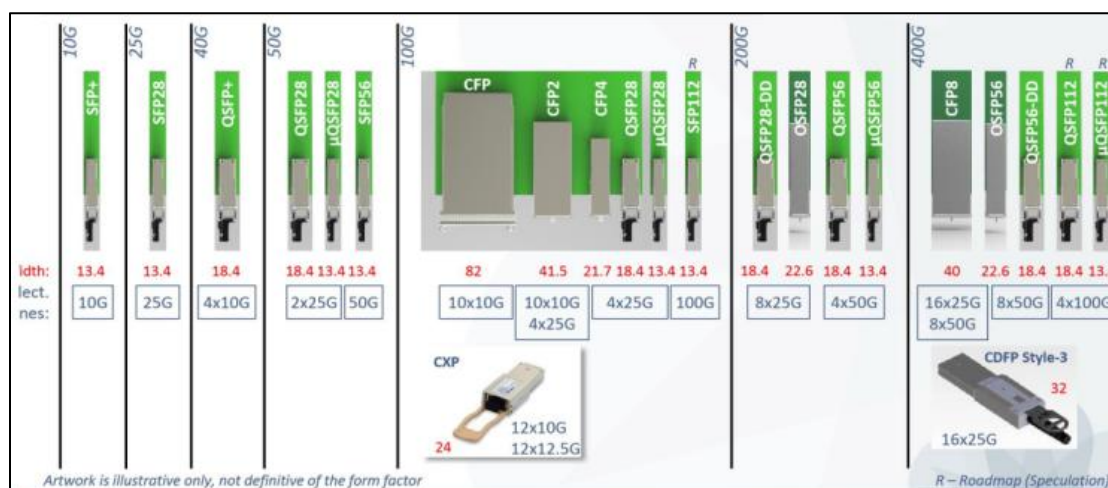
## （二）持续向更高速率+更小封装功耗升级

从1998年发展至今，光模块一直朝着两个方向不断升级。一是更高的速率：从1.25Gbit/s发展到2.5Gbit/s，再到10Gbit/s、40Gbit/s、100Gbit/s、单波长100Gbit/s、400Gbit/s乃至1T。

光模块提升带宽的方法有两种：A. 提高每个通道的比特速率，B. 增加通道数；提升比特速率又有两个方法，Aa. 直接提升波特率，Ab. 保持波特率不变，使用更

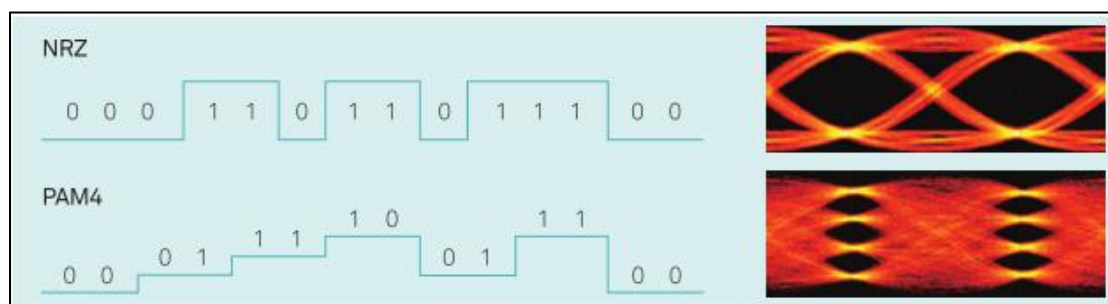
高的调制编码格式。在千兆、万兆时期，技术瓶颈还没到，直接就可以提升波特率，但到了 10G 以上，无论是电还是光，提升波特率变得越来越难，10G 到 40G，提升的是通道数，从 40G 到 100G，提升的是单通道的波特率（光芯片升级 10G->25G）。而从 100G 到 400G：如果只提升通道数则需 16 个通道，即 16\*25G 的方案；如果只提升单通道比特率，即 4\*100G 的方案，则单通道比特率需达到 100G，就目前的技术而言，激光器做到 100G 的波特率有瓶颈，50G 有难度，但可实现，因而还需要更高的调制方式，即 PAM4（对比传统 NRZ 调制，PAM4 单个脉冲可以传递两比特信息，相同条件下信道容量可以提升一倍）；除上述两种外，还有折中的方案，即 8\*50G，通道数翻倍，比特率也翻倍。

图表 5 各速率光模块发展一览



资料来源：Juniper，红塔证券

图表 6 NRZ 调制与 PAM4 调制信号波形和眼图对比



资料来源：电子创新网，红塔证券

二是更小的封装和功耗：从低速率的 GBIC、SFF 到 SFP 光模块，从 10Gbit/s 速率的 Xenpak、X2、XFP 到 SFP+，从 100G 速率的 CFP（28W）、CFP2 到现今宽度 1/4 的 CFP4 以及 QSFP+ 和更小的 QSFP28（3.5W），意味着光模块在交换机上

具有更高的端口密度，同样的功率可以驱动更多的光模块。

从 100G 的情况来看，最初产品 CFP 到市场运用最广的成熟产品 QSFP28，体积缩小 85%，功耗下降 87.5%，

图表 7 100G 光模块性能发展情况



资料来源：Finisar，红塔证券

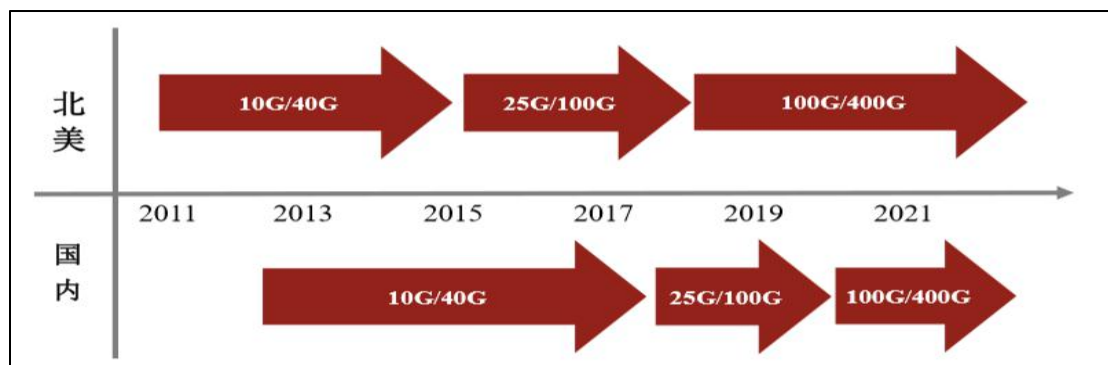
### （三）即将进入 400G 时代

数据中心模块的迭代速度要远远快于通信领域，亚马逊、谷歌、微软都曾表示他们计划三年左右升级一次光连接产品，光模块高频率升级的主要原因就是数据中心不断提高的速率要求。

亚马逊等北美头部 ICP 在 2016 年下半年起量 100G 光模块，2017 年就已经全面转向，国内数据中心虽然起步较晚，但也从 2017 年逐渐转向 100G，100G 渗透率在近几年不断提高；400G 光模块方面，Amazon、Google 等北美一线 ICP 公司在 2018 年下半年和 2019 年逐渐开始部署 400G 产品，业界普遍认为 2020 年会开始实现 400G 光模块的规模发货，中际旭创 2018 年 12 月募集资金建设 400G 光模块生产线，2019 年 3 月资金到位，按照 1.5 年的建设周期来看，也侧面印证了 400G 的放量时点。中国阿里云宣传 2018 年将成为 100G 光模块大规模应用元年，预计 2019 年进行 400G 光模块的升级，意味着在 400G 时代，以 BAT 为主的国内数据中心的光模块将追上北美数据中心的迭代进度。



图表 8 数据中心以太网物理层光接口的演进



资料来源：光迅科技公告

电信市场方面，大带宽作为 5G 承载网的硬性要求，在 5G 时代基站将从 10G 升级至 25G 光模块，城域网将从 10G/40G 升级至 100G，骨干网将从 100G 升级至 400G。

目前 400G 光模块有 CFP8、OSFP、QSFP-DD 和 COBO 四种，由于首先运用领域是数据中心，需要从尺寸、功耗和成本三方面考量，市场普遍看好 QSFP-DD 和 COBO。

图表 9 QSFP-DD 和 COBO 将成为 400G 产品主流

 <p>CFP8</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 成本较高，需要使用16个25G激光器</li> <li>2. 功耗高</li> <li>3. 尺寸大，面板接口密度低</li> <li>4. 没有散热问题</li> <li>5. 能够快速投入市场</li> </ol>
 <p>OSFP</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 8*56G（56G是由25G激光器在PAM4的调制下制成）</li> <li>2. 功耗15W</li> <li>3. 尺寸还不够小</li> <li>4. 不能兼容现有光电接口</li> </ol>
 <p>QSFP-DD</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 两个QSFP56并行（QSFP56是4*56G）</li> <li>2. 尺寸小于OSFP</li> <li>3. 功耗更低，目前最高12W，目标是10W</li> <li>4. 能兼容现有40G QSFP和100G QSFP28接口实现平滑升级</li> <li>5. 发热问题比较严重</li> </ol>
 <p>COBO</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 直接把光模块放置在PCB板中，不再受限于前面的接口密度，尺寸小，还能进一步变小</li> <li>2. 散热问题可以利用PCB板间强大的散热器得到缓解</li> <li>3. 板中任何一个模块业务失败，修理更换需要把整个业务板停掉</li> <li>4. 背板连接会更多需要光连接器而不是传统的高速铜连接器</li> </ol>
	<p>综合对比：从尺寸、功耗和成本三方面考量，市场普遍看好 QSFP-DD和COBO。</p>

资料来源：FS-中国官网，红塔证券

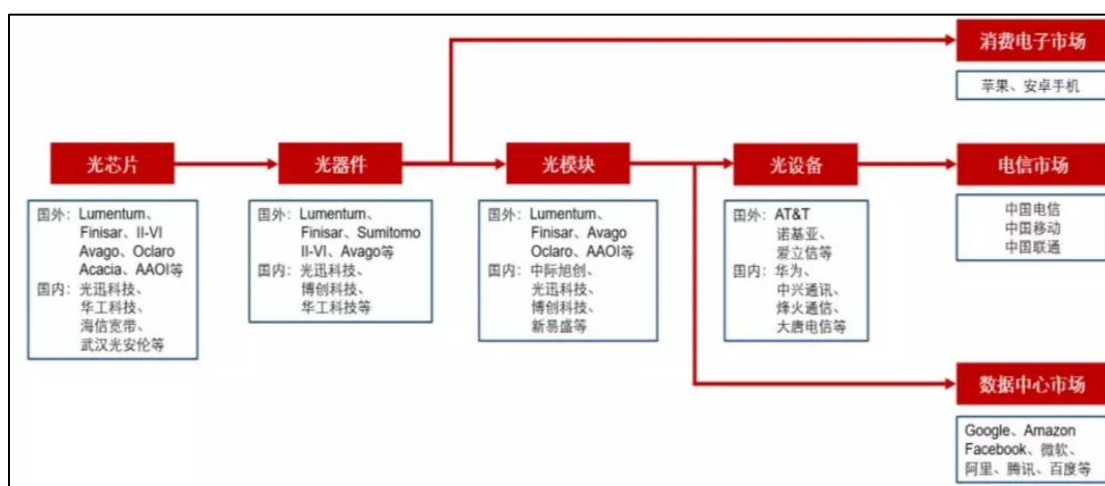
综上所述，光模块是实现光电信号转换的器件，运用于光传输当中，是光传输设备间必不可少的连接起点和终点。

光模块的主要升级是速率升级，基本上 3-4 年进行一次迭代，由最早的 1.25Gbit/s 发展到现今的 100Gbit/s，随着数据中心的快速演进，预计 2020 年将会演进至 400Gbit/s 起量；而在每一代速率产品中，由于下游应用的需要，会通过通道数减少，信号控制功能优化等方式，进行缩小光模块体积，降低光模块功耗的升级，以 100G 时代来看，成熟产品要比最初的产品体积缩小 85%，功耗减小 87.5%。

## 二、成本分析

光模块处在产业链中游环节，上游主要产业链是光芯片——光器件；下游有电信、数通和接入市场。其中主要的是两个，一是电信，采购光模块的是设备商如华为、中兴、烽火、诺基亚等，设备商采购光模块制成完整设备再向下游电信运营商出售；二是数据中心，采购者是互联网公司 Google、Amazon、思科、阿里巴巴、腾讯等，由于使用规模较大，为降低成本互联网厂商是直接采购光模块再交给设备商进行适配。

图表 10 光模块处于产业链中游环节

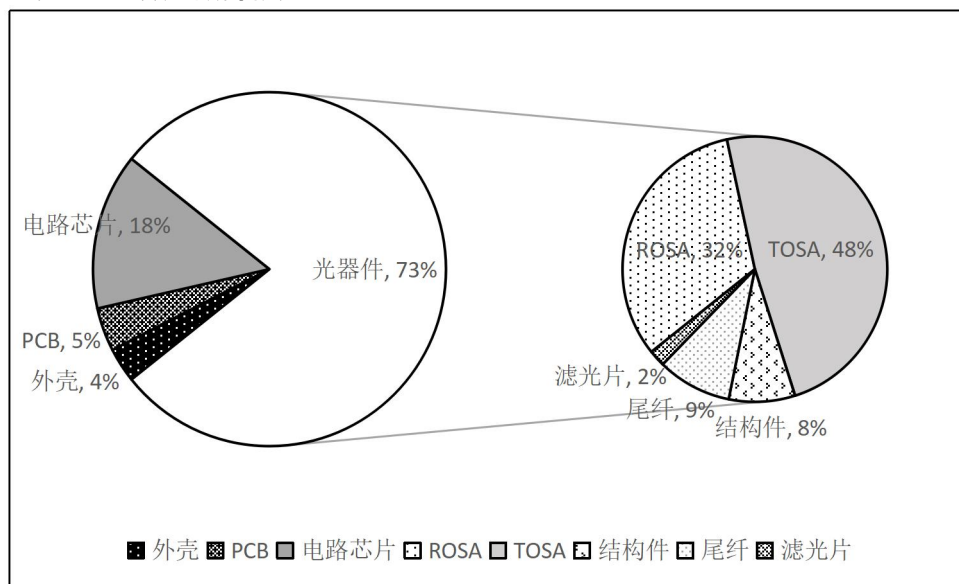


资料来源：台湾证券交易所官网

光通信模块产品所需原材料主要包括光器件、电路芯片、PCB 以及结构件等，光模块产品生产的能源消耗主要为电力。光器件占光模块成本 72%，具体看光器

件，以激光器为主的发射组件占了光器件近一半的成本，以探测器为主的接收组件占比 32%，两者合计占光器件成本 80%。

图表 11 光模块的成本拆分



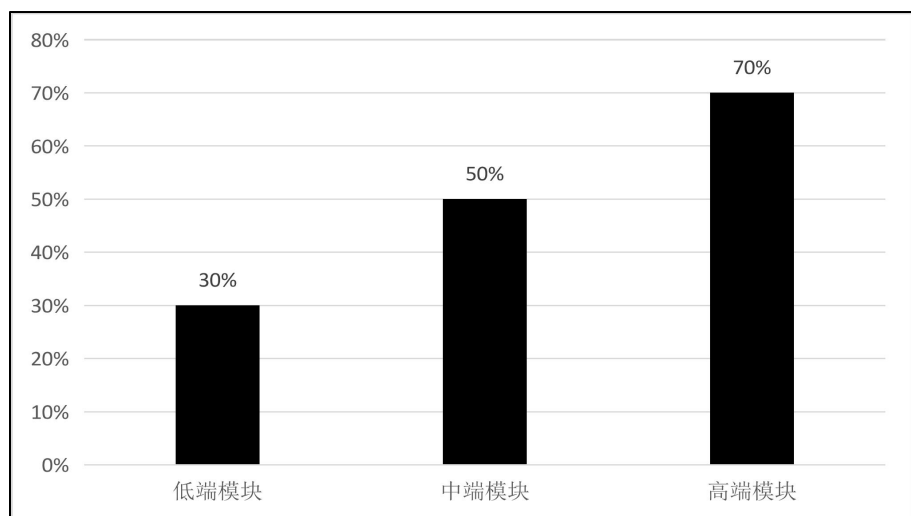
资料来源：方烁科技，红塔证券

光模块所需的集成电路芯片主要有激光驱动器和限幅放大器，可提供此类芯片的供应商分布在全球多个地区，相关厂商有 Macom、semtech、siliconlabs、Maxim 等；PCB 属于充分竞争的市场，其需求由下游需求主导，应用领域几乎涉及所有电子信息产品。

### （一）光芯片是最主要的成本构成

光器件行业的供应商较多，**高端光器件主要由国外供应商提供**。光器件的高低端，主要差别在光芯片的差异上，光芯片的性能与传输速率直接决定了光纤通信系统的传输效率，由于研发困难，光芯片处于产业链的核心位置，具有高技术壁垒，占据了产业链的价值制高点，尤其是光源激光器芯片，目前光芯片占到光模块成本在 50%左右（占光器件 68%，占 TOSA+ROSA 85%），高端模块中占比可能高达 70%。

图表 12 光芯片成本随着光模块速率升高而提高



资料来源：中国产业信息网，红塔证券

目前能够生产高端光芯片的厂家数量有限，集中在美日几家厂商当中，我国在芯片能力非常薄弱。除下表的 Finisar、Lumentum、Broadcom、Oclaro、AAOI、三菱外，根据中际旭创和其他厂商的采购情况来看，还有美国的 Avago 供给 DFB 和 VCSEL，II-VI 供给 VCSEL 芯片，日本住友供给 EML 芯片，另外还有日本瑞萨。我国具有光芯片生产能力的厂商有光迅科技和海信带宽，目前只有几款 10G 以下的芯片生产能力且主要是自供。

图表 13 各大厂芯片产能

公司名称	光芯片生产能力
Finisar	25G VCSEL、DFB、EML等芯片（自用）
Lumentum	VCSEL(自用)、25G EML
Broadcom	25G VCSEL、EML
Oclaro	自产10G EML、28G EML、43G EML、56G EML、25G DFB
NeoPhotonics	自产2.5G DFB、VCSEL、APD，研发10G EML、25G DFB、EML
AAOI	量产25G芯片
三菱	25G DFB、25G EML
华工科技	25G光芯片预计2019年内实现量产
光迅科技	量产10G DFB/VCSEL，研发10G EML、25G DFB/EML、25G VCSEL
海信带宽	自产2.5G DFB、10G EML
昂纳科技	10G以下DFB、EML

资料来源：根据公开信息整理，红塔证券

光模块内部的激光器可分为垂直腔面发射激光器（VCSEL）、法布里-珀罗激光器（FP）、分布式反馈激光器（DFB）、电吸收调制激光器（EML），其中最主

要使用的是 VCSEL、DFB、EML；光探测器可分为 PIN 结二极管（PIN）、雪崩光电二极管（APD）等。光模块需要根据具体规格要求选择不同的芯片方案，最主要的差异仍然是在激光器上，电信领域传输主要使用 DBF/EML 的芯片，数据中心分为两块，内部互联主要采用 VCSEL 和 DFB 芯片，DCI 网络主要采用 DFB / EML 芯片，不同类型的激光器和光探测器在性能和成本等方面存在差异。

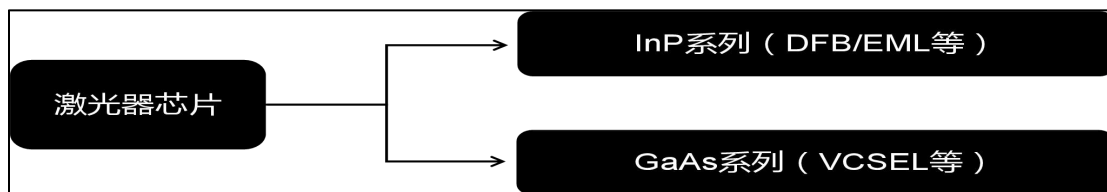
**图表 14 几种主流芯片的属性和适用场景**

激光器类型	主要波长	特点	传输距离	应用场景
VCSEL	850/940nm	1、多纵模，传输距离短 2、阈值电流小、功耗低 3、圆形输出光斑，发散角较大，耦合效率低 4、易集成大面积阵列	<500米	数据中心内部、消费电子领域（3D感应面部识别）
FP	1310/1550nm	1、多纵模，传输距离较短 2、成本低	<20千米	FTTx接入网
DFB	1310/1550nm	1、在FP的基础上通过内置布拉格光栅形成单纵模，传输距离适中 2、色散较大 3、温度特性好 4、直接调制	<40千米	FTTx接入网、传输网、无线基站、数据中心内部互联等
EML	1550nm	1、单纵模，传输距离长 2、体积小 3、色散小 4、温度特性好 5、外调制	>40千米	高速率、远距离的电信骨干网、城域网和数据中心互联（DCI网络）

资料来源：根据公开信息整理，红塔证券

同时，由于激光器发光是基于受激辐射的原理，不同材料的亚稳态与基态能级差不同，决定了激光的发光波长不同，为契合光纤的三个低传输损耗波长窗口 850nm、1310nm、1550nm，传统光模块需要使用生长更难、价格更贵 III-V 族元素作为基板（衬底），主要包括磷化铟（InP）、砷化镓（GaAs）两个系列。

**图表 15 光芯片需要使用 III-V 族元素作为基板**



资料来源：根据公开信息整理，红塔证券

除了研发和材料成本较高外，光芯片很难达到规模效应也是其价格高的一个原因。全球每年光模块的出货量在 6000 万个左右，而激光器芯片的出货量应该不超过 1 亿个，再考虑到光芯片种类繁多，主流的单款芯片年出货量可能不过千

万个，对于半导体行业来说，这个规模并没有较高的规模效应，从厂商来看，Finisar、Oclaro、Lumentum等具备完善光芯片产能的光模块龙头，均为IDM（垂直一体化模式）模式，推测它们单纯靠卖芯片很难实现规模盈利。

## （二）封装环节正逐渐向国内转移

光模块的封装形式，受制于应用的场景，比如大小、功耗、传输距离等。激光器芯片有VCSEL、FP、DFB、EML等多种，而光模块封装形式也有1×9、2×9、GBIC、SFP、XFP、SFP+、300pin、QSFP/QSFP+、CXP、SFP28、QSFP28、CFP2、QSFP-DD、OSFP等多种形式，再配以不同的电接口，种类则更多。比如数据中心对光模块的要求是小型化、低功耗，而对传输距离要求低，电信网络则对体积、功耗不严格，而对传输距离要求较高，根据传输距离不同，仅仅10G光模块就有几十米、几千米、数十千米等多种。

光模块种类繁多，又具有定制化特征，因此在封装环节尤其强调快速定制化开发能力和大批量交付能力，是一个需要大量劳动力的环节。

目前光模块的封装制造环节正在向国内转移，由于中国具有成熟的代工体系以及人力成本的相对优势，Finisar、AAOI等国外光模块大厂商均在中国设有工厂，还有一些工厂设在泰国和马来西亚。部分未在人力资本较低的国家设厂的厂商则完全放弃了光模块的封装环节，如Avago则出售光模块组装业务给鸿腾精密，MACOM出售其先前收购的日本公司FiBest给上海剑桥科技，剥离光器件封装和光模块组装业务。国内厂商方面，以中际旭创、新易盛等为主的从事采购——纯封装环节的厂商，较低的制造成本成为差异化其优势之一，两个公司目前都在扩大产能。

图表 16 我国主要光模块厂商的扩产情况

	投资额	项目名称	投产时间	产能增加量
新易盛	3.74亿元	光模块生产线建设项目	2017年第四季度	229.53万只光模块，增加55.58%
中际旭创	4.4亿元	400G光通信模块研发生产项目	预计2020年	45万只400G光通信模块
	11.3亿元	安徽铜陵光模块产业园建设项目	预计2020年	160万只100G光通信模块 140万只5G无线通讯光模块

资料来源：公司公告，红塔证券

综上所述，光模块产品所需原材料主要包括光器件、电路芯片、PCB 以及结构件等，光器件占光模块成本的 72%，光器件当中激光器组件和探测器组件占比 80%，而激光器组件和探测器组件的成本主要就是芯片，所以芯片占光模块成本 50%左右，并且芯片越高端，光芯片成本占比会更高，而不同的使用场景需要光芯片不同的光模块，数据中心主要是 VCSEL 和 DFB，电信领域主要是 DFB 和 EML；同时，由于光芯片技术壁垒非常高，目前生产能力只集中在几个美日厂商手中。

我国众多厂商从事的光模块封装环节强调快速定制化开发能力和大批量交付能力，是一个需要大量劳动力的环节，国外大厂目前都在向中国转移该环节产能，而我国厂商则在大量扩产。

### 三、市场规模

#### （一）光通信资本支出又将进入上升通道

光模块是光通信设备的重要组成部分，而目前以北美和我国的数据来看，通信的 80%左右都是通过光通信实现，而“全光网络”的整体趋势将进一步提升该比例。光模块市场的发展，实际上直接由下游通信资本支出带动。

电信服务提供商 (CSP)，2010 年是 4G 国外主流运营商进行规模建设的元年，2014 年中国加入 4G 建设，全球 CSP2010 年至 2015 年的资本支出规模绝对值达到 3300 亿美元左右的水平，并持续有小幅增长，2015 年之后全球整体 4G 建设进入尾声，另一方面传统电信运营商整体收入增长率徘徊在 2%左右，疲弱的收入限制了资本支出预算，所以预计 CSP 直到 2019 年资本支出都会呈现负增长，但仍维持在 3000 亿美元以上的水平。

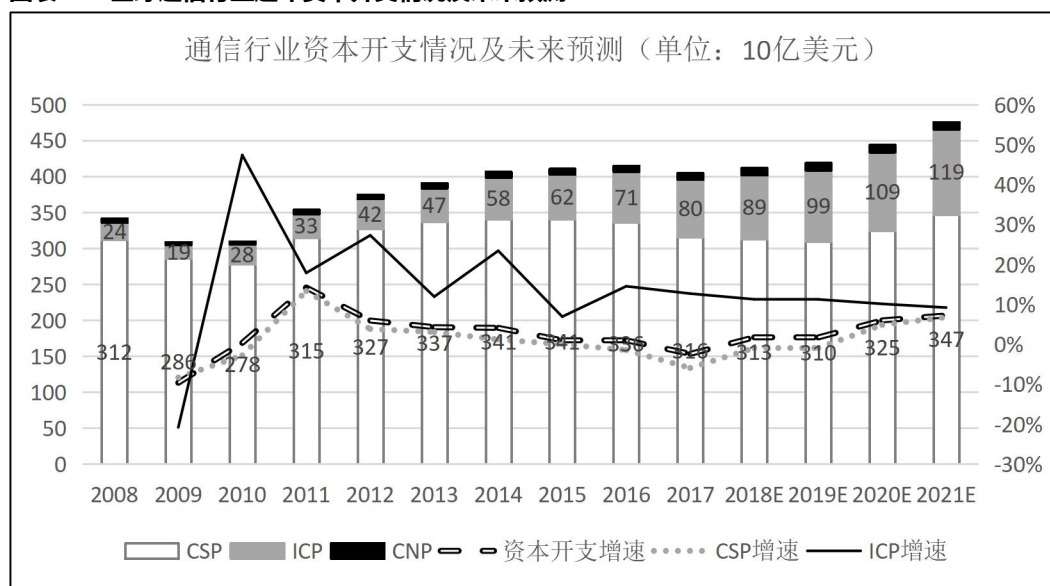
互联网内容提供商 (ICP) 方面，2010 年为起点，谷歌、苹果和 Facebook 等大型 ICP 开始花重金投资自己的网络迅速推动通信行业资本支出，主要围绕数据中心和云基础设施，数据流量呈爆发式增长（据推测史前文明到 2005 年的数据量合计为 1EB，随着各种日常信息、行为数据化，2016 年数据量达到 6963EB，预计 2020 年数据量将达到 21094EB），推动作为载体的数据中心成为“刚需”，加上 ICP 的收入增长更为强劲，且一些 ICP（尤其是谷歌）相较电信的大型 CSP

将更多的收入用于资本支出，ICP的资本支出基本持续维持10%以上的增长率，并带动市场整体增长，占整体市场的比重从2008年的7%上升到2017年20%的水平。

网络中立提供商（CNP），主要指诸如Crown Castle和Equinix的铁塔和数据中心专业提供商，将占有余下3%的份额，占比较小且预计不会有大幅增长，将维持100亿美元左右的规模。

Ovum认为2019年至2021年，随着全球5G的逐渐覆盖，必须大规模更新硬件软件支持，CSP的资本支出增速为-1%、4.8%、6.8%，达到3250亿美元；数据量持续增长，北美数据中心依然处于大规模建设期，中国数据中心未来可观，ICP每年支出将同比增长10%左右，达到1090亿美元；整个通信行业资本支出将有1.7%、6%和7.2%的增长。

图表 17 全球通信行业近年资本开支情况及未来预测



资料来源：Ovum，红塔证券

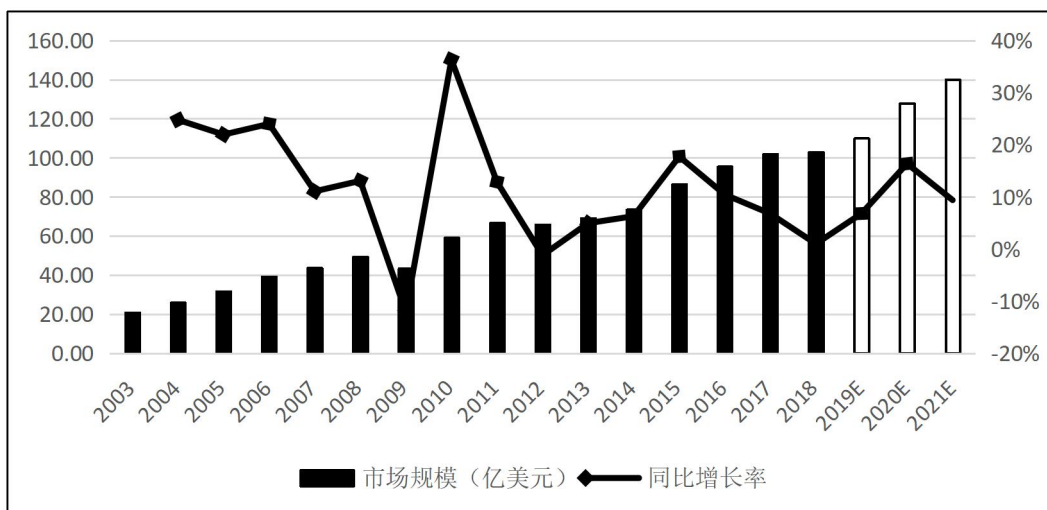
光器件市场规模与变化与通信行业资本支出变化情况一致，2008至2017年全球光器件/模块市场规模呈现增长趋势，2017年，全球市场规模达到102亿美元，同时由于ICP资本支出中光器件/模块占比较CSP要高，所以在ICP资本支出大幅增长的带动下，全球光器件/模块占全球通信行业资本开支从2008年的1.4%提高到2017年的2.5%。

光通信尤其是光器件领域的市场研究公司——和弦产业研究中心（C&C）统计，



2018 年全球光器件市场规模约 103 亿美元，同比微增 0.98%，并预计受益数据中心资本开支的增加和 5G 大规模的资本开支增加，2019 年、2020 年和 2021 年的光器件市场规模分别是 110、128、140 亿美元。

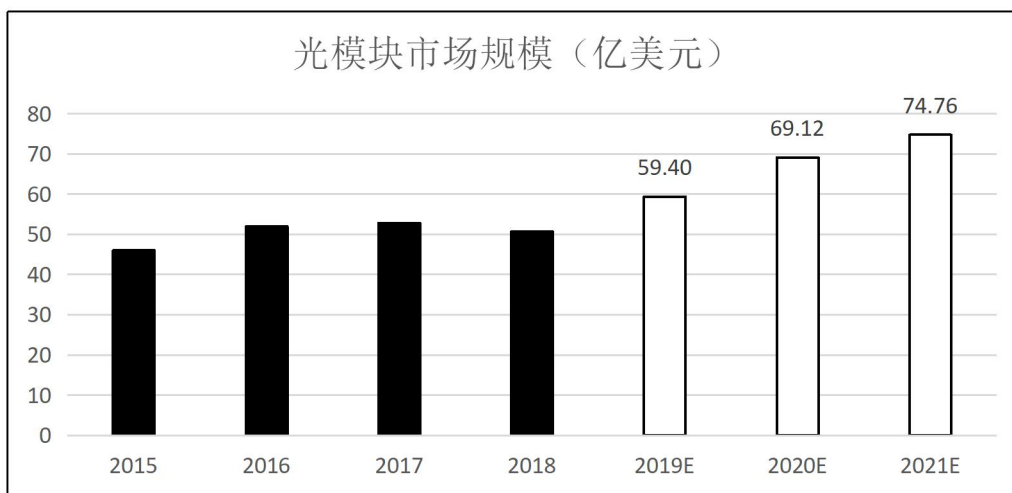
图表 18 全球光器件市场规模持续上升



资料来源：Ovum，C&C，红塔证券

LightCounting 历史统计显示光模块市场规模在 2015、2016、2017 和 2018 年达到 46、51.95、52.80、50.66 亿美元，占整个光器件市场规模的 52%左右，综合 Ovum 统计口径下 56%的占比，取 54%，结合 C&C 对光器件/模块整体市场规模的预测，预计 2019 年至 2021 年光模块市场规模将达到 59.40、69.12、74.76 亿美元。

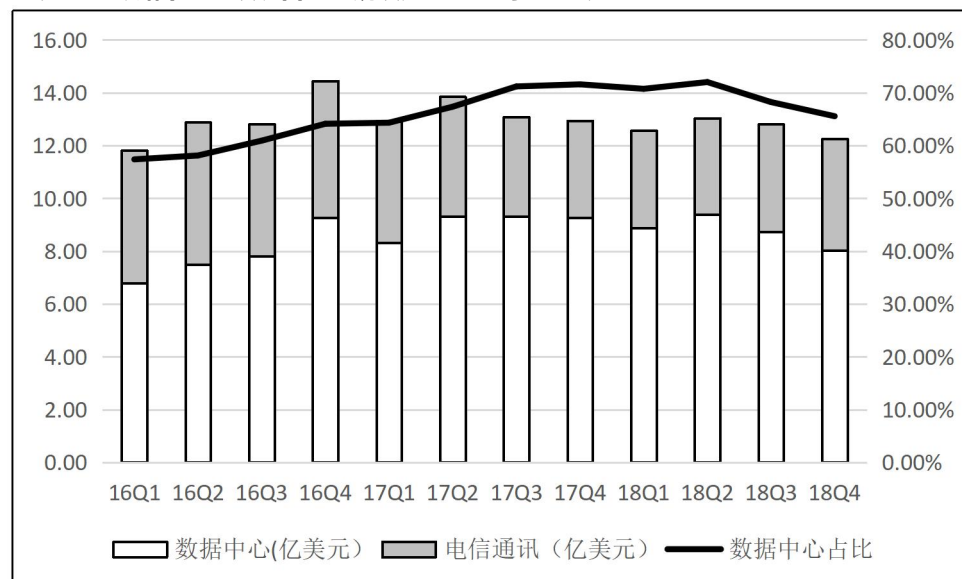
图表 19 光模块市场历史规模及未来推测



资料来源：LightCounting，红塔证券

具体来看各个下游市场对光模块的贡献，4G 时代接近尾声，数通市场强势增长，数通光模块占光模块市场规模比不断提升，仅近三年来看，2016 年占比为 60.29%，到 2018 年已经达到了 69.17%，数据中心成为光模块新的增长点并逐渐被倚重。

图表 20 数据中心光模块占市场规模比已经达到 65%以上



资料来源：LightCounting，红塔证券

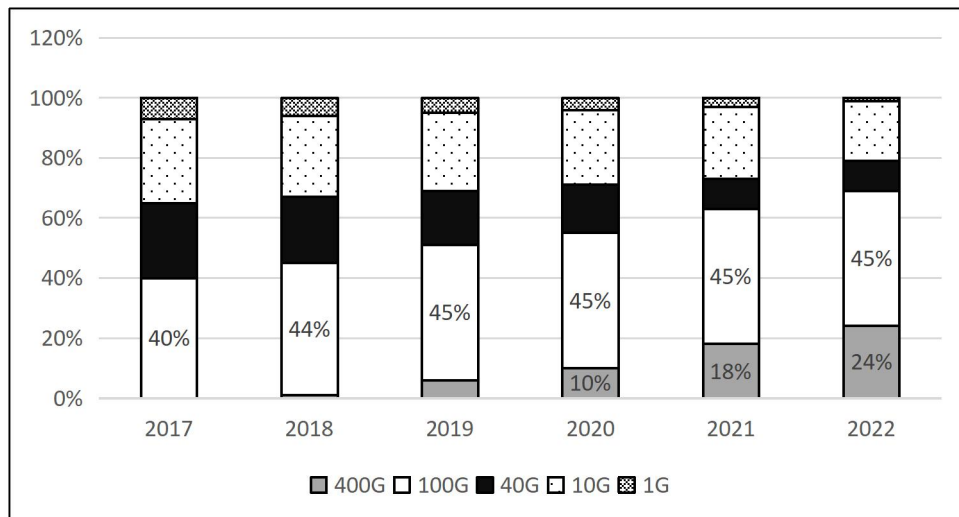
综上所述，光通信行业的资本支出来自两个市场——CSP&ICP，随着全球 5G 落地，CSP 作为光通信市场市场的主力将从 2019 年开始增加资本支出规模，预计 2021 年将达到 3470 亿美元；ICP 市场虽然是光通信行业的新领域，但是“刚需”+ICP 大力度投资使得 ICP 支出增长率持续保持 10%甚至 20%以上，占通信市场资本支出比从 7%提升到 20%，预计 2021 年达到 1190 亿美元。Ovum 预测在 CSP&ICP 两个市场的增长下，2019-2021 年全球通信行业资本支出将达到 4190、4440、4760 亿美元，同比增长 1.7%、6%和 7.2%。

一方面传统下游的资本支出增长将直接带动光器件/模块的市场规模增长，另一方面在增长迅速的新领域——ICP 中，资本支出里光器件/模块的占比较 CSP 更高，拉动全球光器件/模块市场规模增长比通信行业资本支出增长更快，根据 Ovum 和 C&C 的预测测算 2019 年至 2021 年光模块市场规模将达到 59.40、69.12、74.76 亿美元，同比增长 17%、16%、8%。

## (二) 产品持续迭代带来价格周期性变化

如上所述，数通光模块整体在 2011 进入 40G 时代，2016 年下半年开启 100G 时代，预计 2020 年后 400G 光模块起量，产品迭代频繁，通常平均 3-4 年就会发生代际更替。

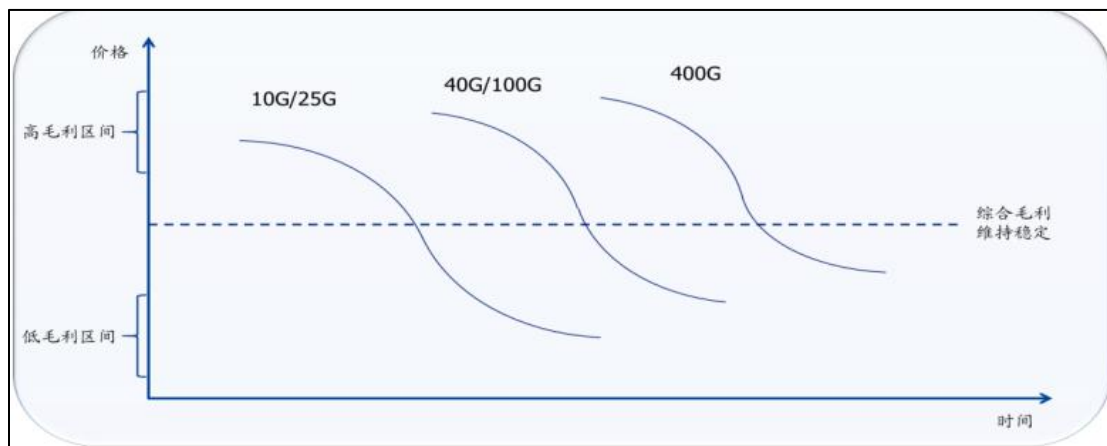
图表 21 数据中心各速率光模块占比趋势



资料来源：中国产业信息网，红塔证券

相对应的价格情况，新品的推出总会快速经历四个阶段：A. 首发高价、B. 高毛利→竞争者进入价格下滑、C. 毛利降低→价格平稳、D. 毛利维持的过程，但由于成本底线，但每一代的整体价格都会较前一代光模块较高，并且毛利率的波动范围逐渐收窄。

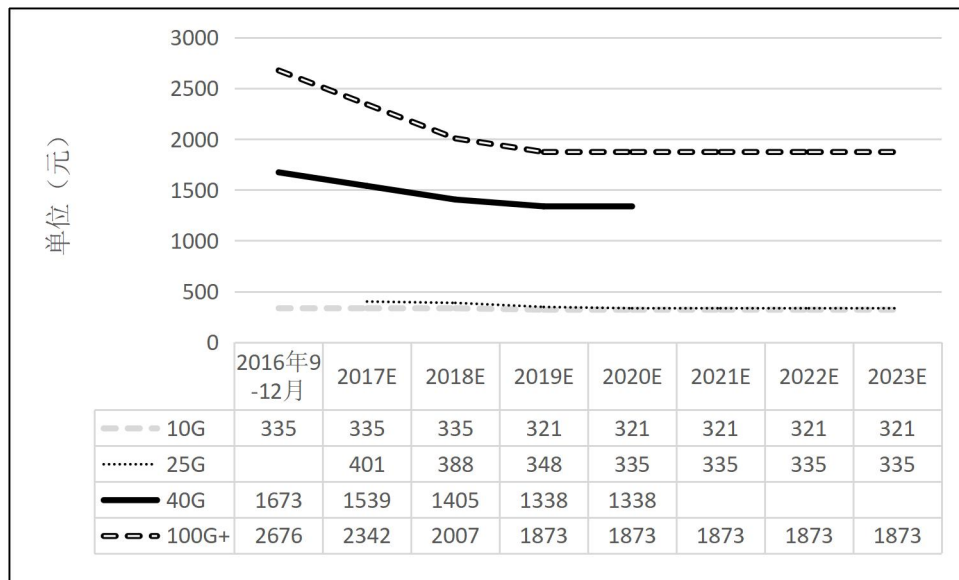
图表 22 每个速率的光模块都会快速经历四阶段价格变化



资料来源：讯石光通讯网，红塔证券

中际旭创在 2017 年初的公告里对其各个速率的光模块进行了 2017 年及未来五年的价格预测，100G 光模块在 2016 年处于 A 阶段价格 2676 元，预测 2017 年过渡到 B 阶段（实际在 2017 年由于未预期到的供不应求 100G 光模块价格是上升的），价格 2342 元较 A 阶段价格下降 12%，到 2019 年进入 D 阶段，价格为 1873 元，较 A 阶段降低 30%。

图表 23 具体的价格演进情况



资料来源：中际旭创公告，红塔证券

上述价格主要是基于数据中心光模块进行分析，电信市场方面，光模块升级较慢，基本随每一代通信 7 年左右升级一次，相应的模块整体速率要较数据中心光模块低。但是在相同的速率下，电信光模块的价格应该要高于数据中心：

一是在成本分析当中提到的芯片差异，由于距离和发光性能要求，数据中心模块的光芯片是 VCSEL 和 DFB，而电信光模块在前传使用 VCSEL 和 DFB，中回传就会大量使用 EML，飞速官网上 100G QSFP28/DFB/10km 是 5780 元，100G QSFP28/EML/40km 是 36150 元，同速率同封装下的 EML 达到 DFB 光模块零售价格的六倍。

二是封装要求存在差异，数据中心的光模块是在空调房进行工作，工作温度范围比较窄，一般不需要气密封装；而 5G 光模块属于工业级应用，-40-85 摄氏度的工作范围，由于激光器高温性能劣化问题严重，模块封装需要加 TEC 制冷或者气密封装。

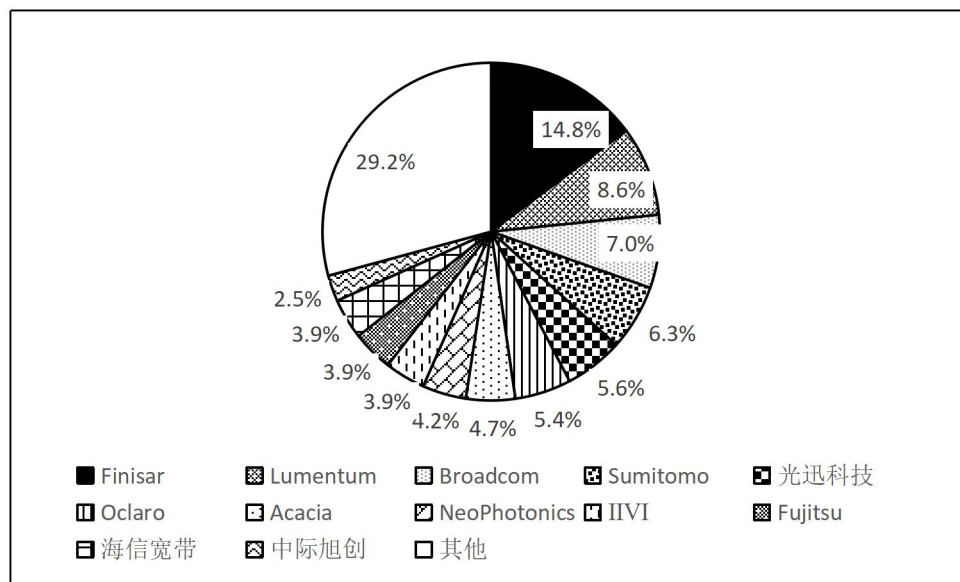
综上所述，数通光模块 3-4 年就会发生代际更替，每一代产品的价格都会快速经历 A. 首发高价、B. 高毛利→竞争者进入价格下滑、C. 毛利降低→价格平稳、D. 毛利维持的过程四个阶段，目前 100G 产品价格正在下滑，预计直到 2020 年的 400G 产品才会为厂商带来均价的回升；电信光模块迭代较慢，在同等速率下，由于芯片和封装要求更高，成本和价格会高于数通光模块。

#### 四、市场格局

根据 Ovum 对 2016 年光器件/模块市场情况的统计，在全球光器件/模块市场份额排名前 10 的厂商中，美日公司占据 9 个席位。以 Finisar、Lumentum、Broadcom、Oclaro 等为首的北美企业与日本企业在高速光芯片方面占据了技术制高点，国内在 2016 年仅光迅科技进入前十排名第五，中际旭创 2016 年销售收入 19.9 亿元，占市场份额在 2.5% 左右。

2016 年光器件/模块市场规模为 95.54 亿美元（约 649.67 亿元人民币）以营业收入来看，光迅科技 2016 市占率应在 6.2%，中际旭创应在 3%

图表 24 2016 年光模块厂商市场格局



资料来源：Ovum，红塔证券

在前述厂商中，市场上最具竞争优势的八家光模块企业是：Finisar、Lumentum、Acacia、Oclaro、Avago、AAOI、Neophotonics、中际旭创。其中一些专注数通市场（数通产品占收入比 50% 或以上）：Oclaro、AAOI、Finisar、

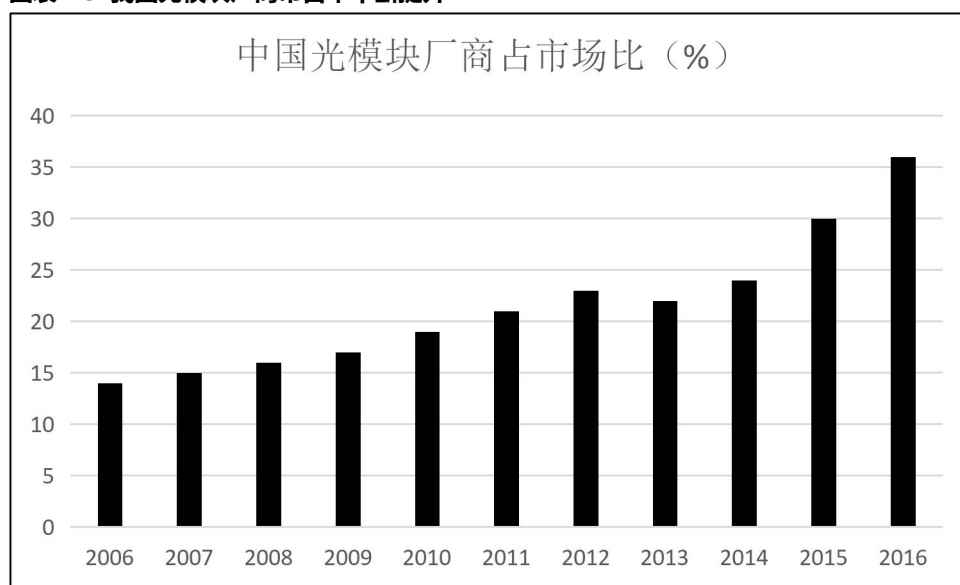
中际旭创，另一些专注于电信市场的 Acacia、NeoPhotonics、Lumentum。

### （一）价格优势下我国厂商市占率不断提高

一方面随着成本优势下整个封装环节向中国转移，另一方面，低端芯片技术被攻克，大陆厂商则凭借成本优势逐渐实现从中低端产品的封装到中低端产品的垂直一体化，国内光模块厂商的市场份额占比不断提升，根据 Lightcounting 统计，中国光模块供应商市场份额从 2010 年的 19% 增长到 2016 年的 36%，相应的市场集中度仍然不高，2012 年-2016 年，传统外国光模块厂商的市场份额四年时间损失了 20%。所以 Avago 在 2016 年就出售光模块组装业务给鸿腾精密，一些市占率不高的外国厂商也有同样的举措，美日厂商“被动”收缩业务线条，逐渐聚焦高端光电芯片研发与投入。

根据这个趋势，高端芯片是目前最硬的壁垒，如果国内高端芯片能够，全球光器件市场有望进一步完成全产业链国产替代。

图表 25 我国光模块厂商市占率不断提升



资料来源：LightCounting，红塔证券

2016 年到 2018 年，我国主要厂商的光器件/模块收入增长幅度也要明显大于外国主要厂商，据此推测相应的市占率会有进一步的提升，其中中际旭创的营收增长速度最快，已经超越 Oclaro、AAOI 等厂商，市占率进入前三甲。

图表 26 主要光模块厂商 2018 年/财年的业绩表现

	2016年/财年	2018年/财年	同比增长
中际旭创	19.90	48.89	145.68%
光迅科技	40.59	49.28	21.41%
新易盛	7.14	7.60	6.44%
FNSR	81.59	83.46	2.29%
Lumentum	47.80	41.46	-13.26%
NeoPhotonics	19.12	19.04	-0.42%
Oclaro	27.00	36.00	33.33%
AAOI	13.90	13.48	-3.02%
ACACIA	33.19	23.33	-29.71%

资料来源：公司公告，红塔证券

国内厂商的价格优势是市场份额不断提升的重要原因。如之前说过的，光模块具有定制化的特征，不同下游对光模块会有不同的要求，又对整体光通信系统至关重要，因此客户的准入门槛很高，想要进入主流模块厂商供应链，需要1年多时间用于测试，对客户本身也是一件非常耗时耗力的事情。加上有的客户会和模块供应商签订长约，要求每年有相应量的供货，所以光模块厂商和下游客户的黏性一般来说是非常大的，所以看光模块厂商的下游和采购占比，往往不会有非常大的变化。

但是，尤其是对于数据中心来说，光模块的采购量非常大，在数据中心的框式网络设备通常有数百个端口，这些端口如果都使用上就需要数百个光模块，尤其是随着光模块升级，100G、400G光模块单价都比较贵，一个100G光模块价格会超过设备——一台普通盒式交换机的价格，所以数通高速光模块非常强调成本能力、技术工艺、量产能力，而价格正是中国厂商获得市场份额的一大竞争力。比如 Amazon 在 2016 年和之前年份，也就是数据中心 40G 光模块时代，基本都向 AAOI 采购是 AAOI 最大的客户，常年占 AAOI 收入的 50% 以上，2017 年 Amazon 数据中心光模块整体砍掉 40G 升级 100G 之际，供应商名单中加入了中际旭创和 Intel（Intel 是硅光光模块厂商，硅光光模块较传统光模块价格更低），2017 年和 2018 年占 AAOI 营收比迅速下降 35%、12%。

图表 27 主要光模块厂商的下游客户变化情况

	2016年/财年	2017年/财年	2018年/财年
Finisar	Cisco、Huawei 占比超过10%	Cisco、Huawei 占比超过10%	Cisco、Google 占比超过10%
Lumentum	Huawei 17.1% Ciena 17.1% Cisco 13.0%	Huawei 16.7% Ciena 18.5% Cisco 12.4%	Apple 30.0% Huawei 11.0% Ciena 11.0%
Oclaro	Huawei 21% Nokia 13% ZTE 10%	Cisco 18% Huawei 15% Nokia 12%	Nokia 17% Cisco 13% Huawei 11%
NeoPhotonics	Huawei 50% Ciena 15%	Huawei 40% Ciena 16%	Huawei 46% Ciena 24%
ACACIA	ZTE 32% ADVA 26%	ZTE 30% ADVA 15% Coriant 11%	ZTE 20% Coriant 17% ADVA 15% Cisco 14%
AAOI	Amazon 54.6% Microsoft 18.3% Facebook 3.6%	Amazon 35.4% Facebook 28.6% Microsoft 13.8%	Facebook 38.3% Microsoft 22.1% Amazon 12.1%
苏州旭创	Google 22.74% 华为 14.57% Hyve 11.13%	客户A 47.56% 客户B 7.69% 客户C 6.55%	

资料来源：公司公告，红塔证券

在未来的发展当中，华为、中兴等电信设备巨头有供应链向国内厂商切换的意图，再随着阿里巴巴、腾讯、百度这些互联网巨头作为全球数据中心第二梯队建设上量，我国光模块厂商就不再只依赖单一的价格优势，只要产品能够达到要求，我国厂商的市场份额有望进一步提升。

## （二）我国厂商有更优的利润表现

目前国内和国外的主要光模块厂商的经营战略有很大的区别，国外厂商基本都是垂直一体化的经营策略，基本都能够自产光芯片或有硅光技术储备，相应的每年都需要投入占营业收入 10%左右的研发费用，最高的厂商研发费用占营收比达到 18%；而国内主要光模块厂商如中际旭创和新易盛，采取的是从外面采购光芯片等原材料，单纯进行封装的模式，国内厂商中研发投入最高的光迅科技也显著低于美国厂商。



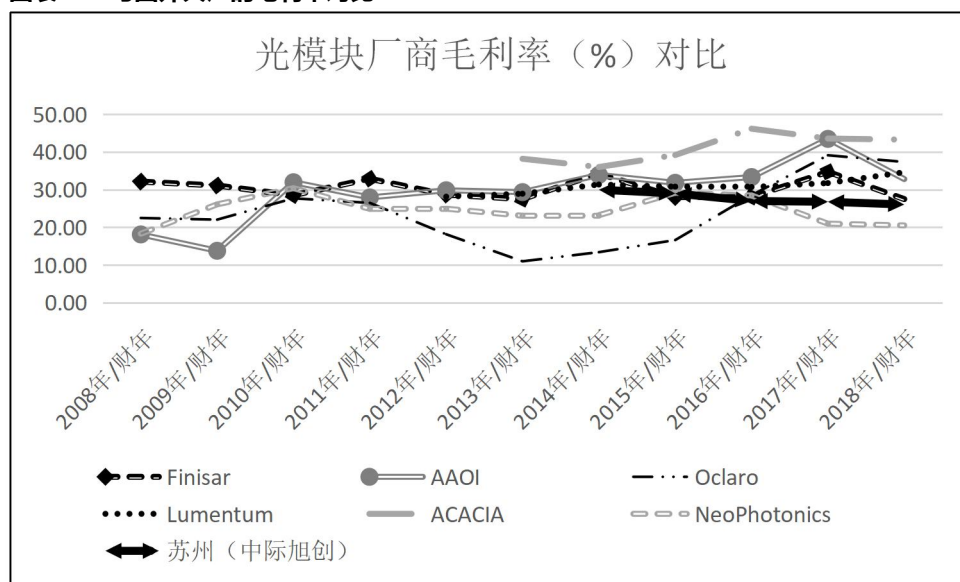
图表 28 我国厂商只进行封装单一环节生产

	中际旭创	昂纳	Finisar	Lumentum	AAOI	Oclaro	NeoPhotonics	ACAATA	Avago (Broadcom)	
优势	良率高+独占 Oclaro 芯片	光器件元件产品覆盖全面	光芯片自研能力+全产业链	VCSEL 技术领先+全产业链	起步早+客户优+垂直产业链	高速光芯片自产	稀缺的优质 EML 激光器	硅光技术领先	硅光技术积累深厚	
生产能力	激光器	无	无	25G VCSEL、DFB、EML 等芯片 (自用)	VCSEL (自用)、25G EML	量产 25G 芯片	自产 10G EML、28G EML、43G EML、56G EML、25G DFB	自产 28G/43G/56G EML，研发 25G DFB	量产 10G 芯片	10G/25G VCSEL，2.5G/4.25G/10G/25G DFB，10G/25G EML
	光模块	10G/25G/40G/100G	100G	10G 及以下/25G/40G/56G/100G/200G	10G/40G/100G	10G 及以下/40G/100G	10G/40G/100G	100G/200G/400G	40G/100G/200G	40G/100G
激光器芯片来源	10G	外购	外购	自产	自产	自产	自产+外购	自产	自产	自产
	25G	外购	外购	自产	自产	自产+外购	自产	自产	自产+外购	自产
400G 样品	有	无	有	有	有	有	有	有	有	

资料来源：根据公开信息搜集整理，红塔证券

所以国外光模块厂商往往业绩呈现出高毛利率、低净利率的特征，而国内以中际旭创为主的毛利率较国外大厂要低，但净利率又较高。中际旭创近年的毛利率约为 26%，仅高于 NeoPhotonics，其他厂商，尤其是没有器件产品线拉低毛利率的纯光模块厂商 AAOI、Oclaro、ACAATA，其毛利率基本都在 30% 甚至 40% 以上。

图表 29 与国外大厂的毛利率对比

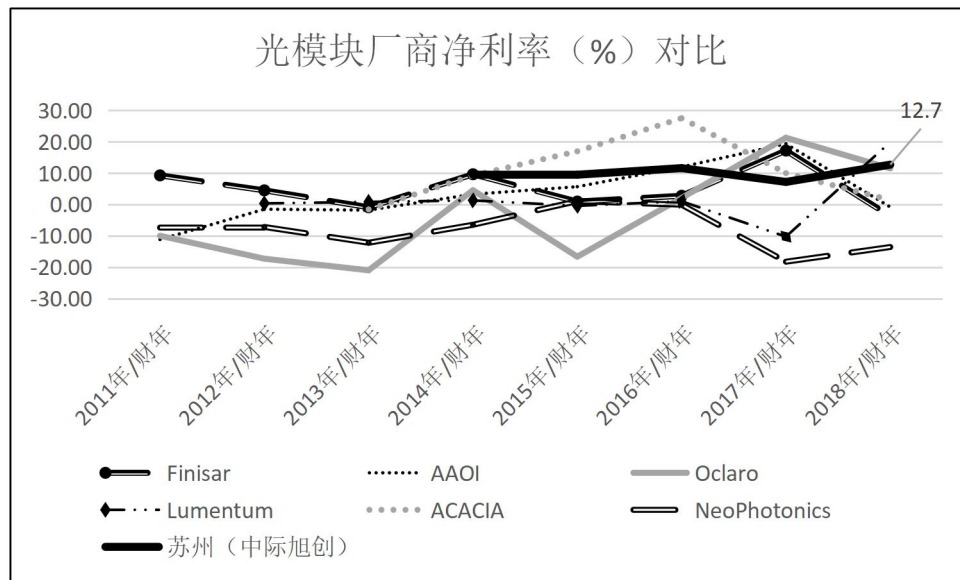


资料来源：公司公告，红塔证券

净利率方面，由于研发费用的大规模支出和并购商誉带来的非经常性损益，

外国厂商的净利率是经常性的为负的，除 ACACIA 外，仅 Finisar、AAOI、Oclaro 在 2017 年/财年由于 100G 光模块供不应求业绩和毛利率大幅提升，而开支较大的销售、行政及一般费用基本不变（行业里的公司大部分该费用类似固定资产，与营收增长关系较弱），而有了超过中际旭创的净利率表现，相反的，中际旭创近几年的净利率都维持在 10% 左右比较稳定的水平 2018 年第三季度为 12.3%。

图表 30 与国外大厂的净利率对比



资料来源：公司公告，红塔证券

所以，由于持续有大量的研发投入，国外厂商往往业绩表现都比较乏力，净利润常年为负，为了减少研发开支，维持竞争力，海外大厂间的并购非常频繁，仅在 2018 年，市占率第二的 Lumentum 收购前五的 Oclaro，十一月市占率第一的 Finisar 被无源光器件龙头 II-VI 以 32 亿美元收购。

而相对的我国厂商集中从事单一环节，业绩表现更优，也有足够的精力去做大规模的契合客户的设计，从而市场份额表现在近年也是持续向优。但是国内厂商的风险也是明显的，以中际旭创为例，其大量芯片是来自竞争对手美国 Oclaro，政策和市场竞争都让芯片供给存在不确定性。

综上所述，得益于以中际旭创为主的国内厂商的成本优势和批量涉及交付能力，我国厂商在光模块市场的市占率不断已经从 2008 年的 16% 提高到 36% 以上，并且随着华为、中兴供应链切换，BAT 等国内互联网厂商数据中心起量，我国厂商的市占率有望进一步提升。

由于我国厂商和国外大厂完全不同的经营策略，两者毛利率和净利率差异明显，目前集中从事封装单一环节的我国厂商有更好的利润表现，但芯片能力的缺失也带来一定风险。

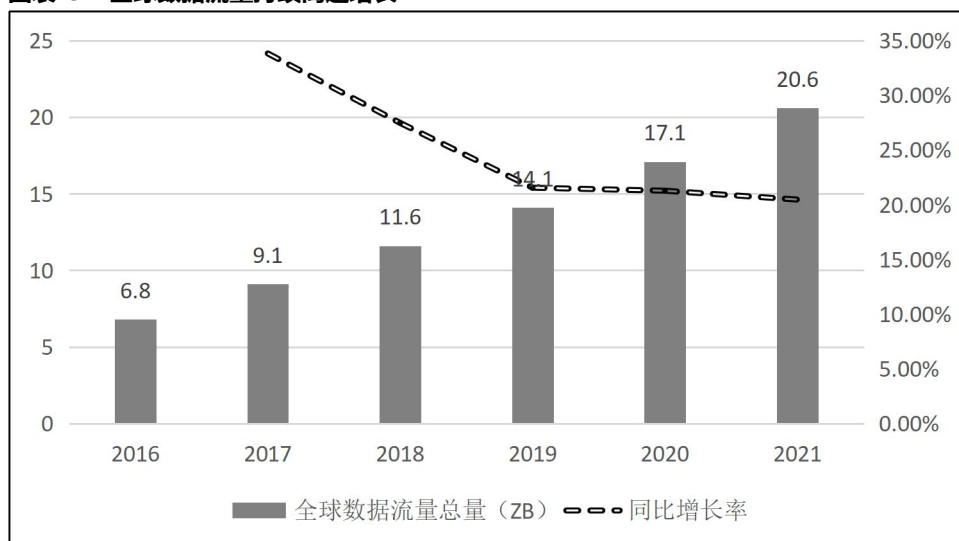
## 五、数据中心市场分析

### （一）数据流量剧增带动超大型数据中心建设

互联网数据中心（IDC）的概念早在 90 年代中期被提出，当时数据中心存在的意义只是对大型主机进行维护和管理。之后高清视频、直播、VR/AR 等互联网内容资源的不断丰富，全球数据流量持续不断增长，如今云计算、大数据、虚拟化等新兴技术的落地，数据流量和带宽更将成指数级增长：

A、思科云指数报告(2016-2021)预测，到 2021 年全球数据中心流量将从 2016 年的 6.8ZB 增长到 20.6ZB（1ZB=1024x1024x1024x1GB 即 1ZB=1 万亿 GB），增长两倍，数据流量的复合增长率为 24.8%；B、IDC 的统计数据显示 2016 年全球数据总量达到 16ZB，预计到 2020 年将增长至 40ZB 以上，增长 1.5 倍，复合增长率 25.7%；C、英特尔认为到 2020 年，平均每人每天使用的数据为 1.5GB，无人驾驶汽车每天则会使用大约 4000GB 数据，全球数据量将会增长到 44ZB，中国将会达到 8ZB，占到全球的 5 分之一。

图表 31 全球数据流量持续高速增长

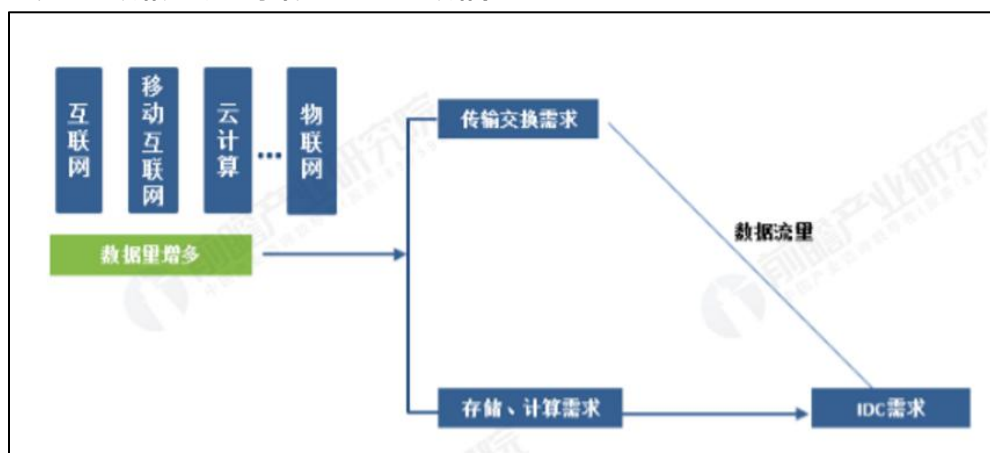


资料来源：Cisco，红塔证券

另一方面，数据处理的复杂程度将不断提高，导致数据中心处理数据产生的流量要远大于数据中心外传输的流量，数据中心的重要性会远远超过运营商网络。根据思科统计，目前数据中心内部流量占全网超7成，到2021年全球英特网的网络流量才达到3.3ZB，而全球数据中心流量（机架内、集群内、数据中心内、数据中心间）在2015年就已经达到4.7ZB，全球数据中心业务流量将从2015年4.7ZB增长到2020年15.3ZB，复合增速达到27%，相对的英特网的网络流量符合复合增长率24%。

数据中心是数据及数据处理的承载。数据中心的建设能为大规模的数据存储、交换和应用需求提供设备支持，数据流量越大，数据处理方式越复杂，数据中心无疑就越重要，目前全球面对数据流量的解决方法就是建设超大型数据中心。

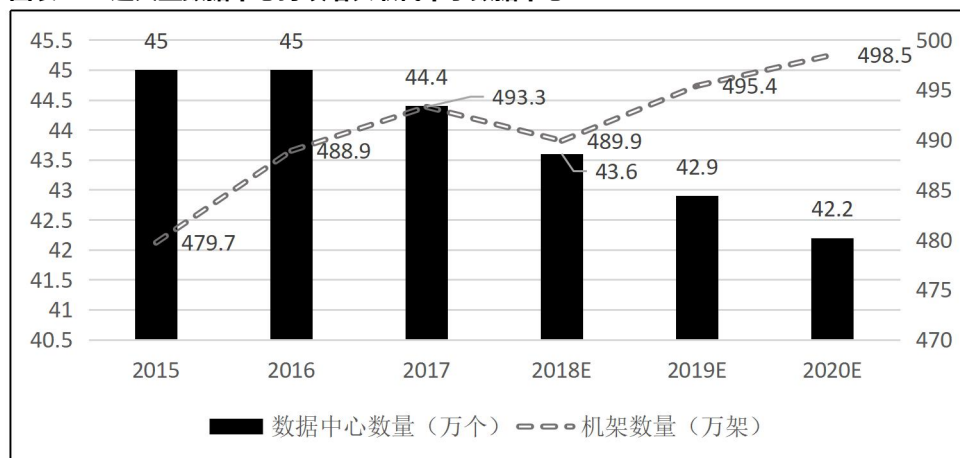
图表 32 数据流量指向承载——超大型数据中心



资料来源：前瞻产业研究院，红塔证券

中国信息通信研究院2018年的《数据中心白皮书》中引用Gartner统计显示，随着数据中心集成化的发展，全球数据中心的数量在中小微型数据中心关闭、规范、整合的带动下持续减少，截至2017年底全球数据中心共计44.4万个，预计2020年将减少至42.2万个。但由于集成化的大型（标准机架3000-10000个）和超大型（标准机架>10000个）数据中心建设，在单机架功率快速提升的背景下，机架数量仍呈现总体上升趋势，预计2020年机架数将超过498万，服务器超过6200万台，意味着超大型数据中心被确定为数据流量真正的载体。

图表 33 超大型数据中心持续增长取代中小数据中心

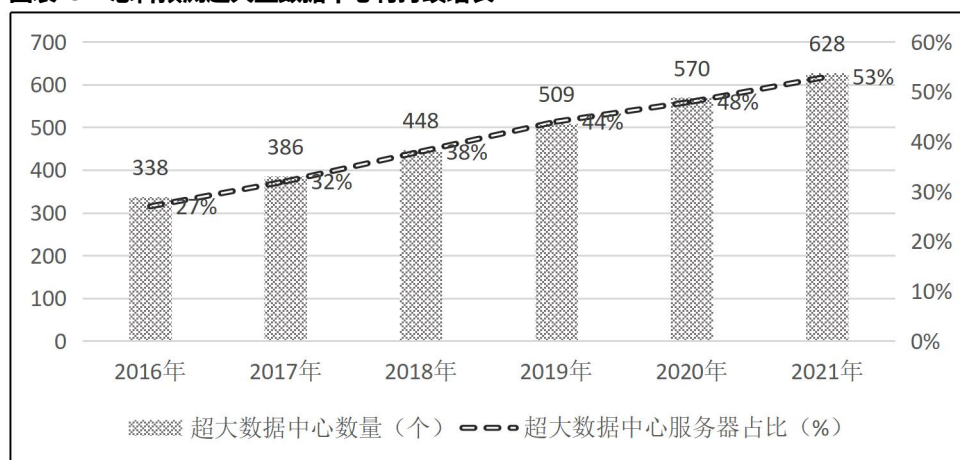


资料来源：Gartner，红塔证券

数据处理的集中，数据流量的剧增的背景下，大型互联网公司（ICP）或云计算公司如 Amazon、Google、Facebook、Apple 等牵头，数据中心由小型化、分散化转向大型化、集中化，由于超大型数据中心有较强的成本优势、规模效应和可拓展性，从 2015 年开始，越来越多的数据中心使用者逐渐放弃私有化拥有数据中心的规划，转而采用云数据中心进行数据交互，全球大规模建设超大型数据中心。

思科 Global Cloud index 2016-2021 的报告具体预测了超大型数据中心的发展趋势，超大数据中心将从全球 2016 年的 338 个增加到 2021 年的 628 个，复合增长率为 13.19%，到 2021 年，超大数据中心提供的服务器占到所有数据中心服务器的比例将从 2016 年的 27% 上升至 53%。

图表 34 思科预测超大型数据中心将持续增长



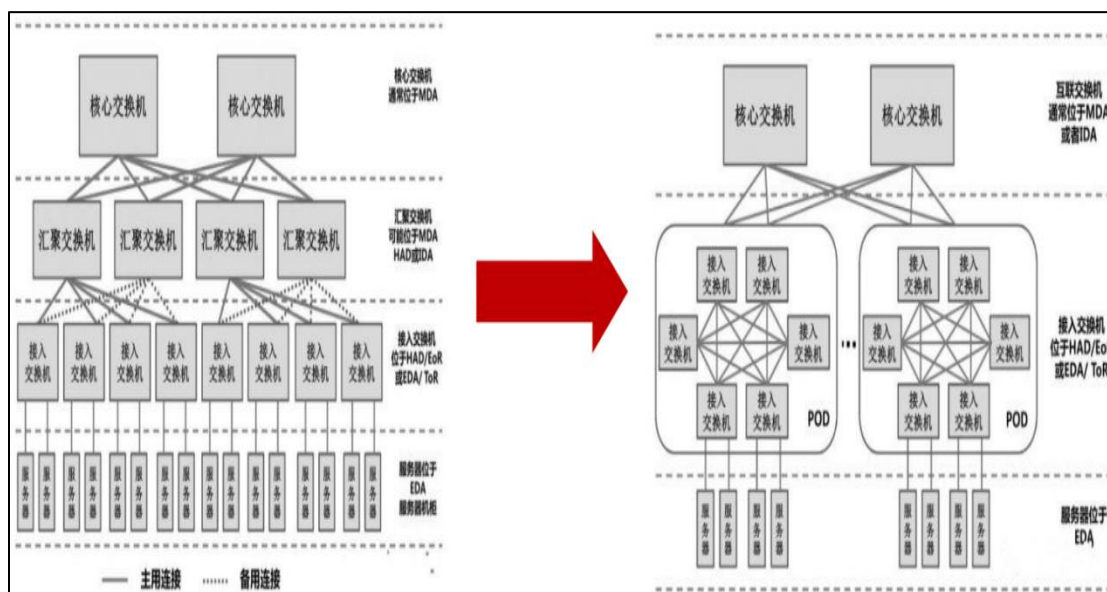
资料来源：Cisco，红塔证券

相比电信传输，数据中心是在相对更小的空间内，承载更高密度的数据的光传输，光模块无疑是当中的要件，正如第三部分“市场规模”中所分析的，ICP 资本支出中光器件/模块占比较 CSP 要高，所以，全球大规模的超大型数据中心建设无疑会是光模块市场一个重要的驱动因素。

## (二) 叶脊网络架构进一步增加光模块需求

传统三层结构 IDC 网络架构有利于解决南北向数据传输问题（IDC 内部与外部之间），然而伴随着虚拟化、云计算、超融合系统等应用，使得东西向数据流成为主要流量，为了数据中心利用率以及效用最大化，越来越多的数据中心采用了叶脊类型的网络架构，从而也促使网络架构从传统的三层网络架构减为二层网络架构，相比传统纵向传输（用户和 IDC/云之间）增加了更多的东西向传输（IDC 之间，IDC 和云，IDC 和企业）。

图表 35 东西向流量带来新的叶脊型网络架构



资料来源：千家综合布线网，红塔证券

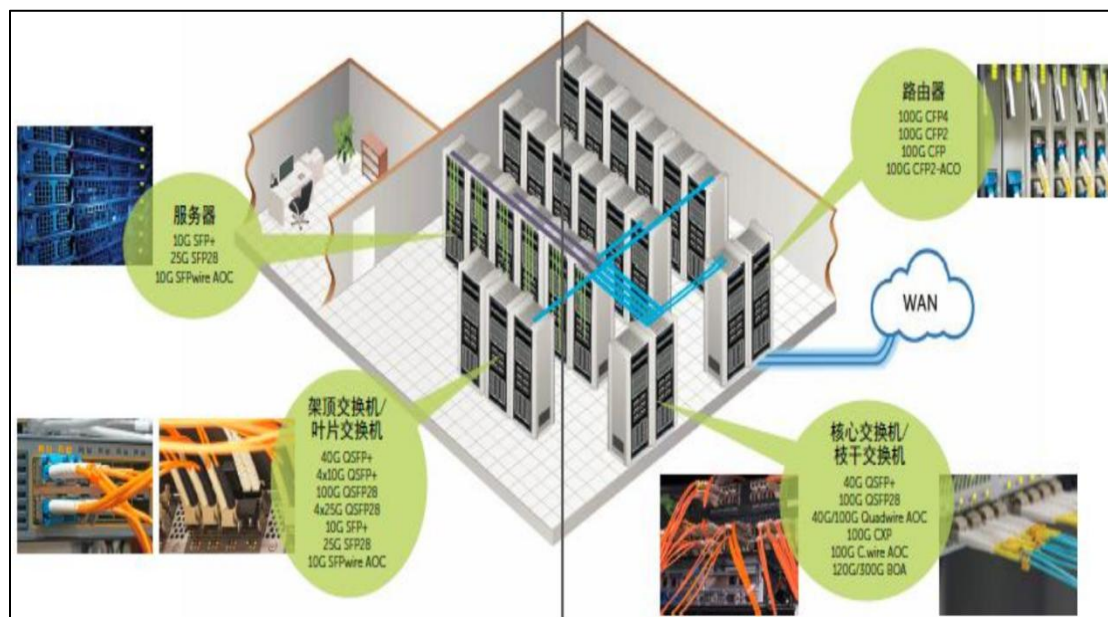
叶脊网络结构使得网络规模变大、网络扁平化、光纤覆盖率提升，使得网络需要更多的交换机和光模块。

传统三层架构下，服务器到接入交换机一般不需要使用光模块，在服务器使用 10G 速率的情况下，假设一个 1000 机柜的数据中心，单机柜装载 10 台服务器，

服务器均配置 10G 双网卡（每个服务器需要连接 2 个接入交换机以实现冗余备份），则需要 2000 台接入服务器（12 个下行 10G 端口，2 个上行 40G 端口）。上层需要配备 100 台汇聚交换机（40 个下行 40G 端口，4 个上行 100G 端口）以及 10 台核心交换机。则 1000 个机柜合计需要 8000 个 40G 光模块（2000 台接入服务器\*2 个 40G 端口\*2 线路两端都需要收发光模块），800 个 100G 光模块（100 台汇聚交换机\*4 个 100G 端口\*2 线路两端都需要收发光模块），则光模块总量是机柜数的 9 倍。

新的两层架构下，以叶脊架构为例，服务器到叶交换机跨机柜，需要使用光纤连接，1000 个机柜（1 万台服务器）的数据中心需要 500 台叶交换机（40 个 10G 下行端口，4 个 100G 上行端口），50 台脊交换机（40 个 100G 下行端口），脊交换机与叶交换机实现全互联。则 1000 个机柜合计需要 4 万个 10G 光模块，4000 个 100G 光模块（500 台叶交换机\*4 个 100G 端口\*2）或 8000 个 40G 光模块，则光模块总量是机柜数的 46 倍。

图表 36 数据中心光模块布置一览



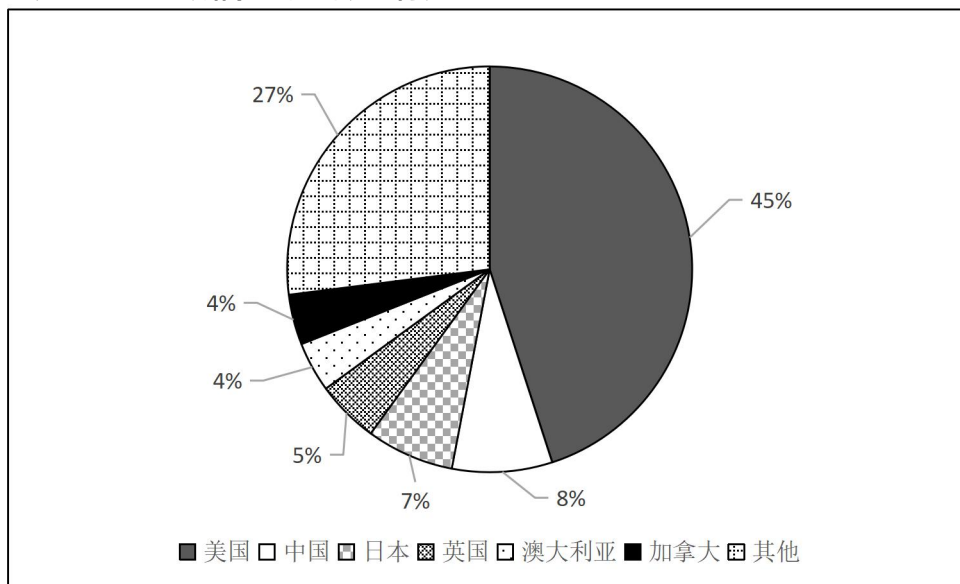
资料来源：IDC 圈，红塔证券

### （三）主要 ICP 资本支出势头不减

根据 Synergy Research 的统计数据显示，截止 2016 年底，45%（152 个）的

超大型云数据中心在美国，中国还未完全起量，占比 8%（27 个）第二，日本第三位占比 7%；英国、澳大利亚、加拿大、新加坡等份额都在 3%-5%之间，其他国家和地区（德国、法国、香港）占比 27%。

图表 37 超大型数据中心的全球分布情况



资料来源：Synergy Research，红塔证券

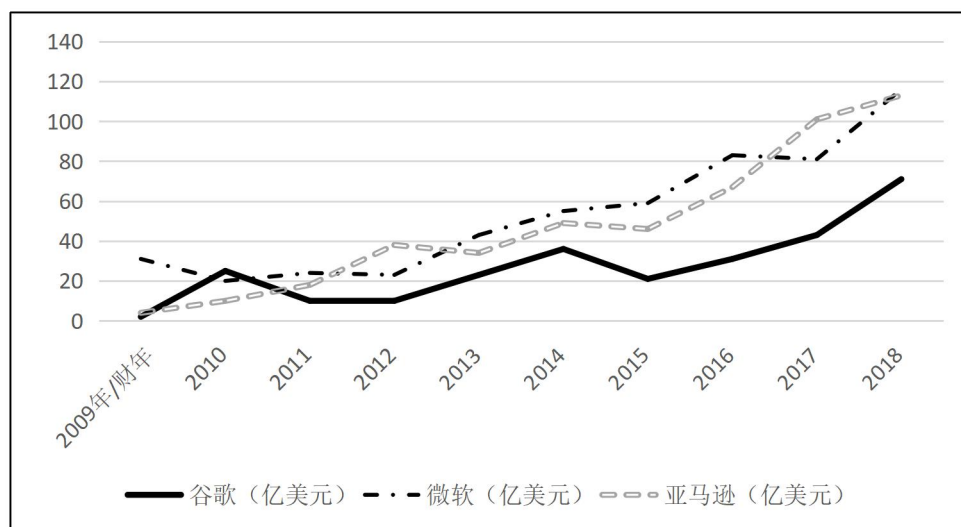
据 Synergy Research 在 2018 上半年的统计数据显示，2017 年全球超大规模互联网内容提供商资本支出总和为 740 亿美元，同比增长 19%，2018 年 Q1 超大规模互联网内容提供商资本支出继续激增至 270 亿美元，环比增长 20%，同比增长 80%，创下历史单季最高水平；排名前五位的总是谷歌、微软、亚马逊、苹果和脸书，它们占据了超大规模互联网内容提供商总资本支出的 70% 以上，大部分资本支出是用于新建和扩建大型数据中心。

其中谷歌、微软、亚马逊是全球排名前五的云厂商，具体看它们 2009 至 2018 年/财年的资本支出情况，可以看见自 2011 年数据中心建设兴起以后，作为全球零头的 ICP 资本支出就开始大规模增加，2018 年增长趋势仍在持续。

谷歌、微软、亚马逊现金资本支出情况



图表 38 谷歌、微软、亚马逊近年的现金资本支出情况

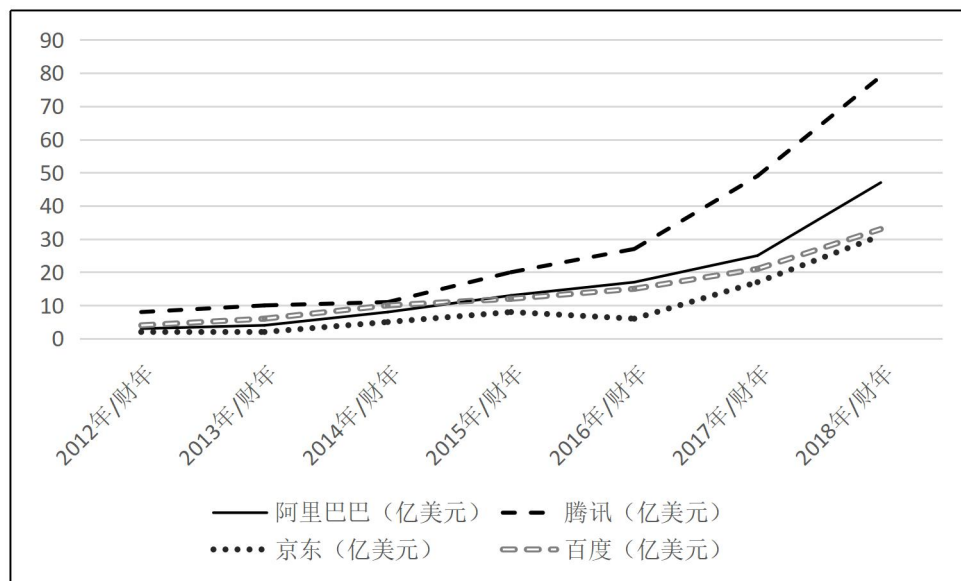


资料来源：公司公告，红塔证券

在前五大之外，Synergy Research 数据中心，2018 年第一季度其他领先的超大规模支出者还包括阿里巴巴、IBM、京东、NTT 和腾讯；而前十名以外的则包括百度、eBay、甲骨文、PayPal、Salesforce、SAP、雅虎日本和雅虎/Oath。

以第二梯队的我国的厂商来看，虽然投资起步较晚一些，但是近年增长迅速，从 2018 年 6 月的情况来看，阿里云从 2015 年开始自建数据中心，预计投入超过 700 亿人民币，主要布局环一线城市，腾讯云也在 2018 年启动大规模数据中心建设，预算金额超过 1000 亿人民币。

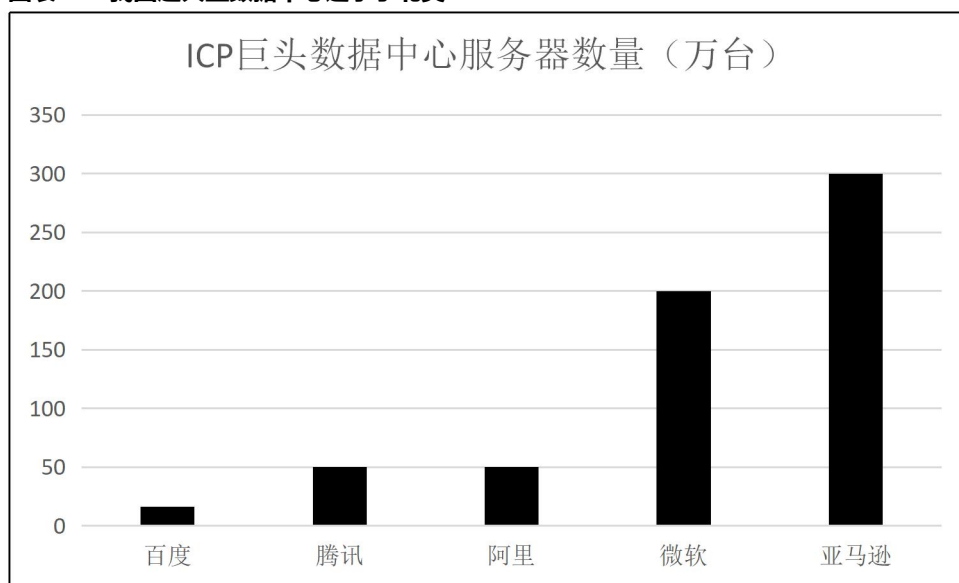
图表 39 阿里、腾讯、京东和百度近年的现金资本支出情况



资料来源：公司公告，红塔证券

英特尔推测，2020年中国将占到全球数据流量的五分之一，而中国的互联网厂商也逐渐发展成为全球领先的 ICP，但目前我国超大型数据中心虽占到全球的 8%，但具体来看明显尚未起量。据统计，BAT 数据中心服务器总和不及亚马逊一半。腾讯是中国拥有数据中心服务器数量最多的公司，但腾讯数据中心的服务器规模也仅有 50 多万台，而亚马逊的数据中心有接近 300 万台的服务器，微软也有 200 万台，这也意味着我国数据中心建设市场未来空间巨大。

图表 40 我国超大型数据中心远小于北美



资料来源：根据公开资料整理，红塔证券

综上所述，人类社会进入“数据时代”，流量爆发式增长，在主要 ICP 的推动下，作为载体的超大型数据中心在全球开始大规模建设，相应的，数据中心需要大量光模块去为它进行高密度的光传输。

另一方面传统数据中心强调南北流量，光模块数量仅为机柜数量的 9 倍，随着东西流量扮演越来越重要的角色，数据中心新的叶脊构架下光模块总量是机柜数的 46 倍，光模块使用量进一步增加。

目前全球数据中心建设的投资主体仍主要是北美厂商，占到投资额的 70% 左右，作为第一梯队北美厂商目前仍然在大规模地投资着数据中心，IDC 研究机构推测北美 ICP 直至 2020 年都将处于数据中心的建设期。第二梯队的中国尚未完全起量，建设期落后北美 3-4 年，市场空间巨大。

### (三) 数据中心光模块的市场预测

数量方面，如上所述，思科 Global Cloud index 2016-2021 的报告预测，2019 年、2020 年和 2021 年将分别增加超大型数据中心 61、61 和 58 个；

根据阿里云和京东云近年来建设的数据中心信息，剔除京东华北（北方）云数据中心这个极大值，一个超大型数据中心的服务器平均数量在 13.9 万台，假设每个机柜 10 台服务器，则一个超大型数据中心的机柜均值为 1.39 万台；

图表 41 阿里云和京东云投资情况

公司	时间	地点	名称	建设规模面积	服务器数量	投资额
阿里云	2018年6月部分投入运营	张家口市张北县	张北云联数据中心	200亩	10万台	60亿元
			数据港张北数据中心	60亩	4万台	20亿元
			阿里庙滩数据中心		10万台	60亿元
			阿里小二台数据中心		10万台	60亿元
			阿里中都草原数据中心		10万台	60亿元
	2017年项目签约落户	江苏南通		450亩	30万台	180亿元
	2018年5月开工	呼和浩特	乌兰察布市察哈尔工业园区	200亩	30万台	百亿以上
集宁现代物流园			200亩			
察右前旗			200亩			
京东云	2013年签约协议	内蒙古巴彦淖尔市			15-20万台	20亿元
	2016年5月1期投产	江苏宿迁	京东云华东数据中心	13万平方米	20万台	30亿元
	2017年7月开工	山东滨州	京东黄河三角洲云计算大数据中心	100亩	5万台	不少于15亿元
	2015年8月入驻	河北廊坊	中国联通廊坊云数据中心		6万台	
	2018年3月开工	华北廊坊市	京东华北（北方）云计算中心		100万台	1274亿元
	2018年开工	河北张家口	京东集团大数据中心	200亩		预计100亿元

资料来源：根据公开资料整理，红塔证券

根据目前趋势，假设未来 70%采用效率更高的叶脊构架，30%采用传统三层构架，则每台机柜平均需要  $46 \times 0.7 + 9 \times 0.3 = 34.9$  个光模块；

所以，超大型数据中心建设带来的光模块数量计算公式是：超大型数据中心增量\*单数据中心机柜量均值\*单机柜光模块数量，2019 年、2020 年和 2021 年数量分别是：2959、2959、2814 万个。

**图表 42 2019-2021 数据中心光模块需求量预测**

	2019E	2020E	2021E
超大型数据中心增量 (个)	61	61	58
单数据中心机柜量均 值 (万台)	1.39	1.39	1.39
单机柜光模块数量 (个)	34.9	34.9	34.9
光模块需求量 (万个)	2959.17	2959.17	2813.64

**资料来源：红塔证券**

**价格方面**，数据中心光模块的采购与通信领域中设备商采购光模块、运营商采购设备不同，由于需求量较大，目前 ICP 企业一般是直接采购光模块，然后要求网络和服务器厂商进行适配，如腾讯之前一直通过第三方设备商进行光模块的间接采购，2018 年也试行集中采购光模块的方式。不同于电信市场是与电信设备商较移，数据中心光模块厂商是直接面向下游客户进行技术和产品推介、价格议定、签订合同并交付，因此市场的主要价格应是光模块厂商与数据中心之间的价格。

中际旭创是世界第一梯队的光模块厂商，产品品类全面，90%左右的光模块是供应数据中心，主要的下游是以谷歌为主的提供主要云服务的新型 ICP 企业，客户集中度较高，可以认为其销售产品结构大致与数据中心光模块需求结构相似，此次报告据此将多个光模块视作组合不需按速率进行详细拆分计算各个速率单价，则根据中际旭创 2017 年年报披露的信息：光模块销售收入 220781.99 万元，销售量 153 万只，数据中心平均价格=220781.99/153=1443.02 元；2018 年年报披露的信息：光模块销售收入 499773.02 万元，销售量 422 万只，数据中心平均价格=499773.02/422=1184.29 元。

假设 2019 年主要产品 100G 价格继续下滑平均价格为 950 元，2020 年 400G 开始批量使用，光模块厂商准备充分，出现 2017 年供不应求的概率较低，保守估计均价仅上升至 1300 元，2021 年 400G 光模块价格进入 B 阶段，平均价格下降至 1100，则预测 2019、2020、2021 年全球超大型数据中心建设将会带来 281、384 和 310 亿元的光模块需求。

图表 43 2019-2021 数据中心光模块市场规模预测

	2019E	2020E	2021E
光模块需求量 (万个)	2959	2959	2814
光模块价格 (元)	950	1300	1100
数通光模块市场规模 (亿元)	281.12	384.69	309.50

资料来源：红塔证券

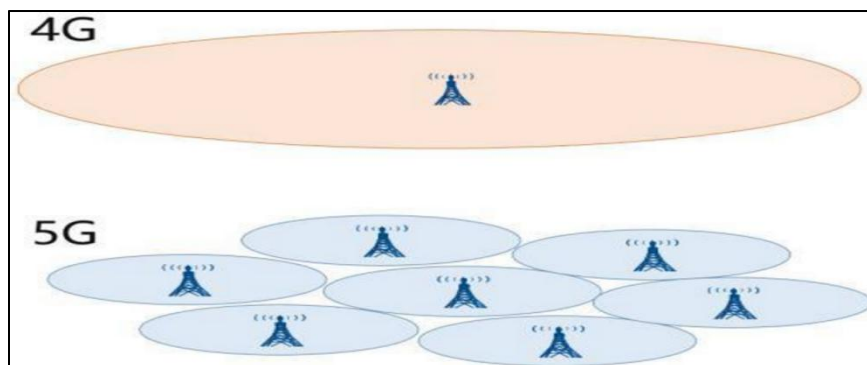
## 六、电信市场分析

### (一) 5G 宏基站是 4G 时代的 1.2-2 倍

为实现 5G 网络的需求，全球各个国家的 5G 规划频率都将涵盖高、中、低频段，即统筹考虑全频段，但总体频段要远高于 4G 时代。以我国为例，目前中低频段的规划已经比较明确，在 2018 年 12 月，工信部正式发文表示，向中国电信、中国移动、中国联通发放了 5G 系统中低频段试验频率使用许可，中国电信获得 3400MHz-3500MHz 共 100MHz 带宽的 5G 试验频率资源，中国移动获得 2515MHz-2675MHz、4800MHz-4900MHz 频段的 5G 试验频率资源，中国联通获得 3500MHz-3600MHz 共 100MHz 带宽的 5G 试验频率资源；高频段毫米波的规划也在持续推进，工信部 2017 年曾面向社会广泛征集 24.75-27.5 GHz、37-42.5 GHz 或其他毫米波频段用于 5G 系统的意见，目前没有提出变化。而相对的，4G 通讯使用的频率主要在 1800-2600MHz 之间。

电磁波的显著特点是：波长越短，频率越高，一是越趋近于直线传播，意味着绕射能力越差，二是传播过程中的衰减越大。所以 5G 使用更高的频率，最大的问题就是覆盖能力会大幅减弱，所以 5G 基站覆盖同一个区域，需要的基站数量无疑将超过 4G。

图表 44 5G 覆盖和 4G 同样的面积需要更多的基站



资料来源：中金网，红塔证券

2018 世界光纤光缆大会上，中国工程院院士邬贺铨指出：“5G 将要求更密集的基站，而且 5G 基站的密集组网需要大量光纤，特别是 5G 基站数将是 4G 的 4-5 倍。”目前如果简单看主频段，5G 使用的频率是 4G 的 2 倍，那么 5G 宏站覆盖的半径是 4G 的二分之一，覆盖的面积是四分之一，那理论上覆盖相同的面积 5G 基站是 4G 基站的 4 倍。但是在 5G 实际建设当中，将会采取“宏基站+小基站”组网覆盖的模式，会用到光模块的宏基站保守估计约是 4G 基站的 1.2-2 倍。

根据工信部的数据，截止到 2018 年 12 月 31 日，我国一共有 372 万个 4G 基站，并且尚在建设当中，2018 年增量 43.9 万个，以此为基准的话，则预计将有 447-744 万个 5G 宏基站的建设规模，报告取略高于 1.5 倍的值 574 万个进行之后的预测。

## （二）5G 将在我国带来四千多万块的光模块需求

5G 时代的通信业务不仅仅是对现有 eMBB 业务的加强，更有了 uRLLC、mMTC 业务的拓展：

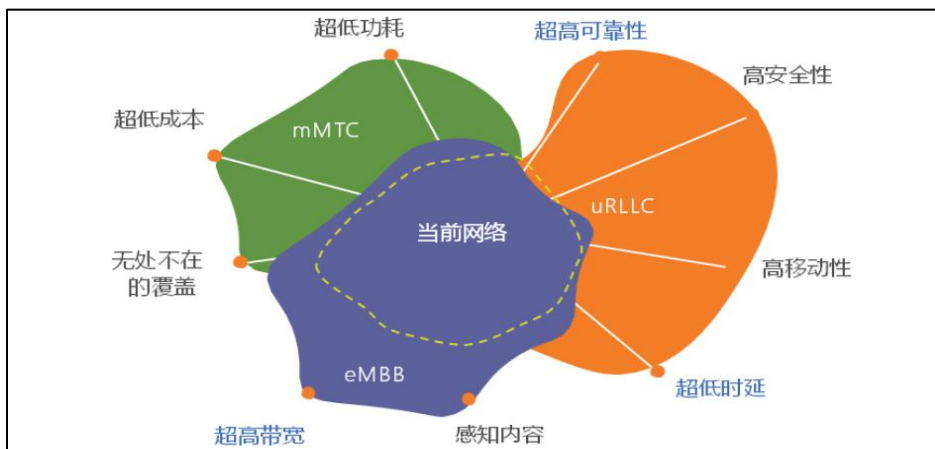
A. eMBB(增强型移动宽带)：主要场景包括随时随地的 3D/超高清视频直播和分享、虚拟现实、随时随地云存取、高速移动上网等大流量移动宽带业务，带宽体验从现有 10Mbps 量级提升到 1Gbps 量级，**要求承载网络提供超大带宽。**

B. uRLLC(高可靠低时延通信)：主要场景包括无人驾驶汽车、工业互联网及自动化等，**要求极低时延和高可靠性**，需要对现有网络的业务处理方式进行改进，使得高可靠性业务的带宽、时延是可预期、可保证的，不会受到其它业务的冲击。

C. mMTC(大规模机器通信)：主要场景包括车联网、智能物流、智能资产管理等，**要求提供多连接的承载通道**，实现万物互联，为减少网络阻塞瓶颈，基站

以及基站间的协作需要更高的时钟同步精度。

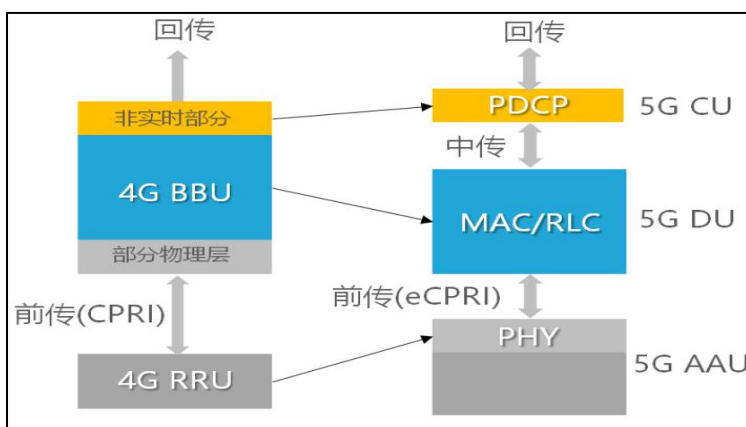
图表 45 5G 定义了以下三类典型业务场景



资料来源：中国电信《5G 时代光传送网技术白皮书》

由于引入了大带宽和低时延的应用，5G 的 RAN 网络将从 4G 的 BBU (Baseband Unit, 基带单元)、RRU 两级结构将演进到 CU、DU 和 AAU 三级结构，原 BBU 的非实时部分将分割出来，重新定义为 CU (Centralized Unit, 集中单元)，负责处理非实时协议和服务；BBU 的部分物理层处理功能将与原 RRU 合并为 AAU (Active Antenna Unit, 有源天线处理单元)；BBU 的剩余功能重新定义为 DU (Distribute Unit, 分布单元)，负责处理物理层协议和实时服务。由于结构的分层，传输也由 4G 的前传——回传两步传输，变成前传——中传——回传三步传输，CU 和 DU 之间的中传互联仍采用光通信，相比传统无线接入网增加了一层光传输环节，光端口数量增加，光模块的需求也会因此增加。

图表 46 5G 承载网传输结构改变



资料来源：中国电信《5G 时代光传送网技术白皮书》

从前传、中传和回传三个环节预测光模块在 5G 时代的具体需求量：

前传方面，基于比较明朗的 5G 初期来看，主要是 eMBB 业务的应用，基本沿用 4G 时代一个站点带 3 个 AAU 的方式。在各种组网方式下，一个宏基站 3 个 AAU，每个 AAU 又对应 2 个前传光模块（从 AAU 传出一个，传到 DU 一个），则一个基站需要 6 个光模块，按 574 万个基站来算，前传需要  $574 \times 6 = 3444$  万个光模块。

图 47 主要 5G 前传构架设想

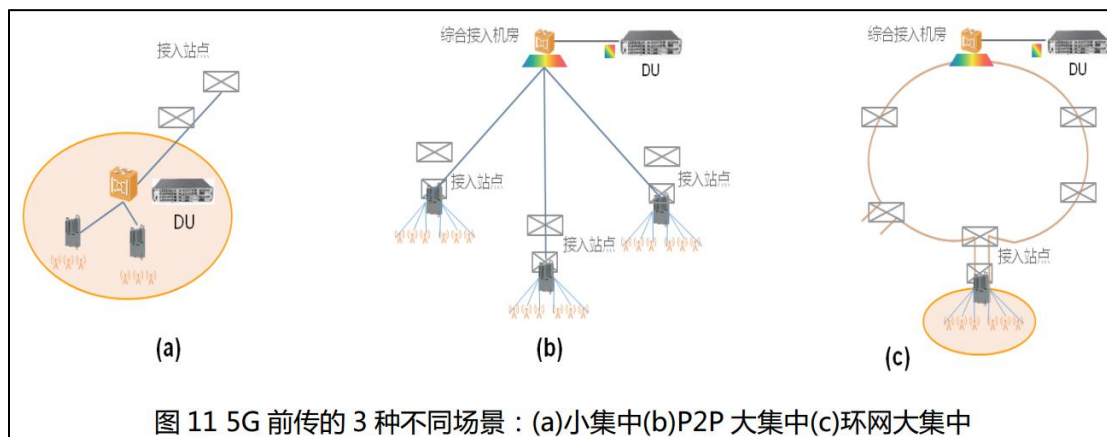
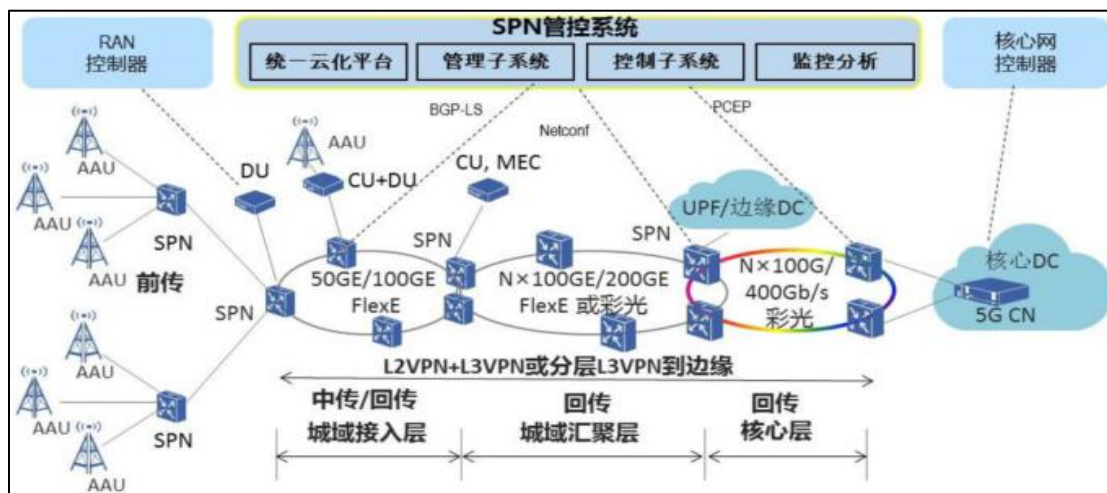


图 11 5G 前传的 3 种不同场景：(a)小集中(b)P2P 大集中(c)环网大集中

资料来源：中国电信《5G 时代光传送网技术白皮书》

中传方面和回传由接入、汇聚和核心三层构成，中传是面向 5G 新引入的承载网络层次，在承载网络实际部署时城域接入层是中传（DU 到 CU），也可能同时承载中传和前传业务；5G 汇聚层和核心层属于回传，回传网络实现 CU 和核心网、CU 和 CU 之间等相关流量的承载。

图 48 5G 承载组网构架



资料来源：中国信通院《5G 承载网络构架和技术方案白皮书》



根据 RAN 结构的不同，报告考虑两种组网方案：集中式无线接入网（C-RAN）和分布式无线接入网（D-RAN）：C-RAN 接入环小集中节点数为 3 个（假设 CU 是接入环集中点），每个节点接入 5 个 5G 低频基站，汇聚环节点数为 4 个，每对汇聚节点下挂 6 个接入环，核心节点带 8 个汇聚环；D-RAN 接入环节点数为 8 个，每个节点接入 1 个 5G 低频站，汇聚环节点数 4 个，每对汇聚节点下挂 6 个接入环，核心环节点数为 4，每对核心节点带 8 个汇聚环。

参照中国电信《5G 承载需求白皮书》，假设我国 5G 网络建设中采用 C-RAN 和 D-RAN 架构的基站数量比为 1:1，各 287 各基站，综上进行测算：

基站到接入设备需要：基站数\*2 即 C-RAN 为  $287*2=574$  万个，D-RAN 为  $287*2=574$  万个， $574+574=1148$  万个，；

接入到汇聚光模块数量等于接入环数\*2，即基站数/接入环每环基站接入数\*2，则 C-RAN 需要接入到汇聚的光模块  $287/(3*5)*2=38$  万个，D-RAN 需要  $287/8*2=72$  万个， $38+72=110$  万个；

汇聚到核心的光模块数量为汇聚环数\*2，即基站数/接入环每环基站接入数/汇聚环每环接入环接入数\*2，C-RAN 下为  $287/15/(4*6)*2=1.6$  万个，D-RAN 需要  $287/8/(4*6)*2=3$  万个， $1.6+3=4.6$  万个。

图表 49 中回传光模块数量测算

组网方案	构架	光模块数量 (万个) 基站到接入	光模块数量 (万个) 接入到汇聚	光模块数量 (万个) 汇聚到核心
C-RAN	接入环小集中节点数为3个，每个节点接入5个5G低频基站，汇聚环节点数为4个，每对汇聚节点下挂6个接入环，核心节点带8个汇聚环	574	$287/(3*5)*2=38$	$287/(3*5)/(4*6)*2=1.6$
D-RAN	接入环节点数为8个，每个节点接入1个5G低频站，汇聚环节点数为4个，每对汇聚节点下挂6个接入环，核心环节点数为4，每对核心节点带8个汇聚环	574	$287/8*2=72$	$287/8/(4*6)*2=3$
单环节合计		1148	110	4.6
中回传合计			1262.6	

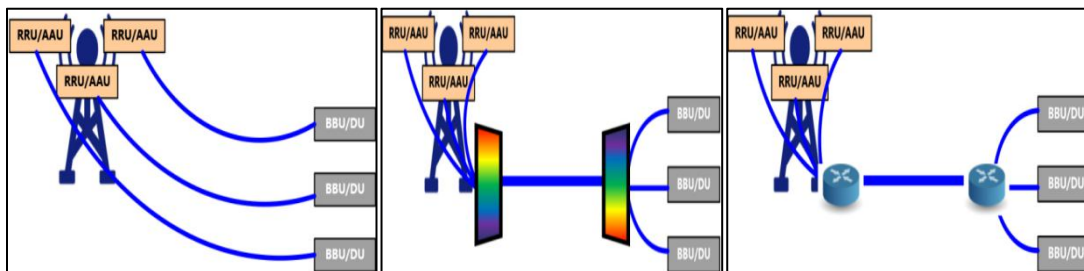
资料来源：红塔证券

综上所述，5G 将会为光模块带来  $3444+1148+110+4.6=4706.6$  万个的需求量。

### (三) 现存光模块需要更新升级

5G 前传的典型应用场景包括光纤直连、无源 WDM 和有源 WDM/光传送网 (OTN) 等。

图表 50 光纤直连、无源 WDM 和有源 WDM/OTN 三种前传结构



资料来源：中国信通院《5G 承载光模块》

光纤直连：部署简单，适用于光纤资源丰富地区。光纤直连即 BBU 与每个 AAU 的端口全部采用纤点到点直连组网，该方案实现简单，但光纤资源占用多。

无源 WDM：节省光纤，但运维困难。无源波分方案采用波分复用 (WDM) 技术，将彩光模块安装在无线设备 (AAU 和 DU) 上，通过无源的合、分波板卡或设备完成 WDM 功能，利用一对甚至一根光纤可以提供多个 AAU 到 DU 之间的连接，但是存在波长通道数受限、波长规划复杂、运维困难、故障定位困难等问题。

有源 WDM/OTN：节省光纤，高质量，高成本。有源波分方案在 AAU 站点和 DU 机房配置城域接入 WDM/OTN 设备，多个前传信号通过 WDM 技术共享光纤资源，通过 OTN 开销实现管理和保护，提质量保证，但是当前有源 WDM/OTN 方案成本相对较高。

图表 51 前传组网方案预测

技术方案	优点	缺点
光纤直达	点到点直达，无需传输设备时延最低，部署简单	需要大量光纤资源缺少 OAM 和网络保护
无源波分	采用无源和分拨器复用到一根光纤，节省光纤资源，时延低，无源器件维护简单	无线侧出彩光较难管理传输距离受限，设备成熟度不够
WDM/OTN	采用 WDM/OTN 实现多个站点多路前传信号的复用和透明传输，节省光纤资源，大宽带低时延，可以利用开销提供延时测量和补偿，有网络保护	设备成本高

资料来源：中国信通院《5G 承载网络构架和技术方案白皮书》

我国光纤资源丰富，考虑成本和维护便利性等因素，5G 前传将以光纤直连为主，局部光纤资源不足的地区，可通过设备承载方案作为补充。预测前传承载技术方案中光纤占领 80% 市场额，有源 WDM/OTN 占领 10% 的市场，无源 WDM 占领剩余的 10% 市场。

根据中国信通院《5G 承载光模块》，光纤直连场景一般采用 25Gb/s 灰光模块，无源 WDM 需要 10Gb/s 或 25Gb/s 彩光模块，有源 WDM/OTN 需要 10Gb/s 或 25Gb/s 短距灰光模块，所以前传主要使用的是低成本 25G SFP28 光模块。

中传和回传部分，仅考虑无高频站的一般流量场景，延续上述 C-RAN 和 D-RAN 的组网结构假设，再根据中国信通院《5G 承载白皮书》设置如下基本参数：(1) 接入层、汇聚层和核心层带宽收敛比为 8:4:1，(2) 5G 低频站单站峰值 4.65Gbps，单站均值 2.03Gbps（4G 单站峰值 320M，单站均值 80M）。

图表 52 各层一般流量场景下流量测算

	C-RAN 架构	D-RAN 架构
接入层	接入环带宽=单站均值*14+单站峰值*1 2.03*14+4.65=33.07Gbps	接入环带宽=单站均值*7+单站峰值*1 2.03*7+4.65=18.86Gbps
汇聚层	汇聚环带宽=接入环带宽*接入环数*汇聚节点数/2*收敛比 33.07*6*4/2*0.5=198.42Gbps	汇聚环带宽=接入环带宽*接入环数*汇聚节点数/2*收敛比 18.86*6*4/2*0.5=113.16Gbps
核心层	核心层带宽=汇聚环带宽*汇聚环数*核心节点数/2*收敛比 198.42*8*4/2*0.25=793.68Gbps	核心层带宽=汇聚环带宽*汇聚环数*核心节点数/2*收敛比 113.16*8*4/2*0.25=452.64Gbps

资料来源：中国电信《5G 时代光传送网技术白皮书》

根据上述测算，预计在 C-RAN 架构下，接入为 50G 及以上、汇聚和核心需求为 100G/200G/400G；预计在 D-RAN 架构下，接入环为 25G、汇聚和核心层需求为 100G/200G/400G。

综上，相对 4G 承载网的光模块，在 5G 时代基站光模块大致需要从 10G 升级至 25G 光模块，接入层、汇聚层需要从 10G/40G 升级至 100G，核心层需要从 100G 升级至 200G/400G，也就是说在 5G 时代，4G 时代的光模块基本无法沿用需要大量升级。

上述网络构架及流量来分析主要是运营商和中国信通院基于理论预测的、5G 前中期的一个承载网设置，5G 成熟期将根据实际业务流量的需求，既有低频站点基础上增加高频 AAU 的方案、也有扩展低频 AAU、新建高频基站等方案，扩展

网络容量，还会带来光模块一定的量的增长，单个模块的速率也会有一定的升级。

综上所述，5G时代一方面基站加密，另一方面业务分层，传输由前传-回传变为前传-中传-回传单层，带来大量的光模块需求，仅我国市场5G就将有四千多万的块的光模块需求。加上5G下以eMBB(增强型移动宽带)为主的业务要求承载网络提供超大带宽，我国目前组网的光模块基本未达到速率要求，各层光模块需要更新升级，为电信光模块带来大量的市场空间。

#### (四) 5G 光模块的市场规模预测

上面已经预测了光模块的需求量，下面主要是价格的预测、我国规模测算、全球规模测算。

前传方面，根据飞速官网的信息 25G SFP28/VCSEL 850nm/100m 灰光模块最低零售价 570 元，25G SFP28/DFB 1310nm/10km 灰光模块最低零售价为 1630 元/个。综合考虑 5G 光模块是直接销售给设备商，价格应远低于单个零售，但同时 25G 产品价格已经处于 D 阶段，价格稳定整体不会出现太大的下滑，预测 25G SFP28/VCSEL 850nm/100m 光模块灰光模块 380 元/个（略高于中际旭创 25G 光模块稳定价格），25G SFP28/DFB 1310nm/10km 灰光模块 652 元/个（零售价的 40%），假设两种芯片/距离的光模块各占一半，25G 灰光模块平均价格 516 元/个；彩光光模块制作工艺更为复杂，我们预测其价格为灰光光模块价格的 1.5 倍，则平均价格是 774 元/个。

图表 53 前传市场规模预测

方案	光模块类型	价格 (元/个)	数量 (万个)	市场额 (亿元)
光纤直连	灰光	516	3444*0.8=2755	142.16
有源 WDM/OTN	灰光	516	3444*0.1=344	17.75
无源 WDM	彩光	774	3444*0.1=344	26.63
前传合计				186.53

资料来源：FS-中国官网，红塔证券

中传和回传，参考中国信通院《5G 承载光模块》的光模块参数，下面作出假设并测算：

**基站到接入环：**C-RAN 使用 50G QSFP28 or SFP56/EML 1310nm/10km or 40km，调制方式 PAM4，即 50G SFP+/1550nm/40km 飞速官网零售价最低是 3540 元/个，仍考虑批量采购的非零售价，取零售价的 40% 为 1416 元/个。

D-RAN 使用 25G SFP28/EML 1310nm/40km 灰光模块，考虑 EML 芯片价格较 DFB 更高，取 1000 元/个计算。

则基站到接入环光模块市场规模为  $574 \times 1416 + 574 \times 1000 = 138.67$  亿元。

**接入环到汇聚环：**全部使用 100G QSFP28/DFB or EML/10km or 40km 彩光光模块，飞速官网 100G QSFP28/DFB/10km 5780 元，100G QSFP28/EML/40km 36150 元，考虑批量采购和规模布置后降价，100G QSFP28/DFB/10km 取零售价 50%=2890 元，100G QSFP28/EML/40km 取零售价的 50%=18075 元，假设 DFB/10km 占比 70%，EML/40km 占比 30%，则接入环到汇聚环光模块均价为  $2890 \times 70\% + 18075 \times 30\% = 7445.5$  元；

则接入环到汇聚环光模块规模为  $7445.5 \text{ 元} \times 110 \text{ 万个} / 10000 = 81.9$  亿元。

**汇聚环到核心网：**两种构架下都假设带宽为 200G/400G，距离为 80KM 左右，目前市场上 200G or 400G/80KM 的电信光模块尚未成熟，加上一般使用 EML 芯片，价格在 30000-60000 元，但考虑大规模布置后的降价因素，以 15000 元作为预测值；

则核心层光模块市场规模 =  $4.6 \text{ 万个} \times 1.5 \text{ 万元} = 6.9$  亿元。

综上，中传加回传的光模块市场规模是  $138.67 + 81.9 + 6.9 = 227.47$  亿元，加上前传，预计 5G 将带动我国  $227.47 + 186.53 = 414$  亿元的光模块市场规模。

**图表 54 我国 5G 光模块市场规模测算**

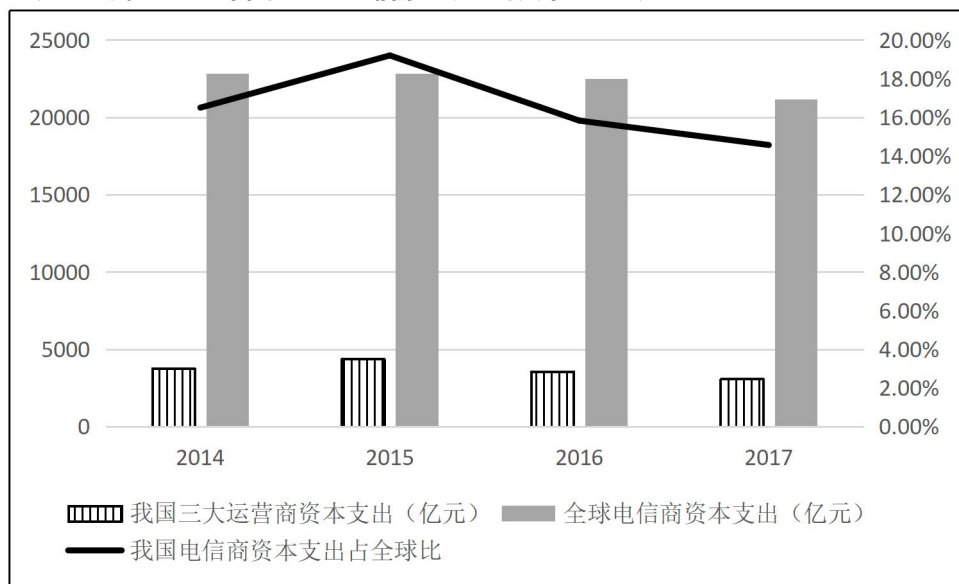
	前传	中传和回传			合计
		基站到接入环	接入环到汇聚环	汇聚环到核心	
我国市场规模 (亿元)	186.53	138.67	81.90	6.90	414.00

资料来源：红塔证券

我国三大运营商占全球电信商资本支出比近年都在 15% 左右，2015 年最高达

到 19.2%，在 5G 时代基于我国的投资态度，推测前三年支出占比达到 25%，则按此倒推全球光模块电信市场规模大约为  $414/0.25=1656$  亿元。

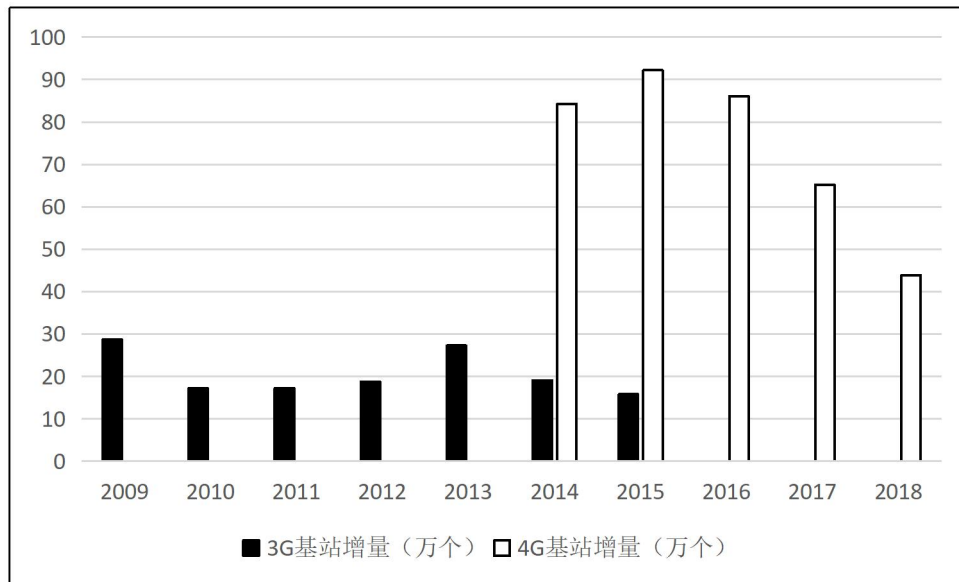
图表 55 我国三大运营商和全球电信服务提供商资本支出对比



资料来源：Ovum，公司公告，红塔证券

根据 3G 的情况来看，每一代电信基础设施建设周期在 7 年左右。

图表 56 3G&4G 时代基站的建设进程



资料来源：中国工信部，红塔证券

每一代基站的建设进度是不同，3G 前三年每年基站建设量/总量分别为 20%、12%、12%，4G 基站建设量目前是明显下降趋势，假设未来两年 4G 基站增量分别为 40 万个和 30 万个，则前三年基站建设站 4G 全周期基站建设比为 19%、21%和

19%。根据目前 5G 的现实情况来看，下游运用还不成熟，全球运营商整体对 5G 的建设投入还不够果断，所以此次报告认为 5G 在未来三年的投资还会较为谨慎，分别是 9%、13%和 15%。

**图表 57 5G 光模块市场规模预测**

	2019E	2020E	2021E	2022E	2023E	2024E	2025E
参考3G的每年基站建设量/总量	20%	12%	12%	13%	19%	13%	11%
参考4G的每年基站建设量/总量	19%	21%	19%	15%	10%	9%	7%
调整后的每年基站建设量/总量	9%	13%	15%	18%	18%	14%	13%
对应的光模块市场规模（亿元）	149	215	248	298	298	232	215

资料来源：红塔证券

### （五）光模块总体市场规模预测

综合数据中心和电信两个市场的结果，报告预测的 2019-2021 年光模块市场规模分别是 61.45 亿美元、85.61 亿美元和 79.70 亿美元，同比增长 21.3%、39.3%和-6.9%。对比根据机构数据推测的总规模，在 2020 年有比较明显的差异，主要原因是报告认为 2020 年 400G 模块大规模商用会带动数通光模块价格上升至 1300 元的均价，在数通光模块数量没有明显增长的情况下，会使市场规模有较大幅度的上升。

**图表 58 2019-2021 年光模块市场规模总体预测**

	2019E	2020E	2021E
数通光模块市场规模（亿元）	281	384	310
电信光模块市场规模（亿元）	149	215	248
报告预测总规模（亿元）	430	599	558
报告预测总规模（亿美元）	61.45	85.61	79.70
根据机构数据推测总规模（亿美元）	59.40	69.12	74.76

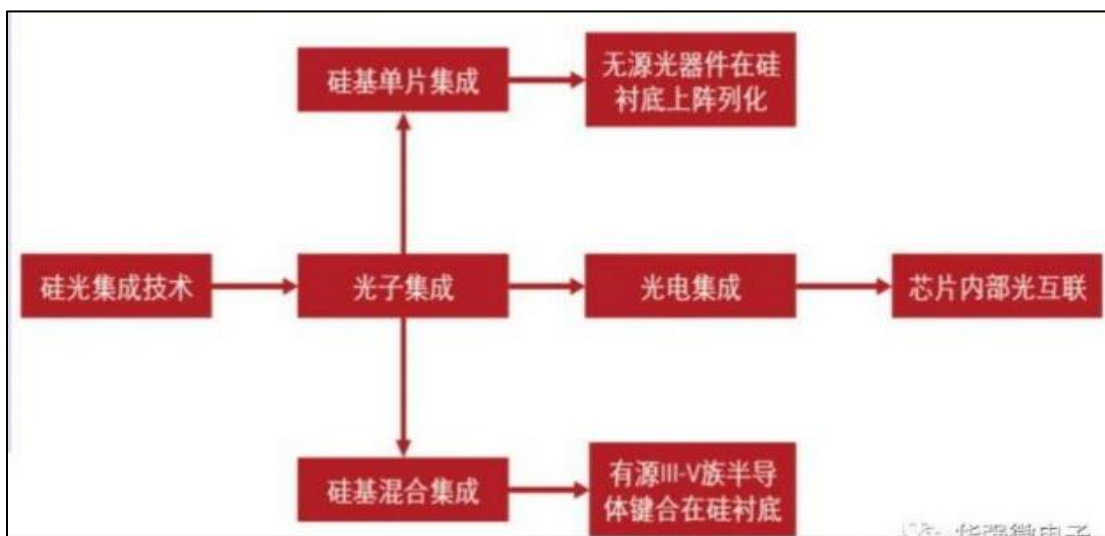
资料来源：红塔证券

## 七、未来光模块的可能性——硅光模块

### （一）能够实现大部分光器件的集成制造

硅光子技术是基于硅材料，利用现有 CMOS 工艺进行光器件开发与集成的新一代通信技术。硅光子技术的核心理念是“以光代电”，将光学器件与电子元件整合到一个独立的微芯片中，并利用激光作为信息传导介质，提升芯片间的连接速度。

图表 59 硅光子技术的集成与连接概况



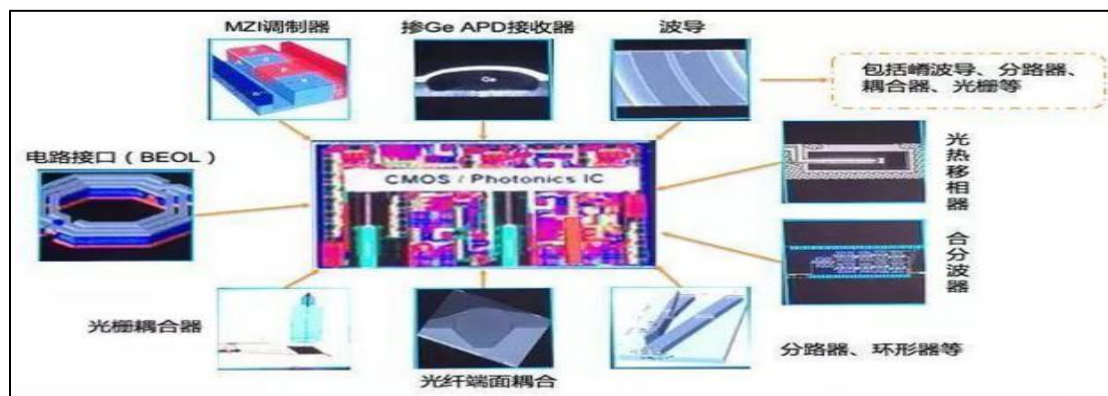
资料来源：华强微电子，红塔证券

传统光模块采用分立式结构，需要依次封装电芯片、光芯片、透镜、对准组件、光纤端面等器件，光芯片需要通过一系列无源耦合器件，才能与光纤实现对准耦合，完成光路封装。硅光利用传统半导体产业非常成熟的硅晶圆加工工艺，在硅基底上利用蚀刻工艺可以快速加工大规模波导器件，利用外延生长等加工工艺，能够制备调制器、接收器等关键器件，最终实现将调制器、接收器以及无源光学器件等高度集成，一改以往器件分立的局面，在芯片层面就大幅度集中各个器件。

硅光模块体积大幅减小，材料成本、芯片成本、封装成本均有望进一步优化，同时，硅光技术可以通过晶圆测试等方法进行批量测试，测试效率显著提升。



图表 60 硅光技术 CMOS 工艺能够集成的器件



资料来源：Global Foundries 深圳光博会材料，红塔证券

前述硅光技术生产的器件，涵盖了光模块内部大部分组件，但不包含激光芯片。由于硅是间接带隙，导带最小值(导带底)和满带最大值在k空间中不同位置，电子跃迁需要同时改变势能和动能，产生激光需要借助声子的作用，空穴复合效率很低，发光效率极低，与之对比，III-V族材料(典型的如磷化铟 InP)属于直接带隙，电子能量跃迁只需要吸收外加能量即可，发光效率较高。因此，只集成其他器件可以使用单片集成，即在硅晶圆上集成多个光器件，但要集成激光器就需要硅基混合集成，光芯片仍使用传统的III-V族材料，采用分立贴装(光迅、Luxtera等)或晶圆键合加工(Intel等)将III-V族的激光器与硅上集成的调制、耦合光路等加工在一起。

但硅光模块目前还不是一个成熟的产品，整体上看，硅光技术成本优势并不显著，在性能、功耗和整体成本多个维度，与传统模块厂商处于同一竞争平台，并未显示颠覆性优势。首先激光器是最主要的光模块器件，由于硅光混合集成的工艺尚未成熟，在激光耦合等步骤上的良率较低，硅光在单片集成无源组件上能实现更高的集成度，但由于无源组件成本占比有限，导致硅光模块成本难以进一步提升，整体成本优势并不明显。其次，硅基光波导的尺寸在0.4—0.5 μm量级，远小于单模光纤尺寸(纤芯直径约8 μm—10 μm)，尺寸上的差别将导致模场的失配，需要利用硅基波导光栅进行耦合，在耦合过程中将产生损耗。

## (二) 硅光市场尚在产业链形成初期

自2013年起，随着市场逐步打开，更多的厂商开始进入硅光子芯片市场。

目前投入研发的公司不仅包括 Mellanox、Luxtera、Acacia、Finisar、Avago 等光通信公司，Intel、IBM、思科、IMEC 以及华为等厂商也加入了这一领域的竞争。随着厂商逐渐增多，从上游的原材料供应商，到中游的硅光子器件、芯片、集成厂商，再到下游的数据中心、电信等客户纷纷入场，硅光子技术的产业链正逐步形成。

图表 61 硅光产业链主要环节和代表性厂商



资料来源：Lightcounting 深圳光博会材料

目前 Intel、Luxtera、Acacia、光迅、Rockley 等企业先后推出芯片级、模块级产品，并逐步实现小批量商用出货，但各主流厂商的设计和工艺路线仍然有较大差异，存在多种技术路线，从这个角度也可以看到，硅光技术还处在百家争鸣的发展初期阶段，性价比和技术稳定性最高的方案尚未脱颖而出。所以硅光模块产业化也尚未成熟，目前只是站在商用起跑线前，还需要进一步的研究和评估，持续优化提高良率、降低成本、下游客户验证、标准化量产，才能向最终胜出成为主流技术。

综上所述，硅光芯片是未来光芯片发展的一个重要的可能性，随着硅光子技术近年的突破，产业链也初具雏形，但是，受限于激光耦合等步骤的良率和成本下降限制问题，硅光子技术在性能、功耗和整体成本多个维度，与传统模块厂商处于同一竞争平台，目前还没有显示颠覆性优势。

## 八、A 股上市公司对比分析

### (一) 中际旭创：数据中心光模块龙头，市占率不断提高

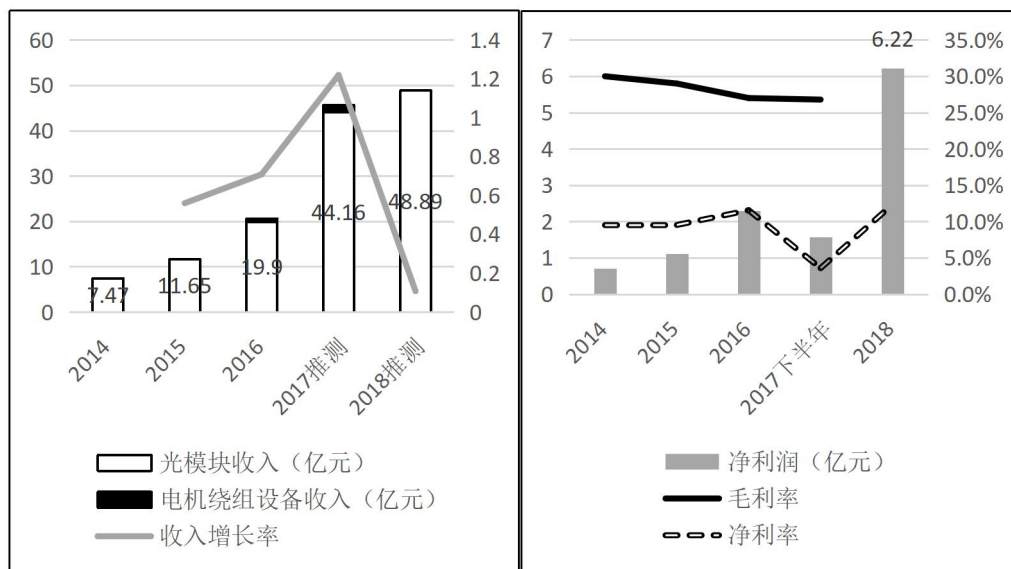
中际旭创是主营数通领域的光模块厂商，在数通 40G 时代、数通 100G 时代，

中际旭创均实现了全球领头羊的地位，目前推测公司占全球光模块市场份额近14%，成为全球光模块供应商前三甲。公司产品良率高，量产能力强，北美互联网和云计算厂商 Google、Amazon、Facebook，国内的互联网公司阿里巴巴以及通信设备商华为、中兴、烽火、华三、思科、Arista、Juniper 等均是公司的客户，其中谷歌是稳定的下游客户并持股 3%是公司第八大股东。

中际旭创紧紧跟随数通市场光模块的迭代升级，目前主要产品是 100G 光模块，并在 2019 年融资扩产了 400G 光模块应对数通市场升级，以及 5G 光模块进入电信光模块领域，项目将在 2020 年投产，届时中际旭创将有 40G/100G 光模块产能 264 万只、400G 光模块 45 万只、5G 光模块 140 万只的生产能力，公司有望继续在 400G 时代占据领先的市场地位，并拓展 5G 市场作为新的增长点，目前中际旭创与华为、中兴保持合作开展 5G 前传研究，并已向电信设备商出货前传光模块。

旭创近年的营业收入处于高速增长区间，毛利率略有下滑在 26%的水平，净利率在 10%左右，业绩表现较优。

图表 62 中际旭创基本财务情况



资料来源：公司公告，红塔证券

风险因素：100G 价格快速下降，400G 和 5G 应用低于预期。

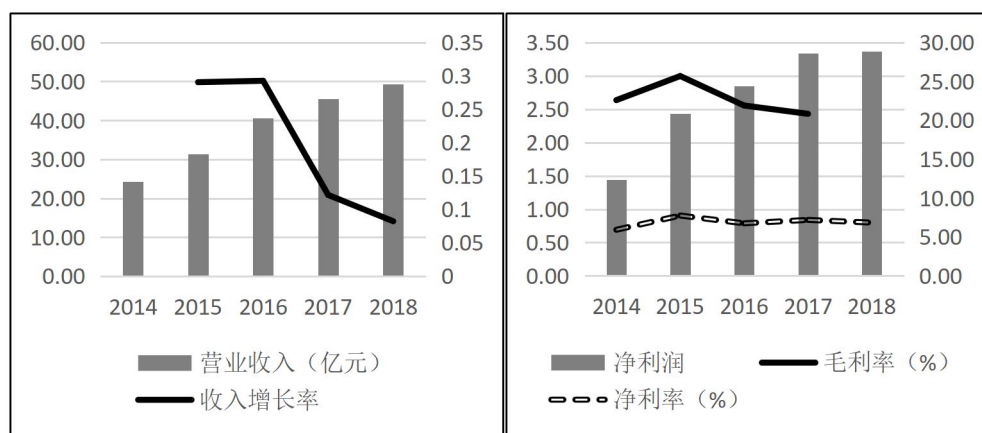
## （二）光迅科技：光器件国家队，25G 芯片有望推出

光迅科技前身是国家邮电部固体器件研究所，目前实际控制人是国资委。公司在光器件/模块领域全产业链布局，在电信传输网、接入网和企业数据网等领域产品涵盖从芯片到器件、模块、子系统的综合解决方案，提供光电子产品有源模块、无源器件、光波导集成器件，以及光纤放大器和子系统，目前公司已有 10G 芯片量产能力，25G 光芯片的研发正在按计划推进，部分光芯片已经通过客户验证，如 25G VCSEL。目前在全球光器件/模块市占率约 6.9%，排名全球光器件/模块供应商前五。

光迅科技主要下游是电信设备商，产品优质，华为、烽火、中兴分别为公司的前三大客户，2017 年年报显示，华为的销售收入占光迅科技销售收入比达 26.61%，是公司的第一大客户。随着国内数据中心兴起，数据中心光模块将可能成为光迅科技新的增长点，目前光迅科技已经在向 BAT 等国内互联网厂商供货。除电信和数据中心等传统下游，随着 3D sensing 对 VCSEL 芯片的带动，光迅科技也在积极地与国内庞大的消费电子厂商合作。

光迅科技 2018 年销售收入达到 49.28 亿元，同比增长 8%，净利润 2.48 亿元，毛利率在 2018 年第三季度继续下滑至 18.79%，净利润为 6.77%。

图表 63 光迅科技基本财务情况



资料来源：公司公告，红塔证券

**风险因素：**高速率光芯片研发进展低于预期，产业产品迭代加快，公司产品升级无力。

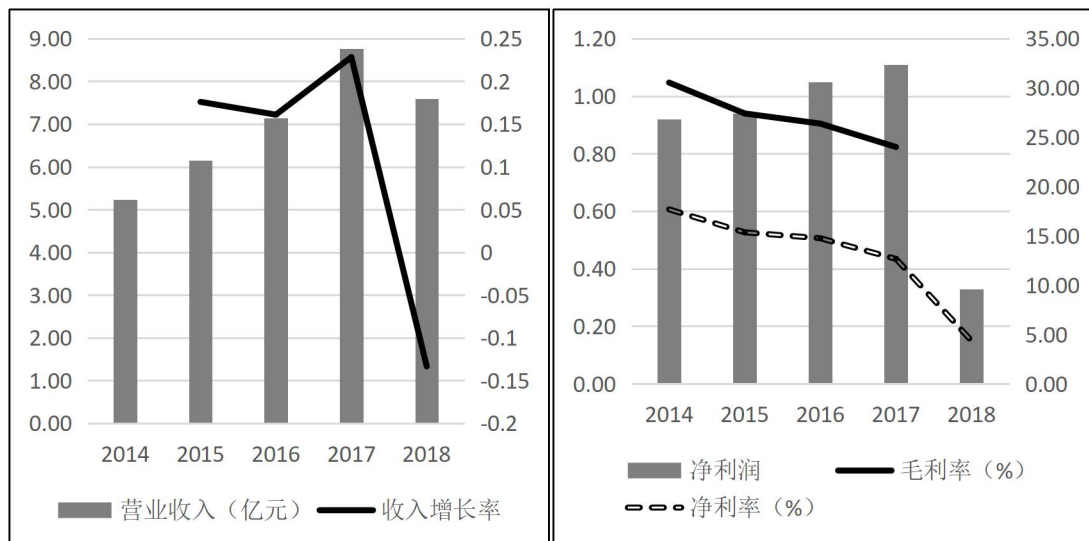
### (三) 新易盛：数通和电信领域都有能力参与

2008年，光盛通信（2004年8月设立）、易杰龙（2005年7月设立）两家公司的股东整合优势资源（包括光模块主要经营性资产、业务和人员）成立新易盛，公司大客户中兴通讯全资子公司持股30%的中和春生对公司进行增资，上市前持有公司股权4.49%，历经数次减持后目前持有股份1.98%，2016年3月在深圳创业板上市。

公司专注于光模块的研发、制造和销售，致力于提供点对点模块和PON光模块产品。目前公司产品型号已超过3000种，覆盖数据宽带、电信、FTTx、云数据中心等多个领域。公司产品生产实力较强，在5G承载工作组组织开展的首次基于多厂家多模块类型的5G承载光模块测评工作中，公司为国内送样最为完整的参测厂商（参测光模块共8种类型，公司送样7种），在数通领域，之前公司的产品主要集中在100G，2019年1月29日公司发布了业界首例功耗10W以下应用于大规模云数据中心的400G QSFP-DD和OSFP封装的DR4以及FR4产品。

由于主要下游中兴的影响，公司2018年收入和净利润都有所下滑，公司毛利率在24%，但仅看主要产品点对点光模块，毛利率在30%的水平。

图表 64 新易盛基本财务情况



资料来源：公司公告，红塔证券

**风险因素：**过度依赖中兴客户开拓不及预期，5G建设不及预期，未能进入数通市场供应链。

## 九、总结

从 2019 年开始，光通信资本支出又将进入上升通道，Ovum 预测在 CSP&ICP 两个市场都增长的带动下，2019-2021 年全球通信行业资本支出将达到 2.85、3.02、3.23 万亿元，同比增长 1.7%、6%和 7.2%。光模块作为光通信中光电转换的重要部件，也将随之有一个市场规模的提升，加上此轮增长中，ICP 的数据中心建设相对传统电信领域（CSP）增长更为强势，支出中光模块占比更高，光模块市场的增长率将超过光通信资本支出。根据测算，预计 2019-2021 年全球光模块的市场规模将达到 430 亿、599 亿和 558 亿元，同比增长 21.3%、39.3%和-6.9%。同时在全球光模块市场规模增长的背景下，我国厂商依靠价格优势市场占有率持续提升，2010 年我国厂商市占率不到 20%，目前已经达到 40%左右，价格优势仍存，加上华为、中兴、烽火等全球领先的电信设备商供应链国产化倾向，以及国内 ICP 企业的超大型数据中心建设接棒第一梯队的北美起量，国内光模块厂商有望进一步提升在光模块市场中的市占率。

由于不同的经营战略，目前我国光模块厂商的利润表现较国外大厂要更优，与国外大厂从芯片到模块的垂直一体化经营不同，我国以中际旭创为主的光模块厂商专一从事光模块封装环节。由于光芯片开发需要持续的、大量的研发投入，国外大厂的净利润往往常年为负，而美日几个具备芯片产能的大厂间仍处于竞争关系，导致它们的研发回报实际上并不突出。我国厂商尤其是数据中心光模块厂商在现阶段承载封装这一环节，能够从上游相互竞争的大厂那里获得价格适当的芯片供给，叠加自己的封装成本优势，从中际旭创来看，年净利率水平能够达到 10%左右，所以对比来看，现状下，我国厂商的模式是目前更为有利的经营模式。

## 十、风险提示

我国光模块厂商的高端光芯片需要从美日尤其是美国进口，光芯片的供给存在一定的不确定性。一方面由于在美日大厂的垂直一体化战略下，我国厂商既是其下游，也是其竞争对手，如果光模块下游客户出现明显的冲突，大厂可能会通过光芯片供给这一环对我国光模块厂商进行牵制；另一方面，中美贸易摩擦仍然

没有定音，光芯片作为光通信领域的技术核心，可能面临着一定的被限制出口的风险。

**红塔证券投资评级：**

以报告日后 6 个月内的行业指数的涨跌幅相对于同期沪深 300 指数的涨跌幅为基准：

类别	级别	定义
行业 投资评级	增持	行业指数相对表现优于沪深 300 指数
	中性	行业指数相对表现与沪深 300 指数持平
	减持	行业指数相对表现弱于沪深 300 指数

**公司声明：**

本公司经中国证券监督管理委员会核准，取得证券投资咨询业务许可。

本报告署名分析师具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格并注册为证券分析师。

**免责声明：**

本报告仅供红塔证券股份有限公司（以下简称“本公司”）的签约客户使用。本公司不会因任何机构或个人收到本报告而视其为本公司的当然客户。

本报告的作者是基于独立、客观、公正和审慎的原则制作本研究报告。本报告的信息来源合法合规，本公司力求但不能担保其准确性或完整性，也不保证本报告所含信息保持在最新状态。本报告所载的资料、意见及推测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，本报告中的证券或投资标的价格、价值及投资收入可能会波动。在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。投资者应当自行关注。

本公司已采取信息隔离墙措施控制存在利益冲突的业务部门之间的信息流动，以尽量防范可能存在的利益冲突。但在法律许可的情况下，本公司及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券或期权并进行交易；可能为这些公司提供或者争取提供保荐承销、财务顾问或者金融产品等相关服务；本公司的员工也可能担任本报告所提到的公司的董事。

市场有风险，投资需谨慎。本报告中的观点、结论仅供投资者参考，不构成投资建议。本报告也没有考虑到个别投资者特殊的投资目标、财务状况或需要，投资者应考虑本报告中的任何意见或建议是否符合其特定状况。投资者不应以本报告取代其独立判断或仅根据本报告做出决策。在决定投资前，如有需要，投资者应向专业人士咨询并谨慎决策。除法律法规规定必须承担的责任外，本公司不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失承担责任。

本报告版权仅为本公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制或发布。否则，本公司将保留随时追究其法律责任的权利。如征得本公司同意后引用、刊发，则需注明出处为“红塔证券股份有限公司研究发展中心”，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。任何有关本报告的摘要或节选都不代表本报告正式完整的观点，一切须以本公司向客户发布的本报告完整版本为准。所有于此报告中使用的商标、服务标记及标记均为本公司的商标、服务标记及标记。

红塔证券股份有限公司版权所有。

红塔证券股份有限公司对本声明条款具有惟一修改权和最终解释权。