



强于大市

公司名称	股票代码	股价 (人民币)	评级
烽火通信	600498.SH	31.20	买入
光迅科技	002281.SZ	24.37	买入
中际旭创	300308.SZ	49.53	未有评级
新易盛	300502.SZ	16.53	未有评级
剑桥科技	603083.SH	32.27	未有评级

资料来源：万得，中银证券

以 2018 年 8 月 21 日当地货币收市价为标准

光通信行业专题报告

5G 数通双驱动，光模块再迎腾飞

我国 5G 网络步伐加快，承载网的先行建设与升级推动电信网光器件需求的持续增加；同时，云计算时代下数据中心网络需求爆发式增长，国内 BAT 为首的互联网企业进入 IDC 需求扩张期，高速光模块需求启动。我们相信无论电信、数通领域，光模块市场已进入高速发展新时代。

支撑评级的要点

- **流量增长推动光通信繁荣，光模块与芯片价值凸显。**全球移动流量逐年翻倍，2017 年底至 2023 年底期间有望以 42% 的复合年增长率(CAGR)上升，于 2023 年底接近 110EB/月，流量爆发将推动光通信市场日趋兴盛。网络的迭代将不断促进光模块更新与升级的需求，2020 年全球光模块市场将超过 71 亿美元，高端光模块市场增速超过 24%。同时，光器件市场将愈发聚焦于价值链上游的光芯片，光芯片及组件成本占光模块成本 50%~70%。目前我国具有光芯片生产能力的公司业务集中在低端产品芯片，25Gb/s 及以上高端芯片国产率仅 5%。短期内封测能力领先的企业将在抢占份额和利润重头方面占领先机，长期来看，具备光芯片技术核心力的企业将优势明显。
- **5G 承载网建设升级助力光模块腾飞，市场需求临近爆点。**5G 的商用将进一步引爆流量增长，流量爆发的压力对承载网提出大宽带、低时延等新要求，加上运营商地位的逐渐衰弱、发展环境竞争的日益激烈推动 5G 的网络架构革命性变化，承载网建设面临基站大规模部署和核心网设备更新换代，大力推动光通信行业。我们认为，5G 前传组网方案或将是光纤直驱和 OTN 共存，5G 中传与回传 OTN 可行，预测我国 5G 整体建设将新增约 440 万个宏基站，5G 承载网将带来光模块总市场约 620 亿元的增长，市场潜力无限。
- **互联网企业数据中心需求释放，形成光模块重要新下游。**全球云计算迅速发展，预计超级数据中心 2020 年总量增长至 485 个，北美四大互联网企业的数据中心投资已达北美三大运营商的六成。叶脊网络架构引入满足内部流量升级需求，集中拉动 40/100G 等高端光模块的需求，未来将走向 200/400G，数通领域光模块市场年复合增长率接近 20%。目前我国数据中心数量全球占比 8%，不及排名第一的美国数据中心数量的 1/5，BAT 拥有的数据中心服务器数量之和不及美国亚马逊的一半，未来我国数据中心需求亟待释放。随着互联网数据中心成为光通信新下游，数通光模块市场可期。

评级面临的主要风险

- 运营商 5g 投资不力、数据中心建设不达预期、新技术风险、竞争风险。

重点推荐

- 我们认为光通信市场已迎来高速发展时代，技术领先、具备规模优势、品种不断丰富的产业链企业均将先后受益。**推荐**运营商光设备龙头**烽火通信**，直接受益于 5G 承载网先行建设；**推荐**具有光芯片研发生产能力的**光迅科技**，同时布局电信与数通双市场推动业绩持续增长；可以**关注**在光模块数通市场占据翘楚地位的**中际旭创**；**关注**向全面扩张光模块产能与市场的新**易盛**；以及**关注**高端光模块市场的新兴力量**剑桥科技**等。

相关研究报告

《电信与数通需求共铸光器件的新黄金时代》 20170821

《通信行业 2018 年中期策略》 20180625

中银国际证券股份有限公司
具备证券投资咨询业务资格

通信

程彥

(8621) 20328305

shenyan.cheng@bocichina.com

证券投资咨询业务证书编号：S1300517080004

目录

光通信：尽享流量爆发红利	7
数据流量爆发 电信数通利好	7
电信数通发展快速催生光通信市场稳定向上	8
光模块高速化、自主化步伐加快	9
光模块：借光器件旺需景气持续，高速需求启动	9
光芯片：高端领域进口替代空间大	14
电信市场：5G 承载网大力推动光模块需求	18
5G 将至，承载网先行	18
技术与政策驱动我国 5G 进展领先	22
借势 5G 承载网，我国光模块市场飞扬	25
数据中心成为光模块强劲新下游	31
数据中心迎来黄金发展时期	31
互联网巨头数据中心需求逐步释放	32
光模块市场受益于数据中心扩张升级	35
高速化需求火热，数通光模块市场有望于 2020 年翻倍增长	38
重点推荐企业	43
1. 烽火通信：5G 承载网光设备领军者	43
2. 光迅科技：电信数通双轮驱动，高端光芯片可期	44
3. 中际旭创：数通光模块全球翘楚，高端技术领先	46
4. 新易盛：市场新秀，高端产品突破可待	48
5. 剑桥科技：高端数通光模块的新生力量	49
风险提示	51

图表目录

图表 1.	全球数据流量大爆发.....	7
图表 2.	我国数据流量年复合增长率远高于全球平均水平 (2012-2020)	7
图表 3.	全球 IP 流量和数据中心流量持续增长	7
图表 4.	数据中心流量主导互联网流量	7
图表 5.	全球移动流量迅速增长 (EB/月)	8
图表 6.	全球超级数据中心数量增速预测 (亿美元)	8
图表 7.	光通信在电信市场的应用	8
图表 8.	光通信在谷歌数据中心的应用	8
图表 9.	光通信行业市场空间.....	8
图表 10.	电信市场和数据中心增长带动光器件市场规模 (单位: 亿美元) 8	
图表 11.	光通信产业链.....	9
图表 12.	光通信运作流程实例.....	9
图表 13.	光通信应用	9
图表 14.	全球光器件需求总体增长趋势	10
图表 15.	全球有源光器件占比 (2016)	10
图表 16.	全球无源光器件占比 (2016)	10
图表 17.	光通信器件分类繁杂.....	11
图表 18.	我国主要光器件企业全球市场份额分散.....	11
图表 19.	近年光通信器件重大兼并案.....	11
图表 20.	光模块运作原理	12
图表 21.	光模块产品示例	12
图表 22.	全球光模块销售收入增长预测	12
图表 23.	我国光模块销售收入增长预测	12
图表 24.	近年我国光模块供应市场全球占比大幅提高	13
图表 25.	高速率产品是光模块发展的必然趋势	13
图表 26.	40G/100G 光模块销售收入不断增长(亿美元)	13
图表 27.	OFC2018 上展示 400G 光模块方案的部分企业	14
图表 28.	400G 的采用速度加快.....	14
图表 29.	光模块成本中芯片占比过半.....	14
图表 30.	光芯片成本随光模块速率升高而提高	14
图表 31.	光芯片技术制约着光通信中的应用领域.....	15
图表 32.	光通信产业领域的各产业领域竞争力不匹配	15
图表 33.	海外光器件厂主导全球高端光芯片市场.....	15

图表 34.	我国集成电路贸易逆差现象严峻.....	15
图表 35.	2017 年光收发模块及光芯片、电芯片国产化率测算.....	15
图表 36.	国家陆续推出扶持集成电路产业政策.....	16
图表 37.	我国集成电路自给率低，但呈缓慢向上趋势.....	16
图表 38.	大基金一期重点投资芯片制造领域.....	16
图表 39.	国家陆续推出扶持自主光芯片政策.....	17
图表 40.	ITU 5G 工作计划表.....	18
图表 41.	3GPP 进一步推动 5G 运行.....	18
图表 42.	承载网是移动网络通讯的基础.....	19
图表 43.	5G 换代面临全新的技术体系和业务环境.....	19
图表 44.	ITU 定义的 5G 主要应用场景.....	20
图表 45.	ITU 定义的 5G 能力指标.....	20
图表 46.	5G 主要技术场景 (IMT-2020(5G)) 及关键挑战、.....	20
图表 47.	2G/3G 到 4G/5G 移动通信接入网的变迁.....	21
图表 48.	BUU 汇聚机房.....	21
图表 49.	5G 中 CU、DU 分割.....	21
图表 50.	5G 部署示例图.....	21
图表 51.	5G 传送承载网络.....	22
图表 52.	中国企业 5G 贡献一览.....	22
图表 53.	我国企业 5G 标准协议上的重要进展.....	23
图表 54.	全球主流国家 5G 商用表.....	23
图表 55.	我国三大运营商的 5G 规划.....	24
图表 56.	国内 5G 试点研发实验的三个阶段.....	24
图表 57.	我国 5G 技术研发试验第三阶段计划.....	24
图表 58.	我国 5G 推动政策.....	25
图表 59.	运营商 4G 基站建设节奏.....	25
图表 60.	运营商 5G 基站建设预期 (第一阶段).....	25
图表 61.	5G 前传承载方式对比.....	26
图表 62.	按照 eCPRI V1.0 协议 宽带估算 (100MHz , 64T64R)	26
图表 63.	5G 前传光模块需求.....	27
图表 64.	分组增强型 OTN+IPRAN 组网方案示意图.....	27
图表 65.	端到端分组增强型 OTN 方案.....	28
图表 66.	5G 带宽需求估算.....	28
图表 67.	城域 OTN 网络架构匹配 5G 承载需求示意图.....	29
图表 68.	中、回传光模块总需求估算.....	29

图表 69.	5G 基站年增长量预测	30
图表 70.	5G 承载网光模块年投资额预测	30
图表 71.	我国 5G 光模块投资预测 (单位: 元)	30
图表 72.	云计算产业链全景图	31
图表 73.	云计算产业分层	31
图表 74.	云计算全球市场规模不断增长	31
图表 75.	数据中心呈云化大趋势	31
图表 76.	超大规模数据中心数量不断增长	32
图表 77.	全球主要 ICP 资本开支增长	32
图表 78.	海外重点云服务商资本开支增长强劲 (百万美元)	33
图表 79.	我国云计算市场规模预测	33
图表 80.	我国云计算市场规模增速高于全球平均水平	33
图表 81.	2017 年中国云计算和数据中心市场情况	34
图表 82.	2017 年美国互联网企业在设备资本开支上的 对比接近三大运营商资本 开支的 60%	34
图表 83.	2017 年我国互联网企业在设备资本开支上的对比接近三大运营商资本开 支的 25%	34
图表 84.	中国与全球数据中心投资规模及预测	35
	(单位: 十亿美元)	35
图表 85.	全球超大规模数据分布占比	35
图表 86.	BAT 资本开支	35
图表 87.	阿里云全球数据中心布局	35
图表 88.	数据中心流量分类和预测	36
图表 89.	数据中心内部流量保持高速增长	36
图表 90.	叶脊拓扑网络架构为横向传输而建	37
图表 91.	Leaf-Spine 构架展示图	37
图表 92.	100G 单模收发器发货量和占比提升	38
图表 93.	硅光子技术芯片展示	38
图表 94.	英特尔硅光计划内容	38
图表 95.	数据中心光模块高速率产品迅速增长	39
图表 96.	数据中心光模块趋势分析	39
图表 97.	数据中心交换机上增添光模块端口	39
图表 98.	数据中心标准机柜内的服务器布局	40
图表 99.	数据中心传统的三层网络架构	40
图表 100.	分组化的低收敛比三层网络架构	41

图表 101.	Facebook 的 Fabric 叶脊网络架构	41
图表 102.	1000 机柜数据中心的交换机光模块需求 (单位: 个)	42
图表 103.	数通光模块市场规模预测	42
图表 104.	数通光模块占光模块市场比重逐步提高	42
图表 105.	烽火通信的系统设备采集份额业界领先	43
图表 106.	5G 承载网建设需要大量 OTN 设备	43
图表 107.	市场额优势、芯片技术双管齐下, 公司业绩有望持续增长	44
图表 108.	光迅科技光通信方案	45
图表 109.	电信和数通业务双轮驱动, 高端芯片领域的不断突破有望推动业绩持续增长	46
图表 110.	公司光速光模块产品展示	47
图表 111.	受益于行业发展, 公司业绩向好	47
图表 112.	新易盛产品覆盖领域广	48
图表 113.	产品齐全、产能提升推动公司业绩持续增长	49
图表 114.	MACOM 的光通信产品布局	49
图表 115.	基于 MACOM 光芯片的 400G 硅光模块方案	50
图表 116.	报告中提及上市公司估值表	52

光通信：尽享流量爆发红利

数据流量爆发 电信数通利好

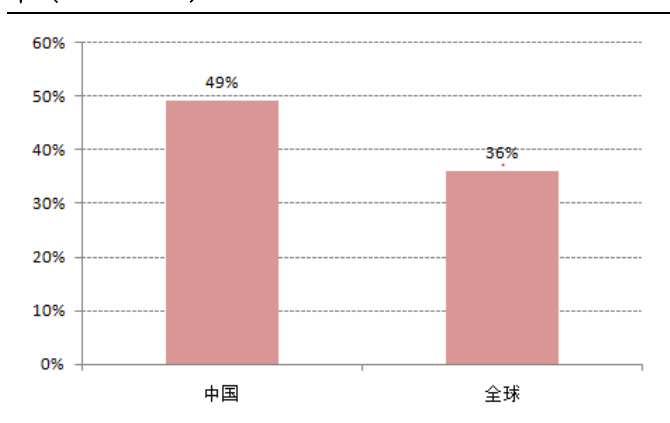
在流量井喷、5G 规模建设周期到来、物联网产业爆发、大数据中心快速增长等因素的推动下，根据 IDC 的预测，2020 年全球数据总量将达 40000EB，年复合增长率(2012-2020)达 36%；而中国数据流量增长速度更为突出，于 2020 年总量增至 8806EB，年复合增长率(2012-2020)达 49%，流量增长率远高于世界平均水平。

图表 1. 全球数据流量大爆发



资料来源：藤友通信科技、中银证券

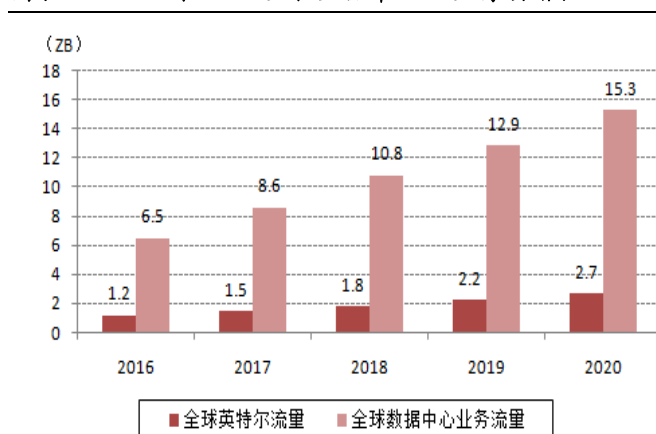
图表 2. 我国数据流量年复合增长率远高于全球平均水平 (2012-2020)



资料来源：IDC、中银证券

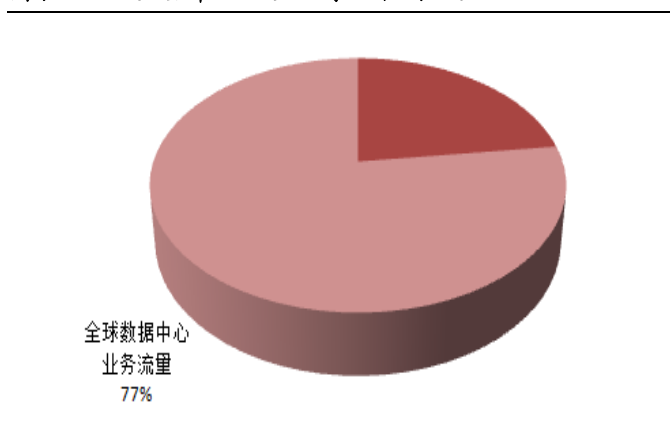
全球 IP 流量和数据中心流量持续增长，电信、数通景气向好。根据智妍咨询数据统计，2020 年全球因特网的网络流量增至 2.7ZB，16-20 年复合增速为 17.6%；全球数据中心流量预计于 2020 年增长至 15.3ZB，复合增速为 18.7%，占全球数据流量比高达到 77%。由此可见，数据中心流量将未来数年继续在互联网流量中占主导地位，力量不可小觑。

图表 3. 全球 IP 流量和数据中心流量持续增长



资料来源：智妍咨询、中银证券

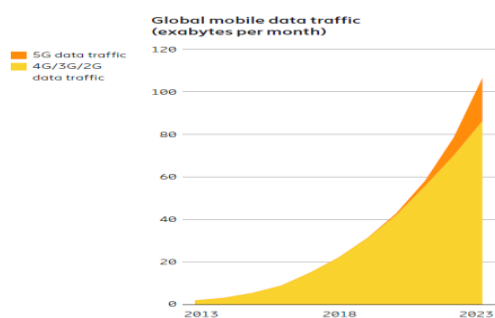
图表 4. 数据中心流量主导互联网流量



资料来源：智妍咨询、中银证券

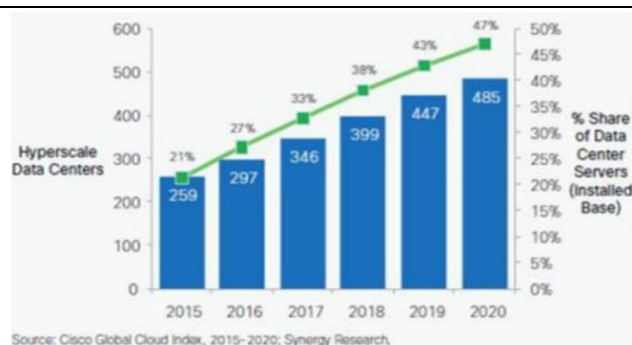
全球 IP 流量和数据中心流量的持续增长推动了运营商市场对移动通信网络的升级和大型互联网公司数据中心市场的快速扩张。根据爱立信预测称，2017 年底到 2023 年底期间，全球移动数据总流量有望以 42% 的复合年增长率(CAGR)上升，2023 年底，预计数据总流量将接近 110EB/月；同时，全球超级数据中心扩张如火如荼，预计于 2020 年高达 485 个，较 2015 年增长 87%。

图表 5. 全球移动流量迅速增长 (EB/月)



资料来源: 智研咨询、中银证券

图表 6. 全球超级数据中心数量增速预测 (亿美元)

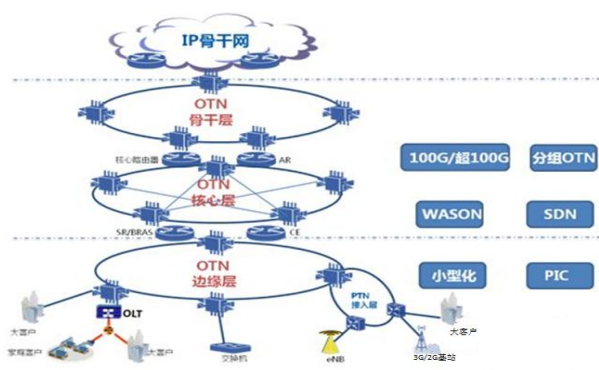


资料来源: 智研咨询、中银证券

电信数通发展快速催生光通信市场稳定向上

光通信是以光波为载波的通信方式,是现代通信业支柱。电信市场(运营商为主)和数通市场(大型互联网企业数据中心为主)是目前光通信的两大重要应用领域,也是未来光通信下游应用发展的关注重点。

图表 7. 光通信在电信市场的应用



资料来源: 通信产业网、中银证券

图表 8. 光通信在谷歌数据中心的應用



资料来源: 中关村在线、中银证券

受益于全球网络通讯和数据通信需求增加的持续增长,光通信行业的整体需求依然稳健。根据中国产业信息网数据,2015至2020年间,全球光通信市场复合年均增长率将达到10%,市场呈稳定向上趋势。

图表 9. 光通信行业市场空间



资料来源: 智研咨询、中银证券

图表 10. 电信市场和数据中心增长带动光器件市场规模 (单位: 亿美元)



资料来源: 中国产业信息网、中银证券

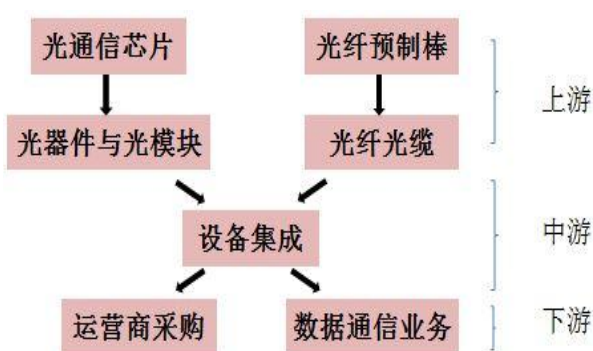
光模块高速化、自主化步伐加快

光模块：借光器件旺需景气持续，高速需求启动

光器件需求旺盛，企业走向兼并集中

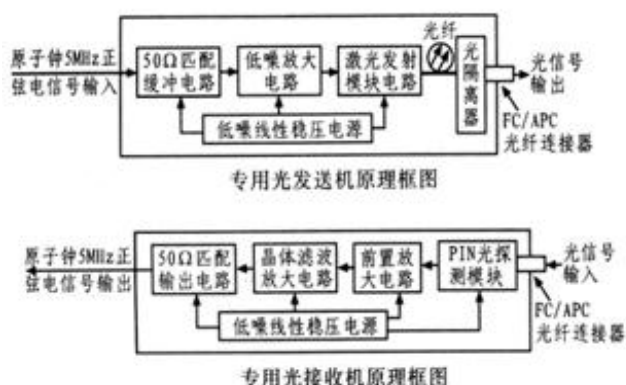
光器件是光传输系统的核心。光通信在应用过程中所涉及的产品主要包括光纤光缆、光器件（含芯片）和光通信设备三部分。光器件是利用电-光子转换效应制成的各种功能器件，功能包括发送接收、波分复用、增益放大、开关交换、系统管理等，分为有源器件和无源器件，是光传输系统的核心；光通信设备由光器件组成，包括光终端收发机、交换机等；光纤光缆是光通信的传输通道。近年来，电信市场和数据通信市场对光通信器件的需求保持稳定的增长，而接入网市场需求逐渐趋于平稳。

图表 11. 光通信产业链



资料来源：中国投资咨询网、中银证券

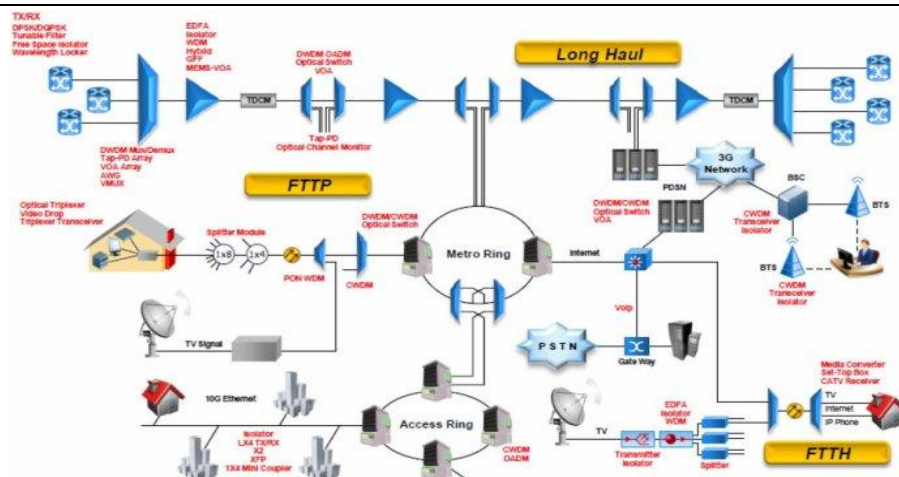
图表 12. 光通信运作流程实例



资料来源：中国电子网、中银证券

光器件受益于光通信景气，2022 年全球突破 141 亿美元。光器件位于光通信产业链的上游，为中下游系统设备商提供器件、模块等产品，其性能的好坏直接影响到光纤通信系统最终的质量。在光通信行业整体景气的背景下，作为硬件基础支持的光纤行业与相配套的光器件行业发展前景良好。光器件位于光通信产业链的上游，为中下游系统设备商提供器件、模块等产品，其性能的好坏直接影响到光纤通信系统最终的质量。

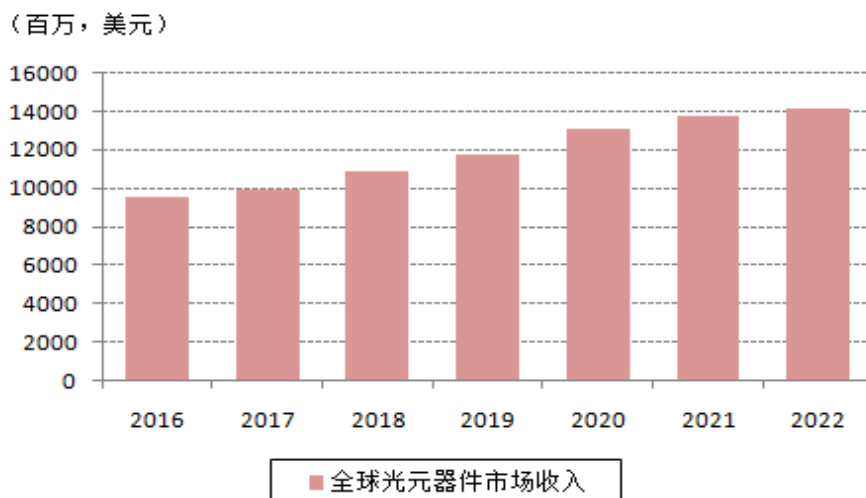
图表 13. 光通信应用



资料来源：昂纳科技、中银证券

咨询机构 Ovum 数据显示，2016 年全球光通信器件市场规模达到 96 亿美元，预期 2022 年收入规模将增长至 141 亿美元，市场规模总体快速增长。其中，我国光通信器件市场约占全球 25%-30% 左右的市场份额，享受着市场份额优势。

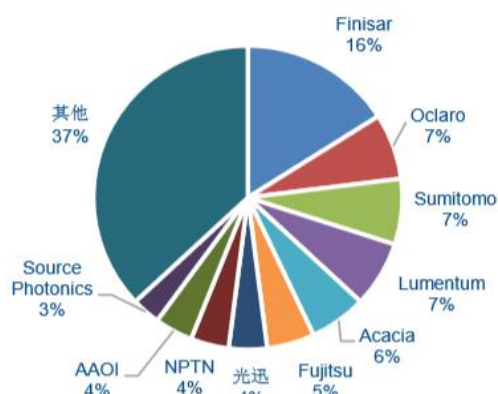
图表 14. 全球光器件需求总体增长趋势



资料来源：Ovum、中银证券

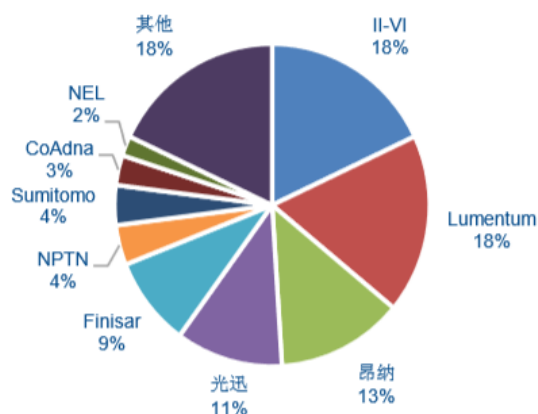
光器件分类繁杂，我国无源器件竞争力较强。根据是否需要外加能源驱动，光器件分为有源器件（光检测器、光纤放大器、光收发组件、光模块等）和无源光器件（光隔离器、光分路器、光开关、光连接器等），分类相对繁杂。在国际竞争格局中，目前我国光器件厂商无源光器件实力较强，有源光器件在全球比例略微薄弱。

图表 15. 全球有源光器件占比 (2016)



资料来源：Ovum、中银证券

图表 16. 全球无源光器件占比 (2016)



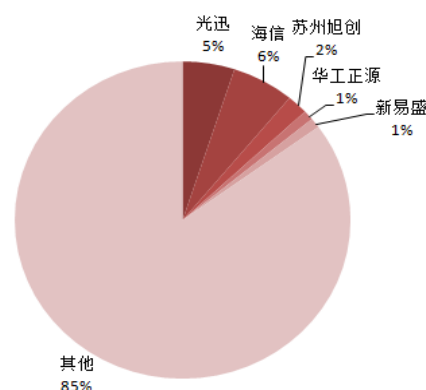
资料来源：Ovum、中银证券

光器件厂商市场分散，未来走向兼并集中。现阶段，光纤光缆和系统设备两个领域已进入寡头竞争阶段，而光通信器件领域还处在充分竞争时代。光通信器件分类繁杂，企业都是在某一细分领域精耕细作，导致了我国厂商众多，但集中度低，市场份额较分散。尽管目前我国光器件厂商市场额占据全球市场 15% 左右，而全球光通信器件市场占有率前十名企业中仅仅一家为中国企业。

图表 17. 光通信器件分类繁杂

产品类别	典型产品
芯片	InP 系列（高速直接调制 DFB 和 EML 芯片、PIN 与 APD 芯片、高速调制器芯片、多通道可调激光器芯片）GaAs 系列（高速 VCSEL 芯片、泵浦激光器芯片）Si/SiO ₂ 系列（PLC、AWG、MEMS 芯片）SiP 系列（相干光收发芯片、高速调制器、光开关等芯片；TIA、LDDriver、CDR 芯片）LiNbO ₃ 系列（高速调制器芯片）等
光有源器件	激光器（VCSEL、DFB 直调激光器，EML 外调激光器）；光调制器（PMQ 调制器、相位调制器、强度调制器）；光探测器（PIN、APD）；集成器件（相干光收发器件、阵列调制器）等
光无源器件	光隔离器、光分路器、光开关、光连接器（MPO 连接器）、光背板、光滤波器（合波器/分波器）等
光模块与子系统	光收发模块（10G/25G/100G/400G）；光放大器模块（EDFA、Raman）；动态可调模块（WSS、MCS、OXC）；性能监控模块（OPM、OTDR）

资料来源：《中国光电子器件产业技术发展路线图》、中银证券

图表 18. 我国主要光器件企业全球市场份额分散


资料来源：中国产业信息网、中银证券

近来，巨大的成本压力以及充满挑战的市场环境使国外厂商通过收购与兼并等方式不断进行产业链拓展，使其产品覆盖光器件、光模块领域的几乎所有环节，牢牢占据产业链的高端。例如，2017 年 Lumentum 和 Oclaro 的合并将使 Lumentum 一跃成为行业第一，超过营业额 14.5 亿美元的 Finisar，改变光通信市场竞争格局。随着技术的革新，具有技术优势的大厂商将进一步提高行业壁垒，竞争格局将趋向集中。对标国外发展历程，我国厂商亦将加快并购动作，加速整合产业链。

图表 19. 近年光通信器件重大兼并案

时间	并购方	内容
2012	住友电工	住友电工收购 Emcore VCSEL 产品线
2013	II-VI	II-VI 公司 1.15 亿美元收购 Oclaro 瑞士子公司及激光二极管业务, 8860 万美元收购 Oclaro 放大器和微光学业务
2014	科氏集团	科氏集团以 4.45 亿美元现金收购光无源器件厂商 Oplink
2015	M/A-Com	通信芯片厂商 M/A-Com 以 6000 万美元价格收购日本 TOSA/ROSA 厂商 FiBest
2015	Ciena	Ciena 以 4.15 亿美元完成对分组光传输系统和 SDN 平台供应商 Cyan
2016	光迅科技	以 2340 万美元收购法国光芯片厂商 Almae
2017	Avago	Broadcom 旗下 Avago 科技购买 Cosemi 科技公司光电探测器芯片业务
2018	Lumentum	Lumentum 以 18 亿美元收购 Oclaro 全部股份，一跃成为行业第一
2018	至纯科技	至纯科技拟并购核心光器件提供商波汇科技

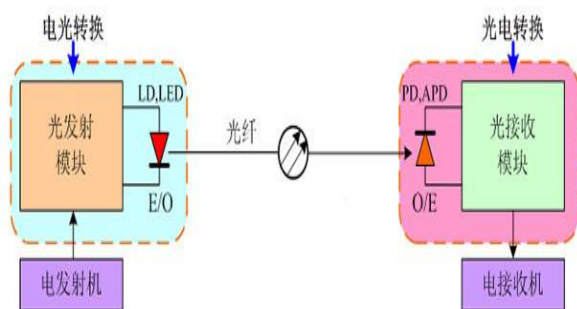
资料来源：华强电子网、中银证券

光器件向好推动光模块增长，制造市场将进一步向中国转移

光模块——光器件之基石。光模块是实现光通信系统中光信号和电信号转换的重要器件，是制造光器件的基础元件，在数据中心、传输网、移动宽带等领域发挥重要作用。其生产的完整过程是将光芯片和其他组件先制造成为光器件，然后再将光器件封装为一个光模块，如光源、光探测器、放大器等，主要原材料包括光芯片及组件、集成电路芯片及结构件等。

光模块主要包括发射和接收两部分，发送端通过 TOSA（光发射次模块）把电信号转换成光信号，通过光纤传后，接收端通过 ROSA（光接收次模块）再把光信号转换成电信号。

图表 20. 光模块运作原理



资料来源：恒泰通科技、中银证券

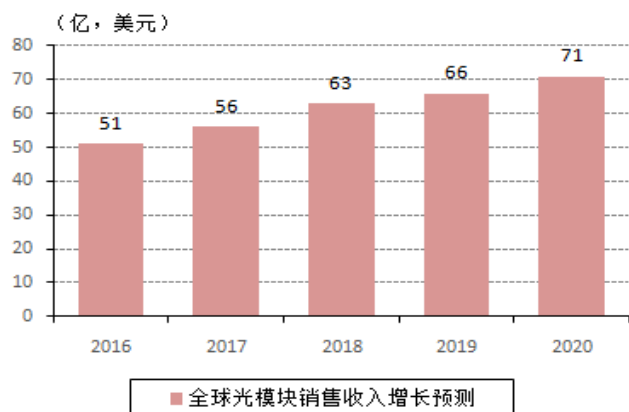
图表 21. 光模块产品示例



资料来源：方烁科技、中银证券

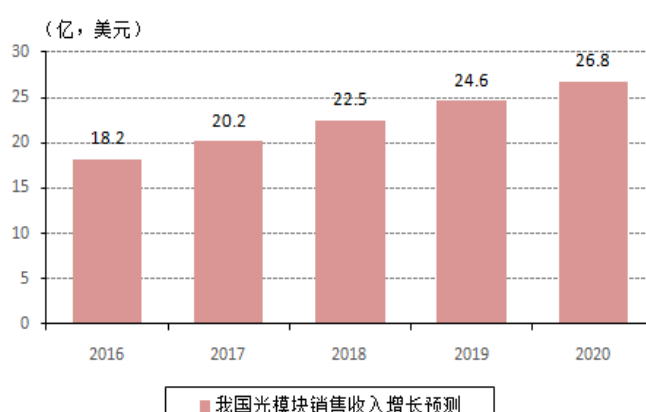
光模块受益于光器件需求增长。在光器件市场收入持续增长的背景下，作为核心的光模块行业发展前景良好。根据 LightCounting 预测，未来光模块市场扩张仍持强劲增长趋势，全球光模块市场至 2020 年该市场销售收入将增至 71 亿美元，年均增长率（2016-2020）约为 8.62%。目前我国光模块市场销售持续增长，预测于 2020 年达到 26.8 亿美元。

图表 22. 全球光模块销售收入增长预测



资料来源：LightCounting、中银证券

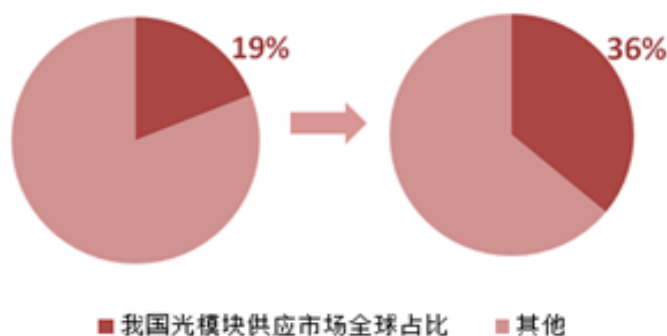
图表 23. 我国光模块销售收入增长预测



资料来源：LightCounting、中银证券

产业链不断齐全，制造市场进一步向中国转移。根据 LightCounting 数据显示，我国光模块供应商市场占全球份额从 2010 年的 19% 增长到 2017 年的 36%，在国际市场上的竞争力不断提高。同时，受益于较低的人工成本、完整的代工产业线和齐全的供应链配套，国外厂商 Fisinsar、Avago 等纷纷将工厂转移至中国；10G/40G/100G 光模块领域，我国自有厂家光迅科技、中际旭创、新易盛等已实现自主覆盖，业务线相对齐全，电信和数据中心领域产品均有涉及。我们预测未来光模块制造市场将进一步向中国转移。

图表 24. 近年我国光模块供应市场全球占比大幅提高

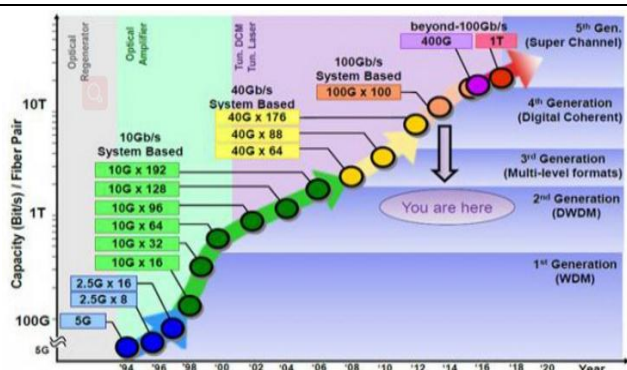


资料来源: LightCounting、中银证券

全球高速光模块需求逐步启动

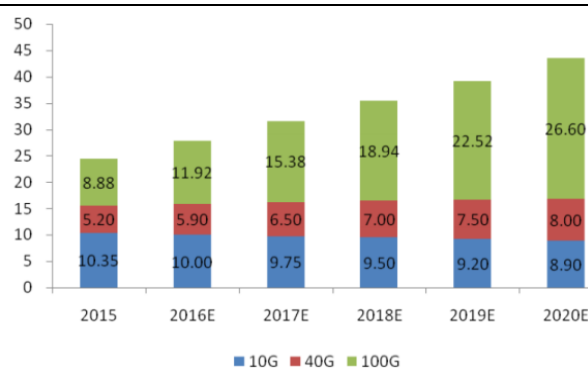
按照传输速率光模块可以分为: 155Mb/s、622Mb/s、1.25Gb/s、2.5Gb/s、2.97Gb/s、4.25Gb/s、6.5Gb/s、8.5Gb/s、10Gb/s、40Gb/s、100Gb/s 等。随着全球数据量的增加, 高速率产品是光通信行业的发展趋势。根据 Infonetics 数据显示, 预计到 2020 年, 全球 10G/40G/100G 光模块收入将达到 43.50 亿美元, 在总体光模块市场的占比将超过 61%。其中, 40G 光模块和 100G 光模块的年复合增长率将分别高达 9.00% 和 24.54%。

图表 25. 高速率产品是光模块发展的必然趋势



资料来源: NEC、中银证券

图表 26. 40G/100G 光模块销售收入不断增长(亿美元)



资料来源: Infonetics、中银证券

400Gb/s 光模块的采用正在攀升。尽管 400G 的技术随着 Ciena WaveLogic Ai 在 2017 下半年才面世, 但 Telstra、Unitymedia 和沃达丰等主要服务提供商早期 400G 传输试验的进行, 意味着其采用速度比 100G (2010 面世) 快了三倍。在我国, 据光纤在线统计, OFC2018 上现场演示 400G 光模块的企业有 13 家, 包括光旭科技、新易盛、昂纳科技等。

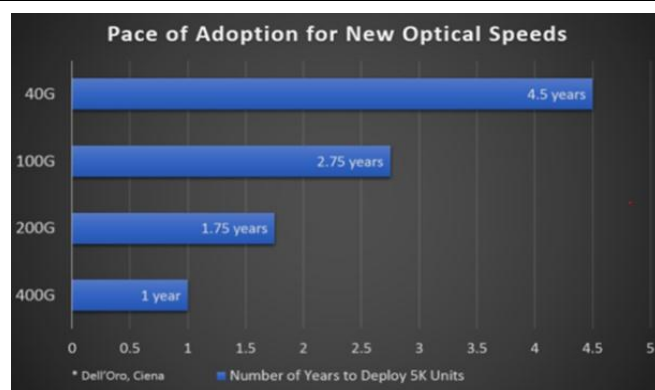
Ciena 的研究显示, 服务商用了 4.5 年时间部署 5000 个 40G 转发器, 仅用 2.75 年和 1.75 年部署相同数量的 100G 和 200G 转发器, 预测 400G 部署时间不超过一年, 未来发展可期。

图表 27. OFC2018 上展示 400G 光模块方案的部分企业

企业名称	展示产品
光迅科技	400G CFP8 LR8 光模块、单波长 100G 光模块等
中际旭创	400G QSFP-DD FR4 光模块、400G OSFP LR8 光模块等
新易盛	400G QSFP-DD FR8 光模块等
昂纳科技	400G QSFP-DD AOC 光模块等
海信宽带	400G QSFP-DD SR8/AOC、400G OSFP SR8、400G OSFP 2*FR4 等

资料来源：CFOL 光纤在线、中银证券

图表 28. 400G 的采用速度加快



资料来源：Ciena、中银证券

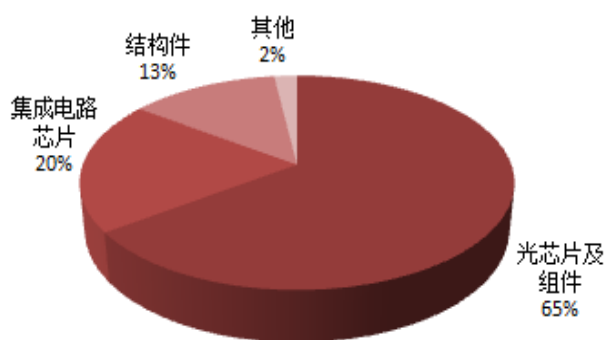
光芯片：高端领域进口替代空间大

光芯片是光模块的核心

光器件芯片是应用于光通信的半导体，与传统电芯片主要应用硅材料不同，光器件芯片生产过程中将磷化铟的发光属性和硅的光路由能力整合到单一混合芯片中，涉及成本更高的化合物如 InP、GaAs 等材料。

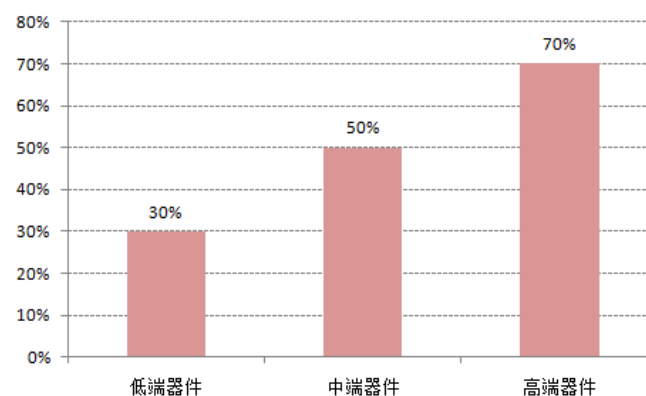
光器件是光通信的命脉，光芯片是光模块的关键。成本上看，光芯片及组件成本占光模块成本比重超过 50%，且光模块速率越高，光芯片成本会随之升高，高端器件中占比可高达 70%。光芯片长期位于光器件价值链上游。光芯片自主制造能力体现着国家光通信产业的核心竞争力。

图表 29. 光模块成本中芯片占比过半



资料来源：中国产业信息网、中银证券

图表 30. 光芯片成本随光模块速率升高而提高



资料来源：中国产业信息网、中银证券

技术上看，光通信中不同应用要求体现在对芯片不同的性能要求。在通信网络中，短距光通信对传输距离要求较低；接入网、城域网、骨干网对信息的传输距离要求逐步提高，而 VCSEL、FP、DFB、EML 芯片各有侧重，适应的光通信应用领域各有不同，例如，VCSEL 光芯片激光器多用于传输距离较近的短距光通信，而具有高速率、长距离传输特点的 EML 光芯片激光器则多用于城域网与骨干网，光芯片的性能制约着光通信的应用。

图表 31. 光芯片技术制约着光通信中的应用领域

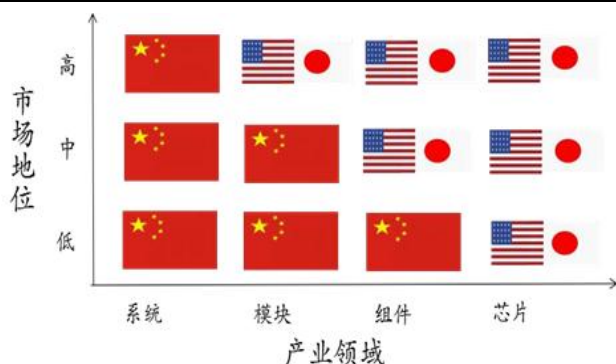
光芯片激光器	特点	光通信中应用领域
VCSEL	速率变动范围 155M~16G; 传输距离近 (500m); 面发射	接入网、数据中心
FP	速率变动范围 155M~10G; 边发射; 短距离 (40km)	接入网
DFB	速率变动范围 2.5G~40G; 低速率、长距离 (80km)	接入网、城域网、数据中心
EML	高速率、长距离	城域网、骨干网

资料来源: 易天光通信、中银证券

国产以低端产品为主, 高端领域进口替代空间大

国产光芯片以低端产品为主, 高端领域海外垄断。尽管我国拥有全球最大的光通信市场, 但是我国光通信器件行业在全球所占份额与现有资源并不相匹配。以光芯片角度分析, 从目前 DFB/EML/VCSEL 三大高端激光器芯片市场来看, 海外光器件厂商特别是美国和日本光器件厂商主导市场, 我国在自主研发和投入实力方面相对较弱, 主要集中在中低端产品的研发、制造上, 核心基础光通信器件能力薄弱, 与国外竞争对手有着较大的差距。

图表 32. 光通信产业领域的各产业领域竞争力不匹配



资料来源: 中国产业信息网、中银证券

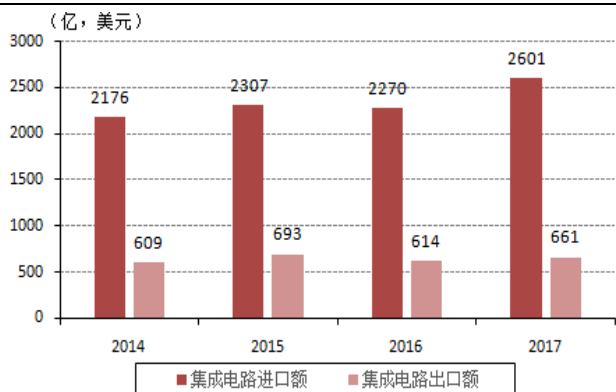
图表 33. 海外光器件厂主导全球高端光芯片市场

高端芯片类型	全球主要供应商
DFB	Avago、三菱
EML	Neophotonics、Oclaro、住友
VCSEL	Lumentum、Finisar、II-VI、Avago、三菱

资料来源: 华强电子网、中银证券

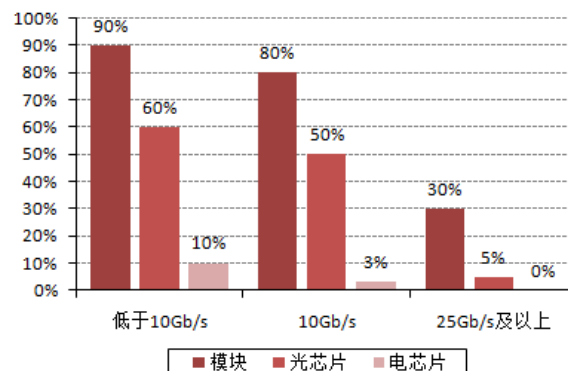
目前具有光芯片生产能力的国内公司, 业务主要集中在低端产品芯片, 110Gb/s 速率的光芯片国产化率接近 50%, 而 25Gb/s 及以上等高端芯片国产化率仅 5%, 在高速模数/数模转化芯片、相干通信 DSP 芯片、以及 5G 移动通信前传光模块需要的 50Gb/s PAM-4 芯片上, 还没有国内厂家能够提供解决方案, 高端领域长期依赖进口。

图表 34. 我国集成电路贸易逆差现象严峻



资料来源: 中国产业信息网、中银证券

图表 35. 2017 年光收发模块及光芯片、电芯片国产化率测算



资料来源: 中国产业信息网、中银证券

光芯片国产化进程加快，行业迎来转机

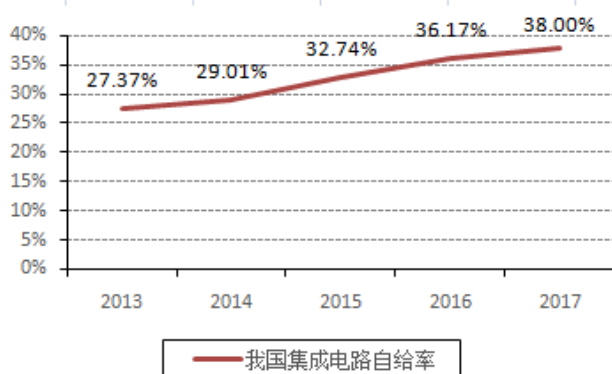
集成电路国产化率先引领行业。为改善对“外国芯”的长期依赖现象，保护我国电子信息技术和公共信息安全，中国政府已将半导体产业发展提升至国家战略高度。2014 年，国家制定了《国家集成电路产业发展推进纲要》，到 2020 年全行业销售收入年均增速超过 20%，企业可持续发展能力大幅增强。着力推进我国芯片产业发展。2015 年，国家集成电路基金成立，基金一期重点投资制造领域。从政策和资金的双向扶持下，我国集成电路自给率略有提升。

图表 36. 国家陆续推出扶持集成电路产业政策

时间	政策	内容
2000	《鼓励软件产业和集成电路发展的若干政策》	通过政策引导，在资金、人才、税收政策、产业技术、出口政策多方面促进集成电路产业发展。
2011	《进一步鼓励软件产业和集成电路产业发展的若干政策	继续实施软件增值税优惠政策，进一步落实和完善相关营业税优惠政策，引导社会资本设立创业投资基金，支持中小软件企业和集成电路企业创业。
2012	《集成电路产业“十二五”发展规划》	到“十二五”末，产业规模再翻一番以上，集成电路产量超过 1500 亿块，满足国内近 30% 的市场需求。
2012	《“十二五”国家战略性新兴产业发展规划》	大力提升高性能集成电路产品自主开发能力，先进封装、测试技术以及关键设备、仪器、材料核心技术，培育产业竞争新优势。
2013	《国家集成电路产业发展推进纲要》	到 2020 年，集成电路产业与国际先进水平的差距逐步缩小，全行业销售收入年均增速超过 20%，企业可持续发展能力大幅增强。

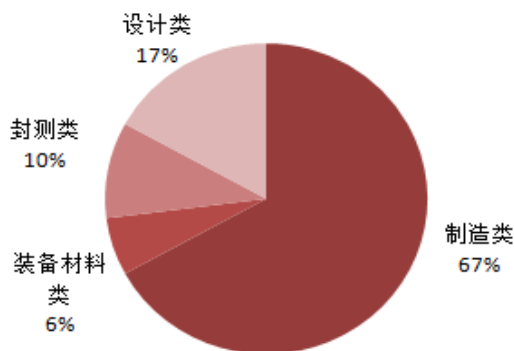
资料来源：前瞻产业研究院、中银证券

图表 37. 我国集成电路自给率低，但呈缓慢向上趋势



资料来源：中国产业信息网、中银证券

图表 38. 大基金一期重点投资芯片制造领域



资料来源：中国产业信息网、中银证券

光芯片有望紧随其后。国家工信部在《中国光电子器件产业技术发展路线图》中明确指出技术由组装走向核心芯片的战略，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%。在“中国制造 2025”国家呼吁转型制造强国的口号下，加上中美贸易战的外部催化，我们相信高端芯片国产化进程将逐渐加快，光芯片领域存在较大的进口替代空间。

图表 39. 国家陆续推出扶持自主光芯片政策

时间	政策	内容
2012	《电子信息制造业“十二五”发展规划》	推进智能光网络和大容量、高速率、长距离光传输、光纤接入（FTTx）等技术和产品的发展。
2013	《产业关键共性技术发展指南》	明确将“高速光通信关键器件和芯片技术”、“宽带光通信技术”列入优先发展的范畴，将利好光通信厂商。
2013	《战略性新兴产业重点产品和服务指导目录》	光通信设备。包括光纤、网络和终端测试计量设备、光纤接入设备、云计算设备等名列其中。
2016	国家重点专项“战略性新兴产业电子材料”	重点专项共 27 个项目，除去 4 个需实施 1-2 年后评估择优的重点专项外，剩余 23 个重点专项共获得中央财政经费 8.76 亿元。
2017	《中国光电子器件产业技术发展路线图》	技术由组装走向核心芯片的战略，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%

资料来源：中国报告网、中银证券

我们相信，光芯片国产化未来几年的道路上必定是**机遇与挑战并存**。如果光芯片行业能迎来未来国家产业基金等资金涌入和更多的政策扶持，光芯片自主化进程可期。

电信市场：5G 承载网大力推动光模块需求

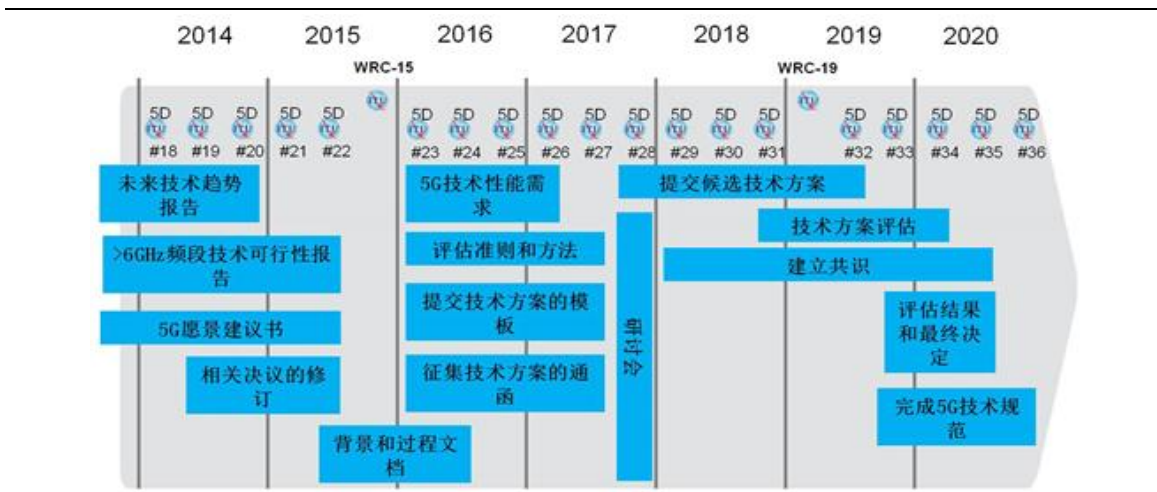
5G 将至，承载网先行

5G 步伐加快，2020 即将规模商用

5G 网络作为第五代移动通信网络，峰值理论传输速度可达每秒数十 Gb，较现阶段主流的 4G 网络的传输速度最高快数百倍。随着全球 5G 技术研发与标准讨论越来越热烈，扮演火车头角色的两大组织——国际电信联盟(ITU)与第三代合作伙伴计划(3GPP)已确定 5G 网络在 2020 年正式步入商用的进程。

ITU 进程表确认中 2020 年实现商用。为推动 5G 国际标准化工作进程，ITU 提出“IMT-2020 工作计划”提出 5G 进程时间表，内容包括：在 2015 年之前，5G 工作将主要集中在愿景、未来技术趋势及频谱的研究；2015 年中启动 5G 国际标准制定，并开展 5G 技术性能需求和评估方法研究；2017 年底启动 5G 候选技术征集；2018 年底启动 5G 技术评估及标准化；到 2020 年底，5G 技术应具备商用能力。

图表 40. ITU 5G 工作计划表



资料来源：CTI 论坛、中银证券

3GPP 进一步推动 5G 运行。2018 年 6 月，3GPP 全会批准了 5G NR 独立组网（SA）功能冻结，标志着 5G 的首个标准 R15 正式诞生。加之去年 12 月完成的非独立组网 NR 标准，5G 已经完成第一阶段全功能标准化工作，技术方案验证及应用步入关键阶段，推动了 5G 商用进程。

图表 41. 3GPP 进一步推动 5G 运行

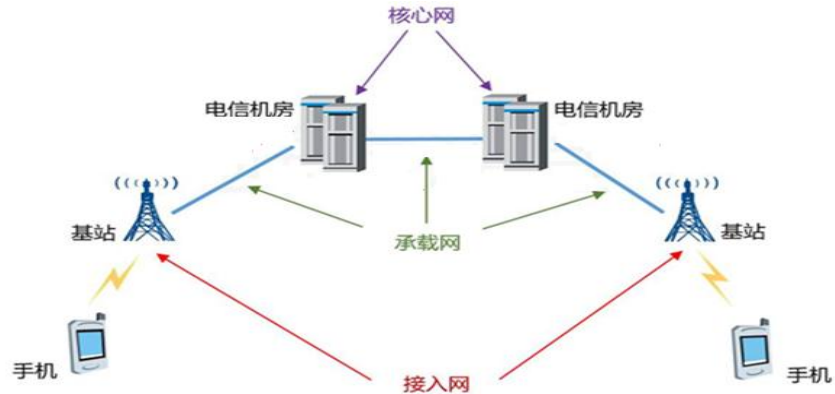


资料来源：中国通信院、中银证券

承载网先行，5G 网络性能需求提升

承载网是移动网络通讯的基础。承载网连接着基站和核心网，基站通过无线收发信机提供与固定终端设备和移动终端之间的无线信道，实现端到端系统的传输。根据过往移动数据网络发展历程来看，承载网一般需要提前 1-2 年时间进行部署。基于 2020 年实现 5G 商用的目标，我们预测 2018 年底、2019 年将迎来大规模 5G 承载网建设。

图表 42. 承载网是移动网络通讯的基础



资料来源：微信公众号“鲜枣课堂”、中银证券

5G 网络业务环境变化大。从 2G 到 3G 再到 4G，无线空口技术一直在进步，旨在提升频谱效率、扩展频谱资源。先前网络下游业务中运营商长期占领主要地位，网络基础构架变化并不大，主要由于业务应用从语音（voice）到互联网（Internet），对网络的要求停留对网络速率的提升。而 5G 市场伴随着大型互联网公司崛起，下游应用逐渐丰富，包括互联网到大数据、云计算、物联网等多领域，运营商地位逐渐衰弱，发展环境竞争激烈，导致 5G 的网络架构无论是总体系统架构还是接入构架都将发生革命性变化，做到实现在节省成本、提高效率的同时做到网络灵活度的提升。

图表 43. 5G 换代面临全新的技术体系和业务环境



资料来源：中国联通网络技术研究院、中银证券

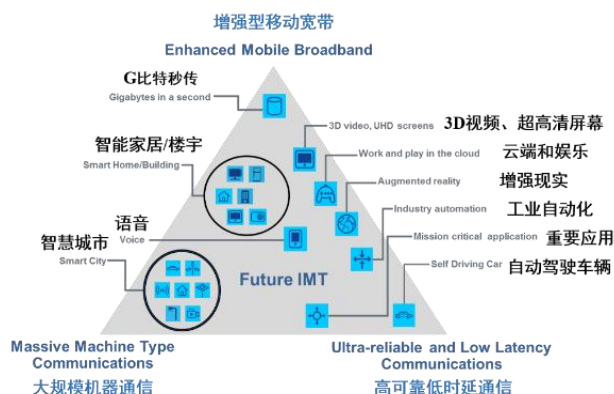
5G 网络应用场景全面升级。目前，国际电信联盟 ITU 定义 5G 三个主要应用场景有：

1) 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，带宽体验从现有的 10Mbps 量级提升到 1Gbps 量级，要求承载网络提供超大带宽。

2) 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。

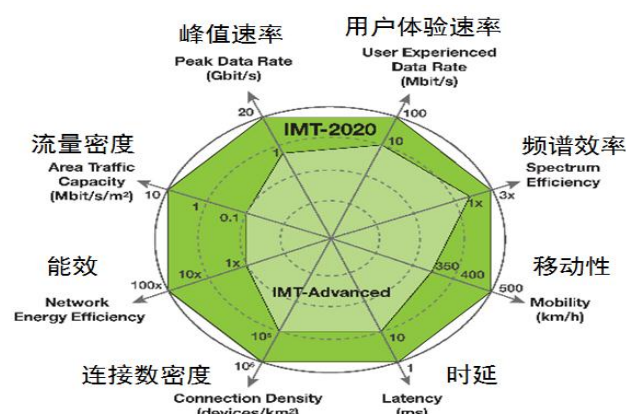
3) mMTC (大规模机器通信)：主要场景包括车联网、智能物流、智能资产管理等，要求提供多连接的承载通道，实现万物互联，为减少网络阻塞瓶颈，基站以及基站间的协作需要更高的时钟同步精度。

图表 44. ITU 定义的 5G 主要应用场景



资料来源：中国无线电管理、中银证券

图表 45. ITU 定义的 5G 能力指标



资料来源：中国无线电管理、中银证券

同时，我国 IMT-2020(5G)推进组定义了 5G 的主要技术场景为连续广域覆盖、热点高容量、低功耗大连接和低时延高可靠，对 5G 网络性能在用户体验速率、流量密度、功耗、成本和时延等方面提出更高的要求。

图表 46. 5G 主要技术场景 (IMT-2020(5G)) 及关键挑战、

场景	简介	关键挑战
连续广域覆盖	移动通信最基本的覆盖方式	随时随地提供 100Mbps 以上用户体验速率
热点高容量	面向局部热点区域	1Gbps 用户体验速率；数十 Gbps 峰值速率；数十 Tbps/km ² 的流量密度
低功耗大连接	物联网（智慧城市、环境监测等应用场景）	满足 100 万/km ² 连接数密度；超低功耗和超低成本
低时延高可靠	物联网（车联网、工业控制等特殊应用需求）	毫秒级的端到端时延；接近 100% 的业务可靠性

资料来源：中国产业信息网、中银证券

5G 对承载网提出更高要求。我们看到，5G 升级对传送承载提出更高新要求，包括：

1) 大带宽需求：~10 倍接入速率 X ~10 倍终端数量，高速传送承载技术；2) 低时延需求：uRLLC 1ms，缩短端云距离，减少中间环节，简化节点处理；3) 高精度时间同步需求：3GPP 初步确认 5G 基本业务对时间同步的需求同 4G 一样，为 1.5us；4) 网络切片需求：L0/L1/L2/L3 虚拟网；5) 大数量基站，更多的光纤与传送资源；6) 网络云化需求，网随云动，灵活组网等。我们相信，5G 的到来将深刻改变承载网结构。

“C-RAN”引入以满足 5G 承载网新要求

近年来，在移动运营商正面临着激烈的竞争环境，用于建设、运营、升级无线接入网的支出不断增加，收入却未必以同样的速度增长，改革迫在眉睫；同时，移动数据通信网络的更新换代往往伴随着无线接入架构的变迁。为了持续盈利和增长，移动运营商引入“C-RAN”网络接入构架。

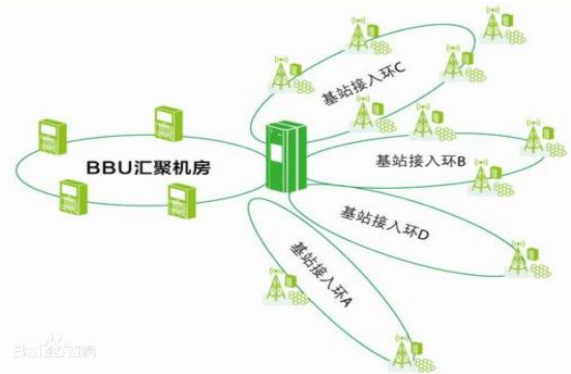
核心网架构的“云化”提高效率。在承载网中，RRH（射频拉远头）用于提升讯号传输效率，扩大其网络覆盖率，BBU则是基带处理单元。在2G/3G时代，网络大量使用分布式基站架构，RRH和BBU通过光纤连接在一起，进行与核心网之间的信息传送。进入4G/5G时代，中国移动提出了“C-RAN”架构，旨在降低网络部署和维护成本，提升盈利能力。C-RAN架构引入BBU汇聚机房（BBU池）的“云化”概念，每个远端射频单元上发送和接收信号的处理都在该虚拟的基带基站完成的，打破RRH和BBU之间的固定连接关系，大大减少基站机房数量，减少降低能耗，节约CAPEX和OPEX等。根据中国移动研究院透露，在C-RAN架构下，能源消耗则可以降低70%，OPEX的降低可以达到50%，CAPEX可以降低15%，极大提高效率。

图表 47. 2G/3G 到 4G/5G 移动通信接入网的变迁



资料来源：EEPW、中银证券

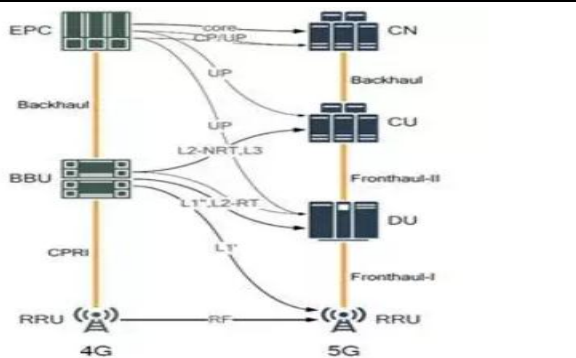
图表 48. BBU 汇聚机房



资料来源：C-RAN 中文网、中银证券

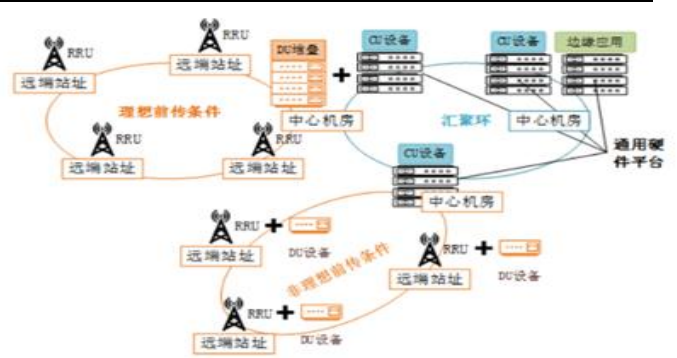
CU-DU 分割，网络灵活度提升。在4G网络中，C-RAN相当于BBU、RRU 2层架构；在5G系统中，BBU功能进一步切分为CU（Central Unit）和DU（Distributed Unit），相当于变为CU、DU和RRU 3层架构。CU设备主要包括非实时的无线高层协议栈功能，同时也支持部分核心网功能下沉和边缘应用业务的部署，而DU设备主要处理物理层功能和实时性需求的层2功能。CU、DU分离后，硬件实现灵活，可以节省成本，实现性能和负荷管理的协调、实时性能优化并使用NFV/SDN功能，满足不同应用场景的需求，如传输时延的多变性。

图表 49. 5G 中 CU、DU 分割



资料来源：中国移动《5G C-RAN 无线云网络技术报告》、中银证券

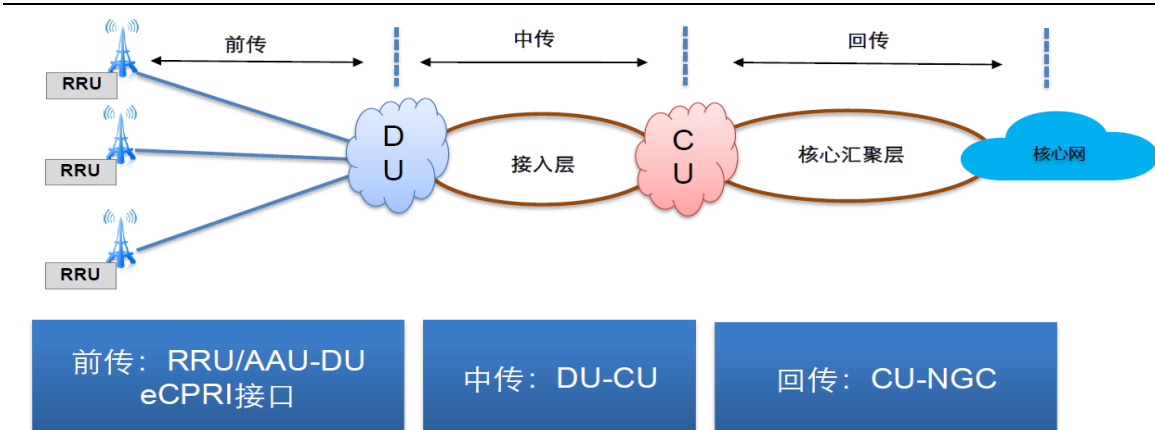
图表 50. 5G 部署示例图



资料来源：中国移动《5G C-RAN 无线云网络技术报告》、中银证券

基于5G RAN架构的变化，5G承载网由以下三部分构成：前传(Fronthaul: AAU-DU)：传递无线侧网元设备RRU和DU间的数据；中传(Middlehaul: DU-CU)：传递无线侧网元设备DU和CU间的数据；回传(Backhaul: CU-核心网)：传递无线侧网元设备CU和核心网网元间的数据。现阶段对5G承载网市场空间的预测主要基于对以上三部分的预测。

图表 51. 5G 传送承载网络



资料来源：中国移动《5G C-RAN 无线云网络技术报告》、中银证券

技术与政策驱动我国 5G 进展领先

标准领域贡献大，话语权提升。中国企业在 5G 时代的参与力度远超之前的任何一个通信制式，时至今日已经先后在信道编码、核心网架构、承载网协议三个重要标准领域确认了中国企业主推的方案，建立了丰厚的技术贡献。

图表 52. 中国企业 5G 贡献一览

5G 标准领域	贡献技术内容	成果价值
信道编码	华为等中国阵营支持的极化码成为 5G eMBB 场景控制信道的编码方案	信道编码是通信技术的皇冠，中国阵营首次占据控制信道与数据信道两大信道中的一种编码方案，夺取了核心话语权
核心网架构	中国移动牵头的 SBA 架构成为核心网是除无线接入网外的 5G 半壁江山，由中国公司主导的 5G 核心网统一基础架构	构成为该领域唯一确定方案，奠定 5G 网络的整体形态
承载网标准	中国移动主导 SPN，已经进入测试阶段；中国电信主导 M-OTN 方案，目前已经实现了两个相关标准立项	承载网络是 5G 端到端通信系统的基础，为实现包括大带宽、低时延、高可靠、灵活性、切片等需求，建立统一的 5G 承载网标准已迫在眉睫
无线空中接口	中兴与华为分别获得 5G NR 标准编写组的三个主编席位	中国企业在顶尖无线空口标准的制定过程中获得多个主编席位，增加了对于 5G 标准制定的把控力

资料来源：C114、中银证券

中国企业在 3GPP 对 5G 标准协议的进展上，纷纷做出了具有影响力的核心贡献，不但成功通过了 eMBB 控制信道的极化码编码方案，更在核心网 SBA 架构与承载网 SPN、M-OTN 的统一标准上夺取了关键的主导方案地位。

图表 53. 我国企业 5G 标准协议上的重要进展



资料来源: C114、中银证券

随着这一系列由中国阵营主推、中国企业主导的技术标准进入 5G 标准、成为核心协议的一部分，一方面体现出中国通信业在通信技术方面实现后来居上，另一方面也充分展示中国通信业在 5G 标准制定上的话语权进一步加大，有望不断在标准制定的过程中占据先机。例如，中兴已经在 3GPP 关于 5G NR 标准的编写组里相继拿下两个主编位路，华为也有一席主编，中国企业未来在新协议的制定过程中将会握有更大的影响力。

运营商 5G 商用规划加快。GSA 的最新报告显示，全球 154 家移动运营商正在进行 5G 技术测试或试验。这些运营商正在探索各种关键 5G 技术，包括 Massive MIMO、波束成型以及支持超低延迟的回传、云计算和边缘计算安排等。

图表 54. 全球主流国家 5G 商用表



资料来源: 中国通信院、中银证券

我国主要运营商已明确 5G 部署时间。中国移动将在政府的指导下建设世界上规模最大的 5G 试验网，并于今年开展 5G 规模实验计划，在杭州、上海、广州、苏州、武汉五个城市开展外场测试，每个城市将建设超过 100 个 5G 基站，还将在北京、成都、深圳等 12 个城市进行 5G 业务和应用示范，明确计划在 2019 年推出 5G 服务；中国联通表示将于今年进行 5G 组网试验，明年于北京、天津、上海、深圳、杭州、南京、雄安 7 个城市进行 5G 试验，2020 年正式商用；中国电信计划于 2018 年在全国多个主要城市开展中等规模的外场实验，将在 2019 年实现 5G 试商用，2020 年实现重点城市的规模商用。

图表 55. 我国三大运营商的 5G 规划

运营商 5G 商用时间表		
运营商	时间	进程
中国移动	2016 年	5G 的技术实验
	2017 年	较大规模的 5G 外场实验，实验环境下实现理论效果。
	2018 年	5G 试商用开始。
	2019 年	3GPP 确定全部标准，做商用前的所有准备。
	2020 年	5G 正式商用。
中国联通	2016 年-2017 年	战略与架构制定阶段，将发布 5G 需求白皮书、网络架构白皮书、技术演进白皮书。
	2017 年-2018 年	关键技术验证阶段，将拟定技术验证标准，诸如无线关键技术、核心网关键技术、传输关键技术。
	2018 年-2019 年	生态合作与网络准备阶段，将进行外场组网验证、制定商用建设方案、5G 商业生态合作。
	2020 年	5G 正式启动商用。
中国电信	2016-2018 年	中国电信将继续深入开展 5G 网络演进架构与关键技术研究及技术概念验证，依据自身需求提出 4G 向 5G 演进技术方案，把握技术发展和标准走向，适时开展部分关键技术实验室测试与外场试验。
	2018 年到 2020 的中期	中国电信将开展 4G 引入 5G 的系统和组网能力验证，指定企业技术规范，为引入 5G 技术组网提供技术指导，实现部分成熟 5G 技术的试商用部署。
	2020 年到 2025 的远期	中国电信将按照 CNet2025 网络发展目标，持续开展 5G 网络后续技术演进的研究，试验和预商用推进工作。

资料来源：和讯网、中银证券

设备商的测试力度加大。目前，全球五大设备厂商在怀柔外场已经完成了第二阶段的测试，测试了连续广域覆盖、低时延高可靠、低功耗大连接、热点高容量、高低频混合场景下的测试。国内设备厂商处于领先地位，其中华为全面领先，通过了所有测试，中兴第二，完成了除 5G 核心网组网功能以外的所有测试。2017 年 11 月底，工信部在《关于启动 5G 技术研发试验第三阶段工作的通知》中宣布启动 5G 技术研发试验第三阶段工作，以提升技术研发水平，加速产业成熟。目前我国 5G 技术研发试验第三阶段测试已经进入中期，部分企业完成基于非独立组网标准室内测试项目。根据计划，在今年通信展前后（9 月），全部参与测试厂商会完成 NSA 的外场测试和独立组网的室内测试，部分领先厂商会完成室外测试项目，今年年底将完成第三阶段测试的所有测试项目，我国 5G 产业链主要环节向预商用水平更进一步。

图表 56. 国内 5G 试点研发实验的三个阶段


资料来源：工信部、中银证券

图表 57. 我国 5G 技术研发试验第三阶段计划


资料来源：通信产业网、中银证券

政策的助力持续。为攻克 5G 技术，我国工信部、国家发改委和科技部牵头成立专门小组——IMT-2020（5G）推进组，同时，国务院印发的《关于进一步扩大和升级信息消费持续释放内需潜力的指导意见》明确了信息消费的发展目标，到 2020 年，信息消费规模预计达到 6 万亿元，年均增长 11% 以上，力争 2020 年启动 5G 商用。在三大运营商明确列出 5G 商用的时间表的背景下，利好政策层出不穷，如在近年来发布的《关于进一步扩大和升级信息消费持续释放内需潜力的指导意见》、《5G 网络安全需求与架构白皮书》等文件，都对 5G 的发展形成有效引导。

图表 58. 我国 5G 推动政策

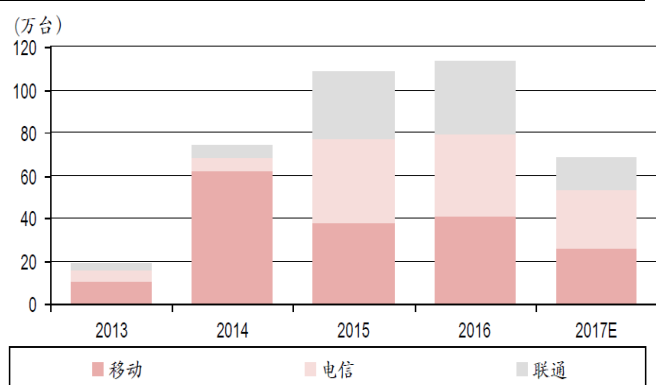
时间	政策/事件	内容
2013.02	成立 IMT-2020 (5G) 推进组	由工信部、国家发展改革委、科技部牵头，全面推进中国 5G 需求、技术、频谱、标准等
2015.05	《中国制造 2025》	掌握新型计算、高速互联、先进存储、体系化安全保障等核心技术，全面突破第五代移动通信技术 (5G)、核心路由交换技术、超高速大容量智能光传输技术等
2016.07	《国家信息化发展战略纲要》	到 2020 年，固定宽带国家普及率达到中等国家水平，3G、4G、5G 技术研发和标准取得突破性进展
2016.12	《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》	大力推进 5G 联合研发、试验和预商用试点。优化国家频谱资源配置，提高频谱利用效率，保障频谱资源供给。
2017.01	《信息通信行业发展规划 (2016-2020 年)》	支持 5G 标准研究和技术试验，推进 5G 频谱规划，启动 5G 商用。到“十三五”末，成为 5G 标准和技术的全球引导者之一。
2017.08	《关于进一步扩大和升级信息消费持续释放内需潜力的指导意见》	加快 5G 标准研究、技术试验和产业推进，力争 2020 年启动商用。

资料来源：前瞻产业研究院、中银证券

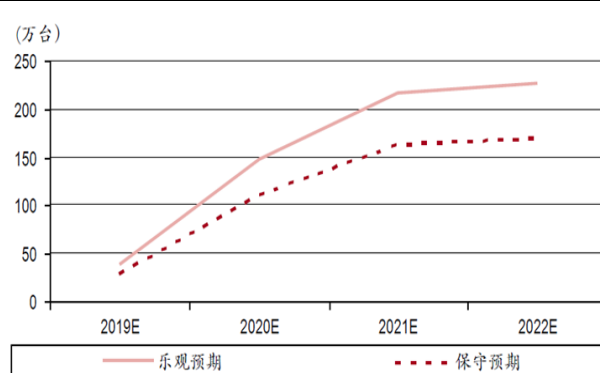
借势 5G 承载网，我国光模块市场飞扬

目前而言，5G 承载网对光通信行业的推动主要来自两大方面。一是 5G 承载网中宏基站和小基站的大规模部署带动的器件需求，另一部分来自 5G 承载网架构变化带来的核心网设备更新换代。

截止 2018 年第一季度末，我国 4G 基站数量约 340 万个。根据中国联通预计，从连续覆盖角度来看，5G 的基站数量可能是 4G 的 1.5~2 倍。我们认为，5G 投建将分成两个阶段：第一阶段从 2019 年起到 2022 年前完成全面覆盖，完成量将对应 2013 到 2015 年 4G 宏站数的 1.5~2 倍，大概 160 万~240 万个基站；第二阶段从 2022 年起，除了深化边缘覆盖之外，高频基站也将引入以解决热点高速数据卸载的问题，具体完成量初步预估为 2015 到 2017 年 4G 宏站数的 1~1.5 倍，大概 280 万~420 万个基站。以较保守的方式估计，我们预测 5G 整体建设将新增约 440 万个宏基站。

图表 59. 运营商 4G 基站建设节奏


资料来源：中国移动、中国联通、中国电信年报，中银证券

图表 60. 运营商 5G 基站建设预期 (第一阶段)


资料来源：中国移动、中国联通、中国电信年报，中银证券

5G 承载网发展同时拉动光纤光缆，光模块和光通信设备市场增长。在光模块领域，主要利好因素来自前传、中传和回传、承载网核心环对光模块的需求。通过三个领域对光模块需求的分别预测，我们认为 5G 承载网将给光模块市场共带来 720 亿元的增长。

5G 前传光纤为主设备为辅，预计光模块总需求约 250 亿元

5G 前传：以光纤直驱为主，设备承载为辅。目前 5G 前传主流方案有光纤直连、无源 WDM、有源 WDM/OTN 三种方案。

1) 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 的端口全部采用光纤点到点直连组网，该方案实现简单，但光纤资源占用多。5G 时代，随着前传带宽和基站数量、载频数量的急剧增加，因此，光直驱方案适用于光纤资源非常丰富的区域。

2) 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。无源波分方案显而易见的好处是节省了光纤，但是也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。

3) 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 机房配置城域接入型 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，提供质量保证。当前有源 WDM/OTN 方案成本相对较高，未来可以通过采用非相干超频技术或低成本可插拔光模块来降低成本。同时，为了满足 5G 前传低成本和低时延的需求，还需要对 OTN 技术进行简化。

图表 61. 5G 前传承载方式对比

技术方案	实现方式	特点	挑战
光纤直连	点到点直连	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，大带宽低时延，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：中兴通讯官网，中银证券

我国光纤资源丰富，部署简单的光纤直连方式将成为主要选择。考虑到基站密度的增加和潜在的多频点组网方案，某些光纤资源紧张的地区难以满足光纤需求，无源 WDM 和有源 WDM/OTN 方案作为补充，无源目前设备成熟度相对不够，我们认为无源设备的市场份额会少于有源 WDM/OTN。针对 5G 前传的 3 个组网场景，我们预测，前传承载技术方案中光纤占领 70% 市场额，有源 WDM/OTN 占领 20% 的市场，无源 WDM 占领剩余的 10% 市场。

前传光模块速率 25G 为主。目前 4G 基站设备的 6G/10G 光模块无法满足 5G 对应的传接需求，速率急需升级。按照 eCPRI V1.0 协议，由于 5G 前传中采用 IID 和 IU 切分，对于 100MHz 频谱，64T64R，16 流，eCPRI 接口需要支持 25G 速率，我们有理由相信前传中接口速率为 25G。

图表 62. 按照 eCPRI V1.0 协议 宽带估算（100MHz，64T64R）

	Split D		Split I _D		Split II _D		Split E
	User Data [Gbps]	Control [Gbps]	User Data [Gbps]	Control [Gbps]	User Data [Gbps]	Control [Gbps]	User Data [Gbps]
eREC → eRE	3 (assumption)	<< 1	< 4	< 10	~ 20	< 10	236
			Split I _U				
eRE → eREC	1.5 (assumption)	<< 1	~ 20	< 10			236

资料来源：中国联通《关于 5G 承载网的思考与建议》，中银证券

我们预计前传光模块总需求约 250 亿元。在前传，一个宏基站对应着 3 个 AAU，而每个 AAU 需要 2 个前传光模块。按照 440 万个基站的标准来计算，前传共需要 2640 万个光模块，主要为 10km-20km 的低成本 25G 光模块。

目前市场上 25G SFP28 10km 灰光光模块价格约为 1400 元/个。我们预测光模块价格在承载网大规模部署（2021 年）逐年下降 20%，则价格约 900 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，则是 1350 元/个。根据先前预测，70%前传使用光纤直连方案（灰光光模块），20%前传使用有源 WDM/OTN（灰光光模块），10%前传使用后无源 WDM（彩光光模块）平分剩余市场，如下图所示：

图表 63. 5G 前传光模块需求

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	900	2640*70%=1848	166.32
有源 WDM/OTN	灰光	900	2640*20%=528	47.52
无源 WDM	彩光	1350	2640*10%=264	35.64
总共			2640	249.48

资料来源：中国移动、中国联通、中国电信年报，中银证券

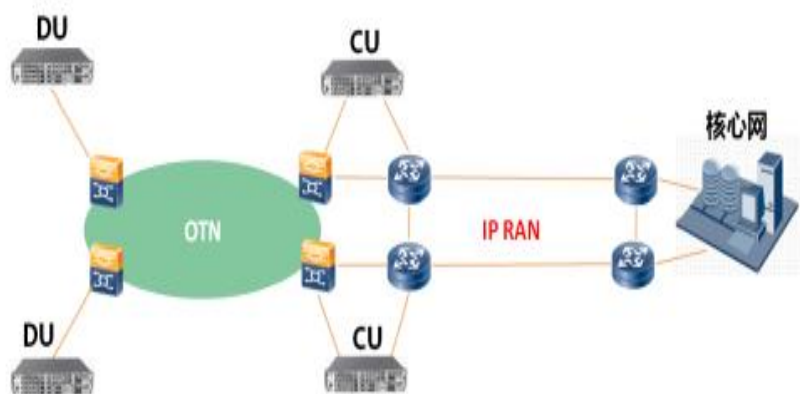
5G 中传与回传 OTN 可行，预计光模块总需求约 227 亿元

5G 中传和回传对于承载网在带宽、组网灵活性、网络切片等方面需求基本一致，因此可以采用统一的承载方案。中传和回传中目前市场上主要有分组增强型 OTN+IPRAN 和端到端分组增强型 OTN 两种方案

1) 分组增强型 OTN+IPRAN 方案

在该方案中，利用增强路由转发功能的分组增强型 OTN 设备组建中传网络，中间的 OTN 设备可根据需要配置为 ODUK 穿通模式，保证 5G 承载对低时延和带宽保障的需求。在回传部分，则继续沿用现有的 IPRAN（IP 化无线接入网）承载架构。为了满足 5G 承载对大容量和网络切片的承载需求，IPRAN 需要引入 25GE、50GE、100GE 等高速接口技术，并考虑采用 FlexE（灵活以太网）等新型接口技术实现物理隔离，提供更好的承载质量保障。

图表 64. 分组增强型 OTN+IPRAN 组网方案示意图

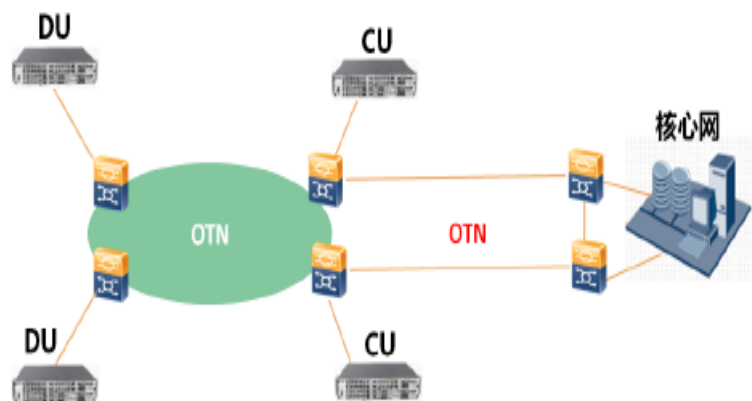


资料来源：中国联通《关于 5G 承载网的思考与建议》，中银证券

2) 端到端分组增强型 OTN 方案

该方案全程采用增强路由转发功能的分组增强型 OTN 设备实现。与分组增强型 OTN+IPRAN 方案相比，该方案可以避免分组增强型 OTN 与 IPRAN 的互联互通和跨专业协调的问题，从而更好地发挥分组增强型 OTN 强大的组网能力和端到端的维护管理能力。

图表 65. 端到端分组增强型 OTN 方案



资料来源：中国联通《关于 5G 承载网的思考与建议》、中银证券

分组增强型 OTN 引入以太网、MPLS-TP 等分组交换和处理能力，可以很好地匹配 5G IP 化承载需求，目前业界认可度更高。

中传带宽为 25G，回传带宽为 100G。5G 频谱新增 Sub6G 及超高频两个频段：Sub6G 频段即 3.4GHz~3.6GHz，可提供 100~200 MHz 连续频谱；6GHz 以上超高频段的频谱资源更加丰富，可用资源一般可达连续 800MHz。因此，更高频段、更宽频谱和新空口技术使得 5G 基站带宽需求大幅提升。下图为典型的 5G 单个 S111 基站的带宽需求估算：

图表 66. 5G 带宽需求估算

关键指标	前传	中传&回传(峰值/均值)
5G 早期站型：Sub6G/100MHz	3*25Gbps	5Gbps/3Gbps
5G 成熟期站型：超高频/800MHz	3*25Gbps	20Gbps/9.6Gbps

资料来源：中国电信《5G 时代光传送网技术白皮书》、中银证券

根据中国电信模型，以一个大型城域网为例，接入环有 8 个节点，汇聚环有 4 个节点，核心环有 4 个节点。目前 5G 早期站型（Sub6G/100MHz）的峰值和均值为 5Gbps 和 3Gbps，根据一般传输模型中接入环：汇聚环：核心环的带宽 8:4:1 的比值，我们预测中传使用 25G 光模块，回传使用 100G 光模块，中传距离为 10~40km，回传为 40~80km，中传光模块个数等于宏基站数量的两倍，回传光模块个数等于宏基站数/接入环节点数*2。

图表 67. 城域 OTN 网络架构匹配 5G 承载需求示意图



资料来源：中国电信《5G 时代光传送网技术白皮书》、中银证券

光模块价格方面，先前我们得到 25G SFP28 10km 彩光光模块的预测价格是 900 元/个，彩光光模块的预测价格是 1350 元/个。而 100G 40km CFP2 灰光光模块方面，市场价格大约 1.95 万元/个，我们同样预测光模块在价格在承载网大规模部署（2021 年）逐年下降 20%，则价格为 1.25 万元/个，彩光光模块约为灰光光模块价格的 1.5 倍，则价格为 1.88 万元/个。前传中灰光光模块和彩光光模块数量比值为 9:1，我们认为中传、回传中中彩光和灰光的比值不变，因此中传光模块的平均价格=90%*（25G 灰光）+ 10%*（25G 彩光）=945 元/个，同理回传光模块的平均价格=90%*（100G 灰光）+ 10%*（100G 彩光）=1.31 万元/个。我们预计中传、后传光模块总需求约 227 亿元。如下图所示：

图表 68. 中、回传光模块总需求估算

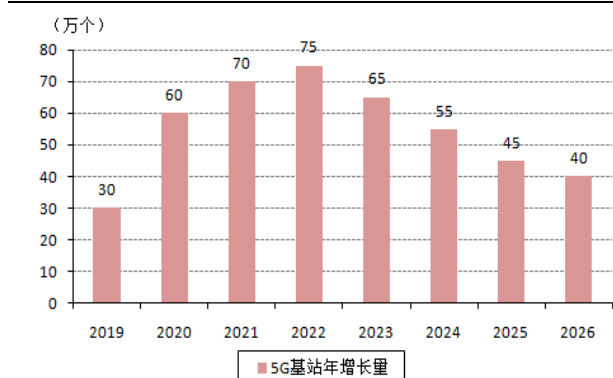
方案	光模块类型	平均价格 (万元/个)	数量 (万个)	市场额 (亿元)
中传光模块	25G SFP28 10km	0.0945	440*2=880	83.16
回传光模块	100G 40km CFP2	1.31	440/8*2=110	144.1
总共			990	227.26

资料来源：中国移动、中国联通、中国电信年报，中银证券

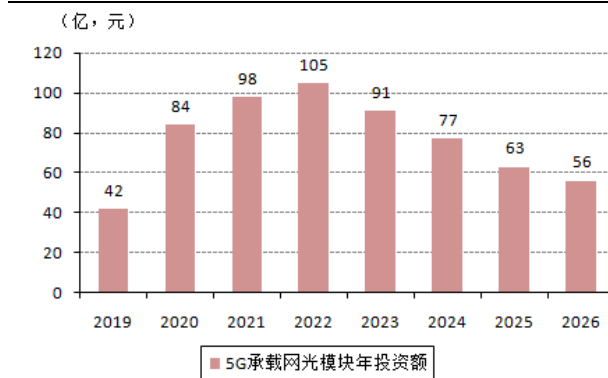
5G 核心网光模块总需求预测约 141 亿元

根据中国电信 5G 承载需求模型，我们预测 5G 核心环带宽为 200G，距离为 80km 左右。数量多方面，核心环光模块个数=宏基站数/接入环节点数/汇聚环节点数*2= (440/8) /6*2，约为 18.3 万个。光模块价格方面，目前市场上，200G 80km 彩光光模块价格为 12 万元左右。根据同样部署价格按每年 20% 的减少速度进行预测，光模块价格为 7.7 万元/个。核心网光模块总需求约为 18.3 万*7.7 万元/个=140.91 亿元。

我们估计，2022年前5G承载网基站建设为高速发展时期，承载网建设对光模块需求的推动迅猛；2022年以后，承载网建设逐渐放缓，光模块增长逐渐步入趋缓的增长阶段。

图表 69. 5G 基站年增长量预测


资料来源：中国移动、中国联通、中国电信年报，中银证券

图表 70. 5G 承载网光模块年投资额预测


资料来源：中国移动、中国联通、中国电信年报，中银证券

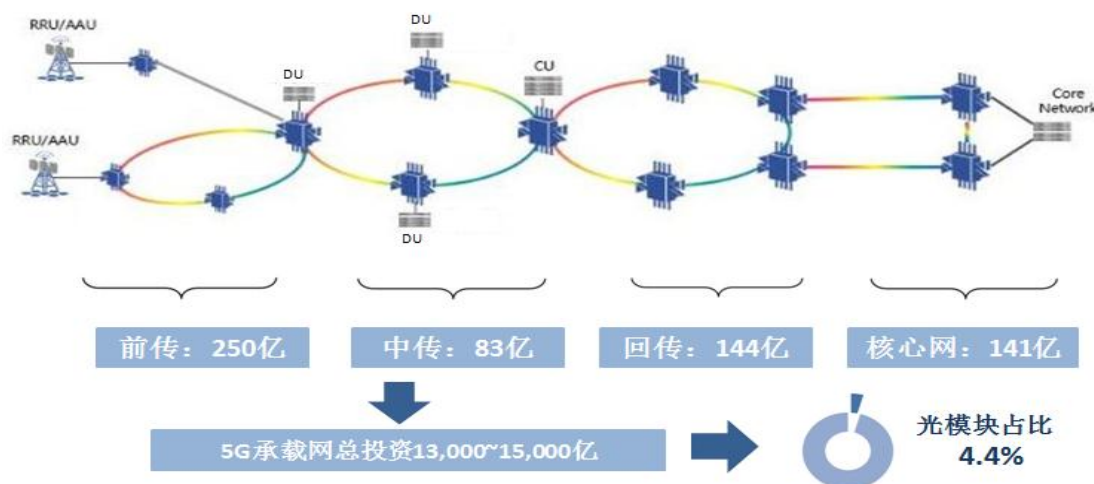
通过对前传、中传和回传、承载网核心环三个领域对光模块需求的分析，我们预测 5G 承载网将带来光模块总市场带来约 **620 亿元** 的增长。

光模块占 5G 承载投资的 4%

5G 分两阶段部署，总开支 1.3-1.5 万亿元。 5G 投建将分成两个阶段：第一阶段从 2019 年起到 2022 年前完成全面覆盖，建成基于 5G 宏基站的全国性网络。完成量将对应 2013 到 2016 年 4G 宏站数的 1.5 到 2 倍。第二阶段从 2022 年起，除了深化边缘覆盖之外，高频基站也将引入以解决热点高速数据卸载的问题。具体完成量取决于业务需求，尤其是高速率与大连接业务发展状况，初步预估为 2013 到 2016 年 4G 宏站数的 1 到 1.5 倍。核心网配套和固网虚拟化的工作将贯穿始终。

2013 年至今 4G 总开支约为 6217 亿元，预计 2018 到 2019 年合计 2750 亿元，前 5G 阶段在 4G 上的总投入在 9000 亿元左右。若按先前宏站建设规模的判断，综合考虑运营商投资能力，以及设备通用化对成本的影响，我们预计 2019 到 2022 年的 5G 总投入约和 2013 到 2019 年的 4G 投入相当，约在 9000 到 10000 亿元。2022 年开启的高频阶段，解决高速卸载数据问题，开支约在 4000 到 5000 亿元，总开支在 1.3 万亿到 1.5 万亿元。

取 5G 总开支预测的中间值，我们认为光模块投资在 5G 承载网总支出中占比达约为 620 亿/14000 亿 = 4.4%，市场潜力无限。

图表 71. 我国 5G 光模块投资预测（单位：元）


资料来源：中国电信《5G 时代光传送网技术白皮书》，中银证券

数据中心成为光模块强劲新下游

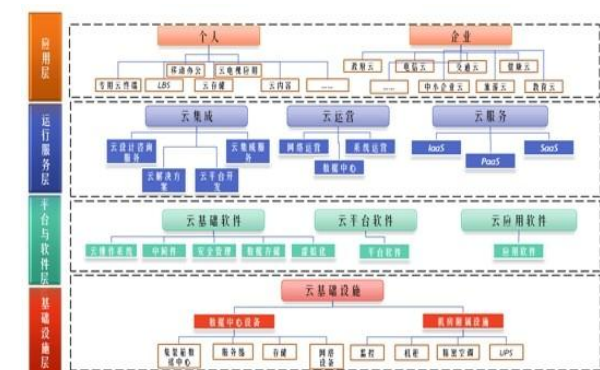
过去光模块采购支出主要来自下游通信运营商。在目前全球运营商资本开支普遍下滑的背景下，随着云计算的发展，以大规模数据中心为主的 ICP 资本开支却逐年提高，逐步缩小与通信运营商的差距，成为光模块采购的主力下游之一。

数据中心迎来黄金发展时期

云时代驱动 IDC 行业发展

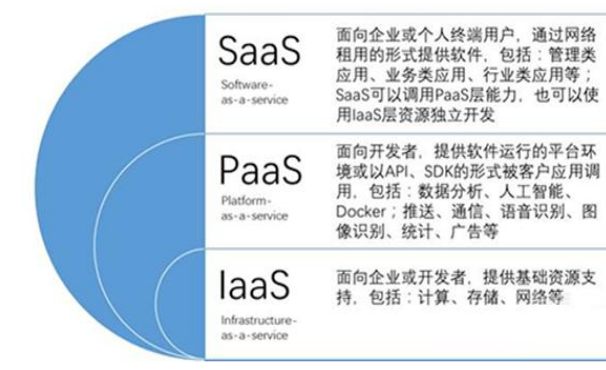
数据中心是云计算发展的重要基础。云计算是一种基于互联网的运算，在其中共享资源、软件和信息，将用户终端集中到“云端”，以一种按需的方式提供给计算机和设备，为物联网、大数据分析和人工智能等提供重要的技术前提。IDC（大型数据中心）是全球协作的特定设备网络，用在网络基础设施上传递、加速、展示、计算、存储数据信息，在云计算领域提供从基础设施（IaaS）到业务基础平台（PaaS）再到应用层（SaaS）的连续的整体的全套服务，是云计算发展的重要基础。

图表 72. 云计算产业链全景图



资料来源：赛迪顾问，中银证券

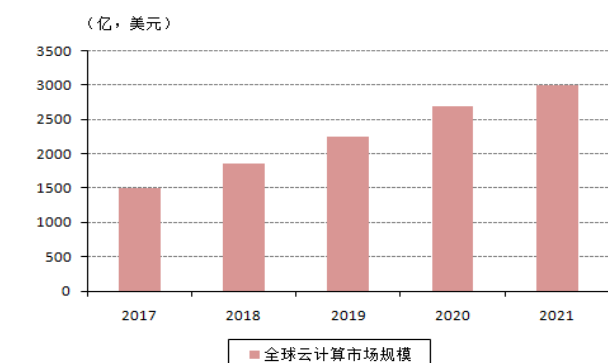
图表 73. 云计算产业分层



资料来源：亿欧，中银证券

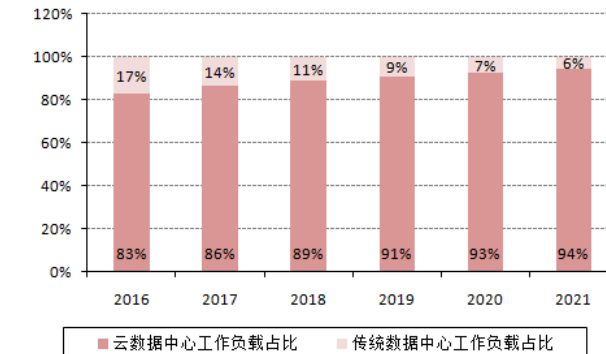
大数据基础设施走向云化。由于云计算拥有大规模、虚拟化、高可靠性、通用性、伸缩性等优点，国际市场云服务爆发性增长。Gartner 预计，全球云计算市场规模于 2021 年达到 3000 亿美元，较 2017 年增长一倍。随着云计算的高速发展和大数据时代的到来，数据中心亦逐渐走向云化大趋势，从过去的存储处理中心演变成为应用中心，并逐步向服务中心和运营中心转变，全球工作负载也逐渐从传统计算向云计算转移。基于数据中心治理和数据控制方面的改进，思科预测，到 2021 年 94% 工作负载将由云计算数据中心处理。

图表 74. 云计算全球市场规模不断增长



资料来源：亿欧，中银证券

图表 75. 数据中心呈云化大趋势



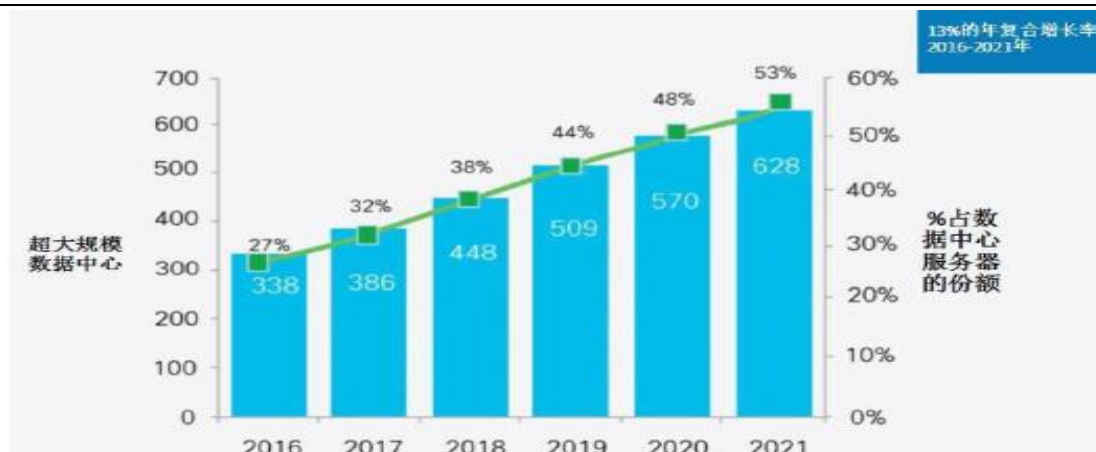
资料来源：Cisco，中银证券

互联网巨头数据中心需求逐步释放

全球企业数据中心兴建，ICP 资本开支不断扩大

随着云计算时代的到来，移动互联网、视频、网络游戏、物联网、AI 等持续驱动对 IDC 基础设施的需求，大型数据中心崛起。据 Microsemi 的数据显示，在超大规模数据中心之间的流量，传统运营商需求在 25T，而互联网企业为 960T，约为前者的 40 倍，能最大限度地提高效率，以处理企业巨大的计算需求，进一步推动成为了通信产业的新兴下游领域的形成。根据 Cisco 的预测，全球 IDC 市场规模将持续增长，到 2021 年全球将有 628 个超大规模数据中心，相比 2016 年的 338 个，增长近 1.9 倍。

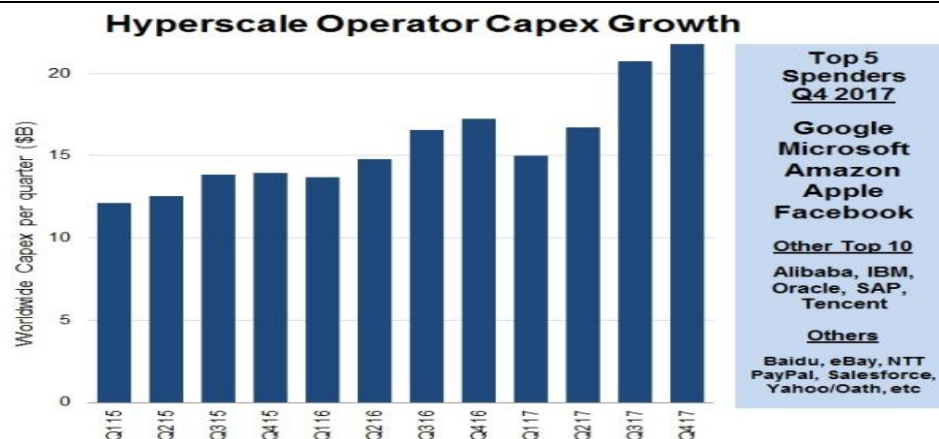
图表 76. 超大规模数据中心数量不断增长



资料来源：Cisco，中银证券

全球 ICP 资本开支不断提升。根据 Synergy Research 数据显示，2016 年全球互联网内容服务商（ICP）资本开支达到 540 亿美元，相比上年增长 18%。2017 年第四季度，超大规模云和互联网服务公司资本开支达 220 亿美元，全年达 750 亿美元，相比 2016 年增长 16%，而这些资本开支大部分用于新建和扩张大型数据中心，预计 2021 年将升至近 1300 亿美金，复合增速达 15%，成为通信总资本开支中增长最快的部分。

图表 77. 全球主要 ICP 资本开支增长

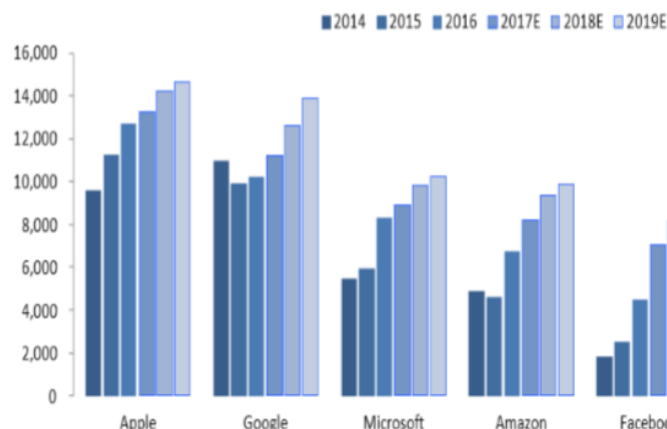


资料来源：Synergy Research，中银证券

互联网公司成为全球数据中心建设领导者。云计算的出现，让企业获得成本效益之外，还实现了简化 IT 管理和维护、内置安全性以及易于部署的模式等。基于这些优势，越来越多的企业，特别是互联网公司开始大力投资使用云计算，以期能够帮助企业实现业务目标。

目前，国际上主要的云服务商资本开支增长迅猛。从资本开支规模来看，排名前五的分别是谷歌、微软、亚马逊、苹果和脸书，其资本开支综合占 2017 年第四季度总资本开支的 70% 以上。平均而言，2017 年谷歌、微软、亚马逊、苹果和脸书每季度资本开支超过 130 亿美元，Ovum 预测，微软、脸书和亚马逊等云服务商未来将持续加大投资，预测 2018、2019 年 ICP 资本支出年增长率保持 10% 左右。

图表 78. 海外重点云服务商资本开支增长强劲（百万美元）

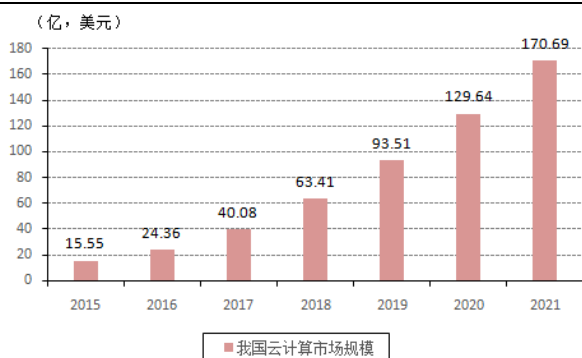


资料来源：Ovum，中银证券

我国云计算崛起，互联网企业资本开支潜力大

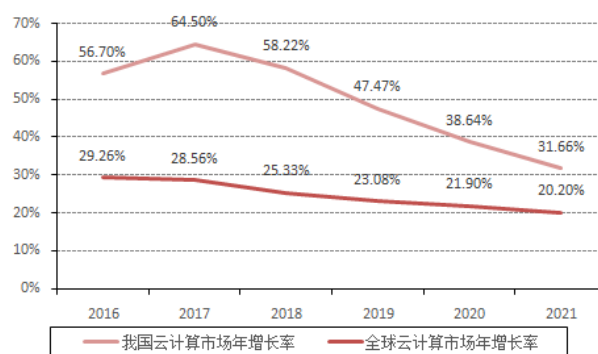
我国云计算市场未来增长潜力大。市场空间上看，我国云计算起步较晚，目前正处于较快增长长期，可发展空间大。根据 2017 年工信部颁布的《云计算发展三年行动计划（2017-2019 年）》，“十二五”末期中国云计算产业规模已达 1500 亿元，要求到 2019 年中国云计算产业规模达到 4300 亿元，连续 4 年的复合增速将达到 30%。从国际市场角度看，根据 IDC 预测，2021 年全球公有云收入有望达到 2992 亿美元，较 2017 年增长一倍之多，年复合增长率（2017-2021）超过 20%。我国 2021 年全球公有云收入达到 170.7 亿美元，仅占全球市场总规模的 5%，这与我国人口规模、商业规模、GDP 占全球份额极不匹配。然而，从增长角度上，我国公有云复合增长率（2017-2021）43.2%，远高于世界平均水平，市场发展后劲十足。

图表 79. 我国云计算市场规模预测



资料来源：IDC，中银证券

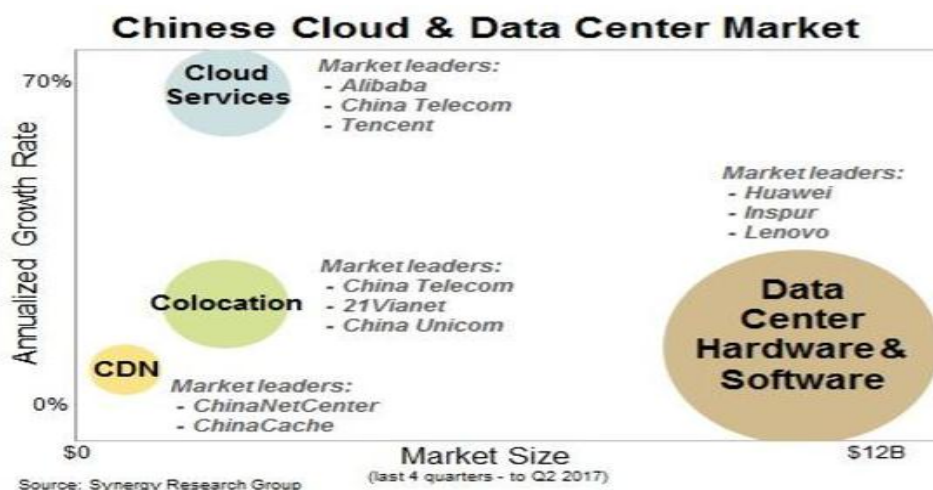
图表 80. 我国云计算市场规模增速高于全球平均水平



资料来源：IDC，中银证券

从技术和服务上看，根据 Synergy Research Group 的研究数据，2017 年数据中心和云计算在中国持续蓬勃发展，中国企业在数据中心软硬件、云服务、主机托管和 CDN 等方面都占据全球领先地位，为未来云计算市场扩张提供重要基础。

图表 81. 2017 年中国云计算和数据中心市场情况

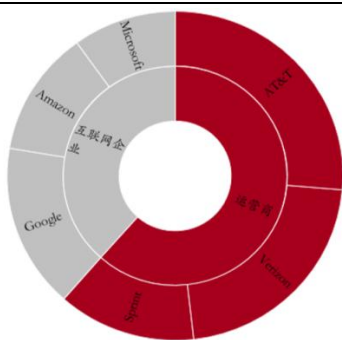


资料来源: Ovum, 中银证券

对标美国, 我国互联网巨头数据中心投资潜力大。对标美国巨头在数据中心建设发展历程, 我们相信国内互联网企业与美国巨头在数据中心建设间仍存在较大的发展空间。

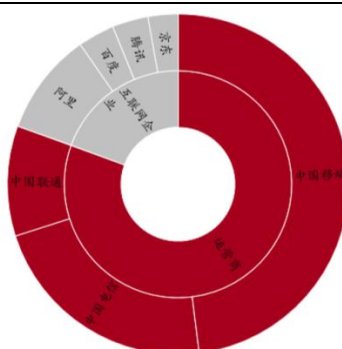
数据中心资本支出上看, 对比2017年美国通信运营商与互联网企业在设备上的资本开支情况, 目前我国互联网企业BATJ的资本支出相对较小。2017年美国三大运营商AT&T、Verizon与Sprint总共开支了502.75亿美元, 而同时三大互联网科技公司亚马逊、微软与谷歌则共开支了314.29亿美元, 互联网数据中心支出已经达到运营商六成以上的规模水平, 基本可与运营商的设备资本开支所匹敌; 2017年我国BATJ四家代表互联网企业的设备资本开支达到了782亿元人民币, 规模上接近三大运营商资本开支的25%, 未来互联网企业仍会继续加大在数据中心设备上的资本开支。

图表 82. 2017 年美国互联网企业在设备资本开支上的对比接近三大运营商资本开支的 60%



资料来源: 公司年报, wind, 中银证券

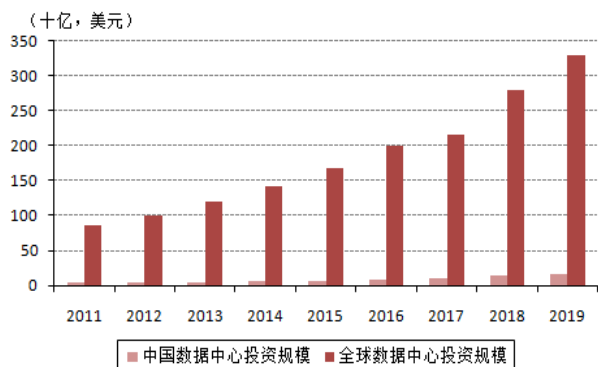
图表 83. 2017 年我国互联网企业在设备资本开支上的对比接近三大运营商资本开支的 25%



资料来源: 公司年报, wind, 中银证券

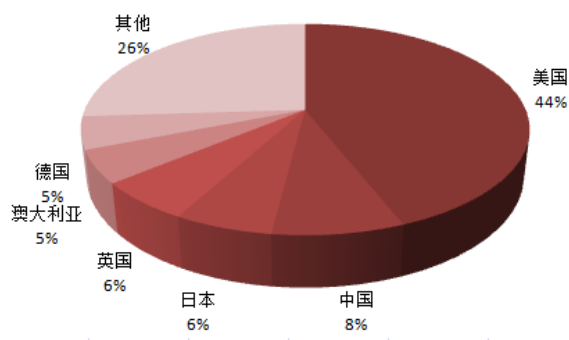
数据中心数量上看, 根据 Synergy Research 数据显示, 目前全球大型数据中心数量已增长至 400 个, 且仍处极速扩张之势。尽管我国数据中心数量排名世界第二, 全球占比 8%, 但仍不及排名第一的美国数据中心数量的 1/5。中国 BAT (百度、阿里巴巴、腾讯) 三家互联网巨头所拥有的数据中心服务器数量之和, 还不及美国亚马逊一家公司 (300 万台) 的一半。伴随着互联网、大数据、物联网的迅速发展, 我们相信数据中心需求潜能开发空间大。

图表 84. 中国与全球数据中心投资规模及预测
(单位: 十亿美元)



资料来源: 中国产业信息网, 中银证券

图表 85. 全球超大规模数据分布占比

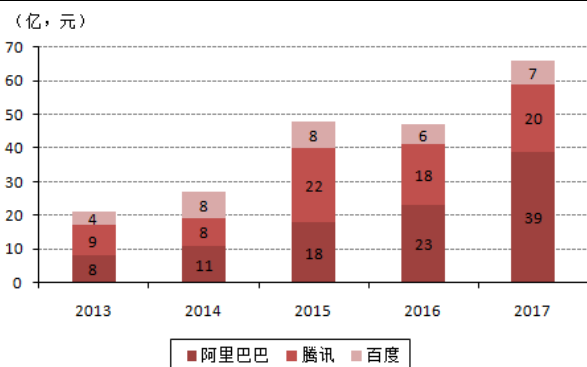


资料来源: Synergy Research, 中银证券

我国互联网巨头投资增长, 需求进一步释放。根据 IDC 圈数据统计, 我国 2017 年 IDC 市场规模为 946 亿元, 自 2012 年其年增长率高达 35%。同时, 我国互联网巨头亦加大了资本开支力度, 推动建设数据中心, 以我国 BAT 互联三大巨头 2017 年资本开支高达投资 67 亿元, 较 2016 年增长 40%, 未来将引领我国 IDC 市场前行。

目前, 阿里云是我国最大的公共云计算服务商, 已经在全国选择了 5 个区域建设大规模数据中心, 预计投入超过 700 亿人民币, 同时计划于 2019 年规模性部署 100G 数据中心, 并于未来在全球范围内积极布局。根据知名调研机构 Gartner 报告, 2017 年全球云计算 IaaS 排名中首次出现中国云计算服务商, 阿里云一步跻身全球前四名, 仅次于亚马逊、微软和谷歌。我国另一互联网巨头腾讯亦开启大规模数据中心建设里程, 于 2018、2019 年加速建设, 预计总投资金额超过 1000 亿人民币, 引领我国数通市场发展。

图表 86. BAT 资本开支



资料来源: Wind, 中银证券

图表 87. 阿里云全球数据中心布局



资料来源: 搜狐财经, 中银证券

光模块市场受益于数据中心扩张升级

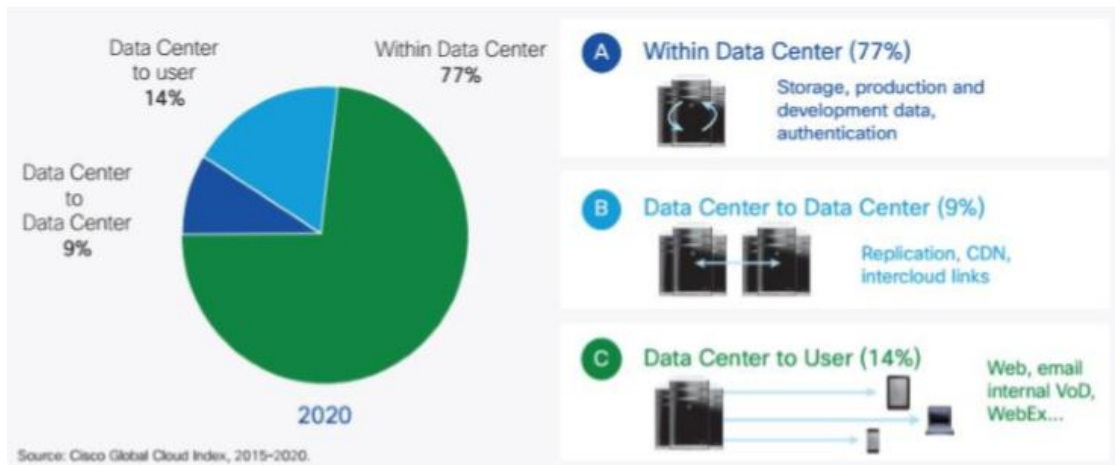
流量横向发展, 网络架构升级

数据中心内部流量占 7 成, 横向数据传输爆发。目前, 与数据中心相关的流量可分为三类:

1) 数据中心内部的流量, 流量应用包括信息的存储、生成、同步、分析等; 2) 数据中心之间的流量, 流量应用包括复制、CDN 和云间的连接等; 3) 数据中心到用户的流量, 流量应用包括浏览网页、收发邮件、视频观看、在线游戏等。

云计算、虚拟化等的发展推动数据中心内部数据通信需求, 导致目前数据中心内部流量远高于数据中心与外部之间的流量。根据思科的统计, 到 2020 年, 数据中心内部数据流量将成为主要数据中心业务数据量, 占比高达 77%, 复合增长率为 27%。数据中心之间流量占比 9%, 数据中心与用户之间的数据流量占比 14%。

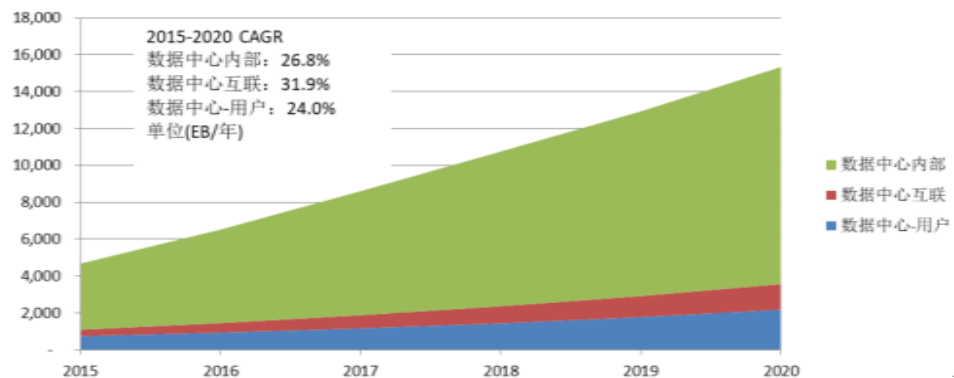
图表 88. 数据中心流量分类和预测



资料来源: Cisco, 中银证券

同时, 该机构预测未来 5 年内流量消耗依旧呈现出高速增长的趋势, 其中数据中心内部流量未来三年 CAGR 达到 27%, 横向信息传输需求高速增长趋势不减。

图表 89. 数据中心内部流量保持高速增长



资料来源: 中国产业信息网, 中银证券

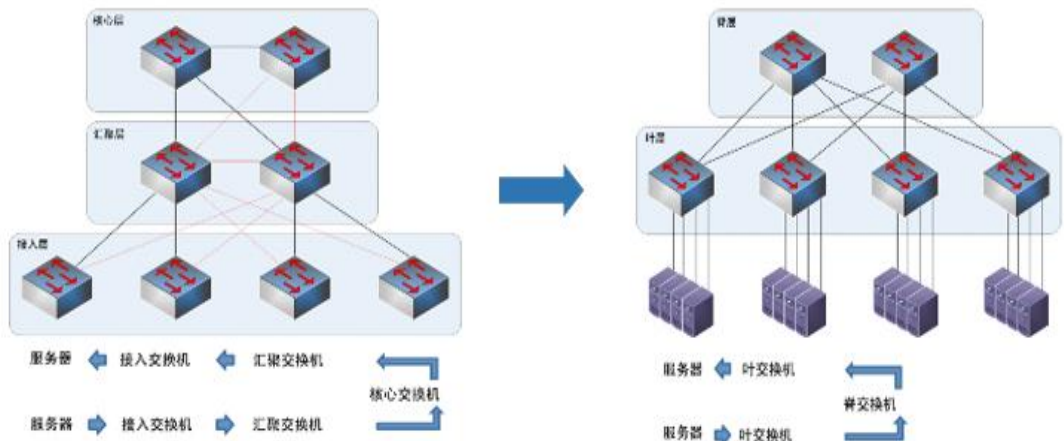
“Leaf-Spine”网络架构引入满足内部流量升级需求。随着数据中心内部流量快速增长, 数据中心网络传输模式逐渐横向传输 (中心内部流量传输) 发展。

传统的数据中心网络架构为三层网络架构, 专门为纵向传输 (IDC 内部与外部之间)。三层网络结构分为核心层 (网络的高速交换主干)、汇聚层 (提供基于策略的连接)、接入层 (将工作站接入网络)。然而, 若未来数据中心依旧进行横向三层传输, 数据需经过许多不必要的节点, 例如路由、交换器等设备, 从而造成潜在的性能衰减, 造成传输阻塞等问题。

叶脊拓扑网络架构将传统三层网络扁平化为两层, 脊交换机层和叶交换机层, 多用于横向传输 (数据中心内部流量传输)。脊交换机层是网络的主干, 部署的叶交换机和交换机层的各个交换机相连, 叶交换机层负责将用户的流量进行汇聚, 交换机负责处理来自叶交换的流量, 叶子交换机层主要接入交换机 (与服务器、储存设备、防火墙、负载均衡器、边界路由器等终端设备连接)。在叶脊拓扑网络中, 所有横向的主机在网络位置上是平行的, 一个主机可以通过叶交换机和另一个叶交换机上的主机进行通信, 传输通道完全独立, 横向传输大大提高网络效率, 特别是高性能计算集群或高频流量通信设备, 广为市场所接受。

在我国, 国内叶脊网络布局应用渐渐步入应用领域。阿里巴巴和腾讯率先学习 AWS 叶脊网络布局模式, 使得内部数据流量通过网络层进行传输, 对外流量通过顶层最大的交换机从数据中心传出, 极大提高了网络效率。

图表 90. 叶脊拓扑网络架构为横向传输而建



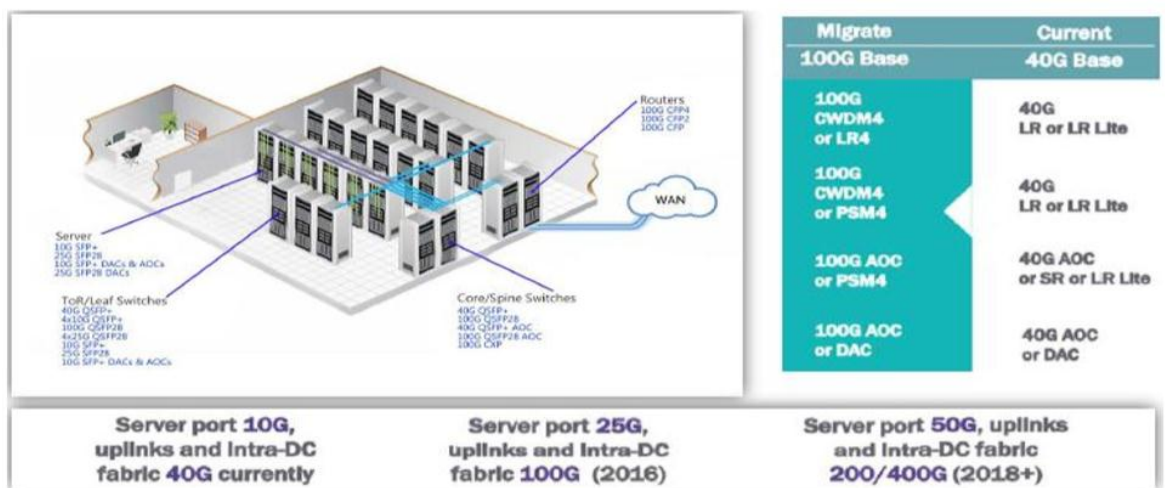
资料来源：飞速 (FS) 社区，中银证券

100G 已成为主流，CWDM4 持续上量

100G 成为海外大型数据中心主流，200/400G 紧跟其后。数据中心的大型化和扁平化对光模块提出更多量、更高速的需求。从整体方案上看，服务器端口带宽以 10G 位主流、单服务器端对应一个端口向 25G、平均每服务器 4 个端口升级；数据中心内部的交换带宽为 40G、广域网的 DCI 互联采用多模方式向 100G、广域网的数据中心间连接采用波分复用技术升级。

目前主要 ICP 的数据中心方案已从 10/40G 向 100G 更迭。以互联网巨头为例，Facebook 已经建立了 100G 数据中心，微软也部署了 100G DC，Google 正在部署 100G 且将计划部署 200G；而 Facebook 将绕过 200G 直接部署 400G。参照海外发展，预计 2018 和 2019 年我国大规模 DC 都大规模替换 100G 架构，200G 和 400G 也将在紧随其后，高速光模块市场处于加速增长阶段。

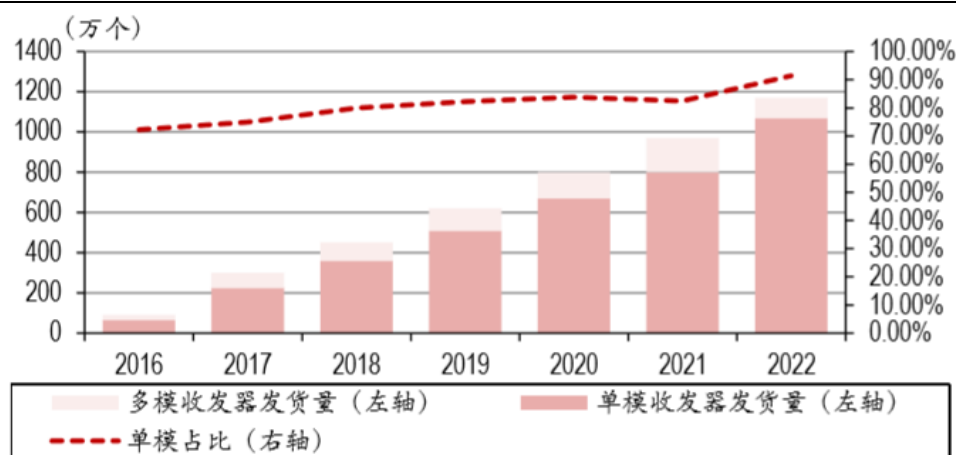
图表 91. Leaf-Spine 构架展示图



资料来源：讯石光通讯，中银证券

CWDM4 持续上量。从光网络发展趋势看，单模收发器与单模光纤已经逐步成为主流，CWDM4 是 100G 单模采纳的主要协议，后续将持续上量，CWDM4 使用单模光纤数量为 PSM4 的 1/4 倍，光纤利用率明显提升，目前互联网巨头主要采用 CWDM4，包括亚马逊、脸书等，预计发货量有望从 2017 年的 100 万上升到 2022 年的 600 万片。PSM4 使用 8 根单模光纤；而 CWDM4 只用两根，光纤利用率明显提升，因此 PSM4 的市场份额将缩减。CWDM4 和 200G 的发布，都会 100G PAM4 在数据中心内的增长形成压力，其在 2019 年达到 200 万片的规模后，预计将逐步下滑。

图表 92. 100G 单模收发器发货量和占比提升



资料来源: ICP, 器件厂商, 中银证券

硅光模块或为未来新星。硅光子技术是一种基于硅光子学、用激光束代替电子信号传输数据的低成本、高速的光通信技术。目前, 英特尔实验室通过混合硅激光器技术的集成激光器, 首次实现了基于硅光子的数据连接, 并宣布硅光电子 100G 收发器正式投入商用及批量出货。不少业内人士预测硅光子技术是实现低价、光连接的大规模生产, 从而从根本上改变光器件和模块行业的一种技术。LightCounting 的分析表态认为大规模生产应用不会再短时间内发生, 但 LightCounting 集成光器件报告显示, 2017 年基于硅光的光模块销售收入接近 8 亿美元, 相比 2016 年增长 22%, 预测到 2020 年基于硅光子的光产品销售将达到 10 亿美元, 约占整体市场的 10%。目前受限于晶圆良率较低、仅 100G PSM4 模块比较成熟等因素, 硅光模块只能用于数据中心内部 500 米以下间距的通信连接, 不过硅光模块逐步发展, 未来或成为不可不看的发展新方向。

图表 93. 硅光子技术芯片展示



资料来源: 中关村在线, 中银证券

图表 94. 英特尔硅光计划内容

英特尔硅光计划内容一览			
产品名称	硅光(Silicon Photonics)收发器模组		
产品内容	结合了硅材料集成电路、半导体雷射等两项20世纪最重要的发明		
晶圆合作夥伴	聯亞光學		
效能時間點分類	目前成果	近期發展方向	未來可能成果
傳輸速率	每秒100Gb	每秒400Gb	頻寬的100倍
傳輸架構	機櫃列(Row)之間傳輸	機櫃(Rack)之間傳輸	伺服器(Server)之間傳輸

资料来源: 与非网, 中银证券

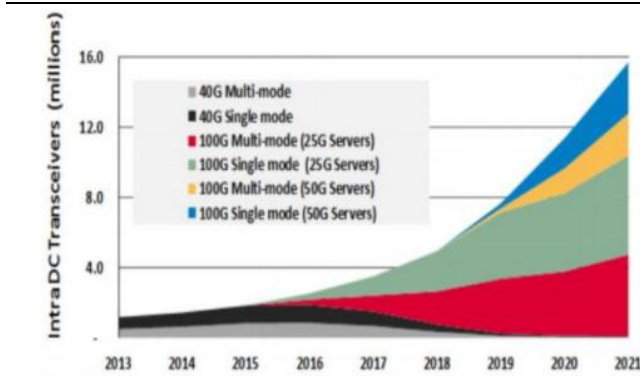
高速化需求火热, 数通光模块市场有望于 2020 年翻倍增长

数通高速光模块需求全球爆发

过去, 市场整体光模块采购支出以通信运营商为主, 随着云计算巨头发力和数据中心光模块产品高端化, 云服务商的光模块采购支出开始快速增长。数据中心对光模块市场的推动主要来自数据中心数量的增加, 和数据中心网络架构变化带来的高速光模块需求。

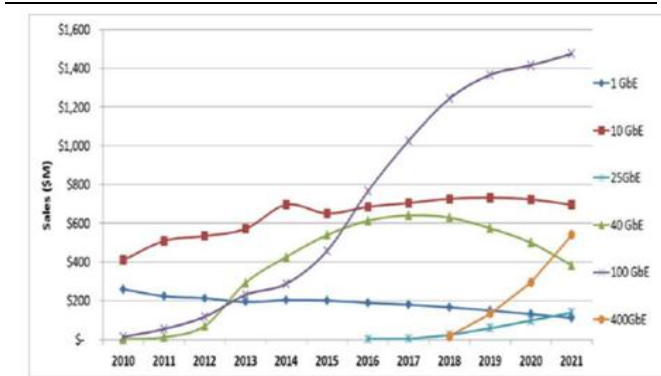
随着光通信网络向超高频、超高速和超大容量发展，高速率光模块已成为光模块市场的发展热点。根据中国产业信息网数据显示，2015 年，10G/40G/100G 的销售收入已达到 24.4 亿美元，且将以 12.2% 的年复合增长率稳步快速增长，预计到 2020 年，全球 10G/40G/100G 光模块收入将达到 43.5 亿美元。其中，40G 光模块和 100G 光模块的年复合增长率将分别高达 9.0% 和 24.5%。根据 ovum 数据，100G 产品未来会成为数据中心内部高速光模块主流产品，全球需求量从 2015 年接近空白增长到 2021 年接近 1600 万个，40G 产品作为过渡将逐步被取代。

图表 95. 数据中心光模块高速率产品迅速增长



资料来源：中国产业信息网，中银证券

图表 96. 数据中心光模块趋势分析



资料来源：中国产业信息网，中银证券

数通光模块市场 2020 年有望翻倍

由于数据中心内服务器与交换机、交换机与交换机等设备间开始普遍采用光纤进行连线，因此在设备两端就必须配套使用高速光模块。对于新一代的品牌或白盒等开放式的交换机而言，光模块可以在其交换机硬件接口上直接组配安装，这样基于数据中心客户的实际需求，就能自由增添光模块的使用量。因而，从数据中心的交换机端口需求量上，就可以大致预判出对于光模块在这一领域里的使用量。

图表 97. 数据中心交换机上增添光模块端口

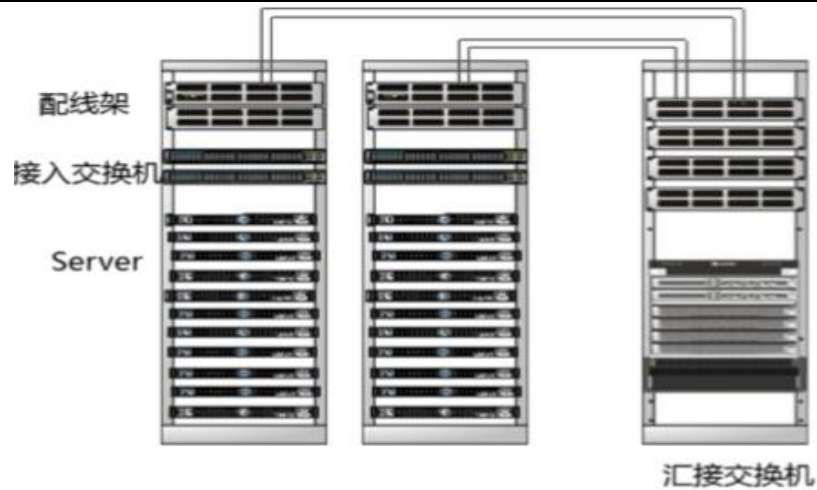


资料来源：华为官网，中银证券

早期数据中心主要采用“接入-汇聚-核心”传统三层数据中心网络，随着横向传输流量增加，后来又出现了分组化的三层网路架构和汇聚层与核心层融合的两层叶脊架构网络。光模块的数量随着网络架构的不同而有差别，对三种网络架构的分析而逐步进行，来解释因此新增数通市场对光模块需求。

目前大部分数据中心所使用的单个标准机柜的尺寸是42U，扣除交换机、电源模块、PDU插孔、配线架等设备占用的6U空间，可安装服务器的机柜可用空间在最大36U。由于机柜功率的合理范围2kw~5k之间，实际运营中通常会被控制在3kW-3.5kW附近，而1U服务器的功耗在300W左右、2U的功耗在550W左右，因此单个标准机柜里1U服务器装载量一般在10-12台、或者2U服务器装载量在5-6台。于是，假设存在一个有1,000台42U标准机柜的数据中心，可以对应有10,000台1U的服务器，每台服务器配备双10G网卡。

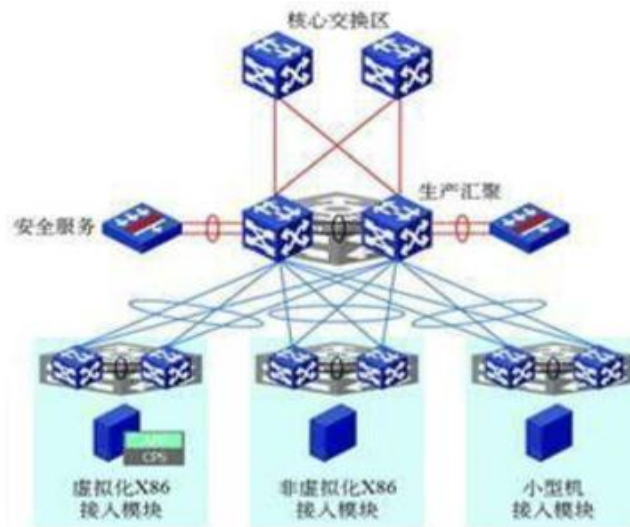
图表 98. 数据中心标准机柜内的服务器布局



资料来源：华为官网，中银证券

1) 如果该1000机柜的数据中心采用传统的“接入-汇聚-核心”三层数据中心网络，接入层收敛比为10:1、汇聚层收敛比为4:1，每台服务器需要同时接入两台接入交换机实现备份，则一共需要2000台下行12口10G、上行2口40G的接入交换机，而汇聚层需要100台下行40口40G、上行4口100G的汇聚交换机，核心层至少需要下行400口100G的核心交换机。因此，对应的交换机光模块为24,000个10G模块、8,000个40G模块以及800个100G模块。

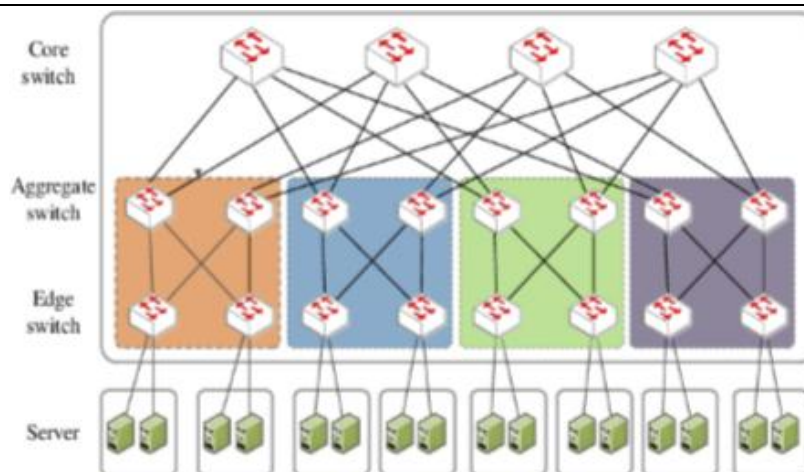
图表 99. 数据中心传统的三层网络架构



资料来源：中关村在线，中银证券

2) 如果该 1000 机柜的数据中心采用分组化的三层网路架构, 可以进一步降低网络收敛比、提高网络利用效率。如此, 需要将每 24 台接入交换机编成一个 Pod、总数约 84 个 Pod, 再由 Pod 的边缘-汇聚交换机接入核心层。那么一共需要 2,000 台下行 12 口 10G、上行 2 口 40G 的接入交换机, 每个 Pod 里需要 4 台下行 12 口 40G、上行 2 口 100G 的边缘-汇聚交换机、总计 336 台, 核心层至少需要共下行 672 口 100G 的核心交换机。因此, 对应的交换机光模块为 24,000 个 10G 模块、8,032 个 40G 模块以及 1,344 个 100G 模块。

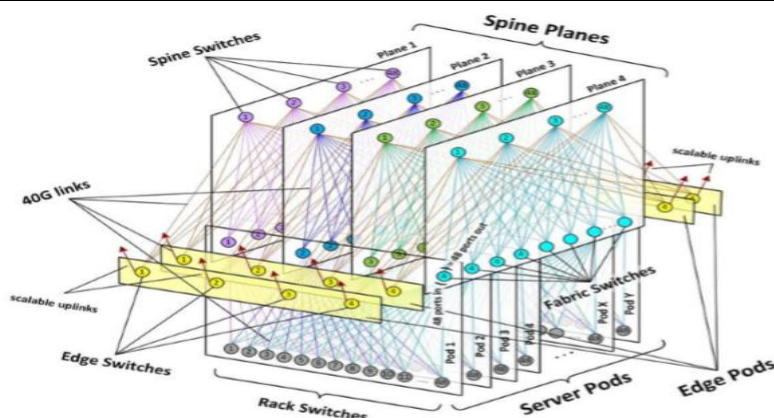
图表 100. 分组化的低收敛比三层网络架构



资料来源: Researchgate, 中银证券

3) 如果该 1000 机柜的数据中心采用类似 Google 与 Facebook 的无收敛比二层叶脊网路架构, 那么需要将原汇聚层与核心层融合, 形成脊交换机, 而接入交换机不再部署在机柜顶层, 而是采用单独的机柜安装, 形成叶交换机。10,000 台 1U 服务器需要布路 500 台下行 40 口 10G、上行 10 口 40G 的叶交换机, 同时对应 125 台下行 40 口 40G、上行 16 口 100G 的脊交换机, 来实现交换机的全互联。因此, 对应的交换机光模块为 20,000 个 10G 模块, 10,000 个 40G 模块以及 2,000 个 100G 模块。

图表 101. Facebook 的 Fabric 叶脊网络架构



资料来源: Facebook, 中银证券

综上所述, 对于一个 1,000 个机柜的数据中心而言, 在不同的网络架构下, 其所需的交换机光模块数量如下表所示。在新型网络架构下, 对于 40G 及以上的高端光模块需求量会增加。

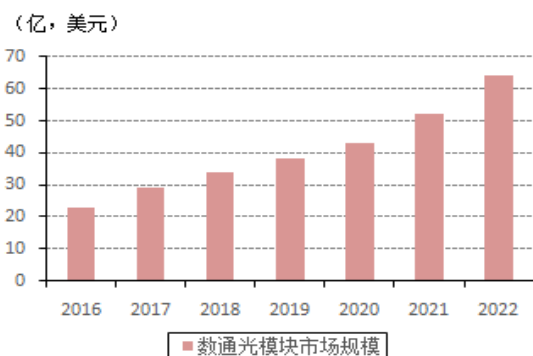
图表 102. 1000 机柜数据中心的交换机光模块需求 (单位: 个)

网络架构	10G 模块	40G 模块	100G 模块
传统三层架构	24,000	8,000	800
分组三层架构	24,000	8,032	1,344
无收敛比二层架构	20,000	10,000	2,000

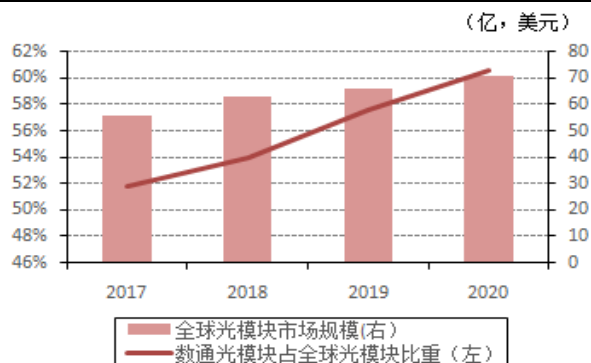
资料来源: Researchgate, 中银证券

由此可见,数据中心的扩张升级将带来大量光模块需求,刺激光通信行业发展。在高速光模块领域,海外市场迎来云计算高速发展阶段,网络架构持续向叶脊二层架构演进,对高速光模块需求迅速增长。然而,由于我国云计算仍处于发展早期阶段,东西向的服务器间数据流动压力较低、大多是南北向的数据流动需求,市场上 90%的数据中心采用传统三层架构,兴建的大型数据中心亦采用混合结构,光模块的用量处于传统三层架构和新型架构之间,但未来随着大量的云化需求兴起,尤其是 IaaS 服务中提供的虚拟配路、云迁移、分布计算等业务,会对跨服务器数据流动形成较大的需求,混合新型网络架构的新一批数据中心会逐渐新建起来,集中拉动 40G 及以上高端光模块的需求。

根据 IHS 预测对光模块市场的预测,2017 年数通领域光模块市场规模大约为 29 亿美元,其中,100G 光模块增长最为迅速,占总收入比超过 60%。预计到 2022 年数通领域光模块市场规模增长至 64 亿美元,年复合增长率接近 20%,市场规模有望翻倍增长。整体市场来看,数通与电信为两大主力下游,而数通领域高速光模块需求增长高于整体增长,同时数通光模块占比逐步提升,未来可期。

图表 103. 数通光模块市场规模预测


资料来源: IHS, 中银证券

图表 104. 数通光模块占光模块市场比重逐步提高


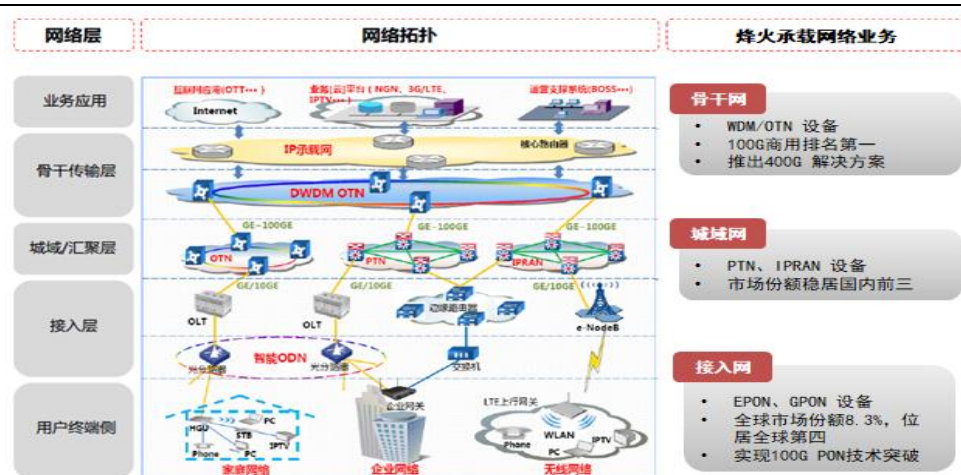
资料来源: IHS, 中银证券

重点推荐企业

1. 烽火通信：5G 承载网光设备领军者

光网络设备龙头，采集份额业界领先。公司是国内优秀的信息通信领域设备与网络解决方案提供商，仅次于华为和中兴，其产品类别涵盖光网络、宽带数据、光纤光缆三大系列，通信系统设备是最主要的收入来源。在光设备领域，公司在三大运营商设备集采项目的份额均位居前列，接入网 PON 集采排名第二，骨干网 OTN 设备采购保持前三、100G OTN 商用稳居第一，城域网亦跻身网络建设主力军行列，PTN 市场份额在 20%-25% 左右，IPRAN 市场份额在 10% 左右，稳居国内前三甲。同时，公司 IPRAN 设备在东南亚、南亚和南美等地区形成规模商用，海外市场不断拓展，收益有望长期保持稳定增长。

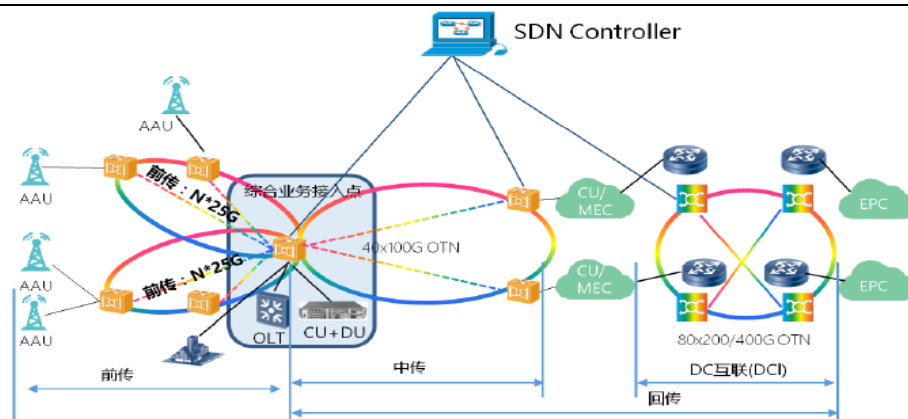
图表 105. 烽火通信的系统设备采集份额业界领先



资料来源：公司官网，中银证券

5G 承载网建设推动光设备需求增长，领军企业受益。我国 5G 步伐加快，预计于 2020 年步入商用。在 5G 超大带宽、超低时延需求下，OTN 光传送网提供大带宽、低时延、一跳直达的承载能力，具备天然优势，将会在 5G 承载中扮演重要角色。OTN 设备应用范围将从当前的骨干网、城域网进一步下沉至接入网的回传、中传甚至前传，光设备需求有望不断提升，行业迎来光传送网发展机遇，新增市场需求超 4000 亿。目前公司已提出多种 5G 解决方案，在 100 G 和超 100G OTN 方面的领先优势，助力公司取得新的业绩突破。

图表 106. 5G 承载网建设需要大量 OTN 设备

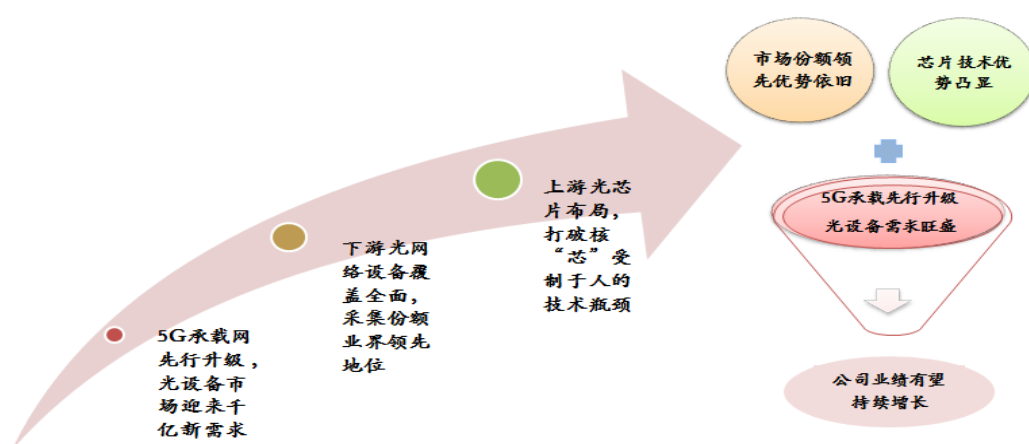


资料来源：中国电信，中银证券

布局光芯片，打破上游核“芯”受制于人的局面。我国通信设备全球领先，但上游高端芯片受制于人。公司自 2015 年起开始积极布局光芯片领域，与间接控股股东武汉邮电科学研究院共同出资设立武汉飞思灵微电子有限公司，持有飞思灵微电子 56.82% 股权。子公司飞思灵微电子主要专注于集成电路及系统的研制，重点突破核心芯片的关键技术，实现公司内部芯片需求自给及产品外销。目前，公司全系列 10G PON 产品已规模采用飞思灵自有芯片解决方案，产品涵盖从光通信系统设备到光模块器件相关的各类核心芯片，有效降低类似中兴事件的供应链风险。

我们相信，5G 运营商承载网先行升级将推动光设备需求日益旺盛，公司作为光网络设备领军企业，下游光设备运营商采集份额长期领先的优势凸显，加上公司上游光芯片关键技术的突破，双管齐下有望进一步推动公司业绩增长。

图表 107. 市场优势、芯片技术双管齐下，公司业绩有望持续增长

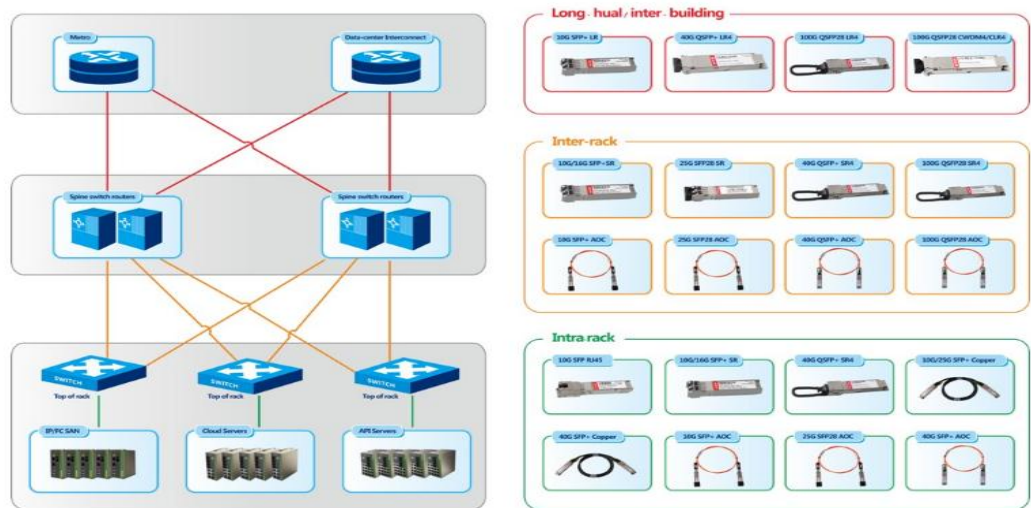


资料来源：中银证券

2. 光迅科技：电信数通双轮驱动，高端光芯片可期

全国光模块龙头，下游通信设备客户源稳定。公司是我国最大光通信器件供货商，在电信传输网、接入网和企业数据网等领域构筑了从芯片到器件、模块、子系统的综合解决方案，国内首家光电子器件上市公司。根据咨询机构 Ovum 数据，2016Q4-2017Q3 年度内光迅科技占全球市场份额约 5.7%，是全球光通信器件市场占有率前五名企业中唯一一家中国企业。目前，中兴通讯、华为技术、烽火通信为代表的国内通信系统设备厂商已成为公司稳定的客户。5G 发展机遇面前，承载网速测的整体上升带来大量前传和回传网络的光模块新需求，公司作为电信光模块市场龙头，相关产品技术和市场占领优势明显。

图表 108. 光迅科技光通信方案



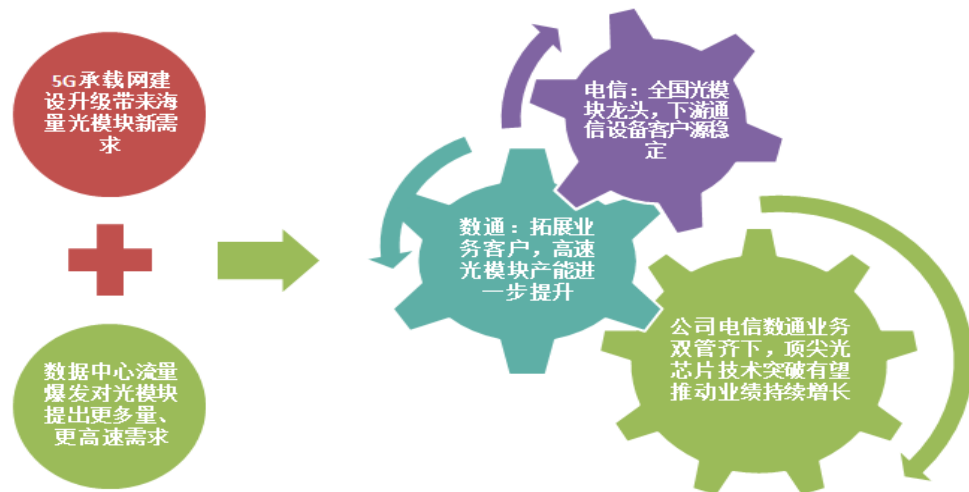
资料来源：公司官网、中银证券

拓展数通业务，高速光模块产能进一步提升。随着云计算时代的到来，数据中心流量爆发，数据中心的大型化和扁平化对光模块提出更多量、更高速的需求。在运营商减少资本开支的情况下，公司布局数据中心业务，积极拓展北美数据中心市场，公司数据光模块于 2017 年先后通过国内、国际一线资讯商认证，实现客户群的突破。今年 5 月，公司非公开发行股票募集资金总额预计不超过 10.2 亿元，其中 8.2 亿元将用于数据通信用高速光收发模块产能扩充项目。目前 100G 光模块成为海外大型数据中心主流，而本次定增项目顺利实施后，公司预计新增约 80.89 万只 100G 光模块产能，客户群的突破、光模块产能的提升将助力公司稳固高端数通光模块市场份额，增强长期核心竞争力。

全国顶尖光芯片技术厂商，10G 实现国产替代，25G EML 有望量产。光芯片是光模块的命脉，在光模块成本占比高达 60%~70%。目前，我国 10G 光芯片自给率 50%，25G 光芯片自给率仅 5%。公司是我国上市企业中稀缺的具有光芯片设计和制造能力的光模块厂商，具备芯片-器件-模块纵向一体生产技术，目前 10G EML 实现批量出货，25G EML/DFN 领域全国率先研发，产品已参与试验测试，有望于 2018 年底/2019 年初实现量产。公司宣布将非公开发行股票募集资金尚未使用金额 1.61 亿元投入宽带网络核心光电子芯片与器件产业化项目，加大研发投入，继续紧握技术核心优势。未来 5 年，100Gbps 及更高速率光模块市场将占到全球光器件市场的一半以上，而 100Gbps 光模块中的关键器件——25G 光芯片供应紧缺，具有核心原材料与芯片技术的企业将在全球市场上占有有利竞争地位。公司有望高端芯片领域实现突破，抢占高速光芯片市场额，推动盈利能力提升。

我们相信，在 5G 进程加快、数通市场高速发展的情况下，公司作为具有光芯片生产能力的国内光器件龙头，电信和数通业务双轮驱动，未来产能的进一步释放和高端芯片领域的不断突破有望推动业绩持续增长。

图表 109. 电信和数通业务双轮驱动，高端芯片领域的不断突破有望推动业绩持续增长



资料来源：中银证券

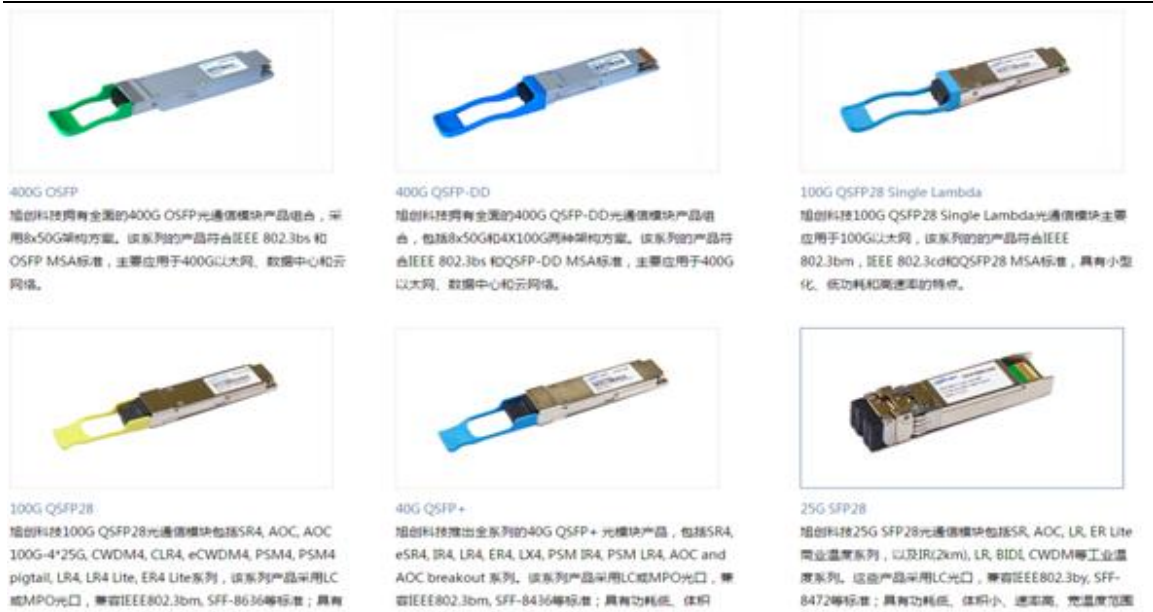
3. 中际旭创：数通光模块全球翘楚，高端技术领先

数通光模块全球翘楚，封装工艺领先。公司主要从事电机定子绕组制造装备和高速光通信收发模块的研发设计与制造销售。在光模块业务领域，公司现有 10G SFP+、25G SFP28、40G QSFP+、100G CFP4/QSFP28 等各系列产品类型，主要应用于云计算数据中心领域。公司在 40G/100G 迭代周期抢先进入市场，40GQSFP+ 产品全球占市率约 40%，100GQSFP28 全球占市场率预计达 30% 以上，是全球光模块细分领域的龙头地位。目前公司营业收入已超过国际主要竞争对手 AAOI，同时公司掌握 COB 封装工艺、共晶焊接、精度耦合和高效组装测试等高端技术，光模块封装技术全球绝对领先，单只光模块分摊的营业成本低于市场主要竞争者，技术工艺优势凸显。

海内外数据中心需求释放，稳定客源保证公司业绩。随着全球数据中心流量爆发，国际上主要的云服务商资本开支增长迅猛。根据 Cisco 的预测，全球 IDC 市场规模将持续增长，到 2021 年全球将有 628 个超大规模数据中心，相比 2016 年增长近 1.9 倍。在我国，BAT 互联三大巨头 2017 年资本开支高达投资 67 亿元，较 2016 年增长 40%，而未来数据中心的大型化和扁平化对光模块提出更多量、更高速的需求。公司与北美市场客户关系稳定，目前已成为谷歌、亚马逊和 facebook 等的直采供应商，未来有望进入阿里巴巴、苹果等业务，进一步完善北美版图和拓展国内业务。数通市场的持续热度及数通产品领域的稳定客源将进一步保证公司业绩。

400G 光模块领先，稳固尖端光模块地位。目前，微软已经建立了 100G 数据中心，Google 正在计划部署 200G，而 Facebook 将绕过 200G 直接部署 400G。我们预计未来 IDC 将朝 200G 和 400G 发展，高速光模块市场处于加速增长阶段。公司在高端光模块布局领先，在 2018 OFC 展会上推出了业内首款 400G QSFP-DD FR4 光通信模块，此外还推出了业界领先的 400G OSFP 和 QSFP-DD 系列的新产品。今年 6 月，公司非公开发行股票募集 17 亿元，其中 3.5 亿元将用于 400G 光通信模块研发生产项目，加大尖端光模块资金投入和研发力度。目前 400G 产品已对大客户进行小批量试产，预计于 2019 年开始逐渐起量，有望在未来数据中心光模块需求向 400G 演进迭代过程中占领先机，抢占市场份额，进一步稳固尖端光模块地位。

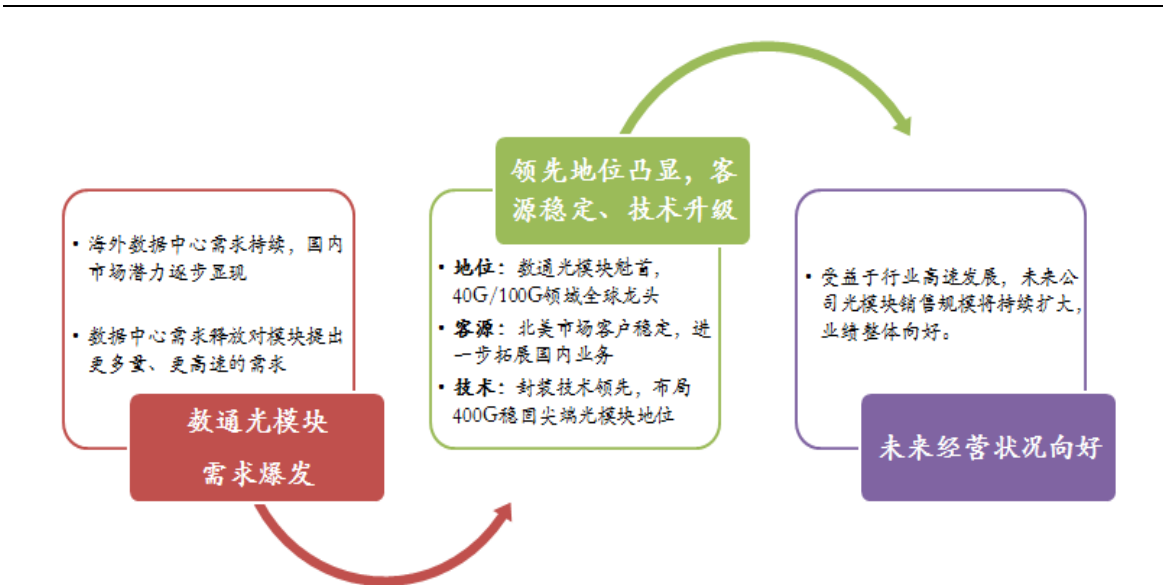
图表 110. 公司光速光模块产品展示



资料来源：公司官网、中银证券

我们认为，随着海内外数据中心需求的持续释放，公司在数通光模块全球翘楚地位凸显，同时公司400G 高端光模块的布局加快，有望在下一轮技术迭代中保持技术领先性。受益于行业高速发展，未来公司光模块销售规模将持续扩大，业绩整体向好。

图表 111. 受益于行业发展，公司业绩向好



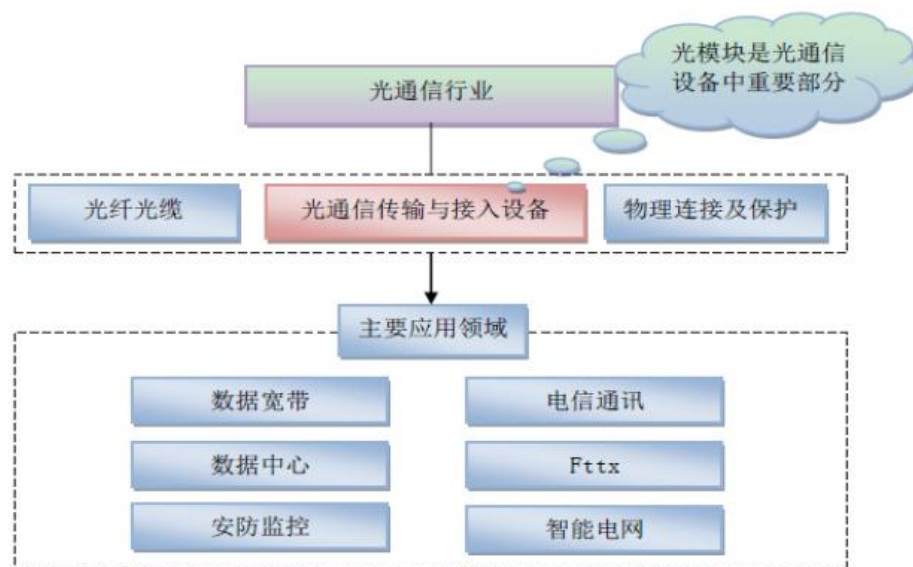
资料来源：中银证券

4.新易盛：市场新秀，高端产品突破可待

生产能力覆盖全面，电信数通持续驱动光模块市场见好。新易盛成立于2008年，于2016年上市，是拥有多型号产品的专业光模块制造商和技术服务提供商，主要产品包括点对点光模块和PON光模块，产品型号超过2800种，覆盖数据宽带、电信通讯、Fttx、数据中心、安防监控等多个行业领域，为客户提供定制化的产品服务和专业化的一揽子解决方案。全面的生产能力和丰富的应用场景一方面使公司可以从量大、主流的光模块盈利，另一方面使公司可以从量小、非标的光模块盈利，分散了公司的经营风险。

公司是目前国内少数批量交付100G光模块、掌握高速率光器件芯片封装和光器件封装的企业。在5G大流量驱动承载网建设升级、数据流量爆发推动数据中心建设持续火热的情况下，我国2020年中国光器件市场规模可达26.8亿美元，公司有望在光模块市场需求高速增长背景下借助产品优势持续发展。

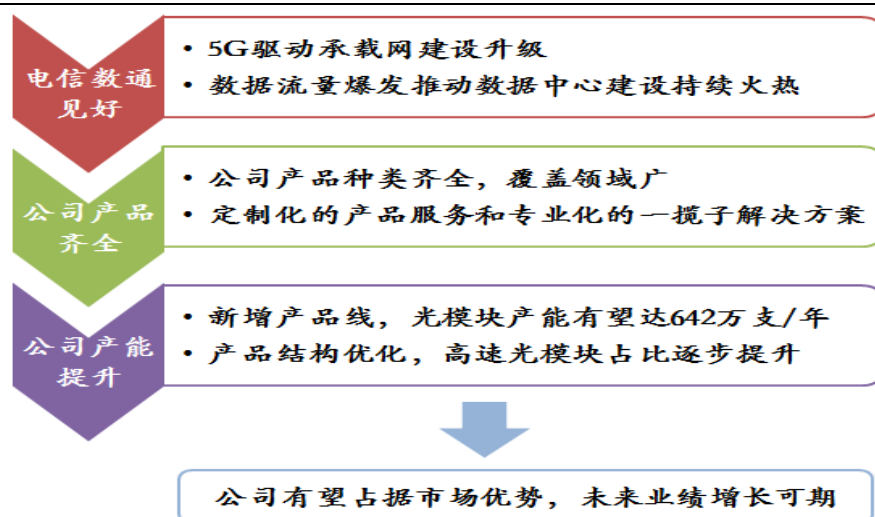
图表 112. 新易盛产品覆盖领域广



资料来源：公司招股说明书、中银证券

募投扩增中高速光模块，产能释放，产品结构进一步优化。目前，光模块行业需求从低速逐渐向高速产品升级。公司光模块产品线齐全，覆盖4.5/10/40/100G等产品，并于先前募投项目增加了11条4.25G光模块生产线、30条10G光模块生产线、7条40/100G光模块生产线，9条配套封装线，带来新增光模块229.53万支的产能。目前项目产能开始逐步释放，去年公司光模块生产总量达到487.85万只，同比上升33.86%，未来产能亦将持续增长，最高将达到642.53万支/年，市场竞争力将得到进一步提高。同时，10/40/100G光模块占比逐步提升，新产线推动公司产品结构从低速产品向高速产品优化，紧跟市场升级迭代潮流。

图表 113. 产品齐全、产能提升推动公司业绩持续增长



资料来源：公司年报，中银证券

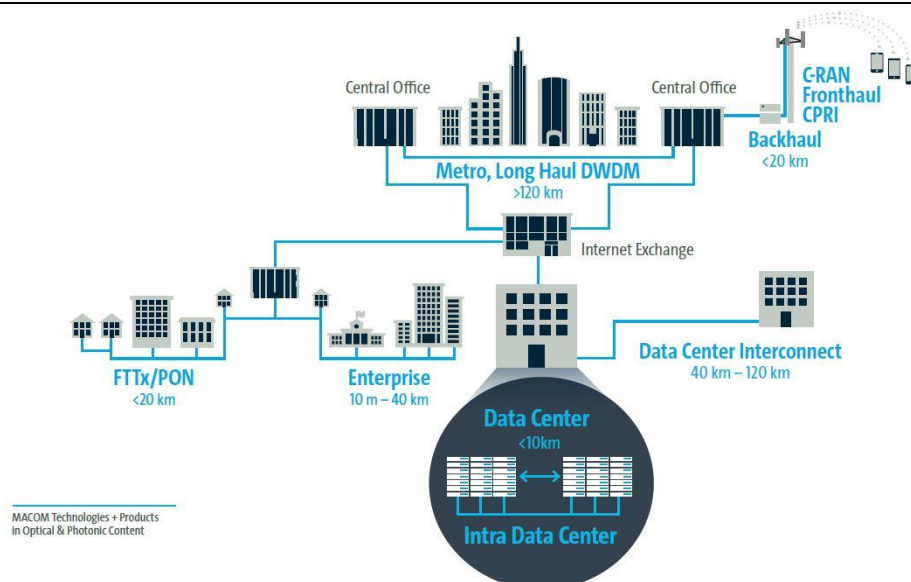
我们相信，在 5G 驱动承载网建设升级、数据流量爆发推动数据中心建设持续火热的背景下，我国光设备行业景气持续。公司产品种类齐全，覆盖领域广，定制化的产品服务和专业化的一揽子解决方案以弱化市场风险，同时公司产能扩增，结构产品优化，有望占据市场优势，未来业绩增长可期。

5. 剑桥科技：高端数通光模块的新生力量

剑桥科技自创始起长期耕耘于光通信技术领域，并于 2017 年起进入光模块生产领域，2018 年 4 月更与美国 MACOM 公司签署协议建立战略合作伙伴关系，由公司收购 MACOM 日本公司的部分资产，全面进入数据中心互联和电信级 100G 及更高速光模块及其组件的规模生产、持续创新以及全球销售。

MACOM 是高性能模拟射频、微波、毫米波和光器件半导体产品的领先供应商，作为模拟半导体和高速光器件创新者拥有悠久的历史，通过多年来的技术布局，MACOM 在光通信领域涵盖了光模块用到的所有核心组件，包括激光器、探测器、驱动、TIA、CDR、PMD、TOSA/ROSA、硅光 PIC 等等类产品，成为光模块的一站式供应商，其产品得到了以亚马逊为代表的国际大型互联网企业的青睐。

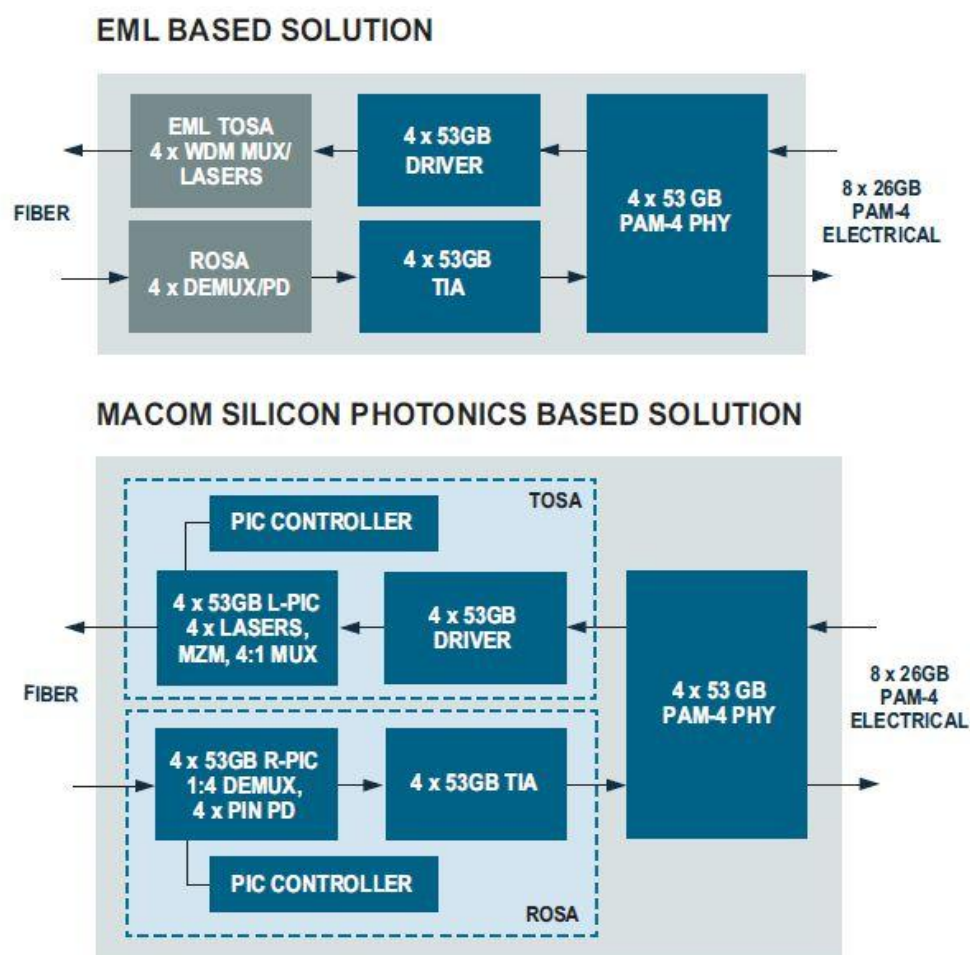
图表 114. MACOM 的光通信产品布局



资料来源：MACOM，中银证券

MACOM 于 2015 年全资收购了日本光组件公司 FiBest，并成立了“MACOM 日本”，进入光组件业务。MACOM 日本主营业务是光通信系统的光发射和光接收单元等光组件的研究、开发、制造和销售。剑桥科技在购买 MACOM 日本的部分资产后，不仅获得了相关的知识产权授权、研发人员、核心生产线、关键元器件供应等资源，公司还将该部分资产继续在原生产外包工厂投入生产，并且继承了先前 MACOM 的主要光模块客户群，随后公司将继续和 MACOM 在 200G/400G 光器件领域开展合作。另外，剑桥科技已经成立全资日本子公司“CIG 日本”，包括研发、市场和生产管理功能，和先前成立的美国硅谷研发中心一起，加快公司在高速光模块上面的投入，在国内扩建新产能，技术上则预研前沿的硅光产品，不断提高公司在市场上的占有率。

图表 115. 基于 MACOM 光芯片的 400G 硅光模块方案



资料来源：MACOM、中银证券

我们相信，剑桥科技收购 MACOM 日本资产后，加上公司原有的技术储备，将全面具备数据中心互联和电信级 100G 或更高速光模块及其组件的规模生产、研发和全球销售能力。公司将充分利用收购取得的前沿产品技术、人员和机器设备，扩大生产规模并丰富产品线，完善光通信产业布局，并且获得海外大型互联网企业对公司产品认可，从而逐渐崛起为国内高端光模块领域的新兴力量。

风险提示

运营商 5G 投资不力风险

运营商因行业利润增长影响，在 5G 网络的资本开支力度可能相对有限，不及市场预期。

数据中心建设不达预期风险

互联网公司资本开支不力，超大规模数据中心建设低于预期。

新技术风险

硅光等新技术或带来对传统光模块市场的冲击，同时厂商投资新技术领域未必能成功研发。

竞争风险

通信同一子行业内的企业在市场上竞争加剧，导致产品价格与利润率下降、影响企业业绩。

图表 116. 报告中提及上市公司估值表

公司代码	公司简称	评级	股价	市值	每股收益(元/股)		市盈率(倍)		最新每股净资产
			(元)	(亿元)	2017A	2018E	2017A	2018E	(元/股)
600498.SH	烽火通信	买入	31.20	308.56	0.74	0.86	42.16	36.28	8.63
002281.SZ	光迅科技	买入	24.37	175.47	0.53	0.60	45.98	34.24	4.89
300308.SZ	中际旭创	未有评级	49.53	340.23	0.50	1.56	99.06	31.81	9.18
300502.SZ	新易盛	未有评级	16.53	54.06	0.48	0.76	34.64	21.78	4.58
603083.SH	剑桥科技	未有评级	32.27	43.88	0.80	1.07	40.34	30.08	8.01

资料来源：万得数据及中银证券

注：股价截止日 2018.08.21，未有评级公司盈利预测来自万得一致预期

披露声明

本报告准确表述了证券分析师的个人观点。该证券分析师声明，本人未在公司内、外部机构兼任有损本人独立性与客观性的其他职务，没有担任本报告评论的上市公司的董事、监事或高级管理人员；也不拥有与该上市公司有关的任何财务权益；本报告评论的上市公司或其它第三方都没有或没有承诺向本人提供与本报告有关的任何补偿或其它利益。

中银国际证券股份有限公司同时声明，未授权任何公众媒体或机构刊载或转发本研究报告。如有投资者于公众媒体看到或从其它机构获得本研究报告的，请慎重使用所获得的研究报告，以防止被误导，中银国际证券股份有限公司不对其报告理解和使用承担任何责任。

评级体系说明

以报告发布日后公司股价/行业指数涨跌幅相对同期相关市场指数的涨跌幅的表现为基准：

公司投资评级：

买入：预计该公司在未来 6 个月内超越基准指数 20% 以上；
增持：预计该公司在未来 6 个月内超越基准指数 10%-20%；
中性：预计该公司股价在未来 6 个月内相对基准指数变动幅度在 -10%-10% 之间；
减持：预计该公司股价在未来 6 个月内相对基准指数跌幅在 10% 以上；
未有评级：因无法获取必要的资料或者其他原因，未能给出明确的投资评级。

行业投资评级：

强于大市：预计该行业指数在未来 6 个月内表现强于基准指数；
中性：预计该行业指数在未来 6 个月内表现基本与基准指数持平；
弱于大市：预计该行业指数在未来 6 个月内表现弱于基准指数。
未有评级：因无法获取必要的资料或者其他原因，未能给出明确的投资评级。

沪深市场基准指数为沪深 300 指数；新三板市场基准指数为三板成指或三板做市指数；香港市场基准指数为恒生指数或恒生中国企业指数；美股市场基准指数为纳斯达克综合指数或标普 500 指数。

风险提示及免责声明

本报告由中银国际证券股份有限公司证券分析师撰写并向特定客户发布。

本报告发布的特定客户包括：1) 基金、保险、QFII、QDII 等能够充分理解证券研究报告，具备专业信息处理能力的中银国际证券股份有限公司的机构客户；2) 中银国际证券股份有限公司的证券投资顾问服务团队，其可参考使用本报告。中银国际证券股份有限公司的证券投资顾问服务团队可能以本报告为基础，整合形成证券投资顾问服务建议或产品，提供给接受其证券投资顾问服务的客户。

中银国际证券股份有限公司不得以任何方式或渠道向除上述特定客户外的公司个人客户提供本报告。中银国际证券股份有限公司的个人客户从任何外部渠道获得本报告的，亦不应直接依据所获得的研究报告作出投资决策；需充分咨询证券投资顾问意见，独立作出投资决策。中银国际证券股份有限公司不承担由此产生的任何责任及损失等。

本报告内含保密信息，仅供收件人使用。阁下作为收件人，不得出于任何目的直接或间接复制、派发或转发此报告全部或部分内容予任何其他人士，或将此报告全部或部分内容发表。如发现本研究报告被私自刊载或转发的，中银国际证券股份有限公司将及时采取维权措施，追究有关媒体或者机构的责任。所有本报告内使用的商标、服务标记及标记均为中银国际证券股份有限公司或其附属及关联公司（统称“中银国际集团”）的商标、服务标记、注册商标或注册服务标记。

本报告及其所载的任何信息、材料或内容只提供给阁下作参考之用，并未考虑到任何特别的投资目的、财务状况或特殊需要，不能成为或被视为出售或购买或认购证券或其它金融票据的要约或邀请，亦不构成任何合约或承诺的基础。中银国际证券股份有限公司不能确保本报告中提及的投资产品适合任何特定投资者。本报告的内容不构成对任何人的投资建议，阁下不会因为收到本报告而成为中银国际集团的客户。阁下收到或阅读本报告须在承诺购买任何报告中所指之投资产品之前，就该投资产品的适合性，包括阁下的特殊投资目的、财务状况及其特别需要寻求阁下相关投资顾问的意见。

尽管本报告所载资料的来源及观点都是中银国际证券股份有限公司及其证券分析师从相信可靠的来源取得或达到，但撰写本报告的证券分析师或中银国际集团的任何成员及其董事、高管、员工或其他任何个人（包括其关联方）都不能保证它们的准确性或完整性。除非法律或规则规定必须承担的责任外，中银国际集团任何成员不对使用本报告的材料而引致的损失负任何责任。本报告对其中所包含的或讨论的信息或意见的准确性、完整性或公平性不作任何明示或暗示的声明或保证。阁下不应单纯依靠本报告而取代个人的独立判断。本报告仅反映证券分析师在撰写本报告时的设想、见解及分析方法。中银国际集团成员可发布其它与本报告所载资料不一致及有不同结论的报告，亦有可能采取与本报告观点不同的投资策略。为免生疑问，本报告所载的观点并不代表中银国际集团成员的立场。

本报告可能附载其它网站的地址或超级链接。对于本报告可能涉及到中银国际集团本身网站以外的资料，中银国际集团未有参阅有关网站，也不对它们的内容负责。提供这些地址或超级链接（包括连接到中银国际集团网站的地址及超级链接）的目的，纯粹为了阁下的方便及参考，连结网站的内容不构成本报告的任何部份。阁下须承担浏览这些网站的风险。

本报告所载的资料、意见及推测仅基于现状，不构成任何保证，可随时更改，毋须提前通知。本报告不构成投资、法律、会计或税务建议或保证任何投资或策略适用于阁下个别情况。本报告不能作为阁下私人投资的建议。

过往的表现不能被视作将来表现的指示或保证，也不能代表或对将来表现做出任何明示或暗示的保障。本报告所载的资料、意见及预测只是反映证券分析师在本报告所载日期的判断，可随时更改。本报告中涉及证券或金融工具的价格、价值及收入可能出现上升或下跌。

部分投资可能不会轻易变现，可能在出售或变现投资时存在难度。同样，阁下获得有关投资的价值或风险的可靠信息也存在困难。本报告中包含或涉及的投资及服务可能未必适合阁下。如上所述，阁下须在做出任何投资决策之前，包括买卖本报告涉及的任何证券，寻求阁下相关投资顾问的意见。

中银国际证券股份有限公司及其附属及关联公司版权所有。保留一切权利。

中银国际证券股份有限公司

中国上海浦东
银城中路 200 号
中银大厦 39 楼
邮编 200121
电话: (8621) 6860 4866
传真: (8621) 5888 3554

相关关联机构：

中银国际研究有限公司

香港花园道一号
中银大厦二十楼
电话: (852) 3988 6333
致电香港免费电话：
中国网通 10 省市客户请拨打：10800 8521065
中国电信 21 省市客户请拨打：10800 1521065
新加坡客户请拨打：800 852 3392
传真: (852) 2147 9513

中银国际证券有限公司

香港花园道一号
中银大厦二十楼
电话: (852) 3988 6333
传真: (852) 2147 9513

中银国际控股有限公司北京代表处

中国北京市西城区
西单北大街 110 号 8 层
邮编: 100032
电话: (8610) 8326 2000
传真: (8610) 8326 2291

中银国际(英国)有限公司

2/F, 1 Lothbury
London EC2R 7DB
United Kingdom
电话: (4420) 3651 8888
传真: (4420) 3651 8877

中银国际(美国)有限公司

美国纽约市美国大道 1045 号
7 Bryant Park 15 楼
NY 10018
电话: (1) 212 259 0888
传真: (1) 212 259 0889

中银国际(新加坡)有限公司

注册编号 199303046Z
新加坡百得利路四号
中国银行大厦四楼(049908)
电话: (65) 6692 6829 / 6534 5587
传真: (65) 6534 3996 / 6532 3371