

5G 深度报告(二)-产业链全面解析

根据5G标准的制定日程以及基础建设的流程，5G建设周期可以按先后顺序分为规划期、建设期和应用期。除运营商外，大部分细分行业只归属于其中一个阶段。规划期主要是5G网络的规划和设计，而建设期涉及较多细分行业。我们以无线设备、传输设备和终端设备的逻辑将这些细分行业再分割为三个类别：

1)无线设备以基站为主，包括基站天线、基站射频、基站光模块和小微基站等，其中基站射频器件包含滤波器、功放、PCB、集成功率放大器(PA)和天线振子等；

2)传输设备涵盖传输主设备、光纤光缆、光模块以及SDN/NFV解决方案；

3)终端主要有基带芯片、终端射频器件、LCD模组、通讯模块等，终端设备是建设期第一阶段的投资对象，先于基站系统以及网络架构。

最终的应用期，5G凭借超高可靠性和超低时延的卓越性能推动超高清视频、自动驾驶、智慧城市等产业的发展，我们将于下一篇5G系列报告中具体分析。本篇报告将聚焦5G发展的规划期和建设期，并着重于以下细分板块：网络规划设计、天线及射频、小基站、PCB、滤波器、核心网、SDN/NFV、光纤光缆、芯片、光模块。

Victor Bo Huang (黄博)
victor.huang@gtjas.com.hk

Kate Wang (王昕媛)
kate.wang@gtjas.com.hk

David Yuen (阮家洛)
david.yuen@gtjas.com.hk

Shawn Wu (吴效宇)
shawn.wu@gtjas.com.hk

Yeye Lai (賴燁燁)
yeye.lai@gtjas.com.hk

Xinyuan Zeng (曾新芄)
xinyuan.zeng@gtjas.com.hk

Sherry Zhao (赵欣玥)
sherry.zhao@gtjas.com.hk



內容

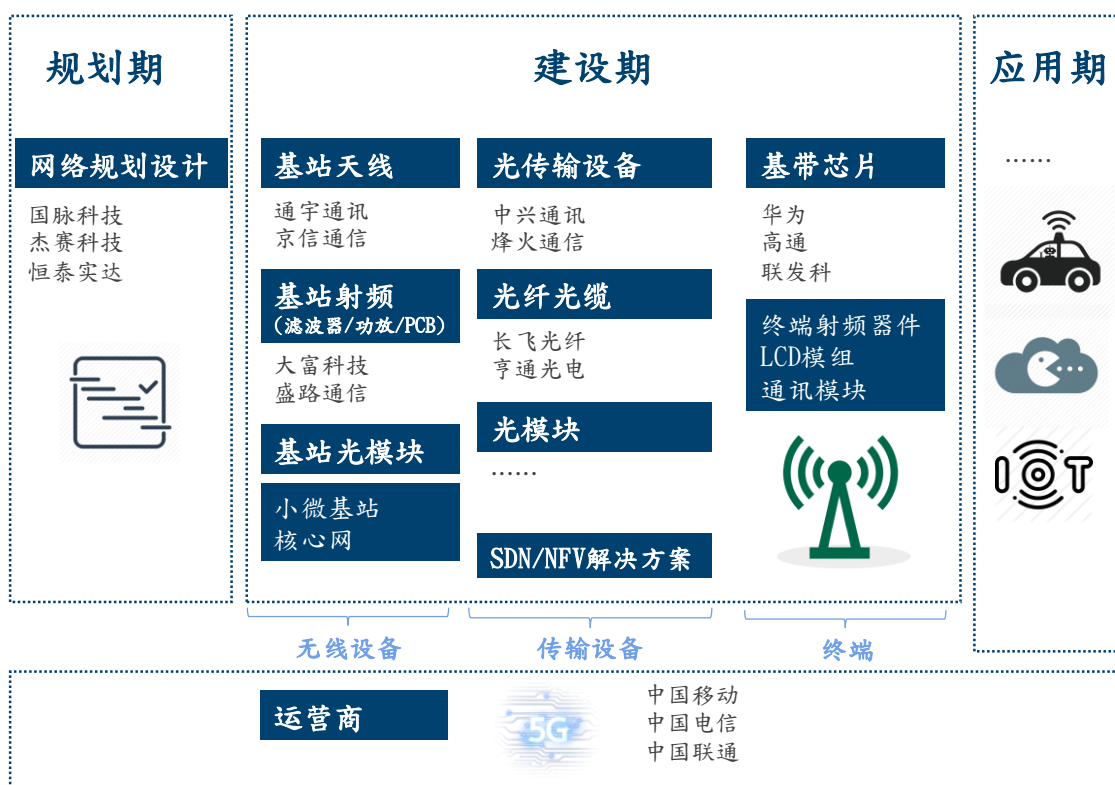
5G 深度报告(二)-产业链全面解析	1
5G 产业链梳理.....	3
5G 网络规划设计.....	5
天线及射频.....	9
小基站（Small Cell）	12
印制电路板（PCB）	14
基站滤波器	18
核心网	21
SDN/NFV	25
光纤光缆	27
芯片	29
光模块	32
5G 时代设备商.....	39

5G 产业链梳理

我们曾于5G系列第一篇报告《【国泰君安国际策略报告】TMT行业：通信行业5G报告系列(一)：5G简介》中提到：运营/制造厂商方面，通信网路上游包括基站天线、基带芯片、光纤及光模块、射频模块、基站射频拉远单元(RRU)、室内基带处理单元(BBU)等制造厂商；中游通信运营商负责基站维护以及收取使用费用等；下游包括终端设备/应用厂商。

根据5G标准的制定日程以及基础建设的流程，5G建设周期可以按先后顺序分为规划期、建设期和应用期。5G建设投资来源的运营商贯穿三个阶段，我们已经在5G系列第一篇报告中介绍了三大运营商（中国移动、中国电信、中国联通）的5G运营策略，大致上三大运营商都将在2019年进行5G业务预商用，预计四季度后5G商用终端将大规模上市，但其中中国联通强调淡化终端补贴。

图表 1：5G 产业链梳理



资料来源:国泰君安国际

除运营商外，大部分细分行业只归属于其中一个阶段。规划期主要是5G网络的规划和设计，而建设期涉及较多细分行业。我们以无线设备、传输设备和终端设备的逻辑将这些细分行业再分割为三个类别：

- 无线设备以基站为主，包括基站天线、基站射频、基站光模块和小微基站等，其中基站射频器件包含滤波器、功放、PCB、集成功率放大器(PA)和天线振子等，这些基站无线设备加上核心网统称为无线主设备；
- 传输设备涵盖传输主设备、光纤光缆、光模块以及SDN/NFV解决方案；
- 终端主要有基带芯片、终端射频器件、LCD模组、通讯模块等，终端设备是建设期第一阶段的投资对象，先于基站系统以及网络架构。

最终的应用期，5G凭借超高可靠性和超低时延的卓越性能推动超高清视频、自动驾驶、智慧城市等产业的发展，我们于下一篇5G系列报告中具体分析。本篇报告将聚焦5G发展的规划期和建设期，并着重于以下细分板块：

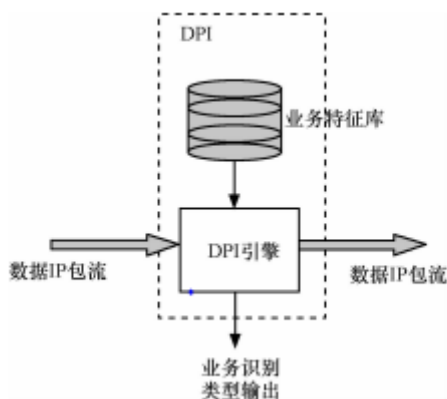
- **网络规划设计：**对网络建设进行统一筹备和规划，包括基于覆盖和容量规划的基站选址、无线参数规划等，并通过模拟仿真对规划设计的效果进行验证。5G网络规划需要拥有3D场景建模、高精度射线追踪模型、网络覆盖和速率仿真建模、网络容量和用户体验建模等关键能力。
- **基站天线及射频：**无线射频主要由许多个射频器件组成，这些射频器件主要是负责将电磁波信号与射频信号进行转换。基站天线是基站设备与终端用户之间的信息能量转换器，需求主要来自运营商和设备商，受需求量和结构升级影响天线预计量价齐升。
- **基站PCB：**5G时代天线集成度要求显著变高，AAU需要在更小的尺寸内集成更多的组件，需要采用更多层的PCB技术，因此单个基站的PCB用量将会显著增加，技术壁垒全面提升。并且5G基站的发射功率较4G大幅扩大，要求PCB用基材全面升级 PCB的加工难度也会显著提升。预期到2026年，建设基站所需的PCB市场空间约为292亿元
- **基站滤波器：**滤波器是射频模块的关键部件，长期来看，由于介质滤波器具有体积小、介电数高、损耗小特点，或将取代腔体滤波器成为主流。预期到2026年，建设基站所需的滤波器市场空间约为473亿元
- **小基站：**小基站信号发射覆盖半径较小，适合小范围精确覆盖，作为宏基站的有效补充。根据SCF 预测，2015年至2025年小基站建置数量复合成长率为36%至7,000万站，保守估计5G小基站市场规模有望超过1,000亿元市值。
- **核心网：**核心网是负责处理和管理数据的中枢网络。5G核心网主要采用的是SBA（Service Based Architecture）架构，是基于“云”上的通信服务架构。将核心网模块化，软件化以更简便的方式应对5G的三大场景
- **SDN/NFV：**SDN和NFV将是5G核心网中的关键技术，两者在网络层面互不依赖，SDN更偏向硬件分离管理，NFV偏向部分传统硬件功能的软件化。
- **光纤光缆：**5G基站的密集组网，需要应用大量的光纤光缆，对光网络提出了更大的需求和更高的标准。根据CRU报告，预计至2021年全球及中国光缆需求量将分别达到 6.17亿芯公里和3.55亿芯公里。但短期5G建设对于光纤光缆的需求影响并不大，不管是中国还是全球未来的光缆需求同比增长均为个位数。
- **芯片：**射频芯片负责无线通信，应用处理器就是传统意义的CPU和GPU，基带芯片负责对无线通信的收发信号进行数字信号处理，在整个系统中的位置介于前两者之间。目前5G芯片领域美国仍占据主导优势，但同时中国芯片制造商也在寻求更大的发展。
- **光模块：**光模块的主要功能是在光通信网络中实现光电信号的转换，主要包括光信号发射端和接收端两大部分。以建设初期每年建设45万座基站，CRAN部署测算，前传网、接入层、汇聚层和核心层新增需求分别90万、18万、7万和0.3万只。
- **主设备商：**5G时代迎来了运营商ICT转型和融合，全球设备厂商数量从2G的14-15家，下降至3G时代的6-7家，目前只剩下4家（华为、爱立信、诺基亚和中兴四家）。4家设备商中以华为产业链布局最广，不仅涉及5G、还包含AI、云、软件、芯片开发以及物联网，其他三家在产业布局上稍逊。

5G 网络规划设计

规划期需要对网络建设进行统一筹备和规划，包括基于覆盖和容量规划的基站选址、无线参数规划等，并通过模拟仿真对规划设计的效果进行验证。规划方法涉及的关键能力包括业务识别、体验评估、GAP 分析、规划仿真等工作。

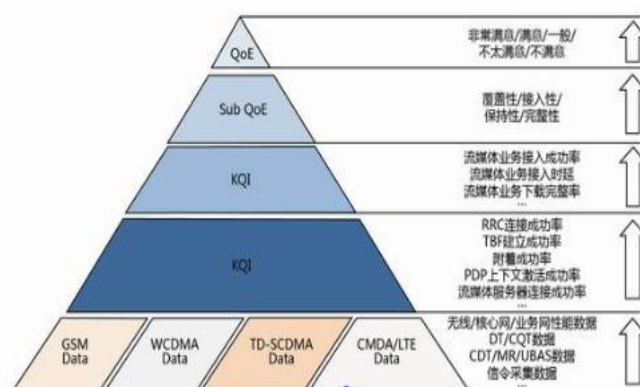
- 1) **业务识别**：电信业务IP化和统计复用在降低成本的同时也为业务识别等方面带来挑战。深度业务感知（DPI，Deep Packet Inspection）通过分析网络中数据包的深度特征值和协议行为可以识别出数据属性和业务类型，进而对网络中不同业务流进行区分。DPI解析组件主要包括业务特征库和DPI引擎，当业务数据流经过DPI引擎模块时对其进行特征匹配处理。基于业务识别，移动运营商可实现对不同业务的差异化调度，提高每比特的业务收入，并优先保证关键业务的用户感知。

图表 2：DPI 工作原理



资料来源：《基于深度业务识别（DPI）的 TD 业务感知提升策略》，国泰君安国际

图表 3：多网融合的 QoE 评估体系



资料来源：中兴通讯，国泰君安国际

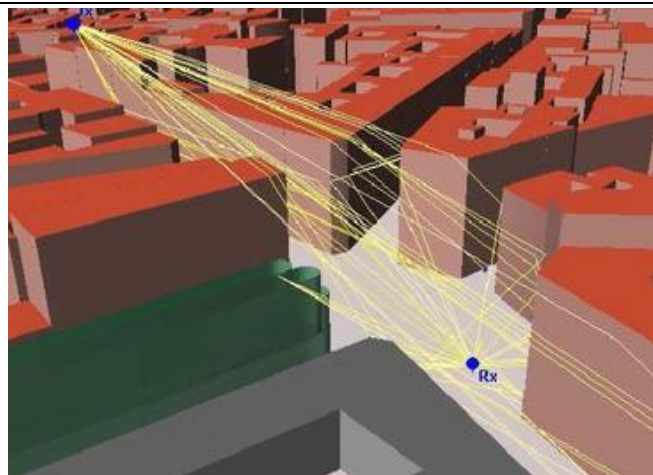
- 2) **体验评估**：用户行为模式的变化令QoE（用户体验质量）取代网络性能指标成为网络优化的目标。QoE即用户实际感受到的服务网络和服务的QoS（服务质量），和业务接入成功率、接入时延、下载完整率等因素相关。ETSI（欧洲电信标准化协会）将QoS分为与业务无关的网络可用性、网络接入性，以及与业务相关的业务完整性/接入性/保持性、不同业务的QoS参数。其中业务的接入又分为网络接入（Network Access）、IP服务接入（IP Service Access）、互联网接入（Internet Access）三个阶段，不同阶段对业务质量产生不同的影响。
- 3) **GAP分析**：即差距分析，对制定的目标和实际取得的结果进行比较，分析两者间是否存在差距。
- 4) **规划仿真**：基于前几步骤得到的参数和网络规划软件，利用Monte Carlo，智能遗传搜索，射线追踪等算法输出仿真结果。规划仿真中影响准确性的重要因素是传播模型，目前比较准确的模型是射线追踪模型。射线追踪技术能准确地考虑到电磁波的各种传播途径，包括直射、反射、绕射、透射等，考虑到影响电波传播的各种因素，以及将所有物体作为潜在的发射物并且计算发射源像的位置，从而针对不同的具体场景做准确的预测。

图表 4：QoS 相关方面和参数



资料来源：中兴通讯，国泰君安国际

图表 5：射线追踪模型原理示意图



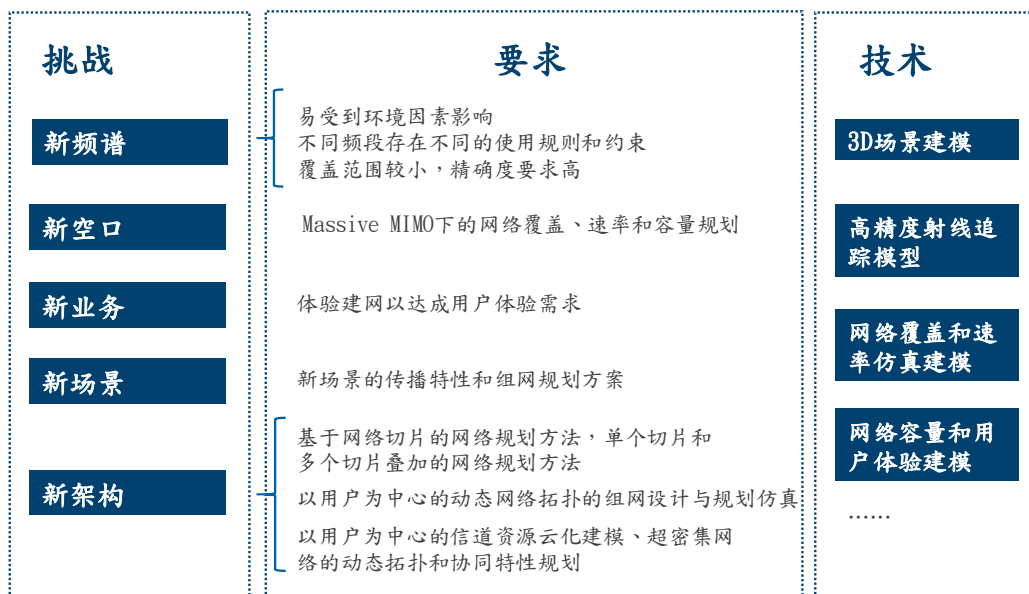
资料来源：中兴通讯，国泰君安国际

具体规划过程中，一般有五个步骤，需求分析、网络规模估算、站址规划、无线参数规划、网络仿真。用户数和业务量预测是后续规划的基础。站址规划是对业务区进行实地勘查进行站点的具体布置，找出适合做基站站址的位置，初步确定基站的天线挂高、天线的方向角及下倾角等参数。站址规划还需考虑系统间干扰隔离问题，可采用水平隔离和垂直隔离等空间隔离手段，或采用加装滤波器等方式，满足不同系统间的隔离要求。

根据《华为5G无线网络规划解决方案白皮书》5G无线网络面临的挑战主要来自：

- **新频谱。**1) 高频网络较小的覆盖范围对站址和工参规划的精度提出了更高的要求。采用高精度的3D场景建模和高精度的射线追踪模型是提高规划准确性的技术方向，但这些技术会带来规划仿真效率、工程成本等方面的挑战。2) 高频信号在移动条件下易受到环境因素的影响，对无线传播路径上的建筑物材质、植被、雨衰/气衰等更敏感，如何减小外界环境因素的影响为5G规划的一大难题。3) 不同频段存在不同的使用规则和约束。
- **新空口。**传统的网络规划方法难以满足Massive MIMO下的网络覆盖、速率和容量规划，需要加强MM天线的3D精准建模以及网络覆盖和速率的仿真建模。
- **新业务和新场景。**大量新业务的引入，5G应用场景将远远超出了传统移动通信网络的范围，而不同的业务和场景对5G的要求不同。
- **新架构。**网络规划方法需基于网络切片技术，为了确保网络切片可以与其他5G技术协同工作，将需要实现网络切片与其他技术的互操作性工作。但单个切片和多个切片的叠加、网络切片技术与SDN和NFV的结合等情形解决方案有待商榷。

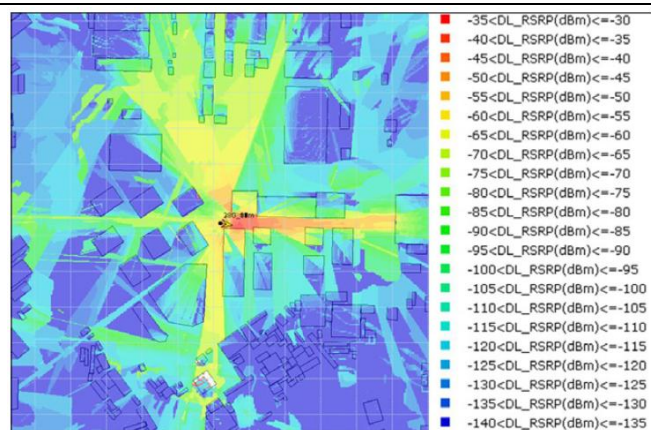
图表 6：5G 网络规划设计挑战



资料来源：《华为 5G 无线网络规划解决方案白皮书》，国泰君安国际

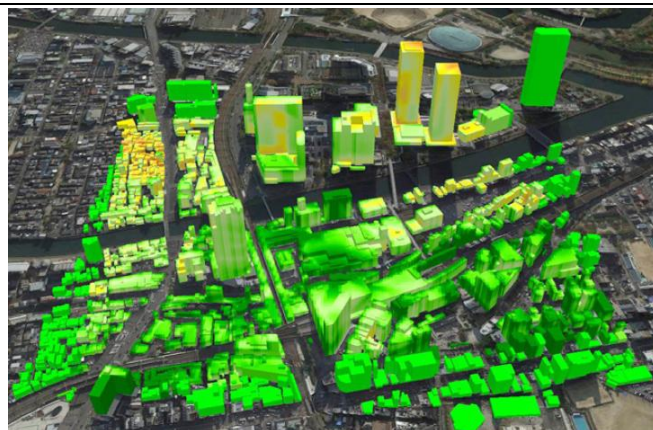
基于以上挑战，5G网络规划需要拥有3D场景建模、高精度射线追踪模型、网络覆盖和速率仿真建模、网络容量和用户体验建模等关键能力。参考4G阶段领域内企业的规划设计业务收入规模进行估计，市场预计5G阶段有20%~30%左右增长，市场规模在150亿元左右。

图表 7：射线追踪模型仿真效果图



资料来源：《华为 5G 无线网络规划解决方案白皮书》，国泰君安国际

图表 8：华为 3D 覆盖预测效果图



资料来源：《华为 5G 无线网络规划解决方案白皮书》，国泰君安国际

相关上市公司。我国通信规划设计行业可分为运营商下属的通信网络技术服务商，以及非运营商下属的通信网络技术服务商（包括民营设计院、电信国有企业设立的研究院、各大邮电高校控股的设计院）。

目前网络规划设计环节国内的重点企业包括中通服、宜通世纪、富春股份、国脉科技、杰赛科技、恒泰实达等：

- **宜通世纪 (300310.SZ)**：宜通世纪发起人和核心技术人员主要来自于广东省电信科学技术研究院和新科汇智移动通信技术有限公司，对通信网的工程、维护和技术支持有着丰富的经验。主要为电信运营商和设备厂家提供包括核心网、无线网、传输网等全网络层次的通信网络工程建设、维护、优化等技术服务，并提供一体化、全方位的业务支撑与IT应用的系统解决方案。
- **中通服 (552.HK)**：中国最大的电信基建服务集团，背靠国内三大电信运营商，中国电信、中国移动分别持股51.4%、8.8%。2018年TIS业务下的设计业务收入占比为10%。
- **富春股份 (300299.SZ)**：通行事业部具有承担各种规模信息通信工程的规划、可行性研究、评估、勘察、设计、咨询、工程监理人物的资质；持有电子通信广电行业（通信工程、通信铁塔）甲级、工程咨询甲级、通信监理（电信工程、通信铁塔）甲级。
- **国脉科技 (002093.SZ)**：旗下控股子公司国脉通信规划设计有限公司，业务资质齐全、项目经验丰富，为电信运营商提供物联网、通信网络建设的勘察设计、网络规划等服务，为政企等多行业客户提供物联网端到端整体解决方案。在5G 规划设计难度上升引致行业高进入壁垒后，国脉科技预期将受益5G 投资获得业绩增长。
- **杰赛科技 (002544.SZ)**：前身是中国电子工业部第七研究所电子系统工程设计中心，持有工程测量甲级和工程设计（有线、无线）甲级资质。
- **恒泰实达 (300513.SZ)**：恒泰实达控股子公司辽宁邮电规划设计院有限公司在规划设计行业资质卓越，位列国内设计院第一梯队，近几年营收及利润均持续增长，而通信规划设计为通信工程建设中关键一环，位于前中期将先享受5G 投资驱动红利，随着5G 规划设计难度陡增，恒泰实达预计将受益于辽宁邮电获业绩大幅提升。此外恒泰实达在电力行业深耕多年，财务状况稳健，治理结构清晰，随着5G 投资周期的来临，结合辽宁邮电在通信领域的技术优势，未来将重点布局5G 电力通信专网建设，业务增长前景可期。

图表 9：相关上市公司比较

公司		背景	资质
宜通世纪	300310.SZ	高管和核心技术人员来自广东省邮电技术中心、广东省邮电科学技术研究院	通信信息网络系统集成甲级资质、信息系统集成及服务资质二级、通信工程施工总承包一级、通信网络代维（基站专业）甲级
中通服	552.HK	中国电信(51.4%)	电子通信广电行业（通信工程）甲级、工程测量甲级、工程咨询甲级等资质
富春股份	300299.SZ	民营企业，董事长曾就职于福建省邮电规划设计院	电子通信广电行业（通信工程）甲级、工程咨询甲级、通信监理（电信工程、通信铁塔）资质
国脉科技	002093.SZ	民营企业	工程测量甲级、工程咨询甲级、工程设计（有线、无线、铁塔）甲级、通讯信息网络系统集成企业乙级、电子通信广电行业（通信工程）乙级
杰赛科技	002544.SZ	前身是中国电子工业部第七研究所电子系统工程设计中心	工程测量甲级、工程设计（有线、无线）甲级和（铁塔）乙级
恒泰实达	300513.SZ	民营，辽宁邮电规划设计院有限公司为其子公司	信息系统集成及服务资质二级；子公司拥有工程测量甲级、电子通信广电行业（通信工程）甲级、通信信息网络系统集成甲级资质、工程咨询甲级

资料来源: 国泰君安国际

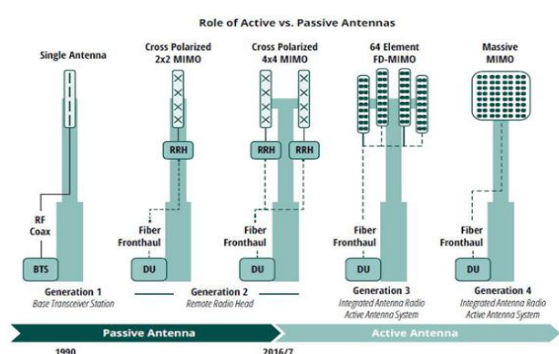
天线及射频

5G基站投资占网络总投资约60%，并预期5G基站数量为4G基站约1.5倍：5G 产业链投资跨度长，主要包括网络规划、无线侧、传输网、核心网和网络建设运维等环节。当中，参考2017年4G投资来看，无线侧(包括基站设备和天线部分)总投资占4G 网络总投资约60%，而技术的更新使得天线和射频器件在无线侧的投资规模将增大，以及价值占比持续提升。与4G基站数量相比，预期5G宏基站数目将达4G基站数约1.5倍；加上由于5G技术度提升，预期5G单基站价值量相比4G基站有所提升，造成5G基站呈现“价量齐升”的发展。

无线射频的简介：无线射频主要由许多个射频器件组成，这些射频器件主要是负责将电磁波信号与射频信号(二进制数字信号进行转换) 射频器件组成的部分统称为射频前端(RFFE)，并位于天线部分与收发机之间。电磁波信号即天线与天线之间传播的无线电信号，这些信号频率较高，需要做预处理(滤波、移频、放大等)，才能作为基带芯片输入端信号；反方向看，基带芯片产生的二进制数字信号也需要进行处理才能转化为无线电信号。按射频前端信号的通路划分，分为发射通路和接收通路：1) 发射通路的器件主要包括功率放大器(PA)、滤波器(Filters)及天线开关等(RF Antenna Switch)。2) 接收通路的器件主要包括低噪声放大器(LNA)、滤波器、射频开关(RF Switch)及天线开关等。由于5G时代对射频前端的技术需求提升，也带来对射频器件单机价值量提升的机会。

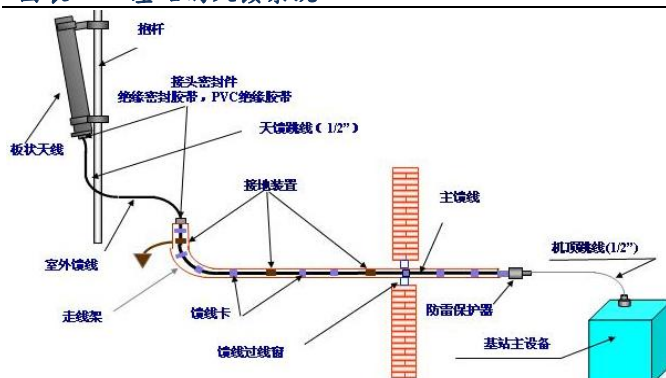
基站天线性能决定通话功能质量，并为基站的重要组成部分：基站天线是基站设备与终端用户之间的信息能量转换器，主要用于发射或接收电磁波，把传输在线的射频信号转换成可以在空间传播的电磁波。信号发出过程中，以射频信号经过基站天线转换为电磁波能量，并在预定的区域辐射出去。信号接收过程中，在收到由用户经调制后发出的电磁波能量后，由基站天线接收，并有效地转换为射频信号，传输至主设备。因此，基站天线性能的高低将直接决定移动通话功能的质素。整体来说，无论是基站还是移动终端，天线都是充当发射信号和接收信号的中介软件。值得一提的是，传统射频信号通过同轴射频馈线传输到天线，由于损耗大，因此，设备商通过将射频模块独立部署，降低了馈线损耗，成为主流方案。

图表 10：基站天线的演变



资料来源: imgcop.com、国泰君安国际

图表 11：基站的天馈系统



资料来源: 华为 5G、国泰君安国际

天线行业需求方主要来自运营商和设备商：天线行业的上游生产方面，竞争主要来自设计能力、技术成熟度和经验积累，目前市场化成熟。下游供应方面，主要是通信运营商(中国移动、中国联通、中国电信等)、通信设备集成商(华为、中兴、诺基亚、爱立信等)、以及超大型客户(铁路、电网、政府等)为主。目前，下游运营商和设备商话语权较强，是天线行业最重要的需求方。

天线数量提升，5G使用较高频段，基站数量增加并带动基站天线需求量增长。移动通信从2G发展到4G过程中，每一代制式的升级伴随着频率的提升，由于低频的使用逐步饱和，并从低频往高频段拓展。在积覆相同面盖下，高频段组网所需基站数更多，主要是频率越高、波长减小、传输距离越远，天线传输则损耗越大，接收到的信号功率显著减少，因此频段上移导致基站覆盖半径进一步缩减。三大运营商2G频谱位于1GHz附近，3G频谱位于2-2.2GHz区间，4G频谱位于2.6GHz。5G频谱方面，根据工信部于去年关于5G频谱的划分，5G初发展三大运营商频谱主要集中在3.5GHz。基站数量方面，目前，3G的基站数量约2G的4.5倍，4G的基站数量约2G的9倍。由于5G使用高频段(毫米波)，单基站覆盖范围也进一步缩小，估算5G的基站数量约4G的1.5倍，(5G的基站数量约2G的13.5倍)，因而所需基站天线数量也需同时增加。

天线单价提升，来自技术结构升级：从4G至5G，基站天线的发展以小型化、多频段、高效率的天线仍然是当前天线技术重要发展方向。从2G至5G，天线技术发展，从单极化天线、电调单极化天线、电调双极化天线到多频双极化天线，以及MIMO天线，以及发展到今天的有源天线，天线的技术和价值持续提升。主要是终端侧信号的接收功率取决于基站天线的发射功率、距离、材料和天线数量。相对4G基站，5G基站采用Massive MIMO技术下，1) 单面天线中从传统的2/8提升至64个、128个甚至更多的天线振子(5G时代可能以64T64R大规模数组天线为主。4G时代，天线形态基本是4T4R(FDD)或者8T8R(TDD))；2) PCB板方面，传统的PCB板难以满足高频高速的5G信号传输需求，因此需要更高质量的高频PCB板以应用于Massive MIMO天线中；3) 滤波器方面，5G天线发展趋向以天线+滤波器的一体化解决方案。由于5G在振子提升、高端PCB需求、以及天线+滤波器的一体发展，市场预期将从单扇4G天线价格在2,000元提升至5G天线价格在4,000元-6,000元，而3扇天线的总价约1.2-1.8万元。宏基站的5G天线单价相对4G可提升6-9倍。因此，天线市场规模增长迅速提升。

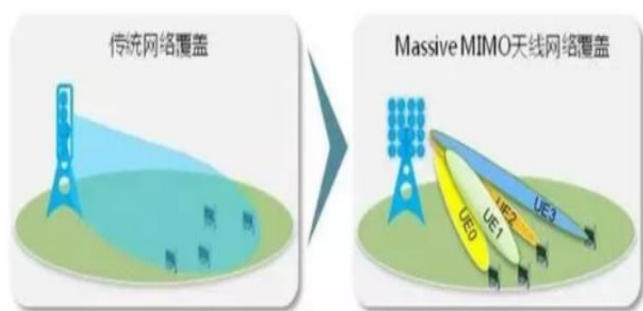
国内基站天线厂商已拥有全球核心技术：目前，国内天线厂商经过十多年的发展阶段：I) 2000年以前为空白期，天线产业几乎100%依赖进口；II) 2001年至2010年进口替代期，国内天线品牌本土市场占有率从2002年25%提升至2006年90%；和III) 行业整合期(2011年至目前)，受运营商过去5年投资放缓影响，天线行业在激烈的竞争中已进行整合。根据EJL的数据，国内天线厂商份额占比提高明显，2017年，在全球宏基站天线发货量为453万中，中国企业占前十大天线厂商半数，发货量占比超过60%。其中，华为的天线市场份额占比为全球最高，约32%，京信通信占13%，摩比占8%，通宇占比约7%。

5G时代，有源天线的市占率将稳步提升：在4G时代，4G宏基站主要分三个部分，天线、射频单元RRU和部署在机房内的基带处理单元BBU。在5G时代，5G网络倾向于采用AAU+CU+DU的全新无线接入网构架。天线和射频单元RRU将合二为一，成为全新的单元AAU(Active Antenna Unit，有源天线单元)，AAU除含有RRU射频功能外，还将包含部分物理层的处理功能。由于5G的频谱提升和频段增多，对容量和覆盖的需求提高，基站天线技术升级，使5G基站天线有源化、小型化和一体化成为未来的发展趋势。相对4G，5G基站天线的优势包括：I) 简化安装，主要是将远程射频模块(RRU, Remote Radio Unit)和天线整合，提升部署效率。II) 网络覆盖性能提升。随着5G基站天线广泛应用Massive MIMO技术，有源天线的全球应用将进一步提升。根据ABI数据，2016年有源天线的市占率为5.1%，将提升至2021年的10.1%。值得一提的是，过往通信运营商或主设备商均以“捆包模式”采购基站天线，因此限制个别基站天线生产商的竞争优势，但目前电讯运营商已采用“拆包模式”来采购基站天线，

运营商直接采购模式有助天线厂商深化设备商的合作和提升个天线厂商的盈利。例子通宇通讯通过中兴通讯的5G天线认证，有望与设备商更深入合作。

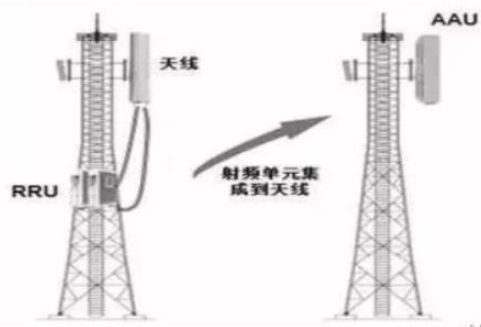
Massive MIMO 技术将有大幅提升5G对天线需求：由于网络性能和覆盖能力的提升，推动5G 技术大升级，包括：在网络带宽、连接密度、时延、同步、成本和效率上有更高的要求。天线方面，相对2G/3G/4G时代，2G/3G的天线以2端口为主，4G的多频段天线为主。在5G 时代，由于频段升高波长减小，接收信号减弱迫使增加天线阵子数量，因此，5G 基站引入大规模数组天线 (Massive MIMO)，即 (Multiple-input Multiple-output, 多输入多输出) 的选择方案。此外，天线的形式也将由无源转向有源，可实现各个天线振子相位和功率的自我调整调整 提高MIMO 系统的空间分辨率，提高频谱效率及提升网络容量。

图表 12：传统网络覆盖与 Massive MIMO 天线网络覆盖



资料来源：华为 5G、国泰君安国际

图表 13：天线和射频单元 RRU 合二为一，成为单元 AAU



资料来源：网上公开资料、国泰君安国际

Massive MIMO的简介：Massive MIMO是5G提高系统容量和频谱利用率的关键技术。最早由美国贝尔实验室研究人员提出。MIMO特性方面，在大规模MIMO系统中，基站配置天线数量可达几十个或上百个，现阶段的天线最大也即256个。目前，5G部署的主流应该是64个，或者简化版的16个。(终端天线数目一般会少于8个)；因此增强了在基站接收和发送不同信号的能力，大大提高了频谱利用率、数据传输的稳定性和可靠性，也增加了网络覆盖的灵活性，使运营商更可提供不同场景下的覆盖。场景方面，包括：城区热点的容量提升、高楼覆盖以及室外部署宏站提升室内覆盖。值得一提的是，随着使用的基站天线越多，支持的用户越多，要求每个波束覆盖范围越窄，以避免各用户之间的互相干扰，因而为准确判断每位用户的具体位置，所需的技术复杂度也提升。目前，国内5G频谱采用2.6G和3.5G为主流频段，与4G主流部署的2.6G、1.9G、1.8G、2.1G等频段相差不大。因此5G基站数目是4G基站数目约1.5倍。有市场研究，采用Massive MIMO技术，频谱效率比普通宏基站增加3到5倍。

天线振子方面，天线需要通过多个天线振子调整辐射范围：天线振子作为天线的主要组成部分，主要负责将信号放大和控制信号辐射方向，同样可以使天线接收到的电磁信号更强。根据天线的形态，天线振子形态也包括多样，有杆状和面状等。此外，多天线振子的动态组合也可适用于波束赋形技术，从而让能量较小的波束集中在一块小型区域，将信号强度集中于特定方向和特定用户，提高覆盖范围的同时提升用户体验。在4G时代，4G基站中需要使用3根天线，每一根天线中的天线振子数量约10~40 个。在5G时代，使用Massive MIMO技术一般采用64信道，一个信道需要3个振子。在5G基站中需要使用约5根天线，每一根天线中的天线振子数量约128~256 个。因此，5G天线含有的振子数量将大幅增加，也提升覆盖能力。市场份额方面，根据市场报告，2017 年京信通信(02342.HK)市场份额约21%，通宇通讯(002792.CN)市场份额约8%，摩比发展(00947.HK)市场份额约7%。

小基站 (Small Cell)

基站的简介：基站是公用移动通信无线电的台站。目前，在5G时代，“宏基站为主，小基站为辅”的组网方式是未来网络覆盖提升的主要途径。主要是5G时期采用3.5G及以上的频段，在室外场景下覆盖范围减小，加上由于宏基站布设成本较高，因此，需要小基站配合组网。根据3GPP 制定的规则，无线基站可按照功能可划分为四大类，分别为宏基站、微基站、皮基站和飞基站。

宏基站和小基站的主要区别：从设备划分方面，移动通信基站主要分为一体化基站和分布式基站。一体化基站分为基带处理单元（BBU）、射频处理单元（RRU）和天馈系统包括三部分，而分布式基站是指小型RRU，需要连接BBU 才能正常使用。从体积划分方面，宏基站和小基站的区别在于，小微基站设备统一在一个柜子加天线即可实现部署，体积较小。宏基站需要单独的机房和铁塔，设备、电源柜、传输柜、和空调等分开部署，体积较大。小基站的优点方面：目前小基站成为宏基站的有效补充，主要是小基站信号发射覆盖半径较小，适合小范围精确覆盖，而且部署较容易(高移动性和高速的无线接入)、灵活(不容易受障碍物的遮挡,提升信号覆盖效率,提升宏基站信号的有效延伸)、和可根据不同的应用场景(购物中心、地铁、机场、隧道内等)，作出相应的小基站设备和网络建设模式，以提升信号需求。

小基站的简介：小基站主要专注热点区域的容量吸收和弱覆盖区的信号增强，信号覆盖范围从十几米到几百米。在3G时代已开始应用，以家庭基站作为3G网络室内覆盖和业务分流的重要方案。在2G时代，由于宏基站覆盖范围较广，室内主要采用室分系统为主，小基站应用场景相对有限。在3G时代，由于仍然以采取宏基站覆盖为主，加上3G时代过度至4G时代迅速，所以小基站应用不广泛。在4G时代，业务以移动业务和数据为主，并在解决接入速率和吞吐量等技术大幅提升，因此小基站发展也有限。但仍然解决不了从4G时代过度到5G时代的需求，包括：1) 未能满足巨大的设备连接数密度、毫秒级的端到端时延等技术和需求。2) 由于5G频段的上移，也使网络覆盖能力的下降。3) 目前80%的数据流量来自室内的热点区，包括办公场地、商场、广场和公交地铁等场景。如营运传统室内分布系统(如DAS)进行室内覆盖,则成本太高。在5G时代，“宏基站为主，小基站为辅”的组网方式有效补充(解决)4G网络覆盖的问题，如超高流量密度、超高数据连接密度和广覆盖等场景。值得一提的是，2016年全球小型基站设备出货量为170万站，同比增长43%；市场规模达15亿美元，同比增长15%。

图表 14：5G 时代基站类型

类型	单载波发射功率	覆盖能力(理论半径)
宏基站	12.6w以上	200m以上
微基站	500mw-12.6w	50-200m
皮基站	100mw-500mw	20-50m
飞基站	100mw以下	10-20m

资料来源：京信通信、国泰君安国际

图表 15：5G 时代室分建设需要解决的问题



资料来源：京信通信、国泰君安国际

取代DAS，小基站在5G时代成为主要室内覆盖系统：在4G时代前期，运营商在室外场景主要以宏基站建设为主，在室内场景主要以传统室分系统(DAS)。在4G时代后期，由于DAS维护难度加大，以及难以支持未来5G时代的新规格，包括：I) 难以支持5G时代的3.5GHz及以上的高频或Massive MIMO的要求；II) 宏基站建设成本更高（基站设计和选址难度增加）；III) 由于传统DAS采用无源器件，无法获得5G时代的实时设备数据，因而小基站开始作覆盖补充。在5G时代，由于每个5G宏基站信号覆盖范围更小（主要是5G 载波频率大幅提升），但5G 新业务(应用)对室内覆盖体验提出更高要求(主要是热点区域容量成千倍提升)。根据2017年华为X Labs发布的5G 十大应用场景白皮书，主要为云VR/AR、车联网、智能制造、智能能源、无线医疗、无线家庭娱乐、联网无人机、社交网络、个人AI 助手和智慧城市。小基站方面，由于小基站具有结构简单、部署和扩容方便；其产业链成熟有助降低部署成本，因此小基站在4G时代后期已开始代替DAS在室内应用，并在5G时代成为网络建设中的重要设备(主要是施工简单和成本大幅降低)，因而获得更广泛应用。

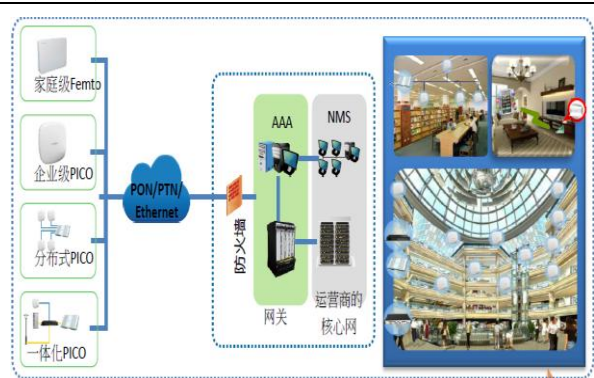
宏基站和小基站通过UDN配合得更佳：由于5G需要选取更多的频谱资源以及满足更大的流量增长，以及需要针对广覆盖、热点高容量、低时延高可靠和大规模MTC 等业务网络场景需求。超密集组网（UDN，Ultra-Dense Network）是建基于微基站相关的技术路径。UDN用于新增宏基站建设增加单位面积内微基站密度是解决热点地区移动数据流量快速增长的重要选择方案。超密集组网下宏基站和小基站配合更加紧密。值得一提的是，在4G时代，小基站建设常常滞后于宏基站，主要是4G建网初期，网络建设将仍以宏基站为主，而室外小基站则以后期补充覆盖为主，而数字化小基站则以补充室内流量热点区域的覆盖为主。但由于5G频段的上移，以及室内覆盖的不足等问题在建设初期已明显，5G 小基站有望与宏基站实现同期部署，我们预计2020年，小基站市场将有较快的成长空间。

图表 16：未来 5G 十大主要应用场景



资料来源：华为发布《5G 时代十大应用场景白皮书》、国泰君安国际

图表 17：京信通信小基站产品



资料来源：京信通信、国泰君安国际

小基站市场规模有望突破千亿元：根据SCF 预测，2015年至2025年小基站建置数量复合成长率为36%至7,000万站。保守假设未来5年，小基站建设数量为1,000万站，每座小基站单价约1万元，则5G小基站市场规模有望超过1,000亿元市值。可关注上市公司，包括京信通信(2342.HK)和摩比发展(00947.HK)。

印制电路板（PCB）

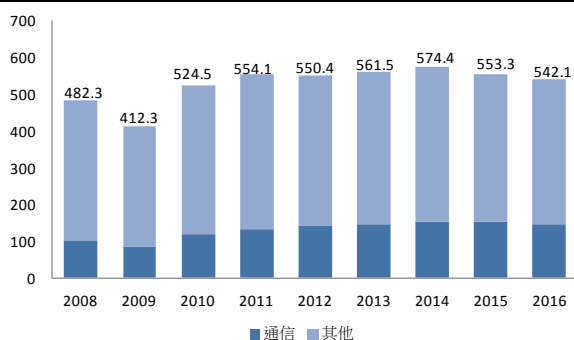
印制电路板，即Printed Circuit Board，简称PCB。PCB主要由绝缘基材与导体构成，是电子元器件链接的提供者，在电子设备中起到支撑、互联的作用，是结合电子、机械、化工材料等绝大多数电子设备产品必须的原件，简而言之PCB就是每个电子产品的命脉。

PCB 市场规模较大

根据Prismark统计，全球2016年PCB产值为542亿美元，而近五年的行业增速均不超过3%。参与PCB行业竞争的国家或地区包括美国、欧洲、日本、中国大陆、中国台湾、韩国等。2016年中国大陆PCB产值达271亿美元，占全球的50%。市场预计未来5年内，中国是PCB产值增长最快的区域，到2020年市场规模将达359亿美元，年复合增长率约为3.1%。

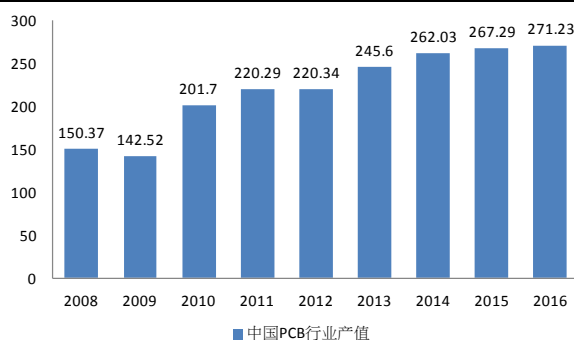
PCB行业上游为覆铜板，下游涵盖所有电气电路产品。根据Prismark，2016年通信设备、计算机和消费电子对PCB的需求量分别占总需求的28.8%、26.5%和14.3%，合计近70%，是对PCB需求最高的三大领域。预计2017年到2021年四年内，通信（通信设备）和汽车电子有望成为驱动PCB行业发展的新动能，二者的年复合增长率将分别达到7%和6%。通讯网络建设本身对PCB的应用主要在无线网、传输网、数据通信以及固网宽带等领域。5G建设初期，对于PCB的需求增量体现在无线网和传输网上，对PCB背板、高频板、高速多层板的该需求较大。目前，大批量PCB龙头公司以台湾和日本企业为主，国内具有大批量生产能力的上市公司有深南电路、沪电股份、景旺电子等。未来随着5G投资高等的到来，预期他们的市占率将会继续提升。

图表 1：全球 PCB 市场规模（亿美元）



资料来源：深南电路招股书，国泰君安国际

图表 2：中国 PCB 市场规模（亿美元）



资料来源：深南电路招股书，国泰君安国际

图表 3：通信领域相关 PCB 产品

应用领域	主要设备	相关 PCB 产品	特征描述
通信	无线网	通信基站	背板、高速多层板、高频微波板、多功能金属基板
	传输网	OTN 传输设备、微波传输设备	金属基、大尺寸、高多层、高频材料及混压
	数据通信	路由器、交换机、服务/存储设备	高速材料、大尺寸、高多层、高密度、多种背钻、刚挠结合、高频材料及混压
	固网宽带	OLT、ONU 等光纤到户设备	高速材料、大尺寸、高多层、高密度、多种背钻、刚挠结合
	固网宽带	OLT、ONU 等光纤到户设备	多层板、刚挠结合
航空航天	航电、机电系统	背板、高速多层板	高可靠性、多层板、刚挠结合
工控医疗	工控、医疗系统		高可靠性、多层板、刚挠结合

资料来源：深南电路招股书、国泰君安国际

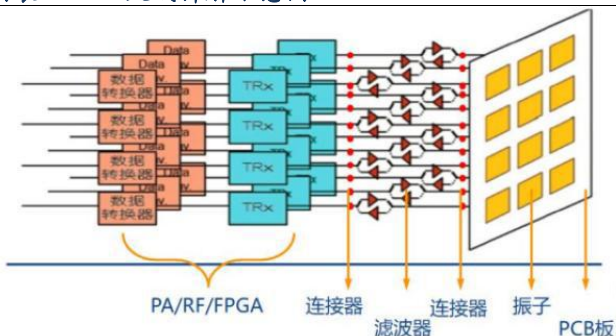
基站 PCB 价值量将大幅提升

5G时代Massive MIMO的应用，为基站结构带来显著的变化，天线+RRU+BBU变成AAU+BBU（CU/DU）的架构。AAU中，天线振子与微型收发单元阵列直接连接在一块PCB板上，集成数字信号处理模块（DSP）、数模（DAC）/模数（ADC）转换器，放大器（PA）、低噪音放大器（LNA）、滤波器等器件，担任RRU的功能。

天线的集成度要求显著变高，AAU需要在更小的尺寸内集成更多的组件，需要采用更多层的PCB技术，因此单个基站的PCB用量将会显著增加，其工艺和原材料需要进行全面升级，技术壁垒全面提升。5G基站的发射功率较4G大幅扩大，要求PCB用基材全面升级，需符合高频高速、散热功能好等特性，如介电常数、介质损耗小而稳定，与铜箔的热膨胀系数尽量一致，吸水性低，其他耐热性、抗化学性、冲击强度、剥离强度好。PCB的加工难度也会显著提升，高频高速的物流和化学性质与普通PCB不尽相同，导致加工过程不同，同一块PCB上需要实现多种功能，将不同材料进行混压。因此，PCB价值量也将进一步提升。

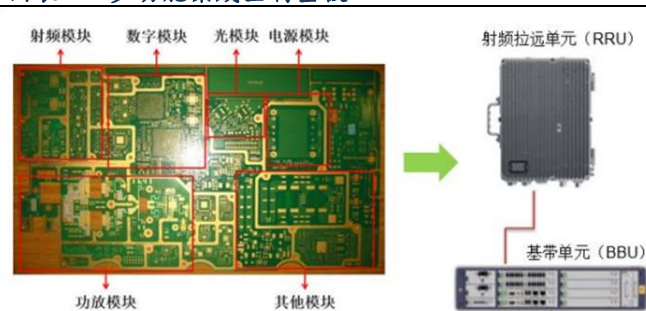
BBU尺寸和数量变化不大，但由于传输速率提升，传输时延缩小，BBU对射频信息处理能力要求提高，大大提升了对高速PCB板的需求。BBU的核心配置是一块背板和两块单板（主控板和基带板）。背板主要担任连接单板并实现信号传输的功能，具有高多层、超大尺寸、超高厚度、超大重量、高稳定性等特点，加工难度极大，是基站中单位价值量最高的一块PCB。而单板负责射频信号的处理和连接RRU，主要使用高速多层PCB。随着5G时代高速数据交换场景增加，背板和单板对于高速材料的层数和用量将进一步提升。背板及单板的层数将由18-20层提高到20-30层，使用的覆铜板需要由传统的FR4升级为性能更优的高速材料，如M4/6/7，因此单平方米价格有所提升。

图表 4：5G 天线拆解示意图



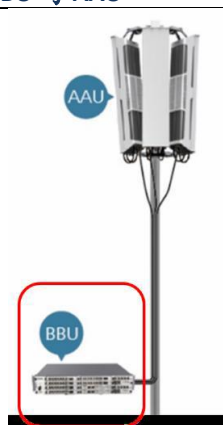
资料来源: CNKI, 国泰君安国际

图表 5：多功能集成金属基板



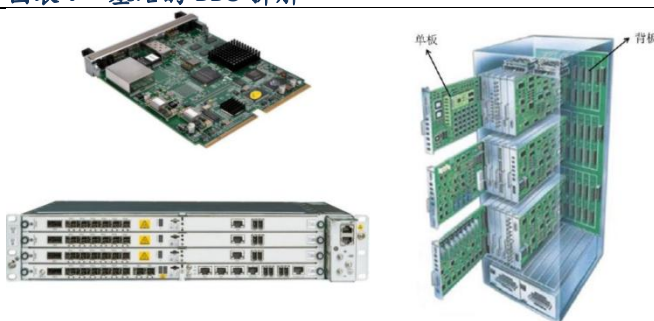
资料来源: 深南电路招股书, 国泰君安国际

图表 6：基站的 BBU 与 AAU



资料来源: Smartwire, 国泰君安国际

图表 7：基站的 BBU 拆解



资料来源: 中兴通讯、深南电路、诺基亚, 国泰君安国际

基站 PCB 市场空间测算

根据市场数据, 4G时代数据电路和射频约占RRU面积的60%, 4G基站数据电路和射频所用的PCB面积约为 0.2m^2 。而5G时代基站AAU对于传输处理数据的增加, 预期数据电路和射频PCB面积将增大2倍, 即约 0.4m^2 。由于基站中馈电网络和天线振子都集成在PCB上, 而馈电网络、天线振子的面积约等于主板面积, 根据华为数据, 64R64R基站长和高分别是0.6m和0.4m, 因此天线振子+馈电网络的面积约为 0.5m^2 , 整体来看5G基站AAU中PCB面积约为 0.9m^2 , 即是4G时代RRU中PCB面积的4.5倍。

此外, 天线阵列中的振子数量更多, 排列更近, 所以天线阵列底板需要高品质的PCB通过优化辐射单元及组阵方式, 减少相互阻抗, 提升整体效能。Massive MIMO因通道增多, 每块PCB的面积和层数也会增加, 尺寸从15平方厘米增加至35平方厘米。层数从双面板升级为12层板左右, 基材方面需要使用高速高频材料。根据市场数据, 5G PCB单价每平米2,000元左右, 我们假设每个基站有3面天线, 预计单个基站PCB需6,000元左右。假设随着规模量产单价逐年下降5%, 预期到2026年, 建设基站所需的PCB市场空间约为292亿元。如果考虑到全球5G基站的数量, DU、CU和背板的需求, 以及小基站的建设则用量将更大。

图表 8：国内基站 PCB 市场空间测算

	2019E	2020E	2021E	2022E	2023E	2024E	2025E	2026E	合计
建站数量（万站）	20	100	100	100	65	65	65	65	580
AAU PCB 面积（m ² ）	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	
PCB 单价（元/m ² ）	2000	1900	1805	1715	1629	1548	1470	1397	
天线（面）	3	3	3	3	3	3	3	3	
单个基站 PCB 价值量（元）	6000	5700	5415	5144	4887	4643	4411	4190	
PCB 价值量（亿元）	12	57	54	51	32	30	29	27	292

资料来源：工信部、通信产业网、国泰君安国际

市场预计 PCB 厂商受益于 5G 对高频高速 PCB 需求的提升，存在一定业绩弹性。2017 年全球 PCB 市场规模约为 588 亿美元，通信（含终端）市场预计为 150 亿美元。5G 对高频 PCB 需求提升，有望提升通信板块 PCB 市场规模。在通信板块中布局较重的公司将有可能受益，可关注如深南电路（通信占比超 50%，拥有华为、诺基亚、中兴等客户）、沪电股份（2017 年企业通信市场占比营收 65%）等。

图表 9：2016 年中国前十大 PCB 厂商排名

排名	企业名称	2016 年营收(亿美元)	市占率	基本情况
1	臻鼎科技控股股份有限公司	169.85	9.43%	台资厂商
2	健鼎科技	86.65	4.81%	台资厂商
3	珠海紫翔电子科技有限公司	84.16	4.67%	Nippon Mektron（旗胜）中国子公司
4	欣兴电子股份有限公司	56.97	3.16%	台资厂商
5	深南电路 (002916.SZ)	45.98	2.55%	中国厂商
6	志超科技股份公司	37.98	2.11%	台资厂商
7	沪电股份 (002463.SZ)	37.9	2.10%	主营通信、汽车、办公用 PCB 多层板
8	名幸电子有限公司	37.57	2.09%	日资厂商
9	奥特斯(中国)有限公司	33.74	1.87%	奥地利厂商
10	景旺电子 (603228.SH)	32.83	1.82%	主营双面板及多层刚性电路板、柔性电路板和金属基电路板

资料来源：深南电路招股书、国泰君安国际

基站滤波器

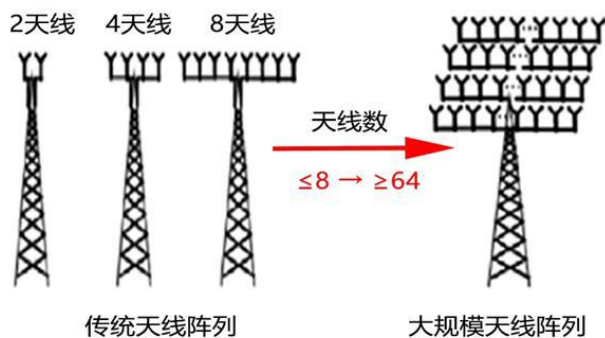
滤波器是射频模块的关键部件，主要功能是帮助基站实现选频，基站可以简单理解为一个无线电收发信电台，一般基站有属于自己的明确工作频段，因此基站必须要有选择各种频率信号来进行收发的能力。即通过需要的频率信号，抑制不需要的频率信号。

介质滤波器发展空间较大

进入5G时代，Massive MIMO技术使用的天线数量更多（从2T2R、4T4R、8T8R到64T64R、128T128R），一面天线所需要的滤波器从2个变成64个。而且RRU和天馈合二为一成为AAU，对设备的重量和体积要求将更高。

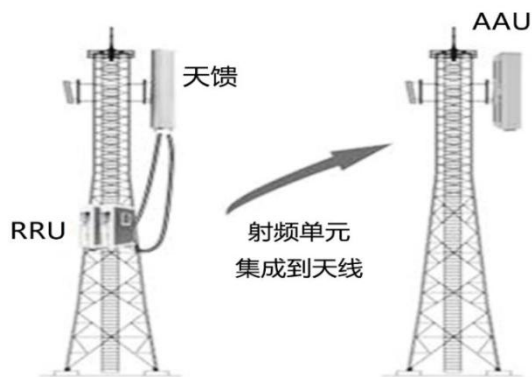
4G时代的滤波器主要以金属腔体滤波器为主，优势在于工艺成熟、价格低，但由于金属整体切割导致体积较大。5G时代，Massive MIMO技术所使用的天线数量大幅增加，每个天线都需要配备相应的双工器，并由相应的滤波器进行信号频率的选择与处理，滤波器的需求量将大量增加，因此这就对滤波器的器件尺寸与发热性能有更高的要求。腔体滤波器由于其体积大，发热多，难以在高密集型天线中广泛使用，面临较大的发展压力。介质滤波器表面覆盖着切向电场为零的金属层，电磁波被限制在介质内，形成驻波震荡，其几何尺寸约为波导波长的一半，谐振发生在介质材料内部而非腔体，可以有效减少滤波器的体积。材料一般采用介电常数为60-80之间的陶瓷，实际应用于无线通信中的介质陶瓷滤波器尺寸在厘米级。5G时代使用的电磁波频率将继续提升，更加高效的毫米波将逐步开始使用，基站天线尺寸也将降至毫米级，逐步实现微型基站，因此使用的滤波器也将逐步缩小尺寸至毫米级，介质滤波器拥有体积小优势，符合毫米波发展要求，有望在5G市场中占得先机。

图表 10：传统天线阵列与大规模天线阵列比较



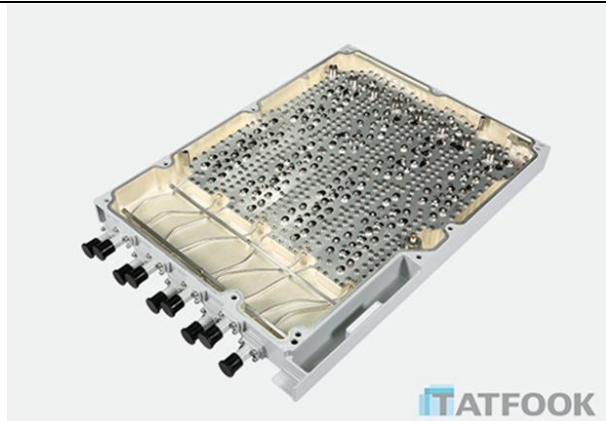
资料来源: ZTE, 国泰君安国际

图表 11：RRU 与天馈合成 AAU



资料来源: OFweek, 国泰君安国际

图表 12：腔体滤波器



资料来源: 大富科技官网, 国泰君安国际

图表 13：介质滤波器



资料来源: 艾福官网, 国泰君安国际

综上所述，中短期来看，腔体滤波器与介质滤波器将共同存在，长期来看，陶瓷介质滤波器会成为主流方案。由于介质滤波器工艺尚不完全成熟，只有少数企业能够提供经过主设备厂商认证的介质滤波器。所以，小型腔体滤波器仍然会占据一定的市场，与介质滤波器共存。但长期来看，由于介质滤波器具有体积小、介电数高、损耗小特点，或将取代腔体滤波器成为主流。

基站滤波器市场空间测算

根据三大运营商（中国移动、中国电信、中国联通）的年报，2017年全国基站约为389万台，预计5G时代，基站数是4G的1.5倍，达约580万台。2019年，5G基站将开启规模化建设，2020-2022年将是5G基站建设的高峰期，预期2026年完成建设，5G基站的规模建设将驱动滤波器的市场规模大幅增长。我们假设每个基站有3面天线，每面天线有64只滤波器，预计5G时代我国共需要15.8亿只滤波器。根据市场数据，介质滤波器2019年单价约为60元/只，假设随着规模量产单价逐年下降10%，到2026年约为29元/只。结合滤波器所需数量和当期单价，预期到2026年，建设基站所需的滤波器市场空间约为473亿元。

图表 14：国内基站滤波器市场空间测算

	2019E	2020E	2021E	2022E	2023E	2024E	2025E	2026E	合计
建站数量（万站）	20	100	100	100	65	65	65	65	580
单价（元/个）	60	54	49	44	39	35	32	29	
天线（面）	3	3	3	3	3	3	3	3	
通道数量（个）	64	64	64	64	64	64	64	64	
滤波器数量（亿个）	8	35	31	28	16	15	13	12	158
市场空间（亿元）	23	104	93	84	49	44	40	36	473

资料来源: 三大运营商财报、工信部、国泰君安国际

目前，国外基站滤波器主要生产商为 Andrew、Powerwave，国内具备一定研发能力、产能规模较大的企业主要包括春兴精工、大富科技和武汉凡谷等。进入5G时代，新一轮基站建设热潮即将来临，滤波器需求也将迎来高峰，国内优质滤波器厂商有望利用自身优势实现较快的扩张和发展。

此外，陶瓷介质滤波器由于陶瓷粉体配方制备难度大、介质滤波器大规模调试要求更高，将导致行业壁垒升高，行业产能难以快速释放，将导致行业竞争环境改善，景气周期拉长，介质滤波器厂商的盈利能力有望得到提高。那些掌握微波陶瓷生产和大规模调试技术的国产企业或在5G时代更有竞争力，可关注相关企业在客户认证、订单规模、以及产能提升方面的进度。

图表 15：国内外主要滤波器行业相关公司

公司名称	股票代码	成立时间	主营业务构成	技术方案	主要合作设备商
春兴精工	002547.SZ	2001年	铝合金结构件，射频器件等	金属腔体、金属小型化	华为
大富科技	300134.SZ	2001年	射频器件，射频结构件，智能终端结构件	金属腔体、金属小型化、布局介质波导	华为
武汉凡谷	002194.SZ	1989年	滤波器，双工器，及射频子系统	金属腔体、金属小型化、布局介质波导	华为
通宇通讯	002792.SZ	1996年	基站天线，射频器件，微波天线等	金属腔体、金属小型化、布局介质波导	中兴、爱立信、诺基亚
摩比发展	947.HK	1999年	基站天线，基站射频子系统	金属腔体、金属小型化	中兴、诺基亚
京信通信	2342.HK	1997年	天馈系统、网络设备和网络服务	金属腔体、金属小型化	未公开
灿勤科技	未上市	1987年	无线通信解决方案	介质波导	华为
东山精密	002384.SZ	1998年	LED、柔性线路板	金属腔体、金属小型化、介质波导	华为
风华高科	000636.SZ	1984年	被动元器件（持有国华新材料36.85%）	介质波导	未公开
世嘉科技	002796.SZ	1990年	电梯厢体、滤波器、天线（子公司波发特）	金属腔体、布局介质波导	中兴、爱立信
Andrew	被CommSope兼并	1937年	天线、电缆，以及基站子系统	介质波导	未公开
Powerwave	退市	1985年	天线，基站子系统，及覆盖延伸方案	介质波导	未公开

资料来源：公司财报，国泰君安国际

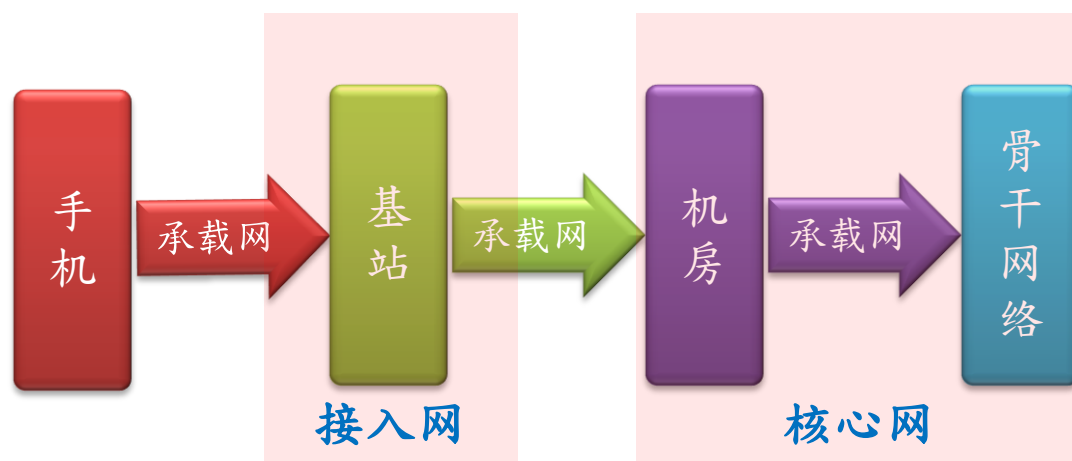
核心网

传输网组成

通信传输网络主要以三大部分组成：接入网、承载网、核心网。接入网属于手机数据的窗口，负责接受和输出数据；承载网是负责传输数据；核心网是负责处理和管理数据的中枢网络。其中，

- **核心网**：核心网是负责处理和管理数据的中枢网络。5G核心网主要采用的是SBA（Service Based Architecture）架构，是基于“云”上的通信服务架构。将核心网模块化，软件化以更简便的方式应对5G的三大场景。
- **SDN/NFV**：SDN和NFV将是5G核心网中的关键技术，两者在网络层面互不依赖，SDN更偏向硬件分离管理，NFV偏向部分传统硬件功能的软件化。

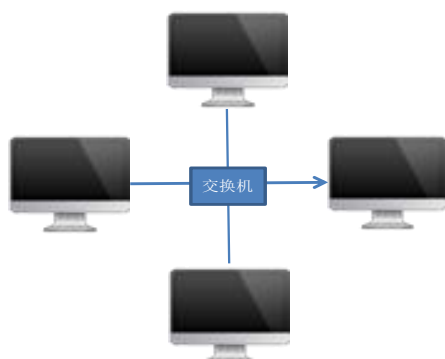
图表 18：通信网络组成



资料来源：国泰君安国际

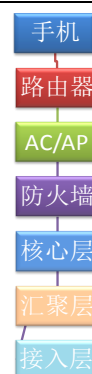
核心网最初是一个非常简单的架构，也就是将电话或者电脑里两头连接起来，进行交换（图2）。但是，随着近20年人类科技的不断提升，通信用户数量不断扩大，令数据传输和处理量不断加大，数据网变得更加复杂。核心网包含的硬件也开始变多，网络范围扩大，核心网开始分层（图3）。

图表 19：2G 网络



资料来源：国泰君安国际

图表 20：核心网



资料来源：网上公开资料、国泰君安国际

核心网的发展过程

需要从互联网起点说起，一根网线将两台电脑链接在一起形成了最初的网络。但是随着传输的网络需要越来越长，有流失数据的风险，所以网络就加入了“中继器”。可是中继器接口有限，但用户越来越多，所以逐渐出现了“集线器”（HUB），一种“多口中继器”。但是问题又来了，用户多了，数据接口自然也多了，不同接口可能会发生冲突，产生“冲突域”。为了将数据流进行控制和避免冲突，核心网便引入了“交换机”（Switch）。

随着网络的距离不断拉长，用户不断增长，布线越来越多，网络架构也随之变得复杂，网元（Net Element）开始出现。逐渐“路由器”（Router），无线AC/AP，网络流量控制，和防火墙也加了进来。核心网的硬件设备开始变得越来越多，网络从技术层面开始分层。（图3）

2G到5G核心网的变化

从2G到4G，在核心网技术和架构上出现了巨大的变化。2G的核心网络是非常简单的，主设备就是MSC（Mobile Switching Center），移动交换中心。2.5G在2G只能打电话和发短信的基础上，增加了GPRS数据（上网）功能。于是，核心网出现重大变化，开始有了PS(Packet Switch)，分组交换，分组包交换。

2G-2.5G的网络架构中均有一个设备叫做基站控制器（Base Station Controller）它是基站收发台和移动交换中心之间的连接点，其主要功能是进行无线信道管理、实施呼叫和通信链路的建立和拆除，并为控制区内移动台的过区切换等，BSC就是一个交换机。

但是2G和2.5G的核心网络设备非常笨重，需要有大机房，布满馈线。缺点是施工麻烦，投入大，施工时间长，升级设备非常麻烦。

3G开始出现了分布式基站和IP化，网线、光纤开始大量投入使用，设备的外部接口和内部通讯，都开始围绕IP地址和端口号进行。

其次，实现了数据承载和控制分离。同时，出现了一个关键网元 - 无线网络控制器（Radio Network Controller，RNC）。RNC可靠性和可预测的性能比BSC更出色，以执行一整套复杂且要求苛刻的协议处理任务，我们可将RNC视为全新的交换机。

第三，3G较前期核心网的重大改变是“分离”概念的出现，具体说就是网元设备的功能开始细化，不再是一个设备集成多个功能，而是拆分开，各司其事，实现了数据承载和控制分离。

4G LTE（Long Term Evolution）主要是为了进一步满足终端客户多样化的需求，而在3G基础上研究出更加快捷的传输网络。其中，SAE（System Architecture Evolution）则是研究核心网的长期演进，它定义了一个全IP的分组核心网EPC（Evolved Packet Core），该系统的特点为仅有分组域而无电路域、基于全IP结构、控制与承载分离且网络结构扁平化，其中主要包含MME、SGW、PGW、PCRF等网元。

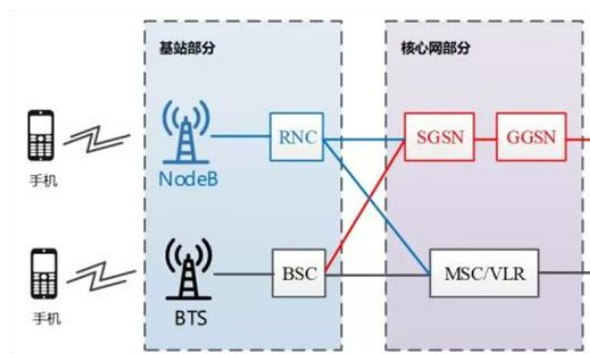
4G网络为了让整个传输流程更加简单，剔除了BSC和RNC，新的基站eNodeB可以直接连接MME（Mobility Management Entity）进行控制，连接SGW（Serving Gateway）承载功能。

其次，4G较3G网络速度大幅提升，IMS（IP Multimedia Subsystem）开始出现了，取代传统MSC，提供更强大的多媒体服务（语音、图片短信、视频电话等）。

第三点也是最为重要的一点，由4G开始，MSC（Mobile Switching Center）移动交换中心这个核心网设备被更先进的V4处理平台取代（V4平台就像电脑一样，设备从以前的大机柜，变得更加节省空间和高效能的X86服务器）。

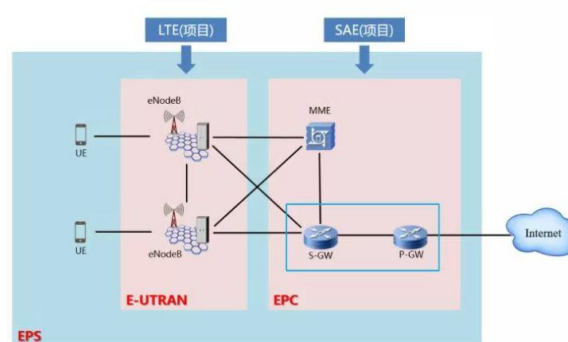
第四点，**网络功能虚拟化（NFV，Network Function Virtualization）**。由于4G时代客户对多媒体通信的服务需求日益多样化，底层网络的体积不断膨胀，网络压力增加，网络收敛时间也越来越长。其次，通过传统核心网设备来建立4G核心网有分层多，部件多，网络维护越来越困难，经营成本不断攀升等弊病（图6）。所以，新的4G操作平台基于英特尔X86的服务器架构上设计，再通过X86的服务器实现业务功能节点的软件化。这样可以将各个节点的控制合在一个设备进行处理，最终达到控制层面的硬件合一，统一升级和统一管理。（图7）这样的好处就是节省了众多硬件的分布，以及网络升级起来也更简便。

图表 21：3G 网络



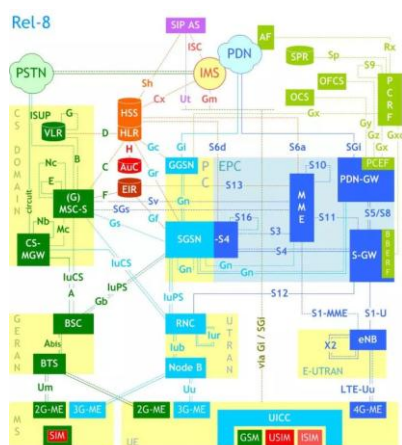
资料来源：网上公开资料、国泰君安国际

图表 22：4G 网络



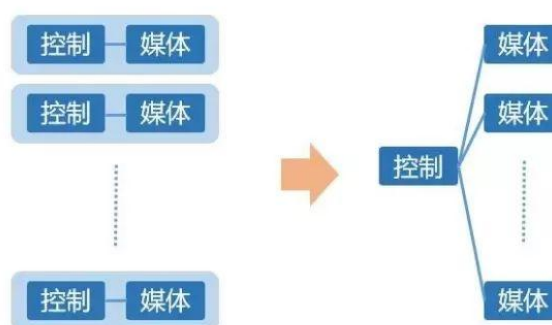
资料来源：网上公开资料、国泰君安国际

图表 23：4G 核心网硬件分布



资料来源：网上公开资料、国泰君安国际

图表 24：NFV 实施后的网络架构



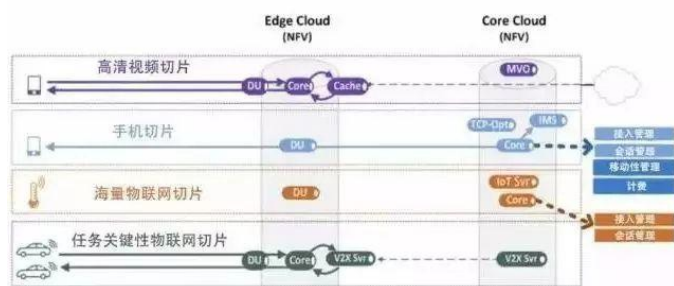
资料来源：网上公开资料、国泰君安国际

5G核心网 主要采用的是SBA（Service Based Architecture）架构，是基于“云”上的通信服务架构。将核心网模块化，软件化以更简便的方式应对5G的三大场景包括eMBB（增强型移动宽带），即上网通信；mMTC（海量物联网通信），即物联网；uRLLC（低时延、高可靠通信），即无人驾驶和工业自动化。

模块化的重要性在于可以将核心网的各个层面“切片”，功能分拆成不同的模块，灵活组队以对接相应的场景，这个在传统的网络架构里是做不到的。这种推倒传统网络定义，重新设计和集中式软件管理网络硬件的方式就是5G的关键技术**SDN(Software Defined Network)软件定义网络**。其次，**虚拟化**就是采用**网络功能虚拟化(NFV, Network Function Virtualization)**将节点的功能软件化管理。

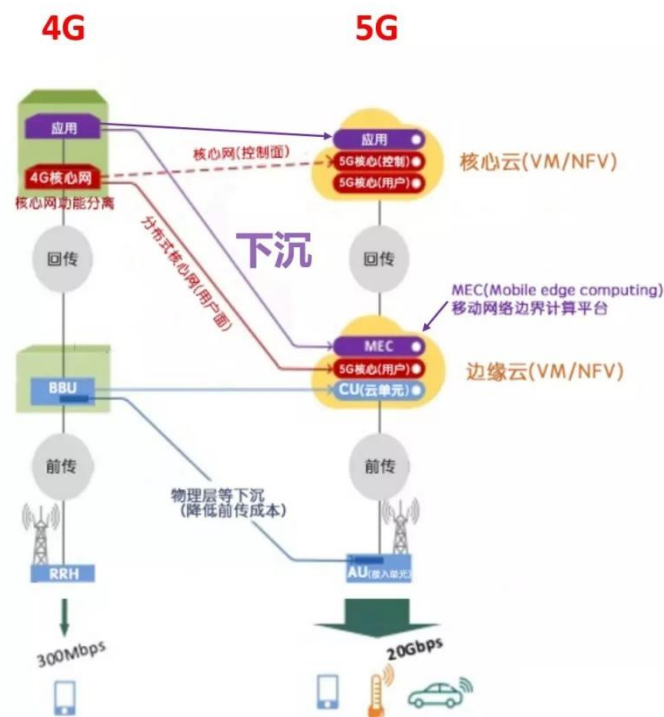
SDN和NFV是解决传统网络问题的下一代核心技术，尤其是5G网络投入商用之后,操作平台将从4G的V4平台逐步实现“虚拟化平台”。**未来5G核心网就无需再使用昂贵的专属硬件设备，只要采用一般通用的X86服务器、IP路由器、和以太网交换机组成，核心网成本大幅降低。**

图表 25：5G 核心网切片



资料来源：网上公开资料、国泰君安国际

图表 26：5G 核心网下沉



资料来源：网上公开资料、国泰君安国际

SDN/NFV

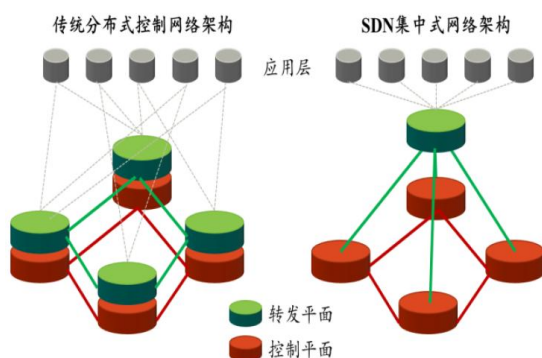
5G时代即将到来，SDN和NFV将是5G核心网中的关键技术，用于解决传统网络设计架构中的局限，达到更高效管理和节约成本的效果。SDN和NFV在网络层面互不依赖，SDN是数据转发和控制设备分离，实现控制面集中管理，将网络变为可编程的开放式，提高运营效率。NFV是通过X86服务器将各个节点硬件进行虚拟化处理，变为软件化，从而提高数据中心的灵活性，加快部署和升级效率。SDN更偏向硬件分离管理，NFV偏向部分传统硬件功能的软件化。所以，SDN是重构网络架构，NFV是改变网络中设备的表现形态。

SDN，即软件定义网络（Software Defined Network），其设计理念是将网络的控制平面和数据转发平面进行分离，将网络管理权限交由控制层的“控制器”负责，从而通过控制器中的软件平台实现对底层硬件的控制和编程，令资源灵活调配。**SDN的重要组成部分来自两个方面：控制面（Control Layer）和数据转发面（Data Layer）**。SDN网络中，网络设备仅负责单纯的数据转发，而控制面则通过独立的网络操作系统。这样集中管理的方式，能大幅提升网络资源的分配效率。（图表10）

具体看，SDN的核心技术主要集中在三个方面。一是数据转发和控制分离，前面已经说过；二是控制逻辑集中；三是网络能力开放。**控制逻辑集中**主要是在数据转发于控制分离之后，推动控制面向集中化管理发展。**网络能力开放**主要是集中管理后，采用规范化的北向接口为上策应用提供按需分配的网络资源机服务，进而实现网络能力开放。网络能力开放化可以令网络可编程，使得网络功能向服务化发展。

NFV，即网络功能虚拟化（Network Function Virtualization），是通过使用X86服务器和虚拟化技术将传统网络硬件进行软件化处理，以替换各个节点上昂贵的通信硬件。这是将各个节点上实体设备软件化的一个过程，这些实体硬件设备有路由器(Router)、防火墙、负载均衡器（Load Balancer）等将其虚拟化。将网络功能从专用设备迁移到通用X86服务器上运行的虚拟机中。这颠覆了传统网络架构，能加速网络服务的部署效率和降低购置硬件费用。

图表 27：SDN 网络架构和传统网络架构比较



资料来源：网上公开资料、国泰君安国际

图表 28：OSI 模型



资料来源：网上公开资料、国泰君安国际

SDN和NFV的协同效应

SDN主要是集中在OSI模型中的2-3层，NFV主要集中在应用层面的4-7层。SDN和NFV在运用上互不依赖，但在特定情境下，需要同时快速部署大量定制化服务，则需要NFV的虚拟化技术(virtual Router、virtual CPE、virtual Load Balancer)才能达成；NFV的虚拟化应用服务(Virtual Network Function，VNF)之间连接的建立与快速部署，需要SDN网络架构支持才能达到。

SDN和NFV的应用

应用层面，SDN/NFV产业用户包括电信运营商、互联网公司、政府和企业网、学校。这些用户的目标均是节约网络维护成本和投入成本、或者提高云端数据横向迁移效率、网络流量灵活调度等需求。比如美国电信商AT&T通过SDN部署推出Domain 2.0计划，目标2020年时间75%的网元设备软件化。百度利用SDN技术将上万台线上运行的网络设备批量自动化监控和流量调度。当前中国电信、中国联通、和中国移动三大运营商均准备用SDN/NFV技术在IP骨干网、城域网、传输网络等场景开展了一系列测试和小规模部署。目前中国移动四大数据中心都采用了SDN+NFV的架构。中国电信计划2020-2025年实现网络云化，通过SDN/NFV实现网络可编程。

根据IDC预测，预测全球软件定义网络市场包括物理基础设施、虚拟化 / 控制软件、控制软件、SDNSDN应用（包括网络和安全服务）以及专业，2014年到2020年之间的复合增长率（CAGR）为53.9%，2020年市场规模达到125亿美元。

图表 29：相关上市公司比较

公司	代码	背景
华为		结合SDN和云计算改造电信网络，帮助电信运营商实现网络化转型，网络云化和优化。将网络编程可编程、简化控制、自动化管理，将目前高CAPEX模式转化为低TCO模式。
中兴通讯	00763. HK	基于SDN和NFV研发出下一代网络解决方案，使得电信网络可以满足用户不同需求。推进ElasticNet解决方案，推出全系列网元虚拟化产品，实现网络全面开发和标准组件化。
烽火通信	600498. CH	基于SDN/NFV开发服务器、存储、VNF虚拟网络等产品和解决方案。已具备产品化能力，支持SDN的PTN/IPRAN和POTN产品，实现两类产品混合组网并纳入SDN架构同意控制和管理。
紫光股份（新华三）	000938. CH	能够提供从SDN设备、SDN控制器、业务编排等全套解决方案，公司打造了一个SDN生态圈。可以针对不同场景需求提供解决方案，其所有网络设备产品均实现“SDN Ready”。
星网锐捷（锐捷网络）	002396. CH	已推出十款产品获得OpenFlow v1.3一致性测试权威认证。目前退出了RG-ONP开放网络平台、RG-ONC智能SDN控制器等。

资料来源: 国泰君安国际

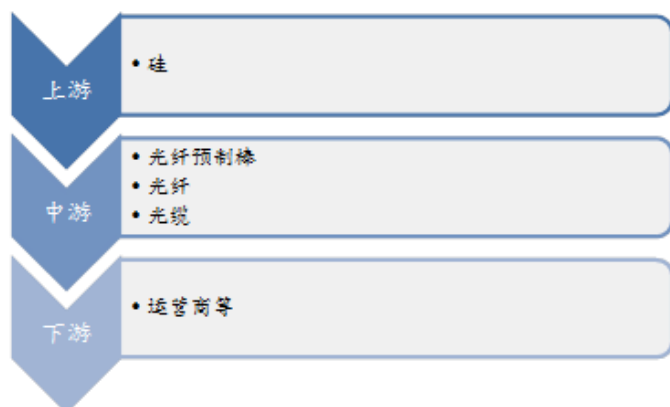
光纤光缆

光纤，完整名称叫做光导纤维，是一种由玻璃或塑料制成的纤维，可作为光传导工具。目前通信用的光纤，基本上是石英系光纤，其主要成分是高纯度石英玻璃。光纤通信系统，就是利用光纤来传输携带信息的光波，以达到通信的目的。

光缆是以一根或多根光纤或光纤束制成符合化学、机械和环境特性的结构。不论何种结构形式的光缆，基本上都是由缆芯、加强元件和护层三部分组成。

光纤产业链归总为光纤预制棒-光纤-光缆，光纤预制棒拉丝制成光纤，光纤加上保护套制成光缆。其中，光纤预制棒是以锗矿石和多晶硅为原料，加入氢气、氦气等，制成的高纯度石英玻璃棒，在产业链利润占比高达70%，是光纤制造的核心，目前我国光纤光缆制造企业超150家，但实现光纤预制棒、光纤及光缆一体化企业仅10家(包括长飞光纤(06869.HK)、亨通光电(600487.SH)、中天科技(600522.SH)、烽火科技(600498.SH)等)。

图表 30：光纤光缆相关产业链



资料来源: 公开资料、国泰君安国际

纤预制棒方面，数据显示2017年全球光纤光缆光棒产量约为1.6万吨；全球产量占比中85%的市场由中国、日本、美国占据，其中中国、美国、日本产量占全球市场比重分别为49.44%、19.81%、16.76%。

光缆供求方面，2018年，CRU数据显示全球安装的光缆需求总量达到了5.42亿芯公里，中国占比58%达3.14亿芯公里。此外，2018年1-12月全国光缆产量为3.17亿芯千米，累计下降3.5%。由于此前中国多家光纤生产企业扩大产能，导致2018年全球预制棒产能有所提升，叠加市场需求放缓，为期两年的光纤短缺在2018年中期结束。回顾2018年，中国光纤光缆市场牵制全球增长，中国市场在持续了四年的两位数增长后，2018年全球光缆需求增长率同比下降至4%。相关机构CRU认为，造成这一现象的主要因素源于2018年全球最大光缆客户中国移动的2018上半年集采量低于招标时拟采购量，而下半年未进行招标，其年集采量的不足是造成2018年中国市场需求低迷的主要原因。国外市场方面，越洋项目启动，短期全球海缆需求仍将增长；伴随光纤到户网络建设工作的推进，法国光缆需求增长了33%，使其成为继中国、美国、印度之后的第四大市场；印度政府资助的BharatNet项目持续推进，光缆需求创历史新高。相较于国内光缆市场供给略大于需求的状态，海外市场给予国内光纤光缆企业新的发展机遇。

光纤光缆行业的下游客户主要为三大运营商、政府及部分互联网企业。其中，中国移动、中国电信、中国联通三大运营商光纤光缆需求量占国内总需求的 80%左右，运营商网络建设对光纤光缆行业形成重大影响。此前，中国移动公布了2019年普通光缆产品集中采购的招标结果，烽火、通鼎、中天、亨通等13家厂商入围，分享中国移动1.05亿芯公里光缆订单。在产能扩大的背景下，集采价格下降约40%。由于前些年中国移动集采数量大，价格合适，2019年集采情况直接反映出光纤光缆行业的供求状况。由于4G网络建设进入尾声，但5G网络的建设规模还处在初始起步阶段。根据Forrester的估计，到2025年，企业客户和消费者才能看到50%的全球覆盖率。有国内的专家也指出，由于5G做深度覆盖较为困难，初期只能重点覆盖，5G的覆盖速度将远远慢于3G、4G，覆盖可能需要5-10年。未来，5G将会与4G网络长期共存，在城市采用5G，农村依旧使用4G覆盖。

未来光纤需求量分成基础行业周期与5G时代预期两个部分。业界权威专家、中国工程院院士邬贺铨在会议上指出，中国在2020年将实现5G的商用，5G时代所需基站数量将是4G时代的约4-5倍，带宽是4G时代的10倍，而5G基站的密集组网，需要应用大量的光纤光缆，对光网络提出了更大的需求和更高的标准。根据CRU报告，预计至2021年全球及中国光缆需求量将分别达到 6.17亿芯公里和3.55亿芯公里，且CRU预计2020年中国5G全面商用计划的启动将有助于拉动光纤光缆的需求。但在目前光纤光缆市场供略大于求的状况下，短期5G建设对于光纤光缆的需求影响并不大，不管是中国还是全球未来的光缆需求同比增长均为个位数，预计市场供求情况将继续维持至少两年的时间，国内市场在光缆价格方面同样面临一定的挑战，虽海外市场拥有一定的发展机遇，但鉴于国内光纤光缆生产企业价格优势不明显，海外市场的拓展仍有难度。总体而言，具有“棒纤一体化”能力的公司将有利于在行业中生存。

图表 31：全球及中国光缆需求量预测

	2019	2020	2021	2022	CAGR
中国	342	350	355	360	2%
全球	582	604	617	631	3%

资料来源: CRU、国泰君安国际

图表 32：中国移动 2019 普通光缆中标候选人

中国移动2019普通光缆中标候选人		
名次	公司	中标份额
1	烽火通信	22.58%
2	通鼎互联	18.06%
3	中天科技	15.81%
4	亨通光电	13.55%
5	永鼎股份	5.12%
6	长飞光纤	4.39%
7	南方通信	4.02%
8	富通通信	3.66%
9	华脉科技	3.29%
10	西古光通信	2.93%
11	宏安集团	2.56%
12	特发信息	2.20%
13	富通鑫茂科技	1.83%
合计	-	100%

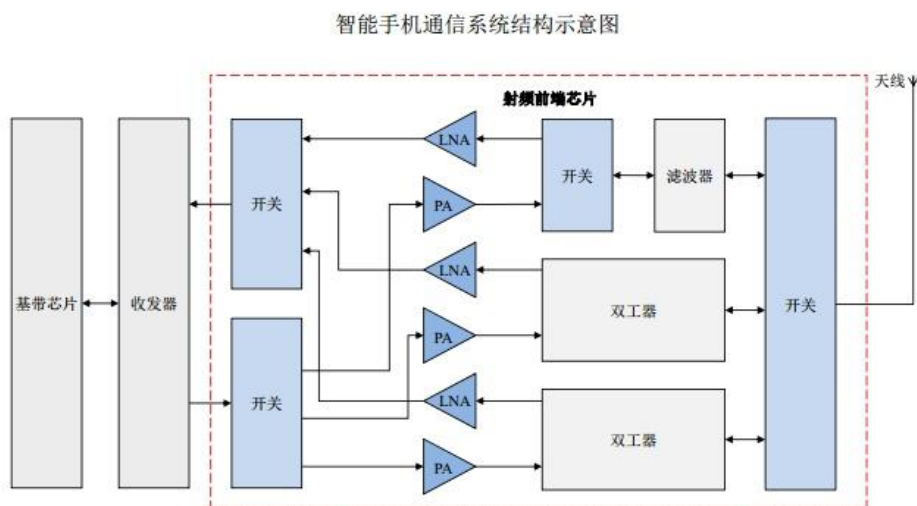
资料来源: 公开资料、国泰君安国际

芯片

虽然IoT物联网的规划远景庞大，但目前来看5G通讯的主要应用场景依然是手机。5G大规模应用在手机终端，作为5G技术的核心，芯片是智能手机终端的关键。智能手机芯片，不仅要进行计算，还要进行专门的处理，例如GPU进行图像处理，NPU进行AI处理。

手机内的芯片主要包括射频芯片、基带芯片和核心应用处理器。射频芯片负责无线通信，应用处理器就是传统意义的CPU和GPU，基带芯片负责对无线通信的收发信号进行数字信号处理，在整个系统中的位置介于前两者之间。其中射频芯片主要的厂商是Skyworks、Qorvo等；基带芯片，最关键的厂商包括高通、联发科、三星、海思和展讯；核心应用处理器，是最常见的CPU和GPU，比如高通的骁龙系列，这一领域目前依然没有厂商能够撼动高通的地位。

图表 33：智能手机通信系统结构示意图



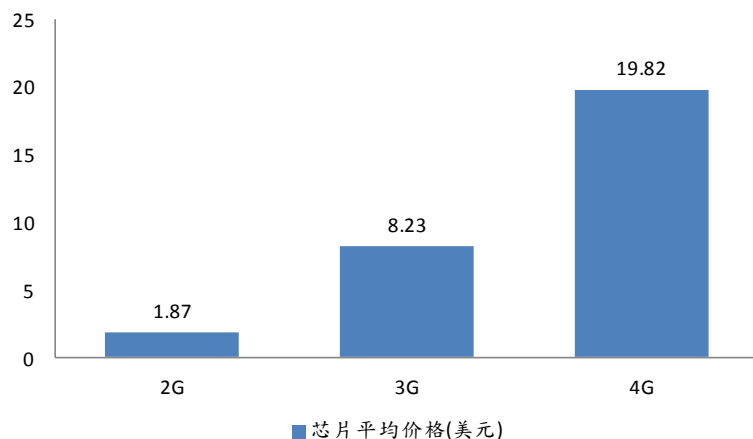
资料来源：网络图片、国泰君安国际

射频芯片指的就是将无线电信号通信转换成一定的无线电信号波形，并通过天线谐振发送出去的一个电子元器件。射频芯片架构包括接收通道和发射通道两大部分。进入5G时代，射频芯片的性能直接决定了移动终端可以支持的通信模式，以及接收信号强度、通话稳定性、发射功率等重要性能指标，直接影响终端用户体验。目前市场份额来看，射频芯片主要被欧美厂商把控。比如射频芯片中的BAW滤波器市场，主要被Avago和Qorvo掌握，几乎占据了95%以上的市场份额。在终端功率放大器市场主要由Skyworks、Qorvo以及Murata占领市场。5G时代，射频前端的价值将大幅提升，根据Gartner的数据，高端机型上，5G相对于4G射频前端价值量将从12.6美元提升到34.4美元，提升幅度高达173%。

基带芯片是用来合成即将发射的基带信号，或对接收到的基带信号进行解码，发射时，把音频信号编译成用来发射的基带码；接收时，把收到的基带码解译为音频信号。同时，也负责地址信息(手机号、网站地址)、文字信息(短讯文字、网站文字)、图片信息的编译。基带芯片是5G技术的核心支撑，实现了信号从发射编译到接收解码的全过程。据波士顿的调查公司StrategyAnalytics判断，全球移动基带处理芯片的

增长将一直延续到2022年，但自2017年起增速会较之前放缓，主要是因为终端出货和LTE投资增速下降。在基带芯片领域按技术实力排名，第一梯队包括高通、intel、海思和三星，其中海思和三星的5G基带芯片基本自用；第二梯队包括展讯、联发科；第三梯队包括大唐联芯等。根据HIS的数据，每次通讯标准的革新都将为全球基带产业带来50亿美元的新增市场，预计5G时代也将带来50亿以上的基带芯片新增市场。目前基带芯片市场，高通一直保持50%以上的市占率，短期地位难以撼动。

图表 34：2G/3G/4G 芯片平均价格



资料来源: Strategy Analytics、国泰君安国际

图表 35：主要 5G 芯片生产厂商基本情况

国内外主要5G芯片生产商相关情况				
国家地区	厂商	芯片	发布时间	特点
美国	高通	骁龙X55	2019年2月	全球首款实现7Gbps速率的5G调制解调器
美国	英特尔	XMM8160	2018年11月	完整支持5G网络中的NR、SA、NSA组网方式，集成2G、3G、4G多种制式于一体，设计峰值下载速度高达6Gbps
韩国	三星	Exynos Modem 5100	2018年8月	全球第一款完全符合3GPP最新标准的全网通5G芯片
美国	Skyworks	-	-	推出符合5G标准支持的所有蜂窝频段，专注网联汽车下一代前端设备
美国	苹果	苹果秃鹰5G	-	苹果首款自主研发基带芯片，尚未正式发布
中国	华为	巴龙5000	2019年1月	全球第一个支持5G的3GPP标准商用芯片组
		天罡	2019年1月	全球首款5G基站核心芯片
中国台湾	联发科	Helio M70	2019年2月	具有LTE和5G双连接（EN-DC）的5G调制解调器芯片，支持从2G至5G各代蜂窝网络的多种模式
中国	紫光展锐	春藤510	2019年3月	基于马卡鲁技术平台，可实现2G/3G/4G/5G多种通讯模式，符合最新的3GPP R15标准规范的5G基带芯片

资料来源: 公开资料、国泰君安国际

主要5G芯片生产厂商基本情况：

高通：2月19日，高通对外发布了第二款5G调制解调器X55，将在2019年年底开始供货。骁龙X55打通2G到5G，单芯片即可支持2G、3G、4G、5G网络，而且将4G连接能力提升到了LTE Cat.22，并支持八载波聚合、256-QAM，最高下行速度2.5Gbps。骁龙X55的新突破是实现了7Gbps下载速率，此前的纪录是华为巴龙5000保持的6.5Gbps。骁龙X55要在2019年年底才能商业化供货。

英特尔：英特尔于2018年11月发布5G基带芯片XMM8160。XMM 8160将为智能手机、PC和宽频接入网关提供5G联机，联机速度高达6Gbps。据悉，第一批使用XMM 8160 5G基带芯片的设备将在2020年上半年上市。

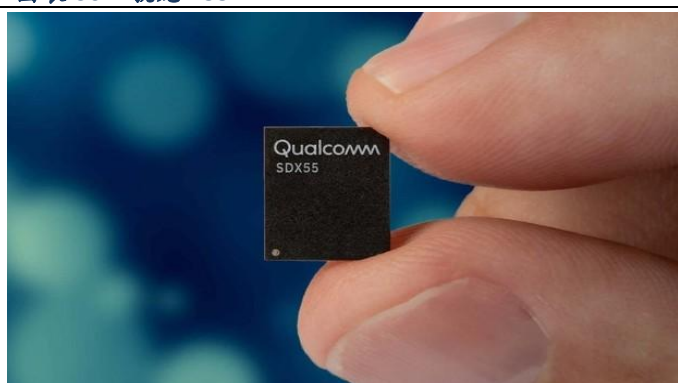
三星：2018年8月推出5G基带芯片Exynos Modem 5100，该芯片制程较优，符合3gpp的5G标准R15规范，量产时间较早，相对完善。三星Exynos 5100采用10nmLPP工艺，是业内首款完全兼容3GPPRelease15规范，即最新5G NR新空口协议的基带产品。Exynos 5100 在毫米波频段环境下最高可达6Gbps的数据传输。

华为：2019年1月24日，华为发布巴龙5000，5G多模终端芯片。巴龙5000优越性能主要表现在四个方面：能够在单芯片内实现2G、3G、4G和5G多种网络制式，有效降低时延和功耗。率先实现业界标杆的5G峰值下载速率，是4GLTE可体验速率的10倍。在全球率先支持SA(5G独立组网)和NSA组网方式，是全球首个支持V2X(vehicle to everything)的多模芯片，可以提供低延时、高可靠的车联网方案。全球首款5G基站核心芯片——华为天罡也同期发布。华为5G天罡芯片的发布及应用，可为AAU带来极具革命性的提升。既实现基站部署轻便化，设备尺寸缩小率超50%；而重量减轻23%，且功耗节省21%，安装时间比标准的4G基站节省一半。

联发科：联发科Helio M70采用台积电7nm工艺制造，是一款5G多模整合基带，同时支持2G/3G/4G/5G，完整支持多个4G频段，可以简化终端设计，再结合电源管理整体规划可以大大降低功耗。目前，联发科正在和诺基亚、中国移动、华为、日本NTT Docomo等行业巨头合作，推进5G标准和商用。

紫光展锐：春藤510可同时支持SA(独立组网)和NSA(非独立组网)组网方式，充分满足5G发展阶段中的不同通信及组网需求。在5G的主要应用场景方面，春藤510以其高速的传输速率，可为各类AR/VR/4K/8K高清在线视频、AR/VR网络游戏等大流量应用提供支持。春藤510架构灵活，可支持智能手机、家用CPE、MiFi及物联网终端在内的多种产品形态，广泛应用于不同场景。

图表 36：骁龙 X55



资料来源：高通、国泰君安国际

图表 37：巴龙 5000



资料来源：华为、国泰君安国际

不同于4G芯片，5G芯片不仅仅用于手机，它将是物联网时代的标配技术，在无人驾驶、工业互联网、智能家居、零售、物流、医疗、可穿戴等领域都将大有用途。据相关数据预测，2035年5G将带来十万亿美元的经济效益。高端5G芯片技术领域，高通(QCOM.O)依旧占引领地位，高通已公布授权费为多模5G手机价格的3.25%，英特尔(INTC.O)受益于苹果手机的支持有望抢占更多的市场份额，华为虽在技术的全面性等方面具有优势，但在高频和微波等芯片方面，仍与高通存在差距。而联发科(2454.TW)、紫光展锐等5G芯片针对的市场仍以中低端为主。目前，5G芯片领域美国仍占据主导优势，但同时中国芯片制造商也在寻求更大的发展。

光模块

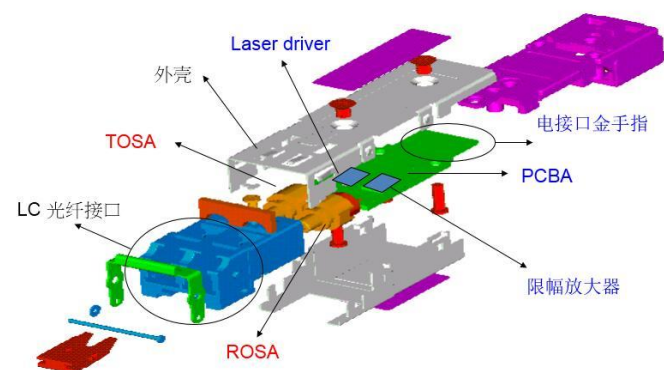
随着5G网络的推进，AR、VR、视频、数据通信、物联网等的快速发展，对网络带宽提出了更高的要求。网络提速扩容有三种主要方式：1)新建光缆线路、2)采用波分复用(WDM)技术增加光信号路数、3) 提高光信号速率。随着激光器技术成熟、成本逐渐下降，采用更高速率激光器的变得可行，另外在一定传输距离上增加激光器的成本低于增加光纤光缆的成本，波分复用下沉至城域网成为更具性价比的扩容方式。这些均将带来对光模块的新增需求，包括新增光纤光缆的额外需求和现有线路上低速光模块升级为更高速率的需求。

简介

光模块是用于交换机与设备之间传输的载体，是光纤通信系统中的核心器件。光模块的主要功能是在光通信网络中实现光电信号的转换，主要包括光信号发射端和接收端两大部分。光端机，光纤收发器，交换机，光网卡，光纤路由器，光纤高速球机，基站，直放站等。一般传输设备的光口板都配置对应的光模块。

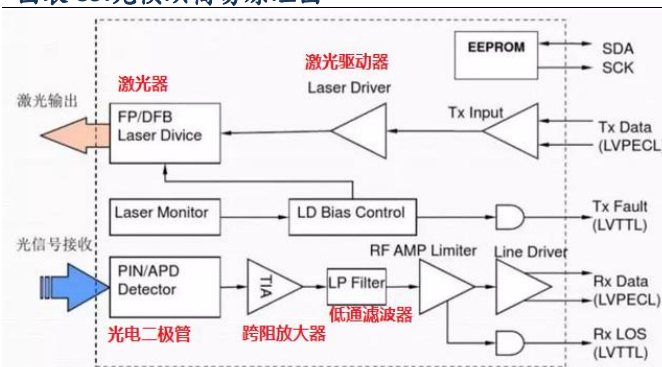
发射端的主要作用是将电信号转化为光信号，接收端则将光信号转换为电信号。同时，发射端与接收端均需与传输介质——光纤对准耦合，才能实现光电信号的收发、转换，这就要求发射端、接收端以特殊工艺分别封装成TOSA (Transmitter Optical Sub Assembly, 光发射组件)和ROSA (Receiver Optical Sub Assembly, 光接收模块)。一般ROSA中封装有分光器、光电二极管(将光压转换成电压)和跨阻放大器(放大电压信号)，TOSA中封装有激光驱动器、激光器和复用器。

图表 38:光模块结构图



资料来源:网络公开资料, 国泰君安国际

图表 39:光模块简易原理图



资料来源:网络公开资料, 国泰君安国际

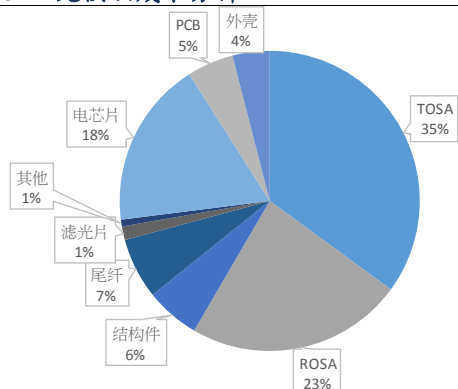
TOSA、ROSA和电芯片是光模块中成本比重最高的三个部分，分别占35%、23%和18%。

TOSA、ROSA中的技术壁垒主要在于两方面：光芯片和封装技术。

TOSA和ROSA中的光芯片是光模块的核心元件，成本占比接近50%，且有提升趋势。

光芯片分为有源光芯片和无源光芯片。有源光芯片包括发射端的激光器芯片和接收端的探测器芯片。其中，激光器芯片价值占比大，技术壁垒高，是光模块核心中的核心。

图表 40:光模块成本分析



资料来源:网络公开资料, 国泰君安国际

激光器芯片主要分为EML、VCSEL、DFB三种类型。其中VCSEL(垂直腔面发射激光器, 基于砷化镓)是面发射型激光, 主要用于500米内短距离传输。而EML、DFB均为边发射型(基于磷化铟), 两者区别在于EML为外调制光(由外电路控制激光的通断), 而DFB为直接调制(直接控制激光的开关)。EML主要用于远距离高速率传送, DFB主要用于接入网、传输网、无线基站和数据中心等中长距离传输。

图表 41:光模块激光器对比

缩写	英文	名称	原理	特点	应用场景	主要供应商
VCSEL	Vertical-Cavity Surface-Emitting Laser	垂直腔面发射激光器	面发射、直接调制	多纵模、高耦合效率、低功耗	500米以内短距离、激光传感、商业应用等	Lumentum、Finisar、II-VI、Avago、三菱
DFB	Distributed Feedback Laser	分布式反馈激光器	边发射、直接调制	单纵模、色散大、温度特性好	2-10千米中长距离传输, 接入网、传输网、无线基站等	Avago、三菱
EML	Electro-absorption Modulated Laser	电吸收调制激光器	边发射、间接调制	单纵模、光功率大、体积小、色散小、温度特性好	高速率、10千米以上长距离传输等、城域网等	新飞通、Oclaro、日本住友

资料来源:网络公开资料, 国泰君安国际

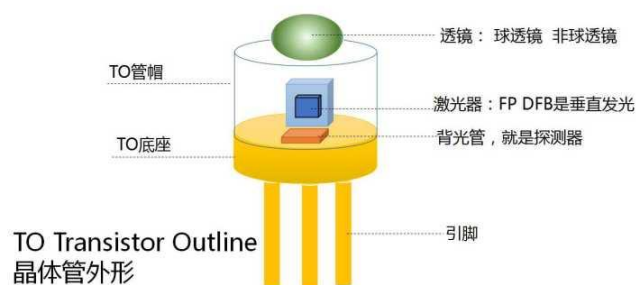
虽然近几年随着国内光通信产业飞速发展, 国内设备厂商依靠器件封装优势在全球份额世界领先。但目前的技术门槛较高的高端光芯片领域依然落后于国际领先水平, 仍由国外厂商主导。高端光通信芯片与器件国产化率不足10%, 25Gb/s及以上高速率光芯片国产化率更是仅3%左右。目前国内仅拥有10Gb/s速率及以下的激光器、探测器、调制器芯片的量产能力, 10Gb/s速率及以下的国产化率约50%。VCSEL、DFB、EML等高速率芯片仍然严重依赖进口, 主要由美国、日本厂商主导。电芯片更是完全依赖进口。

而在另一个核心技术壁垒封装方面, TOSA、ROSA的封装工艺主要有以下几种: 1) TO-CAN同轴封装; 2) 蝶形封装; 3) COB (Chip On Board) 封装; 和 4) BOX封装。

TO-CAN同轴封装壳体通常为圆柱形, 因为其体积小, 难以内置制冷, 散热困难, 难以用于大电流下的高功率输出, 故而难以用于长距离传输。目前最主要的用途还在于2.5Gbit/s及10Gbit/s短距离传输。但成本低廉, 工艺简单。

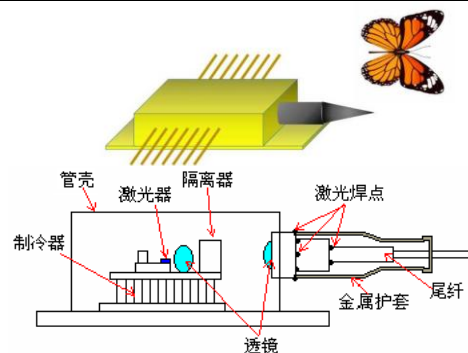
蝶形封装壳体通常为长方体，结构及实现功能通常比较复杂，可以内置制冷器、热沉、陶瓷基块、芯片、热敏电阻、背光监控，并且可以支持所有以上部件的键合引线，壳体面积大，散热好，可以用于各种速率及80km长距离传输。

图表 42:TO 同轴封装激光器



资料来源:光通信女人, 国泰君安国际

图表 43:蝶型封装激光器

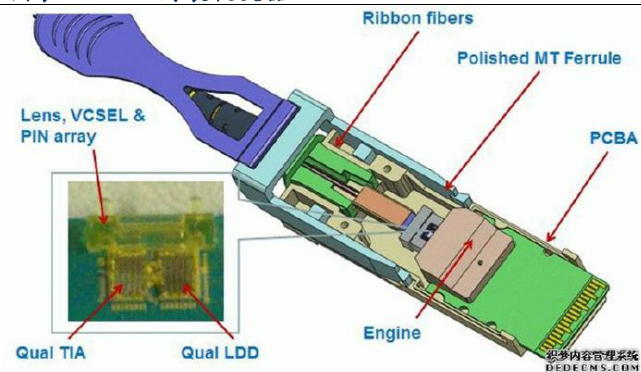


资料来源:光通信女人, 网络公开资料, 国泰君安国际

COB封装即板上芯片封装,将激光芯片粘附在PCB基板上,可以做到小型化、轻型化、高可靠、低成本。传统的单路10 Gb/s或25 Gb/s速率的光模块采用SFP封装将电芯片和TO封装的光收发组件焊接到PCB板上组成光模块。而100Gb/s光模块,在采用25Gb/s芯片时,需要4组组件,若采用SFP封装,将需要4倍空间。COB封装可以将TIA/LA芯片、激光阵列和接收器阵列集成封装在一个小空间内,以实现小型化。技术难点在于对光芯片贴片的定位精度(影响光耦合效果)和打线质量(影响信号质量、误码率)。

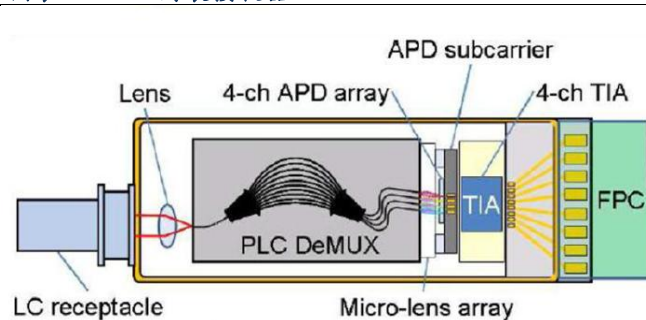
BOX封装属于蝶形封装,用于多通道并行封装。

图表 44:COB 封装收发器



资料来源:Finisar 国泰君安国际

图表 45:BOX 封装接收器



资料来源:网络公开资料, 国泰君安国际

25G及以下速率光模块多采用单通道TO或蝶形封装,有标准的制程和自动化设备,技术壁垒低,竞争在于规模和成本。国内企业多生产该速率范围内的光模块产品。但对于40G及以上速率的高速光模块,受激光器速率限制(多为25G),主要通过多通道并行实现,如40G由4*10G实现,而100G则由4*25G实现。高速光模块的封装对1) 并行光学设计;2) 高速率电磁干扰;3) 体积缩小、功耗增加下的散热问题提出了更高的要求。随着光模块速率越来越高,单通道的波特率已经面临瓶颈,未来到400G、800G,并行光学设计会越来越重要。

国内光模块相关企业现状

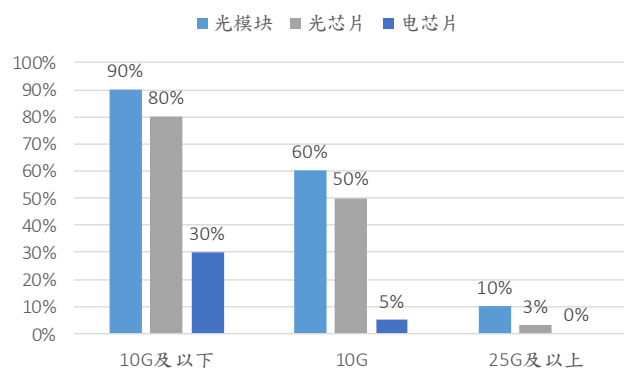
根据Ovum数据，目前全球光模块市场较为分散，Finisar领先，市占率14.8%，国内企业光迅科技排名第五，市占率5.6%(2017年)。根据中国光电子产业发展路线图公布的数据，2017年中国在25G及以上高速光模块、光芯片、电芯片上的市占率极低，分别仅10%、3%、0%。

光迅科技(0002281.CH)作为传统电信光模块的龙头，具备光芯片的量产能力。掌握了PLC(平面光波导)/AWG(列阵波导光栅)芯片的制造工艺以及配套IC的设计能力。公司10G DFB和EML芯片均已量产，25G DFB有望近期实现量产。

昂纳科技(0877.HK)为无源光器件龙头，推出了10X10 TOSA/ROSA等多款光模块相关产品，并致力于25G激光器芯片的独立研发制造。

中际旭创(300308.CH)具备较为领先的TOSA/ROSA封装技术。40G/100G高速光模块出货量位居全球第一(40G QSFP+单模光模块业界首位，全球市占率37%，100G产品市占率约30%-40%)，但芯片完全依赖外购，不具备研发制造能力。

图表 46:2017 年光模块及光、电芯片国产率情况



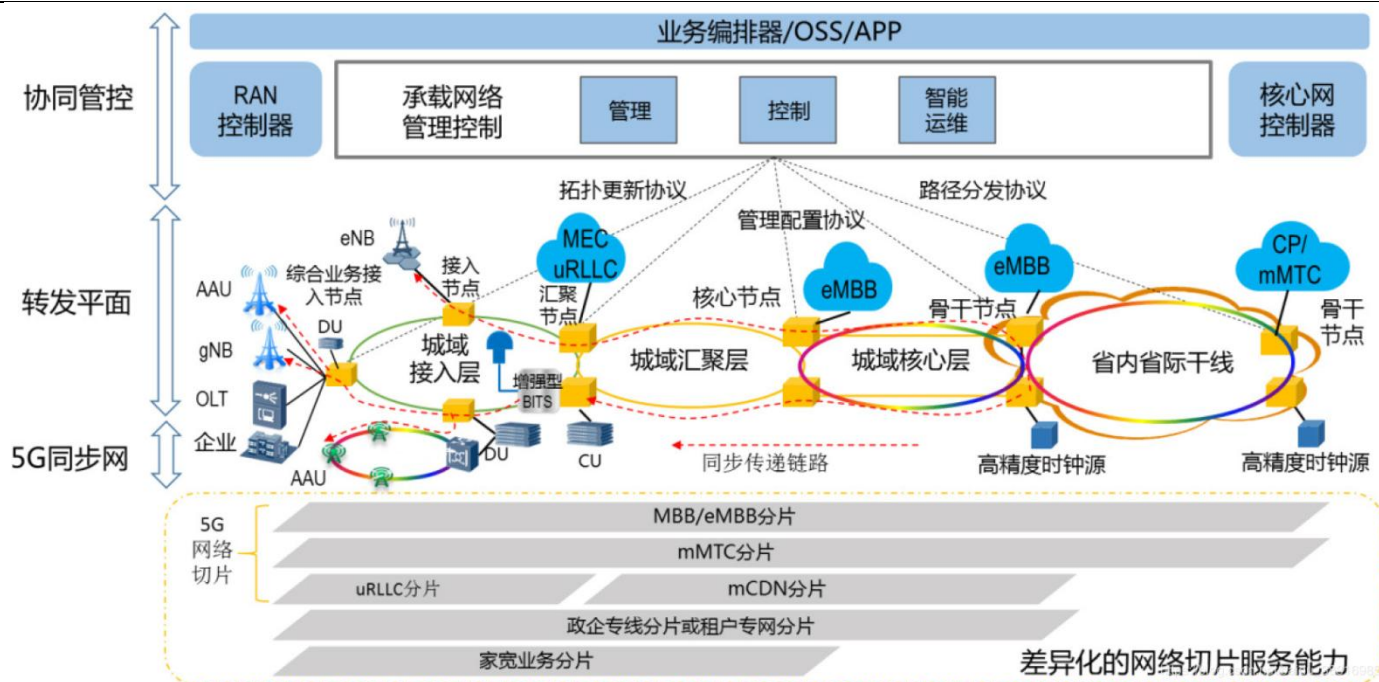
资料来源:中国光电子产业发展路线图, 国泰君安国际

通过光模块提升带宽的主要途径

为满足5G承载网络带宽需求，目前4G网络中的光模块需提升带宽。光模块的带宽可以简单以公式 $\text{单通道比特速率} \times \text{通道数量}$ 表示。提升光模块带宽的方法的两个主要途径分别是1)提升单通道比特速率，2) 增加通道数量。前者由光模块芯片决定，后者由封装技术决定。

在光模块的发展历史上看从10G到40G主要通过提升通道数，而从40G到100G则主要提升单通道比特速率(由10G提升至25G)。未来随着光模块速率越来越高，单通道的波特率已经面临瓶颈，到400G、800G，为实现多通道的并行光学设计会越来越重要。

图表 47: 5G 承载网络总体架构



资料来源:Finisar 国泰君安国际

5G承载网对光模块传输速率的要求

4G 时代前传 BBU 与 RRU 接口采用统一的通用公共无线电接口 CPRI 标准，无法满足 5G 大带宽的应用场景。当前来看，下一代移动通信网络联盟的带宽评估结果显示 5G 低频单站峰值带宽达 5Gbps 量级，而高频单站峰值带宽达到 15Gbps 量级，均值分别为 2.03Gbps 和 5.15Gbps。这意味着单基站带宽需到 25G 水平。

在 eCPRI 接口标准(用于 DU 与 AAU 之间的连接标准)下前传带宽需求可以控制在 25G，但相应要求将部分 BBU 功能前移到 AAU(需信号采样、压缩)，导致 AAU 重量、功耗增加，因此若 100G 光模块成本若能下降，业界或将倾向于 100G 方案，从而降低 AAU 重量及功耗。目前业界尚在 25G 和 100G 方案之间摇摆。但早期部署大概率将采用 25Gbps 产品。在距离上 80% 的光模块将在 1.4km 以内，20% 在 10km。

图表 48:低频和高频单基站参数及承载带宽需求评估

参数	5G 低频	5G 高频
频谱资源	3.4GHz~3.5GHz, 100MHz 频宽	28GHz 以上频谱, 800MHz 带宽
基站配置	3 Cells, 64T64R	3 Cells, 4T4R
频谱效率	峰值 40bit/Hz, 均值 7.8bit/Hz	峰值 15bit/Hz, 均值 2.6bit/Hz
其它考虑	10%封装开销, 5% X_n 流量, 1:3 TDD 上下行配比	10%封装开销, 1:3 TDD 上下行配比
单小区峰值 ^a	$100\text{MHz} \times 40\text{bit/Hz} \times 1.1 \times 0.75 = 3.3\text{Gbps}$	$800\text{MHz} \times 15\text{bit/Hz} \times 1.1 \times 0.75 = 9.9\text{Gbps}$
单小区均值 ^b	$100\text{MHz} \times 7.8\text{bit/Hz} \times 1.1 \times 0.75 \times 1.05 = 0.675\text{Gbps}$ (X_n 流量主要发生于均值场景)	$800\text{MHz} \times 2.6\text{bit/Hz} \times 1.1 \times 0.75 = 1.716\text{Gbps}$ (高频站主要用于补盲补热, X_n 流量已计入低频站)
单站峰值 ^c	$3.3 + (3-1) \times 0.675 = 4.65\text{Gbps}$	$9.9 + (3-1) \times 1.716 = 13.33\text{Gbps}$
单站均值 ^d	$0.675 \times 3 = 2.03\text{Gbps}$	$1.716 \times 3 = 5.15\text{Gbps}$

a 单小区峰值带宽=频宽×频谱效率峰值×(1+封装开销)×TDD 下行占比

b 单小区均值带宽=频宽×频谱效率均值×(1+封装开销)×TDD 下行占比×(1+ X_n)

c 单站峰值带宽=单小区峰值带宽×1+单小区均值带宽×(N-1)

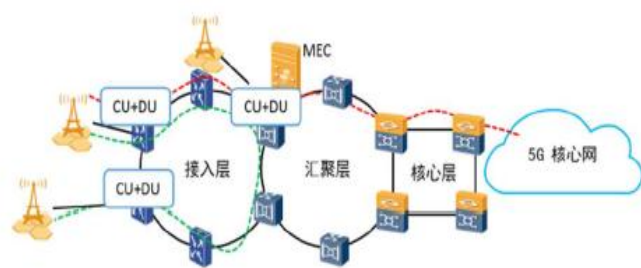
d 单站均值带宽=单小区均值带宽×N

资料来源:IMT 2020, 国泰君安国际

对于中传和回传网, 我们假设:

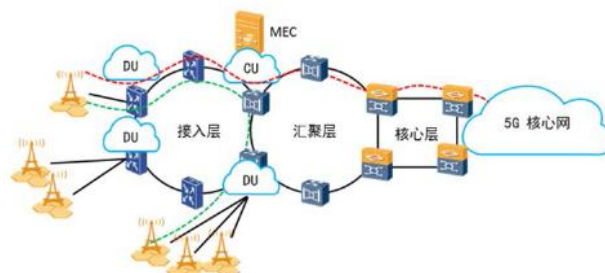
- 1) 接入层、汇聚层和核心层带宽收敛比为8:4:1;
- 2) DRAN部署接入环节节点数为8, CRAN小集中节点数为3个, 汇聚环节节点数为4, 每个汇聚节点下挂6个接入环, 核心环节节点数为4, 每对核心节点带8个汇聚环;
- 3) CRAN部署单节点单基站接入5个5G低频站点, 每个接入环3个节点, 每个汇聚环4个汇聚节点, 每个汇聚节点下挂6个接入环, 4个核心节点, 每个核心节点下挂8个汇聚环。

图表 49: DRAN 网络参考模型



资料来源:IMT 2020, 国泰君安国际

图表 50: CRAN 网络参考模型



资料来源:IMT 2020, 国泰君安国际

仅考虑一般流量情况, 我们对回传网络的带宽测算结果如下表:

图表 51:5G 回传网络带宽需求的测算

网络层次	计算方式	DRAN	CRAN
接入层	接入环带宽=低频单站均值 $X(N-1)+\text{单站峰值}$	$2.03X(8-1)+4.65=18.86\text{Gbps}$	$2.03X(5-1)+4.65=33.07\text{Gbps}$
汇聚层	汇聚层带宽=接入环带宽 $\times$ 数量 $\times$ 汇聚节点数/ $2\times$ 收敛比	$18.86\times 6\times 4/2\times 0.5=113.16\text{Gbps}$	$33.07\times 6\times 4/2\times 0.5=198.42\text{Gbps}$
核心层	核心层带宽=汇聚环带宽 $\times$ 数量 $\times$ 核心节点数/ $2\times$ 收敛比	$113.16\times 8\times 4/2\times 0.25=452.64\text{Gbps}$	$198.42\times 8\times 4/2\times 0.25=793.68\text{Gbps}$

资料来源:IMT 2020, 国泰君安国际

可见在DRAN部署方式下接入层带宽达到25Gbps量级，汇聚层达到150Gbps，核心层达到500Gbps量级；在CRAN部署方式下，5G要求接入层带宽达到50Gbps量级，汇聚层达到200Gbps量级(2X100Gbps)，而核心层达到800Gbps量级(8X100Gbps或4X200Gbps或2X400Gbps)带宽能力。这就要求在接入网光模块速率达到25-50Gbps，汇聚网光模块速率达到200Gbps，核心网达到500-800Gbps。考虑到目前25Gbps光芯片目前较为成熟，我们预计在接入层将以25Gbps为主，汇聚层将以100(4*25)Gbps为主，而核心网将以N*100Gbps方式为主。

5G承载网对光模块的需求量

我国已搭建了328万座4G宏基站，按照1.5倍的保守值计算，5G宏基站数至少在500万座。我们以500万座5G宏基站数量计算，对25G前传网光模块

我们假设5G网络建设时期分为3期，2019-2020年为建设初期，每年建设45万座，2021-2023年为中期每年建设75万座，2024-2025年建设后期每年建设90万。

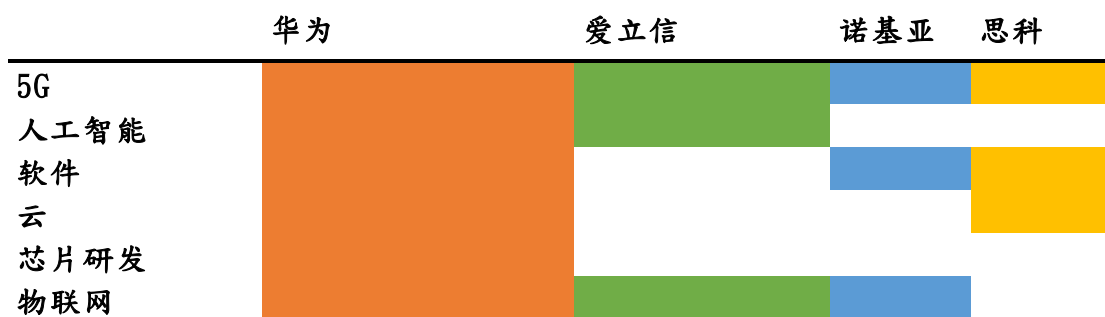
以45万基站数量，CRAN部署测算，DU数量9万，接入环数量3万，5000个汇聚层节点，1250个汇聚环，156个核心节点。

- 前传网(AAU到DU)以5G单站3个AAU计算，单站光模块需求6个。总需求270万只，部分可延用目前4G阶段的10G光模块。以其中1/3为新增需求计算，5G网络建设新增需求90万只。因5G前传组网方案存在光纤直驱、有源OTN等方案，我们简单假设前传建设中白光光模块和彩光光模块数量需求为1:1，则10G白光光模块和彩光光模新增需求均稳45万只。
- 接入层18万只(9万只DU*2)，型号将以25G LR(售价约1700元)为主和部分100G CWD4M4(彩光)。中传回传全部采用彩光模块。
- 汇聚层7万只(汇聚节点5000个*2+3万接入环*2)，传输距离上在40-80km，将以100G彩光光模块为主。
- 核心层2812只(156*2+1250*2)。传输距离将在200KM以内，预计将使用200G相干光模块。

5G 时代设备商

5G时代迎来了运营商ICT（信息通信技术，Information Communications Technology）转型和融合，全球设备厂商数量从2G的14-15家，下降至3G时代的6-7家，目前只剩下4家（华为、爱立信、诺基亚和中兴四家）。在全球设备厂商高度集中背景下，各大设备商积极抓住5G市场机遇，在维持市场领先地位的同时，抢占优势赛道，寻求新的业务增长点，4家设备商中以华为产业链布局最广，不仅涉及5G、还包含AI、云、软件、芯片开发以及物联网，其他三家在产业布局上稍逊。

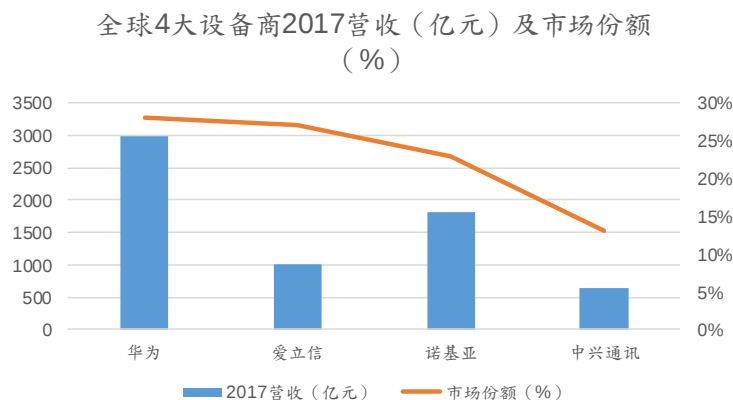
图表 52: 4 大设备商纷纷布局 5G，同时涉足人工智能、物联网等新领域，华为产业链布局最广



资料来源: Bloomberg，国泰君安国际

4大全球设备商2017年合计收入超过6400亿元，占据超过八成以上市场份额，其中龙头华为占据28%市场份额，紧随其后的爱立信和诺基亚相当25%左右，中兴通讯13%。整体而言，海外设备上主要通过兼并收购，加速向软件业务转型，突出自身优势，减少对硬件销售的依赖。

图表 53: 4 大主设备商占据市场超过八成以上份额



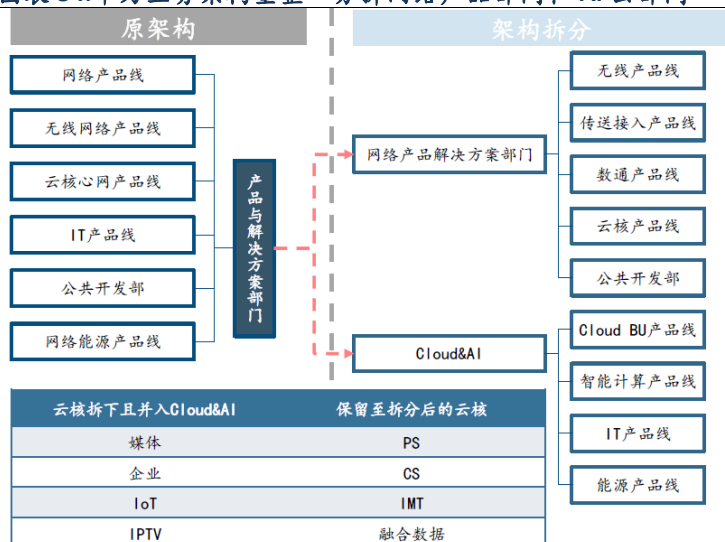
资料来源: 国泰君安国际

国内设备商：华为

华为尽管受到中美贸易风波影响，但是积极应对5G时代，战略部署清晰，坚持多路径、多梯次、多场景化的研发路线。华为的整体战略核心：聚焦ICT基础设施+智能终端，根据新的用户体验标准制定BG战略以向服务转型，以开放的可信的云平台、云服务，成为企业云的首选，同时推动视频成为运营商的基础业务(4K，VR)，通过AI智慧服务、芯片-云端-云协同的状态构建极致用户体验入口，提供全场景用户体验，布局物联网等新兴领域。尽管美国、澳大利亚、新西兰等国家宣布5G领域禁止华为设备，在2018年4月华为获得全球首张5G认证后，截止2018年12月华为已经部署5500个5G站点，截至2019年初，华为已经获得30个5G订单，客户主要来源于欧洲、中东和中国，订单内容集中于5G网络和云服务。

公司拆解产品与解决方案部门为网络产品解决方案部门、Cloud、人工智能AI，表明，华为将强化网络优势和AI云战略。华为在已有体系的基础上，投资20亿美元，用于建构安全性高智能产品解决方案，将自研芯片和供应国产化列入战略重点。布局边缘计算，在工业无线、数据集成等关键领域布局，部分服务已在智能制造等行业实施应用。

图表 54:华为业务架构重整，分拆网络产品部门和 AI 云部门



资料来源：公开资料，国泰君安国际

华为的 AI 发展战略包括五个方面

投资基础研究

- 在计算视觉、自然语言处理、决策推理等领域构筑数据高效（更少的数据需求）、能耗高效（更低的算力和能耗），安全可信、自动自治的机器学习基础能力

打造全栈方案

- 打造面向云、边缘和端等全场景的、独立的以及协同的、全栈解决方案，提供充裕的、经济的算力资源，简单易用、高效率、全流程的 AI 平台

投资开放生态和人才培养

- 面向全球，持续与学术界、产业界和行业伙伴广泛合作，打造人工智能开放生态，培养人工智能人才

解决方案增强

- 把 AI 思维和技术引入现有产品和服务，实现更大价值、更强竞争力

内部效率提升

- 应用 AI 优化内部管理，对准海量作业场景，大幅度提升内部运营效率和质量

资料来源：华为，国泰君安国际

自主研发芯片

华为自研的人工智能计算芯片是重中之重。前期华为发布全栈式解决方案、自研统一达芬奇架构的2款AI芯片（7nm的昇腾910以及12nm的昇腾310），让这家公司成为目前全球唯一提供 AI 全栈软件和系列化芯片的提供商。其中，昇腾910是目前单芯片计算密度最大的芯片，计算力远超谷歌和英伟达。昇腾910半精度（FP16）运算能力为256TFLOPS，比NVIDIA的Tesla V100要高一倍，整数精度（INT8）512TOPS，支持128通道全高清视频解码（H.264/265），最大功耗350W。

昇腾310芯片的最大功耗仅为8W，主打极致高效计算低功耗AI芯片。半精度（FP16）运算能力8TFLOPS，整数精度（INT8）16TOPS，支持16通道全高清视频解码（H.264/265）。由于其采用华为自研达芬奇架构，使用了CISC指令集，使得每个AI核心可以在1个周期内完成4096次MAC计算，因此其集成了张量、矢量、标量等多种运算单元，支持多种混合精度计算，支持训练及推理两种场景的数据精度运算。

我们认为，待这两款AI芯片在19年2Q推出市场后，将会引起广泛关注，因为目前制约AI全面发展的核心因素是算力的成本昂贵且稀缺。华为的芯片不仅解决了核心诉求，而且加上Ascend 芯片采用统一达芬奇架构：可扩展计算、可扩展内存、可扩展片上互联，因此，这是全球首个覆盖全场景的智能芯片系列。除此之外，我们建议留意，2019 年华为将发布的三款昇腾 IP：Ascend Lite、Ascend Tiny、Ascend Nano，以及基于 Ascend 310 的多款 AI 产品，分别面向不同场景，如 Atlas800、MDC 600 等。

华为昇腾 910 单芯片计算力远超谷歌和英伟达。华为的芯片不仅解决了核心诉求，而且是全球首个覆盖全场景的智能芯片系列。

CANN 与 AI 框架 MindSpore

在硬件之上，华为还提出了完整的软件堆栈，以实现一次性算子开发、一致的开发和调试体验，能够帮助开发者实现一次性开发，应用在所有设备端、边缘及云端平滑迁移的能力。其中，算子库 CANN 面向人工智能不断出现的多样性算子，兼顾了高性能和高开发效率。其中的 Tensor Engine 实现了统一的 DSL 接口、自动算子优化、自动算子生成，以及自动算子调优功能。值得一提的是，华为在 Tensor Engine 中采用了陈天奇等人提出的 TVM。华为称，CANN 可以实现 3 倍的开发效率提升。

MindSpore 是华为提出的 AI 框架，与 TensorFlow、PyTorch、PaddlePaddle 等框架并列。MindSpore 可覆盖终端设备到云服务器的所有场景。MindSpore 设备端有深度学习框架，其容量只有不到 2m 大小，运行时占用内存不到 50m，在框架之上，华为还为开发者提供了更为高级的 ModelArts，这是一个机器学习 PaaS，提供全流程服务、分层分级 API 及预集成解决方案。我们认为，未来的 AI 将会由任务驱动，非常个性化，随着技术发展，安全性和算力问题成为重要挑战，华为的 ModelArts 将支持全流程模型生产，支持人工智能条件下的开发流程。

华为：手机+车联网+IOT战略，全面打造生态圈

公司通过手机+车联网+IOT三大方面作为突破口，其中手机方面主打印度市场，2017年华为在全球手机市场份额占比10%，排名第三，仅次于21%的三星和14%。由于印度的智能手机普及率不及22%，不到中国1/3，因次公司决定采取“印度第一战略”，新款智能手机率先在印度发售，预计未来5年实现第三大智能手机品牌目标。在车联网方面，公司2017年与欧洲第二大汽车制造商法国标致雪铁龙集团，在车联网领域开展长期合作，基于华为 OceanConnect 物联网平台来构建 CVMP (Connected Vehicle Modular Platform) 平台，面向消费者提供新型移动出行服务解决方案。截止2018年底，公司已经覆盖10万网联车。

图表 55: 华为 AIoT 生态圈



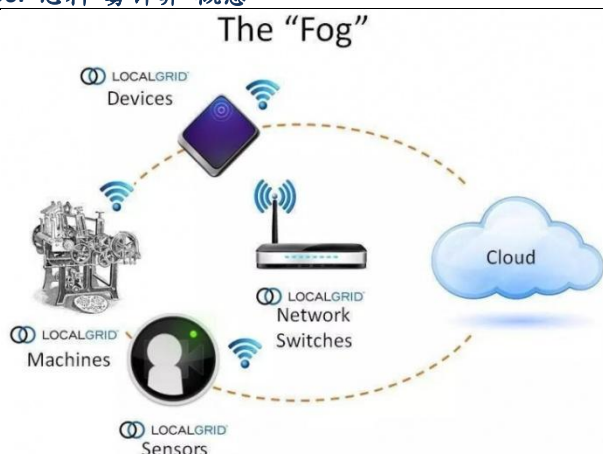
资料来源: 公开资料, 国泰君安国际

经过三年的发展，华为的IoT的思路也越来越清晰，从入口、连接、生态三个层面构建生态。华为在今年形成了“1+8+X”的布局思路，计划进行硬件全场景的突破，另外则是AI，即在内容、服务上的突破。“1”是指核心入口，手机；“8”是辅入口，包括音箱、耳机等产品形态；“X”则是万物，所有可连接的产品。年初发布“智选”品牌，加速“X”的发展；渠道上加速布局。去年公布的AIOT生态战略从入口、连接、生态三个层面去构建产品生态，以“HiLink+HiAi”作为支撑产品生态的技术。

海外设备商：思科

思科业务涵盖范围广，基础设施平台业务（包括与交换机、路由、无线和数据中心相关的核心网络产品）2018年占公司总收入比重57%。目前思科积极简化产品组合，通过收购和并购（5家收购，2家并购）达到业务转型，加上出售视频软件业务，聚焦网络基础设施业务。5G商业部署方面，2018年2月公司与三星、Orange合作，在罗马尼亚进行5G固定无线试验，同时与20多家运营商合作提供5G服务。思科和沙特电信公司（STC）签署5G MoU，和T-mobile签署5年协议，扩建其5G分组核心和策略套件。

图表 56: 思科“雾计算”概念



资料来源: 公开资料, 国泰君安国际

过往思科一直在网络设施领域占据领先地位，基础设施平台业务是思科去年的主要收入来源，未来5G将促进公司网络产品需求增长。思科是2012年最早提出“雾计算”概念，从网络设备层面着手推出能提供边缘计算能力的工业网关，利用虚拟化、软件定义等技术打造可加载不同应用工业互联网边缘侧能力。

图表 57:思科“DNA”中心平台，打造放性网络平台



资料来源: 公开资料, 国泰君安国际

2017 年 6 月，思科正式推出了面向全数字化时代的基于意图的网络，即思科所定义的“全智慧的网络”，它根植于思科的全数字化网络架构(DNA)。思科DNA由包括智慧中枢DNA中心（DNA Center）、全新平台Catalyst 9000系列交换产品组合、加密流量分析(ETA)三大关键模块在内的硬件和软件构建。同时，思科配套有Meraki无线健康性分析，网络保障引擎(Network Assurance Engine)以及DNA中心状态感知模块（DNA Center Assurance），加上对所有数据进行分类和关联的全新数据平台，可以说在园区网络、数据中心、广域网等领域，都集中体现了思科的IBN理念。这使得企业可以依靠思科DNA中心来实现各项全数字化业务计划，充分释放网络的潜力，从而按其期望的方式自定义网络，并且无论现在还是未来都能持续满足其使用需求。

为此，思科调整业务结构，通过收购向云、安全、软件业务转型。2018年，思科完成了5所公司的收购，并且发起两起收购，覆盖云、安全、软件等业务，包括基础设施平台—数据中心计算企业Skyport Systems、企业网络—数字网络架构（DNA）企业July Systems、应用企业Broadsoft等。同时出售其运营商视频软件解决方案（SPVSS）业务，推出传统电视服务技术领域，将精力集中在网络基础设施业务上。

我们认为，公司明确自己的优势和短板，取长补短，就拿DNA的开放平台来说，站在用户的需求出发，真正让网络平台做到解放IT生产力，同时又能够实现与业务的高度协同，释放了网络作为全数字化业务平台的潜力。因此，在5G时代，思科依然占据竞争优势。

思科“DNA”中心平台实现价值新跃迁。让网络平台做到解放 IT 生产力，同时又能够实现与业务的高度协同，释放了网络作为全数字化业务平台的潜力。

海外设备商：诺基亚

诺基亚应对5G的竞争优势是，诺基亚可以在全球范围内提供接近100%的端到端产品组合。2018年5月，诺基亚推出首个面向5G时代的边缘云数据中心解决方案，在2018年12月诺基亚与高通已完成OTA 5G NR数据通话测试。诺基亚利用优质产品和基于FP4芯片组的下一代IP路由产品组合，在边缘和核心路由中实现增长。

应对5G大战，诺基亚采取垂直市场战略。诺基亚扩展到五个具有运营商级需求的垂直市场：webscales，TXLE，运输，能源和公共部门。随着世界变得更加数字化，其他组织也需要专用于电信的大规模高性能网络。诺基亚落实专门的销售组织，客户细分以及产品组合和进入战略，以抓住该机遇。同时，凭借现有的软件产品，发展电信软件市场业务，对此诺基亚通过收购 Unium 和 SpaceTime 提升软件产品竞争力。

诺基亚 Future X 架构是新工业神经系统

前期诺基亚NOKIA推出 Reef Shark 芯片组并发表针对5G设计的Future X整体架构。Future X架构，其整合了诺基亚在IP、光纤、RF、软件及自主创新芯片等专业知识，提供前高效能、高效率的同时，协助客户完成5G服务升级。NOKIA表示，这是一套完整的端到端网络组合，将提升每个行动基地台三倍以上的数据容量，并可藉由人工智能提供的自动化功能，降低30%的营运成本。

诺基亚 Future X 架构，将提升每个行动基地台三倍以上的数据容量，降低 30%的营运成本。

业务应用层 (The Business Applications layer)

- 包括支持个别产业的特定应用，如预测性维护、劳动力效率与安全、资产优化等关键领域

数字价值平台层 (The Digital Value Platforms layer)

- 支持产业自动化、认知分析以及数字化运作，也支持网络与装置平台

多云层 (Multi-cloud layer)

- 提供运算能力的邻近性与弹性，可确保使用最合适的云端模式（从本地云到边缘云、混合云）来满足关键业务应用严格的效能需求

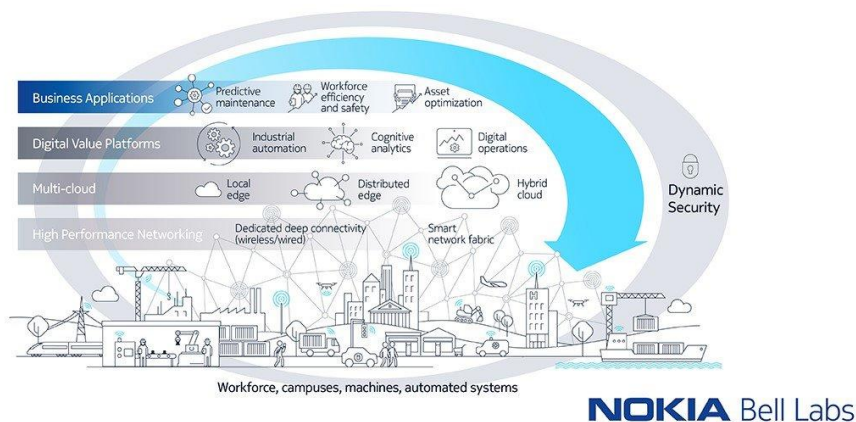
高效能网络层 (The High-performance Networking layer)

- 提供专用、可靠、深度覆盖的连接功能，进而弹性、无缝地链接所有事物，包括劳动力、机器与工具、云端、合作伙伴以及客户等

资料来源：Nokia，国泰君安国际

图表 58: Nokia 5G Future X for industries 架构采用特殊技术层设计，满足工业需求

The Nokia Bell Labs Future X for industries architecture



资料来源: Nokia，国泰君安国际

海外设备商：爱立信（数字业务+AI+边缘计算）

爱立信尽管在固定无线接入（FWA）面临挑战，但是在RAN领域拥有一流平台，规模成本优势突出，在天线系统拥有强劲竞争力，预计无线接入网络可获取市场规模在300亿欧元。在运输和回传领域，通过回传路由器和合作伙伴扩张，寻求融合e2e传输和完整的产品组合。目前爱立信将5G作为战略重点，布局自动化和人工智能AI领域，使其网络更加高效，另外在新型的物联网领域也开始涉足，寻找新商机。我们认为，公司下一代AI产品以支持5G，物联网和云，同时在工业自动化的高效模式下，公司整体经营利润率将有较大改善，预计到2020年经营利润率将达到5-8%。

数字业务战略目标：经营利润率2020年达到低个位数增长

爱立信在5G业务发展上聚焦数字业务，由于其客户主要是电信运营商，通过可编程网络、自动化操作和数字参与，使得服务提供商数字化，降低每千兆位成本、降低总体拥有成本（TCO），提供具有竞争力的模块化平台，以最佳的用户体验提供高效5G解决方案。

在2018年2月，爱立信发布5G商用平台以来，爱立信目前已与全球38家领先的运营商在5G领域签订合作协议，与全球22家行业合作伙伴、45所大学和研究机构在5G领域全面展开，有42项5G试验在进行中，以及10个5G商业订单。

目前爱立信获得的5G订单主要来自欧美运营商，其中爱立信获得T-mobile高达35亿美元的多年期合同，这也是公司迄今为止获得的最高金额订单。此外，爱立信为Swisscom、富士通、澳大利亚的Telstra、Juniper Networks、中华电信等提供5G技术及网络支援；与Celcom签订拓展和升级马来西亚的LTE网络；为DISH提供用于NB-IoT无线接入和核心网络，包括射频设计方案等；为Melita

提供爱立信无线系统（ERS），同时升级并拓展部署在爱立信BSP 8100和爱立信云执行环境中的虚拟演进分组核心网（vEPC）等。

图表 59: 2018 年爱立信业务领域及合作伙伴

网络业务	数字业务	管理业务	其他业务
Liberty Global	沃尔沃	Zain	AT&T
Hi3G	Telenor		
Swisscom			
PJCS Vimpel Com			
Deutsche Telekom			
Play			
Melita			
T-Mobile			
Ligado Networks			
Juniper Networks			
Telestra			
Singtel			
Celcom			
富士通			
中华电信			
LG电子			

5G	合作开发	其他
----	------	----

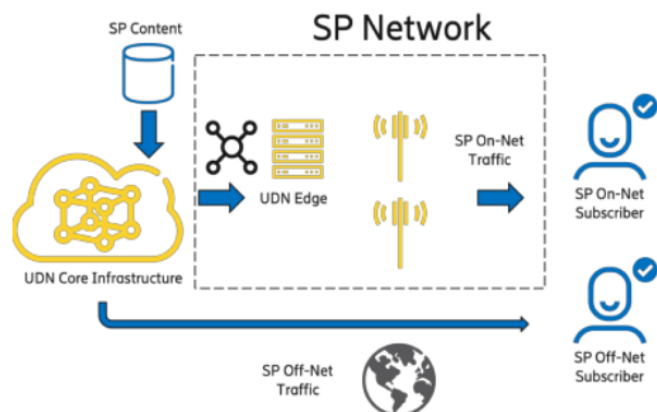
资料来源: 国泰君安国际

在边缘计算布局方面，爱立信并没有参与ETSI MEC、主要是通过其物联网服务组合解决网络设计和连接方面的问题,积极与运营商合作进行边缘计算试验和参与项目，边缘引力团队开发了一种新的边缘计算平台，该平台运行在统一交付网络（UDN）上，为服务提供商网络边缘的服务扩展和执行提供平台。

爱立信UDN平台允许服务提供商参与与视频和其他高容量服务的交付相关的收入流程。边缘重力运营着统一的交付网络，即实时边缘云平台，它是与宽带服务提供商合作建立的，目的是从Target行业纵向交付下一代边缘规模应用。目前爱立信UDN网络平台上60-80%的视频内容可以在cdns本地缓存，它可以利用合并计算和存储的分布式云架构，服务提供商可以在网络内部部署cdn功能，以更有效地管理流量需求，为网上和网上订阅提供最高的体验质量。

爱立信 UDN 网络平台上 60-80% 的视频内容可以在 cdns 本地缓存，它可以利用合并计算和存储的分布式云架构，服务提供商可以在网络内部部署 cdn 功能，以更有效地管

图表 60: 爱立信 UDN 网络平台允许服务提供商参与与视频和其他大容量服务的交付相关的收入流程



资料来源: 国泰君安国际

外延收购CENX+重组BSS=降本增效

爱立信收购网络运营软件解决方案商CENX，其主要产品包括：网络虚拟化、实时故障管理、物联网、闭环自动化、混合网络、SDN/NFV网络。同时，CENX开发的动态编排技术可帮助5G运营商进行网络切片，我们认为，收购后，将通过CENX的云原生服务保证和闭环自动化功能，使得爱立信加强其OSS和管理服务产品组合，优化5G的NFV和编排解决方案。2018年爱立信表示不再投入收入管理系统（Revenue Manager），重组BSS业务（对收入造成61亿瑞典克朗影响），同时提出了全新的BSS业务战略，增加对既定产品的投资，开发全栈Revenue Manager 产品，让客户有效的将5G和物联机会变现。我们认为此举意图明确，希望降低BSS和数字部门的损失，降低数字服务计划的风险。

投资咨询部 Investment Strategy

李明权	Eric Lee	eric.lee@gtjas.com.hk	
黄博	Victor Bo Huang	victor.huang@gtjas.com.hk	(852) 25092621
王昕媛	Kate Wang	kate.wang@gtjas.com.hk	(852) 25092623
阮家洛	David Yuen	david.yuen@gtjas.com.hk	(852) 25092631
吴效宇	Shawn Wu	shawn.wu@gtjas.com.hk	(852) 25095323
賴焯輝	Yeye Lai	yeye.lai@gtjas.com.hk	(852) 25095375
曾新芑	Xinyuan Zeng	xinyuan.zeng@gtjas.com.hk	(852) 25095695
赵欣玥	Sherry Zhao	sherry.zhao@gtjas.com.hk	(852) 25095443

研究部 Research

刘谷	Grace Liu	liugu@gtjas.com	(86755) 23976698
潘凌蕾	Penny Pan	penny.pan@gtjas.com.hk	(852) 25092632

私人客户销售 Private Client Sales

李明权	Eric Lee	eric.lee@gtjas.com.hk			
戚竹娜	Emmy Chik	emmy.chik@gtjas.com.hk	吕鸿极	Dick Lui	dick.lui@gtjas.com.hk
林达诚	Donald Lam	donald.lam@gtjas.com.hk			
吕露	Lv Lu	lvlu@gtjas.com	王刚	Wang Gang	wanggang101@gtjas.com
吴洪健	Wu Hongjian	wuhongjian@gtjas.com	沈悦	Shen Yue	shenyue@gtjas.com

客户服务部 Customer Services

杨曦	Yang Xi	yangxi@gtjas.com	虞珺斐	Liz Yu	liz.yu@gtjas.com.hk
郭琦	Guo Qi	guoqi@gtjas.com			

理财业务 Financial Services

黄沛源	Bryan Wong	bryan.wong@gtjas.com.hk
-----	------------	-------------------------

机构销售 Institutional Business

王冬青	Donny Wong	donny.wong@gtjas.com.hk
-----	------------	-------------------------

期货业务 Futures Brokerage

陈家骅	Calvin Chan	calvin.chan@gtjas.com.hk	黎启雄	Terry Lai	terry.lai@gtjas.com.hk
吴雪雯	Icy Ng	icy.ng@gtjas.com.hk			

外汇业务 FX Business

杨子峰	Tony Yeung	tony.yeung@gtjas.com.hk
-----	------------	-------------------------

企业融资 Corporate Finance

王冬青	Donny Wong	donny.wong@gtjas.com.hk	邱迪怡	Deirdre Yau	deirdre.yau@gtjas.com.hk
黄嘉贤	Anthony Wong	anthony.wong@gtjas.com.hk	罗广信	Wilson Lo	wilson.lo@gtjas.com.hk

资本市场 Equity Capital Markets

王冬青	Donny Wong	donny.wong@gtjas.com.hk	陈丽娥	Olivia Chan	olivia.chan@gtjas.com.hk
张颖思	Cecilia Cheung	cecilia.cheung@gtjas.com.hk			

固定收益 Fixed Income

雷强	Lei Qiang	qiang.lei@gtjas.com.hk	陈怡吟	Sophia Chen	sophia.chen@gtjas.com.hk
蒋小燕	Flora Jiang	flora.jiang@gtjas.com.hk			

资产管理 Asset Management

赵少洪	Simon Chiu	simon.chiu@gtjas.com.hk	潘继宗	Franklin Poon	Franklin.poon@gtjas.com.hk
郭睿	Guo Rui	guo.rui@gtjas.com.hk	叶英聪	Yolanda Ye	yolanda.ye@gtjas.com.hk
马凯	Kyle Ma	kyle.ma@gtjas.com.hk			

利益披露事项

- (1) 分析员或其有联系者并未担任本研究报告所评论的上市法团的高级人员。
- (2) 分析员或其有联系者并未持有本研究报告所评论的上市法团的任何财务权益。
- (3) 除西安海天天(08227.HK)、佳兆业集团(01638.HK)、国泰君安国际(01788.HK)、甘肃银行(02139.HK)、滨海投资(02886.HK)、价值中国 A 股(03095.HK)、华夏港股通小型股(03157.HK)、南方 M S C I - R (CNY)(83149.HK)外, 国泰君安国际或其集团公司并未持有本研究报告所评论的发行人的市场资本值的 1% 或以上的财务权益。
- (4) 国泰君安国际或其集团公司在现在或过去 12 个月内有与本研究报告所评论的北京汽车-H 股(01958.HK)、中国燃气(00384.HK)、融信中国(03301.HK)、协众国际控股(03663.HK)、当代置业(01107.HK)、中国建筑国际(03311.HK)、碧桂园(02007.HK)、中国移动(00941.HK)、兴业太阳能(00750.HK)、星美控股(00198.HK)、中银香港(02388.HK)、中国奥园(03883.HK)、宝龙地产(01238.HK)、东江环保-H 股(00895.HK)、富力地产-H 股(02777.HK)、华南城(01668.HK)、国美零售(00493.HK)存在投资银行业务的关系。

免责声明

本研究报告内容既不代表国泰君安证券(香港)有限公司(“国泰君安国际”)的推荐意见也并不构成所涉及的个别股票的买卖或交易之要约。国泰君安国际或其集团公司有可能会与本报告涉及的公司洽谈投资银行业务或其它业务(例如:配售代理、牵头经辨人、保荐人、包销商或从事自营投资于该股票)。

国泰君安国际的销售员, 交易员和其它专业人员可能会向国泰君安国际的客户提供与本研究部中的观点截然相反的口头或书面市场评论或交易策略。国泰君安国际集团的资产管理部和投资业务部可能会做出与本报告的推荐或表达的意见不一致的投资决策。

报告中的资料力求准确可靠, 但国泰君安国际并不对该等数据的准确性和完整性作出任何承诺。报告中可能存在的一些基于对未来政治和经济的某些主观假定和判断而做出预见性陈述, 因此可能具有不确定性。投资者应明白及理解投资证券及投资产品之目的, 及当中的风险。在决定投资前, 如有需要, 投资者务必向其各自专业人士咨询并谨慎抉择。

本研究报告并非针对或意图向任何属于任何管辖范围的市民或居民或身处于任何管辖范围的人士或实体发布或供其使用, 而此等发布, 公布, 可供使用情况或使用会违反适用的法律或规例, 或会令国泰君安国际或其集团公司在此等管辖范围内受制于任何注册或领牌规定。

© 2018 国泰君安证券(香港)有限公司 版权所有. 不得翻印

香港中环皇后大道中 181 号新纪元广场低座 27 楼

电话(852) 2509-9118 传真(852) 2509-7793

网址: www.gtja.com.hk