

2018年07月13日

通信

## 5G 系列报告之六：新空口、新格局，Massive MIMO 重构天线产业链

■提升容量、增强覆盖，Massive MIMO 是 5G 关键技术之一：为了实现 5G 三大应用场景和核心指标要求，无线接入技术的革新必不可少。大规模阵列天线（Massive MIMO）技术可大幅提升无线基站系统容量和峰值速率，已成为 5G 系统最关键的技术之一。天线工艺和材料技术的革新以及 5G 应用频段的升高，使 Massive MIMO 技术在 5G 时代大规模商用成为必然。

■5G 全新 AAU 大规模阵列有源天线将取代传统无源天线：为更好的支持 Massive MIMO 技术，5G 天线向大阵列、有源化发展是必然趋势。5G 基站将采用全新 AAU（Active Antenna Unit）架构，集成射频处理单元与多通道阵列天线，由此带来传输数据流数的增加，从而提高 5G 网络容量和传输速率；可动态调整的天线振子能实现 3D 波束赋形，降低边缘干扰的同时提升了覆盖范围，同时 AAU 设备还有助于优化天面资源，降低部署成本。

■全新 5G 天线带来 PCB 用量大幅提升：进入 5G 时代，基站天线材料的需求发生明显变化：1) 由于 AAU 将支持更多通道，器件集成度更高，因此 PCB 板需支持更多层数，工艺复杂性和产品价值量随之提升；2) AAU 使用 PCB 板的面积相比 4G 射频前端更大；3) 5G 工作频段更高、发射功率更大，对于 PCB 上游覆铜板材料的传输损耗和散热性能要求更高；4) 5G 时代大国博弈愈演愈烈，上游器件自主可控的需求大幅增加，利好上游覆铜板龙头企业率先突破外资垄断。在综合考虑建站密度的增加及天线空间分布的逻辑要求后，我们认为 PCB 和高频覆铜板市场价值将是 4G 的 10 倍以上，建议重点关注。

■5G Massive MIMO 带来更多天线振子需求，塑料振子方案有望成为主流：在 5G 的四种天线振子候选方案中（钣金振子、压铸振子、贴片振子、塑料振子），3D 塑料天线振子方案凭借高精度、低重量和低成本等优势，有望替代传统钣金和金属压铸振子方案，成为 5G 的主流方案。另外，5G 时代由于采用全新 AAU 设备，基站天线下游客户将由运营商转为设备商，天线产业链生态即将发生巨大变化，在设备商供应链中地位稳固的企业将受益最大。

■投资建议：5G 时代，Massive MIMO 技术重构天线产业链，带来基站天线价值的大幅提升，基站天线上游器件需求量随之大幅增加，天线振子和射频板将显著受益。重点推荐：5G 大规模阵列天线上游 3D 塑料振子龙头（飞荣达）、高频覆铜板国产替代龙头（生益科技），通讯 PCB 加工领域的领先厂商（沪电股份、深南电路）。

■风险提示：5G 商用进度不及预期。

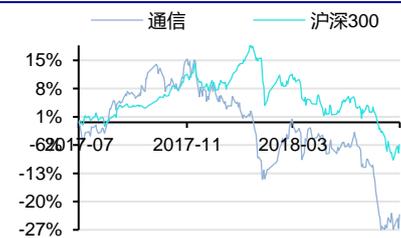
## 行业深度分析

证券研究报告

投资评级 **领先大市-A**  
维持评级

首选股票	目标价	评级
300602 飞荣达	36.30	买入-A
600183 生益科技	11.34	买入-A
600498 烽火通信	25.80	增持-A

### 行业表现



资料来源：Wind 资讯

%	1M	3M	12M
相对收益	4.04	5.81	4.00
绝对收益	-4.07	-4.27	-1.59

### 相关报告

- 5G 系列报告之五：5G 东风将至，通信国产化机遇与挑战并存 2018-06-15
- 5G 热点问题详解系列之四：为什么 5G 基站会用 64 通道天线？ 2018-07-09
- 5G 热点问题详解系列之三：5G 频谱，你想知道的都在这里 2018-07-04
- 5G 热点问题详解系列之二：NSA 架构对终端带来的挑战 2018-06-28
- 5G 系列报告之五：5G 东风将至，通信国产化机遇与挑战并存 2018-06-15

## 内容目录

<b>1. 提升容量、增强覆盖，Massive MIMO 是 5G 关键技术之一</b> .....	<b>4</b>
1.1. Massive MIMO 架构成为 5G 必选项，天线数量大幅增加.....	5
1.1.1. 5G 网络容量要求较 4G 更高，提高频谱使用效率势在必行.....	5
1.1.2. Massive MIMO 应用多波束技术，支持更大阵列天线，天线数量提升到 64、128 甚至 256 个：.....	6
1.2. Massive MIMO 取消了物理馈线端口、单天线功率降低，天面优化让部署和维护成本都大大降低：.....	8
1.3. MassiveMimo 实现了 3D 波束赋形，大大提高用户体验.....	9
<b>2. 5G 全新 AAU 大规模阵列有源天线将取代传统无源天线</b> .....	<b>10</b>
2.1. 5G 基站架构变化，天线附加值提升.....	10
2.2. 天线变化 1：全新 AAU 设备单元带来 PCB 用量大幅提升.....	12
2.2.1. 产业链的价值迁移：天线主体附加值向 PCB 板和覆铜板转移，来自材料和加工工艺的附加值将大幅提高.....	13
2.2.2. 大国博弈背景下自主可控的需求提升，本土龙头厂商有望率先实现进口替代... ..	14
2.3. 天线变化 2：5G 时代带来更多天线振子需求，塑料振子方案有望成为主流.....	14
2.3.1. 5G 时代，传统半波振子的局限性凸显，可能会逐步被抛弃.....	14
2.3.2. 3D 塑料振子有望成为 5G 主流方案，百亿市场空间开启.....	15
2.3.3. 飞荣达提前 6 年布局，有望率先获得下游设备商认可，提前锁定市场份额.....	16
2.4. 基站密度预期大幅增加，宏基站天线器件需求量将高于 4G.....	17
2.5. 以史为鉴：以往基站天线需求爆发在商用初期，在设备商供应链中地位更稳固的企业有望真正受益.....	18
<b>3. 重点公司介绍</b> .....	<b>24</b>
3.1. 飞荣达：5G 天线新龙头，电磁屏蔽、导热材料、天线振子“三箭齐发”.....	24
3.2. 生益科技：国内 CCL 龙头厂商，5G 高频材料引领发展新空间.....	25
3.3. 沪电股份：4G 周期蛰伏，5G 周期向上拐点将至.....	26
3.4. 深南电路：通信 PCB 龙头之一，布局封装基板和电子装联.....	27

## 图表目录

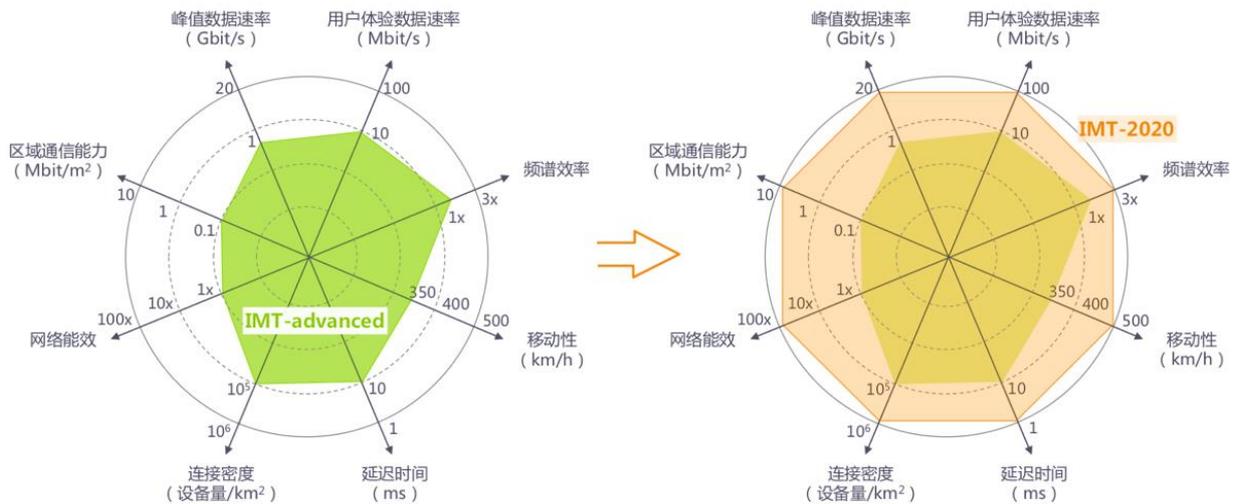
图 1：5G 美国移动网络建设投资预测，无线接入网投资占比较大.....	5
图 2：5G 空口技术储备——因应不同场景和成本约束而规划的备选技术.....	5
图 3：网络容量计算公式.....	6
图 4：移动通信基站的天线阵列可以看作是军用相控阵雷达的袖珍版，高频材料需求从军事向民用通信领域转移.....	7
图 5：MIMO-OFDM 技术在 4G 时代已经开始成熟应用.....	7
图 6：MIMO 技术随着天线数量的增加可以显著增强频谱利用效率.....	7
图 7：OFDM 技术的示意图.....	8
图 8：MIMO 技术的历史演变.....	8
图 9：4G 基站天线盘根错节的天馈线大大增加部署难度和维护成本.....	9
图 10：Massive MIMO 直接用光纤直连地面，天面得到优化.....	9
图 11：4G 基站架构图——职责分明的天线、RRU、BBU.....	10
图 12：Pre-5G 天线相对于 4G 天线在传输容量上的提升.....	10
图 13：有源天线系统的结构图.....	10
图 14：移动通信基站的天线阵列演化将带来高频材料需求大幅增加.....	11

图 15: 5G 天线的附加值转移示意图 .....	12
图 16: MIMO 技术的历史演变.....	13
图 17: 5G 有源天线的结构图: 天线振子将集成在一张 PCB 板上.....	13
图 18: 4G 时代, 深南电路 PCB 板的销售单价 (元/平方米) ——对主要通信设备商, 每平方米 3000 元左右.....	14
图 19: 3D 塑料振子方案的分类图解.....	15
图 20: 5G 天线振子存在可能性的备选方案 .....	16
图 21: 随着频段变化, 运营商建网的资本支出将大幅增加 .....	18
图 22: 从模拟通信到 5G 天线形态的演进.....	19
图 23: 一个无源天线的结构图.....	19
图 24: 2014 年全球各基站天线厂商发货量占比.....	21
图 25: 传统天线厂商的市占率变化 .....	21
图 26: 2015 年全球四大设备商的运营商业务市场份额.....	22
图 27: 国内三大运营商 2011-2017 年移动网络方面的资本开支.....	22
图 28: 主要上市公司射频器件业务的毛利率.....	22
图 29: 主要上市公司天线业务的毛利率 .....	23
图 30: 4G 后期通宇通讯基站天线业务的毛利率.....	23
图 31: 不断壮大的射频器件及天线 A 股上市公司收入规模 .....	23
表 1: ITU 提出的 5G 核心性能 .....	4
表 2: 天线信号波束赋形的示意图 .....	9
<b>表 3: 国内和全球天线振子市场规模测算 .....</b>	<b>16</b>
表 4: 飞荣达塑料天线振子解决方案.....	17
表 5: 主要国家 5G 频谱规划 .....	18
表 6: 国外天线厂商龙头的市占率和简介.....	20
表 7: 2014 年我国五大基站天线厂商发货量、市场份额和排名.....	21

## 1. 提升容量、增强覆盖，Massive MIMO 是 5G 关键技术之一

根据 ITU（国际电信联盟）的愿景，5G 的应用场景应划分为增强型移动宽带（eMBB）、大连接物联网（mMTC）和低时延高可靠通信（uRLLC）三类。同时，ITU 在带宽、时延和覆盖范围等方面确立了 5G 的 8 项技术要求（表 1）。要达到 5G 应用场景如此高的要求，需要一组关键技术来实现——包括大规模天线阵列、超密集组网、新型多址、全频谱接入和新型网络架构。前三项都是 5G 无线接入相关的技术，共同保证 5G 的目标网络速率和覆盖要求。

表 1: ITU 提出的 5G 核心性能

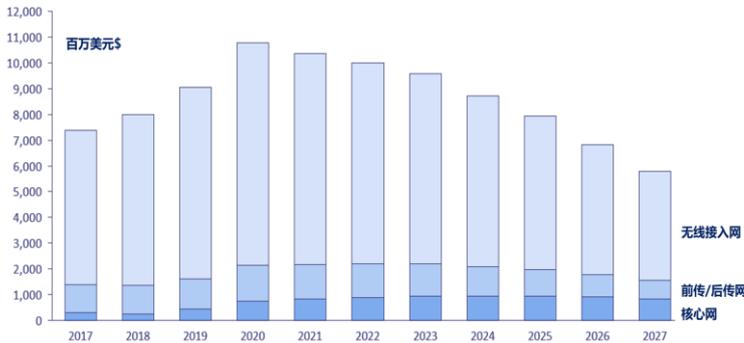


指标	峰值速率 Gbps	体验速率 Mbps	频谱效率x	空间容量 Mb/s/m <sup>2</sup>	移动性能 km/h	网络效率x	连接密度万终端/km <sup>2</sup>	时延 ms
5G	20	100	3	10	500	100	100	1
4G	1	10	1	0.1	350	1	10	10
提升	20 倍	10 倍	3 倍	100 倍	1.43 倍	100 倍	10 倍	10 倍

资料来源: ITU, 安信证券研究中心

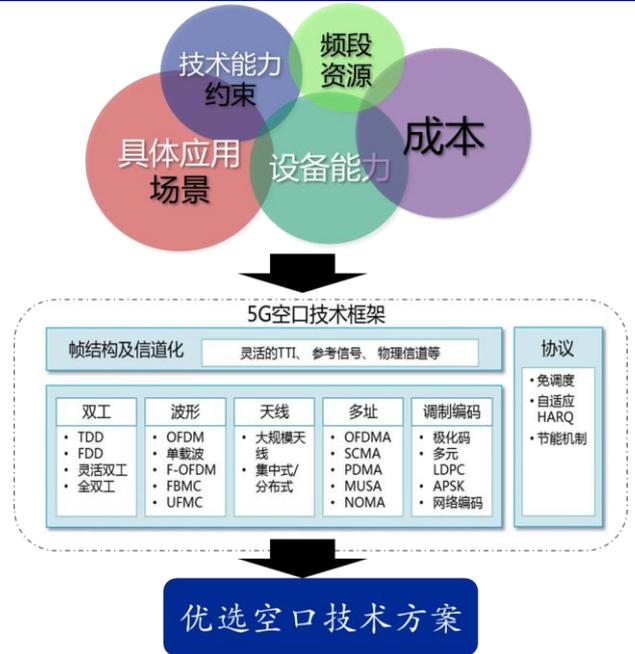
根据 IGR 的预测，美国无线接入网（RAN）的投资将占 5G 总投资的 80% 以上。基站天线的投资额只占无线接入网投资的 2% 左右，但基站天线独立承担末端链路连接，对实现 5G 网络容量的目标来说至关重要。

图 1：5G 美国移动网络建设投资预测，无线接入网投资占比较大



资料来源：IGR，安信证券研究中心

图 2：5G 空口技术储备——因应不同场景和成本约束而规划的备选技术



资料来源：结合 IMT-2020 推进组方案，安信证券研究中心

5G 关键技术的具体方案已经基本确定，Massive MIMO（大规模天线阵列）技术成为 5G 的标准技术之一。截至目前，5G 标准制定组织 3GPP 第一个标准版本（R15）已经冻结（包括 SA 和 NSA 标准），包括 Massive MIMO 在内的多项技术标准已经落地。现在多家设备商的 5G MIMO 原型机已经在很多公开场合出现。站在投资的角度，我们认为 5G 射频将是 2018 年最清晰的投资机会。

### 1.1. Massive MIMO 架构成为 5G 必选项，天线数量大幅增加

#### 1.1.1. 5G 网络容量要求较 4G 更高，提高频谱使用效率势在必行

5G 应用场景之一——eMBB 网络容量要求较 4G 有很大的提高，Massive MIMO（大规模天线）是实现 5G 网络容量要求的关键技术之一。根据移动通信的常识，要在物理层提高网络容量（以达到 5G 的目标速率），只能通过①扩大带宽、②提升频谱利用效率和③增加小区数量三种方式来实现。

$$\text{网络容量} = \text{带宽}^{\textcircled{1}} (\text{MHz}) \times \text{频谱效率}^{\textcircled{2}} (\text{Mbps/MHz}) \times \text{小区数量}^{\textcircled{3}} (\text{个})$$

Massive MIMO（大规模天线）成为提高频谱利用效率的必选项。

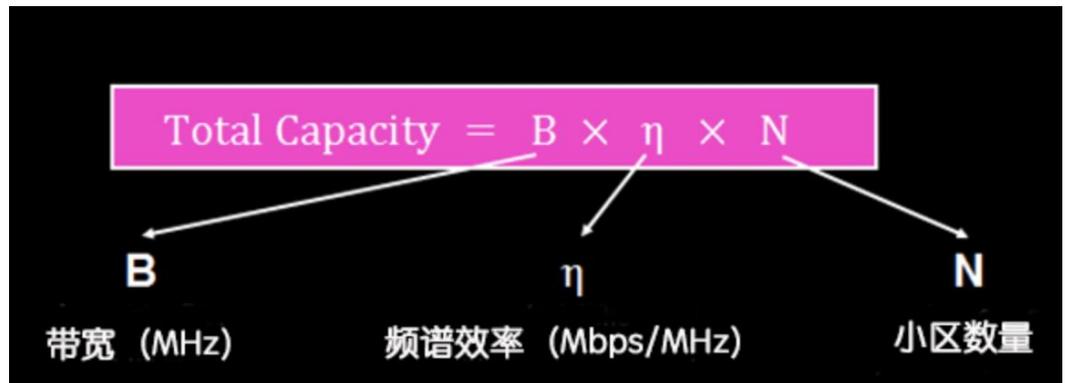
其中，对于①带宽来说，6GHz 以下频谱资源是稀缺的，2.4GHz 以下尤其拥挤。中国运营商的频谱资源由政府分配，要再利用已有频谱只能通过重耕。在发达国家，运营商要通过政府的频谱拍卖才能获得频谱使用权，按以往 3G~4G 经验来看，频谱拍卖的总金额动辄达到百亿欧元级别。

对于③小区数量，大部分运营商建站都面临着基站选址困难和机房空间紧张的问题，某些热点区域要在 4G 覆盖的基础上增加小区数量是很难的。

因此，剩下的②提升频谱效率是提高 5G 网络容量（或降低成本）的主要途径。可通过技术

手段，包括大规模天线阵列、新型多址、波形等方式实现。

图 3：网络容量计算公式



资料来源：RFSister，安信证券研究中心

基于多天线波束赋形技术的 **Massive MIMO**（大规模天线阵列）是 **5G 最清晰的技术路线**。要实现 5G 频谱利用效率和覆盖要求，天线系统演进主要有两条路线：1) 高阶调制技术和空分复用技术的应用：提高无线传输流数，需要大规模阵列天线提供硬件支撑；2) 波束赋形：MassiveMIMO 有源天线可以实现了从 2D 波束赋形（Beamforming）向 3D 赋形的提升，提升覆盖能力，抑制干扰能力更强。

Massive MIMO 采用有源天线技术（AAS）的应用成为 5G 的标志，也将改变天线产业链的生态。与 4G MIMO 相比，有源天线（ASS），可以支持 **3D MIMO** 和更大的天线阵列，频谱利用效率大大提高，同时天面得到优化，降低了部署成本。

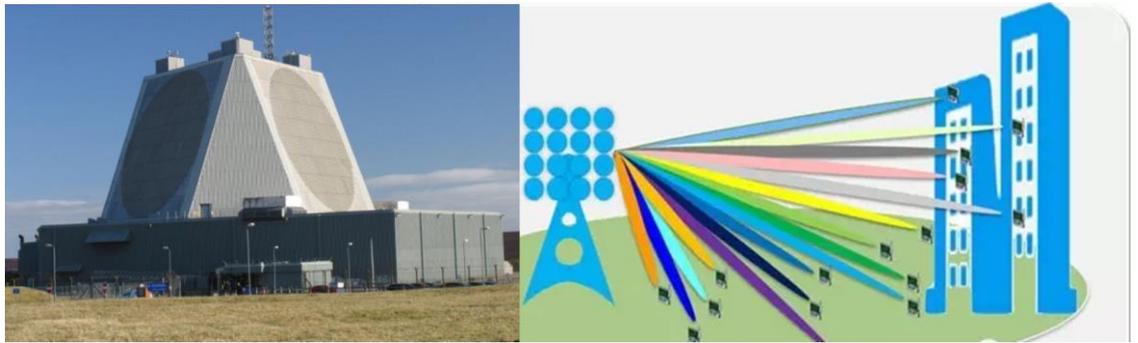
### 1.1.2. Massive MIMO 应用多波束技术，支持更大阵列天线，天线数量提升到 64、128 甚至 256 个：

大阵列 **MIMO** 技术并不是民用通信首创，在军用领域已经非常成熟。早在 70 年代，美军已经将大规模的二维有源天线阵列用于相控阵雷达系统中。而现代相控阵雷达的天线单元甚至增加到数万个，可以产生一条或多条很窄的波束，锁定百公里外的多个目标。

民用 MIMO 可以说是军用雷达的“微缩版”，最早在上世纪 90 年代由贝尔实验室提出。在 3G 时代，MIMO 开始被真正引入无线通信领域。在 4G 时代，MIMO 已经实现规模化应用，R8~R10 三个标准都对 4G MIMO 技术进行升级，并成为了 LTE 的标志性革新。

- ✓ MIMO (Multiple-Input Multiple-Output) 意为“多输入多输出”，就是使用多个发射天线和多个接收天线来提高频谱利用率，以实现空间分集的效果。MIMO 技术的核心就是将原天线的数据流分成多路数据子流，从多个天线同时发射，并利用空时编码技术将这些数据子流区分开并解码，从而提高频谱利用率、提高无线信道容量和信道可靠性。根据数学原理，当空间传输信道所映射的空间维度趋向于极限大时，两两空间信道就会趋向于正交，从而可以对空间信道进行区分。在其他条件不变的情况下，增加 MIMO 天线数量会提高无线信道的容量。

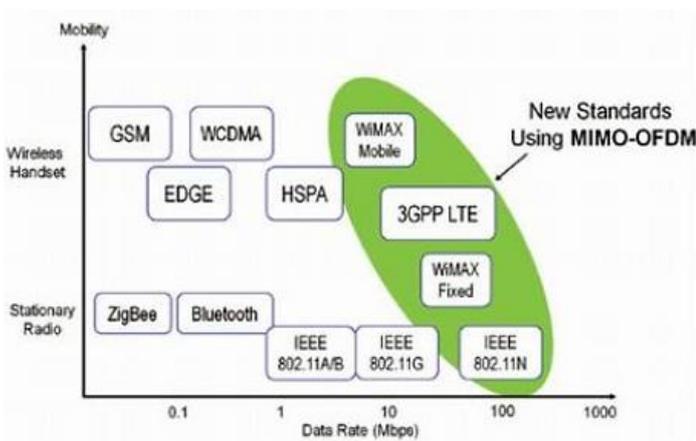
图 4：移动通信基站的天线阵列可以看作是军用相控阵雷达的袖珍版，高频材料需求从军事向民用通信领域转移



资料来源：中国联通网络技术研究院，安信证券研究中心

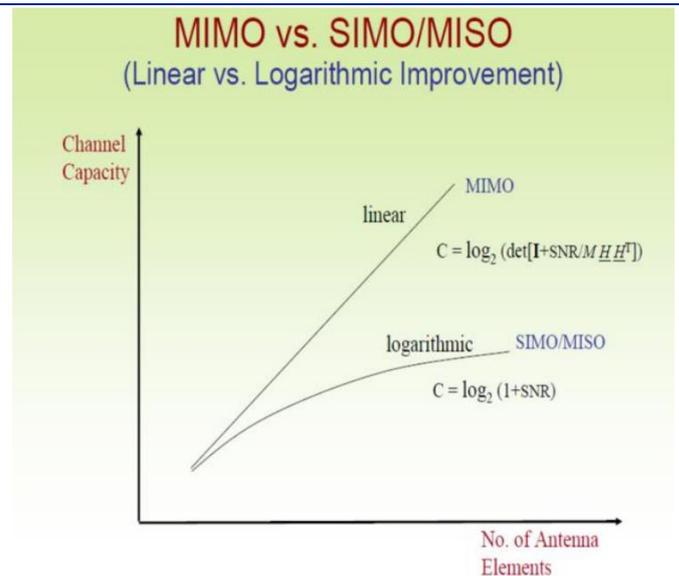
2010 年，贝尔实验室进一步提出了 Massive MIMO（大规模天线）技术。Massive MIMO 概念就是基于多用户的波束赋形的原理，在扇面覆盖空间中对不同用户形成独立的窄波束覆盖。基于用户的空间隔离，天线系统可以同时传输不同用户的数据，从而数十倍地提升系统吞吐量。

图 5：MIMO-OFDM 技术在 4G 时代已经开始成熟应用



资料来源：中国电信，安信证券研究中心

图 6：MIMO 技术随着天线数量的增加可以显著增强频谱利用效率



资料来源：天线产业联盟，安信证券研究中心

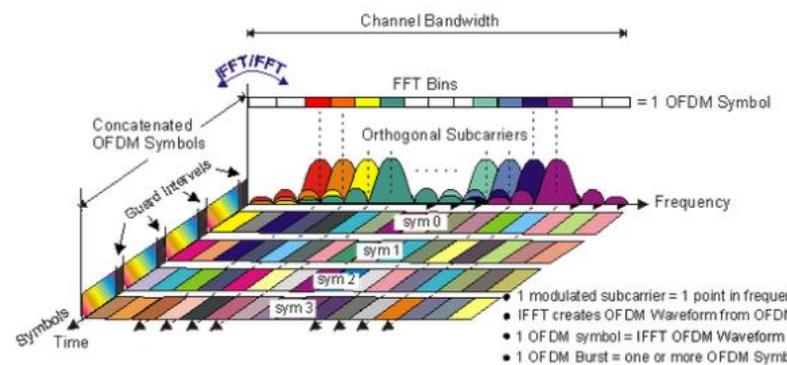
MIMO 系统在一定程度上可以利用传播中多径分量，以此对抗多径衰落。4G LTE 的每次演进（R8~R12）都会对 MIMO 技术进行升级。但是，对于频率的选择性深衰落，MIMO 系统依然是无能为力。4G MIMO 的一种解决方案是结合高阶调制技术 OFDM，形成 MIMO-OFDM。

- ✓ OFDM（正交频分复用）是一种优秀的多载波调制技术，目前广泛用于多种无线系统中，并成为 4G LTE 的核心技术。OFDM 主要思想是：将信道分成若干个正交子信道，将高速数据信号转换成并行的低速子数据流，调制到在每个子信道上进行传输。每个载波所使用的调制方法可以不同，各个载波能够根据信道状况的不同选择不同的调制方式，以频谱利用率和误码率之间的最佳平衡为原则。OFDM 很好地克服多径传播的影响，大大提升了频谱利用效率；OFDM 不仅仅在 4G 系统中得到了广泛的应用，目前也作为 5G

系统的重要候选波形之一。

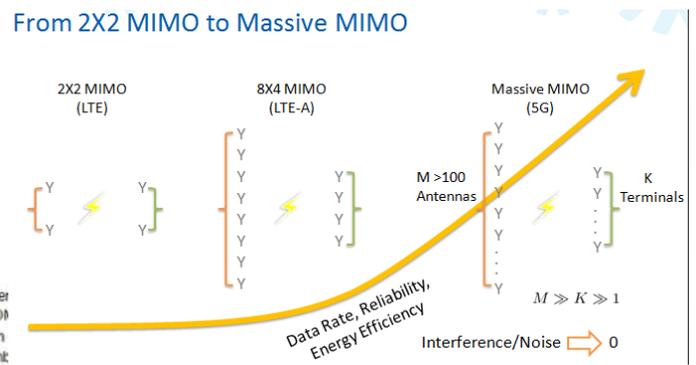
4G LTE 已经实现了 OFDM+MIMO 的物理层的基本构架变革，但一般仅仅支持 2 天线、4 天线，上下行分集的最多天线数量被限制在 8 个或以下。5G Massive MIMO 无论天线数量和信号覆盖维度都较 4G 大大增加了，天线和通道数量可以达到 64 个、128 个，综合考虑系统实现的收益和代价后，最大天线数量可以达到 256 个。因此，5G 的 Massive MIMO 网络容量将较 4G 大幅提升，同时天线的形式也将由无源转向有源。

图 7: OFDM 技术的示意图



资料来源：中国电信，安信证券研究中心

图 8: MIMO 技术的历史演变



资料来源：天线产业联盟，安信证券研究中心

## 1.2. Massive MIMO 取消了物理馈线端口、单天线功率降低，天面优化让部署和维护成本都大大降低：

移动通信发展到今天，站点获取成本已经很高，天面的“圈地运动”非常激烈。4G 天馈的优化方式——MIMO、扇面分裂、多频段等都需要增加馈线端口。4G 宏基站的馈线已经盘根错节，电缆安装施工、维护的工作量很大，也成为制约 eMBB 实现的瓶颈之一。

5G 要达到单扇面 128 甚至 256 天线规模，相应端口达到数十个，馈线自重和损耗都是不能接受的。因此 Massive MIMO 用 PCB 板代替了原来馈线的连接和功率分配，有源天线集成了 RRU 的功能，让天面得到大大优化，还减少了系统馈线损耗。同时，Massive MIMO 本身网络覆盖性能得到 10% 以上的提升，减少了基站扩容带来的选址和优化的负担。

图 9: 4G 基站天线盘根错节的天馈线大大增加部署难度和维护成本



资料来源 C114:，安信证券研究中心

图 10: Massive MIMO 直接用光纤直连地面，天面得到优化



资料来源: Huawei Wireless Twitter 官方, 安信证券研究中心

### 1.3. MassiveMimo 实现了 3D 波束赋形，大大提高用户体验

**波束赋形 (Beamforming)** 又被称作波束成型、空域滤波，是传感器阵列天线的波形处理技术。波束赋形使得某些角度的信号获得相长干涉，而另一些角度的信号获得相消干涉，从而实现某个特定方向的信号增益，对其他方向信号进行抑制。**波束赋形**实现了不同用户间信号的空间隔离，克服了路径损耗。

表 2: 天线信号波束赋形的示意图

一般天线全向信号辐射	实施向某个方向波束赋形的信号波束

资料来源: OFweek, 安信证券研究中心

5G 有源天线基于波束赋形技术，可实现各个天线振子相位和功率的自适应调整，多天线的动态组合可以显著提高 MIMO 系统的空间分辨率，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，提升信号质量（降低干扰）。

同时，5G 的大阵列天线不但可以用于对单一用户进行动态跟踪，还可以在同一频率上同时传输几十条信号，同时可以对用户进行实时跟踪，信号增益方向跟随用户移动，可以用于对高层建筑不同楼层进行覆盖。

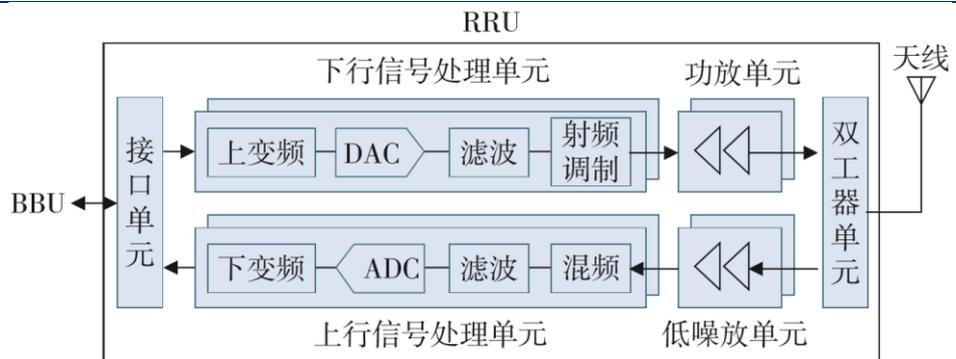
## 2. 5G 全新 AAU 大规模阵列有源天线将取代传统无源天线

### 2.1. 5G 基站架构变化，天线附加值提升

在 4G 时代，一个标准的宏基站主要由基带处理单元 BBU (Base Band Unit)、射频处理单元 RRU (Remote Radio Unit) 和天线三个部分组成，其中 RRU 通过射频电缆与无源天线连接。

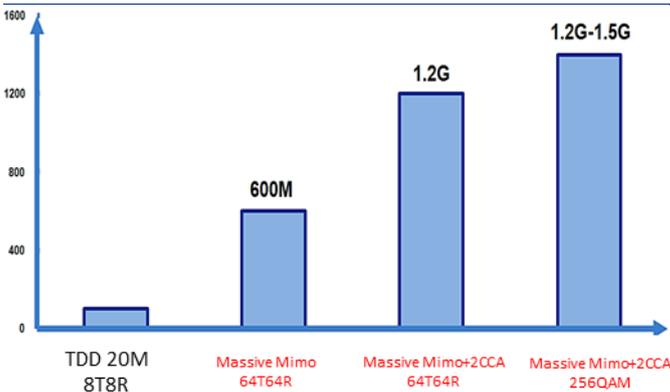
- ✓ **基带处理单元 (BBU)** 负责集中控制整个基站系统，完成上下行数据链路的基带处理。
- ✓ **远端射频处理单元 (RRU)** 负责基带信号与射频信号的转换 (数字信号与模拟信号)。外观上 RRU 是一个金属盒装器件，里面包含了射频收发和中频处理模块。RRU 通过射频电缆与**无源天线**连接，为减少馈线损耗，RRU 要尽可能部署在离天线比较近的地方。RRU 下有基带射频接口，并通过光纤与地面基站塔底或者机房的 BBU 连通。
- ✓ **天线**是电路信号与电磁波辐射之间的转换器件，而天线单元安装于蜂窝基站塔顶部。在 4G 时代，天线一般为无源天线，由辐射单元 (振子)、反射板 (底板)、功率分配网络 (馈电网络) 和封装防护 (天线罩) 四部分构成。

图 11: 4G 基站架构图——职责分明的天线、RRU、BBU



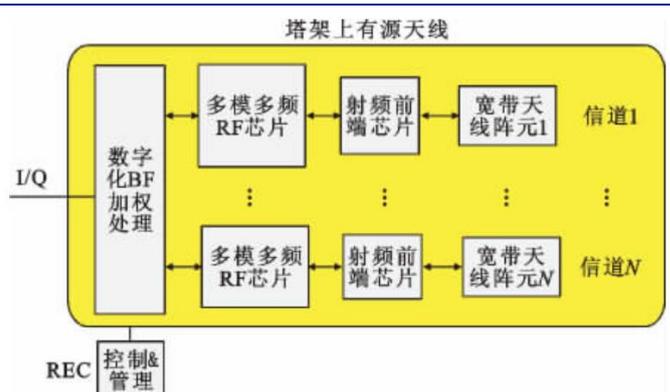
资料来源：中国联通网络技术研究院，安信证券研究中心

图 12: Pre-5G 天线相对于 4G 天线在传输容量上的提升



资料来源：中兴通讯，安信证券研究中心

图 13: 有源天线系统的结构图



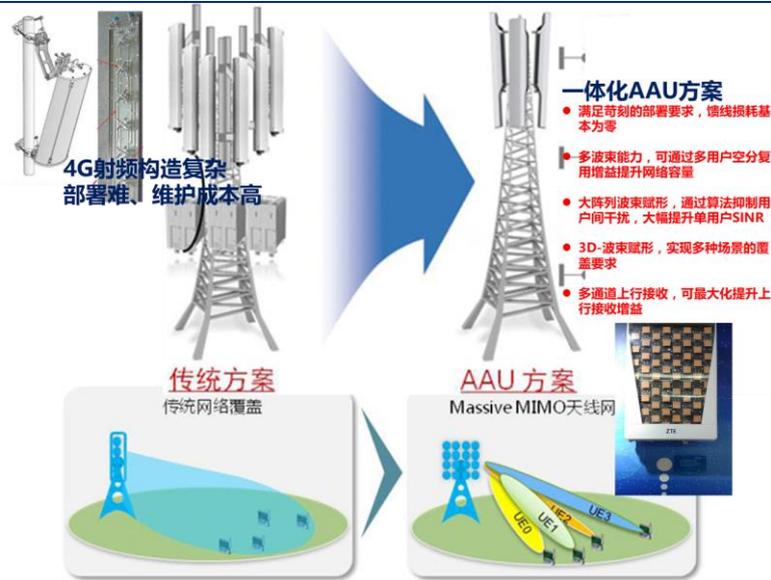
资料来源：CNKI，安信证券研究中心

4G 时代天线与射频拉远单元分开部署的方式馈线损耗大，射频功耗高，而且占地面积较大（部署受到制约）。5G 基站天线的架构出现了显著变化，AAU 是将每个天线辐射阵列与相应的射频/数字电路模块集成一起，通过数字接口独立控制每个振子。地面基站至天线系统之间的射频电缆、塔放或 RRU 这样的中间环节被取消，直接通过光纤连接。

- ✓ **BBU: 3GPP 提出面向 5G 的无线接入网重构方案，将 BBU 拆分为 CU-DU 两级架构。**其中 DU (Distributed Unit) 是分布单元，负责满足实时性通信的需求，同时具有部分底层基带协议处理功能；CU (Centralized Unit) 是中央单元，具有非实时的无线高层协议功能（可能云化）。
- ✓ **RRU+天线向 AAU 转变：**在目前广泛应用的分布式基站中，RRU 与 BBU 分离并通过馈线与天线相连。Massive MIMO 技术需要将天线变成一体化有源天线 AAU (Active Antenna Unit)。AAU 集成了 RRU 与天线的功能，数字接口独立控制每个天线振子，成为主动式天线阵列。由于射频单元不再需要馈线和 RRU 相连，而是直接用光纤连接 BBU，此前令人困扰的馈电损耗趋于零。同时，天线的部署变得更加容易，可以安装在诸如路灯、电线杆等场合，减少站点租赁和运营成本。

5G 对天线系统的集成度提出了更高的要求。Massive MIMO 天线的上游——AAU 射频板需要在更小的尺寸内集成更多的组件。为满足隔离的需求，AAU 需要采用更多层的印刷电路板。同时，5G 工作频段更高，发射功率更大，对于 Massive MIMO 材料的传输损耗和散热性能要求更高。

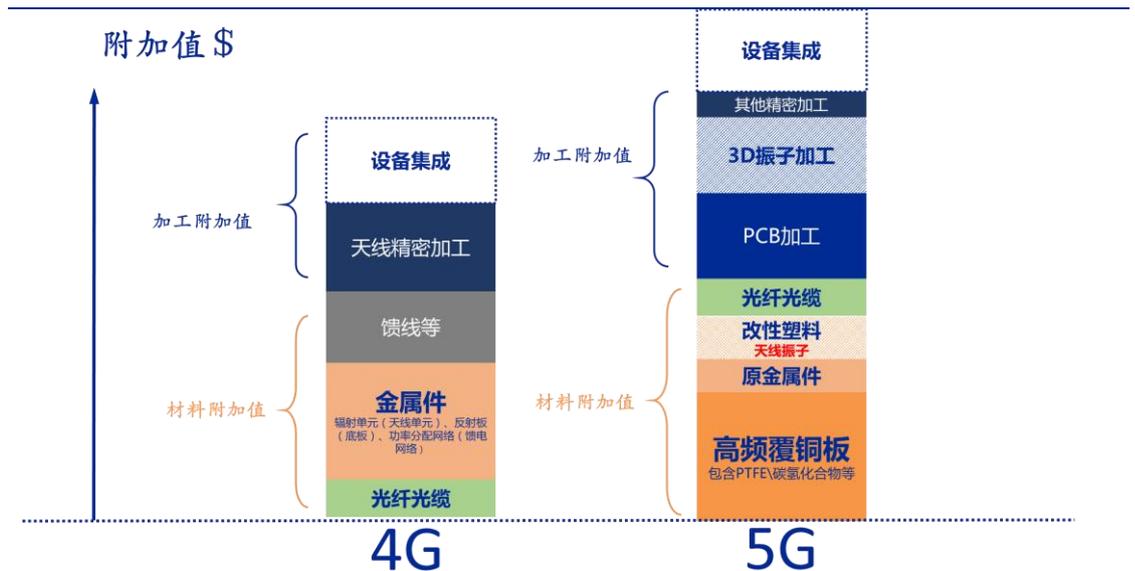
图 14：移动通信基站的天线阵列演化将带来高频材料需求大幅增加



资料来源：中国联通网络技术研究院，安信证券研究中心

高频覆铜板材料和 PCB 和 3D 天线振子加工环节都具有更高的技术含量，来自材料和加工的产业附加值总量将会大幅增加。因此，我们预计天线材料的市场价值将从传统金属件向 PTFE 或碳氢化合物覆铜板转移，加工过程的场价值将从无源天线加工向 PCB 加工转移；天线振子的市场价值从传统金属钣金/铸造加工向 3D 塑料天线加工转移。

图 15：5G 天线的附加值转移示意图



资料来源：安信证券研究中心估计

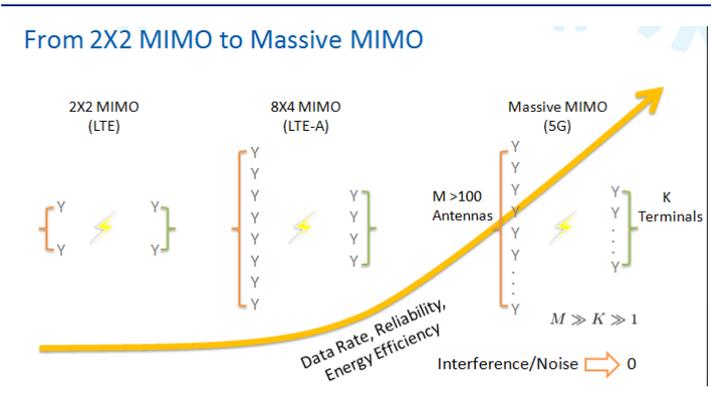
## 2.2. 天线变化 1：全新 AAU 设备单元带来 PCB 用量大幅提升

5G Massive MIMO 天线系统集成了微收发单元，天线将直接与射频器件融合，印制电路板（PCB）将取代原来的馈线和功率分配网络，成为连接媒介。我们判断，5G 将成为天线行业发展的分水岭，产业链生态将发生显著的变化，原有基站射频器件的市场附加值将向 PCB 及其上游高频覆铜板转移。

基站天线的材料需求发生了明显的变化：1) 由于 AAU 将支持更多通道，器件集成度更高，因此 PCB 板需支持更多层数，工艺复杂性和产品价值量随之提升；2) 5G AAU 使用 PCB 板的面积远较 4G 时代的 RRU 更大；3) 5G 工作频段更高、发射功率更大，对于 PCB 上游覆铜板材料的传输损耗和散热性能要求更高；4) 5G 时代大国博弈愈演愈烈，上游器件自主可控的需求大幅增加，上游覆铜板龙头企业将率先突破外资垄断；4) AAU 的下游客户将更多由以往的运营商转变为设备商，与设备商合作更紧密的上游厂商有望获得更多市场份额。

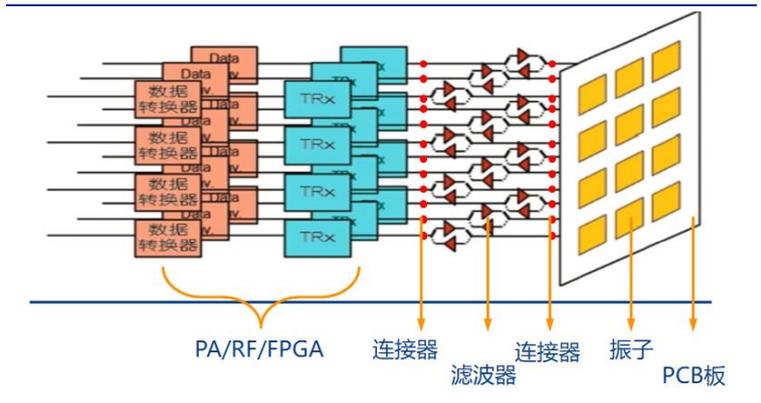
**天馈系统集成化：**在 5G AAU 中，每个天线振子背后将直接连接分布式的微型收发单元阵列（micro-radio）。微型收发单元阵列中集成了原来 4G RRU 中的功能，即数字信号处理模块（DSP）、数模（DAC）/模数（ADC）转换器、功率放大器（PA）、低噪音放大器（LNA）、滤波器（filter）和双工器（duplexer）等，这些器件将和天线一起集成在 PCB 板上。

图 16: MIMO 技术的历史演变



资料来源：天线系统产业联盟，安信证券研究中心

图 17: 5G 有源天线的结构图：天线振子将集成在一张 PCB 板上



资料来源：CNKI，安信证券研究中心

**大阵列天线的空间分布要求：**原来 4G 基站的高频覆铜板材料一般用在 RRU 上面。5G 天线的 AAU+BBU (CU/DU) 架构对 PCB 和 高频微波板材的需求倍增。AAU 上天线振子阵列的空间分布需要符合一定的规范，振元间距分为小间距与大间距两种。小间距一般选取横向 0.5 倍波长，大间距则一般选取横向 4~10 倍波长。若采取 0.5 倍波长方案，则在 2GHz 的工作频率下每个振子横向需要相隔 7.5cm，2GHz 以上的更高频段则较之缩短。因此，振子数量增多意味着 PCB 板的面积将成倍增大，特别是比以往在 RRU 上的用量多得多。综合考虑 AAU 对天线系统集成化及天线空间分布的逻辑要求，我们预估仅是用于 5G 基站天线的高频 PCB/覆铜板价值量将是 4G 的 10 倍以上。

- **4G 用量：**基站 RRU 和天线分离，RRU 里主要安装 PA (功率放大器)、滤波器。其中 PA 需使用到一部分高频 PCB 材料 (基站其余 PCB 材料以 FR-4 为主)。FDD 制式的 RRU 尺寸较小，单基站使用约 500cm<sup>2</sup> 高频 PCB 材料，TDD 制式则使用约 1000cm<sup>2</sup>，4G 单基站平均高频 PCB 用量约为 750cm<sup>2</sup>。
- **5G 用量：**按照主流方案，RRU 和天线将集成为 AAU (有源天线)，频段上升将带来高频 PCB 材料应用的增加。综合访谈诺基亚、中兴、华为等产业链专家意见，我们预计单基站 AAU 使用高频 PCB 材料的表面积约为 4000cm<sup>2</sup>，而单基站高频 PCB 材料总用量或将达到 8000cm<sup>2</sup>。频段上升将带来 AAU 高频材料的应用增加，未来可能改用普通材料和高频材料混压的 PCB 板，或者使用纯高频材料的 PCB 板。

**2.2.1. 产业链的价值迁移：天线主体附加值向 PCB 板和覆铜板转移，来自材料和加工工艺的附加值将大幅提高**

在无源天线时代，直接材料占成本的比例较大。而且由于单价下滑，天线厂商的毛利空间被挤压。在传统的天线和射频器件厂商的成本中，直接材料占比在 70%~80% 之间，例如通宇通讯 2016 年和 2015 年直接材料成本分别占营业成本的 78.20% 和 75.74%，占营业收入的 47.45% 和 45.82%，而同期公司的毛利率分别为 39.32% 和 39.5%。产业链的上游金属原料接近完全竞争市场，价格波动较大。因此，天线厂商的业绩也受到国内外金属大宗商品价格变动的影

响。5G Massive MIMO 时代，天线的上游材料高频覆铜板和 PCB 加工本身具有较高的技术含量，来自材料和加工的附加值总量将会大幅增加。由于天线工作频率提升，未来用于“补热点”高频段天线对覆铜板和 PCB 的电气性能要求更高，技术含量会更高。因此，我们预计天线材料附加值将从传统金属板件向 PTFE 或碳氢化合物覆铜板转移，加工过程的附加值将从无

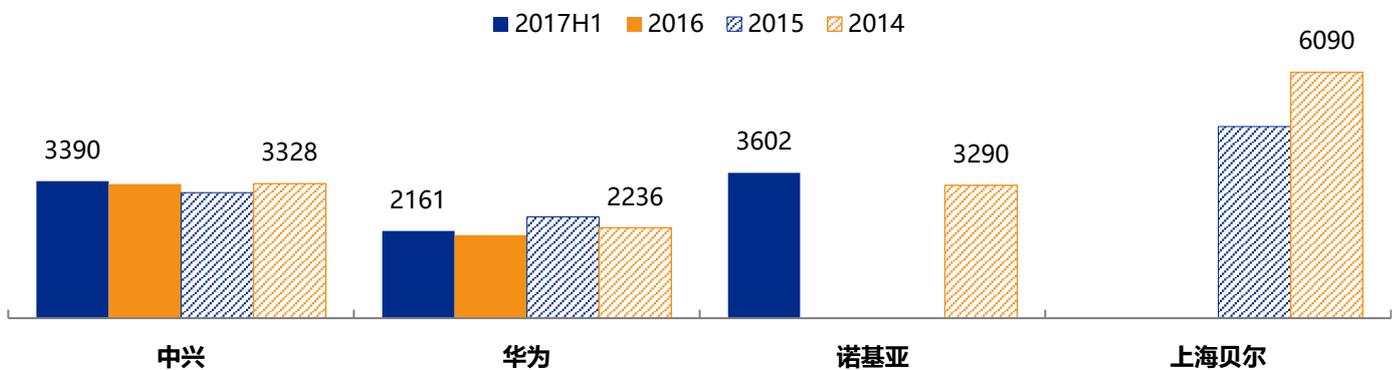
源天线加工向 PCB 加工转移，天线产业链生态发生较大变化。

### 2.2.2. 大国博弈背景下自主可控的需求提升，本土龙头厂商有望率先实现进口替代

PCB 板的“工艺+材料”将分享 5G 带来的行业附加值。高频/高速覆铜板核心门槛来自于配方、认证和工艺，要掌握独门配方需要时间投入和付出大量的沉没成本，目前我国尚未能实现高端材料的国产化替代。我们认为，5G 时代 A 股将会出现通过了多年的积累和布局逐步实现国产化的上市公司，生益科技是我们推荐的核心公司。

同时，PCB 厂商的工艺和设计对 PCB 成品的最终性能影响很大，5G 高频/高速板需要在设计过程中进行阻抗控制，需要通过高超的工艺实现。我们看好通讯用 PCB 板领域的龙头公司深南电路和沪电股份。

图 18：4G 时代，深南电路 PCB 板的销售单价（元/平方米）——对主要通信设备商，每平方米 3000 元左右



资料来源：深南电路，安信证券研究中心测算

4G 时代末期，设备商对射频 PCB 的采购价格最低至 2000 元/平方米。我们预计 5G PCB 在高频材料和加工过程的附加值都会增大，射频前端 PCB 价格将至少超过 3000 元/平方米，即是 4G 的 1.5 倍。相比于 4G，天线的附加值将转移至天线振子和安装天线振子的 PCB 板上。

### 2.3. 天线变化 2：5G 时代带来更多天线振子需求，塑料振子方案有望成为主流

在天线构造中，振子是天线的关键部件之一，是用于放大和接收电磁波的辐射单元。天线振子形状万千，不同厂家的方案、制作工艺、材料及辐射效率都大不相同，对应的电气性能和成本都有较大差异。在 4G 时代，天线振子的基本类型通常分为半波振子和贴片振子两类。

#### 2.3.1. 5G 时代，传统半波振子的局限性凸显，可能会逐步被抛弃

半波振子是 4G 时代最成熟的产品应用，也是目前被普遍采用的方案。传统半波天线振子的材料主要为金属。按照加工的方法不同，可以分为冲压（钣金）成型和一次性铸造成型两种（后者表面有镀层，抗腐蚀性好，但成本高）。但是，半波振子装配复杂、成本高，更重要的是单件重量较大。相对而言，另一种成熟的方案——贴片天线振子具有结构简单、重量小的优势，但是这个方案损耗大、效率低，对装配的精度要求高。

进入了 5G 时代，天线结构将发生较大的变化。一方面，5G 天线单扇面振子数量达到 64 个、128 个，更高甚至达到 256 个。而单个宏基站扇面通常为 3 面，多则达到 6 面。在这样的场景下，以往金属（金属压铸/铝材冲压）材料重量大、成本高、安装复杂等问题变得非常突出。

另一方面，如上文所述，5G 应用频段大幅上升，钣金和压铸工艺到了 3.5G、4.9G 这样的频段已经超过了它所能达到的精度极限。在这个频段，他们没法达到 5G 天线所要求的电器性能。

### 2.3.2. 3D 塑料振子有望成为 5G 主流方案，百亿市场空间开启

为了应对 5G 新型天线的变化，市场上出现了全新的工艺——3D 选择性电镀塑料振子方案，其中代表企业为飞荣达。所谓的塑料天线振子即采用内含有金属复合物的改性塑料材料，用注塑成型的方式将复杂的 3D 立体形状一次性制造出来，再利用特殊技术使塑料表面金属化。塑料振子在保证天线满足 5G 电器性能的同时，产品重量大大减轻，减少了危险过程工序，也节约了成本。

3D 塑料振子的制造工艺一般指注塑工艺+激光工艺，其中激光工艺指在新型的塑料件上用激光直接 3D 打印电路板的技术。激光工艺中又分为选择性电镀和 LDS 两种工艺。LDS 激光工艺适用于小型电子器件，目前最广泛的应用是手机天线和各类智能终端。而选择性电镀激光工艺适用于较大型的器件，包括宏基站天线。3D 塑料振子除了重量非常轻，还能满足钣金和压铸工艺所不能实现的精度要求。注塑和选择性电镀都是精度非常高的工艺，将它们结合在一起，可以保证天线振子精度满足 3.5G 以上的高频场景要求。

图 19: 3D 塑料振子方案的分类图解



资料来源: 安信证券研究中心整理

因此，5G 天线振子工艺形成了铸造（压铸）、钣金、PCB 贴片、3D 塑料（注塑+激光工艺）四种备选方案。尤其是采用选择性电镀工艺 3D 塑料天线振子，因为具有小型化、轻型化、性能好等优点，有望成为 5G Massive MIMO 场景下的首选方案。同时，由于在加工过程中引入了选择性电镀激光工艺，而使得振子的单体价值也有所提升。在未来 Sub 6GHz 频段内（宏基站场景），3D 立体振子的方案可能替代部分 PCB 贴片的功能。由于 PCB 贴片振子是二维平面的，而工作在 6GHz 以下的天线要求振子具有立体结构，因此需要用到两到三块的 PCB 进行组装、焊接、调测，成本相对较高。而 3D 振子只需要通过注塑直接加工成三维形状，再进行激光电镀，就可以实现立体的馈电结构，具有一体化制造的优势。而在毫米波频段（5G 小站场景），立体要求相对不高，PCB 贴片振子可能成为主流。

图 20: 5G 天线振子存在可能性的备选方案



资料来源：安信证券研究中心整理

在用量方面，传统基站 MIMO 一般为 2 天线、8 天线或 16 天线模式，而 Massive MIMO 以阵列的形式排列，可以达到 128 天线、256 天线。此外，一般宏基站有 3 面天线，少数可能有 6 面天线，5G 单站振子数量大幅增加；同时，宏基站自身的数量达到 4G 的 1.5 倍，天线振子的市场规模将大幅增长。

我们预测全球 5G 天线振子市场的规模将会达到 161 亿元，其中国内市场规模 115 亿元。在 4G 时代，单个天线整体的价值量约为 2000 元。到了 5G 时代，由于 Massive MIMO（大规模天线技术）和波束成形技术的应用，最常用的 128 通道天线通过 64 个天线振子实现（64T64R，一个天线振子对应 2 个通道）。我们按照历史数据，假设新工艺天线振子成本约 10 元/个，若每面天线需要双极化天线振子 64 对，则每面天线振子的价值量变为 640 元（64 个×10 元/个振子=640 元）。以国内 5G 基站 600 万个的预期计算，国内天线振子的市场规模将达到 115 亿元。同理，以全球 5G 基站 840 万的预期计算，全球天线振子的市场规模将达到 161 亿元。

表 3: 国内和全球天线振子市场规模测算

	单价 (元)	天线振子数 (个)	天线数 (面)	基站数 (万个)	市场规模 (亿元)
国内	10	64	3	600	115
全球	10	64	3	840	161

资料来源：安信证券研究中心测算

我们预计，在未来 5G 天线的成本构成上，PCB 板材、天线振子和接头的比例将是 2:1:1。未来，随着选择性电镀工艺的成熟，下游运营商经过了大规模应用的检验后，可以逐步应用该方案替代 PCB 的一部分馈电功能。届时 5G 天线成本比例可能会是 1.5:1.5:1，天线振子价值量大幅上升。

### 2.3.3. 飞荣达提前 6 年布局，有望率先获得下游设备商认可，提前锁定市场份额

为了应对 5G 天线振子的性能要求，飞荣达提前 6 年研发布局，创新开发出了“改性塑料+选择性电镀”工艺的全新一代非金属天线振子解决方案。我们认为飞荣达已经形成了技术、专利和认证三大门槛，有望率先锁定市场份额。

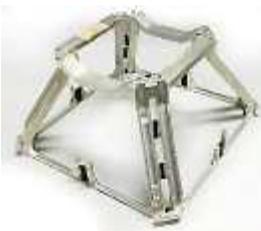
✓ 在工艺方面：3D 激光工艺是在机械实体上产生导电图形，因此结合屏蔽和天线功能于

一体。该工艺本身并不高深，但是精度要求高，可以说厂商的精度控制水平是核心，要通过长期实践积累。另一方面，由于金属和塑料的膨胀系数不一样，在极限高温或低温环境下，塑料振子的表面金属有可能从塑料上脱落下来，给良品率带来挑战。飞荣达凭借原来在屏蔽器件方面的技术底子，提早 6 年开始投入实验，建立起较高的工艺门槛。现阶段，公司为 5G 准备的天线振子已经基本完成前期的各项验证工作，并且提前具备量产条件。

- ✓ **在专利方面：**早申请专利的公司会形成壁垒，后进入的公司需要专利规避，避免产生潜在的侵权行为。公司目前已经形成了自身独有的专利群，可以实现技术垄断。
- ✓ **在认证方面：**华为是飞荣达第一大客户，公司早在 1997 年就通过薄膜开关产品打入华为，陪伴华为高速成长，双方已经建立了稳固的互信关系。在 4G 天线中，3D 塑料工艺已经有部分应用，但是 4G 天线对成本和精度要求并不高，传统压铸工艺更加成熟，应用也更广泛。我们认为通信设备厂商在 5G 供应商选择上，会偏向已经长期合作，且能提供更多备选方案的企业，飞荣达作为同时掌握 LDS 和选择性电镀激光工艺的供应商，有望能成为 H 设备商和 N 设备商的首选。

因此，在未来 5G 四种天线振子候选方案中（钣金振子、铸造振子、贴片振子、塑料振子），公司塑料天线振子具有独特技术方案优势。公司“改性塑料+选择性电镀”产品有望抢占原有金属材料天线振子的市场份额。我们预计，5G 天线振子将成为公司新的业绩增长点。

**表 4：飞荣达塑料天线振子解决方案**

原有产品设计	应用解决方案
<p>原产品设计为铝合金压铸件。</p> <p>工序：压铸成型→去料头→机加工→打磨→化学防腐处理→包装</p> <p>缺点：工序相对复杂，需要人力较多，零件重，表面需要防锈处理，成本相对较高；过程粉尘有爆炸危险，化学防腐处理有危险废气排放；压铸能耗较高。</p>	<p>飞荣达更改原有产品设计，采用塑料材料，用注塑成型的方式一次将复杂的形状制造出来，在保证使用功能的同时，减轻了产品的重量，减少了危险过程工序，节约了成本。</p> <p>工序：注塑成型→电镀→激光蚀刻→清洗→包装</p> <p>飞荣达提供从方案设计，材料选择，产品制造，模具设计，零件制作方面的创新应用解决方案，帮助客户达到应用创新，节约成本，减轻重量的效果，同时大大提高生产过程的安全性。</p>
	

资料来源：招股说明书，安信证券研究中心

## 2.4. 基站密度预期大幅增加，宏基站天线器件需求量将高于 4G

在无线通信领域，低频频率覆盖特性好，但是带宽有限；高频频率带宽容量大，但是在空气中衰减较大，且绕射能力较弱，同样的功率下覆盖范围变小了。

- ✓ **5G 频段大幅提升：**由于优质低频资源有限，为实现 5G 系统容量进一步提升的演进需求，各国频谱规划都在向更高的频段（3GHz 以上）延伸。早在 2016 年 4 月，工信部已经批复了在 3.4-3.6GHz 频段开展 5G 系统技术的研发试验。2017 年 6 月工信部发文，拟在 3.3-3.6GHz 和 4.8-5.0GHz 两个频段上研究部署 5G 的可行性。今年 6 月 8 日，工信部公开征集 24.75-27.5GHz、37-42.5GHz 或其他毫米波频段 5G 系统频率规划的意见。除了以上频段外，我国也在 WRC 的框架内研究其他的潜在可商用 5G 频段。

5G 使用频段的上升，意味着基站覆盖范围持续缩小（蜂窝小区的半径缩小），即要达到同样的覆盖范围，基站的密度必然会大幅增加，运营商建站的资本支出也将相应增长。我们预计，**5G 基站（宏基站）覆盖密度有望至少达到 4G 的 1.5 倍，我国 5G 基站总量或将达到 600 万个。**

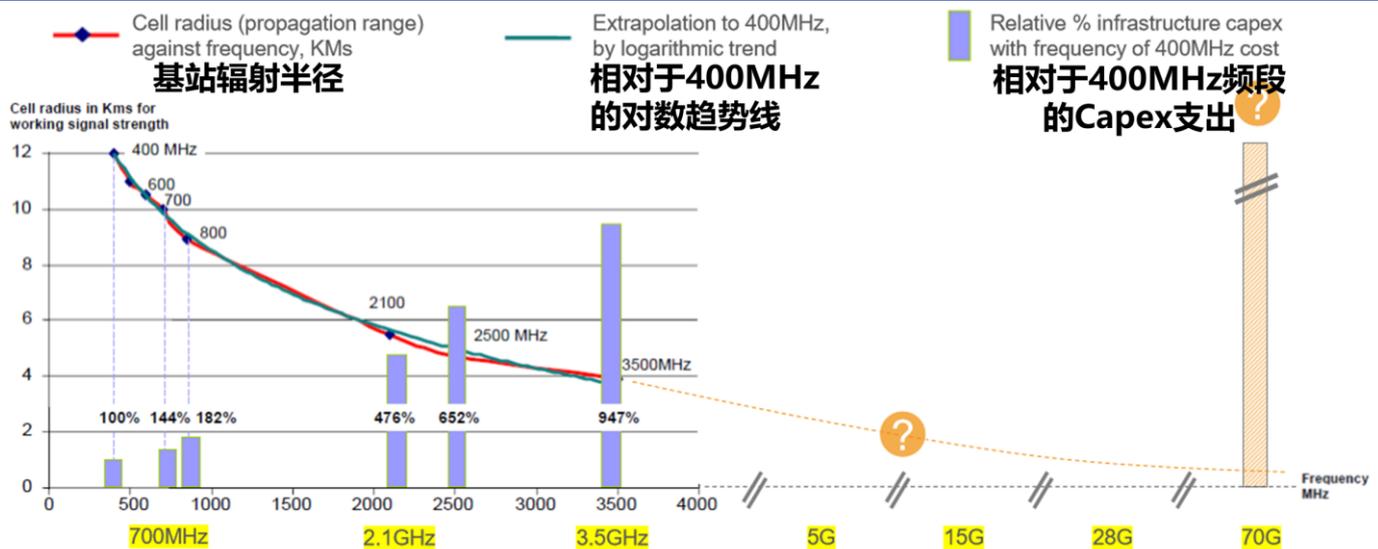
表 5：主要国家 5G 频谱规划

国家	低段频谱	中段频谱	高段频谱
中国		3.3-3.4GHz（室内）； 3.4-3.6GHz；4.8-5GHz	24.75-27.5GHz；37-42.5GHz 征求意见 27.5-28.35GHz； 37-38.6GHz； 38.6-40GHz； 64-71GHz
美国			一阶段：27.5-28.5GHz 二阶段：26.5-27.5GHz；28.5-29.5GHz
韩国		一阶段：3.4-3.7GHz	
日本		3.6-4.2GHz； 4.4-4.9GHz	27.5-29.5GHz
欧盟	700MHz	3.4-3.8GHz 2020 年前主要频段	24.25-27.5GHz 5G 先行频段
德国	2GHz	3.4-3.7GHz 国家用途 3.7-3.8GHz 区域使用	已被占用
英国	700MHz	3.4-3.8GHz	26GHz

资料来源：TDIA（2017 年 10 月），安信证券研究中心

根据中国联通预测，5G 建站密度将至少达到 4G 的 1.5 倍。而在 2020 年 5G 正式商用之前，我国 4G 基站总量有望达到 400 万个。因此，我们预计未来我国 5G 基站总数或将达到 600 万个。此外，根据三大运营商和 GSMA 披露的数据，我国 4G 基站占全球基站总量的 70% 左右，因此假设 5G 时代我国基站依然占全球总量的 70%，则全球 5G 基站数量有望达到 840 万个。

图 21：随着频段变化，运营商建网的资本支出将大幅增加

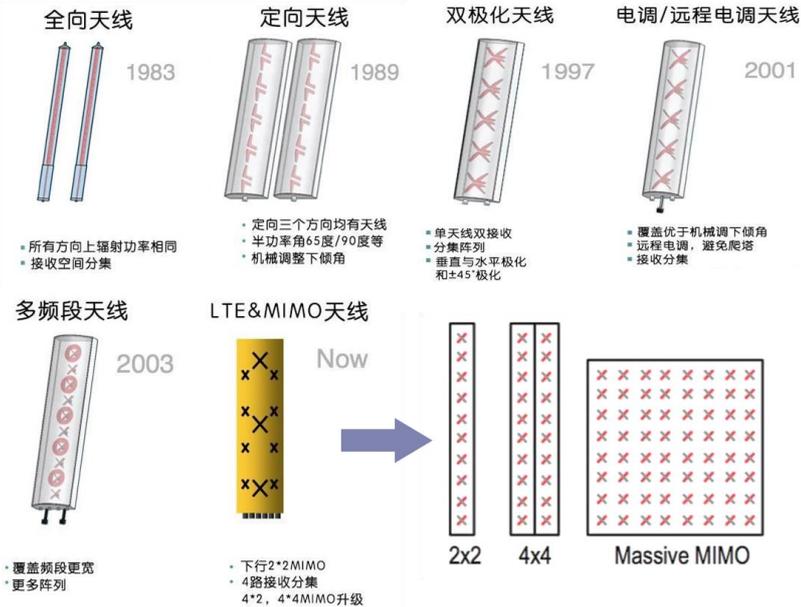


资料来源：SCF Associates、Robin Partners 分析，安信证券研究中心

## 2.5. 以史为鉴：以往基站天线需求爆发在商用初期，在设备商供应链中地位更稳固的企业有望真正受益

从 2G~4G 的发展过程中，移动基站天线不断实现突破。天线的构造变化明显，但天线的架构仍然为无源天线，材料基本是金属和塑料，并不需要使用 PCB。典型的天线供应商包括京信通信、通宇通讯、摩比发展、华为等。

图 22：从模拟通信到 5G 天线形态的演进

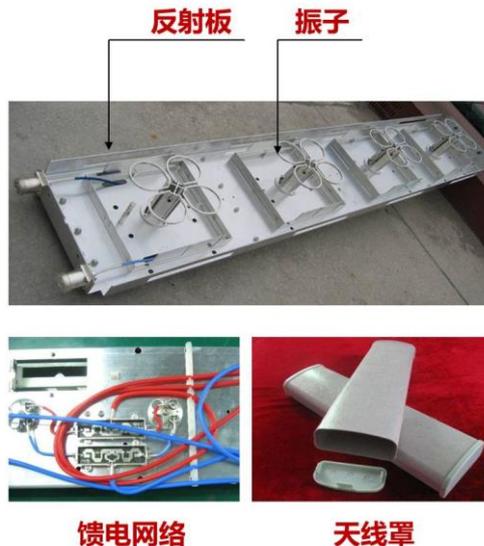


资料来源：中国联通网络技术研究院，安信证券研究中心

传统无源基站天线主要由四部分组成：**辐射单元（天线振子）、反射板（金属底板）、功率分配网络（馈电网络）和封装防护（天线罩）**。产业链参与者包括上游五金、塑料材料和电子元器件供应商，中游厂商包括基站天线生产商，下游为移动运营商和通讯设备商。五金材料商主要提供各类金属（铝为主）紧固件、钣金件、冲压件和切削件等；塑料材料商主要提供 ABS、尼龙等塑料原料及其制品；电子元器件商主要提供电阻、电容和电感等。

射频器件则是原来部署在基站射频拉远单元中 (RRU) 的器件，主要包括各种类型的滤波器、合路器、馈电单元、功分器、耦合器、天线控制单元等产品。

图 23：一个无源天线的结构图



资料来源: CNKI, 安信证券研究中心

国内传统的无源基站天线的专业厂家中, 具备国际竞争力的主要有京信通信、通宇通讯、摩比发展、盛路通信等。(如华为等) 移动通信设备集成商也开始进入天线和射频器件的制造领域。在国际市场上, 通信天线及射频器件的厂商主要有德国的凯仕琳, 美国康普(2007与安德鲁合并), 两家公司的基站天线出货量连续多年位居全球前三; 目前, 传统的基站射频天线和射频器件制造业已经成为规模化的技术密集型行业, 行业格局经过多年演变, 集中度较高。

根据美国 EJL Wireless Research LLC 于 2015 年 11 月发布的《7th Edition: Global BTS Antenna Market Analysis and Forecast, 2015-2019 报告》, 2014 年, 全球基站天线总发货量为 467 万副。2014 年开始, 全球 Top3 天线厂商(华为、凯瑟琳、康普) 市场份额已经超过 65%。

基站侧射频器件(主要为金属腔体滤波器) 的主要生产商为东山精密、武汉凡谷、春兴精工、大富科技和美国的康普安德鲁等。4G 时代的金属滤波器产业链上游类似于天线产业链, 下游的不同之处是滤波器主要为设备商供货, 运营商直接采购的较少。(请详见我们后续 5G 系列报告)

表 6: 国外天线厂商龙头的市占率和简介

	2014 市占率	2015 市占率	2016 市占率	简介
凯仕琳	24.8%	22.7%	21.0%	成立于 1919 年, 是全球规模最大、历史最悠久的天线制造厂商, 主要产品包括通信天线及射频器件、广播天线和卫星天线等。集团总部设在德国卢森汉, 在全球现有 14 家制造工厂、58 家子公司和控股公司, 员工总数约 6000 名。
康普	19.6%	15.9%	15.2%	成立于 1976 年, 1997 年在纽约证券交易所上市。公司主要生产用于有限电视和其他视频的高品质、高性能的同轴电缆, 通过通信网络“最后一公里”解决方案。2007 年, 公司收购了安德鲁(Andrew) 公司。
安德鲁	9.2%	6.8%	7.3%	成立于 1937 年, 是全球通信天线及射频器件领域的龙头企业之一, 主要从事无线连接产品和系统的研发、生产和销售, 包括天线、电缆、放大器、中继器、收发器以及站点监控软件等。公司基站天线的市场份额长期位列全球前三。

资料来源: ABI Research, 安信证券研究中心

在传统无源天线领域, 国内天线厂商在 10 年前已经逐步实现国产替代。在 2G 之前, 我国基站天线产业几乎空白, 基站建设 100% 依赖进口, 天线单价也高得惊人。出于国家通信安全考虑, 2000 年 5 月信息产业部出台了《移动通信系统基站天线技术条件》, 标志着我国基站天线产业的真正起步。

到了 2G 普及的年代, 国内品牌的 GSM 和 CDMA 天线技术已经不亚于国外名牌, 而且性价比和本地服务的优势很明显, 对跨国公司的垄断地位发起强势冲击。2002 年, 当时的京信通信、通宇通讯、摩比发展、盛路通信等国产品牌在本土基站天线市场中的占有率已经达到 25%。到了 2004 年, 国产品牌的市场占有率首次超过了跨国品牌。到了 2006 年底, 在国内移动蜂窝网络中使用的天线基本上都是由中国企业提供, 国产天线品牌已经夺回了 90% 以上的本土基站市场份额。在 3G 时代, 国产的 CDMA-2000 和 WCDMA 制式天线技术已经达到国际先进水平。

到了 4G 时代, 我国的基站天线厂商的市场地位不断提升。在 ABI 2014 年基站天线发货量全球排名中, 我国五大厂商均进入前十, 其合计发货量超过了全球总量的一半, 其中包括了京信通信、摩比发展和通宇通讯等 A 股上市公司。在设备商中, 华为能够自主研发和生产基站天线, 实现了全产业链布局。2014 年, 华为基站天线业务的市场份额达到了 14%, 在全球排名第四。

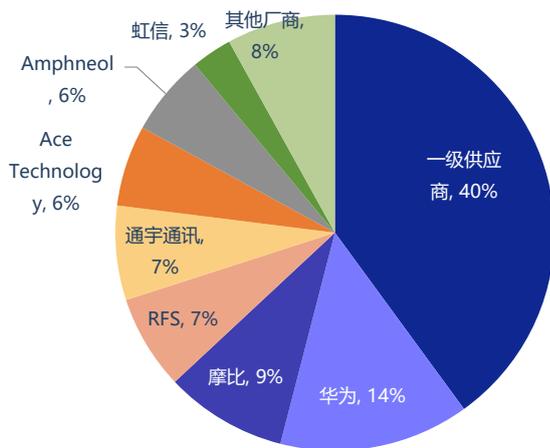
**表 7：2014 年我国五大基站天线厂商发货量、市场份额和排名**

公司	发货量 (万副)	市场份 额 (%)	排 名	简介
京信通信	81	17.3	1	成立于 1997 年，2003 年在香港联交所主板上市。公司拥有无线优化、无线接入、天线及基站射频子系统、无线传输四大产品线，同时提供微波 RRU、微波拉远、基站延伸系统 MCPA 系列等跨产品线的“协同产品”。公司主要供应商为金信诺和银宝山新科技，主要客户为国内三大运营商。
华为	63.5	14	4	在设备商中，华为自主研发和生产基站天线。截至目前，华为基站天线已成功部署于全球 160 多个国家和地区的超过 380 张网络。
摩比发展	40.6	9	5	成立于 1999 年，2009 年在香港交易所上市。公司长期专注于移动基站天线设计制造，主要经营宏基站天线、美化天线、射频无源和有源产品、馈线及馈线辅件等产品，同时提供小区和室内覆盖相关解决方案。公司主要供应商为东山精密和春兴精工，主要客户为中兴通讯。2016 年上半年，公司面向中兴通讯的实现销售收入占总收入比重的 55%。
通宇通讯	33.2	7	7	成立于 1996 年，2016 年在深圳交易所上市。公司主要从事通信天线、射频器件以及微波天线产品的研发、生产、销售和服务业务，致力于为国内外移动通信运营商、设备集成商提供通信天线、射频器件产品及综合解决方案。公司主要供应商为盛华德，主要客户为中兴通讯、中国电信和诺基亚。
虹信	14.6	3	10	

资料来源：EJL Wireless Research，安信证券研究中心

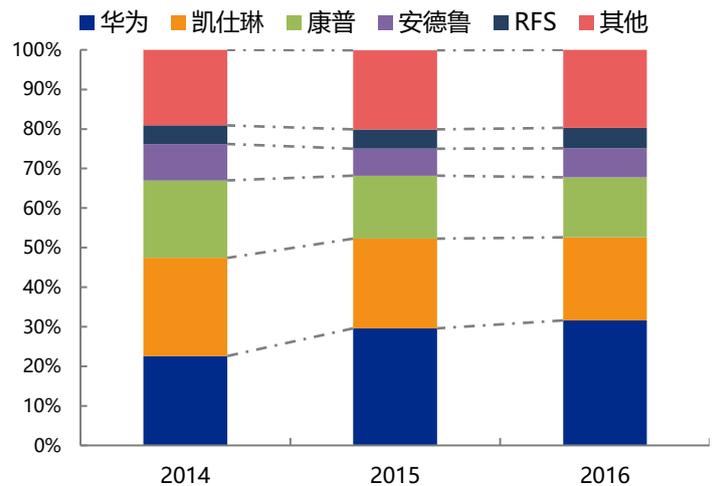
而根据 ABI Research 的分析，到了 2016 年，全球前三大天线厂商已经占据了全球 67.8% 的市场份额，其中华为 31.6%、凯瑟琳 21.0%、康普 15.2%。截至目前，华为基站天线已成功部署于全球 160 多个国家和地区的超过 380 张网络。

**图 24：2014 年全球各基站天线厂商发货量占比**



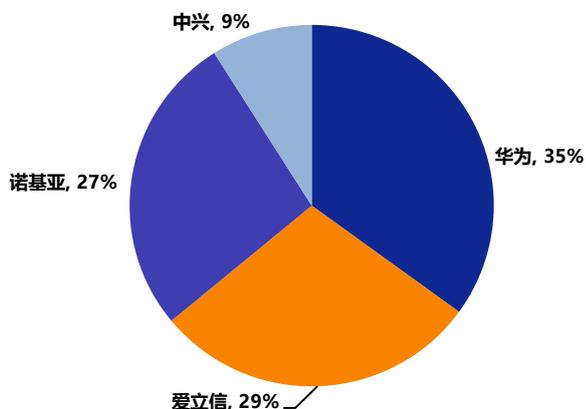
资料来源：EJL Wireless Research，安信证券研究中心

**图 25：传统天线厂商的市占率变化**



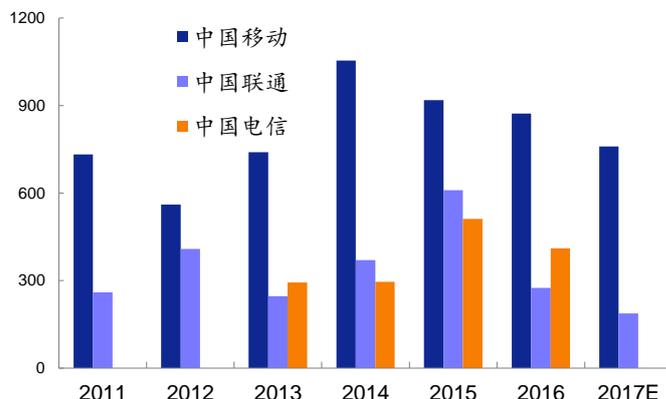
资料来源：ABI Research，安信证券研究中心

图 26：2015 年全球四大设备商的运营业务市场份额



资料来源：Wind，安信证券研究中心

图 27：国内三大运营商 2011-2017 年移动网络方面的资本开支

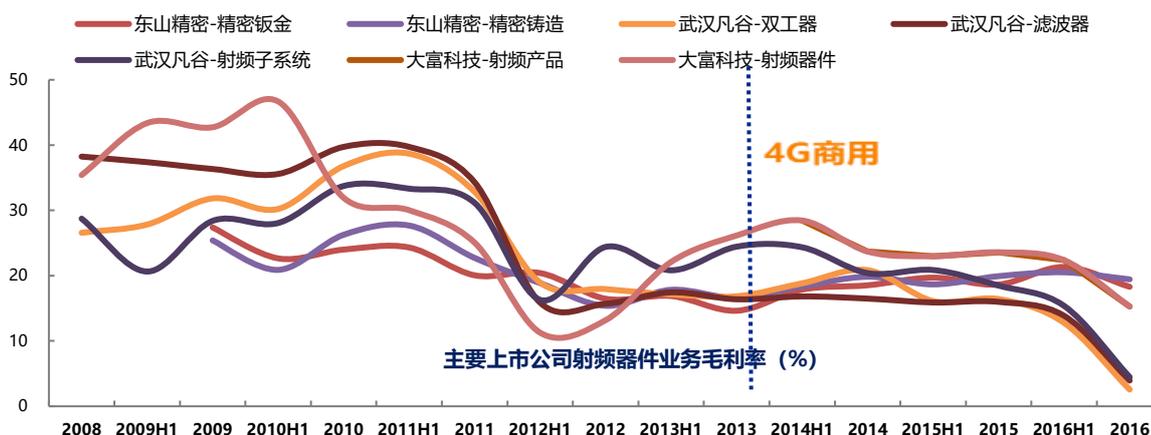


资料来源：各大运营商年报，安信证券研究中心

下游设备商和运营商的议价能力更强，传统无源天线厂商议价能力减弱。在 4G 时代，运营商既可以向基站天线厂商直接采购，也可以采用向设备商打包天线的方式采购通信设备整机。5G 天线集成度更高，运营商由直接采购改为向设备商间接采购，天线直接下游客户由运营商转向了设备商，下游客户变得更为集中。因此，在设备商供应链体系中有更稳定地位的公司有望真正受益于 5G 投资带来的机遇，获得更大市场份额。

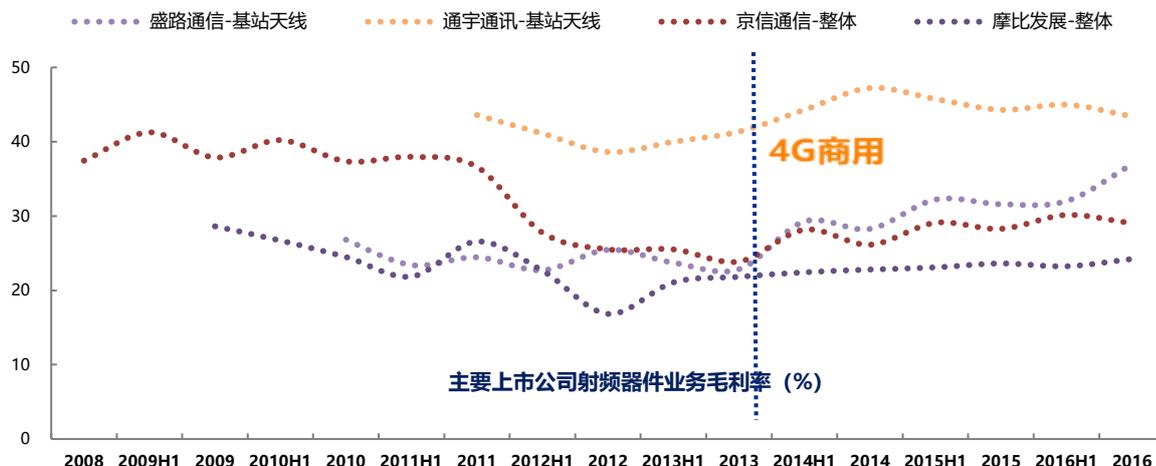
作为基站天线的最终需求者，运营商无线网络的资本开支具有周期性，直接影响上游基站天线厂商的销售业绩。同时，设备商对基站天线的采购主要用于通信系统集成，也会受到技术更新换代影响。但从 2G~4G 的过程中，有一点趋势没有变，就是设备商和运营商的集中度都在不断提高。但是无源天线和射频器件（如滤波器等）的加工技术门槛并没有提高多少，因此上游器件的议价能力受到削弱。

图 28：主要上市公司射频器件业务的毛利率



资料来源：Wind，安信证券研究中心

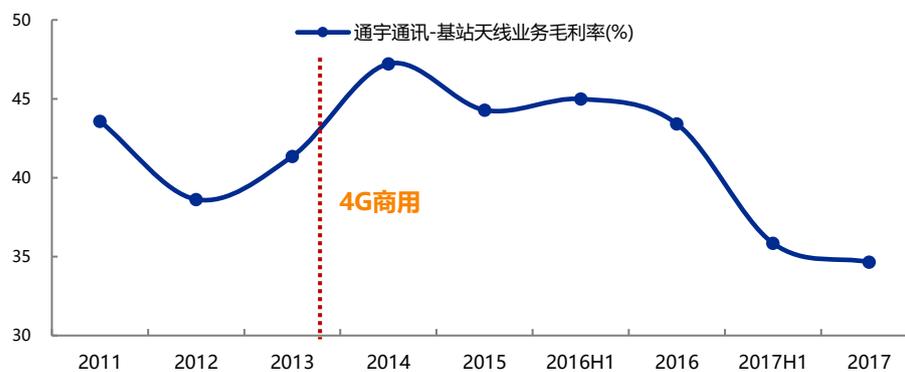
图 29：主要上市公司天线业务的毛利率



资料来源：Wind，安信证券研究中心

由于传统天线和射频设备厂商数量增加，而且设备商本身加入竞争，射频器件和天线价格逐步下降。国内用于基站的无源天线和射频器件（金属腔体滤波器等）在 10 年前已经逐步实现国产替代，技术壁垒被逐步突破。而且，下游设备商也在向上游延伸，成为天线厂商的竞争者。其中，华为在 2004 年就收购了瑞士 HUBER SUHNER 公司的基站天线业务，已经开始计划进军天线市场。3G 时代，华为将天线并入无线产品线，成为与主设备平行的产品线。2012 年，华为就已经跻身基站天线全球市占率 TOP3。2015 年后，华为自主研发的天线已经连续 2 年蝉联市场份额、技术创新和成果转化能力 TOP 1。

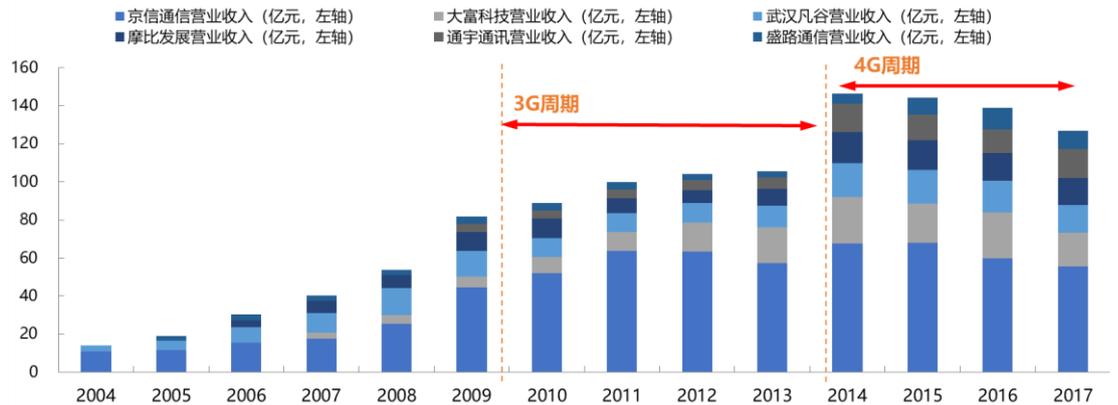
图 30：4G 后期通宇通讯基站天线业务的毛利率



资料来源：Wind，安信证券研究中心

**4G 商用第一年业绩进入释放高峰期：**在 4G 正式商用的第 1 年（2014 年），运营商对 4G 网络的资本开支同比 2013 年大幅增加。由于 4G 基站组网建设峰值到来以及 R8 后的 MIMO 技术革新，基站天馈器件的市场规模大幅增长。当时无源天线的代表通宇通信和摩比发展业绩迅猛增长，当年营业收入同比分别增长 146.40%和 85.60%。

图 31：不断壮大的射频器件及天线 A 股上市公司收入规模



资料来源：Wind，安信证券研究中心

**4G 天线技术不断革新,天线上市公司屡屡获益。**对比起滤波器等射频器件的 A 股上市公司,天线公司的毛利率在 4G 时代得到提升。从 3G~4G 的演进历史看,国内的射频器件厂商(主要是金属腔体滤波器)和天线厂商毛利率均在 3G 后期(2012 年)出现了平台性的下滑。2014 年,(从上图)看射频器件和天线厂商业绩均大幅提升,特别是天线厂商毛利率平稳修复,部分公司甚至恢复至 3G 时代的水平。主要因为 3Gpp 的 R8~R10 三个标准中的 MIMO 技术均有较大的革新,对拥有技术和资金优势的龙头公司来说是有利的。但是,也看到传统射频器件上市公司的毛利率却很快回落,无法恢复到此前的水平。

与 1G~4G 的天线相比,天线的有源化将成为 5G Massive MIMO 最大的革新之一,技术革命给产业链带来了前所未有的机遇。据 ABI Research 统计,2017-2019 年预计基站天线市场的复合增速为 35%。2016 年有源天线的发货占比为 5.1%,预计到 5G 商用后的建站高峰期(2021 年),有源天线的市场规模将更上一个台阶。截至 2016 年,全球 120 个运营商已经部署了有源天线。2020 年,5G 步入商用部署,超密集组网和大规模 MIMO 下,基站天线市场规模有望再上一个台阶。

### 3. 重点公司介绍

在投资上,5G 将引入 Massive MIMO(大规模阵列天线)和超密集组网的关键技术,带来基站射频器件的价值转移。用于集成射频器件的 PCB 和上游高频覆铜板材料门槛更高,未来附加值和用量都有望大幅提升。同时,5G 天线竞争生态与传统无源天线差异较大。

虽然 5G 标准的正式完成要到 2019~2020 年,但 Massive MIMO 是 5G 最成熟的关键技术,在 4G 演进空口路线中已经可以部署。参考中国移动的发展规划,5G Massive MIMO 将在 2017-2018 年开始逐步实现规模化商用。我们认为 5G 射频前端的投资机会将会最先出现。我们重点推荐高频覆铜板龙头(生益科技)、天线振子龙头飞荣达和通讯 PCB 的领先厂商(沪电股份、深南电路)。

#### 3.1. 飞荣达: 5G 天线新龙头,电磁屏蔽、导热材料、天线振子“三箭齐发”

“材料+后加工”一体化的电磁屏蔽和导热材料及器件龙头厂商:公司作为国内少数的电磁屏蔽和导热材料一体化解决方案服务商,产品体系丰富,广泛应用于通信设备、手机终端、计算机、数据中心、汽车电子等领域,直接客户包括华为、中兴、诺基亚、联想、思科、微软等,间接客户有苹果、三星、OPPO、VIVO 等。公司还在陆续拓展新客户,已经通过三

星、Facebook 的材料认证。

**背靠华为，不断拓宽产品线，从传统电磁屏蔽和导热材料到 5G 天线振子，将充分受益于 5G 大机遇：**华为是公司第一大客户，1997 年公司通过薄膜开关产品打入华为，伴随华为的高速成长，不断拓宽产品线。随着 5G 的到来，基站密度加大、手机终端升级、物联网终端普及，都将会带来电磁屏蔽和导热材料、天线振子需求的大幅增加，公司将是 5G 上游组件市场的直接受益者。

**创新开发出全新一代塑料天线振子，技术领先：**天线振子用于导向和放大电磁波，是基站天线的核心器件，5G 时代 Massive MIMO（大规模天线阵列）技术的应用，单面天线的振子数量将会从 4G 最多 16 个大幅增加至 64、128 甚至 256 个，原有铸造工艺、钣金工艺的天线振子因重量和体积大将不能满足要求，公司与 5G 基站主流设备商紧密合作，创新开发出全新一代塑料天线振子，工艺与 4G 完全不同，具有独特技术优势，未来有望成为新的业务增长点。

**公司电磁屏蔽和导热材料传统业务步入快速发展期，IPO 募投产能释放，带动业绩大幅提升：**公司电磁屏蔽和导热材料广泛应用于通信设备、消费电子、数据中心、汽车电子等领域，下游需求旺盛，IPO 募投项目建成后，我们根据公告预测公司产能将增加 1 倍，有望带动业绩大幅提升，传统业务步入快速发展期。

**人才储备充足，股权激励落地，未来发展动力强劲：**公司具有国际领先的行业人才储备，近日完成了除高管外的 64 名中层管理人员和核心技术人员的限制性股票授予，上下同心，未来发展动力强劲。

**投资建议：**我们预计公司 2018 年~2020 年的收入分别为 14.9 亿元（+43.5%）、25.6 亿元（+72.0%）、37.1 亿元（+45.1%），归属于上市公司股东净利润分别为 1.85 亿元（+70.9%）、3.20 亿元（+73.4%）、4.92 亿元（+53.6%），对应 EPS 分别为 0.91 元、1.57 元、2.42 元，对应 PE 分别为 38 倍、22 倍、14 倍。考虑到 5G 新周期的到来将拉动下游需求，公司电磁屏蔽和导热材料业务步入快速发展期，5G 天线振子将带来业绩高弹性，我们维持“买入-A”评级，6 个月目标价为 36.30 元，对应 2018 年动态 PE 40 倍。

**风险提示：**5G 商用进程不达预期，天线方案存在不确定性。

### 3.2. 生益科技：国内 CCL 龙头厂商，5G 高频材料引领发展新空间

**公司稳居覆铜板产业全球 TOP2：**公司业务以覆铜板及粘结片生产为主。根据 Prismark 统计（收入口径），公司自 2013 年开始稳居刚性覆铜板产业世界第二、中国第一，并与第一位建滔的差距逐步缩小。2016 年，公司拥有粘结片产能 8322 万平米和覆铜板产能 7067 万平米（其中挠性板 829 万平米）。我们预测，随着 2018-2020 年公司松山湖、陕西产线扩产以及九江厂一期、生益特材建成投产，公司的覆铜板总产能有望突破 1 亿平米/年。

**5G 对覆铜板高频高速性能要求大增，国内厂商亟待突破。**在 5G 时代，无线信号不断向高频段延伸，通道数及数据处理量大幅增加，未来高频（天线用）高速（IDC/基站用）材料需求预期大幅增长。我们预估用于 5G 基站天线的高频覆铜板量将是 4G 的 10 倍以上。目前主流高频产品是通过使用聚四氟乙烯（PTFE）及碳氢化合物树脂材料工艺实现，罗杰斯占据了聚四氟乙烯（PTFE）领域 50% 以上的市场份额，其余被 Park/Nelco、Isola 等美日厂商占据，国内厂商亟待突破。

**生益高频/高速板材羽翼渐丰，5G 周期有望率先实现规模国产化。**根据 PrismaMark 统计，生益是中国覆铜板品类规格最为齐全的公司，但目前仍以生产各阶 FR-4 及 CEM-1、CEM-3 等复合材料覆铜板产品为主。公司目前拥有多个高频、高速产品体系，但市场占有率较低。2016 年，公司投资设立江苏特材，预计达产后将实现 PTFE 材料产能 8.8 万平米/月。在 5G 周期，我们看好公司依托性价比优势获得下游设备商以及本土 PCB 加工龙头厂商认可，实现高频/高速覆铜板规模国产化。

**5G 高频高速覆铜板占比提升，看好公司毛利率进一步改善。**覆铜板行业的上游原料主要包括铜箔、玻纤布及树脂，覆铜板龙头公司对原材料的成本转嫁能力较强。我们预期未来随着环保督察及供给侧改革持续，铜箔和覆铜板或将维持价格不降。另外，随着 5G 覆铜板材料向高频化、高速化、无卤化、高 Tg 发展，预计未来公司产品结构中高频高速覆铜板销售占比逐步提高，看好公司毛利率向罗杰斯、TACONIC 等国外巨头看齐。

**风险提示：**覆铜板行业竞争加剧，5G 下游需求不及预期。

### 3.3. 沪电股份：4G 周期蛰伏，5G 周期向上拐点将至

**精耕主业，通信设备板+高阶汽车板双轮驱动：**沪电股份由台湾印刷电路板（PCB）传奇企业家吴礼淦先生创立，多年来公司深耕刚性 PCB 主业，稳健经营。目前公司接近 97% 的收入来自于刚性 PCB 板业务，其中通信设备板、高阶汽车板各占公司营收的 62.8% 和 25.5%。根据 NTI 的排行榜，2016 年公司位居全球 PCB 企业的第 21 位，在中国大陆仅次于建滔。

**5G 对高频高速 PCB 的用量需求大增：**在 5G 时代，无线信号将向更高频段延伸，基站密度及移动数据计算量大幅增加，未来高频（天线用）高速（IDC/基站用）器件的需求预期大幅增长。我们预估仅用于 5G 基站天线的高频 PCB 就将是 4G 的数倍。另外，5G 时代下的云数据中心网络架构将带来大型 IDC、边缘中小型数据中心的增加，高速 PCB 的用量也将成倍数增加。

**5G 高端 PCB 的附加值将由掌握“材料技术”和“核心工艺”的公司共同分享：**PCB 只靠高频材料是远远不够的，制作工艺对 PCB 的最终性能有关键影响。1、高频高速 PCB 工艺涉及对 PCB 成品线宽、线厚、孔径、层间对位精度等多项指标的要求，每道工序的加工难度都较以往大幅提高；2、应用某些树脂和低介电玻纤布等原材料的覆铜板本身加工难度比普通 FR-4 覆铜板更高。实现 5G 的性能要求需要 PCB 制造商和材料厂商共同努力，未来二者将共同分享 5G 的市场附加值。沪电股份的高速板工艺在国内首屈一指，我们预计在 5G 周期中，沪电股份和深南电路将仍是通信设备 PCB 两大玩家，共同分享增量市场的蛋糕。

**手握核心设备商客户资源，5G 预计维持较高份额：**2016 年，公司前 5 大客户销售已占了公司总收入的 73.2%（前 3 大占 57%），合计销售金额较 15 年增长了 33.1%。公司前 5 大客户为通信（华为、诺基亚）、服务器（思科）、汽车零部件（大陆）领域的世界级巨头。其中，通信和服务器设备领域认证门槛高、周期长，一旦核心供应商地位确定后较难撼动。在 4G LTE 建网阶段，公司在华为、诺基亚等设备商的 PCB 采购中就已经占据重要地位，近两年份额进一步提升，5G 预计继续维持较高份额。

**4G 周期蛰伏，5G 内生拐点或将来临：**公司本部昆山厂、黄石沪士和沪利微电是公司三大经营平台。2013~2015 年公司由于昆山新厂搬迁，业绩大幅下滑。公司在困难时期牺牲了短期毛利，在昆山旧厂坚持生产，4G 周期在通信设备商采购中的份额维持稳定。目前，公司昆山、黄石新厂均已搬迁完毕，产能利用率和良率稳步恢复，内生改善趋势明显。另外，公司 16 年已经全额收到昆山开发区累计 8.14 亿政府搬迁补偿款（账上待摊销的递延收益余额

5.73 亿)。该款项用于公司新厂产能重置，新设备完全满足 5G 的高精度要求，为抢占市场份额铺平了道路。

**风险提示：**PCB 行业竞争加剧，5G 下游需求不及预期

### 3.4. 深南电路：通信 PCB 龙头之一，布局封装基板和电子装联

**内资 PCB 龙头，中高端加工工艺强大：**深南电路是老牌 PCB 企业，其前身在 1984 年成立。深耕行业多年，其技术水平和生产能力水平均处于行业领先地位。在全球前三十大 PCB 厂商中，深南电路是 NTI 前 30 大厂商中唯一的纯中国内资企业。公司在细分市场中以产品结构为导向，聚焦高中端制造，以生产高技术含量产品应用于高端领域，具有较强的竞争力，占据细分市场领先地位。

**公司拥有 PCB、封装基板及电子装联三项业务，形成了独特的“3 合一”业务布局，**提供一站式解决方案。在 2017 年上半年，深南电路 70% 以上的收入来自 PCB 业务。公司以线路互联为核心，在不断强化印制电路板业务领先地位的同时，大力发展与其“技术同根”的封装基板业务及“客户同源”的电子装联业务。公司具备提供“样品→中小批量→大批量”的综合制造能力，通过开展方案设计、制造、电子装联、微组装和测试等全价值链服务。

**通讯板龙头，在设备商采购中占重要地位。**深南电路客户大客户主要为通信设备及消费终端设备客户，主要包含华为、中兴、通用电气、三星、歌尔股份、伟创力等。公司对前 5 大客户的销售占公司营业收入的 60%~70%。在 2014 年~2016 年公司对前 5 名客户的销售占营业收入的比例分别为 67.53%、61.35%和 65.33%。另外，公司的境外客户主要包括诺基亚、伟创力、富士康等，2014 年~2016 年公司对境外前五名客户的销售额占同期营业收入的比例分别为 32.39%、29.21%和 29.31%。公司对华为的销售金额及占比逐渐上升，2016 年占比高达 46.35%，将在 5G 时代占有华为采购的重要份额。

**IPO 募集资金 12.7 亿元，产能进一步扩张。**2016 年底，公司的 PCB 和基板产能分别为 134.4 万平方米/年和 20.6 万平方米/年。根据公司公告，深南电路 IPO 募集资金净额为 12.7 亿元，主要投向高端和高密度的 IC 基板项目和高速和高密度的多层 PCB 项目。该两个项目的总投资额为 17.4 亿元，根据公司的扩张计划，本次募投项目达产后，公司将新增数通用电路板 34 万平方米/年和封装基板 60 万平方米/年的生产能力。公司预计这两个项目达产后将每年贡献净利润 3.01 亿元。

**风险提示：**PCB 行业竞争加剧，5G 下游需求不及预期

## ■ 行业评级体系

### 收益评级:

领先大市 — 未来 6 个月的投资收益率领先沪深 300 指数 10%以上;

同步大市 — 未来 6 个月的投资收益率与沪深 300 指数的变动幅度相差-10%至 10%;

落后大市 — 未来 6 个月的投资收益率落后沪深 300 指数 10%以上;

### 风险评级:

A — 正常风险, 未来 6 个月投资收益率的波动小于等于沪深 300 指数波动;

B — 较高风险, 未来 6 个月投资收益率的波动大于沪深 300 指数波动;

## ■ 分析师声明

夏庐生、彭虎、胡又文、孙远峰声明, 本人具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格, 勤勉尽责、诚实守信。本人对本报告的内容和观点负责, 保证信息来源合法合规、研究方法专业审慎、研究观点独立公正、分析结论具有合理依据, 特此声明。

## ■ 本公司具备证券投资咨询业务资格的说明

安信证券股份有限公司(以下简称“本公司”)经中国证券监督管理委员会核准, 取得证券投资咨询业务许可。本公司及其投资咨询人员可以为证券投资人或客户提供证券投资分析、预测或者建议等直接或间接的有偿咨询服务。发布证券研究报告, 是证券投资咨询业务的一种基本形式, 本公司可以对证券及证券相关产品的价值、市场走势或者相关影响因素进行分析, 形成证券估值、投资评级等投资分析意见, 制作证券研究报告, 并向本公司的客户发布。

## ■ 免责声明

本报告仅供安信证券股份有限公司(以下简称“本公司”)的客户使用。本公司不会因为任何机构或个人接收到本报告而视其为本公司的当然客户。

本报告基于已公开的资料或信息撰写, 但本公司不保证该等信息及资料的完整性、准确性。本报告所载的信息、资料、建议及推测仅反映本公司于本报告发布当日的判断, 本报告中的证券或投资标的价格、价值及投资带来的收入可能会波动。在不同时期, 本公司可能撰写并发布与本报告所载资料、建议及推测不一致的报告。本公司不保证本报告所含信息及资料保持在最新状态, 本公司将随时补充、更新和修订有关信息及资料, 但不保证及时公开发布。同时, 本公司有权对本报告所含信息在不发出通知的情形下做出修改, 投资者应当自行关注相应的更新或修改。任何有关本报告的摘要或节选都不代表本报告正式完整的观点, 一切须以本公司向客户发布的本报告完整版本为准, 如有需要, 客户可以向本公司投资顾问进一步咨询。

在法律许可的情况下, 本公司及所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券或期权并进行证券或期权交易, 也可能为这些公司提供或者争取提供投资银行、财务顾问或者金融产品等相关服务, 提请客户充分注意。客户不应将本报告为作出其投资决策的惟一参考因素, 亦不应认为本报告可以取代客户自身的投资判断与决策。在任何情况下, 本报告中的信息或所表述的意见均不构成对任何人的投资建议, 无论是否已经明示或暗示, 本报告不能作为道义的、责任的和法律的依据或者凭证。在任何情况下, 本公司亦不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。

本报告版权仅为本公司所有, 未经事先书面许可, 任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制、发表、转发或引用本报告的任何部分。如征得本公司同意进行引用、刊发的, 需在允许的范围内使用, 并注明出处为“安信证券股份有限公司研究中心”, 且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。

本报告的估值结果和分析结论是基于所预定的假设, 并采用适当的估值方法和模型得出的, 由于假设、估值方法和模型均存在一定的局限性, 估值结果和分析结论也存在局限性, 请谨慎使用。

安信证券股份有限公司对本声明条款具有惟一修改权和最终解释权。

■ 销售联系人

上海联系人	朱贤	021-35082852	zhuxian@essence.com.cn
	孟硕丰	021-35082788	mengsf@essence.com.cn
	李栋	021-35082821	lidong1@essence.com.cn
	侯海霞	021-35082870	houhx@essence.com.cn
	林立	021-68766209	linli1@essence.com.cn
	潘艳	021-35082957	panyan@essence.com.cn
	刘恭懿	021-35082961	liugy@essence.com.cn
	孟昊琳	021-35082963	menghl@essence.com.cn
北京联系人	温鹏	010-83321350	wenpeng@essence.com.cn
	田星汉	010-83321362	tianxh@essence.com.cn
	王秋实	010-83321351	wangqs@essence.com.cn
	张莹	010-83321366	zhangying1@essence.com.cn
	李倩	010-83321355	liqian1@essence.com.cn
	姜雪	010-59113596	jiangxue1@essence.com.cn
	王帅	010-83321351	wangshuai1@essence.com.cn
	深圳联系人	胡珍	0755-82558073
范洪群		0755-82558044	fanhq@essence.com.cn
杨晔		0755-82558046	yangye@essence.com.cn
巢莫雯		0755-82558183	chaomw@essence.com.cn
王红彦		0755-82558361	wanghy8@essence.com.cn
黎欢		0755-82558045	lihuan@essence.com.cn

安信证券研究中心

深圳市

地址：深圳市福田区深南大道 2008 号中国凤凰大厦 1 栋 7 层

邮编：518026

上海市

地址：上海市虹口区东大名路 638 号国投大厦 3 层

邮编：200080

北京市

地址：北京市西城区阜成门北大街 2 号楼国投金融大厦 15 层

邮编：100034