

为什么说天线是5G增量最显著环节之一

投资要点

天线搭载基站，成为实现5G场景需求的关键要素：基站为天线的载体，基站通过天线数量的配置影响移动网络容量。5G应用场景实现依赖于高速的传输速率，要求天线支持多TR通道、灵活实时波束调节及支持高频通信功能。

天线架构从无源进化到有源，上游射频元器件供应商机会到来：有源天线与无源天线的区别为，有源天线将基站射频部件集成到天线，从无源天线向半有源天线（AAU）演变，及多收多发的Massive MIMO有源天线的实现，将拉动无线产业链上游射频元器件需求稳增；同时天线的有源化更有利于支持MIMO和Beamforming，更好达成5G目标。

牌照发放引领基站建设高峰期，无线产业迎利好机会：1) 基站建设将迎高峰，运营商即将发力：回顾3G、4G基站建设，2009年基站站数同比增加135.12%，2014年基站数同比增加61%，牌照发放后1年为基站建设增速的波峰，预计5G基站建设增速将快于3G、4G基站建设增速；在牌照发放后运营商资本支出力度不断加大，资本开支总额与移动网资本开支变动大体一致，根据运营根据三大运营商从2G时代到4G时代每年资本开支情况进行测算，我们预计天线板块的5G时代的投资额在800到1000亿元左右。2) 5G时代天线需求呈倍数级增加：5G时代Massive MIMO相对于4G天线，单面天线阵子数量将提升约1.3到3倍左右。

板块估值处于阶段性低估值阶段，值得重点关注：在牌照发放及之前1年时间段内，通信板块及无线板块估值均处于较低的水平或存在下降的趋势，在牌照发放1年后，通信板块与无线板块估值均逐步回升，目前5G产业大周期确定向上，通信板块与无线板块即将进入上行周期阶段。

投资建议：Massive MIMO技术的推广以及5G大规模部署带来天线需求与芯片及射频器件的猛增，我们持续看好无线产业，重点关注：1)天线及上游器件：鸿博股份(弗兰德科技)、飞荣达、通宇通讯、世嘉科技、春兴精工、武汉凡谷等；2)上游材料创新等：中石科技、沪电股份、深南电路、生益科技。

风险提示：中美贸易摩擦缓和低于预期风险；5G部署进程不及预期。

1. 天线为5G移动通信系统的关键要素

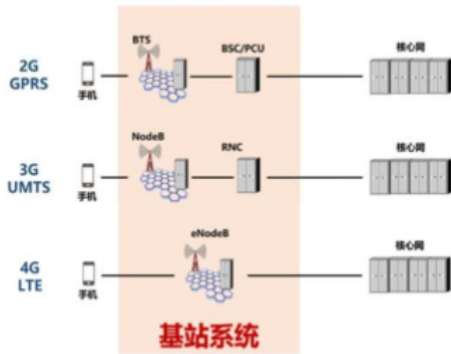
天线本质上为变换器，将传输线上传播的导行波，转换成在无界媒介或者自由空间中传播的电磁波，或者进行相反的转变。无线电通信、广播、电视、雷达、导航、电子对抗、遥感、射电天文等工程系统，凡是利用电磁波来传递信息的，都依靠天线来进行工作。

基站是天线的载体，2G、3G时代基站系统分为两层，4G时代的天线系统主要包括基带处理单元（BBU）、射频拉远单元（RRU）以及天线和馈线，其中，天线数量的配置影响

基站移动网络容量。

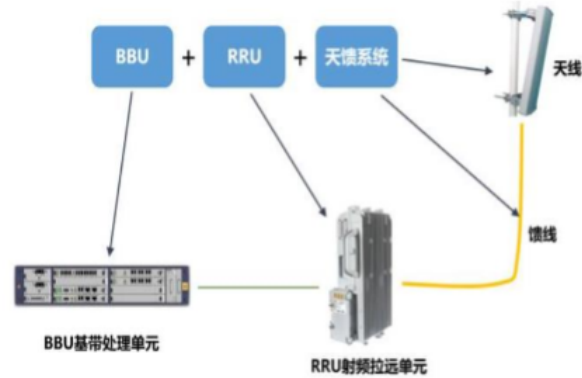
5G网络对天线提出了新的性能要求。未来5G网络的系统容量需求将达到兆位的等级，是目前4G网络容量的1000倍。在单位区域内布建超高密度的小型基站，以形成超高密度的异质网络，以期达到每平方公里10Tbit/s的系统需求，这种密集化的网络有了更为具体的应用场景，且需求也更为迫切。

图 1: 基站在传输网络作用示意图



数据来源: 中国报告网, 东吴证券研究所

图 2: 4G 基站系统结构



数据来源: 搜狐科技, 东吴证券研究所

5G的三大应用场景主要为：1) 增强移动宽带（eMBB）：引人为中心的应用场景，实现超高的传输数据速率及广覆盖下的移动性保证等；2) 高可靠低时延连接（uRLLC）：连接时要达到1ms级别，支持高速移动情况下的高可靠连接；3) 海量物联（mMTC）：5G强大的连接能力快速促进智慧城市、智能家居以及环境监测等个垂直行业的深度融合，实现万物互联。5G应用场景需要依靠高速的传输速率，要求天线支持更多TR通道，灵活实时波束调节及支持高频通信等要求。

2. 天线架构从无源进化到有源，更有利于支持MIMO和Beamforming，更好达成5G目标

2.1. 5G需求推动天线技术不断演进

5G区别于3G与4G，需求指标除峰值速率指标，还提出频谱效率、空间容量、移动性能、时延、连接密度、网络效能及体验速率八个关键要求指标，5G的需求指标较4G有大幅提升，5G峰值速率达20Gbps，较4G提升20倍，容量空间提升100倍，网络效能提升100倍。

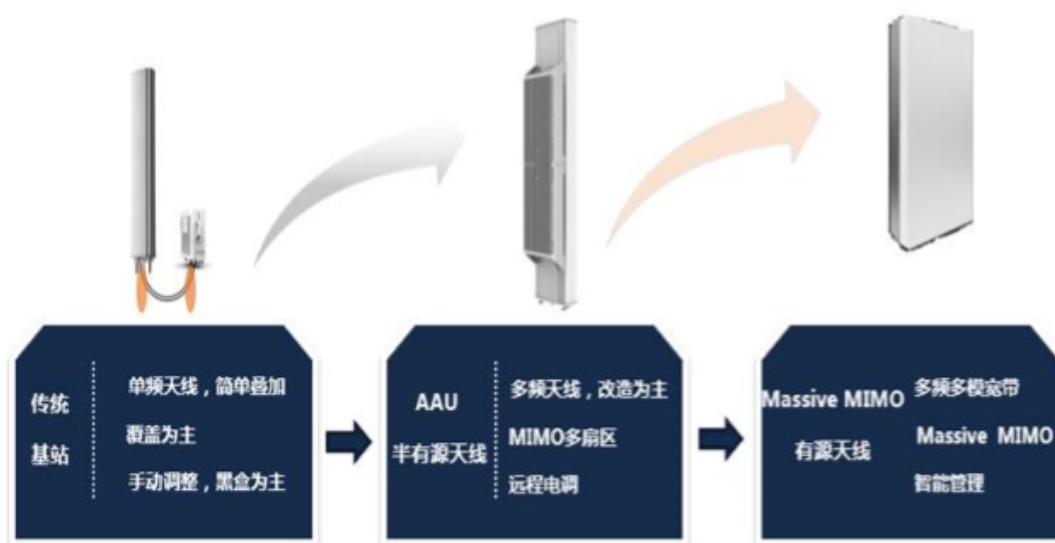
图 3: 5G 相比 4G 的断代需求指标

指标	峰值速率	频谱效率	空间容量	移动性能	时延	连接密度	网络能效	体验速率
5G	20Gbps	3X	10Mb/m ²	500km/h	1ms	100万终端/平方公里	100X	100Mbps
4G	1Gbps	1X	0.1Mb/m ²	350km/h	10ms	10万终端/平方公里	1X	10Mbps

资料来源: ITU, 东吴证券研究所

为满足场景需求, 天线逐步从传统建站的简单叠加、覆盖为主的单频天线, 到多频的半有源天线, 以及多发多收的Massive MIMO演进。在5G通信系统的驱动下, 天线从无源向有源过渡, 智能化、小型化及定制化趋势愈加明显。

图 4: 天线演进过程



资料来源: CSDN、C114, 电子发烧友, 东吴证券研究所

2.1.1. 无源向有源进化, 为上游元器件上带来机会

从天线架构的发展趋势来看, 射频模块与天线集成化是技术发展趋势, 并且逐步演进为多通道的系统集成, 即无源天线结构向大规模阵列有源天线 (Massive MIMO) 进行转变。

图 5: 传统无源天线形态



数据来源: 中国报告网, 东吴证券研究所

图 6: 华为 Massive MIMO 有源天线

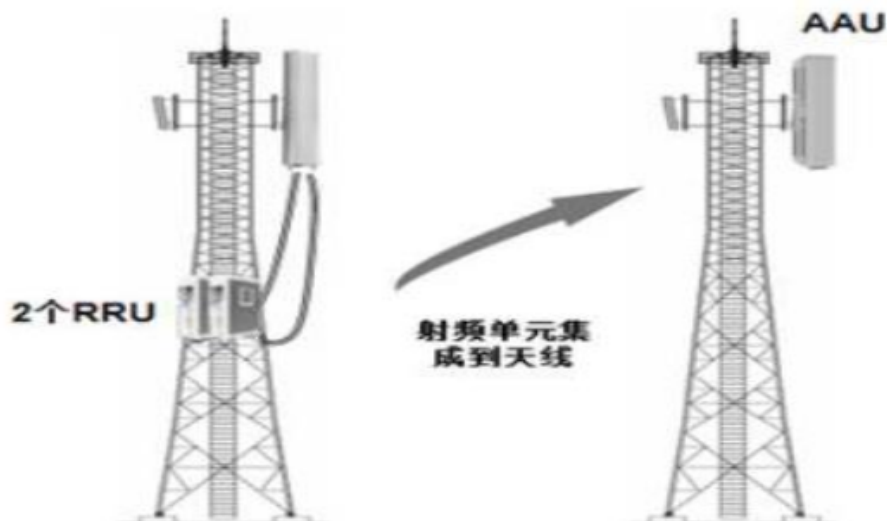


数据来源: 搜狐, 东吴证券研究所

阶段一: 从无源天线到AAU

在多个频段组网下, 传统方法需要选择两个远端射频模块 (RRU) 连接到无源天线, 采用有源天线单元后, 2个远端射频模块 (RRU) 集成到天线中, 即将射频单元集成到天线中, 形成半有源天线(AAU)。

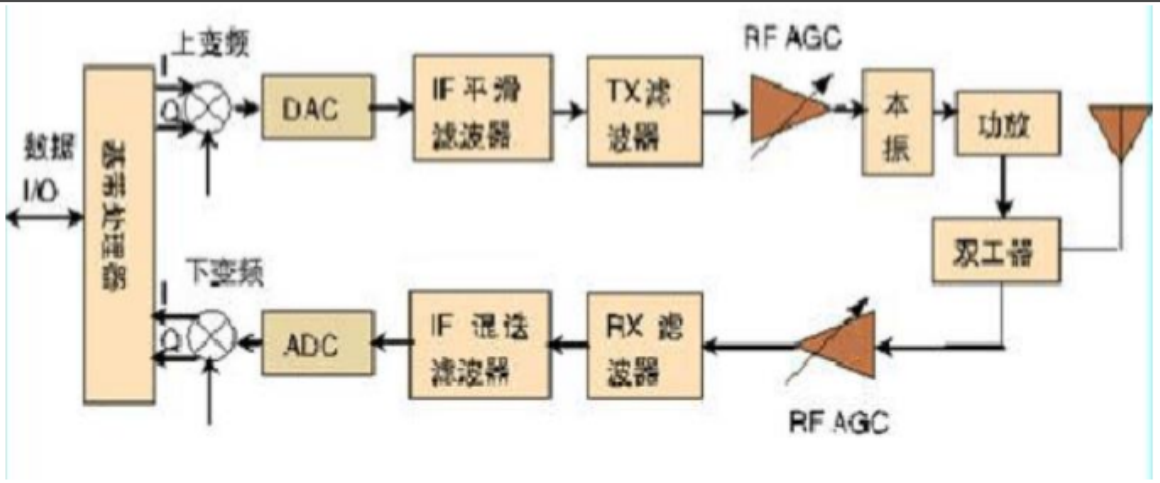
图 7: 传统天线与 AAU



资料来源: 中国信息产业网, 东吴证券研究所

RRU是基带下行信号经数模转换、变频、滤波, 再经线性功率放大器后通过滤波器传至天馈。上行将收到的移动终端信号经滤波、低噪声放大、进一步的射频小信号放大滤波和下变频, 然后完成模数转化和数字中频处理等。

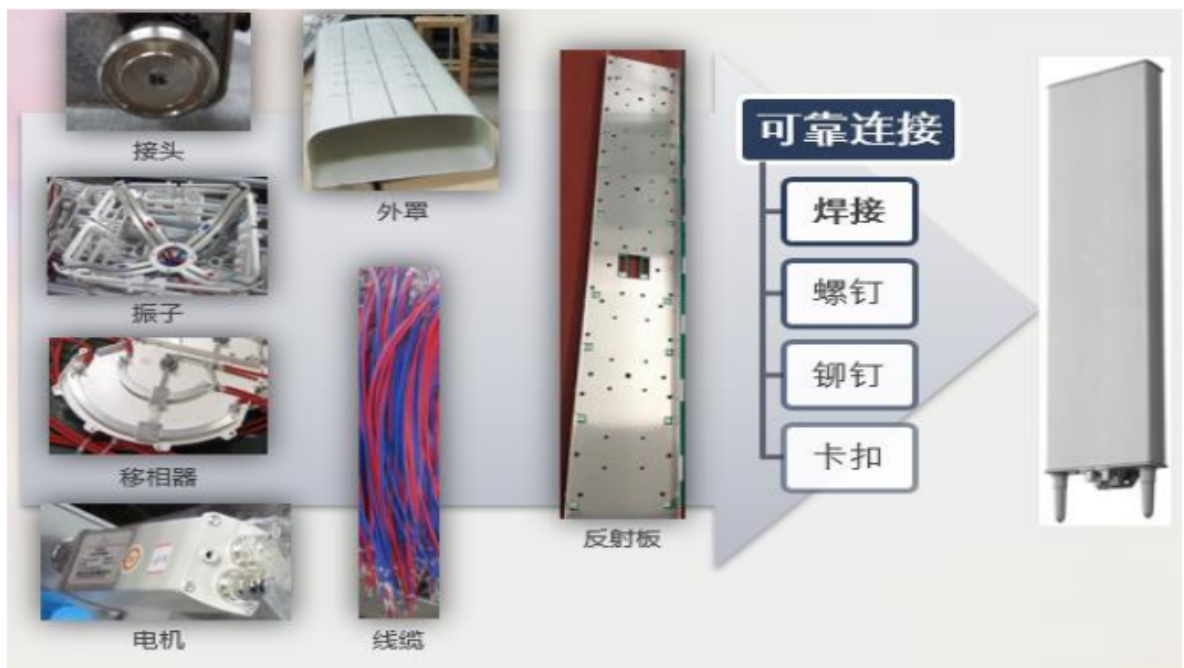
图 8: RRU 内部结构图



资料来源：道客巴巴，东吴证券研究所

无源天线是指不带任何有源器件（工作时内部有电源存在的电子元器件）的天线，主要包括接头、振子、移相器、反射板、外罩、电机和线缆七大部件。目前无源天线的演进的主要方向为定位感知、身份识别、嵌入式电机、集中远程电调、小接头以及特型天线。

图 9: 传统无源天线的内部结构



资料来源：C114、百度，东吴证券研究所

有源天线将基站的射频部件集中到天线中，但有源天线中的射频部件与基站RRU最大的区别在于使用大量的分布式、小型化的RoC、双工器和小功放，该结构能够进一步减少馈线连接的功率损耗，可使系统具有更高的信噪比、更好的匹配以及更宽的频带。

图 10: AAU 结构图

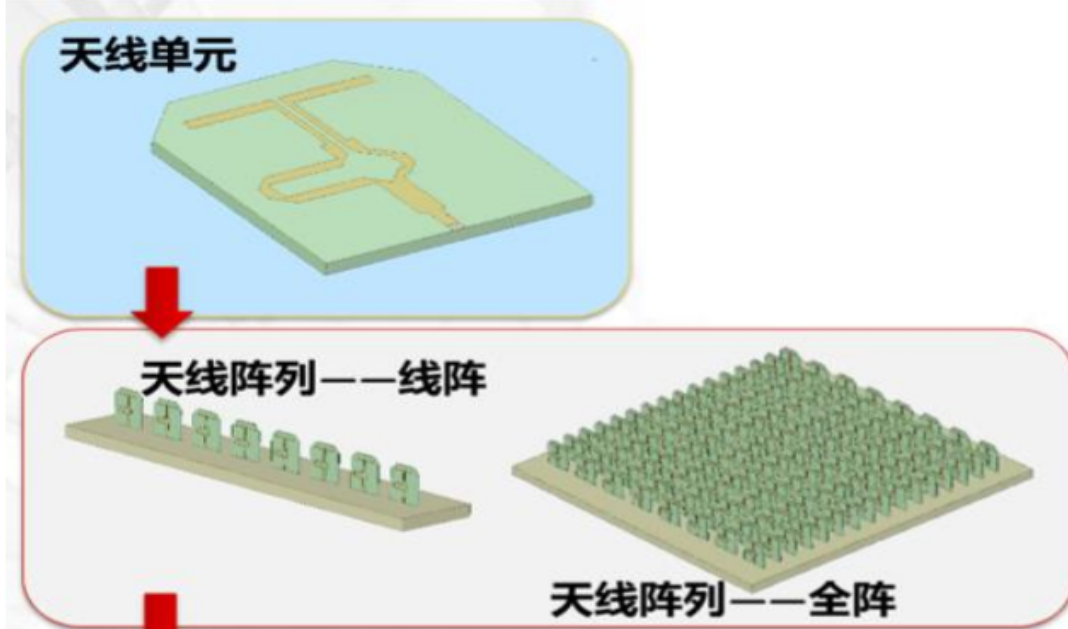


资料来源：通信网，东吴证券研究所

阶段二：从AAU到Massive MIMO有源天线

Massive MIMO 有源天线相对于传统基站天线和AAU相比，将基站的射频部分集成到天线内部，采用多通道的射频和天线振子配合，实现空间波束赋形，完成射频信号的收发。阵列数量非常大，且阵列单元具备独立收发功能，多天线单元能实现同时收发数据。

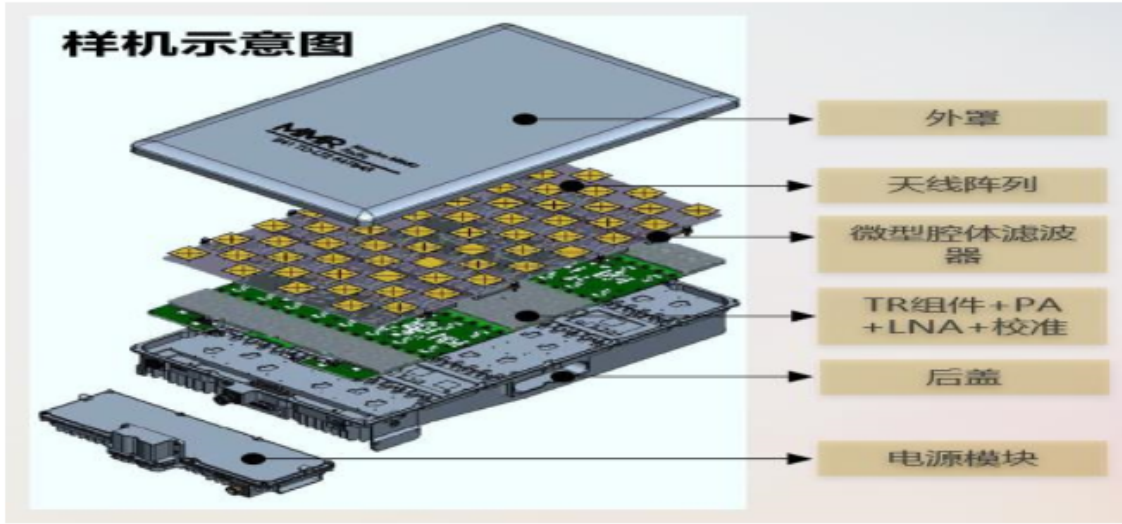
图 11: Massive MIMO 天线阵列化



资料来源：道客巴巴，东吴证券研究所

总体来说，有源天线较无源天线主要变化是滤波器和PCB版的数量,能更好的实现 Massive MIMO天线阵列以及精准波束赋形，满足5G低时延、高可靠和超高传输速率的场景需求。

图 12: 有源天线样机示意图

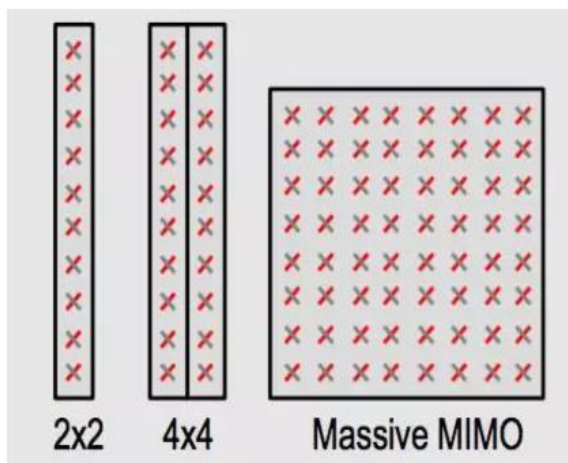


资料来源: 中国移动, 东吴证券研究所

1) 对PCB板性能要求逐步加大

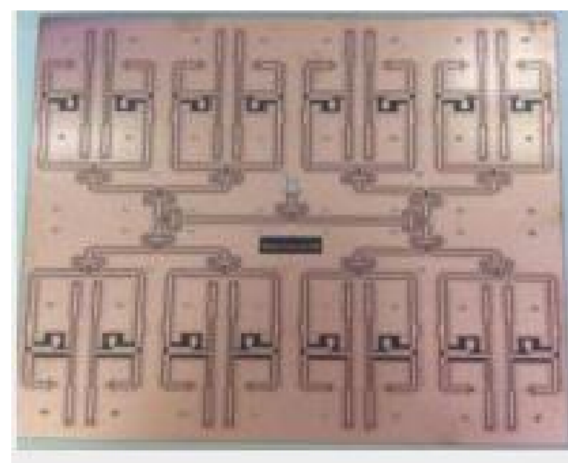
天线的阵列化, 目前大规模天线阵列 (Massive MIMO) 逐步成为天线中的关键技术。传统的TDD网络设备基本是2通道或8通道, 每通道天线阵子多为8~12个, 而Massive MIMO的通道数达64, 每通道天线阵子数为2~3个。

图 13: 传统无源天线形态



数据来源: 搜狐, 东吴证券研究所

图 14: 华为 Massive MIMO 有源天线



数据来源: 搜狐, 东吴证券研究所

阵列天线的阵子数量多且阵子间的距离较近, 需通过优化辐射单元及组阵方式, 减少互耦, 提高整体的可靠性, 因此天线阵列底板主要以高品质的PCB板为主, 主要原因为: 1) 高品质的PCB满足波束赋形对幅度和相位的精准调控的要求; 2) 由于校准网络的缘故, 电路只能在一块PCB板上完成。2) 滤波器、功放等元器件数量和质量要求更高。

有源天线对滤波器的数量 and 品质相对于无源天线有更高的要求, 滤波器作为射频系统中必不可少的关键部件之一, 主要用做频率选择, 让需要的频率通过, 反射干扰频率信号, 提高频率效率, 同时滤波器对幅度和相位的稳定性比较高。有源天线将滤波器集成到天线内部, 相对于基站RRU中的滤波器、功放等器件的性能需求更高。

TR组件需要完成信号放大、收发转换以及信号幅相控制等多重功能。一个TR模块的基本芯片设置包括高功率放大器、低噪声放大器加保护电路，可调增益的放大器和调制解调器、数模/模数转换器，以及数字中频模块。TR组件功能是把射频的功能集中到天线后面，而无源天线不具备TR组件，所以无源天线不承载滤波功能。

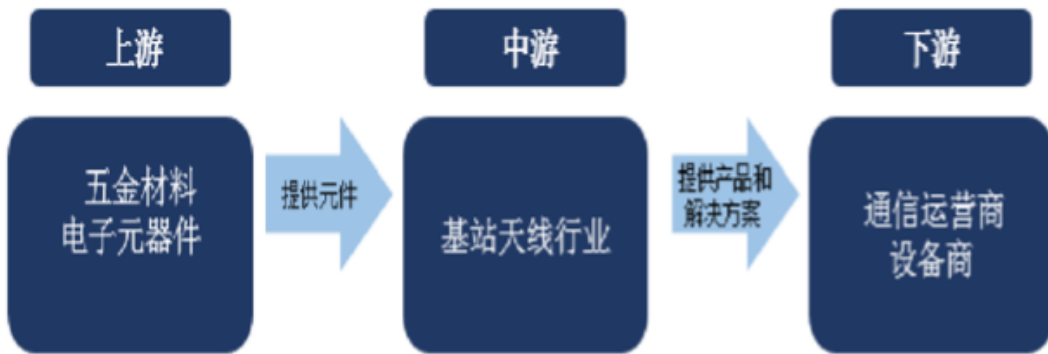
图 15: TR 组件实物图



资料来源：搜狐，东吴证券研究所

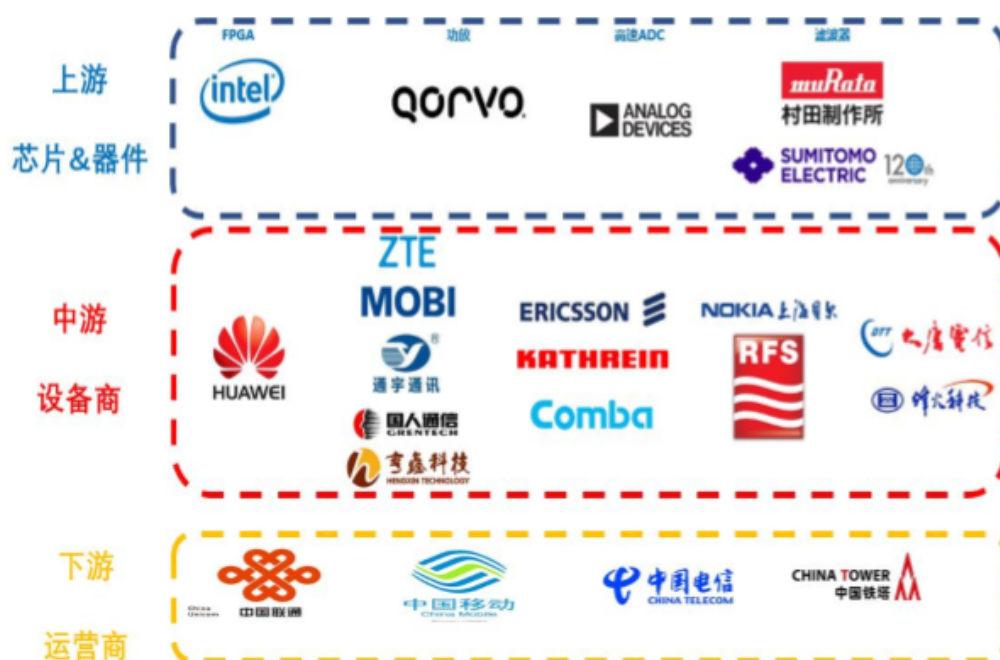
目前有源天线较有源天线成本较高，2.6G有源天线30万/站，10万元/扇区；无源天线扇区成本约为千元，至多不超过4000元，因此，有源天线在全球范围内规模应用有所放缓。

图 16: 基站天线产业链



数据来源：搜狐，东吴证券研究所

图 17: 基站天线产业链主要厂商



数据来源: C114、百度, 东吴证券研究所

针对基站天线行业的产业链, 上游主要是芯片、线缆以及电子元器件供应商, 中游为以华为、中兴、爱立信及诺基亚为主的主设备商, 下游主要以运营商为主。下游主要针对通信系统运营商、设备提供商以及行业及客户等。

有源天线相对于无源天线为上游的芯片和器件厂家带来利好机会:

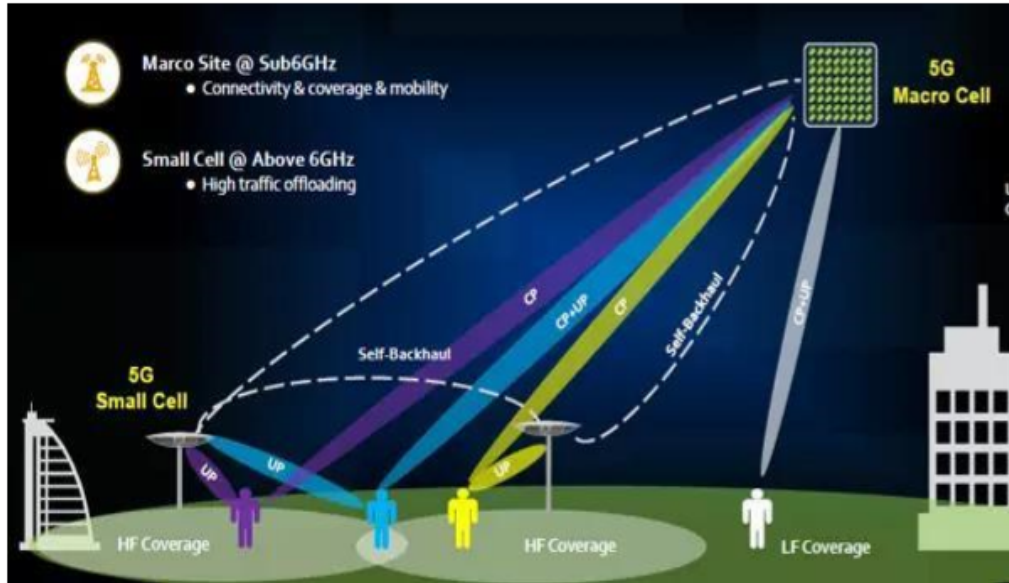
- 1) Massive MIMO技术的推广以及5G大规模部署带来天线需求的猛增。
- 2) 随着天线结构从无源向有源的不断演进, 对芯片和射频器件的需求不断增加, 芯片和器件多来自进口, 需求的猛增对国内厂商也是利好机会。

2.2. 天线关键技术能更好实现5G目标

5G无线侧将引入Massive MIMO技术, 使用大量天线形成大规模的天线阵列, 利用多根天线形成的空间自由度及有效的多径分量, 提高系统的频谱利用效率、提升用户体验。

频率是天线重要的参数, Massive MIMO可形成更窄更高增益波束, 降低干扰, 提升信噪比, 提升频谱效率5-8倍。基于同时同频, 使资源在每个波束间复用, 可以成倍的提高频谱效率, 每个用户能享受更多的资源, 达到更高的峰值速率, 实现多通道和多空间的划分。传输速率提升, 下行方向, 降低干扰, 上行方向更多接收增益, 提升用户体验, 应对移动宽带业务的爆发式需求。

图 18: 波束赋形示意图

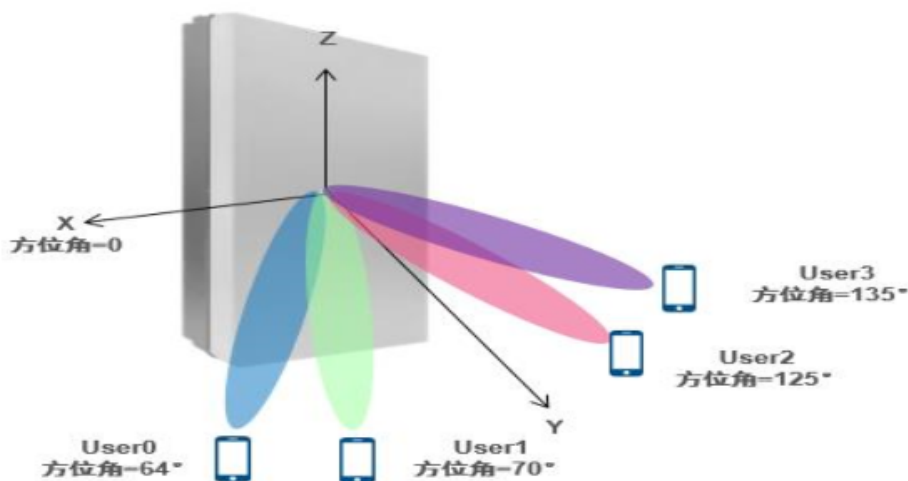


数据来源: 微波射频网, 东吴证券研究所

低频Massive MIMO用于广覆盖和深度覆盖, 作为基础容量层, 提供基本的用户体验速率。高频Massive MIMO天线用于热点区域、市内容量和无线回传。高低频混合组网, 实现最佳频谱利用。

覆盖效果增强, 阵列天线的波束赋形可以在垂直方向进行调整, 也可在水平方向进行调整, 实现更好的覆盖效果。精准的波束赋形, 根据用户信道和干扰信道的位置, 基带系统对天线各个端口的幅度和相位进行调节, 形成指向用户并进行实时跟踪的窄波束, 同时在干扰方向形成零陷, 从而提高信号的信噪比, 提升体验效率。

图 19: 波束赋形示意图



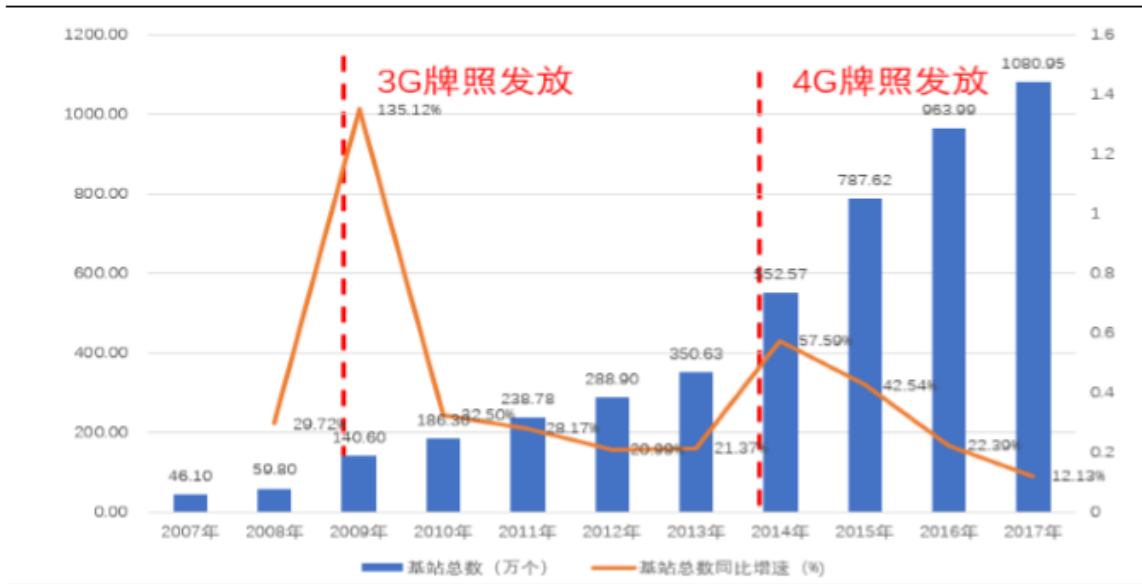
数据来源: C114、CSDN, 东吴证券研究所

3. 牌照发放引领基站建设高峰期，无线产业迎利好机会

3.1. 牌照发放引领基站建设高峰期，运营商资本开支逐步增加

回顾3G、4G基站建设，牌照发放后1年为基站建设增速的波峰；3G牌照发放后，2009年基站站数同比增加135.12%，2014年基站数同比增加57.59%，目前三大运营商4G基站部署基本完成，4G用户渗透率达70%，用户总数达10亿人，4G基站数328万，净增65.2万，基站建设增速逐步放缓，随着5G频率分配以及牌照发放的落地，基站将迎来新一轮建设高峰期。

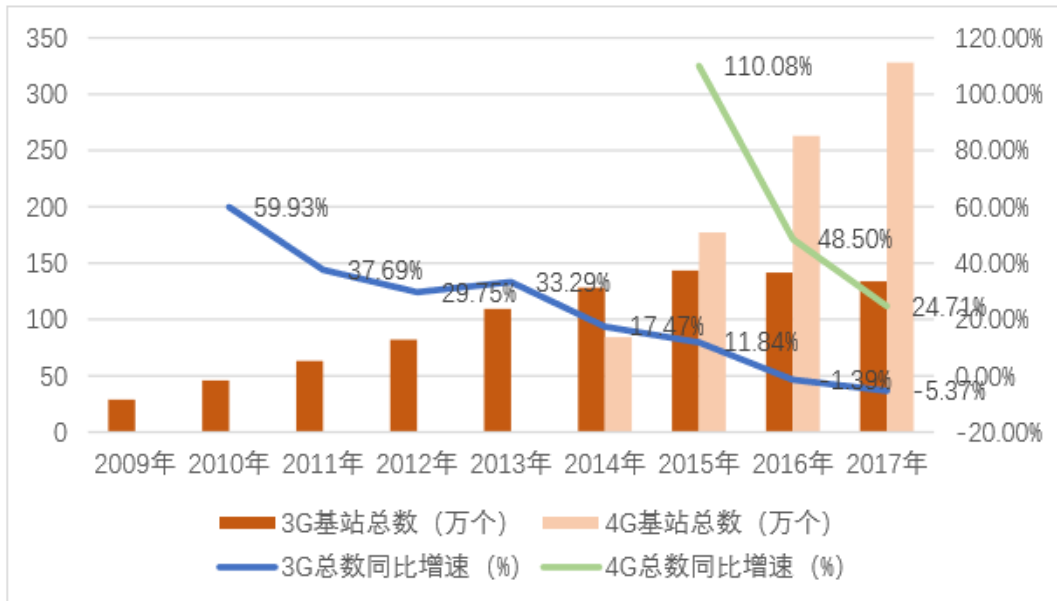
图 20: 我国基站数量 (万个)



数据来源：工信部，东吴证券研究所

4G基站建设较3G基站建设明显提速，2010年3G基站增速达59.93%，2015年4G基站增速达110.08%，随着5G部署以及5G商用进程的推进，我们预计5G基站建设增速快于3G、4G基站的增速。

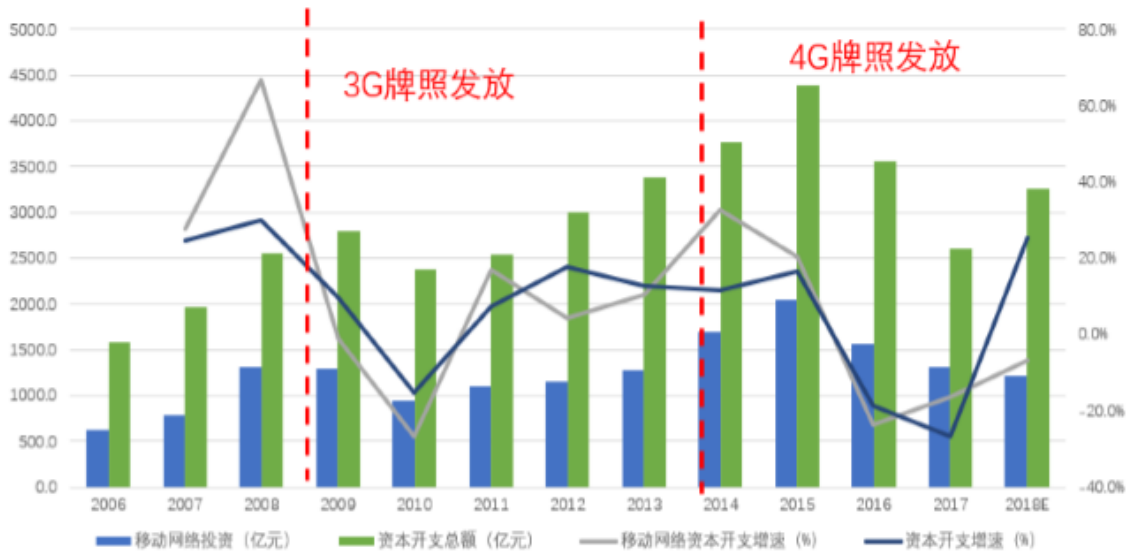
图 21: 3G/4G 基站数量 (万个)



数据来源: 工信部, 东吴证券研究所

运营商资本开支力度逐步加大, 资本开支总额与移动网资本开支变动大体一致, 在牌照发放后, 资本支出力度不断加大。预计三大运营商2018资本开支将维持在3000亿人民币以上, 2019年将逐步进入资本开支增长的高峰期, 较2018年大幅提升, 2020年随着5G基站大规模部署也将继续保持快速增长。

图 22: 运营商资本开支情况



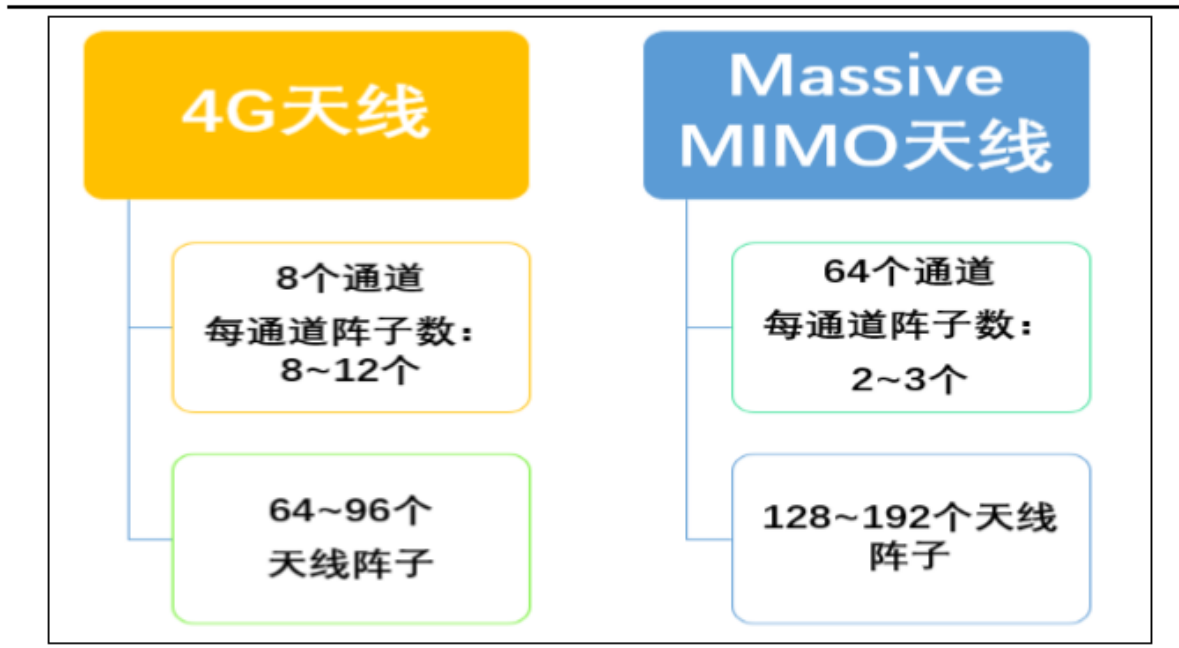
数据来源: wind、运营商年报, 东吴证券研究所

根据三大运营商从2G时代到4G时代每年资本开支情况进行测算, 在4G的投资高峰年, 三大运营商的总投资额是3G高峰期的157%, 5G时期运营商资本开始将会是4G时期的1.5倍, 我们预计天线板块的5G时代的投资额达800亿-1000亿元左右。

3.2. 5G时代天线需求将呈倍数级增加

5G的技术需求将进一步促进基站天线进一步放量。5G技术的向下兼容性，4G到5G的系统侧是“衔接、融合”的，因此基站建设是不断持续的过程，预计5G时期的基站数量将于4G时期保持一致，大约在380万个，预计5G全覆盖将会达到400万个。5G时代Massive MIMO技术相对于4G，每通道天线阵子数有所差异，但天线需求将持续增加。Massive MIMO相对于4G天线，单个基站天线需求提升约1.3到3倍左右。

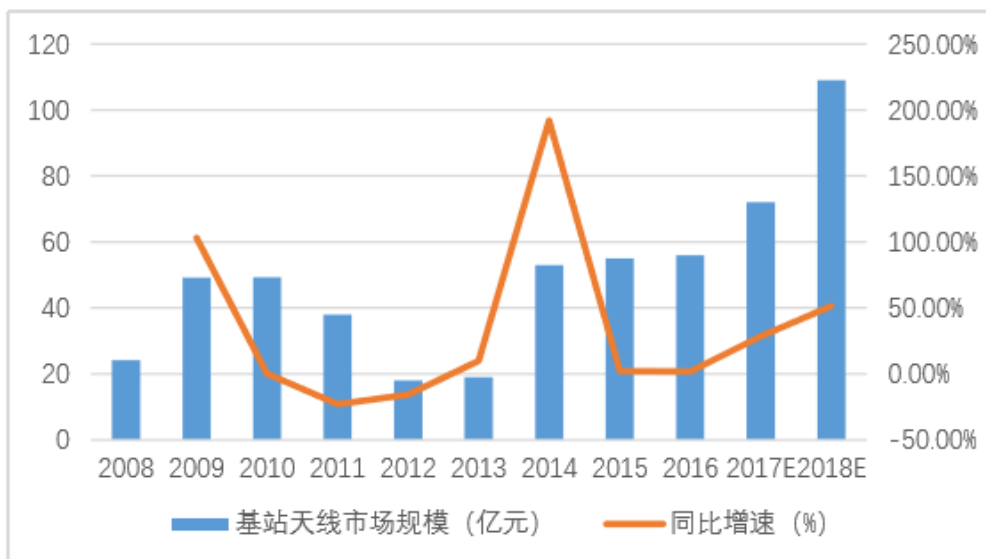
图 23: 4G 天线与 Massive MIMO 天线对比



数据来源: C114、中国产业信息网等, 东吴证券研究所

随着牌照的发放, 我国基站天线将进入利好发展阶段。3G牌照发放后, 2009年国内基站天线采购数量大幅增长, 市场规模达到49.2亿元, 较2008年增长了1倍。4G牌照发放后, 基于4G基站网组更密集, 2014年基站天线市场规模增长近200%。

图 24: 我国基站天线市场规模 (亿元)



数据来源: 中国信息产业网, 东吴证券研究所

2017年低频谱重耕，基站天线采购释放，基站天线向高阶MIMO升级、向有源化发展，我们预计2017-2019年预计基站天线市场复合增速为35%，将步入增长快车道。

5. 无线板块处于阶段性估值低估，即将进入上行周期阶段

回顾3G、4G时期，通信板块及无线板块估值与指数情况，在牌照发放及之前1年时间段内，通信板块及无线板块估值均处于较低的水平或存在下降的趋势，在牌照发放1年后，通信板块及无线板块估值均逐步回升。目前5G产业大趋势整体向好，我们预计5G牌照将于2019年发放，无线板块与通信板块将双双进入板块上行阶段。

图 25: SW 通信指数及无线产业链指数



数据来源: wind, 东吴证券研究所

图 26: 通信板块及无线板块历史估值



数据来源: wind, 东吴证券研究所

4. 投资标的建议

基于5G部署需求的稳增以及无源天线架构逐步向有源天线转变，预计未来天线需求以及射频器件需求不断稳增，我们看好上游元器件供应商以及下游天线厂商：

天线及上游器件：鸿博股份(弗兰德科技)、飞荣达、通宇通讯、世嘉科技、春兴精工、武汉凡谷等。

上游材料创新等：中石科技、沪电股份、深南电路、生益科技。

5. 风险提示

1、国家对5G等新兴领域的政策扶持减弱，5G部署进程不及预期，设备商及商誉元器件厂商的订单量不及预期，

2、运营商收入端承压，营收不及预期削减资本开支，对于移动通信板块的支出不断削减，设备商及上游厂商盈利不及预期。

3、5G应用场景相关技术进展及相关实验不及预期，5G应用场景实现延期，数据流量增速放缓。

4、中美贸易摩擦缓和低于预期风险。