

推荐 (维持)

## 5G：通讯技术升级带来的射频前端机会

2017 年 07 月 25 日

## 重点公司

重点公司	17E	18E	评级
长电科技	0.51	0.80	买入
三安光电	0.65	0.79	增持
信维通信	0.91	1.34	增持
麦捷科技	0.28	0.37	未评级

## 相关报告

《台湾半导体企业 6 月营收点评》2017-07-18

《台湾 LED 企业 6 月营收点评》2017-07-18

《台湾电子产业链调研纪要》2017-07-05

分析师：

刘亮

liuliang@xyzq.com.cn

S0190510110014

研究助理：

廖伟吉

liaoweiji@xyzq.com.cn

## 投资要点

- 随着数据流量增长、毫米波技术应用，射频前端首先受益。移动数据吞吐量的每一次增长都是通过 RF 性能提升来实现的。通讯技术升级带来滤波器、天线和 PA 的新需求，射频前端市场将保持快速增长。5G 毫米波时代功率放大器显著受益；滤波器需求随着频段的增加成比例增加；多天线架构将逐渐流行。手机射频前端市场则由 2016 年的 120 亿美元，增长到 2018 年的 160 亿美元，2020 年后 5G 逐渐渗透射频市场规模将进一步提速。
- 2020 年为 5G 技术商用的开启，2030 年前 4G 仍然有进一步渗透的空间。新一代移动通讯技术升级的间隔约 10 年，每一代移动通讯技术从提出到成熟的完整生命周期约 20 年，技术升级和产业升级的异步，决定了新一代通讯时代带来的革命是一个渐进过程。因此投资机会不局限于 5G，4G 产业的逐渐成熟、4.5G 等过渡阶段以及 5G 均应得到重视。LTE 用户数量和移动数据量传输保持高速增长。
- 移动沉浸式体验有望成为 5G 时代杀手级应用。逐渐成型的 5G 则将对全球经济增长产生深远且持久的影响，奠定了射频前端飞速发展的繁荣基础。5G 服务于产业需求，与应用爆发结合更紧密。杀手级应用短期看高清视频，长期看虚拟现实，5G 时代的移动沉浸式有望成为 4G 时代的上网功能，变革社会和工作方式。
- 随着 4G 乃至 5G 的通讯技术升级，我们筛选出最符合投资逻辑的“5G 组合”：信维通信、三安光电、长电科技和麦捷科技。（1）信维通信作为全球 LDS 天线的重要供应商，作为大客户天线主要供应商技术实力拥有保障。（2）三安光电布局 GaAs 晶圆生产，有望赶上台湾的代工厂，依托地域和政策优势，再造一个三安体量。（3）长电科技作为国内半导体封测龙头企业，有望深度参与射频前端的 SiP 封装，成为集成化射频产业链的重要组成。（4）麦捷科技定增 SAW 滤波器，有望实现移动端滤波器从 0 到 1 的发展，实现国产替代。
- 风险提示：5G 渗透速度不及预期；下游应用爆发速度较慢



## 目 录

1、5G：无线通讯时代下一座里程碑.....	- 5 -
1.1、从消费升级到产业升级，5G 将使移动通讯成为通用技术.....	- 5 -
1.2、通讯技术升级为产业变革的前提，投资机会早已发酵.....	- 7 -
1.3、5G 规划：各国均积极筹备，中国的目标为 5G 引领者之一 .....	- 13 -
2、机会走在 5G 商用前，从移动数据吞吐量看黎明时代.....	- 16 -
3、应用场景：从移动视频到沉浸式移动体验.....	- 18 -
3.1、高清视频：早期杀手级应用，流量将增长千倍 .....	- 20 -
3.2、汽车电子：从车联网到自动驾驶 .....	- 21 -
3.3、物联网：基于 5G 网络的万物互联.....	- 24 -
3.4、虚拟现实：移动沉浸式体验为下一代信息载体 .....	- 25 -
4、射频前端及天线：长期确定性增长的市场.....	- 26 -
4.1、滤波器：射频前端增长最快的部分 .....	- 29 -
4.2、天线：精度提升与频段增多，天线迎来量价双升.....	- 31 -
4.3、功率放大器：化合物半导体的增长引擎.....	- 33 -
5、SiP 集成化封装：产业链价值重新分配 .....	- 36 -
6、投资标的.....	- 38 -
6.1、信维通信：LDS 天线龙头，直接受益于频段提升 .....	- 38 -
6.2、三安光电：化合物半导体龙头，受益于射频器件发展.....	- 39 -
6.3、长电科技：封测企业将成为集成化射频芯片的重要环节 .....	- 40 -
6.4、麦捷科技：实现滤波器国产替代的起点，从 0 到 1 的发展.....	- 41 -
图 1、移动通讯技术升级 .....	- 6 -
图 2、5G 与 4G 技术指标对比.....	- 6 -
图 3、5G 峰值速率提升 .....	- 6 -
图 4、不同通讯技术移动连接数量（百万台） .....	- 7 -
图 5、移动运营商 CAPEX .....	- 7 -
图 6、5G 传输容量提升公式.....	- 7 -
图 7、5G 主要应用场景 .....	- 7 -
图 8、5G 技术升级及需求驱动之间的关系 .....	- 8 -
图 9、3GPP 指定的频段数量.....	- 9 -
图 10、5G 频段变化 .....	- 9 -
图 11、使用载波聚合技术的手机（十亿台）及其在智能手机中的渗透率（%） ..-	- 9 -
图 12、高频电磁波穿透性下降 .....	- 11 -
图 13、4G 及以前手机频率的绕射性.....	- 11 -
图 14、基站数量提升 .....	- 11 -
图 15、宏小区+微小区组合.....	- 11 -
图 16、低延时要求巨额投资 .....	- 12 -
图 17、典型的 MIMO 结构示意图.....	- 12 -
图 18、典型的手机上下两根主副天线构造.....	- 12 -
图 19、波束赋形 .....	- 13 -
图 20、波束赋形的各种形态 .....	- 13 -
图 21、ITU 及 3GPP 的 5G 规划.....	- 13 -
图 22、世界各地 5G 组织 .....	- 15 -
图 23、2020-2035 年世界各国 5G 资本性支出占比 .....	- 15 -
图 24、中国的 5G 进程规划.....	- 15 -

图 25、移动签约用户数(按网络覆盖划分).....	- 17 -
图 26、移动签约用户数按通信技术划分（十亿） .....	- 17 -
图 27、全球移动流量快速增长（Exabytes/月） .....	- 17 -
图 28、2020 年 3G 网络达峰值，4G 快速增长.....	- 17 -
图 29、5G 不同应用场景的划分.....	- 19 -
图 30、数字信号技术发展，视频清晰度快速提高 .....	- 20 -
图 31、移动流量迅速增长 .....	- 20 -
图 32、V2X 及自动驾驶场景 .....	- 21 -
图 33、不同基站之间的协同.....	- 22 -
图 34、汽车 MIMO 布局.....	- 22 -
图 35、搭载联网功能的汽车出货量（百万台） .....	- 22 -
图 36、全球无人驾驶汽车市场规模预测（亿美元） .....	- 23 -
图 37、无人驾驶汽车销量预测（百万辆） .....	- 23 -
图 38、物联网接入解决方案（IoT）.....	- 24 -
图 39、物联网设备数量根据传输数据分化.....	- 24 -
图 40、历代 iPhone 支持的频段数量.....	- 27 -
图 41、智能手机平均射频价值（美元） .....	- 27 -
图 42、射频前端市场规模按手机类型划分（十亿美元） .....	- 27 -
图 43、射频前端市场规模按产品类型划分（十亿美元） .....	- 27 -
图 44、移动设备通信系统结构及其 2016 年的市场规模和主要投资机会 .....	- 28 -
图 45、滤波器市场空间测算（亿美元） .....	- 30 -
图 46、不同通讯时代终端对应滤波器频段数量.....	- 30 -
图 47、高端滤波器市场空间及单机需求量（百万美元） .....	- 30 -
图 48、2015 年 SAW 滤波器市占格局 .....	- 30 -
图 49、2015 年 BAW 滤波器市占格局 .....	- 30 -
图 50、三星 S8 天线方案.....	- 31 -
图 51、三星将天线整合进手机机身的方案.....	- 31 -
图 52、手机天线市场空间测算（亿元） .....	- 32 -
图 53、GaN 射频器件全球市场规模（百万美元） .....	- 34 -
图 54、GaAs 元件全球市场需求量（亿只） .....	- 34 -
图 55、IEEE 802.11 演进.....	- 34 -
图 56、4G 提升砷化镓的需求 .....	- 34 -
图 57、手机 PA 市场规模测算（百万美元） .....	- 35 -
图 58、WLAN PA 市场规模测算（百万美元） .....	- 35 -
图 59、物联网 PA 市场规模测算（百万美元） .....	- 35 -
图 60、砷化镓 PA 总市场测算（亿美元） .....	- 35 -
图 61、2015 年功率放大器市占率格局.....	- 36 -
图 62、2015 年全球 GaAs 晶圆代工市占率格局.....	- 36 -
图 63、滤波器和双工的体积不断减小 .....	- 36 -
图 64、集成化 PA 方案占比正提高（十亿美元） .....	- 37 -
图 65、Qorvo 系列集成化射频前端解决方案.....	- 37 -
 表 1、移动通讯技术升级.....	- 5 -
表 2、5G 主要场景及关键挑战.....	- 8 -
表 3、5G 面临的挑战及微基站的作用 .....	- 10 -
表 4、4G 基站类别 .....	- 11 -
表 5、波束赋形的优点.....	- 13 -
表 6、5G 网络部署成本构成.....	- 14 -

表 7、世界各地 5G 规划.....	- 14 -
表 8、国内移动通讯技术发展历史.....	- 15 -
表 9、我国对 5G 研发的投入.....	- 15 -
表 10、国内三大运营商规划.....	- 16 -
表 11、单个智能手机贡献移动数据量变化（GB/月）.....	- 17 -
表 12、5G 应用场景.....	- 18 -
表 13、不同场景产生的不同要求（★越多代表要求越高）.....	- 20 -
表 14、视频清晰度与传输速度的要求.....	- 20 -
表 15、车联网与智能驾驶的使用场景.....	- 21 -
表 16、自动驾驶技术不同阶段对通信技术要求.....	- 23 -
表 17、5G 下物联网场景.....	- 24 -
表 18、虚拟现实、增强现实出货量预计.....	- 25 -
表 19、VR 设备沉浸式体验对网络带宽的要求.....	- 25 -
表 20、Oculus 各环节延时.....	- 26 -
表 21、通讯标准升级下的通讯芯片厂商兴替.....	- 26 -
表 22、不同通讯时代下智能手机单机所需射频价值（美元）.....	- 27 -
表 23、不同智能手机单机所需滤波器价值量（美元）.....	- 29 -
表 24、目前不同机型需求滤波器数量.....	- 29 -
表 25、5G 潜在频谱范围内的滤波器.....	- 31 -
表 26、不同天线参考价格（元）.....	- 32 -
表 27、不同通讯时代手机天线需求变迁.....	- 32 -
表 28、不同频段对应的化合物半导体及制程.....	- 33 -
表 29、PA 主要应用市场及假设.....	- 34 -
表 30、射频前端 SIP 封装潜在参与者.....	- 38 -



## 1、5G：无线通讯时代下一座里程碑

### 1.1、从消费升级到产业升级，5G 将使移动通讯成为通用技术

从消费者体验提升到产业链升级，5G 将移动通讯变成一项通用技术。不同于前几代他通讯网络主要致力于提升用户体验，5G 则渗入制造、能源、交通、医疗等多个产业，并且能够产生更深远的影响。随着 5G 技术不断嵌入大量终端和系统，无线通信将为各行各业带来变革性影响，引领创新与经济发展，成为一项影响广泛且深远的通用技术。通讯技术发展历程如下：

**1G 提供模拟语音业务：**最早基于频分复用技术(FDMA)和模拟调制技术的第一代移动通信系统时代，只能提供模拟语音业务。摩托罗拉是占据绝对主导地位，为移动通信时代先进移动电话系统（AMPS）的开创者。

**2G 提供数字语音及低速数据业务：**到了移动数字通信时代，爱立信、诺基亚等主攻 GSM（全球系统移动通信）并掌握行业主导权。

**3G 时代上网需求不断增强：**之后人们逐渐上网和视频通话的需求，并将依此研发的新的移动通信技术命名为 3G。3G 时代上网需求却不断火爆。3G 以 CDMA 为技术特征，用户峰值速率达到 2Mbps 至几十 Mbps，可以支持多媒体数据业务。

**4G 支持移动宽带数据业务：**针对上网速度慢、容量小等问题，通信迅速踏入了 LTE，也称 4G 时代。4G LTE 网络用户峰值速率可达 100Mbps 以上，能够支持各种移动宽带数据业务。

**5G 将带来产业变革：**不同于以往丝带通信技术，5G 时代带来全面的技术和应用变革，实现更丰富的功能。在提高通信传输速度的同时，强调连续广域覆盖、热点高容量、低时延高可靠和低功耗大连接等场景下的技术需求，为物联网、自动驾驶、虚拟现实和智能制造等新市场提供技术基础。

表 1、移动通讯技术升级

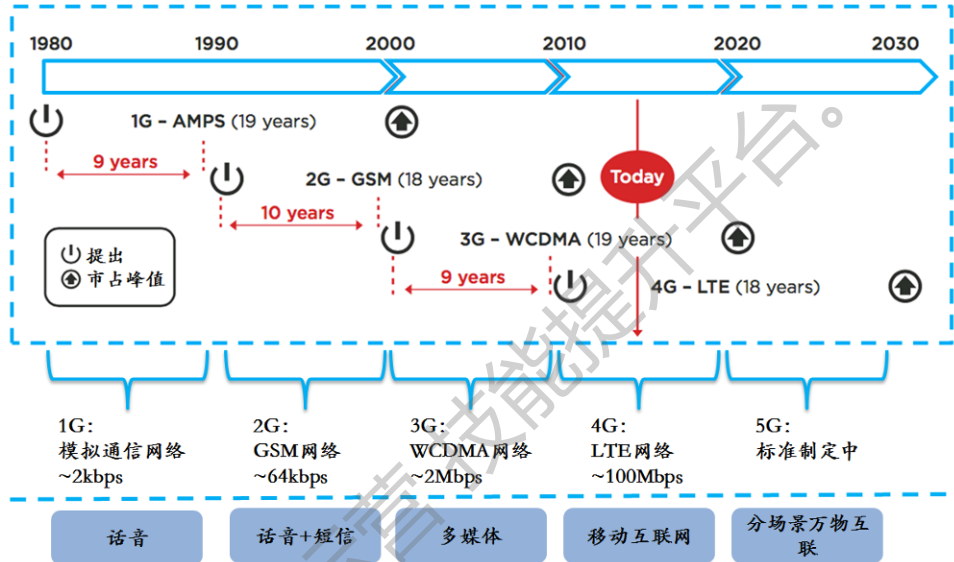
通讯技术	主要服务	主要升级	缺点
1G	模拟信号手机呼叫	移动性	低频谱效率，安全问题
2G	数字信号手机呼叫，短信	安全性，普及型	速率低
3G	电话呼叫，短信，数据传输	多媒体数据服务	互联网接口限制，上网慢
3.5G	电话呼叫，短信，宽带数据传输	提升带宽	受限于延时、传输速率和容量
4G	全部 IP 服务（语音和短信）	更快的网络，更低的延时	无法满足 VR、自动驾驶、物联需求

资料来源：GSMA，兴业证券研究所

新一代移动通讯技术升级的间隔约 10 年，每一代移动通讯技术从提出到成熟的完整生命周期约 20 年，技术升级和产业升级的异步，决定了新一代通讯时代带来的革命是一个渐进过程。因此投资机会不局限于 5G，4G 产业的逐渐成熟、4.5G 等过渡阶段以及 5G 均应得到重视。回顾 3G 历史，国际电信联盟于 1998 年接收 3G 技术提案，直到 2009 年工业和信息化部正式发放了三张 3G 牌照，持续了 15 年，才算真正成熟，但立马迎来了 4G 时代的开启。按国际通信联盟的规划，2020 年 5G 将开始商用，目前为止核心技术体系还没确立。第一个商用的 LTE 网络是

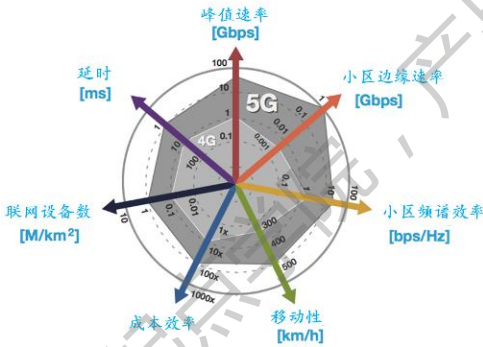
在 2009 年提出，我们预计其市占率峰值点应该出现在 2030 年。全球有 237 个移动市场，在 2014 年只有 110 个采用 LTE，全球大约只有三分之一的运营商拥有正在运营的 LTE 网络。因此 LTE 网络仍有很大的成长空间。截至 2016 年 10 月，全球共有 537 张 LTE 商用网络。在 2020 年至 2030 年，5G 开始布局伴随着 4G 走向成熟，LTE-A 和 LTE-A Pro 等 pre5G 技术带来增强特性，一方面可以升级原有 4G 网络，另一方为 5G 网络奠定基础。

图 1、移动通讯技术升级



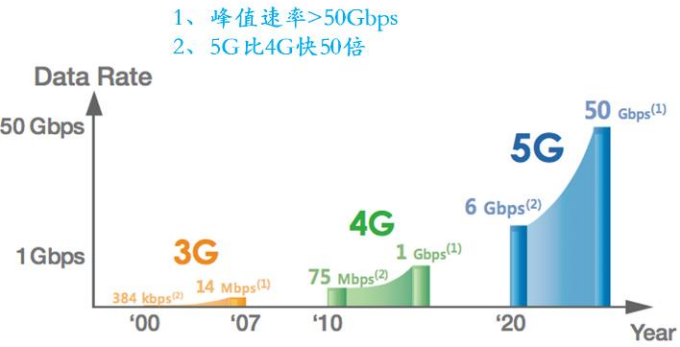
资料来源：GSMA、兴业证券研究所整理

图 2、5G 与 4G 技术指标对比



数据来源：三星、兴业证券研究所

图 3、5G 峰值速率提升

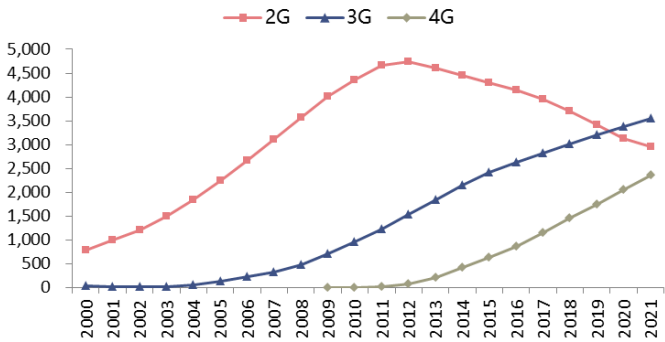


数据来源：三星、兴业证券研究所

4G 网络尚处于渗透率迅速提高期，向 5G 逐步过渡得期间移动通讯技术也会依照摩尔定律持续演进。2017 至 2020 年，连接 4G 网络的移动设备数量会迅速增长，届时连接 LTE 网络的移动设备将达到 25 亿台，LTE 网络将覆盖全球 60% 的人口。我们对于无线网络的演进趋势判断为，从 4G 向 pre5G 慢慢过渡，再逐点建立 4G 覆盖+5G 热点的形式，最后全面推广 5G 技术。“4G 覆盖 + 5G 热点”模式将成为短期内的暂行方案，人口密集、流量消费需求旺盛的地域有望率先使用 5G 网络。5G 的逐步推广伴随着通讯技术的摩尔定律演化。根据 GSMA 对全球移动运营商 CAPEX 的预计，花费在单位流量上的 CAPEX 保持不断下降的趋势，移动通讯技

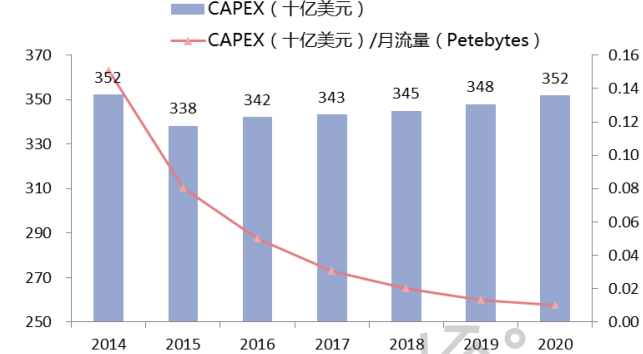
术的摩尔定律保持演进。

图 4、不同通讯技术移动连接数量（百万台）



数据来源：GSMA、兴业证券研究所

图 5、移动运营商 CAPEX



数据来源：GSMA、兴业证券研究所

1.2、通讯技术升级为产业变革的前提，投资机会早已发酵

5G 价值链在持续增强和扩展目前移动技术平台方面将发挥的核心作用。5G 将利用并扩展以往面向移动技术的研发与资本投入，推动移动技术成为一个普及、低时延和适应性的平台，能够满足未来的使用需求。“千兆网络”加“低时延”是第一阶段 5G 部署的基础。根据 ITC 公布的要求，每一个 5G 基站至少要提供 20Gbps 的下行和 10Gbps 的上行的带宽传输性能；每个用户的下行速度至少达到 100Mbps，上行速度至少 50Mbps。按规划速率会高达 10~50Gbps，人均月流量大约有 36TB。

提升频谱带宽和增加基站、天线数量为主要提速方法。要提升传输性能无非三种办法：提升频谱带宽、提高频谱效率和增加基站数量。提高频谱效率方面，由于调制、解调、编码、解码等技术发展成熟，例如编码效率已经接近极限，进步空间有限，因此主要采用提高带宽（使用毫米波）和增加基站数量（铺设微基站）。具体而言：（1）如同有线宽带经历电话线数量提升，升级成同轴电缆，替代成光纤，逐代增加带宽，无线通信同样需要增加带宽，核心方法是使用更高的频段。4G 之前已经使用特高频段，5G 继续往更高频段发展，将来有可能使用 26.5~300GHz 的频段。（2）铺设主基站投资成本太高，因此一方面采用单一基站 MIMO 的多天线技术，另一方面也积极投入微基站技术。

图 6、5G 传输容量提升公式

传输容量：带宽 (MHz) \* 频谱效率 (Mbps/MHz) \* 小区数量

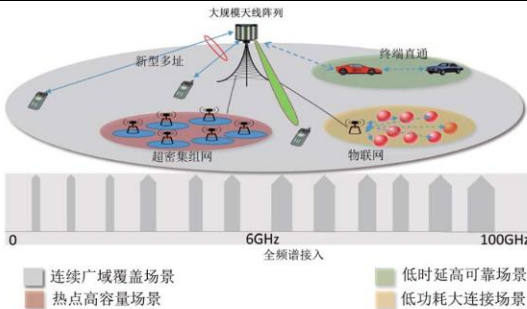
表：频段划分与波长范围

频段名称	频段范围	波长范围
甚长波	3~30kHz	1~10 万米
长波	30~300kHz	1~10 千米
中波	300~3000kHz	100~1000 米
短波	3~30MHz	10~100 米
米波（超短波）	30~300MHz	1~10 米
分米波	300~3000MHz	1~10 分米
厘米波	3~30GHz	1~10 厘米
毫米波	30~300GHz	1~10 毫米

资料来源：互联网资料，兴业证券研究所

数据来源：兴业证券研究所整理

图 7、5G 主要应用场景



数据来源：U 线在学、兴业证券研究所

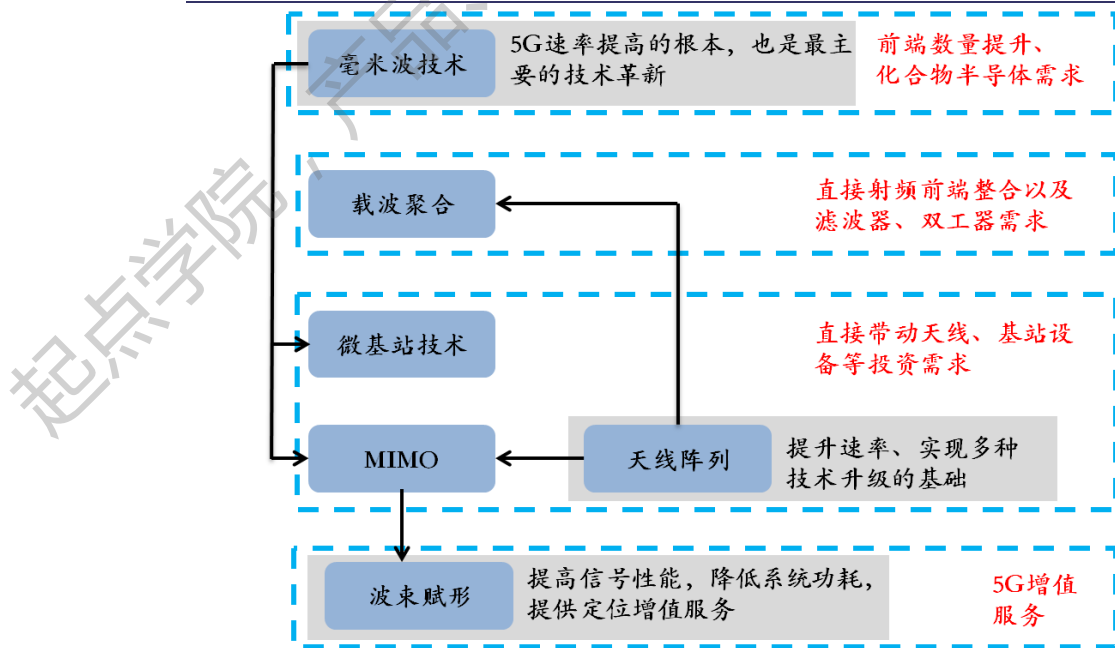
表 2、5G 主要场景及关键挑战

场景	应用	关键挑战
连续广域覆盖	移动通信最基本的覆盖方式，以保证 用户的移动性和业务连续性为目标	• 100Mbps 用户体验速率
热点高容量	面向局部热点区域，为用户提供极高 的数据传输速率，满足网络极高的流量密度需求	• 用户体验速率:1Gbps • 峰值速率: 数十 Gbps • 流量密度: 数十 Tbps/km2
低功耗大连接	面向智慧城市、环境监测、智能农 业、森林防火等以传感和数据采集为目标的应用场景，具 有小数据包、低功耗、海量连接等特点。	• 连接数密度: 106 /km2 • 超低功耗，超低成本
低时延高可靠	面向车联网、工业控制等垂直行业 的特殊应用需求，这类应用对 时延和可靠性具有极高的指 标要求	• 空口时延: 1ms • 端到端时延: ms 量级 • 可靠性: 接近 100%

资料来源：IMT, 兴业证券研究所

多种技术的融合与应用的协调，是 4G、pre5G 及 5G 时代下产业变革的基础，投资机会在 5G 到来之间开始发酵。5G 时代下，毫米波技术、载波聚合、微基站技术、MIMO、波束赋形等多个技术应用带来新的产业机会。这些技术并不是孤立的存在，而是具有紧密的内在逻辑，使用毫米波是能实现载波聚合和 MIMO 的基础，同时也是铺设微基站的主要理由之一，而波束赋形又离不开 MIMO 技术。同时，由于这些技术都不是全新的技术，产业链具有相关的储备，关键在于标准的确立和应用的普及化，因此在 4G 到 pre5G 逐渐推广这些技术的过程，产业变革积累和投资机会发酵就已经开始形成，并非要等到 5G。5G 的意义在于将产业链打通，主动满足新生的需求爆发，从而带动相关投资机会。

图 8、5G 技术升级及需求驱动之间的关系



资料来源：兴业证券研究所整理

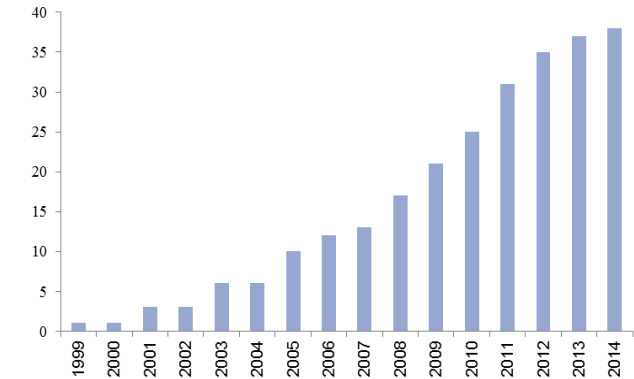
● 毫米波技术：5G 升级的根本技术，大大提高传输速度



毫米波技术为 5G 升级最根本的技术区别。5G 和 4G 最明显的区别是，5G 不仅支持 6GHz 以下低频段，还能延伸到 26.5~300GHz 的毫米波频段。现有带宽资源稀缺且碎片化，增加频谱利用率几乎是提高传输速度的唯一选择。随着 LTE 在全球快速普及，3GPP 中规定的频段数量迅速增加，现有的无线频谱主要为 698MHz~960MHz 和 1710MHz~2690MHz 两部分。5G 利用毫米波则可以直接解决带宽资源有限的后顾之忧。

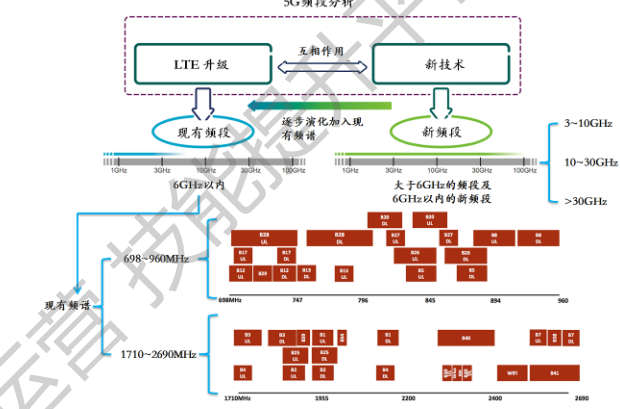
5G 最早的发展形态将为以低频作为网络覆盖基础，以高频毫米波作为热点推广。由于载波频率越高，可用带宽越宽。5G 时代将超过 6GHz，从现有的低频频段向高频发展，带来高频移动通信技术的发展；而原本的低频频段将继续作为网络基本覆盖的保障。

图 9、3GPP 指定的频段数量



数据来源：ARIB、兴业证券研究所

图 10、5G 频段变化



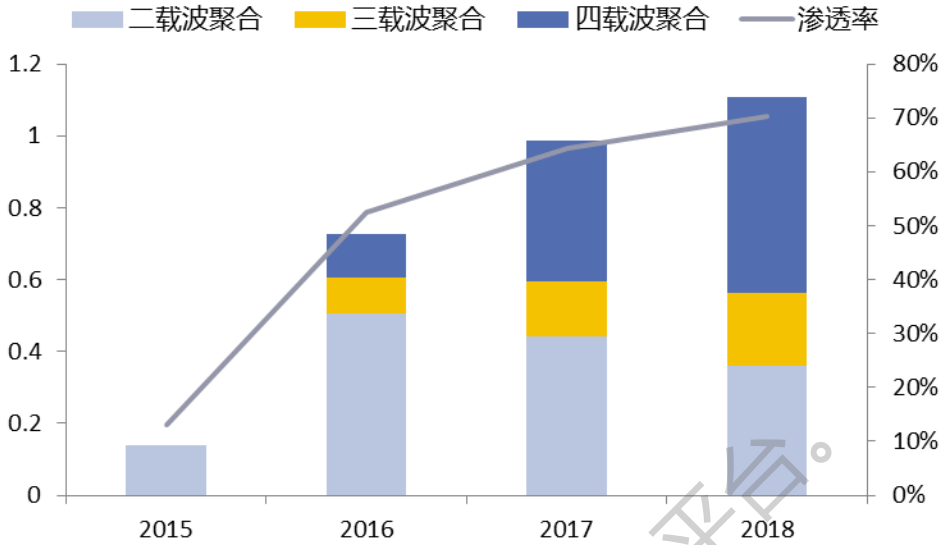
数据来源：兴业证券研究所整理

● 载波聚合：化零为整充分利用网络效率

载波聚合（CA）技术能把零碎的 LTE 频段合成一个“虚拟”的更宽的频段，以提高数据速率。形象而言，载波聚合将原本两条 5 米宽的道路，并成一条 10 米宽的道路，分担运输压力，避免一条闲置的同时另一条堵塞，充分利用频段效率，提高容量和网络效率。

越来越高的载波聚合需求，衍生出对射频前端更加复杂的需求。目前商用以两载波为主，未来向四载波及以上发展。4G LTE-A 的一个载波是 20MHz，5G 的一个载波为 100MHz；4G 目前的极限是实现四载波聚合，5G 可以做到八载波聚合。由于 4G 及 5G 需要更多的滤波器，以及前端配合的多工器，上行载波器的 PA 需要重新设计以满足线性化要求，制式复杂程度越来越高。

图 11、使用载波聚合技术的手机（十亿台）及其在智能手机中的渗透率（%）



资料来源：QORVO、兴业证券研究所

● 微基站技术：5G 时代基础设施投资需求的关键

毫米波传输距离短，因此必须采用微基站技术进行全面覆盖，从而带动基站及天线需求。使用毫米波技术，频率越高的同时意味着覆盖距离越短。主要有两个原因：（1）氧分子对毫米波的吸收会比低频谱电磁波明显，所以毫米波频谱衰减的比较快；（2）频率越高、波长越短的电磁波，直线传播的性能越明显，穿透障碍物的能力比较差，无法穿过障碍物。因此毫米波更适用于短距传输。因此，5G 的毫米波无法像 4G 及以前的手机频段一样，可以使信号能足以绕过建筑物等障碍，会有角落无法到达，需要通过铺设微基站实现全面覆盖。以 4G 采用的 2000MHz 为例，若 5G 采用 23GHz，波长减少约 12 倍，那么所需要建立的微基站数是原来宏基站的百倍以上。微基站数量大幅度增加后，传统的铁塔和楼顶架设方式将会扩展，微基站将架设在路灯杆、广告灯箱、楼宇内部的天花板等地方。

表 3、5G 面临的挑战及微基站的作用

挑战	应用
毫米波覆盖范围小	在传统宏基站的基础上，铺设大量的高密度的微基站，是解决毫米波“直线问题”的有效方法。
数据量大	由于 5G 时代的入网设备数量会呈爆炸性的增长，单位面积内联网设备增加值数千倍，以单一基站覆盖的化带宽难以支撑，通过布局大量微基站分流解决运输压力。
频谱互扰及功耗因素	微基站铺设密度大的情况下，对于基站功率要求较低，并且为了避免基站之间的频谱互扰，基站辐射功率也会下降。同时，手机辐射功率也会降低，这样一方面直接减小手机的功耗，另一方面降低为人体的辐射。
降低时延	5G 在应对时延超敏感用例时要求接入网时延不超过 0.5ms，这就意味着 5G 中心机房与基站之间的物理距离不能超过 50 公里。微基站的高密度有效降低空气中传播的时延。

资料来源：兴业证券研究所整理

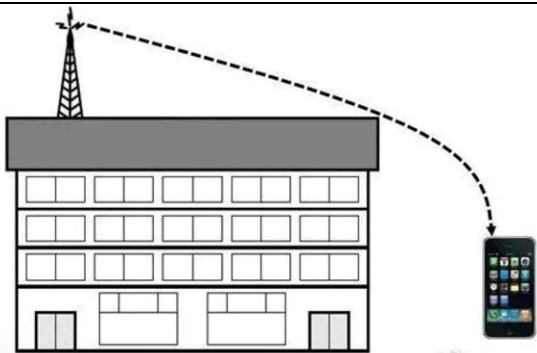
5G 时代下 C-RAN 结构+Massive MIMO 的网络架构，将用户面和控制面板分立。控制面由工作于低频段且覆盖范围大的宏基站负责，传送控制信令；用户面由工作于高频的微基站负责，传送用户数据流量。C-RAN 构架就是将 RRU 拉远，BBU 资源集中化，并对其进行软件化、虚拟化和云化，电信中心机房向 IT 数据中心转型，并引入移动边缘计算等。

图 12、高频电磁波穿透性下降



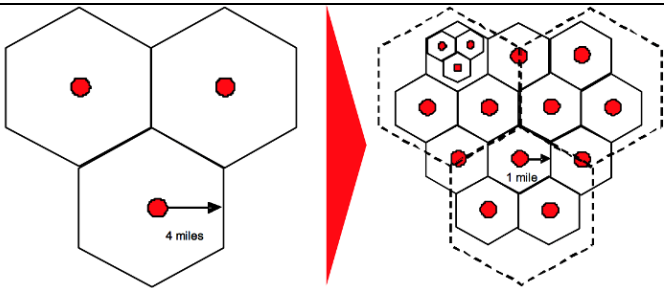
数据来源：U 线在学、兴业证券研究所

图 13、4G 及以前手机频率的绕射性



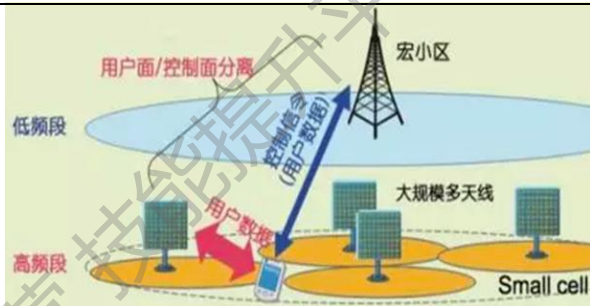
数据来源：U 线在学、兴业证券研究所

图 14、基站数量提升



数据来源：互联网资料、兴业证券研究所

图 15、宏小区+微小区组合



数据来源：网优雇佣军、兴业证券研究所

表 4、4G 基站类别

	皮基站和飞基站	微基站	宏基站
应用场景	室内	室外	大范围
峰值功率	1 watt	1-20 watt	20-200+ watt
半径	<100m	<3km	<25km
承载连接数	<100	>100	>250
射频设施成本	10 美元	>35 美元	>175 美元

资料来源：TriQuint、兴业证券研究所

5G 网络的目标是毫秒级的端到端时延，作用巨大但投资要求高。ITU 规定，连接到 5G 网络的最大延迟不能超过 4 毫秒，甚至保持 1 毫秒的超低延迟通信。LTE 网络内部时延是小于 20ms；用 4G 手机 ping LTE 网络之外的外部服务器时，时延增加，外部时延不可控，通常在 40-50ms 以上。由于光纤的传播速度是 200 公里/ms，5G 在应对时延超敏感用例时要求接入网时延不超过 0.5ms，这就意味着 5G 中心机房与基站之间的物理距离不能超过 50 公里，因而也不得不铺设大量数据中心、光纤和基站，并且在接入网引入移动边缘计算、边缘数据中心。时延低于 20ms 对于 VR 体验非常重要，车联网、工业控制、远程医疗等对 5G 的实验要求也非常高。目前，爱立信能实现的高清图像实时回传应用的最低时延为 50 毫秒，全球范围来看，尚未出现已规模部署的能实现 50 毫秒以下时延的运营商网络。低时延的要求，反映了电信网络想要掌握更多内容控制权的霸气姿态，时延要求越低，投资越大，需要拥有足够的资本才可以参与竞争。

图 16、低延时要求巨额投资



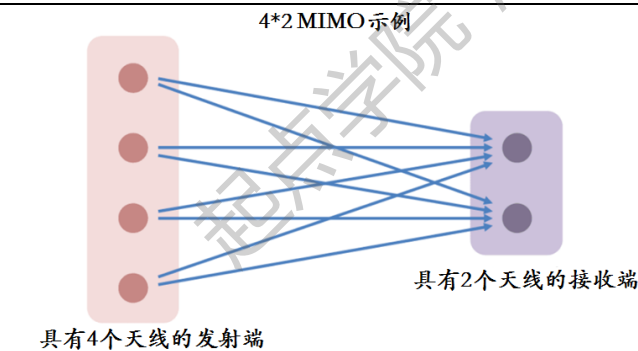
资料来源：兴业证券研究所整理

● **MIMO：提高频谱效率，打开移动端和基站端天线数量空间**

高阶 MIMO 和 Massive MIMO 这种复杂的天线系统成为 5G 时代的首选方案，大规模天线带来的好处在于提高单个基站的频谱效率。大规模天线阵列通过增加天线数量，实现支持数十个独立的空间数据流，将数倍提升多用户系统的频谱效率，对满足 5G 系统容量与速率需求起到重要的支撑作用。大规模天线阵列应用于 5G 需解决信道测量与反馈、参考信号设计、天线阵列设计、低成本控制等关键问题。

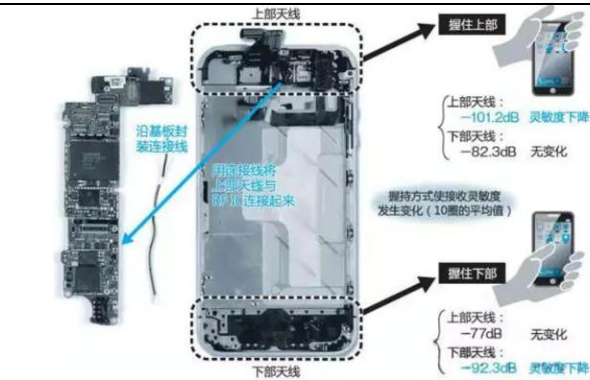
**MIMO 打开移动端和基站端天线数量空间。**MIMO 技术是指基于多天线的基礎上，基站与手机之间可以进行通过很多信道进行通信，每一对天线独立传输一路信息，通过汇集实现传输速率的成倍增长。现在 4G 手机多为  $2 \times 2$ ，5G 至少为  $4 \times 4$ ，同时基站天线也多达 128 或者 256 根天线。多天线得以实现，主要由于（1）5G 时代天线本身足够小。天线长度大约在波长长度的  $1/10 \sim 1/4$  之间，4G 时代手机频率为甚高频段（即分米波），天线长度约数厘米级别，通常安装在手机壳内上部。5G 时代，手机频率提升几十倍，所用天线长度将会下降几十倍，成为毫米级的微型天线，手机内部多个位置可以布阵多个天线，乃至形成阵列。（2）5G 时代天线阵列间距要求得以实现。天线阵列一般要求天线间距在半个波长以上，分米波的 4G 时代多天线阵列难以在狭小的手机内部空间实现，但在毫米波的 5G 时代，手机端的多天线阵列成为可能。

图 17、典型的 MIMO 结构示意图



数据来源：Unwiredinsight、兴业证券研究所

图 18、典型的手机上下两根主副天线构造



数据来源：电子发烧友、兴业证券研究所

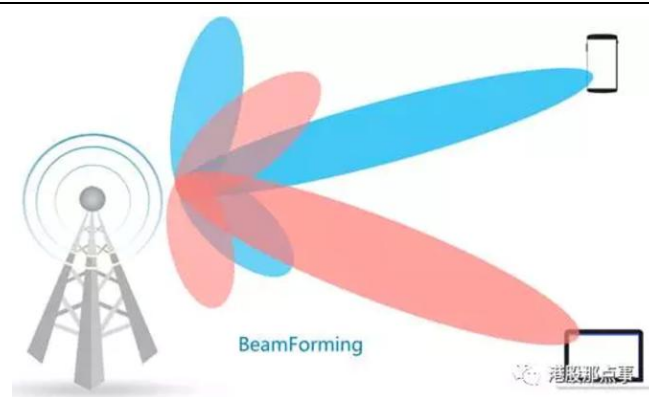
● **波束赋形：改变传统天线发射方式**

波束赋形技术产生具有指向性的波束，增强波束方向的信号。通过多个天线形成阵列，有效控制每个天线发出各自的振幅和相位，使电磁波在空间中互相抵消或者增强，形成一个很窄波束，将能量聚集上面定向传输，实现传输效率的快速提



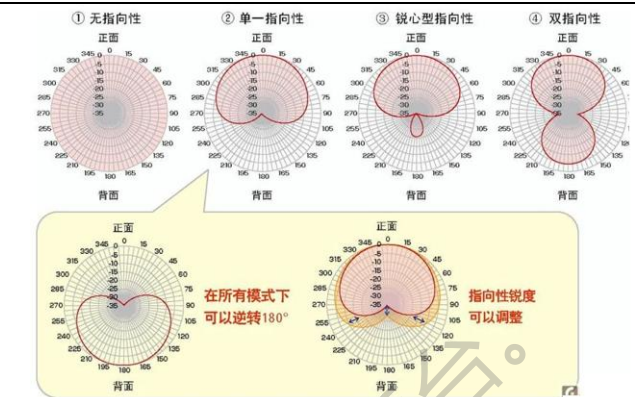
升，补偿毫米波快速衰减的频谱特性，叫波束赋形。

图 19、波束赋形



数据来源：港股那点事、兴业证券研究所

图 20、波束赋形的各种形态



数据来源：电子工程世界、兴业证券研究所

波束赋形基于天线阵列，在 5G 时代将颠覆传统天线发射方式。3G 时代的智能天线技术在基站上布置天线阵列，该技术没有在 3G 时代得以应用，但随着 5G 时代联网设备百上千倍增加的情况下，波束赋形技术所能带来的容量增加就显得非常有价值。实际上，2G、3G、4G，包括千兆级 LTE，所有的天线发射都是全向发射，5G 天线阵列使用波束赋形将颠覆该方式。

表 5、波束赋形的优点

优点	描述
指向性	通过对射频信号相位的控制从而使电磁波的波瓣变窄，指向特定目标，从而由全信号覆盖转变为精准定向服务，在避免无线电波相互干扰的基础上，提高空间复用率和信号性能，并且提高基站定位精度。
低功耗	波束成形的收发两点之间只是一条线，其他终端之间的信号传输波束重合和干扰程度会下降，整个系统的功耗也会下降。
编码简单	手机终端节省过滤其他手机发出信号的环节，天线和基带的编码复杂程度将降低，终端容错的编码要求也降低。
定位增值服务	基站还需要追踪移动终端不断变化的位置，不停调节波束，从而使得两个互相通讯点之间、终端和基站之间维持稳定的自适应波束，为扩展定位增值服务提供可能。

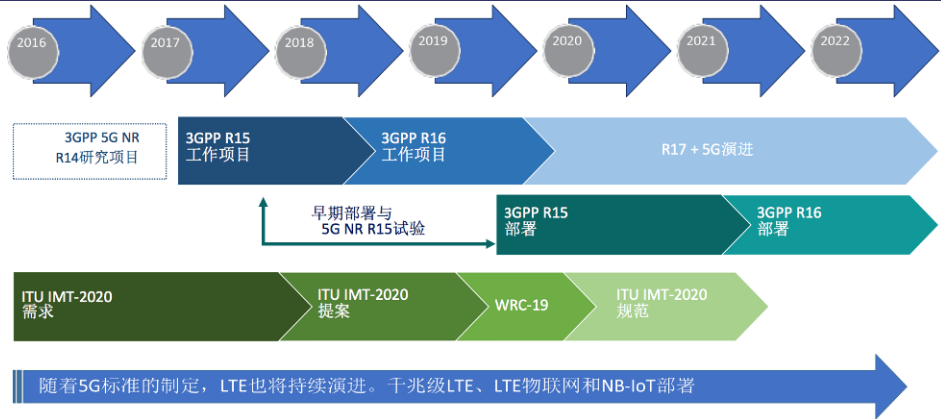
资料来源：兴业证券研究所整理

### 1.3、5G 规划：各国均积极筹备，中国的目标为 5G 引领者之一

#### ● 世界各地 5G 规划：2020 年商用部署，预标准将提早启动

2020 年完成 5G 规范，预标准的商用部署更早启动。3GPP 预计于 2018 年完成 Release 15，有望成为全新 5G 无线空口（5G NR）和新一代网络架构的首个规范，将为 2019 年开始的 5G 商用提供全球规范，而 5G 开发工作会延续至 3GPP Release 16 及以后。3GPP 正在开展的工作将在 IMT-2020 规范正式发布之前提交至 ITU，而 IMT-2020 规范将于 2020 年完成。规范逐步成型的同时，预标准的 5G 商用部署将更早启动。

图 21、ITU 及 3GPP 的 5G 规划



资料来源：IHS、兴业证券研究所

5G 网络的建设和维护需要巨额投资，需要部署数百万级的小基站以及密密麻麻的光纤，进行大规模的基础设施投入。尽管流量将大幅增长，但平均用户收入（ARPU）却不会如此大幅度增长。因此有效控制成本成为 5G 网络部署的关键之一。5G 的成本主要包括建设时的资本支出（CAPEX）和日常的运营支出（OPEX）。关键问题是初期投入的 CAPEX 过大。随着微基站及其大规模生产，预计设备成本将下降，主要成本在于建筑成本。建筑成本的减少依赖于政府、社会及公司的协作，例如建立不同运营商共享的铁塔、在屋顶及路灯安置微基站等。

由于成本控制将作为 5G 初期发展设计的重要考虑，预计 5G 将是在 4G 网络设施基础上的平滑演进。在韩国釜山举行的 3GPP RAN1#84 会议上，中国联通提出 5G 应该将减低 CAPEX 和 OPEX 作为设计原则的一部分。因此，预计 4G 网络设施将成为 5G 初期发展的重要基础。

表 6、5G 网络部署成本构成

类别	项目	描述
CAPEX	设备成本	• 无线设备（软件、硬件） • 辅助设备（电池、空调、传输设备、）
	建筑成本	• 网络布局 • 土地征集 • 土建工程
OPEX	运营成本	• 租赁费 • 电费 • 运营和维护 • 移动前传和回传费用

资料来源：ARIB，兴业证券研究所

表 7、世界各地 5G 规划

地区	2017	2018	2019	2020
欧盟	成员国提出 5G 蓝图	早期网络建设引入		大规模商用，每个成员国至少一个城市的 5G 网络
美国	AT&T 发展标准，Verizon 预计开始 5G 布局			AT&T：实现 5G 标准
日本			世界杯上试用 5G	东京奥运会上基本商用
新加坡				商用网络试运行
韩国			展示 5G 技术	商用

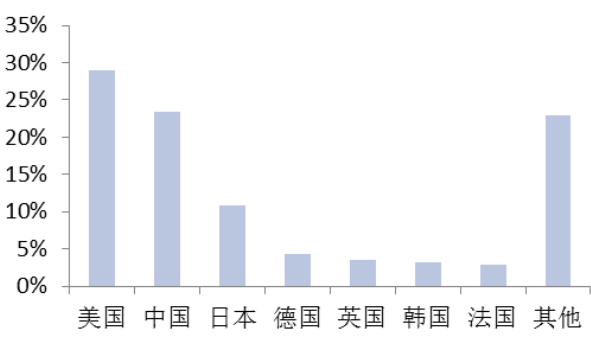
资料来源：兴业证券研究所整理

图 22、世界各地 5G 组织



数据来源：IHS、兴业证券研究所

图 23、2020-2035 年世界各国 5G 资本性支出占比



数据来源：IHS、兴业证券研究所

● 国内 5G 规划：成为 5G 标准和技术的全球引领者之一

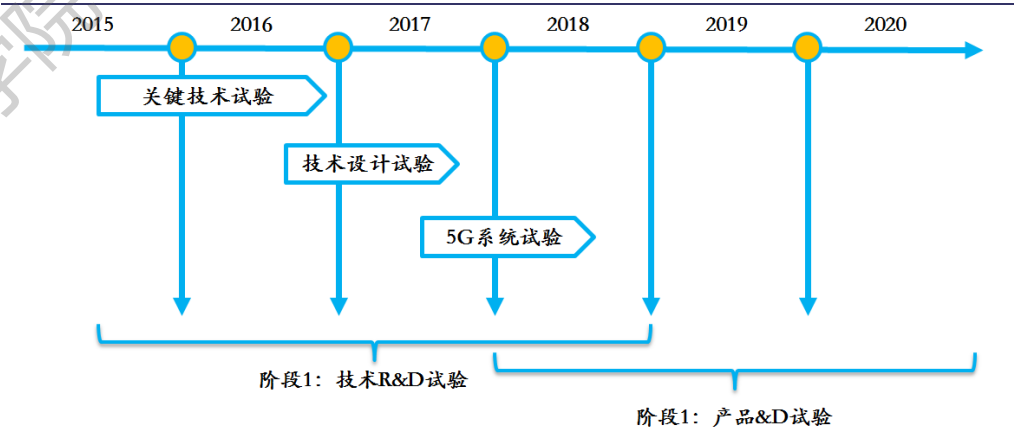
到“十三五”期末，我国要成为 5G 标准和技术的全球引领者之一。中国将于 2017 年展开 5G 网络第二阶段测试，2018 年进行大规模试验组网，到 2019 年启动 5G 网络建设，预计最快 2020 年正式商用。根据工信部和发改委的规划，2017 年至 2020 年，信息通信行业要实现 5G 启用商用服务的目标，届时包括高速、移动、安全、泛在的新一代 5G 信息基础设施基本建成。核心技术的部署和攻关成为了重点，应用领域的重要步骤则是侧重与车联网、窄带物联网的融合。

表 8、国内移动通讯技术发展历史

通讯技术	进程
1G	从 1987 年来，1G 进入中国，几年内迅速被 2G 代替。
2G	从 1994 年以来，2G 网络存在了 20 多年，至今仍然承担主要语音通话功能。
3G	从 2009 年联通商用 WCDMA，到今天的 4G+时代，3G 存在 8 年时间，就已经呈现被 LTE 替代的趋势。
4G	LTE 迅速普及，大获成功。

资料来源：兴业证券研究所整理

图 24、中国的 5G 进程规划



资料来源：工信部、兴业证券研究所

表 9、我国对 5G 研发的投入

科研项目	描述
863 项目	2013 年 5G 研发首期项目 •5G 无线网络构架与关键技术研发(国拨经费限 5000 万元,实施年限

国家科技重大专项三	2014 年 5G 研发二期项目	3 年) •5G 无线传输关键技术研发(国拨经费限 6000 万元, 实施年限 3 年) •5G 移动通信系统总体技术研究(国拨经费限 2000 万元, 实施年限 3 年) •5G 移动通信技术评估与测试验证技术研究(国拨经费限 3000 万元, 实施年限 3 年) •超高吞吐率 5G 软基站试验平台研究开发 •毫米波超大容量室内无线接入技术与验证 •5G 无线网络虚拟化关键技术与验证 •未来无线接入物理层与系统安全通信技术研究 •5G 新型调制编码技术研究开发
	2014 年项目 3: 无线新技术	•课题 3-1:同频同时全双工组网技术研发 •课题 3-7:面向 WRC15 无线移动频谱研究与验证 •课题 2-1:毫米波频段移动通信系统关键技术与验证 •课题 2-2:IMT-2020 网络架构研究 •课题 2-3:IMT-2020 国际标准评估环境
	2015 年项目 2: 5G 研发	•课题 2-4:下一代 WLAN 关键技术研究、标准化与原型系统研发 •课题 2-5: IMT-2020 候选频段分析与评估 •课题 2-6:低时延、高可靠性场景技术方案研究与验证

资料来源：中科院，互联网资料，兴业证券研究所

表 10、国内三大运营商规划

运营商	进程
移动	2018 年在数个城市各建 20 个基站时延, 2020 年达到万站规模
联通	2019 年完成外场组网验证, 2020 年商用
电信	2020 年进行商用部署

资料来源：兴业证券研究所整理

## 2、机会走在 5G 商用前，从移动数据吞吐量看黎明时代

5G 是下一个金矿，但机会早在 5G 之前开启。市场普遍关注 5G 投资机会，然而关键问题是探讨恰当的投资时点。依据我们在第一章提出的通讯技术升级间隔为 10 年，通讯产业成熟周期为 20 年的观点，我们认为 2020 年为 5G 技术商用的开启，但 2020 年通讯技术主要增长来自于 4G 渗透率的提升，在 2030 年前 4G 渗透逐渐放缓并达到峰值，5G 的爆发点或在 2020 至 2025 年之间。移动数据量的增加，是驱动射频器件增长的主要动力。基于这样一个长周期的逻辑线，一方面当前是关注 5G 革命性创新的前瞻时点，同时也是关注 4G 及 pre 5G 的改善性创新及渗透率提高的绝佳窗口。

### ● 4G 渗透率提高：不能忽视 LTE 网络的成长性

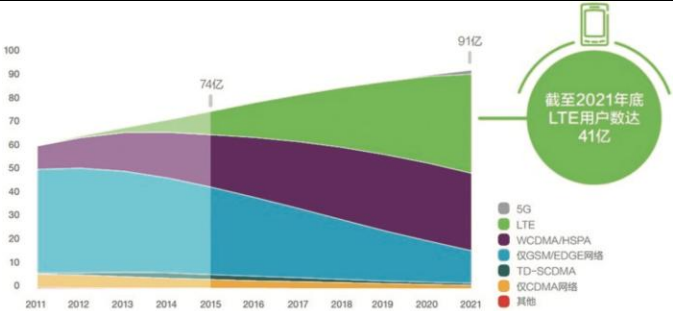
(1) LTE 用户数量保持高速增长，2015 至 2021 年，复合增长率为 26.51%。截至 2015 年底，全球 LTE 用户数达到 10 亿，用户增长率接近 100%，中国的 LTE 用户数到达 3.5 亿，占全球 LTE 用户数的 35%。爱立信预计到 2021 年，包括 5G 在内的移动宽带用户数将超过 77 亿，其中 LTE 用户数将达到 41 亿。预计到 2020 年，中国 4G 市场将占到整个移动通信市场的 60%，用户数超过 10 亿。全球范围内互联的终端设备的数量将超过 280 亿，其中约 150 亿为 M2M 类型的连接。

(2) 移动数据量传输复合增长率为 57%，增速是用户数量增速的两倍。移动互联网的普及带来了移动数据传输量的增加，在 5G 商用之前，全球移动数据量将



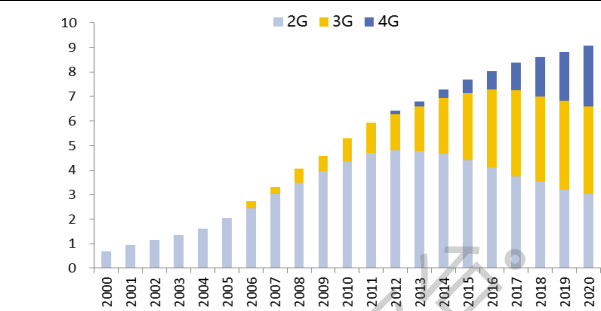
从 2014 年的 2.5EB/月迅速增长到 2019 年的 24.3EB/月，年复合增长率为 57%。  
移动数据量的增加意味着数据接收和下载速度需要加快，移动运营商从传统的 2G、3G 网络转换到 4G 以及更先进的网络，从而推动射频器件的发展。

图 25、移动签约用户数(按网络覆盖划分)



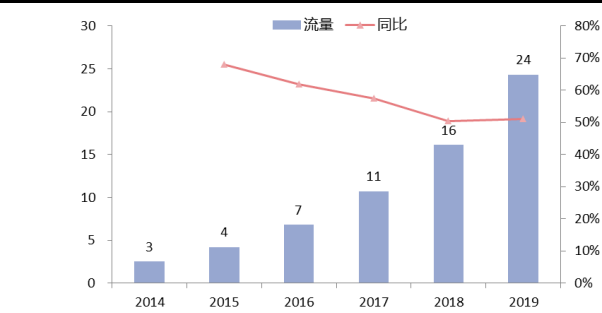
数据来源：爱立信、兴业证券研究所

图 26、移动签约用户数按通信技术划分(十亿)



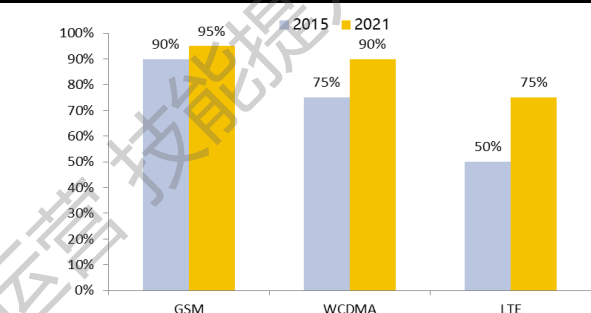
数据来源：Qorvo、兴业证券研究所

图 27、全球移动流量快速增长(Exabytes/月)



数据来源：思科、兴业证券研究所

图 28、2020 年 3G 网络达峰值，4G 快速增长



数据来源：爱立信、兴业证券研究所

表 11、单个智能手机贡献移动数据量变化(GB/月)

项目	2015	2021
西欧	1.9	18
中欧和东欧	1.4	11
中东和非洲	1.0	6.0
亚太地区	1.0	6.5
北美	3.7	22
拉美	1.2	7.0

资料来源：爱立信、兴业证券研究所

● 5G 的变革性影响全球经济

逐渐成型的 5G 则将对全球经济增长产生深远且持久的影响。5G 技术将提高人和机器与彼此快速交互及共享信息的能力，新投入、新研发与新技术创新本身的将推动相关经济活动。根据 IHS 的估计，到 2035 年，5G 在全球创造的潜在销售活动将达 12.3 万亿美元。从 2020 年到 2035 年，5G 为年度 GDP 创造的贡献达 3 万亿美元。在 2020 至 2035 期间，全球实际 GDP 平均增速预估为 2.9%，5G 将贡献其中的 0.2%。到 2035 年，全球 5G 价值链将创造 3.5 万亿美元产出，同时创造 2200 万个工作岗位。5G 价值链平均每年将投入 2000 亿美元，持续拓展并增强网络和商业应用基础设施中的 5G 技术基础。

如果说投资机会在 4G 渗透提升就开始，5G 则奠定了射频前端飞速发展的繁荣基

础。4G 的网速足以支持目前上网的需求，这方面而言，射频前端发展需求受限。以 Wifi 为例，连接速度从 802.11b 的 2Mb/s 增长到了如今 802.11ac 的 100Mb/s，但 8Mb/s 的中国电信宽带在 2016 年仍然需要 1580 元/年，在上层宽带只有 8Mb/s 的情况下，无线通讯设备的 100Mb/s 也就失去了意义；同样，手机里的无线通讯模块，只要能满足 4G LTE，一般用户也不会关注是支持 LTE 是 category 1(10Mb/s) 还是 category 3 (100Mb/s)。正是因为没有需求，消费者往往关注处理器芯片，而不关注射频芯片，射频前端的市场和技术因而也发展受限制。随着 5G 时代高清视频、自动驾驶、海量物联网乃至移动式沉浸体验等需求驱动，前端将得到飞跃增长。

**5G 是整个产业链的事情，需要运营商、其他设备厂商和合作伙伴达成共识。**目前，从芯片组和终端供应商到网络基础设施厂商，整个生态系统已开展重要的预商用工作。

### 3、应用场景：从移动视频到沉浸式移动体验

新技术发展的一大难点在于需求预测，分析 5G 技术离不开对于潜在需求的把握。一般而言，新技术发展有两大困难，一个是技术可实现性，前一节分析 5G 通信技术大多为已有技术，不是发展障碍；另一个困难是对于需求的误判。不能靠谱预测需求，缺乏杀手级应用，往往会成为新技术的“拦路虎”。以 3G 为例，人们对于 3G 最大卖点的预判为“视频通话”，想象的“Game、Gamble、Girl”等应用场景并没有杀手级应用，上网需求却不断火爆并直接导致了 3G 时代的短寿与 4G 的崛起。因此，未来 5G 的需求潜力具有很大分析价值。

**杀手级应用短期看高清视频，长期看虚拟现实，5G 时代的移动沉浸式有望成为 4G 时代的上网功能，变革社会和工作方式。**高清视频、自动驾驶、物联网及虚拟现实均为 5G 时代重要的应用。对于其重要性排序，我们认为自动驾驶因其应用场景的独特性和专业性，有自身宏大的技术框架，5G 仅作为信息传输的架构；物联网是典型的工业升级，将持续缓和扩张；高清视频和虚拟现实为引爆 5G 时代的关键。高清视频为早期杀手级应用，作为承载 4G 时代和开启 5G 初期应用的主要场景；VR/AR 带来的移动沉浸式将最终成为 5G 时代的杀手级应用，正如同 4G 时代的上网功能一样，推动整个社会生活和工作方式变革。

**5G 服务于产业需求，设立不同标准和技术要求。**5G 不同于以往的技术，根据不同的场景制定了不同的标准，旨在服务于不同的产业。因此在不同场景，对于 5G 不同技术要求。5G 应用分为三大场景：eMBB 移动宽带增强、mMTC 大规模物联网、uRLLC 超高可靠超低时延通信。其中 eMBB 与人的体验有关，mMTC 和 uRLLC 则是为满足物物互联需求。

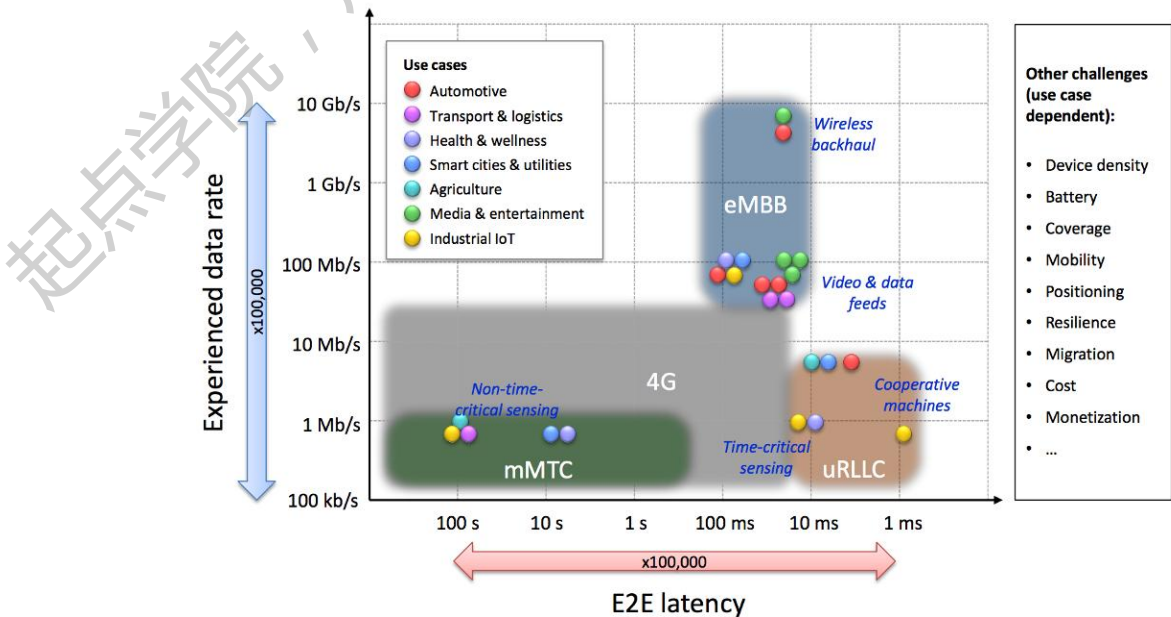
表 12、5G 应用场景

三大场景	细分	描述
eMBB 移动宽带增强	增强型室内无线宽带覆盖	其益处包括在各种规模的建筑物中改善蜂窝网络覆盖，支持面向一系列终端和应用的无线宽带覆盖。
	增强型户外无线宽带	其应用包括例如向汽车传输高清信息娱乐内容、提高户外活动和密集城

	固定无线宽带部署	市中心的容量。 该用例的主要益处是支持运营商提供更多服务，而无需高昂的资本性支出投入。
	企业团队合作/协作	通过结合超高清传输、虚拟现实/增强现实、视频远距呈现和触觉互联网，该用例的益处将得以体现。这些将增强现有企业通信解决方案并促进在团队成员和客户/终端用户之间产生更多动态交互。
	培训/教育	应用于企业用户（培训）和传统教育（中小学和高等教育），包括远程和/或欠发达地区。
	增强现实和虚拟现实（AR/VR）	大规模支持动态 AR 内容就需要 5G 空口。低时延和每秒数千兆比特的速度将支持计算密集型的 AR/VR 用户交互。
	扩展移动计算	结合更宽的无线数据管道和易于获取的云计算，5G 智能手机将能够处理一直属于笔记本电脑/台式电脑范围的生产力任务。
	增强型数字标牌	用超高清和增强现实的技术组合，5G 将支持从改善零售体验到智慧城市应用的广泛应用。
mMTC 大规模物联网	资产跟踪	大范围监控资产（和人员）分布。
	智能农业	其应用从基本的蓄水设施监控，到可监控土壤湿度和化学成分的专业传感器。
	智慧城市	部分关键技术应用包括照明、安全、能源/公用事业、物理基础设施环境监控和交通运输/出行。
	能源/公用事业监控	5G 能够支持专有网络、使用授权与非授权频谱和多跳/网状网络，这意味着它将融合竞争技术的全部优势。
	实体基础设施	海量物联网特性可结合联网传感器显著改进实体建筑物（例如桥梁和天桥）和更小建筑物（例如电梯）的监控。
	智能家居	5G 能够彻底改变智能家居终端的部署与服务方式。
uRLLC 超高可靠超低时延通信	远程监控	主要是跨广泛产业的工业自动化应用。
	信标和联网购物	提升目前零售技术利用信标和智能手机改善实体店购物体验的趋势。
	自动驾驶汽车	自动驾驶汽车是具有广泛影响的用例之一。
	无人机	广泛使用商用无人机将有机会使多个产业受益。
	工业自动化	打造更智能的工厂、增加工人和支持工厂资产移动性可为大带宽和高安全性的无线解决方案创造机会。
	远程病人监护/远程医疗	5G 将减少病人、医护人员和监控设备三方对不同连接策略的依赖。
	智能电网	5G 可向市场提供更低廉、更全面的低时延无线网络，将有潜力开启自动化实时电网切换的庞大用例。

资料来源：IMT, 兴业证券研究所

图 29、5G 不同应用场景的划分



资料来源：数码工坊、兴业证券研究所

表 13、不同场景产生的不同要求（★越多代表要求越高）

项目	用户流量	移动性	延时	低功耗
视频传输	★★★	★★★	★★	★
虚拟现实	★★★	★★	★★★	★
物联网	★	★	★	★★★
自动驾驶	★★	★★★	★★★	★

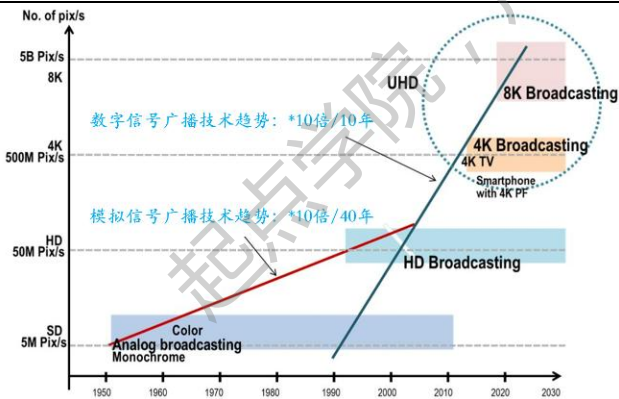
资料来源：兴业证券研究所整理

### 3.1、高清视频：早期杀手级应用，流量将增长千倍

移动视频业务是通信管道的基础业务，高清视频将成为 5G 早期的杀手级应用，也是 5G 发展的重要催化剂。随着移动宽带互联网的快速发展和智能手机的普及，2016 年移动视频业务在运营商的业务比重已经达到 48%，且具有进一步增加的趋势。可以预见，未来从随时随地 4K/8K 高清视频浏览到沉浸式虚拟现实体验，对通信管道的连接需求强劲，成为 5G 早期的杀手级别应用，将驱动 5G 技术和网络的发展。5G 的极致连接能力将消除“信息孤岛”，促进数字化共享经济的繁荣，改变人们现有的生产和生活方式。

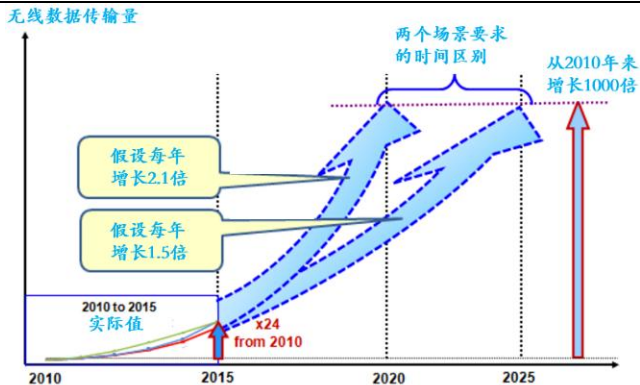
5G 技术支持随时随地高清视频数据传输，流量成千倍增长。视频的清晰度呈现不断提高的趋势，超高清视频（UHD）预计将在 2020 年被大规模提供，分辨率的增加虽然不会直接转化为流量，但是仍然对流量产生巨大影响。2020 年移动及有线视频上产生的视频流量将是 2010 年的 2600 倍。在 5G 时代，无线通信技术将实现随时随地提供超高清视频内容，以高效的视频编码支持 4K 及 8K 的视频传输需求。根据过去无线通信上行及下行流量增长的速度，保守情况下年增长率为 50%，乐观情况下为 110%，在 2025 年前，流量数据至少将比 2015 年增长 1000 倍。

图 30、数字信号技术发展，视频清晰度快速提高



数据来源：ARIB、兴业证券研究所

图 31、移动流量迅速增长



数据来源：ARIB、兴业证券研究所

表 14、视频清晰度与传输速度的要求

视频内容	传输速度要求
4K（60 fps）	40 Mbps
4K（120 fps）	48 Mbps
8K（60 fps）	100 Mbps
8K（120 fps）	120 Mbps

资料来源：ARIB，兴业证券研究所



3.2、汽车电子：从车联网到自动驾驶

5G 为车联网和自动驾驶的重要基础网络部署。5G 网络能提供现有网络所无法提供的灵活、低时延、高稳定等特性，能满足未来车联网及自动驾驶的网络部署需求，基于 5G 的车联网和自动驾驶将成为未来通行的关键发展方向。

● 车联网：V2X 离不开 5G 的 D2D、基站协同、MIMO 等多种技术

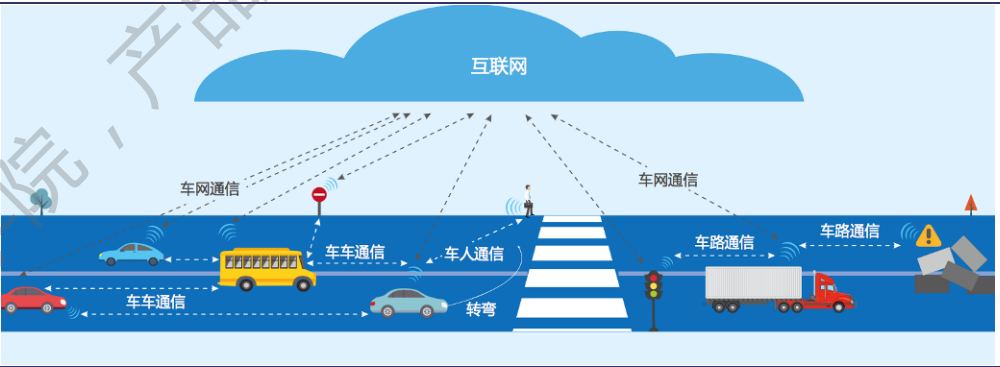
5G 为车联网的重要基础，在 V2X 信息数传过程担任重要渠道作用。5G 将成为 V2X (Vehicle to Everything) 的重要基础，V2X 包括 V2V (Vehicle to Vehicle), V2P (Vehicle to Pedestrian) 和 V2I/N (Vehicle to Infrastructure/Network) 三种，实现汽车与外界信息的及时传输。V2X 将在碰撞预警、行人警告、交通状况传输、车载高清图像传输等领域发挥重要作用。V2X 在保障驾驶更加安全和便捷的同时，能够提供更多的信息及娱乐，并且作为连接汽车及环境的一切的信息平台，将成为自动驾驶技术的重要组成。

表 15、车联网与智能驾驶的使用场景

应用场景	应用实例	通信方式
车车通信 (V2V)	车辆与车队的变道通知、制动通知、自动驾驶、佳通信息共享、安全防撞等	短距离组网、蜂窝通信
车人通信 (V2P)	车与驾驶者、乘客之间的车载娱乐、导航及车与行人的安全防撞	短距离组网、蜂窝通信
车路通信 (V2I)	车与路、信号灯、障碍物、周边建筑等设施之间的信息互动	短距离组网、蜂窝通信
车网通信 (V2N)	车与互联网之间的通信，实现网页浏览、娱乐、导航、搜索、上传下载等	蜂窝通信

资料来源：华为，兴业证券研究所

图 32、V2X 及自动驾驶场景



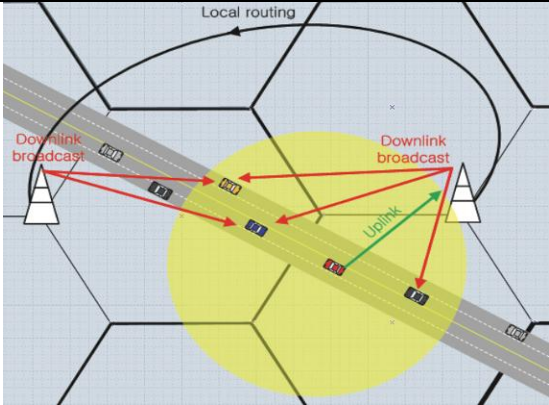
资料来源：华为，兴业证券研究所

车联网将有效降低交通事故发生率，并减少道路拥堵并实现汽车节能和较低污染。(1) 根据美国国家公路交通安全管理局的预测，搭载 V2V 技术的中型车辆能避免 80% 的交通事故，重型车辆能避免 71% 的交通事故。如果美国公路上 90% 的汽车实现了自动化，每年发生的交通事故能从 600 万起降至 130 万起。(2) 改善交通状况并显著降低能耗。车联网及自动驾驶将使交通拥堵减少 60%，现有道路的通行能力提高 2~3 倍；能耗方面，停车次数减少 30%，行车时间减少 13%~45%，降低油耗 15%。根据麦肯锡的报告，自动驾驶可以使全球的通勤者每天共节省 10 亿个小时的通勤时间，每年减少 3 万吨二氧化碳排放量。除此之外，自动驾驶还

将驾驶员的双手从方向盘解放，从而在通勤时间内进行娱乐或办公活动。

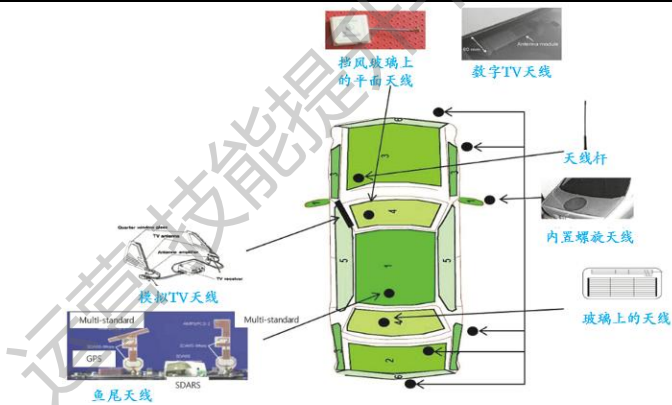
**V2X 的关键挑战在于在高速中保持信息传输的稳定、高密度、高速、低时延需要同时借助 D2D、多个基站协同、车载 MIMO 等多种技术。**（1）D2D：汽车之间的信息可以不通过核心网而直接相互传输，基于终端直通的 D2D 由于在通信时延、邻近发现等方面的特性，使得其应用于车辆安全领域具有先天优势。（2）多个基站协同：V2X 一般距离不会超过 300 米，因此需要依靠临近的基站发送消息。多个基站之间的协调、切换工作因为变得必不可少，并且同时降低延时和提高效率。（3）车载 MIMO：为了满足 V2X 大量数据传输和可靠性的需求，需要利用多天线 MIMO 技术，由于汽车安装大尺寸天线阵列会影响车辆设计和空气动力学原理，因此将采用分布在不同位置的多个小天线单元。由于多个天线之间距离较远，彼此的无线信道差距也会较大，更有利于发挥 MIMO 的优势。

图 33、不同基站之间的协同



数据来源：5G Forum、兴业证券研究所

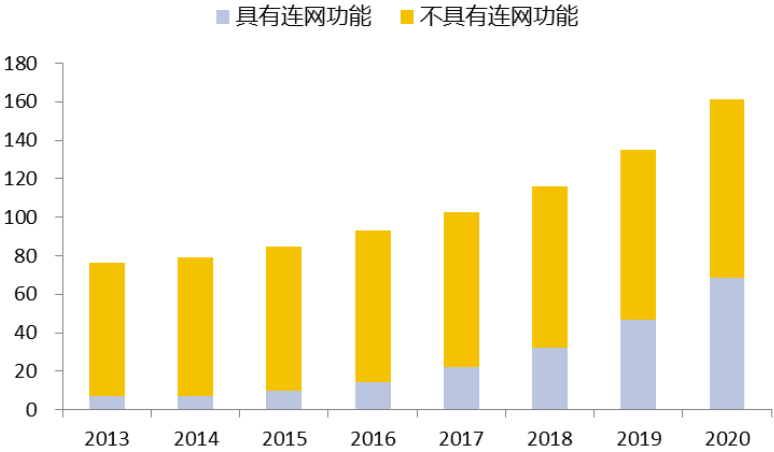
图 34、汽车 MIMO 布局



数据来源：5G Forum、兴业证券研究所

**2025 年车联网市场规模将达 8300 亿美元，2035 年自动驾驶汽车将成为新车销售主流。**2016 年，具有联网功能的新车出货量不足 20%，到 2019 年则超过 50%。根据埃森哲发布的报告，到 2025 年，所有新车都将具备联网功能，届时全球车联网市场达到 8300 亿美元。

图 35、搭载联网功能的汽车出货量（百万台）



资料来源：Scotiabank、兴业证券研究所

● 自动驾驶：

自动驾驶的安全性离不开 5G 网络的低延时。5G 网络最低延时必须达到 10 至 20 毫秒以下的水平，自动驾驶系统若由于延时过长不能及时传达指令，威胁到驾驶安全性。假设在现有 4G 网络下，时速 100 公里的汽车从发现障碍物到制动停车至少需要 1.4 米的极限距离，如果假设 5G 网络可以实现 10 毫米延时，那么制动安全距离将提升至 14 厘米，安全性得以大大提升。

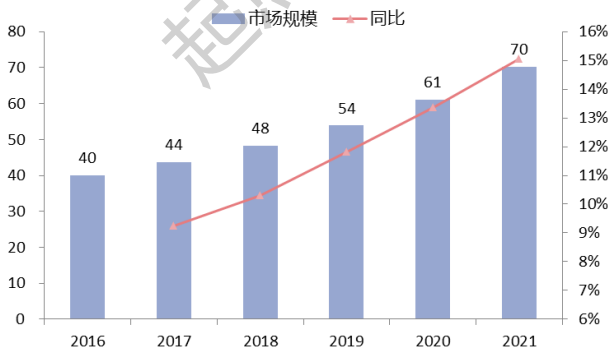
表 16、自动驾驶技术不同阶段对通信技术要求

自动驾驶等级	描述	传输延时 (毫秒)	传输速率/车 (Mbps)
第二阶段 L1	驾驶员辅助，如车道偏离警告，正面碰撞警告和盲区报警系统等，目前已属于普及阶段了。	100-1000	0.2
第三阶段 L2	高级驾驶辅助系统即 ADAS，紧急自动刹车、紧急车道辅助、自动泊车系统之类的技术等。国外市场正趋于成熟，国内也在逐渐应用。	20-100	0.5
第四阶段 L3	在驾驶员监控的情况下，让汽车在特定的驾驶路况下自动控制行驶。目前大部分车企都在积极研发此阶段的产品。	10-20	16
第五阶段 L4	在无需驾驶员监控的情况下，汽车在各种路况甚至多气候条件下可以完全实现自动驾驶	1-10	100

资料来源：华为，互联网资料，兴业证券研究所

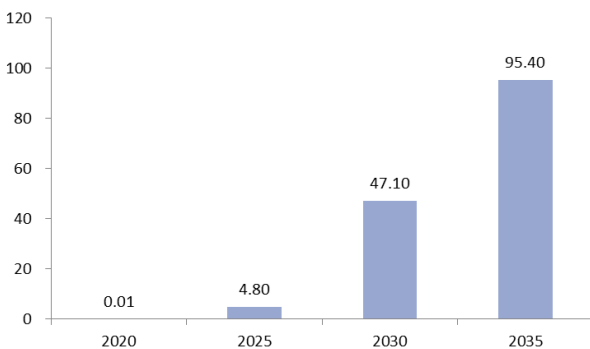
自动驾驶发展路径最终也要以 5G 网络作为基础设施为前提。自动驾驶有两条发展路径，一个是由内而外的自助式路线，依靠先进的车载传感和控制系统，通过人工智能实现自动驾驶，即让机器人来开车；另一个是协同式路线，通过车联网实现车与万物的实时交互，即使道路上所有移动与固定的物体相互联系，即通过网络实现自动驾驶。前者的代表为英特尔，后者的代表为高通。然而人工智能的思路未必能够为人类所理解，要实现真正的驾驶，两条发展路径会相互融合，因而离不开能够高效反应的神经网络。除了延时和速率，自动驾驶汽车每秒将消耗 0.75GB 的数据流量，超出 4G 网络承载量。只有 5G 部署之后，实现了高速率、低延时、大容量，自动驾驶技术才能真正普及。届时，汽车电子也会成为半导体行业重要的增长引擎。根据 NAVIGANT 预测，到 2035 年全球自动驾驶汽车销量将达到 9500 万辆。

图 36、全球无人驾驶汽车市场规模预测（亿美元）



数据来源：艾媒咨询、兴业证券研究所

图 37、无人驾驶汽车销量预测（百万辆）



数据来源：NAVIGANT、兴业证券研究所

3.3、物联网：基于 5G 网络的万物互联

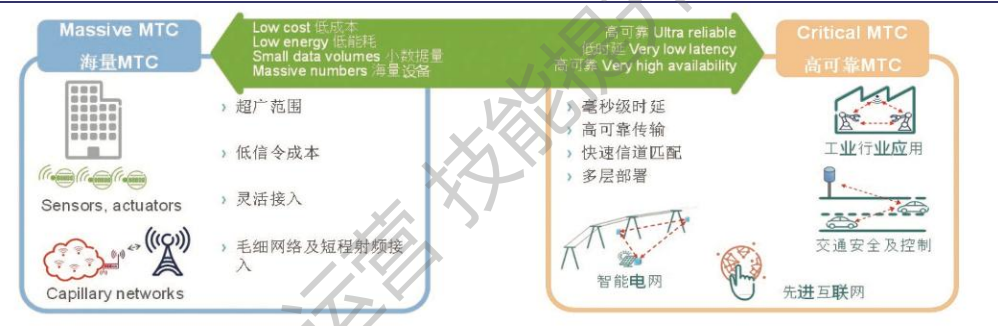
物联网将为 5G 主要场景之一，大连接与低功耗为关键。5G 的物联网主要分为大规模机器类通信（Massive MTC）与高可靠低时延机器类通信（Mission Critical MTC）。在 ITU 草案中，单个 5G 网络，每平方公里区域范围内至少能承载 100 万台设备。除了大连接，物联网应用同时要求低功耗。NB-IoT 设备的能耗可以做到非常小，甚至保持 10 年以上的寿命。

表 17、5G 下物联网场景

场景	特点	服务场景
大规模机器类通信 高可靠低时延机器类通信	低功耗、广连接、数据量小、终端数量多 高可靠性、极低时延、高速海量数据	智能建筑，物流管理，智能抄表，智能农业 远程控制，智能交通中安全监测和控制，远程遥 控制造、培训和外科手术

资料来源：兴业证券研究所整理

图 38、物联网接入解决方案（IoT）



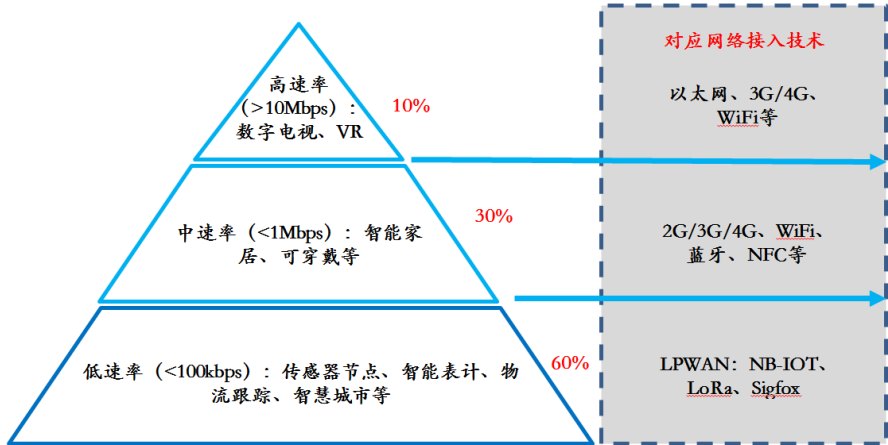
资料来源：数码工坊、兴业证券研究所

物联网将在未来二十年内创造出数百亿个新增连接，所有设备将逐步实现互联，并创造出万亿美元级庞大无边际市场。万物互联的物联网是未来确定性的重要技术方向，然而这个美好构想在现实中却推进缓慢，一个重要原因是没有合适的网络连接方式。与移动终端及有线的家用电器不同，海量物联网设备需要低成本、低功耗、广覆盖的网络连接，现有的运营商蜂窝网络在此场景下带来的信号覆盖不够、电池功耗过快、流量及维护成本高问题无法得到解决。5G 标准专门覆盖了这一技术空白，如 3GPP 今年正式发布的 NB-IoT 标准得到业界积极响应。根据 GSMA 预测，NB-IoT 在 2020 年将达到 30 亿的连接；根据 Machina 预测，NB-IoT 未来将覆盖 25% 的物联网连接；IDC 则预计 2020 年整个物联网终端数量将达到 208 亿。

低速率、低功耗需求的终端将带动下游新兴场景，并带来传感、MCU、通信芯片的新一轮增长。物联网中低速率、低功耗需求的终端占比约 60%，包括智能表计、智慧城市、物流跟踪等多个领域。随着合适的网络连接方式出现，会激发众多应用场景，诸如交通路灯、市政管网监测节点、智能路灯、垃圾站点监测、农业灌溉监测、气象/水文数据采集、物流跟踪等，届时相关的 MEMS 传感器芯片、MCU 芯片以及通讯芯片也将迎来爆发。

图 39、物联网设备数量根据传输数据分化





资料来源：传感器与物联网、兴业证券研究所

### 3.4、虚拟现实：移动沉浸式体验为下一代信息载体

基于 5G 的网络业务体验将不受地域限制而快速交互和传播，VR/AR 的移动沉浸式体验所创造的身临其境的交互信息将取代文字、图片，成为下一代社交平台的主要信息载体。未来 VR/AR 移动沉浸式体验将取代手机成为主流，5G 将强有力地支持移动体验，打开巨大的潜在用户市场和规模开发的成本优势。VR/AR 市场快速成长，根据 IDC 估计，2016 至 2020 年 5 年内，VR 出货量的复合增长率位 100.7%，AR 出货量的复合增长率为 196.4%。虚拟现实从芯片到终端产业链已逐渐成型，娱乐、社交、零售等应用场景先后试水，随着 5G 网络，移动沉浸式体验或将爆发。

表 18、虚拟现实、增强现实出货量预计

	2016 年	2020 年	5 年复合增长率
VR 设备（万台）	1010	6100	100.7%
AR 眼镜（万台）	10	1500	196.4%
合计（万台）	1020	7600	108.3%

资料来源：IDC，兴业证券研究所

VR/AR 用户体验的极致是千兆级的速率、低时延、轻薄、低功耗的穿戴设备，对计算、处理和传输能力的要求需要 5G。移动沉浸式体验的高带宽低时延的技术需求来源于实时精确的图像处理 and 跟踪，例如高清图像处理和跟踪、场景识别和重构、3D 音频动态跟踪、手势追踪等，同时移动设备的功耗和电池续航能力对网络侧的节能设计也提出了较高要求，对于 5G 网络而言，主要技术要求为吞吐率、时延和系统容量以及网络架构的改进等。VR 设备的移动沉浸式体验的要求，网络方面，吞吐率在 100Mbps~1Gbps；分辨率方面，从目前的 1200\*1080 提升至视网膜级别的 5073\*5707，显示位置也更加靠近眼球；视角方面，目前 VR 约 110 度，AR 约 40~50 度，未来需要增加到 200 度；图像处理方面需针对每个眼球进行独立的图像处理，因而增加一倍的传输数据量。

表 19、VR 设备沉浸式体验对网络带宽的要求

	初级体验	基础体验	极致体验
单眼分辨率	5037*5707 ppi	5037*5707 ppi	5037*5707 ppi
帧率	25~30 fps	50~60 fps	100~120 fps
比特/像素	8 bit	10 bit	12 bit
半屏	~70Mbps	~175Mbps	~350Mbps
三维全景 (*2*6)	~840Mbps	~2.1Gbps	~4.2Gbps

资料来源：华为，兴业证券研究所

用户体验改善需求下，无尾化 VR 设备为必然趋势，5G 为 VR 无线传输的重要基础。为了体验更好的虚拟现实内容，单个用户需要每秒 150-200 兆的网速；多人体验则需要千兆网速。目前高质量的 VR 产品均依赖 HDMI 线缆传输数据，线缆带来的拉扯设备、绊倒以及问题影响沉浸式体验，无线 VR 设备是必然趋势。目前 802.11ac Wi-Fi 通信技术在良好无干扰的环境下传输速度约可达 300Mbps，但考虑频段拥挤和信号干扰等问题，以及 VR 设备分辨率和刷新率还会进一步提升，现有带宽会显得不足。除了基于现有无线通讯基础的串流技术、数据压缩传输技术等修补性方法以外，5G 才是未来虚拟现实进一步普及的重要基础。目前传统巨头如高通、Intel 外，以及 SiBEAM、Nitero 等中小厂商均已在该领域进行布局。

用无线代替有线的同时需要保证 3~5ms 的时延，5G 高速率成为关键。从动作感知到最终的图像光学呈现，端到端的时延需要控制在 20ms 以内，才能避免用户感知到明显的拖尾和由此导致的时延。目前高级的 VR 设备用传感器捕捉眼球运动，据此分析焦点并传回设备，并且在屏幕上显示，大概需要 20ms。虽然显示延时为未来主要突破点，VR 设备想要实现无尾化，考虑到显示时延的下降，网络侧的时延也必须保证在 3~5ms 以内。若在 8K 分辨率及 120fps 刷新率的要求下，显示实现时延 12ms，在 3D 情况下数据量为 2D 两倍，传输速率需要 240Mbps。在超密集组网的复杂环境下，在保证每平方公里 10Tbps/s 的网络容量基础上，还需要用特殊的切换和干扰控制算法以保证移动用户的体验一致性。

表 20、Oculus 各环节延时

环节	延时
传感器延时	1ms
传输延时（有线）	2ms
计算延时	3ms
显示延时	13.3ms
总共	19.3

资料来源：Nardin，兴业证券研究所

#### 4、射频前端及天线：长期确定性增长的市场

移动数据吞吐量的每一次增长都是通过 RF 性能提升来实现的。回顾历史，每一代通讯标准的升级都带来通讯芯片厂商竞争格局变动与兴替，5G 时代新一轮激烈竞争下还是会诞生一些领跑厂商。

表 21、通讯标准升级下的通讯芯片厂商兴替

时代	兴起	衰退
----	----	----

3G	高通	摩托罗拉通讯芯片业务（后拆分为 Freescale）
4G	高通、联发科、海思、展讯	意法-爱立信解散，日本 NEC、瑞萨相继关停或出售了其 4G 芯片业务
5G	主流的通讯芯片厂商如高通、三星、华为、联发科及 Intel 积极布局	

资料来源：兴业证券研究所整理

射频增长点不需要等到 5G 到来，4G 已经在拉动射频前端市场的飞速增长。标准的 2G 手机需要 0.8 美元，满足全球漫游要求的高端 4G 手机需要 16.25 美元，从传统的 2G 到目前高端机型，单机的射频价值增长了 200 倍。单个手机所需要的射频价值从 2014 年的平均 5.76 美元到 2018 年的平均 8.65 美元。随着 4G 的普及和 4G 向 pre 5G 演化，载波聚合的使用会使射频系统更复杂，成本提升，单机价值有进一步提高的空间。2014 年支持载波聚合的手机约 1.08 亿部，2018 年可达到 11.85 亿部。

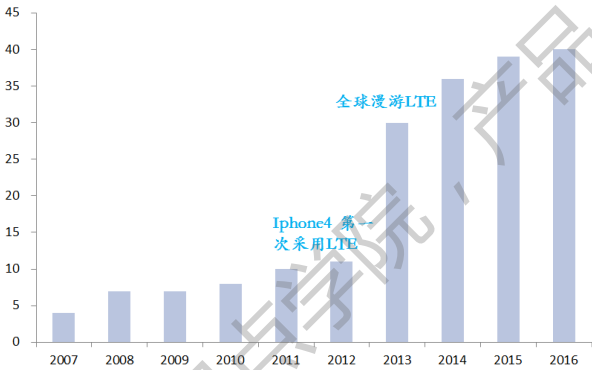
中国的 4G 手机占比超过 90%，新上市的 4G 机型，全网通已经是旗舰机标配。中国市场的 4G 普及率表现突出，2016 年 4G 手机出货量达 5 亿部，占全国手机出货量比重超过 90%。现在，各主流品牌华为、三星、Oppo、魅族的旗舰机均满足全网通。5G 时代，全网通手机不仅仅是“五频十三模”或“五频十七模”，对于射频的需求会不断提升。

表 22、不同通讯时代下智能手机单机所需射频价值（美元）

传统 2G/3G	3G/4G	性能 4G	高端 4G	5G
0.8	3.25	7.25	16.25	22+

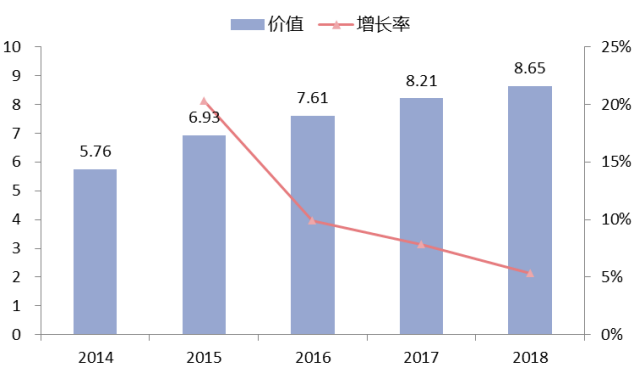
资料来源：Qorvo，兴业证券研究所

图 40、历代 iPhone 支持的频段数量



数据来源：Yole、兴业证券研究所

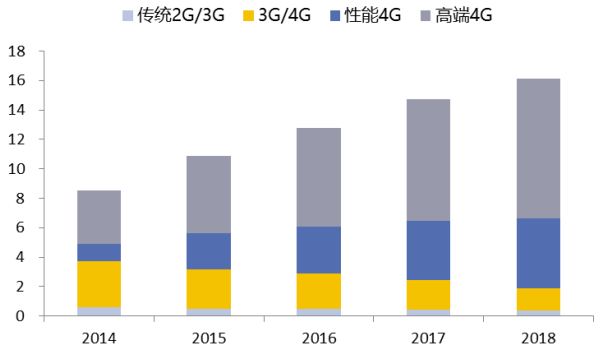
图 41、智能手机平均射频价值（美元）



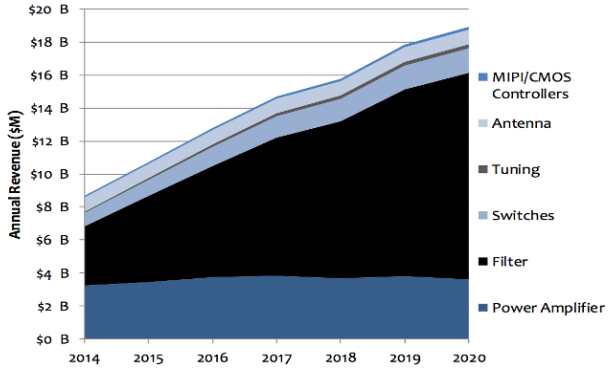
数据来源：Qorvo、兴业证券研究所

通讯技术升级带来滤波器、天线和 PA 的新需求，射频前端市场将保持快速增长。根据 Yole 预测，智能手机 RF 前端模块与组件市场产值将从 2016 年的 101 亿美元，增长到 2022 年的 227 美元。根据 Qorvo 数据，手机射频前端市场则由 2016 年的 120 亿美元，增长到 2018 年的 160 亿美元。两组数据的复合增长均约为 15%，而其中滤波器、天线、PA 等部分结构性增长机会更突出。

图 42、射频前端市场规模按手机类型划分（十亿美元） 图 43、射频前端市场规模按产品类型划分（十亿美元）



数据来源：Qorvo、兴业证券研究所

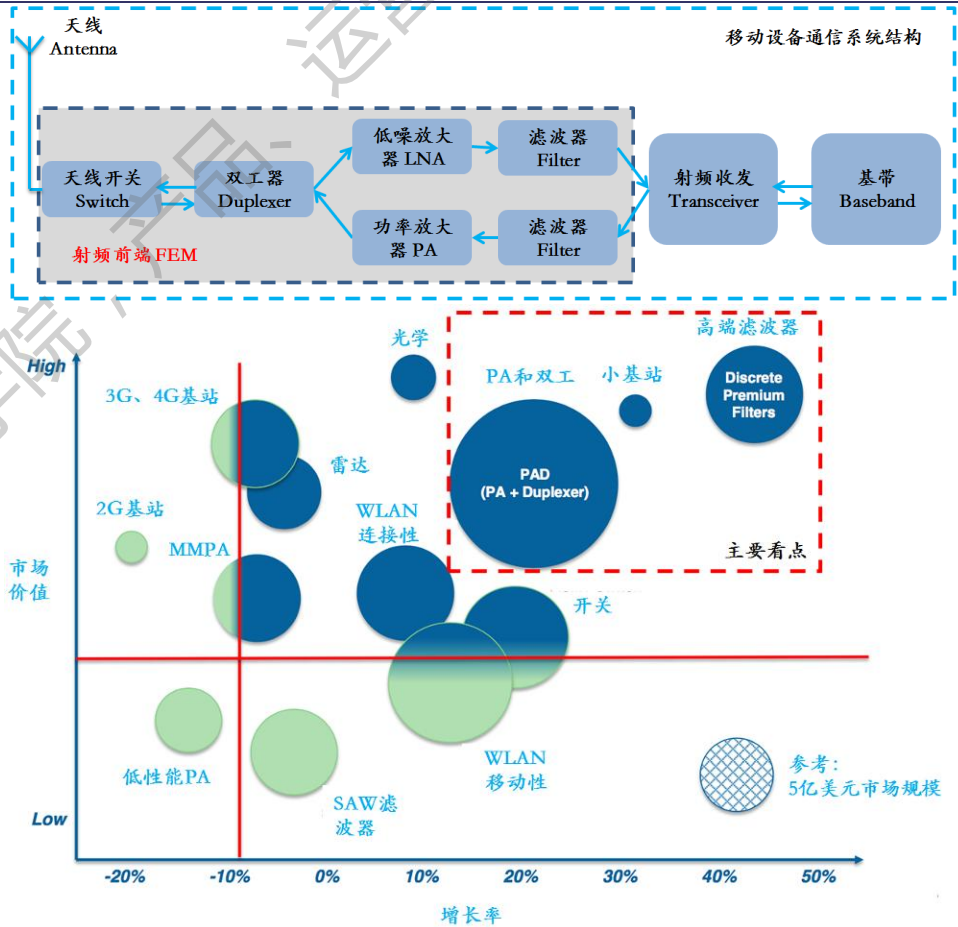


数据来源：Mobile Experts、兴业证券研究所

移动终端每增加一个频段，需要增加 1 个双工器，2 个滤波器，1 个功率放大器和 1 个天线开关。未来手机将满足以下需求：

- 支持区域和全球漫游的多频带
- 支持多种蜂窝模式，包括 2G、3G、4G、WiFi、蓝牙（Bluetooth）、近场通信（NFC）、全球定位系统（GPS）
- 利用多输入多输出（MIMO）
- 利用智能天线技术（如波束成形或分集）
- 利用载波聚合（CA）

图 44、移动设备通信系统结构及其 2016 年的市场规模和主要投资机会





资料来源：兴业证券研究所整理

**功率放大器显著受益于 5G。**功率放大器（PA）一直是射频前端的主要构成。PA 在 4G 时代，LTE 功率放大器的持续增长与 2G、3G 市场萎缩互相抵消，市场增长较为缓慢；随着 5G 毫米波时代到来，化合物半导体的应用增加以及 PA 数量的提升都带来新机会。

**滤波器逐渐成为射频前端的重要组成。**滤波器单价较低，ASP 为 0.08~1 美元一个，但每增加一个频段需要增加 2 个滤波器。

**移动端多天线的推广将推动天线市场成长，并且带动主天线和分集天线都需要使用的天线调谐器。**其中，天线调谐器受益于多天线架构，2016 年市场仅有 3600 万美元，到 2022 年将达到 2.72 亿美元。

#### 4.1、滤波器：射频前端增长最快的部分

滤波器为射频前端增长最快的部分。滤波器可以对特定频率的频点或该频点以外的频率进行有效滤除，得到一个特定频率的电源信号。移动端的滤波器主要为表面声波滤波器（SAW）、温度补偿滤波器（TC-SAW）和体声波滤波器（BAW）三种。不同频段由于使用的电磁波频率不一样，适用不同的滤波器。其中，SAW 滤波器主要应用于 2.1GHz 以下；BAW 用于 2.1GHz 以上。

**滤波器行业受 4G 渗透率持续提高而稳定增长，5G 将进一步促进滤波器的升级和放量。**由于 4G 手机所需要的滤波器数量多于 2G 及 3G 时代，随着 4G 的不断普及乃至 5G 的引入，滤波器的需求量提升。此外，载波聚合和 MIMO 都是基于多频谱技术，每个频谱需要新增两个滤波器，是滤波器数量增长的另一个推力。除了智能手机，物联网将是滤波器行业重要的应用领域。2020 年超过 200 亿个的物联网终端设备，将带来大量的滤波器需求。

根据

根据测算，2016 年滤波器市场空间约 57 亿美元，到 2020 年将增长到 108 亿美元，复合增长率 17%，是射频前端增长最快的分支，市场也逐渐成长到与功率放大器相当的体量。根据 Yole 数据，到 2022 年滤波器行业将增长到 2016 年的三倍，复合增长率可达 20%。

表 23、不同智能手机单机所需滤波器价值量（美元）

	3G	区域 LTE	全网通 LTE
SAW 滤波器	1.25	2.00	2.25
TC-SAW 滤波器	0.00	0.50	1.50
BAW 滤波器	0.00	1.50	3.50
全部滤波器	1.25	4.00	7.25
PA、天线开关及其他	2.50	3.50	5.50
射频前端	3.75	7.25	12.75+

资料来源：TriQuint，兴业证券研究所

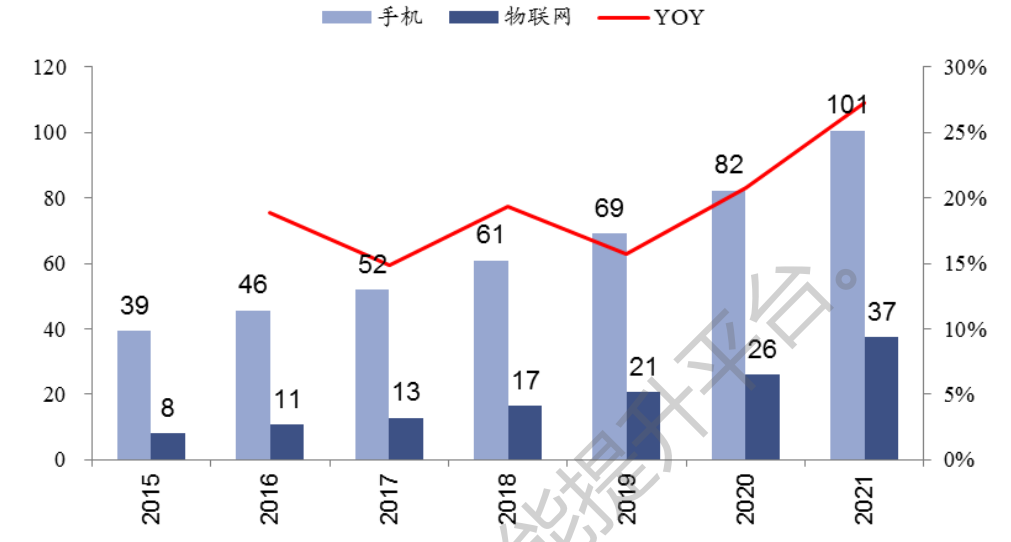
表 24、目前不同机型需求滤波器数量

	低端机型	中端机型	高端机型
双工类别	0-4	4-7	7-13

多工类别	-	-	0-2
滤波器总量	9-12	12-20	20-40

资料来源：Muratec，兴业证券研究所

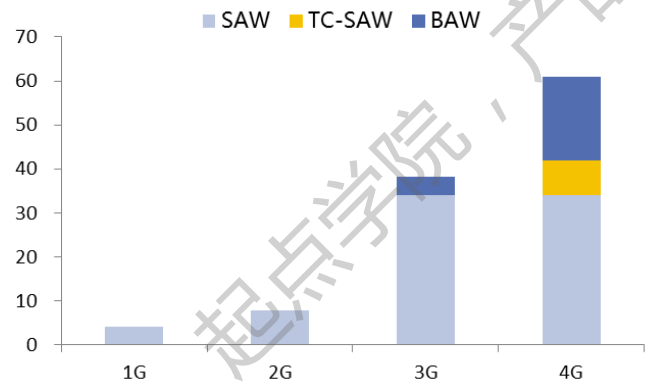
图 45、滤波器市场空间测算（亿美元）



资料来源：兴业证券研究所

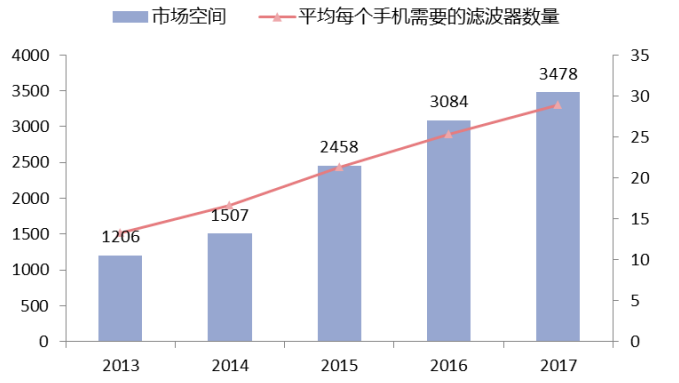
细分看，高端滤波器占比不断提高，表现亮眼。根据 TriQuint，高端滤波器（包括 TC-SAW、BAW）在 2016 年市场规模约 35 亿美元，平均每台手机所需要的滤波器的数量从 2013 到 2016 年将近翻了一倍，达到 25 个，并保持不断增长。滤波器主要增长来自于高端滤波器，贡献了 3G 到 LTE 的主要价值增量。

图 46、不同通讯时代终端对应滤波器频段数量



数据来源：TriQuint、兴业证券研究所

图 47、高端滤波器市场空间及单机需求量（百万美元）

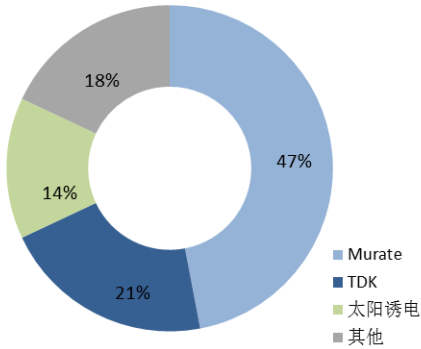


数据来源：TriQuint、兴业证券研究所

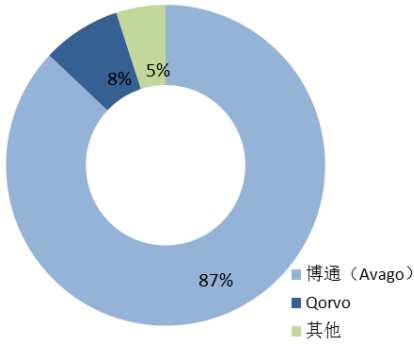
滤波器的生产门槛较高，只有少数厂家能实现量产并且保持一致性和较高质量。滤波器市场受国际大厂垄断，行业集中度高，国内厂商实力相对薄弱。SAW 滤波器主要厂家为 TDK、Muratec、太阳诱电、Fujitsu；TC-SAW 滤波器主要厂家为松下、Qorvo；BAW 滤波器的主要厂家为博通和 Qorvo。

图 48、2015 年 SAW 滤波器市占格局

图 49、2015 年 BAW 滤波器市占格局



数据来源：Navian、兴业证券研究所



数据来源：Navian、兴业证券研究所

表 25、5G 潜在频谱范围内的滤波器

	3.4-3.6GHz	3.6-3.8GHz	4.4-4.99GHz	24.25-27.5GHz	27.5-29.5GHz
SAW 滤波器	×	×	×	×	×
FBAR 滤波器	○	○	×	×	×
LC 滤波器	○	○	△	△	△

资料来源：IDC，兴业证券研究所

备注：×表示无法使用；○表示可以使用；△表示潜在可以使用；FBAR 为 BAW 的一种

在低波段通信（如 2G 或 3G）的 SAW 滤波器市场，低成本竞争对手拥有机会。4G、5G 使用的 BAW 在技术所与 SAW 有较大差异，供货商如果无法跨进 BAW 市场，将持续面临 SAW 沉重价格战压力。国内厂商在滤波器领域差距较大，在国际大厂重点突破 BAW 技术时，国内厂商可以趁机在 SAW 奋起直追，实现国产替代。

#### 4.2、天线：精度提升与频段增多，天线迎来量价双升

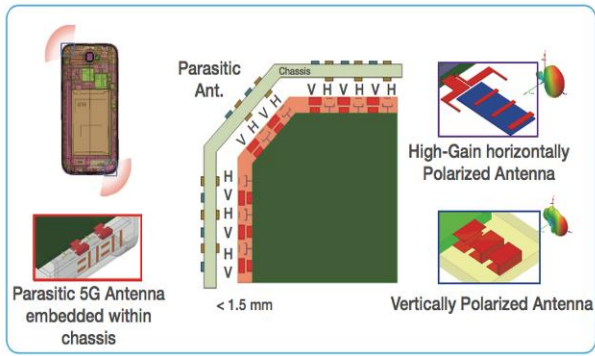
天线设计精度提高、频段增多，5G 时代天线迎来量价双升。未来随着设备向 5G 演进，存在两个方面的挑战，一是天线越多精度要求越高；二是频段越高，绝对精度要求越高。5G 毫米波时代天线越来越小，数量却成对增加。现在 4G 手机天线大多为 2×2，5G 至少为 4×4，同时基站天线也多达 128 或者 256 根天线。由于终端对于功耗比较敏感，往往采用多天线接收，少天线发射，手机的多天线设计目的增加接收通道数。此外，随着物联网推进，万物互联意味着万物将搭载天线。

图 50、三星 S8 天线方案

图 51、三星将天线整合进手机机身的方案



数据来源：三星、兴业证券研究所



数据来源：三星、兴业证券研究所

天线持续升级，5G 时代天线价值量有望翻倍。终端天线先后经历外置天线、弹片天线、FPC 天线、LDS 天线。现在高端机型使用的 LDS 天线，是用激光技术将天线与手机外壳连接，避免互相干扰的同时充分利用手机空间。对于 5G 时代天线的构想主要有两种方案，第一种是按照传统天线逻辑继续采用 LDS 和 FPC 天线，另一种是在非金属后盖上整合天线。第一种方案会带来量的提升；第二种方案则会引起量价齐升。除此之外，还有一些介于二者之间的其他方案，诸如三星针对 5G 的 MIMO 提出新的天线结构，将多个天线嵌入手机机身箱体，使用高增益水平极化天线和垂直计划天线，重构移动端天线阵列模式。

表 26、不同天线参考价格（元）

外置天线	弹片天线	FPC 天线	LDS 天线
低端手机 0.2-0.5	低端手机 0.2-0.5	中端手机 1-2	高端手机 3~4

资料来源：兴业证券研究所整理

表 27、不同通讯时代手机天线需求变迁

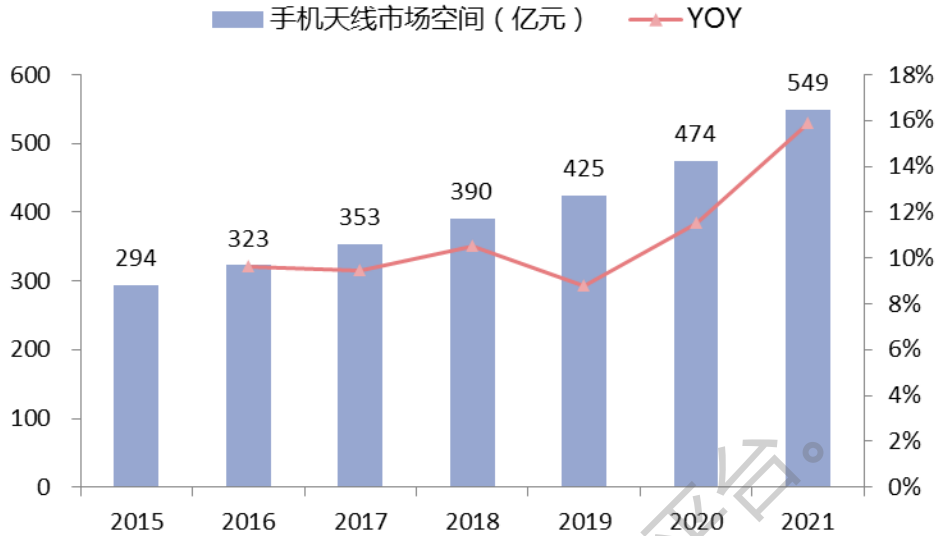
	1G/2G	3G	4G	5G
天线种类	主天线（1）、蓝牙	主天线（2）、蓝牙、WIFI、GPS、收音机	主天线（2）、蓝牙、WIFI（≥1）、GPS、手机支付天线	主天线（8）蓝牙、WIFI、GPS、无线充电、手机支付天线
天线数量	1~2	4~5	7~8	≥16
天线工艺	弹片天线	FPC 天线	LDS 天线	LTCC 低温陶瓷共烧

资料来源：IMT-2020（5G）、兴业证券研究所整理

根据测算，2016 年手机天线市场空间约 323 亿元，到 2021 年达 549 亿，年复合增长率 11%。

图 52、手机天线市场空间测算（亿元）





资料来源：兴业证券研究所

#### 4.3、功率放大器：化合物半导体的增长引擎

射频化合物半导体开启新一轮增长期。化合物半导体指由两种或两种以上元素以确定的原子配比形成的化合物，拥有不同于硅半导体的特性，能在超高频率下运作。化合物半导体在射频组件具有不可替代的重要作用，化合物 PA 芯片为前端市场的主流产品。从 PA 来看，目前主要有 GaAs 和 CMOS 两个工艺，CMOS 主要应用于低端的 2G GSM 手机，3G、4G 手机全部采用 GaAs 工艺。5G 时代的通讯全频带通信和毫米波技术，移动端前端 PA 芯片数量将进一步增加，而以 GaAs 为代表的化合物半导体比重也会不断提高，化合物半导体产业链有望迎来新一轮成长期。

毫米波时代，射频元件是化合物半导体的天下。早在 802.11a 技术开始商用时期，Wifi 通讯频段提升至 5GHz，基于硅基的 CMOS 射频 PA 组件已经逐渐消失；当进一步升级至毫米波频段，使用 28GHz、39GHz 乃至 70GHz，在可见的未来，都是化合物半导体的天下。目前 6GHz 以下的 PA 组件，主要使用的材料制程为 GaAs HBT；28GHz~39GHz 在移动端使用 GaAs HEMT，在小基站使用 GaN HEMT。

表 28、不同频段对应的化合物半导体及制程

频段	化合物半导体
6GHz 以下	GaAs HBT
28~39GHz	智能手机：GaAs HEMT、小型基站：GaN HEMTs
70GHz 以上	InP HBT、GaN HEMT、GaAs HEMT

资料来源：兴业证券研究所整理

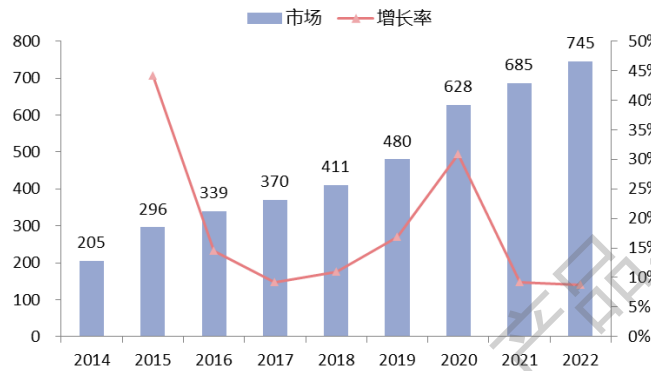
化合物半导体的特性更适用于 5G 技术。5G 的射频元件能满足更高的频段、更多的频段、更快的速度、更小的尺寸，传统硅半导体面临技术困难，而化合物半导体可以有效解决毫米波带来的问题。化合物半导体在功率、线性度、工作频率、效率、可靠性更适合 5G 技术。CMOS 产品面临击穿电压低、衬底绝缘性差、高

频损耗大等先天缺陷，多个特性无法满足要求。在 5G 时代，硅工艺的射频器件由于小型化导致击穿电压下降，从而最大输出功率也随之下降，化合物半导体则有更好表现。skyworks 的 GaAs PA 产品可以做到 78%，而最好的硅基 CMOS PA 产品只能做到 57%。

未来多模多频移动端 PA 用量增加两倍以上。移动终端所需要的 PA 芯片数量与其支持的频段数正相关，一般 4G 手机需要 4 个 PA 芯片，多模多频终端所需要的 PA 芯片一般为 5~7 个，以 iPhone6 为例，其使用了 6 个 PA 芯片。5G 时代支持频段数量能多，且需要向下兼容前代通讯制式，未来单个移动终端可能需要 16 个 PA 芯片。

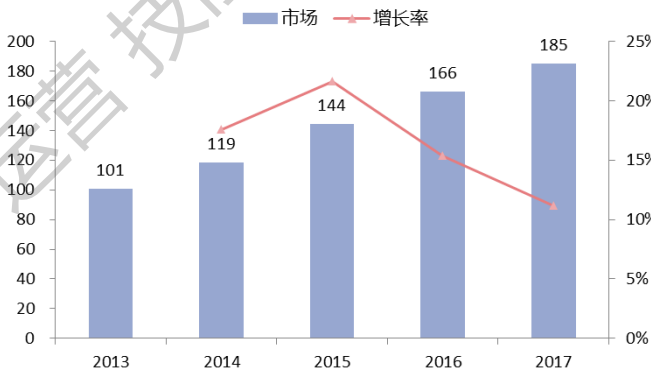
化合物半导体增速远高于半导体整体增速，化合物射频组件稳定增长。根据 Yole 数据，2015 年，全球化合物半导体市场规模约 240 亿美元，LED 占比超过 50%，射频通讯组件约 40%。到 2020 年，化合物半导体市场将成长至 440 亿美元，CARG 为 12.9%，是整个半导体市场增速 6.5% 的两倍。化合物射频组件中主要为功率放大器，GaAs 在化合物射频组件占比 94%；GaN 射频器件占比虽小，但增速较快，有望在 5 年内爆发，市场规模从 2015 年的 3.0 亿美元增长到 2020 年的 6.3 亿美元。

图 53、GaN 射频器件全球市场规模（百万美元）



数据来源：Yole、兴业证券研究所

图 54、GaAs 元件全球市场需求量（亿只）



数据来源：IDC、兴业证券研究所

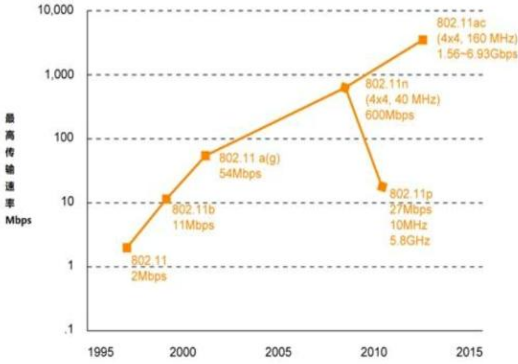
表 29、PA 主要应用市场及假设

频段	描述与假设
手机：移动广域网	4G 已经无法通过压缩频段而使用单个 PA，需要使用 4~5 个 PA；5G 将使用给更多 PA。单个通信 PA 价值量约 0.3~0.7 美元；2G/3G/4G/5G 手机分别需要 0.3/1.5/3.5/5.5 美元的砷化镓 PA。
WIFI：移动局域网（WLAN）	假设 WIFI 用 PA 价值量 0.2 美元。2.4GHz WIFI 使用 CMOSPA 即可；5GHz 的 WIFI 需要使永砷化镓 PA，其中 802.11n 采用 1~2 颗；802.11ac 采用 2~3 颗；802.11ad 将达到 4 颗，对应单机价值量分别为 0.4/0.7/1.1 美元。
物联网	物联网用 PA 价值量 0.3 美元。4G 布局于物联网起步阶段，未来 5G 与物联网将同步爆发，促进市场增长

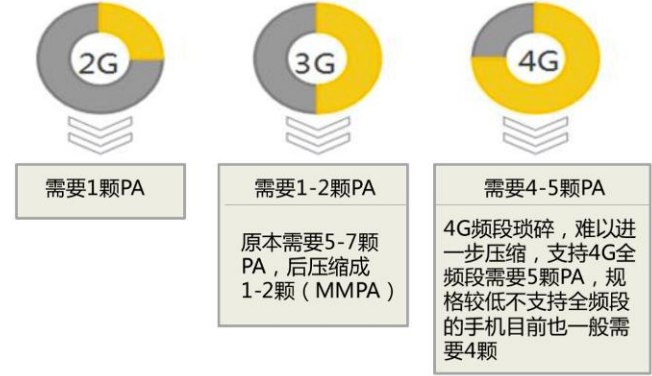
资料来源：兴业证券研究所整理

图 55、IEEE 802.11 演进

图 56、4G 提升砷化镓的需求



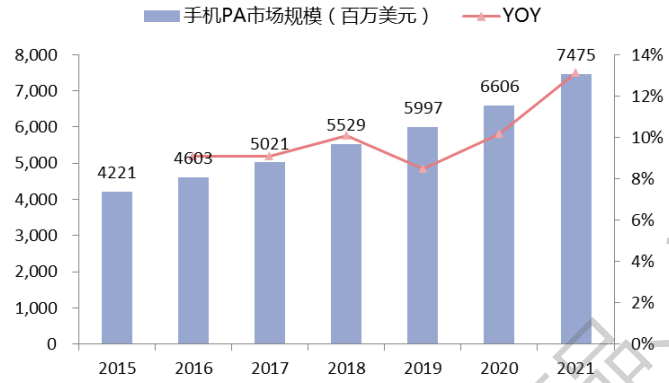
数据来源：物联网智库、兴业证券研究所



数据来源：兴业证券研究所

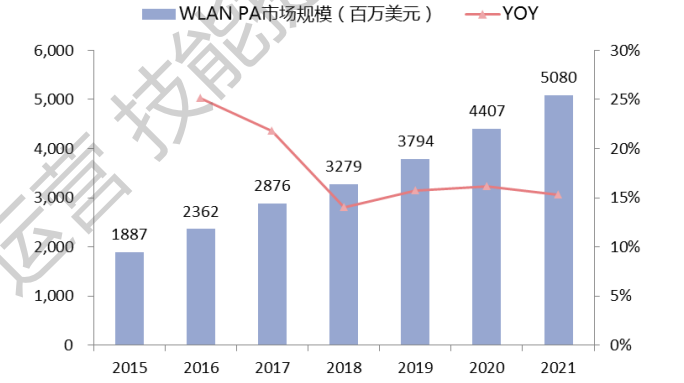
根据测算，2016 年全球砷化镓 PA 市场空间约 71 亿美元，未来每年增长约 14%，2020 年达到 141 亿美元，在 2020 年 5G 商用之后的 2021 年将迎来爆发，增速提升明显。

图 57、手机 PA 市场规模测算（百万美元）



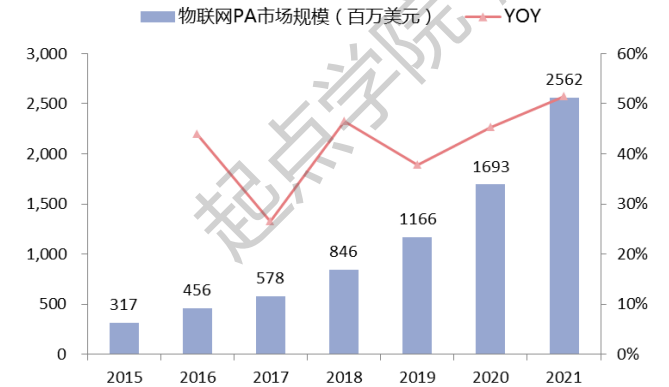
数据来源：兴业证券研究所

图 58、WLAN PA 市场规模测算（百万美元）



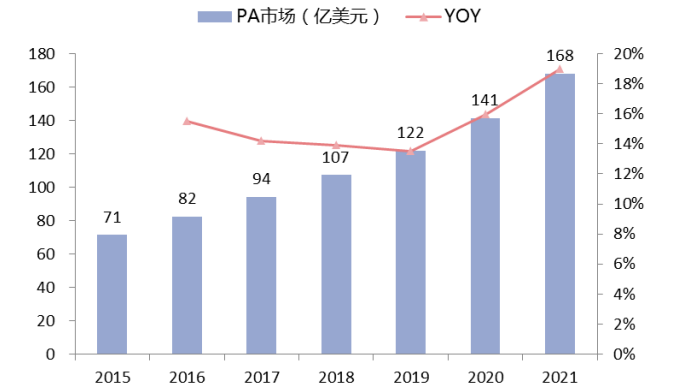
数据来源：兴业证券研究所

图 59、物联网 PA 市场规模测算（百万美元）



数据来源：兴业证券研究所

图 60、砷化镓 PA 总市场测算（亿美元）



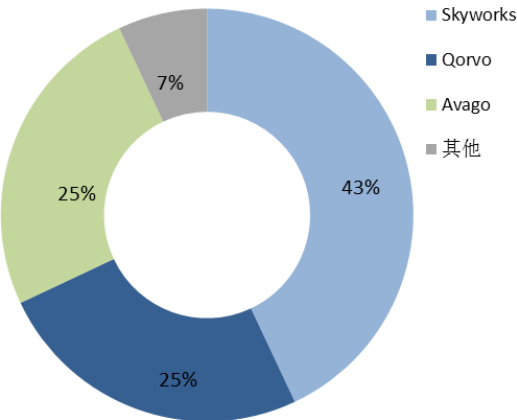
数据来源：兴业证券研究所

化合物射频器件市场集中度高,利益格局稳定。因为 GaAs 工艺 PA 技术门槛较高，所以 PA 市场具有集中度非常高。PA 的主要设计公司有 Skyworks、Qorvo 和 Avago 三家。GaAs 晶圆代工厂主要是台湾的稳懋半导体、宏捷科技和美国的 TriQuint，三家的市场占有率超过 85%。Avago 和 Skyworks 除芯片设计的主要业务外，也

有部分产能，当自身产能不足时会给台湾代工厂商订单，Avago 的代工厂商是稳懋， Skyworks 代工厂商是宏捷科技，Qorvo 没有代工厂商。

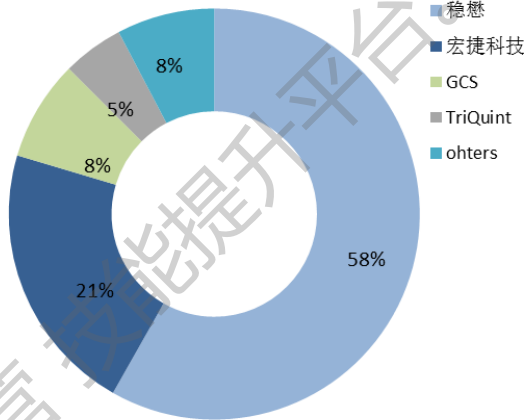
大陆通过产业基金对三安光电进行支持，为技术积累和规模量产提供了保障。国家产业基金入股 48 亿（9% 的股份），成为三安第二大股东，是国家重点扶持的化合物半导体标的。三安光电涵盖了化合物半导体的上游原材料供应与设备制造等环节。目前，三安光电的化合物半导体已经有多家客户参与试样验证，部分芯片已通过性能验证，并开始少量出货。三安光电与 GCS 形成互补优势，加快在射频通讯和光通讯元件技术水平的提升和市场开拓，是国内潜在的化合物半导体龙头。

图 61、2015 年功率放大器市占率格局



数据来源：Yole、兴业证券研究所

图 62、2015 年全球 GaAs 晶圆代工市占率格局



数据来源：Strategy Analytics、兴业证券研究所

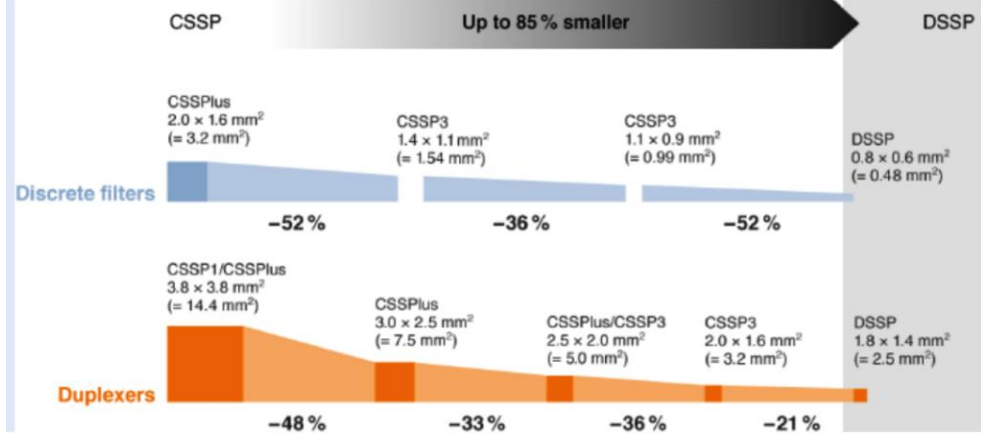
## 5、SiP 集成化封装：产业链价值重新分配

### ● 趋势一：单个射频器件的封装体积微小化和复杂化

手机使用的滤波器和双工等射频器件数量迅速上升，因而要求其体积相应的快速缩小，在设计时平衡器件的体积与性能，从而带来射频器件的变化与升级。以 EPCOS 产品为例，从芯片级 SAW 封装(CSSP)到裸片级 SAW 封装(DSSP)，体积下降非常明显。5G 时代采用高频的毫米波段对应更小尺寸的射频元件，其封装复杂度大幅提升，对封装过程中的连线、垫盘和通孔等结构精密度要求更高，避免妨碍到芯片上的射频功能。

图 63、滤波器和双工的体积不断减小





资料来源：EPCOS、兴业证券研究所

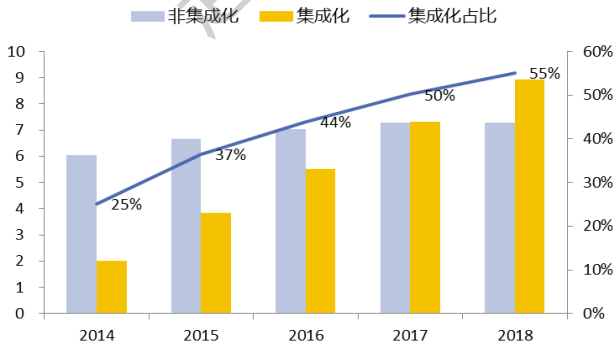
● 趋势二：多个射频元件封装整合化，以集成方案代替分立方案

集成化方案尺寸小、响应快、性能好，2018年占比射频元件比重超过50%。手机轻薄化不断提升，以及射频元件数量的增加，因而在有限的内部空间，射频前端呈现了集成化的趋势。集成化除了在减少尺寸之外，还具有节省客户调试时间，缩减手机研发周期和提供更好的半导体性能两大优点。未来射频前端集成化占比会越来越高，在2017年已经达到了50%，2018年则成为最主要方案。

材料的多样性要求先进封装技术，SiP将脱颖而出。随着移动通讯技术的升级，射频芯片采用的工艺也越来越复杂，对PA而言最好的工艺是GaAs，对天线开关而言最好的工艺是SOI，滤波器则是采用压电材料。SOC方案难以集成这些不同材料；系统性封装SiP才能满足这些要求。因而5G时代的射频前端集成化，将采用先进封装技术。

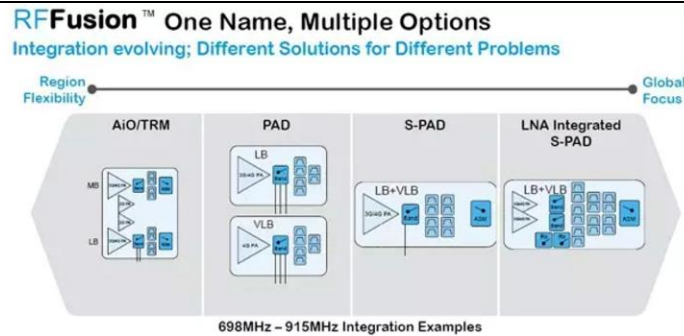
集成主要分为两个方向，射频前端集成和多天线协调。2014年，高通就尝试推广射频前端一站式解决方案RF360，集成了射频和基带。作为拥有射频前端全产品类型的Qorvo，目前已经可以将不同频段的PA进行灵活的集成，未来还会将滤波器和开关也集成在一起。除了射频前端器件，另一个集成方向为天线协调技术。多频段下的载波聚合和MIMO应用，导致原本的天线不足以覆盖所有的频段的支持，天线协调技术通过模块化，提高天线的连接质量。

图 64、集成化 PA 方案占比正提高（十亿美元）



数据来源：Qorvo、兴业证券研究所

图 65、Qorvo 系列集成化射频前端解决方案



数据来源：Qorvo、兴业证券研究所

射频前端器件的整合，不仅将改变如今各自单一的生产模式，而且影响原来的利益分配格局，封装厂将深度参与。届时拥有全产品线 and 整合能力的厂商将改变原有的游戏规则，而缺乏集成化工艺能力的企业面临挑战。从趋势上也可以看出，国际 PA 大厂纷纷设立工厂，增加滤波器产品线，为集成化产品做准备。Skywork 在 2014 年就通过和松下设立合资公司，获得滤波器技术。除了对于前端电磁、功率性能的掌握，SiP 封装还设计封装材料电热参数模型和先进封装技术，具备电磁仿真、压力仿真、热仿真等，要求较高的系统测试和整合能力，因此封装厂将成为射频前端利益链条的重要环节。

表 30、射频前端 SIP 封装潜在参与者

厂商	优势
Qorvo	已经推出集成化射频芯片
Muratec	具有 SiP 封装产品经验，拥有完整前端产品线
日月光	掌握先进封装技术
长电科技	收购星科金朋获取高端封装技术，依托潜力巨大的国内市场

资料来源：兴业证券研究所整理

国内封测企业将成为集成化射频芯片环节的重要一环，封测龙头优势明显。长电科技 2015 年收购星科金朋，拥有 eWLB、SiP、PoP、TSV、eWLCSP 等多种先进封装技术，补全产品线。射频前端集成化封装趋势明显，随着国产品牌商和国内市场的崛起，掌握先进封装技术的长电科技比台湾的封测企业拥有地理优势，比射频设计商拥有封测技术优势，将成为集成化射频芯片环节的重要一环。

## 6、投资标的

随着 4G 乃至 5G 的通讯技术升级，我们筛选出最符合投资逻辑的“5G 组合”：信维通信、三安光电、长电科技和麦捷科技。（1）信维通信作为全球 LDS 天线的重要供应商，作为大客户天线主要供应商技术实力拥有保障。（2）三安光电布局 GaAs 晶圆生产，有望赶上台湾的代工厂，依托地域和政策优势，再造一个三安体量。（3）长电科技作为国内半导体封测龙头企业，有望参与射频前端的 SiP 封装，成为集成化射频产业链的重要组成。（4）麦捷科技定增 SAW 滤波器，有望实现移动端滤波器从 0 到 1 的发展，实现国产替代。

### 6.1、信维通信：LDS 天线龙头，直接受益于频段提升

公司的优势在于 LDS 天线设计、制造，需求高速增长有望取代国际大厂。公司主营业务为移动端天线系统产品，并且提供移动端天线系统设计、整机射频无线性能解决方案。公司自 2012 年收购莱尔德（北京），客户结构从国内厂商，拓展至苹果、三星、索尼、微软等。公司是全球主要天线供应商之一，由于 LDS 天线设计弹性高，将三维天线制作于手机内部结构件上，有效解决小型化和多天线整合问题。天线业务是公司的现金牛，2016 年公司营收 24 亿元，天线贡献了 19 亿，

今年来自大客户的业务有望进一步提升，份额翻倍。随着 4G、5G 的发展，未来 LDS 天线逐步取代传统 FPC 天线，是增长最快的子天线。

**从手机到笔记本，从天线到射频元件及材料，公司布局模块化产品，业绩弹性空间进一步打开。**公司围绕天线布局手机射频隔离、射频连接、NFC 无线充电、音频等，单机价值量大幅度提升；此外从手机切入平板和笔记本，天线价值量提升。随着 5G 发展，移动端多天线设计，预计天线阵列之间的调谐，技术门槛更高，射频器件集成化要求提升，公司 LTCC 工艺和材料能力有望进一步促进业绩增长。公司进行射频前端器件及音频模组的整合，实现垂直一体化的 5G 布局，并与国际大厂 Skyworks 在射频前端器件领域合作。

**信维通信以射频元件为核心，持续往、声学、射频隔离、材料、汽车等领域布局。**过去于美系手机天线有重大突破，目前该产品于射频屏蔽件具有增量空间。除传统 WiFi 天线外，公司于韩系客户的非天线产品有所进展，可能为业绩向上突破的最大爆发点。声学部分，国产品牌之布局已见成效，放量可期。手机产业发展至今，美系手机客户寻求开发新供应商，信维于此趋势下顺势切入其供应链。未来我们看好信维于平板、笔记本 WiFi 天线持续突破，同时切入声学领域。

**公司从手机天线向平板、笔记本延伸，并进一步打开大射频价值空间，维持“增持”评级。**预计公司 2017-2019 年净利润分别为 8.9 亿、13.2 亿、17.5 亿，对应 EPS 分别为 0.91、1.34、1.78 元，对应 PE 分别为 42.9、29.1、21.9。

**风险提示：**大客户份额增长不及预期；天线市场竞争加剧

## 6.2、三安光电：化合物半导体龙头，受益于射频器件发展

三安光电是国内 LED 芯片龙头，受益于 LED 供应不足。2016 年晶电、Cree 产能退出，LED 芯片扩产所需周期长于封装和照明环节，预计供给紧张的情况到今年下半年才得以缓解。上半年供给紧缺的情况持续，公司作为 LED 芯片龙头持续深度受益。1 季度公司 MOCVD 机台(300 台)产能满载，且汽车灯产销量也大幅上升。

**化合物半导体开始出货，5G 时代需求向好。**化合物半导体射频及功率芯片相比于 LED 芯片需要更复杂的生产工艺和生产流程，是对化合物半导体材料应用的延伸。三安光电 GaAs 技术储备成熟，团队经验丰富。随着 GaAs 行业的爆发，台湾产能受限，国际射频巨头会关注更有地利和获得政府支持的大陆厂商。

**大陆通过产业基金对三安光电进行支持，为技术积累和规模量产提供了保障。**国家产业基金入股 48 亿（9%的股份），成为三安第二大股东，是国家重点扶持的化合物半导体标的。GaAs 市场强劲，预估稳懋和宏捷科已经接近满产。GaAs 为资本密集型行业，台湾政府投资意愿和能力有限。三安光电未来有望获得更多市场份额。

**凭借 GaAs 业务再造一个三安体量，拥有成为化合物半导体龙头的潜力。**LED 时代，三安光电仅用了三年时间达到了台湾晶电相当的水平，预计 GaAs 业务有望迅速追上台湾企业水平，未来甚至凭借 GaAs 业务再造一个三安体量。三安光电涵盖了化合物半导体的上游原材料供应与设备制造等环节。目前，三安光电的化



化合物半导体已经有多家客户参与试样验证，部分芯片已通过性能验证，并开始少量出货。三安光电与 GCS 形成互补优势，加快在射频通讯和光通讯元件技术水平的提升和市场开拓，是国内潜在的化合物半导体龙头。

**公司作为 LED 芯片龙头，有望成为未来的化合物半导体龙头，维持“增持”评级。**短期看 LED 产能扩张，行业景气度持续；长期看化合物半导体项目进展，给予 2017-2019 净利润分别为 26、32 和 44 亿，对应 EPS 为 0.65、0.79 和 1.09 元，对应 PE 为 30.0、24.7、17.9。

**风险提示：**化合物半导体放量不及预期；LED 供过于求

### 6.3、长电科技：封测企业将成为集成化射频芯片的重要环节

长电科技是全球第三大半导体封测企业，国内封测龙头企业。公司 2015 年收购星科金朋，拥有 eWLB、SiP、PoP、TSV、eWLCSP 等多种先进封装技术，补全产品线。长电科技可以通过星科金朋承接海外客户的中低端订单；星科金朋可以通过长电科技承接国内客户的中高端订单，实现完美覆盖。

**中国半导体看封测，中国封测看长电。**大陆半导体产业链所有的环节中，封测是起步最早、产业成熟度最高、技术能与国际一流厂商接轨的环节，是大陆目前在全球半导体产业链中最深入参与的环节。长电科技是大陆封测的龙头。长电科技通过资本运作，将中芯国际、产业基金与长电科技三家深度绑定，形成了国内半导体最强联盟。长电科技拥有产业链一体化的竞争优势，与中芯国际合作是向上游延伸，收购星科金朋发展 SiP（类封装）是向下游延伸。

**受益于转单效应，封测份额有提升空间。**全球封测市场有一半为 IDM 厂商负责，另一半外包给封测企业（OSAT）。日月光和矽品合并占据了封测的 29% 份额，即 OAST 近 60%。上游客户不希望订单过分集中，会出现转单现象，Amkor 和长电科技最受益。长电科技和星科金朋因为二者的产品定位不同、客户群体不同，合并受客户转单影响较少。

**国内封测企业将成为集成化射频芯片环节的重要一环，封测龙头优势明显。**射频前端集成化封装趋势明显，随着国产品牌商和国内市场的崛起，掌握先进封装技术的长电科技比台湾的封测企业拥有地理优势，比射频设计商拥有封测技术优势，将成为集成化射频芯片环节的重要一环。

**SiP 产值高速增长，2013-2016 年复合增长率约 15%。**2014 年全球 SiP 产值约为 48.43 亿美元，较 2013 年增长 12.4% 左右。2015 年在智能手机出货量持续成长，以及 AppleWatch 等可穿戴产品问世下，全球 SiP 产值估计达到 55.33 亿美元，较 2014 年增长 14.3%。2016 年，虽然智能手机可能逐步迈入成熟期，难有大幅成长的表现，但 SiP 在应用越趋普及的趋势下，仍可呈现成长趋势。因此，预估 2016 年全球 SiP 产值仍将可较 2015 年成长 17.4%，来到 64.94 亿美元。

**公司获得强力外援，股价安全边际高，维持“买入”评价：**公司作为大陆封测龙头，收购星科金朋价值开始显现，看好公司与中芯国际最强半导体联盟。预计 2017-2019 年净利润分别为 6.91、10.9、16.1 亿元，对应 EPS 分别为 0.51、0.80 和 1.18 元，对应 PE 分别为 31.2、20.0、13.6 倍。



风险提示：合并后市场份额下降；新技术导入不及预期

#### 6.4、麦捷科技：实现滤波器国产替代的起点，从 0 到 1 的发展

麦捷科技主营业务为片式电感及片式 LTCC 射频元器件，其中片式 LTCC 射频元器件主要包括滤波器、天线、耦合器等。

**定增 SAW 滤波器，实现国产终端滤波器从 0 到 1 的突破。**公司在原有主业滤波器的项目，定增 SAW 滤波器项目，将改变移动端滤波器受国际大厂垄断的格局。公司定增 3.72 亿元用于 SAW 项目，项目建设期两年，建成后年产 SAW 滤波器 9.4 亿只，预计实现收入 3.87 亿元，年净利润 5806 万元。国内手机产品所需要的 SAW 滤波器主要通过国外进口，公司若生产出基于 LTCC 基板的终端 SAW 滤波器，有望逐步实现国产替代。滤波器行业快速增长，公司的滤波器项目有望缓解紧张的供需关系。公司的技术团队经验丰富，与中电科技集团重庆声光电有限公司签署了战略合作协议，在 SAW 项目深入合作，实现资源互补、强强联合。

**公司滤波器开始出货，未来有望实现国产替代，建议关注。**预计公司 2017-2019 年净利润分别为 2.0 亿、2.6 亿、3.5 亿，对应 EPS 分别为 0.28、0.37、0.50 元，对应 PE 分别为 27.4、20.7、15.3。

风险提示：滤波器业务进展不及预期

投资评级说明

**行业评级** 报告发布日后的 12 个月内行业股票指数的涨跌幅度相对同期恒生指数的涨跌幅为基准,投资建议的评级标准为:

推 荐: 相对表现优于市场;  
中 性: 相对表现与市场持平  
回 避: 相对表现弱于市场

**公司评级** 报告发布日后的 12 个月内公司的涨跌幅度相对同期恒生指数的涨跌幅为基准,投资建议的评级标准为:

买 入: 相对大盘涨幅大于 15% ;  
增 持: 相对大盘涨幅在 5% ~ 15%之间  
中 性: 相对大盘涨幅在-5% ~ 5%;  
减 持: 相对大盘涨幅小于-5%

机构销售经理联系方式

机构销售负责人			邓亚萍	021-38565916	dengyp@xyzq.com.cn
上海地区销售经理					
姓 名	办公电话	邮 箱	姓 名	办公电话	邮 箱
盛英君	021-38565938	shengyj@xyzq.com.cn	冯诚	021-38565411	fengcheng@xyzq.com.cn
顾超	021-20370627	guchao@xyzq.com.cn	杨忱	021-38565915	yangchen@xyzq.com.cn
			王溪	021-20370618	wangxi@xyzq.com.cn
王立维	021-38565451	wanglw@xyzq.com.cn	李远帆	021-20370716	liyuanfan@xyzq.com.cn
			胡岩	021-38565982	huyan@xyzq.com.cn
姚丹丹	021-38565778	yaodandan@xyzq.com.cn	曹静婷	18817557948	caojt@xyzq.com.cn
地址：上海浦东新区长柳路 36 号兴业证券大厦 12 层（200135）传真：021-38565955					
北京地区销售经理					
姓 名	办公电话	邮 箱	姓 名	办公电话	邮 箱
郑小平	010-66290223	zhengxiaoping@xyzq.com.cn	朱圣诞	010-66290197	zhusd@xyzq.com.cn
			刘晓浏	010-66290220	liuxiaoliu@xyzq.com.cn
肖霞	010-66290195	xiaoxia@xyzq.com.cn	陈杨	010-66290197	chenyang@xyzq.com.cn
袁博	15611277317	yuanb@xyzq.com.cn	吴磊	010-66290190	wulei@xyzq.com.cn
陈姝宏	15117943079	chenshuhong@xyzq.com.cn	王文凯	010-66290197	wangwenkai@xyzq.com.cn
地址：北京西城区锦什坊街 35 号北楼 601-605（100033） 传真：010-66290220					
深圳地区销售经理					
姓 名	办公电话	邮 箱	姓 名	办公电话	邮 箱
朱元贱	0755-82796036	zhuyy@xyzq.com.cn	杨剑	0755-82797217	yangjian@xyzq.com.cn
李昇	0755-82790526	lisheng@xyzq.com.cn	邵景丽	0755-23836027	shaojingli@xyzq.com.cn
王维宇	0755-23826029	wangweiyu@xyzq.com.cn			
地址：福田区中心四路一号嘉里建设广场第一座 701（518035） 传真：0755-23826017					
国际机构销售经理					
姓 名	办公电话	邮 箱	姓 名	办公电话	邮 箱
刘易容	021-38565452	liuyirong@xyzq.com.cn	徐皓	021-38565450	xuhao@xyzq.com.cn
张珍岚	021-20370633	zhangzhenlan@xyzq.com.cn	陈志云	021-38565439	chanchiwan@xyzq.com.cn
马青岚	021-38565909	maql@xyzq.com.cn	曾雅琪	021-38565451	zengyaqi@xyzq.com.cn
申胜雄	021-20370768	shensx@xyzq.com.cn	陈俊凯	021-38565472	chenjunkai@xyzq.com.cn
俞晓琦	021-38565498	yuxiaoqi@xyzq.com.cn	蔡明珠	13501773857	caimzh@xyzq.com.cn
地址：上海浦东新区长柳路 36 号兴业证券大厦 12 层（200135）传真：021-38565955					
私募及企业客户负责人			刘俊文	021-38565559	liujw@xyzq.com.cn
私募销售经理					
姓 名	办公电话	邮 箱	姓 名	办公电话	邮 箱
徐瑞	021-38565811	xur@xyzq.com.cn	杨雪婷	021-20370777	yangxueting@xyzq.com.cn
唐恰	021-38565470	tangqia@xyzq.com.cn	韩立峰	021-38565840	hanlf@xyzq.com.cn
李桂玲	021-20370658	ligl@xyzq.com.cn	施孜琪	021-20370837	shzq@xyzq.com.cn
王磊	021-20370658	wanglei1@xyzq.com.cn			
地址：上海浦东新区长柳路 36 号兴业证券大厦 12 层（200135）传真：021-38565955					

**港股机构销售服务团队**

机构销售负责人			丁先树	18688759155	dingxs@xyzq.com.hk
姓名	办公电话	邮箱	姓名	办公电话	邮箱
王文洲	18665987511	petter.wang@xyzq.com.hk	郑梁燕	18565641066	zhengly@xyzq.com.hk
陈振光	13818288830	chenzg@xyzq.com.hk	周国	13926557415	zhouwei@xyzq.com.hk
孙博轶	13902946007	sunby@xyzq.com.hk			
地址：香港中环德辅道中 199 号无限极广场 32 楼 3201 室 传真：(852) 3509-5900					

**【信息披露】**

兴业证券股份有限公司(“本公司”) 在知晓的范围内履行信息披露义务。客户可登录 [www.xyzq.com.cn](http://www.xyzq.com.cn) 内幕交易防控栏内查询静默期安排和关联公司持股情况。

**【分析师声明】**

本人具有相关监管机构所须之牌照。本人确认已合乎监管机构之相关合规要求，并以勤勉的职业态度，独立、客观地出具本报告。本报告清晰准确地反映了本人的研究观点。本人不曾因，不因，也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接收到任何形式的补偿。

**【法律声明】**

本报告由兴业证券股份有限公司(已具备证券投资咨询业务资格)制作。

本报告由受香港证监会监察的兴证国际证券有限公司(香港证监会中央编号：AYE823)于香港提供。香港的投资者若有任何关于本报告的问题请直接联系兴证国际证券有限公司的销售交易代表。

本报告将依据其他国家或地区的法律法规和监管要求于该国家或地区提供本报告。

本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。客户应当认识到有关本报告的短信提示、电话推荐等只是研究观点的简要沟通，需以本公司 <http://www.xyzq.com.cn> 网站刊载的完整报告为准，本公司接受客户的后续问询。

本公司的销售人员、交易人员以及其他专业人士可能会依据不同假设和标准、采用不同的分析方法而口头或书面发表与本报告意见及建议不一致的市场评论和/或交易观点。本公司没有将此意见及建议向报告所有接收者进行更新的义务。

本公司的资产管理部门、自营部门以及其他投资业务部门可能独立做出与本报告中的意见或建议不一致的投资决策。

本报告并非针对或意图发送予或为任何就发送、发布、可得到或使用此报告而使本公司违反当地的法律或法规或可致使本公司受制于相关法律或法规的任何地区、国家或其他管辖区域的公民或居民，包括但不限于美国及美国公民（1934 年美国《证券交易所》第 15a-6 条例定义为本「主要美国机构投资者」除外）。

本报告可能附载其它网站的地址或超级链接。对于本报告可能涉及到本公司网站以外的资料，本公司未有参阅有关网站，也不对它们的内容负责。提供这些地址或超级链接的目的，纯粹为了收件人的方便及参考，连结网站的内容不构成本报告的任何部份。收件人须承担浏览这些网站的风险。

本公司系列报告的信息均来源于公开资料，本公司对这些信息的准确性和完整性不作任何保证，也不保证所包含的信息和建议不会发生任何变更。本公司已力求报告内容的客观、公正，但文中的观点、结论和建议仅供参考，报告中的信息或意见并不构成所述证券的买卖出价或征价，投资者据此做出的任何投资决策与本公司和作者无关。

在法律许可的情况下，兴业证券股份有限公司可能会持有本报告中提及公司所发行的证券头寸并进行交易，也可能为这些公司提供或争取提供投资银行业务服务。因此，投资者应当考虑到兴业证券股份有限公司及/或其相关人员可能存在影响本报告观点客观性的潜在利益冲突。投资者请勿将本报告视为投资或其他决定的唯一信赖依据。

若本报告的接收人非本公司的客户，应在基于本报告作出任何投资决定或就本报告要求任何解释前咨询独立投资顾问。

本报告的版权归本公司所有。本公司对本报告保留一切权利。除非另有书面显示，否则本报告中的所有材料的版权均属本公司。未经本公司事先书面授权，本报告的任何部分均不得以任何方式制作任何形式的拷贝、复印件或复制品，或再次分发给任何其他人，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。未经授权的转载，本公司不承担任何转载责任。