

5G 商用冲刺之际，射频前端芯片国产化正当其时（更新）

射频前端芯片是通信核心，消费需求和技术创新带来新机会

射频前端是通信终端核心，也是半导体行业增长最快的子市场。目前典型智能机射频前端单机价值超 20 美元，其中滤波器、PA、射频开关占 90%，天线调谐、LNA、包络芯片占 10%。随着通信技术升级，前端创新持续推进，单机价值不断提高。需求方面，除终端设备之外，物联网的渗透亦将提升射频前端需求。在前端技术创新和联网设备增长趋势下，2017-2023 年射频前端市场有望从 160 亿美元增长到 353 亿美元，年均复合增长高达 14%。

5G 升级加速射频前端创新，模组化进一步推高前端市场

5G 服务场景下，射频前端须满足高频、高集成、低延迟等特点。而三大通信技术 CA、MIMO、QAM 更对其构成直接影响：CA 的提升将同步增加前端需求，MIMO 的提升将增加下行链路前端需求，QAM 的提升则对前端线性度有更高要求。高频趋势下，滤波器、射频开关、PA、LNA 工艺将会改变，给国产厂商的追赶创造了极佳契机。另外，频带激增、空间压缩、复杂度增加等因素促使前端模组化，并显著提升了射频前端单机价值。我们认为，可实现极高模组化的 LCP 封装有望受益前端模组化趋势。

前端主力市场暂由海外巨头占据，而 5G 有望重构前端市场格局

2010-2017 年半导体并购潮后，美日寡头合占前端市场 9 成份额。其中，美系厂商 Broadcom(Avago)、Qorvo、Skyworks 以及日系厂商 Murata、TDK、Taiyo Yuden 等占据中高端市场，韩台陆厂则主攻中低端市场。射频前端作为技术密集型制造业，具有极高壁垒，产线齐全度、基带能力、fab 能力、模组能力共同构建了前端厂商 4 大核心竞争力。我们认为，5G 到来前，前端市场格局仍将稳固，美厂继续保持头号地位，Qualcomm 以其完整射频方案快速上升。5G 到来后，Sub-6GHz 频段可能延续当前格局，而毫米波频段的市場格局可能被基带厂商重构，这也给国产厂商带来突破机会。

投资建议

射频前端国产替代需求强烈，政策支持意志坚定。产业升级之际，国产厂商有望顺势突破。我们认为，5G 到来后，部分国产厂商将利用成本优势进军传统中高端市场。我们看好化合物半导体制造龙头三安光电、射频方案平台厂商信维通信，以及射频器件厂商韦尔股份、天通股份、麦捷科技，非上市公司建议关注展锐、汉天下、飞骧科技、唯捷创芯、卓胜微、好达、26 所、55 所等。

相关公司盈利预测与估值表（取 20180919 日收盘价）

公司	股价 (元)	归母净利润(亿元)				EPS(元)				PE				评级
		17A	18F	19F	20F	17A	18F	19F	20F	17A	18F	19F	20F	
三安光电	15.67	31.6	38.0	48.0	60.0	0.78	0.93	1.18	1.47	20	16	13	10	买入
信维通信	27.99	8.9	12.0	17.0	23.0	0.90	1.22	1.73	2.35	56	23	16	12	买入
韦尔股份	42.02	1.4	4.1	5.5	6.5	0.30	0.91	1.21	1.43	128	43	32	27	买入
天通股份	6.28	1.6	2.9	3.9	4.5	0.16	0.29	0.39	0.45	43	24	18	15	买入
麦捷科技	5.18	-3.5	1.6	2.3	3.5	-0.51	0.23	0.34	0.50	NA	22	15	10	增持

电子

维持

买入

黄瑜

huangyu@csc.com.cn

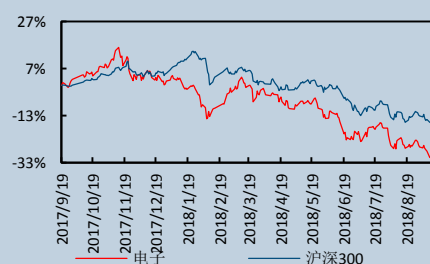
执业证书编号：S1440517100001

研究助理 朱立文

zhuliwen@csc.com.cn

发布日期：2018 年 9 月 20 日

市场表现



相关研究报告

- 18.06.12 2018 年中期投资策略报告电子行业篇：把握创新主线，坚守自主之魂
- 18.03.06 中信建投电子行业深度-LCP 专题报告——不仅仅是天线革命

目录

一、射频前端是通信核心，消费需求和科技创新带来新机会.....	1
1.1 射频前端是通信设备核心，包括分立器件和前端模组.....	1
1.2 射频前端单机价值超 20 美元，未来还将持续增长.....	3
1.3 终端和物联网双轮驱动，无线连接增长扩大前端需求.....	6
1.4 消费需求和科技创新下，2017-2023 年前端市场翻倍	7
二、5G 浪潮加速射频前端创新，模组化进一步推高前端市场.....	8
2.1 三大服务加速通信技术创新，射频前端面临新挑战.....	8
2.2 三大技术 CA、MIMO、QAM 对射频前端提出新需求	10
2.3 频谱划断全面提升，高频化推动前端工艺演变.....	14
2.4 射频前端模组化加速，进一步推高前端市场.....	15
三、前端主力市场暂由海外巨头垄断，而 5G 可能重构前端格局.....	20
3.1 并购整合潮后，美日厂商已形成寡头垄断.....	20
3.2 四个核心竞争力拉开玩家层次，模组厂商赢家通吃.....	21
3.3 5G 到来之前，行业巨头地位依旧稳固.....	24
3.4 5G 将重新定义射频前端，并可能重构市场格局.....	26
四、产业升级之际，射频前端国产化正当其时	27
4.1 射频前端国产需求强烈，政策支持意志坚定.....	27
4.2 产业升级之际，国产厂商有望顺势突破.....	28

图目录

图 1: 典型 4G LTE 终端的射频系统构架图.....	1
图 2: 简化的射频前端示意图	2
图 3: iPhone 8 Plus(A1864)主板正面元器件	3
图 4: iPhone 8 Plus(A1864)主板背面元器件	3
图 5: iPhone 8 Plus(A1897)主板正面元器件	4
图 6: iPhone 8 Plus(A1897)主板背面元器件	4
图 7: iPhone X 拥有高度模组化的射频前端.....	4
图 8: 历代 iPhone 射频前端单机价值	5
图 9: 历代 iPhone 射频前端单机价值增长率	5
图 10: 典型智能手机成本中射频前端占比约 9%	5
图 11: 典型智能手机射频前端价值分布.....	5
图 12: 射频前端广泛应用于各种无线网络设备.....	6
图 13: Apple Watch 3 蜂窝版包含大量射频元器件	6
图 14: 2025 年将有超过 50 亿个 IoT 连接.....	6
图 15: 2016-2022 年全球网络连接数量稳定增长	6
图 16: 5G 趋势推动智能手机射频前端 ASP 提升	7
图 17: 2017-2023 年射频前端细分市场保持高增长	7
图 18: 4G 到 5G 将实现从智能手机向智能万物演进.....	8
图 19: 5G 实现三大服务创新的主要特点.....	9
图 20: 频谱拥挤加速 CA、MIMO、QAM 技术升级	10
图 21: 载波聚合技术原理、特点和实现形式.....	11
图 22: 载波聚合 CC 和组合数量提升扩展网络带宽	12
图 23: 2x2 和 4x4 MIMO 示例	12
图 24: 三星 Galaxy S6 Edge+的天线构架	12
图 25: 三星 Galaxy S7 Edge 的天线构架.....	13
图 26: 三星 Galaxy S8 4x4 MIMO 构架升级增加射频路径.....	13
图 27: 5G 频谱全面提升, 射频前端转向超高频和毫米波段.....	14
图 28: 终端设备支持的通信频带激增	15
图 29: 射频前端主板面积占比逐代减小, 集成度逐代增加.....	15
图 30: 射频前端随终端设计复杂性的提升而增加.....	15
图 31: 频带激增大幅增加射频前端设计复杂度.....	15
图 32: 从 3G 到 4G 再到 5G, 射频前端模组化率不断提高.....	16
图 33: 射频前端发射/接收链路和子链路的模组化路线	17
图 34: 中低端机型射频前端用量和价值较低.....	18
图 35: 旗舰机机型射频前端用量和价值较高.....	18
图 36: 不同机型的射频前端单机平均价值.....	19
图 37: 中高端机型渗透提升推高射频前端市场.....	19
图 38: 模组化趋势下射频前端工艺演进路线图.....	19
图 39: LCP 封装有望实现整个射频前端的模组化	19

图 40: 2010-2017 年半导体产业并购规模及增速	20
图 41: 2009-2017 年金额超 20 亿美元并购案数量及增速	20
图 42: 射频前端并购整合交易密集, 市场集中度不断提高.....	20
图 43: 2012-2017 年射频前端模组和器件营收份额	21
图 44: 2016Q1-2018Q1 射频前端模组营收份额	21
图 45: 基带芯片对射频前端影响较大	22
图 46: 2017 年全球基带芯片市场份额	22
图 47: 半导体产业链包括设计、代工、封测等多个环节.....	22
图 48: 前端市场已形成模组和器件两个阵营, 模组厂商赢家通吃.....	23
图 49: 外延并购加速 Broadcom 成长为国际巨头	24
图 50: 前端模组因降低设计复杂度而受市场欢迎.....	25
图 51: Skyworks 以模组优势占领市场	25
图 52: Qualcomm 已实现包含基带和射频前端的射频系统全覆盖	25
图 53: Sub-6GHz 和毫米波领域将是未来射频前端竞争制高点.....	26
图 54: 2011-2017 年中国集成电路进出口规模不断增长	27
图 55: 2011-2017 年中国集成电路贸易逆差持续扩大	27

表目录

表 1: 射频前端分立元器件功能与工艺	2
表 2: 射频前端模组功能与集成度	3
表 3: 历代 iPhone 射频前端单机价值及其分布 (美元)	4
表 4: 典型中高端智能手机射频前端所需的器件数量和单机价值.....	5
表 5: 射频前端细分市场预测及其驱动因素 (亿美元)	7
表 6: 4G 和 5G 网络的主要技术指标差异.....	8
表 7: 5G 三大服务的定义及其用例.....	9
表 8: 5G 三大服务对射频前端的影响.....	10
表 9: 用于 LTE 设备的三种天线 MIMO 配置	12
表 10: 射频前端 SNR 和线性度要求随调制阶数提升日益提高	13
表 11: 高频化对射频前端工艺的影响.....	14
表 12: 射频前端模组按高、中、低三种集成度分类.....	17
表 13: 射频前端具有灵活的模组化解决方案.....	18
表 14: 主要射频前端厂商拥有较完整的产品线.....	21
表 15: 主要射频前端分立器件市场格局.....	23
表 16: 中国集成电路产业促进政策	28
表 17: 射频前端国产化主要受益公司概况.....	29

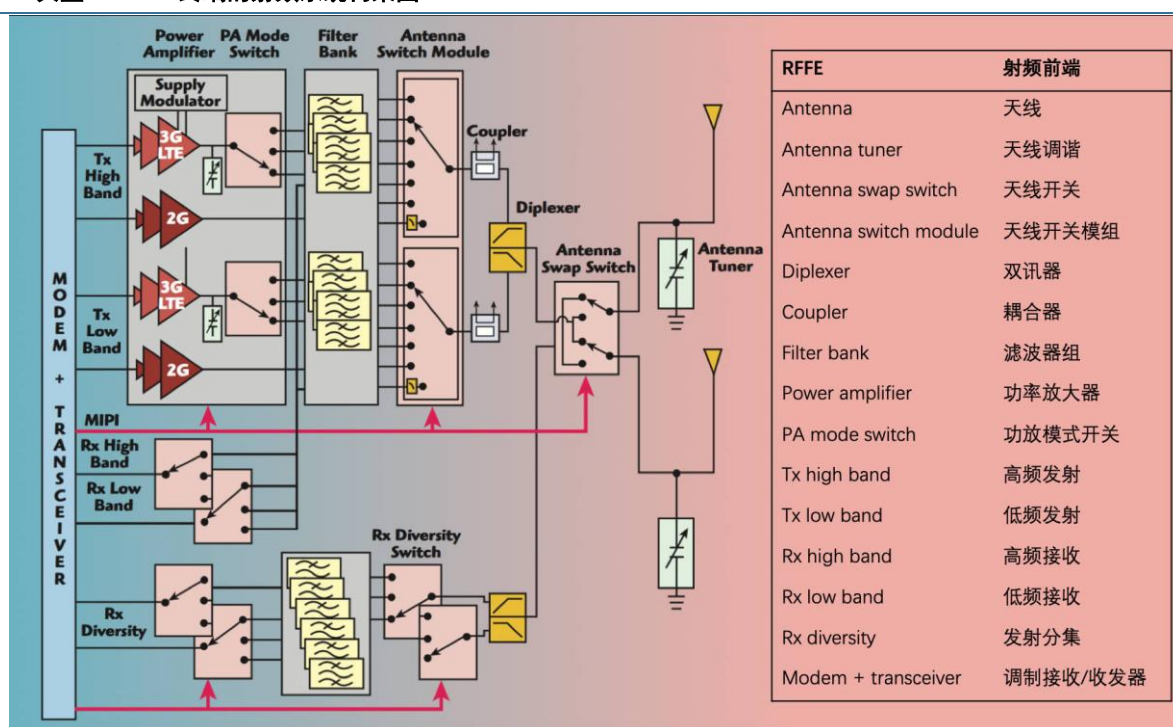
一、射频前端是通信核心，消费需求和技术创新带来新机会

1.1 射频前端是通信设备核心，包括分立器件和前端模组

智能手机是当今世界上使用最广泛、最通用的电子设备。根据 IHS 统计，2017 年全球智能手机年出货量超过 15 亿部。当前市场上用户更关注手机的功能，如屏幕、相机、内存、处理器等，射频前端由于远离用户直观感受因此通常被用户忽视，但它实际上是智能手机的关键。作为无线通讯的技术关键，射频前端的技术创新是推动无线连接发展的核心引擎。在联网设备大规模增长趋势下，射频前端是成长最快、最确定的方向之一。

射频前端是通信设备核心，具有收发射频信号的重要作用，并决定了通信质量、信号功率、信号带宽、网络连接速度等诸多通信指标。以典型智能手机为代表，其包含的 Cellular（蜂窝网络）、BT（蓝牙）、Wi-Fi、GPS、NFC 等射频前端模块使得文字 / 语音 / 视频通信、上网、高清音视频、定位、文件传输、刷卡等应用得以实现。对于智能手机等通信终端设备，位于天线和射频收发器之间的所有组件统称为射频前端。尽管基带、射频收发器、天线也是通信系统关键组件，但不属于射频前端。

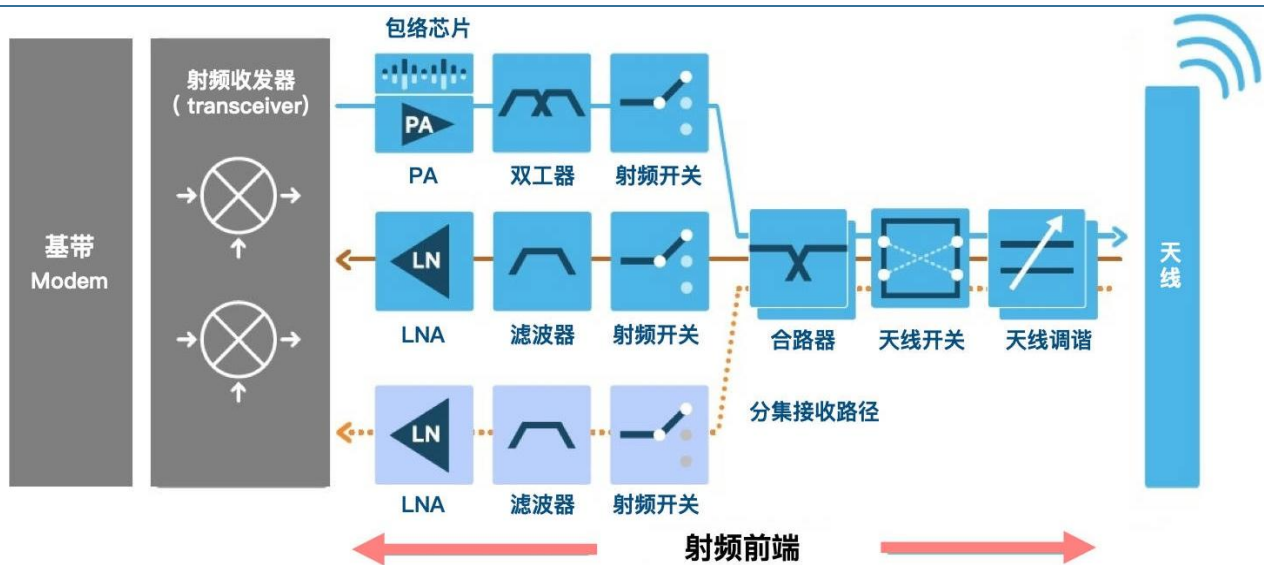
图 1：典型 4G LTE 终端的射频系统架构图



资料来源：Microwave Journal，中信建投证券研究发展部

射频前端可按形态分为分立器件和射频前端模组，也可按功能分为不同功能组件。按功能不同，分立器件可分为滤波器、功率放大器(PA)、射频开关、天线调谐、低噪放(LNA)、包络芯片等。其中滤波器负责发射及接收信号的滤波；PA 负责发射路径的射频信号放大；射频开关负责接收、发射路径之间的切换；天线调谐用于匹配阻抗以提升传输功率；LNA 用于接收路径中的小信号放大；包络芯片用于控制电压以最小化功耗。按集成度不同射频前端模组可以分为低、中、高集成度模组。低度模组有 ASM、FEM，中度模组包括 Div FEM、FEMiD、PAiD、SMMB PA、MMMB PA、TX Module、RX Module，高度模组包括 PAMiD、LNA Div FEM 等。

图 2：简化的射频前端示意图



资料来源：Qualcomm，中信建投证券研究发展部

表 1：射频前端分立元器件功能与工艺

Component	元器件	工艺	功能
Antenna	天线	辐射材料、FPC、LDS	接收或发射电磁波的换能器
Antenna Tuner	天线调谐	MEMS、BST	连接天线和收发器，匹配阻抗以提升传输功率
RF Switch	射频开关	GaAs pHEMT、SOS、SOI、MEMS、HR-SOI	选择天线和哪个发射/接收器或收发器连通
PA	功放	GaAs HBT/GaN	将低功率射频信号转换为高功率射频信号
LNA	低噪放	SOI	保证信噪比的前提下对小功率信号进行放大
Filter	滤波器	SAW、BAW、FBAR、IPD、SMD、LTCC	对发射/接收的射频信号滤波，通常用作双工器或双工器组成单元，用来组合或分离多个频带
Filter Bank	滤波器组	SAW、BAW、FBAR、IPD、smd、LTCC	将输入信号分为多个分量的带通滤波器阵列，每个分量携带原始信号的单频率子带
Duplexer	双工器	SAW、BAW、FBAR、IPD、smd、LTCC	允许单个路径双向通信，并隔离发射和接收信号，由两组不同频率的带阻滤波器组成
Duplexer Bank	双工器组	SAW、BAW、FBAR、IPD、smd、LTCC	允许单个路径双向通信，并隔离发射和接收信号，由两组不同频率的带阻滤波器组成
Diplexer	双讯器	SAW、BAW、FBAR、IPD、smd、LTCC	实现通路的频域复用的无源器件
Quadplexer	四工器	SAW、BAW、FBAR、IPD、smd、LTCC	具有单一输入端口和 4 个输出端口的一组非叠加滤波器组
ET	包络芯片	GaN、CMOS	通过控制电压以最小化功耗的技术
PMU	功率控制单元	HV COMS	优化和调节射频单元的功率

资料来源：维基百科，中信建投证券研究发展部

表 2：射频前端模组功能与集成度

Module	模组	集成度	功能或集成方式
ASM	天线开关模组	低度	集成天线和开关
FEM	前端模组	低度	集成开关和滤波器
Div FEM	分集前端模组	中度	集成 FEM 的分集模组
FEMiD	双工前端模组	中度	集成双工的前端模组
PAiD	PA 和双工模组	中度	集成 PA 和双工
SMMB PA	单模多频功放	中度	支持单模式多频带的 PA 模组（3G/4G）
MMMB PA	多模多频功放	中度	支持多模式多频带的 PA 模组（3G/4G）
RX Module	射频发射器	中度	调制加载数据，并发射无线电波
TX Module	射频接收器	中度	集成 PA、开关的发射模组，接收调制信号并解调
PAMiD	PAMiD 前端模组	高度	集成 MMMB PA 和 FEMiD
LNA Div FEM	LNA 分集前端模组	高度	集成 Div FEM 和 LNA

资料来源：维基百科，中信建投证券研究发展部

1.2 射频前端单机价值超 20 美元，未来还将持续增长

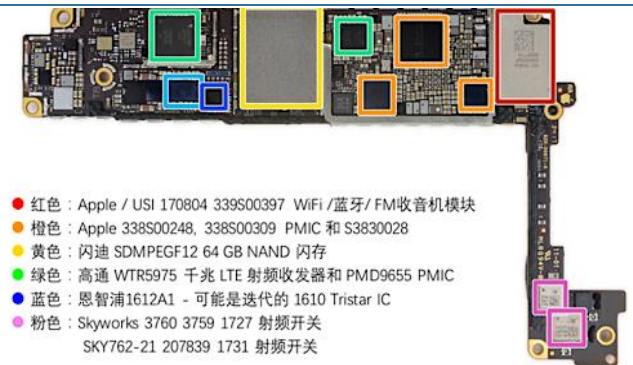
1.2.1 iPhone 8/8Plus/X 射频前端拆解

2017 年 9 月 13 日，苹果发布第 11 代手机 iPhone 8/8 Plus /X。根据 iFixit 的拆机报告，iPhone 8 Plus(A1864) 使用了比历代 iPhone 都多的射频前端元器件，包括滤波器组、PA 模组、射频开关、射频收发器、Wi-Fi/BT/FM 模组等，该机型射频前端单机价值达 24.6 美元。由于不同基带对应不同射频前端设计和器件需求，另一机型 **iPhone 8 Plus (A1897)** 使用了价值更高的射频前端。根据 TechInsights 拆机报告，使用 Intel 射频收发器 PMB5757 的 iPhone 8 Plus(A1897)，其射频前端包括 ET IC Qorvo 81004、高频 PAMiD 模组 Broadcom(Avago) 8066LC005、高频 PAMiD 模组 Broadcom 8056LE003、低频 PAMiD 模组 Qorvo 76041、USI 339S00397 Wi-Fi/BT/FM 模块。iPhone 8 Plus (A1897) 射频前端单机价值高达 28.5 美元，相比 iPhone 8 Plus(A1864) 提升 15.9%。

iPhone X 使用 6-7 个前端模组实现高中低频全覆盖，模组化程度空前提高。iPhone X A1865 & A1902 中的 Broadcom AFEM-8072 PAMiD 作为中高频发射模组，集成了 3 个射频开关、4 个模拟 IC 和双工器、FBAR 滤波器等；Skyworks SKY78140 PAMiD 作为低频发射模组，集成了 2 个射频开关、2 个模拟 IC 和双工器等。高度模组化的射频前端不仅有助减小面积占比，更能有效减小射频系统设计复杂度，提高供应链效率，成为未来趋势。

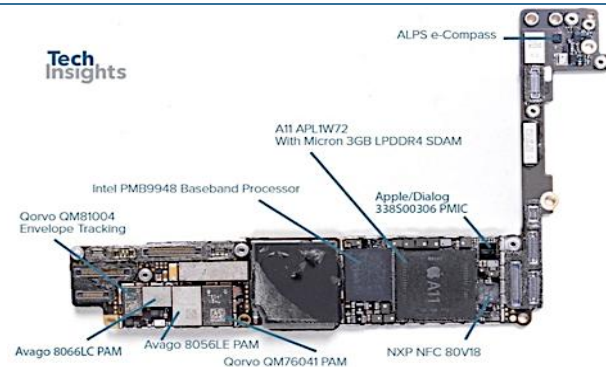
图 3：iPhone 8 Plus(A1864)主板正面元器件


资料来源：iFixit，中信建投证券研究发展部

图 4：iPhone 8 Plus(A1864)主板背面元器件


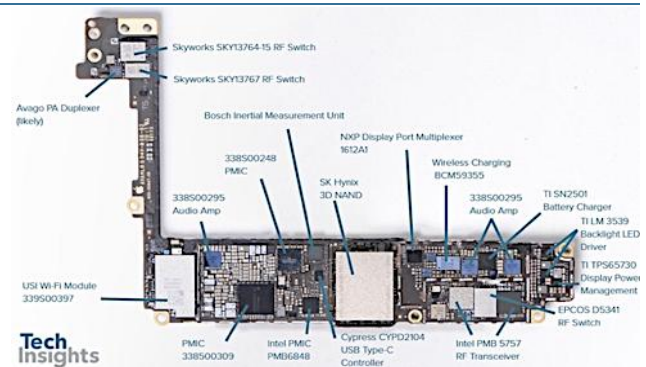
资料来源：iFixit，中信建投证券研究发展部

图 5: iPhone 8 Plus(A1897)主板正面元器件



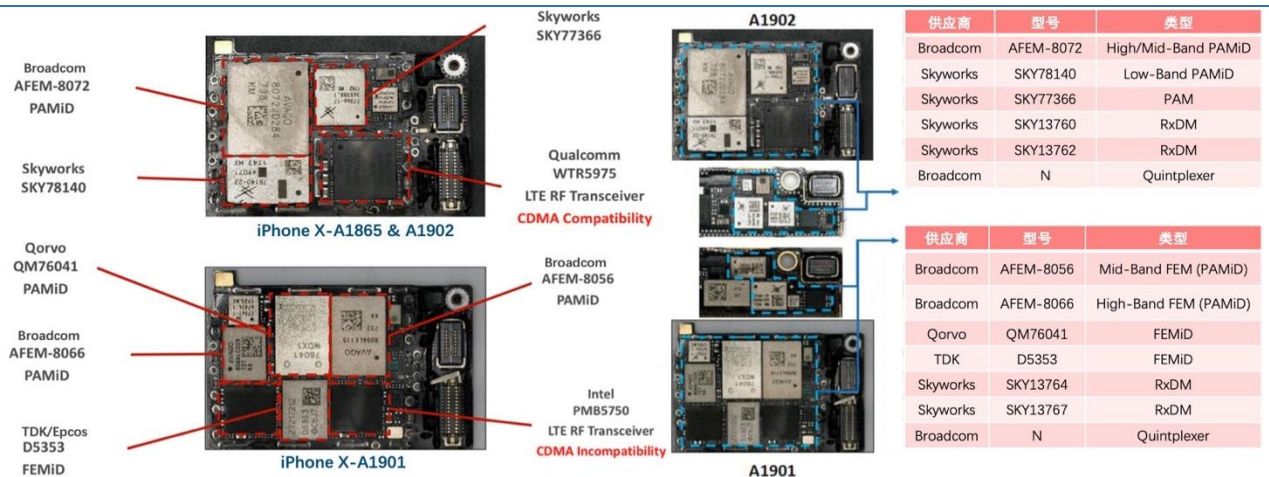
资料来源: TechInsights, 中信建投证券研究发展部

图 6: iPhone 8 Plus(A1897)主板背面元器件



资料来源: TechInsights, 中信建投证券研究发展部

图 7: iPhone X 拥有高度模组化的射频前端



资料来源: SystemPlus, 中信建投证券研究发展部

1.2.2 iPhone 射频前端 ASP 已达 30 美元, 未来还将持续增长

根据 TechInsights 和 YOLE 数据, 2013-2018 年 iPhone 射频前端 ASP 从 14.7 美元增长到 30.2 美元, 年复合增长达 15.5%; 此外 2018 旗舰机 iPhone XS/Max 射频前端 ASP 预估达 35 美元, 继续向上突破。我们认为, 射频前端 ASP 的增长主要来自数据需求提升和网络升级, 5G 创新趋势下, 射频前端 ASP 还将持续保持增长。

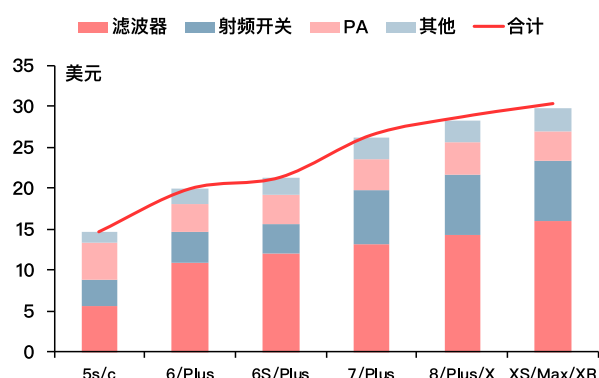
表 3: 历代 iPhone 射频前端单机价值及其分布 (美元)

发布年	机型	单机价值	射频器件价值分布				供应商价值分布			
			滤波器	开关	PA	其他	Broadcom	Skyworks	Qorvo	其他
2013	5s/c	14.7	5.6	3.2	4.5	1.4	3.31	3.55	4.46	3.38
2014	6/Plus	19.9	10.8	3.9	3.3	2.0	7.70	4.66	4.08	3.47
2015	6S/Plus	21.3	11.9	3.6	3.7	2.1	6.64	5.10	5.34	4.22
2016	7/Plus	26.4	13.2	6.6	3.7	2.6	10.84	4.45	7.74	3.38
2017	8/Plus/X	28.6	14.2	7.4	3.9	2.8	13.12	7.16	5.16	3.15
2018	XR/XS/Max	30.2	16.0	7.4	3.4	3.0	13.31	7.98	6.31	2.59

资料来源: TechInsights, YOLE, 中信建投证券研究发展部

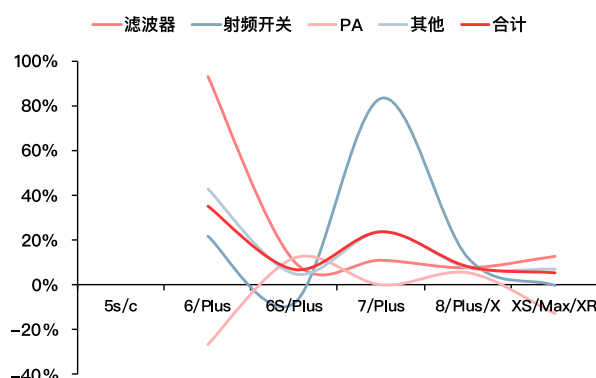
备注: Avago 数据并入 Broadcom, RFMD 和 TriQuint 数据并入 Qorvo

图 8：历代 iPhone 射频前端单机价值



资料来源：TechInsights, YOLE, 中信建投证券研究发展部

图 9：历代 iPhone 射频前端单机价值增长率

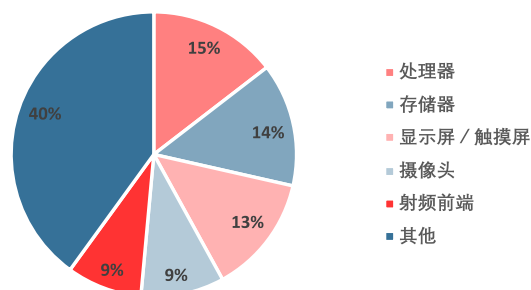


资料来源：TechInsights, YOLE, 中信建投证券研究发展部

1.2.3 射频前端价值分布不均，滤波器、射频开关、PA 合占 9 成

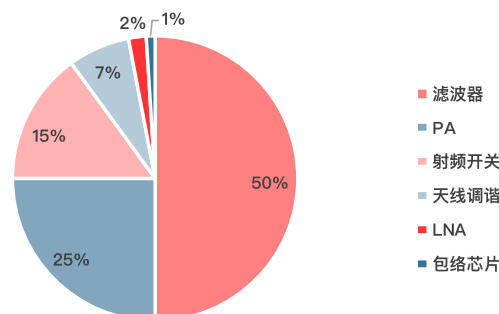
典型智能手机包含 6 到数十个射频前端模组或器件，但由于模组内集成有大量器件，实际单机器件数可能多达 50-100 多个。平均而言，中高端智能手机射频前端 ASP 在 14-28 美元，其中滤波器、PA、射频开关价值最大，合占前端单机价值 9 成。随着 MIMO 升级和 5G 射频前端重构，频带拥挤对前端线性度要求的提高，以及高发射功率对功耗要求的提高，天线调谐、LNA、包络芯片的需求也迎来增长，单机价值合计达 2-3 美元。

图 10：典型智能手机成本中射频前端占比约 9%



资料来源：IHS, 中信建投证券研究发展部

图 11：典型智能手机射频前端价值分布



资料来源：行业数据, 中信建投证券研究发展部

表 4：典型中高端智能手机射频前端所需的器件数量和单机价值

射频前端器件	单机数量	单机价值（美元）	平均价值占比
滤波器	40-100	7-14	50%
PA	2-5	3-7	25%
射频开关	2-8	2-4	15%
天线调谐	2-4	1-2	7%
LNA	2-4	0.4-0.8	2%
包络芯片	0-1	0.2-0.5	1%
合计	48-122	14-28	100%

资料来源：行业数据, 中信建投证券研究发展部

备注：表中器件包含分立器件和前端模组中的器件

1.3 终端和物联网双轮驱动，无线连接增长扩大前端需求

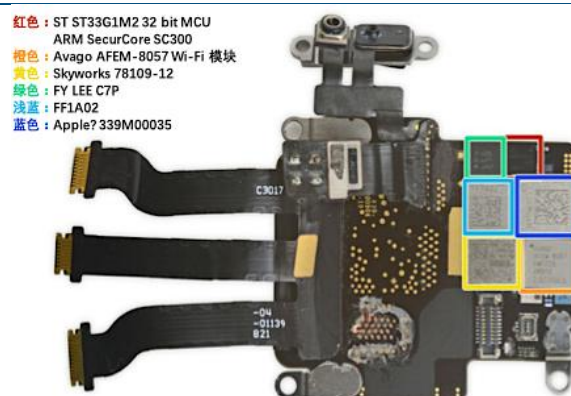
射频前端作为移动设备的通信核心应用广泛，下游市场主要分为语音市场和非语音市场。语音市场主要是数量和价值量最大的智能手机市场，其次也包括功能机和固话市场。非语音市场包括平板、笔电、智能手表、电子书，以及含有 Wi-Fi、蓝牙模组的网卡、适配器等市场。2014 年全球通信网络连接数量首超世界人口总量；2016 年全球通信网络连接数量达 160 亿个；预计到 2022 年底，全球通信网络连接量将接近 300 亿个，2016-2022 复合年均增长达 10%，成为射频前端需求的直接驱动力。根据 Gartner 数据，2017 年全球手机销售量达 18.41 亿只，其中智能手机销售量达 15.37 亿只。未来以智能手机为代表的智能终端仍将是射频前端主要市场。

图 12：射频前端广泛应用于各种无线网络设备



资料来源：Navian，中信建投证券研究发展部

图 13：Apple Watch 3 蜂窝版包含大量射频元器件



资料来源：iFixit，中信建投证券研究发展部

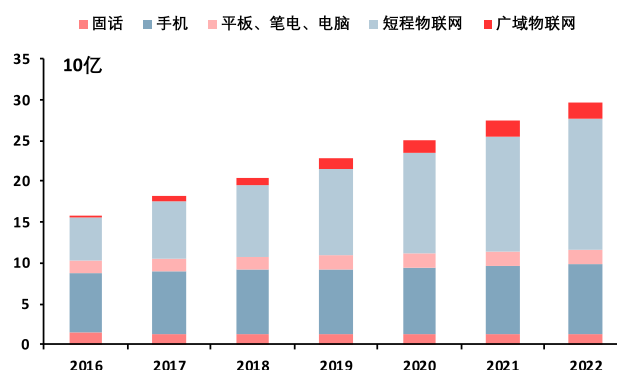
随着物联网建设兴起，智慧城市、辅助驾驶、无人驾驶、智能电网、移动医疗等新兴领域将进一步扩大射频前端市场。物联网可实现智能设备和管理平台的互连，使我们周围的“智慧世界”融合在一起。尽管目前手机仍是最大的无线连接设备，但由于物联网将纳入汽车、机器、电力仪表、可穿戴设备和其他消费电子等，2018 年物联网设备将超越手机成为数量最大的联网设备。根据 5G Americas 数据，2016 年底全球约有 4 亿个具有蜂窝网络连接的广域物联网设备；2022 年预计增长至 15 亿，占整个广域物联网连接的 70%。在新应用驱动下，2016-2022 年物联网设备数量将以 21% 的复合增长率高速增长，这些应用将成为射频前端增长的长期驱动力。而在物联网领域，射频前端的主要要求是低功耗、低延迟、高集成度、可定制化，标准化程度低于智能手机市场，因此物联网领域的射频前端市场竞争相对较小，国产厂商在此领域有较大成长空间。

图 14：2025 年将有超过 50 亿个 IoT 连接



资料来源：Qualcomm，中信建投证券研究发展部

图 15：2016-2022 年全球网络连接数量稳定增长



资料来源：5G Americas，中信建投证券研究发展部

1.4 消费需求和技术创新下，2017-2023 年前端市场翻倍

数据需求爆发、通信技术升级、终端设计创新等因素正推动射频前端需求和价值的快速提升。根据 IHS 无线半导体竞争报告数据，过去 7 年手机射频前端市场已从 2010 年的 43 亿美元增长到 2017 年的 134 亿美元，复合年均增长超过 17.7%，增速是整个半导体市场的 5 倍。根据 YOLE 数据，2017 年手机射频前端市场为 160 亿美元，预计到 2023 年增长到 352 亿美元，未来 6 年复合增长率达 14%，仍是半导体行业增长最快的子市场。

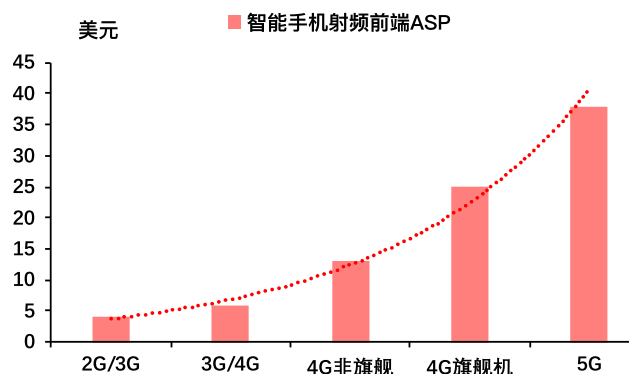
我们认为，2017-2023 年射频前端的增长主要分为两个阶段：早期增长来自 4G LTE 对射频前端的创新需求，但最主要的增长来自中期的 5G NSA（非独立组网）。2017 年底 3GPP R15 中定义的 5G NSA 将 5G NR（新频谱）纳入 LTE 网络，从而构建 5G 过渡网络，因此其建设的双网络连接将更大程度地推动射频前端构架创新。此外，随着 5G 部署加速，通信频段将分阶段从 LTE 网络频段提高到 Sub-6GHz，未来还将提升至毫米波频段，因此射频前端市场将在原有基础上新增毫米波射频前端细分品类。根据 YOLE 预测，2023 年用于毫米波段的射频前端模组市场空间将达 4.23 亿美元。而这一领域也将成为 Qualcomm、Intel 等基带平台厂商的战略重心。

表 5：射频前端细分市场预测及其驱动因素（亿美元）

前端器件	2017	2023	CAGR	驱动因素
滤波器	80	225	19%	滤波器是射频前端最大且增长最快的子市场，其增长主要来自四个方面：（1）5G NR 定义的超高频推动高端 BAW 滤波器渗透率提升，（2）Wi-Fi 分集天线隔离频带对共存滤波器的需求，（3）天线数量增加，（4）多载波聚合增加滤波器需求。
PA	50	70	6%	尽管多模多频减少 PA 用量，但高端的高频和超高频 PA 市场的增长将弥补 2G/3G 市场的萎缩。PAMiD 是目前价值最高的前端模组，有望提高 PA 价值量。
射频开关	10	30	20%	射频开关市场的增长主要来自 4x4 MIMO 新增射频路径对分集开关的需求，以及天线和频段增加对天线开关的需求。
天线调谐	4.63	10	14%	天线调谐的增长主要来自 4X4 MIMO 渗透提升，而 2018-2020 年 4X4 MIMO 有望逐步普及。另外，主天线和分集天线的增长也将提升天线调谐需求。
LNA	2.46	6.02	16%	高频化趋势下，LNA 面临更高线性度要求，其工艺有望转向高级 SOI 先进工艺。LNA 市场的增长主要来自分集模组的应用，PA 模组集成以及新增天线的应用。
合计	160	352	14%	5G 趋势下，网络高频化、前端模组化以及通信技术创新驱动射频前端价值增长。

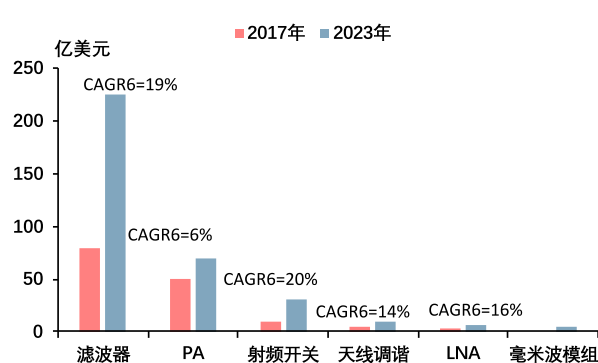
资料来源：YOLE，中信建投证券研究发展部

图 16：5G 趋势推动智能手机射频前端 ASP 提升



资料来源：YOLE，中信建投证券研究发展部

图 17：2017-2023 年射频前端细分市场保持高增长



资料来源：YOLE，中信建投证券研究发展部

二、5G 浪潮加速射频前端创新，模组化进一步推高前端市场

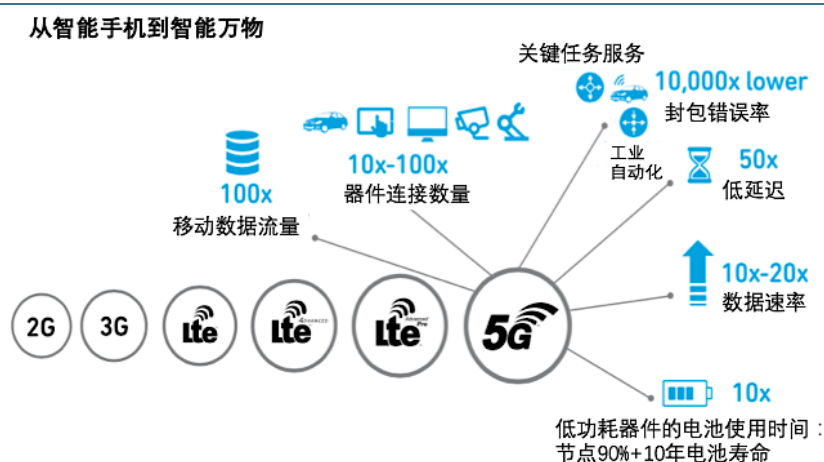
2.1 三大服务加速通信技术创新，射频前端面临新挑战

2.1.1 从智能手机到智能万物，5G 将成为多样化应用和服务的中心平台

随着物联网和机对机通信的发展，蜂窝网络正从连接人转变为连接物的中心平台。为应对日益增长的移动数据流量和网络连接数量需求，同时保持单用户成本相对不变，蜂窝网络必须致密化，提供高附加值服务，并最大限度地减少运营成本和资本支出。在此需求下，5G 通信网络应运而生。

5G 是以 4G 为基础的下一代无线通信技术，网络性能相比 4G 提升了若干数量级。从通信技术演进角度看，5G 与 4G 不是替代关系，而是通过增加 4G 无法完成的功能，使得网络功能进一步完善和多样化。而 4G 则将更多的作为支持日常工作的网络，继续与 5G 并行发展。

图 18：4G 到 5G 将实现从智能手机向智能万物演进



资料来源：Qorvo，中信建投证券研究发展部

表 6：4G 和 5G 网络的主要技术指标差异

	4G	5G
网络延迟	10ms	<1ms
峰值网速	1Gbps	20Gbps
移动连接量	80 亿（2016）	110 亿（2021）
信道带宽	20MHz, 200KHz（Cat-NB1 IoT）	100 MHz（<6 GHz 频谱）， 400 MHz（>6 GHz 频谱）
频带范围	600 MHz-5.925GHz	600 MHz-毫米波段
上行信号	SC-FDMA	CP-OFDM
终端发射功率	+23dBm（2.5GHz TDD Band41 除外，需要+26dBm 的 HPUE），IoT 终端具有更低功率等级+20dBm	+26dBm（2.5GHz-6GHz）

资料来源：Qorvo，中信建投证券研究发展部

2.1.2 5G 三大服务对射频前端提出新挑战

5G 将在 4G 基础上新增支持三大类应用和服务，即大规模物联网、关键任务服务、增强型移动宽带，而这三大服务所涉及的通信技术将对射频前端提出更多挑战。

表 7：5G 三大服务的定义及其用例

三大服务	定义	用例
大规模物联网	根据下一代移动网络联盟（NGMN）对大规模机器通信（mMTC）的定义，5G 网络将为数百亿台终端和数万亿连接提供无线支持。	主要用于机对机通信，可实现任何地点任何时间的机对机连接。爱立信预计，2021 年将有约 280 亿个物联网设备，其中 150 亿个将连接到机对机网络和消费电子，另一部分则将应用于智能城市、工业自动化、管理服务、金融服务、虚拟现实和农业服务等。
关键任务服务	根据 NGMN 定义，关键任务服务需要超可靠低延迟（uRLLC）无线网络。	例如，Google 和 Uber 的自动驾驶是该服务最值得关注的应用之一，其他还包括公共交通系统、无人驾驶飞行器、工业自动化、远程医疗等。
增强型移动带宽	指对任何设备和地点实现更快和更广的网络连接。	可为人口密集区、高移动场景和室内环境提供极高数据速率。在增强型移动带宽服务下，用户能几秒内下载数 GB 数据，从而普及 AR/VR 等吞吐类应用。

资料来源：5G Americas, Skyworks, Qorvo, 中信建投证券研究发展部

图 19：5G 实现三大服务创新的主要特点



资料来源：Skyworks, 中信建投证券研究发展部

（1）大规模物联网服务对射频前端的要求：大规模物联网将使用新的蜂窝网络标准和较窄的信道带宽。射频前端设计方面，由于物联网设备对低成本、低功耗和高密度射频组件的要求，因此需使用 Si 或 GaAs 工艺，PA、滤波器、开关等器件都必须采用小型化封装。此外，物联网应用的射频前端还需支持多模多频和多标准。

（2）关键任务服务对射频前端的要求：关键任务服务需要极低延迟和极高可靠性的无线通信网络。射频前

端设计方面，为实现低延迟的端到端连接，超可靠低延迟网络需使用具有 Si、GaAs、GaN 等工艺的高频器件。其他 5G 关键技术 massive MIMO、载波聚合、毫米波技术、波束成形等也将持续推动射频前端的需求量。

（3）增强型带宽服务对射频前端的要求：增强型带宽服务从 LTE Advanced、LTE Advanced Pro、LAA 技术、毫米波技术、载波聚合、MIMO、高阶调制、微基站、波束成形、FWA 等无线技术影响射频前端的设计。

表 8：5G 三大服务对射频前端的影响

三大服务	涉及到的通信技术	对射频前端的影响
大规模物联网	ZigBee 网络，Wi-Fi 网络，超低功耗射频连接，新蜂窝网络标准（LTE Cat-M1, LTE Cat-NB1）	低成本、低功耗、高集成度、多模多频
关键任务服务	载波聚合，massive MIMO，毫米波技术，波束成形，GPS，卫星通信	高可靠、低延迟、高频
增强型带宽服务	LTE-A，LTE-A Pro，载波聚合，LAA，4x4 MIMO，256 QAM，小基站，毫米波，波束成形，FD-MIMO	高可靠、低延迟、高频

资料来源：5G Americas，中信建投证券研究发展部

2.2 三大技术 CA、MIMO、QAM 对射频前端提出新需求

随着频谱资源的高度开发和碎片化，直接增加带宽不再是可持续的扩展途径。未来网络容量的提升将由网络致密化、更多频谱资源和更高链路效率推动。为满足更高网络容量、更低网络延迟、更多元网络连接、更好的网络覆盖性能等，4G 和 5G 无线通信网络演进包括众多重要技术创新，包括 CA、MIMO、QAM 等核心通信技术，这些技术创新将改变直接射频前端的设计与需求。

图 20：频谱拥挤加速 CA、MIMO、QAM 技术升级



资料来源：Qorvo，中信建投证券研究发展部

2.2.1 载波聚合从 2CC 到 5CC，射频前端需求同比例提升

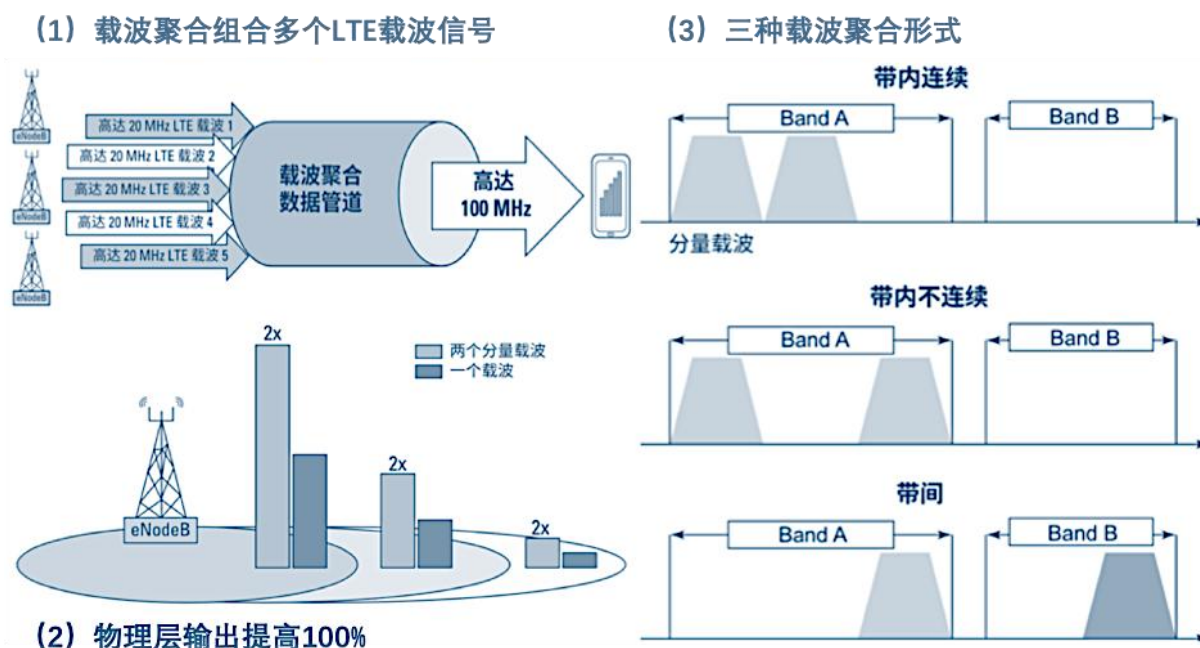
4G LTE 频谱由 3GPP 文件中定义的 52 个频段组成，其中 FDD/SDL 为 35 个，TDD 为 17 个。该频谱支持

六个信道带宽，包括 1.4MHz、3MHz、5MHz、10MHz、15MHz 和 20MHz。随着 6GHz 以下的连续频段越来越少，为了通过增加频谱带宽来扩展网络容量，新的无线通信网络引入了载波聚合（CA）技术。

载波聚合是用于将多个载波分量（CC）跨越连续频谱进行组合的技术，可以聚合信道带宽，提高数据速率，改善网络性能。载波聚合允许在下行链路、上行链路或两者同时增加数据速率，还允许一个 FDD 载波和另一个 TDD 载波，以及许可和非许可频谱的组合。目前，3GPP 已在版本 14 中批准了多达 32 CC 的载波聚合；同时运营商标准也达到最多支持 5 CC 的载波聚合，可以将 5 个 20MHz CC 聚合为高达 100 MHz 信道带宽的单个载波。每个 20MHz 信道由 100 个资源块组成，所以聚合信道将会增加数据速率。

载波聚合可以有三种不同方式实现，即带内连续聚合、带内非连续聚合、带间聚合。带内连续 CA 通过带内连续载波聚合把相同频段中的多个邻近 CC 聚合起来，是最简单的载波聚合部署场景。带内非连续 CA 通过把相同工作频段中的带内非连续的多个独立 CC 聚合起来。在频谱分配更碎片化的地区如北美，带内非连续载波聚合是一种常见的部署场景。带间 CA 则把不同工作频段中的多个 CC 聚合起来，各个频段中聚合的 CC 可以是连续的，也可非连续的。

图 21：载波聚合技术原理、特点和实现形式

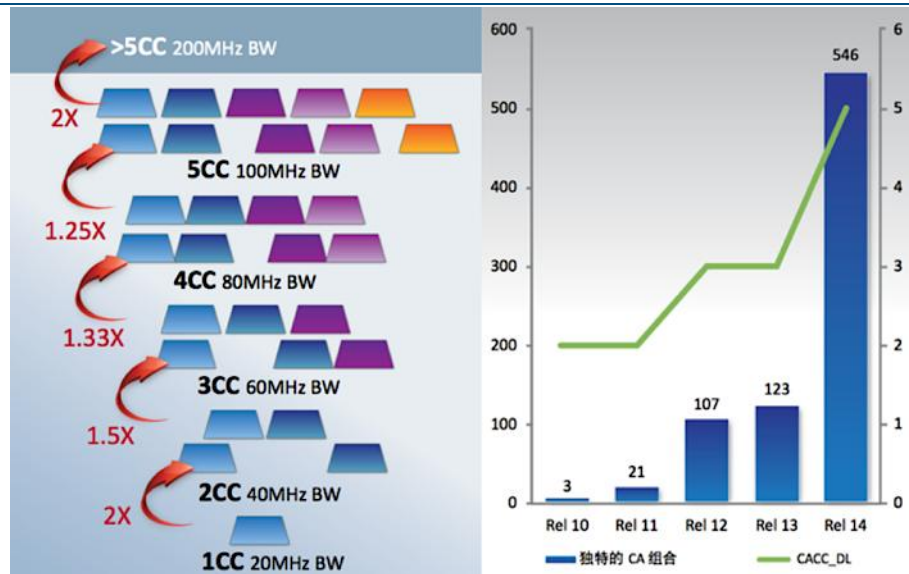


资料来源：Qorvo，中信建投证券研究发展部

2013 年，韩国首次实现载波聚合在 LTE Advanced 网络的首次商用。此后，载波聚合在世界各地的 LTE 网络中部署，包括英国、北美和中国。最新的 LTE 网络正从下行链路 2CC 向 3CC 过渡。Skyworks 预测，2018 年下行链路 2CC 将会普及，而高级网络则会向 4CC 或 5CC 下行 CA 迈进。

CC 数量提升带来更快的移动连接，但也增加了射频前端的设计难度。射频前端器件的性能受到载波带宽的影响，而射频前端器件的数量则受到载波数量的影响。以 PA 为例，在相同平均功率情况下，处理 20MHz 带宽信号的 PA 相比 5MHz 带宽信号需要使用更大的电流。另一方面，多个不连续载波会影响射频前端器件数量；因此，从 2CC 到 5CC 意味着滤波器、射频开关、PA、LNA 需求量将同比例增长。

图 22：载波聚合 CC 和组合数量提升扩展网络带宽



资料来源: Skyworks, 中信建投证券研究发展部

2.2.2 从 2x2 MIMO 到 4x4 MIMO，射频前端下行链路器件数量翻倍

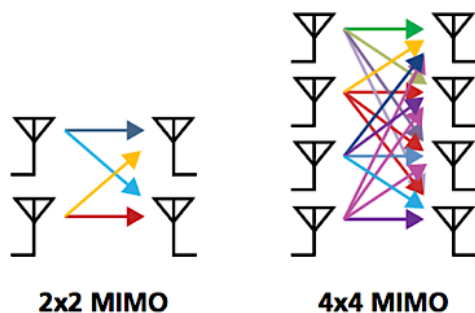
MIMO 是通过使用多个发射和接收天线在单个无线信道上同时发送和接收多个数据流的多天线技术，用于提高移动设备带宽、增加数据吞吐。MIMO 阶数代表可以发送或接收的独立信息流数量，它直接等同于所涉及天线的数量；阶数越高，链路支持的数据速率也越高。MIMO 系统通常涉及基站发射天线数量以及用户设备接收天线数量。例如，2x2 MIMO 意味着同一时刻在基站有两个发射天线，在手机上有两个接收天线。

表 9：用于 LTE 设备的三种天线 MIMO 配置

天线配置	配置方式	应用场景
SISO	只有 1 个数据流，终端仅使用 1 个天线	SISO 是 LTE 上行链路的默认配置
2x2 MIMO	基站端 2 个发射天线，终端 2 个接收天线	对下行是默认配置，新兴上行链路是潜在配置
4x4 MIMO	基站端 4 个发射天线，终端 4 个接收天线	用于更高频段，2018 年后应用在旗舰机上

资料来源: Qorvo, Skyworks, 中信建投证券研究发展部

图 23：2x2 和 4x4 MIMO 示例



资料来源: Skyworks, 中信建投证券研究发展部

图 24：三星 Galaxy S6 Edge+ 的天线构架



资料来源: IHS, 中信建投证券研究发展部

图 25：三星 Galaxy S7 Edge 的天线构架



资料来源：IHS，中信建投证券研究发展部

图 26：三星 Galaxy S8 4x4 MIMO 构架升级增加射频路径



资料来源：IHS，中信建投证券研究发展部

4x4 MIMO 在基站端需要至少四个发射天线，在移动设备需要四个对应的接收路径。此外，4x4 MIMO 还需对移动设备的四个天线信道进行隔离，因此对射频前端产生系统性影响。从 2x2 MIMO 到 4x4 MIMO 需要更多的射频前端器件，例如下行链路中天线、调谐、开关、滤波器、LNA 等器件的需求将实现翻倍增长。由于下行链路仅与接收路径相连接，而 PA 仅用于上行链路，因此 PA 的需求不受影响。

2.2.3 从低阶调制到 256QAM，射频前端需满足更高线性度要求

3GPP LTE 标准允许使用复杂信号调制方案增加数据密度，256 QAM 将进一步提高 4G 下行链路数据速率。使用 16 QAM（正交幅度调制）、64 QAM、256 QAM 等高阶调制技术，替代以前的 QPSK（正交相移键控）调制技术，在同样信道带宽情况下，可以提高信号传输信噪比，从而提高网络容量（bit/s/Hz）。例如，256 QAM 下行调制可将每个载波分量的数据速率提高 1.33 倍。2015 年春季发布的 3GPP 版本 12 最早定义了高阶调制技术，对于下行链路支持最高 256 QAM；2017 年春季发布的 3GPP 版本 14，对于上行链路支持最高 256 QAM。

高阶信号调制需要更高的信噪比（SNR），对射频前端线性度要求提高。随着状态密度上升，在存在明显噪声和干扰时确定符号数字特征变得更加困难。因此，终端接收器中的 LNA 必须具有最低的噪声系数，为了抵抗带内和带外的干扰其线性度也必须最大化。此外，在发射链路中，PA 必须具有极低的带内辐射和噪声水平，并且输出功率振幅的高阶失真必须最小化。尽管 256QAM 下行调制对射频前端的数量需求没有影响，但是更高 SNR 和更高线性度对射频前端提出了更苛刻的要求。为适应更高阶信号调制，LNA 可能转向高级 SOI 工艺。

表 10：射频前端 SNR 和线性度要求随调制阶数提升日益提高

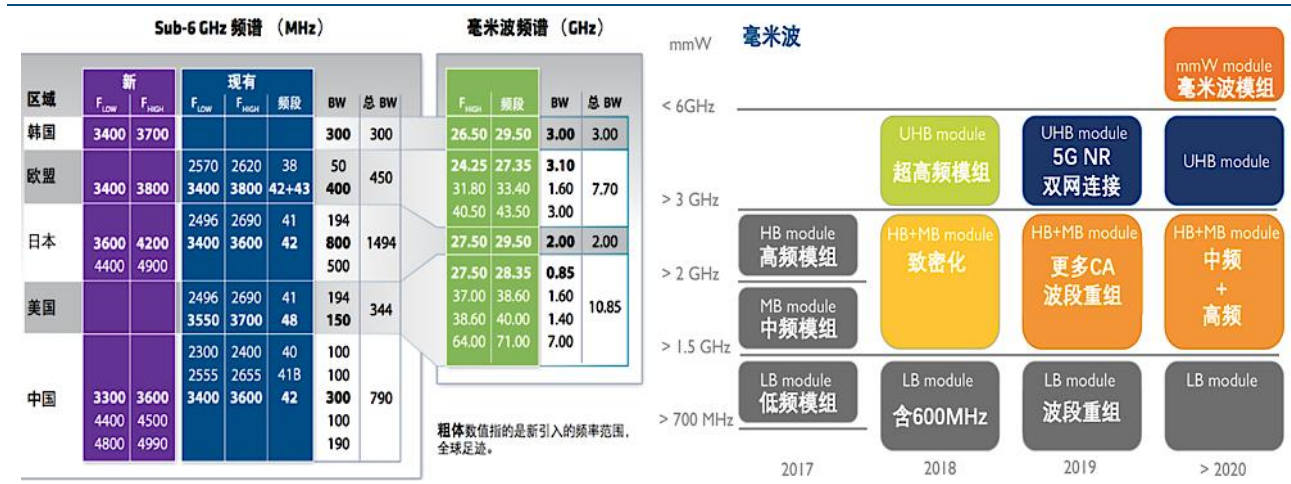
	QPSK	16QAM	64QAM	256QAM	1024QAM
调制					
状态	4	16	64	256	1024
比特/符号	2	4	6	8	10
下行链路	强制	强制	强制	可选	未来
上行链路	强制	强制	可选	Release 14	-

资料来源：Skyworks，中信建投证券研究发展部

2.3 频谱划断全面提升，高频化推动前端工艺演变

5G 频谱分为 Sub-6GHz 频段和高于 6 GHz 的毫米波频段，频谱划断全面提升。低于 1GHz 的频段满足 4G 物联网的低速率窄带宽，也适用于 5G 大规模机器通信。1-6GHz 频段适用于 100MHz 带宽的增强型移动宽带服务，其中 2.5GHz 频段和 3.5 GHz 频段是首选。28GHz-39GHz 的厘米波/毫米波频段适用于 5G 固定无线连接和增强型移动宽带连接。高频趋势下，射频前端工艺面临挑战。例如声学波滤波器适用于 Sub-6GHz 频段，而对毫米波段，声学波滤波器不再适用。此外，在高频趋势下，PA、LNA、开关等多个器件可能转向 SOI 工艺。

图 27：5G 频谱全面提升，射频前端转向超高频和毫米波段



资料来源: Skyworks, YOLE, 中信建投证券研究发展部

表 11：高频化对射频前端工艺的影响

频段	Sub-6GHz		毫米波频段	
时分双工 (TDD)	700 MHz - 3 GHz		24.25 GHz - 29.5 GHz	
频分双工 (FDD)	3 GHz - 6 GHz		37 GHz - 71 GHz	
前端方案	FEMiD/PAMiD/DRx	FEMiD/PAMiD/DRx	8T/8R 天线完整前端	8T/8R 天线完整前端
滤波器	声学/IPD/陶瓷	声学/IPD/陶瓷	IPD/陶瓷	IPD/陶瓷
PA	GaAs/SiGe	GaAs/SiGe	InP/SiGe/高级 SOI	InP/GaN/SiGe/高级 SOI
LNA	III-V/SiGe/SOI CMOS	III-V/SiGe/SOI CMOS	高级 SOI/GaN	SiGe BiCMOS/高级 SOI
射频开关	SOI CMOS	SOI CMOS	高级 SOI	高级 SOI
天线集成	不适用	不适用	适用	适用
信号生成	不适用	不适用	高级 SOI/SiGe BiCMOS	高级 SOI/SiGe BiCMOS

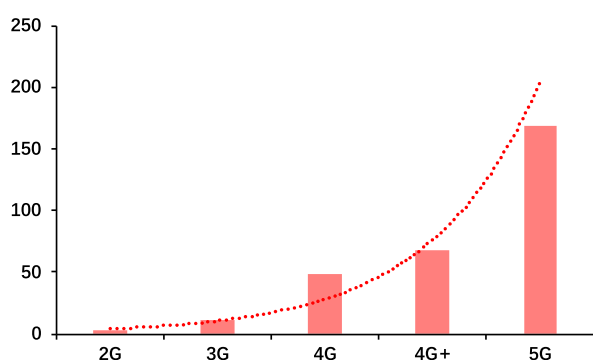
资料来源: Microwave Journal, Skyworks, 中信建投证券研究发展部

2.4 射频前端模组化加速，进一步推高前端市场

2.4.1 射频前端呈现模组化趋势

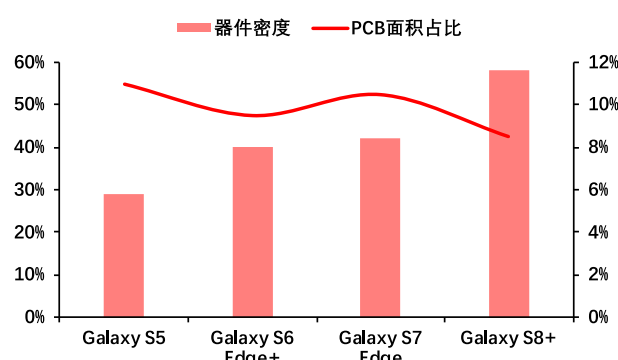
为满足日益增长的通信终端消费需求，射频前端复杂度越来越高，并出现模组化趋势。射频前端复杂度随支持的频带数量增加而提高，通常与天线数量和所支持数据流数量相关。多模多频网络制式、更多频谱支持、更高射频频段、更多载波聚合 CC、更高阶调制、更高阶 MIMO，以及越来越拥挤的频谱资源，这些趋势正对终端射频前端构架、设计、制造提出了更大的挑战，因此射频前端厂商需要通过模组化快速响应行业创新需求。

图 28：终端设备支持的通信频带激增



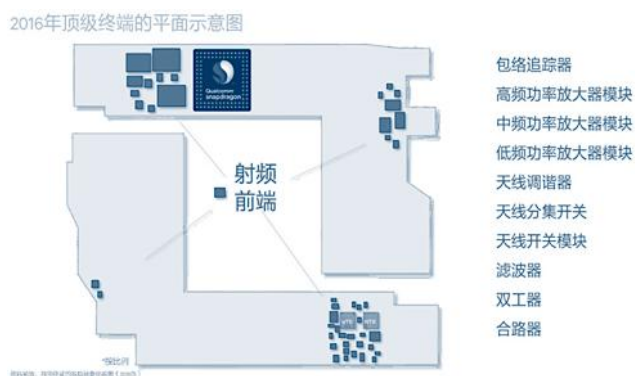
资料来源：3GPP，中信建投证券研究发展部

图 29：射频前端主板面积占比逐代减小，集成度逐代增加



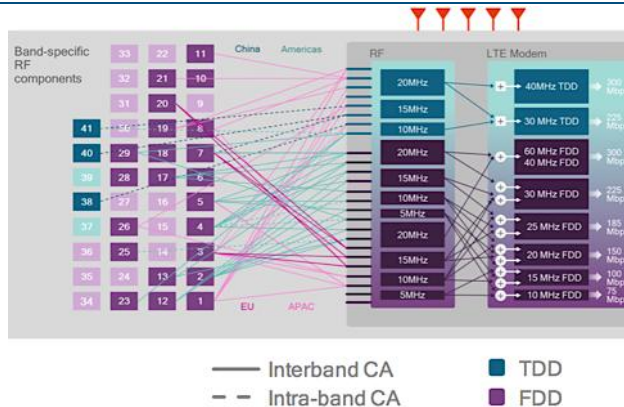
资料来源：IHS，中信建投证券研究发展部

图 30：射频前端随终端设计复杂性的提升而增加



资料来源：Qualcomm，中信建投证券研究发展部

图 31：频带激增大幅增加射频前端设计复杂度



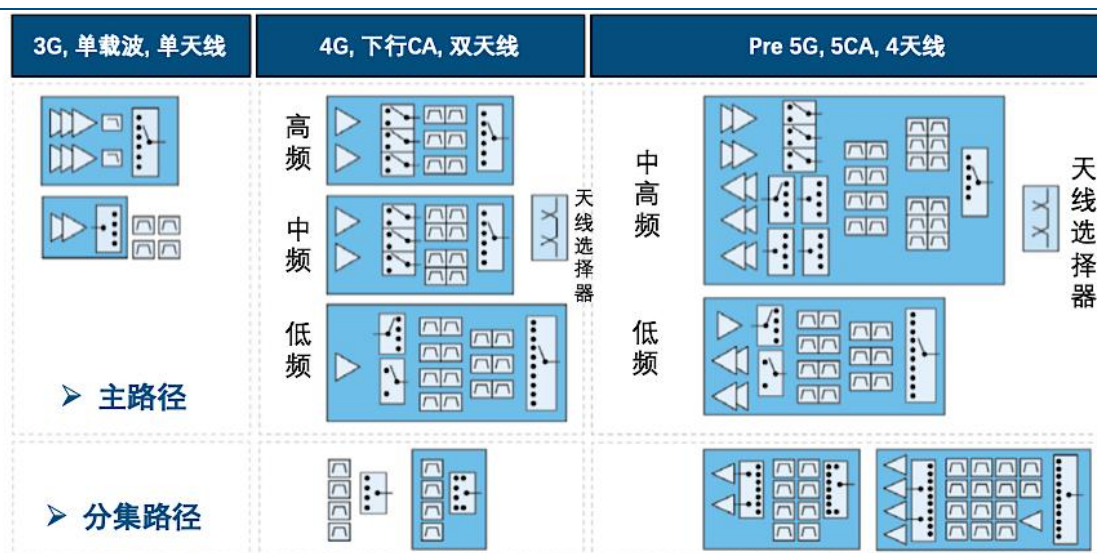
资料来源：3GPP，中信建投证券研究发展部

尽管射频前端复杂度显著增加，但随着全面屏、更多功能组件、更大电池容量等设计持续压缩主板空间，主板上留给此功能区的空间却逐渐减少，目前旗舰机仅有 10%-15% 的主板空间用于射频前端。全面屏并不意味着手机有更多的主板空间，虽然手机的长宽都变大了，但厚度继续下降。另一方面，智能手机被集成的功能组件越来越多，比如传感器和摄像头等，这些功能组件挤占了部分主板空间。最后，更大屏幕尺寸和更多功能组件对电量的消耗急剧增加，而电池密度通常每年只增加 10%，增加的电能需求使电池体积越来越大。以上三点变化的结果是，尽管智能手机需要更高性能的射频前端，但是射频前端的空间却保持不变，甚至被压缩。因此，设计开发智能手机的难度和成本不断增加，对高集成度射频前端模组的需求也越来越强烈。

射频前端模组较分立器件可以提供更快的通信速度和更高的效率，具有多种优势：

- **通过使用内部紧凑型模组减小组件尺寸。**从空间资源的角度讲，前端模组通过高级封装降低了对 PCB 面积的占用。当前前端模组在保持较低高度的情况下可减小 50% 面积，对终端厂商具有极大吸引力。
- **简化 OEM 厂商终端产品的设计难度。**尽管支持多模多频的射频前端设计复杂，前端模组可通过内聚设计隐藏这种复杂性，并简化 OEM 终端厂商的设计难度。
- **降低生产成本并缩短研发周期。**从研发生产的效率和成本上讲，由于射频前端模组和射频芯片在其制造商环节已经进行了预测试，因此减小了终端厂商的开发时间和成本，使终端厂商可以更快速和更高效的开发多模多频终端产品。

图 32：从 3G 到 4G 再到 5G，射频前端模组化率不断提高



资料来源：MWRf，中信建投证券研究发展部

2.4.2 多样化竞争策略下，射频前端具有灵活的模组解决方案

目前阶段，不同的射频前端构架需要不同模组，根据模组集成度的高低可以将其分为低端模组、中端模组和高端模组。而射频前端模组的终极解决方案将用一组器件（滤波器 / 双工、PA、LNA、天线、调谐等）覆盖所有目标频带和所有目标蜂窝网络模式（LTE-FDD、LTE-TDD、WCDMA、TD-SCDMA、GSM 等）。

例如，PA 需要同时支持多个通信模式和多个频段。因此，支持单模多频的 PA 构成 SMMB PA 模组，支持多模多频的 PA 构成 MMMB PA 模组。MMMB PA 和天线、滤波器、双工进一步集成，构成了高度集成的 PAMiD 模组。PAMiD 从 2015 年开始商业化，是目前最有价值前端模组。2015 年，三星首度在其旗舰机 Galaxy S6 和 Galaxy Note5 中使用型号为 SM-G9208 的 PAMiD 模组，该模组集成了 PA、天线开关、双工器、带通滤波器。为保证载波聚合中的干扰隔离，PAMiD 根据频率被分为高频组、中频组和低频组。

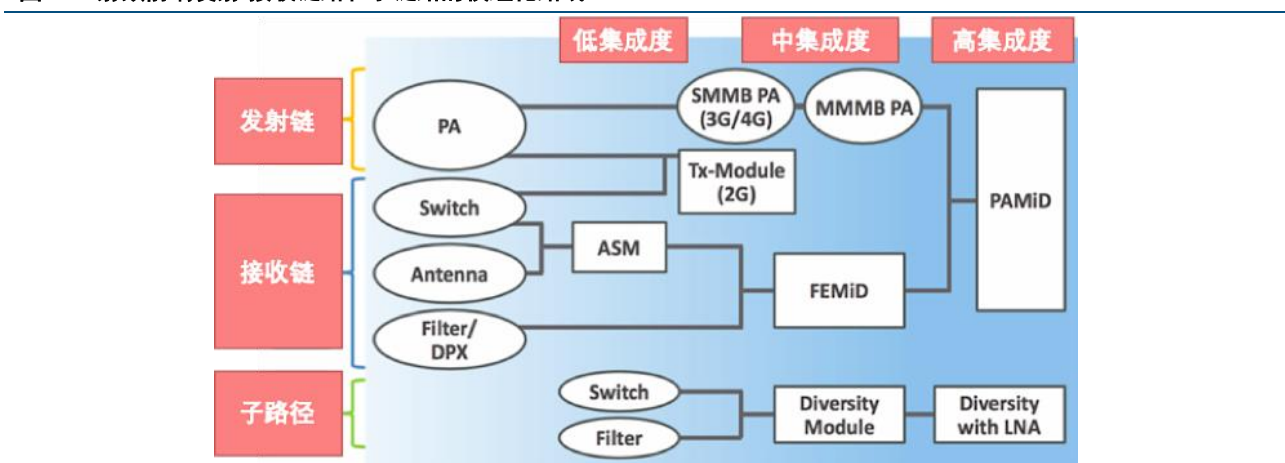
而对滤波器而言，目前阶段仍难以集成。可调谐滤波器由于和当前声学波滤波器在性能、尺寸、成本等方面不匹配，目前还未进入研发生产阶段。使用不符合声学波滤波器标准的滤波器会带来更大尺寸、更高成本和更高功耗等负面影响。因此，在可预见的未来，声学波滤波器、开关和多模多频放大器仍是最佳解决方案。

表 12：射频前端模组按高、中、低三种集成度分类

集成度	模组	集成的器件
低集成度	ASM	集成天线和开关
低集成度	FEM	集成开关和滤波器
中集成度	Div FEM	集成 FEM 的分集模组
中集成度	FEMiD	集成 ASM 和双工/滤波器
中集成度	PAiD	集成 PA 和双工
中集成度	SMMB PA (3G/4G)	支持单模式多频带的 PA 模组
中集成度	MMMB PA (3G/4G)	支持多模式多频带的 PA 模组
中集成度	Tx Module (2G)	集成 PA 和开关的发射模组
高集成度	PAMiD	集成 MMMB PA 和 FEMiD
高集成度	LNA Div FEM	集成 Div FEM 和 LNA

资料来源：维基百科，Skyworks，Qorvo，中信建投证券研究发展部

图 33：射频前端发射/接收链路和子链路的模组化路线



资料来源：Murata，中信建投证券研究发展部

由于目标市场的不同，射频前端模组供应商通常采取差异化的竞争策略，即在分立和模组中寻找平衡点。典型射频前端解决方案如表 13 所示，每种构架具有不同侧重点，如机型的设计灵活性、性能优化可调谐灵活性、供应链生态系统，以及射频前端占用的面积等。因此，不同 OEM 厂商将根据不同要求灵活选择构架 1-5。

一般而言，专注于入门级、本地化或定制机的 OEM 厂商会更多地使用分立射频器件；即便如此，其模组化程度也越来越高。例如对于区域性机型，OEM 厂商通常采用集成的 PA、LNA、开关等，仅滤波器、双工器是分立器件。也正由于射频前端集成的灵活性，Skyworks、Qorvo 和高通等射频前端供应商提供了各种集成度级别的器件和模组，对纯分立器件厂商造成较大竞争压力。

在越来越多机型支持全球通的趋势下，高度模组化的射频前端愈加具有市场竞争力。例如，Qorvo 的 RF Fusion 是高度模组化射频前端的典型，其通过低、中、高三个模块支持主要 LTE 频段。（1）RF Fusion 的每个模块包括 PA、开关和滤波器等器件，相比分立器件方案可节省 30%-35% 的 PCB 面积。（2）RF Fusion 通过在各路径集成组件提高性能，从而无需板载匹配，减少损耗高达 0.5 dB，并可以降低电流消耗和热负载。（3）该架构有助于射频隔离，例如可将支持特定频带组合的多路复用器并入每个模块，以减小 CA 聚合频段之间的影响。

表 13：射频前端具有灵活的模组化解决方案

构架	构架 1	构架 2	构架 3	构架 4	构架 5
	ANT switch filter Duplexer HB PA M/LB PA 2G PA	TXM (switch+2GPA) filter Duplexer HB PA M/LB PA	ANT switch filter Duplexer HB PA M/LB 2G/3G/LTE PA + switch	ANT switch PAD PAD PAD	PAMID (All-in-One module)
包含器件	MMMB PA, ASM, DPX	MMMB PA, TXM, DPX	MMMB PA, ASM, DPX	PAD, ASM	PAMiD
工艺微缩	容易	容易	困难	困难	困难
可调谐性	可调谐	可调谐	可调谐	不可调谐	不可调谐
供应链生态	一般	较好	较差	一般	较差
占用面积	较大	一般	一般	较小	较小
集成度排序	5 最低	4	3	2	1 最高

资料来源：MTK，中信建投证券研究发展部

备注：供应商生态指市场上可提供此类方案的供应商数量和供应器件型号数量

2.4.3 具有更高射频前端价值的中高端机型渗透提升，进一步推高射频前端市场

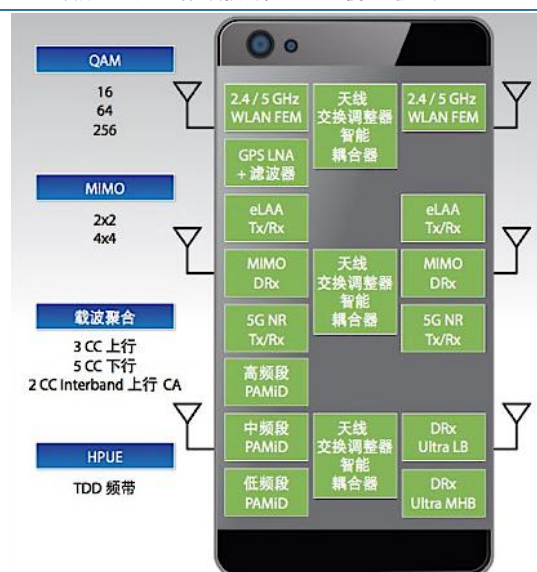
高端机型模组化程度更高，其射频前端具有更高价值含量。随着智能机支持的频带数量急剧增长，并且不同地区对通信模式和频段要求不同，为满足全球不同地区的不同需求，多机型成为终端厂商的产品策略。旗舰机倾向于支持全球频段，因此拥有高度模组化的射频前端；而中端机为了优化成本通常采用区域性机型，相比同世代旗舰机具有较低的模组化程度。即同世代机型中，旗舰机通常拥有更高模组化的射频前端。**价值方面**，射频前端的价值和其模组化程度成正相关。以三星旗舰机为例，2012 款 Galaxy S III 中用量 6% 的射频模组占射频前端成本的 26%。2017 款 Galaxy S8 Plus 射频模组用量提升到 32%，而成本更是提升到 87%。

图 34：中低端机型射频前端用量和价值较低



资料来源：Skyworks，中信建投证券研究发展部

图 35：旗舰机型射频前端用量和价值较高



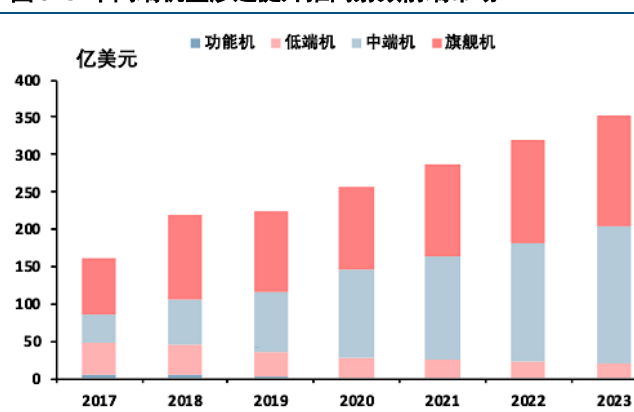
资料来源：Skyworks，中信建投证券研究发展部

图 36：不同机型的射频前端单机平均价值



资料来源：Qorvo，中信建投证券研究发展部

图 37：中高端机型渗透提升推高射频前端市场



资料来源：YOLE，Qorvo，中信建投证券研究发展部

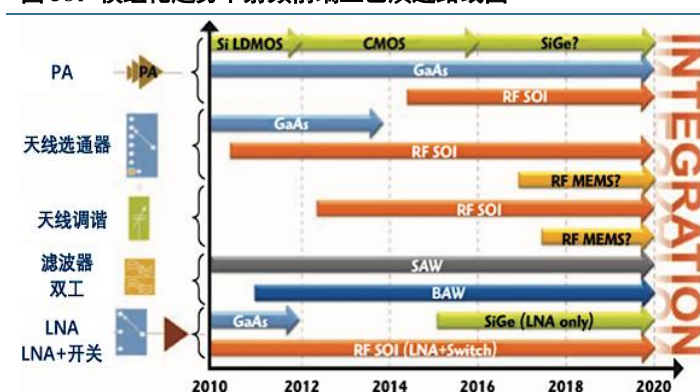
2.4.4 从器件级到封装级，LCP 封装有望实现最高程度的模组化

5G 时代射频前端器件和天线数量都将急剧增加，射频前端模组化程度急需进一步提高。电路系统的模组化有器件级、封装级和板级三个层次。对于射频前端，器件级是模组化的初级阶段，而封装级则是更高模组化的必须。根据 Microwave Journal 预测，前端模组化趋势下多个器件可能采用 SOI 工艺，而滤波器和天线等器件无法使用该工艺。因此，即便未来所有可能采用 SOI 工艺的器件能集成在一起，也无法实现最高程度的模组化。

为进一步提高射频前端模组化程度，必须采用更先进的封装技术。埋置封装是实现高密度互连的封装技术，通过在封装体内埋置电容、电感等无源器件，MEMS、PMIC 等有源器件，甚至射频前端等，可实现更高集成度。例如，0.8 mm 厚多层 PCB 通过埋置 0.6 mm 的无源元件，可减少传统 PCB 因贴片增加的 0.6mm 厚度。

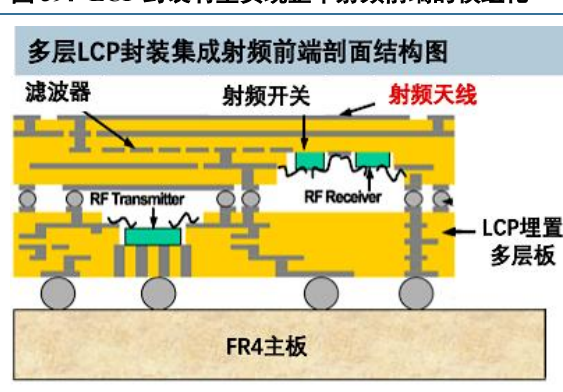
LCP 可实现射频前端埋置封装，有望实现最高程度的模组化。LTCC 是一种早期的埋层技术，通过在封装体的多层空间埋置无源器件可节省空间，但由于其工艺温度高达 850℃，因此无法直接封装裸片。LCP 封装由两种不同熔点的 LCP 材料构成，高熔点温度 LCP 用作核心层，低熔点温度 LCP 用作粘合层，多层之间埋置无源和有源器件，并以金属通孔互联构成多层电路。由于 LCP 具有较低的层压温度，因此可直接将裸片封装在 LCP 叠层内，并在同一热压工艺中层压，同时保持较好的可靠性和散热性。我们认为，随着射频前端模组化程度的不断提高，LCP 封装有望成为 5G 时代实现整个射频前端模组化的终极方案。

图 38：模组化趋势下射频前端工艺演进路线图



资料来源：Microwave Journal，中信建投证券研究发展部

图 39：LCP 封装有望实现整个射频前端的模组化



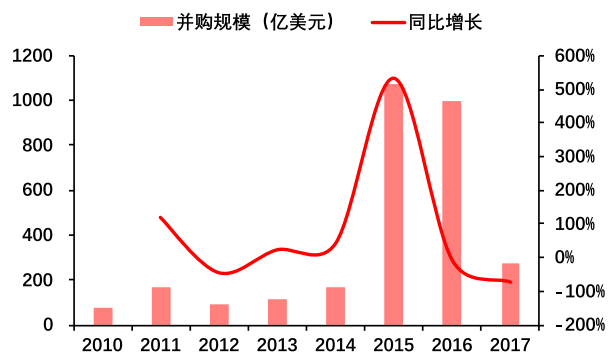
资料来源：Microwave Journal，中信建投证券研究发展部

三、前端主力市场暂由海外巨头垄断，而 5G 可能重构前端格局

3.1 并购整合潮后，美日厂商已形成寡头垄断

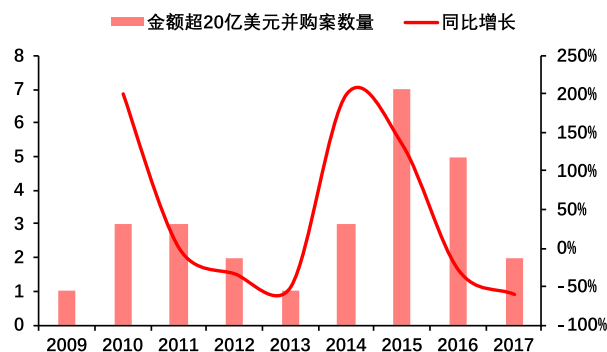
IC Insights 数据显示, 2015 年全球半导体产业并购金额创历史记录达 1073 亿美元, 2016 年也近千亿美元。尽管密集并购反映了厂商对研发成本增加和激烈竞争下毛利下滑的担心, 但是参与并购整合的市场玩家, 通过产业链上下游整合或在新兴市场布局, 成为全产业链布局的龙头公司。这些并购案包括 Avago 收购 Broadcom 并成立新 Broadcom, RFMD 与 TriQuint 合并成立 Qorvo, Qualcomm 和 TDK 成立合资公司 RF360, Murata 收购 Peregrine 等。经过并购整合, 美日厂商形成寡头垄断, 合计占据射频前端近 9 成市场份额。其中, 美系厂商 Broadcom、Qorvo、Skyworks 作为第一阵营瓜分高端市场, 日系厂商 Murata、TDK、Taiyo Yuden 等作为第二阵营占据中端市场, 韩台陆厂作为第三阵营目前以低端市场为主, 并努力向中高端市场渗透。

图 40：2010-2017 年半导体产业并购规模及增速



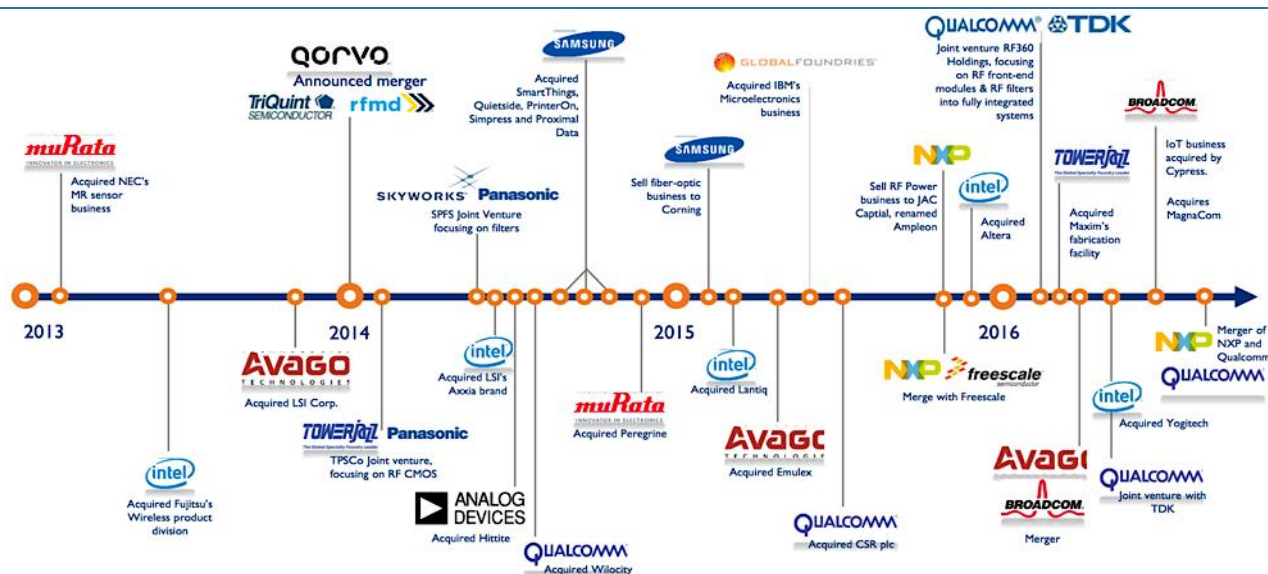
资料来源: IC Insights, 中信建投证券研究发展部

图 41: 2009-2017 年金额超 20 亿美元并购案数量及增速



资料来源: IC Insights, 中信建投证券研究发展部

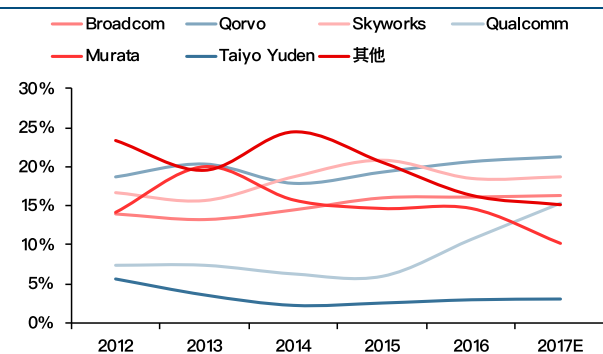
图 42：射频前端并购整合交易密集，市场集中度不断提高



资料来源: YOLE, 中信建投证券研究发展部

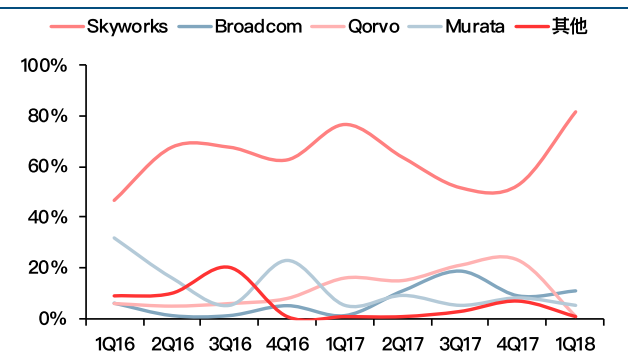
在 2017 年旗舰机中，前 2 阵营厂商的射频前端占主板面积在 10%-25% 范围。根据 SystemPlus 统计，同代旗舰机中，美系厂商 Broadcom、Qorvo、Skyworks 的射频前端主板面积占比最高，其次是日系厂商 Murata、TDK。另外，上述 5 家厂商也持续保持苹果射频前端核心供应商地位。我们认为，由于高端产品的技术壁垒较高，在苹果等旗舰机射频前端领域，供应格局相对稳定，短时间内不会有较大变化。

图 43：2012-2017 年射频前端模组和器件营收份额



资料来源：Strategy Analytics，中信建投证券研究发展部

图 44：2016Q1-2018Q1 射频前端模组营收份额



资料来源：TechInsights，中信建投证券研究发展部

3.2 四个核心竞争力拉开玩家层次，模组厂商赢家通吃

经过并购整合，射频前端市场重新洗牌。前端厂商依据 4 个核心竞争力可分为产线齐全和产线单一、有基带话语权和没有基带话语权、IDM 和 fabless、有模组能力和没有模组能力等几个阵营。

3.2.1 产线齐全构筑前端市场第一层壁垒

射频前端是一个系统工程，因此对于智能手机厂商而言，供应商提供的综合产品方案和服务能力最为关键。齐全产线厂商相比产线单一厂商具有较大优势，其不仅能提高客户服务能力和客户黏性，还有利于布局价值和壁垒更高的前端模组产品。目前 Qualcomm 是唯一覆盖包括射频前端和基带在内的整个射频系统的厂商，其他国际大厂也已基本实现覆盖多个产线。目前阶段，除紫光展锐等少数厂商外，国内鲜有覆盖多产线的前端厂商。绝大多数国产厂商专注于单品类前端器件，通过销售分立器件或为模组厂商供应器件抢占中低端市场份额。

表 14：主要射频前端厂商拥有较完整的产品线

公司	国/地	类型	模组	滤波器	PA	LNA	开关	调谐	包络	基带
Qualcomm	美国	fabless	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Broadcom	美国	IDM	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Qorvo	美国	IDM	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Skyworks	美国	IDM	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
Murata	日本	IDM	✓	✓	✓	✓	✓			
TDK	日本	fabless	✓	✓	✓	✓				
Taiyo Yuden	日本	fabless	✓	✓						
MTK	台湾	fabless			✓	✓	✓			✓
紫光展锐	中国	fabless	✓	✓	✓	✓	✓			✓

资料来源：公司财报，中信建投证券研究发展部

备注：✓表示已量产

3.2.2 基带主导前端，构筑第二层壁垒

由于基带与射频前端的协同至关重要，因此基带厂商对前端市场有较大影响力。根据 Strategy Analytics 数据，2017 年全球基带芯片市场达 212 亿美元，其中 Qualcomm 以 53% 份额一家独大。出货量方面，国产厂商紫光展锐占全球 27% 份额，与 Qualcomm、MTK 三分天下。由于基带决定射频前端支持的模式、频数等协议，因此从底层对射频前端有全局影响。例如，Qualcomm 可通过基带捆绑 PA 并进行价格补贴抢占部分前端市场。

图 45：基带芯片对射频前端影响较大

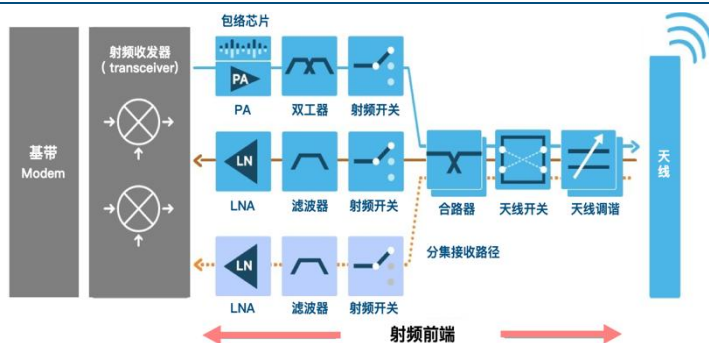
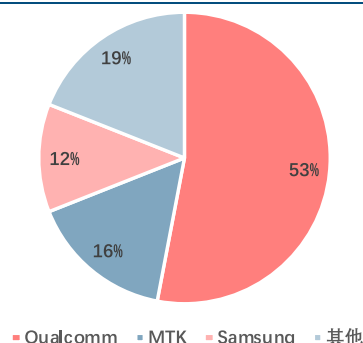


图 46：2017 年全球基带芯片市场份额



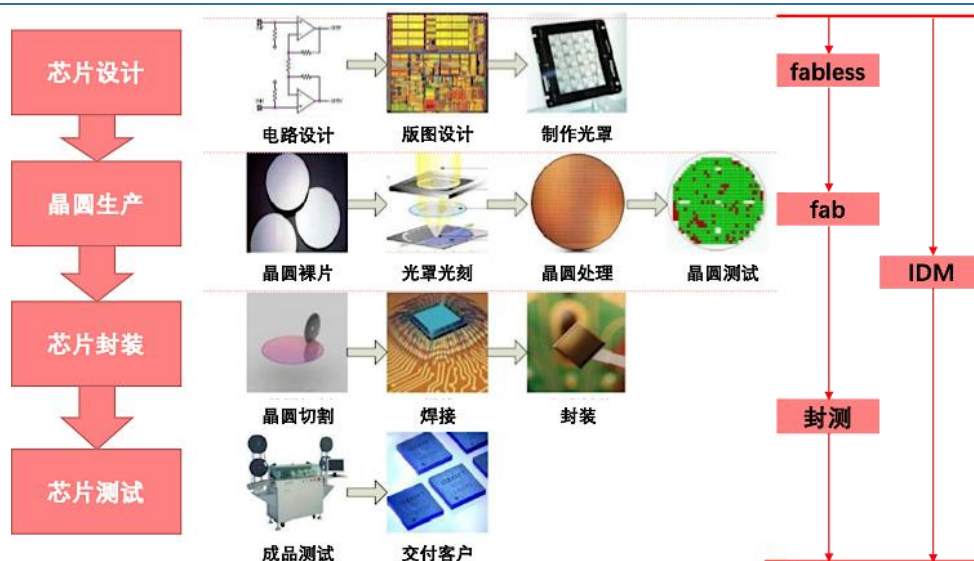
资料来源：Qualcomm，中信建投证券研究发展部

资料来源：Strategy Analytics，中信建投证券研究发展部

3.2.3 IDM 是现阶段主流，制造和封测能力构筑第三层壁垒

半导体产业可分为设计、代工、封测三大环节，IDM 与 fabless+foundry 两大业态并存。普通硅基集成电路和化合物半导体集成电路制造流程大致类似：先将衬底纯化、拉晶、切片后在衬底上形成外延层，代工厂依设计通过一系列工艺流程完成电路制造，制成的芯片交由封测厂商进行封装与测试，检测合格后交付客户。根据是否掌握设计生产能力，半导体行业主要存在两种垂直商业模式，即 IDM 和 fabless+foundry。IDM 指集成设计、制造和封装测试一整条产业链于一体的半导体厂商，如 Intel、三星。fabless 指专注芯片设计将制造外包的企业，主要公司有 Qualcomm、Broadcom 等。foundry 指专注芯片制造而不做设计的企业，如台积电等。

图 47：半导体产业链包括设计、代工、封测等多个环节



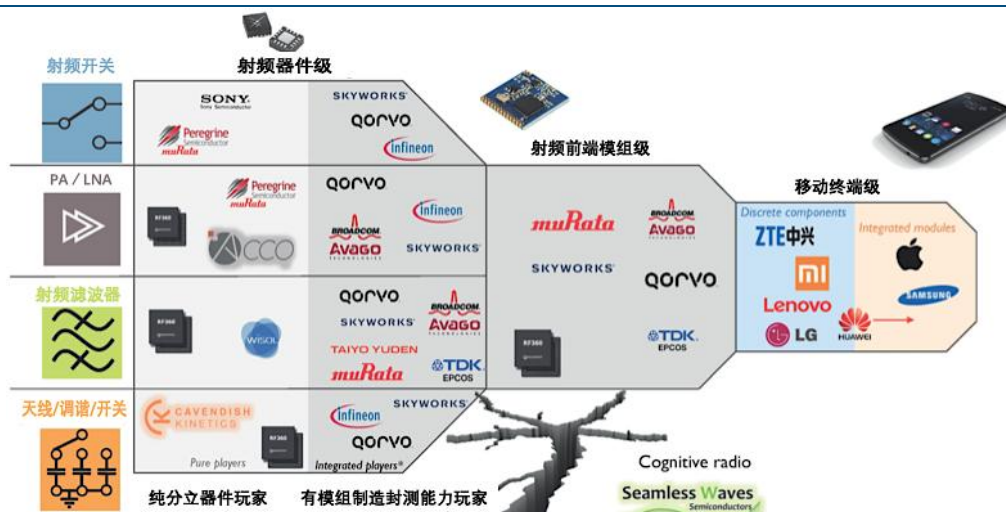
资料来源：YOLE，中信建投证券研究发展部

射频前端作为半导体子行业，业态仍以 IDM 为主。随着硅基半导体制造流程标准化提高和制程技术进步，半导体企业在剥离生产等重资产环节过程中逐渐分化并流行 fabless+foundry (fab) 模式。然而在射频前端领域，由于滤波器、PA、LNA、射频开关、天线调谐等均未采用标准化的硅基工艺，而多采用 MEMS、化合物半导体、SOI、SiGe 等非标准硅基工艺，因此 fabless 生态并不完善。射频前端产业存在代工壁垒较高，先进产能供给不足等问题。我们认为，在生产环节自有 fab 或有可靠 fab 合作伙伴的国产厂商在市场中将更具竞争力。

3.2.4 模组厂商赢家通吃，模组能力构筑第四层壁垒

并购整合使前端市场在分立器件和前端模组两个领域形成新格局，分立器件竞争激烈，模组厂商赢家通吃。分立器件方面，滤波器、射频开关、PA、LNA、天线调谐等细分市场玩家众多且分散。前端模组方面，市场有 Broadcom、Qorvo、Skyworks、Murata、TDK 等 5 家实力雄厚的模组厂商，其中 Broadcom、Qorvo、Skyworks 在分立器件领域也极具竞争力。这 3 家厂商产线齐全，具有设计、制造、封测全链能力，并占据主要市场份额。

图 48：前端市场已形成模组和器件两个阵营，模组厂商赢家通吃



资料来源：YOLE，中信建投证券研究发展部

由于前端模组厂商在提供模组产品的同时也提供分立器件，因此射频前端分立器件市场面临激烈竞争。美日厂商在设计领域绝对领先，拥有最好的模组能力和产品，综合实力雄厚。台湾企业在晶圆代工、封装测试等中下游环节占据重要位置。大陆厂商由于和国际巨头在技术、专利、工艺等方面存在差距，因此集中在无晶圆设计领域，主要供应中低端 PA、SAW 滤波器、SOI 开关等产品，面临较大的竞争压力。

表 15：主要射频前端分立器件市场格局

射频器件	市场格局
SAW 滤波器	全球 82% 的市场份额被 Murata、TKD、TAIYO 瓜分
BAW 滤波器	全球 95% 市场份额被 Broadcom 和 Qorvo 瓜分
PA	全球 93% 的市场份额被 Skyworks、Qorvo、Broadcom 瓜分
射频开关	国内 SOI 射频开关公司已有 20-30 家，价格战进入白热化
天线调谐	全球 70% 以上的市场份额被 Qorvo 把控
射频 GaN	Skyworks、Qorvo、Broadcom 分别占据 32.3%、25.5%、7.8% 市场份额

资料来源：Broadcom，Qorvo，Skyworks，中信建投证券研究发展部

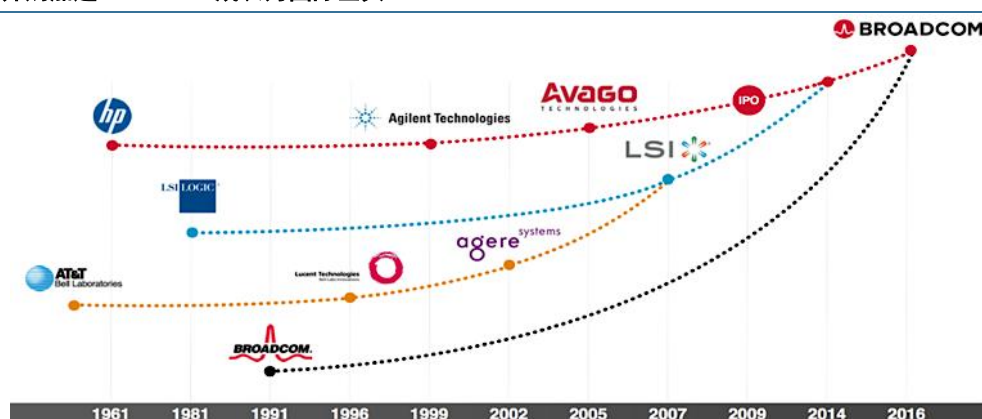
3.3 5G 到来之前，行业巨头地位依旧稳固

3.3.1 Broadcom：热衷并购的全球领先半导体厂商

Broadcom 是产品多元的全球领先半导体厂商，具有 50 多年创新历史和技术积累，主要经营两大业务单元。宽带和无线连接 BU 主做室内和手机无线连接，包括 Wi-Fi、蓝牙、GPS、小基站等；基础设施和网络 BU 则包括从基站回传、骨干网、核心网到数据中心。2015 年，新加坡公司 Avago 以 370 亿美元蛇吞象收购 Broadcom，并将母公司改名为 Broadcom，从而实现两家公司的巨大双赢。Avago 拥有 PA、前端模组和光通讯方案，结合 Broadcom 以太网交换机、实体层等后端网络协定和终端网络 IC，合并后新公司掌握了网络架构前后端芯片的解决方案，可提供一站式与整合方案服务，成为 Qualcomm、MTK 在网络芯片市场的劲敌。

Broadcom 拥有丰富的射频经验，通过技术创新和对系统、协议、行业的深度理解确立了其市场领先地位。Broadcom 对大客户 Apple 和三星的大规模供货使得其成为 BAW(FBAR)市场龙头，BAW 市占率达 87%。例如，三星在其旗舰机 Galaxy S7 中采用了 Broadcom 的 AFEM-9040 前端模组方案，并集成了其 FBAR 滤波器产品。Broadcom 具有先进的 FBAR 制造工艺，可提供基于 FBAR 的滤波器、双工器、多工器等产品。通过采用 Microcap wafer-to-wafer bonding 技术，Broadcom 滤波器可同时具有高性能、小尺寸、低能耗表现。

图 49：外延并购加速 Broadcom 成长为国际巨头



资料来源：Broadcom，中信建投证券研究发展部

3.3.2 Qorvo：具有技术和生产优势的前端精品公司

2014 年 RFMD 和 TriQuint 平等合并，组建了射频方案公司 Qorvo。TriQuint 是领先射频厂商，专为全球通信、国防、航空航天应用提供射频方案和代工服务，拥有全面技术阵容、领先研发实力和先进制造能力，其 GaAs/GaN PA、BAW、SAW 产品极具优势。RFMD 是提供高性能射频方案的领先企业，在手机 PA 和开关领域具有领先地位，其优势在于产品研发速度、生产成本控制和对关键芯片组的渗透能力。由于两家公司在产品技术方面重叠较小且运营方式接近，合并显著提升了公司实力。新公司整合了两家的资源和技术，是移动、基础设施、国防领域射频方案的全球领导者，其 GaN/GaAs PA、SAW、BAW、开关、天线等产线齐全，极具竞争力。

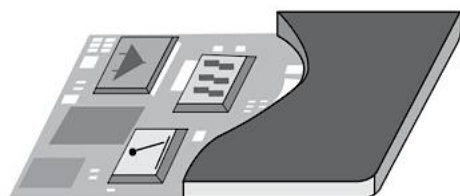
Qorvo 既可实现高中低频任意频段内的全射频前端集成，也可实现全频段内单类射频器件的纵向集成，产品组合多样且灵活。前者以 RF Fusion 方案为代表，面向高端市场，具有定制化特点；后者以 RF Flex 方案为代表，具有灵活可配置的特点。此外，Qorvo 具有射频前端全线产品，并不断开发先进工艺和封装技术，提高集成和系统化解解决能力，提升自动化生产能力，这些成为 Qorvo 作为领先射频前端厂商的核心竞争力。

3.3.3 Skyworks：主攻国产机市场的模组玩家

Skyworks 以模组能力作为核心竞争力，通过自产 SAW 和外购 BAW 提供模组化滤波方案，快速占领市场。2014-2016 年，Skyworks 通过与 Panasonic 成立合资公司并最终全资控股成功进入滤波器市场。在此期间，Skyworks 获得了专业人才、领先设计、412 项滤波器基础专利和应用专利，滤波器实力大幅增强。在此基础上，Skyworks 把握好射频前端模组趋势，将滤波器、双工器集成到 PAMiD 产品中，从而在高端市场占据一席之地。

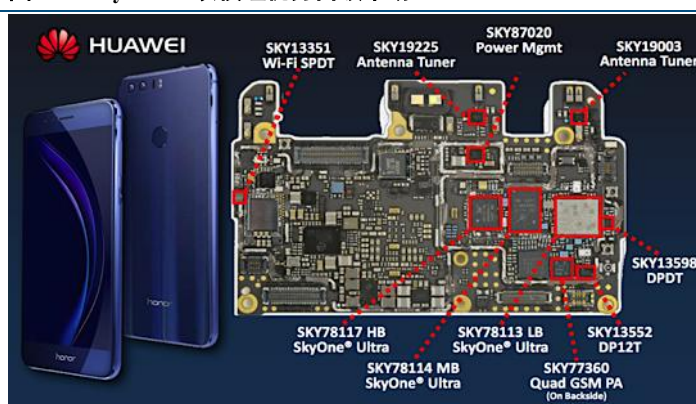
Skyworks 营收主要来自中国市场，是华为、小米、OPPO、vivo 的射频前端核心供应商。Skyworks 在过去 5 年保持华为射频前端最大供应商地位。在华为旗舰机 P10 中，Skyworks 提供基于 SkyOne® 的 LTE 前端方案，产品包括集成 SAW 和 BAW 的低中高频前端模组、天线调谐、射频开关、PA 模组等，其单机价值超过 8 美元。

图 50：前端模组因降低设计复杂度而受市场欢迎



资料来源：Qorvo，中信建投证券研究发展部

图 51：Skyworks 以模组优势占领市场



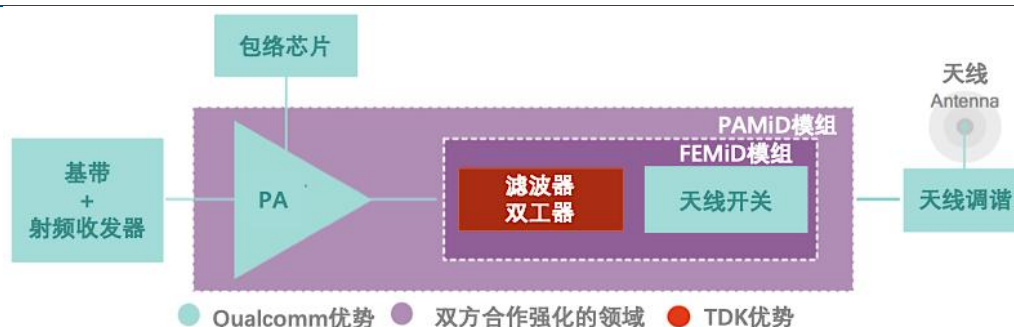
资料来源：Skyworks，中信建投证券研究发展部

3.3.4 Qualcomm：处于快速上升期的全能选手

Qualcomm 最早通过包络芯片进入射频前端领域，随后在产业链垂直布局，进入 PA 市场。2017 年，Qualcomm 通过与 TDK 合资成立以 Qualcomm 为主导的前端公司 RF360 正式进入射频前端核心领域。Qualcomm 拥有最强的基带芯片，TDK 拥有优秀的滤波器和模组，因而合资公司 RF360 意如其名，旨在打造全覆盖的射频前端平台。

我们认为，由于 Qualcomm 可提供完整射频前端方案，并且其产品覆盖支持全球网络和频段的滤波器、PA、LNA、射频开关、天线调谐、包络芯片、前端模组等，因此已具备射频前端一线大厂必要条件。在基带补贴捆绑加成下，合资当年其前端市场份额就从 5% 提高到 15%，因此在 5G 射频前端升级中有望抢占领先地位。

图 52：Qualcomm 已实现包含基带和射频前端的射频系统全覆盖



资料来源：Qualcomm，RF360，中信建投证券研究发展部

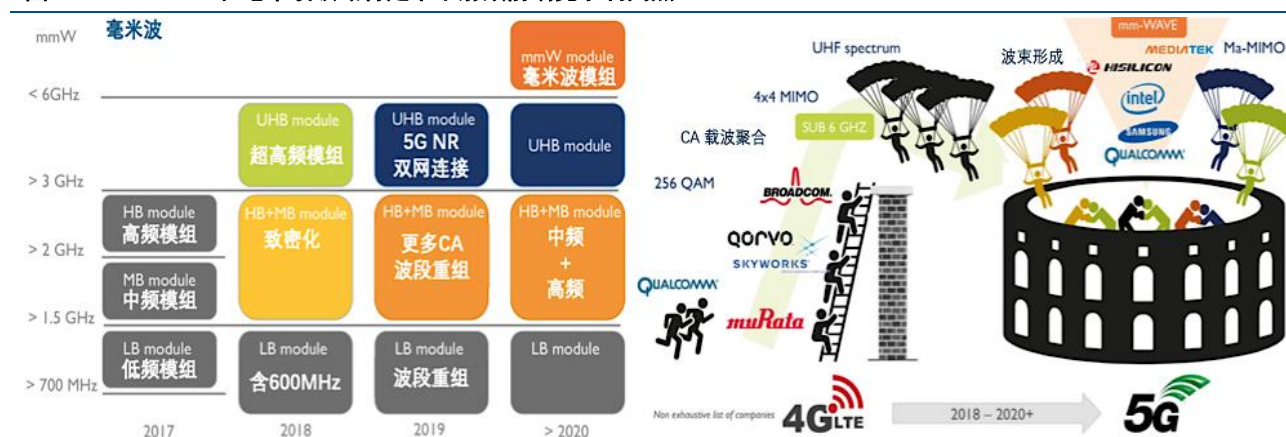
3.4 5G 将重新定义射频前端，并可能重构市场格局

包括 Sub-6GHz 和毫米波在内的 5G 新频段将对射频前端行业带来重大挑战，并且可能重构前端市场格局。在 Sub-6GHz 领域，目前的前端市场领导者 Broadcom、Qorvo、Skyworks、Murata 已调整战略并适应市场。在毫米波频段，Qualcomm 已率先布局毫米波前端方案，其他平台厂商亦开始积极探索。

- Broadcom 通过将中高频段融合在一起，为 5G 超高频段（UHB）做好准备。凭借 FBAR BAW 滤波器技术，Broadcom 还拥有高频（HB）和超高频段的主要前端模组。
- Skyworks 的中端产品取得国产 OEM HMOV 等绝大部分份额，并凭借 SkyOne® LTE 前端方案在高端模组领域处于领先地位。面向 5G，Skyworks 以新发布的 Sky⁵™ 平台将战略重心定于 5G 超高频市场。
- Qorvo 采用类似方法，分别通过 RF Fusion™ 和 RF Flex™ 平台提供涵盖高端和低端市场的广泛产品组合，并且其优秀的封装测试能力可以缩短市场反应时间并持续改进产品。在 5G 布局方面，Qorvo 是首个推出超高频前端模组的厂商。
- Murata 的前端产品主要涵盖低频段，但非常适合不断增长的多元化的模组市场。
- Qualcomm 是前端市场新进入者，其拥有从调制解调器到天线的完整解决方案。通过整合 TDK 的滤波器技术，并以价格补贴方式捆绑基带和前端，Qualcomm 在前端领域快速占领市场。例如，索尼 XZ2 已采用其完整解决方案。随着 5G 加速到来，预计 Qualcomm 的完整射频方案将更具市场竞争力。

Sub-6GHz 之外，毫米波前端模组可能更大程度地重构前端行业。毫米波前端可为高速无线连接开辟新途径，并可能拥有与传统射频前端不同的技术路径。目前阶段，除 Qualcomm 明确定位于 5G 毫米波射频前端外，其他顶级平台 Intel、Samsung、MTK、海思也都在积极探索这一领域。我们认为，从后 4G 时代到 5G Sub-6GHz 时代，射频前端市场格局仍将延续；而从 5G Sub-6GHz 到 5G 毫米波时代，高端市场格局可能迎来巨变。我们认为，随着巨头纷纷部署下一代射频前端，传统中高频领域面临的国际竞争反而可能降低。例如，在从 3G 到 4G 升级阶段，国际巨头纷纷退出中低端 PA 市场，国产厂商顺势进入，反而保持了较高水平的毛利。因此在产业升级之际，不仅国际大厂将实现利润制高点的开拓，国产厂商亦能在传统中高端领域向上突破。

图 53：Sub-6GHz 和毫米波领域将是未来射频前端竞争制高点



资料来源：YOLE，中信建投证券研究发展部

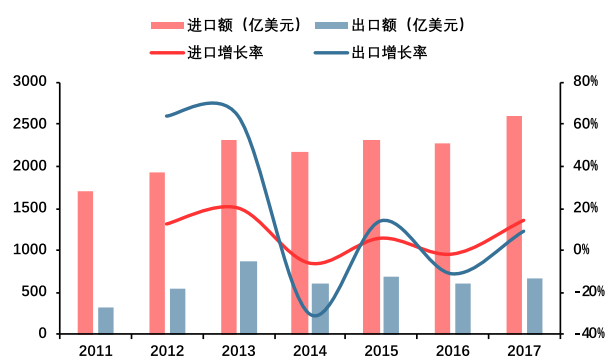
四、产业升级之际，射频前端国产化正当其时

4.1 射频前端国产需求强烈，政策支持意志坚定

根据前瞻产业研究院的《2017-2022 年中国集成电路行业市场需求预测与投资战略规划分析报告》，尽管中国集成电路市场已成为全球增长引擎，但我国集成电路产业发展与自身市场需求并不匹配，国内集成电路产能全球占比仅为 7%，而市场需求却接近全球 33%；正因为此，我国集成电路大量依靠进口，进口占比接近 80%；其中 2017 年进口额高达 2601 亿美元，连续 5 年进口额超过 2000 亿美元，超过原油成为最大进口产品。与此同时，集成电路出口金额为 669 亿美元，贸易逆差高达 1932 亿美元。

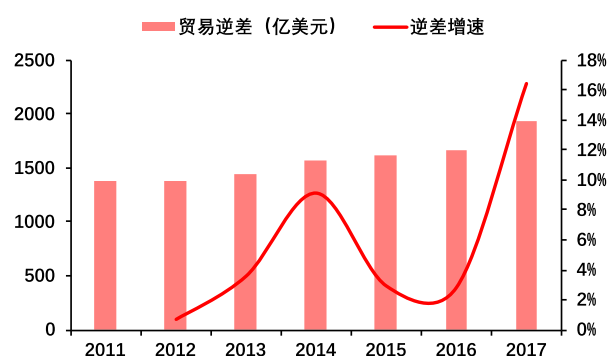
这一现状在射频半导体领域显得更为突出。就半导体器件和芯片实现难度而言，射频难于模拟，模拟难于数字；尽管智能手机大部分器件已实现国产化，但长期以来，位于价值链顶端的射频器件一直被美日厂商把控；全球约 95% 的射频半导体被美日厂商垄断，我国每年有高达 90% 的射频前端需要进口，国产替代需求强烈。

图 54：2011-2017 年中国集成电路进出口规模不断增长



资料来源：CSIA 2018，中信建投证券研究发展部

图 55：2011-2017 年中国集成电路贸易逆差持续扩大



资料来源：CSIA 2018，中信建投证券研究发展部

为了达到政府在“十三五”规划中提出的在诸如高科技、研究和开发以及知识产权等领域变得更强的目标，未来十年，中国计划向本土半导体行业投资高达一万亿元人民币，力争成为半导体行业世界大国。根据《国家半导体产业发展指南》和《中国制造 2025》计划，中国计划在 2020 年将集成电路的自给率提高到 40%，到 2025 年则进一步提高到 70%，半导体国产化意志坚定。

此外，为改善供需失衡问题，国务院发布《国家集成电路产业发展推进纲要》，募集超过 1300 亿元资金，改善大陆半导体业在扩充先进制程产能以及国际并购时资金不足的问题。目前已投资包括紫光集团、中芯国际、长电科技、中微半导体、艾派克等半导体公司，后续更颁布了一系列的方针政策，扶持中国半导体的建设。

目前中国在半导体国产化方面已取得一定进展。例如，北京建广资产收购 NXP 射频功率业务，成立 Ampleon 公司。上海硅产业投资有限公司收购高质量 SOI 衬底材料开发和专有工艺生产的 Soitec 公司 14.5% 股份。此外，GlobalFoundries 宣布成都投资一百亿美元建设工厂，而 TSMC、UMC 和 SMIC 也宣布了在中国的扩建计划。

海外并购受阻，半导体国产化还需自力更生。出于安全问题的考虑，美国已经阻止中国公司提出的多项收购请求。2016 年 2 月，在美国对外投资委员会(CFIUS)调查过后，清华紫光放弃了 38 亿美元购买美国公司 Western Digital 15% 股份的协议。早些时候，出于对 CFIUS 调查的担忧，拥有多个美国政府合同的 Fairchild Semiconductor

拒绝了 24.6 亿美元的中国收购提议，而选择了报价较低的一家美国公司。类似的，RAM 制造商 Micron 拒绝了清华紫光提供的一项非正式的 230 亿美元报价，拒绝的原因是也是担心交易将被 CFIUS 以国家安全为由阻止。

表 16：中国集成电路产业促进政策

时间	政策	政策解读
2017.4	国家高新技术产业开发区 十三五发展规划	优化产业结构，推进集成电路及专用设备关键核心技术突破和应用
2016.12	信息产业发展指南	着力提升集成电路设计水平；建成技术先进、安全可靠的集成电路产业体系；重点发展 12 英寸集成电路成套生产线设备
2016.12	十三五国家信息化规划	加大面向新型计算、5G、智能制造、工业互联网、物联网的芯片设计研发部署，推动 32/28nm、16/14nm 工艺线建设，加快 10/7nm 工艺技术研发
2016.11	十三五国家战略新兴产业 发展规划	启动集成电路重大生产力布局规划工程，实施一批带动作用强的项目，推进产业能力快速跃升
2016.7	十三五国家科技创新规划	支持面向集成电路等优势产业领域建设若干科技创新平台；推动我国信息光电子器件技术和集成电路设计达到国际先进水平
2016.7	国家信息化发展战略纲要	构建先进技术体系，打造国际先进、安全可控的核心技术体系，带动集成电路、核心元器件等薄弱环节实现根本性突破
2016.5	国家创新驱动发展战略纲要	加大集成电路等自主软硬件产品和网络安全技术攻关和推广力度；攻克集成电路装备等方面的关键核心技术
2015.12	集成电路产业十三五发展规划	到 2020 年，集成电路产业与国际先进水平的差距逐步缩小，全行业销售收入年复合增长率为 20%，达到 9300 亿元
2015.6	科技部重点支持集成电路 重点专项	“核心电子器件、高端通用芯片及基础软件产品”和“极大规模集成电路制造装备及成套工艺”列为国家重点科技专项
2015.5	中国制造 2025	将“推动集成电路及专用装备发展”作为突破口，以集成电路产业核心能力提升推动“中国制造 2025”。将集成电路放在新一代信息技术产业首位
2015.3	进一步鼓励集成电路产业 发展企业所得税政策通知	封装、测试企业以及集成电路关键专用材料生产企业、集成电路专用设备企业，根据不同条件可享受所得税减免政策，从税收政策上支持集成电路行业发展
2014.6	国家集成电路产业发展推 动纲要	到 2020 年全行业销售收入年均增速超过 20%；到 2030 年，集成电路产业链主要环节达到国际先进水平，一批企业进入国际第一梯队

资料来源：前瞻产业研究院，中信建投证券研究发展部

4.2 产业升级之际，国产厂商有望顺势突破

尽管射频前端在高端市场完全被国际厂商垄断，但在中低端市场领域，国产厂商近几年的进步令人瞩目。随着中国消费电子市场和 OEM 厂商的发展壮大，国内涌现出一批具有竞争力的射频前端厂商，包括处理器厂商华为海思、紫光展锐等，也包括 PA、滤波器、射频开关等领域的射频前端器件厂商。这些厂商依靠成本优势切入中低端市场，并在挤出国际大厂后迅速向中高端产品线扩展。

我们认为，5G 到来之后，4G 时代的中高端市场将降级为中低端市场，国产厂商仍将利用上述策略在这一领域抢占市场份额。此外，另一部分国产厂商则能较好地把握射频前端模组化趋势，通过提供完整的射频系统解决方案，有望晋级成为高端市场玩家，例如可提供基带和射频前端的紫光展锐，以及提供包括天线在内的射频系统解决方案供应商信维通信。这些厂商的产品线具有高度的协调性，大大增强了客户黏性和综合竞争力。

表 17：射频前端国产化主要受益公司概况

公司	射频产品	公司及业务概况
紫光展锐	基带、RFIC、PA、滤波器	紫光展锐是紫光旗下的全球领先芯片设计企业，由展讯、锐迪科合并而成。公司着力移动通信和物联网核心芯片领域，产品涵盖 2G/3G/4G 移动通信基带芯片、射频芯片、射频前端（PA 模组和滤波器为主）等。2017 年，公司营收超 100 亿元，占手机基带芯片市场 27% 份额，位列全球第 3，是全球第十大 Fabless 厂商，是国内领先 5G 芯片企业。
三安光电	滤波器、PA、GaAs / GaN 代工	三安光电是 LED 外延及芯片生产厂商。在集成电路产业基金的支持下，三安光电通过三安集成和泉州三安两家子公司进入射频前端领域（主要是滤波器、PA 及其代工），并已具备 GaAs / GaN 芯片代工能力，有望复制其在 LED 芯片制造领域的成功经验。
信维通信	天线、滤波器	信维通信以天线为起点，通过外延逐步多元化，现已成长为全球领先的音、射频技术零部件解决方案供应商。目前公司已从 2G/3G/4G 终端天线扩展至 NFC、无线充电、射频连接器、隔离器件、射频前端（滤波器为主）等高附加值产品，射频服务平台已形成。
麦捷科技	滤波器、LTCC 器件	麦捷科技是 LTCC 射频器件和片式电感领先厂商，致力于成为亚洲顶尖被动元器件厂商。公司已进入海外低端滤波器市场，通过国内部分厂商认证，未来有望导入更多国内客户。
好达电子	滤波器	好达电子是国内知名声表器件厂商，主要产品包括声表面波滤波器、双工器、谐振器等。公司声表器件产量国内名列前茅，质量及技术指标已处于国内领先水平，接近国际水平。
天通股份	滤波器及其材料	天通股份是集科研、制造、销售于一体的高新企业，已形成电子材料、电子部品、智能装备和产业投资四大业务板块。公司拥有声学波滤波器器件产品，以及用于制造 SAW 和 BAW 滤波器的压电晶体材料钽酸锂、铌酸锂，在滤波器领域具有材料、设备和制造优势。
26 所	滤波器	中电 26 所（重庆声光电）是国内唯一同时具有 SAW、TC-SAW、FBAR 研发生产的单位，从事表面波及体声波研发 40 余年，提供军工产品，是华为、中兴 SAW 滤波器供应商。
55 所	滤波器、射频开关	中电 55 所（德清华莹）是国内较早研制生产钽酸锂、铌酸锂压电晶体材料和声学滤波器的企业，主要产品为滤波器和射频开关；开关年出货 2 亿只，用于华为、中兴终端产品。
汉天下	PA、物联网芯片	汉天下是国内领先 2/3/4G 射频前端和 SoC 芯片供应商，芯片年出货量达 7 亿颗。公司产品包括手机射频前端/PA、物联网芯片等，支持高通、联发科、展讯、英特尔等基带平台。PA 出货超 7000 万颗/月，2G PA 超 4000 万/月，占全球 63% 份额；3G PA 超 1100 万/月。
飞骧科技	PA、前端模组	国民飞骧由国民技术射频事业部独立而来，公司深耕 PA 领域，拥有 8 年多射频经验，产品应用遍及国内外主流厂家，客户包括小米、酷派、中兴、魅族等。目前国民飞骧已拥有国内最完整的 4G 射频方案，覆盖 MTK、高通、展讯、联芯、Marvell 等平台。
唯捷创芯	PA	唯捷创芯是专注于射频与高端模拟 IC 研发的集成电路设计公司，主要产品是 GaAs PA，广泛应用于 2G/3G/4G 手机及其它智能移动终端。
慧智微	PA	慧智微由前 Skyworks 技术海归创立，是全球首家量产可重构多频多模射频前端的芯片公司，拥有可重构 SOI+GaAs 混合工艺，产品包括 MMB PA、物联网/WiFi 射频前端。
中普微	PA	中普微主要从事射频 PA 设计、研发及销售，提供 2G/3G/4G 全面的射频前端解决方案。公司产品以其高性价比的优势在市场上备受欢迎，客户以 TCL、天珑、西可和海派为主。
卓胜微	射频开关、LNA	卓胜微是具有顶尖技术实力和强大竞争力的射频 IC 设计公司，是国内智能机射频开关、LNA 领先品牌，其产品应用于三星、小米、华为、联想、魅族、TCL 等终端厂商。
韦尔股份	射频开关、LNA、天线调谐	韦尔股份是国内领先的半导体器件设计和销售公司，主营产品包括保护器件、功率器件、电源管理器件、模拟开关等四条产品线，射频前端产品主要是射频开关、LNA、天线调谐。公司业绩连续多年保持稳定增长，正逐步成为国际知名的半导体器件厂商。

资料来源：公司官网，公司财报，中信建投证券研究发展部

分析师介绍

黄瑜：电子行业首席分析师，执业证书编号：S1440517100001。复旦大学硕士，7 年电子行业研究经验。2014 年新财富第二名，水晶球第一名上榜。善于挖掘长期成长型的行业与个股，2017 年加入中信建投电子团队。

研究助理 朱立文：电子行业研究助理。北京大学微电子学与固体电子学硕士，2018 年加入中信建投电子团队。

研究服务

机构销售负责人

赵海兰 010-85130909 zhaohailan@csc.com.cn

保险组

张博 010-85130905 zhangbo@csc.com.cn

高思雨 gaosiyu@csc.com.cn

张勇 010-86451312 zhangyongzgs@csc.com.cn

张宇 010-86451497 zhangyuyf@csc.com.cn

北京公募组

黄玮 010-85130318 huangwei@csc.com.cn

朱燕 85156403 zhuyan@csc.com.cn

任师惠 010-8515-9274 renshihui@csc.com.cn

黄杉 010-85156350 huangshan@csc.com.cn

王健 010-65608249 wangjianyf@csc.com.cn

杨济谦 010-86451442 yangjiqian@csc.com.cn

社保销售组

姜东亚 010-85156405 jiangdongya@csc.com.cn

私募业务组

李静 010-85130595 lijing@csc.com.cn

赵倩 010-85159313 zhaoqian@csc.com.cn

上海销售组

李祉瑶 010-85130464 lizhiyao@csc.com.cn

黄方禅 021-68821615 huangfangchan@csc.com.cn

戴悦放 021-68821617 daiyuefang@csc.com.cn

翁起帆 wengqifan@csc.com.cn

李星星 021-68821600-859 lixingxing@csc.com.cn

范亚楠 fanyanan@csc.com.cn

李绮绮 liqiqi@csc.com.cn

薛姣 xuejiao@csc.com.cn

许敏 xuminzgs@csc.com.cn

王罡 wanggangbj@csc.com.cn

深广销售组

胡倩 0755-23953981 huqian@csc.com.cn

许舒枫 0755-23953843 xushufeng@csc.com.cn

程一天 chengyitian@csc.com.cn

曹莹 caoyingzgs@csc.com.cn

张苗苗 020-38381071 zhangmiaomiao@csc.com.cn

廖成涛 0755-22663051 liaochengtao@csc.com.cn

陈培楷 020-38381989 chenpeikai@csc.com.cn

评级说明

以上上证指数或者深证综指的涨跌幅为基准。

买入：未来 6 个月内相对超出市场表现 15% 以上；

增持：未来 6 个月内相对超出市场表现 5—15%；

中性：未来 6 个月内相对市场表现在-5—5%之间；

减持：未来 6 个月内相对弱于市场表现 5—15%；

卖出：未来 6 个月内相对弱于市场表现 15% 以上。

重要声明

本报告仅供本公司的客户使用，本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。

本报告的信息均来源于本公司认为可信的公开资料，但本公司及研究人员对这些信息的准确性和完整性不作任何保证，也不保证本报告所包含的信息或建议在本报告发出后不会发生任何变更，且本报告中的资料、意见和预测均仅反映本报告发布时的资料、意见和预测，可能在随后会作出调整。我们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，不构成投资者在投资、法律、会计或税务等方面的最终操作建议。本公司不就报告中的内容对投资者作出的最终操作建议做任何担保，没有任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺。投资者应自主作出投资决策并自行承担投资风险，据本报告做出的任何决策与本公司和本报告作者无关。

在法律允许的情况下，本公司及其关联机构可能会持有本报告中提到的公司所发行的证券并进行交易，也可能为这些公司提供或者争取提供投资银行、财务顾问或类似的金融服务。

本报告版权仅为本公司所有。未经本公司书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制和发布本报告。任何机构和个人如引用、刊发本报告，须同时注明出处为中信建投证券研究发展部，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和/或修改。

本公司具备证券投资咨询业务资格，且本文作者为在中国证券业协会登记注册的证券分析师，以勤勉尽责的职业态度，独立、客观地出具本报告。本报告清晰地反映了作者的研究观点。本文作者不曾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。

股市有风险，入市需谨慎。

中信建投证券研究发展部

北京

东城区朝内大街 2 号凯恒中心 B
座 12 层（邮编：100010）
电话：(8610) 8513-0588
传真：(8610) 6560-8446

上海

浦东新区浦东南路 528 号上海证券大
厦北塔 22 楼 2201 室（邮编：200120）
电话：(8621) 6882-1612
传真：(8621) 6882-1622

深圳

福田区益田路 6003 号荣超商务中心
B 座 22 层（邮编：518035）
电话：(0755) 8252-1369
传真：(0755) 2395-3859