

## 半导体行业深度报告

# 手机销量持稳，看好 5G 手机持续渗透下的国产模组替代趋势 增持（维持）

2024 年 05 月 12 日

证券分析师 马天翼

执业证书：S0600522090001

maty@dwzq.com.cn

证券分析师 周高鼎

执业证书：S0600523030003

zhougd@dwzq.com.cn

### 投资要点

- **射频前端芯片是移动智能终端产品的重要部分。**射频前端位于天线和射频收发机之间，对射频信号进行过滤和放大，包含功率放大器、滤波器/双工器、开关以及低噪声放大器。根据 Yole 数据，滤波器与功率放大器是其中市场价值量占比最高的核心元件，占比分别为 53% 和 33%，且技术不断演变，量产壁垒较高。射频前端行业的商业模式分为 Fabless 模式和 IDM 模式。在 Fabless 模式下，三大分工环节分别由专业化的公司分工完成；IDM 模式具有各种射频元件的完整制造技术与整合能力，可以提供射频前端整体解决方案，降低了开发难度，受到手机 OEM 厂商的青睐。海外大厂多数采用 IDM 来形成技术壁垒。
- **5G 渗透率提升，Phase 方案持续升级，手机频段数量增加，射频前端器件需求量增长。**5G 手机渗透率逐步提升，推动射频行业方案升级。5G 时代传输速率主要有两种提升途径：1) 通过解锁高频段频谱，获得更大带宽。2) 使用 MIMO 和载波聚合技术，更高效利用频谱资源。但无论哪一种，对于频段的通道数的需求都是增加的，这也是推动射频器件在 5G 时代增长的主要动能之一。模组化趋势的加深使得模组市场成为主要增长点。为了适应手机轻薄化的趋势，限制了滤波器等器件需求数量的增加，对器件的集成度提出了更高的要求，分离方案较长的调试周期和成本，使得射频前端模组化发展显得尤为重要。
- **国产替代需求强烈，国内企业展现出在全球射频前端市场中的广阔发展潜力。**根据 Yole Development 数据，在全球射频前端市场中，美国和日本厂商占据了超过 90% 的市场份额。5G 渗透率提升与下游终端市场的迅猛发展，使高性能、高质量的射频前端产品的需求日益增加，为国内企业提供了市场机遇。国内在 5G 技术方面的优势逐步凸显，高端类模组例如 L-Pamid 等产品逐步放量，通过推动产研结合、国内替代加速进行。
- **手机、频段和射频方案为主要核心变化点：**当前手机年销量趋于稳定，频段数短期没有增加的趋势，行业整体的增量在于射频方案的更新换代，从而带动高端模组的增长，核心跟踪指标主要为手机、频段以及高端模组的渗透情况。
- **相关标的：**卓胜微、唯捷创芯、慧智微。
- **风险提示：**5G 手机渗透率及下游市场需求低于预期，供应链交付存在的风险；行业竞争格局加剧，产能过剩的风险；研发投入较大，高端人才流失的风险。

### 行业走势



### 相关研究

《海外观察系列十二：从 Rambus 看内存接口芯片投资机会》

2023-07-04

《半导体设备零部件 2022 年报 & 2023 年一季报总结：设备及零部件国产化加速，在手订单饱满》

2023-05-09

## 内容目录

<b>1. 手机无线通信的核心：手机射频前端</b> .....	<b>5</b>
1.1. 射频前端是移动终端设备中实现无线通信的核心模块 .....	5
1.2. 滤波器和放大器在手机射频前端价值量占比高 .....	6
1.3. 产业链分为 Fabless 和 IDM 模式 .....	9
<b>2. 5G 渗透率提升，模组产品是主要增长点</b> .....	<b>10</b>
2.1. 5G 手机占比持续增长，终端推动射频需求提升 .....	10
2.2. Phase 方案持续升级，分立器件需求量增长 .....	11
2.3. 模组化趋势加深，是未来主要增长点 .....	16
2.3.1. Phase5N 与 Phase7 持续渗透，Phase8 助力模组增长 .....	16
2.3.2. 集成复杂度不断提高，模组趋势加深 .....	19
<b>3. 海外龙头市场地位强劲，国内企业发展前景广阔</b> .....	<b>23</b>
3.1. 美日四大厂商占据射频前端全球市场垄断地位 .....	23
3.2. 国内厂商蓄势待发，国产替代加速 .....	25
3.2.1. 国内下游终端发展迅猛，国产替代迫在眉睫 .....	25
3.2.2. 国内 5G 技术领先，推动产研结合 .....	26
3.2.3. 国内厂商市占率低，成长空间大 .....	27
3.2.4. 国内厂商持续研发，技术突破可能性高，5G 模组是主要增长点 .....	28
<b>4. 框架&amp;产业现状</b> .....	<b>29</b>
4.1. 手机、频段和射频方案是影响行业变化的主要因素 .....	29
4.2. 5G 趋势下，随着方案变化的模组是行业新趋势 .....	29
<b>5. 建议关注公司</b> .....	<b>30</b>
<b>6. 风险提示</b> .....	<b>32</b>

## 图表目录

图 1: 射频前端的构成及功能 .....	
图 2: 射频信号在手机内的传输路径 .....	
图 3: 移动通信终端各个射频器件之间的信号传输关系 .....	
图 4: 射频前端器件价值量及主流工艺 .....	
图 5: 滤波器 .....	
图 6: 压电滤波器分类 .....	
图 7: 不同类型滤波器性能 .....	
图 8: 射频前端产业链上下游 .....	
图 9: 射频前端商业模式 .....	
图 10: 2019-2023 年中国 5G 手机出货量情况 (单位: 亿部) .....	10
图 11: 2018-2028E 全球按通信标准预测的手机出货量规模与 5G 占比 (百万台) .....	10
图 12: 2023 年中国 5G 手机上市新机型占比情况 .....	10
图 13: Phase 方案发展历程 .....	1
图 14: 提高传输速度的两种途径 .....	1
图 15: 4G 到 5G Sub6G 射频前端复杂度变化 .....	1
图 16: iPhone 智能手机支持的频段数量 .....	1
图 17: 从 1G 到 5G 手机功能的演变 .....	1
图 18: 旗舰 4G 手机和 5G 射频前端芯片使用量对比及射频前端滤波器数量变化 .....	1
图 19: 智能手机 5G 频段数量统计 .....	1
图 20: 载波聚合技术示意 .....	1
图 21: 多载波聚合技术发展路径 .....	1
图 22: 韩国载波聚合技术演进 .....	1
图 23: MIMO 技术示意图 .....	1
图 24: MIMO 射频前端解决方案 .....	1
图 25: 不同类型的射频前端方案 .....	1
图 26: 5G 终端射频前端架构演进 Sub-3GHz 频段 .....	1
图 27: Phase5N 和 Phase7 方案应用频段 .....	1
图 28: Phase5N 与 Phase7 方案演进 .....	1
图 29: Phase8 方案的高集成度 .....	1
图 30: 射频发射模组的五重山 .....	1
图 31: Skyworks96000 FEMiD 图解 .....	2
图 32: Skyworks78113 PAMiD 图解 .....	2
图 33: 4G 到 5G Sub6G 射频前端复杂度变化 .....	2
图 34: 射频接收模组的五重山 .....	2
图 35: 射频前端简写及集成子模块 .....	2
图 36: 不同价位手机的模组化率 .....	2
图 37: 不同价位手机的模组化示意图 .....	2
图 38: 2022 年全球射频前端市场竞争格局情况 (单位: 亿美元) .....	2
图 39: 海外射频前端厂商并购历程 .....	2
图 40: 2022 年射频前端细分市场格局 .....	2
图 41: iPhone 15pmRF PCB 芯片分布 .....	2
图 42: 中国智能手机出货量 .....	2
图 43: 中国智能手机出货量占全球比例 .....	2

图 44: 千元机成本构成 .....	2
图 45: 旗舰机成本构成 .....	2
图 46: 华为 Mate20 X 5G 自研射频前端芯片 .....	2
图 47: 2G 到 4G 时代主导标准 .....	2
图 48: 国内厂商与运营商布局 5G 网络 .....	2
图 49: 射频前端市场增长逻辑 .....	2
图 50: 2019-2025 年移动终端射频前端及连接市场规模预测 .....	2
图 51: 主要厂商情况 .....	3
表 1: SAW 滤波器与 BAW 滤波器 .....	1
表 2: 高端手机射频前端器件数量价值量变化以及 MIMO 应用情况 (单位: 个、美元) .....	1
表 3: 各个射频组件市场增长率 .....	1
表 4: 国内厂商细分市场情况 .....	2
表 5: 滤波器国内相关厂商 .....	2
表 6: 国内主要射频前端芯片厂商基本概况 .....	3
表 7: 国内已上市主要射频前端芯片厂商基本盈利情况 (单位: 百万元) .....	3

## 1. 手机无线通信的核心：手机射频前端

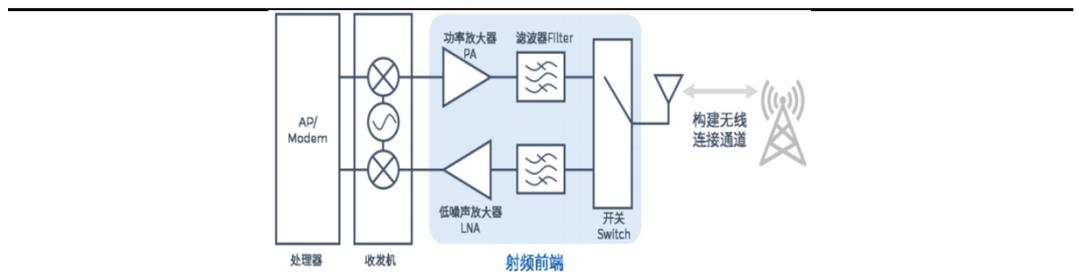
### 1.1. 射频前端是移动终端设备中实现无线通信的核心模块

(1) 射频前端是将数字信号向无线射频信号转化的基础部件，也是无线通信系统的核心组件。

射频前端指位于射频收发器及天线之间的中间模块，其功能为无线电磁波信号的发送和接收，是移动终端设备实现蜂窝网络连接、Wi-Fi、蓝牙、GPS 等无线通信功能所必需的核心模块。射频前端与基带、射频收发器和天线共同实现无线通讯的两个本质功能，即将二进制信号转变为高频率无线电磁波信号并发送，以及接收无线电磁波信号并将其转化为二进制信号。

(2) 射频前端是智能终端产品的重要组成部分。射频前端包含射频功率放大器、射频开关、天线调谐开关、滤波器和双工器（多工器）、低噪声放大器等射频器件。在无线移动终端设备中的信号发射、接收链路中，射频前端芯片通常以集成了前述不同器件的模组形式进行应用，例如信号发射链路中的射频功率放大器模组，以及信号接收链路中的接收端模组。

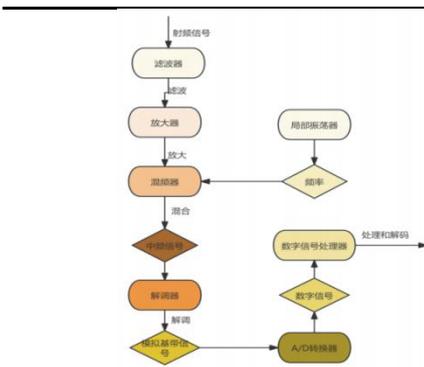
图1：射频前端的构成及功能



资料来源：电子发烧友，东吴证券研究所

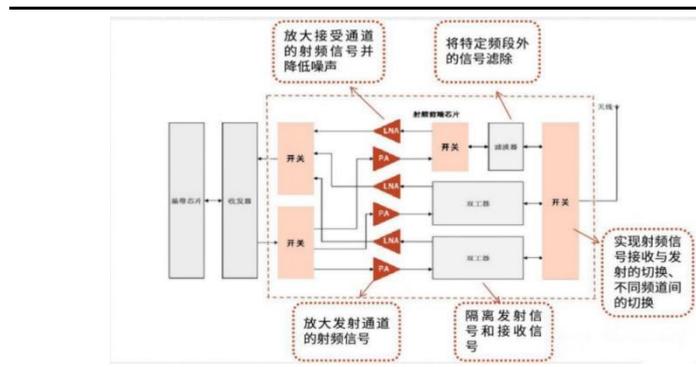
**器件传输信号的过程：**当手机接收信号时，天线首先接收到射频信号，然后通过一系列处理步骤对信号进行精确而复杂的处理，整个射频部分涉及到滤波、放大、混频、解调和调制等多个环节和组件的协同工作。这些步骤和处理确保了手机通讯的稳定性、可靠性和高质量。

图2：射频信号在手机内的传输路径



资料来源：东吴证券研究所整理

图3：移动通信终端各个射频器件之间的信号传输关系



资料来源：电子发烧友，东吴证券研究所

## 1.2. 滤波器和放大器在手机射频前端价值量占比高

射频前端由多种器件组成。其中，滤波器的价值量占比较高，达到 53%，其次为功率放大器（33%）、开关（7%）等。射频前端，主要包括射频开关（RF switch）、功率放大器（Power amplifier）、滤波器（Filter）、低噪声放大器（Low noise amplifier, LNA）、双工器（Duplexer）等单元。滤波器可以减少干扰和噪音，保证信号质量；而放大器则可以放大信号，提高信号强度。此外，功率放大器也是非常重要的一个组件，能够将低功率的信号变成高功率的信号，使信号能够在广泛的范围内传递。根据 Yole Development 数据，在射频前端领域，滤波器和放大器预计在 2028 年市场规模分别增长至 122 亿和 45 亿美元。

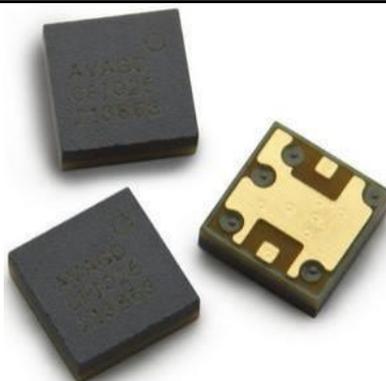
图4：射频前端器件价值量及主流工艺



资料来源：Yole，卓胜微 2022 年年报，东吴证券研究所

（1）滤波器是射频系统中必不可少的关键部件之一，其在射频前端器件中价值占比大，量产壁垒也较高。滤波器（Filter），是射频前端中重要的分立器件，使信号中特定频率成分通过而尽可能衰减其他频率成分，从而提高信号的抗干扰性及信噪比。目前在手机射频市场中主要采用声学滤波技术。

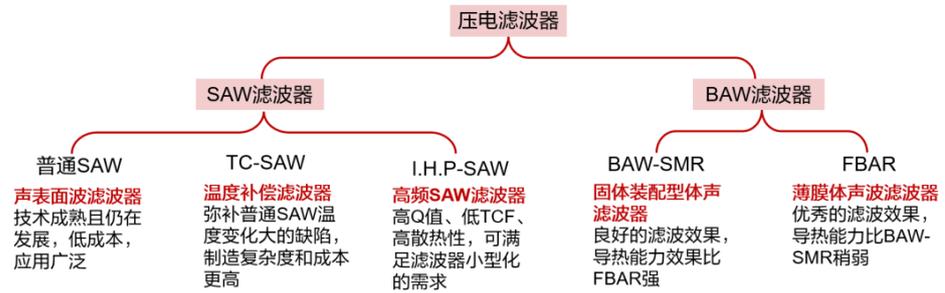
图5：滤波器



资料来源：滤波网，东吴证券研究所

根据工艺技术的不同，滤波器主要分为压电滤波器和 LC 滤波器。压电滤波器主要包含 SAW 滤波器和 BAW 滤波器，即声表面滤波器和体声波滤波器，这两者为市场主流。

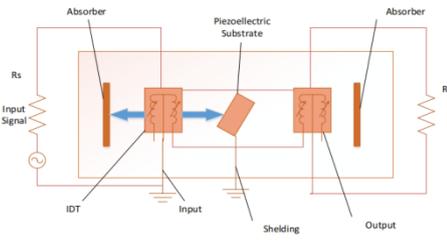
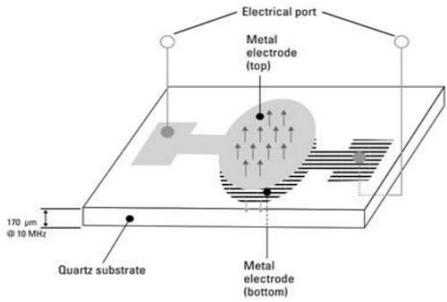
图6: 压电滤波器分类



资料来源: 头豹研究院, 东吴证券研究所

SAW 滤波器制作工艺简单, 性价比高, 主要应用于 GHz 以下的低频滤波, 而 BAW 滤波器插损低, 性能优秀, 可以适用于高频滤波, 但工艺复杂, 价格较高。

表1: SAW 滤波器与 BAW 滤波器

	SAW 滤波器	BAW 滤波器
原理	声波沿着固体表面传播, IDT 交叉换能器将声信号转化为电信号输出	原理与 SAW 滤波器相似, 但声波在 BAW 滤波器腔体内以垂直方向传播
示意图		
特性	高稳定性, 较高 Q 值 ( $Q > 1000$ ) 插入损耗较低 (2~4dB)	高稳定性, 较高 Q 值 ( $Q > 2000$ ) 插入损耗较低 (0.8~1.5dB), 耐高功率
适用频段	10MHZ~3GHZ	1.5GHZ~6GHZ, 最高达 10GHZ 以上
制作原材料&基本流程	制作原材料在钽酸锂(LiTaO3)或铌酸锂(LiNbO3)单品品圆(4 寸品圆为主)采用光刻、镀膜等工艺进行图形化处理, 芯片表面结构和制作工艺较简单	在硅晶圆(6 寸品圆为主)加工设计:利用 PVD 或 CVD 设备实现压电薄膜的制作是关键工艺环节, 材料主要为氯化铝(AlN)和氧化锌(ZnO)
成本	较低(0.1-0.5 美金)	高(>1 美金)
优势	体积小于传统的陶瓷滤波器, 设计灵活性大、技术成熟、可靠性高	适用于高频、温度变化不敏感、声波垂直传播方式易于小型化, 尺寸随频率升高而缩小
劣势	热稳定性较差, 工作频率超过 1.5GHZ, Q 值下降	价格高, 工艺复杂, 成品率较低
主要厂商	海外:Murata、TDK、Taiyo Yuden 中国:麦捷科技、德洁华莹、好达电子	海外:Broacom、Qorvo 中国:天津诺思、中电 26 所、开元通信

资料来源: 卓胜微 2022 年报, 东吴证券研究所整理

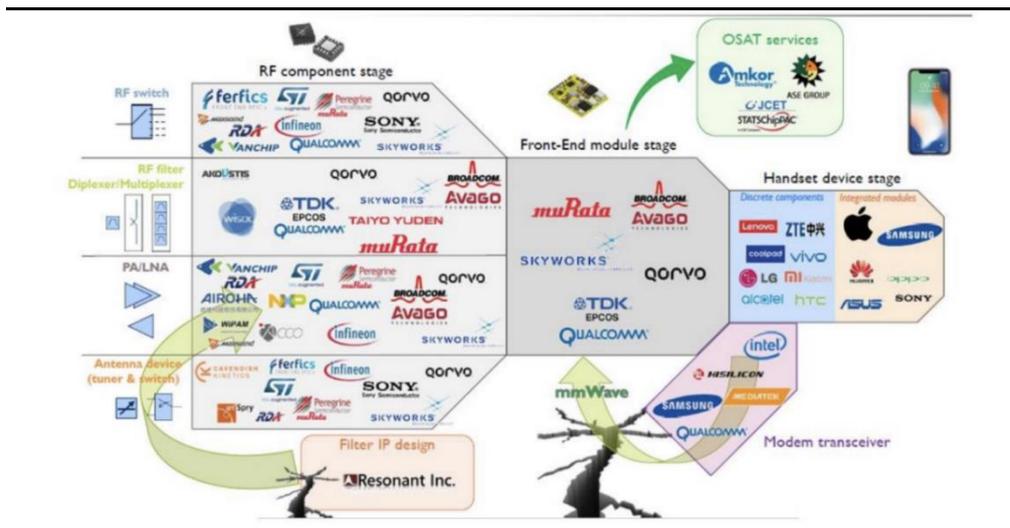
由于工艺复杂度、技术以及成本的限制, 目前通信标准下更多射频前端采用 SAW



### 1.3. 产业链分为 Fabless 和 IDM 模式

射频前端产业链上下游包括原材料供应、射频前端芯片设计厂商、移动智能终端设备制造商。其中，芯片设计厂商主要负责射频前端分立器件、射频前端模组的设计研发，模组普遍外包给 SiP 封装厂商进行封装。晶圆制造商和封装测试厂的工艺水平、生产管理水平和产能对芯片的良率和交货周期影响较大；下游客户的需求直接决定了芯片设计厂商的芯片产品销量。

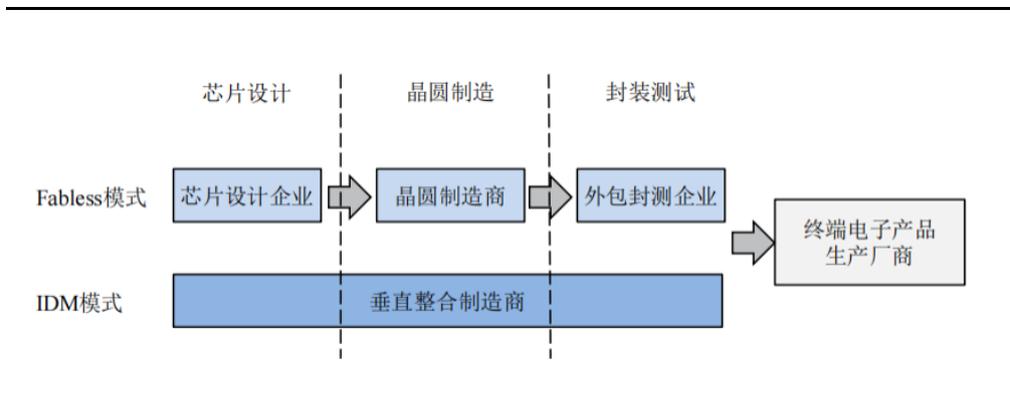
图8：射频前端产业链上下游



数据来源：Yole，东吴证券研究所整理

射频前端行业的商业模式分为 Fabless 模式和 IDM 模式。在 Fabless 模式下，三大分工环节分别由专业化的公司分工完成，此模式中主要参与的企业类型有芯片设计厂商、晶圆制造商、外包封测企业；IDM 模式具有各种射频元件的完整制造技术与整合能力，可以提供射频前端整体解决方案，降低了开发难度，受到手机 OEM 厂商的青睐。海外大厂多数采用 IDM 来形成技术壁垒。

图9：射频前端商业模式



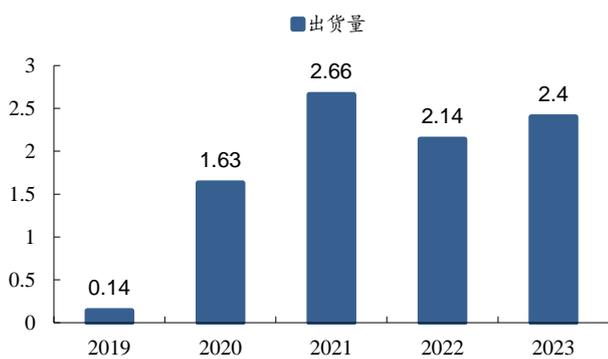
数据来源：唯捷创芯 2022 年报，东吴证券研究所整理

## 2. 5G 渗透率提升，模组产品是主要增长点

### 2.1. 5G 手机占比持续增长，终端推动射频需求提升

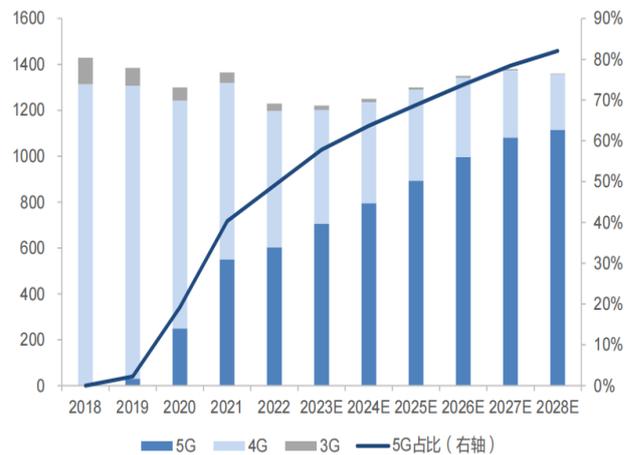
5G 手机渗透率提升，预计 2026 年渗透率可提升至 60% 以上，推动射频前端发展。近年来，中国 5G 手机出货量整体呈现增长趋势，目前占据手机市场主导地位。2023 年 12 月，5G 手机 2420.0 万部，同比增长 4.2%。2023 年 1-12 月，5G 手机出货量 2.40 亿部，同比增长 11.9%。根据 Yole Development 数据，2019 年全球 5G 手机出货量为 3100 万台，占全部出货量 2.24%；2022 年达到了 6.03 亿台，占比 49.06%；预计 2028 年能达到 11.16 亿台，占比达 82.06%；2022 至 2028 年 5G 手机出货量年复合增长率为 10.8%。5G 手机渗透率的提升也为手机射频前端器件的需求量及价值量提供了增长点。

图10：2019-2023 年中国 5G 手机出货量情况（单位：亿部）



数据来源：中商情报网，东吴证券研究所

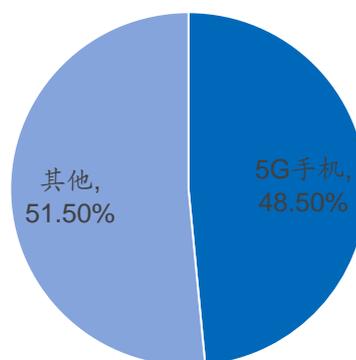
图11：2018-2028E 全球按通信标准预测的手机出货量规模与 5G 占比（百万台）



数据来源：Yole，卓胜微 2022 年报，东吴证券研究所

2023 年 1-12 月，5G 手机上市新机型 214 款，占同期手机上市新机型数量的 48.5%。

图12：2023 年中国 5G 手机上市新机型占比情况



数据来源：中商情报网，东吴证券研究所

## 2.2. Phase 方案持续升级，分立器件需求量增长

射频前端架构的变化，总体可以总结为如下五个阶段：

第一阶段：在 2014 年之前，LTE 商用的三年中，所使用的方案可以称之为 Phase 1 方案，没有正式的命名，只是相对于 Phase2 而言，把它叫做 Phase1。

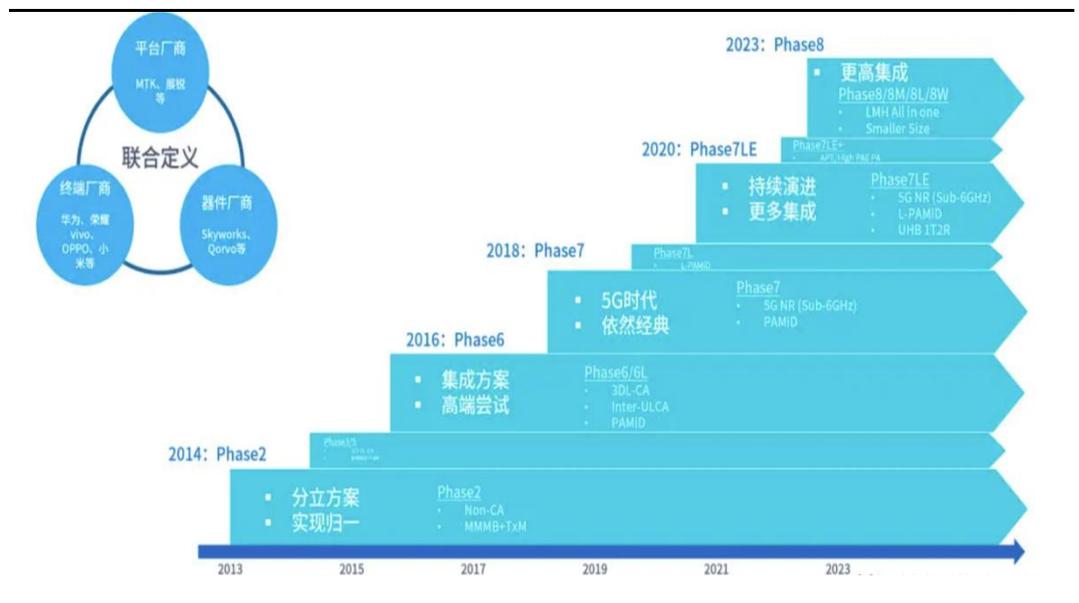
第二阶段：2014 年，MTK 定义了射频前端 Phase2 方案。Phase2 与 Phase1 的差别在于：1) 将 Phase1 的 2G PA，与 ASM（Antenna Switch Module，天线开关模组）整合，形成 TxM（Transmitter Module，发射模组）；2) 将 4G 频段的 PA 整合，形成 4G MMB PA（Multi-Mode, Multi Band Power Amplifier Module）；

第三阶段：2015-2016 年，4G 持续普及，MTK 定义了 Phase3 及 Phase5 来支持不同的 CA 场景。1) Phase3 可以支持 2 下行 CA 及带内上行 CA；2) Phase5 利用多工器的引入，又将 CA 能力提升到了 3 下行 CA 及带间上行 CA。

第四阶段：2016 年，MTK 推出 Phase6 PAMiD（PA Module integrated with Duplexer，即 PA 滤波器集成模组）方案。MTK 对 Phase6 进行成本优化，去掉冗余载波和滤波器，升级到更贴合中国市场的 Phase6L（Phase6 Lite）方案。

第五阶段：2018 年，5G 商用前夕，MTK 在对协议、运营商、终端客户及器件厂商的信息综合分析后，先后定义了 Phase7/Phase7L/Phase7LE 方案。

图13: Phase 方案发展历程



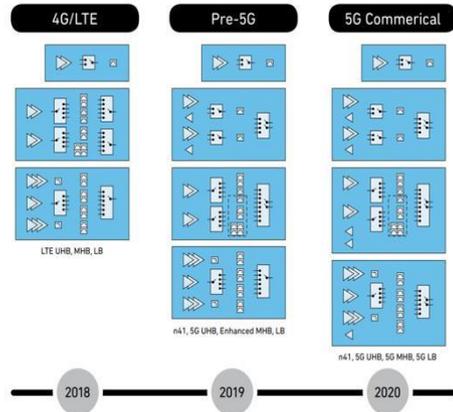
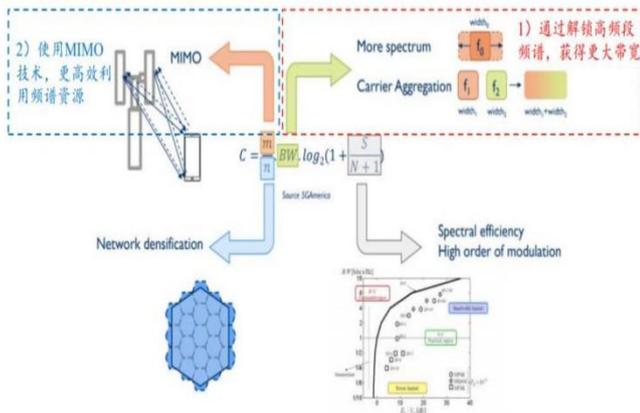
数据来源：慧智微，东吴证券研究所

**5G 传输速率更高，推动 Phase 方案的不断升级：**按照华为提出的标准，5G 应当实现比 4G 快十倍以上的传输速率，即 5G 峰值网络速率达到 10Gbps。根据香农定律，5G 时代传输速率主要有两种提升途径：1) 通过解锁高频段频谱，获得更大带宽。从天线角度讲，4G 的使用频段一般在 700MHz 到 2700MHz 范围，而 5G

的高频段将在几 GHz 到几十 GHz 级别的毫米波频段上；2) 使用 MIMO 和载波聚合技术，更高效利用频谱资源。但无论哪一种，对于频段的通道数的需求都是增加的，这也是推动射频器件在 5G 时代增长的主要动能之一。

图14: 提高传输速度的两种途径

图15: 4G 到 5G Sub6G 射频前端复杂度变化



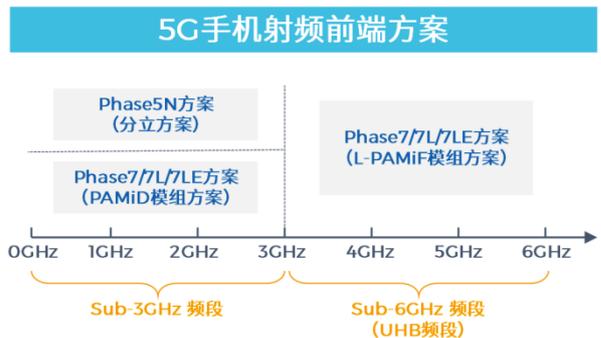
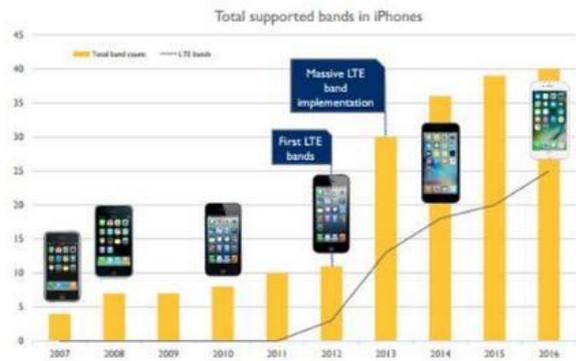
数据来源: SK 电讯, 东吴证券研究所

数据来源: Qorvo, 东吴证券研究所

5G 手机所需覆盖的频段数量逐渐增加。2G 时代，通信制式只有 GSM 和 CDMA 两种，射频前端采用分立器件模式，手机支持的频段不超过 5 个；3G 时代，由于手机需要向下兼容 2G 制式，多模的概念产生了，手机支持的频段最多可达 9 个；4G 时代的全网通手机所能够支持的频段数量迅速增加到 37 个。

图16: iPhone 智能手机支持的频段数量

图17: 从 1G 到 5G 手机功能的演变



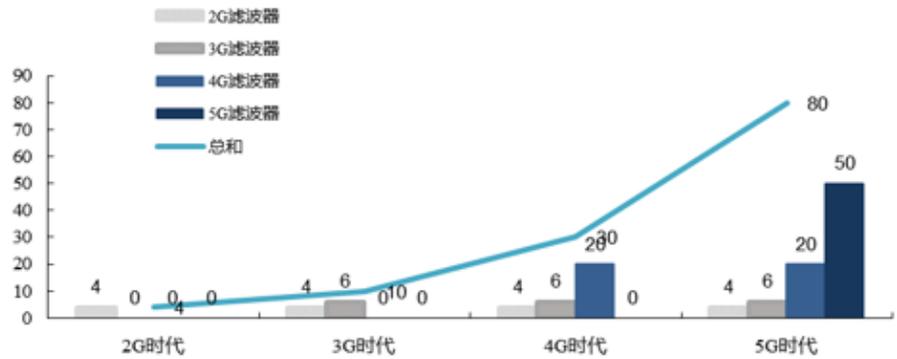
数据来源: MEMS.me, 东吴证券研究所

数据来源: MEMS.m, 东吴证券研究所

频段数增加推动单机射频前端器件数量上升。为支持更多频段，手机需要增加接收通道和对应的射频芯片。但是为了降低成本和减少芯片面积，手机通常会采用一个接收通道支持相邻的多个频段，并在射频前端增加开关来实现对不同频段信号的接收和发射。由于 5G 频段需要向 4G LTE 兼容，预计 5G 手机所支持的频段将在 4G LTE 66 个频段的基础上再新增 50 个频段，全球 2G/3G/4G/5G 网络合计支持的频段将达到 110 个以上。因此，相对于 4G 旗舰机，5G 手机需要更多的射频组件数量。

图18: 旗舰 4G 手机和 5G 射频前端芯片用量对比及射频前端滤波器数量变化

射频组件	4G	5G
传导开关	10颗	16颗
低噪声放大器	5颗	9颗
功率放大器	6颗	9颗
射频电源芯片	1颗	2-3颗
天线调节开关	3颗	7颗
滤波器	35颗	75颗



数据来源: 中商情报网, Skyworks, 东吴证券研究所

不同价位的 5G 手机新增频段数量不同。除了支持必备的 3 个频段, 中高端机也会支持其他 5G NR 频段。高端机支持的 5G 频段数量多, 比如 iPhone 12 (A2408) 支持 17 个 5G NR 频段, Mate 40 5G 版支持 11 个 5G NR 频段; 而低端机支持频段数量较少, 售价 1399 元的 Redmi Note 10 版仅支持 3 个 5G NR 频段——N1/N41/N78。

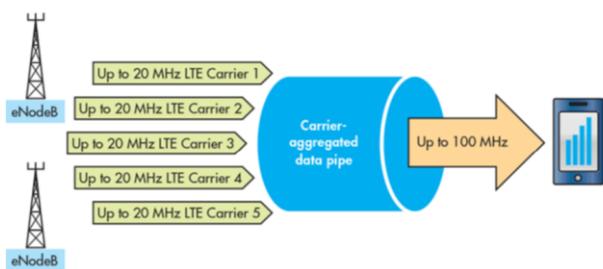
图19: 智能手机 5G 频段数量统计

手机型号	上市时间	起步价 (元)	5G频段数量	支持的5G频段
苹果				
iPhone 12	2020年10月	8499	17	N1/N2/N3/N5/N7/N8/N12/N20/N25/N28/N38/N40/N41/N66/N77/N78/N79
三星				
Galaxy S21 Ultra	2021年1月	9699	5	N1/N28/N41/N78/N79
Galaxy S21	2021年1月	4999	5	N1/N28/N41/N78/N79
Galaxy A71	2020年4月	2899	3	N41/N78/N79
华为				
Mate 40	2020年12月	4999	11	N1/N3/N28/N38/N40/N41/N77/N78/N79/N80/N84
P40	2021年2月	3988	6	N1/N3/N41/N77/N78/N79
Nova 7 SE	2020年4月	2299	4	N1/N41/N77/N78
OPPO				
Find X3	2021年5月	5499	10	N1/N3/N7/N28A/N38/N41/N66/N77/N78/N79
Reno5 Pro	2020年12月	3799	5	N1/N3/N41/N77/N78
Reno5 K	2021年3月	2699	5	N1/N3/N41/N77/N78
A53	2020年8月	1299	4	N1/N41/N77/N78
VIVO				
NEX 3S	2021年3月	4998	6	N1/N3/N41/N77/N78/N79
S9	2021年3月	2999	6	N1/N3/N28A/N41/N77/N78
Y52s	2020年12月	1698	5	N1/N28A/N41/N77/N78
小米/红米				
11	2021年1月	3999	7	N1/N3/N28a/N41/N77/N78/N79
Redmi K40	2021年3月	1999	6	N1/N3/N28a/N41/N77/N78
Redmi Note 10	2021年6月	1399	3	N1/N41/N78

资料来源: 中关村在线, 东吴证券研究所

**载波聚合和 MIMO 技术为射频前端市场增长提供新机遇。** 频谱资源有限，大多数运营商没有足够宽的连续频谱以充分发挥高速数据业务的优势，甚至在一个 LTE 频段内只拥有 5MHz、10MHz 或 15MHz 的频谱资源。因此，增加传输带宽的技术——载波聚合（CA）开始应用。载波聚合技术的应用也对滤波器设计产生影响。载波聚合（CA）是将 2 个或更多的载波（CC）聚合在一起以支持更大的传输带宽（最大为 100MHz）。LTE-A 移动台使用多个载波单元进行数据收发时，为了满足系统的后向兼容性，根据 LTE-A 系统的有关配置，LTE 移动台可以在其中的某一个载波单元上收发信息。简而言之，载波聚合就是在满足一定前提下，把不连续的 LTE 频段合成一个“虚拟”的更宽的频段。

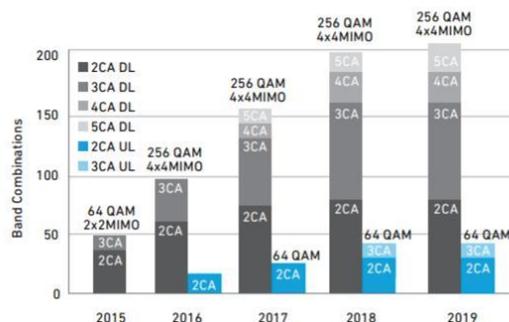
图20: 载波聚合技术示意



数据来源: Qorvo, 东吴证券研究所

图21: 多载波聚合技术发展路径

Evolution of LTE Carrier Aggregation (Year Over Year)



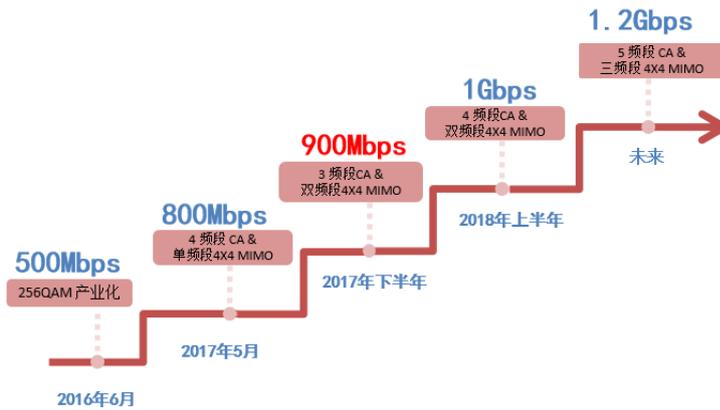
数据来源: Qorvo, 东吴证券研究所

载波聚合将能使用的所有载波/信道绑在一起，增加频谱的宽度，最大限度地利用现有 LTE 设备和频谱资源，带来传输速度提升和延迟的降低。同时，载波聚合还能有效改善网络质量，提升吞吐量，使网络负载更加均衡，尤其是在负载较重的时候效果会更明显。

最早的载波聚合方案只结合了两个 CC（载波单元）。为了提供更快数据服务并最大限度利用碎片化的频谱分配，许多网络运营商开始添加三个或更多频段的组合。例如，韩国 SK 电讯已经开始商用部署可聚合 5 个载波的 4.5G 网络，这 5 个成员载波所在的频段分别是：800 MHz、1800 MHz、2100 MHz、2600 MHz 频段。该类型 4.5G 网络的峰值下行速率可高达 700 Mbps。展望未来，3GPP 正在研究的规格预期能够支持多达 32 个 CC，数据速率更快。

**载波聚合技术将推动驱动滤波器及 Tuner 用量及性能提升。** 载波集合技术提升使滤波器（多工器）、天线开关的需求量及性能要求提升。实现载波聚合需要多个频段同时通信，射频前端需要支持天线和收发器之间的多条发射/接收路径，这些路径的隔离需要多路复用滤波器或者物理分离天线，物理分离天线驱动射频开关（包含 Tuner 和 Switch）数量增长，同时载波聚合机型需要复杂的滤波器如同向双工器、三工器、四工器甚至更高的多工器。同时这些滤波器需要具备低插入损耗，从而使发射端功耗降低并且提升接收灵敏度。

图22: 韩国载波聚合技术演进



数据来源: SK 电讯, 东吴证券研究所

载波聚合技术的应用对滤波器性能提出了更高的要求。在远距离频带的聚合中, 同向双工器的分隔会导致额外损耗, 这种损耗需要通过低损耗滤波器来进行补偿。此外, 需要规划滤波器阻带的衰减, 以确保其他聚合频带得到充分的衰减。最后, 在相邻频带中, 需要采用更复杂的多工器来满足需求。

**MIMO 技术也是提高传输速度的重要途径。**MIMO 技术可以使用多个收发天线来提高手机的传输速度、提升手机信号质量。天线数量的增加要求射频前端增加信号通路数量和提高通路复用能力。

**MIMO 技术发展促进驱动接收器件及 Tuner 用量增长。**4\*4 MIMO 将在 5G UHB (高频段, N77/N78/N79) 普及。4G LTE 主要应用 2\*2 MIMO, 即基站侧有两根天线, 手机侧也有两根下行天线; 而 5G 高频段 4\*4MIMO 成为标配, 即基站侧有四根天线, 手机侧也有四根下行天线, 8x8 MIMO 也将普及。5G UHB 频段应用了 4\*4MIMO 技术, 与 4G 频段相比 RX 通路数量翻倍。4G 及 3GHz 以下的 5G 频段大多数采用 2\*2MIMO, 采用 1 发射 2 接收架构 (1T2R), 每个频段拥有两条接收通路 (其中 1 条为分集接收通路); 5G UHB 采用 4\*4MIMO, 采用 1 发射 4 接收 (1T4R) 或者 2 发射 4 接收 (2T4R), 每个频段拥有四条接收通路 (其中 2~3 条为分集接收通路), 与 4G 频段相比 RX 通路数量翻倍, 相应的射频前端增量翻倍。4\*4MIMO 增加了天线用量, 天线调谐开关 (Tuner) 用量快速提升。5G 天线变小叠加全面屏的影响, 天线的效率和带宽有所降低。因此 5G 手机需要天线调谐器对天线进行调谐, 使天线在多个频段内高效率工作。因此 5G 渗透率提升将推动天线调谐开关 (Tuner) 市场规模快速增长。

表2: 高端手机射频前端器件数量价值量变化以及 MIMO 应用情况 (单位: 个、美元)

2G	3G	4G	5G
3 美元	5 美元	28 美元	40 美元
Filters:<5	Filters:<10	Filters:>>50	Filters:>>100
	Switches:<6	Switches:>10	Switches:>30

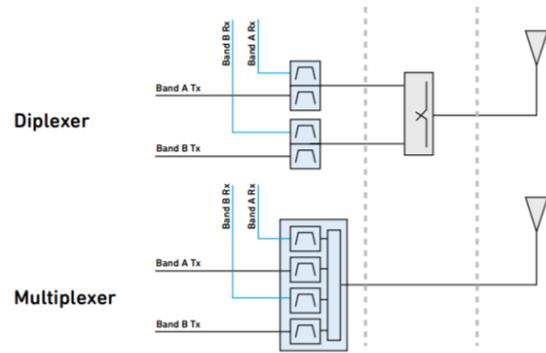
Bands:<38	Bands:>>40
4CA DL/2CA UI	4CA DL/2CA UI
4 × 4 MIMO	8 × 8 MIMO
	Peak Rate>1Gbps

资料来源：Skyworks，东吴证券研究所整理

图23: MIMO 技术示意图



图24: MIMO 射频前端解决方案



数据来源：Qorvo，东吴证券研究所

数据来源：Qorvo，东吴证券研究所

表3: 各个射频组件市场增长率

射频组件	市场增长率	增长原因
天线调谐器	40%	调谐功能被添加到主天线和分集天线中。
滤波器	21%	新型天线对额外滤波的需求,以及多载波聚合(CA)对更多的体声波(BAW)滤波器的需求
射频开关	12%	主要由天线开关业务驱动
射频功率放大器	1%	高端 LTE 功率放大器市场的增长将被 2G 和 3G 市场的萎缩所平衡。
低噪声放大器		由于新型天线的出现和增长,低噪声放大器市场将稳步前行

资料来源：东吴证券研究所整理

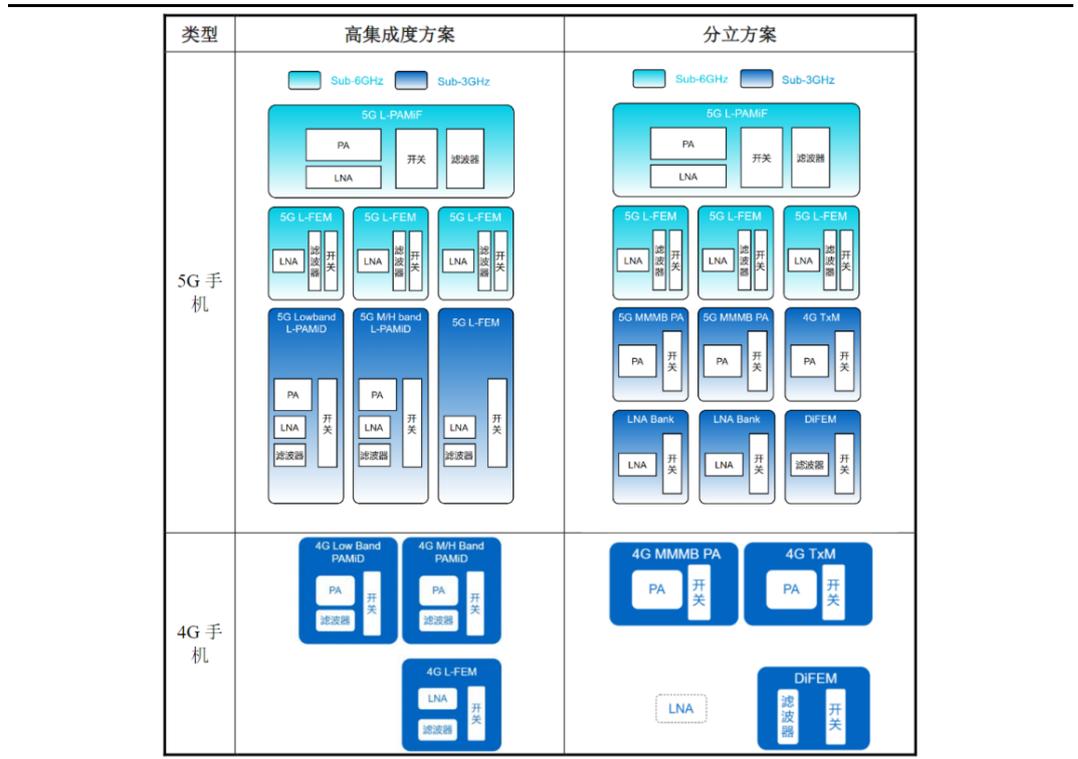
### 2.3. 模组化趋势加深，是未来主要增长点

#### 2.3.1. Phase5N 与 Phase7 持续渗透，Phase8 助力模组增长

**Phase 方案升级推动模组化趋势加深。**为了适应手机轻薄化的趋势，滤波器等器件需求的增长不能只依赖于数量的增加，这对器件的集成度提出了更高的要求。分离方案较长的调试周期和成本，使得射频前端模组化发展显得尤为重要。从 4G 时代开始，高通推出 MDM9615 “五模十频” 基带使得一部手机可以在全球几乎任何网络中使用，从而促进了射频龙头厂商推出集成化度更高的射频前端产品，这一趋势在 5G 时代得到了延续。射频前端模组是将射频开关、低噪声放大器、滤波器、双工器、功率放大器等两种或者两种以上的分立器件集成为一个模组，从而提高集成度与性能并使体积小小型化。根据集成方式的不同可分为 DiFEM（集成射频开关和滤波器）、LFEM(集成射频开关、低噪声放大器和滤波器)、FEMiD

(集成射频开关、滤波器和双工器)、PAMiD (集成多模式多频带 PA 和 FEMiD) 等模组组合。

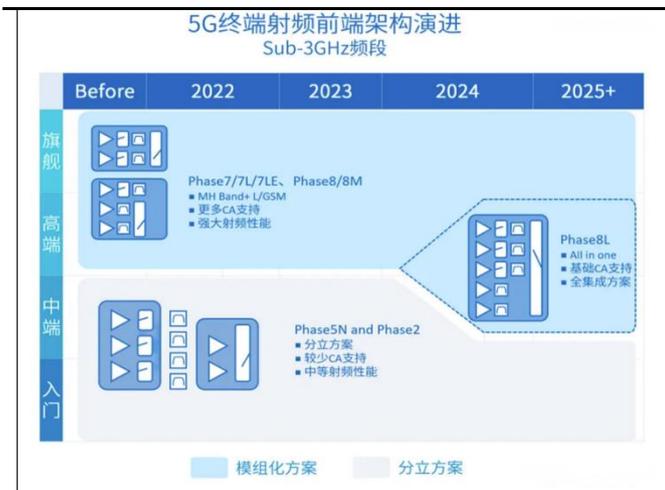
图25: 不同类型的射频前端方案



数据来源: 慧智微招股书, 东吴证券研究所

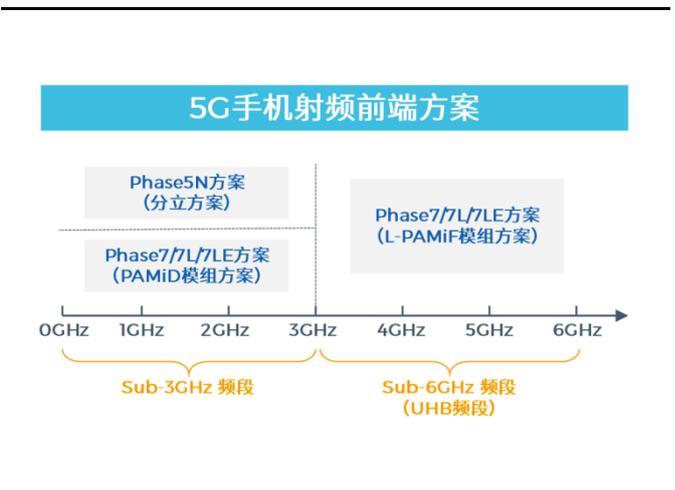
Phase5N 和 Phase7 是 5G 智能手机目前主流的两种射频前端方案, 目前旗舰手机与高端手机主要应用 Phase 7 方案, 中端及入门机主要使用 Phase 5N 方案, 射频前端一直向模组化方向发展, Phase8 系列方案正逐步推进。Phase 系列射频前端伴随了整个 4G 的发展, 占据了整个 4G 市场约 80% 的市场份额。

图26: 5G 终端射频前端架构演进 Sub-3GHz 频段



数据来源: 慧智微, 东吴证券研究所

图27: Phase5N 和 Phase7 方案应用频段



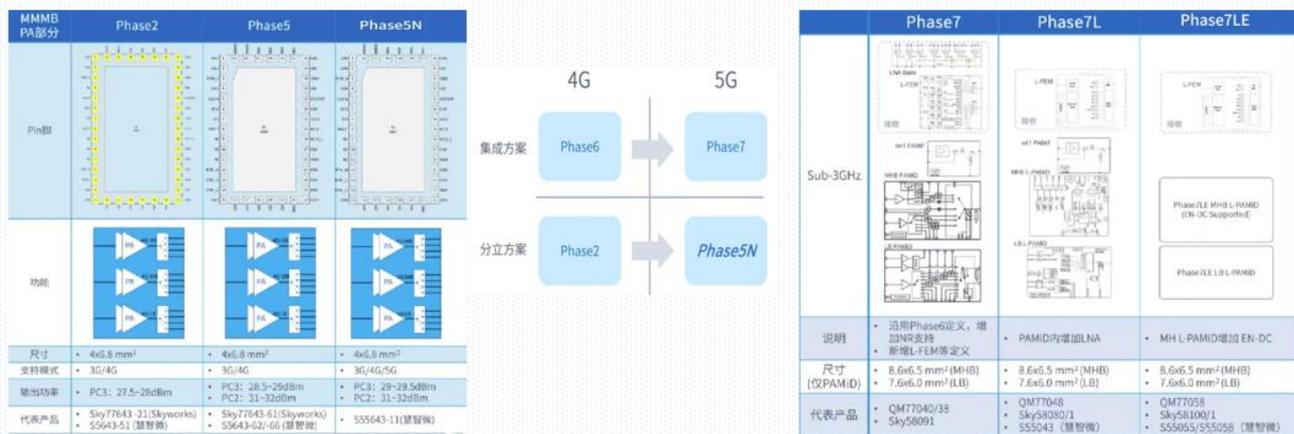
数据来源: icspec, 东吴证券研究所

图28: Phase5N 与 Phase7 方案演进

Phase5N方案是基于4G Phase2的方案，增加5G NR支持，所实现的射频前端方案。5G的Phase5N方案继承了4G Phase2方案的所有特点，成本较低、灵活度较高、尺寸较大、射频性能较弱、调试难度较复杂等。

由于成本相对较低，据统计，2023年在2,000元人民币以下的5G手机方案中，对于Sub-3GHz频段，90%以上的手机采用Phase5N方案。

Phase7方案的Sub-3GHz部分，基本照搬了原来4G时代的Phase6方案。Phase7主要特点：1) 提升Sub-3GHz PA功率及线性，支持5G高功率、高阶调制的需求；2) 升级天线开关复杂度，支持5G对SRS切换、MIMO、智能天线切换的需求。Phase7系列方案有天生的劣势。比如成本高、冗余功能多。PAMiD方案只有国际少数头部厂商可提供，也限制了方案的充分竞争，进而制约了5G方案的大规模商用。

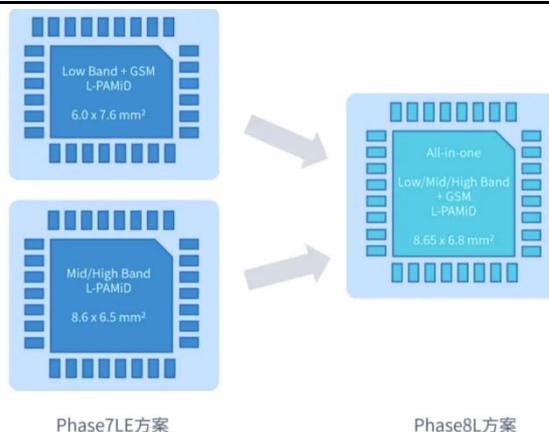


数据来源：慧智微招股书，东吴证券研究所

Phase8方案是 MTK 联合器件厂商、终端厂商自 2021 年就着手定义的全新 5G 射频前端方案。经过一系列优化，拥有更高集成度的 Phase8 方案成为真正 5G 适用优化的射频前端方案。Phase8 与 Phase8M 方案的目标市场是高端及旗舰手机，方案强调强大的射频能力，以及完整的 CA、EN-DC 支持，采用 Low band 及 Mid/High Band 两颗 L-PAMiD 构成完整方案，并且采用如 DS-BGA 等更先进的封装，来实现更小的器件尺寸。与此相对应，成本并不是 Phase8 与 Phase8M 方案优化的主要目标。

Phase8L 方案考虑的是处于 2,000-4,000 人民币价位带手机的需求：支持合理的 5G CA 及 EN-DC 能力；采用 All-in-one 的方式进行设计，只需一颗就可以进行 Sub-3GHz 全频段覆盖。由此可以实现性能与成本的完美平衡。

图29: Phase8 方案的高集成度

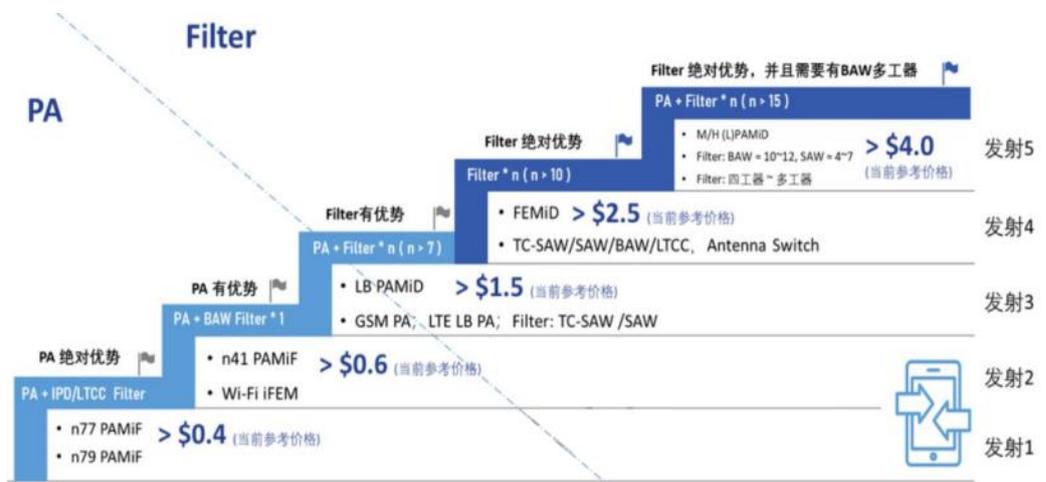


数据来源：慧智微，东吴证券研究所

2.3.2. 集成复杂度不断提高，模组趋势加深

发射端的模组化进程可以分为五个发展阶段，集成复杂程度不断提高。

图30: 射频发射模组的五重山



数据来源：EPiCEMES，半导体行业观察，东吴证券研究所

1) PA 与 LC 型滤波器的集成。主要应用在 3GHz~6GHz 的新增 5G 频段，典型的产品是 n77、n79 的 PAMiF 或者 LPAMiF。由于新频段频谱相对比较“干净”，所以对滤波器的要求不高，因此 LC 型的滤波器 (IPD、LTCC) 就能满足需求，其技术和成本均由 PA 掌控。

2) PA 与 BAW (或高性能 SAW) 的集成。典型产品是 n41 的 PAMiF 或者 Wi-Fi 的 iFEM 类产品，频段在 2.4GHz 附近。这类产品的频段属于常见频段，由于工作在 2.4GHz 附近，频段非常拥挤，典型的产品内需要集成高性能的 BAW 滤波器来实现共存。这类产品由于滤波器的功能并不复杂，PA 仍有技术控制力；但在成本方面，滤波器可能超过了 PA。

3) LowBand 发射模组。LB (L)PAMiD 通常集成了 1GHz 以下的 4G/5G 频段(例如 B5、B8、B26、B20、B28 等等)，包括高性能功率放大器以及若干低频的双工器；在不同的方案里，还可能集成 GSM850/900 及 DCS/PCS 的 2GPA，以进一步提高集成度。低频的双工器通常需要使用 TC-SAW 技术来实现，以达到最佳的系统指标。根据系统方案的需要，如果在 LB PAMiD 的基础上再集成低噪声放大器 (LNA)，这类产品就叫做 LB LPAMiD。这类产品的复杂度已经比较高：PA 方面，需要集成高性能的 4G/5GPA，有时候还需要集成大功率的 2GPA Core；滤波器方面，通常需要 3~5 颗使用晶圆级封装 (WLP) 的 TC-SAW 双工器。总成本的角度来看 (假设需要集成 2GPA)，PA/LNA 部分和滤波器部分占比基本相当。

4) FEMiD。FEMiD (Front End Modules integrated Duplexers) 指把滤波器组、开关组和双工器通过 SIP 封装在一枚芯片中。FEMiD 产品通常需要集成 LTCC、

SAW、TC-SAW、BAW（或性能相当的 I.H.PSAW）和 SOI 开关。三星、华为等手机大厂曾大量使用这类产品在其中高端手机中。有竞争力的 PAMiD 供应商主要集中在北美地区；出于供应链多样化的考虑，一些出货量非常大的手机型号，就可能考虑使用 MMMB（Multi-Mode Multi-Band）PA 加 FEMiD 的架构。MMMB PA 的合格供应商广泛分布在北美、中国、韩国，而日本村田的 FEMiD 产能很大（主要表现在 LTCC 和 SAW）。从技术的角度看，FEMiD 的实现难度并不高。

5) M/H (L)PAMiD。M/H 通常覆盖的频率范围是 1.5GHz~3.0GHz。这段频率范围最大的特点就是“拥挤”和“干扰”，因此需要高性能 BAW 滤波器的加入。由于这个频率范围商用时间较长，该频率范围内的 PA 技术相对比较成熟，核心的挑战来自于滤波器器件。

图31: Skyworks96000 FEMiD 图解

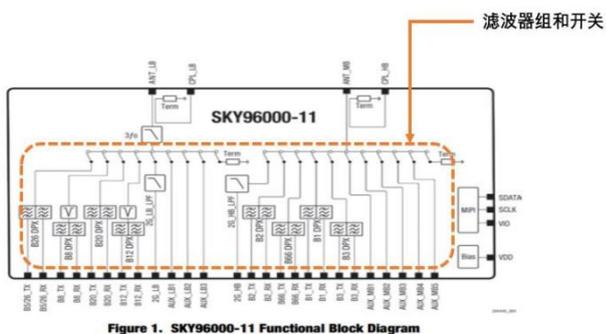
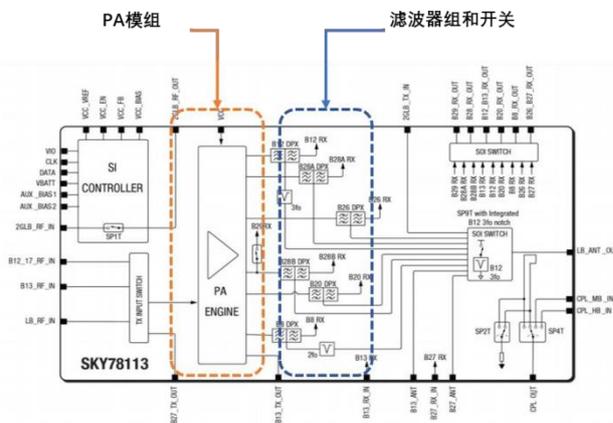


Figure 1. SKY96000-11 Functional Block Diagram

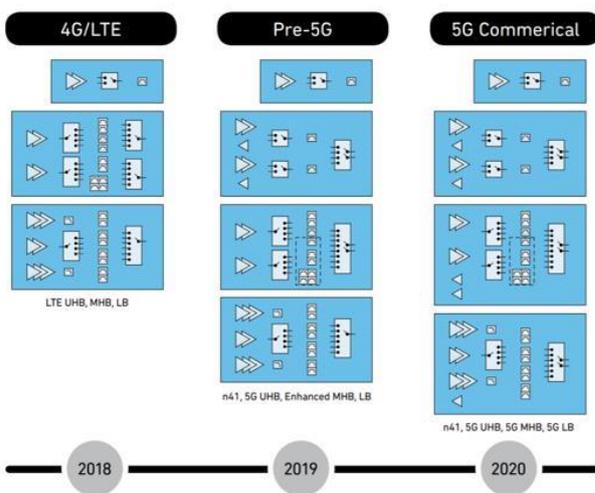
数据来源: Skyworks, 东吴证券研究所

图32: Skyworks78113 PAMiD 图解



数据来源: Skyworks, 东吴证券研究所

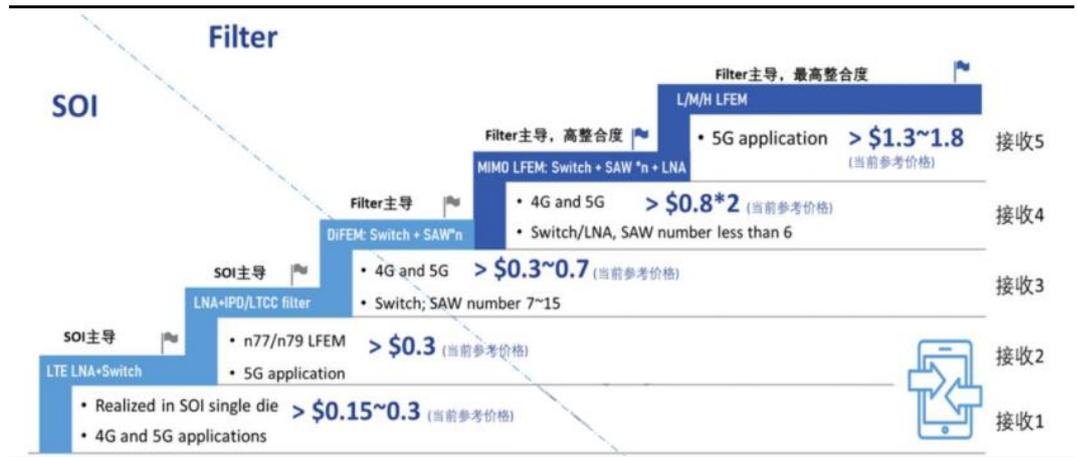
图33: 4G 到 5G Sub6G 射频前端复杂度变化



数据来源: Qorvo, 东吴证券研究所

接收端的模组化进程也可以分为五个发展阶段，集成器件量和技术难度不断提升。

图34: 射频接收模组的五重山



数据来源: EPiCEMES, 半导体行业观察, 东吴证券研究所

- 1) 使用 RF-SOI 工艺在单颗 die 上实现了射频 Switch 和 LNA。这类产品主要的技术是 RF-SOI, 在 4G 和 5G 都有一些应用。
- 2) 使用 RF-SOI 工艺实现 LNA 和 Switch 的功能, 然后与一颗 LC 型 (IPD 或者 LTCC) 的滤波器芯片实现封装集成。LC 型滤波器适合 3~6GHz 大带宽、低抑制的要求, 适用于 5G NR 部分的 n77/n79 频段。这类产品也是 SOI 技术主导, 主要应用在 5G。
- 3) 接收模组开始需要集成若干 SAW 滤波器, 集成度越来越高。通常需要集成单刀多掷 (SPnT) 或者双刀多掷 (DPnT) 的 SOI 开关, 以及若干通路支持载波聚合 (CA) 的 SAW 滤波器。
- 4) MIMO M/H LFEM。主要是针对 M/H Band 的频段 (例如 B1/3/39/40/41/7) 应用了 MIMO 技术, 增加通信速率, 在一些中高端手机是属于入网强制要求。技术角度出发, 这类产品以 RF-SOI 技术实现的 LNA 加 Switch 为基础, 再集成 4~6 个通路的 M/H 高性能 SAW 滤波器。国际厂商在这些频段已经开始普遍使用 TC-SAW 的技术, 以达到好的整体性能。
- 5) H/M/L 的 LFEM。这类产品以非常小的尺寸, 实现了 10~15 路频段的滤波 (SAW Filter)、通路切换 (RF-Switch) 以及信号增强 (LNA), 在 5G 项目上能帮助客户最大程度地压缩 Rx 部分占用的 PCB 面积。

图35: 射频前端简写及集成子模块

缩写	LNA	LNA bank	PA	PAM
全称	Low noise amplifier		Power amplifier	PA module
集成子模块	LNA	多个LNA	PA	PA, 开关
示意框图				

缩写	SW	ASM	DiFEM	L-FEM
全称	Switch	Antenna switch module	Diversity Front-end Module	LNA Front-end Module
集成子模块	开关	天线开关	开关, 接收滤波器	开关, 接收滤波器, LNA
示意框图				

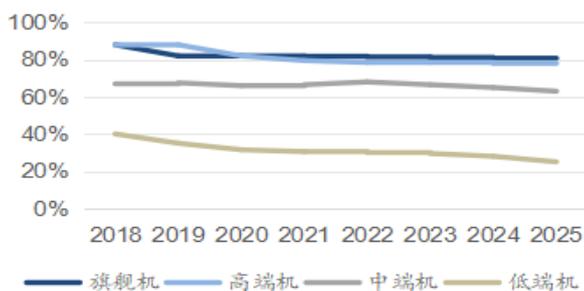
  

缩写	FEMiD	PAMiD	L-PAMiD	L-PAMiF
全称	Front-end Module integrated Duplexer	PA Module integrated Duplexer	LNA PA Module integrated Duplexer	LNA PA Module integrated Filter
集成子模块	开关, 发射滤波器/双工器	PA, 开关, 发射滤波器/双工器	PA, LNA, 开关, 发射及接收滤波器/双工器	PA, LNA, 开关, 发射及接收滤波器
示意框图				

数据来源: icspec, 东吴证券研究所

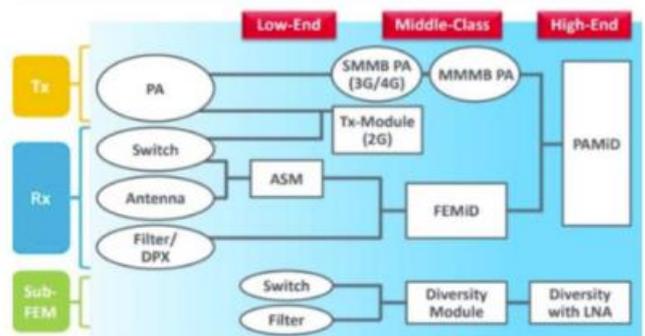
模组化趋势加深, 模块化射频前端价值将超过分立射频器件价值的总和。5G 终端, 集成的射频前端 RF 套片的价格甚至将超过主芯片, 成为手机主板中重要的器件。目前 4G 全网通手机前端 RF 套片的成本已达到 8-10 美元, 含有 10 颗以上射频芯片, 包括 2-3 颗 PA、2-4 颗开关、6-10 颗滤波器。由于成本限制, 当前仅中高端手机以模组形式为主, 而低端手机仍然会以分立器件为主。高端旗舰机支持全球频段, 模块化程度高 (PAMiD 或者 FEMiD + MMMB PA); 而中低端机为了优化成本通常采用区域性机型, 模块化程度较低。分品牌来看, 品牌定位越高端, 集成度越高, iPhone 的射频前端集成度高于安卓机; 安卓机里, 三星的集成度高于华为等国产机。

图36: 不同价位手机的模组化率



数据来源: Yole, 东吴证券研究所

图37: 不同价位手机的模组化示意图



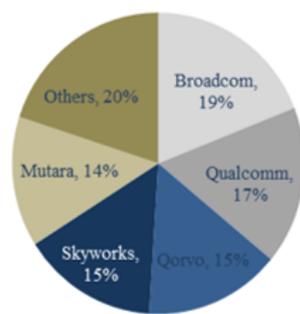
数据来源: 联发科, 东吴证券研究所

### 3. 海外龙头市场地位强劲，国内企业发展前景广阔

#### 3.1. 美日四大厂商占据射频前端全球市场垄断地位

目前，美日四大射频前端厂商 Skyworks、Qorvo、Qualcomm 和 Broadcom 占据了全球射频前端市场的 90% 以上的份额。射频前端领域设计及制造工艺技术门槛较高，国际领先企业起步较早，在技术、专利、工艺等方面积累了资本、人才等竞争优势；并且通过一系列产业整合拥有完善全面的产品线布局，夯实雄厚的高端产品研发实力，因此在全球市场上有很强的竞争力。

图38：2022年全球射频前端市场竞争格局情况（单位：亿美元）



公司	总部	成立时间	2023年营业收入
博通 (Broadcom)	美国	1991	358.19
高通 (Qualcomm)	美国	1985	358.2
威讯联合 (Qorvo)	美国	2015	35.69
思佳讯 (Skyworks)	美国	1962	47.72
村田 (Murata)	美国	1944	136.47 (2022年)

资料来源：公司年报，公司官网，iFind，东吴证券研究所整理

四大厂商通过横向并购谋求产业链集成优化，并利用规模优势获取更多的市场话语权、更低的制造成本。Qorvo 由当时射频前端市场排名第二的 RFMD 和第三的 TriQuint 平等合并而成，RFMD 擅长 GaAs 技术，TriQuint 擅长 BAW-SMR 技术，两家公司优势互补。Broadcom 源自于原 HP 的半导体部门，于 1999 年从 HP 分拆出安捷伦公司。Skywork 是在 2002 年由专注于二极管的 Alpha 与 Conexant 的无线通信部门合并而成，继承了 Conexant 在 Rockwell 军工领域的丰富 PA 技术积累。Murata 最初以无源器件滤波器和电感起家，之后通过一系列收购在 2005 年后拓展了其产品线。2012 年和 2014 年，Murata 分别收购了 Renesas 和 Peregrine 的 PA 产品线，但其核心仍然是在无源器件领域，致力于打造业界标杆的 SAW 滤波器。

图39：海外射频前端厂商并购历程



数据来源：Yole，东吴证券研究所



为 PA 多频段设计带来挑战。模组化趋势为体积减少以及设计流程简化做出贡献，据 Yole 预计，2025 年 PA 类模组规模将达到 89.31 亿美元，成为射频前端最大细分市场。

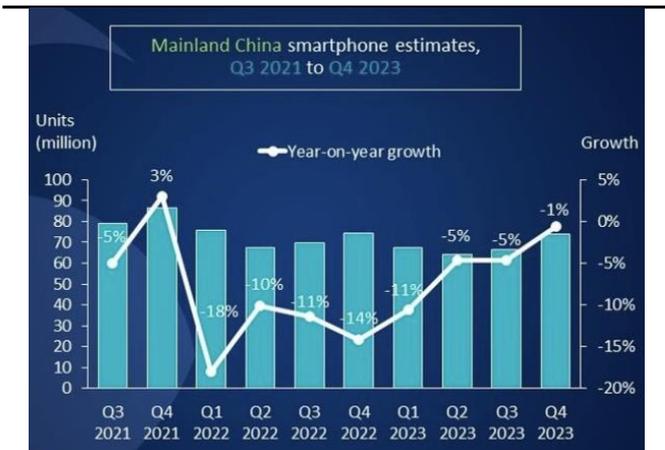
**开关及其他组件（10%）：**思佳讯、Qorvo 主导其他射频器件市场。射频开关技术难度低，市场龙头厂商思佳讯和 Qorvo 均为综合性射频器件及设计方案提供商，模组化实力强劲。

### 3.2. 国内厂商蓄势待发，国产替代加速

#### 3.2.1. 国内下游终端发展迅猛，国产替代迫在眉睫

国产手机出货量仍呈增长态势，高端机或千元机对射频器件都有刚性需求。近些年来，国产手机不断发力，中国是智能手机最大的需求市场。根据 Canalsys 预测，2024 年全球智能手机出货量将达到 12 亿，同比上涨 4%。同时在一些低端机上，部分前端射频器件已经实现国产替代。

图42: 中国智能手机出货量



数据来源: Canalsys, 东吴证券研究所

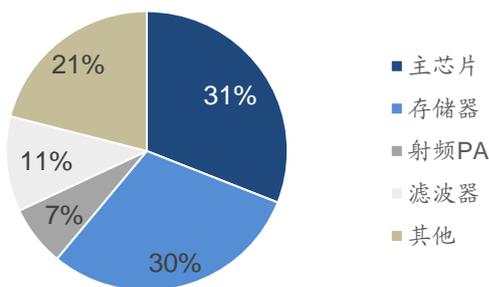
图43: 中国智能手机出货量占全球比例



数据来源: IDC, 东吴证券研究所

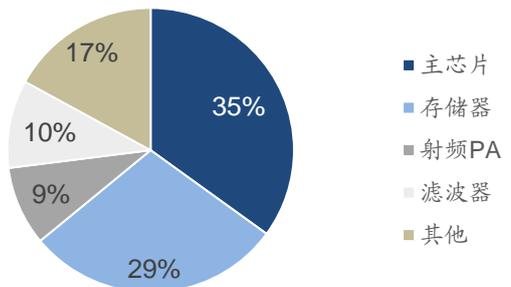
国内智能手机厂商迅速崛起，2023 年全球智能手机销售量达到 11.7 亿部，国产品牌小米、OPPO、传音分列三至五名，三者销量之和达到 3.4 亿部，占比超过 30%。伴随着国产手机高端化趋势，对具有更高性能的射频器件需求也将提升。

图44: 千元机成本构成



数据来源: IDC, 东吴证券研究所

图45: 旗舰机成本构成

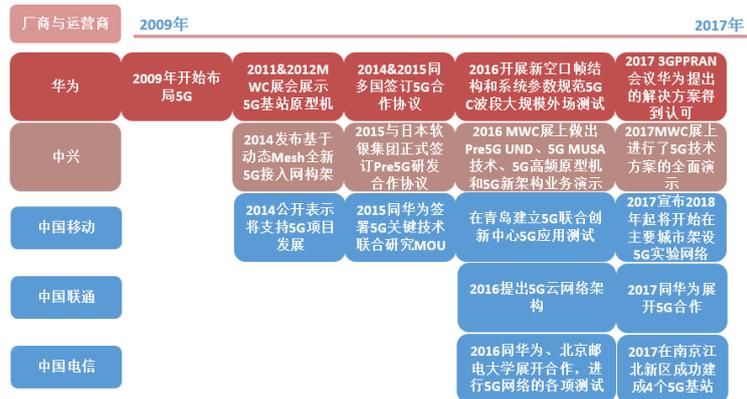


数据来源: IDC, 东吴证券研究所



5G 时代将由中国与欧洲共同引领行业标准。在 5G 标准的制定过程中，IMT2020 联盟已经成为仅次于欧洲 METIS 和 5GPP 的重要标准组织，其实质是华为和中兴为了对抗爱立信和诺基亚，以谋求领先于美国的 IEEE。2017 年 3GPP RAN 第 187 次会议上中国华为推荐的 Polar Code（极化码）方案获得认可，意味着以华为为代表的国内厂商在 5G 前期已经取得主导地位。

图48：国内厂商与运营商布局 5G 网络



数据来源：新浪科技，通信产业报，东吴证券研究所

### 3.2.3. 国内厂商市占率低，成长空间大

目前手机中所有核心器件都完成了国产化，只有射频器件仍然 95%由欧美厂商主导，尚未有亚洲厂商可以进入市场。近几年国内射频的公司也取得了很大的突破。一些有历史背景的公司如德清华莹、好达等产品在手机品牌客户加速认证，一些有海外经历的创业公司如 Vanchip、卓胜微、瑞宏和瑞石等也取得了非常快速的成长。在 switch、sawfilter、PA 和上游晶体材料上面将持续推进国产化替代。

较之海外以 IDM 为主，当前国内厂商普遍选择 Fabless 模式。相比于 IDM，Fabless 门槛更低、扩产相对容易且风险较小。为寻求技术突破，国产厂商将有向 IDM 转型的趋势。

表4：国内厂商细分市场情况

器件	国内厂商情况
开关/LNA	技术难度低、国产化率相对高，卓胜微目前已经占据了全球射频开关（包含 Switch 和 Tuner，分立式及模组中的开关）约 15% 市场份额，综合国产占比约 20%。LNA 市场规模占比也相对较高，国内厂商份额接近 15%。分立开关的壁垒在于产量。只有当每月的出货量达到 50KKpcs 以上，才有可能实现年销售额过亿人民币。因此需要成为品牌手机的首要供应商之一，才能实现上亿的销售，从而获得良好的供应商价格，在竞争中脱颖而出。采用化合物半导体工艺，国内厂商众多，但同质化比较严重，盈利能力较差。目前龙头厂商如唯捷创芯、已经开始量产 5G 产品，国内厂商份额约 10%。除了 PAMiD 以外，其他 PA 产品的技术已经非常成熟，产品竞争已经从技术上转向了成本竞争。
PA	
SAW 滤波器	国内厂商普遍通过自建产线的方式发展，资本投入高，进度较

慢，份额约 3%，目前只在低端的 SAW 滤波器市场上可以量产，供应商有麦捷科技、中电德清华莹、华远微电、无锡好达电子，其中只有无锡好达和华远微电打入了手机市场。  
**壁垒最高**，工艺流程比 SAW 滤波器更加复杂，而且海外龙头 Broadcom、Qorvo 等进行了完善的专利布局，绕开国外的专利将需要耗费大量的研发时间和费用，国内突破的难度大，目前国内厂商份额约等于 0。

## BAW 滤波器

资料来源：公司公告，东吴证券研究所整理

滤波器是中国厂商进军手机射频前端的最大门槛。滤波器的研发涉及到 EDA、设计和工艺，以及封装技术。为了在这一领域取得突破，公司需要建立自己的生产线，向 IDM 模式转型。

### 3.2.4. 国内厂商持续研发，技术突破可能性高，5G 模组是主要增长点

目前我国上市公司中已有麦捷科技、信维通信及顺络电子公司涉足滤波器研发生产。其中麦捷科技 2016 年通过定向增发募集 8.5 亿布局终端 SAW 滤波器领域；信维通信则在 2016 年成立子公司深圳市信维微电子有限公司，专注终端滤波器、功放、开关等射频前端元件技术研发与生产；顺络电子则自 2015 年便每年坚持滤波器、双工器、天线等射频元件研发投入，争取打入这一领域。预计在国家政策支持与企业自身努力基础上，国内厂商在滤波器市场份额将不断提升，射频芯片国产化也将成为现实。

表5：滤波器国内相关厂商

公司	滤波器研发情况
麦捷科技	募资 8.5 亿元布局终端 SAW 滤波器领域，尚未涉及 BAW 滤波器但计划中有。
信维通信	成立子公司（深圳市信维微电子有限公司）专门攻克相关领域技术。
顺络电子	坚持射频滤波器研发

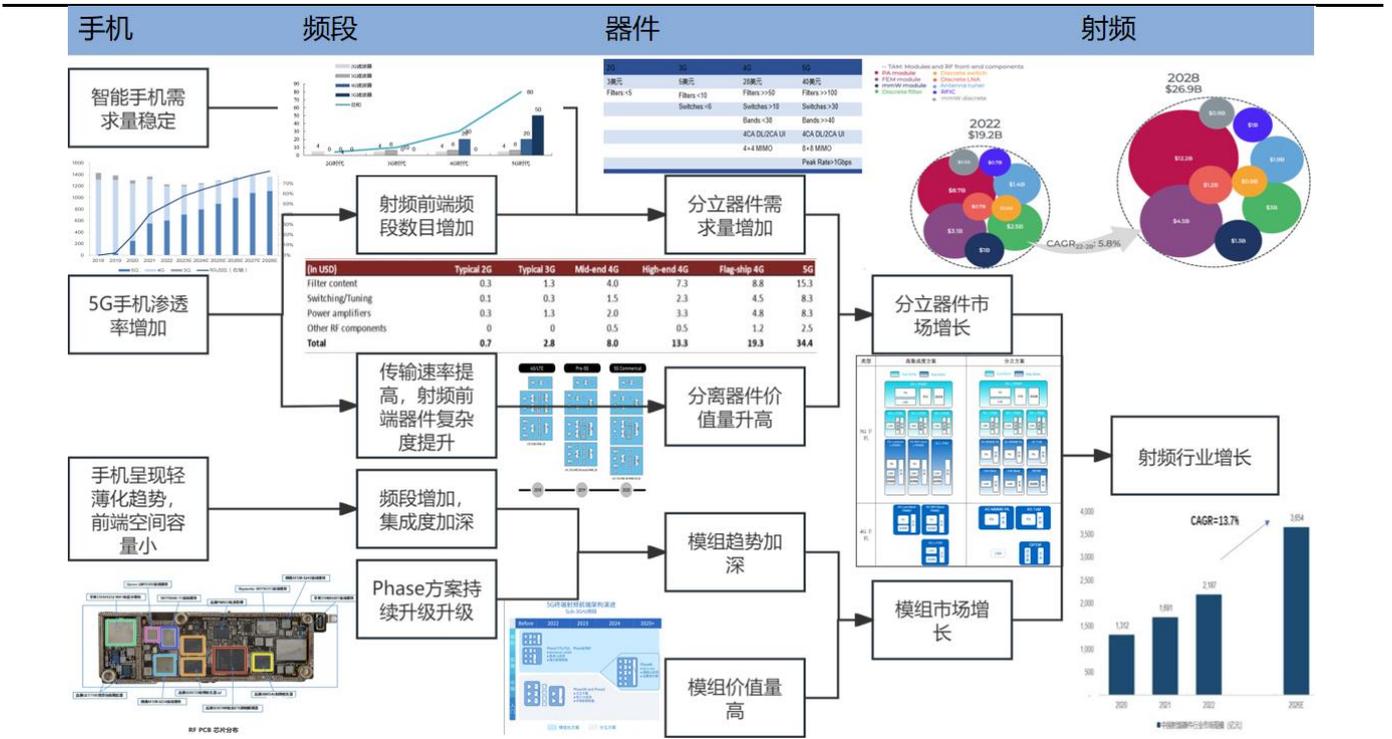
资料来源：公司公告，东吴证券研究所整理

**国内多数厂商已具备 5G 模组生产能力。**国内厂商与海外厂商的发展路径相同，主流厂商先将单一器件发展到行业龙头水平，再通过并购完成分立器件到模组化产品的转化。国内厂商也正在向模组化方向发展，例如，卓胜微从接收端模组逐步探索发射端模组业务，产品已囊括 DiFEM、LFEM、LNA BANK、L-DiFEM、L-PAMiF、L-FEMiD、MMMB PA 等模组产品。唯捷创芯的 4G 分立方案、Sub-6G 模组已进入国内几乎所有手机品牌客户，L-PAMiD 模组也已实现批量量产出货；慧智微电子凭借 Sub-6G 双频 L-PAMiF 实现了对 OPPO 5G 手机的出货；昂瑞微电子从 2G CMOS PA 扩展至 Phase5N MMPA、Sub-6G 模组以及难度最大的 L-PAMiD 模组。

## 4. 框架&产业现状

### 4.1. 手机、频段和射频方案是影响行业变化的主要因素

图49：射频前端市场增长逻辑



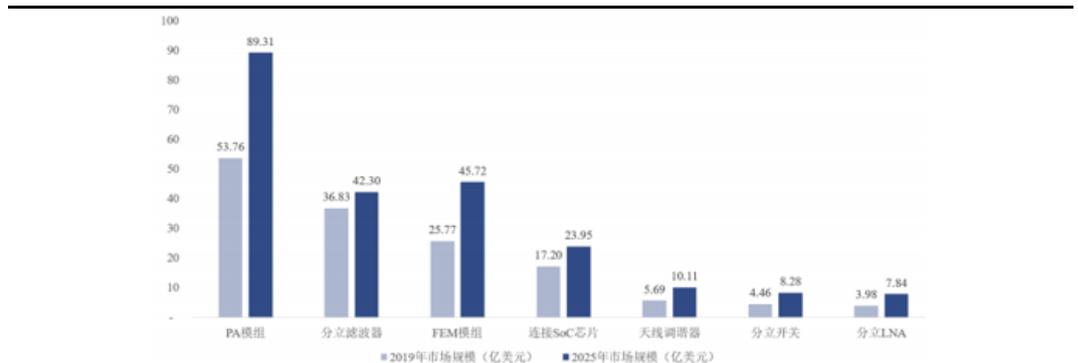
资料来源：新浪科技，通信产业报，东吴证券研究所

### 4.2. 5G 趋势下，随着方案变化的模组是行业新趋势

5G 手机渗透率不断提升，5G 频段数量保持稳定，频段下的模组技术正在经历结构化升级，是行业新增长方向。

手机射频前端市场的竞争格局相对稳定，主要厂商已经基本确立，手机销量也呈现出相对稳定的趋势。射频行业的发展和增长将更多地依赖于模组技术的进步和应用，模组技术的发展将成为手机行业发展的重要趋势和关键因素。

图50：2019-2025 年移动终端射频前端及连接市场规模预测



数据来源：Yole，东吴证券研究所

## 5. 建议关注公司

表6: 国内主要射频前端芯片厂商基本概况

公司	股票代码	成立时间	上市情况	主要产品
卓胜微	300782.SZ	2012	已上市	射频开关、滤波器、PA、FEM、LNA
艾为电子	688798.SH	2008	已上市	射频开关、滤波器、FEM、LNA
飞骧科技	-	2015	未上市	射频开关、滤波器、PA、FEM
唯捷创芯	688153.SH	2010	已上市	射频开关、PA、FEM
国博电子	688375.SH	2000	已上市	射频开关、FEM
韦尔股份	603501.SH	2007	已上市	射频开关、LNA
富满微	300671.SZ	2001	已上市	射频开关、LNA
慧智微	688512.SH	2011	已上市	PA、FEM
昂瑞微	-	2012	未上市	PA、FEM
紫光展锐	-	2014	未上市	PA、毫米波模组

数据来源: 公司官网, 集微咨询, 东吴证券研究所

图51: 主要厂商情况

卓胜微	唯捷创芯	慧智微	昂瑞微	飞骧科技
<ul style="list-style-type: none"> <li>主要向市场提供射频开关、射频低噪声放大器、射频滤波器、射频功率放大器等射频前端分立器件及各类模组产品解决方案。</li> <li>着重建设卓半导体产业化能力, 积极搭建国际先进的6英寸SAW滤波器晶圆生产线, 目前该产线已进入规模量产阶段, 将为公司可持续发展增添新的动力。</li> <li>公司在6英寸SAW滤波器产线的基础上, 通过添置先进设备, 构建专业技术人才团队, 逐步推进打造12英寸IPD滤波器产品的生产制造能力。目前该产线已完成工艺通线进入小批量生产阶段。公司构建了12英寸晶圆制造的基础能力, 为公司后续拓展更多的产品品类提供了更多可能性。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>主营射频功率放大器 (PA) 模组, 主要产品包括LTE、WCDMA、CDMA2000等多种无线通信标准的射频前端芯片。产品主要应用于智能手机等移动终端。</li> <li>公司拥有完全独立知识产权的 PA、开关等, 终端芯片已经大规模量产及商用, 最新发布的新一代4G 射频模组的关键性能指标更是达到了业内领先的水平。</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>具备全套射频前端芯片设计能力和集成化模组研发能力, 技术体系以功率放大器 (PA) 的设计能力为核心, 兼具低噪声放大器 (LNA)、射频开关 (Switch)、集成无源器件滤波器 (IPD Filter) 等射频器件的设计能力。</li> <li>慧智微领先的5G产品应用于三星、OPPO、vivo、荣耀等业内知名智能手机品牌机型, 并进入闻泰科技、华勤通讯等一线移动终端设备ODM厂商和移远通信、广和通、日海智能等头部无线通信模组厂商。</li> <li>专注于可重构射频前端架构, 采用基于“绝缘硅 (SOI) + 砷化镓 (GaAs)”两种材料体系的混合架构射频前端技术路线。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>基于CMOS、GaAs、SiGe、SOI、GaN等工艺, 公司都有芯片设计和大规模量产经验, 核心产品线涵盖三大类, 超四百款芯片: 2G/3G/4G/5G 全系列射频前端 (L-PAMiD/F、L-DiFEM、MMMB PA、Tx Module、RF Switch、LNA、Tuner Switch等)、物联网SoC芯片 (蓝牙BLE、双模蓝牙、2.4GHz无线芯片等)、模拟信号链和电源管理芯片等。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>主要产品为5G模组、4GPA及模组、2G-3GPA及模组、射频开关和泛连接产品。</li> <li>公司于2020年在国内率先推出支持所有5G频段的手持射频前端整套解决方案, 现已量产出货LPAMiF、PAMiF、L-FEM等高集成度5G模组, 技术难度更大的高集成度5G模组L-PAMiD和L-DiFEM已完成设计并开始样品验证。</li> <li>公司产品已应用于A公司、荣耀、三星、联想 (摩托罗拉)、传音、Realme等知名品牌, 并进入华勤技术、闻泰科技、天珑移动、龙旗科技、中诺通讯等知名ODM厂商供应链体系。</li> </ul>

数据来源: 公司年报, 东吴证券研究所整理

表7: 国内已上市主要射频前端芯片厂商基本盈利情况(单位:百万元)

公司	股票代码	营业收入	收入增速	净利润	净利润增速
2021					
卓胜微	300782.SZ	4634	65.95%	2135	99.00%
唯捷创芯	688153.SH	3509	93.80%	-68	11.98%
慧智微	688512.SH	514	147.93%	-318	-230.73%
2022					
卓胜微	300782.SZ	3677	-20.63%	1069	-49.92%
唯捷创芯	688153.SH	2288	-34.79%	53	178.04%
慧智微	688512.SH	357	-30.60%	-305	4.16%
2023					
卓胜微	300782.SZ	4378	19.06%	1122	4.96%
唯捷创芯	688153.SH	2982	30.33%	112	111.32%
慧智微	688512.SH	552	35.33%	-408	-33.98%

数据来源: 公司官网, 集微咨询, 东吴证券研究所

## 6. 风险提示

(1) 5G 手机渗透率及下游市场需求低于预期，供应链交付存在的风险：若 5G 手机渗透率低于预期，或对相关射频器件和模组产品放量产生影响，导致库存积压。全球正面临通胀、经济景气度下行等带来的经济压力，射频前端芯片主要应用于智能手机等移动智能终端，由于智能手机市场的创新放缓和换机周期拉长，下游市场需求可能不及预期。如果宏观经济未能复苏或智能手机需求未能提振，将直接影响射频行业的发展。如果主要供应商因贸易政策变化或其他原因出现供货中断或减少，同样也将影响射频行业内公司的生产经营。

(2) 行业竞争格局加剧，产能过剩的风险：行业的快速发展促使更多企业进入射频前端芯片领域，进一步加剧市场竞争。国际大公司如 Skyworks、Qorvo 等在资金、技术、品牌知名度方面占优，对国内厂商构成较大压力。同时，国内市场上产品同质化导致价格竞争，可能进一步压缩利润空间。同时，智能手机、平板电脑的性能差异逐渐缩小，下游市场竞争激烈，下游企业毛利率出现下降趋势，也可能导致行业内利润空间随之缩小，从而影响国内厂商的盈利水平。

(3) 研发投入较大，高端人才流失的风险：集成电路行业属于技术密集型和人才密集型产业。技术创新是企业保持竞争力的关键，但同时伴随着高昂的研发成本和不确定性。若国内厂商技术研发水平落后于行业升级换代水平，或公司技术研发方向与市场发展趋势偏离，将导致国内厂商研发资源浪费并错失市场发展机会，对其产生不利影响。同时，集成电路行业竞争日益激烈，企业对人才争夺的加剧，射频行业相关人才存在一定的流失风险，这将影响国内厂商发展战略的后续实施，并对企业的业绩产生不利影响。

## 免责声明

东吴证券股份有限公司经中国证券监督管理委员会批准，已具备证券投资咨询业务资格。

本研究报告仅供东吴证券股份有限公司（以下简称“本公司”）的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议，本公司及作者不对任何人因使用本报告中的内容所导致的任何后果负任何责任。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均为无效。

在法律许可的情况下，东吴证券及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券并进行交易，还可能为这些公司提供投资银行服务或其他服务。

市场有风险，投资需谨慎。本报告是基于本公司分析师认为可靠且已公开的信息，本公司力求但不保证这些信息的准确性和完整性，也不保证文中观点或陈述不会发生任何变更，在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。

本报告的版权归本公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制和发布。经授权刊载、转发本报告或者摘要的，应当注明出处为东吴证券研究所，并注明本报告发布人和发布日期，提示使用本报告的风险，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。未经授权或未按要求刊载、转发本报告的，应当承担相应的法律责任。本公司将保留向其追究法律责任的权利。

## 东吴证券投资评级标准

投资评级基于分析师对报告发布日后 6 至 12 个月内行业或公司回报潜力相对基准表现的预期（A 股市场基准为沪深 300 指数，香港市场基准为恒生指数，美国市场基准为标普 500 指数，新三板基准指数为三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的），北交所基准指数为北证 50 指数），具体如下：

公司投资评级：

- 买入：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对基准在 15% 以上；
- 增持：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对基准介于 5% 与 15% 之间；
- 中性：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对基准介于 -5% 与 5% 之间；
- 减持：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对基准介于 -15% 与 -5% 之间；
- 卖出：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对基准在 -15% 以下。

行业投资评级：

- 增持：预期未来 6 个月内，行业指数相对强于基准 5% 以上；
- 中性：预期未来 6 个月内，行业指数相对基准 -5% 与 5%；
- 减持：预期未来 6 个月内，行业指数相对弱于基准 5% 以上。

我们在此提醒您，不同证券研究机构采用不同的评级术语及评级标准。我们采用的是相对评级体系，表示投资的相对比重建议。投资者买入或者卖出证券的决定应当充分考虑自身特定状况，如具体投资目的、财务状况以及特定需求等，并完整理解和使用本报告内容，不应视本报告为做出投资决策的唯一因素。

东吴证券研究所  
苏州工业园区星阳街 5 号

邮政编码：215021

传真：（0512）62938527

公司网址：<http://www.dwzq.com.cn>