

评级：看好

核心观点

何立中

电子行业首席分析师

SAC 执证编号：S0110522110002

helizhong@sczq.com.cn

电话：010-81152682

韩杨

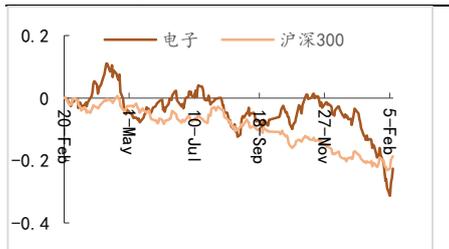
电子行业分析师

SAC 执证编号：S0110523070002

hanyang@sczq.com.cn

电话：010-81152681

市场指数走势（最近 1 年）



资料来源：聚源数据

相关研究

- 电子行业 2024 年度策略报告：底部已确认，等估值春风
- CES2024 聚焦 AI 主题，推动硬件升级换代
- 电子行业：消费电子新机热度高企，关注半导体设计弹性标的

- **射频前端是无线通信核心部件，随通信制式发展市场将保持高速增长。**射频前端的主要功能是实现无线电磁波信号的发送和接收，是移动终端实现无线通信功能所必需的核心模块。伴随通信制式不断向前发展，射频前端设计方案日益复杂。根据 Yole 的统计预测，2022 年移动终端射频前端市场总规模约为 192 亿美元，到 2028 年市场规模有望扩大至 269 亿美元，2022 年-2028 年年均复合增速将达 5.78%。
- **5G 驱动射频前端模组化发展，拉动单机价值量提升。**根据 Skyworks 的数据，5G 手机由于支持的频段数量大幅提升，其对射频前端器件的用量亦显著增多，如滤波器用量从 4G 手机的 40 颗提升至 70 颗、Switch Throws 由 10 次提升至 30 次，CA 聚合由 10 提升至 200，单机的射频前端价值量由 18 美金提升至 25 美金。
- **高集成度模组海外主导，国产厂商已实现重要突破。**根据 Yole 数据，2022 年射频前端市场全球前五大厂商 Skyworks、Qorvo、Broadcom、Qualcomm、Murata 合计市场份额合计为 80%。从细分产品上看，5G 重耕频段发射端分立方案已由国内厂商主导；5G 新频段发射端高集成模组 L-PAMiF 国产已成熟商用；5G 重耕频段高集成 L-PAMiD 模组海外厂商主导，国内厂商也已顺利量产。
- **手机厂商库存结构进一步优化，需求回暖有望拉动射频前端整体需求。**经过几个季度的持续消化，智能手机等下游客户库存结构已经显著改善，在 HUAWEI Mate 60 等国产安卓新机的发布下，消费电子市场有望开启复苏，从而拉动整体射频前端产品的需求量。
- **卓胜微：自建滤波器产线，迈向高端模组自主可控。**公司是国产射频开关、LNA 领先企业，逐渐向模组布局。2020 年公司通过定增募集资金与 Foundry 合作自建生产专线，开始布局高端滤波器产品。目前公司自有品牌的 MAX-SAW 滤波器已稳定量产，集成自产滤波器的模组已大规模放量，公司还持续向 5G PA 模组布局。
- **唯捷创芯：4G 射频 PA 国内龙头，L-PAMiD 模组率先放量。**公司深耕射频前端 PA 产品，2020 年公司 4G 射频功率放大器出货量位居国内第一。高端模组方面，2023Q3 公司 L-PAMiD 模组实现大批量供货，并且持续在客户端导入，此外，公司还推出低压 L-PAMiF 产品，通过降低客户方案整体成本提升市占率。
- **慧智微：国产 PA 模组新秀，双频 L-PAMiF 具备先发优势。**公司主营 PA 模组，且创新性的提出了可重构射频前端架构，在性能、成本和系统设计上拥有独特竞争优势。2021 年公司 5G 新频段 L-PAMiF 出货量在国产厂商中排名第二。目前公司 5G 低频段和中高频段 L-PAMiD 模组已小批量出货，目前处于客户推广阶段。
- **风险提示：终端厂商备货需求不及预期、高端模组放量不及预期。**

目录

1 射频前端：通信制式发展推动市场增长，国产差距显著缩小	1
1.1 无线通信核心器件，设计难度大且进入门槛高	1
1.2 5G 驱动射频前端模组化发展，拉动单机价值量提升	3
1.3 伴随通信制式不断发展，射频前端将保持高速增长	5
1.4 高集成度模组海外主导，国产厂商已实现重要突破	8
2 投资建议：终端库存去化尾声，新机发布有望拉动需求	11
2.1 卓胜微：自建滤波器产线，迈向高端模组自主可控	11
2.2 唯捷创芯：4G 射频 PA 国内龙头，L-PAMiD 模组率先放量	13
2.3 慧智微：国产 PA 模组新秀，双频 L-PAMiF 具备先发优势	15
3 风险提示	16

插图目录

图 1 射频前端的基本构成	1
图 2 2018 年至 2024 年支持 5G 的智能手机射频前端结构	4
图 3 不同通信制式手机射频前端的单机价值量	4
图 4 模组化方案与分立方案的区别	5
图 5 2018-2028 年按通信标准预测的手机规模	6
图 6 2022 年和 2028E 射频前端市场规模	6
图 7 2022 年和 2028E 射频前端各器件市场规模	7
图 8 2022 年射频前端各类器件市场规模占比	7
图 9 2022 年-2028E 射频前端各类器件市场规模复合增速	7
图 10 2022 年全球射频前端市场各厂商市占率	8
图 11 海外射频前端公司的整合	9
图 12 2021 年智能手机领域 5G 新频段 L-PAMiF 的主要供应商及市场份额	10
图 13 2022 年卓胜微营业收入占比	11
图 14 2018 年-2022 年卓胜微毛利率与净利率	11
图 15 卓胜微主要产品类别及下游应用领域	12
图 16 2018 年-2022 年卓胜微营业收入及同比增速	12
图 17 2018 年-2022 年卓胜微净利润及同比增速	12
图 18 2022 年唯捷创芯各产品营业收入占比	13
图 19 2018 年-2022 年唯捷创芯毛利率与净利率	13
图 20 唯捷创芯股权结构图	14
图 21 2018 年-2022 年唯捷创芯营业收入及同比增速	14
图 22 2018 年-2022 年唯捷创芯净利润及同比增速	14
图 23 2018 年-2022 年慧智微毛利率与净利率	15
图 24 2022 年慧智微营业收入占比	15
图 25 2018 年-2022 年慧智微营业收入及同比增速	15
图 26 2018 年-2022 年慧智微净利润及同比增速	15
图 27 慧智微可重构方案与传统技术路线在 4G MMB PA 模组上的主要技术指标对比	16

表格目录

表 1 射频前端核心器件主要功能	2
表 2 射频前端各器件的主流材料工艺	2
表 3 射频前端模组的组成及功能情况	2
表 4 5G 相对于 4G 在射频前端的主要技术挑战	3
表 5 射频前端主要海外公司营收规模及主要产品	8
表 6 国内主要射频前端公司产品线对比	10
表 7 目前射频前端芯片市场 5G 领域的竞争格局	11

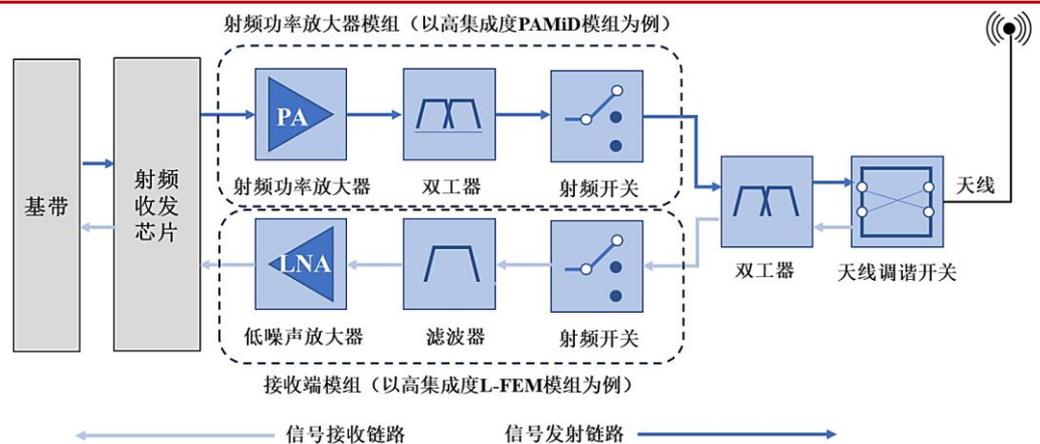
1 射频前端：通信制式发展推动市场增长，国产差距显著缩小

1.1 无线通信核心器件，设计难度大且进入门槛高

射频前端是无线通信设备的核心部件，连接了天线和收发机电路。基带、射频收发器、射频前端和天线共同实现了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波信号并发送，以及接收无线电波信号并将其转化为二进制信号。因此，射频前端的主要功能是实现无线电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。

按照功能，射频前端可分为发射链路（TX）和接收链路（RX）。在发射链路中，基带将数字信号转换成易于传输的连续模拟信号，并通过射频收发器将模拟信号调制为不易受干扰的射频信号，然后通过射频前端将射频信号进行功率放大、滤波以及开关切换等信号处理，最后由天线将信号对外发射。在接收链路中，由天线接收到空间中传输的射频信号，然后由射频前端根据用户需要进行频率和信道选择，并对接收到的射频信号进行滤波和放大，最终经过射频收发器和基带芯片转换为数字信号。

图 1 射频前端的基本构成



资料来源：唯捷创芯招股书，首创证券

射频前端芯片属于模拟芯片的一种，设计难度较高且进入门槛较大。射频前端芯片不仅需要工程师同时具备数字电路和模拟电路的专业背景，还需要通过长时间的经验积累和技术沉淀。通常一名优秀的射频前端芯片工程师需要 10 年以上的从业经历，并且随着通信制式的不断演进和发展，对射频前端芯片工程师的要求也日益提升。

按照组成器件，射频前端可分为功率放大器、低噪声放大器、滤波器和射频开关。功率放大器（PA）负责发射通道的射频信号放大；低噪声放大器（LNA）负责接收通道中的小信号放大；滤波器（Filter）负责发射及接收信号的滤波，去除非信号频率的杂波信号；射频开关（Switch）负责收发以及不同频率通道之间的切换。

表 1 射频前端核心器件主要功能

器件	主要功能
功率放大器 (PA)	位于发射通路上, 将经过调制的功率较小的射频信号功率进行放大, 使信号获得足够高的功率, 实现更高通信质量、更远通信距离。
滤波器 (Filter) / 双工器	滤波器: 位于接收或发射通路, 对特定频率以外的频率进行滤除, 提高信号抗干扰性与信噪比 双工器: 由接收端滤波器和发射端滤波器组成, 实现射频收发通道的隔离
低噪声放大器 (LNA)	位于接收通路上, 将从天线接收到的信号放大, 以便于后级的电子设备处理
开关 (Switch)	位于接收或发射通路, 主要用于对不同频率或不同通信制式下的信号进行切换

资料来源: 飞驒科技招股书, 首创证券

射频前端器件采用特殊制造工艺, 工艺壁垒较高。射频前端芯片是模拟芯片的重要分支, 射频前端芯片的性能同样需要电路设计和制造工艺的紧密结合。在射频前端芯片中用到了多种半导体材料和工艺, 如在射频开关、射频低噪声放大器和射频功率放大器上用到的 RF SOI、RF CMOS、GaAs、MEMS、SiGe、GaN 等材料 and 工艺以及在射频滤波器上用到的 SAW、BAW、IPD、MLC 等材料 and 工艺。

表 2 射频前端各器件的主流材料工艺

产品类型	主流材料工艺
射频开关	RF SOI、RF CMOS、GaAs、MEMS 等材料 and 工艺
射频低噪声放大器	RF CMOS、SiGe、RF SOI、GaAs 等材料 and 工艺
射频滤波器	SAW、BAW、IPD、MLC 等材料 and 工艺
射频功率放大器	GaAs、RF CMOS、GaN、SiGe 等材料 and 工艺

资料来源: 卓胜微 2023 年半年度报告, 首创证券

在无线移动终端设备中, 射频前端还以集成了不同射频器件的模组形式进行应用。伴随手机等移动终端功能复杂性的增加, 主板面积日益拥挤, 射频前端向模组化方向发展趋势明显。射频模组由多个射频前端分立器件集成, 射频模组中集成的射频器件数量越多, 则模组的集成度越高。以高集成度模组 L-PAMiD 为例, 其由射频功率放大器、射频开关、双/多工器、LNA 和控制器集成。

表 3 射频前端模组的组成及功能情况

英文简称	中文名称	集成芯片	集成度
SMSB/SMMB PA	单模单频/单模多频功率放大器	单颗 PA、控制器, 可支持单模单频的 PA 模组	低
MMMB PA	多模多频功率放大器模组	多颗 PA、控制器、射频开关, 可支持多模多频的 PA 模组	中
TxM	发射模组	PA、控制器、射频开关	中
LNA Bank	低噪声放大器阵列	若干个 LNA、射频开关	中
L-FEM	分集接收模组	射频开关、LNA、滤波器	高
PAMiF	发射模组	PA、射频开关、滤波器、控制器	高
L-PAMiF	收发模组	PA、射频开关、滤波器、LNA、控制器	高
L-PAMiD	收发模组	PA、射频开关、双/多工器、LNA、控制器	高
L-DiFEM	接收模组	射频开关、LNA、滤波器	高

资料来源: 飞驒科技招股书, 首创证券

1.2 5G 驱动射频前端模组化发展，拉动单机价值量提升

5G 相对于 4G 在通信频率、频段数量、频道带宽和复杂技术应用上产生较大变化。如 5G 的通信最高频率从 4G 的 2,690MHz 提高到 5,000MHz，新增了一些高频频段（n77/n78/n79 等）以及对部分的 4G 频段进行重耕，且新增频段带宽从 4G 的 20MHz 提高到 100MHz，以及 5G 较 4G 增加更多的信号发射链路和信号接收链路（上、下行）MIMO 且引入了双连接技术。

5G 通信技术的大规模普及和应用将导致射频前端器件设计难度大幅度提升。如需引入新工艺和新的封装形式以应对高频的应用；新增的频段造成了新的产品需求，如 n77/n78/n79 频段需要新型的 L-PAMiF 和 L-FEM 产品，均需要具有信号接收功能；频道带宽的提升对信号发射端，尤其是 PA 模组的设计带来新的挑战；MIMO 广泛使用使射频前端系统的设计更为复杂；增加了对天线切换开关的要求；双连接对天线切换和射频前端线性度、干扰控制的要求极其苛刻。

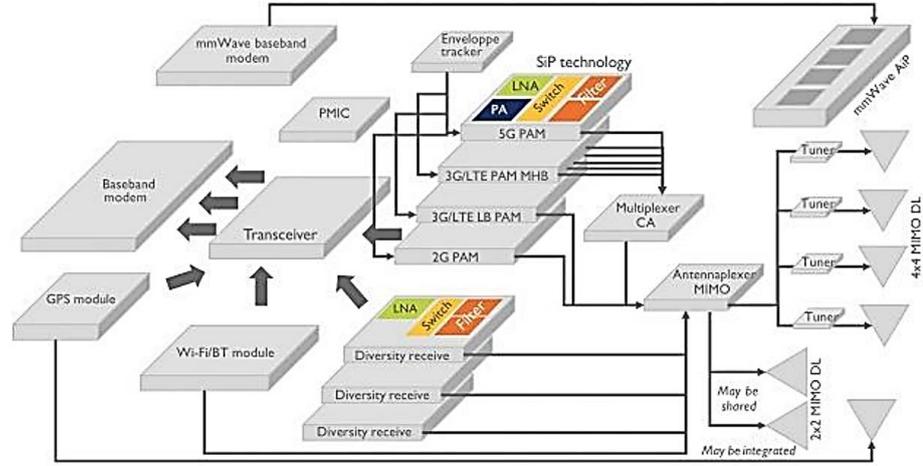
表 4 5G 相对于 4G 在射频前端的主要技术挑战

项目	4G	5G	5G 相对于 4G 的主要变化	对射频前端的主要技术挑战
频率（范围）	600MHz 至 2,690MHz	600MHz 至 5,000MHz	通信最高频率从 2,690MHz 提高到 5,000MHz	需引入新工艺和新的封装形式以应对高频的应用
频段数量	常见频段约 20 个	4G 基础上新增 n77/n78/n79 频段，原部分 4G 频段重耕为 5G 频段，如 n1/n3/n5/n7/n8/n28/n40/n41 等	新增高频频段（n77/n78/n79 等）部分 4G 频段重耕	新增的频段造成了新的产品需求，如 n77/n78/n79 频段需要新型的 L-PAMiF 和 L-FEM 产品，均需要具有信号接收功能
频道带宽	最大 20MHz	最大 100MHz	新增频段带宽从 4G 的 20MHz 提高到 100MHz	对信号发射端，尤其是 PA 模组的设计带来新的挑战
复杂技术应用	MIMO	广泛使用，其中 n1/n3/n41/n78/n79 必须在信号接收链路应用 4x4 MIMO；部分高端机型支持信号发射链路 2x2 MIMO	5G 较 4G 增加更多的信号发射链路和信号接收链路（上、下行）MIMO	MIMO 广泛使用使射频前端系统的设计更为复杂；增加了对天线切换开关的要求
	载波聚合	有限使用，以信号接收链路中的应用为主	广泛使用，并引入双连接，需要 4G 与 5G 同时进行上下行通信	引入双连接技术

资料来源：唯捷创芯招股书，首創證券

5G 技术的应用将推动射频前端器件用量增多。由于 5G 手机除了需要支持 5G 新增频段、5G 重耕频段，还需要向下同时兼容 4G、3G 和 2G 的通信需求，因此对于射频前端器件的需求量将大幅提升。根据慧智微在招股书中披露，支持 5G Sub-6 GHz 以下的手机 PA 通路相比纯 4G 手机的 PA 通路翻倍，若考虑到支持 5G 毫米波段，那么 PA 通路还将提升。此外，射频前端的复杂化也推动 LNA、开关、滤波器等射频前端器件的增加。

图 2 2018 年至 2024 年支持 5G 的智能手机射频前端结构



资料来源: Yole, 慧智微招股书, 首创证券

根据 Skyworks 的数据显示, 5G 单机射频前端价值量有望提升至 25 美元/台。根据 Skyworks 的数据, 5G 手机由于支持的频段数量大幅提升, 其对射频前端器件的用量亦显著增多, 如滤波器用量从 4G 手机的 40 颗提升至 70 颗、Switch Throws 由 10 次提升至 30 次, CA 聚合由 10 提升至 200, 单机的射频前端价值量由 18 美金提升至 25 美金。

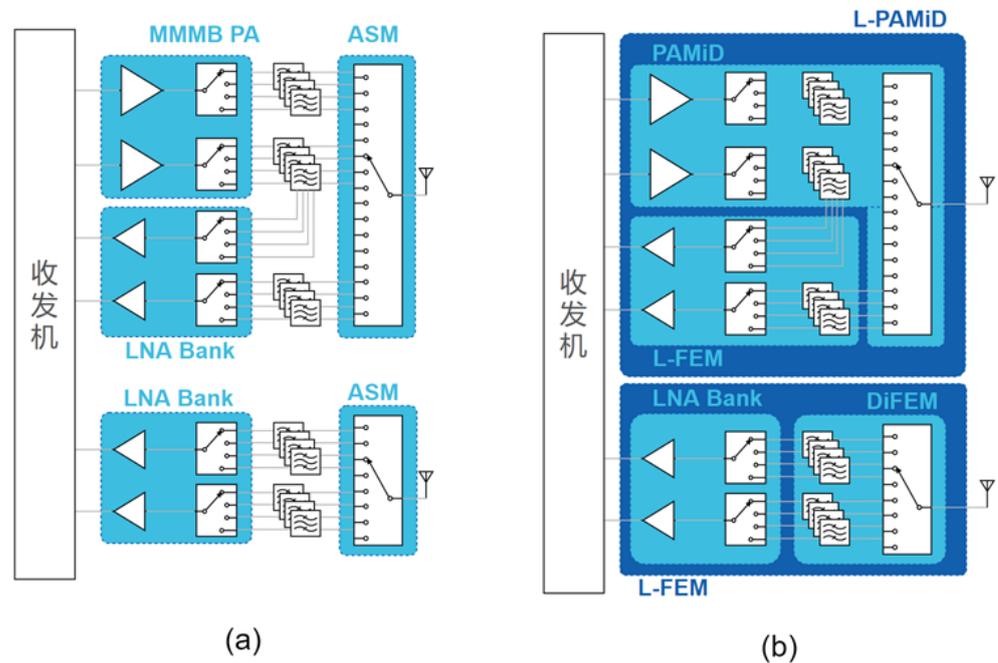
图 3 不同通信制式手机射频前端的单机价值量



资料来源: Skyworks, 慧智微招股书, 首创证券

针对不同价格带的 4G 和 5G 手机, 射频前端主要包括高集成和分立方案。由于在 3G 及 4G 的早期, 手机需要覆盖的频段数量不多, 因此射频前端通常采用分立方案。到了 4G 和 5G 的多频多模时代, 手机需要支持的频段数量大幅提升, 射频前端解决方案变得更加复杂, 分立方案在一定程度上无法满足高集成度、高性能的需求, 因此模组方案得到了大范围的采用。

图 4 模块化方案与分立方案的区别



资料来源：慧智微公众号，首创证券

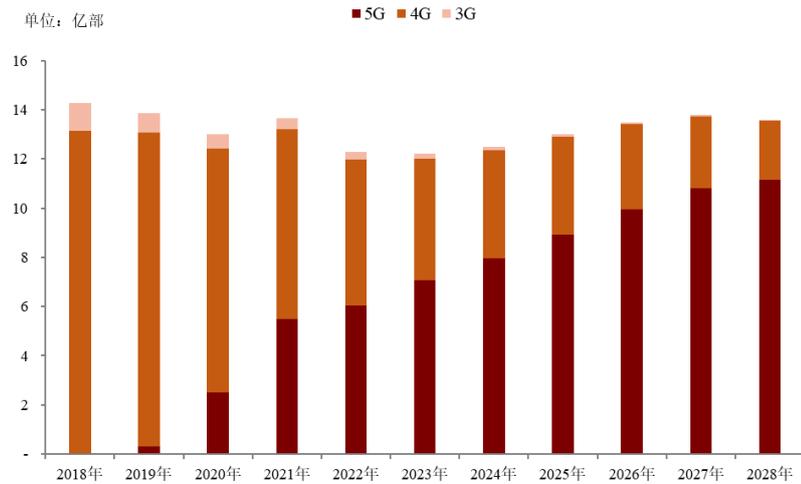
5G 移动终端进一步驱动射频前端器件向模块化方向发展。由于 5G 移动终端内部对射频前端器件的需求量大幅提升，但同时 5G 手机向着小型化、轻薄化和功能的多样化方向发展，主板上预留给射频前端器件的空间并未能进一步增加，因此推动了射频前端模组渗透率的提升。

高集成度模组设计难度提升，射频前端中高端市场门槛进一步提升。高集成度模组的设计需要考虑对全模块子电路的设计和量产能力、对于射频前端解决方案系统的设计能力、以及对于小型滤波器资源的获取能力，以上能力的同时具备是完成射频模组设计的必要条件，因此需要射频前端厂商的长时间的深耕和积累。因此，伴随射频前端向模组化不断演进，射频前端的中高端市场进入门槛将进一步抬升。

1.3 伴随通信制式不断发展，射频前端将保持高速增长

尽管手机已经进入存量市场，但 5G 手机的渗透率仍有较大提升空间。根据 Yole 数据，2022 年全球智能手机出货量为 12.29 亿部，同比-9.96%。其中，5G 手机出货量为 6.03 亿部，占总体出货量的 49.06%；4G 手机出货量为 5.95 亿部，占总体出货量的 48.41%。伴随未来 5G 手机渗透率的逐渐提升，根据 Yole 预测，2028 年全球智能总体出货量预计为 13.60 亿部，其中 5G 手机出货量预计为 11.16 亿部，占总体出货量的比重将达到 82.06%。

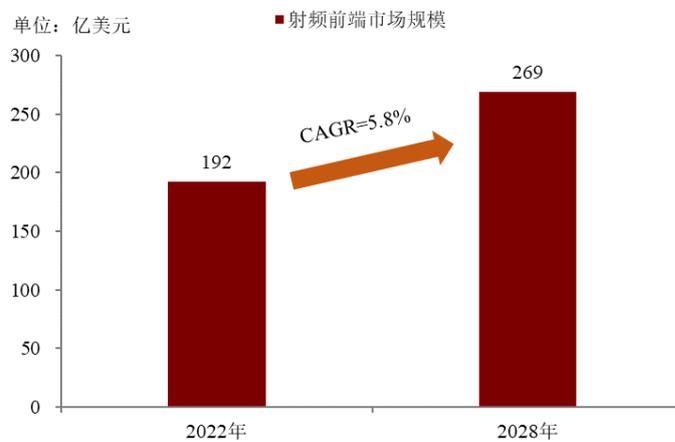
图 5 2018-2028 年按通信标准预测的手机规模



资料来源: Yole, 卓胜微 2022 年年报, 首创证券

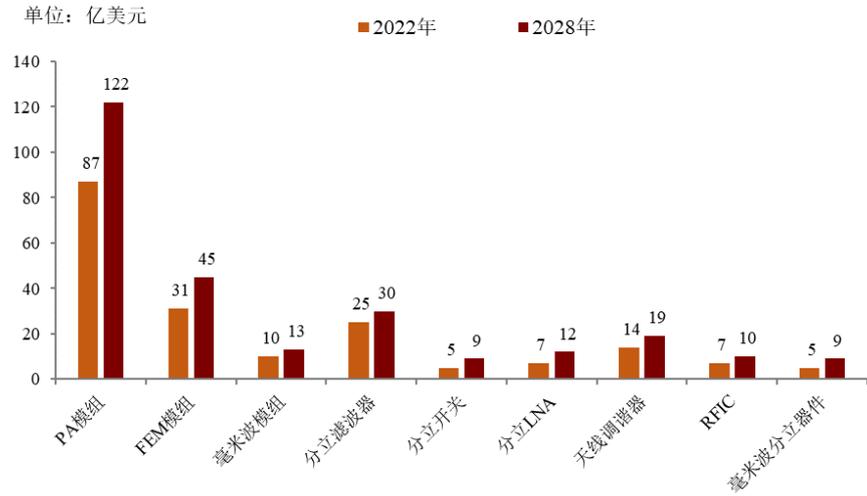
随着通信制式的不断发展, 全球移动端射频市场将保持较高增速。根据 Yole 的统计与预测, 2022 年移动终端射频前端市场总规模约为 192 亿美元, 到 2028 年市场规模有望扩大至 269 亿美元, 2022 年-2028 年年均复合增速将达 5.78%。至 2028 年 PA 模组市场规模预计将达 122 亿美元, FEM 模组市场规模预计将达 45 亿美元, 分立滤波器市场规模预计将达 30 亿美元。

图 6 2022 年和 2028E 射频前端市场规模



资料来源: Yole, 卓胜微 2023 年半年度报告, 首创证券

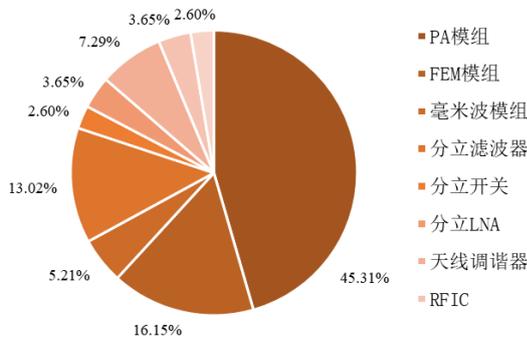
图 7 2022 年和 2028E 射频前端各器件市场规模



资料来源: Yole, 卓胜微 2023 年半年度报告, 首创证券

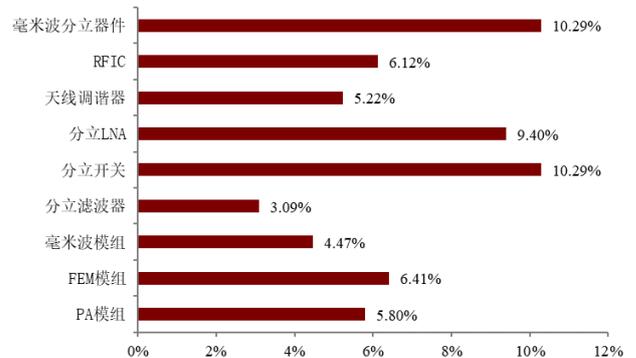
PA 模组占据射频前端器件最大的市场份额。根据 Yole 的数据, 2022 年射频前端器件中占比最大的为 PA 模组, 其占据整个射频前端市场份额的 45.31%, 且在未来几年仍将保持较快增速, 2022-2028 年 PA 模组的年均复合增速将达 5.80%。此外, 接收端 FEM 模组占据第二大份额, 2022 年其占据射频前端市场总体的 16.15%, 随着智能手机射频前端模组化占比的逐渐提升, 2022-2028 年 FEM 模组将保持 6.41% 的年均复合增速。

图 8 2022 年射频前端各类器件市场规模占比



资料来源: Yole, 卓胜微 2023 年半年度报告, 首创证券

图 9 2022 年-2028E 射频前端各类器件市场规模复合增速



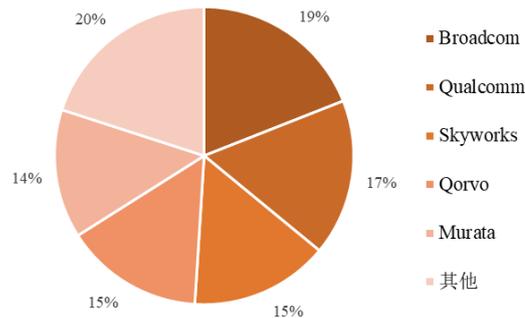
资料来源: Yole, 卓胜微 2023 年半年度报告, 首创证券

我国是射频前端芯片较大的下游市场, 市场空间广阔。2012 年以来, 我国已成为全球最大的智能手机消费市场及存量市场。伴随着本土智能手机品牌的崛起, 国产安卓手机品牌逐渐在全球市场占据较大市场份额, 如华为、荣耀、小米、OPPO、vivo、传音等, 其产品畅销海内外。并且伴随着国内智能手机制造产业链的日趋完善, IDH、OEM、ODM 业务模式成熟, 大量的智能手机终端品牌通过代工设计或制造的方式在中国生产, 从而产生了较大的射频前端芯片需求。尽管市场需求较大, 但国内企业自给率仍旧较低。

1.4 高集成度模组海外主导，国产厂商已实现重要突破

射频前端是模拟芯片中研发难度较高的品类，海外厂商占据主导。长期以来，国际头部厂商主导了通信制式、射频前端的标准定义，且射频前端公司与 SoC 平台厂商、终端客户之间形成了较为紧密的合作关系。根据 Yole 数据，2022 年射频前端市场全球前五大厂商 Skyworks、Qorvo、Broadcom、Qualcomm、Murata 合计市场份额合计为 80%。

图 10 2022 年全球射频前端市场各厂商市占率



资料来源：Yole，慧智微招股书，首创证券

1) Broadcom 在射频前端领域的布局较久，在射频前端模块和射频滤波器方面的实力较强，凭借其 BAW 滤波器技术与 Qorvo 共同占据 BAW 滤波器市场。

2) Qualcomm 高通是一家无线通信技术研发公司，作为基带芯片厂商，其发展射频前端模块主要系为基带平台提供配套产品，凭借与基带平台的配合具有一定的竞争优势。

3) Skyworks 在射频前端领域产品结构较为完整，其产品在苹果手机中得到了广泛的应用，并且持续向 IoT 及 WiFi 领域拓展。Skyworks 在 SAW 滤波器、射频功率放大器、射频开关等产品上都具备较强的技术能力，且拥有强大的模组集成能力。

4) Qorvo 在射频产品领域提供商中占据领导地位，Qorvo 着重定位于高端射频滤波器产品，凭借其 BAW 滤波器技术与 Broadcom 共同占据 BAW 滤波器市场。

5) Murata 在射频前端领域提供的主要产品为 SAW 射频滤波器，此外还提供少量的射频 PA、BAW 滤波器、LNA 和开关。

表 5 射频前端主要海外公司营收规模及主要产品

项目	财年截止日	最近一个财年营业收入（亿美元）	主要射频前端产品
Broadcom	2022.10.30	332.03	主要为 PA、BAW 滤波器，少量 SAW 滤波器、LNA 和开关
Qualcomm	2022.09.25	442.00	主要为 PA，少量 SAW/BAW 滤波器、LNA 和开关
Skyworks	2022.09.30	54.86	主要为 PA、SAW 滤波器、LNA 和开关，少量 BAW 滤波器
Qorvo	2022.04.02	46.46	主要 PA、BAW 滤波器、LNA 和开关，少量 SAW 滤波器
Murata	2022.03.31	133.24	主要为 SAW 滤波器，少量 PA、BAW 滤波器、LNA 和开关

资料来源：慧智微招股书，首创证券

海外射频大厂通过兼并收购实现模组化中模块的优势整合。2014 年，RFMD 宣布与 Triquint 合并，成为 Qorvo 公司；2014 年，Skyworks 与松下成立合资公司，2016 年

Skyworks 将合资公司全资收入旗下；2017 年，高通宣布与 TDK 成立合资公司 RF360，2019 年高通将合资公司合资收入旗下。

图 11 海外射频前端公司的整合



资料来源：慧智微公众号，首创证券

国内射频前端企业发展时间较短，但已逐步缩小与海外大厂的差距。射频前端芯片技术难度高、研发时间长，尤其是射频 PA 技术长时间被国外所垄断，国内射频前端企业发展时间较短，从 2G-5G 时代大致发展历程如下：

1) 在 2G、3G 时代，国产射频企业产品和技术远远落后于国际知名厂商。中国移动在 1995 年正式开通 GSM 网络，开启了 2G 通讯时代，但直到 2004 年锐迪科 (RDA) 成立才开启国产射频 2G PA 设计，实现零的突破。2008 年国内 3G 牌照发放，无锡中普微电子有限公司 2011 年推出国内第一颗量产 3G PA 产品，量产时间和产品竞争力均落后于国际厂商。

2) 4G 时代，国产射频公司开始涌现，与国际厂商差距开始缩小。伴随 4G 时代的到来，国内射频前端产业在国家产业政策和市场环境共同推动下发展迅速，开始涌现出一批优秀的射频芯片公司，与国际厂商的差距在缩小，相关人才及技术水平出现较大的增长。

3) 5G 时代，国产射频公司在细分领域已占据主导，与国际厂商差距进一步缩小。随着国内 5G 建设的快速发展，国产射频前端企业在推出新产品的速度、产品性能与国际厂商差距进一步减小，并且开始逐步导入主流手机终端客户。

在国际贸易摩擦不断的背景下，射频前端行业国产替代迎来关键发展期。2019 年以来，国内主要智能终端厂商基于供应链安全及成本可控角度考虑，逐渐向国内射频前端企业开放其供应链体系，国产射频芯片企业迎来难得的发展窗口期。在此背景下，国内射频前端产业链涌现出一批快速发展的企业，如唯捷创芯、慧智微、昂瑞微、飞驒科技深耕射频功率放大器产品；卓胜微和艾为电子在射频开关及 LNA 领域实现较快发展；好达电子、德清华莹重点布局滤波器领域。

表 6 国内主要射频前端公司产品线对比

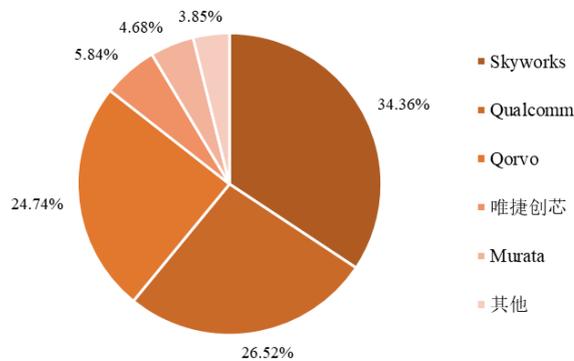
公司	CMOS PA	GaAs PA	SOI Switch	LNA	滤波器	接收模组	收发模组	Wi-Fi 射频模组
卓胜微	-	√	√	√	√	√	√	√
唯捷创芯	-	√	√	√	-	√	√	√
慧智微	-	√	√	√	-	√	√	-
昂瑞微	√	√	√	√	-	√	√	-
飞骧科技	√	√	√	√	-	√	√	√

资料来源：飞骧科技招股书，首创证券

从细分产品上看，5G 重耕频段发射端分立方案已由国内厂商主导。5G Sub-3GHz 重耕频段的射频前端分立方案由国内终端手机厂商定义，主要面向对性价比有诉求的中低端手机市场。产品主要包括 MMMB PA 和 TxM，其中 MMMB PA 在原有 4G 产品基础上增加了对 5G NR 信号支持，pin 脚等未做修改，TxM 直接复用 4G 产品。由于在 5G 时代 Qorvo、Skyworks 等海外大厂着重推广单价更高的 PAMiD/L-PAMiD 产品，当前 5G Sub-3GHz 重耕频段的射频前端分立方案由国内厂商提供。

5G 新频段发射端高集成模组 L-PAMiF 国产已成熟商用。Sub-6 GHz 新增频段频率高、功率大，且增加 SRS 切换等复杂功能，集成 LNA、PA、滤波器、收发开关及 SRS 开关的 L-PAMiF 成为主流选择。在 Sub-6 GHz 新增频段 L-PAMiF 产品中，国产厂商逐渐形成突破。根据 TSR 数据，按照出货量口径统计 2021 年唯捷创芯在智能手机 5G 新频段 L-PAMiF 领域市占率达 5.84%。按照慧智微在招股说明书中披露，其 2021 年在智能手机领域 5G L-PAMiF 出货量为 1,132.33 万颗，同口径下市占率估算约为 1.96%。

图 12 2021 年智能手机领域 5G 新频段 L-PAMiF 的主要供应商及市场份额



资料来源：TSR，慧智微招股书，首创证券

5G 重耕频段高集成 L-PAMiD 模组海外厂商主导，国内厂商也已顺利量产。相比于 Sub-6 GHz，虽然 Sub-3 GHz 模组频率更低、功率更低，不需要复杂的 SRS 开关等，但由于 Sub-3 GHz 频段较多，需要集成的滤波器及双工器更多，并且是 SAW、BAW 及 FBAR 等声学滤波器，对滤波器资源的获取、多频段的系统设计能力提出了高的要求。国产厂商中，唯捷创芯已于 2023Q3 顺利量产 L-PAMiD 产品；慧智微 5G 低频段和中高频段 L-PAMiD 模组已经小规模量产出货，处于客户推广阶段。

表 7 目前射频前端芯片市场 5G 领域的竞争格局

领域	方案类型	市场竞争格局
5G 新频段	高集成度方案	<p>发射端: 国际头部厂商长期以来的技术积累较为深厚, 其品牌影响力和产品迭代速度相对较快。国产厂商起步时间落后国际厂商相对较少, 从技术实力和性能指标而言相比国际头部厂商的差距较小, 但从品牌效应和产品品质而言国产公司相比国际厂商尚存在一定差距, 因此国际厂商占据了高端市场, 国产厂商主要争夺中低端市场, 其中双频产品由于技术难度相对较高, 竞争激烈程度相对较低, 而单频产品集成度和频率相对较低, 可量产的国产厂商较多, 竞争激烈程度相对较高</p> <p>接收端: 技术难度相对较低, 国际厂商与国内厂商差距较小, 市场竞争较为激烈</p>
5G 重耕频段	高集成度方案	<p>发射端: 受限于高端滤波器、多工器资源较为稀缺以及高集成度模组方案的设计难度较高, 该市场主要由国际头部厂商占据, 国产厂商尚未大规模量产相关产品</p> <p>接收端: 受限于小型化、晶圆级封装的接收滤波器采购资源, 以及当前主流高集成化接收模组方案 L-FEM 尺寸较小, 该市场主要由国际头部厂商占据, 国产厂商占比较低</p>
	分立方案	<p>发射端: 分立方案主要由国内手机厂商定义, 面向中低端市场需求, 包括 MMMB PA 和 TxM, 其中 TxM 复用 4G 产品, MMMB PA 需要在 4G MMMB PA 上做一定性能升级。目前主要国际头部厂商聚焦于高集成度方案, 未推出 5G MMMB PA 产品, 多家国产射频前端公司已推出相关产品, 市场竞争较为激烈</p> <p>接收端: 接收端分立方案主要分为 LNA bank 和 DiFEM 以及分立的 LNA, 主要面向中低端市场需求, 目前主要为国际头部厂商和国内接收端头部厂商主导, 同时国内其他厂商也在陆续开发进入市场</p>

资料来源: 慧智微招股书, 首创证券

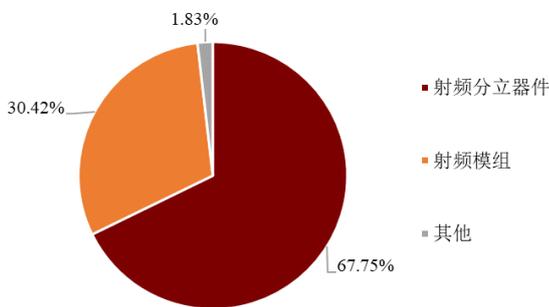
2 投资建议: 终端库存去化尾声, 新机发布有望拉动需求

手机厂商库存结构进一步优化, 需求回暖有望拉动射频前端整体需求。经过几个季度的持续消化, 智能手机等下游客户库存结构已经显著改善, 在 HUAWEI Mate 60 等国产安卓新机的发布下, 消费电子市场有望开启复苏, 从而拉动整体射频前端产品的需求量, 我们看好射频前端厂商卓胜微、唯捷创芯和慧智微。

2.1 卓胜微: 自建滤波器产线, 迈向高端模组自主可控

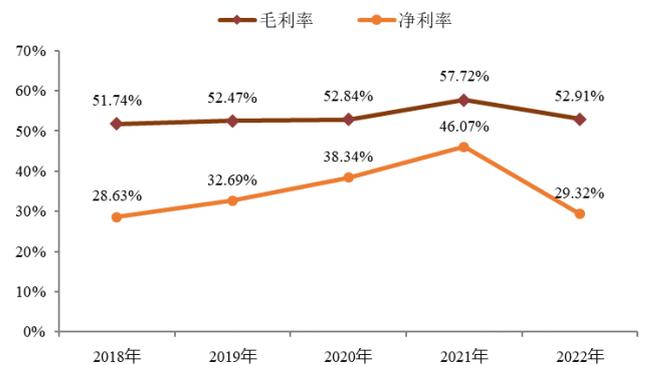
国产射频开关、LNA 领先, 逐渐向模组产品布局。卓胜微成立于 2012 年 8 月 10 日, 2019 年 6 月 18 日公司成功在深交所上市。成立之初, 公司产品主要以射频开关、LNA 等射频前端分立器件为主。上市以来, 公司逐步加深射频前端模组产品布局, 2020 年公司成功实现了从分立器件产品向射频模组产品的延伸, 2022 年公司射频模组产品占比为 30.42%, 至 2023 年前三季度公司模组产品占比已达 34%, 模组产品占比持续提升。

图 13 2022 年卓胜微营业收入占比



资料来源: 卓胜微 2022 年年报, 首创证券

图 14 2018 年-2022 年卓胜微毛利率与净利率

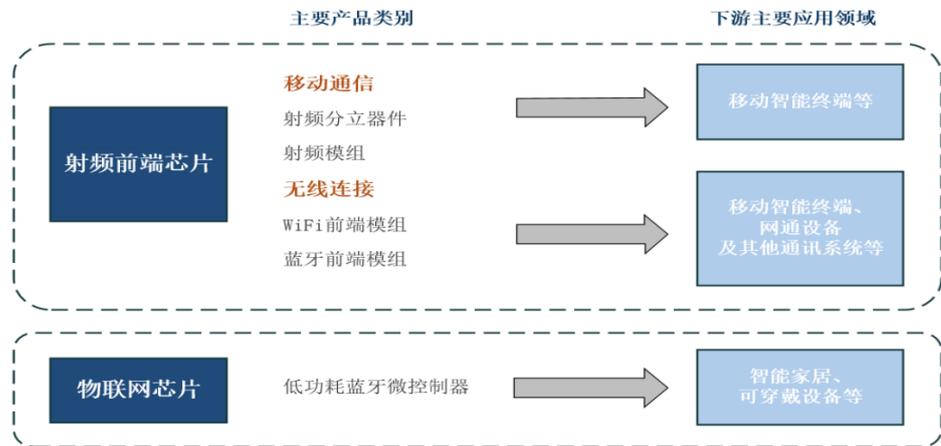


资料来源: Wind, 首创证券

公司射频前端主要覆盖移动通信和无线连接。移动通讯方面, 公司产品形态包括

分立器件和模组产品，其中，分立器件包括射频开关、射频低噪声放大器、射频滤波器和射频功率放大器；模组产品包括 DiFEM、L-DiFEM、GPS 模组、LFEM、LNABANK 和 L-PAMiF 等。无线连接方面，公司产品包括 WiFi 连接模组和蓝牙前端模组。此外，公司产品在物联网芯片方面还包括低功耗蓝牙微控制器。

图 15 卓胜微主要产品类别及下游应用领域

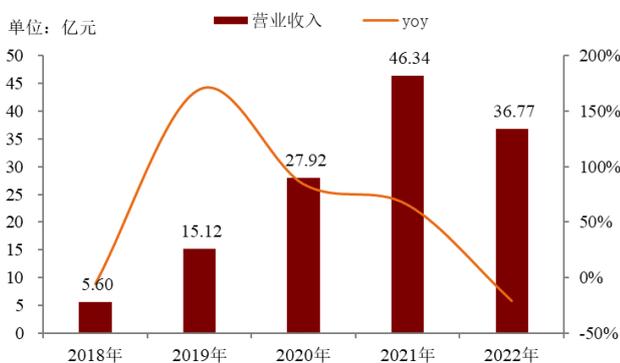


资料来源：卓胜微 2023 年半年度报告，首创证券

客户资源优质，新产品有望持续导入。公司通过直销和经销等渠道，进入了国内外众多知名安卓客户射频前端供应链，公司产品已应用于三星、小米、华为、vivo、OPPO、联想、魅族、TCL 等终端厂商的产品，并持续拓展向其他品牌客户拓展。凭借多年来与知名品牌客户的密切合作，公司新产品有望在客户端持续导入，拉动公司营收规模增长。

受益于 5G 快速发展和国产替代，2018-2021 年公司营收实现快速增长。上市以来，公司积极抓住 5G 建设热潮以及深度受益于国产替代，公司营业收入从 2018 年的 5.60 亿元快速提升至 2021 年的 46.34 亿元，实现了 3 年年均复合 102.24% 的增长；净利润从 2018 年的 1.60 亿元提升至 2021 年的 21.35 亿元，3 年年均复合增速达 136.99%。

图 16 2018 年-2022 年卓胜微营业收入及同比增速



资料来源：Wind，首创证券

图 17 2018 年-2022 年卓胜微净利润及同比增速



资料来源：Wind，首创证券

自建产线布局滤波器产品，努力实现高集成模组自主可控。L-PAMiD 等高集成度模组需要集成高性能的 SAW 或 BAW 滤波器、多工器。海外厂商在高端滤波器领域布

局较早，并形成了专利壁垒，在 SAW 滤波器领域，目前呈现出以 Murata、Qualcomm、TAIYO YUDEN 等数家国际厂商的供给垄断格局。2020 年，公司通过定增募集资金，通过与 Foundry 合作自建生产专线，开始布局高端滤波器产品。自建滤波器产线可以使公司拥有高端模组的专属生产能力，并保证公司滤波器产能自主可控。

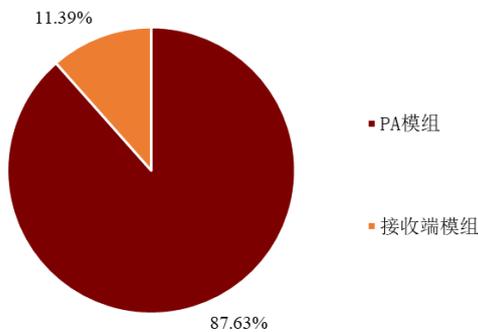
自有品牌的 MAX-SAW 滤波器稳定量产，集成自产滤波器的模组已大规模放量。截至 2023 年 6 月 30 日，公司自有品牌 MAX-SAW 滤波器产品已稳定规模量产。公司的 MAX-SAW 滤波器，采用 POI 衬底，具有高频应用、高性能等特性，在 sub 3 GHz 以下应用可达到 BAW 和 FBAR 滤波器的性能。2023H1 公司 DiFEM、L-DiFEM 及 GPS 模组等产品中集成自产的滤波器超 1.6 亿颗，双工器和四工器已在个别客户实现量产导入。

持续发力 5G PA 模组布局，L-PAMiF 加大客户端覆盖。在现有产品线基础上，公司持续发力发射端 PA 等相关产品，其中，应用于 5G NR 频段的 L-PAMiF 产品在客户端渗透和覆盖持续加大。此外，公司已推出 MMB PA 模组，并积极在客户端送样推广。通过在射频滤波器、射频 PA 等方面的持续投入，有助于公司 L-PAMiD 产品的研发推出。

2.2 唯捷创芯：4G 射频 PA 国内龙头，L-PAMiD 模组率先放量

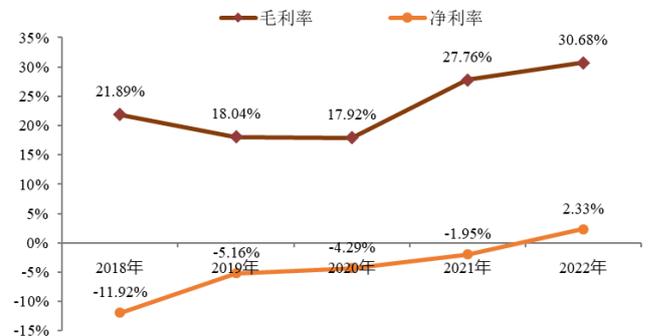
深耕射频功率放大器产品，4G 射频 PA 出货量国内第一。唯捷创芯成立于 2010 年 6 月 2 日，2022 年 4 月 12 日公司在上交所科创板成功上市。公司产品主要包括射频功率放大器模组、Wi-Fi 射频前端模组和接收端模组，2022 年公司 PA 模组占收入比重为 87.63%，接收端模组占收入比重为 11.39%。根据公司在招股说明书中披露，援引 CB Insights 发布的《中国芯片设计企业榜单 2020》，公司 4G 射频功率放大器出货量位居国内第一。

图 18 2022 年唯捷创芯各产品营业收入占比



资料来源：唯捷创芯 2022 年年报，首创证券

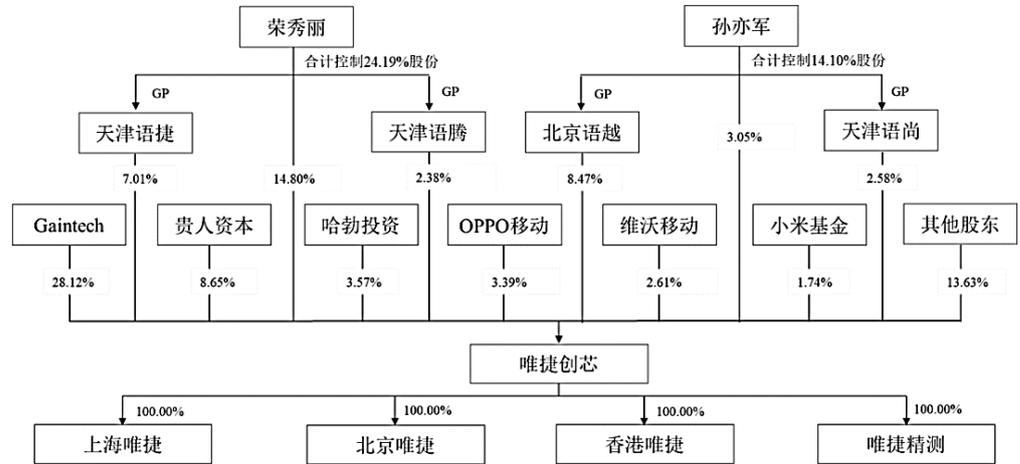
图 19 2018 年-2022 年唯捷创芯毛利率与净利率



资料来源：Wind，首创证券

联发科及众多知名手机厂商入股，客户粘性进一步加深。截至 2022 年 4 月 7 日，联发科子公司 Gaintech 持有公司 28.12% 的股权，哈勃投资、OPPO 移动、维沃移动和小米基金分别持有公司 3.57%、3.39%、2.61% 和 1.74% 的股权。公司的下游客户包括小米、OPPO、vivo 等知名手机品牌厂商以及华勤通讯、龙旗科技、闻泰科技等业内重要的移动终端设备 ODM 厂商。主芯片平台厂商及终端厂商入股，有望增强公司与下游客户的合作紧密度及客户粘性。

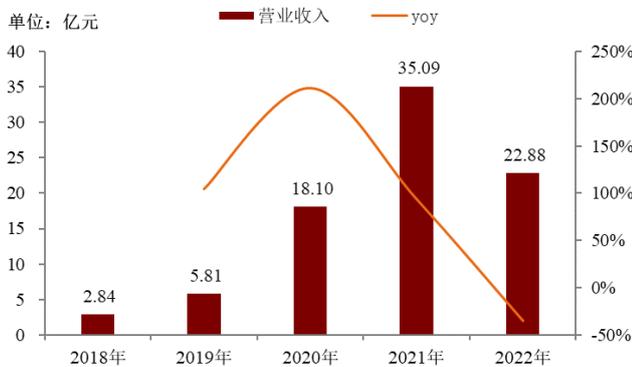
图 20 唯捷创芯股权结构图



资料来源：唯捷创芯招股书，首创证券
注：持股比例取2022年4月7日数据。

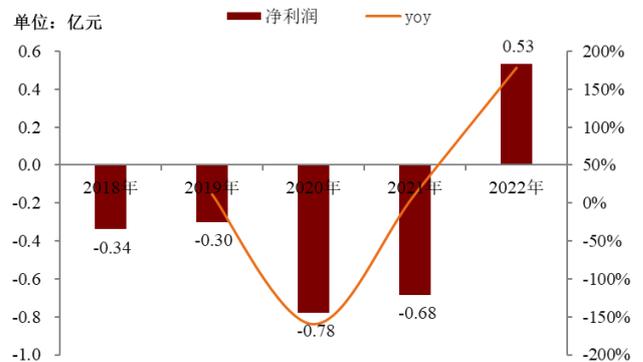
伴随品牌客户逐步放量，公司营收规模实现快速倍增。2019年起，公司在头部手机品牌客户开启大规模放量，收入规模从2018年的2.84亿元，以每年接近翻倍的速度增长至2021年的35.09亿元，3年年均复合增速达131.17%。净利润方面，伴随公司5G产品占比逐渐提升，公司盈利能力大幅提升，2022年公司实现净利润0.53亿元，首次实现扭亏为盈。

图 21 2018 年-2022 年唯捷创芯营业收入及同比增速



资料来源：Wind，首创证券

图 22 2018 年-2022 年唯捷创芯净利润及同比增速



资料来源：Wind，首创证券

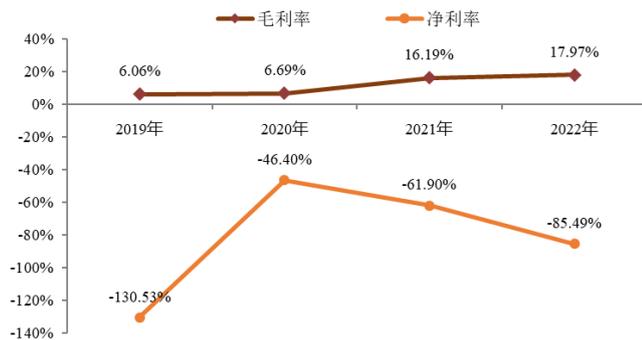
高集成度 PA 模组占比持续提升，L-PAMiD 模组已大规模放量。经过公司多年的研发投入和产品迭代，公司 PA 模组集成度持续提升，产品结构从以 MMB PA 和 TxM PA 等为主中集中度模组为主，转向以 L-PAMiF 和 L-PAMiD 等高集成度模组为主。2023Q3 公司 L-PAMiD 模组实现大批量供货，后续客户项目亦在持续导入中。

推出低压 L-PAMiF 产品，通过降低客户方案整体成本提升市占率。2023 年公司新推出了低压版本 L-PAMiF 产品，并已通过国内品牌厂商验证且实现小批量供货。低压版本的 L-PAMiF 能供智能手机对升压的电源管理芯片需求，可以从系统方案上降低客户的成本，并且在相同的目标线性功率下，实现更低的电流需求，降低手机运行功耗，预计有望持续提升公司产品市占率。

2.3 慧智微：国产 PA 模组新秀，双频 L-PAMiF 具备先发优势

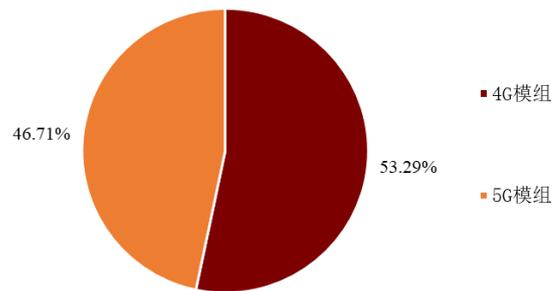
国产射频 PA 新秀，5G 时代射频领域有力竞争者。慧智微成立于 2011 年 11 月 11 日，2023 年 5 月 16 日公司成功在上交所科创板上市。成立以来，公司专注于射频 PA 领域，目前公司产品主要以 4G 和 5G 的射频 PA 模组为主。2022 年公司 4G 模组产品收入占比 53.29%，5G 模组产品占比 46.71%。根据公司在招股说明书中测算，2021 年公司的 5G 新频段 L-PAMiF 出货量在国产厂商中排名第二，仅次于唯捷创芯。

图 23 2018 年-2022 年慧智微毛利率与净利率



资料来源：Wind，首创证券

图 24 2022 年慧智微营业收入占比



资料来源：慧智微招股书，首创证券

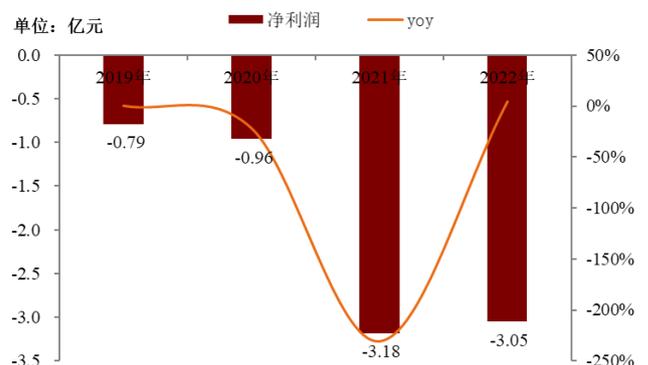
2020 年公司推出 5G 新频段 L-PAMiF，营收规模迅速扩大。凭借多年的研发积淀，公司于 2020 年成功推出了 5G 新频段 L-PAMiF 产品，并获得了头部品牌厂商认可，从而带动公司 5G 重耕频段发射模组、4G 发射模组等产品在客户端销售，帮助公司营收规模实现快速跃升，收入从 2019 年的 0.60 亿元，提升至 2021 年的 5.14 亿元，奠定了公司在 5G 新频段射频前端模组的重要地位。

图 25 2018 年-2022 年慧智微营业收入及同比增速



资料来源：Wind，首创证券

图 26 2018 年-2022 年慧智微净利润及同比增速



资料来源：Wind，首创证券

创新的**可重构射频前端架构**，在性能、成本和系统设计上拥有独特竞争优势。公司基于“绝缘硅+砷化镓”材料的可重构硬件架构，采用绝缘硅晶圆实现自适应输出偏置电压技术、功放电路记忆效应改善技术、自适应模拟预失真技术、匹配网络可重构技术、驱动级射频放大技术等硬件电路，通过控制电路的指令动态配置射频通路的结构和参数，

从而获得较为优异的射频性能。同时可以减少砷化镓晶圆使用面积，优化整体晶圆成本。并且由于架构具有的可配置能力，可以通过软件优化实现设计迭代，减少了流片次数，进而减少了产品研发时间。

图 27 慧智微可重构方案与传统技术路线在 4G MMB PA 模组上的主要技术指标对比

项目	公司可重构 4G MMB 功率放大器模组典型产品	传统技术路线 4G MMB 功率放大器模组典型方案
产品结构图		
晶圆数量 (颗)	3	7
体硅晶圆面积 (mm ²)	无	1.1
绝缘硅晶圆面积 (mm ²)	3.7	2.6
砷化镓晶圆面积 (mm ²)	0.7	1.8
SMD 器件数量 (颗)	12	23

资料来源：慧智微招股书，首创证券

双频 L-PAMiF 具备先发优势，L-PAMiD 模组已小规模量产。2020 年公司成功量产 5G 新频段 L-PAMiF 全集成发射模组，并在国产厂商中率先实现大规模销售。该产品支持 n77/n78/n79 双频，相较单频 L-PAMiF 需要集成的器件数量大幅增加，对模组的集成能力提出了更高的要求。截至 2023 年 10 月 31 日，公司 5G 低频段和中高频段 L-PAMiD 模组已小批量出货，目前处于客户推广阶段。

4G 物联网射频前端模组市占率领先，看好公司物联网领域持续拓展。除手机以外，2020 年起公司重点拓展了蜂窝物联网领域，产品进入移远通信、广和通、日海智能等头部无线通信模组厂商，销量快速增长。根据公司在招股说明书中测算，2021 年公司在非手机领域 4G MMB PAM 市占率达 17.4%，处于较为领先的市场地位。

公司已覆盖国内外头部手机品牌客户，客户端份额有望持续增长。公司目前主要客户包括三星、vivo、OPPO、荣耀等，并已进入闻泰科技、华勤通讯和龙旗科技等一线移动终端设备 ODM 厂商。射频前端市场竞争已进入白热化阶段，行业竞争格局有望重塑，公司在下游客户端市场份额有望持续加大，推动公司营收增长。

3 风险提示

终端厂商备货需求不及预期：由于射频前端器件属于智能手机等消费电子终端的上游产品，其需求主要与下游消费电子产品的备货周期密切相关。若下游终端厂商的拉货节奏放缓则有可能影响上游射频前端厂商的出货量。

高端模组放量不及预期：由于国内 L-PAMiD 等高集成度模组主要应用于高端品牌机，下游客户在导入量产上较为谨慎，若国内公司在高端模组领域放量不及预期，则有可能影响国内射频公司的营收增长。

分析师简介

何立中，电子行业首席分析师，北京大学硕士，曾在比亚迪半导体、国信证券研究所、中国计算机报工作。

韩杨，电子行业分析师，厦门大学会计学硕士，2021年8月加入首创证券。

分析师声明

本报告清晰准确地反映了作者的研究观点，力求独立、客观和公正，结论不受任何第三方的授意或影响，作者将对报告的内容和观点负责。

免责声明

本报告由首创证券股份有限公司（已具备中国证监会批复的证券投资咨询业务资格）制作。本报告所在资料的来源及观点的出处皆被首创证券认为可靠，但首创证券不保证其准确性或完整性。该等信息、意见并未考虑到获取本报告人员的具体投资目的、财务状况以及特定需求，在任何时候均不构成对任何人的个人推荐。投资者应当对本报告中的信息和意见进行独立评估，并应同时考量各自的投资目的、财务状况和特定需求，必要时就法律、商业、财务、税收等方面咨询专业财务顾问的意见。对依据或者使用本报告所造成的一切后果，首创证券及/或其关联人员均不承担任何法律责任。投资者需自主作出投资决策并自行承担投资风险，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。

本报告所载的信息、材料或分析工具仅提供给阁下作参考用，不是也不应被视为出售、购买或认购证券或其他金融工具的要约或要约邀请。该等信息、材料及预测无需通知即可随时更改。过往的表现亦不应作为日后表现的预示和担保。在不同时期，首创证券可能会发出与本报告所载意见、评估及预测不一致的研究报告。

首创证券的销售人员、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。首创证券没有将此意见及建议向报告所有接收者进行更新的义务。首创证券的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。

在法律许可的情况下，首创证券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，投资者应当考虑到首创证券及/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。

本报告的版权仅为首创证券所有，未经书面许可任何机构和个人不得以任何形式转发、翻版、复制、刊登、发表或引用。

评级说明

1. 投资建议的比较标准	评级	说明
投资评级分为股票评级和行业评级	股票投资评级	买入 相对沪深 300 指数涨幅 15% 以上
以报告发布后的 6 个月内的市场表现为比较标准，报告发布日后的 6 个月内的公司股价（或行业指数）的涨跌幅相对同期的沪深 300 指数的涨跌幅为基准	增持	相对沪深 300 指数涨幅 5%-15% 之间
	中性	相对沪深 300 指数涨幅 -5%-5% 之间
	减持	相对沪深 300 指数跌幅 5% 以上
2. 投资建议的评级标准	行业投资评级	看好 行业超越整体市场表现
报告发布日后的 6 个月内的公司股价（或行业指数）的涨跌幅相对同期的沪深 300 指数的涨跌幅为基准	中性	行业与整体市场表现基本持平
	看淡	行业弱于整体市场表现